



# 環境儀

NO. 45 JULY 2012

国立環境研究所の研究情報誌

## 干潟の生き物の はたらきを探る

浅海域の環境変動が生物に及ぼす影響



独立行政法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/>





干潟には、多くの二枚貝やゴカイなどの底生生物が暮らしています。干潟での野外調査や飼育実験を通じて、彼らが河口域・沿岸域の生態系で果たしている役割を解明します。

干潟は、陸域から流れてきた有機物や栄養塩が集まる場所で、アサリのような二枚貝、釣りの餌としておなじみのゴカイ類、カニやヨコエビなどの甲殻類といった底生生物が暮らしています。また、干潟は魚や鳥の餌場として、微生物による有機物分解や水質浄化の場としても非常に重要です。

かつて、東京湾や伊勢湾、瀬戸内海沿岸をはじめとする内湾域には、広大な干潟が発達していました。しかし、20世紀後半までに、埋め立てや護岸工事によって多くの干潟や浅場が失われてしまいました。それでも、日本各地には、減少したとはいえまだ多くの干潟が残されています。干潟があることで、沿岸域の環境や生物相、さらに人間生活にとって、どのような「良いこと」があるのでしょうか。

私たちは、東京湾や仙台湾の干潟を主なフィールドとして、内湾域の環境変動と生き物の関係を明らかにしようとして研究を進めてきました。今回は、沿岸域の干潟に注目し、その特徴とそこに生きる生き物の暮らしぶりや生態系内での物質の流れについて、最新の研究成果を交えながら紹介します。

## C O N T E N T S



干潟の生き物のはたらきを探る  
浅海域の環境変動が生物に及ぼす影響

- Interview  
研究者に聞く!! ..... p4 ~ 9
- Summary  
干潟の大切さを考える ..... p10 ~ 11
- 研究をめぐって  
汽水域の干潟環境と  
その保全について ..... p12 ~ 13
- 「国立環境研究所における  
干潟の生き物と環境に関する  
研究」のあゆみ ..... p14

# Interview 研究者に聞く!!

干潟は、多くの底生生物が暮らしており、干潟に供給されるプランクトンや有機物などさまざまな物質を「処理」しています。そのため、水質浄化の場として、また魚や鳥の餌場として重要だといわれています。しかし、この数十年の間に埋め立てや開発が進み、日本各地の多くの干潟が失われました。干潟の生態系の研究に取り組む海洋環境研究室室長の中村泰男さんと同研究員の金谷弦さんにお話をうかがいました。



中村泰男 / 地域環境研究センター・海洋環境研究室室長

## 干潟の生き物のはたらきを探る

### 残された干潟を保全する

**Q:** 研究のねらいは何ですか。

**金谷:** 富栄養な内湾域に発達する干潟をフィールドにして、二枚貝や巻貝、ゴカイ類など底生生物（ベントス）を中心に干潟の物質循環について研究しています。特に、有機物や栄養塩がどのような経路で、ベントスや微細藻類に利用されているのかに注目しています。また、干潟のどこにどのようなベントスが生息しているか、ベントスがどの時期にどれくらいいるかについて、生息環境の変動との関連を調べています。

**中村:** 金谷さんは、干潟の生態系の全体像を把握しようとしています。一方、私は、日本の干潟を特徴づける個々の生物種の保全も重要だと考えています。例えば、ハマグリは日本の砂っぽい干潟の代表的な生物で、かつてはたくさんいましたが、今は激減しています。さらに、大陸から大量に輸入されている別種のハマグリが日本の干潟に侵入する可能性もあります。ハマグリ

らかにすることで、日本古来のハマグリを干潟によみがえらせたいと考えています。

**Q:** 干潟研究を始めたきっかけは。

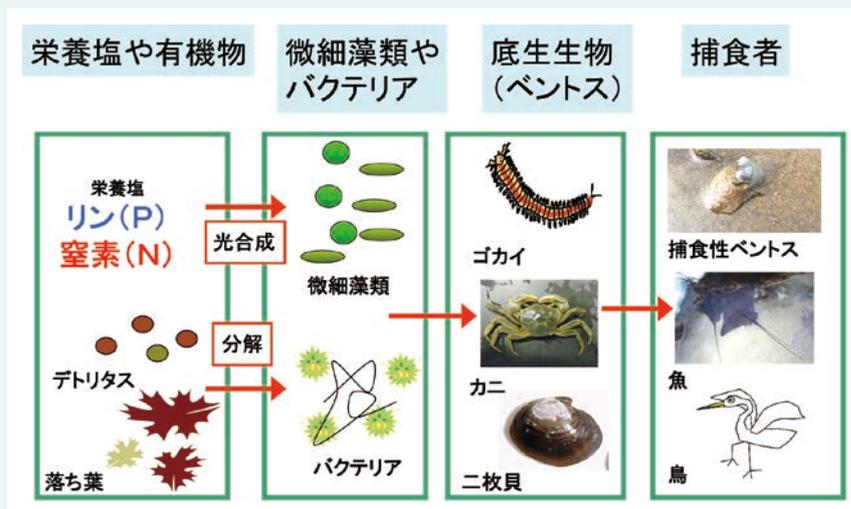
**金谷:** 大学の卒論で干潟の研究をしたのがきっかけです。いろいろな生き物が、他の生き物や環境と関わりあって、干潟というシステムができあがっていく。そんな干潟の生態系がおもしろくて、15年以上も研究を続けています。

**中村:** 私は大学院で無機化学を専攻したのですが、1979年に国立公害研究所（国立環境研究所の前身）に入所してから海の生き物の研究に携わるようになりました。赤潮の研究から始まり、海洋生物と環境の関わりをずっと研究しています。干潟に深く関わったのは、6年前にハマグリの研究を始めてからです。

### 干潟特有の生物たち

**Q:** 干潟の調査はどうやって行うのですか。

**中村:** 私は有明海の干潟に行くことが多いのですが、そこではひたすら砂を掘って、ハマグリ



■ 図1 干潟での「食ったり—食われたり」  
干潟に流れ込んだ栄養塩や有機物は、微細藻類やバクテリアに利用され、底生生物に食べられます。底生生物は、さらに別の生物に食べられます。



金谷 弦 / 同研究室研究員

生態を調べるためにはたくさんの数が必要なので、数時間掘り続けることもあります。

**金谷:** 主なフィールドは東京湾や仙台湾、伊勢湾の干潟やヨシ原です。私の場合、定量採集といって、ある一定面積に生息する生物を全て採取することが多いです。干潟の中の調査地点を何か所も回って、コアサンプラーやコドラート（一定面積の底泥を採取するためのパイプ状の採泥器・四角形の枠）を水の底においてそこに生息する生物を集めたりします。調査は1年中行い、季節による変化を調べます。調査は潮が引いている時間帯に行いますが、春から夏は昼間に、秋から冬は夜中に潮が引きます。夏はとても暑いし、冬は寒いし、そこはつらいところです。

**Q:** 季節によって潮の引く時間がずいぶん違うんですね。干潟はどんな環境なのでしょう。

**金谷:** 干潟は場所によってだいぶ違います。大きな干潟があれば小さな干潟もある。タイや韓国には、沖合数キロまで続く広大な干潟もあるんですよ。

**中村:** 砂の干潟もあれば泥の干潟もあります。

**金谷:** 河口に近い干潟は、淡水と海水が混じりあうため（汽水域）、塩分条件も干潟によって大きく違います。

**中村:** 干潟によって環境もさまざまなので、生き物の種類もだいぶ違います。



**金谷:** そこが干潟のおもしろいところですけど、出現する生物の種数は他の生息場所、例えば沿岸域の砂泥底や岩礁域と比較してそんなに多い訳ではありません。干潟は環境変動が激しいので、多くの海の生き物にとっては非常にシビアな生息環境です。しかし、シビアであるが故に、ストレスに耐えうる種が非常に高密度で生息することがあります。

**Q:** 干潟にはどんな生物がいるのでしょうか。

**金谷:** 干潟によって異なりますが、多毛類や二枚貝、カニの仲間やヨコエビ類、アナジャコなどが多いです。多毛類とはゴカイの仲間のことで、なかなか目には付きにくいのですが、たくさんいます。水中や泥の表面には、珪藻などの小さな藻類がいますし、干潟の後背湿地にはヨシやシオクグなどの塩性植物も生えています。ベントスは微細藻類を食べ、さらにベントスを餌とする魚や鳥が集まってきて、多様な「食ったり一食われたり」の関係が成り立っています（図1）。

干潟は、川から流れてきた有機物や生活排水が流入しますので、栄養がたっぷりある場だとも言えます。ベントスは、環境中の有機物を食べて除去してくれるので、環境の浄化にも役立っています。私は、震災前から仙台市の蒲生潟で継続的に調査をしていましたが、干潟には非常に多くのベントスが生息していました。特にイソシジミが多くて、1平方メートルあたり2千個以上が生息している場所もありました。手で砂を掘ると、ザクザク出てきます。

**中村:** イソシジミって、美味しくないんだよね。

**金谷:** いや、あの、どちらかと言えば僕は好きですが…。まあそれはさておき、2011年3月の津波により、ヨシ原が8割ほど流失しました。干潟の砂も流され、アサリなどの二枚貝はほとんどいなくなりました。8月の調査時には、ゴカイの仲間やヨコエビ類が大発生していました。これらの種はライフサイクルが短く、多くが

## 津波で激減した種



アサリ



クロベンケイガニ

オオノガイ



ヨコヤアナジャコ



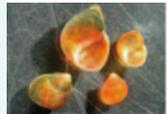
フトヘナタリ



サビシラトリ



ニホンスナモグリ



カワザンショウガイ類



ソトオリガイ



マガキ



絶滅状態にあったカワザンショウガイ類は、2011年秋以降、急速に生息密度を回復しています。

■ 図2 津波による干潟への影響

宮城県仙台市の蒲生干潟では、津波により多くの底生生物が著しく減少しました。しかし、底生生物の中には、数か月間で生息密度を回復した種もいました。

1年中繁殖します。彼らは他の生き物のいない干潟に住み着き、資源を独占して急速に増えたと考えられます。また、秋になると他の種でも徐々に回復してきたものがありました。かかる時間は種によって異なりますが、生息環境が元に戻れば生物相も回復すると予想しています(図2)。

**Q:** 干潟が減っているそうですが、生物の様子はどうか。

**金谷:** ここ100年ほどの間に、埋め立てや護岸工事などでかなりの干潟が失われました。私が現在研究している東京湾の大井人工干潟は、人間が作った干潟ですが、出現するベントスの種数は近くの天然干潟とさほど変わらないようです。干潟の生き物は非常にたくましいので、住む場所をつくれれば、ある程度は戻ってくるのです。しかし、大井干潟のヨシ原には、カワザンショウガイ類やアシハラガニが全く出現しません。ベントスの生息環境を人間の手で完全に復元することは、やはり難しいのだと思います。ホンビノスガイやコウロエンカワヒバリガイといった外来種が多いのも、東京湾奥部の干潟の特徴ですね。

### ゴカイは縁の下の力持ち

**Q:** 金谷さんはとくにゴカイ(多毛類)の研究に力をいれているそうですね。

**金谷:** 多毛類は、干潟生態系の中で非常に重要な役割をしています。個体数も多いですし、種によって分布域や繁殖時期が異なり、水を濾過して食べるものもいれば、泥ごと食べるものもありますし、他の種を襲って食べるものもあります。

**Q:** 何を食べているのかはどのようにわかるのですか。

**金谷:** 有機物には、炭素や窒素の安定同位体という「重い」原子がごく微量に含まれていて、その存在比が有



夥しい数の巣穴(ヤマトカワゴカイ)



泥の中にはゴカイが沢山



タマシキゴカイの仲間が作る糞塊



コメツキガニの巣穴と砂団子

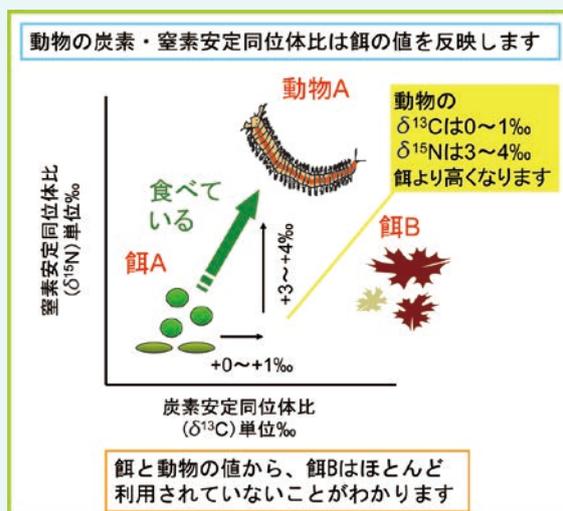
機物の種類によって異なります。動物の体を作る有機物は、過去の一定期間中に食べた餌の安定同位体比を反映しますので、動物と餌候補の値を比較することで、彼らがどんな有機物を食べてきたのかを、大まかに推定することが出来ます(図3)。

**Q:** ゴカイがたくさんいることで、干潟の土の中でどのようなことが起こるのでしょうか。

**金谷:** 干潟にいくと、カワゴカイの仲間の巣穴が無数にあります。彼らは巣穴を掘ることで干潟の表面積を増やし、泥の中まで酸素を供給します。また、巣穴の表面では微生物の活性が周囲と比較して高くなります。タマシキゴカイの仲間は活発に砂を食べ、干潟表面にモンブランケーキのような糞を出します。ミミズが畑を耕すように、ベントスも日々干潟の泥を耕しています。彼らは有機物を食べ、巣穴を作り、底土をかき混ぜることで、底土と水の間での物質の流れ(物質循環)に様々な影響を及ぼしています。このような作用は、生物攪乱と呼ばれます。

### 激減したハマグリ

**Q:** ハマグリが減っているとおっしゃいましたが、スーパーなどでは結構見かけます。本当にハマグリは減っているのですか。



■ 図3 安定同位体比から干潟の物質循環を探る

自然界には、通常の炭素・窒素原子( $^{12}\text{C}$ と $^{14}\text{N}$ )の他に、中性子1個分だけ重い安定同位体原子( $^{13}\text{C}$ と $^{15}\text{N}$ )がごく微量に存在します。これらの存在比を「安定同位体比」と呼びます。動物の体組織中の炭素と窒素の安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ と表記)は、餌と比べて一定の割合で上昇することが知られています。そのため、動物と有機物の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ を比べることで、彼らが食べている餌を推定出来ます。



ハマグリ

シオフキ



サルボウ



ホンビノスガイ (外来種)



蛤」で伊勢湾が有名ですが、東京湾も一大産地だったんですよ。

**Q:** ハマグリを復活させるためにどんな実験を行ったのですか。

**中村:** ハマグリが日本の干潟で減少した原因を探り、復活につなげるためには、ハマグリがアサリなど他の二枚貝とどのくらい性質が異なっているのかを知ることが近道だと思いました。

まず、実験室でハマグリが海水をこし取る速さを調べ、アサリやシオフキなどの二枚貝と比較しました。ハマグリなどの二枚貝は海水を体内に取り込み、えらで海水中のプランクトンなどの粒子をこし取って餌として利用しています。ですから、海水をこし取る速さ（濾水速度）は、貝が餌をとる速さとも関係していて、貝の性質を示す重要な項目です。ハマグリは東京湾や有明海にたくさんいるアサリやシオフキなどと大差なく（図 5a）、餌を取る速さでは、ハマグリは他の貝に負けない能力があることがわかりました。

**Q:** 残念ながら他の貝との違いははっきりしなかったのですか。

**中村:** 当時、干潟研究者の間では、東京湾などでハマグリが激減したのは海の環境が悪化したため、環境悪化に比較的強いアサリやシオフキはそこそこ生き残ったという雰囲気がありました。

そこで、この点を確認するための実験を東京湾の大井人工干潟で行いました。これはハマグリ、アサリ、シオフキ、それに最近東京湾で増加している外来種のホンビノスの4種の貝をかごの中に入れて干潟で飼育し、それぞれの貝の生残率や成長を調べるといものです。そして、①ハマグリはどれくらい他の貝に比べて弱いのか？②どのような環境でハマグリが死滅するのか？を知ることで、ハマグリを復活させるための環境条件を明らかにしようと考えました。

**中村:** まず知っていただきたいのは、「ハマグリ」という名で市場に流通している貝には3種類あるということです。1つは有明海、伊勢湾、東京湾といった内海の干潟にいる本来のハマグリ *Meretrix lusoria*。2つ目が中国大陸や朝鮮半島にいるシナハマグリ *Meretrix petechialis*。3つ目が九十九里浜のような外海の浅場にいるチョウセンハマグリ *Meretrix lamarckii* です（図 4）。

これらは別種なのですが、形がよく似ていて、いずれも「ハマグリ」という名で取引されています。スーパーでよく見かけるのは中国産のシナハマグリです。また、資源が減っているのは *Meretrix lusoria*、つまり本来のハマグリで、私はこの種を研究しています。

ハマグリはかつて資源が豊富でした。貝塚からも、ハマグリは貝殻がたくさん出土していて、縄文時代の人々もたくさんのハマグリを食べていたことがわかります。ところが、昭和30年以降、干潟が埋め立てられ、海の環境が悪化するのと並行して、内湾域のハマグリが激減しました。「アサリが減っている」とよく報道されますが、ハマグリはアサリ以上に激しかったのです。

**金谷:** 江戸時代の東京湾には広大な干潟がありましたが、ほとんどがなくなってしまいました。

**中村:** ハマグリは産地としては、「その手は桑名の焼き



■ 図 4 3種類のハマグリ。いずれも分子同定済みの個体。

3種のハマグリは形が似ています。形態による分類はプロでも間違えることがあるようです。有明海のハマグリを材料にして研究を始めるにあたり、分類の素人でも間違えることの少ないDNAの塩基配列を調べ（分子同定）、現場の「ハマグリ」は本来のハマグリ（*Meretrix lusoria*）であることを確かめました。「有明海の「ハマグリ」はシナハマグリに置き換わっている」と主張する研究者もいたからです。

上から1段目、2段目はハマグリ（*Meretrix lusoria*）。1段目は瀬戸内海の杵築湾産、2段目は有明海の白川干潟産。3段目はシナハマグリ（*Meretrix petechialis*）、中国産。四段目がチョウセンハマグリ（*Meretrix lamarckii*）、房総半島九十九里産。

## ハマグリは意外にも強かった

**金谷:** 大井干潟は、羽田行きのモノレール沿いの京浜運河にあるのですが、6月から11月まで、1~2メートルより深いところでは海水中の酸素が欠乏します。また、水深3メートル程度の水底では猛毒の硫化水素が発生するため、大型底生生物がほとんどがいません。干潟は水処理施設に近いので、大雨が降ると下水道から処理する前の水が流れ込んできて、生臭くなりますし、東京湾の中でも環境はかなり悪いですね。

**Q:** この実験はどれくらいの期間行いましたか。

**中村:** 5年間、繰り返して実験を行いました。そしてとても意外なことに、アサリやシオフキが死滅するような状態でも、ハマグリは元気で、ホンビノスと同じくらいの割合で生き残りました。しかも、成長も早かったのです(図5b、c)。

**Q:** ハマグリはそんなに頑丈なのに、なんで減ってしまったのでしょうか。

**中村:** それがわかれば苦労はしません。ただ、ハマグリは減少に産卵時期が関連しているかもしれないと考え、有明海の天然個体と大井干潟のカゴ飼育個体で産卵時期を調べました。

**Q:** 産卵時期はわかっていなかったのですか。

**中村:** 大ざっぱな観察では、東京より西では大体夏ごろ産卵するといわれていたのですが、正確にはわかっていなかったのです。そこで、手間ひまがかかるのですけれど、ハマグリは染色した生殖腺を顕微鏡で観察し、いつ頃生殖腺が成熟し、産卵や放精が起きるのかを調べました。そして、有明海、東京湾いずれの個体でも夏から初秋にかけて産卵することを確認しました。

ちょうどこの時期は酸素の少ない水(貧酸素水)が干潟に押し寄せるころなので、産卵が阻害される可能



現場での、生き物と生息環境のモニタリング

性があります。さらに、孵化したあとの貝の幼生が海水中を漂っているときに、貧酸素水に出くわして死ぬかもしれません。つまり、貝の産卵時期や幼生として過ごす時期が、貧酸素水との遭遇という環境の悪い時期に当たっているために、ハマグリが子孫を残しにくくなって、資源が減ったのではないかと考えています。

一方、アサリやシオフキでは春と秋に産卵するため、産卵時や幼生時に貧酸素水に出会う確率が少ないです。さらに、春に子孫を残せなくても、秋に再びその機会があるため、ハマグリに比べ子孫を残しやすいことが、現在でも東京湾である程度繁栄している原因かもしれません。ただ、今話したことは、あくまで仮説で、今後ちゃんと検討しなければなりません。

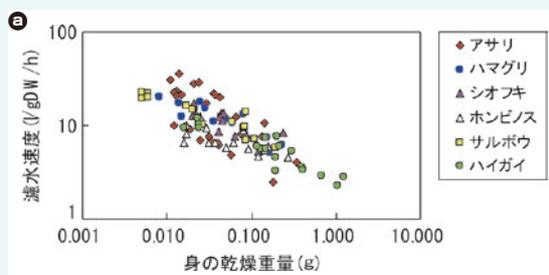
## ハマグリは意外にも強かった

**Q:** 他にどんな実験を行っていますか。

**中村:** ハマグリは産卵に関する実験を行っています。

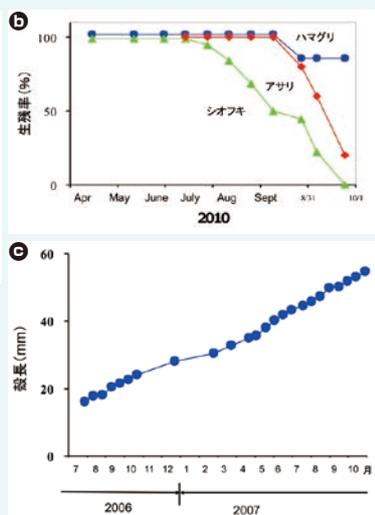
**Q:** 産卵って何ですか。

**中村:** ハマグリは何かの拍子に水管の近くから紐状の

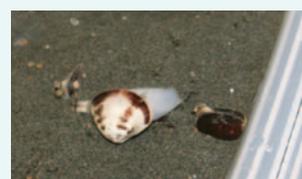


■ 図5 ハマグリは意外にも強かった

- 濾水速度は他の有明海の二枚貝と同じくらい早い。
- ハマグリは強い。アサリやシオフキが死んでも生き残る(大井干潟での実験)。
- ハマグリは成長は速い。1年4か月で殻の大きさが4センチ増加する(大井干潟での実験)。



■ 図6 ハマグリは意外にも強かった



● 産卵する瞬間。



● 産卵は産卵として(産卵機をつかむ男)



大きくなったかな？カゴを用いた二枚貝の現場飼育実験

粘液物質を分泌します。これをネバと呼んでいます(図6)。貝の大きさを問わずネバの発射はおきるのですが、4センチくらいのハマグリで、ネバの長さは、数メートルに達するといわれています。彼らはネバを水中に漂わせ、これを帆にして海水の流れを受け止めながら、干潟を移動します。ネバの存在は古くから知られていて「蜃気楼」の語源ともなっています(コラム参照)。

また、ハマグリがどの季節にネバを発射して移動するのかという先駆的な研究が内田恵太郎先生によって60年以上前に行われたのですが、それ以来、ネバに興味を抱く研究者はいても、研究としてはほとんど行なわれてきませんでした。

**Q:** ネバは何のために発射されるのですか。

**中村:** ハマグリは、悪い環境に遭遇したときに、そこから脱出するための緊急脱出装置として機能しているのではないかとわれてきました。そこで、どんなときハマグリがネバを出すのかを調べてみました。その結果、環境が悪くなくても、割合に単純な刺激でネバが発射されることがわかってきました。例えば貝に水流の刺激を与えるだけでもネバを出します。また、



貝が砂にもぐっている状態で、飼育容器の海水を抜き取り、しばらくしてから暗いところで海水を加えると、ハマグリは砂の上にはい出してきます。ここで部屋を明るくすると、一部の個体は砂の上を走り回って、ネバを出します(図6)。

**Q:** なぜネバを出すのか、ますますその理由がわからなくなりますね。

**中村:** これは私の仕事ではないのですが、有明海の白川干潟の調査によれば、小さな若いハマグリは白川本流近くのある場所に集中して生息しています。成長するにつれて、おそらくはネバの助けを借りて、そこから干潟全体に分散していきます。もし、こうしたこと(川近くでの稚貝の集中的な分布とその後のネバによる移動)がどこの干潟でも一般的に起きているとするなら、ネバを出す理由が一応説明できます。

つまり、川の近くは天敵が少ないので、小さな貝には住みやすい場所です。水中生活をしているハマグリの幼生は、川近くの安全な場所を選んで砂にもぐる生活を始めるのでしょうか。ところが、何年かに一度、洪水が起こると、川の近くは厚い泥で覆われてしまい、貝は全滅してしまいます。そこで、全滅の危険を避けるために、泥に埋まる前にネバを使って、泥の影響を受けにくい場所に移動するのではないかと考えています。

**Q:** 今後どのように研究を進めていきたいですか。

**金谷:** 現在でも多くの干潟が消失の危機にさらされています。干潟の生態系で起こっている現象を明らかにし、干潟のもつ役割を正しく評価したいです。最終的には人と自然のよりよい関わり方や東京湾のような極度に改変された沿岸域の保全や管理のあり方まで考えていきたいです。

**中村:** ネバの発射のように、役立つ研究に見えなくてもハマグリの性質をきちんと理解することが最終的には保全に役立つと考えています。

## 蜃気楼をつかむ：

### ハマグリのネバよもやま話

史記の天官書に「海辺の蜃(大ハマグリ)の吐く気(透明でモワットしたもの：ネバ?)は変じて楼(たかどの)となる」という記述がある。ここで蜃は水龍を表すという説もあるが、江戸の画家鳥山石燕はハマグリ説を取り、画集「今昔百鬼拾遺」の中の「妖怪蜃気楼」で、ハマグリが吐き出したネバの中に楼台が浮かび上がる様子を鮮やかに描いている。

古事記によれば、大黒さまは醜男だった。しかし、あるとき赤貝の粉末をハマグリの「母の乳汁」(おももちる)で溶いて顔にパックするとたちまちイケメンになったという。ここで母の乳汁はスープのことといわれているが、筆

者はネバだと信じている。カタツムリのネバが美容に良いといわれているのだから……。

東京帝国大学教授の岸上鎌吉は、ハマグリがネバを発射し、浅場を移動するという漁師の話に興味をそそられた。そこで、隅田川河口近くで青ギスの脚立釣りをしながら水中に目を凝らした。待つこと数時間、脚立にネバが絡み身動きの取れなくなったハマグリを見つけた。岸上が講義の余談でこのことにふれたのを記憶していた内田恵太郎は、赴任先の朝鮮半島の干潟で、ハマグリのネバによる移動がどの季節にどれだけ起きるのかという先駆的な研究をし、1941年に論文を発表した。その後1984年に、米国の研究者らによる「アメリカのシジミもネバを出して移動する」という内容の論文がScienceに掲載されたが、ここに内田の研究は引用されていない。内田の論文が日本語のみで記されていたためであろう。残念である。(中村泰男)

## 干潟の大切さを考える

桜田へ鶴鳴きわたる年魚市潟潮干にけらし鶴鳴きわたる (高市黒人：万葉集)

干潟は「満ち潮時には水面下にあり、潮が引くと軟らかい砂や泥が顔を出す場所」です。

最近、干潟の保全や重要性が叫ばれていますが、干潟の何が重要で、保全に値するのでしょうか？

その重要性を、これまで私たちが進めてきた研究プロジェクトと絡めて紹介します。

### 1. 水質を健康に保つのに大切なこと

図 7a に示したような海を考えてみましょう。これは東京湾でも良いし、有明海でもかまいません。外洋につながる内湾には川が注ぎ、干潟が広がっています。内湾に生息する植物プランクトンは川から内湾に注がれる栄養塩(窒素やリン)を肥料にして、光のエネルギーと二酸化炭素を用いて体物質(有機物)を合成し増殖を行ないます(図 7b)。増殖した植物プランクトンのかなりの部分は沈降して内湾の海底に供給され、一部はそこに住む底生生物(例えばナマコ)の餌になります。残りの有機物はバクテリアによって分解されるのですが、このとき海水中の酸素が消費されます。

海底に供給される有機物の量(F: 図 7b)が「そこそこ」の場合は、酸素消費量もそこそこで、水中の酸素濃度は底生生物が生きてゆくのにも問題のないレベルに保たれます。ところが、川から供給される肥料が増加(富栄養化)すると、海水中の植物プランクトンの量(B)が増え、これに伴ってFも増加します。こうなると海底近くでのバクテリアによる酸素消費量は増大し、酸素濃度は著しく減少して、底生生物の生息が困難になってきます。これは、不健康な海の状態と言えるでしょう。

さて、干潟の登場です。内湾の植物プランクトンは海底に有機物を供給すると同時に、上げ潮に伴って、干潟にも有機物を供給します。干潟には二枚貝に代表される「濾過食者」と呼ばれる生物がたくさんいて、

体内のえらで植物プランクトンをこし取り、餌として利用しています。そして、彼らを取り込む植物プランクトンの有機物量(G: 図 7b)が大きくなればなるほどBは抑えられ、その結果、Fも小さくなります。つまり、干潟の生物は、BひいてはFを抑えることで、海水の貧酸素化を抑制する働きをしています。これが「水を健康に保つ」干潟の働きです。

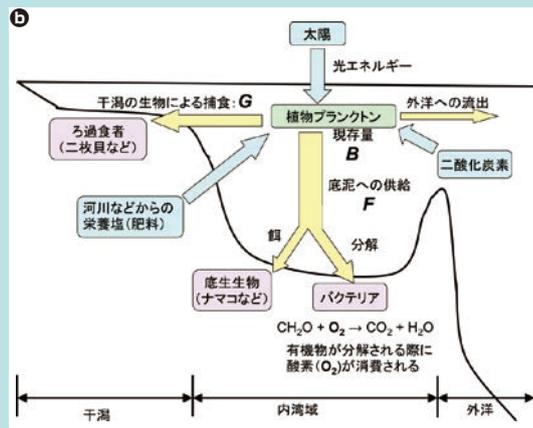
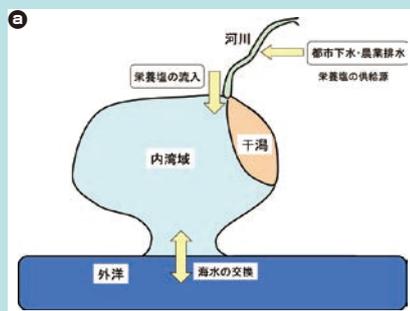
しかし、ここで「内湾の海底にすむ二枚貝だって、植物プランクトンを濾過するのだから、水を健康に保つ作用(浄化能力)は同じではないか。少し干潟の重要性が強調されすぎではないか？」という疑問が生じます。この問いには次のように答えることができます。すなわち、干潟は浅く、大気から酸素が十分供給されます。したがって、干潟にたくさんの生物がゴロゴロとひしめき合っても酸素不足にはなりません。これに対し、内湾の底生生物が干潟のような密度でひしめいている場合には、自分たちの呼吸によってアツという間に酸素不足に陥ってしまいます。したがって、内湾に生息する底生生物は、干潟ほど高密度になれないのです。こうして、干潟は内湾の海底に比べて高い浄化能力を持ち、海水を健康に保つ働きを果たしているわけです。

私たちは1990年代の後半から東京湾・伊勢湾・有明海などで、FやGを求めるための調査・実験を行ってきました。さらに、こうしたデータをもとに、内湾に注ぐ栄養塩の量・内湾と外洋の海水交換・干潟の大きさ・内湾の流れなどを考慮したコンピュータシミュレーションを行ない、干潟が海を健康に保つ役割を評価してい

■ 図 7 干潟を含む内湾域のイメージ

㉑ 河川-内湾-外洋のつながり。

㉒ 内湾で生産される植物プランクトンの運命。海底に沈降する量(F)が多すぎると酸素の少ない水が底にたまる(貧酸素化)。干潟の生物が植物プランクトンをたくさん食べることでFが小さくなり貧酸素化を防げる。





ます。結論は、「干潟は海水を健康に保つ上でやはり重要」なのです。

## 2. 餌場として大切なこと

干潟には、砂泥粒子の表面に付着して繁茂する「底生微細藻類」（大きさは植物プランクトンと同程度）がたくさんいます。こうした豊富な餌を利用することで、干潟上にはゴカイなどの「堆積物食者」が高密度で生息できるようになります（図 8a）。また、二枚貝などの「濾過食者」も水中の植物プランクトンを利用しながら繁殖し、干潟上に植物食性の動物が多量に生息するようになります（図 8a）。こうした状況の下では、豊富なゴカイや二枚貝をめがけて鳥が押し寄せ、冒頭歌に示されたような状況が出現します。とくに、シギ・チドリなどの渡り鳥は、渡りの中継地がほぼ干潟に限られるため、彼らにとって餌の豊かな干潟は必要不可欠です。

また、潮が満ちればカレイなどの稚魚がやってきて、ゴカイの類を飽食します。こうして、干潟の生物はそこにやってくる鳥や魚の餌場として重要な働きをしています。またアサリ・ハマグリなどの貝類が人間の「餌」として重要なのは言うまでもありません。

これまで、干潟の働きと重要性について、単純化したイメージに基づいて説明を行ってきました。しかし、現実の干潟はもう少し複雑です。例えば、二枚貝は植物プランクトンを食べるとこれまで説明してきましたが、潮の流れで水中に懸濁した底生微細藻類も相当食べることが知られています。また、干潟にはさまざまな巻貝やカニ類なども生息しており、あるものは二枚貝やゴカイなどを食べ、別の種は底生微細藻類を主食としています（図 8b）。このように、干潟の「食ったり一食われたり」（食物網）は他の生態系と同様に複雑なのです。そして、「干潟を保全するには食物網をきちんと把握しておくことが重要であろう」という立場に立って、金谷は研究を行ってきました。結論は、「干潟の『食つたり一食われたり』は複雑だ」ということです。

## 3. 好ましい場所として大切なこと

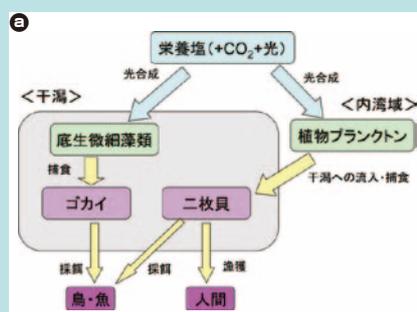
干潟に立って、満ちくる潮の音を聞いていると血圧が 10 ポイントは下がる気がします。大きなハマグリに出くわしたときの「やったあ！」感は、子供時分に大きなフナを釣ったときの感動に匹敵するものです。これらは全て個人的な感想ですが、干潟を「好ましい場所」と考え、保全したいと思う人は多いのではないのでしょうか。水路の護岸工事が開始され、フナが釣れなくなったときの悔しさは今でも忘れられません。干潟でこうした悔しさを感じることがないように、保全してゆきたいものです。

ここで、干潟を好む人に質問をしてみましょう。「かつてアサリがたくさん取れた東京湾のある干潟では、最近ホンビノスガイというアメリカから移入してきた二枚貝が網袋一杯取れます。これに反してアサリは全然取れません。こういう干潟は好ましいですか？」と。「おいしい貝がざくざく取ればそれで OK!」という干潟愛好家には、（ホンビノスはクラムチャウダーの材料になる美味しい貝だから）素敵な干潟と思えるかもしれませんが、筆者（中村）の感じ方は少し異なります。

つまり、筆者にとっては、東京湾にもともとたくさん生息していたアサリ・ハマグリ・バカガイ・シオフキ・マテガイ・サルボウなどが混じって生きている干潟の方が好ましいのです。どうして好ましいかと問われれば返事に窮しますが、あえて言うなら、「東京湾ではアサリ・ハマグリなどのさまざまな貝が生息してきたのが“歴史”ですから」とでも答えておきましょうか…。こうした（筆者にとって）好ましい干潟を復活させたいという思いから、かつては東京湾で卓越し、現在はほぼ消滅したとされるハマグリの色々な性質を調べる研究を 6 年前から行なっています。結論は「ハマグリにいる干潟は楽しい」ということでしょうか。（中村泰男）

■ 図 8 干潟の食物網

- a 単純化したイメージ図。
- b 実際の「食ったり一食われたり」は複雑。



# 汽水域の干潟環境と

大きな川が流れ込む閉鎖的な内湾域には、潮が引くと海面上に現れる干潟が発達します。干潟は、沿干潟とはどんなところで、日本の干潟は今どのような状況なのか、さらに希少種の生息場所としての



## 1. 干潟の成因と種類

干潟が良く発達する地域は、波あたりが弱く、大河川が流入する内湾奥部です。このような場所では、淡水と海水が混じり合い、川から運ばれてきた土砂が堆積するため、泥や砂からなる干潟が形成されます。日本で最も広大な干潟を有する有明海奥部には、九州最大の筑後川が流れ込んでおり、川が運んできた粒子の細かい泥（シルト分）が堆積することで、ムツゴロウなどが生息する泥深い干潟が数 km 沖まで発達しています。一方、外海に近く波あたりの強い場所には、砂質の干潟が良く発達します。砂の干潟は泥干潟と比べると格段に歩きやすく、出現する生物の種類も大きく異なります。実際に、有明海でも湾奥部には泥干潟

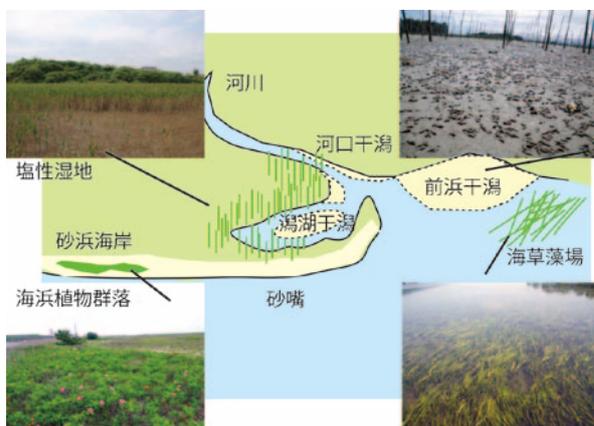
が発達し、より湾口に近い海域では粒子の粗い砂質干潟が多くなっています<sup>1)</sup>。

一般に、干潟はその立地や成因により、3タイプに分けられます(図9)。潮が引いた時に河口部の両岸に出現する干潟を「河口干潟」、陸地の前面に出現する干潟を「前浜干潟」、砂嘴(さし)で囲まれた潟湖内に発達する干潟を「潟湖干潟」と呼んでいます。例えば、有明海の干潟の多くは、前浜干潟であり、東京湾の多摩川や江戸川放水路の河口部には河口干潟が発達します。北海道のサロマ湖や宮城県の大川干潟、福島県の松川浦は潟湖干潟に分類されます。干潟の陸に近い場所には、ヨシやシオクグが茂る湿地帯が発達することが多く、このような場所を塩性湿地と呼びます。自然が良く残された河口域では、広大な塩性湿地を目にすることが出来ます。

## 2. 日本の干潟の現状

1940年代頃の日本には、有明海や東京湾、三河湾といった内湾域を中心に、82621 haもの干潟がありました<sup>2)</sup>。海域ごとに比べると、東京湾(9449 ha)が有明海(26609 ha)に次いで2番目に位置していました。しかし、高度経済成長期に多くの干潟が埋め立てられ、1978年の干潟面積は、1940年代と比較して全国で34.8%も減少してしまいました。埋め立てによる喪失は大都市近傍で著しく、東京湾で83%、大阪湾で92%、伊勢湾で53%の干潟が失われました。現在、全国の干潟の半分近くが有明海・八代海沿岸に残されています。

東京湾沿岸にも、幾つかの干潟が飛び地のように残っています。最大の干潟は、千葉県木更津市にある



■ 図9 河口・沿岸域と干潟の概念図

干潟には、河口干潟、潟湖干潟、前浜干潟があります。河口域にはヨシが茂った塩性湿地、砂浜には海浜植物群落、浅い沿岸域にはアマモが茂った海草藻場が発達します。

# その保全について

岸域における水質浄化の場であるとともに、干潟でしか見られない多くの生き物を育む場でもあります。

干潟やヨシ原の重要性と、その保全について紹介します。



小櫃川(おびつがわ) 河口干潟と、その前面に広がる盤州(ばんず) 干潟です。その他にも、横浜市の野島海岸、多摩川河口干潟、船橋市の三番瀬、習志野市にある谷津干潟などが、天然の干潟として残されており、大井人工干潟や葛西海浜公園のような人工干潟も作られています。これらの干潟や浅場は、東京湾の生き物にとって、貧酸素水塊や青潮※から逃れることの出来る“一時的な避難場所”として重要です。

※貧酸素水塊と青潮：水温の高い春～秋口に有機物が活発に分解され、酸素が消費されると、海底付近に酸素に乏しい水塊が発生します。貧酸素状態が続くと、水中に毒性の強い硫化水素が蓄積することがあり、風

や気温の変化によって表層へ運ばれると青潮と呼ばれる現象が起こります。青潮は底生動物や魚類の死滅を引き起こすことがあります。

## 3. 多様な生息場所を保全する

様々な生息環境が混在することで、同じ広さを持った地域の中に、より多くの生物種が共存することが出来ると言われてしています。河口・沿岸域には、干潟の他に、塩性湿地(ヨシ原) や砂浜海岸、海草藻場(アマモ場) などの生息場所が近接し(図9)、それぞれに特有の生物種が一定のまとまりを作って生息しています。有肺類のオカミミガイの仲間は、汽水域のヨシ原に暮らす「カタツムリ」の仲間で、その多くが環境省のレッドリストで絶滅の危険性があると評価されています。ヨシ原内にはオカミミガイ類の他、カワザンショウガイ類や希少なカニの仲間も暮らしています(図10)。また、干潟や塩性湿地にはヨシやシオクグの他、希少な塩性植物が生育しています。砂浜海岸には乾燥や塩分に強い植物の群落が発達しますし、海草藻場には多様な葉上動物が生息します。

底生生物の多くは、ある時期を浮遊幼生として過ごし、その後、干潟やヨシ原に回帰して底生生活に移行します。彼らを保全していく上では、隣接したヨシ原や干潟、海草藻場といった多様な生息環境を、「互いに関連した一繋がり系の系」として維持していくことが非常に重要であると考えられます。(金谷弦)



■ 図10 河口域に発達したヨシ原と、そこに生息する希少な底生生物や塩性植物

- 1) 佐藤正典編(2000) 有明海の生き物たち, 海游舎, p 396.
- 2) 花輪伸一(2006) 日本の干潟の現状と未来. 地球環境, 11, 235-244.

# 「国立環境研究所における干潟の生き物と環境に関する研究」のあゆみ

国立環境研究所では、干潟を保全するための研究を行ってきました。  
ここでは、その中から、干潟の生き物と環境に関するものについて、その歩みを紹介します。

**課題名** 有明海等における高レベル栄養塩濃度維持機構に関する研究  
(国立環境研究所 特別経常研究)  
(2002～2006年度)

**課題名** 汽水域やヨシ原の食物網構造解析研究  
(科研費補助金・笹川科学研究助成)  
(2005～2010年度)

**課題名** 貧酸素水塊形成機構と生物への影響評価に関する研究  
(国立環境研究所 特別研究)  
(2007～2009年度)

**課題名** 都市沿岸海域の底質環境劣化の機構と  
その底生生物影響評価に関する研究  
(国立環境研究所 特別研究)  
(2010～2012年度)

**課題名** 大津波による干潟環境と底生動物への影響評価研究  
(国立環境研究所 震災対応研究)  
(2011年度)

これらの事業、プロジェクト、研究は以下のスタッフ組織によって実施されています(所属は当時、敬称略)

< 研究・事業担当者 >

国立環境研究所 中村泰男・金谷弦・牧秀明・木幡邦男

< 共同研究機関 >

長崎大学、東北大学、三重大学、京都大学、佐賀県有明水産振興センター、福島県水産試験場

< 協力機関 >

熊本県小島漁業協同組合、東京都大井ふ頭中央海浜公園管理事務所、(株)日本ミクニヤ、(株)日本海洋生物研究所

## ● 過去の環境儀から ●

これまでの環境儀から、干潟や海洋生物の保全に関するものを紹介します。

### No.39 「シリカ欠損仮説」と海域生態系の変質

#### —フェリーを利用してそれらの因果関係を探る

地球環境の変動として、CO<sub>2</sub> 増加などの問題が注目されていますが、ケイ素からなるシリカ（ケイ酸）が減りつつあることが生態系に及ぼす影響も指摘され始めました。本号では、「シリカ欠損仮説」を検証するために行った研究について、フェリーを利用した長期高頻度の海洋モニタリングを中心に紹介しています。

### No.17 有機スズと生殖異常

#### —海産巻貝に及ぼす内分泌かく乱化学物質の影響

巻貝に及ぼす「有機スズ」の内分泌かく乱作用について、自然界における影響を明らかにするための個体群を対象とするフィールド研究と、なぜそのようなことが起こるのかを明らかにするための実験室における雄性化のメカニズム研究の最新動向を紹介しています。

### No.16 長江流域で検証する「流域圏環境管理」のあり方

中国長江流域は、三峡ダム築造で知られるように急ピッチで開発が進んでいます。自然環境と共存可能な持続的な発展をめざし、国立環境研究所が中国との協力で行っている、衛星や水質データに基づいた流域圏の環境管理手法研究を紹介します。

### No.15 干潟の生態系—その機能評価と類型化

環境アセスメント制度が一般化し、干潟保全についても適用されるため、開発の影響を知る客観的・定量的な指標が必要になっています。国立環境研究所では全国の代表的な干潟を調査するとともに生態系機能評価モデルの開発に取り組んでいます。

### No.3 干潟・浅海域—生物による水質浄化に関する研究

干潟などの浅海域は、有機物分解による水質浄化能力が高く、その中で二枚貝などの生物が果たす役割が中心になっています。生物活動に着目して浅海域の環境保全を行うために国立環境研究所で行われている科学的な調査・評価手法を紹介します。

## 環境儀 No.45

—国立環境研究所の研究情報誌—

2012年7月31日発行

編集 国立環境研究所編集委員会

(担当 WG: 稲葉一穂、中村泰男、金谷 弦、玉置雅紀、杉田考史、佐治 光、滝村 朗)

発行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2

問合せ先 (出版物の入手) 国立環境研究所情報企画室 029 (850) 2343

(出版物の内容) // 企画部広報室 029 (850) 2310

環境儀は国立環境研究所のホームページでもご覧になれます。

<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

編集協力 有限会社サイテック・コミュニケーションズ

〒101-0052 東京都千代田区神田小川町 3-14-3 イルサ 202

無断転載を禁じます

リサイクル適性の表示: 紙ヘリサイクル可

本冊子は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料「A ランク」のみを用いて作製しています。

## 「環境儀」既刊の紹介

No.1	環境中の「ホルモン様化学物質」の生殖・発生影響に関する研究	2001年 7月
No.2	地球温暖化の影響と対策— AIM: アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル	2001年 10月
No.3	干潟・浅海域—生物による水質浄化に関する研究	2002年 1月
No.4	熱帯林—持続可能な森林管理をめざして	2002年 4月
No.5	VOC—揮発性有機化合物による都市大気汚染	2002年 7月
No.6	海の呼吸—北太平洋海洋表層の CO <sub>2</sub> 吸収に関する研究	2002年 10月
No.7	バイオ・エコエンジニアリング—開発途上国の水環境改善をめざして	2003年 1月
No.8	黄砂研究最前線—科学的観測手法で黄砂の流れを遡る	2003年 4月
No.9	湖沼のエコシステム—持続可能な利用と保全をめざして	2003年 7月
No.10	オゾン層変動の機構解明—宇宙から探る 地球の大気を探る	2003年 10月
No.11	持続可能な交通への道—環境負荷の少ない乗り物の普及をめざして	2004年 1月
No.12	東アジアの広域大気汚染—国境を越える酸性雨	2004年 4月
No.13	難分解性溶存有機物—湖沼環境研究の新展開	2004年 7月
No.14	マテリアルフロー分析—モノの流れから循環型社会・経済を考える	2004年 10月
No.15	干潟の生態系—その機能評価と類型化	2005年 1月
No.16	長江流域で検証する「流域圏環境管理」のあり方	2005年 4月
No.17	有機スズと生殖異常—海産巻貝に及ぼす内分泌かく乱化学物質の影響	2005年 7月
No.18	外来生物による生物多様性への影響を探る	2005年 10月
No.19	最先端の気候モデルで予測する「地球温暖化」	2006年 1月
No.20	地球環境保全に向けた国際合意をめざして—温暖化対策における社会科学的アプローチ	2006年 4月
No.21	中国の都市大気汚染と健康影響	2006年 7月
No.22	微小粒子の健康影響—アレルギーと循環機能	2006年 10月
No.23	地球規模の海洋汚染—観測と実態	2007年 1月
No.24	21世紀の廃棄物最終処分場—高規格最終処分システムの研究	2007年 4月
No.25	環境知覚研究の勧め—好ましい環境をめざして	2007年 7月
No.26	成層圏オゾン層の行方—3次元化学モデルで見るオゾン層回復予測	2007年 10月
No.27	アレルギー性疾患への環境科学物質の影響	2008年 1月
No.28	森の息づかいを測る—森林生態系の CO <sub>2</sub> フラックス観測研究	2008年 4月
No.29	ライダーネットワークの展開—東アジア地域のエアロゾルの挙動解明を目指して	2008年 7月
No.30	河川生態系への人為的影響に関する評価—よりよい流域環境を未来に残す	2008年 10月
No.31	有害廃棄物の処理—アスベスト、PCB 処理の一翼を担う分析研究	2009年 1月
No.32	熱中症の原因を探る—救急搬送データから見るその実態と将来予測	2009年 4月
No.33	越境大気汚染の日本への影響—光化学オキシダント増加の謎	2009年 7月
No.34	セイリング型洋上風力発電システム構想—海を旅するウィンドファーム	2010年 3月
No.35	環境負荷を低減する産業・生活排水の処理システム—低濃度有機性排水処理の「省」「創」エネ化～	2010年 1月
No.36	日本低炭素社会シナリオ研究—2050年温室効果ガス70%削減への道筋	2010年 4月
No.37	科学の目で見る生物多様性—空の目とミクロの目	2010年 7月
No.38	バイオアッセイによって環境をはかる—持続可能な生態系を目指して	2010年 10月
No.39	「シリカ欠損仮説」と海洋生態系の変質—フェリーを利用してそれらの因果関係を探る	2011年 1月
No.40	VOC と地球環境—大気中揮発性有機化合物の実態解明を目指して	2011年 4月
No.41	宇宙から地球の息吹を探る—炭素循環の解明を目指して	2011年 7月
No.42	環境研究 for Asia/in Asia/with Asia—持続可能なアジアに向けて	2011年 10月
No.43	藻類の系統保存—微細藻類と絶滅が危惧される藻類	2012年 1月
No.44	試験管内生命で環境汚染を視る—環境毒性の in vitro バイオアッセイ	2012年 4月

## 「環境儀」

地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように、「環境儀」という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すべしという意図が込められています。「環境儀」に正確な地図・行路を書き込んでいくことが、環境研究に携わる者の任務であると考えています。

2001年7月 合志 陽一  
(環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字 N.I.E.S で構成されています。N=波(大気と水)、I=木(生命)、E=Sで構成されるOで地球(世界)を表現しています。ロゴマーク全体が風を切って左側に進もうとする動きは、研究所の躍動性・進歩・向上・発展を表現しています。