

J-DESCが考えるこれからの掘削科学

躍動する地球

地球の過去～現在を学び人類の未来へと役立てる
ジオハザード(自然災害)、海洋・気候と生命活動、海底資源

宇宙の中の地球

生命をはぐくむ惑星としての地球の理解
プレートテクトニクス、地球内部構造探査、生命の起源とその限界

未来の技術が切り拓く革新的科学

技術革新が導く社会と科学の変革
海底下観測・掘削技術の進歩、ビッグデータ解析、情報発信や普及広報を含む社会還元活動

J-DESCがこれから目指すこと



A マントル (探る)

惑星探査と地球規模の物質循環の解明

—マントル掘削と超深部掘削孔の活用—

- ・海洋地殻とマントル構造の多様性を探る
- ・海洋プレートへの水の流入と生物化学的プロセスの関係性を探る
- ・掘削孔に観測機器を設置し、リソスフェア変動のモニタリングを試みる



B 地震津波 (聴く)

沈み込み帯における巨大地震・災害を理解する

—長期モニタリングと緊急掘削—

- ・流体、熱、歪(ひずみ)、応力状態が、地震サイクルを通じてどのように変化するかを理解する
- ・震源域の物質を採取し、巨大地震発生条件と発生メカニズムを明らかにする
- ・世界各地の沈み込み帯を対象とすることで、巨大地震とスロー地震を包括的に理解する



C 未知の生命 (探す)

海底下生命圏プロファイリング: 変化する環境と相互作用

—生命とそのシグナルを環境と共に読み解く—

- ・海底下生命圏の限界、またはその存続を規定する物理化学・地球力学的制約を解明する
- ・掘削した地質試料を用いて連続的に変化する周辺環境と生命の応答・適応を理解する
- ・海底下における生物地球化学的サイクルと表層生態系・人間社会との関わり、およびその時系列的変化を探索する



D 気候環境 (読む)

気候変動の謎を解読する

—急激な気候変動の分岐点(ティッピングポイント)とフィードバック—

- ・中生代から人新世まで、さまざまな大気CO₂濃度での気候システムダイナミクスをより正確に理解する
- ・それぞれの気候モードにおける気候の不安定性、変動規模、感度、変動速度を評価する
- ・地球深部プロセスが気候システムに与える影響と、その逆プロセスの影響を評価する

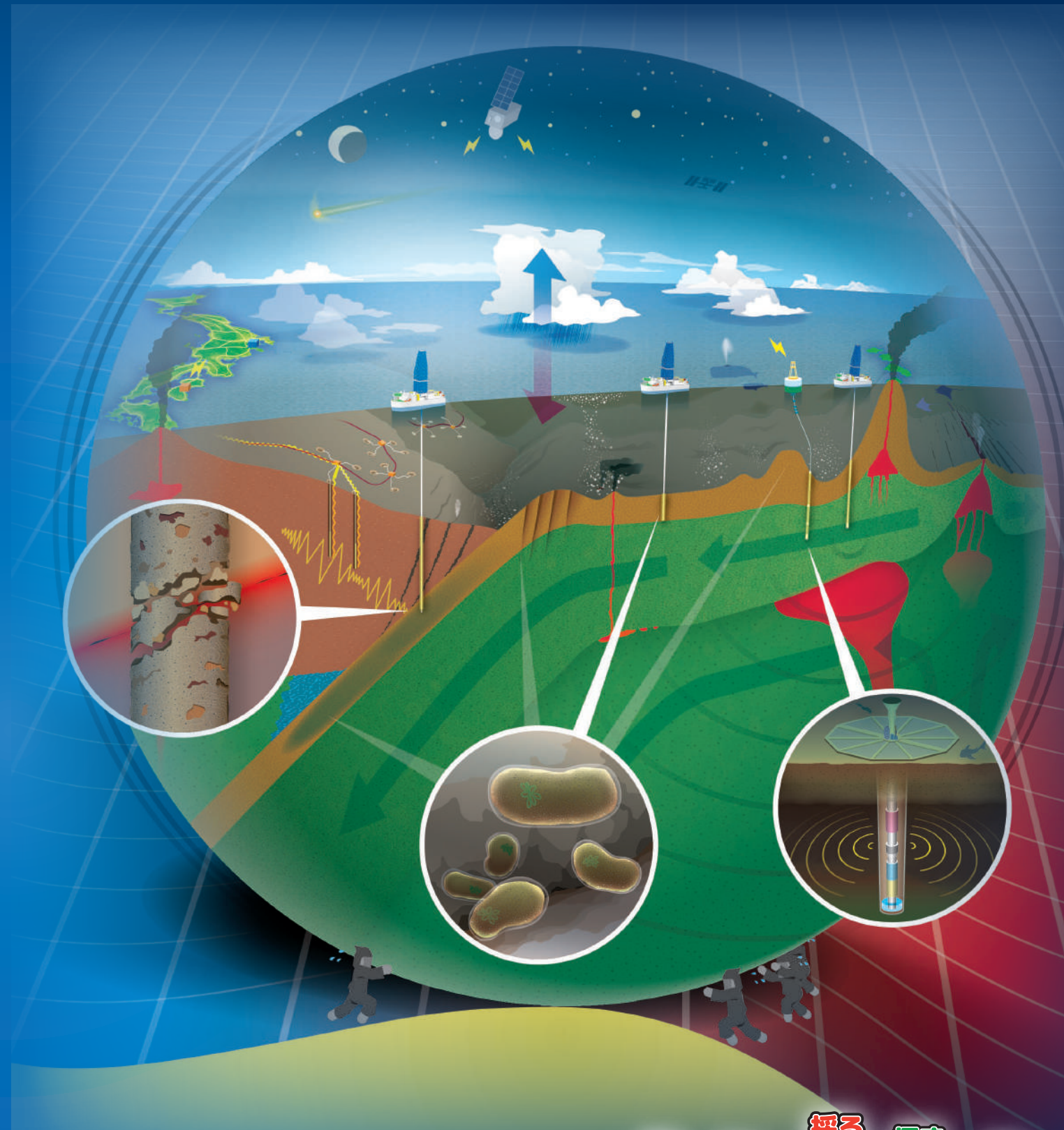


E 海と地球の健康 (診る)

地球環境と海洋生態の健康診断

—急激な環境変化がもたらす生態系への影響評価—

- ・豪雨、猛暑などの異常気象、海洋酸性化、貧酸素化の進行を司るシステムを理解する
- ・急激な環境変化がサンゴ白化など海洋生態系や食物網に与える影響、全球炭素循環に与える影響を評価する



2021年3月発行

制作・編集 / 日本地球掘削科学コンソーシアム(J-DESC)

発行 / 海洋研究開発機構(JAMSTEC)

監修 / JAMSTEC地球掘削科学推進委員会・J-DESC理事会

原案 / Koppers, A.A.P., and R. Coggon, eds. 2020. Exploring Earth by Scientific Ocean Drilling: 2050

Science Framework. 124 pp., <https://doi.org/10.6075/JOW66J9H>.

J-DESC制作チーム

氏家 恒太郎(筑波大学)

黒田 潤一郎(東京大学)

道林 克禎(名古屋大学)

諸野 祐樹(海洋研究開発機構)

木下 正高(東京大学)

黒柳 あずみ(東北大学)

森下 知見(金沢大学)

お問い合わせ / J-DESCサポートオフィス info@j-desc.org



掘削科学2050

サイエンスフレームワーク J-DESC版

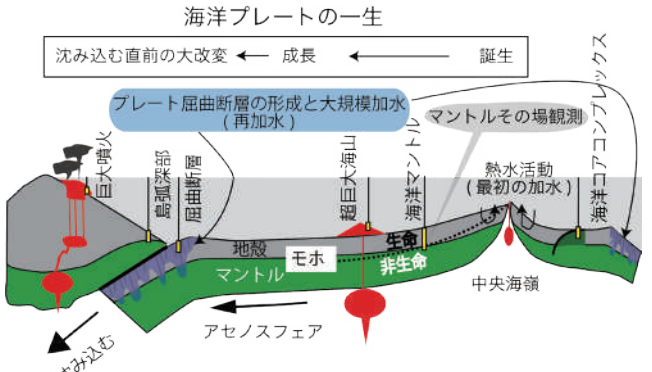




A マントル(探る) 惑星探査と地球規模の物質循環の解明

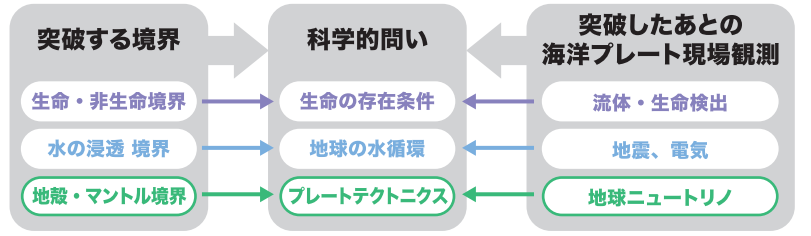
— マントル掘削と超深部掘削孔の活用 —

海洋プレートは構成する海洋地殻とマントル。そして、それらに含まれる水が巨大地震・巨大噴火の原動力の一部となっている。我々は海洋プレートの形成、変遷、沈み込みの現象(海洋プレートの一生)の重要性を認識しているが、その実態を知らない。海洋地殻、モホ面を完全に掘削するという事は、岩石層、生命圏の境界を突破し、誰も直接触れたことのないマントルに到達することである。このマントル掘削孔で世界初のマントル現場観測を行い、プレートの変動、地球内部の情報や、生命あふれる地球の姿を鮮明にする。



日本がリードする Deep Drilling 計画

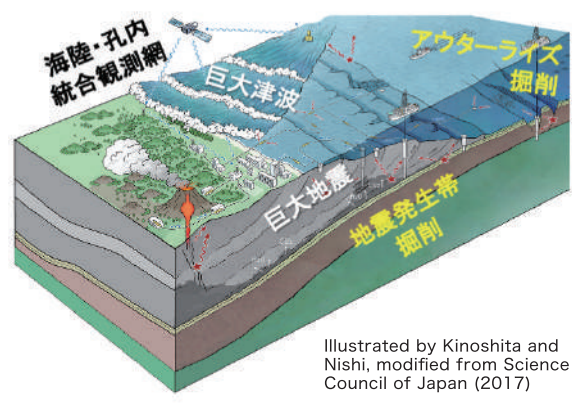
- 人類未踏の地** 海洋プレートの究極到達点
 - ・人類未踏のマントルの掘削
- プレート深部** 海洋プレート深部起源物質の深堀
 - ・海洋コアコンプレックス掘削
 - 島弧深部の深堀
 - ・小笠原弧前弧掘削
- プレートの断層** 海洋プレート沈み込みの現象
 - ・東北沖プレート屈曲断層掘削
 - 有史人類が経験したことのない超巨大噴火
 - ・カルデラ掘削
- 火山活動** 地球史を激変させる超巨大火山
 - ・オントンジャワ掘削



B 地震津波(聴く) 沈み込み帯における巨大地震・災害を理解する

— 長期モニタリングと緊急掘削 —

社会に甚大な被害をもたらす、沈み込み帯の巨大地震、津波、海底地滑り。その発生条件、発生メカニズムは明らかにされていない。新技術を取り入れた孔内計測・観測ネットワークと掘削試料の地質学的・実験的研究により、災害発生の根本を理解し予測モデルを構築することで、防災・減災に貢献する。



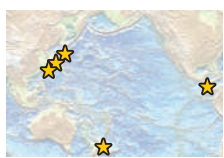
Illustrated by Kinoshita and Nishi, modified from Science Council of Japan (2017)

日本がリードする掘削研究課題

- 多様性を考慮した、巨大地震発生予測モデル構築への貢献**
- スロー地震の役割:スロー地震が巨大地震の引き金となりうるのか?
 - 流体の役割:Fault-valveモデルが地震サイクルを支配するのか?
 - アウターライズ地震との関係:アウターライズ地震・津波の切迫度評価
 - 地震発生条件:摩擦特性の実測による震源核発達・震源域拡大条件の評価
 - 地震発生の場:地震学的に推定された広域構造(強度・歪)の現場検証
- 災害サイクル・災害連鎖メカニズムの理解**
- 堆積過程履歴把握による斜面安定性など海底地滑り発生条件の理解
 - 災害(地震・火山噴火・環境変動)が海底地滑りを誘発するメカニズム
 - 浅部地震(slip to trench)が巨大地震を誘発するメカニズム

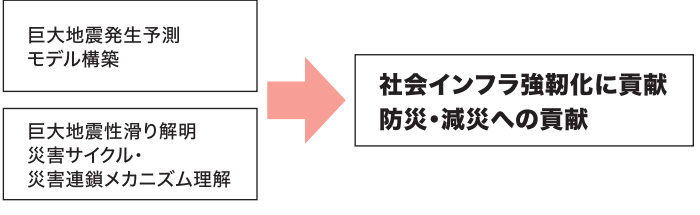
日本発の掘削提案

- a,b: 南海トラフ(日向灘、熊野灘) c:日本海溝(H-ODIN)
 d,e: 南海トラフ超深度掘削、ヒクラング、コスタリカ沖
 f,g: 南海トラフ緊急掘削、琉球海溝 h: 日本海溝(J-TRACK)
 g: 鬼界カルデラ掘削、その他: 災害発生海域(発生後緊急掘削)



日本発の掘削提案

- Borehole Observatoryを陸上・海底ネットワーク観測と統合
 - ・新技術の実現・運用へ(A-GPS, 光ファイバー)
 - ・全周波数帯域でのプレート境界変動を把握
- 観測しターゲットを明らかにした後、コアリング
 - ・巨大地震時の摩擦熱が検出された部分から地質試料を採取
 - ・スロースリップ・微動が検出された部分から地質試料を採取
 - ・コア・孔内計測による災害サイクルの把握(物質・物性)

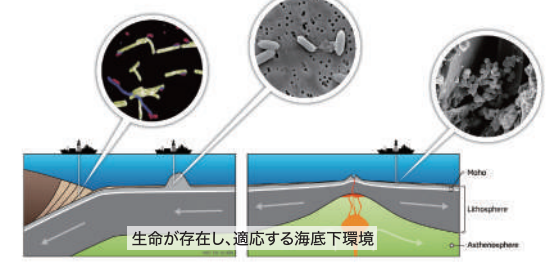


C 未知の生命(探る) 海底下生命圏プロファイリング: 変化する環境と相互作用

— 生命とそのシグナルを環境と共に読み解く —

地球のみならず宇宙における生命を考えるうえで重要な海底下巨大生命圏。その規模や実態が徐々に明らかにされてきた。一方で、海底下生命圏の限界や地球物質循環に果たす生命機能については不明な部分が多い。最先端のテクノロジーを駆使した高度な解析でその実像に迫る。

科学的課題 問い	発見・開拓 フェーズ	分析・解析 フェーズ	応用・活用 フェーズ
どこまで生命は生存するのか 何がそれを規定するのか?	堆積物から岩石へ至る海底下生命圏の限界を開拓し、物理化学・力学的制約を明らかにする	なぜ、どうやって生命は存在するのか? 生命は何をしているのか? 生命の生き様を明らかに	生命圏のパワーを知り、活用する
アプローチ	室戸沖 T-limit調査 ロードハウライズ白亜紀生命圏 ゴジラメガムリオン・ハワイ沖-マントル生命探査	連続的に変化する海底下環境と生命の応答・適応をゲノム解析技術等を駆使して高感度・高精度に検出・解析する	海底下での資源物質等の生物地球化学的サイクルと表層生態系の関わりを解明し、成果を人類へ還元
J-DESCが主体的に関与する科学掘削	室戸沖 T-limit調査 ロードハウライズ白亜紀生命圏 ゴジラメガムリオン・ハワイ沖-マントル生命探査	北大西洋海底下、日本海等、変動する海底下環境と微生物群集の応答・適応、極限生存プロセス解明(新規掘削、冷凍保管コアを活用)	ブラジル沖海底下、オーストラリア沖など海底下炭化水素循環プロセス解明



地球最後の秘境、海底下生命圏
その限界を開拓し、生命の営み・その機能を理解する

↓

生命とは何か、どの様に活用できるのか、
人類へ還元可能な知識を提供



D 気候環境(読む) 気候変動の謎を解読する

— 急激な気候変動の分岐点(ティッピングポイント)とフィードバック —

急激な大気 CO₂の上昇による地球気候システムの大きな転換。このままだと閾値を超える分岐点(ティッピングポイント、Tipping point)に達し、新たな安定状態へ非可逆かつ急激に移行する可能性が危惧されている。科学海洋掘削による多様な時間スケールでの三次元古気候復元アプローチで、過去に地球システムが Tipping point を超えた時の境界条件、別の安定状態への移行時間や変化速度、そこに働くフィードバックに関する知見を得る。これにより地球気候システムの理解に必要な情報を提供する。

過去100万年間の地球の安定状態の範囲

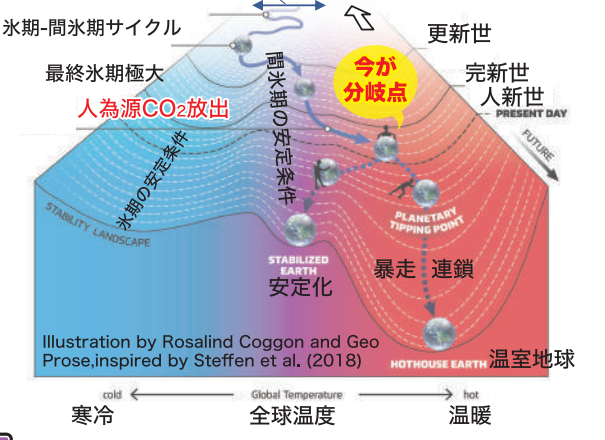
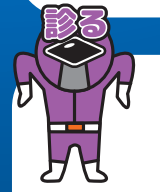


Illustration by Rosalind Coggon and Geo Prose, inspired by Steffen et al. (2018)

日本発のプロジェクトが読み解く "Tipping point"

- 中期中新世温暖期の開始と終焉のTipping point
- 南極氷床不安定化のTipping point
- 気候変動に伴う南極海の変動性を起こす Tipping point
- 活発な大気海洋相互作用を生む赤道太平洋の東冷西温の強い非対称性のTipping point
- 温暖化による亜熱帯循環強化に伴う西岸流(黒潮)変化のTipping point
- 温室時代の海洋中層の貧酸素水塊拡大の Tipping point



E 海と地球の健康(診る) 地球環境と海洋生態の健康診断

— 急激な環境変化がもたらす生態系への影響評価 —

地球史で繰り返し起こった生物大量絶滅。絶滅はなぜどのように起こったのか?地球が過去に経験した海洋無酸素イベント、酸性化イベント、極温暖イベントに注目し、海洋生態系に与えた影響を評価し、その関連性を解読する。それらは、急激な環境変化がサンゴ白化など海洋生態や食物網に与える影響や、全球炭素循環に与える影響の評価につながる「健診カルテ」となる。



Credit: XL Catlin Seaview Survey