

深海地球ドリリング計画 (OD21) と 統合国際深海掘削計画 (IODP)

田中武男¹⁾

1. はじめに

「深海地球ドリリング計画」(以降 OD21 計画と記す)とは、泥水循環によるライザー掘削システムを搭載した新しい科学深海掘削船を開発し、それを運用して地球生命科学の推進を目指す計画であり、海洋科学技術センターが東大海洋研究所等との連携のもとに、国際共同運営による実現を目指している。本計画は、80年代後半での科学技術庁の関連検討会において構想の緒を發し、90年代前半に海洋センターにおいてライザー要素技術の検討を行い、その技術的実現可能の確信を得たものである。そして90年代中頃より現行 ODP コミュニティとの積極的な情報・意見交換を開始し、2003年(平成15年)以降のポスト ODP 期において、地球深部探査船(以後はライザー掘削船と記す)とジョイデス・レゾリューション号型のライザーレス掘削船の2船体制(またはマルチ・プラットフォーム)によって、それぞれの掘削船の特徴を活かした統合国際深海掘削計画 (IODP) の推進という構想を確立した。現在は、その実現に向けての具体的な検討が各レベルにおいて行なわれている。

ライザー掘削船は、2004年度(平成16年度)初頭の完工、引き続きの慣熟訓練航海を経て、2006年度初頭から本格研究航海開始というスケジュールを目指して、今年度(平成11年度)中に基本設計を行い、年度内の建造開始に取り掛かる予定である。本稿では、主としてここ2~3年程の国内及び国際的な検討の進捗状況、検討構造、そのスケジュールおよびライザー掘削船の基本仕様等を記す。それ以前の詳細は、田中他(1997)を参照して戴きたい。

2. OD21 計画とは

2.1 ライザー掘削とは

ライザー掘削とは、ドリルパイプの外側に掘削船と掘削孔の間を繋ぐライザー管という管を設け(本船の場合のライザー径は21インチを予定)、調製した泥水(Mud)を循環させ、掘削屑を効率的に船上に排除するとともに、掘削孔内環境を制御し、掘削壁を安定化させながら海底下深部までの掘削を可能とするものである(第1図)。海洋石油掘削では、普遍的に利用されている技術ではあるが、多くは水深1,000m以内の掘削に適用されてきたが、昨今の海洋石油開発の大深度化に伴い、2,000~3,000m級水深への適用が可能となりつつある技術であり、科学目的とした深海掘削に初めて応用されることになる。

ライザー掘削により、(1)軟弱地層の大深度掘削、(2)炭化水素の噴出防止、(3)掘削作業の効率化、(4)掘削孔の長期安定化確保、(5)ドリルパイプ長の延伸が可能となることが期待され、従来のライザーレス掘削船(ジョイデス・レゾリューション号/O DP 計画)が直面していた(a)炭化水素の存在域の掘削制限、(b)掘削孔の崩壊による大深度掘削の技術的限界、(c)コア回収率の低下等の問題を解決することが期待されている。

2.2 OD21 計画が目指すもの

ライザー掘削船により本計画が目指すものは基本的には、次の5つの項目とされている。

(a) 地球変動研究への寄与

深海掘削船は、リモートセンシング技術や海洋観測船等では得られない地球環境変動研究に関する

1) 海洋科学技術センター 深海地球ドリリング計画準備室：
〒237-0061 横須賀市夏島町 2-15

キーワード：ライザー掘削, OD21計画, IODP計画, IWG, IPSC,
IODP国内連絡委員会, CONCORD報告, COM-
PLEX報告

直接的な試料とデータを提供する手段である。特に、ライザー掘削船は、炭化水素の存在や脆い地層によって従来法による掘削を妨げられている堆積速度の速い縁海や大陸周辺部において、急激な地球環境変動の復元と変動メカニズムの解明に資するものと期待されている。ライザーレス掘削船との併用により地球環境変動研究に寄与する試料を獲得する。

(b) 地震発生メカニズム研究への寄与

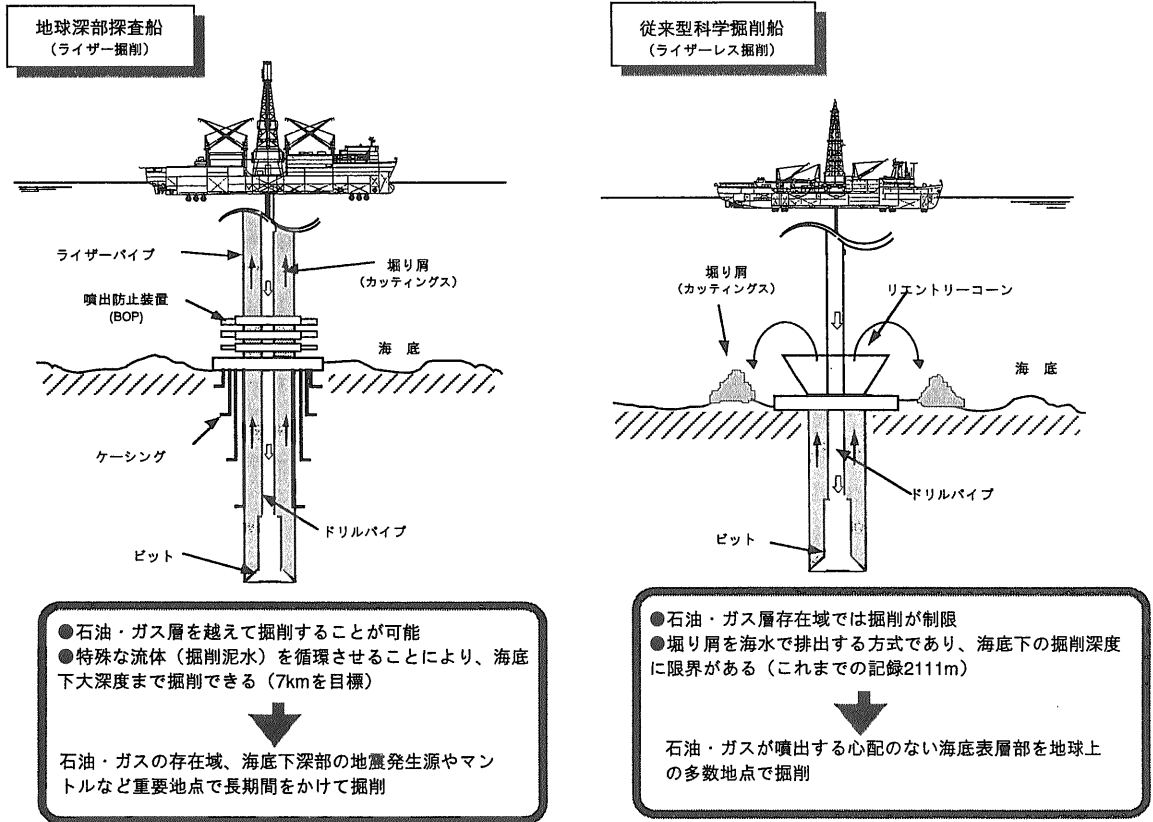
地震発生メカニズムの解明には、地震発生帯内および周辺の岩石や流体の物性や状態を直接的に把握することが必要とされる。海域では、ところにより海底下5~6kmに地震発生帯が位置する場所がある(例えば南海トラフ)。ライザー掘削により、地震発生帯への直接掘削を目指すとともに、掘削孔を利用した海底下長期連続観測システムの構築を目指す。

(c) 地球深部ダイナミクス研究

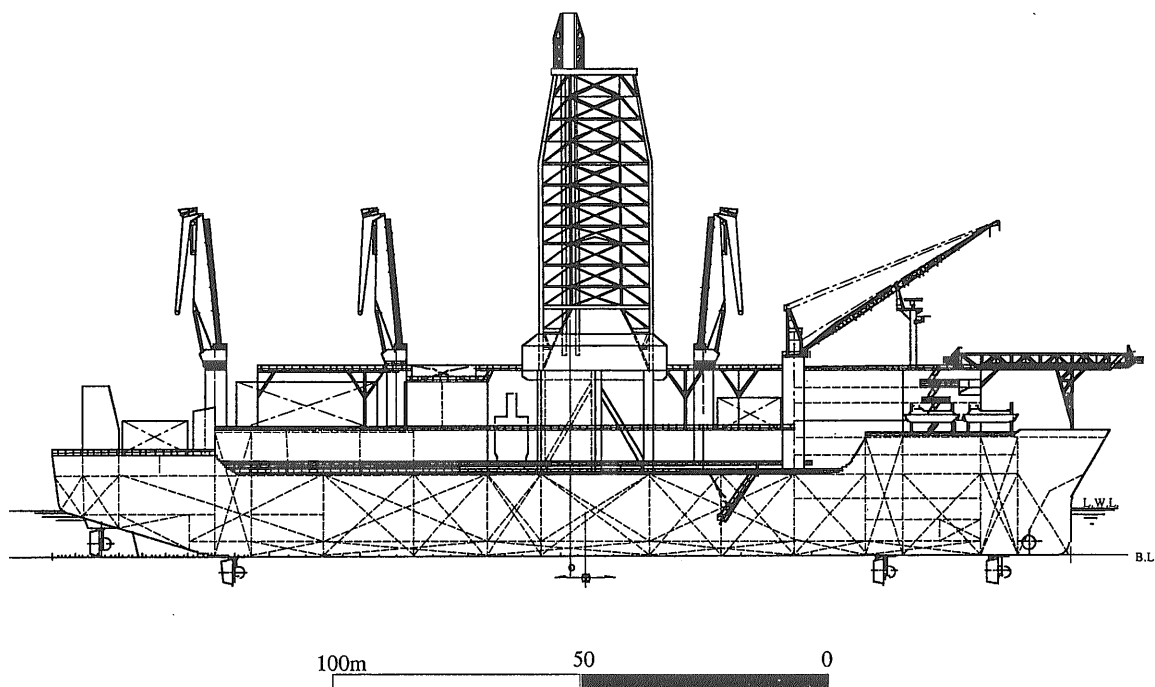
従来のライザーレス掘削では、技術的な制約から実現できなかった海底下2km以上の地殻下部への掘削とそれに続くマントルへの挑戦、深海掘削という唯一の直接的な証明手法を用いて、地球体積の80%以上を占めるマントルの実像解明にチャレンジすることを将来的な目標の1つに掲げている。なお、ライザー掘削適用水深:2,500mの第1期フェーズでは、海台等の巨大火成岩区の掘削が大きな目標の1つに掲げられている。

(d) 新しい資源の探求

海底下には、未知の分野が多く残されている。メタン・ハイドレート(エネルギー)や最近の話題である地殻内微生物(バイオリクター等への応用)の存在は、21世紀の新しい資源として期待されている。上記2つの課題は、それぞれ地球環境問題解明や生命の起源の観点からもIODP計画における大きな柱となるものと期待されている。



第1図 ライザー掘削とライザーレス掘削の比較。



第2図 ライザー掘削船概要図。

(e) 人類の活動領域の拡大

深海掘削船のライザーシステムは、深海における大きな手の機能を持つ。この応用により掘削孔内や周辺への観測装置の敷設等が円滑に実施されることが期待される。深海潜水調査船や無人探査機とは異なった、大型施設の運用支援を含め、深海

域における作業に新しい視点を加えることが期待される。また関連技術からは海洋温度差発電のための細長体ハンドリング技術やマンガン団塊等採取技術への応用も期待されている。

第1表 地球深部探査船主要目。

全長	210m
垂線間長	192m
船幅	38m
深さ	16.2m
夏期満載喫水	9.2m
最大稼働水深	“2,500”m
ドリルストリング長	“10,000”m
ライザー径	21インチ
主発電機	“5,000kW”×6基
補助発電機	“2,500kW”×2基
DP スラスタ	“4,100kW”×6基 “2,500kW”×1基
測位システム	汎地球測位システム (DGPS) (補助：音響測位システム)
最大搭載人員	150名 (内、研究(含補助)員：51名)

2.3 ライザー掘削船の建造

ライザー掘削船は、現在、以下に記す主な基本性能を有することとして基本設計が進められている。

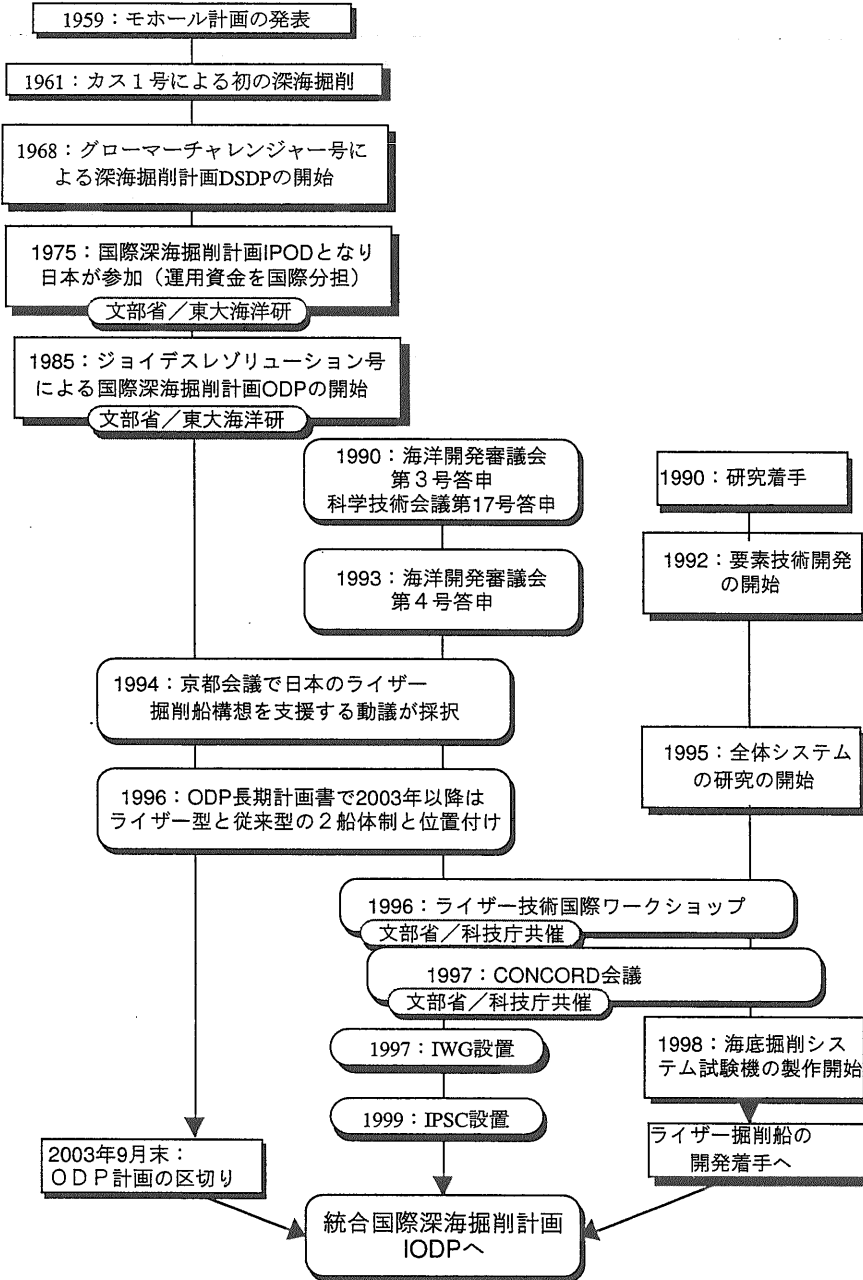
- (1) 全世界の海域(高緯度海域においては開水期)において、航海および掘削が可能である。また必要に応じて燃料、食糧、各種掘削資機材等の補給によって、長期間の掘削が可能であり、そのための各種掘削資機材を十分に搭載できる。
- (2) 船型はモノハル型(船型)とし、安全かつ効率的に掘削作業及び研究が行えるように、優れた動揺特性、復原性、位置保持能力および操縦性を有する。
- (3) 掘削能力は、以下の通り。
 - ・最大稼働水深：2,500m(ライザー掘削時)
 - ・ドリルストリング長：10,000m
 なお、本船の最終目標は、水深4,000mでの

(ドリルストリング長は12,000m)ライザー掘削としており、これに対応するライザーシステムについては、材料開発も含めた今後の技術開発動向を踏まえて、国際的な議論を深めつつ実現を目指すこととしている。

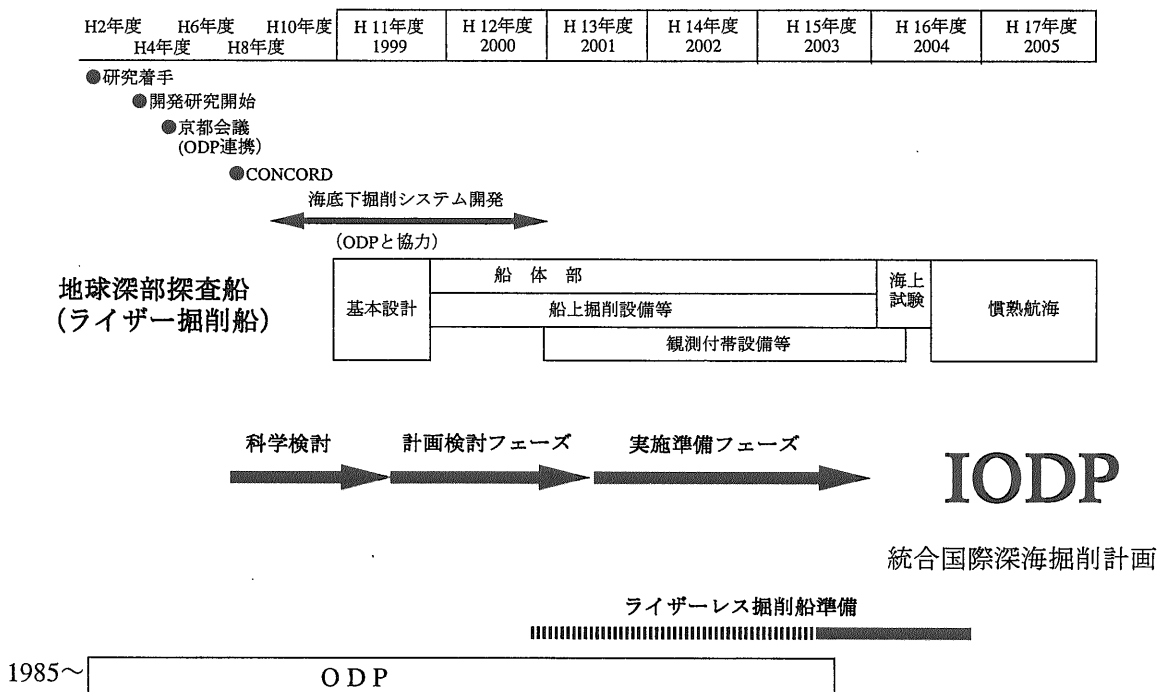
- (4) 稼働中に厳しい海象・気象状態に遭遇することが予測された場合において、速やかに安全対策を講じ、可能ならサブシー／孔内システ

ムを揚収し、安全な海域に避難することで危険を回避できる。

- (5) 掘削中に石油、ガス等の噴出の危険に遭遇しても安全にこれを制御できる。
- (6) 全掘削長にわたり、安全かつ効率的に連続コアリングおよび孔内計測ができる。
- (7) 採取するコアの標準外径は、現在のODP計画と同程度とする。



第3図 OD21/IODP計画検討の経緯。



第4図 OD21/IODP計画のスケジュール概念。

- (8) 採取したコア、カッティングスおよび泥水を船上で速やかに処理・分析し、さらにそれらを保管できるスペース並びに機能を有する。
- (9) 回収したコアおよび掘削流体に含まれる硫化水素等の有毒ガスに安全に対処できる。
- (10) 掘削船上からコア、カッティングス、スラッジ、余剰泥水、廃泥水および廃油等をサブライポートおよび岸壁に安全に荷揚げ、荷降ろし出来る設備を備える。

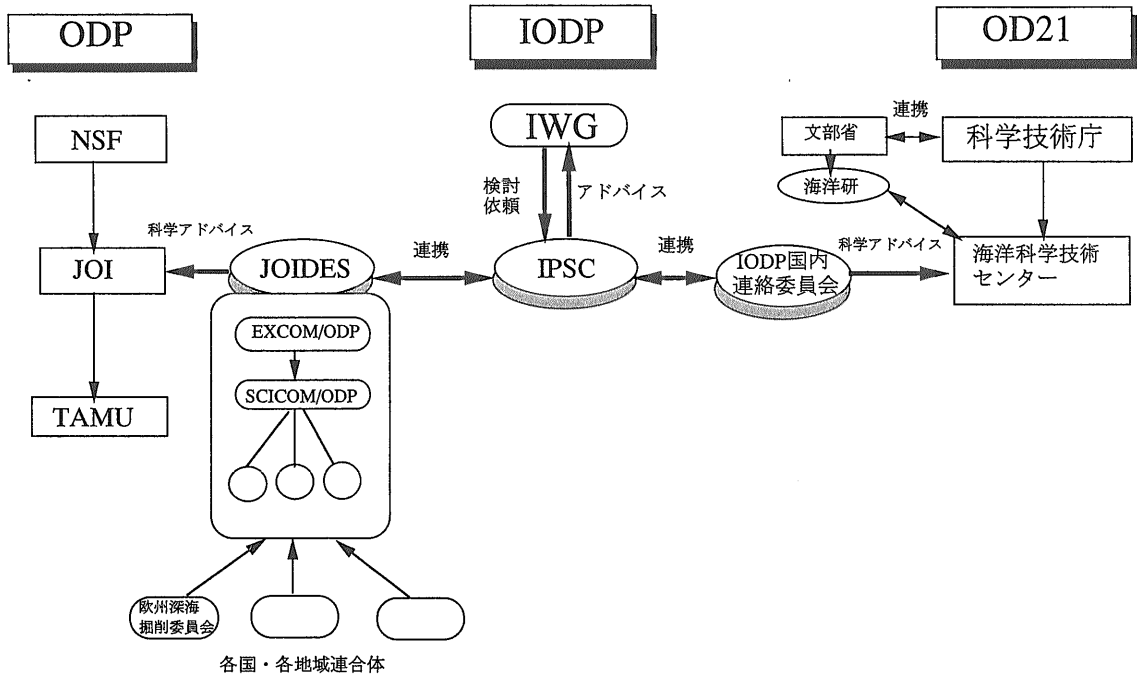
上記の基本要求性能を満たす掘削船として第2図に示す概要図および第1表の主要目を示す。

2.4 OD21/IODP 計画の歩みと今後

IODP 構想は、第3図に示すように DSDP/ODP の現行 ODP のラインと 90 年代初頭からのライザー掘削船の技術的検討のライン、そしてその間を繋ぐ科学と技術を基にした協力の可能性追及のラインの相互関係によって発展してきた。この経緯の中の重要なエポックは 1994 年 2 月に行なわれた JOIDES と科技厅／海洋センターとの合同 WS (京都会議) であり、その会議によって ODP と OD21 の

協力が具体的に開始されることとなった。その後、1997 年 7 月の CONCORD 会議においてライザー掘削船の科学目標設定が行なわれた。さらに各国の政策担当機関が IODP 構想実現のための国際ワーキング・グループ (IWG) を設置し (1997 年 9 月)、1999 年 4 月には IODP のための計画検討委員会 (IODP Planning Sub-Committee: IPSC) が設置され今日に至っている。

第4図に今後のスケジュールを示すが、2006 年度初頭の本格運用を目指してライザー掘削船の建造が進められるとともに、米国においては NSF が主導して、ポスト ODP 計画のためのライザーレス掘削船整備のスケジュールが着実に進められている。なお、IODP 計画として OD21 計画とポスト ODP 計画とを一連の計画として統合するための科学／技術／運用／管理のそれぞれの分野／レベルにおける検討が開始されている。図に示されるように IODP 計画は、現在、構想の段階から計画検討の段階へと移行している。この検討の段階は、遅くとも 2001 年度中頃には終えて、直ちに計画実施に向けた体制へと移行すべきとの共通認識をもって検討が進められている。



第5図 IODP計画の国際検討体制。

なお、IODP (Integrated Ocean Drilling Program) 計画とは、上記 IWGにおいて提唱された仮称であり、おそらく計画開始までに新しい名称が定められることとなると考えられる。OD21計画とは、時に便宜上、狭義の意味でライザー掘削船のみを用いた運用・研究計画を指す場合もあるが、基本的にはOD21計画はあくまでIODP構想を前提とした計画であることを付記しておく。

3. IODP 計画検討の構造

第5図にIODP計画検討の国際的な構造を示す。

3.1 IWGについて(1997年9月設置)

IWG/IODP (International Working Group for IODP) は、IODP計画の必要性を認め、その参加国となることを前提として事前検討の参加を文書にて表明した国/国際機関の担当者で構成される組織であり、年2回程度の会合を開催している。1999年10月現在のメンバーは、日本、米国、英国、ドイツ、フランス、EU、カナダ、中国、オーストラリアである。

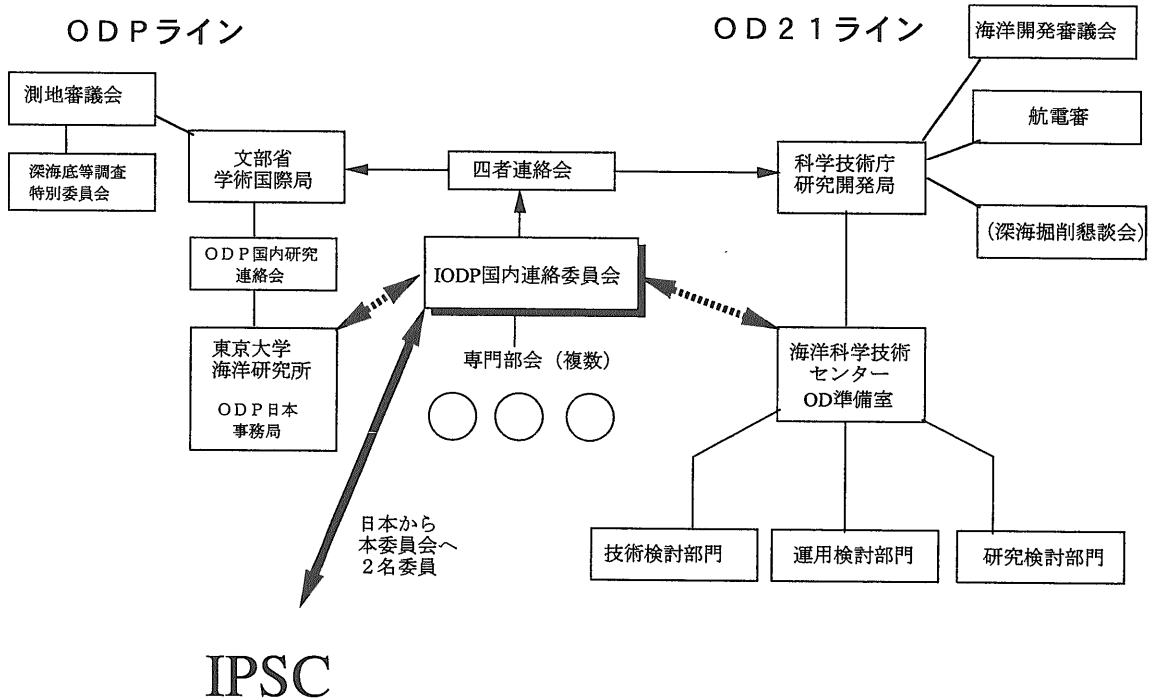
IWGの目的は、科学コミュニティおよび研究機関

によるIODP計画の具体的立案を鼓舞し、その計画案をそれを実施するために必要な技術や組織、資金関係の課題の検討を通して計画の実現の可能性をさぐることにある。その主要検討項目としては、(1) 科学計画、(2) 技術検討、(3) 運営モデル検討、(4) 資金問題検討等全ての面にわたっている。なおIWGそれ自身では、それぞれの検討項目について立案は行わず、計画立案組織等からの具体案をもとに検討することとしている。また、米国(NSF)と科学技術庁の代表が本IWGの共同議長をつとめている。

3.2 IPSCについて(1999年4月設置)

IWGの検討原案を提言する組織として、IPSC (IODP Planning Sub-Committee) が設置された。この組織は、形式上は現行ODPの科学アドバイズ組織であるJOIDES 付属の委員会となっているが、IODP計画を強く意識して作られており、委員メンバー構成および検討内容の報告形式から、実質上の機能・位置づけは、第5図に示すようなIWGの直下に置かれたかなり独立性をもった組織として認定されている。

IPSCは、新しい掘削計画の科学計画、技術お



第6図 OD21/IODP計画の国内検討体制。

よび運用に関する事項および資金／運営に関する要件等の重要事項について、詳細な原案／提言を作成し、IWGおよびEXCOM/ODPに適時報告することを最大の任務としている。なお、本委員会は2～3年の活動期間とされており、その後、計画の進展に応じて、IODP計画に対してさらに強い権限／決定機能を有する委員会へ衣替えすることが期待されている。また本検討については、検討の実現性を高めるためODPおよびOD21と密接に連携して検討を進めることが求められている。現時点でのメンバーは第2表の通り。

IPSCは、設置後数か月間をライザー掘削船に対する国際要望（主として船上研究室関係）についてODPの科学計測パネル (SCIMP) と連携してとりまとめ、海洋センターに提言し、基本設計への要望事項として盛り込むことに集中した。現在は本来の検討事項に対して以下のワーキング・グループを設置し検討を加速している。

3.3 IPSCワーキング・グループ

(a) 科学計画検討WG (Science Plan WG)

本WGは、ライザー掘削船の科学目標設定の

CONCORD会議およびライザー掘削船の科学目標設定会議 (COMPLEX会議：1999年5月) を基に、2船 (マルチ) 体制におけるIODP計画の科学目標をより具体的に検討し、IWGに提言することを目的としたWGである。

本WGでは2000年夏を目処に報告書を完成することを目途に活発な検討を進めている。

(b) 科学計画評価委員会 (Science Plan Review Board)

通称 Blue Ribbon Editorial Board とも呼ばれる本WGでは、上記科学計画検討WGの検討の進捗にあわせて適宜レビューを行い、偏りがなく意義深い科学計画の検討を実施しているか評価することを目的として設けられている。

(c) 技術アドバイスWG (Technical Advice WG)

本WGは、ライザー掘削およびマルチ掘削船運用という新しい運用体制に対応するため、技術的／専門的な観点からのアドバイスを与えるために設置されたものである。IPSC本委員会は特にこのWGの提言を重要視している。

(d) 石油業界リエゾンWG (Industry Liaison WG)

本WGは、IODPの実現および実施に対して、石油業界との協力が有りうるか？ 有るとすればどのよ

第2表 IPSCおよび同ワーキング・グループ メンバー表。

委員長	Ted Moore, University of Michigan, US
委員	Jamie Austin, Univ. Texas - Austin, US Hans Christian. Larsen, Dansk Lithosphere Center, Univ. Copenhagen, Denmark Dieter Eikerberg, Former Chief Engineer, KTB, Germany Jorn Thiede, Director AWI, Germany 平 朝彦 (東大海洋研) 木下 肇 (海洋センター) (以上7名)
(a) 科学計画検討WG (Science Plan WG)	
共同委員長	Judith McKenzie (ETH, Switzerland) Mike Coffin (Univ. Texas, USA).
委員	Earl Davis, PGC, Canada Jerry Dickens, Univ. Townsville, Australia Joerg Erzinger, GFZ, Germany Alan Kemp, Univ. Southampton, UK Philippe Huchon, INSU, France David Rea, Univ. Michigan, USA 末廣 潔 (海洋センター) 巽 好幸 (東大海洋研)
(b) 科学計画評価委員会 (Science Plan Review Board)	
委員長	Bob Detrick (USA)
委員	Rodney Batiza (USA) John Hayes (USA) Hugh Jenkyns (UK) Xavier LePichon (France) Ken Miller (USA) Roland von Huene (Germany) 小泉 格 (北大) 斎藤常正 (東北大名誉教授)
(c) 技術アドバイスWG (Technical Advice WG)	
委員長	Ted Bourgoyne, Louisiana State Univ. (US)
委員	Don Remson, Rimkus Consulting Group Tom Hamilton, Fugro-McClellen John Smith, Louisiana State Univ. (US) Allen Kelly, Diamond Offshore John Shaughnessy, BP/Amoco Clovis Lopez, Petrobras 市川祐一郎 (日本海洋掘削)

うな分野、形態であるか?等を幅広い観点で検討することを目的としている。委員長はMobil/ExxonのJ. Armentroutが就任することが決まっております。人選が進められている。日本の委員は(株)帝国石油の戸野聡氏に依頼がなされている。

なお、IPSC本委員会および各WGの日本委員に関しては、IODP国内連絡委員会の承認を得て推薦されている。

3.4 国内検討体制

第6図に国内の検討体制を示す。既に国際検討体制においても記したように、現行のODP計画とIODP計画の検討を両立させ、さらに検討の内身が実現性のあるものとするため、ODP計画を主導する文部省/東大海洋研とOD21計画(狭義)の科技厅/海洋センターのラインが密接に連携して、IODP国内連絡委員会を作り(1998年4月設置)、

久城育夫委員長のもと、年4回の会議を開催している。メンバーは海洋センター、東大海洋研、大学、国研、関連法人、民間からの約20名の委員で構成されている。同委員会にはいくつかの専門部会が設置されており、IPSCの検討に対応して国内の意見を集約し、全体計画へ反映させている。例えば、IPSCの科学計画検討WGに対しては研究計画専門部会(巽 部会長)が設置されており、1999年の夏から研究分野別のWGを作り、科学計画に対して我が国の研究者の総意を反映すべく検討を重ねており、その検討結果は、IPSCの科学計画検討WGに反映される構造となっている。

4. ライザー掘削船による深海掘削航海の特徴

ライザー掘削船を用いた掘削目標については、CONCORD報告やCOMPLEX報告および現在検討中のIODP科学計画において様々な科学ターゲット、具体的な掘削地域の提言がなされている。その多くは、海底下4,000～6,000m掘削を狙ったものである。現行ジョイデス・レゾリューション号の最大掘削深度は約2,100mであり、例えライザー掘削船を用いても、その深度までの掘削には相当の時間と現場における技術的チャレンジを要することは想像に難くない。海洋センターにおいて南海トラフおよび三陸沖陸側斜面における掘削シュミレーションを実施した結果、各々3,500mおよび4,000mを掘進するとして2孔でちょうど1年かかるとの結果が得られた。これは、天候・海象がほぼ順調でトラブル等による遅延が最小と仮定した場合の結果である。

本掘削船は、資材や人員交代を補給船等を用いることによって、支援基地から数百km離れた地点で十分に長期に亘って掘削を継続できるべく設計されるが、科学的深海掘削において1行動をどの程度の期間に設定することが適当かについて、1998年10月に開催された国際技術WSでは、年間2～3行動(1行動; 4～6か月)が推奨された。この間、乗船研究者は、研究対象の深度毎にチームを組んで交代すると考えられる。そのため現在ODPで実施されている航海毎の研究チーム編成から、ライザー掘削においては掘削地点を長期的に担当する大きな国際的研究プロジェクトチーム方式へ移

行するものと考えられる。

また、ライザー掘削の場合、事前調査データの重要性がさらに増し、必要によっては、掘削オペレーションのための事前調査も追加実施されることになる。おそらく上記プロジェクトチームは事前調査の段階から結成されなければならないだろう。さらに、ライザー掘削では、事前の掘削計画の検討により以上の時間を必要とする。現行のODP計画では掘削プロポーザルの審議から実際の掘削まで2～3年程度の時間を要しているが、ライザー掘削の場合、4～5年が少なくとも必要とされている。

ライザー掘削船を用いた最初の掘削行動は、日本周辺地震発生帯を目指すということが、1997年のCONCORD会議等により共通認識となっており、それに向けた具体的検討および事前調査も進められているが、地震発生帯以降の具体的な掘削地点の選定と準備もすぐに進める必要がある。上記のIODP科学計画検討はそれを意識したものであるが、掘削航海のスケジュールの確定は、IPSC検討の次に来るIODP計画の科学アドバイス組織が明確になって後に決定されるはずである。この時間的ギャップを研究コミュニティの十分な連携によって埋める必要がある。

5. OD21/IODP計画運営の1つのイメージ

本計画については、上記のようにまさに現在、様々な観点から検討が進められている段階であり、詳細については今後大いに変更、修正は有りうるものの筆者は以下のようなイメージを現在もっている。

計画運営構造については、2つのプラットフォームについて日米それぞれが責任を持った運用の構造の構築が必要となる。それぞれのラインにおいて、計画管理機能(現行のJOI相当機能)、計画実施機能(現行のTAMU, LDEO相当機能)、掘削・運航機能(現行のSEDCO相当機能)のそれぞれにおいて、人的交流、情報交流の緊密化が必要となろう。それらを保証する仕組みの構築が極めて重要となろう。科学サービスにおいては、部分的に統合化すべきものも発生すると考えられる。

計画の統合の象徴および効果は、運営組織よりむしろ科学計画検討/成果の共有によって実現さ

れると考えられる。2つのプラットフォームであっても、科学アドバイス構造は1元化を目指すことになる。なお、そのためには現行JOIDES構造の発展的改変と、日本の全体計画への寄与に見合う委員構成への変更が必要となる。

現行ODP計画では、年間10人程の日本人研究者が乗船の機会を与えられている。IODP期には、少なくとも年間延べ50～80名の国内研究者がライザー船およびライザーレス船双方に乗船する機会をもつことができるであろう。なお、これまで地質・地球物理学分野が主体であった乗船研究者に加え、新たに微生物研究者および掘削船を定点観測プラットフォームとして活用する海洋観測研究者等の乗船機会も数多く与えられるだろう。また、日本国内に試料分析、データ解析の機能、コア試料保管の機能を持つ陸上施設が必要となるであろう。

米国においては、現在USSSPと呼ばれる米国掘削研究の推進のための特別研究費が設定され、米国内の関連研究を支援している。OD21/IODP計画においては、我が国においても、上記の研究機会の増大をより効果的に利用する研究推進システムがそれぞれの研究機関の特色を活かして作り出されることが必要となるであろう。

IPSC委員会においてライザー掘削船の運航・掘削経費の試算検討が実施された。海洋センターが

試算したライザー掘削船の最低経費（最適条件のもとでの日本周辺年間2行動）：約 US \$ 65M（含むロギング）は同委員会において掘削専門家等の評価を受け、妥当なものとなされた。その他計画運営経費、科学サービス経費およびライザーレス船の運航経費等を総合したIODP全経費として、US \$ 130～140Mと見積もられた。IPSCは、さらに掘削予備経費を追加することを考慮するべきとの提言を示した。

IODP期の参加国は、現行ODP計画の参加国に加えて、例えばアジア、ブラジル、中東、南ア等の国、地域の参加があることが期待される。

文 献

- 田中武男, 藤岡換太郎, 木下 肇 (1997): OD21の経緯と現状, 月刊地球号外19号, 21世紀の深海掘削への展望, p.159-162.
 航空・電子等技術審議会 (1998): 深海地球ドリリング計画評価報告書.
 Report of the Conference on Cooperative Ocean Riser Drilling, CONCORD, (1997): Report of the Conference on Multiple Platform Exploration of the Ocean, COMPLEX, (1999).

なお、OD21計画に関して下記のWEBを適宜更新しており、参照されたい。

<http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/OD21/index.html>

TANAKA Takeo (2000): OD21 and IODP.

<受付: 1999年11月10日>