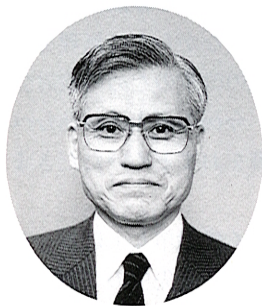


# 国立公害研究所

Vol. 8 No. 5

平成元年12月

## 環境リスク研究の展開



こいずみ あきら

副所長 小泉 明

環境研究の動向として、リスク評価・リスク管理に向けての関心の高まりが、いま特に注目をひく。本年9月には、国内はもとより、米国EPAなどの国外の専門家を交えたワークショップを初めて国公研で開催した。また10月に産業医科大学(北九州市)で開催された第1回汎太平洋協同シンポジウム・第9回産業医科大学国際シンポジウムでは、“リスクアセスメントとその管理”をテーマとして、国公研不破所長の基調講演に続いて、5日間にわたっての討議が繰り広げられた。

しかし、環境関連研究でリスク・アプローチが試みられたのは必ずしも最近のことではない。たとえば電離放射線に関しては、身体影響と遺伝影響の両面にわたってのリスクが許容線量の設定などの放射線管理に直結した研究課題として早くから取り上げられた。食品保健の分野で、食品添加物の発癌性リスクの量反応関係をめぐる数理モデルが開発されたのも新しいことではない。

SCOPE(The Scientific Committee on Problems of the Environment)が環境リスクの評価に関するプロジェクト研究の報告を刊行したのは1978年であった。ここではリスク評価の要素として、Hazard identification, Risk estimationおよびSocial evaluationを取り上げ、例示による検討を加えている。また引き続いて研究の展開が1980年に公表されている。

環境リスク評価をリスク管理と一貫させて体系的に取り上げ発展させてきた最近のEPAでの一連の研究活動には注目をひくものがあり、冒頭に述べたワークショップとシンポジウムでその大要を知ることができた。

もっとも、EPAの活動はあくまでも米国の環境研究・環境政策を指向するものであり、環境リスク研究にそれぞれの国での独自の展開があるのは当然であり、また望ましいことである。

環境問題が新しい段階にさしかかったいま、環境リスク研究にも新しい展開が期待される。

## 前所長 江上信雄先生を偲んで

前所長の江上信雄先生は、病氣御療養中のところ、去る10月17日にお亡くなりになりました。亡き先生といろいろな出会いをされた方々の先生への思い記していただきました。



### 故江上信雄先生のご霊前へ

環境庁国立公害研究所職員を代表して、謹んで江上信雄先生の御霊前にお別れのご挨拶を申し上げます。

先生には環境科学の一層の発展のため、これまで以上のご指導を仰ぎたいと切に願っておりました矢先、突然のご逝去の報に接し、驚きとともにまことに痛惜の念に耐えません。

生物学の分野における世界的なご功績については、ご参列の皆様方も既にご承知のことと存じますが、現在社会の大きな関心事となっております環境問題につきましても、その研究の発展に多大なご尽力をいただいたことに、心から謝意を表したいと存じます。昭和60年6月より昭和63年6月まで3年以上にわたって公害研究所の副所長、所長を歴任され、文字どおり日本の環境研究の先端に立ってご活躍されました。特に研究所は、ご専門とされた生物学はもちろんのこと、物理学、化学、工学、経済学、薬学、医学、農学など、自然科学のみならず社会科学も含めた多様な研究者で構成され、その研究対象は極めて広範にわたっております。ご専門とされた動物学の分野で培われた科学に対する並々ならぬ情熱と深い見識のもとに、専門領域を越えて、文字どおり研究所のリーダーとして、環境研究発展のために、研究所の力を結集することにご努力を傾注されました。

また、現在地球規模の環境問題が国際的にも大きな関心事になっておりますが、先生はこれらの問題にもいち早く着目され、米国をはじめとする国外の研究機関との協力関係を確立されるととも

に、地球環境研究を先導的に取り組む体制を築かれました。さらに、先生の生物学の研究に関連して、研究所の新しい研究分野としてバイオテクノロジーや自然環境保全、環境放射能等の取組みにつきましても先鞭をつけられたのであります。

研究所をご退官された後に、ご体調が思わしく無いことを存じ上げておりながら、ご無理をお願いして研究所の研究組織の改革のための検討会の座長をお引き受け願ひ、今後の研究所が進むべき方向の道標となる報告書をおまとめいただきました。

そのご尽力に対し、深く感謝申し上げる一方、私どもがお願いしたご無理も、先生のご健康にご支障を与えた一因かと思うと誠に後悔の念に耐えません。

先生のご逝去に際し、ご遺族の方々のお嘆きはいかばかりかとお察し申し上げますが、私どもと致しましても、主要なリーダーを失った空洞感言葉に尽くせないものがございます。先生が築かれた環境科学研究の基礎を土台に、国立公害研究所が世界に誇れる研究を行うために精一杯努力することが、私共が先生のご遺志にお報いするせめてもの道であると考えております。

悲しいお別れに際しまして、改めて先生のご冥福を心からお祈り申し上げます。

(平成元年10月20日の告別式、寂円寺における弔辞)

所長 不破 敬一郎

故江上信雄先生の著書「メダカに学ぶ生物学」（中公新書刊）は、先生が既に悪性の病に冒されていることを告知された後に著されたものであることを、拝読して知りました。ご在任中は、早朝出勤所が先生の常でしたが、激務の中にあっても、わずかな一時、所長室の片隅の小さな水槽の住人との対話を続けておられたものと思われまゝ。真理の探求に余念のない先生でしたが、一面、研究者をはじめ職員の処遇などへの細心の気配りもさることながら、ご闘病中も研究所の将来を気にかけておられたと漏れ聞き、頭が下がりました。なにとぞ、安らかなご冥福を。

（総務部長 郡司 進）

毎朝卵を産むメダカの生殖生理を調べていた大学院時代に、メダカを材料として多くの先駆的仕事をなさっていた江上先生を東京大学理学部に訪ねた。先生は建物の外にまで出迎えて下さり、理学部屋上に何十個もの陶器に大切に飼育されてこられたメダカを見せて下さった。忙しい公務の間にも小さな「いきもの」に対する愛情を持ち続けておられる姿を拝見し、先生の素直なやさしさを知った。先生どうか安らかにやすみ下さい。

（生物環境部水生生物生態研究室 春日 清一）

江上先生は、偉大な研究業績の数々と、研究所や環境科学の発展に対する多くのご功績を遺されましたが、私にとってはそればかりではありませんでした。中日ドラゴンズのファンでいらした先生は、ご着任後まもなく、ファンクラブを作しましょうと呼びかけて下さり、どちらかと言えば控え目だった私達ドラゴンズファンはここに初めて集うことができたのでした。ご多忙の中、所員一人一人と親しくお話をしようとなさるお人柄が強く印象に残っています。昨年秋の退官記念講演会に続くパーティで、お身体が本調子でないご様子なのに、「ドラゴンズの優勝良かったね」と声をかけて下さったことが忘れられません。心よりご冥福をお祈り申し上げます。

（環境保健部人類生態研究室 杉平 直子）

1985年に公害研に来られたときに沢山の系統のメダカを持参された。当時、水生生物実験棟では実験動物としての魚の種類を整理する方向にあったので、これらを受け入れるのに大変戸惑った思いがある。先生のメダカへの愛着は強く、系統別の化学物質に対する感受性の違いを明らかにする事を望んでおられた。ごく一部を除いてまだ調べられずにメダカだけが先生の遺産として残されている。先生はしばしば、実験棟を訪れメダカの飼育について御自身気を遣われた。また、御自分で実験をなさりたい気持ちが強かったけれども、時間がとれず、残念な思いをなさっていたと思われる。

（技術部生物施設管理室 菅谷 芳雄）

私の研究企画官当時、弘前で学会に行かれています江上先生から、地元の銘酒が送られてきた。新聞を読んだ知人から、ある特別研究の成果についてお褒めいただいたとのことであった。これは、学際的な総合研究を行う国公研として誇れる成果に対するお祝いであったと思っている。外部から、様々な評価を受けていた時期、やっと本来の国公研らしさが見え始めたときであった。学際性、国際性、総合性が求められる地球環境問題に対し、先生のいち早い先導的な取組みへの決断は、これまでの総合研究の実績と研究環境によりなされたものと思われる。今日、この問題がクローズアップされているおり、先見性を持った良き理解者を喪ったことは大きな損失である。心よりご冥福をお祈りします。

（十和田八幡平国立公園管理事務所

大橋 敏行）



「特別研究活動の紹介」

生態系は壊れやすいか？

安野 正之

有害汚染物質が生態系に混入した時、生物相に影響を与える濃度はどの程度か？ どの生物種が最も影響を受けるのか？ 汚染物質が残留し長きに暴露された場合の生態系はどのような影響を受けるであろうか？ もちろん化学物質の種類によってちがってくるが、なんらかの法則性があるはずである。これまでも個々の水生生物種に及ぼす有害汚染物質の影響についてかなり研究がなされ、ミジンコやヒメダカ、コイ等による影響評価法が用いられてきている。しかしこれに限られた種類で単一の生物種ごとに、しかもガラスビーカーの中でとられたデータが自然の生態系への影響評価に代わり得ることはありえない。この特別研究では汚染化学物質の生態系影響の過程について解明し、その生態系影響を全体的に評価する方法の開発を目指した。

1. 重金属汚染

有害汚染物質のうち重金属については全国の延べ111地点の調査結果がまとめられた。銅鉱山からの廃水の流入がほとんどであるが、カドミウム、亜鉛など他の金属も当然混入しており複合したかたちで生態系へ影響を与えている。銅の存在は生体内においてカドミウムの取り込みを抑制するなどの重金属間の干渉作用があること等が明らかにされた。汚染の程度により生物の種類数も個体数も減少するが例外もあり、耐性種はむしろ増加することが特徴的である。これらの研究結果から汚染河川の底生動物、底生藻類への影響予測も、また生物の種組成から逆に汚染の程度を予測することも可能となった。重金属汚染に耐性のある生物種の耐性機構についてもかなり研究が進んだ。すなわち個々の藻類の種類について耐性を調べると、ラン藻類はかならずしも耐性は高くないが、

重金属に暴露しつづけると耐性を獲得していくことなども明らかとなった。また、重金属汚染河川に出現するケイ藻における取り込みの阻止機構、シロハラコカゲロウにおける取り込んだ重金属の結合蛋白による無毒化機構は近縁の非耐性種は持っていない等が明らかとなった。

2. 河川における農薬の動態とその影響

野外において農薬は混合して用いられることが多いこと、かりに単一の薬剤として用いても、散布地域によって別々の薬剤を使用することもあり、水系には混在することが多いと考えられる。カラムを用いた試水の前処理及び濃縮法の開発により、このような混在する農薬の分析が容易になった。これにより河川、河口、湖沼における農薬の動態が明らかになった。

河川中の農薬が散布時期に検出されることは当然期待されるが、その流達過程に農薬の種類による違いがみられる。水田に散布される農薬のうち、CNP、オキサジアゾン、ベンチオカーブ、イソプロチオラン等は底質への残留性が高かった。いっぽうシメトリン、IBP、BPMC等は比較的流出しやすく、河口から湖へかけて検出されている。湖の河口域の野生のハスにこれらの農薬がどのように取り込まれるかを追跡したが、その大部分は葉や葉柄に蓄積され、食用になる根茎にはほとんど検出されなかった。

農薬の流出する河川における生物相はきわめて貧弱でユスリカ類とコカゲロウ、イトミミズが優占する。これらも農薬がある濃度以上で流下した時にはかなり数の減少がみとめられるが、これに限られた種類はその後すぐ回復した。このような現象は部分的には世代が短く、増殖力の高いことによっている。河川の底生藻類も農薬の直接影響を受け減少することが見られているが、これを食べる底生動物の減少とその回復が藻類よりも多少遅れることから、むしろ大量発生をみることがある。これを二次的影響と称するが、化学物質の汚染の特徴として注目すべき現象である。

3. 溪流の生物相に及ぼす空中散布の影響

溪流の水生昆虫は豊富で通常30～60種類がみら

れる。松くい虫防除のために散布された殺虫剤が溪流に入った場合、多くの生物は影響を受け流下する。当然生物の種類による感受性に差があることと、生息する場所が岩の上であるか、砂の中であるかの違いも反映して流下のパターンが違ってくる。しかし1カ月後に2度目の散布がされたとき、流下する生物の種類も個体数もきわめて少なくなっていることから、その溪流の水生昆虫はほとんど消失していたと考えられる。しかし薬剤散布の3カ月後と1年後の調査の結果、カゲロウ類、トビケラ類等は比較的早く回復することが分かった。これは使用された殺虫剤の残留性が少なく生息場所が汚染されていないこと、そして散布されていない上流部等からの補充によると考えられる（現密な意味では種によって違いがある）。いっぽう本来は数種類みられるはずのカワゲラ類は、1種類しか認められなかった。その成虫および幼虫の移動あるいは増殖力に限界があるためなのかは今後明らかにされねばならないが、長年の散布の影響が残っていると考えられた。

#### 4. メソコスムによる試験法

湖、池等が化学物質に汚染された場合、その生態系がどのような影響を受けるかを予測するために、その性質を持つあるいは近似した系としてのメソコスム、すなわち湖や池の一部を囲うかたちで作った隔離水界、あるいは陸上に作ったコンクリート水槽についてその有効性を検討した。その結果十分実用に供することが明らかになった。

有害汚染物質は生物に直接影響を与えるだけでなく、生物の相互作用が連鎖的に働いて間接的にも大きく影響する。メソコスムに農薬を投入すると、農薬が直接的影響を及ぼす濃度以下に低下した後も、この二次的影響が長期にわたって確認できる。生物群集の攪乱は、化学物質の汚染の程度で、上位のものから順次破壊されていくとする仮定が受け入れられればきわめて簡単である。群集の最上位を占める捕食者、例えばフサカ幼虫は比較的感受性が高いので低い濃度で影響をこうむりやすい。この生物の餌となっている種は、群集構造からいえばかなり上位にあってフサカに近い

位置を占めるケンミジンコの1種と、大型のミジンコ類である。したがって、捕食者が消滅するとこれらの種類が増加することがある。その結果、小型のミジンコ、ワムシ類は抑制されて減少する。実際はミジンコ類も農薬に弱いので系から消えることが多いため、ワムシ類が増えることが多い。ある種類のケンミジンコは特定の種のワムシを抑制しており、そのケンミジンコを減少させるまで薬剤の濃度を上げると、その特定の種のワムシが増加する。

動物プランクトンの餌となる植物プランクトンも前者が消滅すると全く異なった種類に置き替わることがみいだされ、両者の関係も見かけとはかなり異なり、生態系を維持していくにあってはきびしい種間関係により保たれていることが示された。以上のように生態系の攪乱は、生物の相互作用系が関与するために、攪乱の程度によって異なった結果が現われる点に特徴がある。

メソコスムは化学物質の環境中の挙動の研究にも適しており、ガラスビーカーの試験とは大きく違ってくる。例えば魚への毒性の高いピレスロイド系の殺虫剤も系から早く消えることから、むしろ水系で使用可能かもしれない。CNPのように底質中に残る物質は底生動物に大きく影響した。このようなことを考慮すれば将来メソコスムによる方法は各種の化学物質の生態系影響のリスクを評価するのに活用されるべきであることが理解されよう。

この研究の紹介のタイトルとした生態系は壊れやすいか？ に対しては問題の観点によって答えは違ってくる。より高次の生物群集を含む系は壊れやすいことは確かである。重金属汚染、農薬の長期汚染の調査から、代替として、普通みられない生物群集が形成されることが明らかになった。またそのように汚染が続いている場合には代替の生態系はそれなりに安定しているので、その観点からは壊れやすいとはいえないのである。

（やすの まさゆき、  
生物環境部水生生物生態研究室長）

環境リスクシリーズ (1)

## 化学物質によるリスクと計測

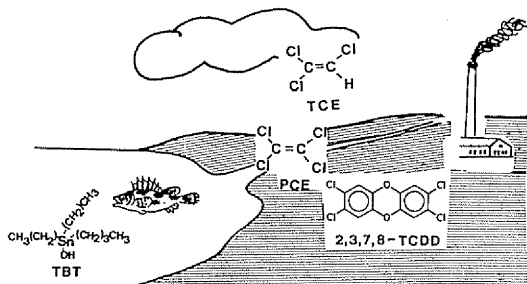
相馬 悠子

化学物質に対するリスクアセスメントを定量的に行う時は、物質の毒性を決める用量—反応 (Dose—response) アセスメントと人間がその物質にどの程度さらされているかを定める暴露 (Exposure) アセスメントの両方を使って、リスクの判定がなされる。暴露アセスメントは、理想的には実測された値を基にして決められるべきものであり、化学物質による暴露量の計測は化学計測によって得られる。

現在世界中で報告されている化学物質は930万種を越え、産業的に生産されているものだけでも5万種を越えると言われている。一つの物質のリスクの判定が出来上がるためには長時間の研究が必要なため、リスクアセスメントを効率良く進めるためには、用量—反応アセスメントと暴露アセスメントを平行して進める必要がある。暴露アセスメントでは、暴露される集団の構成や大きさ、暴露の量、頻度、期間、経路を決定するが、そのためには地域的かつ時間的分布を持った暴露量の計測がなされねばならない。従って暴露の経路に入ってくる可能性のある、あらゆる環境媒体(大気、水、土壌等)での計測が必要であり、過去における暴露を生物への蓄積量から求めるために生

体試料の計測も必要になる。

特別研究「先端技術における化学環境の解明に関する研究」で集中的に研究されている PCDD や PCDF (塩化ダイオキシンや塩化ジベンゾフラン)、有機スズ化合物、揮発性有機塩素化合物を例にとり、暴露量を定めるための計測の特徴や難点について述べてみよう。多量かつ多種の有機物質を含む生物や土壌中の化学物質の計測は有機物質に妨害され難く、その計測のためには、高感度かつ高分解能(高選択性)の計測法の開発が必要である。暴露量を定める計測では、測定値の検出下限に対する要求は毒性の強さを考慮して定めねばならず、毒性の強い物質は非常に低濃度の検出も必要になる。その代表例が PCDD や PCDF である。PCDD はジベンゾダイオキシン骨格について塩素の数とそれら塩素がどこについているかにより75種の異性体があり、それぞれの異性体の毒性は大きく異なる。4個の塩素が対称的についている 2,3,7,8-四塩化ダイオキシンは一番毒性が強く、他の PCDD の  $10^3$ — $10^5$  倍もの毒性がある。そこで ppb から ppt 濃度レベルの PCDD の異性体を区別して分析する必要があり、キャピラリーカラムを使ったガスクロマトグラフで分離し高分解能質量分析計での分析が行われ、2,3,7,8-TCDD では最小検出量が  $50\text{fg}$  ( $10^{-15}\text{g}$ ) に達している。その測定値は直接リスクの判定に関与する値であるので、測定値の精度およびその精度管理が非常に大切になる。地域的にも広い範囲の多くの機関、人々が計測に関与する場合は特に重要な問題になる。一度環境中に放出された化学物質がどのような経路をたどって、どこに運ばれ、どのように変化するかを見極める事は暴露量の計測地点の配置の



最適化をはかるためにも大切である。有機スズ化合物(トリブチルスズ, トリフェニルスズ等)は漁網防汚剤や船底塗料として多く使用され, 海水中への放出が考えられるので特に近海での計測が大切であるが, これら有機スズは吸着されやすい物質で海底質や海産生物への濃縮が大きく, 海産生物の食品を通しての暴露も考慮しなければならない。また PCDD のように有機塩素化合物の合成の途中で副反応により生成され気付かぬうちに環境に放出していたり, ごみ焼却の過程で塩素を含む物質の燃焼で生成されたりもするような例では, 化学物質の移動経路や反応を知ってはじめて汚染源と適切な測定点が見つかることになる。

揮発性有機塩素化合物は一度環境に放出されると, かなり広範囲の大気, 水, 土壌に広がる。一般大気中の揮発性有機塩素化合物(フロン, トリクレン, パークレン等)の連続モニタリングを行っ

て見ると, 一日の変動や季節変動が大きく, 冬の朝の濃度は夏の昼間の濃度の数十倍にもなっているのがわかる。また室内空気と外気では, 室内の方が濃度が高い。従ってこのような物質では時間的, 職業的暴露量の分布をも求める必要が起こり, 代表性のある測定値を得るためには, 測定点の選定, 測定頻度の考慮が, より重要になってくる。

このような暴露量の計測値や, 現在と過去の暴露量から将来の暴露量の推定などから, 暴露アセスメントが出来上がる。そして, これらは常に毒性情報と対応する内容である事が望ましいのは, 言うまでもない。さらに用量-反応アセスメントでは, 化学物質による生物への影響のメカニズムや, 化学物質の体内動態の解明に化学計測が重要な役割を果たすであろう。

(そうま ゆうこ,  
計測技術部生体化学計測研究室長)

## 環境リスクシリーズ (2)

### 環境リスクアセスメント／マネジメントと 統合型データベース

遠山 千春

多くの人々が懸念している環境問題の一つは, 長期にわたり複数の微量の化合物に暴露した場合に生じるかもしれない健康影響である。影響が疾病として顕在化して事態が深刻になる前に生理的変調をスクリーニングし, 悪影響を未然に防ぐことは, 環境汚染物質による環境リスクアセスメントの重要な課題の一つである。しかし, ほとんどの場合において, 生理的変調を的確に反映する指標を選択して用いることが, 技術の開発の面で, 一朝一夕にはできないという意味で, この課題の遂行には非常な困難を伴う。それゆえ, 別のアプローチとして, 数量的リスクアセスメント手法を進展させ, 現実の問題に適用することが重要な課題となる。この手法においては, 動物実験および,

疫学的知見から得た複数のパラメータに基づき, ある化学物質に暴露した場合の人間集団における特定の健康事象(例えば, 発癌)の発生頻度, すなわちリスクを予測することが, 理論上可能となる。

環境リスクアセスメントにとって, 様々な化学物質の毒性に関するデータベースが不可欠である。データベースは, 数値, 文献, 情報源のそれぞれを主体としたものに大別できるが, 今日までの毒性評価に関する多くのデータベースも, この例外ではなかった。この種のデータベースはもちろぬ不可欠のものであるが, 上述の数量的リスクアセスメントの遂行にとっては, これらの3者を統合したものが求められていた。

この統合型データベースとして代表的なもの

が、米国環境保護庁によって作られた Integrated Risk Information System (IRIS) である。本稿では、先に国公研と米国環境保護庁とのあいだで開催された、“1989 Japan NIES-U.S. EPA Joint Workshop: Environmental Risk Assessment/Risk Management”で紹介された内容に基づき、環境リスクアセスメントに関する IRIS 等のデータベースについて以下に記したい。

IRIS においては、米国環境保護庁の有害化学物質に関するリスクアセスメント/マネジメントの基本的判断基準が集約されている。このデータベースを開発する契機となった理由は、廃棄物処理場、事故、および飲料水の汚染について、化学物質による環境汚染の健康に対するリスクの評価について多くの質問が寄せられたこと、ならびに環境保護庁としてのリスクアセスメント/マネジメントについての意志決定を継続的かつ質を一定に保つことが必要とされたことによるという。リスクアセスメント/マネジメントにかかわる値は、常時新たな研究結果を取り入れるように配慮されている。このデータベースには、1989年9月1日現在、380種の化学物質が取り上げられている。IRIS は、いわゆるパソコン通信により、米国の連邦・州政府、自治体関係者のみならず一般市民にも開放されており、わが国からも日本のアクセスポイントに接続することにより廉価で使用可能となっている。

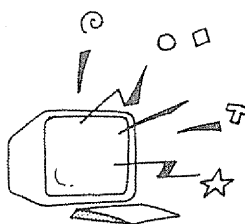
IRIS は、個々の物質について、経口暴露の場合の慢性影響を引き起こさない摂取量、発癌性のユニットリスク値、飲料水安全勧告値、リスクマネジメントのまとめ(健康影響及び生態(主として、水生生物)影響)、及び補足資料から成り立っている。数値を算出した根拠となる文献名とその要約、ならびに算出式が記されており、発癌実験の場合はマルチステージモデルの根拠となった実験の量・反応関係の数値も示されている。さらに、注目に値する点は、リスクアセスメントのいわゆる科学的判断基準の値とリスクマネジメントの行政基準の値が別々に明記されていること、各物質の個々の項目ごとに取りまとめの担

当者名と連絡先が記されており、質問・意見を述べる手立てが確立していることである。IRIS には、今後、経気道暴露の場合の情報、生態系における食物連鎖を介した生体濃縮に関する情報、ならびに有害化学物質が生体内に取り込まれたときに様々な臓器に時間経過にもなるとどのように代謝を受け分布をするかというファーマコカインेटィクスに基づく情報などが加えられていく予定であるという。

米国環境保護庁が保有する IRIS 以外のデータベースとして、一定規模の工場において使用している化合物の種類と量、化学反応によって生じる物質、排出源の工場敷地内での位置、排出物の量などのデータに基づき地域の環境に排出される量を規制するための基礎となるデータベース、これらに気象・人口に関するパラメータを組み入れて地域の環境中汚染物質の濃度を規制する目安とするためのデータベース、あるいは自治体の担当者などからの環境汚染に関する様々な質問内容に対して、誰がいつ、いかなる回答をしたかについて記録し、環境行政の質を一定水準に保つためのデータベースなどがある。

数量的リスクアセスメントが、ある社会において幅広く受け入れられるようになるためには、単に学問的進展のみならず、リスク概念について、その社会に特有の社会・文化的問題の解析も避けて通ることはできないであろう。わが国においては、安全・有害の二者択一的論理からの脱却が必要であり、IRIS に示されているような情報とその評価基準の公開は、そのための必要条件のひとつとしておおいに参考になるように思われる。

(とおやま ちはる、  
環境保健部人間生態研究室)





## 河川の環境の指標 としての底生動物

佐竹 潔

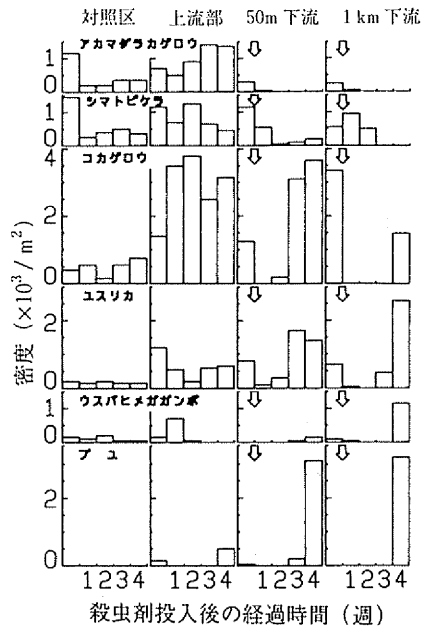
底生動物を河川の環境の指標として見るのには、いくつかのとらえ方がある。代表的なものは、『耐性種』というとらえ方。この場合、指標としての性格は比較的是っきりしている。例えば、BODの高い河川に出現するイトミミズやセスジユスリカ、あるいは重金属汚染地区に見られるシロハラコカゲロウやある種のユスリカなどが知られている。

しかし、環境要因も時間とともに大きく変動することが多く、それにとまない底生動物の分布も変わる。ここでは、底生動物がほとんど生息しない状態からの回復過程に見られるパイオニア的な種類について考えてみたい。

伊豆の修善寺町の古川で夏に第三世代農薬のディフルベンズロンの底生動物群集へ与える影響を調査した。この農薬はキチン合成を阻害するので、水生昆虫は脱皮や羽化に失敗して死んでしまう。農薬の投入から2週間後にはアカマダラカゲロウをはじめとするほとんどの底生動物が死に絶えた。その後の回復の速さは地点によりまた種により異なった。農薬の投入地点より50m下流ではコカゲロウ類が3週間後に高い密度で出現した。この種類は移動力が大きく、上流部から流れてきた個体が定着したと考えられた。農薬の投入地点より1km下流では4週間後にコカゲロウ類・ユスリカ類・ウスバヒメガガンボ・ブユなど世代時間が短い種類が高い密度で出現した。一方、1年に1から2世代しかくりかえさないシマトビケラ類は4週間後にほとんど回復しなかった。この時の回復過程にみられた種類の特徴は移動力が大きいかわり世代時間が短いからであった。逆にそのような種類に着目することによって、『過去に何か起こっ

たのでは?』と考えることができる。

ただし、底質なども底生動物の分布に大きな影響を与えるので、いつもこうなるとは限らない。木曾の御岳山が噴火してから数カ月後に、友人の脅しにもめげず、開田高原の河川を1人で調査しに行った。西野川の本流は何ともなかったが、ある小さな支流で異様な光景を見た。もろもろした赤茶色の火山灰で河床が覆われており、付着藻類も全く生えず、ただ、落葉と落枝が火山灰の間から見えかくれしていた。そこでは、落葉で巣を作り落葉を食べるカクツトビケラの仲間が優占していた。このような特殊な環境では餌と生息に適した空間を確保した種類のみが増えることができる。



以上のように底生動物は環境要因の変動に対して鋭敏に反応するが、その際に重要なのはそれぞれの種類が持っている耐性や生活史・生活様式。残念ながら、現時点ではこれらに関する情報は不足しているため、今後、データベース化あるいは研究者同士の横のつながりも考えていきたい。

(さたけ きよし、  
生物環境部水生生物生態研究室)

研究ノート

## 地下水位の季節的な 変動と地盤沈下

岩田 敏

いわゆる典型七公害に含まれる地盤沈下という現象は地下水の過剰採取に伴う地下水位の低下により発生する。地下水位が低下することにより、粘土層が圧密をうけて圧縮し、地盤沈下が起きる。粘土層に作用して圧密を起こさせる力を有効応力といい、その地層の上載圧から地層の間隙水圧を引いたものに相当する。水位が低下すると、地層の間隙水圧も小さくなるために、有効応力が大きくなり、圧密が進行し地盤沈下が起きる。また、軟弱な地盤の上に盛土を行った場合などでも沈下が起きる。これは、間隙水圧は変化しないもの

上載圧が大きくなるために有効応力も増加することによる。圧密をうけると粘土粒子がつくる骨格構造が変形し間隙を満たしていた間隙水が徐々に排水される。このため、有効応力が減少しても粘土層はほとんど膨張しない。

圧密の基礎理論はテルツァーギによって確立されており、実用化されている。しかし、これは盛土の例のように有効応力が一定である場合に適用できる理論である。しかし実際には、地下水位が変動するために有効応力も変動するので、テルツァーギの圧密理論だけでは、地盤沈下の問題は解決することができない。水田のかんがい用や豪雪地の消雪用に地下水を用いている地域で、需要期には地下水位が低下するものの非需要期には元の水位に戻るため一年間を平均すると地下水位の変動がほとんどないのに著しい地盤沈下が認めら

## 海底が生まれる場所 を見てきた話

野尻 幸宏

プレートテクトニクスの理論では、海洋プレートは海嶺で生まれ、大洋底を移動し、最後に海溝に沈みこむ。大陸プレートが数十億年の寿命を持つのに対し、太平洋の最も古い海底の年齢すら2億年とされる。最近、この理論は、実際に人間の目で確かめられている。すなわち、潜航深度の大きな潜航艇が深海底の目視調査を可能とし、ガラバゴス沖の深海の熱水噴出と生物群集というショッキングな映像をもたらした。理論のいう太平洋の海底誕生の場所であり、中央海嶺で海底が生れるという理論が実証されたのである。そして、海底を造るマグマと海水が接触して熱水噴出を生む。これは、海洋への微量元素の供給に重要であるので、海洋環境を考えるうえでも無視できない。

さて、私は1987年以来、科学技術庁振興調整費の研究プロジェクト「南太平洋における海洋プ

レート形成域(リフト系)の解明に関する研究」に参加してきた。そして、背弧海盆(島弧と大陸)間の海域で、沖縄トラフや日本海もそれにあたる)型のリフト系の研究として、北フィジー海盆の海底調査を1987年と1988年に海洋科学技術センターの調査船「かいよう」で行った。その結果、熱水活動のある地点2地点を確認することができた。この過程で、私たちによる水温、マンガン、メタンの異常層の発見が大きな貢献を果たした。化学成分の分析は、極めて低い濃度(nMレベル)を扱うため、困難な分野であることを強調したい。

この結果を踏まえて行われた、1989年7月のフランス潜航艇「ノチール」号による潜航調査では、幸いなことに2地点それぞれで海底熱水活動を発見し、岩石、水、生物の試料を持ち帰ることができた。私にも、潜行の機会が与えられたので、その体験を簡単に述べる。

「ノチール」号は、直径2メートルのチタン製の球部に3名が搭乗できるようになっている。2名が操縦士、1名が科学者である。母船からクレーンで吊られ海面に投入されると(写真1)、船体は

れる地域がある。昭和59年には、新潟県上越市で101mmの地盤沈下が観測されているが、これなどはその一例である。

季節的に地下水位が大きく低下する地域では、粘土層が繰返し荷重を受けることになる。このような地域での地盤沈下機構を明らかにするために、現地で採取した乱さない粘土試料を用いた繰返し圧密試験を行った。図に結果の一例を示す。実線は、 $12.8\text{kg/cm}^2$ と $6.4\text{kg/cm}^2$ の荷重を60秒ずつ120秒周期で繰返しした場合である。これは、実地盤では1年のうち水位低下が6ヶ月継続するのに相当する。破線は $12.8\text{kg/cm}^2$ を継続して载荷し繰返しを行わなかった場合である。繰返し回数が少ないうちは、繰返しを行わなかった方が大きい沈下量を示しているが、最終的には繰返しを行った方が大きい沈下量を示すようになる。これ

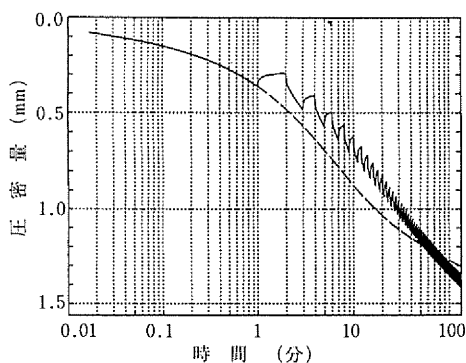


図 圧密試験の結果の一例

実線：繰返し圧密の場合  
破線：通常の圧密の場合

は、かんがいや消雪によって季節的に地下水位が大きく低下する地域では、地盤沈下の進行が止まりにくいことを示している。（いわた さとし、水質土壌環境部地盤沈下研究室）

静かに沈んで行く。長さ10メートルに満たない小さな船体なのに、海中は波がないので全く揺れない。1時間余りも沈んでいくと、2600メートルの海底に到着した。ライトで照し出された海底は、全く静かな世界である。私の潜航した地点は、極めて新しい玄武岩が海底の谷間に噴出し谷を埋めつくしてできた溶岩湖(lava lake)である。黒光りする玄武岩が、あるところでは渦巻き模様を、別のところでは縞模様をなしている。普通の海底で見られる堆積物はほとんどなく、岩の上にまだら

にうっすらと乗っているだけである。このことから、この海底がごく最近できたことがわかる。このごく最近というのは、地質学的時間のごく最近であって、数百年、数千年のオーダーだそうである。さて、私の潜航の目的であったこの地域の熱水地点探索の結果、約1時間後に、最高水温18C程度の温水の湧く場所を発見した。この場所は30×70mの範囲にわたって、温水の湧く割れ目がいたるところに見られ、そこを主に2枚貝からなる生物群集が埋めていた。貝の間や周辺には、

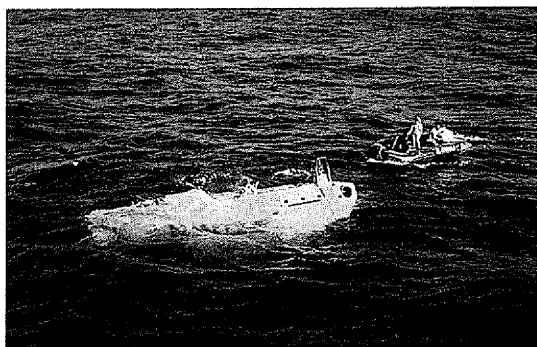


写真1 海面に投入されたノチール号



写真2 2000mの海底で285Cの熱水を噴出するチムニー

カニ、ヤドカリ、エビ、ナマコの仲間や大型の魚が生活していた。熱水生物の代表であるチューブワームも見ることができた。貝やカニは、採取して船上に上げて生きてるのが驚きであった。

写真2は、私の潜航地点の約300km北の地点で発見された最大の熱水チムニーで、285Cの熱水を噴出している。普通の熱水チムニーが黒っぽい

硫化物からなるのに対し、このチムニーは白色で、主に無水硫酸カルシウムの結晶からなるものであった。これは、世界でも極めて珍しいタイプの熱水チムニーであり、現在、このチムニーから得られた熱水の化学組成の分析と、その成因の研究を行っている。

(のじり ゆきひろ、  
計測技術部水質計測研究室)

清水 明氏 南極越冬観測に出発

国立公害研究所の清水明氏(現大気環境部・前技術部)が、第31次南極地域観測冬隊員として、去る11月14日東京晴海埠頭から砕氷船「しらせ」で南極へ向けて出発しました。同氏は気水圏系観測に参加し、「南極域の気候変動に関する総合研究計画」の一環として、船上および昭和基地における大気微量成分(CO<sub>2</sub>, CO, エアロゾル等)の測定・サンプリング、海洋プランクトンの採取等を担当することになっています。

国公研としては初めての南極観測、しかも越冬観測への参加で、地球環境研究の面から同氏に大きな期待が寄せられています。帰国は1991年3月の予定。清水さん、がんばれ!

(大気環境部長 秋元 肇)

成層圏オゾン層等観測衛星  
センサー -ILAS-

鈴木 睦

1995年に宇宙開発事業団が打上げる地球観測衛星(ADEOS)に環境庁提案の改良型地球周縁大気分光計(ILAS, Improved Limb Atmospheric Spectrometer)の搭載が89年9月に正式決定された。ILASは太陽光の大気周縁方向の吸収スペクトルを測定し(図1参照)、計算により微量濃度分布を求める。ILASは文部省宇宙研がEXOS-Cに搭載したLASを改良したものであり、太陽追尾反射鏡、望遠鏡、回折格子分光器から構成される。このセンサーは成層圏オゾン層等の監視・研究を目的として環境庁が製作するもので、概念設計に宇宙研・国公研が協力し、解析手法研究と観測データ解析を国公研が中心となり行う予定である。

オゾンホールは、地球環境の脆弱さとそれに対する我々の知識・理解の不足を知らしてくれた。この解明に人工衛星が果たした役割は大きく、継続的な衛星地球観測の国際協力体制が構築されつつある。ADEOSには宇宙開発事業団・通産省・環境庁の他、TOMS等諸外国の3センサーも搭載

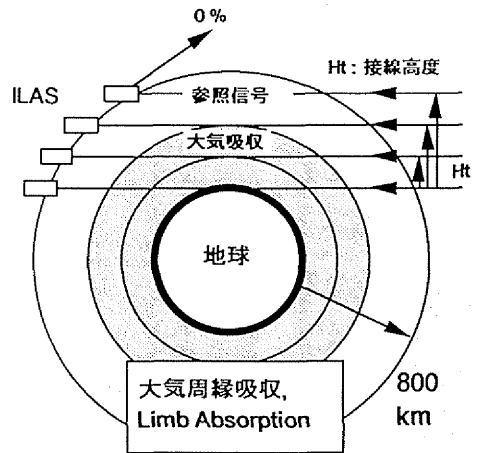


図1 ILAS観測

される。衛星大気観測は各種手法で長期間行われているが、1995-98年はNASA衛星の空白期でありADEOS搭載機器に対する期待は国際的にも高まりつつある。ILASはオゾン層の高精度長期観測とオゾンホール研究を主目的としている。センサーの仕様案(表)は1985年のWMOの勧告を踏まえ、以下の点を考慮して決められた。①高度分解能を得るため周縁方向測定(2 km 分解能)②赤外大気吸収によるオゾン、硝酸、水蒸気、エアロゾルの同時観測③常温動作検出器を用いた長期観測(3年以上5年程度)④1%オゾン目標濃度精度⑤可視バンドによる大気温度・密度測定

表 ILAS仕様案

軌道	高度 800km 周期 100分 傾角 99度
観測領域	南北両半球 60度以上 高度 10-66km 高度分解能 2km 28地点/日 700km 光路長
望遠鏡	12cm 反射式
分光器	ツェルニーターナー型
瞬時視野	鉛直2分水平10分
赤外検出器	焦電型 PbTiO <sub>3</sub> Linear array
IRバンド	11.76-7.30, 6.90-6.06 μ 850-1370, 1450-1650 cm <sup>-1</sup> 16.5 cm <sup>-1</sup> 平均分解能 O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , HNO <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, エアロゾル
可視バンド	753-784 nm, 0.1nm 分解能 O <sub>2</sub> A-X band 温度, 大気密度, エアロゾル

赤外吸収による微量成分のモニタリングや可視バンドでの大気温度・密度観測は例が無く、NASA側の手法との比較が興味を持たれている。

赤外領域は多くの微量成分情報を含み分光分解能と波長帯選択は重要で、そのためには透過光量・成分間干渉・連続吸収帯・線幅・吸収の非線形性・大気屈折・散乱等を考慮する必要がある。大気光学プログラムFASCODEを使いILAS出力を評価した結果(図2)、現仕様で光学的厚さ(濃度・吸光係数)をオゾンについて1%、その他について<10%精度で解析できる見込みである。しかし長光路の吸光係数決定は困難であり最終的な濃度誤差もそれに支配される。現在、赤外領域のバンド吸収係数の誤差は10%程度とされており、この問題はデータベース値の評価・室内実験・打ち上げ前後の気球実験等で解決される必要がある。

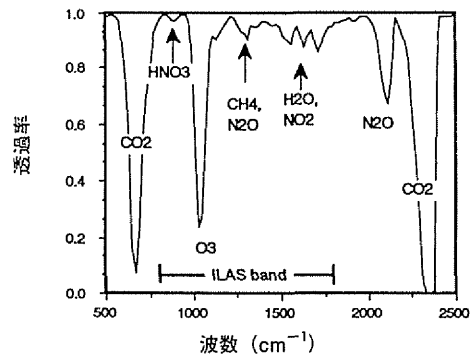


図2 ILAS模擬信号  
(接線高度30km)

ILASプロジェクトは、機器製作、解析手法と観測結果の研究等に多くの研究課題を残している。90年代に日本が地球環境研究に貢献する重要な機会の1つとして、これを機会に広い範囲の参加と支援を呼びかけたい。

(すずき まこと、  
大気環境部高層大気研究室)

## 外国人研究者から見た日本、つくば、国立公害研究所

最初に、国公研ニュースに自己紹介の機会を与えられたことを感謝します。この文章が日本語に翻訳される機会をとらえて私がこれまでにやってきた研究について述べたいと思います。

英国には4つの州がありますが、私はその1つウェールズの首都であるカーディフで生まれました。1983年にカーディフ大学で微生物学専攻の学士となりました。続いて、化学専攻の博士となるために研究を開始しましたが、これは私が化学と生物学の両学問領域の間に介在すると感じているギャップについて研究し、それを利用するために

必要な分析学的技術を開発することを目的としたためです。

私が国立公害研究所のことを初めて知ったのは鈴木博士の数多くの研究論文を通してでした。高速液体クロマトグラフィー—元素分析に関する鈴木博士の研究は、当時、博士論文の研究としてロンドン大学バークベック校で実施していた私の研究と一致するものでした。私が、カドミウム、亜鉛や銅と細菌の相互作用について研究していたとき用いていた分析手段の多くは、すでに鈴木博士が開発しておりました。高速液クロ—発光分

私はトゥルーディ・マンスフィールドです。この3月にイギリスから日本にきました。科学技術庁の制度で2年間の滞在予定で、国公研の総合解析部で仕事をしています。今、日本で興味あるテーマは、

- 1)ディーゼルエンジンの排ガスによる建物の汚れの除去費用の日本での見積
- 2)温室効果によるさまざまな産業への影響の予測
- 3)公的な環境教育と啓蒙の方法

です。特にこの最後の項目については、“Think globally and act locally”というスローガンに共鳴

していること、特に公共に役立つ研究を行いたいということ、より環境に負荷の少ないライフスタイルを追求したいということから興味をもっていることです。

同時に私は長く暮らしてきたロンドンでの生活と同じようにつくばでの生活を大変に楽しんでいます。つくばの気は大変にきれいですし、オープンスペースも大変にいいと思います。ここで7カ月経ちましたが、私はいつもいまだに東京に出かけたときその人口密度と建物の混み具合には驚きます。全くそれは新参者にとってはおそろべ

私は、今年の4月から2年間、科学技術庁の招聘研究員として、環境保健部の遠山千春先生のところから研究に従事しています。日常生活は、いろいろな面で来日前まで住んでいたスコットランドとは異なりますが、今、私は、生活をとても楽しくしているとんでもない過言ではありません。

私には、妻(Bushra)と3歳の娘(Farah)そして、1歳の息子(Alyas)がいますが、彼らは、来年の

1月に来日する予定です。

公害研における私の研究は、カドミウム、水銀、銀化合物などの毒性の生体影響の評価を、これらの金属イオンを結合するタンパクであるメタロチオネインの面から解析することです。メタロチオネインは、これら重金属の解毒作用や、亜鉛、銅などの生体内における代謝に重要な役割を果たしていることが知られています。私達は、メタロチ

国公研には外国の研究者が短期や長期を含めて多く滞在されている。そのうち、科学技術庁奨学制度によって2年間の予定で本年4月より英国から来日し、研究が続けられている3人の方に日本、つくば、国公研の印象を綴っていただきました。今回は、原文(英文)を和訳の形で記してみました。

光法/原子吸光法の応用については鈴木博士とその研究グループが世界をリードしていることは明らかでした。そこで手紙を書き鈴木博士の研究に興味を持っていることを伝えました。その当時、日本人以外の外国人が国立研究機関で研究するための機会は限られていたため、科学技術庁奨学制度(STA フェロシップ)ができるまで、私は国立公害研究所で研究できる機会を待たなければなりませんでした。

1988年に「生物における液性成分や微生物系における金属イオンの分布に関する研究」と題した

私の博士論文を完成させると同時に、ベルリンのフライエ大学でポストドクターとして働き、大腸菌中に存在するクローン化した水銀還元酵素の検出に関するアッセイ法を研究しました。英国王立協会が私をSTA フェローとして採用し、ベルリンの仕事を終わらせた後に日本にやってきました。1989年3月に来日し、メタロチオネインの代謝に関して、種々の観点から基礎と応用の研究を行っています。

Michael H. Rayner  
(環境保健部 鈴木和夫 訳)

きものですし、また印象深い光景です。いうまでもなく、東京に1日行った後、非常によく計画された自転車用道路などが整備されたつくばに戻るとうれしくなります。私はまた日本の街路が安全で安心できることについて、楽しんでいるし有難く思っています。

また、言葉の障壁等によって私がどうしたらよいかわからずに困ったり落ち込んでいたりしているときに、多くの日本人が私に対して見せてくれた親切についても同様です。しかし、日本の人々は英語を練習するときや、私と日本語で話そうと

するとき(ゆっくりと)にそんなに恥ずかしがらないでほしいと思っていることも付け加えておきます。日本人は自分達の英語能力について謙遜し過ぎると思いますし、だから、気後れしないで“ガイジン”と話そうとしてほしいと思います。付け加えて言えば、私が経験した範囲では日本人の英語は非常に分かりやすいですし、だから“ガイジン”と話すことを避けたりしないでください。私たちは“ガイジン”だけで交遊しようとは思っていません。トライして下さい。

Trudie Mansfield  
(総合解析部 青柳みどり 訳)

オネインのこうした機能のみならず、生理的状态における細胞の増殖・分化における生理的意義にも関心をもっています。研究は順調に進んでおり、きっとかなりの成果が出るだろうと思います。私は、公害研にとってもすばらしい研究施設が整っていることに感銘を受けました。設備のうちのある種のもの、イギリスでは、容易には購入できないものです。

最後に、奨学金を供与してくださった科学技術庁と科学技術推進センター、ならびに、公害研への受け入れを認めて下さった不破所長、そして、今日まで、日本における滞在を有意義なものにしてくださいました遠山先生はじめ研究所のスタッフの方々に厚くお礼申し上げます。

Abdul Ghaffar  
(環境保健部 遠山千春 訳)

7月末につくばを発ち、スコットランドの首都エジンバラで海外生活を始めました。英国はイングランド、ウェールズ、スコットランドと北アイルランドの連合した王国であることはよく知られていますが、当地で生活をしますとその違いを実感します。勿論イングランドの影響を強く受けてはいるのですが、スコットランドは独立心が強く、紙幣や教育制度、祭日などがイングランドと異なり、私の感覚からすれば、旅券こそ不要ですが、スコットランドという独立国にいるような感じが致します。

ヘリオト・ワット大学土木学科にお世話になっておりますが、エジンバラ周辺にはこれ以外にエジンバラ大学とセントアンドリュース大学があります。セントアンドリュース(この地はゴルフで有名ですが、不調法で残念です)大学はスコットランド最古の大学で法文系、エジンバラ大学は医科系、ヘリオト・ワット大学は名前に著名な技術者を載っているように理工系が中心の大学です。大学では何をするにも、technicianの手助けが必要で、実験準備は勿論、大抵の実験装置は彼らがwork-

shopで作り上げるからです。通常は図面を渡せば事足りるのでしょうが、私の場合は少々言葉に問題がありますから、図面の細部は文字に、それでも足りないときには容易に想像されますが、body performanceに頼ることになります。

エジンバラで生活を始めて3ヶ月、その間大過なく過ごせましたのは、敢えてScottishと書きますが、大学でも毎日の生活でも、彼らは大変に親切だったからです。エジンバラでは日本人は珍しいという以上に、英国人の懐の深さを感じた次第です。娘の小学校一つにしても、普通に受け入れ、しかも“異文化に触れられる私の生徒は幸せだ”と言われたのは驚きです。学べべきことが数々あるように思われました。

当地は11月初旬と言うのに、既に冬まただ中で、これからひたすら春の訪れを待つことになります。私も家族も、厳しい英国の冬を迎えることになりそうです。(写真はまだ暖かい頃、ハイランドでとったスナップです。)

(ひらた たてまさ、  
水質土壤環境部水質環境計画研究室)

“海外からのたより”  
エジンバラにて  
平田 健正



ブレア城にて  
晶子(10才)、翔(4才)

編集後記

本号は、10月に亡くなられた江上信雄前所長の追悼記事を掲載しました。先生には、国公研の発展にご尽力頂き、また、退官後も国公研の将来について色々ご指導頂いておりました。環境研究の転機に先生を喪ったことは、誠に残念でなりません。心からご冥福をお祈り致します。

新たなシリーズ記事として、環境リスク研究を取り上げました。

今回は、巻頭言に小泉副所長の“環境リスク研究の展開”を、また、化学物質の計測とリスクアセスメントの立場から二つの記事を掲載しました。酸性雨のシリーズに引き続いて、国公研のこの分野の研究が紹介できればと思っております。

国公研の地球規模研究も、いよいよ本格的になってきました。清水明研究員が第31次南極越冬隊員として、11月14日に南極に向けて出発しました。近い将来、南極からの便りがこの“国公研ニュース”で紹介できるかと思います。(K.O.)

編集 国立公害研究所 編集委員会  
発行 環境庁 国立公害研究所

〒305 茨城県つくば市小野川16番2

☎0298(51)6111(連絡先・環境情報部情報管理室)