

## 地球上のCO2吸収・放出バランスと CO2貯蔵当量

Ton Runneboom

トン・ルンヌboom

帝人株式会社

〒100-8585東京都千代田区霞が関3-2-1

霞が関コモンゲート西館

[www.Teijin.co.jp](http://www.Teijin.co.jp)

Gordon Feller

ゴードン・フェラー

Urban Age Institute

870 Estancia

San Rafael

CA 94903

USA

本来、CO<sub>2</sub>は“成長ガス”であるゆえ、  
自然界による吸収を促進させるべきである！

## 政策立案者に対する主張要点

1. CO2貯蔵・循環コンセプトの理解
2. 陸域部バイオマス平均サイクルの延長
3. 消火技術や作物残滓処理技術の改善
4. CO2の海洋直接注入による光合成促進
5. 食糧貯蔵の増加
6. 植物油の安定した高需要開拓

## 地球上のCO<sub>2</sub>吸収・放出バランスとCO<sub>2</sub>貯蔵当量

このプレゼンテーションではCO<sub>2</sub>の貯蔵と循環に注目します。

## CO2化学当量

### 比率

品目	分量	CO2化学当量
デンプン・ブドウ糖・セルロース	1	1.63
植物油	1	2.81
炭素	1	3.67
石灰岩	1	0.44
メタン	1	2.75

CO2化学当量を用いることで様々な物質の計算が可能になります。

## CO2主要貯蔵エリア

**Atmosphere (大気中)**に貯蔵されたCO2

**Oceans (海洋中)**に貯蔵された  
CO2当量

CO2、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、バイオマス

バイオマスとして**Land (陸域)**に  
貯蔵されたCO2当量

石炭、油、ガス、CO2として**Soil (土壌)**に貯蔵されたCO2当量

石灰岩として**Earth Crust (地殻)**に貯蔵されたCO2当量

CO2貯蔵当量 (単位: Gt)

Atmosphere (大気中)に貯蔵されたCO2 :380ppm      3 400

Oceans (海洋中)に貯蔵され  
たCO2当量  
CO2、HCO3<sup>-</sup>、バイオマス

140 000

バイオマスとしてLand (陸域)に  
貯蔵されたCO2当量

2 400 ~ 5 000

(3 500\* 当プレゼン使用)

人類 0.2

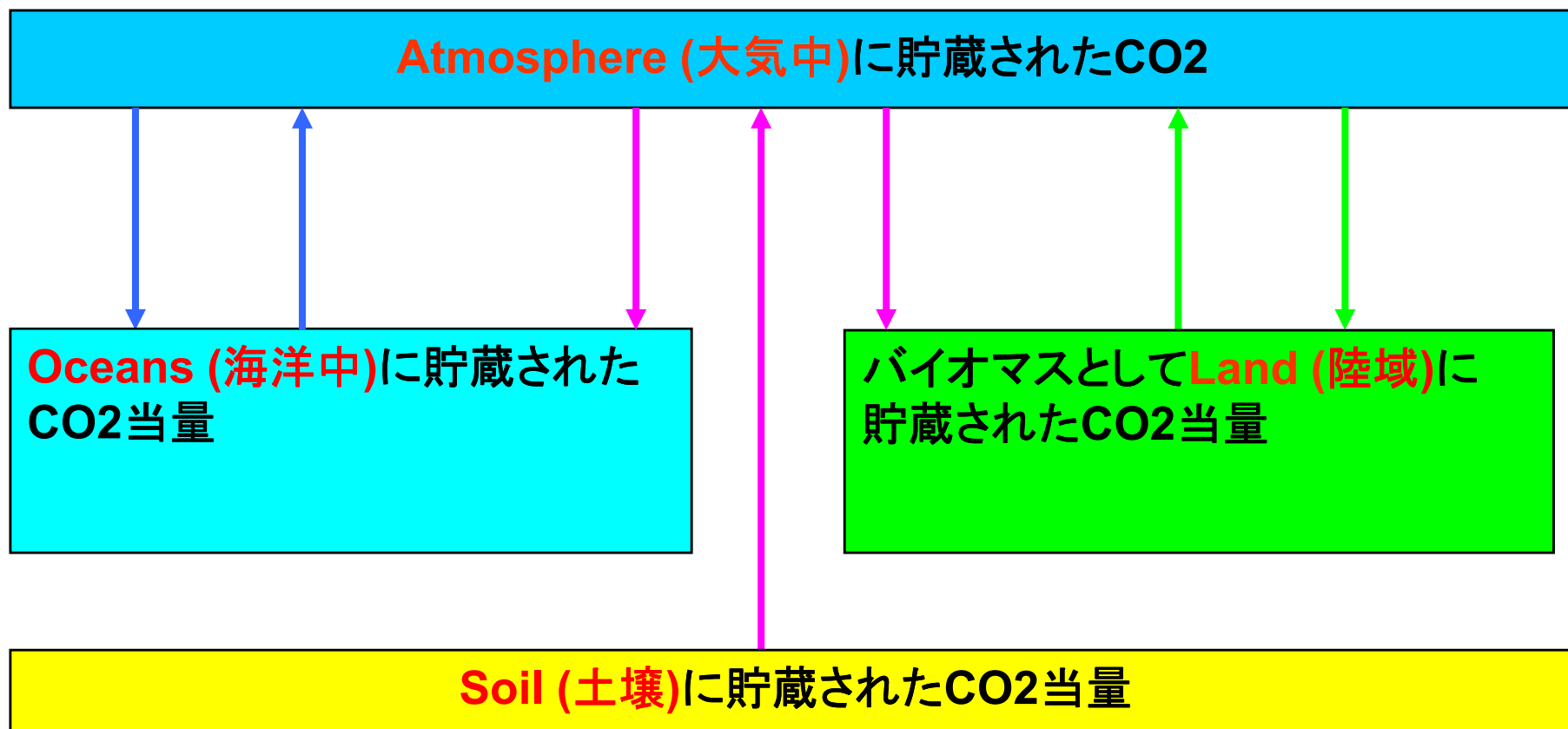
Soil (土壌)に貯蔵されたCO2当量

18 000

石灰岩としてEarth Crust (地殻)に貯蔵された CO2当

330 000 000

## 主要貯蔵エリア間のCO2循環



## CO2放出量の予測について

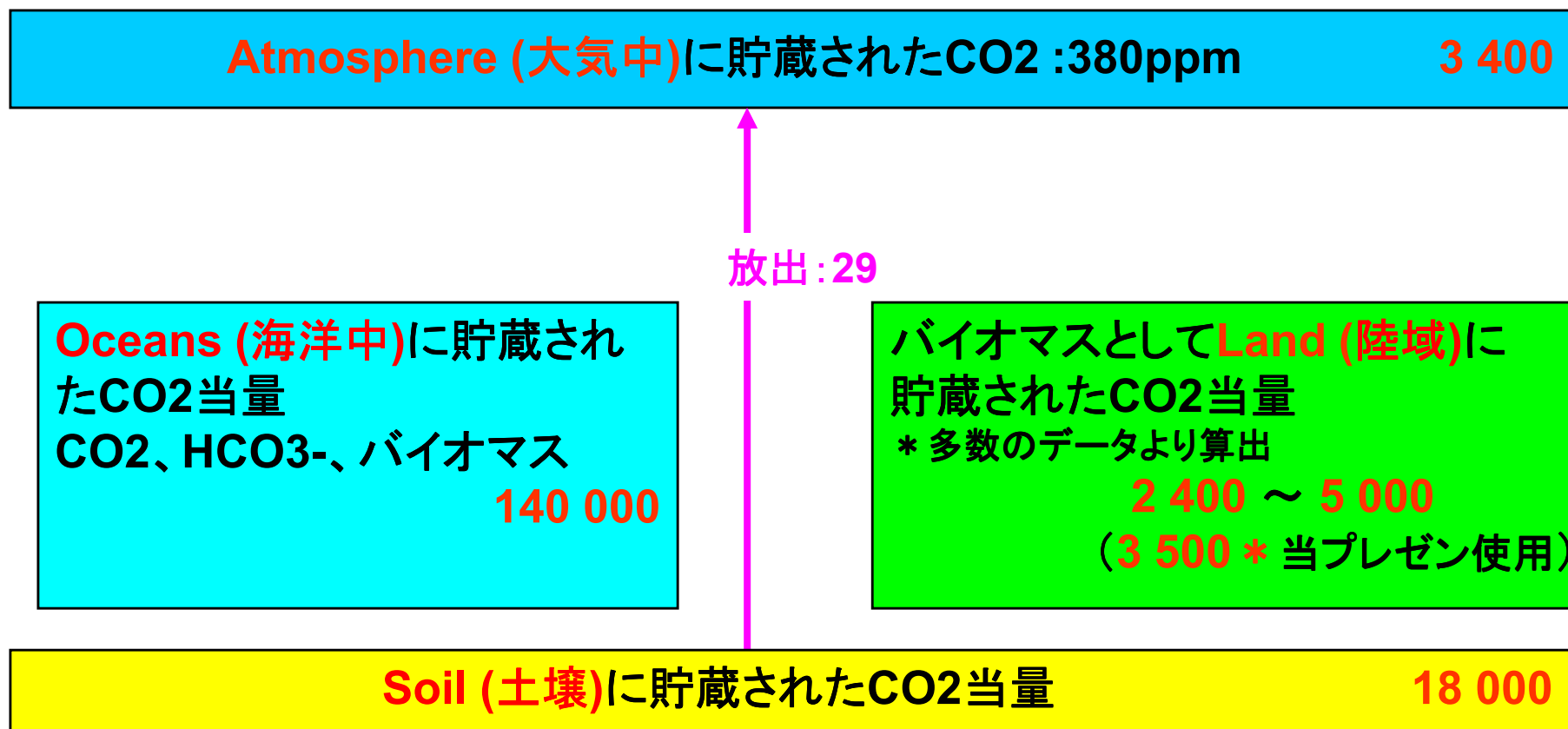
京都議定書(IPCC気候変動に関する政府間パネル) :

1990年のデータによると化石燃料によって22GtのCO2が大気に放出されている

2004年には化石燃料によって29GtのCO2放出 \* 当プレゼン使用

2007年には化石燃料によって32GtのCO2放出

年間CO2当量の循環とCO2貯蔵量 (単位:Gt)



**CO2の一部は大気にとどまり一部は再移動する**

**1960年**における大気中 CO2含有量 (300PPM) = 2 690 Gt

**1998年**における大気中 CO2含有量 (360PPM) = 3 240 Gt

**2008年**における大気中 CO2含有量 (380PPM) = 3 420 Gt

**300ppmと380ppmの差 = 730 Gt**

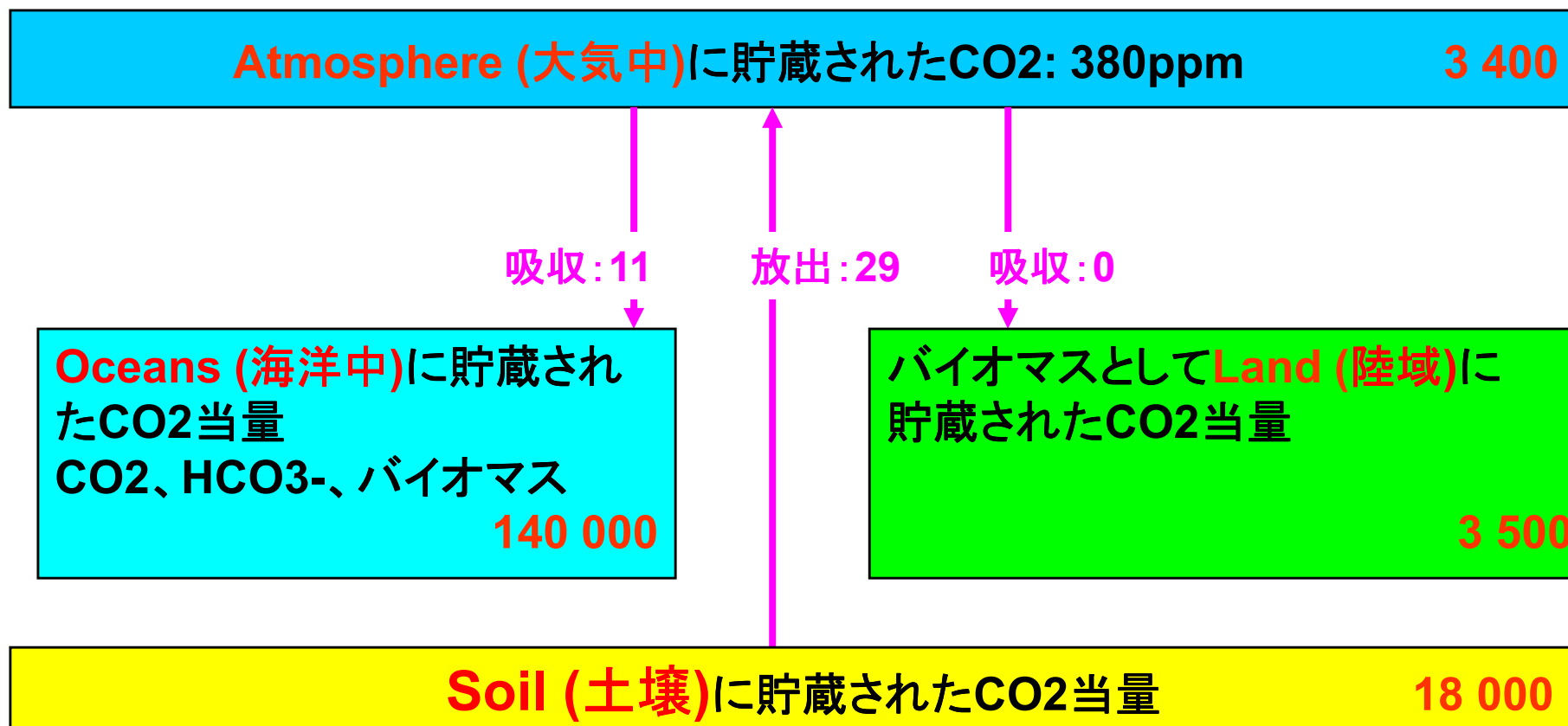
**大気中CO2貯蔵増加量 = 年間15 Gt (1960-2008)**

**360ppmと380ppmの差 = 180 Gt**

**大気中CO2貯蔵増加量 = 年間18 Gt (1998-2008) \* 当プレゼン使用**

**大気から海洋に吸収されるCO2 = 年間11 Gt (1998-2008) \* 当プレゼン使用**

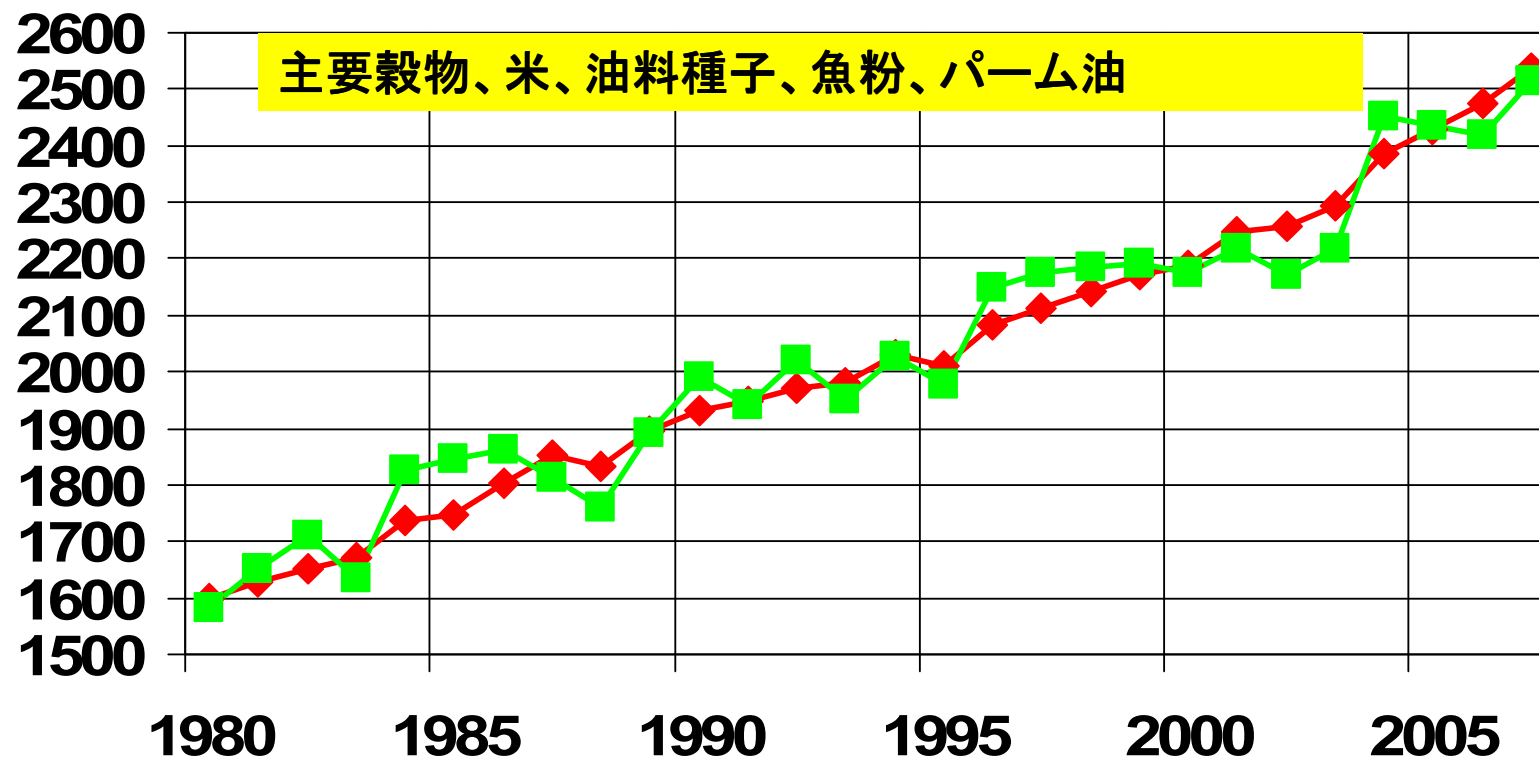
年間CO2当量の循環とCO2貯蔵量 (単位:Gt)



# 農業データ

## 世界の食糧資源需給の変動

(百万MT)

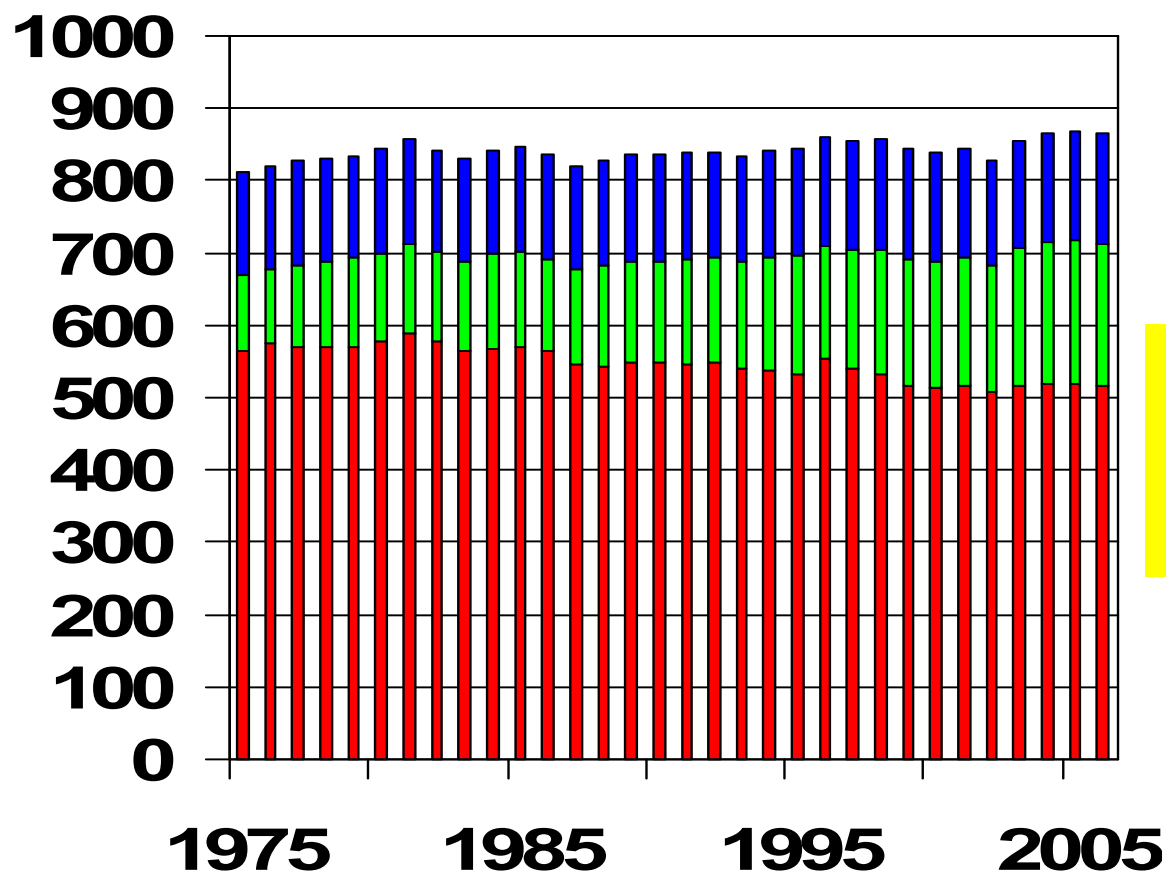


4.8%は植物油、その他はデンプン、セルロースから構成されている。

注) サトウキビは含まれていない。

## 世界の農地面積(百万ha)

穀物、油種子、米



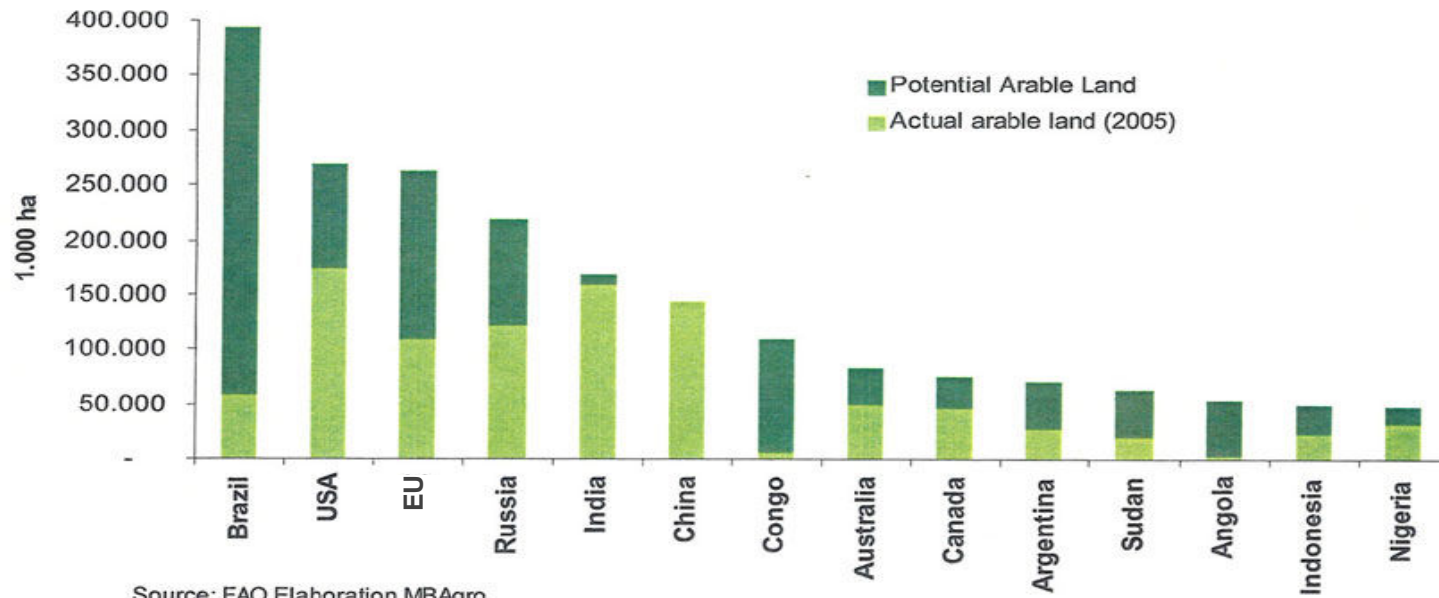
過去30年を振り返ると  
世界の農地面積は安  
定している

Source: USDA, Foreign Agricultural Service



世界全体において農耕地は不足していない

Available Land



## 農作物によるCO2吸収

年間2.5Gtの農作物が吸収するCO2:	年間4.5Gt
年間4.9Gtの副産物系バイオマスが吸収するCO2:	年間8.0Gt
合計	年間12.5Gt

## 陸域系バイオマス

**農耕地系バイオマス生産:**

**1ヘクタールにつき年間3.0MTの農作物**

**1ヘクタールにつき年間5.6MTの副産物系バイオマス**

**非農耕地系バイオマス生産推定:**

**1ヘクタールにつき年間3.6MT**

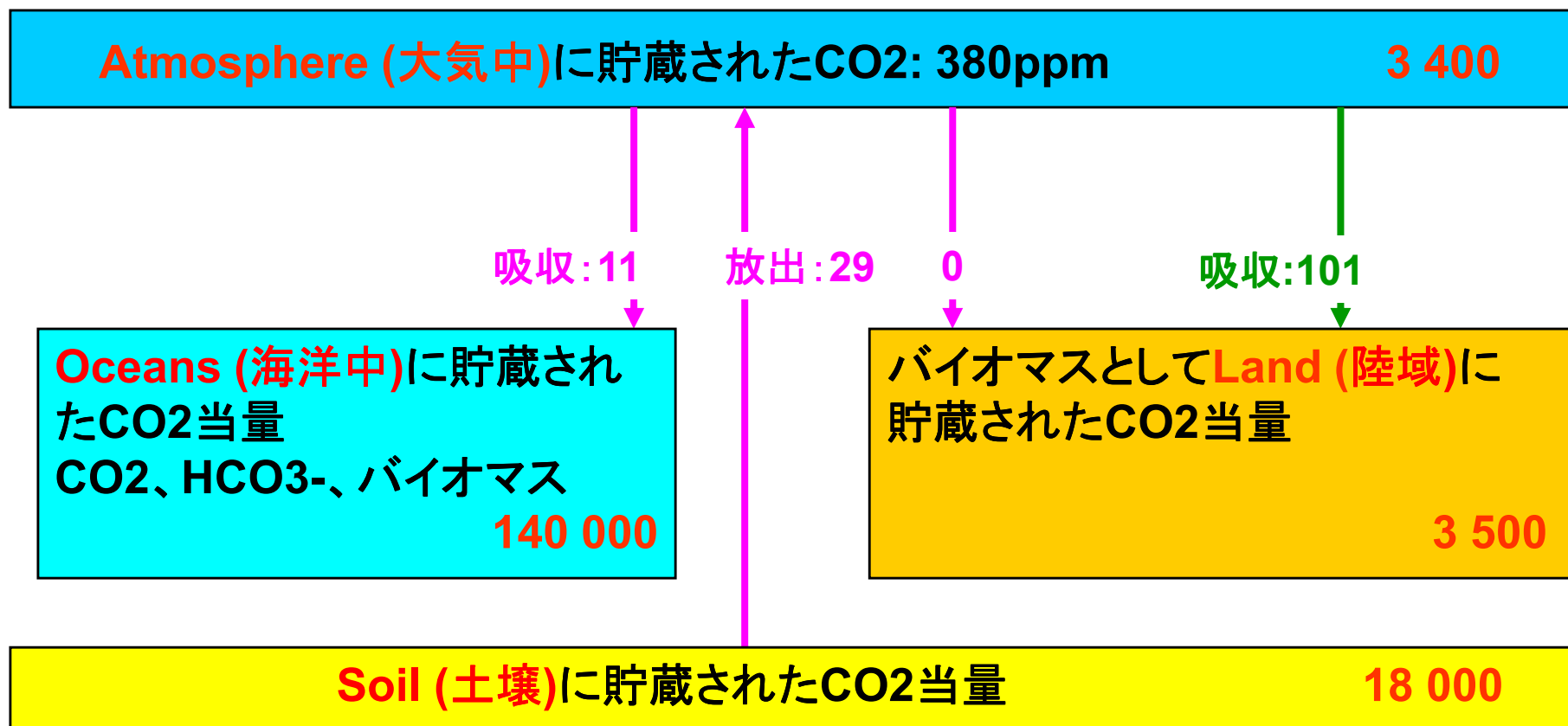
**砂漠地系バイオマス生産推定:**

**1ヘクタールにつき年間0MT**

## 陸域でのCO2吸収

農耕地でのCO2吸収	年間 <b>13Gt</b>
非農耕地でのCO2吸収	年間 <b>88Gt</b>
陸域での大気中からのCO2吸収	年間 <b>101Gt</b>

年間CO2当量の循環とCO2貯蔵量 (単位:Gt)



## 海洋からのCO2吸収

大気への酸素(O<sub>2</sub>)放出は陸域と海洋からおこなわれる

そのうち、およそ55%が陸域、45%が海洋によって放出される

酸素は光合成によってしか生み出されない

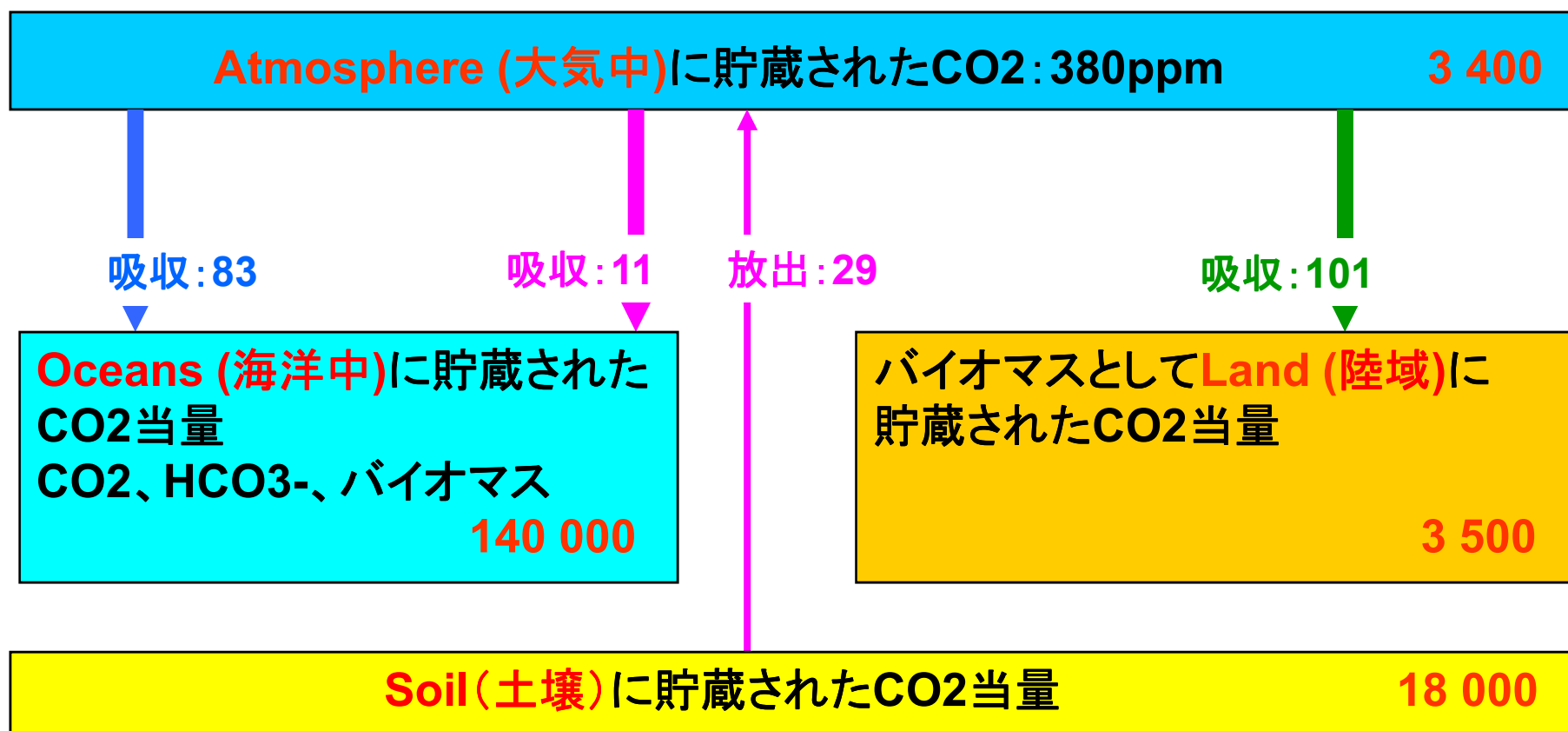
結論:

光合成によるCO<sub>2</sub>吸収の45%は海洋によって生み出される

つまり

海洋で光合成に必要なCO<sub>2</sub> = 年間**83Gt**

CO2の年間吸収量とCO2貯蔵量 (単位: Gt)



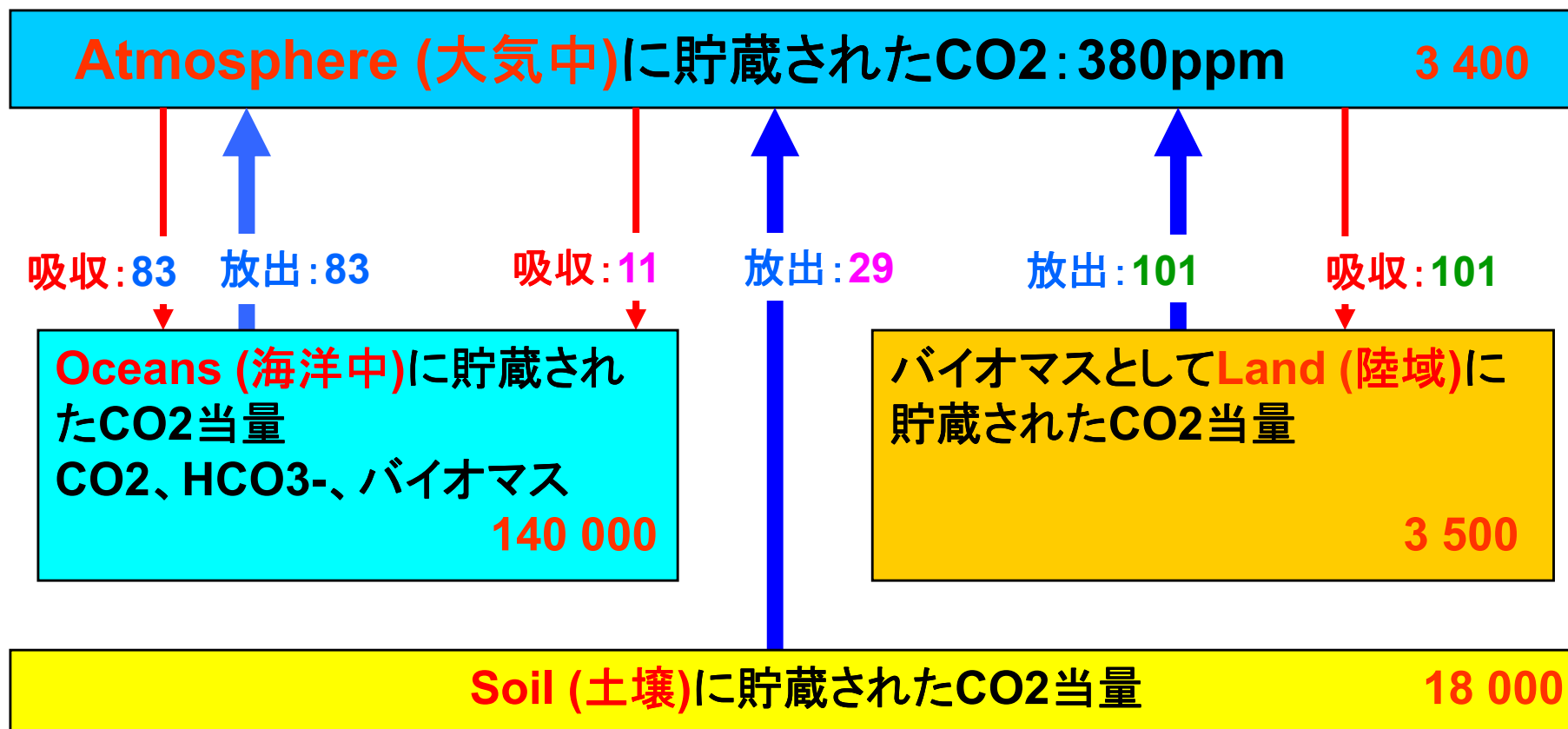
## 大気への年間CO2放出量 (単位: Gt)

光合成による大気からのCO2吸収	184
海洋吸収によるCO2再移動	11
	+ ———
吸収を補うための大気へのCO2放出	195
貯蔵変動を補うためのCO2放出	18
	+ ———
大気へのCO2放出の合計	213
化石燃料使用によるCO2放出	29
	- ———
化石燃料使用以外の大気へのCO2放出	184

陸域+海洋にて分解されたバイオマスによって放出されるCO2量と陸域+海洋における光合成によるCO2吸収量は等しい

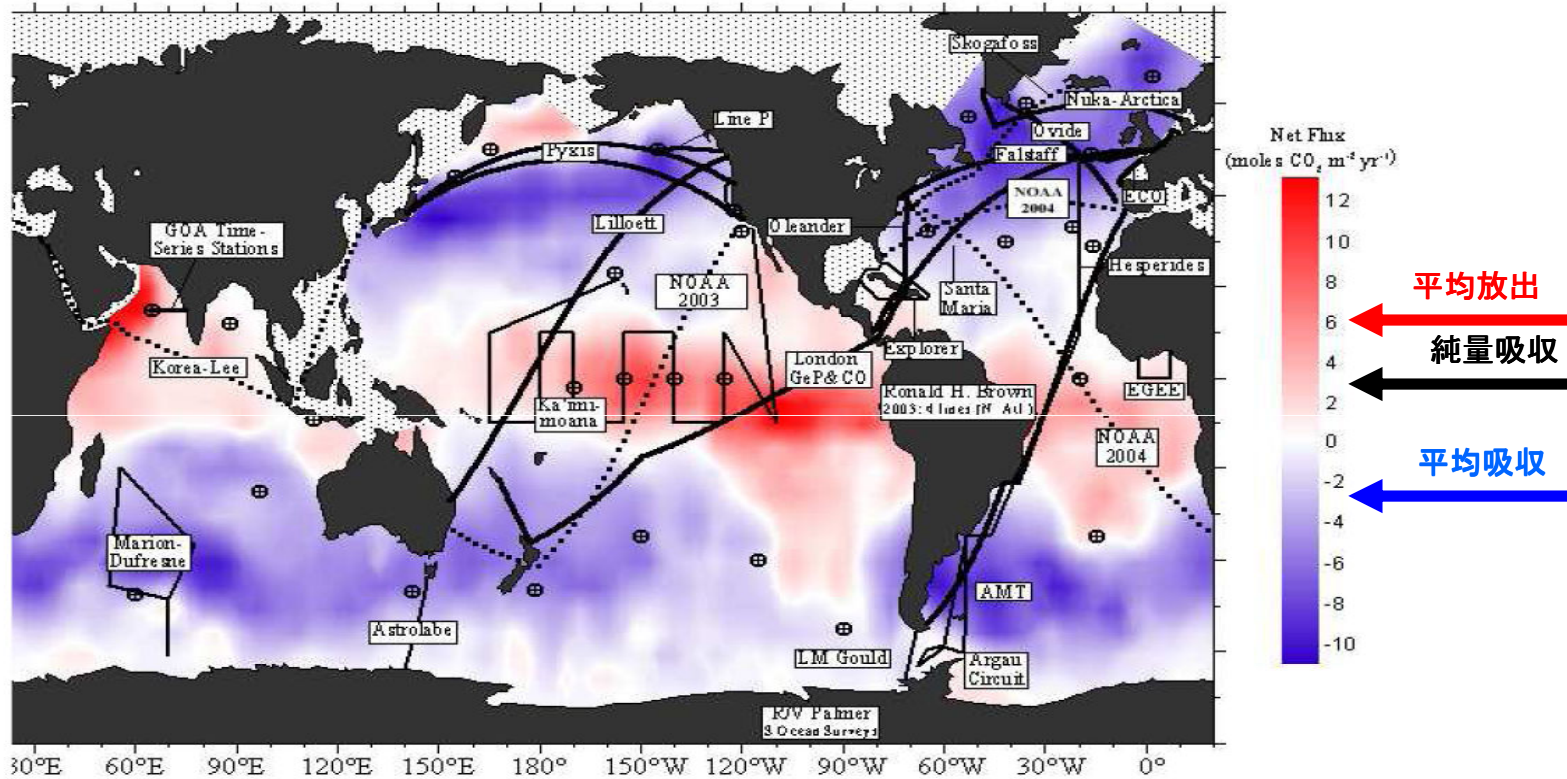
貯蔵バランスの年間11Gtは化石燃料使用によるCO2放出

年間CO2当量の循環とCO2貯蔵値 (単位: Gt)



## 大気－海洋間のCO2純交換量(フラックス)

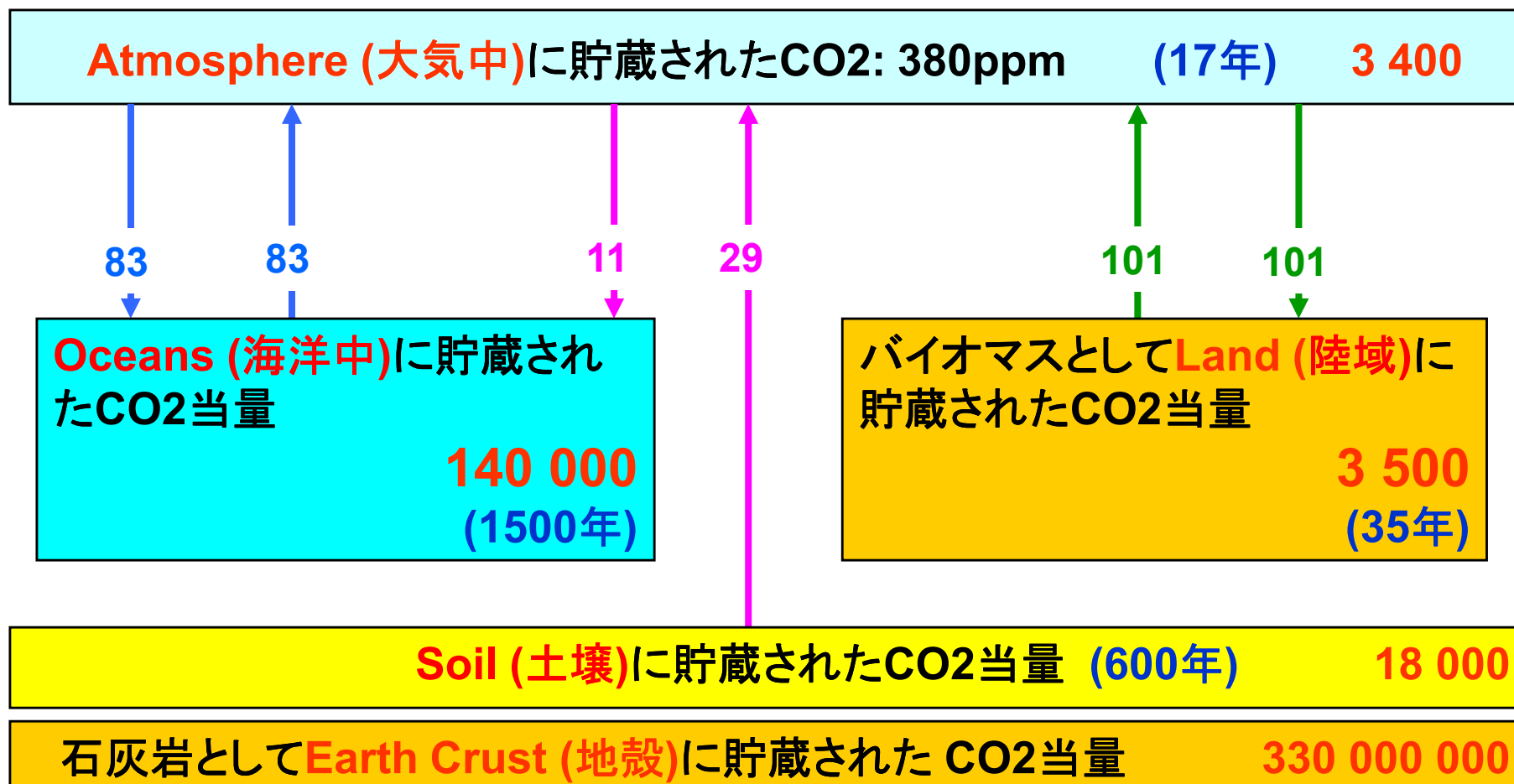
1 = 44 gram / M2 / Year



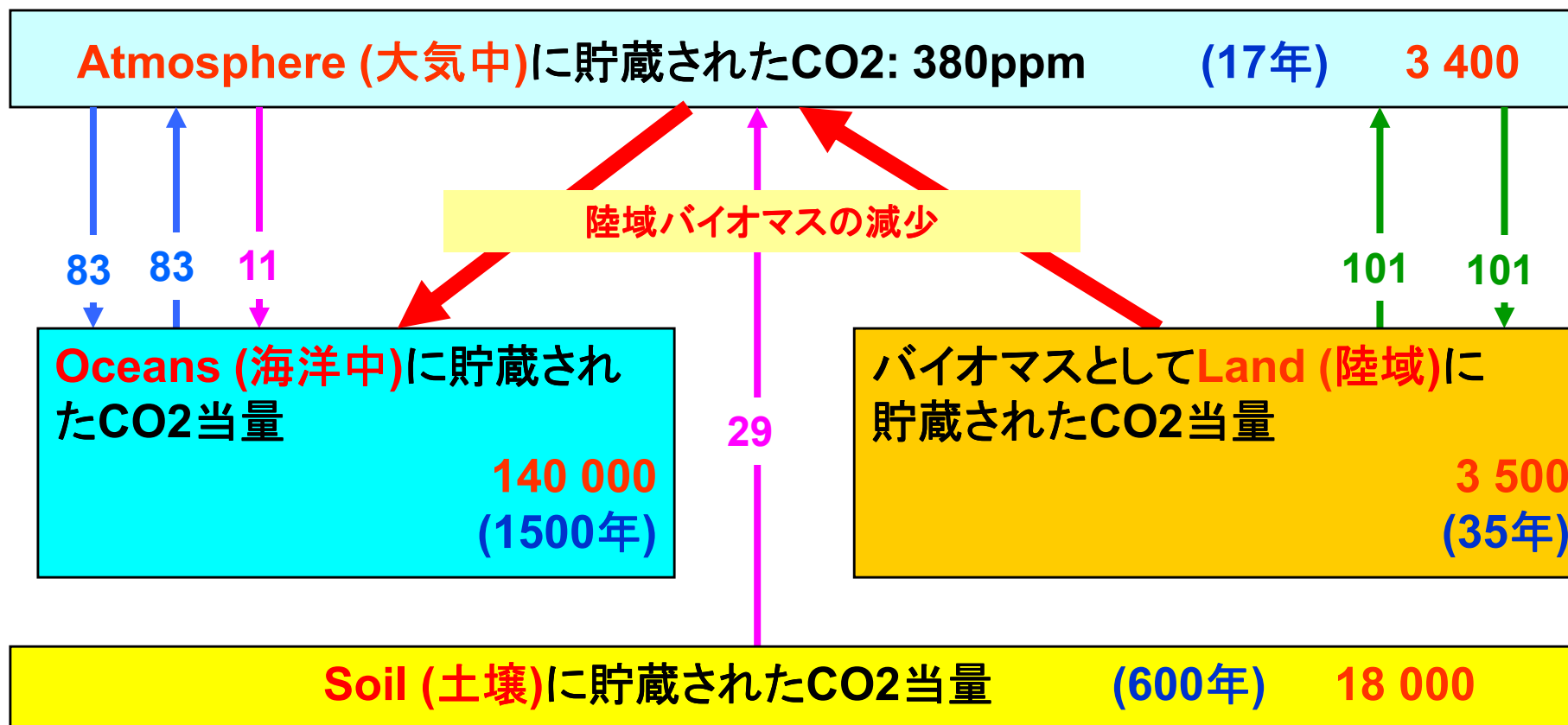
赤道付近の大気から海洋へのCO2フラックスの年収支は大幅にプラスを示し、赤道を離れるほどCO2フラックスの年収支はマイナスを示す

source: Integrated Global Carbon Observation (IGCO)

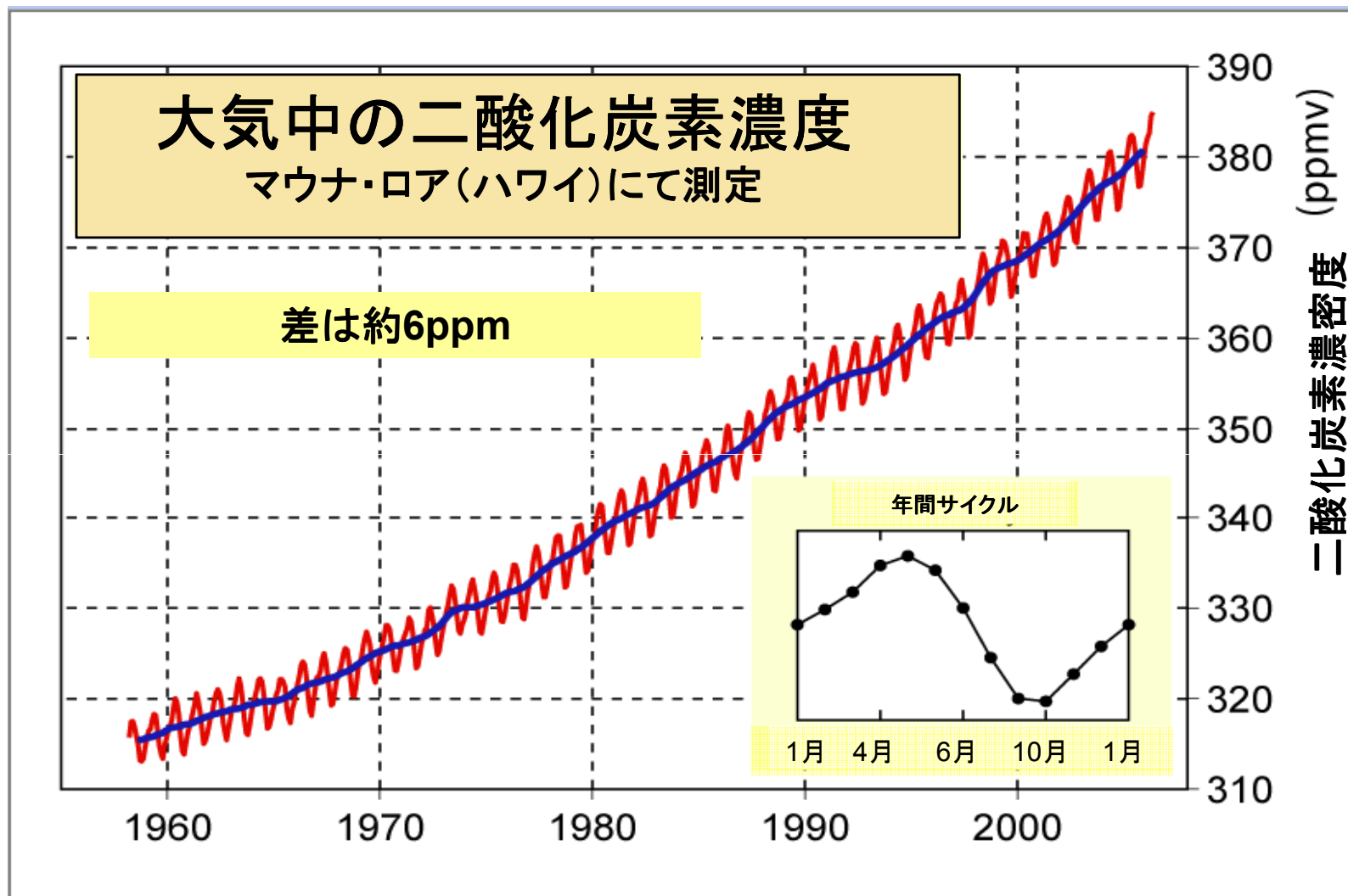
$$\text{貯蔵年数} = \text{貯蔵} \div \text{吸収}$$

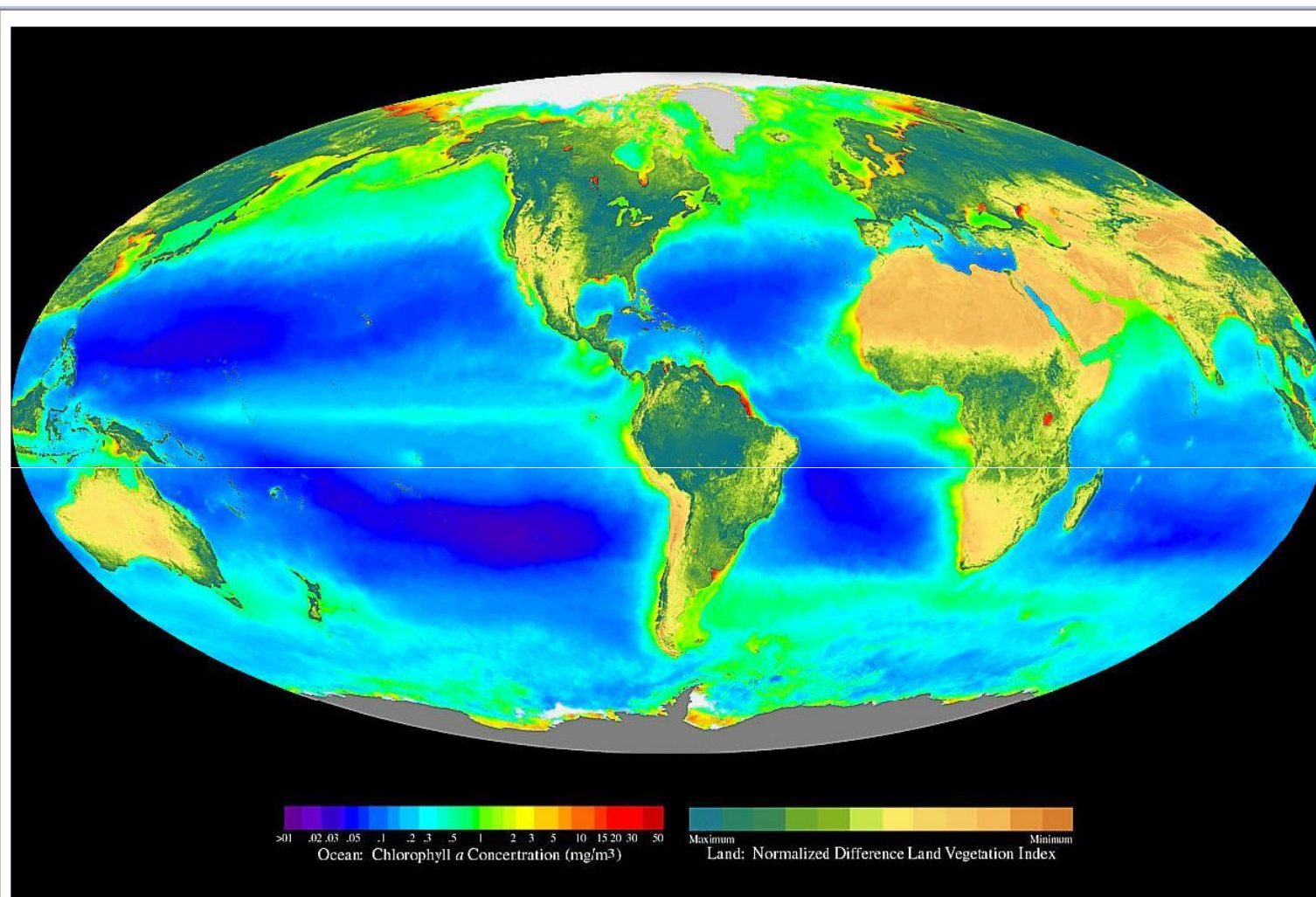


陸域バイオマスの減少



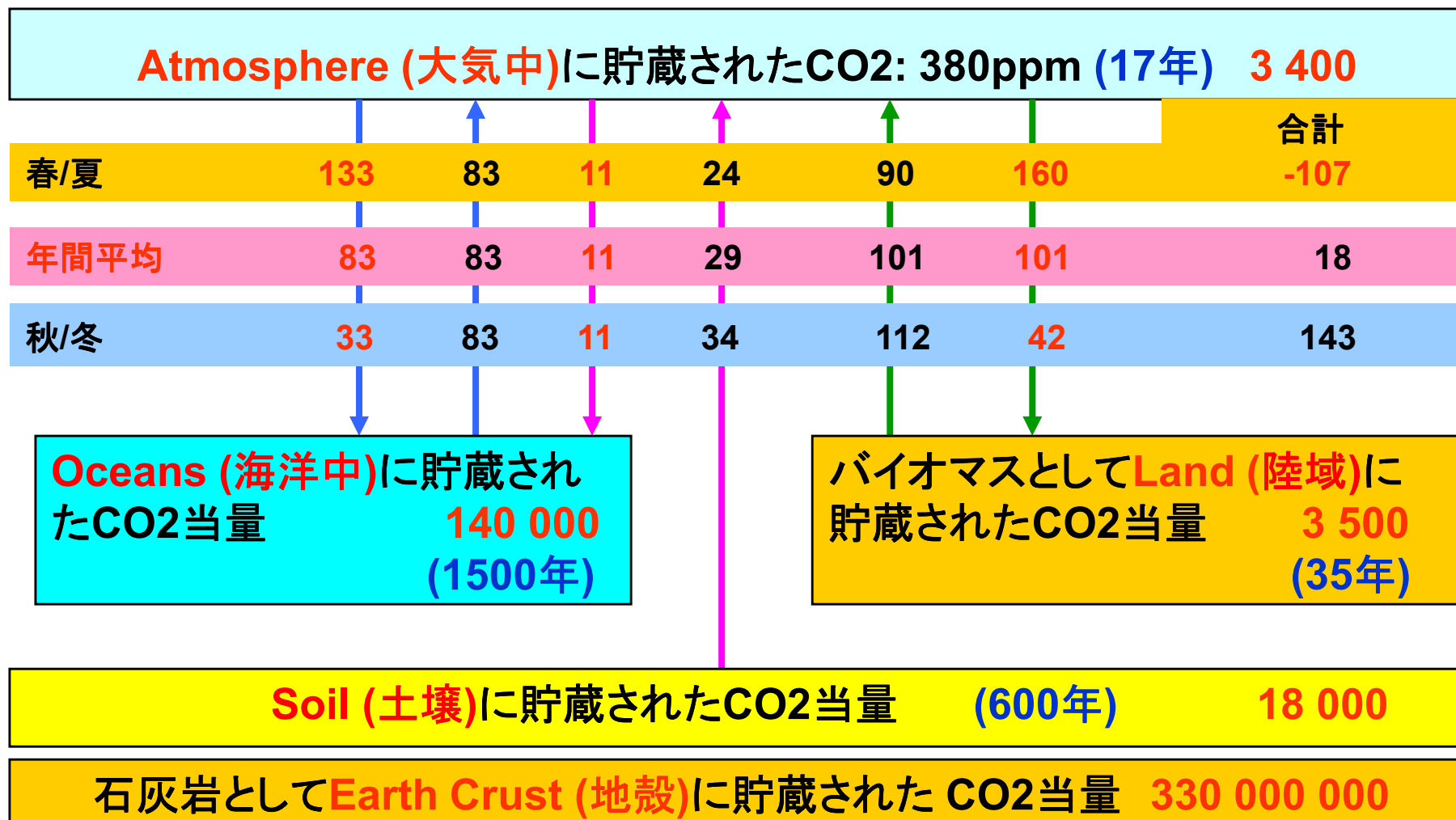
陸域から海洋へのCO2循環はやや多く、海洋から大気へのCO2循環はやや少ないかもしれない

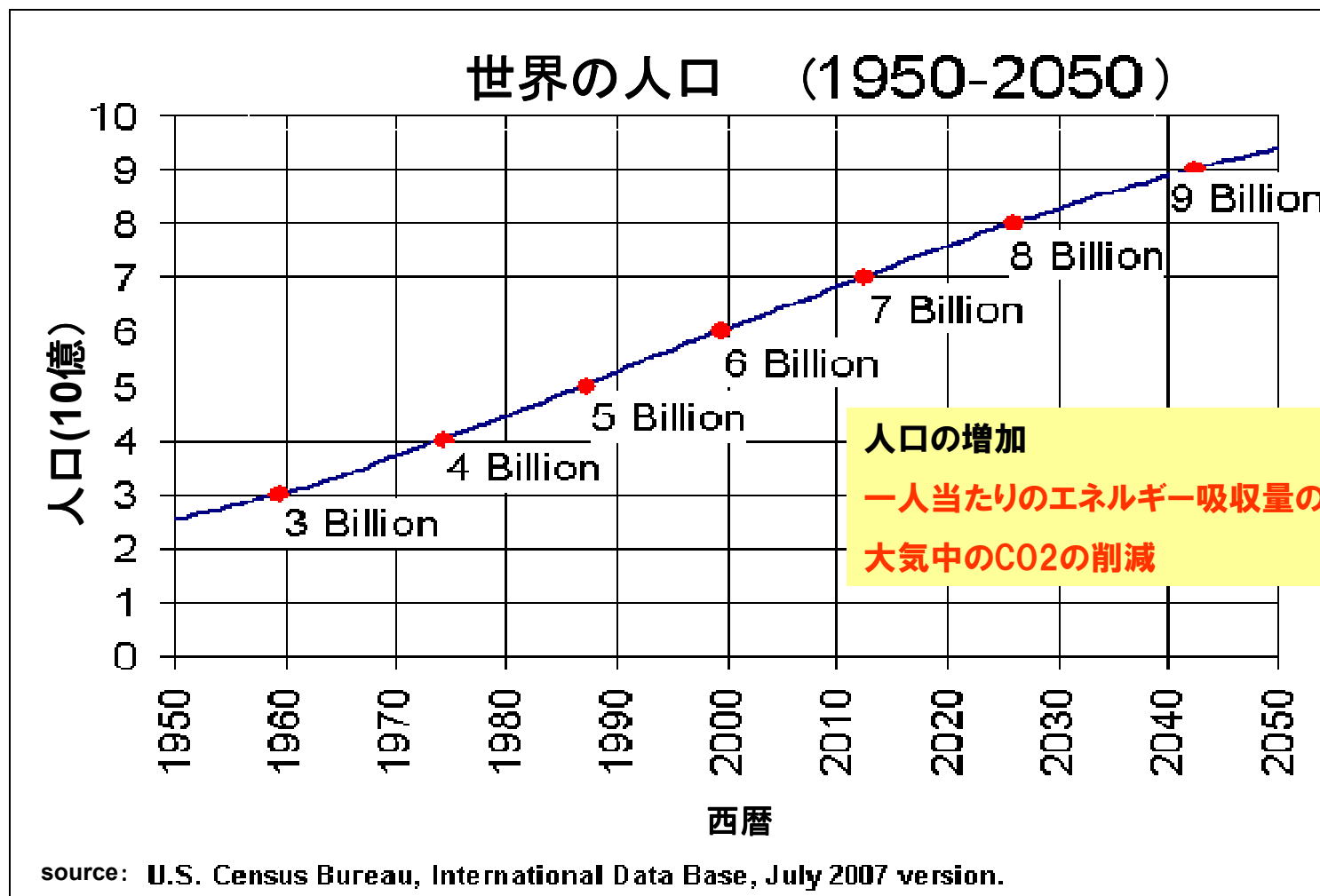




陸域における耕作と同様に自然に行われる光合成を促進させる

年間CO2濃度の変化に基づいた季節的変動率





大気中CO<sub>2</sub>貯蔵量の削減策とは？

大気へのCO<sub>2</sub>放出の削減！

大気からのCO<sub>2</sub>吸収の増加！

## 大気へのCO<sub>2</sub>放出削減

大気中の安定したCO<sub>2</sub>貯蔵※を実現させるには60%の化石燃料によるCO<sub>2</sub>排出を削減または代替しなければならない

※ (2004年数値)

### 主要仮説:

1. 海洋中で年間11Gt、もしくはそれより多くのCO<sub>2</sub>が吸収され続ける
2. 陸域系バイオマス年間CO<sub>2</sub>吸収・放出は101Gtに保持される
3. 海洋系バイオマス年間CO<sub>2</sub>吸収・放出は83Gtに保持される
4. 世界全体のエネルギー需要増大を代替エネルギーによって補える

## 大気へのCO<sub>2</sub>放出削減

(石炭からメタンへの移行)

カロリー値をベースにした場合の炭素1MTに値するメタン量 = 0.6MT

1MTの炭素燃焼によるCO<sub>2</sub>放出量 = 3.65MT

0.6MTのメタン燃焼によるCO<sub>2</sub>放出量 = 1.65MT

### 結論:

- 炭素1Gtの代わりにメタン0.6Gtを使用することで大気へのCO<sub>2</sub>放出を2Gt削減できる
- 世界全体で5.4Gtの石炭が燃焼されている
- 化石燃料から生じるCO<sub>2</sub>の約半分は石炭燃料の使用による

これは重要視しなければならないように思える

## 大気中からのCO<sub>2</sub>吸収増加

農作物生産を2倍(+120%)に増やすことで大気中のCO<sub>2</sub>バランスが保てる

陸域系バイオマスを18%増加させると大気中のCO<sub>2</sub>バランスが保てる

しかし

大気への放出を削減させるには、バイオマスは陸域に留まらなければならない

では

どう実現できるのでしょうか？

## 陸域でのCO2貯蔵をになうバイオマスの増大 長期ライフサイクル系バイオマスに要注目！

大気中のCO2



トウモロコシ



食糧 / 飼料



大気中のCO2

ライフサイクルは約2-3年

年間1MTのサイクルで2-3MT貯蔵できる

## 陸域でのCO2貯蔵をになうバイオマスの増大 長期ライフサイクル系バイオマスに要注目！

大気中のCO2



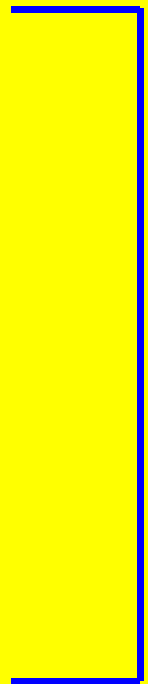
オーク樹



建設



大気中のCO2



ライフサイクルは約50-100年

年間1MTのサイクルで50MT貯蔵できる

## 陸域でのCO2貯蔵をになうバイオマスの増大 長期ライフサイクル系バイオマスに要注目！

大気中のCO2



植物バイオマス



石炭



大気中のCO2

ライフサイクルは約6千万年

年間1MTサイクル=60mmMT

## 陸域でのCO2貯蔵をになうバイオマスの増大 長期ライフサイクル系バイオマスに要注目！

大気中のCO2



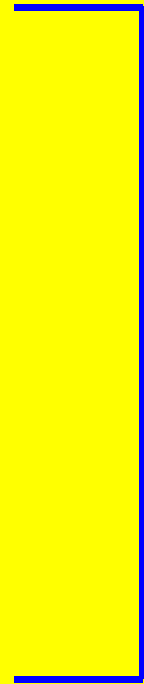
植物バイオマス



木炭



大気中のCO2



ライフサイクルの短いバイオマスを木炭にすることによりライフサイクルの延長を可能にする

(テラ・プレッタ: 黒色土)

## 大気中への放出削減

植物系バイオマスの突発的あるいは計画的な燃焼の削減  
米国における燃焼によるCO<sub>2</sub>排出量は年間0.29Gtに及ぶ  
世界全体 > CO<sub>2</sub>年間排出2.5Gt

## 消防・消火技術の改善

これは重要視しなければならないように思える

## 農耕地でのCO2吸収には様々な選択肢がある

製品	CO2MT/ヘクタール/年間
藻類	70 .... 350
農作物	10 .... 50
パーム油	5 .... 30
アブラナ	10 .... 30
森林 // 竹林	2 .... 30
農地	14.5
土地 (世界全体の平均)	3.3
海洋平均	1.8

しかし、これを促進する経済的刺激が欠けている

大気中からのCO2吸収を増加

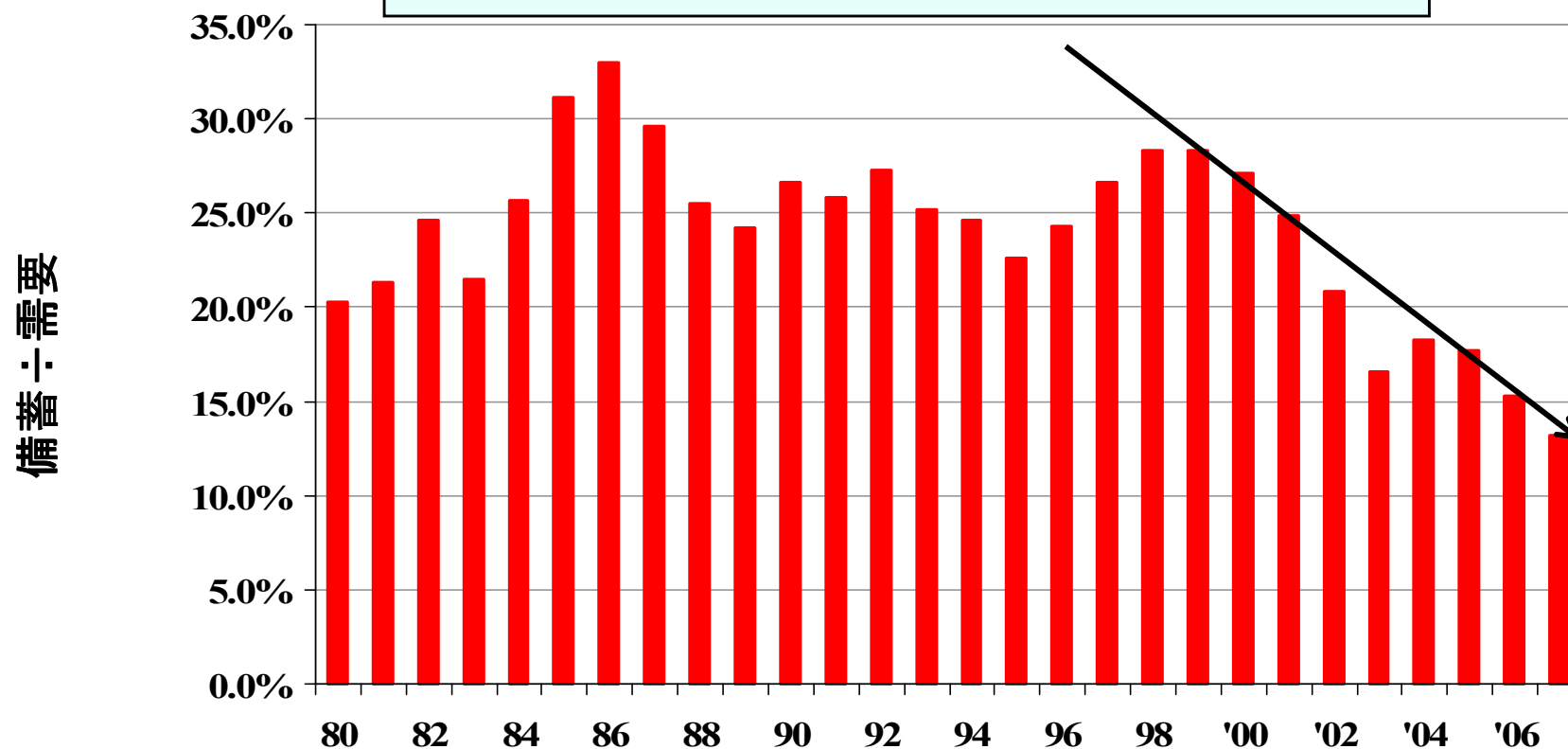
陸域に留めた場合、農作物のライフサイクルは2.5年である

	(単位はGt MT)	
	2000年	2007年
農作物生産	2.0	2.5
副産物系バイオマス生産	4.0	5.0
	<hr/>	<hr/>
バイオマス生産合計	6.0	7.5
年間CO2吸収量	10.0	12.5
農作物ライフサイクルによる陸域CO2貯蔵	25.0	31.3

農作物生産の拡大によって2000年から2007年にかけて陸域系CO2貯蔵量が6.3Gt増加

穀物・油種子の備蓄率(世界需要対比)

世界全体での需要が生産を上回ったため備蓄量が急激な低下を見せている！



## 大気からのCO2吸収の促進

世界穀物備蓄量を需要の12%から25%に拡大する事で、さらに**0.5Gt**のCO2削減  
(単発的効果) + 副産物系バイオマス生産の増加(ライフサイクル2.5年)

世界穀物貯蔵量を一年分増やす事で、**3.7Gt**のCO2削減(単発的効果) + 副産物系  
バイオマス生産の増加(ライフサイクル2.5年)

これはとても重要である

しかし

我々はすべてのCO<sub>2</sub>が海洋中に留まることを保証しなければならない

海洋から放出されるCO<sub>2</sub>は膨大な増加を見せるかもしれない・・・

そして

すべてを圧倒してしまうかもしれない.....

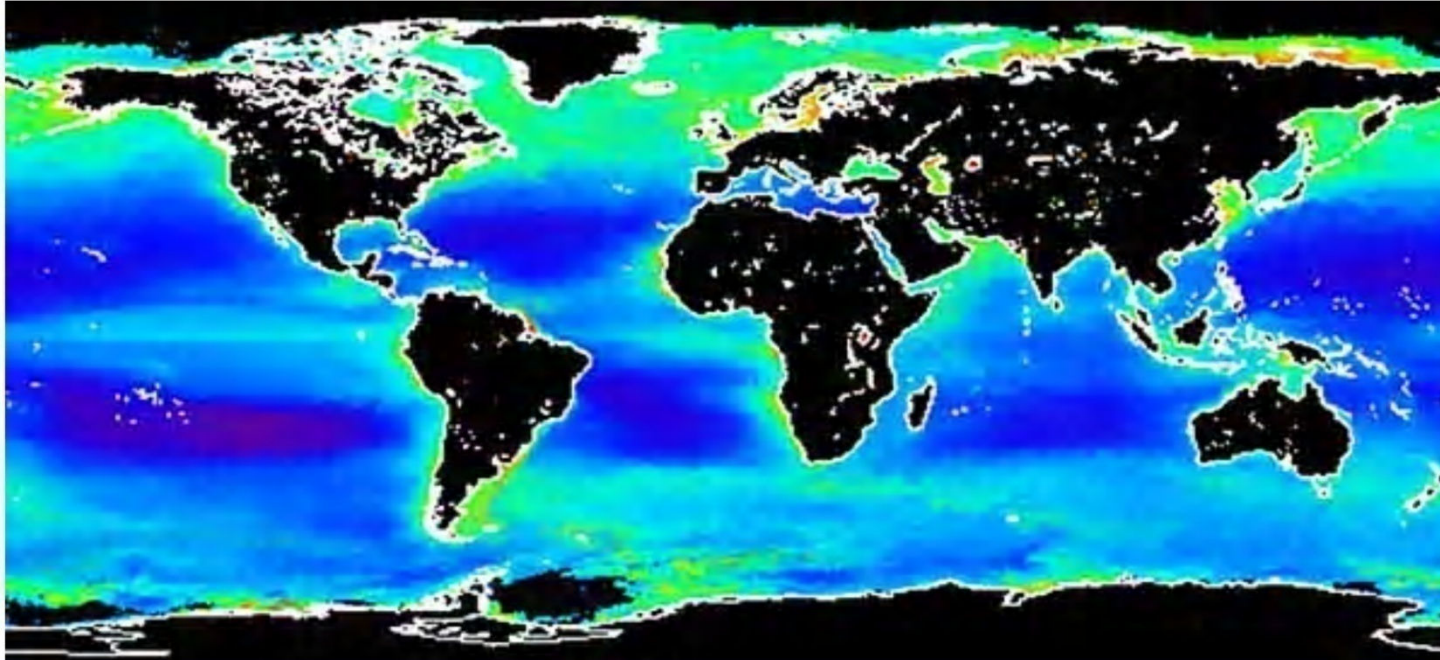
海洋では何が起きているのか？

水温の上昇は大気中のCO<sub>2</sub>吸収をより困難にする  
地球温暖化により事態は難航の兆しを示す！

海水のpH低下は大気中のCO<sub>2</sub>吸収をより困難にする  
海洋の酸性化によって事態は難航の兆しを示す！

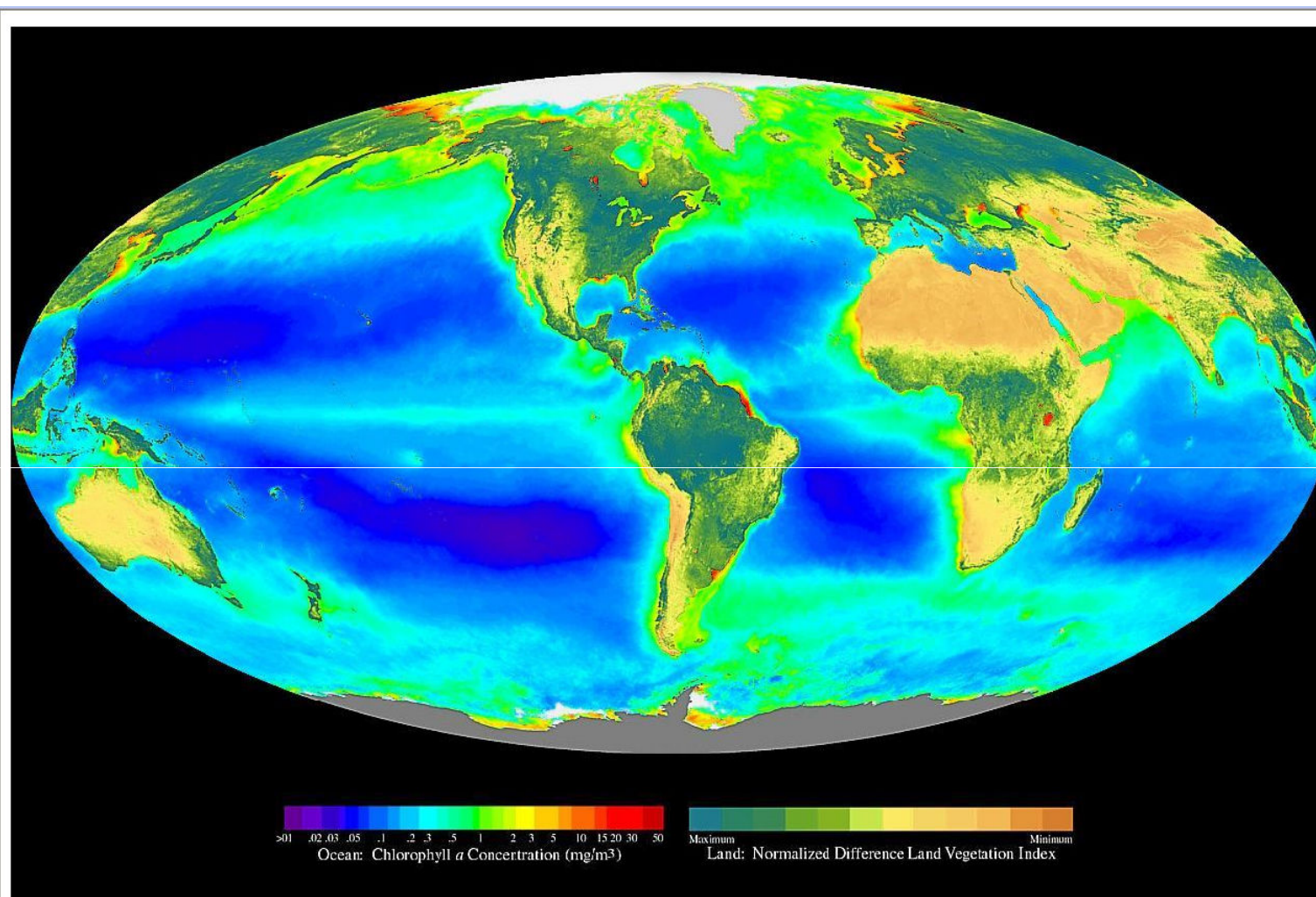
水に吸収されたCO<sub>2</sub>は、光合成として使用されるか、またはCO<sub>2</sub>溶存ガスとして海中に留まらない限り水を更に酸性化させてしまう

NASA



In this image of the Earth, blue areas indicate low chlorophyll concentrations, with purple regions being very low. Greens and yellows indicate higher concentrations of chlorophyll.

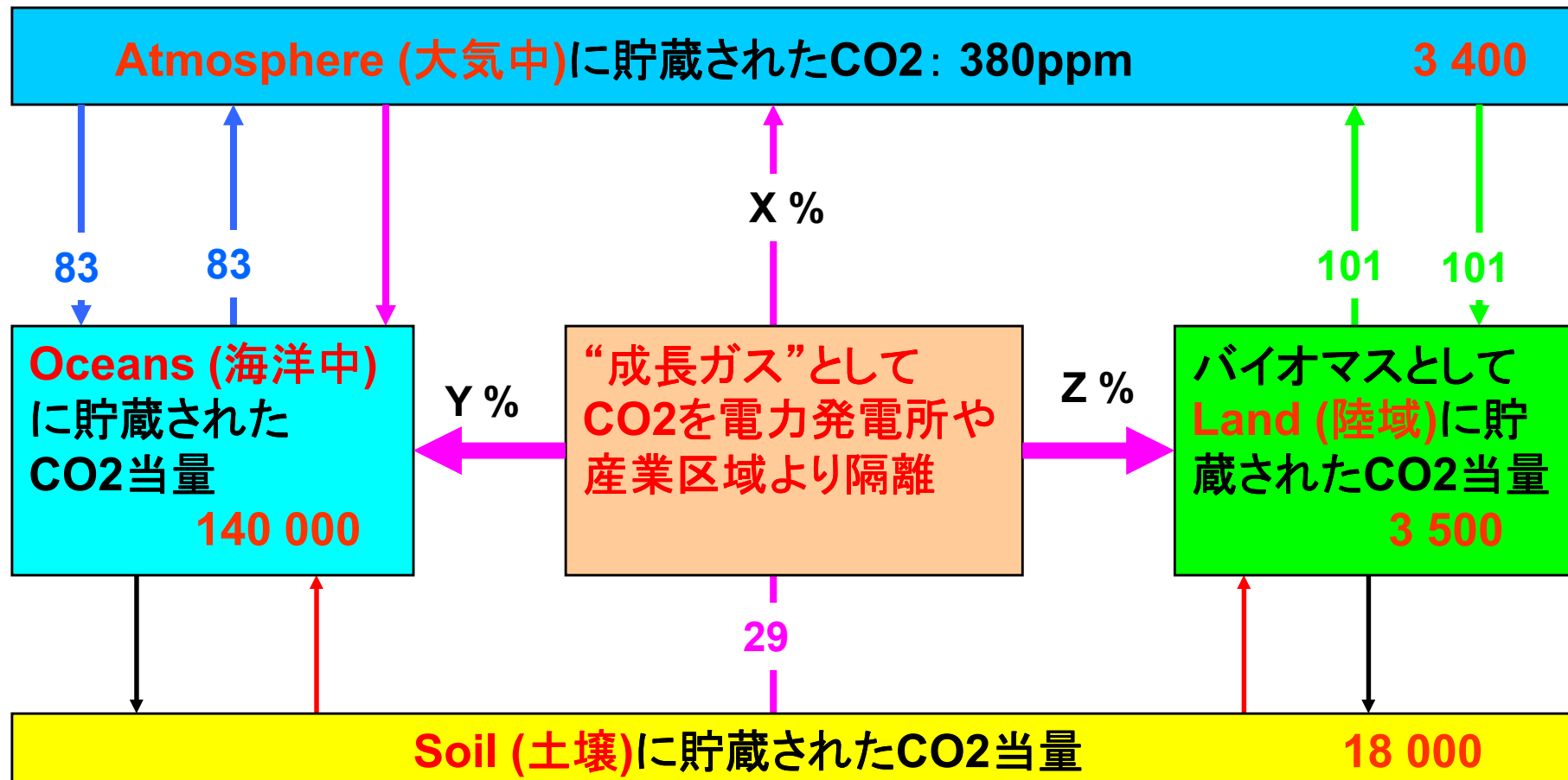
鉄分、溶性ケイ素、窒素などの不足によって多数の海域で光合成が妨げられているとの報告がされている。光合成によるCO<sub>2</sub>吸収を20%拡大させることで大気中のCO<sub>2</sub>バランスを安定させる事ができる。



陸域における耕作と同様に自然に行われる光合成を促進させる

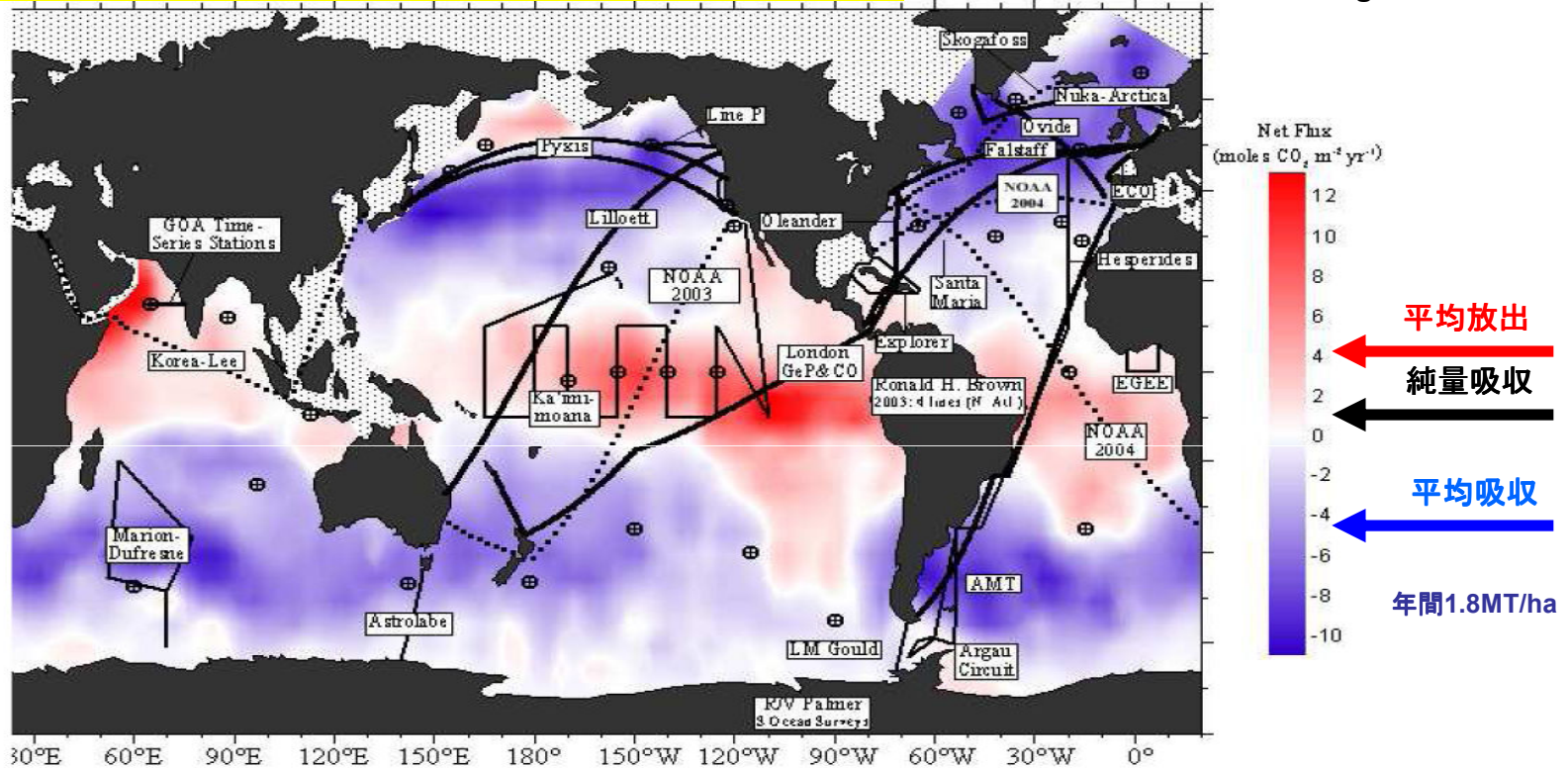
# CO2を“成長ガス”として利用する選択肢

年間に於けるCO2当量の循環とCO2貯蔵値(単位: Gt)



大気－海洋間のCO2純交換量(フラックス)

1 = 44 gram / M2 / Year



赤道付近の大気から海洋へのCO2フラックスの年収支は大幅にプラスを示し、赤道を離れるほどCO2フラックスの年収支はよりマイナスを示す

出典: Integrated Global Carbon Observation (IGCO)

## 海洋へのCO<sub>2</sub>注入

### 間違った方法



海洋のさらなる酸性化.....

### 可能な方法

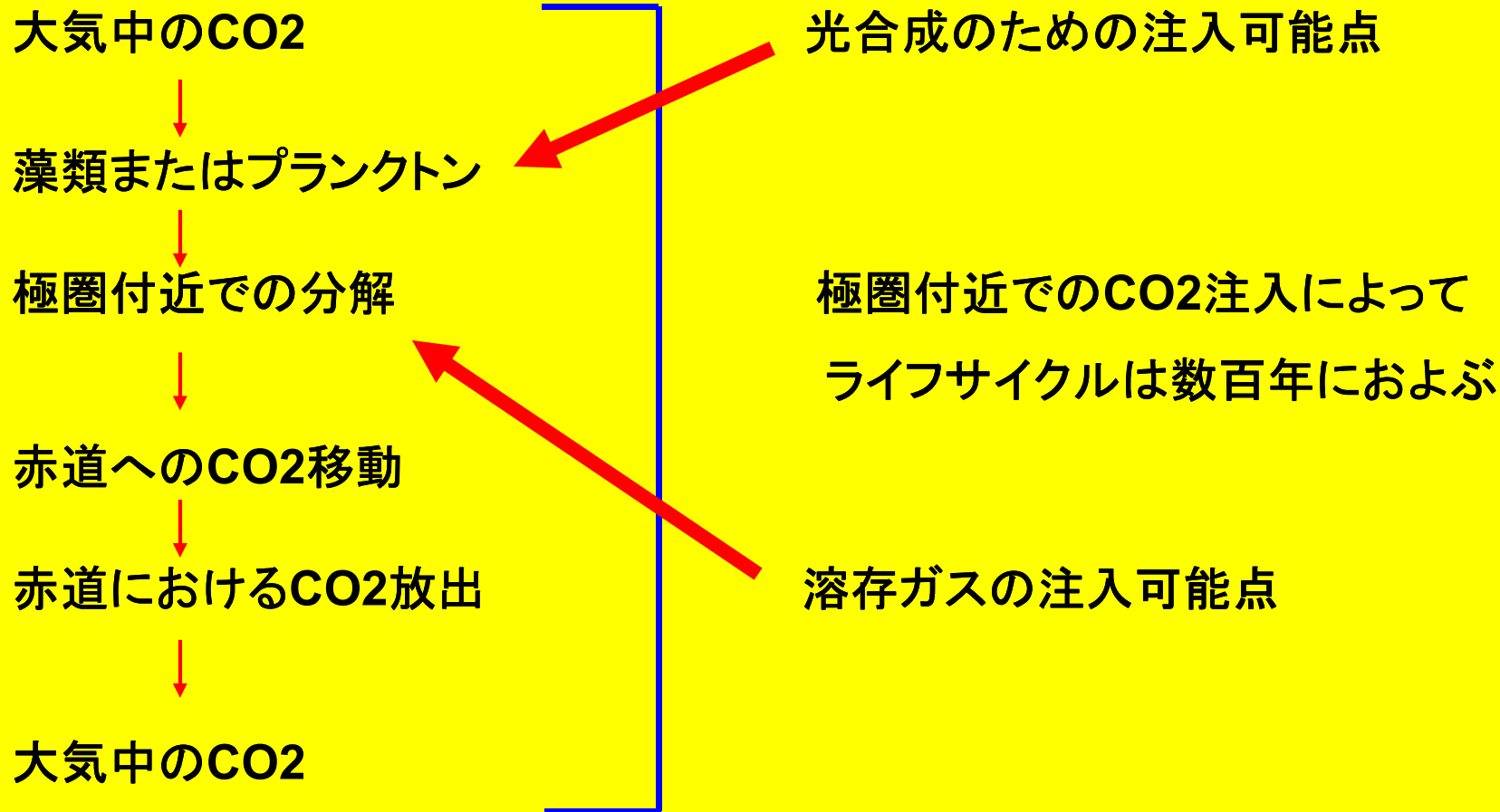
CO<sub>2</sub>を低温海底流に直接注入しCO<sub>2</sub>として運ばせる

### 正しい方法

陸域同様に海洋においても光合成を促進させるためCO<sub>2</sub>を成長ガスとして利用する

海洋へのCO2注入は海洋中のCO2貯蔵を増加させる

長期ライフサイクル例



## 大気中からのCO2吸収促進

海洋におけるバイオマス生産の増加は大いに期待できそうだ

しかし、コンセプトの策定が必要である

試みる事を恐れてはいけない、なぜなら現状維持が最大の実験なのだから

大気中CO<sub>2</sub>の削減またはバランスを保つには:

政策立案者による陸域・海洋におけるCO<sub>2</sub>吸収・放出の理解

吸収を10%拡大させる事で大気中のバランスを保つことができる

陸域・海洋におけるCO<sub>2</sub>当量の貯蔵・循環コンセプトの政策立案者による理解と採用

陸域・海洋のCO<sub>2</sub>貯蔵当量を0.5%増加させれば、大気中CO<sub>2</sub>濃度を380ppmから300ppmに減少できる

1. 貯蔵・循環データの理解と実用化
2. エネルギー効率の向上と石油代替エネルギーの開発及び導入の促進
3. 石炭の使用抑制を経済手法によって行い、メタンの使用を促進させる
4. 消火技術や作物残滓処理技術の改善
5. 陸域系バイオマスのライフサイクルを平均1年延長させると100GtのCO2削減に値し、大気中CO2濃度を11ppm削減できる
6. CO2の海洋注入による光合成促進 —海水酸性化を防ぐ—
7. 食糧貯蔵期間を1年拡大する
8. 植物油の安定した高需要の開拓 —原油備蓄の一部を植物油備蓄で代替する

## CO2 当量:ターゲット達成のための産業アプローチ

### 大気へのCO2放出の削減

代替エネルギー	年間1 – 30Gt
原子力エネルギー	年間1 – 10Gt
石炭からメタンへの移行	年間1 – 10Gt
自然火災または作物残滓燃焼処理の削減	年間1 – 2Gt
海洋CO2直接注入	年間5 – 10Gt

### 大気からのCO2吸収の拡大

陸域系バイオマス・ライフサイクルの延長 (1年)	100Gt(単発) + 年間5Gt
陸域・海洋における光合成の増大	年間5 – 40Gt
計画的な植物油備蓄	年間0.5 – 1Gt
食糧備蓄の拡大	1Gt(単発) + 年間0.2Gt

## 結論

大気中CO<sub>2</sub>貯蔵量のコントロールが重要:

放出サイドに関してはCO<sub>2</sub>排出の削減

そして

吸収サイドに関しては光合成の大幅な増加でCO<sub>2</sub>を海洋・陸域に留める

ご清聴ありがとうございました。

## “グローバルCO2貯蔵・循環プロジェクト”の提案

- 様々な団体(多国間、政府、地方自治体、民間セクターやNGOなど)やセクター(森林管理、農業、産業、海洋管理、エネルギー、廃棄物管理など)に及ぼす影響の新たな調査
- COP15などの立案時のあらゆる段階での調整や専門知識の提供

はじめの一步は今日から:

[www.globalCo2equivalent.com](http://www.globalCo2equivalent.com)

[www.Econcern.com](http://www.Econcern.com)