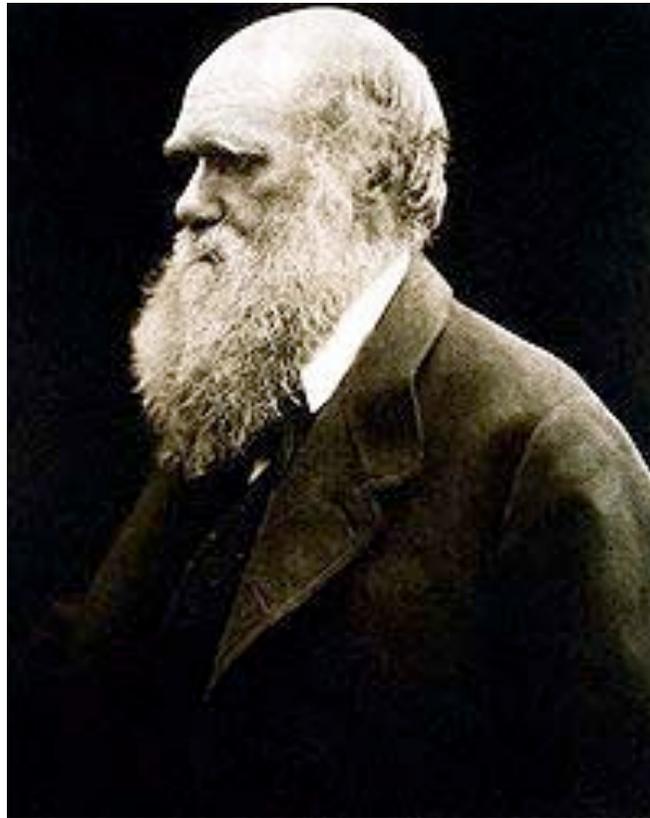


# 海のはなし 海洋掘削研究とモホール計画

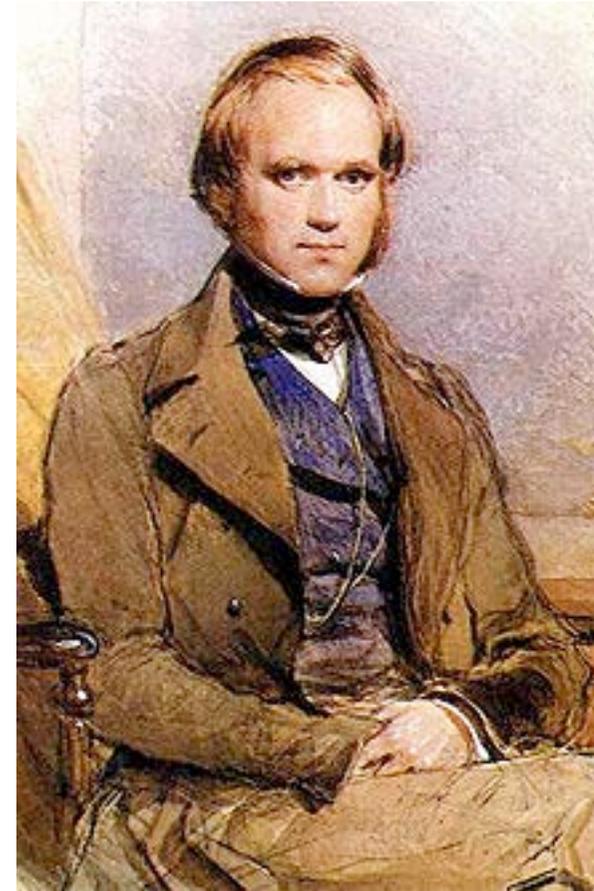
道林克禎 准教授

静岡大学理学部地球科学科

チャールズ・ダーウィンは  
地質学者であった



# ダーウィンとビーグル号の航海



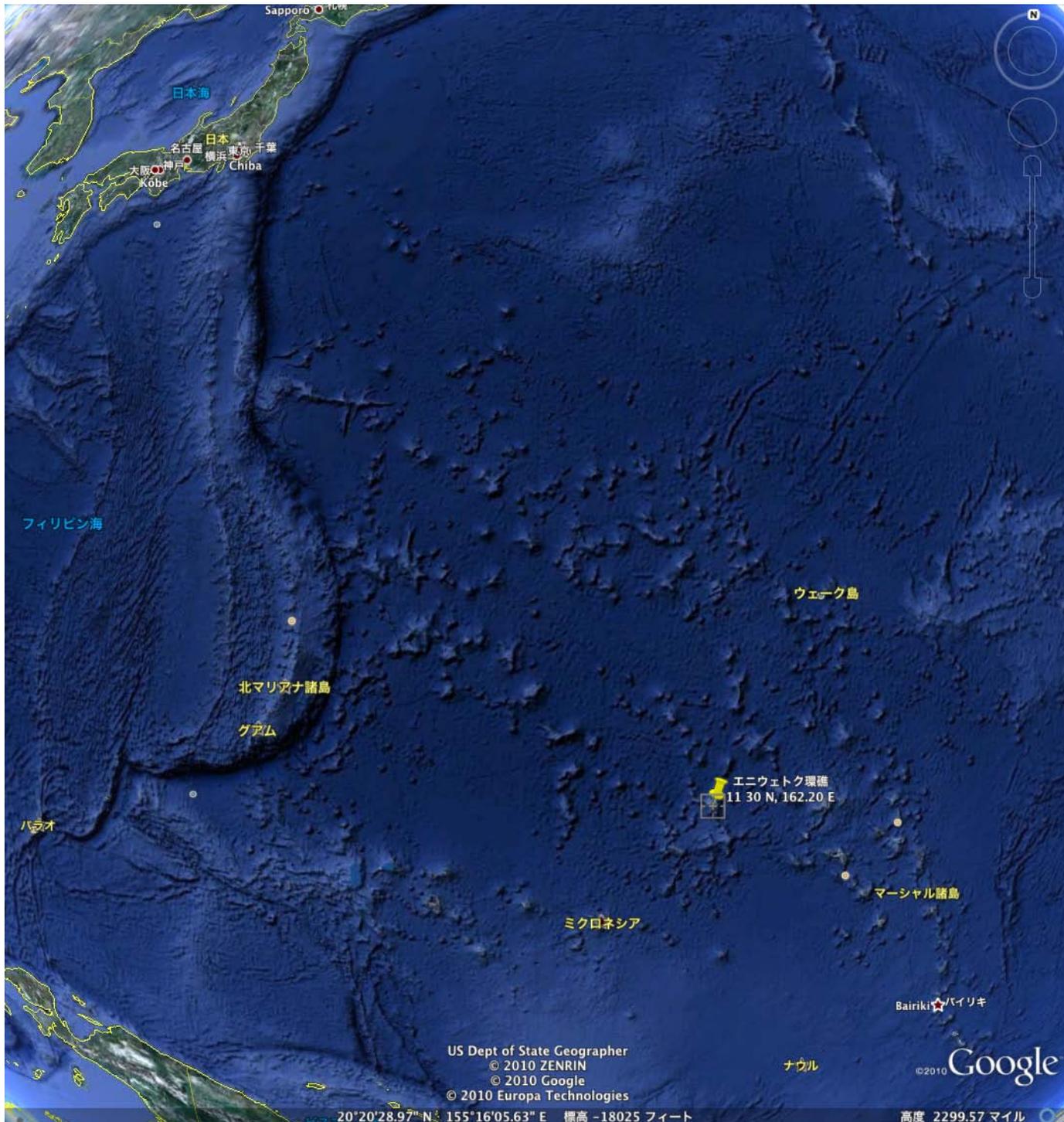
30歳前後

# 地質学者としてのダーウィンの業績

- チャールズ・ダーウィン
  - ビーグル号航海中、地質学と動物学のあらゆる種類の問題を考へて過ごした
    - 種の起源 1859年出版 進化論として有名
    - 珊瑚礁の構造と分布 1842年出版
      - 太平洋の環礁は火山の沈降する山腹をぐるりと囲むように、日当たりのよい海水の中を一定の水深を保ちながらゆっくりと直立していく珊瑚の塔であり、いまやその深さは海面下数百メートルに達する、と主張した。
      - 珊瑚礁の成因を氷期・間氷期にあるとする説と対立
      - 論争が40年以上続いた。

# ダーウィンの学説と海底掘削

- 1881年5月5日：ダーウィンからハーバード大学海洋学教授のアレクサンダー・アガシに手紙をおくった。  
「私は、誰か百万長者が太平洋やインド洋の環礁のいくつかをボーリングして、500から600フィート(150メートル)の深さからコアを切り取って持ち帰ろうと決心してくれないだろうかと思っています」
- ダーウィンの考えの検証
  - 1897年 太平洋のフナフチで掘削 実証されず
  - 1947年～
    - ビキニ環礁の水爆実験後、エニウエトク環礁で掘削
    - 1287mで珊瑚の基底部に火山性玄武岩を発見！**実証！**
      - Cf. 氷期・間氷期が原因なら海水面下90~150mまで
    - 「沈水した火山島の基盤上に珊瑚環礁が築かれた」



モホール計画はいかに始まったか？

# ソ連の宇宙開発の優位

- 1957年
  - スプートニクの衛星軌道への打ち上げ
  - アメリカのヴァンガードロケットの失敗
- 1958年
  - アメリカのNASA創設(非軍事的宇宙機関)
- ソ連の月探査機ルーニック打ち上げ
  - 第1号:月をかすめて飛び去る
  - 第2号:月を直撃
  - 第3号:月の裏側の写真撮影後、地球軌道へ

# アメリカの月探査への打開策

- ケネディー大統領の主張
  - 南極と同じように、月も純粹に科学的探求中心に行われるべきだ
  - アメリカ流の月探査における主導権の回復戦略
- アメリカに必要だったこと
  - 国家的な屈辱を無効にする以上にするためには、多大な犠牲を払って収集されるであろう科学的データを研究するための新科学が必要だった
  - 月の石がアポロ計画によって手に入る前から、宇宙開発計画を通して、宇宙からの視点と惑星としての地球の意味が考えられるようになった

# アメリカにおける巨大科学の推進と 地質学の脆弱さ

- 物理学：大型加速器建設ラッシュ
- 生物医学：国立衛生研究所の拡大
- 地質学：アメリカ地質調査所
  - 小さく、控えめで、あまり勢いもなく、補助金はほとんどなかった
  - 地質図を作成するのに必要なわずかな助成金の要求程度
  - 地質学に対しても宇宙計画へ寄与する研究計画が要求された

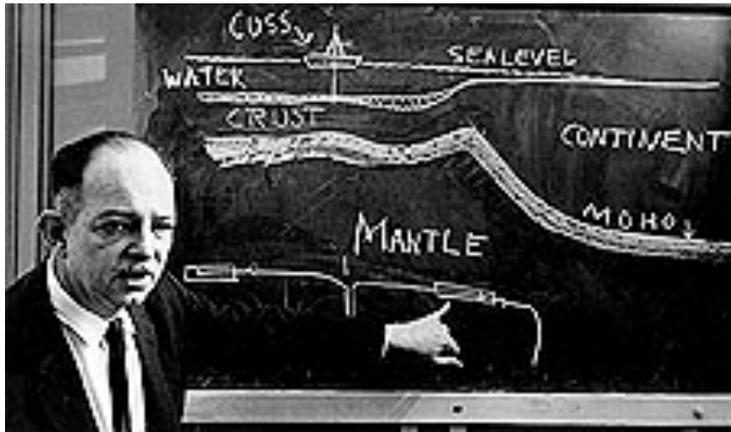
# 「地殻に穴をあける」 はじまりは、思いつきから

- 1957年3月：アメリカ国立科学財団の会合
  - 8名の科学者が、宇宙計画に関連した地球の研究として申請された研究計画を審理するために招集された
  - 2日間で60件の申請を審議
  - ウォルター・ムンク  
(カリフォルニア大学の地球物理学者)
    - 申請された計画のどれ1つとして地球の理解にとって真に基本的なものはない、と落胆
    - 我々は大衆の想像力をかきたて、もっと若い人々を引きつけるような地球科学—地質学、地球物理学、地球化学—のプロジェクトをもつべきだ

# モホール計画

- 前述の会合にて、アメリカの巨大科学の流れにのるためにウォルター・ムンクが、半分冗談でモホ面の下にあるマントルの岩石の性質を調べるのに地殻を掘り抜く、アイデアを提案
- プリンストン大学教授であったハリー・ヘスも熱烈に支持
  - モホール計画の誕生！
- ボトムアップではなく、トップダウンとして始まった計画
- 当時の著名な研究者からなる審査会において、提案された地質学の研究計画が物足りなかったことから発案

# ハリー・ヘス: 岩石学者, カンラン岩 1960年に大陸移動説を提唱 「ジオポエム」



*H. H. Hess*

# 思いつきと現実の間に、影がさす (R.M.ウッド)

- 誰がモホールの責任を負うべきか？
- ハリー・ヘスは、通常の科学的議論の範囲から逸脱した思いつきのための風変わりなフォーラムをやっていくには、公式のものではなく“評判の良くない”アメリカ雑学会(AMSOC)がよいと示唆した

# アメリカ雑学会

- AMSOC
  - American Miscellaneous Society
- 1952年夏にアメリカ海軍研究局地球物理部のゴードン・リルとカール・アレキシスによって設立
  - ゴードン・リルは環礁掘削計画に参加していた
- 会則、内規、正規の会員、役員、定期集会、会報など、すべてなし
- アメリカ海軍研究局と何かしたい科学者であれば、そう言うだけで会員になれた

# 時代に合ったモホール計画

- ハワイ島キラウエアの縁に火山観測所をつくったT.A.ジャガーは、1943年に世界の海洋底の中に1000の穴を深さ300メートル以上まで掘ることを提案した
- しかし、この先見的企画は当時の財政と技術的能力をはるかに超えていた
- 1957年、事情は変わった。
- アメリカが月に人類を送り出す2年前には、費用がかかりすぎるとか、不可能であるとか思われることは何もなかった

# モホール計画の作成

- 1957年4月20日
  - ハリー・ヘス(プリンストン大学)、ロジャー・リヴェール(スクリプス研究所)、ウォルター・ムンク(カルフォルニア大学)、ジョシュア・トレシー(アメリカ地質調査所)、ゴードン・リル(アメリカ海軍研究局地球物理部)
  - アメリカ雑学会の小委員会委員に自分たちを任命し、全米科学財団に対して、モホ面まで達する孔を掘削することについて実行可能性を検討する研究提案書を作成
  - この提案書のなかで、モホール(Mohole)という愛称がつけられた

# モホール計画はいかにして 承認されたのか？

- 実行可能性の調査のための最初の要求額は3万ドル
  - しかし、アメリカ国立科学財団に拒否される
- アメリカ雑学会をアメリカ科学アカデミーの所属団体にする
- **幻のモホ面競争**
  - ソ連が同じ計画で場所の選定段階、と発表
- アメリカ政府は、ソ連とのモホ面までの競争という幻の挑戦を素早く承認した

# モホール計画の実行

- アメリカ国立科学財団の当初計画
    - 月ロケット打ち上げ1回、海洋底に穴1つ
  - 盛り上がる世論
    - 1959年、サイエンス誌とサイエンティフィックアメリカン誌では、「1カ所あるいは1つの穴だけでなく必要なだけやる」展望に発展
  - アメリカ国立科学財団
    - 掘削場所の調査費用8万ドル
      - ウッズホール海洋学研究所とラumont地質学観測所
    - アメリカ地質学会は合計1400万ドルを提案したのに対して、4段階の掘削計画実行を許可して125万ドルを承認
- モホール計画が実行される

# 歴史上の画期的事件

- カス1号 (CUSS-1)
  - 予備役の海軍輸送船を掘削用に艤装
    - 自動位置保持システムの開発
    - 船の上下動を吸収できるドリルパイプの開発
- 1961年3月初旬
  - ラホヤ沖の水深948mで最初の掘削
  - 海底から315mまで掘削
- 1961年4月
  - 3週間で5つの穴を掘削
  - 水深3558m、170mの堆積物を貫通し、その下位の玄武岩に13m貫入
- ケネディー大統領からの祝辞
  - 「素晴らしい成果であり、歴史的イベント」と賞賛

# Phase I of Project Mohole



Overhead view of CUSS I, the converted Navy Barge used for Project Mohole's deep-sea drilling tests in spring of 1961. (NSF photograph.)

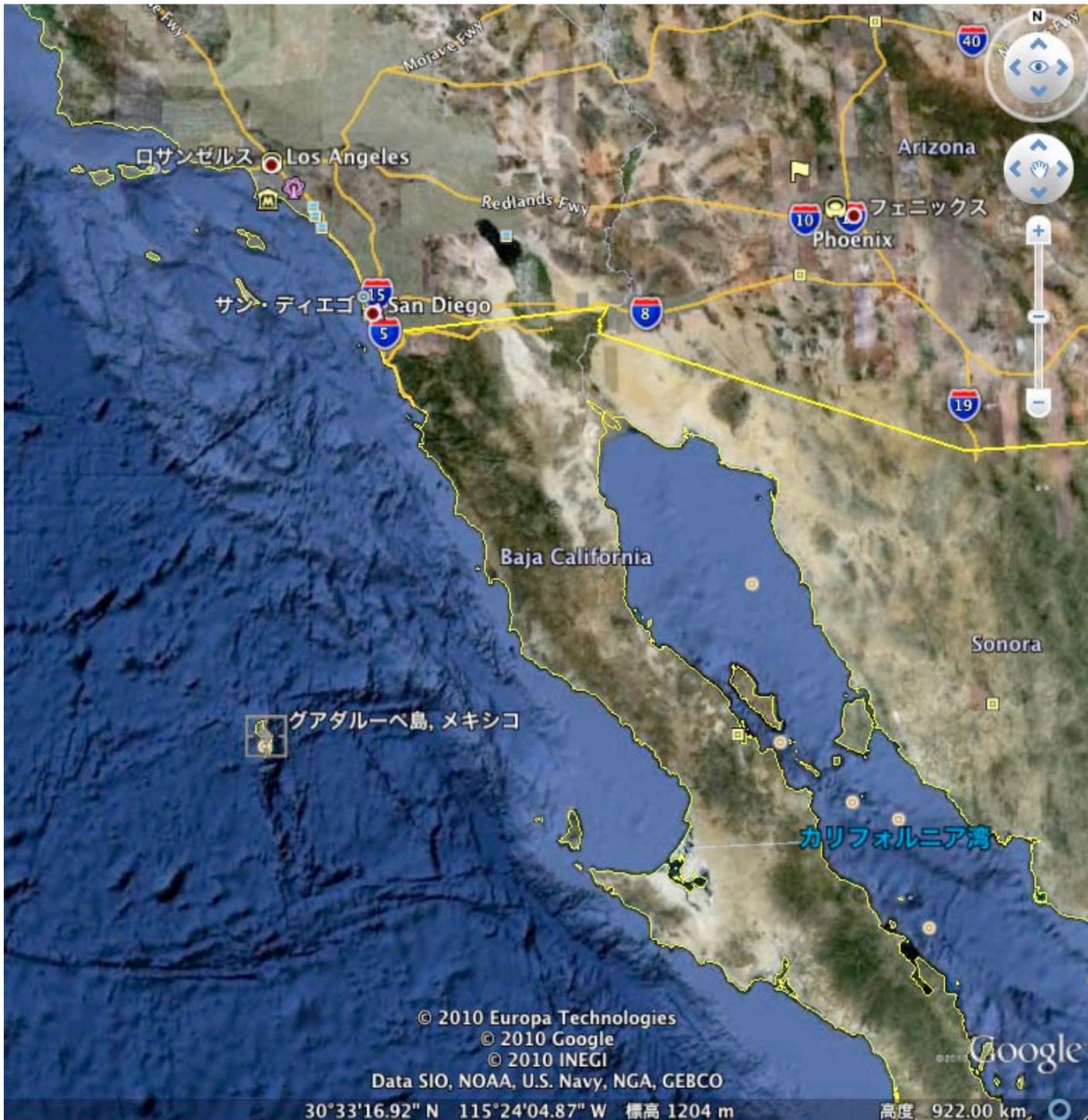
<http://www7.nationalacademies.org/archives/mohopix.html>

# Phase I of Project Mohole



Part of the 13,500 feet of specially-manufactured drill pipe, shown racked in 60-foot double lengths on deck of CUSS I. (NSF photo.)

<http://www7.nationalacademies.org/archives/mohopix.html>



# Phase I of Project Mohole



## **Project Mohole Meeting**

Men discuss the Project Mohole around a table aboard the vessel CUSS I off Guadalupe Island in the Pacific Ocean, 1961. The project was originated as a scientific exercise to drill into the Earth's crust. Pictured are, from left, [John Steinbeck](#), [Josh Tracey](#), unidentified, [William Riedel](#), [Roger Revelle](#), [Walter Munk](#), [Gustav Arrhenius](#), and [Willard Bascom](#).

ライフマガジン (<http://www.life.com/image/101231681>)

# モホール計画の末路

- カス1号による掘削の総経費：180万ドル
- モホール計画の推定経費
  - 当初、1500万ドル～2000万ドル
  - 1964年後期、6800万ドル
  - 1965年10月、1億1200万ドル
- 推定経費の急激な増加に対して、成果なし
- 反対派の台頭
  - 十分な資金と時間さえあれば、技術的開発は不可能ではない
  - もっと少ない資金で実施可能な科学的計画が存在するとき、モホール掘削を実行する科学的価値は？

# モホール計画の終焉 科学的妥当性の検討

- ヘッドバーク委員会
  - ヘッドバーク: プリンストン大学の石油地質学の教授、海洋掘削に多年の経験をもつ
  - 1かけらの岩石を入手するリスク
  - 1963年、モホ面への最終的決行前の3年間、経験を積むために、海底に多数の掘削孔をあける。その費用は年間約900万ドルが妥当と結論。

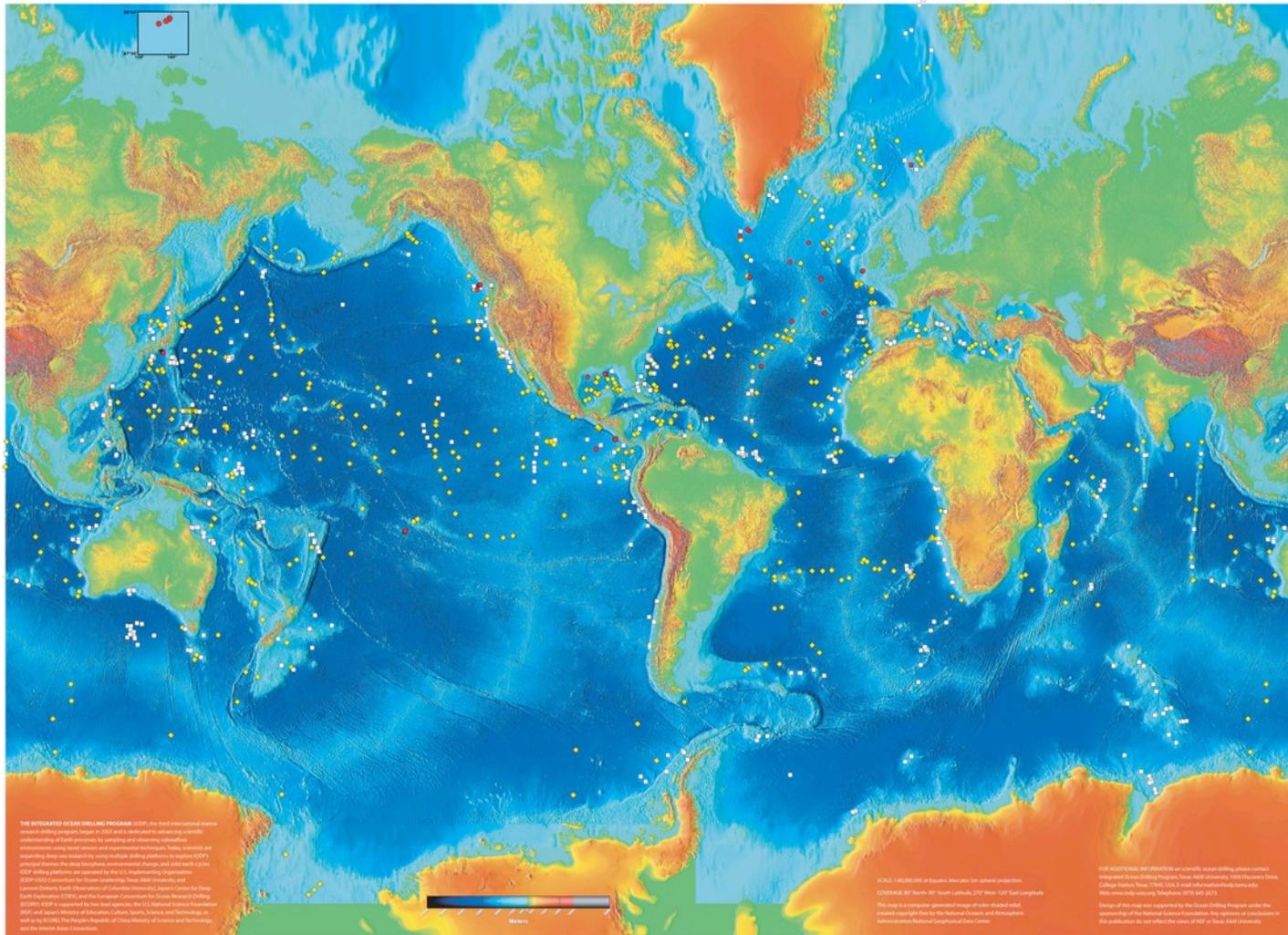
# モホール計画の終焉 国内政治に利用される

- 掘削産業の盛んなテキサス州ヒューストン選出のアルバート・トーマス下院議員が、モホール計画を強力に支持。
  - モホール計画の要求額は、宇宙研究に比べて小数点以下2桁程度
  - トーマス下院議員の地元の企業が落札。計画は政治家の資金集めの道具にすりかえられ、初期の擁護者を失う。
- 1966年トーマス議員が心臓発作で急死。さらに入札にからんだ裏金スキャンダルが発覚。
- 5月5日、下院歳出委員会はモホール計画の予算を時期財政年度予算から削除。しかし、上院委員会が予算復活させる
- 8月18日、両院は投票し、108票対59票で予算復活は否決
- モホール計画は2500万ドル費やして終了

# モホール計画は無意味だったのか？

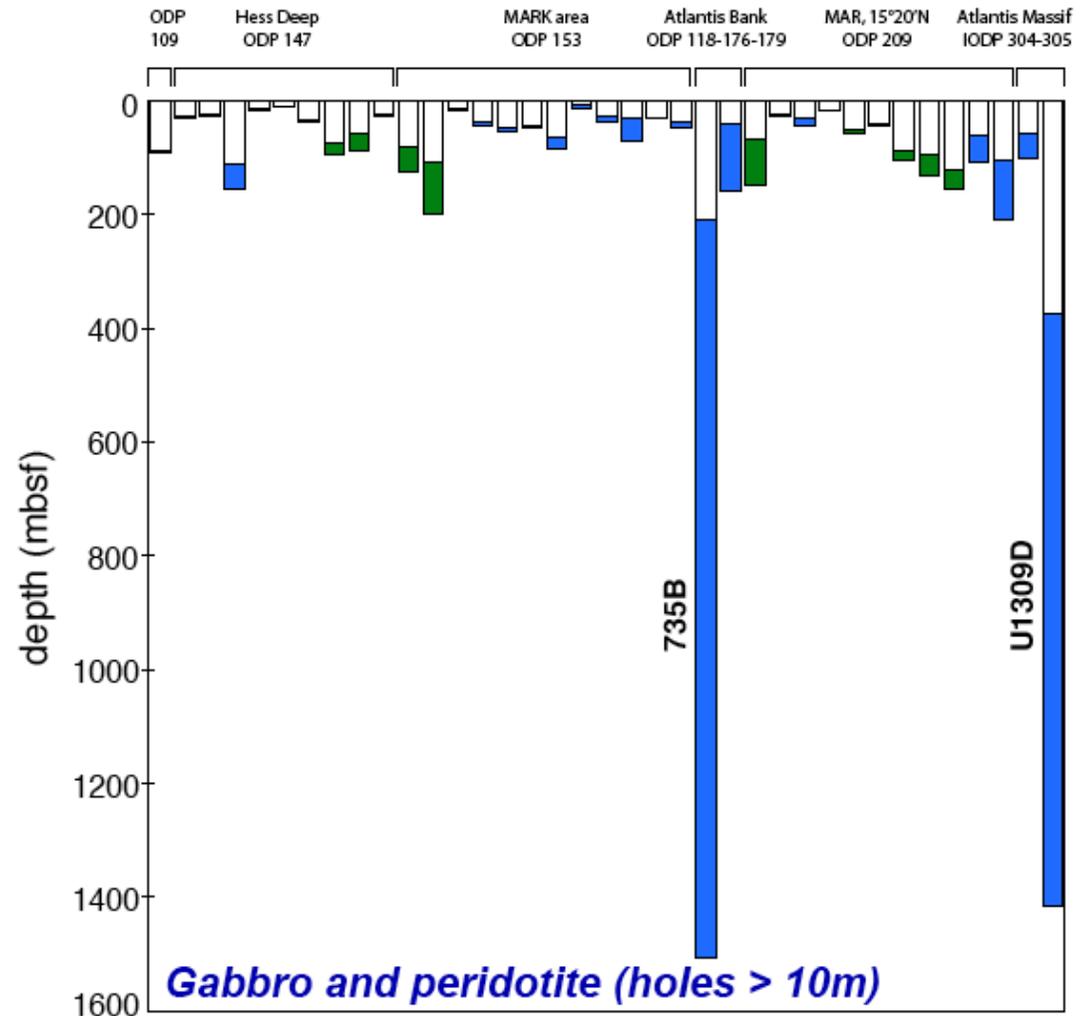
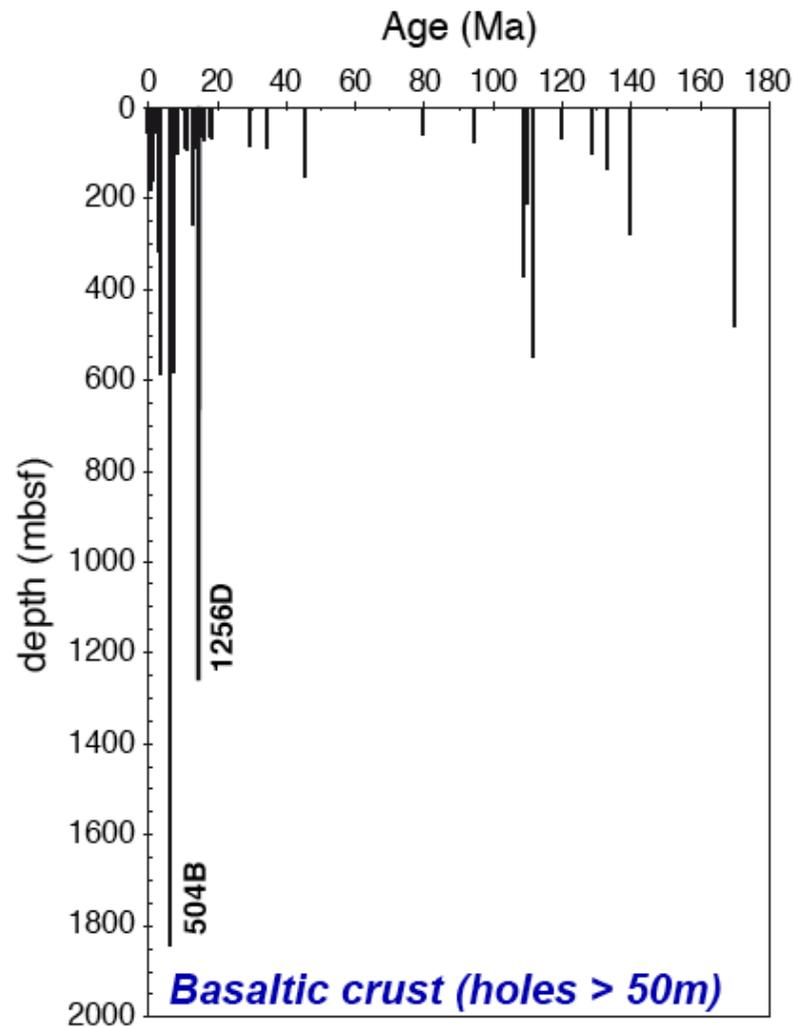
- もっともふさわしい論評は、「それがまだ未熟だった」ということ
- もっとも重要な成果  
それが地球科学のために世間の注目を獲得するという、隠れた目的を遂行したこと
- 1961年の最初の掘削成功は、世界中の海洋底に浅い掘削を実施してデータを収集する道を拓いた  
→ 深海掘削計画(DSDP)のはじまり

# 統联合国際深海掘削計画 (IODP)



- ◆ Deep Sea Drilling Project
- Ocean Drilling Program
- Integrated Ocean Drilling Program

# 今までに海洋地殻で行われた最も深い掘削は約1.8km





# ちきゅう：新たな可能性を生み出す

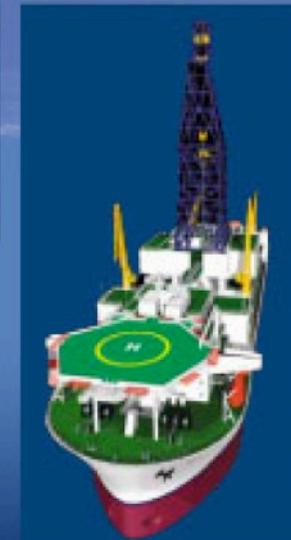
地球深部探査船  
「ちきゅう」

## 概略主要寸法

全長	約 210.0 m
幅 (型)	38.0 m
深さ (型)	16.2 m
喫水 (計画最大)	9.2 m
総トン数	約 57,500 ton
最大搭載人員	150 人

## 掘削能力

最大稼働水深	
ライザー掘削時	4,000 m
(但し、第1段階は	2,500 m)
ライザーレス掘削時	7,000 m
ドリルストリン長	12,000 m
(但し、第1段階は	10,000 m)



ちきゅうは海面から10kmまで掘る能力をもつ！

