

'89助成研究ワークショップ

有害環境物質の評価と制御

開催日時：1989/11/11(土)10:00~17:30

会場：日本生命中之島研修所 4階第C教室

主催：財団法人 日本生命財団

プログラム

10:00	開会挨拶	日本生命財団理事長 高橋 壽常
10:05	基調講演 「有害環境物質の評価と制御」	大阪大学工学部 教授 末石富太郎
	コーディネーター	大阪大学工学部教授村岡 浩爾
10:35	報告 「自然環境中のウイルスおよび発ガン性リスクの定量化と評価の研究」	京都大学工学部 教授 住友 恒
11:25	「都市域の環境中における健康影響因子の評価と制御に関する新技法の開発」	岡山大学薬学部 教授 早津 彦哉
12:15	昼食休憩	
13:10	「有害化学物質による水圏生態系の汚染制御とその毒性評価に関する研究」	岡山大学資源生物科学研究所 助教授 青山 勲
14:00	「住環境における放射線被曝の低減化に関する基礎的研究」 ー肺臓器のラドンによる被曝の低減化をめざしてー	立教大学原子力研究所 助教授 高見 保清
14:50	休憩 (20分)	
15:10	「環境化学物質による代謝変動とその制御に関する栄養化学的研究」	名古屋大学農学部 教授 吉田 昭
16:00	総合討論 コーディネーター コメンテーター 全員による討論	大阪大学工学部 教授 村岡 浩爾 大阪大学工学部 教授 末石富太郎
17:30	閉会	

<コーディネーター>

村岡 浩爾 (むらおか こうじ) 大阪大学工学部 教授

(略歴) 1936年生まれ。大阪大学工学部構築工学科卒業、大阪大学大学院修了。

環境庁、国立公害研究所水質土壌環境部長を経て、1988年より現職。

(専攻) 土木工学 (水理学・河川工学)

(著書) 「水質環境化学」 <分担執筆> (丸善)、「河川工学」 <分担執筆> (抜報堂)、

「河川汚濁のモデル解析」 <共編著> (抜報堂)

[基調講演]

有害環境物質の評価と制御

末石 富太郎 (すえいし とみたろう) 大阪大学工学部教授

(略歴) 1931年生まれ。京都大学工学部土禾工学科卒業。大阪市水道局、京大工学部助教授、教授、京大経済研究所教授(併任)を経て1975年より現職。

(専攻) 水資源工学、環境経済学、環境計画論

(著書) 「都市環境の蘇生」(中公新書)、「水資源危機」(日経新書)

「環境保全(Ⅱ)ー環境の制御・管理(編著)」(技報堂)、「環境学への道」(思考社)

1. 個別有害物質審査から地域的な環境物質管理への転換の必要性

人間への有用性を目的に開発された数多くの物質が、有害環境物質と位置づけられるのは、化審法が審査対象にしている「難分解性」「蓄積性」と人間や生態に対する「慢性影響」にもとづく。また人間には全く無害なフロン・ガスがオゾン層破壊や地球温室効果をもたらすように、環境動態と物質との相互作用が人間生存条件を徐々に悪化させる可能性がある。このような意味で、従来の公害対策の枠組では的確な対処ができなくなった。有害環境物質の代表はいうまでもなく化学物質で、現実の政策が製造・環境監視・人体影響評価について一貫しておらず、実質的な「有害」「無害」だけに焦点をあててきた。また科学的な取組みも、微量物質の分析・検出と実験動物への影響に集中しすぎている。

2. 指標化学物質の選定と人体影響評価の視点

有害環境物質を化学物質に限定しても、殺虫剤・殺菌剤・除草剤などの各種農薬、食品添加物、浄水用に必須の塩素滅菌が生成するTHM、TOXなど、さらには生成機構が完全には解明されていないダイオキシンなどが対象になる。これら何千種もの物質が個別に評価・制御できても、これらに直接・間接曝露される人間(特に発癌)にとっては、曝露経路や体内部位に関する複合影響に最も関心がある。そこで、化学物質の各種物性値(水溶解度、相間平衡常数など)、生物毒性、生態毒性(濃縮係数)、さらに季節的使用量の多さ、化学的分析の難易、運命予測モデルの検証に関する有効性などを総合して指標化学物質を選ぶ必要がある。ただし、BOD型の代用指標はもはや有効ではない。これまでの研究結果をおおまかにまとめたものが表-1である。

表－1 環境制御のための指標化学物質選定基準

化学物質	物質選定に必要となる指標									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PCB	×	○			◎	×	◎		3	◎
HCHs	×	○	×		◎	×	◎		2B	◎
DDT	×	○	×		◎	×	◎	-		◎
Chlordane	×	○	×		◎	×	◎			○
TEP	×	△			○		○			○
TBP	×	△			○		○			○
TCEP	△	△			○		○			○
TDCPP	△	△			○		○			○
TBXP	◎	×			○		○			○
TOP	△	△			○		○			○
TCP	×	○			○		○			○
Diazinon	△	△	△	B	○	△	○			○
IBP	○	×	△	B	○	△	○			○
Sumithion	△	△	△	B	○	△	○	+		○
DDVP	◎	△	△	B		△	×			△
Isoprothiolane	△	△	△	B			△			△
Simazine	△	△	△	A			○			△
LAS	◎	×	○	B	×		×			○
THMs	◎	×					×	+	2B	○
CNP	△	△	○	A	○		○			○
Oxadiazon	△	△	×	B	○		○			×
Holinate	◎	×		B	△		×			×
Benthiocarb	△	△	○	B	○		○			×
Chlormethoxynil	△	△	×	B	○		○			×


1:水溶解度、2:半減期定数、3:浄水特性、4:LC50、5:BCF、
6:分解性、7:吸着性、8:DNA損傷性、
9:IARCによる発癌を示す事実のランク、10:モデル検証の容易さ

一方発癌性を直接評価指標にしても、高濃度曝露の動物実験を人に適用する不確実性を避けられないので、発癌作用を抑制する遺伝子の欠失の可能性をDNA損傷性で評価する化学物質のスクリーニング手法を確立する必要がある。枯草菌野生株と組換え修復欠損株を用いる松井のrec-assay液体法は、有機塩素化合物に対する感度が低いAmes法に代わるものである。農薬ではスミチオン(殺虫剤)のDNA損傷性が高く、また市街地の路面排水の値が高いのは、都市活動自身の化学物質依存度を代表している。

さらに、流域での制御の必然性が高いのは飲料水経由の物質制御であるから、浄水技術による処理性も指標物質選定において考慮する必要がある。

3. 化学物質の環境中運命予測

汚染物質が発生源から大気、水系など単一の環境相で移送・拡散され、それが人間や生物種へ直接的に及ぼす急性影響を取扱う、いわゆる公害対策型のモデルでは、有害環境物質の制御には不向きである。微量・慢性影響をもつ難分解性物質を対象にするのであるから、環境中での長期滞留と生物体をも含めた各環境相間の物質転移、環境化学的な物質変化など、いわゆる運命予測が欠かせないことになる。これについては、Mackayらの評価環境に対するFugacity（逃散能）モデル以来、種々の試みがなされつつあるか、物質ごとの対象時空間の相違をはじめ、使用形態による環境侵入量の推定、人などへの曝露形態の相違を表現しつつ、かつ数少ない環境中実測値を用いてパラメータ推定ができるようなモデルを開発する必要がある。表－1にはこのための指標物質選定の視点も含んでいる。

盛岡・東海は、のような相聞の擬似平衡状態と分解特性を基礎に、琵琶湖－淀川－大阪湾の規模から数平方キロ程度までの各レベルの流域ごとに、計算値を実測値の±1オーダーの範囲内におさめうる運命予測モデルをほぼ確立し、これによって、代替物質の優先度評価、発生源と水系の特性を加味した地域間の化学物質リスク比較、ADIとVSDの整合性の検討ができるようになった。

4. 流域規模での有害物質管理における土地利用特性のとらえかた

現状で運命予測モデルの検証制度を高めることは容易ではないが、有害に化学物質の評価・制御のためには、製造物責任の規定、使用形態を含めた発生源制御、浄水場以外での中間的な技術対策などとともに、多種の化学物質による複合影響を加味することか欠かせない。この点においても、従来のように河川支流域や行政区域単位で汚染負荷を積算する方式には限界があり、ある物質が関与する時空間が大きくなるほど、環境濃度監視の密度を高めることでしか対処ができない。ここでの着眼は、雨水排除における路面負荷など非点源汚濁研究の趨勢と、平均的に流域面積の2%をも越えようとしているゴルフ場での農薬大量使用にあり、これらを化学物質的に特性化した土地利用として、従来の公害対策とは異なった環境監視のネットワークをまず創り上げる必要がある。

シマジンなど13種の農薬の国内78コースでの平均散布量をもとに、ゴルフ場土壌・上空大気・滞水池間の平衡濃度を計算し、滞水池の水の直接飲用（ゴルフ場直近の流出水を水源にする）を仮定すると、3物質の摂取量は1%ADI、を越え、またシマジンなどの実河川での検出濃度は、滞水池の計算値に匹敵している。一方、DNA損傷性ととも、雨天時の路面排水汚染は表－2のように注目すべき高濃度を示し、自動車排ガス起因はもとより、家庭用の殺虫剤なども視野に入れるべきことが指摘できる。

表－2 雨天時流出水の化学物質濃度測定例（ $\mu\text{g/l}$ ）

試料	スミチオン	DDVP
淀川磯島（降雨時）	0.036－0.059	0.015－0.023
磯島地区路面排水	0.800	0.068
枚方1号線路面排水	1.73－9.40	0.045－0.339
山田川（降雨時）	0.104－1.54	0.058－0.583
雨水（大阪・吹田）	0.198－4.31	0.021－0.168
1%ADI相当原水濃度	1.5	1.2

5. 化学物質制御システムの構築

上記のような着眼をシステム化するには、運命モデルのマイクロ化と対応した物質監視を詳細にするのが正道であるか、おそらく実行不可能であろう。下水道の普及が思うにまかせず、かつその合理的

利用すら成熟していない現状で、THMP削減のため一杯の味噌汁をすら流さない生活スタイルへの改変から、70円/\$でも成長可能とすというIC産業の実態、余暇の名目で拡大されるリゾート開発までを掌中におさめるには、図-2のようなエキスパート・システム型の推論機構を流域単位で常備する以外に方法はないであろう。文献的なweight of evidenceを用いながら、化学物質生産決定、生産、運搬、販売、使用、環境への侵入、運命、曝露の各過程、リスク推定、リスク管理のいずれかの新しい知見をもとに、逐次隣接項目へ推論の架橋を拡大すればよいのである。

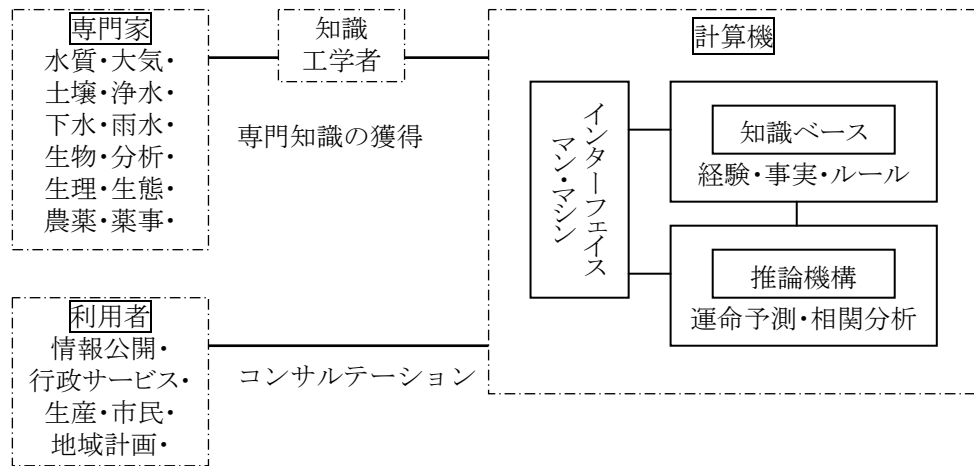


図-2 有害化学物質制御エキスパート・システム・モデル

6. 今後の課題

人への影響を飲料水経由に重点をおいて評価・制御するには、上記の枠組でリスク・アセスメント、リスク・マネージメントを行うことでほぼ所期の目的が達せられよう。しかし、個人の感受性の差異、食品・呼吸（大気）経由や、地下水への影響なども対象にすると、制御の質的・時空間的規模がさらに大きくなり、たとえば中国で使用されたHCHの揮散と飛来、遠隔海域の漁網のTBTを蓄積した魚の輸入、さらには先進国が禁止した物質の途上国への輸出等々、国際的なレベルでの環境有害物質の評価・制御も当然問題になる。まずは、有効な監視と地域モデルにもとづく地球モデルの検証が必要になってくる。

一方、有害環境物質以外にも、高密度居住、高度技術、高齢化社会関連のさまざまなリスクの胚胎が将来の都市・地域・国家・地球に想定される。これが新たな国際摩擦の誘因となる可能性が大きいので、単なる自然科学研究の蓄積を越えて、政策科学としての体系をも成熟させるべきである。

自然環境中のウイルスおよび発癌性リスクの定量化と評価の研究


住友 恒 (すみとも ひさし) 京都大学工学部教授

(略歴) 1938年生まれ。京都大学工学部衛生工学科卒業、京都大学大学院修了 (修士)。


京都大学工学部助教授を経て1979年より現職。


(専攻) 水道工学

(著書) 「水質データの統計処理」(森北出版)、「環境衛生工学」(鹿島出版会)、「水質工学」(丸善) など

1. 研究概要；琵琶湖水に潜在するリスクの評価を具体的な目的として、研究は(1)リスクの定量的推定と(2)そのリスクがもたらす健康影響の評価に大別される。多数の人々を対象とした社会的リスクについて検討を加える場合、その評価手法も重要な検討事項となる。本研究では水道水の浄化過程で重要な消化器系疾患の原因となるウイルスとその塩素消毒にともなって発生する発癌性トリハロメタン (主としてクロロホルム) を具体的評価対象としている。琵琶湖水でのウイルス数 (活性度) とトリハロメタン生成に関する実験、マウス投与実験、および評価のための数理手法の検討を主な内容としている。具体的な結果として、発癌リスクを抑制するために塩素処理の程度を低減すると、ウイルスのリスクが高まるので現状の塩素消毒法を安易に変更すべきでないことを定量的に示す事ができた。
2. リスク発生に関する実験；琵琶湖水中にウイルスがいかに生存しているかについて過去に定量的に検討された事例はほとんど無い。そこで、糞尿からの発生、汚水浄化過程での低減、琵琶湖での流下過程での低減について実験的検討を加えた。糞便からの発生については世界各国での調査結果を参考にして大腸菌数とウイルスの比率を活用した。同時に琵琶湖に流入する下水での実測によって推定値の検証を試みた。下水処理の塩素消毒直前の段階で数百/100mlを具体的目安とすることかできる。琵琶湖での流下過程でいかに低減するかについても、日光条件下で直径1.5mの円形水路でコクサッキーウイルスを用いて実験した。実験者自身がリスクに晒される危険な実験であった。いくつかの実験結果と琵琶湖南湖でのウイルスの推定結果を  示しておく。

ここで留意すべき事項として、琵琶湖周辺での下水処理状況が年々変化しつつある点、ウイルス性疾患の重要な夏期の特性など、詳細な検討は今後に残されている。現在、ウイルスに代えて、ファージによる実験を継続している。データ数を増やすことを目的に実験が容易な代替指標を採用しているが、ファージがリスク指標としていかに有用かについての検討は今後に残している。

3. リスク評価に関する実験；ウイルスを経口摂取した時の発癌リスクに関するデータは極めて限られている。ボランティアを対象とした、ほとんど生体実験ともいえる調査結果があるが、わが国では実施できない。  - 3 に示すようなアメリカでの結果を引用した。

マウスを用いた投与実験を検討しているが、その実験用の安全管理体制から未だ実施できていない。主としてクロロホルムのマウス投与による発癌実験に限定している。このトリハロメタンに関する発癌性についても未だデータは少なく、アメリカEPAによるマウス投与実験がある程度で、さらにデータを必要としている。そこで  - 4 に示すような実験施設を新設し、2カ年継続投与実験を2回実施した。

発癌性が強くないのでマウスの尿中蛋白、ポリアミン、インドール酢酸変化などの生体変調を追跡

することにも重点的検討を加えた。腎臓・肝臓の病理標本を作成したが、明確な発癌率を入手するには至らなかった。幾つかの実験結果を示しておく（図-5、図-6）。

4. リスク評価手法に関する検討；リスクを評価するための数理手法は一連のリスク評価プロセスで最も簡単な分野であり、特に大きな問題はない。リスクを決定論的に定量化するか、確率論的に定量化するかなど、むしろ社会的リスクの定義に関する検討を残す程度である。確率的に表示した結果の一例を図示しておく（図-7）。今後の問題としては、コンピュータの発達に伴い、安全性やリスクの概念が変化する可能性にいかに対処するかであろう。これまでの議論では何万人に一人などの表現をベースとしてきたか、何万人をも対象にさらにその個々の人の生涯についてモンテカルロ・シミュレーションを実施することも容易になっている。この場合独自のデータ・技法が新たに必要となろう。
5. おわりに；「リスク評価」は研究としても一つの流行の感がある。その重要性に疑問の余地はない。ただ、人の健康影響を対象とするので、そこに独特の精度が要求される。またベースとなる影響量についてはマウス実験さえ数が限られている現状で、安易な計算結果で、安易に人々に不安を与えることは慎まなければならない。その意味で、この種のリスク評価にいかアプローチすべきかに一定の成果が得られた事が最大の成果かもしれない。個々のベースデータの蓄積とシステムティックな数値処理とそこから明らかにされる個々の評価要因への要求精度の解明、この三点の連携無くして今後のこの分野の発展は期待できないのではないかと感じている。

都市域の環境中における健康影響因子の評価と制御に関する新技法の開発

早津 彦哉 (はやつ ひこや) 岡山大学薬学部 教授

(略歴) 1934年生まれ。東京大学医学部薬学科卒業、東京大学大学院修了。

東京大学薬学部助教授を経て1978年より現職。

(専攻) 核酸化学、環境変異原

(著書) 「生体と有害・発がん物質」(講談社サイエンティフィク)

「Bisulfite modification of nucleic acids and their constituents」

(Academic Press (New York)) 他

この研究は河川および大気中の健康影響因子、とくに変異原性物質を見つけることに焦点を絞った研究である。変異原性物質というのは、細胞の遺伝子に傷を与え、突然変異を起こすような作用をもった物質で、しばしば発がん性があり、ある物質が発がん性があるかどうかを判定する第一の関門—スクリーニング—として変異原性があるかどうかを調べることが行われる。

変異原性を測定する新しい技法を使うのがこの研究のポイントであるが、この研究は青色のチョークから始まった。チョークの粉を毎日吸っているので心配になり、変異原性テストをしてみると陽性であった。更に分析してみると、青い色素そのものではなく、色素に混っているごく微量の物質が変異原性が強い物質であることが分かり、これは工程を変えることによって除去することか出来た。

この青色の色素は、我々の血液の中にある赤い色素に大変良く似た化合物である。血液中の赤い色素は変異原性物質の活性を弱める働きがあることが分かっており、青色にも変異原性物質を抑制する性質があるかも知れないと考えた。そこで、この物質にセルロースをつけたブルーコットン(綿に青い色をつけたもの)をつくり、これを、ある与えられた試料の中に浸けこむと、多環性の変異原性物質を非常に強い力で吸着することを発見した。ブルーコットンは非常に吸着力が強いので、様々なことが出来る。例えば、タバコを吸うと尿中に変異原性物質が増えることが知られているが、ブルーコットンを使って尿の変異原性のテストを行うと、タバコを吸った後には急激に上り、吸うのをやめると下がることが明らかになった。また焼いた肉などには変異原性物質が含まれているが、尿・便を調べてみると、焼いた食物を食べた後にだけ変異原物質が現われることも分かった。

そこで、河川の汚染状況を調べるのにブルーコットンを利用してみることにして、岡山市内の旭川で実験してみた。これを川のなかに吊しておく、水の中に変異原性物質があれば吸着するので24時間経過してから引き出してテストするわけであるが、大体予想通りの結果が得られた。即ち上流は非常にきれいであるが、下流の工業地帯では変異原性物質が多い。

関西の淀川は旭川の一番汚染が進んでいるところより10倍以上汚染されている。とくに桂川に変異原性が高く、さらに分析をすると少なくとも4種類の強い変異原性物質があることが分かった。河川はレクリエーションの場でもあるから、変異原物質か無いのに越したことはない。これらの変異原物質を排出している原因が分かればそれをなくす方策も見つかるのではないかと期待している。

今年の7月にはアメリカのクリーブランドで国際環境変異原学会が開催された。これに出席することは以前からきまっていたが、この機会にぜひ五大湖の一つであるエリー湖の変異原性を調べようと考えた。我々の方法はブルーコットンを水中に吊すだけであるから海外での調査も容易である。ブルーコットンの改良型であるブルーレーヨンを持って行って1日吊してから水で洗い、乾燥して1週間後に持ち帰った。これを調べたところ、エリー湖も変異原物質で汚染されており、その程度は岡山市の旭川下流の

それに近いことが分かった。

大気についても変異原性テストをして調査されている人が大勢居られるが、ブルーコットンを用いると面白いことが分かった。検査をするときにバクテリアを使用するのであるが、大気中の粒子状物質でこれに吸着されないものに、検査を妨害するようなもの、即ちバクテリアを殺す作用のあることが分かった。これについては現在研究を進めている。

ところで緑色野菜に含まれているクロロフィル（葉緑素）は、ブルーコットンに用いている青い色素に化学構造が大変良く似ている。そこで葉緑素を食べれば我々の体の中に入って来る変異原性物質を取り除くことが出来るのではないかと考え、実験を行った。実験にはショウジョウバエを使い、ショウジョウバエの幼虫に発がん物質を食べさせると成虫の羽に変異が現われる。ところが飼料の中に葉緑素を入れておくと、この量に応じて変異が抑えられる。食物由来の発がん物質は非常に微量であるが、ほうれん草には、乾燥重量にして1%もクロロフィルが含まれている。緑色野菜はこれらの発がん物質をそのまま、体の外へ出す作用をしているものと考えられる。

有害化学物質による水圏生態系の汚染制御とその毒性評価に関する研究

青山 勲 (あおやま いさお) 岡山大学資源生物科学研究所 助教授

(略歴) 1942年生まれ。京都大学工学部衛生工学科卒業、京都大学大学院修了。

京都大学工学部助手を経て1977年より現職。

(専攻) 生態毒理学、水質学

(著書) 「生物濃縮—環境科学特論—」(産業図書)(分担執筆)

「用水廃水ハンドブック」(産業用水調査会)(分担執筆)

「Toxicity Screening Procedures Using Bacterial Systems」(Marcel Dekker)(分担執筆)

「湖沼汚染の診断と対策」(日刊工業新聞社)(分担執筆)

有害化学物質による環境汚染は地球的規模にまで拡大し、あらゆる生命体の存亡に関わる問題となる危惧がある。しかし化学物質による生態系の汚染及び生物に及ぼす毒性の強さや作用機構は十分に解明されていず、生態毒理学的な観点からの研究は焦眉の課題となっている。本研究は、生態系における化学物質の挙動と生物に対する複合毒性作用を明らかにし、これらの定量的な評価を行い、水圏生態系の汚染制御と管理に資する事を目的とする。本稿においては実際の生態系に近い実験系として、連続培養における藻類の増殖特性に及ぼす影響と、生態系を構成する素過程としてのPrey-predator Systemにおける重金属の移行と毒性複合作用とについて考察する。これらの研究を統合、総合化する事によって、化学物質の水圏生態系に及ぼす影響の評価に繋げる事が可能になる。

1. 連続培養系における藻類の増殖特性に及ぼす重金属の複合作用

三角フラスコを利用したケモスタットを作成し、供試藻類に*Chlorella ellipsoidea* Gerneck (IAMC27株)を用いて連続培養を行った。温度を25°Cに保持し、蛍光灯下で連続照射した。重金属(Cd、Cr)を投与後、24時間毎に藻密度、総体容積及び、藻体内に取り込まれた重金属濃度等の測定を行った。さらに10日後、新鮮培地と交換後、藻密度が回復する状況を観察した。

連続培養においては、藻の成長速度定数(RGR)は次式で表される。

$$RGR(1/h) = DR + \ln(X_2/X_1)/(t_2 - t_1)$$

ここでDRは希釈率 X_1 、 X_2 はそれぞれ時刻 t_1 、 t_2 における藻密度である。新鮮培地の流入量の調節により、連続培養の希釈率をCdについては0.02、0.05、0.1 1/hの3通りについて実験を行ったところ、クロレラの増殖阻害は、希釈率の低い程Cdの毒性が顕著に現れる事がわかった。DR=0.02 1/hのときのCd及びCrの単独投与及び複合投与時の藻密度の変化をFig.1に示す。

2. Prey-Predator SystemにおけるCdとCrの生物学的濃縮と毒性作用人工気象器の中で、庫内温度20.0°C、照度1000lx、明暗周期16/8時間に設定し、Daphniaを飼育した。CdとCrを所定の濃度となるように添加し、Daphniaの死亡数の経時変化を追跡した。又、餌を通しての重金属の間接的な濃縮が毒性強度に影響を及ぼすかどうかを検討するために、餌としてクロレラを投与する場合と、しない場合における両金属の毒性の発現強度の違いを調べた。プロビット分析法により、Daphniaの死亡率から、LC (Lethal Concentration) を求めた。実験結果をTable1に示す。

Table 1 Lethal concentrations(LC)of Cd and Cr(in ppb) for
Daphnia and effective concentrations(EC)for Chlorella

		LC10	LC30	LC50	LC90	EC50 Chlor
1ST	Cr	256.9	390.8	522.6	1063.0	1279.8
day	* Cd-nofood	5.1	95.1	724.0	103208.3	
	** Cd-food	39.7	110.0	222.8	1250.2	876.7
2ND	Cr	203.9	242.9	274.2	368.8	875.2
day	Cd-nofood	0.9	4.2	12.5	177.4	
	* Cd-food	3.9	8.6	15.1	58.8	612.6
3RD	Cr	155.1	204.9	248.5	398.4	755.2
day	Cd-nofood	0.3	1.7	5.7	114.0	
	Cd-food	3.1	4.9	6.7	14.3	685.6
4TH	Cr	100.7	152.5	203.2	410.2	583.8
day	Cd-nofood	0.3	1.4	3.8	43.8	
	Cd-food	2.8	3.8	4.7	7.8	758.7

* Correlation very low("0.72)for the Probit model

** Correlation relatively low ("0.85)

両金属の曝露時間が長くなるに従って、LCは小さくなった。餌を投与した場合としない場合とを比較すると、一般的に水中のCd濃度が低く、曝露時間が長いと、餌を投与しない場合に死亡率が高く、逆にCd濃度が高く、曝露時間が長くなると、餌を投与した方が死亡率が高くなるという傾向がみられた。一方別に行った実験からChlorellaはCdを濃縮し、経時的にその細胞内濃度が高くなる事が確認されている。これらの事から曝露時間が短いときには、餌の投与が死亡率を低め、長くなると餌に取り込まれた高濃度のCdが経口的に摂取され、毒性を高める事になると考えられる。本研究では、生態系における重要な概念の一つとして、食物連鎖をとおしての物質の移動と毒性の強度に及ぼす影響の研究の一部について述べた。

住環境における放射線被曝の低減化に関する研究 —肺臓器のラドンによる被曝の低減化をめざして—

高見 保清 (たかみ やすきよ) 立教大学原子力研究所 助教授

(略歴) 1932年生まれ。東京大学工学部応用物理学科卒業。

立教大学原子力研究所講師を経て1982年より現職。

(専攻) 放射線物理

(著書) 「Development of Large Area P-Si Surface Barrier Detectors and The Associated Charge Sensitive Preamplifier」IEEE TRANSACTION ON NUCLEAR SCIENCE, Vol.36, No.1 (1989) 他

世界の平均的な一般公衆の放射線による被曝線量は実効線量当量で年間2.5mSv (250mrem) 程度である。そのうち自然放射線によるものが21nSvであり、その約60%がラドン (娘核種) によるものである*。ラドンは呼吸作用により肺に吸収されるので肺臓器の線量当量はその数倍になり、肺癌発生のうちの無視できない割合がラドン娘核種の被曝によるものと現在考えられている。

近年日本においても住宅の気密性が高まり換気率が減少してきているが、欧米諸国では石油危機に誘起されたエネルギー節約運動から換気率が低下したこともあって、建築壁材などから散逸するラドンの量が世界的に強い関心を集めている。

本研究の目的は建築壁材から放散されるラドンの量を、現場で簡単に測定できる装置を開発することである。この装置は実装されている壁材料を破壊することなく、ラドンの放散率を壁材料ごとに測定することができ、主要発生源の同定が可能である。したがって、その壁材の除去、あるいは壁表面の塗膜処理等によってラドン放散の防止措置を講ずるのに役立ち、住環境におけるラドン被曝の低減化に寄与するものである。

この研究にあたって、我々の研究グループが開発した大面積のシリコン半導体放射線検出器を用いて、電界を利用したラドン娘核種の捕集装置を作製した。ラドンがアルファ崩壊して生じた娘核種は初期過程では正電荷をもっている。シリコン検出器を陰極として電界を印加すると、シリコン検出器の有感電極上にそれら娘核種を吸着させることができる。この装置の概念図をFig.1に示した。

* UNSCEAR (国連科学委員会) 1982年報告書

この娘核種から観測されるアルファ線のエネルギー・スペクトルは鋭いライン状を示し、ラドン、トロン、アクチノン各系列の完全な分離測定が可能となる。また空間に分布している娘核種を電界で電極上に収集するので高い感度か得られ、リアル・タイムの連続測定がなされることから短寿命の娘核種の検出も可能であるという利点をもっている。

電極間距離や電界の強さを変化させて娘核種の収集効率を測定した結果をFig.2とFig.3に示した。また石膏ボードからのラドン散逸率を測定した例をFig.4に示した。

環境化学物質による代謝変動とその制御に関する栄養化学的研究

吉田 昭 (よしだ あきら) 名古屋大学農学部 教授

(略歴) 1929年生まれ。東京大学農学部農芸化学科卒業

名古屋大学農学部助手、助教授、徳島大学医学部栄養学科教授を経て1972年より現職。

(専攻) 栄養化学

(著書) 「タンパク質の代謝と栄養」(朝倉書店、分担執筆)

「非栄養素と生体機能」(光生館、共編著)

「新栄養化学」(朝倉書店、共著)

「栄養学総論」(同文書院、共著) ほか

工業化社会の生活ではPCB、DDTその他多種多様な脂溶性の低分子有機人工化合物を摂取する機会が多い。これらの物質の化学構造、生理作用は著しく異なるがその多くのものは肝小胞体のチトクロムP450系(薬物代謝酵素)で代謝され、また、この酵素系の活性を誘導する共通の性質を有し、生体異物(xenobiotics)と総称されている。生体異物についてはこれまで主として薬物代謝、中毒学の面から研究されてきたか、みかけ上毒性を示さない低レベルの摂取の場合にも、一般に血清コレステロール濃度を上昇させる作用のあることがわれわれの研究で見出された。血清コレステロール濃度は動脈硬化の危険因子であり、生体異物による高コレステロール血症生成機構を解明するのが本研究の一つの目的である。さらに、生体異物の摂取はビタミンA、C、Eなどの必要量を増加させる作用も有し、その機構と生体異物摂取時のこれらビタミン必要量を決定し、生体異物の影響を栄養学的に制御することについても研究した。本研究で用いた生体異物はPCB、DDTなど環境化学物質が主であるが、多くの医薬も生体異物に属し、種々の面で類似した代謝的影響がある。現代日本は高齢化社会であり、成人病による有療率も高く薬剤としての生体異物の摂取は一層多くなっている。このような意味で生体異物の代謝的研究は工業化社会での問題であると同時に高令化社会の問題としても重要であると考えている。

1) 生体異物による血清コレステロール上昇機構: DDT、クロレトン、BHAなど各種生体異物による血清コレステロール濃度上昇が肝でのコレステロール合成上昇によるかどうか、 $^3\text{H}_2\text{O}$ の肝コレステロールへのとり込み、肝ミクロゾームの3-ヒドロキシ-3-メチルグルタリルCoA (HMG-CoA) レダクターゼ活性の面から検討した。Wistar系雄ラットを実験動物とし、20%カゼイン基本飼料に少量のDDT、クロレトン、BHAなどを添加して、血清コレステロール濃度を上昇させる条件で、 $^3\text{H}_2\text{O}$ を腹腔内に注射し、30分間の肝コレステロールへのとり込みを追跡した。何れの生体異物を投与した場合も、 $^3\text{H}_2\text{O}$ の肝コレステロールへのとり込みは増加し、コレステロール合成の律速酵素であるHMG-CoAレダクターゼの肝小胞体における活性は増加した。これらのことから生体異物による血清コレステロール濃度の上昇は主として肝でのコレステロール合成の増加によるものと考えられた。この際、尿中のカテコラミンの排泄も増加し、生体異物による代謝的ストレスがカテコラミンの分泌増強を通じて肝コレステロールの合成を増加するものと推定した。カテコラミンの前駆体で水に難溶のチロシンの過剰投与によっても同様に血清コレステロールの増加やHMG-CoAレダクターゼ活性g]誘導が認められた。また、PCB、DDTその他の生体異物の投与の際、カテコラミンの α -受容体の遮断剤であるフェノキシベンズアミンを同時に与えると血清コレステロール上昇は阻止された。これらのことは上記仮説を支持するものと考えられる。近年、成人病の増加と関連して、血清コレステロール濃度の上昇が問題になることが多く、コレステロールや飽和脂肪の摂取に主と

して注目しているが、工業化社会の食生活では、環境化学物質や薬物による影響も今後重要な要因として考えなければならない。

- 2) 生体異物によるアスコルビン酸（ビタミンC）代謝の変動とその生理的意義：体内でアスコルビン酸を合成できる通常ラットでは生体異物の摂取でアスコルビン酸合成が異常に促進される現象を見出したので、その生理的意義を明らかにするために、体内でアスコルビン酸合成のできない突然変異ラット（OD-ラット）を用い、飼料アスコルビン酸含量と肝薬物代謝系との関連を研究した。アスコルビン酸欠乏ラットでは、肝小胞体のチトクロムP-450量、アミノピリン-N-デメチラーゼ活性、アニリンヒドロキシラーゼ活性が減少した。生体異物の投与によってこれらは何れも著しい増加がみられたが、壊血病の予防や体重増加を最大にするに必要な飼料中300ppmのアスコルビン酸量は薬物代謝系の最大誘導には不十分で10倍量の3,000ppmの時の方が高かった。通常ラットで生体異物によるアスコルビン酸合成の促進の理由の一つは薬物代謝酵素の誘導のためと考えられる。また、人間のように体内でアスコルビン酸を合成できない動物では生体異物摂取時のアスコルビン酸必要量は増加するものと思われる。肝での薬物代謝にはP450系のほかに、フラビン含有モノオキシゲナーゼ（FMO）の関与が知られているので、飼料アスコルビン酸量のFMO活性に及ぼす影響についても検討した。FMO活性はビタミンC欠乏で低下したがP450系ほどではなく、また、生体異物による誘導に対してのビタミンC栄養状態の影響は少なかった。したがって、生体異物摂取下でのビタミンC必要量の増加は、特にP450系において重要であると考えられる。
- 3) 生体異物による過酸化脂質の生成とビタミンC、ビタミンEの効果：PCB、DDTなど、生体異物摂取により活性酸素の生成に起因すると思われるが一般に肝での過酸化脂質の増加することを見出した。この過酸化脂質の増加は食餌中のビタミンE含量を増加することにより顕著に抑制され、ビタミンCとの併用でさらに有効であった。生体異物摂取によるラットのアスコルビン酸合成増加の一つの生理的意義はアスコルビン酸によるビタミンE節約作用にもあると考えられる。
- 4) 生体異物による血小板凝集の促進：血小板凝集作用にはプロスタグランジン系物質が重要な役割を果たしており、アラキドン酸からプロスタグランジン系物質への変換にはP450酵素の関与が知られている。そこで、生体異物により血小板凝集への影響を調べたところ、PCBやDDT摂取により、血小板凝集の促進されることを見出した。この作用はシクロオキシゲナーゼの阻害剤であるアスピリンの投与で効果的に抑制されるので、プロスタグランジン生成系を通しての影響と考えられる。高令化社会の今日、脳梗塞や心筋梗塞と関係のある血小板凝集が生体異物によっても促進されることは重大な問題と考えられる。以上のように環境化学物質は生体に対し、いわゆる中毒的な影響のほか低濃度において高コレステロール血症、過酸化脂質の生成、血小板凝集の促進など成人病とも密接に関連した代謝的影響を及ぼし、これらはビタミンの摂取、その他栄養的手段によってある程度制御しうる可能性がある。今後高齢化社会の進行にともない、これらの分野の研究は益々重要になるものと考えられる。