

Thinking about life
and the environment

静岡大学
公開講座
ブックレット5



〈いのち〉と環境を 考える

宗林留美+松田 純+芳賀直哉

静岡大学生涯学習教育研究センター(編)

静岡大学生涯学習教育研究センター

〈いのち〉と環境を考える

静岡大学生涯学習教育研究センター（編）

第1回 海のしくみと駿河湾深層水

宗林 留美

3

海洋深層水とは？／海洋深層水の利用／駿河湾深層水／深層水の調査

第2回 遺伝子技術のゆくえと〈いのち〉の現在

松田 純

31

パーソナルゲノム時代の到来／遺伝子研究・遺伝子医療の急速な進展／遺伝子検査ビジネスの隆盛／遺伝子操作・生命操作 大いなる〈いのち〉

第3回 いのちの森を守る闘い——南方熊楠の思想

芳賀 直哉

51

はじめに／エコロジーとは／二〇世紀の新しい生命観・自然観／日本の思想家・実践家 南方熊楠

本書は、静岡大学生涯学習教育研究センターの主催により、以下の要領により行われた公開講座「〈いのち〉と環境を考える」の講演録である。

- ・日時：（第1回）2011年9月10日（土）、（第2回）9月24日（土）、（第3回）10月15日（土）
14:00～16:00
- ・会場：沼津市民文化センター

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

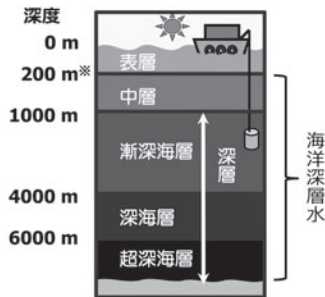
「海洋深層水」とは何かというと、海水です。図1にある「深度」とは、海面からの深さのことで、「水深」というよく似た言葉があるのですが、水深は海面から海底までの距離のことです。よく町で「海洋深層水」として売られているものは、海面からの距離が二〇〇メートル、つまり深度二〇〇メートルよりも下の水のことです。

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



※100mで区切ることもある。

図1 海洋深層水の定義

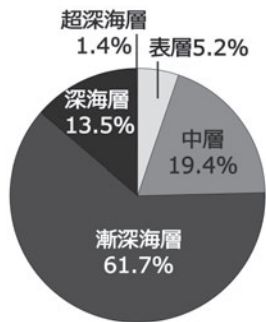


図2 海洋全体における各層の体積の割合

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。

↓ 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ぐくくと冷たくなります。こ

れが低水温性です。

↓ 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。

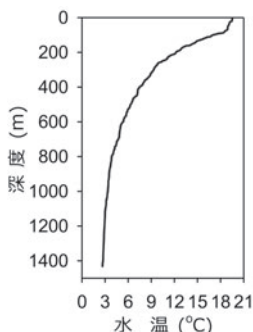


図4 駿河湾中央部の水温の鉛直分布(2008年5月)

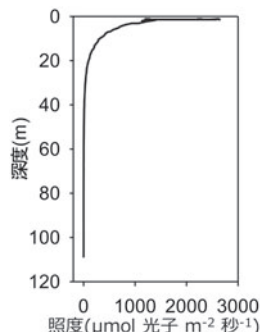


図3 駿河湾中央部の照度の鉛直分布(2006年4月)

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ので、もっ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します。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の濃度がぐ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

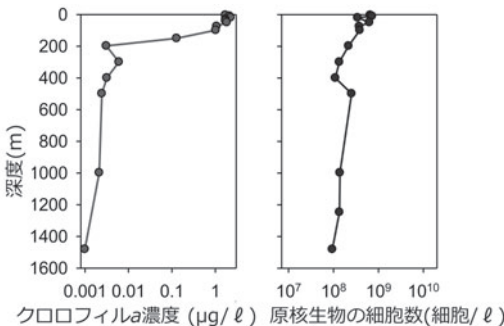


図5 駿河湾中央部の光合成色素(クロロフィルa)と原核生物の鉛直分布(2008年2月)

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廃りがあり、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

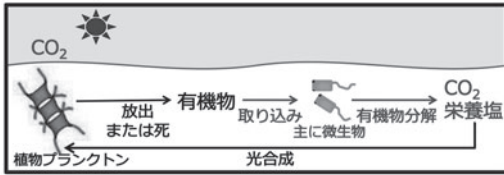


図6 栄養塩の再生

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。

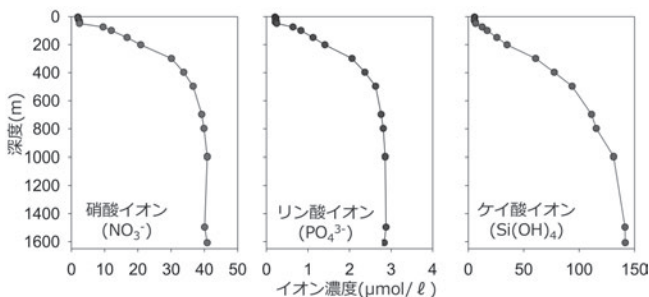


図7 2009年11月の駿河湾中央部における主要栄養塩類(硝酸イオン、リン酸イオン、ケイ酸イオン)の分布

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/ℓ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 」「 NO_3 」「 PO_4 」「 SiO_4 」「 B 」「 Zn 」「 Cu 」「 Mn 」「 Fe 」「 Ni 」「 Co 」「 Ni 」「 Mn 」「 Fe 」「 Ni 」「 Co 」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ほぼ同じです。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

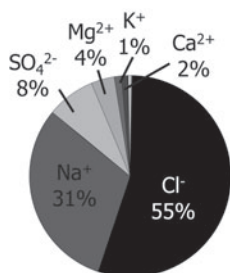


図8 海水中の塩類を構成するイオンの割合(重量%)

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よ。

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よ。

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す。図10では、夏と冬の海面付

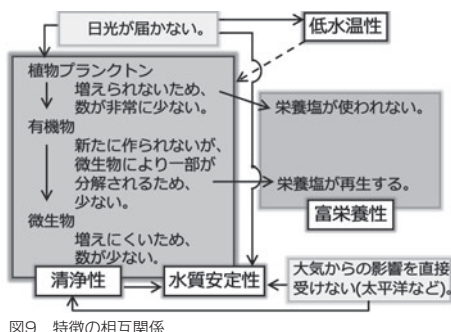


図9 特徴の相互関係

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

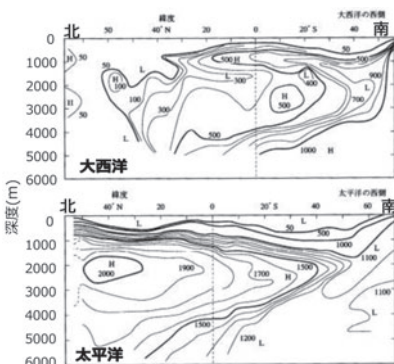


図11 海水の ^{14}C 年代(角皆静男ほか「海洋化学—化学で海を解く」産業図書、1983)

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、

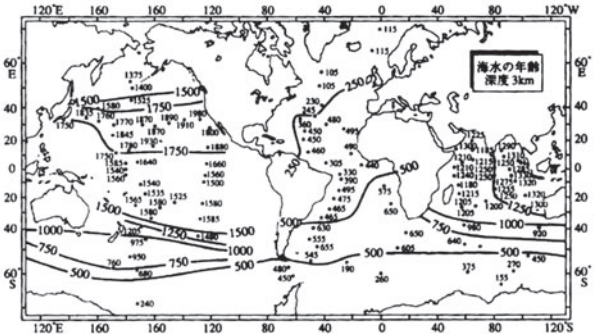


図12 深度3,000mにおける海水の¹⁴C年代(角皆静男ほか「海洋化学—化学で海を解く」)

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、

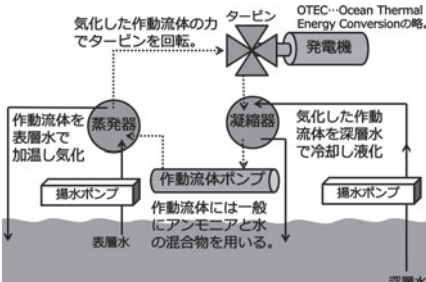
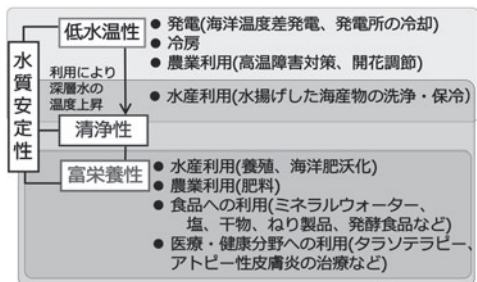
温度差発電などで温めたものを使って、例えば魚介類を養殖したり、魚介類の餌

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。

十 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。

十 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。

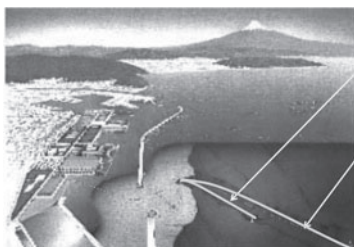
駿河湾深層水

↑ 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。地震前は両方と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

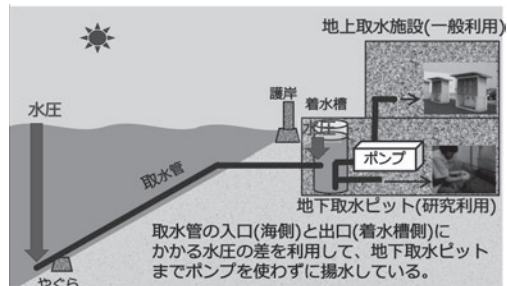


図17 自然流下方式による深層水の揚水

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

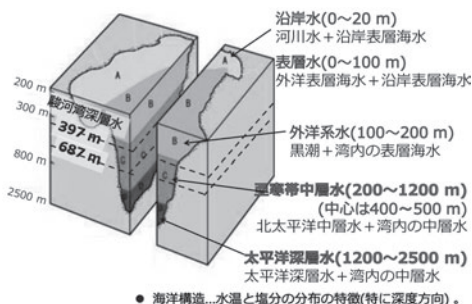


図19 駿河湾の海洋構造(中村「静岡県水産試験場研究報告17」1982をもとに作成)

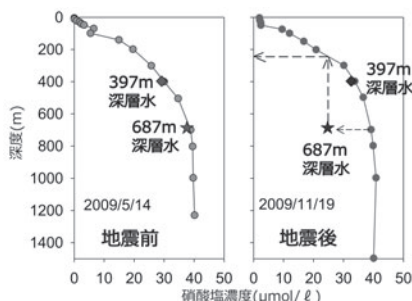


図18 駿河湾沖地震の前後における米菴塩(硝酸塩)濃度の比較(線でつないだ値は駿河湾中央部のデータ)

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。

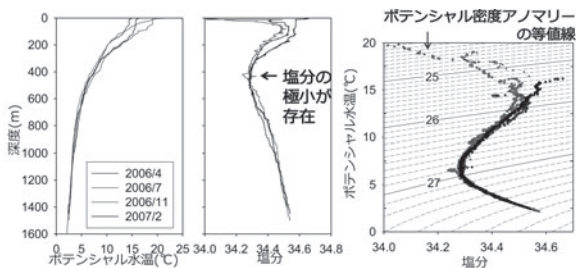


図21 駿河湾中央部のポテンシャル水温と塩分の分布

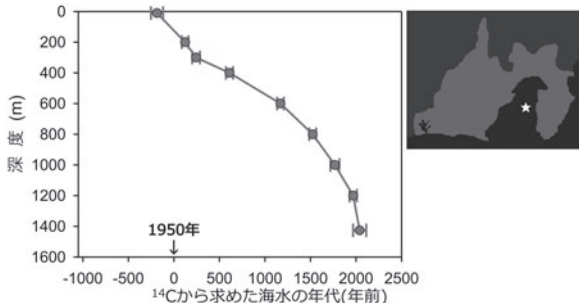


図22 2003年7月の駿河湾中央部の海水の年代(静岡大学理学部和田秀樹教授との共同研究)

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、その情報が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

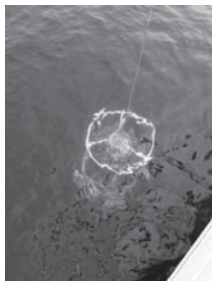


図24 観測機を海に入れる



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、とても大きっぱな定義ですが、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

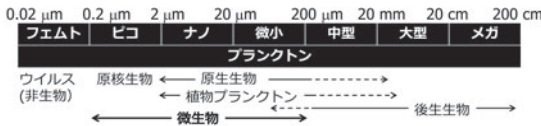


図27 微生物の範囲

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)

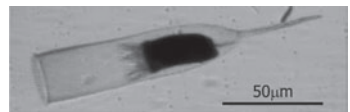


図29 繊毛虫(酸性ルゴール固定、倒立顕微鏡観察)

るのが、バクテリアや古細菌を食べる鞭毛虫です。鞭毛虫は繊毛虫というゾウリムシの仲間に食べられます。この繊毛虫は、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きとがあります。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)。

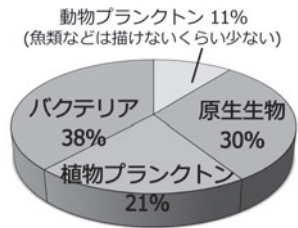


図30 海洋におけるバイオマス比

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

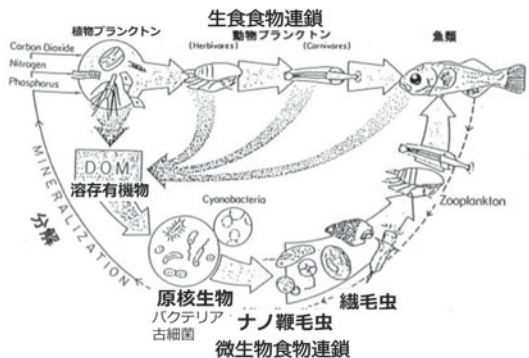


図31 もう一つの食物連鎖

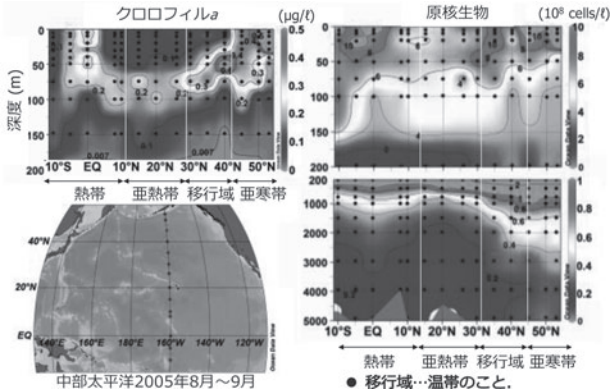


図32 微生物の分布

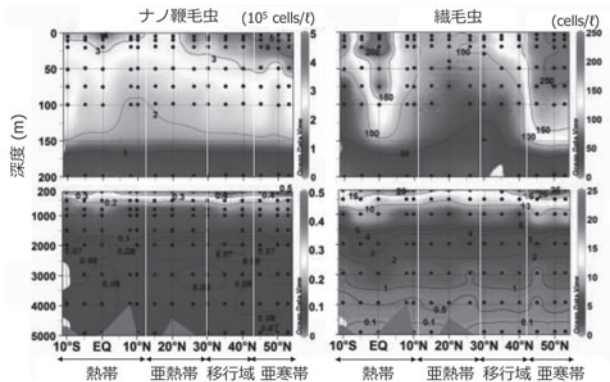


図33 微生物の分布

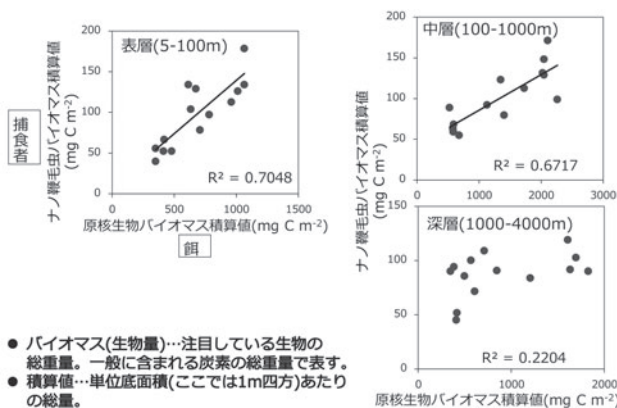


図34 中部太平洋における原核生物とナノ鞭毛虫のバイオマスの関係

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」と思っていてはいけません。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ると、表4のように読み取ることができます。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みなした)

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ということが見えてきました。なお、中層・深層では、なぜ繊毛虫は鞭毛虫を食べずにもつ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き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。

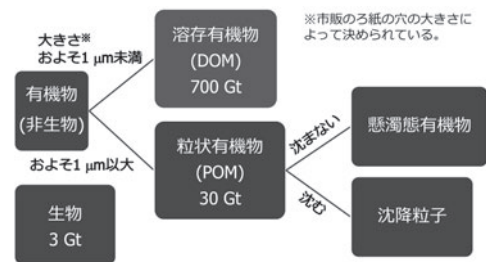
↑ 深層への有機物供給

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

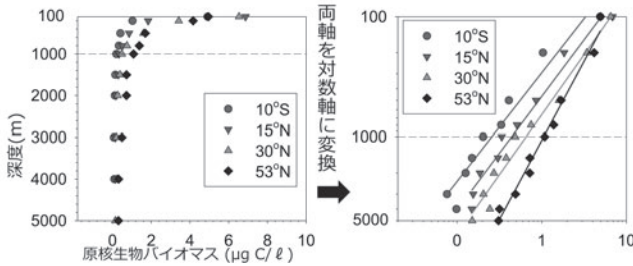


図37 深度に対する減衰勾配の比較



図36 沈降粒子の採取

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

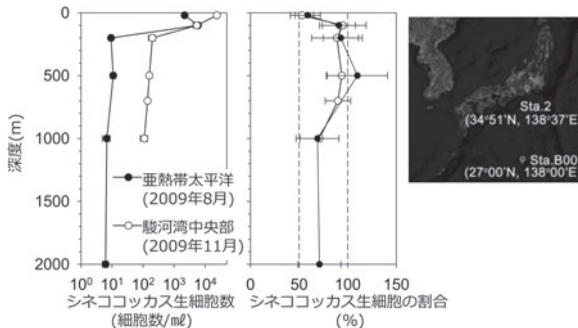


図39 亜熱帯太平洋 (Sta.B00) と駿河湾中央部 (Sta.2) におけるシネココッカスの分布

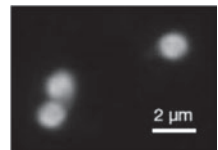
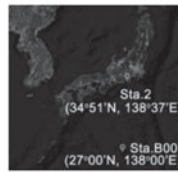


図38 シアノバクテリア

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。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

いと思っていて、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。

遺伝子技術のゆくえと〈いのち〉の現在

松田 純

本日は、遺伝子と医療の問題を中心にお話しさせていただきますが、この問題は一九八〇年代から出てきており、私も九五年ごろから授業などで話していますし、このような公開講座でも何回か取り上げてきました。ただ、非常に進歩が激しく、昔の話は通じませんので、最先端の動きを見すえながら考えていきたいと思えます。

私たちの持つ遺伝子の全情報、三〇億対の塩基配列をすべて解読し、それを医療に役立てようという「パーソナルゲノム時代」が到来し、薬の処方が大きく変わります。最初に取り上げるのは、このファーマコジェノミクス (Pharmacogenomics) です。次に、消費者に直接販売する遺伝子検査ビジネスを取り上げます。これまでは医師から勧められて病院を通じて遺伝子解析をしていましたが、病院や医師を通さずにインターネットで遺伝子解析をする時

代が来ています。最後に、遺伝子操作、生命操作に話を広げ、いのちの在り方について考えてみたいと思います。

パーソナルゲノム時代の到来

個人の全ゲノムを解析して体質診断を行い、それを治療方針、予防対策、保健指導に役立てる時代になってきました。その歴史的背景からお話しします。

私たちの体は六〇兆の細胞できていますが、その元はたった一つの受精卵から始まっています。父親と母親から遺伝子を受け継いでいるわけですが、六〇兆の細胞すべての核のなかに三〇億対の塩基が入っています。これをゲノムと言います。それをすべて読んでしまおうという壮大なプロジェクトが展開されました。一九九〇年にアメリカ

が始め、後に国際的プロジェクトに発展した「ヒトゲノム計画（ヒューマン・ゲノム・プロジェクト）」です。これが提唱されたときには、そんな途方もないことができるのか、二一世紀をかけても解読が終わらないのではないかという声すらありました。しかし、シークエンサーという塩基配列解析装置の進化によってどんどんスピードアップし、二〇〇〇年に、当時のクリントン大統領から、粗っばい読みが終わったことが発表されて、予定よりはるかに早く、それでも一三年間かけて、二〇〇三年に完全解読がなされました。金額がいくらかかったのかは正確には分かりませんが、数千億円という宇宙開発に匹敵するような巨額の研究費をかけて、ヒトの遺伝子を全部読んだのです。日本も相当お金を出しています。

ここから遺伝子研究が加速していきます。遺伝子は一人一人違うのですが、人間であればAGCT（アデニン、グアニン、シトシン、チミンという四種類の塩基）の並びは九九%同じです。基本が分かったのですから、それを基本にして病気の遺伝子が発見され、それと前後して、一つの遺伝子の変異によって引き起こされる先天性の遺伝病もどんどん発見されていきます。さらに、遺伝子多型（SNPs）の研究が進みます。それが一個違っているからといってす

ぐに病気になるというわけではないけれども、病気になりやすい体質の発見によって、生活習慣病の研究が進んでいきます。心筋梗塞、脳梗塞、高血圧、糖尿病などは、誰もがなるかもしれない病気です。ですから、これまで遺伝医療というと先天性や遺伝性の難病が問題でしたが、誰もがかかる可能性のある病気に目が向けられ、今やすべての人が遺伝医療と向き合わざるを得ない時代が来たということです。

ゲノム・シークエンサーが驚異的なスピードアップを遂げ、今は解析に五〇万円かかっていますが、間もなく一〇〇〇ドル時代が来るといわれていて、一〜二年たてば、あつという間にまた別の話が出てくると思います。

遺伝子研究・遺伝医療の急速な進展

遺伝子と医療の問題について、十数年前と今とで、状況がどう違っているかを表にしてみました（表1）。遺伝子研究や遺伝医療の急速な進展によって、一言で言えば、単一遺伝子の確定診断から多因子疾患の予測へとテーマが移動してきたといえます。

†単一遺伝病の確定診断

かつては筋ジストロフィーやハンチントン病など、遺伝子のある一ヶ所に変異が認められると発症する病気がターゲットでした。遺伝子診断で、ある病気にかかることがほぼ確実に予測できるが、現代の医学では治せないという病気があります。九〇年代ぐらまでは遺伝医療の倫理では、よくこうした問題が出てきて、検査で病気が分かっても治せない、そんな病気であることを知ってどうするのかと議論されていました。われわれが病気になったときに血液検査等をするのは、原因を確定して治療に結び付けるためですが、こうした病気の場合、治療法がないのに高い確率で診断が出るというアンバランスがあるわけです。

遺伝子診断技術の進展に比べると、遺伝子治療はあまり進んでおらず、診断は確定的なのに、それに対する治療法がありません。そうすると、そうした病気の遺伝子を持っていることが漏れると、いろいろと問題が出てきます。就職にも不利ですし、結婚も断られるかもしれません。保険加入の際も、(日本の場合は国民皆保険なので少し違います)アメリカでは民間保険会社を選んで契約するため、例えばお父さんがハンチントン病で亡くなって、自分も遺伝子を引き継いでいる可能性があるので不安になり、医療保

険に加入しよう

として保険会社

に申し込むと、

遺伝子検査を義

務付けられま

す。私が見たテ

レビ番組では、

四〇代ぐらいの

娘さんが、「治

せない病気の遺

伝子を、自分は

父親と同様に

持っているかも

しれない。そん

な未来を占う水晶玉など

要らない」と言って

遺伝子検査を

拒否していました。そうすると

保険に入れないので、病

気になったときには一〇〇%医療費を

表1 遺伝子と医療の問題に関するテーマの移動

単一遺伝病の確定診断	多因子疾患の予測
<ul style="list-style-type: none"> 単一遺伝子の変異でほぼ確実に発症を予測することのできる発症前検査 (例) ハンチントン病: 一か所の遺伝子の変異によって病気が発症。環境をどう変えても、30代~40代には発症。現在、治療法がない不治の病→不安 倫理問題: 遺伝子による差別(結婚、就職、保険加入など) 	<ul style="list-style-type: none"> 多因子疾患(生活習慣病、よくある病気 common disease) にかかりやすい遺伝的体質かを調べる。病気にかかるリスクを予測する検査 多くの遺伝子に関係している 発症の確率予想 環境(食生活や生活スタイルなど)の影響も大きい 遺伝子多型→自分の体質を知って、予防に役立てる。予知医療 倫理問題: 個人のゲノム情報をどう保護するか 全ゲノム解析→思いがけない病気(またはその体質)を発見することも

これは大きな社会問題になってきました。日本でも、健康保険ではありませんが、生命保険契約に含まれていた高度障害保険金を申請したが、遺伝性の疾患

であるという理由でもらえなかった人がいて、裁判も起きています。このような差別問題も起きるので、遺伝子検査の結果は非常に重大な情報であり、一般の情報と一緒に扱えないという考えがありました。

こうした問題は終わったわけではなく、今も依然として続いています。イギリスでは、ハンチントン病を保険でどうするかということが国でも議論され、やはり遺伝子検査が議論されています。また、ドイツが二〇〇九年に制定した法律では、三〇万ユーロ（約三〇〇〇万円）を超える保険に加入する場合は保険会社が遺伝子検査を求めてもよい、それ以下のものについては求めてはいけないという線引きをしています。保険も成り立たなければならぬということがあるので問題は難しく、今も終わったわけではありません。しかし、今大きくなってきたのは、多因子疾患の予測に関する問題です。

†多因子疾患の予測

多因子ということとは、原因が複数あるということです。例えば心筋梗塞の場合、LDLレセプター（コレステロールの受容体）に関係する遺伝子など、幾つかの染色体上にばらばらにある遺伝子の何ヶ所かが関係しています。一ヶ

所の塩基が違うから直ちに糖尿病になるとか、あるいは心筋梗塞が起きるといわけではないので、「多因子疾患」といいます。これは誰もがかかるかもしれない、日本で生活習慣病といわれているような病気です。かかりやすい遺伝的体質かどうかを調べたり、病気にかかるリスクを予測する検査をして、「あなたは普通の人より何倍この病気にかかりやすいですよ」というように発症の確率を予想することができます。

多因子疾患については、必ずその病気になるわけではなく、食生活、運動、喫煙、飲酒などの生活スタイルによって発症リスクが変わってきます。遺伝子多型から体質を知って予防に役立てることを、予知医療、あるいは予防医療、予測医療といいます。単一遺伝病の場合は、病気を引き起こす遺伝子の存在を知っても、治療できないことが多いですが、多因子疾患の場合は、リスクを早めに知り、早めに対策を立て、生活に気を付けることができるという点で、役に立つところがあります。

ただ、全ゲノムを読んでもしまうと、ある意味ではすべてが分かることとなります。今はまだ研究の途上ですが、これからどんどん病気に関係する遺伝子が発見されてきますので、将来はとんでもないことが分かるかもしれません。

思いがけない病気、またはそれに至る体質を発見することになるかもしれない。これは今まで人間が経験したことがないことです。

例えば、ハンチントン病などは病気の遺伝子の場所が分かっている、そこだけを検査するのですが、全ゲノムとなると、自分の身体・精神を規定している遺伝子すべての情報ですから、科学が進めば、もっと先にとんでもないことが分かってくるかもしれません。中には生活習慣を変えれば何とかなるというものではない病気も混じって、分かってくるかもしれません。

↑ 易罹患性検査・遺伝子多型

学会のガイドラインにのっている用語説明を見ると、易罹患性検査とは下の囲みのようになっています。確率的なので、結果が陽性でも必ずしも病気になるとは限りませんが、陰性でもその病気にならないとは言いきれません。例えば糖尿病の原因はほかにもいろいろありますので、扱いが難しいということです。

また、遺伝子多型とは、「ある遺伝子座において、塩基配列の異なるところが複数存在

【用語解説】 易罹患性検査

- ・単一遺伝子病に比べて、浸透率あるいは個々の遺伝子の表現型に及ぼす効果がそれほど高くない疾患（癌、心臓病、糖尿病など）についての予測的遺伝学的検査。
- ・確率的なので、結果が陽性でも、罹患するとは限らないし、陰性でも罹患しないとは言いきれない。
- ・臨床応用には、この検査の感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率などが問題になる。

（遺伝医学関連学会「遺伝学的検査に関するガイドライン」2003）

【用語解説】 遺伝子多型

- ・ある遺伝子座において、塩基配列の異なるところが複数存在する。
- ・普通、その遺伝子多型が直接遺伝病の原因と結びつくことはない。
- ・1塩基置換による遺伝子多型（single nucleotide polymorphisms: SNPs）が多因子病の発症リスクと関連する。
- ・現在、多因子疾患の病態解明のために遺伝子多型解析研究が進められている。

（遺伝医学関連学会「遺伝学的検査に関するガイドライン」2003）

する」ということで、普通、その遺伝子多型が直接遺伝病の原因と結びつくことはありません。single nucleotide polymorphisms を略して「SNPs」と呼んでいます。これが現在の遺伝子研究、遺伝医療の焦点になっています。

↑ ファーマコジェノミクス (Pharmacogenomics : PGx)

次は薬関係のお話です。Pharmacogenomics (PGx) は Pharmacology (薬理学) と Genomics (ゲノム学) を合わせた造語で、薬理ゲノム学、またはゲノム薬理学と訳します。これは非常に新しい研究です。

皆さんもいろいろ薬を飲んだことがあるでしょうし、今も飲んでいらっしゃる方がいらっしゃると思います。薬というものは、だいたいこんな病気にはこの薬ということで販売されているのですが、個人個人で効き方が違います。ところが、今の処方を見ていると、大人なら食後一日三錠などと決まっています。これは、実はアバウトなのです。薬効（薬の効き方）にはかなりの個人差があり、喘息の薬の非有効率は四〇〜七五%です。また、うつ病の薬は二〇〜四〇%、高血圧の薬は一〇〜七〇%効きません（表2）。非常に幅があります。厳しい臨床試験を通過し、効くという実証が得られてから、医薬品医療機器総合機構（PMDA）の審査を経て、厚生労働大臣の承認を受けて発売され、保険が適用されている薬でも、こんなに差があるのです。

それはなぜかという点、一人一人の遺伝子の違いから、飲んだ薬を受け止める体質が違うからです。また、薬は肝臓で代謝されますが、その代謝能力も人によって違います。これは一般的に薬を代謝する能力が低いという話ではなく、ある人はこの薬の代謝能力はあるけれども、こちらの薬の代謝能力はないというように、個別的なことです。

それぞれの薬について薬物応答性に違いがあり、効きやすい人（good responder）、効き目の低い人（poor

responder）、まったく効かない人（non responder）など、いろいろな段階があります。これは非常に個体差が大きく、その要因の一つに遺伝的な要素があると

いうことがだんだん見えてきました。

現在の薬の処方、「とりあえず型」です。病院に行くと、「この薬を出しておきますから、様子を見て、また一週間後に来てください」と言われたりします。この症状であればこの薬ということがだいたい決まっていますが、個体差があつて、人によってはまったく効かずに副作用だけが出るかもしれないので、一週間飲んでみて、効き目や副作用のことを患者に聞いて、問題があれば処方を変えるということです。ですから、今は手探りなのです。これをhit-or-miss-approachというのですが、私はこれを「当たるも八卦・当たらぬも八卦医療」と訳しています。

しかし、この先、時代が進むと、「昔はこんなことをやっ

表2 薬剤の非有効率（低効果あるいは無効の割合）

疾患名	非有効率（%）
ぜんそく	40～75
がん	70～100
うつ病	20～40
糖尿病	50～75
消化性潰瘍	20～70
高脂血症	30～75
高血圧	10～70
偏頭痛	30～60
関節リウマチ	20～50
統合失調症	25～75

（出典）中村祐輔「ゲノムが医療を変える」矢崎義雄「医の未来」岩波書店、2011

ていたのだな」と言われる時代が来ると思います。遺伝子で、薬物応答性がすっかり分かるようになるかもしれない。個々の患者に最適な薬剤を選択し、最適な用法用量で最初から投与する (the right drug and the right dose from the start) ということで、手探りではなく、遺伝子を調べた結果から、この人にはこの薬は合わない、こちらの薬が合う、この人の代謝能力はこうだから、一日何十ミリグラムが適当だという処方を目指しているわけです。そして、薬の有効性を最大限にし、副作用リスクを最小限にできるようにすれば、それは薬の処方の革命だと思えます。一般的に「糖尿病の薬はこれですよ」というものはあるかもしれませんが、その人の遺伝子の状態を見て個人個人に処方するということですよ。

十個の医療 (Personalized Medicine) <

現在は EBM (Evidence Based Medicine 実証的根拠に基づく医療) がとても強調されていて、薬の承認についても根拠・証拠を示さなければいけないのですが、それは統計的なことです。一〇〇人の患者に試験をしたら、七割の人が改善したというの、立派なエビデンスです。しかし、では残りの三割の人はどうなのでしょう。私は、いま

言っている EBM は、まだ本当の実証ではないと思っています。本当にその人にぴったりなものができれば、それが「個の医療 (Personalized Medicine)」になります。こうなると初めて、本当の EBM (実証的根拠に基づく医療) が実現します。個別

個人差をふまえた薬の処方

- 個々の患者に最適な薬剤を選択し、最適な用法用量で最初から投与する (the right drug and the right dose from the start)。
- 有効性の最大化、リスクの最小化をめざす。
- 治療方針 (薬の処方) の個別化を実現。
- EBM (実証的根拠に基づく医療) の実現。
- 個の医療 (Personalized Medicine)、テーラーメイド医療。
- 患者および社会にとって益。
- より効果的で副作用の少ない投薬が実現。副作用のみがあつて効果のない薬を処方しないで済む。
→医療費の削減にもなる
- 副作用被害が減少→重篤な副作用に対する治療費や損害賠償費用も減少し、社会全体にも益がある。

化医療、別名、テーラーメイド医療です。つまり、量販店でつるしのスーツを買ってくるのではなく、注文仕立て、テーラーメイド、オーダーメイドの医療の時代が来つつあるのです。

これは、患者にとつて非常によいことです。副作用リスクがなくなりますし、非常に効果のある投薬が実現できます。副作用のみがあつて効果のない薬を処方しないで済む

ということとは、医療費の削減にもつながります。また、副作用被害が減少できれば、患者一人にとってももちろんよいことですが、損害賠償費用なども減りますので、社会全体にとっても利益になります。

このような医療を実現するには、まず医薬品が開発される必要がありますが、その薬の効き目が体質によって相当違う場合、関係する遺伝子を見つける検査試薬を開発しなければなりません。つまり、医薬品と遺伝子診断薬の同時開発が必要なのです。

↑ 遺伝子診断薬

日本で保険適用されている遺伝子診断薬は、現在一つだけです。主に大腸癌などの抗癌剤として処方される塩酸イリノテカン[®]は、ある患者にはとてもよく効くのですが、遺伝子と関係があるので、二〇〇八年六月に、その遺伝子検査キットが体外診断医薬品として製造販売を承認されました。それが、UGT1A1遺伝子多型判定試薬「インペーダーUGT1A1アッセイ[®]」です。二〇〇八年一月付で保険点数（二〇〇点）が適用されましたので、この診断薬を使って遺伝子検査をすると二万円、患者負担が三割ならば、六千円になります。つまり、病院に六千円を払

えば、塩酸イリノテカンを使う前に自分に合うかどうかを調べることができるということです。ちなみに、アメリカでは二〇〇五年に認可されていて、日本では約三年遅れています。

そのほか、ワーファリン（血栓塞栓症^{けっせんそくせんしょう}の治療と予防などに使われる）に関係する遺伝子検査試薬についても臨床研究が進められています。ワーファリンは血栓を予防する薬ですが、効きすぎるとけがをしたときに血が止まらなくなるというリスクがあり、効かないと血栓の問題が出てきます。今は少量から始めて様子を見ていますが、これも関係する遺伝子がほぼ分かかっており、いずれは薬への感受性と代謝能力を見て量を調整できるようになります。これから研究が進んで、保険収載も徐々に増えていくと思いますが、現在日本では一件だけです。

↑ 遺伝学的検査結果（遺伝情報）の扱いの変化

このように、かつての単一遺伝病と比べて、多因子遺伝病が大きなテーマになる時代においては、遺伝学的検査結果の扱いが変化してきます。二〇〇三年に日本人類遺伝学会など一〇学会が共同で出した「遺伝学的検査に関するガイドライン」は、当時としては良く作られているのですが、

ここには「一般医療情報と、特定の個人に連結された遺伝学的情報とは、原則として区別して保管されるべきである」と書いてあります。つまり、病院に行けば必ず自分のカルテがあつて、症状、検査、薬の処方などが全部書いてあるのですが、遺伝学的検査の結果はそこに書き込まない、非常に重大な情報だから区別して厳重に保管せよということです。これを「遺伝子例外主義」と言います。

例えばハンチントン病の遺伝子を持つていることを他人に簡単に知られたくはありません。症状が始めているならともかく、出始めるまでは健康なのですから。かつては「遺伝子例外主義」の発想だったのですが、現在ではそれが必ずしも正しいとは言えません。例えば病院に行ったら大腸癌だと分かった、医者は塩酸イリノテカンを処方したい、ついでには薬が合うかどうか遺伝子検査をしたいのですが、その検査結果をカルテとは別に特別なところで保管していたら、いちいちそれを持つてきてカルテと照合しなくてはなりません。それだけで医療ミスのきっかけになります。区別して保管するということは時代に合わなくなってきたのです。

ですから、遺伝子例外主義には前から批判もあつたのですが、二〇一一年二月に日本医学会が出した「医療におけ

る遺伝学的検査・診断に関するガイドライン」では、ファミリーマコジェノミクスの検査結果は「単一遺伝子疾患の遺伝情報とは異なり、診療の場においては通常の診療情報と同様に扱うことができる」としています。つまり遺伝学的検査の結果をカルテに書きなさいということで、これは非常に大きな変化です。

この背景には、遺伝医療の側の変化だけではなく、医療情報全般が非常に重要な個人情報として管理が厳しくなつたことがあります。とくに、二〇〇五年の個人情報保護法施行以来、病院でも医療情報の管理については非常に厳しくなつていきます。ですから、遺伝学的検査に関する情報を一般診療情報と一緒に扱うことによつて漏洩の可能性が高まつたわけではなく、診療情報自体が厳重に管理されるようになってきていますので、両方の理由から変わつてきたということなのです。

遺伝子検査ビジネスの隆盛

↑消費者直販型DTC (direct-to-consumer)

今はインターネットを見ると、いろいろな遺伝子関連ビジネスが出てきます。例えば上海でやっているバイオチッ

なるわけですが。

結局、その後二日に一回ぐらいずつメールで案内が来て、月に一回ぐらいいは冊子も送られてきます。このような遺伝子関連ビジネスが非常に広がっているわけです。

↑業界による自主規制の動き

このようなものを医療機関が行う場合は、医師法や医療法などの法律的な縛りがありますし、厚生労働省のガイドライン等もあります。患者の情報を漏らすと、刑法の守秘義務違反にもなります。ところが、そうではない場合はそのような縛りから外れていますので、検査会社もそれなりに取り組み、例えば日本衛生検査所協会が「ヒト遺伝子検査受託に関する倫理指針」を二〇〇一年に策定し、二〇〇七年に改正しています。最近では二〇〇八年にNPO個人遺伝情報取扱協議会が、企業が遵守すべき自主基準を作っています。しっかりした正確な検査なのか、個人情報



写真3 おすすめ商品

報の保護など法を遵守しているか、また、遺伝学的検査はいろいろな倫理問題をもたらしますし、社会的影響もあるので、そのようなことに配慮しているかどうかということで、業界なりに努力した指針が出ています。

しかし、これはあくまでも業界の自主規制で、法的な拘束力はありません。ちなみに、私が試してみた遺伝子検査をしている会社はそんなところに入っていませんでした。その会社から遺伝子解析を受託している会社は入っているようです。皆さんも検査を受ける場合は気をつけてください。

↑日本人類遺伝学会「一般市民を対象とした遺伝子検査に関する見解」

日本人類遺伝学会は、このような動きに対して、二〇一〇年に「一般市民を対象とした遺伝子検査に関する

検査業界の取り組み

- ・検査受託を規制する指針「ヒト遺伝子検査受託に関する倫理指針」（社団法人日本衛生検査所協会、2001年策定、2007年改正）
- ・NPO個人遺伝情報取扱協議会「個人遺伝情報を取扱う企業が遵守すべき自主基準」（2008年3月）
- ・検査の質を確保
- ・個人情報の保護など法の遵守
- ・遺伝学的検査がもたらす倫理的・社会的影響に配慮
- ・ただし、あくまで業界の自主規制。法的拘束力なし

見解」を公表しています。DTC（消費者直販型）遺伝子検査に科学的妥当性があるのかどうか、遺伝子検査の分析の妥当性、臨床的妥当性、臨床的有用性などの科学的根拠や倫理的・法的・社会的問題の影響等が専門家によって検証されている必要があると、社会に対して学会が警告を発しています。また、消費者への説明責任、十分な情報提供も必要であり、日本人類遺伝学会が認定している臨床遺伝専門医が関与すべきではないかという見解を、学会の考え方として発表しています。さらには、規制法を制定し、野

放図な遺伝子検査ビジネスを規制する必要があるのではないかと、公的機関による継続的な監督や、専門家を中心とした第三者検証組織の設立なども提言しています。

しかし、学会は提言していますが、政府は全然動いていません。諸外国と比べて非常

日本人類遺伝学会「一般市民を対象とした遺伝子検査に関する見解」（2010年）

- ・DTC遺伝子検査の科学的妥当性に疑問。
- ・遺伝子検査の分析的妥当性、臨床的妥当性、臨床的有用性などの科学的根拠や倫理的法的社会的問題の影響等が専門家によって検証され、遺伝子検査サービスとして実施する意義が確認される必要がある。
- ・消費者への説明責任、十分な情報提供。
- ・臨床遺伝専門医などが関与すべきだ。
- ・規制法の立法や、公的機関による継続的な監督、専門家を中心とした第三者検証組織の設立などを提言。

に際立っているのは、広い意味で医療と関係している内容的には厚生労働省も関与すべき領域だと思うのですが、日本では業界の問題は経済産業省がやっつけて、厚生省は一切手を出していません。ここにも縦割り行政が表れています。どこの先進国を見ても、こうした問題には厚生省や保健省などが取り組んで、ガイドラインや法律を制定しているのですが、日本は経済産業省のみという状況になっています。

十二世紀の予知医療への心構え

ハンチントン病のような病気は、酒をやめてもたばこをやめても、病気を回避することはできません。しかし、生活習慣病は多因子なので、遺伝的な性質と環境の両方の要因が重なって病気の発症に至るとされており、食生活や環境要因などが複雑に絡み合っています。遺伝子だけでは決まるわけではありません。ここが非常に重要です。遺伝学研究はどんどん進んでいますが、進めば進むほど遺伝のメカニズムの複雑さ、奥深さが科学者には見えてきていくようになります。分かったことがどんどん増えていく一方で、その二倍も三倍も分からないということが分かってくるという状況ではないでしょうか。

予知医療の発

展が有望視される中、遺伝学的検査によって分かることと分からないこと、検査所見によって確定することとそうでないこと、所見が患者に与える心理的影響などについて、広く深い見

識が必要です。国民一人一人が遺伝医療のことを学び、安易な見方に流れない努力が必要です。専門家はそのための啓発活動を進めることが重要だと思えます。

遺伝子ですべて決まるといふ考えが遺伝子至上主義です。そこから遺伝子差別につながるような弊害については前から議論になっていることで、このテーマがなくなつたわけでは決していないので、この弊害を防止するための手だて、法規制などが必要だと思えます。

21世紀の予知医療への心構え

- ・遺伝子と環境：遺伝子は体質を決める一つの要素にすぎず、食生活や環境要因などが複雑に絡み合つて、疾患は発現する。
- ・遺伝子ですべてが決まるわけではない。
- ・遺伝学研究が進展すればするほど、遺伝子とその働き、生命の仕組みの複雑さ、その奥深さが見えてくる。そのメカニズムはまだほとんど解明されていない。
- ・予知医療の発展が有望視されるなか、遺伝学的検査によって分かることと、分からないこと、検査所見によって確定することと、そうでないこと、所見が患者に与える心理的影響などについて、広く深い見識に基づく冷静な対応が求められる。
- ・遺伝子至上主義や遺伝子差別などの弊害を防止する。

遺伝子操作・生命操作 大いなる（いのち）

↑ 遺伝子操作と細胞工学

ここまで遺伝子研究の進歩について見てきましたが、遺伝子研究はそれだけで充足しているわけではなく、細胞工学と結び付いています。今、マスコミで話題になっている京都大学の山中先生のiPS細胞は、そこからいろいろな体の組織を作ることができるといふこと、京都大学を中心に懸命に研究が進められています。これは四個の遺伝子（山中ファクター）を細胞に組み込むと、その細胞が初期化されるといふ技術です。

われわれの体は、一個の受精卵が分裂して、皮膚になったり、消化管になったり、髪の毛になったりします。すべての細胞に三〇億対のゲノムが存在しますが、全部の遺伝子が働くと、爪から毛が生えたり、皮膚から消化液が出たりということになるので、遺伝子のスイッチが切れていつて、骨になる細胞、神経細胞になる細胞というように役割が決まっています。このようにいったん分化が進みますと、皮膚から筋肉を作ることではできません。しかし、受精卵は体のあらゆる組織になる能力を秘めています。iPS細胞は、いわば時間を戻して受精卵に近い状態にしたもの

です。そのときに四つの遺伝子を使っていて、これが山中先生の特許なのですが、ここから始まった幹細胞（いろいろな細胞の元になる細胞）からさまざまな組織・臓器を形成して医療に役立てていこうというわけです。

脳死からの臓器移植は、二〇一〇年の法律改正によって少し普及のスピードが上がってきていますが、あと五〇年ぐらいしたら、「二〇〇〇年前後の人類はすごく残酷な医療をやっていたね」と言われる時代が来るかもしれません。脳死者は、熱い血が流れていて、体温があつて、見た目は生きている人と同じです。そこから臓器を取り出すのです。これを、法律を作つて生体解剖ではないとしたのですが、細胞治療が発展するところした移植は必要なくなるかもしれません。

現在、体外で増やした自分の心筋細胞を心臓に戻して、壊死した部分に新しい細胞を作るといふ医療がすでに始まっています。すべての心臓病がそれで治せるわけではなく、現在は心臓移植しかないという人もいますが、そういう医療がこれから広がっていきます。そうすると、胸を開く必要はありません。穴を四つほど開けて、内視鏡を入れて、カメラを見ながら心臓の病原部にシート状になった心筋細胞を貼つていけばよいのです。そうすると、自分の新

しい心筋細胞がそこで増えて、心臓の機能が回復してくる。これが再生医療で、医療に革命をもたらします。

二一世紀は個別化医療と再生医療の時代になると思います。再生工医学ともいわれていますが、これによつて難病が治るかもしれません。事故などで脊髄を損傷して車椅子生活を余儀なくされた人でも、脊髄が再生すれば、再び歩けるようになるかもしれません。これは大手術を必要としないので、生体に非常にやさしい、スマートな医療です。しかも、もともとは自分の細胞ですから、拒絶反応もありません。このようなことが期待されているわけです。

↑iPS細胞研究、再生医療の倫理問題

再生医療は、病気の治療にとつて非常に有効だという期待が高まっていますが、一方で、病気でない人も使えます。例えば、自分の皮膚を若いうちにとつておき、培養して増やしたものを七〇歳ぐらいになったときに皮膚をはり替えれば、ピチピチギヤルに生まれ変わつてしまいますので、美容、アンチエイジングにも利用できます。

また、乳癌で乳房を切除した人が、自分の幹細胞を入れることによつて乳房を元に戻すという臨床研究が日本で今行われていて、成果が出ています。乳房の再建は、それ自

体は治療ではありませんが、体の一部に欠損が生じると、体のバランスや肩こりなどの問題が出てくるので、治療の一環として保険が適用されています。幹細胞を使った乳房再建も、よい成果が出れば、そのうち保険適用になるでしょう。これは、広い意味での治療の一環なので、医療として認めてよいと思います。

ところが、イギリスでは若い健康な女性が胸を大きくするために美容外科で同じことを行っています。これは本来の医療から外れています。さらにその先には、不老不死の夢が実現するかもしれません。遺伝子技術、細胞工学を人体改造に使っていく可能性も現に出ているのです。

最近、NHKでも長寿遺伝子について特集していました。飢餓状態になるとサーチュイン(sirtuin) 遺伝子が働くらしく、腹八分目がよいという話があります。しかし、哺乳類では、サーチュイン遺伝子の寿命延長の効果はまだ確かめられていません。このように、寿命を長くする遺伝子については前から注目されていますが、遺伝子技術は、病気を治すだけではなく、もっと健康に、もっと美しく、もっと頭がよく、もっと強く、もっと長生きしたいという夢にも使われていくという問題があります。

二〇一〇年五月には、ついに人間が生命を作るかと思わ

れるような研究結果が発表されました。クレイグ・ベクター博士が、自分の会社で、塩基を並べて生命体といえるレベルのものを作製したのです。未知の生命体によるバイオテロなどの危険もありますが、私はそれよりも生命観に与える影響の方を重視しています。

十 遺伝子組み換え技術

遺伝子組み換え技術は、いぶん前に確立され、大豆など、遺伝子組み換え植物の問題は皆さんご承知のとおりです。われわれは豆腐や納豆で遺伝子組み換え大豆を食べている可能性があります。これはすでに身近なものになっていますが、最近では遺伝子組み換え動物も登場して、遺伝子組み換えサケや、アメリカでは死んだペットのクローンを作るビジネスがはやっています。そして、ついに人工生命の作製です。科学は生命の究極単位である遺伝子を解明したることによって、それを操作するということまで来ています。

このように見てくると、「生命は遺伝子という要素で決まる」という考えに立ちたくありません。生命は要素によって決まるのかという問いに対して、「決まる」という立場をアトミズム(原子論)、別の言葉で要素還元主義といえます。

そうではなく、「関係の中で決まる」という考え方が関係論です。われわれは遺伝学の発展によって、むしろ後者の、つながりの重さにますます気付きつつあるように思います。非常に専門的なので今日はお話しできませんが、エピジェネティクス (epigenetics) という新しい遺伝学の領域はそういう問題かと思えます。

↑アトミズムと関係論

アトミズムとは、遺伝学的にはパーツ (究極には塩基) があって、その並びが遺伝子で、合成ゲノムで人工細胞 (生命) を作ることででき、それが生物になっている、つまり、生命は部分の集合であるという考え方です。ですから、場合によってはコンピューターで生命を設計できる、一個の生命を個別の個体の中に閉じ込め、個々の生命はそれぞれで完結しているという考え方です。

それに対して、生命は環境などいろいろなものに支えられて生きているという見方があります。私たちは単独で生きていくわけではありません。水を飲まなければ死にますし、食事を取らなければ生きていけないので、環境と交流しているわけです。生命現象の究極単位を解明したことによって、つまり遺伝学が発展したことによって、逆に近い

ちが大いなる連関の中にあるということが見えてきていると私は思います。生命を大きなつながりと見る生命観が大事なのではないでしょうか。

私たちの身体は六〇兆の細胞からできていると言いました。その細胞の一個一個はマイクロなものですが、ものすごく複雑な構造になっています。なぜそんなに複雑になっているのかというと、生命の進化を受け継いできているからです。生命は宇宙とつながっているといえます。二〇世紀に科学の目は、細胞、その中の核、その中のDNAというマイクロな構造に到達しました。そのことによって、逆に、いのちの最大級の大きさ、つまり地上のいのちも大宇宙とつながっているということが分かってきたわけです。

あらゆる生物の基本要素をなすアミノ酸や生命活動に不可欠な水は、地球ができるときに宇

アトミズム

- ・遺伝学的パーツ→合成ゲノム→細胞→生物
- ・生命は部分の集合
- ・生命を個別の個体に閉じ込める生命観
- ・コンピュータで生命を設計

エコロジカルなシステムとしての生命

- ・生命を大きなつながりと見る生命観
- ・一個の細胞、そのマイクロの構造のなかに地球生命誌の全歴史が凝集している
- ・マイクロコスモス (小宇宙) とマクロコスモス (大宇宙) との一体性

宙から運ばれてきたものです。これは宇宙科学の話になりますが、隕石が衝突し合って原始の地球が生まれました。そこに水分を含んだ彗星が衝突すると、爆発して、その瞬間に水蒸気になってしまいます。その水蒸気が地球の重力にとらえられ、地球が冷えると、地球最初の雨が降り続いて、海ができていきました。そういう形で、私たちが毎日飲んでいる水は宇宙から運ばれてきたのです。

つまり、生命の材料であるアミノ酸や水を含めて、私たちのいのちは宇宙からやってきたと言えます。地球上にいのちが生まれて三六億年、地球が生まれて四六億年、宇宙は一三七億年と言われていますが、この宇宙の歴史全体に支えられて、今、私たちはここに生きているのです。

したがって、現代生命諸科学の最新の知見は、日本的な自然観や、一木一草に神が宿するという宗教観と非常に近くなっています。神社にはご神木があつて、樹齢何百年の木を神様として拝んでいます。よく考えてみてください、木が一本だけでそこに成り立っているわけではありません。雨がなければ、太陽の光がなければ、ご神木は生きることができません。私たち日本人がご神木を拝むのは、一本の木を拝んでいるのではなく、木を支えている宇宙、自然の恵み全体に感謝しているのではないのでしょうか。昔から日

本人は非常に素朴な宗教観としてそういうものを持つてきたのだと思いますが、現代の生命科学は、それが極めて科学的な考え方であるということを私たちに教えてくれていると私は思います。

↑いのちと宇宙

一滴の朝露。その源は、原始地球に四五億年前に太陽系の端から飛んできたおびただしい彗星(コメットシャワー)の中に含まれていた水です。ですから、一滴の朝露の中にも、地球のドラマ、宇宙の歴史が凝集しています。自然はもつと奥深いところですからつながっているわけです。

例えば、台風が過ぎ去ると、稲に水滴がいっぱい付いています。その一滴一滴が水なのですが、ばらばらにあるわけではなく、台風が運んできた雨です。何日か前には海の水だったかもしれません。葉の上で光り輝く一滴の朝露は、

現代生命諸科学の最新の知見は、 アニミズム的に彩られた生命観と矛盾しない

- ・科学の眼が生命の最小単位(細胞、遺伝子、DNAの微小構造)に到達したことによって、反対に、いのちの最大級のつながりが再び認識されるようになった
- ・例えば、あらゆる生物の基本要素をなすアミノ酸や、生命活動に不可欠な水は、太古に宇宙から地球に運ばれてきた
- ・それゆえ、私たちがいまここに生きているという事実は、36億年の生命誌、46億年の地球史、さらには137億年の宇宙の歴史全体に支えられている。

独立して存在しているわけでは
ありません。海から蒸発し
て台風や低気圧に運ばれて降
り注ぐという地球全体の壮大
な水の循環の一コマとして、
今、目の前に朝露としてある
わけです。雨が通り過ぎると、
山から水蒸気が立ち上りま
す。この水蒸気は、呼吸して
いる木の葉から出ています。それがまた雲になり、また水
になり、山から下って大河になり、海になっていくのです。

十子宮の海

この一滴一滴が地球に海を作り、その海の中でいのちが
誕生したといわれています。そして、私たちは誰もが胎児
の時代を経てここにいるのですが、胎児を包んでいる羊水
は、太古の海の成分と近いそうです。いのちが誕生した太
古の海の環境を、私たちの遺伝子が維持しているという
ことです。この子宮の海の中で、人間の胎児は三八週を過
ごします。その間に、受精卵が分割しながら、三六億年の
いのちの進化の歴史を繰り返し返しています。学問的には「個

いのちと宇宙

- 一滴の朝露。その源→原始地球に45億年前に太陽系のはしから飛んできたおびただしい彗星（コメットシャワー）のなかに含まれていた水
- 一滴の朝露のなかにも地球のドラマ、宇宙の歴史が凝集している
- 自然はもつと奥深いところすべてがつながっている

体発生が系統発生を繰り返す」といいますが、ちょうど
三六億年の歴史をビデオの早送りのように通過して、この
世に生まれてくるのです（柳澤桂子『生命の奇跡—DNA
から私へ』）。

われわれの体を作っている細胞も、太古の海水に似た成
分で満たされています。細胞が最初にできたときに取り込
んだ海水と同じ成分を遺伝子が記憶して、三六億年間語り
継いできたということでしょう。したがって、私たちは今、
三六億年の生命史、四六億年の地球の歴史、さらに宇宙の
歴史全体に支えられて生きているのです（前掲書）。

元生命科学者の柳澤桂子さんは、難病のために科学をあ
きらめて十数年闘病生活でしたが、そういうことを本に書
いています。この方が二〇〇四年に般若心経を現代日本語
に訳し、『生きて死ぬ智慧』として出版しました。これは仏
教の根本思想を科学的な言葉で置き換えたもので、「色即是
空、空即是色」という有名な文句が、柳澤さんの手にかか
ると、こうなります。

お聞きなさい。

私たちは壮大な宇宙の中に存在します。宇宙では形と
いう固定したものではありません。

実体はないのです。

宇宙は粒子に満ちています。

粒子は自由に動き回って形を変え、お互いの関係の安定したところで静止します。

お聞きなさい。

形のあるもの、言い換えれば物質的存在を、私たちは現象としてとらえているのですが、現象というものは時々刻々変化するものであって、変化しない実体というものはありません。

「色即是空」、この色とりどりの現実は無である、逆に「空即是色」、実体がないからこそ形を作れる。空だから色である。実体がなくて変化するからこそ物質であることができるというように、柳澤桂子さんは科学的な言葉で般若心経を訳しています。このように今、科学と宗教は非常に近いところに来ているのです。

生命科学者の福岡伸一さんは、いのちの大河では、すべてのものがつながっている。いのちは壮大なつながり、物質代謝の一つの流れだ。無数の分子は、私たちの体の中で絶えず動き回っていて、いつも流れの中にある。そこそこよどみが生じて、その淀みにある程度秩序ができると、

それが一個一個のいのちになる。われわれの体は何ら実体ではなく、色即是空、流れの中にある、ある種のよどみにすぎない。ただ一つの大きいいのちの流れがあつて、その一部にすぎないとおっしゃっています（福岡伸一『もう牛を食べても安心か』）。生命科学の進歩は私たちにこのような生命観を教えています。私たちはそういうものを科学的に学んで、生命観を鍛える必要があるのではないかと思います。

質疑応答

質問——素晴らしいお話がありがとうございました。私もいのちというものは進歩の過程の中でいろいろな要素があつて生まれてきていると学び、自分のいのちも含めて、いろいろなものはすべて自分だけのものではないと思つています。

人間が遺伝子を操作できるようになったことで、いろいろなものが変えられ、特に遺伝子組み換え技術で商業栽培されているいろいろな作物があります。そのもの自体の安全性はある程度確立されたかもしれませんが、それが地球上の生命活動に及ぼす影響は、原発事故で放射能がいろいろ

るな影響を与えることと同じぐらい怖いことではないかと私は感じています。そのあたりについて、先生の個人的なご意見で結構ですので、お聞かせください。

松田——遺伝子組み換えについては、まったくそのとおりです。遺伝子組み換え作物を食べてすぐ病気になるということは確認されていませんが、まだ始まってせいぜい二〇年ぐらいですから、子孫に後々どんな影響があるかは分からないわけです。すぐに有毒ということはないかもしれませんが、おっしゃるとおり、環境に出してしまったものをどうするかという問題があると思います。遺伝子組み換え作物を栽培して、それが隣の雑草に移ることを水平移動といえます。遺伝子は親から子へ縦に移動するのですが、花粉が混じって隣の生物へ移っていくということが、全体として地球の環境をどう変えるのか。これは実験した人がいませんし、実験したとしても相当長期に見なければ分かりませんが、遺伝子組み換え大豆などはすでに相当出ていますし、遺伝子組み換えのサケや蚊などを見ているとぞっとします。

——自然界での雑種は頻繁に起きているわけですから、どのようなようになっていくのかということは誰にも分かりません。しかし、なにか問題が起きてからでは遅いので、安全性が

確立されないものは一応止めておくという「予防原則」という考え方があります。これは、確かに原発の問題と通じるものがあると思います。

参考文献

- 中村祐輔「ゲノムが医療を変える」矢崎義雄『医の未来』岩波書店、二〇一一
- 柳澤桂子『生命の奇跡——DNAから私へ』PHP研究所、一九九七
- 柳澤桂子『生きて死ぬ智慧』小学館、二〇〇四
- 福岡伸一『もう牛を食べても安心か』文春新書、二〇〇四

いのちの森を守る闘い

南方熊楠の思想

芳賀 直哉

はじめに

南方熊楠は、今から一〇〇年ほど前、当時はまだ誰も緑を保護しようなどと考えていなかった時代に、エコロジーにつながる非常に先駆的な活動をし、実際に森林を守る活動を行いました。

三重県御浜町の引作という集落に、大きな楠があります。

この引作神社の大楠は、南方熊楠が奔走して守った、本当なら切られていたかもしれないという象徴的な楠です（図1）。一方、静岡県にも意外と大きな楠があります。有名なのは熱海の来宮神社にあるご神木の楠で、これも一五〇〇年ぐらいたっているといわれています。函南から三島にかけても千年を超えるような大きな楠が何本か残っていると伺っています。

昔からだいたいどの神社にも楠があつて、ご神木とされてきました。一〇〇〇年〜一五〇〇年前にどなたかが植えたのだと思いますが、楠はかなり長生きをする植物の一つです。しかも樹高が三〇〜四〇メートルと非常に高くなり、両側に枝を張って、葉が落ちない常緑樹です。また、楠には防虫効果があります。樟脳の「樟」は楠という意味で、楠の木を切ったものをたんすに入れておけば、虫が寄り付きません。



図1 引作神社の大楠

昔の人もここから生命力を感じ取ったのでしよう。

身近なところでは、「となりのトトロ」というアニメーションに楠が出てきます。メイとサツキがお母さんの病氣療養のために移り住んだ家の裏山には鎮守の森がありまして、そこに締め縄を渡してある楠の太木があります。ご神木です。この木には大きな洞うづがあり、そこをのぞくと、下の方にトトロが寝ているという場面がありまして、トトロは実在しませんが、昭和二〇年代後半から昭和三〇年代にかけての、日本の農村の原風景が描かれています。

先ほどご紹介した引作の大楠の隣には立派な説明文があつて、幹回りが一五・七メートル、樹高が三一・四メートル、推定樹齢が一五〇〇年で「南方熊楠先生の調査」と書いてあります(図2)。

南方熊楠は、四〇歳以降、亡くなるまでの三十数年間、和歌山県の田辺という町に住んでいましたが、彼が四〇歳ぐらいたったとき

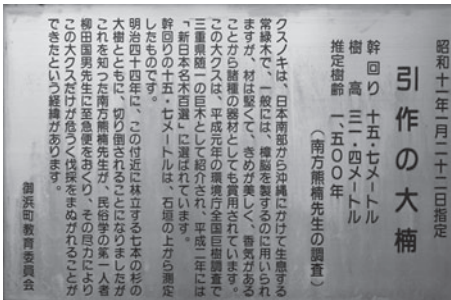


図2 大楠の説明板

に、明治政府が全国の神社をつぶすという政策を取ります。なぜそんなめっちゃくちゃなことをしようとしたのか、理由ももちろんあるのですが、神社は普通、広大な境内、広い森を持っています。特に田舎の神社は一つの山そのものが境内であると言っても過言ではなく、神社をつぶすということは、結局のところ山の木を切るということです。そういうことが、実際に明治の終わりに全国的に起こったのです。歴史上、このことはあまり知られていませんが、今からちょうど一〇〇年前、日本は今日という自然破壊を大々的に行ったわけです。これに南方熊楠が率先して反対したということ、日本で一九九〇年ごろに「エコロジー」「自然保護」と言われ始めた時期に、自然保護活動の先駆者として見直されました。

しかし、知る人ぞ知る方で、一般的にはなじみがないと思います。まず読み方が難しいですね。「ニー仁」というテレビドラマに南方先生という医師が出てきたそうですが、南方みなたという名字は和歌山県に結構あります。ところが、熊楠くまのという名前は珍しく、「熊」は動物、「楠」は楠ですから、動物と植物と両方を持っている名前です。

動物の名前を持っている人は今でも多く、辰巳さん、辰子さんのように、生まれた年の干支を自分の名前に持って

いる方もいます。「熊」は十二支にはありませんが、恐らく熊野という地名から取られているのだと思います。「楠」はもちろん楠のことです。生命力が非常に強い植物ですので、この名前を子どもに当てて長生きを願うという風習が、和歌山の方では古くからあったようです。

ちなみに、熊楠が生まれたのは現在の和歌山市ですが、和歌山市から南に一五キロメートルぐらい下ったところに海南市という町があります。現在では工業地帯になってしまつて昔の面影がないのですが、ここに藤白王子という名前の神社がありまして、一本の楠の太木が残っています。別名「楠神社」ともいわれています、近郊の人たちは、子どもが生まれるとここにお参りをして、「楠神社」の「楠」の字をもらつて名前を付けるという風習がありました。恐らく現在でもまだ残っていると思いますが、熊楠の「楠」も、ご両親が海南市の藤白王子にお参りをして名前をもらったと伝えられています。

熊楠は、自分が動物と植物の名前を二つとももらつていることを後々まで誇りに思っていました。これは推測ですが、彼が生命に対して学問的な研究だけでなく、気持ちの上での共感を抱いたのも、動物と植物の名前が付いていたからではないかと思えます。

本日は、最初にエコロジーというお話を簡単にさせていただきます。その後、南方熊楠の細かいお話に行く前に、一九七〇年代以降の環境問題が全世界的にどのような形でみんなに関心を持たれるようになったのか、それまで二千年の自然と人間との関係とまったく違う新しい自然観が二〇世紀の終わりに出てきたのですが、その考え方、新しい思想を少し紹介させていただこうと思います。これは欧米が中心ですので、少し南方熊楠の話から離れますが、後半にまた今日のメインテーマである南方熊楠のお話をいたします。

エコロジーとは

↑ 語源 — 三つのレベルの ecology

エコロジー (ecology) という言葉は、今日では誰でも知っていると思いますが、元になったのはドイツ語です。一九世紀の終わりにドイツ人の生物学者エルンスト・ヘッケルが、生物と生物との関係を明らかにする新しい学問分野として「Ökologie (エコロギー)」という言葉を作ったのです。ですから、これはごく新しい単語で、最初のうちは生物学の一分野として出てきました。

言葉の成り立ちを少し紹介しますと、今、エコ (eco) が付く言葉はいろいろありますが、もともとはギリシャ語の oikos という言葉から来ています。「ideology」などに使われている、「一学」「一論」と訳す logy も、ギリシャ語の logos という言葉から来たものです。ですから、エルンスト・ヘッケルが作った Ökologie はギリシャ語が起源で、「oikos についての学問」「oikos についての考え方」というような意味です。

oikos とは「家」という意味です。家といいますが、house や home と違った一軒一軒の家庭や建物ももちろん家です。しかし、地球全体も、生物が運命共同体として生息している大きな家と考えることができます。また、もう少し中間のレベルとしては、日本やアメリカのような国も家と考えることができます。

自然保護活動というときの ecology は、「生態学」と訳してしまおうと生物学の一分野になってしまおうので、片仮名で「エコロジー」といいます。そのときには、地球全体、生物界全体を一つの家 (oikos) と見立てて、そこでの生物と生物の関係 (人間とほかの生物、人間と自然との関係) という意味だと理解しているのだと思います。

しかし、二つめのレベルで国を一つの家と見立てた場合

は、economy という言葉があります。economy は「経済学」と訳しますが、これは oikos (家) の nomos (ギリシャ語で「ルール」の意) とごうじゅうび、ecology の eco も economy の eco は、実は一緒です。だいたう、ecology と economy は相対立するもので、経済活動を考えれば自然は少しくらい破壊してもいい、経済発展の方が重要だということにいつも対立するのですが、実際には経済学 (economy) の eco も生態学 (ecology) の eco も、同じ「家」という意味なのです。

economy とは「家のルール」という意味です。経済学は、一八世紀ごろにイギリスを中心として成立してきた、当時としては新しい学問です。今日の経済学は国際的になってしまいましたが、最初の経済学は一国経済学 (national economy) で、国の中の物流、お金の流れのことをごうじていました。ですから、経済学が二つ目のレベルの oikos でした。最も小さいレベルの「ハウス」や「ホーム」も当然、家です。その家のいろいろなルールを決める学問が、家政学という分野です。英語では domestic economy (家庭の経済学) といいいますが、やはりこれも oikos なのです。

言葉の話はともかくとして、少なくとも最初に作られたときの ecology の eco は、一番大きなレベルでの地球全体、

自然全体を一つの家と考えて、そこでどういう関係が望ましいのかということ、生物と生物の関係を明らかにして、ということ、学問をecologyと呼んできました。

↑エコロジー＝植物棲態学

このエコロジーという言葉が日本にいつごろ入ってきたかという、実は、言葉そのものの歴史は意外と古く、南方熊楠は一九一一年に柳田国男にあてた手紙の中で二回ほどエコロジーという言葉を使っています。

これが一番早いのではないかと思っていたところ、ある人から、もっと早くこの言葉を使った人がいると教わりました。一九〇六年ごろ、熊楠が書いた五年前に、三好学という人が「生態学」という訳語を紹介しているそうです。三好学は東京帝国大学の植物学の教授で、ドイツに留学していたときにエルンスト・ヘッケルが新しく打ち立てたecology (Ökologie) をいち早く吸収し、日本に帰ってきてから、「生態学」という今日と同じ訳語を付けたようです。ですから、南方熊楠よりもっと早い段階でエコロジーを紹介した人がいるわけです。

しかし、私たちは今日、具体的な自然を守るという行動や、行動しないまでもそういう気持ちを「エコロジー」と

言っています。「生態学」と言ってしまうと学問の一分野になっただけですが、大学で学ぶ分野は一般の人にはあまり関係がなく、片仮名で言う「エコロジー」の方が身近です。確かに静岡大学にも生態学という研究室はありますが、あまり現実的ではない感じがしてしまいます。

自然保護の具体的な活動の中でエコロジーと唱えたのは、やはり南方熊楠が日本で最初の人で、今からちょうど一〇〇年前の一九一一年に、書簡の中で紹介しています。その中で、熊楠はエコロジーを「植物棲態学」と訳しています。本当は植物だけではないので「生態学」の方が正しいのですが、植物が「棲息」して、植物同士のいろいろな関係があつて成り立っているという意味を込めているようです。先ほど、自然保護活動の中でエコロジーを紹介したと言いました。その具体例については後半で詳しくお話ししますが、神社合祀反対活動の中でエコロジーを唱えているという意味では、やはり今日のエコロジーの先駆者と言ってもいいでしょう。

二〇世紀の新しい生命観・自然観

十人間と自然の関係を表す二つの立場——人間中心主義と生命

中心主義

新しい自然観について、西洋の幾つかの思想家を紹介しながら、簡単にお話ししたいと思います。西洋では、人間は自然を支配するものという位置付けがずっと続いていました。人間は自然を自由に利用して、そこからたくさん富を得て人類が幸福になるのだ、これは神様から与えられている人間の権利であるという考え方が紀元前からあったのです。

一九七〇年ごろに、自然破壊を引き起こす発想の元凶はユダヤ・キリスト教、旧約聖書の「創世記」にあると批判する学者が出てきました。いろいろ調べてみますと、なるほどそういう考え方が「創世記」の中に出てきます。神が天と地をつくり、動物と植物をつくり、最後に人間をつくった。神はその人間を祝福して、「生めよ、増えよ、地に満ちよ。おまえたち人間はすべての鳥と獣と地に這うものを治めなさい」と言って、その権利と能力を人間に与えたと書いてあります。「支配しなさい」「従わせなさい」という非常に強い口調の言葉が、「創世記」のある個所に三回続けて

出てきています。それを指して、人間が自然を支配するという最初の考え方がユダヤ・キリスト教の思想だと言ったのです。

ところが、どうもそれだけではないようで、紀元前三世紀ごろ出てきたストア派の哲学者、セネカが書いた文章の中にも、同じように「人間は自然を自由に使える。それは人間の権利である。自然から人間は第二の自然をつくり出すのだ」という言葉があります。そういう考え方が、ギリシャ思想の中にも出てくるのです。どちらが先かという問題ではなく、どうも西洋では紀元前から人間が自然の中心にあって、自然を利用することは当たり前だという考え方が支配的だったといえると思います。

しかし、それはあくまで考え方であって、それが実際に大々的に自然破壊につながるようになったのは、産業革命で機械化が始まってからです。それまでは自然を破壊するといっても手で畑や山を掘る程度ですから、自然にとって痛くもかゆくもなかったのですが、産業革命以降は機械で大々的に大きな穴を掘り、地下に眠っていた石炭、石油、ウランウムなど、いろいろなものを取り出しました。ここから、本当の意味で自然破壊が起こってきたわけです。

現在は二酸化炭素の排出量がどんどん増えて、温暖化が

進んでいると多くの科学者が言っています。温暖化ではなく冷却化だと言う学者もいますが、地球の平均気温は上がっているという考え方が主流で、実感的にもそうだと思います。子ども時代と最近を考えてみたら、冬があまり寒くありません。私は名古屋で生まれましたが、子ども時代はよく雪が降りました。しかし、最近はあまり雪が降ることはありません。感覚的にどうも温暖化が進んでいるようで、夏も最近はちよつと暑いと思います。それはともかくとして、産業革命以降の石油や石炭の利用によって二酸化炭素が排出され、温暖化が引き起こされているということは、ほぼ常識になっています。ですから、国際的に温暖化を引き起こす二酸化炭素の排出量を削減しようと努力しているわけです。

そういう何千年も続いてきた人間中心の自然観を見直さなければいけない、このままでは人類の存続そのものが危ぶまれると、期せずして一九七〇年ごろにいろいろな学者が言いだしました。そして、それまでの「人間中心」ではなく、「生命中心」の自然観が何人かの思想家によって打ち出されるようになっていきます。

人間中心の発想では、真ん中にあるのが人間、周りにあるのが自然で、図形としては円になります。これが長年の

西洋の自然観でした。一方、生命中心になると、確かに人間も大事だけれど、ほかの動植物も大事だということ、二つの中心があります。そうすると、図形としては楕円形になります。

ところが、言葉の呪縛というものがあって、例えば日本語の「環境」という言葉は「環」と「境」からできています。このようなイメージで環境という言葉が使われてきているのです。これは日本語に限ったことではなく、英語の environment を直訳すると、「取り囲まれている状態」です。ドイツ語の Umwelt は「周りの世界」、フランス語の milieu も「周囲」「周辺」という意味です。したがって、どの言語でもみんな、人間が一番真ん中にいて周りに自然があるというイメージで環境をとらえてきたのです。生命中心の新しい自然観では、ほかの言葉がないので「環境」という言葉はずっと使いますが、発想は違います。

↑生命中心主義のモデル——net ㄋ knots

生命中心の考え方を思考のモデルで表すと、網の目になります。網は、一本の糸ではなく、お互いに結び目を持っています。最近では全部ナイロンになっているので結び目がないのですが、昔の漁師さんが使っていた網は、麻で作っ

ていたので結んでありました。結ぶと、破れてもまた直せるからです。ナイロンでももちろん直せないことはありませんが、女性のナイロンストッキングがそうであるように、一ヶ所が切れると伝線して全部切れてしまいます。そうではなく、結び目 (knots) があるような大きな網 (net) というモデルで自然を考えてみると、分かりやすいと思います。

結び目の一個一個が、この地球上に生存している種です。人類も一つの種です。ゴキブリも、ライオンも、トラも、全部種です。これが結び目を構成しています。ところが、毎日毎日この地球上から種が絶滅しています。この例えで言うと、結び目がほどこけて穴が開いているということです。一ヶ所穴が開くと、放っておくと周りに広がっていきます。生物界は食物連鎖によって成り立っていますので、ある種が絶滅すれば、それを餌としていた種も絶滅します。そのようにして、一つの結び目の周辺から穴がどんどん大きくなって、修復ができなくなってしまうという状況が、今一番危惧されています。

人類から遠いところで穴が開いても、直接の影響はないかもしれません。しかし、すべて関係し合っていますから、やがて人類の方に来るのは当然のことです。生命中心主義の考え方は、そのように関係として自然を見ることが大事

だというものです。すべての生命は網の目のようつながっている、関係し合っているという発想で、網の目モデルがあるわけです。

↑新しい自然観の先駆者——アルド・レオポルド

新しい自然観を最初に唱えたといわれているのが、アルド・レオポルドです(図3)。アメリカ人で、森林生態学ともいうのでしょいか、農学部を出た人で、アメリカでは非常に有名なのですが、日本ではあまり知られていません。一九世紀の終わりに生まれて、二〇世紀の半ばに亡くなりましたので、いわゆる地球環境問題がまだ起こっていない段階の人です。

いわゆる地球環境問題がいわれ始めたのは、一九七〇年代以降です。一九七三年にストックホルムで国連環境サミットが開かれ、一九九三年にブラジルのリオデジャネイロで、より深刻な状況で国連の環境問題のサミットが開かれました。日本はこのときに初めて首脳を送っています。当時は海部首相でしたが、それ以前は、環境問題といっても日本



図3 アルドレオポルド

人はピンと来ていませんでした。

話は脱線するのですが、西洋人の発想と違って、日本人はもともと自然との関係が極めて無意識的に一体化化されていて、これだけ自然が豊かな国土にいたので、自然が破壊されているとはあまり感じてきませんでした。ですから、公害は一九七〇年代の日本に当然あったのですが、アメリカ人やヨーロッパ人のように環境問題とはそれほど言っていないのです。一九七〇年代の日本は、「エコノミックアニマル」という言葉が象徴するように、環境より経済が中心でしたが、九〇年代になるとがらつと雰囲気が変わり、コマージュナルなどにも「地球にやさしい」という言い方が出てくるようになりました。

↑倫理概念の拡大と共同体概念の拡張

レオポルドは、一九四六年に発表した「土地倫理」という論文の中で、それまでの倫理と違う、新しい発想の倫理が必要だと言いました。それまでの倫理は、うそをついてはいけない、殺してはいけないなど、同世代の人間同士の間関係を律するものですが、新しい倫理観は自然を対象にしています。動物や植物に対してわれわれはどんな行動をしたらいいか、どんな行動をすることが倫理的かというこ

とで、倫理という考え方を従来よりもかなり広げています。

同じように、彼は共同体という言葉の概念も広げました。地域共同体というと、皆さんも一定の地域、例えば町内会に住んでいるお隣さんやお向かいさん、同じ組の人などと理解していると思います。もっと大きくなると、自治体も国も共同体です。しかし、その構成員はすべて人間です。「うちの町内会では、犬や猫も会員です」というところはないと思います。しかし、レオポルドは人間だけでなく、犬や猫も共同体の一員だと考えたのです。これはまったく新しい考え方です。

ただし、実際には人間だけがいるわけではなく、いろいろなものがあります。先ほどの網の目モデルを思い出しているだけなのですが、一つ一つの結び目を保持しなければいけないので、今、盛んに「種の保存」を叫んでいるわけです。絶滅しかけた種は貴重だから、少数であってもとにかく保存しなければいけない、だから絶滅危惧種は捕ってはいけない、殺してはいけないという条約を作って、種の保存を目指しています。なぜそんなものが必要なのでしょうか。それは、どんな弱小さな種も一個の結び目であり、それが大きなコブを構成しているからです。穴が開いてしまった自然は、もう自然としては機能しなくなってしまう、だ

から全部の結び目がそろっているような網を維持しなければいけないという考え方です。

そうはいつても、これはなかなか難しいことで、好き嫌いもあります。ゴキブリの好きな人はいません。大嫌いな人は、ゴキブリも一つの種だ、だからゴキブリを守ろうなんてとんでもない、ゴキブリはこの地上から絶滅すればいいと思っているかもしれません。ゴキブリを殺してはいけなしいとは思いません。ゴキブリを見ると条件反射のようにスリッパでたたいてもいいでしょう。しかし、絶滅させてはいけません。

これは笑い話ですが、確かに人類にとってあまり役に立たないものもあり、かえって害になるようなものももちろんあります。しかし、そういうものも含めて全部結び目なのだという発想ですから、例えばトキは貴重かもしれませんが、トキだけ守ればいいということではありません。

↑「エコロジカルな良心 (conscience)」

もう一つ、レオポルドは、私たち人間が同じ自然界（共同体）を構成する他の動物や植物に対して配慮する、倫理的な行動をするということは、誰かから命じられてやるのではなく、人間が「エコロジカルな良心」を生まれつき持つ

ているからだと言っています。

普通の意味の良心は分かりますね。人間は誰でも良心を持つているといわれています。中には良心のかけらもないような人がいるかもしれないけれど、同じ人間なら少しぐらいは持っているでしょう。「良心とは何ぞや」というのは難しいのですが、この社会が成り立つには、一般的に良心というものが前提になっています。しかし、その良心は人間同士の中で行動して出てくるもので、自然（動物や植物）を尊重したり愛したりというものは、今まで良心という発想の中には入っていませんでした。それを、レオポルドは新しい良心、エコロジカルな良心だと言っています。

良心は、日本語では「良い心」と書きます。中国語でも、漢字だから同じだと思います。意味は「道徳的な心」「倫理的な心」ですが、英語では conscience といまして、「みんなが一緒に何が善であるかを知っている」という意味で使っています。science は「知」という意味です。おおむね、英語でもドイツ語でもフランス語でもみんな良心とは「知」、すなわち何が善であるかを知っていることです。

ところが、中国人の解釈は非常に立派で、良心とはすなわち「良知良能」、よく知っており、かつ、よくできるといふことで、「できる」という要素があるというように考えて

います。確かに、「こういうことを見過ごしてはいけない」と分かっているけれども、やはり怖いので、ついついそのままずっと逃げてしまうと、後でその行動に対して良心が自分を責めます。良心の痛みです。初めからできないなら、良心が痛むことはありません。できるのにしなかったから、良心が批判するわけです。ですから、何が正しいかを知っていると同時に、そのことを行うことができるという能力があつて良心です。

しかもレオポルドは、エコロジカルな良心を人間は生まれつき持っていると言いました。この点は非常に心すべき考え方だと思えます。

↑ 自然の権利 (rights of nature) に ついて

もう一つだけ、レオポルドの言ったことについてご紹介します。今、アメリカでも日本でも、あちこちの裁判所で自然の権利訴訟が起きています。例えば、有明海の諫早湾に堰を造ったことによって、干潟にいたムツゴロウなどのいろいろな海洋小動物が生息環境を失って絶滅してしまうというところで、自然保護団体が堰の建設を差し止める裁判を起しました。そのときの原告にはムツゴロウが入っています。そういうものを「自然の権利訴訟」といいます。

裁判というものは普通、人間がやるものだと思っていますけれども、そうではなく、レオポルドは自然にもその権利があると云って、「土地倫理はもちろん、これら（動植物種という）資源の改変や管理、利用を止めさせることはできないが、それらが生存し続ける権利 (their rights to continued existence) を、少なくとも場所によっては、自然の状態のままに存続することを是認する」という文章を残しています。

それが現実の訴訟の場で初めて争われたのは、一九七〇年初めにウォルト・ディズニー社がミネラルキング渓谷に一大アミューズメントパークを建設しようとしたときです。ロッキー山系の国立公園の非常に風光明媚な場所にパークを造ることを州知事が許可したと聞いて、自然環境保護団体はそんなものが造られると貴重な自然が失われるということで、そこに生えている木や岩などを原告にしてテネシー州の州知事を相手に建設許可差し止め訴訟を起しました。そのときに初めて木が原告になっています。木は、切られてしまうという直接の被害を受けるからですが、当然、裁判長は「ばかなことを言っただけじゃない。木がなぜ訴えることができるでしょうか。だいたい、木はしゃべれないでしょう。木は法廷に来られないでしょう」と言っていま

す。確かにもっともな意見ですが、よく考えると、実際に本人が裁判所に行かないと裁判はできないのかというと、そんなことはありません。裁判というところでは代理人の弁護士が原告の利害を代弁するわけですから、本人が行かなくてもいいのです。もう一つ、人間でなければ訴える権利がないのかというと、それもおかしな話です。人間ではないのに、例えば法人格を持ったものは裁判を起こせませぬ。会社は人間ではありませんが、自分の会社の利害を裁判で堂々と訴えることができます。そう考えたら、木も訴えられるのではないかと考える裁判官が実際に出てきました。面白いですね。しかもアメリカの最高裁判所です。

しかし、やはり木は原告にはなれないという意見が多数だったので、この訴えは却下されました。つまり、ウォルト・ディズニー社は、法的には正々堂々とアミューズメントパークを造れたのですが、結局は造りませんでした。なぜかというところ、この論争の中で、やはり貴重な自然を切つて公園を造るのはよくないと、世論がウォルト・ディズニー社を非難するようになったからです。開園しても客が来なければどうにもなりませんので、ウォルト・ディズニー社は計画を断念したわけです。したがって、ミネラルキング渓谷は非常に風光明媚なところとして残っています。

これが自然の権利訴訟というもので、日本でもあちこちで闘われています。静岡県で言うと、静岡空港の建設反対訴訟がそうで、ここでは里山に営巣しているオオタカが原告になりました。もちろんオオタカは裁判所に行けませんので、オオタカになり代わって、私が原告になっています。これは最高裁まで行って否決されましたので、裁判的には駄目でしたが、アメリカであればここで世論が沸騰しますから、空港はできなかつたと思います。日本はそのあたりがいまいちなので、実際には空港ができてしまいました。レオポルドはそういうかなり新しい考え方を提起しました。

↑アルネ・ネス——deep ecology

ノルウェーの哲学者、アルネ・ネスも新しい自然観を広めた人です。「deep ecology (深(エコロジー))」は一九七三年にネスが発表した宣言文の中に出てくる考え方なのですが、今日、この考え方は、ヨーロッパ各国で政治的勢力になっている「緑の党」というところに入ってきました。「緑の党」は環境政策をメーンとする政党で、ドイツではもはや弱小政党ではなく、連邦政府の政権に入り、外務大臣を出していたと思います。また、ドイツのある州では第一党で、その州の政策を決定するまでになっています。フランスやイ

タリアにも同様の環境政党がありますので、deep ecologyは単なる思想哲学ではなく、現実的な政治的勢力の形成にも影響力を与えてきました。

† 生命中心思想の先駆者——アルバート・シュヴァイツァー

もっと根本的な考え方から言いますと、二〇世紀後半に出てきた生命中心の価値観は、アルバート・シュヴァイツァーが二〇世紀初めに「生への畏敬」の倫理という発想をして以降、ずっと続いていますから、ごく最近になって生命中心の自然観が立ち現れたものではありません。

日本の思想家・実践家 南方熊楠

† 南方熊楠の人となり

南方熊楠は多方面で活躍されましたので、単なる自然保護活動だけを取り上げて、南方熊楠の全貌を語ることはできませんが、神社合祀反対活動が自然保護活動につながるころなので、そもそもなぜ彼は神社の森を守る活動をしたのか、その根本のところは何だったのかということをお話したいと思います。

熊楠はユニークな人でいろいろな逸話が残されています。

例えば、小さいときから記憶力抜群で、いろいろな言葉を読み書きできたそうです。小学校高学年、一〇

〜一歳のころには友達の家のある江戸時代の植物図鑑「和漢三才図会」を読んで覚え、家に帰ってから記憶だけそれを紙に写したという逸話がありまして、現在も実

物が残されています(図4)。よほど記憶力が良かったのでしよう。私も見ましたが、鳥や獣の挿絵も全部、本当に細かいところまで正確に書き取っています。その後、地元の旧制和歌山中学校を出て上京し、現在の東京大学の予備門というところに入学するのですが、学問は好きだけれども勉強は嫌いな人ですので落第します。結局、上の帝国大学には進めず、故郷の和歌山に帰ったのですが、家がお金持ちだったので、両親がお金を出してくれて、その後、アメリカに遊学しています。

熊楠が東京帝国大学予備門に入学したときの同窓生には、



図4 少年時代の南方熊楠

有名な夏目漱石、正岡子規などがいます。一八六七年、つまり明治維新の年に生まれていますので、みんな同じ年です。

†熊楠の原点・粘菌にみる生命の不思議

熊楠は神社合祀反対という活動を通して自然を守ろうとしたわけですが、なぜそういう活動をしたのでしょうか。実は、この人は粘菌という非常に原始的な生物をたくさん集めて分類していて、本人によると新種も含めて約五〇〇〇種集めたそうです。

粘菌は、植物を枯らすバクテリアを食べるので、枯れた葉や枝に付きます(図5)。どのような一生を送るかという、綿帽子が上に載っているような「子実体」という形態が一番目立っていて、何ミリという世界なのでほとんど目を凝らさないと見えませんが、一応肉眼でも見えます。そして、上のところが割れて、

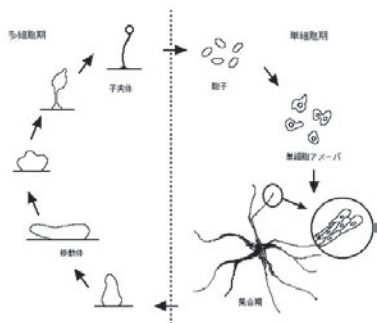


図5 粘菌の生活環(ライフサイクル)

粘り気のある液体が出ます。それが乾燥すると、孢子が風で飛ばされて、どこかの森や林に落ちて、枯れた枝や木に付きます。

この粘菌は、植物とも動物とも言い難いような生物です。なぜかという、アメーバのように動き回って、バクテリアを食べるからです。そして、子孫を残すために集まってきた、子実体になって、また孢子を出すというライフサイクルを、ずっと繰り返しています。雄と雌の区別もありません。生と死の境目がどこも分かりません。

南方熊楠は、そういう非常に単純な生命現象の研究を自分の学問としました。お金にはなりません、面白かったのでしょうか。ですから、彼は粘菌を求めて山の中に入っていたり、自分の屋敷にある柿の木から新種の粘菌を採取したりしましたが、人が踏み入るようなところに貴重な粘菌はいません。じめじめしたようなところにいるので、神社の境内は粘菌の格好の生息場所です。昔は、境内の森林で木を切ったり木の実を取ったりすると神罰が当たるといわれていた、あまり人が入り込みませんでした。そういう神社の境内林は、熊楠にとって大切な粘菌の生息環境なのですが、そこに神社合祀という政策が出てきたので、自分の研究上、大打撃になると考えました。

そう言うのと、かなり自己中心主義ではないかと思われるかもしれませんが、自分のことのように考えないと、人間というものはなかなか動きません。熊楠は学問研究の原点である粘菌の危機をまさに自分のこととしてとらえたわけで、神社祭祀という政策に反対して神社や緑の森を守る活動をしたのも、その根本には粘菌という生命の不思議の探求があったと私は考えています。

実際に、彼はいろいろなものを研究することによって「生命の大不思議」を追求しようとした。二八歳ぐらいのときには幼稚園児が描いたような図を描いて、「これがまさに宇宙の森羅万象を表している」と言っているのですが（71ページ図8参照）、その説明文には、何か一個でいいから突き詰めて研究していくと、自然の法則がうっすら分かるようになり、さらに宇宙の法則が分かるようになる、彼の場合は粘菌が研究対象ですが、何でもいいので突き詰めることが大事だと書いてあります。ある人は、これを「南方曼荼羅」と呼びました。確かに密教のお寺にある曼荼羅は、大日如来が真ん中において、その周辺にいろいろな仏が描かれています、あれは宇宙を表しています。彼はこれで宇宙が分かると言っているのです、その意味では熊楠が描いた絵も曼荼羅です。

↑ 神社祭祀令

熊野地方には非常に深い森があります。村といっても、隣の字^{あき}まで行くのにずいぶんかかるわけです。ところが、一九〇六年（明治三九）に神社祭祀令が出されて、かなり強制的に神社の数を減らせと言われ、一町村一社と数が制限されました。二〇社ある村は一社にしなさいということです。住民にとってみると、こんなにひどいことはありません。

日本の神社の成り立ちを考えると、明治のころの村は相当面積が広いので、行政区画を細かくするために幾つかの大字に区切り、さらに字に区切っていました。ですから、〇〇村大字〇〇字〇〇〇という番地になるわけです。もちろん字の中でさらに集落で細分化されますが、いずれにしても、字を最小の集落単位と考えると、一つの村に二〇ぐらいあるのが普通でした。その字にいつのころか分からないぐらい昔から住み始めたのですが、最初は同族が住むわけで、自分たちの氏神さまをその土地に祀って字ごとに神社が建てられるので、神社が二〇あることになりました。

それを強制的に合併して、だいたいの場合には村役場近くの神社だけを残して一九社は廃止せよというのがいわゆる神社祭祀令です。明治の終わりですから、まだ過疎にはなっ

ていません。確かに一〇軒ほどしかない小さい部落もありますが、農林業を営んで、貧しいとはいえ神社を中心にして生活していました。むしろ神社を唯一のよりどころとしている住民に、祀っている神様を移せということです。

神様は目に見えないので、いずれにしても集めることはできません。こちらの神様もあちらの神様も一つの神社に集めてきて、良心的なところは小さな祠を作ってお祀りするけれども、ぞんざいなところは紙だけ貼って本殿にするというところもありました。一方、廃止された神社はどうなるかというと、建物から境内に生えている松や榎の木まで全部切ってしまう。丸裸にされてしまうので、当然、粘菌も息できません。文化財はそれほどないでしょうが、どんな小さな神社とはいえ数百年の歴史があるのですから、昔から伝わっている古文書はあるわけで、貴重な歴史文献もこのときに失われてしまいました。

↑神社の減少

ただし、県によって、減少した神社の数に違いがあります。和歌山県は隣の三重県に次いで神社が廃止された数が多く、約五〇〇〇社あった神社が一〇〇〇社ぐらいしか残りませんでした。熊楠は「七分の一になってしまった」と書いて

いますから、わずか五年の間に四〇〇〇社がなくなったのです。

神社合祀令が出される前は、日本全国で一九万社の神社がありました。ところが、一九〇六年（明治三九）に法律が出されてから、一九一三年（大正二）か一九一四年（大正三）に廃止されるまでの約一〇年弱の間に、七万社が廃止になっています。あとは、都市化による自然減がありながら、一九四五年（昭和二〇）までは一二万社という状態が続き、その後、ますます大きな都市化があつて過疎化が広がり、現在は大小併せて九万社ぐらいになっています。ここまで減つたのは、やはり法律によって強制的に、わずか数年の間に減らされたことが一番大きいと思います。静岡県は幸いなことにそれほど影響がなかったので、神社の数はそれほど減っていませんが、和歌山県と三重県ではかなり減っています。

↑神社合祀令の影響

ただ、実はメリットもありました。広い境内林、つまり一山が神社の所有なので、その木を切つて薪として売ることができたのです。明治の終わりですから石炭・石油はまだ燃料として使われておらず、ご飯を炊くにしても風

呂を沸かすにしても主な燃料は薪でしたので、大阪あたり
の薪問屋が切った木を買い取って、何千円という収益が上
がります。その収益は全部、合祀先の神社にあげなくては
いけないことになっていました。

そうすると、神社が残った部落はいいけれど、廃止され
たところは当然怒ります。ですから、合祀した先の神社と
元の集落の氏子たちとの間で、祭りのお金を出せ、出さな
いといったことで争いが頻発しました。神社がなくなり、
自分たちの神様がいなくなってしまうのは、お祭りができ
ません。したがって、無形文化財としてずっと継承されて
きたお祭りが、この時期に一挙に失われてしまいました。

↑ 神社合祀令の内容

一九〇六年（明治三九）に出された法律は、たった三行、
「神社寺院仏堂ノ合併ニ因リ不用ニ帰シタル境内官有地ハ官
有財産管理上必要ノモノヲ除クノ外内務大臣ニ於テ之ヲ其
ノ合併シタル神社寺院仏堂ニ譲与スルコトヲ得」というも
のでした。

「譲与」とは無償でということですから、つまりは、廃
止した神社の木を切ったお金、五〇〇〇円は、合祀先の神
社に行ってしまうということです。そうすると、あちこち

から一〇万円ぐらいのお金が集まります。それを基金にし
て、利子で神主の給料を出すことにしました。ですから、
神主は自分たちの経済基盤が強固になるということで、こ
の政策に賛成しています。地方自治体も賛成していて、こ
れは神社が一つだけなら村のお金でお祭りの経費が出せる、
二〇個もあると出せないという思惑です。

誰が考えたのか、明治の終わりのこの政策は一石三鳥を
狙っていたのですが、地域の実情や地域の人たちの気持ち
をまったく無視して、強制的にやったところが問題でした。
基本財産五〇〇〇円を作れば神社を残すというのですが、
一〇軒や二〇軒しかない貧しい村では無理なので、泣く泣
く氏神さまをよその神社に合祀せざるを得ないのが実情で
すから、非常に不満があつたのです。しかし、今のよう
に住民運動ができるような時代ではなく、お上が言うこと
には逆らえないという感じでした。

↑ 熊楠の「神社合祀反対意見」

熊楠が神社合祀反対活動をしたのは、彼が特別信仰深かつ
たということではなく、粘菌の生息環境を守ることが第一
の理由ですが、そのほかにも、九項目にわたって政策が間
違っているというを書いていきます。

神社合祀反対意見の最初に、合祀によって敬神思想が高まるとはいいないことを挙げています。狐や天狗や生霊を祀っているような神社は、諸外国からは迷信だと言われてしまうので、そういう神社はなくして氏素性の立派な神社だけ残しましょうというのが政府の言い分で、神社を整理するのは敬神思想を高めるためだと言っているのですが、それは事実には反すると、最初に彼は反論しています。

氏神さまをお参りするするためには、役場のあるところまで谷越え山越え行かなくてはならないので、お参りしなくなりました。お祭りのときのお金は納めないし、遠いところでお祀りするなら、近いところに新しく天狗や生霊を祀って祠を造り、そこでお参りしておこう、あるいは、これは神社合祀の直接の影響ではないのですが、新しく成立した新興宗教に入ってしまうおもうようになってしまつて、国が言うような効果は上がっていないと言っています。

合祀によって、村民の融和が妨げられたとも言っています。特に漁師は命懸けの営業なので、何か縁起が悪いことがあれば、災いを取り除くために氏神さまにお参りをしたり、大漁であれば感謝したり、非常に信仰心が篤いのです。その漁師の神様、えびすさんが移されてしまつたということで、合祀先の住民とげんかになって、警察ざた、刃傷ざ

たが起こりました。あるいは、薪を売った何千円というお金を、神主や有力者らが自分のポケットに入れたという話が結構あります。

また、神社は憩いの場であり、社交の場です。神社の神殿の前にはお祭りができるように広場があつて、そこに集まってきたてはおしゃべりをしたり、コミュニケーションを取ったり、子どもがチャンバラごっこをしていたのですが、そういうものがなくなつてしまつて、子どもたちが畑でチャンバラごっこをし、畑を荒らされた人が首根っこを捕まえて、親に「おまえのところの子は何だ」と言つて争いが起こつたとも書かれています。

それから、お祭りは地域経済にとつては決して小さくない営業活動です。いくら春と秋だけといっても、三日間ぐらひはお祭りをしますから、今年は久しぶりに晴れ着を作りましょう、ごちそうを食べましょう、旗やのぼりを作りましょうというように、それだけで営業するような人が地元にはいました。しかし、神社がなくなり、お祭りが行われなくなつたために、それがなくなつてしまつた、だから合祀は地域の経済活動をそぐと言っています。

それから、これは県民性なのですが、和歌山あたりの人は、前に海が広がっていますので進取の気風があつて、県

外へ出ていっていろいろ出世をする人も出てきます。例えば、和歌山だと大阪が一番近くの大都市ですから、そこへ小さいときからでっち奉公に行つて、立派になると、お祭りのときなどに、故郷の神様はかなり多額の寄付をする人などの村にもいました。ところが、神社がなくなると、寄付をしたくてもその対象がないということで、愛郷心、愛国心が失われると言っています。

最後に、文化財が失われる、今日で言う自然が減少してしまうということも述べていて、だいたい八項目にわたつて合祀政策は間違いだということを書きました。これが合祀反対論で、熊楠は何種類もこれを書いていきます。東京で出ている一流紙に載せたものが一番有名ですが、地元の新聞にも掲載しました。

熊楠が神社合祀反対を主張し始めたのは一九〇九年（明治四二）で、法律そのものは一九〇六年（明治三九）に発布されていますので、三年ほどたつてからのことです。最初のうちは静観していたのですが、お上の強制的・画一的なやり方に業を煮やして反対したのが実情のようです。

今日的な観点から、この人はどこがユニークかというところ、外国に長くいたので、英語でもドイツ語でもフランス語でも、言葉は自由にできますし、非常に学識も深く、当時日

本人としては読んだことも見たこともない、イギリスの大英博物館に蔵書されている貴重な文献を読み、たくさんノートに抜き書きして日本に持って帰り、そのお宝を元に、民俗学の分野でいろいろな文章を書きました。柳田国男はひよんなことから彼の名前を知つて、ぜひ教えていただきたいと手紙を出します。ちょうど神社合祀反対活動をしてきた時期だったので、それに答えて熊楠も、柳田に何とか協力してほしいと頼み、柳田も、忙しい人だったので、きちんとそれなりに協力しています。

結局、彼は亡くなるまでどこにも就職できませんでしたが、幸いなことに家が多少お金持ちだったので、そこからの援助を受けて、必ず現場に行つていきます。どこかの神社が廃止されようとしていると聞くと、そこへ行つて現場を見たり、自分が行けなくても写真を送らせたりして、少しでも守ろうとしました。成功したところもあれば、駄目だったところもたくさんあるのですが、成功した例が、冒頭に申し上げた引作神社の大楠です。

「エコロジー運動の先駆者」

一〇〇年前にエコロジーという発想に立つて、粘菌や木を含めた森林の命を守ろうとした南方熊楠の活動は、

一〇〇年後の今日、もう一度見直されてもいいのではないかと思います。

次の文章は、彼がエコロジーに言及した実際の文章です。柳田国男宛ての書簡で、一九一一年（明治四四）八月の文章です。

（神島は）実に奇特希有のもの多く、昨今各国競うて研究発表する植物棲態学 ecology を、熊野で見ると非常の好模範島なるに

また、同じく一九一一年（明治四四）年には、和歌山県知事宛ての書簡で、次のようなことを書いています。

千百年來斧斤を入れざりし神林は、諸草木相互の關係はなはだ密接錯雜致し、近ごろはエコロジーと申し、この相互の關係を研究する特種専門の學問さえ出で来たりおることに御座候。

ここで、六三歳、死ぬ一〇年ぐらい前の熊楠の写真をご覧ください（図6）。非常に有名な写真なのであちこちで出ています。

また、熊楠が住んでいた家は、あたかも熊楠がそこで今勉強しているような形で保存されています。

田辺市郊外のお寺に熊楠のお墓があります（図7）。そんなに立派なお墓ではなく、ごく普通ですが、このお墓から田辺湾の神島が見えます。

今は、彼の家の横に南方熊楠顕彰館という建物が出ていて、紀伊田辺はそれほど交通の便がいいところではないので、ぼつぼつと

見学者が訪れています。また、温泉街で有名な隣の白浜には南方熊楠記念館があります。

最後に、先ほどご紹介した、熊楠が宇宙の全体を表した

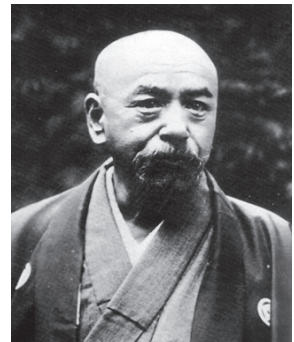


図6 晩年(63歳)の熊楠



図7 熊楠の墓

という「南方曼荼羅」と呼ばれる絵をご覧ください(図8)。一つのテーマをほとんどん追求していくと、最終的には森羅万象が分かる自然法則に到達できると説明しています。彼にとっての自然法則、森羅万象の法則は、別の言葉で言うところ「生命の大不思議」です。この

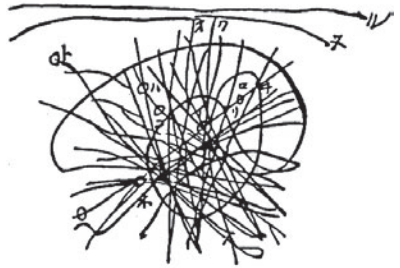


図8 南方曼荼羅

「生命の大不思議」を自然科学では十分には解けない、最もよく解けるのは大乘仏教だと書きました。だから、仏教と科学は対立しなくてもいい、科学は仏教よりも少し下だけれども、宇宙の森羅万象を解き明かす一つの手段になる、だから仏教徒はもつと自然科学を勉強しろと言っています。

質疑応答

質問——資料には町村合併の反対運動もしたと書いてありますが、これは、神社の合併と絡めての反対ですか。

芳賀——実は、明治の終わりごろに、「平成の大合併」と

同じように町村合併がありました。また、工場の誘致もありました。さらに、熊楠が四四歳の一九一一年には、今の紀勢線が田辺の隣の御坊町というところまでしか来ていなかったもので、当然、鉄道の誘致運動が起こりましたが、熊楠は反対しました。なぜかというところ、結局同じことで、地域の共同体が崩れてしまうからです。それから、工場誘致については当然、自然が破壊されるからです。

明治終わりに政府が町村合併を進めたのは、強固な行政的統一を作ろうと考えたからです。日露戦争が終わって、当時は不況でした。また、東北地方では飢饉があり、食い詰めた人が都会に流れてきました。それで、明治の終わりころ「ルンペン・プロレタリアート」という言葉が出てきました。石川啄木もその一人ですが、政府はそれを引き締めるために、天皇の名前で戊申詔書を出しました。要するに、華美に流れるな、利那主義的な考え方を取るな、親に孝行しなさい、つまり昔からの封建道徳を守れという内容の訓令を天皇の名前で出したのです。それぐらい引き締めをしないと国家がもたない事態になっていました。そこで、神社祭祀政策と一緒に思想善導運動を進めたのですが、実はそれと町村合併は一体となっています。シンボリックに、村の中心に一個の神社と学校と役場をセンターのよ

うにして残し、そこを中心にして思想善導運動を広げていったのです。それが報徳運動のような形になっていて、あれは二宮尊徳をうまく利用したものです。

何よりも忘れてはいけないことは、そういう引き締めの中で、幸徳秋水の大逆事件が捏造されていることです。これは同じ時期にあつて、全然別の話なのですが、流れとしては一体です。和歌山県では田辺の隣の新宮という町に、大逆事件で捕まった人が六人もいました。このとき死刑になつた大石誠之助は、地元では非常に人望のある人で、熊楠ともやりとりをしていたので、大逆事件が起こったときには熊楠も警察に取り調べられています。ですから警官や権力が嫌いで、講習会場で偉い役人が講演をしていると、「何だ、おまえ」と言つて信玄袋を投げつけ、警察に捕まえられて監獄に入っています。それぐらい情熱的な人だったのです。

要するに、熊楠は地域に古くからあるまとまりを大事にしようと考えて、もちろん自然の保護も大事ですが、先ほど言つた「地域のエコロジー」という観点で、神社合祀政策はそういうものも破壊してしまうという点から反対したようです。

[講師紹介]

宗林留美（静岡大学理学部講師）

1971年東京都生まれ。東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。博士（理学）。日本学術振興会特別研究員、静岡大学理学部助手を経て2011年より現職。専門は生物海洋化学。著書に『実験化学講座 環境化学』（丸善、2007年）があるほか、国際学術雑誌を中心に論文を発表している。

松田 純（静岡大学人文学部教授）

1979年、東北大学大学院文学研究科博士課程・倫理学専攻修了。1995年、文学博士（東北大学）。ドイツ・テュービンゲン大学哲学部客員研究員（1990-91年）、ボン大学「科学と倫理のための研究所」客員教授（2001年）。専門は、哲学、人間学、生命倫理学。著書に『遺伝子技術の進展と人間の未来——ドイツ生命環境倫理学に学ぶ』（知泉書館、2005年）、『薬剤師のモラルディレンマ』（共編著、南山堂、2010年）など。

芳賀直哉（静岡大学大学教育センター教授）

1947年名古屋市生まれ。1976年京都大学大学院文学研究科博士課程単位取得退学。静岡大学教養部助教授、農学部教授、理事・副学長を経て現職。文学修士。専門は宗教哲学、環境思想。近著として『南方熊楠と神社合祀——いのちの森を守る闘い』（静岡学術出版、2011年）がある。

静岡大学公開講座ブックレット5

〈いのち〉と環境を考える

発行日——2012年3月1日

編集・発行——静岡大学生涯学習教育研究センター

〒422-8529 静岡市駿河区大谷836

静岡大学生涯学習教育研究センター

☎054-238-4817

印刷——株式会社三創

