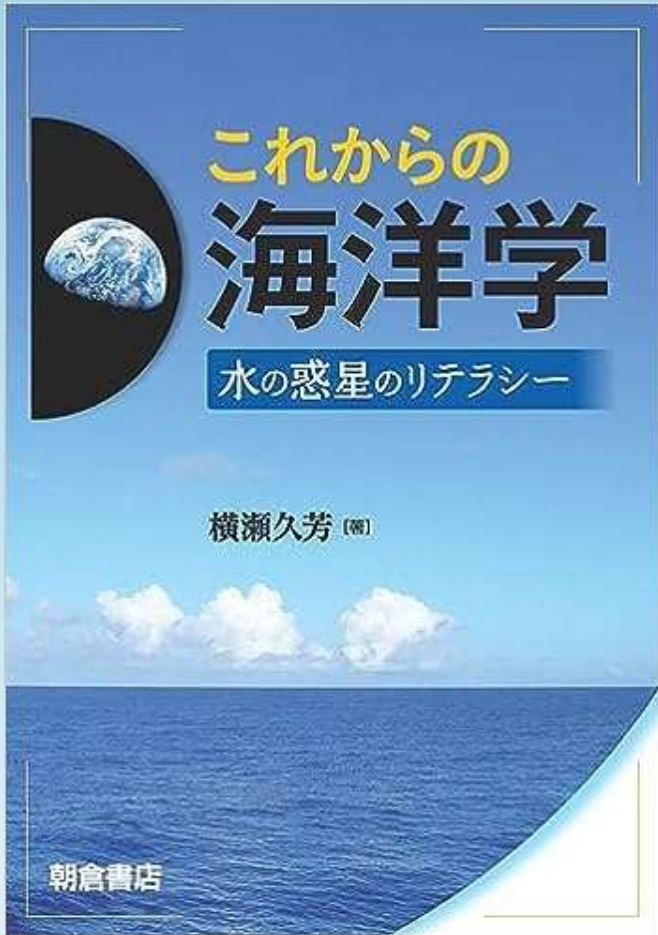


# LESSON 7

## 大気組成と海洋生物 p. 56～66



2023年度 教養課程：地球環境科学の最前線 A&B  
担当：熊本大学大学院 横瀬久芳（海洋火山学）

生物を車で考えると  
様々なパーツ（+人間） + エネルギー = 動く



様々なパーツ

いろいろな材料(元素) から作り出した素材→加工→パーツ→組み立て



エネルギー

原油から精製したガソリン

# そもそも我々人間を含めた生物圏と海洋はどんな関係になっているの？

生物は、その生命を維持するために

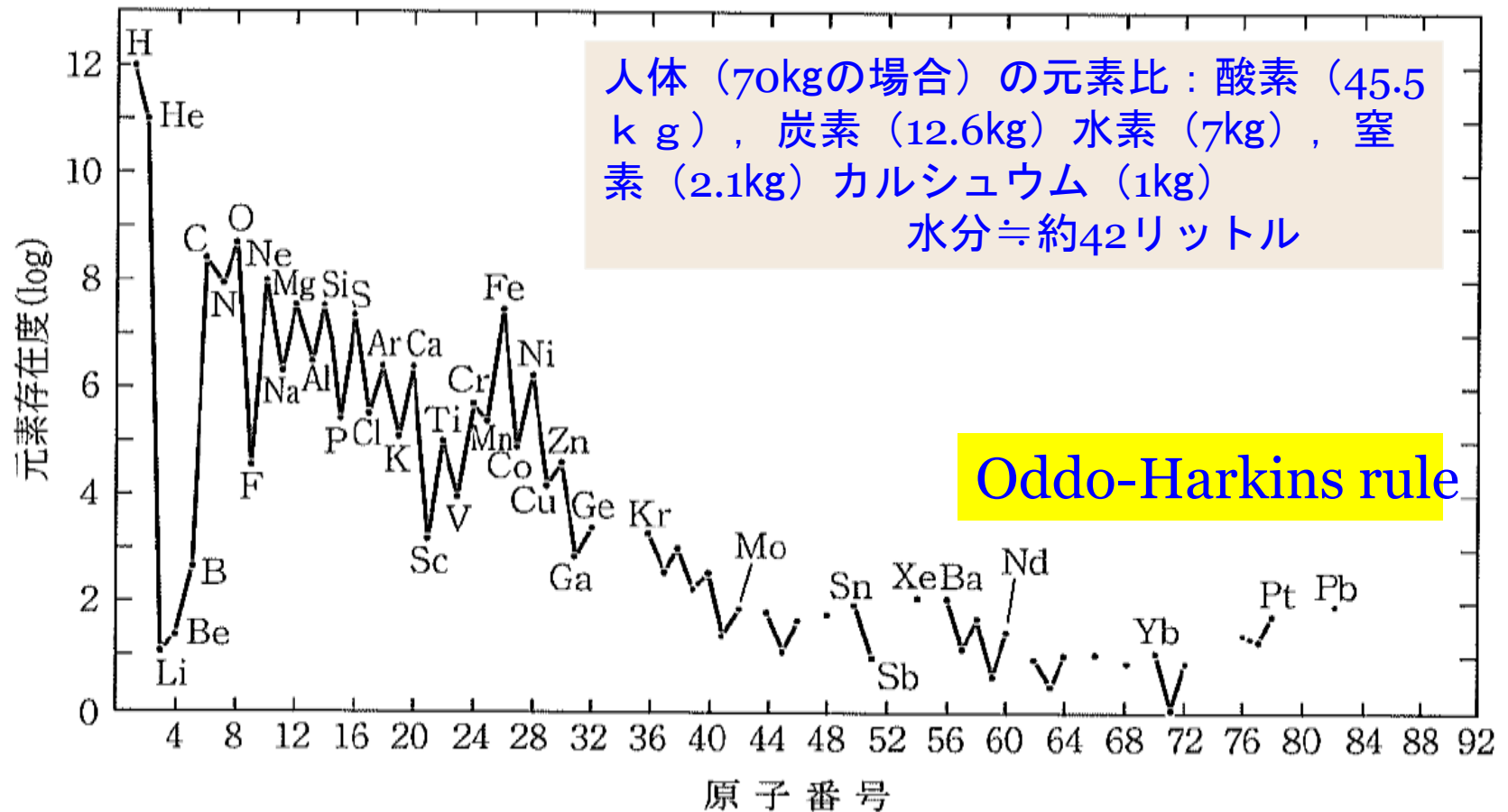
- 1) **エネルギー**の補給
- 2) 体を作る**材料**の補充

が必要不可欠

つまり、物質の流れとエネルギーの流れを把握することが大切になる。

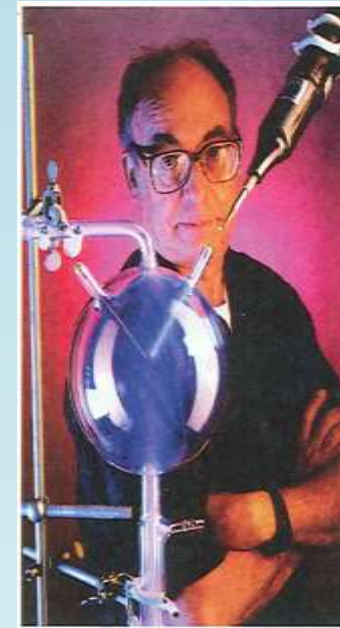
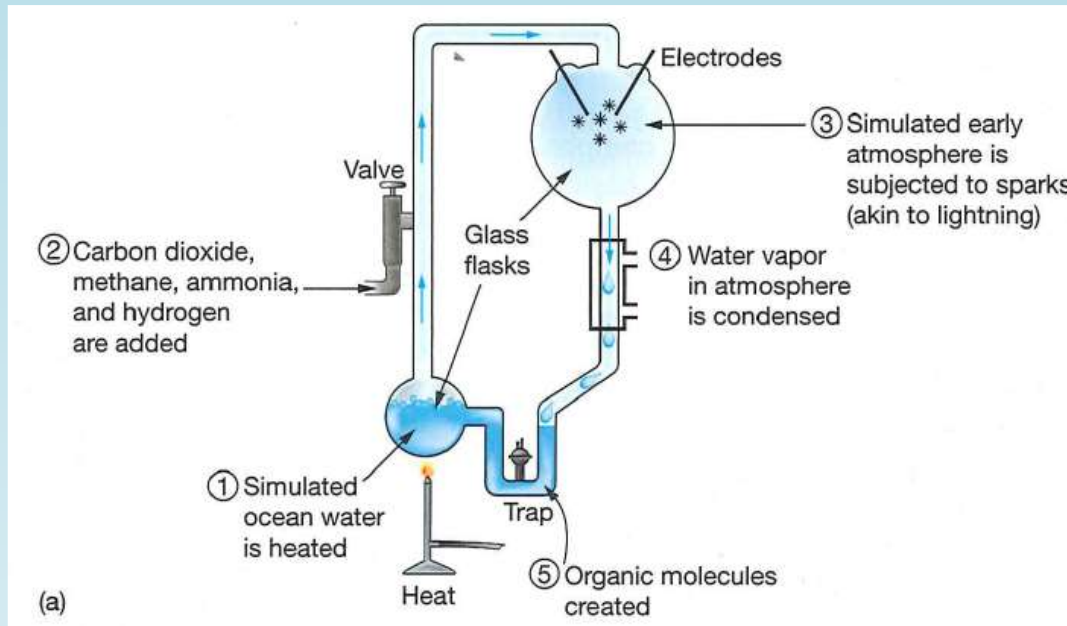
さらに、**繁殖行動**によって、次世代に情報を受け継がなければ滅亡する。

# なぜ生物は、CとHとOが主体なのか？



反応性があって宇宙存在度が極めて高い元素群だから

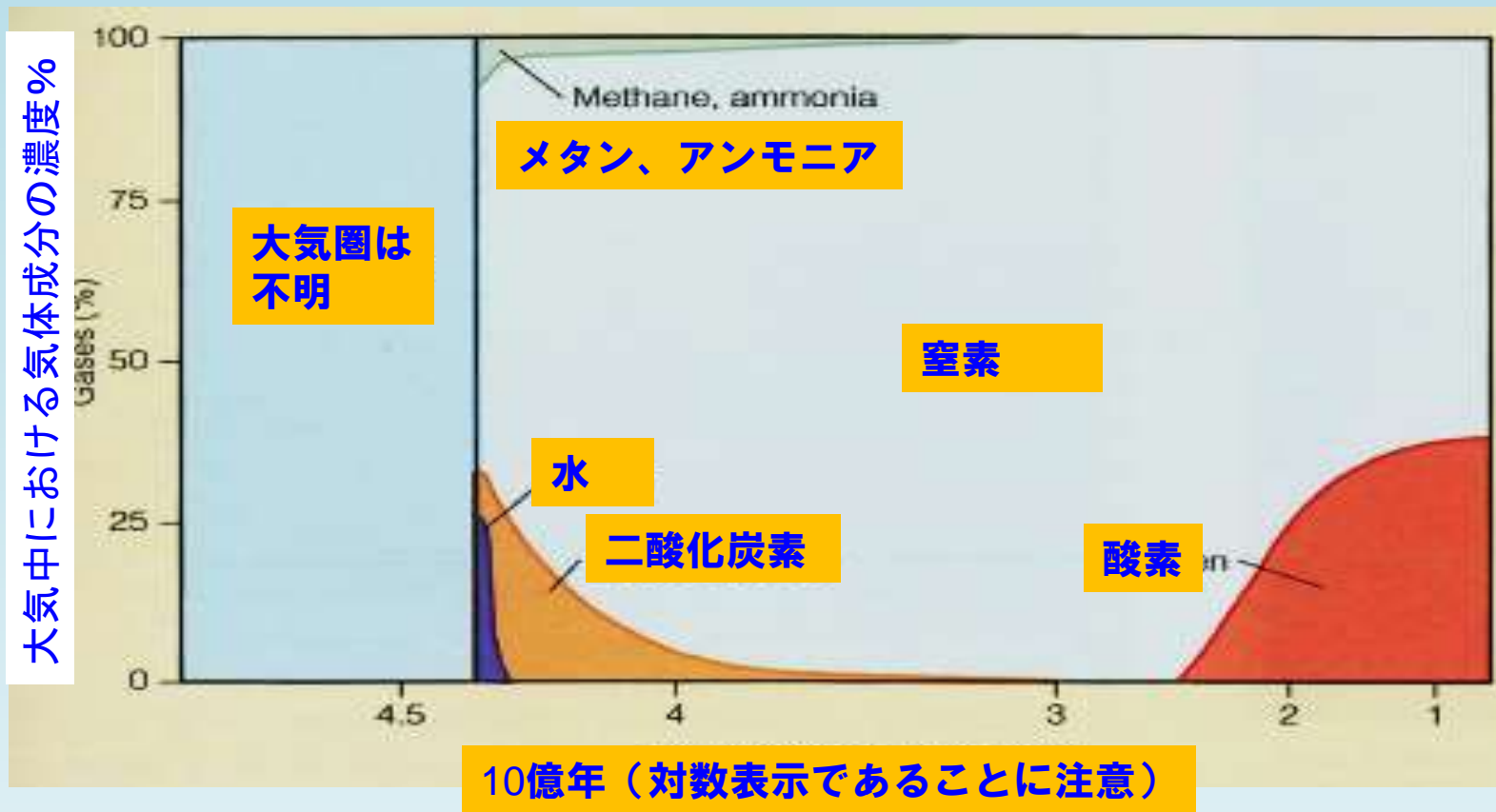
# 地球における生命誕生のなぞ



ユーリー & ミューラーの実験

(原始大気と海洋そして放電を使ってアミノ酸を合成)  
原始大気および海洋組成に誤りがある。

# 地球史における大気組成の変遷



原始大気には、酸素が存在しないため、オゾン層が形成されておらず地球表層部は、強烈な紫外線にさらされていたと考えられている。

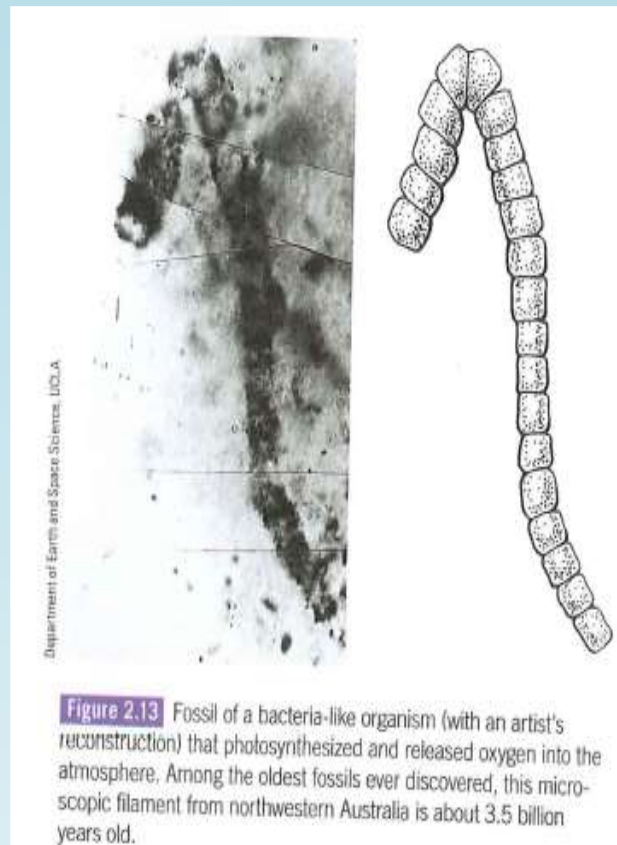
# 生命の海底起源説



© Copyright Ralph White/CORBIS

**Figure 2.12** An environment for biosynthesis? Weak sunlight and unstable conditions on Earth's surface may have favored the origin of life on mineral surfaces near deep-ocean hydrothermal vents similar to the one shown here.

太陽光が弱く、不安定な地表面よりは、熱水活動の盛んな深海底が、生命を育むのに好都合なのでは？



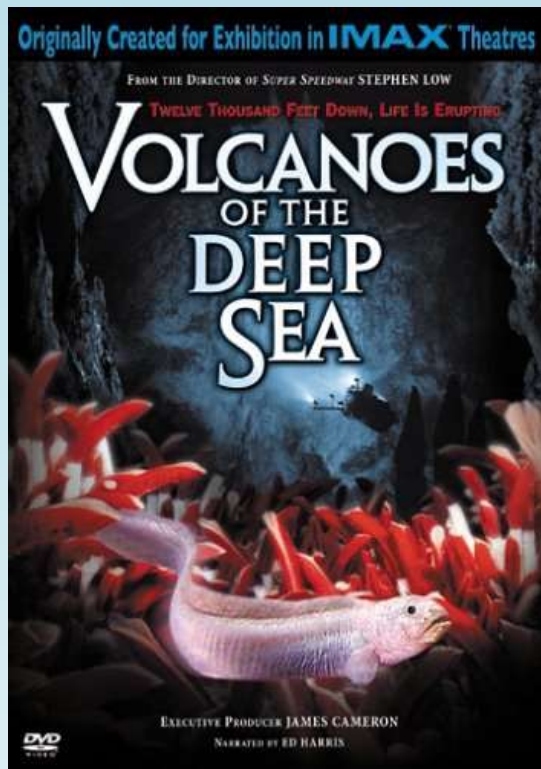
Department of Earth and Space Sciences, UCLA

**Figure 2.13** Fossil of a bacteria-like organism (with an artist's reconstruction) that photosynthesized and released oxygen into the atmosphere. Among the oldest fossils ever discovered, this microscopic filament from northwestern Australia is about 3.5 billion years old.

35億年前の岩石にバクテリアのような痕跡が

現在は、蛇紋岩海山の湧水域が新たな生命誕生の地として浮上してきている。

# 深海底熱水活動と生物群集 原始地球の姿かもしれない



- How do the vents change our understanding of life? The existence of an ecosystem based on chemosynthesis has overturned many assumptions about the nature of life - in particular, the idea that sunlight is essential for life to thrive. There is evidence that life on Earth may have originated in the vents, rather than in the upper reaches of the ocean. Even more exciting is the prospect of finding life elsewhere in the universe. It seems increasingly likely that life might exist elsewhere in our own solar system; here organisms resembling the chemosynthetic microbes at vents might exist, perhaps forming the base of complex food webs comprised of higher organisms. Lately, much attention has been focused on Europa, a frozen moon of Jupiter. Observations show that the ice covering the planet shifts, perhaps indicating the presence of water beneath the ice - and, possibly, of chemosynthetic-based life forms.

<http://www.stephenlow.com/project/volcanoes-of-the-deep-sea/>

チャプター10：生命の工場 より (27分から)

しかし、現在は、蛇紋岩海山の湧水域が新たな生命誕生の地として浮上してきている。



# 火星で確認される有機分子

**Science, vol 360, Issue 6393, 1068-1069**

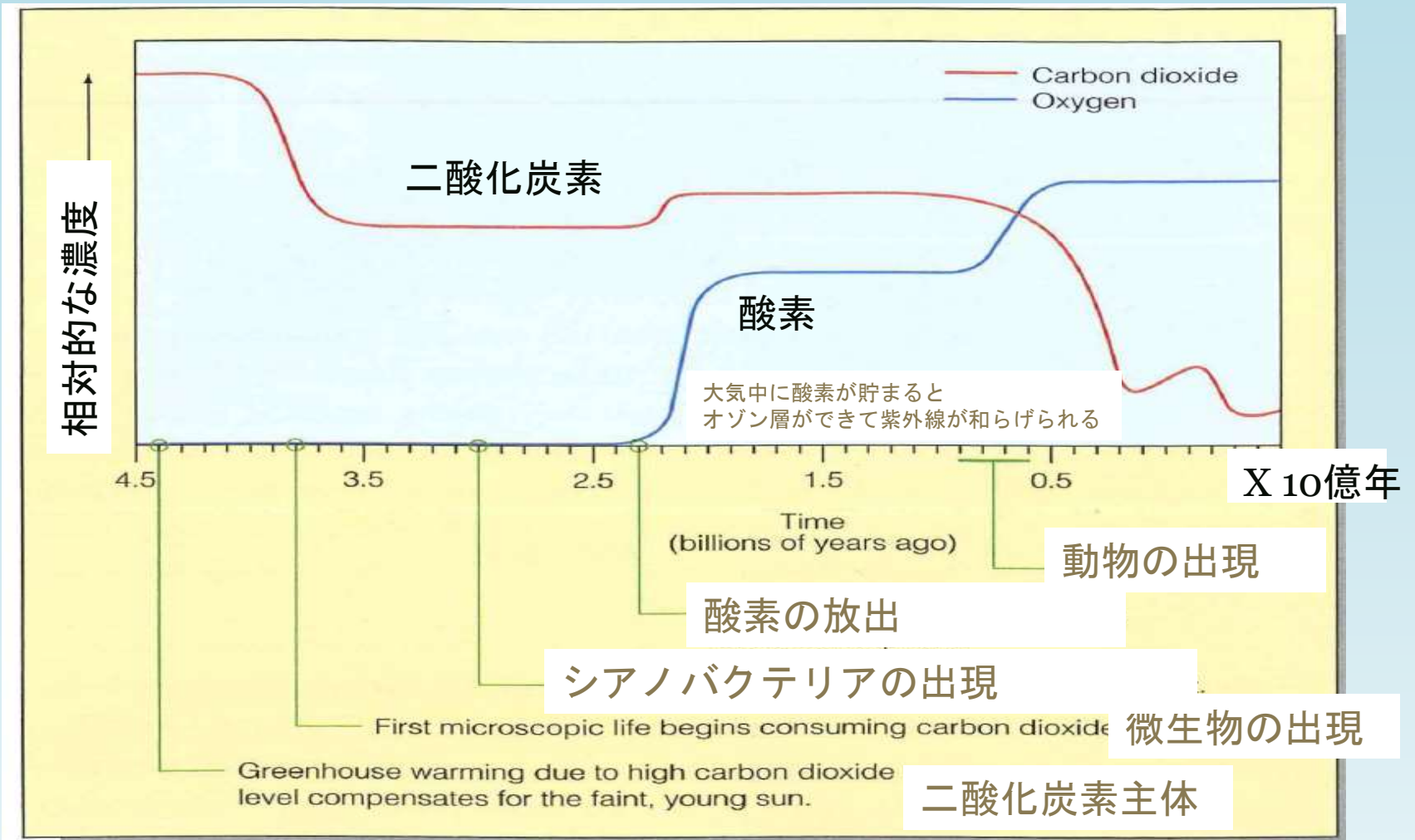


**Data from the Curiosity rover provide evidence for organic molecules in ancient Martian rocks and in the atmosphere**

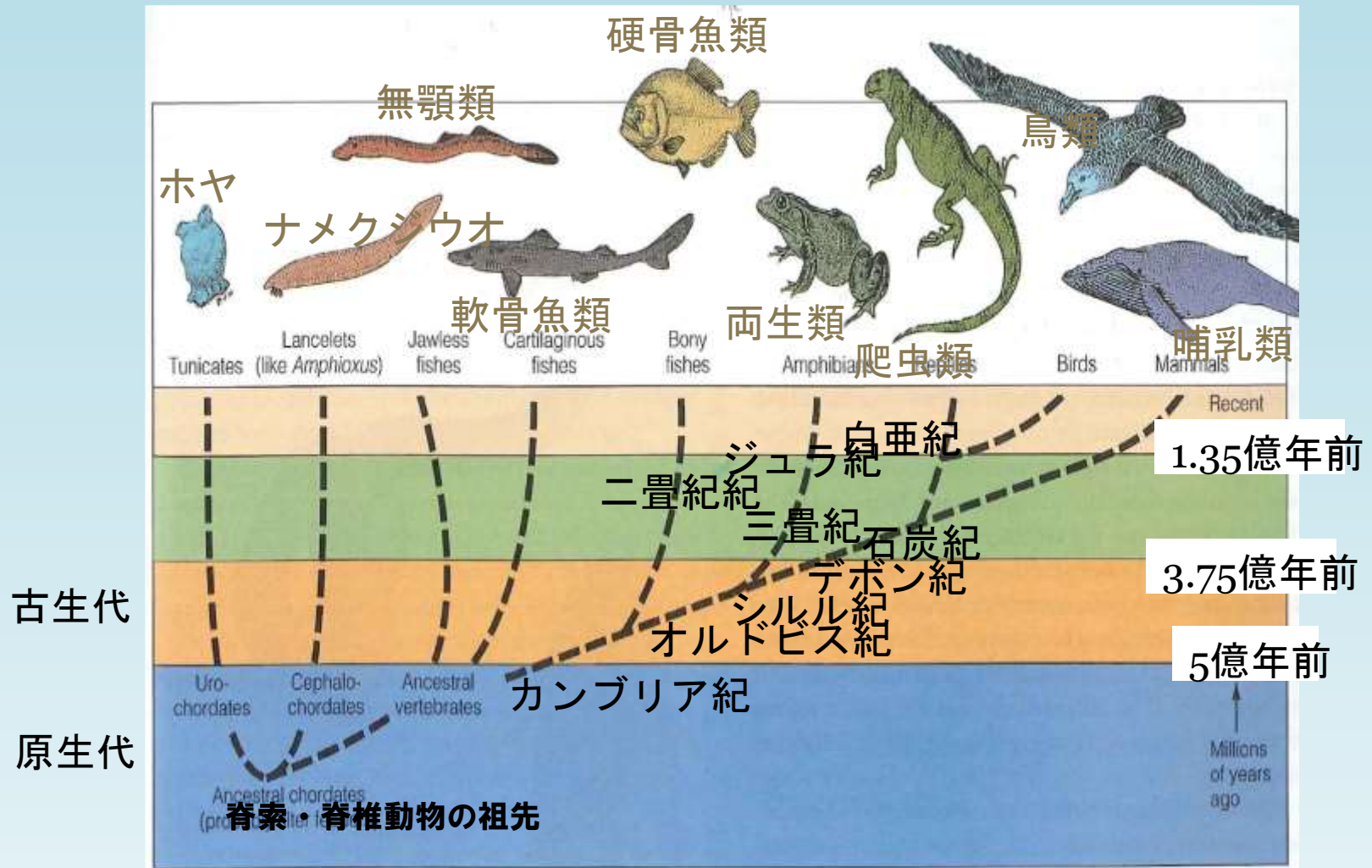
**Inge Loes ten Kate (2018) Science, vol 360, Issue 6393, 1068-1069.**

# 地球大気組成の歴史的変遷

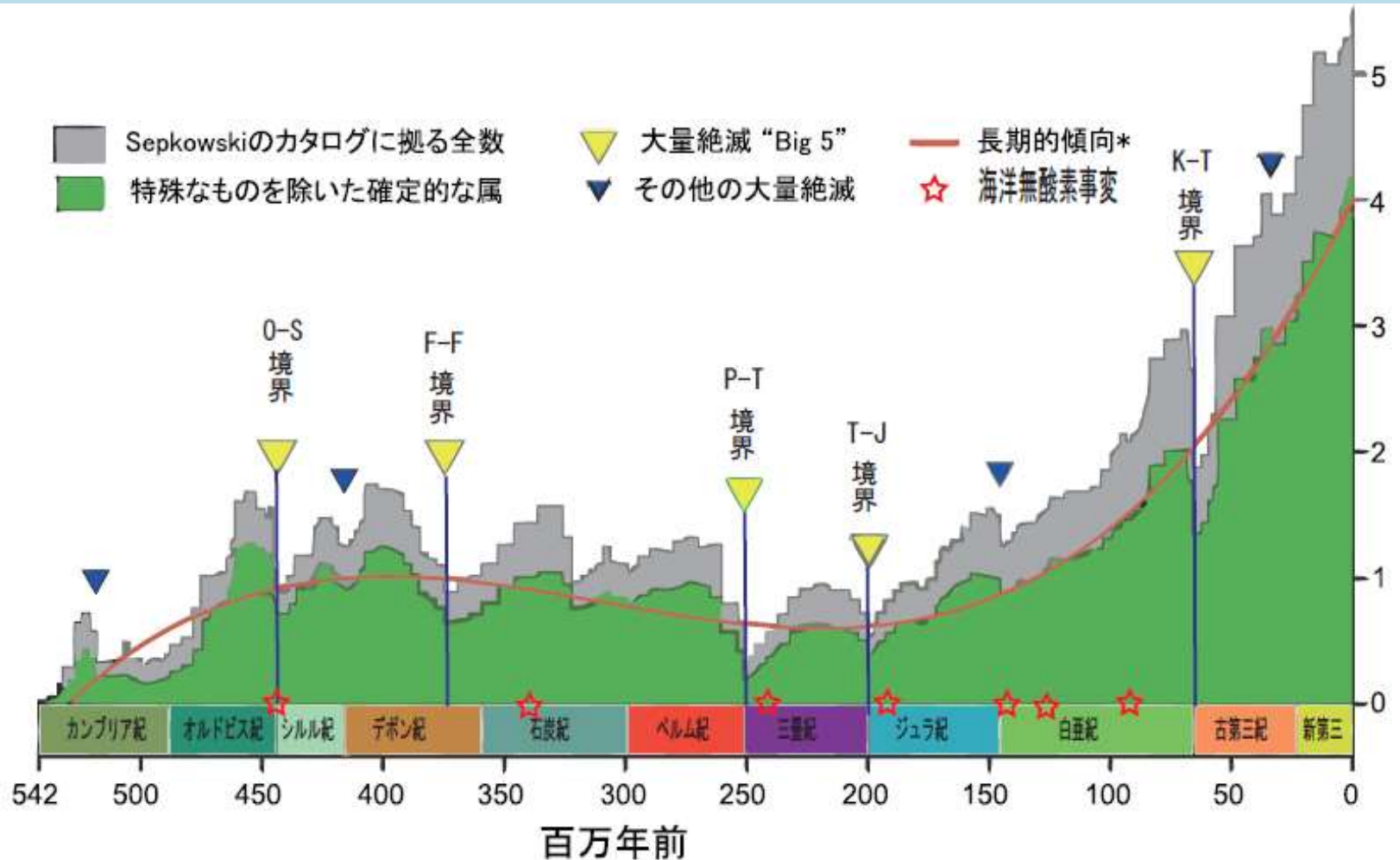
## 現在の地球大気組成は生物が生み出した。



# 我々の祖先は、ホヤやナメクジウオ



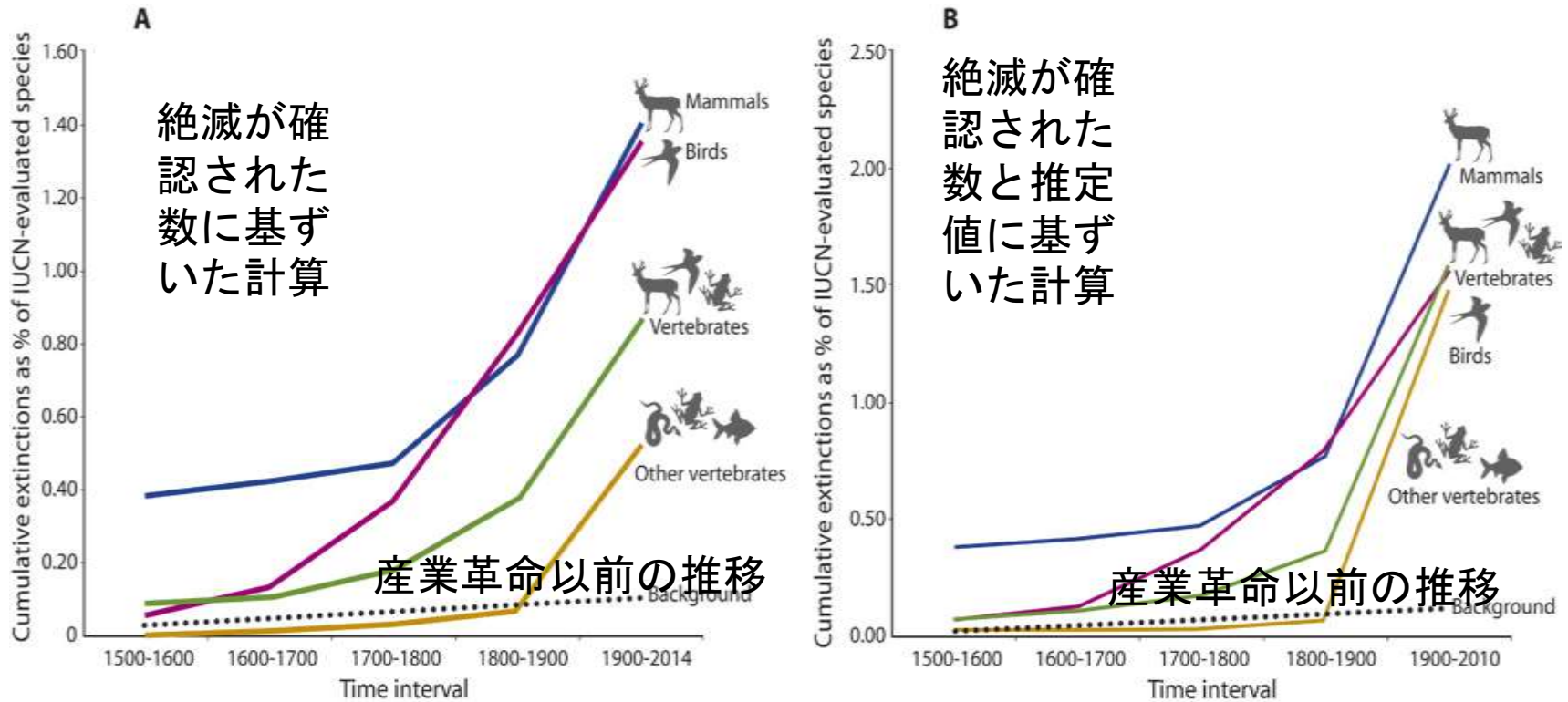
# 大量絶滅と生物進化



5度の大量絶滅（オルドビス紀末 (O-S境界)、デボン紀末 (F-F境界)、ペルム紀末 (P-T境界)、三畳紀末 (T-J境界)、白亜紀末 (K-Pg境界)）

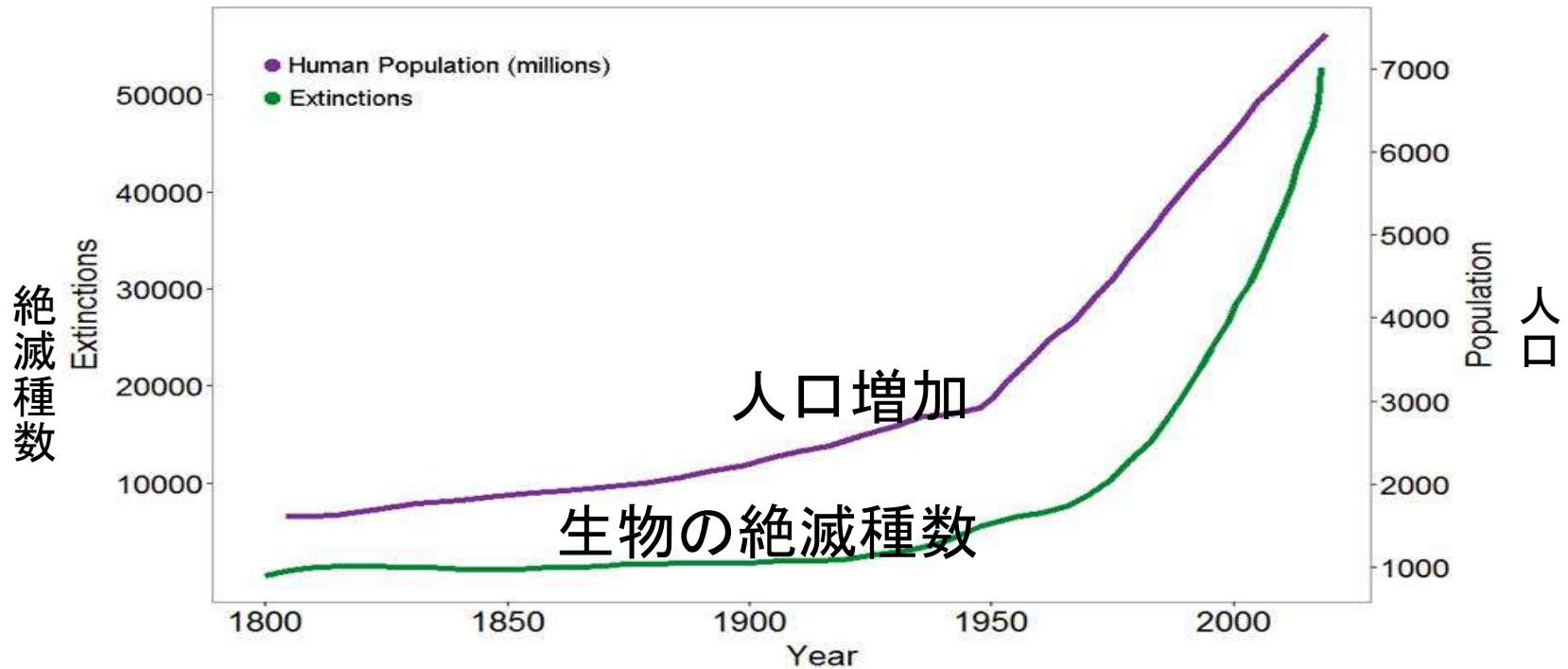
# 6番目の大量絶滅時代に突入したかも？

Fig. 1 Cumulative vertebrate species recorded as extinct or extinct in the wild by the IUCN (2012).



# 現在の地球における 人口増加と絶滅種数の相関関係

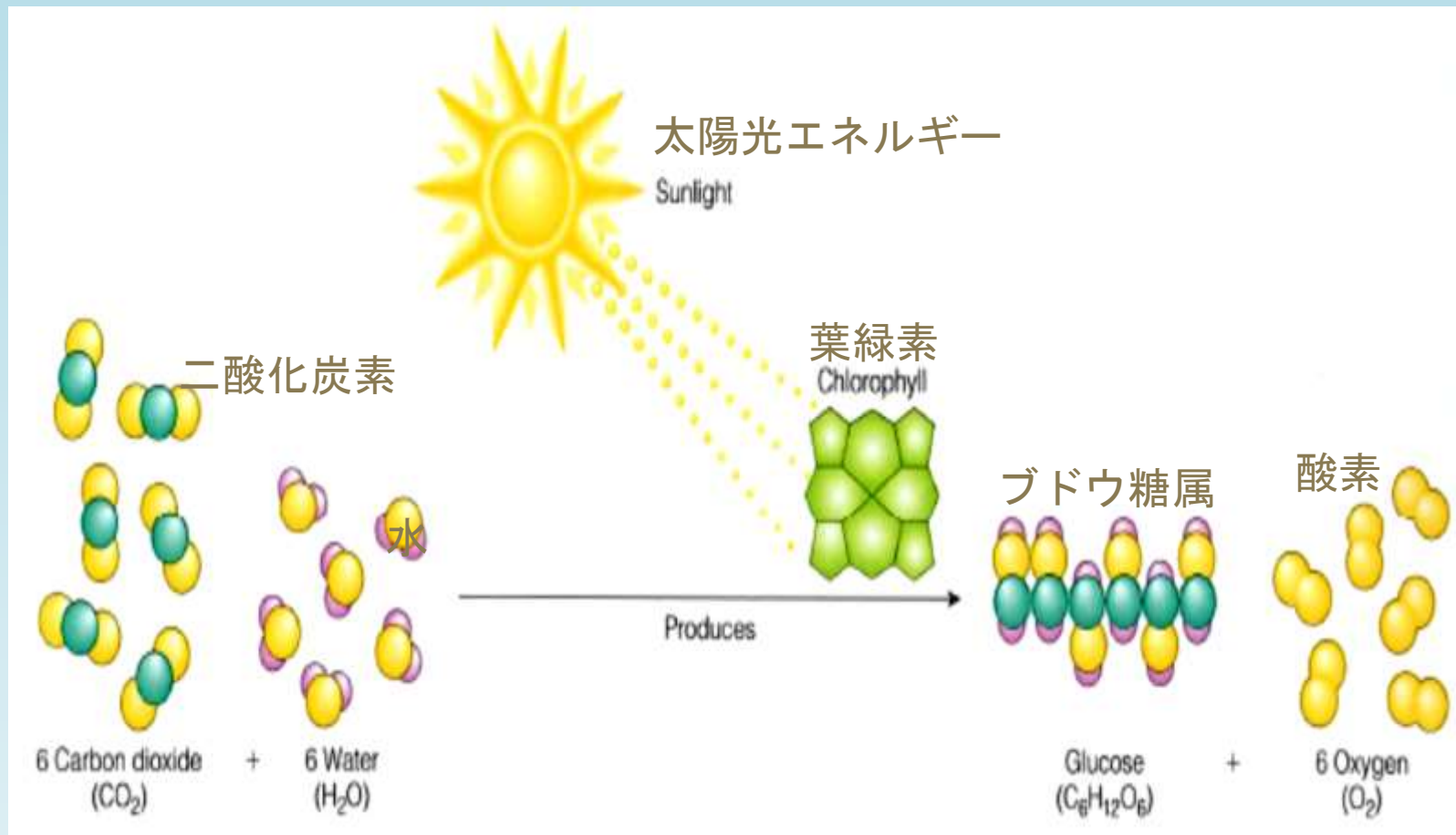
## Humans & The Extinction Crisis



Data source: Scott, J.M. 2008. *Threats to Biological Diversity: Global, Continental, Local*. U.S. Geological Survey, Idaho Cooperative Fish and Wildlife, Research Unit, University Of Idaho.

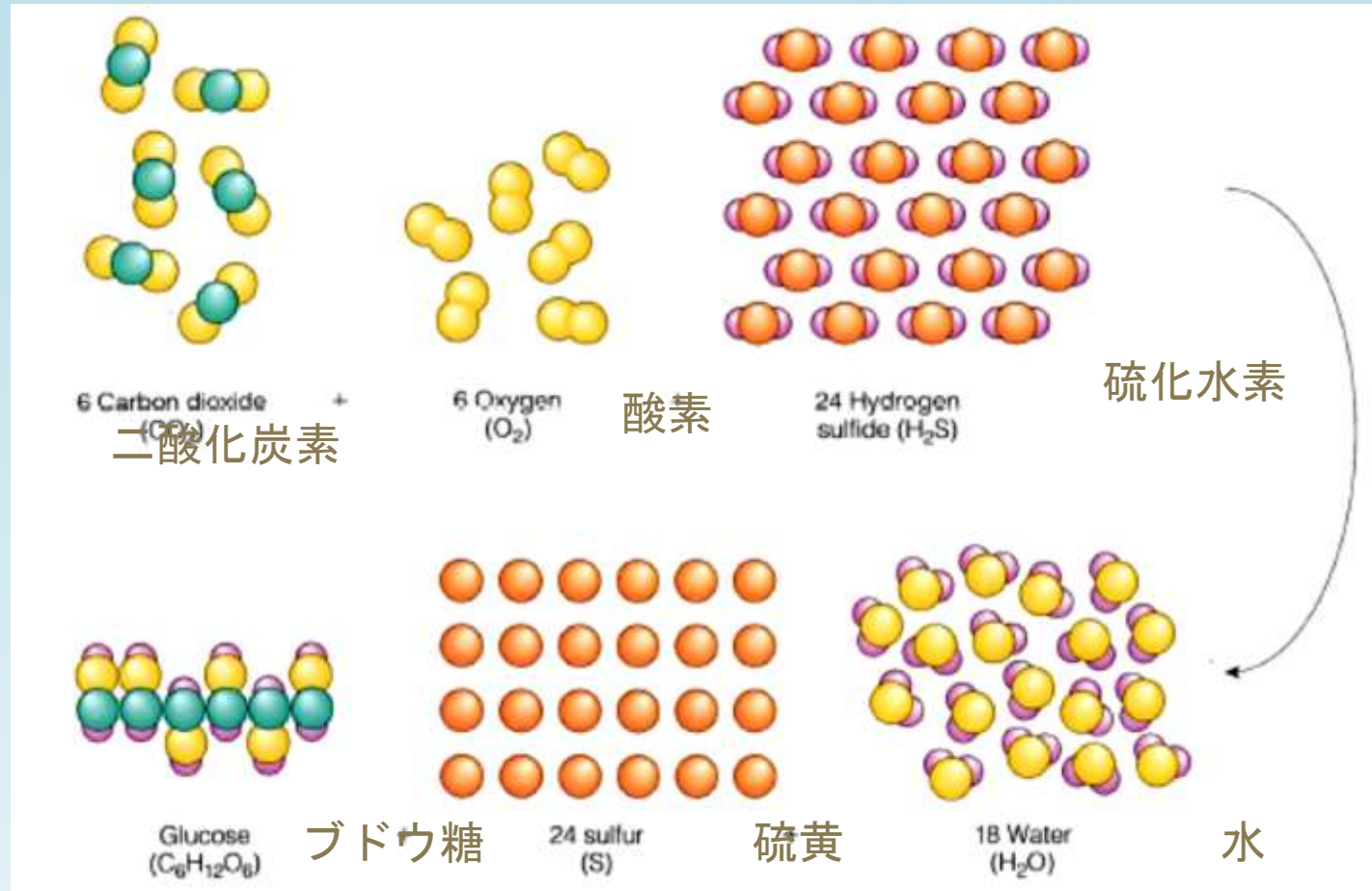
# 生存エネルギーの確保

# 光合成：太陽エネルギーを有機物に変換

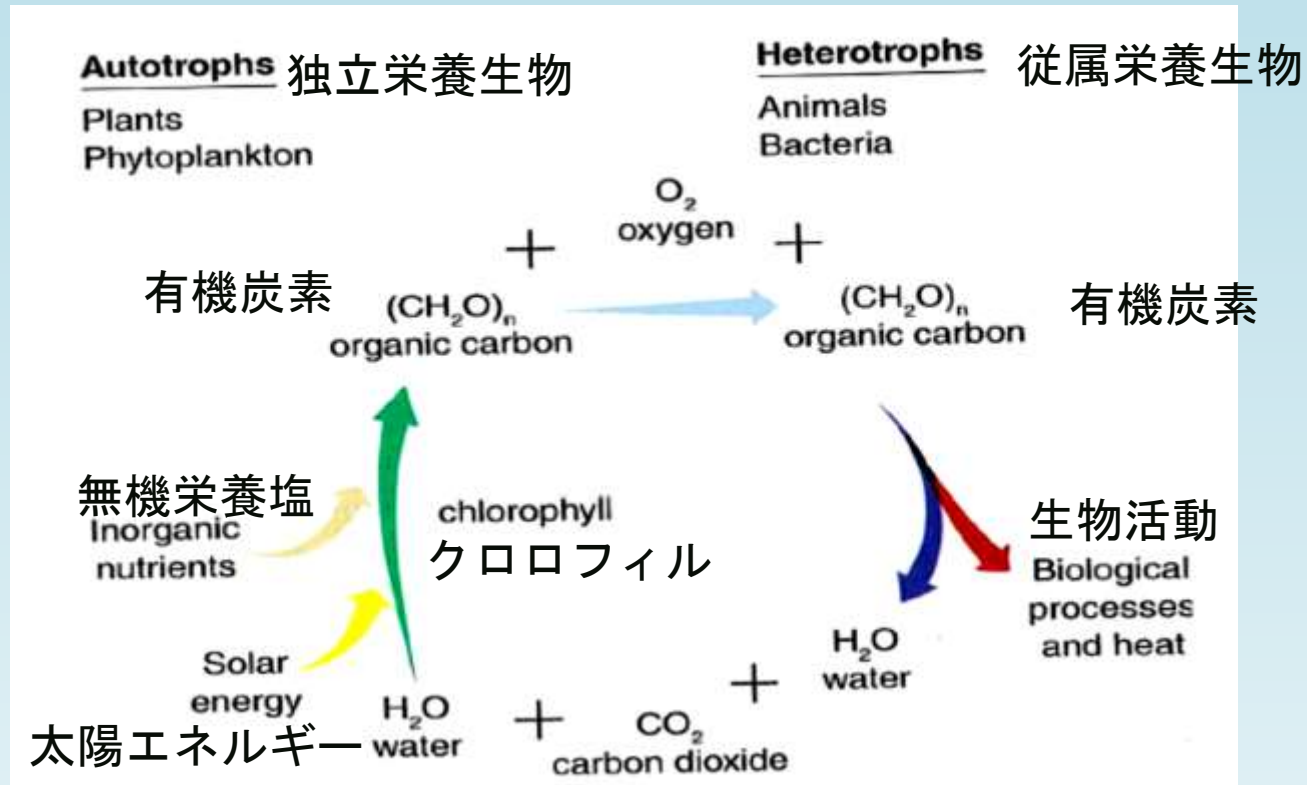




# 化学合成：化学反応エネルギーを有機物に変換する



# 生物間におけるエネルギーサイクル



# エネルギーの流れ

生産者  
(独立栄養生物)

光合成



太陽

**Producers**  
*Photosynthesizers:*  
Green plants and  
algae, and  
specialized  
bacteria



消費者  
(主に従属栄養生物)

**Consumers**

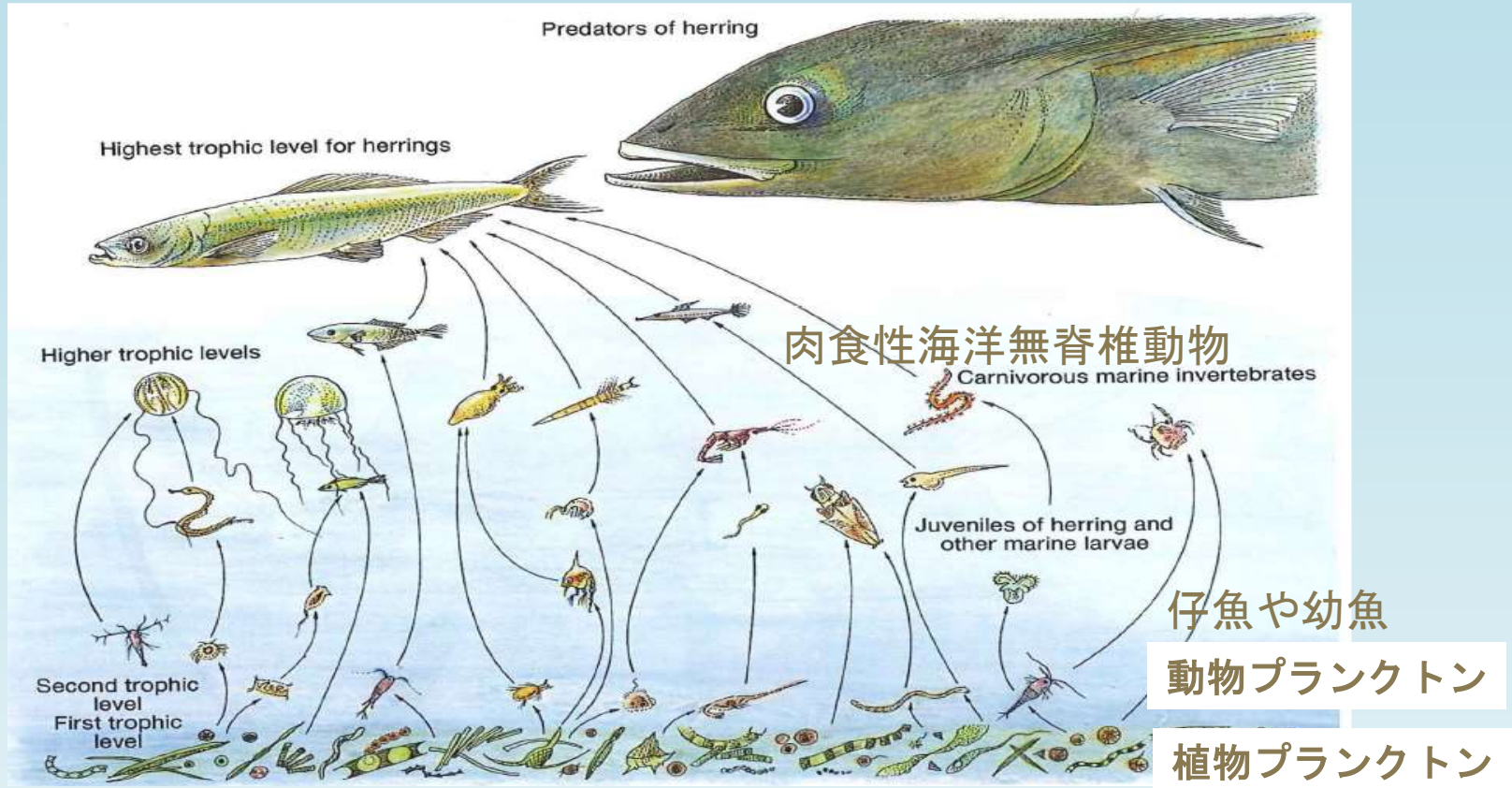
*Respirers:*  
Animals and  
decomposers and  
plants at night

To space



動物、分解、夜間の植物

# エネルギーと材料確保のために (食べる運命にある、従属栄養生物)



ニシンが大きくなる時の食物網  
幼魚や仔魚の時代より低次の捕食者によって食べられてしまう。

# 食物連鎖というよりは、食物網

5次トップ肉食

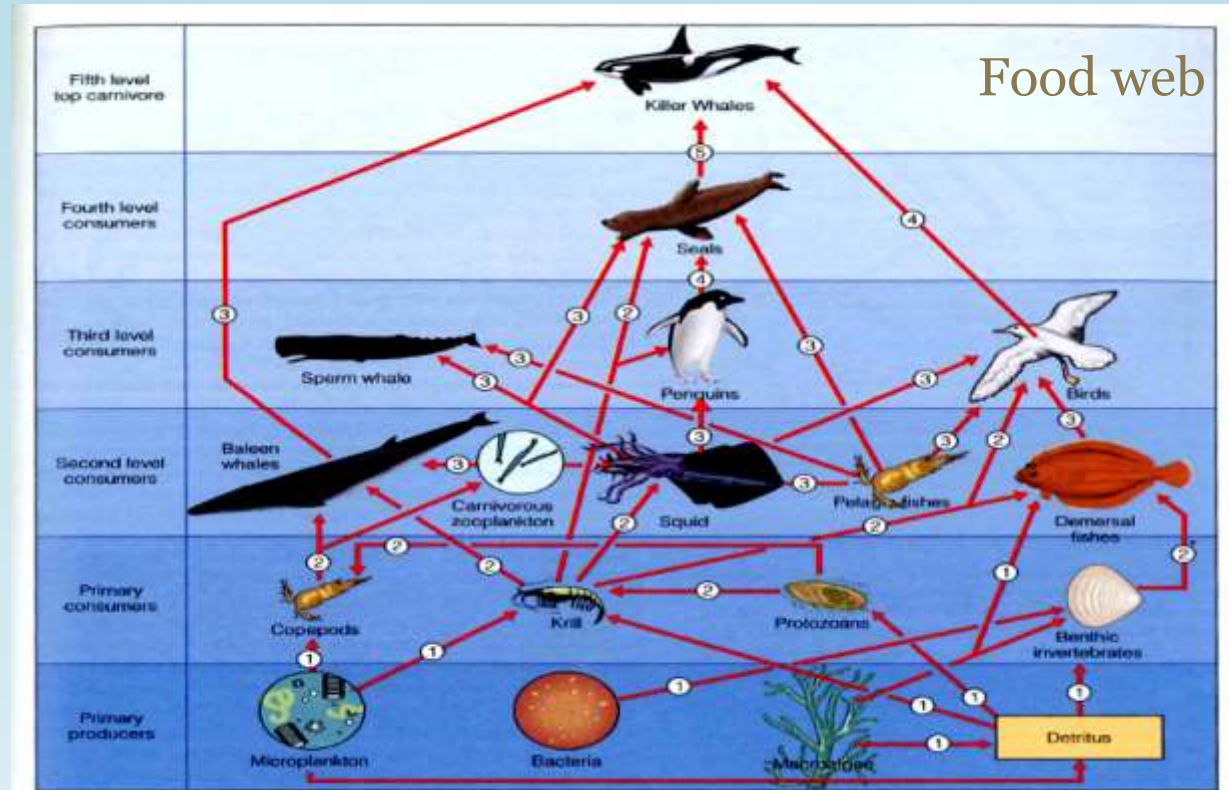
4次消費者

3次消費者

2次消費者

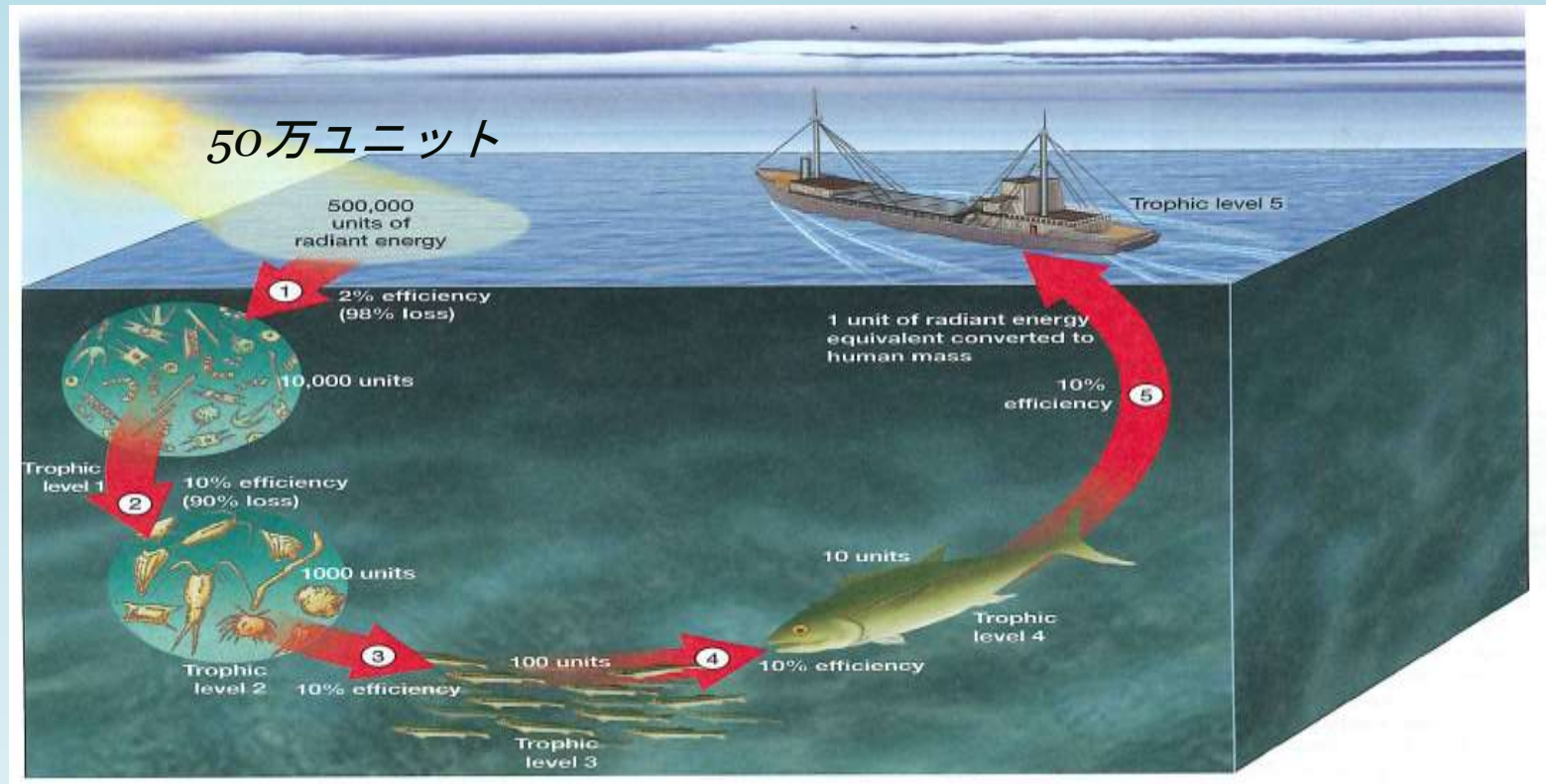
1次消費者

1次生産者



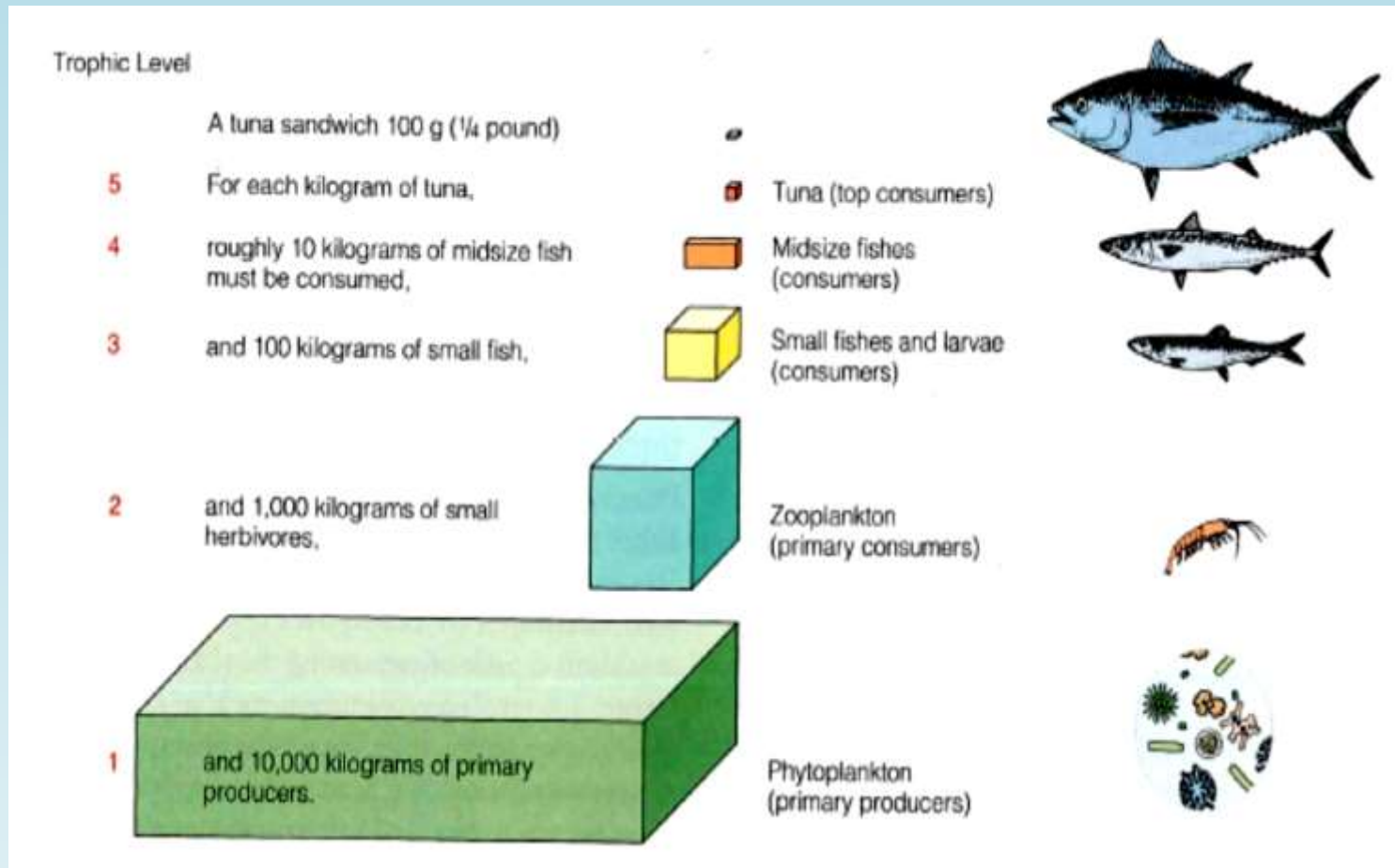
相互関係が複雑で、まるで蜘蛛の巣

# エネルギー交換効率



太陽の放射エネルギーを食物網を介して人間が取り込むとき、エネルギー交換効率は50万対1程度になる。

# 食物の材料としての効率



100 g のマグロを作るのに必要な材料（一次生産）は、10トンに達する。

# 生物の成長は、一年が基本単位ではない。

- 人間（20歳：60kg）が成長するのに、1日に平均1kgの食糧を食べると仮定する。

$1\text{kg} * 365 * 20 = 7300\text{kg}$  7.3トンを消費し、大人になって繁殖行動を行う。

繁殖行動の後、生まれてくるのは、10月10日後。

その後は、毎年増殖することが可能。

- 宇宙人の襲撃で、繁殖期をすぎた人間が食糧とされたら

$(40\text{億人} * 60\text{kg}) / (40\text{億宇宙人} * 1\text{kg})$

=60日分の食糧

宇宙人は飢え死にしちゃうから、繁殖期に満たない人類も食糧とし始め、  
人類を絶

滅の淵に追いやり、宇宙人も滅亡の道を進む。

## 桃栗3年、人15~30年

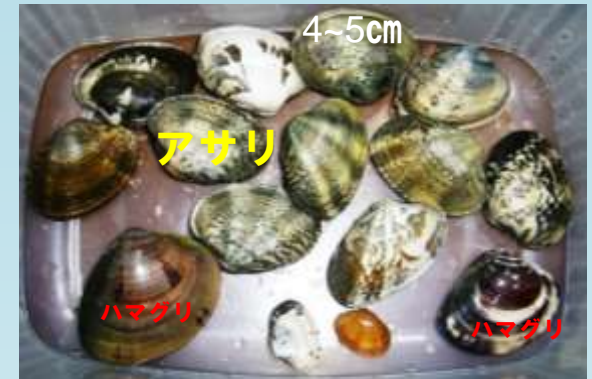
1973年アメリカSF映画：ソイレント・グリーン（ベートーベンの田園がシュール）  
主人公が最後に発した言葉 “Soylent Green is PEOPLE!” は今も耳に残る。



# サイズの違いは、年齢の違い



瀬戸内海の研究例では、1年：体長8cm、2年：12.5cm、3年：14.5cm、4年：16cm、5年：17.5cmにしかならないらしい。尺ギスは、8年を超える。上に写真は天草のシロギス。恐らくこの位の期間、海で暮らしていたのだろう。



浮遊幼生となり、1日目（トロコフォア）2日目（D状期0.1mm）、アンボ期、フルグロウン期0.2mmを経て2～4週間で着底する。着底直後の稚貝は足糸を分泌して砂礫等に付着し、成長とともに足糸は退化する。その後、着底初期稚貝（0.25mm）1～1.5ヶ月稚貝（1mm）4～6ヶ月稚貝（10～20mm）8ヶ月～1年貝（25～30mm）、成貝1～2年以上（35～40mm以上）と成長していく。上に写真は、4cm以上だから3年以上捕まらずにいたアサリかもしれない。

漁師は生活のために、毎日漁をするが、生物は毎日増殖しているわけではない。農産物でさえ、毎日収穫できない事を考えれば、容易に想像がつかず。

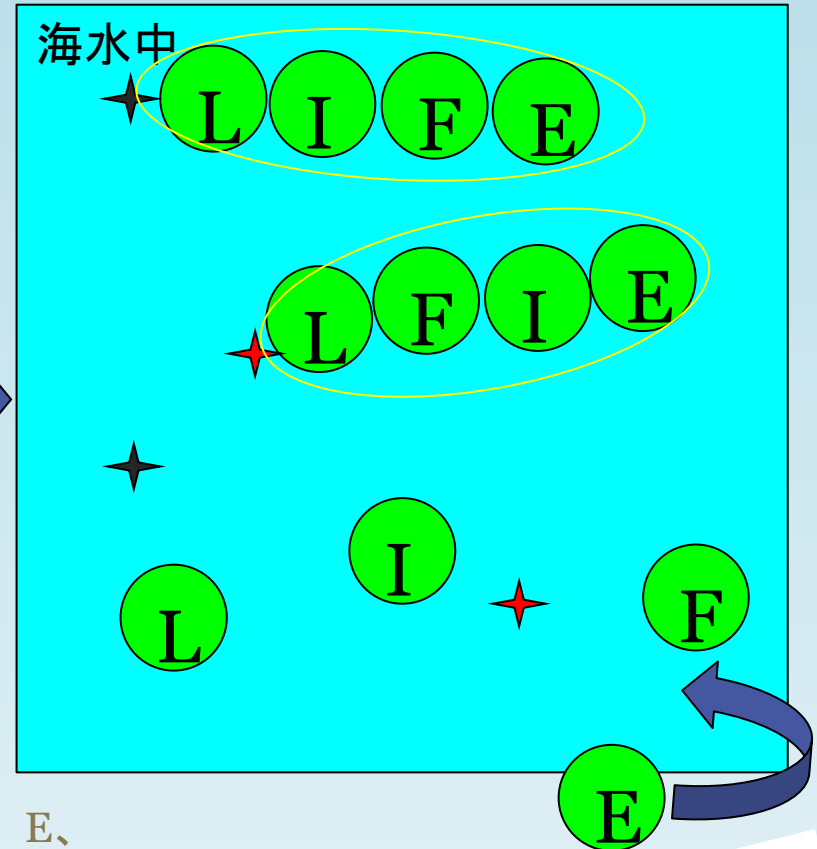
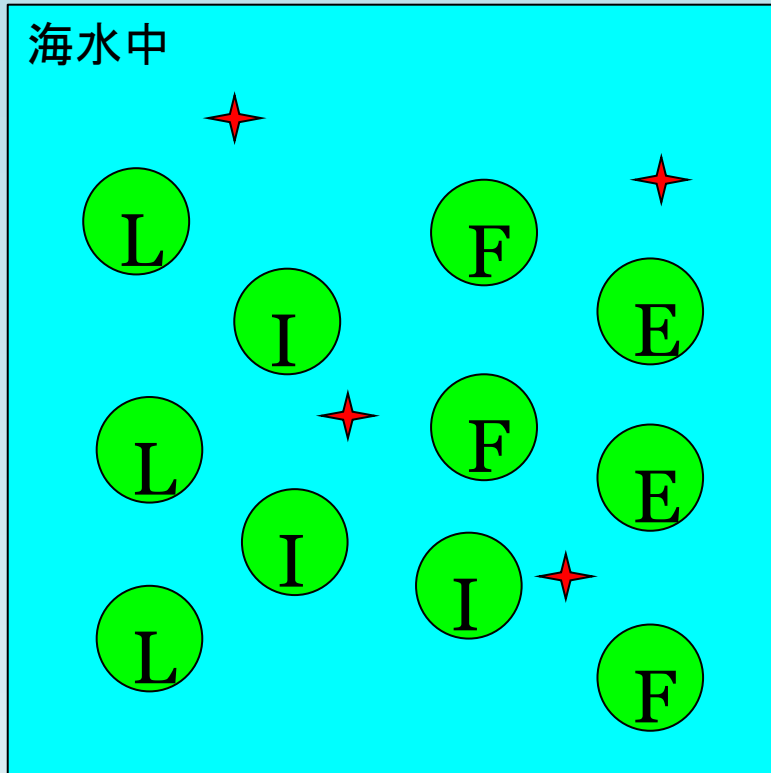
# 生物多様性を維持しないといけない理由

- 食物網に穴が開くと多くの種に影響が出る。
- 地球環境の破壊が進むと生産者がいなくなり、生物のエネルギー源がなくなる。
- 一次生産者がいなくなると、大気中の二酸化炭素が固定できなくなると同時に酸素の供給減がなくなり、大気組成の大幅な変更が余儀なくされる。
- 絶滅イベントに対応するため、多様な能力を確保しておくことは、生き残り戦略として重要。

# 太陽エネルギーだけでは決まらない

一次生産量をコントロールするもの

# 例えば、生物数を材料が決める場合



海水中の材料物質： L、 I、 F、 E、  
生物を作る設計図： 赤星、オレンジの星  
生物活動を支えるエネルギー： 過剰に存在

系外から材料が  
加わると数が個体  
数が増える

# 海水中の栄養塩類濃度と生物生産の関係（硝酸、 リン酸、珪酸）

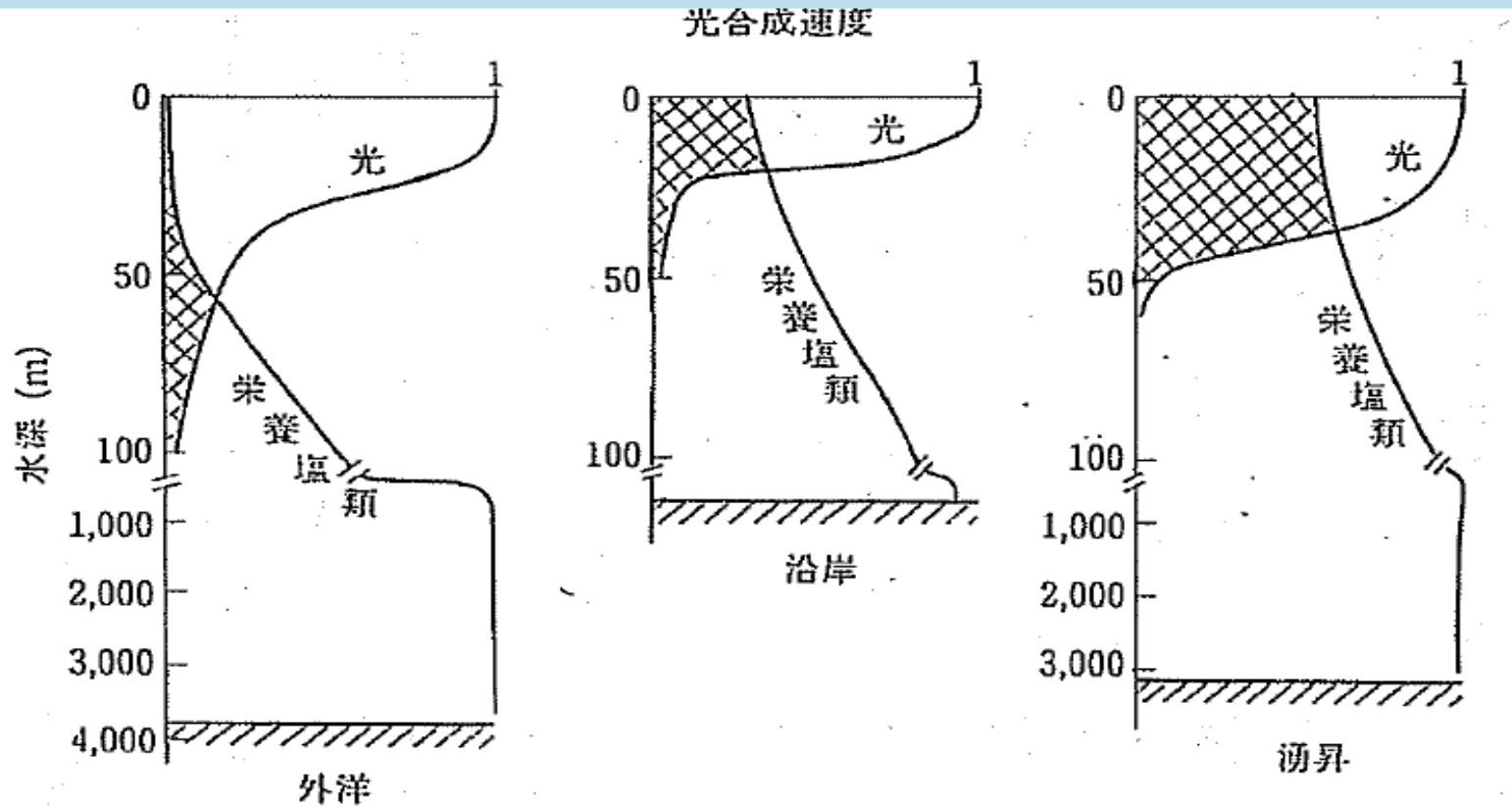


図4-14 海洋での光と栄養物質による光合成のコントロール  
網掛け部分が実際の光合成。

**Biolimiting : 生物生産を制限する物質**

# 一次生産力の分布

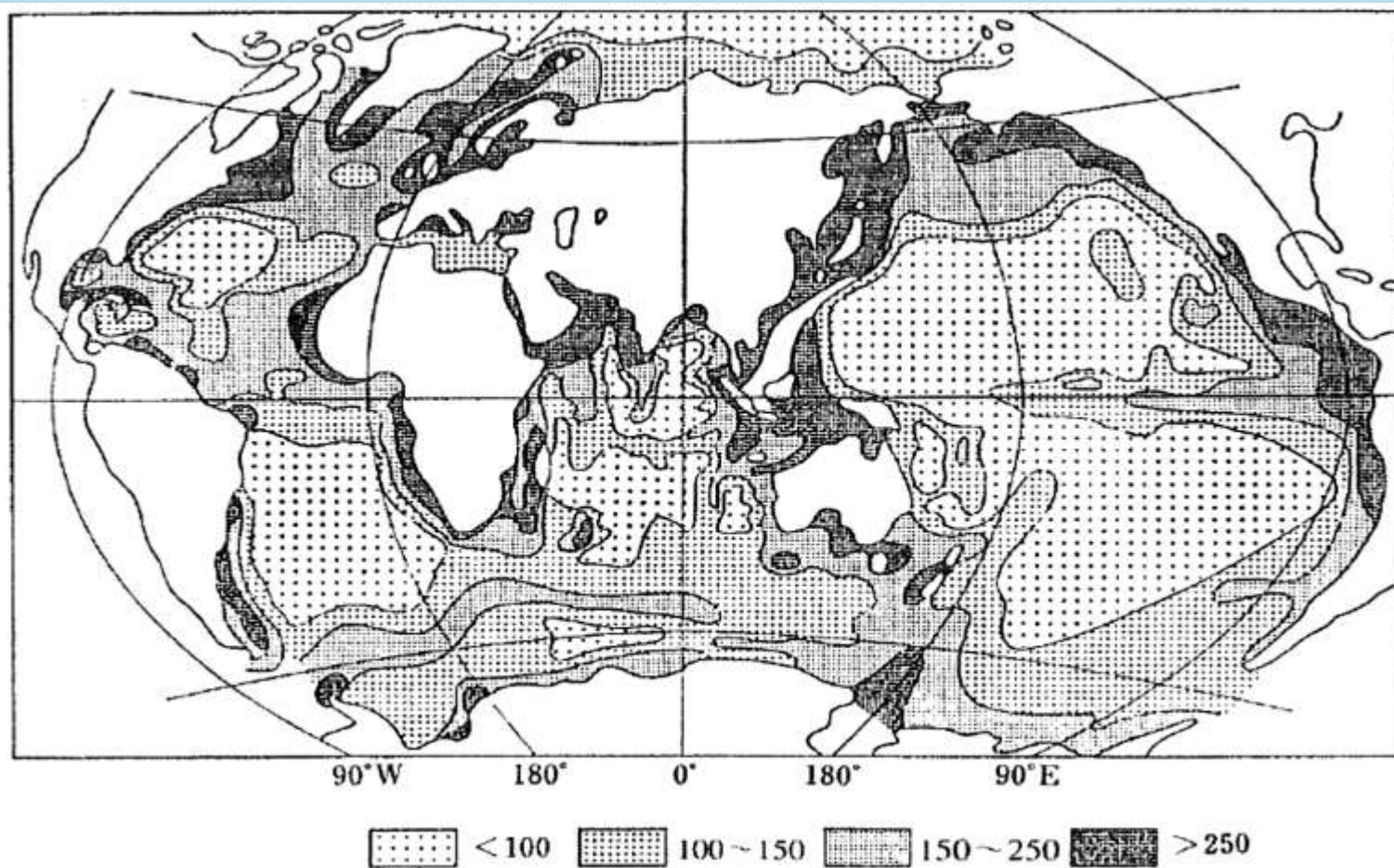
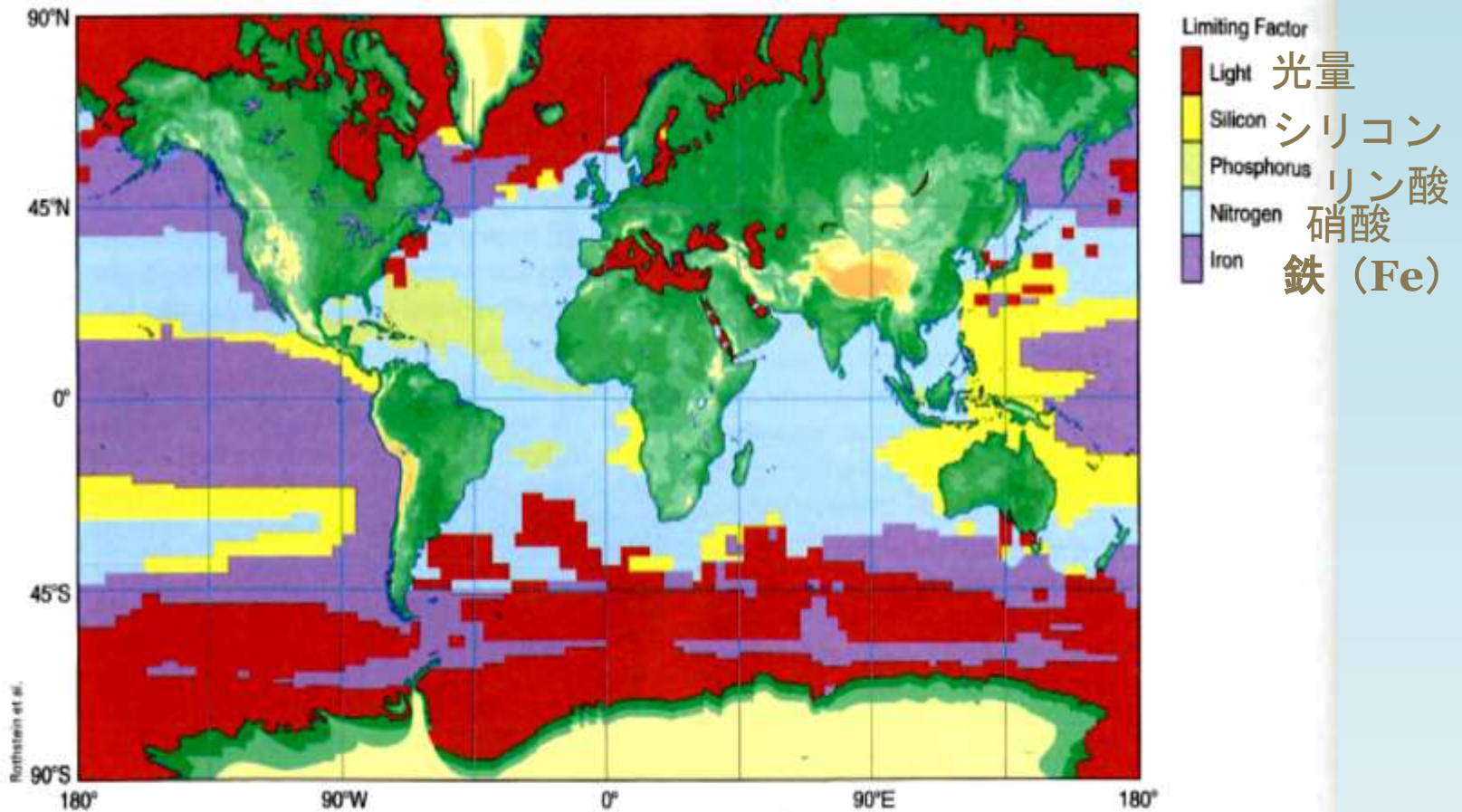


図 8-1 海洋の 1 次生産力 (mgC / m<sup>2</sup> / day) の分布 (Koblentz-Mishke et al., 1970)

沿岸域や太平洋の中央部に生産性の高い地域が存在する。

# 一次生産をコントロールする地域性



**Figure 13.13** The factors limiting the growth of diatoms (important small photosynthetic organisms) in the ocean's mixed layer.

Absence of any one factor, even though all others are present in adequate amounts, will prevent the organisms from thriving.

高緯度では、光量が支配し、低・中緯度では栄養塩類が支配する。

# 条件が整うと、植物プランクトンが増殖 (spring bloom)

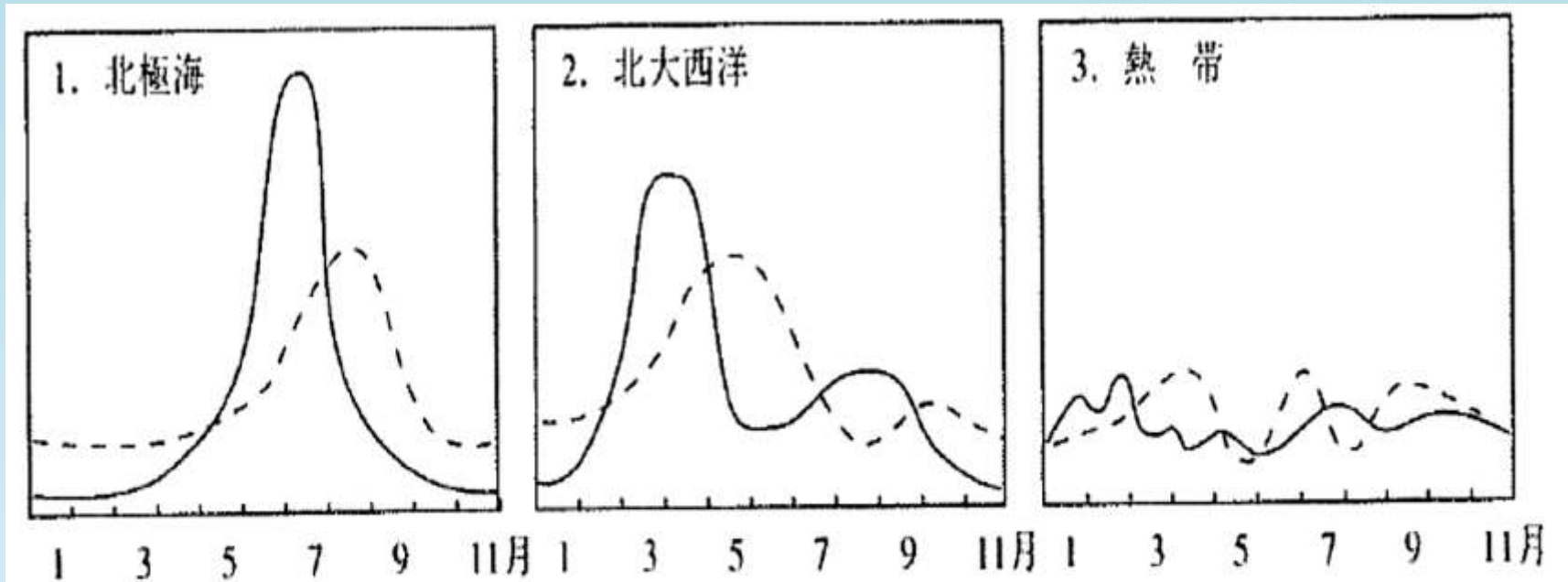


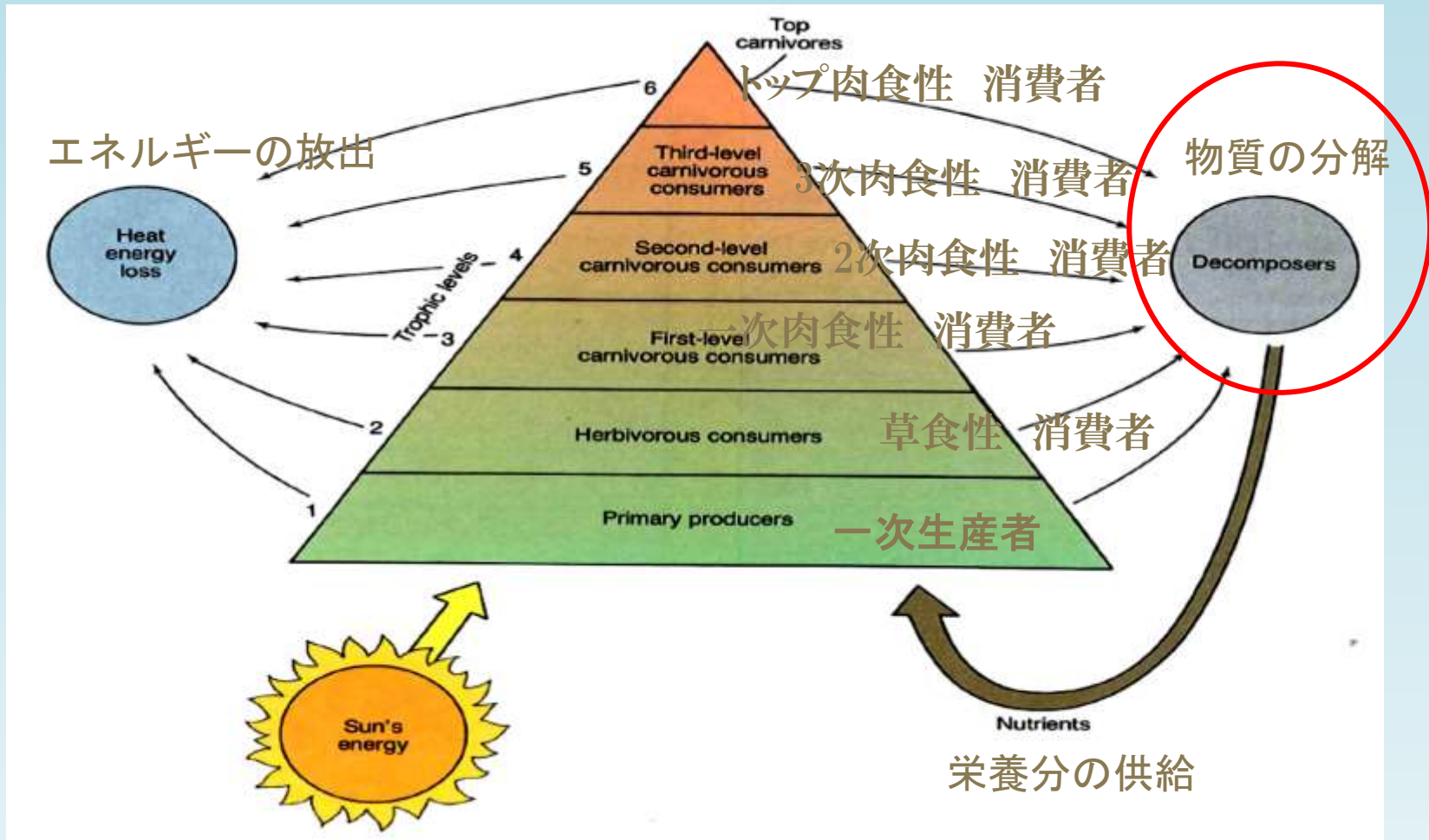
図 8-9 植物プランクトン（実線）と動物プランクトン（破線）の生物量の季節変動の一例  
(Heinrich, 1962)

それに遅れて、動物プランクトンが反応します。



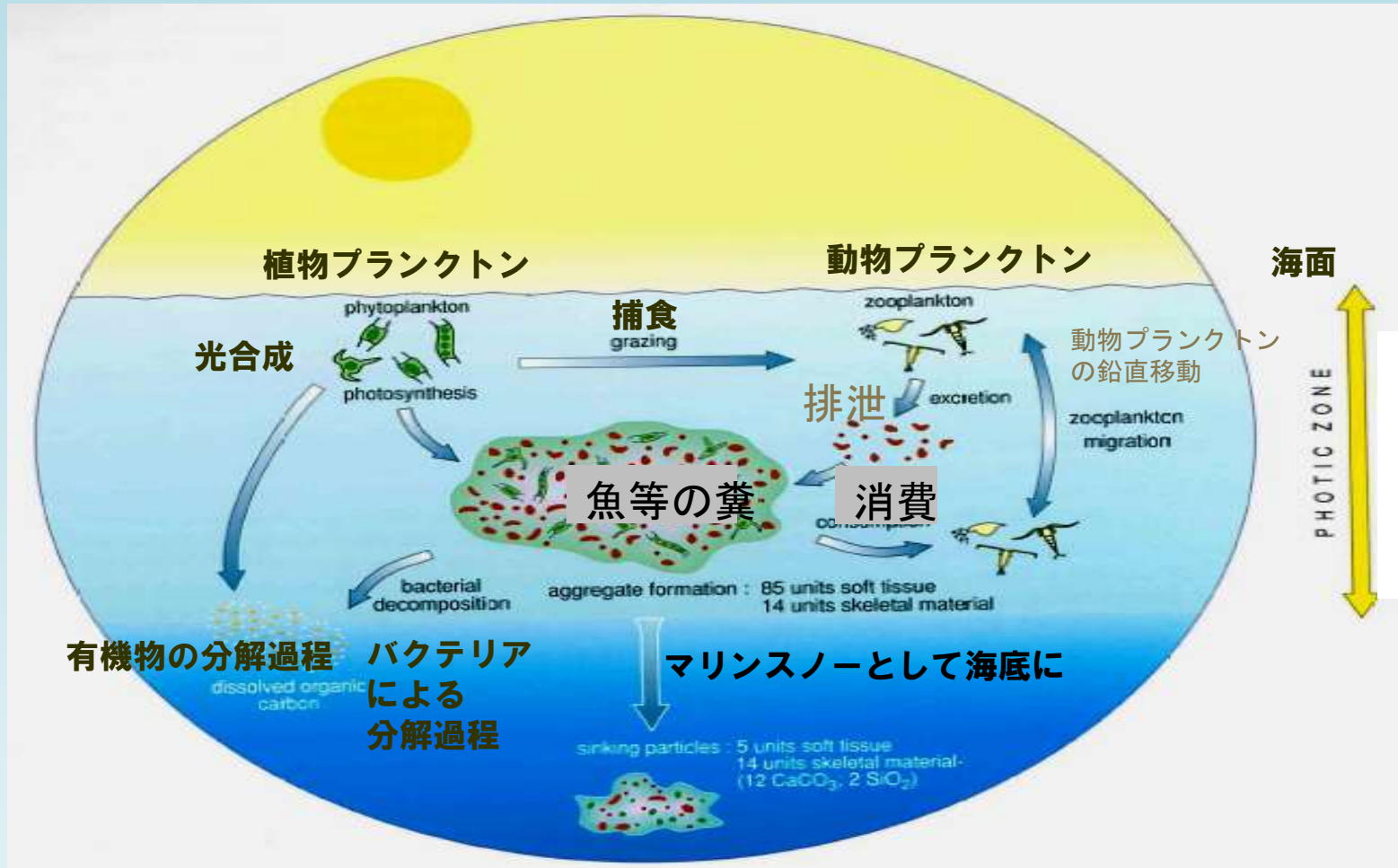
# 生産と消費：材料のリサイクル

# 生物界の物質及びエネルギー循環 材料の再利用



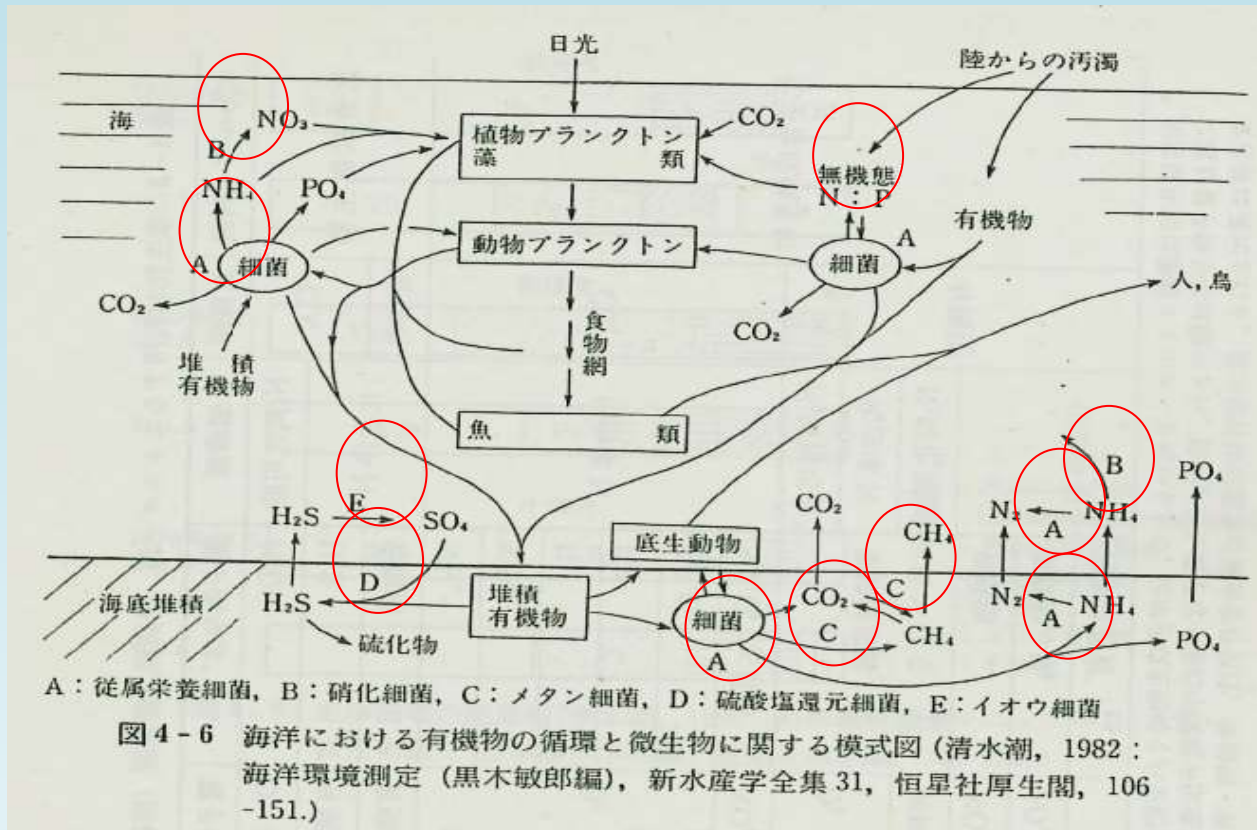
それぞれの物質が菌類やバクテリアなどによって分解され、材料として再利用される。

# プランクトンの海水表面における材料の循環



細粒の死骸や糞は分解されて再利用されるが、大きな塊はマリンスノーとして深海底に降り積もる

# バクテリアによる有機物の分解過程



様々な細菌類が関わりながら生体の分解過程と化学変化をもたらす

# 富栄養化した水域における“死の海”へのシナリオ

- 過剰の栄養塩類が追加される（陸起源の余剰肥料、生活排水）。
  - 一次生産が急激に起こる（増殖速度大）。
  - 一次消費者の大量発生（増殖速度大）。
  - 赤潮や青潮の状況が生まれる（毒性のあるプランクトンも大繁殖）。
  - 二次・三次消費者（増殖速度が遅い：ライフサイクルが長い）で処理。  
しきれないため、一時生産者・消費者の余剰が生じる。
  - 死体や糞となって、過剰の有機物が海底に追加される。
  - 過剰の有機物は、バクテリアによって一気に分解が進む。  
（この時、海底付近の海水中酸素が多量に消費される）。
  - 海底の溶存酸素が激減し、底生生物が窒息死し、さらにバクテリアの餌が供給される。
  - 低酸素状態の部分が広がり、生物活動が維持できず、死の海になる。

# 海底堆積物を用いた有明海100年環境変遷史の評価



天草

湯島

早崎瀬戸

海苔養殖

熊本港

白川

坪井川

横瀬久芳 (熊大・理)  
[yokose@sci.kumamoto-u.ac.jp](mailto:yokose@sci.kumamoto-u.ac.jp)

百島則幸 (熊大・理)  
松岡數充 (長崎大・水産)  
長谷義隆 (熊大・理)  
本座栄一 (熊大・理)

# 有明海環境変化の原因を探る

## 有明海周辺の社会整備事業と環境変動

海産資源の異変 : アサリやタイラギなど底棲生物の漁獲量が激減

海苔の色落ち

海の異変 : 赤潮の発生、透明度の増加、潮流の変化

巨大社会整備事業 : 筑後大堰（昭和60年）、熊本新港

の開発（昭和55年から継続中）、諫早湾の干拓および潮受け堤防の締め切り（平成9年）

“社会整備事業”と“海の異変”の因果

## 横瀬ら（2004）の研究目的

- 有明海の底質の変化はいつから始まったか？
- なぜそのような事が起こったのか？
- 有明海の水塊変遷はいつから始まったか？
- 社会整備事業との因果関係を再評価



ということで RKKに出演



2005年放映分より



“疲弊した有明海！”とマスコミが声高に叫んでいるさなか有明海のとある潮干狩り場では、普通にアサリ掘りができたし、タイラギ貝も売っていた。



単なる比較の問題なのだろうか？

# 蛇足（環境問題と研究者） 不機嫌なジーン（結構リアルな設定）



基本的にはラブストーリーではあるが、環境問題を取り巻く利害関係を概観するには面白い作品である。早速蔦屋で借りて全巻を制覇。利害関係の描写が結構リアリティーあふれるものであって、むしろ控えめなくらい。

国、研究者、住民それぞれの立場で、利害関係が複雑に絡みあうため、純粹に環境問題を解決しようと思ったら独立した立場で見極める必要がある。特に、環境問題を取り扱う会社は、クライアントが住民なのか国なのかによって報告書のまとめ方が変わってくる。偽学者（御用学者）はもっとたちが悪い。

**『不機嫌なジーン』は、フジテレビ系で2005年（平成17年）に放送された、竹内結子主演の連続テレビドラマ。全11回。  
とある理学部の研究室が舞台。内容は・・・、でも背景は結構リアル。**

なかなか解決しない環境問題の事例は、このドラマのような茶番劇かもしれない。

