

海のしくみと駿河湾深層水

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2012-06-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 宗林, 留美 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/6710

海のしくみと駿河湾深層水

宗林 留美

海洋深層水とは？

↑海洋深層水の定義

「海洋深層水」とは何かというと、海水です。図1にある「深度」とは、海面からの深さのことで、「水深」というよく似た言葉があるのですが、水深は海面から海底までの距離のことです。よく町で「海洋深層水」として売られているものは、海面からの距離が二〇〇メートル、つまり深度二〇〇メートルよりも下の水のことです。

ただ、海洋学で言う「深層水」は、一〇〇〇メートルよりも深い水のことです。ですから、私たちから売っている海洋深層水は偽物になるのですが、「海洋深層水」と海洋学で言う「深層水」では性質の重なっているところがありません。

↑海水に占める割合

二〇〇メートルよりも深い海水が珍しいのかというと、決してそうではありません。図

2は、海洋全体の体積に占めるそれぞれの深さの海水の割合を示しています。淡色で書いた「表層」が、二〇〇メートルよりも浅い海水です。一般的には二〇〇メートルよりも深いものが全部「海洋

深層水」に占める割合を示しています。淡色で書いた「表層」が、二〇〇メートルよりも浅い海水です。一般的には二〇〇メートルよりも深いものが全部「海洋

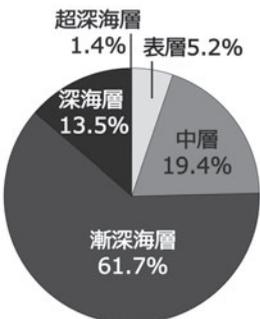
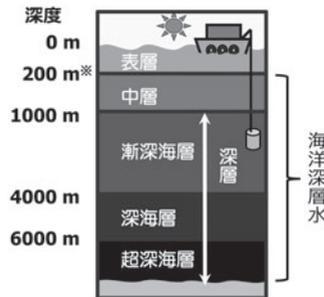


図2 海洋全体における各層の体積の割合



※100mで区切ることもある。

図1 海洋深層水の定義

深層水」と呼ばれているので、海の体積全体の九五%が海洋深層水になります。ですから、決して珍しいものではありません。

それでは、なぜわざわざ海洋深層水売り出しているのかというと、表層水とは異なる次のような特徴があるからです。

- ① 低水温性（水温が低い）
- ② 清浄性（バクテリアなどの微生物や汚染物質が少ない）
- ③ 富栄養性（栄養素を多く含む）
- ④ 水質安定性（水質の変化が年間を通して小さい）

これから、私たちのデータを使いながら、それぞれについて見ていきたいと思います。

十 低水温性

海面付近は太陽放射(日光)によって温められるのですが、実は、日光は海水の中をほとんど通過できません。水の分子や海水に含まれる粒子などの成分が、日光を吸収したり、散乱（はじき返すこと）したりするからです。

図3は、縦軸が深度（海面からの深さ）、横軸が照度（光

の強さ）です。縦軸が一二〇メートルま

でなので、海洋深層

水よりももっと浅い

ところですが、この

グラフから、海中に

届く光の量は、深く

なると急激に減少す

ることが分かります。

届く光の量が急激

に減少すると、何が

起きるでしょうか。

図4は深度と水温の

グラフで、縦軸は一五〇〇メートルまでになっています。

これは人間でもぐれないような深さですが、光が届かない

ので、少しもぐると水温はがくつと冷たくなります。こ

れが低水温性です。

十 清浄性

光が届かないことは、水温を低くするだけではなく、生物にも影響を及ぼします。特に注目したいのが植物です。

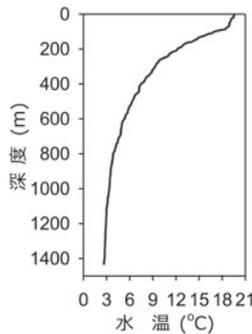


図4 駿河湾中央部の水温の鉛直分布(2008年5月)

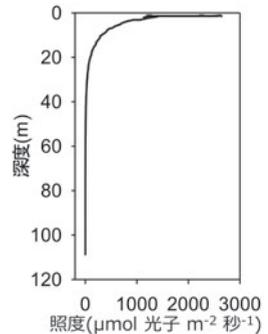


図3 駿河湾中央部の照度の鉛直分布(2006年4月)

ワカメやコンブといった海藻も海の植物なのですが、実は、海の中で最も幅を利かせている植物は「植物プランクトン」で、「藻類」「微細藻類」と呼ばれることもあります。水産資源の豊かさには、餌になるものが多いことが大事です。その餌をたどっていったときに、一番最下層にるのが植物プランクトンです。

植物は光が届かないと光合成ができなくなり、増殖できません。どれぐらいの深さまで光合成に必要な光が届くかというと、例えばハワイのように水が透明なところでも二〇〇メートルぐらいまでで、駿河湾では四〇メートルがいいところです。

二〇〇メートルより深いところを海洋深層水と呼ぶ理由は、ここにありません。植物プランクトンが光合成をするために必要な光が届くのは、一番深くても二〇〇メートルまでで、人間の住む陸に近いところはどうしてもよんだりします。もつと浅いところまでしか光が十分に届きません。植物プランクトンが成長できないと、植物プランクトンを食べる動物プランクトンも、動物プランクトンを食べる魚も少なくなり。これが深いところの状態です。

清浄性と言ったときには、よくバクテリアが少ないことを指します。図5の左側のグラフは、駿河湾における深度

とクロロフィルa濃度の関係を示したものです。クロロフィルaはほぼすべての植物プランクトンが持っている光合成色素なので、これが多いと、その海水の中には植物プランクトンがたくさんいるということになります。

グラフを見ると、二〇〇メートルぐらいでクロロフィルaの濃度があくつと減っています。恐らく三桁ぐらい減っています。植物プランクトンは、光合成をして自分が増えるときに周りに有機物を出して、その有機物をバクテリアが使って増えるのですが、深いところは光合成ができないのでバクテリアも少ないため、「清浄性」という言い方をしています。

先ほど「バクテリア」と言ったのに、図5の右側のグラフでは「原核生物」という言葉になっておることにお気付きの方いらっしゃいますか、今、微生物の世界にはバク

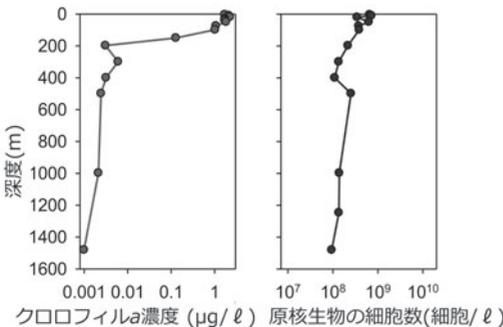


図5 駿河湾中央部の光合成色素(クロロフィルa)と原核生物の鉛直分布(2008年2月)

テリア一派と古細菌一派という二つのグループがあります。昔は、古細菌はあまり調査されていなかったもので、微生物というバクテリアのイメージを持たれていたのですが、この業界でもやはり腐りがあり、今はバクテリアと古細菌を両方合わせて「原核生物」と呼ぶのがはやりになっています。

＋富栄養性

植物プランクトンは、明るいところでも寿命が来て死んだり、動物に食べられたりします。丸飲みされればいいのですが、私たちがスナック菓子を食べるときに口からポロポロ出すような、食い散らかすタイプの動物もいます。そうすると、植物プランクトン産有機物を周りにまき散らすことになります。その有機物を微生物が食べて、無機物に変えます（図6）。

例えば、私たちの体を作っている成分にはいろいろあるのですが、元素で言うと、量的に多く重要なのは

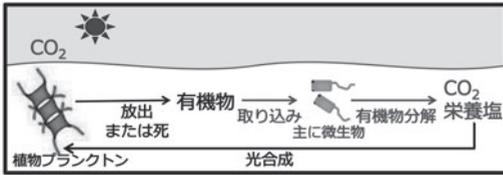


図6 栄養塩の再生

炭素、窒素、リンです。有機物の中の炭素は、最後は微生物に分解されて二酸化炭素になります。窒素成分の多くは硝酸イオン、リン成分はリン酸イオンになります。園芸で使う肥料の成分だと思ってください。これを「栄養塩」と呼びます。

栄養塩は微生物が有機物を分解することによって作り出されるもので、植物プランクトンが光合成をして増えるときに必要な栄養素です。海は、浅いところだと光が十分にありません。水もいっぱいあります。でも、栄養塩がないと、植物プランクトンは光合成をして増えることができません。ですから、先ほど水産資源の豊かさは植物プランクトンの豊かさに大きく依存しているという話をしましたが、もっと突き詰めると、植物プランクトンの餌となる栄養塩が多いか少ないかで決まってきます。

図7は、栄養塩の中でも窒素、リンなどの成分が駿河湾でどうなっているかを示したものです。最初のうちは深くなるほど濃度が高くなっていますが、四〇〇〜六〇〇メートルよりも深いところはあまり濃度が変わっていません。なぜでしょうか。

浅いところで栄養塩の濃度が低いのは、植物プランクトンが使っているからです。深くなると、植物プランクトン

は光合成ができなくなり、栄養塩を使えなくなります。栄養塩をせっせと作り出す微生物はどの深さにもいますので、栄養塩が多くなります。ただ、有機物にも微生物にとつておいしいもの。まずいものがあるように、浅いところでおいしいものをせっせと使ってしまうと、深い方にはまずい有機物しか届かないので、バクテリアも食べません。ですから、深いところでは栄養塩の濃度は増えないけれども、栄養塩を使う植物プランクトンがほぼいないので減らない、したがって、深いところの栄養塩の濃度は高止まりのままほとんど変わらないことになります。

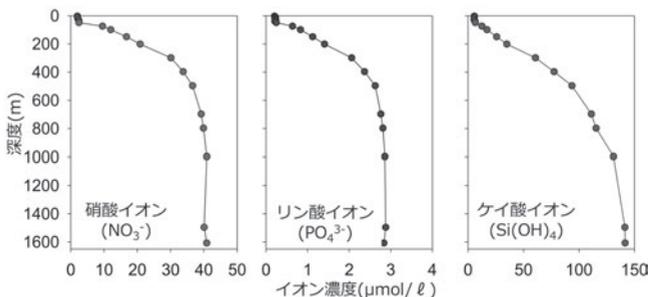


図7 2009年11月の駿河湾中央部における主要栄養塩類(硝酸イオン、リン酸イオン、ケイ酸イオン)の分布

ミネラル

次に、ミネラルと呼ばれる栄養塩について見ていきます。生物の体を作っている元素のうち、炭素、水素、窒素、酸素を除いたものを「ミネラル」と呼びます。人間にとって必須といわれているミネラル(必須ミネラル)は、カルシウム(Ca)・リン(P)・カリウム(K)・硫黄(S)・ナトリウム(Na)・塩素(Cl)・マグネシウム(Mg)・鉄(Fe)・亜鉛(Zn)・銅(Cu)・クロム(Cr)・コバルト(Co)・セレン(Se)・マンガン(Mn)・モリブデン(Mo)・ヨウ素(I)の一六種類あります。このうちカルシウム・カリウム・硫黄・ナトリウム・塩素・マグネシウムは、海水中の塩類で量が多い上位六種です。それ以外の一〇種類は、海域や深度によって量の比が変わります。

よく「海洋深層水はミネラルが豊富だ」という言い方を

表1 1999年11月の駿河湾中央部の海水中の微量ミネラルの量と推奨量
(推奨量は厚生労働省「日本人の食事摂取基準」(2010年版)から引用)

微量ミネラルイオン	表層水 (5mまたは10m)	深層水 (400m)	30~69才男性の推奨量	
			推奨量	深層水換算
鉄(Fe)	61 ng/l	350 ng/l	7.5 mg	21 l
亜鉛(Zn)	240 ng/l	280 ng/l	12 mg	43 l
銅(Cu)	95 ng/l	89 ng/l	0.9 mg	10 l
コバルト(Co)	3 ng/t未満	10 ng/l	設定なし	未算出
マンガン(Mn)	82 ng/l	270 ng/l	設定なし	未算出
モリブデン(Mo)	10,300 ng/l	10,600 ng/l	0.03 mg (30~49才)	3 ml

ng/l(ナノグラム・リットル)…1lに100万分の1ミリグラムが存在する濃度。

のですが、どれだけ豊富なのでしょうか。表1は、駿河湾中央部の海水中に含まれる微量ミネラルの量です。「 Ca 」「 Mg 」「 Na 」「 K 」「 Cl 」「 SO_4 」「 HCO_3 」(ナノグラムパーリットル)とは、一リットルに一〇〇万分の一ミリグラムが溶けている濃度のことです。そして、「表層水」は五メートルぐらい、「深層水」は四〇〇メートルぐらいの深さにある水です。なお、右の「30〜69歳男性の推奨量」とは、厚生労働省が五年に一度公表している、「一日にこれだけの栄養素を取るといいですよ」という数値です。研究が進むと値が少しずつ変わってくるようで、ここでは二〇一〇年に発表された最新版をお示ししています。一日にこれだけの量を取れば、九七〜九八%の人については充足するという研究成果だそうです。

一番右の数値は、もしこの推奨量を駿河湾深層水で取るうとしたら、それだけの量が要るかという値です。亜鉛(Zn)は四三リットルですから、洗濯機ぐらいの量を取らないと賄えないということ。一番期待が持てそうなのは、モリブデン(Mo)という元素です。海水中に多く含まれ、推奨量も低いので、三ミリリットルという一口にもならないぐらいの量で賄えます。ただ、モリブデンは穀物や豆製品に多く含まれていて、そういうものを食事によく取るようにされている方は普段から推奨量の一〇倍ぐらい取って

いるそうです。ここから分かるのは、駿河湾深層水や海洋深層水をミネラルの補給のためだけにそのまま使うのは、あまり現実的ではないということです。

↑ 塩類と塩分

なお、富栄養性とは関係ないのですが、先ほどから出てきている「塩類」という言葉について確認しておきます。塩類とは、海水から水と揮発性の成分(気体など)を除いたもの、つまり、海水を蒸発させたときに、最後に残るもののことを言います。

この塩類が海水にどれだけ溶けているかという濃度を「塩分」と呼びます。よく新聞やテレビで「塩分濃度」と紹介されているのですが、あれは「塩類濃度濃度」と言っているのと同じで、私はそれを見るたびに何とかならないかと思っっています。皆さん、おうちに帰ったら、「塩分濃度」という言葉を使うのはやめようと伝えてください。

海洋学では今、「塩分」には単位がなく、「塩分三五」などという言い方をしています。これは、海水一リットルに三五グラムの塩類が溶けているのと同じです。ただ、そもそも海水を蒸発させて残った塩類の重さを量るといふ調べ方をしますが、どこまで水分を飛ばしたら完全

に蒸発したのかという見極めが難しいので、今は違う方法で測っています。だから単位を付けられないのですが、イメージとしては、海水一リットルにこれだけのグラム数が溶けているということですよ。

図8は、先ほど紹介した主要塩類の内訳です。ここに挙げたものでほぼ一〇〇%になるのですが、元素で言うと、塩素やナトリウムが豊富です。ここに出てくる元素やイオンの比率は、塩分の濃い・薄いの違いはあっても、どの海域のどの深度の海水でも同じです。それに対して、先ほど出てきた必須ミネラルの中でも微量なものは、場所や深さによって比率が違います。

微量のものは、例えば植物が利用するからこの深さでは少ない、深いところでは多いということになるのですが、主要塩類はなぜどこでも比率が同じなのかというと、海水に加わっていく速さよりも、海水が世界中をぐるぐる回っている速さの方が速いからです。イメージとしては、お風呂に入浴剤を入れるときに、かき混ぜる速度が速ければ均一になるけれども、かき混ぜずに入浴剤を

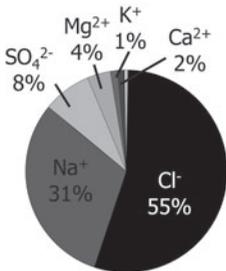


図8 海水中の塩類を構成するイオンの割合(重量%)

隅の方から投入し続けたら濃度差ができるのと同じです。

ミネラルのうち、鉄は表層よりも深層水の方が多くなっています。銅のように深さによってあまり変わらないものもあるのですが、マンガンも深い方が多くなるという特徴があります。その理由は、先ほどの肥料の成分と同じです。

主要塩類については、どの海域のどの深さでも比率は一緒だけれども濃度は違うという話をしましたが、どれぐらい違うのか、駿河湾の同じ場所で深さによる濃度の違いを見ると、表2のように、わずかの違いがあります。ですから、主要塩類に関しては、深層水の方が量が多くて有利ということはあります。ただ、この微妙な違いが海水の動きに重要な意味を持ってきます。

↑特徴の相互関係

今まで紹介した四つの特徴を関連付けると、図9のようになります。そもそも日光が届かないところに出発点があり、日光が届かないから水温が低い、日光が届かないから植物プランクトンが少ない(水温が低いから活発

表2 駿河湾中央部における塩分(2009年11月)

深度区分	塩分
表層水(10 m)	34.0950 (3.40950%)
深層水(400 m)	34.2566 (3.42566%)
深層水(1600 m)	34.5545 (3.45545%)

でないという理由もあります)、植物プランクトンが少ないうえに有機物を作ってくれる生きものがほとんどいないけれども、微生物が今ある有機物を使うことによって栄養塩ができ、その栄養塩は植物プランクトンが少ないので使われなくて、栄養塩濃度が高い「富栄養性」という状態になります。そして、微生物が使える有機物の量には限りがあり、微生物が増えないので清浄です。さらに、汚染物質が少ないことも清浄性につながりますので、次に、なぜ海洋深層水には汚染物質が少ないのかを見ていきたいと思います。

↑ 深層水の形成

では、ここから海洋深層水はどうして汚染物質が少ないのかという説明をします。実は、どの海域の海洋深層水も、そもそも海面にありました。図10では、夏と冬の海面付

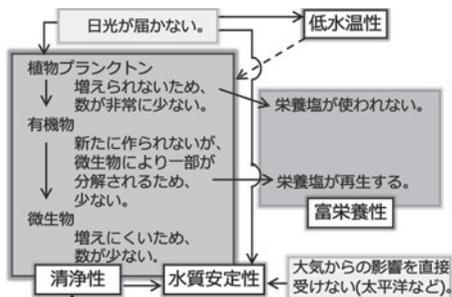


図9 特徴の相互関係

近の様子を表しています。夏は、海水が温められて軽くなるので、ごく浅いところでしか対流が起きません。深い海水とは混ざらない状態です。ところが、冬は海水が冷えて重くなる、風でかき回されるといふ二つの理由から、表面にあった海水は自分と同じ重さの深さまで沈み込みます。つまり、深くまで対流するということです。

太平洋だと一番深くもぐり込めても三〇〇メートルぐらいですが、日本海はもっと深いところまで海水がもぐり込めるのではないかとわれています。冬の対流だけでもぐり込むわけではないのですが、さまざまな理由から、一〇〇〇メートル、二〇〇〇メートルでも、比較的最近到達した海水が多いのではないかとされています。

冬にある程度の深さまでもぐり込んだ海水は、春になる



《海面付近の様子》

日光で温められて海水が軽くなり、ごく浅い部分しか対流しないため、深い海水と混ざらない。

海水が冷えて重くなり、同じ密度の海水の深さまで沈む。沈み込んだ海水は、春になると上の軽い水に蓋をされて大気から遮断される。

図10 夏と冬の海面付近の様子

と海面が温まり、軽い水が上に乗ってふたをするような感じになるので、大気から遮断されます。このようにして、世界各地の水は、主に冬、南極などは年中、ある程度の深さまでもぐり込みます。それで、深層水と呼ばれる深さの海水になるわけです。

十海水の年齢

そのことに注目すると、海水の年齢を考えることができず。海水の年齢（年代）とは、海水が大気と接するのをやめてから現在までの時間のことです。今日は、炭素14という放射性同位元素を使って海水の年代を求めた例を紹介したいと思います。

炭素14は、半減期（今ある量が半分になるのにかかる時間）が約六〇〇〇年という元素です。炭素14を用いて海水の年代を評価するときは、核実験の影響がなかった時代の木の中の炭素14の量を基準とすることが決まっています。且つ、一九五〇年から何年前かで表すようになっていきます。どういうことかという、炭素14は五七三〇年で半減していくので、その炭素14と減らない炭素12の比率を見ることが、何年前に海面にあった水なのかを知ることができるという方法です。炭素14は、自然界では高層の空気中ででき

るもので、核実験などの海への影響はほとんど大気から来るので、大気と接しているかどうかの目安としてよく使われます。

このような方法で評価した年齢を見ると、図11のようになっています。グラフの中の数字は年齢で、上は大西洋、下が太平洋です。そして、緯度〇（赤道）よりも左側にあるのが北半球です。北半球で大西洋と太平洋を比べると、大西洋は一番古い海水がせいぜい五〇〇年前であるのに対して、太平洋は二〇〇〇年前と、大西洋の方が若くなっています。大西洋は、冬になると一〇〇〇メートル、二〇〇メートルの深さまで一気に対流が起きて、うんと若い海水が古い海水のところに入っていくので、平均の年齢がぐっと下がるのです。一方、太平洋は結構年配になります。

大西洋は塩分が高めなので、冬に海水が冷える

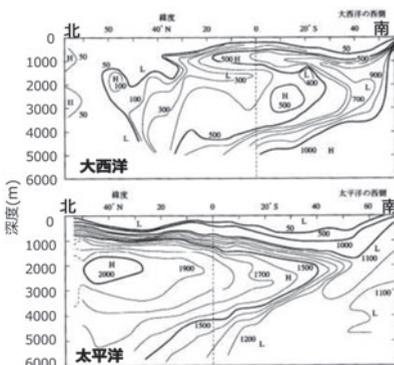


図11 海水の¹⁴C年代(角皆静男ほか「海洋化学—化学で海を解く」産業図書、1983)

とかなり重くなり、二〇〇〇メートルぐらゐの深さまで一気に対流が起きます。しかし、太平洋は塩分が低めなので、冬に同じ温度まで冷やされてもあまり重くなりません。それで、二〇〇〇〜三〇〇〇メートルぐらゐしか対流が起きないという劇的な違いがあるのです。

図12は、炭素14を使って深度三〇〇〇メートルにおける海水の年齢を表したものです。

↑ 深層水の大循環

図12を見ると、深度三〇〇〇メートルの海水の年齢で一番古いのはだいたい一九八〇年前です。日本近海では決まてないのですが、北太平洋が古いわけです。実は大西洋、

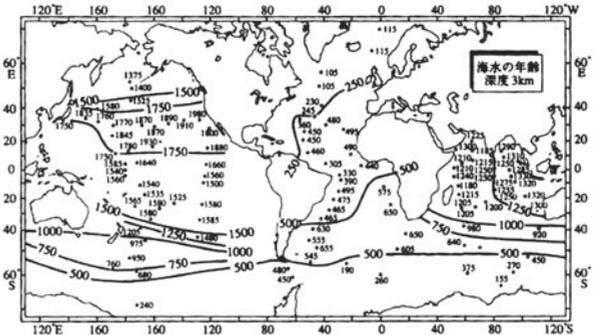


図12 深度3,000mにおける海水の¹⁴C年代(角皆静男ほか「海洋化学—化学で海を解く」)

例えばグリーンランド沖で深いところまで対流が起きて沈み込んだ海水が、およそ二〇〇〇年かけて北太平洋に到達します(図13)。二〇〇〇年を超えるものがないのは、混ざりながらだんだん軽くなった海水が、北太平洋で深層から浮上しているからで、これを海洋大循環と呼んでいます。沼津港の海水も、もしかしたらこのように世界を旅してきたのかもしれない。

海洋深層水の利用

↑ 主な用途

現在、日本では一七ヶ所で海洋深層水が汲み上げられ、利用されています(表3)。主な用途は、まだ実験段階ではありますが、低水温性を利用した発電、それから冷房、農業利用(高温障害対策、開花調節)があります(図14)。このようなことに使われて温度が高くなった海水は、水産利



図13 深層水の大循環(東京大学海洋研究所編「海洋のしくみ」日本実業出版社、1997をもとに作成)

用（養殖、海洋肥沃化）や食品への利用が行われます。そのほか、低水温でバクテリアが少ないことを利用して、水揚げした海産物の洗浄・保冷にも使われます。

↑ 海洋温度差発電（OTEC）

「海洋温度差発電」という言葉は聞き慣れないと思いますが、仕組みは火力発電や原子力発電と似ています。アン

モニアと水の混合

物を蒸気に変えて、

その蒸気の力で

タービンを回して

発電するのですが、

温かい表層水で加

温して蒸気にし、

その蒸気を冷たい

深層水で液体に戻

します（図15）。火

力発電所だと、石

炭で温めて蒸気に

し、冷やすところ

ではやはり海水を

表3 日本の取水施設（海洋深層水利用学会HPなどより）

名称（都道府県）	取水深度	取水開始年
1. 知床らす海洋深層水（北海道）	356.3 m	2007
2. 日本海岩内海洋深層水（北海道）	300 m	2003
3. 熊石海洋深層水（北海道）	343 m	2003
4. 佐渡海洋深層水（新潟県）	332 m	2004
5. 能登海洋深層水（石川県）	320 m	2004
6. 富山湾海洋深層水（富山県）	321 m	1996
7. 滑川海洋深層水（富山県）	333 m	2004
8. 入善海洋深層水（富山県）	384 m	2001
9. 三浦冲海洋深層水（神奈川県・民間）	330 m	2001
10. 伊豆大島深層水（東京都・民間→大学）	512 m	2003 (2009)
11. 伊豆赤沢海洋深層水（静岡県・民間）	800 m	2008
12. 駿河湾深層水（静岡県）	397 m	2001
13. みえ尾鷲海洋深層水（三重県）	415 m	2006
14. 室戸海洋深層水（高知県）	320 m, 344 m 374 m	1989 2000
15. ごしき海洋深層水（鹿児島県・民間）	375 m	2003
16. 久米島海洋深層水（沖縄県）	612 m	2000
17. 沖縄湾海洋深層水（沖縄県・洋上・民間）	600 m, 1400 m	1997

使っていたりするので、深層水と表層水を組み合わせる使用するのが海洋温度差発電です。ただ、まだ効率はいずれもあまり良くありません。

↑ 水産・農業利用

深層水の富栄養性は、養殖に役立ちます。深層水を汲んでそのままだと冷たいので効率が悪いのですが、

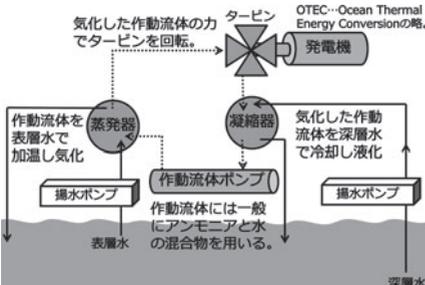
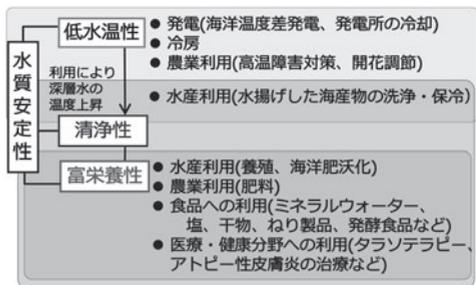
温度差発電などで温めたものを使って、例えば魚介類を養殖したり、魚介類の餌

となる植物プランクトンを栽培すると、バクテリアが

少ないので病気が起きにくいという利点があるそうです。

今のは深層水を陸に運んで養殖や栽培に利用する話

です。



なのですが、海洋肥沃化といって、海洋に深層水を流すことで、植物プランクトンや海藻が増える環境を作ることができません。例えば、栄養不足で藻類が衰退した磯焼けの状態になっているところに栄養豊富な海洋深層水を送ることで回復するのではないかとということが、実験的に行われています。魚介類の養殖や藻類の栽培は、実験段階よりも少し進んで、実際に流通するようなところまで来ていると思います。

また、水産だけではなく、農業にも利用できます。例えば温度が高くてうまく育たないところには、冷たい海洋深層水をパイプで地中に送ることで冷やすとか、海洋深層水を水耕栽培の培養液に直接混ぜることで、富栄養性を生かして栽培するという試みもあります。静岡県ではトマトの栽培に成功しており、評判がいいそうです。

↑食品への利用

ミネラルウォーターなど、食品にも利用できます。深層水は海水なので、塩類を抜いて淡水にしますが、それだけではミネラルが効率よく取れるほどではないので、脱塩したときの塩をうまく調整することで、目的に応じた必要なミネラルを添加した商品も売られています。そのほか、塩

をそのまま売るといふ利用法もありますし、かまぼこなどの練り製品に使うと、カルシウムによって弾力を強くする酵素がよく働き、ぷりぷりした商品になると聞いています。また、発酵食品、例えばお酒だと、いい香りの成分が増えるそうです。

こうした効果は、実は深層水でも表層の海水でもそれほど変わらないのですが、食品に利用する上では清浄性と年間を通しての安定性が大事な条件になるので、深層水が使われています。

↑深層水利用の問題点

ただし、問題点も幾つかあります。一つは経済的競争力の獲得です。海洋温度差発電は、二酸化炭素を増やさないし、クリーンなのですが、まだ技術的な面で難しいところがあり、費用がとてもかかるようです。

二つめは環境への負荷です。栄養不足で衰退してしまつた藻場に深層水を放水するのは有効だと思つのですが、赤潮が発生して困つていふような富栄養な場所に、さらに富栄養な深層水を放水すると、きつと問題になります。その環境への負荷をどうするのかという問題です。

三つめは、どうやって深層水を汲むのかという問題です。

長いパイプで汲むのですが、そのパイプも時々は掃除しなくてはなりません。

四つめは清浄性の維持管理の問題です。深層水は表層水に比べて微生物が少ないとお話したのですが、汲み上げると微生物が増えてきます。特に光を当てると、それまで光不足で息絶え絶えだった植物プランクトンにチャンスを与えることとなりますし、富栄養なので、急激に増えるのです。植物プランクトンが増えると、そこから有機物ももらうバクテリアも増えます。ですから、もし皆さんが海洋深層水を手する機会があったら、植物プランクトンにチャンスを与えないようにアルミホイルなどで覆って遮光し、できれば冷蔵庫に保管するようにしてください。

駿河湾深層水

↑ 取水供給施設

駿河湾深層水は、焼津沖で汲み上げている海水です（図16）。もともとは深度三九七メートルと六八七メートルから汲んでいましたが、六八七メートルの方は二〇〇九年八月の駿河湾地震でパイプが壊れてしまい、今は汲んでいません。

提供しているのは静岡県と焼津市で、静岡県の方は駿河湾深層水を汲んだままの状態です。利用しているのは豆腐屋さんやトルにつき一〇〇円です。利用しているのは豆腐屋さんや鰻頭屋さんなどほとんどが業者の方ですが、お風呂に使うのか、一般の方も一部利用されています。これは塩水なのですが、豆腐屋さんにはがりに使ったり、練り製品も弾力が出るなど付加価値が付くので利用されるのだと思います。

深層水を汲むときには、取水供給施設に併設されている深層水ミュージアムでチケットを買う仕組みになっています。容器は売っていないのですが、自分でポリタンクを持っていけば、営業日ならいつでも汲めます。ペットボトルはやめてほしいそうです。深層水ミュージアムは十分ぐらいで見終わってしまうような小さなところですが、無料で



2001年取水開始
最大揚水量2000t/日

397m取水管
長さ 3,323 m
外径 240 mm
内径 200 mm

687m取水管
長さ 7,273 m
外径 270 mm
内径 225 mm

※2009年8月の駿河湾地震により破損。現在は深度不確かな海水を供給。

図16 駿河湾深層水取水管敷設イメージ(<http://www.furukawa.co.jp/pj-d05.htm>)

楽しめますし、近くにタラソテラピーなどの施設もあるの
で、ぜひドライブの途中などで寄ってみてください。

一方、焼津市では加工した海水を一リットル一〇円で売っ
ています。商品は四種類あり、それぞれに商品名が付いて
います。

このうち「駿河純水」は逆浸透膜という方法で脱塩した
ものです。水は通すけれども塩類は通さないという半透膜
の左右に真水と海水を配置すると、水は通します。この水
が通るときにかかる圧力が、浸透圧と呼ばれるものです。
この浸透圧以上の圧力を逆側からかけると、海水側の水が
真水の方へ移動して、海水側は塩類が濃くなります。そう
やって脱塩したものが「駿河純水」ですが、完全な淡水で
はありません。また、電気透析方式によってミネラルに特
化した深層水を「駿河硬水」という名前で売っています。

↑揚水のしくみ

駿河湾深層水は、ある程度のところまではポンプを使わ
ずに汲み上げています。地下に大きなタンクを作って海水
をためておくと、そこにかかる水圧と三九七メートルにか
かる水圧の違いで、サイフォンのように勝手に上がって
くるのです。そこから地上に上がるところにポンプを使って

いるということ、比較的
エコな仕組みになっていま
す(図17)。

ところが、駿河湾地震
の後に海洋研究開発機構
(JAMSTEC) が六八七メー
トルの取水管を調査したと
ころ、パイプが切れて、先
が流されていました。図
18は、駿河湾中央部で汲ん
だ深層水中の地震前と地
震後の硝酸イオン(硝酸

塩)濃度をグラフにしたもので、星印は県が汲み上げてい
る六八七メートル深層水、ひし形は三九七メートル深層水
中の濃度です。地震前は両方もグラフの値と合っていま
すが、地震後は六八七メートルの値がずいぶん低くなっ
ています。この低くなっている値をたどると、二〇〇メー
トルぐらいの濃度になります。ですから、パイプが破断して
二〇〇メートルぐらいのところでは中ぶらりんになっていて、
その海水を汲んでいるか、もっと浅いところに亀裂が入っ
たために浅い水と深い水が混ざって栄養塩濃度が低くなっ

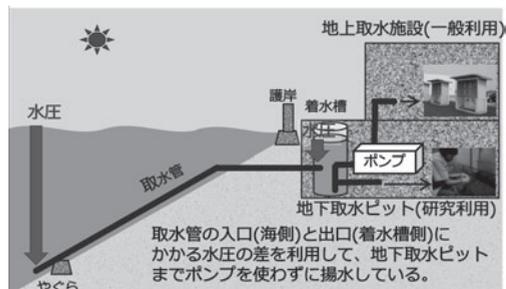


図17 自然流下方式による深層水の揚水

ているかではないかと思
像できます。

今は六八七メートルの
取水管は修復をあきらめ
て、深度が不確かな海水
として提供しています。

十 駿河湾の海洋構造

駿河湾は、浅いところ
は黒潮の影響と沿岸の
河川水の影響、深いと
ころはまた別のところか
らの影響を受けています
(図19)。最近の研究で、
三九七メートルの海水の
由来はオホーツク海にあ
ることが分かってしまし
た。

オホーツク海は、海水
ができる、世界で最も南
の場所です。冬にシベ

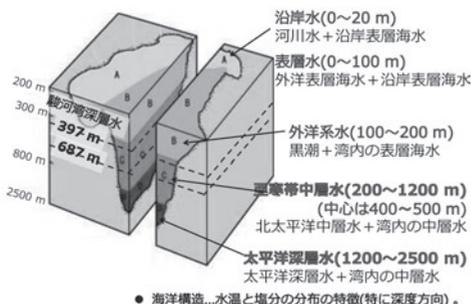


図19 駿河湾の海洋構造(中村「静岡県水産試験場研究報告17」1982をもとに作成)

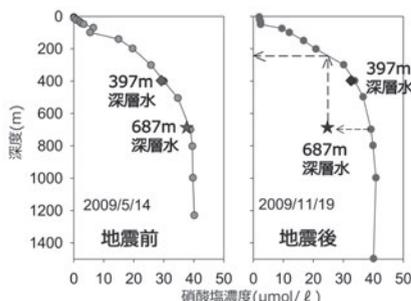


図18 駿河湾沖地震の前後における米菴塩(硝酸塩)濃度の比較(線でつないだ値は駿河湾中央部のデータ)

リアから冷たい風が吹き続ける上、アムール川の水が流れ込むので塩分の低い海水が常に上に乗っていて、それが凍るからです。海水は塩類を吐き出しながら凍るので、海水の周りは塩分が高くなり、海水が重くなります。重くなつて沈んだオホーツク海の水は、海流に乗って太平洋に出たのち、親潮や黒潮由来の海水と混ざつて、「北太平洋中層水」と呼ばれる水塊になり、太平洋の亜熱帯域の四〇〇〜七〇〇メートルのところをやつてきます(図20)。それが駿河湾にも入ってきているようです。

図21の真ん中のグラフは、駿河湾中央部の塩分の値ですが、四〇〇メートルぐらいで塩分が低くなっています。これがオホーツク海からやってきた水だと考えられています。もともとオホーツク海は塩分が低いので、特徴が分かるのです。

炭素14で駿河湾の海水の年代を求めると、深度四〇〇メートルで五〇〇年から一〇〇〇年になります(図22)。平均



図20 北太平洋中層水

の年齢なので、若い二〇年ぐらいの海水と古い二〇〇〇年ぐらいの海水が混ざってそれぐらいになっているのかもしれない。ただ、平均すると、五〇〇年から一〇〇〇年という時間をかけてここの場所にたどり着いた海水だということなのです。

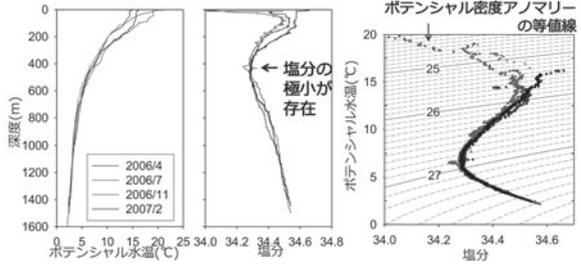


図21 駿河湾中央部のポテンシャル水温と塩分の分布

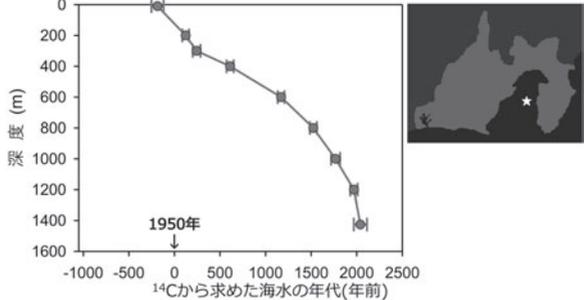


図22 2003年7月の駿河湾中央部の海水の年代(静岡大学理学部和田秀樹教授との共同研究)

深層水の調査

十海水の採集(サンプリング)

深層水の調査では、ある深さの海水だけを汲むという作業をしないと、その深さの情報を得ることはできません。そのために、図23の写真にあるような機械を使います。これはただの筒にふたが付いているものだと思ってください。この一本一本の筒に、それぞれの深さの海水を入れるのです。

最初は筒の上と下のふたを開けた状態で海に入れます(図24)。筒の下には観測機が付いていて、その情報ケーブルを介して船のパソコンに表示されます(図25)。水圧からどれぐらいの深さにあるかが分かるので、狙った深さのところ



図25 パソコンで確認



図24 観測機を海に入れる



図23 静岡水産研究所「駿河丸」での観測

下ろすのを止めて、ふたを閉じます。これはすべてパソコンで制御します。そして、取った海水を小分けして、化学分析や生物の観察などをします(図26)。フィルターを筒に取り付けて、ろ過しながら海水を取ることもあります。



図26 海水を小分け

↑微生物とは?

微生物とは、とても大きければな定義ですが、肉眼では見られない、顕微鏡でないで見られない生物のことです。泳がずに水の中に漂っている生きものをプランクトンといって、大きさを分類するという考え方がありますが、それに乗せると、原核生物、原生生物、植物プランクトンの一部まで、大きさが二〇〇マイクロメートル(〇・二ミリメートル)以下の生物のことを微生物と呼びます(図27)。

顕微鏡で見ると、図28のように見えます。これは、DNAを青く、タンパク質を緑色

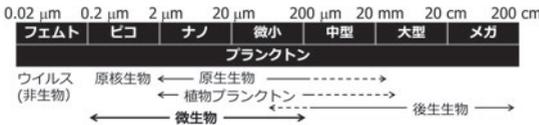


図27 微生物の範囲

に染めています。薄い色で小さく見えているのがバクテリアや古細菌です。大きさはそれぞれの個体によっても違うのですが、〇・二〜一・〇マイクロメートルぐらいです。緑色に染ま

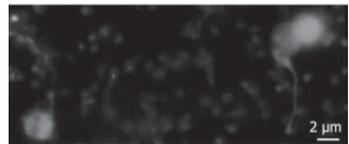


図28 バクテリア(「真正」細菌)・アーキア(古細菌)・ナノ鞭毛虫(落射蛍光顕微鏡観察)

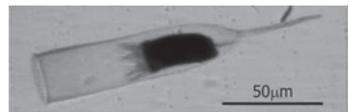


図29 織毛虫(酸性ルゴール固定、倒立顕微鏡観察)

るのが、バクテリアや古細菌を食べる鞭毛虫です。鞭毛虫は織毛虫というゾウリムシの仲間に食べられます。この織毛虫は、自分で殻を作って、その中にすんでいます(図29)。

↑なぜ微生物を調べるのか

なぜ微生物をわざわざ調べるかというと、海の中の生きものといえば、ほとんどが微生物だからです(図30)。バイオマスという言葉をご存じでしょうか。今この部屋にいる人の数を表すには、それぞれ数を数えればいいのですが、例えばご飯を準備するのに、二歳児が三〇人いるのと一五歳の人が三〇人いるのでは用意する量が違います。そういう資源の考えでいくと、生物の量を個体数で表すよ

り、体重を足し合わせたもので表した方が便利なことがあります。また、生きものは半分が水なので、炭素の量で表すと都合のいいときもあります。ですから、たいていバイオマスというと体重か炭素の重さなのですが、そのバイオマスで表すと、海の生物のほとんどが微生物になります(図30)。

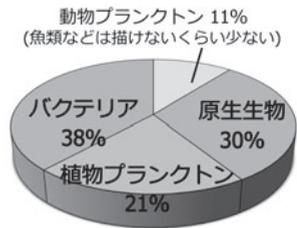


図30 海洋におけるバイオマス比

また、数が多いだけではなく、増えるのも速いという特徴があります。たくさん分裂するということは、それだけたくさんさんの資源を使っているはずで、それだけ環境にもたくさんさんの影響を与えているはずで、それで微生物に注目して研究しているのですが、本当の理由は、私は解剖などがまったく駄目だからです(笑)。微生物だと、例えば1ccの中に一〇〇万匹ぐらいいても目に見えないので、殺しても罪の意識がありません。それが、私が微生物を研究している本当の理由です(笑)。

↑もう一つの植物連鎖

最初の方で、植物プランクトンが動物プランクトンに食

べられ、それが魚に食べられるという話をしました。これが多分、学校で習う一般的な食物連鎖です。一方で、植物プランクトンは光合成をしてせっせと有機物を作るのですが、作りすぎて貯蔵できなくなり、その半分以上を体の外に捨ててしまっています。そう

いう有機物はとても小さく、「溶解有機物」と呼んでいます。これを細菌や古細菌、鞭毛虫などがどんどん使うという食物連鎖があります(図31)。つまり、微生物は植物プランクトンが捨てた有機物を利用して、元の食物連鎖に戻すという役割をしているわけです。

↑微生物の分布調査

では、微生物は世界の海にどのように分布しているの

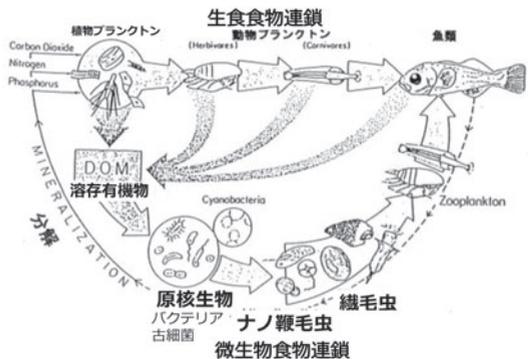


図31 もう一つの食物連鎖

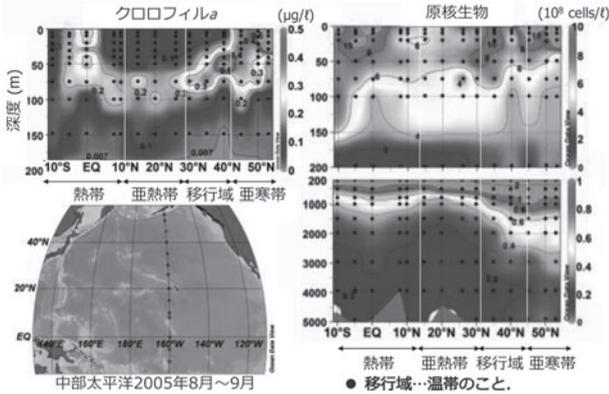


図32 微生物の分布

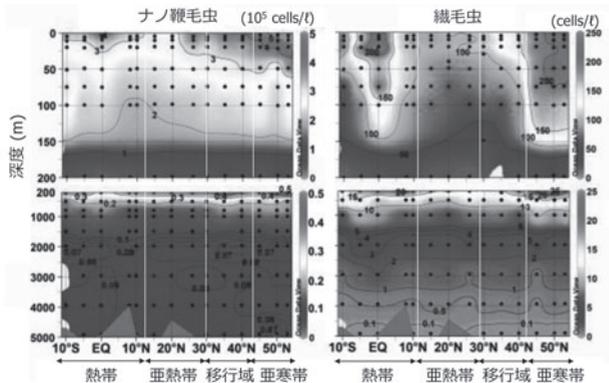
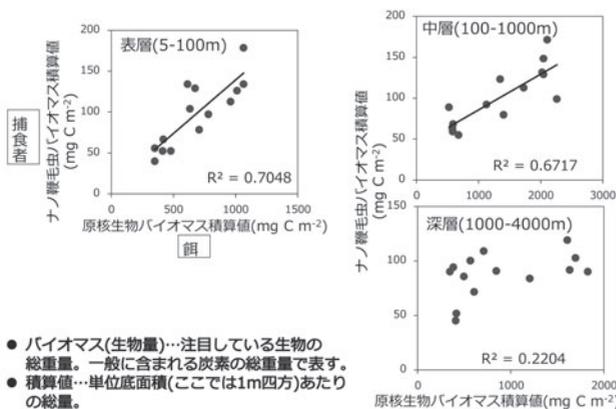


図33 微生物の分布



- バイオマス(生物量)…注目している生物の総重量。一般に含まれる炭素の総重量で表す。
- 積算値…単位底面積(ここでは1m四方)あたりの総量。

図34 中部太平洋における原核生物とナノ鞭毛虫のバイオマスの関係

でしょうか。図32の右側は、深度二〇〇メートルまでと、二〇〇〜五〇〇メートルまでの原核生物の分布を示した図です。上と下のグラフでは数が全然違います。下のグラフから、深いところは亜寒帯の方が亜熱帯よりも原核生物がたくさんいるということが分かります。

図33は、原核生物を食べる鞭毛虫、鞭毛虫を食べる繊毛

虫の分布です。繊毛虫は深さとともに数がどんどん減るのですが、鞭毛虫の方はあまり減りません。ただ、なぜか二〇〇メートルぐらいで少なくなることが分かりました。この調査記録が、現在の繊毛虫の世界最深記録になっています。私たちが調べるまでは、地中海で二〇〇メートルまで調べたのが一番深い研究でした。ただし、「これで

記録も取ったし、まあいいか」と思っているはいけません。研究はまだ途中であって、「きれいな図も描いた」と満足せずに、ここから海の中でどんなことが起こっているかを想像するというのが研究の醍醐味です。

先ほど食物連鎖の話をしました。食物連鎖は、餌と、それを食べる捕食者から成り立っています。生態学の常識として、餌が多ければ捕食者も多いという比例関係がまことしやかに信じられています。図34のように、横軸に餌、縦軸に捕食者のバイオ

マス積算値を取り、比例するとところは捕食の食物連鎖の関係が成り立っていると考え、表4のように読み取ることが出来ます。つまり、表層では原核生物が鞭毛虫に、鞭毛虫が繊毛虫に食べられるという微生物食物連鎖が成り立っていますが、一〇〇〜一〇〇〇メートルの

表4 中部太平洋の各深度区分の微生物バイオマス積算値における生物種間の比例関係の有無 (Student's t検定で危険率が5%未満の結果を比例しているときのみ)

深度区分	原核生物と ナノ鞭毛虫	ナノ鞭毛虫と 繊毛虫	原核生物と 繊毛虫
表層 (0-100m)	比例	比例	なし
中層 (100-1000m)	比例	なし	比例
深層 (1000-5000m)	なし	なし	比例

上記の比例関係から推定される餌→捕食者の関係
 (表層) 原核生物→ナノ鞭毛虫→繊毛虫
 (中層) 原核生物→ナノ鞭毛虫, 繊毛虫
 (深層) 原核生物→繊毛虫

中層や、一〇〇〇メートルよりも深い深層では、それが成り立っていないのではないかと見えてきました。なお、中層・深層では、なぜ繊毛虫は鞭毛虫を食べずにと小さい原核生物を食べているかというと、中層の一〇〇〜一〇〇〇メートルというところは鞭毛虫が少ないのです。生物にはエネルギーを投資して食べても自分は大きくなることのできないという限界の餌の量があつて、中層にいる鞭毛虫はそれよりも少ないので、繊毛虫は自分の好みの大ささではないけれども、鞭毛虫よりも多くいる原核生物を我慢して食べるのではないかと考えられます。また、深層になると、食物連鎖から鞭毛虫は消えてしまいます。ここから、鞭毛虫は原核生物ではないものを食べていると考えられます。ですから、微生物は、植物プランクトンという栄養をくれる生きものがほとんどいない中層や深層では、表層とは違う苦労をしているようです。

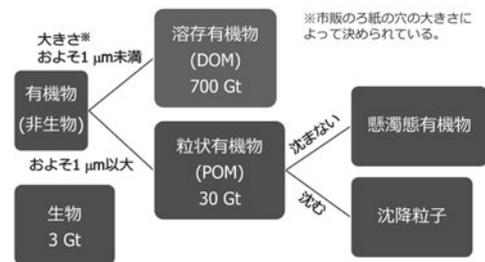
↑ 深層への有機物供給

では次に、どの深さでも食べられてしまう原核生物はそもそも何を食べているのか、有機物がどのようにして深いところに供給されるのかということを見ていきたいと思います。

私たちは有機物を大き
 さで分類しています。こ
 れは、大きさが違うと輸
 送のされ方が違うからで
 す。一マイクロメートル
 よりも小さいものが「溶
 存有機物」、一マイクロ
 メートルよりも大きいの
 が「粒状有機物」で、「粒
 状有機物」は重くて沈む
 「沈降粒子」と、沈まない
 で漂っている「懸濁態有
 機物」に分けて考えます(図35)。

それがどのようにして深層に届くかというところ、沈降粒子は自分の重みでどんどん沈んでいきます。例えば、鎖状につながって増える大きな植物プランクトンは、ある程度まで増えると、重くなって沈んでしまうのです。そういうものが途中でバクテリアなどの微生物に分解されて、沈降粒子は深さとともに到達する量が減っていきます。この沈降粒子の一部が「マリンスノー」と呼ばれるものです。

軽くて浮いているものは、水の対流などで深いところに



● Gt(ギガトン)…kg(キログラム)の 10^{12} (1兆)倍。
 一般的に、有機物の重さは有機物に含まれている炭素の重さで表す。

図35 海水中の有機物の種類

運ばれます。水が動かなくても、拡散という現象で運ばれることもあります。

植物プランクトンが光合成をして重い有機物を作り、海の底の方に落とすと、有機物は炭素を含んでいますので、大気中の二酸化炭素を海水に隔離するという効果があります。そういうことかというところ、海の表面では、光合成によって海水から二酸化炭素が減っていくので、その分、大気から二酸化炭素が入ってきます。ですから、海洋が大気中の二酸化炭素を減らす一番大きな場所だと考えられています。また、光合成で作った有機物を深いところまで落とすと、その有機物が分解されて二酸化炭素になっても海水は二〇〇〇年かけないと浮上しないので、それだけ大気に二酸化炭素が出ていくまでの時間稼ぎができるといわれています。

† 沈降フラックスと原核生物

沈降粒子は、海の中に大きなろうたのようなものを沈めて集めます(図36)。いろいろな深さで集めた結果と、私たちの原核生物のバイオマスを比べたのが図37です。まず、先ほどの図32の原核生物バイオマスを緯度別に違う色でまとめたものが図37の左のグラフで、その記号同士を結び

曲線になります。縦軸と横軸を対数に直すと、直線です。これは、深さとともに原核生物のバイオマス

がある傾きで減っていることを意味しています。どの緯度でもその関係があるので、傾きは違います。

今まで、この傾きは世界中どこでも一緒だと思われていたのですが、細かく調査をすると、場所によって傾きが違ってきます。赤い色で表している亜熱帯や熱帯は傾きが急ですが、亜寒帯は傾きが緩いことが分かります。

原核生物バイオマスが深度に伴って減っていく傾きの値は、沈降粒子の減る傾きと



図36 沈降粒子の採取

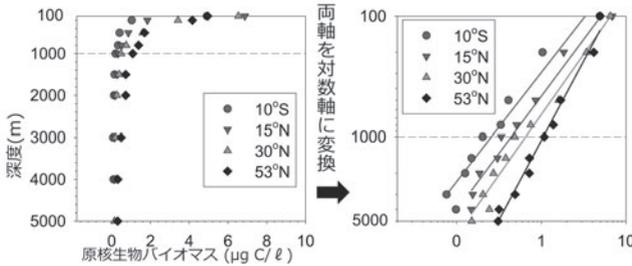


図37 深度に対する減衰勾配の比較

でも似ています。ですから、多分、原核生物には上から降ってくる有機物が供給されているのではないかと、降ってくるだけだと、原核生物が食べる前に下に落ちてしまいますが、降ってくる過程でそれがばらけて、いろいろな深度に少しずつ有機物を供給し、原核生物はそのおこぼれを使って増えているのではないかと、ここから想像できます。

↑ 溶解有機物

では、鞭毛虫は何を食べているのでしょうか。有機物には、自分の重みでは落ちない、小さい溶解有機物があります。冬になると対流によって溶解有機物は深いところの微生物に届けられます。

ただ、最初の方で有機物にもおいしいものとまずいものがあるという話をしたのですが、溶解有機物の中にはだいたいがまずいものがあるようで、できてから六〇〇〇年たっているものがまだ残っています。一〇〇〇年ぐらいのものもあれば、一〇〇年ぐらいのものもある中での平均値ですが、六〇〇〇年前と考えると、海水が地球を一周するのに二〇〇〇年かかるので、地球を三周しているのに食べても残らない有機物があるということです。それが何なのかと

いうことは、まだまったく分かっていません。

†サブミクロン粒子

溶けている溶解有機物と重くて沈む沈降粒子の間に位置するのが、コロイド、またはサブミクロン粒子と呼ばれる小さい粒子です。この小さい粒子は、どんな深さでも原核生物よりかなり多くあります。先ほど、ナノ鞭毛虫は、深いところでは原核生物が少なすぎるので食べていないのではないかという話をしましたが、私たちは今、ナノ鞭毛虫は原核生物をあきらめて、同じぐらいのサイズの粒子を食べているのではないかと推測しています。

実験室での実験では、ナノ鞭毛虫にも好き嫌いがあって、選べるのであれば粒子よりも原核生物を選びます。動いているものが好きなのです。何かおいしい成分を出しているのかもしれない。粒子は動かないのですが、深くくなって好物が少なくなると苦手なものでも食べるということ、恐らく人間と同じような食行動をしているのではないかと思っています。

†シアノバクテリア

最後に、静岡新聞で紹介された話題をさっと紹介します。

先ほどから深層水には植物プランクトンがないという話をしていたのですが、実はそうではなく、シアノバクテリアという光合成をする原核生物(図38)が結構いるということが、駿河湾の調査などで分かりました。

図39は、シアノバクテリアの一種であるシネココッカス

の数と深度の関係を示しています。メートルから二〇〇メートルまでは急激に減っていて、今まではそこから先も同じような勢いで減るのだろうと考えて、みんな二〇〇メートルよりも深いところでは調べる気も起きなかったのですが、それを学生に数えてもらったら、二〇〇メートルか

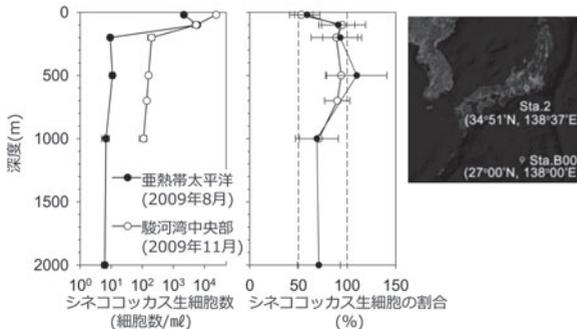


図39 亜熱帯太平洋 (Sta.B00) と駿河湾中央部 (Sta.2) におけるシネココッカスの分布

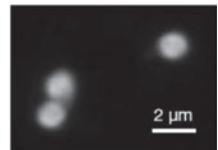
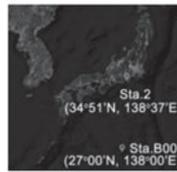


図38 シアノバクテリア

ら先はほとんど減らないのです。

実は、顕微鏡で見えても微生物は生きてるか死んでるかが分かりません。そこで、ある方法を使って海水中の微生物の何割が生きているかを調べると、シネココッカスは、浅いところでは五〇%ぐらいしか生きていないのに、光が届かない海洋深層級の深さだと一〇〇%生きています。浅いところでは紫外線によって死んでしまうようで、死んだ細胞が溶けて消えるよりも死んでいく方が速いので、死んだ細胞が五割ぐらいあるのですが、深いところでは、どうも死なないうようなのです。

生態学的に見ると、シネココッカスは深いところにいると生存率が一〇〇%なので、一見幸せそうに見えるのですが、光がないので、積極的に増えることができません。子孫を残せない、分裂できないということは、生物の戦略としては致命的です。ですから、決して望ましい状況ではありません。

では、海洋深層水にいるシネココッカスは、駿河湾の海面から海底までにいるシネココッカスのうちの何割ぐらいかというとき、多いときで七七%です。つまり、海水中にいるシネココッカスのほとんどが、光合成生物でありながら、実は海洋深層水にいるということが、私たちの研究で分か

りました。今はどうして彼らが死ににくいのか、どうやって生きているのかを研究しているところですよ。そのほか、海洋深層水を使ってビタミンを作ったり、ミネラルを極限まで除いた海水を作ってみるということにも取り組んでいます。

質疑応答

質問——海洋温度差発電はどんなところで使っているのですか。また、これは永久機関のような感じでエネルギーは得られないような気がするのですが、そんなことはないのですか。

宗林——佐賀大学がこの研究に熱心で、幾つか試験機を作っていると思います。あとは、日本の技術協力でインドなどに作っています。温かい海水と冷たい海水を常に供給しているという点で、エネルギーを供給しているわけですが、理論的には温度差が一六度ぐらいあればうまく回り、二〇度以上が好ましいようです。

質問——「海洋深層水の清浄性」のところではバクテリアが少ないとありましたが、それと栄養塩がある程度あるということは、若干相反する話だと思います。結果的には栄養

塩が減らないから、ある程度量があるというだけでいいのですか。バクテリアは本当に少ないのですか。

宗林——海洋深層水は、バクテリアが一桁ぐらい少ないのです。もう一つ、富栄養性と言ったときの栄養源は、バクテリアの栄養源ではなく、植物プランクトンの栄養源だということになります。バクテリアは人間と似ていて、タンパク質や炭水化物で栄養を取ります。硝酸やリン酸といった肥料の成分（無機物）を使うバクテリアは、あまりメジャーではありません。

質問——深層水をいろいろなものに活用していますが、対流しているのであれば、枯渇するとはあまり考えなくてもいいのでしょうか。

宗林——常にどこかで作られていて、海洋の九五％は常に深層水なので、ほとんど汲んでも、なくなるといいうことは決してありません。

質問——私がまったく考えたこともなかったお話で、すごいなと思っていろいろ考えたのですが、先生がこれに興味を持たれたのはなぜですか。もう一つ、魚類の分布はどうなっているのでしょうか。

宗林——私が海洋学を研究しようと思った動機は単純で、学生時代はアジアやアフリカの恵まれない国で働いてみた

いと思っていた、海ならつながっているからどこでも行けるだろうと思ったのが、海の研究を始める一番最初の理由でした。

その中でも微生物を研究しようと思ったのは、作られてから六〇〇〇年たっても食べられない有機物は、なぜ食べられないのかということを知りたかったからです、やはり一〇年の研究で六〇〇〇年の謎はなかなか解けず、その外堀を埋めるイメージで微生物の研究をしています。ですから、六〇〇〇年食べられない溶存有機物の研究が半分、残りの半分が今日ご紹介したような微生物の研究です。

魚類はまったく専門外なので分からないのですが、最初にお見せした図1の表層、中層、漸深海層、深海層、超深海層という分類は、魚類や大きめの動物プランクトンの分布の違いで行っています。特徴としては、今日主にお話しした中層より深いところは光合成ができないのですが、中層では影が認識できるので、動物にとっては自分を食べる捕食者の存在や餌の存在が分かる深さです。それよりも深いところは、水圧による影響が違ってくると考えられているようです。どの深さにも魚類は見つかっていますが、調査例は少なく、分からないこともまだまだあるのだと思います。

質問——深層水の水温を教えてください。水温差による発電は初めて聞きまして、面白いと思いました。それから、今、放射能が注目されていますが、海洋が対流しているのであれば、二〇〇〇年ぐらいすると深層に到達して、また戻ってくるのでしょうか。

宗林——駿河湾深層水は、年間を通して一〇度ぐらいです。駿河湾の海面付近の水温は、一番高い八月でも二六度ぐらいなので、駿河湾での温度差発電はかなり厳しいと思います。冬の海面水温はもっと低いので、あまり温度差がありません。先ほどインドの話が出てきたのですが、熱帯では年間を通して十分な温度差があるので、実用的なものではないかと思います。

放射能については、私はまったくの専門外であることをまずご理解いただきたいのですが、調べてみたところ、テレビなどで皆さんが耳にされているセシウム137は、大震災の前から、ほぼすべての海産物で検出されているそうです。海水中にも見つかっています。セシウム137は、炭素14と違って自然界でできるものではありません。原発や核実験でできるものです。セシウム137は、大震災が起きる前には、今話題になっているレベルには及びませんが、深度三〇〇メートルぐらいのところは割と多くありました。大気中から黄

砂などにくっついて海に入ったものが、海水の動きによって、何十年かすると中層にも運ばれるということですが。

海水中のセシウム137は、事故があつてから定期的に調べられています。六月中旬以降は検出されていません。ただ、どれぐらいの濃さがあれば検出できるのかということが一番の問題で、海水で定められている許容レベルの一〇分の一が限界なのだそうです。これは私の想像なのですが、震災後はできるだけ多くの海水を分析して、許容レベルを超えているかどうかを調べるために、あまりいい分析方法を使っていないのだと思います。今の検出限界は、震災前に調べられていた値よりも一〇〇〇倍高いものです。ですから、今、検出できないからといって震災前と同じレベルなのかどうかは分かりませんが、少なくとも許容上限の一分の一より低いことは確かです。

主に調査されているのは東日本近海ですが、黒潮の流れがありますので、真つすぐに南下してくることはなく、まずは東の方に向かいます。実は、日曜日まで御前崎の沖合を南下して調査していたのですが、依頼があつて、セシウム137を測るために海水やプランクトン、イカを採取しました。今はその辺の値も調べているということですが。

二〇〇〇年よりも短い何十年という間に海洋深層水にも

セシウム137が到達する可能性もありますが、半減期が約三〇年であることや、広い海洋で薄まっていくことを考えると、数十年後、問題になるような濃度になつていくかどうか難しいところで、調べてみないと分からないと思います。