

1.c (3) 技術的成果

深海地球ドリリング計画における技術的意義

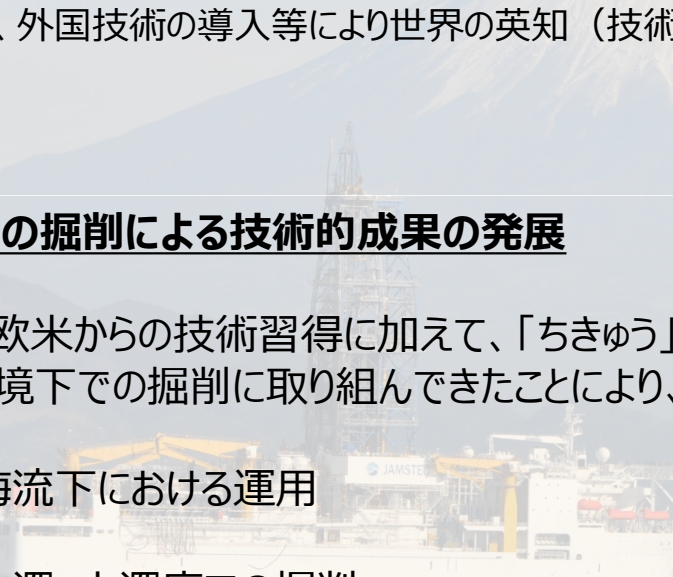
同計画は科学的意義に留まらず、技術的意義として、掘削技術の我が国への移転推進が挙げられている。

平成10年12月7日 航空・電子等技術審議会 深海地球ドリリング計画評価報告書 p11より抜粋

“～ライザー掘削技術は、海底油田の探査のために開発され発展してきたものであり、掘削用機器などについては日本の技術がオイル・メジャーを持つ欧米各国に比べ大きく遅れていることは事実である。このため、今回、地球深部探査船を日本が建造するにあたり、特殊試料採取システムなど計画提案者が取り組んできた科学目的の掘削に不可欠な要素技術等の研究開発成果を活用するとともに、外国技術の導入等により世界の英知（技術）を集めることにより、自前の技術体系を構築することには大きな意義がある。～”

「ちきゅう」の掘削による技術的成果の発展

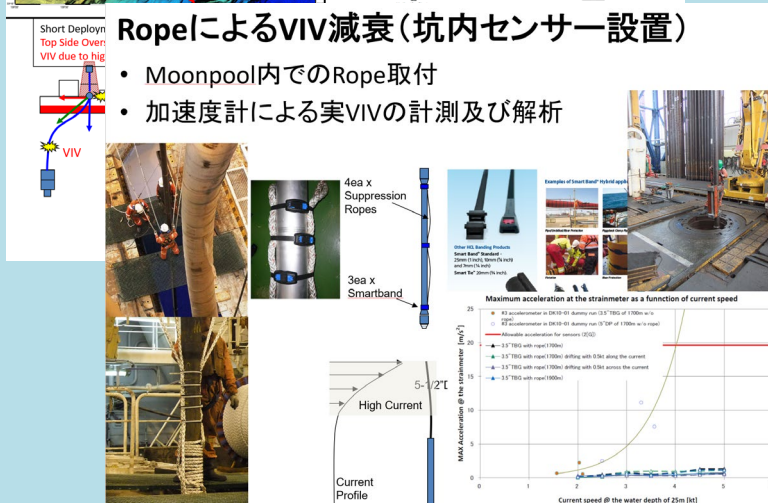
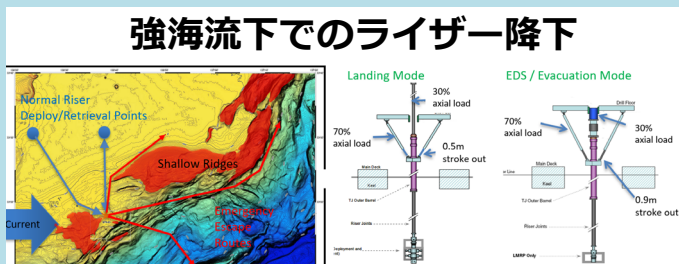
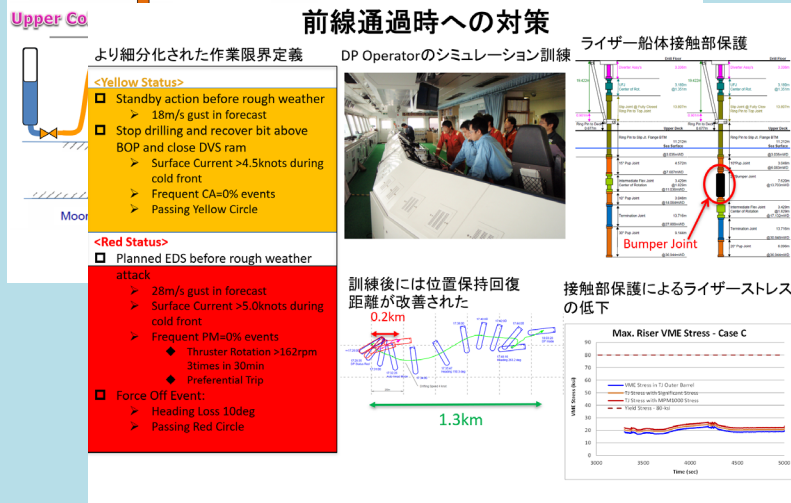
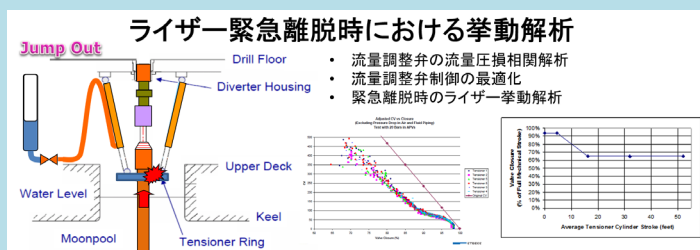
このような欧米からの技術習得に加えて、「ちきゅう」の掘削では、商業的な石油・ガス掘削では通常行われない、特殊な環境下での掘削に取り組んできたことにより、我が国自身による下記のような技術的成果を創出している。

- 
- ① 強海流下における運用
 - ② 大水深・大深度での掘削
 - ③ 超高温環境での掘削

1.c (3) 技術的成果① 強海流下における運用

「ちきゅう」が幾度も科学掘削を行ってきた南海トラフ周辺の海域は、流速は速いところで毎秒2m（4ノット）以上に達する黒潮が流れている。そこに台風や寒冷前線の通過が加わると、船体のコントロールが極めて困難になり、平成24年度の掘削では緊急離脱時にライザー上部を損傷した。教訓から学習し、前線通過時に向けた作業限界定義や操船訓練の実施、機器の保護策などを実装している。

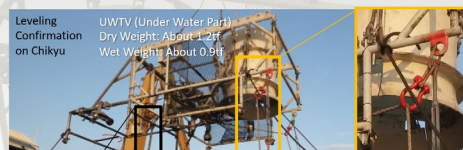
さらに、強い海流によって引き起こされる渦励振（VIV：流れの中におかれた物体から周期的に渦が放出され、この力によって物体が振動する現象）が掘削の大きな問題となる。この渦励振をモニタリングするシステムの構築や、整流装置（ライザーフェアリング）の開発、ドリルパイプへのロープ取付による振動減等の取り組みを行い、高海流下における掘削を実施した。



1.c (3) 技術的成果② 大水深・大深度での掘削

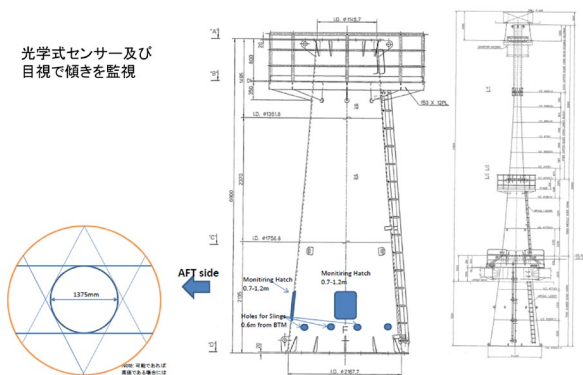
科学掘削のターゲットは多岐にわたり、大水深・大深度の掘削を要する提案もある。特に東北地方太平洋沖地震調査掘削（ライザーレス掘削/大水深）や、南海の地震発生帯掘削（ライザー掘削/大深度）では、吊り下げる掘削機器の重量、パイプ類の疲労、地層の傾斜、泥水添加剤等が課題となり、特殊環境に対応する機器開発や、オペレーションでの工夫の検討・実装を行った。その結果、東北地方太平洋沖では断層からの試料採取等に成功し（水深6,875m）、南海では目標の地震発生帯には到達していないが、科学掘削での世界最大深度(海底下3,262m)まで到達した。

UWTVによるROV Platform設置



掘削時の曲げによる疲労監視

光学式センサー及び
目視で傾きを監視



Hookload荷重対策

- Extremely high load on drill pipe results in "Slip Crush"
- String weight exceeds the capacity of heave compensator (520ton)
- Countermeasures
 - Heave compensator specification shall be upgraded to 750tons, instead of 500tons
 - Upgrading Cost is 25MMUSD
 - To resolve Slip Crushing issue
 - Slip proof drillpipe + Long slip
 - Dual Elevator + special sub

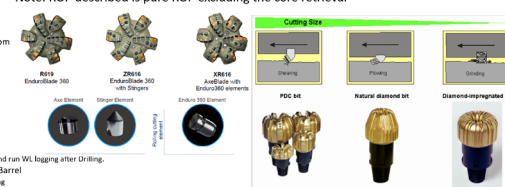


Slip Crushing

硬岩掘削対策

- Hole 1256D:
 - 250-750mbst: Avg. 2.16m/hr
 - 750-1000mbst: Avg. 0.82m/hr
 - 1000-1500mbst: Avg. 0.68m/hr
 - EXP335(eys later) failed to reach bottom
- Hole 504B:
 - 275-1000mbst: Avg. 3.56m/hr
 - 1000-1500mbst: Avg. 0.98m/hr
 - 1500-2000mbst: Avg. 0.72m/hr
 - 2000-2111mbst: Avg. 0.7m/hr
- Countermeasures
 - Fatigue issue of BHA and drill pipe
 - Do not use roller cone bits
 - Do not use LWD (just waste of cost) and run WL logging after Drilling.
 - Minimize the usage of Core Bit + Core Barrel
 - Core bit is for coring and not for drilling
 - Core bit is not designed for drilling performance but the coring
 - Max RPM is 150rpm
 - Use higher grade PDC bit + High Performance motor (RPM at bit: 200-300rpm)
 - Use Impregnated Bit or Diamond Bit + Turbine motor (RPM at bit 1000rpm / 315deg.C)
 - Assumed ROP: 20m/hr@sediment, 4m/hr@Basement +1000mbst, 2m/hr<1500mbst, 1m/hr@<2000m

Note: ROP described is pure ROP excluding the core retrieval



Turbine motor and underreamer combination might be too challenging



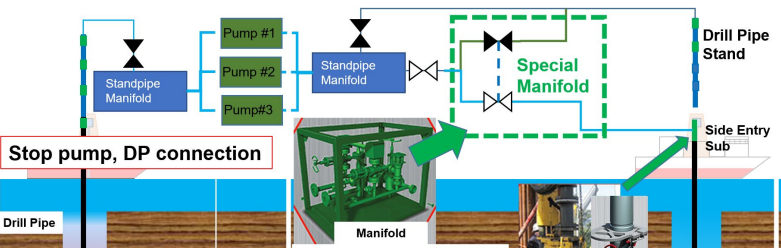
さらに、建造時の仕様よりも大水深・大深度（水深4,000m以深かつ水深含めた掘削深度9,000-10,000m）の掘削に向け、機器の軽量化や大深度における硬岩掘削等の技術開発を現在行っている。

これらの技術開発は、「ちきゅう」のミッションの1つであるマントルへの到達に必要であり、機構にて「マントル掘削に関する技術検証委員会」を令和3年度に設置し、第3者委員から技術開発に係る評価や助言を受けているところ（全6回で現在進行中。4/25に第6回（最終回）開催予定）。

1.c (3) 技術的成果③ 超高温環境での掘削

科学掘削（Exp.331 熱水海底下生命圏掘削）や第1期SIPにおいて、摂氏300℃に達する沖縄トラフの熱水噴出孔周辺で、掘削や検層、観測装置設置等を行うため、掘削同時検層時の冷却等、様々な対策を施し、掘削を成功させた。なお、Exp.331により、人工熱水噴出孔からのチムニー形成等も確かめられ、鉱物資源開発にも寄与する科学掘削となった。

300℃の熱水流入下でのLWD掘削対策



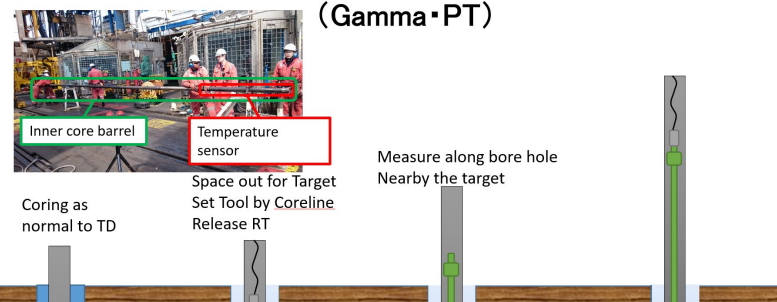
養殖セルにより採取された鉱物

C9024A: Black Hydrothermal Fluid

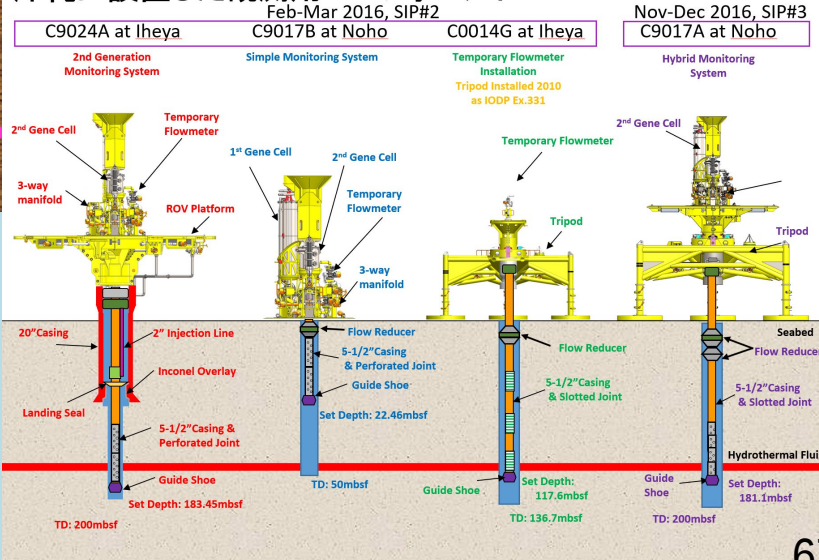
- Max Temp: 310 deg.C
- Max Flow Rate: 313 liter/min
- Cell was filled with sulfide minerals



300℃熱水流入下でのコアホールを用いた検層 (Gamma・PT)



沖縄に設置した観測用マニフォールド

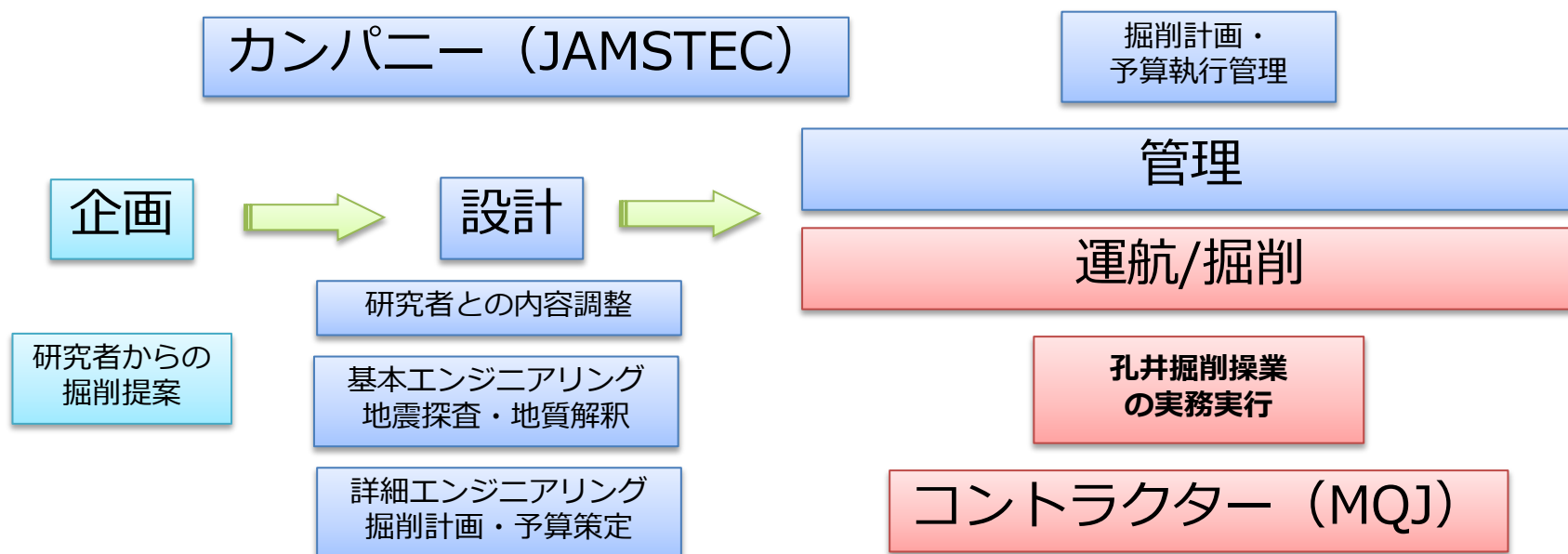


1.c (4) オペレーションマネジメント体制

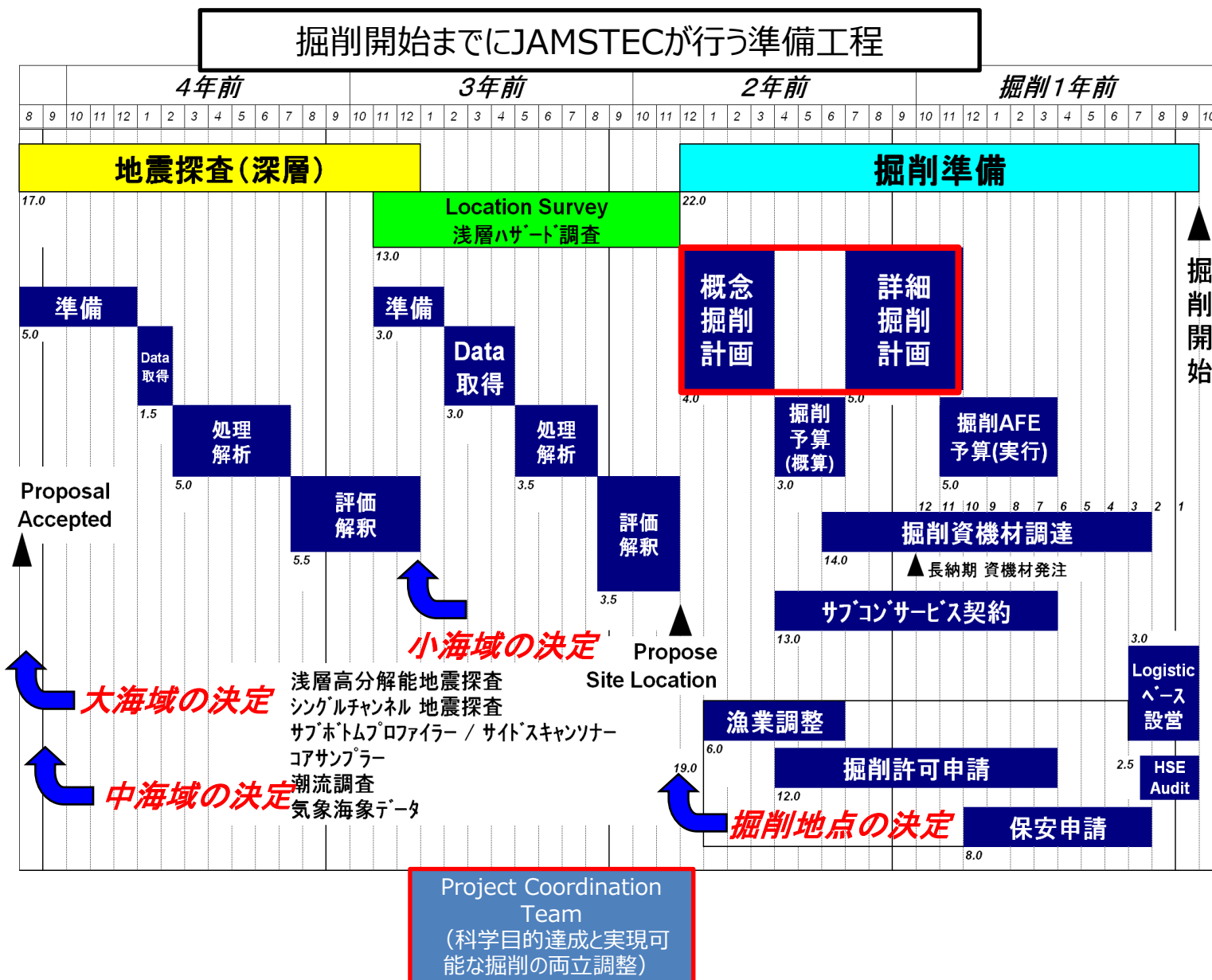
我が国のリソースによるオペレーションマネジメント体制の確立

- ・民間の石油・ガス掘削では、石油会社（カンパニー）が掘削計画を立案し、掘削を管理し、掘削会社（コントラクター）が掘削操業を実行する。一方、科学掘削では、「ちきゅう」を運用するために、機構と民間企業とが協力し、運用体制を構築・整備してきた。
- ・具体的には、機構はカンパニーとしての組織体制を構築し、掘削計画の立案等を担っている。また、民間では日本で唯一の海洋掘削専門事業者である日本海洋掘削株式会社と、日本郵船株式会社が共同出資し、運航/掘削を一体で行う日本マントル・クエスト株式会社（MQJ）を設立し、コントラクターの立ち位置で「ちきゅう」の操業を行っている。
- ・さらに、科学掘削独自の点として、研究者提案と掘削計画の調整を行うProject Coordination Team(PCT)の設置や、技術的成果項で述べたような、民間では取り組まない特殊な環境下の掘削に向けた調査、ハザード評価などの取組を行い、科学目的の達成と安全な掘削の両立を目指した仕組みを取っている。

体制イメージ



1.c (4) オペレーションマネジメント体制



1.c (5) 技術者の育成

操船・掘削技術者の日本化

- ・前述のように、深海地球ドリリング計画の技術的意義として、欧米を中心とした掘削技術の、我が国への移転推進がある。
- ・下記のとおり、掘削船運用技術（掘削・操船）に関する日本人船員の育成を進めており、日本人船員の昇級が進み、掘削部門の最高監督者であるOIMも100%の日本人化を達成した。「ちきゅう」船員経験者（卒業生）も延べ人数122名（2度の配乗等重複者を一部含む）を輩出している。
- ・日本人技術者の育成が進んだことが効力を発揮し、コロナ禍により外国人船員の入国が制限された令和3年度においても、SIP航海や国内資源掘削を実施することができた。
- ・また、船員だけでなく、造船業界でも「ちきゅう」建造事業者以外の事業者がドック工事を応札・実施するなど、国内技術者のすそ野が広がっている。

上級職船員の日本人割合

	掘削部門	操船部門
	割合	割合
H19年	0%	86%
H20年	36%	100%
H21年	36%	100%
H22年	43%	100%
H23年	44%	100%
H24年	50%	100%
H25年	44%	100%
H26年	44%	100%
H27年	53%	100%
H28年	50%	100%
H29年	50%	100%
H30年	56%	100%
H31年	39%	100%
R2年	58%	100%
R3年	50%	100%
R4年	61%	100%

役職別の日本人割合 R4年3月現在

掘削部門		操船部門	
OIM（掘削監督）	100%	船長	100%
Tool Pusher（掘削主任）	67%	一等航海士	100%
ドリラー	50%	航海士	100%
アシスタントドリラー	50%		0%
コアリング担当部員	100%	甲板部員	0%
掘削部員	6%	電気部主任	100%
サブシーエンジニア	100%	電気部員	69%
		機械部主任	100%
		機械部員	70%
		機関長	100%
		機関士	100%
		機関部員	60%
		環境安全担当職員/事務長/看護師/通信長/資機材管理者	64%

 上級職

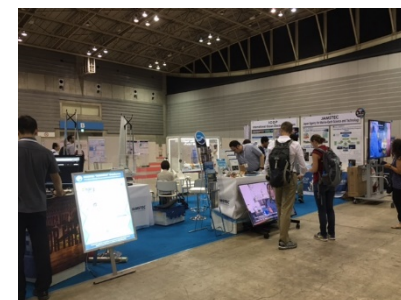
1.c (6) アウトリーチ

海洋科学掘削に係る取り組みや成果を普及広報するため、様々な取り組みを実施している。近年はコロナ禍により直接的な交流が困難だったが、オンライン・SNSを活用した取り組み等に注力した。



直近6年間（平成28年度-令和3年度）の「ちきゅう」普及広報活動の実績

分類	件数	延べ参加人数	備考
船舶一般公開	8	45,319	八戸港、石巻港、清水港、新宮港、高知新港
学会・イベント・ 出前授業・講演会	110	1,136,648	学会は学会参加人数を計上
制作物	72	—	映像16種、グッズ29種、雑誌・パンフ27種
メディア	739	—	ウェブ・テレビ・ラジオ543件、 雑誌・本・DVD31件、新聞165件
SNS（Twitter Chikyuアカウント）	—	—	27,895フォロワー（R4/4/8時点）



1.d「ちきゅう」予算

●政府予算

「ちきゅう」の建造、運航等にかかる予算として、政府予算において計上された額は以下の通り

総額：2,748億円（平成11年度～令和4年度の24か年総額）

※平成19年度～平成25年度のIODPからの分担金（SOC）66億円及び

及び平成24年度の東北地方太平洋沖地震の科学的調査（復興特別会計）10億円を含む

内訳：「ちきゅう」建造費：594億円（平成11年度～平成17年度）

「ちきゅう」運航費等：1,884億円（平成12年度～令和4年度）

高知コア研究所運営経費：39億円（平成15年度～令和4年度）

「ちきゅう」機能向上・修繕等（船舶建造費補助金として）：231億円

（平成14年度～平成19年度、平成21年度～平成25年度、平成30年度）

●外部資金

・資源掘削

「ちきゅう」を用いた国内外の資源掘削受託による収入

収入総額：267億円（平成17年度～令和3年度の総額）

資源掘削航海延べ日数：1,180日（再掲）

・ECORD/ANZIC拠出金

第2期IODPにて「ちきゅう」の乗船枠等を提供する一方で支払われる拠出金

総額：4.8億円

・戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）

第1期SIP：252億円の内数（平成26年度～平成30年度）

第2期SIP：119億円の内数（令和元年度～令和4年度）

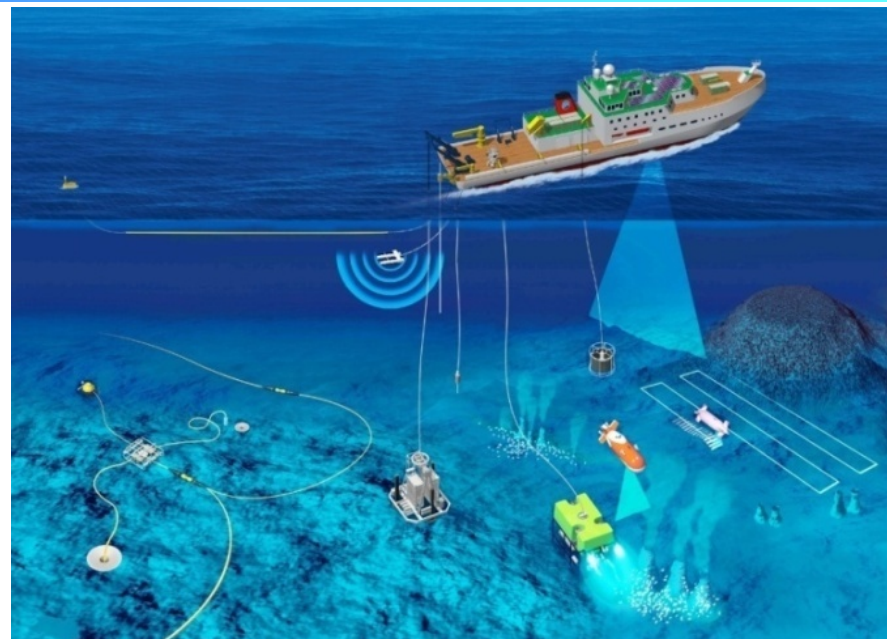
2.a (1) 「かいめい」概要

海底広域研究船「かいめい」

● 我が国周辺海域に存在する海洋資源の科学調査など、海洋の広域科学調査を加速させることが期待される研究船。平成28年就航。

● 主な装備

- ・ 3モード対応地震探査システム
- ・ 海底設置型掘削装置(BMS)
- ・ パワーグラブ
- ・ ジャイアントピストンコアラー(GPC)
- ・ CTD採水装置
- ・ ROV



主要目

全長	100.5m
幅	20.5m
喫水	6.0m
国際総トン数	5,747トン
航海速力	12ノット
航続距離	約 9,000海里
定員	65名（乗組員27名/研究者等38名）
主推進機関	推進電動機（2,400kW×2基）
主推進方式	アジマス推進器（2基）

2.a (2) 「かいめい」によるIODP航海等の実施

●IODP Exp.386 日本海溝地震履歴研究

欧州海洋研究掘削コンソーシアム（ECORD）と協力し、「かいめい」を用いてIODP第386次研究航海を令和3年4月13日～6月1日の50日間実施した。

オペレーションは、日本海溝に沿った水深7,000m超の合計15地点においてGPCによる採泥を行い、5～10万年前まで遡る古地震記録の取得が期待される総延長830m以上の柱状地質試料（コア）の採取に成功した。

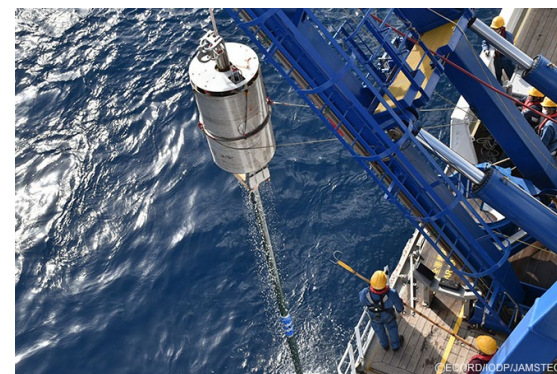
なお、同航海の一環で、令和4年2月14日～3月15日に、「ちきゅう」ラボを利用して、航海で採取したコアの記載、サンプリング、分析も実施している。

●機構の研究航海

機構の行う研究航海でも、「連続リアルタイム地殻変動観測技術の開発・展開」課題のために熊野灘・室戸沖で、また「巨大地震・津波発生源の地震履歴研究」課題のために千島海溝で、BMSやGPCを用いた研究航海を行っている。

●SIP

SIP第1期「海底熱水鉱床調査技術プロトコルの検証」、同第2期：「レアアース泥を含む海洋鉱物資源の賦存量の調査・分析」において、沖縄トラフや南鳥島周辺海域における調査航海を行うなど、科学と技術の発展に貢献している。



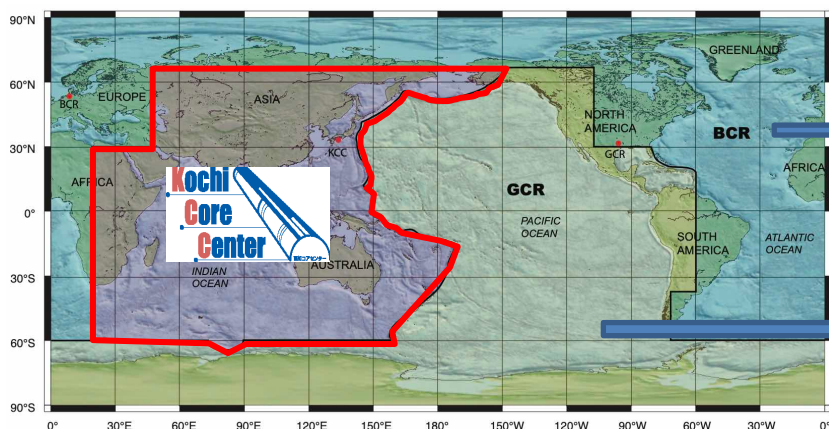
ジャイアントピストンコアラ



船上での研究者による
試料採取の様子

2.b (1) 高知コアセンター (KCC) 概要

- 世界で3か所あるIODPコア保管拠点の1つとして高知大学と海洋研究開発機構が共同運営
- 西太平洋～インド洋の掘削コア試料146 km分を保管
- 年間150件程度のサンプルリクエストに対し試料提供を実施
- J-DESCと共同でコア試料活用の試み



Bremen Core Repository
(ドイツ、ブレーメン大学)



Gulf Coast Repository
(米国、テキサス A&M 大学)



高知大学

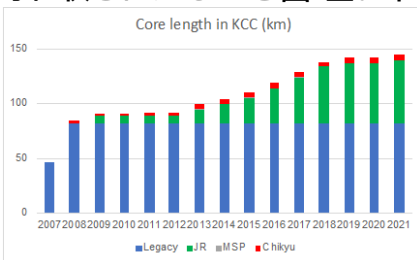
全国共同利用施設として
分析・計測
施設を提供



海洋研究開発機構

IODP掘削コア
試料の管理・
提供

国際プロジェクト (DSDP/ODP/IODP) で過去50年にわたり採取された海洋掘削コア試料のうち、KCC担当海域 (西太平洋～インド洋) で採取されたものを管理。平成19年に運用を開始し、現時点で



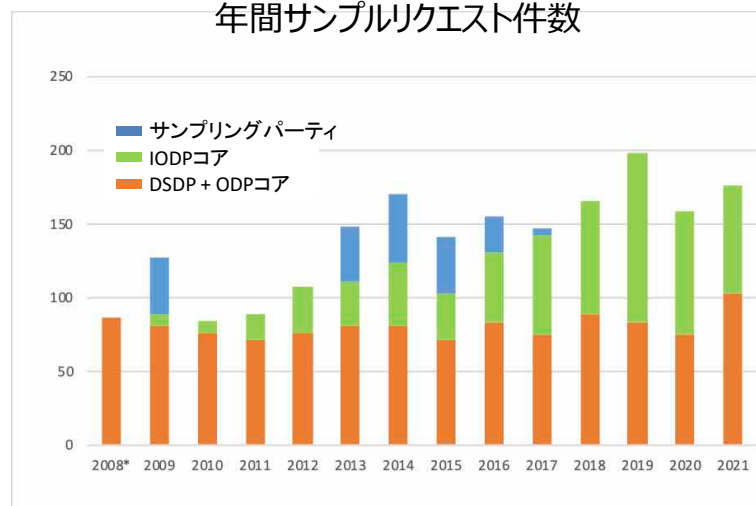
- ◆ 航海数 : 91
- ◆ 掘削地点数 : 486
- ◆ 総コア長 : 146 km



- IODPコア試料に加え、以下も管理
- IODPちきゅうカッティングス試料
 - IODP微生物研究用冷凍コア試料
 - ちきゅうSCOREコア試料
 - 高知大学学術コア試料
 - JAMSTEC船舶で採取のピストンコア試料

2.b (2) 高知コアセンター（KCC）の活動実績

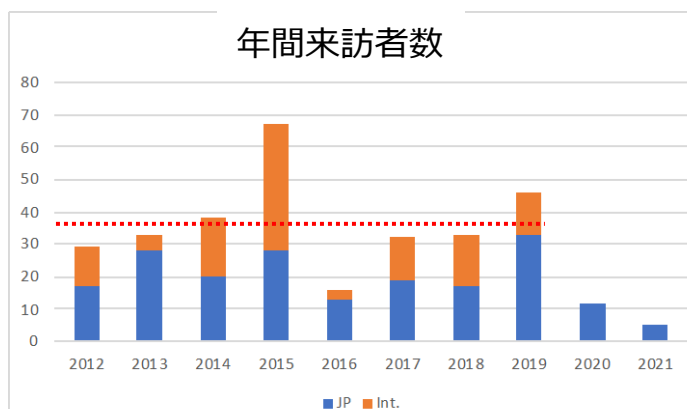
年間サンプルリクエスト件数



➤ テキサス、ブレーメンの保管拠点と密接に連携しながら、IODPコア試料に対するサンプルリクエストに年間150件程度対応し、国際科学コミュニティーへ試料を提供。

➤ ちきゅうIODPやSCOREのサンプリングパーティーを開催するとともに、高知コアセンター分析装置群共用システムと連携して年間5-10件程度、コア試料の非破壊計測を実施。

年間来訪者数



➤ IODPに関連して年間30-40人程度の来訪者を国内外から受け入れ（コロナ禍以前の実績）。コアスクールやプレ・ポストクルーズ会議の開催等、研究者のサポートや若手研究者育成も重要な機能。

