

環境・エネルギー問題を考える 2006.4.21

## 地球史から見た 環境・エネルギー問題

加藤泰浩(かとうやすひろ)  
工学部・システム創成学科  
環境エネルギー (E&E) コース

人類最大の環境問題:

CO<sub>2</sub>問題(地球温暖化)

人類にとって解決すべき最重要問題

温暖化

海面上昇・異常気象・海洋循環の停止

食糧・人口問題への連鎖

北大大学院助教授が「予言」  
温暖化でサマがシジャモ化し、さらに高級魚に。料理でしか食べられない日も近い。

「サマがシジャモに!」  
今世紀末

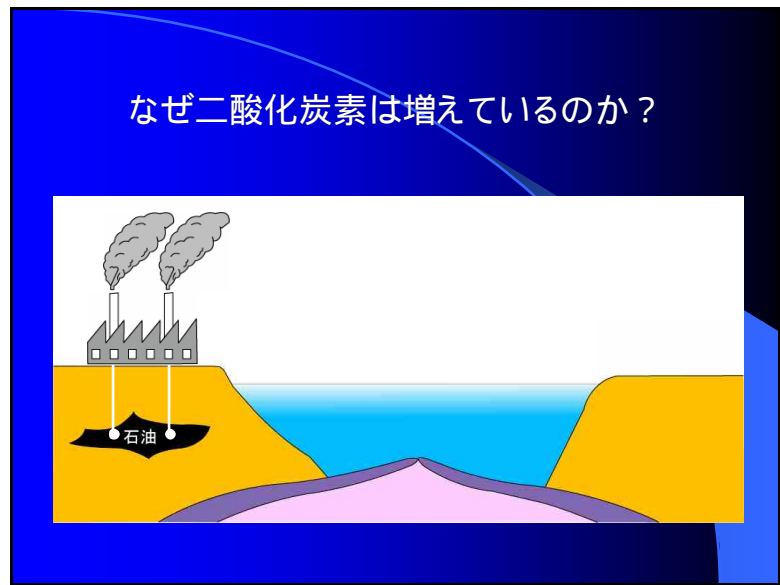
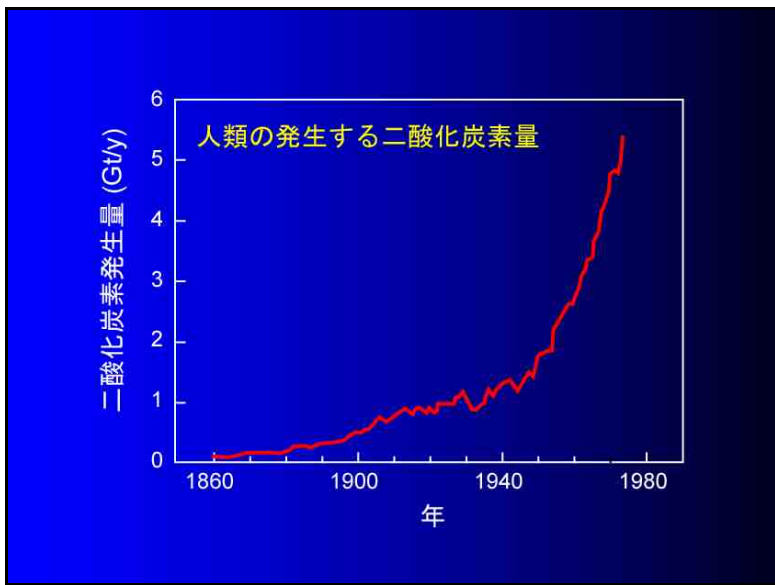
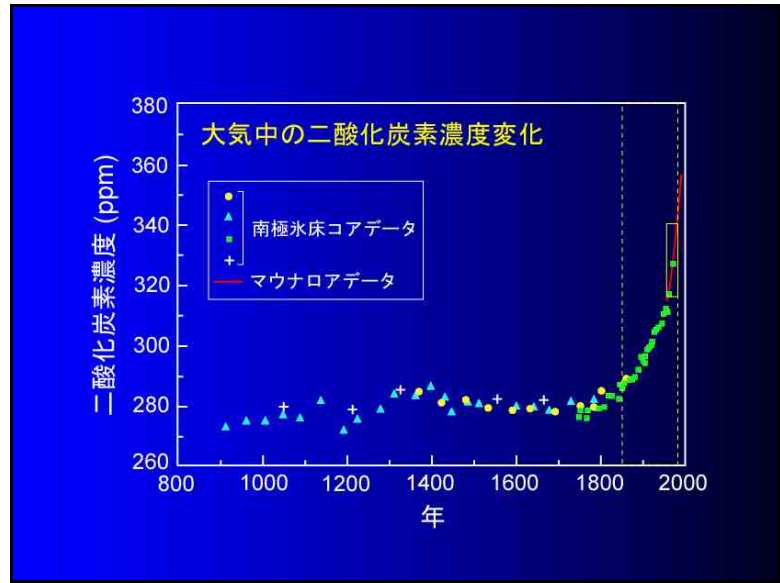
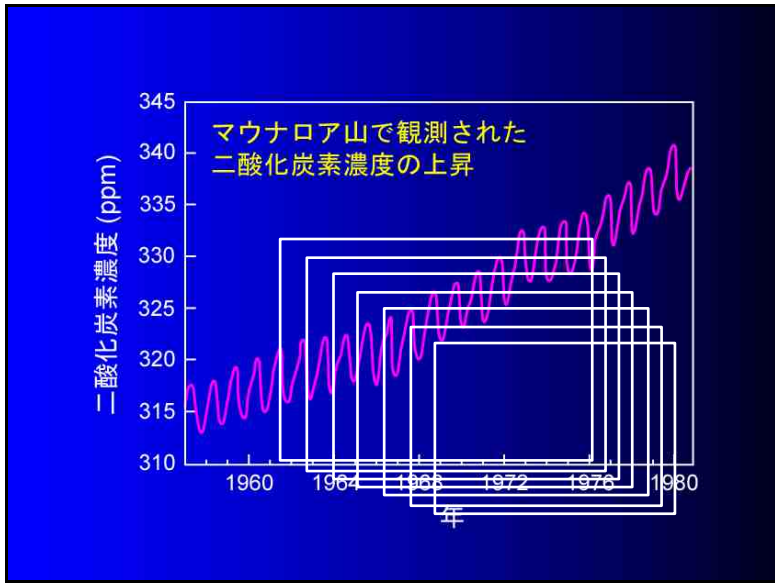
「温暖化で餌減り10センチ高級魚になる可能性も」

近年豊漁のサマだが

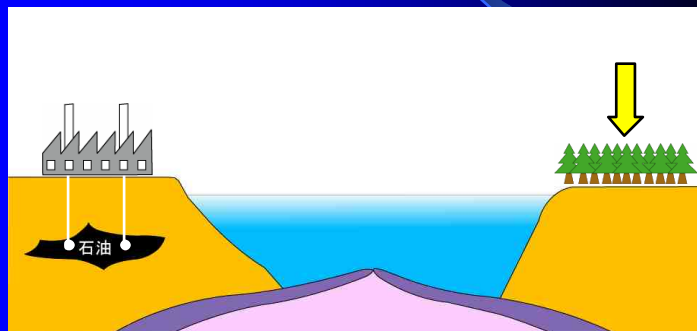
原因は?

化石エネルギーの燃焼





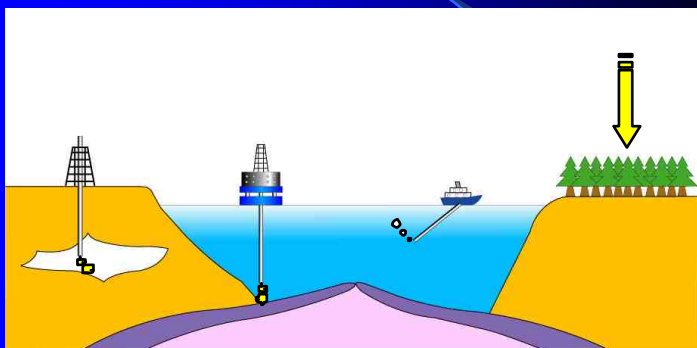
## 二酸化炭素問題へのアプローチ



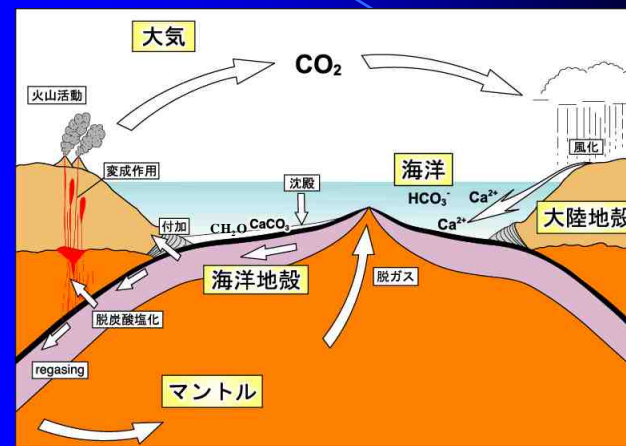
## 二酸化炭素問題へのアプローチ

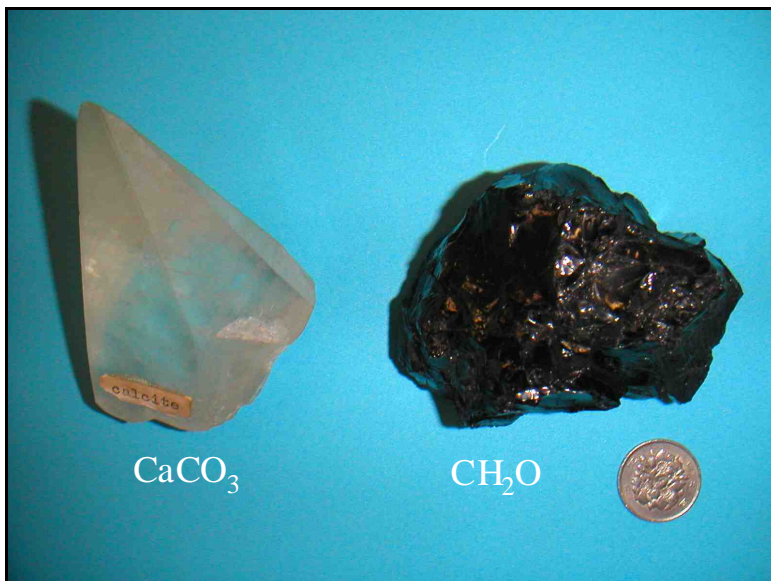
- ★ 排出の抑制
  - ・化石代替エネルギーの開発  
(核エネルギー, 自然エネルギー)
  - ・エネルギー効率の改善  
(高燃費エンジン, 新しい熱機関)
  - ・排出された二酸化炭素の回収
- ★ 固定・隔離
  - ・森林への固定
  - ・海洋隔離
  - ・地中隔離

## 現在研究されている二酸化炭素固定法



## 炭素の分布





### 炭素の分布

リザーバー	主な存在形態	存在量 (mol)
大気	CO <sub>2</sub>	6.2 × 10 <sup>16</sup>
海洋	HCO <sup>3-</sup> 、CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	3.0 × 10 <sup>18</sup>
生物圏(生存)	CH <sub>2</sub> O	4.7 × 10 <sup>16</sup>
生物圏(死骸)	CH <sub>2</sub> O	3.3 × 10 <sup>17</sup>
地殻(有機炭素)	CH <sub>2</sub> O	1.8 × 10 <sup>21</sup>
地殻(炭酸塩)	CaCO <sub>3</sub> 、CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	9.3 × 10 <sup>21</sup>
マントル・コア	(炭酸塩、グラファイトなど)	5.6 × 10 <sup>23</sup> (?)

出典: Ronov and Yaroshevsky, 1976; Holland, 1978;  
Moore and Bolin, 1986; Berner, 1989; Abe, 1988

CO<sub>2</sub>問題とは・・・炭素の分布の問題

大気中に分布していることが問題なのだ！

分布(配置)を変えてやればよい！！

どこに配置するか？

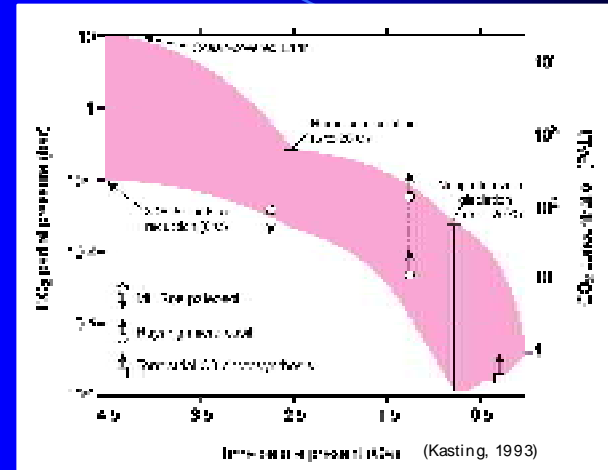
新しい二酸化炭素地中隔離法の提言  
海洋地殻処分

半永久にCO<sub>2</sub>を隔離するための技術革新

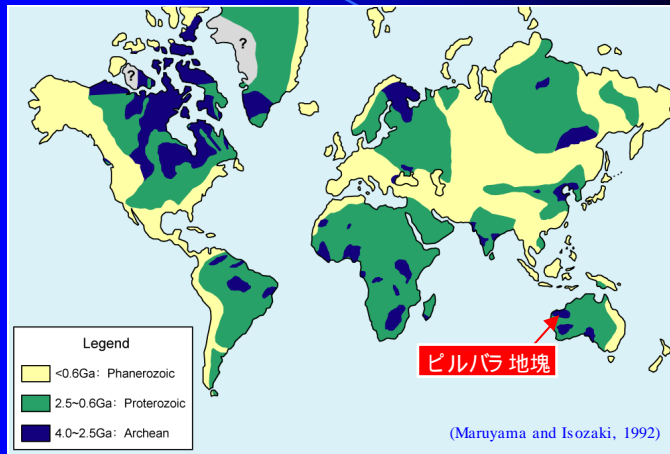
太古の地球大気は数千倍もCO<sub>2</sub>に富んでいた  
そのとき地球は、何をしてきたのか？

CO<sub>2</sub>問題解決のための重要なヒントが  
隠されているはず！

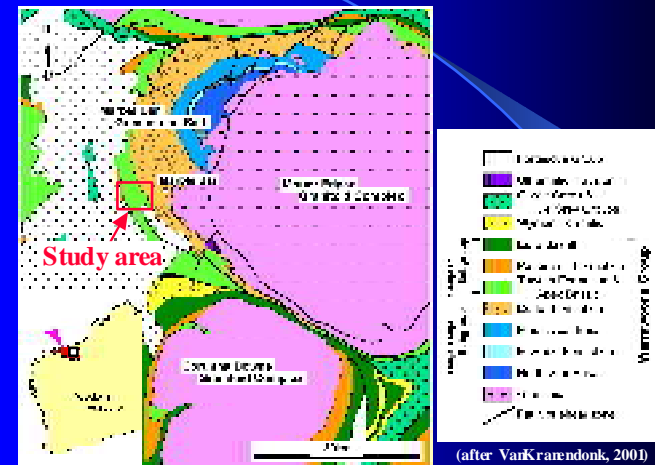
### 過去の大气CO<sub>2</sub>濃度の変遷



### 世界の地質体の年代分布

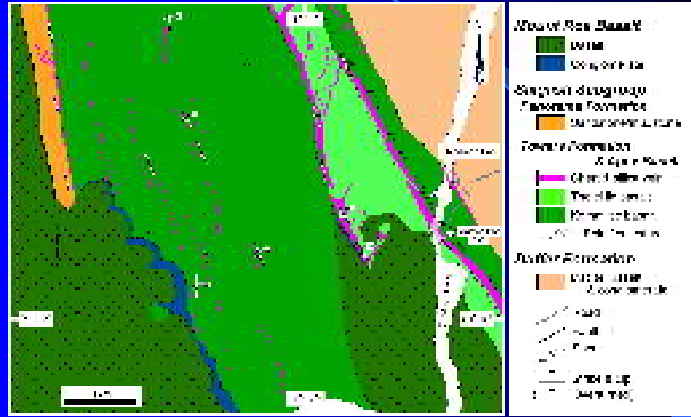


### Geological map of the Marble Bar area





## マールバー地域の地質



(Kato and Nakamura, 2003)





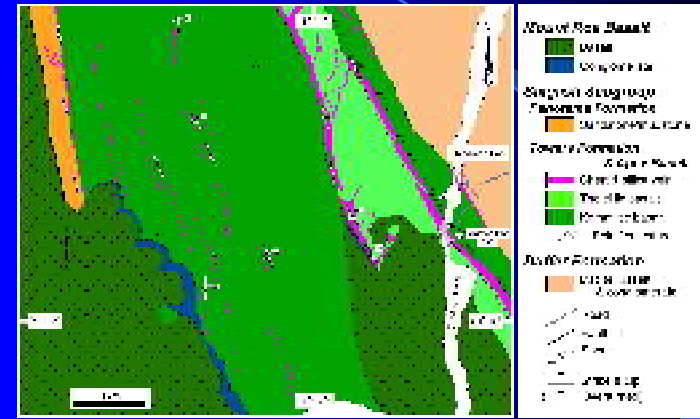






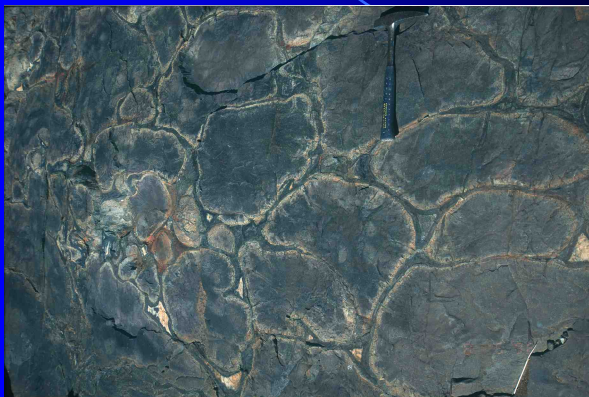


## マールバー地域の地質

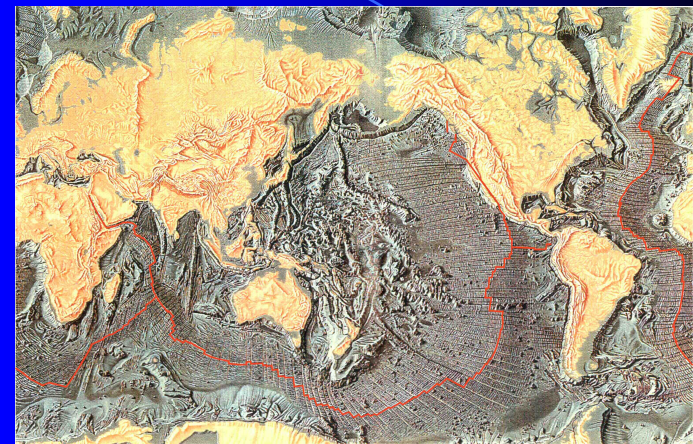


(Kato and Nakamura, 2003)

## 枕状玄武岩



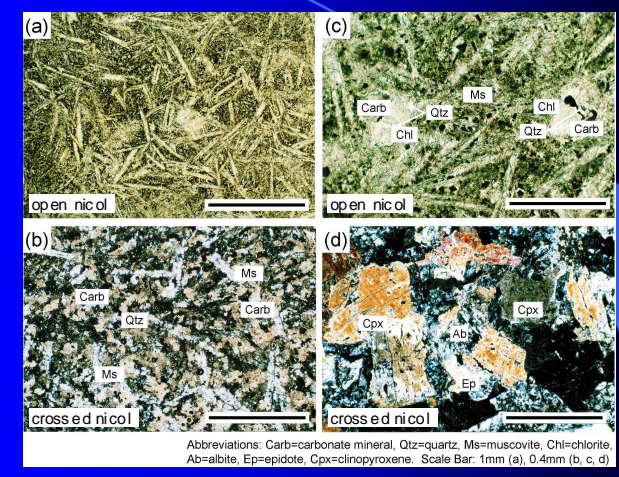
## 海洋地殻と海嶺の分布



## 海嶺における熱水変質作用



## 変質玄武岩類の鏡下写真



## 海洋地殻（玄武岩）によるCO2の固定



\* 玄武岩のCa成分を利用してCO2を固定

\* 火山の熱エネルギーを利用して反応促進

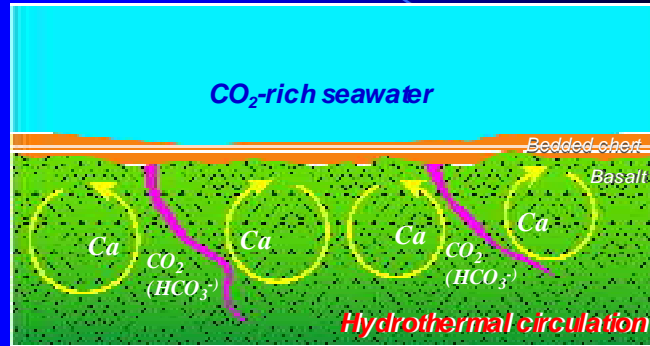
## 二酸化炭素をトラップする反応



珪酸塩鉱物      炭酸塩鉱物      石英

↓  
炭酸塩化作用

## 太古代の海底熱水変質作用



太古代の海洋地殻は熱水変質する際に、自分の持つCaをCO<sub>2</sub>に富んだ海水(熱水)と反応させて炭酸塩鉱物を沈殿させていた。

## 海洋地殻固定は有望か？

- ★ キャパシティー → }
  - 十分な容量があるのか？
  - 十分な期間継続が可能なのか？
- ★ エネルギー効率
- ★ 安全性
- ★ 固定期間

## 二酸化炭素固定量

$$F_c = S_f \cdot D_c \cdot \rho \cdot mCa$$

$F_c$  : CO<sub>2</sub>固定量 (mol)

$S_f$  : 固定面積 (km<sup>2</sup>)

$D_c$  : 炭酸塩化深度 (m)

$\rho$  : MORBの密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$mCa$  : MORB中のCa量 (mol/g)

## 二酸化炭素固定量計算

$$S_f = E_c / (D_c \cdot \rho \cdot mCa)$$

$E_c$  : 人類による年間CO<sub>2</sub>排出量 (mol) =  $4.6 \times 10^{14}$

$D_c$  : 炭酸塩化深度 (m) = 600

$\rho$  : MORBの密度 (g/cm<sup>3</sup>) = 3.0

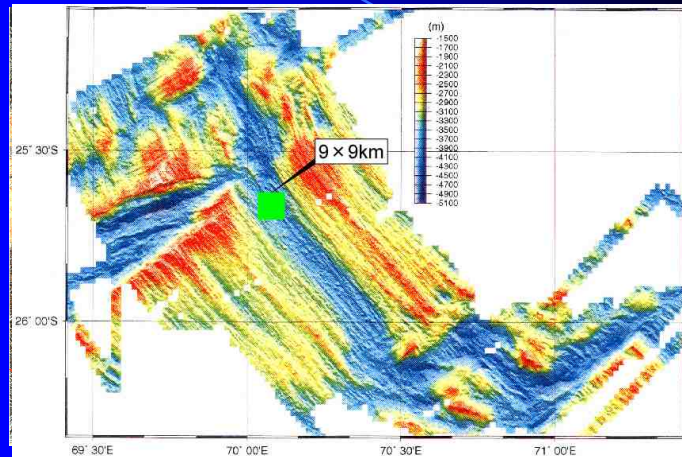
$mCa$  : MORB中のCa量 (mol/g) =  $2 \times 10^{-3}$



$$S_f = 128 \text{ (km}^2\text{)} \quad 10\text{km} \times 10\text{km}$$



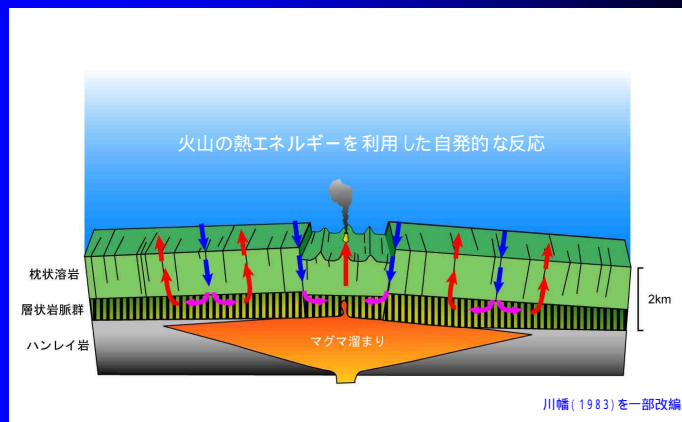
## 海洋地殻のキャパシティー



## 海洋地殻固定は有望か？

- ★ キャパシティー →
  - ・十分な容量があるのか？
  - ・十分な期間継続が可能なのか？
- ★ エネルギー効率 →
  - ・多量のエネルギーを必要としないか？
- ★ 安全性
- ★ 固定期間

## 海嶺における熱水変質作用



## 海洋地殻固定は有望か？

- ★ キャパシティー →
  - ・十分な容量があるのか？
  - ・十分な期間継続が可能なのか？
- ★ エネルギー効率 →
  - ・多量のエネルギーを必要としないか？
- ★ 安全性 →
  - ・安全な形で固定できるか？
  - ・安定な形で固定できるか？
- ★ 固定期間



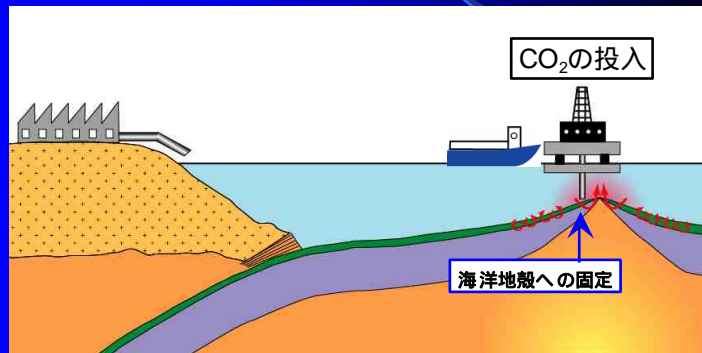
## 炭酸塩鉱物の安全性



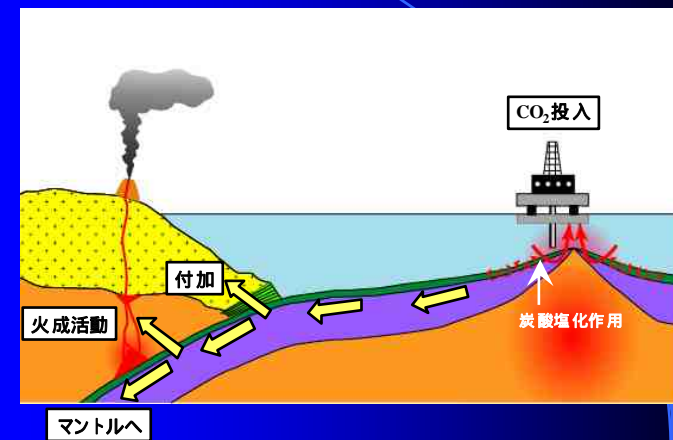
## 海洋地殻固定は有望か？

- ★ キャパシティー →
  - ・十分な容量があるのか？
  - ・十分な期間継続が可能なのか？
- ★ エネルギー効率 →
  - ・多量のエネルギーを必要としないか？
- ★ 安全性 →
  - ・安全な形で固定できるか？
  - ・安定な形で固定できるか？
- ★ 固定期間 →
  - ・長い期間固定しておけるか？

## 二酸化炭素の投入プロセス



## 海洋地殻に固定された炭素の運命



いっしょに、子供たちの未来のため  
に、研究してみないか？

加藤泰浩

(システム創成学科環境エネルギーコース)

E-mail: [ykato@geosys.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:ykato@geosys.t.u-tokyo.ac.jp)

URL: <http://egeo1.geosys.t.u-tokyo.ac.jp/indexk.html>