

東京大学ロボット講演会 2006年10月28日

未知の海中に潜る自律型ロボット

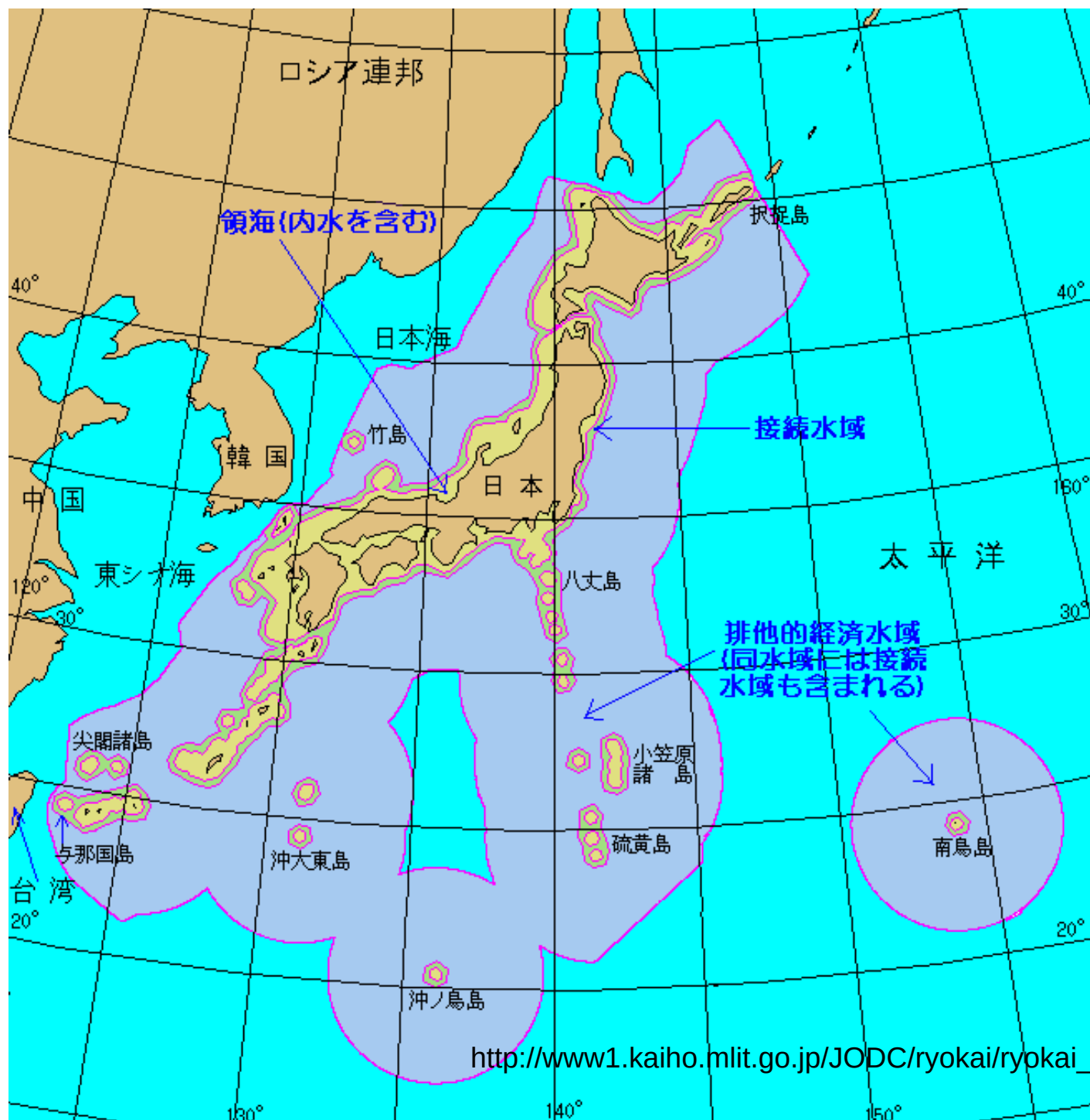
生命が海の中から生まれたように本当のロボットも海の中から生まれる



東京大学生産技術研究所海中工学研究センター

浦 環
うら たまき

⚠: このマークが付してある著作物は、第三者が有する著作物ですので、同著作物の再使用、同著作物の二次的著作物の創作等については、著作権者より直接使用許諾を得る必要があります。



http://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/ryokai/ryokai_setsuzoku.html

より

私たちの見ている海

質問 月の上を何人が歩いたか？



"LUNA"

答え：12人

from 1969-1972

On July 20, 1969, Neil Armstrong became the first human to set foot on the Moon, then Edwin Aldrin ..



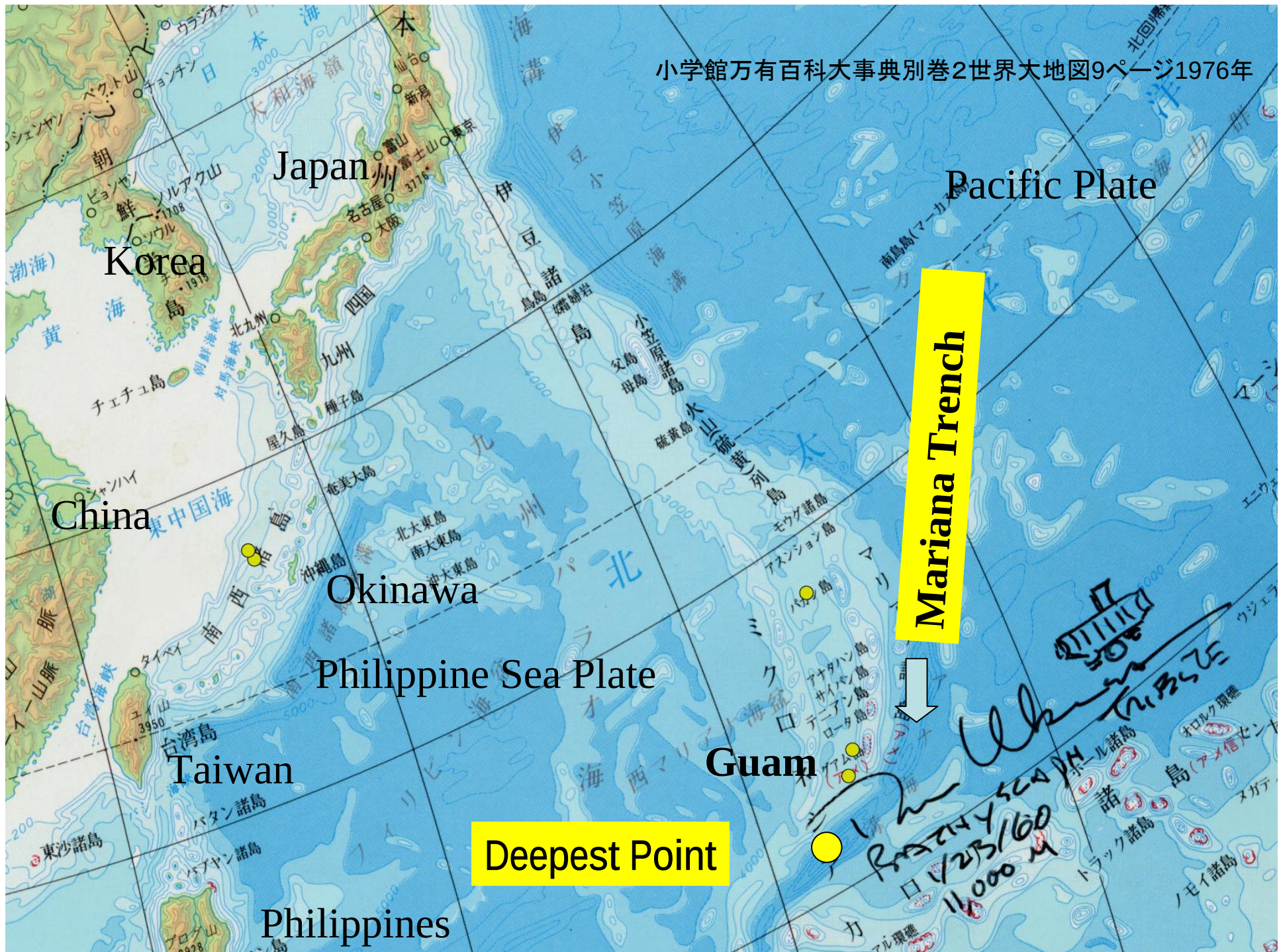
質問

世界最高峰エベレストの頂上に
何人立ったか？

答え：1,200人以上

Tenzing and Hillary reached the top
at 11:30 on May 29, 1953

小学館万有百科大事典別巻2世界大地図9ページ1976年



質問

世界最深部マリアナ海溝へ
潜った人は何人?

Korea

China

Okinawa

Philippine Sea Plate

Taiwan

Guam

Deepest Point

Mariana Trench



Handwritten notes in Japanese and English. The Japanese text includes 'マリアナ海溝' (Mariana Trench), '最深部' (Deepest Point), and '11,000 m'. The English text includes 'Mariana Trench' and '11,000 m'. There is also a signature and the date '1/23/160'.

答え：2人

ドン・ウォルシュとジャック・ピカールが
1960年1月23日に潜る

Bathyscaph Trieste 1960

Manned Sub.
for Deep Sea
Research

バチスカーフ
トリエステ

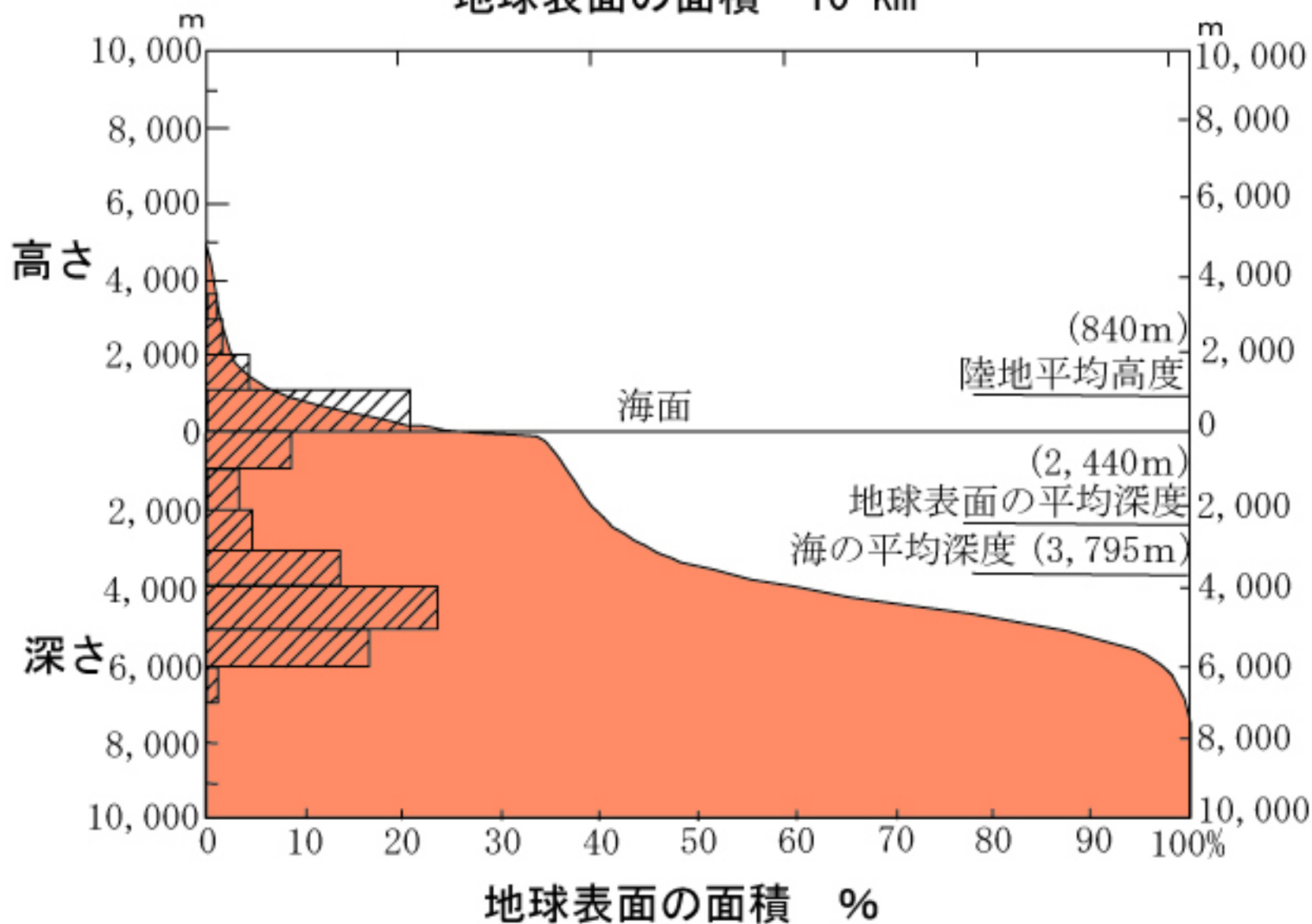
二人乗り
有人潜水艇



Don Walsh and Tamaki Ura
International Conference OCEANS'03
at San Diego

海の高さと広さ

地球表面の面積 10^6 km^2



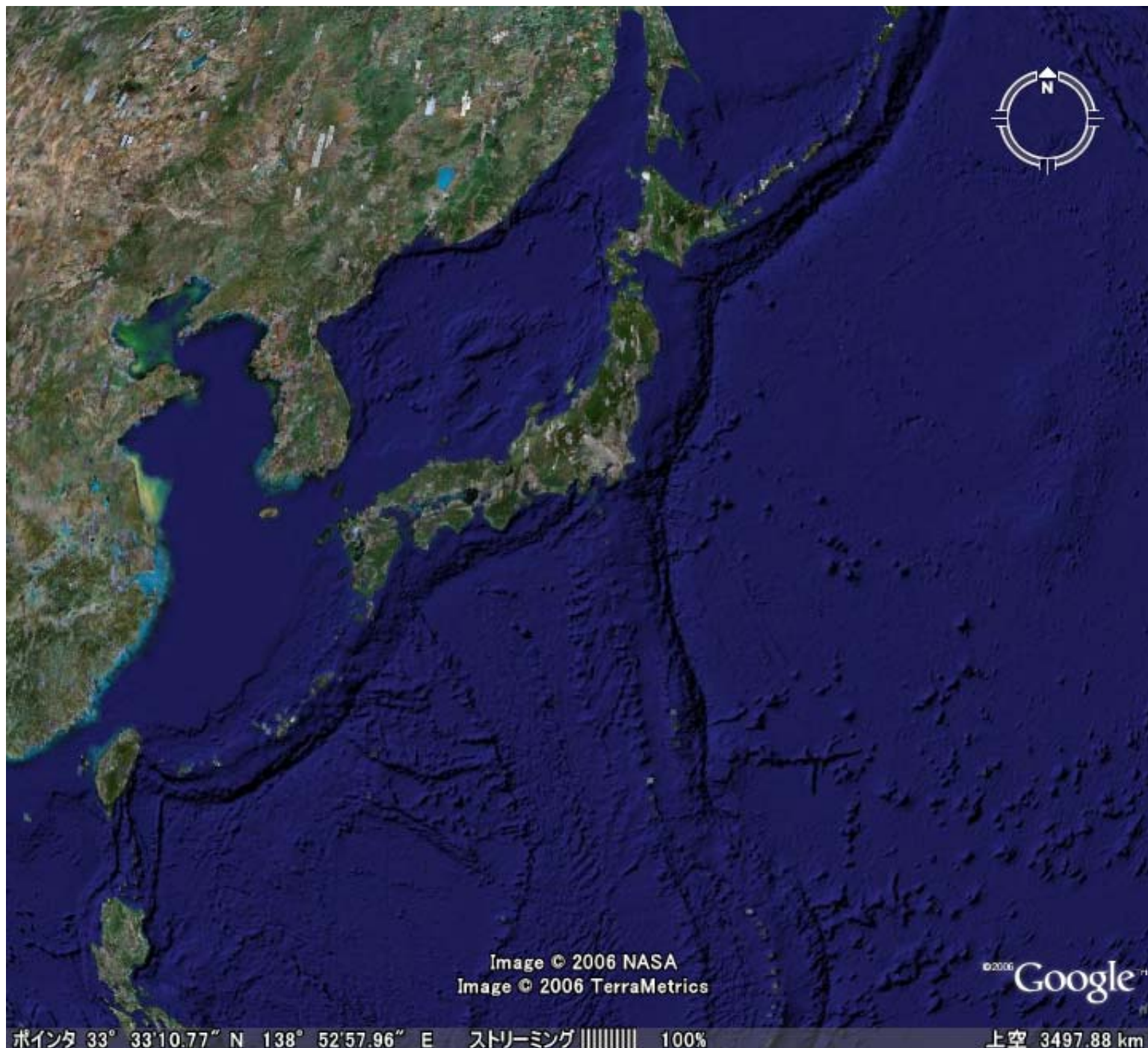


Image © 2006 NASA
Image © 2006 TerraMetrics

©2006 Google™

ポイント 33° 33'10.77" N 138° 52'57.96" E ストリーミング ||||| 100%

上空 3497.88 km

海の中の困難さ

遠い : 船がないといけない

荒れる : 船は揺れる

水中は電波が通らない

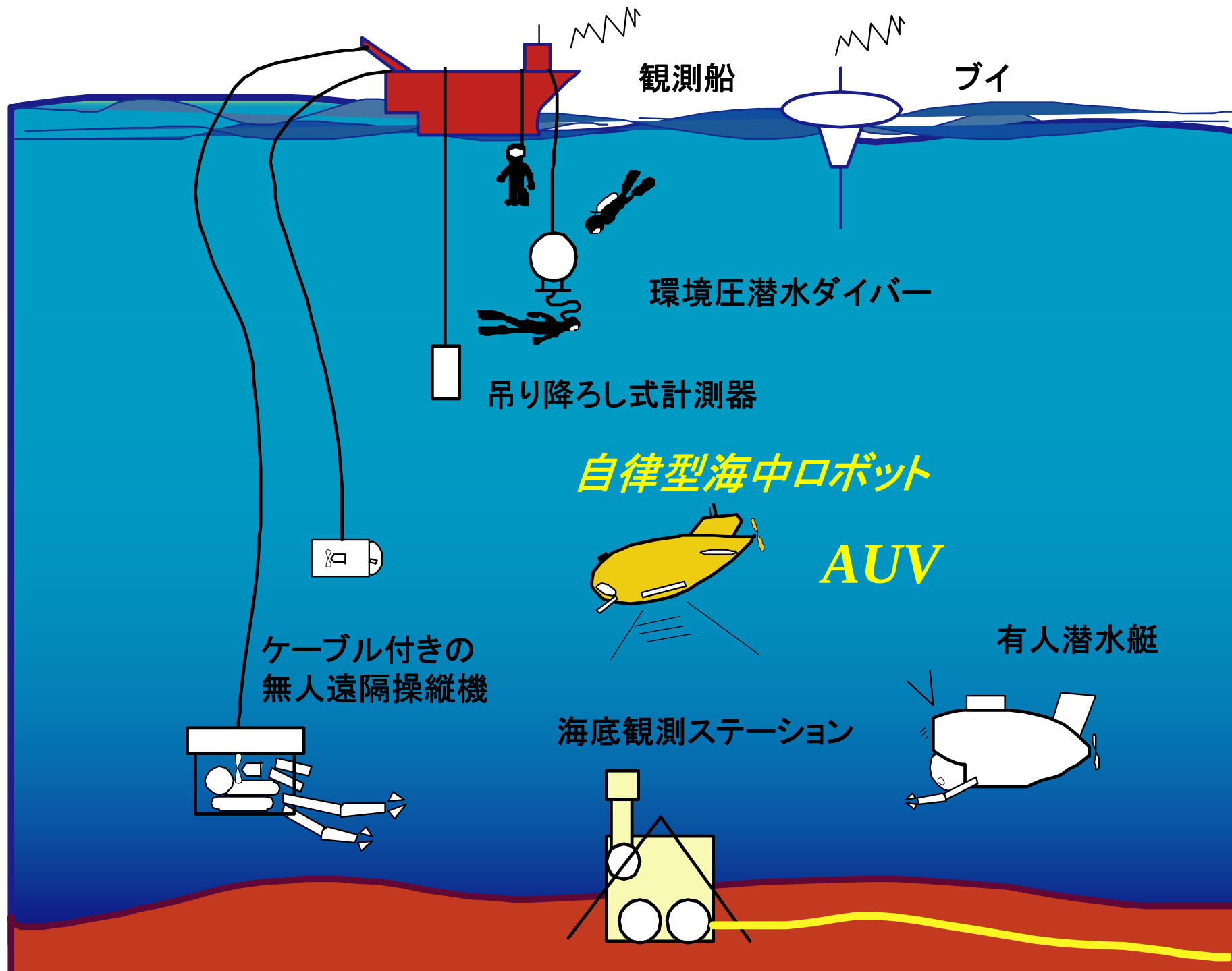
: ケーブル付き遠隔操縦か全自動

海水は金属を腐食する : 特殊な金属

高い圧力 : 強くすれば重くなる

遠くが見えない

: 周囲の様子が分からない



Bathyscaph
Trieste

バチスカーフ
トリエステ
1960

二人乗り
有人潜水艇
ゆうじんせんすいてい

しんかいゆうじんせんすいてい
深海有人潜水艇

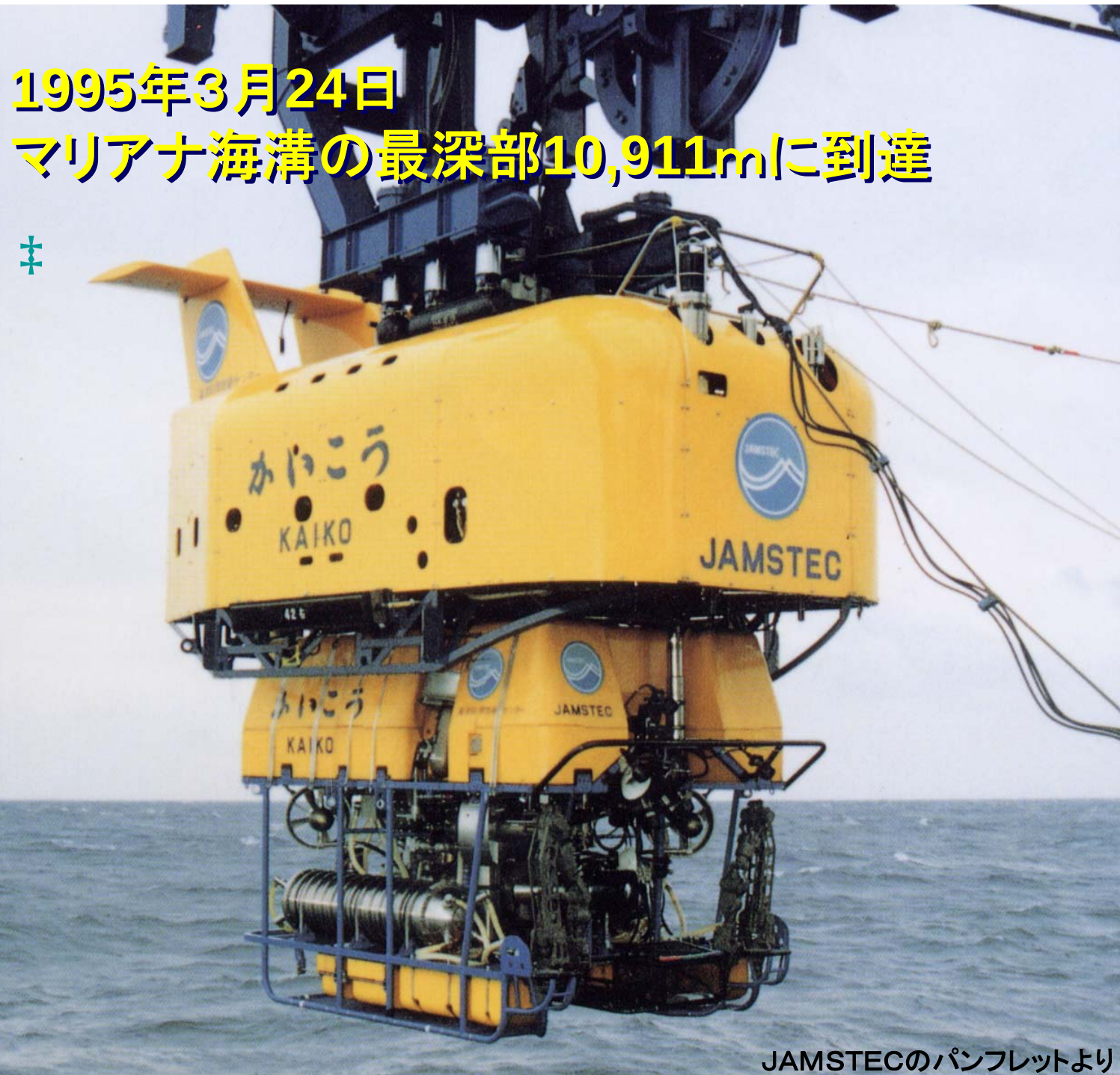
しんかい6500

- ・全長 : 9.5m
- ・幅 : 2.7m
- ・高さ : 3.2m
- ・空中重量 : 25.8トン
- ・乗員 : 3名
- ・通常潜航時間 : 9時間
- ・初潜航 : 1989年

JAMSTECのパンフレットより



1995年3月24日
マリアナ海溝の最深部10,911mに到達



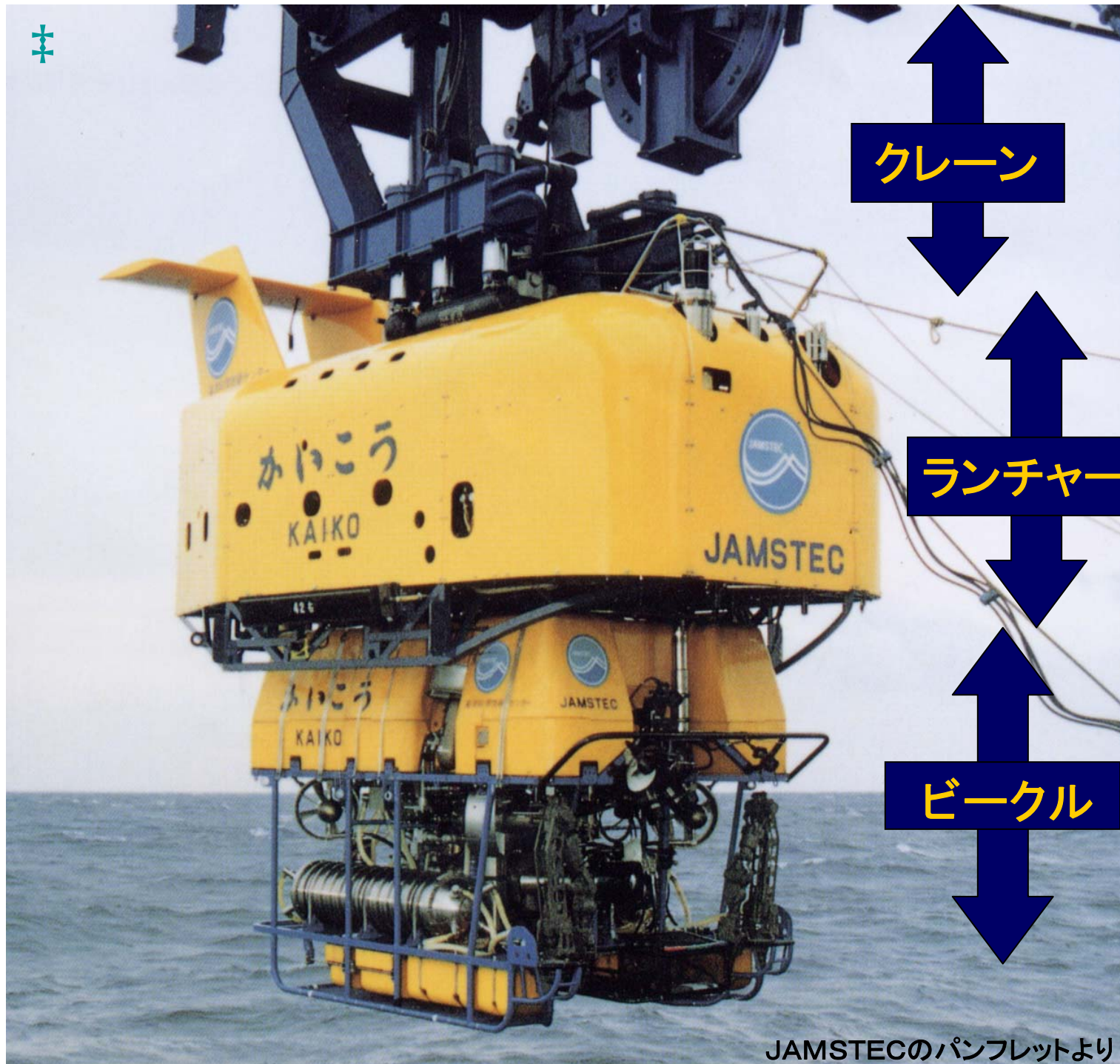
Kaiko

かいこう
1995

ゆうさく
有索
無人潜水機
むじんせんすいき

ROV

JAMSTECのパンフレットより



Kaiko

かいこう
1995

ゆうさく
有索
無人潜水機
むじんせんすいき

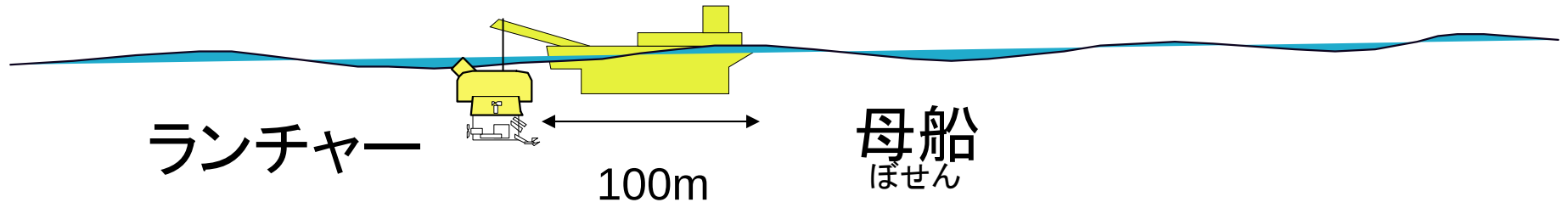
ROV

クレーン

ランチャー

ビークル

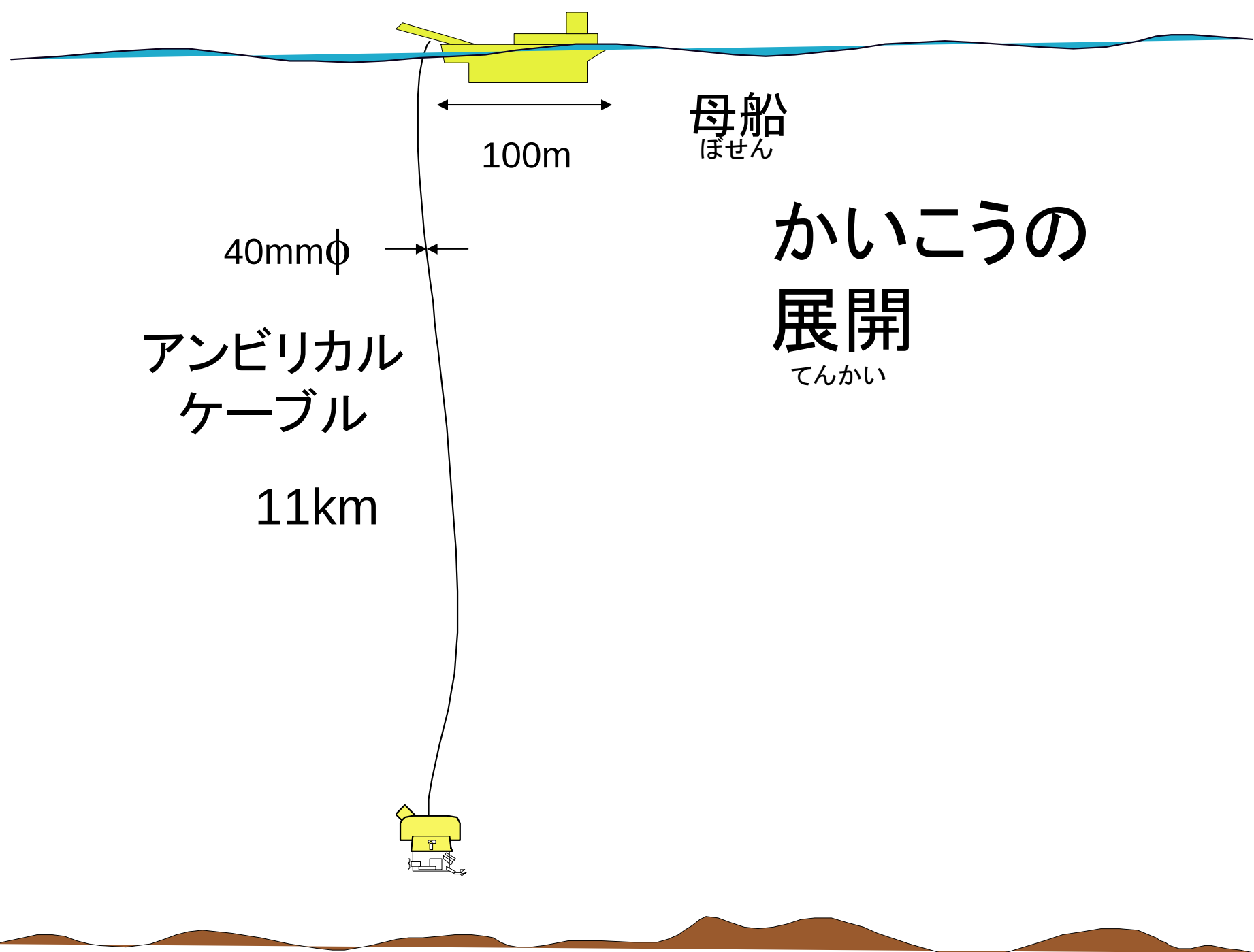
JAMSTECのパフレットより



ランチャー
と
ビークル

母船
ぼせん

かいこうの
展開
てんかい



母船
ほせん

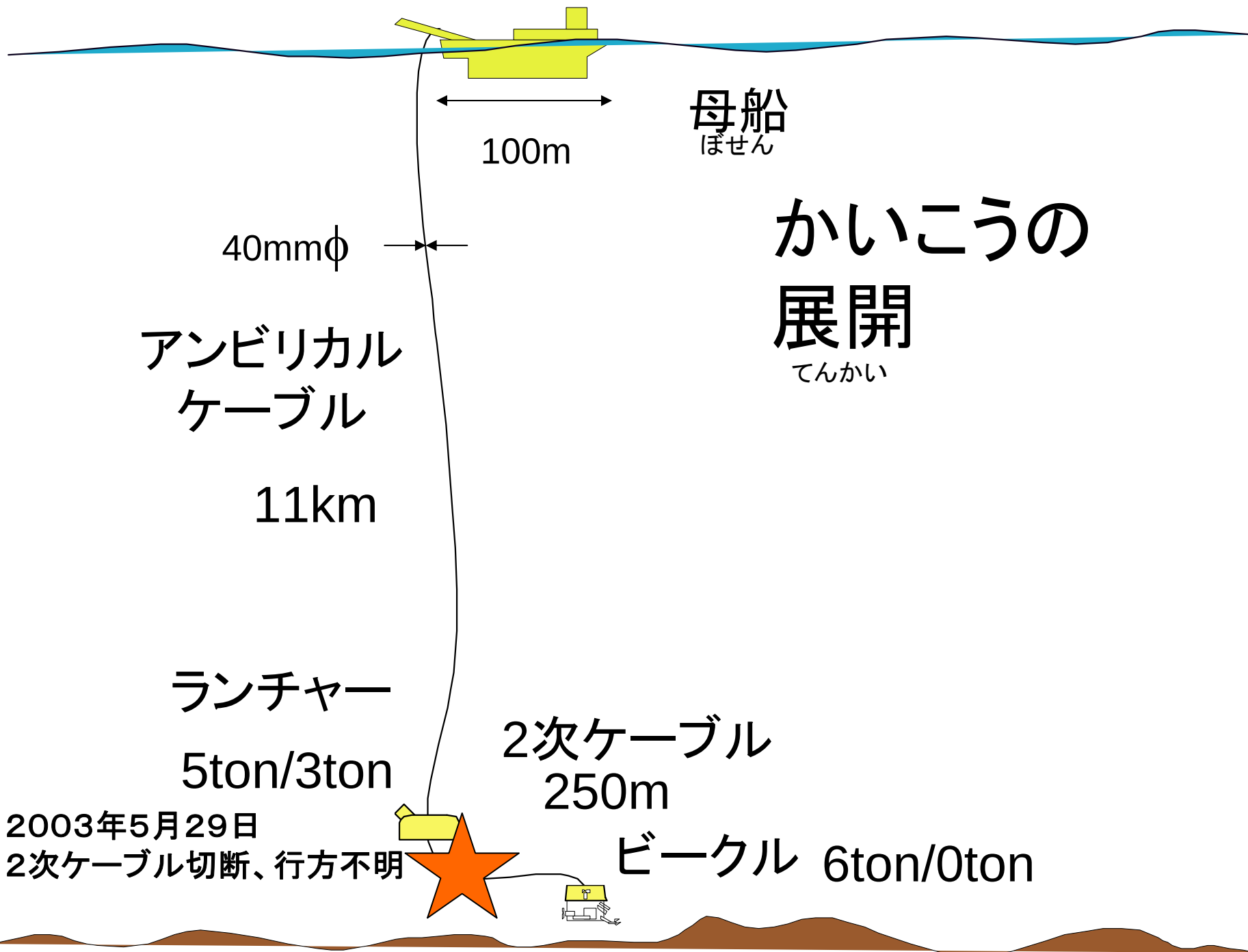
100m

40mmφ

アンビリカル
ケーブル

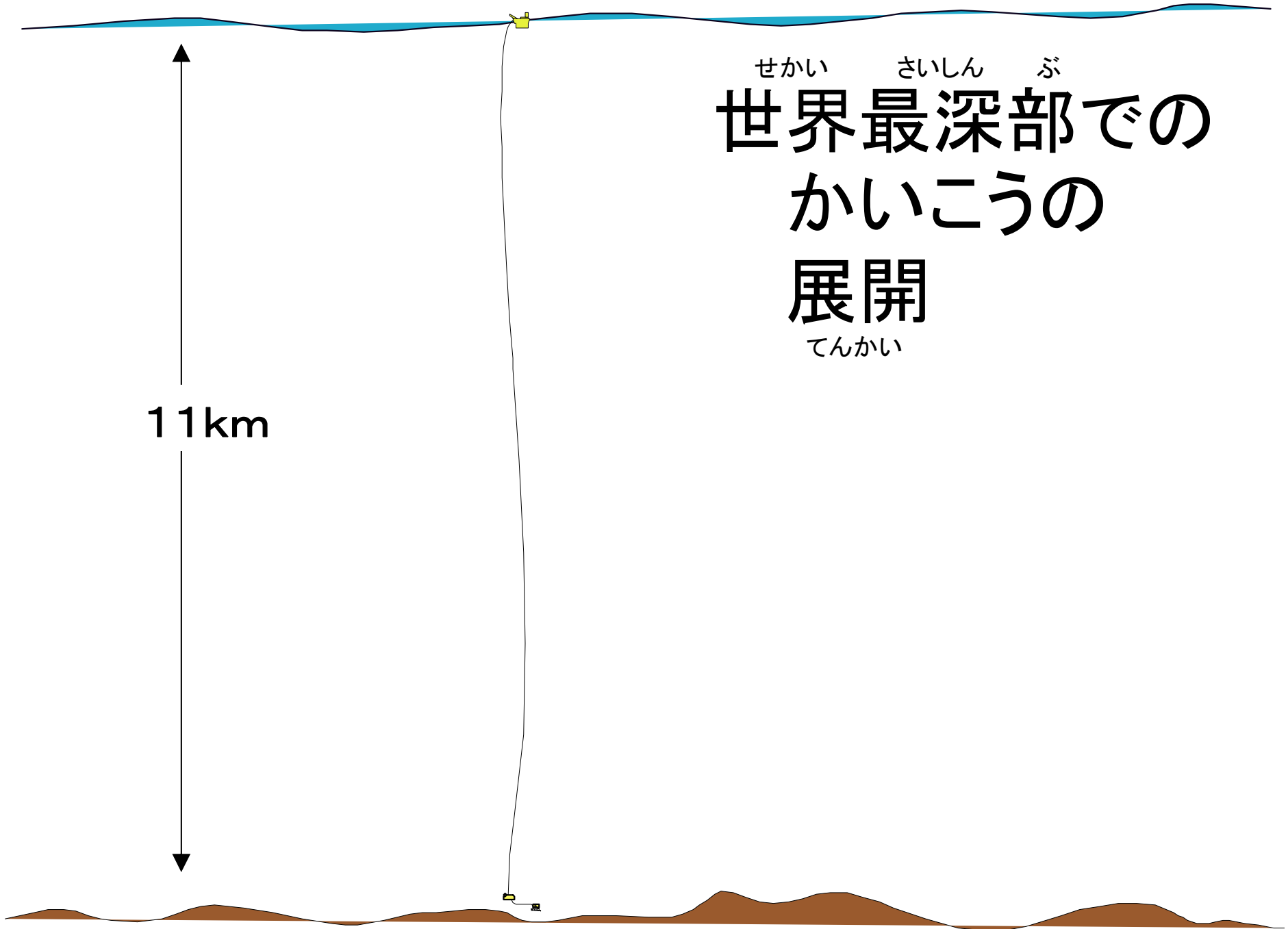
11km

かいこうの
展開
てんかい

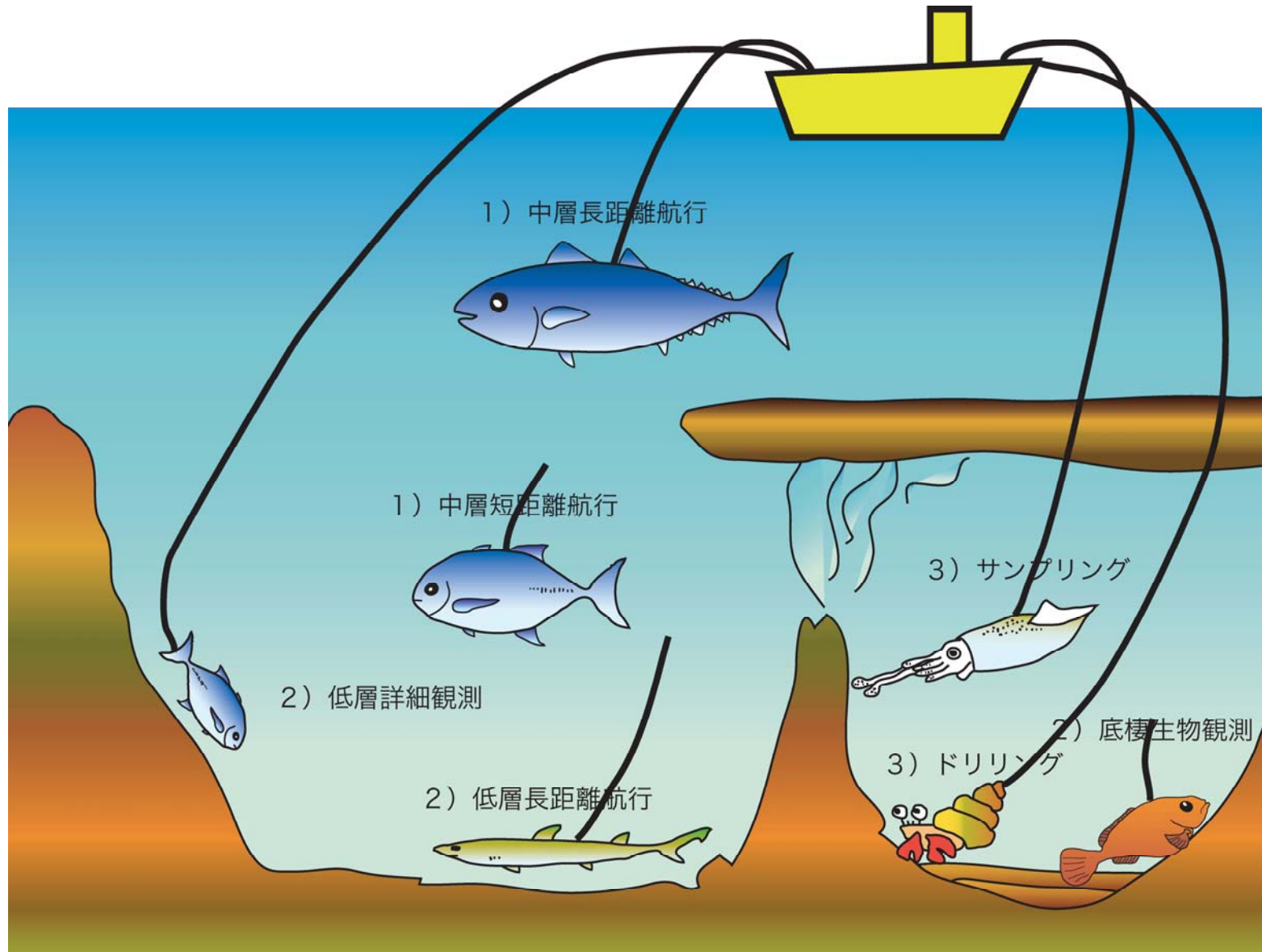


せかい さいしん ぶ
世界最深部での
かいこうの
展開
てんかい

11km

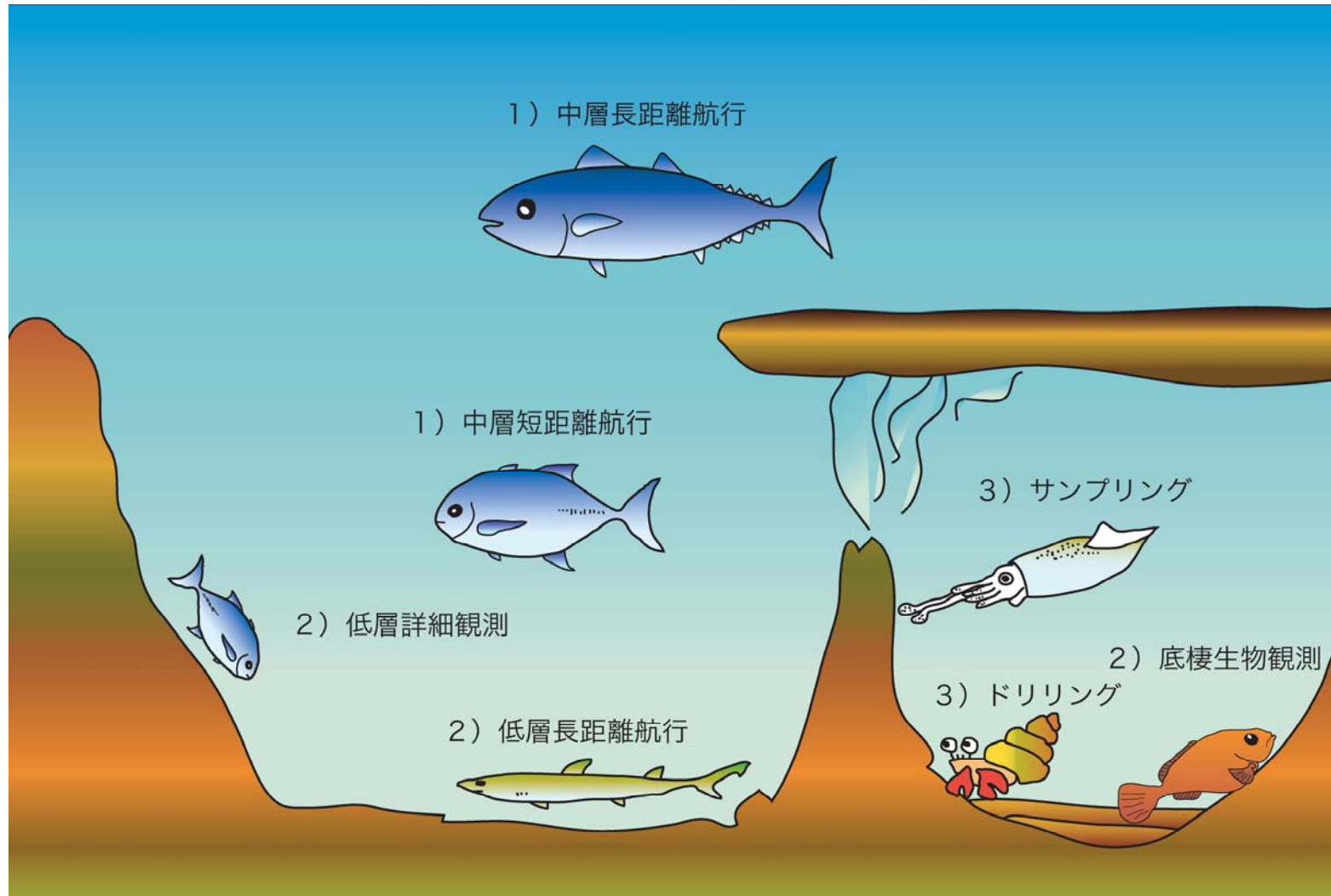


ROVによる熱水地帯の探索



ケーブル付き、遠隔操縦

AUVによる熱水地帯の探索



ケーブル無し、自動運転

自律型海中ロボット

自由に泳ぎ回れるロボットが必要

自律型ロボット

じぶん にんしき
自分で認識し

かんが はんたん
自分で考え判断し

こうどう き
自分で行動を決めて

か
人の手を借りないで

しごと
仕事をこなすことができる

円柱を探し、円柱表面を観察するロボット

Tri-Dog 1 Demonstration

Ura Lab.

IIS, The University of Tokyo

May. 2001

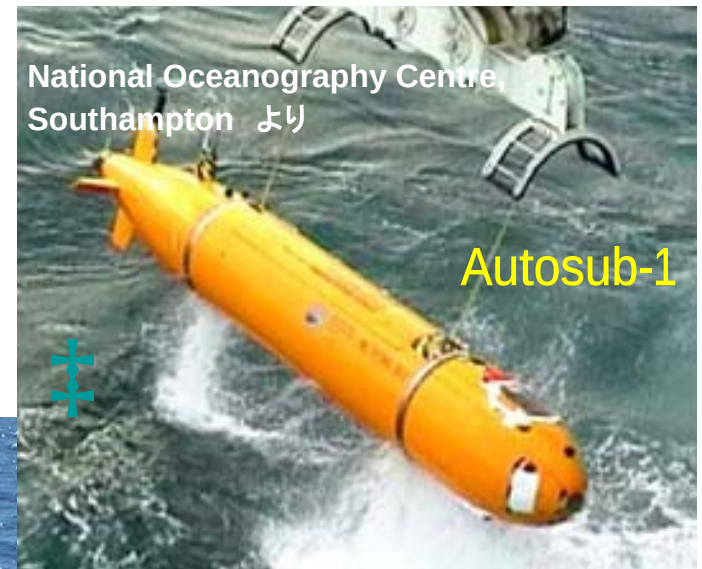
Tri-Dog 1 in Pool



Theseus

International Submarine Engineering Ltd., より

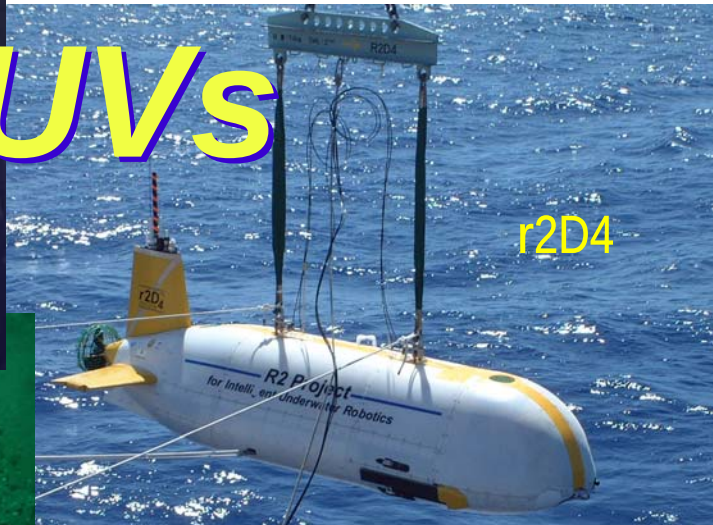
Hugin3000



National Oceanography Centre, Southampton より

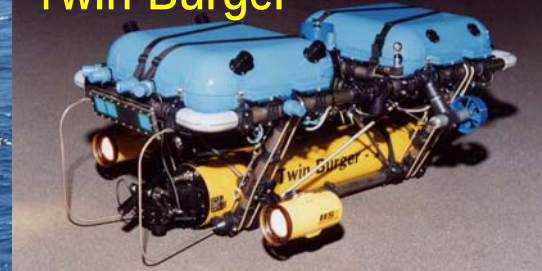
Autosub-1

AUVs



r2D4

Twin-Burger



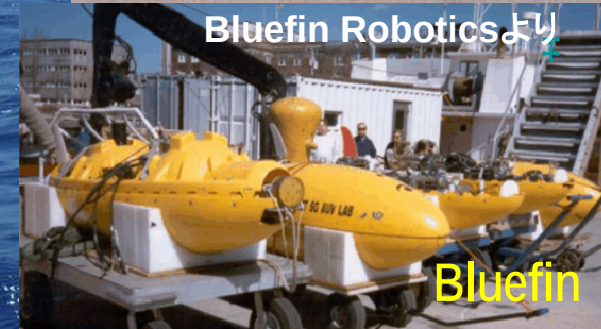
Tri-Dog

Bluefin Roboticsより



National Oceanic and Atmospheric Administration より

ABE

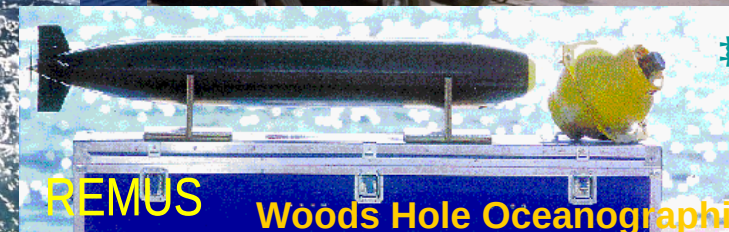


Bluefin Roboticsより

Bluefin



Ocean Voyager

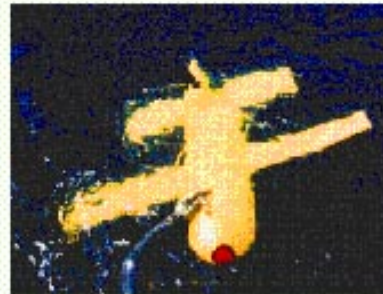
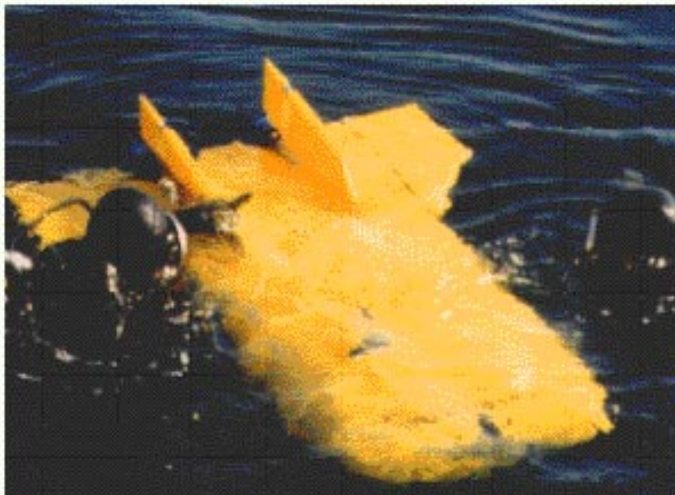


REMUS

Woods Hole Oceanographic Institution

Cruising and Gliding Type Series of AUVs Constructed by IIS

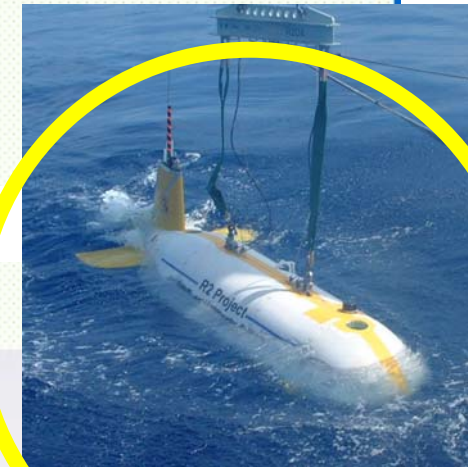
PTEROA150 : Cruising and Gliding



Albac: Gliding



R-One Robot : Cruising



r2D4 : Cruising

PW45 :
Testbed



Manta Cersia: Testbed

Cruising AUV

Twin-Burger 1: Testbed



Twin-Burger 2: Testbed

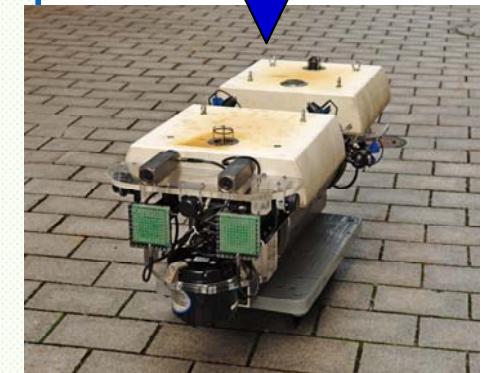
Tri-Dog 1 : Testbed



Tantan: Lake Survey



Tam-Egg 1 : Wreck Survey



Tam-Egg 2 : Wreck Survey

Genealogy of Highly- Intelligent AUVs
Constructed by IIS



Hovering AUV



Kuni :Dam Robot

Two more Tantan Sisters

タムエッグ1号

2003年1月完成

音響通信装置

浮力材

超音波距離計

カメラ

推進器

電子機器耐圧容器

ライト

深海に沈没した船や自然現象を観察する



Tri-Dog 1

Tantan

Twin-Burger 2

PTEROA150



うらけんきゅうしつ
浦研究室メンバーとロボット達

琵琶湖調査専用のロボット「淡探」

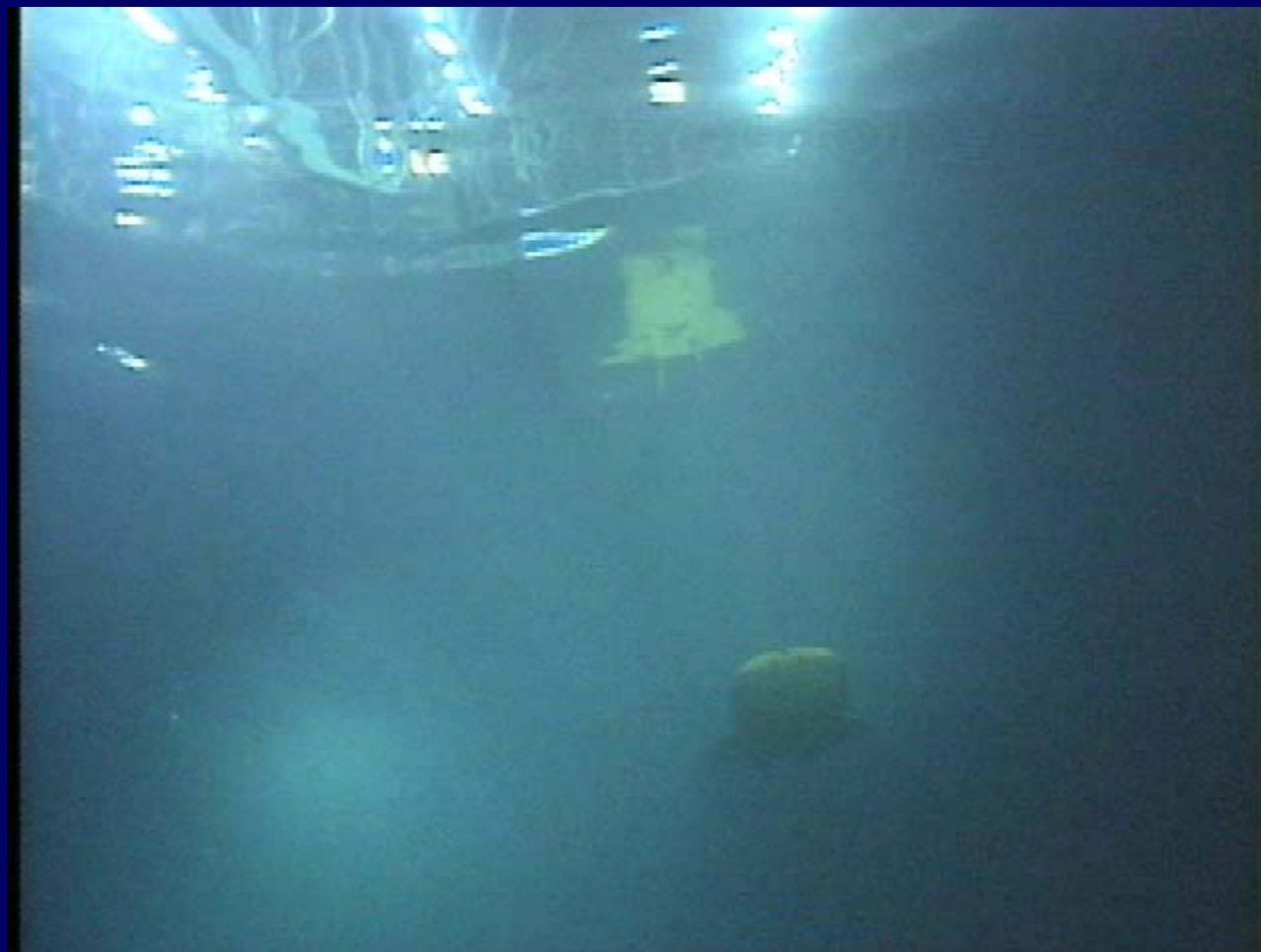




アールワン・ロボット

れんぞくせんこう せいこう しんや きねんさつえい
12時間37分の連続潜航に成功した深夜の記念撮影
1998年6月16日

浦研究室のロボットたち



Theseus

Hugin3000

Autosub-1

生研のAUVプロジェクト

ロボットは単独で仕事をこなさなければならない

ロボットは自分自身で全ての行動を決める

ロボットはボスに頼るのが嫌いである

ロボットはやたらな助言を求めない

ロボットは価値を生み出す

ロボットは必ず帰ってくる

ロボットは成長する

Twin Burger

TIT-Dog

Bluefin

Ocean Voyager

ABE

REMUS

UTec²

Theseus Hugin3000

自律型海中ロボット(AUV)は 活動中の海底火山を 全自動で観測できる技術レベルに達した

AUVs

r2D4

「r2D4」による観測

北西口々第一海底火山

2004年5月

明神礁カルテラ

2005年8月

Autosub-1

Twin-Burger

Tri-Dog

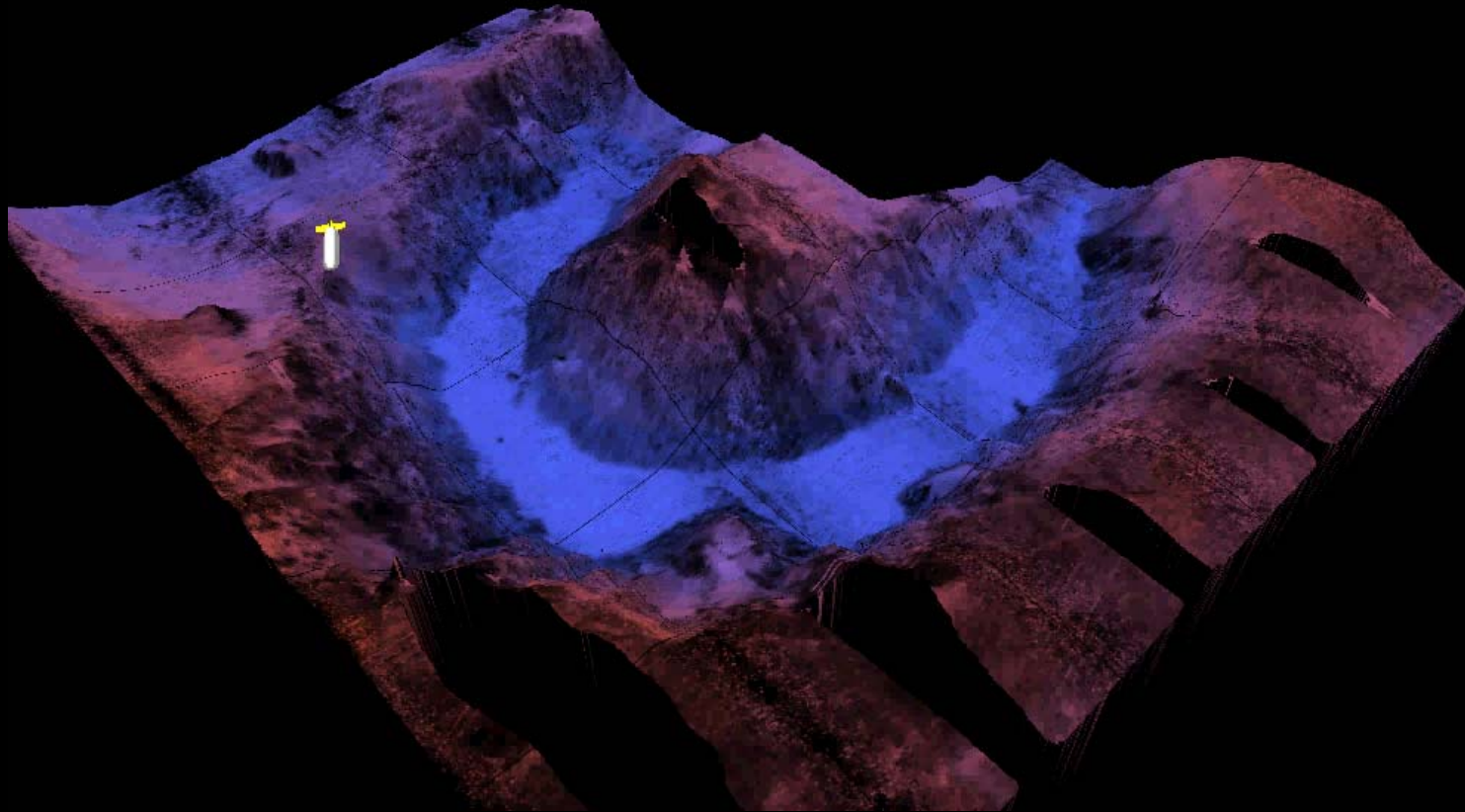
Bluefin

Ocean Voyager

ABE

REMUS

海底火山を観測するロボット



r2D4

Length : 4m

Dry Weight : 1.5ton

Max. Depth : 4,000m

Max. Speed : 3knots

Max. Range : 60km

July '03 : Launched

July '03 : Exploration of Fault in Sea of Japan

Dec. '03 : Exploration of Kuroshima Knoll

May '04 : Exploration of Rota Underwater Volcano

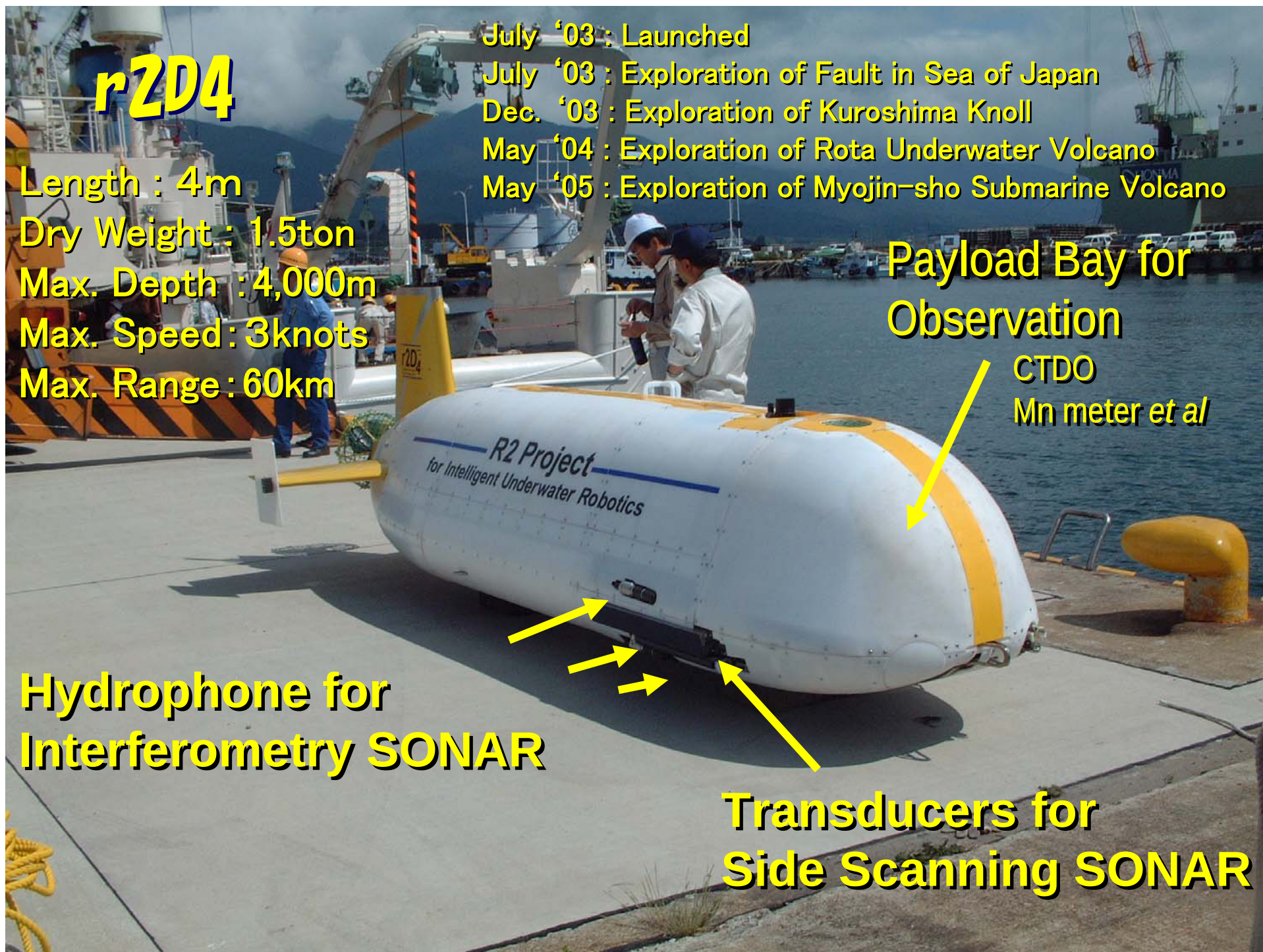
May '05 : Exploration of Myojin-sho Submarine Volcano

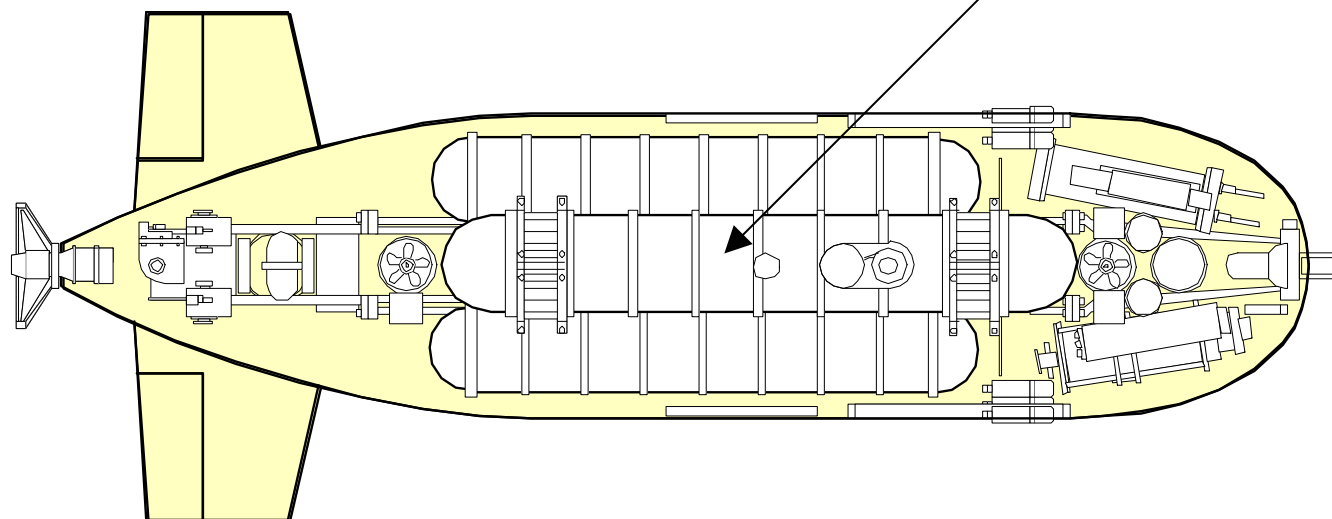
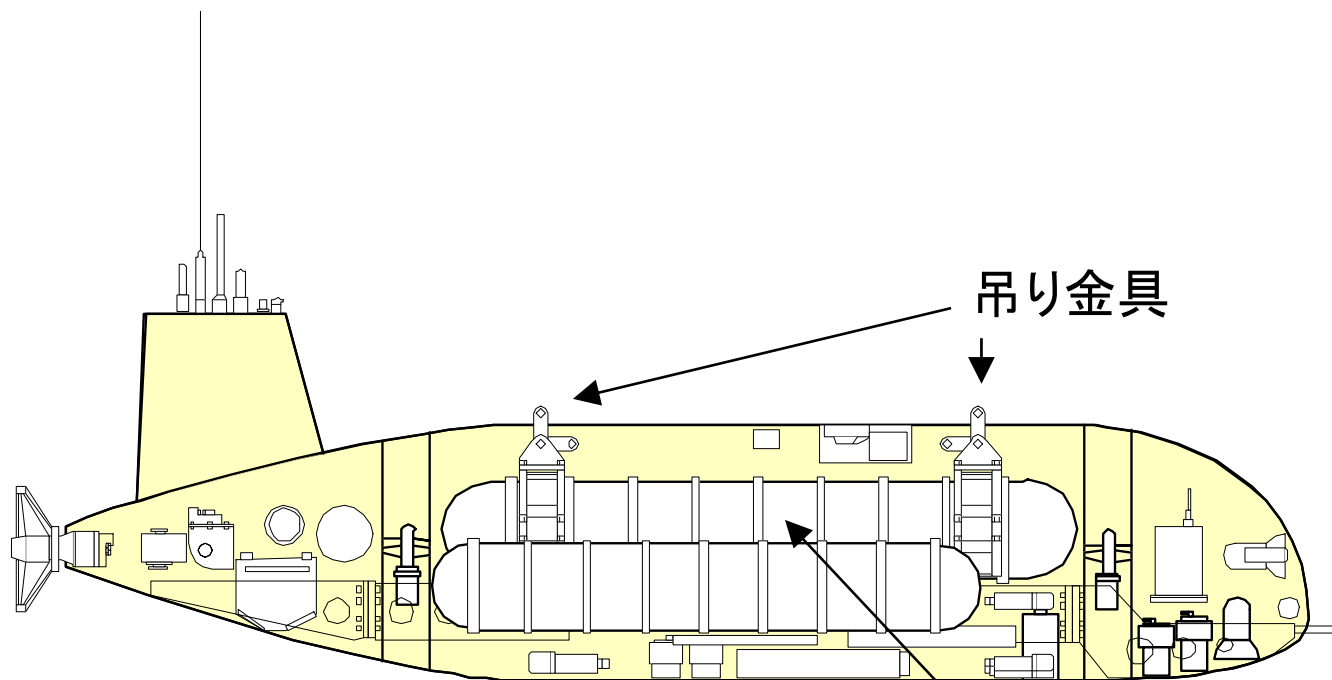
Payload Bay for
Observation

CTDO
Mn meter *et al*

Hydrophone for
Interferometry SONAR

Transducers for
Side Scanning SONAR





垂直尾翼

後部上下スラスト

前部上下スラスト

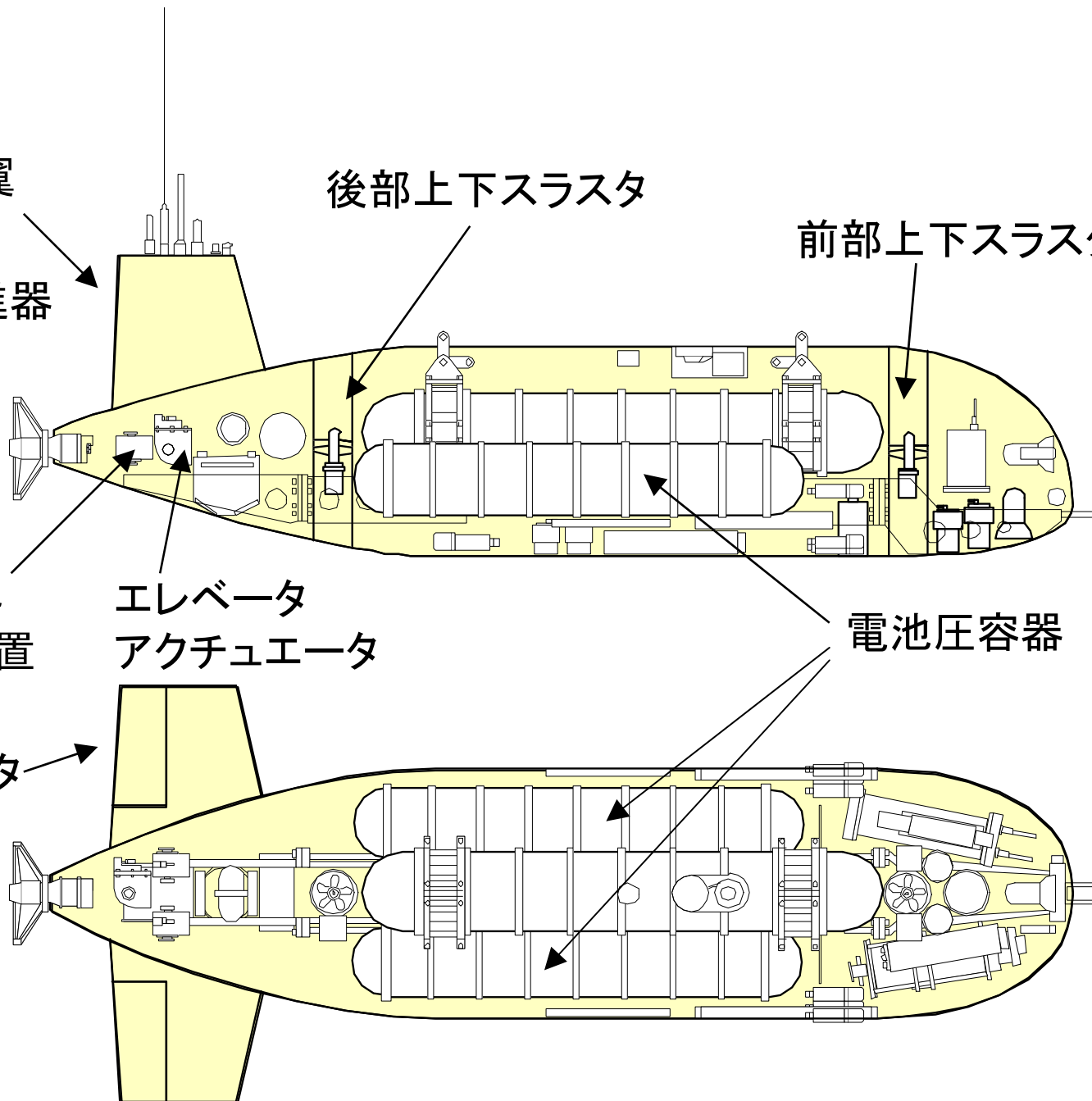
主推進器

主推進器
首振り装置

エレベータ
アクチュエータ

電池圧容器

エレベータ



アンテナ類

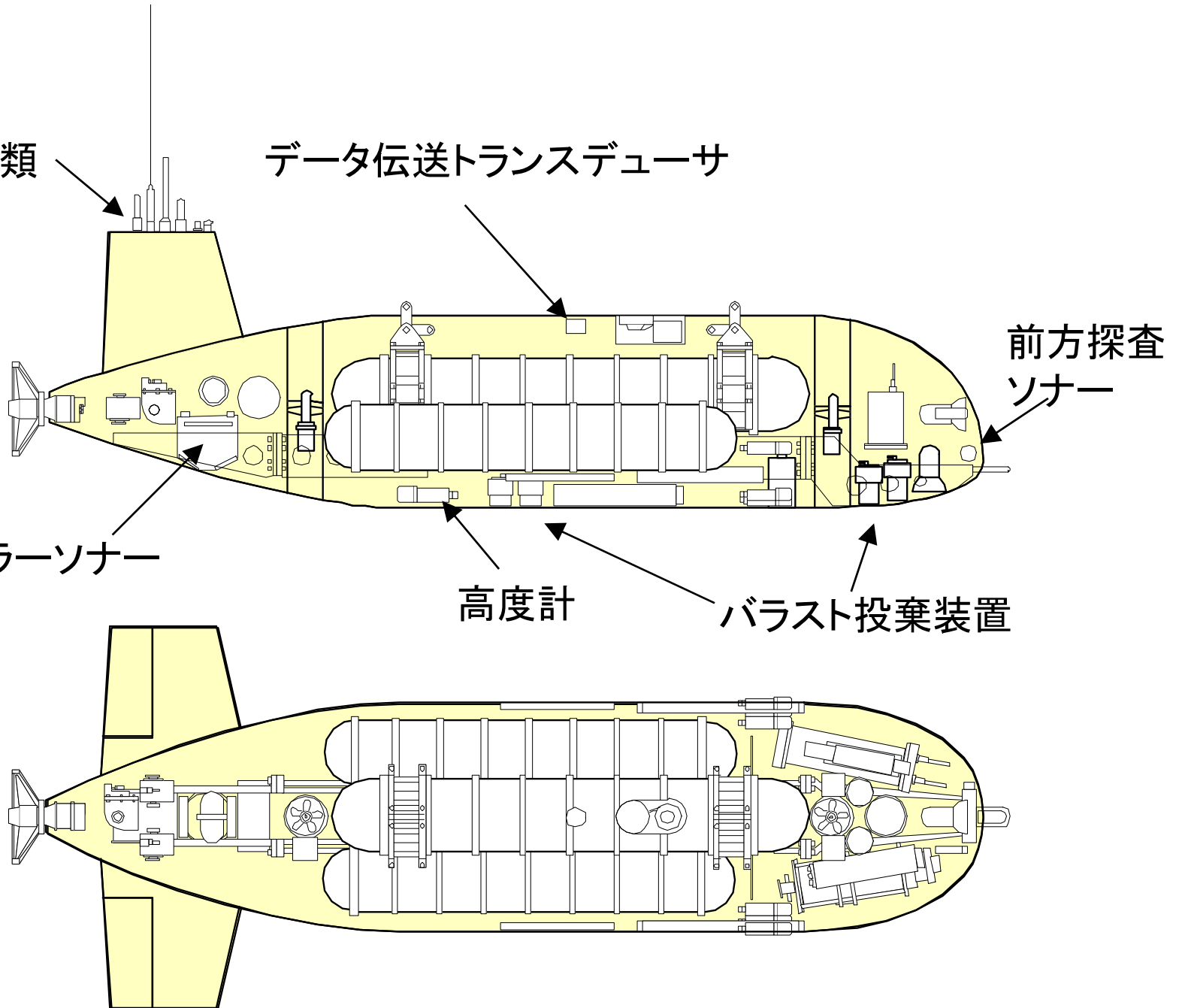
データ伝送トランスデューサ

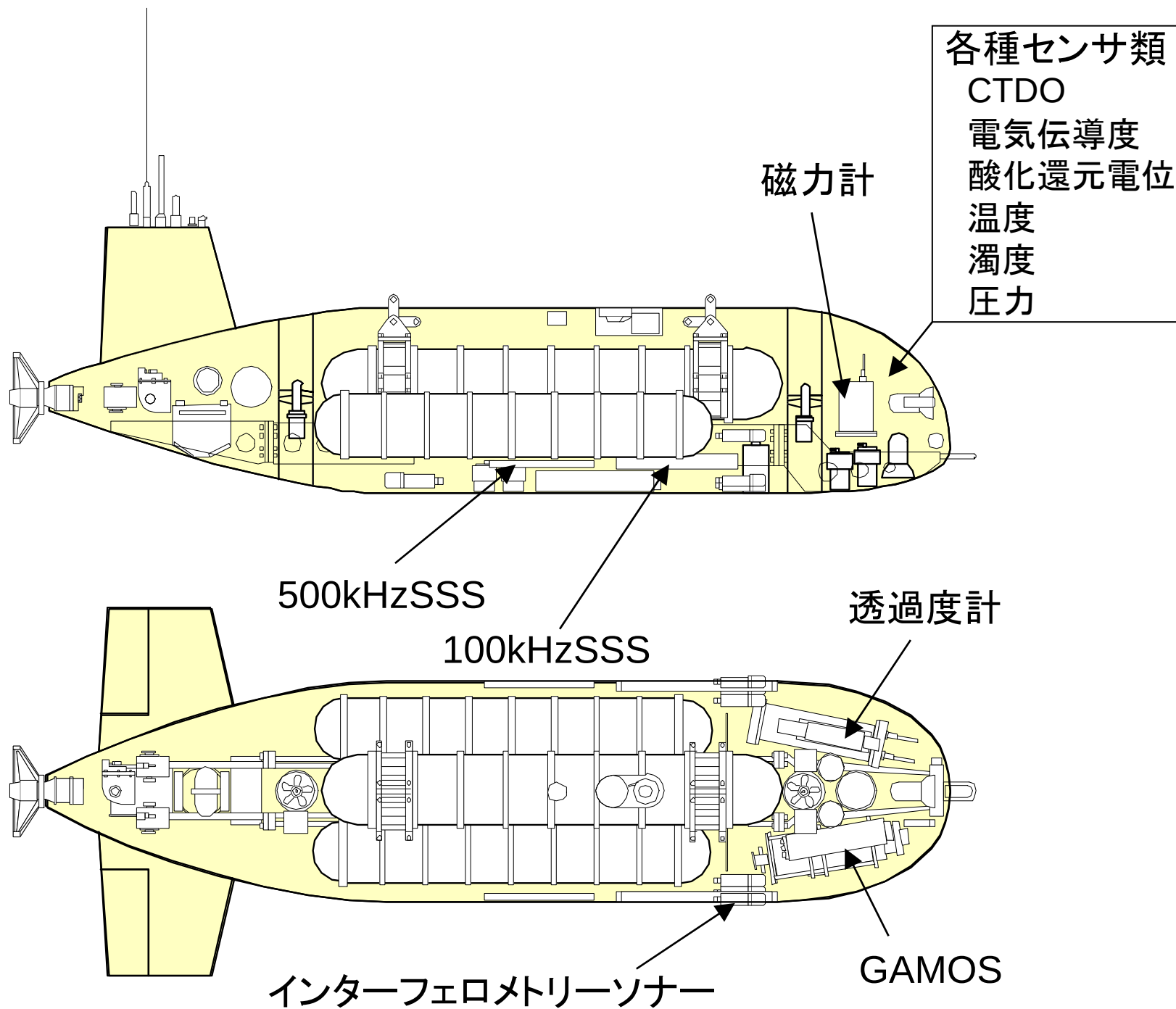
前方探査
ソナー

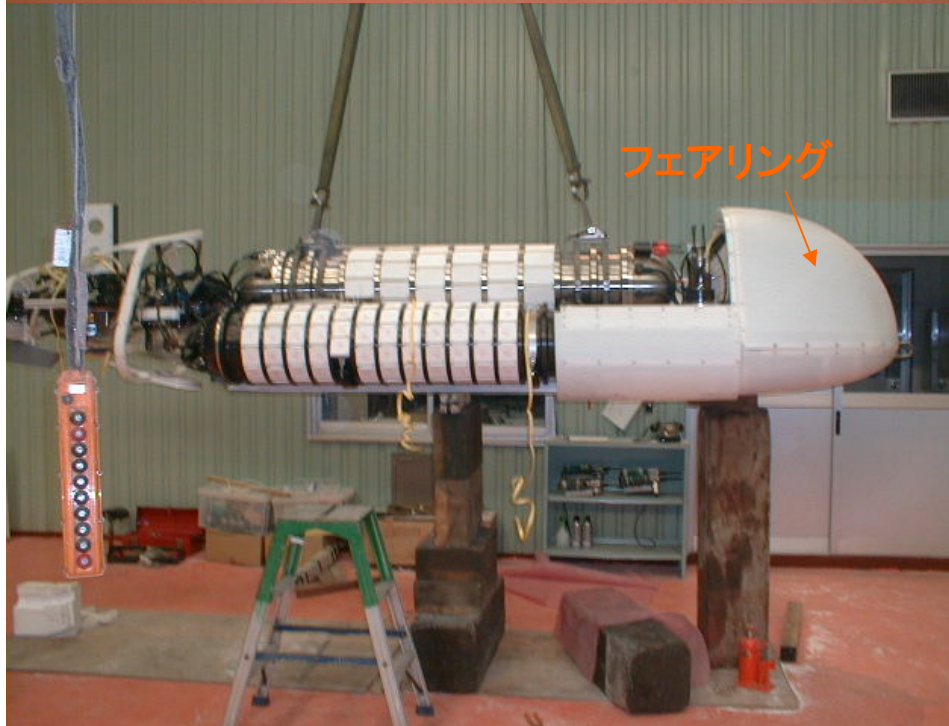
ドップラーソナー

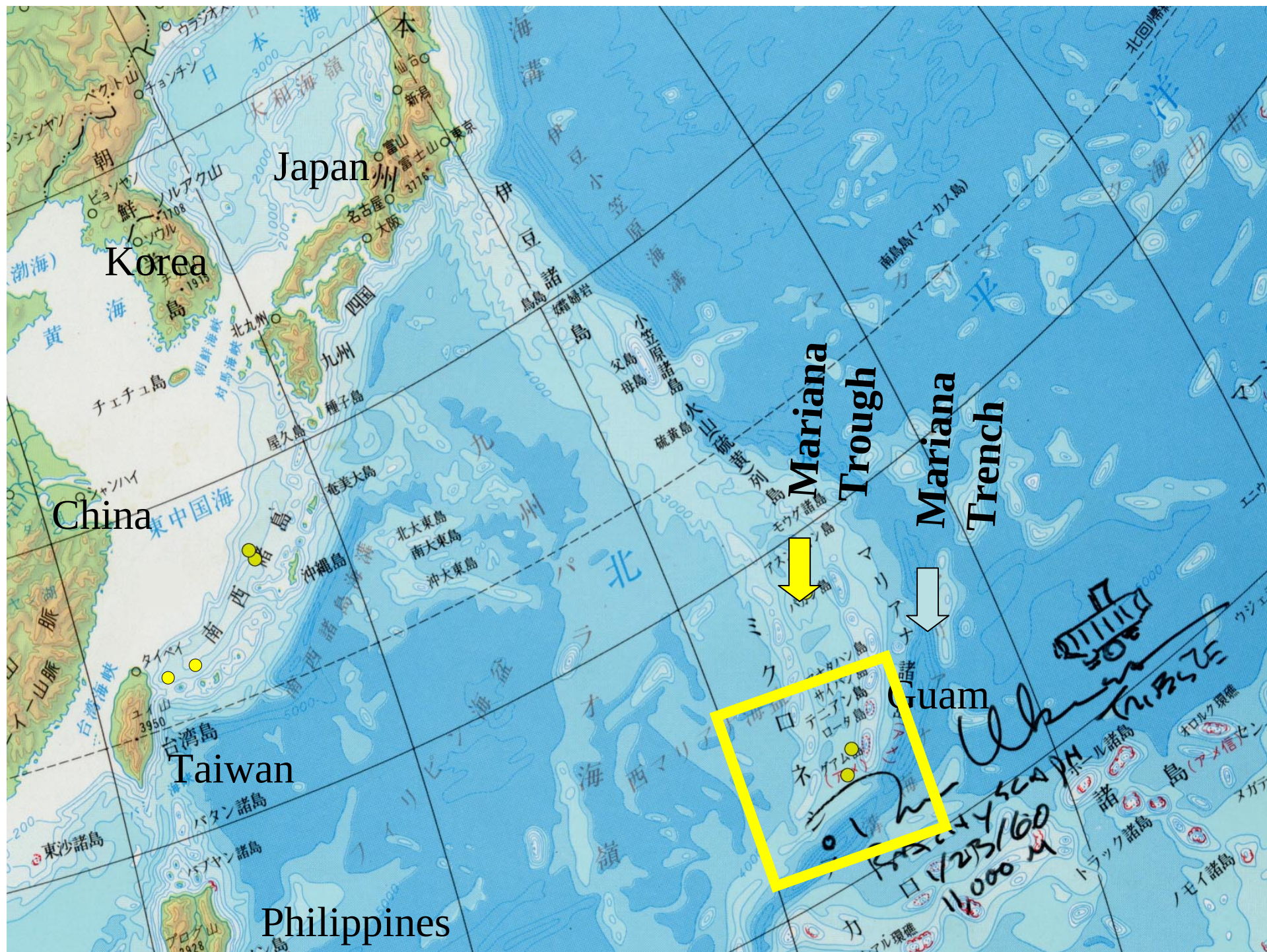
高度計

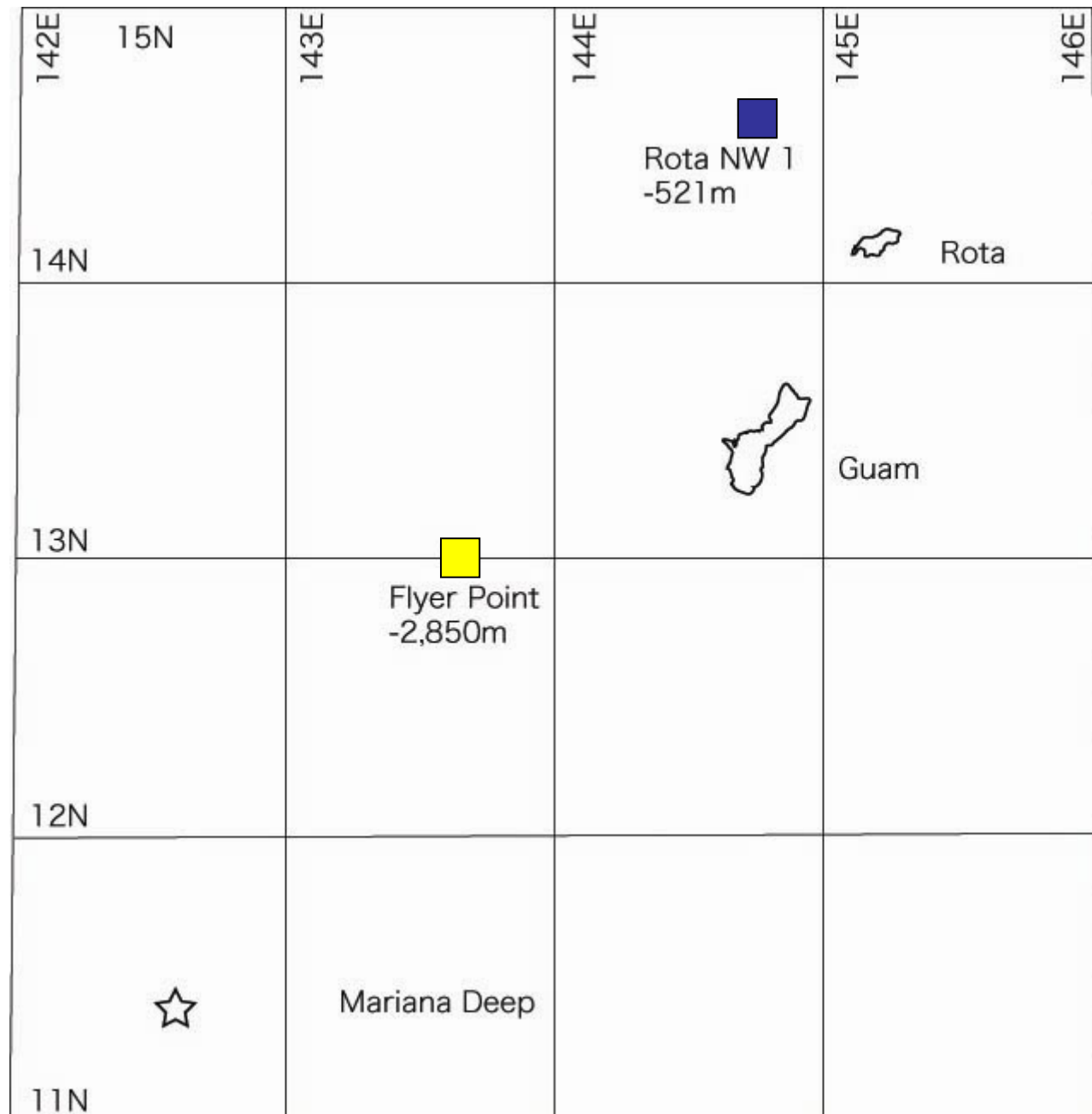
バラスト投棄装置





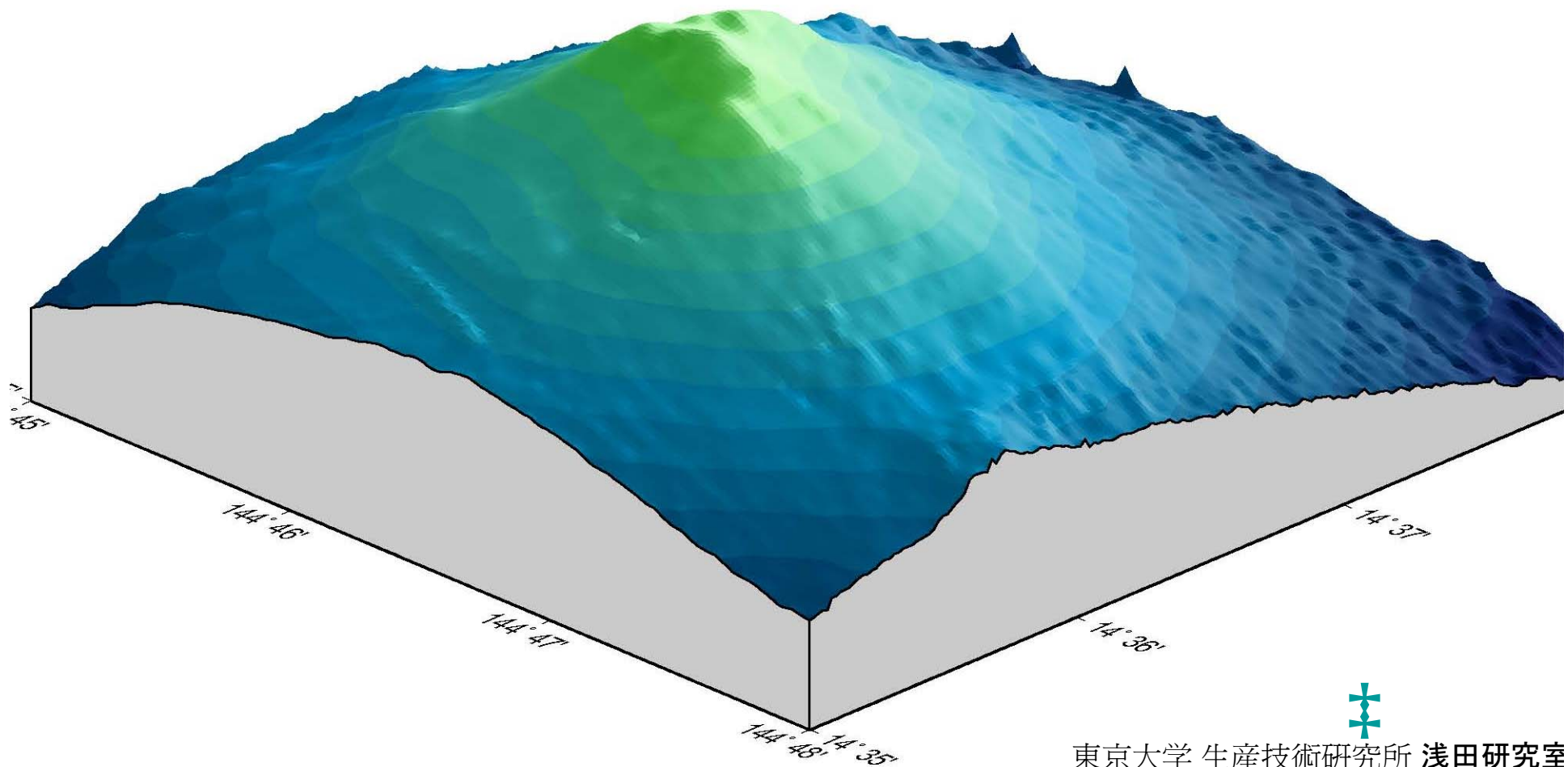






NW Rota 1 Knoll

Whale View from South East



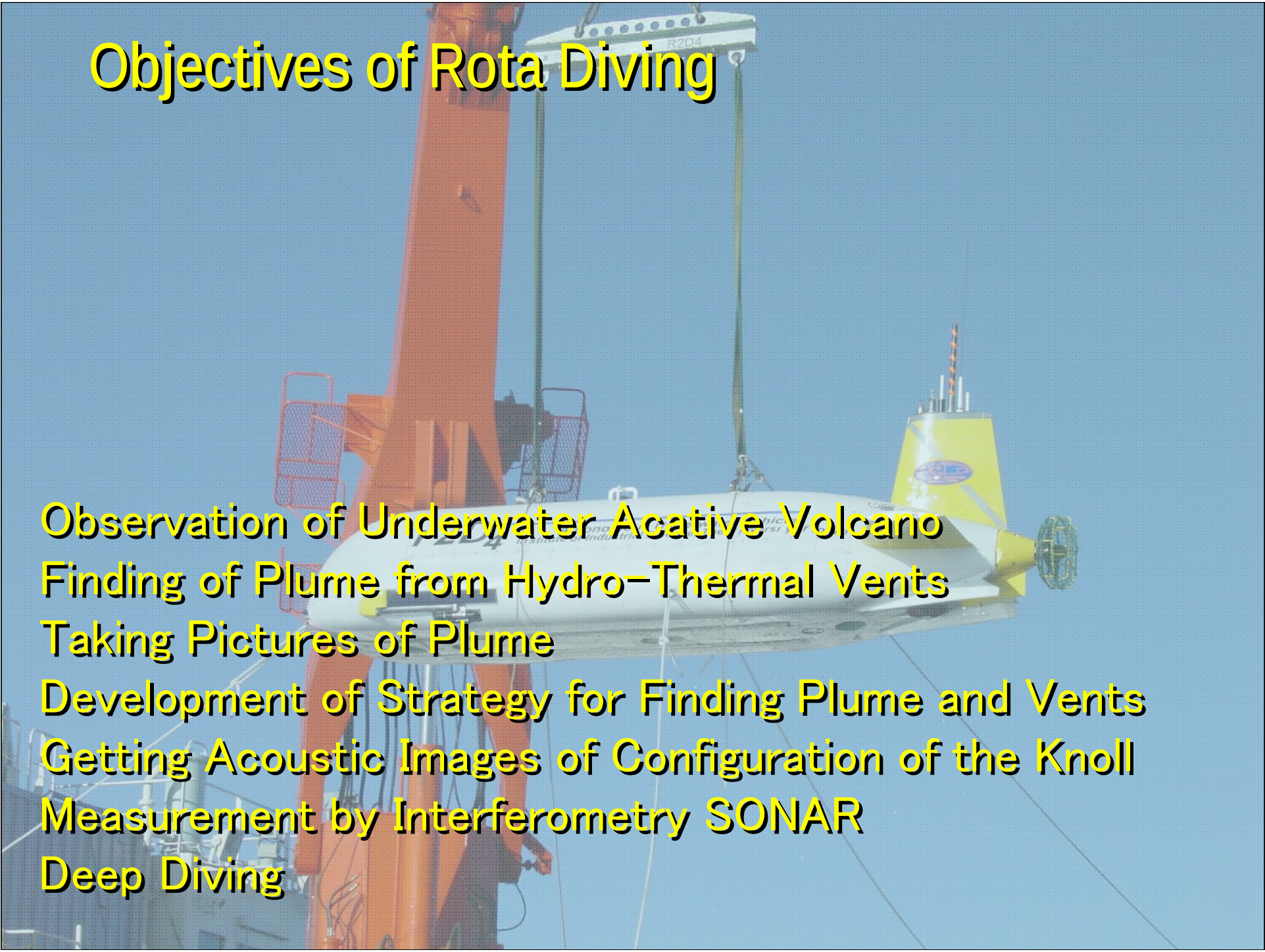
東京大学 生産技術研究所 浅田研究室

Mount Fuji in Japan



四季の富士 <http://G-NEWS.JP/fujisan/>

Objectives of Rota Diving

A yellow autonomous underwater vehicle (AUV) is being hoisted by a red crane on a ship's deck. The AUV is cylindrical with a conical nose and a propeller at the stern. It has a yellow upper section and a white lower section. The crane is a large red lattice boom crane. The background is a clear blue sky. The AUV has some text on it, including "R2D4" and "Institute of Industrial Technology".

Observation of Underwater Active Volcano

Finding of Plume from Hydro-Thermal Vents

Taking Pictures of Plume

Development of Strategy for Finding Plume and Vents

Getting Acoustic Images of Configuration of the Knoll

Measurement by Interferometry SONAR

Deep Diving

14:37N

#16dive

浮上

- ここから500mへ浮上
- 南北は400mから510m深度へPtn5、東へ400m深度へ
ここまで510mを深度限界とする120m定高度航行

A

N14:36.1、E144:46.95

潜航開始

14:36N

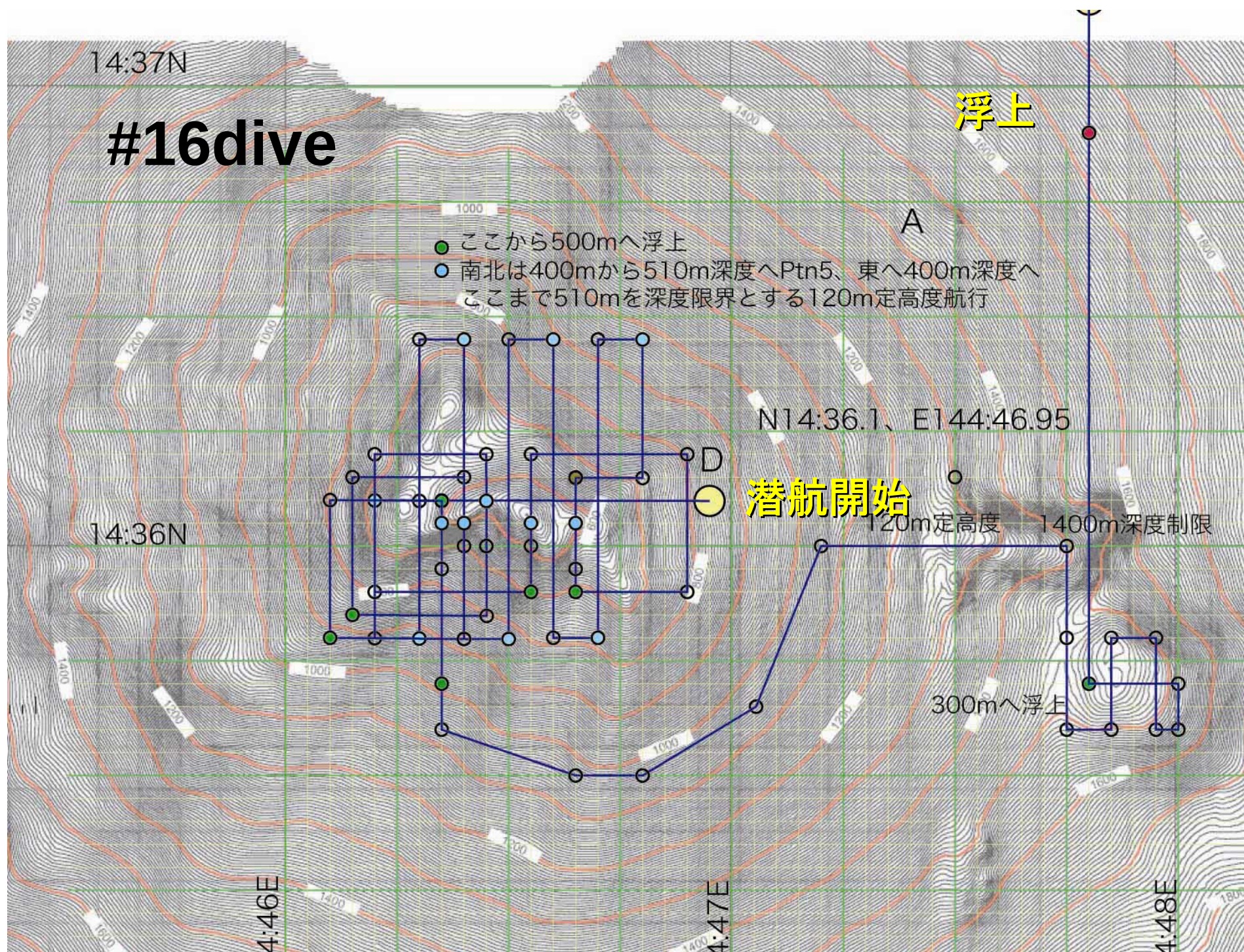
120m定高度 1400m深度制限

300mへ浮上

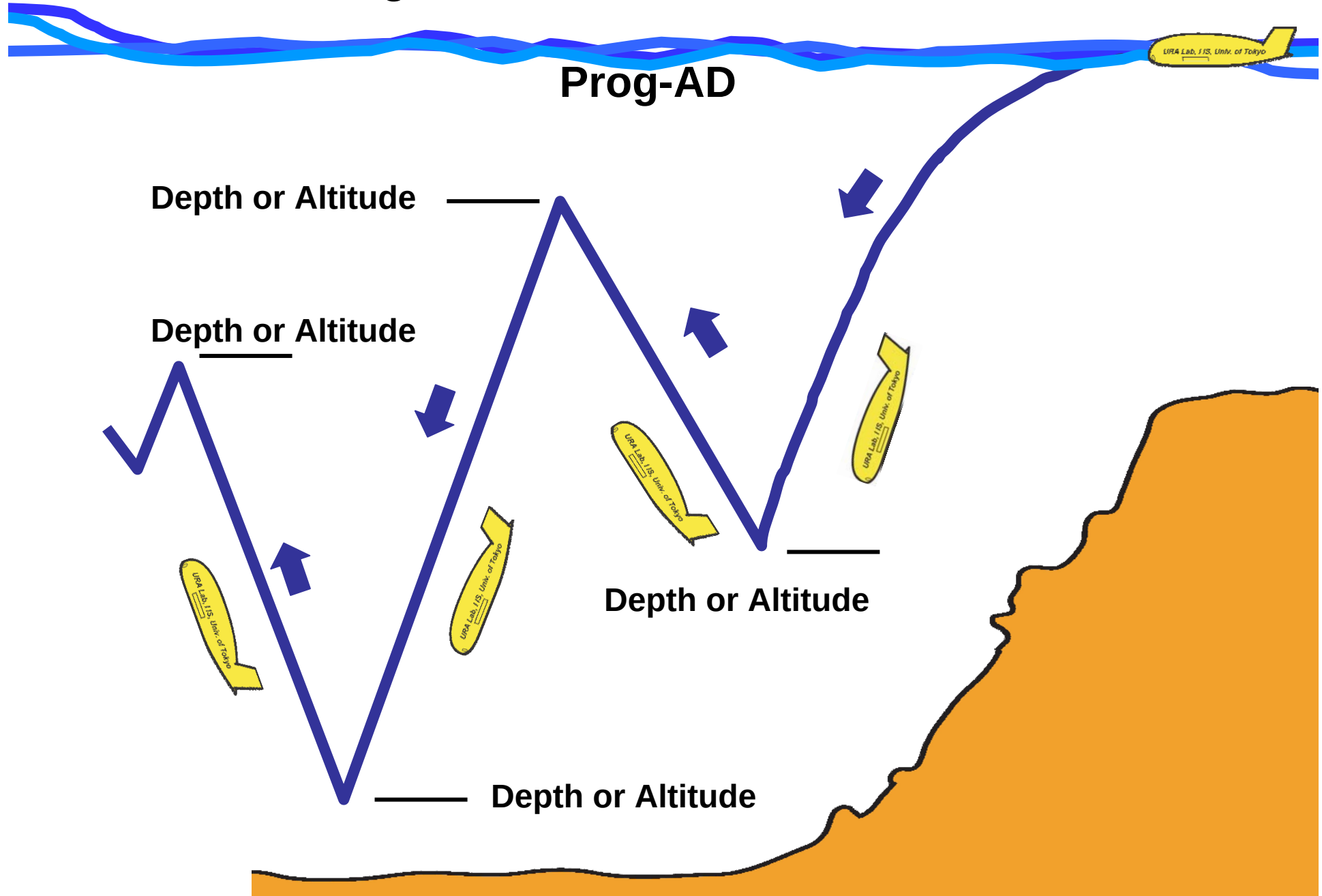
4:46E

4:47E

4:48E



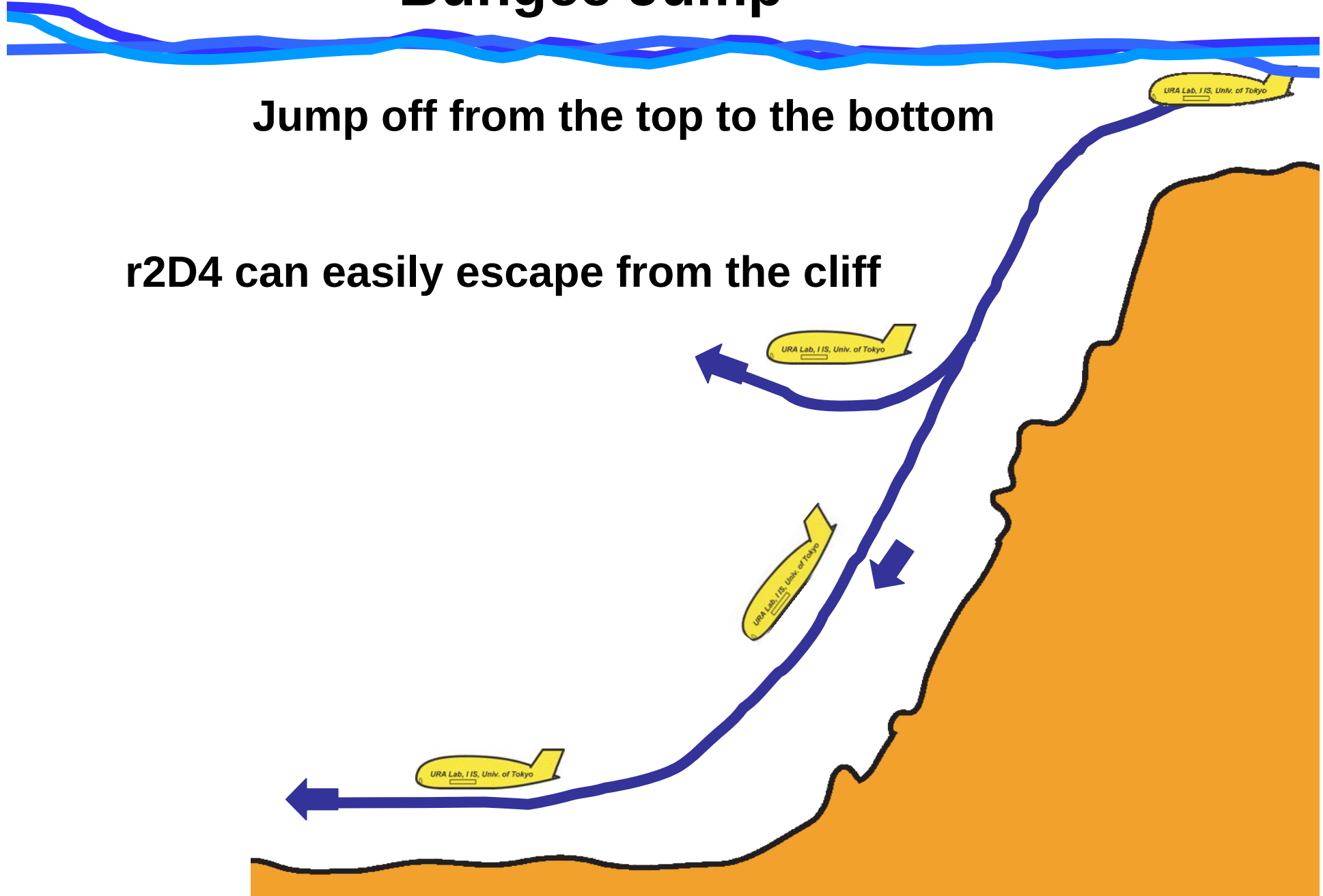
Progressive Ascent and Descent



Bungee Jump

Jump off from the top to the bottom

r2D4 can easily escape from the cliff



14:37N

#16dive

- ここから500mへ浮上
- 南北は400mから510m深度へPtn5、東へ400m深度へ
ここまで510mを深度限界とする120m定高度航行

A

N14:36.1、E144:46.95

14:36N

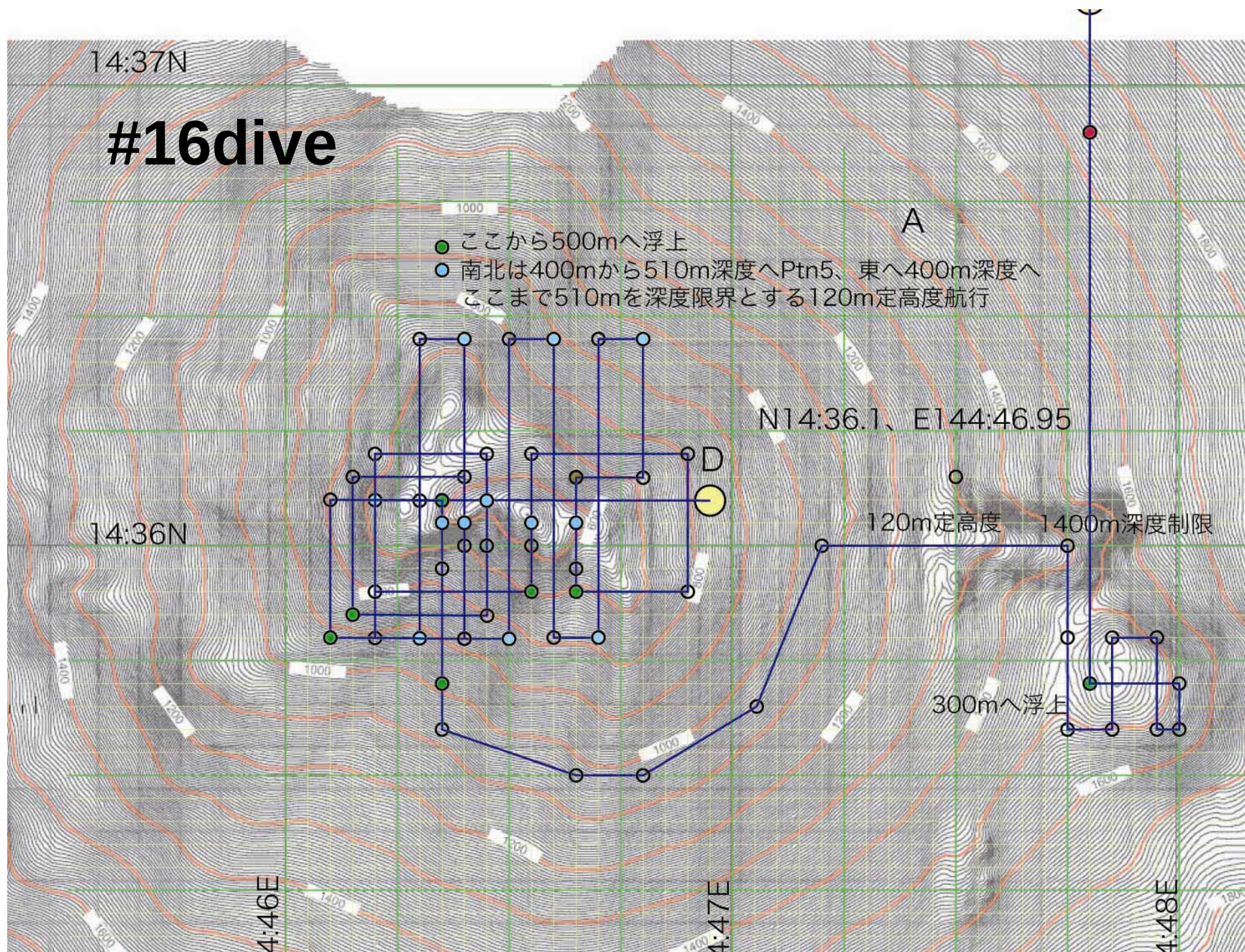
120m定高度 1400m深度制限

300mへ浮上

4:46E

4:47E

4:48E



14:37N

#16dive

Prog-AD

● ここから500mへ浮上

○ 南北は400mから510m深度へPtn5、東へ400m深度へ
ここまで510mを深度限界とする120m定高度航行

A

N14:36.1、E144:46.95

14:36N

120m定高度

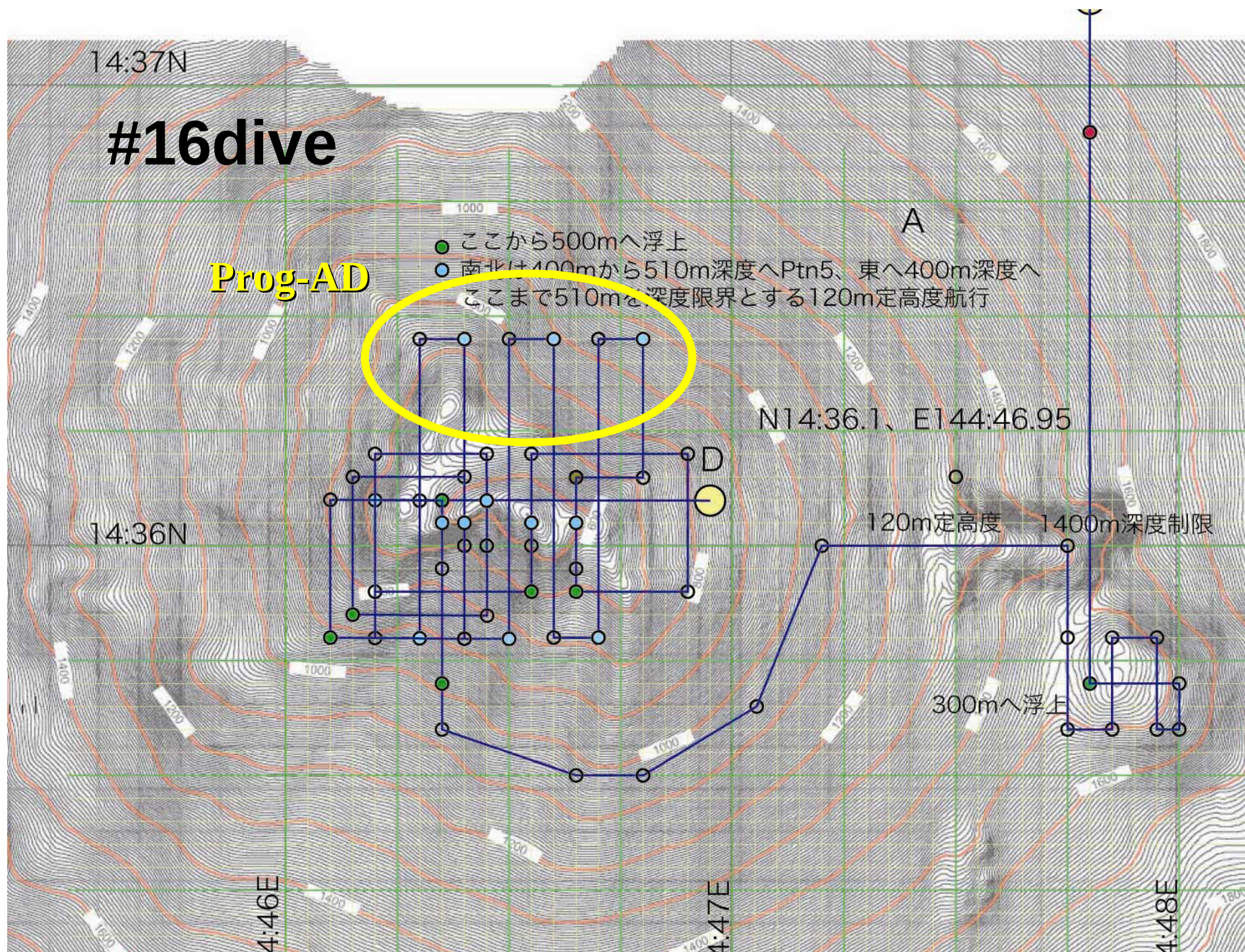
1400m深度制限

300mへ浮上

4:46E

4:47E

4:48E



14:37N

#16dive

- ここから500mへ浮上
- 南北は400mから510m深度へPtn5、東へ400m深度へ
ここまで510mを深度限界とする120m定高度航行

A

N14:36.1、E144:46.95

14:36N

120m定高度

1400m深度制限

BJ

5
4 3 2 1

300mへ浮上

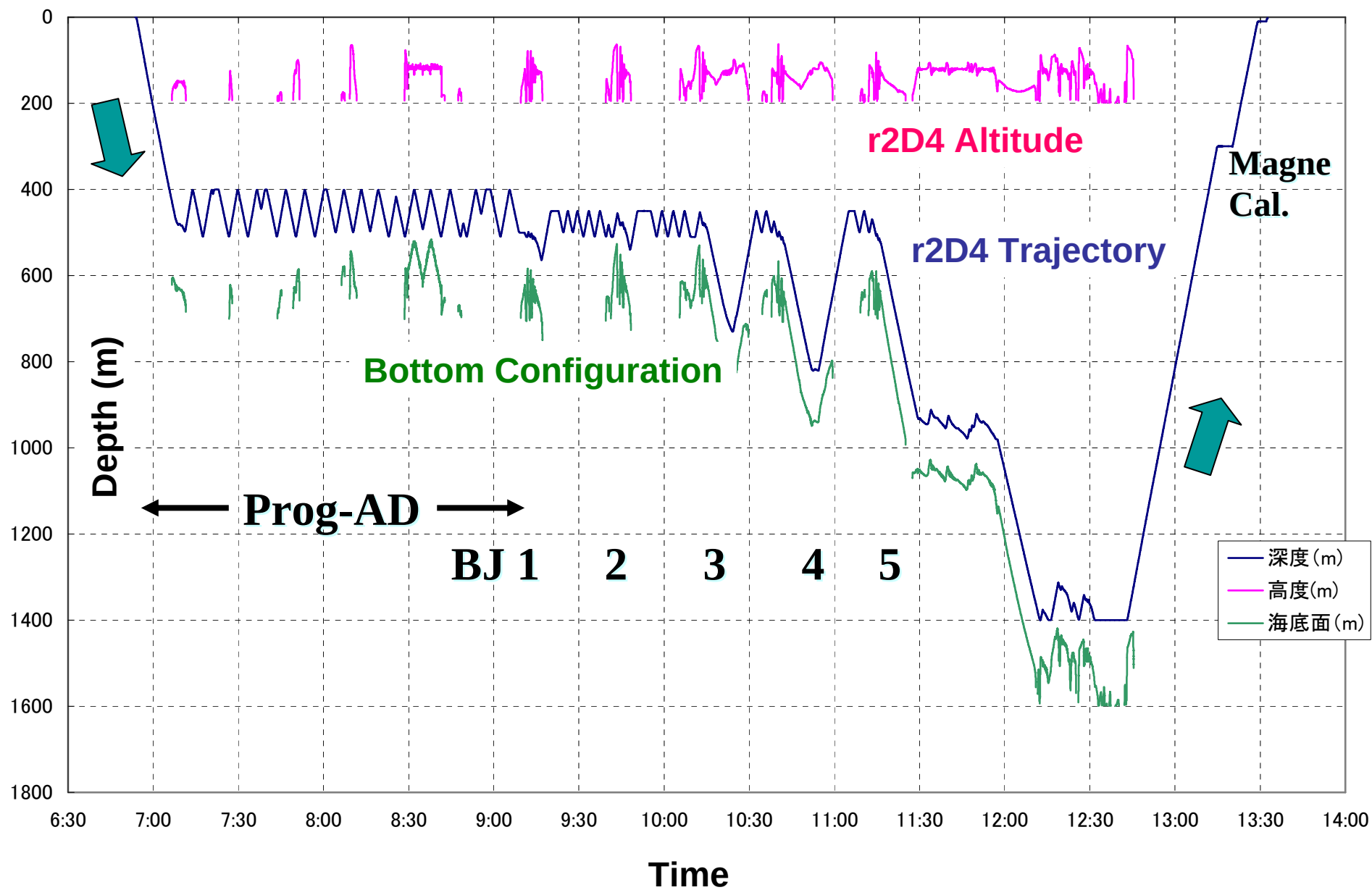
こぶの観

4:46E

4:47E

4:48E

Vertical Profile of #16 Diving



14:37N

#16dive

- ここから500mへ浮上
- 南北は400mから510m深度へPtn5、東へ400m深度へ
ここまで510mを深度限界とする120m定高度航行

A

N14:36.1、E144:46.95

120m定高度

1400m深度制限

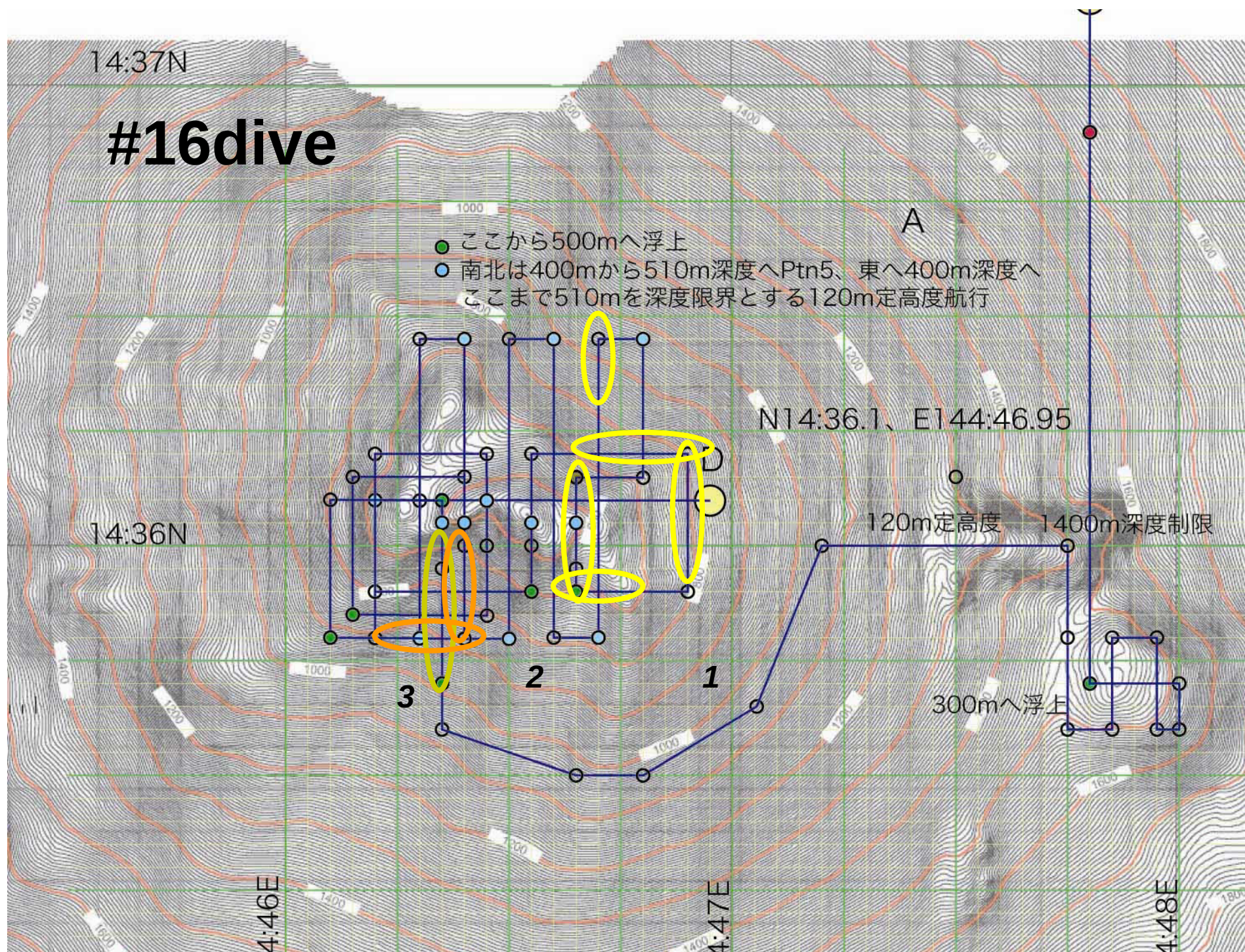
300mへ浮上

14:36N

4:46E

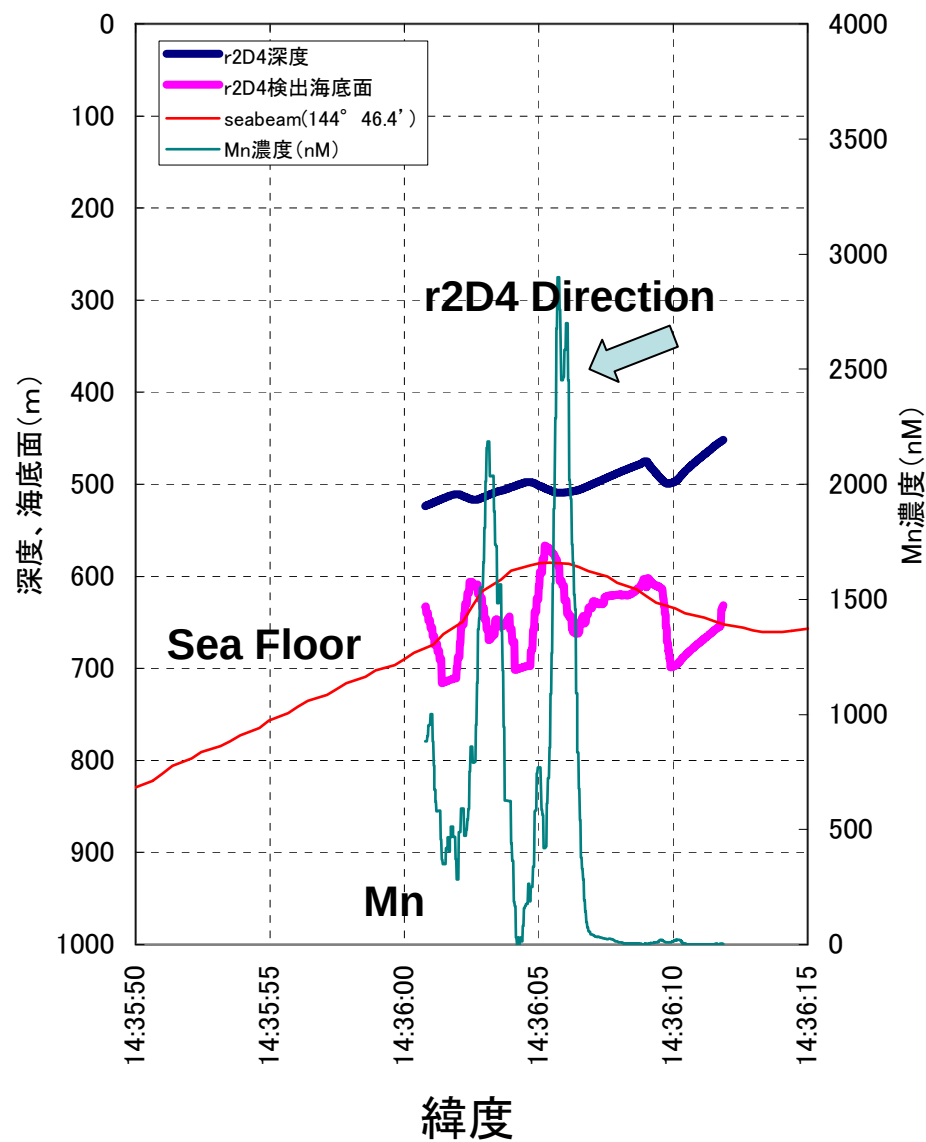
4:47E

4:48E



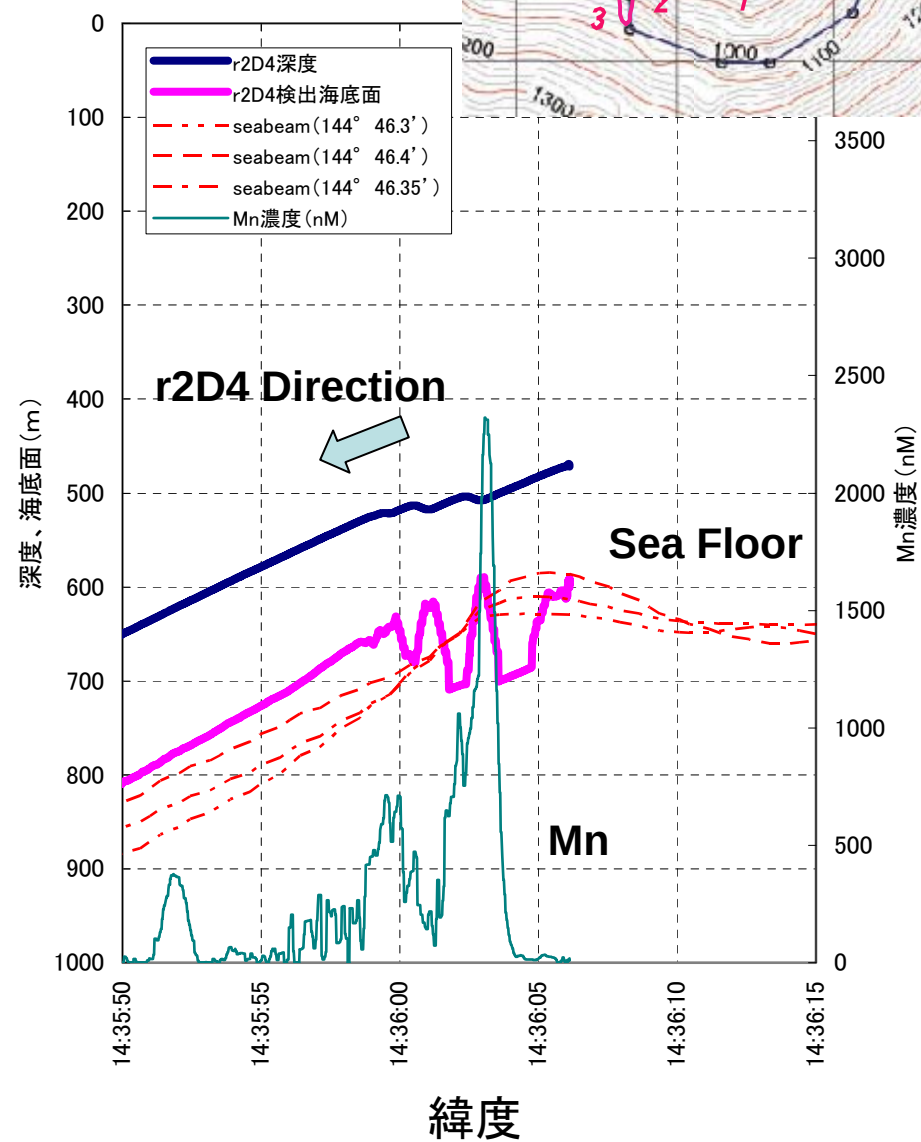
No.2

2004.5.31 r2D4 #16 Rota
(144° 46.4')



No.3

2004.5.31 r2
(144°)



2004/06/01 13:15:51 DWN

r2D4's Abyssal Adventure

Director : Tamaki Ura
Cast : r2D4, Sulfur, Plume
Camera : r2D4

2004/06/01 13:15:51 DWN



Twinkling particles of sulfur in blue ocean. Has any AUV seen this?

2004/06/01 13:15:56 DWN

Turbidity is increasing. Thus, I "r2D4" is approaching a plume

06/01 13:16:08 DWN

Just at the edge of plume

2004/06/01 13:16:09 DWN

I am going into the plume

2004/06/01 13:16:10 DWN

We can see the border of the plume.

2004/06/01 13:16:13 DWN

We can see the border of the plume.

2004/06/01 13:16:19 DWN

Nothing can be seen. Very high turbidity.

2004/06/01 13:16:20 DWN

I am going out from the plume.

2004/05/14 11:23:21

2004/06/01 13:16:23 DWN

2004/06/01 13:16:25 DWN

2004/06/01 13:16:26 DWN

Now yellow stars are going to twinkle.

2004/09/01 19:16:29 101

I am coming across a new plume

2004/06/01 13:16:38 DWIN

2004/06/01 13:16:38 DWIN

2004/06/01 13:16:39 DWN

2004/06/01 13:16:40 DWIN

Wawow, I can not see anything. I am scared.



I can inspire a little bit “fresh” sea water.

2004/06/01 13:16:47 DWN

I can see the border of the plume.

2004/06/01 13:16:53 DWN

But once again, I am going into the plume.

2004/06/01 13:16:54 DWN

I love adventure. But this cloud is too dense.

2004/06/01 13:17:03 DWN

04/06/01 13:17:06 DWN

What a relief ! Visibility is becoming better.

6/01 13:17:08 LBN

2004/06/01 13:17:13 DWN

I am very patient, and also very brave.

2004/06/01 13:17:30 DWN

But once again.....

2004/06/01 13:17:33 DWN

2004/06/01 13:17:38 DWN

2004/06/01 13:17:45 DWN

2004/06/01 12:17:45 DM

2004/06/01 13:17:55 DWN

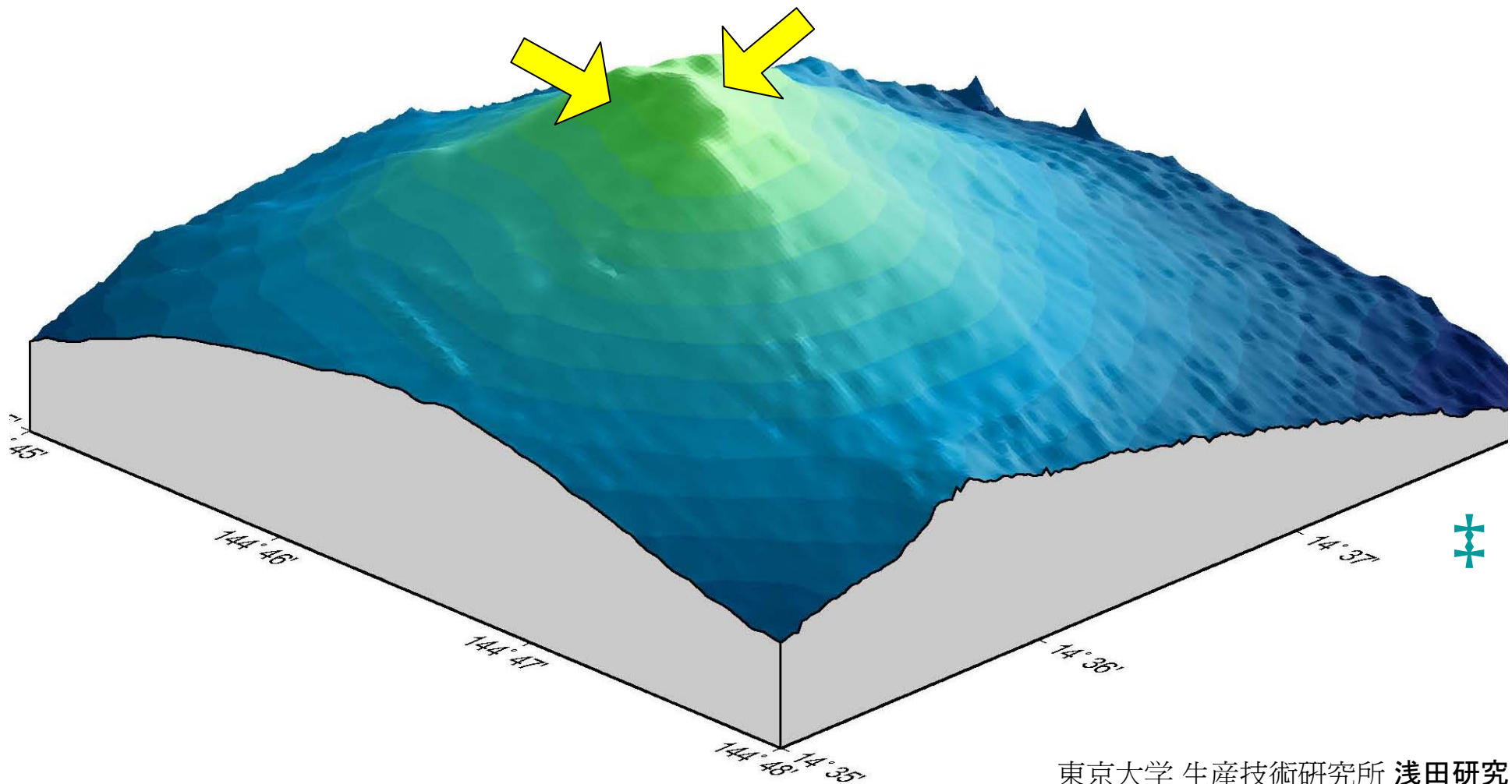
2004/06/01 13:17:59 DWN

I certainly love plume diving.

2004/06/01 13:18:00 DWN

I certainly love plume diving. Fantastic.

NW Rota 1 Knoll Estimated Location of Plume's Spout



AUV “r2D4” 明神礁カルデラへの潜航



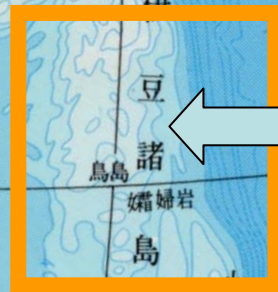
目的

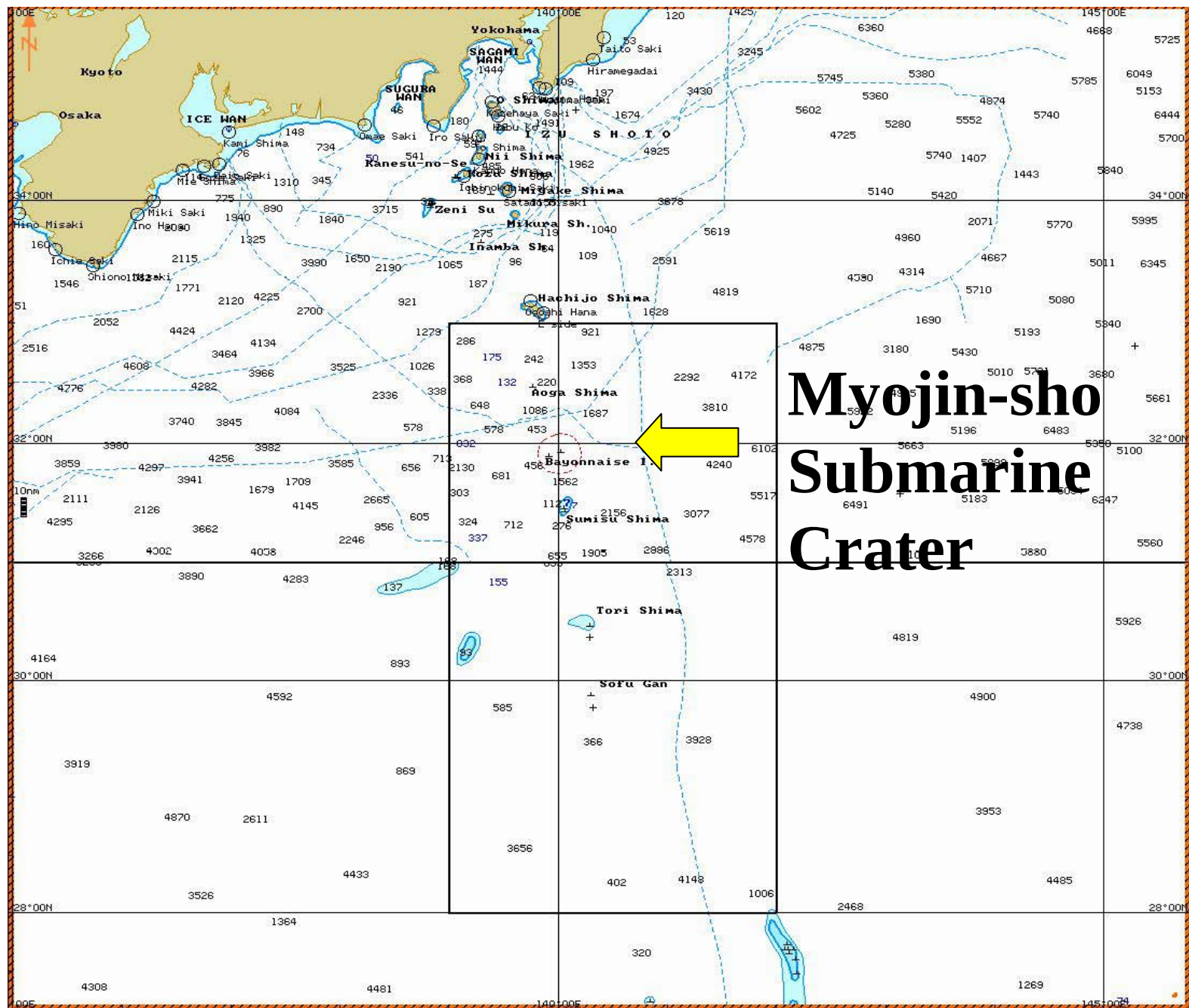
熱水活動の発見

急峻な崖に囲まれたカルデラ内への潜航

黒潮を貫いての潜航

Myojin-sho Submarine Volcano

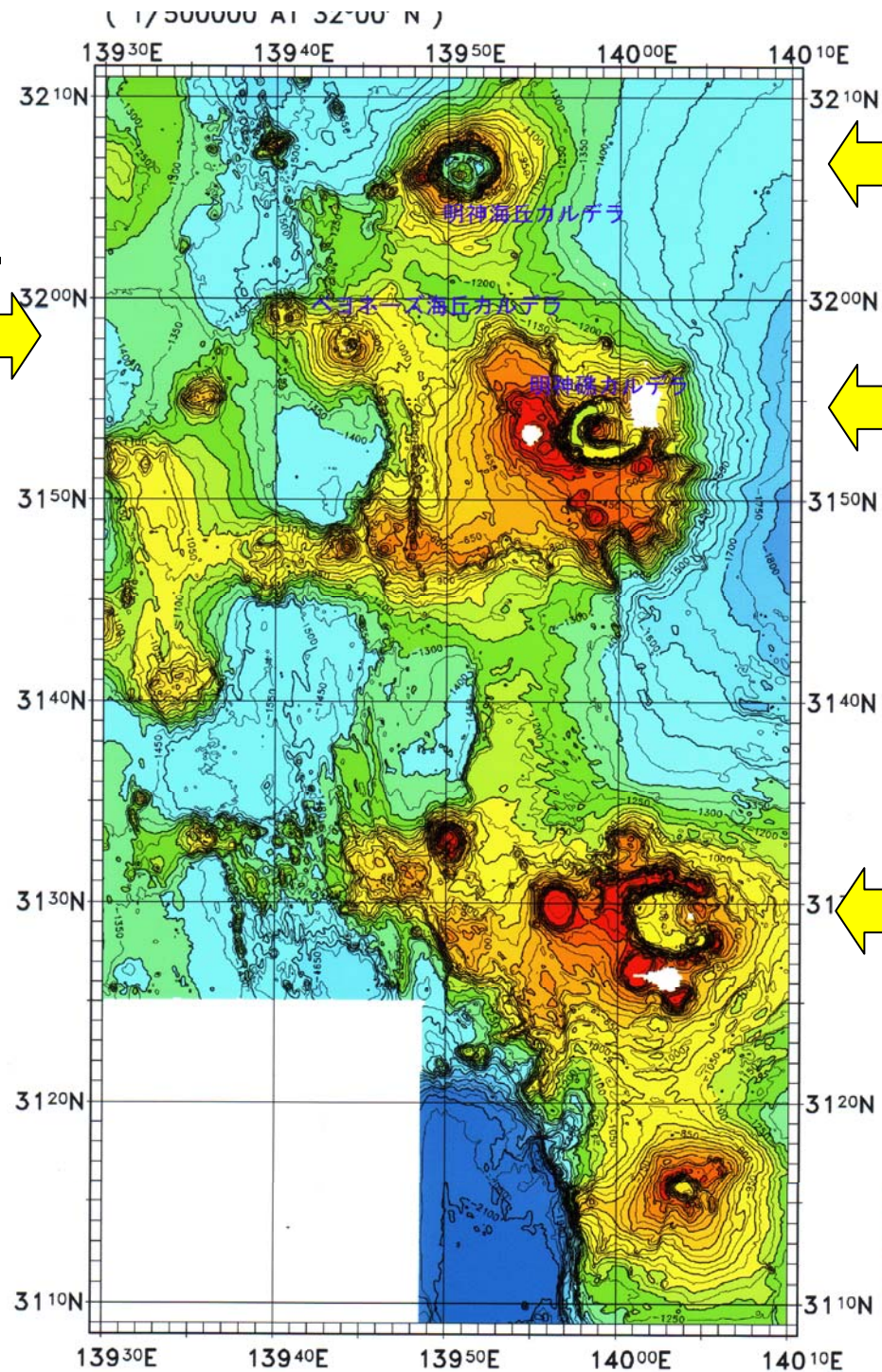




Myojin-sho Submarine Crater



**Beyonezu-
Knoll**

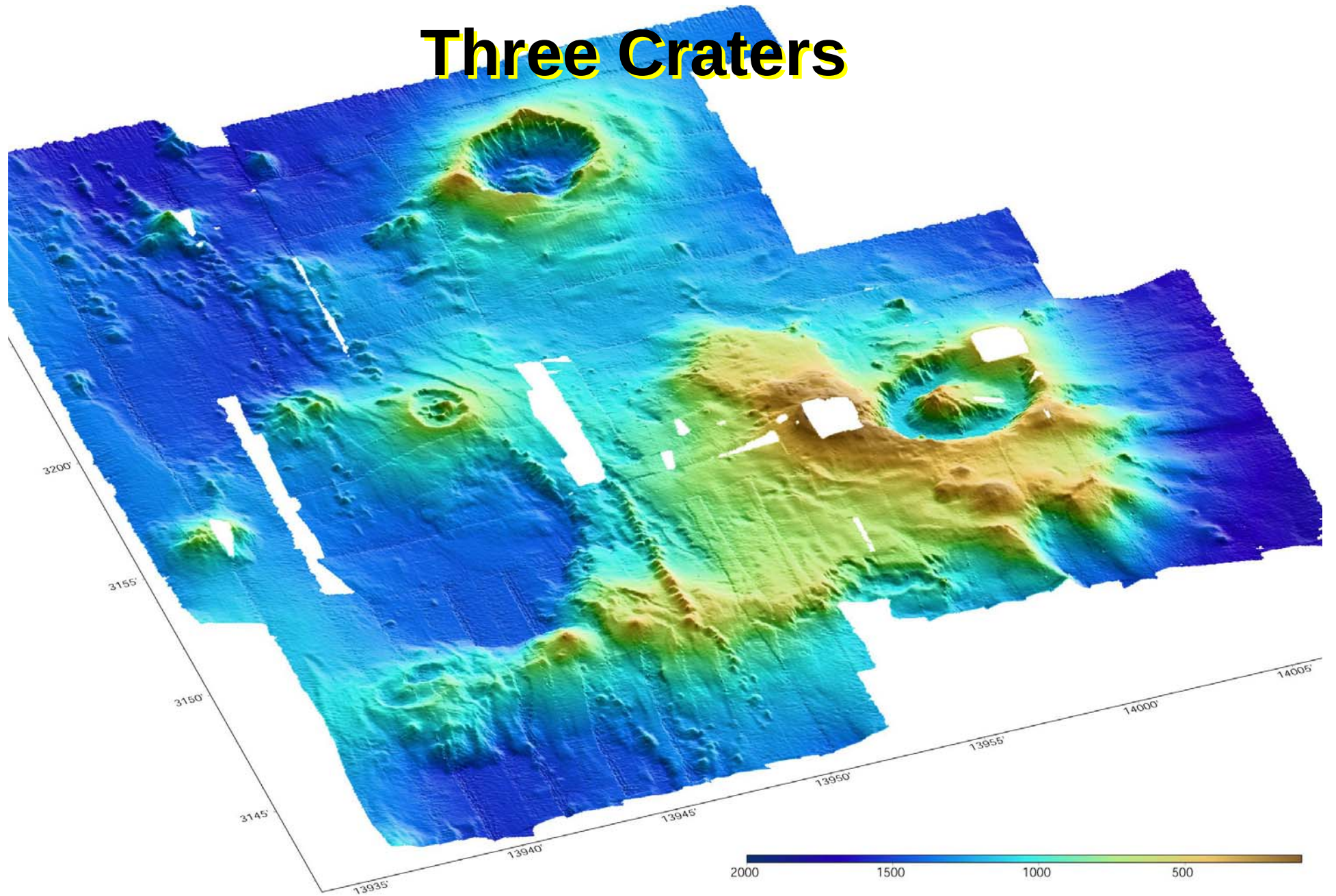


← **Myojin-
Knoll**

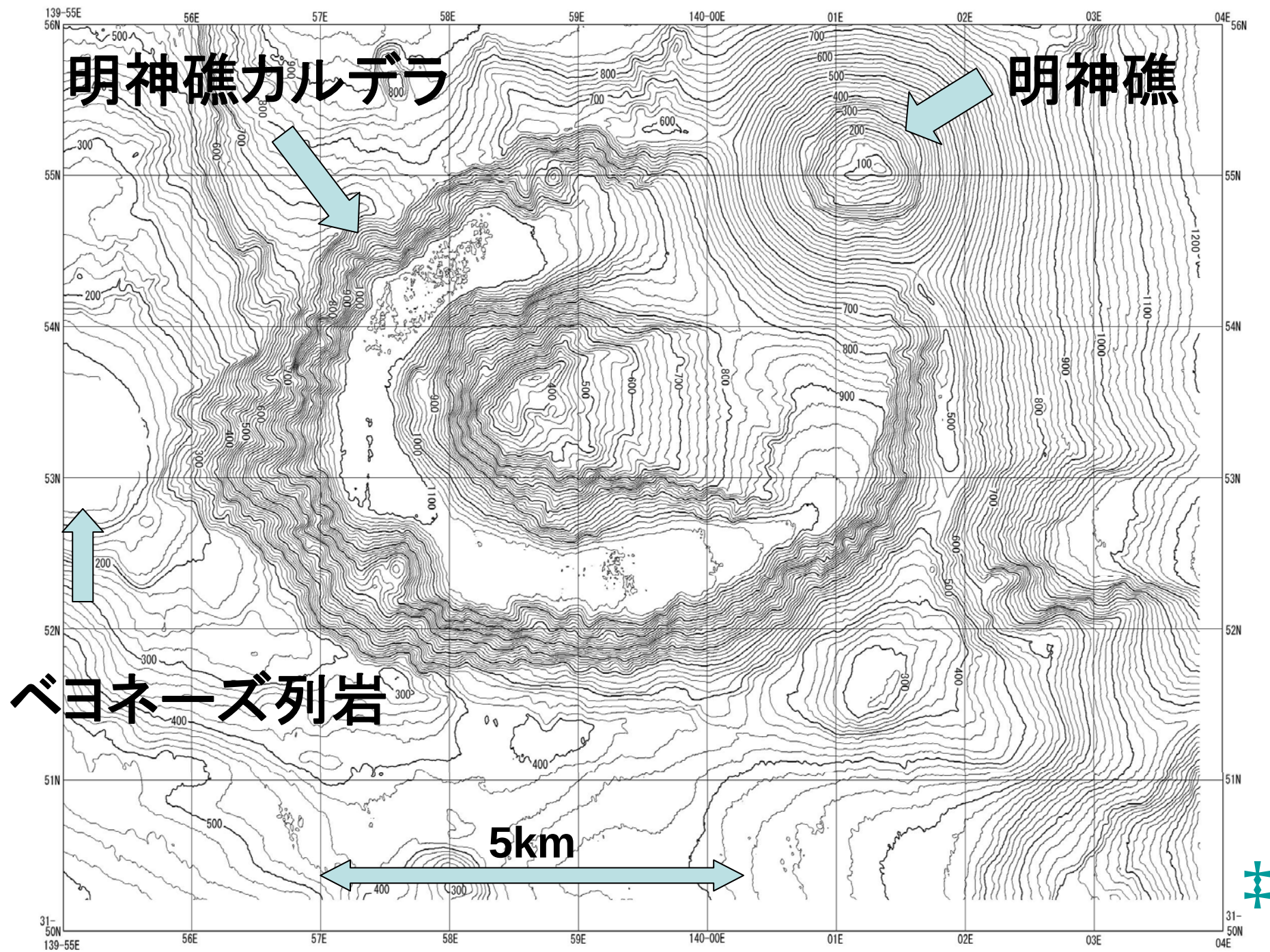
← **Myojinsho
Submarine
Crater**

← **Smith-
Knoll**

Three Craters



東京大学大学院: 山口裕二制作



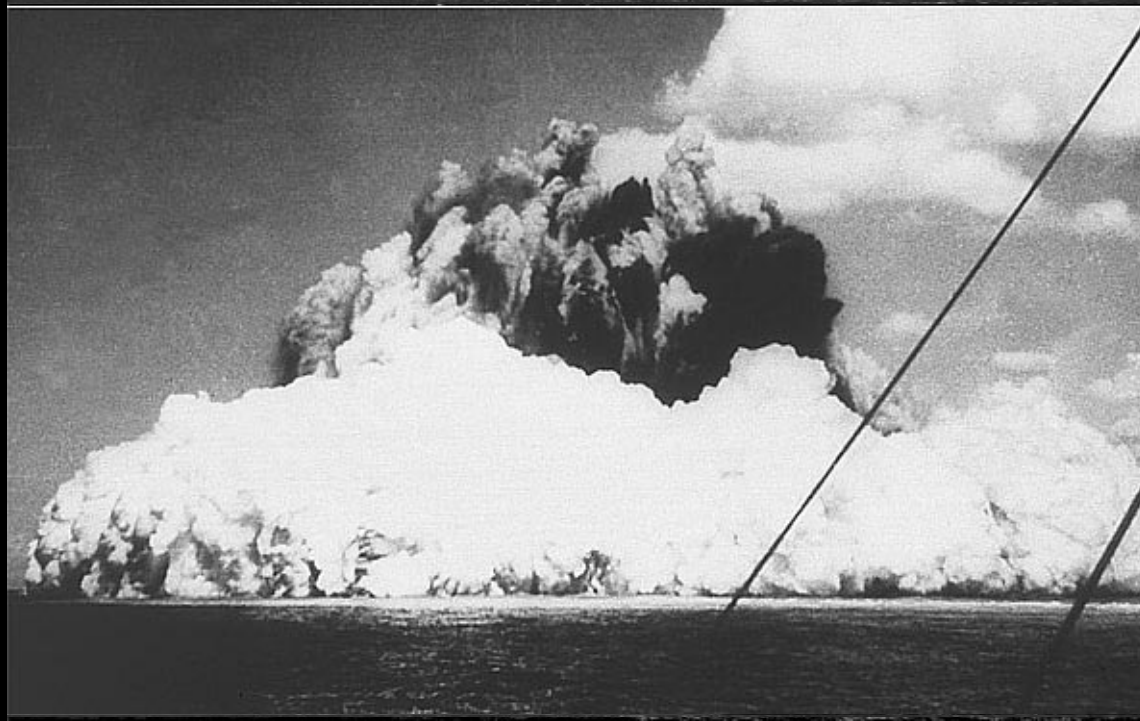


Eruption of Myojin-sho in 1952

<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/kaiyo14-2.htm>
海上保安庁HPより

Eruption of Myojin-sho Submarine Volcano

1952



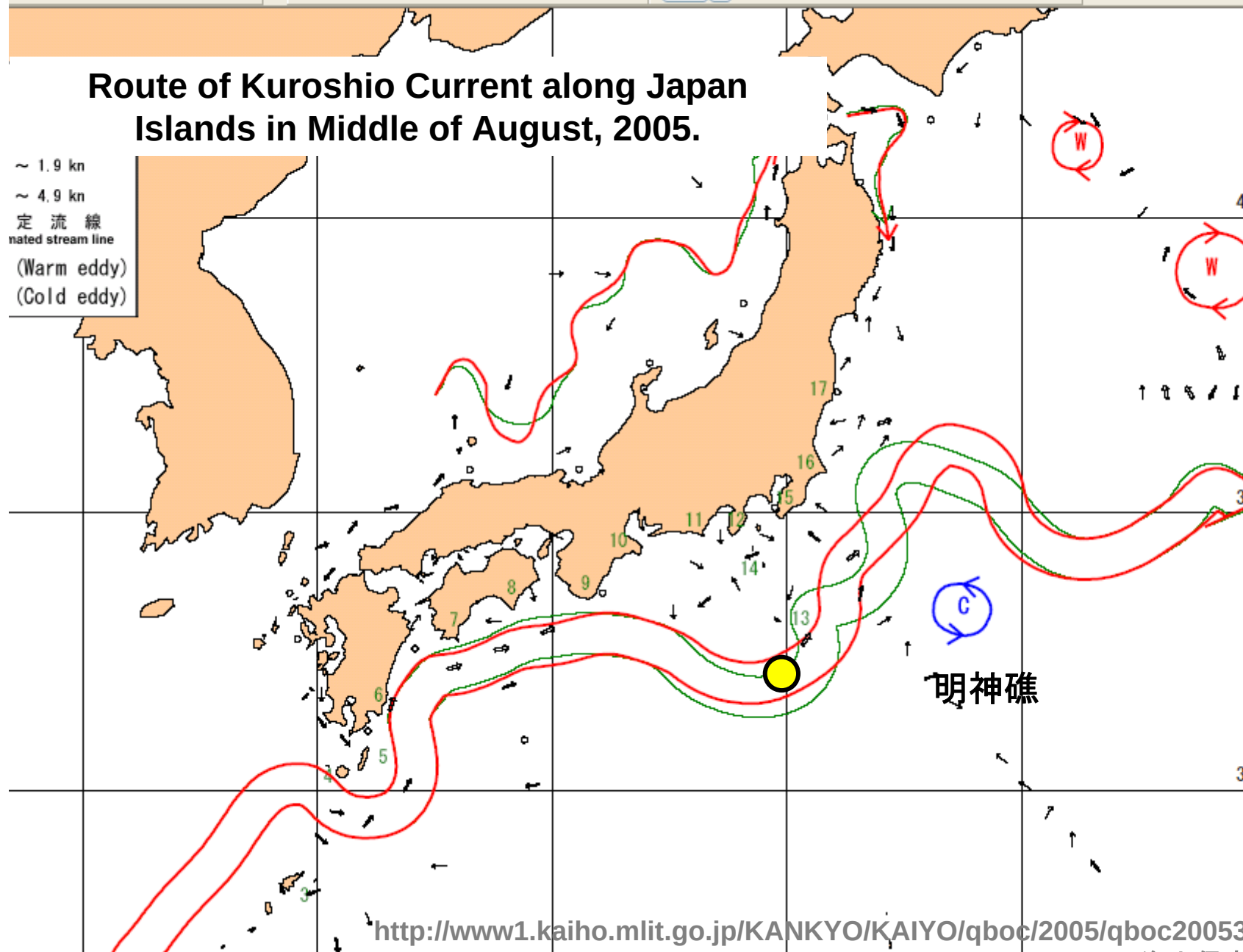
Eruption of Myojin-sho Submarine Volcano

1952



Route of Kuroshio Current along Japan Islands in Middle of August, 2005.

~ 1.9 kn
~ 4.9 kn
定流線
nated stream line
(Warm eddy)
(Cold eddy)

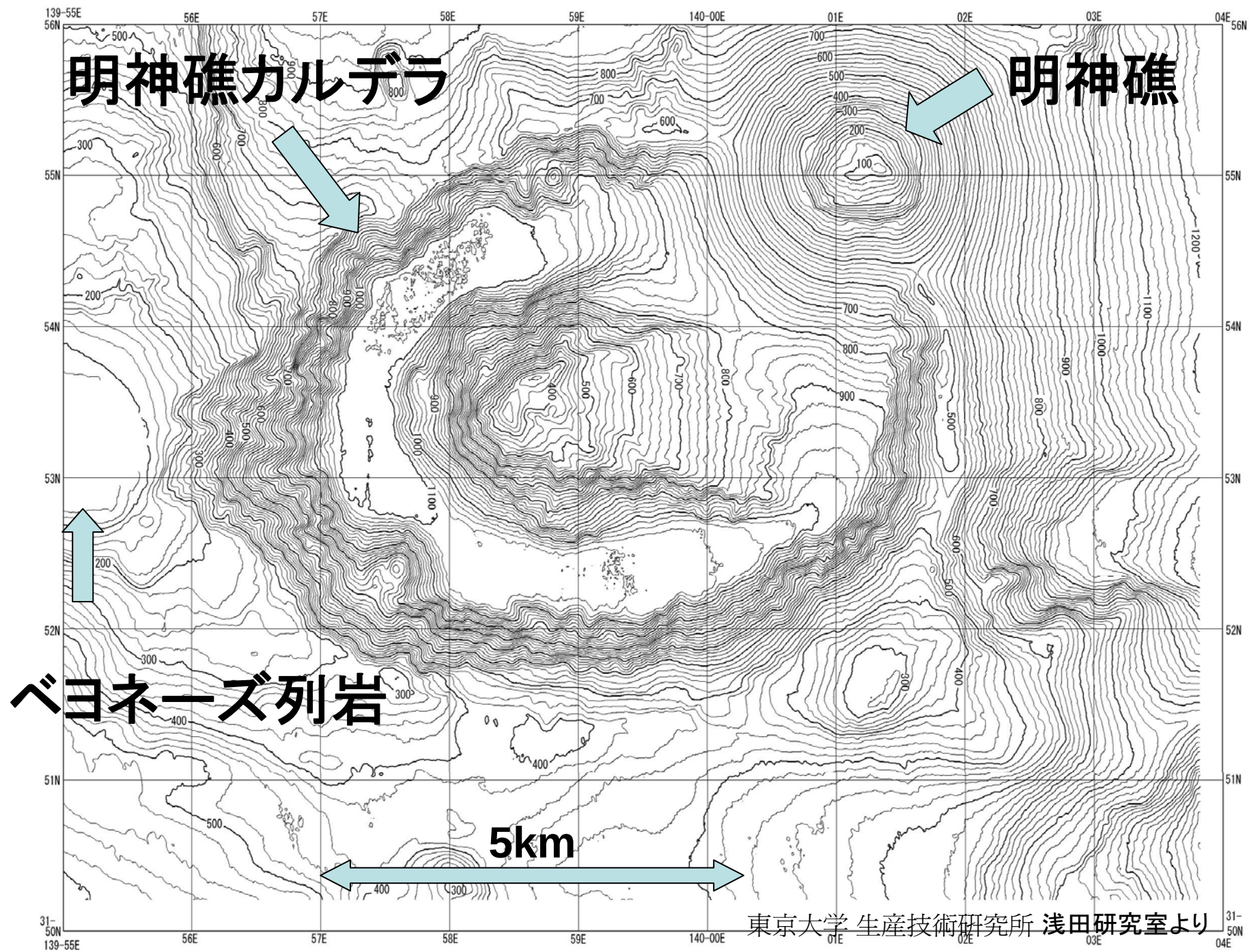


3	奄美大島(Aman
4	屋久島 (Yaku S
5	種子島 (Tane g
6	都井岬 (Toi Mis
7	足摺岬 (Ashizu
8	室戸岬 (Muroto
9	潮 岬 (Shio-n
10	大王崎 (Daio Si
11	御前崎 (Omae !
12	石廊崎 (Iro Sak
13	八丈島 (Hachij
14	三宅島 (Miyake
15	野島崎 (Nojima
16	犬吠崎 (Inubo !
17	塩屋崎 (Shioya

【海洋
海上保安庁 海
[Inquiry concern
Marine
Oceanograph

<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/2005/qboc200531cu0.pdf>

海上保安庁HPより



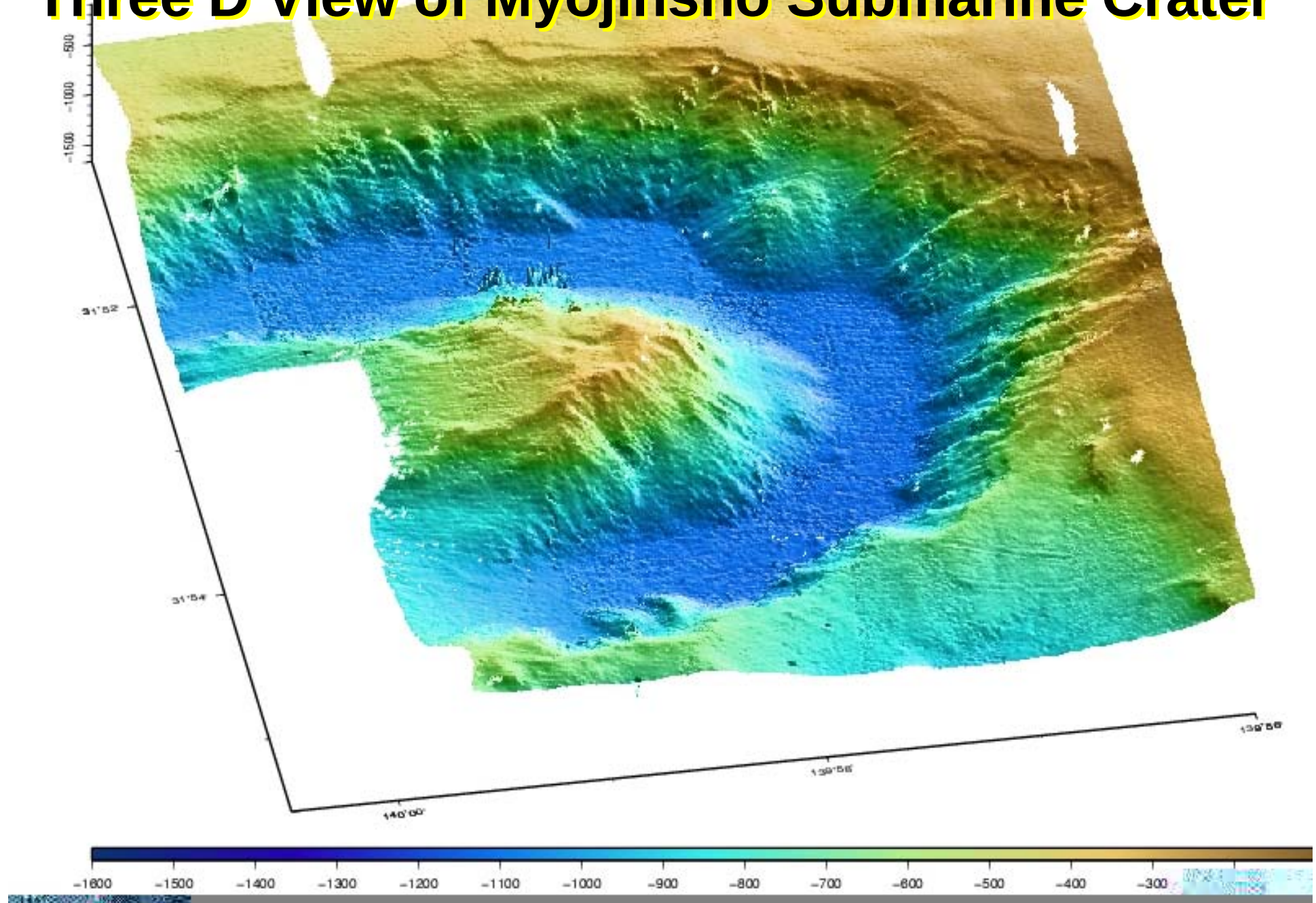
ベヨネーズ列岩と r2D4



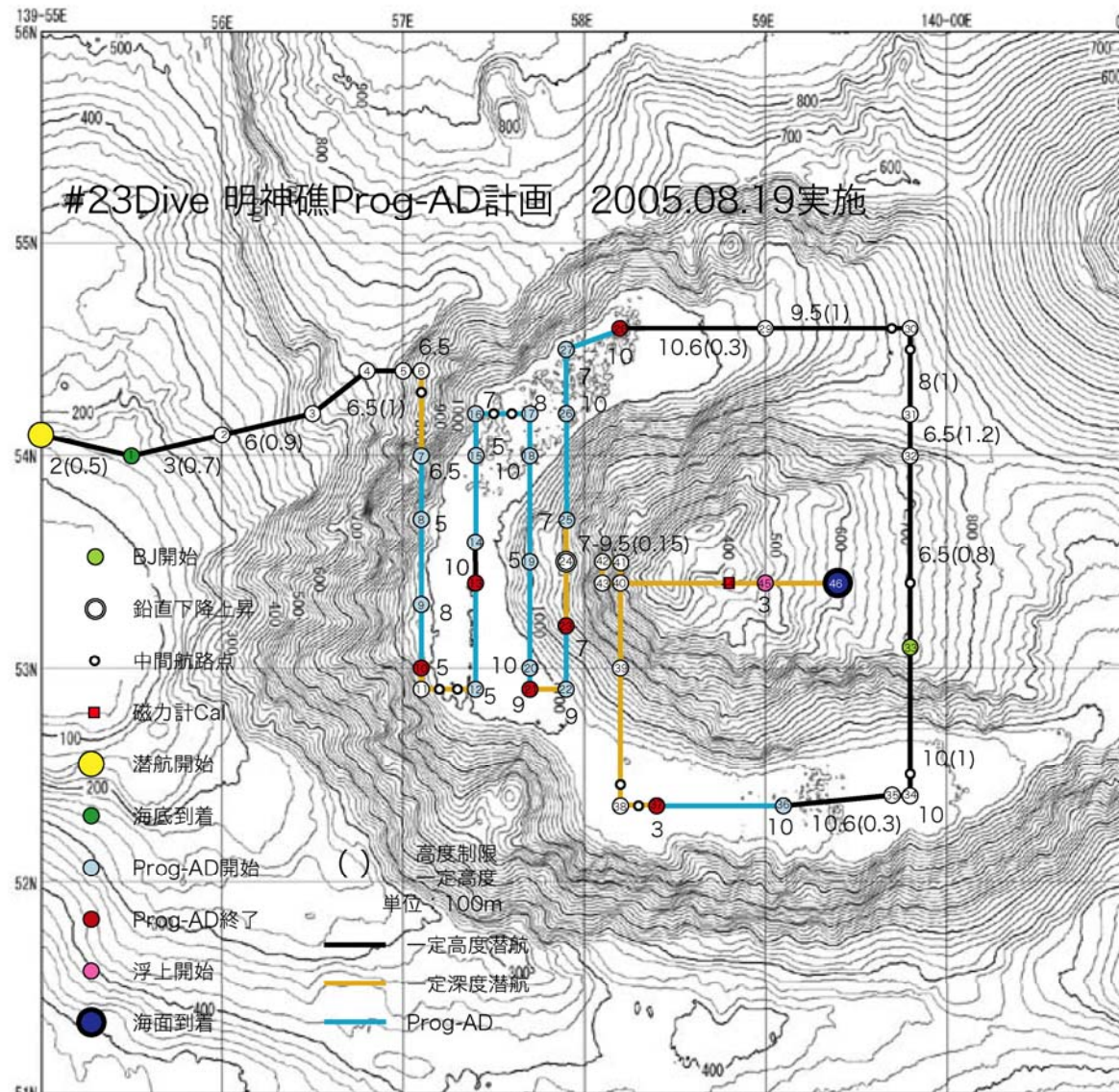
r2D4 Starting to Descend



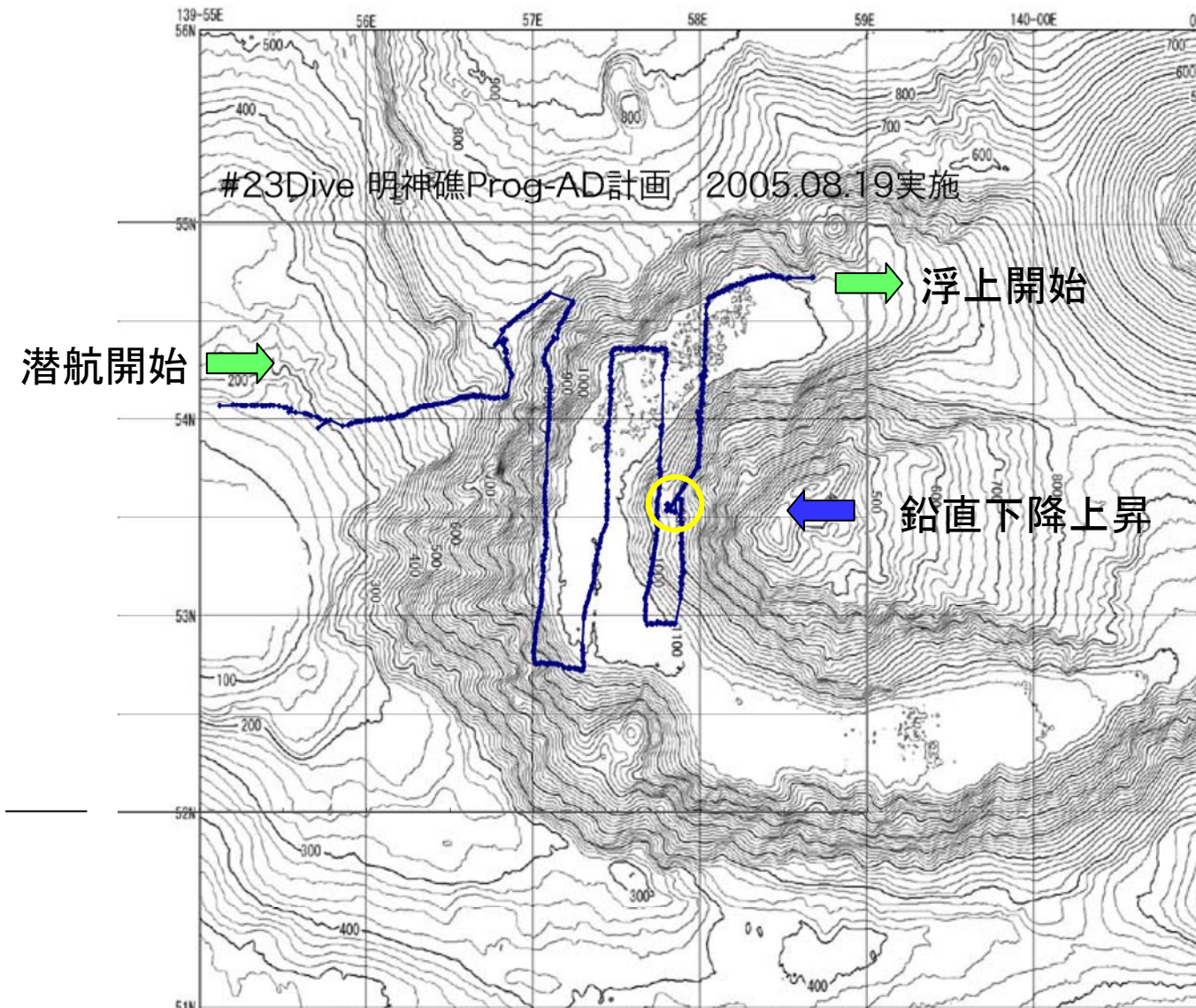
Three D View of Myojinsho Submarine Crater



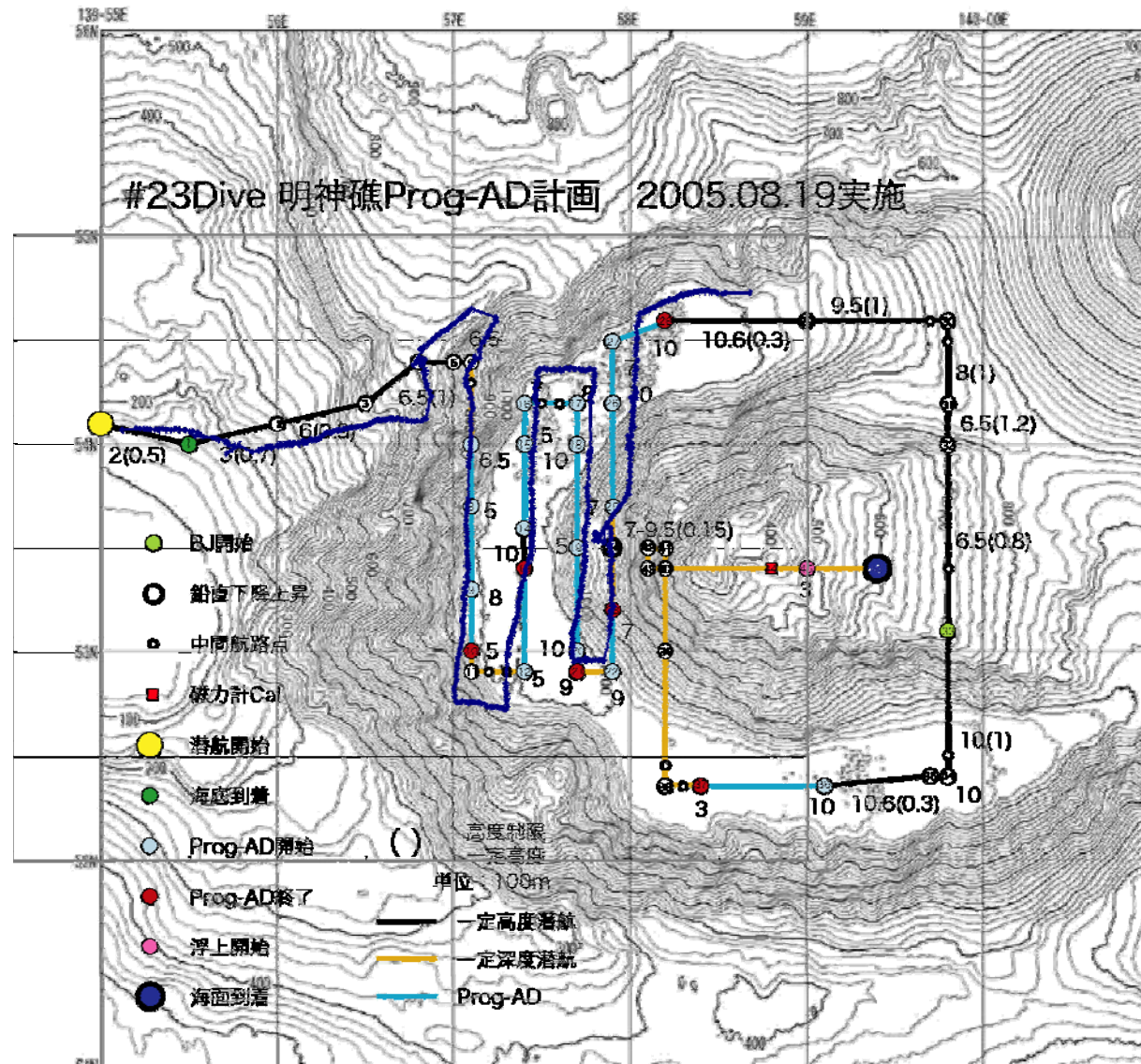
#23Dive Plan



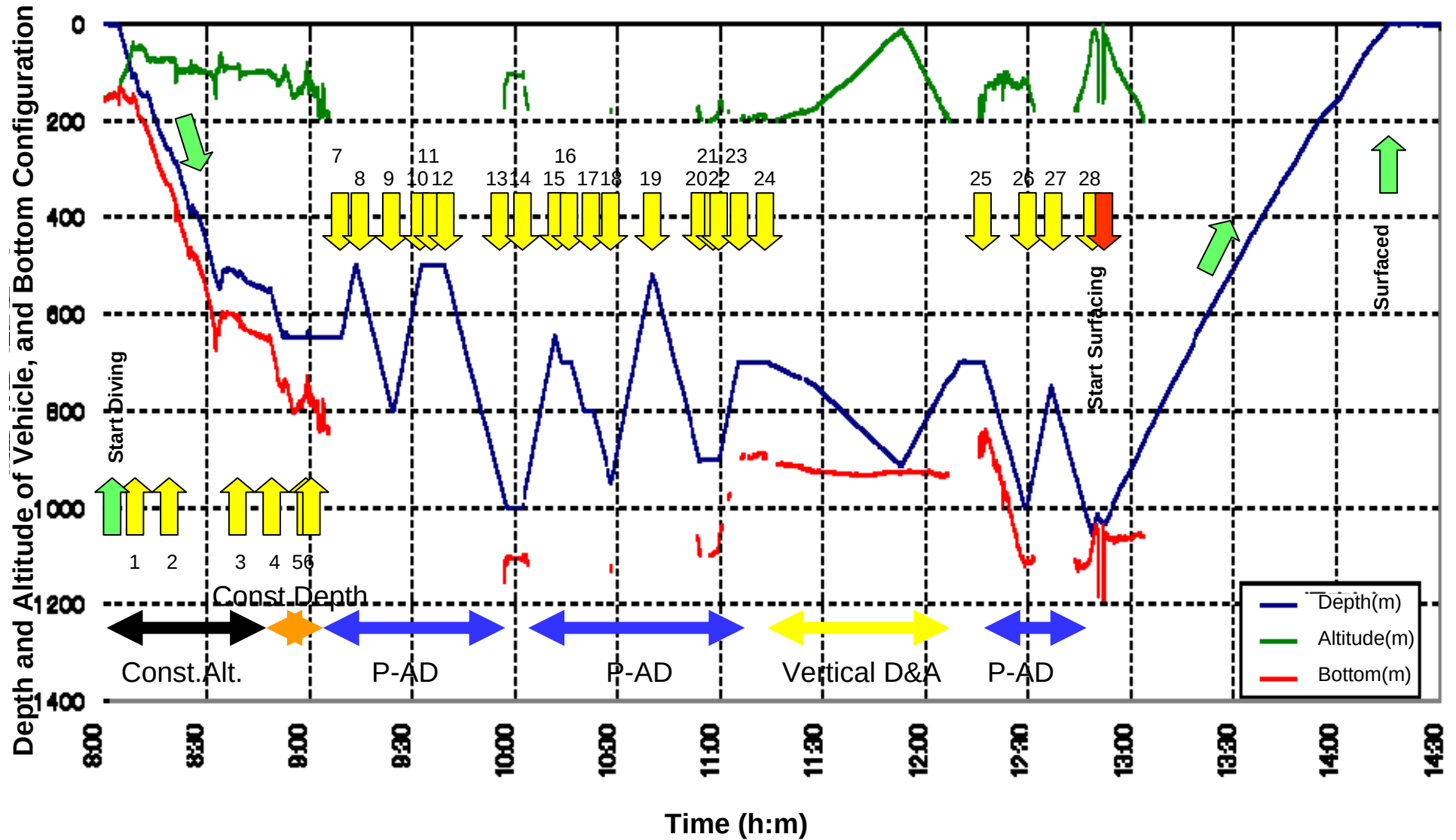
Trajectory of r2D4 in #23Dive August 8, 2005



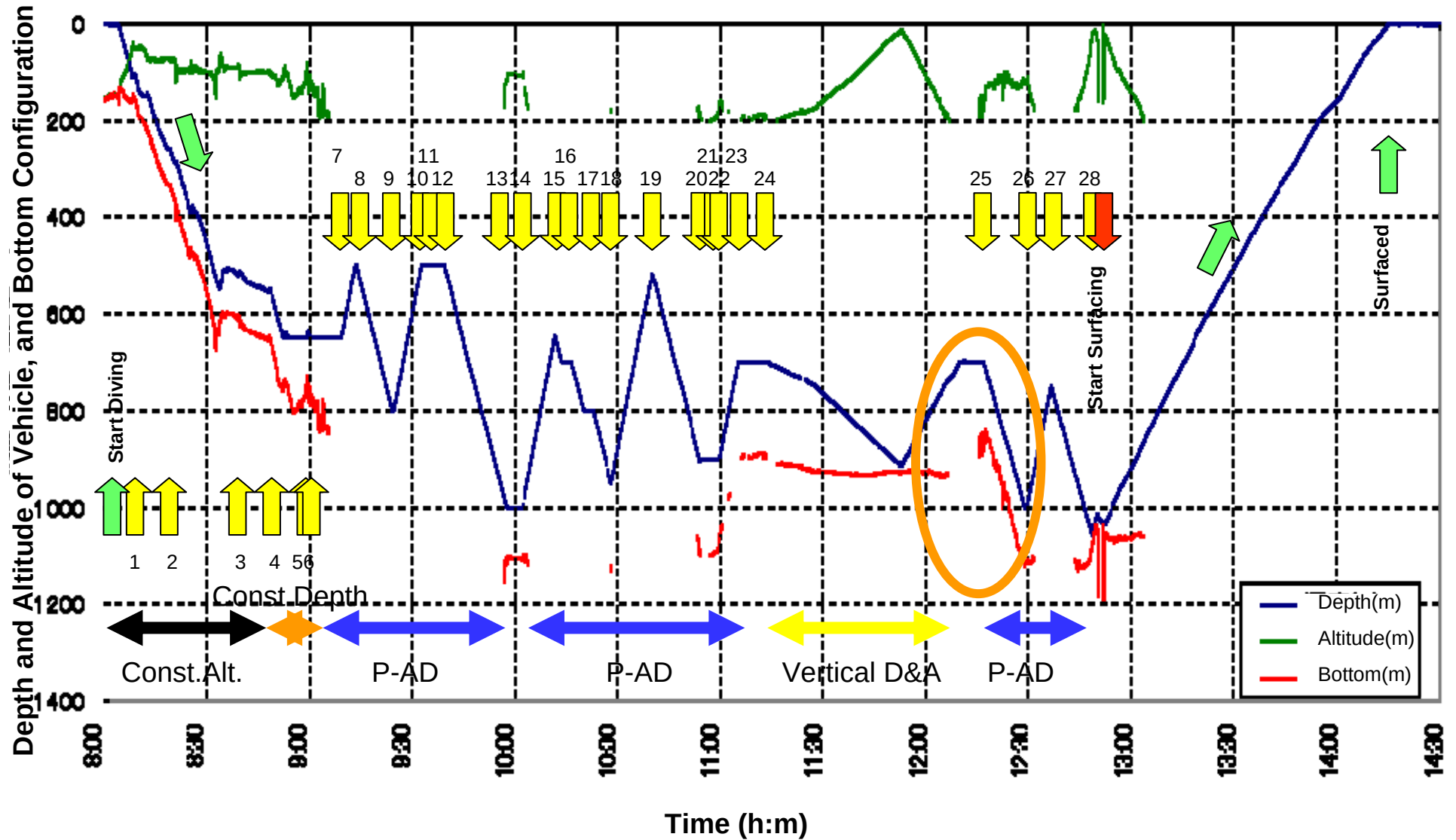
#23Dive

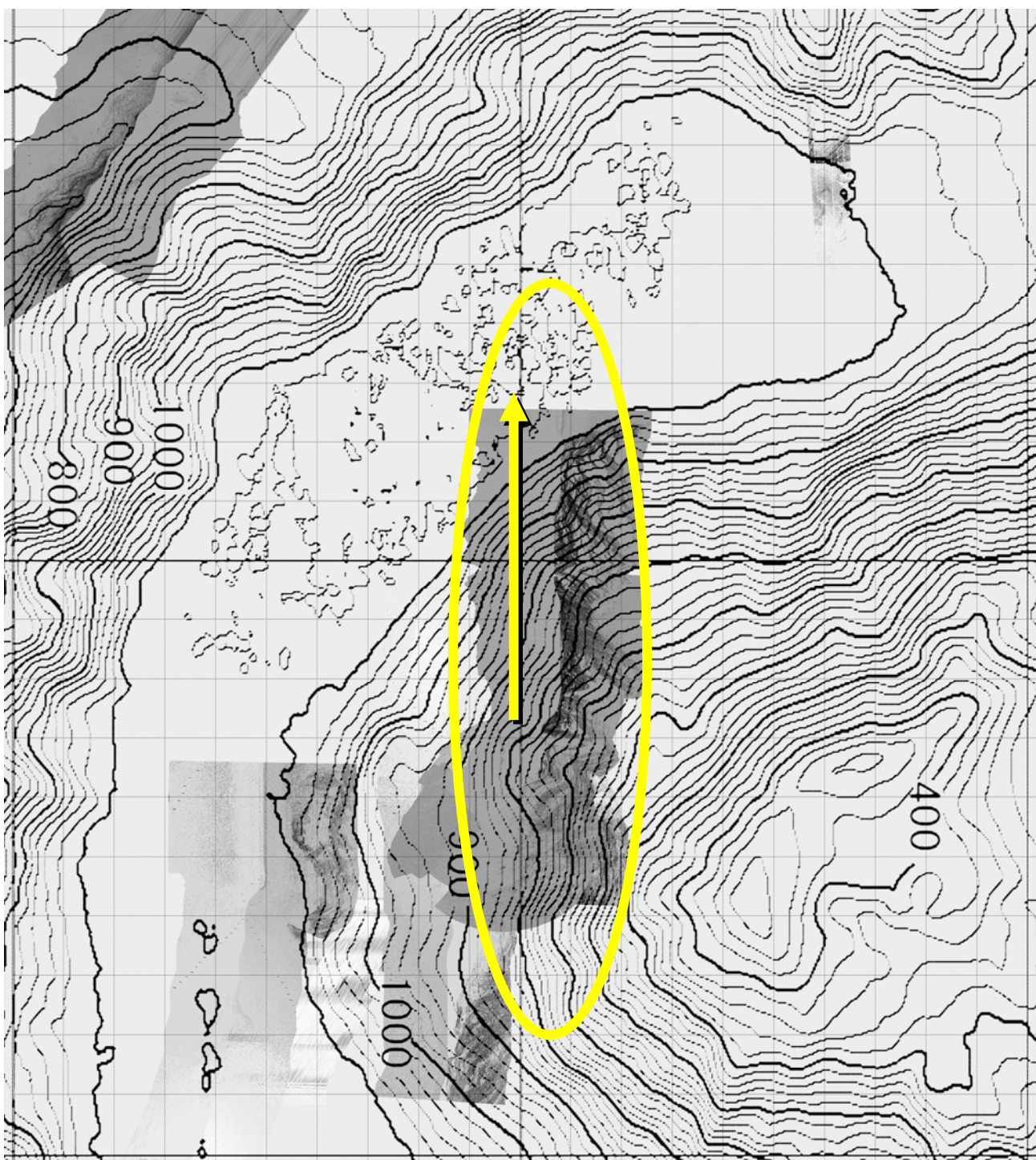


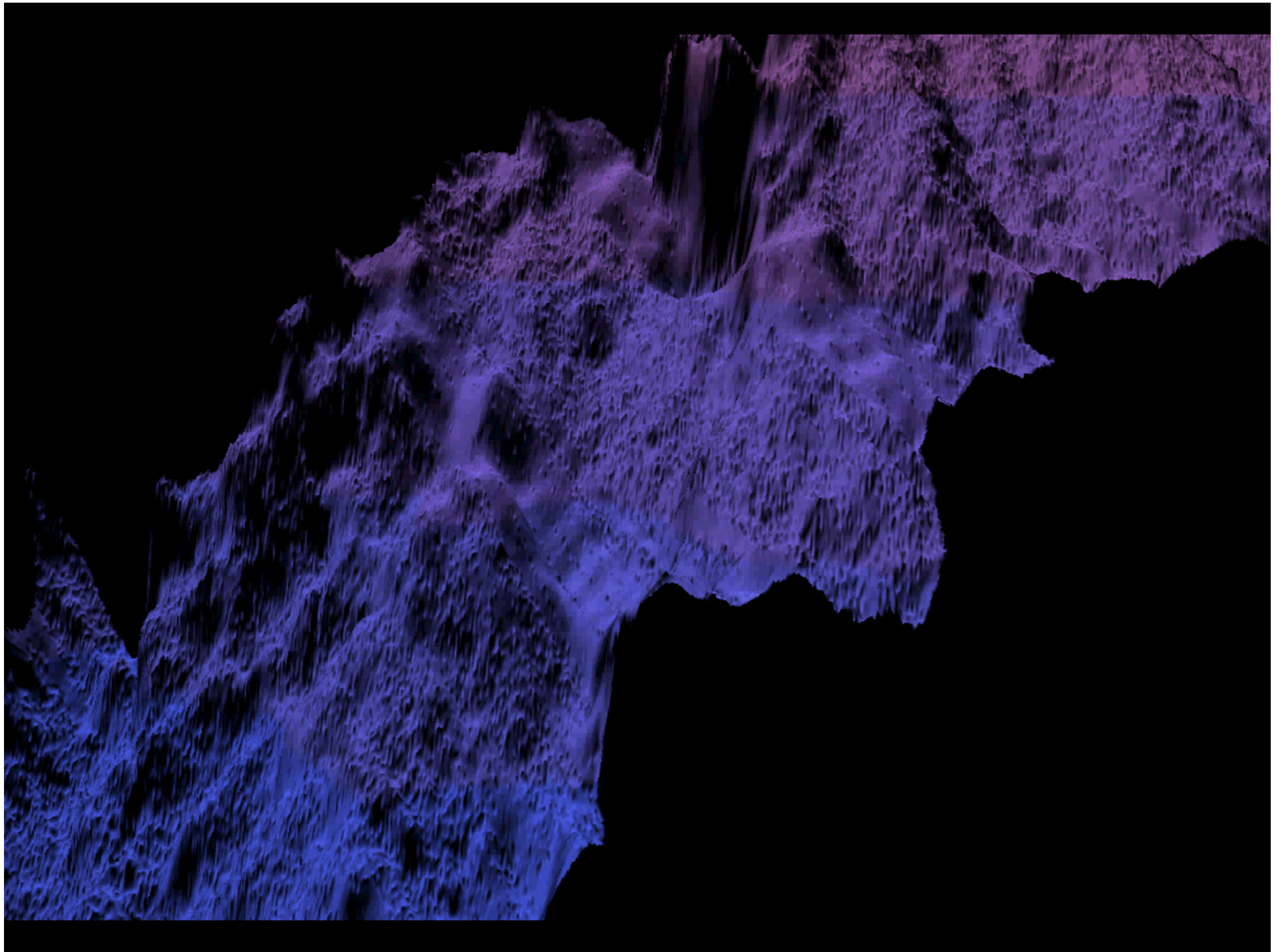
Vertical Profile of Trajectory of r2D4 during #23 Dive at Myojin-sho Crater



Vertical Profile of Trajectory of r2D4 during #23 Dive at Myojin-sho Crater



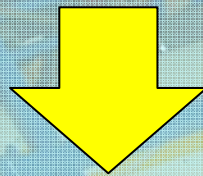




r2D4
August, 2005
After Myojin-sho Dives

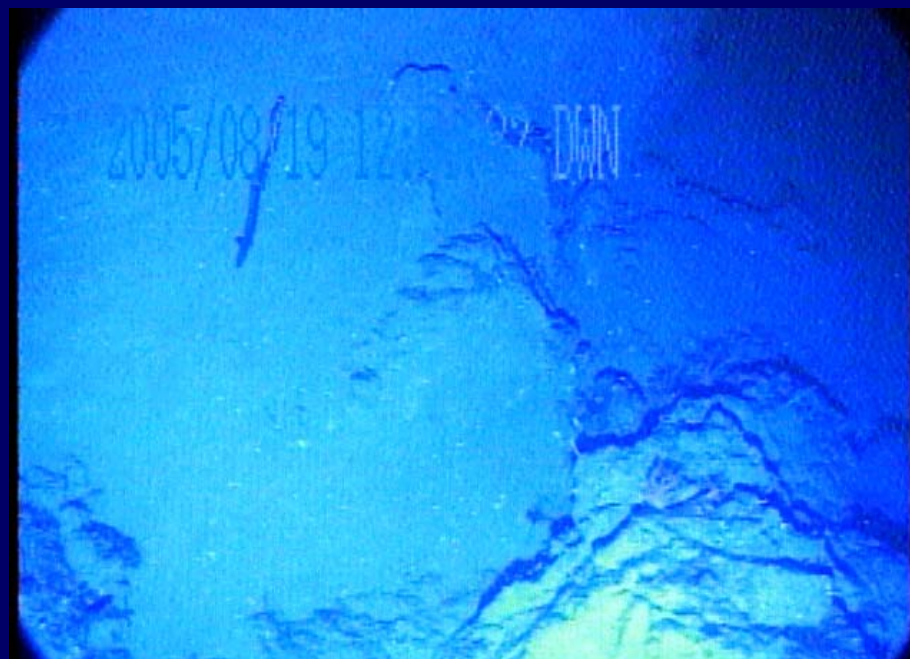


**自律型海中ロボット(AUV)は
活動中の海底火山を
全自動で観測できる技術レベルに達した**



AUVにサンプリングをさせよう

#23潜航で撮影された明神礁カルデラ底



r2D4の次の冒険



プレートテクトニクス
島弧
とうこ

かいこう
海溝
たいへいよう
太平洋

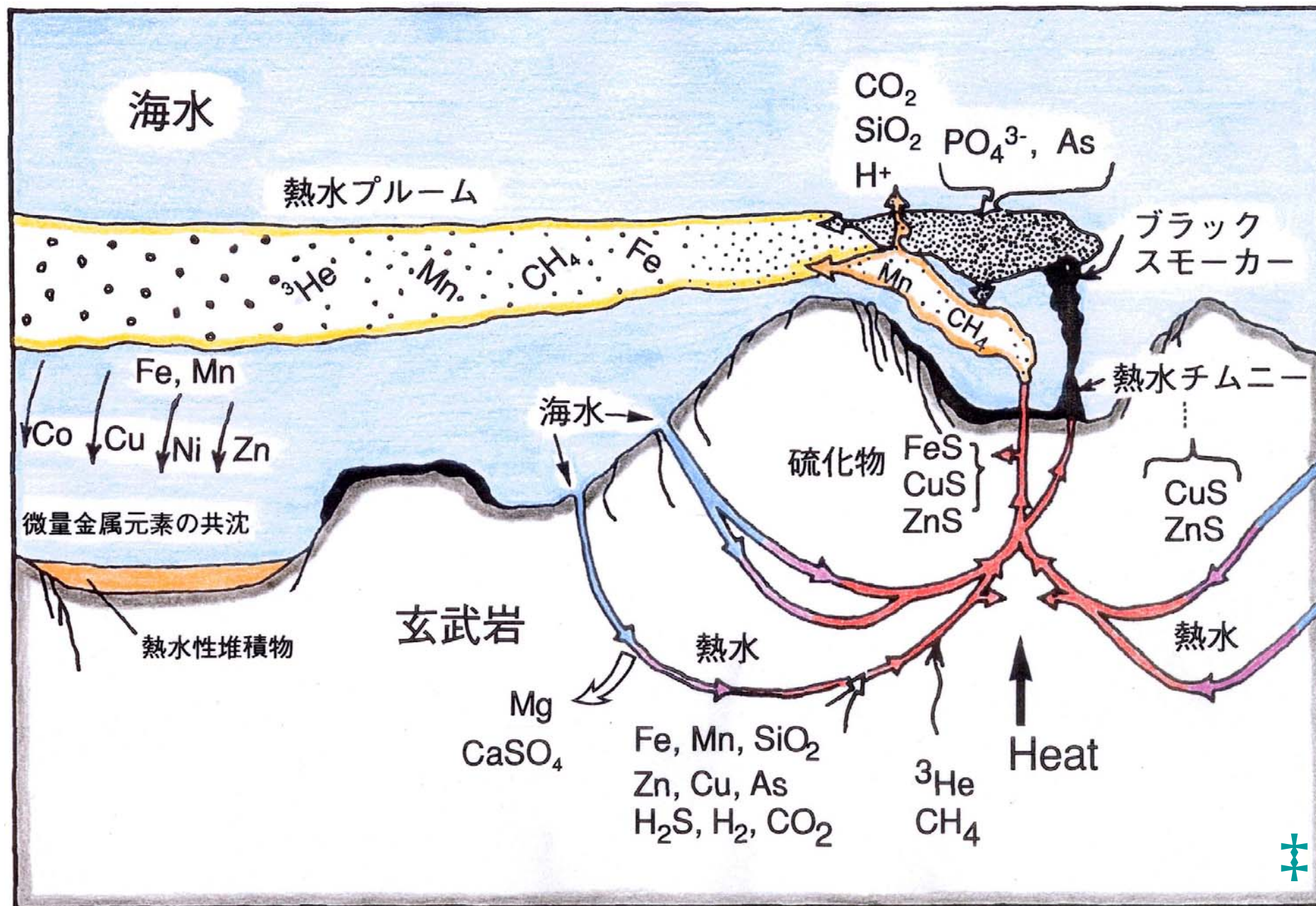
かざんとう
火山島

たいりく
ユーラシア大陸

ひがしたいへいよう
東太平洋
中央海嶺
ちゅうおうかいれい

大西洋中央海嶺
たいせいようちゅうおうかいれい

南アメリカ大陸
たいりく
海溝
かいこう

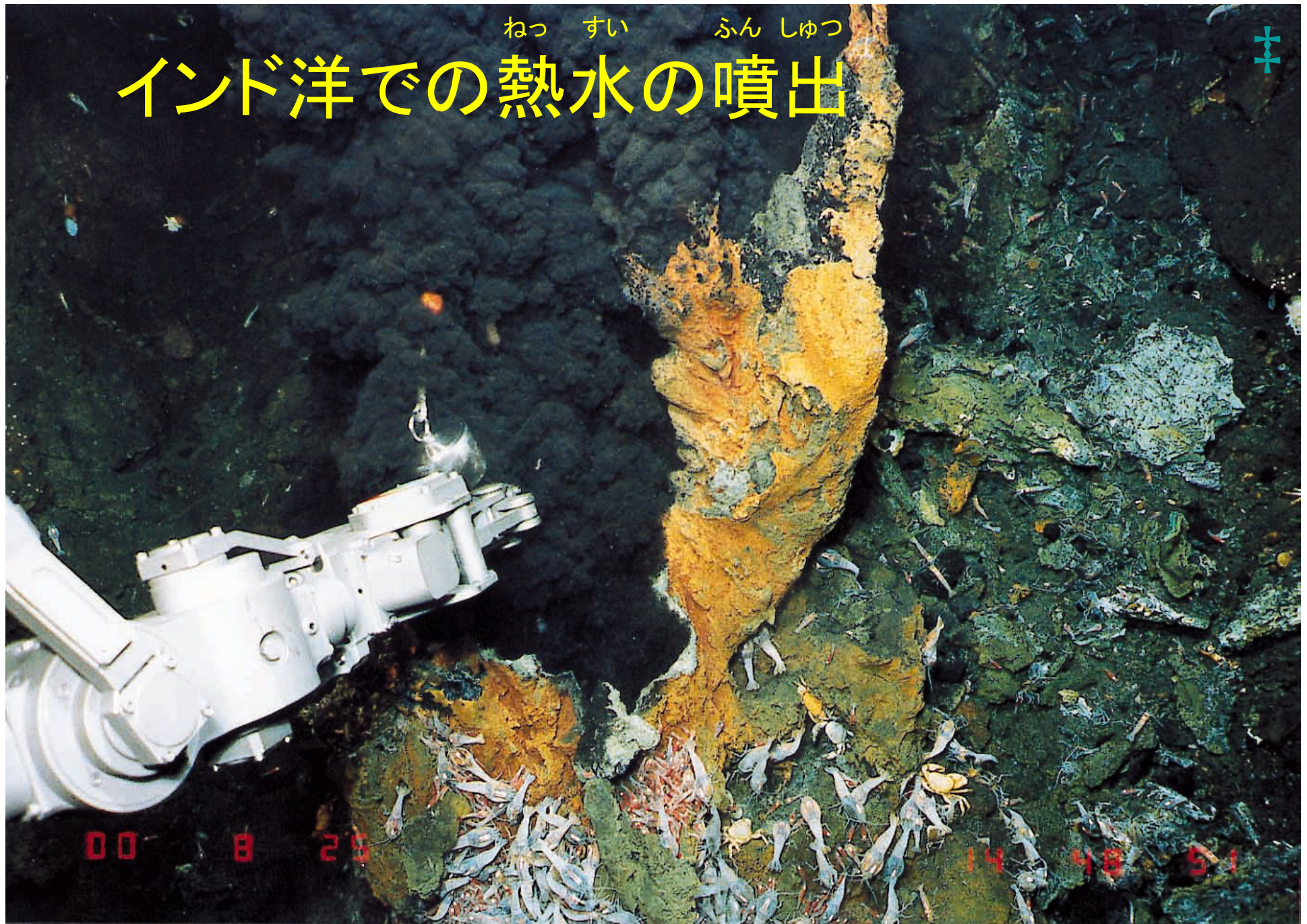


ねっ すい ふん しゅつ
熱水の噴出



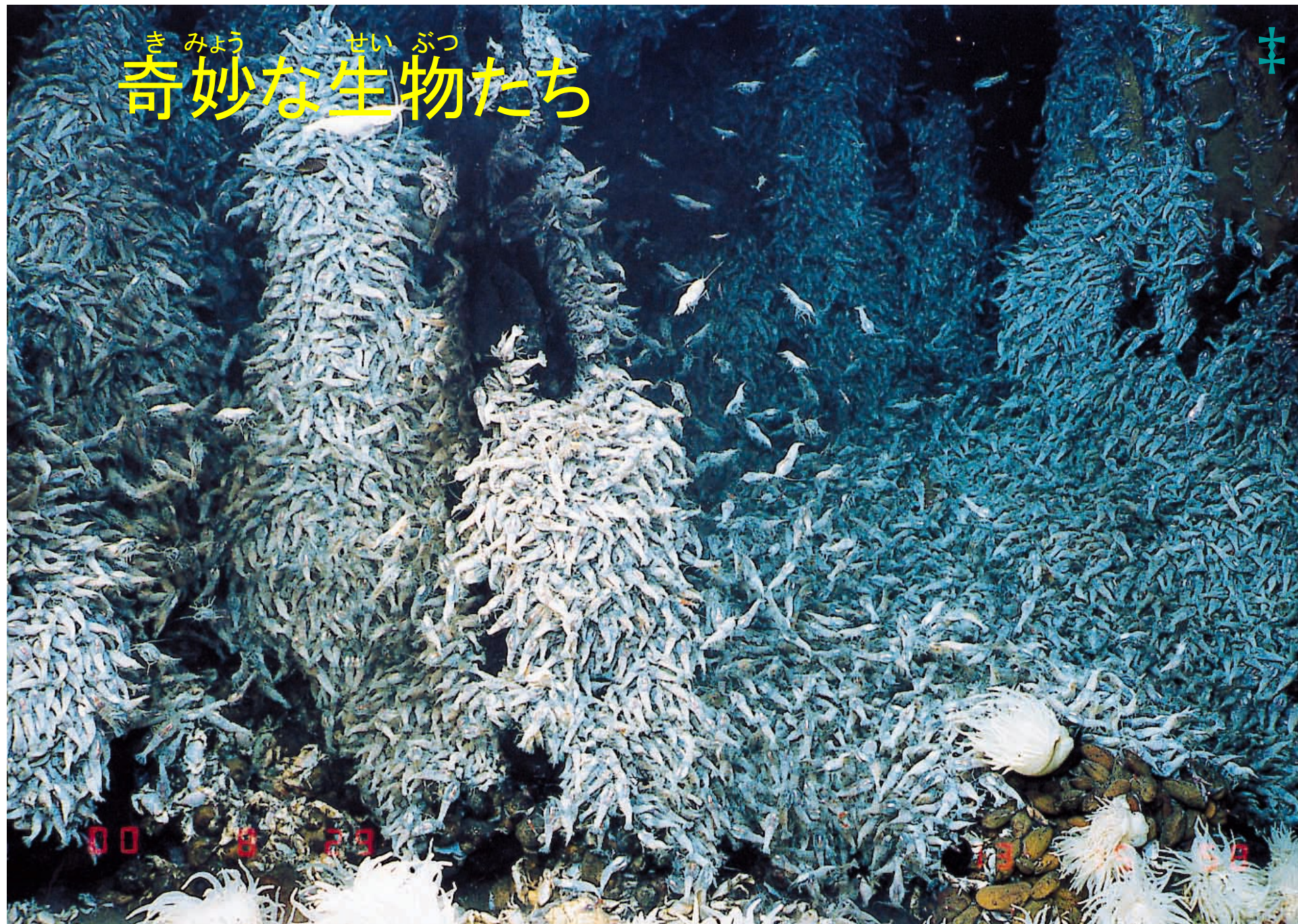
インド洋での熱水の噴出

ねっ すい ふん しゅつ



東京大学海洋研 蒲生研究室より

き みょう せい ぶつ
奇妙な生物たち



東京大学海洋研 蒲生研究室より



き みょう せい ぶつ
奇妙な生物たち

東京大学海洋研 蒲生研究室より



東京大学海洋研 藻生研究室より

ち きゅう じょう 地球上の せい めい 生命はどこで生まれたか

- 宇宙起源
- 浅い海起源
- 深海熱水地帯起源
- 海底地下起源

r2D4の次の冒険



インド洋中央海嶺への潜航 2006年12月