

2014年7月11日

接地工法研究会 講演



# レアアース泥鉱床の発見と 開発への取り組み

藤永 公一郎

東京大学大学院工学系研究科  
エネルギー・資源フロンティアセンター  
特任研究員

# レアアースとは？

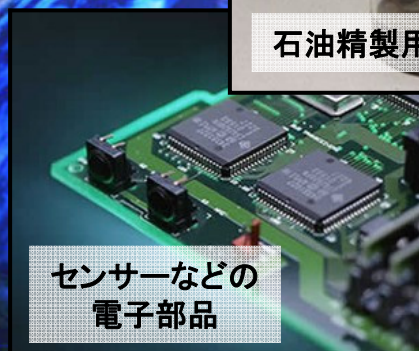
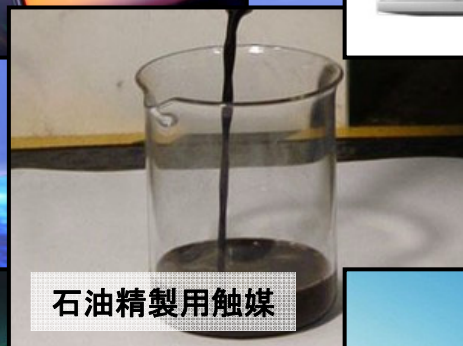
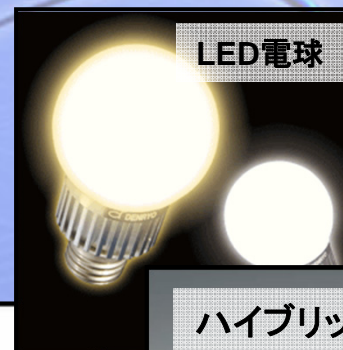
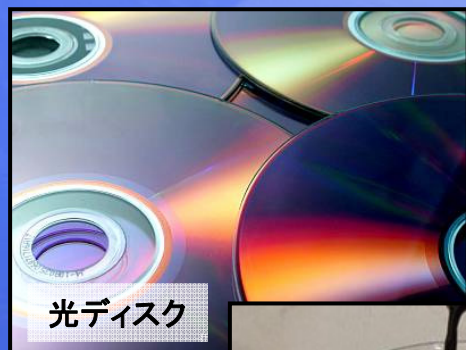
1																		18		
1	1 H 水素																	2 He ヘリウム		
2	3 Li リチウム	4 Be ベリリウム											5 B ホウ素	6 C 炭素	7 N 窒素	8 O 酸素	9 F フッ素	10 Ne ネオン		
3	11 Na ナトリウム	12 Mg マグネシウム											13 Al アルミニウム	14 Si ケイ素	15 P リン	16 S 硫黄	17 Cl 塩素	18 Ar アルゴン		
4	19 K カリウム	20 Ca カルシウム	21 Sc スカンジウム	22 Ti チタン	23 V バナジウム	24 Cr クロム	25 Mn マンガン	26 Fe 鉄	27 Co コバルト	28 Ni ニッケル	29 Cu 銅	30 Zn 亜鉛	31 Ga ガリウム	32 Ge ゲルマニウム	33 As ヒ素	34 Se セレン	35 Br 臭素	36 Kr クリプトン		
5	37 Rb ルビジウム	38 Sr ストロチウム	39 Y イットリウム	40 Zr ジルコニウム	41 Nb ニオブ	42 Mo モリブデン	43 Tc テクネチウム	44 Ru ルチニウム	45 Rh ロジウム	46 Pd パラジウム	47 Ag 銀	48 Cd カドミウム	49 In インジウム	50 Sn スズ	51 Sb アンチモン	52 Te テルル	53 I ヨウ素	54 Xe キセノン		
6	55 Cs セシウム	56 Ba バリウム	57-71 ランタノイド 系列	72 Hf ハフニウム	73 Ta タンタル	74 W タングステン	75 Re レニウム	76 Os オスミウム	77 Ir イリジウム	78 Pt 白金	79 Au 金	80 Hg 水銀	81 Tl タリウム	82 Pb 鉛	83 Bi ビスマス	84 Po ポロニウム	85 At アスタチン	86 Rn ラドン		
7	87 Fr フランシウム	88 Ra ラジウム	89-103 アクチノイド 系列	104 Rf ラザホーニウム	105 Db ドブニウム	106 Sg シーボークニウム	107 Bh ボーリウム	108 Hs ハッシウム	109 Mt マイトネリウム	110 Ds ダームスタチウム	111 Rg レントゲニウム	112 Cn コペルニシウム								

軽レアアース (LREE)														重レアアース (HREE)						
57-71 ランタノイド 系列	57 La ランタン	58 Ce セリウム	59 Pr プラセオジウム	60 Nd ネオジウム	61 Pm プロメチウム	62 Sm サマリウム	63 Eu ユウロピウム	64 Gd ガドリニウム	65 Tb テルビウム	66 Dy ジスプロシウム	67 Ho ホルミウム	68 Er エルビウム	69 Tm ツリウム	70 Yb イットァビウム	71 Lu ルテチウム					
89-103 アクチノイド 系列	89 Ac アクチニウム	90 Th トリウム	91 Pa プロトアクチニウム	92 U ウラン	93 Np ネプツニウム	94 Pu プルトニウム	95 Am アメリシウム	96 Cm キュリウム	97 Bk バークリウム	98 Cf カリホルニウム	99 Es アインスタイニウム	100 Fm フェルミウム	101 Md メンデルビウム	102 No ノーベリウム	103 Lr ローレンシウム					

特にDyやTb, Yb, Yなどの重レアアースが最も重要

# レアアースの用途 —最先端産業のビタミン—



独特な特性(磁氣的・光学的)を持つことから、特に最先端グリーン・テクノロジー(省エネ・エコ技術)や宇宙産業など、我が国の**最先端産業の生命線**である！

# 最新軍事技術に必須なマテリアル

ミサイル誘導・制御システム  
(Nd, Pr, Sm, Dy, Tb)



レーザー照準システム  
(Y, Eu, Tb)



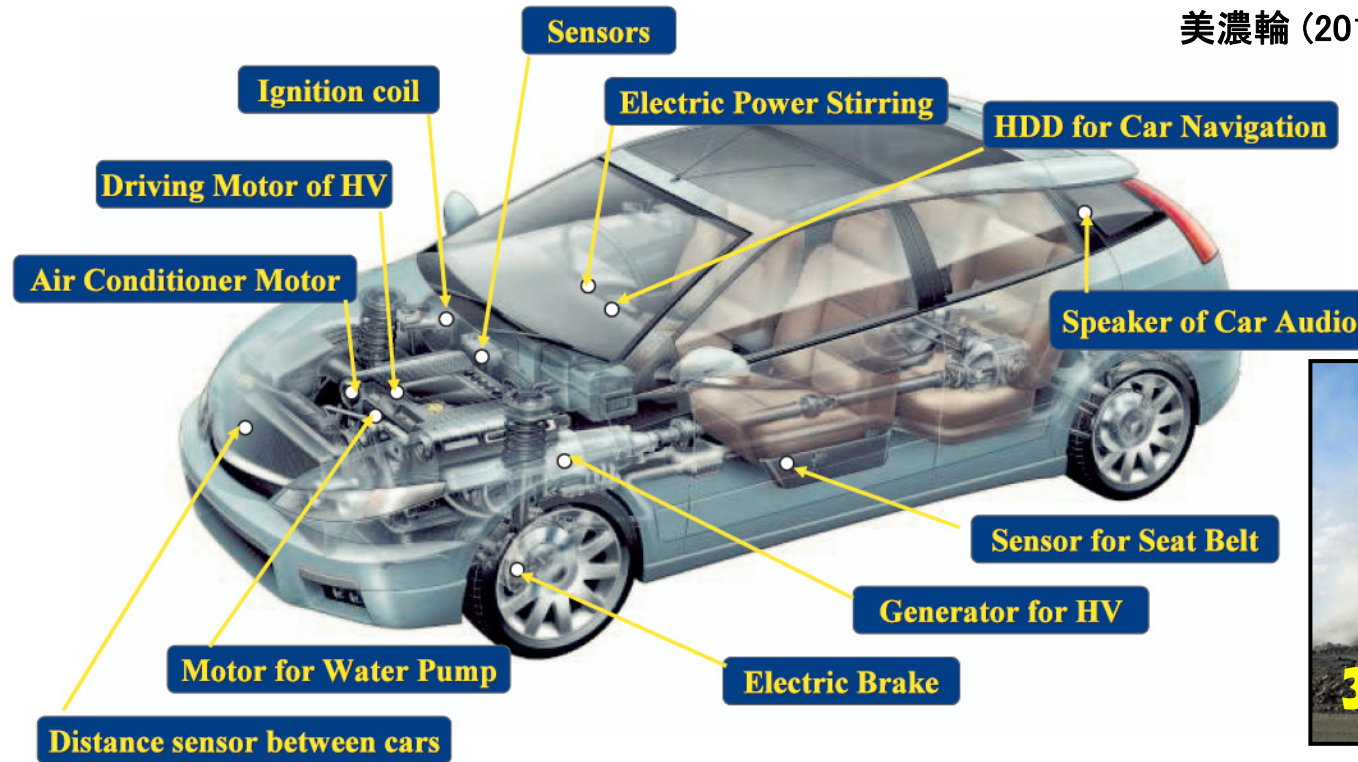
通信システム  
(Nd, Y, La, Lu, Eu)



安全保障の観点からも重要視されている

# ハイブリッドカーに使われるレアアース

美濃輪 (2011)



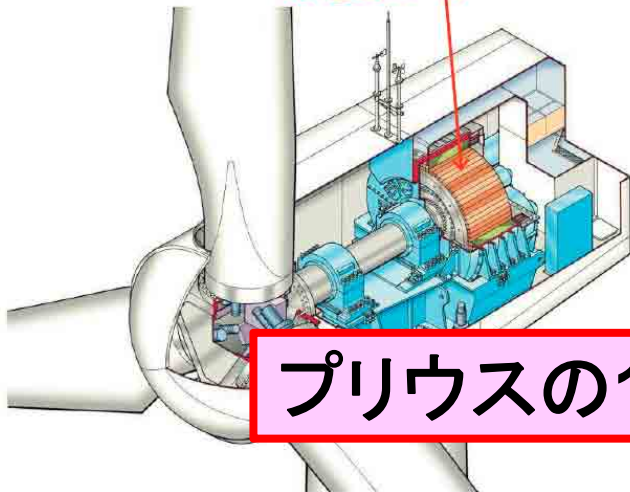
- Fe-Nd-B磁石使用量:  
1.0 kg (プリウス) ~ 1.8 kg (エスティマ)
- Nd使用量 (30%): 300 ~ 540 g
- **Dy使用量 (3 ~ 8 %): 80 ~ 144 g**

**Dyを添加しないと耐熱性が出ない!**



# 風力発電に使われるレアアース

Fe-Nd-B磁石を  
はめ込んだ直径  
4mの発電機ロータ



**プリウスの1,500~2,000台分！**

## 永久磁石式同期発電機(PMSG)風車

- ・重量・体積あたりの発電力が高い
- ・発電機の効率がよい
- ・構造が簡単で、メンテナンスが容易

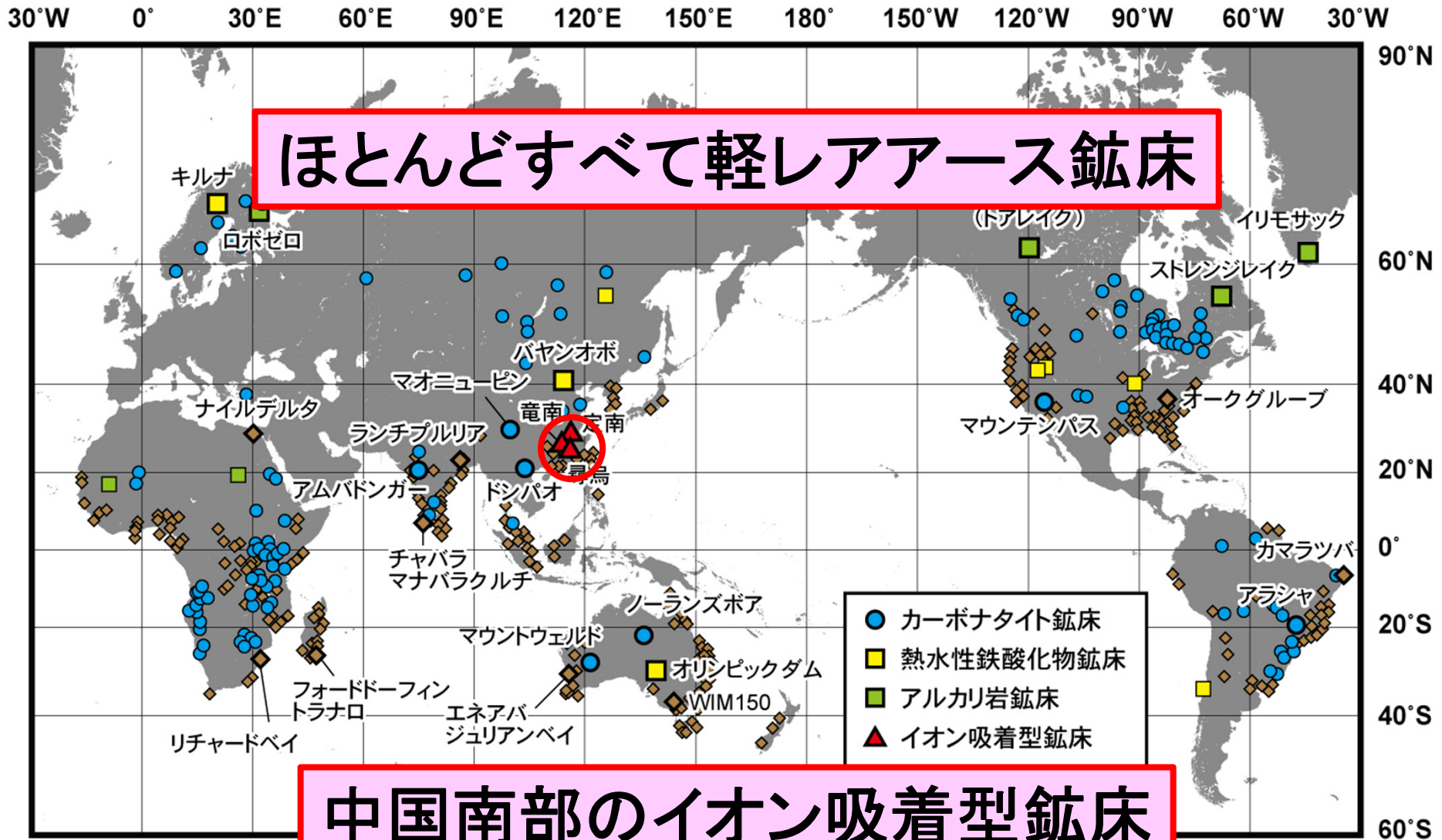
Fe-Nd-B磁石使用量：1台あたり 1.5~2.0 t

- ・Nd使用量 (30%)：450 ~ 600 kg
- ・Dy使用量 (3 ~ 8%)：45 ~ 160 kg



(上田悦紀, 2011産総研オープンラボ資料「グリーンエネルギーの担い手風力発電とレアアース」より)

# 世界のレアアース鉱床の分布



# 陸上レアアース鉱床の諸問題 —放射性元素—



## 軽レアアース鉱床:

軽レアアースを豊富に含むが、同時にトリウムやウランなどの放射性元素にも富む

カーボナタイト

トリウムなどの放射性元素の処理が最大の問題！

熱水変質帯

マグマ

(産総研HPより)

ゼノタイム (YPO<sub>4</sub>)

南鳥島レアアース開発は30年かけても難しい

「だが、なにも水深5000メートルの海底に探しに行かなくてもオーストラリアやカナダには、ゼノタイム鉱石中のディスプロシウムはいくらでもある。」(某経済誌, 2013/3/29)

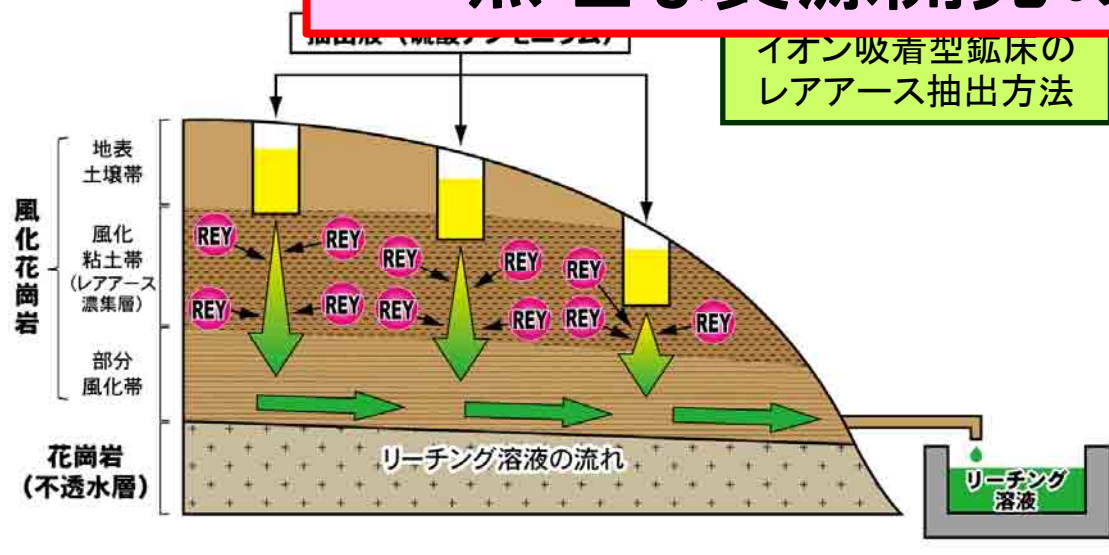
➡ **ゼノタイムは放射性鉱物！**



# 陸上レアアース鉱床の諸問題 — 深刻な環境破壊 —



未回収の酸が河川や田畑に  
流れ込んで、深刻な環境汚染！  
無理な資源開発の典型！

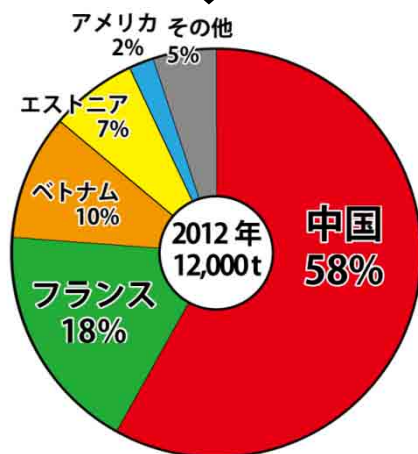
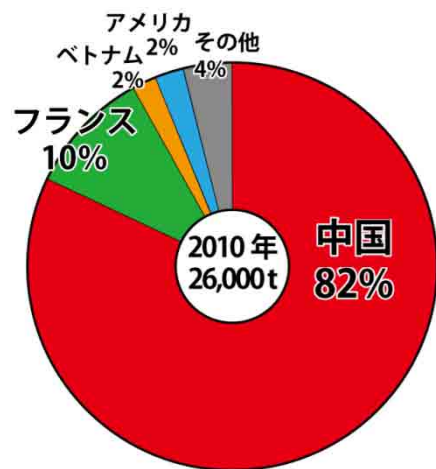


**イオン吸着型鉱床：**  
重レアアースに富むが、  
**山に直接酸を流し込む**  
ため、環境被害が甚大



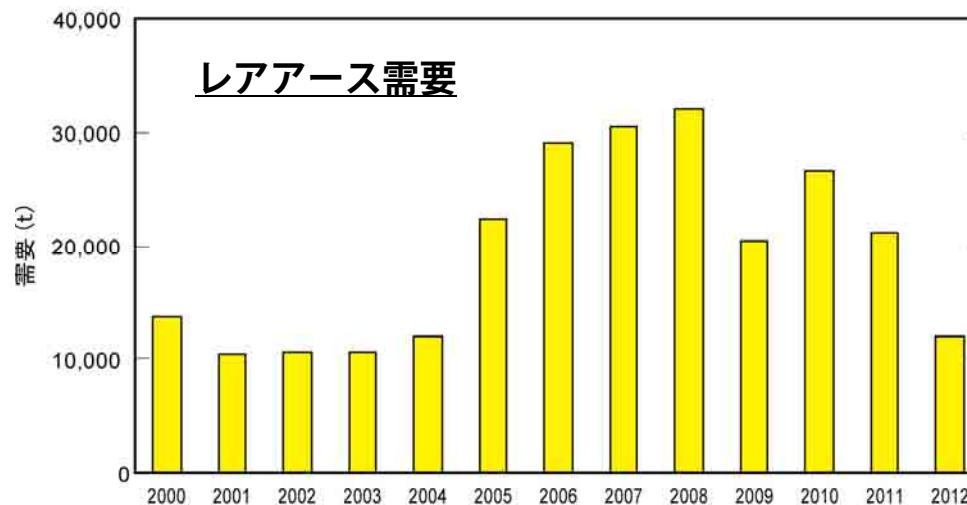
# レアアースの需要・価格の動向

レアアース輸入先



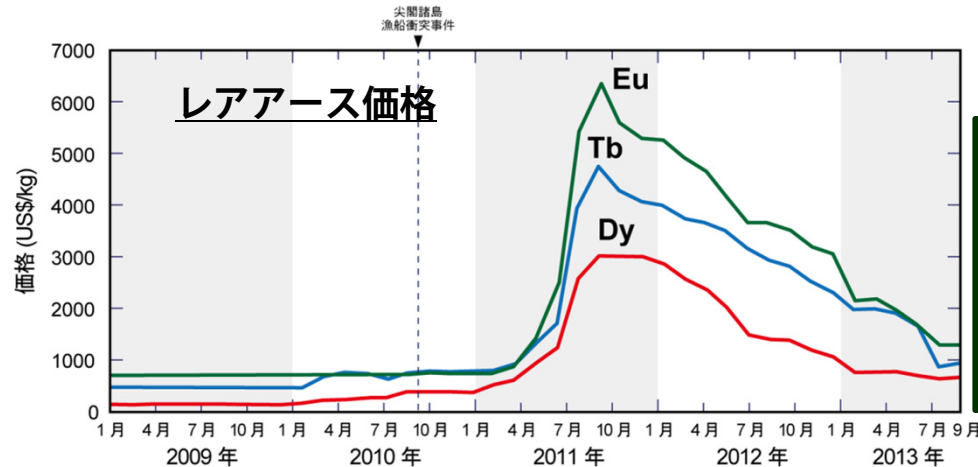
中国からの輸入量が減っているように見えるが、実はフランスやベトナムの原料は中国産！

レアアース需要



2010年のレアアースショック以降、価格高騰と使用量削減で需要は減少。しかし、産業の発展で大幅に需要が増加する可能性

レアアース価格



2011年8月をピークに価格は低下していたが、2013年8月以降、中国の生産統制の影響で価格は上昇傾向にいつつある

中国依存は未だ解消されておらず、中国の政策により価格が再び急騰する恐れ

# 日本のレアアース資源対策

## 2011年度補正予算

- ① 代替材料の開発(120億円)
  - ・・・代替不可能, 削減技術のみ
- ② リサイクル技術の開発(30億円)
  - ・・・La, Ceなど一部のみ
- ③ 海外レアアース鉱山探査と  
権益確保(460億円)
  - ・・・軽レアアース鉱床のみ  
(ベトナム・ドンパオ鉱床)

### いろいろある脱レアアースの取り組み

自動車	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気自動車、ハイブリッド車のモーターにネオジウム、ジスプロシウムを使わない、使用量を減らす、またはリサイクル(愛知製鋼、大同特殊鋼&amp;三菱商事、ホンダ&amp;三菱マテリアルなど)</li> <li>ハイブリッド車のニッケル水素電池で使うランタン、セリウムなどをリサイクル(ホンダ)</li> </ul>
家電	<ul style="list-style-type: none"> <li>エアコンやドラム式洗濯機のモーターに使うネオジウムなどをリサイクル(パナソニックなど)</li> <li>パソコンのハードディスクドライブでジスプロシウムを使わない磁石を開発(TDK)</li> <li>液晶パネル用やハードディスクの研磨剤に使うセリウムをリサイクル(コニカミノルタホールディングス)</li> </ul>
産業用	<ul style="list-style-type: none"> <li>工場のファンやポンプなどに使う産業用モーターで、ネオジウムなどを使わない(日立製作所)</li> <li>金属を削る超硬工具の原料となるレア金属のタングステンリサイクル(住友電工など)</li> <li>産業用機械のモーターに使うジスプロシウムの使用量を減らす、さらには使わない(安川電機)</li> </ul>
輸入	<ul style="list-style-type: none"> <li>インドでランタン、セリウム、ネオジウムなどを精製し、年内にも日本に輸入(豊田通商)</li> <li>カザフスタンからジスプロシウムなどを来年初めにも輸入開始(住友商事)</li> </ul>

脱・中国産レアアース  
廃車から回収・インドから輸入

朝日新聞(2012.9.25)

**輸入**

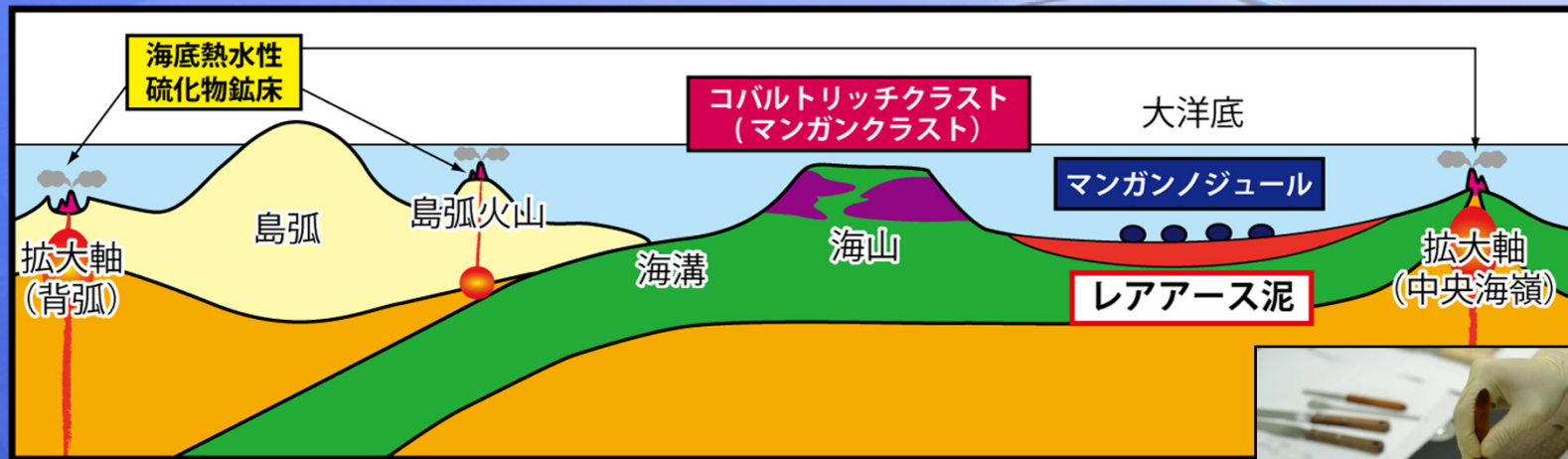
- インドでランタン、セリウム、ネオジウムなどを精製し、年内にも日本に輸入(豊田通商)
- カザフスタンからジスプロシウムなどを来年初めにも輸入開始(住友商事)



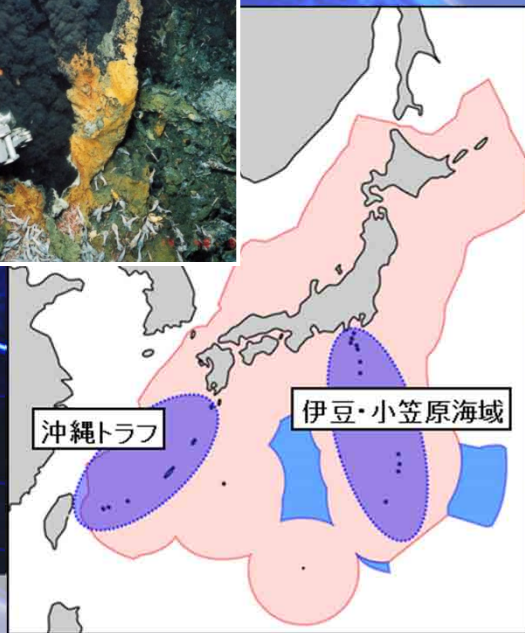
**インド**: 年間4,000トン(日本の需要の1割)を供給.  
**軽レアアース(La, Ce, Nd)のみ**  
**カザフスタン**: 年間1,500トンを供給. **Dyも最大60トンの採掘を目指す**

**新規の重レアアース鉱床の開発が急務**

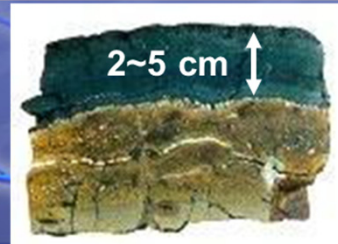
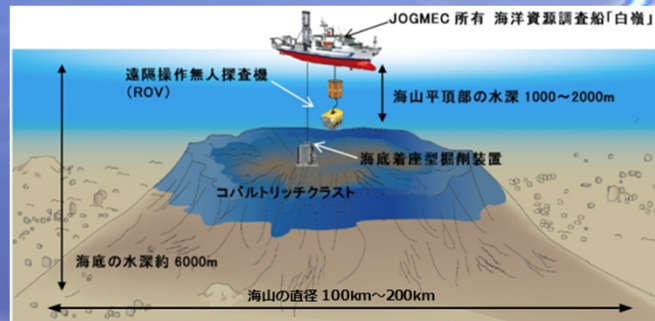
# 新しい海底鉱物資源の発見



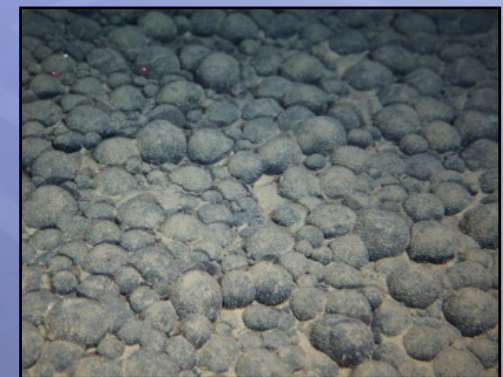
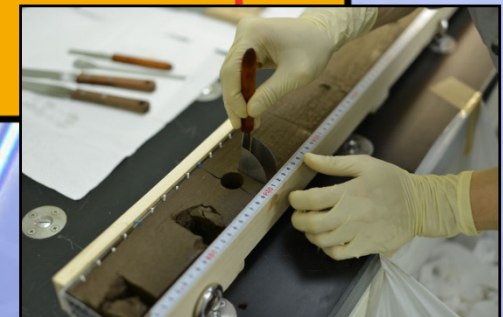
海底熱水性硫化物鉱床



コバルトリッチクラスト



レアアース泥



マンガンノジュール

# 2011年7月4日の各紙朝刊で報道

1 14版 THE YOMIURI SHIMBUN 読賣新聞 2011年(平成23年)7月4日(月)

## 太平洋にレアアース鉱床

### 海底に埋蔵量の100倍 東大グループ発見

【東京4日電】東京大学と東大グループの共同研究チームが、太平洋の海底にレアアースの埋蔵量が地上産出量の100倍に達する巨大な鉱床を発見した。レアアースは先端技術に不可欠な資源で、今回の発見は資源確保に大きく貢献する可能性がある。

レアアースは、スマートフォンや液晶ディスプレイ、高性能磁石などに不可欠な資源で、中国が大半を供給している。資源不足が懸念されている。今回の発見は、太平洋の海底に埋蔵量が地上産出量の100倍に達する巨大な鉱床を発見した。レアアースは先端技術に不可欠な資源で、中国が大半を供給している。資源不足が懸念されている。今回の発見は、太平洋の海底に埋蔵量が地上産出量の100倍に達する巨大な鉱床を発見した。

## 政権奪還 女性首相へ

### 並ぶ 本誌世論調査

【東京4日電】読売新聞の世論調査によると、女性首相の支持率は、男性首相に並ぶ水準に達している。これは、女性リーダーの支持が、従来の男性中心の政治体制に代わって、国民の注目を集めていることを示している。

## 現へ野党は全面協力を

【東京4日電】野党は、菅直人首相の辞任を求め、野田佳太郎氏に政権交代を促している。野党は、菅直人首相の辞任を求め、野田佳太郎氏に政権交代を促している。野党は、菅直人首相の辞任を求め、野田佳太郎氏に政権交代を促している。

1 14版 2011年(平成23年)7月4日(月)

## 太平洋に大量レアアース

### ハワイ・タヒチ周辺 東大など研究チーム

【東京4日電】東京大学と東大グループの研究チームが、太平洋のハワイ・タヒチ周辺にレアアースの埋蔵量が地上産出量の100倍に達する巨大な鉱床を発見した。レアアースは先端技術に不可欠な資源で、中国が大半を供給している。資源不足が懸念されている。今回の発見は、太平洋の海底に埋蔵量が地上産出量の100倍に達する巨大な鉱床を発見した。

## タイシン派、政権奪還へ

### タイ総選挙 過半数占める

【バンコク4日電】タイのタイシン派が、総選挙で過半数の議席を獲得し、政権奪還を果たした。タイシン派は、タイの政治体制を改革し、民主主義を推進することを掲げている。

## 公海の資源は国際管理

【東京4日電】公海の資源は国際的に管理されるべきであるという考えが、国際社会で広まっている。公海の資源は、人類の共通の財産であり、持続可能な形で利用されるべきである。

2011年(平成23年)7月4日(月) 朝日新聞

## 朝日新聞 DIGITAL

朝日新聞のデジタル版は、スマートフォンやタブレット端末で読むことができます。朝日新聞のデジタル版は、スマートフォンやタブレット端末で読むことができます。

朝日新聞	10冊
朝日新聞DIGITAL	10冊
朝日新聞DIGITAL(月額)	10冊

1 14版 日本経済新聞 2011年(平成23年)7月4日(月)

## 景気、重荷抱え再浮揚

### 電力不足・政治に懸念 生産震災前の水準に

【東京4日電】日本経済は、電力不足と政治的不安定さの影響を受け、回復のペースが遅れている。景気は、重荷を抱え再浮揚している。電力不足と政治的不安定さは、景気の回復を妨げている。

## レアアース巨大鉱床

### 太平洋、陸の1000倍 東大など推定

【東京4日電】東京大学と東大グループの研究チームが、太平洋の海底にレアアースの埋蔵量が地上産出量の1000倍に達する巨大な鉱床を発見した。レアアースは先端技術に不可欠な資源で、中国が大半を供給している。資源不足が懸念されている。今回の発見は、太平洋の海底に埋蔵量が地上産出量の1000倍に達する巨大な鉱床を発見した。

## タイ、政権交代へ

### インラック氏初の女性首相

【バンコク4日電】タイのタイシン派が、総選挙で過半数の議席を獲得し、政権交代を果たした。タイシン派のインラック氏は、タイ初の女性首相となる。

2011年(平成23年)7月4日(月) 日本経済新聞

## タイシン派、政権奪還へ

### タイ総選挙 過半数占める

【バンコク4日電】タイのタイシン派が、総選挙で過半数の議席を獲得し、政権奪還を果たした。タイシン派は、タイの政治体制を改革し、民主主義を推進することを掲げている。

## 公海の資源は国際管理

【東京4日電】公海の資源は国際的に管理されるべきであるという考えが、国際社会で広まっている。公海の資源は、人類の共通の財産であり、持続可能な形で利用されるべきである。

## 価格、5月下旬から高騰

【東京4日電】原油価格は、5月下旬から高騰している。これは、中東情勢の悪化と、需要の増加によるものである。

## 電力不足・政治に懸念

【東京4日電】電力不足と政治的不安定さは、景気の回復を妨げている。電力不足と政治的不安定さは、景気の回復を妨げている。

## 生産震災前の水準に

【東京4日電】日本の生産量は、震災前の水準に回復している。これは、景気の回復を示している。

# 海外の主要報道機関でもニュースに

REUTERS EDITION: U.S. Register Sign In Search News & Quotes

Home Business Markets World Politics Technology Opinion Money Life & Culture Pictures Video

**WE HAVE THE TECHNOLOGY.**

ARTICLE COMMENTS (20)

**Tackling the challenges of sustainable transport**  
Getting ahead of tomorrow's smarter mobility challenges – have your say now and join the Shell forum by clicking on the link below.  
Have your say - click here >

**Huge rare earth deposits found in Pacific: Japan experts**

おすすめ 700人がおすすめです。Facebookにアカウント登録して、友達のおすめを見てみましょう。



Tweet 130  
Share 29  
Share this  
11  
Email  
Print

MORE REUTERS RESULTS FOR: "huge rare earth deposits found in pacific japan experts"

UPDATE 1: Huge rare earth deposits found in Pacific

**Ocean floor muddies China's grip on '21st-century gold'**  
By Richard Ingham (AFP) – 1 day ago

PARIS — China's monopoly over rare-earth metals could be challenged by the discovery of massive deposits of these hi-tech minerals in mud on the Pacific floor, a study on Sunday suggests.

China accounts for 97 percent of the world's production of 17 rare-earth elements, which are essential for electric cars, flat-screen TVs, iPods, superconducting magnets, lasers, missiles, night-vision goggles, wind turbines and many other advanced products.

These elements carry exotic names such as neodymium, promethium and yttrium but in spite of their "rare-earth" tag are in fact abundant in the planet's crust.

The problem, though, is that land deposits of them are thin and scattered around, so sites which are commercially exploitable or not subject to tough environment restrictions are few.

As a result, the 17 elements have sometimes been dubbed "21st-century gold" for their rarity and value.

Production of them is almost entirely centred on China, which also has a third of the world's reserves. Another third is held together by former Soviet republics, the United States and Australia.

But a new study, published in the journal *Nature Geoscience*, points to an extraordinary concentration of rare-earth elements in thick mud at great depths on the Pacific floor.

Japanese geologists studied samples from 78 sites covering a major portion of the centre-eastern Pacific between 120 and 180 degrees longitude.

Drills extracted sedimentary cores to depths that in place were more than 50 metres (165 feet) below the sea bed.

More than 2,000 of these cores were chemically tested for content in rare-earth elements.

The scientists found rich deposits in samples taken more than 2,000 kilometres (1,200 miles) from the Pacific's mid-ocean ridges.

**AFP**



A worker walks past waste being processed at a privately-owned rare earths factory in Inner Mongolia (AFP/File, Frederic J. Brown)

**Map**



Tuesday, July 5, 2011 As of 12:00 AM

THE WALL STREET JOURNAL. ASIA TECHNOLOGY

GET 2 WEEKS FREE SUBSCRIBE NOW

Asia Edition Home Today's Paper Video Blogs Journal Community

World Asia Hong Kong China India Japan Business Markets Tech Life & Style Real Estate Jobs Opinion

Digits Personal Technology All Things Digital What They Know The Mossberg Solutions

TOP STORIES IN Technology  
Board Aim s to  
AT&T Fire s  
Google Paid \$125  
Hacking Targ ets


ASIA TECHNOLOGY | JULY 5, 2011

**Rare-Earth Minerals Are Found on Pacific Ocean Floor**

Article Video Stock Quotes Comments (41) MORE IN TECH >

Email Print Save Like 203 +1 0 Tweet 285

By DENNY KURIEN



BBC Mobile News Sport Weather Travel TV Radio More Search BBC News

**NEWS ASIA-PACIFIC**

Home UK Africa Asia-Pac Europe Latin America Mid-East South Asia US & Canada Business Health Sci/Environment Tech Entertainment Video

4 July 2011 Last updated at 04:58 GMT 2,963 Shares

**Japan finds rare earths in Pacific seabed**

Japanese researchers say they have discovered vast deposits of rare earth minerals, used in many hi-tech appliances, in the seabed.

The geologists estimate that there are about a 100bn tons of the rare elements in the mud of the Pacific Ocean floor.

At present, China produces 97% of the world's rare earth metals.

Analysts say the Pacific discovery could challenge China's dominance. If recovering the minerals from the seabed proves commercially viable.

The **British journal Nature Geoscience** reported that a team of scientists led by Yasuhiro Kato, an associate professor of earth science at the University of Tokyo, found the minerals in sea mud at 78 locations.

"The deposits have a heavy concentration of rare earths. Just one square kilometre (0.4 square mile) of deposits will be able to provide one-fifth of the current global annual consumption," said Yasuhiro Kato, an associate professor of earth science at the University of Tokyo.

The number of seabed mining applications is a growing focus for environmentalists' concern.

**Related Stories**

- Seabed mining on Pacific agenda
- Japan seeks new options on rare earths
- UN in Malaysia rare-earth inquiry

**Top Stories**

- Obama offers 9/11 message of hope
- Australia to pursue migrant swaps
- Gaddafi's son 'arrives in Niger'
- Japan names Edano trade minister
- Guatemala votes for new president

**Features & Analysis**

- In pictures**  
Farmers in quake-hit Miyagi struggle to reclaim their land
- Rats to riches**  
Grotty Moroccan town cleaned by culture
- Vintage 80s**  
The changing streets of London through a lens
- White heat**  
New models go on display at the Frankfurt motor show

# 英国科学誌「Nature Geoscience」に掲載



nature  
geoscience

LETTERS

PUBLISHED ONLINE: 3 JULY 2011 | DOI: 10.1038/NNGEO1185

## Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements

Yasuhiro Kato<sup>1\*</sup>, Koichiro Fujinaga<sup>1</sup>, Kentaro Nakamura<sup>2</sup>, Yutaro Takaya<sup>1</sup>, Kenichi Kitamura<sup>1</sup>, Junichiro Ohta<sup>1</sup>, Ryuichi Toda<sup>1</sup>, Takuya Nakashima<sup>1</sup> and Hikaru Iwamori<sup>3</sup>

**World demand for rare-earth elements and the metal yttrium—which are crucial for novel electronic equipment and green-energy technologies—is increasing rapidly<sup>1–3</sup>. Several types of seafloor sediment harbour high concentrations of these elements<sup>4–7</sup>. However, seafloor sediments have not been regarded as a rare-earth element and yttrium resource, because data on the spatial distribution of these deposits are insufficient. Here, we report measurements of the elemental composition of over 2,000 seafloor sediments, sampled at depth intervals of around one metre, at 78 sites that cover a large part of the Pacific Ocean. We show that deep-sea mud contains high concentrations of rare-earth elements and yttrium at numerous sites throughout the eastern South and central North Pacific. We estimate that an area of just one square kilometre, surrounding one of the sampling sites, could provide one-fifth of the current annual world consumption of these elements. Uptake of rare-earth elements and yttrium by mineral phases such as hydrothermal iron-oxhydroxides and phillipsite seems to be responsible for their high concentration. We show that rare-earth elements and yttrium are readily recovered from the mud by simple acid leaching, and suggest that deep-sea mud constitutes a highly promising huge resource for these elements.**

At present, 97% of the world's production of rare-earth elements and yttrium (REY) is accounted for by China, although China has only one-third of global reserves and the Commonwealth of Independent States, the United States, and Australia together have another one-third of reserves<sup>8</sup>. China's dominance pertains to heavy rare-earth elements (HREE; conventionally Gd to Lu, but Eu is included here), which are especially important materials for high-technology products including electric automobiles and flat-screen televisions<sup>9</sup>. HREE reserves are almost all in ion-absorption-type ore deposits in southern China, whereas light REE (LREE) can be obtained from carbonatite/alkaline igneous complexes in other countries<sup>1–3</sup>. We report here the great potential of deep-sea REY-rich mud in the Pacific Ocean as a new mineral resource for REY, especially HREE, because the mud commonly has a higher HREE/LREE ratio than the southern China ion-absorption-type deposits, as described below.

We studied drill core samples from 51 sites obtained by the Deep Sea Drilling Project/Ocean Drilling Program (DSDP/ODP) and piston core samples from 27 sites obtained by the Ocean Research Institute, the University of Tokyo (Supplementary Table S1), which cover a major portion of the Pacific Ocean (Fig. 1). Many of the DSDP/ODP holes penetrated a depth greater than 50 m below seafloor (mbsf), whereas most of the University of Tokyo piston

cores are ~10 m long and some are less than 3 m long (Fig. 2 and Supplementary Fig. S1). We measured chemical compositions of 2,037 bulk-sediment samples to evaluate the potential of seafloor sediment as a REY resource (Supplementary Data S1 and also see Methods).

REY-rich mud (generally metalliferous sediment, zeolitic clay, and pelagic red clay in lithology) is mainly distributed in two regions: the eastern South Pacific and central North Pacific (Fig. 1). In the eastern South Pacific (5°–20° S, 90°–150° W), the REY-rich mud has high REY contents, 1,000–2,230 ppm total REY ( $\Sigma$ REY) and 200–430 ppm total HREE ( $\Sigma$ HREE). REY contents of the mud are comparable to or greater than those of the southern China ion-absorption-type deposits ( $\Sigma$ REY = 500–2,000 ppm;  $\Sigma$ HREE = 50–200 ppm; refs 9,10); notably, the HREE are nearly twice as abundant as in the Chinese deposits. The core profiles reveal that the REY-rich mud has accumulated to thicknesses of ~10 m at Sites 76 and 319 (Figs 2b, 3 and Supplementary Fig. S1). The REY-rich mud lies at the surface and is less than 3 m thick at Sites 75 and 597, although the average REY contents there are very high ( $\Sigma$ REY = 1,530 ppm at Site 75 and 1,630 ppm at Site 597; Supplementary Table S2 and Fig. 3). At Site 596, ~2,000 km west of these areas, high- $\Sigma$ REY mud (2,110 ppm maximum, 1,110 ppm average) occurs in a layer ~40 m thick below 13.5 mbsf, whereas the surface sediment has  $\Sigma$ REY contents of less than 250 ppm (Figs 2b and 3; Supplementary Fig. S1).

The REY-rich mud in the North Pacific east and west of the Hawaiian Islands (3–20° N, 130° W–170° E; Fig. 1) has moderate REY contents ( $\Sigma$ REY = 400–1,000 ppm,  $\Sigma$ HREE = 70–180 ppm). Deposits in this region are much thicker than those of the eastern South Pacific, mostly >30 m and locally >70 m (for example, Site 1222; Figs 2a, 3 and Supplementary Fig. S1). Cores from east of the Hawaiian Islands commonly show broad peaks of REY content that extend deeper than ~10 mbsf (for example, Sites 1215–1218; Figs 2a, 3 and Supplementary Fig. S1). West of the Hawaiian Islands, some cores have relatively high  $\Sigma$ REY contents, ranging from 680 to 1,130 ppm (Sites 68 and 170). Although the cores are relatively short (less than ~20 m) in the western area, the thickness of the REY-rich mud is probably comparable to that in the eastern area, considering its presence deeper than ~40 mbsf at Sites 164 and 168 (Fig. 2a and Supplementary Fig. S1).

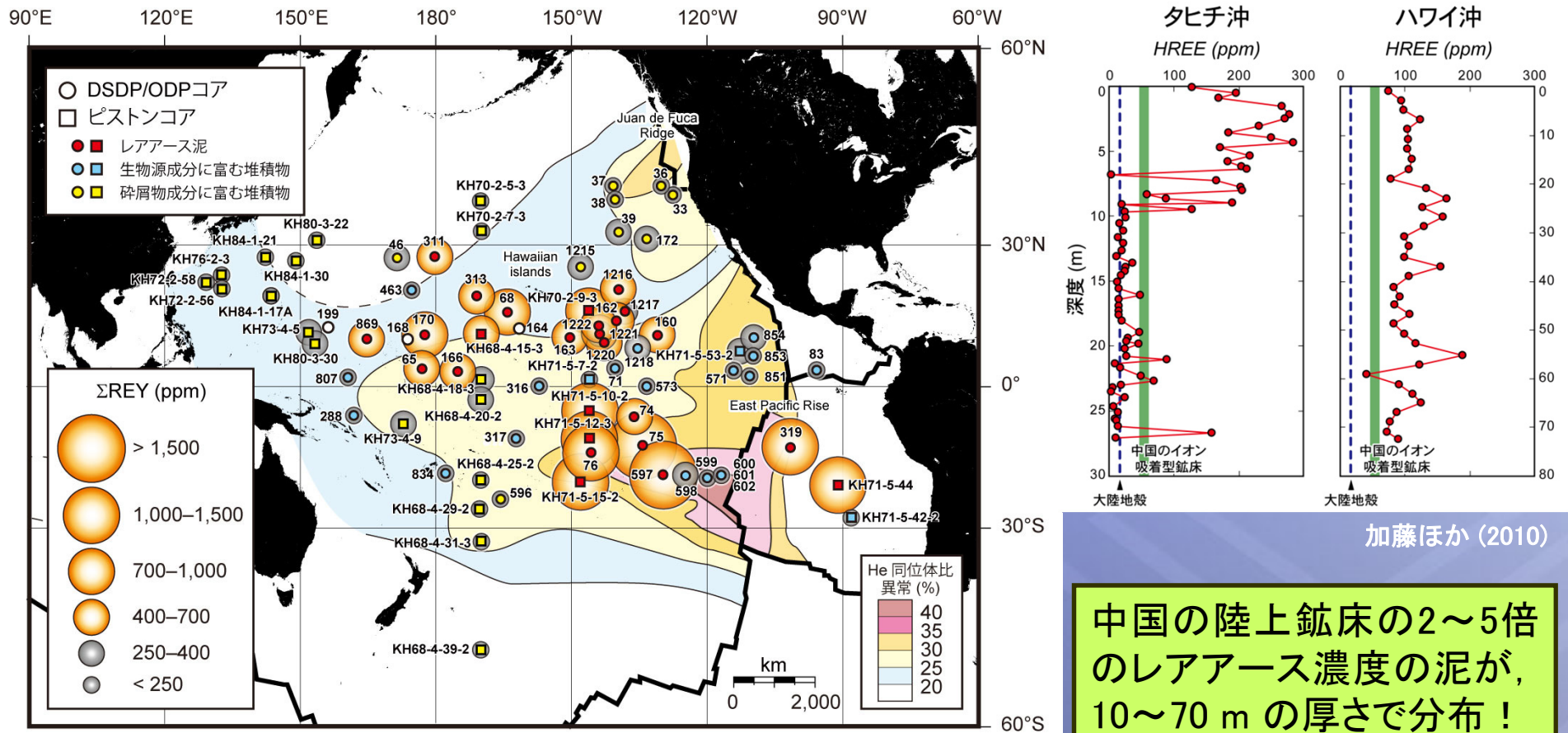
REY-rich mud with moderate REY content is also found in the northeast Pacific, west of the Juan de Fuca Ridge, generally between 5 and 40 mbsf (Fig. 2c and Supplementary Fig. S1). The cores from Sites 33 and 36 contain significant amounts of terrigenous material and have low REY contents, which suggests that these

<sup>1</sup>Department of Systems Innovation, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan, <sup>2</sup>Precambrian Ecosystem Laboratory (PEL), Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2-15 Natsushima, Yokosuka, Kanagawa 237-0061, Japan, <sup>3</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8551, Japan. \*e-mail: ykato@sys.t.u-tokyo.ac.jp



# “レアアース泥”の特長

## 1. レアアース(特に重レアアース)含有量が高い

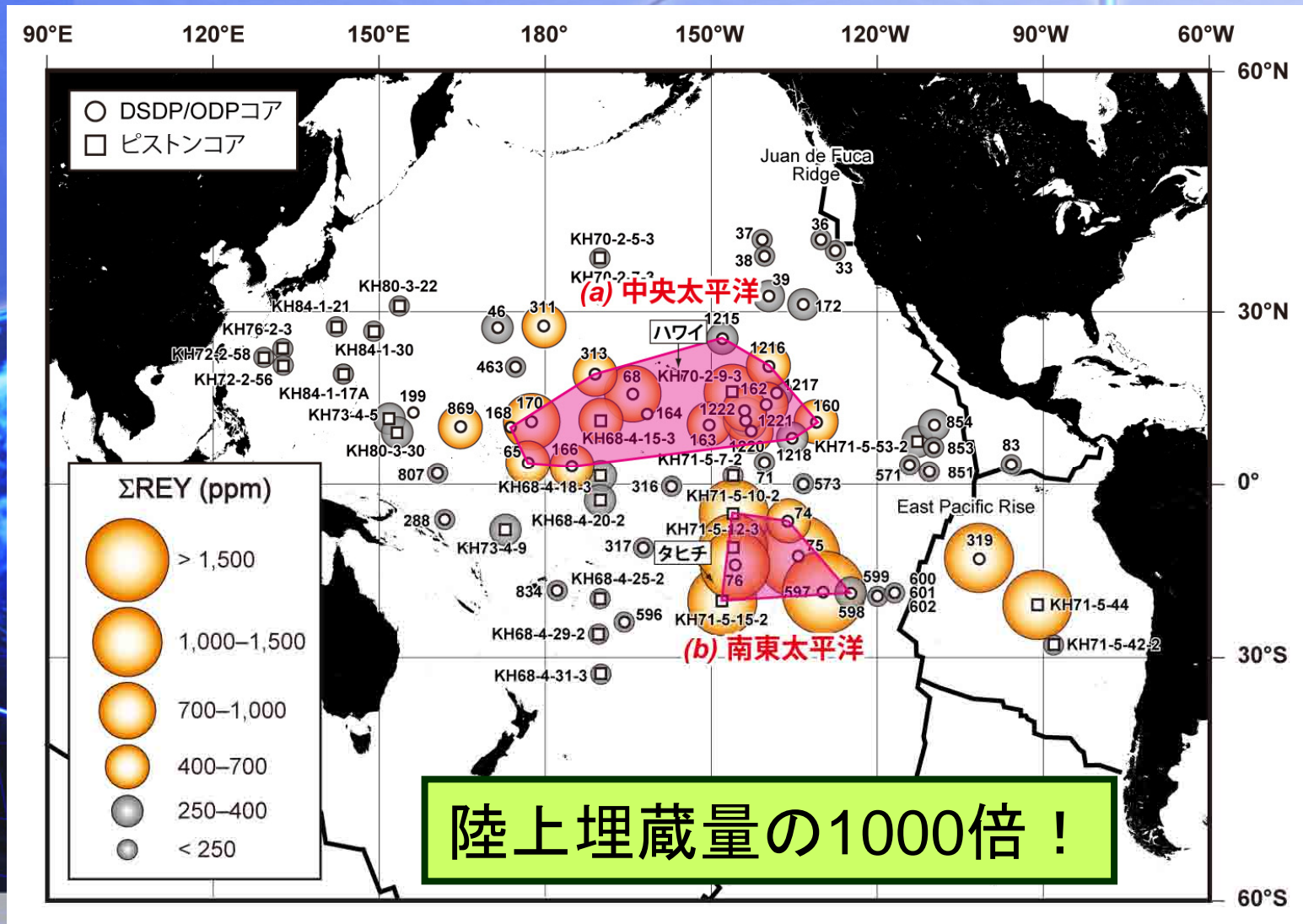


中国の陸上鉱床の2~5倍のレアアース濃度の泥が、10~70 mの厚さで分布！

(Kato et al., 2011 Nature Geoscience)

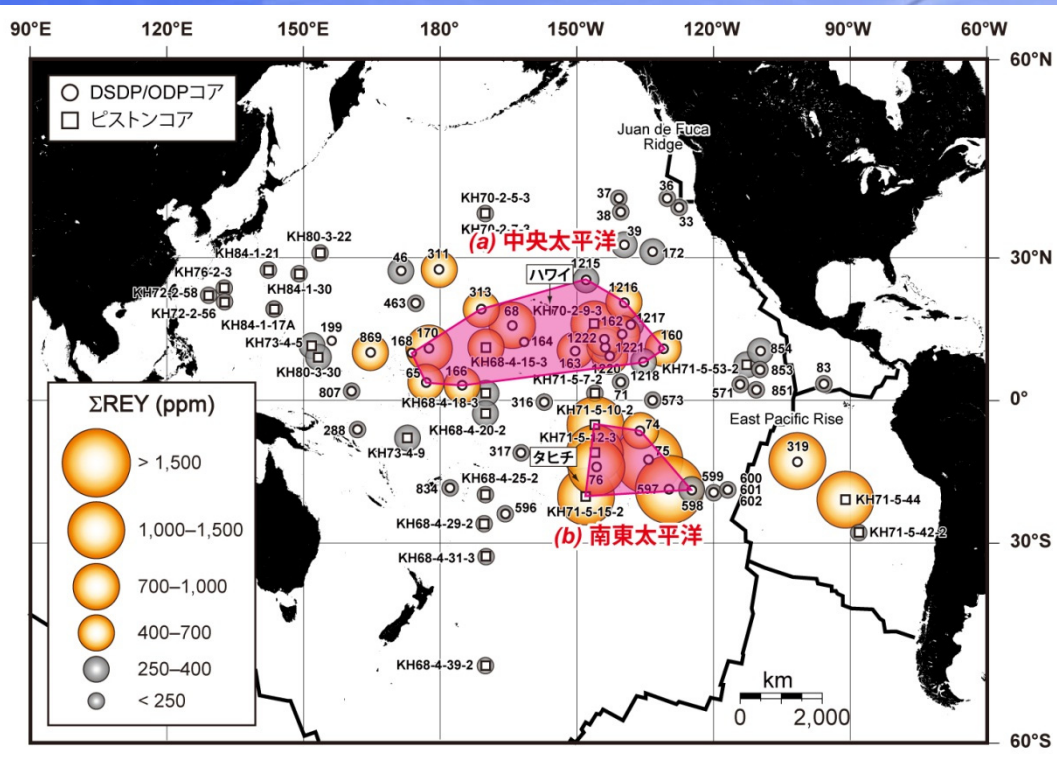
# “レアアース泥”の特長

## 2. 太平洋に広く分布し，資源量が膨大



# “レアアース泥”の特長

## 3. 資源探査がきわめて容易

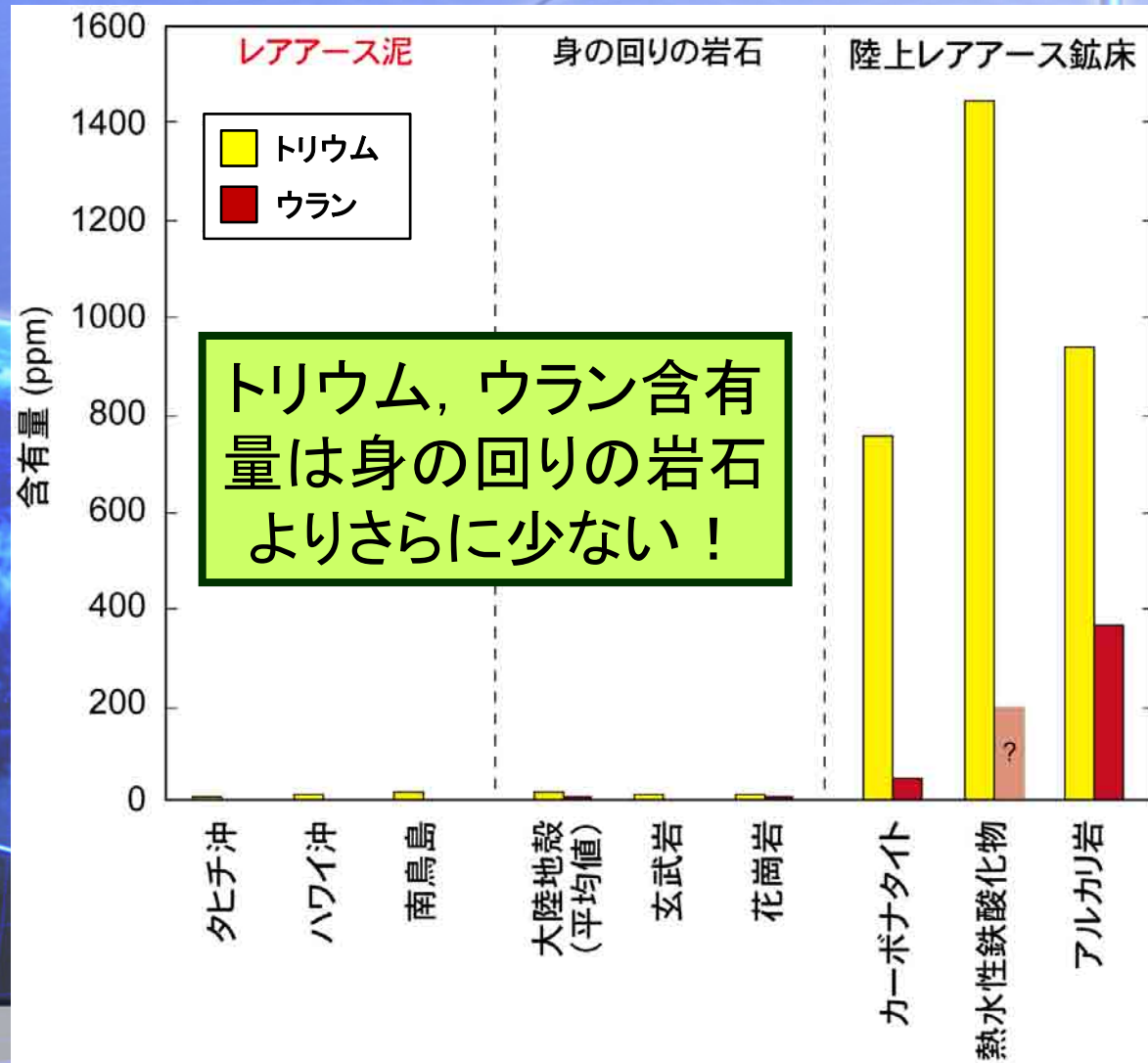


Kato et al., *Nature Geoscience* (2011)



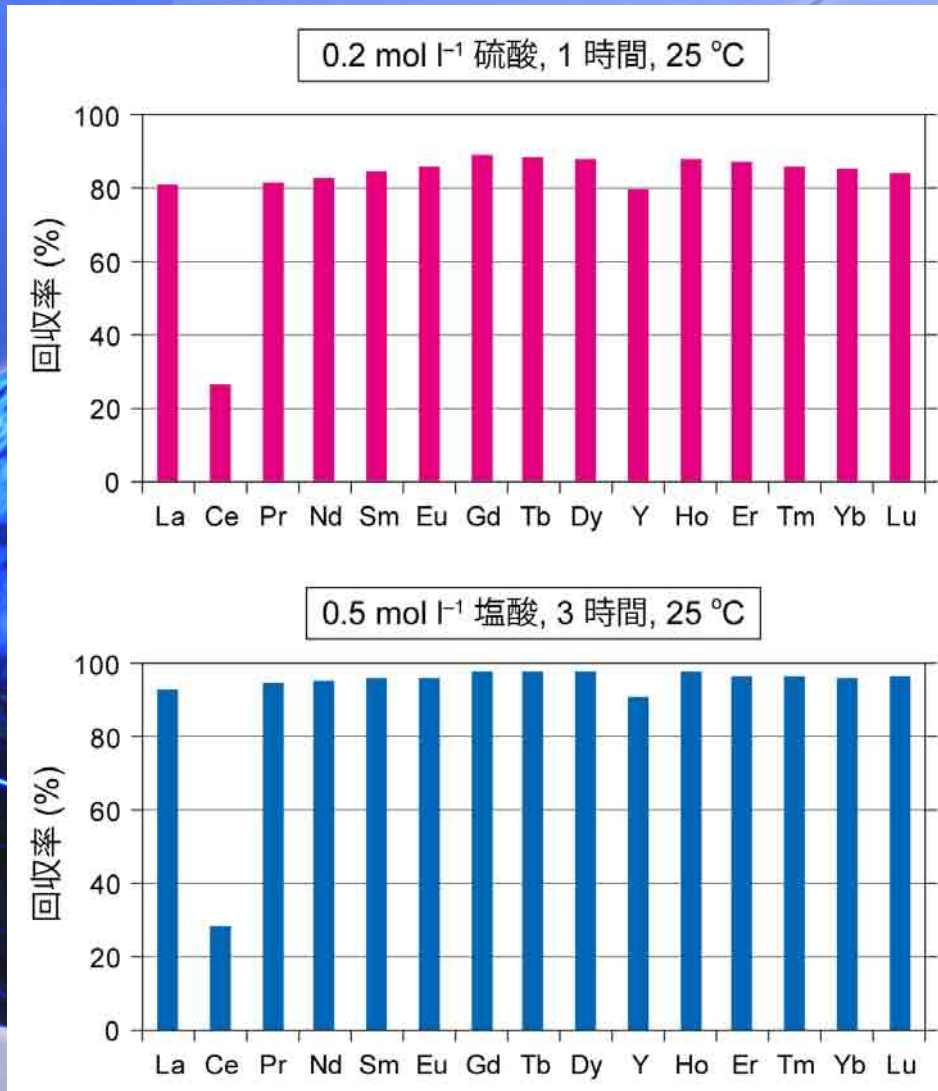
# “レアアース泥”の特長

## 4. トリウム, ウランなどの放射性元素を含まない

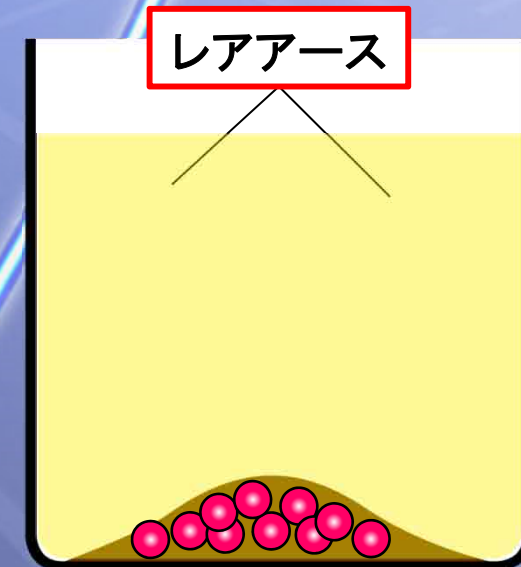


# “レアアース泥”の特長

## 5. レアアースの抽出がきわめて容易

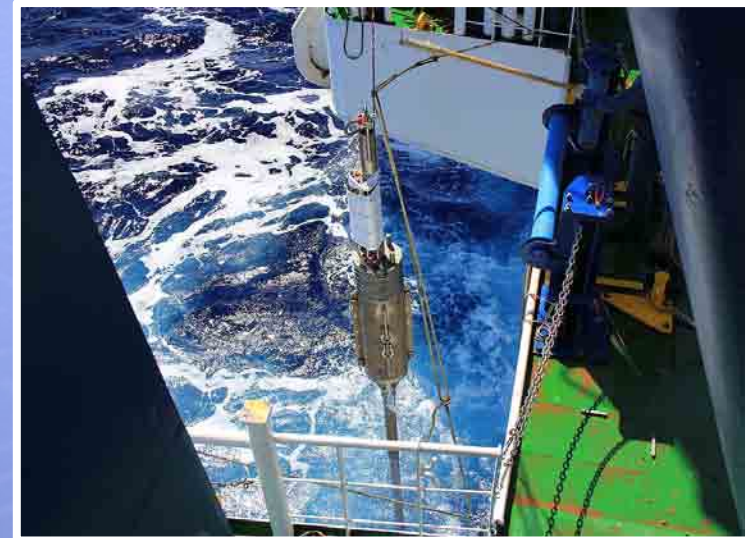
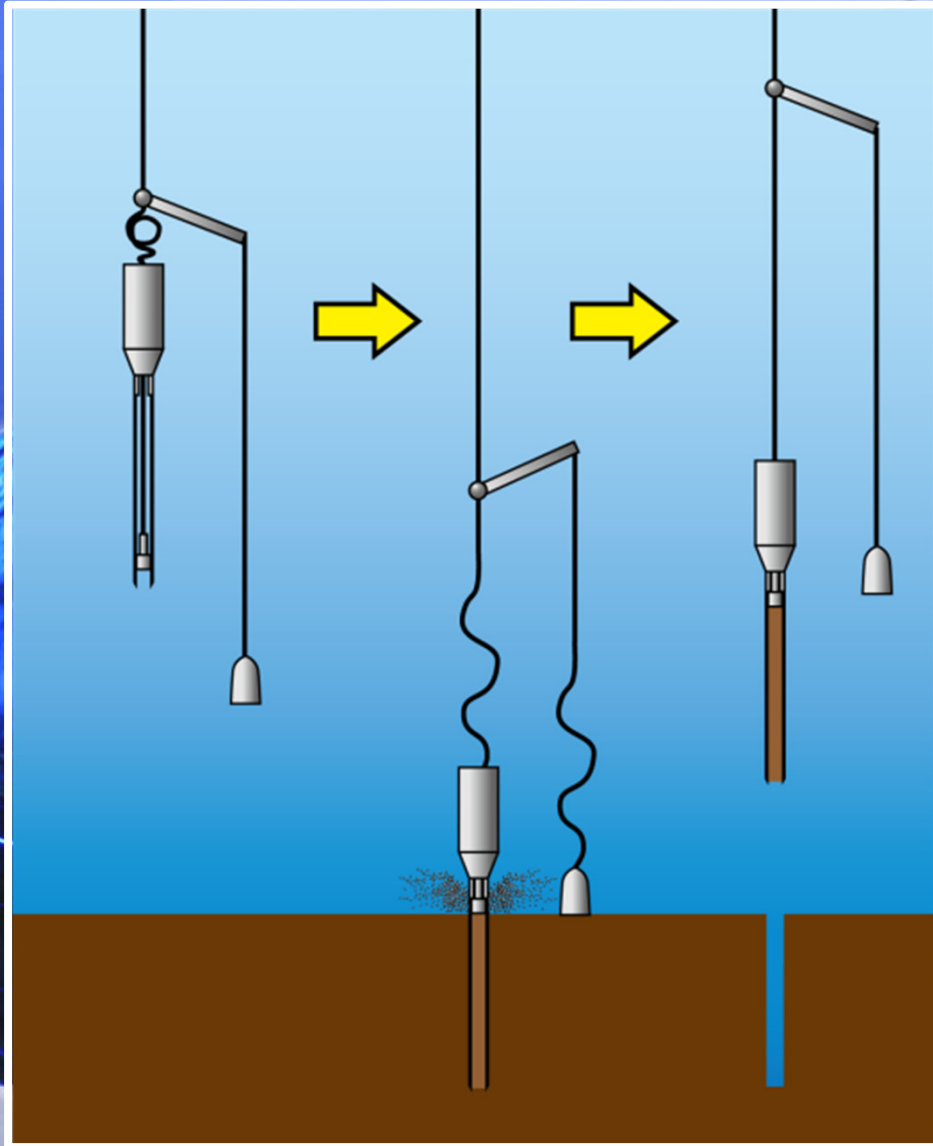


常温の希酸に短時間浸すだけで、レアアースのほとんどすべてを抽出できる！

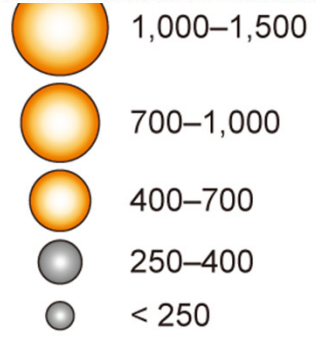
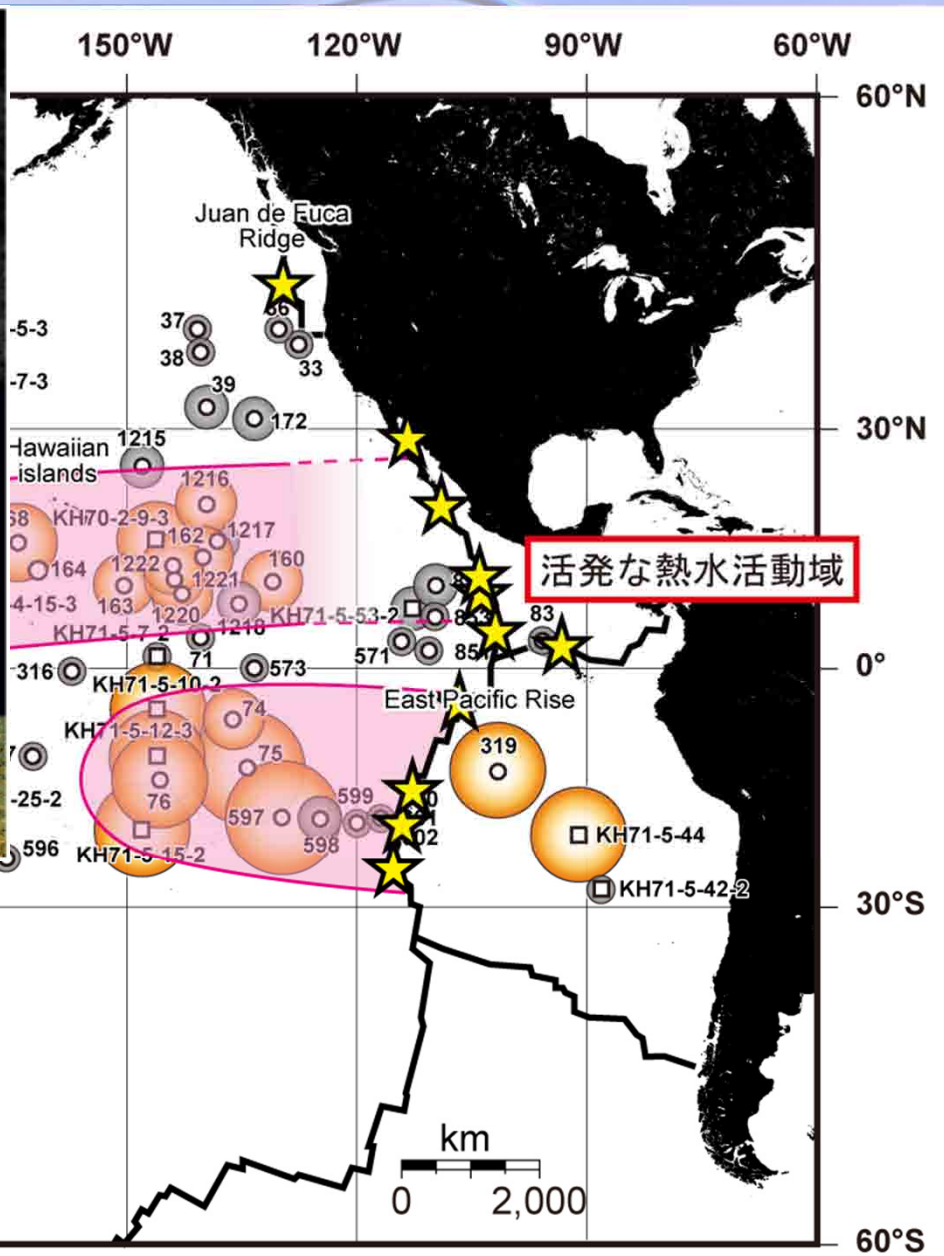
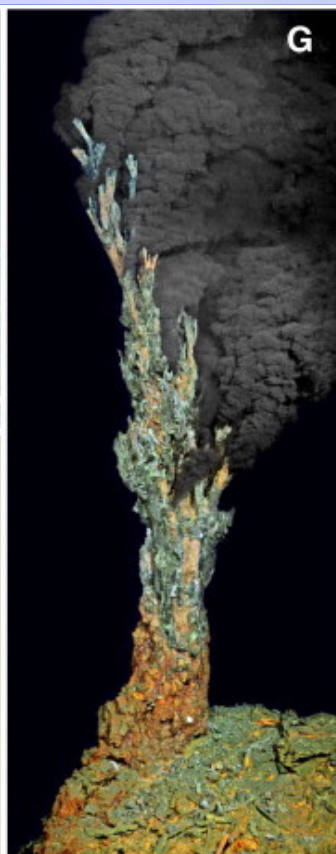
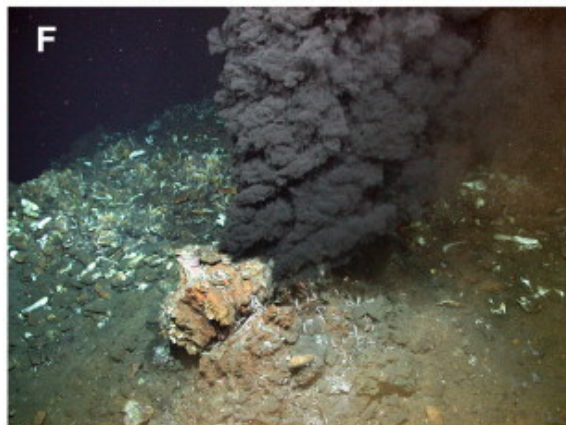


# 深海底堆積物コアの採取方法（ピストンコア）

ピストンコアラー模式図

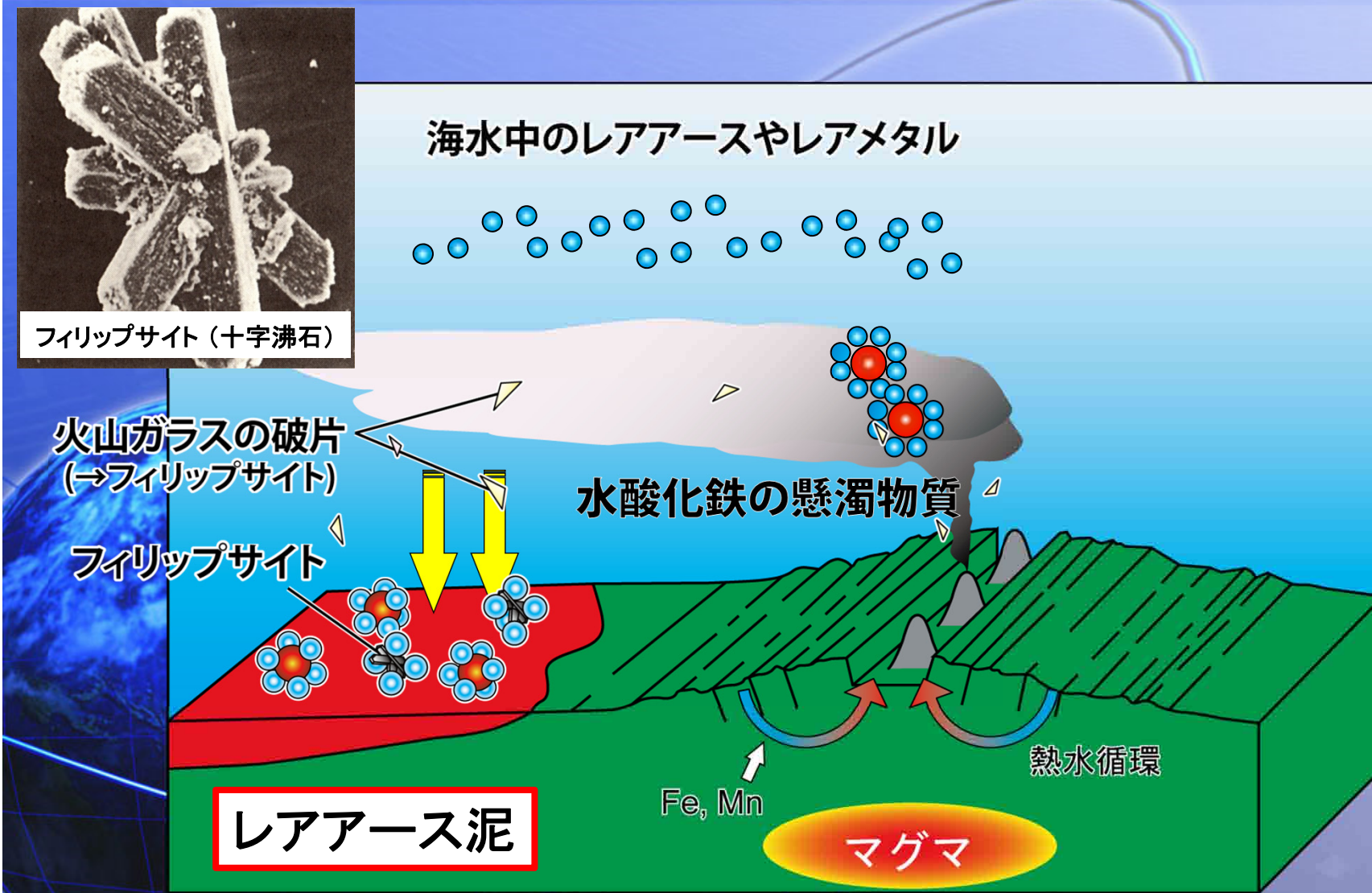


# 熱水の拡散



KH68-4-29-2  
 KH68-4-31-3  
 KH68-4-39-2

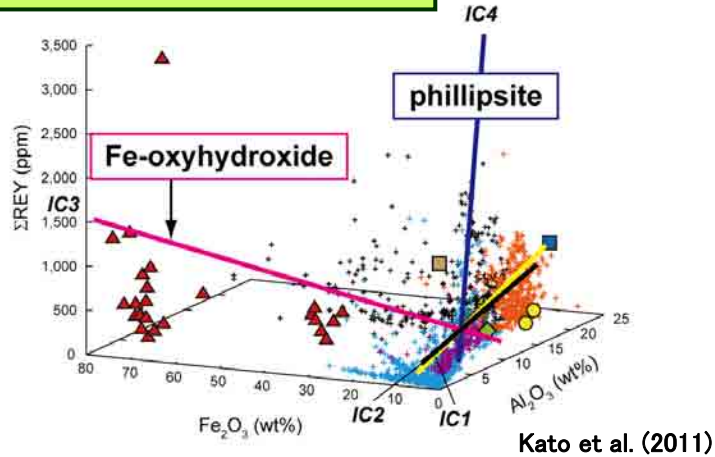
# レアアース泥の堆積モデル





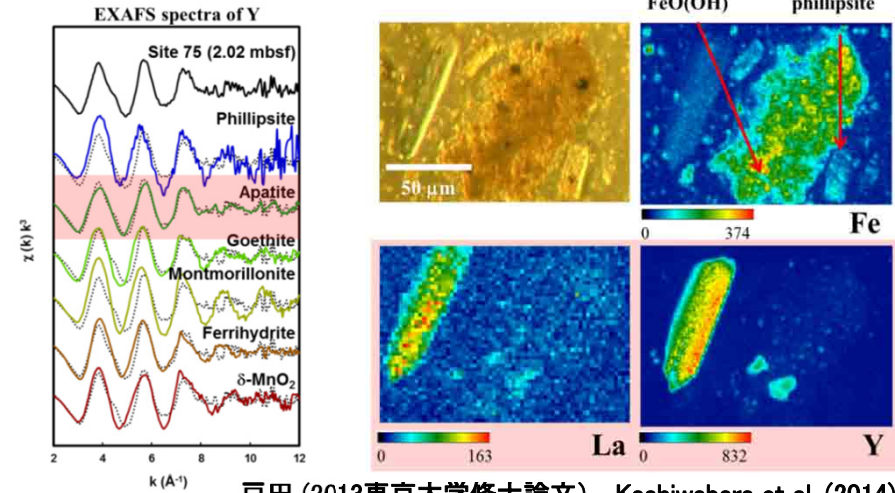
# レアアースのホスト相はアパタイト

## 独立成分分析による解析



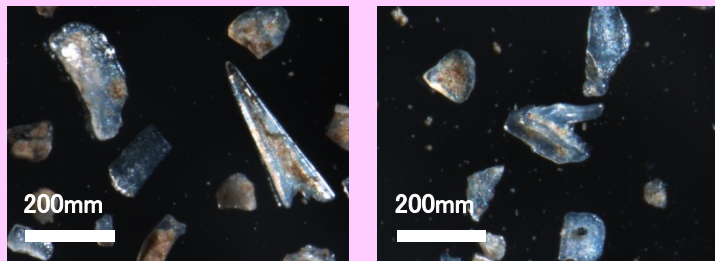
堆積物中のレアアースは鉄水酸化物  
およびフィリップサイトと強く相関

## XAFSおよび m-XRFによる微視的解析

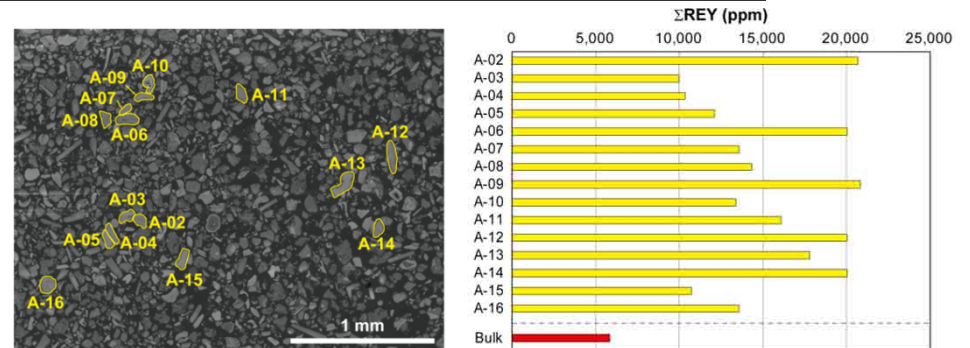


レアアースのホスト相はアパタイト

微視的解析や局所分析の結果、レアアース泥のホスト相はアパタイトであることが判明！



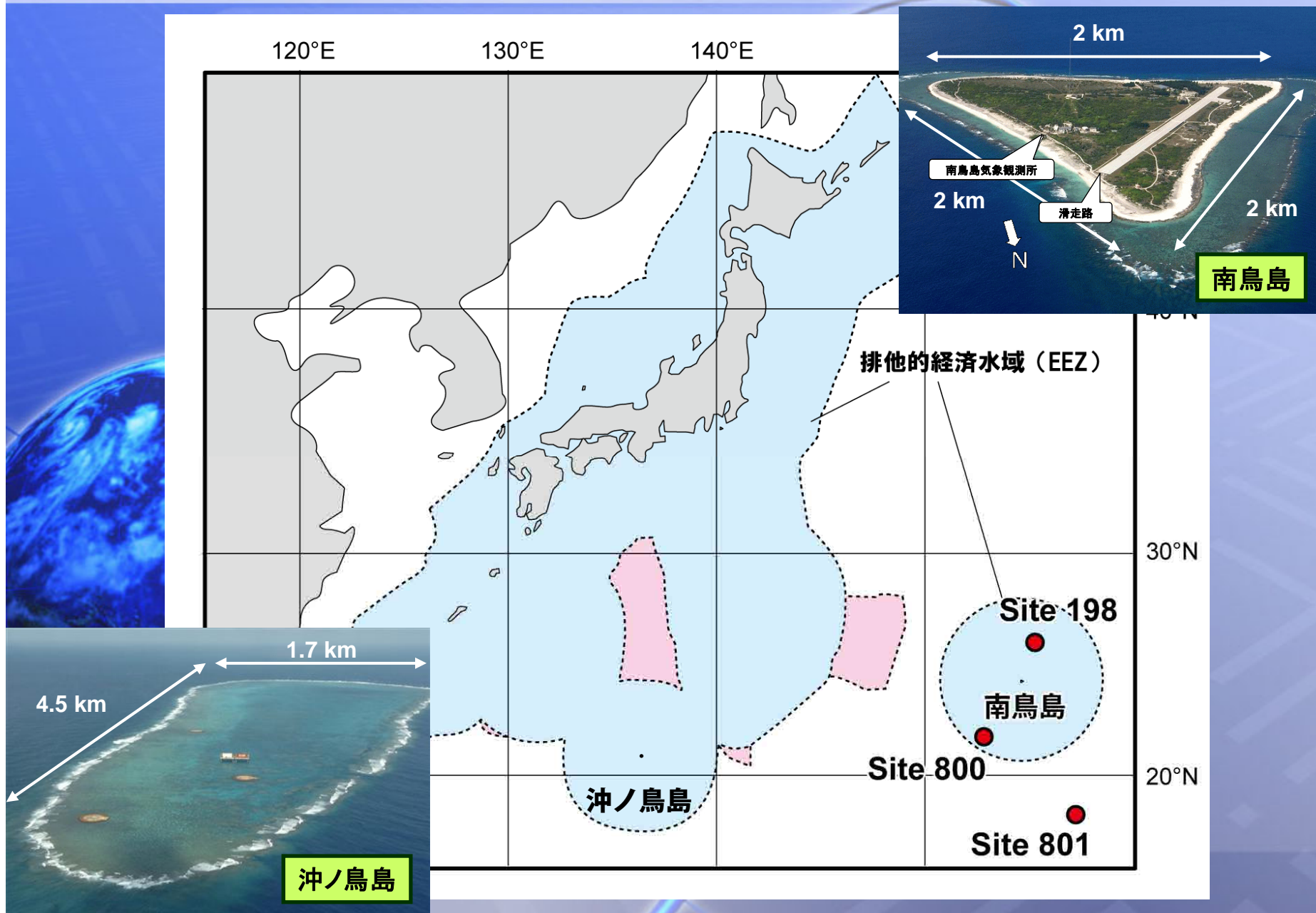
## LA-ICP-MSによるアパタイトの局所分析



(Takaya et al., To be submitted to *Nature*)

アパタイトの総レアアース濃度は 1~2% !

# 我が国のEEZ内にも存在するレアアース泥



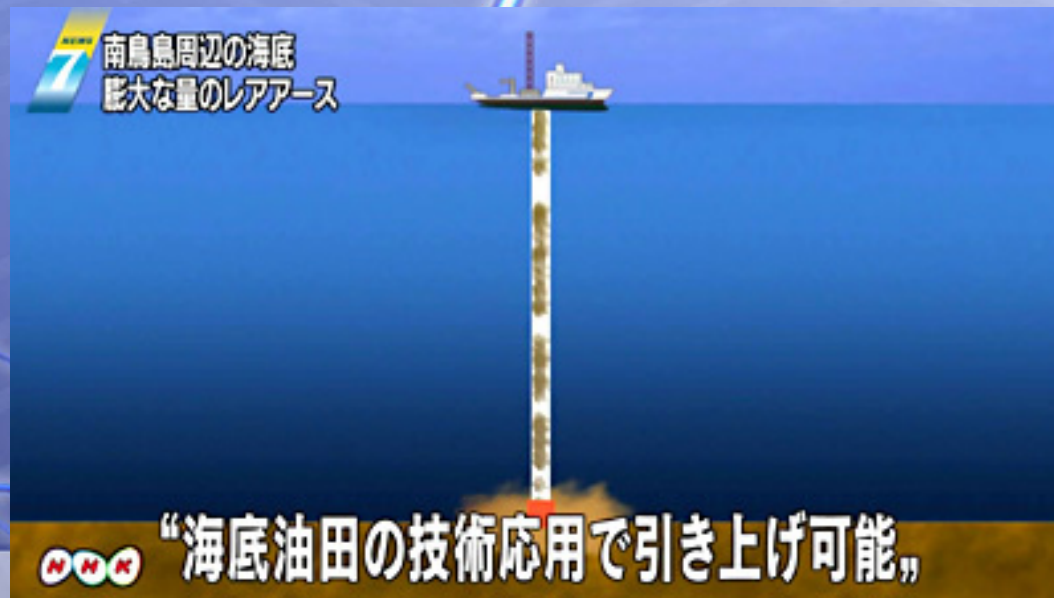
2012年6月28,29日にNHKで報道



6/28 19:00~  
「NHK ニュース7」

6/29 0:00~  
「News Web 24」

6/29 7:00~  
「NHK おはよう日本」



# 2012年6月29日に各紙で報道

## 朝日新聞

2012年6月29日 金曜日

45315号(日付)

新幹線3区間を認可 2面  
元京大教授、流用か 17面

文化 映画  
現代の特異な演出、ヘルメット被った小沢カミコで撮影、戦時映画が3面に近づいている。 3面

東京フィル  
山田那子  
山田那子 音楽家  
山田那子 音楽家  
山田那子 音楽家

東京フィル  
山田那子  
山田那子 音楽家  
山田那子 音楽家

東京フィル  
山田那子  
山田那子 音楽家  
山田那子 音楽家

## 日本経済新聞

2012年6月29日 金曜日

45403号

### EU、成長戦略で大筋合意

### 失業率4.1%に改善

### 求人倍率12カ月連続上昇

### 南鳥島沖にレアアース

### 日本の経済水域で初

### 東大チーム 年間消費の200倍超

### 鉱工業生産 5月先行

### 米の制裁、中国を除外

### イラン原油輸入25%削減

### 野村、一部営業自粛へ

### 増資情報漏洩 経営陣報酬カット

### 新党 究極の大衆迎合

### 小沢新党 期待せず 79% 日本新党

### 小沢氏 参院採決なら離党

### 奥石氏 伝へる きよにも再会談

### 南鳥島沖レアアース 27年間消費 日本EEZで初

### 東大チーム発見

### 深海から回収

### ハードも高く

### 野村、一部営業自粛へ

### 増資情報漏洩 経営陣報酬カット

### 新党 究極の大衆迎合

### 小沢新党 期待せず 79% 日本新党

### 小沢氏 参院採決なら離党

### 奥石氏 伝へる きよにも再会談

### 南鳥島沖レアアース 27年間消費 日本EEZで初

### 東大チーム発見

### 深海から回収

### ハードも高く

## 読売新聞

2012年6月29日 金曜日

45315号(日付)

読者数 1,111万1,000人

発行所 読売新聞社 東京都千代田区西千代1-7-1

## 読売新聞

2012年6月29日 金曜日

### 南鳥島沖レアアース 27年間消費 日本EEZで初

### 東大チーム発見

### 深海から回収

### ハードも高く

### 野村、一部営業自粛へ

### 増資情報漏洩 経営陣報酬カット

### 新党 究極の大衆迎合

### 小沢新党 期待せず 79% 日本新党

### 小沢氏 参院採決なら離党

### 奥石氏 伝へる きよにも再会談

### 南鳥島沖レアアース 27年間消費 日本EEZで初

### 東大チーム発見

### 深海から回収

### ハードも高く

## 読売新聞

2012年6月29日 金曜日

### 南鳥島沖レアアース 27年間消費 日本EEZで初

### 東大チーム発見

### 深海から回収

### ハードも高く

### 野村、一部営業自粛へ

### 増資情報漏洩 経営陣報酬カット

### 新党 究極の大衆迎合

### 小沢新党 期待せず 79% 日本新党

### 小沢氏 参院採決なら離党

### 奥石氏 伝へる きよにも再会談

### 南鳥島沖レアアース 27年間消費 日本EEZで初

### 東大チーム発見

### 深海から回収

### ハードも高く

## 読売新聞

2012年6月29日 金曜日

### 南鳥島沖レアアース 27年間消費 日本EEZで初

### 東大チーム発見

### 深海から回収

### ハードも高く

### 野村、一部営業自粛へ

### 増資情報漏洩 経営陣報酬カット

### 新党 究極の大衆迎合

### 小沢新党 期待せず 79% 日本新党

### 小沢氏 参院採決なら離党

### 奥石氏 伝へる きよにも再会談

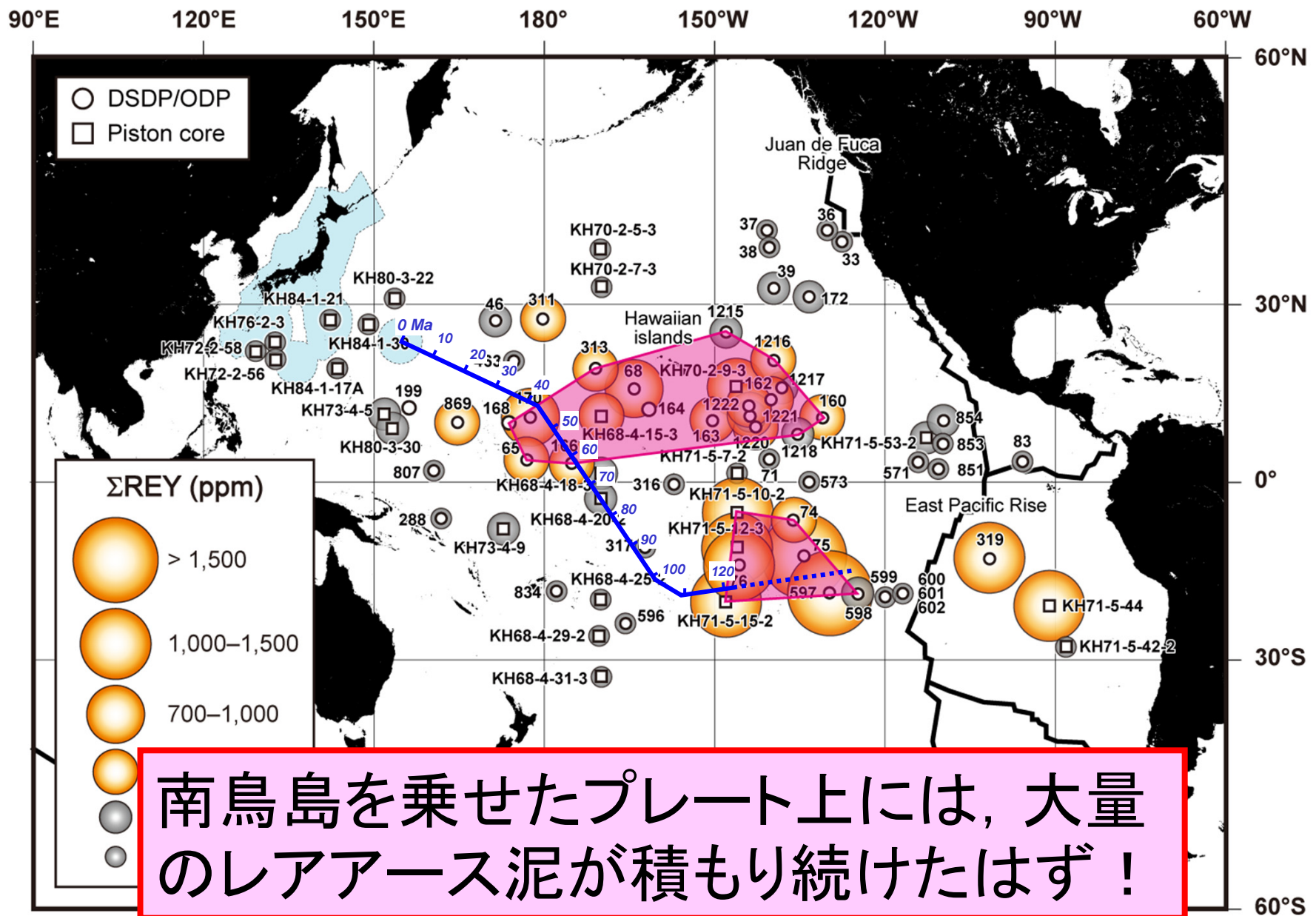
### 南鳥島沖レアアース 27年間消費 日本EEZで初

### 東大チーム発見

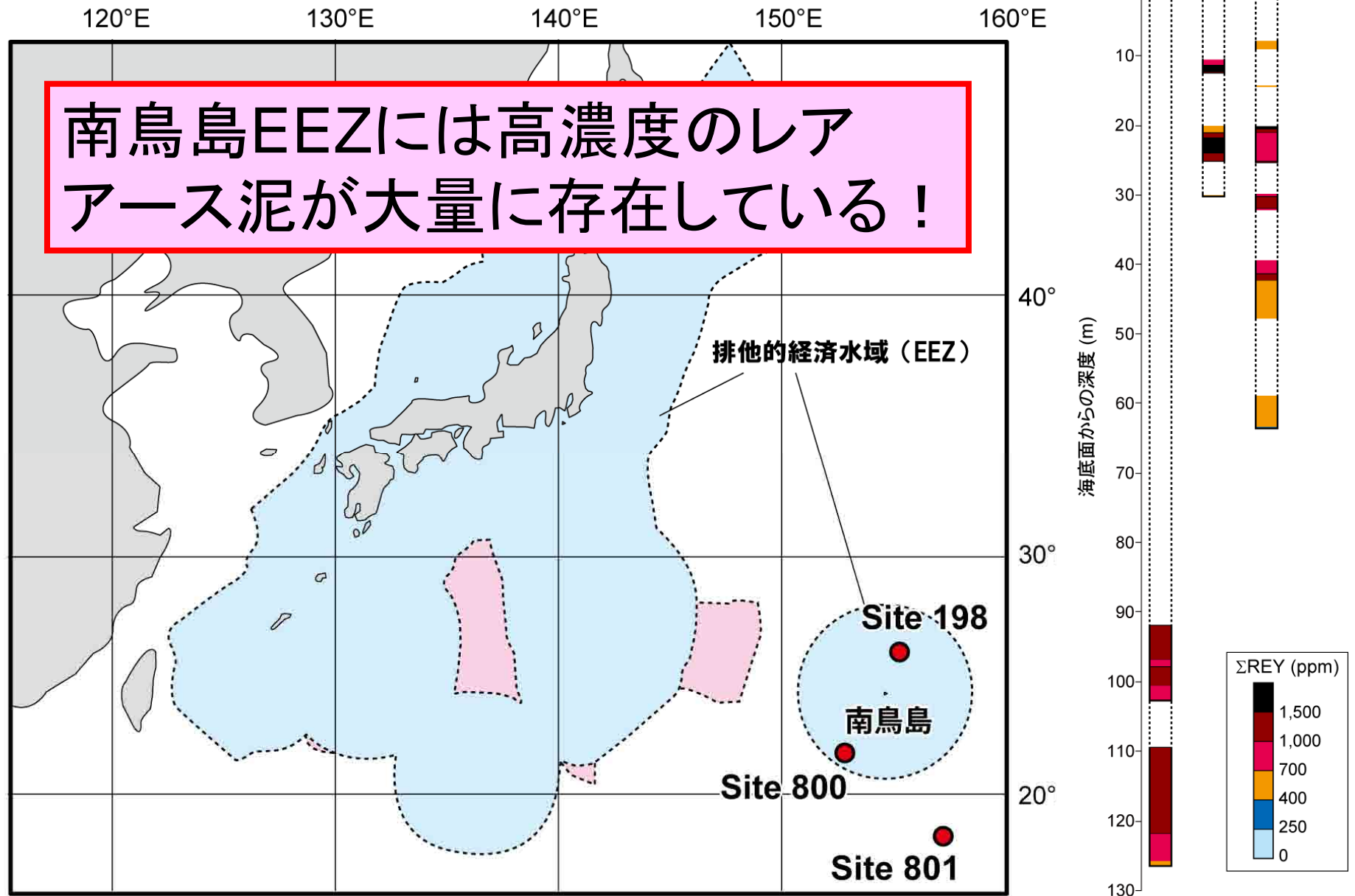
### 深海から回収

### ハードも高く

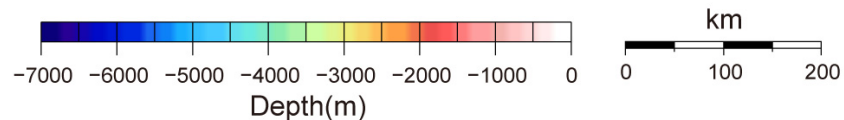
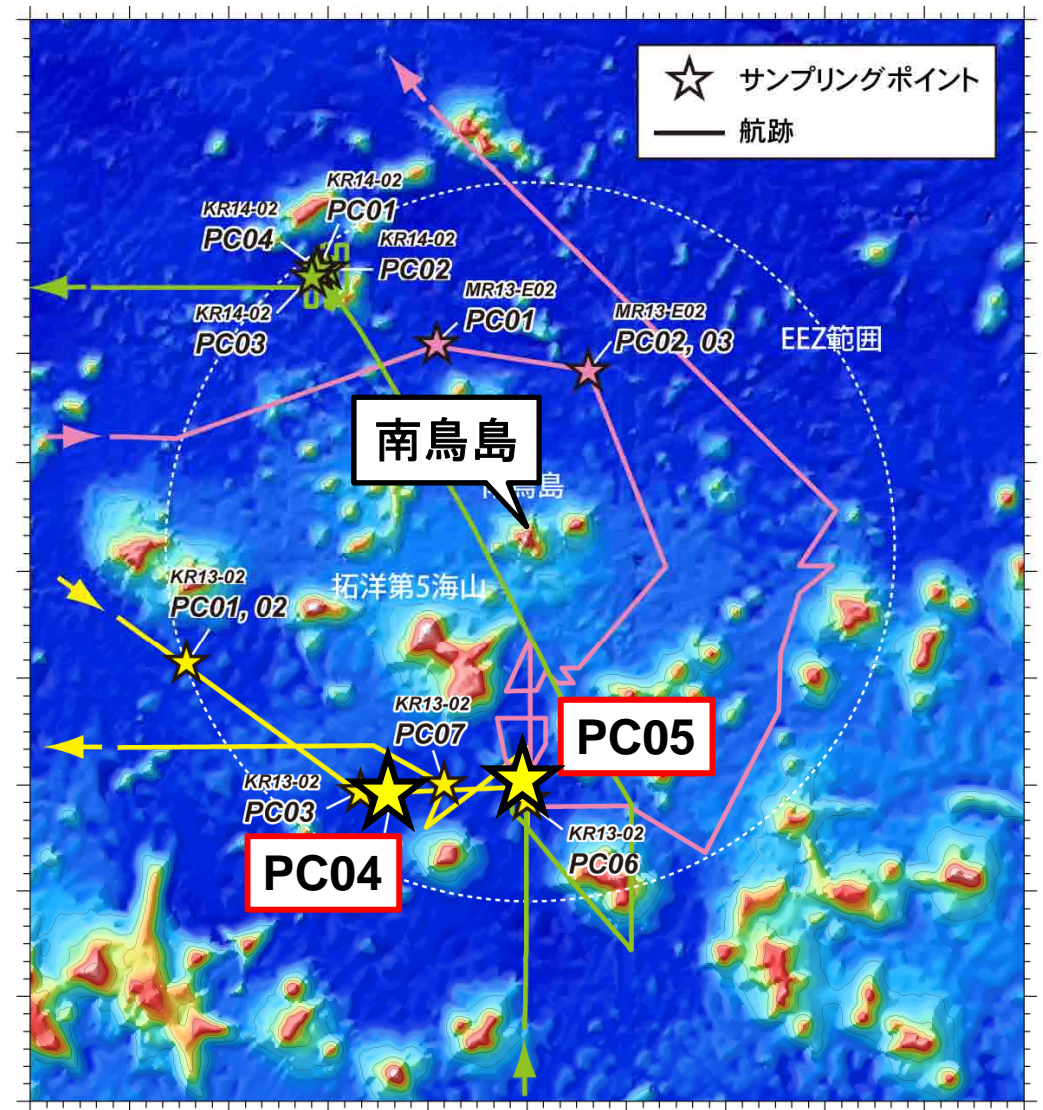
# 南鳥島は1.2億年前に夕ヒチ沖で生まれた！



# 南鳥島EEZ周辺のレアアース泥



# KR13-02 南鳥島周辺航海 (JAMSTEC:主席 飯島耕一)



# NHK「クローズアップ現代 (2/27)」などで放映

No.3317

2013年2月27日(水)放送



## 密着レアアース調査船 ～“脱中国”はできるか～

視聴率 11.5% 株式会社ビデオリサーチ 世帯視聴率(関東地区)

ジャンル 国際 自然・科学 環境



放送の一部をご覧いただけます。



ハイテク製品に欠かせないレアアース。南鳥島沖の排他的経済水域内の海底に大量に存在していることが分かり、今年1月、海洋調査が行われた。NHKは調査に密着、レアアースを高濃度で含む黒い泥が次々と引き上げられる模様を撮影した。世界の生産量の9割近くを中国が占め、調達先の多角化が課題となっているレアアース。中国依存から脱却するため、新たな鉱山開発やレアアース削減技術など様々な取り組みが進められている。海底で発見されたレアアース資源をどう有効に活用すべきなのか。日本のレアアース戦略の今後を考える。

NHKオンデマンド

見逃した放送はNHKオンデマンドで!

出演者

足立 吟也さん

(大阪大学名誉教授)

春野 一彦

(NHK科学文化部・記者)



密着 レアアース調査船



場所によっては表層2~3mぐらいからこれに近いものが出始めているので

2/27 7:00~

「NHK おはよう日本」

2/27 19:00~

「NHK ニュース7」



# 2013年3月21日に各メディアで報道

4版 THE YOMIURI SHIMBUN 2013年(平成25年) 3月21日(木曜日)

**読者新聞**

発行所: 読売新聞東京本社 〒104-8243 東京都中央区新富1-7-17 TEL: 03(3242)1111(F) www.yomiuri.co.jp

## 南鳥島高濃度レアアース

### 中国陸上鉱床の10倍

南鳥島の高濃度レアアースは、中国の陸上鉱床の10倍に達する。資源豊富で、採掘技術の向上が期待されている。

南鳥島は、レアアースの埋蔵量が非常に豊富で、その濃度も中国の陸上鉱床よりも10倍に達する。これは、南鳥島のレアアース資源が、中国の陸上鉱床よりもはるかに豊富であることを示している。

南鳥島のレアアース資源は、主にセリウム、ランタン、ネオジムなどのレアアース元素から構成されている。これらの元素は、電子部品、自動車部品、医療機器などに広く利用されている。

南鳥島のレアアース資源の採掘は、現在はまだ計画段階にある。しかし、レアアース資源の重要性が高まっていることから、南鳥島のレアアース資源の採掘は、今後の重要な課題の一つとして注目されている。

## サイバー攻撃 中国経由

### 北が関与 見方強まる

サイバー攻撃の多くは中国経由で行われている。北朝鮮の関与も疑われる。国際的な協力が必要とされている。

サイバー攻撃の増加に伴い、その経路の調査が進んでいる。多くの場合、攻撃は中国を経由して行われていることが確認されている。これは、中国のインターネット環境が、サイバー攻撃の拠点として利用されていることを示している。

また、北朝鮮の関与も疑われている。北朝鮮は、サイバー攻撃を通じて、海外の金融機関や政府機関を攻撃していることが何度か確認されている。

サイバー攻撃の被害は、個人だけでなく、企業や政府にも及んでいる。個人情報の漏洩、業務の中断、さらには国家安全保障への脅威も生じている。

サイバー攻撃の被害を軽減するためには、国際的な協力が必要とされている。各国が連携して、サイバー攻撃の経路を調査し、攻撃者を追跡することが重要である。

## 貿易赤字 8か月連続

### 2月赤字幅 2倍

貿易赤字が8か月連続で続いている。2月の赤字幅は前年同月比で2倍に拡大した。景気回復のペースが遅れていることが懸念されている。

貿易赤字の拡大は、内需の回復が鈍いことや、輸出の伸びが鈍いことによる。特に、自動車や半導体などの主要輸出品の輸出が伸び悩んでいることが原因とされている。

また、2月の貿易赤字幅は前年同月比で2倍に拡大した。これは、貿易赤字の深刻さを示している。

貿易赤字の拡大は、日本の景気回復のペースが遅れていることを示している。政府は、貿易赤字の拡大を抑制するため、輸出促進策や内需拡大策を実施している。

また、貿易赤字の拡大は、日本の国際収支にも悪影響を及ぼしている。国際収支の悪化は、円安を招き、さらなる貿易赤字の拡大につながる可能性がある。

前回ご購入できなかったお客様大変お待たせしました!

## あの豆乳せっけんを100円で試しませんか?

豆田原の豆乳せっけん。肌にやさしく、洗剤力も強い。ぜひ一度試してみてください。

豆田原の豆乳せっけんは、大豆のたんぱく質と界面活性剤を配合した洗剤です。肌にやさしく、洗剤力も強いのが特徴です。また、自然由来の成分で、環境にも優しいです。

ぜひ一度試してみてください。100円で試すことができます。

豆田原の豆乳せっけんは、全国のスーパーマーケットやドラッグストアで販売されています。

お問い合わせ先: 豆田原の盛田屋 0120-486-102

## 米、緩和継続を確認

### FRB議長 将来の出口論には含み

FRB議長は、米国の経済成長が鈍化する中で、緩和策の継続を確認した。将来の出口論には含みを持たせている。

FRB議長は、米国の経済成長が鈍化する中で、緩和策の継続を確認した。将来の出口論には含みを持たせている。

FRB議長は、米国の経済成長が鈍化する中で、緩和策の継続を確認した。将来の出口論には含みを持たせている。

## 近海の資源 高まる期待

### 採掘技術など課題

近海の資源の採掘技術の向上が期待されている。採掘コストの削減が課題となっている。

近海の資源の採掘技術の向上が期待されている。採掘コストの削減が課題となっている。

近海の資源の採掘技術の向上が期待されている。採掘コストの削減が課題となっている。

## 雇用義務化 18年度から

### 精神障害者

雇用義務化が18年度から実施される。精神障害者の雇用促進が目的とされている。

雇用義務化が18年度から実施される。精神障害者の雇用促進が目的とされている。

雇用義務化が18年度から実施される。精神障害者の雇用促進が目的とされている。

## 中央土地

中央土地の不動産情報。最新の物件情報や、不動産の購入・売却に関する情報を提供しています。

中央土地の不動産情報。最新の物件情報や、不動産の購入・売却に関する情報を提供しています。

中央土地の不動産情報。最新の物件情報や、不動産の購入・売却に関する情報を提供しています。

## 刺激、敏感デリケート。L92乳酸菌を

刺激、敏感デリケート。L92乳酸菌を。肌の敏感肌をケアするための効果的な成分です。

刺激、敏感デリケート。L92乳酸菌を。肌の敏感肌をケアするための効果的な成分です。

刺激、敏感デリケート。L92乳酸菌を。肌の敏感肌をケアするための効果的な成分です。

## 日本経済新聞

日本経済新聞の最新記事や、経済動向に関する情報を提供しています。

日本経済新聞の最新記事や、経済動向に関する情報を提供しています。

日本経済新聞の最新記事や、経済動向に関する情報を提供しています。

# 海外のメディアでも再び報道

The Telegraph

Search - enhanced by Google

Thursday 28 March 2013

HOME NEWS WORLD SPORT FINANCE COMMENT BLOGS CULTURE TRAVEL LIFE FASHION TECH Dating Offers Jobs

Companies Comment Personal Finance Economics Markets Festival of Business Your Business Business Club Money Deals

Ambrose Evans-Pritchard Jeremy Warner Alistair Osborne Roger Bootle Kamal Ahmed James Quinn Ian Cowie

HOME » FINANCE » COMMENT » AMBROSE EVANS-PRITCHARD

## Japan breaks China's stranglehold on rare metals with sea-mud bonanza

Japanese scientists have found vast reserves of rare earth metals on the Pacific seabed that can be mined cheaply, a discovery that may break the Chinese monopoly on a crucial raw material needed in hi-tech industries and advanced weapons systems.



Forbes



**Tim Worstall**, Contributor  
I write about business and technology.

TECH | 3/25/2013 @ 1:33PM | 596 views

## Japan's New Rare Earth Discovery: That's China's Monopoly Entirely Blown

[Japan](#) has just announced another vast discovery of rare earth bearing materials on the ocean floor. This does rather put an end to any possibility of [China](#) having a long term lock on the supply of these [vital elements](#).

“ Japan is celebrating the find of an “astronomically” high level of rare earth deposits at the bottom of the Pacific Ocean, a discovery which will further undermine China’s failing attempts to control the global supply of the substances.

## Japan finds rich rare earth deposits on seabed



By AFP | AFP - Thu, Mar 21, 2013

TOKYO — Japan has found a large deposit of rare earth minerals in its Pacific seabed, enough to supply its hi-tech industries for more than 200 years, a scientist said Friday.

Around 6.8 million tonnes of the valuable minerals, used in electric cars, iPods and lasers, are sitting under the seabed near a far eastern Japanese island, Tokyo University professor Yasuhiro Kato told AFP.

He said mud samples taken from an area near Minamitorishima island, some 2,000 kilometres (1,250 miles) southeast of Tokyo, indicated deposits amounted to around 220 times the average annual amount used by industry in Japan.

The seabed contained a substantial amount of dysprosium -- a rare earth mineral used in the engines for hybrid cars, he said.

"Specifically on dysprosium, I estimate at least 400 years worth of Japan's current consumption is

theguardian

Your search terms... UK and World news Search

News Sport Comment Culture Business Money Life & style Travel Environment Tech TV Video Dating Offers Jobs

News World news Japan

## Japan discovers huge mineral deposits in Pacific - video



Scientists in Japan have found a deposit of highly concentrated rare earth minerals, crucial for the manufacturing of electronics. The mineral deposits, found back in January, are around three metres below the seabed, about 5,800 metres below the ocean's surface. Yasuhiro Kato, from Tokyo University, says the find could 'supply Japan with 60% of its annual needs

Source: Reuters, Length: 55 sec, Friday 22 March 2013

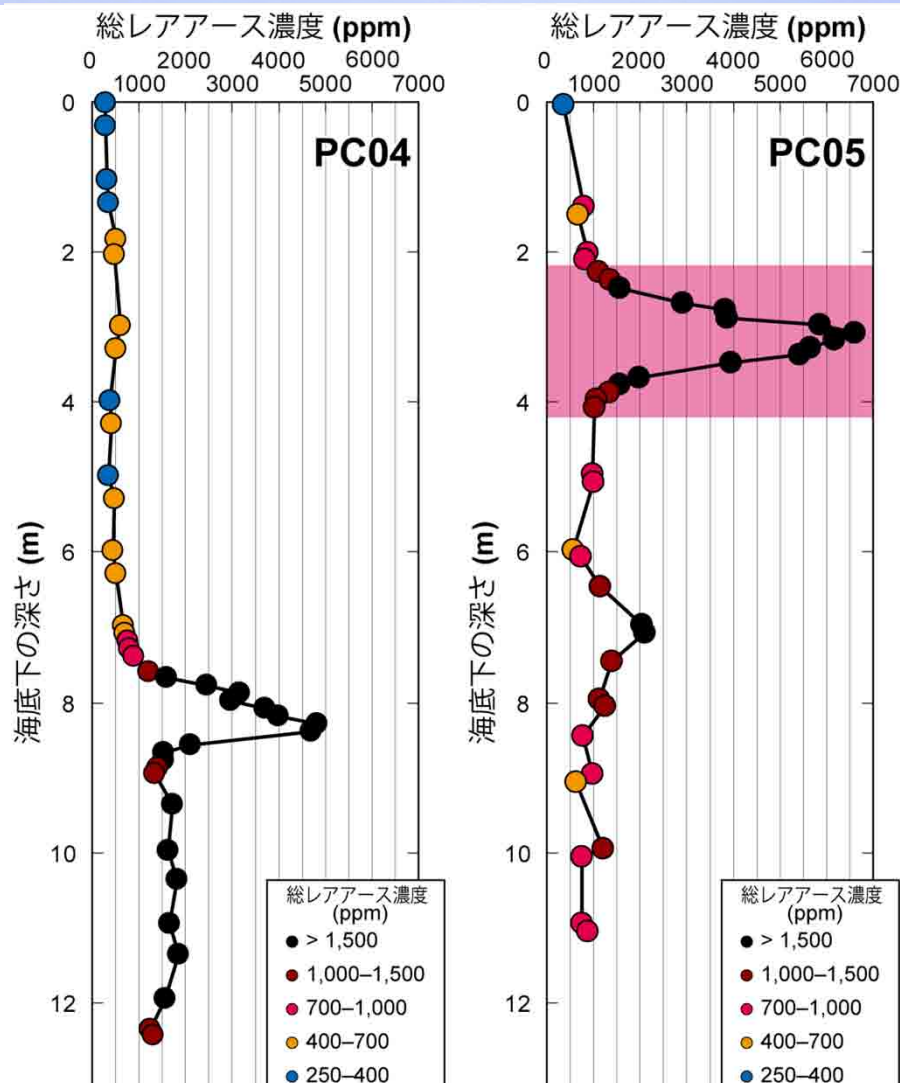
Share Tweet +1 Share Email Share Autoplay settings Embed

## Related video

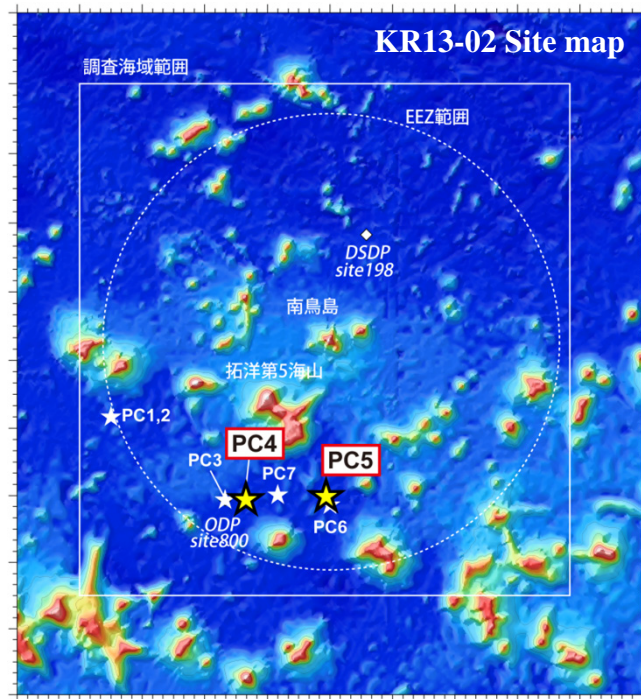
- Giant squid filmed in natural habitat for the first time 08 Jan 2013 1:19
- Tokyo stabbing spree leaves seven dead 09 Jun 2008 0:54
- Congo: Blood, gold and mobile phones 02 Sep 2011 5:46
- Tokyo's fugitive penguin filmed frolicking in the bay 17 May 2012



# 成果1: 超高濃度レアアース泥の発見



総レアアース: 6,600 ppm  
 → 中国の10~20倍  
 ジスプロシウム: 320 ppm  
 → 中国の30倍

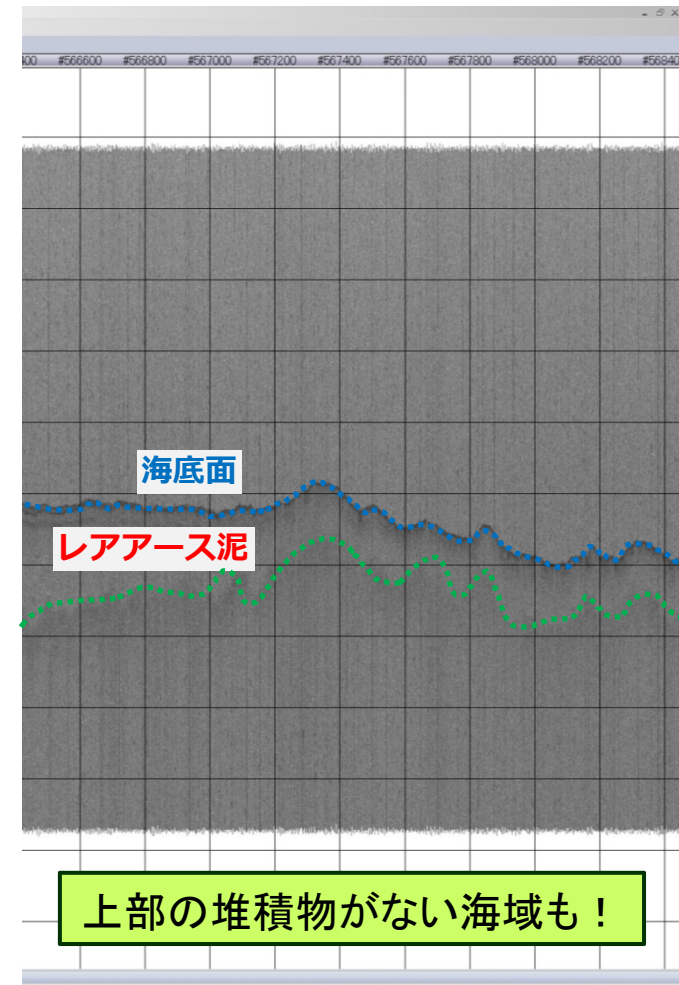
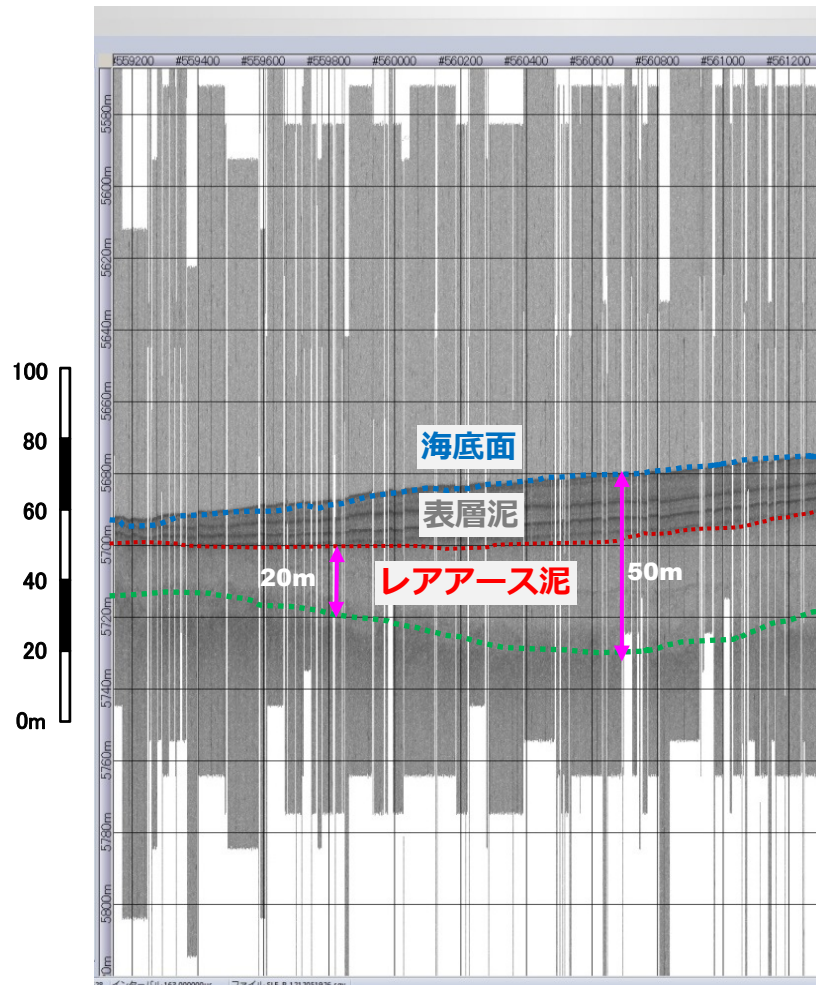
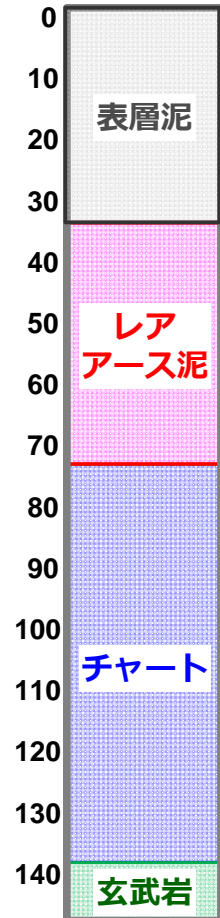


6,600ppmに達する世界最高濃度のレアアース泥が  
 海底下2~4mの浅い深度に分布している！

# 成果2: SBPで見た南鳥島EEZの海底下

(SBP: sub-bottom profiler)

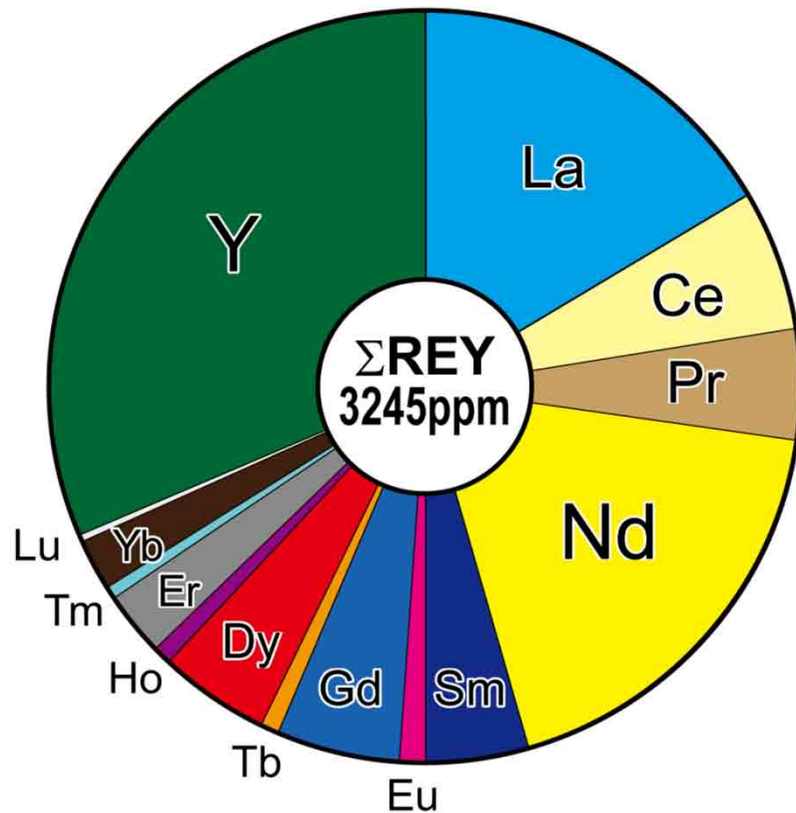
年代  
(Ma) 岩相



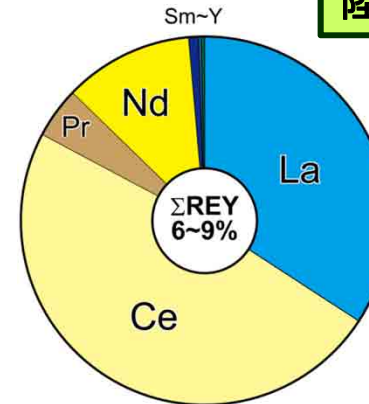
船上からの物理探査(SBP)で容易に探査できる!

# レアアース資源としての優位性

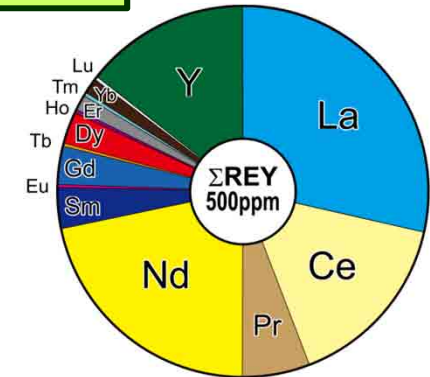
## レアアース泥



## 陸上鉱床

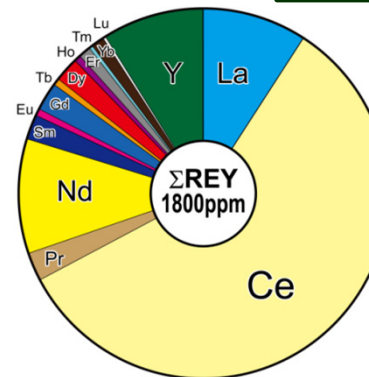


カーボナタイト鉱床

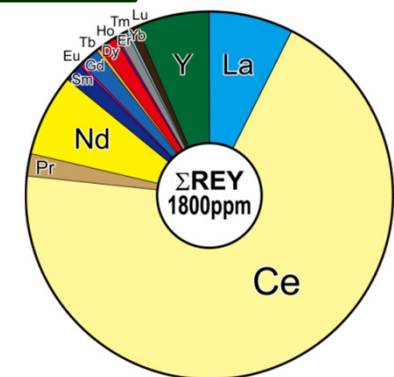


イオン吸着型鉱床

## 海底鉱物資源



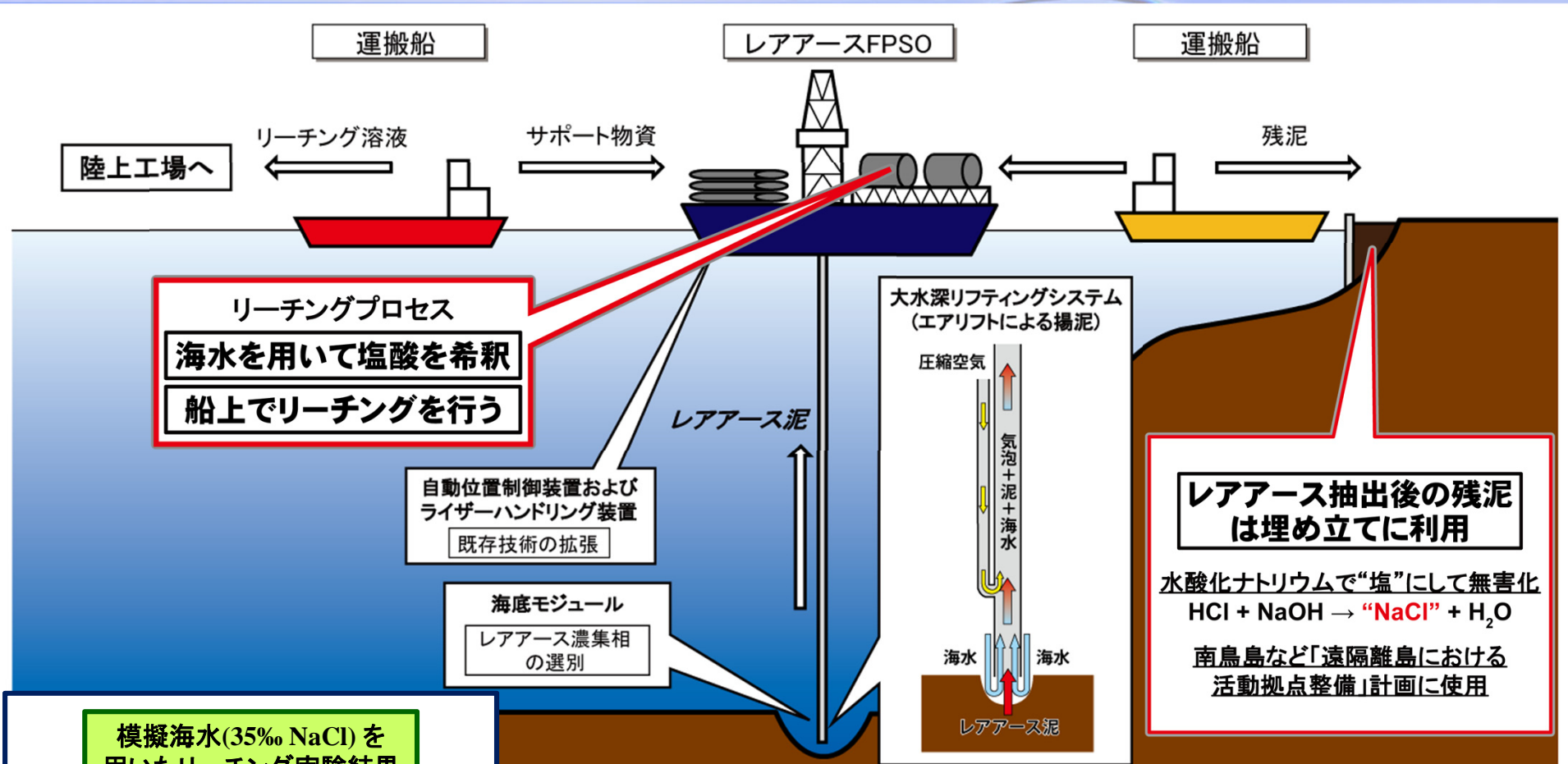
コバルトリッチクラスト



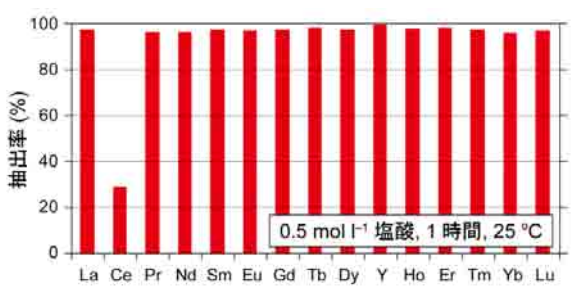
マンガンノジュール

レアアース泥は50%が希少な重レアアース

# レアアース泥の開発システム (三井海洋開発などと共同研究)



模擬海水(35% NaCl)を用いたリーチング実験結果



**残泥は埋め立て・建設資材へ**

- ①そのまま埋め立て
- ②焼結レンガ
- ③炭酸カルシウム泥と混合してセメント資材

**レアアース抽出後の残泥は埋め立てに利用**

水酸化ナトリウムで“塩”にして無害化  
 $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$

南鳥島など「遠隔離島における活動拠点整備」計画に使用

# PC05の高品位層 (2m厚)のレアアース量

採掘船1隻のみ, 約300万トン/年 揚泥を想定

## レアアース資源量 (約300万トン/年 揚泥を想定)

1.5 km x 1.5 km x 2 m x 0.66 g/cm<sup>3</sup> x 3,245 ppm

- ・ネオジウム量 2,200 t (酸化物換算): 175億円
- ・ユウロピウム量 130 t (酸化物換算): 215億円
- ・テルビウム量 75 t (金属Tb): 145億円
- ・ジスプロシウム量 440 t (金属Dy): 370億円
- ・イットリウム量 3,700 t (酸化物換算): 130億円

2012年12月の価格

## 年間国内需要 (2010年) に対する割合

- ・ネオジウム量 : 5,200 t (酸化物換算) → 42 %
- ・ユウロピウム量 : 35 t (酸化物換算) → 370 %
- ・テルビウム量 : 10~20 t (金属Tb) → 380~750 %
- ・ジスプロシウム量 : 600 t (金属Dy) → 74 %
- ・イットリウム量 : 1,500 t (酸化物換算) → 245 %

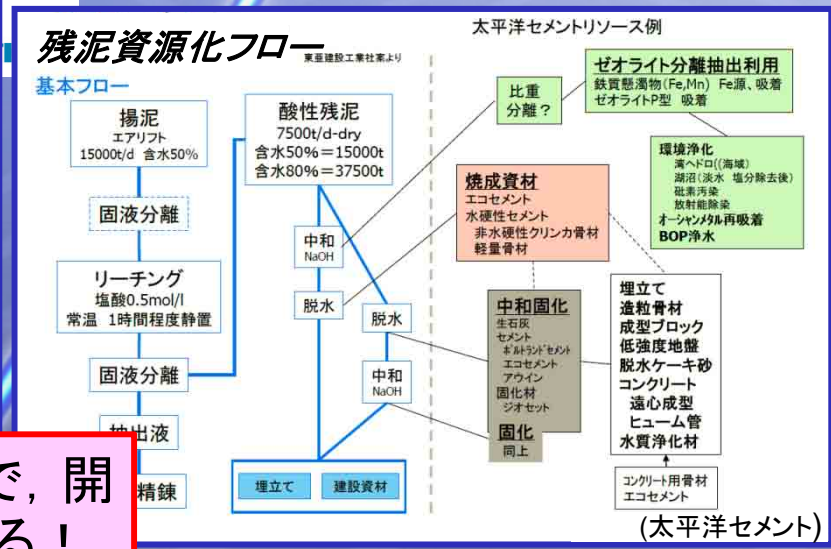
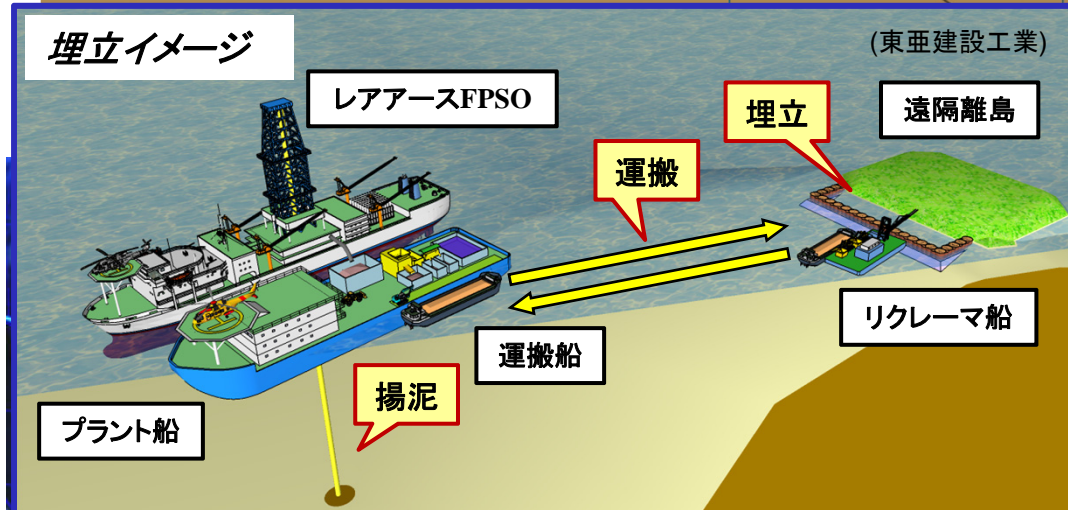
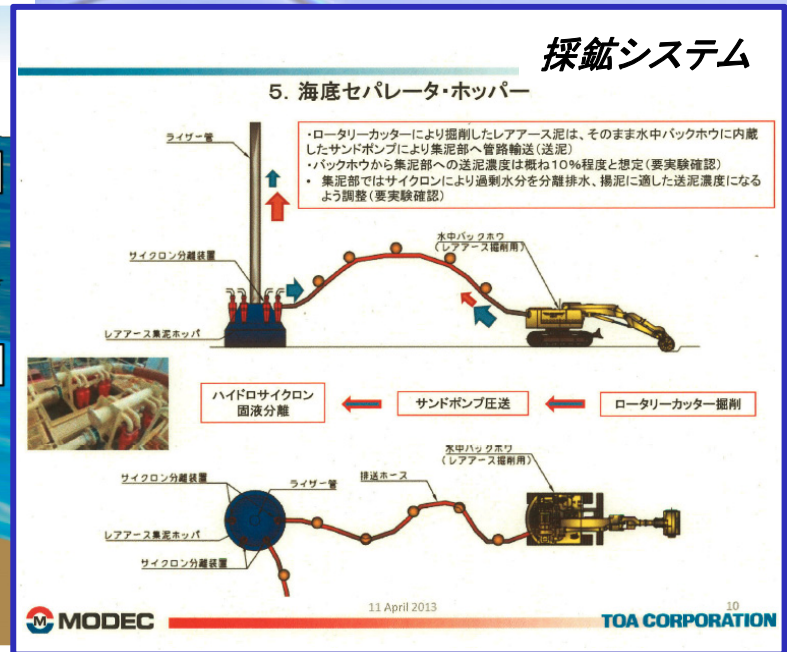
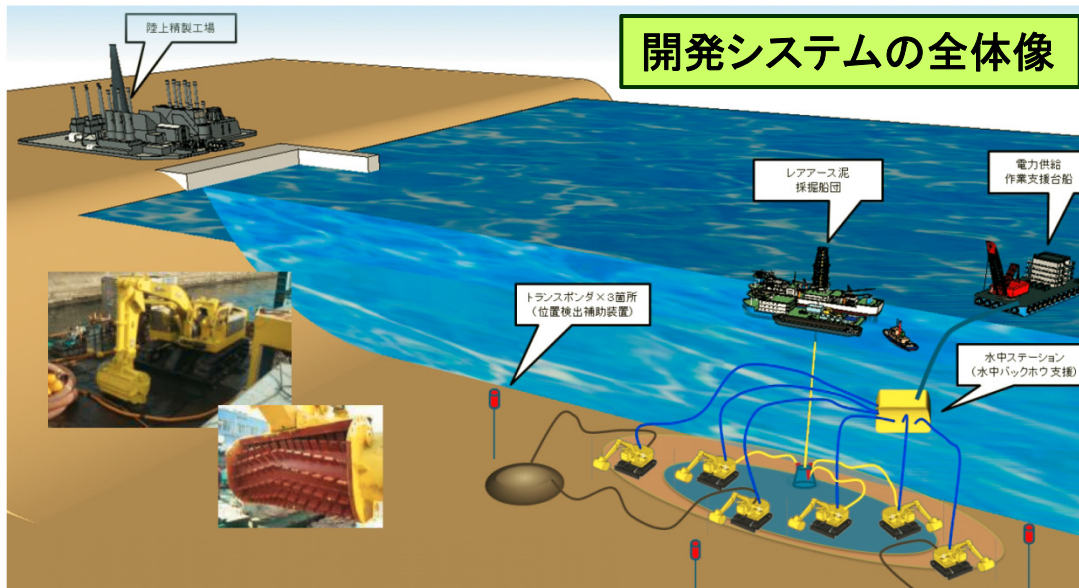
# 海洋環境・生態系へのインパクト

- 遠洋海域で固有種が生育する可能性は低い  
→採掘後に生態系は復元
- 深海の石油, メタンハイドレート, 硫化物鉱床  
などと違い, 泥そのものは全く無害
- 効率的なエアリフトにより, 泥の巻き上げは  
抑制可能

環境・生態系への影響は  
最小限に止めることができる



# 開発システムのイメージ (三井海洋開発・東亜建設工業・太平洋セメントとの共同研究)



日本企業の既存技術を組み合わせることで、開発システムの全体像が具体的にになりつつある！

# 国による取り組み状況



## 資源・エネルギー大国への挑戦

- 資源小国（輸入国）から資源大国（資源・エネルギー技術を活かしたシステム等の輸出国）へ転換させ、地球規模での安全・安心なエネルギー供給体制の普及拡大に貢献します。
- わが国のエネルギー安全保障上、資源・エネルギーの多様で多角的な供給構造を確立します。  
今後3年間、再生可能エネルギーの最大限の導入促進を行います。

また、海洋産業を育成し、自国経済水域内の天然ガス、メタンハイドレート、レアアース泥等の探査・技術開発・利用の促進を集中的に行い、さらに、北米のシェールガス等の新規輸入等により調達コストを低減させます。

- 省エネ・再エネ・蓄電池・燃料電池等を活かした分散型エネルギーシステムの普及拡大を図るとともに、世界最高水準のスマート・コミュニティや原子力技術等のインフラ輸出の支援体制を強化します。2020年に約26兆円（現状8兆円）の内外のエネルギー関連市場を獲得することを目指します。
- これまでのエネルギー政策をゼロベースで見直し、「電力システム改革」（広域系統運用の拡大・小売参入の全面自由化・発送電分離）を断行します。
- 原子力発電所の安全性については、原子力規制委員会の専門的判断に委ねます。  
その上で、国が責任を持って、安全と判断された原発の再稼働については、地元自治体の理解が得られるよう最大限の努力をいたします。
- 次世代への責任を果たすべく、高レベル放射性廃棄物の「大幅な有害期間の短縮・毒性の低減化」の研究開発を加速させます。
- 次世代自動車については、2030年までに、新車販売に占める割合を5割から7割とすることを目指し、研究開発支援や効率的なインフラ整備等を進めます。
- 国際宇宙ステーション「きぼう」における宇宙太陽光発電システムの実証計画を策定します。

15

## 2013年4月 新・海洋基本計画（閣議決定）

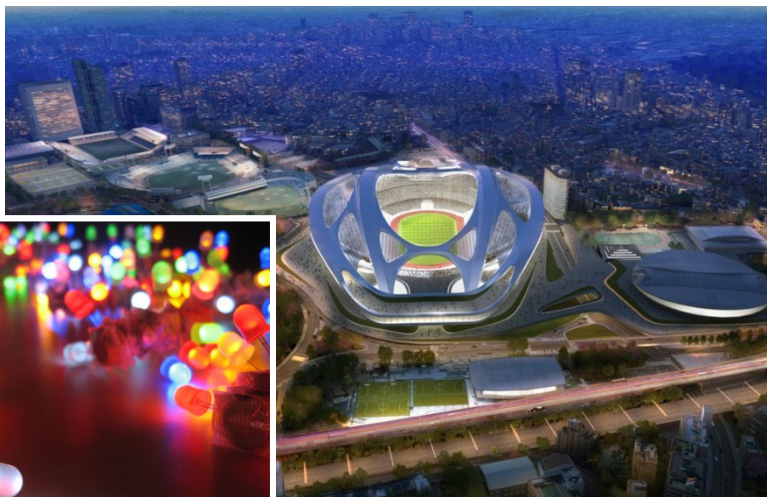
『将来のレアアース資源としてのポテンシャルを評価し、将来の開発・生産を念頭に広範な技術分野の調査・研究を実施する』

# 南鳥島レアアース泥プロジェクト 工程表(案)

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目～	
<b>探査</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●有望海域の精査                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・100kmx100km, 10kmグリッドで100地点</li> <li>・60日x2回程度, 「みらい」級調査船</li> <li>・試料採取: 化学分析用(PC), 物性用(LC)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●資源量評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●開発鉱区決定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 随時, 実証試験用試料の採取</li> </ul>			
<b>採泥</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●物性試験                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・粒度分布, 含水比, 湿潤密度, せん断強度, 粘性, 液性・塑性限界値, 水分解性など</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●試験用模擬泥の作成</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>●テスト海域実証試験                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・水深2000m</li> <li>・「ちきゅう」級船舶利用</li> <li>・揚泥1000ton/day</li> <li>・30日間連続運転</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●開発鉱区実証試験                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・水深6000m</li> <li>・「ちきゅう」級船舶利用</li> <li>・揚泥1000ton/day</li> <li>・30日間連続運転</li> </ul> </li> </ul>		
<b>揚泥</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●加圧式エアリフトシステムの基本計画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●試験機製造</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●陸上/水槽実験                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・模擬泥使用</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●試作システムの開発・製造                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・2000m対応機</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●実証試験</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●実証システム開発                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・6000m対応システム</li> </ul> </li> </ul>	
<b>製錬</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●抽出試験(室内)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・抽出手法, 固液分離など</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●抽出試験(室内)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・抽出手法, 固液分離など</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●分離・精錬試験(室内)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・レアアース塩の回収試験</li> <li>・溶媒抽出法によるレアアース元素分離試験</li> <li>・精錬試験</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●試作システムの開発・製造                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・2000m対応機</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●抽出・分離・精錬試験(プレパイロット試験)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●実証システム開発                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・6000m対応システム</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●実証試験</li> </ul>
<b>泥処理</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>●泥処理技術の検討・高度化                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・中和, 脱水, 選別, 残渣の資材化など</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>●抽出・分離・精錬試験(プレパイロット試験)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●抽出・分離・精錬試験(プレパイロット試験)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●既存プラントを用いたパイロットプラント試験</li> </ul>	
<b>環境</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>●環境影響基礎調査                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・水質, 底質, 水中騒音, 地形・地質, 生態系など</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>●海底かく乱実験、環境影響モニタリング調査、環境保全策の検討</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>●環境影響調査とりまとめ</li> </ul>	
						<ul style="list-style-type: none"> <li>商業化設計</li> </ul>	
						<ul style="list-style-type: none"> <li>経済性評価(F/S)</li> </ul>	
						<ul style="list-style-type: none"> <li>南鳥島の埋立・高度利用</li> </ul>	
						<ul style="list-style-type: none"> <li>レアアース新素材開発</li> </ul>	
						<ul style="list-style-type: none"> <li>東京都オリンピックプロジェクト(仮)</li> </ul>	

# “東京オリンピックプロジェクト (江戸前レアアースプロジェクト)”

揚泥パイロット試験で回収可能な  
レアアース泥1,000トンを用いることで...



**ハイブリッドカー・電動車いす.**  
1.2tのネオジム磁石(Nd: 420kg使用)  
が製造可能 (HV約1,200台分)

国立霞ヶ丘競技場の**大型スクリーン**や選  
手村の照明に**LED電球.**  
10億個のLED電球(Y: 640kg使用)が製造  
可能 (東京ドーム3,200 個分)



その他, 競技場や選手村の電源の一部  
は, **燃料電池**や**風力発電**で給電

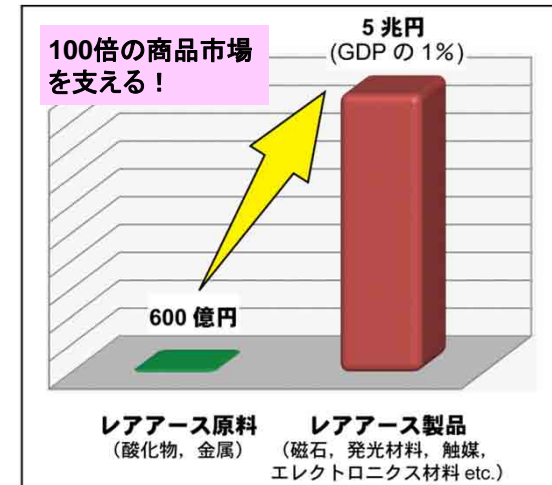
国産レアアースで環境・エコに配慮した東京オリンピック・パラリンピックを！  
**日本の成長戦略を劇的に加速！**

# レアアースのハイテク素材が未来を拓く

## 現在の主なレアアース製品群

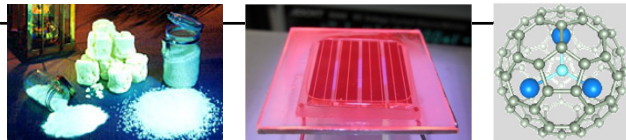
- レアアース磁石: ネオジム磁石( $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 磁石),  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石, Sm-Fe-Nボンド磁石
- レアアース発光材料: 白色LED(青色LED+YAG:Ce黄色発光), 三波長レアアース蛍光体, レーザー(YAG-Nd<sup>3+</sup>), Er<sup>3+</sup>ドープ光ファイバー
- 水素吸蔵合金: ハイブリッドカー用ニッケル水素二次電池
- 研磨剤:  $\text{CeO}_2$ , ガラス(レンズ)の研磨, シリコンウエハの研磨
- 光学ガラス: 高屈折率ガラス添加物( $\text{La}_2\text{O}_3$ )
- 燃料電池用固体電解質:  $\text{Y}_2\text{O}_3$ - $\text{ZrO}_2$  酸素分析用センサー
- 自動車排ガス処理触媒:  $\text{CeO}_2$ - $\text{ZrO}_2$
- MRI造影剤: Gd アミンポリカルボン酸錯体(Gd-DPTA錯体)
- 医薬品合成触媒: インフルエンザ治療薬の合成触媒. “タミフル(Y)”, “リレンザ(Nd)”
- 合成ゴム製造触媒: ブタジエンゴム高弾性化触媒(Nd). “よく飛ぶゴルフボール”
- アルミニウム合金: 金属バット等, 軽量高強度金属材料
- その他, 鉄鋼製造における脱酸素剤, 原油分解触媒(ガソリン製造), セラミックコンデンサ製造, などに大量に消費

## 我が国のレアアース産業の経済規模



## 数年で産業化

- レアアース超伝導体 ( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ )
- 高輝度長残光性蓄光顔料 ( $\text{SrAl}_2\text{O}_4$ :Eu,Dy): “N夜光(ルミノーバ)”. 夜光塗料の世界シェア80%を占める.
- レアアース錯体複合発光材料: 太陽電池に応用することで変換効率を1%向上 (北海道大学 長谷川靖哉教授 提案)
- Gdフラーレン化合物: MRI造影剤や中性子線捕捉医療への応用 (名古屋大学 篠原久典教授 提案)

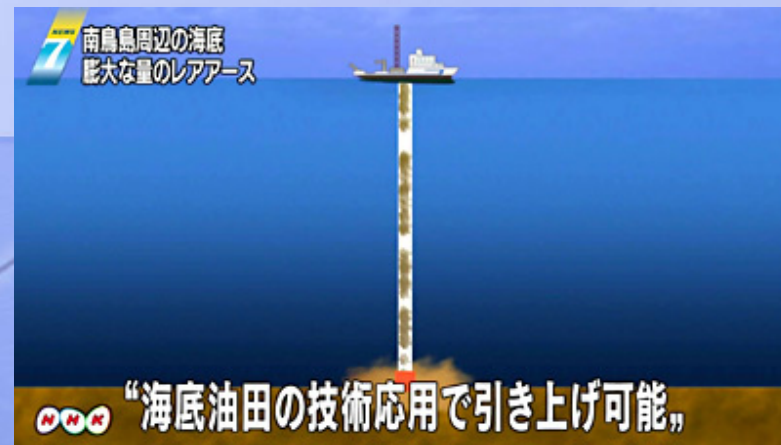


## 現在研究中の新素材

- 偏光発光膜: それ自身が発光し, さらに偏光させる, 全く新しいディスプレイ材料 (青山学院大学 長谷川美貴教授 提案)
- 偏光発光特性を持つレアアース錯体: 物質設計によって回転角を暗号化し, 絶対に破られない高度暗号を作製 (北海道大学 長谷川靖哉教授 提案)
- レアアースを用いた機能性結晶: シンチレーターや圧電材料への応用による医療画像装置, 各種IT機器の高性能化 (東北大学 吉川 彰教授 提案)



レアアース新規産業を創出し, 日本の成長戦略を加速!



- 南鳥島で世界初の海底鉱物資源開発成功へ！  
⇒我が国発の海洋開発技術を創成・発展！  
⇒レアアースハイテク素材の開発促進！

## 日本の成長戦略を加速するダブル効果

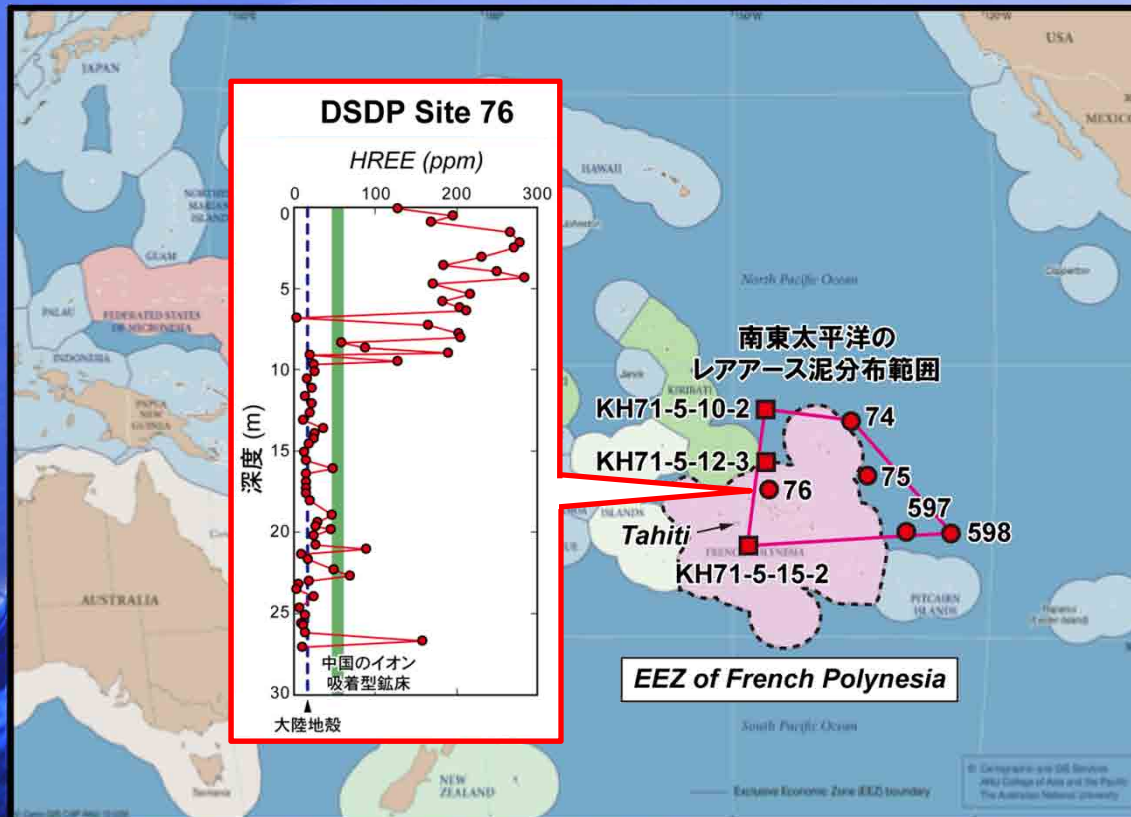
国産の海洋基幹技術の開発  
世界のトップランナーへ

レアアース新素材の実用化  
日本をハイテク産業の中心へ

海洋産業の復活・創出

「ものづくり国家」の再構築

# なぜ急ぐのか？



NHK クローズアップ現代  
テクニップ社 インタビュー



ロディア、レアースで中国企業と提携--人民網日本語版--人民日報

中国アルミ業公司傘下のレアース(希土類)企業、中国稀有稀土有限公司はこのほど、フランスのロディア・グループと協力取り決めを結んだ。レアース産業チェーンの原料供給、技術、資金、サービスなどの面で全面的に協力する。

ロディアはベルギー・ソルベイ・グループの傘下企業で、レアース関連の先進的応用材料を開発、製造し、製品は主に電子製品の性能向上と自動車の排ガス抑制に使われている。

## フランス(タヒチ)EEZ内に最も好条件のレアース泥

- ① 水深4,600m程度
- ② 海底面直下10mに高品位泥が分布
- ③ 世界トップクラスの海洋開発技術(テクニップ社)
- ④ 優れたレアース製錬・加工技術(ロディア社)

フランスと中国が手を組むことが最悪のシナリオ

# 中国の直近の動向

## 科学調査船「海洋6号」、海底レアアース資源の探査に向け出港



科学調査船「海洋6号」が28日、広東省の珠江口海洋地質専用埠頭から出港し、太平洋に向かった。海洋6号は今回の遠洋航海で、中国地質調査局深海資源探査、中国大洋科学調査第32回調査を実施し、約160日の航海となる見通しだ。人民日報が伝えた。

海洋6号は深海資源調査において、**太平洋で深海レアアース資源探査を実施し**、探鉱有望区の確定の根拠を提供する。中国大洋科学調査第32回調査では、太平洋西部海山区コバルト・リッチ・クラスト探査契約区、太平洋東部多金属団塊探査契約区の資源環境の調査を実施する。

中国が自主開発した6000メートル級水中無索無人潜水艇「潜竜1号」も海洋6号に搭載され、試験的応用を実施する。(編集YF)

「人民網日本語版」2014年5月29日

(人民網, 2014.5.29)

### 中国大洋第29航次科考任务4个航段

#### 第一航段

开展温盐深(海水温度、盐度、深度)测量、分层生物拖网等调查

#### 大洋稀土资源专项调查航段

开展了太平洋稀土等新资源潜力探查,进一步验证了其分布状况

#### 第二航段

开展了沉积物取样、温盐深测量和生物调查等

#### 第三航段

完成“潜龙一号”首次大洋试验任务,进行了7次下潜等

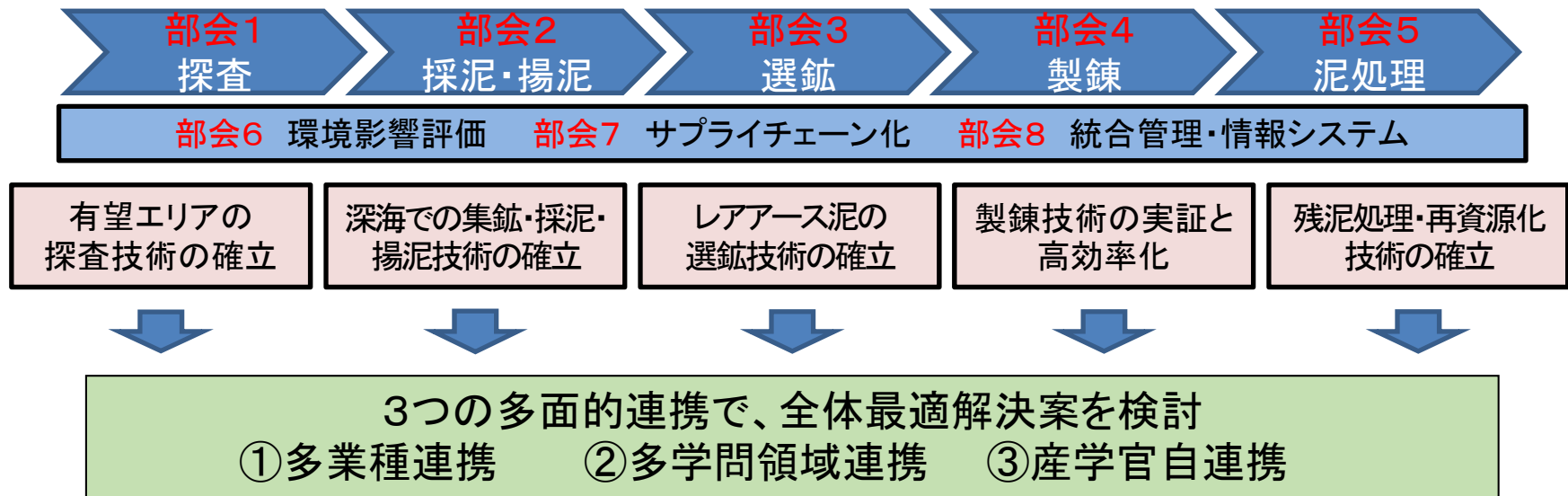
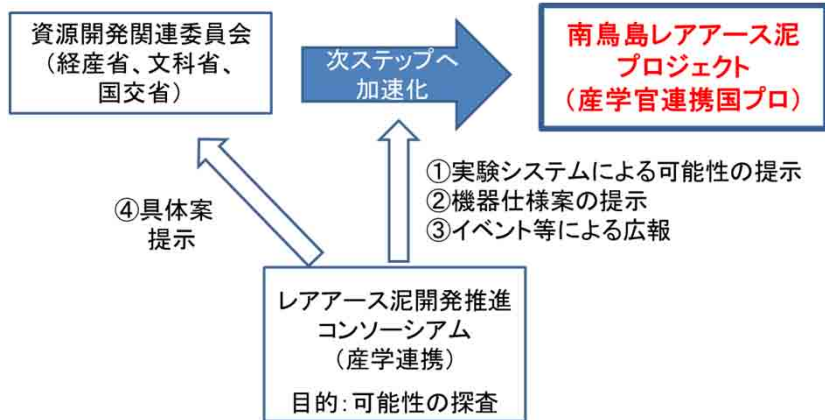
(人民網, 2013.11.7)

中国は、南鳥島周辺を含めた太平洋のレアアース泥調査を積極的に進展させることを明言



# レアアース泥開発推進コンソーシアム

＜全体目的＞産学官自のメンバーが連携して深海底に分布するレアアース泥を採泥・揚泥する技術を確認することで、レアアース資源の安定供給を実現し、さらにレアアースの新たな需要開拓を通じて、停滞する日本の産業を活性化させる



**現在、参加メンバー募集中！！(10月スタート予定)**

連絡先: 藤永公一郎, TEL: 03-5841-7019

E-mail: k-fujinaga@sys.t.u-tokyo.ac.jp

ご清聴ありがとうございました

絶賛発売中!!!



富山和彦氏推薦!

本書は海洋資源大国ニッポンへの  
正真正銘の大航海図である。

PHP新書  
定価: 本体780円(税別)

