

海藻による炭酸ガス固定

Fixation of Carbon Dioxide by Seaweed

柳下和夫 金沢工業大学

Kazuo Yanagishita Kanazawa Institute of Technology

KEYWORDS

炭酸ガス、固定、海藻
地球温暖化、温室効果

KEYWORDS

Carbon dioxide, Fixation, Seaweed
Warming-up of earth, Greenhouse effect

ABSTRACT

This paper shows a new concept of fixing carbon dioxide in the air using seaweed. There are several reasons why seaweed was chosen i.e. sea surface is twice as large as land, seaweed is living in the sea where they use only for navigation, fishing and leisure, whereas land is used for living, farming, forestry, industry, commercial use, transportation and public use, etc. One distinct difference between land and sea is that the former is completely owned by nations except the Antarctic Continent while there is wide space in sea although 12 nautical miles from seashore is the territory and 200 nautical miles is economic waters belong to the nearest country. Seaweed grows up by carbon dioxide just like trees and grasses on the land. An experiment was took place to define the carbon content in kelp, which was found to be 31.1% of dry weight. If we grow kelp in the oceans all over the world, as thick as 1mm, we can fix carbon as much as 2.04×10^{10} tons which is equivalent to 12.6 years yield of carbon dioxide from human activities. What will happen if the sea surface is completely covered by kelp? There is a good way to solve it, i.e. if we put shellfish on the kelp, then the shellfish eats the kelp. If the kelp is all eaten up, shellfish has no support to stay and fall down into the bottom of the sea, where it dies and the shell stays there for centuries. Shell consists of calcium and carbon dioxide, therefore it lessens the carbon dioxide in the sea water and the carbon dioxide in the air moves toward sea water to keep balance. Technology assessment was done.

1. はじめに

石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料を燃やすと炭酸ガスが出る。本論文はその炭酸ガスを海藻の生育によって減らす一方法を提案するものである。

2. 炭酸ガスの発生量

1988年現在の地球上の炭酸ガスの排出量は年間58.9億トンと見積もられている。¹⁾

その排出比率は、アメリカが24.2%、旧ソ連が18.7%、中国が9.8%、ドイツが4.8%、そして第5位の日本が4.7%である。

ハワイのマウナロア火山の頂上に設置された、大気中の

炭酸ガス測定装置は1958年から常時炭酸ガス濃度を測定している。その測定データによると、炭酸ガス濃度は毎年0.45%ずつ上昇している。そして1988年には350ppmとなっている。²⁾

3. 海藻による炭酸ガス固定法

炭酸ガスの固定にはいろいろな方法がある。炭酸ガスに圧力を掛けて固体化しそれを深海底に沈めるという案もある。この方法は空気中の炭酸ガスをどのようにして安価に集めることができるか、また海底に沈めることができるのか、海底で熱を吸って気化しないのか、などの問題点がある。大量の炭酸ガスが気化し、海面に上昇して

くれば、航行中の船舶の乗組員が窒息死する恐れもある。テクノロジーアセスメントが必要である。

炭酸ガスを分解して、炭素と酸素に還元するという案もある。炭素を燃やして得たエネルギーをそっくり加えてやらないと、この可逆反応は起こらない。そのエネルギーをどこから得るのかという問題がある。それを火力発電所からの電力で賄ったのでは、炭酸ガスは増えこそすれ、減ることはない。いくら原子力発電所を何百基作ろうと産業革命以来増加し続けている炭酸ガスを減らすだけの電力を賄いきれるものではない。

結局、太陽光により植物の光合成を利用するのが最も省エネルギーである。

植物も陸上植物の中で成長の速いものとして、アルファルファ、クローバー、トウモロコシ、ケナフ、ユーカリ、竹などの草木が注目されてきた。

しかし海藻のような水中植物はあまり注目されて来なかった。

海藻で炭酸ガスを固定するメリットはいくつかある。まず海は陸地の2倍も広い。しかもその多くは公海で所有者がいない。したがって、海という人類共通の未利用資源を用いるために、領土戦争が起こらない。北極海や南水洋のような海水が冷たくて太陽光の乏しい地域では、はたして海藻は育つのだろうか。地球上では気温の差ほど水温の差はない。北海道の冷たい水でも羅臼昆布は育つのである。とするとかなりの地域で海藻は育つだろう。

3-1. 海藻の種類

現在地球上には7000-8000種類の海藻がある。そのうちどんな種類の海藻が炭酸ガスを固定するのに向いているだろうか。密植できて、成長が速くて、寿命の長いものが良いことは言うまでもない。密植できれば単位面積当たりの炭酸ガス吸収量が増える。

カリフォルニア州モンレー市沖に生えているジャイアント・ケルプはその有力候補である。³⁾

ジャイアント・ケルプのように60mもの長さになるものも存在する。成長が速いとそれだけ、速く炭酸ガスを固定してくれる。ジャイアント・ケルプの寿命は75年と長く、長いとそれだけ長期間炭酸ガスを固定

できる。

3-2. 海藻による炭酸ガスの固定量

海藻による炭酸ガスの固定量を計算してみよう。

炭酸ガスの固定量=全世界の海の面積X

海藻の葉の厚さX海藻中の炭素の量X(44/12)

である。最終項の44/12は炭酸ガスの分子量44と炭素の原子量12との比である。

世界の海の面積=3.6X10⁸ km² =3.6X10¹⁴ m²である。

海藻の葉の厚さ=1mm=0.001m とし、

海藻の比重を1であると仮定すると、

全世界の海面を1mmの厚さで埋め尽くした海藻の重量は、

3.6X10¹⁴X0.001X1=3.6X10¹¹ トン

となる。

3-3. 実験

実験には北海道産のマコンブとミツイシコンブの試料各2件を用いた。生のコンブを室内で乾燥し始めてから15日後には完全に乾燥し、その後60日間乾燥を続けたが、重さの減少はなかった。その重量の減少を表1に示す。データのばらつきはコンブの葉と茎の比

Table 1 Drying of Kelp Samples for Experiment

	マコンブ		ミツイシコンブ	
試料	A	B	C	D
生重量	116.3	324.5	58.5	206.0g
乾燥重量	16.4	65.6	8.2	52.0g
生乾燥比	0.141	0.202	0.140	0.252
平均	0.183			

率が個体ごとにことなるためだと思われる。乾燥重量の平均値として0.183を採用する。

風で乾燥したマコンブ中の炭素化合物は、たんぱく質8.2%、脂質1.2%、糖質58.2%、繊維3.3%の小計70.9%である。残りは9.5%、灰分19.6%などとなっている。⁴⁾

これを燃焼して出てくる炭酸ガス量から炭素含有率を測定した。測定には高感度窒素炭素分析装置を用いた。その結果を表2に示す。

Table 2 Measurement of Carbon Content in Kelps

	マコンブ		ミツイシコンブ	
	A	B	C	D
	mg (%)	mg (%)	mg (%)	mg (%)
1回目	14.5 (29.8)	163 (33.7)	15.9 (28.2)	19.2 (33.4)
2回目	17.9 (29.5)	16.5 (33.0)	12.5 (28.3)	14.3 (32.8)
3回目	13.3 (39.5)	14.5 (32.8)	15.8 (28.8)	13.8 (34.1)
平均	31.1%			

炭素含有率の平均値として0.311を採用する。

したがって、世界中の海面を埋め尽くした海藻の中の炭素は、

$$3.6 \times 10^{11} \times 0.183 \times 0.311 = 2.04 \times 10^{10} \text{ トン}$$

である。

3-4. 炭酸ガスの固定年数

世界中の海面を厚さ1mmの海藻で覆った時の海藻の重量は 2.04×10^{10} トンであることが分かったので、これを1988年の炭酸ガスの排出量58.9億トンと比較すると、 $2.04 \times 10^{10} / 58.9 \times 10^8 \times (12/44) = 12.6$

すなわち全世界の海面を1mmの厚さの海藻で覆うと1988年の炭酸ガス排出量の12.6年分を固定できる。というよりも全世界の海面を1mmの厚さの海藻で覆っても1988年の炭酸ガス排出量の12.6年分しか固定できないというべきだろう。

3-5. 炭酸ガスの固定年数を延長する方法

12.6年しかない炭酸ガスの固定年数をもっと長くするにはどうすればよいだろうか。それには二つの方法がある。

一つは海藻を海面1mmではなく、もっと密に植えるのである。ジャイアント・ケルプは全長60mにもなる大きな海藻である。寿命は7-8年である。これを垂直に植えることができれば、一定面積の水面から得られるバイオマスは非常に多くなる。問題は水深が60m以上で毎日のようにして植えるかである。海藻の根は陸上植物の根の様に地中から養分を吸い上げるという機能はなく、ただ単に海藻を固定するだけである。したがって、適当な岩に相当する物を図1のように海面の

浮きからぶら下げてやればそこに栽培できるだろう。もう一つの方法は、この海藻に貝を繁殖させ、食べさせるのである。貝は海藻を食べつくす。すると支持体を失って海底に沈下するだろう。貝殻は数100年は分解しないだろう。

貝殻の主成分は炭酸カルシウムである。すなわち炭素と酸素とカルシウムの化合物である。それを貝が海底にどんどん運んで行ってくれば、海水中の炭酸ガスが減り、それを補填すべく空気中の炭酸ガスが海水中に溶け込むだろう。

あたかもサバンナの草と草食動物と肉食動物の生態系のように、炭酸ガスと海藻と貝が生態系を営むだろう。サバンナの草の量は一定であるのに対し、地球上の炭酸ガスの量は産業革命以来の蓄積があり、海藻はそれで育つから、貝は今後100年間繁殖し続け、大気中の炭酸ガスは減少し続けるだろう。

4. テクノロジー・アセスメント

地球規模で物事を行なう場合には、必ずテクノロジー・アセスメントが必要である。そして新しい試みの良い面ばかりでなく、悪い面も事前に承知しておき、後で「しまった」ということのないようにしなければならない。海藻による炭酸ガスの固定法のマイナス面としては次のようなことが考えられる。〈〉内に考えるべき対策を示す。

- 船の航行の邪魔になる。〈航路には海藻を植えない、刈り取る、貝を撒くなどする〉
 - 浅い海で貝が大量に死ぬと、生態系に影響がある。〈浅い海には海藻を植えない〉
 - 炭酸ガス以外にも栄養分が必要ではないか。〈必要なら散布する〉
 - 海藻の寿命がきて腐ると、生態系に影響がある。〈貝や草食性の魚を増やし食べさせる〉
 - 波が少なくなり海底のマリンスノーが上がって来なくなる。〈海藻が魚の餌になる〉
 - 海水面の呼吸作用が邪魔される。〈海藻は昼は酸素を出し夜は炭酸ガスを出す〉
- しかしプラス面もある。
- 魚が増える。

- b. 津波の勢力が衰える。
- c. 海藻から薬品が作れる。
- d. 海藻からエネルギーが取れる。
- e. 人間が食べられる海藻を混ぜておくと食糧にもなる。

5. まとめ

従来の土地に草木を植える炭酸ガス固定法とは異なり、海面に海藻を繁茂させて炭酸ガスを固定する方法を提案し、その効果を予測した。全世界の海水面を厚さ1mmの海藻で覆うと、12.6年分の炭酸ガスを吸収してくれることが分かった。さらに多くの炭酸ガスを固定するには、海藻の表面に貝を繁殖させそれを食べさせると、貝は海底に沈む。貝殻は炭酸カルシウムなので、これが海底に沈むと、その成分である炭素が海水中から減り、空気中の炭酸ガスが海水中に移動する。このようにして炭酸ガスの固定を加速することができる。テクノロジーアセスメントも行なった。

謝辞

この実験の材料であるマコンブとミツイシコンブを提供して下さいました、北海道大学水産学部の山本弘雄先生、炭素含有率の測定装置をお貸し下さいました石川県水産総合センターの田島迪生様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本経済新聞社「テラスで読む地球環境読本」日本経済新聞社1990
- 2) フレッド・ピアス著平澤正夫・芦田清・青木玲訳「地球は復習する—温暖化と人類の未来—」草思社1989
- 3) 新崎盛敏・新崎輝子著「海藻のはなし」東海大学出版会1978
- 4) 香川綾監修科学技術庁資源調査会編「<四訂日本食品標準成分表>による四訂食品成分表」女子栄養大学出版部1991

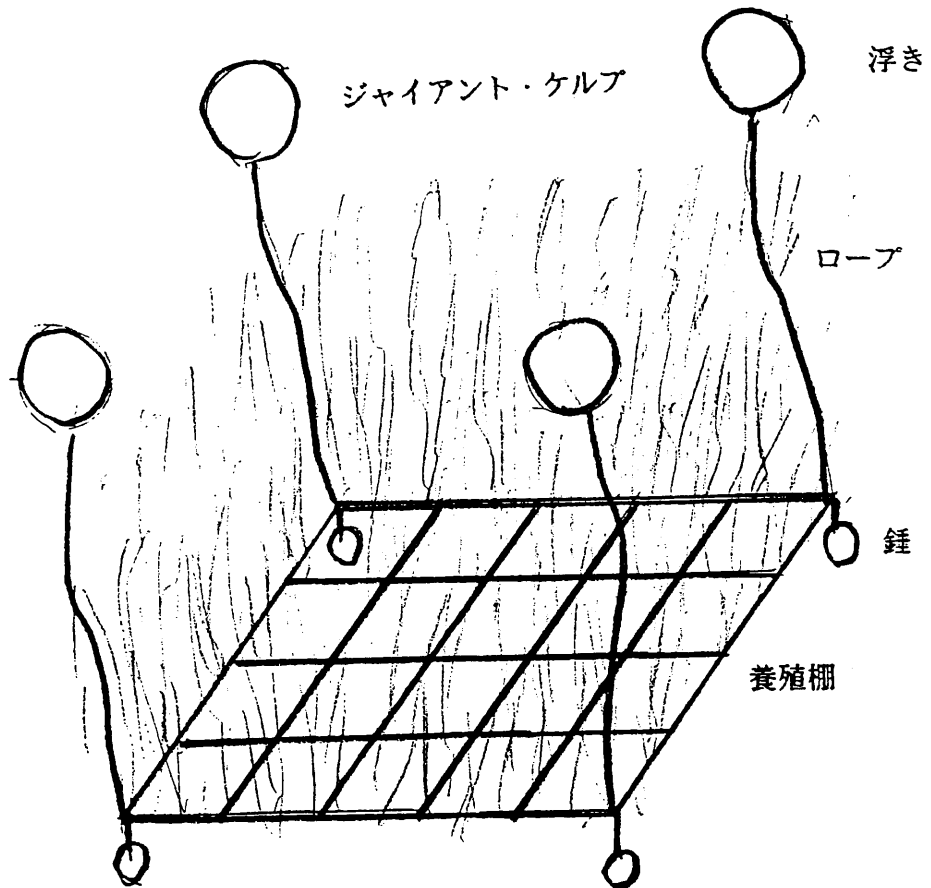


Fig.1 Trellis for Giant Kelp