№ 2

平成３年度 大型工業技術研究開発事業

新エネルギー・産業技術総合開発機構委託

マンガン団塊採鉱システムの研究開発

成果報告書（2/6分冊）

〔トータルシステム（実験計画）編〕

平成４年６月

NEDOBIS

T81001 技術研究組合

海底鉱物資源開発システム研究所

NEDO 図書・資料室



マンガン団塊採鉱システムの研究開発

技術研究組合
海底鉱物資源開発システム研究所

平成4年6月

深海底に賦存するマンガン団塊を流体ドレッジ方式により採鉱するシステムの研究開発を目的とする。

このため，採鉱実験システムを開発，試作して海洋総合実験を行い，その機能を確認し将来の実用機開発のための設計諸データを収集する。

本年度の研究開発は，昨年度までの成果を踏まえて，次の事項を実施し進展させた。

① 海洋総合実験機器の詳細設計，一部機器の製作。

② 海洋総合実験計画について，実験実施要領の作成，実験海域の調査等。

③ 着定時の集鉱機挙動，安全性を考慮した揚鉱管強度等についての総合実験シミュレーション。

④ 採鉱システムの基本計画検討。

平成３年度 大型工業技術研究開発事業

新エネルギー・産業技術総合開発機構委託

マンガン団塊採鉱システムの研究開発

成果報告書（2/6分冊）

〔トータルシステム（実験計画）編〕

平成４年６月

技術研究組合

海底鉱物資源開発システム研究所

ま　え　が　き

本報告書は，技術研究組合マンガン団塊採鉱システム研究所が，通商産業省工業技術院の大型工業技術研究開発制度に基づき実施した「マンガン団塊採鉱システムの研究開発」の平成3年度の成果を取りまとめたものである。

本研究開発は，昭和63年度上期まで通商産業省工業技術院よりの委託研究であったが，同年度年央に研究開発制度の変更があり，下期より新エネルギー・産業技術総合開発機構よりの委託研究として引続き実施した。

また，本研究開発の実施に当たっては，当研究所の組合員である19社1事業団が，トータルシステム（実験システム及び実験計画），集鉱システム，揚鉱システム（ポンプリフト装置，エアリフト装置及び揚鉱管装置），ハンドリングシステム及び計測制御システムの各作業部会を組織して実施したものであり，昨年度までの研究開発の経過並びに本年度の概要は次のとおりである。

初年度の昭和56年度は，採鉱実験システムの概念設計を行うとともに，海洋総合実験の基本構想を立案した。

昭和57年度は，採鉱実験システムの基本計画，性能解析及び要素技術実験に着手するとともに，海洋総合実験の基本計画を策定し，さらに，操業技術の概念設計に着手した。

昭和58年度は，採鉱実験システムの基本計画を策定するとともに，一部基本設計に着手する一方，性能解析，要素技術実験を実施し，一部機能確認実験に着手した。また，操業技術の概念設計を行うとともに，海洋総合実験計画の策定に着手した。

昭和59年度は，採鉱実験システムの基本研究を次年度以降の基本設計が円滑に進められるところまで進展させ，基本計画を作成した。また，性能解析，要素技術・機能確認実験についてもほぼ大勢を終了するところまで進展させた。海洋総合実験計画においては，実験基本計画案の作成・検討を行った。また，生産技術の研究においても操業技術の研究と生産システムの研究，生産システムの採算性評価を行った。

昭和60年度は，海洋総合実験計画を詳細に検討し，併せてその実験計画と整合性をとりながら採鉱実験システムの適正化を図り，基本設計を行った。要素技術・機能確認実験については，大掛かりな実験をすべて終了させた。また，性能解析シミュレーションについては，本プロジェクト当初から昭和60年度までの研究開発成果について計算書・プログラム等を作成した。

昭和61年度は，前年度までに実施した採鉱実験システムの基本設計及び要素技術・機能確認実験を基に，海洋総合実験機器の詳細設計に着手し，一部の機器製作を行った。海洋総合実験

計画に関しては，実験方案の作成に着手するとともに，実験候補海域の選定を行った。

昭和62年度は，海洋総合実験機器の詳細設計を進展させ，一部機器の製作，さらに性能試験を実施した。海洋総合実験計画に関しては，実験条件設定のため総合実験シミュレーションを実施し，実験実施要領（案）の作成を進展させた。また，前年度に選定した実験候補海域について，より詳細な調査・検討を行い，実験実施海域のしぼり込みに着手した。生産システムの研究に関しては，採鉱システムの基本構想の策定を行った。

昭和63年度は，海洋総合実験機器の詳細設計，一部機器の製作及び実験実施要領の作成を進展させるとともに，ハンドリング時・採鉱時における採鉱実験船の操船，揚鉱管の挙動・強度等について，総合実験シミュレーションを行った。生産システムの研究に関しては，採鉱システムの概念設計及び環境保全に関する検討を行った。

平成元年度は，前年度に引き続き，海洋総合実験機器の詳細設計，一部機器の製作を行った。総合実験シミュレーションについては，実験船のハンドリング時外乱下操縦性能，揚鉱管支持方式に沿った揚鉱管局部強度等のシミュレーションを進めた。また，海洋総合実験計画に関しては，総合実験の簡素化及びこれに伴う実験実施要領の検討を行うとともに，実験候補海域について，さらに調査・検討を行った。

平成２年度は，海洋総合実験機器の詳細設計，一部機器の製作，実験実施要領の作成を実施するとともに，ハンドリング時及び採鉱時の集鉱機挙動，揚鉱管の安全性を考慮した実験条件設定等の総合実験シミュレーションを実施し、さらに，海洋総合実験について実験実施計画及び実施要領の調整・最適化検討並びに実験実施候補海域の調査・検討を実施した。

平成３年度は前年度に行った合理化された海洋総合実験の予備的検討結果を踏まえて，実験システムの検討，海洋総合実験機器の詳細設計・一部機器製作，実験実施計画・実施要領の調整・最適化検討及び実験候補海域の調査検討並びに集鉱機の着定時における挙動及び実験条件設定のための揚鉱管強度等のシミュレーション解析を行った。また，生産システムの研究に関し採鉱システムの基本計画・経済性の検討を行った。

本年度の報告書は，下記の６編で構成される。本報告書は，実験計画作業部会で実施した研究開発の成果をとりまとめたトータルシステム（実験計画）編である。

（１／６分冊）トータルシステム（実験システム）編
（２／６分冊）トータルシステム（実験計画）編
（３／６分冊）集鉱システム編
（４／６分冊）揚鉱システム（ポンプリフト装置，エアリフト装置及び揚鉱管装置）編
（５／６分冊）ハンドリングシステム編
（６／６分冊）計測制御システム編

目　次

まえがき

第１部　トータルシステム（実験計画）研究開発の概要 …… 1

第１章　トータルシステム（実験計画）の概要 …… 3

1.1　研究目的 …… 3

1.2　研究項目及び研究機関 …… 3

1.3　研究内容 …… 4

第２章　研究開発体制及び研究開発スケジュール …… 6

2.1　研究開発組織 …… 6

2.2　技術総括委員会及び分科会 …… 6

2.3　作業部会及び技術研究組合 …… 13

2.4　各社の研究体制及び研究者氏名 …… 18

2.5　研究開発スケジュール …… 27

第２部　実験計画の研究開発 …… 29

第１章　海洋総合実験 …… 31

1.1　実験計画 …… 31

1.1.1　実験実施計画 …… 31

1.1.2　人員計画 …… 38

1.1.3　実験船の運航管理 …… 43

1.2　実験実施要領 …… 43

1.2.1　ドックサイドテスト …… 44

1.2.2　海洋総合実験 …… 45

1.3　各種要領書 …… 63

1.3.1　運転操作要領 …… 63

1.3.2　保守管理要領 …… 64

1.3.3　要員訓練計画 …… 66

1.3.4　安全管理要領 …… 69

1.3.5　緊急時処理要領（案） …… 82

1.3.6　補給要領 …… 83

1.3.7　気象情報処理要領 …… 87
1.3.8　環境計測要領（案） …… 95
1.4　実験海域の調査・選定 …… 97
1.4.1　気海象条件の調査 …… 97
1.4.2　実験海域の調査・選定の方向 …… 113
1.4.3　沿岸・近海における実験海域候補地の吟味 …… 113
1.4.4　ノジュールの賦存する水深 2,000m内外の海底条件の検討 …… 117
1.4.5　取りまとめと今後の課題 …… 139
第2章　採鉱システムの研究 …… 146
2.1　商業生産にいたるシナリオ …… 146
2.1.1　探査 …… 146
2.1.2　採鉱試運転 …… 147
2.1.3　採鉱方式 …… 151
2.1.4　陸上ニッケル鉱山の埋蔵品位 …… 155
2.2　採鉱システムの基本計画 …… 156
2.2.1　概念設計基本条件 …… 156
2.2.2　採鉱計画 …… 158
2.2.3　採鉱システムの構成 …… 161
2.3　経済性評価 …… 171
2.3.1　建設費 …… 171
2.3.2　操業費 …… 172
2.3.3　経済評価のためのコスト構成，財務分析の主要構成
及び経済性評価計算様式 …… 175
2.3.4　経済性評価の試算 …… 180
2.4　わが国の鉱区の海底自然条件 …… 196
2.4.1　調査解析作業の概要 …… 196
2.4.2　国の調査結果の概要 …… 197
2.4.3　海底条件に関する新規取得データ …… 201
2.4.4　ノジュールの賦存量 …… 248
2.4.5　海底自然条件の解析概要 …… 251
2.4.6　海底地形及びノジュール賦存状況の判断 …… 252
2.4.7　サイドスキャンソーナーによる海底状況の解析 …… 269

2.4.8　パソコンによる海底条件解析システムの研究 …… 287
2.4.9　海底条件データベースの検討 …… 295
2.4.10　ノジュールに関するデータベースの考察 …… 308
2.4.11　海底自然条件に関する技術的課題 …… 314
第3章　研究開発計画 …… 316
3.1　今後の研究計画 …… 316
3.1.1　海洋総合実験 …… 316
3.1.2　採鉱システムの研究 …… 316
3.2　研究開発スケジュール …… 317

第　1　部

トータルシステム(実験計画)研究開発の概要

第１章　トータルシステム（実験計画）の概要

トータルシステムの研究開発にあたっては，前年度同様に２つの作業部会を組織し，下記のように研究項目を分担した。

・実験システム作業部会；実験機器の設計・製作，総合実験シミュレーション

・実験計画作業部会　　；実験方案，実験海域の調査・選定，採鉱システムの研究

本年度の成果報告書は上記作業部会ごとの分冊とし，本トータルシステム（実験計画）編では，第１部で研究開発概要を，第２部では海洋総合実験及び採鉱システムの研究について述べることとする。

本年度は，前年度の海洋総合実験の予備的検討結果を受けて，実験実施計画の一層の合理化検討並びに実験実施要領案の合理化検討を実施するとともに海洋総合実験実施海域の調査選定方針等の検討及び実験候補海域の検討等を実施した。

また，採鉱システムの概念設計の検討並びに経済性評価の基本的検討を実施するとともに日本鉱区の調査資料の解析を実施した。

1.1　研究目的

ニッケル，コバルト，銅，マンガン等の非鉄金属資源の安定供給確保と，海洋開発技術全般の向上を図るため，水深 4,000mないし 6,000mの深海底に賦存するマンガン団塊（以下ノジュールともいう）を高能率かつ信頼性のある流体ドレッジ方式により採鉱する技術を研究開発することを目的とする。

このため，各サブシステムの実験実施計画を調整・統合し，総合実験の内容を明らかにするとともに開発，試作される実験システムの総合実験実施計画案を立案する。また，採鉱技術の研究を行うことにより，実験システムの研究開発及び総合実験実施計画案の策定を補完する。

1.2　研究項目及び研究機関

本年度のトータルシステム（実験計画）の研究開発における研究項目と分担は，次の通りである。

(1)　海洋総合実験

(a)　実験方案；　　三菱マテリアル㈱，三菱重工業㈱，大阪商船三井船舶㈱，住友金属鉱山㈱，大平洋金属㈱，同和鉱業㈱，日本鉱業㈱，三井金属鉱業㈱，金属鉱業事業団，

海底鉱物資源開発システム研究所

(b) 実験海域の調査・選定； 金属鉱業事業団，三菱マテリアル㈱，三菱重工業㈱，
大阪商船三井船舶㈱，住友金属鉱山㈱，
海底鉱物資源開発システム研究所

(2) 採鉱システムの研究

(a) 採鉱システムの設計研究； 住友金属鉱山㈱，三菱重工業㈱，三菱マテリアル㈱
大阪商船三井船舶㈱，日本鉱業㈱，同和鉱業㈱
金属鉱業事業団，海底鉱物資源開発システム研究所

(b) 経済性評価の検討； 住友金属鉱山㈱，三菱重工業㈱，三菱マテリアル㈱
大阪商船三井船舶㈱，日本鉱業㈱，同和鉱業㈱
金属鉱業事業団，海底鉱物資源開発システム研究所

(a) 鉱区の調査解析； 金属鉱業事業団

1.3 研究内容

(1) 海洋総合実験

本年度は，前年度に行った合理化された海洋総合実験の予備的検討結果を踏まえて，実験システム構成の検討を行うと共に，海洋総合実験の実験実施計画及び実験実施要領の検討と各種要領案の検討を実施した。

また，実験海域についても合理化された海洋総合実験の予備的検討結果を受けて，実験海域の調査・選定等に係わる既知資料の検討を実施した。

(a) 実験方案

海洋総合実験の予備的検討結果を受けて実験実施計画の一層の合理化の検討を行った。

- エアリフト方式による揚水実験並びに集鉱機曳航実験を行う実験実施計画の基本的な検討を実施した。
- 実験実施計画案に合わせた実験実施要領案の基本的な検討を実施した。

(b) 実験海域の調査・選定

合理化された海洋総合実験の予備的検討結果を受けて，実験海域の調査選定方針の検討，実験海域候補の再吟味，海山等海底条件の適性検討等を実施した。

(2) 採鉱システムの研究

本年度は，採鉱システムの基本計画の最適化検討を行うと共に商業生産にいたるシナリオの基本的検討並びに経済性評価の基本的検討を実施した。

(a) 採鉱システムの設計研究

採鉱システムのシナリオに基づいた商業生産システムの基本計画の検討を実施した。

(b) 経済性評価

基本計画に基づいた商業生産時の建設費並びに操業費の基本的検討を実施した。

(c) 鉱区の調査解析

日本鉱区の海底地形，ノジュールの濃集状況等の海底条件の解析を実施した。

第２章　研究開発体制及び研究開発スケジュール

2.1　研究開発組織

本研究開発は，当研究所の組合員である19社１事業団が，トータルシステム及び各サブシステムの作業部会を組織してそれぞれ担当の研究を実施した。

各作業部会にまたがる諸問題の検討並びに調整は，研究開発の基本的事項については技術総括委員会において，また専門分野に関する事項については作業部会の横断的組織である四つの分科会において，実施した。

さらに，総合実験機器の製造設計図については，関係作業部会による製造設計検討小委員会を開催して，同図書の妥当性，整合性等の審議を行った。

本研究開発の全体組織は，図2.1－1のとおりである。

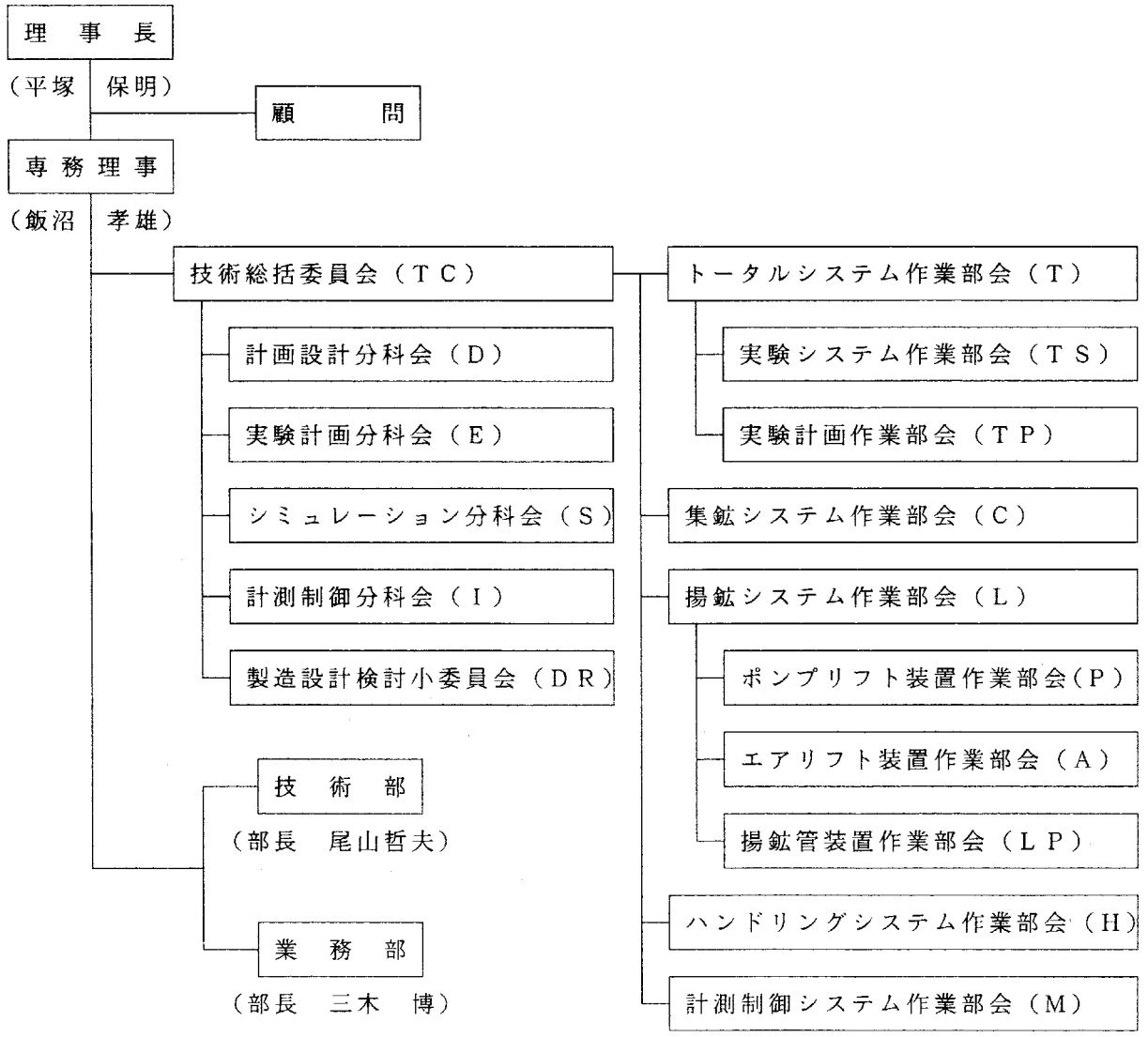


図2.1－1　研究開発組織

2.2 技術総括委員会及び分科会

(1) 技術総括委員会

氏　　名	社　名　及　び　役　職	備　　考
三浦　　敏	三菱重工業㈱ 船舶・海洋事業本部 船舶・海洋技術統括室　主管	委員長 トータルシステム作業部会長
洞口　忠人	三菱マテリアル㈱ 開発本部　企画開発部　海洋資源室長	副委員長 実験計画分科会主査 実験計画作業部会長 平成3年6月17日まで
瀬下　幸雄	三菱マテリアル㈱ 資源第一部　海洋資源室長	副委員長 実験計画分科会主査 実験計画作業部会長 平成3年6月18日より
吉岡　周三	住友金属鉱山㈱ 資源事業部　海洋資源グループ　主任技師	副委員長 集鉱システム作業部会長
太田　　徹	日本鋼管㈱ 技術開発本部　応用技術研究所　部長	副委員長 揚鉱システム作業部会長 揚鉱管装置作業部会長
増本　　敞	三菱重工業㈱ 神戸造船所　船舶・海洋設計部　設計主査	計画設計分科会主査 実験システム作業部会長
山崎　之弘	㈱荏原製作所 羽田工場　開発部　部長	ポンプリフト装置作業部会長
高垣　裕至	日立造船㈱ 技術本部　技術研究所 材料・強度研究室	エアリフト装置作業部会長
山登　　功	三井造船㈱ 機械・ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ総括本部　技師長室　技師長	ハンドリングシステム作業部会長
入本　泰亘	日本電気㈱ 電波応用事業部　担当部長	計測制御分科会主査 計測制御システム作業部会長 平成3年9月30日まで
竹ノ内武治	日本電気㈱ 電波応用事業部　海洋開発センター長	計測制御分科会主査 計測制御システム作業部会長 平成3年10月1日より
井上　　浩	三菱重工業㈱ 船舶・海洋事業本部　船舶・海洋技術統括室 新製品・海洋計画グループ　計画主務	シミュレーション分科会主査 平成3年9月30日まで
牛島　憲文	三菱重工業㈱ 船舶・海洋事業本部　船舶・海洋技術統括室 計画主務	シミュレーション分科会主査 平成3年10月1日より

氏　　名	社　名　及　び　役　職	備　　考
逆瀬川敏夫	金属鉱業事業団 技術開発部　探鉱技術開発課長	理事長が委嘱した委員 平成３年９月16日まで
安食　恒和	金属鉱業事業団 技術開発部　探鉱技術開発課長	理事長が委嘱した委員 平成３年９月17日より
尾山　哲夫	技術研究組合海底鉱物資源開発ｼｽﾃﾑ研究所 技術部長	

(2)　計画設計分科会

氏　　名	社　名　及　び　役　職	備　　考
増本　　敞	三菱重工業㈱ 神戸造船所　船舶・海洋設計部　設計主査	分科会主査 実験システム作業部会長
大内　一之	大阪商船三井船舶㈱ 技術開発部　研究開発チーム　課長	実験システム作業部会
洞口　忠人	三菱マテリアル㈱ 開発本部　企画開発部　海洋資源室長	実験計画作業部会長 平成３年６月17日まで
瀬下　幸雄	三菱マテリアル㈱ 資源第一部　海洋資源室長	実験計画作業部会長 平成３年６月18日より
吉岡　周三	住友金属鉱山㈱ 資源事業部　海洋資源グループ　主任技師	集鉱システム作業部会長
大戸　　寛	川崎重工業㈱ 技術開発本部　海洋プロジェクト室　係長	集鉱システム作業部会
木本　陽一	住友重機械工業㈱ 船舶鉄構・防衛事業本部 船舶海洋鉄構事業部 開発技術室　課長	集鉱システム作業部会 エアリフト装置作業部会
山崎　之弘	㈱荏原製作所 羽田工場　開発部　部長	ポンプリフト装置作業部会長
田口　保孝	㈱明電舎 生産総本部　太田工場　部長	ポンプリフト装置作業部会
高垣　裕至	日立造船㈱ 技術本部　技術研究所　材料・強度研究室	エアリフト装置作業部会長
太田　　徹	日本鋼管㈱ 技術開発本部　応用技術研究所　部長	揚鉱システム作業部会長 揚鉱管装置作業部会長
河野　　俊	横浜ゴム㈱ ＭＢ販売本部顧問	揚鉱管装置作業部会 平成３年９月30日まで
石田　健三	横浜ゴム㈱ 複合商品事業部　ｴﾝｼﾞﾆﾔﾄﾞﾌﾟﾛﾀﾞｸﾂ技術部	平成３年10月１日より

氏　　名	社　名　及　び　役　職	備　　考
山登　　功	三井造船㈱ 機械・ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ総括本部　技師長室　技師長	ハンドリングシステム作業部会長
永冨　伸男	石川島播磨重工業㈱ 船舶海洋事業本部　新技術開発部 担当部長代理	ハンドリングシステム作業部会
入本　泰亘	日本電気㈱ 電波応用事業部　担当部長	計測制御システム作業部会長 平成３年９月30日まで
竹ノ内武治	日本電気㈱ 電波応用事業部　海洋開発センター長	計測制御システム作業部会長 平成３年10月１日より
横山　弘道	住友電気工業㈱ 研究開発部門技師長 兼　電力システム技術研究所　技師長	計測制御システム作業部会
尾山　哲夫	技術研究組合海底鉱物資源開発ｼｽﾃﾑ研究所 技術部長	

(3)　実験計画分科会

氏　　名	社　名　及　び　役　職	備　　考
洞口　忠人	三菱マテリアル㈱ 開発本部　企画開発部　海洋資源室長	分科会主査 実験計画作業部会長 平成３年６月17日まで
瀬下　幸雄	三菱マテリアル㈱ 資源第一部　海洋資源室長	分科会主査 実験計画作業部会長 平成３年６月18日より
増本　　敞	三菱重工業㈱ 神戸造船所　船舶・海洋設計部　設計主査	実験システム作業部会長
吉岡　周三	住友金属鉱山㈱ 資源事業部　海洋資源グループ　主任技師	集鉱システム作業部会長
山崎　之弘	㈱荏原製作所 羽田工場　開発部　部長	ポンプリフト装置作業部会長
高垣　裕至	日立造船㈱ 技術本部　技術研究所　材料・強度研究室	エアリフト装置作業部会長
太田　　徹	日本鋼管㈱ 技術開発本部　応用技術研究所　部長	揚鉱システム作業部会長 揚鉱管装置作業部会長
山登　　功	三井造船㈱ 機械・ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ総括本部　技師長室　技師長	ハンドリングシステム作業部会長

氏　　名	社　名　及　び　役　職	備　　考
永富　伸男	石川島播磨重工業㈱ 船舶海洋事業本部　新技術開発部 担当部長代理	ハンドリングシステム作業部会
入本　泰亘	日本電気㈱ 電波応用事業部　担当部長	計測制御システム作業部会長 平成３年９月30日まで
竹ノ内武治	日本電気㈱ 電波応用事業部　海洋開発センター長	計測制御システム作業部会長 平成３年10月１日より
小牧　征男	大阪商船三井船舶㈱ 海務部　海務チーム　主任海技士	実験計画作業部会 平成３年６月30日まで
笹岡　昭二	大阪商船三井船舶㈱ 海務部　海務チーム　主任	実験計画作業部会 平成３年７月１日より
西澤　徳雄	住友金属鉱山㈱ 資源事業部　海洋資源グループ　技師長	実験計画作業部会
廣田　豊彦	金属鉱業事業団 技術開発部　探鉱技術開発課　技術嘱託	実験計画作業部会
尾山　哲夫	技術研究組合海底鉱物資源開発ｼｽﾃﾑ研究所 技術部長	

(4) シミュレーション分科会

氏　　名	社　名　及　び　役　職	備　　考
井上　　浩	三菱重工業㈱ 船舶・海洋事業本部　船舶・海洋技術統括室 新製品・海洋計画グループ　計画主務	分科会主査 実験システム作業部会 平成３年９月30日まで
牛島　憲文	三菱重工業㈱ 船舶・海洋事業本部　船舶・海洋技術統括室 計画主務	分科会主査 実験システム作業部会 平成３年10月１日より
池渕　哲朗	川崎重工業㈱ 船舶事業本部　技術室　基本設計部　課長	集鉱システム作業部会
木本　陽一	住友重機械工業㈱ 船舶鉄構・防衛事業本部 船舶海洋鉄構事業部 開発技術室　課長	集鉱システム作業部会
大野　隆史	㈱荏原製作所 羽田工場　開発部　主任	ポンプリフト装置作業部会
鈴木　基光	日立造船㈱ 技術本部　技術研究所　機械ｼｽﾃﾑ研究室長	エアリフト装置作業部会
石川　邦照	日本鋼管㈱ 技術開発本部　応用技術研究所 津第一研究部　構造チーム主査	揚鉱管装置作業部会
山登　　功	三井造船㈱ 機械・エンジニアリング総括本部 技師長室　技師長	ハンドリングシステム作業部会長
尾山　哲夫	技術研究組合海底鉱物資源開発ｼｽﾃﾑ研究所 技術部長	

(5) 計測制御分科会

氏　　名	社　名　及　び　役　職	備　　考
入本　泰亘	日本電気㈱ 電波応用事業部　担当部長	分科会主査 計測制御システム作業部会長 平成3年9月30日まで
竹ノ内武治	日本電気㈱ 電波応用事業部　海洋開発センター長	計測制御システム作業部会長 平成3年10月1日より
大八木俊雄	三菱重工業㈱ 神戸造船所　船舶・海洋部　機電艤装設計課 グループ主任	
洞口　忠人	三菱マテリアル㈱ 開発本部　企画開発部　海洋資源室長	実験計画作業部会長 平成3年6月17日まで
瀬下　幸雄	三菱マテリアル㈱ 資源第一部　海洋資源室長	実験計画作業部会長 平成3年6月18日より
吉岡　周三	住友金属鉱山㈱ 資源事業部　海洋資源グループ　主任技師	集鉱システム作業部会長
竹内　崇雄	㈱荏原製作所 袖ヶ浦工場　開発部　課長	ポンプリフト装置作業部会
鈴木　基光	日立造船㈱ 技術本部　技術研究所　機械ｼｽﾃﾑ研究室長	エアリフト装置作業部会
黒沢　　勉	日本鋼管㈱ 総合エンジニアリング事業部 船舶・海洋本部　船舶・海洋計画部 基本計画室　電気チーム主査	揚鉱管装置作業部会 平成3年9月30日まで
吉田　　勲	日本鋼管㈱ 総合エンジニアリング事業部 船舶・海洋本部　船舶・海洋計画部 基本計画室　電気チーム主査	揚鉱管装置作業部会 平成3年10月1日より
山登　　功	三井造船㈱ 機械・ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ総括本部　技師長室　技師長	ハンドリングシステム作業部会長
横山　威生	住友金属鉱山㈱ 資源事業部　海洋資源グループ　技師長	実験計画作業部会
横山　弘道	住友電気工業㈱ 研究開発部門技師長 兼　電力システム技術研究所　技師長	計測制御システム作業部会
尾山　哲夫	技術研究組合海底鉱物資源開発ｼｽﾃﾑ研究所 技術部長	

2.3 作業部会及び技術研究組合

作業部会の構成会社，同代表者及び技術研究組合職員は，次のとおりである。

(1) トータルシステム作業部会

社　名	代表者氏名及び役職	備　考
三菱重工業㈱	三浦　敏 船舶・海洋事業本部 船舶・海洋技術統括室　主管	作業部会長
三菱重工業㈱	増本　敞 神戸造船所　船舶・海洋設計部 設計主査	実験システム作業部会長
三菱マテリアル㈱	洞口忠人 開発本部　企画開発部　海洋資源室長	実験計画作業部会長 平成3年6月17日まで
三菱マテリアル㈱	瀬下幸雄 資源第一部　海洋資源室長	実験計画作業部会長 平成3年6月18日より
技術研究組合海底鉱物資源開発システム研究所	尾山哲夫 技術部長	

(2) 実験システム作業部会

社　名	代表者氏名及び役職	備　考
三菱重工業㈱	増本　敞 神戸造船所　船舶・海洋設計部 設計主査	作業部会長
大阪商船三井船舶㈱	大内一之 技術開発部　研究開発チーム　課長	
三菱マテリアル㈱	洞口忠人 開発本部　企画開発部　海洋資源室長	実験計画作業部会長 平成3年6月17日まで
三菱マテリアル㈱	瀬下幸雄 資源第一部　海洋資源室長	実験計画作業部会長 平成3年6月18日より
技術研究組合海底鉱物資源開発システム研究所	尾山哲夫 技術部長	

(3) 実験計画作業部会

社　名	代表者氏名及び役職	備　考
三菱マテリアル㈱	洞口忠人 開発本部　企画開発部　海洋資源室長	作業部会長 平成3年6月17日まで
三菱マテリアル㈱	瀬下幸雄 資源第一部　海洋資源室長	作業部会長 平成3年6月18日より
大阪商船三井船舶㈱	小牧征男 海務部　海務チーム　主任海技士	平成3年6月30日まで
大阪商船三井船舶㈱	笹岡昭二 海務部　海務チーム　主任	平成3年7月1日より
住友金属鉱山㈱	西澤徳雄 資源事業部 海洋資源グループ 技師長	
大平洋金属㈱	佐藤昌作 資源調査開発室　室付	
同和鉱業㈱	仲　雅之 資源事業本部　資源開発事業部 副課長	
日本鉱業㈱	今井常正 資源開発本部 鉱物資源部 主席技師長	平成3年5月7日まで
日本鉱業㈱	牛島賢一 資源開発本部 鉱物資源部 主席技師長	平成3年5月8日より
日本鉱業㈱	古賀雍正 資源開発本部 鉱物資源部 主席技師長	平成3年10月1日より
三井金属鉱業㈱	伊東賢治 資源開発部　資源研究室長	平成3年5月31日まで
三井金属鉱業㈱	長野郁男 資源開発部　部長付	平成3年6月1日より
三菱重工業㈱	井上　浩 船舶・海洋事業本部　船舶・海洋技術統括室　新製品海洋計画グループ 計画主務	平成3年9月30日まで
三菱重工業㈱	牛島憲文 船舶・海洋事業本部　船舶・海洋技術統括室 計画主務	平成3年10月1日より
金属鉱業事業団	廣田豊彦 技術開発部 探鉱技術開発課 技術嘱託	
技術研究組合海底鉱物資源開発システム研究所	尾山哲夫 技術部長	

(4) 集鉱システム作業部会

社　名	代表者氏名及び役職	備　考
住友金属鉱山㈱	吉岡周三 資源事業部　海洋資源グループ 主任技師	作業部会長
川崎重工業㈱	大戸　寛 技術開発本部　海洋プロジェクト室 係長	
住友重機械工業㈱	木本陽一 船舶鉄構・防衛事業本部 船舶海洋鉄構事業部 開発技術室　課長	

(5) 揚鉱システム作業部会

社　名	代表者氏名及び役職	備　考
日本鋼管㈱	太田　徹 技術開発本部　応用技術研究所　部長	作業部会長 揚鉱管装置作業部会長
㈱荏原製作所	山崎之弘 羽田工場　開発部　部長	ポンプリフト装置作業部会長
日立造船㈱	高垣裕至 技術本部　技術研究所 材料・強度研究室	エアリフト装置作業部会長

(6) ポンプリフト装置作業部会

社　名	代表者氏名及び役職	備　考
㈱荏原製作所	山崎之弘 羽田工場　開発部　部長	作業部会長
㈱明電舎	田口保孝 生産総本部　太田工場　部長	

(7) エアリフト装置作業部会

社　名	代表者氏名及び役職	備　考
日立造船㈱	高垣裕至 技術本部　技術研究所 材料・強度研究室	作業部会長
住友重機械工業㈱	木本陽一 船舶鉄構・防衛事業本部 船舶海洋鉄構事業部 開発技術室　課長	

(8) 揚鉱管装置作業部会

社　名	代表者氏名及び役職	備　考
日本鋼管㈱	太田　徹 技術開発本部　応用技術研究所　部長	作業部会長
日立造船㈱	高垣裕至 技術本部　技術研究所 材料・強度研究室	
横浜ゴム㈱	河野　俊 ＭＢ販売本部顧問	平成３年９月30日まで
横浜ゴム㈱	石田健三 複合商品事業部 航空部品第一技術部　５グループ	平成３年10月１日より

(9) ハンドリングシステム作業部会

社　名	代表者氏名及び役職	備　考
三井造船㈱	山登　功 機械・エンジニアリング総括本部 技師長室　技師長	作業部会長
石川島播磨重工業㈱	永冨伸男 船舶海洋事業本部　新技術開発部 担当部長代理	

(10) 計測制御システム作業部会

社　名	代表者氏名及び役職	備　考
日本電気㈱	入本泰亘 電波応用事業部　担当部長	作業部会長 平成3年9月30日まで
日本電気㈱	竹ノ内武治 電波応用事業部　海洋開発センター長	作業部会長 平成3年10月1日より
住友金属鉱山㈱	横山威生 資源事業部 海洋資源グループ　技師長	
住友電気工業㈱	横山弘道 研究開発部門技師長 兼　電力システム技術研究所　技師長	

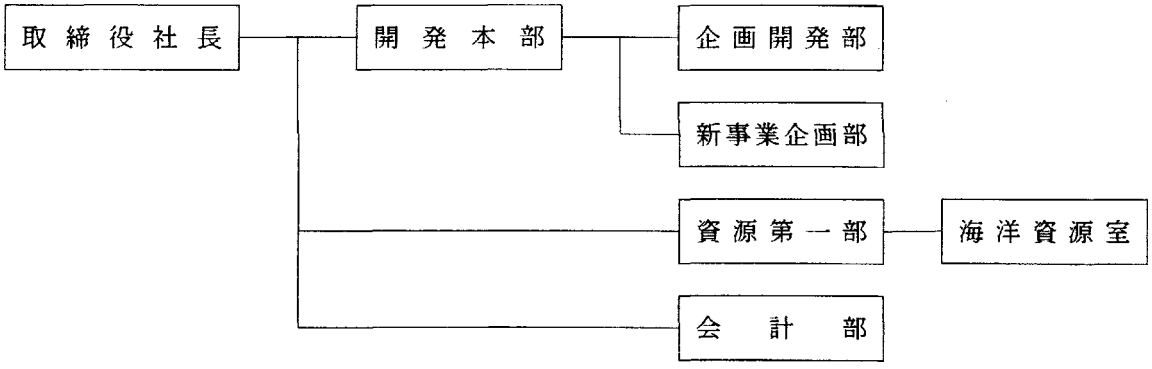
(11) 技術研究組合海底鉱物資源開発システム研究所

氏　名	代表者氏名及び役職	備　考
尾山哲夫	技術部長	
大田安秀	技術部　専門部長	
牛島憲文	技術部　部長代理	平成3年9月30日まで
加藤正雄	技術部　専門部長	平成3年10月1日より

2.4 各社の研究体制及び研究者氏名

(1) 三菱マテリアル株式会社

(a) 組 織

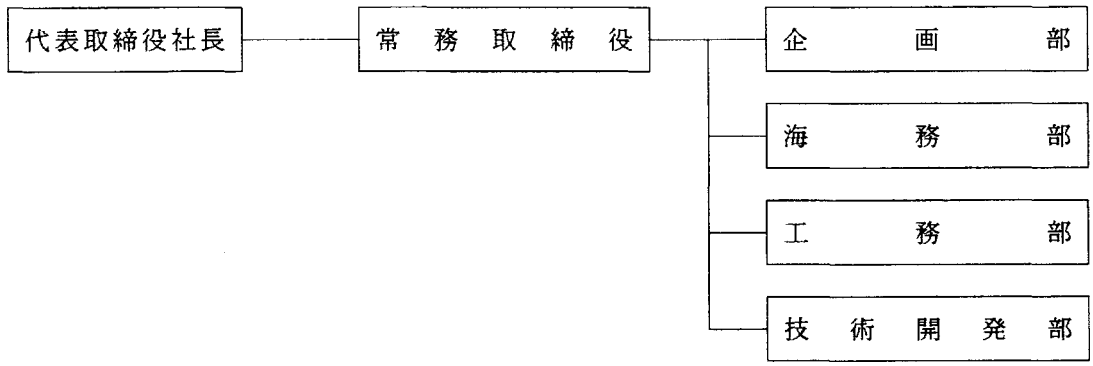


(b) 研究者氏名

氏 名	役 職
洞口忠人	開発本部 企画開発部 海洋資源室長
瀬下幸雄	資源第一部 海洋資源室長
大久保一正	資源第一部 副部長
伊藤雅行	開発本部 企画開発部 課長
加藤昌一	開発本部 新事業企画部 主任技師
平谷元典	開発本部 新事業企画部 主任技師

(2) 大阪商船三井船舶株式会社

(a) 組　織

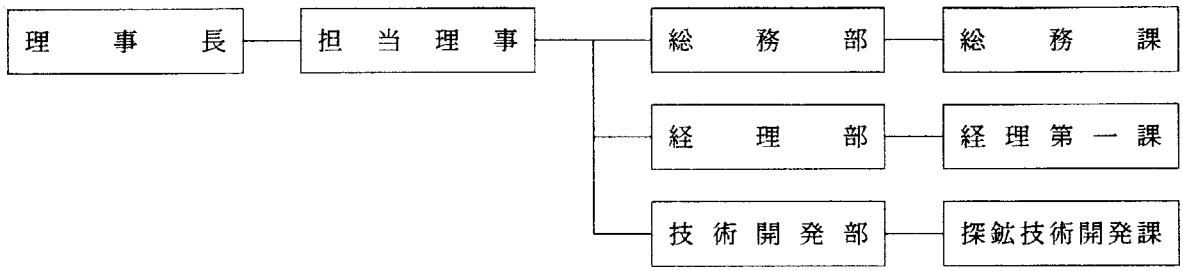


(b) 研究者氏名

氏　　名	役　　職
折　戸　博　充	技術開発部長
柿　沼　　勝	技術開発部　副部長
名　取　　眞	企画部　船隊企画課　課長代理
佐々木　　功	海務部　海務チーム　課長
塚　脇　義　明	海務部　海務チーム　課長
小　牧　征　男	海務部　海務チーム　主任海技士
原　田　廉　平	海務部　機関チーム　主任海技士
平　塚　惣　一	海務部　海務チーム　課長代理
加　藤　信　宏	海務部　海務チーム　主任
笹　岡　昭　二	海務部　海務チーム　主任
松　本　正　孜	海務部　海務チーム　課長
大　竹　輝　幸	工務部　設計課　主任技師
大　内　一　之	技術開発部　研究開発チーム　課長
川　崎　敏　夫	技術開発部　研究開発チーム　課長代理
近　藤　文　伸	技術開発部　研究開発チーム　課長代理
新　井　健　太	技術開発部　研究開発チーム　主任
川　野　正　輝	開発事業部　技術開発チーム

(3) 金属鉱業事業団

(a) 組　織

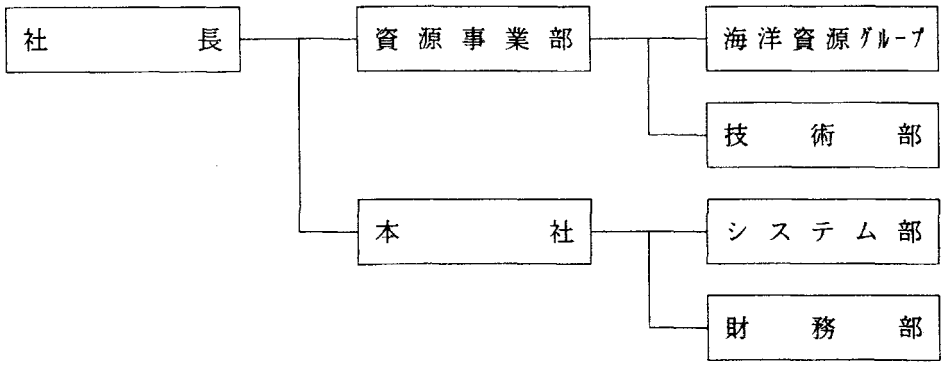


(b) 研究者氏名

氏　名	役　職
廣　田　豊　彦	技術開発部　探鉱技術開発課　技術嘱託

(4) 住友金属鉱山株式会社

(a) 組 織

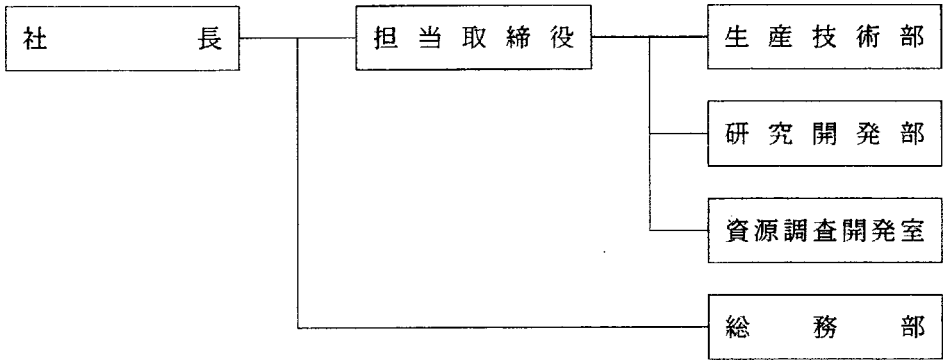


(b) 研究者氏名

氏 名	役 職
横山威生	資源事業部 海洋資源グループ 技師長
西澤徳雄	資源事業部 海洋資源グループ 技師長
橋本浩治	資源事業部 技術部 技師長
浅見憲正	資源事業部 技術部 副技師長
川崎 潔	資源事業部 技術部 主任技師
岡田和也	資源事業部 技術部 主任
吉田秀隆	システム部 部長

(5) 大平洋金属株式会社

(a) 組　織

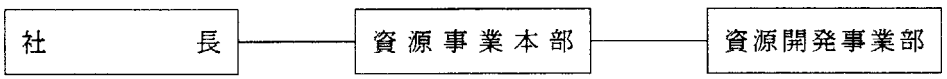


(b) 研究者氏名

氏　名	役　職
佐藤昌作	資源調査開発室　室付
片村喜久夫	生産技術部　副部長
高倉敏夫	研究開発部　次長

(6) 同和鉱業株式会社

(a) 組　織

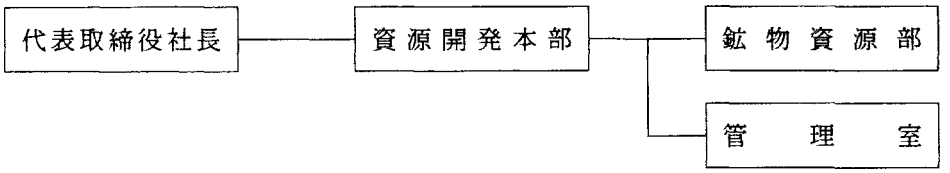


(b) 研究者氏名

氏　名	役　職
仲　雅之	資源開発事業部　副課長

(7) 日本鉱業株式会社

(a) 組　織

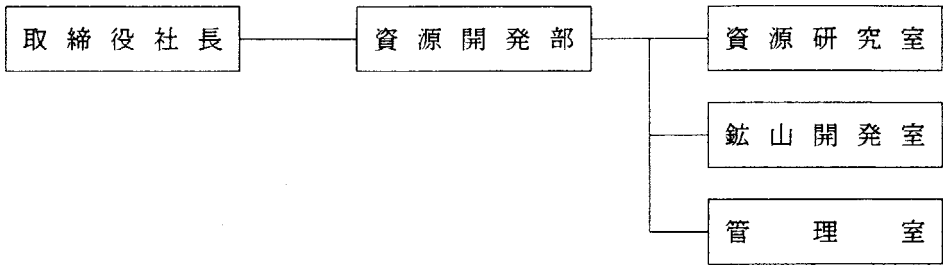


(b) 研究者氏名

氏　名	役　職
古賀雍正	資源開発本部　鉱物資源部　主席技師長
牛島賢一	資源開発本部　鉱物資源部　主席技師長
今井常正	資源開発本部　鉱物資源部　主席技師長
片山賢	資源開発本部　管理室　主席技師長
大塚悦央	資源開発本部　鉱物資源部　技師長

(8) 三井金属鉱業株式会社

(a) 組　織

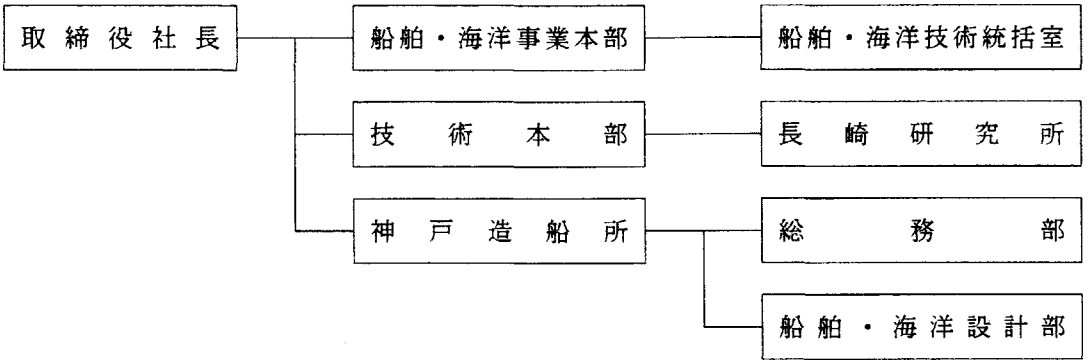


(b) 研究者氏名

氏　名	役　職
伊東賢治	資源開発部　資源研究室長
高橋幹男	資源開発部　資源研究室　室長補佐
佐藤　敬	資源開発部　資源研究室　室長補佐
大坪泰典	資源開発部　鉱山開発室　管理開発職
大坪　勉	資源開発部　鉱山開発室　管理開発職
長野郁男	資源開発部　部長付
浅利金三	資源開発部　部長付

(9) 三菱重工業株式会社

(a) 組　織

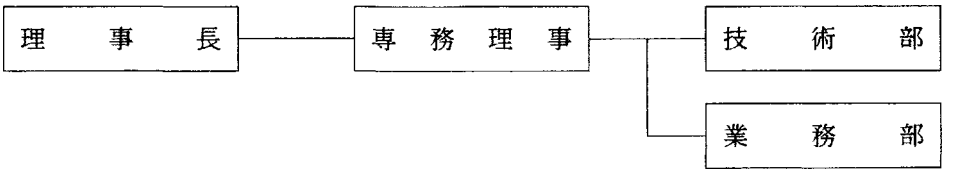


(b) 研究者氏名

氏　名	役　職
三浦　敏	船舶・海洋事業本部　船舶・海洋技術統括室　主管
牛島憲文	船舶・海洋事業本部　船舶・海洋技術統括室　計画主務
池上国広	技術本部　長崎研究所　船舶・海洋研究推進室　主務
安川宏紀	技術本部　長崎研究所　船舶・海洋研究推進室
増本　敏	神戸造船所　船舶・海洋設計部　設計主査
尾川正行	神戸造船所　船舶・海洋設計部　設計主務
近藤紘一	神戸造船所　船舶・海洋設計部　計画課長
谷　雄二	神戸造船所　船舶・海洋設計部　計画課　主任

⑩ 技術研究組合海底鉱物資源開発システム研究所

(a) 組　織



(b) 研究者氏名

氏　名	役　職
尾　山　哲　夫	技術部長
大　田　安　秀	技術部　専門部長
牛　島　憲　文	技術部　部長代理　　平成３年９月30日まで
加　藤　正　雄	技術部　専門部長　　平成３年10月１日より

2.5　研究開発スケジュール

平成4年2月産業技術審議会大型技術開発部会マンガン団塊採鉱システム分科会に資料として提出された本研究開発の長期研究開発計画を図2.5－1に示す。

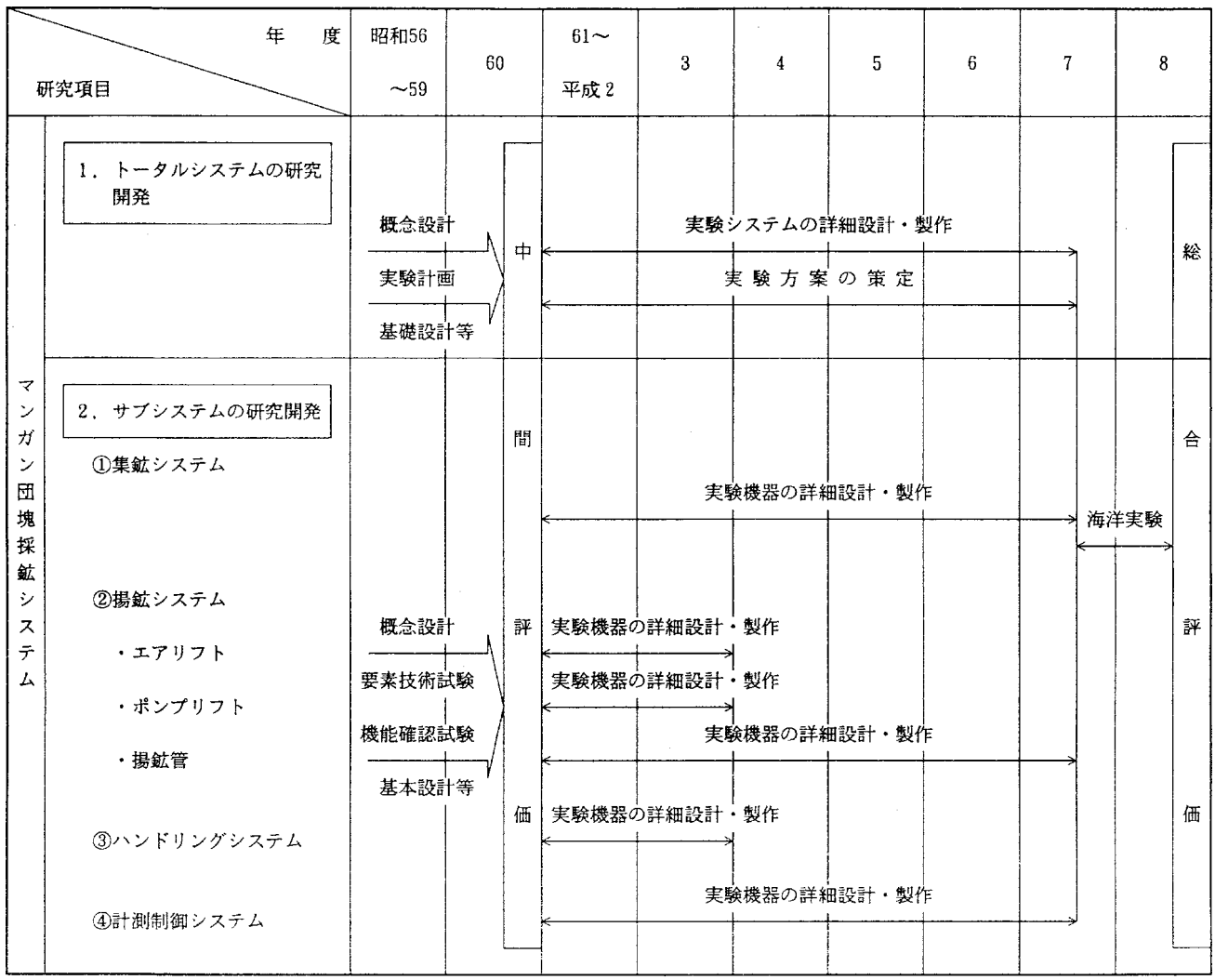


図2.5－1　長期研究開発計画

第　2　部

実験計画の研究開発

平成３年度は，前年度に行った合理化された海洋総合実験の予備的検討結果を踏まえて，実験システム構成の検討を行うと共に海洋総合実験計画の実験実施方案の検討並びに実験実施海域の調査を検討した。

第１章　海洋総合実験

1.1　実験計画

本年度は，前年度に行った合理化された海洋総合実験の予備的検討結果を受けて実験システムの合理化等により，実験船としてセミサブリグ（第三白竜）を使用した場合の実験実施計画の基本的事項の検討を実施した。

1.1.1　実験実施計画

(1)　実験実施計画概要

(a)　従来の実験実施計画概要

前年度まで種々検討してきた実験実施計画は，実験目的及び成果を損うことなく，実験費用の大幅削減を目的に実験計画の合理化を行い，ドックサイドテスト，総合試運転，総合実験等をそれぞれ実施する計画であった。

この実験実施計画概要は，次のようである。

①　ドックサイドテスト

本テストは，実験システムの運転操作の習得，各機器作動確認及び調整，実験組織体制の整備及び確立等を目的に実施するもので，岸壁試験並びに沖合試験を含めて実験日数は19日間を要するものである。

②　総合試運転

本実験は，水深 2,000mの海域で，ポンプリフト方式あるいはエアリフト方式のどちらかの方式について諸試験を実施し，その方式の全体システム及び機器の作動を確認すると共に洋上におけるハンドリング技術，操作技術の習得，作業員の訓練等を行い，各システム及び機器のインターフェースの調整を行って海洋総合実験方案を確立するため実験日数は32日間を要するものである。

③　総合実験

本実験は，ハワイ諸島の東南方海域の日本が権利を有する西部鉱区内の東南部で，ポンプリフト又はエアリフト方式に一本化した連続揚鉱テストを実施するもので，実験日数は 135日間を要するものである。

これら海洋総合実験概要を表示すれば，表1.1－1のようになる。

表1.1－1　海洋総合実験概要（第1・2案）

区　分	実　験　項　目		日　数		備　考
ドックサイド テスト	岸壁試験 沖合試験		9 10	 19	造船所岸壁 沖合（水深50m以上航海1日）
総合試運転	試運転航海	事前打合せ 航海（基地－海域） 準備機器降下 各機器テスト 機器揚収 航海（海域－基地） 事後打合せ	3 1 8 7 7 1 5	 32	 水深 2,000m 各機器及びシステムの作動テスト
総合実験	航海（往航）	出港準備 航海（基地－ホノルル）	2 18	 20	 回航
	ホノルル停泊	要員乗船補給	3	3	実験要員等乗船補給
	実験航海	航海（ホノルル－海域） 準備機器降下 実験 機器揚収 航海（海域－ホノルル）	4 14 12 11 4	 45	 海域 9° 10′；146° 30′近傍 P or A，集鉱機，操船， 連続揚鉱テスト
	ホノルル停泊	要員下船補給	3	3	実験要員等下船
	航海（復航）	航海（ホノルル－基地） 機材点検整備	18 2	 20	回航
		機器揚収 航海（海域－ホノルル）	11 4	 44	
備　考	＊第1案はポンプリフト，第2案はエアリフト方式の実験を行う。 ＊総合実験航海は1航海とし，いづれも連続揚鉱テストを実施する。				

(b) **合理化後の実験実施計画概要**

合理化後の海洋総合実験は，各製作機器の作動確認と総合機能確認を実施すると共に各システム及び機器のインターフェースの調整を行い，洋上におけるハンドリング技術，操作技術の習得，システム全体の性能試験等を実施するものであるため，基本的には下記の表1.1－2に示す実験計画概要とするものとする。

表1.1－2　実験計画概要表

区　　分	概　　要
ドックサイドテスト	各機器作動確認，調整，機能確認
揚　水　実　験	機器総合機能確認，エアリフト揚水実験
集鉱機曳航テスト	集鉱機曳航性能試験

また，海洋総合実験の概念を図示すれば，図1.1－1に示すとおりである。

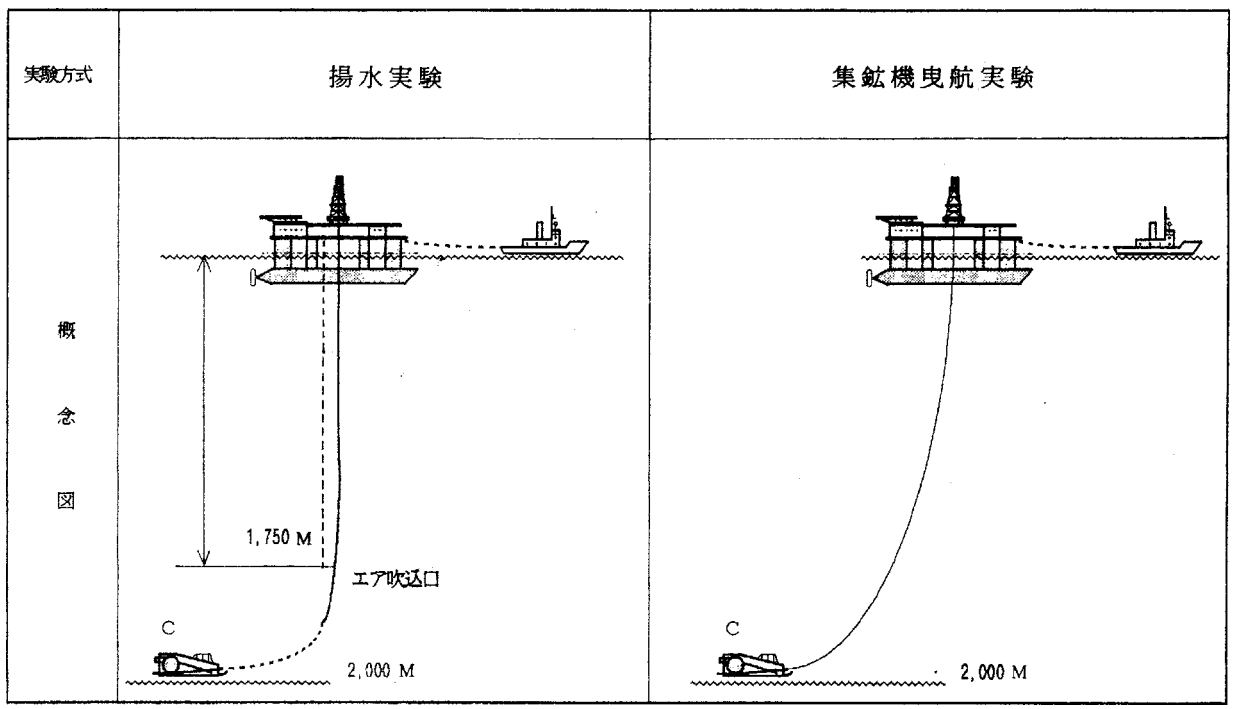


図1.1－1　海洋総合実験概念図

① ドックサイドテスト

ドックサイドテストは，実験システムの運転操作の習得，各機器作動確認及び調整，実験組織体制の整備及び確立等を目的に実施するもので，岸壁試験並びに沖合試験を含めて実験日数は前年度検討結果と同様に16日とした。

② 海洋総合実験

海洋総合実験は，揚水実験と集鉱機曳航テストに大別される。これらの各実験は，船位，水深，海底地形等の確認並びに各機器作動確認等の実験準備を経て，機器ハンドリング（降下）を実施後にそれぞれ作動及び性能テストを実施することになる。

実験終了後は，機器ハンドリング（揚収），後始末等の後に所定の基地に戻ることになるが，これらの実験日数は前年度検討結果と同様に41日とした。

ドックサイドテスト及び海洋総合実験に要する日数と実験概要等を表1.1－3に示す。

表1.1－3　海洋総合実験計画概要（案）

実験項目	日数	摘要
〔ドックサイドテスト〕		
実験準備	1	燃料，実験機材備品，糧食等積込み
機器単体ハンドリング	7	各単体機器ハンドリング，作業確認（岸壁繋留）
機器組立ハンドリング	7	機器組立ハンドリング，（岸壁繋留）
実験後始末	1	機器，機材整備
計	16	
〔海洋総合実験〕		
事前打合せ	3	計画，気象予報等打合せ，確認
出港準備	(2)	燃料，実験機材備品，糧食等積込み，実験要員乗船
航海	2	神戸造船所－実験海域
実験準備	3	パイプ補給
実験準備	1	船位，水深，海底地形等確認，各機器作動確認
機器ハンドリング（降下）	10	機器組立降下
揚水性能テスト	3	揚水性能確認
集鉱機作動テスト	2	集鉱機作動確認
集鉱機曳航性能テスト	2	各パターンによる曳航性能確認
機器ハンドリング（揚収）	7	機器揚収，整備
実験後始末（器材荷卸）	3	パイプ荷卸
事後打合せ	5	海洋実験結果検討
航海	(4)	実験海域－長崎造船所，機器整備
計	41	

(2) 実験実施場所

海洋総合実験は，実験計画概要で述べたように，ドックサイドテスト，揚水実験，集鉱機曳航テスト等よりなることから，実験場所は，次のようになるものと考えられる。

(a) ドックサイドテスト

実験システムが完工される造船所岸壁及びその沖合として，現時点では，三菱重工業株式会社（ＭＨＩ）神戸造船所を想定して計画するものとする。

(b) 海洋総合実験

日本近海で海底が平坦でかつ底質が軟らかく，水深が 2,000m程度で適当な面積があり，上記造船所からあまり遠くないところを想定して計画するものとする。

(3) 実験本部及び支援基地

海洋総合実験を実施するためには，実験本部及び支援基地が必要であると考えられ，それぞれ次のように設置するものとする。

(a) 実験本部

実験本部は，従来通りに東京に設置するものとする。

(b) 支援基地

支援基地は，現時点ではＭＨＩ神戸造船所に設置するものとする。

(4) 実験実施スケジュール（案）

実験実施スケジュール（案）は，表1.1－4に示すものとする。

表1.1－4　実験実施スケジュール（案）

年度	時期又は日数	事象	摘要
7	1月	実験船回航 実験船回着改造開始 実験機器運搬搭載	曳　航　長崎－神戸，雇船開始 岸壁繋留　神戸造船所，改装工事 岸壁繋留　機器据付け工事
8	5月末	実験システム完工	岸壁繋留　造船所試運転を含む
	6月 （14）	岸壁停泊 要員教育訓練	岸壁繋留 岸壁繋留　運転要員訓練
	6月	（ドックサイドテスト） 実験準備 岸壁試験 岸壁試験 実験後始末	 岸壁繋留　機器点検，実験準備 岸壁繋留　各機器単体作動確認 岸壁繋留　機器組立ハンドリング 岸壁繋留
		機器整備補修	岸壁繋留　造船所，実験機器整備，補修
	12月	（海洋総合実験） 出港準備 航　海 実験準備 海洋総合実験 実験後始末 航　海	 岸壁繋留　機器点検，出港準備，実験要員乗船 曳　航　岸壁（神戸）－K海域 停　泊　実験海域停泊，実験準備 曳　航　平均 0.8kt.　K海域 停　泊　実験海域停泊 曳　航　海域－岸壁（長崎），入港後実験要員下船
		機器解体・撤去・復元	岸壁繋留　長崎造船所，機器解体，復元
		実験船回航	曳　航　長崎造船所－基地，雇船終了

〔特記事項〕

1）実験船の雇船問題は，実験船母港出港より帰港までとする。

2）実験船移動パターン

母船－ＭＨＩ神戸造船所－K海域－ＭＨＩ長崎造船所－母船

(5) 集鉱機曳航パターン（案）

実験計画概要で述べたように，海洋総合実験は集鉱機曳航テストを実施することになるが，具体的にどのような曳航パターンを考えるかによって実験実施に伴う所要面積も決まり，かつ，集鉱機の適性回転半径等による運動性能も検討出来ることになるので，集鉱機曳航パターン（案）についての検討は重要な事項と考えられる。

本年度の検討は，前年度に引き続いてシミュレーション結果により推定し，回転半径を1.0 kmとした場合の集鉱機曳航パターン（案）についての検討を実施した。

(a) 設定条件

前年度と同様に下記に示す条件を設定した。

① パターン形状は，原則として長楕円形とする。

② 長軸方向は，気海象条件，海底地形等により決定する。

③ 海底地形の高低差は，± 100m以内の区域を選定する。

④ 集鉱機曳航速度は， 0.8kt（対地速度）とする。

⑤ 最小回転半径は， 1.0kmとする。

⑥ 曳航間隔は， 100m（ 0.1km）とする。（ＧＰＳ等の精度より選定）

⑦ １周所要時間は，原則として24時間とする。（片道12時間，12時間勤務×２交替）

⑧ 直線実験区間は，条件設定の厳しい実験を行うものとする。

⑨ 航路変更区間は，上記以外の実験及び実験段取り等を行うものとする。

⑩ 航路補正区間は，約30分間を設定し航路補正及び予備実験等を行うものとする。

(b) 集鉱機曳航パターン（案）

前述の設定条件より，回転半径 1.0kmの集鉱機曳航パータン（案）を図示すれば，次の図1.１－２のとおりとなる。

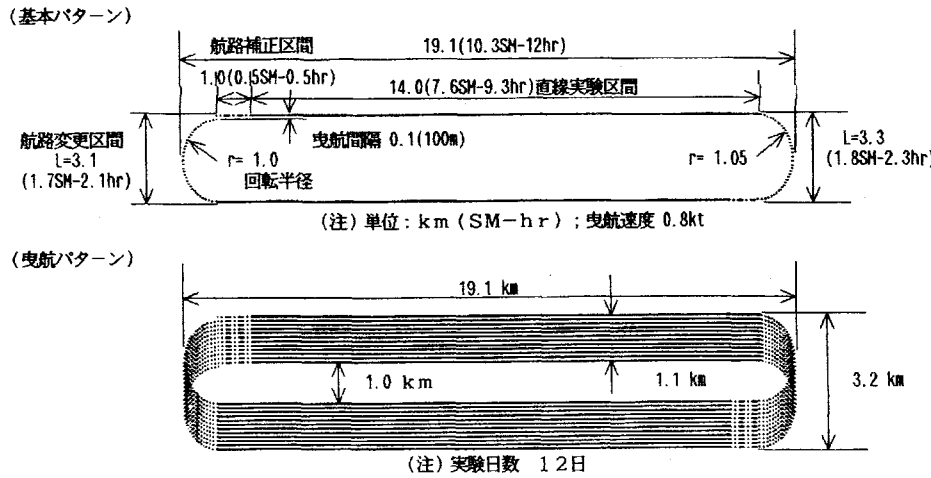


図1.１－２ 集鉱機曳航パターン（回転半径１km）案

1. 1. 2　人員計画

(1)　実施組織

海洋総合実験を実施するための組織として陸上及び船内組織が考えられ，陸上組織（実験本部を含む）（案）を図1. 1 － 3 に，実験船内組織と陸上組織との関係（案）を図1. 1 － 4 に示した。

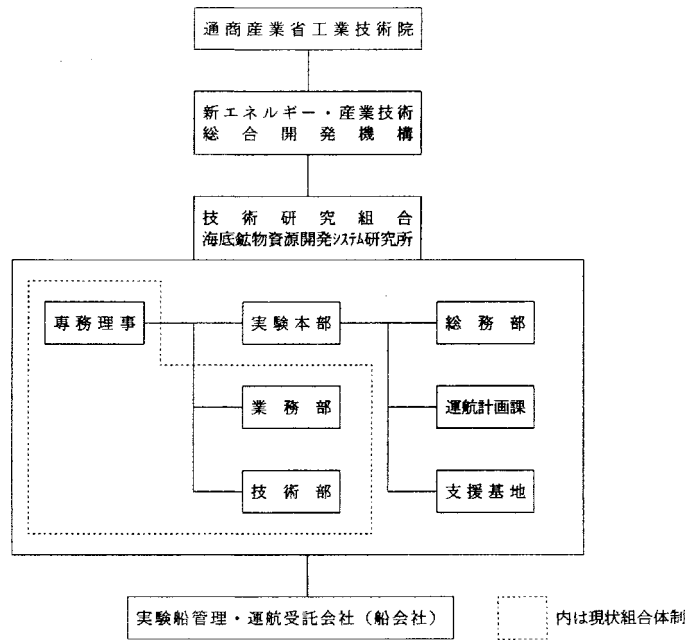


図1. 1 － 3　陸上組織（実験本部を含む）案

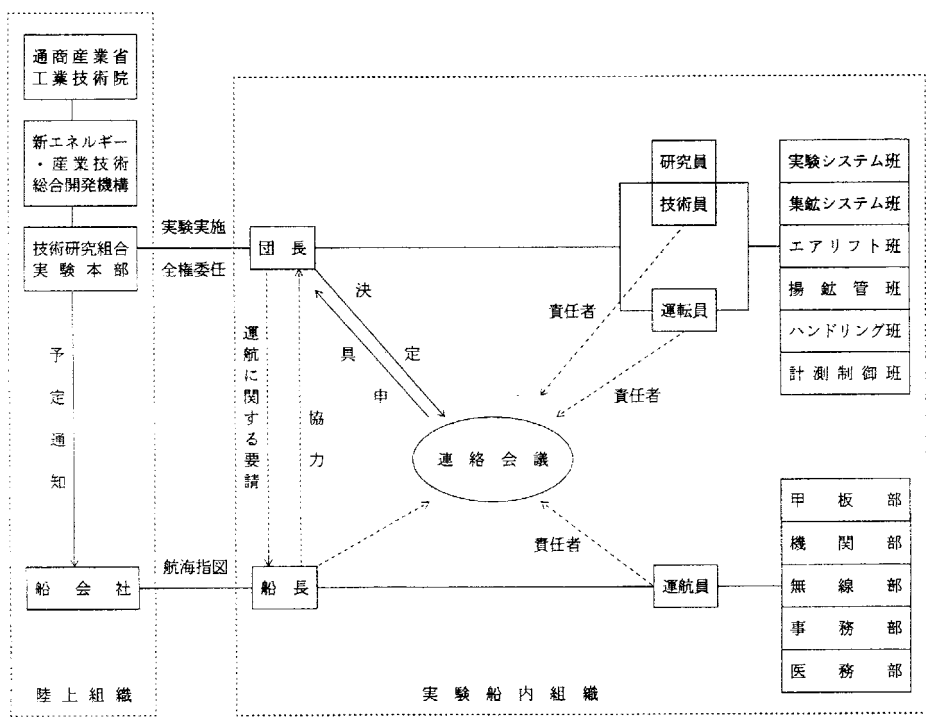


図1. 1 － 4　実験船内組織と陸上組織との関係（案）

(2) 整員計画

実験本部の人員計画案は，前年度の検討結果と同様の考え方を採用すれば，次のような年次展開となる。

表1.1－5　実験本部人員計画（案）

年　　度		平成6年度	平成7年度	平成8年度
実験本部	総務課　（仮称）		0.5	1
	運航計画課（仮称）	0.5	1	1
	支援基地　（仮称）		0.5	1

また，実験船の人員計画（案）は，研究員・技術員と運転員及び運航要員に区分され，前年度の検討結果に更に検討を加え表1.1－6～表1.1－9に示す。

表1.1－9　海洋総合実験乗船人員計画（案）

	研究員・技術員			運航員・運転員			合　計
	管理職	実務職	計	運航員	運転員	計	
ドックサイドテスト	16	19	35	15	6	21	56
海洋総合実験	16	19	35	34	17	51	86

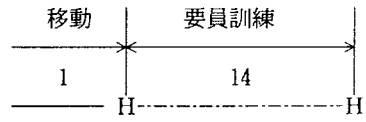
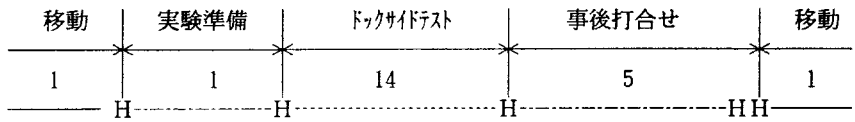
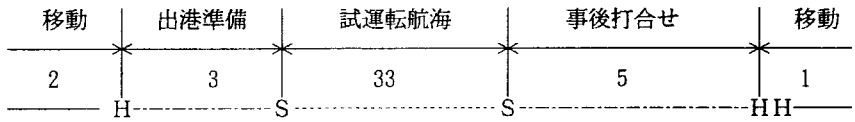
表1.1－6　海洋総合実験実験要員計画（案）（研究員・技術員）

実験項目	所要日数	研究員・技術員・ケーブル移送員															摘要
		IHI	EBR	KHI	SMM	SHI	SEI	NKK	NEC	HZ	MES	MHI	MEW	VRC	MN	計	
〔要員訓練〕																	
実験船要員教育訓練	14	1	1	1	1	1	1	1	1	(1)	1	2	1	1	1	14	MHI 神戸造船所
〔ドックサイドテスト〕																	
実験準備	1	2	3	2	3	2	2	2	3	(3)	3	6	2	2	3	35	MHI 神戸造船所
岸壁試験（機器単体ﾊﾝﾄﾞﾘﾝｸﾞ）	7	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	MHI ケーブル移
岸壁試験（機器組立ﾊﾝﾄﾞﾘﾝｸﾞ）	7	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	送員3名を含む
実験後始末	1	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
計	16																
〔海洋総合実験〕																	
事前打合せ	3	2	3	2	3	2	2	2	3	(3)	3	6	2	2	3	35	MHI 神戸造船所
航海	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	出港前日乗船
実験準備（器材積込）	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
実験準備	1	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
機器ハンドリング（降下）	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
揚水性能テスト	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
集鉱機作動テスト	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
集鉱機曳航性能テスト	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
機器ハンドリング（揚収）	7	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
実験後始末（器材荷卸）	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	入港後下船
事後打合せ	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	⋮	↓	↓	↓	↓	↓	↓	MHI 長崎造船所
計	41																
（特記事項）		（注）1）実験はエアリフトによる。 2）（　）内数字はドライ曳航の場合の所要日数。 3）MHI要員にはケーブル移送員3名を含む。															

表1.1－7　海洋総合実験実験要員計画（案）（運転員及び運航要員）

実験項目	所要日数	運航要員													運転要員			計
		リグ監督	バージ監督	船医	通信士	機械係	機関係	電気係	バージ係	クレーン係	溶接係	資材係	甲板員	厨房係	技術員	運転員	ダイバー	
〔要員訓練〕																		
実験船要員教育訓練	14	2	2	－	－	2	2	2	2	2	1	1	8	－	(2)	12	－	36
〔ドックサイドテスト〕																		
実験準備	3	1	1	－	－	1	1	1	2	2	1	1	4	－	(2)	6	－	21
岸壁試験（機器単体ﾊﾝﾄﾞﾘﾝｸﾞ）	7	↓	↓			↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			↓		↓
岸壁試験（機器組立ﾊﾝﾄﾞﾘﾝｸﾞ）	7																	
実験後始末	1																	
計	18																	
機器整備補修	7	1	1	－	－	1	1	1	2	2	1	1	4	－	(2)	6	－	21
〔海洋総合実験〕																		
事前打合せ	3	1	1	－	1	2	2	2	2	2	2	1	8	10	(2)	12	5	51
航海	2	↓	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		↓	↓	↓
実験準備（器材積込）	3																	
実験準備	1																	
機器ハンドリング（降下）	10																	
揚水性能テスト	3																	
集鉱機作動テスト	2																	
集鉱機曳航性能テスト	2																	
機器ハンドリング（揚収）	7																	
実験後始末（器材荷卸）	3																	
事後打合せ	4	↓	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		↓	↓	↓
計	40																	
（特記事項）		（注）1）実験はエアリフトによる。 2）日数は研究員・技術員とは多少異なる。 3）リグの改修，復元は含まない。																

表1.1－8　研究員，技術員，ケーブル移送員就労パターン及び日数（案）

実験区分	就労パターン
要員訓練	 ＊実験船要員教育訓練担当者は引き続きドックサイドテストに移行する。
ドックサイドテスト	
海洋総合実験	

	所要日数及び宿泊数																		人員数		
	国内移動						国外との移動						実験実施						管理職	実務職	合計
	往復路			復路			往路			復往路			国内			国外					
	日数	H	S	日数	H	S	日数	A	H	日数	A	H	日数	H	S	日数	H	S			
要員訓練	1	1	0										14	14	0				14	0	14
ドックサイドテスト	1	1	0	1	0	0							16	16					2	19	35
				1	0	0							16	16					14	0	
海洋総合実験	1	1	0	1	0	0							41	4	37				16	19	35

摘要	1）記号　A；機中泊　H；陸上泊　S；船中泊

1. 1. 3　実験船の運航管理

実験船の運航管理は組合がその任に当たることになるが，船舶の運航管理は以下のような専門的業務が発生するため，その業務をその能力を有する会社に委託することになる。

(1)　船員に係わる業務

・船員の配乗，交替に関する業務

・労務管理

・安全衛生管理

・教育，訓練の実施

・給与，保険等経理一般他

(2)　船舶運航に係わる業務

・船舶設備，運航技術に関する対策，指導

・船舶の保全・整備に関する対策，指導

・改造・修理に関する調査，指導

・船用品等補給に関する業務

・水路・港湾事情等の調査

・官庁その他の機関に対する必要事項の連絡，通知等

・代理店の設営及び指導他

ところで，実験システムの合理化・最適化の進展により実験船型が通常船舶より石油掘削リグに変更となった。石油掘削リグは特殊船舶であって，その運用形態は通常船舶とは異なる。また，石油掘削リグを計画された採鉱パターンに沿ってタグボートにて曳航・操船することは前例のないことといえ，その技術的検討も始まった段階にある。更に，実験候補海域についても来年度には最終的に確定され，それに応じて詳細な実験計画が策定されることとなる。もちろん，これら変更によっても必要とされる業務の根幹には差異はないが，今後はこれら変更・検討結果を踏まえたうえで，傭船形態，業務委託先・内容等，運航管理に係わる見直しを行う必要がある。

1. 2　実験実施要領

実験システム合理化検討結果により，実験規模及び実験船の形態が変更となった。

すなわち，水深 2,000m程度の海域において，既存の海洋掘削リグを使用して海洋総合実験を行うこととなった。

また，海洋実験では，揚鉱システムとしては，エアリフトシステムを採用し，システムの合理化を図ることとなった。

これに伴い，海洋総合実験目的並びに実施内容が大幅に変更されることとなるが，適切な実験候補海域が選定される来年度まで未定の状態であり，昨年度合理化方針に沿って概略検討した実験計画内容のレベルからより詳細な実験内容の検討には踏み込めなかった。

今年度は，実験システム詳細設計の以上のような進展状況により，主としてドックサイドテストから海洋総合実験に至る実験実施内容の基本的な見直しを行う上での検討課題，あるいは制約条件等について概略的な検討を実施するに止めた。

これまでの実験実施内容においては，推進・操縦性能を十分持った通常船型（モジュール運搬船）をベースに検討しており，今回の石油掘削リグのように基本的に洋上で係留されて使用される船型では，我々の意図する実験形態に合わせ運用方法を変更し，またリグの特性に合わせ実験方法を見直す必要もある。

これらの事情を考慮して現時点で考えられる実験実施要領の概要を，ドックサイドテスト，海洋総合実験の各節にて述べることとする。

1.2.1　ドックサイドテスト

本実験段階は，主として海中機器ハンドリング操作の習熟を目的としたものであり，次のように位置付けている。

① 各システム及び機器のハンドリング技術の習得と作業員の訓練を行うこと。

② 船上に搭載してから完工引渡しまでに行われる船上テストでは実施できないシステム機能について，総合的な確認を行うこと。

③ 水中機器（集鉱機，データターミナル等）の計測制御システムとしてのチェックを行うこと。

④ 各システム，機器，操作方法等の問題点を摘出し，その対策を立て，海洋総合実験のスケジュール等を再検討する。

本テストは，実験システム完工後，海洋総合実験実施に向けてシステム運転の習熟，各機器作動確認及び調整，実験組織体制の整備及び確立，並びに海洋総合実験方案の最終調整等を目的に実施するものである。

従来は，岸壁試験および沖合試験の二つのフェーズを持っていたが，セミサブリグの性格上沖合実験では，係留を前提に計画せざるを得ず，実験サイトの確保等に課題が多い。

また，本来沖合実験は，集鉱機およびフレキシブルホース１～２本，揚鉱管２～３本程度のハンドリング操作の訓練を行う上で，従来の実験船では，乾舷が低く30～40m程度の水深が必要と判断して計画していた経緯がある。

今回の実験船は，岸壁係留状態ではロアーハル浮上状態であり，海面からドリルフロアまで

約35m程あり，あえて沖合まで本船を出す必要がないかもしれない。

本年度は岸壁試験のみとして検討してみた。

また，実験船搭載の採鉱関連機器の仕様の詳細が未だ未定のところもあり，また本実験内容・スケジュールは，各サブシステムの機器搭載後の船上確認テスト内容に大きく左右される面を持っていることでもあり，昨年度までの実施要領の概略検討にとどまった。

表1.2－1実験システム実験実施要領書（案）にドックサイドテストの概略検討案を示す。

1.2.2　海洋総合実験

実験のより一層の合理化と，実験システム構成の確定をうけ，実験船にセミサブリグを使用した場合の実験実施要領を検討した。表1.2－2に本年度の実験計画作業部会での検討結果を示す。今後セミサブリグの特性を中心に，詳細な検討を進めるとともに，各サブシステム部会との調整，最適化を図るものである。

表1.2－1　実験システム実験実施要領書（案）

実験区分〔ドックサイドテスト〕〔実験準備〕

（1／4）

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御パラメタ	運転制御法	運転に必要な監視項目	実験状態の確認方法	実験進行の為の判断基準	異常事象とその対応・手順	所要時間
1	実験準備 （神戸港岸壁）	①燃料，糧食等の一般乗出し用品に加えて実験必要機材備品，消耗品類の積込み				・リストを用意し確認			1日
		②実験スケジュールの事前確認				・スケジュール表，実験方案等			
		③船内電源通電チェック		・追設主・補発電機を運転しチェック					
		④中央管制室の各種機器，装置の作動確認		・格納状態の集鉱機に複合ケーブルを結合させる。 ・計測電源通電	（集鉱機関連） ・集鉱機加速度 ・高度計 ・制御電源電圧 ・高度 ・ピッチ，ロール，ヨー	・各サブシステムの操作卓にて作動状態を確認			
		⑤船橋内各種機器装置の作動確認				・航海，操船関連装置の作動状態を確認 ・岸壁係船状態で実施できる範囲で確認			
		⑥その他実験装置の作動確認 ・集鉱機船上作動確認 計測機器の作動確認		・ケーブルリールにおけるケーブルの発熱等を勘案の上，許容される時間内で通電する	（集鉱機関連） ・計測器電圧・電流 ・変圧器電圧・電流	・機側，及び操作卓にて作動状態確認			
		⑦気海象中期予報のチェック							

表1.2－1　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔ドックサイドテスト〕〔岸壁テスト〕　（2／4）

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
2	機器単体のハンドリングテスト （神戸港岸壁） 装置単体の機能，作業性の確認	①揚鉱管ハンドリングテスト	・作業時間 ・サイクルタイム （往復2回以上）	・上部把持装置の下方へ初期セットする管2本を含め管4本で行う	人員配置 作業シーケンス	・操作卓による作業ステップの確認 ・ＶＴＲ，マニュアル等による作業手順のチェック			2日
		②空気管ハンドリングテスト	・作業時間 （往復2回以上）	・空気管の移送，搬出入，横持作業のみについて行う	人員配置 作業シーケンス	・同　上			1日
		③フレキシブルホースハンドリングテスト	・作業時間 （往復2回以上）	・上部把持装置の下方へ初期セットするホース2本を含めホース4本で行う	人員配置 作業シーケンス	・同　上			1日
		④ケーブルハンドリングテスト	・作業時間 （往復2回以上）	・ケーブルをドライビングリールの各アンダーローラーを通過させた状態で収納リールから繰り出し，巻き取りを行う	人員配置 （ケーブルハンドリング要員＋α） 作業シーケンス	・ケーブルの挙動観察			1日
		⑤集鉱機ハンドリングテスト	・作業時間	・格納位置よりデリック下揚鉱管中心位置までの移送（ケーブルは接続しない状態で行う）	人員配置 作業シーケンス	・操作卓による作業ステップの確認 ・ＶＴＲ，マニュアル等による作業手順のチェック			2日
		⑥揚鉱管計測システムの送受信テスト		・伝送ケーブル，センサーユニット，電池ユニット等システムの一部を用いて機能確認		・揚鉱管操作卓，シンクロスコープ等で信号を確認			0.5日
		⑦中央管制室データ処理装置のデータ登録・設定の確認 ⑧水中測位装置パラメータ設定		・各機器を作動状態とする	人員配置	・ＣＲＴ等による監視			＋α

表1.2－1　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔ドックサイドテスト〕〔岸壁テスト〕　（3／4）

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
3	アセンブリ組立ハンドリングテスト（神戸港岸壁） ・海上での装置の機能，システムの作動確認，キャリブレーション，アセンブリ組立，ハンドリング訓練及び作業性の確認	①揚鉱管関連 ・組立ハンドリングテスト （ケーブルハンドリングテスト（揚鉱管へのケーブル固縛等）を含む）	・作業時間 ・サイクルタイム （往復 2回）	・空気吹込口を中心に下方1本，上方2本，計4本の揚鉱管を組立てる（含空気管，ケーブル及び水中D.Tセンサー等の装置，2000mモジュール）デリック下方へ3本降下させる	・人員配置 ・作業ｼｰｹﾝｽ		・必要水深 10m以上 ・有義波高 2.5m以下		24H ＋ 12H （1.5日）
		②集鉱機関連 ・組立ハンドリングテスト （集鉱機へのケーブル接続テストを含む）	・作業時間 ・サイクルタイム （往復 1回）	・ケーブル接続状態にて格納位置より，デリック下PS中心位置まで移送の上，フレキシブルホース（2本目以降）と接続の上降下（ケーブル用浮力体も取付ける）	・人員配置 ・作業ｼｰｹﾝｽ ・集鉱機のセンサ信号操作卓にてチェック		・必要水深 10m以上 ・有義波高 1.8m以下		48H （2日）
		・集鉱機水中作動確認 ・計測機器作動確認 （フレキシブルホース所定本数接続降下後実施）		・許容されている時間内で通電し，テストを行う	・集鉱機関連 ・全計測項目	・操作卓にて作動状態を確認			8H
		③エアリフト関連 ・制御パラメータの設定テスト ・船上計測制御システムの予備テスト							＋α

表1.2－1　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔ドックサイドテスト〕〔岸壁テスト〕　　（4／4）

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
4	船体動揺計測テスト	①総合動揺計による船体動揺計測及び気海象データ計測	・時刻 ・動揺 ・ハンドリングサイクルタイム		・人員配置 ・作業シーケンス	・3のアイテム中に実施し，動揺解析等のデータを得て作業性との関連を確認			
5	水中測位装置 ノイズ計測テスト	①水中測位設定 パラメータ設定				・3のアイテム中に実施し，水中測位設置受波器によりノイズレベル確認			
6	実験終了 （神戸港岸壁）	①実験システム，機器の電源停止 ②実験機器，機材の整備及び船内整備 ③実験諸データの整理		・追設発電機運転停止		・各制御卓にて確認 ・各サブシステム毎に実施 ・同　上			0.5日 1日

表1.2－2 実験システム実験実施要領書（案）

実験区分〔海洋総合実験〕

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
1	航海準備 （神戸港）	①一般乗出し用品及び実験用機材備品，消耗品類の積込と内訳の確認 ②実験スケジュールの事前確認 ③実験システム装置の電源系のチェック ④中央管制装置，機器の作動・機能チェック ⑤船位測定，航海，操船関係装置の作動チェック ⑥気海象中期予報のチェック		・実験船，補給船タグボートそれぞれにおいて積込とチェック ・追設主・補発電機を運転し，電源系統をチェック		・リストを用意し確認 ・スケジュール表等で確認 岸壁系船状態で実施できる範囲で事前確認	・出港前に実験海域の気海象現状データ及び予測データを入手し実験期間中，有義波高 2.5m以下となることを確認また，海流（黒潮本流）の現状データも合わせて検討	・気海象の予測によっては出港を見合わせる	3日
2	出港準備／離岸 （神戸港）	①出発の決定 ②船内主発電機の始動，陸電から船内電源への切替 ③係留索切離し，巻取り ④スラスタ，補機類始動 ⑤主推進機関始動，軸系始動							

表1.2－2　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔海洋総合実験〕

（2／13）

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
3	航海 （神戸港→ 実験候補海域）	①避難訓練	・船速 （8kt）						
		②実験スケジュール，実施要領等の確認と周知徹底		・実験海域（2000m水深）まで通常航海速力で航行					2日
		③船内通信機器チェック							
		④航跡プロッタ等のチェック							
		⑤気海象予報のチェック				・気海象情報は常に入手し確認	・有義波高2.5m以下なることを確認		
		⑥実験に使用するシステム，装置のチェック		・追設主発電機運転（1,150kW）					
		⑦中央管制室データ処理のデータ登録，設定の確認		・中央管制卓，各サブシステム操作卓にて最終チェック					
4	実験準備 （実験候補海域）	①バラストタンク注水 （浮上→半潜水状態）							3日
		②揚鉱管積込		・補給船から実験船に揚鉱管を移送する	・気海象		実験候補海域が黒潮海域に入るようであれば，黒潮海域に入る前に4－③まで完了させる。		
		③曳航索連結 （曳航状態） ・実験船推進機関停止		・実験船とタグボート2船を曳航索で連結。以降実験船機関停止，タグボート2船による曳航にて操船する	・曳航索張力 ・タグボート馬力以降曳航中は常時監視する			・曳航索張力が許容範囲を超えればタグボード操船にてこれを回避	
		④船位確認		・GPS，NNSS，LORAN-C，等の船位測定装置で常時確認		・中央管制卓及び船橋にて確認	・予定実験海域であることの確認		1日

表1.2－2　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔海洋総合実験〕

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
		⑤海底地形，水深確認		・海図データ等の対比					
		⑥実験海域の表層潮流の計測及び風浪計測	・船速	・集鉱機曳船予定海域の水深 200m～300 mまでの潮流分布計測 ・波高及び風向・風速計測		・超音波式潮流計にて確認 ・曳航式波高計（潮流ブイ波高計他）			
		⑦集鉱機着水アプローチ点決定	・船速	・波浪，風，潮流，船体動揺データをベースに最終決定			・波浪状態解析データ		
4	実験準備 （実験候補海域） （続き）						(1)集鉱機離着底時のシミュレーション等実施し運転方法を最終確認。 (2)有義波高2.5m以下		
		⑧ＸＢＴ投下，鉛直方向の水深温度分布を計測し，水中測位装置のキャリブレーション	・スラスタ ・船速	・曳船地点にて計測，キャリブレーション	・集鉱機加速度 ・聴音 ・制御電源電圧 ・高度 ・ピッチ ・ロール ・ヨー	・各システム管制卓（操作卓）にてチェック ・管制卓，操作卓にて作動状態を確認	・気海象予報の最終チェック		
		⑨海中投入装置，機器の投入準備，確認	・船速	・実験船はハンドリング開始地点に移動スタンバイ					
		・中央管制室の各種機器，装置の作動確認		・計測電源通電		・操作卓にて作動状態確認			

表1.2－2 実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔海洋総合実験〕

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
4	実験準備 （実験候補海域） （続き）	⑩ケーブル格納移送装置運転準備 ⑪ハンドリング装置運転準備 ⑫エアリフト系運転準備 ・各種関連機器点検 ・計測制御機器調整 ・空気圧縮装置始動 ・分離装置作動準備 ・船上設備準備完了確認 ⑬ノジュール処理装置運転準備 ・船上設備準備完了確認		・追設主発電機運転（3,200kw） ・追設主発電機停止					
5	海中機器降下	①ケーブルハンドリング （D.T.及び水中光・電力コネクタの取付）			・ケーブル外観 ・ケーブル振れ ・作業時間	・ケーブルのハンドリング状態を目視により確認する			10日
		②集鉱機ハンドリング 集鉱機を投入。デリック下で2本目ホースと接続のうえ降下	・船首方向 ・船速 （0.5kt）	・風浪に対して船体動揺が最小となるよう操船する ・集鉱機対水速度が正となるよう操船 ・実験船をはさんでタグボート1船は潮流の方向に，もう1船は向潮流の方向に位置し，実験船をコントロールする。	・船位，船速（対地，対水） ・気海象 ・船体動揺 ・作業時間 ・集鉱機加速度／被牽引力 ・集鉱機姿勢 ・タグボート相対位置 ・実験船とタグボート間の曳航索		・有義波高 2.5m以内であること		

表1.2－2　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔海洋総合実験〕

（5／13）

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
5	海中機器降下 （続き）	③フレキシブルホース及び集鉱機ケーブル降下（約 276m）					・有義波高2.5m以内であること		
		④揚鉱管及び集鉱機ケーブル降下，停止（約 540m）			・揚鉱管，フレキシブルホース繰出し量 ・揚鉱管番号，種類 ・揚鉱管荷重，応力 ・下部把持点加速度 ・サイクルタイム ・P.S.カテナリ形状				
		⑤空気吹込装置管及びDT，水中光ケーブル接続							
		⑥揚鉱管，空気管及びケーブル類降下，停止（約 768m）							
		⑦DT，水中光ケーブル接続							
		⑧揚鉱管，空気管及びケーブル類降下，停止		・集鉱機高度約50mまで降下する	・水深 ・集鉱機高度				

表1.2－2　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔海洋総合実験〕

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
5	海中機器降下 （続き）	⑨集鉱機高度確認及び位置水深の確認（項目⑩と併行して行う）	・船首方向 ・船速	・高度計による確認 ・着底予定地点に集鉱機を誘導できるように降下作業中常にチェックし，操船する			・有義波高2.5m以下であることを確認		
		⑩集鉱機宙吊り曳航	・船速 ・馬力	・集鉱機宙吊り状態で直進	・水深 ・馬力 ・船体動揺				
		⑪揚鉱管及び空気管及びケーブル類降下，停止	・船速	・集鉱機が着底するまで揚鉱管の降下を続行する	・集鉱機高度 ・集鉱機加速度 ・海底地形	・高度ソナーによる集鉱機高度の確認	・集鉱機高度が正常に示されていること	・集鉱機が許容限界を超えた姿勢及び運動をしている場合は着底を見合わせる	
		⑫集鉱機着底確認	・船速	・着底を確認	・集鉱機加速度 ・高度 ・ピッチ，ロール ・被牽引力	・加速度，高度，ピッチ角，被牽引力の変化等により，着底を判断	・集鉱機が正しい姿勢で着底すること		
		⑬揚鉱管及び空気管及びケーブル類降下，停止	・船速	・着底を確認後，揚鉱管等が所定長になるまで降下させる	・集鉱機加速度	・集鉱機が正しい姿勢で着底していること			
		⑭船上ケーブルの電力コネクタ，光コネクタ接続							
		⑮船上管接続	・船速						
		⑯集鉱機位置確認							

表1.2－2　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔海洋総合実験〕

（7／13）

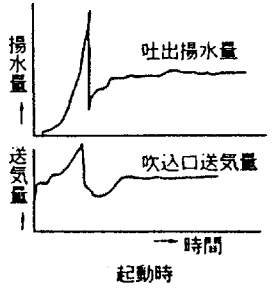
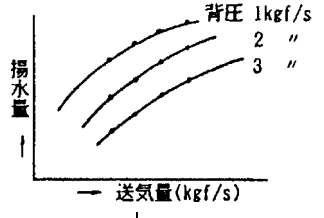
No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
6	揚水性能テスト	①始動標準（注1） (1)各種機器点検（手動運転，弁も含む） (2)計測制御機器調整（遠隔手動，自動制御含む） (3)追設主発電機起動（3200kw） (4)空気圧縮装置起動 (5)分離装置作動準備 (6)船上設備準備完了確認 (7)緊急放出弁（開）（放出側） (8)背圧設定 (9)送気開始 (10)送気量減少 (11)放出弁（閉）（分離槽側） (12)ノジュール処理装置運転	・船速 ・背圧 ・吹込空気流量	・水深 2,000m ・エア吹込水深 約 1,360m 船速 kt：0.8 背圧 kgf/cm²(abs)：1 空気気流 kgf/s：6 → 3		・CRT表示にて確認	（注1） 始動準備には，時系列的には出航準備，エアリフト作動確認時に行う項目も含め，記載した  起動時		3日
		②揚水性能測定 (1)吹込開始（注2） (2)揚水開始 (3)空気排出開始 (4)定常揚水・分離装置調整 (5)計測 (6)送気量増加 (7)定常揚水・計測 (8)送気量増加 (9)定常揚水・計測	・船速 ・背圧 ・吹込空気流量	船速 kt：0.8 背圧 kgf/cm²(abs)：1 空気気流 kgf/s：3 → 4 → 5	・揚鉱管内圧力及び差圧，吹込空気流量，吐出揚水量	（注2） 起動時揚水性能計測は右図の要領にて確認する 分離タンク水位は700mm程度変動	 		

表1.2－2　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔海洋総合実験〕

（8／13）

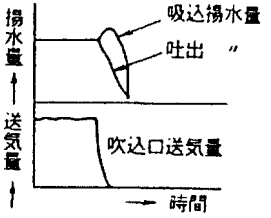
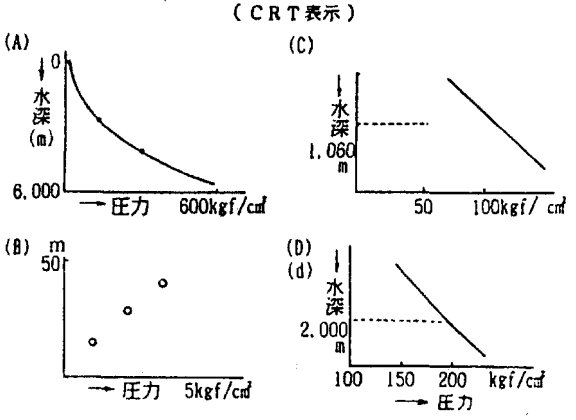
No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御パラメタ	運転制御法			運転に必要な監視項目	実験状態の確認方法	実験進行の為の判断基準	異常事象とその対応・手順	所要時間
				船速	背圧	空気流量					
				kt	kgf/cm² (abs)	kgf/s					
6	揚水性能テスト（続き）	②揚水性能測定（続き）									
		⑽送気量増加 ⑾定常揚水・計測 ⑿背圧上昇 ⒀背圧コントローラ調整 ⒁送気量を変更して計測 ⒂背圧上昇 ⒃送気量を変更して計測 ⒄背圧低下 ⒅送気停止・計測（注３） ⒆揚水停止 ⒇緊急放出弁開	・船速 ・背圧 ・吹込空気流量	0.8	1(abs) 2 1(abs) 3 1	6 6→3 3 3→6 1	・揚鉱管内圧力及び差圧，吹込空気流量，吐出揚水	（注３） 送気停止時の各特性計測は右図の要領にて確認する	 停止時		
		③緊急放出弁作動試験（遠隔手動） (1)準備〔1〕に同じ〕 (2)吹込開始 (3)揚水開始 (4)空気排出開始 (5)定常揚水・分離装置調整 (6)定常揚水 (7)緊急放出弁開／閉 (8)送気量増大 (9)緊急放出弁開／閉 (10)背圧増大	・船速 ・背圧 ・吹込空気流量	0.8	1 2	2 6	・管内圧力	（注４） ＣＲＴ表示例(A)～①を下図に示す （ＣＲＴ表示） 		

表1.2－2　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔海洋総合実験〕

（9／13）

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御パラメタ	運転制御法	運転に必要な監視項目	実験状態の確認方法	実験進行の為の判断基準	異常事象とその対応・手順	所要時間
6	揚水性能テスト （続き）	③緊急放出弁作動試験 （遠隔手動） （続き） ⑪緊急放出弁 開／閉 ⑫背圧増大 ⑬緊急放出弁 開／閉 ⑭送気停止 ⑮運転終了操作 （空気圧縮装置停止，分離装置停止，機器点検） ⑯追設主発電機停止 （3,200kw）		船速 kt：0.8 背圧 kgf/cm²(abs)：2(abs)→3→1 空気流量 kgf/s：6→0 ・船上空気吐出弁を閉じ，逆流を防止する	・管内圧力				
7	集鉱システムの水中測位システムの作動確認 （本項目はNo.6の揚水性能テスト時及びNo.8の集鉱機曳航性能テスト時に適宜実施する）	①水中測位システム作動確認	・船速			・水中測位装置受波器によるノイズレベル確認			2日

表1.2－2　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔海洋総合実験〕

（10／13）

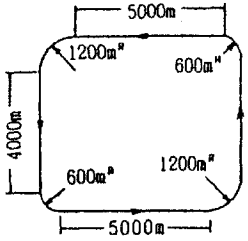
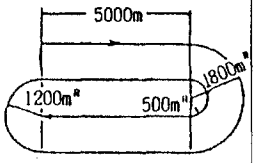
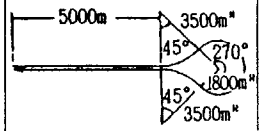
No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御パラメタ	運転制御法	運転に必要な監視項目	実験状態の確認方法	実験進行の為の判断基準	異常事象とその対応・手順	所要時間
8	集鉱機曳航性能テスト	①操船の影響テスト							2日
		(1)テスト準備，確認	・船速 ・馬力，プロペラピッチ，海底地形，船位 ・動力	・シミュレーションから想定した，タグボート曳航による実験船操作	・水深 ・気海象 ・船位，船速 ・集鉱機位置 ・P.S カテナリ形状 ・船体動揺 ・加速度計（C） ・曳航力（被牽引力） ・タグボード相対位置 ・実験船，タグボート間の曳航索	・諸データのそろい具合をリストにより確認	・シミュレーション状態が確認出来る諸データの準備完了		
		(2)90° 回頭の影響試験 	・直進及び90° 旋回	・同　上	・同　上	・集鉱機位置	・シミュレーションとの対比		
		(3) 180° 回頭の影響試験 	・直進及び180° 旋回	・同　上	・同　上	・集鉱機位置	・同　上		

表1.2－2　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔海洋総合実験〕

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
8	集鉱機曳航性能テスト（続き）	(4)進路変更の影響試験  	・直進及び旋回	・前　述 ・同　上	・前　述 ・同　上	・前　述 ・同　上	・同　上		
		(5)緊急回避試験	・旋回	1)　操舵機のみ	・前　述	・前　述	・同　上		
		②採鉱実験船及びパイプストリングの抵抗試験							
		(1)集鉱機着底直前（直進）	・船速 ・馬力 ・ﾌﾟﾛﾍﾟﾗﾋﾟｯﾁ	・タグボート曳航力変化（シミュレーションに基づく）	・船位，水深 ・船速，馬力 ・船体動揺 ・気海象 ・P.S カテナリ形状 ・タグボート相対位置 ・実験船，タグボート間の曳航索	・船位計測機器 ・馬力計 ・主機軸系付属機器 ・軸力	・ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ結果との対比 （ハンドリングテスト中行う）		－
		(2)集鉱機着底採鉱状態（直進）	・船速 ・馬力 ・ﾌﾟﾛﾍﾟﾗﾋﾟｯﾁ ・海底地形	・同　上	・船位，水深 ・船速，馬力 ・船体動揺 ・気海象 ・海底地形 ・P.S カテナリ形状 ・集鉱機位置 ・実験船，タグボート間の曳航索	・船位計測機器 ・馬力計 ・主機軸系付属機器 ・海底地形確認計器	・ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ結果との対比		－

注）
P.S.降下中にも所要長さの時点で船速，馬力，軸力を計測し，抵抗値の把握をう。
（P.S. 降下作業はさまたげない）

表1.2－2　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔海洋総合実験〕

（12／13）

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
9	諸テスト機器電源停止	①エアリフト部会関連機器停止 (1)空気圧縮装置停止 (2)分離装置停止 (3)機器点検 ②追設主発電機停止 (3,200kw) ③船上配管解体 ④船上の電力コネクタの切り外し							7日
10	海中機器揚収・点検	①揚収手順はNo.5の逆となる ②集鉱機揚収終了 ③計測電源通電停止 ④集鉱機揚収後の各所点検 ⑤曳航索切離し（自航状態） ⑥揚鉱管荷卸し ⑦バラストタンク排水（半潜水→浮上状態）		・実験船推進機関始動 ・実験船から補給船に揚鉱管を移送する	・気海象		黒潮海域離脱後実施	・気海象不穏の時はタグ曳航，半潜水状態にて帰途につく。	3日

表1.2－2　実験システム実験実施要領書（案）（つづき）

実験区分〔総合試運転〕　〔エアリフト構成〕

No.	実験目的 作業目的	実験作業	制御 パラメタ	運転制御法	運転に必要な 監視項目	実験状態の 確認方法	実験進行の為の 判断基準	異常事象と その対応・手順	所要 時間
11	航海 （実験候補海域から長崎港）	①実験機材の整備及び船内整備 ②実験諸データの整理と解析 ③帰港着岸					・各サブシステム毎に実施 ・同　上		4日
12	実験データの解析	①実験データの解析					・同　上		1日

1. 3　各種要領書

1. 3. 1　運転操作要領

本年度は，実験規模及び実験システム構成が変更となり，従来の実験システム運転操作とは大きく変わることとなった。

実験船が石油掘削リグとなり，航海時，ハンドリング時，並びに揚水実験時すべての面でタグボートが支援することとなり、その実験海域も日本近海の 2,000m海域となり，気象海象条件並びに実験基地も変更されることとなった。

また、揚鉱システムもエアリフト方式のみとなり，実験内容も見直しが開始されたところである。

従って，本年度は現在までに検討された実験システム運航の概念を述べることとし，詳細検討は，来年度以降の課題とした。

(1)　**海洋実験時の運航状態**

海洋実験実施時のセミサブリグの主要採鉱機器の稼働状態は次のとおり。

作業モード	推進装置（既設）	ドローワークス（既設）	空気圧縮機（新設）
トランジット時	使　用 タグボート併用	不　使　用	不　使　用
集鉱機・揚鉱管等 ハンドリング時	不使用 タグボート使用	使　　用	不　使　用
揚水実験／ 集鉱機曳航実験時	不使用 タグボート使用	不　使　用	使　　用
緊急時待機時	使　用 タグボート併用	不　使　用	不　使　用

(2)　**作業条件**

①　トランジットモード

通常のセミサブリグのウェット曳航時の操船条件と同じで，タグボート併用。

②　海中機器ハンドリングモード

有義波高 2.5m以下にて作業。

この波高を越える場合は待機モードとなり，その場で待機，タグボート併用。

基本的に，リグデッキ上の作業は，既存のセミサブリグのパイプハンドリングの作業条件に準じて実施される。

③　揚水実験／集鉱機曳航実験モード

有義波高 2.5m以下にて作業。

この波高を越える場合は，待機モードとなりその場で待機，タグボート併用。

④　緊急時待機モード

タグボート併用にて，海象の収まるまでその場で待機。

以上のように，本来係留して使用される石油掘削リグを採鉱実験船として使用するために，停船及び曳航条件下いずれの場合でも，タグボートが支援することとなる。

また，石油掘削リグ特有の特性であるデッキ搭載荷重の制限並びに構造上の制約から，集鉱機格納方法，並びに揚鉱管格納方法が変更となり，そのハンドリング手順・方法も変更となった。

これらシステム構成並びにシステム運転方法・形態の変更がなされたため，本年度は基本的な実験船の運転概念の検討のみとなった。

今後，システム構成並びに機器オペレーション方法が設定されるに応じ，本要領の詳細見直しを行う予定である。

1. 3. 2　保守管理要領

実験システムの保守管理は，実験の期間・内容・外部からの支援の難易等によって，予定する作業内容，作業量が変わるので，本年度は，実験場所をK海域として検討した。

実験の内容は，集鉱機，揚鉱管等の降下，揚収のハンドリングと集鉱機の曳航テスト及びエアリフトによる揚水テストとしている。

(1)　システムの状況

実験船は，デリックを含む既設部分と改造または増設した装置からなり，既設部分の運転操作，保守等を取扱いに習熟した運航要員が担当し，追設部分を機器，装置の製作または調達を担当したサブシステムが分担して実験を行うことになっている。また，故障の対策，点検要領等については，既存設備の場合は完備しているものと思われるし，船上に追設した機器，装置も故障の心配が極めて少なく，短い実験期間では，事前の点検と清掃が主な作業になるものと予想した。さらに，海中に吊り下げるパイプストリングと集鉱機も，以前は船上の組立状態のチェックと各機器の作動チェックが必要で，それぞれのサブシステムでハンドリング作業中に暫時作業を中断させてチェックすることになっていたが，現在予定している実験内容では，作動チェックが計測系だけになって，各サブシステムの作業を調整する必要がなくなった。

このような状況から，無事に実験が行われた場合の保守作業は，実験準備中の点検と終了

時の清掃や水洗いになって，本要領に詳細を述べる必要はないものと考えた。また，不幸にして手直し等を要することになっても、船上の協議が優先すると思われるので，本要領では整備，修理の関係の要領を除いている。

(2) 保守管理要領案

本要領案は，各サブシステムの意向を入れたものでなく，今後の検討のための試案としてまとめたものである。したがって，実験計画と実験システムの詳細設計の進捗状況に合わせて検討を続ける予定である。なお，本案では運航要員が管理する範囲を除いている。

案　文

(a) 目　的

保守管理要領の目的は，実験システムを実験の期間中円滑に運用できるよう維持管理すること，及び実験期間中の保守関係の費用を明らかにすることについて，関係者相互間の混乱を避けることにある。

(b) 保守作業の種類

実験期間中に乗船者が行う保守作業を下記とし，基地で行う作業等は本要領に含まない。

（ｉ）点検：基地出航前および実験開始前に行う点検と，実験終了後の機器，装置の状態を確認する作業とする。なお，出航前の予備品等の点検は補給要領に従う。

（ii）整備：点検の結果または実験実施中に必要となった処置とし，軽度の修理および調整，給油等の作業とする。

（iii）清掃：海中機器の清水による洗浄と，船上の装置およびその周囲の清掃とする。

（iv）記録：予備品等の出納および点検時の状況，整備の内容，処置等を記録する。

(c) 点検要領

（ｉ）点検作業は，点検の箇所，内容等を明示したチェックリストを携行し，このリストに点検状況，処置等を記入する。

（ii）上記チェックリストは，機器，装置の製作，購入等を担当した各サブシステムで個別に作成する。

（iii）点検で発見された異常，故障は，速やかに復旧の処置を行う。また，該当装置を担当するサブシステムの責任者は，復旧の状況と見込時間を団長に報告する。

（iv）団長は，上記作業のために予定が遅れるおそれのある場合は，船長および各サブシステムの責任者を招集し，以後のスケジュール等を協議し，決定事項を実験本部と乗船者全員に通知する手配をする。

(d) 故障の処置

実験実施中に故障が認められたときは，次の手順により処置する。

（ｉ）異常，故障の発見者は，該当装置の担当者に連絡するとともに，中央管制室に連絡する。

（ii）連絡を受けた中央管制室は，故障の発生を各操作卓と団長に伝達する。

（iii）故障した機器，装置の担当者は，各サブシステムが作成する応急処置の要領に従って行動する（故障が発生した場合は，操船関係を除き実験を中断することを前提にする）

（iv）故障の復旧作業と時期は，団長の指示による。もし乗船者による作業が不適当と判断した場合は，実験本部の指示に従う。

（ｖ）故障によって実験計画を変更する場合は，団長が各サブシステムの代表者を招集し，協議の上決定する。また，実験計画の変更が操船関係に及ぶ場合は，船長の同席を求めることとする。

(e) 記録の作成，保管

（ｉ）予備品，油脂類等を使用する場合は，所定の伝票と引替えに物品を出庫する。この伝票は，事務長が保管し，帰港後実験本部に提出する。

（ii）機器，装置の点検，整備等の状況は，記入した前記チェックリストを各サブシステムごとに保管し，帰港後実験本部に提出する。

1.3.3 要員訓練計画

本年度は，前年度に行った合理化案の見直しを踏まえ，実験船としてセミサブリグ（第３白竜）を利用した場合の実施計画を基本的事項としてとらえ，これに伴う要員訓練計画の検討調整を実施した。

(1) 訓練計画の基本構想

本要員訓練は今から数年後に行われる海洋総合実験が計画通り効率良く無事終了させることを目的として，同実験に先立ち全要員が教育及び訓練を通じて実験システムのソフト・ハード共に万全なものにする為に行う。この海洋総合実験は，新に開発される単体の機器が相互に複合して組み合わされた新しいシステムが稼働し，海底よりマンガン団塊を採鉱する新システムの実証試験である。従ってここで使用される機器は勿論ハンドリングも全く新しいものとなり，大洋の船上で限られた作業環境下で（人員・器材・物質等）行う必要がある為，この海洋総合実験は非常に難しいものと考えられる。このような理由からこの実験を計画通り所定の期間に目的を達成させる為には，同実験の前に全要員が実験システムを充分に理解する必要がある。即ち，実験に供される新しい機器，装置システムの操作に充分に熟知しておく必要がある。

海洋総合実験に至る手順は次の通りである。まず，実験船の試運転と，単体機器の陸上と船上における機能確認テストを行い，基本性能と作動確認を実施する。次に，実験システムの理解・把握と，機器のハンドリング技術の習得と訓練を目的とした陸上教育訓練を実施する。この後，船上において，陸上教育訓練で学習した技術の基礎的な習熟と訓練を目的としたドックサイドテストを実施する。これは洋上における実験に即したハンドリング技術の習得と訓練を目的とし，これらの過程を経て最終的に海洋総合実験が実施される。

また，本要員訓練計画で対象とする要員は，各サブシステムのオペレーションと訓練を行う研究員・技術員及び運転員（ケーブル移送要員及びハンドリング要員）とに限定し，本訓練計画になじまない運航要員は除いた。

なお，現在作成しつつある訓練計画を検討・調整中であるが，実験システム，機器設備，ハンドリング方法等は未だ調整等を必要とする可能性があるので，これらの各作業部会への配慮に基づく訓練を考慮し，さらにそれらの問題点を摘出し改善しながら，海洋総合実験をより完全なものにしていくことを目的に含めている。

(2) 要員訓練計画

本年度の範囲を「陸上教育訓練」，「ドックサイドテスト」とし，前年度に行った合理化案の見直しを踏まえ，それらにおける訓練の内容を以下にまとめる。

(a) 陸上教育訓練

摘　　要	内　　容
（その１）	
1. 訓練対象者	要員全員
2. 訓練場所	陸　上
3. 訓練日数	４～５日
4. 訓練内容	実験システムの教育
（その２）	
1. 訓練対象者	運転員の内のハンドリング要員（40人）
2. 訓練場所	陸　上
3. 訓練日数	60日×４人，30日×２人，７日×34人，合計538 工
4. 訓練内容	各システム及び機器のハンドリング技術の習得と訓練

(b) ドックサイドテスト

摘　　要	内　　容
1. 訓練対象者	研究員・技術員（35人），運転員：ケーブル移送要員（３人），ハンドリング要員（40人）　合計78人
2. 訓練場所	岸壁及び沖合
3. 訓練日数	19日
4. 訓練内容	各システム及び機器のハンドリング技術の習熟と訓練 ○単体機器のハンドリング（機器単体の機能及び作動テスト） ①揚鉱管，②空気管，③フレキシブルホース，④ケーブル，⑤集鉱機，⑥ポンプモジュール，⑦計測制御（揚鉱管計測システムの送受信，中央管制室データ処理装置のデータ登録・設定，水中測位装置パラメータ設定） ○アセンブリの組立ハンドリング（海上における：機器の機能，システムの作動確認，キャリブレーション，アセンブリ組立，ハンドリング訓練） ①揚鉱管（ケーブルハンドリングを含む），②集鉱機（ケーブル接続を含む），③ポンプモジュール（ケーブル接続を含む），④エアリフト（計測制御を含む）

1. 3. 4　安全管理要領

安全管理要領は，マンガン団塊採鉱システムの海洋実験における労働災害を防止し，この海洋実験に従事する者の安全と健康を保持することを目的とする。

(1)　法令及び諸規制との関係

海洋実験の従事者は，実験に従事する団長以下の研究員・技術員及びハンドリング要員（以下三者を「実験要員」という）と主として船の運航に従事する船長以下の運航要員との2系統に大別される。運航要員は，海事法規の適用をうける。実験要員は，船上作業に従事し，船上で生活するので，安全，衛生に関しては，船長の指示に従うものとするが，法的には労働安全衛生法の適用をうけることになる。

なお，マンガン団塊の商業生産時には，深海底保安規則（以下「深海則」という）の適用をうける。

安全衛生に関係する法規等の主なものには，次のものがある。

海事法規関係

船員法	昭和22年9月1日施行
船員法施行規制	同　上
船舶職員法	昭和26年4月16日施行
船員労働安全衛生規則「船安衛則」＊	昭和39年7月31日
船舶救命設備規則	昭和40年5月19日
船舶消防設備規則	同　上

海事規定関係

商船船員災害防止規定「災防規」＊	昭和45年10月26日施行

鉱山法規関係

鉱山保安法	昭和24年8月12日施行
深海底鉱山保安規則「深海則」＊	昭和57年7月20日施行

労働法規関係

労働基準法	昭和22年9月1日施行
労働基準法施行規則	昭和22年9月1日施行
労働安全衛生法「労安衛法」＊	昭和47年10月1日施行

その他

㈳海洋調査協会　安全手帳	昭和61年3月発行

＊印は，特に，安全管理要領の作成上，重要なものである。

(2) 安全管理組織

安全管理上の組織は，運営管理組織に従うことが必要である。現在，提案されている実験船内の組織は次のとおりである。

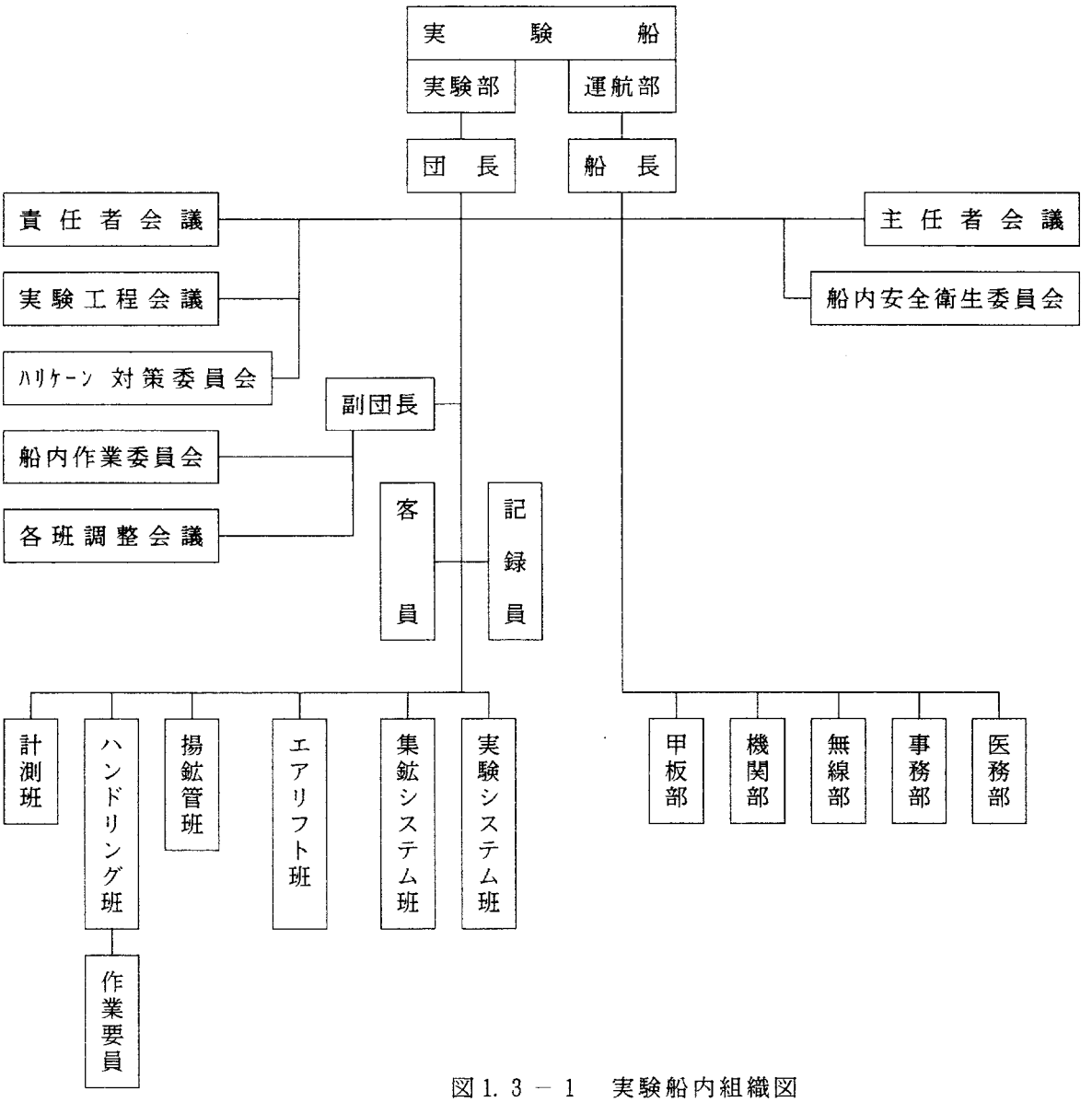


図1.3－1　実験船内組織図

(3) 船内安全衛生委員会

船内安全衛生委員会の構成メンバーを安全管理者，安全担当者，安全係員，船医及び衛生担当者（合計21名）として月1回以上の会議を船長が座長となって開催することとする。

この委員会は，実験要員と運航要員の船上における安全と衛生に関する問題を討議し，労働災害の防止，健康の保持を図ることを目的として開催することとする。

なお，委員会に関する重要事項の記録は，保存しなければならない。

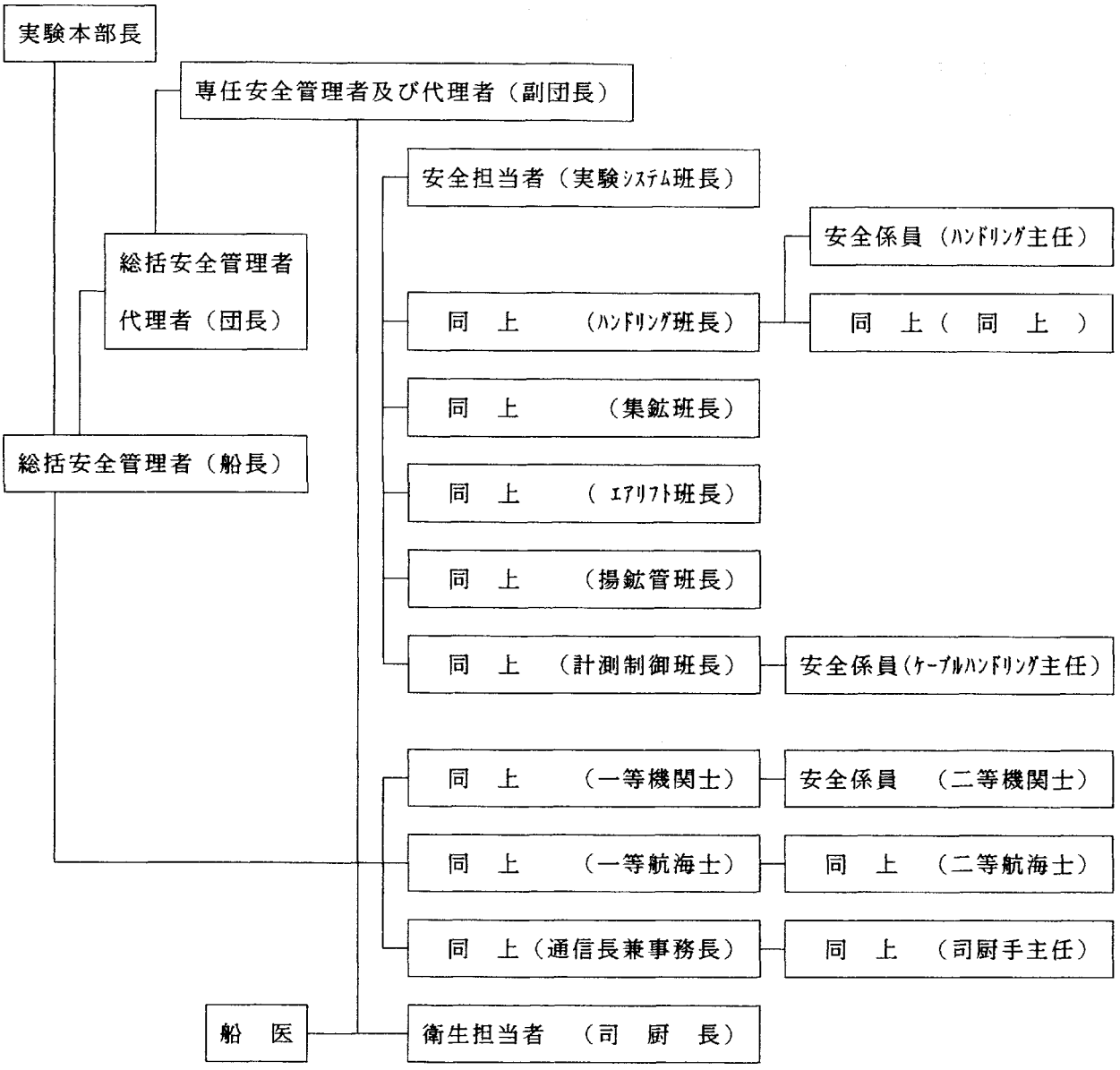


図1.3－2　安全管理組織図

(4)　安全担当者の業務

（ｉ）作業設備及び作業用具の点検及び整備に関すること。

（ii）安全装置，検知器具，消火器具，保護具その他危害防止のための設備及び用具の点検及び整備に関すること。

（iii）作業を行う際に危険な状態や有害な状態が発生した場合又は発生するおそれのある場合の適当な応急措置又は防止措置に関すること。

（iv）発生した災害の原因の調査に関すること。

（ｖ）作業の安全に関する教育に関すること。

（vi）安全管理に関する記録の作成及び管理に関すること。

(5) 衛生担当者の業務

船医の補助者として以下の業務を行う。

（i）居住環境衛生の保持に関すること。

（ii）食料及び用水の衛生の保持に関すること。

（iii）医薬品その他の衛生用品，医療書，衛生保護具等の点検及び整備に関すること。

（iv）発生した疾病の原因の調査に関すること。

（v）衛生管理に関する記録の作成及び管理に関すること。

(6) 安全係員の業務

安全担当者の指揮をうけて，担当職場の安全，衛生，環境，防災に関する事項の管理を行う。すなわち，安全担当者の業務を分担，補助する。

(7) 乗船者の遵守事項

（i）防災標識又は，禁止標識のある箇所における当該標識に表示された禁止行為をしてはならない。

（ii）船内では，火気に注意すること。特に寝タバコ，通路及び灰皿のない場所での喫煙は，厳禁する。

（iii）甲板上で作業をする場合は，2人以上で実施することとし，必ず安全帽・安全靴を着用し，出来る限り手袋を着用しなければならない。ただし，回転中の機械等に手がまき込まれるおそれのあるときは，手袋を使用してはならない。

なお，特殊作業において命綱，安全ベルト，救命胴衣又は作業用救命衣等の保護具の使用を命ぜられたときは，これらを使用しなければならない。

（iv）危険な作業をする場合は，事前に安全担当者を通じ関係部門と打合わせをしなければならない。

（v）船内には多数の突出部や危険な箇所があるので，作業中は，頭上，足元等に十分注意しなければならない。特に，ワイヤーロープ類のコイルの中に絶対に足を入れてはいけない。

（vi）船で非常事態が発生した場合には，沈着・冷静に行動しなければならない。この際，速やかに行動出来るように次の事項を遵守しなければならない。

(ｱ)非常警報等の種類を記憶する。

(ｲ)各室備えつけの救命胴衣及び安全帽を着用する。なお，救命胴衣の平常時における開封，移動を厳禁する。

(ｳ)救命艇乗り組配置及び防火部署配置は，前もって指示されるので，避難通路，集合場所，自分の乗り込む艇，携行物品等を予めよく記憶する。

(エ)航海中，機会ある毎に訓練を行うので参加しなければならない。

（vii）一般遵守事項

(ア)夜間及び荒天時１人で甲板に出ないこと。船酔，飲酒時の場合は特に注意すること。

(イ)負傷時，発病時，船酔のひどい時は，船医又は衛生担当者に申し出ること。

(ウ)扉の出入りには，頭上，手元及び足元に注意すること。

(エ)居室，研究室で設備等の破損，不足を発見した場合には，安全担当者を通じ事務長に連絡すること。

(オ)その他，急を要する事態が発生した場合は，近くの乗船者に連絡すること。

（viii）ヘリコプターの利用について

(ア)船上のヘリパッドに物品を置くなどして，ヘリコプターの発着を邪魔してはいけない。また，ヘリパッドの周辺15mの範囲内は禁煙とする。

(イ)ヘリコプターを利用するときは，パイロットが見易いように前方から安全を確かめ，頭を下げて，ヘリコプターに接近し乗り込むこととする。決してヘリコプターの後方及び側方から接近してはいけない。

(ウ)ヘリコプター機内では常時，安全ベルト及び安全帽を着用する。

(エ)目的場所に着地後，パイロットの指示に従って，安全ベルトを取り外し，このベルトを機内に納め，機外に，はみ出さないようにする。

(オ)最後に，機外に出た者は，ドアを確実に閉める。

(8) 火　　災

(a) 消火設備及び防火設備

（ｉ）総括安全管理者は，安全担当者の中から各区域毎に消火設備管理責任者を選定し，氏名を現場に標示する。

（ii）消火設備の種類，大きさ，数量及び配置は，規則に従う。消火設備の位置は，標識等により明示し，配置図を掲示する。

（iii）発火のおそれのある施設別に規則に従い消防設備を配置する。各施設間の間隔は，延焼を防止し，かつ消火活動に支障がないようにする。

（iv）消火設備は，各航海毎（約１ヶ月）に定期検査を実施し，検査年月日，検査記録を設備に貼付すると共に検査結果を総括安全管理者に報告する。

(b) 消火及び退避

（ｉ）消火班組織は，安全管理組織と同一とする。

（ii）火災発生報知の方法は，号鐘による連打の後，発生場所により，１点は船首，２点は船橋，居住区，３点は船尾とする。

乗船者は，前もって指示された部署に集合し，安全担当者の指揮によって消火作業に従事する。

（iii）総員乗艇部署へ呼集（退船）報知の方法は，汽笛等による短音７回以上，これに続く長音１回吹鳴による。

乗船者は，救命胴衣，安全帽を着用し，自分の乗り込む救命艇乗り込み場所に集合し，指示に従って乗艇する。

（iv）退避の方法は，各航海毎に乗船後24時間以内に，乗船者に周知させる。

（v）消火方法は，各航海毎の訓練を通じて乗船者に熟知させる。

(9) 災害時の救護等

(a) 退避訓練

総括安全管理者は，災害が発生したときに備えるため，各航海毎に，乗船者が乗船完了後24時間以内に退避方法の周知をはからなければならない。

なお，定期的（月１回以上）に退避訓練を行わなければならない。

(b) 応急救護

（i）総括安全管理者は，作業場付近の適当な箇所に，負傷者の手当に必要な救急用具及び材料を備え，その設置箇所及び使用方法並びに救急方法を乗船者に周知させなければならない。

（ii）乗船者は，症状の重い者が発生したときは，直ちに船医に通報し，救護のための応急の措置をしなければならない。

(c) 連絡等

災害が発生したときの連絡事項は，事故発生場所，日時，災害の状況及び現場での処置等を含み，下記の経路に従って連絡・報告するものとする。

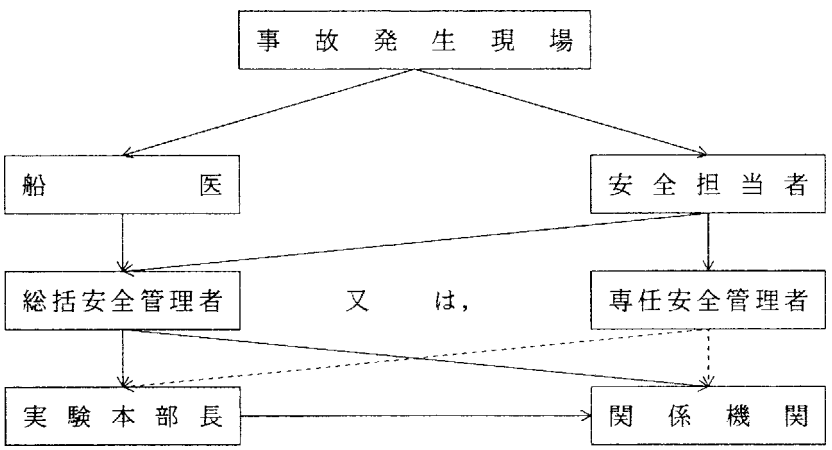


図1.3－3　連絡・報告系統図

(10) 救急用具及び材料

(a) 救急箱

主な作業現場及び居住区に救急箱を常備し，その中には，次のものを揃えておく。

表1.3－1　救急薬品及び器具

品名			適応
薬品	消毒薬	・オキシドール ・消毒薬 ・消毒用アルコール	・傷口の消毒，うがい ・傷口の消毒 ・手・器具の消毒
	外用薬	・アンモニア水 ・ホウ酸 ・オリーブ油，ワセリン ・重そう	・虫ささされ ・うがい，洗眼，湿布 ・皮膚の保護 ・熱傷，虫ささされ
器具		包帯（4・6号），三角巾 ガーゼ，脱脂綿，油紙， ばんそうこう，眼帯，綿棒， はさみ，ナイフ，ピンセット 毛抜き，体温計	

(b) 担　架

主な作業現場に備える。

(c) 救命胴衣

全員の居室に備えるほか，予備として10個を備える。

(11) 特殊作業

海洋採鉱実験における作業は，船上での連続作業であり，波，風等の影響及び船体動揺等の悪い環境のもとで実施するものである。したがって，これらに対しての細心の注意が必要である。

殆んどの作業は，実験要員と運航要員が密接に関連して実施することとなるので，お互いの安全担当者（作業指揮者）間の連絡を密にし，作業の予定及び作業の手順などについて，作業従事者に周知させておくことが重要である。

(a) 高所作業：つい落により危害を生ずるおそれのある箇所における作業。

（ｉ）経験又は技能を有する者が行うこと。

（ii）作業員は，安全帽及び命綱又は安全ベルトを使用すること。

（iii）作業に従事する者との連絡のための看視員を配置すること。

（iv）作業場所の下方における通行を禁止又は制限すること。

（v）実施時期を選定して行うこと。特に，船体の動揺又は風速が著しく大である場合は，緊急の場合を除き，高所作業を行わないこと。

(b) **げん外作業：船体外板，ムーンプール壁の海中機器の降下・揚収中の修復作業，塗装作業など，げん外に身体の重心を移して行う作業及びムーンプール近くで行う作業。**

（i）経験又は技能を有するものが行うこと。

（ii）作業員は，安全帽及び命綱又は救命胴衣を使用すること。

（iii）作業に従事する者との連絡のための看視員を配置すること。

（iv）安全な昇降用具を使用して行うこと。

（v）ボースンチェア又はステージなどつり足場を使用して作業を行う場合など，作業場所が甲板上にいる者から容易に視認できない場合は，当該作業場所の上部のブルワーク，手すりなど，つり足場等の支持箇所の付近に，作業を行っている旨の表示をすること。

（vi）船体わん曲部において，つり足場を使用する場合は，有効な引き付け策を用いるなどの方法により，つり足場の動揺を防止すること。

（vii）作業場所の付近で船底汚水，汚物などのげん外排出及び投棄が行われないように関係者に作業時間，内容などを通報するなどの措置を講ずること。

（viii）実施時期を選定して行うこと。特に，船体の動揺又は風速が著しく大である場合は，緊急の場合を除き，げん外作業を行わないこと。

(c) **運搬作業：重量物の運搬作業**

（i）作業員は，安全帽，安全靴その他の保護具を使用すること。

（ii）索，ブロックその他の用具を使用する場合は，運搬物の重量をできるだけ正確に把握し，これに十分耐えうる用具を選定して使用すること。

（iii）用具を使用し，重量物をつり上げて移動する場合は，動揺などにより，フック，シャクルその他のかん合部分が外れないよう十分な措置を講ずること。

（iv）作業員は，運搬用具の適正な使用法について指示をうけ，指示どおりに作業を行うこと。

（v）つり上げている重量物の下での作業及び通行を禁止すること。

（vi）作業に必要のない者の作業場所への立ち入りを禁止すること。

(d) **天井走行クレーン作業：集鉱機，ポンプモジュール及び揚鉱管等の移送用クレーンにかかわる作業。**

（i）作業の開始前に，試運転をして次の点を確認すること。

(ｱ)発停装置の機能が，正常であること。

(ｲ)制動装置の機能が，正常であること。

(ｳ)リミットスィッチの機能が，正常であること。

(ｴ)ワイヤーロープ及びチェーンが，正常に取り付けられていること。

(ｵ)ワイヤーロープには，有害な変形又は一撚りの間にヤーンの10％以上に著しいずれ，もしくは切断のあるものは使用しないこと。

(ｶ)チェーン，フック及びシャックル等は，き裂，有害な変形又は著しい損耗がないこと。

（ii）クレーンの操作は，法規が定める資格所有者が行うこと。

（iii）号令は，作業員全員に周知させる方法で行うこと。

（iv）指揮者から直接視認できない位置に作業員を配置している場合は，有効な合図を定める等連絡を密にすること。

(e) ウインチ等関連作業（電動ホイストを含む）

（i）ウインチ等を使用し，係止作業，重量物取扱作業を行うときは，開始前に使用する索具，滑車その他の用具を使いやすいよう整然と準備配置すること。

（ii）係止，引き付け作業等では，ウインチへの索の巻数を守り，急張による切断を防ぐこと。それでも切断のおそれのあるロープには，踊り防止用控索をとり，人員を退避させて行うこと。

（iii）手捲ウインチ等では，逆転防止装置を掛け，ハンドル逆転時の災害を防止すること。

（iv）重いワイヤ等の作業中，自重で逸走（出走加速度）する恐れのあるものは，適当な間隔でブレーキ用小索を取っておくこと。また，角材・丸太等で応急的なブレーキを作成し索路に準備しておくこと。

(f) 電気関係作業：感電のおそれのある作業。

（i）作業箇所へ通ずる電路をしゃ断し，しゃ断した箇所に，当該作業箇所への通電を禁止する旨を表示すること。ただし，電路をしゃ断することにより，当該作業が著しく困難となる場合は，この限りではない。

（ii）電気知識を有する者が行うこと。

（iii）絶縁手袋，絶縁靴その他の必要な保護具を使用すること。

（iv）工具は，絶縁工具を使用すること。

（v）金属製のはしご，脚立，踏台などを使用しないこと。

（vi）移動式電動工具を使用する場合には，使用前に各部を点検し，接地を確実に行うこと。

（vii）身体の濡れた状態で作業しないこと。

（viii）作業に従事する者との連絡のための看視員を配置してから行うこと。ただし，２人以

上の者が同時に作業を行う場合であって，事故の際，すみやかに救助体制にはいることができる状態で行うときは，この限りでない。

(g) コンプレッサー作業

（ｉ）当該安全担当者は，コンプレッサーの気筒の温度，安全弁その他の保安のため必要な事項を毎日検査し，その結果を日誌に記載しなければならない。

（ii）レシーバーを定期的に噴出清掃すること。

（iii）気筒，バルブ，中間冷却器及びストレーナーを定期的に清掃すること。

（iv）気筒には，適当な潤滑油を使用すること。

(h) 溶接，溶断作業

（ｉ）溶接又は溶断作業は，その作業につき，経験又は技能を有する者が行うこと。

（ii）作業前のガス溶接装置の点検は，次の各部につき行うこと。

(ｱ)調整器及び圧力計の機能が，正常であること。

(ｲ)ホースは，使用区分に従って正しく取り付けられていること。

(ｳ)ホースに，ひび割れ，焦げ又はすり減り等著しい損耗がないこと。

(ｴ)ホースバンドは，確実に取り付けられ，バルブ，調整器，ホースバンド及び吹管等の継ぎ目からもれがないこと。

（iii）ガスボンベを移動する場合は，弁及びキャップを確実にしめ，衝撃を与えない方法で行うこと。

（iv）作業の終了時には，酸素及びアセチレンガスボンベの残量（圧力）を調べ記録すること。

（ｖ）電気溶接装置の点検は，次の各部につき行うこと。

(ｱ)ヒューズの容量及び締め付けなどが，適正であること。

(ｲ)アースは，適正かつ確実に取り付けてあること。

(ｳ)溶接棒ホルダーの絶縁カバーに損傷がないこと。

(ｴ)クランプの充電部が，露出していないこと。

(ｵ)コードの絶縁が完全で接合部の取り付けが確実であること。

（vi）電気溶接作業を行う場合は，身体の濡れた状態で作業しないこと。

(i) 劇毒物の取り扱い

（ｉ）保管場所には，「毒物」もしくは「劇物」又は「硫酸」もしくは「塩酸」などの表示をするとともに，管理取扱責任者を定め掲示すること。

（ii）保管場所には，当該劇毒別の種類に応じ，必要な防護措置及び動揺による移動の防止措置を施すこと。

（ⅲ）飛散又は漏洩したときの応急処置を定め保管場所の付近に掲示すること。

（ⅳ）劇毒物の取り扱いに関しては，次項を遵守しなければならない。

(ｱ)管理取扱責任者の監督下において行うこと。

(ｲ)当該毒劇物の種類に応じて，保護眼鏡又はゴム手袋等を使用し，粉じん又は蒸気を吸入するおそれのある場合は，保護マスクを着用すること。

(ｳ)使用後は，漏れのないように密栓するとともに，定められた保管場所に格納すること。

(j) 室内試験にかかわる作業

（ｉ）高圧ボンベ類

(ｱ)使用時以外は，元栓を締めておくこと。

(ｲ)直射日光にあてないこと。

(ｳ)衝撃を与えないこと。

(ｴ)レギュレーターのチェック

（ⅱ）その他試験器類

(ｱ)試験器の正確な使用方法を把握しておくこと及び指差し確認を行うこと。

(ｲ)試験器の状況を使用前にチェックすること。

(ｳ)薬品の取り扱いに注意すること。

(ｴ)試験終了後は，電源スィッチ等をもとの状態にもどすこと。

(ｵ)試験器には，みだりに手を触れないこと。

(ｶ)コンプレッサーを使用する三軸試験器においては，バルブ等の締め付け部には，特に注意をはらうこと。

(12) 作業のための信号

作業号令の方法として呼子信号，手信号，腕信号及び夜間のためのランプ信号をそれぞれ表1.3－2～4のとおりとする。

作業指揮者の信号に対し，作業者は，緊急の場合を除き，同種の信号で応じ，これを相互に確認した後でなければ行動を開始してはならない。

これらの信号は，出来る限り併用することとする。ただし，呼子信号の使用にあたっては，他の作業における信号と誤認することがないよう十分に注意が必要である。

表1.3－2　呼　子　信　号

信　　号	意　　味	動　　作
・	注目	号令者に注目する
・・	上げ，捲け，しめ，前進	意味の方向に作業を始める
・・・	下げ，のばせ，ゆるめ，後進	意味の方向に作業を始める
―――	停止	作業を停止する
……	危険，打ち消し，非常停止	ただちに作業を停止する
・－・－・	作業終了	
－－－－	非常事態	現場へ急行する

表1.3－3　手　信　号　と　腕　信　号

意　　味	信　　号　　動　　作
捲け，回せ，しめ，上げ， 始動	（手）第2指で回転を示す （腕）腕全体をのばして回す
注意して捲け，少しずつ捲け， ゆっくり捲け	（手）5指共少し回転させる （腕）肘から指先までの全体を少し回転させる
ＯＫ，同意	（手）第1指と2指で環をつくる （腕）両手を上方で合わせて環をつくる
ホールド・オン，停止	5指共握り両腕を上へ
待て	5指を開き両腕を上へ
上へ（下へ）	第2指をのばし，手を上方（下方）へ2～3回動かす
のばせ	手を軽くひらき，腕を下方に向けて2～3回ふる
レッツゴー，放せ	手を軽くひらき腕を上方に向けて2～3回はねあげる
現状維持	開いた手を交差させる
少し	第5指のみのばして腕を横方向へあげる
終了	両手を開き外方へ移動する

表1.3－4　ラ　ン　プ　信　号

信　　号	意　　味	動　　作
	捲け，回せ， 上げ，始動	腕の速度で回転速度の緩急を示す
	ホールド・オン 停止	早く動かせば非常停止
	のばせ，下げ ゆるめ	下方へ動かす時に強めに動かせ

参考文献

1）船員災害防止協会，商船船員災害防止規程，解説書，昭和46年（1971）

2）船員災害防止協会，船員の安全管理，昭和54年（1979）

3）船員災害防止協会，船員安全手帳，　昭和54年（1979）

4）海洋調査協会，安全手帳，昭和61年（1986）

5）深海資源開発㈱，深海底鉱業関係条約・法令集，深海底鉱山保安規則　p175～291，昭和61年（1986）

6）鉱政会編，鉱業法規集　鉱山保安法
金属鉱山等保安規則　} p.201～308，昭和33年（1958）

7）有斐閣，六法全書　労働安全衛生法　p.2720～2735

1. 3. 5　緊急時処理要領（案）

本年度は，実験船が石油掘削リグとなり，航海時，ハンドリング時並びに揚水実験時等すべての面においてタグボートが支援するシステムとなったことや実験海域も日本近海の 2,000m 水深海域となったことで気海象条件も変更されることとなった。

また，石油掘削リグ特有の特性であるデッキ搭載荷重の制限並びに構造上の制約から，集鉱機格納方法や揚鉱管格納方法が変更になり，その結果としてハンドリング方法等も変更になる等システム構成やシステム運転方法の変更があることから，緊急時処理要領案については，これらシステム全体の確立された後に詳細な検討を実施すべきであると考えられる。

従って，本年度は，基本的な概念の検討を実施することとする。

(1)　サバイバル対策の基本方針

サバイバル対策の基本方針は，原則として過年度の検討結果と同様とする。

① 実験システムはサバイバルに対して十分に安全な強度を有するものではない。

② サバイバルに遭遇すると予想される場合には，パイプストリングを揚収して避難する。

③ 揚収未完了の状態でサバイバルに遭遇し，船体並びに人命が危険と判断される場合にはパイプストリングを切断し投棄して避難する。

④ 投棄したパイプストリングの回収は行わない。

(2)　作業限界

海洋総合実験実施の際の気海象条件に対する実験システムの作業限界は，次のように有義波高を 2.5m以下として設定するものとする。

① 海中機器ハンドリング時

有義波高 2.5m以下にて作業するものとする。

この波高を越える場合は，待機モードとなり，タグボート併用にて海象の収まるまで，待機することとする。

② 揚水実験

有義波高 2.5m以下にて作業するものとする。

この波高を越える場合は，待機モードとなり，タグボート併用にて海象の収まるまで，待機することとする。

(3)　今後の検討課題等

今後は海洋総合実験のシステム構成並びに機器オペレーション方法等がサブシステム等により設定されるのに応じて緊急時処理要領案の詳細な検討を実施する必要があるものと考えられる。

1. 3. 6　補給要領

補給要領は，海洋総合実験時における実験船乗船員の食糧及び飲料水の補給に関し，補給場所，補給量等について取りまとめたものである。

本年度は，前年度に行った合理化された予備的検討結果を踏まえて，海洋総合実験時の補給要領の検討を行った。

(1)　補給場所

海洋実験海域への出港前に神戸で補給する。また，実験中は必要に応じ，最寄りの港より補給船を手配して清水，食料を補給するものとする。

(2)　補給品

(a)　清水（飲料水及び雑用水）

(b)　食糧（米，肉，魚，野菜等）

(c)　その他（予備品，医薬品，水路図誌，事務用品等）

(3)　補給量

原則として，次回補給するまでの必要量に，一定の予備量を加えた量とし，具体的には次の考え方を基本とする。

(a)　清水（飲料水）

飲料水タンクの最大搭載量まで補給して，最大限の予備量を確保する。

消費量は１人１日に20リットルである。

(b)　清水（雑用水）

通常の消費量は１人１日0.5 トン程度であるが，洗濯，入浴の制限及び海水の代用により極端に減少させることができる。

(c)　食　糧

自然消耗率及び廃棄率を見込んだ量とする。表1. 3 － 5 は１人10日当たりに必要と思われる食糧を算出したものである。自然消耗率及び廃棄率は，穀類及び穀類の加工品４％，鳥獣肉及び加工品４％，鮮魚貝類40%，干魚類10%，卵類11%，豆及び種実類３％，緑黄野菜30%，その他の野菜及びきのこ類30%，いも類15%，果実類40%，漬物類３％とする。

海洋総合実験に要する日数及びその時の乗船員数と消費量，補給量を表1. 3 － 6 に示す。

表1.3－5　必要食糧表（一人10日当たり）

食品分類		旬量（g） （含：消耗率）	摘要
1	穀類及び穀類の加工品	4,800 (4,992)	無砂つき白米，胚芽米，もち米，押麦，めん類及びパン類（菓子パン類を除く）とする
2	粉類	300 (-)	小麦粉，パン粉などの副食用粉類とする
3	鳥獣肉及び加工品	1,200 (1,248)	牛，豚，鶏，その他の生肉，冷凍肉および加工品とし，1日120 グラムを基準として供すること
4	鮮魚介類	900 (1,260)	鮮魚肉，冷凍肉または貝類として1日90グラムを基準として供すること
5	魚介の加工品	260 (-)	1日26グラムを基準として供すること
6	干魚類	120 (132)	干魚及び燻製類とし，1日12グラムを基準として供すること
7	卵類	600 (666)	鶏又はうずらの卵とする
8	油脂類	250 (-)	天ぷら油，サラダ油，バター，マーガリン，ヘッド，ラードなどとする
9	牛乳及び乳製品	300 (-)	粉乳の量とする
10	豆及び種実類	230 (-)	大豆，小豆，うずら豆及びぎんなん，くり，胡麻，ピーナツなどの乾燥豆類，種実類の量とする
11	緑黄野菜	800 (1,040)	1日80グラムを基準として供すること
12	その他の野菜及びきのこ類	3,100 (4,030)	1日310 グラムを基準として供すること
13	いも類	700 (805)	1日70グラムを基準として供すること
14	果実類	1,400 (1,960)	かんきつ類，その他の果実，加工品及び缶詰とする
15	海草類	90 (-)	こんぶ，わかめ，ひじき，のりなどの乾燥海草類の量とする
16	漬物類	500 (515)	たくあん，野菜漬物，梅干，福神漬などとし，1日50グラムを基準として供すること
17	味噌類	300 (-)	一般家庭で使用する程度の一流銘柄とする
18	砂糖類	200 (-)	
19	茶類	適宜	煎茶，番茶，コーヒー，紅茶などとする
20	菓子類	適宜	
21	調味料類	適宜	醤油，ソース，食塩，酢，だし類，化学調味料，酒，塩，香辛料などとし，一般家庭で使用する程度の一流銘柄とする
	合計	16,050－α (18,655+α)	

＊肉，鮮魚類合計：2,100g（2,508g），卵，野菜類合計：6,200g(7,996g)

表1.3－6　海洋総合実験時の日数・乗船員・消費量
＊清水とは飲料水を意味する。

	所要日数	乗船要員	消費量		補給量	
			食糧	清水	食糧	清水
〔海洋総合実験〕						
事前打合せ，出港準備	(3)	—	—	—	6,765	402
航海	2	98	315	4.0		
実験準備	4	98	630	7.9		
実験	24	98	3,775	47.1	必要あれば，補給船手配	
実験後始末	3	98	472	5.9		
航海	4	98	630	7.9		
	37(+3)	98	5,822	72.8		

補給量
食糧（kg）　：　消費量＋自然消耗率＋廃棄率
但し，茶類，菓子類，調味料類を除く。
清水（飲料水）（tf）：　タンクに満載する。

(4)　清水及び食糧の最大搭載量

清水タンク及び食糧庫の大きさ及び食糧の最大搭載量を表1.3－7に示す。

表1.3－7　タンク等の搭載量

名称	容積	重量
飲料水タンク	402　m³	402　tf
野菜庫	20　m³	1.5tf
肉庫	12　m³	0.8tf

換算は，造船設計便覧より，野菜庫 0.013m³／kg，肉庫 0.014m³／kgを使用した。

なお，雑用水の造水量は60m³/day×2である。

(5) 揚貨設備

揚貨設備の主要目を表1.3－8にしめす。

表1.3－8　揚貨設備（旋回式デッキクレーン）

型　　式	旋回式ジブクレーン
容量×作業半径	（主）43t × 9.3mR,　　7t × 39mR （補）10t ×10.9mR,　　7t × 39mR
台　　数	2台
ブーム長さ	47.5m（常時は39.6m）
駆　　動	ディゼルエンヂン

(6) 補給時の注意事項

補給中及び補給の開始時，終了時には，次の事項を厳守すること。

(a) 清水の補給時

（i）搭載開始前，供給者側と立ち会いのうえメーターの指針を読み取ること。

（ii）搭載前，タンクの空気管，測深管のキャップを取り外し，タンク内空気の逃げ口を作ること。清水専用のホースを使用し，搭載前には元栓及びホースを洗浄すること。

（iii）随時測深を行い，タンクの張水状況を確認すること。測深器具は専用のものを使用し，かつ，清潔に保存すること。

（iv）タンクが満水に近づけば注入圧力を下げ，除々に注入すること。

（v）満水前に注入圧力が大きすぎると，空気管，測深管から清水が噴出する。この時は一旦注入を止め，再び注入を開始して満水とする。

（vi）船側タンクに注水する場合は，船体の傾斜に注意すること。

（vii）甲板上から流出する水によって，甲板上の品物，舷側下の艀，岸壁を濡らさないように注意すること。

（viii）搭載が終了すれば解放したキャップを閉め，指針を読み取る。指針による搭載量とタンク容積による搭載量を比較し，搭載量を確認すること。

（ix）ホースは，清潔な場所に保管すること。

(b) クレーンの操作時

（i）ブームの傾斜角表示は見やすいか，制限角度は明示してあるかを確認すること。

（ii）接続部などのボルトナット等のゆるみ，脱落はないかを確認すること。

（iii）コントローラの機能は良いか，リミットスィッチは正常かを確認すること。

（iv）駆動後，異常音はないか確認すること。

（v）制限荷重を超えていないか，ジブの角度は良いかを確認すること。

（vi）安全装置を外して運転していないか確認すること。

（vii）デッキマンを配置し，合図，信号を確実に実施すること。

（viii）作業員以外の通行を制限し，照明，採光は十分に実施すること。

（ix）急激な操作は厳禁すること。

（X）作業終了後は所定の位置にジブを格納固縛し，コントローラは中立にしてＯＦＦとすること。

(c) 食糧の補給時

甲板上に積み込まれた食糧は，人力により食糧庫に搬入することとなる。この時，次の事項を確認しなければならない。

（i）服装は作業に適しているか。

（ii）通路にじゃま物が置いてないか。

（iii）通路は濡れていないか。

（iv）階段の滑り止めはしっかりしているか。

（v）常用階段の段数を知っているか。

（vi）手すりの固定は良いか。

（vii）正しい姿勢で持ち上げ，運搬しているか。

1. 3. 7　気象情報処理要領

気象情報は，海洋実験を円滑に遂行するために欠くことのできない要素であるばかりでなく，実験船の保全や乗組員の安全に関わる重要な要素でもある。

実験で参考とする正確な気象予測を行うためには，通常の船舶が入手する以上のすぐれた気象情報が必要であり，また，入手した情報を正確に判断し，解析する知識，技能が必要である。気象情報処理要領は，情報の入手，気象予測の手段，実験への影響等，情報の入手から保存まで情報処理に係わる全般的な方針を述べたものであり，計画された実験を安全に実施し，実験船の安全運航に寄与することを目的とする。

本年度は，前年度までに検討した事項の修正，確認を行った。

(1) 気象情報の受信

気象情報の種類には次のものがある。

① 気象庁による無線模写放送でありファクシミリにて受信する。気象庁についての無線模

写放送は，世界気象機関の定めた世界共通の規格で運用されており各国の主な気象台は，実施放送の呼出符号，周波数，放送の内容，スケジュール等を公開している。

表1.3－9に気象庁の無線模写通報のスケジュールを示す。

② 無線（ラジオ）情報

中波電信，中短波電話，国際ＶＨＦにて受信する。海上保安庁では，地方気象台から通知を受けた海上気象に関する予報及び警報を，予報は定時に，警報は安全通信として入手直後に送信するほか，次の沈黙時間の直後及び定められた時刻に再放送している。表1.3－10に気象庁の放送スケジュールを，表1.3－11に名古屋保安の例を示す。

その他，テレビ受信が可能な海域では，テレビ放送の気象情報を利用できる。特に台風情報に関しては，本州上陸間際になると，毎時00分から台風の位置を図示しながら，データが放送されており，テレビによる情報が一番速いと言われている。表1.3－12にＮＨＫの天気予報番組の時間を示す。

③ 提供情報

特定会社と契約を結び情報を入手する。日本気象協会や㈱オーシャンルーツと契約を結び，実験海域及び付近の気海象情報等を電波通信によって入手するもので船上のファクシミリ受信機にて受信する。

予め実験船の特性、操縦性能，実験の概要等を説明し，気海象の解析担当者に実験の詳細を連絡しておけば，実験中，必要な気海象情報を提供してくれる。また，データを解析，検討し，実験船の操縦性能等の要素を加えて，安全な運航のための助言をしてくれる。

(2) 入手した情報の配布，伝達

受信した気象情報は直ちに中央管制室に配布される。それぞれの責任者は配布された気象情報を把握し，情報の重要性，緊急性を考慮した上で必要ならば団長に届ける。

(3) 気海象予測

入手した気象情報をもとに，将来の予測を行う。予測にあたっては，実験船の安全と共に計画された実験が，円滑に実施できるか否かが重要な問題となる。特に提供情報以外の気象情報にあっては，実験船乗組員のみで判断することになるため，過去収集した実験海域の気海象に関する資料を整理し，十分に有効利用することが肝要である。

実験実施中においては，風向，風速及び波高，波向が連続観測され，状況は，ＣＲＴ上に時系列表示される予定である。中央管制室で絶えず風浪の現状を熟知しておくことはもちろん，表示される時系列データを参考にして，受信した気象情報から将来の気象状況がどのように変化していくかを予測しなければならない。また将来の気海象を予測，解析する専門家は特に乗船していないため，主として運航者の知識，能力に依存することとなるが，必要な

場合は契約を結んだ気象情報会社に問い合わせることも可能であるため，不安の残る決定を下してはならない。

(4) 気象予測と実験計画への影響評価

入手した情報から得た実験海域の気海象予測は，次の項目毎に記録し現状との比較が容易にできるように整理しておく。この記録紙は，常時中央管制室に掲示し，最新の情報が書き込まれていなければならないため，当直毎に担当者を定めておく。提供情報においては，72時間後の予測は比較的精度が高いものの，それ以上の長期予測では精度が大幅に落ち込むことが考えられ，精度確認のためにも将来予測の変化を示す記録様式を必要とする。記録の必要な項目としては，次のものがある。

① 天候　：　気温，水温，気圧，雲の状況

② 風　　：　風向，風速（風力）

③ 波浪　：　波，ウネリの方向，高さ，周期

④ 視程　：

⑤ 低気圧，台風の有無

⑥ 雷，集中豪雨の有無

団長を中心とした責任者，担当者が予測した将来の天候が，予定している実験の日程に影響を生じるか否かが検討される。これを「実験行程会議」と称し１日１回開催される。荒天等が予測され，実験に影響がでると判断すれば直ちに「ハリケーン対策委員会」が招集される。

「ハリケーン対策委員会」では入手した情報をもとに気象予測を検討し，実験の変更，中断又は中止を決定する。この際，実験本部の意見を尊重することはもちろんであるが，あくまで決定は実験船が行うものである。つまり，実験に係わる総括的な責任者は団長であり，気海象の状況変化による実験実施計画の変更は，団長が最終決定を下すこととなる。

(5) 実験方法の確認

実験の方法，スケジュール等の変更が決定すれば，再度「実験行程会議」を開催し，今後の実験計画を策定する。策定した新計画は，直ちに実験本部に連絡し，本部長の了解を得ることを原則とする。

(6) 変更の報告及び情報の保存

気海象状況により，実験のスケジュールを変更すること，又はその可能性が生じたときは，直ちに実験本部に報告する。また，スケジュールの変更が決定するまでの過程，変更に至った理由及び結果は，記録し書類として保存しておく。

表1.3－9　ＪＭＨ（第１気象無線模写通報）スケジュール

周波数	出力	電波の型式
3622.5 7305 9970 13597 18220 23522.9 kHz	5 kW	F3C

気象庁予報部
平成４年３月10日現在

I	10	20	30	40	50	Z
00		20 ASAS (12) 地上解析 39		49 AUAS 70 700mb 高度,		15
01	(12) 08 気温解析, 湿数	10 ASAS (12) 地上解析（再送）	29 WTFE 02 (15) 3）台風予報	40 AUAS 50 (12) 500 mb高度, 気温解析 59		16
02	AUAS 85 (12) 18 850mb高度, 気温解析, 湿数	20 AUFE 50 (12) AXFE 78	31 FUFE 502 (12) FSFE 02	42 FXFE 572 (12) FXFE 782	53 FUFE 503 FSFE 03	17
03	(12) 04 FXFE 573 (12) 15 FXFE 783		30 AUAS 30 (12) 49 300mb高度, 気温, 風速解析		58	18
04	AUXN 50 (12) 500mb高度, 気温	10 静止気象衛星雲写真（18） 29 （GMS）	34 FSAS 04 (12) 地上気圧, 降水量48時間予想		53 WTFE 04 3）台風予報	19
05	(18) 04	10 FXAS 504 (12) 500mb高度, 渦度48時間予想 29	30 FXAS 784 (12) 850mb気温, 風, 700mb上昇流48時間予想	49 FSAS 07 地上気圧, 降水量		20
06	(12) 08 72時間予想	20 ASAS (18) 地上解析 39		49 FXAS 507 500mb高度, 渦度		21
07	(12) 08 72時間予想	10 FXAS 787 (12) 850mb気温, 風, 700mb上昇流72時間予想	29 WTFE 02 (21) 3）台風予報	40 FUXT 852, FUXT 854 (12) 59 850mb流線24時間, 48時間予想		22
08	07 AUFE 50 (12) AXFE 78（再送）	18 FUFE502(12) 29 FSFE 02（再送）	30 ASAS (18) 地上解析（再送）	49 FXFE 572 (12)60 FXFE 782（再送）		23
09	02 AUAS 85 (12) （再送）	21 FEAS 509 (12) FEAS 09	33 FEAS 512 (12 FEAS 12	45 FEAS 514 (12) 57 FEAS 14		00
10	03 テストチャート	10 静止気象衛星雲写真（00） （GMS）	29 FEAS 516 (12) FEAS 16	41 FEAS 519 (12) FEAS 19	53 WTFE 04 3）台風予報	01
11	(00) 04 AZXN 50 (12)	16 22 12) MANAM	24 1）電波予報	35 FOPN 1, COPN, SOPQ, COPA, SOPN（再送）	54 STPN FIOH04・16	02
12	(再送) 05 2）全般季節予報資料 19 1, 3か月及び寒・暖候期予報	20 ASAS (00) 地上解析 39		49 AUAS 70 700mb高度,		03
13	(00) 08 気温解析, 湿数	10 ASAS (00) 地上解析（再送）	29 WTFE 02 (03) 3）台風予報	40 AUAS 50 (00) 500mb高度, 気温解析 59		04
14	AUAS 85 (00) 850mb高度, 気温解析, 湿数	18 AUFE 50 (00) AXFE 78	29 FUFE 502 (00) FSFE 02	40 FXFE 572 (00) FXFE 782	51 FUFE 503 (00) FSFE 03	05
15	02 AWPN (00) 外洋波浪解析	21 AWJP (00) 沿岸波浪実況		40 FSAS (00) 59 地上24時間予想		06
16	FXFE 573 (00) FXFE 783	10 静止気象衛星雲写真 (06) （GMS）	29 FWPN (00) 48 外洋波浪24時間予想		53 WTFE 04 3）台風予報	07
17	(06) 04 AUAS 30 (00) 300mb高度, 気温, 風速解析		23 FSAS 04 (00) 地上気圧, 降水量48時間予想	42 FXAS 504 (00) 500mb高度, 渦度48時間予想		08
18	01 FWJP (00) 沿岸波浪24時間予想	20 ASAS (06) 地上解析	39 FEFE 19 週間解説予想	49 FSAS 07 地上気圧, 降水量		09
19	(00) 08 72時間予想	10 ASAS (06) 地上解析（再送）	29 WTFE 02 (09) 3）台風予報	40 FXAS 507 (00) 59 500mb高度, 渦度72時間予想		10
20	09 4）STPN 13）FIOH04・16(00)	20 5）FOPN 1	35 5）FOPN 2	46 6）COPN, 7）SOPQ, 8）SOPN, 9）COPA		11
21	05	10 10）CUXN 50 半旬平均500mb高度偏差	23 10）CUXN 10 半旬平均100mb高度偏差	36 11）CSXN 1 月平均地上気圧偏差	49 11）CUXN 51 月平均500mb高度偏差	12
22	02 03 テストチャート	10 静止気象衛星雲写真（12） （GMS） 29			53 WTFE 04 3）台風予報	13
23	(12) 04					14
I	10	20	30	40	50	Z

放送日
1）毎月20日及び21日。
2）毎月10日，20日及び末日。ただし，土曜日，日曜日及び祝日の場合はその直前の平日（土曜日を除く）。
3）台風時。
4）毎週火曜日及び金曜日。
再放送：翌日0254。
5）毎月９日，19日及び29日（平年の場合，２月29日分は２月28日）。
再放送：翌日0235（ＦＯＰＮ１のみ）。
6）毎月２日，12日及び22日。
再放送：翌日0235。
7）毎月６日，10日，16日，20日，26日及び30日（２月最終分は３月１日）。
再放送：翌日0235。
8）毎月７日，17日及び27日。
再放送：翌日0235。
9）毎月４日，14日及び24日。
再放送：翌日0235。
10）５日ごと。
11）毎月１日。
12）必要時のみ放送。
13）毎週水曜日及び土曜日。
再放送：翌日0254。

海洋関係図の内容
COPN　北西太平洋旬平均海面水温
SOPQ　北西太平洋海流
SOPN　北西太平洋表層（100ｍの深さ）水温
COPA　太平洋旬平均海面水温，同偏差
FOPN1　北西太平洋旬平均海面水温，海流予想
FOPN2　北西太平洋旬平均海面水温偏差予想
STPN　海氷（結氷期）
FIOH04　海氷48時間予想（結氷期）
FIOH16　海氷168時間予想（結氷期）

注）表中の（ ）内の時刻は，協定世界時による。
各図は，300Hzで白黒交互の信号が10秒間，続いて位相信号が30秒間送信された後に放送される。なお，図の終わりには，終了信号が15秒間送信される。
海洋関係以外の図の内容は，裏面参照。

図の内容

ＦＥＡＳ５０９	500mb 高度，渦度96時間予想
（ＦＥＡＳ０９	地上気圧，850mb 気温96時間予想
ＦＥＡＳ５１２	500mb 高度，渦度120 時間予想
（ＦＥＡＳ１２	地上気圧，850mb 気温 120時間予想
ＦＥＡＳ５１４	500mb 高度，渦度 144時間予想
（ＦＥＡＳ１４	地上気圧，850mb 気温 144時間予想
ＦＥＡＳ５１６	500mb 高度，渦度 168時間予想
（ＦＥＡＳ１６	地上気圧，850mb 気温 168時間予想
ＦＥＡＳ５１９	500mb 高度，渦度 192時間予想
（ＦＥＡＳ１９	地上気圧，850mb 気温 192時間予想
ＡＺＸＮ５０	500mb 高度半旬平均，同偏差
ＭＡＮＡＭ	放送変更通知，連絡等
ＡＵＦＥ５０	500mb 高度，渦度解析
（ＡＸＦＥ７８	850mb 気温，700mb 上昇流解析
ＦＵＦＥ５０２	500mb 高度，渦度24時間予想
（ＦＳＥＳ０２	地上気圧，降水量24時間予想
ＦＸＦＥ５７２	500mb 気温，700mb 湿数24時間予想
（ＦＸＦＥ７８２	850mb 気温，風，700mb 上昇流24時間予想
ＦＵＦＥ５０３	500mb 高度，渦度36時間予想
（ＦＳＦＥ０３	地上気圧，降水量36時間予想
ＦＸＦＥ５７３	500mb 気温，700mb 湿数36時間予想
（ＦＸＦＥ７８３	850mb 気温，風，700mb 上昇流36時間予想

表 I. 3 －10　ＪＭＣ，Shipping 放送スケジュール

放送時刻 (UTC)	放送時刻 (JST)	種類	観測時 (UTC)	通報式	Part	内容
2348－0005	0848－0905	臨時警報(1) (英文及び和文)	2		B	範囲　50N－140E，40N－120E，20N－120E，20N－150E，50N－150E
0048－0105	0948－1005	臨時警報(1)(再放送，英文及び和文)	21		B	範囲　50N－140E，40N－120E，20N－120E，20N－150E，50N－150E
0130－0145	1030－1045	地上実況	00	FM 12	1	日本
0148－0215	1048－1115	海上実況	00	FM 13	2	船舶
0218－0245	1118－1145	地上及び海上実況	00	FM 12	3-1	韓国，アラスカ，太平洋
				FM 12	3-2	シベリア，香港，中国，フィリピン
				FM 13	3-3	船舶
0248－0315	1148－1215	警報及び概況(英文)	00		A	範囲　60N－100E，00° －100E，00° －180°，60N－180°
0318－0345	1218－1245	警報及び概況(和文)	00		C	範囲　60N－100E，00° －100E，00° －180°，60N－180°
0348－0415	1248－1315	警報及び概況 (再放送，英文)	00		A	範囲　60N－100E，00°－100E，00° －180°，60N－180°
0548－0605	1448－1505	臨時警報(1) (英文及び和文)	03		B	範囲　50N－140E，40N－120E，20N－120E，20N－150E，50N－150E
0648－0705	1548－1605	臨時警報(1)(再放送，英文及び和文)	03		B	範囲　50N－140E，40N－120E，20N－120E，20N－150E，50N－150E
0730－0745	1630－1645	地上実況	06	FM 12	1	日本
0748－0815	1648－1715	海上実況	06	FM 13	2	船舶
0818－0845	1718－1745	地上及び海上実況	06	FM 12	3-1	韓国，アラスカ，太平洋
				FM 12	3-2	シベリア，香港，中国，フィリピン
				FM 13	3-3	船舶
0848－0915	1748－1815	警報及び概況(英文)	06		A	範囲　60N－100E，00° －100E，00° －180°，60N－180°
0918－0945	1818－1845	警報及び概況(和文)	06		C	範囲　60N－100E，00° －100E，00° －180°，60N－180°
0948－1015	1848－1915	警報及び概況 (再放送，英文)	06		A	範囲　60N－100E，00° －100E，00° －180°，60N－180°
1148－1205	2048－2105	臨時警報(1) (英文及び和文)	09		B	範囲　50N－140E，40N－120E，20N－120E，20N－150E，50N－150E
1248－1305	2148－2205	臨時警報(1)(再放送，英文及び和文)	09		B	範囲　50N－140E，40N－120E，20N－120E，20N－150E，50N－150E
1330－1345	2230－2245	地上実況	12	FM 12	1	日本
1348－1415	2248－2315	海上実況	12	FM 13	2	船舶
1418－1445	2318－2345	地上及び海上実況	12	FM 12	3-1	韓国，アラスカ，太平洋
				FM 12	3-2	シベリア，香港，中国，フィリピン
				FM 13	3-3	船舶
1448－1515	2348－0015	警報及び概況(英文)	12		A	範囲　60N－100E，00° －100E，00° －180°，60N－180°

放送時刻 (UTC)	放送時刻 (JST)	種類	観測時 (UTC)	通報式	Part	内容
1518－1545	0018－0045	警報及び概況(和文)	12		C	範囲 60N－100E, 00° －100E, 00° －180°, 60N－180°
1548－1615	0048－0115	警報及び概況（再放送，英文）	12		C	範囲 60N－100E, 00° －100E, 00° －180°, 60N－180°
1748－1805	0248－0305	臨時警報(1)（英文及び和文）	15		B	範囲 50N－140E, 40N－120E, 20N－120E, 20N－150E, 50N－150E
1848－1905	0348－0405	臨時警報(1)（再放送，英文及び和文）	15		B	範囲 50N－140E, 40N－120E, 20N－120E, 20N－150E, 50N－150E
1930－1945	0430－0445	地上実況	18	FM 12	1	日本
1948－2015	0448－0515	海上実況	18	FM 13	2	船舶
2018－2045	0518－0545	地上及び海上実況	18	FM 12	3-1	韓国，アラスカ，太平洋
				FM 12	3-2	シベリア，香港，中国，フィリピン
				FM 13	3-3	船舶
2048－2115	0548－0615	警報及び概況(英文)	18		A	範囲 60N－100E, 00° －100E, 00° －180°, 60N－180°
2118－2145	0618－0645	警報及び概況(和文)	18		C	範囲 60N－100E, 00° －100E, 00° －180°, 60N－180°
2148－2215	0648－0715	警報及び概況（再放送，英文）	18		A	範囲 60N－100E, 00° －100E, 00° －180°, 60N－180°

(1) 気象異変及び暴風雨などが，日本及びその近海に影響を及ぼすおそれがあるときに放送する。この場合，Part A, Part C で予告する。ただし，緊急の場合は予告なしに放送する。

表1.3－11　名古屋保安海上気象

(1)　海上予報

	呼出符号	呼出，放送周波数	放送開始時間（JST）
中波電信	ＪＮＴ	464kHz	1025，1950

(2)　海上警報

	呼出符号（名称）	呼出周波数	放送周波数
中波電信	ＪＮＴ	500kHz	464kHz
中短波電話	なごやほあん	2182kHz	2150kHz，2394,5kHz
国際ＶＨＦ	なごやほあん	156,8MHz(ch16)	156,6MHz(ch12)

（注）現在，中短波電話及び国際ＶＨＦによる放送は日本語のみ。
中波電信の再放送は，0913，1518（各1回），中短波電話，国際ＶＨＦは，1010，1610（各1回）

表1.3－12　ＮＨＫの天気予報番組の時間

（日本語ではあるが，天気図，衛星からの雲写真が放送される）

月～金曜		土，日曜
0634	0652	0650
0728	1150	1150
1850	1920	1850
2135	2250	2250

1.3.8　環境計測要領（案）

環境計測要領は，実験海域で海洋実験実施中に採鉱実験船上で行う環境計測を円滑に実施することを目的として作成する。

本年度は昨年度に引き続き，実験システムにおける環境計測項目及び作業内容を検討するとともに，観測体制についても述べることとする。

(1)　計測項目及び作業内容

(a)　計測項目及び使用計測機器ほか

①　風向・風速等の気象観測－風向・風速計

②　潮流・潮流速・波高等の海象観測－超音波式潮流計，曳航式波高計

③　船上排出水量の計量及び排出日時，場所－電磁流量計，ＧＰＳほか

④　船上排出水の水温測定－水中温度計

⑤　船上排出水の試験及び分析－サンプリング機器，サンプル容器（15ℓ），薬品等

(ｱ) 塩分濃度，密度，溶存酸素，pH

(ｲ) 固形物の量，粒度，質，成分

(ｳ) 微粒子及び溶解している栄養塩（NO_3，NO_2，PO_4，SiO_2，NH_4)及び微量金属（Cu, Ni, Co, Mn, Fe, Zn, Hg, Cd等）

(ｴ) 含有底生生物ほか

⑥　表層プルームの拡散状況の観察－ビデオカメラほか

⑦　集鉱機の航跡の確認－ピンガ，ＧＰＳ等

⑧　環境専用調査船に対しての採鉱実験状況の連絡－無線，トランシーバー

⑨　環境影響評価に関与するデータの記録，保管

(b)　船上排出水の試験及び分析

採鉱実験船上に実験室を設け，オートアナライザーほかの機器を装備し，専門研究員が乗船して試験及び分析を実施することが，本来の姿であり望ましいことである。

しかし，今回の海洋実験中は，実験船の近くに環境専用調査船が配備されていることが計画されているので，実験船上では船上排出水のサンプリング，及び採取サンプルを環境専用調査船に送付する作業を実験システムに組入れることが必要となる。

船上排出水の採取サンプル必要数は，20～30個が妥当と考えられる。

海洋実験で実施される揚水総時間は，まだ，確定されていないが，仮に揚水総時間を120 時間とすれば，サンプリング間隔は4～6時間毎に行うこととなろう。

前述の試験及び分析のためのサンプル必要量は，表1.3－13のとおりであり，1サンプル15ℓあれば十分であろう。採取したサンプルは，ニスキン製容器に入れ，冷暗所に保管

する。2日毎に採取サンプルを専用調査船に送付し，各種の試験，分析等に供することとする。サンプルの送付方法については，ボートで運搬することとする。

(c) 環境専用調査船にたいしての採鉱実験状況の連絡

実験船に対し，環境専用調査船は，500 ～ 1000 m離れて調査航海を行うものと予想される。したがって，実験船上における実験システムの進捗状況を専用調査船に連絡することが必要となる。連絡は無線及びトランシーバーを用いることとする。

各実験ステージ毎の連絡頻度を実験前に打ち合わせておく必要がある。

(2) 実験システムにおける環境計測体制

環境計測は，実験システムの中に組入れ，運航要員の全面的協力によって実施する。

環境計測班は，副団長を班長とし，実験システム班及び運航要員で構成し，環境計測にかかわる作業を分担して実施することとする。

(3) 船上排出水の試験及び分析

環境専用調査船上で実施することが，必要となるであろう船上処理試験の概要は，次のとおりである。

・塩分濃度及び水温は水温・塩分計　溶存酸素は溶存酸素計，pHはpH計によって測定する。
・固形物の量はビーム透過率計等，粒度はコールターカウンター，マイクロトラック等で測定する。固形物の質，成分については，代表サンプルについて試験を実施する。
・栄養塩類はオートアナライザーで分析する。なお，一部のサンプルは0.45μmHAミリポアフィルターで濾過後に凍結保存して持ち帰り，陸上の分析所でチェック分析を実施する。
・微量金属の分析は蛍光X線分析装置により分析する。
・プランクトンは濾過後に濾紙る濃縮したプランクトンを，グリセリン等の薬品で封入し，凍結（一部は冷蔵）保存し，陸上の研究所で鑑定する。

表1.3－13　船上排出水の採取サンプル1個の必要量

試　験　項　目	必　要　量
塩分濃度，水温，密度，溶存酸素，pH	1,000 mℓ
固形物の量，粒度，質，成分	5,000 mℓ
栄養塩（NO_3，NO_2，PO_4，SiO_2，NH_4）	500 mℓ
微量金属（Cu，Ni，Mn，Fe，Zn，Hg，Cd等）	1,000 mℓ
プランクトン	1,500 mℓ
底生生物ほか	6,000 mℓ
計	15,000 mℓ

1.4　実験海域の調査・選定

従来は，実験海域として日本鉱区内に候補海域“ＴＡ－Ｃ”を選定し，気象・海象条件及び海底条件の調査・解析を行ってきた。しかし本年度末に海洋総合実験計画の修正が行われたことにより，当面水深 2,000m程度の海域において実験を行う方向で研究開発が進められることになった。

このため本年度は，①揚水実験及び集鉱機運動性能実験に適した海域と，②可能な限り深海底と同様な海底条件を具え，かつ類似のノジュール分布を示すような海域との２種類の海域を考え，これらの探索・再調査を目的として，既存データの調査・検討と，実験海域としての適性の検討を行った。具体的にいえば，①については，a)Ｋ海域の気象・海象条件の調査解析を行い，b)日本周辺の水深 2,000m平坦面の海底条件を再度調査し，②についてはノジュール（または礫状のマンガンクラスト）の分布の可能性のある中部太平洋西部全海域の調査・検討を実施した。

なお，従来の海洋総合実験候補海域“ＴＡ－Ｃ”（鉱区海域内）の海底条件については，引き続き調査検討を要すること，また商業生産の計画を目的とする「採鉱システムの研究」の基礎データとして重要であることから引き続き調査・解析作業を行ったが，その結果は第２章採鉱システムの研究の項に移して詳述することとした。

1.4.1　気海象条件の調査

昨年度は，U.S NAVAL WEATHER SERVICE COMMAND の気海象データにより実験候補海域の気海象条件の検討を行った。同データは船舶通報に基づくものであり，船舶の荒天避航性より，GOOD WEATHER寄りのデータである点懸念があった。

本年度は，同海域の気海象データとして㈶日本気象協会作成のデータを入手し解析を行った。このデータは気象庁の沿岸波浪数値計算資料を基にした統計データである。その精度については，観測値との比較により充分に精度のあるデータであることが確認されている。本年度データと昨年度データの風速及び波高の比較を図1.4－1に示す。特に波高では，昨年度データは台風影響の大きい夏季において，かなり好天よりのデータであることがわかる。

以下，本年度入手したデータに基づいて述べる。

(1)　風向・風速

風向は，春季は比較的風向の偏りが少ないが，夏季は太平洋高気圧の張り出しにより南寄り，秋～冬季につれて次第に西高東低の冬型気圧配置が支配的となり，北よりの季節風が卓越する。

風速は夏季が最も静穏といえるが，この海域の強風上位数例は台風影響によるものである。

冬季は上記のごとく北よりの季節風が吹き続け，四季のうちで最も風の強い季節となる。風速12m/s 以下90%以上の出現頻度では５～９月が風速の面で作業条件が良い。

図1.4－2に季節別風向風速出現頻度，図1.4－3及び1.4－4(1)～(3)に季節別及び月別の風速累積出現頻度を示す。

(2) 波向・波高

冬季の波浪はおもに北よりの波向であり，冬季季節風によって発達した波浪が卓越している。春季・秋季は西よりの波向，夏季は西及び南よりの波向が卓越している。

波高は冬季の静穏率が最も高く，夏季の静穏率が低いといえる。波高 2.5mを作業限界とした場合，冬季・春季，月別では１～６月および12月が稼働率95%前後を確保できる。

図1.4－5に季節別波向波高出現頻度，図1.4－6及び1.4－7(1)～(3)に季節別及び月別の波高累積出現頻度を示す。

(3) 周期別出現頻度

季節別の波浪の周期別累積出現頻度を図1.4－8に示す。冬季・春季と比較すると，夏季・秋季は台風によるうねりの影響で長周期の出現頻度が高まる。

(4) 台　　風

表1.4－1に1951～1990年の40年間に実験候補海域から600mile，100mile以内を通過した台風データを示す。600mile 以内では，７～10月が圧倒的に発生件数が多く総数の約８割強を占め，１～３月には発生していない。100mile 以内では，５～11月の期間，なかでも７～10月が多く９割弱を占め，一方，１～４月及び12月には発生していない。

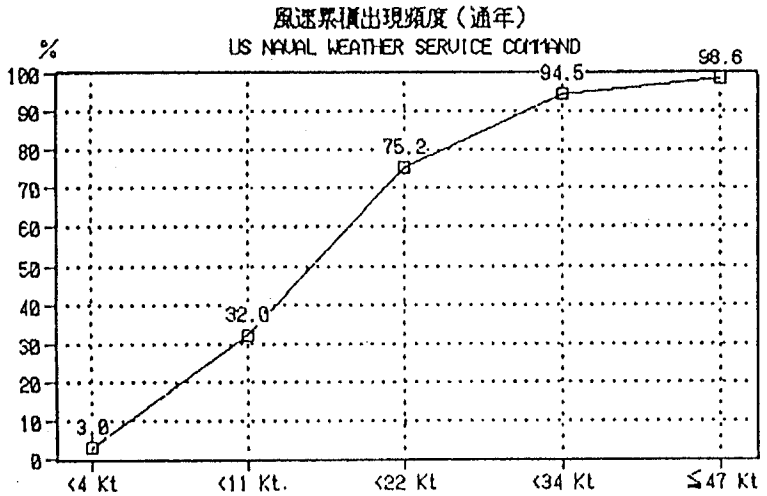
600mile 以内を通過する台風は，その強風により実験候補海域に２～３ｍ以上の波浪を発生させる。100mile 以内では，５～10m以上の高波を発生させ，この状況では船舶の航行は危険で避航が必要になり洋上作業は全く不可能となる。

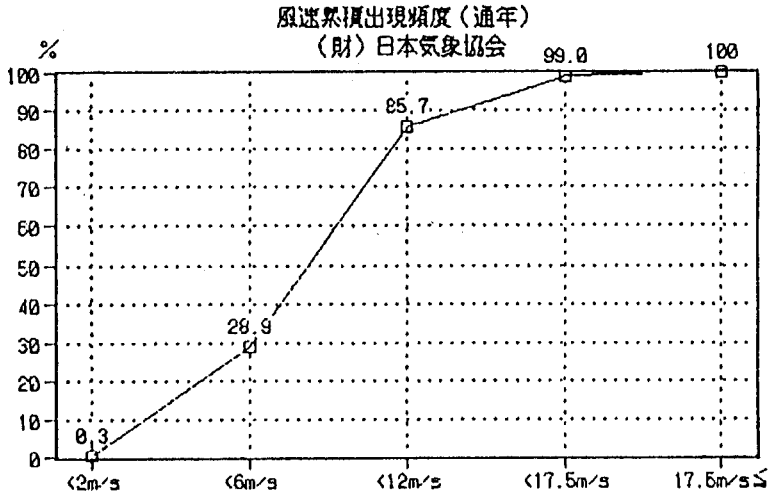
図1.4－9に台風経路の分類を示す。

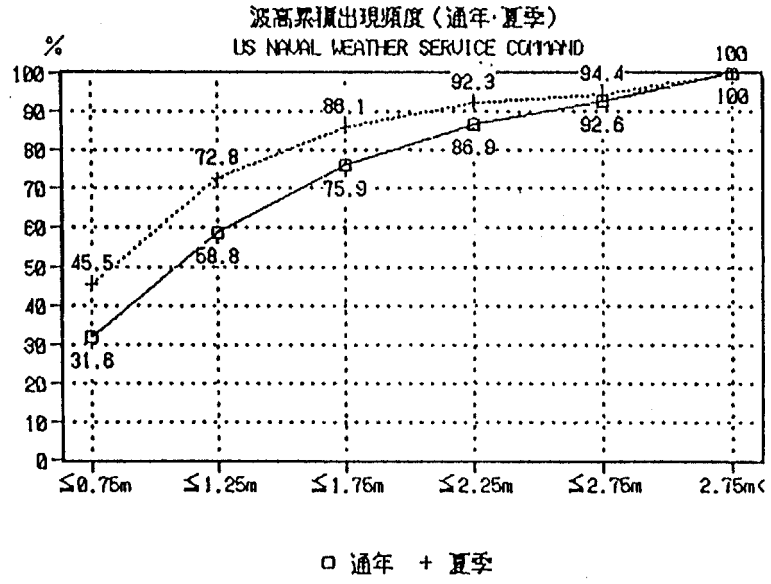
(5) 海　　流

実験候補海域は黒潮主流の境界域に位置する。このため，海域北側の平均流速は0.4Kt 以下と小さく，流向も時間的に変動するのに対し，南側は平均流速 0.9～2.4Kt と大きく，流向は東向きとなる。

黒潮はその流路により，大蛇行，非大蛇行型に分類され，数年毎に相互に交替して出現する。大蛇行時は実験候補海域の流れは一様に弱く，海流影響面からは実験実施上の条件は良いといえる。一方，非大蛇行時は海域南側で最大流速は季節的に 3.9～ 5.2Ktで変動し，しばしば黒潮強流域に該当することにもなるため実験実施場所を北寄りに設定する必要があろう。


風速累積出現頻度（通年）
US NAVAL WEATHER SERVICE COMMAND
%
3.0
32.0
75.2
94.5
98.6
<4 Kt
<11 Kt.
<22 Kt
<34 Kt
≦47 Kt


風速累積出現頻度（通年）
（財）日本気象協会
%
0.3
28.9
85.7
99.0
100
<2m/s
<6m/s
<12m/s
<17.5m/s
17.5m/s≦


波高累積出現頻度（通年・夏季）
US NAVAL WEATHER SERVICE COMMAND
%
45.5
72.8
88.1
92.3
94.4
100
31.6
58.8
75.9
86.9
92.6
100
≦0.75m
≦1.25m
≦1.75m
≦2.25m
≦2.75m
2.75m<
□ 通年 + 夏季

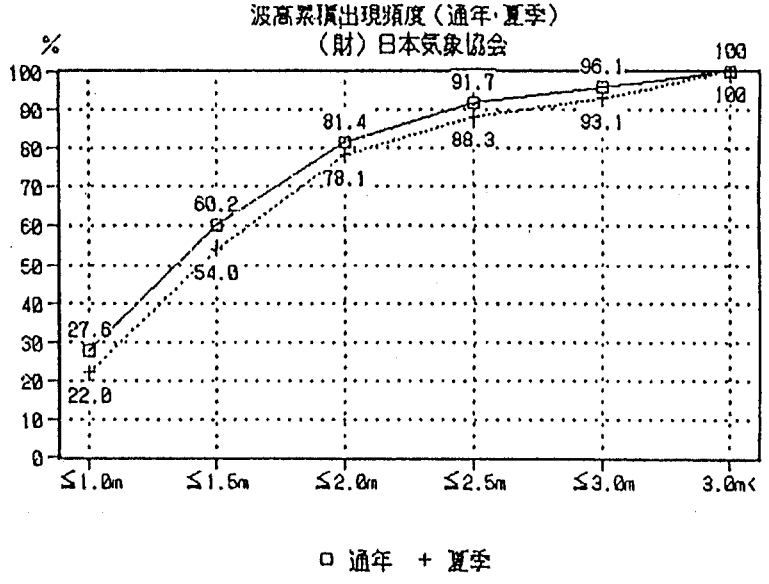

波高累積出現頻度（通年・夏季）
（財）日本気象協会
%
27.6
60.2
81.4
91.7
96.1
100
22.0
54.0
78.1
88.3
93.1
100
≦1.0m
≦1.5m
≦2.0m
≦2.5m
≦3.0m
3.0m<
□ 通年 + 夏季

図1.4－1　データ比較

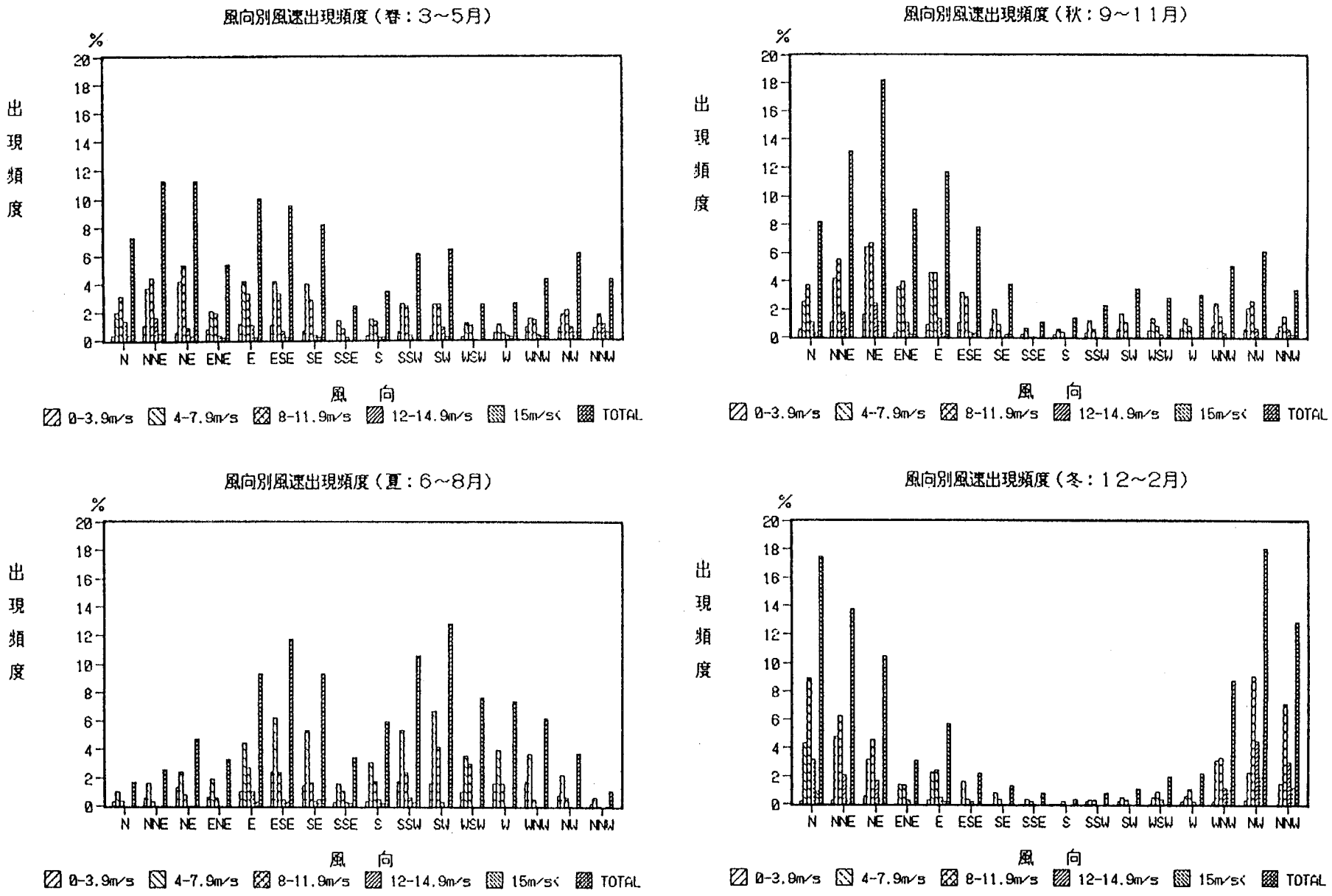


図1.4－2　風向別風速出現頻度（季節別）

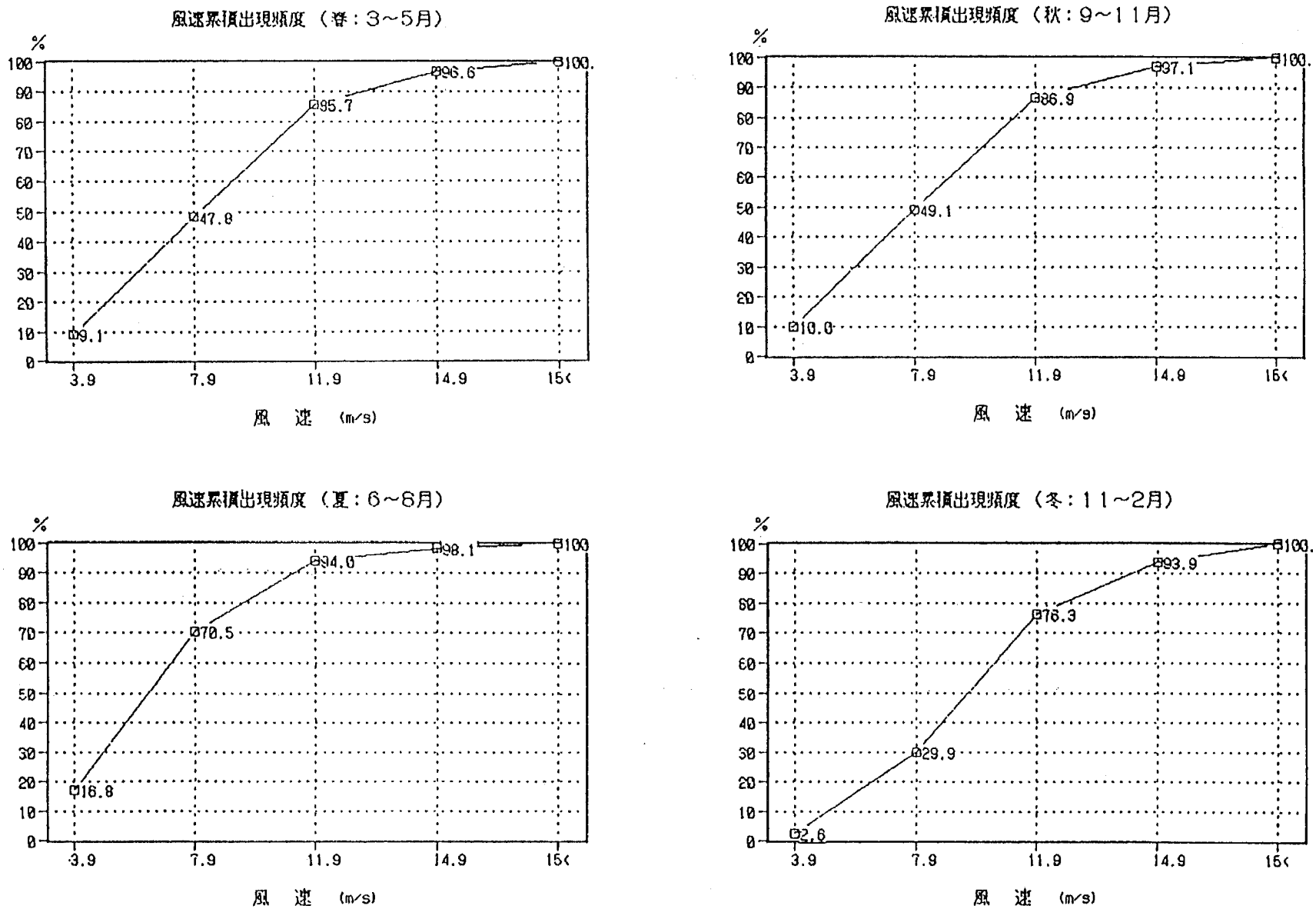
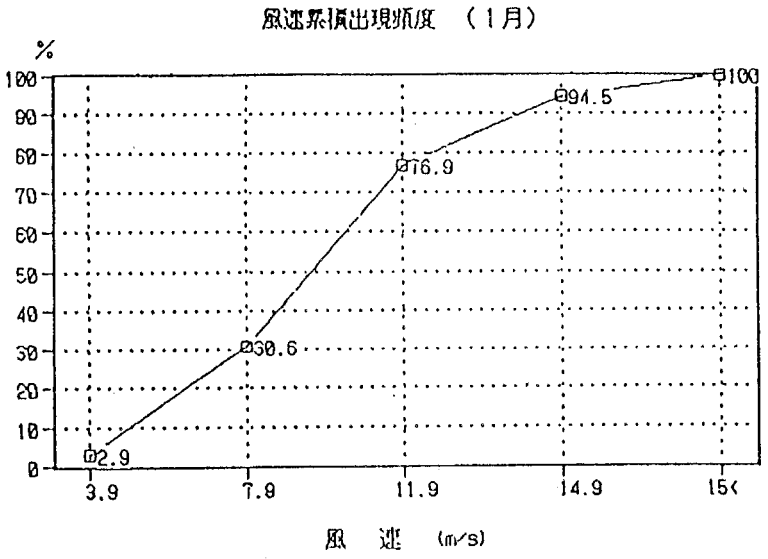
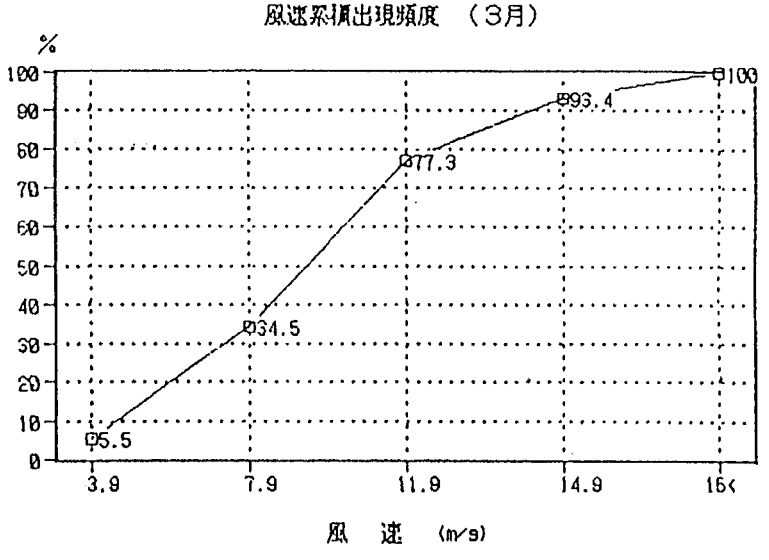
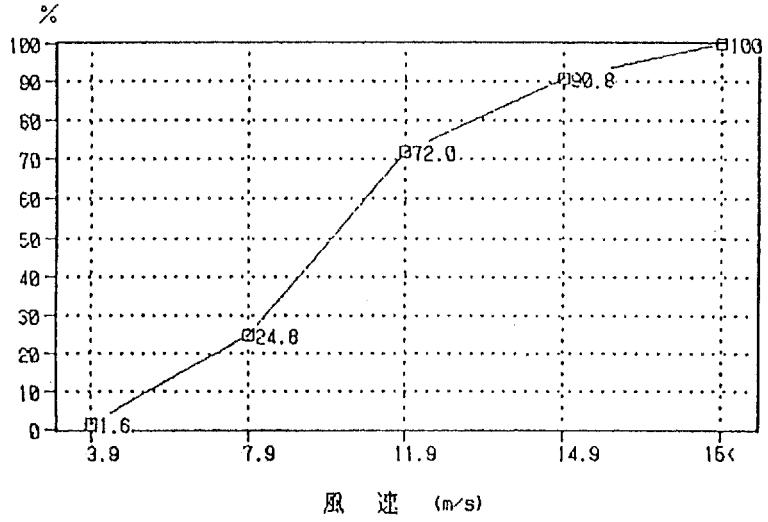


図1.4－3　季節別風速累積出現頻度







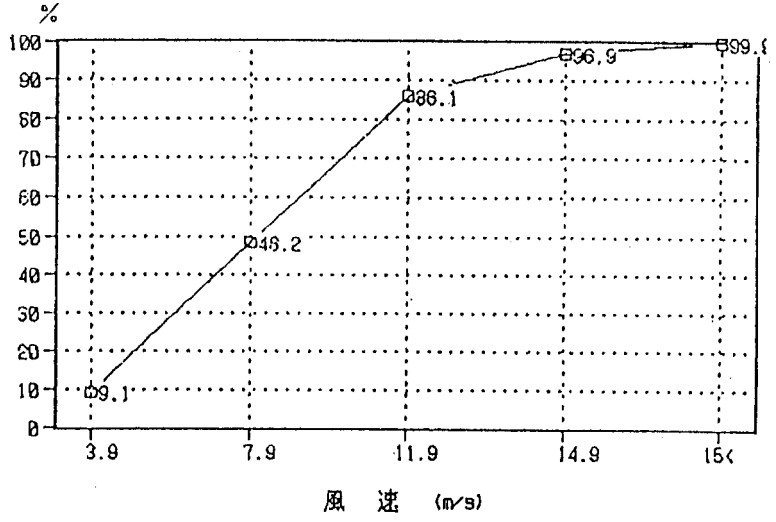


図 1. 4 － 4 (1)　風速累積出現頻度（1 ～ 4 月）

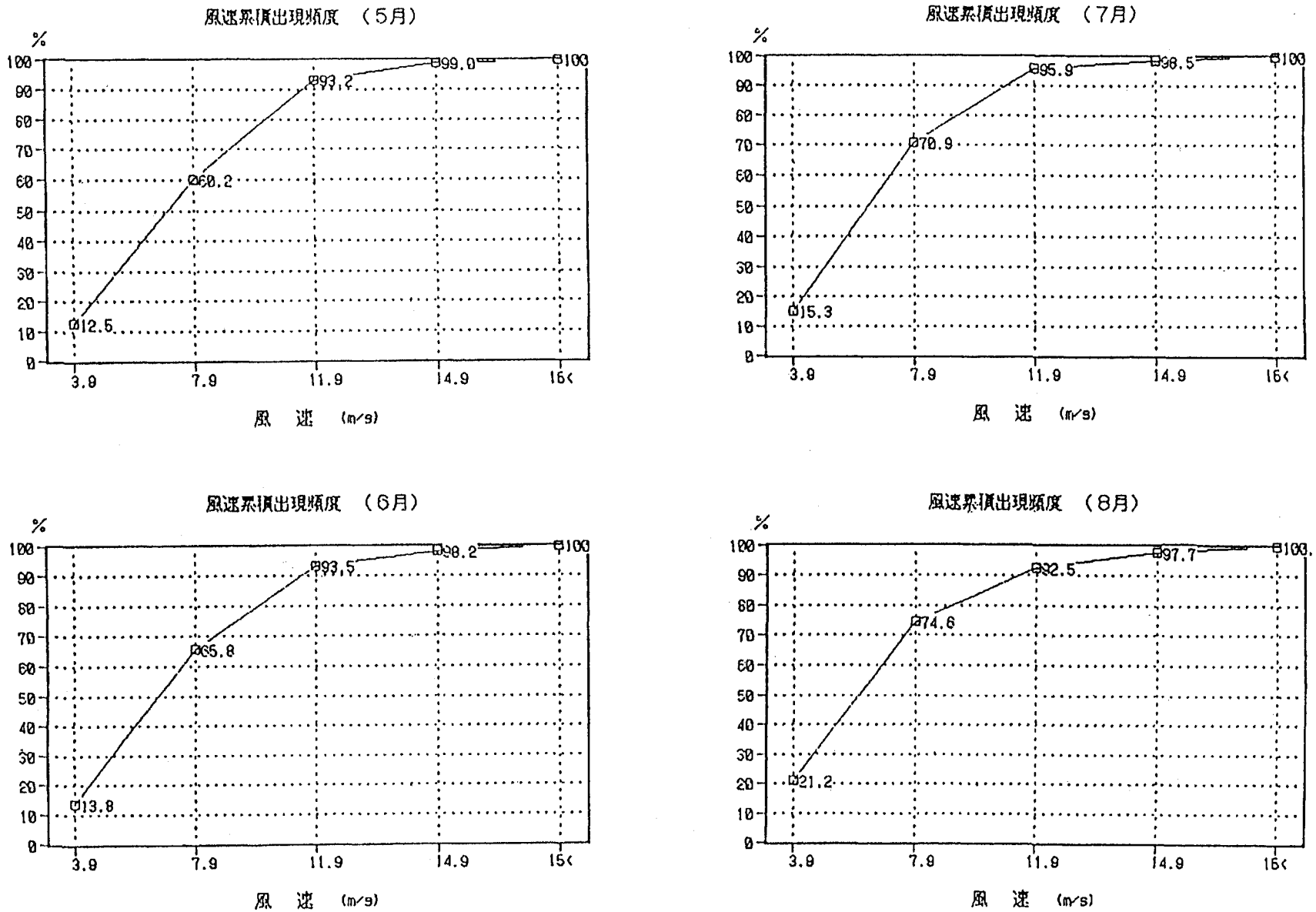
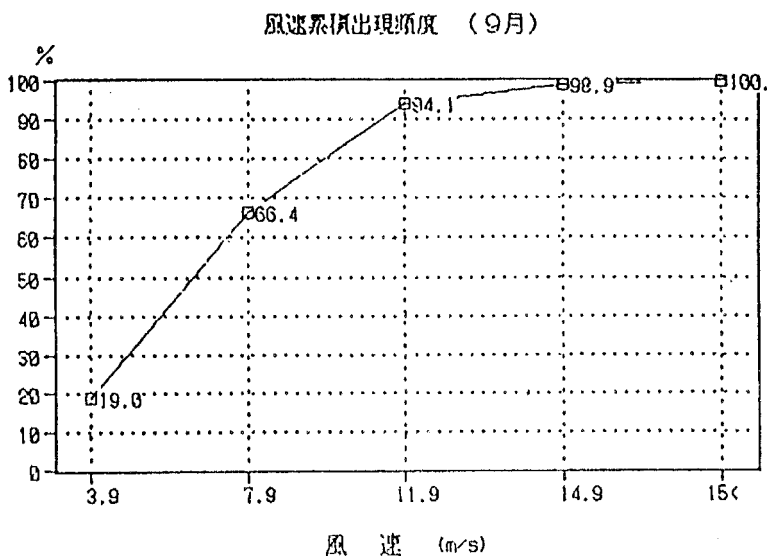
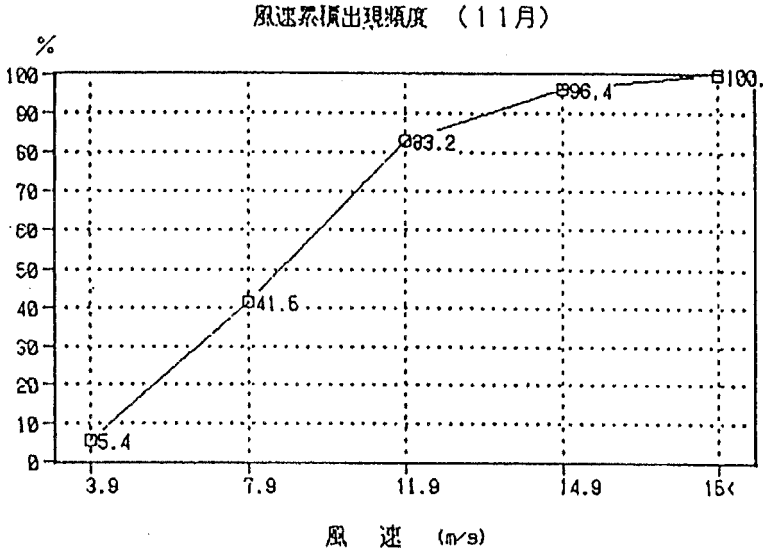
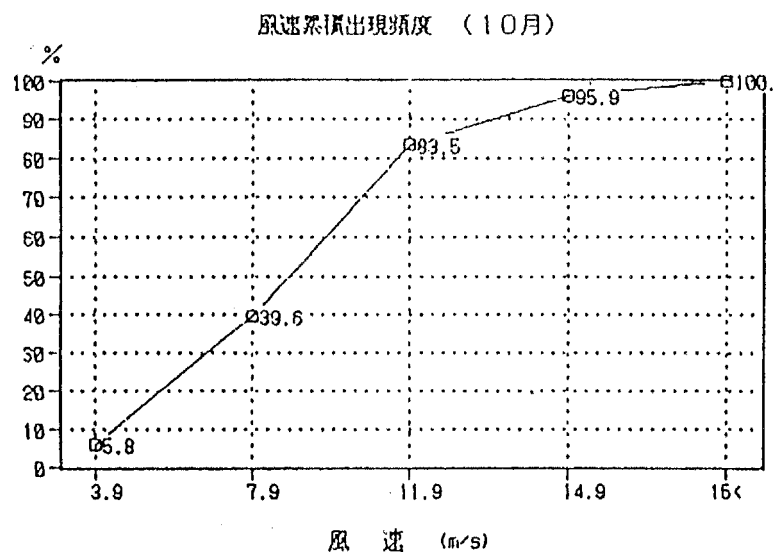


図1.4－4(2)　風速累積出現頻度（５～８月）







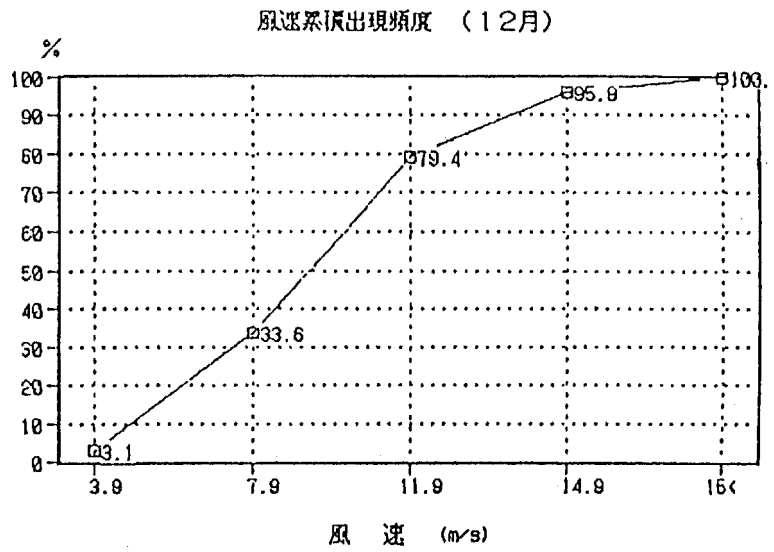


図1.4－4(3) 風速累積出現頻度（９～12月）

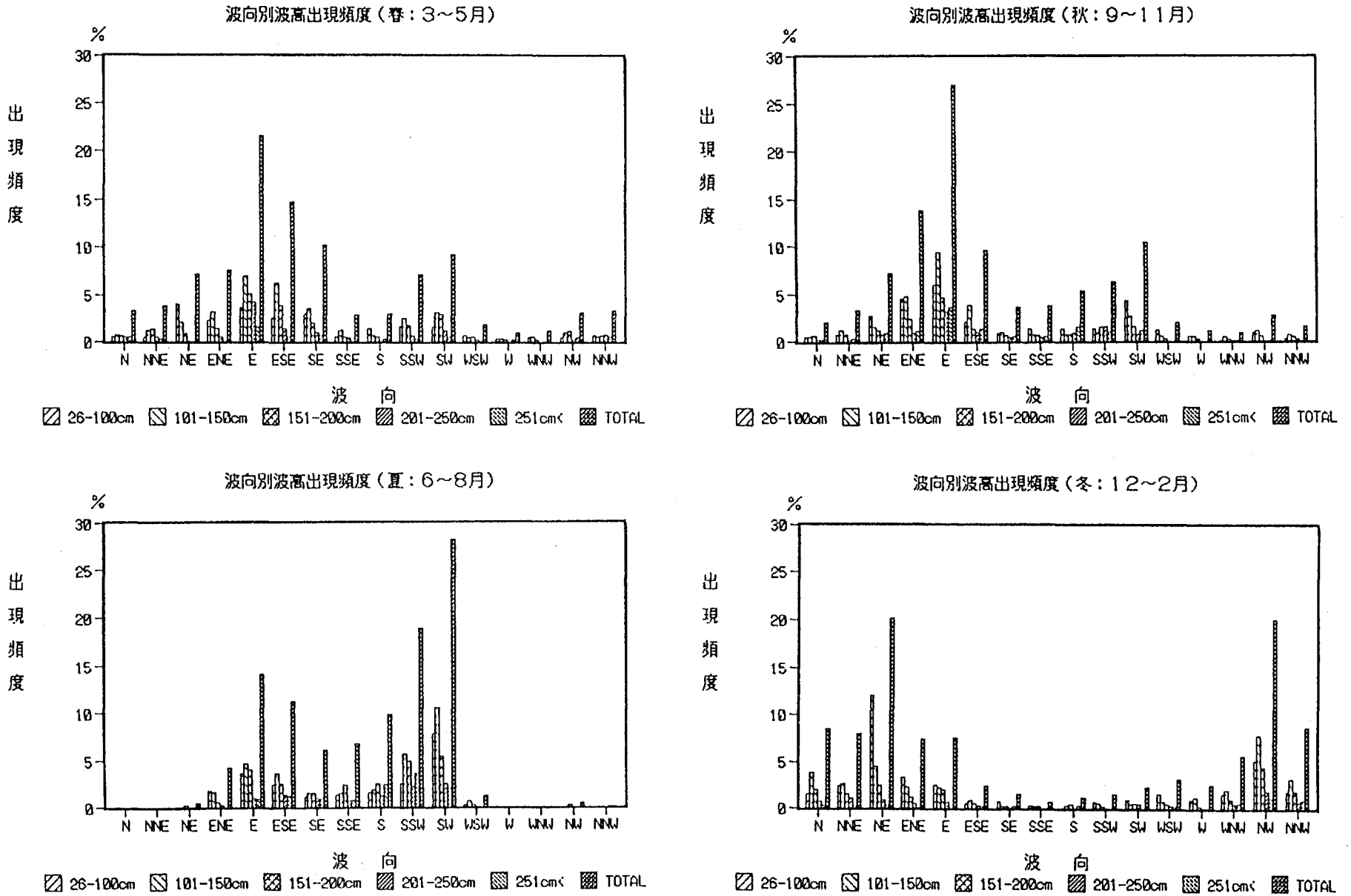
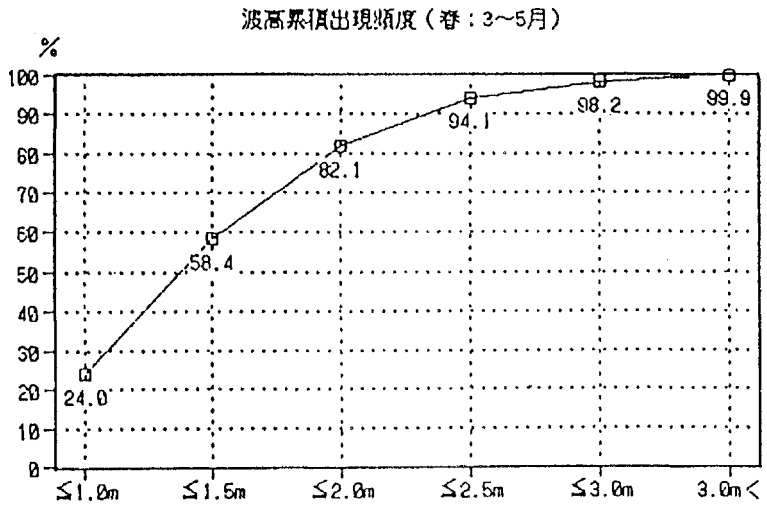
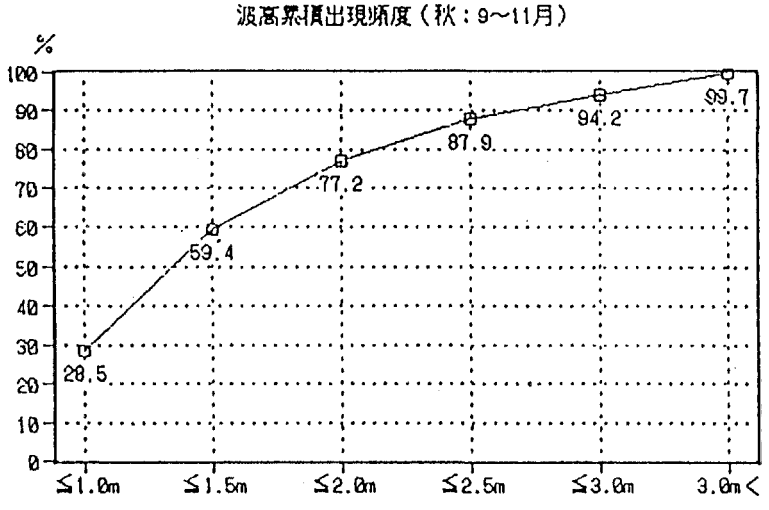
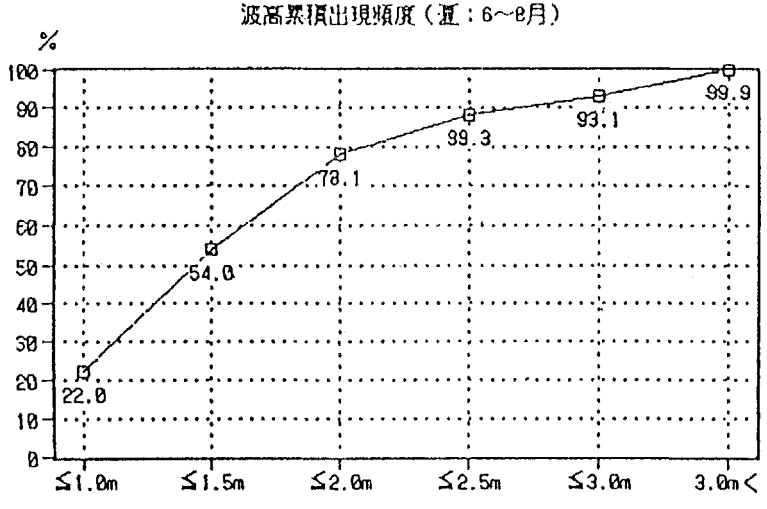


図1.4－5　波向別波高累積出現頻度（季節別）







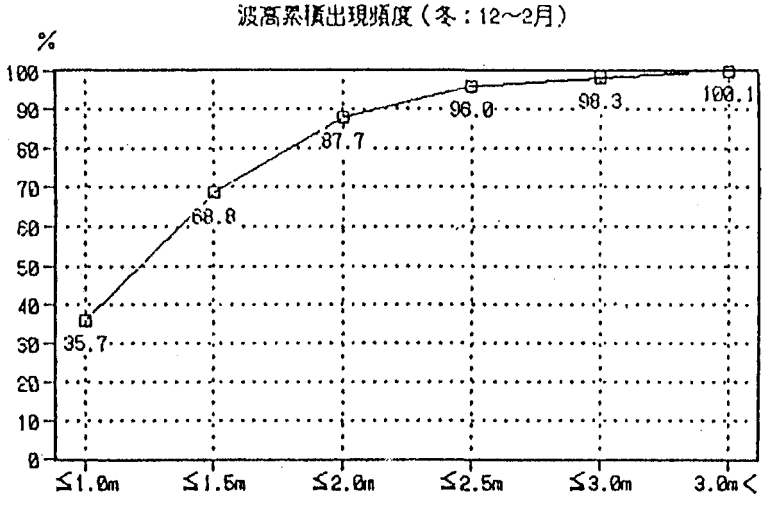


図1.4－6　季節別波高累積出現頻度

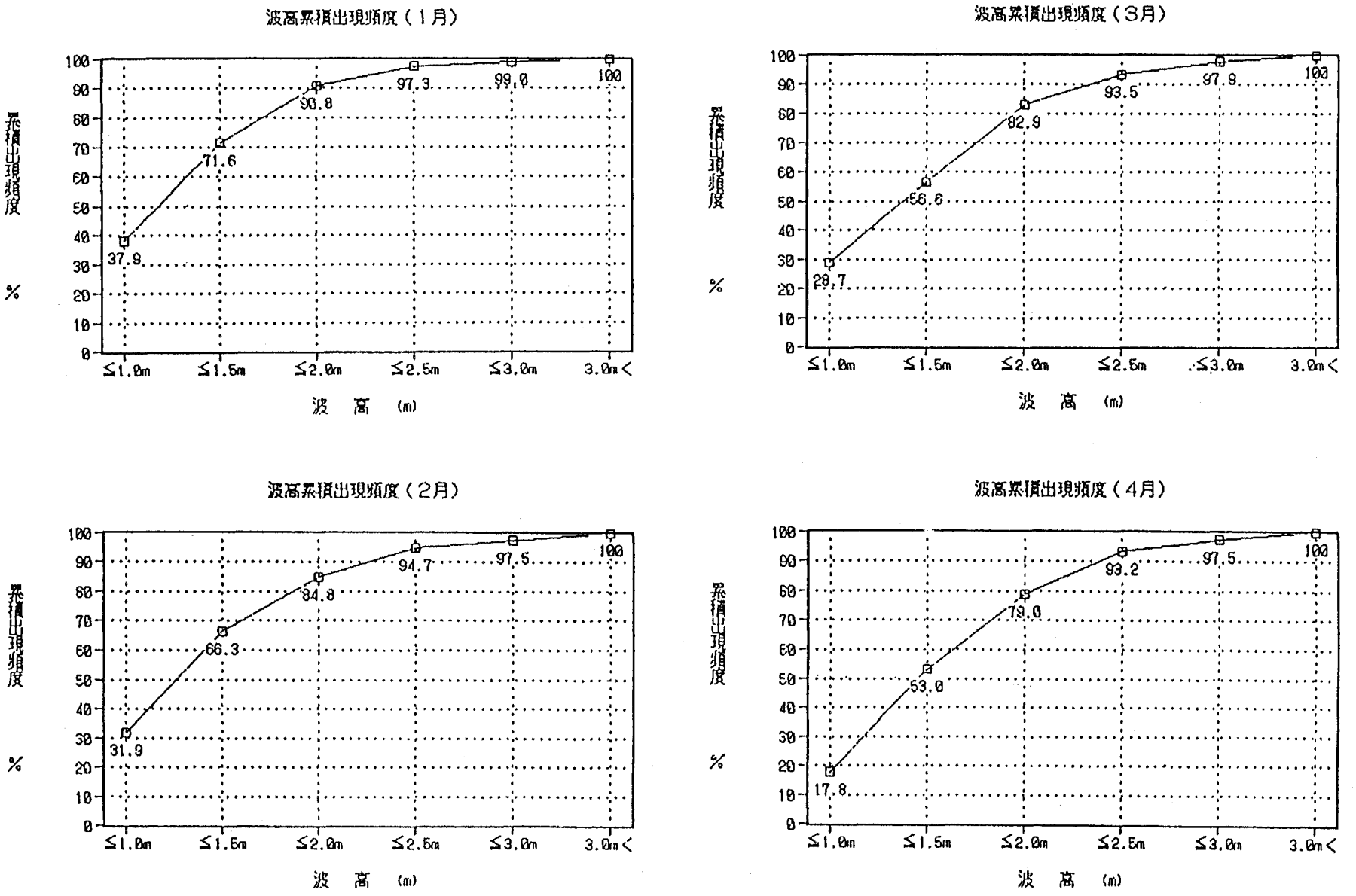


図1.4－7(1)　波高累積出現頻度（1～4月）

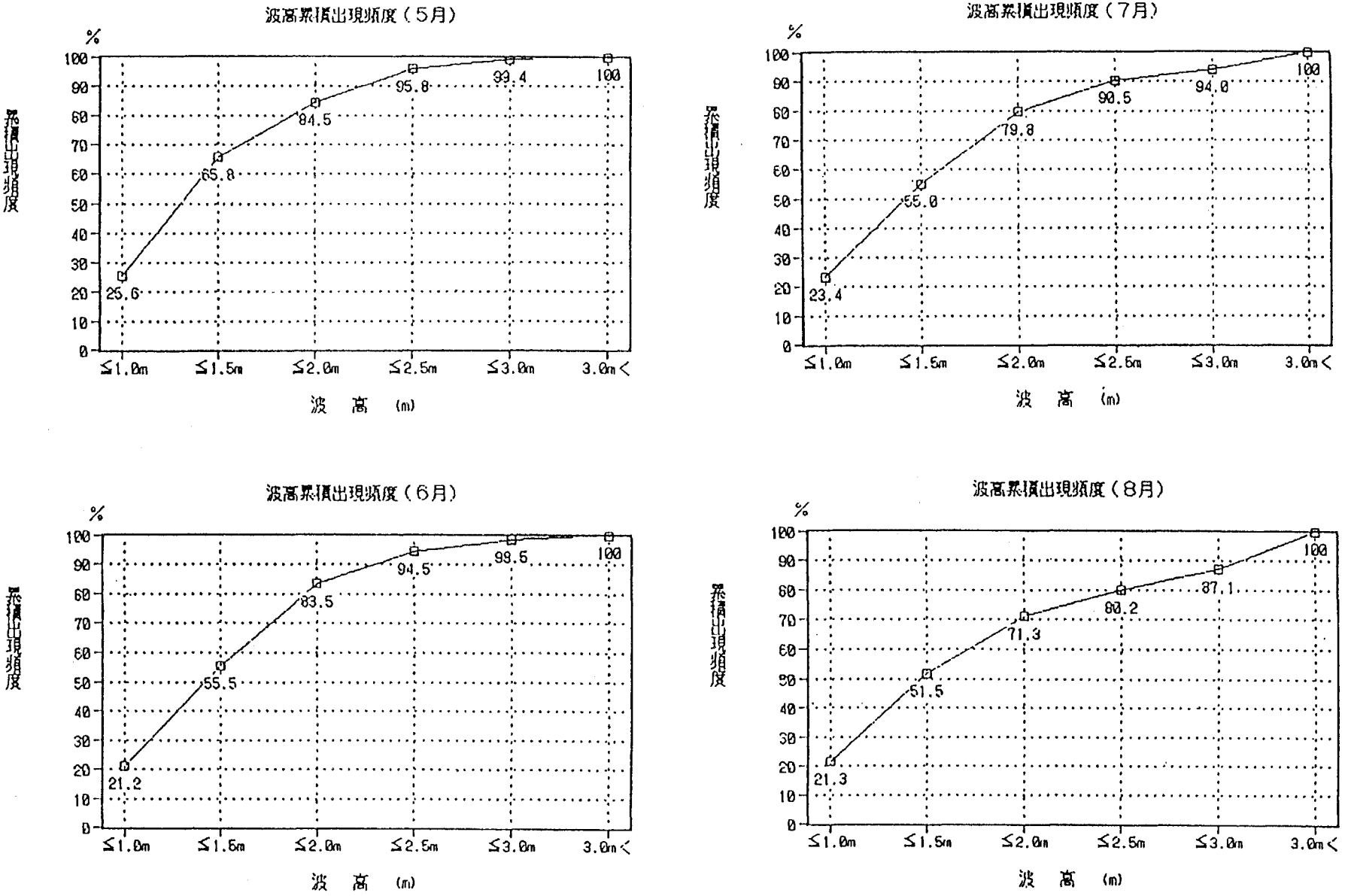
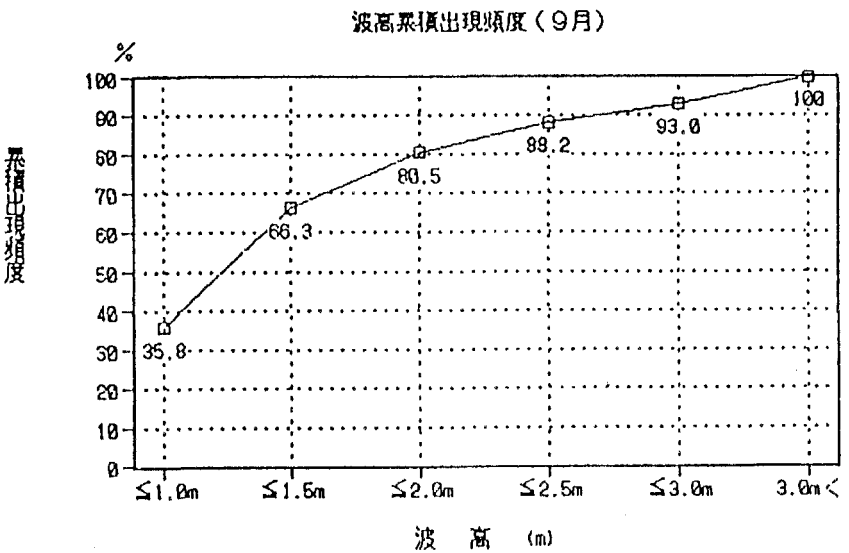
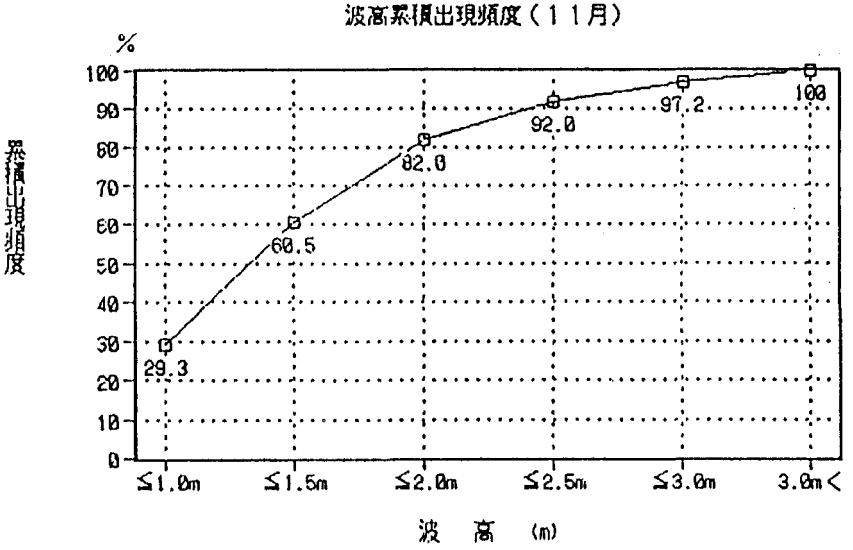
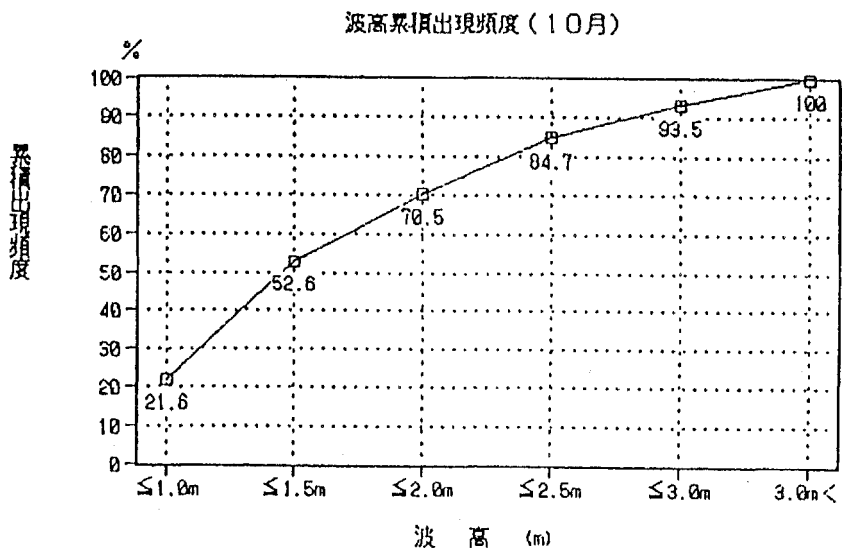


図1.4－7(2)　波高累積出現頻度（5～8月）







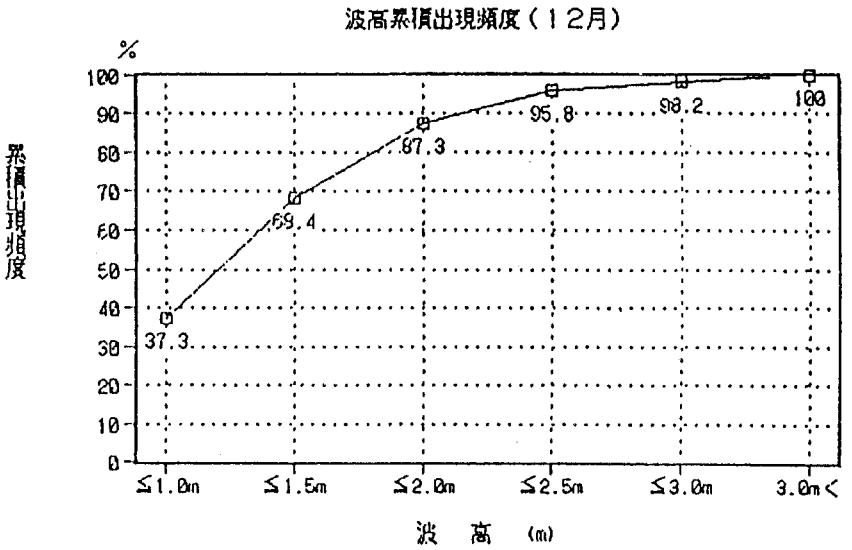


図1.4－7(3)　波高累積出現頻度（９～12月）

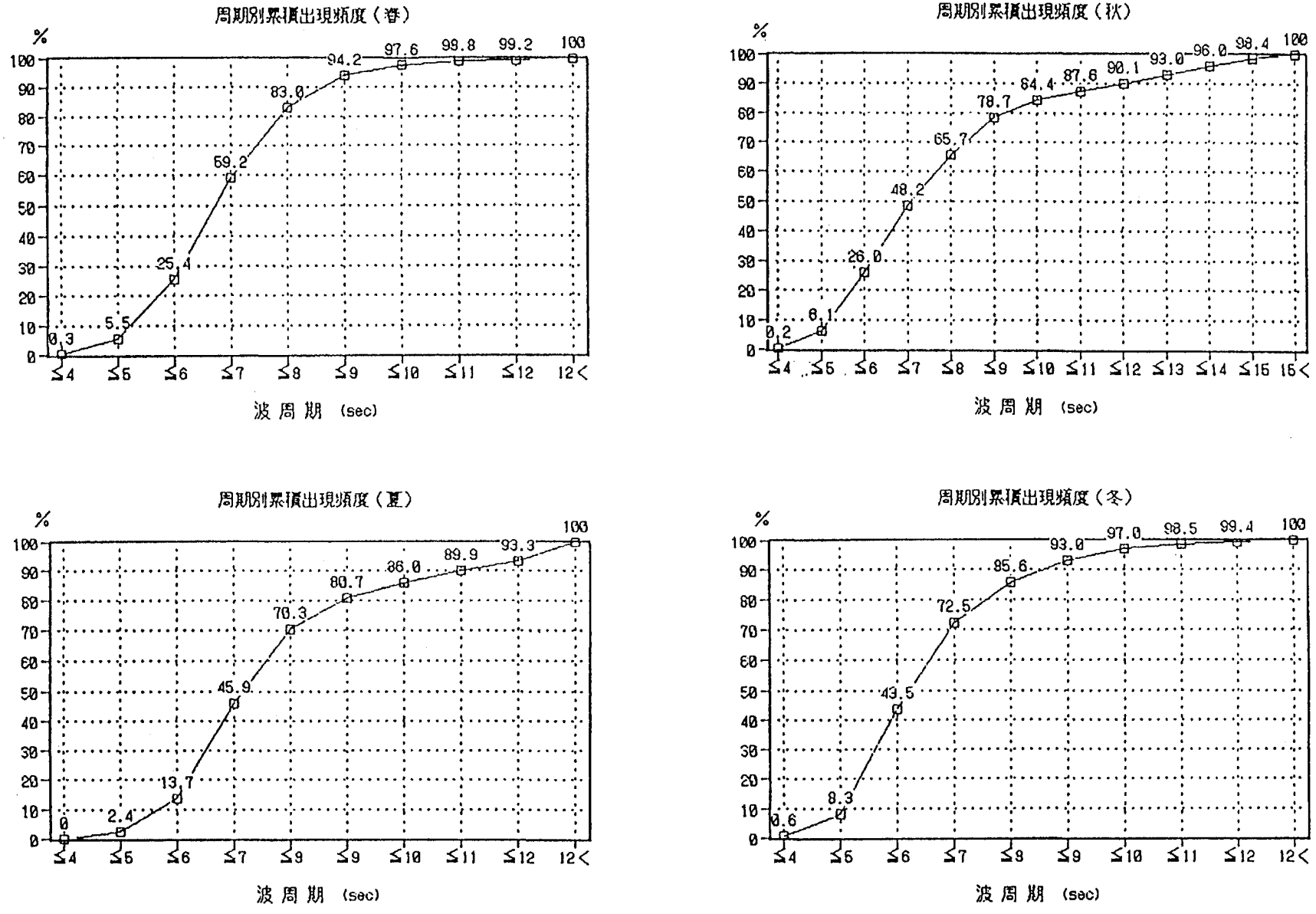
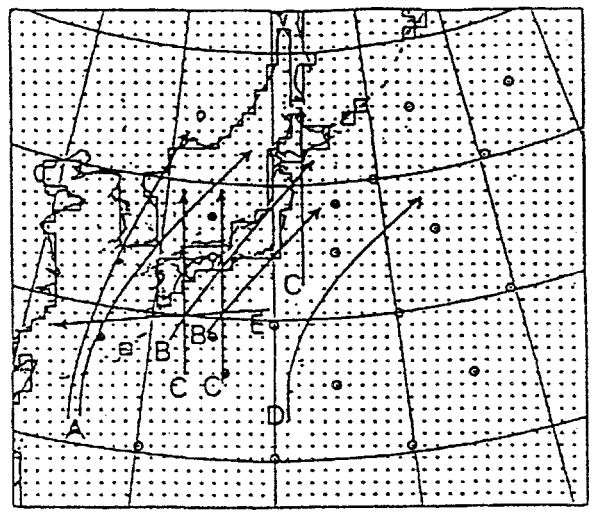


図1.4－8　波浪周期別累積出現頻度（季節別）

表1.4－1　台風データ

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
(a) 40年間発生数	総数	19	10	16	29	37	65	135	209	179	143	93	54	989
	600浬	0	0	0	6	20	31	72	104	92	60	20	4	409
	100浬	0	0	0	0	4	4	15	26	24	13	2	0	88
(b) 平均発生数	総数	0.5	0.3	0.4	0.7	0.9	1.6	3.4	5.2	4.5	3.6	2.3	1.4	24.7
	600浬	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.8	1.8	2.6	2.3	1.5	0.5	0.1	10.2
	100浬	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.7	0.6	0.3	0.1	0.0	2.3
(c) 発生率(%)	総数	1.9	1.0	1.6	2.9	3.7	6.6	13.7	21.1	18.1	14.5	9.4	5.5	100.0
	600浬	0.0	0.0	0.0	1.5	4.9	7.6	17.6	25.4	22.5	14.7	4.9	1.0	100.0
	100浬	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5	17.0	29.5	27.3	14.8	2.3	0.0	100.0
(d) 最大発生数	総数	2	1	2	2	4	4	7	11	10	6	5	4	33
	600浬	0	0	0	1	2	3	6	7	7	3	2	1	18
	100浬	0	0	0	0	1	2	2	3	2	2	1	0	6

注：南支那海で発生し、一度も太平洋側に出ないで消滅した台風94個を除く989個について統計した。



A型　東シナ海を北ないし北東に進む台風（東シナ海型）

B型　本州を北東に縦断する台風，及び本州の南岸を北東進する台風（北東進型）

C型　北進して本州を横切る台風，及び三陸沖の比較的近くを北進する台風（北進型）

D型　本州の遙か東方洋上を北東に進む台風（東方洋上型）

E型　南方洋上を西進する台風（異常経路）

図1.4－9　台　風　経　路

(6) 総　括

表1.4－2に波高，風速及び台風の各条件下の出現頻度を示す。本海域は，冬季は高風速の割に波浪状態は穏やか，夏季は低風速の割に高波高の出現頻度が高いといえる。これは，冬季は高風速でもフェッチが短く波浪が充分発達しないこと，また，夏季は台風域から来襲するうねりの影響を受けることによる。波高・風速及び台風影響を併せ考えると，作業限界の設定如何にもよるが5～6月の気海象条件が梅雨による天候不良はあるものの，海洋総合実験には適しているといえる。また，波浪状態のみに着目すれば，強風が吹続するものの1月，12月の作業条件もよいといえる。7月～10月は台風との遭遇，またはその影響による強風，高波が予想され，実験時期としては最悪である。

表1.4－2　各条件下の出現頻度

	波高累積頻度		風速累積頻度		台風出現頻度	
	2.5m以下	4m以下	8m未満	12m未満	100浬以内	600浬以内
1月	97.3	99.8	30.6	76.9	0	0
2月	94.7	99.8	24.8	72.0	0	0
3月	93.5	99.8	34.5	77.3	0	0
4月	93.2	99.8	46.2	86.1	0	1.5
5月	95.8	100	60.2	93.2	4.5	4.9
6月	94.5	99.7	65.8	93.5	4.5	7.6
7月	90.5	97.6	70.9	95.9	17.0	17.6
8月	80.2	95.2	74.6	92.5	29.5	25.4
9月	88.2	98.7	66.4	94.1	27.3	22.5
10月	84.7	98.1	39.6	83.5	14.8	14.7
11月	92.0	100	41.5	83.2	2.3	4.9
12月	95.8	100	33.6	79.4	0	1.0
通年	91.7	99	49.4	85.7		

1.4.2　実験海域の調査・選定の方向

すでに一部触れたように，総合実験の方針の変更により実験海域の調査選定の在り方は大幅に修正されることとなった。ただし，候補諸海域のうちでK海域は，他の沿岸平坦海底面海域を調査したにも拘わらず，依然として主要候補の上位の一つであり，実験目的を限定すれば最適な海域であるように考えられる。

一方揚鉱実験に適した海域としては，深海海底以外の場所では，大西洋のブレーク海台（ジョージア・フロリダ両州の沖合，水深約 1,500m）がディープシーヴェンチャズ社の試験海域として有名である。この様な海域が我が国近傍に存在すれば甚だ好都合であるが，日本近海に存在する可能性はほとんど無い。しかしながら，中部太平洋西部（ハワイ諸島以西）にはおびただしい数の海山・平頂海山・海台が分布しており，我が国近傍にまで及んでいて，その水深が 2,000m内外のものが少なくない。これらを対象として，海洋地質学・地球物理学等の研究が盛んに行われており，その結果マンガンノジュール・礫状マンガン酸化物が多くの場所に存在することが発見されている。

それらの海域の調査は，地質調査所・海洋科学技術センター（JAMSTEC）・海上保安庁水路部・気象庁・東海大学海洋学部等によって実施されており，それぞれ何らかの形で報告書が作成されている。本年度はこれらの資料を広く収集し，データを検討して海底条件の特徴を調査して，実験海域としての適合性を検討した。この作業は未だその過程にあるため確たる見通しを得るまでに至らないが，これまでの検討状況と結果の要点を整理して述べる。

1.4.3　沿岸・近海における実験海域候補地の吟味

(1)　概　　要

海洋総合実験に先立って実験システムの試運転を行うに適した海域，いわゆる総合試運転海域に関する調査は早期から開始され，すでに昭和58年度には10海域（うち水深 2,000m級は2海域）が候補として選ばれている。その後毎年度調査検討が続けられ，K海域が最適であろうとの評価がなされてきた。本年度の気象・海象の検討作業については，1.4.1の項に詳しく述べられているが，海底条件についても既存資料の範囲内で相当詳しく検討された。その結果，揚水・集鉱機曳航の両実験についても問題なく適合するであろうとの結論に至っている。

これまでの資料及び検討した内容については，各年度の研究成果報告書[12)-20)]に譲りここでは省略するが，各海域の位置と海底地形の概略図を図1.4－10に示した。また，表1.4－3には，公刊されている資料によって，海底条件データがどの程度充足されるものかを整理した。なおこの表には，沿岸海域以外の海山・海嶺系の海域をも合わせて示した。

これらの海域の既存資料は，数は多いものの内容は断片的であり本プロジェクトが欲する程度にまで海底条件を調査したものはほとんど無い。また，マンガン酸化物の外皮をもつ岩石礫を含めた広義のマンガンノジュールさえもほとんど存在していないので，揚鉱を除く試験ないしは実験にはある程度の適性があると推定されるが，揚鉱実験をこれらの海域の何れかで行うことは，考慮するには値しない。

(2) 検討した海域の状況

再度検討を加えた海域は以下のとおりである。

① 陸奥小川原海底谷沖合扇状地[1) 2) 3)]

② 熊野舟状海盆[1) 2) 4) 5) 6) 9) 21) 22)]

③ 室戸舟状海盆[1) 2) 4) 9) 23)]

④ 土佐海盆[1) 2) 4) 9) 24)]

⑤ 日向海盆[1) 2) 4) 9) 21)]

⑥ 隠岐舟状海盆[1) 2) 7) 8) 25)]

⑦ 西津軽海盆[1) 2) 3) 26)]

⑧ 沖縄舟状海盆[1) 2) 9)]

昭和58年度に検討[14)]された記号Site 20Bの海域は上記の①に該当し，同じくSite 20Aは②に相当する。これらの海域についてはすべて海上保安庁水路部から海底地形図が刊行されている。

②を除く①～⑦の海域は，何れも水深 2,000m内外で平坦な堆積盆を有し，揚水実験及び集鉱機の単純曳航実験は可能であろうと考えられる。しかし，ほぼ十分な検討が可能なデータのある海域は，熊野舟状海盆のみであった。ただし，微地形・障害物・堆積物の物性等の点で支障がないかどうか，確実な判断は今なお困難である。

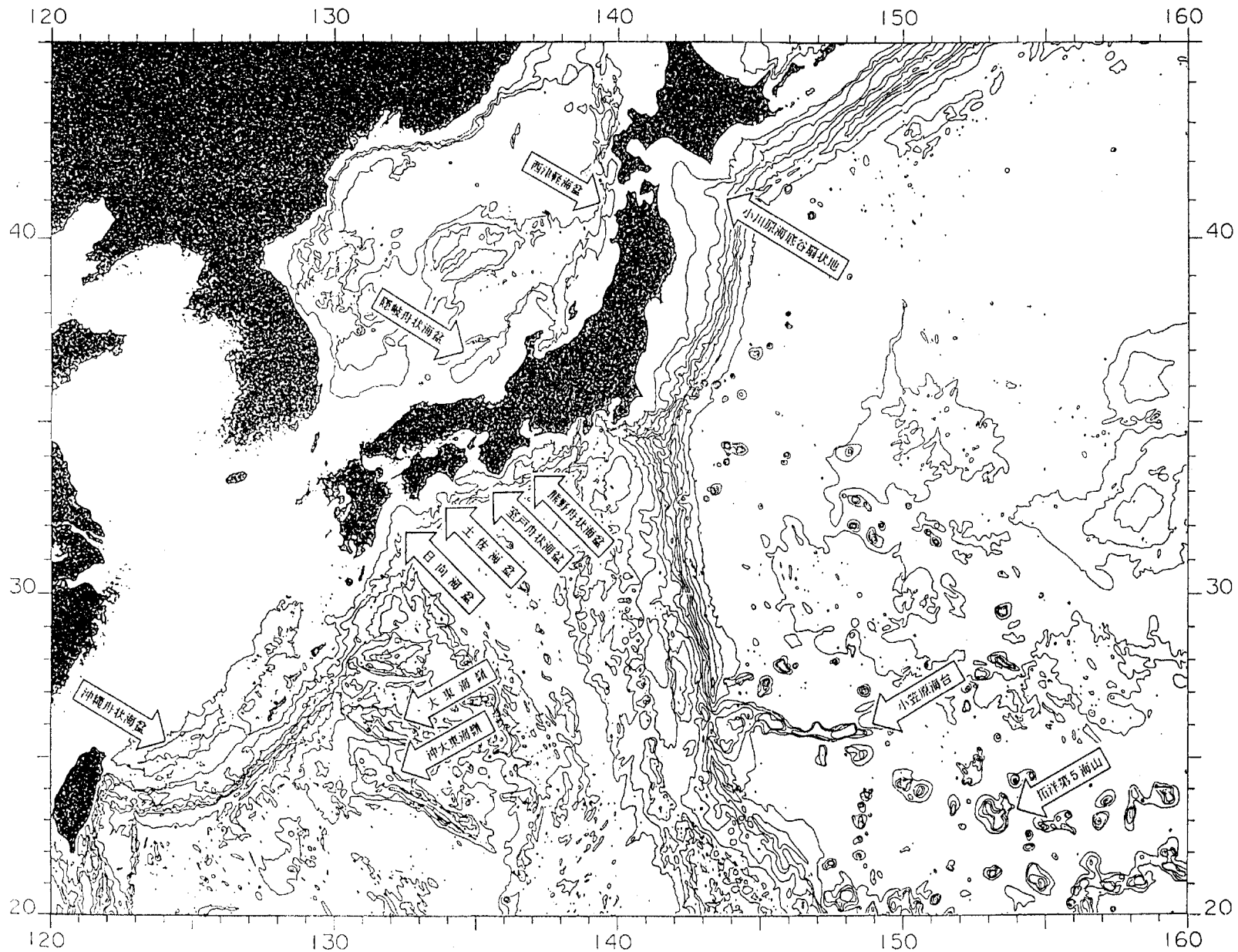


図1.4－10　日本近海の検討海域（ＪＯＤＣ原図[1]に加筆）

表1.4－3　候補海域海底条件検討用資料の充足状況

	海域名	地形図 縮尺(万)	等深線間隔 m	図の名称、番号、測深機等	地質データ 地質構造	地質データ 堆積層	堆積物データ 性状	堆積物データ 強度	ﾉｼﾞｭｰﾙ/礫状ｸﾗｽﾄﾃﾞｰﾀ 分布	ﾉｼﾞｭｰﾙ/礫状ｸﾗｽﾄﾃﾞｰﾀ 性状	出典(文献/報告) その他	備考	
1	小川原沖凹状地	1/100	100(50)	海底地形図東北日本#6312	－	－	－	ﾃﾞｰﾀなし	ﾃﾞｰﾀなし	－			
2	熊野舟状海盆	1/ 20	100(50)	大陸棚の海の基本図#6360	地質構造図	－	－	－	－	－		水路部：海底地形図、地質構造図#6306s	
				(PDR)	海底地質図	表層堆積図	粒度組成図、柱状図	略推定可			海洋地質図#32	地質調査所：地質図、説明書	日本全国沿岸海洋誌
3	室戸舟状海盆	1/ 20	100(50)	棚の基本図#6358,59	海底地質図	表層堆積図	粒度組成図、柱状図	略推定可	－	－	海洋地質図#5,28	地質調査所	
4	土佐海盆	1/ 20	100(50)	棚の基本図#6357,58	海底地質図	表層堆積図	粒度組成図、柱状図	略推定可	－	－	海洋地質図#29	地質調査所	
5	日向海盆	1/ 20	100(50)	棚の基本図#6412	－	－	－	－	－	－		日本全国沿岸海洋誌	
6	沖縄舟状海盆	1/150	500	報告書地形図（ｼｰﾋﾞｰﾑ）	海底地質図	地質断面図	Mud etc.	－	少数あり	－			
7	西津軽海盆	1/ 20	100(50)	棚の基本図#6327	海底地質図	表層堆積図	粒度組成図、柱状図	略推定可	－	－	海洋地質図#30	地質調査所	
8	隠岐舟状海盆	1/ 20	100(50)	棚の基本図#6401	地質構造図	表層堆積図	組成、粒度	－	－	－	水路部、#6401s	水路部：地形図、地質調査所：研究報告	
9	小笠原海台	1/350	500	北西太平洋海底地形図	－	－	－	－	－	－	ＪＯＤＣ #152	調査報告書あり（地調、東海大等）	
10	大東海嶺	1/ 5	20	測量原図（ｼｰﾋﾞｰﾑ）	海底地質図	地質断面図	粘土(海盆部分)	－	－	－	水路部研究報告 第21号(1976)	水路部、ＥＥＺ（大陸棚）調査	
11	沖大東海嶺	1/ 5	20	測量原図（ｼｰﾋﾞｰﾑ）									
12	拓洋第５海山	1/ 5	20	測量原図（ｼｰﾋﾞｰﾑ）	－	－	組成、粒度	無データ	若干あり	若干	東海大、JAMSTEC	各々報文あり	
13	天保海山	?1/300	100	斎藤・渡辺原図（PDR）	－	－	組成、粒度観察	無データ	僅かあり	僅かあり	しんかい2000 Dive 556、557（地調）	第8回深海2000ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ予稿集(臼井、西村)	
14	Ａ海山(JA04)	1/ 30	20	報告書用（ﾊｲﾄﾞﾛｽｳｨｰﾌﾟ）	測線沿い表層底質図		性状、粒度観察	無データ	若干あり	若干	ANRE/MMAJ/DORD	金属鉱業事業団報告書	平成　３年度	サンプル若干及び海底写真多数あり。但し、斜面主体の調査で大半はクラスト、礫状のものは僅か。
15	Ｂ海山(JA12)	1/ 30	100	報告書用（NBS）	測線沿い表層底質図		性状、粒度観察	無データ	若干あり	若干			平成　元年度	
16	Ｃ海山(JA15)	1/ 30	100	報告書用（NBS）	測線沿い表層底質図		性状、粒度観察	無データ	若干あり	若干			平成　元年度	
17	Ｄ海山(JA17)	1/ 30	20	報告書用（ﾊｲﾄﾞﾛｽｳｨｰﾌﾟ）	測線沿い表層底質図		性状、粒度観察	無データ	若干あり	若干			平成2、3年度	
18	Ｅ海山(JA21)	1/ 30	20	報告書用（ﾊｲﾄﾞﾛｽｳｨｰﾌﾟ）	測線沿い表層底質図		性状、粒度観察	無データ	若干あり	若干			平成2、3年度	
	特記事項	(1)複数ある時は最詳図のみを示した (2)#1-12は水路部作成図 (3)図の品質は様々で有用性も異なる			出所：大半は地質調査所 一部はMMAJ(#14-18)		出所：大半は地質調査所、一部はMMAJ(#14-18)、水路部(#6、10、12)など		資料の有無で、ﾉｼﾞｭｰﾙ/ｸﾗｽﾄ礫の存否に非ず		データ収集作業なお続行中で、検討作業は初期段階．有用データが得られるか なお不明		

(3) K海域

このK海域は，日本周辺の海域の中では最も密な調査が行われた場所であるが，実験を計画するためには既刊の資料のみでは不完全で，精密な海底地形及び微地形観測が望まれるほか，海底堆積物の土質力学的性質・障害物等のデータが必要である。従って，これらの観測・測定・試験を実施して，それぞれの確認を行わなければならないことが，重要な問題として残されている。

本年度末に，熊野舟状海盆の局部について，地形観測及び底質採取と物性試験が行われ，若干の新しいデータが得られたが，まだ全貌を詳細に論ずるには至らない。しかし，新データによると，南部平坦面の海底は従来の知見どおり極めて平坦であるが，その北部寄りに岩石ないしは堅い堆積物の突出部が数ヵ所存在すること，水深が従来の値よりも約20m程度深いこと，堆積物は粘土質（シルト）がほとんどで砂質分は僅かであり，深海底とほぼ同程度の堅さであるらしいことなどが判明した。

(4) まとめ

旧総合試運転海域としてこれまでの検討と今回の再度の調査によって，海底地形図上での判断では，水深が 2,000m級で，実験に必要な規模の平坦な海底面が本土周辺に多数存在することが確かめられた。しかし，これらのほとんどの海域は，より詳細なデータが得られなければ最終的に海底地形の適否を検討できない。また，その位置によっては，基地との距離その他，実験上不都合な立地条件の場所が多い。また，言うまでもなく大半の海域には，ノジュール状の物質は存在しない。

結論としては，以上8海域の中では，これまでの結論と同様に，K海域が最も適切であるとの判断を変更せざるを得ないような事実は見出されなかった。また，K海域といえども，実験に必要な海底条件データが完全には揃っていないので，今後さらに精密調査を追加して，データの補完を行うことが不可欠である。

1.4.4 ノジュールの賦存する水深 2,000m内外の海底条件の検討

一般に海水中にはマンガンイオンが相当量含有されていて，水中の固形物質にマンガン酸化物が析出固化することは良く知られるところである。多くの海域では水深の大小を問わず，マンガン酸化物が岩石等を被覆した物質が深海底ノジュールと良く似た形態で存在するが，特に近年の海底調査の結果，海山・海台から礫状ないしノジュール状の物質が多数の地点で採取されたことから実証されている。

この様な海域に揚鉱実験が可能な区域が存在するかどうかは，早々に判断できることではないが，海底の諸条件が適当な範囲にあるのであれば，不可能とは限らないものと想像される。

また，最近注目を集めているコバルトリッチクラスト（ＣＲＣ，Ｃｏを含有する岩石被覆層）の賦存形態の一つとして，その状況の如何によっては，資源的な評価の対象，さらには進んで海洋資源開発の対象ともなり得るであろう。

かつて候補海域の調査・検討を行った当初の状況に較べると，現在では日本周辺をはじめとする西太平洋海域の海底地形図，研究報告書等が多数刊行されており，検討すべき資料が増加している。そこで対象範囲を拡大し，まずノジュール（マンガン酸化物）試料が採取された記載があるであろう多数の文献を調査し，水深，地形，ノジュール，堆積層などの状況を検討した。

作業に当たっては，従来と同様に現有の実験システムをそのまま運用できることを目標とした。従って具備すべき条件としては，

① 望ましい平均水深であること

② 平坦面が必要な面積・形状を有すること

③ 地形変化が緩やかで，許容水深範囲内にあること

④ ノジュールが一定以上の濃集率で分布し，かつ連続性が期待されること

⑤ ノジュールの粒径・形状が一定範囲内にあること

⑥ 堆積物が軟らかく，一定以上の層厚を有すること

⑦ 露岩・段差，断層その他の障害物が存在しないこと

等が挙げられる。さらに水深を 2,000m 内外に限定した結果，数ヵ所の区域が抽出された。しかしながら調査の密度が低いため，細部に関する情報は極めて少なく，上記の条件を満足する可能性をも含めて，選定段階に到達するような結果は得られなかった。

可能性のある区域として抽出・検討したのは，以下の各区域である。

① 沖縄舟状海盆[1) 2) 8) 7)]

② 大東海嶺・南大東海嶺海域[1) 2) 9) 35) 57)]

③ 小笠原諸島周辺海域[1) 2) 8) 22) 35) -47)]

④ 拓洋第５海山及び周辺海域[2) 10) 44) -55)]

⑤ 中部太平洋海山群海域[55) 57)]

⑥ その他マンガン酸化物試料が採取された区域[9) 28) 30) 31) 34) 58)]

これらは何れも深海底から聳える海山，海嶺等の海底山岳地で，すべて火山作用によって形成されたものであり，言うまでもなく海底条件は深海底海盆と全く性質を異にする。

これらのうち，①②③④の海域に対しては，海上保安庁水路部・地質調査所・海洋科学技術センター・東海大学海洋学部等によって行われた調査がある。⑤については主として資源エネルギー庁（金属鉱業事業団・深海資源開発㈱への委託事業）[56)]によって調査が実施されており，

ほかに米国等による調査も少数ながら報告されている。

ここ数年来，コバルト成分に富む皮殻（クラスト）状のマンガン酸化物（いわゆるコバルトリッチクラスト，以下ＣＲＣと略記する）が金属新資源として脚光を浴び，内外を通じて調査が盛んに行われるようになった。米国では地質調査所（ＵＳＧＳ），ハワイ大学等が米国のハワイ周辺経済水域（ＥＥＺ）にある海山群を主対象に調査を進め，最近ではさらに南方海域の調査を韓国の参加を得て実施[57]している例もある。ＣＲＣ資源としては，多数の海山が分布しているハワイ周辺及びその南方海域，マーシャル諸島周辺海域，南太平洋北部海域などが注目されている。しかし，これらも地球物理・海洋地質等の研究を目的とする調査であるため観測密度は低く，サンプルについても岩石・鉱物学的な研究の範囲を出ない。

本年度は文献の検索・収集に重点をおいたが，資料数が多く内容もまちまちであることなどにより，内容を統一的に吟味するには至らなかった。しかし，総合実験に適する海域の発見の可能性は，余り高くないものとの印象であった。

これらの資料においてまず注意を要することは，調査の目的が基盤岩に析出・沈着し，固化した層状のＣＲＣの分布・成因・金属品位等と，海山の地質成因等にあり，礫状のものを対象とはしていないことである。また，サンプリング方法の関係でＣＲＣそのものが採取できず，止むなく基盤から剥離・脱落した破砕物などをドレッジによって試料として採取していることである。以下にこれらの諸資料を検討した結果を要約する。

礫状のマンガン酸化物（ノジュール状・礫状のもの）はかなりサンプル数が多く，普遍的に海山等に存在する。例えば図1.4－11[57]はフィリピン海において行われた多数の調査報告から，試料が採取された地点を総合した図である。資料は紀南海山列・九州パラオ海嶺・奄美海台・大東海嶺・沖大東海嶺等を含むフィリピン海で行われたジオダイナミック計画（ＧＤＰ），深海掘削計画（ＤＳＤＰ）の観測点や，それらの分担機関である東大海洋研・水路部・地質調査所等による調査地点を網羅している。データリストによれば，約20地点で広義のノジュールが採取されており，ノジュールサンプルは，何れも礫状マンガン酸化物であって岩石片を核とし，不規則な形状のものが大半である。また，これらの報告ではサンプルデータの観察・記載にとどまった資料がほとんどで，その平面的な拡がりや，堆積物との関係等，本プロジェクトにとって必要なデータはほとんど含まれていない。なお，以下の諸資料では，試料の命名法が統一されていないので，単に名称だけで形状・粒度等を一義的に判断することはできなかった。

資源エネルギー庁の海山に関するＣＲＣの調査は資源調査が目的であり，上記に比べればかなり詳細にわたっている。しかし実験海域選定の目的からみればやはり時期尚早と考えられるので，今回は引用を差し控えることとした。また他の研究機関による未発表データの中には有用なものがあるが，これにも引用できないものがあるのは残念である。ただし，後述するよう

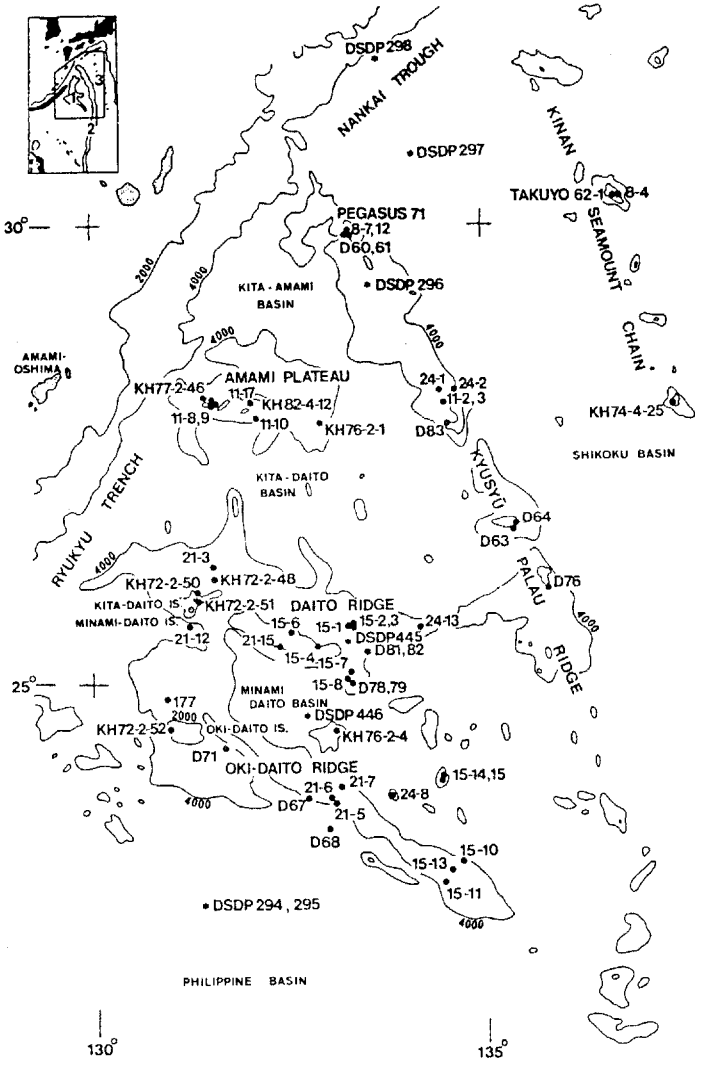


Fig. 1. Map showing the location of dredged rock samples together with DSDP sites in the Northwestern Philippine Sea.

a)岩石ドレッジ及び深海掘削(DSDP)地点

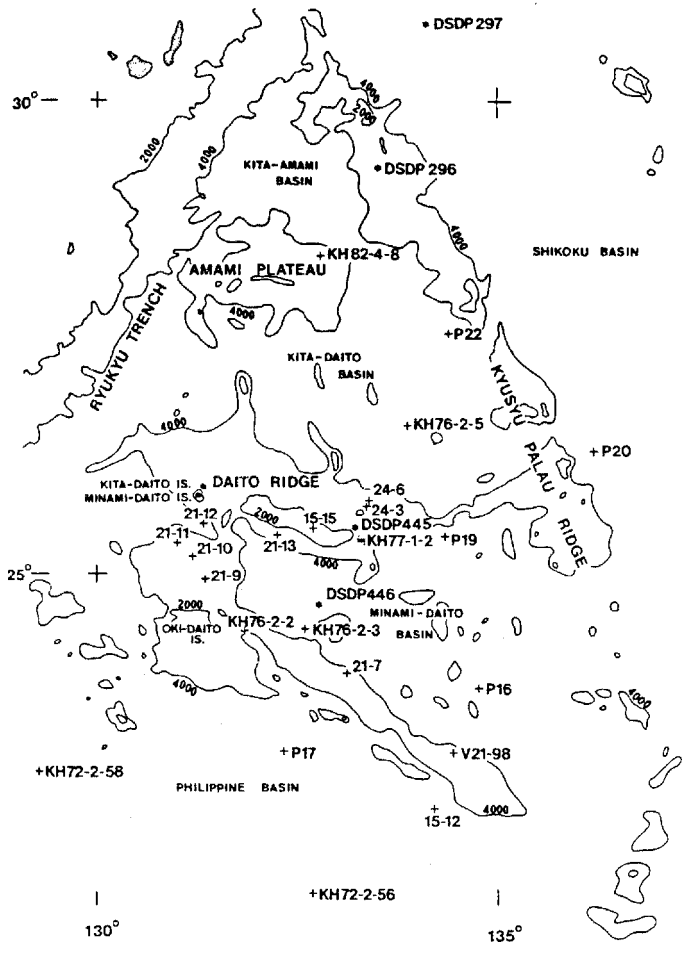


Fig. 2. Map showing piston and gravity coring in the Northwestern Philippine Sea.

b)柱状採泥地点

図1.4－11　フィリピン海における試料採取地点（Shiki *et al.*[57]）

に，拓洋第五海山の旧データは公開されており，内容的にも他の平頂海山を検討するにはよい参考になるものと考える。

(1) 沖縄舟状海盆

この海域は沖縄諸島の北側にあり，長さ約 800kmに近い長大な海底堆積盆であるが，その南西部，宮古島北西方の部分には水深 2,000～ 2,100mの平坦面がある。図1.4－12[32]，表1.4－4[32]に海底地形図とサンプリング点とを示した。この堆積盆の堆積物は細砂ないしはシルト質（記載は泥）であり，揚水試験・集鉱機の単純曳航実験ならば適している可能性があると考えられる。平坦面の周辺部では，No.11，No.13，No.21などの数ヵ所でマンガン酸化物の試料が採取されている。それらの核は軽石や泥質であって，散在する尖塔や周辺の岩盤から供給されたものと考えられる。

この資料からは，平坦な表面を持つ堆積面があることが明らかであり，日本本土からあまり遠くない利点がある。ただし，微地形・障害物についての情報はなく，本格的な精密調査を実施しなければ，揚水または単純曳航実験の海域としての適性は論じられない。また揚鉱実験に必要なほどノジュールが分布している徴候はなく，総合実験には全く不十分であると判断される。

(2) 大東海嶺及び沖大東海嶺

大東海嶺，沖大東海嶺については水路部その他の調査報告があり，後述する小笠原周辺よりもデータが少ないが，海底条件に関してはほぼ同様であるように考えられる。

こられの海域での調査データは，やや広域にわたるが，図1.4－13[55]に示されるように各所でマンガン酸化物で覆われた礫，あるいは岩石が採取されている。これらは他の海域と同様に，山体・岩盤等から生成された岩片・礫等が核となってマンガン酸化物の被覆が発達した結果，基盤岩石からは独立したノジュール状・角礫状あるいは板ないし盤（スラブ）状の物質が分布しているもののようである。

(3) 小笠原諸島周辺海域

小笠原諸島周辺は，火山帯，海溝等があり，地球科学的に特異な場所であるため，地質調査所，東海大学等によって行われた調査[35)-46)]が多数あり，データも比較的多い。代表的な調査対象の一つとして図1.4－14[39]に示す小笠原海台があり，その規模は大きく緯度経度で1°以上（ 110km）に及ぶ大規模なものである。

海台区域の内部に小笠原東・西・南・北の4海山があり，さらに東に張り出した尾根状部に，矢部，半沢，片山の各海山がある。図1.4－15[39]はシービームによる海底地形図とノジュール及びＣＲＣの試料が採取された地点を示す。

基部は水深 4,000～ 5,000mの深海平坦面にあり，ここから斜面が立ち上がって緩傾斜面

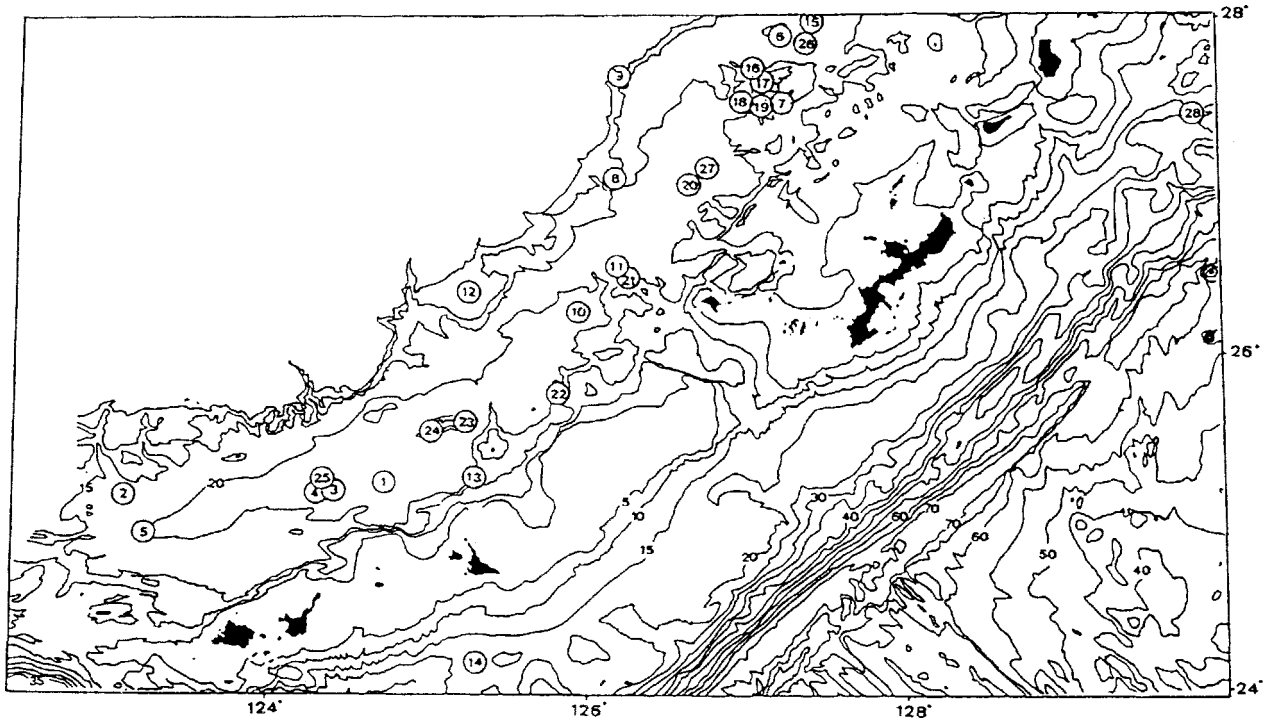


Figure 3. Sampling sites. Recovered samples, latitude, longitude and depth are listed in Table 1. Figures on depth contours are shown in unit of 100 meters. The numbers enclosed with circles are serial numbers of the sampling sites.

図1.4－12　沖縄舟状海盆の海底地形（大嶋ほか[32]）

表1.4－4　沖縄舟状海盆における採取資料（大嶋ほか[32]）

Table 1. List of recovered bottom samples. Position of each sampling site is shown in figure 3 with serial numbers enclosed with circle. Letter "D" or "C" of each site number denote dredging or core sampling.

No.	Site No.	Position		Depth	Samples
		Lat.	Long.	(m)	
1.	5903D01	25°13.'0	124°39.'0	2200	Mud
2.	5903D02	25°11.'7	123°04.'8	1380	Mud
3.	5903D03	25°15.'9	124°23.'9	2050	Rhyolite,Dacite,Mud
4.	5903D04	25°15.'3	124°22.'1	2280	Mud
5.	5903D05	24°56.'6	123°14.'6	1760	Mud
10.	6007D01	26°32.'1	126°13.'6	1380	Pumice,Mud
11.	6007D02	26°17.'4	125°55.'0	2040	Manganese oxides
12.	6007D03	26°25.'0	125°16.'8	213	Limestone
13.	6007D06	25°14.'7	125°15.'3	1510	Manganese oxides,Pumice
21.	6109D07	26°32.'0	126°12.'8	1110	Manganese oxides,Mud
22.	6109D08	25°48.'6	125°48.'6	1130	Dacite
23.	6109D09	25°36.'9	125°11.'5	1050	Limestone
24.	6109D10	25°34.'1	125°02.'5	900	Mud
25.	5903C01	25°16.'2	124°24.'1	2280	Mud

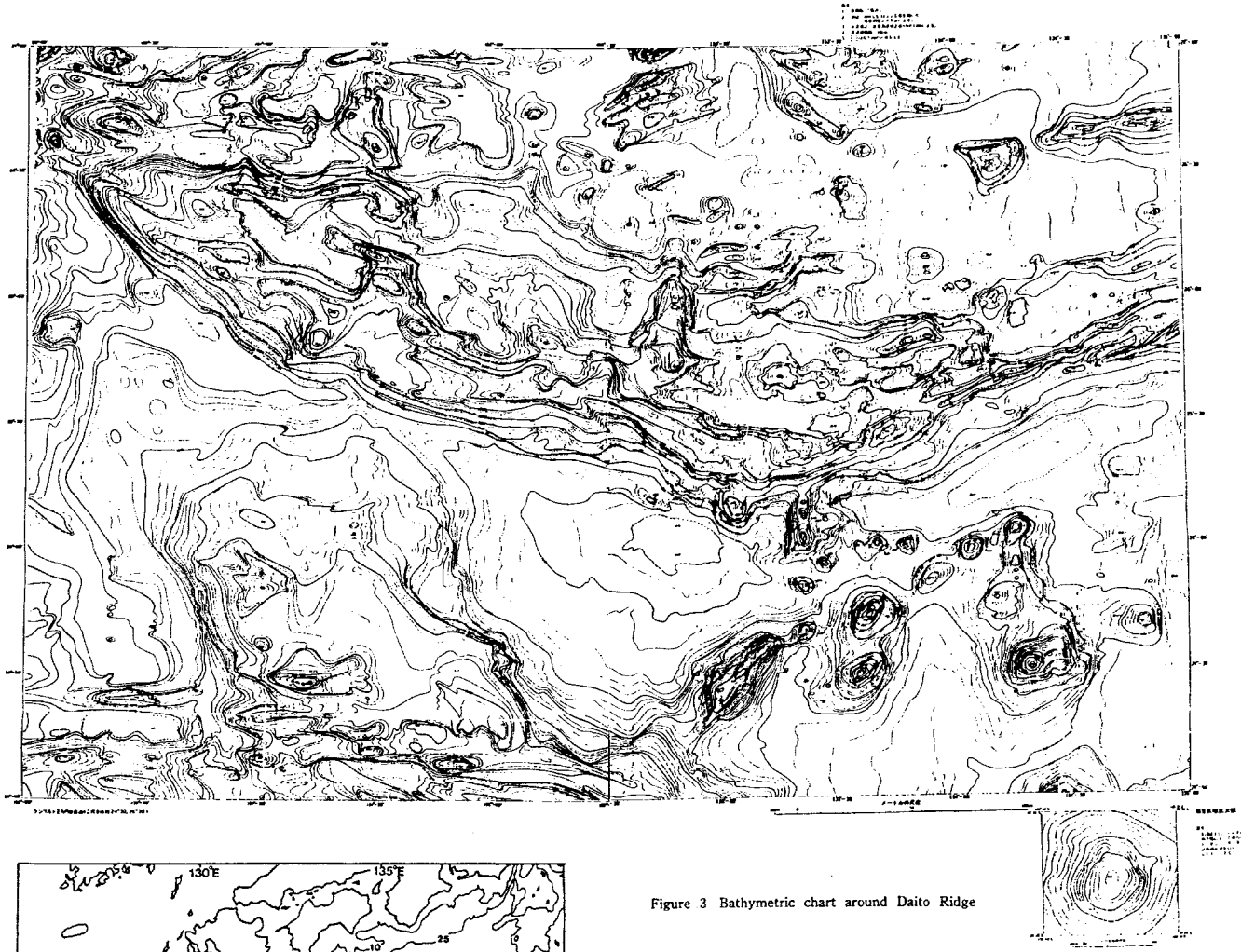


Figure 3 Bathymetric chart around Daito Ridge

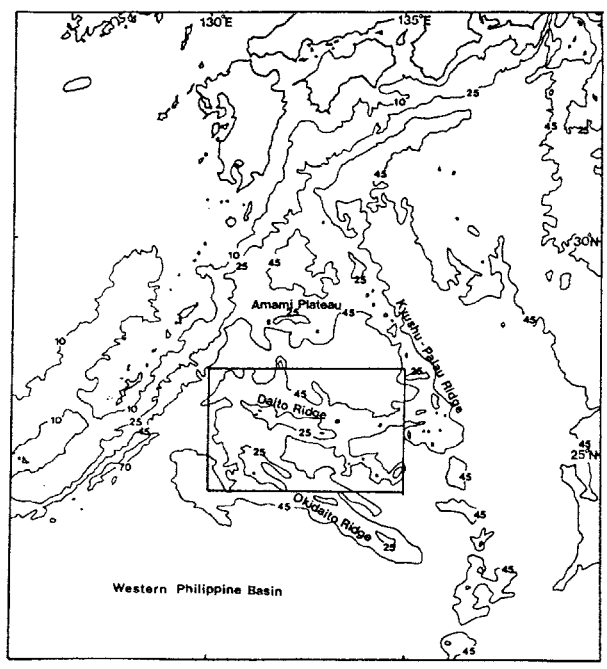
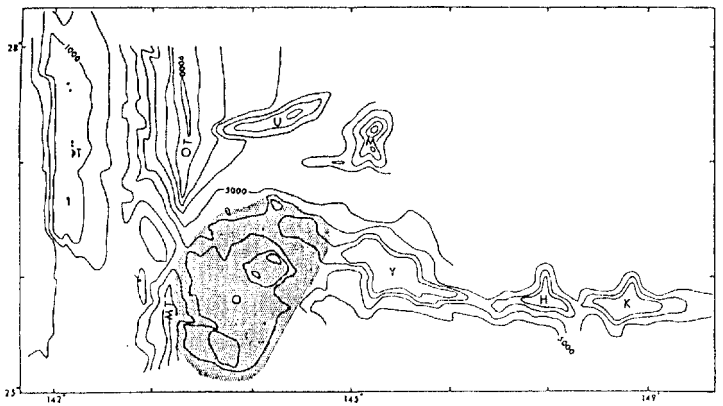


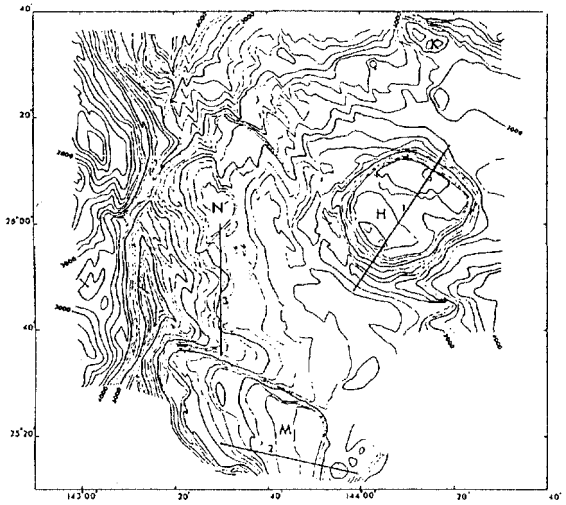
Figure 1 Northern Philippine Sea.

図1.4－13　大東海嶺付近の海底地形（岩渕ほか[33]）

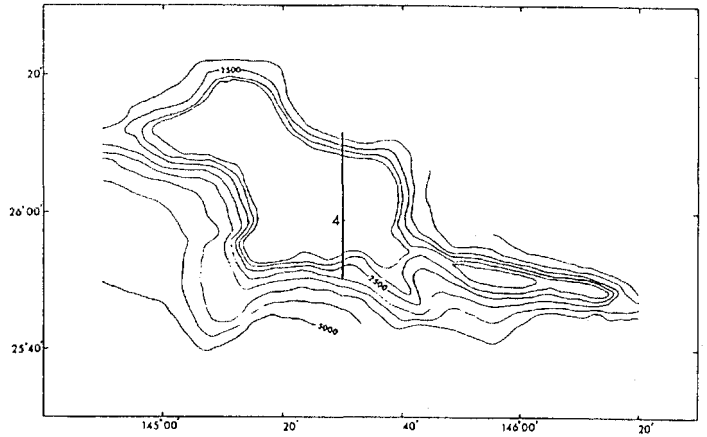
渡辺和明*・村上文敏**



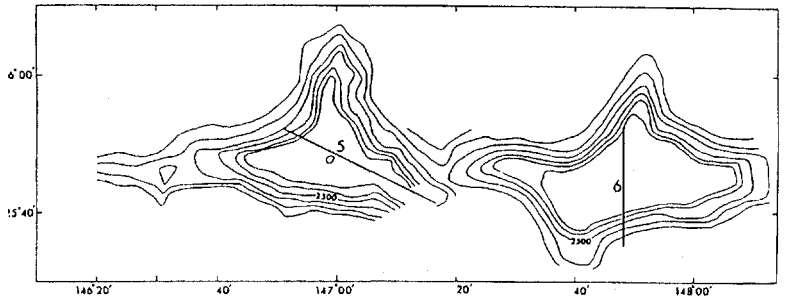
第IV－1図　小笠原海台及びその周辺の地形．
H：半沢海山，K：片山海山，M：松原海山，MT：マリアナ海溝
O（ハッチ部）：小笠原海台，OT：伊豆・小笠原海溝，T：父島
U：上田海嶺，Y：矢部海山



第IV－2図　小笠原海台の地形．
H：東海山，M：南海山，K：北海山，N：西海山
1：第V－1図のプロファイルの位置
2：第V－2図のプロファイルの位置，3：第V－3図のプロファイルの位置



第IV－3図　矢部海山の地形．4：第V－4図のプロファイルの位置



第IV－4図　半沢海山及び片山海山の地形．
4：第V－4図のプロファイルの位置
5：第V－5図のプロファイルの位置

図1.4－14　小笠原海台周辺の海底地形（渡邊ほか[39]）

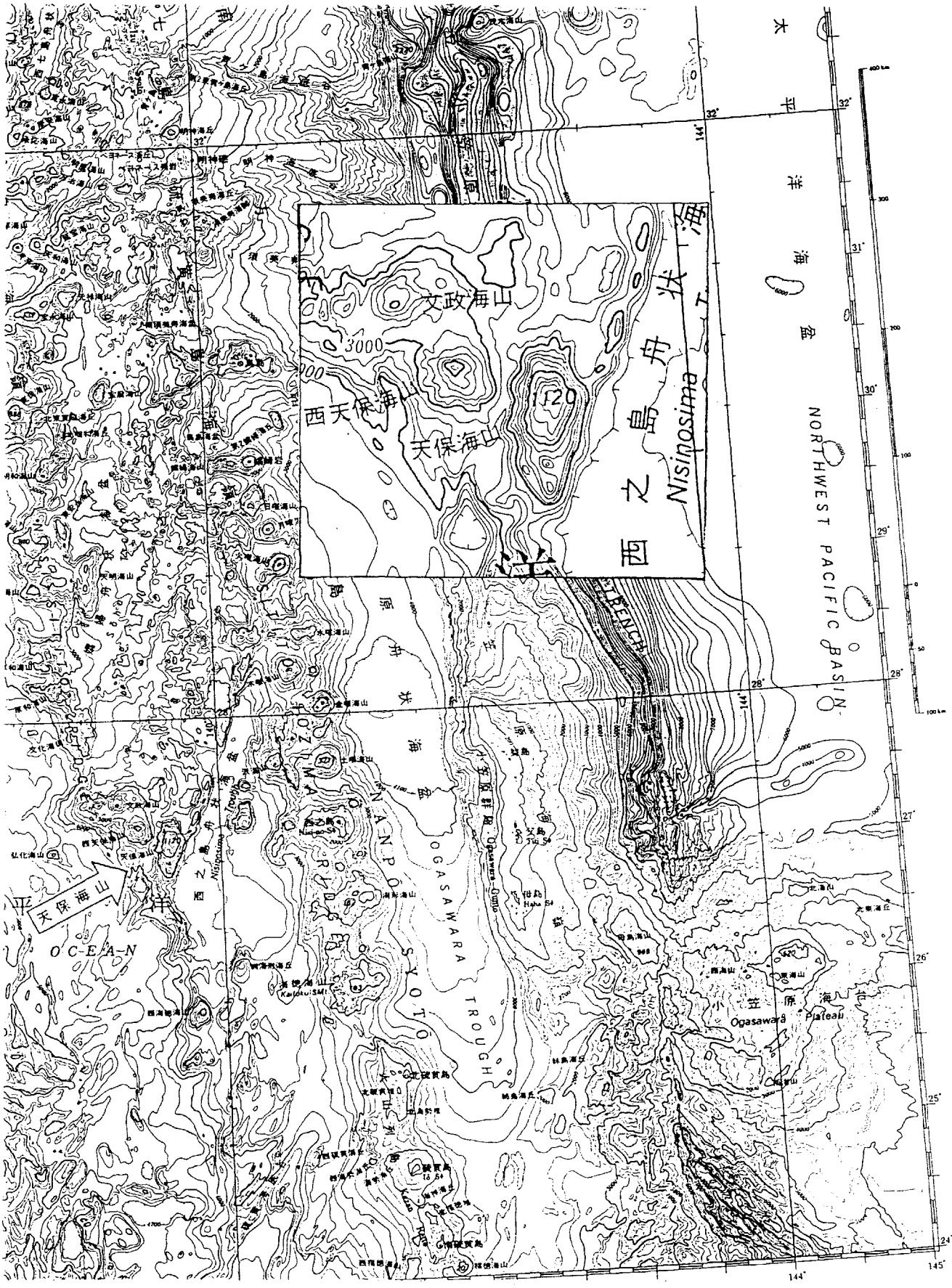


図1.4－16　天保海山の海底地形（水路部原図[9]から作成）

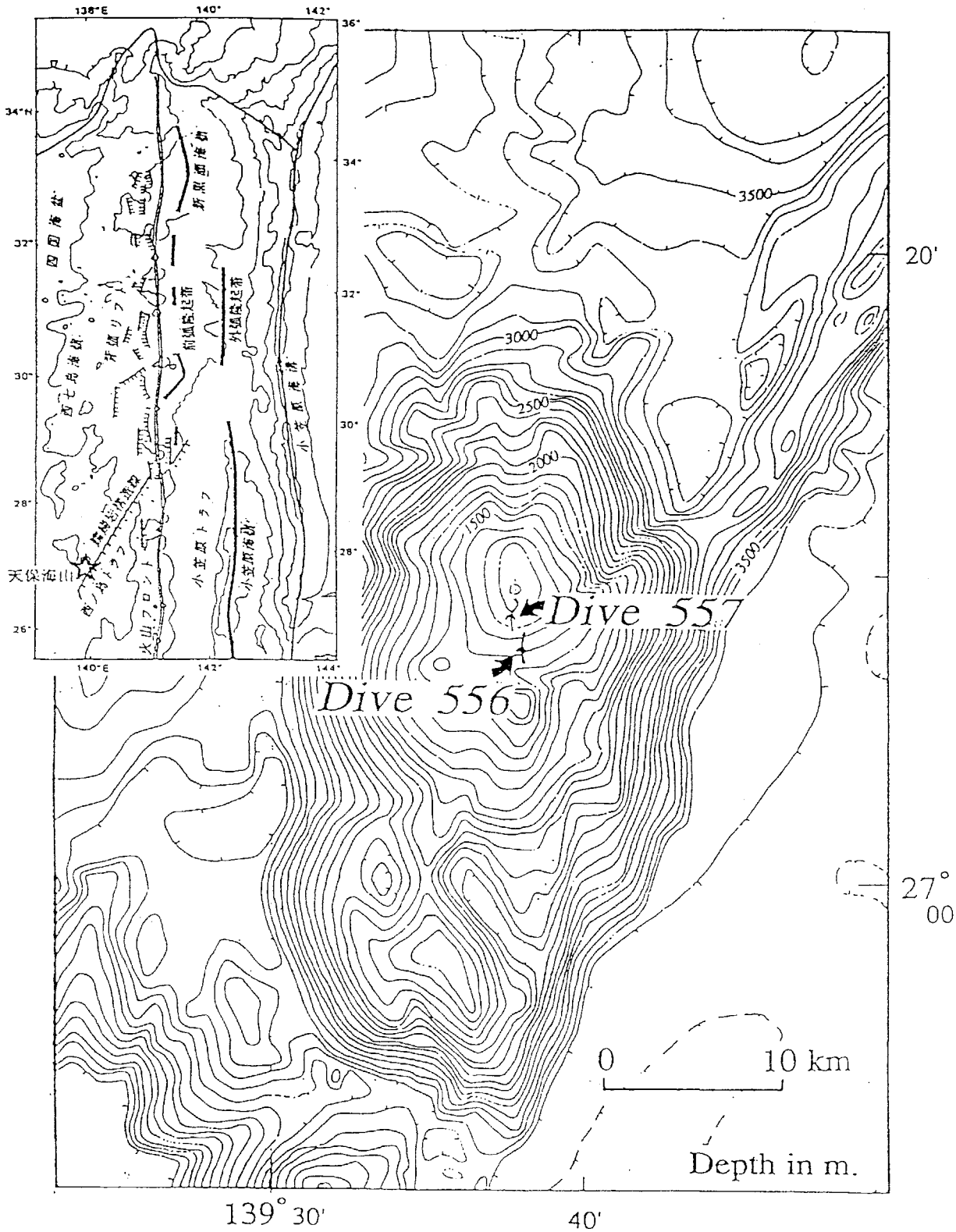


図1.4－17　しんかい2000第556，第557潜航航跡図（臼井ほか[45]）

今後実施しなければ判断できない。

(5) 平頂海山

中部太平洋海盆の西部にはハワイ諸島から西方に向かって，多数の海山が列状に存在している（ミッドパック海山列）。これらの海山には，基盤岩の被覆層として，あるいはノジュール状の外被（礫，岩片のマンガン酸化物被覆層）として，高いコバルト含有率を示すものが多いことが，主として米国の科学者によって報告され，新しい資源としての調査が各国によって盛んに行われるようになった。これらの調査は科学調査であり，しかも調査機器の制約があるために，予察的な範囲を脱するには至らず，多くの論文も細部の海底条件を明らかにするにはまだまだ不十分である。

その中では，僅かに我が国（資源エネルギー庁）の調査と東海大学によるものとがやや詳細にわたっている。本プロジェクトの実験海域としては，適当な粒径と連続的な分布を示すノジュール状のものが不可欠で，かつ適切な条件を有する堆積砂層または軟泥層を伴っていることが必要であり，さらに一定以上の面積がなければならない。従って海域選定の検討を行うためのデータとしては，この2者以外にはほとんどなく，それも辛うじて定性的な検討が行える程度であった。

多くの報告書のなかで東海大学海洋学部のものは，拓洋第五海山その他の資源的価値を意識したとも考えられる数次の調査を行い，膨大な枚数の海底写真を撮影・解析[49-51]しているので，かなり参考となる貴重なものである。

また，資源エネルギー庁の調査もＳＳＳ観測，多数の海底写真撮影等の手法によりこれまでの他の調査には見られないような詳しい解析を行っている。しかしながら，コバルトリッチクラストは，被覆・皮殻状のものが主対象であるため，残念ながら礫状のものに関する知見は乏しい。今後，引き続き調査が行われ，その密度が高められるようであるので，その結果によってより詳しい検討が可能になることを期待し，今回は見送ることとしたい。

(a) 拓洋第五海山

この海山は日本本土から比較的近く，東京の南東方，約 1,000海里，南鳥島（マーカス島）の南南西約 200海里（いわゆる漁業経済水域，ＥＥＺ）の外れに存在する大型の平頂海山である。海洋地質学的に好個の対象であることや，ＣＲＣの賦存が期待されることなどから，これまでの各種の調査によって，最もよく調べられた平頂海山である。すなわち，

① 海上保安庁水路部による地形調査

② 海洋科学技術センターによる潜航調査のための予備調査及び試作機器の試験と観測

③ 東海大学海洋学部による海底地形・地質及びＣＲＣ等の調査

等である。目的はそれぞれ異なるが，いずれも一般的な海底地形観測（ＰＤＲ，シービー

ム等による）及び試料採取（主にドレッジ）を行っている〔①②③〕ほか，さらに目的に応じてサイドスキャンソーナー（ＳＳＳ）観測，曳航式ＴＶ観察〔以上②〕，あるいは海底写真撮影〔②③〕等が加えられている。

これらの諸調査の中で地形については①の水路部のマルティビーム測深機（ＭＢＥＳ，シービーム）による大縮尺の海底地形図[10]が作成されているので，かなり詳しく知ることができる。またＣＲＣ，ノジュール，堆積物等については，②の東海大学海洋学部が数ヵ年にわたり度々調査を重ねている（ただし，平成３年度調査結果は未発表）。このように多くの調査の結果，平頂海山としては最も豊富なデータがあり，ノジュールや堆積物の状況が最も詳しく把握されていると同時に，次項で述べる北西太平洋海山群（資源エネルギー庁の調査対象）とは地理的にも近く，海底条件も大きくは異ならないであろうと考えられるので，今後の検討の参考になるとも思われる。以上の資料からの知見を要約すると以下のとおりである。

① 海上保安庁水路部による地形調査

水路部は特殊な目的のための必要により，拓洋第５海山の従来の海底地形図を改訂するため，シービームを用いて高精度の測深を行い，新たに縮尺1/50,000，等深線間隔20ｍの海底地形図[10]を作成した。この図は公刊はされていないが，実費で頒布されている。図1.4－18はその縮小図である。

主山体は東西南北とも凡そ90海里（ 140km）で，外周斜面の基部は 5,000m以深の深海海盆に達する。平頂部外縁の水深は約 1,200～ 1,400mであり，主山体はほぼ南北向きの瓢箪型で，平頂部はその中央部でくびれて２分されている。

南部の平頂面は広大な堆積盆を形成しているが，その内部には５つの海丘（火口丘）があり，比高 150mのもの４座のほか北端に同 400mのもの１座（水深約 950m）があるほか，岩石丘や尖塔が諸所に散在するものと考えられる。

② 海洋科学技術センターによる調査

この調査は潜水調査船“しんかい2000”の潜航調査を行うべきかどうかを判断するための予備調査であり，平頂部外縁の西端から東端まで，最も高い中央海丘を横断する測線において行われた。図1.4－19は測線及び測線配置図を当時の地形図に重ねたものである。調査はサイドスキャンソーナー観測，写真撮影，試料採取[18]などによって行われたほか，当時開発中であった曳航式カラーヴィデオ装置その他の試験[19]も実施された。

その結果，平坦面では白色の有孔虫砂の堆積面，ノジュール，ＣＲＣの分布が認められている。他方，平頂面での試料採取（クラブ及びバケットドレッジ）５点では，１点

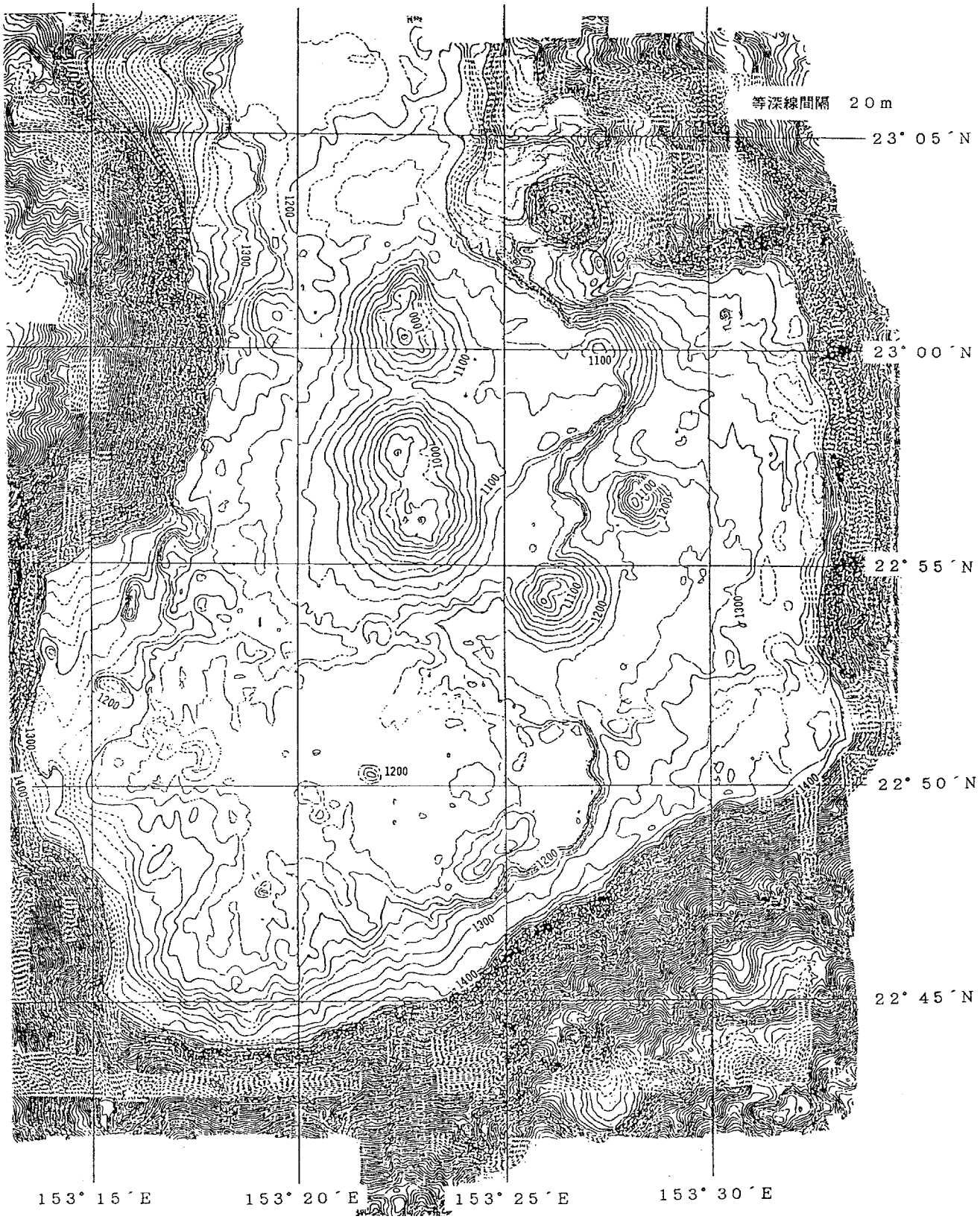


図1.4－18　拓洋第5海山海底地形図（水路部原図[10]に加筆）

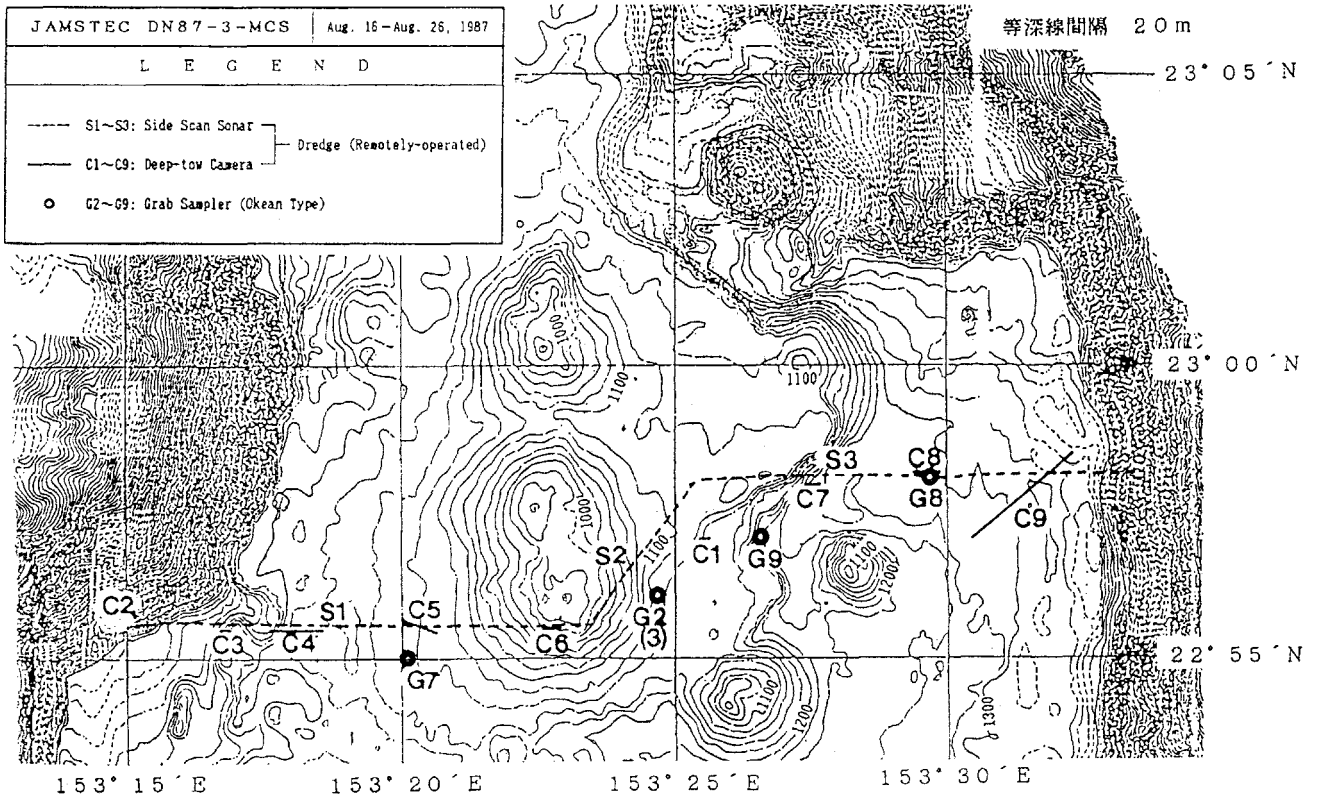


図1.4－19　JAMSTECの拓洋第5海山調査測線・観測点

（深海調査グループ[48]，水路部原図[10]と合成）

のみで有孔虫砂，他の4点ではすべてノジュール状のサンプルから得られた。ただしこれらは，玄武岩，火山性砂岩等の角礫を核としたもので，厚さ5～15㎜のマンガン酸化物によって被覆されている。

採取された試料の状況と，撮影されたヴィデオテープを実際に観察したところ，縁辺部と中央火口丘との谷間に，有孔虫砂の堆積した部分とノジュールの分布とが重なった場所や，それらが交互に出現する場所が認められた。この時の海底写真[??]によれば，有孔虫砂上のノジュールの寸法は約10㎝であるが，ノジュール分布の連続性はあまり良好とは思われず，かつ巨礫の分布，岩盤の露出部がしばしば見られた。

③　東海大学海洋学部による調査

調査は昭和60年度に始まり，以降61，62年度と連続して行われた。それぞれ報告書[50)-52)]が公にされ，また最近これらを総括した図書[53)]が出版された。さらに平成3年度には，第4回調査[54)55)]が実施されたことにより，海洋地質学の調査としては稀に見る綿密なものになった。ここでは，62年度までの既公表データを主体に考察するにとどめ，さらに詳細な検討が必要であれば，新データの公表を待って行うこととしたい。

図1.4－20[55)]は，当時の水路部地形図をパソコンによって立体化した拓洋第5海山の地形鳥瞰図である。図中の記・番号は，写真撮影測線を示すが，CoC12，CoC31等の記号で示される平頂面縁辺部の観測では，深海性ノジュールに似たＣｏＲＭＣ分布が確認されている。ただし，その連続性は不定で，広範囲に亘るものではなさそうである。次の図1.4－21[55)]は拓洋第5海山を北東方向から見た模式図であって，地形・地質の概略と海山系ノジュールの分布の様子が要領良く描かれているが，同学部の諸報告の内容を簡潔に示している。

この図では，ノジュール状のＣｏＲＭＣ（海山系ノジュール）とペーブメント状のＣｏＲＭＣとの分布が平頂面に描かれ，斜面（海山の肩の部分）にはペーブメント状ＣｏＲＭＣが見られる。さらに，斜面の下方の裾野の堆積物の上には深海性ノジュールがあることが示されている。ただし，頂部平坦部の微地形は，この図のように一様ではなく，複数の平坦面，その境界を分ける段差（崖）あるいは起伏や谷状地など，複雑な状況が隠されている。

また，ノジュール状ＣｏＲＭＣの分布も連続的ではなく，ａ）有孔虫砂のみ，ｂ）これに漣痕（リップルマーク）の顕著な部分，ｃ）有孔虫砂上にノジュール状ＣｏＲＭＣが高密度に分布した場所，ｄ）あるいはまた大粒径のノジュール状ＣｏＲＭＣが存在する部分，ｅ）ペーブメント状ＣｏＲＭＣの発達（岩盤が露出）した箇所　などが入り乱れている。

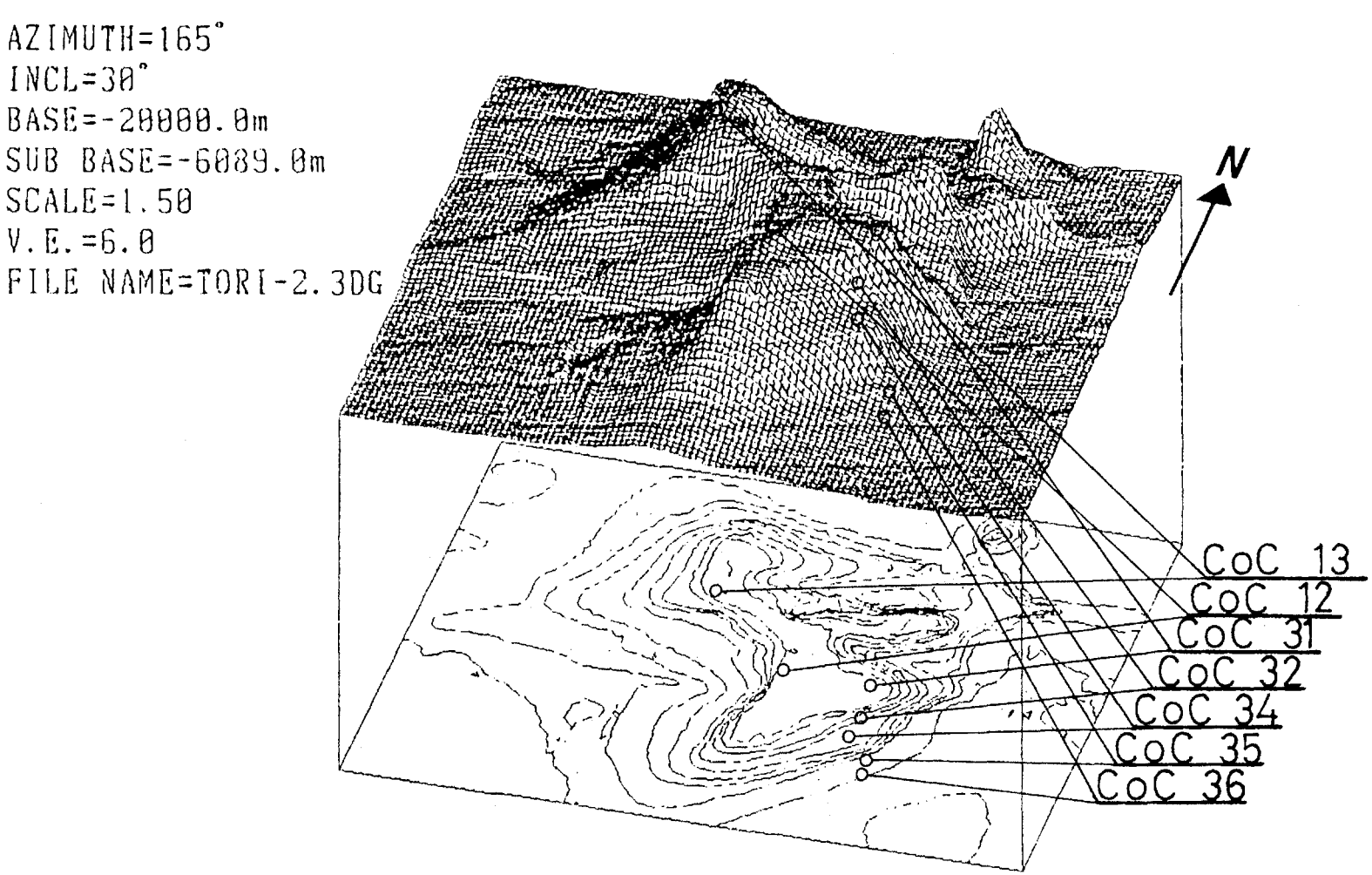


図1.4－20　拓洋第5海山の海底地形鳥瞰図（図鑑海底の鉱物資源[53]）

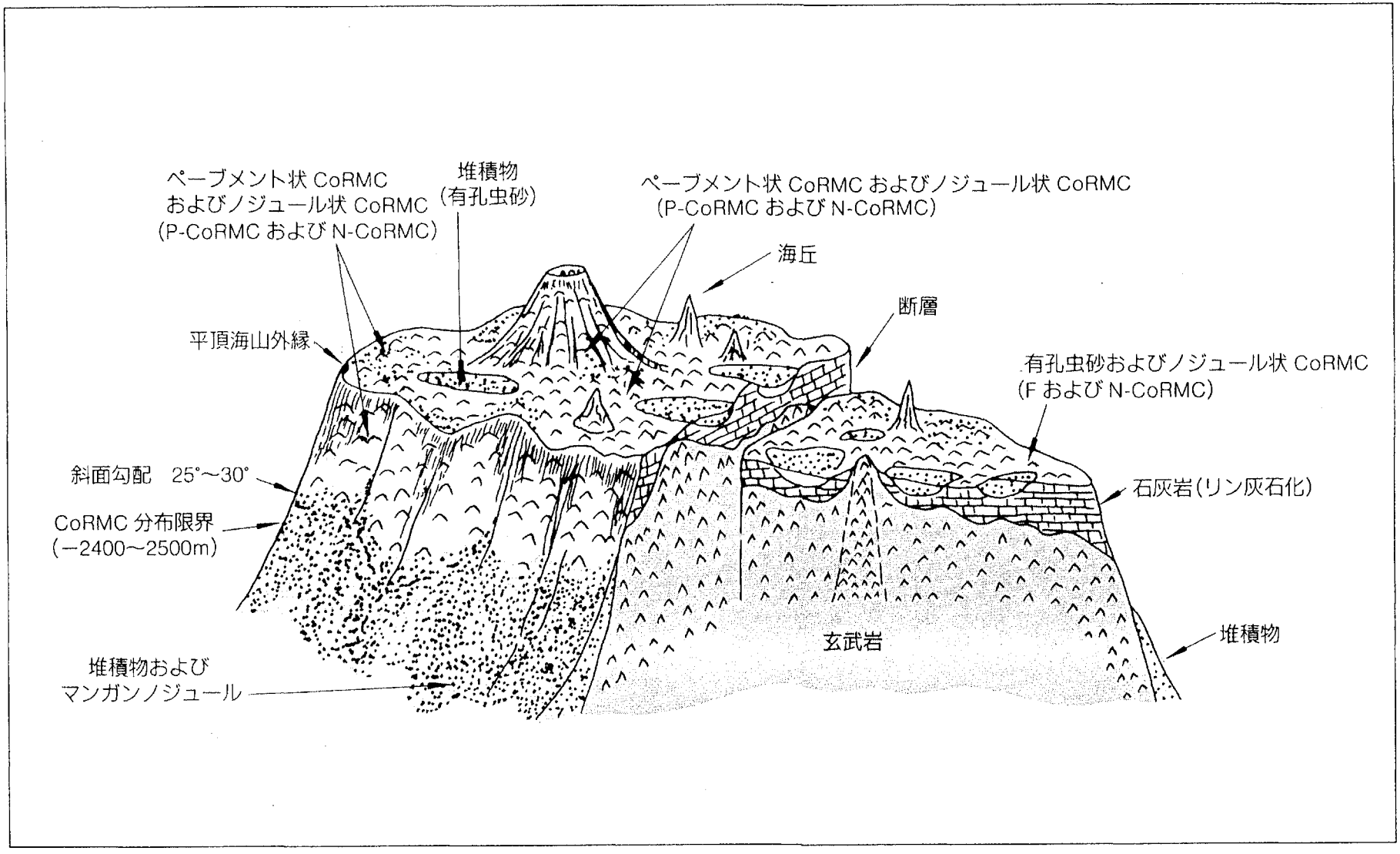


図 3-17　平頂海山の山頂付近の浅海域に CoRMC が分布することを表す模式図

図 1. 4 −21　拓洋第 5 海山の海底条件の模式図（図鑑海底の鉱物資源[53]）

図1.4－22[53]は，海底写真により分類したこれらＣｏＲＭＣの分布する様相を示したスケッチである。図のように，海底の状況を以下の各様相，すなわち

① ノジュール状のもの，記号“Ｎ”

② マンガン酸化物が岩盤を被覆しているペーブメント状のもの，“Ｐ”

③ 有孔虫軟泥または砂の堆積面，“Ｆ”

④ 以上①～③の各種組み合わせ（“ＮＦ”，“ＰＦ”，“ＰＮＦ”など）

に分類し，撮影された写真すべてを何れかに格付けしている。

平成３年度の調査では，さらに総延長 600海里に近い測深（ＰＤＲ），25点でのサンプリング（試料総重量２ﾄﾝ），約 1,800枚の海底写真撮影（カメラ移動距離 8,000m）等が行われた。写真についてはその全数について，Ｎ／Ｐ／Ｆの識別が行われている。

同学ではこれら厖大なデータから，地質・構造を始め，地形，ノジュールの分布状況及びその性状・構造・成因などを解析中で，これまでの知見はさらに細部に及びつつある。その中で，ノジュール状のＣｏＲＭＣ及び有孔虫砂層の分布・連続性が解明される筈である。

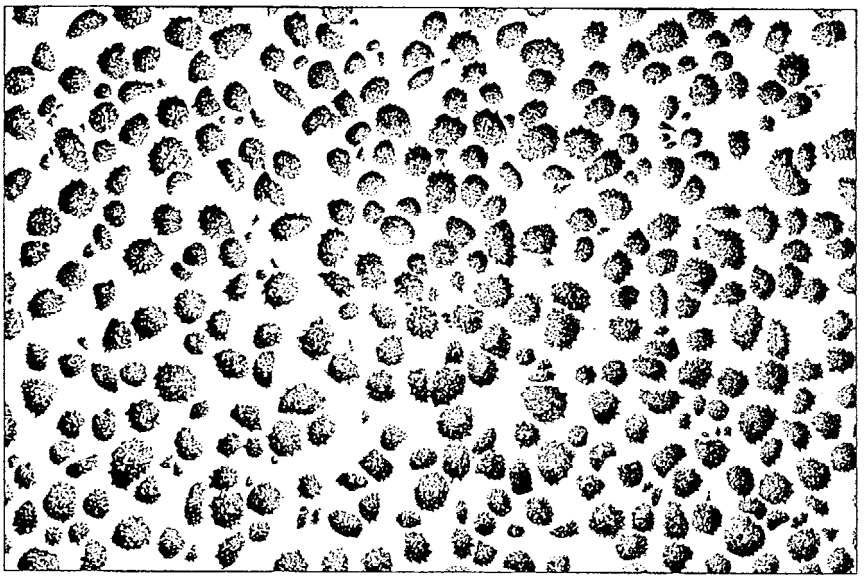
言うまでもなく，“ＮＦ”状態のＣｏＲＭＣが広範囲に分布していることが望ましいが，長い距離にわたって“ＮＦ”のみが存在する場所は発見されていない。中間的な情報[54]によれば，“ＰＦ”の連続分布は諸所に見られるものの，あまり大規模ではない模様である。

以上のデータは科学調査の通例に洩れず，主として等深線にほぼ直交する（真傾斜）方向に設定された測線沿いの観測によるもので，測線と直交する方向（幅方向，ほぼ等深線沿いとなる場合が多い）についてのデータがなく，面的な拡がりが全く不明であるのは残念である。

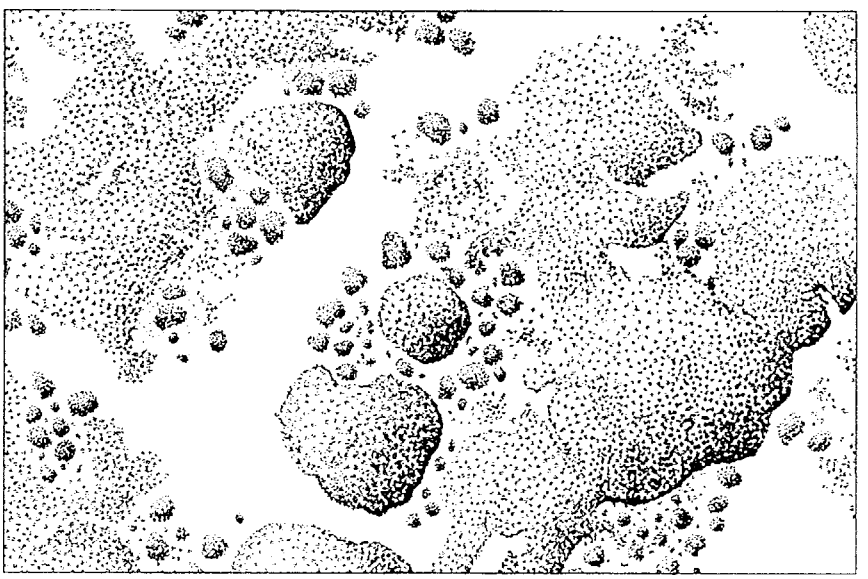
④ まとめ

拓洋第５海山は，日本本土に比較的近く，海山としては規模も大きい平頂海山であり，種々な調査が繰り返し行われた結果，有孔虫砂の堆積層，ＣＲＣ及び海山性のノジュールが多数の地点で確認されている。しかしながら，深海底ノジュールの賦存する海域に較べれば，海底条件が複雑で変化に富むこと，調査機器の未発達や手法の上での制約が多いことから，調査そのものが困難である。従って，定量的な数値としての評価を可能とするためには多くの技術的課題が残されている。

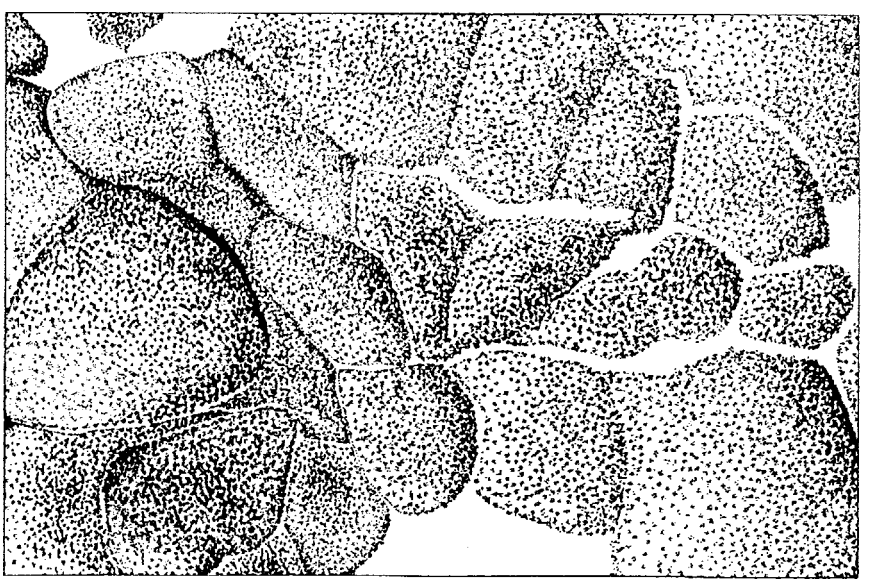
拓洋第５海山は，海山性ノジュールの分布特性を知るには貴重な資料が揃っており，今後海山系の調査を進めるうえで参考になることは多い。ただし，連続性とくに測線直交方向の状況についてはほとんど不明であり，実験の適地であるかどうかは速断できな



a）ＮＦ－ＣｏＲＭＣ：
ノジュール状のCoRMC(N-CoRMC)が有孔虫軟泥(F)と混在するもの



b）ＰＮＦ－ＣｏＲＭＣ：
ペーヴメント状のCoRMC(P-CoRMC)とノジュール状CoRMC(N-CoRMC)とが有孔虫軟泥(F)と混在するもの



c）Ｐ－ＣｏＲＭＣ：
ペーヴメント状のCoRMC

図1.4－22　海山系ノジュールの産状の模式的なスケッチ（図鑑海底の鉱物資源[53]）

い。

以上を要約すると，この海山は，実験海域たるべき自然条件を基本的にはかなり具えており適地発見の可能性はあるが，エアリフトの空気吹込み深度を 1,500m以深に限定した場合には，水深がやや浅きに過ぎる，ということになるであろう。

(b) 太平洋西部の海山群

太平洋の特に西部には，他の大洋とは異なって多くの海山群が発達しており，比較的日本に近いものとしては，①南鳥島からウェイク島を経てハワイのネッカ島に至る中央太平洋海山群，②マリアナ諸島南東方のマジェラン海山群，③マーシャル諸島を包含するマーシャル海山群，④ギルバート諸島を取り巻くギルバート海山群などがあり，それぞれが多数の海山によって構成されている。これらのうちで，島などの陸地を含むものは排他的経済水域（ＥＥＺ）の内部にあるが，公海領域にある海山群も少なくはない。これらの海山については，科学調査がかなり盛んに行われているが，海図に記載されていない海山が少ないないことからも判るように，その実態の究明はまだまだ不十分で詳細は判明していない。

図1.4－23は，資源エネルギー庁が実施している調査海域の概略図であるが，何れの国の排他的経済水域（ＥＥＺ）にも属していない公海領域に，ＪＡ及びＪＢの２区域を選び，昭和62年度以来，海山の鉱物資源の基礎調査を実施している。調査区域は広く，この図には描かれていないが無数の海山群がある。

複雑な地形のクラストに被覆された岩盤からなる海底面を調査するには，深海底と異なる技法が要求される。調査は緒について間も無く，まだ予察ともいうべき初期段階にある。最も進んだ調査水準にあるのは西方のＪＡ海域で，仮番号No.４，No.５，No.20等の平頂海山には，数回目の調査が行われつつあり，礫状のノジュールや，有孔虫軟泥堆積部，あるいはそれらの混在する場所（東海大学の報告で言う“ＮＦ”－ＣｏＲＭＣの状態）も確認されている。

現在のところ，総合実験が可能であるような場所がこれら諸海山の中にあるかどうかの判断ができるような，十分なデータは得られていないが，可能性の高い区域が数ヵ所見出されている。既得データについて検討した範囲では，同一海山群に属する拓洋第５海山とかなり似た状況であるように思われる。今後，新しいデータの提供が得られた段階で，できる限り詳細な検討を進めることとしたい。

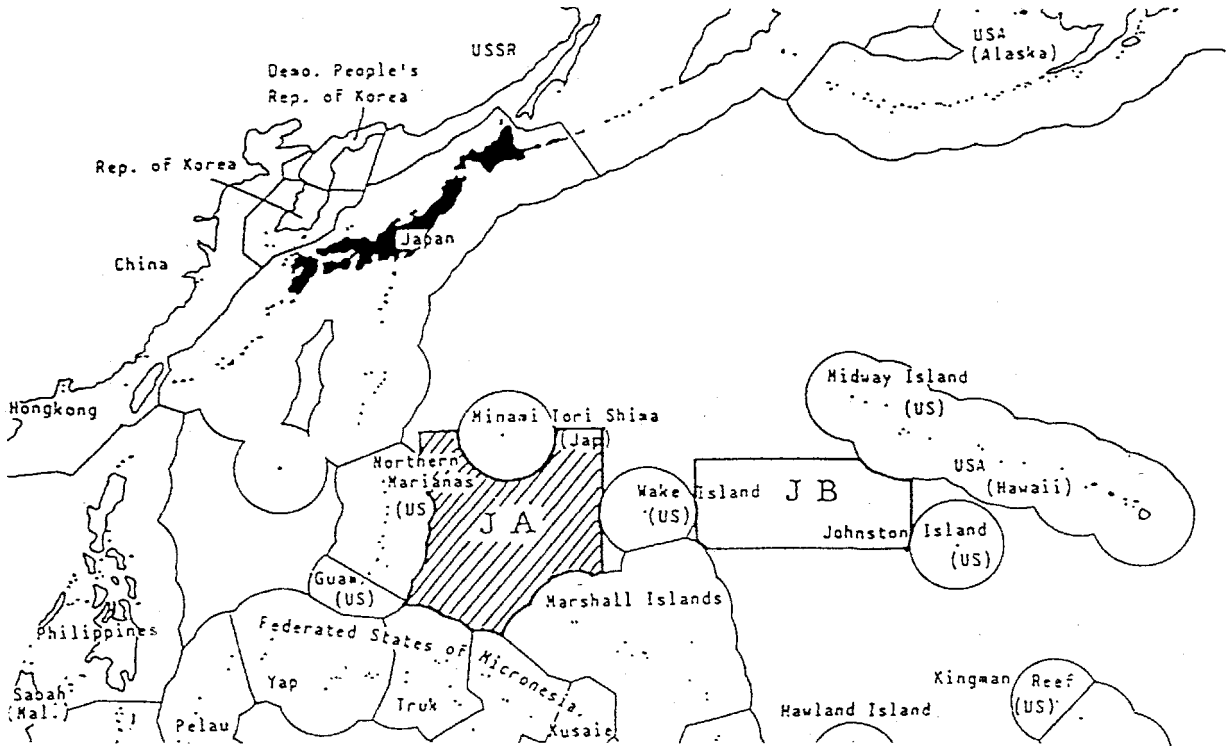


図1.4－23　調査海域説明図（資源エネルギー庁新聞発表資料）

1.4.5　取りまとめと今後の課題

(1)　沿岸実験海域

水深 2,000mの平坦面を持つ日本本土州沿岸の海域は10か所近くあるが，海底条件の充足率，実験基地からの利便性，気海象など，諸種の条件から総合的に見て，やはりK海域の適性が一段と優れているようであり，現在のところ残された問題は少ないものと考えられる。未解決の問題としては，障害物とくに人工物の有無，黒潮流路との関係，海上交通及び水産業との干渉の有無，台風に関連した実施時期の選定などであう。なお，海底調査については，今後も若干の調査が行われる可能性がある。

“K”以外の海域については，海底地形の観測から始める必要があり，一連の作業が必要であるから，採否を云々する以前に調査の手立てが見いだされるかどうかにあるといえる。

(2)　総合実験海域（海山系）

水深 2,000m級の海域は，諸所に見いだせそうであるが，文献等で調査した限りでは，実験海域としての条件を具備した海域は検出されなかった。一つには，諸文献が科学調査領域のものであって，必ずしも稠密な観測網を必要とせず，経費の点でも困難であることによるといえよう。以下に，本年度の検討結果を整理し，若干の考察を加えてまとめとする。

①　水　深

海山・海台等では頂部水深が 1,000mを切るような浅いものがあるが，太平洋西部にある頂部が平坦な平頂海山（guyot)では，水深 2,000mないし 1,200m程度のものが多い。また天保海山の中腹部のように，水深 1,500m内外の緩斜面にノジュールの連続的分布が見られるところもある。従って，水深で場所の選択が制約される面もあるが，むしろノジュール分布や微地形，堆積層などの条件に較べれば二次的な必要条件であるともいえよう。

② 地　形

海底地形図は測線設定と測深機の性能とによって記載内容が支配される。参照した報告の大半は，マルティビーム測深機ではなくＰＤＲ，ＮＢＳ等の在来型測深機による地形図を載せている。これでは地形概況は把握できるものの，精密な地形は読み取れない。特に小縮尺図では等深線間隔が粗く，細かい凹凸が省略されている。したがって，微地形は不明，斜度等も不詳ということにならざるを得ない。

一般的に海山系の場所では，岩盤が露出しており，地形変化が激しいので，等深線間隔10m程度の地形図が，無理に補間をしないで作成できる程度の地形観測を行う必要がある。この様な観点から見ると，地形図としてほぼ満足できるのは，拓洋第５海山と，我が国で調査中である中部太平洋海山群（ＪＡ）中のうちの数海山に関するもののみであった。

微地形については，従来の音響測深による観測方法では把握できないようである。また複雑な構造を示す場所も予想されるので，ＳＳＳ観測や，ステレオ写真撮影，斜め向き写真撮影（従来は真下向きの俯瞰写真のみ）等による海底面の微細な測定・解析が必要であろう。

③ 海山性ノジュール

諸報告では，マンガンノジュール，礫状マンガン酸化物等，の名称が区々に使われているが，これらいわば海山性のノジュールは深海性のノジュールとは物理的にかなり異質なものではあるが，岩盤のあるところでは普遍的に試料が採取されている。その特徴としては，以下のことが挙げられる。

a)形状は，小径（約10cm）のものは球状であるが，中以上の径のものでは海山系独特の不規則形であり，玉石，巨礫状や平板状のものなど様々である。しかし，有孔虫砂層に伴うときは球形のものが多いようである。

b)粒径は，深海系と同程度の10cm以下のものから，数10cmといった大型のものまでがあるが，有孔虫砂層上のものは小径であることが多いようである。

c)性状の点では，主として核となっている物質に依存するようで，深海性のものよりは比重が大であると考えられる。

d)物性的には，核が岩石であることから深海底の粘土核のものよりは，破壊に対する強

度は大きいものと考えられる。

④　ノジュールの濃集状況

従来，海山系の海域の海域は岩盤に被覆されたＣＲＣが研究対象で，ノジュールあるいは礫状ＣＲＣはそれらを研究する過程で副次的に調べられた。従って情報は断片的なものであるが，整理すると次のようなことが言えるようである。

a)単なるマンガン酸化物なら普遍的に存在しているが，大半は岩石への被覆層の形である。

b)適当な形状・粒径のノジュール状のものはかなり少ない。また，試料採取方法としてバケットドレッジ以外に適切な方法がないため，定位性，定量性が低く，濃集率の測定も既存データからは困難である。

c)濃集率の連続性，軟らかい堆積層との共存状況などは，まだほとんど解明されていない。深海底と同様な各種の海底条件を期待しても，実在する可能性は高いとは考えにくい。

⑤　堆積物

ノジュールと同様に調査があまり十分ではなく，特に海山の岩場上ではサンプリングさえできないので，画像・映像による判断が多いが，知見を整理すれば次のようになろう。

a)海山上で観測ないしは採取された堆積物は，すべて有孔虫砂であって，粒度が粗い。有孔虫軟泥との記載も散見されるが，写真だけでは区別できないか困難である。

b)水深，地形，底層流等の堆積環境が深海底とは異なるため，遠洋性粘土は堆積せず，ほとんどが有孔虫砂になるものと考えられている。

c)平頂海山の頂部平坦面には堆積層が発達し，数10mに達するところもあるようである。しかし，この様な場所にはノジュールは極めて少なく，縁辺部や中央丘等の岩石露出部に近いところに多いようである。

d)ノジュールの高濃集部分には堆積物との混在が観測されているが，ノジュールの独立塊であるか，岩盤の凹所が砂で埋められたものであるのか，判断できない場合が多い。

e)堆積物の物性とくに土質力学的性質については，塑性的な遠洋性粘土とは全く異なるものと考えられ，ベーンせん断試験，コーン貫入試験等の試験方法は適当でないように思われる。できれば原位置測定を行うことが望ましいが，これは容易ではないので便宜的な他の方法を考えるのが実際的であろう。

⑥　まとめ

海山系のノジュールとその賦存区域について，既存の多くの資料を検討した。その結果，有力候補区域を発見するには至らなかったが，海底条件の一般的特性を検討することがで

きた。これは，調査が綿密に行われてはいないことから止むを得ない結果である。ただ，深海系ノジュールと海山系ノジュールとでは海底面の状況も賦存の様相もかなり異なり，深海底ノジュールの調査技術では必要なデータやサンプルが取れないことが考えられる。例えば，微小な地形変化，比較的薄い堆積層の分布，岩盤上のノジュール分布状況や試料採取などは，船上からの曳航式の調査機器では容易ではなく，機器・技術の開発に待たなければならない。また潜水船による調査でも行動範囲が狭いなどの制約が多く，簡単に片付く問題ではない。

しかし，総合実験海域発見の可能性は残されており，今後の調査結果の如何によって，方向は自ら定まっていくものと考える。しかしながら，これまでの概念に固執することは危険であり，実験システム特に集鉱機の海底条件との整合性を再検討することも欠かせないように思われる。

最後に，以上の諸項では主として海底自然条件について検討したが，日本鉱区内の深海底とは海底地形が大きく異なるほか，潮流・海流・底層流などの状況も複雑で，変化に富むものと考えられるので，この分野の調査・解析を綿密に行う必要がある。また位置も異なるため，気象条件についても再度検討することが必要である。

参照資料

A．海図（海上保安庁水路部）及びその他の図誌等

1）北西太平洋海底地形図（30頁），縮尺1/1,000,000，日本海洋データセンター，1984

2）日本近海海底地形図（4枚組），No.6301-6304，1/3,000,000，1986

3）海底地形図，東北日本No.6312，1/1,000,000，1980

4）海底地形図，中部日本No.6313，1/1,000,000，1982

5）海底地形図，熊野灘No.6360，1/200,000，1976

6）海底地質構造図，熊野灘No.6360^{s}，1/200,000，1976

7）海底地形図，経が岬北方No.6401，1/200,000，1979

8）海底地質構造図，経が岬北方No.6401^{s}，1/200,000，1980

9）日本南方海域海底地形図，1/2,500,000，海上保安庁水路部 120周年記念図，1991

10）海底地形図，南鳥島南西方海山（拓洋第5海山），No.9600，9601，1/50,000，未公刊

11）茂木昭夫，日本近海海底地形誌－海底俯瞰図集，東京大学出版会，1983

B．沿岸候補海域関係

12）海域選定調査の基本構想(1)総合試運転海域，昭和56年度成果報告書，pp.105-113，昭和

57年３月

13) 実験候補海域の調査選定，昭和57年度成果報告書(1/7分冊)[トータルシステム編]，pp. 210-216，昭和58年３月

14) 気海象条件の調査，昭和58年度成果報告書(2/8分冊)[トータルシステム（実験計画編)]，pp.210-216，昭和59年３月

15) 実験海域の調査・選定，昭和59年度成果報告書(2/8分冊)[トータルシステム（実験計画編)]，実験海域の選定方針，pp.30-34，気海象条件，pp.74-103,昭和60年３月

16) 総合試運転海域，昭和60年度成果報告書(2/8分冊)[トータルシステム（実験計画編)]，pp.117-121，昭和61年３月

17) 試運転海域の海流の検討，昭和61年度成果報告書(2/8分冊)[トータルシステム（実験計画編)]，pp.171-172，174-176，昭和62年３月

18) 総合試運転海域，昭和62年度成果報告書(2/8分冊)[トータルシステム（実験計画編)]，pp.188-195，昭和63年３月

19) 総合試運転海域の調査，昭和63年度（下期）成果報告書(2/5分冊)[トータルシステム（実験計画編)]，pp.406-407,平成元年３月

20) 気海象条件の調査，平成２年度成果成果報告書(2/6分冊)[トータルシステム（実験計画編)]，pp.133-140,平成３年３月

21) 日本全国沿岸海洋誌，熊野灘，日向灘，日本海洋学会沿岸海洋部会編，東海大学出版会，1985

22) 熊野灘表層堆積図（説明書付き，４枚組），1/200,000，海洋地質図32，地質調査所，1988

23) 室戸岬沖海底地質図，1/200,000，海洋地質図28，地質調査所

24) 土佐湾海底地質図，1/200,000，海洋地質図29，地質調査所

25) 池原　研，山陰沖－北陸沖海底表層堆積物の物理的性質，地質調査所月報，第40巻第５号，pp.239-250，平成元年

26) 西津軽海盆海底地質図，1/200,000，海洋地質図30，地質調査所

C．総合実験海域関係

27) 盛田智之，海底マンガン団塊鉱床，地質調査所月報，第35巻第２号，pp.98，1984

28) 湯浅真人，伊豆・小笠原海域の重金属資源の可能性，地質調査所月報，第35巻第２号，pp.97，1984

29) 盛田智之，富コバルト・マンガンクラストの生成環境と北太平洋での賦存の可能性につ

いて，地質調査所月報，第36巻第10号，p.590，1985

30）原田憲一，フィリピン海北部海山・海嶺産マンガン団塊の形成年代とその生成環境，地質調査所月報，第36巻第10号，pp.590-591，1985

31）張　坑，海台其性質的初歩分析，海洋地質興第四紀地質，第11巻第１期，pp.1-13，地質砿産部海洋地質研究所，1991

32）大嶋章一ほか，沖縄トラフ及び南西諸島周辺海域の地質・地球物理学調査結果，水路部研究報告第24号，pp.19-43，昭和63年３月

33）岩渕　洋ほか，大東海嶺周辺の地質構造発達史，水路部研究報告第21号，pp.49-64，昭和61年３月

34）春日　茂ほか，四国海盆・西マリアナ海盆接続部における海底調査結果，水路部研究報告第22号，pp.113-116，昭和62年３月

35）湯浅真人，伊豆・小笠原諸島周辺海域Ｉ地質，続・日本全国沿岸海洋誌第31章，日本海洋学会沿岸海洋部会編，pp.557-590，東海大学出版会，1990

36）西村　昭，伊豆・小笠原南部海域（GH85-1及びGH85-3航海）の海底堆積物，海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究Ⅳ，昭和60年度研究報告書，pp.56-68，地質調査所，昭和61年３月

37）湯浅真人，西村　昭，伊豆・小笠原南部海域（GH85-1及びGH85-3航海）の岩石試料，海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究Ⅶ，昭和60年度研究報告書pp.69-77，地質調査所，昭和61年３月

38）湯浅真人，西村　昭，伊豆・小笠原南部海域（GH85-1及びGH85-3航海）の鉄・マンガン酸化物について，海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究Ⅸ，昭和60年度研究報告書，pp.90-109，地質調査所，昭和61年３月

39）渡邊和明，村上文敏，伊豆・小笠原弧，西七島海嶺周辺の海底地形，海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究Ⅱ，昭和61年度研究報告書，pp.11-32，地質調査所，昭和62年３月

40）斎藤英二，岡村行信，小笠原海台及びその周辺の地形，海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究Ⅳ，昭和61年度研究報告書，pp.33-38，地質調査所，昭和62年３月

41）岡村行信，小笠原海台及びその周辺の地質構造，海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究Ⅳ，昭和61年度研究報告書，pp.39-67，地質調査所，昭和62年３月

42）湯浅真人，GH86-1及びGH86-3航海により採取された岩石，海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究Ⅳ，昭和61年度研究報告書，pp.68-96，地質調査所，昭和62

年３月
43) 臼井　朗ほか，伊豆・小笠原海域（GH86-1及びGH86-3航海）における鉄マンガン酸化物の産状及び鉱物組成，海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究Ⅶ，昭和61年度研究報告書，pp.97-121，地質調査所，昭和62年３月
44) 湯浅真人ほか，伊豆・小笠原海域のマンガン団塊とクラスト－海底鉱物資源－，月刊地球，Vol.８，No.５，pp.292-296,1986
45) 臼井　朗ほか，伊豆・小笠原弧，西七島海嶺天保海山におけるマンガン団塊・クラストの産状，第８回「しんかい2000」研究シンポジウム予稿集，pp.64-66，海洋科学技術センター，1991
46) 地質調査所海洋地質部臼井主任研究官，天保海山調査に関する所見の談話及び未発表資料，1991
47) 海洋科学センターしんかい2000桜井潜航長ほか，調査所見談話及び未発表資料，1991
48) 深海調査グループ，南鳥島深海曳航調査（DN87-3MCS)調査速報，海洋科学技術センター試験研究報告，第19号，pp.191-221，1988
49) 大塚　清ほか，深海曳航式カラービデオシステムの開発及びその運用，海洋科学技術センター試験研究報告　第19号，pp.249-262，1988
50) 石川政憲ほか，南鳥島南方海山に分布するCobalt-Rich Crust，東海大学紀要海洋学部第28号，pp.57-73，1989
51) 石川秀浩ほか，南鳥島南方海山の海底地形及び磁気的構造，東海大学紀要海洋学部　第28号，pp.75-94，1989
52) 三澤良文ほか，南鳥島周辺海域のコバルトクラスト，Symposium 海底鉱物資源，海洋科学19，pp.209-214，海洋出版㈱，1987
53) 東海大学CoRMC調査団，図鑑　海底の鉱物資源，東海大学出版会，1990
54) 海洋資源研究委員会，クラスト鉱床研究報告書〈Ⅳ〉（内部資料），pp.11-44，㈳資源協会，平成４年３月
55) 三澤良文ほか，南鳥島近海拓洋第５海山第４次調査報告（仮題，未発表資料），1992
56) 金属鉱業事業団，深海資源開発株式会社，深海底鉱物資源探査等事業報告書（コバルトリッチクラスト），昭和62年度～平成３年度，（非公開資料）
57) T. Shiki *et al.*, Data Listing of the Bottom Materials Dredged and Cored from the Northern Philippine Sea, Geology of the Northern Philippine Sea, Geological Results of the GDP Cruises of Japan, pp.23-41, Tokai University Press, 1984
58) Hein, J.R., Jung-Keuk Kang, *et al.*, Geological, Geochemical, Geophysical and Oceanographic Data and Interpretations of Seamounts and Co-rich Ferromanganese Crusts from the Marshall Islands, KORDI-USGS R. V. *Farnella* Cruise F10-89-CP, Open File Report 90-407, U.S. Geological Survey, 1990

第２章　採鉱システムの研究

本年度のマンガン団塊の採鉱システムの研究は，前年度までの検討結果に基づき，商業生産にいたるシナリオ，採鉱システム計画及び経済性評価のための基礎データの検討を実施した。なお，採鉱システムは，現段階で技術開発が可能であろうと考えられるものの範囲で構成される第１世代の曳航型流体ドレッジ方式を対象として検討をすすめた。

また，日本鉱区の探査資料を基にして，調査結果の解析を実施した。

2.1　商業生産にいたるシナリオ

ノジュールが商業的に採鉱できる時期は，陸上資源の枯渇が当分望めないことより，経済的に陸上資源（特にニッケル，マンガン等）の新規開発プロジェクトとの競合によって決まることとなる。ここでノジュールの商業生産にいたるシナリオを検討する。

ノジュールの商業生産を開始する前に，次の様な項目についての作業が必要であり，実施年次を以下のとおりとすると，生産開始は順調に作業がすすんだとしても，開発の意志決定後，10年は要することとなろう。

- 開発企業体の結成，生産計画書作成提出・認可　　1～3年次
- 採鉱装置の設計　　4～5　〃
- 製錬所の設計　　5～6　〃
- 採鉱装置の建造　　6～8　〃
- 製錬所建設　　7～10　〃
- 採鉱試運転，製錬パイロットテスト　　9　〃
- 探査　　9～　〃
- 採鉱装置改良，製錬設備改良　　10　〃
- 生産開始　　11～　〃

2.1.1　探　　査

現在，日本鉱区内のマンガン団塊賦存状況調査は，金属鉱業事業団によって実施中である。この調査の成果に基づいて，商業生産のための採鉱予定鉱画に対して企業精査が必要となる。この企業精査の年間作業は，年間採鉱量（製錬供給量 2,000千dtf/y)に見合う鉱量を確認し，集鉱機トラックを計画するために実施する。

年間採鉱対象量	3,890 千wtf
平均ノジュール分布密度	10 kgf/㎡
スウィープ効率	30 %
採鉱不適海域	35 %

と仮定すれば，年間精査必要面積は，2,000k㎡となる。

企業精査は，商業生産開始時の少なくとも2年前から行うことが望ましい。

このための概算精査費については，茂木，山口（1987）の試算によると，精査として測線間隔 250mでサイドスキャンソナー及び深海テレビ調査を調査船船速 2.5ノットで実施する場合には，1k㎡当り 454,750円である。これを採用すると，年間精査面積 2,000k㎡の精査費用は，910 百万円になる。なお，この精査には，年間調査航海実日数 68日（2航海）を要することとなろう。

2.1.2 採鉱試運転

(1) 採鉱試運転の必要性

商業生産システムにおける採鉱システムは，各種サブシステムが有機的に結合したシステムであり，各サブシステムやそれを構成するコンポーネントが非常に厳しい自然環境の下で運転されるものであることから，商業生産に先立って採鉱機器やシステムが機能を有効に発揮して運転されることを確認する必要がある。

従って，商業生産の開始前には採鉱試運転が必要不可欠の条件となるものと考えられる。

(2) 採鉱試運転の目的及び内容

採鉱試運転の目的は，以下のとおりとなる。

① 各種陸上実験やシミュレーション等の結果に基づいて構築された実験システムの各部分並びにトータルシステムが実際の実験海域でその機能を有効に発揮し，長期間運転されることを確認する。

② 将来の商業生産システムに必要な各種技術データの収集及び経済性評価のためのデータ収集を行う。

③ 採鉱作業を経験し，生産システムにおける採鉱システム運転に対する操業上の知見を得る。

④ 国連海洋法条約で規定されている採鉱技術保有の義務に対し，具体的証左を確保することにより，マンガン団塊の採鉱に対する我が国のポテンシャルを確固たるものとする。

(3) 採鉱試運転実施計画

① 実施計画の概要

採鉱試運転の内容をドックサイドテストと総合試運転の2段階を実施するものとして計画する。

② ドックサイドテスト

ドックサイドテスト開始時までには，採鉱試運転船の艤装はすべて完了し，試運転に必要な各システムや機器及び予備部品等は所定の場所に納入・格納されていることを前提とし，実験は表2.1－1に示す様な項目及び日数で実施するものとする。

表2.1－1 ドックサイドテストの試運転項目及び所要日数

実験項目	所要日数	
	岸壁にて実施	沖合にて実施
1.通電テスト及び作動確認	2	
2.ハンドリングテスト（機器単体）	15	
3.アセンブリ組立，ハンドリングテスト，計測制御システムの通電テスト等		11
4.計測制御システムの通電テスト及びキャリブレーション	9	
5.沖合までの往復		1
小計	26 日	12 日
合計	38 日	

③ 総合試運転

総合試運転は第一航海と第二航海に分けて実施することとする。第一航海においては，ポンプリフト方式を用いた集鉱性能及びポンプリフト性能のテストを実施するとともに、操船の影響テストも実施するものとする。

第二航海においては，設備能力と採鉱量との関係を把握のため，連続採鉱試運転を30日間洋上で実施するものとする。

これらの総合試運転の所要日数を表示すれば，表2.1－2のようになる。

表2.1－2　総合試運転所要日数

項　　目	日本基地港 停　泊	航　海	ホノルル 停　泊	ハンドリング	試運転	合　計
日本基地港停泊 日本基地港→ホノルル ホノルル停泊	2	15	3			20
ホノルル→実験海域 海中機器降下 ポンプリフト実験 海中機器揚収 実験海域→ホノルル		4 4		17 16	11	52
ホノルル停泊			7			7
ホノルル→実験海域 海中機器降下 連続採鉱試運転 海中機器揚収 実験海域→ホノルル		4 4		14 14	30	66
ホノルル停泊 ホノルル→日本基地港 日本基地港停泊	2	15	3			20
合　　計	4	46	13	61	41	165

(4)　採鉱試運転実施費用

(a)　採鉱試運転システム主要目

採鉱試運転のために商業生産システムと異なった試運転用小型システムの特別仕様機器等により試運転を実施するという考え方もあるが，この考え方では商業生産の際には再度生産システムを構築しなければならないことになり，極めて不経済なことから，商業生産システムをそのまま採鉱試運転に使用する考え方を採用するものとする。

(b)　採鉱試運転実施費用（概算）

（ｉ）海洋試運転費用

採鉱試運転に要する費目構成及び費目の費用割合を探査の場合におけるランニングコストや採鉱の場合における操業費等を参考に勘案して，下記に示すような費目構成及び費用割合と仮定して採鉱試運転実施費用を概算するものとする。

費目構成	費用割合
人件費	15～20％

海上費	25%
航海費	15%
物品費	10%
保険料	5 %
諸経費	25～30%
計	100%

採鉱試運転関係人員をそれぞれ研究員10名，技術員10名，運転員25名，運航要員25名と仮定すれば，総人員は約70名となる。

総人員の年間一人当り平均人件費を15,000千円と仮定する。

また，試運転日数は，ドックサイドテスト38日，総合試運転 165日より，合計 203日となることから，年間の約55%が実験に費やされることになる。

これらのことから，採鉱試運転人件費は，次のようになる。

15,000千円／人×70人×0.55＝577,500千円

採鉱試運転人件費が総額の20%であることより採鉱試運転費用は，次のように計算される。

577,500千円÷0.2＝2,887,500千円

また，もし人件費割合が15%であれば，上記より同様に次のように計算される。

577,500千円÷0.15＝3,850,000千円

従って，海洋試運転費用は約30億円弱から約40億円弱程度となる。

（ii）試運転システム構築費用

採鉱試運転システム主要目で示したように，採鉱試運転システムは，商業採鉱システムをそのまま使用するという考え方であるため，試運転システム構築費用は建設費に含まれるものと考えられることから算出しないものとする。

（iii）採鉱試運転実施費用

上述より，採鉱試運転実施費用は約30億円弱から約40億円程度となり，安全率等を若干考慮しても，概算で約40億円程度と推定されるものとする。

2.1.3　採鉱方式

(1)　各種の採鉱方式

第一世代の商業生産システムとして想定しているものは，曳航型流体ドレッジ方式と称されている。そのシステム構成と仕様については「2.2　採鉱システムの基本計画」の節に詳細が述べられているので，ここでは特許その他により提案されている様々な採鉱方式と比較することによってその特性を浮き彫りにし，同時にノジュール採鉱方式の研究開発における位置づけを行うこととした。図2.1－1は各種採鉱方式を分類整理したもので，現在研究開発を進めているのは水流吹上／吸込集鉱，流体ドレッジ揚鉱，そして曳航走行とを組み合わせたシステムである。なお，連続バケット方式は，ループ状のロープに多数の採鉱用バケットを取り付け，これを循環させながら海底面を引きずって行く方法である。集鉱はバケットすくい取り，走行方式は曳航に違いないが，集鉱と揚鉱が一体となった特殊な方式であるので図中では独立したものとして取り扱っている。

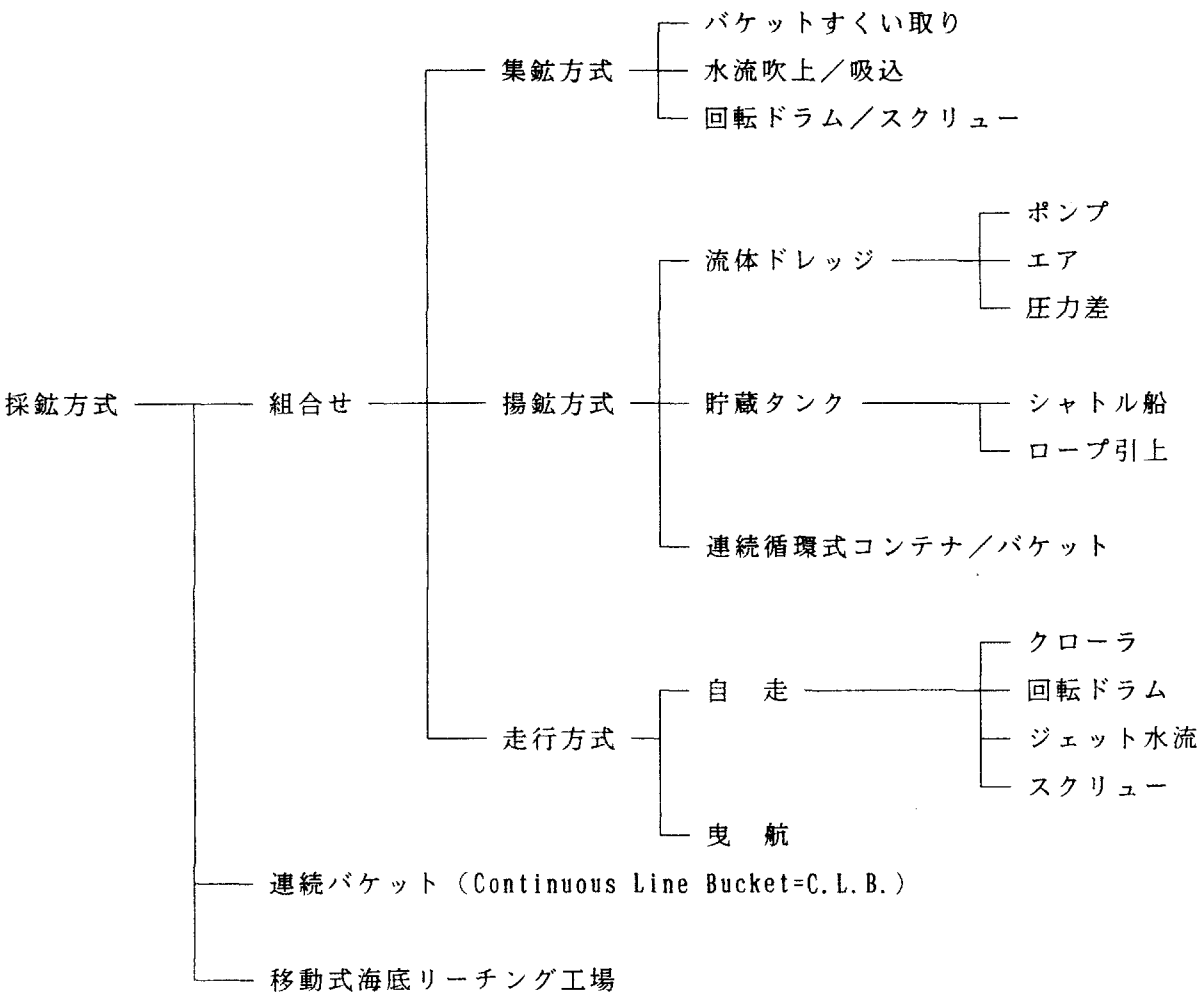


図2.1－1　各種の採鉱方式

(2) 各採鉱方式の評価

前述の採鉱方式の中には単なる着想の域を出ないものもある一方，国際コンソーシアムによってすでに実験が実施されたものもあって，それぞれ一応の評価が下され，その結果として海洋実験には曳航型流体ドレッジ方式が採用されたものと思われる。また，これまで商業生産は実験システムの規模の拡大と一部改良によって行われるものと想定してきた。しかし，同方式は，国際コンソーシアムによる連続揚鉱実験の成功からすでに10数年が経過し，また，商業生産の開始は今からさらに約20年後といわれている。ここに30数年にもおよぶタイムラグが存在する以上，商業生産システムとしての各採鉱方式の評価，選択に当たっては，最新の革新技術の導入可能性はもちろん，今後20年間の技術発展を予測する必要があろう。そこで採鉱システムが具備すべき性能，機能を軸にあらためて各採鉱方式の評価を行った。

(a) マテリアルフロー

（ｉ）集鉱効率

（ノジュール取込量）／（取込面積の賦存量）と定義されているパラメータである。集鉱装置の形式に依存し，集鉱方式が同一であればシステムの他の要素には影響されないものと思われる。各集鉱方式それぞれについて集鉱効率そのものの優劣はつけがたいが，流体ドレッジによる揚鉱を前提にした場合には，実験システムと同じ水流吹上／吸込方式の採用が機器の構成がシンプルになるという点で有利と思われる。また，水流方式には吹き寄せ機構の付加によって有効集鉱幅を拡大できるという利点もある。

（ii）供給効率

（揚鉱装置へのノジュール供給量）／（ノジュール取込量）で定義される。連続循環式コンテナ／バケットと，貯蔵タンクの場合には，容器への積み込みという要素が加わるため，流体ドレッジより多少不利となる。また，ノジュールとともに取り込まれたセディメントを揚鉱に際して分離，除去する装置の性能により変わりうるが，分離，供給機構のシンプルさを維持する上では，集鉱＝水流吹上／吸込方式，揚鉱＝流体ドレッジ，の選択は最良のものといえるだろう。

（iii）集鉱の時間当りの安定性

集鉱と揚鉱をうまくバランスさせるための指標である。集鉱方式とその仕様によって集鉱の安定性は異なるであろう。また，本質的にノジュールの分布密度の上下にしたがって集鉱量は時々刻々変動する。定量供給装置を付加したとしても，バッファタンクの容量によって揚鉱システムへの供給安定性は支配されることとなる。流体ドレッジの場合，揚鉱装置への供給不安定はトラブル発生の原因となりうる。一方，他の揚鉱方式であれば能率の点を除けば問題とはならない。その意味では流体ドレッジ特有の要検討事

項であり，設計条件といえる。分布密度の変動の影響は避けられないとしても，集鉱装置のトラブル発生に起因する供給量の激変は避けるべきであり，機構がシンプルでノジュールに接触することのない水流吹上／吸込方式が有利ではないだろうか。

（iv）三相分離効率

エアリフト流体ドレッジ方式特有のパラメータである。なお，エアリフトはポンプリフトに較べて海中機器の構成がシンプルになる一方，三相分離装置が必要となるわけであり，現時点でポンプ，エアの優劣はつけがたい。

（v）揚鉱能率

貯蔵タンクのみバッチ式，他の揚鉱方式は連続式である。流体ドレッジではポンプリフトのほうがエアリフトより同規模のシステムにおける時間当り揚鉱量は大きいが，その他の揚鉱方式についてはいずれも着想の段階に過ぎない。連続バケット方式では能率的なセディメント分離装置を付加することが不可能なので，その点を考慮する必要がある。

(b) 運動性能

（i）流体抵抗

システム全体の所要動力と機器の強度の設計に不可欠の要素である。体積的に海中機器の大部分を占めるであろう揚鉱装置の方式によって全く異なったものとなろう。走行の速度も影響し，これはシステムの規模と構造材の強度，海底条件といった複雑な要素が絡んでくる。集鉱装置を独立して自走させれば，流体抵抗の点で運転所要動力は曳航式に較べて大幅に減少する。

（ii）集鉱装置の操縦性

集鉱装置の操縦性は海底障害物回避，スイープ効率向上に重要な意味を持つ。曳航式の場合，採鉱船の運動性能と海底条件のほか，海中機器に対する流体抵抗も無視できない。したがって現時点では不確定要素が大きく，曳航式の操縦性を評価することができない。ステアリング装置と障害物探知センサーの付加も考えられないことではない。自走式では当然走行機構の性能に依存することになるが，曳航式のもつ問題点を相当程度解決できるものと思われる。

（iii）海底障害物に対する走破性能

集鉱方式および集鉱装置の各部の寸法によって，また，走行方式によって異なる。また，海底面の状況によっても要求性能は全く変わってこよう。集鉱方式についていえば，機械的にバケットですくい取るよりも，水流で吹き上げ，あるいは吸い込む方が小さな障害物に対してトラブルが少ないようにも思われる。しかし，海底条件の全容が不明な

現時点では確かな評価はできない。

(c) 運用性

（ｉ）信頼性

一般的にシンプルなもの，あるいは他の分野で確立された要素技術であればそれだけより信頼性が高いといえる。そうした点では連続バケットは有利であるが，海底条件，揚鉱能率等総合的な判断な必要である。

（ii）ハンドリング性

鋼管を使用する流体ドレッジに較べて，ロープ引上げを使ったコンテナ／バケット輸送，貯蔵タンク，あるいは連続バケットといったシステムの方がはるかに取り扱いが簡易であろう。

（iii）保守整備性

シンプルなものの方が容易であろう点では信頼性と同じ要素を持つ。移動式海底リーチング工場方式，あるいは，貯蔵タンク方式では，大型の海中機器を揚収して点検，整備する機会に限りがあると思われ，設計には特別の配慮が必要となろう。

(3) 評価のまとめと今後の研究開発の方向性

採鉱システムの方式の選定にあたっては，技術的に実現可能な範囲で経済性を追求することになるわけであるが，前述の通り，商業生産が20年先ということになれば技術的な実現可能性には相当の幅があると考えるべきであろう。また，人類最後の資源ともいわれるマンガン団塊の採鉱操業に当たっては，短期的な経済性のみにとらわれない，長期的資源管理の発想が必要となる。さらに，採鉱システムの性能と機能を軸に検討を行ったが，要求性能，機能にクリティカルなものと，そうでないものがあることに注目すべきである。すなわち，要求性能，機能が満たされなければ，システムがまったく機能しない，あるいはトラブルに直結する要素と，経済性に影響はするものの，操業継続にはとりあえず支障のない要素が存在する。現状では要求性能，機能自体，あくまで推定の域を脱していないというのが実態である。現在商業生産システムとして想定している採鉱方式の各機構・装置のうち，集鉱と揚鉱についてはとりあえずクリティカルな要素はなく，むしろこれまでに提案されている方式の中では動作メカニズムが最もシンプルかつ確実であって，必然的な選択であったことが確認された。しかし，走行方式に関しては，ＣＣＦＺ（マンガン銀座）の東部において各種の障害地形が確認されていることから，曳航式の採用はすでにクリティカルな要素を含んでいるといえるのではないだろうか。また，クリティカルではないが，スイープ効率，すなわち資源管理の面でも曳航式の限界が認められる。もちろん，曳航式には自走式に見られない，構成が簡単，したがって機器としての信頼性が高いという有利な点がある。また，なによりも

動揺条件における重量物のハンドリングの難易度を考慮するならば，今後20年程度の技術発展を見越したとしても，シンプルで小型軽量であることは，引続き重要なポイントとなるであろう。自走式システムについては，第二世代の採鉱システムとして今後検討を実施することとしたい。

2.1.4 陸上ニッケル鉱山の埋蔵品位

現在，稼行中でデータの入手できたニッケル鉱山数は58である。この中で硫化ニッケル鉱を産出する鉱山は，41鉱山であり，ラテリテック・ニッケル鉱を稼行しているのは，17鉱山である。58鉱山の埋蔵ニッケルメタル量は，32,456千tfであり，ニッケル平均品位は，1.27%である。ラテリテック・ニッケルを稼行している17鉱山のニッケル平均品位は，1.49 %ある。この17鉱山の国別鉱山数，埋蔵鉱量及び品位は下表のとおりである。

ラテリテック・ニッケル鉱山の国別鉱山数，埋蔵鉱量，平均品位表

国　　名	鉱山数	埋蔵鉱量　千tf	Ｎｉ含有量　tf	Ｎｉ品位 %	備　考
cuba	2	350,000	4,775,000	1.36	
Indonesia	3	186,918	2,994,604	1.60	
Philippine	2	11,429	163,701	1.43	
New Caledonia	7	3,525	89,786	2.55	局部ﾃﾞｰﾀ による
Colombia	1	61,000	1,055,300	1.73	
Dominican	1	37,800	650,160	1.72	
Australia	1	8,000	108,000	1.35	休山中
計	17	658,672	9,836,551	1.49	

ノジュールの経済性評価の成否は，陸上のＮｉ，Ｃｕ，Ｃｏ，及びMn 資源の枯渇がここ，当分（50年程）は予測できないことより，コスト面で陸上鉱山と競争できるかどうかにかかっている。

ノジュールは，Ｎｉ，Ｃｕ，Ｃｏ，及びMn を含む複雑酸化鉱に相当する。各メタルの現在価格でノジュールのＮｉ換算品位をみると4.85%となり，現在稼行中のラテリテック・ニッケル鉱山の平均品位の3.25倍に当たっている。

ノジュールのニッケル換算品位表

鉱　種	価格 '92.1.15 千円/t	ノジュール品位 %	実収率 %	回収量 kg/t	価　値 円/t	換算率 %	Ni 換算品位 %
Ni	1,125	1.38	90.6	12.50	14,060	100	1.38
Cu	310	1.06	91.2	9.67	2,998	28	0.30
Co	9,000	0.23	73.9	1.70	15,300	652	1.50
Mn	85	27.85	73.5	204.70	17,400	6	1.67
					49,758		4.85

2.2　採鉱システムの基本計画

海洋総合実験における採鉱システム（曳航式流体ドレッジ方式）を基本とし，その規模の拡張及び一部の機器の改良によって構成できる採鉱システムを対象として検討を行った。

採鉱システムの年間製錬量は，200万トン（乾量）と設定し，採鉱船は2隻操業システムとした。

2.2.1　概念設計基本条件

(1)　自然条件

（ｉ）対象海域（ハワイ南東方の日本鉱区とする）

位置	西部鉱区	8° 45′ N ～11° 00′ N, 149° 30′ W ～ 145° 50′ W
	東部鉱区	14° 15′ N ～15° 45′ N, 132° 55′ W ～ 131° 00′ W
面積	西部鉱区	57,000 ㎢
	東部鉱区	18,000 ㎢　　計75,000㎢
距離	東京－ホノルル	約3,450 海里
	ホノルル－西部鉱区	約　950 海里
	ホノルル－東部鉱区	約1,580 海里

（ii）海底地形

水深	西部鉱区	5,250 m±100 m（ＴＡ－Ａ海域）
		5,000 m±100 m（ＴＡ－Ｂ海域）
	東部鉱区	5,150 m±100 m（ＴＡ－Ｃ海域）
傾斜		精査結果による。（10％以上の箇所は，少ない模様）
障害物		精査結果による。

（iii）気象

気　　温	24.4℃～26.7℃
露点温度	22.2℃～24.4℃
風　　風向	北東～東が卓越
風速	平均13.9kt(7.15m/sec),20kt(10.3m/sec) 以下がほぼ90%以下
ハリケーンほか	西部鉱区では，熱帯低気圧およびハリケーンは観測されていない。

（iv）海象（西部鉱区）

合成波	波向	北東～東が卓越
	波高	平均1.98m，　3.5m以下が98%
	周期	平均6.6sec，　4～10sec が94.0%
表面海流	流向	赤道海流（西向），　赤道反流（東向）の境界部にあり複雑
	流速	平均 0.5～0.9kt，　(0.26～0.46m/sec)
低層海流	流向	一定の傾向は見られない。
	流速	平均0.04～0.06kt，(0.021～0.032m/sec) 最大0.47kt (0.244m/sec.)
海水物性	温度	海表面　約27℃，海底面　約 1.7℃
	密度	海表面　1.043，　海底面　1.070
動粘性係数		海表面　0.908 $\times 10^{-6}$ m²/sec. 海底面 1.697$\times 10^{-6}$ m²/sec

（v）鉱床（西部鉱区）

ノジュール	
分布密度	日本鉱区平均10kgf/m² TA-A 海域の可採平均12.6 kgf/m² TA-C3海域の可採平均11.1 kgf/m²
変動品位	0～36.92kgf/m² 西部海域(TA-A) Ni1.30%,Cu0.96%,Co0.25%,Mn27.57% 東部海域(TA-C) Ni1.42%,Cu1.06%,Co0.22%,Mn28.61%
湿比重	2.00(1.97 ±0.072)
カサ比重	1.05(1.0～1.1)gf/cm³
含水率	30%（28.2±1.95)
粒度分布	0～140 mm（最長径による），　TA-A海域20～80mm 92.0%
粒　　形	偏平だ円状95.6%，球状 2.2%，小石状 2.2%

（vi）海底堆積物

比　　重	乾比重 2.67，湿潤比重 1.25(1.17～1.69)
含 水 比	250 %（133.1 ～291.4 %）（重量比）
粒　　度	平均4ミクロン（2.4 ～6.7 ミクロン）
地 耐 力	450kgf/ ㎡（仮設定値）
堆 積 物	主に褐色粘土，一部珪質粘土

2.2.2　採鉱計画

(1)　採鉱操業日数

①　損失日数

前年度の損失日数について若干の見直しを行い，次のような損失日数を設定した。

採鉱機整備　　：60日（10日／回×6回：揚収降下7日，整備3日，故障間隔45日）

待機（台風避難）:28日（14日／回×2回：揚収降下7日，整備7日，待機回数2回）

採鉱船法定検査：27日（往復9日，整備検査11日，揚収降下7日）

損失日数合計　：115日

②　操業日数

前項の検討から，採鉱操業日数は次のように年間 250日となる。

365－115＝ 250（日／年）

(2)　採鉱操業時間

①　操業時間

1日当たりの操業時間を24時間と設定する。

従って一隻当たり年間の操業時間は，24×250＝6,000(時間）となる。

②　採鉱システムとしての操業時間

採鉱船の操業時間は前述のようになるが，採鉱船を2隻で操業するものとして，年間操業時間は，12,000時間／年となる。

(3)　採鉱量

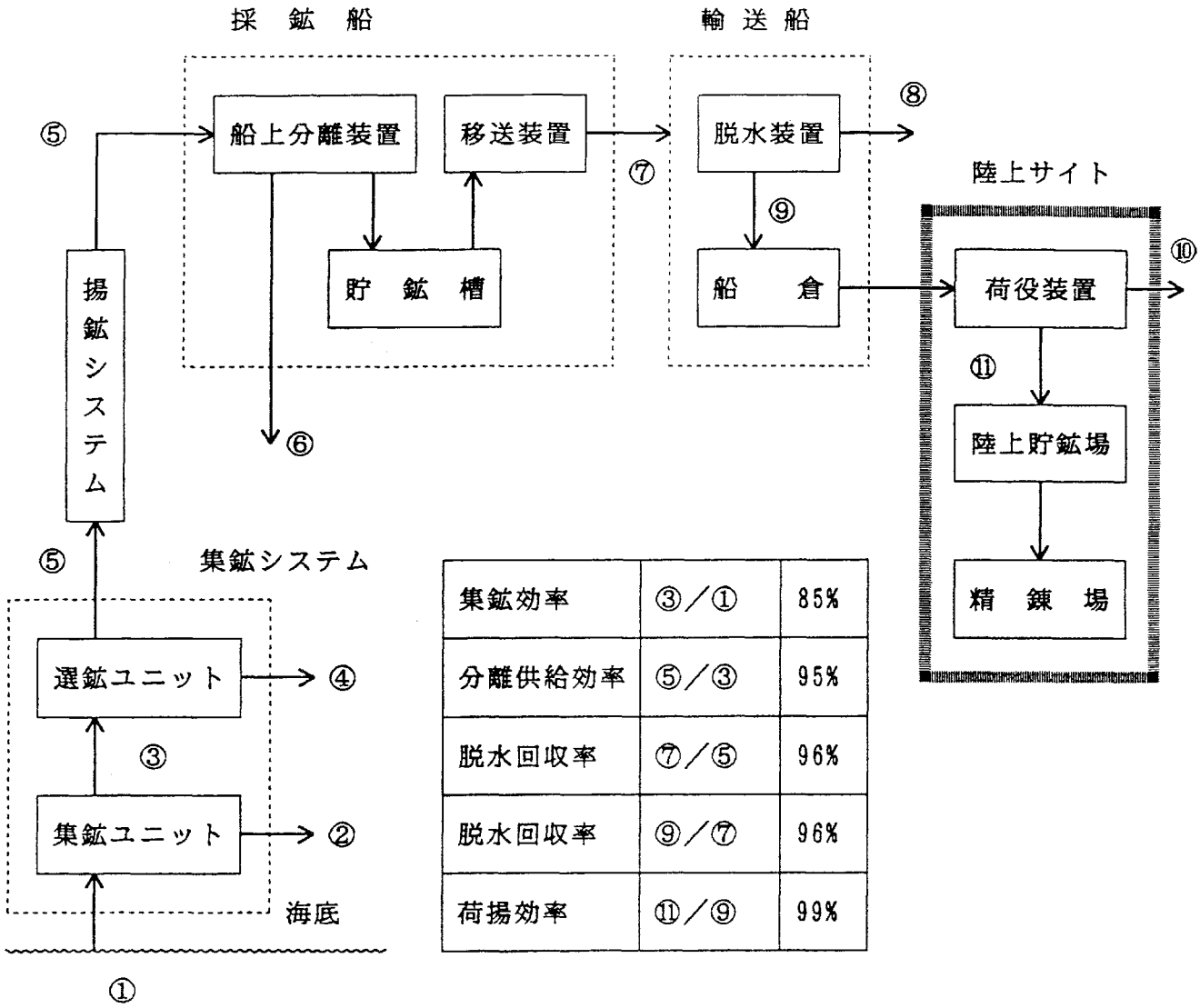
検討対象の採鉱システムは，ポンプリフト方式の集鉱機曳航式の採鉱システムとした場合，海底から揚鉱して鉱石運搬船にて輸送し，製錬プラントヤードの岸壁に陸揚げするまで様々のシステムを経ることとなる。

このマンガン団塊のマテリアルフローを検討した結果，年間製錬量を 2,000,000ﾄﾝ（乾量）に保つためには，年間 3,890,000ﾄﾝ（湿量）のマンガン団塊を採鉱することとなる。

従って，採鉱システムの規模を検討するには，この海底から採鉱する量を基準に行う必要

がある。

マンガン団塊のマテリアルフローの詳細は図2.2－1に示す。



集鉱効率	③／①	85%
分離供給効率	⑤／③	95%
脱水回収率	⑦／⑤	96%
脱水回収率	⑨／⑦	96%
荷揚効率	⑪／⑨	99%

単位:千トン（年間）	①	③	⑤	⑦	⑨	⑪
ノジュール（乾量）	2,720	2,310	2,200	2,110	2,020	2,000
ノジュール(30%含水)	3,890	3,310	3,140	3,010	2,890	2,860
粒子間水量	∞	∞	8,900	8,350	430	140

図2.2－1　マンガンノジュールマテリアルバランス

(4) 操業・開発条件

前述の検討結果等をまとめたものを，商業生産システムとしての採鉱システムの操業・開発条件として，表2.2－1に示す。

表2.2－1　採鉱システム操業・開発条件

埋蔵鉱量	日本鉱区内概算　750百万ﾄﾝ（分布密度10kgf/m²として）
年間操業日数	250 日
操業時人員	315 名（採鉱船及び運搬船要員）
年間集鉱量	3,890千ﾄﾝ（湿重量：水分率30％）集鉱効率85%, 分離供給効率95%
年間揚鉱量	3,140千ﾄﾝ（湿重量：水分率30％）
年間採鉱量	3,010千ﾄﾝ（湿重量：水分率30％）脱水回収率96%
年間輸送量	2,890千ﾄﾝ（湿重量：水分率30％）脱水回収率96%
年間荷揚量	2,860千ﾄﾝ（湿重量：水分率30％）輸送回着率99%
年間製錬量	2,000千ﾄﾝ（乾重量）
採鉱船数	2 船
揚鉱量	262 ﾄﾝ/h/1船，　6,288ﾄﾝ/日/1船
採鉱方式	曳航式，流体ドレッジ方式（ポンプリフト）
1船当り乗船人員	70名（予備員28名を含めると計98名／隻）
製錬所サイト	日本国内，港湾に隣接
運搬船	7 隻（約9万ﾄﾝ級）
1船当り乗船人員	14名（予備員3名を含めると計17名／隻）
輸送距離	約4,380 海里
製錬元鉱品位	Ni1.38%, Cu1.06%, Co0.23%, Mn27.85%(西・東部海域の平均)
製錬実収率	Ni90.6%, Cu91.2%, Co73.9%, Mn73.5%
建設期間	3 年
生産期間	30年

2.2.3　採鉱システムの構成

(1)　システムの概要

システムおよび機器の単純化を計り，経済性を考慮するとともに技術的信頼度の向上に努めた。図2.2－2および表2.2－2にそれぞれシステムの概念・概要を示す。

(a)　集鉱機

要求性能を満たす範囲で可能な限り構成機器を少なくし，小型化と軽量化を計る。機器構成は総合実験の集鉱機とほぼ同じもので，効果が疑問視されているステアリング装置および前方監視装置は付加しない。ただし，商業生産では，長期間にわたって広い範囲で稼働することから，海底障害物との衝突に際しても致命的なダメージを受けることがないよう，前部にバンパーを取り付けるものとする。一方，揚鉱管には内径 300㎜と実験システムの2倍のものを想定している。これまでの海洋調査によれば，ノジュールの長径は，平均70㎜程度，標準偏差約20㎜で，かつ 120㎜以上のものは確認されていない。したがって粉砕装置は搭載しないものとした。さらに重量増加の割には効果が限られるバッファタンクは搭載せず，揚鉱システムへの供給は最低限の容量のホッパーによって行う。

(b)　その他の海中機器および採鉱船，運搬船

海洋総合実験ではエアリフトによる揚鉱を予定しているが，ポンプ，エア，いずれを将来の商業生産システムに採用するかはまだ評価は定まっていない。海洋総合実験の実験結果を検討することによって最終的な結論が下されることとなろう。本年度はこれまでの技術成果の蓄積量の大きいポンプリフトを前提として主要目，建設費および操業費を推定している。その他の機器については海洋総合実験システムのスケールアップを基本とする。

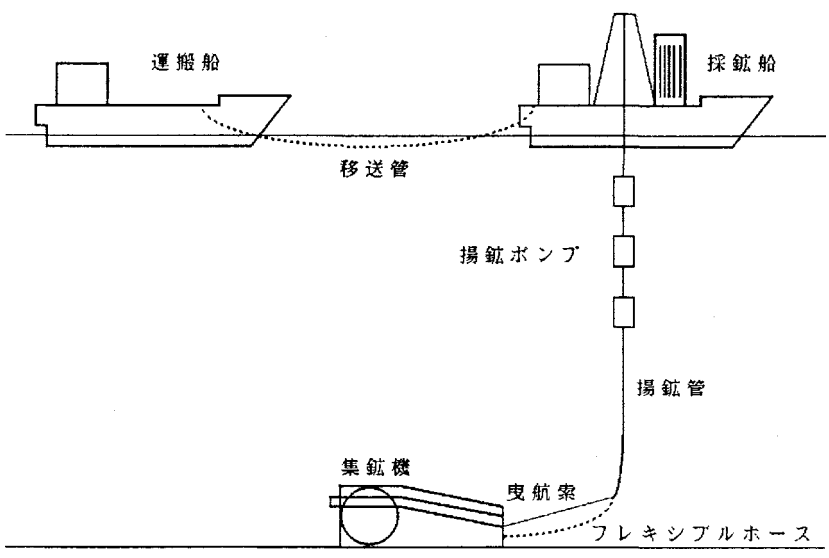


図2.2－2　採鉱システム概念図

表2.2－2　採鉱システムの構成

	構成要素	備考
集鉱機	集鉱装置	水流式。中間排泥機構およびバイパス扉付
	セディメント分離装置	沈降速度差とグリズリの併用
	供給装置	ホッパー式。供給安定化のためのバッファタンクを兼ねる
	閉塞処理装置	閉塞ノジュール放出ダンパー。供給用ホッパーに装着
	走行装置	曳航，スキー方式
	衝撃緩和装置	着底衝撃緩和用衝撃吸収材と前部バンパー
	浮力体	接地圧調整および水中姿勢安定化
	水中姿勢安定化装置	水内安定翼
	動力機構（油圧モータ）	バイパス扉，閉塞防止ダンパーの開閉用
	計測制御装置	計測項目：速度，加速度，被牽引力，高度，姿勢，方位
	その他	粉砕装置とステアリング機構は搭載しない
海中機器	曳航索	フレキシブルホースによる底質擾乱防止と操縦性向上の為
	フレキシブルホース	負圧防止リリーフ弁付
	揚鉱管	フェアリング付
	揚鉱ポンプモジュール	3台連合運転
	動力ケーブル	ポンプおよび集鉱機の電力供給
	計測制御光ケーブル	ポンプおよび集鉱機運転の計測制御
採鉱船	脱水装置	オーバーフロー方式
	ノジュール貯蔵タンク	運搬船移送までの一時貯留
	ノジュール移送装置	運搬船まで湿式流送。アジテーターとポンプ，移送管
	格納，移送装置	集鉱機，揚鉱管その他の格納と船上移送，積み卸し
	デリック装置	揚鉱管他移送，着脱，降下揚収，ＰＳ支持装置荷重計付
	操船装置	自動操船装置およびスラスタ
	計測制御装置	システムの監視，制御機構
運搬船	移送管ハンドリング装置	ノジュール移送管（採鉱船→運搬船）のハンドリング
	脱水装置	オーバーフロー方式
	操船装置	自動操船装置およびスラスタ
	その他	ノジュール陸揚は港湾設置のグラブバケットクレーン使用

(2) システム主要目検討

採鉱システムの経済性検討のため，システムコスト推定のための主要目の検討を行う。

本年度は，第一次検討として，海底に賦存するマンガンノジュールの分布状況と集鉱システム基本性能との密接な関係を検討するとともに，揚鉱ポンプ並びに採鉱船の諸性能にも関連性があることを述べ，採鉱システムの検討には，海底自然条件が重要な要素となることを示した。

本年度は，このような採鉱システムの主要性能に注目して実験システムの検討結果をベースに採鉱システム主要目の推定・検討を行った。

以下，各システムの検討内容を述べる。

(a) 集鉱システム

① 集鉱ユニット

2船式採鉱システムであるので，前述のマテリアルバランスから集鉱機1台当たりの供給量は，次のようになる。

$$\frac{3,140,000}{250\times 24\times 2} = 262\ [\mathrm{tonf/hour(wet)}]$$

この供給量は，ノジュール平均分布密度10kgf/㎡の海底面での平均供給量と見なすこととする。

ここで，深海底のノジュール分布密度，並びにノジュール粒径分布の分布形状を，正規分布にて近似して，集鉱機の集鉱性能，揚鉱性能の境界条件の設定の参考とする。

一般的な正規分布の関数は，次のように表される。

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\ e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$$

ここで，　σ ： 標準偏差

μ ： 平均値

今まで収集された海域Ｔ－Ａ，Ｔ－Ｃ海域の上記分布密度及び粒径分布から採取する範囲を幾つか仮定して計算することとする。

既存調査海域の統計数値をまとめてみると下記のようになる。

物　　性	海　　域	平均値	標準偏差
ノジュール分布密度（kgf/㎡）	T－Aデータ　（751個） T－Cデータ　（1,235個）	12.29 8.56	4.67 4.86
	全　平　均	9.97	4.79
ノジュール粒径分布（㎜）	T－Aデータ　（751個） T－Cデータ　（1,235個）	61.0 66.1	12.9 16.7
	全　平　均	64.2	15.4

この全平均値を鉱区の一般数値と仮定して，採取割合を推定する。

採取割合	F（x）	ノジュール分布密度上限値（kgf/㎡）	ノジュール粒径分布上限値（㎜）
80%	0.843	14.0 #	77.0 #
90%	1.282	16.1	84.0
95%	1.645	17.8	90.0
99%	2.326	21.1	100.0

：上限値＝平均値＋F（x）×標準偏差　と仮定した

集鉱機の集鉱効率は，分布密度の上限値を17.8kgf/㎡として，取り込み口のカットオフの粒径上限値を 100㎜と設定すれば，採取割合は約95%となる。

集鉱機速度，地耐力変化に伴う集鉱機沈降量等による不採取率を合計10%見込み最終的には，95%×90%＝85%の設定とする。

従って，集鉱機の最大集鉱量は次のようになる。

$$262 \div 0.95 \times \frac{17.8}{10.0} = 491 \ [\text{tonf/hour(wet)}]$$

また，最大供給量は次のようになる。

$$491 \ \text{tonf/hour} \times 0.95 = 466 \ [\text{tonf/hour(wet)}]$$

この供給量が揚鉱システムにおける最大集鉱量となる。

② 集鉱機主要目

昭和59年度基本計画ベースにて検討する。

採鉱速度は，集鉱機本体の重量，寸法の縮小並びに揚鉱管系の重量軽減を狙って 2.5 ktを計画値として，±0.5kt を変動幅と設定する。

（ｉ）主寸法：

基本計画　：18m×6.5m×6.5m

本システム：最大集鉱量にて集鉱幅を推定し，主寸法は18m× 8.9m× 8.9mと仮定する。

（ii）動力系統：

集鉱ユニット及び給鉱ユニットの所要電力は，計画量に比例するとして，それぞれ344kW，112kWとした。

（iii）重　量

水中重量及び空中重量については，昭和60年度および昭和62年度詳細設計データを参考に集鉱機底面積に比例するものとして，それぞれ32tonf，67tonfと推定した。

(b) 揚鉱システム

① 前提条件

揚鉱システムとしては，集鉱機より通常は，262tonf/hour(wet) の供給を受けるが，分布密度の変化により場合によっては最大466tonf/hour(wet) の供給を受けることとなる。

従って，これに対応するためポンプリフトの回転数制御を導入し，通常揚鉱量262tonf/hour(wet)，最大揚鉱量466tonf/hour(wet) のシステムと設定する。

即ち，集鉱速度一定においても，マンガンノジュールの分布密度は，最大 1.7倍の変化を来すため，集鉱機並びに揚鉱ポンプの容量にて対応し基本的には採鉱速度等では対応しないこととする。ただし，鉱区ユニットの平均分布密度が10kgf/㎡を大幅に上下する場合は，採鉱速度を±0.5kt 増減することで対応することとした。

② 揚鉱動力：

計画揚鉱時：262tonf/hour

最大揚鉱時：466tonf/hour

別途実施した揚鉱シミュレーションによれば，パイプ内径 250㎜，300㎜，350㎜についての計算結果は，以下のとおりである。

表2.2－3　揚鉱シミュレーション結果

体積濃度	揚鉱量	262 tonf/hour		466 tonf/hour	
	パイプ内径	揚鉱動力 (PS)	管内流速 (m/s)	揚鉱動力 (PS)	管内流速 (m/s)
15%	250mm	11,800	5.0	34,600	8.9
	300mm	9,700	3.5	22,100	6.2
	350mm	9,300	2.6	17,900	4.6
17.5%	250mm	10,700	4.3	27,700	7.6
	300mm	9,500	3.0	19,600	5.3
	350mm	9,400	2.2	17,000	3.9
20%	250mm	10,200	3.8	23,800	6.9
	300mm	9,500	2.7	18,400	4.7
	350mm	9,500	2.0	16,700	3.5
22.5%	250mm	10,000	3.4	21,600	5.9
	300mm	9,600	2.4	17,800	4.2
	350mm	9,800	1.8	16,700	3.1

本揚鉱システムでは，管径（内径）を 300mmと設定して，通常の揚鉱量については体積濃度15%，最大揚鉱時22.5%にて揚鉱すると考え，最大揚鉱動力を 17,800PS と設定する。

③　ポンプモジュール

（ｉ）揚程×流量：　660m×23.1m³/min　(1,386m³/hour)

（ii）回転数　　：　1,180rpm，100～10%制御

（iii）所要動力　：入力17,800÷3×0.746≒4,400kw

（iv）主寸法　　：36m×3.9m×1.8m〔$(23.1/9.5)^{1/3}$ ＝1.34倍に縦・横を拡大〕

（v）重量　　：42tonf×1.34^3 ×0.7＝71tonf（空中）

71tonf×36÷42＝61tonf（水中）

（vi）モジュール台数：3台

④　揚鉱管装置

（ｉ）揚鉱管　　：・全長 408本×12m 4,896m

・重量 763tonf（空中）　　684tonf（水中）

（ii）ﾌﾚｷｼﾌﾞﾙﾎｰｽ：・全長　34本×12m＋1本×7m

・重量 139tonf（空中）　　82tonf（水中）

（iii）採鉱中の揚鉱管系重量：　913tonf（水中）

(c) ハンドリングシステム

① 前提条件

揚鉱管系の総重量は，約 913tonf（準静的）であるので，船体動揺（上下・左右揺れ）補償されている（効率50%）と考え，動的には 1.3倍程度の荷重となると考えることとする。

最大設計荷重　　913×1.3 ＝1,187 [tonf]

なお，ハンドリングシステムのハンドリング対象機器は次のとおり。

・集鉱機　　：18m × 8.9m × 8.9m，　67tonf（空中）
　　1 set

・ポンプモジュール：36m × 3.9m × 1.8m，　71tonf（空中）
　　3 set

・揚鉱管系　　：揚鉱管　　408本×12m，684tonf
　　フレキシブルホース　34本×12m＋1本×7m，139m
　　船上U字管及び船上フレキシブルホース（12m × 3本）
　　フェアリング　　約4,900m×0.7＝3,430m相当に装着

・水中ケーブル　：ポンプモジュール用　1,100m，1,600m，2,100m各1本
　　計3本
　　集鉱機用　　5,500m　1本

② ハンドリングシステム仕様

（i）揚鉱管昇降装置　　：吊り下げ荷重　1,187×1.2≒1,400 [tonf]

（ii）揚鉱管嵌脱装置　　：油圧　最大トルク　約20 tonf-m

（iii）動揺補償装置　　：横揺れ，縦揺れ，上下揺れ

（iv）集鉱機ﾊﾝﾄﾞﾘﾝｸﾞ装置　：73×1.2≒90[tonf]

（v）ﾎﾟﾝﾌﾟﾓｼﾞｭｰﾙﾊﾝﾄﾞﾘﾝｸﾞ装置：集鉱機用と兼用

（vi）揚鉱管格納移送装置：管格納は船倉内

（vii）ﾌｪｱﾘﾝｸﾞﾊﾝﾄﾞﾘﾝｸﾞ装置　：格納は船倉内

（viii）デリック・中子装置：L × B × H ＝19m × 25m × 24m

(d) 計測制御装置

① 中央管制システム：

トータルシステム，集鉱システム，ポンプリフトシステム，ハンドリングシステム並びに船上移送装置

② 水中測位システム

採鉱前に海底地形図，マンガン団塊分布図等が調査済みであり，採鉱船の測位システムとしてＧＰＳの全面的な利用が可能とする。

従って，ＳＳＢＳによる集鉱機の位置測位のみとする。

③　前方監視装置

現在の集鉱機曳航システム（フレキシブルホースによる牽引）では，集鉱機の操縦性は極めて難しく，従って前方監視装置の装備は見合わせることとする。

④　水中ケーブルシステム

（ｉ）集　鉱　機　用：外径　75㎜÷390kw×500kW×0.85≒81㎜

全長　6,100m

重量　25ton×81÷75㎜≒27tonf

（ii）揚鉱ポンプ用：外径　86㎜÷1850kw×4200kW×0.85≒170㎜

全長　1,100m，　1,600m，　2,100m

重量　30ton×170÷86㎜≒59tonf

(e)　採鉱船

①　発電機容量

（ｉ）採鉱動力　　：20,800 PS

（ii）集鉱機動力　　：　800 PS

（iii）動揺補償装置用　：2,400 PS

（iv）ドローワークス用：[3,800PS] 採鉱動力用発電容量兼用

（ｖ）汎用発電機　　：1,600 PS

（vi）スラスタ用動力　：4,000 PS

（vii）スラリ移送用動力：1,400 PS

（viii）　合　　計　31,000 PS

②　推進動力：

採鉱速度は，2,5ktを基本にして±0.5kt の増減を見込む。Ｖｓ＝３ktでの推進抵抗は，約218tonf になる。

従って，推進動力としては，15％のシーマージンを見込んで約26,000PSと推定する。

③　搭載重量

（ｉ）採鉱機器

集鉱システム	67× 2	=	134 tonf（1台予備）
ポンプリフトシステム	71× 4	=	284 tonf（1台予備）
揚鉱管装置	(763+139+50) ×1.5	=	1,428 tonf
ハンドリングシステム		SAY	2,000 tonf
計測制御システム	27+59+50	=	136 tonf
			3,982 tonf

（ii）燃料タンク容積

年間の燃料消費量は，概算すると約43,120tonfとなる。

鉱石運搬船より年4回補給を受けるとすると，燃料油の貯蔵容量は約10,780tonf，容積では約15,700㎥となる。

（iii）飲料水，雑用水タンク容積

年間の飲料水，雑用水の量を概算すると，飲料水約 3,600tonf，雑用水約10,800tonfとなる。

鉱石運搬船より年4回飲料水補給を受け，雑用水は35tonf/dayのボイラーより常時供給されるとすると，飲料水タンク 1,200㎥，雑用水タンク 600㎥のタンク容量となる。

（iv）揚鉱管，フェアリング格納容積

揚鉱管及びフェアリング格納容積は概算すると，それぞれ約 5,200㎥，約 5,500㎥となる。

（v）ムーンプール寸法

最大船速でパイプのトレーリング角度は約15度と予測され、最大縦揺れ±6度，トリム±2度と設定し，最大横揺れを±12度，ヒール角度を±4度としてムーンプール寸法を推定する。ただし，揚鉱管把持部の高さをキール上35mとすると

長手方向長さ　27m、　横手方向長さ　20m　となる。

（vi）貯鉱倉

採鉱量の三日分を貯鉱倉の容量と仮定すると，重量18,900tonf，容積では14,400㎥となる。

（vii）船体主寸法等

これまでの検討結果を基に，採鉱船の載貨重量，並びに船体容積を概算すると次のようになる。

載貨重量　　約36,000　tonf

船体容積　　約87,000　㎥

これらの数値をベースに採鉱船の主寸法の第一次近似を求めた結果，次の主寸法値

が得られた。

LPP× Bm ×Dm ×dm =208m×32m ×16m × 9m

(3) 操業条件・主要目

採鉱システムの操業条件並びに主要目等をまとめたものを下記に示す。

表2.2－4　採鉱システム操業条件・主要目

項　　目	内　　容	備　　考
揚鉱量	3,140千ﾄﾝ／年，（湿）	製錬所渡し　2000千ﾄﾝ／年（乾）
採鉱船	4万ﾄﾝ級　2船	自動操船装置付
採鉱日数	250日／年	
集鉱方式	曳航式	
揚鉱方式	流体ドレッジ方式（ポンプ）	
集鉱機幅	8.9m	機幅＝集鉱取込み幅
集鉱間隔	20m（仮設定値）	
集鉱効率	85%	
集鉱供給率	95%	
曳航速度	2.5kt	分布密度　10kgf/㎡
揚鉱管内径	300㎜	
スラリ流速	約4m/sec.	
スラリ濃度	15%（体積比）	
運搬船	9万ﾄﾝ級　7船	自動操船装置付，脱水設備付
移送方式	スラリ移送	
脱水回収率	96%	200ﾒｯｼｭ 以下8%（採鉱船，輸送船
輸送回着率	99%	での脱水）
ハンドリング	7日（降下揚収日数）	
乾ドック整備	年1回　10日／回	ホノルル，機器の積替え含む
作業限界	有義波高 3.5m以下	未超過確率98%（冬期）
測位精度　採鉱船	絶対座標 100m以下	ＧＰＳ使用
集鉱機	相対座標 100m以下	ＳＳＢＳ

2.3　経済性評価

2.3.1　建　設　費

本年度は，採鉱システムを計画する上で，その設計コンセプトをどこに置くのかを主眼に，採鉱システムの基幹システムの概略を検討した。

このため，生産システムとして建設費の検討は，概略値を求める段階であり，製錬コストも含めた全体のコストに占める割合等を検討の上，今後採鉱システムの最適設計条件等を求め，改めてコストを検討する必要があろう。

(1)　採鉱船の建設費

前節にて検討を行った採鉱システムの基本計画に於ける採鉱システムの概略仕様に基づき，昭和59年度実験システム基本計画策定時の各システム概略見積ベースに採鉱システムの建設費を推定した。

今回の結果を，下記表2.3－1　採鉱船建設費に示す。

表2.3－1　採鉱船建設費

	大　区　分	建設費（億円）	備　　考
1	採鉱船	166／隻	208×32×16×9 (m)
2	集鉱システム	26／隻	18×8.9×8.9 (m)
3	ポンプリフト	22／隻	3モジュール
4	揚鉱管装置	42／隻	揚鉱管＋ﾌﾚｷｼﾌﾞﾙﾎｰｽ
5	ハンドリング	101／隻	動揺補償機能有り
6	計測制御システム	44／隻	ケーブル4系統
	合　　計	401／隻	

(2)　運搬船の建設費

現在の造船市況を基に1994年中央竣工ベースとして、96,000DWT(揚荷時ノジュール載貨量73,000DWT に相当）鉱石運搬船船価に脱水設備等を勘案し下記のとおり算出した。

表2.3－2　運搬船建設費

船　　型	船　価（億円）	隻　数	総船価（億円）
73,000ＤＷＴ	70	7	490

2.3.2　操　業　費

(1)　採鉱船の操業費

スラリ運搬船の操業費推定の基本データ等を参考に，採鉱船の操業費を推定した。

(a)　労務費

乗員70名／隻だが，予備員比率を40％と見て70×　1.4＝98名／隻，人件費単価を　1,500万円／人として労務費を算定すると，　147,000百万円／隻となる。

(b)　食糧費

一人当たり一日　1,000円として，乗員が70名だから，26百万円／隻となる。

(c)　修繕費

①　採鉱船及び船上整備等通常の一般修繕・メンテナンス費用は，船舶一般のメンテナンス費用等から，建設費の２％／年を見込むものとする。（入渠費用込み）

②　集鉱機，ポンプモジュール等の消耗の激しいものについては，別途建設費の10％／年を別途考慮することとする。

(d)　物品費

①　燃料費

採鉱船のエネルギー負荷を次のように設定する。

	Ｃ重油　（主機）	Ａ重油　（補機）
採鉱時	abt.　20,000PS	abt.　19,000PS
ハンドリング時	abt.　10,000PS	abt.　12,000PS
航海時	abt.　22,000PS	abt.　1,600PS

燃料油費用は，Ｃ重油　105$/t，　Ａ重油　240$/t，　円ドル換算　140¥/$とすると，次のとおりとなる。

単位（百万円）	A重油	C重油	燃料費計
採鉱時	536	247	783
ハンドリング時	76	28	104
航海時	6	36	42

② 潤滑油

潤滑油費は主機，補機類の負荷に比例するとして，単価 150¥／ℓ，消費量0.9g/PS-h の場合，次のとおりとなる。

採　鉱　時　：　39百万円

ハンドリング時　：　5百万円

航　海　時　：　3百万円

(e) 保険費

船舶保険料として，建設費総額の1％とする。

また，船舶の所有・運航に係る第三者に及ぼす損害に対する保険は，P＆I保険といい，船種別に総トン数に対するタリフが決められている。

本船の総トン数を約35,000ﾄﾝと仮定し，タンカーベースに推定すると，

94円×35,000＋1,860,000円≒5百万円

金額が小さく根拠も適切なもの無いため，今回の推定からは省略する。

(f) その他

① 船用品・通信費

年間　150百万円程度必要。

② チャーター船費

燃料油補給，飲料水補給，その他食糧，消耗・交換部品等補給として，年間一隻当たり約36,000ﾄﾝ／年・隻と推定し，そのチャーター船費は約 398百万円となる。

これらをまとめると，表2.3－3　採鉱船操業費のようになる。

表2.3－3　採鉱船操業費

項　　目	単　価（百万円）	年間（2隻）	備　　考
【労務費】			
	1,470 ／隻・年	2,940 ／年	船員・ハンドリング要員予備含む
【物品費】			
燃料費	929 ／隻・年	1,858 ／年	C重油　105$/tonf A重油　240$/tonf
潤滑油	47 ／隻・年	94 ／年	
清　水	2 ／隻・年	4 ／年	
小　計	978 ／隻・年	1,956 ／年	
【食糧費】			
	37／隻・年	74 ／年	1,000円／人・日
【修繕費】			
	801 ／隻・年	1,602 ／年	建設費の2％
	480 ／隻・年	960 ／年	集鉱機，PMの建設費の10％
	1,281 ／隻・年	2,562 ／年	
【保険料】			
	401 ／隻・年	802 ／年	建設費の1％
【その他】			
	548 ／隻・年	1,096 ／年	通信費，燃料，水等補給費
総　計	4,715 ／隻・年	9,430 ／年	

(2)　運搬船の操業費

同型船の現在実績を基準に，設定した条件，計画スケジュールを勘案して算出した。操業費は大別して運航費，船費及び店費に分けられる。運航費には燃料費，港費等が含まれるが，費用の70～80％を燃料費が占めるため，燃料油価格，航海距離，船速調整等に大きく影響される。船費では船員費の占める割合が高いが，乗組員数14名船（近代化実証船Cレベル）にて試算した。輸送船が自社運航船であれば，船費中に減価償却費，金利等が含まれることに

なるが今回の試算では運航委託会社が負担することとしたため記載しなかった。試算結果を表2.3－3に示す。

表2.3－4　運搬船操業費

（単位：百万円）

	単　価	年間（7隻）	備　考
【運航費】			
燃料費	180 ／隻・年	1,260	A，C重油及び潤滑油
港　費	7 ／隻・航海	314	
雑　費	1 ／隻・航海	45	
小　計		1,619	
【船　費】			
船員費	252 ／隻・年	1,764	14名／隻＋予備員率40％
船用品費	11 ／隻・年	77	
保険料	12 ／隻・年	84	
修繕費	91 ／隻・年	637	入渠及び小修理
雑　費	1 ／隻・航海	45	
小　計		2,607	
【店　費】			
代理店費	3 ／隻・年	21	
船舶管理費	15 ／隻・年	105	
小　計		126	
総　計		4,352	

（注）燃料油価格：A油 240$/MT，C重油 105$/MT，　140¥/$にて算出。

2.3.3　経済評価のためのコスト構成，財務分析の主要構成及び経済性評価計算様式

マンガン団塊の商業生産時における経済評価の基礎となる「コスト構成」及び「財務分析の主要構成」及び「経済性評価計算様式」について検討した。即ち，探査，採鉱，輸送，及び製錬の各部門における建設費（投資コスト），及び操業費に係わる主要項目と，財務分析を行う際に関係している諸種ファクター並びに投資の回収様式について検討を行った。

(1) 基本的コスト項目

区分	No.	項　　目	摘　　要
操業開始前資本投資	1	研究・開発費	探査，採鉱，輸送，製錬の各部門の要素技術の研究・開発費その他，海洋観測機器・技術の研究開発，廃棄物処理技術の研究開発等
	2	探査費	ノジュール分布密度，金属品位，海底堆積物，海底地形図，等を調査し，採鉱区域を特定するための調査費で，操業開始前にあらかじめ実施される。なお，操業時においても，引続き，探査は実施されるが，これは，年間操業費に含まれる。
	3	建設費（資本コスト）	操業のための探査，採鉱，輸送，製錬，各部門のシステムの建設費（(2)資本コストの構成参照）財政的ファクターとしての自己資本比率，時間的ファクターとしての建設期間等が収益性へ影響を与える。
操業費	4	年間操業費	探査・採鉱・輸送・製錬，各部門の年間操業費の合計（(3)年間操業費の構成参照）

(2) 建設費（資本コスト）の構成

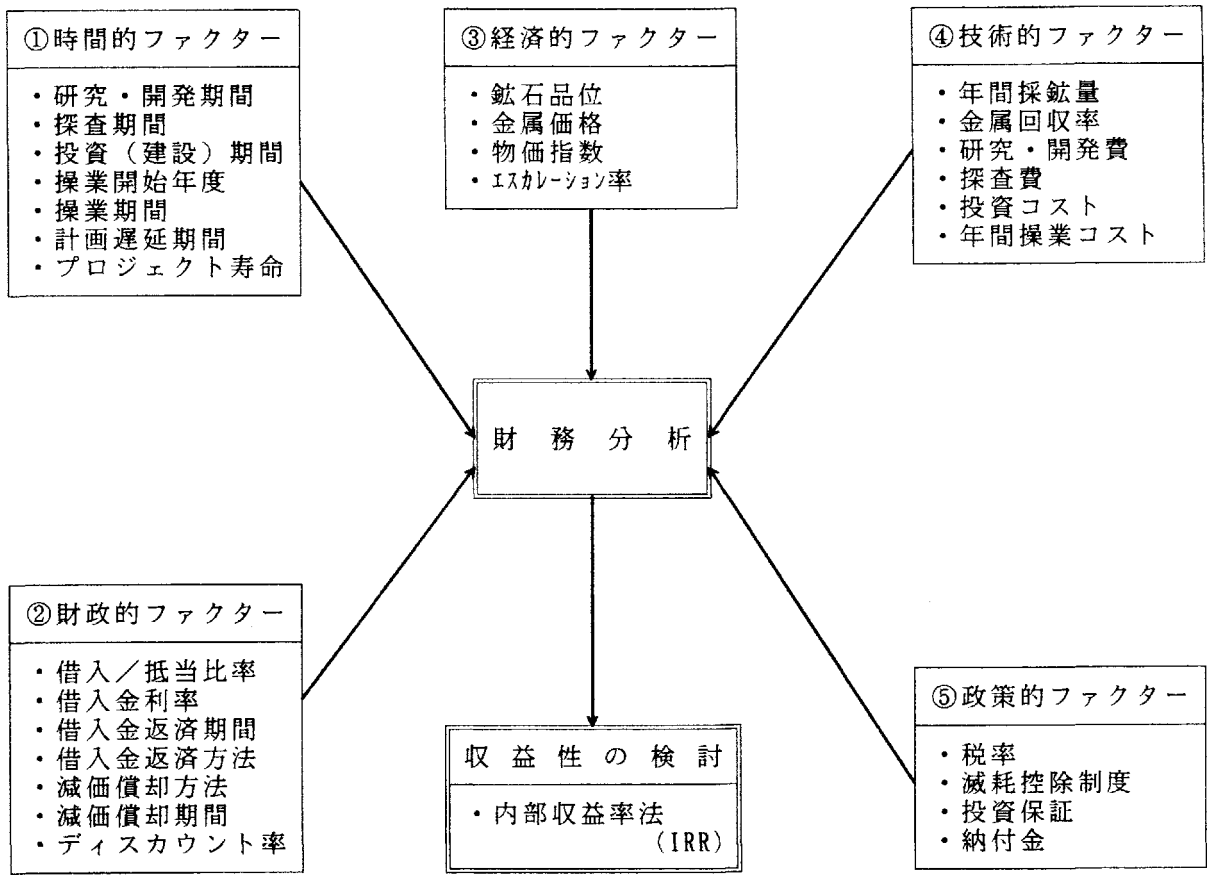
部門別		設備・設置の名称	主　要　項　目	関係主要パラメータ
採鉱部門	1	集鉱機	①主要寸法②重量③ノジュール取込装置④分離供給装置	・年間採鉱量・ノジュール分布密度・集鉱機採取効率・集鉱機幅・取込ノジュール径 ・年間洋上稼動日数・稼動時間・採鉱船価格 ・海底機器価格・海底機器耐用年数・各種装置価格・採鉱船隻数・製作期間・採鉱速度・スラリー濃度
	2	揚鉱装置	①重量②揚鉱量③揚鉱方式（ポンプリフト）	
	3	揚鉱管装置	①揚鉱管②フレキシブルホース③フェアリング	
	4	ハンドリング装置	①集鉱機・揚鉱管ハンドリング装置②デリック装置	
	5	計測装置	①水中ケーブル②水中測位装置③中央監視装置	
	6	採鉱船	①主要寸法②ムーンプール③速力④主機関⑤発電機⑥スラスタ⑦ケーブル揚鉱管格納移送装置⑧測位装置⑨貯鉱・移送装置	
輸送部門	1	運搬船	①主要寸法②積載量③脱水装置	・年間運搬量・積載量・運搬距離・航海速度 ・航海日数・移送能力・製作期間・停泊日数
	2	ノジュール移送装置	①移送方法（スラリー／機械）	
製錬部門	1	製錬所（プラント）	①製錬設備（処理設備・製品貯蔵庫）	・年間鉱石処理量・使用電力量・処理能力 ・化成品使用量・港→製錬所距離 ・用地価格・各種設備費・ビルディング建設費 ・開発工事費・年間稼動日数・建設期間
	2	ユーティリティ設備	①電力設備②配管設備（水・ガス供給）	
	3	用地開発及び建設	①土地購入・造成②港湾設備（埠頭・沿岸施設）③貯鉱場④運搬設備（構内道路・スラリー／軌条）⑤管理施設	
	4	廃棄物処理設備	①廃棄物処理設備②運搬設備③沈澱池・埋立設備	
建設費（資本コスト）総額				・自己資本比率　・借入金金利　・減価償却 ・建設期間

（注）港湾設備は輸送部門に入るのが一般的と思われるが，ここでは，製錬所が湾岸近傍に位置していることを想定した。

(3) 年間操業費の構成

部門別	エネルギー費	労務費	物品費	固定費・雑費	合計
採鉱部門	①燃料 ・採鉱船推進 ・揚鉱移送 ・その他	①乗組員給与 ②保守管理要員給与	①パイプ交換 ②集鉱機交換 ③維持・修繕 ④食料品	①保険料	採鉱部門年間操業費
輸送部門	①燃料 ・運搬／移送	①乗組員給与 ②保守管理要員給与	①運搬船備品 ②維持・修繕 ③食料品	①保険料	輸送部門年間操業費
製錬部門	①電力／石炭／ガス	①管理者給与 ②従業員給与 ③請負労務費	①化成品 ②操業用品 ③維持・修繕	①保険料	製錬部門年間操業費
管理部門	①電力	①従業員給与 [総務，経理，技術管理 購買，販売等]	①事務用機器・用品	①国内法務 ②地方税 ③納付金 ④経費	管理部門年間操業費
合計	エネルギー費合計	労務費合計	物品費合計	固定費・雑費合計	年間操業費総額

(4) 財務分析の主要構成



(5) 経済性評価計算様式

1）基礎条件

① 開発計画

建設期間 ： （ｉ）年
生産期間 ： （ｎ）年
生産規模
開始年度 ： （ａ）％
次年度以降 ： （ｂ）％

② 生産量

採鉱量 ： （ＭＶ）千wmt/年
輸送量 ： （ＴＶ）千wmt/年
製練量 ： （ＲＶ）千dmt/年

③ 製練元鉱品位

Ｎｉ ： （ＧＮｉ）％
Ｃｕ ： （ＧＣｕ）％
Ｃｏ ： （ＧＣｏ）％
Ｍｎ ： （ＧＭｎ）％

④ 製練実収率

Ｎｉ ： （ＲＥＮｉ）％
Ｃｕ ： （ＲＥＣｕ）％
Ｃｏ ： （ＲＥＣｏ）％
Ｍｎ ： （ＲＥＭｎ）％

⑤ 金属価格

Ｎｉ ： （ＭＰＮｉ）万円／mt
Ｃｕ ： （ＭＰＣｕ）万円／mt
Ｃｏ ： （ＭＰＣｏ）万円／mt
Ｍｎ ： （ＭＰＭｎ）万円／mt

⑥ 借入金

借入金比率 ： （ＤＲ）％
自己資本比率 ： （ＣＲ）％
借入金金利 ： （ＩＲ）％

⑦ 減価償却

償却期間： （ＴＰ）年

⑧ 国内法人税

国内法人税率 ： （ＴＲ）％

⑨ その他

インフレ率： （ＦＲ）％
金属価格上昇率： （ＭＲＮｉ）％，（ＭＲＣｕ）％，（ＭＲＣｏ）％
（ＭＲＭｎ）％
建設費： 年度別建設費 （ＣＣ） 百万円／年
操業費： 年度別年間操業費（ＯＰＣ）百万円／年
拠出金： （ＣＭ）百万円／年

2）経済性評価計算様式

単位：百万円

	項　目	記　号	計　算　様　式
1	売　上　高	ＡＳ	製錬量×製錬元鉱品位×製錬実収率×金属価格， ＡＳ＝ＲＶ・Ｇ・ＲＥ・ＭＰ/10^3
2	操　業　費	ＯＰＣ	年間（探査費＋採鉱費＋輸送費＋製練・廃滓費＋研究費＋管理費）
3	拠　出　金	Ｃ－Ｍ	
4	粗　利　益	ＧＰ	売上高－操業費－拠出金，ＧＰ＝ＡＳ－ＯＰＣ－ＣＭ
5	支　払　金　利	ＩＰ	前年度借入金残高×借入金金利（０年度から計上）、 ＩＰ＝ＩＲ・ＡＬ（ｉ－１）
6	減　価　償　却	ＤＡ	建設費÷償却期間（０年度から計上） ＤＡ＝ＣＣ／ＴＰ
7	税引前利益	ＢＴＰ	粗利益－支払金利－減価償却，ＢＴＰ＝ＧＰ－ＩＰ－ＤＡ
8	国内法人税	ＪＴ	税引前利益×国内法人税率，ＪＴ＝ＴＢ・ＢＴＰ/10^3
9	税引後利益	ＡＴＰ	税引前利益－国内法人税，ＡＴＰ＝ＢＴＰ－ＪＴ
10	ｷｬｯｼｭｱﾍﾞｲﾗﾌﾞﾙ	ＣＡ	減価償却＋税引後利益，ＣＡ＝ＤＡ＋ＡＴＰ
11	建　設　費	ＣＣ	年度別（探査＋採鉱＋輸送＋製練・廃滓＋研究＋管理）
12	借入金返済	ＬＰ	CA≦０：LP＝０，CA＞０：LP＝CA， AL(i－1)＜CA(i)：LP＝AL(i－1)
13	借入金残高	ＡＬ	ex）建設期間３年間のとき， －３年度：③＝（－３年度建設費）・DR －２年度：②＝（－２年度建設費）・DR+IR・③ －１年度：①＝（－１年度建設費）・DR+IR・② ０年度以降：AL(i)＝AL(i－1)－CA(i)
14	ﾈｯﾄｷｬｯｼｭﾌﾛｰ	ＮＣＦ	ｷｬｯｼｭｱﾍﾞｲﾗﾌﾞﾙ －借入金返済，ＮＣＦ＝ＣＡ－ＬＰ
15	ｷｬｯｼｭﾌﾛｰ	ＣＦ	建設期間中間ＣＦ＝－ＣＣ、 ０年度以降：ＣＦ＝ＡＴＰ

ＲＯＲ（Rate of Return）

$$\sum_{x=0}^{n+i} \mathrm{CF}/(1+\mathrm{ROR})^{x} = 0$$

2. 3. 4　経済性評価の試算

(1)　将来の金属価格および物価の予測

(a)　金属価格の予測

マンガン団塊鉱業の経済性を左右する最大の要因は金属価格であり，当研究所で行う経済性評価計算には，1951年以降の実績金属価格を基に対数回帰分析を行い，得られた対数回帰直線で将来の推定金属価格を求めることとしたことは昨年度の成果報告書〔トータルシステム（実験計画）編〕ですでに述べた。

本年度はこれに基づき，ニッケル，銅，コバルト，フェロマンガンの4金属について，1991年12月までの最新実績価格を入力して再計算を行った。この対数回帰分析出力結果を図2. 3 － 1 ～ 4 に示す。

(b)　物価指数の予測

金属価格同様，経済性に大きく関与するインフレ率についても，前述の予測手法を用いることとし，日銀調査統計局資料に基づいて1951年以降の総合卸売物価指数の推移を対数回帰分析した出力結果を図2. 3 － 5 に示す。

ただし，次項以下に行うＤＣＦ法による経済性試算に用いる将来の物価指数としては，同図に見られるように，1970年代の2度のオイルショックによる狂乱物価上昇の要素を除外した計算を併せ行い，補正対数回帰直線としてこれを採用することとした。

その理由は，現在積極的に行われている石油備蓄の強化等，国家施策による物価コントロールが将来とも有効に機能すると考えられるからである。現に，1990～1991年にかけての中東湾岸戦争の中で，物価がほぼ平穏に推移したことからも，この想定は許されよう。

(2)　経済性試算のベースケース

前節までに述べられている諸検討結果に基づいて，当実験計画作業部会が設定した計算入力与件値は次のとおりである。ただし，生産期間は50年間とした。

以下，これをベースケースと呼ぶこととする。

①　開発計画

建設期間　：　3年間

生産期間　：　50年間

操業度　：　生産開始初年度＝50％　　次年度以降＝ 100％

②　生産規模

採鉱量　：　3,140千湿トン／年

製錬量　：　2,000千乾トン／年

③ 製錬元鉱品位

Ni＝1.38%　Cu＝1.06%　Co＝0.23%　Mn＝27.85%

④ 製錬実収率（溶錬流化浸出法）

Ni＝90.6%　Cu＝91.2%　Co＝73.9%　Mn＝73.5%

⑤ 金属価格

図2.3－1～4の各年度該当値による

⑥ 建設費（1991年の物価ベースで，単位：百万円）

探査部門	：	1,800	
採鉱部門	：	84,700	
		採鉱船(2船) ＝33,100	ハンドリング装置＝20,300
		集鉱機(4台) ＝9,000	ポンプリフト装置＝5,300
		揚鉱管装置＝8,300	計測制御装置＝8,700
輸送部門	：	49,000	
		運搬船＝49,000	
製錬部門	：	227,300	
		用地造成＝59,300	製錬設備＝136,900
		廃滓処理設備＝16,700	設備建設工事＝14,400
管理部門	：	5,000	
合　計	：	367,800	

⑦ 操業費（1991年の物価ベースで，単位：百万円）

探査部門	：	910			
採鉱部門	：	9,430			
		労務費＝2,940	食料費＝74	修繕費＝2,562	保険料＝802
		燃料油＝1,956	その他＝1,096		
輸送部門	：	6,900			
		運航費＝1,619	船費（含労務費）＝2,607	店費＝130	
		陸揚費＝2,544			
製錬部門	：	73,350			
		エネルギー費＝45,200	副原料＝15,800	修繕費＝4,450	
		労務費＝1,900	雑費＝2,000	廃滓処理費＝4,000	
管理部門	：	1,000			
合　計		91,590			

⑧　物価上昇率

図2.3－5の各年度該当値による

⑨　借入金

借入金比率　：　80％　　自己資本比率　：　20％

借入金金利　：　8％

⑩　減価償却

償却期間　：　10年定額償却

⑪　国内法人税

法人税率　：　42％

⑫　国際海底機構への拠出金

海洋法条約　附属書　第13条6項による「生産賦課金及び純収益金の一部の組合わせによる拠出」を採用

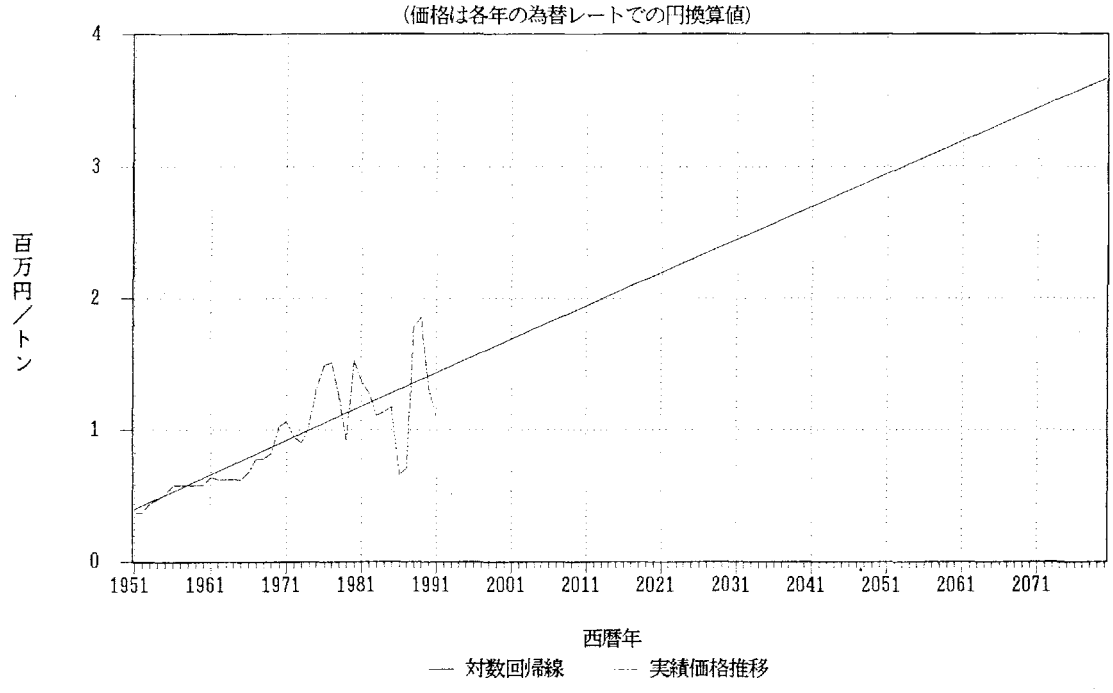


図2.3－1　ニッケル価格の対数回帰直線

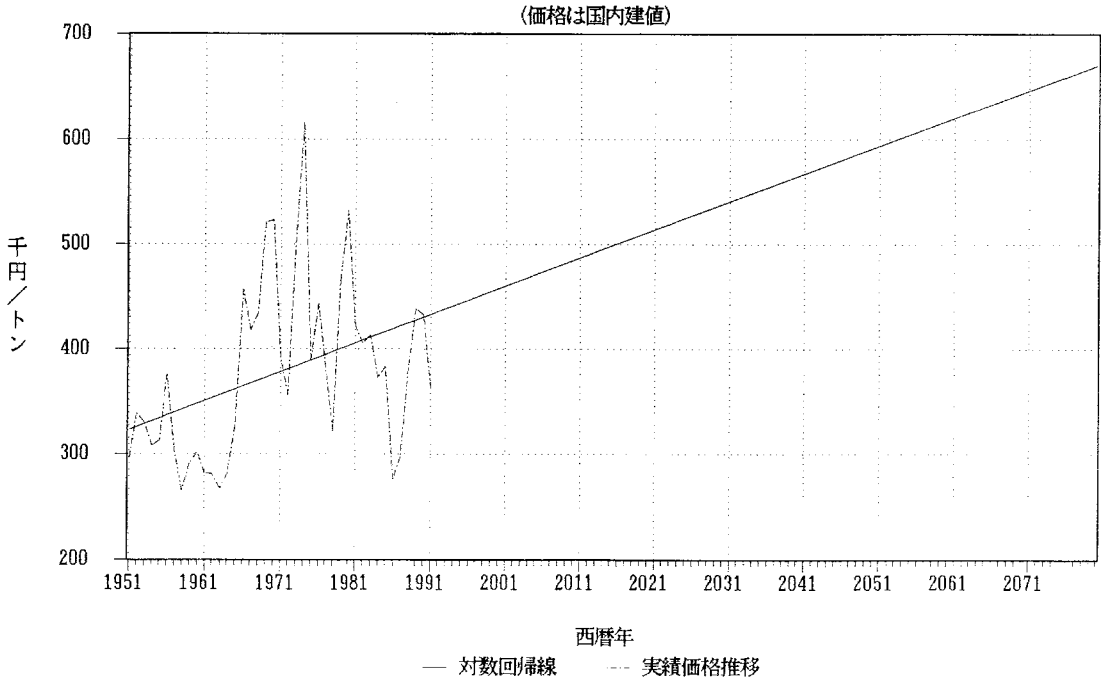


図2.3－2　銅価格の対数回帰直線

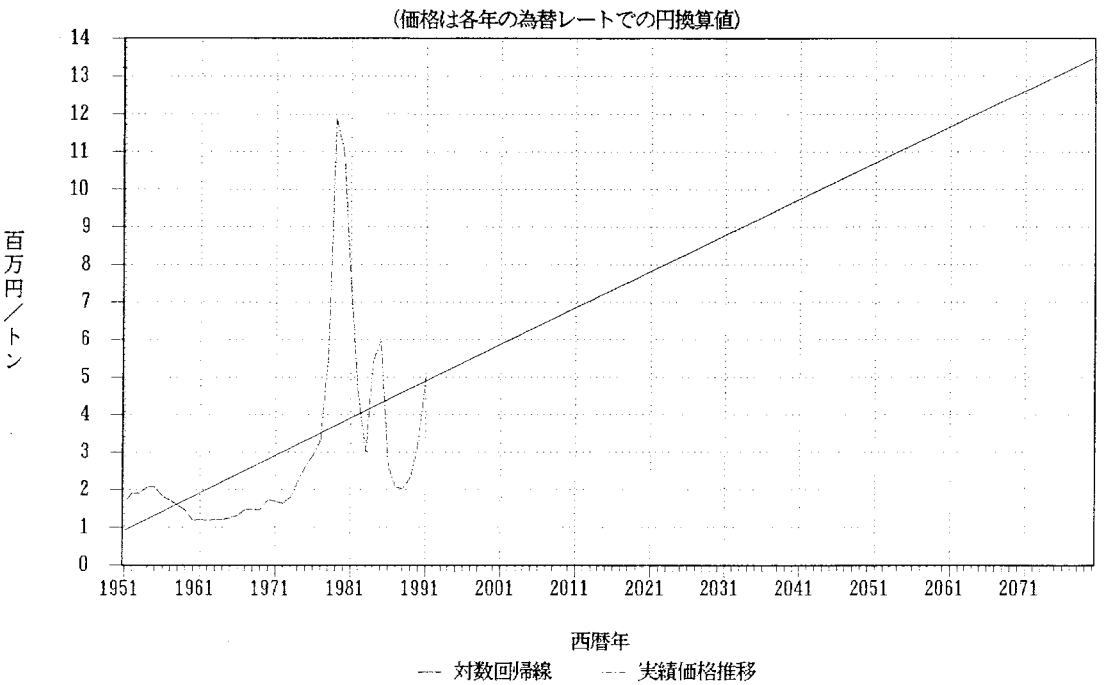


図2.3－3　コバルト価格の対数回帰直線

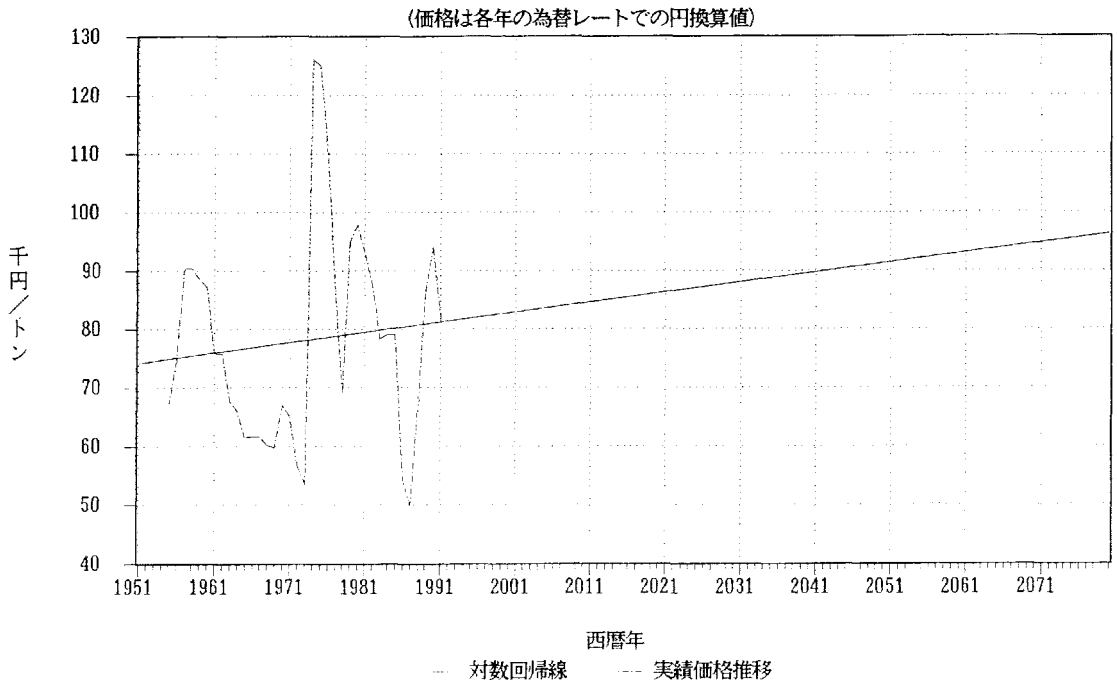


図2.3－4　フェロマンガン価格の対数回帰直線

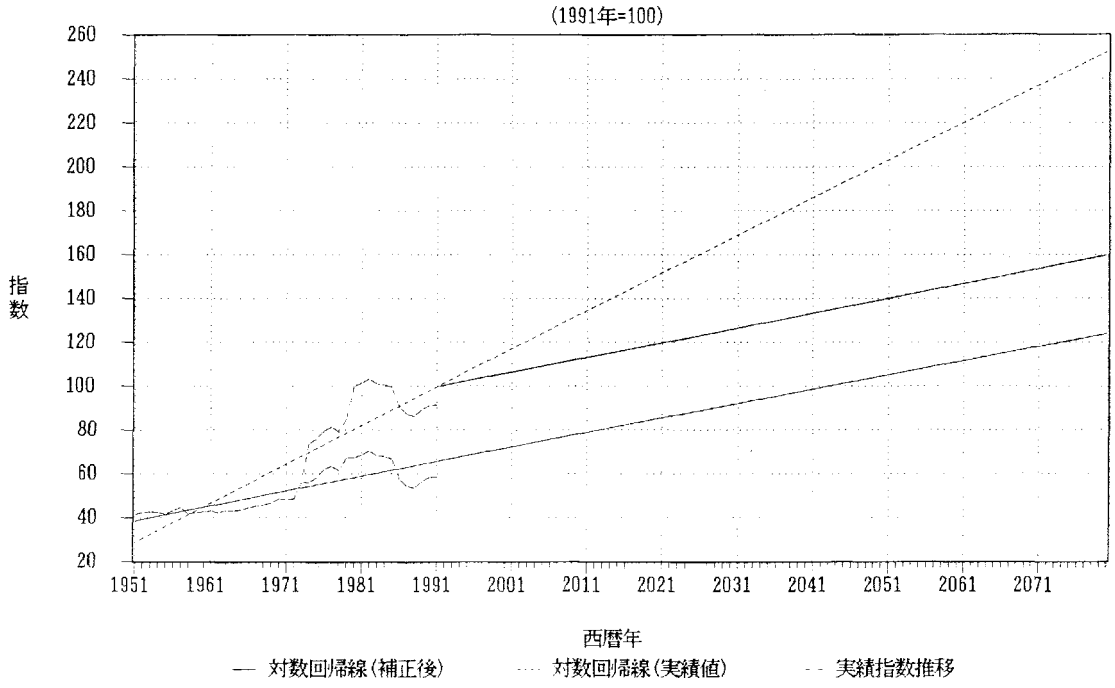


図2.3－5　物価指数の対数回帰直線

(3) ベースケースによる試算結果と考察

結果はＲＯＲ（Rate of Return）＝6.37であるが，表2.3－5～6にみられるように生産開始後12年間は赤字操業，13年目からは黒字に転ずるが，累積借入金を50年の操業期間内に返済するに至らず，50年の通計収支は合計約 2,000億円の損金計上を余儀なくされる。

この収支を改善する手段としては，人為的な合理化努力しかないであろう。そこで総合収支を均衡させるためには，表2.3－6で判るように支出の約75％を占める操業費のコストダウンが最も効果的である。そのコストダウン必要率を求めた結果，わずか 1.5％の低減で足りることが判った。そのときのＲＯＲはやや向上して6.39，総括表は表2.3－7のようにほぼ収支がバランスしている。

すなわち，操業費 1.5％のコストダウンは不可能でないであろうが，その他の与件値に改善の余地がないとすれば，年間 200万トンの生産規模での企業化は，国策的な観点を別にすれば経営として意味がない。

そこで，次項で生産規模を拡大したときの効果を試算することとする。

表2.3－5　ベースケースの与件値

マンガン団塊鉱業の経済性評価（ＤＣＦ法）

１９９２年１月

【機構への拠出金：賦課金と純収益金の一部との組合せ】

【与件値】　　6.37

１．開発計画

建設期間	:	3	年（MAX.5年）
生産期間	:	50	年（MAX.50年）
生産規模	:（製錬量）	2,000	千DMT
開始年度	:	1,000	千DMT
次年度	:	2,000	千DMT

２．製錬元鉱品位

Ｎｉ	:	1.38	%
Ｃｕ	:	1.06	%
Ｃｏ	:	0.23	%
Ｍｎ	:	27.85	%

３．製錬実収率

Ｎｉ	:	90.60	%
Ｃｕ	:	91.20	%
Ｃｏ	:	73.90	%
Ｆｅ-Ｍｎ	:	73.50	%

４．金属価格　┐
４'．物価指数　├　：対数回帰分析による年別予測値
５．為替レート　┘

生産開始年	:	2030.0	年

６．借入金

借入金比率	:	80.0	%
借入金金利	:	8.0	%

７．減価償却

償却期間	:	１０年（海洋法付属書Ⅲ）	

８．国内法人税率　：　42.0　%

９．建設費　合計：　367,800　百万円

探査	採鉱	輸送	製錬・廃滓	研究費	管理
1,800	84,700	49,000	227,300	0	5,000

１０．建設計画（年度別建設費率：％）

年	探査	採鉱	輸送	製錬・廃滓	研究費	管理
-5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-3	0.0	10.0	10.0	10.0	50.0	30.0
-2	100.0	40.0	40.0	40.0	50.0	30.0
-1	0.0	50.0	50.0	50.0	0.0	40.0

１１．操業費　合計：　91,590　百万円

探査	採鉱	輸送	製錬・廃滓	研究費	管理
910	9,430	6,900	73,350	0	1,000

１２．操業計画（開始時操業費率：％）

年	探査	採鉱	輸送	製錬・廃滓	研究費	管理
0	100.0	50.0	50.0	50.0	0.0	100.0
1	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0

【総括表】

年	売上高	操業費	拠出金	粗利益	建設費&更新費	減価償却	借入金残高	支払金利	返済額	税引前利益	法人税	税引後利益	キャッシュアベイラブル	ネットキャッシュフロー	キャッシュフロー
-5	-	-	-	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
-4	-	-	-	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
-3	-	-	-	-	46,568	-	37,255	-	-	-	-	-	-	-	-
-2	-	-	-	-	183,899	-	187,354	-	-	-	-	-	-	-	-
-1	-	-	-	-	228,425	-	385,083	-	-	-	-	-	-	-	-
0	73,345	58,821	1,467	13,057	-	45,889	402,833	30,807	0	-63,639	0	-63,639	-17,750	-17,750	13,057
1	147,787	115,839	2,956	28,992	-	45,889	406,068	32,227	0	-49,124	0	-49,124	-3,235	-3,235	28,992
2	148,883	116,439	2,978	29,466	-	45,889	409,087	32,485	0	-48,909	0	-48,909	-3,020	-3,020	29,466
3	149,979	117,039	3,000	29,940	-	45,889	411,874	32,727	0	-48,676	0	-48,676	-2,787	-2,787	29,940
4	151,074	117,639	3,021	30,414	-	45,889	414,411	32,950	0	-48,426	0	-48,426	-2,536	-2,536	30,414
5	152,169	118,238	3,043	30,887	-	45,889	416,676	33,153	0	-48,155	0	-48,155	-2,266	-2,266	30,887
6	153,263	118,837	3,065	31,361	-	45,889	418,650	33,334	0	-47,863	0	-47,863	-1,974	-1,974	31,361
7	154,356	119,436	3,087	31,834	-	45,889	420,308	33,492	0	-47,548	0	-47,548	-1,658	-1,658	31,834
8	155,449	120,034	3,109	32,307	-	45,889	421,626	33,625	0	-47,207	0	-47,207	-1,318	-1,318	32,307
9	156,542	120,632	3,131	32,779	0	45,889	422,577	33,730	0	-46,840	0	-46,840	-951	-951	32,779
10	157,634	121,230	3,153	33,252	-	0	423,132	33,806	0	-555	0	-555	-555	-555	33,252
11	158,725	121,827	3,175	33,724	-	0	423,259	33,851	0	-127	0	-127	-127	-127	33,724
12	159,816	122,424	3,244	34,148	-	0	423,092	33,861	167	288	121	167	167	0	34,028
13	160,907	123,021	3,330	34,556	-	0	422,681	33,847	411	708	298	411	411	0	34,258
14	161,996	123,618	3,419	34,960	-	0	422,017	33,814	665	1,146	481	665	665	0	34,479
15	163,086	124,214	3,510	35,362	-	0	421,088	33,761	928	1,601	672	928	928	0	34,690
16	164,175	124,810	3,604	35,761	-	0	419,886	33,687	1,203	2,074	871	1,203	1,203	0	34,890
17	165,263	125,406	3,701	36,156	-	0	418,398	33,591	1,488	2,565	1,077	1,488	1,488	0	35,079
18	166,351	126,001	3,801	36,549	-	0	416,613	33,472	1,785	3,077	1,292	1,785	1,785	0	35,256
19	167,438	126,596	3,904	36,938	0	0	414,520	33,329	2,093	3,609	1,516	2,093	2,093	0	35,422
20	168,524	127,191	4,010	37,323	-	0	412,107	33,162	2,414	4,161	1,748	2,414	2,414	0	35,575
21	169,611	127,786	4,120	37,705	-	0	409,359	32,969	2,747	4,736	1,989	2,747	2,747	0	35,716
22	170,696	128,380	4,233	38,083	-	0	406,265	32,749	3,094	5,334	2,240	3,094	3,094	0	35,843
23	171,781	128,974	4,350	38,458	-	0	402,811	32,501	3,455	5,956	2,502	3,455	3,455	0	35,956
24	172,866	129,567	4,471	38,828	-	0	398,981	32,225	3,830	6,603	2,773	3,830	3,830	0	36,055
25	173,950	130,161	4,595	39,194	-	0	394,761	31,918	4,220	7,275	3,056	4,220	4,220	0	36,138
26	175,033	130,754	4,724	39,556	-	0	390,136	31,581	4,625	7,975	3,349	4,625	4,625	0	36,206
27	176,116	131,347	4,857	39,913	-	0	385,089	31,211	5,047	8,702	3,655	5,047	5,047	0	36,258
28	177,199	131,939	4,994	40,266	-	0	379,603	30,807	5,486	9,458	3,973	5,486	5,486	0	36,293
29	178,281	132,531	5,136	40,613	0	0	373,661	30,368	5,942	10,245	4,303	5,942	5,942	0	36,310
30	179,362	133,123	5,283	40,956	-	0	367,244	29,893	6,417	11,063	4,646	6,417	6,417	0	36,309
31	180,443	133,715	5,434	41,293	-	0	360,334	29,380	6,910	11,914	5,004	6,910	6,910	0	36,290
32	181,523	134,306	5,591	41,625	-	0	352,911	28,827	7,423	12,799	5,375	7,423	7,423	0	36,250
33	182,603	134,897	5,754	41,952	-	0	344,954	28,233	7,957	13,719	5,762	7,957	7,957	0	36,190
34	183,682	135,488	5,922	42,272	-	0	336,442	27,596	8,512	14,676	6,164	8,512	8,512	0	36,108
35	184,761	136,079	6,095	42,587	-	0	327,353	26,915	9,089	15,671	6,582	9,089	9,089	0	36,005
36	185,839	136,669	6,275	42,895	-	0	317,663	26,188	9,690	16,707	7,017	9,690	9,690	0	35,878
37	186,917	137,259	6,462	43,196	-	0	307,348	25,413	10,314	17,783	7,469	10,314	10,314	0	35,727
38	187,994	137,849	6,654	43,491	-	0	296,384	24,588	10,964	18,903	7,939	10,964	10,964	0	35,552
39	189,071	138,438	6,854	43,779	0	0	284,745	23,711	11,639	20,068	8,429	11,639	11,639	0	35,350
40	190,147	139,027	7,061	44,059	-	0	272,403	22,780	12,342	21,280	8,937	12,342	12,342	0	35,122
41	191,223	139,616	7,275	44,332	-	0	259,330	21,792	13,073	22,540	9,467	13,073	13,073	0	34,865
42	192,298	140,204	7,497	44,596	-	0	245,497	20,746	13,833	23,850	10,017	13,833	13,833	0	34,579
43	193,372	140,793	7,727	44,853	-	0	230,873	19,640	14,624	25,213	10,589	14,624	14,624	0	34,263
44	194,446	141,380	7,965	45,101	-	0	215,427	18,470	15,446	26,631	11,185	15,446	15,446	0	33,916
45	195,520	141,968	8,212	45,340	-	0	199,126	17,234	16,301	28,105	11,804	16,301	16,301	0	33,535
46	196,593	142,555	8,468	45,569	-	0	181,936	15,930	17,191	29,639	12,448	17,191	17,191	0	33,121
47	197,665	143,143	8,734	45,789	-	0	163,820	14,555	18,116	31,234	13,118	18,116	18,116	0	32,671
48	198,738	143,729	9,009	45,999	-	0	144,741	13,106	19,078	32,894	13,815	19,078	19,078	0	32,184
49	199,809	144,316	9,294	46,199	-	0	124,662	11,579	20,079	34,619	14,540	20,079	20,079	0	31,659
計	8594297	6435286	250751	1908261	458893	458893		1431615	298597	17753	216225	-198472	260421	-38176	1692036

表2.3－6　ベースケースの総括表

【総括表】

年	売上高	操業費	提出金	粗利益	建設費&更新費	減価償却	借入金残高	支払金利	返済額	税引前利益	法人税	税引後利益	キャッシュアベイラブル	ネットキャッシュフロー	キャッシュフロー
-5	-	-	-	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
-4	-	-	-	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
-3	-	-	-	-	46,568	-	37,255	-	-	-	-	-	-	-	-
-2	-	-	-	-	183,899	-	187,354	-	-	-	-	-	-	-	-
-1	-	-	-	-	228,425	-	385,083	-	-	-	-	-	-	-	-
0	73,345	57,939	1,467	13,939	-	45,889	401,950	30,807	0	-62,757	0	-62,757	-16,867	-16,867	13,939
1	147,787	114,102	2,956	30,729	-	45,889	403,377	32,156	0	-47,316	0	-47,316	-1,427	-1,427	30,729
2	148,883	114,693	2,978	31,212	-	45,889	404,435	32,270	0	-46,947	0	-46,947	-1,058	-1,058	31,212
3	149,979	115,284	3,000	31,695	-	45,889	405,094	32,355	0	-46,549	0	-46,549	-659	-659	31,695
4	151,074	115,874	3,021	32,178	-	45,889	405,324	32,408	0	-46,119	0	-46,119	-229	-229	32,178
5	152,169	116,464	3,043	32,661	-	45,889	405,089	32,426	235	-45,654	0	-45,654	235	0	32,661
6	153,263	117,054	3,065	33,143	-	45,889	404,353	32,407	736	-45,153	0	-45,153	736	0	33,143
7	154,356	117,644	3,087	33,625	-	45,889	403,076	32,348	1,277	-44,612	0	-44,612	1,277	0	33,625
8	155,449	118,233	3,109	34,107	-	45,889	401,215	32,246	1,861	-44,028	0	-44,028	1,861	0	34,107
9	156,542	118,822	3,131	34,589	0	45,889	398,723	32,097	2,491	-43,398	0	-43,398	2,491	0	34,589
10	157,634	119,411	3,576	34,646	-	0	397,129	31,898	1,594	2,748	1,154	1,594	1,594	0	33,492
11	158,725	120,000	3,679	35,047	-	0	395,229	31,770	1,900	3,276	1,376	1,900	1,900	0	33,671
12	159,816	120,588	3,785	35,444	-	0	393,010	31,618	2,219	3,825	1,607	2,219	2,219	0	33,837
13	160,907	121,176	3,894	35,837	-	0	390,461	31,441	2,550	4,396	1,846	2,550	2,550	0	33,991
14	161,996	121,763	4,006	36,227	-	0	387,566	31,237	2,894	4,990	2,096	2,894	2,894	0	34,131
15	163,086	122,351	4,123	36,612	-	0	384,314	31,005	3,252	5,607	2,355	3,252	3,252	0	34,257
16	164,175	122,938	4,243	36,994	-	0	380,690	30,745	3,624	6,249	2,625	3,624	3,624	0	34,370
17	165,263	123,525	4,366	37,372	-	0	376,678	30,455	4,012	6,917	2,905	4,012	4,012	0	34,467
18	166,351	124,111	4,494	37,745	-	0	372,264	30,134	4,414	7,611	3,197	4,414	4,414	0	34,549
19	167,438	124,697	4,627	38,114	0	0	367,431	29,781	4,833	8,333	3,500	4,833	4,833	0	34,614
20	168,524	125,283	4,763	38,478	-	0	362,162	29,394	5,269	9,084	3,815	5,269	5,269	0	34,663
21	169,611	125,869	4,904	38,837	-	0	356,441	28,973	5,721	9,864	4,143	5,721	5,721	0	34,694
22	170,696	126,454	5,050	39,192	-	0	350,249	28,515	6,192	10,677	4,484	6,192	6,192	0	34,708
23	171,781	127,039	5,201	39,541	-	0	343,566	28,020	6,682	11,521	4,839	6,682	6,682	0	34,702
24	172,866	127,624	5,357	39,885	-	0	336,375	27,485	7,192	12,399	5,208	7,192	7,192	0	34,677
25	173,950	128,208	5,518	40,223	-	0	328,653	26,910	7,721	13,313	5,591	7,721	7,721	0	34,631
26	175,033	128,793	5,685	40,555	-	0	320,381	26,292	8,273	14,263	5,990	8,273	8,273	0	34,565
27	176,116	129,376	5,858	40,881	-	0	311,535	25,630	8,846	15,251	6,405	8,846	8,846	0	34,476
28	177,199	129,960	6,037	41,201	-	0	302,094	24,923	9,442	16,279	6,837	9,442	9,442	0	34,364
29	178,281	130,543	6,222	41,515	0	0	292,032	24,167	10,062	17,347	7,286	10,062	10,062	0	34,229
30	179,362	131,127	6,414	41,822	-	0	281,326	23,363	10,706	18,459	7,753	10,706	10,706	0	34,069
31	180,443	131,709	6,612	42,121	-	0	269,949	22,506	11,377	19,615	8,238	11,377	11,377	0	33,883
32	181,523	132,292	6,818	42,414	-	0	257,875	21,596	12,074	20,818	8,743	12,074	12,074	0	33,670
33	182,603	132,874	7,031	42,698	-	0	245,075	20,630	12,800	22,068	9,269	12,800	12,800	0	33,430
34	183,682	133,456	7,251	42,975	-	0	231,521	19,606	13,554	23,369	9,815	13,554	13,554	0	33,160
35	184,761	134,038	7,480	43,244	-	0	217,182	18,522	14,339	24,722	10,383	14,339	14,339	0	32,860
36	185,839	134,619	7,716	43,504	-	0	202,027	17,375	15,155	26,129	10,974	15,155	15,155	0	32,530
37	186,917	135,200	7,962	43,755	-	0	186,023	16,162	16,004	27,593	11,589	16,004	16,004	0	32,166
38	187,994	135,781	8,216	43,997	-	0	169,137	14,882	16,887	29,115	12,228	16,887	16,887	0	31,769
39	189,071	136,361	8,480	44,230	0	0	151,331	13,531	17,805	30,699	12,893	17,805	17,805	0	31,336
40	190,147	136,942	8,753	44,452	-	0	132,571	12,107	18,760	32,346	13,585	18,760	18,760	0	30,867
41	191,223	137,522	9,037	44,664	-	0	112,817	10,606	19,754	34,059	14,305	19,754	19,754	0	30,360
42	192,298	138,101	9,331	44,866	-	0	92,030	9,025	20,787	35,840	15,053	20,787	20,787	0	29,813
43	193,372	138,681	9,636	45,056	-	0	70,167	7,362	21,862	37,694	15,831	21,862	21,862	0	29,225
44	194,446	139,260	9,952	45,235	-	0	47,187	5,613	22,980	39,621	16,641	22,980	22,980	0	28,594
45	195,520	139,839	11,645	44,036	-	0	23,836	3,775	23,351	40,261	16,910	23,351	23,351	0	27,126
46	196,593	140,417	12,044	44,132	-	0	0	1,907	23,836	42,225	17,735	24,491	24,491	655	26,397
47	197,665	140,995	12,448	44,222	-	0	0	0	0	44,222	18,573	25,649	25,649	25,649	25,649
48	198,738	141,573	12,546	44,618	-	0	0	0	0	44,618	18,740	25,878	25,878	25,878	25,878
49	199,809	142,151	12,644	45,014	-	0	0	0	0	45,014	18,906	26,108	26,108	26,108	26,108
計	8594297	6338756	306262	1949279	458893	458893		1140483	405324	349904	345424	4480	463373	58049	1603856

表2.3－7　ベースケースの改訂総括表

(4) 年間 300万トン生産のケースの試算と考察

海洋法条約によってマンガン団塊の生産量はニッケルの生産量として規制されているが〔昭和58年度成果報告書　トータルシステム（実験計画）編参照〕，年間 300万乾トンのマンガン団塊生産は認可枠内にある。

したがって本年度は，生産スケールが経済性に及ぼす感度を知るために，300万乾トン／年のケースを例に採って試算した。

もちろん生産規模の拡大によってベースケースの建設費，操業費共にアップするのは自明であり，ここではベースケースのそれぞれの額を“ 0.8乗則”の適用によって次の補正を行うこととした。

$$(3,000kt／2,000kt)^{0.8} ＝1.383$$

すなわち，生産量を 200万トンから 300万トンに増加させるための建設費，操業費のアップを38.3％（ただし，管理部門を除く）として以下の試算を行った。

結果のＲＯＲは7.21となり，その出力表を表2.3－8～9に示す。

また，毎年の収支状況を図示化したものが図2.3－6であり，全操業期間の通計収支構成比を示したものが図2.3－7である。

表2.3－9に見られるように通計純利益は約10,200億円となって，1兆円の大台を超える。

このケースにあっては，2030年の操業開始時までに 6,323億円もの巨額な資金（自己資金は 1,265億円）を必要とするが，操業期間50年の平均で年1割6分の配当が可能であり，投資意欲を殺ぐプロジェクトではないであろう。

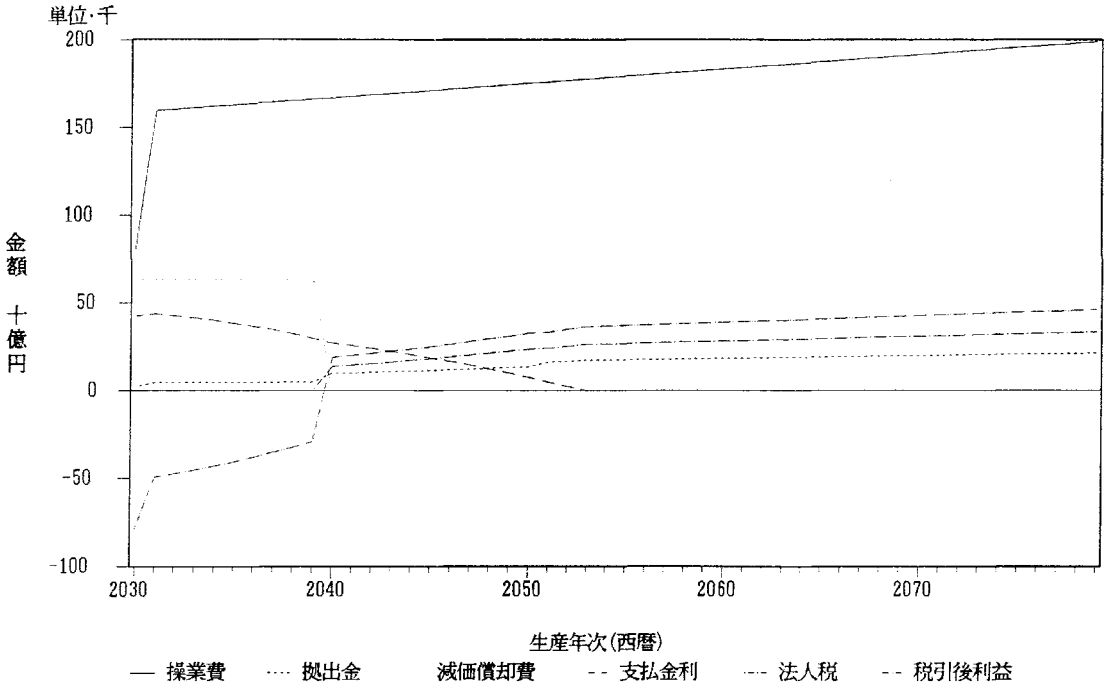


図2.3－6　3百万トン／年　生産時の年度毎収支の推移

表2.3－8　3百万トン／年　生産時の与件値

マンガン団塊鉱業の経済性評価（ＤＣＦ法）

１９９２年１月

【機構への拠出金：賦課金と純収益金の一部との組合せ】

【与件値】　7.21

１．開発計画

建設期間	:		3	年（MAX.5年）
生産期間	:		50	年（MAX.50年）
生産規模	:	（製錬量）	3,000	千 DMT
開始年度	:		1,500	千 DMT
次年度	:		3,000	千 DMT

２．製錬元鉱品位

Ｎｉ	:	1.38	%
Ｃｕ	:	1.06	%
Ｃｏ	:	0.23	%
Ｍｎ	:	27.85	%

３．製錬実収率

Ｎｉ	:	90.60	%
Ｃｕ	:	91.20	%
Ｃｏ	:	73.90	%
Ｆｅ-Ｍｎ	:	73.50	%

４．金属価格　┐
４'．物価指数　｜　：対数回帰分析による年別予測値
５．為替レート　┘

生産開始年	:	2030.0	年

６．借入金

借入金比率	:	80.0	%
借入金金利	:	8.0	%

７．減価償却

償却期間　：　１０年（海洋法付属書Ⅲ）

８．国内法人税率　：　42.0 %

９．建設費　合計：　506,752 百万円

探査	採鉱	輸送	製錬・廃滓	研究費	管理
2,489	117,140	67,767	314,356	0	5,000

１０．建設計画（年度別建設費率：％）

年	探査	採鉱	輸送	製錬・廃滓	研究費	管理
-5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-3	0.0	10.0	10.0	10.0	50.0	30.0
-2	100.0	40.0	40.0	40.0	50.0	30.0
-1	0.0	50.0	50.0	50.0	0.0	40.0

１１．操業費　合計：　126,286 百万円

探査	採鉱	輸送	製錬・廃滓	研究費	管理
1,259	13,042	9,543	101,443	0	1,000

１２．操業計画（開始時操業費率：％）

年	探査	採鉱	輸送	製錬・廃滓	研究費	管理
0	100.0	50.0	50.0	50.0	0.0	100.0
1	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0

【総括表】

年	売上高	操業費	拠出金	粗利益	建設費＆更新費	減価償却	借入金残高	支払金利	返済額	税引前利益	法人税	税引後利益	キャッシュアベイラブル	ネットキャッシュフロー	キャッシュフロー
-5	-	-	-	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
-4	-	-	-	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
-3	-	-	-	-	63,692	-	50,954	-	-	-	-	-	-	-	-
-2	-	-	-	-	253,617	-	257,924	-	-	-	-	-	-	-	-
-1	-	-	-	-	314,954	-	530,521	-	-	-	-	-	-	-	-
0	110,017	80,868	2,200	26,949	-	63,226	546,013	42,442	0	-78,719	0	-78,719	-15,492	-15,492	26,949
1	221,680	159,721	4,434	57,525	-	63,226	532,169	43,681	13,844	-49,382	0	-49,382	13,844	0	57,525
2	223,324	160,549	4,466	58,309	-	63,226	516,434	42,574	15,736	-47,491	0	-47,491	15,736	0	58,309
3	224,968	161,376	4,499	59,093	-	63,226	498,655	41,315	17,778	-45,448	0	-45,448	17,778	0	59,093
4	226,611	162,203	4,532	59,876	-	63,226	478,672	39,892	19,984	-43,243	0	-43,243	19,984	0	59,876
5	228,253	163,029	4,565	60,659	-	63,226	456,306	38,294	22,365	-40,861	0	-40,861	22,365	0	60,659
6	229,894	163,855	4,598	61,442	-	63,226	431,369	36,505	24,937	-38,289	0	-38,289	24,937	0	61,442
7	231,534	164,680	4,631	62,224	-	63,226	403,655	34,510	27,714	-35,512	0	-35,512	27,714	0	62,224
8	233,174	165,505	4,663	63,006	-	63,226	372,942	32,292	30,713	-32,513	0	-32,513	30,713	0	63,006
9	234,813	166,329	4,696	63,787	0	63,226	338,990	29,835	33,952	-29,275	0	-29,275	33,952	0	63,787
10	236,451	167,154	9,708	59,589	-	0	320,157	27,119	18,832	32,470	13,637	18,832	18,832	0	45,952
11	238,088	167,977	10,045	60,066	-	0	300,175	25,613	19,983	34,453	14,470	19,983	19,983	0	45,595
12	239,724	168,801	10,393	60,530	-	0	278,995	24,014	21,179	36,516	15,337	21,179	21,179	0	45,193
13	241,360	169,624	10,755	60,981	-	0	256,571	22,320	22,424	38,662	16,238	22,424	22,424	0	44,743
14	242,995	170,446	11,129	61,419	-	0	232,853	20,526	23,718	40,893	17,175	23,718	23,718	0	44,244
15	244,629	171,268	11,518	61,842	-	0	207,789	18,628	25,064	43,214	18,150	25,064	25,064	0	43,693
16	246,262	172,090	11,920	62,251	-	0	181,325	16,623	26,464	45,628	19,164	26,464	26,464	0	43,088
17	247,894	172,912	12,337	62,645	-	0	153,404	14,506	27,921	48,139	20,218	27,921	27,921	0	42,427
18	249,526	173,733	12,770	63,023	-	0	123,969	12,272	29,435	50,751	21,315	29,435	29,435	0	41,708
19	251,157	174,553	13,219	63,385	0	0	92,958	9,917	31,011	53,467	22,456	31,011	31,011	0	40,928
20	252,787	175,373	13,684	63,729	-	0	60,308	7,437	32,650	56,292	23,643	32,650	32,650	0	40,086
21	254,416	176,193	16,113	62,110	-	0	27,082	4,825	33,226	57,286	24,060	33,226	33,226	0	38,050
22	256,044	177,012	16,699	62,333	-	0	0	2,167	27,082	60,166	25,270	34,896	34,896	7,814	37,063
23	257,672	177,831	17,206	62,634	-	0	0	0	0	62,634	26,306	36,328	36,328	36,328	36,328
24	259,299	178,650	17,364	63,285	-	0	0	0	0	63,285	26,580	36,705	36,705	36,705	36,705
25	260,925	179,468	17,522	63,935	-	0	0	0	0	63,935	26,853	37,082	37,082	37,082	37,082
26	262,550	180,286	17,679	64,585	-	0	0	0	0	64,585	27,126	37,459	37,459	37,459	37,459
27	264,174	181,103	17,837	65,235	-	0	0	0	0	65,235	27,399	37,836	37,836	37,836	37,836
28	265,798	181,920	17,994	65,884	-	0	0	0	0	65,884	27,671	38,213	38,213	38,213	38,213
29	267,421	182,737	18,151	66,533	0	0	0	0	0	66,533	27,944	38,589	38,589	38,589	38,589
30	269,043	183,553	18,308	67,182	-	0	0	0	0	67,182	28,216	38,965	38,965	38,965	38,965
31	270,664	184,369	18,465	67,830	-	0	0	0	0	67,830	28,489	39,341	39,341	39,341	39,341
32	272,285	185,184	18,623	68,478	-	0	0	0	0	68,478	28,761	39,717	39,717	39,717	39,717
33	273,904	185,999	18,779	69,126	-	0	0	0	0	69,126	29,033	40,093	40,093	40,093	40,093
34	275,523	186,814	18,936	69,773	-	0	0	0	0	69,773	29,305	40,468	40,468	40,468	40,468
35	277,141	187,628	19,093	70,420	-	0	0	0	0	70,420	29,577	40,844	40,844	40,844	40,844
36	278,759	188,442	19,250	71,067	-	0	0	0	0	71,067	29,848	41,219	41,219	41,219	41,219
37	280,375	189,255	19,407	71,714	-	0	0	0	0	71,714	30,120	41,594	41,594	41,594	41,594
38	281,991	190,068	19,563	72,360	-	0	0	0	0	72,360	30,391	41,969	41,969	41,969	41,969
39	283,606	190,881	19,720	73,006	0	0	0	0	0	73,006	30,662	42,343	42,343	42,343	42,343
40	285,220	191,693	19,876	73,651	-	0	0	0	0	73,651	30,934	42,718	42,718	42,718	42,718
41	286,834	192,505	20,033	74,296	-	0	0	0	0	74,296	31,205	43,092	43,092	43,092	43,092
42	288,447	193,316	20,189	74,941	-	0	0	0	0	74,941	31,475	43,466	43,466	43,466	43,466
43	290,058	194,127	20,345	75,586	-	0	0	0	0	75,586	31,746	43,840	43,840	43,840	43,840
44	291,670	194,938	20,501	76,230	-	0	0	0	0	76,230	32,017	44,214	44,214	44,214	44,214
45	293,280	195,748	20,657	76,874	-	0	0	0	0	76,874	32,287	44,587	44,587	44,587	44,587
46	294,889	196,558	20,813	77,518	-	0	0	0	0	77,518	32,558	44,960	44,960	44,960	44,960
47	296,498	197,368	20,969	78,161	-	0	0	0	0	78,161	32,828	45,334	45,334	45,334	45,334
48	298,106	198,177	21,125	78,804	-	0	0	0	0	78,804	33,098	45,707	45,707	45,707	45,707
49	299,714	198,985	21,281	79,447	-	0	0	0	0	79,447	33,368	46,079	46,079	46,079	46,079
計	12891446	8872854	723263	3295329	632263	632263		587305	546013	2075761	1056927	1018834	1651097	1105084	2238402

表2.3－9　3百万トン／年　生産時の総括表

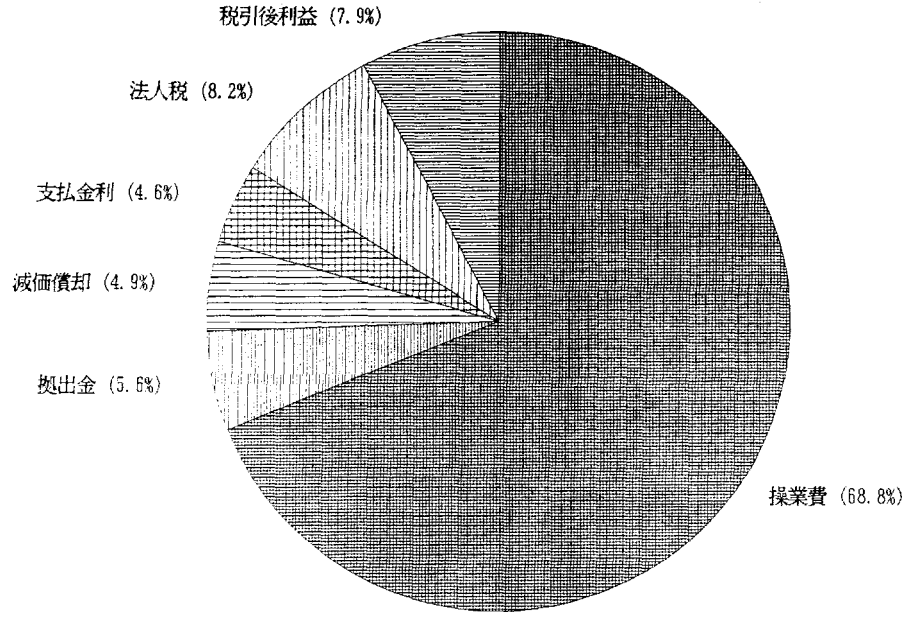


図2.3－7　3百万トン／年　生産時の通計収支構成比

（全円の面積が売上額総計 128,900億円）

(5)　搬出金算出方式の対比

搬出金の算出方式には，本試算に用いた海洋法条約　附属書　第13条6項による「生産賦課金及び純収益金の一部の組合わせによる拠出（以下，組合せ方式という）」のほかに，同条5項による「生産賦課金のみによる拠出（以下，単独方式という）」方式があり，いずれを採るかは操業者の選択にまかされている。

ベースケース(200万トン）及び年 300万トン生産ケースについて，拠出方式の違いによる影響を50年間の通計収支として対比したものが表2.3－10である。

拠出金の算出方法は，単独方式が純利益の有無に関係なく売上高の一定比率を拠出させるのに対して，組合せ方式は利益の大小に関わる要素が織り込まれている。

そのため，今回のケースのように経済性が低位に推移する場合は，組合せ方式が有利であるが，収支が好転するにつれて両者は接近し，逆転する。

したがって，商業生産の事業計画書を機構に申請するに当たっては，的確な長期的展望が求められる。

表2.3－10　拠出方式の差による影響

（単位：億円）

項目	ベースケース（200万ﾄﾝ/年）				300万ﾄﾝ/年 生産ケース			
	組合せ方式(%)		単独方式（%）		組合せ方式(%)		単独方式（%）	
売上高	85,943	100	85,943	100	128,914	100	128,914	100
操業費	64,353	74.9	64,353	74.9	88,729	68.8	88,729	68.8
拠出金	2,508	2.9	9,303	10.8	7,233	5.6	13,955	10.8
減価償却費	4,589	5.3	4,589	5.3	6,323	4.9	6,323	4.9
支払金利	14,316	16.7	58,332	67.9	5,873	4.6	10,708	8.3
国内法人税	2,162	2.5	0	0	10,569	8.2	6,101	4.7
税引後利益	△1,985	-2.3	△50,634	-58.9	10,188	7.9	3,100	2.4
ＲＯＲ	6.37		4.35		7.21		6.37	

(6)　収支改善の見通しと課題

①　操業費が収支改善の鍵

年間 300万トンの生産を行う場合，図2.3－7及び表2.3－10に示すように支出に占める操業費は69%に達する。一方，建設費に関わる減価償却費は5%に過ぎない。

このことは，操業費のコストダウンのためであれば思い切った設備投資が許されることになる

この操業費の内訳を示したものが図2.3－8であり，80%強を占めるのが製錬・廃滓費である。しかも，製錬・廃滓費の61.6%がエネルギー費と見積もられている。

（参考）製錬部門　エネルギー費＝61.6%　　廃滓部門　廃滓処理費＝ 5.5%

副 原 料 費＝21.5%

修　繕　費＝ 6.1%

労　務　費＝ 2.6%

雑　　費＝ 2.7%

今仮に，製錬・廃滓部門の建設費を10%（約 300億円）増加させることによって製錬・廃滓部門のエネルギー費だけが10%低減するとしても，製錬・廃滓部門の操業費としては6.2%低下してＲＯＲは7.58となり，通計純利益は約 2,200億円増加するのである。

すなわち，省エネルギーに焦点を絞った技術開発と大胆な設備投資が必要である。

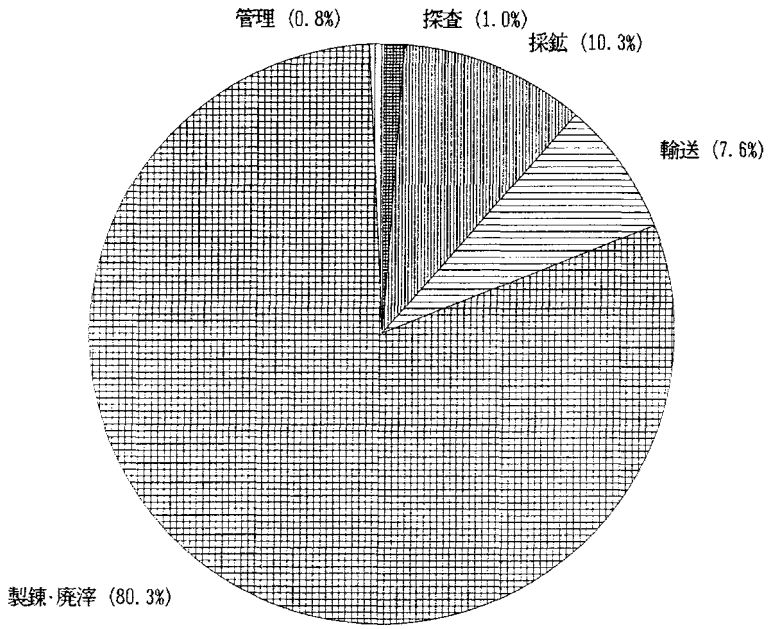


図2.3－8　操業費の部門別構成比率

② 機構への拠出金制度のあり方

表2.3－10に見られるように，300万トン／年の生産ケースでは売上高の 5.6％に相当する 7,233億円を，また，単独ケースでは10.8％を占める13,955億円の巨大な拠出をしなければならない。

深海底資源を人類共有の財産とする思想は理解するが，利益を分かちあう財源となる拠出金制度の内容が開発意欲を殺ぐものであっては，せっかくの制度の精神が生かせないことになる。

実状に即した内容に改訂する外交努力が望まれるゆえんである。

③ フェロマンガンの販路確保

生産4金属の売上高構成比を示す図2.3－9を見れば，ニッケルの約44％は当然としても，フェロマンガンが約28％を占めていることに注目する必要がある。

前に掲げた図2.3－4に見られるように，将来の価格動向は物価上昇率をはるかに下回る結果となっているが，今後の価格如何によっては収支改善の有力な武器となる。

そのためには，積極的に需要の拡大と販路の確保に努めるべきである。

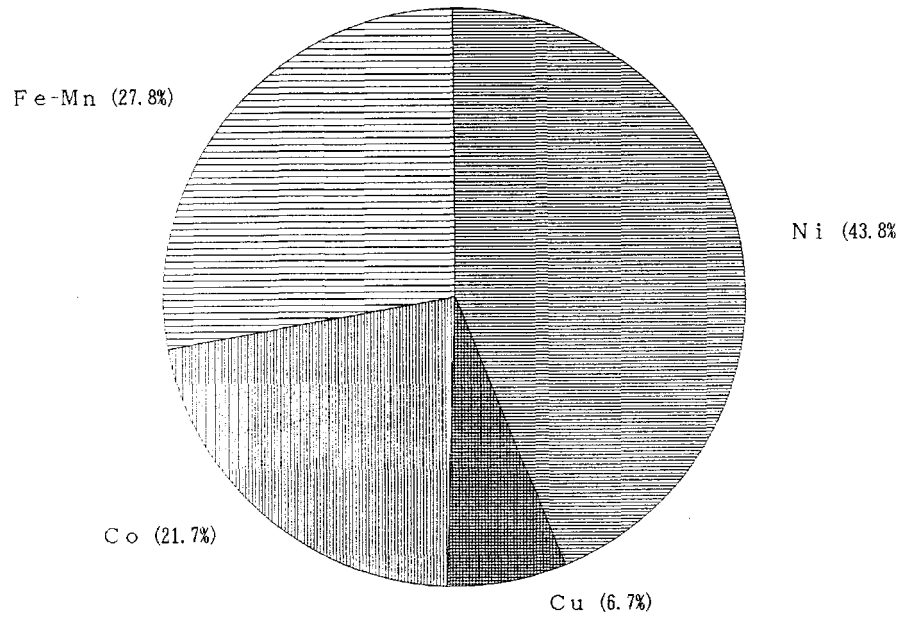


図2.3－9　売上高に占める生産金属別構成比率

2. 4　わが国の鉱区の海底自然条件

従来，実験候補海域として，“ＴＡ－Ａ”“ＴＡ－Ｂ”“ＴＡ－Ｃ”の符号を付した海域はすべて海洋法条約に基づいて国連により登録された日本の鉱区の内部にある。従って将来，これらの海域において商業的な採鉱作業が行われることになるものと考えられ，採鉱システムの研究はそのために行われているものである。その研究成果は前項までの本章において述べられているが，このような研究の質を向上するためには，鉱区の気海象条件・海底自然条件の詳細な現地調査が先行すべきであり，かつ，さらにそのデータに基づいた厳密・詳細な解析が不可欠である。鉱区内の海域の海底自然条件については，従来は，実験計画策定及び実験システムの設計を主な目的として，鉱区海域範囲内に選定された海洋総合実験のための候補海域について検討してきたが，平成３年度からは，上記の趣旨に従って商業化のための検討を重視して調査検討を続けることとした。また，有用なデータの入手・利用が可能であるならば，対象海域を必ずしも“TA-C3”に限定せずに，より多くのデータ，より広い視野で鉱区全般について検討する方が，有意義かつ有効な作業になるものと考えられる。以上の事由により，従来実験計画の章で取り扱ってきた「海底自然条件」の項は，主として本章において取り扱うこととした。

2. 4. 1　調査解析作業の概要

実験候補海域“TA-C3”は我が国の西鉱区内の南東部にあり，資源エネルギー庁の「深海底鉱物資源探査等事業」（金属鉱業事業団へ委託，さらに探査業務は深海資源開発㈱へ再委託）により，平成３年度にもこの海域の調査が実施され，大量の観測データが得られている。その内容は，平成２年度までに行われてきた調査結果を吟味し，海底地形の確認・ノジュールの分布状況の補完等，さらに補足が必要と考えられたデータを取得することを目的としたものであった。本プロジェクトの研究開発事業としては，総合実験及び採鉱システム研究に反映させるため，これらのデータについて各種のデータ処理・解析作業を行った。以下にその結果を要約する。

本年度の作業は大別すると次のように区分される。

① 第２白嶺丸による現地調査作業・船上での試料及びデータの処理・解析とその総括：
調査の結果は現地調査中の船上で整理・検討され，まず航海報告書として取りまとめられた。さらに陸上でデータ処理，分析・物性試験等，海上ではできない作業を加えて内容が補強され，十分に解析・考察が加えられた後金属鉱業事業団に公式の報告書*)とて提出さ

---

*) 平成３年度深海底鉱物資源探査等報告書（マンガン団塊），金属鉱業事業団・深海資源開発株式会社

れ，さらに資源エネルギー庁に報告された。ただし，その内容は非公開とされているので，技術研究組合内部での利用に当たっても守秘誓約に反することのないよう，その取り扱いには注意が必要である。

② 本プロジェクト事業におけるデータ解析： その固有の観点から，上記のデータを用いて海底自然条件の解析を行い，また，パーソナルコンピュータ（以下ＰＣと略記）による海底条件解析システムの改良を行った。

③ サイドスキャンソーナーデータの電算機処理・解析： 平成２年度に行われたサイドスキャンソーナー観測の結果は，平成２年度に北半部のデータが処理され，すでに報告したところである。本平成３年度においては，残余南半部について，２つの事業すなわち「深海底鉱物資源探査等事業」及び「マンガン団塊採鉱システムの研究開発」の一部として，金属鉱業事業団及び深海資源開発㈱により同時平行的に電算機処理・解析が行われ，各種の図表，考察からなる成果物が作成された。なお，以下のデータの出典は，特に明記しない限り，国の探査事業報告書*)であり，原図のまま，あるいは若干加筆して使用した。

2.4.2 国の調査結果の概要

① 調査の実施状況： まず，国の探査事業として行われた最新の調査海域は図2.4－1に示す位置にあり，昨年度の成果報告書の海域と同一である。この調査の内容とその結果については，大量のデータに基づいて作成された表2.4－1に示すような多数の図面・数表を添付して，種々な考察が行われている。この航海の現地調査日20日間の内容を列挙すると表2.4－2のようである。

② 海底地形観測： この調査の計画及び内容は，これまでに実施されてきたものとほぼ同様であるが，測点・測線の配置，使用機器の選択は，既得データを補完・強化するように定められた。データの質・量においては，まず測深作業の主力が従来のナロービーム測深機（ＮＢＳ）からマルティナロービーム測深機（ＭＢＥＳ）に変更された点が大きく異なる。すなわち，ＮＢＳが狭い間隔で折り返す測線により単一音波ビームで測深する必要があったのに対し，ＭＢＥＳの場合には，理論上は水深の２倍幅まで１測線で同時観測可能となったことである。その結果，海底地形図は即時的に描画されると共に，測深位置の精度が著しく高められて測位誤差が減少し，その作図精度は大幅に向上した。また，音速補正も観測時に自動的に行われている。ただし，測深値そのものの精度はＮＢＳと大差はない。

---

*) 本節の海底自然条件関連事項の記載は，通商産業大臣の承認を得て行ったものである。

従って海底地形は，“TA-C3”を含めた“TA-C2”全域について前年度までのデータが更新され，格段に精度の高い地形図が得られている。なお，ＭＢＥＳ観測時には，①ＮＢＳ，②精密測深機（ＰＤＲ）及び，③地層探査機（ＳＢＰ）を同時に稼動させ，この３種の海底反射信号から多周波探査装置（ＭＦＥＳ）によってノジュール分布の概査が実施された。

③　ノジュール分布状況の調査：　主として海底写真撮影によって実施され，約 2,200枚（測線長90海里）のカラー写真からノジュールの濃集・分布状況が解析された。

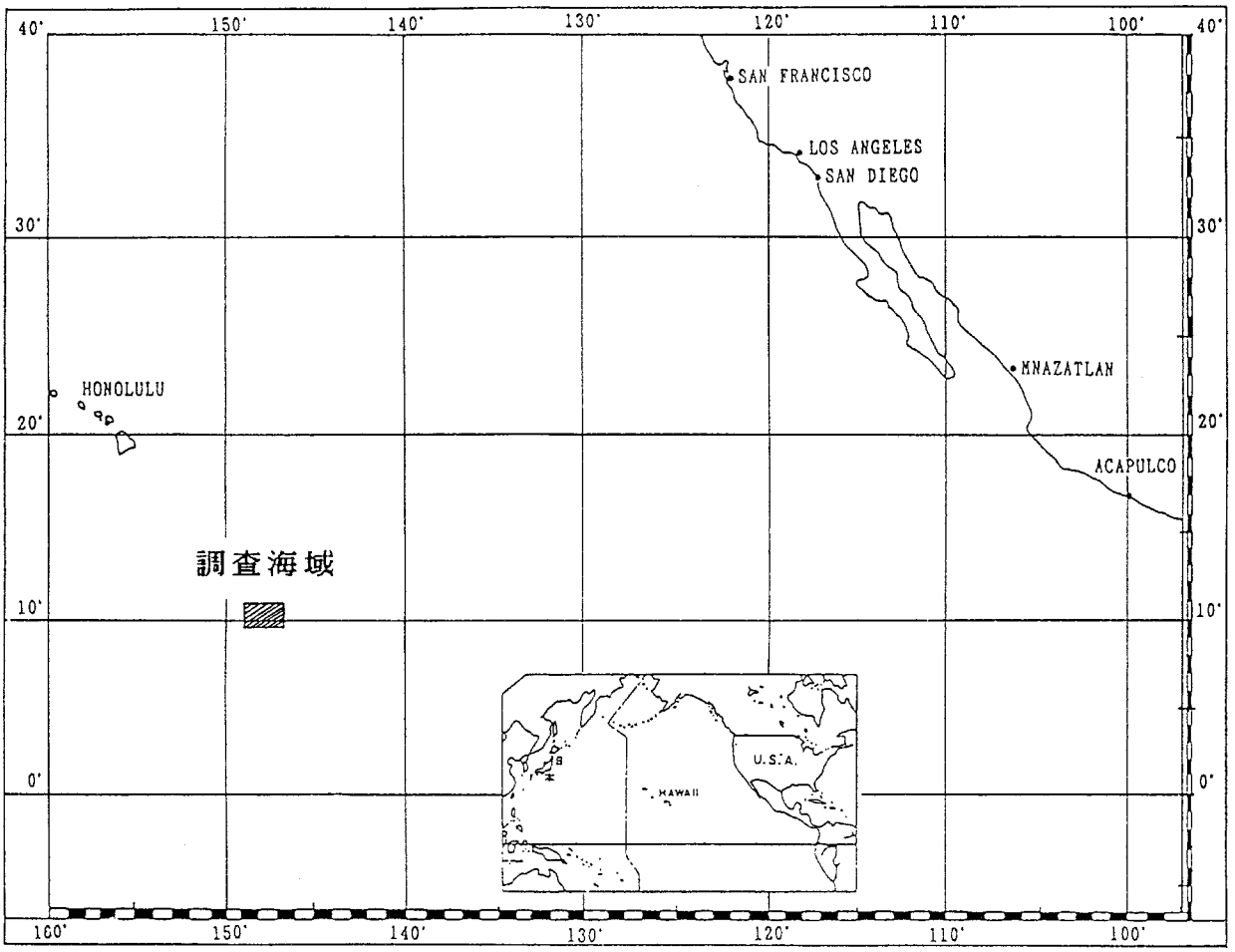


図2.4－1　調査海域の位置

表2.4－1　国の探査事業のデータ図表一覧表

挿入図番	名称
1-1	調査海域図
2-1	調査範囲図
2-2	調査概況説明図
2-3	データ処理及び解析系統図
2-4	データ処理系統図（地質関係・ＦＧ）
2-5	データ処理系統図（地質関係・ＳＣ）
2-6	調査機器及び作業状況写真(1)～(3)
3-1-1-1	海底地形図（サンプリング海域）
3-1-1-2	測線毎の地形断面図
3-1-1-3	地形鳥瞰図（サンプリング海域）
3-1-1-4	地形鳥瞰図（調査海域、ＮＢＳ記録による）
3-1-1-5	地形傾度分布図
3-2-1-1	ＳＢＰタイプ例
3-2-7-1	底質の物性測定写真(1)、(2)
3-2-7-2	底質サンプル断面写真(1)、(2)
3-2-7-3	ベーン剪断強度、含水比、コーン貫入抵抗測定結果
3-2-7-4	コーン貫入抵抗測定結果
3-2-7-5	マンガン団塊の粘着力
3-2-7-6	底質の粒度分布
3-2-7-6	底質の粒度分布
3-2-7-7	塑性図
3-3-1-1	分布密度の頻度分布
3-3-2-1	粒径頻度分布図
3-3-3-1	マンガン団塊の代表的な形状
3-3-3-2	海底写真と掘収写真
3-3-4-1	主要５成分の品位頻度分布図
3-3-4-2	主要５成分の品位相関図
3-3-4-3	分布密度とNi、Cu、Co品位の相関図
3-4-1-1	ＣＤＣによる面積率、平均粒径、分布密度、水深変化図(1)～(7)
3-5-2-1	ＭＦＥＳとＣＤＣデータの比較(1)～(4)

添付図番	名称
1-1	航跡図(1)、(2)
1-2	ＣＤＣ航跡図
1-3	ＣＤＣ航跡図（ＴＰＳ）
2	採試点位置図
3-1	海底地形図（サンプリング海域）
3-2	海底地形図（調査海域）
4-1	ＳＢＰタイプ図（サンプリング海域）
4-2	ＳＢＰタイプ図（調査海域）
5-1	ＳＢＰによる上位透明層等層厚線図（サンプリング海域）
5-2	ＳＢＰによる上位透明層等層厚線図（調査海域）
6-1	ＭＦＥＳによる面積率測定図（サンプリング海域）
6-2	ＭＦＥＳによる分布密度図（サンプリング海域）
6-3	ＭＦＥＳによる面積率測定図（調査海域）
7	底質図
8-1	マンガン団塊の分布密度図（サンプリングデータ）
8-2	マンガン団塊の分布密度図（ＣＤＣデータ、ブリッグス法）
8-3	マンガン団塊の分布密度図（ＣＤＣデータ、等間隔平均法）
9-1	粒径分布図（サンプリングデータ）
9-2	粒径分布図（ＣＤＣデータ）
10-1	形状分布図（サンプリングデータ）
10-2	形状分布図（ＣＤＣデータ）
11～15	Ｎｉ、Ｃｏ、Ｃｕ、Ｍｎ、Ｆｅ等品位図
16	Ｎｉ換算金属量含有密度図

挿入表番	名称
1-1	調査員氏名
1-2	調査機器・システム一覧表
1-3	調査作業実績表(1)～(4)
1-4	調査日程表(1)、(2)
3-2-4-1	底質の分類規準
3-2-4-2	表層底質の採取比率
3-2-4-3	底質の垂直変化
3-2-7-1	底質の物性測定法一覧(1)、(2)
3-2-7-2	底質のベーン剪断強度
3-2-7-3	底質のコーン貫入抵抗
3-2-7-4	底質の含水比
3-2-7-5	粘着力測定結果
3-2-7-6	底質の見かけ比重及び含水比
3-2-7-7	底質の土粒子の密度及び自然含水比
3-2-7-8	底質の粒度分布
3-2-7-9	底質の液性限界及び塑性限界
3-3-1-1	分布密度の一般統計
3-3-2-1	マンガン団塊の粒度分布
3-3-3-1	マンガン団塊の形状分類
3-3-3-2	形状別採取量率と平均分布密度
3-3-4-1	マンガン団塊の品位統計
3-4-1-1	ＣＤＣ調査実績
3-4-1-2	ＣＤＣ測線統計結果
3-6-1-1	鉱画面積比較表
3-6-4-1	カットオフ毎の鉱量計算表
4-2-3	方位と傾斜角による地形の分類
4-2-4	方位と傾斜角によるＣＤＣ面積率分類の平均値

表2.4－2　調査内容の要約表

項　　目	要　目　・　作　業　内　容　等
1．音波探査（測深）	測 線 長：延べ 1,684海里
	観測機材：ＭＢＥＳ，ＮＢＳ，ＰＤＲ，ＳＢＰ
	測 線 数：東西，南北計30本，　CDC予察７本，計37本
2．サンプリング	ＦＦＧ：23点　　ＳＣ：７点　　ＤＢ：１点
3．海 水 観 測	採　　水：11点（７層，深度0,20,50,75,100,140,200m）
	ＣＴＤ：ＳＣ作業時　　６店（全深度連続）
	採　水　時　　11点（０～ 200m）
	ＣＤＣ観測時　　14測線
4．海底写真撮影	ＣＤＣ：14測線，測線長90.7海里，撮影枚数 2,201枚
	単発写真：27枚（FFG時21枚，SC時６枚）
5．堆積物物性	測定回数：ﾍﾞｰﾝ6，ｺｰﾝ5，粘着力14，含水比29，比重８，計62回

注：MBES=ﾏﾙﾁ・ﾅﾛｰ・ﾋﾞｰﾑ 測深機(15.5kHz)　FFG=自動沈降浮上式ノジュール試料採取器
NBS =ﾅﾛｰ・ﾋﾞｰﾑ 測深機　(30　kHz)　SC =堆積物箱型試料採取器(ｽﾍﾟｰﾄﾞ・ｺｱﾗ)
PDR =精密音響測深機　(12　kHz)　DB =海底曳航式試料採取器(ﾄﾞﾚｯｼﾞ・ﾊﾞｹｯﾄ)
SBP =地層探査装置　(3.5kHz)　CTD=電気伝導度（塩分）・温度・深度測定器
以上４種は地形・地層超音波探査装置　CDC=海底面撮影用カメラ（長尺ﾌｨﾙﾑ使用）

④　試料採取：　さらにノジュール及び底質（堆積物）については，カメラ付きフリーフォールグラブ（ＦＦＧ）23点及びスペードコアラ（ＳＣ）７点の試料採取が行われたほか，大型バケット（ＤＢ）によるドレッジ１点が行われた。

以上の概要に述べたように，“TA-C3”及び周辺を含む“TA-C2”海域に関して膨大なデータが取得され解析されており，そのすべてを記すことは煩瑣でもあるので，以下大プロとして重要と考えられるものに限って記載することとした。なお，原報告書においては探査方法，探査結果その他探査技術そのものについての検討評価が行われている。また取得データは，関連するデータ間での矛盾や，データ処理方法の不完全さに起因すると思われる箇所も皆無ではない。

残念ながらすべてが完璧で問題がないとは限らず，未解決の技術課題もないとはいえないようである。これらは現在の機器や技術の限界であって，今後，調査機器の拡充，技術の改善検討によって逐次解決が図られて行くものと思われ，あえて論議の対象とするものではない。

2.4.3 海底条件に関する新規取得データ

平成3年度の調査は前年度までの既存データを補完するために行われた。図2.4－2に調査海域と日本鉱区との位置関係を示す。趨勢としては著しい変化はないが，不詳であった海底条件の細部がかなり解明され，従来のデータは各所で改訂された。本項では重要な部分を主体に，新データと図表とを引用し，これに若干の考察を加えることとした。

(1) 海底地形

地形観測は新鋭搭載機器であるＭＢＥＳ“ハイドロスウィープ”（ﾄﾞｲﾂ ｸﾙｯﾌﾟ･ｱﾄﾗｽ･ｴﾚｸﾄﾛﾆｰｸ社製ﾏﾙﾁ･ﾋﾞｰﾑ測深機“Krupp Atlas Hydrosweep”）によって行われ，船上で即時に等深線図をはじめ各種の地形図が作成された。図2.4－3，図2.4－4に海底地形観測の航跡図を，図2.4－5，図2.4－6にTA-C2，TA-C3両海域の海底地形図を示した。また，図2.4－7はTA-C3 海域の，東西方向11測線の巨視的な地形断面図（水深対水平距離の誇張率15倍）である。この図は極めて地形変化が激しい感を与えるが，後述する斜度解析で明らかなように中央北部の溝状地斜面でも傾斜は6～8°程度であると考えられ，全体にほぼ平坦な地形である。全体の地形を直感的に把握するには立体的な地形図，いわゆる鳥瞰図が適しているが，図2.4－8がTA-C3 海域のそれである。この種の図では視点の方位及び高度の選び方によって印象が著しく変化するが，この図では全域のきわめて緩やかな波状地形が表現されているほか，特に南西の隅から中央にかけて存在する線状構造(ﾘﾆｱﾒﾝﾄ)が明瞭に示されている。原報告書には，より広範囲なTA-C海域の地形鳥瞰図も収録されているが，本稿では割愛する。

この測深システム（“Hydrosweep”，使用周波数15.5kHz)の公称性能では，片舷で水深と等しい（両舷では水深の2倍）幅の測深が一気に可能であり，測線間隔をその範囲内に取れば（実際の運用上では少なくとも水深の80％以内にとどめるのが良好），海底全面を余すところなく測深できる。従って，従来の単一音波ビーム測深機（NBS，PDR等）による観測とは異なり，有効観測幅（横）方向の水深値が同時刻に得られることによって，位置精度の誤差がほぼ皆無となること，測線間の補間のための推定計算が不要になること等から，信頼性が著しく高くなる。測深の精度については，音響測深の原理上，MBESといえども従来のNBS 等と変わらず，またNBS の指向角とMBESのビーム厚さとを比較すると，若干NBS の方が小さいので，この点では地形分解能を向上させる要素にはならない。ただし，水中音速の補正が独特の機能によって自動的に行われるので，そのまま真値として利用できる。平成2年度までの

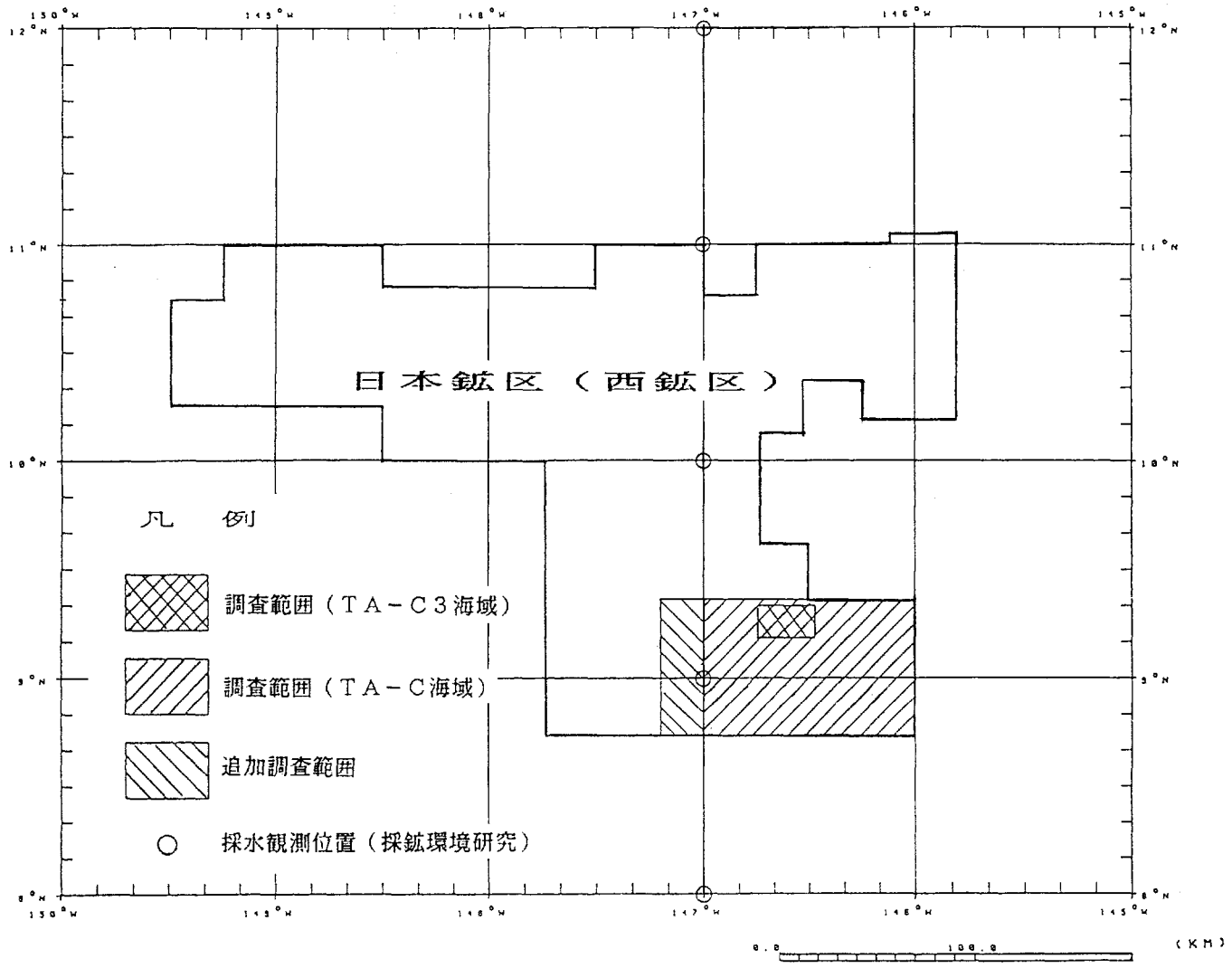


図2.4－2　本年度の調査範囲（原図に加筆）

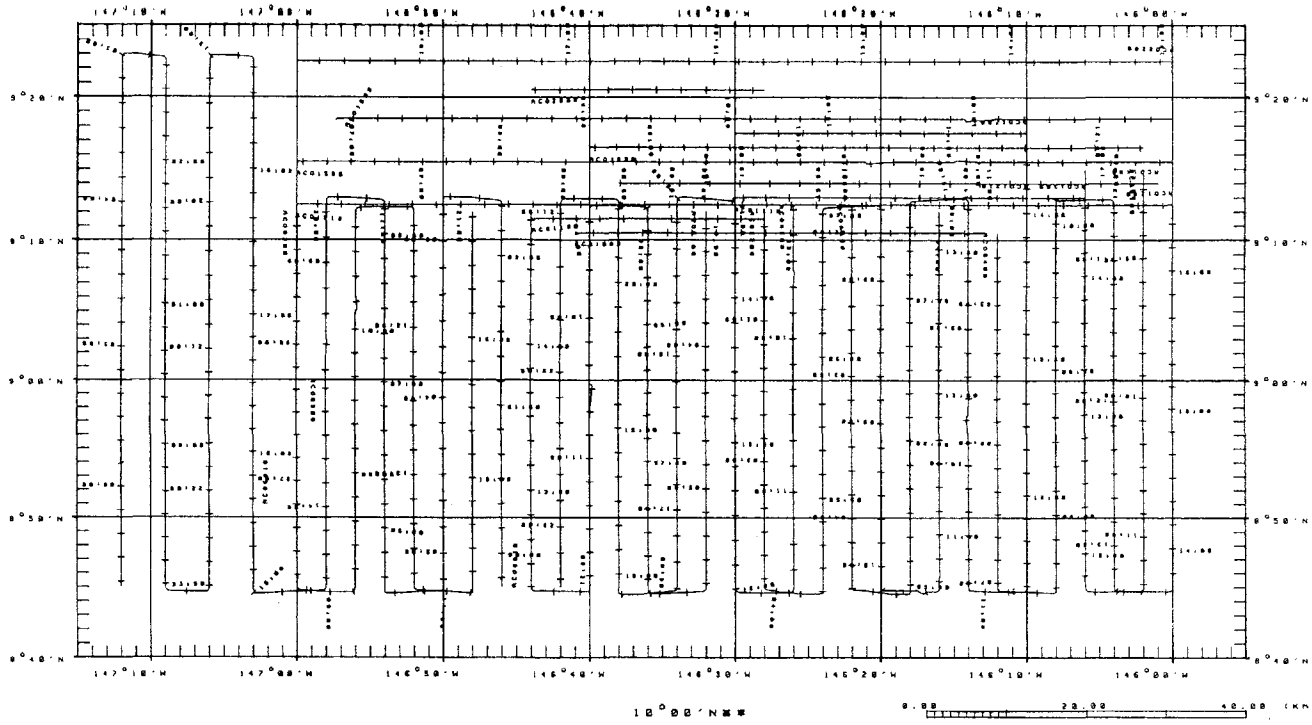


図2.4－3　航跡図（ＴＡ－Ｃ海域）

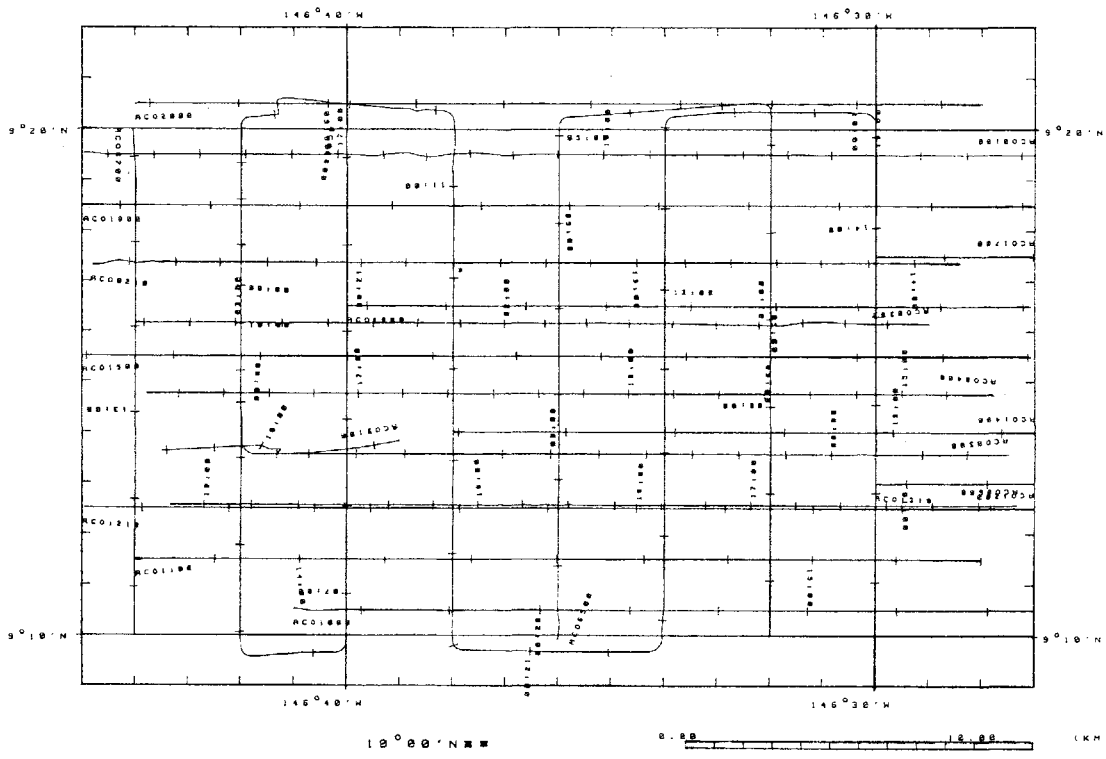


図2.4－4　航跡図（ＴＡ－Ｃ３海域）

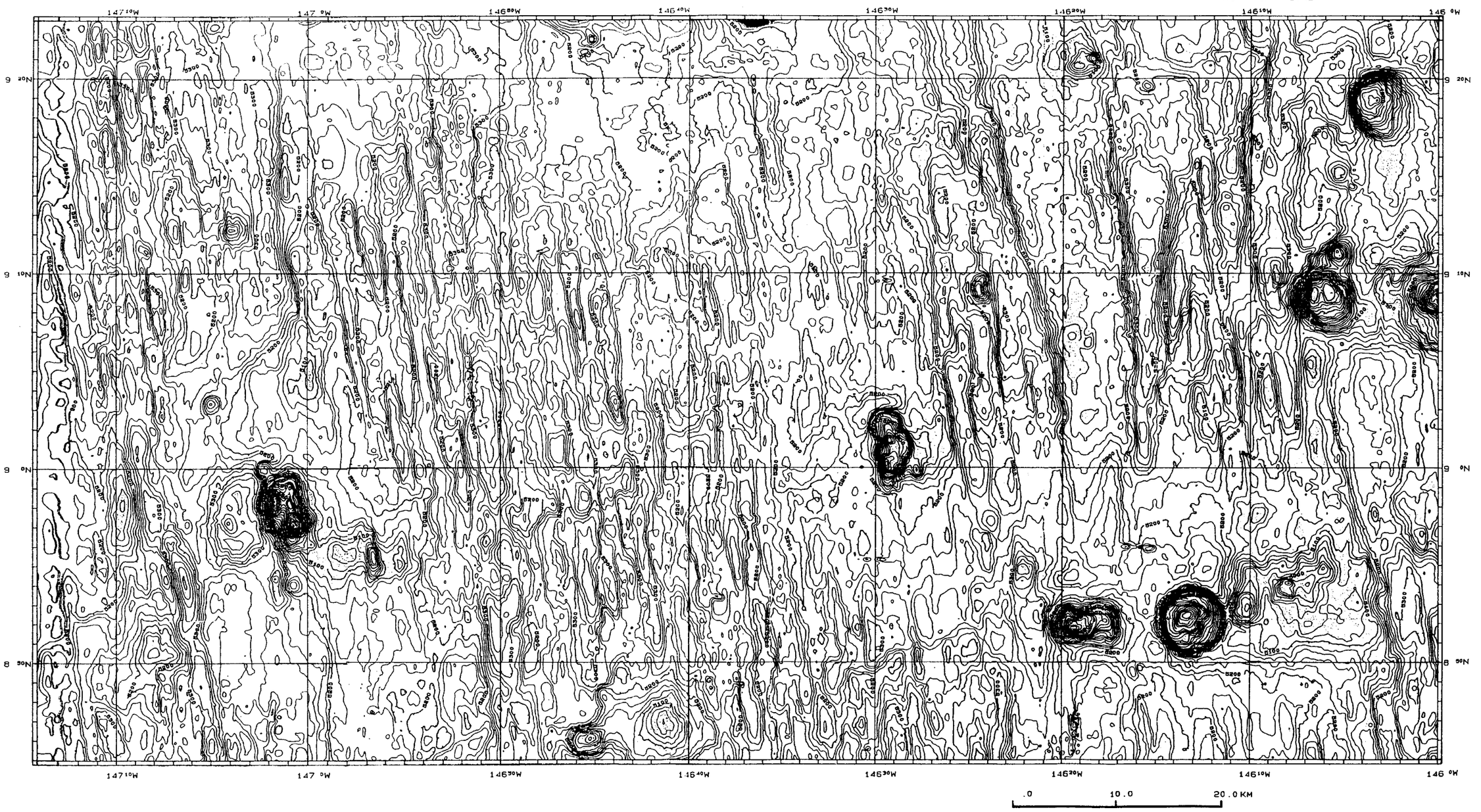


図2.4－5　海底地形図（ＴＡ－Ｃ海域）

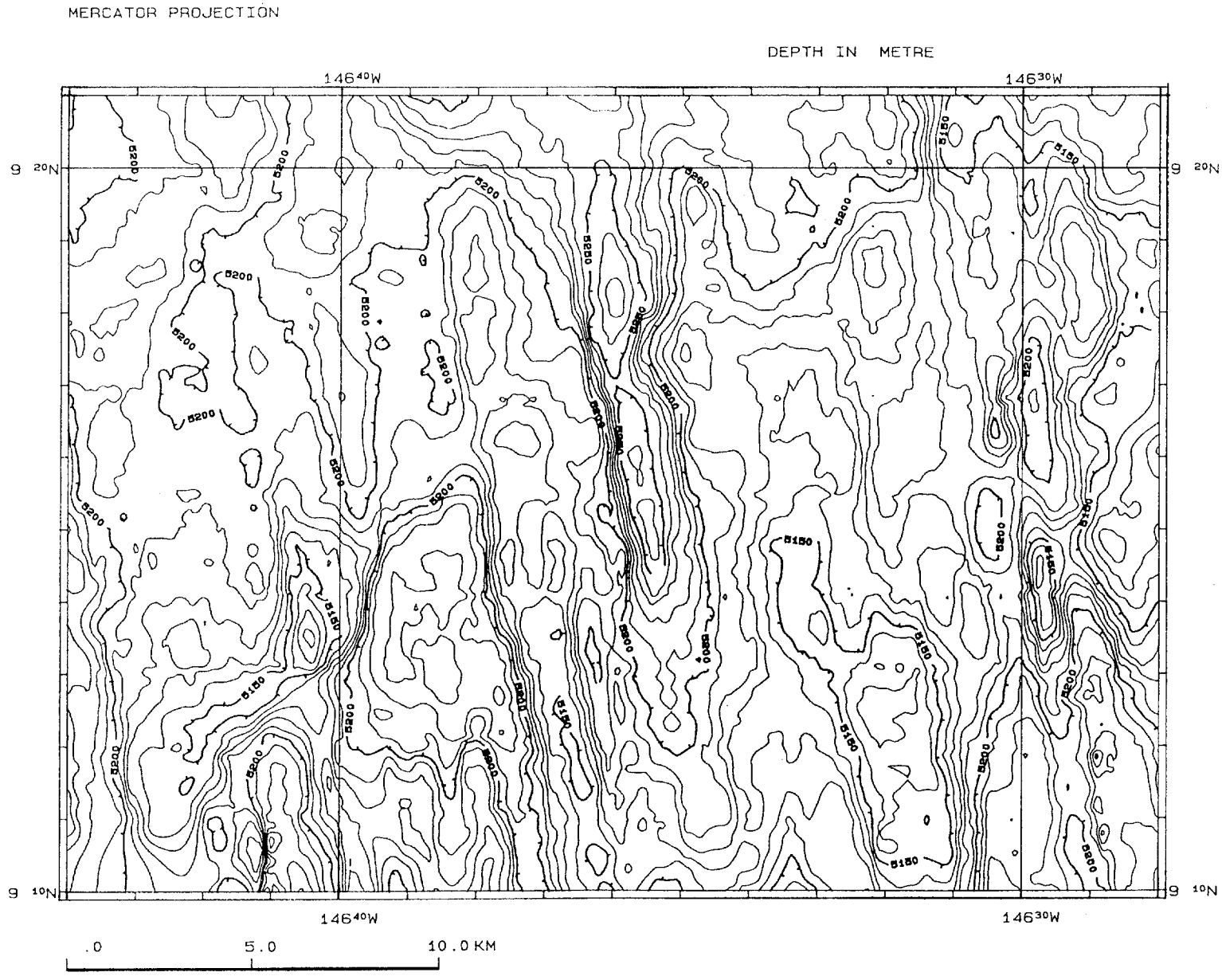


図2.4－6　海底地形図（ＴＡ－Ｃ３海域）

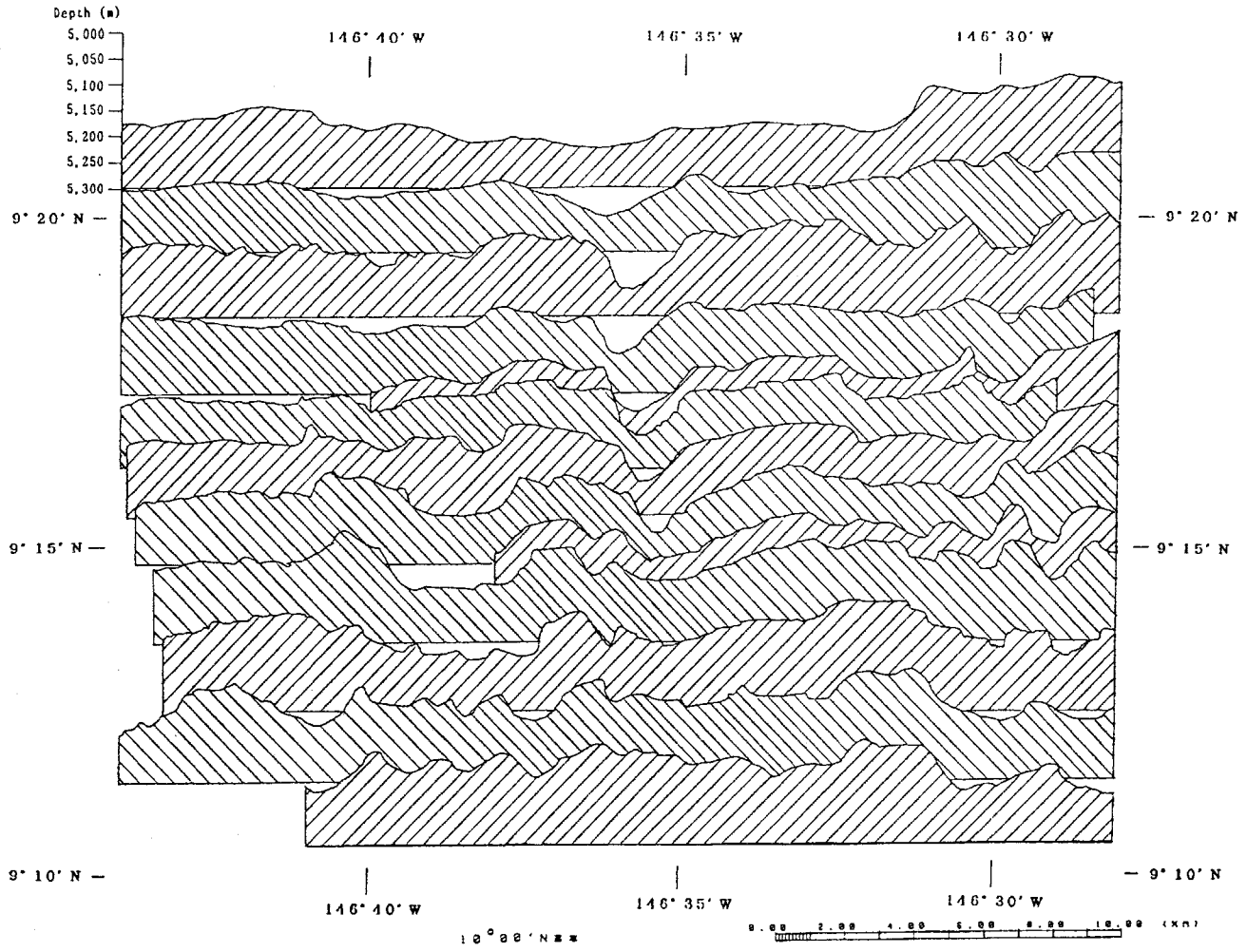


図2.4－7　海底地形断面図（ＴＡ－Ｃ３海域，東西方向）

観測では無補正値であるので，混同しない注意が必要である。

この海底地形図（図2.4－5，－6）は，測線間隔1海里の観測により得られた“TA-C3”の海底地形図であって，等深線間隔は10cmで信頼性も高いと考えられる。また世界的に見ても深海底の地形図としてはほとんど例がないと思われる。平成2年度(NBS測深）の地形図と比較すると，音速の自動補正により水深が20m増加しているが，実データによって描かれた部分がほとんどで，補正は僅かであるだけに，等深線の形状が自然さを増しており，他のデータからもそれが裏付けられている。

この区域の地形の特徴としては以下の諸点が指摘されている。

① 地形の傾向として，北北東－南南西(NNE－SSW)方向の起伏が卓越し，約5海里間隔に配列された比高30～50mの丘陵とその間にある深さ約50mの凹地が連続している。

② TA-C2 内の水深は最大 5,270m，最小 5,110mであり，従って水深差は最大 160mである。

③ 図2.4－9はＭＢＥＳ観測値の 150m間隔格子データから， 300m区間の最大斜度を計算して作成したTA-C3 海域の斜度分布図である。中央部(146° 36′ W 経線沿い）には北北東～南南西方向に連続する深さ約70mの溝状地が存在する。この斜面部の傾斜はこの区域内で最大で，6° を超えるものと推定される。

④ TA-C3 海域の西方約4～5海里（4分の1）の範囲及び中央線から東方5海里（4分の1）の区域には平坦地が発達し，その水深は 5,180mないし 5,150mである。

⑤ 前項の平坦地の中間部分には，水深 5,190m～ 5,110mの丘陵地が発達している。

以上はすでに平成2年度までにもほぼ判明していたが，今回さらに確実に認められた事項である。さらに平成3年度の知見としては，以下の諸項が加えられた。

⑥ この海域の南西隅から中央北部にかけて，斜め(N60° E 方向）に走る地形の線状構造(ﾘﾆｱﾒﾝﾄ)が存在し，また海域南東部にもこれと並行する線状構造が認められた。

なお，採鉱設計の上で明らかに考慮が必要であろうと考えられる海丘は，TA-C3 の範囲を設定する際に除外されているので当然この中には存在しないが，TA-C3 の南東側及び南西方のTA-C2 海域には8～12個の海丘が見いだされている。なおこれらの中には，従来は見落とされていたが，今回のMBES調査で発見された小海丘が若干数含まれている。

(2) ノジュールの濃集・分布状況

ノジュールの調査は定石どおりサンプリング及び海底写真撮影によって行われたが，その測線測点配置は，これまでのデータの密度が低い部分を充足するように決定された。図2.4－10はサンプリング点，写真撮影測線等を総括した調査位置の配置図である。二つの方法による調査はそれぞれ得失があり，大筋では同様な傾向を示すものの，両者の結果は必ずしも

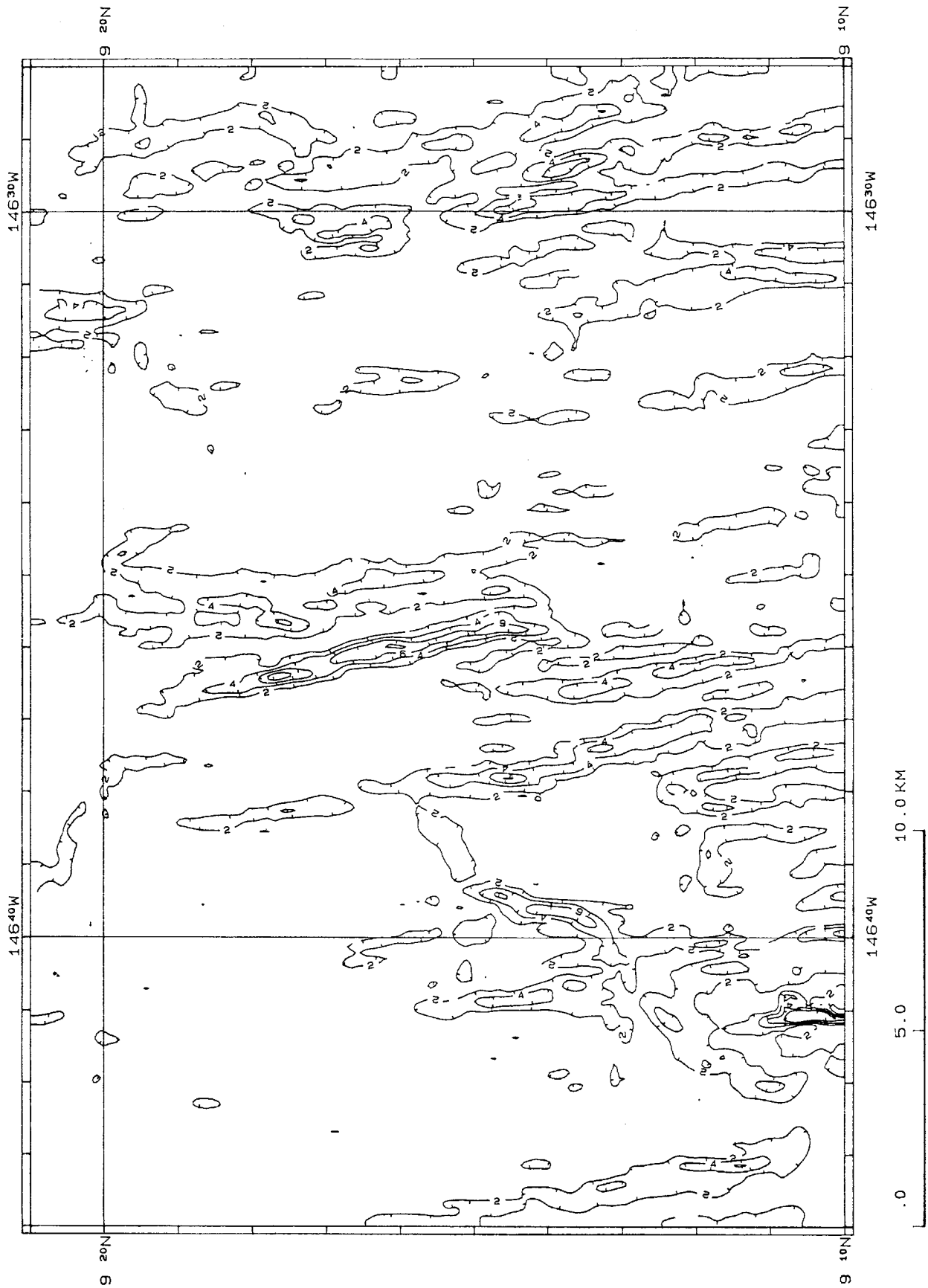


図2.4－9　海底斜度分布図（ＴＡ－Ｃ３海域）

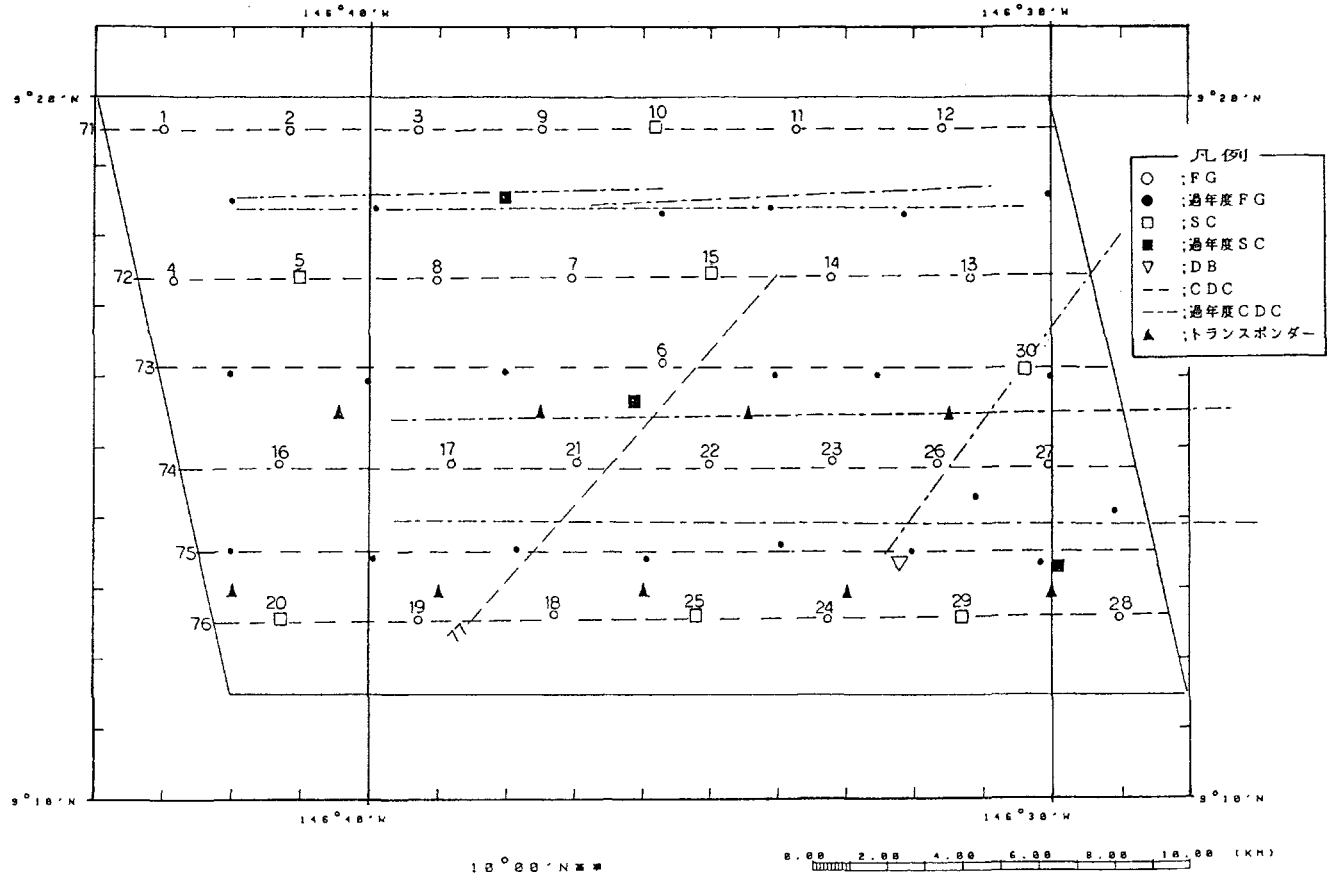


図2.4－10　測線・測点の配置図

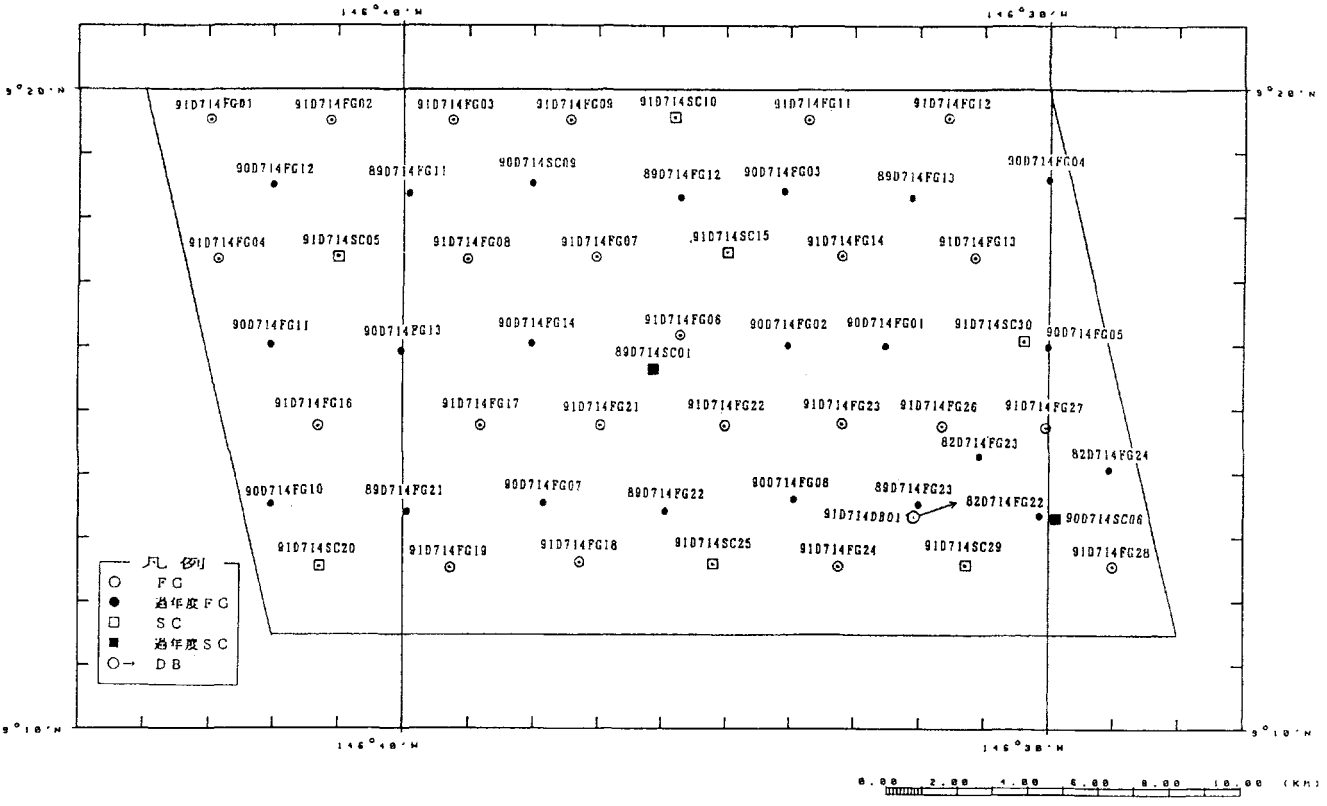


図2.4－11　試料採取点の配置図

良い一致を示しているわけではないので，以下に項を分けて記載する。

(a) **サンプリングによる調査結果**

サンプリングは図2.4－11に示したように30点（FFG 23点及びSC 7点）において行われ，湿重量，粒度，形状，性状等の測定・記載が行われた。

① 濃集率（分布密度）

まず図2.4－12に試料採取結果から描かれたTA-C3 海域の分布密度図を示す。図では5.0kgf/㎡ないし 7.5kgf/㎡を超える区域が大部分であり， 5.0kgf/㎡未満の小区域が6ヵ所ほど描かれているが，この種の図面を作成するためにはサンプリングデータの数が全く不足であるように見受けられる。十分ではない数のデータから等濃集率線を作成することは難しく，このことは後述の写真撮影（CDC)結果からの同種の図面とかなり様相が異なることからも明らかである。

表2.4－3にはノジュールサンプルの湿重量から求めた濃集率（分布密度）の一般統計を，図2.4－13には出現頻度分布を示した。これらは昨年度までにこの海域で得られた24点をも含めた54測点の試料に関する値である。

昨年度までに11.4kgf/㎡と計算されていた濃集率は，本3年度の測定値を加味すると7.46kgf/㎡と大幅に減少するものの総平均では9.21kgf/㎡という値で，濃集率としては中位の値である。この様に，観測密度が増加するに従って濃集率の値が減少する傾向は，従来から認められていたものである。

さらに，これまでの 7.5kgf/㎡以上の範囲で63％を占め， 5.0kgf/㎡以上では78％に達することが知られる。さらに15.0kgf/㎡を超えるデータが13％を占め，最大値は約22kgf/㎡に及ぶ。以上のことから，この海域がノジュールのかなり豊富な分布区域であることが判る。

② ノジュールの形状

平成3年度の調査において採取されたノジュールの形状は，表2.4－4に見られるように，上記のうち偏平礫状及び塊状を除く5形状で，偏平楕円状（通常型及び厚型）が卓越し採取量率では90％を超える。採取点ごとの形状と分布密度との関係を見ると，球状・小石状は合わせても1kgf/㎡に満たず，偏平楕円状厚型が 11.72kgf/㎡，偏平楕円状通常型が8.87kgf/㎡と高い濃集率を示している。このことは，いいかえれば，同一形状であれば容積ないしは重量は直径の3乗に比例するので，小径のものは数が多くても量的には多くないということであり，賦存量を重視するならば粒径の大きいノジュールの方が重要であるということを示していることになる。

ノジュールは不規則な外形を持つので，粉体工学，土質力学等で使用されている種々

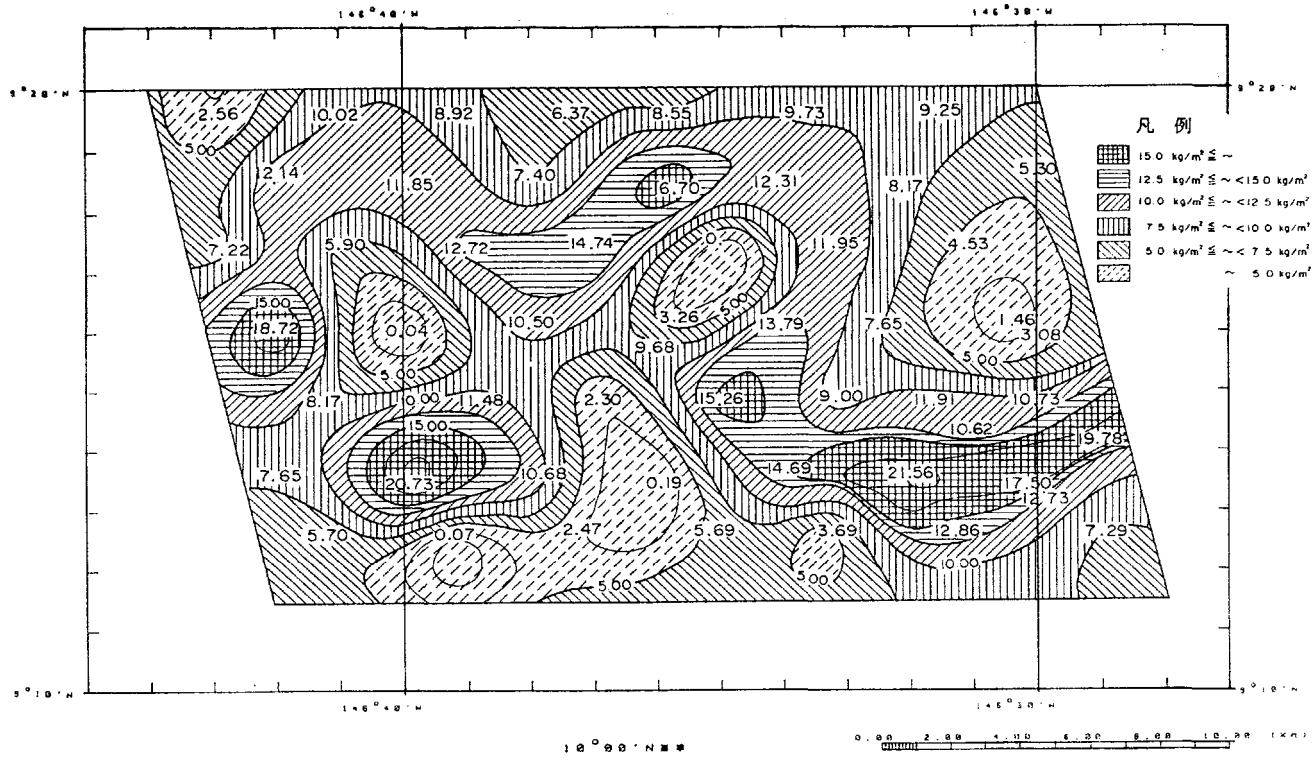


図2.4－12　ノジュールの分布密度分布図

（ＴＡ－Ｃ３海域，サンプリング結果による）

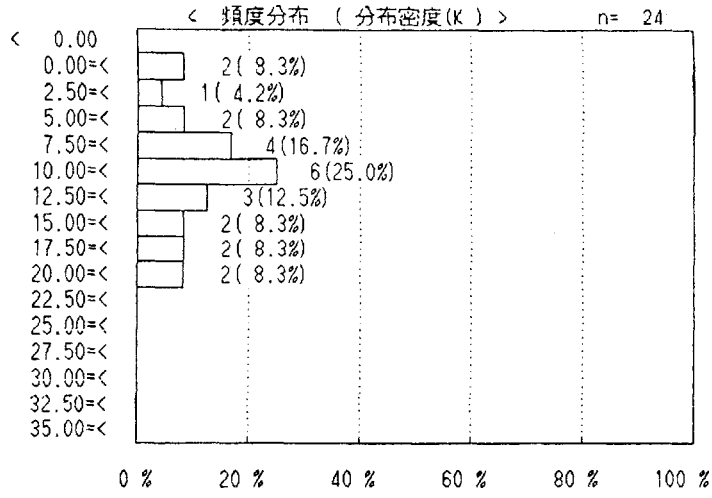
表2.4－3　ノジュールサンプルによる濃集率の一般統計表

主形状	サンプル数	採取量率	平均分布密度
	点	%	kgf/m²
球状	1	1.9	0.04
偏平楕円通常型	29	52.8	8.87
偏平楕円厚型	21	39.6	11.72
偏平礫状	0	0	——
小石状	3	5.7	0.85
塊状	0	0	——
合計	54	100.0	9.21

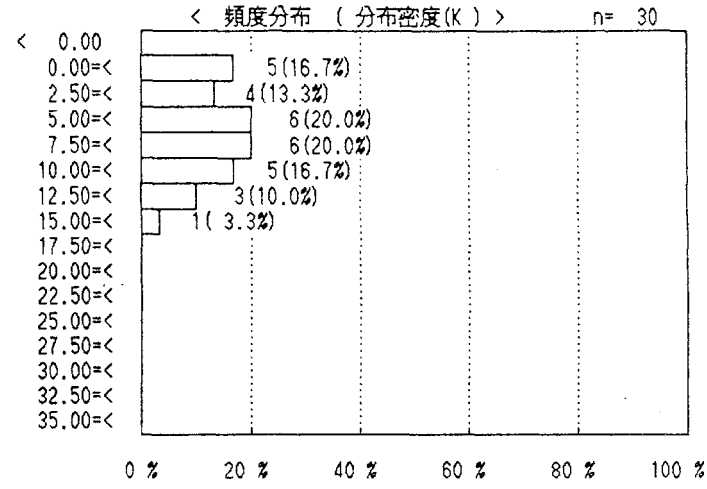
表2.4－4　ノジュールの形状別採取状況

単位：kgf-wet/m²

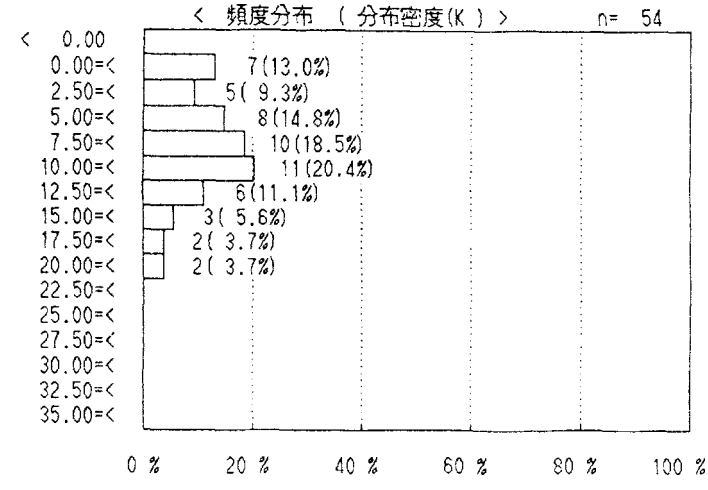
	～平成2年度	平成3年度	全データ
平均値	1.39	7.64	9.21
標準偏差	6.00	4.28	5.42
最大値	21.56	15.26	21.56
最小値	0.04	0	0
レンジ	1.52	15.26	21.56
採取点数	24点	30点	54点



過年度データによる頻度分布



今年度データによる頻度分布



全データによる頻度分布

図2.4－13　ノジュールの濃集率出現頻度分布図

な定義による複雑な表現方法が適用でき，また海洋地質学の研究者なども個々に独自の命名・分類を行っている。ここでは，国のノジュール探査事業において従来から慣用的に用いられてきた表2.4－5のような定義があるので，これに従うこととする。

表2.4－5　ノジュール形状の名称とその定義（深海底鉱物資源探査等事業）

ノジュールを海底にあったと思われる方向に向けて平板上に置き，平面方向と長軸方向とに直交する断面における形状によって分類する。

(A) 水平面における形状が円形ないし楕円形を示すもの

球　　状：球に近い形状で，断面上で短径と長径との比が 3/4(0.75)を超えるものをいう。寸法の大小は無関係とする。

偏平楕円状：断面上の短径長径比が 3/4未満のものをいう。さらにこれを分けて，短径と長径との比が 1/2 (0.5)以上のものを「偏平楕円状厚型」と称し，また1/2 (0.5) を超えないものを「偏平楕円状」と呼ぶ。

偏平礫状：断面上において短径と長径との比が 1/4(0.25)以下であり，かつ長軸の長さが4㎝未満であって，滑らかな表面を有するものを「偏平礫状」という。

(B) 水平面における形状が円形ないし楕円形を示さないもの

塊　　状：外形が不規則な形状を示すものを「塊状」という。

板　　状：板状の外形を有するものを「板状」という。寸法は問わない。

小 石 状：長軸の寸法が4㎝未満で，亜角礫ないし亜円礫状の外形を有し，滑らかな表面を持つものを「小石状」と呼ぶ。

図2.4－14は採取試料のデータから作成された形状分布図であるが，後述するノジュール写真解析結果からも同様に形状分布図が作成されているので，図2.4－15を併せてこの項に示した。TA-C3 海域においては，偏平楕円通常型（Ｅ）が最も広く分布し，ついで偏平楕円厚型（Ｅｃ）がこれに次ぎ，小石状（Ｐ）は局部に僅か存在するのみである。

この図と分布密度図との比較からは，高分布密度の区域は，偏平楕円状特に厚型の分布域と一致していると言えるようである。同時に，球状・小石状の分布域は濃集率の低

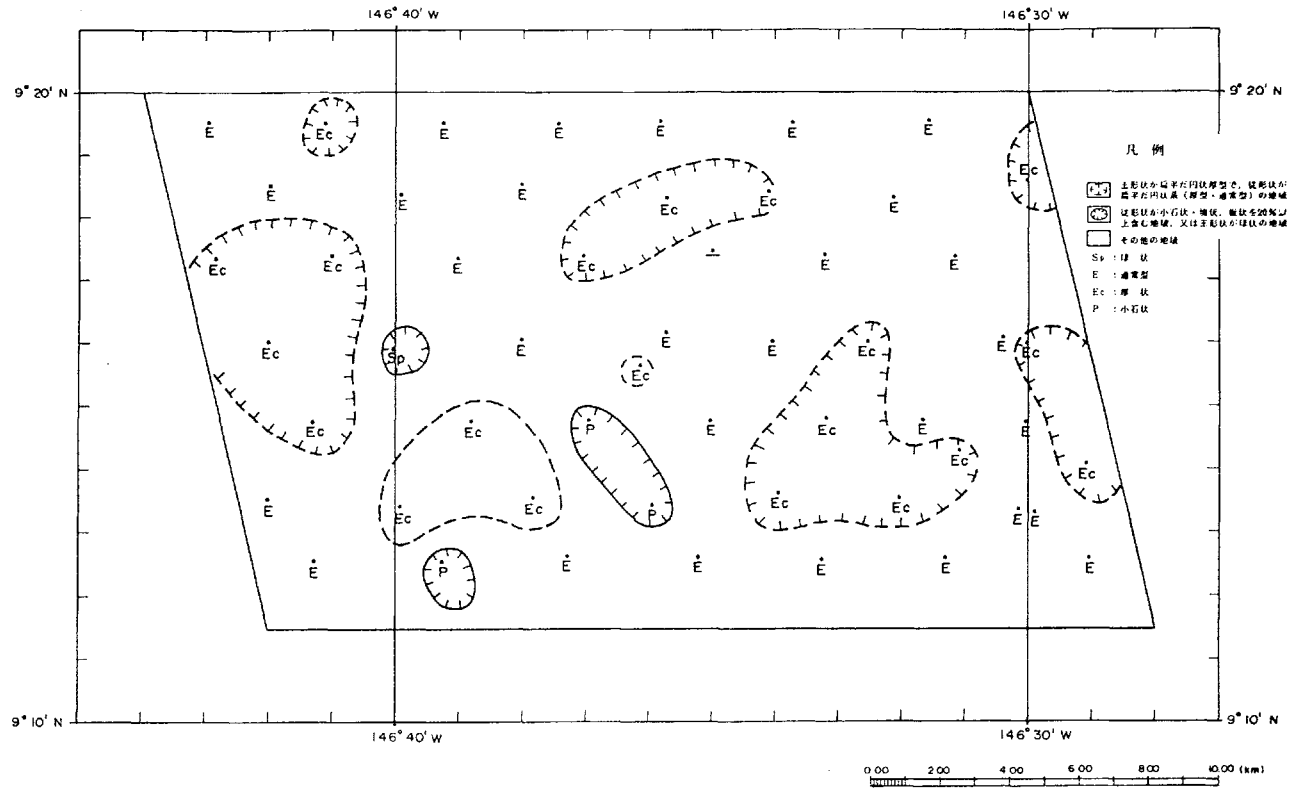


図2.4－14　ノジュールの形状別分布状況図（サンプリング結果による）

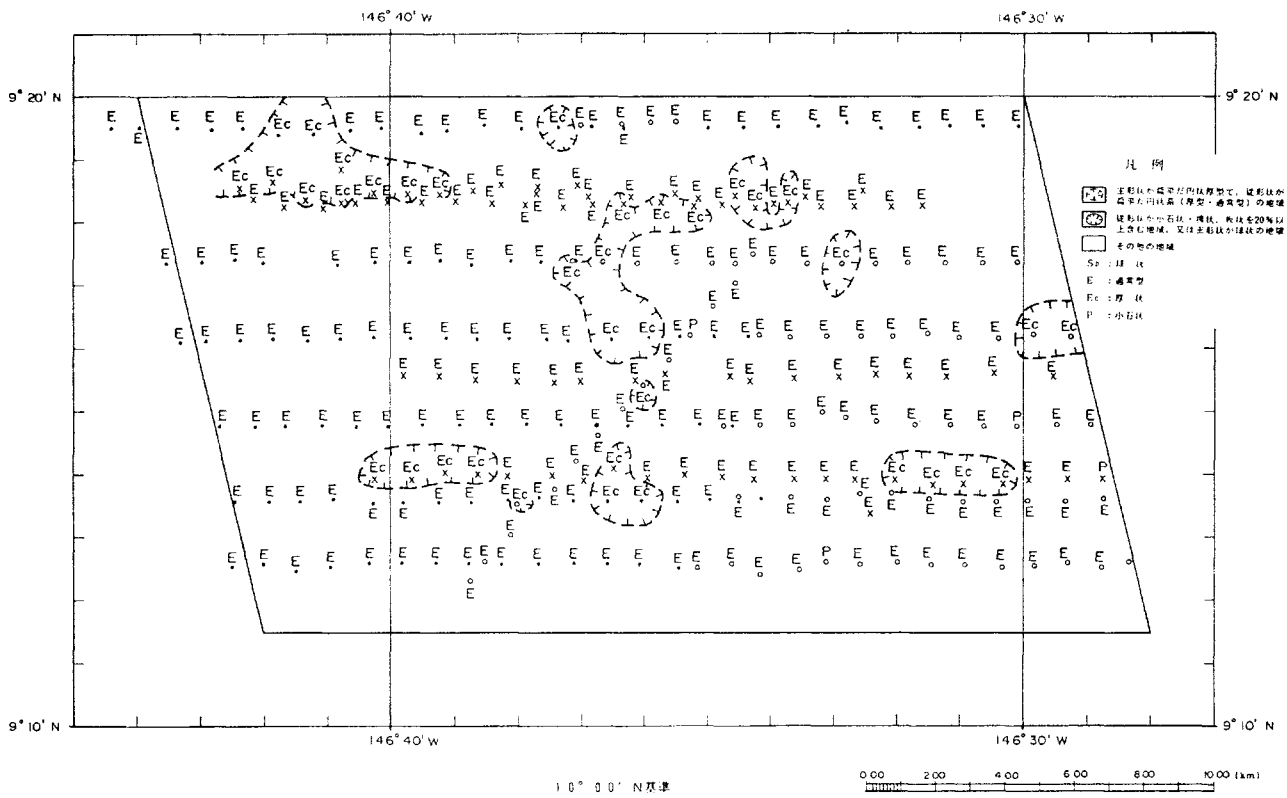


図2.4－15　ノジュールの形状別分布状況図（海底写真解析結果による）

い区域とある程度は一致する。

③ ノジュールの粒度

ノジュールの寸法は FFG，SC等で採取された試料について，最大面積となるような投影像を内包する円（２cm刻み）の直径寸法で測定・表示されている。試料の粒度分布状況は表2.4－6に，また粒径の出現頻度分布は図2.4－16によってそれぞれ示されている。

表2.4－6によれば，30試料採取点のうち分布密度10kgf/m²を超えるものは９点あるが，試料の粒度別構成をみると何れも４cmより大粒径のものがほぼ70％以上を超えており，大粒径のものが試料重量を増加させていることが判る。しかし，この様な傾向に反する地点のデータもあり，それを拾い出して見ると，表2.4－7に示すFG01，FG06及びSC30のように若干数の地点では，中粒径が多いにも拘わらず分布密度が小さい。

表2.4－7　粒度別の採取状況

試料番号	修整分布密度kgf/m²	採取率％					
		4-6cm	6-8cm	8-10cm	10-12cm	12-14cm	4-14cm
91D714 FG01	2.59	0	92	0	0	0	92
SC05	5.90	0	39	32	28	0	99
FG06	3.26	25	75	0	0	0	100
13	4.53	29	64	0	0	0	93
24	3.69	98	0	0	0	0	98
SC25	5.69	31	60	0	0	0	91
30	1.46	16	71	0	0	0	87

図2.4－17に示したのはこの海域の粒度分布区域図である。大部分の区域は６cm以上の粒径で占められており，また６cmあるいは４cm以下の小径のものは局部に限られている。

TA-C3 の全サンプリングデータ54点を一括して整理した前掲の図2.4－15においては，４cm以下の小径のものは 4.6％と少なく，12cmを超える大粒径のものも 1.4％のみである。ただし，10～12cmのものが 9.6％あり，これも無視し得ない量であると言えよう。ノジュールの大きさは，サンプルの測定以外に海底写真からも計算により求められて，

表2.4－6　ノジュール試料の粒度分布表（サンプリング結果による）

項　目	0 - 2 cm	2 - 4 cm	4 - 6 cm	6 - 8 cm	8 -10 cm	10-12 cm	12-14 cm	修正分布密度 kg/m²
過年度平均	0.3	3.2	20.9	36.3	27.2	12.1	0	11.39
91D714FG01	4	4	0	92	0	0	0	2.56
91D714FG02	1	2	41	32	24	0	0	10.02
91D714FG03	3	17	30	50	0	0	0	8.92
91D714FG04	2	4	32	0	62	0	0	7.22
91D714SC05	1	0	0	39	32	28	0	5.90
91D714FG06	0	0	25	75	0	0	0	3.26
91D714FG07	1	2	38	59	0	0	0	14.74
91D714FG08	0	1	30	49	20	0	0	12.72
91D714FG09	3	21	39	37	0	0	0	6.37
91D714SC10	0	8	43	49	0	0	0	8.55
91D714FG11	3	1	8	35	53	0	0	9.73
91D714FG12	1	10	37	26	26	0	0	9.25
91D714FG13	0	7	29	64	0	0	0	4.53
91D714FG14	0	6	34	21	0	0	39	11.95
91D714SC15	0	0	0	0	0	0	0	0.00
91D714FG16	3	3	33	0	61	0	0	8.17
91D714FG17	0	0	12	38	0	50	0	11.48
91D714FG18	0	0	100	0	0	0	0	2.47
91D714FG19	25	75	0	0	0	0	0	0.07
91D714SC20	1	10	20	16	0	53	0	5.70
91D714FG21	13	7	80	0	0	0	0	2.30
91D714FG22	0	3	34	45	18	0	0	15.26
91D714FG23	3	1	29	36	31	0	0	9.00
91D714FG24	2	0	98	0	0	0	0	3.69
91D714SC25	0	9	31	60	0	0	0	5.69
91D714FG26	1	0	11	0	51	37	0	11.91
91D714FG27	1	16	67	16	0	0	0	10.73
91D714FG28	1	0	12	27	60	0	0	7.29
91D714SC29	0	0	3	49	29	0	19	12.86
91D714SC30	1	12	16	71	0	0	0	1.46
今年度平均	1.2	4.7	30.3	34.5	19.5	6.6	3.2	7.46
全体平均	0.7	3.9	25.1	35.6	23.7	9.6	1.4	9.21

注）粒径毎の数字は採取率（％）を示す
　　平均粒径比率は加重平均
　　分布密度は単純平均

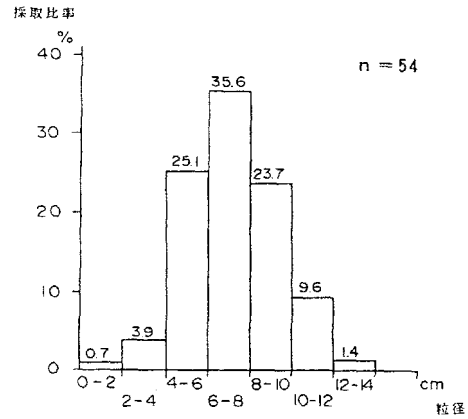


図2.4－16　ノジュール粒径の出現頻度分布図
（サンプリング結果による）

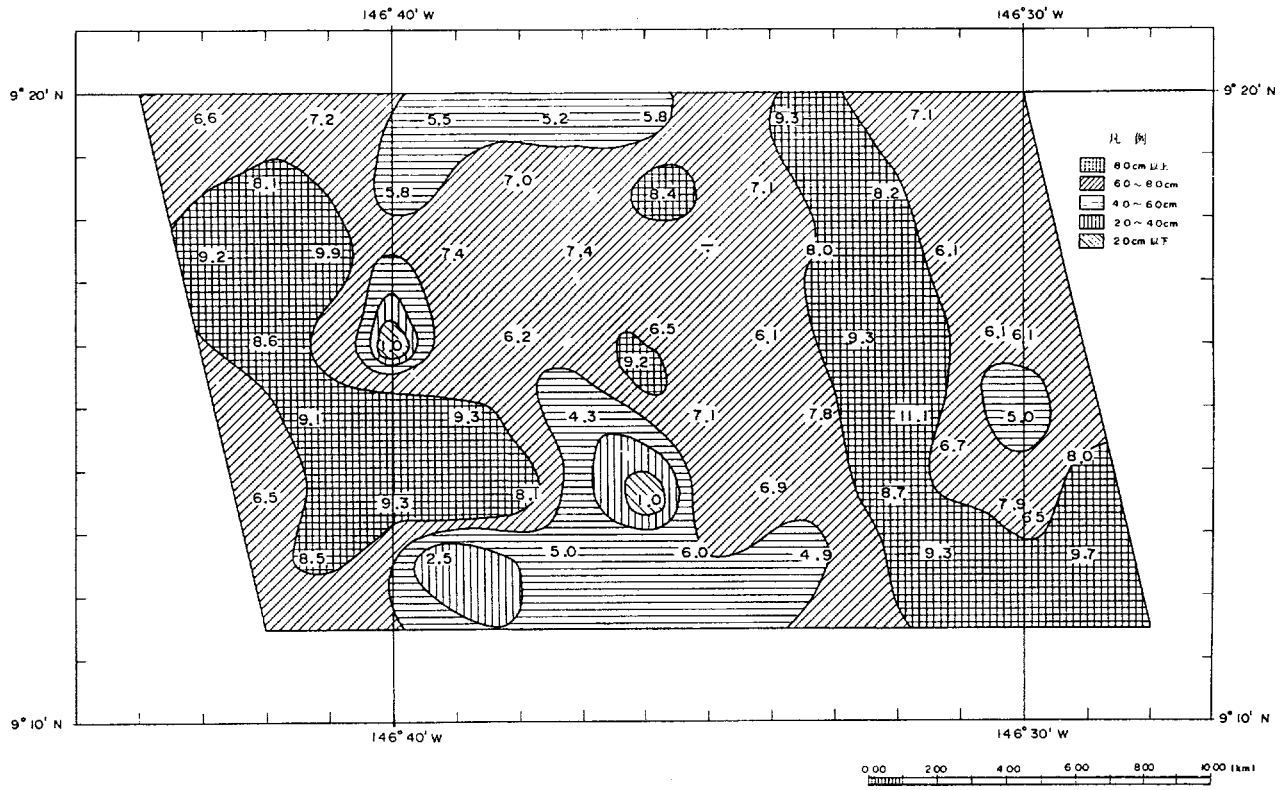


図2.4－17　ノジュールの粒径別分布状況図（サンプリング結果による）

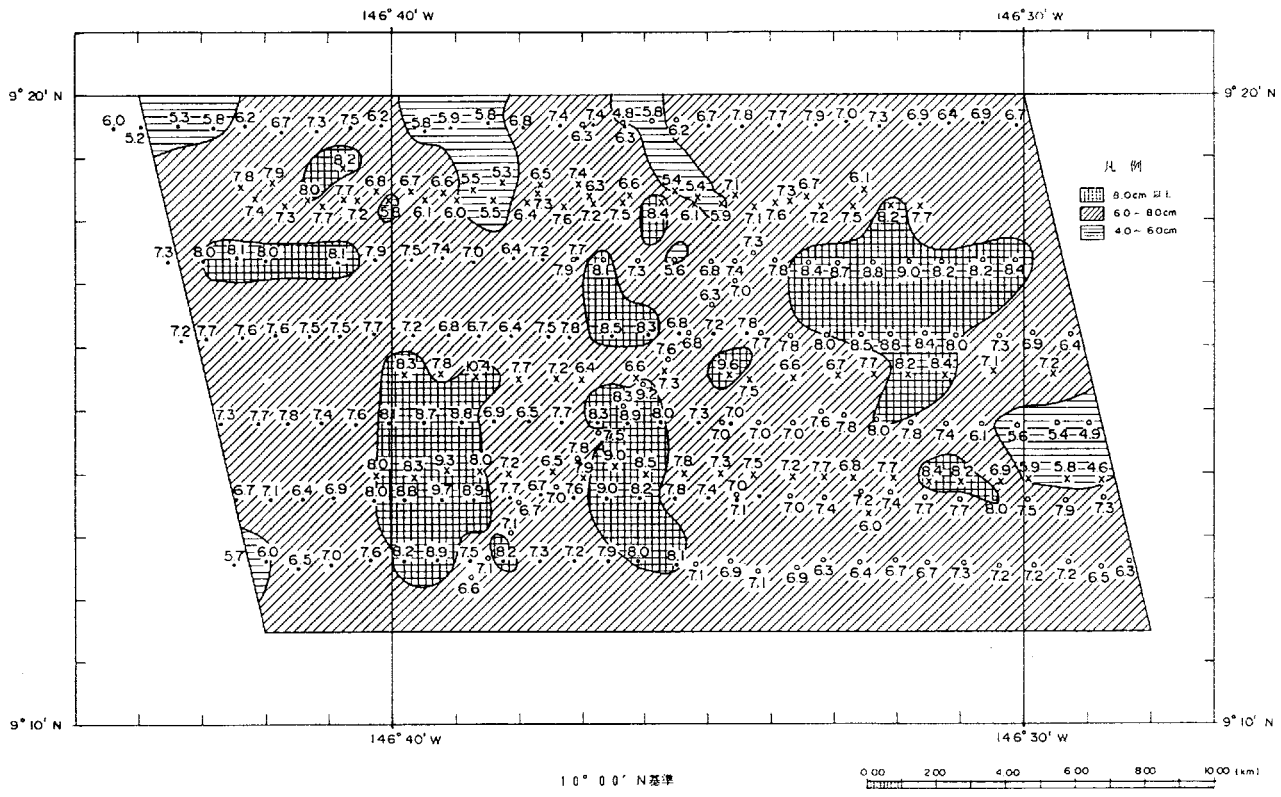


図2.4－18　ノジュールの粒径別分布状況図（海底写真解析結果による）

平均粒径と呼ばれている（後述）が，これはノジュールの占有面積の比率である被覆面積率と，ノジュールの個数とから算出されるもので，ここでいう粒度とはやや異なる。図2.4－18は，後述する写真解析結果から作成された粒度分布区域図である。

上記のことから，4㎝径以下のものを切り捨てても採取量の大勢には影響しないことが判る。同時に，8㎝程度の粒径までを取り込んでも，場所によっては必ずしも取得量が増加しない場合も少なくない。

(b) 海底写真による調査結果

長尺フィルムを用いる海底のスティル写真は，古くから海底調査に用いられてきたが，ノジュールの調査においても，カメラ装備のFFG によるノジュールの定量化解析の基準が求められてからは，一応は連続的な観測が容易であることと相俟って，長尺ネガカラーフィルムを用いた撮影が多用されている。

平成3年度にはTA-C3 海域において，図2.4－19のように7本（作業の単位としては14本）の測線が設定され，前年度の撮影枚数 630枚をはるかに上回る約 2,200枚の写真が撮影された。船上では直ちにそのカラー印画が作成され，これからノジュールの諸元を計測して，ノジュールの分布状況が解析された。

客観的に厳しく見ると，画像の鮮鋭度，照明条件，撮影間隔等の撮影条件，あるいは画像解析の手法・機器等になお改善の余地があるように思われるが，事業の目的を達成するには十二分な写真が得られ，ノジュール分布密度，平均粒径など概ね満足すべきデータが得られているようである。

なお今回のデータは，測線長延べ90.7海里（約 168km），撮影枚数 2,201枚であり，撮影間隔の総平均は76.4mと計算される。

① 濃集率（分布密度）

ノジュールの海底写真観測は，サンプリングよりも能率的にデータが得られることから，ノジュール分布状況調査の主流となりつつある。しかし，そのデータには，写真位置の決定方法，画像からのノジュール量・粒径の計算方法等，解析処理方法がすべて完璧な段階に達した訳ではない。また，連続撮影が行われてはいるがその間隔は数10ないし数 100mで不安定であり，画面を接続（モザイク）できるような画像も得られていないようである。

このような状況はさておき，本年度には14測線 2,200枚余の写真から，種々の成果物が作成されている。因みに，表2.4－8は，撮影条件及び計測結果をまとめた写真データリストの一部である。

表2.4－9は，写真から測定されたノジュール分布状況の測線別統計表である。ノ

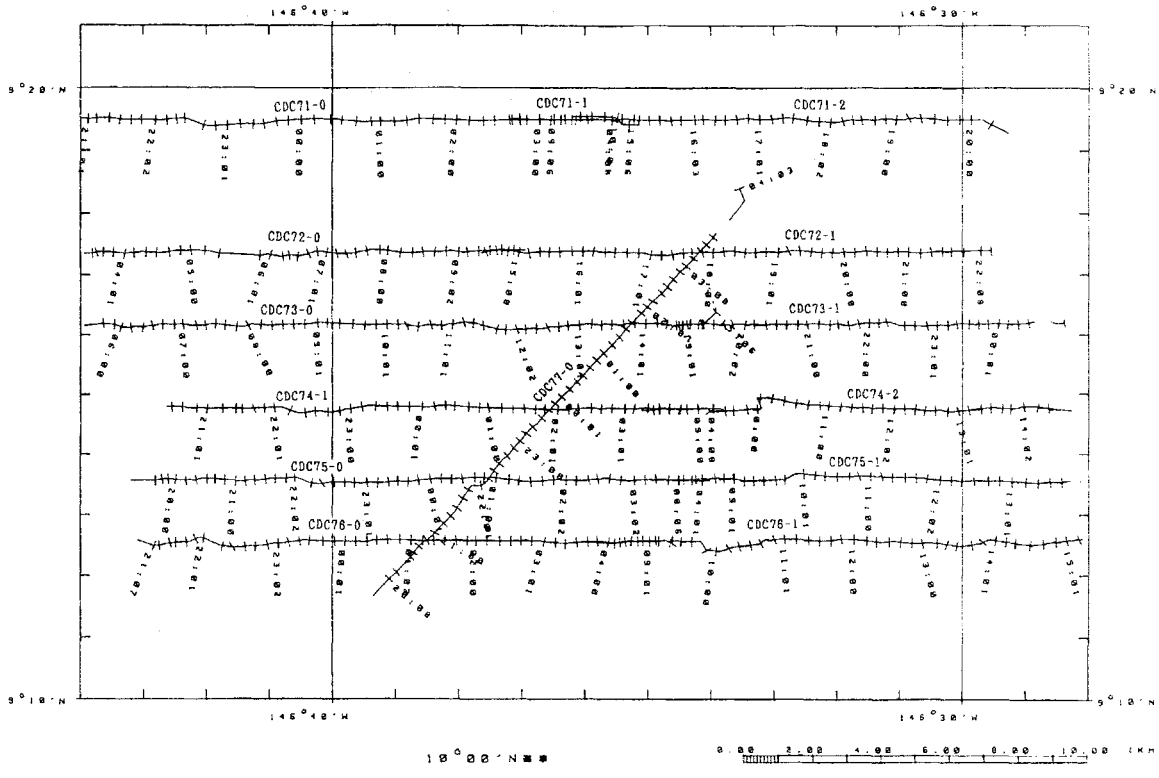


図2.4－19　海底写真撮影航跡図（ＴＡ－Ｃ３海域）

表2.4－8　ノジュール海底写真データリスト（部分）

CDC91152.DAT　(P.25)
ＣＤＣ７５－１測線

番号	日付 年	月	日	撮影時刻 時	分	秒	測線	測点	写真番号	カメラ位置 緯度	経度	撮影水深	推定形状	鍾直径	撮影面積	ノジュール個数 /写真	/m2	面積率	分布密度	平均直径
1	91.	5.	24	8:	12:	40	152	001	1	9°13.584′N	146°34.436′W	5,166.0	E	0.70	1.543	156.0	101.1	17.6	9.82	6.94
2	91.	5.	24	8:	18:	25	152	002	2	9°13.581′N	146°34.340′W	5,163.0	E	0.70	1.543	247.0	160.1	28.1	14.68	6.97
3	91.	5.	24	8:	23:	55	152	003	3	9°13.590′N	146°34.244′W	5,163.0	E	0.70	1.543	146.0	94.6	20.2	12.22	7.69
4	91.	5.	24	8:	30:	20	152	004	4	9°13.593′N	146°34.134′W	5,156.0	E	0.70	1.543	95.0	61.6	11.2	6.84	7.10
5	91.	5.	24	8:	35:	20	152	005	5	9°13.591′N	146°34.048′W	5,152.0	E	0.70	1.543	234.0	151.7	23.7	11.98	6.58
6	91.	5.	24	8:	37:	35	152	006	6	9°13.592′N	146°34.010′W	5,150.0	E	0.70	1.543	276.0	178.9	29.9	15.10	6.80
7	91.	5.	24	8:	39:	50	152	007	7	9°13.593′N	146°33.973′W	5,149.0	E	0.70	1.543	232.0	150.4	28.8	15.65	7.28
8	91.	5.	24	8:	42:	15	152	008	8	9°13.599′N	146°33.933′W	5,147.0	E	0.70	1.543	167.0	108.2	18.6	10.23	6.90
9	91.	5.	24	8:	44:	40	152	009	9	9°13.600′N	146°33.894′W	5,145.0	E	0.70	1.543	181.0	117.3	23.0	13.08	7.37
10	91.	5.	24	8:	46:	45	152	010	10	9°13.602′N	146°33.861′W	5,143.0	E	0.70	1.543	195.0	126.4	23.7	13.12	7.21
11	91.	5.	24	8:	48:	55	152	011	11	9°13.600′N	146°33.826′W	5,140.0	E	0.70	1.543	183.0	118.6	21.7	12.03	7.12
12	91.	5.	24	8:	51:	10	152	012	12	9°13.600′N	146°33.791′W	5,140.0	E	0.70	1.543	160.0	103.7	18.0	9.99	6.93
13	91.	5.	24	8:	53:	10	152	013	13	9°13.599′N	146°33.757′W	5,139.0	E	0.70	1.543	187.0	121.2	20.1	10.73	6.78
14	91.	5.	24	8:	56:	0	152	014	14	9°13.596′N	146°33.713′W	5,136.0	E	0.70	1.543	166.0	107.6	18.6	10.26	6.92
15	91.	5.	24	8:	58:	55	152	015	15	9°13.593′N	146°33.659′W	5,136.0	E	0.70	1.543	109.0	70.6	12.2	7.16	6.91
16	91.	5.	24	9:	1:	30	152	016	16	9°13.593′N	146°33.626′W	5,131.0	E	0.70	1.543	51.0	33.1	7.1	5.04	7.71
17	91.	5.	24	9:	4:	10	152	017	17	9°13.590′N	146°33.584′W	5,129.0	E	0.70	1.543	59.0	38.2	8.7	6.17	7.94
18	91.	5.	24	9:	7:	5	152	018	18	9°13.558′N	146°33.518′W	5,125.0	E	0.70	1.543	118.0	76.5	9.7	5.05	5.93
19	91.	5.	24	9:	10:	15	152	019	19	9°13.555′N	146°33.472′W	5,122.0	E	0.70	1.543	152.0	98.5	17.5	9.87	7.01
20	91.	5.	24	9:	13:	20	152	020	20	9°13.555′N	146°33.428′W	5,121.0	E	0.70	1.543	199.0	129.0	21.0	11.03	6.71
21	91.	5.	24	9:	17:	35	152	021	21	9°13.558′N	146°33.365′W	5,119.0	E	0.70	1.543	244.0	158.1	29.0	15.41	7.13
22	91.	5.	24	9:	20:	10	152	022	22	9°13.560′N	146°33.324′W	5,118.0	E	0.70	1.543	200.0	129.6	32.6	19.93	8.34
23	91.	5.	24	9:	22:	35	152	023	23	9°13.562′N	146°33.290′W	5,116.0	E	0.70	1.543	217.0	140.6	20.9	10.50	6.41
24	91.	5.	24	9:	24:	45	152	024	24	9°13.562′N	146°33.253′W	5,116.0	E	0.70	1.543	179.0	116.0	20.8	11.49	7.05
25	91.	5.	24	9:	27:	40	152	025	25	9°13.561′N	146°33.204′W	5,115.0	E	0.70	1.543	107.0	69.4	13.8	8.54	7.42
26	91.	5.	24	9:	30:	20	152	026	26	9°13.562′N	146°33.160′W	5,112.0	E	0.70	1.543	101.0	65.5	13.0	8.11	7.42
27	91.	5.	24	9:	32:	45	152	027	27	9°13.562′N	146°33.119′W	5,111.0	E	0.70	1.543	88.0	57.0	15.6	11.11	8.70
28	91.	5.	24	9:	35:	35	152	028	28	9°13.562′N	146°33.070′W	5,110.0	P	0.70	1.543	56.0	36.3	5.8	3.66	6.65
29	91.	5.	24	9:	38:	35	152	029	29	9°13.565′N	146°33.026′W	5,111.0	Ec	0.70	1.543	72.0	46.7	10.7	7.38	7.97
30	91.	5.	24	9:	41:	55	152	030	30	9°13.571′N	146°32.975′W	5,119.0	E	0.70	1.543	42.0	27.2	5.6	4.03	7.55

表2.4－9　ノジュール海底写真撮影・解析データ一覧表

測線名	統計値	撮影水深（m）	ノジュール個数		面積率（%）	分布密度（kg/m²）	平均直径（cm）
			／写真	／m²			
CDC71-0	最大値	5,253	292.0	189.3	23.4	12.93	8.81
	最小値	5,145	22.0	14.3	3.1	1.70	4.32
	平均値	5,176	120.2	77.9	11.4	6.34	6.30
	標準偏差	20.2	48.3	31.3	4.5	2.56	0.94
CDC71-1	最大値	5,227	392.0	256.7	26.8	12.95	9.43
	最小値	5,178	12.0	7.8	2.5	2.13	3.61
	平均値	5,205	172.9	112.0	13.4	6.59	5.66
	標準偏差	16.9	100.8	65.4	7.2	3.35	1.26
CDC71-2	最大値	5,181	234.0	151.7	27.5	14.97	8.79
	最小値	5,097	6.0	3.9	0.5	0.24	2.64
	平均値	5,152	88.1	57.1	10.7	6.68	7.17
	標準偏差	20.1	46.4	30.1	5.7	3.27	1.04
CDC72-0	最大値	5,191	278.0	180.2	30.1	17.22	9.67
	最小値	5,136	56.0	36.3	8.1	5.34	5.65
	平均値	5,166	136.1	88.2	18.0	10.94	7.48
	標準偏差	12.4	49.5	32.1	4.7	2.33	0.75
CDC72-1	最大値	5,226	436.0	282.6	38.8	20.47	10.84
	最小値	5,113	8.0	5.2	1.1	1.03	4.97
	平均値	5,149	125.2	81.1	16.4	10.29	7.38
	標準偏差	25.6	91.6	59.4	7.5	3.62	1.32
CDC73-0	最大値	5,241	346.0	224.3	34.2	18.10	12.29
	最小値	5,122	1.0	0.6	0.2	0.29	4.22
	平均値	5,161	126.0	81.7	15.7	9.43	7.26
	標準偏差	23.9	68.7	44.5	6.9	3.50	1.07
CDC73-1	最大値	5,201	396.0	256.7	31.0	16.49	11.17
	最小値	5,131	3.0	1.9	0.3	0.29	5.05
	平均値	5,161	90.8	58.8	12.2	7.91	7.50
	標準偏差	18.0	65.5	42.4	7.0	3.82	1.13
CDC74-1	最大値	5,250	280.0	181.5	27.8	15.84	14.62
	最小値	5,115	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
	平均値	5,171	76.7	49.7	10.2	6.65	7.50
	標準偏差	30.6	65.4	42.4	7.5	4.20	1.67
CDC74-2	最大値	5,199	468.0	303.3	27.8	15.33	9.24
	最小値	5,012	8.0	5.2	0.9	0.51	4.18
	平均値	5,137	129.8	84.1	13.1	7.40	6.48
	標準偏差	26.0	100.8	65.3	7.4	3.58	1.22
CDC75-0	最大値	5,201	360.0	233.3	31.7	15.91	11.78
	最小値	5,080	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
	平均値	5,156	76.0	49.3	9.9	6.52	7.40
	標準偏差	30.2	66.6	43.1	6.8	3.62	1.55
CDC75-1	最大値	5,199	276.0	178.9	32.6	19.93	10.77
	最小値	5,110	1.0	0.6	0.1	0.11	4.62
	平均値	5,143	108.7	70.5	13.9	8.43	7.37
	標準偏差	22.9	72.0	46.7	8.7	4.59	0.94
CDC76-0	最大値	5,208	397.0	257.3	28.1	14.34	10.86
	最小値	5,107	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
	平均値	5,155	64.1	41.5	7.9	5.16	7.17
	標準偏差	28.8	63.1	40.9	6.4	3.65	1.86
CDC76-1	最大値	5,206	355.0	230.1	33.1	15.27	9.98
	最小値	5,090	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
	平均値	5,145	107.5	69.7	11.5	6.58	6.74
	標準偏差	30.1	74.2	48.1	7.3	3.67	0.93
CDC77-0	最大値	5,242	251.0	162.7	26.1	14.61	11.93
	最小値	5,102	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
	平均値	5,162	79.3	51.4	9.4	5.83	7.09
	標準偏差	33.7	61.4	39.8	6.9	3.72	1.50

備考：写真の撮影面積は 1.543m²

ジュールの面積被覆率は約8～18%，分布密度は約 5.0～11.0kgf/㎡となっており，測線（東西方向）別では，中央やや北寄り（測線72）が10.0～11.0kgf/㎡と高い値を示している。

図2.4－20及び図2.4－21は，写真の解析結果から描かれた分布密度図である。両図は補間方法が異なるためやや曲線の形状と位置とが異なるほか，サンプリングデータから描かれた分布密度図（前出の図2.4－12）とも異なっており，何れが真であるかは判断が困難であるが，現在のところは未だ試行錯誤的な段階にあるため，これ以上の追求は困難なようである。なお，多周波探査装置(MFES，SBP;3.5kHz，PDR;12kHz，NBS;30kHzの3機種の同時観測を用いるノジュール探査方式）観測も同時に平行して実施され，写真解析結果その他との比較検討がなされているが，ここでは割愛する。

② ノジュールの粒度

前項の写真画像解析の初期過程で，ノジュールの平均粒径が計算され，すでに表2.4－10（ごく一部は表2.4－9），及び図2.4－8に示されている。ただし，ここでいう粒径はノジュールを真円形とした時の画面内ノジュールの直径であり，また平均化されているので画面内の粒度分布を知ることはできず，写真をみると予想外に大きいノジュールが存在している場合もしばしばある。上の表に見られるように，最大粒径としては15cmに達するものもあるが，次項の図2.4－22によれば，粒径の変化は平均的には5～10cmの範囲に収まっていると見てよいようである。

③ ノジュール分布の連続性

写真観測測線のうち，ノジュール分布量の多い測線(CDC72-0，72-1，表2.4－10参照）に例を取り，解析したのが図2.4－22である。被覆面積率の変動はかなり顕著であるが，粒径の変化は5～11cmの範囲に収まり安定している。一方濃集率は最低の 2.0kgf/㎡から最大20.5kgf/㎡までに及び，著しい変化はあるが高い平均値（10～11kgf/㎡）を示している。他の測線においてはこれよりもやや状況が劣るが，平均分布密度は最低でも約6kgf/㎡である。これらからこの海域にいてノジュールの分布密度が10.0kgf/㎡より高い区域は，中央線北寄り（9°17′N～9°18′N)付近であろうと推定されている。また，分布密度の変動周期は 200～ 800mではないかと推定されているが，写真撮影間隔が80mであることの影響も考え得るので，確定的なことは言い切れないようである。

④ 海底写真に関する所見

約 2,200枚の写真を実際に検討して見たところでは，そのほとんどすべての画面には，量の多寡・寸法の大小その他変化はあるものの，必ずノジュールが存在した。ノジュー

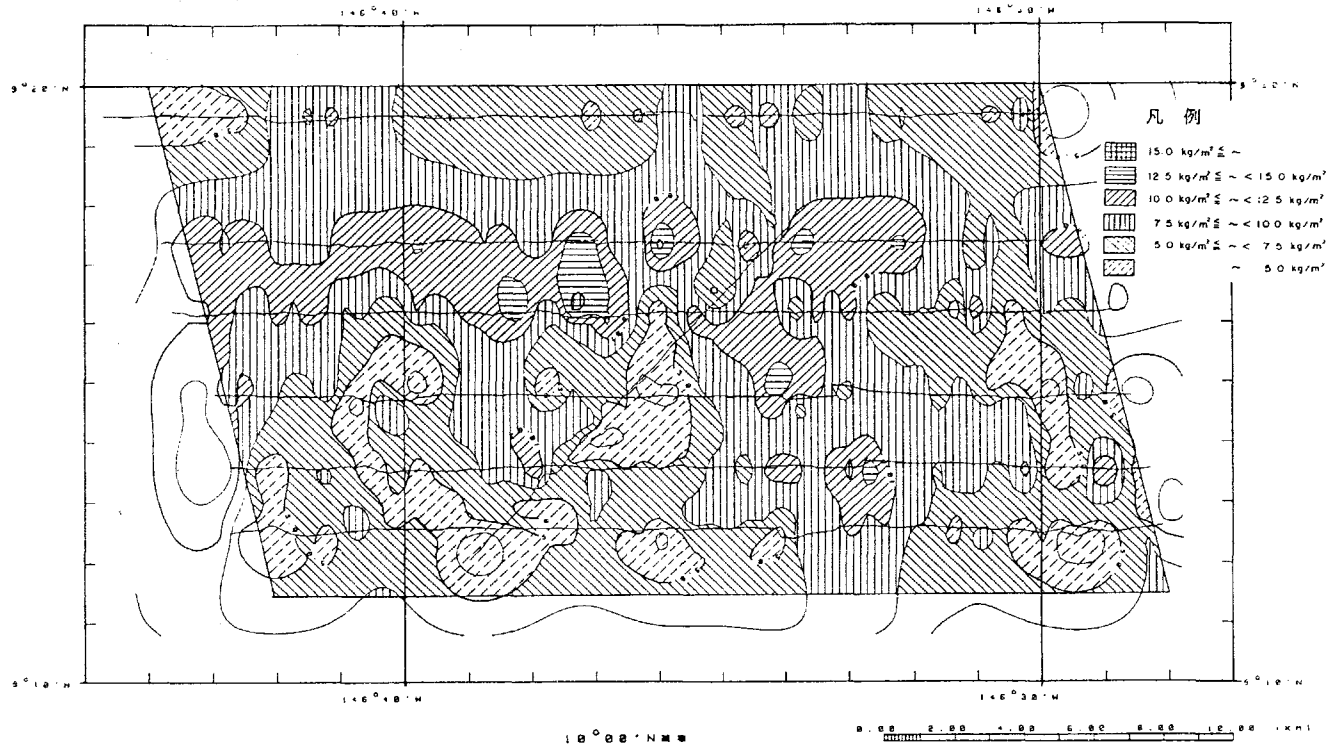


図2.4－20　ノジュールの濃集率分布図（海底写真解析結果のブリックス法処理）

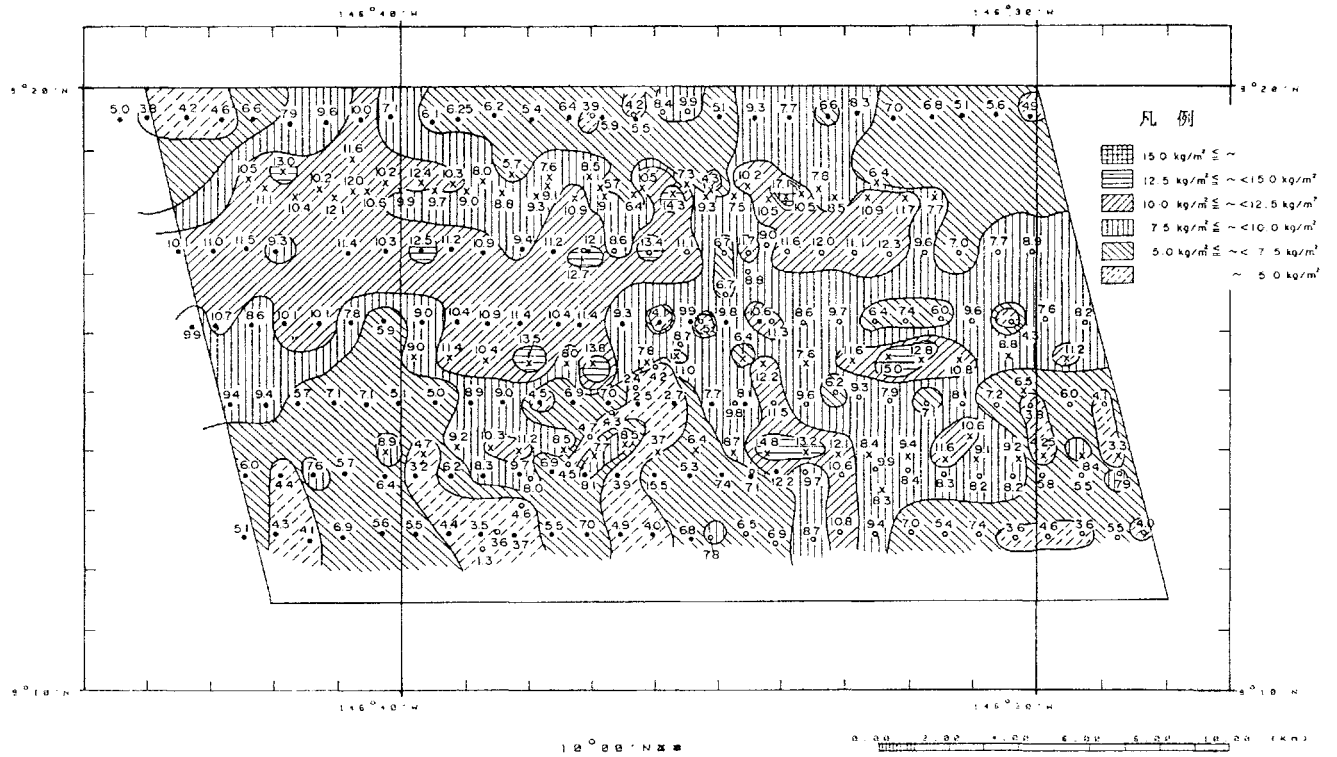


図2.4－21　ノジュールの濃集率分布図（海底写真解析結果の等間隔平均法処理）

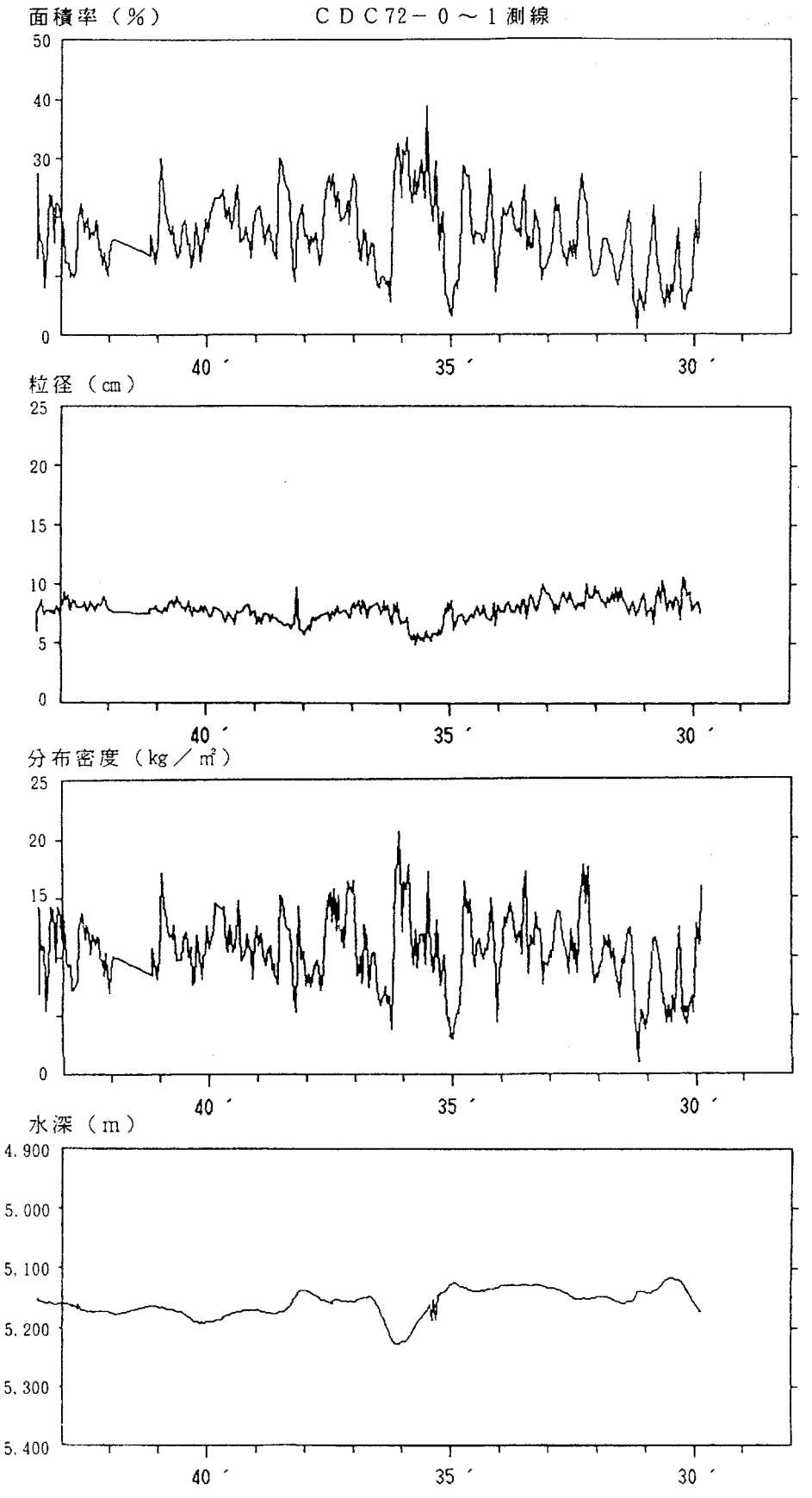


図2.4－22　ノジュール分布の変動状況（海底写真解析による，72-0，72-1測線）

ルが皆無なように見えたのは僅かに2枚のみで，その比率は枚数比で僅かに0.09%にしかならない。この海域に豊富なノジュールが存在することの証左であると言えよう。多数の写真から代表的と思われるものを数十枚を選び，別途写真集を作成した。

ノジュールの画像は，楕円形の普通のものがほとんどすべてで，特に変わったものは極めて少ないが，棒状のものやや大きいもの（板状），あるいは玉石級ではないかと想像される大型のものが数枚見いだされた。

なお，深海底の生物はその個体数が極めて少ないと言われているが，今回の写真中に生物が撮影されていたのは，約10枚，全枚数の0.45%ほどであるが，種類は深海魚・ナマコ・ヒトデ・ウミシダ・エビ・その他判別不能の生物等であった。ただし，ナマコその他によるものと思われる這い跡や，糞と推定される紐状の粘土様のものはかなり多くの画面で見られる。本格的な検討については，生物らしき画像すべてについて大型印画を作成し，専門家の意見を徴する必要があろう。

(3) 堆積層及び堆積物

堆積層については，全航走観測時に稼動させている地層探査装置（ＳＢＰ）の観測によって得られた音波反射記録の画像から，堆積層の音像の分類と上位透明層の層厚測定，その地域的分布状況等の解析が行われている。また，FFG，SC 等による底質の採取試料がある場合には，その組成，特徴等が調べられるほか，微化石の鑑定等も行われている。

(a) 堆積物（底質）の性状及び分布状況

① 底質の種類と分布

今回の資料では，FG，SC合わせて30測点のうち27点で試料が採取され，表2.4－10に示す分類方法に従って種類が判定されている。その結果は図2.4－23及び表2.4－11に見られるように，ほとんどすべての測点で褐色粘土（BC）で，一部が珪質粘土（SC）である。難溶性粘土(IBC，採取した試料が水に分散し難い）は極く一部分にしか見られなかった。地質年代としては，難溶性のものは先第四紀に，他はすべて第四紀に属するものと考えられている。

これら地質鉱物学的な検討は，堆積層の成因や時代の考究を通じて，またノジュールの成因研究を経て，濃集・分布の解析に役立つものと考えられるが，まだまだ資料不足であり，いずれは広範囲な調査や十分なデータの蓄積が行われて，貴重な知見を生むことになるであろう。

② ＳＢＰ像と層厚分布

ＳＢＰの反射音の記録は，底質の物質の種類，粒度，圧密の度合い，含水比の大きさ，層厚等によって異なるが，原報告では物理的な性状には触れることなく，記録像をその

表2.4－10　底質の分類基準（国の探査事業）

	全生物遺骸 %	珪質生物*1 遺骸 %	石灰質*2 生物遺骸 %	備考
褐色粘土	＜10			
難溶性褐色粘土	＜10			難溶性を有する
珪質粘土	10～30		＜5	
難溶性珪質粘土	10～30		＜5	難溶性を有する
珪灰質粘土	10～30		＞5	珪質遺骸＞石灰質遺骸
灰珪質粘土	10～30	＞5		石灰質遺骸＞珪質遺骸
石灰質粘土	10～30	＜5		
有孔虫軟泥	＞30			石灰質遺骸＞珪質遺骸。有孔虫を主体とする物
ココリス軟泥	＞30			石灰質遺骸＞珪質遺骸。石灰質ナンノプランクトンを主体とする物
珪灰質軟泥	＞30		＜5	珪質遺骸＞石灰質遺骸
珪質軟泥	＞30		＞5	

＊1　放散虫，珪藻，海綿の骨針，珪質鞭毛虫
＊2　有孔虫，石灰質ナンノプランクトン

表2.4－11　底質の採取状況

時代	種類	採取点数 ～1990	1991	合計	比率%
第四紀	褐色粘土	20	26	46	90
	珪質粘土	4	0	4	8
古期	難溶性褐色粘土	0	1	1	2
	難溶性珪質粘土	0	0	0	0

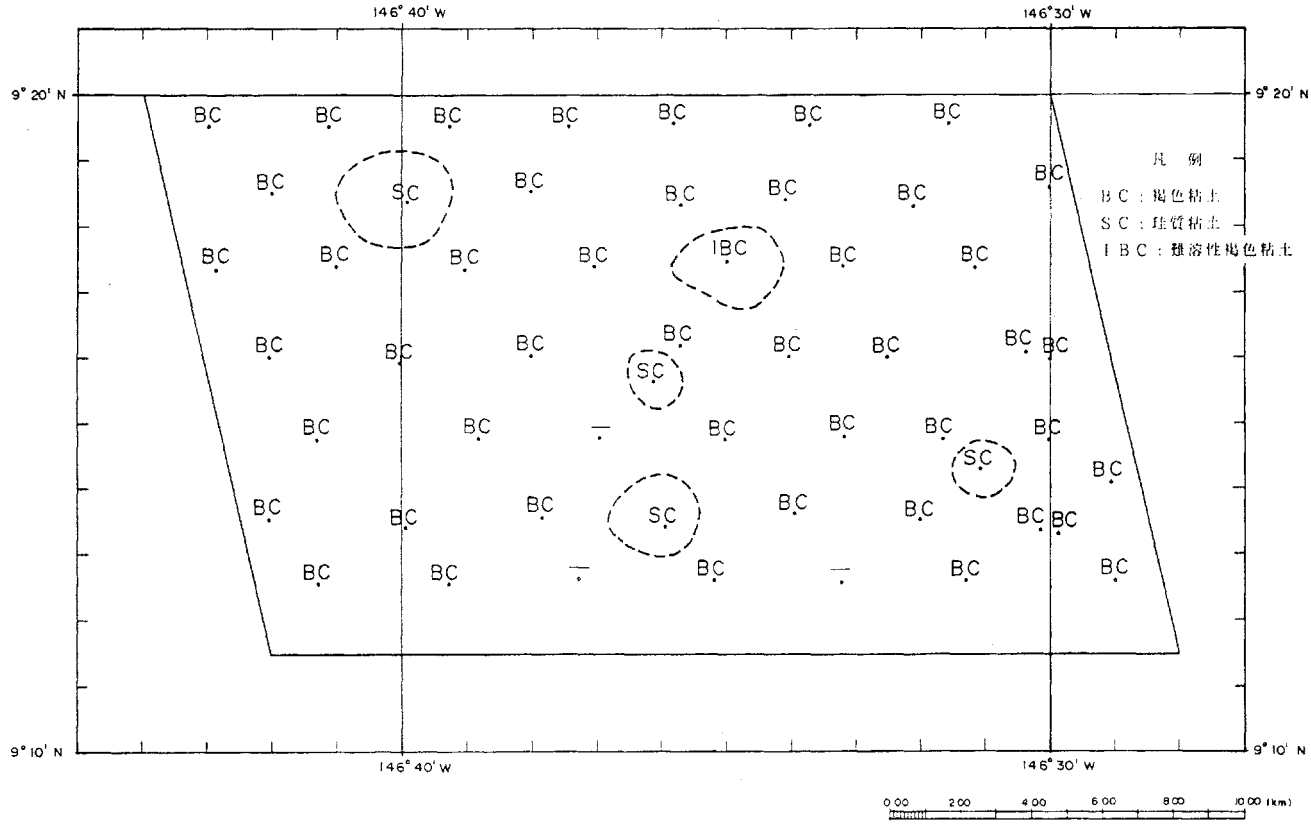

146° 40' W
146° 30' W
9° 20' N
9° 10' N
凡 例
BC：褐色粘土
SC：珪質粘土
IBC：難溶性褐色粘土
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00 (km)

図2.4－23　底質分布図

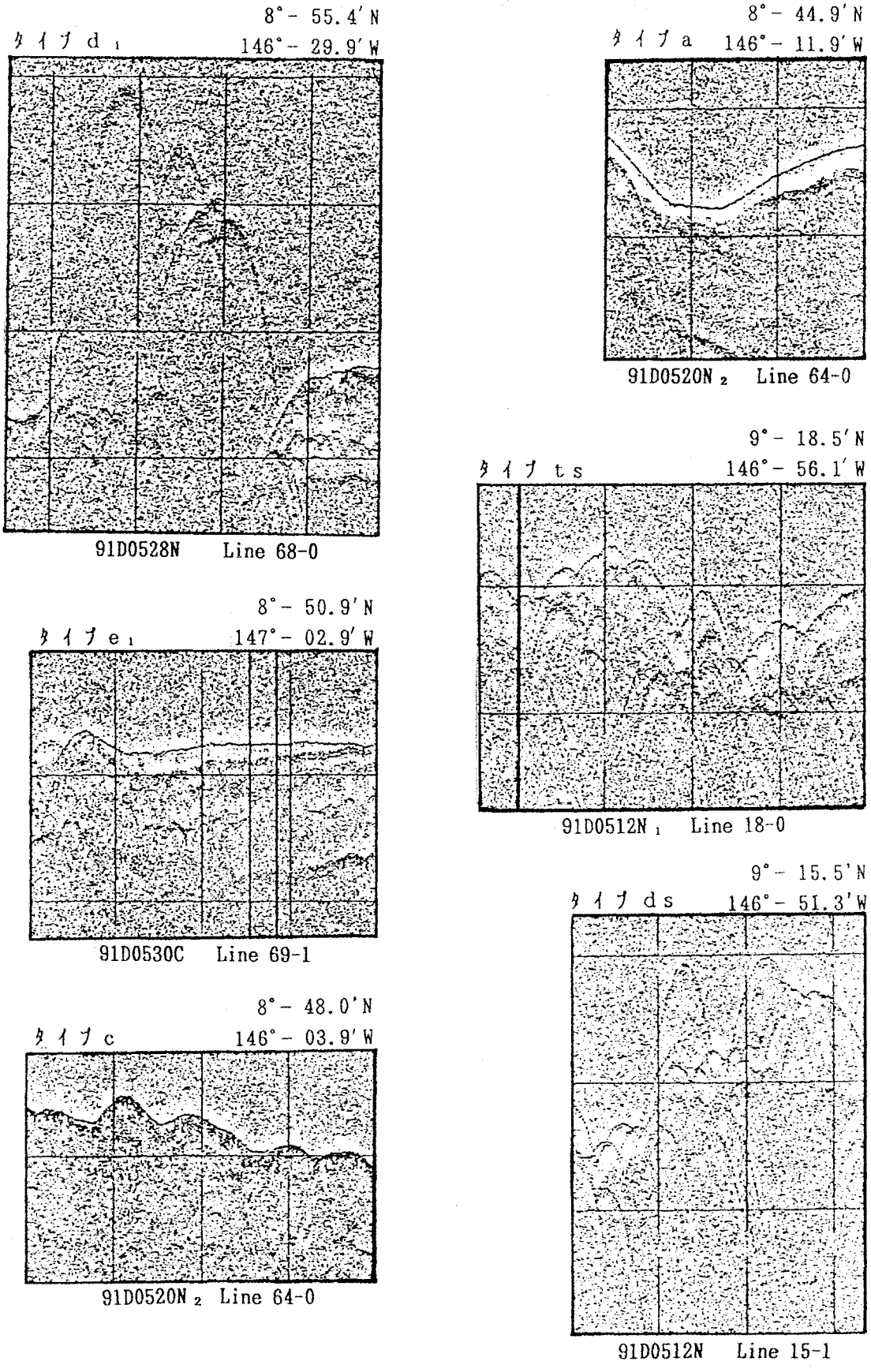


図2.4－24　地層音波探査記録（ＳＢＰ）画像の例とタイプの分類

特徴により図2.4－24のように分類し，まず透明であるか不透明であるか，ついでどのように層が構成されているかによって，6タイプに区分している。ついで，図2.4－25及び図2.4－26のようにタイプ別の分布状況を表している。さらに，上位透明層の厚さを測定して，図2.4－27及び図2.4－28のように音響的透明層の層厚分布図を作成・整理している。

これらの図から明らかなように，候補海域特にこのTA-C3 海域内では，タイプe_1透明層が卓越しており，僅かにタイプcが散在する。上位（海底表面付近）に不透明層が存在するタイプのc，dや，上位透明層でもa，t_sのタイプに属するものはほとんど見られない。

若干の考察を加えれば，上のようなデータや解析は工学的な意義が薄く，僅かに物性的な手掛かりを窺わせるにとどまるように思われる。反射音像の違いは，各層の音響的な物性に由来するもので，土質力学的条件を反映していると考えられるから，集鉱機との相互関係に深い関係を有する筈である。画像として透明であるのはその部分の音波の反射率が極めて小さいことを意味するが，これは含水比が極めて大きいこと，構成粒子の粒径が音波の波長に比べて著しく小さいことなどの物性から生ずるものと考えられる。とりあえずは，堆積層試料について，音速（弾性波速度）・減衰率などを測定することは不可能ではないであろうから，その測定値から底質の原位置での力学的物性を推定することがある程度まではできるであろう。将来のために，今後はこの様な工学的な配慮が探査作業のなかで採用されることを期待しておきたい。

(b) 土質力学的物性

採鉱システムの最先端部である集鉱機の設計においては，曳航式はもとより，さらに自走式のものを検討するためには，堆積層表層部のいわゆる“硬さ”で代表される種々な物性が設計の基礎となるから，その土質力学的な性質は極めて重要なデータである。国の探査事業においてもここ数年来、探査船上での試料の試験及び陸上実験室での持ち帰り試料についての各種の測定が行われている。

土質力学的試験は，本来は建築・構造物の設計のために行われるもので，試験方法も測定値も陸上における諸条件を前提としており，なおかつ原位置での試験が望ましいこととされている。しかし深海底の底質（土）に対しては，環境条件が全く異なり，陸上の試験技術をそのまま適用することは問題が多く，とくに原位置試験は不可能に近い程困難である。

従って深海底の底質の試験は，以上の事柄を検討してその方法・場所が選ばれ，出来るだけ意味のあるデータが得られるように配慮されるべきである。

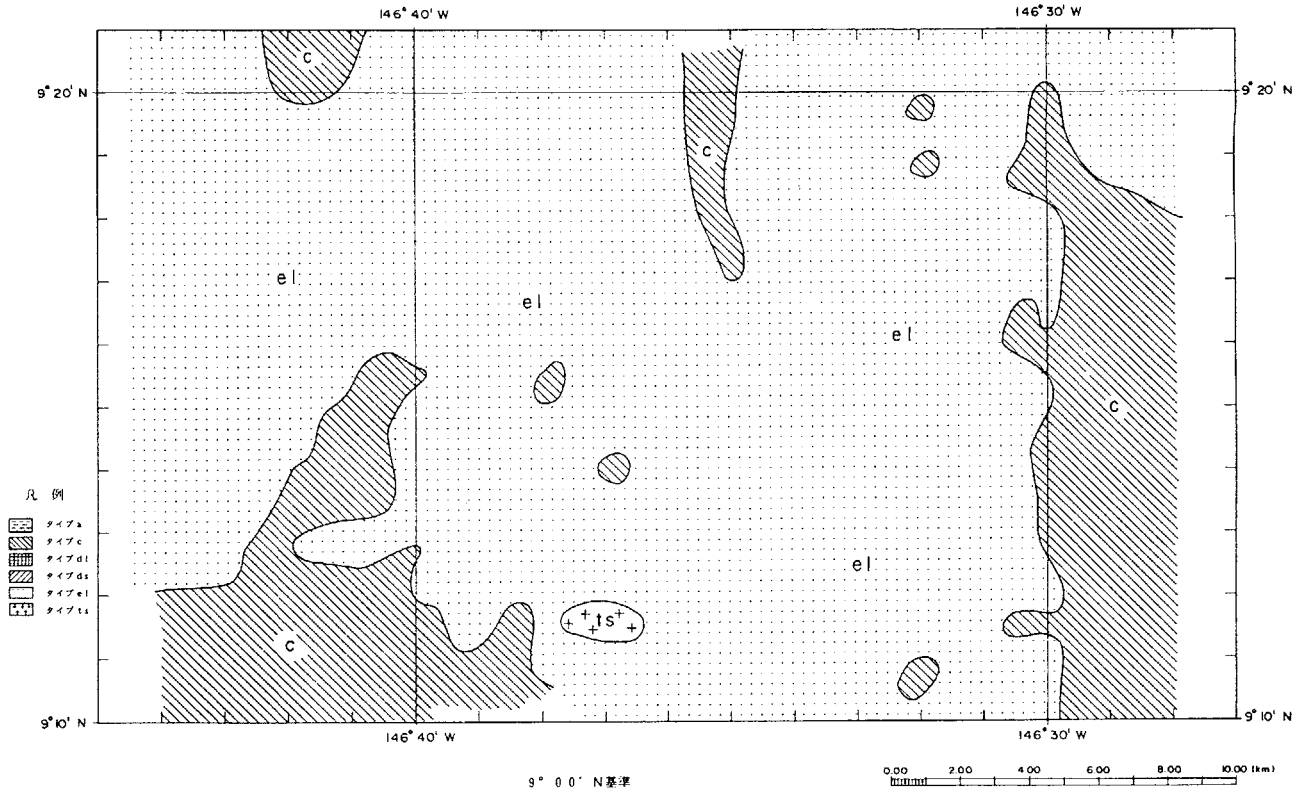


図2.4－25　ＳＢＰ像タイプ別分布図（ＴＡ－Ｃ海域）

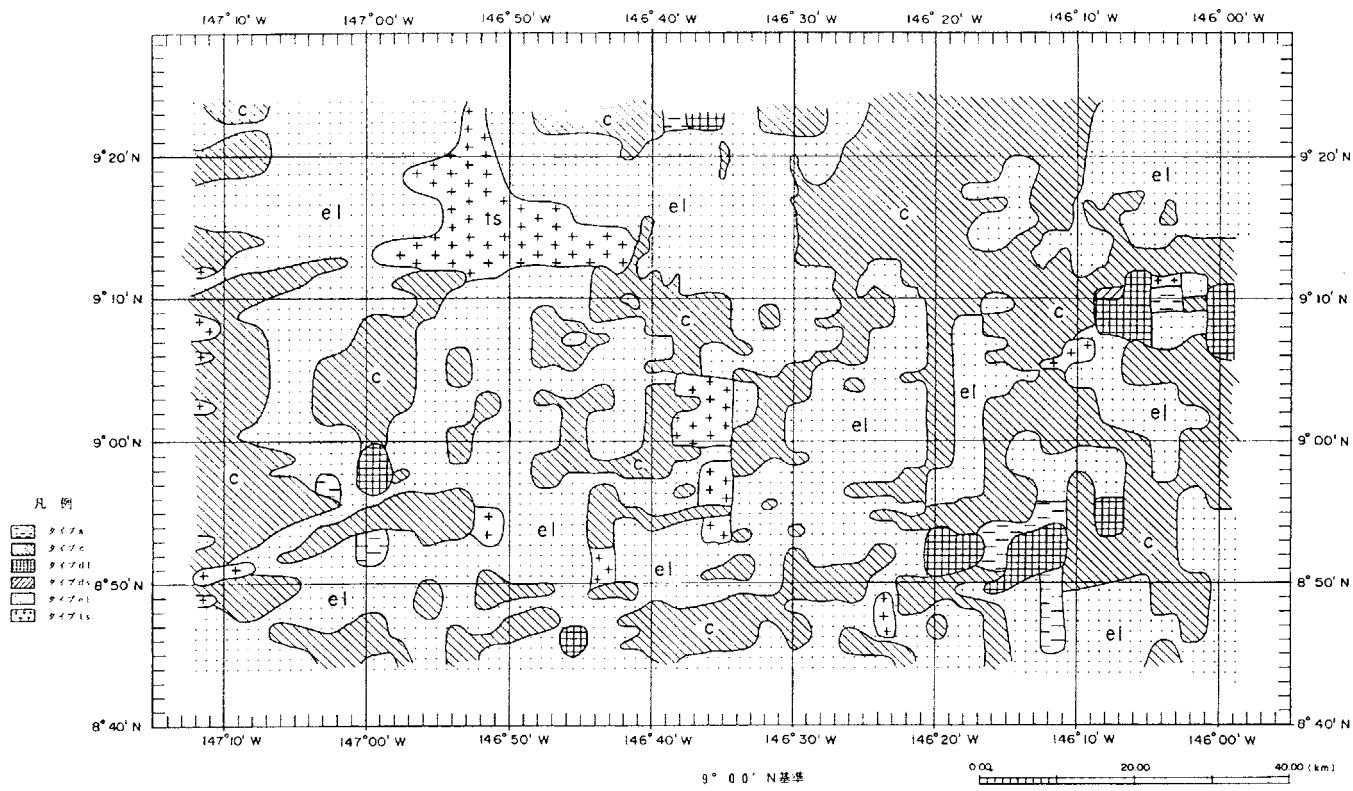


図2.4－26　ＳＢＰ像タイプ別分布図（ＴＡ－Ｃ３海域）

現状では，まず，ＳＣによる堆積層試料について，揚収直後に甲板上で数種の物性が測定されている。測定は，ベーン剪断強さと，コーン貫入抵抗とについては，一定深度ごとに試料の深さ一杯まで行われ，またノジュールと堆積層との間の付着力は試料表面において行われている。さらに，全航海が終了した後（約半年後）に，持ち帰り試料に対して見掛け比重・真比重・粒度分布・コンシステンシー等が陸上で測定されている。

これらの測定結果はそのまま利用できるものもあるが，例えば地耐力のように間接的に，あるいは実験を介して推定しなければならない場合も少なくない。

以下にこれらのデータを示す。

① コーン貫入抵抗

表2.4－12は，ＳＣ試料の4個に対する5回の測定値を整理した表であり，図2.4－29は測定値の深度方向変化を示した図である。貫入させるコーンはオランダ式で，円錐形先端部は頂角は60°、断面積10㎠，ロッドの長さは約60㎝であり，深さ方向に連続して押し込む。貫入抵抗はロードセルとストレインメータによって測定される。

さて測定結果であるが，SC30を除いては，深さ4㎝程度の表面付近は100gf/㎠内外の小さい値を示すが，10㎝付近では200gf/㎠を超え，以後40㎝までにかなり硬さを増し，500 ～700gf/㎠に達している。SC30では，他の3試料が褐色粘土であるのに対し，これと異なって，「難溶性粘土」と報告書で呼ぶいわゆる古期堆積物であるが，コーン貫入抵抗も大きく， 1,000～2,000gf/㎠と褐色粘土のそれの2～3倍の値を示している。そのため，採取された試料の深さも他の3試料よりかなり小さい。

② ベーン剪断強さ

表2.4－13は，ＳＣの4試料に対する合計6回の測定値を整理した表である。測定器はポケットベーンテスタとも呼ばれる携帯用（手動式）のもので，回転軸方向長さ4㎝，半径方向幅2㎝の直交羽根4枚を有し，全長は50㎝あり，深さ4㎝ごとに回転させて測定し，スプリング式トルク計の目盛円盤上で最大トルクを読み取る。

図2.4－30はベーン剪断強さ測定値のグラフを，含水比、コーン貫入抵抗とともに一括して示したものである。剪断強さの値は，SC30を除いては，表層付近では 50gf/㎠以下であるが，深さ10㎝あたりから増加し，最大 90gf/㎠程度に達する。

SC30試料は，表面付近は褐色粘土であるが，深さ5㎝以深はいわゆる難水溶性粘土に変わるとともに，剪断強さも大きくなる。すなわち，深さ方向の変化傾向は，貫入抵抗とほぼ同様であるが，表面付近ですでに 90gf/㎠あり，深さ10㎝以深ではほぼ一様に最大値に等しい180gf/㎠内外の値を示している。

含水比は剪断強さや貫入抵抗と密接な関係にあるが，試料表面では 300～ 400％と極

表2.4－12　堆積物のコーン貫入抵抗

単位：gf/cm²

試料番号	91D714SC05	91D714SC10			91D714SC25	91D714SC30
深　度	測定	測定1	測定2	平均	測定	測定
0cm	—	—	—	—	—	—
4cm	132.30	58.80	88.20	73.50	14.70	285.00
10cm	308.70	176.40	323.40	249.90	183.75	1147.50
16cm	455.70	404.25	470.40	437.33	396.90	1616.25
22cm	515.50	485.10	492.45	488.78	470.40	1485.00
28cm	543.90	573.30	507.15	540.23	558.60	1672.50
34cm	610.05	588.00	565.95	576.98	646.80	—
40cm	661.50	441.00	499.80	470.40	573.30	—

表2.4－13　堆積物のベーン剪断強さ

単位：gf/cm²

試料番号	91D714SC05	91D714SC10			91D714SC25	91D714SC30		
深　度	測定	測定1	測定2	平均	測定	測定1	測定2	平均
0cm	—	—	—	—	—	—	—	—
4cm	25.58	15.35	16.37	15.86	18.76	112.53	75.02	93.78
10cm	54.56	34.10	40.92	37.51	39.22	184.14	187.55	185.85
16cm	59.68	63.09	57.97	60.53	75.02	185.85	187.55	186.70
22cm	69.91	59.68	75.02	67.35	71.61	187.55	187.55	187.55
28cm	80.14	56.27	78.43	67.35	71.61	175.62	51.15*	175.62
34cm	88.70	59.68	54.22	56.95	64.79	—	—	—
40cm	78.43	51.15	47.40	49.28	556.27	—	—	—

備考：＊のデータについては，異常値と思われるので，平均値の算出には採用しない。

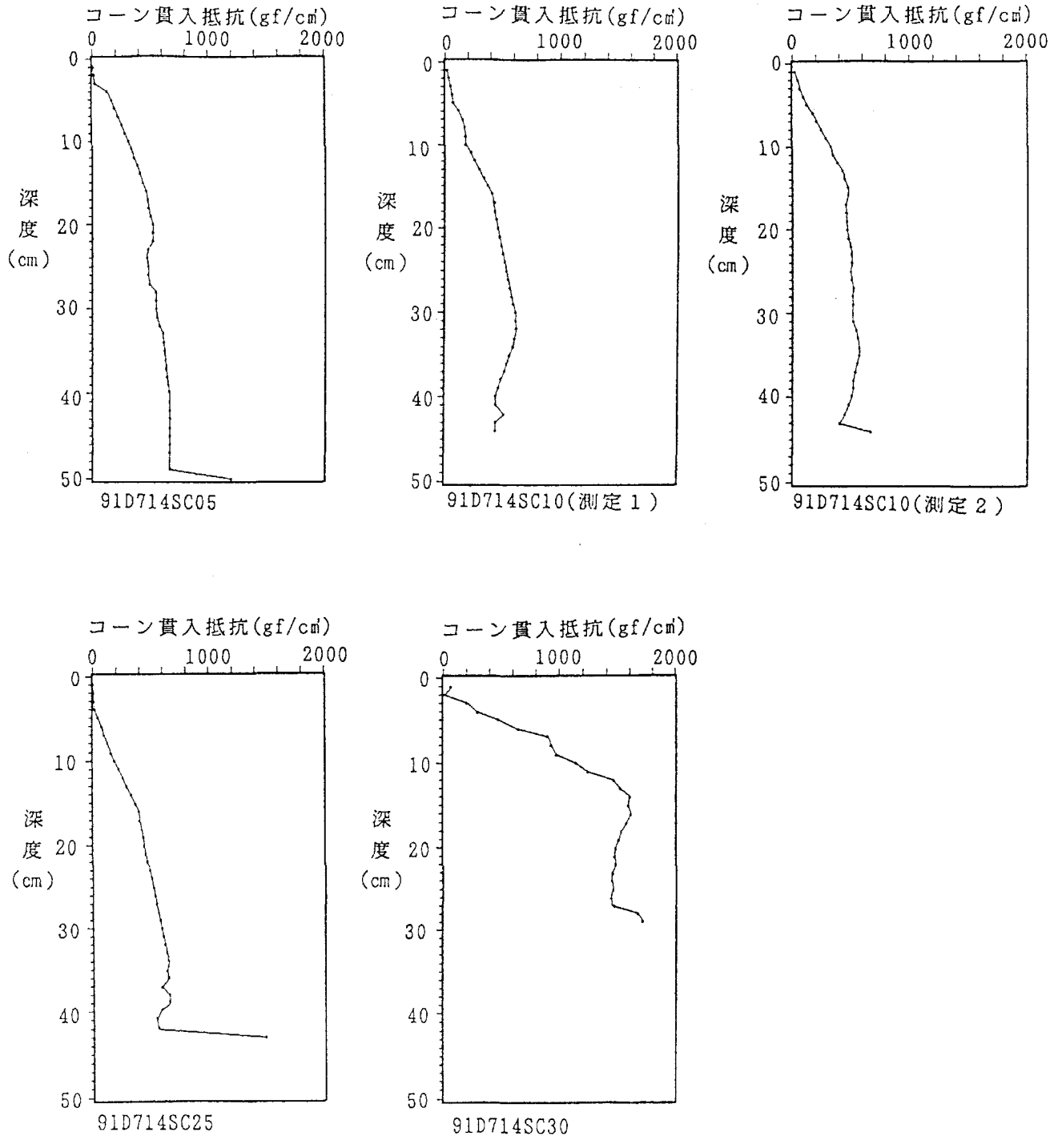


図2.4－29　コーン貫入抵抗測定結果

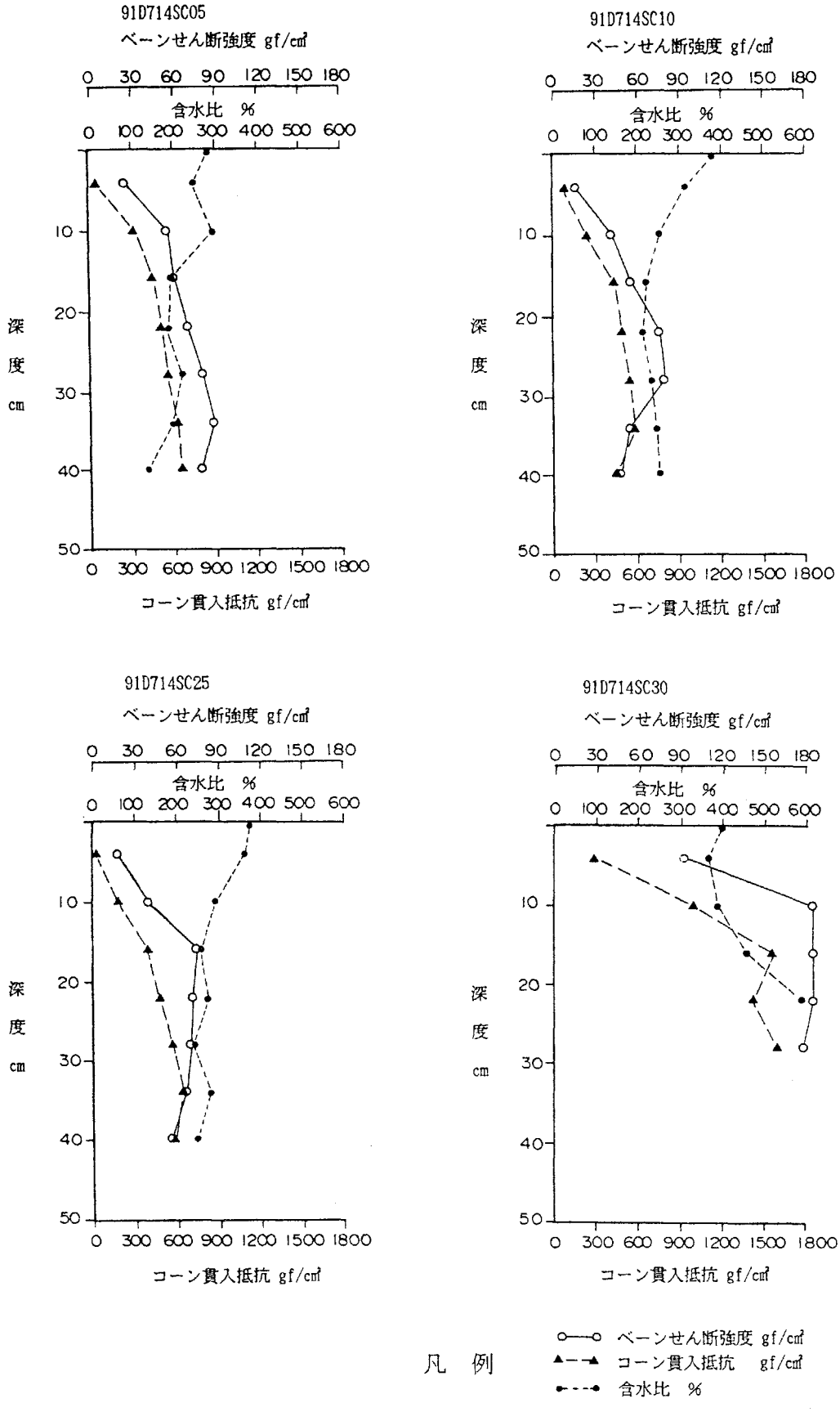


図2.4－30　堆積物表層性測定結果（コーン貫入・ベーン剪断・含水比）

めて大きく，深さの増加とともに減少し， 200～ 300%程度に落ち着くようである。ただしSC30試料のみは全く反対の性状を持ち，深さとともに含水比が増加してほぼ 600%近くに達し，他の試料の 2.5倍も大きいという特異な傾向を示している。しかし，その原因は明らかではない。

③ ノジュールとの間の付着力

スペードコアラで採取した試料の表面で，直径３～８㎝のノジュール５個について，静かに吊り上げたときの最大張力をロードセルとストレインメータで記録し，自重を差し引いて単位面積当り粘着力を計算する。その値は表2.４－14，図2.４－31のとおりでバラツキが大きいが，概ね 2.5～9.0gf/㎠程であり，平均すれば約5.5gf/㎠となっている。

④ 含水比

含水比はすでに先の図2.４－27に示されているが，数値表としては表2.4-15が与えられている。試料と深さとによって変化がかなりあるが，全体としてはほぼ 200～ 300%の範囲にあるが，SC30のみは 370～ 580%とやや飛び離れた値となっている。深さとの関係は，多少偏りが見られるものの，大勢としては深さとともに一定値までは増加する傾向があるように見受けられる。

⑤ 粒子の物性

以上の４項目のほか，SC試料からさらにサブ・コアを採取して持ち帰り，一般的に行われている陸上の土の試験と同様な測定・試験が実施されている。

まず，粒子の密度・自然含水比・粒度分布等が測定され，それらは図2.４－32，表2.４－16～表2.４－18によって示されている。粒子の密度は2.58～2.72の範囲にあり，採取位置，試料内の深さとはあまり関係が無いようである。試料・部位による含水比の変動の様子は，船上測定のものと同傾向が見られる。自然含水比は土質実験室到着後の試料について測定されるため，試料採取時から試験時までの長時日に脱水し，船上での測定値よりも若干低い値となっているようである。

粒度分布は図表に見られるとおりであって，全試料とも95%以上がシルト（75μm 以下）及び粘土(5μm)以下である。粘土分はすべての試料で約55～70%を占める。さらに1μm 以下のコロイド分が多く，10個の測定試料のすべてが約50%を示している。

⑥ コンシステンシー

土の性質は含水率の大小によって固体から液状まで変化するので，その性質をコンシステンシーと称し，それらの状態の境界をコンシステンシー境界という。底質の物性を考えるには，その中の液性限界及び塑性限界とが指標として用いられるが，この性質は

表2.4－14　付着力の測定結果

サンプル番号（測点番号）	番　号	引剥力 (gf)	重　量 (gf)	粘着力 (gf)	底面積 (cm^2)	単位粘着力 (gf/cm^2)
91D714SC05 (91105)	1	378.00	202.00	176.00	41.44	4.25
	2	350.00	137.00	213.00	32.02	6.65
	3	289.00	125.00	164.00	18.72	8.76
	平　均	339.00	154.70	184.30	30.73	6.00
91D714SC10 (91110)	1	258.00	115.00	143.00	29.50	4.85
	2	249.00	108.00	141.00	21.30	6.62
	3	333.00	202.00	131.00	44.50	2.94
	4	152.00	62.00	90.00	16.90	5.33
	平　均	248.00	121.75	126.25	28.05	4.50
91D714SC25 (91125)	1	191.00	82.00	109.00	25.20	4.33
	2	253.00	122.00	131.00	24.70	5.30
	3	301.00	114.00	187.00	23.10	8.10
	4	224.00	66.00	158.00	17.60	8.98
	5	125.00	45.00	80.00	14.60	5.48
	平　均	218.80	85.80	133.00	21.04	6.32
91D714SC30 (91130)	1	325.00	149.00	176.00	72.40	2.43
	2	406.00	140.00	266.00	51.70	5.15
	平　均	365.50	144.50	221.00	62.05	3.79
	全平均	273.86	111.07	154.64	30.98	5.45

表2.4－15　堆積物の含水比

単位：%

深　度	91D714SC05	91D714SC10	91D714SC25	91D714SC30
0cm	287.50	385.71	375.00	400.00
4cm	250.00	312.50	362.50	366.67
10cm	294.74	251.85	295.24	386.67
16cm	192.31	225.00	254.55	457.14
22cm	187.50	215.39	272.73	583.33
28cm	215.39	228.57	233.33	—
34cm	200.00	237.04	273.68	—
40cm	133.33	253.85	240.00	—

表2.4－16　堆積物の見かけ比重及び含水比

試料番号		917D714 SC05		917D714 SC10		917D714 SC25		917D714 SC30	
深さ	部　位	比重	含水比	比重	含水比	比重	含水比	比重	含水比
cm	cm		%		%		%		%
4.0	0～5	1.304	250.00	1.300	312.50	1.227	362.50	1.231	366.67
22.0	20～35	1.323	187.50	1.290	215.39	1.292	272.73	1.185	583.33

表2.4－17　堆積物土粒子の密度及び自然含水比

試料番号		917D714 SC10		917D714 SC25		917D714 SC30	
深さ	部　位	密度	自然含水比	密度	自然含水比	密度	自然含水比
cm	cm	g/cm³	%		%		%
5	0～10	2.676	252.20	2.716	225.48	2.724	314.25
15	10～20	2.578	229.44	2.708	237.57	2.709	474.74
25	20～30	2.663	223.41	2.706	245.72	2.715	498.81
35	30～44	2.705	249.06				

表2.4－18　堆積物の粒度分布

試料番号	917D714 SC10				917D714 SC25			917D714 SC30		
深　さ　cm	5	15	25	35	5	15	25	5	15	25
最大粒径 mm	0.2500	0.1060	0.1060	0.1060	0.1060	0.1060	0.1060	0.1060	0.1060	0.1060
60%粒径 mm	0.0029	0.0024	0.0028	0.0032	0.0054	0.0023	0.0021	0.0077	0.0025	0.0019
50%粒径 mm	0.0014	0.0011	0.0012	0.0014	0.0023	0.0011	——	0.0032	——	——
30%粒径 mm	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
10%粒径 mm	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
細砂分 %	2.8	0.7	0.3	0.3	0.5	0.9	0.3	0.9	1.1	0.7
シルト分 %	33.1	32.8	35.6	36.6	40.3	32.1	31.9	45.4	30.9	31.2
粘土分 %	64.1	66.5	64.1	63.1	59.2	66.5	67.8	53.7	68.0	68.1

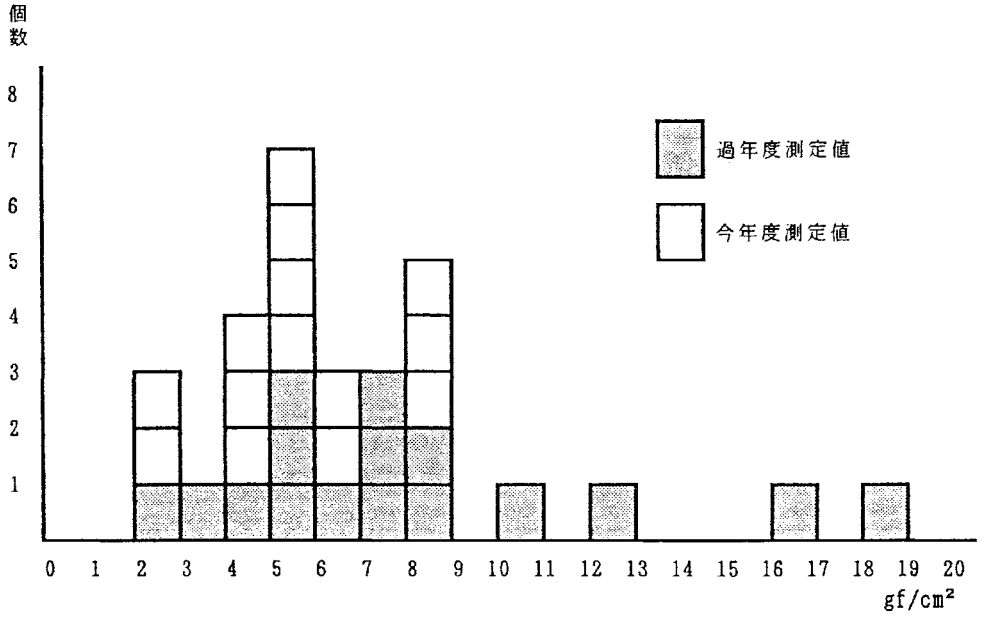


図2.4－31　ノジュールと堆積物との付着力

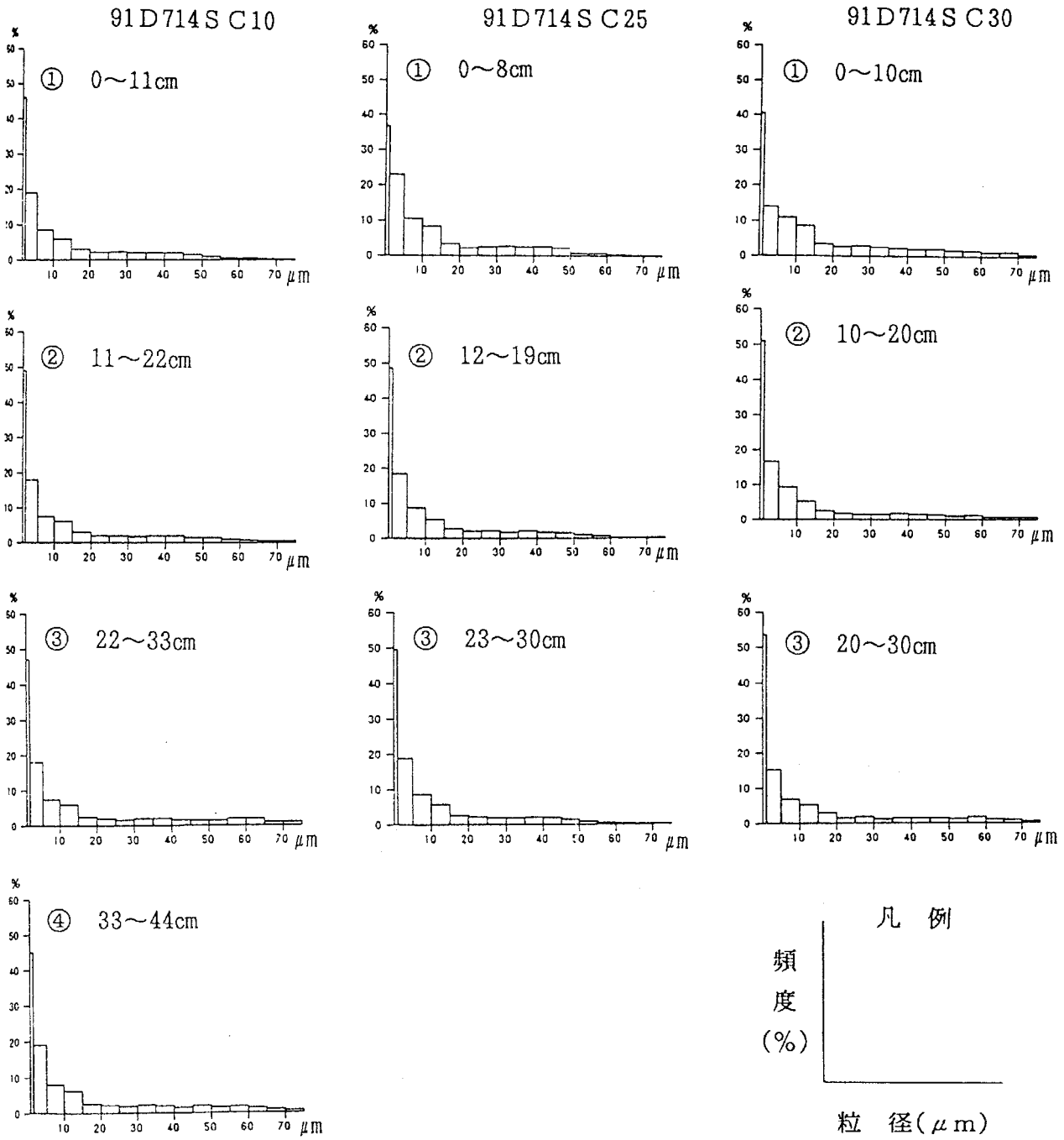


図2.4－32 底質の粒度分布図

陸上の土木技術では重要かつ必須の土の基本的性質である。海底の土に対する意義は明確ではないが，深海底の底質についても参考のために測定が行われている。

表2.4－19にはこれらの測定値が示されている。ここでいう液性限界とは，一般に水分の少ない陸上の土が液体状を示し始めるときの水分の量で，先述の含水比や自然含水比と同様のものである。それらの値よりも液性限界は数10%低く，海底では底質が液性状態にあることを明白に示している。ただ，SC30試料のみはやや異質であって，探査作業の現場で「難溶性」の呼称を与えていることと一致している。

図2.4－33は，この表の値から描いた塑性図である。通常，陸上土では液性限界は100%以下であり，この図のように 400%に及ぶような領域は取り扱わない。従って問題がないわけではないが，ほとんどの測定値がA線上に載っており，陸上土と特別異なるものではないようである。

以上が底質（堆積物）の土質力学的な性質に関する測定値の概要であるが，海底の土質についての技術は，航海学関係で錨泊・繋留の必要から「いかり」の研究が古くからある外は歴史が浅い。工学的には近年の海洋石油技術開発において掘削装置の基礎の研究が行われ，発展しつつあるといえる。従って，深海底堆積物の物性の問題は研究者が少なく，蓄積も少ない。なお，考察を十分に加える余裕がなかったので，本項に関係の深い報告の若干[1)-4)]があることを記しておくこととした。

---

1)深海底堆積層の工学的性質，マンガン団塊採鉱システムの研究開発　昭和58年度研究成果報告書，pp.17-28，公害資源研究所，昭和59年３月

2)鶴崎克也ほか，深海底堆積層の工学的性質について，マンガン団塊採鉱システムの研究開発成果発表要旨集，pp.4-6，技術研究組合　マンガン団塊採鉱システム研究所，昭和59年６月

3)A.F.Richards, Development and Use of Predictor Equations in Ocean Basin Geotechnical Studies of Polymetallic Nodules,　マンガン団塊採鉱システムの研究開発成果発表会　特別講演論文，平成２年１月

4)山崎哲生ほか，深海底堆積層の土質特性と採鉱システムに与える影響，マンガン団塊採鉱システムの研究開発　成果発表要旨集，pp.15-23，平成２年11月

表2.4－19　堆積物の液性限界及び塑性限界

試料番号	深さ	液性限界	塑性限界	塑性指数
	cm	%	%	
91D714 SC10	5	189.62	62.10	127.52
	15	203.70	66.92	136.78
	25	203.08	64.18	138.27
	35	222.79	56.09	166.70
91D714 SC25	5	188.63	71.82	116.81
	15	195.10	70.20	124.90
	25	195.04	72.07	122.97
91D714 SC30	5	252.11	90.33	161.78
	15	397.35	137.83	259.52
	25	429.02	132.72	296.30

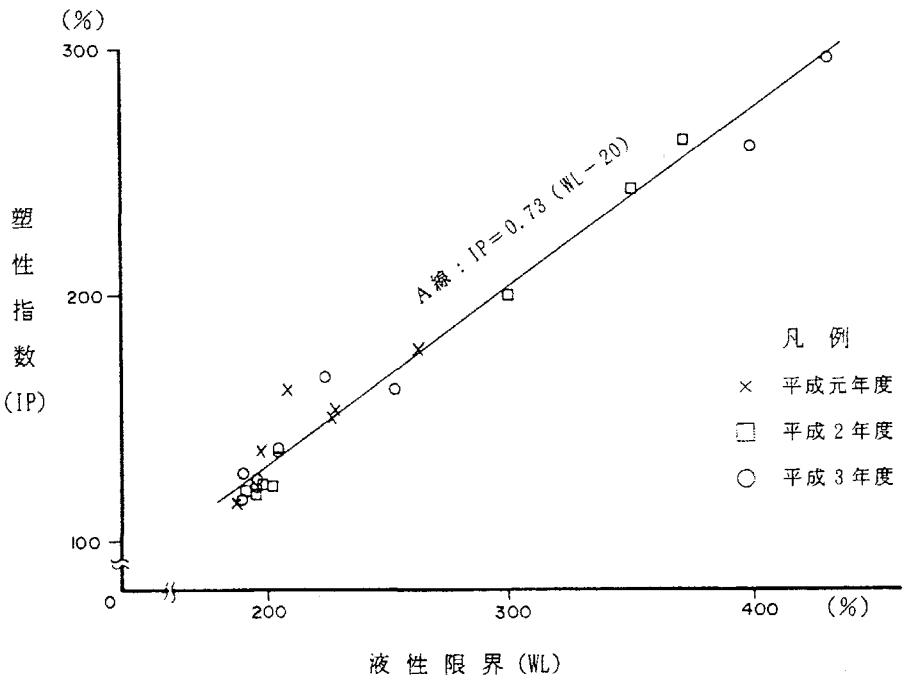


図2.4－33　底質の塑性図

2.4.4　ノジュールの賦存量

ノジュールの濃集状況は，サンプリングによる試料の個数の計測と，個別重量の測定とによって，あるいはまた海底写真からの測定値によって，計算し図化することができる。その結果として，等濃集率を示す多重の曲線（コンタ）からなる図面が作成されるが，この図からその海域に分布するノジュールのおよその総重量（湿）を計算することができる。

表2.4－20は，2種のデータ（図2.4－12，図2.4－18等）から計算した各分布密度階級ごとの面積と総鉱量とを対比して示したものである。

鉱量としては，12.5kgf/㎡ないし15.0kgf/㎡を超える高濃集率を示す区域の面積が小さく，そのために思ったより量が少なくなっている。従って，10.0kgf/㎡以下の区域の方が全鉱量に占める割合は大きいようである。

サンプリングと写真撮影・解析とでは調査の手法，濃集率ないしは賦存重量の算定方法が異なるため，得られた数値もかなり異なっている。すなわち，12.5kgf/㎡付近を境にして，それ以上の濃集率の範囲では，サンプリングデータの方が高い値を示し，写真からはほとんどゼロに近い数値が得られている。濃集率変動の著しいノジュールに対して，観測の対象となったのは極く限られた小面積の局部データであるから，一致しないことが避けられないのは止むを得ないが，高濃集率の部分のすべてが写真では捕捉されなかったとするのも合理的とは思われない。不一致の原因としては，採取または撮影から数値化までの過程で，何れの方法でも種々な操作が行われており，その間の差異が積算されること，またサンプリング点数が30点で，写真枚数 2,200枚に対し極めて少ないことなども主因の一つであろうと推定される。因みに，それぞれの調査点が均等に配置されているとしたとき，1点が代表する面積は，サンプリング1点当り13㎢，写真では同0.17㎢と計算され，2桁の差がある。

この様な不整合はデータ全般に通じて言えることで，総体に写真の方が小さい値を示している。まず総量を見ると，TA-C3 海域 397㎢全体でサンプリングからは約 350万トン，写真からは約 300万トン，総平均分布密度はそれぞれ8.83kgf/㎡及び7.61kgf/㎡という結果が出ており，湿重量50万トン，15%程の差があり，無視するにはやや大きすぎる。濃集率の階級ごとに見ると，サンプリングの方が変化が少なく，写真の方には高濃集率の連続する富鉱域が現れていない。また，採取すべき下限の濃集率，いわゆるカットオフのレベルの点では，これを仮に 7.5 kgf/㎡とすると，面積として40～50%，重量では70～ 100万トン（20～30%）を失うこととなり，総量からみて決して少ない割合ではない。

昭和62年度に，実験海域“TA-A”について上記と同様な試算*)を行った。分布密度図上で各

---

*)昭和62年度成果報告書(2/8分冊実験計画編)，PP.215-216

濃集率階級ごとの面積を測定し，実面積と濃集率との積を計算した。その結果によれば，面積は約12,300㎢で，これに対する総鉱量は約1.23億トン(397㎢に換算して 3,962千トン）となり，分布密度の総平均値は9.98kgf/㎡であった。対象とする面積も調査の密度も異なり，比較計算用のデータとしては不都合が多いが，あえて比較して見るとTA-C3 海域のノジュール賦存量はTA-A海域よりもかなり少なく，総重量で89～76%，平均分布密度では84～64%という計算になる。ただしTA-A海域についても，調査の密度を高めていけばこれらの数値は減少することはあっても増加はしないであろうから，両者の差はもう少し小さくなるものと考えられる。

なお最後にこれまでの実験計画の研究のためには不必要であったので，ノジュールの金属品位は取り扱わなかったが，今後の採鉱システムの研究においては，金属品位が極めて重要な要素になると考えられるので，原試料の中から，この海域（TA-C3)のニッケル及びニッケル換算3金属（Ni，Cu，Co）の分布図，含有量図を図2.4－34及び図2.4－35として挙げておくこととした。

図2.4－20　ノジュール分布量計算結果

濃集率	サンプリングデータ						海底写真（CDC）データ						比率(写真/ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ)			
	区分面積		累積面積		区分重量	累積重量	区分面積		累積面積		区分重量	累積重量	面積		重量	
kgf/㎡	㎢	%	㎢	%	M-tf	M-tf	㎢	%	㎢	%	M-tf	M-tf	区分	累積	区分	累積
17.5～	11.7	2.95	11.70	2.95	219,375	219,375	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
15.0～17.5	18.9	4.76	30.60	7.71	307,125	526,500	0.3	0.08	0.30	0.08	4,875	4,875	2	1	2	1
12.5～15.0	38.5	9.70	69.10	17.41	529,375	1,055,875	6.2	1.56	6.50	1.64	85,250	90,125	16	9	16	9
10.0～12.5	82.7	20.83	151.80	38.24	930,375	1,986,250	55.8	14.06	62.30	15.69	627,750	717,875	67	41	67	36
7.5～10.0	95.2	23.98	247.00	62.22	833,000	2,819,250	143.6	36.17	205.90	51.86	1,256,500	1,974,375	151	83	151	70
5.0～ 7.5	83.6	21.06	330.60	83.28	522,500	3,341,750	138.0	34.76	343.90	86.63	914,250	2,888,625	165	104	175	86
～ 5.0	66.4	16.73	397.00	100.00	166,000	3,507,750	53.1	13.38	397.00	100.00	132,750	3,021,375	80	100	80	86

注：1)面積は原報告書の「鉱画面積比較表」による数値を使用した

2)重量は濃集率と面積の積として計算した

3)濃集率は各階級の中央値を用いた

4)濃集率17.5～　は18.75kgf/㎡、同　～5.0は2.50kgf/㎡と仮定した

5)比率は写真からとサンプリングからとの計算結果の比較（%）である

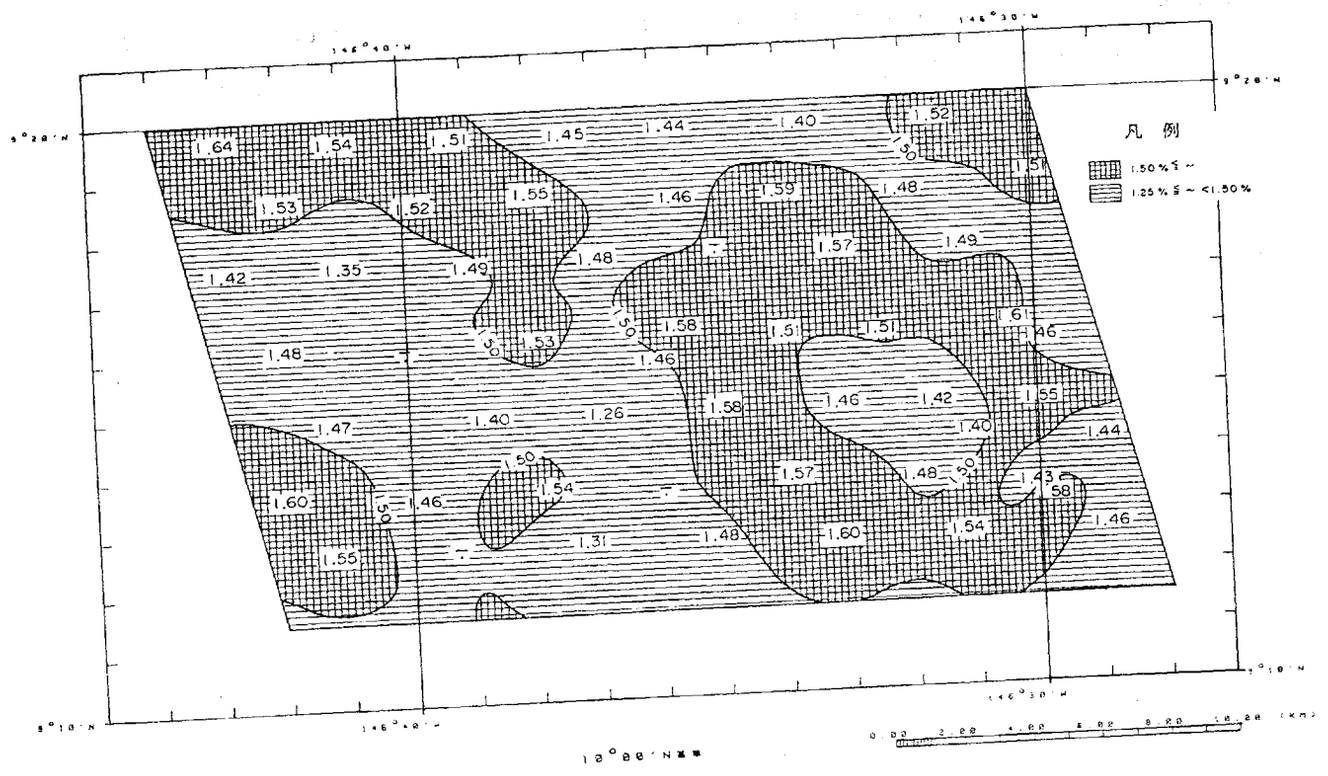


図2.4－34　ニッケル等品位分布図

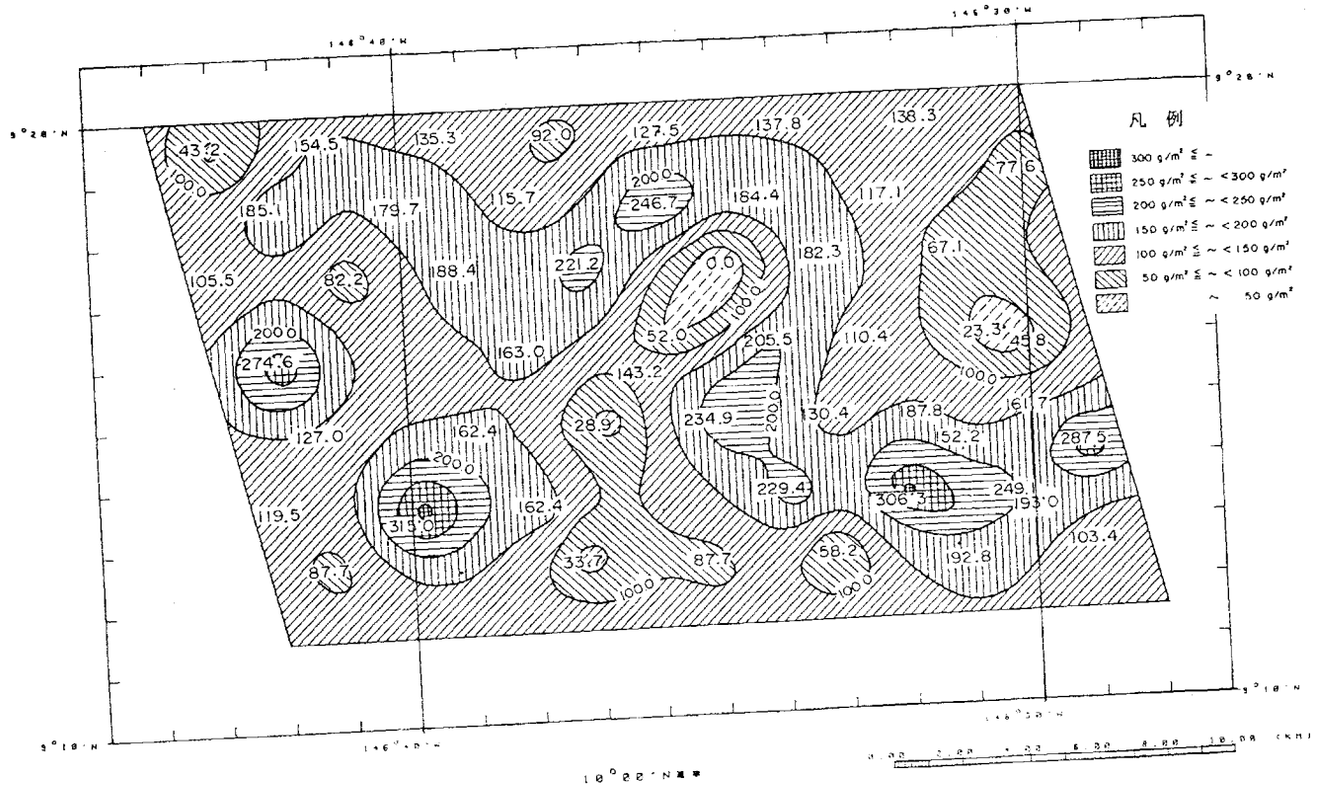


図2.4－35　ニッケル換算金属量含有密度図

2.4.5　海底自然条件の解析作業

マンガン大プロの研究開発における海底自然条件の解析は，実験海域の選定と実験システムの設計・製作，並びに実験計画立案等の基礎資料となるデータや特性の提供を目的とするものであり，本事業の当初から実施してきた作業である。その初期には，国の探査事業が富鉱区域の早期発見を主目的としていたこと，原探査データが広域にわたりかつ地理的に連続的に整理されていないこと，調査の密度が十二分には高くないことなど，技術的な課題を内包しており，さらに国連海洋法条約の審議との関係から，国の政策上の制約が多かったこと等など，本プロジェクトとしての利用には多くの困難な問題があった。

問題を技術的な範囲に限ると，上記のような特殊事情があったため，当初は汎用大型電子計算機の磁気テープ上でのデータの検索・抽出と編集が最初の仕事となり，大型機による作業が不可欠であった。しかし最近では，一つには特殊事情がかなり解決されたこと，さらに本プロジェクトにおける解析経験の蓄積によって，豊富なデータから鉱区内の海底条件をかなり細部まで分析できるようになった。

本年度は，今まで改良してきた解析プログラムをさらに改善し，新規に取得・提供されたデータに対して，従来手法の延長線上で解析作業を行うと共に，若干の新しい解析手法を開発した。さらに，本事業基本計画の新構想に対処して，従来の「実験計画」の中心の作業から，「採鉱システム研究」のために，基礎データの整備と海底条件の諸特性の解明を重点に据えて作業を実施した。

以上の経緯に基づいて行った本年度の作業内容は要約すると以下のようである。

① 電子計算機による海底地形の解析

- 海底地形図（等深線図）の作成
- 水深統計
- 海底地形鳥瞰図の作成
- 海底面斜度計算，斜度統計
- 海底地形レリーフ図の作成
- 地形特性の数量的解析

② 電子計算機によるノジュール賦存状況の解析

- 等濃集率分布図作成
- 3次元棒グラフによる濃集率分布図作成
- 海底地形・濃集率分布重畳図作成

③ パーソナルコンピュータによる海底条件解析システムの製作

- 海底条件データの増強
- 取扱説明書の改訂
- 解析プログラムの改良
- 海底条件データベースの検討

—— 仕様の検討，原型の試作

④ サイドスキャンソーナー画像データの解析

- 海底面状況図（ＳＳＳ画像集成図）図の作成
- 海底状況判読図の作成

・海底微地形図（等深線図）の作成　　・微地形断面図の作成

この項のＳＳＳ観測データは，昨年度に未処理となったTA-C3 海域の南半区域の分であって，実施した解析作業の内容は前年度と同様である。なお，この作業に関連して，深海資源開発㈱，金属鉱業事業団により，別途事業（深海底鉱物資源探査等事業）として，同一データに対する前処理，特殊なデータ解析などの作業が相前後して行われたが，その分の内容については割愛する。

2.4.6　海底地形及びノジュール賦存状況の判断

TA-C3 海域の海底地形については，すでに2.4.1～4の項で原資料からのデータを引用・考察したが，第2白嶺丸搭載の測深システムの更新により，昨年度までに比して，データの量も精度も格段に向上し，出力図面も精細なものとなっている。しかし，図面からの数量的な解析は煩瑣かつ困難でもあるので，本プロジェクトの観点から独自の解析を行った。これら両作業は，両者相補う性格のものであるので，同一データを用いているため，部分的には一見重複した感じの図表が得られた。しかし，目的がやや異なるのでその作業過程としては止むを得ない。

(1)　電子計算機による地形特性の検討

原資料中の海底地形図は，マルティビーム測深システムにより観測され，データ処理されて作成されたものであって，作業は調査船上でリアルタイムで行われたものである。ここでは原測深データを用い，汎用大型電子計算機によって下記のような解析処理を行った。

・対象範囲はTA-C3海域(平行四辺形)であるが，そのままでは処理がしにくいので，TA-C3海域を内包する長方形海域を対象とした。正確に書けば，緯度９°10′Ｎ～９°20′Ｎ，経度 146°24′Ｗ～146°44′Ｗ の範囲である。

・この作業の基本データとしては，汎用大型機の磁気テープの高密度測深データから必要な範囲を取り出し，前処理を施して格子データとしたものを用いた。

・データの格子間隔は 150m，格子データ数は26,325個(N-S方向 135，E-W方向195)である。この仕様は，データ数を無闇に多くしても，計算結果の精度や出力図表の精度に反映しないことから，原データの質や計算処理量の増加をも考慮して，有意な数の範囲内として定めたものである。

・水深値としては，昨年度は NBSデータを用いたので，これに音速補正値として一律に30mを加えたが，本年度のMBESデータでは音速は補正済みであるので，そのまま使用した。

①　海底地形図

ｉ）海底地形図

通常の海底地形図としては，すでに原資料中に高精度のもの（図2.4－5，図2.4－

6）が示されているので，新たに作成する必要はないとも言い得るが，従来の作図手法の確認のためと，以降の作業用としての必要性とから，彩色海底地形図を作成した。

図2.4－36がその地形図であって，縮尺 1/100,000，等深線間隔20m（-5,300mから10段階）である。見易さ，使いやすさを主として作成したが，昨年度のものより合理的な感じが与えられ，この海域の地形概況を見るのに適切であろうと考えられる。ただし，地形細部の検討には適当ではなく，また彩色その他に若干不備な点が生じたが，修整が困難なものではない。より大縮尺・大寸法の細密な地形図もこのプログラムで作成可能である。

ii）地形鳥瞰図

鳥瞰図はすでに原資料中にも示されている（図2.4－8）が，この図2.4－37はノジュール濃集率と地形との重畳図の基礎図とするのが本来の目的である。作成意図は前図と同様に，主として地形趨勢の把握に置いた。

この図の視点の方向は南西（SW），視点の高さ（角度）は30°，高さの誇張率は10倍である。視点，色別，誇張率等の選定方法によって印象が著しく変わるだけでなく，不可視部分（凸部の蔭）の状況も作図条件の選び方で大きく異なってくる。この図は一例であって，用途に応じて縮尺，視点位置，色別などを選び，数枚組とすれば，適切で有用なものを作成することができる。

iii）地形レリーフ図

複雑な凹凸をもつ地形を，立体的な印象を損なわず平面上に描くことは中々容易ではないが，深海底鉱区のように眼で見ることもできず，特性が良く知られていない場所については，等深線図だけでなくやはり鳥瞰図が必要である。ただ，従来の作画法では欠点も多いので，新しい作画法を試みた。

その方法とは，地形の格子データによって既定される微小な正方形海底面に対して，光源の位置及び視点を定め，光源からの光が視点に向かって反射したときの反射光の強さを電子計算機で計算させ，各格子面の傾斜を明るさに変換して，黒白の濃度として表現するものである。これは，光線追跡（レイ・トレーシング）法の一種で，単色印刷でもその効果を出すことができる。

図2.4－38は新しい方法で描いたTA-C3 海域の鳥瞰図であって，各格子の明るさは28段階（階調）で表現している。地形図としての諸元は前出図と変わらないが，前出図に比べて格子線が目立たず連続的に見え，単色（黒色印刷やコピー）でも立体感が得られ，直感に訴える性質が強いように思われる。さらに，ノジュール濃集率を色彩スケールで定め，この図に重ねて描けば，地形・濃集率を1枚で明確に示すことができるので，図

法の改良と合わせて次年度に検討したいと考えている。

② 海底地形の特性

この海域の海底地形は，ほぼ南北方向に軸を持つ緩やかな波状を呈しているが，地形図のみでは定性的な記載はできても主観的な叙述になり勝ちで，定量的な表現・評価は難かしい。

本項では，客観的な方法として水深統計，斜度解析等を行うことにより，地形特性を定量的に把握できるように努めた。

ｉ）水深統計

前記の格子データを用いて従来と同様な方法により水深の数値処理を行った。表2.4－21は一般統計の結果であるが，この海域の平均水深は 5,181m，最大水深 5,274m，最小水深は 5,112m，水深範囲 162mであり，標準偏差は 202.2mである。昨年度とは測深システムも統計の母集団も異なるので直接の比較はできないが，昨年度の5測線の平均水深では 5,205m～ 5,221m，最小 5,147m，最大 5,306m，水深範囲 159mであったので，全体的にはやや浅い方向に寄った結果になっているが，観測機材やデータの質と量とから考えれば，多分本年度の数値の方が信頼できるであろう。また，水深の出現頻度分布は図2.4－39に示すとおりである。これらの図表によれば，海域の特性には著しい変化は見られないが，データ数の増加により，過去のものよりかなり信頼性が向上していると考えられる。

表2.4－21 水深基礎統計表

Unit: METER

LINE NO	MEAN	VARIANCE	ST.D	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
ALL	5181.383	40894.0234	202.223	5112.000	5274.000	26325

ⅱ）海底面斜度計算，統計

原資料では本年度に初めて斜度分布状況が検討され，斜度分布図（図2.4－9）が掲載されている。ここでは，従来と同じ方法で斜度解析を行った結果を示すこととする。方法としては，単に測線沿いデータを用いることは止め，水深格子データについて各格子点と隣接する4点の格子データとの水深差を求め，格子間隔（距離）で除して，平均斜度とその方向とを求めた。

この様にして得た数値について処理した統計結果を表2.4－22に示した。全域の平均傾斜(tan) は2.63%（1.51°），最大斜度24.50%（13.8°），最小斜度0.008%（0.46°），標準偏差 2.063%（1.18°）であった。これらの数値から得られた出現頻度分布図は図2.4－40の通りである。これらの結果から，この海域が極めて平坦な海域であることが判るが，ごく一部には14度といった，曳航式集鉱機はもちろん，特に自走式集鉱機に対して急峻すぎるであろう斜面が存在することは特に注意を要する。

表2.4－22　斜度基礎統計表

Unit: %

LINE NO	MEAN	VARIANCE	ST.D	MINIMUM	MAXIMUM	NUMBER
ALL	2.632	4.267	2.063	0.008	24.495	25669

上記の計算結果を用い，斜度分布を図化すると図2.4－41のようになる。図では斜度を2%(tan) 刻みとし，緑系色（低斜度）から赤系色（高斜度）にわたるよう彩色して，斜度分布状況を示している。海域の大部分は平坦面（緑色，0.2%以下）によって占められ，急傾斜の部分は中央北部の谷合いの中央部と，南半部に多い各所の尾根筋に限られていて，占有面積も極めて小さいことが一目瞭然である。

以上ｉ）ii）項の結果から，これまでに設計・製作された曳航式集鉱機を用いた実験システムのこの海域での運用は，水深・斜度共に問題はないものと考えるが，将来，自走式採鉱システムを検討するのであれば，海底面斜度には特段の注意が必要であると考えられる。

iii）地形特性の数値解析

これまで種々な方法で地形特性の数値的て解析を試みてきたが，まだ決定的な方法は見いだされていない。当初は測線沿いデータについて，昨年度は平面上（2次元的）に，地形の凹凸を波長（周波数）としてその成分構成解析を行ったが，本年度は更新された測深データについて昨年度と同一手法で解析を行った。この方法は2次元フーリエ解析と呼ばれるもので，地形変化を周波数（波長）成分として分解したスペクトル分布図が得られる。

図2.4－42はその結果であって，平均値を示す曲線の傾斜が成分の多寡を示しており，傾斜が緩いほどその成分が多いことになる。この図では平坦面（波長無限大）から波長

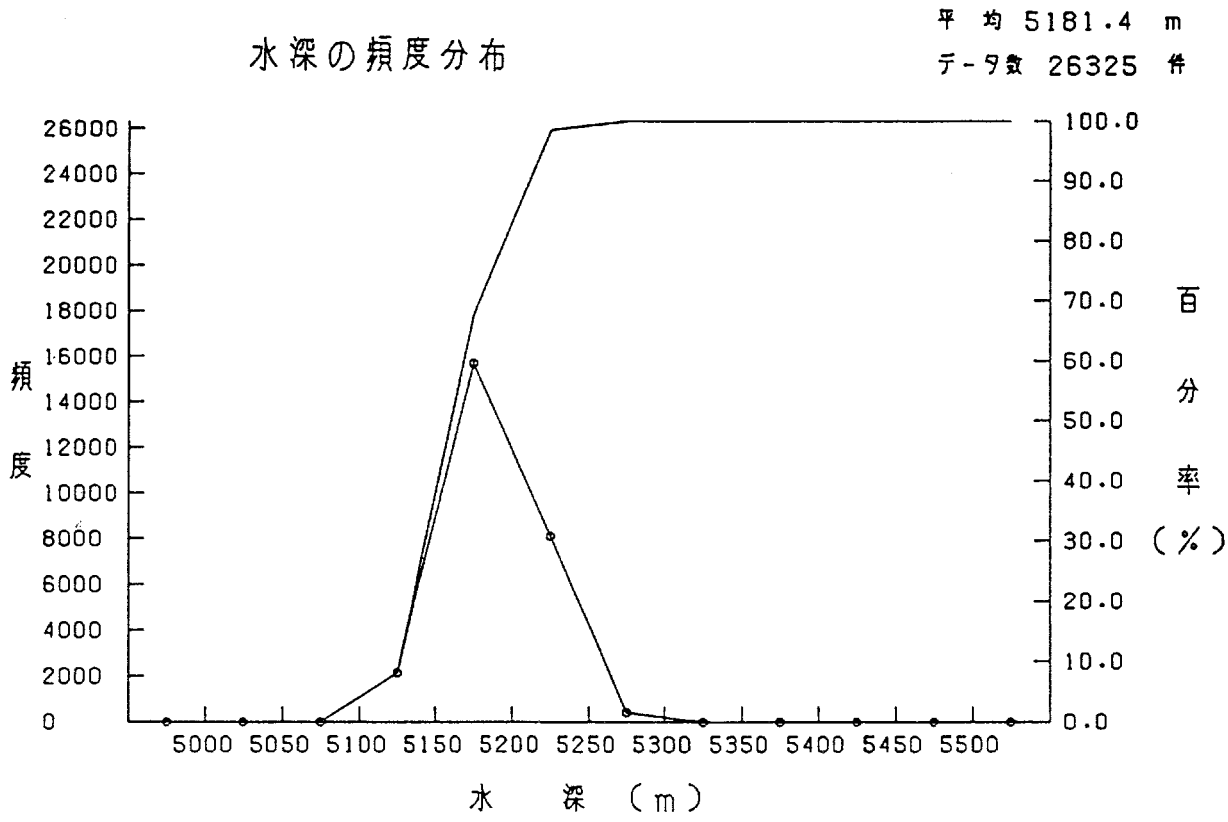


図2.4－39　水深の出現頻度分布図

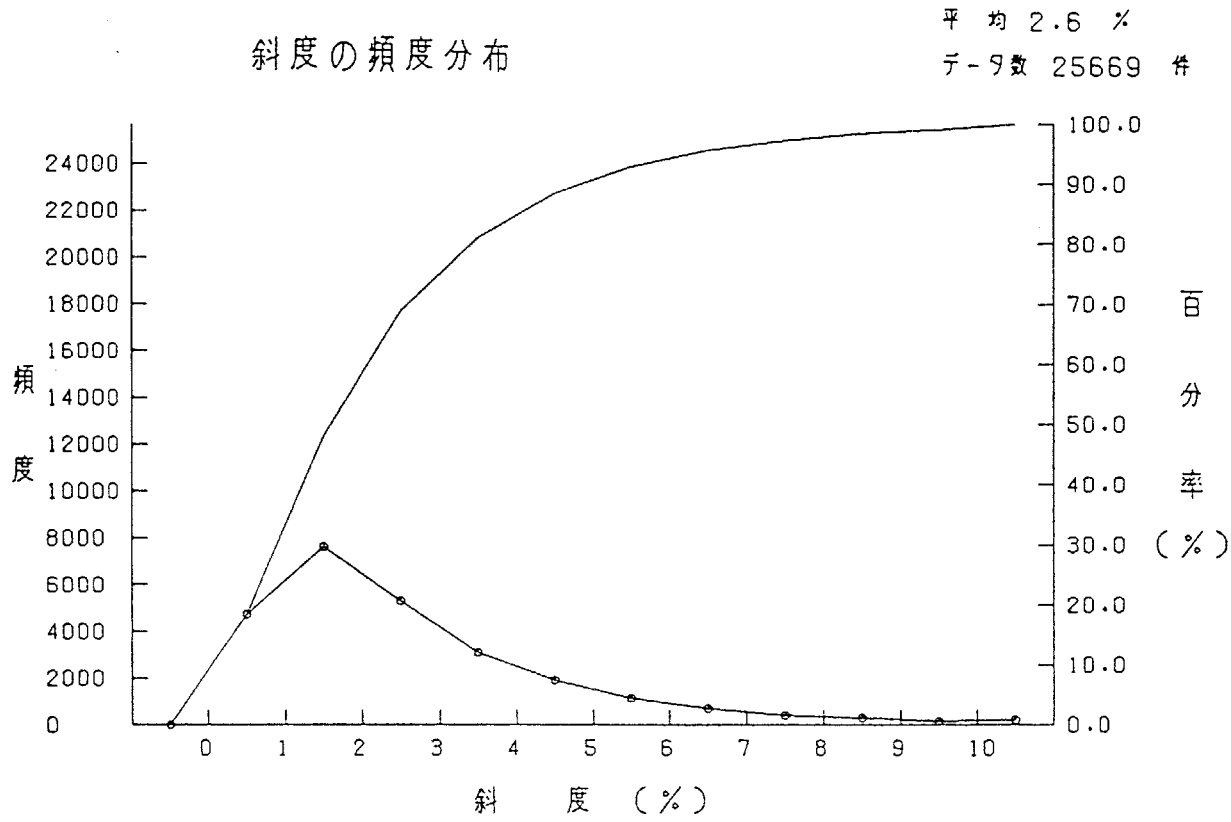


図2.4－40　海底地形斜度出現頻度分布図

300m程度までがこれに該当する。計算値が分散し，特に波長 300m以下の部分で値が収斂しているように見えるが，これは計算処理による誤差と考えられるので，特別な意味はない。これで一応はこの海域の地形特性を波長（周波数）分布として表現できたことになるが，この図の１例だけで解析法としての評価をすることは難しい。地形特性の異なる他の海域を同様に処理して，相対的な比較をして見る必要があり，また地形変化にどのような要因が関与しているかの検討も必要であるから，今後もさらに結果の解釈や適切な解析方法の発見に努めていきたい。

(2) 電子計算機によるノジュールの濃集状況の検討

海底地形観測はＭＢＥＳの導入によって，格段に高精度の地形図が短時間に自動的に得られるようになり，また後述するＳＳＳ観測・解析によって，微地形も把握できるようになった。これに反して，ノジュールの賦存状況は実験計画上でも，採鉱システム研究のためにも極めて重要であるにも拘わらず，未解決の課題が多い。

ノジュールの分布状況を整理し評価する方法としては，一般にサンプリング点の位置を平面図上にとってその点の濃集率を注記し，等しい値（濃集率階級目盛値）の点をできるだけ滑らかな曲線で結ぶ方法が用いられる。しかし，サンプリング点の配置や間隔が一様ではなかったり，濃集率の値の変化が著しいのが普通であるため，手作業では作業者の主観によって等濃集率線の位置形状が支配され，人が変わったりデータが追加されると，結果が全く異なることが多い。従って，賦存量も大きく変わるなど，信頼性に乏しいが，ノジュールの成因も，濃集率を支配する要因も未解明である現在では，当座の簡易処理法として止むを得ない対処法であろう。

主観によらない方法としては，この種の不均等配置データ処理に一般に用いられている，格子データへの変換法と計算処理による補間法とがあり，ノジュール濃集率データの処理にも利用されている。

国の探査事業では，当初は手作業が採用されていたが，近年では電算機による数値処理に移行している。計算方法には，距離低減法，最小曲率法，ブリッグズ法，等間隔平均法など多くの方法があり，前出の図2.4－20，図2.4－21に見られるように，結果は一致しないのが普通である。もっともこれらの処理法は地球物理学など，データを支配する要因が明快な数式で表現されるデータの処理に適した方法であり，ノジュールへの適用については，理論的な裏付けはない。

どの方法が最良であるかの判断は，超細密な観測による実体の把握（グラウンドトゥルース調査）を行なうか，さらにノジュールの濃集要因までも解明しない限り不可能であるが，数値計算処理に委ねた場合には，少なくとも作業者の主観による偏りだけは排除できる。こ

れと同様な事情は，粒径や形状の分布図作成の過程にも存在するが，濃集率ほど顕著ではない。このようにノジュールの賦存状況を考える上で基本的な資料である，いわゆる「分布密度図」は，概念としては明確であるものの，実体を何処まで正確に表現しているかという点では，大いに疑問ではある。

しかし実務上では不可欠な資料であり，できるだけ問題が少ないと考えられる方法で作図することが重要であるので，本項では，追加取得されたサンプリングデータを取り込み，従来と同様な最小曲率法により処理したノジュール濃集率分布図その他の資料について述べることとした。

ⅰ）濃集率分布図

図2.4－43は従来と同じく最小曲率法で補間したノジュール濃集率分布である。データとして，サンプリング(FFG) データ累計30点と，海底写真(CDC) データ追加分 2,000余点とを用いた結果，全体としては充実した図となっている筈であるが，原データの配置の不均等さや，濃集率分布に方向性がないとして処理したことなどから，図形の密度が位置によって異なるように見え，直観的に不合理性が目立つ欠点がある。将来も機会を捉えて改善を図っていきたい。

ⅱ）複合鳥瞰図（地形・濃集率）

図2.4－44は，海底地形鳥瞰図（図2.4－37）を無色とし，その上に濃集率分布図（図2.4－43）に従って彩色を施した地形と濃集率との複合鳥瞰図である。この図の意図は実験計画や採鉱システムなどの研究において，有効な資料たりうること，地形と濃集率との関係を直視できること等であるが，残念ながらこの図では濃集率データの不備が災いして，目的は達せられていない。なお，ＳＳＳと海底写真と対比した相関解析も他の事業で行われているがまだその途上にあり，解明は十分ではないようである。

ⅲ）３次元棒グラフ濃集率分布図

ノジュール分布状況を，データに忠実に，かつ合理的に表現する方法を検討したが，その一つの方法として，３次元棒グラフによる濃集率分布図を作成した。図2.4－45はサンプリング及び海底写真によるノジュール濃集率の全データを，その観測位置上に角柱で描き，濃集率を高さと色別で表したものである。ただし地形の高低は省略してあり，角柱列が直線上から外れている部分は，測線の湾曲によるものである。

この図によれば，表示は不連続ではあるが，高濃集率部分，例えば10kgf/㎡以上，17.5kgf/㎡といった場所の所在が直ちに理解されるであろう。原資料では，各写真測線ごとのノジュール濃集率と地形との関与を詳しく示した図面（引用は省略）があるが，全体の状況を把握するためには，この図も一つの解決方法であるように考えられる。ただし，視点

の位置や縦横高さ比の定め方，色彩選定などで印象が大きく変わることや，蔭の部分を少なくするための配慮など，作画上の巧拙が著しく影響する。

2.4.7　サイドスキャンソーナーによる海底状況の解析

サイドスキャンソーナー（ＳＳＳ）による海底状況の観測は，現行の海底調査方法のうちで最も精度・分解能が高く，海底面を一種の画像として微細に把握できる唯一の方法である。浅海底ないしは音波の反射率が高く顕著な地形変化を伴うような岩盤海底に対しては，船上記録画像から直接判読できるが，深海底についての解析では，複雑な電算機処理と，画像判読の技術（ノウハウ）が要求される。

TA-C3 海域に対しては，世界的にも例の少ないと思われる大規模観測（測線長約14海里，測線数20本，総延長約 280海里）が平成２年度に実施され，その全データのうち，北半分（北緯９°16′～９°20.5′，測線長延べ 140海里）の解析処理を行った。本年度は引き続き南半区域（ほぼ北緯９°11′～９°16′，西経 146°29′～ 146°44′，測線長延べ 140海里）について，昨年度と同様の解析処理を本プロジェクトで実施した。

(1)　作業の概要

ＳＳＳ解析の作業は，系列的に　①ノジュール分布状況解析（主として海底写真による）②ノジュール分布／音圧分布／微地形３者間の相関分析　③微地形・障害物の解析　の３種に分け，それぞれ別個の事業の中で連係を取りながら行われたが，本プロジェクトでは③の項目を実施した。これらの図のすべてを採録することは困難で，重要なものの数枚を示すにとどめ，原寸の図面は別途用意して，関係者の検討に供することとした。

③の作業により作成された成果物は下記のとおりで，図面は何れも縮尺1/25,000であり，深海底の図面としては極めて小縮尺（詳細）なものである。

a)海底面状況図（モザイク画像）：長さ40cm×幅100cm 4枚組，160cm(E-W)×100cm(N=S)

b)海底微地形図（等深線図）　：等深線間隔10m，寸法・枚数は上に同じ

c)海底微地形判読図　：　寸法・枚数は上に同じ

d)海底微地形断面図　：長さ45cm×幅20cm，30枚組，高低（水深）誇張率10倍

(2)　解析結果

ＳＳＳデータ解析の最初の作業は画像の作成であり，原記録データの前処理（斜距離補正，ノイズ除去，放射量補正，ＳＳＳ曳航体位置推定），幾何補正，モザイク画像作成，等を含む一連の電算機上での作業によって，まず海底面画像（状況図）が作成される。次いで他の測深データを参照して海底微地形（等深線）図が作られ，最後にこれらの図から海底状況を判定して，海底面判読図が作成された。なお，地形断面図はこれらのデータを利用して作成

された。

① 海底面状況図

本年度に作成したモザイク画像はTA-C3 海域の南半分であるが，昨年度に作成した北半分の画像と接続した全域の画像を図2.4－46に示した。原図の縮尺は1/25,000であるが，挿入図（A3版）は縮尺1/87,000に縮小されている。以下の各図も同様である。

この図から読み取れる範囲では，障害物も異常な堆積物の凸部等も見いだされず，集鉱機の操業に特別支障を来たすようなものはないと考えられる。

この図では，地形・斜度等の影響は全く除去されており，海底面での音波の反射音圧の強弱のみが黒の濃淡で表されている。黒いほど強い反射を意味し，一般には岩盤，礫層等と判別されるが，この海域ではノジュールの存在を示すものと考えられる。突出した岩盤がもし存在すれば，やはり黒い画像となるが，その部分の質感（写真で言うマティエール）で識別できるほか，微地形データからも判断できる。白い画像部分は，遠洋性粘土等の堆積物のみであるか，またはノジュールがあっても極めて少ない場所であると考えられる。

図は全体に南北方向の縞状模様を呈しているが，これは地形の傾向と良く似ており，ノジュール濃集と微地形との相関を窺わせるが，完全には立証はされていない。なお，別の事業において，ＳＳＳによるノジュール探査の可能性を研究するため，海底写真(CDC)とＳＳＳ音圧との相関性を厳密に解析しているが，ノジュールの低濃集率部分に対しては相関が認められるにも拘わらず，高濃集率部分などについては良い結果が見いだされていない由である。これは音圧の飽和等により，階調の分離ができないのではないかと推定される。これが可能となれば，ＳＳＳによりノジュール濃集率が高速で即時に観測できることになるので，是非とも完成されることを期待したい。

② 海底微地形図

海底地形データ，即ち位置（船位）／水深データは，ＭＢＥＳのほかＳＳＳ観測によっても，曳航体位置データ及び曳航体が受ける水圧データ（水深）と曳航体の海底面からの高度データ（ＳＳＳ信号及び超音波高度計）の和としても得られる。

このうちで，問題となるのは曳航体の位置標定である。現有機器では測定精度が不十分で，改善が計られつつあるが，微地形の検討に適用する場合には，地形との照合によってもかなりの程度までは確保できる。水深データのうち，水圧計データは絶対深度を求めるにはＭＢＥＳ，ＮＢＳに一歩譲るが，高度データの方は微地形観測に対しては精度・分解能ともに優れている。やや粗雑ではあるが，現用機器について数量的にＳＳＳとＭＢＥＳとの比較を試みると，ＳＳＳはＭＢＥＳに比べて，観測距離で50倍，周波数（波長）で4倍，指向角でほぼ同等といった比率で，精度ないしは分解能が高いと言えよう。

昨平成２年度には，TA-C3 海域北半部の微地形図を作成したが，ＳＳＳ航跡上のＮＢＳ（ＭＢＥＳではない）水深データを参照データとしつつ，ＳＳＳ水深データを用いて微地形図（等深線図）を作成した。本年度はTA-C3 海域南半部について，同一手法ではあるが，参照データをより信頼性のあるＭＢＥＳ水深データに変更して作図した。

図2.4－47がその微地形図であって，縮尺1/25,000，等深線間隔10m，30枚構成の原図を縮尺1/87,000に縮小したものである。地形の趨勢は南北に軸を有する波状を呈しているが，各所に比高10～20m以内の平坦面が拡がっているため，波状である感じはさほど表われていない。最深部は中央北寄りにある谷合いの水深約 5,270m＋の部分で，最浅部はそれより東方南部の高まりにある水深 5,270m－の部分である。全体に緩やかな起伏地で，急斜面や障害地形は見いだされず，曳航自走を問わず集鉱機の活動にとって問題はないようである。

先に示した海底面状況図（図2.4－46）では，南北軸をもつノジュール分布や堆積状況の変化がかなり顕著であったが，微地形ではそれほど目立ってはいない。従って，これら両者の相関がどの程度密であるのかは，今後の重要な検討課題として指摘して置きたい。

③　海底微地形判読図

上記①項の海底面状況図と②項の海底微地形図とを解析し，地形と底質（画像濃度）とを総合して描いたのが図2.4－48の海底微地形判読図である。縮尺等は前各図と同様である。

地形の尾根線，谷筋，画像の濃淡（２階調）のほか，地層境界の推定線等を整理し，一括して示されている。南北軸の地形趨勢に従って，複雑な起伏と底質変化に富むことが一層明らかに示されている。さらに，微細な紋様がほとんど全域に分布しているが，これが堆積物の性状の境界であるが，あるいはノジュール分布状況の反映であるか，実態が何であるかを知るためにはさらに詳細な解析作業が必要で，目下のところは不詳である。

④　海底微地形地形断面図

②海底微地形図の項で述べたように，ＳＳＳの水深データが地形の細部を最も良く捕らえているので，測線10本について東西方向の地形断面を示したのが図2.4－49である。距離軸は既出図と同一であるが，測線の湾曲はそれに最も近似した共通の直線上に投影して作図してある。

深度方向の目盛は，距離軸に対して誇張率10倍としてあるにも拘わらず，やはりこの図でも大部分が緩斜面であり，僅かに中央部の谷の部分にやや急な斜面が見られるのみである。この断面図は，地形変化の最も著しい方向を描いたものであるから，他のすべての方向については，これより激しい地形変化はあり得ない。なお，この図りよもなお大縮尺の

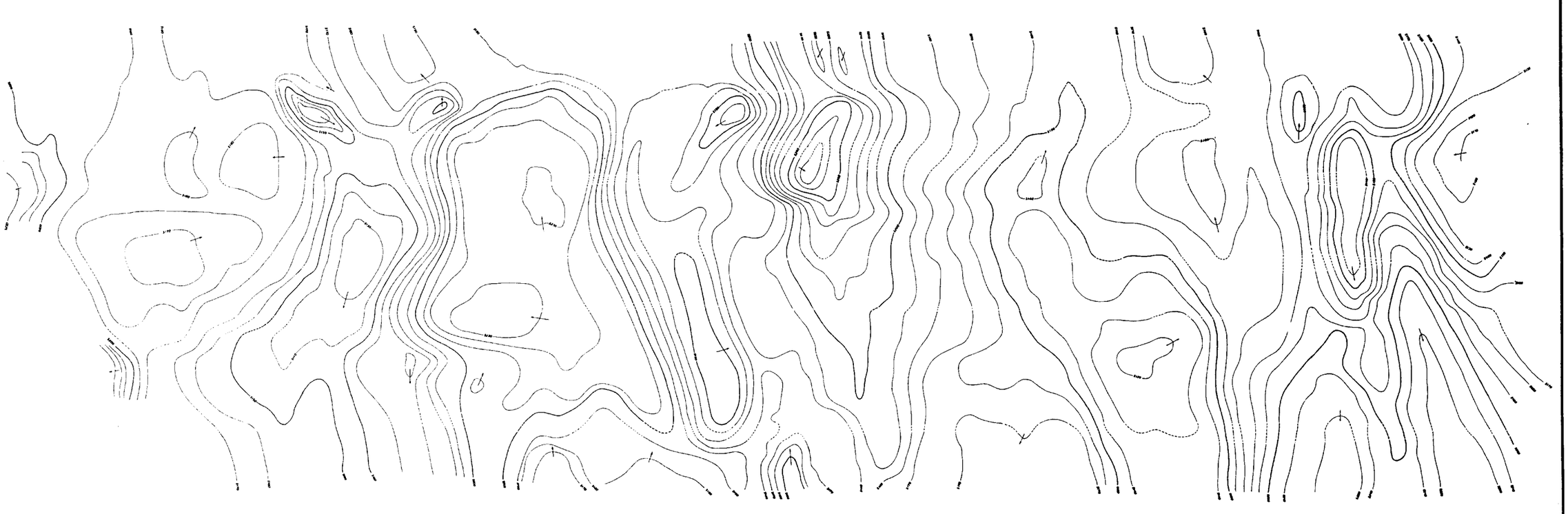


図2.4－47　海底微地形図

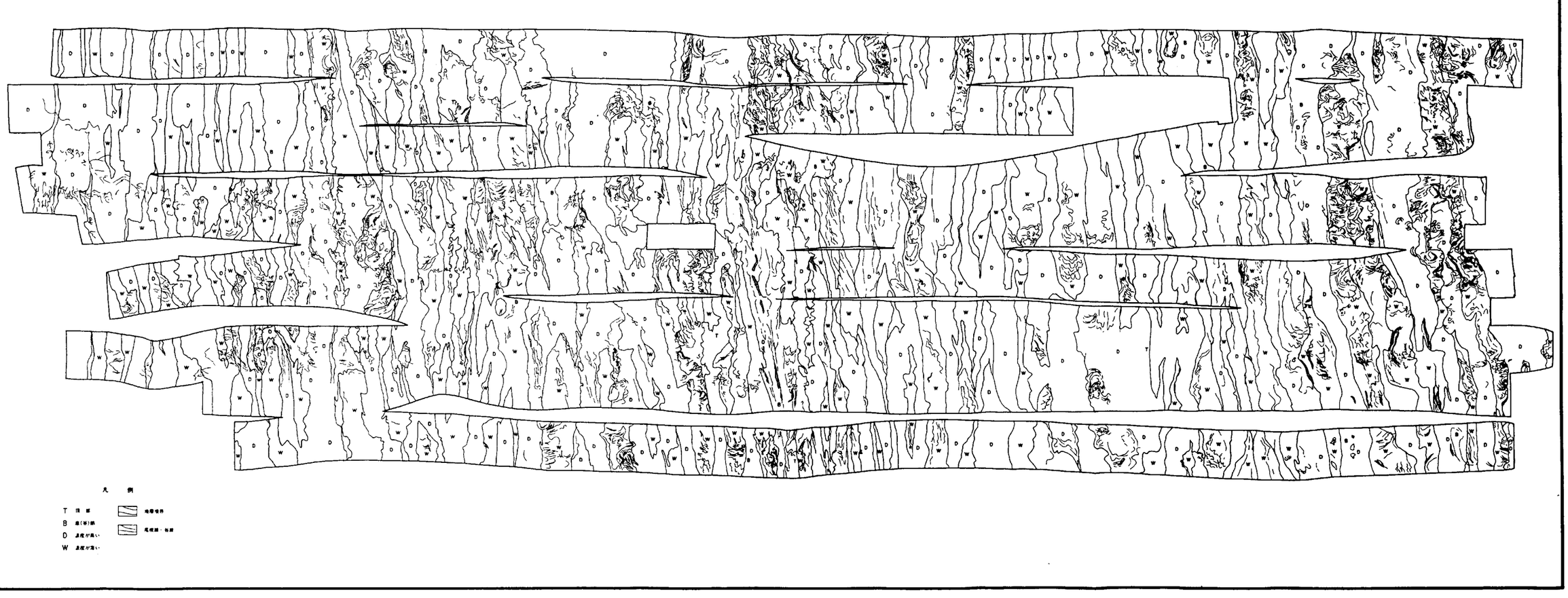


図2.4－48　海底微地形判読図

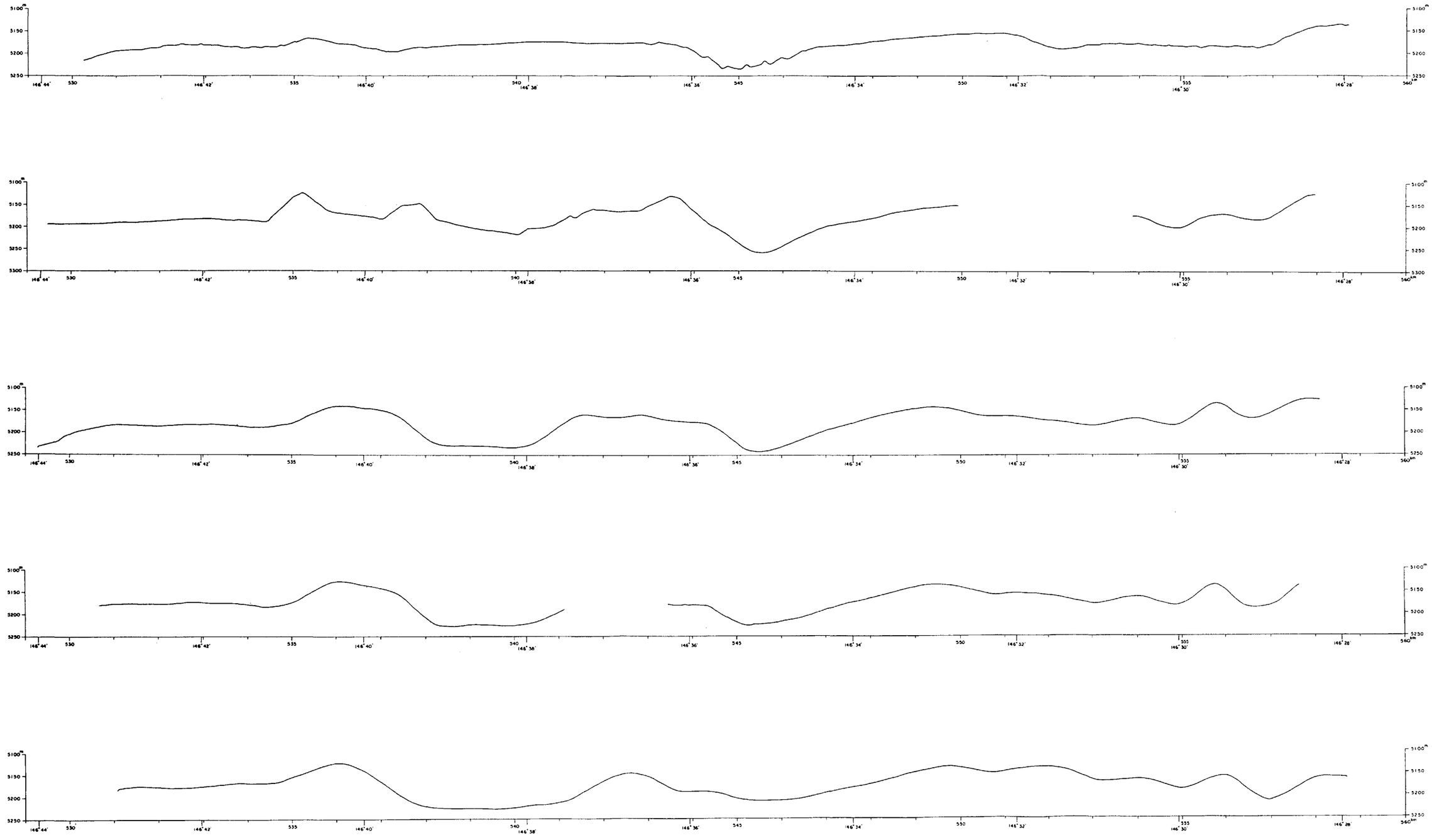


図2.4－49　海底微地形断面図（その1）

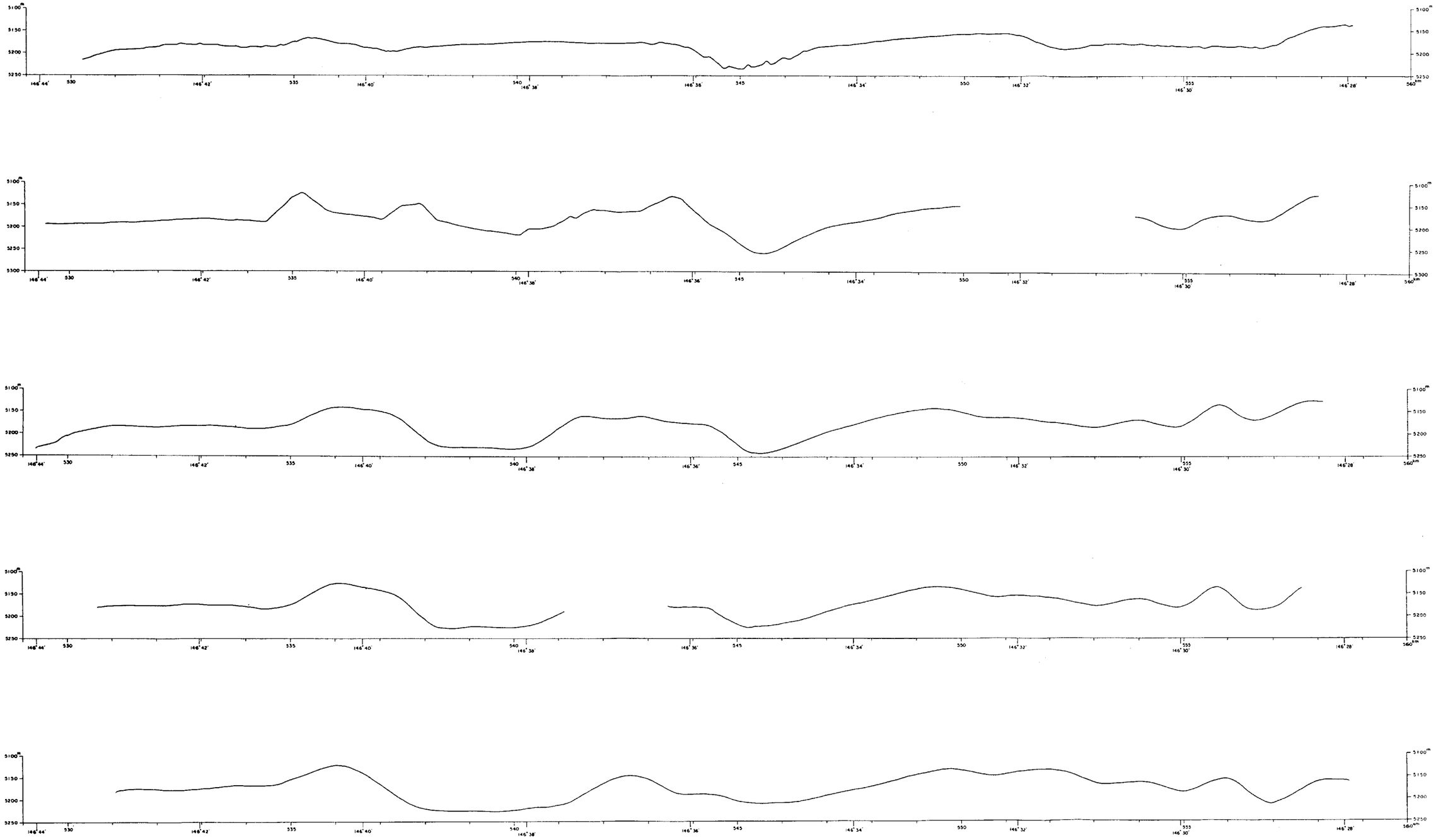


図2.4－49　海底微地形断面図（その２）

断面図を作ることも可能であり，自走式集鉱機を本格的に設計するような場合には，底質分布や物性と合わせて，よい検討材料となるであろう。

(3) その他の解析結果

本プロジェクトのＳＳＳ解析作業と並行して，ＳＳＳデータと他のノジュール分布にかかわる各種観測データとの間の相関性について解析研究が行われている。すなわち，①ＳＳＳ画像処理によるノジュール分布状況の解析と，②ノジュール分布，音圧分布及び地形データの間の相関性の検討とである。言い換えれば，各種の音波探査信号の解析によって，ノジュールの分布状況を音響的に可能とする手法を見いだそうとするものである。詳細については割愛するが，本プロシェクトに有効であると考えられる一部の成果を以下に示す。

図2.4－50は，海底面状況図（前出図2.4－46，モザイク画像）を地形データによって立体化したものの1例である。視点を4方位に変えた図があるが，この図は北北西(330°）方向の高さ26.5°から見たもので，4図の中で蔭になる部分が最も少ない。なお，誇張率は15倍である。

中央の谷筋とその右側の斜面及び肩の部分に，画像濃度の低い縞があるのが目立つが，その他の部分は概ね中ないし高濃度の画像で覆われている。これら画像濃度は，ノジュール濃集率と堆積物の性状とにより，さらには微地形によって支配されている筈であるが，それらとの相関は必ずしも明快には解析されていないようである。

図2.4－51は，ＳＳＳデータ等から作成された，TA-C海域の海底面の斜度・方向の分布図であって，方向を色相で，斜度をその彩度で示したものである。斜度分布図としては先出の図2.4－9，図2.4－41があるが，この図は斜度のほかに方向をも同時に表しており，詳しさの点で最も優れている。反面，表現を細かくした分，読図方法が複雑になりやや慣れを要するが，斜度2～4％(1.1～ 2.3°）以下の部分が卓越しており，6％(3.4°）を超えるのはごく一部に限られることが直観的に判るであろう。

この図は前出の2図と異なってディジタル化してあるので，作成には手間がかかるが，集鉱機性能限界等と対比して稼行範囲を求める等，電算機上で採鉱計画を検討するためには最も有効であると考えられる。同様な手法によって，濃集率・粒径・金属品位などのノジュールの賦存状況や，堆積物の性状・物性等も処理して図化すれば，多種の自然条件を数値的に同一手法で総合的に検討できる筈であるから，一層有用さを増すであろう。

2.4.8　パソコンによる海底条件解析システムの研究

探査事業で観測・解析された原データは，汎用大型電子計算機により集録・処理されるものであるので，本プロジェクトにおける海底条件の解析作業においても，汎用大型機を使用してきた。しかし，最近の電算機業務の動向と同様に，大型機の利用は煩瑣で費用が嵩む上に，変化の多い日常の要求に応ずることが困難である。他方，ＰＣやワークステーションなど小型電算機の性能向上に伴って，大型機から小型機へ業務を移行させる（ダウンサイジング）ことが一般的に顕著な傾向となっている。標題の作業はすでに昭和63年度から行ってきたものであるが，同様な理由によるものであり，期せずしてこの傾向に従ってきたことになる。

この様な最近のＰＣ技術の動向から見て，高性能のパーソナルコンピュータと，大容量の記憶装置，さらに必要な周辺機器を利用すれば，海底地形，ノジュール賦存状況等の海底自然条件を自由に処理し，実験計画や採鉱システムの研究に役立てることがますます容易になりつつある。即ち，大型機ではやりにくい任意区域の切り出し，統計処理，図面作成等の諸作業が，手元で行え，かつ１人で容易に実施できることになる。また，経費も作業時間も著しく節約される。

ＰＣによる海底条件解析システムは，昭和63年度（下期）にその原型である第１版[1]を作成して見通しを得て以来，プログラムの改訂，データの更新増強[2]を行い，平成２年度にはほぼ実用になる程度のシステム[3]に到達した。しかし，実海域のデータがさらに増加しプログラムにも不備な点が若干見いされたので，本年度も改良研究を行い，第４版を製作した。以下にその概要を述べることとするが，その前に，使用している機器構成を図2.4－52に示しておく。また，作業内容を理解しやすいように，手順のフローシートを図2.4－53～図2.4－55に掲げ，文章での説明は煩雑になるので省略する。

(1)　データの補強

このシステムで現在処理できるデータは，海底地形（位置・水深）とノジュール濃集率とであるが，本年度にはTA-C3 海域のデータがさらに追加されたので，まず処理用データへの取り込みを行った。即ち，水深に関しては測深システムの更新等による高精度大量のデータ

---

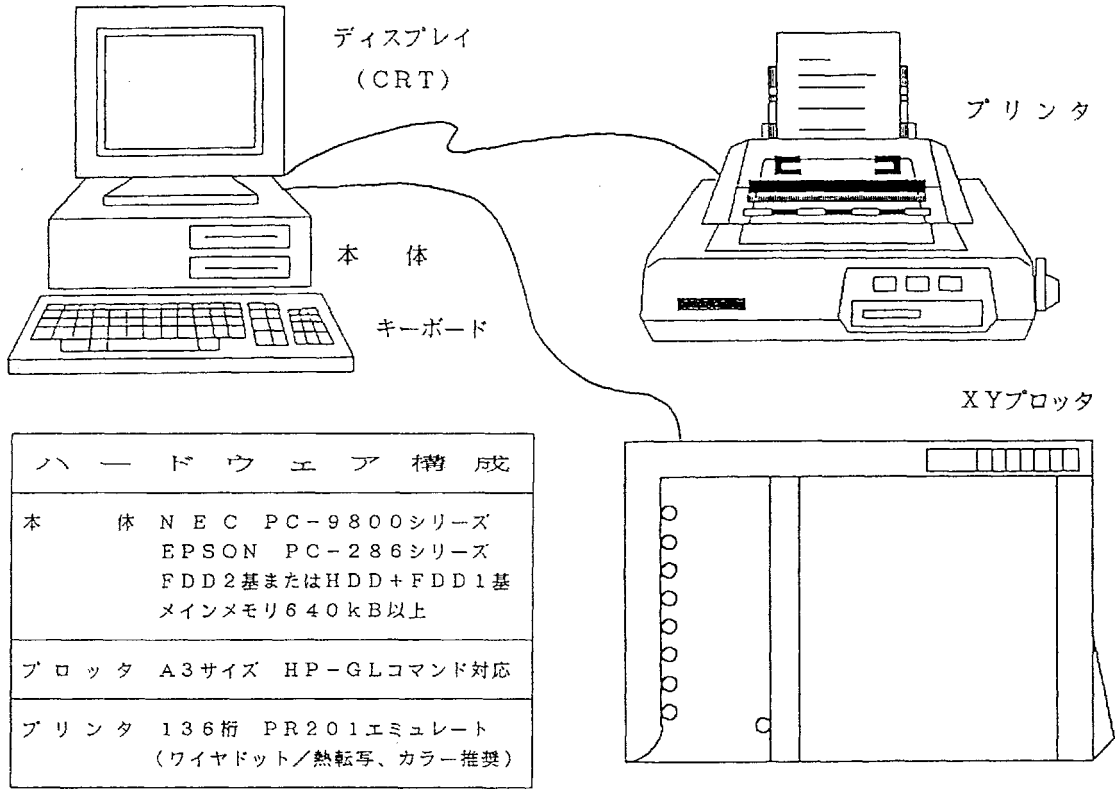
1) 海底地形解析方法の検討，昭和63年度成果報告書（ 1/5分冊）［トータルシステム編］，pp.407-413 ，　平成元年３月

2) 海底条件解析システムの開発，平成元年度成果報告書（ 2/6分冊）［トータルシステム（実験計画編）］，pp.227-235，　平成２年３月

3) 海底条件解析システム，平成２年度成果報告書（ 2/6分冊）［トータルシステム（実験計画編）］，pp.192，201-203，平成３年３月

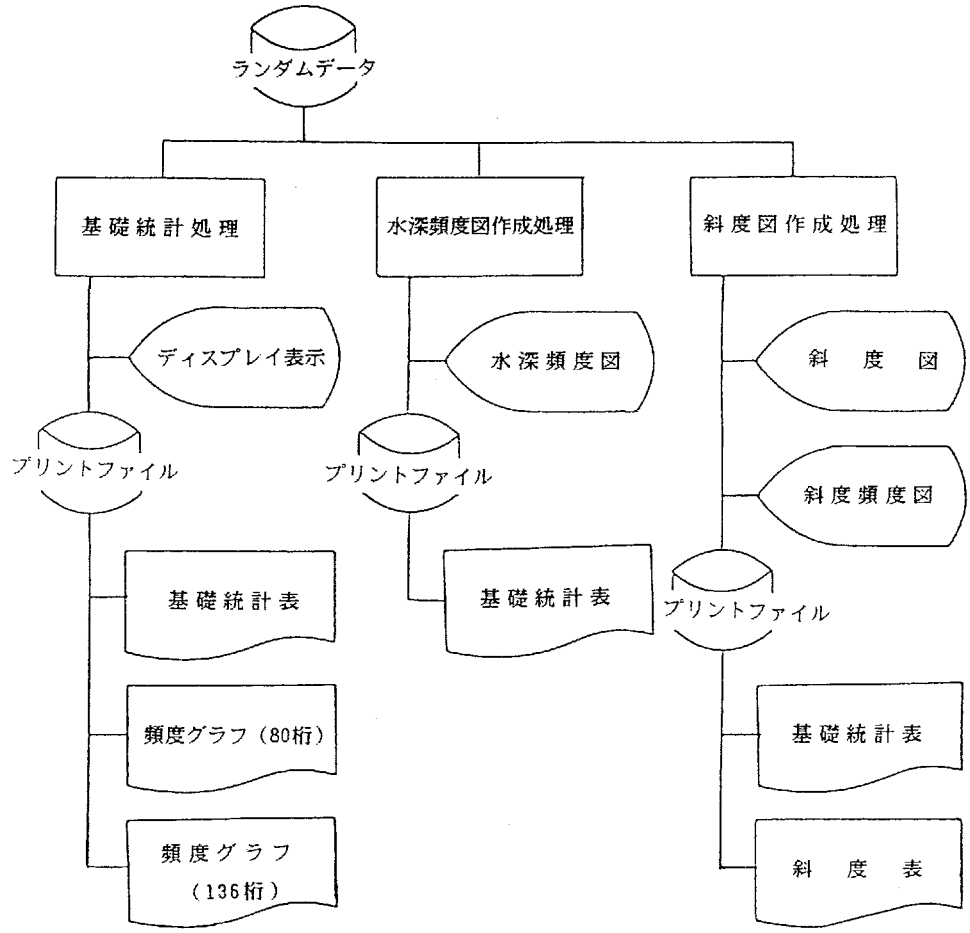
（１）　ハードウェア構成

パーソナルコンピュータ



ハ　ー　ド　ウ　ェ　ア　構　成	
本　　体	ＮＥＣ　ＰＣ－９８００シリーズ ＥＰＳＯＮ　ＰＣ－２８６シリーズ ＦＤＤ２基またはＨＤＤ＋ＦＤＤ１基 メインメモリ６４０ｋＢ以上
プロッタ	Ａ３サイズ　ＨＰ－ＧＬコマンド対応
プリンタ	１３６桁　ＰＲ２０１エミュレート （ワイヤドット／熱転写、カラー推奨）

図2.4－52　ＰＣによる海底条件解析システムの所要機器



［注］「プリントファイル」は、プリンタに出力するためのファイルで、
「統計表の出力」機能を用いて、プリンタに出力可能である。

図2.4－53　ＰＣ解析作業のフローシート(1)（ランダムデータの処理）

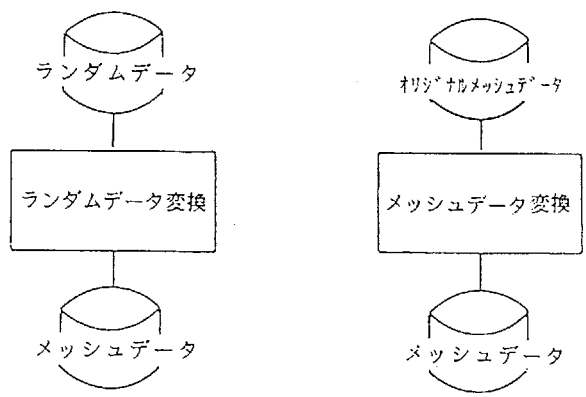


図2.4－54　ＰＣ解析作業のフローシート(2)（メッシュデータへの変換）

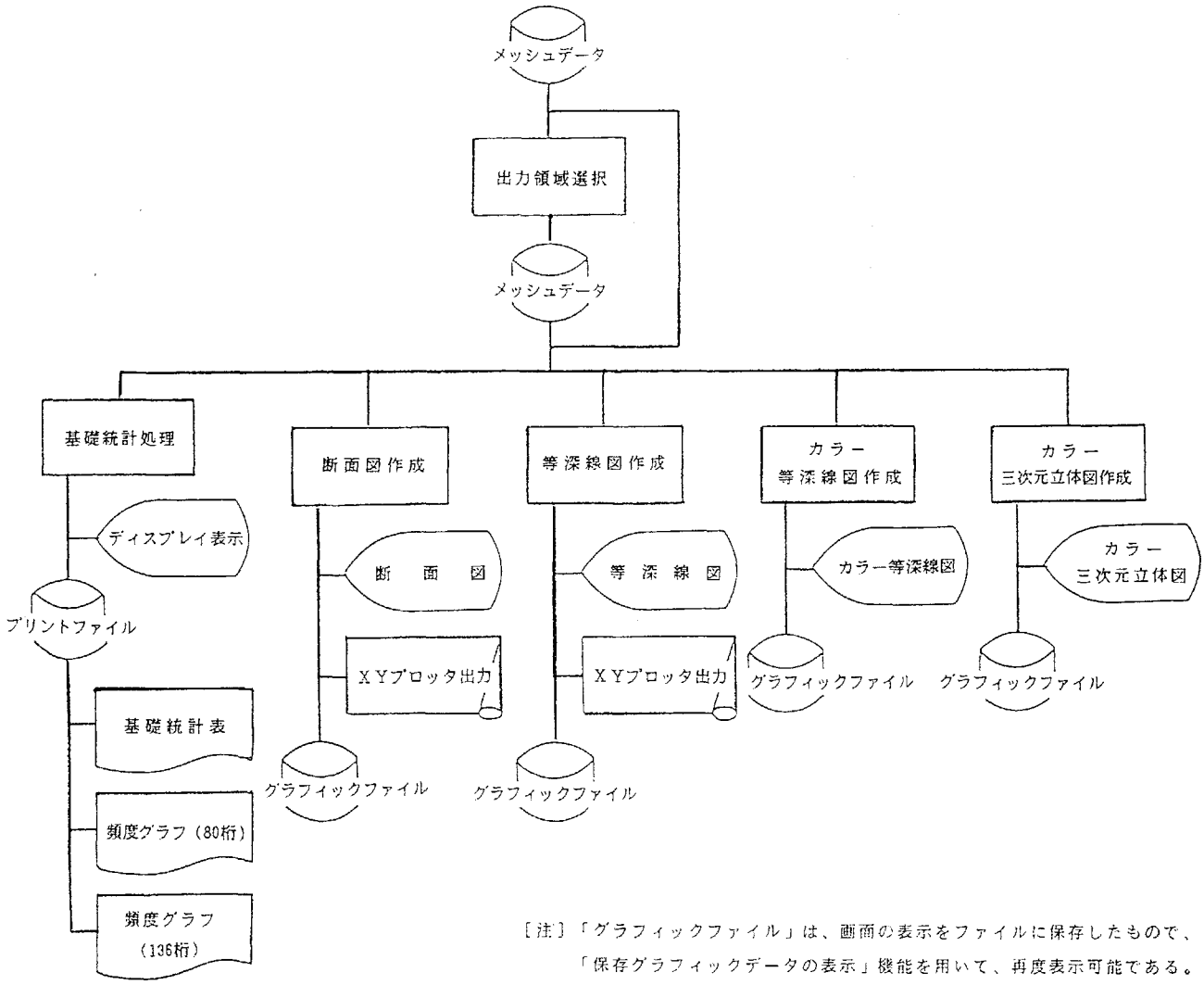


図2.4－55　ＰＣ解析作業のフローシート(3)（解析・出力処理）

が利用可能となり，ノジュールデータについても，サンプリング点（30点）の追加，大量の海底写真撮影（ 2,200枚）等によりデータ量が大幅に増加したので，これらを大型機用磁気テープから読み出し，形式を整えてＰＣ用データディスクに記録した。データの観測位置が均等ではないため問題は依然残されてはいるが，データ量の大幅増加によって処理出力の質は著しく改善されることとなった。

(2) パソコン機器の仕様の検討

従来は，手軽に何処でも運用できることを重視し，ＰＣを16ビット機とし，内部記憶装置の容量を640kB(ｷﾛﾊﾞｲﾄ)範囲に留めてきた。これは当初時期の代表的な日本語ワードプロセッサが十分に使える機器性能を基準としたためである。今回，データ量が大幅に増加したため，これでは性能が不足気味となり，計算時間が長くなるほか，またフロッピーディスクのみの運用では，かなり操作の手間が増加した。しかし，大量の処理を行うのでなければ実用には十分耐えられる。なお，後述するように，ノジュールに関するデータベースを取り扱うためには，若干上位の機種（CPU が80286 以上）が不可欠であるが，本項の作業についてもできるだけ高機能のＰＣを使用することが望ましいことは言うまでもない。

(3) プログラムの改良

解析処理のためのプログラムは，基本構造や主要な機能は変更の必要がないが，データ量増加への対応上と，使用上で不都合な箇所を改善した。すなわち，a)操作画面表示，メニューの内容，指定方法等の改良，b)出力図面上での緯度経度による位置表示の追加，c)作成したデータファイルの具体的名称の付与　などであるが，これらにより操作性がかなり向上した。以下に機能や操作性に関係する若干の改良点を述べる。

① データ量増加に対する改良

このシステムでは，まず不規則（ランダム）配置のデータを格子状配列データに変換する。従来のデータ量では格子数約 5,000点で十分であったが，増強したデータに対しては不足するので，これを約26,000点に増加させた。その結果，統計処理結果はもとより出力図もより精細なものが得られるようになった。反面，処理に余分な時間がかかるほか，処理範囲（面積）が若干減少する弊害が生じたが，実用上問題になるほどではなく，上位機種を採用すれば高速化は簡単に解決され，またプログラムを僅か修整すれば面積も拡張できる。

② 操作性の改善

解析作業はＰＣのディスプレイの画面上でメニュー選択，条件指定，ファイル操作，出力指示などを対話形式で進めるようになっている。従来の第３版ソフトウェアでは，MS-DOSコマンドが必要であったり，キー操作の方法が一部で不統一であったり，使いにく

い点があった。今回はこれらを全面的に見直し，分かりやすく使いやすい方法に改善した。

③　取扱説明書の改訂

このフソトウェアは，日常の事務等でＰＣを利用して人が普通に使用できることを目標としている。旧版の取扱説明書はプログラム開発技術者の水準で作成されているため，やや難解で，かつ表現の不適切な箇所があったので，これらをすべて改訂した。まだ，完全とはいえないが，今後も引き続き要領を得た説明書になるように手を入れていきたい。

(4)　解析図表の出力

出力の形式は，ディスプレイ（ＣＲＴまたは液晶）表示，プリンターによる図（カラー可）及び表の印刷，Ｘ－Ｙプロッターによる図面の描画であり，本年度に特に改変した点はない。ただ，データの増強により，出力の質はかなり向上した。

図2.4－56は，TA-C3 海域のこの解析システムによる出力図（一般用カラープリンタ使用）の一例である。昨年度の同様な地形図[1]に較べて，測深システムの更新とデータ数の増加が反映した結果，地形図としてほとんど不備のないものとなった。また，地形断面図の出力も，以前の図[2]よりも克明かつ円滑に断面形状を描くことができるようになつた。

統計結果等の数表出力の例示は省略するが，何れも主としてデータ数の増加によって，出力内容と質重共に格段に向上した。

今後の問題としては，データの一層の増強のほか，採鉱システム研究への対応を図るため，これまでは採用していなかった各種データ，例えばノジュール粒径，金属品位等など，あるいは斜度分布などの２次データを取り込み，総合的な自然条件評価までが可能なよう，システムを如何に拡充するかにある。その一環として，この解析システムに対応したデータベースの構築について検討したので，次節に記すこととする。

---

1) 海底地形図，図1.4－52，平成２年度成果報告書（ 2/6分冊）［トータルシステム（実験計画編）］，p.203，平成３年３月

2) 海底地形断面図，図1.5－56，平成元年度成果報告書（ 2/6分冊）［トータルシステム（実験計画編）］，p.231，平成２年３月

2.4.9　海底条件データベースの検討

最近の情報化社会では，データベースの必要性，有用性が認識され，商業化が盛んであるが，一方科学技術分野でも専門的なデータベースが利用されている。ここでは，ノジュールの開発に関連した，詳しく言えばＰＣによる海底自然条件解析システムに連動可能で，採鉱システム研究や開発計画の検討に寄与し得るような，専門化されたデータベースが対象である。この様なものは新たに構築するほかはないが，これまで多年ノジュール賦存海域の海底条件を解析してきた経験から，この種のデータベースの必要性と価値が認識された。本年度においてはその可能性を検討し，あわせて原型の試作を行うこととした。

(1)　データベースの必要性

従来長期にわたり実施してきた実験海域の調査選定作業は，その対象が限られたごく一部の特定海域であり，また作業の目的も特定の「実験システム」という機器群の現場実験に対する適合性という意味合いが強かった。従って，海底条件も鉱区全域に通ずる普遍的なものというよりも，特に恵まれた環境を求めてきた感が強い。一方，鉱区の海底条件はＣＣＦＺの広大な海域はもとより日本鉱区に限定して考えても，東西に離れた２つの区域の差は著しいであろうし，１鉱区内でもその場所によって海底条件は様々である。

また，一口に海底条件と言っても，項目は多く内容も複雑で，データ数も膨大なものであることは，これまでの成果報告書を紐解くまでもなく明らかである。しかも，海底条件が完全に把握・解明されたわけではなく，今後さらにその質・量ともに充実が図られなければならないし，その方向へ進むであろうことは疑いない。

採鉱システムの研究や開発計画においては，何よりも基礎データが豊富にあり，内容が充実していなければならないが，それらを縦横無尽に利用するためには，印刷物形式の報告や，図面・数表等では不可能である。唯一の方法としては，データベース形式での集録・整理と電算機利用による有機的解析・利用しかあり得ない。米国コンソーシアを始めノジュール開発先進国ではいずれもデータベースをすでに構築し，活用したことが報告されている。

(2)　ＰＣ解析システムとデータベースとの関係

これまでにＰＣを用いて海底自然条件の解析を行うシステムを開発してきたが，解析処理の方法とそのためのプログラムは，すでに述べたようにほぼ実用になる段階に近づいている。しかしその機能は，海底地形とノジュール濃集率の処理に限られており，データも旧総合実験海域に限定されている。今後鉱区海域を対象として海底条件の解析を行うべきことは必然的であるが，ＰＣ解析システムはこの目的に対して極めて有効な手段になるものと考えられる。そのためには，まず，データの集録と，素データ群の加工，相関条件のもとでの複合的な解析処理を可能とするようなデータベースの構築が先決である。統計，作図等の作業は，

すでに概成しているのでこれを若干増強し，さらにデータベースとの連動部分のプログラムを制作して結合すれば，ほとんど問題なく所要の機能が実現できると考えられる。

(3) データベースの効用

一般的に，ノジュール探査データは，汎用の大型電子計算機を用い，磁気テープ上に調査の時系列に従って記録される。このうちあるものは観測機器とオンラインで直接自動的に，他のものはオフラインで手作業により書き込まれる。特定の部分的な海域のデータを利用するには，航海記録から手作業で該当テープを探し出し，多数のテープを汎用大型電子計算機にかけて読みださなければならない。

利用上望ましいのは，すべてのデータが利用に則した形，例えば緯度経度順に整列していることであり，検討対象区域が限定されている場合などに，容易に抽出されることが望ましい。つまり，まず必要なデータが確保され，それを任意な方法様式で処理できて，必要な海底条件が迅速に提供されることである。

詳細は後述するが，多項目・大量のデータを整理し，目的に即した2次データを作成・提供するためには，電子計算機ないしはＰＣ等を用いるデータベースが最も適している。現在，商業化されたものや，独立した専用データベースが各方面で盛んに用いられており，その有効性は実証されている。採鉱システムの研究においては，膨大な海底条件データについて，検索・整列・計算などの作業を頻繁に行うことがまず必要であると考えられるので，ノジュールに関する海底条件データベースは極めて有用であり，不可欠であると言わざるを得ない。

(4) データベース基本的構造の検討

現在市販されている多種類の汎用データベースシステム（ソフトウェア）の中には，大量の文字列ないしは数値データについて，各種の処理，例えば検索，整列（ソート）などの基本的処理を始め，数値計算，一般統計処理などを取り扱えるものがあり，独特の処理が必要な場合にはユーザーが簡単なプログラムを組めば，大抵のことはできるようになる。たとえば，特定の海底条件を持つ区域の選定，一定の濃集率と斜度範囲内にある区域の抽出など，図面と数表とで試行錯誤を繰り返す必要は全くなくなる。満足させるべき条件が少なければ手作業ででもできるか，条件やデータが多くなるにつれて作業は困難性を増し，間もなく不可能になる。この様な作業では，データベースを利用するのが常識的であり，その構築に労力を費やしても，処理作業は自動的かつ高速で行われ，誤ちを招くこともない。

以上理由から，本年度はまずデータベース構築の可能性を検討し，適切なソフトウェアを選定して小規模なモデルを制作した。（以下必要に応じデータベースをＤＢと略記する）。

ＤＢの構築は全く新規にプログラムを制作するよりも既存ないしは市販品のＤＢソフトを利用するのが普通である。取り扱うデータが，数値であるか文字列であるか，また図面や画

像を含むかどうかによって，またＤＢ内部でどのような処理を行うかのによって，プログラムも，ＰＣあるいはその周辺機器の選択も異なってくる。当面は数値データを主体とし，若干の文字列（図面の名称，内容など）も扱える程度で検討するとこととし，図面，画像を入力し，処理する必要性が高いことは認識しているが，将来に譲ることとした。

まず，ＤＢシステムであるが，市販品には種々なタイプ・容量のものがあるので，それらの検討を行った。タイプとしては，a)カード型ＤＢ　b)リレーショナル型ＤＢ　c)文書型ＤＢ　に大別されるが，本目的にはa)，c)は何れも不適当で，データ間の関連づけが可能なことから，必然的にb)のリレーショナル型ＤＢが選ばれる。このタイプも比較的簡易なものと高度の仕様のものが多数あって，それぞれ長短があるが，作業の目的，内容，データ量などから，高性能な５種類の中から“ｄＢＡＳＥⅣ”（ディーベースⅣ，Ver.1.1J）を採用した。その理由は種々あるが，最も普及率も評価も高いｄＢＡＳＥⅢの最新版であること，プログラムが比較的コンパクトであること，メニュー方式が採用され対話型の操作法が可能なこと，従って難解な命令語（コマンド）を使わなくても操作ができること，などが主なものである。

このＤＢシステムの基本仕様は以下のとおりである。ただし，使用する機器の性能が不足であれば，若干の制約が生ずる可能性がある。

ａ）データベースファイル

・レ　コ　ー　ド　数：　最大　10億レコード

・レコード　サイズ：　4,000バイト／ファイル（ｄｂｆファイル）

512バイト／ファイル（ｄｂｔファイル）

・メモ型フィールド数：　最大　64kバイト

・フ　ィ　ー　ル　ド　数：　128フィールド

ｂ）フィールドタイプ／サイズ

・文　　字　　型：　最大 254バイト

・メ　　モ　　型：　　10バイト

・浮 動 型 ／ 数 値 型：　　20バイト

ｃ）ファイル操作

・最 大 オ ー プ ン フ ァ イ ル 数：　99ファイル

・最大オープンデータベースファイル数　：　10ファイル

ｄ）メモリー変数

・最大15,000個

データベースは大量の単位情報の集積であるが，データベース用語では最小単位をフィールド，その集合をレコードと呼び，さらに使用上関連性のあるレコードをまとめたものをフ

ァイルとする。個々の仕様は上記のとおりであるが，具体例をノジュール海域のデータで考えると，フィールドには位置を充てるのが最適で，観測点の緯度（あるいは経度）が書き込まれるが，その数は10億レコード（英・数字 4,000字，かなまたは漢字ならば 2,000字以内）まで，フィールドには各英・数字なら 254字（かな・漢字なら 117文字まで，またメモ型にすれば最大32,000文字まで）記入できるので，十分な大きさである。レコード内のフィールドは，ある地点での各種の観測値，例えば水深，透明層厚さ，ノジュール濃集率などの項目のデータが 255件まで収められ，これも十分な容量である。

因みに，本年度試作したＤＢには，位置水深15,455レコード，ノジュール濃集率 3,811レコードが作成されている。

(5) 必要な機器（ＰＣ等）の仕様

将来の拡張性を考慮して高性能のＤＢを採用したため，これまで解析システム用として対象としてきたＰＣ（CPU 8086系，ﾒﾓﾘｰ 640kB）では容量が不足となり，主記憶回路を拡張せざるを得なくなった。したがって，やや高級なＰＣ（CPU 80286以上）で，最低３ＭＢの記憶回路（プロテクトメモリー）を増設することとした。また，プログラムやデータ数が増えたため，外部記憶回路としてハードディスク装置（HDD ， 5MB以上）も必要となった。ごく普及型のＰＣで運用できないものは残念であるが，上記程度のＰＣよりもさらに上級の機器が普及している現在では，ほとんど問題にはならないであろう。

(6) データベース原形の試設計

このＤＢシステムを用いて，採鉱研究に適したノジュールＤＢを構築すべく，将来性を考慮しながら設計検討を行った。以下のその概要を記す。

(a) データ項目の検討

従来行ってきたＰＣによる海底条件解析では，ごく限られた狭い海域について，地形とノジュールに関する一部のデータを取り扱ってきたが，これからは解析作業の目的に沿わせるため，海域の範囲も項目数，データ数も大幅に増加させる必要がある。処理を高速容易にするためには，データはできるだけ整理された簡潔なものの方が望ましい。まず最初の作業として，必要と思われるものをすべて拾いだし，ＤＢ構造との関係を検討してみる。

ｉ）位置情報

□位　置：（緯度・経度，°・′）　　□距　離：海里（nm），km

□面　積：平方海里（nm^2），km^2　　□鉱　区：境界座標（緯度・経度，°・′）

□航　跡：観測種別（測深・試料採取・写真・ＳＳＳ等）

測点位置・経路，観測時期（年月日）

ii）海底条件－地形・堆積層

□観測方法

・観測機材：測深（ＰＤＲ，ＮＢＳ，ＮＢＥＳ），地層探査（ＳＢＰ，ＡＧＮ），微地形・底質（ＳＳＳ），海水（Ｃ／ＳＴＤ）

・分 解 能：周波数(kHz)，指向角（°），指向幅（ｍ），精度（％）等

・水　　深：位置（緯度・経度，°・′），測深値（ｍ），補正／非補正（方法，補正値）

・観測密度：測線当り対象面積（nm^2／nm＝ｎｍ）

□観測データ

・地　　形：海底地形図，地形断面図，地形特性（波長スペクトル等）

・堆 積 物：音響的透明層（タイプ，層厚），観測機器（ＳＢＰ，ＡＧＮ等）

・障 害 物：種別（段差，崖線，断層，急斜面等），性状（比高，長さ，底質，硬さ，距離，斜度等）

・地 形 図：範囲，縮尺，等深線間隔，図法等

・ＳＳＳ：観測条件，画像仕様，解析仕様，主要結果，重要知見等

ⅲ）海底条件－ノジュール

□サンプリング

・調査方法：使用機器（ＦＦＧ，ＯＧ，ＳＣ，ＤＢ，ＰＣ，ＡＤ等）

・位　　置：測線（始点，経路，終点），サンプリング位置（地点，組数，配置）

・観測密度：試料採取点当り面積（km^2/n＝ｋｍ²，nm^2/n ＝ｎｍ²）

・採 取 量：湿重量（kg），採取対象面積（m^2），粒径区分（cm），粒径分布（粒径区分別重量，同比率）

・性　　状：形状，粒度範囲，粒度別重量比，核物質等

・物　　性：乾燥重量，含水率，湿潤比重，乾燥比重等

・品　　位：Ｎｉ，Ｃｕ，Ｍｎ，Ｆｅ等（％）

・測 定 値：単位面積当り湿重量（kgf/m^2），同乾燥重量（kgf/m^2），被覆面積率（％）

・分 布 図：観測範囲，濃集率階級（kgf/m^2），等濃集率線間隔（kgf/m^2），補間方法

□画　　像

・調査方法：撮影形態（単発／連続），画像媒体（写真フィルム／磁気テープ，感度）

・撮影機材：ＣＤＣ／ＦＤＣ（機種名），ＦＦＣ（機種名），ＴＶカメラ（機種名）照明器具仕様等

・位　　置：測線（始点，経路，終点），撮影枚数，撮影地点等

・撮影条件：撮影距離（高度），撮影姿勢（傾角），フィルム感度，実効感度，照明光

量等

・観測密度：平均撮影間隔（ｍ），１撮影枚数当り観測面積（㎢/N＝ｋｍ²）

・観察結果：ノジュール形状，埋没状況，撹乱状況，生物の有無・種類

・測定結果：撮影面積（㎡），ノジュール被覆面積率（％），ノジュール個数（Ｎ），個数濃集率（単位面積当り個数，Ｎ／㎡），平均粒径（cm）

・濃 集 率：単位面積当り湿重量（kgf/㎡），同乾燥重量（kgf/㎡），基準較正方法（標準海域，実施時期）

・分 布 図：範囲，濃集率階級（等濃集率線間隔，kgf/㎡），鉱量（ｔ）

□ＭＦＥＳ（多周波探査装置）

・位　　置：測線（始点，経路，終点）

・観 測 値：ノジュール濃集率（kgf/㎡），平均粒径（cm）

・観測密度：測線長当り対象面積（nm²/nm＝ｎｍ）

・分 布 図：範囲，ノジュール濃集率階級（等濃集率線間隔，kgf/㎡），基準較正方法（標準海域，実施時期）

ⅳ）海底条件－堆積物

・調査方法：使用機器（ＳＣ，ＰＣ，ＯＧ，ＦＦＧ採泥管等）

・採取状況：採取成績，貫入量，採取量等

・性　　状：底質名称（石灰質，珪酸質，有孔虫等），粒度区分（粘土，軟泥，シルト等），年代，海水に対する溶解性等

・物　　性：含水比，粒度分布，中央粒径（μｍ），見かけ比重，粒子比重等

・工学物性：ベーン剪断強さ，コーン貫入抵抗，付着性等（各kgf/cm²）

(b) **データ量及び入力方法**

以上のように多数の項目にわたるデータがあるので，これまでに取り扱ってきたTA-C3海域を例にとり，まずデータの量を計算し，次いでＤＢへの入力の方法を検討した。

ｉ）データの発生時期（平成３年度末現在）

・暦　　年：昭和（50～63），平成（１～３），西暦（1975～1991）

・航海番号：船名－暦年－航海次数（例，ＭＨ２－ＹＹ－Ｎ）

・調査日時：月日（ＭＭ－ＤＤ），時分（ＨＨ－ＭＭ）

ⅱ）調査区域

・ＴＡ－Ｃ：8°52.5′Ｎ～9°22.5′Ｎ　146°15.0′Ｗ～147°00.0′Ｗ

・ＴＡ－Ｃ３：9°11.5′Ｎ～9°20.0′Ｎ　146°28.0′Ｗ～147°44.0′Ｗ

・全海域（CCFZ）：5°00.0′Ｎ～15°20.0′Ｎ　120°00.0′Ｗ～150°00.0′Ｗ

iii）データの数量

□海域の範囲

・T A － C：30.0′（nm）×45′（nm） ≒ 1,350nm²

・T A － C 3： 8.5′（nm）×16′（nm） ≒ 136nm²

・全海域（CCFZ）：10°（60nm）×30°（60nm）≒1,080,000nm²

□データ（レコード）数

・各海域の観測位置を数種のデータ間隔で計算すると以下のとおりである。

データ間隔	TA－C	TA－C3	全海域（CCFZ）
0.1′（≒ 185m）	135,000点	13,600点	---
1′（≒1,852m）	13,500	136	1,080,000点
10′（≒18.5km）	135	－	10,800

・上とは逆に，データ数を10,000点に制限して，データ間隔を計算してみると下表のようになる。

	TA－C	TA－C3	全海域（CCFZ）
データ間隔	1′（≒1,852m）	0.1′（≒185m）	10′（≒18.5km）

・以上の計算から，各海域のデータ数を10,000点に抑え，さらに各データ長を 200バイトと仮定すると，総バイト数は 2,000,000バイト，即ち２ＭＢ（ﾒｶﾞﾊﾞｲﾄ）となる。この数字は１海域を１単位（データベースファイル）に収めると仮定したものであるから，もし，３海域，20データベースファイルが必要になったときには，

２メガバイト×３（海域）×20（データベースファイル）＝120ＭＢ

の容量が必要になる。これはＰＣの基本ソフト（ＭＳ－ＤＯＳ）のハードディスク（外部記憶装置）１台の管理能力 128ＭＢの範囲内であり，特に問題は生じない。

iv）入力方法

既存のデータは，重要なものは大半が磁気媒体（磁気テープ，フロッピーディスク）に記録されており，今後のものも同様に処理される。実際には様々な形態があり，汎用大型電子計算機磁気テープに船上で即時記録（ｵﾝﾗｲﾝ ﾘｱﾙﾀｲﾑ）されたもの，手作業で入力されたもの，ＰＣ用のフロッピーディスクに省略して変換記録されたもの，日本語ワードプロセッサの文書形式でフロッピーディスクに記録されたものなどがあるが，これ

らはほとんどすべて，電子計算機やＰＣによって複写・変換・転記が可能である。ただしデータの種類・内容によっては観測野帳や船の記録まで遡る必要もありうるが，これだけは手作業による鍵盤入力（キーイン）に頼らざるを得ない。ここでは主要な入力の方法を考えてみる。

□ＰＣ解析システムですでに利用しているデータ

データそのものは特別の処理は必要としないが，ファイル名の変更，フォーマットの変更作業だけを行うことにより入力が可能となる。

□汎用大型電子計算機の磁気テープに記録・保存されているデータ

大量であるので以下のような作業を行う必要がある。

・磁気テープのデータを大型機のハードディスクに読み込ませる。

・データがバイナリ形式であれば書式付きに変更する。

・必要に応じてデータの抽出・サンプリングを行う。

・データを大型機からＰＣに転送する。

□文書（文字列・数表等）として保存されているデータ

以下の手順によりＤＢに登録する。

・記録に従って必要な事項を手作業（打鍵）によって入力する。

・ＤＢに記録しやすいようにフォーマットを整形する。

なお，図面・画像として存在するデータ，とくに大型図面では，大型スキャナやプロッタ等の機器を必要とすることになるので，技術的には容易であるが，当面は図名・仕様その他を文字列として記録するにとどめ，将来の適当な時期に対策を講ずる。

(c) データ検索とその他の各種処理

ＤＢの機能として一般的なものと，海底条件ＤＢとして特有なものの若干例を以下に示す。

□定型的処理

・データベースの定義

・データの登録

・データの削除

□通常処理

・並べ変え（ソート）：　位置・時期，項目・種類別，昇順・降順

・検　索　・　置　換：　位置（区域），時期，項目・種類別

・デ　ー　タ　抽　出：　位置（区域），時期，項目・種類別

・データサンプリング：　位置（区域），時期，項目・種類別

・データ訂正：　全項目

・データ追加・削除：　全項目

・データ移動・複写：　全項目

・データ間計算：　四則計算（加算・減算・乗算・除算），比率計算，百分比計算

□特殊処理

・データ補間計算：　項目別・種類別

・格子データ変換：　項目別・種類別

・等深線・等値線作成：　地形，ノジュール濃集率等

・断面データ作成：　地形，ノジュール濃集率等

・統計計算：　水深，ノジュール濃集率等

・相関分析：　関連各項目間

(d)　出力図表

以上に挙げてきた諸項目について所要の処理を施した結果は，各種の出力装置（現在では，ＣＲＴまたは液晶ディスプレイ，ドットプリンタまたは熱転写プリンタ及び小型ＸＹプロッタ）によって出力し，ハードコピー（印刷物）とすることができる。当面可能な出力の若干例を以下に挙げる。

ｉ）ファイル：　テキストファイル（文章，数表），他のプログラムに入力可能な形式のファイル

ii）調査状況：　航跡図，測線配置図，試料採取点配置図など
航海名（航海番号），測線本数，各測線長・総測線長
測深データ数，測深装置名

iii）海底地形：　海底地形図，海底地形断面図
水深統計表・頻度分布図，斜度統計表・頻度分布図

iv）堆積層：　音響的透明層厚分布図

v）ノジュール：　等濃集率分布図

vi）微地形・障害物：　分布状況図

(7) 操作方法と出力例

以上の試作ＤＢでは，以下のような操作によりデータの処理，出力その他の運用ができる。今回はその概要にとどめ，詳細についてはさらに内容が整備された段階に譲ることとする。

まず，ｄＢＡＳＥⅣのデータ管理は，①カタログ，②ファイル，③フィールド，④レコードと呼ぶ4段の階層構造で行われ，個々の数値または文字列などのいわゆるデータは，④のレコードに収められる。起動後の初期画面は図2.4－56のようなもので，コントロールセンターと呼ばれる。この画面から次のような各種作業を選択・実行できる。

a) データの基本的管理（D．データ）

b) データの詳細管理（Q．クエリー）

c) データの入力の管理（F．フォーム，入力画面の作成・実行）

d) レポートの作成（R．レポート，データ等の表示・印刷）

e) ラベルの作成（L．ラベル）

f) アプリケーションの実行（A．アプリケーション）

図2.4－57は，今年度のカタログ画面で，登録したデータである水深とノジュール分布密度の各データファイル名が表示されている。図2.4－58，図2.4－59はレイアウト画面で，このファイル内の特定フィールドのデータの名称（水深，ノジュール）と形式が示され，さらに図2.4－60，図2.4－61では，登録された水深，ノジュール両データそのものがそれぞれ表示される。

以上の各画面表示は，登録データそのままであるが，簡単な処理を行うと，図2.4－62のようにジュール濃集率20.0kgf/㎡のものを即座に抽出したり，図2.4－63の如く，さらに降順に（大きい値から小さい値へ）または昇順に整列させることができる。

そのほか，以下のような各種の演算ができるほか，ファイル，レコードなどの操作や，種々な処理のための命令，処理プログラムの作成機能が装備されており，高度なデータ処理が可能である。

関係・比較演算子	機　　能
＞	より大きい
＜	より小さい

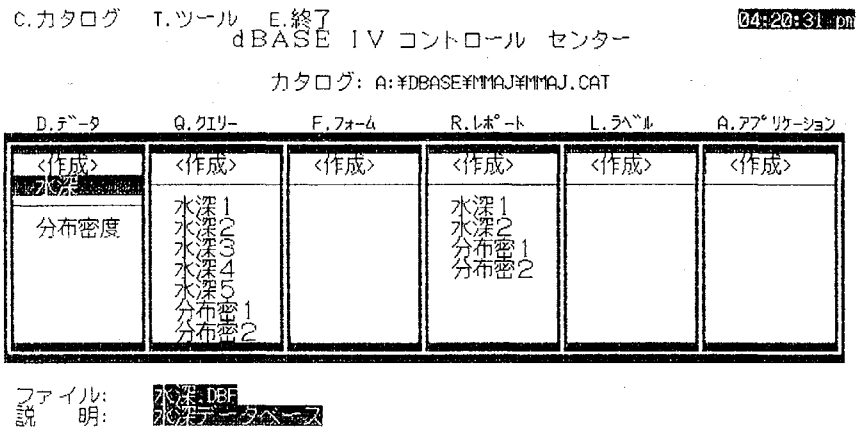


図2.4－57　ＤＢシステムの操作画面(1)（コントロールセンタ）

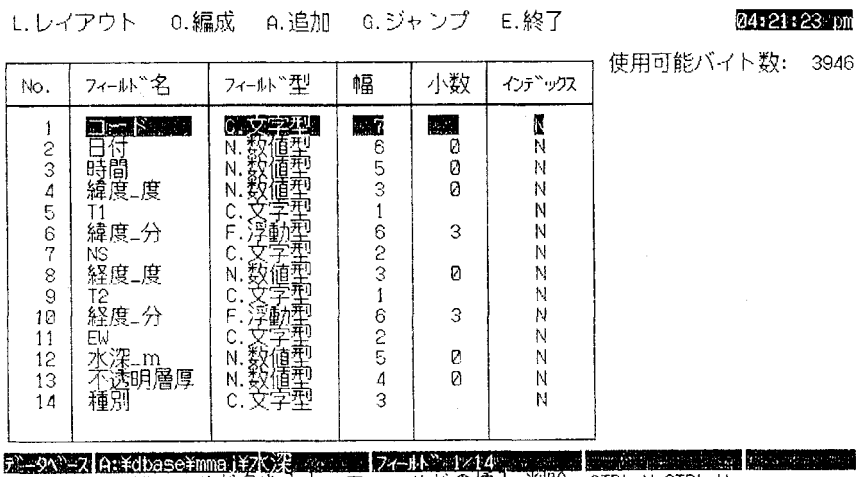


図2.4－58　ＤＢシステムの操作画面(2)（レイアウト－水深）

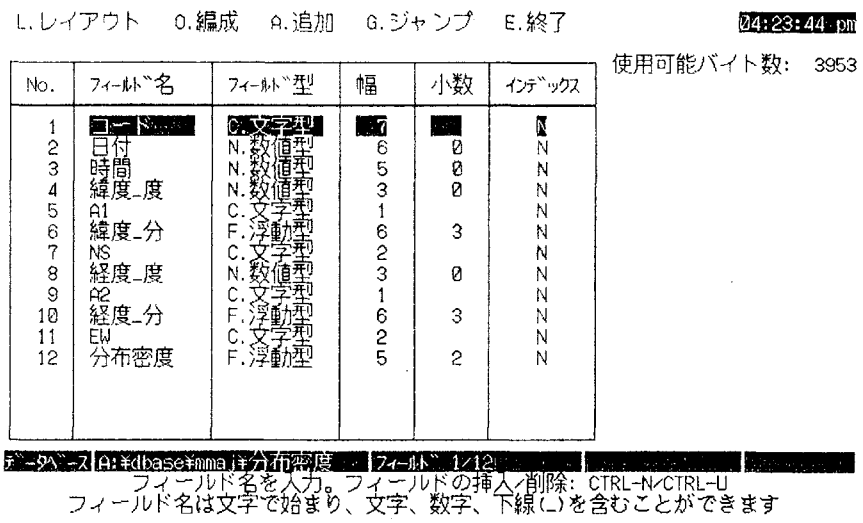


図2.4－59　ＤＢシステムの操作画面(3)（レイアウト－ノジュール）

R.レコード　O.編成　F.フィールド　G.ジャンプ　E.終了

コード	日付	時間	緯度_度	T1	緯度_分	NS	経度_度	T2	経度_分	EW	水深_m	不透
H 0	1	80	0		0.000		0		0.000		0	0
D 1	900428	1907	11	-	51.868	N	148	-	49.869	W	5481	-99
D 2	900428	1908	11	-	51.701	N	148	-	49.731	W	5475	-99
D 3	900428	1909	11	-	51.529	N	148	-	49.596	W	5469	-99
D 4	900428	1910	11	-	51.358	N	148	-	49.458	W	5468	-99
D 5	900428	1911	11	-	51.190	N	148	-	49.322	W	5466	-99
D 6	900428	1912	11	-	51.023	N	148	-	49.186	W	5476	9
D 7	900428	1913	11	-	50.856	N	148	-	49.048	W	5480	-99
D 8	900428	1914	11	-	50.689	N	148	-	48.912	W	5478	-99
D 9	900428	1915	11	-	50.521	N	148	-	48.776	W	5472	-99
D 10	900428	1916	11	-	50.347	N	148	-	48.640	W	5465	-99
D 11	900428	1917	11	-	50.185	N	148	-	48.503	W	5441	-99
D 12	900428	1918	11	-	50.016	N	148	-	48.369	W	5439	-99
D 13	900428	1919	11	-	49.848	N	148	-	48.230	W	5419	-99
D 14	900428	1920	11	-	49.678	N	148	-	48.094	W	5441	-99
D 15	900428	1921	11	-	49.511	N	148	-	47.957	W	5452	-99

一覧表　A:¥dbase¥mma¥水深　Rec. 1/15456　ファイル

図2.4－60　ＤＢシステムの操作画面(4)（水深データリスト）

R.レコード　O.編成　F.フィールド　G.ジャンプ　E.終了

コード	日付	時間	緯度_度	A1	緯度_分	NS	経度_度	A2	経度_分	EW	分布密度
H 1	1 0	14									
F 01			09	-	16.014	N	146	-	32.552	W	07.65
F 02			09	-	16.007	N	146	-	34.009	W	13.79
F 03			09	-	18.447	N	146	-	34.124	W	12.31
F 04			09	-	18.608	N	146	-	30.087	W	05.30
F 05			09	-	16.038	N	146	-	30.018	W	03.08
F 06			09	-	13.369	N	146	-	29.940	W	12.73
F 07			09	-	13.526	N	146	-	37.816	W	10.68
F 08			09	-	13.617	N	146	-	33.939	W	14.69
F 09			09	-	18.546	N	146	-	38.091	W	07.40
F 10			09	-	13.518	N	146	-	42.009	W	07.65
F 11			09	-	16.009	N	146	-	42.013	W	18.72
F 12			09	-	18.501	N	146	-	42.017	W	12.13
F 13			09	-	15.976	N	146	-	40.007	W	00.04
F 14			09	-	16.026	N	146	-	37.999	W	10.50
1	1 6	28									

一覧表　A:¥dbase¥mma¥分布密度　Rec. 1/3811　ファイル

図2.4－61　ＤＢシステムの操作画面(5)（ノジュールデータリスト）

R.レコード　O.編成　F.フィールド　G.ジャンプ　E.終了

コード	緯度_度	緯度_分	NS	経度_度	経度_分	EW	分布密度
H 0122	09	18.377	N	146	35.690	W	20.48
C 0182	09	18.326	N	146	32.613	W	23.12
D 0004	09	13.959	N	146	40.312	W	20.64
D 0040	09	14.004	N	146	38.624	W	21.16
D 0111	09	13.963	N	146	34.247	W	20.06
D 0112	09	13.960	N	146	34.193	W	22.47
D 0128	09	13.977	N	146	33.291	W	22.60
D 0129	09	13.972	N	146	33.220	W	23.60
D 0152	09	13.875	N	146	31.820	W	21.02
D 0161	09	13.850	N	146	31.246	W	21.98
F 23	09	13.53	N	146	32.80	W	21.56
F 21	09	13.42	N	146	39.97	W	20.73
H 11	9	45.95	N	146	31.06	W	24.80
E 2	9	22.53	N	146	08.39	W	22.03
E 16	9	01.1	N	146	01.4	W	21.45
2 23	09	23.65	N	146	38.43	W	22.42

一覧表　A:¥dbase¥mma¥分布密1　Rec. 336/3811　ヒュミ

図2.4－62　ＤＢシステムの操作画面(6)（ノジュール20kgf/㎡以上検索）

関係・比較演算子	機　　能
＝	等しい
＜＞または＃	等しくない
＞＝または＝＞	より大きいか等しい（小さくない）
＜＝または＝＜	より大きいか等しい（小さくない）
Like	パターンの一致（特定数値等の検索用）
Sounds like	発音の一致（曖昧検索，英文同音・類似語の検索用）
$	部分文字列（特定文字列を含む語句等の検索用）

統　計　演　算　子	計　　算　　内　　容
AVG または Average	平均（選択条件を満たすレコードについて特定のフィールド値を合計して，レコード数で割る）
CNT または Count	選択条件を満たすレコードの数を求める
MAX	特定のフィールドの最大値を求める
MIN	特定のフィールドの最小値を求める
SUM	特定のフィールドの値を合計する

なおこのほか一般的な演算子として，①算術演算子（加減乗除，べき乗等），②理論演算子（AND，OR，NOT等），③文字列演算子（文字列の結合）等ももちろん装備されている。

(8) 考　察

以上，ＤＢの構築に関する検討結果と試作したモデルの概要について述べた。本年度は，基本ＤＢソフトウェアの選定と，構造の決定，基本プログラムの試作などの基本設計が主体となり，運用については，若干のデータの登録と簡単な操作を試み，今後の見通しを調べた。

結果的には概ね企画に沿った方向に推移し，今後改良と拡張を図ることによって，充分実用に供することができるものと判断される。ただし，今後取り込むべきデータは，項目・数量ともに膨大なものになると考えられる。また出力としてＰＣ解析システムの諸機能と連動が重要であり，同時に使用する機器の高性能化の手当ても必要である。

処理内容については，採用したＤＢシステムの機能ではほぼ十分であろうと思われるが，処理すべき内容については，採鉱システムの研究の進展状況を勘案しつつ，ＤＢに対する要求をできるだけ取り入れることが肝要である。

R.レコード　O.編成　F.フィールド　G.ジャンプ　E.終了

コード	日付	時間	緯度_度	A1	緯度_分	NS	経度_度	A2	経度_分	EW	分布密度
N 11			9	-	45.95	N	146	-	31.06	W	24.80
D 0129			09	-	13.972	N	146	-	33.220	W	23.60
C 0182			09	-	18.326	N	146	-	32.613	W	23.12
D 0128			09	-	13.977	N	146	-	33.291	W	22.60
C23033			9	-	3.569	N	146	-	35.350	W	22.55
D 0112			09	-	13.960	N	146	-	34.193	W	22.47
2 23			09	-	23.65	N	146	-	38.43	W	22.42
E 2			9	-	22.53	N	146	-	08.39	W	22.03
D 0161			09	-	13.850	N	146	-	31.246	W	21.98
3 23			09	-	13.58	N	146	-	32.00	W	21.56
F 23			09	-	13.58	N	146	-	32.00	W	21.56
E 16			9	-	01.1	N	146	-	01.4	W	21.45
C08010			9	-	15.525	N	146	-	39.018	W	21.45
C23206			9	-	9.537	N	146	-	24.418	W	21.43
C21060			9	-	15.513	N	146	-	32.681	W	21.25
D 0040			09	-	14.004	N	146	-	38.624	W	21.16

一覧表 A:¥dbase¥mma1¥TEMP Rec 1/3811 ファイル

図2.4－63　ＤＢシステムの操作画面(7)（ノジュール20kgf/㎡以上降順整列）

2.4.10　ノジュールに関するデータベースの考察

(1)　学術研究分野におけるデータベース

海洋鉱物資源が脚光を浴び始めた初期には，純粋学術論文にデータが散発的に記載される程度であったが，資源開発を初めて世に問うたメロ[1]によって，かなりまとまった数量のデータが集約され，併せて採鉱システムの構想や経済性までが論じられた。当時としては先見性のある見識と貴重なデータとではあったが，今日から見ればその水準は高くない。一方スクリップス海洋研究所（SIO)はこれにやや遅れて，海洋地質とくにサンプルに関する世界中の報告を網羅した大型のデータバンクを構築したが，これがノジュールに関係する最初のＤＢであろう。後にこの複製が商務省海洋大気庁（NOAA）にも設置されたと報じられた。

ノジュール開発が盛んとなるに伴い，ラモントドハーティー地質研究所のホーンら[2]は，

---

1) Mero, J.L., The Mineral Resouroes of the Sea, Elsevier Oceanographic Series, 1965
［和訳］海洋鉱物資源，日本鉱業会（非売品），昭和47年

2) Horn, D.R. e*t al.*, Distribution of Ferromanganese Deposits in the World Ocean, 1972

資源的視野に貢献するため，太平洋（特にCCFZ）におけるノジュールの分布状況に関するデータを収集・解析し，分布図を始めとする報告を取りまとめた。この資料は我が国では各方面で広く流布された。一時はノジュール賦存状況図として，ソ連のスコルニャコーヴァ[1)2)]のものも日本国内で引用が盛んであったが，原データはあまり知られずに終始した。これ以降には，ノジュールデータの調査が国際コンソーシアムの手に移って盛んになると同時に，発表は途絶えることとなった。

我が国では，この様なデータ集積の動きはあまり盛んではなく，かって，大規模国際研究であるＧＤＰ計画（Geo Dynamic Project)の成果の一部として，フィリッピン海のマンガン酸化物試料のデータが総括整理（1.4項の文献57）参照）されているが，電子計算機に載せるほど大規模なものではない。最近では地質調査所海洋地質部[3)]において東経 145° 以西の太平洋・フィリピン海の試料（マンガン酸化物）についてのＤＢがＰＣ（マッキントッシュ）を利用して構築されつつあり，すでに約10,000点の海洋地質・鉱物学的なデータが登録されている。

(2) ノジュール開発のためのデータベース

学術的データはさておき，商業的開発を目指すには桁違いに詳しいデータが必要になる。国際コンソーシアムは極秘裡に大規模探査を進め，政府系の事業体によって開発を行うフランス，ソ連，さらには我が国も，組織的な探査を実施した。国連海洋法条約署名国である後者の3か国とインドとは，これらのデータにより，先行投資者として鉱区登録に成功した。先行した米欧諸国は未登録であるが，国連の外で非公式交渉を進めているといわれる。

鉱区登録がどうであっても，これらの諸国は大量のノジュール探査データを保有していることに間違いはなく，恐らくはＤＢシステム化が行われていると考えざるを得ない。かつて先陣を争った国際コンソーシアムの一つであるＯＭＣＯグループは，1991年にＣＣＦＺ海域の探査データをハワイ州の海洋鉱物技術センター（ＭＭＴＣ，Univ. of Hawaii)[4)]に寄贈し，公開した。また同様にＫＣＯＮコンソーシアムも，ミシシッピー州の海洋鉱物技術センター

---

1) 丸山修二ほか，深海底マンガン団塊鉱床と深海用グラブ採泥器OKEAN-70，地質ニュース，第 250号，pp.1-7，地質調査所，1975

2) Skornjakova, N.S., Ocean Technology, Academy of Science, USSR, 1970

3) 臼井　朗　氏談話（未発表），1992

4) Morgan, C.L., M,J. Cruickshank, the OMCO Data Base Maximizing A $150 Million Investment, Proceedings of the Pacific Congress on Marine Technology, PACON 90, pp.444-446, 1990

（ＭＭＴＣ，Univ. of Mississippi）[1]に寄託したと報じられている。さらに有名なＤＶＩ社はハワイ州のＭＭＴＣに対し，30トンを超える太平洋・大西洋のノジュールサンプルを提供した戸伝えられる。これらは一見ノジュール開発の断念を思わせるが，すでに技術開発をほぼ終了したからであると推測することもできる。しかし，巨費を投じた貴重なデータを学術研究のために提供して公共を利益を図り，かつ自らは経費を掛けずに散逸を防ぐことにもなるという解釈も成り立つ。これらのＤＢの内容は極めて興味を惹くだけでなく，ＤＢ開発には参考になると考えられるので，今後の検討に値するところ大なるものがある。

以上とは別に，海洋実験の計画や採鉱計画の検討に当たって，ＤＢを開発・利用したと考えられる事例が２，３報告されている。一例は米国鉱山局の採鉱計画の研究[2]であり，大型電算機は用いていないようであるが，解析手法は参考にすべきことが多い。他の一つはフランスの国立海洋センターの採鉱実験計画のための解析[3]に関するものである。これは汎用大型電子計算機による図形処理法を利用し，海底条件による最適区域の抽出，採鉱区画の設定方法などを検討している。これらも，今後ＤＢの研究開発を進める上で良い参考になるのものと思われる。

(3) データベース構築の方向と課題

以上に，目的，形式や規模は異なるものの，各方面で集積ないしは構築され，利用されているノジュールデータのデータベース，データバンクの状況を概観した。まだ本項の作業は緒についたばかりであるが，本プロジェクトの最終目標が開発利用である以上は，学術研究のためのＤＢに留まることなく，採鉱や製錬までを視野に収め，経済性の検討にまで寄与しうるような総合的なデータベースを目標に掲げるべきであろう。従って，これから処理しなければならない問題は多く，時間も努力も必要である。幸いにして，データベースシステム

---

1) Marine Technology Center－Hawaii, Ocean Basin Division, 概要紹介リーフレット, 1991

2) Usher, J. D., J. P. Latimer, D. C. Tolefson, "Study of Deep Seabed Mining; Selective Mine Site Consideration for Commercial Recovery of Manganese Nodules from the Ocean Floor, prepared for the U. S. Bureau of Commerce, NOAA, Office of Marine Mirerals and Energy", Offshore Technologies Inc., 1987

3) Charles, C. M., J. M. Chassery, A. Montevert, Application of Image Analysis to the Determination of the Possible Sweeping Pattern of Manganese Nodule Recovery System, OTC, 5473, 1987[抄訳] 半田啓二，マンガン団塊採鉱システムの採掘パターン決定への画像処理の応用，採鉱と保安，Vol.6, pp.325-327, 1987

の選定，基本プログラムの一部を試作した範囲では，問題なくほぼ企画どおりの結果が得られ，今後の本格的展開・拡張にも見通しが立ったものと見てよいであろう。以下に，将来展望における課題の要点を挙げてみる。

まず，登録すべき原データについては，国の多年に亘る探査データが豊富に蓄積されており，対象海域の限定や，多量のデータを如何に抽出または圧縮すべきかというような問題以外には，困難はなさそうである。データの質については，新鋭探査機器により高精度・高密度のデータが年々急速に増強されつつあり，年代による異質データの処理もさほど大きな問題にはならないと考えられる。

最も重要と思われるのは，これまでにノジュール賦存海域のグラウンドトゥルース調査がかなり実施されたにも拘わらず，依然として解明しきれない問題が残されていることである。微地形・障害物の検知・評定も困難であるが，最たるものはノジュールの賦存状況，すなわち濃集率の分布状況，特にその連続性の問題である。不規則（ランダム）データから，何らかの補間方法によって格子状に配列されたデータを作ることは容易であるが，実態との定量的な整合性が確認できないので，鉱量計算や採鉱区画の決定にはかなり障害になる可能性があり，特に商業化計画や経済性評価の精度を低下させる恐れが大きい。しかしながら，これらの問題は，ノジュールの開発にとっての重要な課題ではあるが，これを解決することは主として探査技術の領域に属し，データベースシステムの開発が寄与するとしても限界があるので，本来の海底条件の探査・解析業務に委ねざるを得ない。

最後に，ＤＢシステム開発の課題を整理し，今後の方向を考えて見る。まず問題を大別すると，a)データの補強，b)ソフトウェアの制作，c)使用機器の手当て，d)国の探査データとの連動などが主な課題であろう。以下に若干の考察を加える。

① データの増強

データとしては項目（ファイル，フィールド），数（レコード）ともに多い程よいのは当然であるが，記憶容量を無駄に消費しないことも重要である。当面は，今回取り込んでいない海底条件項目を増やすこと，採鉱システムの仕様・性能や，採鉱計画の面からの要求事項を必要十分な範囲で取り入れることが最初の作業にあろう。

次に，データ数に関係して大きく影響するのは，対象海域の範囲である。本年度は取り敢えずTA-C3 海域のみに限ったが，国の探査事業は平成４年度以降において，TA-C海域に隣接する日本鉱区内区域を連続的に調査する模様であるので，その間は逐次探査結果を取り込み，鉱区の普遍的な海底条件を求めていくのが至当と思われる。何故ならば，TA-C3 海域は選ばれた好条件の場所であり，鉱区全体を平均的に，かつ海底条件の上・下限までを含めて熟知することが，採鉱設計において必要と考えられるからである。

② ソフトウェアの制作

本年度は，第1にＰＣによる海底条件解析システムの改善・拡張の観点から，第2には実験海域の調査選定の経験上，データベースシステムの有効性・必要性が認識されたことから，ＤＢシステムの概念の検討と試設計とを行ったのであるが，まだほんの序の口にあり，ＤＢ制作の可能性が確かめられたに過ぎない。今後データ数の増強に対する処理と平行して，またＰＣ解析処理作業内容の拡充と見合うように，ＤＢシステム（プログラム）の展開を図る必要がある。

また，これまでのプログラムでは，必要な操作をするのにすべてキーボードから命令を入力しなければならないが，最近のＰＣソフトでは作業に必要な情報，命令等を絵図の形に表示し，必要な項目等を選択・指定するだけで処理できる方法（例えば“ＭＳウィンドウズ”やマッキントッシュＰＣなど）が普及しつつある。採鉱システムの研究などにおいては，特定範囲の海域の海底条件の調査や，逆に一定の海底条件の範囲を持つ海域の抽出など，頻繁な繰り返しや試行錯誤的な検討が必要になるものと想像される。将来はこれらのソフトや機器の方が適用性が高いので，その方向に進むことが望ましいが，方針を一気に転換することは困難である。

これら一連の問題は，単にソフトウェアだけの問題ではなく，ハードウェアの性能と適合したものでなければならないので，時間をかけて順次解決していくのが最も良い方法であろう。

③ 使用機器の性能

大量のデータ（とくに数値）を取り扱うには，ＰＣ内部の処理速度が速いほど便利であり，特に各種の演算を行うためには，数値計算が高速で行われなければならない。平成2年度までは，普及率の高いごく一般的なＰＣ（具体的には NEC PC9801VM級，CPU i8086相当，動作周波数10MHz，内部メモリー640kB 以上）を対象とし，記憶装置を増設しないでも運用できることを原則としてきた。本年度のＰＣ解析システムもまだその範囲内で使用可能であるが，ＤＢシステムでは高性能なソフトウェアを採用したため，やや高級な機種を採用せざるを得なくなった。具体的には，CPU i80286（16ﾋﾞｯﾄ)以上，内部メモリー増設3MB以上，外部記憶装置として5MB以上のハードディスク装置増設などである。しかしこの程度の機種では，将来の本格的な運用に不十分であるのは明らかである。最近のＰＣの進歩は著しく，32ﾋﾞｯﾄ CPU のi80486を採用した動作周波数20MHz 以上，中には33～50MHzといった高速機も増加している。また，出力の精細さを約2倍に向上する高解像度ディスプレー（在来機では 640×400 ドット構成画面であるが，これが 1,120×750 ドットなどに向上する）なども比較的低価格で市販されており，急速に普及する方向にある。これら

を採用することは，若干ソフトウェアの変更を要するが，出力は大幅に高速・高品質化し，ＰＣ解析システム，ＤＢシステム両者の効用を著しく増大させる。

本格的な作業は，汎用大型電子計算機またはＥＷＳ（エンジニアリング・ワークステーション）で行うのが，処理速度や出力の面では望ましいが，前者は専門技術者の手を借りなければならず，後者はこれまで作成してきたプログラム（MS-DOS用）をすべて別の基本ソフト（UNIXなど）用に書き直さなければならない。多数の図面・数表などを手作業で検索したり，計算したりするのは，非能率的で誤りや見落としなどが避けられないため，それらを解決するのが本項の本来の目的である。従って，多少の制約があっても，特別の知識なしに，誰でもが容易に運用できることが方が重要である。

これらのことから，現状ではＰＣによる処理法が最も優れていると考えられ，かつ多額の投資を要しないことからも，できるだけ高性能のパーソナルコンピュータを採用する方向で，今後の研究を進めて行きたい。

④　国の探査データとの連動

国の探査事業はその基本方針によって進められており，本プロジェクトはデータの利用を許されている立場であるから容喙することは慎まざるを得ないが，ＤＢとの関連が深いので若干の考察をして見たい。

国のデータについては一部前述したが，保存されている膨大なデータは時系列で登録されており，位置座標での整理はされていないようである。本プロジェクトでは，必要な範囲のみを取り出して，海底条件の解明を行ってきたが，ようやくにしてデータベース化を考える段階に到達した。本プロジェクトとしては，データの利用が許されれば当初の目的は達するが，これまでの研究の蓄積から，国のデータの利用法やデータの管理についても，寄与できる問題が少なくないように思われる。個々の問題の細部には触れないが，本プロジェクトにおけるＤＢシステム構築やＰＣ解析の成果は，膨大な蓄積資料を活用するための手段として，容易に転用可能である。

国ないしは金属鉱業事業団，先行投資者である深海資源開発㈱においても，探査資料を整理しＤＢを構築して解析することは必要であろうし，その解析内容も採鉱システムの研究と本質的に変わるところがあろうとは考え難い。大型機上で作業するにしても，あるいはダウンサイジングの流れに乗ってＥＷＳやＰＣレベルに降りて実施するにしても，同じ電子計算機を駆使しなければならないであろう。となれば，ＰＣベースでのシステムが存在すれば，上位機への移行は，ソフトウェアの開発を始め極めて容易になるものと考えられる。ノジュール関係の各事業は，当面の業務こそ違え，究極の目的は同じであり，相補うのが本来である。今後データベースシステムの開発を続ける上で，以上の事情を念頭に

置きより優れた成果を得るように努力して行きたい。

2.4.11 海底自然条件に関する技術的課題

採鉱システムの研究は，広義には商業化生産計画の研究であり，海底条件の調査・解析作業の内容は，従来の実験海域の選定や，実験システムの仕様設定等の作業とはかなり異なって来るので，視点も高く取り，視野広く海底条件を検討しなければならないであろう。例えば，対象海域は，かつてはTA-A海域であったし，最近はTA-C3 海域を取り扱って来た。これらは，何れも海底条件が穏やかでかつノジュールも豊富ないわば優良海域であった。厳密に検討した範囲の面積も僅かに 408㎢（約 120平方海里）に過ぎず，鉱区の面積75,000㎢（約21,900平方海里）にくらべれば，僅かにその 0.5%にしか当たらない。従って，TA-C3 海域のデータのみで鉱区の全貌を論ずるわけには行かないのは自ら明らかであるし，東・西の両鉱区は地理的に大きく離れているので，海底条件がかなり異質であることが知られている。

国連海洋法条約の下での鉱区登録に際しては，主としてノジュール濃集率の分布状況と，含有金属品位とから計算される商業的価値を等しくするような検討がなされたようであるが，申請した各国とも海底地形などをも重視し，鉱区の資質としての評価に加味されたという。

これまで本プロジャクトでは，実験システムの延長上ですべてを考察してきたが，現在では実験システムと商業採鉱システムとが相似形であるとするよりも，曳航式以外の自走式集鉱機を用いる採鉱システムや，通常船型以外の半潜水型採鉱船などの採否も考慮する方が合理的であろう。であるとすれば，海底条件の望ましい状況も変わるであろうし，重要な項目やその許容範囲なども当然変化するであろう。これらの結果として，鉱区海底条件の検討も今までとは変わった，より広汎厳密なものに発展させなければならない。また，従来の検討では，ノジュールの量だけが考慮され，金属品位は無視されてきたが，これからは十二分な配慮を払わなければならない。

以上二三の例を挙げたが，海底条件解析の項目の実験計画領域から採鉱システム研究への移行は，単なる移動だけでなく質的な強化を意味するものと解釈される。この意味で，海底条件解析作業の高度化を図ると共に，よりすぐれた成果を挙げることが不可欠である。

最後に問題点を挙げるとすれば，今なお未解決のまま残されている深海底の実態が決して少なくはない点であろう。国の探査データに全面的に依存している本プロジェクトの立場からは，より精細かつ豊富なデータが今後も収集され，提供されるように一層の期待を寄せたい。

幸いにして，これまでの研究開発は，多少の曲折はあったものの，概ね順調に推移してきた。今後も引き続き研究開発の推進に努め，与えられた任務を果たせるよう努力したい。

本プロジェクトの総合実験に必要な海底条件はすべて，関係当局のご理解と，遠洋の調査船上で営々と収集されてきた方々の頭脳と労力の結晶であり，世界的にも高度な重要なデータである。十二分な利用を図ることが本プロジェクトの成果をより充実させるであろうし，多くの関係者の方々の労と行為に報いる途でもあろう。

第３章　研究開発計画

3.1　今後の研究計画

3.1.1　海洋総合実験

(1)　実験方案

本年度は，前年度に行った合理化された海洋総合実験の予備的検討結果を踏まえて，実験システム構成の検討を行うと共に，海洋実験計画の実験実施方案の検討を実施した。

次年度は，海洋総合実験の実施海域が選定されることに伴って，同海域における実験実施計画の最適案の検討及び実験実施要領の最適化検討を実施すると共に，各種要領書案についても実験システム並びに実験船（第３白龍）に適合するものの検討を実施する予定である。

(2)　実験海域の調査・選定

本年度は，前年度に行った合理化された海洋総合実験の予備的検討結果を踏まえて，実験システム構成の検討を受けて，実験海域の調査選定方式の検討，実験海域候補の再吟味，海山海底条件の適性検討等を実施した。

次年度は，海山等の海底条件の適性検討を鋭意実施し，ノジュール状コバルトクラストの揚鉱実験等の可能な実験海域の選定を実施する予定である。

3.1.2　採鉱システムの研究

(1)　採鉱システムの設計研究

本年度は，前年度に検討した採鉱システムの基本計画の最適化検討を行うと共に，商業生産にいたるシナリオの基本的検討を実施した。

次年度は，この基本検討を踏まえて商業生産基本計画の最適化検討を実施する予定である。

(2)　経済性評価

本年度は，前年度の経済性基本検討を受けて建設費並びに操業費の基本的検討を実施した。

次年度は，商業生産基本計画，建設費，操業費等の相互関連の検討を踏まえて商業生産システムの経済性評価の詳細な検討を実施する予定である。

(3)　鉱区の調査解析

本年度は，日本鉱区の海底地形，ノジュールの濃集状況等の海底条件の解析システムの検討を実施した。

次年度は，本年度と同様に鉱区調査で得られた資料を基に海底条件の解析システムの検討を実施する予定である。

3. 2　研究開発スケジュール

研究開発スケジュールは図3. 2 － 1に示す通りに展開する予定である。

項　目	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度	平成1	平成2	平成3	平成4	平成5	平成6	平成7	平成8
1．海洋総合実験																
＊実験計画	基本構想	基本計画	実験計画第一次案	同　左	実験計画第二次案											
＊実験方案						実験実施要領案等作成	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	諸要領取纏め実施体制確立	諸要領案見直し	調整、取りまとめ	
＊総合実験シミュレーション						方案検討用シミュレーション	同　左	同　左	実験想定シミュレーション	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	シミュレーションモデル検証	同　左
＊実験海域調査選定・総合実験		海域条件検討	海域データ収集解析	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	
						実験候補海域選定	実験実施海域選定調査計画（海域絞込み）	実験実施海域絞込み	気海象調査 調査、計画（海域設定）	実施海域設定 調査、計画（区域設定）	実験候補海域選定 調査、計画（区域絞込）	実験実施海域選定 調査、計画（区域確定）	実験実施海域絞込み 同　左	同　左	同　左	
				（総合試運転）		候補海域データ収集	同　左	海域設定調査計画								
＊実験研究																総合実験
＊総合評価														基本構想	評価基準	総合評価
2．採鉱システムの研究																
＊採鉱技術の研究	操業技術の研究	同　左	同　左 採鉱システム	同　左 同　左	同　左 同　左											
＊採鉱システムの設計研究						基本構想	同　左	概念設計	同　左	基本計画	同　左	経済性検討	同　左	同　左		
＊経済性評価										基本検討	評価方法検討	経済性検討	同　左	同　左		
＊環境保全の研究		（事例調査）	（同　左）	（同　左）	基本構想	観測項目の検討	観測方法の検討	観測情報の検討								
＊海域データ収集解析											海域データ収集解析	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左

図3.2－1　研究開発計画図（1／2）

項　　目	61年度	62年度	63年度	平成1	平成2	平成3	平成4	平成5	平成6	平成7	平成8
（実験方案）											
*実験実施計画	総合調整	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左	取りまとめ
*実験実施要領	基本計画	実施要領立案	実施要領策定	実施要領確立	実施要領確認	実施要領策定	同　左	実施要領確認	修正、調整	総合調整	同　左
*各種要領案											
1)実験システム説明書					作成要領検討（2),3)との調整）		作成要領検討	同　左	同　左	同　左	取りまとめ
2)運転操作要領			シーケンス検討	管制ｼｽﾃﾑとの調整		確認、調整	同　左	同　左	同　左	同　左	取りまとめ
3)保守管理要領			保守計画	設備計画との調整	設備計画との調整	取りまとめ	確認、調整	同　左	同　左	取りまとめ	
4)運営管理要領		基本計画	組織・人員確立	居住作業環境との調整	取りまとめ	（体制確立）	設備計画との調整	同　左	同　左	取りまとめ	
5)要員訓練計画			訓練計画	実験計画との調整	取りまとめ	確認、調整	設備計画との調整	確認、調整	同　左	取りまとめ	
6)通信連絡要領		通信内容・方法	同　左	取りまとめ			設備計画との調整	確認、調整	同　左	取りまとめ	
7)安全管理要領			管理概念	設備計画との調整		取りまとめ	設備計画との調整	確認、調整	同　左	取りまとめ	
8)緊急時処理要領			ｻﾊﾞｲﾊﾞﾙｼﾅﾘｵ 策定	設備計画との調整		設備計画との調整	同　左	同　左	同　左	取りまとめ	
9)補給要領					立案、取りまとめ	修正、調整	同　左	同　左	同　左	取りまとめ	
10)実験海域説明書			作成要領検討				作成要領検討	実験計画との調整	同　左	取りまとめ	
11)気象情報処理要領			処理ﾌﾟﾛｾｽ	取りまとめ		修正、調整	同　左	同　左	同　左	取りまとめ	
12)環境計測要領				計測項目検討	計測システム及び計測機器検討	計測手順検討	計測システム及び計測機器検討	計測手順検討	修正、調整	取りまとめ	
*ドックサイド・テスト											
*総合実験											

図3.2－1　研究開発計画図（2／2）

本報告書の内容を公表する際はあらかじめ新エネルギー・産業技術総合開発機構産業技術研究開発部の許可を受けてください。

電話　　03-3987-9355，9356