特集

エコトキシコロジー

最近、エコトキシコロジー (Ecotoxicology) なる語を耳にするようになってきた。生態系での毒性学であろうとは推測されるものの、その実体ならびに水質汚濁との関連などについて把握できていないのが実情であろう。新語、即ち新概念とは限らないが、生態系の動態・攪乱が従前の学問分類ではつかみ得ず、新たな学際的研究の必要性からこの語が誕生したものと思う。

本特集では、エコトキシコロジーの概論、河川・湖沼・海域でのモデル系による研究成果および先日、東京で開催された国際会議“SECOTOX”の様子と今後の展望について、この分野を代表する諸先生方に御執筆いただいた。本特集が、水質汚濁研究の発展の一助とならんことを願っている。

(担当 内海英雄*)

生態化学の研究の現状**

Friedhelm Korte 監訳 後藤 幹 保

1. 結 言

生態化学 (Ecological Chemistry) は、まだ比較的新しい研究分野であり、その重要性にもかかわらず研究はほとんど行われていないと言っても過言ではない。この領域のある分野については先進工業国で取り上げられているものの、環境化学物質そのものを研究対象としている研究グループは非常に少ない。つまり、生態化学の概念には環境をシステムと見なして、その

体系の化学物質による調節機構まで追求する必要がある。このような研究は当然一研究所でなし得る業ではなく、異なる研究機関が長期間にわたって協力して研究する必要がある。

我々はまず手始めとして、人為化学物質に関し集中的に実験を行い、生態系に対する化学物質の影響の予測的評価の方法論と評価基準作成の努力をしてきた。そもそも、信頼できる予測方法があつてこそ、将来における事故や取り返しのつかない損失の回避に役立つ効果的な環境保護戦略をうち立てることができるのである。

今日見られる分析機器は、環境化学物質の局所的濃度を検出し、それを減らすか取り除くための対策をたてることを可能にしてくれるものの、実際には有害物質が広範囲に分布している場合となると、仮にもその濃度を有害閾値以下に下げるには莫大な費用がかかる。もし今日の先進技術が将来とも長い間利用されねばならないとしたら、将来は広範囲に使用しても、ヒトをも含めた生物圏全体を害することのないような化学物質を優先的に使用すべきである。従って、生態化

Friedhelm Korte
b. 1923, Bielefeld, West Germany.
University Professor ; Head, Institut für ökologische Chemie
der GSF München

Miki Goto
学習院大学理学部教授 理学博士

* Hideo Utsumi, 昭和大学薬学部, 本誌編集企画委員

** Ecological Chemistry — State of the Art, 昭和60年9月12日受理

学の目的は、この種の基準を確立するための研究にあるとすべきだろう。ここでは、生態化学を生態診断と生態救護に分けて論じる。

2. 生態診断 (Eco-diagnostic)

1つ1つの環境化学物質の生態診断については、問題の化学物質の一連の要素と特性を知る必要がある。その基本的なものをいくつか挙げると、次の通りである。

- 生産量
- 使用形態
- 環境中での分布
- 環境中への分散と蓄積
- 生態毒性と毒性
- 持続性と分解性
- 化学反応

ある化学物質の生産量の範囲と環境中での存在状態がわかれれば、限られた研究能力からしてどの化学物質を優先研究対象にすべきかの順序を決める助けとなる。また、たとえば室内で使われるか野外で使われるかといったその使用形態がわかれれば、環境中のその分散の様態と結果を推定することができる。あらゆる化学物質は、その最終的消費の後には、いずれの形であれ、間違いなく環境に入り込む。環境化学物質のこの拡散のメカニズムは、その使用形態に加えて、その物理化学的特性と環境コンパートメント中の運搬メカニズムによって基本的に決まるのである。

その次の生態診断パラメータは、生態系と化学物質の相互作用に関するものである。動植物起源の有機体中への物質の浸透と蓄積は、それが環境に及ぼす潜在的危険性を評価する基礎となる。またここには、その毒性と生態毒性も含めるべきで、これらの特性は、それぞれ単一種試験と明確に定めた複合試験によって調べることができる。後者においては、生態系モデル中の直接、間接の変化を、物質の毒性の尺度として考慮しなければならない。

環境中の化学物質の挙動の質的予測については、我々は5種の試験からなる試験システムを開発した。ここでは、藻類、魚、活性汚泥、ラットの短期間試験における化学物質の浸透、蓄積、分解および吸着面における光分解を測定する。この試験システムは、これまでに100にのぼるモデル物質を試験したが、化学物質の蓄積と分解に基づくデータを提供してくれるので、それによって化学物質の生態毒物学的な有害性を相対的に評価することができる。蓄積率が高く分解率の低い物質(例:ヘキサクロロベンゼン、2, 5, 4'-トリクロロビフェニル等)は、蓄積率が低く分解率の高い

物質(例:マレイン酸、ハイドロキノン)よりも、潜在的に危険度が高い¹⁾。

この試験システムを使って試験した物質のうちのいくつかを、複合的な自然の生態系に使用して、両者の結果の比較を試みた。アトラジン約1 ppmを、仕切りで分けした天然の池に使用したところ、約30日で水中の O_2 と H^+ の濃度がかなり低下した。同様に、多種にわたる植物プランクトンにおいても、アトラジンを付加しなかった区分に比べ、同様の傾向が見られた²⁾。

また、自動化可能なシステムを使って酸素の生産と消費を測定することにより、異種生物を通して、植物プランクトンへの影響のみを描き出す試験方法も開発できた。この試験方法は、実験室にも天然の水系にも適用できるという点や、1~2日で結果がでるという点も長所である³⁾。

トウモロコシを栽培している場所のライシメーターに、アトラジン約1 ppmと洗剤約1 ppmを一緒に加えると、アトラジンの流動性と土壌中のその代謝産物を増大させる結果になった⁴⁾。

生態系における物質の滞留時間は、生命学的にも非生命学的にも、その持続性と分解性によって決まる。持続性の高い化学物質は特に、土壌中の生分解性が低い。一見したところ、持続性が低く分解性の高い物質は、長い期間にわたって環境に蓄積することがあり得ないから、こうした物質の方が環境には好ましいと言えそうである。

しかし、逆に低持続性を示す化学物質が、しばしば反応性に富み、生化学的にも活性であることは、有機リン酸、カルバミン酸塩、エポキシ化物、過酸化物アルデヒド、アルキル化物などをはじめとする一連の物質群から知られる通りである。こうした物質またはそのフラグメントは、“抽出不能残留物”の形で有機体や生態系に入り込み、それらに継続的な不均衡を招き、遺伝子上の変化まで引き起こすおそれがある。

最後に、化学物質の分解過程では、時には安定した中間産物(代謝産物)が生成し、これがまた新たな環境化学物質になることもあり、このような反応形態を知ることが、生態診断の不可欠な要素である。

エチレンとプロピレンのビスジチオカルバミン酸塩は、野菜やホップの栽培で、殺菌剤として使われている。この物質の温血動物への毒性は比較的少ないものの、処理過程で形成されるその代謝産物すなわちエチレンとプロピレンのチオ尿素(ETU, PTU)は動物実験で発ガン性ありと出ている。醸造工程を調査したところ、ETUとPTUはビール製造中に形成されることがわかった。1979年に行われた市販ビールの分析では、FAOの対農産物勧告基準が0.01ppmなのに対し、

0.05から0.26ppmの濃度のETUが検出されており、その翌年ホップへの殺菌剤散布の基準が厳しく守られて、初めて、少数の例外はあれ、ビール中のETU含有量が0.01ppmにまで低下したのであった⁹⁾。

分解反応については、対流圏下での環境化学物質の光安定性も調べねばならないが、この時間のかかる研究の進行を速やかにするため、gasphase mass analyser システムが開発された。このシステムは揮発性環境化学物質の対流圏における光化学反応を分類するのに非常に適している。

このシステムの長所をまとめると、次の通りである。

- (1) 試験容量の多様性
- (2) 様々な温度下で使用可能
- (3) 様々な気体を使用可能(とりわけ NO₂, SO₂, O₃ および炭化水素)
- (4) 気体混合物の直接的識別と定量ならびに中間生成物の特徴づけが可能

さらに、量子収量の測定も行うことができ、その場合は単一波長光源を使ってもよい。多くの気体について、その検出限界が1 ppm以下なので、このシステムは、様々な環境コンパートメントにおける有機化学物質濃度の直接測定に適している。

塩素化炭化水素が環境中の濃度で反応性分子種と反応すると、過酸化物のような生成物に変化することがわかっている⁷⁾。光化学的または生物学的に形成された反応性酸素種の生物学的巨大分子(例: DNA/RNA)への関与も、量的質的ともに、これまではあまりにも無視されてきたと言えよう⁸⁾。

DNAの光誘導反応では光化学反応で形成される過酸化物が、変形の主要因であることが確かめられた。さらに、得られた結果から見て、ある種の細胞成分が存在すると、DNAがO₂の形成を導くことが多く、このO₂が次に遺伝因子と反応して極性最終生成物を作ると考えられる。

以上のような条件下で、人間以外の霊長類に関する研究がここで非常に重要となってくる。動物種を使った実験の結果というものは、化学物質の濃度をむやみに高くして行っていることが多いし、そうした動物種の生化学的挙動も人間とは異なるから、概して人間に当てはめることができない。一方、環境中の濃度水準の化学物質で行い、従ってより好都合な放射性標識化合物(¹⁴C)を使える実験研究なら、人間にももっと適用できる結果が出せるはずである。また、このような方法での研究は、ごく少数の実験動物の使用でこと足り、しかも動物を実験のためむやみに苦しめることがないという利点もある⁹⁾。

従って、将来は、これまで行われていた齧歯類での

研究に取ってかわり、より高度な動物を使ってよく計画されたin vivoの実験が対応するin vitroの研究と組み合わせ、化学物質の生物学的影響の評価に利用されることになるだろう。

一方、環境化学物質と生態系の相互作用を描き出すには、生態診断試験システムが開発されねばならない。

さらに、そこに存在する生態系における化学物質の蓄積現象を、信頼できる手法で明らかにすべきである。ある種の動植物体は、その環境に比してかなり高い蓄積能を示すから、特にこの種の研究に適している(例: bird eggs)。このような“生物指標”(bioindicator)を利用すればその地域に関連させて環境というスクリーンの化学的質面を描き出すことができると思われる¹¹⁾。環境の化学的質の傾向を過去にさかのぼって観察するためには、いろいろの環境標本が長期間、ごく低温で(-140°C)で保管されている。それらを、後の世代に得た環境標本と共に比較再分析し、結果を検討すれば(指紋法)環境の化学的質における何らかの変化を知り得るだろう。ここにおいて、生物体中に現存する化学物質の濃度水準の変化ならびに新たな濃度水準の存在が明らかにされ得るのである(環境標本バンク)¹²⁾。

3. 生態救護 (Eco-salvatology)

生態救護という複合問題は、比較的最近になって検討され出したものなので、今のところ、生態予防(Ecoprophylaxis)と生態治療(Ecotherapy)の潜在的可能性は、まだ徹底的に調べ上げられていないことはもちろん、近い将来に、環境を健全に保つすべての可能性がくまなく認識され、実行されることはあり得ないだろう。なにしろ、生態圏内の多くの相互作用が、まだ十分につきとめられていないのである。従って、次に列挙する生態救護手段は、我々の今日の知識に基づく予備的なものでしかなく、今後も新たな研究結果に沿って、絶えず見直さなければならないはずである。

- 生産過程中的放出の回避
- 工業的不純物の回避
- 散布技術の改良
- 環境に調和的な製品による既存製品の代替
- 廃棄物処理の改善
- 特殊手段(物理的, 化学的, 生物学的)による土壌改良

上記の諸点のいくつかは、全く目新しいものではないし、ある分野では既に実行されているものの、生態救護の分野では、まだ十分に行われたことはない。次に1つ1つを取り上げて諸方向から検討してみることしよう。

生産過程中の放出の回避

概して、化学反応は、定量的ではなく（参考：工業的不純物の回避）、むしろ、望ましくない副産物が生じ、それが物理化学的特性に応じて、排水や固体廃棄物中に混在しうる。

個々の工場について、こうした成分がよくわかっていることもある。この種の放出は、局所的に起こる。その回避は科学技術の問題であることも多いが、むしろはるかに財政面が問題となっている。しかし、まだ科学技術的または政治的面で解決されていない分野もある（参考：廃棄物処理の改善）。この点、化学肥料がそのいい例である。長期的土壌汚染を避けるため、リン酸肥料はリン酸塩鉱石からのカドミウムを含んではならないことになっており、これを取り除く方法が既にいくつか確立されている。しかし、この問題は技術的にも政治的にも解決されたとはとても言いがたいのである。

一方、科学的、技術的理由で、他に方法がないという時には、生産工場や施設をすべて閉鎖させるといった思い切った放出予防措置が必要となることもあり得る。その一例が、ハンブルグの TCDD 放出工場の閉鎖である。この点、付け加えねばならないのは、どの工場も故意に TCDD を生産しているのではないということである。TCDD は、概して望ましからざる副産物であるが、数多くの“自然”のプロセス中でも、低濃度ながら形成されているのである¹¹⁾。

工業的不純物の回避

通常、工業製品は、100%純粋な成分からできているわけではない。目的の主要生産物は、多かれ少なかれ、望ましからざる原料と中間産物によって汚染されている。このような原料と中間産物は、毒物学および生態毒物学的視点からいうと、主要生産物が有害でないにしても、かなりの程度の有毒性をもち得るのである。この代表的な例が、ポリ塩化ビニル（PVC）中の単量体不純物である。PVC は生理的には全く不活性であるのに対し、乳化剤（E-PVC）や重合触媒（促進剤等）の単量体不純物は、生態毒物学的視野からは、いずれも同じように非常に重要である。こうした例を挙げ出したらきりが無い。意図せぬ不純物の他に、工業製品は、その工程上必然的な理由から、Toxaphene（150以上異性体）やポリ塩化ビフェニルの事例にも報告されている通り、成分もわからないような多数の異性体を含んでいることがしばしばある。

従って、不純な生産物が中・長期的に環境を害することがもはやあり得ないようになるまで、技術的工程の最適化を追求すべきである。工程の最適化が実現し得ないなら、そのような不明確な製品は市場から撤退

させるべきであろう。西ドイツでは検討の末、結局、Toxaphene の禁止に至っている。

散布技術の改良

従来の散布法を使った場合、散布した植物保護剤の50%は、目標の生物まで届かないのである。従って望みの効果を得るには、倍も余分に散布しなければならないわけである。この余分がさらに環境を汚染し、残留物の形で食料にまで入り込む。そこで、散布した化学物質を目的の散布域内にとどめ、同時に散布量も必要最小限度に減少させ得るような散布法が開発されねばならない。殺虫剤については、散布器具の改良（低散布量）、そして長期間作用しつづける緩徐作用型（slow release）の殺虫剤（抑制的作用法、緩徐作用法）とを通じて、散布量の縮小が検討されている。その他の例は、溶剤が生態圏に放出されるのを防ぐ無溶剤塗付法などである。

農業における殺虫剤を環境に適合させるため、活性成分を含む合成物質が開発されている。合成物質から、活性成分が拡散を制御されつつ移動して、これにより活性成分の散布を広めるというものである¹³⁻¹⁵⁾。この方法では、樹脂をシートおよびロープ状に押し出し成型する際、農薬をそこに混入することになる。実用試験では、抑制作用型殺虫剤の効果が、シートを使った初期野菜栽培や、流水での致死量以下の持続性除草剤濃度での水草の管理、ならびに持続的低濃度での水系での殺虫剤の使用において証明できた。

環境調和的製品による既存製品の代替

初期的には、天然生産物（紙、木材、皮革等）のみが主に人間の使用するところであり、これらはおおむね環境調和的であった。その後、時代が進むにつれて、これらがもっと安定な合成製品に取ってかわられていった。合成製品は、その利用上かなり大きな利点があるが（例：プラスチック）、その代わり環境調和性は低くなる（高持続性）から、現在のような問題を引き起こす結果になった。今や、もう一度それを天然、半天然の製品に変えるべきであろう。

生態化学と生態毒物学の研究は、この点について根本的な原理を提供してくれる。言うまでもなく、ここで、特に重要な関心事は、代替製品が使われる得る分野についてである。利用が開放的か短期的な物質は、持続性が望まれる長期使用の製品より代替優先度が高い。

既存の化学物質は新規化学物質に課せられた試験を免れることが多いが、このような既存物質の生態毒物学的有害性を容易に識別できるように明瞭で簡単な試験方法を開発しなければならない。なにぶんにも、既存化学物質をひとつ残らず調べるということは、労力

の点からも費用面からも実行不可能であるので、簡単な試験法の開発は不可欠である。

廃棄物処理の改善

あらゆる製品は、最終的に使用された後は、廃棄物の形で、管理された手段を通じて、あるいはそのまま無管理のまま環境に入り込むことになる。現在使われている廃棄物処理技術は、廃棄物を局所的に集中するか(廃物置場)、還元処理(汚水処理、廃棄物焼却および廃棄物堆肥化)により有用産物(エネルギー、堆肥/土壌改良剤/肥料)を得る努力がなされている。

このほか、再生により有用産物を得ることをもくろむ廃棄物処理法は、今までのところまだ2、3の分野で確立されたにすぎず、それも、高品質で均質の“廃棄物”が得られ、大量高転換水準の可能性が存在する場合にのみ限られている(スクラップ金属、ガラス、再加工工業の“廃棄物”:紙、砂金、プラスチック、スクラップ等)。

汚水処理場での廃水処理を含む廃棄物処理技術の現状では、問題のある持続性化学成分をそれぞれ完全に最終的に除去し得ていない。むしろ、大型廃棄物処理場は、それ自体が新たな環境汚染源となる可能性すら示している。廃物の山から、化学物質が浸出水により地下に運ばれ、地下水路を通して環境に浸入する。処理場での廃棄物焼却中には、熱分解条件下で、元々は無害だった物質が、フライ・アッシュと結合した生態毒物学上の危険性の高い揮発性の気体または固体の産物を生成し、これが、大気や浸出水を通してフライ・アッシュの山から土壌体系へと浸入し得る。また、廃物堆肥化は、必ずしも重金属や持続性有機化学物質を“分解させる”ことができるとはかぎらない。汚水処理場にも同じようなことが言え、たとえば、“土壌改良剤”(廃物堆肥、汚水沈殿物)を使用すると、農業上有益な土地に大幅な負荷を与えることになる。

それ自体は塩素を含まない廃棄物を、元来は無機的な塩素ドナーの存在下で焼却すると、高度に塩素化した有機化合物がかなり大量に形成される結果となる。たとえば、ポリエチレンを塩化ナトリウムの存在中で焼却すると、燃焼ガス中に数 ppm の塩素置換ベンゼン(クロロベンゼン10ppm からヘキサクロロベンゼン0.005ppm まで)が検出され得る¹⁶⁾。

廃棄物処理技術を通して環境負荷を回避するか除去するためには、この種の処理場から環境への放出をその質・量そして作用面から調査すべきである。また、実際の処理場からの放出物の分析調査のほかに、実験室やパイロットプラントによるシミュレーションモデルの研究、さらには放出物質の生態化学的、生態毒物学的研究も合わせて実行すべきである。

既知の方法による研究ではあるが、新しい処理技術も、その技術面が生態学的に見てうまく実行し得ることを時を移さず証明しなければならない。これは、適切な処理法と、内部地質学的組成に従った。分解不能、変換可能な有害廃棄物、重金属などの処理も含めてのことである。その際、放射性廃棄物について既に開発され成功した技術をうまく利用することもできるかもしれない。ただし、化学廃棄物は、放射性廃棄物と違って特性が多様なので、処理法も広範な幅をもたせる必要がある。廃棄物が生物圏を害さないようにするためには、安全性解析のための体系研究を通して、安全な処理場所を見つけ出さねばならない。放射性廃棄物については既に機械工学的見地から処理方法が開発されているが、これは生物圏への有機化合物の移動の防止にも効果を発揮するように拡大、実用化されるべきである。

特殊手段による土壌改良

近年の地表面での人類活動は、必然的に土壌の天然組成を変える。農業では、はるか以前からこのことが考慮に入れられており、将来の生産を保証するために、土壌には肥料が補給されている。しかし、そのために過去には、過剰施肥(窒素負荷)、望ましからざる汚染の誘発(リン酸化学肥料または汚物沈泥によるカドミウム負荷)、そして植物保護方法(持続性殺虫剤、結合残留物)において過ちが犯されたのである。

現在の知識に照らすと、土壌改良の可能性は比較的限られている。特に、空気と水を清浄に保つのに利用できる現在の技術は、土壌に応用するかぎりほとんど効果がない。

こう考えると、特に優先すべきは陸地体系の環境を保護するための研究である。陸地体系をその利用中の損傷から守り、それが既に表れてしまっている場合には、特殊な手段を通してそれを取り除くような戦略を開発しなければならない。

4. 結 語

最初は小さな分野であった生態化学も、15~20年を経て、今や重要研究部門の1つに発展した。この間、多くの問題点が指摘されており、その中のいくつかは、完全に解決され、また次の世代の課題として残されるであろう。一方、この学問の重要性は、世界的にみとめられるところとなり、多くの人々を促して、環境の化学的質の調査に努力を向けさせた。このため、今日、我々の前には把握しがたいほどのおびただしい分析データがある。しかし、今ほんとうに必要なのは、こうした大きなデータベースをさらに拡大させることなく、むしろ慎重に選択されたモデル研究であり、

我々が環境に導入している化学物質の優先性の決定である。そして、これが達成されて初めて、我々は我々を取り囲む環境の質的变化を研究するための、合理的、かつ意義深く、また実用的な研究に取りかかることができるだろう。さらにこれに続いて化学物質使用の結果の予測研究が行われるべきである。(近藤敦子訳)

参 考 文 献

- 1) D. Freitag et al., Ecotoxicological Profile Analysis, VII. Screening Chemicals for their Environmental Behaviour by Comparative Evaluation, *Ecotox. Env. Safety* 6, 60 (1982).
- 2) J.P. Lay et al., Longterm Effects of the Herbicides Atrazine and Dichlobenil upon the Phytoplankton Density and Physicochemical Conditions in Compartments of a Fresh-water Pond, *Chemosphere* 13, 821 (1984).
- 3) L. Peichl, Dissertation. Ludwig Maximilians Universität, München (1984).
- 4) I. Scheunert et al., Interactions in the Fate of Chemicals in Terrestrial Systems, *Ecotoxicology and Environmental Safety* (in press).
- 5) A. Behechti et al., Verhalten von Carbamaten und deren Umwandlungsprodukten bei der Bierherstellung, *Inst. Kolloquium* (1980), Institut für Ökologische Chemie, 8-599.
- 6) H. Parler et al., Gasphase-Massenanalysatorsystem zur Bestimmung der Photostabilität organischer Verbindungen unter simulierten troposphärischen Bedingungen. *Fres. Z. Anal. Chemie* 315, 605 (1983).
- 7) S. Gäh, W.V. Turner, Zur Photooxidation von Chloroform: Isolierung und Charakterisierung des Trichlormethylhydroperoxids. *Angew. Chem.* (in press).
- 8) R. Baumann et al., The Role of the Reactive Oxygen Species During the UV-induced reaction of DNA. *Z. Naturforsch. Teil B*, (im Druck)
- 9) W.F. Müller, F. Coulston, F. Korte, The Role of the Chimpanzee in the Evaluation of the Risk of Foreign Chemicals to Man. *International Symposium: Bioavailability of Environmental Chemicals*, 12-14 Sept. 1984, Schmalenberg-Grafschaft.
- 10) EPA, personal communication.
- 11) F. Korte, Entwicklung eines Routineverfahrens zur flächenbezogenen Überwachung persistenter Chlorkohlenwasserstoffe und Schwermetalle durch tierische Bioindikatoren. Abschlussbericht zum FE-Vorhaben 106 07023 (GSF/FE 77215) des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz 12.10.1984
- 12) I. Gebefügi, Environmental Specimen Banking—Conceptions and Realization of National Specimen Banks. 2nd Intern. Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region, Heraklion, Griechenland, 6.-9. 9. 1983
- 13) M. Bahadir et al., Pestizide Polymere, Untersuchungen der Herstellungsparameter pestizidhaltender LDPE- und EVA-Folien. *Angew. Makromol. Chem.* 116, 139 (1983).
- 14) M. Bahadir, Pestizide Polymere IV: Untersuchung pestizider controlled release Formulierungen mit LDPE und EVA. *Chemosphere* 12, 1327 (1983).
- 15) A. Siegmann et al., Controlled Release of Protham from Plastic Granules. *J. Appl. Polym. Sci.* 22, 1015 (1978).
- 16) E.S. Lahaniatis et al., Bildung von chlorierten organischen Verbindungen bei der Verbrennung von Polyäthylen in Gegenwart von Natriumchlorid. *Chemosphere* 10, 1321 (1981).

河川モデルによる生態系攪乱の研究*

安 野 正 之

Masayuki Yasuno

昭和33年 東北大学理学部卒業
39年 同大学大学院修了
40年 コロンボプラン派遣専門家
42年 世界保健機関
49年 国立公害研究所
理学博士

〔趣 味〕 テニス

1. はじめに

河川モデルが何故必要なのか？ 当初は比較的単純な動機であった。即ち、河川に生息する生物を止水で飼育することが困難であったことが1つの理由である。例えば、自然の河川から水を導入して屋内の水路に流すことは魚の孵化場でよく使われている。この孵化用水路は後述するようにこの論文の本題のためにも利用されている(Maki, 1980)。殺虫剤がどの濃度で非

* Artificial Rivers for Perturbation Studies, 昭和60年7月31日受理