平成９年度環境庁委託
持続可能な開発支援基盤整備事業

水環境保全技術研修マニュアル
技術移転手法

平成10年３月

社団法人 海外環境協力センター

序

現在、開発途上国が直面している環境問題の特徴は、我が国が高度成長期に経験したような深刻な公害の発生に加え、地球規模の環境悪化が同時に起こっていることであり、人材不足、技術不足、資金不足の中で環境問題をいかに克服するかが緊急の課題となっている。その一方で、貧困から抜け出すために、経済開発を求める圧力はより増大している。

このような状況において、開発途上国の環境保全の推進のためには、我が国をはじめ先進国の支援は欠くことのできない要素となっている。その支援の一環として、我が国からも多くの専門家が途上国へ派遣されているが、派遣された専門家は相手国で様々な問題に遭遇する。それらは環境保全の技術移転そのものに関する問題はいうまでもなく、ことばの問題、習慣や文化の違いあるいは環境保全の推進を困難にする制度の不備等である。

派遣された専門家は、このような様々な問題をひとつひとつ乗り越えながら、限られた期間内に技術移転を行うことになる。そのため、既に派遣された専門家の貴重な経験を集積し、後続の専門家に伝えていくことにより、今後の我が国の技術移転の質を高めていくことが期待される。

本テキストは、このような背景を受けて、開発途上国で深刻な問題となっており、我が国に対する技術移転の要望が多く出されている水質保全分野について、これまで派遣された専門家による技術移転事例をまとめたものである。本テキストが、開発途上国における我が国による環境分野の技術移転の現場はもとより、国際環境協力専門家を養成するための研修等においてご活用いただければ幸甚である。

このテキスト執筆は、水環境保全分野で開発途上国へ派遣され、技術移転を行ってこられた専門家の方々にお願いした。執筆をいただいた各位に対して厚くお礼申し上げる次第である。

平成10年3月

社団法人海外環境協力センター
理事長　渡辺　修

目　次

項目　　頁

【タイにおける水質保全技術移転事例】

Ⅰ．タイ環境研究研修センターにおける水質浄化研究　星野弘志 …… 3

Ⅱ．ERTC の排水処理研修と研究開発　松井義雄 …… 18

Ⅲ．研究所における実験系排水の管理技術の移転　安藤晴夫 …… 29

Ⅳ．有効微生物の導入によるエビ養殖汚濁排水の浄化技術の移転　森下日出旗 …… 45

Ⅴ．水生昆虫類を用いたタイ上流・中流域河川の環境評価法の技術移転　吉安 裕 …… 49

【中国における水質保全技術移転事例】

Ⅵ．水中の有害有機物の分析法　高橋保雄 …… 67

Ⅶ．中国の水質汚染と対策　播磨幹夫 …… 93

Ⅷ．中国への水環境保全技術移転マニュアル　藤野清治 …… 123

【インドネシアにおける水質保全技術移転事例】

Ⅸ．インドネシアの水環境調査と効果的な技術移転手法　白山 肇 …… 135

Ⅹ．水質汚染モニタリング技術の移転　鈴木明夫 …… 183

Ⅺ．統計的手法を用いるデータ解析技術の移転　岩田英夫 …… 195

執筆者一覧

(平成９年度末現在)

執筆者名	現　職	執筆箇所
星野弘志	埼玉県環境生活部環境政策課主査	I
松井義雄	名古屋市環境科学研究所主任研究員	II
安藤晴夫	東京都環境科学研究所基盤研究部主任	III
森下日出旗	大阪生物環境科学研究所所長	IV
吉安 裕	京都府立大学農学部助教授	V
高橋保雄	東京都立衛生研究所環境保健部水質研究科主任研究員	VI
播磨幹夫	資源化工環境工学研究所所長・技術士	VII
藤野清治	日本アルシー(株)代表取締役	VIII
白山 肇	富山県環境科学センター副主幹研究員	IX
鈴木明夫	日本鋼管テクノサービス(株)技術情報事業部調査研究部部長	X
岩田英夫	日本鋼管テクノサービス(株)技術顧問	XI

【タイにおける水質保全技術移転事例】

Ⅰ．タイ環境研究研修センターにおける水質浄化研究

■1995.5～1997.3，タイ王国，タイ王国環境研究研修センタープロジェクト，長期派遣

星 野 弘 志

1 BOD 測定法の精度管理と応用

1.1 はじめに

水質分析に関する仕事に携わっている者にとって BOD ほど馴染みの深い分析法はないのではないか。誰でも一度は分析を行った経験があり、ほとんど高度な分析機器は使わないことから、基本的な分析の一つとして位置付けられている。しかし、一方で、その精度管理がいかに難しいものであるかを認識されている方も多いと思う。ちなみに、**表 2.1** は非常に古いデータではあるが、我が国の 25 か所の分析機関において実施した BOD 共同実験の結果である。各分析機関間のバラツキがいかに大きいかがうかがえよう。

表 2.1 BOD 共同実験結果（環境分析技術協会　1973 年 5 月）

試料の種類	工場排水	河川水	人工下水
分析機関数　(か所)	25	25	25
最　大　値 (mg/l)	71.0	42.9	264
最　小　値 (mg/l)	27.0	6.0	58.5
平　均　値 (mg/l)	41.4	16.2	143
標　準　偏　差 (mg/l)	10.8	8.1	37.4
変動率　(%)	26.1	50.0	26.2

さて、筆者が派遣されたタイ環境研究研修センター（以下、ERTC という。）でも、BOD は基本中の基本の分析として、テクニシャンやテンポラリー職員が担当するルーチンワークの中に位置付けられていた。しかし、筆者が担当した排水処理の分野においては、排水の特性や処理施設の評価を行う場合に BOD は必須の分析項目であり、ERTC における分析実態とその精度に専門家として関心を持たざるを得なかったし、また、研究員にも大いに関心をもってもらわなければならないと感じていた。

ここでは、効果的な技術移転という尺度からは少しズレているかもしれないが、基本的な事項にもう一度目を向け、研究員だけでなくテクニシャンやテンポラリー職員を含めたスタ

ッフ全員に行った技術移転として標記の事例を紹介する。

1.2 BOD 分析の実態

まず、排水処理担当のテクニシャンやテンポラリー職員が行う BOD 分析とその分析野帳をつぶさに観察した。その結果、以下のような問題点が見い出された。

・DO の分析方法は滴定法で、1 サンプル、1 ボトル（300ml）で実施され、希釈倍率も 1 段階か、2 段階の場合が多い。この結果、時として異常と思われるデータが出ても、それをオミットする評価対象がない。（滴定法の場合、DO_0 と DO_5 でサンプルを 600ml 使ってしまうため、トリプレットによる測定の異常値補正が行い難くい。また、希釈倍率については、テキストにある簡単な希釈率換算表を用いて決定しており、最も重要な部分でありながら、あまり考慮されていない。）イ.希釈倍率が適正でない場合が多く、5 日間の DO 消費量が標準分析法の規定値（3.5～6.2mg/l 以内、DO_0 値の 40%～70%）から逸脱する場合がかなりある。
・SS 分の多いサンプルなどについても、その分取方法が雑であり、均一性のある分取が実施されていない。
・規定値からかなり逸脱した値についても、研究員にそのまま報告され、研究員は、分析の実態にはほとんど関心をしめさず、それを正規データとして用いる場合がある。

1.3 テクニシャン、テンポラリー職員との悪戦苦闘

カウンターパートである課長と研究員に前述の実態を説明し、スタッフ全員でその改善に取り組むことを確認した。しかし、あいにく研究員が日本研修に 3 カ月間出かける時期と重なったため、とりあえずは筆者とテクニシャン、テンポラリー職員の 4 名で取り組むことにした。研究員不在中の専門家の予定を所長に説明したところ、BOD はもういいから、今までに技術移転を受けていない分析を教えて欲しいという要望が出された。そこで、前々から話題になっている 30℃における BOD の研究を指導するということでなんとか了解を得た。

ア.DO メーターの導入

滴定法一本やりの分析でなく、DO メーターも併用することが必要であると感じたので、携行機材費で BOD 測定専用のスタラー付き電極を現地で購入し、既存の DO メーターに接続し、BOD 測定に応用することとした。そして、まず DO メーターのゼロ点とキャリブレーションの確認を行わせた。キャリブレーションは当該器は空気校正であったため、飽和液の DO 値との比較で校正の適正さを確認させた。次ぎに滴定法と DO メーターの相関をチェック

させ、DO メーターが十分に信頼性があることを確認させた。

イ.BOD の測定原理の説明

テクニンシャンとテンポラリー職員は英語がほとんど通じないため、カタコトのタイ語と図解、絵ときで BOD の測定原理をなんとか説明した。特に、BOD は微生物、汚濁物質（エサ）、溶存酸素の 3 者のバランスに考慮することが基本であり、なぜ 5 日間の酸素消費量が規定値の範囲に入ることが重要なのかを理解させた。図 2.1 は筆者が説明に使った絵の一部であり、その後、研究員が研修等で講師をする場合の講義材料に引き継がれた。

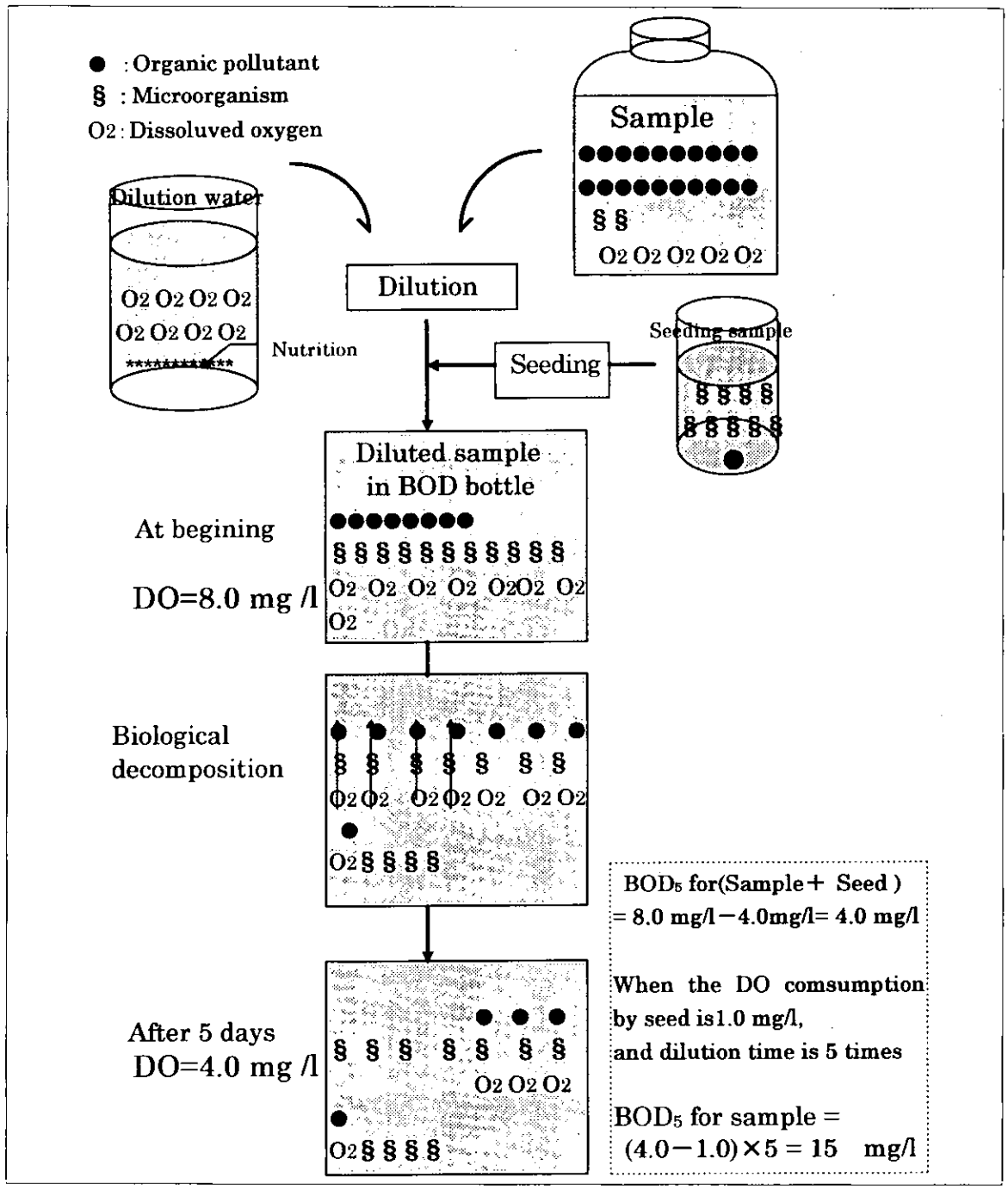


図 2.1 BOD 測定法の概念図（説明用資料）

ウ.分取方法の適正化

SS 分の多いサンプルは、マグネチックスターラーで撹拌しながら、サイホンで分取する方法を指導した。また、ある時、30ml の試料を分取するのに、50ml 程度のメスシリンダーを使わずに、5ml のスポイトで6回吸い取っているところを見つけ、その場でスポイトで6回吸い取った量をメスシリンダーで計量させ、いかに誤差が大きいかを確認させた。各種計量器具の目的に応じた使い分けは分析の基本であるが、テンポラリー職員などが多い所では、時々チェックする必要がある。

エ.BOD 値の予測と希釈倍率の決定方法

今まで、あまり熟慮されていなかった希釈倍率がいかに重要であるかを説明するとともに、BOD 分析に先立って行われることが多い、COD(Cr)や TOC の値との相関から BOD の範囲を予測することを教えた。また、手軽に利用できるパックテストによる COD の値の利用も導入した。

さらに、生下水などのように、予測値がしぼり難い場合は、希釈倍率を3段階程度に増やすこと、3本のボトルをつかってトリプレットの測定を行うことも併せて指導した。

希釈倍率を決める際に、筆者を含め4人がそれぞれ、BOD 値を予想し、5日後に誰が一番近いかを競う合うなどゲーム感覚で分析を楽しめる雰囲気にも配慮した。

オ.標準物質による技術判定試験

JIS には、標準物質（グルコース・グルタミン酸）による技術判定法が示されており、一通りの技術チェックが終わったところで、トライしてみることにした。この分析は前述のように 30℃における BOD の研究の一環として、20℃と 30℃における BOD 値（BOD_3、BOD_5、BOD_{10}）を比較する形で実施した。その結果、30℃の BOD の特性や測定上の問題点などについて若干の知見を得たが、その内容についてはここでは省略する。なお、30℃の BOD に関する技術移転については、インドネシア EMC の白山専門家が紹介しているので、そちらを参照されたい。

標準物質による BOD 測定は、まず植種液の BOD 値を予測し、その添加量を調整し、植種液による酸素消費量も全体の酸素消費量もそれぞれの規定条件の中に納めなければならない。標準物質の 20℃にける BOD_5 の適正値は 220±10 mg/l とされており、**図 2.2** は、スタッフが取り組んだ試験結果である。初めはかなりはずれでいたが、徐々に適正値に近づいていく様子がうかがえよう。

(mg/l)

		200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
適正値	２２０±１０			←	→						
第１回	２４４					○					
第２回	２８８										○
第３回	２３３					○					
第４回	２６７							○			
第５回	２０９		○								
第６回	２１８			○							

図 2.2 標準物質による BOD 技術判定試験の結果

1.4 研究員の意識の変化

自分のスタッフであるテクニシャンとテンポラリー職員が熱心に分析技術向上に取り組んでいる姿を見て、研究員の意識も徐々に変化した。また、前述のとおり、ERTC の研修コースの講師をすることになり、分析の細かい点にまでも気を配るようになり、テクニシャンやテンポラリーの分析に問題点がないかを自らチェックするようにもなってきた。

そんな中で、ある時期、BOD のブランク値が非常に高くなって来ていることを研究員が気が付き、自ら、その原因究明、改善に乗り出した。BOD 試験では試料の分析値からブランクの値を差し引くことは出来ないため、ブランクの値を 0.2 mg/l 未満に抑えることが求められている。ふらん瓶が汚れていないか、植種液の試薬による汚染はないか、バッ気中の空気やフィルターの汚染はないか、蒸留水は大丈夫か、1 日目と 5 日目の DO メーターの校正に問題はないかなど、ステップ・バイ・ステップでチェックしていった。結果的には、これだという原因は突き止められなかったが、上記の点に今まで以上に注意を払うことで、結果的にはブランク値はかなり低くなった。この検討の過程を通して、ルーチン分析に関する研究員とテクニシャン及びテンポラリー職員とのコミュニケーションの一層の向上が図られたことは大きな成果であった。

これは余談になるが、ある日、DO メーターの校正をチェックしていた研究員が、筆者が渡した JIS の飽和 DO 表と彼が見つけた米国スタンダードメソット(APHP, AWWA, WPCH)の飽和 DO 表ではかなり値が異なることを発見し、何故なのかを質問してきた。ちなみに、20℃、1 気圧での飽和 DO 値は JIS 8.84 mg/l、米国 9.09 mg/l である。筆者の浅学によるところではあるが、飽和 DO 値がこれほど違うことに筆者自身も驚いてしまった。JIS の解説書を調べれば解ることではあるが、環境関係の成書などには飽和 DO 表は唯一のもののような顔で載っている場合が多い。これを例として、国際社会では専門家自身の浅学の常識を再チェックする必要があることを感じた。

1.5 BOD試験の応用

ある時、硫酸銅を主成分とする水質浄化剤の環境への影響を調査してほしいという依頼試験がロイヤルプロジェクト（国王直轄で行う調査や事業）からなされた。最近は、ロイヤルプロジェクトには様々な環境関連製品の売り込みがなされているようである。振れこみでは、排水処理施設や汚濁水路に散布すると悪臭が消え、水質浄化にも繋がるという。事実、これを食肉処理場の排水処理施設に使用したところ、悪臭もやわらぎ、水質も改善したということで、その食肉処理場の調査も依頼の中には含まれていた。御存じの方も多いと思うが、硫酸銅は銅の毒性により細菌や藻類などの繁殖を抑える効果があり、貯水池などでの藻類抑止剤として使用されている。BOD値が下がるように見えるのは、有機物が分解するからではなく、細菌などの微生物が減少又は死滅するからである。

そこで、BOD試験をつかって、この水質浄化剤の生物影響濃度を実験した。結果的はこの毒性評価試験を含んだレポートがロイヤルプロジェクトに提出され、硫酸銅をバンコクの運河に大々的に散布しようなどという無謀なアイデアは幸いにも頓挫した。また、この実験の通して研究員等の生物分解、生物処理に関する知見がより深まったように思う。

1.6 おわりに

筆者は、効果的な技術移転を行うためには、その前提として次ぎのような基本的な事項に留意することが大切であると考えている。

ア.カウンターパートとそのスタッフとの日常のコミュニケーションを図ること。
イ.カウンターパートとそのスタッフの活動をよく観察し、今、彼らに何が必要なのかを検討すること。
ウ.カウンターパートの自主性を高めるため、専門家は必要な時に必要なアドバイスを行うように心掛けること。
エ.専門家は時にはスタッフの一員となって共に汗をながし、ある時は一歩引いた立場から見守ることが必要であり、そのバランスに留意すること。

今回、紹介した事例は、上記のことに出来るだけ留意し、現場で試行錯誤しながら実施した技術移転の結果であり、かならずしも効果的であるとは言えないが、それなりの成果を上げたと自己評価している次第である。御批判の対象となろうとも参考にしていただければ幸いである。

2. 研究所活性化の取り組み事例

2.1 はじめに

タイ環境研究研修センターは、国際環境協力１号案件として無償資金協力により建物の建設と分析機器等の設備が導入され、1992 年 3 月にタイ国科学技術エネルギー省（現・科学技術環境省）の一機関として開所した。これに並行して、1990 年からプロジェクト方式技術協力事業がスタートし、1995 年からの２年間の延長を経て、1997 年 3 月末でプロジェクトを終了した。

施設建設に協力し、何もかもが初めての所からスタートした初期のチーム、タイ側の組織や人材の未成熟期にもかかわらず研究や研修を軌道に乗せた中期のチーム、そして、延長期の２年間に最後の仕上げを担当した最終期のチームなど、この間、数多くの長期専門家、短期専門家が技術協力に当たった。今回のプロジェクトの終了は、その成果としてＥＲＴＣがほぼ一人前の環境研究研修センターとして自立しうると評価され、初めての環境センタープロジェクトが、その所期の目的を十分に達成したと判断されたことにより決定されたものである。このことは関係した ERTC のスタッフ及び全ての専門家はもとより、タイ国関係者、JICA、環境庁、OECC、国内支援委員会等全ての関係者の努力と協力の賜物であることは、筆者ごときが記すまでもない。

筆者は、プロジェクト最終の約２年間を水質汚濁の長期専門家として担当したところであるが、ここでは、筆者のみならず、チーム全体が取り組んだ技術移転の事例を紹介することとしたい。

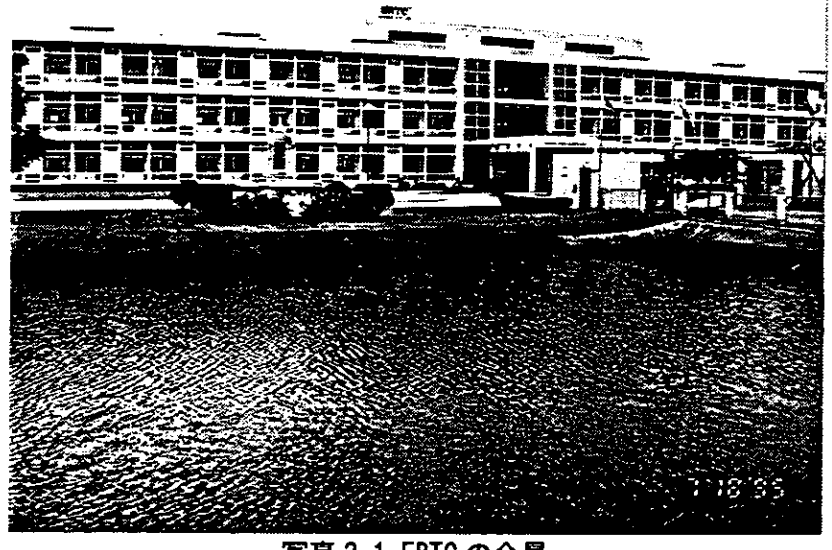


写真 2.1 ERTC の全景

2.2 研究所機能の強化

ERTCはその名のとおり、環境に関する研究と研修という2つの大きな機能を持っている。このうち研修機能については、カリキュラムの詳細な内容にはまだ改善の余地はかなりあるものの、研修生の数は年間600人以上に達し、その機能を十分に果たしてしていると言えよう。さらに1997年以降は新しい宿泊施設の完成により、研修生の一層の増加が見込まれる。しかも、研修員の募集、カリキュラムの構成と講師の手配、教材の作成、研修の実施と研修生への24時間に及ぶフォローという一連の研修事業のマネイジメントは、研修課長を中心に研修課職員が一丸となって当たっており、もはや技術移転は完了したと高く評価されているところである。

このため、最後の約2年間は研究機能の強化に重点的に取り組むこととなった。研究機能を強化するためには、各専門家に与えられたテーマについて、各カウンターパートに対して十分な技術移転を行うことはもとよりであるが、研究所全体について、「環境問題の解決に役立つ調査研究テーマを発掘し、調査研究計画を企て、予算を獲得し、調査研究を実施し、その結果を論文として発表する。」という一連の研究活動を活性化させることが必要であると判断された。このことは、従来の専門家の御努力により、個々のカウンターパートの分析や調査研究の技術レベルがある程度に達したという背景の上に成り立った目標であると言える。

このようにプロジェクト方式技術協力では、複数年の中で各チームが置かれた状況を判断し、その時点に最も必要とされる技術移転の目標を設定することがまず重要であろう。

以下に、研究機能の強化のために実施した代表的試みを幾つか紹介する。これらの多くは、民間出身のF専門家のアイデアとバイタリティー溢れた指導力に負うところ大きいことをここに記したい。

なお、以下に挙げる取り組みの前提として、1995年10月の組織改正により、
長年、懸案となっていた各課の業務分担の再編が実施され、全体的に非常に仕事がやりやすい体制になったことを特記する必要があろう。つまり、研究担当部門が従来のモニタリング課、研究課及び分析技術開発課から、水質課、大気騒音課及び有害物質課となり、各分野毎にサンプリング、分析、その評価という一連の流れが一つの課で完結する形となった訳である。

(1) 定例インハウスセミナーの開催

研究者間で外国の学術文献などを読んで紹介し合う、いわゆる雑誌会は、研究能力や意識を高める上で重要であり、我が国の多くの研究所や大学の研究室等でも実施されてきた。

ERTCでは、ほとんど研究者が20代から30代前半と若いことから、彼らの文献読解能

力や英語によるプレゼンテーションの能力の向上を主眼に、ほぼ3カ月に2回の割合で定期的にインハウスセミナーが開催された。セミナーでは学術論文の紹介の他に、日本研修等の成果の発表、長期専門家や短期専門家によるミニレクチャー、プレゼンテーション技術向上のためのヒントの紹介、国際会議での発表前のリハーサルなども実施され、ほとんどの研究員が一度は参加する機会を得た。また、このセミナーを聴講することより、各研究員の環境研究に関する視野が広がると同時に、全体の情報交流も活発になるなど、その意義は非常に大きなものであると考えられる。

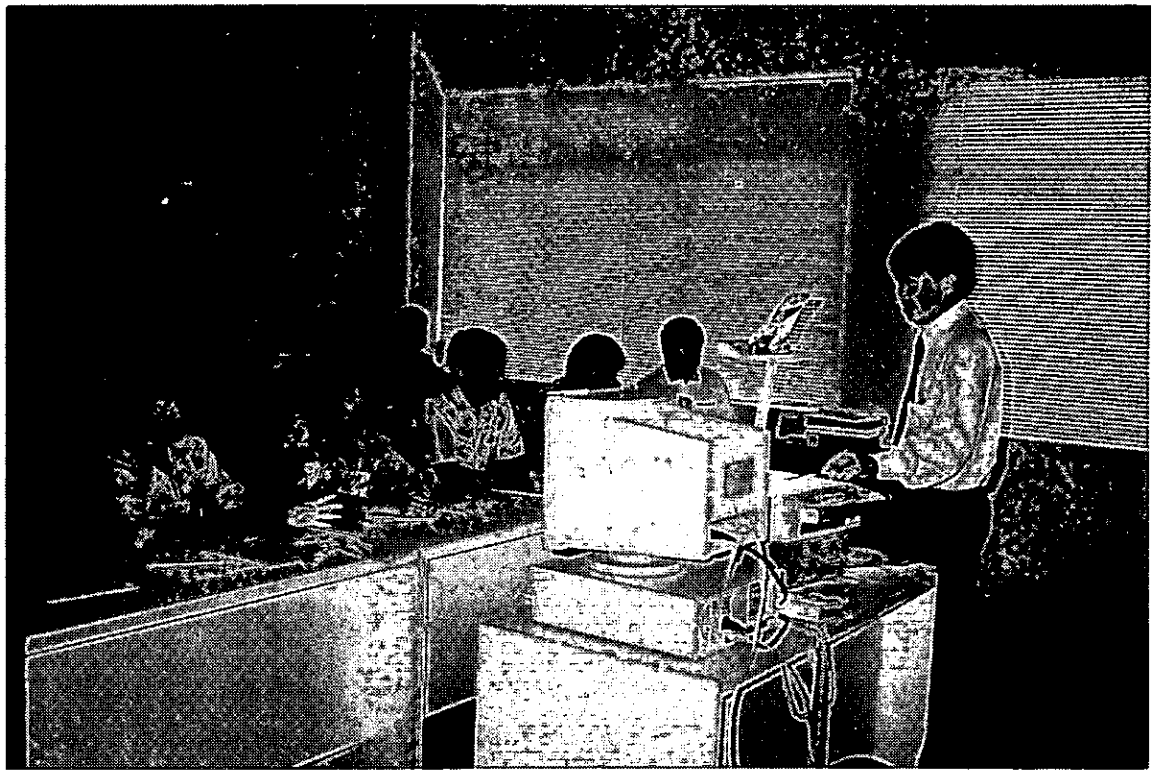


写真 2.2 インハウスセミナーの様子

(2) 研究テーマに関するディベートや検討会の開催

ERTC の若手研究員の中には、研究の進め方自体をどのようにしたらいいかを十分には理解していない者が見受けられた。このことの原因の一つは、予算要求時には研究のテーマは定まっても、研究内容に対する十分な詰めが行われていないからであり、このため、研究実施時期になっても研究の意義や目的が明確にはなっておらず、必然的に研究手法も見えてこないという事態が生じていた。

そこで、まず専門家と課長が研究テーマを深めるための模擬ディベートを行い、研究の目的、必要性、手法の妥当性などについて討論して見せた。次いで、希望者には専門家数人が質問者となって、当該研究者の研究テーマについて質疑応答を行い、研究内容の掘り下げを

行った。これらのことから、研究テーマを設定する場合は、従来に増したより深い突っ込みが必要であり、そのためには、なるべく多くの人の意見を聞くことが大切であることが理解され、各課毎に研究テーマの検討会が開かれるようになった。

(3) 海外雑誌への投稿や国際学術会議への参加の促進

研究活動の成果は論文であると行っても過言ではないだろう。少なくとも研究者は年1回は、自分の研究成果を論文として仕上げ、これを発表することが求められる。しかしながら、タイでは環境に関する国内学会が未成熟なことから、投稿や発表は国際学会ということになる。

若手の研究者にとって、論文をしかも英語で書くというのは、かなり難しい課題であるが、専門家が時にはサポートし、時には叱咤激励しながら何とか書き上げさせている。F専門家などは、とにかくアブストラクトを提出させ、後は論文の締め切りが必然的に研究者に圧力をかけるという、かなりハードな方式を時折採用している。

このかいあって、この2年間で10本を超える論文が国際学会や国際雑誌で発表された。論文の発表は若手研究者にとって大きな自信に繋がってきている。

(4) 他機関との交流の促進、ＥＲＴＣのＰＲ

他の研究所、大学、さらには関係行政諸機関との交流を図ることは、研究の活性化、研究内容の充実化を図る上で重要である。また、開所以来5年しか経っていないERTCの存在をPRすることも重要であり、これにより交流がさらに促進されることになる。

また、行政により直結した研究をという大きな要請に応えていくためには、ERTCの実績を行政側に示し、その実力を認識してもらうことからまず始める必要があろう。

そこで、全体的にはタマサート大学との共同セミナーの開催を図るとともに、各分野別には、次ぎのような取り組みがなされた。

地下水分野はこの2年間に初めて取り組まれた分野であり、タイにおける地質学分野のネットワークを構築しようという専門家の方針のもと、チェンマイ大学やコンケン大学などの関連大学、工業省鉱物資源局などの関連機関との関係強化が積極的に図られ、共同セミナーの開催や研修コースの開催、さらには工業団地公社からの依頼調査なども実施されるようになった。有機溶剤関係の地下水汚染調査技術ではタイ随一の機関であるというＥＲＴＣに対する評価も既に固まって来ている。

騒音分野でも、ERTCの騒音測定技術はタイ随一であるという評価を得ており、環境影響評価を担当する環境政策局（OEPP）や環境規制を担当する環境対策局（PCD）からの依頼調査も多く、空港公団からの騒音防止対策に関する調査依頼もある。また、チュラルンコン

大学等との交流も盛んになっている。

さらに、水質分野では、水質改良薬剤に対するロイヤルプロジェクトからの依頼試験や地方自治体の排水処理施設の依頼調査も実施され、民間の排水処理会社からの共同研究の申し込みも来るようになった。また、アジア工科大学と我が国の国立環境研究所との3者による共同研究も平成9年度から開始される。

大気分野では、気象局との情報交換も活発化し、アジア工科大学との共同研究も既に実施されている。また、ガソリン添加剤の排気ガス性状改善効果の評価試験や民間工場のスタックガス調査もそれぞれの依頼により実施された。

このように、ERTCの存在はタイ社会の中で徐々に認められるようになっており、今後もその実績を着実に積み重ねていくことが望まれる。

(5) 排水管理委員会、ワーキンググループの設置

本事項は研究の活性化という範疇からは外れるが、環境の研究所としては必ず取り組まなければならない事項であり、別項で短期専門家として指導に当たられた安藤専門家が報告されている。詳しくは、そちらを参照していただくとして、ここでは、安藤専門家が帰られた後の動きを報告したい。

1996 年 8 月にバンコクで研究所等の排水処理の適正化に関する国際学会（AAWM）をERTC が事務局となって開催することになり、専門家の発案で、これを契機として、学会の趣旨に恥じない排水の管理体制を構築しようということになった。技術的には既に安藤専門家から指導を受けており、あとは、管理体制づくりが残されていたからである。そこで、要綱を整備し、所長と各課長で構成される排水管理に関する専門委員会を設置し、さらにその下にワーキンググループを設置して、実験室排水の分別の徹底や、保管の適正化、処理施設の維持管理などの実際の作業に着手した。さらに排水基準に関するガイドラインを規定し、排水の定期モニタリングも開始した。要綱はISO14000の趣旨を先取りし、内部環境監査制度なども導入した。これらの取り組み内容については上記の学会で発表された。

学会終了後も、若手のワーキンググループメンバーは、積極的に管理体制の改善に取り組んできたが、やはり、月日が経つにつれて、排水管理に対する意識がまた元のように徐々に薄れてきていることは否めない。ワーキンググループの今一度の奮起を期待したい。

2.3 プロジェクト技術協力6つの鉄則

今まで述べてきた各種の取り組みは一専門家が一分野についてだけ行ってもあまり効果はない、チーム全体で取り組んでこそ、その効果がより発揮され、研究所の活性化へと繋がって行くものである。これを実施するためには、プロジェクトの専門家のチームワークがな

によりも大切である。以下は蛇足ながら、環境プロジェクト方式技術協力をスムーズに推進する上でのヒントを筆者なりに挙げてみたものである。たとえ御批判であろうと関心を持っていただければ幸いである。

(1) リーダー、シニアアドバイザーの役割分担は明確に

これは原則と言っていいほど、全く当たり前のことであり、リーダー（チーフアドバイザー）、シニアアドバイザーになられるような方は、初めから御自分のポジションと役割を十分に認識されていることは言うまでもない。しかし現実には、表面上はリーダーがシニアアドバイザーをたてる場合が多く、専門家各自に先の原則に対する十分な自覚がない場合、専門家側がついシニアアドバイザーの立場を勘違いしてしまい、チームとしてのバランスを崩す場合も起こりうる。リーダーとシニアアドバイザーの明確な役割分担と協力体制の下に、リーダーを中心として各専門家がまとまるという当り前のバランスが個性派集団では大切である。

(2) 情報の共有こそが結束の基本

プロジェクトの各メンバーは、どんな仕事に取り組み、どんな課題を抱えているのか、プロジェクトをめぐる関係機関にはどんな動きがあるのか。これらの情報を共有することがお互いの理解を図る上で重要であるこは言うまでもない。一般に、カウンターパートを通しての現場サイドの情報は各専門家に集まりやすいし、外部機関からの情報はリーダー、シニアアドバイザーや調整員に入りやすい。定例ミーティング、回覧、行動予定表、雑談など様々な方法を使って情報の共有化に努めることが必要である。特に情報交流が一方通行にならないように各自が常に気をつけることが大切である。

(3)自分だけの体験を一般論で語るなかれ

自分の体験を語ることは情報の共有の意味で重要であり、チーム内では批判や愚痴はむしろ歓迎すべきものである。しかし、第３者に話す場合は異なる。例えばカウンターパートや職場の状況、当該国の状況などを語るとき、「○○人はこうである。」とか、「この国では、こうである。」というように主として自分の体験や限られた情報に基づく内容を一般論として語ることがままある。しかし、こういったことはなるべく避けたい。自分の体験を一般化してしまわず、むしろ特殊化して、○○人である前に、Ａさんがどうしてそう行動したのか、何か原因があるのではないかと考えてみるところから改善策が生まれてくることが多いからである。さらに、プロジェクトチーム個々人の意見はむろん自由ではあるが、一人が一般論的に語ったことは、第３者はプロジェクト全体、当該国全体のこととして捉えがちであり、

時として、一人の一般論が他の人の特定論を否定してしまう場合もある。こういったことがないように十分留意し、発言をすることをチーム活動上のルールとして認識することが重要ある。

(4) 短期専門家と長期専門家の連携こそかなめ

プロジェクトでは年に 5～6 人の短期専門家を迎える。当然ながら短期専門家は PDM 等に定められた研究プロジェクトを促進する上で必要な個別的な技術を移転するために招聘される。もちろん長期専門家も個別的な技術を移転することが任務の一つであるが、さらに各分野毎の研究プロジェクトを推進する上でのテクニカルコーディネーター的な役割が大きい。つまり、短期専門家の技術移転の成果は、研究プロジェクトの推進という長期専門家の成果となるのであり、故に短期専門家は長期専門家のためにありと言う人もいる。

このことを十分に認識した上で、長期専門家は、派遣前から出来るだけ短期専門家と連絡を取り合い、現地の情報、必要な資料や資材に関する情報、さらには生活情報などを連絡し、意見を交換しながら派遣の準備を進める。さらに技術移転期間中も、現地に慣れた長期専門家が様々な面で短期専門家をサポートすることが必要であり、これにより短期専門家の技術移転が短期間に効率よく行えるように配慮することが重要である。

(5) 己のポジションを定め、各自のポジションを理解しよう

ここで言うポジションとは、相手国側に対するポジションである。技術移転の目的は相手側の自立であり、便宜供与ではないことは原則である。このため、時としてカウンターパートをはじめとする相手国側を突き放し、相手側の努力を求める場合が多い。しかし、一方で各専門家が効果的な技術移転を行うためには、カウンターパートから専門家は自分達の味方であり、自分たちのためになってくれとう信頼を勝ち得ることが不可欠である。そこで、各専門家は上記の原則を認識しつつもカウンターパートに近いポジションに立つこととなる。

これに対して、リーダー、シニアアドバイザーや調整員は、原則を貫く立場に立つこととなり、そのことがチーム全体としての相手国側へのバランスを保つこととなる。特に調整員は、相手国側はプロジェクト終了後に経済的に自立してやっていけるように、現段階から相手国側の負担を可能かぎり求めざる得ないことが多く、その意味では損な役回りになることが多い。各専門家は調整員のこんなポジションをよく理解する必要がある。

相手国側との調和の中で、自立性を目指したサポートを実施していくためには、チーム内での互いのポジションを理解しあい、認め合うことがなにより重要である。

(6) 私生活を職場の中に持ち込もう

日本では、私生活を職場の中に持ち込まないのを良しとする場合もあろう。しかし、海外

では人間関係はどうしも狭くなる。職場の人間関係が全てではないにしても、これが和やかで楽しいことにこしたことはない。例えば、趣味が一致する人がいなくても、互いの私生活の話しを職場に持ち込むことによって、職場の話題が盛り上がる場合が多い。「昨日もゴルフに行ったけど、なかなか１００が切れなくて。」こんな話題を提供しているうちに、ゴルフをしない人からも「日曜日のコンペはどのくらいのスコアが出た？」なんて質問が飛び出してくるものである。釣り好きは釣りの話しを、カメラ好きはカメラの話しを、カラオケ好きはカラオケの話しを、料理好きは料理の話しや時には実践を行うことで、職場は明るく楽しくなり、プロジェクト遂行上の潤滑剤となるのである。このチーム全体のムードが相手国機関やカウンターパートにも伝わり、技術移転にプラスになることは間違いない。

写真 2.3 大腸菌群試験指導状況

写真 2.4 ファイナルレクチャー風景

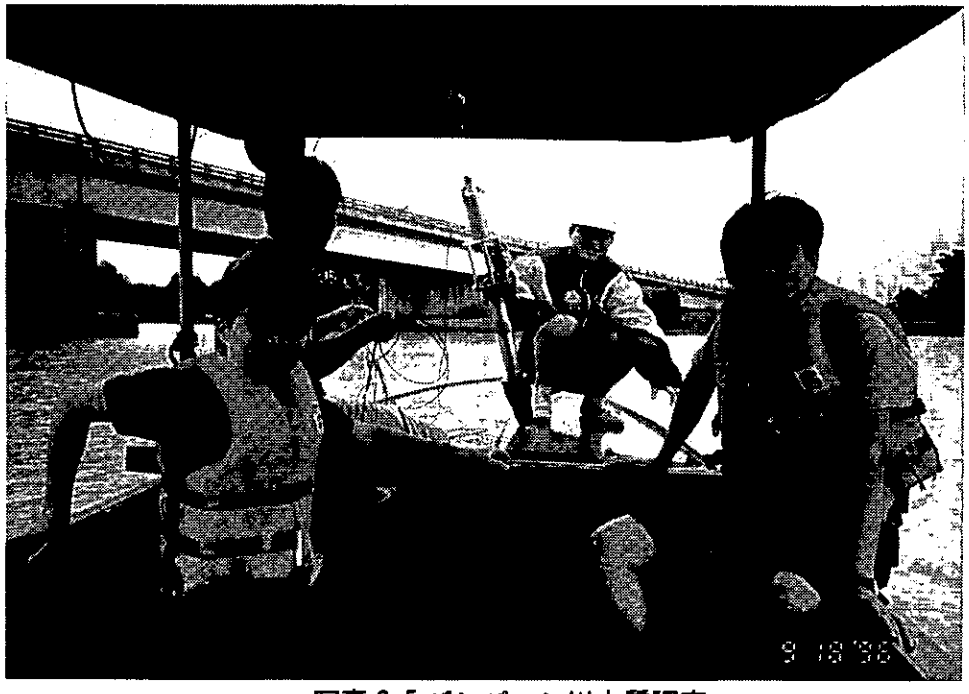


写真 2.5 バンパコン川水質調査

II．ERTCの排水処理研修と研究開発

■1991.1～1993.1，タイ王国，タイ王国環境研究研修センタープロジェクト，長期派遣

松井義雄

1．排水処理研修カリキュラムの設定と実施に関する技術移転

プロローグ

排水処理研修：対象者-任国の中央と地方政府機関，企業等の環境業務担当者．実施は，次の効果がある；
①専門家自身のアッピール
②所属組織の活性化，存在アッピール
環境の政府機関は新設が多く，既存の機関と競合になり強力なアッピールが必要。

タイ国環境研究研修センター（ＥＲＴＣ）では、排水処理の研修は任国側の方針により繰り上がった。専門家の業務は任国のニーズにより行う。途上国で排水処理技術の普及と技術者の育成は急務。排水処理の研修はどの国でもニーズが高いであろう。研修を実施される際、参考になれば幸いです。

技術の概要

研修フレームの作成
教科書・教材の作成

- 講義：わかりやすくマニュアル化した教科書（目標）、教材
  バイオリアクター作成、
- 実習：唯一の処理実験装置（ジャーテスター）活用。
- 研修生による業務報告：排水の事例報告と意見交換
- 見学：パラボラアンテナ製造工場のクロム排水処理

講義と実習題目設定

- 日本環境庁環境研修センターのカリキュラム参考

イ）法規制と経済成長・環境問題解決の両立
- ① Industrialization, urbanization and water pollution problem.
- ② Wastewater treatment in Thailand.
- ③ Law and regulations on water pollution control.
- ④ Case study of water pollution problem's solving in Japan.

ロ）排水処理技術の基礎と応用
- ⑤ Overview of wastewater treatment systems and processes.
- ⑥ Selection of the processes.
- ⑦ Low cost treatment of domestic wastewater.
- ⑧ Septic tank of Japan.
- ⑨ Technique for operation and maintenance of wastewater treatment facilities.

ハ）研修生報告
- ⑩ Trainee's report on present state and problems of wastewater treatment.

ニ）最近の研究話題
- ⑪ Current research on wastewater treatment and sludge digestion.
- ⑫ Re-use of wastewater after treatment.
- ⑬ Treatment of shrimp farming wastewater
- ⑭ Development of wastewater treatment systems and application of biotechnology.

ホ）実習
- ⑮ Coagulation.
- ⑯ Simple method for wastewater analysis.
- ⑰ Heavy metal analysis by Atomic Absorption.

研修期間　１０日

分担
水質専門家④⑤⑭⑮
廃棄物専門家⑯
研修ＣＰ⑰，研究ＣＰ⑫⑬
本庁と外来講師　残り

導入目的

排水処理と関連技術 理解・普及

- 排水処理システムの基本と実際、最近の課題をＥＲＴＣのスタッフも学ぶ
- 誰でもできる、簡易分析（ パックテスト ）も実施
- 研修生による事例報告の時間設定

目的は、
・研修生同士の情報交換と情報共有化
・ＥＲＴＣのスタッフも排水処理の事例を学ぶこと．

配属機関の活性化、アッピール

- ＥＲＴＣは新設機関であり、存在のアッピール
- 外来講師（大学、公的研究機関）の招へい

以下の目的にも有効。
・情報源の確保
・ＥＲＴＣを支援するパイプの設定
・共同研究体制の構築

導入方法

専門家の役割

- 企画立案〔カリキュラム作成〕
  講義分担、教科書作成、ＣＰの支援〔教科書作成と実習指導〕

研修フレーム
カリキュラム見出し提示

▲ 規制・経済成長・問題解決
▲ 処理技術基礎・応用
▲ 最近の話題
▲ 実習

- **ＥＲＴＣと本庁の講師候補者による講義実施申し出を尊重**
  見出しの提示後、講義実施の申し出があり講義題目決定。
- **各見出しグループに専門家の講義を一つは入れておく**
  教科書作成の進行状況・講義内容を専門家が把握するため。
- **専門家による講師候補者間の調整**
  「イギリスに留学し衛生工学を勉強したので処理の基礎を講義したい」「オーストラリアで水再利用のワークショップに参加したのでその講義がやりたい」などの要望がでた。彼らは自分たちで企画・実施ができるではないか．ＣＰは言う「専門家がボスになってやってくれ」。何故。講師はみんな強者だから、利害関係のない外国人の調整を期待したのかな。専門家の力量を試したのか？研修立ち上げは専門家の業務ではあるが。研修のＣＰは超多忙ではあった。

実用的英語ライティング

- 自分で書く場合、ノンネイテイブの英語著書が役立つ。ドイツ人の英語版マニュアルが有効だった（参考書欄）。
- 簡潔な文章、図表多くする。
- ＣＰの英語スキルは高い。

聞き易いプレゼンテーション

- ネイテイブが途上国で行うプレゼンテーションを聞き，使いやすい表現を学ぶ。話題の目的や次話題との区切りを明確にする．
- 話のつなぎに使う言葉が大切。話題が次に移る時区切りをつける表現。例「 What I want to do next is to …」。

成果と評価

研修業務の立ち上げ

ＥＲＴＣのアピール

ＥＲＴＣ業務・成果
排水処理研究・モニタリング・試料分析
研修への活用 ⇔ 公表 ⇔ 業務の連携強化

問題と課題

研修・実習内容 ＥＲＴＣ特徴

- 処理実習の強化が望まれる
  排水処理の実習用装置・ワークショップの設置が必要．当時処理は講義で，実習は分析・測定となった．
- 研修の対象とする排水を特定するべきだったか
  今回は第一回目でもあり，総論にした．
- 処理装置運転・維持管理，トラブルＱ＆Ａの実務に役立つ講義の充実
- 研修生のリポートから排水処理事例報告集を作るとよい
- 工業省は公害防止管理者の資格を授与できる．ＥＲＴＣは研修修了者に何か資格出せないか

どうする？ 教科書・資料・作成 国内支援

- 国内で現地ニーズの把握と必要な資料の入手可能か
  現地のニーズと計画は流動的。特に立ち上げの段階ではつかみにくい。排水処理のニーズ高いから、計画になくても資料・テキストを持っていると安心。筆者は出発直前まで従来業務に追われ準備不足であった。反省。
- 処理装置のパンフレット、使用マニュアルが必要
  例、植物処理、土壌処理、池処理、浄化槽、ヘドロの処理
  中小都市の家庭下水対策、ＮＥＤＯ計画
- 国内支援ワーキンググループからの資料等送りつけと教科書作成依頼
  当時ワーキンググループは何をするかが検討されていた段階であったので、個人的に先生から必要と思われる資料をとりそろえ送って頂いた。教科書は活性汚泥処理法について作成された。ワーキンググループの役割を明確にしてほしい。
  任国からキッチリ情報流すのも大変．でもやるべきであろう．
- 専門家の国内所属先にも文献等の送りつけ支援要請

講義実施 プレゼンテーション

- ＣＰの助言；「最初が大切だ．研修生に嫌われるとボイコットがおこるよ」「あまり同じ講師が登場すると，またかうんざり」
- 英語は流ちょうでなくても講義できる
  講義の組立とマテリアルコントロールが大切．ゴチャゴチャ五行以上書いたＯＨＰシートをヤタラ見せても．ＣＰが通訳に入ると，内容がドンドン展開し，講師のシナリオからそれる．問題に答えながらどうやって講義目的に到達するかがポイント．

日本と任国の技術に関する相違と対応

研修内容

- **研修レベルは大学卒業後５年以上の中級経験者を設定**
  第一回目は、レベルを少し高めにし、最近の研究話題も講義に入れた。研修生間のレベルは大幅に異なる。
- **技術移転の対象は処理の基本とローテク，一方先端処理の学習も大切**
  現場では，古い基礎だけだと，「そんなことはもう知っとるから必要ない」，新しいことだと「そんなことはここではできん」．専門家は現場の実力・意欲を見ながら基礎と新しい事両者のバランスをとり研修や研究を進める．
- **排水処理装置の運転と維持管理について講義・実習のニーズが高い**
- **今日的課題をカバーする研究話題の講義実施**
  排水処理は自己完結を要求する。スラッジの処理も重要課題。
- **実習は排水の簡易分析（パックテスト）も実施**
  ＣＰは当初簡易分析を嫌ったが、研修生には好評だった。ＣＰの質問「試験紙を自作したい。どうしたらできるか？」
- **凝集の講義・実習教科書は専門家が作成，実施はＣＰ**
  研究のＣＰは，専門家が作成した教科書を読み質問し，内容を完全に理解し実験プランを作り，現地語で講義・実習を実施．この凝集技術は研究業務（エビ養殖排水処理）に役立てた．

技術移転に関する情報

参考書

選ぶポイント
◆脚注・図式・具体事例，質問・解答が多い，マニュアル化されている．
◆環境研修所のテキスト，大学の教科書，なおJICA テキスト使いにくい．

排水処理
- Wastewater Engineering -Treatment Disposal Reuse - Metcalt & Eddy
- Operation Of Wastewater Treatment Plants Training Programm California State Univ.

最近の研究・行政話題
- バイオテクノロジーを活用した排水処理システムの開発報告書　建設省
- 環境庁行政研修事例集　環境庁環境研修センター
- Global Environment Technology, New Energy and Industrial Technology Development Organization

実習
- 衛生工学実験書，京都大学工学部
- パックテスト　共立理化学研究所

英語ライティング・プレゼンテーション
- Laboratory Manual for the Examination of Water, Waste & Soil VCH Pub.
- あなたの英語診断「英語における日本人共通の誤り」　松本ら　北星堂
- 初めての英語プレゼンテーション，細井ら，語研
- 廃棄物英和・和英用語辞典，中央法規
- Encyclopedia of Environmental Science，３nd. edit. McGraw-Hill

エピローグ

教科書作りはしんどい．現地スタッフの不満「専門家は書き物ばっかりやっている」が聞こえたが，筆者も必死だった．日本語の資料改修・英訳．ともかく，第一回研修は無事に終了．第二回は，研修セクションが企画・実施．筆者の帰国直前に始まった．グループデイカッシヨンが加えられ，研究のＣＰはエビ養殖排水処理のグループリーダーとのこと，活躍を祈りつつ帰国．任国では「こんな時どうする」Ｑ＆Ａ情報が重要．処理・分析についてＱ＆Ａを着任までに集めておくとよい．

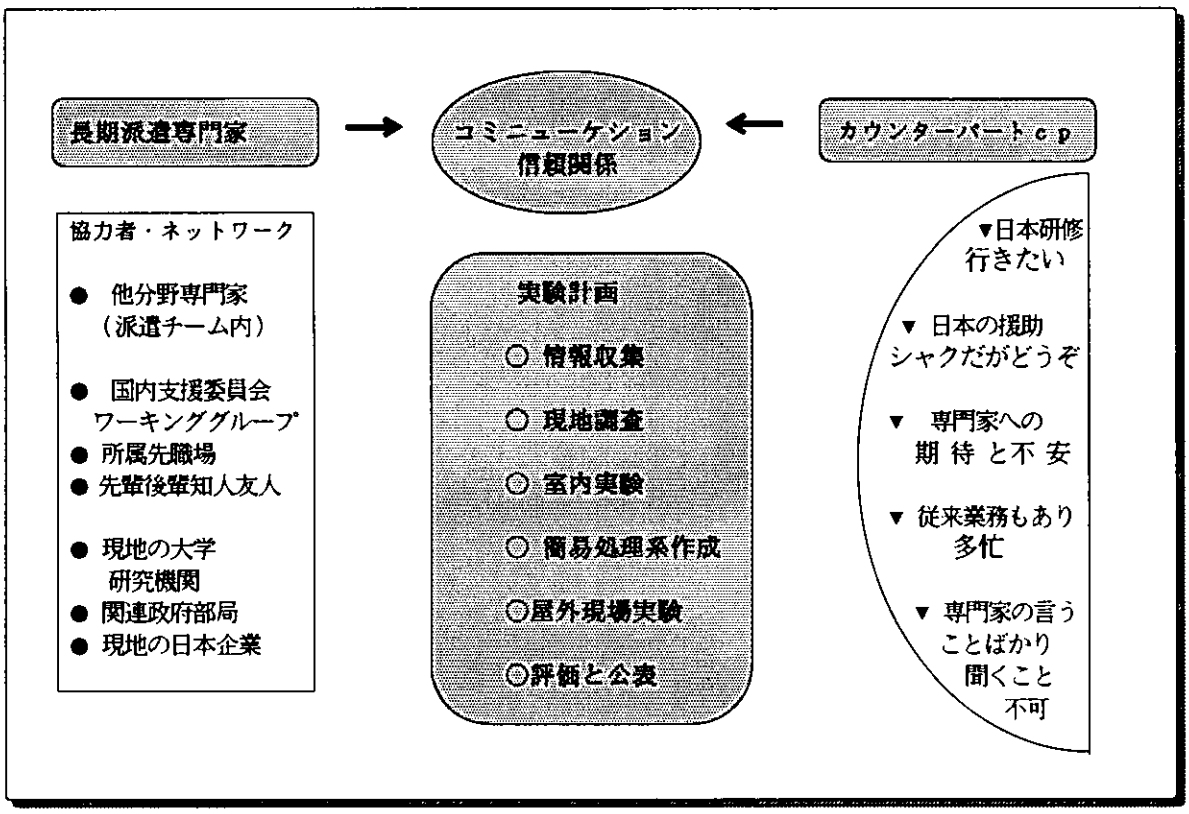
2. 研修開発「エビ養殖排水による水環境汚染と排水処理」

(1) プロローグ

◆研究ビジオンと目的

ブラックタイガーエビは，タイやインドネシアで養殖され日本に輸出されている．「日本人の胃袋がアジア諸国のマングローブを食べてしまった」とも言われている．養殖の現場で何が起こっているのか．この研究の目的は，養殖排水による水質汚染の調査と排水処理システムの考案．専門家の仕事は，この目的を達成する過程で必要事項の技術移転を行うこと．エビ養殖による環境問題は日本の関わりも大きい．

◆研究プログラムと技術移転要因



◆エビ養殖技術概要

◎エビ：ブラックタイガー(Penaeus monodon)．
◎養殖場所：海岸域の素ぼりの池．
◎養殖方法：海水使用，利益率の高い密殖．
◎養殖期間：4ヶ月，収穫エビ重＝800g/m^2
◎単位養殖池広さ：1.5m(D)×40m(L)×30m(W)．
◎餌濃度：平均27mg/L．
◎最適水質条件：塩分＝3%， pH=7.2-8.5．
DO＞3mg/L，NH_4<0.1 mg/L
水交換割合50%．
◎排水種類：定常排水とフラッシング排水．

◆タイに於けるエビ養殖の動向

- 養殖面積は，90年代に増大し，1992年では7万ヘクタールに達し，生産高は，18万トン/年．養殖池造成のため，マングローブ帯の34%が消失．
- 密殖法のため，多量の餌(30Kg/日/エビton)，肥料，抗生物質も使用．
- 五年も養殖を続けると，水質と底質の悪化，病気の発生により養殖続行が不可能になり不毛の廃池が増大．
- エビ養殖はグッドビジネスではあるが，環境を犠牲にしている．1992年養殖排水規制開始。

◆研究テーマの背景と課題

着任後知った任国のニーズは，「モニタリングや分析方法検討」ではなくて，「排水処理について研究と研修を行う」ことであった．任国側が決定した研究テーマ「エビ養殖排水処理」には何の予備知識もなく正直困った．幸い廃棄物専門家の協力も得て筆者なりにカウンターパートと研究を進め、研究プロセスの移転にも力点をおいた．養殖現場での排水処理実験は水産試験場で行った．

留意事項と課題

★専門家の業務は任国のニーズに基づいて行う．
★専門家は経験の乏しい事項にも積極的に挑戦し目標達成を目指す心構えが必要．
★「目標は短く区切る」「押しつけない」．
★何が問題かの情報が不足．根気よく集める．
★ＥＲＴＣでは，排水処理の研究でも生物の視点が重要．微生物分野の定着は失敗したが要検討．

◆長期派遣専門家の役割と技術移転

	どうする？	
ＣＰとの信頼関係	・意志の疎通 ・ＣＰ，スタッフの"ヤル気"と自立心 ・意見の不一致やミス	・専門家のリーダーシップ、ＣＰと共に学ぶ姿勢。 ・お互いの尊厳守る ・問いつめ追い込まない．
研究チーム	三の役割 リーダー　・　スタッフ一員 裏方（黒子）	・実験企画立案，実施案作成 ・試料化学分析など実施 ・ＣＰの活躍を側面から支援
ＣＰ日本研修	有効な研修　提言 ＣＰ・組織の要望　専門家の展望　意見集約 ＣＰの目的に合う日本研修	・ＣＰの希望優先 ・受け入れ先への要望　タライ回し日替わり講義ダメ
情報収集と現地調査	有用な情報入手 関連研究機関・専門家ネットワーク 現地調査・化学分析 問題抽出	・ＣＰのみに頼らない ・関連機関に協力要請 ・化学分析結果だけによる問題抽出ダメ
室内実験	実験による検証 化学分析・有用微生物スクリーニング 処理装置作成	・出来るだけ実験室にいて，分析など一緒に行い，指導する ・デスクワークも実験室でする
現場実験	実験サイトの選定 どこに設定するか？　ラボ借りられるか？ 処理装置設置	・ＣＰの自覚・自立を期待し、日本のプロジェクトが入っていない関連研究機関を選択
実験成果の公表	口頭発表/論文	・ＣＰが発表する機会を作る

◆養殖排水による環境汚染

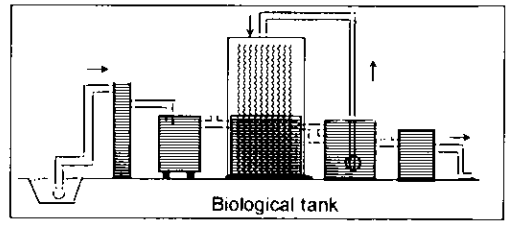
問題	原因	対策
①養殖地域水質悪化	●餌の過剰投与	養殖方法改善
	●フラッシング	排水処理実施
②水田の被害	●塩水の水田流入	矢板打ち込み
	●淡水の塩水化	ゾーニング
③植物枯死	●含塩底質の無分別投棄	底質の管理 底質の処理

1992年，エビ養殖排水の規制開始．規制事項は，

①総養殖池面積が５０ライ以上の養殖場を新設する時は，総池面積の１０％に相当する処理池を設置すること，
②排水のＢＯＤが１０以下であること，
③排水を農業用地や淡水域に流さないこと．

◆養殖排水の処理

室内実験：カキ殻に付着生成する生物膜の処理能を検討．
現場実験：Prachuapkinkhun Coastal Aquaculture Develop. C. の協力により，凝沈，カキ殻を媒体とする散水炉床，接触酸化を組み合わせた簡易装置を組立，モデル養殖池排水の処理実験を行った．



(2) 技術移転事例

技術の概要

ろ膜生物による排水処理

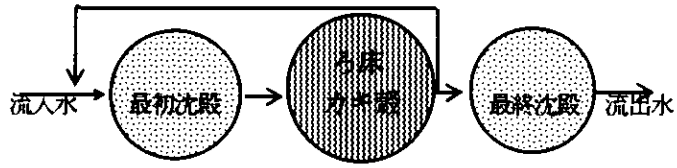
- 原理：担体上に発生生育する生物により構成されるバイオマスによる汚水成分の処理．
- 生物種：Zooglea，Bacteria etc.
- 反応様式：吸着，吸収，生物学的作用（硝化，脱窒素）
- 文献 Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse Metcalt & Eddy

実験事項

- 汚水の水質特性：　COD，BOD，T−N，T−P
- 有用担体　　：　カキ殻，石，レンガ，
- ろ膜生物の機能：　硝化，
- 有用細菌の分離：　有機物，窒素除去

簡易処理処置構築

- 方式　　：　散水ろ床　接触酸化，凝集沈殿
- 担体（凝集剤）：　かき殻（アルム）
- システム



導入目的

簡易処理装置の普及
散水ろ床

- 誰でも作成でき低コスト，コンパクト，維持管理容易
- 排水処理システムの基本型をカウンターパートが学ぶ
- 酸化池以外の処理方法も必要
- 現場で組立，運搬移動可，省スペース．
- エビ養殖や食品工場排水などにも広く適用

処理の仕組みを把握
新たなシステム開発

- 実験室内で，カウンターパートに処理原理の理解促進と効率の判定に必要な化学分析の指導
- 新たな処理システム開発の基礎的な検討
- 自然界で営まれている浄化の仕組みを，処理方法に活用することの学習，例えば，川を折りたたむ．
- 有用細菌の分離（短期専門家が実施）と微生物部門の強化，
- 環境と生物を基本とする処理方法考案の推進

導入方法

研究テーマ設定，実行

- 専門家の業務は任国のニーズに基づいて行う
- テーマは任国側が決定する．トップダウンしてくる．
- 専門家は任国の決定を尊重し，実行に移ること．専門家がテーマの是非を論じても意味ない．
- ゴチャゴチャ言っていると「あなた日本に帰ってくれ」．
- ニーズの１００％実現が困難な場合，５０％達成を目標とする．短期専門家による補強をはかり，行動計画を作成し実行する．
- 経験のない研究対象には，アナロジイーを駆使する．
- 任国によっては，専門家がテーマを提示する場合もあるだろう．

情報収集

関連機関

- テーマはでてきても何が問題か？ CPからの情報期待できない
- 専門家は独自に関連機関から情報収集行う
- 政府省庁間の壁は高いが，専門家はそれなりに動ける．
- 競合する省庁，部局での情報収集は慎重に行う．
  筆者は，所属機関の了承を取り付けてなかったので，誤解をまねき，ある時期行動が監視されていたことを知らされた．
- 所属機関の了承を取るかは微妙な問題．取ると動きにくくなる．

現地調査

- 川や湖の水質調査と勝手が違う．養殖業者の協力が得られず，採水拒否の場合が多い．大手の企業は比較的協力する．
- 現場での情報収集は大変困難．結局「No Problem」になる．
- 養殖業者の本音を聞き取ることは，カウンターパートでも困難．
- 問題地域にある関連政府機関，例えば地方にある水産試験場の信頼できるスタッフの協力を得て，粘り強く情報を集めること．

CPとの日常会話

お金の話題

- CPはプライドが高く，専門家に対して以外なことを言い，挑戦的な態度を示す時がある．金銭に関する質問は無視すること．
- 「専門家の給料は幾らか？」「あなたはお金をもうけにきたのか？」「あなたはこの町でなんでも買えますよ」

英語，CPの悩み

- 英語の会話で使い方の要注意な単語．例えば，can, shall, must, recommend, advise, など．使用しない方がよい表現「Can you understand …？」「Check the analytical method」など．
- 筆者の苦い体験：何気なく「Check …」と言ってしまった．すると「あなたはどういう立場で分析方法をチェックするのか？」「我々は，分析方法を指定しモニタリングもすでに実施している」．筆者の意図は，持参した標準試料の分析を行い，分析精度の向上をはかること．誤解が生じたので中止．
- Cpは悩みがあると極端に暗い表情で落ち込む．理由を聞いてみる．辞めようかが多い．Cpが興味を持っている研究技術も聞いておく．

業務中 CPとCPの間で トラブル発生

- 即刻その場から脱出する．脱出不可の場合，発言をひかえる．
- 筆者のあわてた体験：遠隔地での調査．モニタリングと研究のCPが公用車運用でモメ，専門家も巻き込まれた．結局専門家がホテルのリムジンを研究調査用に借り上げ，CP一人は，次の日の航空便で連れ帰った．筆者はオフィスでこのトラブルについて他のCPの助言もあり，沈黙が解決策の一つと知った．喋り過ぎないことか．

成果と評価

簡易処理装置の作成

- 散水ろ床と接触酸化装置を簡易化.
  装置の低コスト,組立と維持管理が容易，運搬・移動簡単となり，どこにでも設置可能になった.
- 装置の作成により現実的な排水処理の仕組みを学習

現場実験の実施

- 現場での装置運転条件と関連要因の検討，装置の改善
- 問題地域における排水処理の啓発と処理装置の普及
- CPの自立とリーダーシップの育成
  実験サイトは、他の日本人チームが派遣されていない水産試験場をあえて選んだ．日本人がいる試験場では、筆者は動きやすいが，CPとそのスタッフは指示待ち症候群から脱皮できない.
- 一定期間の現場滞在による汚染問題の検証と再抽出

研究成果の公表

- 現地大学での講義実施
  筆者は某大学の教授から講義依頼を受けていた．教授の了承を得て，CPと講義を分担。CPは研究内容を完全に理解しており、現地語で発表。この講義は公開講座に似ており、研究室のスタッフ、学生、業者など７０名程が聴講。CPの講義終了後、質問が殺到し議論が盛り上がった。専門家は、CPの引き立て役。

問題と課題

どうする？ 情報不足の解消

- 国内で現地情報，人的情報を収集出来る体制の構築.
  専門家独自の努力が必要か．ＪＩＣＡが集めてはいるが.
- 現地経験者の業務内容・人的情報を多く得ておく.
- 任国でセミナーなどにできるだけ出席し情報源拡大.
- 他の機関に派遣されている関連分野専門家との情報交換.

どうする？ オー困ったこと 心・物・金

- 任国で専門家自身の自己コントロールと柔軟な対応
  自己中心になりがちだが，忠告・批判は聞く姿勢を持ちたい.
- 必須な実験装置の意図的な？撤去．どう対応するか？
  微生物の短期専門家が着任する一週間前，オートクレイブ（殺菌装置）が突然消えた．理由を聞くと「あの装置はもともと本庁のもの．本庁のが故障し要請があり返した」．別な見方もできる.「移管すれば日本側が新品を買うだろう」のタカリ．このスタッフには何度かしてやられたが，このタイプとはかかわらないことか.
- 実験を開始すると，予想外の資材・備品が必要となる.
  日本側，任国側のどちらがまかなうのか．モメルと専門家は仕事にならず惨めだ．日頃から経理担当と仲良くしておこうか.

日本と任国の技術に関する相違と対応

タイ工場団地排水処理状況

- バンコク郊外サムトプラカン工場団地
  （出典：ＥＲＴＣマスタープラン　関　荘一郎　氏）

酸化池	３３％	ばっき式ラグーン	９％
化学処理	２５％	化学処理＋生物処理	９％
活性汚泥	１９％	酸化溝	６％

- 太陽エネルギーを活用する池処理が主流．

技術移転での対応

- ローテク・低コスト・維持管理の容易さを満足する処理方法が移転の対象．一方先端処理の学習も大切
  NEDOの研究（廃プラスチック処理，藻類・CO_2固定・利用）
- 池処理，湿地処理はＵＳＡの文献が有効．文献欄参照
- タイ国政府は，エビ養殖排水に対し処理池の設置を規定
  実状は，大手企業以外は処理池を持っていない．本研究では他業種の排水にも適用可能な処理方法，散水ろ床等を検討．
- 排水処理→スラッジ処理→その他廃棄物処理の一貫した説明
  ＣＰは発生するスラッジや廃棄物の処理方法も必ず質問する．
- 生物とくに微生物部門の強化
- 任国に適正な処理技術の開発を促進する基本技術の移転
  ＣＰは結果のみを欲しがるが，過程が大切．現存する処理技術を学びながら，現地要因を取り入れ適正化を試みる．環境・気候要因，資材（リサイクル），高処理効率（微生物の活用）など．
- 課題研究：熱帯地域に於ける処理池設置マニュアルの研究(例)

技術移転に関する情報

参考書

選ぶポイント
◆脚注・図式・具体事例が多くマニュアル化されているもの．
◆質問・解答が書いてあるもの．
◆環境庁，地方環境研による調査・分析・処理方法などの冊子，ＵＳＡの大学が使う教科書，任国ジェトロ，日本人商工会議所冊子

排水処理とブラックタイガー

- ◆ Design Manual Municipal Stabilization Ponds　EPA
- ◆ Operation Of Wastewater Treatment Plants - A Field Study Training Programm　California State Univ.
- ◆ Environmental Sanitation Reviews. Aquatic weeds and thier use. Envi.Sani.Infor.C. BKK
- ◆ Black Tiger Prawn Culture. Economic data base company.BKK
- ◆ Health Management in Shrimp Ponds, Dept. of Fisheries.Thailand

水・環境問題・英語その他

- ◆工場廃水とその処理 廣瀬孝六郎技法堂
- ◆ Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse Metca;lt & Eddy
- ◆水質管理と水処理(火力発電所)
  火力原子力発電技術協会（ニーズある）
- ◆長良川 河口堰の質問へのお答え
  建設省河川局（ニーズある）
- ◆技術英文のすべて 平野進 丸善
- ◆ Laboratory Manual for the Examination of Water, Waste & Soil VCH Pub.
- ◆あなたの英語診断「英語における日本人共通の誤り」松本・アイリン　北星堂

関連機関

- ◎ Asian Institute of Tech. 豊富な文献と野外実験施設
- ◎ Chulalongkorn Univ. 理学部(生化学) 藻類
  Chulalongkorn Univ. 理学部(海洋科学) エビ養殖問題
- ◎ Chiangmai Univ. 環境工学科 野外廃棄物処理実験
  Kasetsart Univ. 理学部（微生物）エビ排水処理
  Kasetsart Univ. Green Complex, 環境工学とバイオ
- ◎ Prince of Songkla Univ. Agro-Ind. パーム油分解菌
- ◎ Ministry of Industry, Industrial Envir. Division
- ◎ Aquaculture Development Center Prachuapkhirikhan
- ◎ Eastern Marine Fisheries Development Center

エピローグ

１９９６年１１月，ＥＲＴＣを訪れ，次の事に注目した．①敷地内水路の植物による汚水浄化実験，②研修プログラムの充実．なお，現場実験に協力してくれた水産試験場のＫ主任研究員は，留学のため来日し再会。某大学で海洋微生物を学び帰国，その後，大型魚の導入とカキ殻の利用によるエビ養殖排水処理の研究を始め進行中．彼の留学希望が実現し少しはお礼できたかな…．

Ⅲ．研究所における実験系排水の管理技術の移転

■1995.2～1995.3，タイ王国，タイ王国環境研究センタープロジェクト，短期派遣

安藤晴夫

1．技術概要

タイ環境研究研修センター（ERTC）における実験系排水（重金属等の有害物質を含む）の処理方法について問題点を調査し、その処理・管理体制の改善策を提示した。それと同時に、カウンターパート（C/P）に対し、排水処理技術に関する講義・実験指導を行った。

2．導入目的

ERTC では主に環境試料の測定分析の過程で有害物質を含む実験系排水が発生する。しかし、同センターの発足時に設置された実験系排水の処理施設（中和・沈殿処理）は故障した状態にあり、重金属等の濃厚排水をバッチ方式で処理するための装置もほとんど使用されていないなど、排水処理が適切に行われていなかった。こうした状況は、周辺地域に環境汚染を引き起こす恐れがあるばかりでなく、タイの環境保全行政に関して指導的な立場にある ERTC にとっては、社会的評価にも係わる非常に深刻な問題である。

また、実験系排水の処理に関しては、ERTC のみにとどまらずタイ国内の他の研究機関でも同様な問題を抱えているため、ERTC において「実験室排水処理」に関するセミナーの開催も予定されていた。

こうした背景から、ERTC における排水処理・管理体制の改善指導のために派遣が要請された。

3．導入方法

3.1 派遣前の準備

ERTC への派遣の打診は出発の約 4 ヶ月前で、要請業務は「実験室排水処理の技術指導」であった。その時点では、現地の状況については全く知識がなく、具体的に何を行うべきかについても明らかでなかった。また、派遣期間が約 4 週間と短いこともあり、その間、どれだけのことができるかを考えると多少不安であった。そのため、以下の手順で準備を進めた。

(1)活動目標の決定

まず、現地の状況に詳しい国内の元専門家の方々に話をうかがい、ERTC の排水処理施設の概要やその問題点、業務に関するアドバイスや生活上の注意、現地で面会すべき人々の連絡先など、非常に貴重な情報を得ることができた。その後、ERTC の所長から、実験排水処理技術に関する講演会の実施とテキスト作成の依頼が Fax で届いた。

元専門家の意見や所長からの依頼内容、派遣期間が短いことなどを考慮して、活動目標は以下の２点に絞ることにした。

a.ERTC の実験系排水処理体制に関する改善策の提示

b.供与機材として設置されていた実験排水処理装置の運転指導

このように業務内容の大筋が固まった段階で、現地の JICA 専門家に内容を Fax で打診して了解をとり、また業務に必要な薬品類や機材の有無について問い合わせ、携行機材を決定した。

(2)関連情報の収集

ERTC の排水処理体制に関する指針作成の参考にするため、国内の大学や研究機関が作成した排水・廃棄物の処理法や有害物質の安全管理等に関するマニュアル類を入手した。また、講義用資料として持参するため、メーカーが配布している各種実験排水処理装置や排水処理用薬剤、簡易分析キット等の説明パンフレットやビデオ（できる限り英語版）を収集した。

この他に、水俣病に関する TV ドキュメンタリ番組や東京都の環境行政や研究所の紹介ビデオ（どちらも英語版）も入手した。

(3)排水処理装置の運転操作見学

実験排水処理装置の運転指導をする必要があるため、都内で同じ機種の装置が設置されている高校へ行き、装置の構造や運転操作法、運転上の注意点などについて教わった。

(4)講義用資料の作成

講義や講演に使用するために資料を作成した。資料の作成にあたっては、以下の点に留意した。

a.できるだけ分かりやすく図表化すること

b.OHP にするため、一つの内容は A4 版 1 枚にまとめること

c.説明は英文で記述すること

d.ERTC 職員に引き渡して、そのまま研修等に利用できるものを作成すること

作成した資料の内容は、実験系排水の処理システムや個別の排水処理技術の説明、処理

実験のフローチャート、有害物質の排水処理に関する演習問題など、計 70 頁以上になった。

(5)実施計画書の作成

元 JICA 専門家から「あらかじめ業務の範囲を具体的に決めておいたほうが良い」とのアドバイスを受け、現地の状況が分からないながら実施計画書（**図 5.1**）を作成した。

具体的な目標は、前述のように以下の２点に絞った。

a.排水処理・管理体制に関する改善策の提示

b.実験排水処理装置の運転指導

OBJECTIVES AND SCHEDULE OF WORKS IN ERTC

JICA expert : Haruo Ando

1. OBJECTIVES
 (1) Making a proposal on a guideline of wastewater management system in ERTC.
 (2) Operation of the laboratory wastewater treatment apparatus BL-50S.
2. SCHEDULE
 (1) Wastewater management system
  a) Investigation of present state
   * Studies on qualities and quantities of wastewater in ERTC.
   * Analyses about chemicals used for expetiments and analyses.
   * Check the wastewater stored now in laboratory.
  b) Studies on measures for improvement
   * Organization (water pollution prevention manager, etc.)
   * Segregation, storage, treatment and monitoring (who?, how?).
   * Possibility of reducing waste (change to other analytical method that does not generate a hazardous waste, etc.)
  c) Making a proposal (guideline of laboratory wastewater management)
  d) Lecture on the proposal.
 (2) Laboratory wastewater treatment apparatus BL-50S
  a) Check the treatment chemicals and the apparatus.
   * Coagulant, pH, ORP electrodes etc.
  b) Instruction and operation.
   * Preparation of chemicals.
   * Principle of hazardous wastewater treatment.
   * Doing beaker test.
   * Wastewater treatment with BL-50S.
  c) Making an operation manual.

図 5.1 実施計画書

3.2 現地での業務

(1)業務内容の確認

現地着任後すぐに、実施計画書（**図 5.1**）を提示し、ERTC 所長に業務内容を説明した。あらかじめ、こうした形式で内容を整理しておいたため、説明が容易で、所長の理解も得られ易かった。

(2)技術指導

a.指導方法

排水処理がERTC全体に関係する課題であるため、様々な部門（研究課、監視課、分析課、研修課）の若手研究員5名がカウンターパート（C/P）となり、彼らに技術指導を行った。着任初日は全く様子がわからないため、自己紹介、施設見学をした後、とりあえず用意してきたOHPを使って、すぐに講義を始めた。翌日からは、講義と、排水処理施設の点検・処理実験などの作業とを組み合わせるようにして毎日の指導を進めた。講義の場合には、なるべく課題を出して、C/Pに回答してもらうような方法をとった。彼らの英語力は人によりかなり差があり、説明が理解してもらえない場面もあったが、その場合には英語の得意なC/Pがタイ語で再説明してくれて、なんとか話が通じた。

OHPを使用した講義は、C/Pから分かりやすいと評価してもらえた。また、講義する立場からも非常にやりやすかった。

このほかに教材として持っていったビデオも役立った。特に、水俣病の被害状況に関するTVドキュメンタリーのビデオは、具体的な被害の実態について良く知らなかったC/Pに強い印象を与え、排水処理の重要性と有害物質による環境汚染の恐ろしさを再認識してもらうのに、非常に有効であった。

これは余談になるが、タイでは通常、ニックネームでお互いを呼び合う。そのため滞在中は、ほとんどのタイ人をニックネームで呼び、記憶していた。しかし、手紙のやりとりでは本名が使われるため、帰国後、届いた手紙が誰からのものかを判別したり、手紙を出したい相手の本名が分からずに苦労した。タイでは、必ず本名とニックネームの両方を対応づけて覚えておくべきである。

b.指導内容

実施計画書に沿って以下の様な点検調査や技術指導を行った。

ア.排水処理施設・装置の点検

イ.保管されていた濃厚廃液のチェック、分別整理

ウ.試料分析にともなう有害物質発生量の調査

エ.有害物質による環境汚染問題や排水処理技術に関する講義

オ.排水処理のビーカ試験（排水処理条件の検討）

カ.排水処理装置の運転

キ.排水処理体制に関する指針作成、講演会実施

4. 現状の問題点、成果、今後の課題

4.1 現状の問題点

(1)排水処理施設，装置の維持管理

実験系排水用の中和処理施設（沈殿槽及び中和槽）は、撹拌装置が破損していて長期間運転されていない状況にあり、沈殿汚泥も除去されず槽内に堆積したまま放置されていた。

また、重金属等の濃厚廃液を処理するため、室内に設置されていた実験排水処理装置も、設置時に試験稼働したのみで、実際に操作できる職員がおらず、処理用薬品の保管方法にも問題があった。

写真 5.1 実験排水処理装置（写真中央）

(2)環境試料の分析法

ERTC の実験系排水は大半が環境試料分析の過程で発生する。そこで、どのような項目の分析廃液中に有害物質が多く含まれているかを明らかにするため、１試料を分析したときの廃液中の有害物質量を、ERTC での分析のフローシートを基に、C/P に計算してもらった。**表 5.1** はその結果で、例えば COD では、１試料の分析廃液にクロムが 109mg、水銀が 676mg 含まれ、それを排水基準（Effluent Standard）に適合する濃度にまで希釈するためには、それぞれ 218 ㎥、135,200 ㎥の水が必要であることを示している。同様に、有機態窒素やアンモニアの分析廃液にも多量の有害物質（水銀）が含まれていることが分かる。なお、この計算は、どの分析項目の廃液に注意が必要かを教えるのに非常に有効であった。

表 5.1 ERTC における分析廃液の汚染レベル

－1検体分析した廃液中に含まれる重金属量－

分析項目	分析方法	汚染物質	含有量 (mg/検体)	排水基準値 (mg/ℓ)	要希釈水量[a] (ℓ)	分析検体数 (検体/年)
COD	二クロム酸カリウム法	Ag	758	0.02 [b]	37,900	480
		Cr	109	0.5	218	
		Hg	676	0.005	135,200	
DO/BOD	アジ化ナトリウム変法	Mn	0.24	5	0	1,150
Cl	モール法	Ag	1.52	0.02 [b]	76	300
		Cr	13.4	0.5	27	
Org-N	ケルダール法	Hg	88.3	0.005	17,660	500
NH_3	ネスラー法	Hg	88.3	0.005	17,660	500
NO_3	Cu・Cdカラム還元法	Cd	?	0.03	?	300
		Cu	6.7	1	7	
T-P	モリブデン青 (アスコルビン酸還元法)	Mo	3.3	0.7 [c]	5	300
		Sb	0.4	0.02 [c]	20	

a) 要希釈水量：排水基準値まで希釈するために必要な水量

b) タイの亜鉛工業に対する排水基準値

c) 日本の要監視項目に対する指針値の10倍（タイでは排水基準が定められていない）

(3)分析廃液の保管方法

着任時、ERTC の排水処理施設周辺には分析廃液の入った試薬びんやポリタンクが多数置かれ、その多くは内容物が不明であった。また、一部のタンクは破損して廃液が漏出し、床下の生物処理槽への悪影響が懸念されるものもあった。これらの廃液を処理するため、pH やパックテスト等による内容物のチェックと、種類による分別・整理が必要であった。

写真 5.2 放置されていた廃液のチェック・整理

(4)目標水質の設定と水質監視

排水を適切に処理するためには、研究所が独自に処理水質の目標値を定め、放流水質を常時監視し、その適合性をチェックすることが必要である。しかし、処理目標水質は設定されておらず、定期的な水質監視も行われて来なかった。

(5)排水処理スラッジの処分

重金属等を処理した場合に発生するスラッジについては、最終的な処分方法が確立していないため、現状では所内に保管せざるを得ない。その場合、有害物質の溶出を防ぐためにコンクリート固化などの処理が必要と考えられるが、それによる廃棄物量の増加が新たに問題になる。

(6)廃有機溶媒の処分

有機化学物質の分析等に使用した有機溶媒は、試薬びんに保管されているが、現状では処理する手段がないため保管量が増加の一途で、防火の観点からも問題である。ちなみに、ERTC には、固形ゴミ用の焼却炉が設置されているが、有機溶媒の焼却には使用できない。

(7)安全に対する情報・知識の不足

講義中の会話や、実験室内での毒物・劇物の保管状況などから、C/P に、化学物質の毒性・危険性等に関する知識の不足が感じられた。このことは、未処理の実験廃液が放流されても、その危険性がよく認識されていないことを意味し、結果的に研究所の実験排水処理がこれまで適切に処理されなかった要因の一つになっていると考えられた。また、職員が実験操作を行う上での安全性に係わる問題でもある。

4.2 成果

(1)排水処理・管理体制に関する改善策

現行の ERTC の実験排水処理システムは**図 5.2** に示すとおりである。

前述の問題点を踏まえて改善策（**図 5.3**）を作成し、全職員を対象とした講演会を開催して説明した。

改善策の内容は、ERTC の管理者（組織）に対しては、排水処理を適正に行っていくための体制づくり、すなわち、予算的措置、目標水質設定、組織設置、教育訓練の必要性などを提言し、ERTC の各職員に対しては、排水発生者の処理責任、適切な排水の分別・保管・処理を求めたものである。

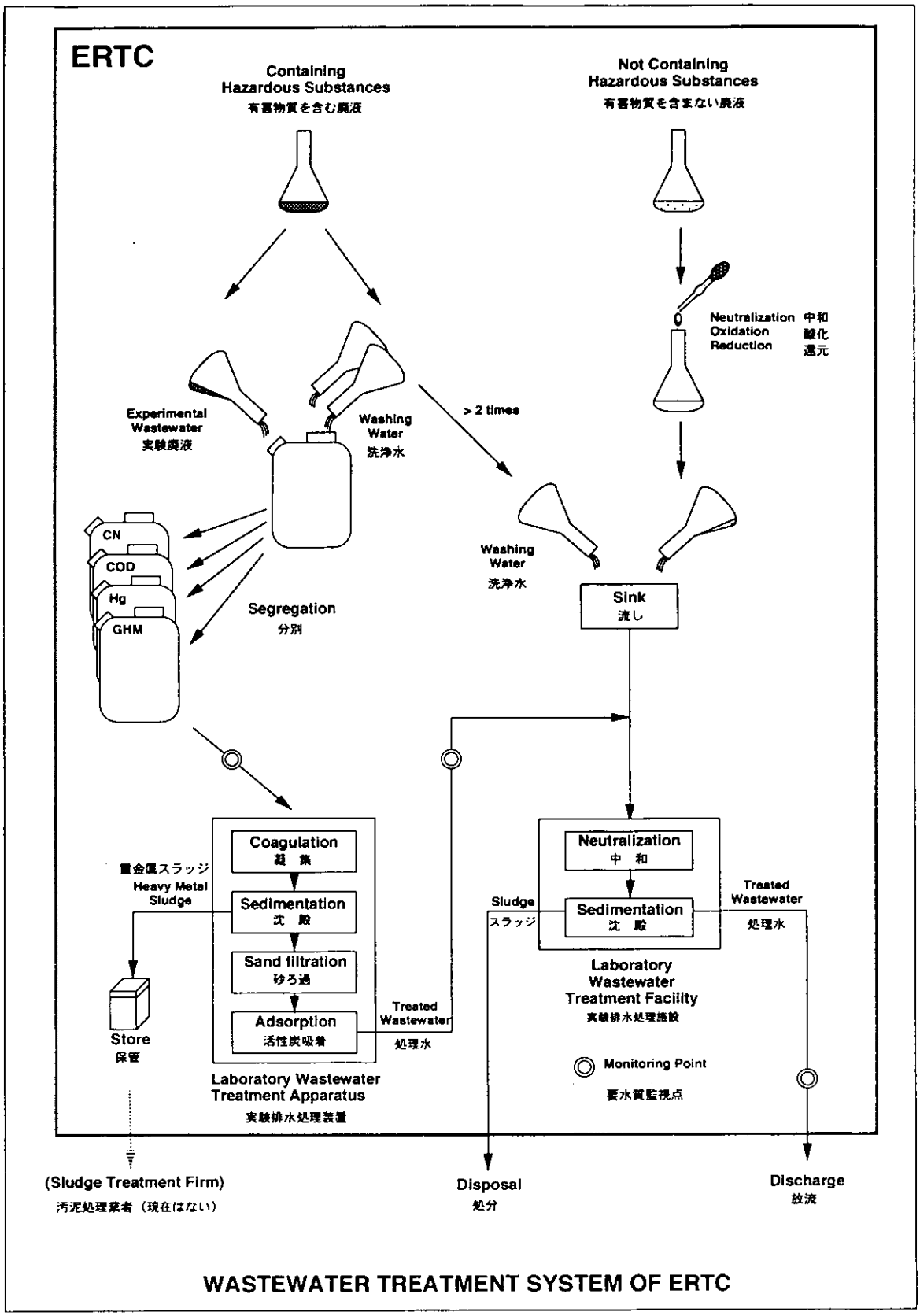


図 5.2 ERTC の排水処理システム

Laboratory Wastewater Management in ERTC

This text aimes to list up required matters relating to the management of laboratory wastewater in ERTC.

I. OBLIGATIONS OF ADMINISTRATORS

1. Allocate an adequate annual budget for proper laboratory wastewater management and disposal.
   (1) Facility maintenance (chemicals, electrodes etc.).
   (2) Repairement.
   (3) Disposal of Sludge.
2. Establish institutional policy to protect health and environment.
   (1) Set up the target water quality for treatment.
      <= Industrial effluent standard, environmental standard, ...
3. Form a committee in charge of wastewater management.
4. Training of employees.
   (1) Legal requirement.
   (2) Institutional policy.
   (3) Treatment procedure.

II. OBLIGATIONS OF EACH PERSONS

1. The person generating wastewater should immediately treat it on his responsibility.
2. Hazardous wastewater should not be discharged into a sink without treatment.
3. The first two portions of glassware rinsing water are considered hazardous wastewater.
4. Wastewaters which can be discharged into a sink are as follow.
   (1) Salts not containing toxic metals; NaCl, KNO3, CaSO4, CaCO3, K3PO4,etc.
   (2) Proteins, Amino acids, Saccharides (edible substances for the animal).
   (3) Small amount (up to 100mL) of water soluble solvents; methanol, ethanol,etc.
   (4) Glassware rinsing water from the third times.
5. If it is necessary to store wastewater for the treatment with heavy metal treatment apparatus (BL-50S), it should be stored separately in a container by its type.
6. Storage container should be proof against the contents. Glass bottles are not appropriate because of its fragility. Polyethylene-tanks are appropriate for inorganic wastewaters and organic waste liquids.
7. A prescribed card sealed in a plastic bag should be attached to each container. The person who drains wastewater into the container should fill in the form of card; date, name, section, (what) kind of wastewater (remaining sample, analytical wastewater etc.), volume, (estimated) cocentration, pH, remarks for treatment.
8. Inorganic wastewaters should be classified by the following types and stored in an appropriate container.
   (1) COD wastewater (contains highly concentrated Hg & Cr(VI))
   (2) Mercury(Hg) wastewater (from NH3 and Org-N analyses)
   (3) Arsenic(As) wastewater
   (4) General Heavy Metal(GHM) wastewater
9. Wastewaters in the following combinations should not be mixed.
   (1) Oxidizers(peroxides, potassium permanganate, etc.) with organic compounds.
   (2) Cyanides, sulfides and hypochlorites with acids.
   (3) Volatile acids(hydrochloric acid, hydrofluoric acid etc.) with non-volatile acids.
   (4) Ammonium salts and volatile amines with alkalis.
10. Organic waste liquids should be classified by the following types and stored in an appropriate container.
   (1) Flammable organic solvents insoluble in water.
   (2) Organic solvents containing water.
   (3) Flame-resisting organic solvents.
   (4) Chlorinated organic solvents.
   (5) Organic solvents usable by redistillation.
11. Wastewater should be treated before the container is filled up.
12. In case of using BL-50S for treatment, beaker tests are needed for deciding the treatment conditions.
13. In case of treating with BL-50S, checking pH & ORP meters is required.

図 5.3 実験系排水処理体制に関する改善策

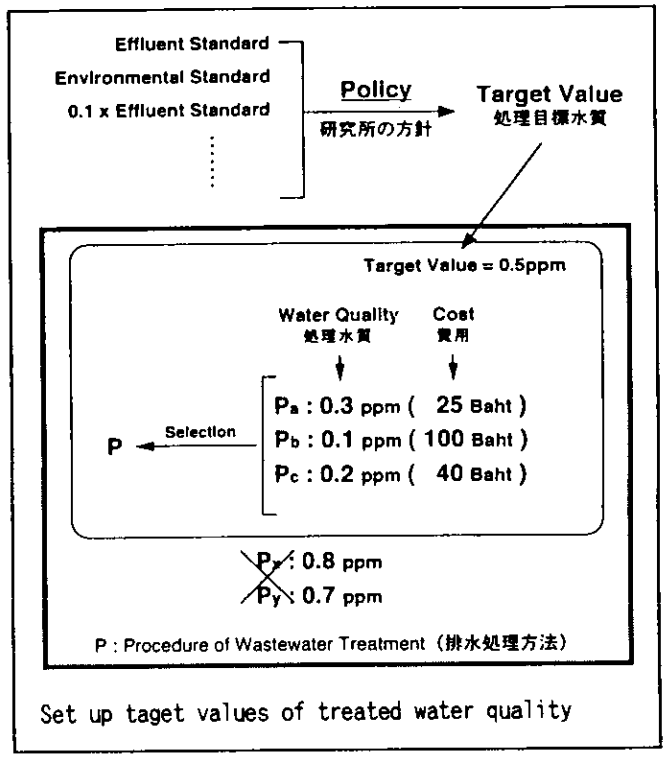


図 5.4 処理目標水質の設定

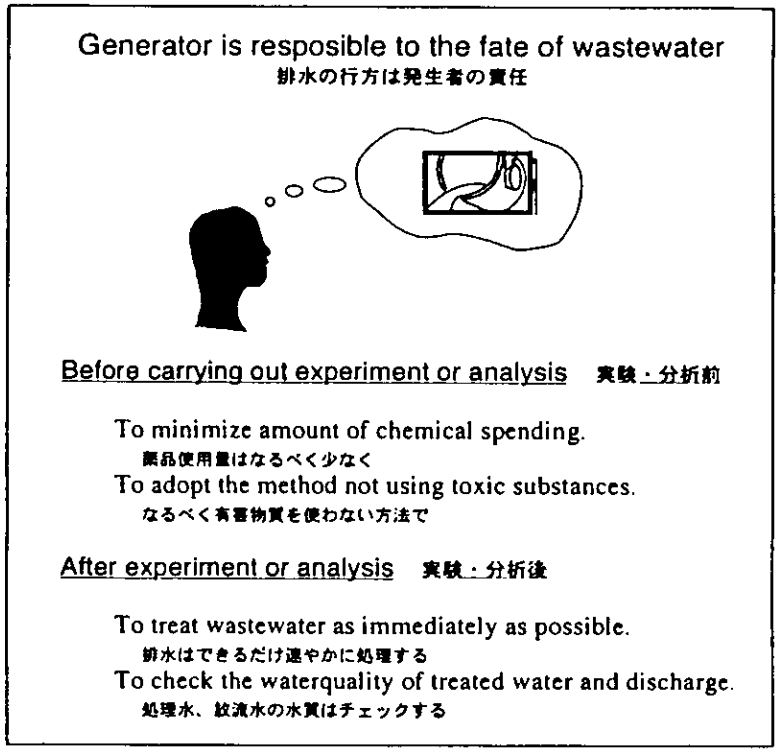


図 5.5 排水発生者の処理責任原則

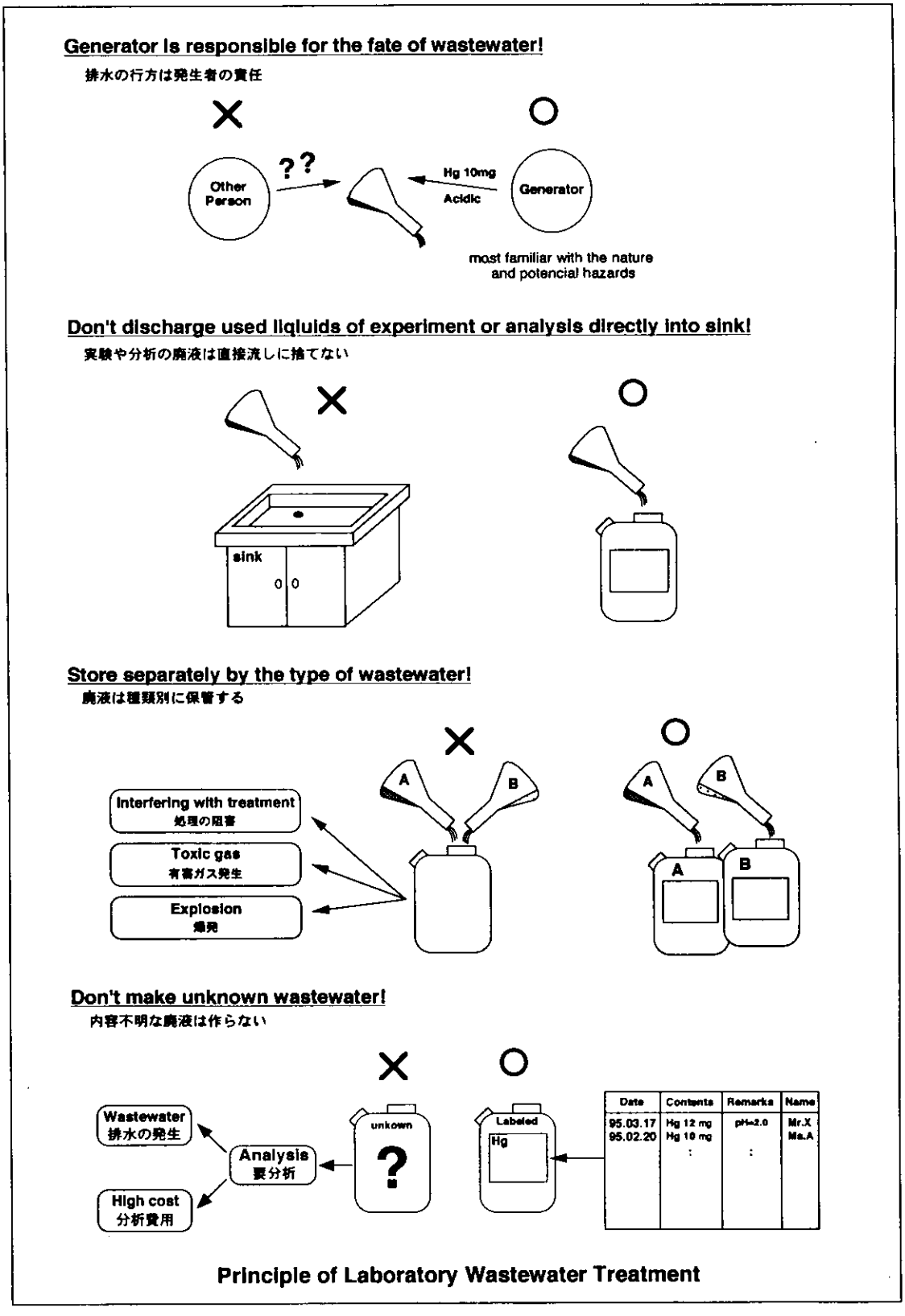


図 5.6 実験廃液処理の基本事項

(2)排水処理技術の指導

指導にあたっては、排水処理装置は単なる反応槽であって、排水をそこに投入すれば自動的に清浄な処理水が得られるわけではないことを強調した。

また、講義を通じて、C/P が実験排水の処理技術（中和、沈殿等）についてあまり知識を持っていないことが明らかになった。そのため、有害排水（主に重金属含有排水）処理についての技術的説明や、排水処理条件を決定するためのビーカー試験に多くの時間を費やした。

写真 5.3 重金属廃液処理のビーカー試験

実験排水処理装置については各部が正常に動作することの確認と運転方法、処理薬剤の調製・保管方法の説明まで行なったが、実際の排水を処理する段階までには至らなかった。

なお、技術指導のために作成した英文資料等（OHP）は、後日、ERTC が行う研修等に利用できるよう、C/P に引き渡した。

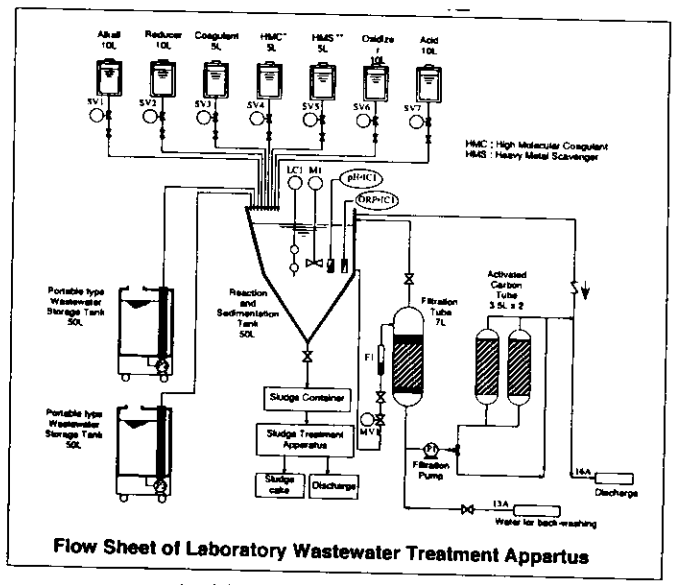


図 5.7 実験排水処理装置のフローシート

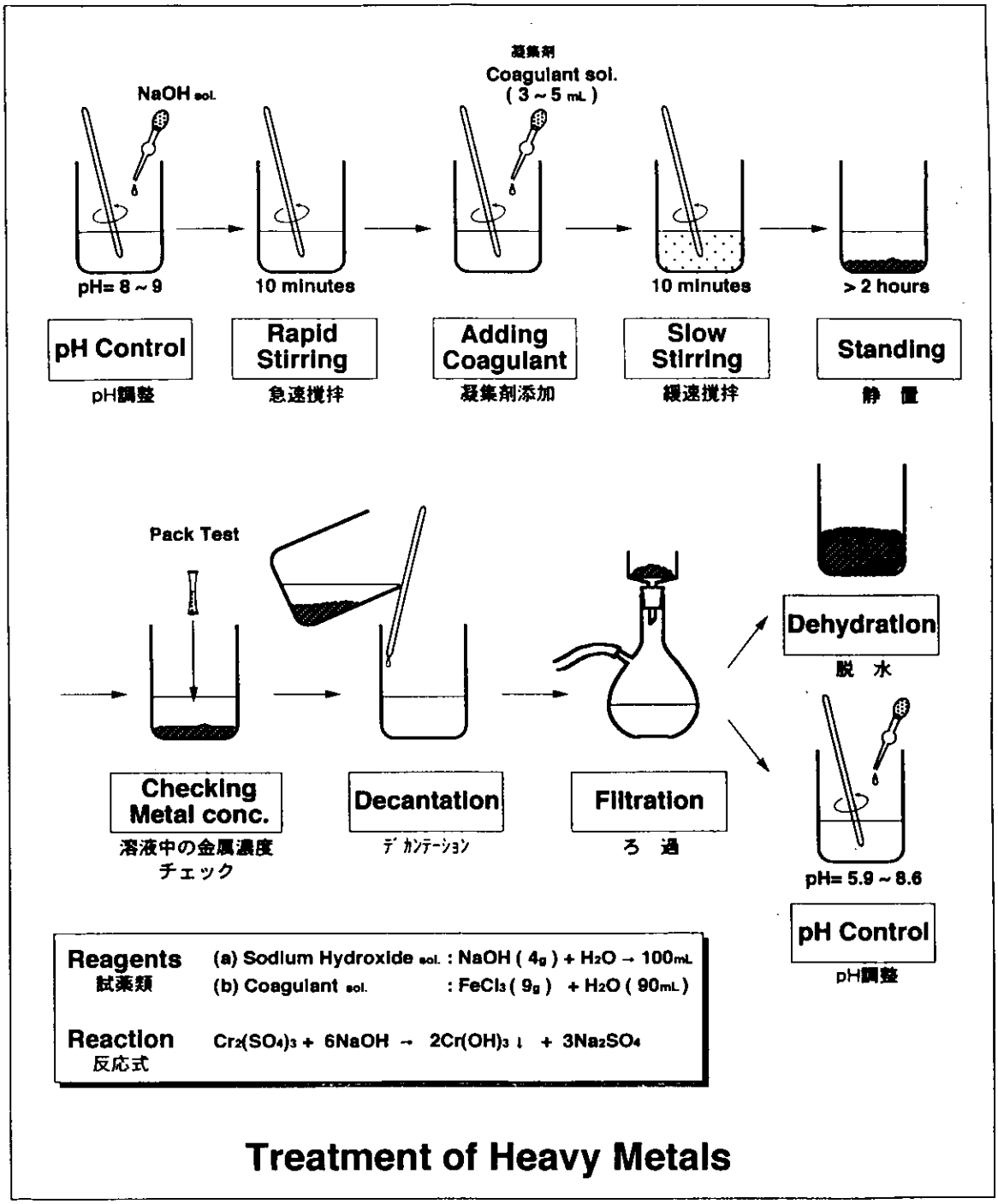


図 5.8 ビーカー試験（重金属）の説明資料

4.3 今後の課題

(1)分析方法の変更

発生した汚染物質の処理方法を改善する以前に、有害物質の発生量を削減することがより重要であることは、C/P への講義や全職員を対象に行った講演でも特に強調した点である。

前述のように、ERTC で行なわれている COD（重クロム酸法）や NH_3（ネスラー法）の分析には、多量の有害物質（水銀、クロム等）を使用する方法が用いられている。しかし日本では、より有害物質の使用量が少ない方法への転換に成功している。こうした日本の経験を活かし、今後、汚染の恐れの少ない方法を技術移転していくことも必要であると考えられる。そのためには、分析方法間でのデータ比較などに関する情報を収集整理し、提供していくことも必要である。

(2)実験系排水処理施設の改善

現行の実験系排水処理施設（中和処理プロセスのみ）が、順調に運転されている場合でも、もし実験室の流しに水銀等の有害物質を含む実験廃液が捨てられた場合には、有害物質が周辺の環境中へ流出してしまう可能性が高い。このため、実験時の事故や実験者の不注意による廃棄などを想定した場合、現状では外部への汚染の拡散を防止することは非常に困難な状況である。

こうした事態を改善するためには、万が一の場合でも有害物質の外部への流出が防止できるように、重金属等を自動的に処理するためのプロセスを付加する必要がある。ただし、その場合には維持管理が今以上に重要となるため、その点にも十分留意する必要がある。

(3)濃厚廃液の処理

現状では、濃厚廃液は、バッチ式の実験排水処理装置を用いて凝集沈殿法により処理することになっている。しかしこれとは別に、高温な気候を利用し、天日乾燥で廃液中の重金属類を分離・回収する方法も有効であると考えられる。その利点は、凝集沈殿法のように余分な薬剤を添加する必要がなく、汚泥発生量も少ないことである。我が国の分析機関でも、こうした方法で廃液処理が成功した事例が報告されており、排水処理法の選択肢の一つとして技術的検討を行うべきであると考える。

(4)排水処理スラッジ、廃有機溶媒の処理

前述の様に、排水処理に伴い有害物質を含むスラッジが発生する。また農薬等の分析に伴って、今後さらに多くの有機溶媒が使用され、廃溶媒が発生すると考えられる。そのため、これらのスラッジや溶媒を安全に保管する場所を整備するとともに、何らかの処理ルートを確立する必要がある。

(5)実験室内の安全管理に関する指針の作成

今回は実験室排水処理に限定した提言を行ったが、実験室内での毒劇物の保管状況などを考慮すると、職場の安全管理も含めた指針を作成することが必要であると考える。

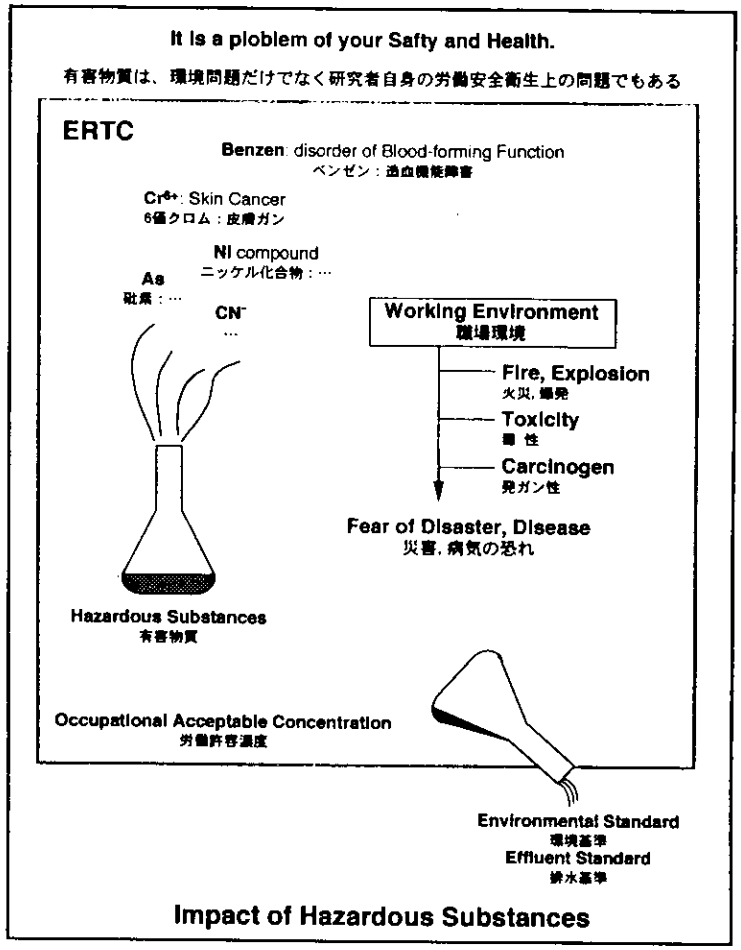


図 5.9 有害物質の影響

5. 日本の技術とタイ国の技術の相違

(1)排水・廃棄物処理方法

日本の研究機関では、排水処理装置の維持管理や濃厚廃液、有機溶媒、スラッジなどの回収や処分などは、専門の業者に委託しているケースが多い。一方、タイでは、こうした委託業者がほとんど無く、これらの仕事は自前で処理せざるを得ない。

(2)環境試料の分析方法

日本とタイとの分析方法の違いについてはすでに述べたとおりである。

6. 当該技術に関する関係情報源情報一覧

1)Laboratory Waste Management: A Guidebook/ by the American Chemical Society Task Force on Laboratory Waste Management(1994)　ISBN 0-8412-2849-3

この文献は、米国化学会の出版物で、研究所における廃棄物管理（排水処理を含む）や安全対策について良くまとめられている。

2)日本分析化学会(1994):「ミニファイル:実験室からの廃棄物処理」,ぶんせき,1～12 月号.

実験室で発生する様々な廃棄物の処理について要領よくまとめられている。各月のテーマは、次の通りである。

有害物質の排出基準（1）24

廃棄試薬の処理（2）109

有害性金属（3）202

有害物質（シアン、フッ素など）[補遺]改正排水基準（4）278

ガス（5）365

有機溶剤（塩素系、非塩素系）（6）450

放射性物質（7）541

バイオハザード因子；病原微生物と DNA 組換え体（8）626

医薬関係（注射針、血液、実験動物）（9）709

発がん性物質、催奇性物質（10）799

廃棄物処理のモデル（大学）（11）910

廃棄物処理のモデル（研究所）（12）1005

3)大学や研究機関の安全管理マニュアル

大学や研究機関では、廃棄物の分別・処理や排水処理等をマニュアル化して、学生や研修者に配付しているところがある。多くの場合は、日本語版のマニュアルのみであるが、一部では、外国語版のものもある。研究施設の排水処理や廃棄物処理などに関する成書はほとんど出版されていないため、これらの資料は非常に役立った。

Ⅳ．有効微生物の導入によるエビ養殖汚濁排水の浄化技術の移転

■1992.9～1992.10，タイ王国，タイ王国環境研究研修センタープロジェクト，短期派遣

森下日出旗

1．技術概要

地球上では太古の昔から自然浄化が行われてきた。その主役はバクテリア、カビ、微細藻類等の地球上に存在する微生物である。

自然界には本来、自然浄化作用（Self-purification）が存在するが、これは微生物が汚濁物質を資化、酸化、分解、吸収を行い浄化作用を進行させる事によるものである。しかし、最近はこの自然浄化作用が生活排水及び産業廃棄物等の有機汚濁物質により阻害され、浄化出来なくなっている。そこでこの低下した微生物による自然浄化作用を人為的に活性化し、本来の浄化作用をよみがえらせる事により環境修復を行なう事が肝要である。この人為的に有効微生物を導入し、環境浄化を行なう技術をバイオレメディエーション（Bioremediation）という。本研修はこの技術を移転しようというものである。

2．導入目的

タイ国に於いてはエビを養殖し、外国に輸出する事をいわば国策としている。最近、このエビの養殖が水の汚濁によりうまく行かなくなってきた。そこでこのエビ（ブラックタイガー、日本名ウシエビ）を養殖するために水の浄化を行なう事が必要となってきた。この浄化処理に微生物を利用したバイオレメディエーションを導入し、浄化を図る事が考えられた。今回はその技術を移転するのが目的である。

3．導入方法

この技術の導入には何といっても微生物を取り扱う技術を持つ事が基本となる。そこで、まず実験室において微生物に関する基礎知識とその取り扱い技術の習得技術移転を行なった。それらは以下の様なものである。

a.基礎微生物実験講義

- 微生物についての基礎知識
- 微生物培養法
- 微生物分離法

・ 一般的注意事項

b.培養分離実験

・ 接種、無菌操作、培地滅菌

・ 培養基の調整

・ 培養操作

・ 分離操作

c.増殖実験

d.菌数測定法

e.顕微鏡観察実験

f.器具の洗浄、滅菌

g.質問、応答、相談

これらの技術移転を行ないながら、時に応じて実際のエビの養殖池から採水し、その中の微生物分離、純粋培養、菌数測定等を行なった。実際に東部地方のライオンから西部地方のソンクラまで各地の養殖池の調査を行なった。

4. 移転の際の注意事項

私の場合、相手は一人でパーマネントではないため、しかも微生物についてずぶの素人であったため全くの白紙の状態で研修が始まった。本人は熱心であり、素直な性格のため、スムーズにマンツーマンシステムで技術移転は行われた。養殖池のフィールド調査も一緒に同行して行なったため、室内ばかりではなく野外での解放感もあり、事は非常にうまくいった。

技術移転のポイントは相手をほめてその気にさす事が肝要で、心地よく技術を習得する様に以っていく事だと考えている。

5. 成果、問題と課題

成果としては、さしたる問題もなくスムーズにいった。しかし、問題点として相手がアルバイト的存在であったため、取り組みが本格的とならなかった事が残念であった。我々の研修がうまく行っているためか、微生物に関する興味からか、他から習得希望者が多く出てきたが結局のところ組織上の問題として実現しなかった。これは現場の人達の問題より組織上の問題で、結局のところ、タイ国にこの技術が定着しなかったのではないかと憂慮している。特に帰国後、どの様になっているのか状況が解らないので、その点を心配し

ている。

6. 日本の技術とその他の国の技術の組織

微生物による環境浄化という技術、バイオレメディエーションはまだ世界的に先端的な技術で、特にこの技術を使いこなすためには、微生物学的技術が基本的に必要で、まずその上に立たないと難しい。一般に行われている排水処理法としては、現在、活性汚泥法が使用されているが、これらは排水を攪拌と曝気により、そこに存在する微生物を活性化しようとするものである。しかし、存在しなければ全く効果は期待出来ないものである。そこでこれを一歩進めて分解活性を有する微生物を特定し導入して効果を発揮させるというのが今回の技術移転である。これについても最も世界的に進んでいるのはアメリカである。

この方法の特徴は、何といっても省エネルギー、低コスト、小スペースで行なえる事が最大の魅力である。しかも汚濁物質を直接分解、除去するので二次公害が起こらない。今回の場合、エビ養殖排水における汚濁の原因である汚濁物質はエビの排泄物と過剰の飼料供給による腐敗である。これらの物質の分解除去が浄化処理の主目的である。タイ国の場合、殆ど排水処理が行われず放流されているので、環境の汚染は甚だしい。エビの養殖排水のみならず生活排水、工場排水等すべて浄化処理を行なうべきだと考える。

今回の私の場合、JICAとしてすばらしい企画だと思われるが、肝心の受け入れ側、即ち、タイ国の受け入れ体制が整っていない事から、本当に効果的な技術移転になったかどうか心配しているところである。現場の人達は熱心で良いのであるが、真に移転技術が定着し、タイ国に根ずいて効果を発揮してくれれば望外の慶びとなるところである。

7.参考文献

1)西村実(1996) :バイオレメディエーション微生物による環境汚染浄化、用水と排水 38(3)、28-33

2)ジョン・T・クックソン(1997) :バイオレメディエーションエンジニアリング―設計と応用―、エヌテイエス

3)森下日出旗(1996) :バイオレメディエーションによる環境浄化―特殊有効微生物の利用による浄化作用―、なちゅらる 45(11)、2

4)バイオインダストリー(1993) 10(8)、シーエムシー

5)Bioremediation Field Initiative (1994) EPA/540/N-94/500

6)In Situ Bioremediation (1993) National Academy Press

Ⅴ．水生昆虫類を用いたタイ上流・中流域河川の環境評価法の技術移転

■1993.11～1993.12，1995.3，タイ王国，タイ王国環境研究研修センタープロジェクト，短期派遣

吉安　裕

はじめに

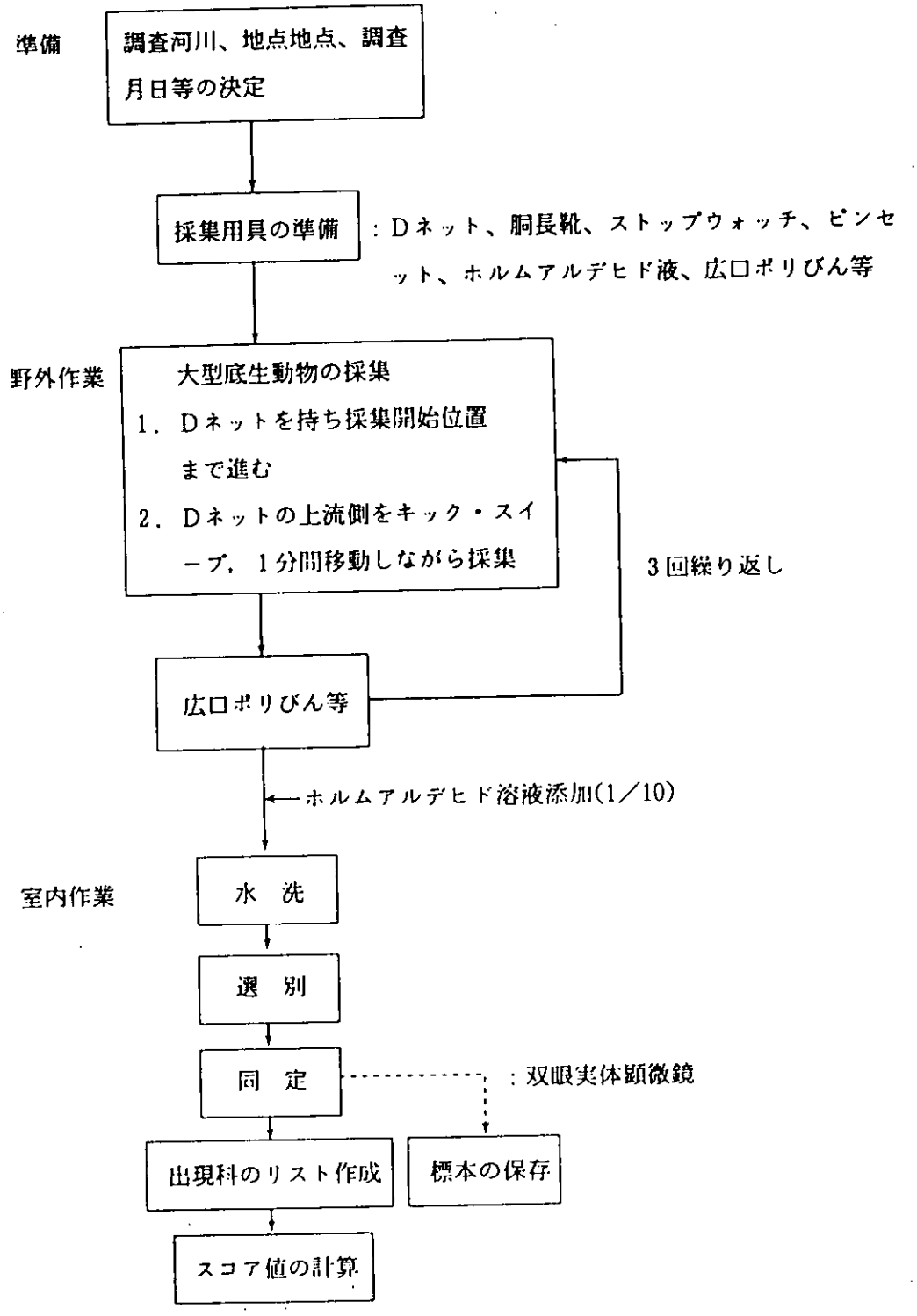
水質やその周辺の環境評価については水質汚濁の多様化にともない、化学的手法のほかに今後生物学的手法の開発と確立が期待されている。これまで水生生物を使って河川環境を評価する試みがヨーロッパ、北米、日本で考案され、実施されてきた。これらの方法は、種あるいは属レベルの分類が不可欠となっている。一方、イギリスの生物モニタリング作業グループ(Biological Monitoring Work-ing Group(BMWP))が提案・実施している（Armitage,1983)、スコアに基づく方法（以下スコア法と略記）による評価では分類は科のレベルでおこない、サンプリング方法も比較的簡単である。これは、いくつかの水質をもとに科レベルに得点＝スコア値を与え、採集した全部の科のスコア値を足したもの（総スコア値)、あるいはそれを出現科数で割って平均スコア(Average Score Per Taxon(ASPT))を求め、それらの数値を河川間比較するものである。この方法をもとに日本においても大型底生動物による評価法が考案され（環境庁，1992）、全国の河川でこの評価法の共同研究と内容の検討がおこなわれている（山崎ら，1996）。この方法はまだ標準化したわけではなく、様々な問題点を含んでいるが、これまでおこなわれた調査では、ほぼ水質と水域環境の評価ができるという。すなわち、ASPT 値が大きければ、水質環境が良好で、小さければ汚濁している傾向を示す。

東南アジアでは、水生昆虫は一部の昆虫群を除いてほとんど幼虫の分類が行われていない。したがって、種あるいは属レベルの分類は不可能で、また、専門の分類学者も限られている。さらに生物学的見地から河川環境の評価に関わる大学研究室や研究施設も少ないものと考えられる。このような状況下で、一つの方法として、科レベルの同定で行えるスコア法を技術移転することにした。

また、大陸アジアでは河川は山間地域を除いて、勾配が緩やかで、大きな河川では中流から下流にかけては水深が深く、ほとんど流水の状態でないところも多い。その様なところでは調査自体が困難であり、今回はこのような河川形態での調査については、触れない。

1．**技術の概要・・・スコア法による河川環境評価**

この方法の手順は**図 4.1** の通りである。



環境庁水質保全局，1992

図 4.1 河川環境評価の手順

1.1 平均スコアの算出

ある地点で採集した標本を、科レベルまで分類し、スコアの決まっている標本（分類群）にもとづき、下記の簡単な式によりその地点の平均スコア値を算出する。スコア値は1～10までの10段階があり、高い方がきれいな水質に生息する群として、逆に低ければ汚濁された水域生息種と考える。

$$\text{平均スコア値（ATSP）} = \frac{\sum_{n=1}^{s}(\text{i 番目の分類群（科）} \times \text{スコア値})}{\text{分類群（科）数（s）}}$$

この方法の詳しい内容については、環境庁水質保全局（1992）大型底生動物による河川水域環境評価のための調査マニュアル（案）を参照のこと。

1.2 各分類群（科）のスコア値の決定

ほとんど基礎文献を欠くので、基本的に日本のスコア値を参考にし、ほぼその通りのスコア値を取り入れたが、タイの河川生息昆虫の特殊性も加味した（**表4.1**）。温帯の昆虫相と亜熱帯・熱帯のそれとは当然異なり、そのまま応用することは問題であり、あくまでもこのスコアは出発点として取り入れた。将来訂正、変更の必要がある。分類群も加えたり、減らしたりする検討も必要である。また、ユスリカ科は日本でおこなっているように一応“3”として扱ったが、この科は上流から下流まで分布するので、スコア値を決定するのは難しい。少なくとも赤色（低く）と白・緑色（高く）の群くらいは分けた方がよいのかも知れない。山崎ら（1996）によれば、鰓の発達した種群を1、発達しない群を3としてある。

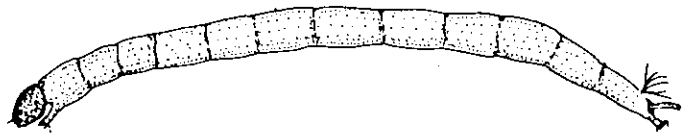
また、水生昆虫を除く環形動物、軟体動物、貧毛類などは資料としては一部採集したが、タイでの調査ではスコア値としては用いなかった。これも将来組み入れる必要がある。おもな群はタイ産の水生昆虫を用い例示した（**図4.2.(その1)、図4.2(その2)**）。

表 4.1 タイ産水生昆虫のスコア値の例

Family 科	Score スコア値	Family 科	Score スコア値
Ephemeroptera カゲロウ目		Stenopsychidae ﾋｹﾞﾅｶﾞｶﾜﾄﾋﾞｹﾗ科	8
Siphlonuridae ﾌﾀｵｶｹﾞﾛｳ科	8	Philopotamidae ｶﾜﾄﾋﾞｹﾗ科	8
Isonychiidae ﾁﾗｶｹﾞﾛｳ科	7	Psychomyiidae ｸﾀﾞﾄﾋﾞｹﾗ科	8
Heptageniidae ﾋﾗﾀｶｹﾞﾛｳ科	7	Polycentropodidae ｲﾜﾄﾋﾞｹﾗ科	7
Baetidae ｺｶｹﾞﾛｳ科	6	Hydropsychidae ｼﾏﾄﾋﾞｹﾗ科	6
Leptophlebiidae ﾄﾋﾞｲﾛｶｹﾞﾛｳ科	7	Glossosomatidae ﾔﾏﾄﾋﾞｹﾗ科	7
Ephemerellidae ﾏﾀﾞﾗｶｹﾞﾛｳ科	7	Hydroptilidae ﾋﾒﾄﾋﾞｹﾗ科	6
Caenidae ﾋﾒｶｹﾞﾛｳ科	6	Limnocentropodiae ｷﾀｶﾞﾐﾄﾋﾞｹﾗ科	9
Potamanthidae ｶﾜｶｹﾞﾛｳ科	7	Phryganopsychidae ﾏﾙﾊﾞﾈﾄﾋﾞｹﾗ科	6
Ephemeridae ﾓﾝｶｹﾞﾛｳ科	7	Phryganeidae ﾄﾋﾞｹﾗ科	8
Polymitarchydae ｱﾐﾒｶｹﾞﾛｳ科	5	Brachycentridae ｶｸｽｲﾄﾋﾞｹﾗ科	9
Odonata トンボ目		Uenoidae ｸﾛﾂﾂﾄﾋﾞｹﾗ科	10
Calopterygidae ｶﾜﾄﾝﾎﾞ科	8	Limnephilidae ｴｸﾞﾘﾄﾋﾞｹﾗ科	7
Epiophlebiidae ﾑｶｼﾄﾝﾎﾞ科	8	Lepidostomatidae ｶｸﾂﾂﾄﾋﾞｹﾗ科	9
Gomphidae ｻﾅｴﾄﾝﾎﾞ科	7	Sericostomatidae ｹﾄﾋﾞｹﾗ科	7
Cordulegasteridae ｵﾆﾔﾝﾏ科	6	Odontoceridae ﾌﾄﾋｹﾞﾄﾋﾞｹﾗ科	9
Corduliidae ｴｿﾞﾄﾝﾎﾞ科	5	Molannidae ﾎｿﾊﾞﾄﾋﾞｹﾗ科	9
Plecoptera カワゲラ目		Leptoceridae ﾋｹﾞﾅｶﾞﾄﾋﾞｹﾗ科	7
Taeniopterygidae ﾐｼﾞｶｵｶﾜｹﾞﾗ科	10	**Coleoptera コウチュウ（甲虫）目**	
Nemouridae ｵﾅｼｶﾜｹﾞﾗ科	8	Gyrinidae ﾐｽﾞｽﾏｼ科	6
Capniidae ｸﾛｶﾜｹﾞﾗ科	9	Hydrophilidae ｶﾞﾑｼ科	7
Leuctridae ﾊﾗｼﾞﾛｵﾅｼｶﾜｹﾞﾗ科	10	Psephenidae ﾋﾗﾀﾄﾞﾛﾑｼ科	6
eltoperlidae ﾋﾛﾑﾈｶﾜｹﾞﾗ科	9	Dryopidae ﾄﾞﾛﾑｼ科	7
Perlodidae ｱﾐﾒｶﾜｹﾞﾗ科	9	Elmidae ﾋﾒﾄﾞﾛﾑｼ科	6
Perlidae ｶﾜｹﾞﾗ科	7	Ptilodactylidae ﾅｶﾞﾊﾅﾉﾐ科	8
Chloroperlidae ﾐﾄﾞﾘｶﾜｹﾞﾗ科	10	**Diptera ハエ（双翅）目**	
Hemiptera カメムシ（半翅）目		Tipulidae ｶﾞｶﾞﾝﾎﾞ科	7
Aphelocheiridae ﾅﾍﾞﾌﾞﾀﾑｼ科	6	Blepharoceridae ｱﾐｶ科	10
Megaloptera ヘビトンボ目		Psychodiae ﾁｮｳﾊﾞｴ科	6
Corydalidae ﾍﾋﾞﾄﾝﾎﾞ科	7	Dixidae ﾎｿｶ科	8
Lepidoptera チョウ（鱗翅）目		Simuliidae ﾌﾞﾕ科	6
Pyralidae＊ ﾒｲｶﾞ科	7	Chironomidae ﾕｽﾘｶ科	3
Trichoptera トビケラ（毛翅目）		Tabanidae ｱﾌﾞ科	9
Rhyacophilidae ﾅｶﾞﾚﾄﾋﾞｹﾗ科	8	Athercidae ﾅｶﾞﾚｱﾌﾞ科	8

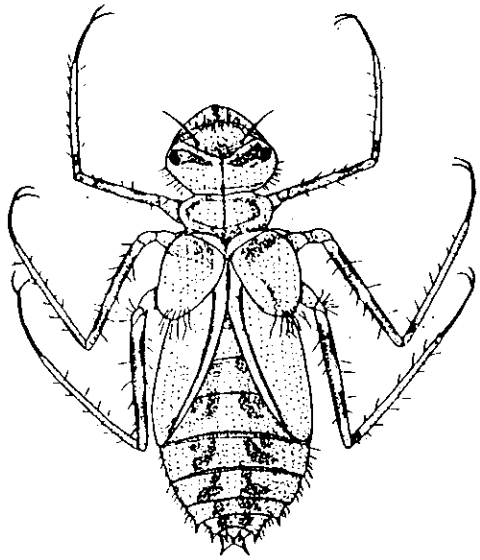
＊タイでは比較的多いので、つけ加えた。スコアは共存するスコアが決まっている昆虫群と同じにした。また、ホタル科（水生）とアミカモドキ科は分布しないので、削除した。

Score



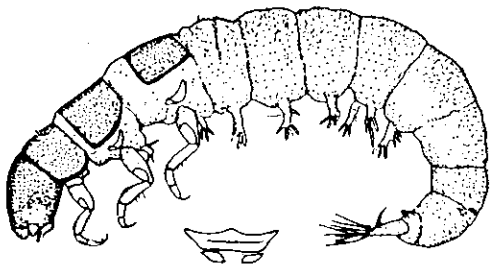
3

Chironomidae (Dip.)

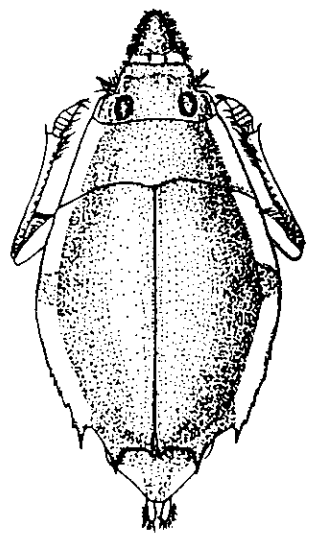


5

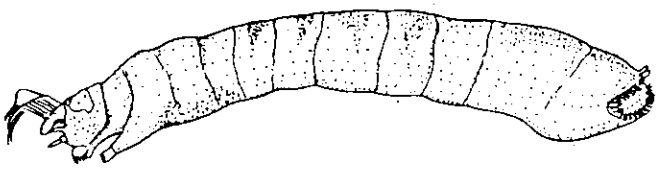
Corduliidae (Odon.)



Hydropsychidae (Trichop.)



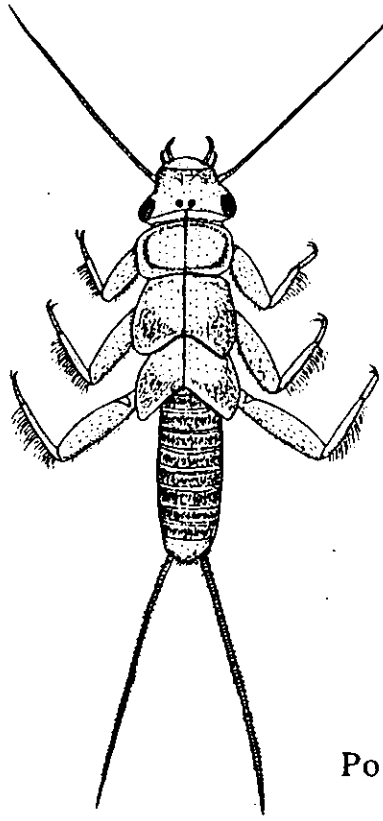
6



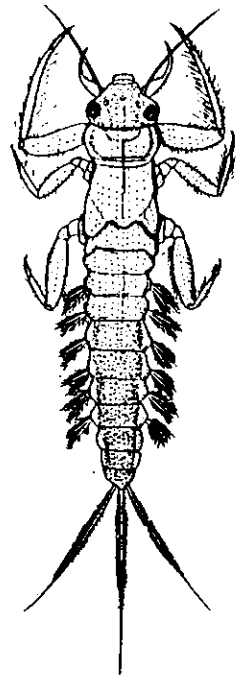
Simulidae (Dip.)

Gyrinidae (Coleop.)

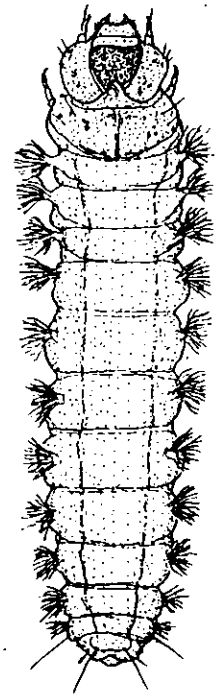
図 4.2(その 1) タイ産水生昆虫のスコア値の例



Perlidae (Plecop.)

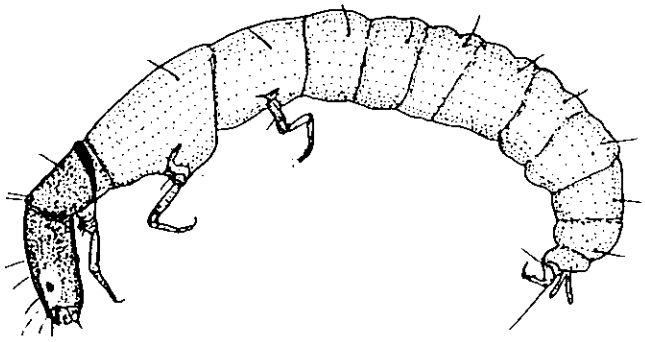


Potamantidae (Ephem.)

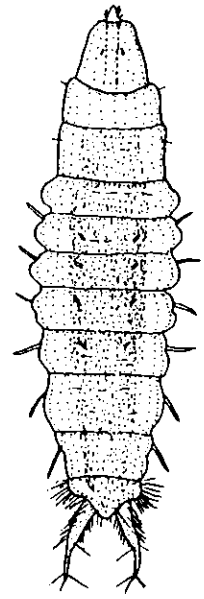


Pyralidae (Lep.)

7



Stenopsychidae (Trichop.)



Athericidae (Dip.)

8

Tabanidae (Dip.)

9

図 4.2(その 2) タイ産水生昆虫のスコア値の例

2．導入の目的

派遣当時すでに任意採集で集められた、多くの水生昆虫サンプルがあり（多くは未同定）、それで河川評価の結果を出すという時期であった。サンプルの同定、採集の標準化を進めつつ、何らかの判断をしなければならなかった。そこで科レベルの同定で可能で、比較的簡便なスコア法が適当と考えた。スコア法によらず、生物環境評価は継続的なモニタリングをおこなうことによって、水質汚濁を判断し、その原因を考えるための一手法であるのでその基準を作る作業から必要であるが、そのための基礎資料としての画一化された調査法にもとづくサンプルが必要である。スコア法のサンプリングは余り個人差が出ず（牧野ほか，1996）、また比較的簡便におこなえるし、厳密ではないが定量的側面もある。

3.導入方法

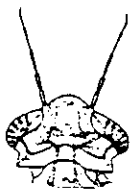
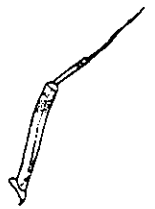
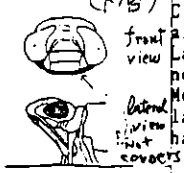
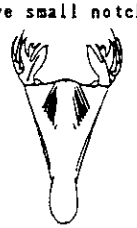
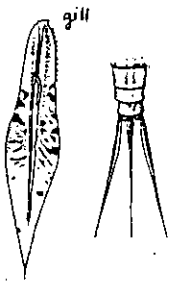
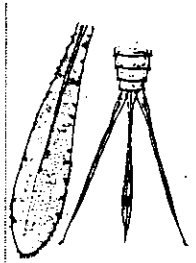
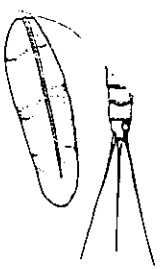
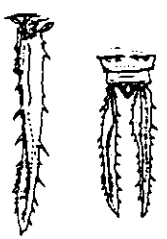
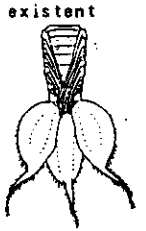
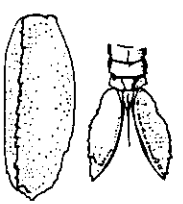
3.1 スタッフの分類学および同定の訓練

大学卒業であっても化学や物理系の出身者には、生物そのものの理解をすることは困難で、さらに分類はおそらく長期間の訓練が必要である。分類・同定には基礎的形態の理解とそれぞれの分類群で使用されている形態名称を覚えなくては検索同定が不可能である。最初から図鑑類の図（絵）合わせでなく、検索表によっておこなうように指導した。検索表を見ることによって基本的な名称と位置をすこしづつ把握できるようになる。日本産水生昆虫検索図説（川合，1985）をもとに英語訳して指導した。また、分類の検索表（科レベル）を簡約英語にしたものを用いた。しかし、これは形態用語の理解がないと実際には使うのが面倒なことと、ある程度基本的なことが理解できているスタッフしか使えないので、ほとんど未経験者であったスタッフには役に立たなかった。そこで、図を添えた検索表を作る方が分かりやすいかったかも知れない（トンボの例：**表4.3(その1)(その2)**）。

しかし、最も大きな問題はスタッフの頻繁な移動であろう。知識と経験が必要な仕事では、新しいスタッフには一からやり直しになり、研究の継続が困難になる。この技術移転の一番の問題点であろう。

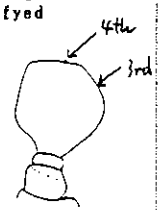
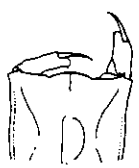
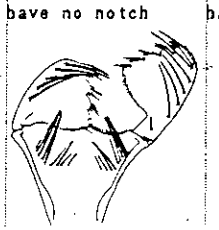
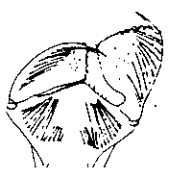
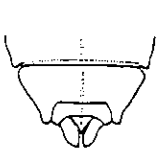
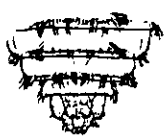
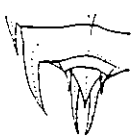
表4.3(その1) トンボの検索表

Order ODONATA

Family	イトトンボ Coenagrionidae	モノサシトンボ Platycnemididae	アオイトトンボ Lestidae	ヤマイトトンボ Megapodagrionidae	ハナダカトンボ Chlorocyphidae	ミナミカワトンボ Euphaeidae	カワトンボ Calopterygidae
Antennae (触角)	More than 4 Segments String-like shape 	More than 4 Segments String-like shape	More than 4 Segments String-like shape	More than 4 Segments String-like shape	More than 4 Segments String-like shape 	More than 4 Segments String-like shape	More than 4 Segments String-like shape
Labium (下唇) 	Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth not so large Median lobe of labium have no notch	Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth not so large Median lobe of labium have no notch	Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth large Median lobe of labium have small notch 	Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth not so large Median lobe of labium have slit	Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth large Median lobe of labium have small notch	Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth not so large Median lobe of labium have small notch	Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth large Median lobe of labium have large notch
Tip of abdomen (腹端) shape of gills	3 Leaf-like gills 	3 Leaf-like gills 	3 Leaf-like gills 	3 balloon-like gills	2 trigonal pyramid-like gills 	3 balloon-like gills Ventral of abdomen and string-like gills are existent 	2 trigonal pyramid-like gills 1 leaf-like gill 

出典:日本産水生昆虫検索図説, 1985

表4.3(その2) トンボの検索表

ムカシトンボ Epiophlebiidae	ムカシヤンマ Petaluridae	サナエトンボ Gomphidae	オニヤンマ Corduregastridae	ヤンマ Aeshnidae	エゾトンボ Cordulidae	トンボ Libellulidae
More than 4 Segments String-like shape	More than 4 Segments String-like shape	4 Segments 3rd Segment modifyed	More than 4 Segments String-like shape	More than 4 Segments String-like shape	More than 4 Segments String-like shape	More than 4 Segments String-like shape
						
Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth small Median lobe of labium have slit	Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth small Median lobe of labium have no notch	Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth small Median lobe of labium have no notch	Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth large Median lobe of labium have tooth	Not covers Clypeus and labrum are visible Labial palp tooth small Median lobe of labium have slit	Covers Clypeus and labrum not visible Labial palp tooth rather large Median lobe of labium have no notch	Covers Clypeus and labrum not visible Labial palp tooth small Median lobe of labium have no notch
						
3 appendages no gill	5 Spike-like appendages no gill	5 Spike-like appendages no gill	5 Spike-like appendages no gill	5 Spike-like appendages no gill	5 Spike-like appendages no gill	5 Spike-like appendages no gill
						

出典:日本産水生昆虫検索図説, 1985

3.2 調査地点と時期の選定

基本的には上流から下流まで支流の流れ込みを考慮に入れて選定する方法をと取り入れるべきであるが、現実には道路や季節的な条件、予算の制約のなかで不完全な選定しかできなかった。後述のように、調査には一定の基準と時期が必要である。

3.3 調査法と調査項目

調査法は評価法によって異なるが、今回とった方法と機器類を下に記す。

ａ.採集用具

1)キック・スウィープ用Ｄ型枠ネット（Ｄネット）（帝国理科製）

1ｍｍ目のテトロンネットを張ったＤ型のステンレス製枠（底部長30ｃｍ、高さ25ｃｍ）の採集具、柄は約1～1.5m

2)ストップウオッチ

3)ピンセット

4)250～500ｍｌのポリ広口瓶

5)フォルマリン

ｂ.採集法

基本的には早瀬、平瀬などを選び、1分間キック・スウィープし、サンプルを集めた。これを1地点合計3回（3分間）おこない、まとめてポリ広口瓶に入れた10%フォルマリン（現地で1/10に希釈する）につける。ネットに残っている小型の生物はピンセットで取り、合わせてポリ広口瓶に入れた。

このほか、上流域で水面を上の昆虫類（アメンボ、ミズスマシ類など）も見られたので、金魚用ネット、魚用ネットなどを用いて、定性的調査も同時におこなった。しかし、これで採集した標本はスコア値計算にいれず、将来の研究のための参考標本として保存した。

ｃ.採集個体の整理と分類

ポリ広口瓶を実験室に持ち帰り、白のバットに移し変え、実体顕微鏡下で昆虫類を選び、目あるいは科ごとに30～10mlのサンプル瓶に分ける。保存は75%エタノールでおこなう。その際必ずデータを記入してサンプル瓶に入れて置く。科までの同定は更に検索表などの資料を参考にしておこなった。これは時間をかけておこなう作業で、かなりの時間をこれに費やした。そのため、データを使っての考察などができなかった。

ｄ.そのほかの調査項目

総合的に考察するため、できる限り下記の項目についても測定した。

水温（温度計）、流速（流速計：横川電機製）、水深（目盛りをつけた棒などで測定）、PH（PH 計）、溶存酸素（DO）、生物的酸素要求量（BOD）あるいは化学的酸素要求量 COD 等の機器類も使用した。

河川周囲の環境も記録するために、調査地の写真をとった。これは、環境教育の一環としての資料ともなる。

3.4 標本の保存

将来的に分類学的研究の材料にするため、さらに将来開発されるであろう新しい評価システムの材料にとして、調査標本は地点ごとにまとめて保存した。一般には調査場所において 5%から 10%のホルマリン水溶液に漬しし、研究室にもどってから 75%エタノールに移し換える。それぞれ管瓶など標本の大きさによって容量を変える必要があるが、場所ごとにまとめて保存する。

ERTC では、専用の標本整理ロッカー（2 竿）を購入してもらって、場所ごとに入れているが、将来的には専用の保管室を準備する必要がある。

アルコールの定期的な交換も必要である。また、この際後から誰がみてもわかるように、採集データを英語表示でおこなう必要がある。標本は一旦保存されたあとはだれがどのような状況で所見するかわからないからである。特に分類の行われていない群は具体的に表示する。採集データはできるだけ詳しい方がよいが、最低限、採集河川名、採集地点名（できれば高度も）、採集年月日（西暦）は必要である。採集者、水温、水深や底質などの河川の状況もできれば記録して置く方がよい。

4．成果、問題と課題

4.1 実際の応用例

以前からの調査標本（任意採集）と 1993 年 12 月に採集した定量サンプルをもとに、タイ北部の河川評価をスコア法に基づいて行い、カウンターパートであった Ms. Juthatip が概略を発表した。チャオプラヤ川支流の４河川（添付資料５）を概略比較した。

表4.2 タイ北部の河川のＡＳＰＴ値

河川ランク＊	河川	ピン川 (Pin)	ワン川 (Wan)	ヨム川 (Yom)	ナン川 (Nan)
1．源流域		6－7	6－7	7	6－7
2．源流より下で、鉱山など多少人の営為行為が加わる 3．さらに下流で果樹園なども現れる		6－7	5－7	5－7	6－7
4．人の住居が多少みられる作物栽培地域も含む 5．人の住居が多くなる		6－7	3－7	7	5－6

（注）カセトサート大学の研究班が採用している上中流域河川形態（人為的影響の程度を考慮した区分）（詳しくは、ERTCの調査報告書を参照のこと）

詳細な検討はできないが、上記４河川の上流地域の水質環境は生物からみると、日本の比較的清冽な河川と同程度であり、また多少の人為的影響があってもそれほど影響を受けていないように思われた。また、化学的分析との比較結果は不明である。今後モニタリングを通じてこれらの数値を見守っていく必要がある。

4.2 環境教育・研修のための水生昆虫類標本の展示およびリーフレットの発行

広い意味での環境教育・研修の一環として、いろいろな河川あるいは水域に生息する昆虫類等を展示することも必要である。生物を用いた評価、特に大型低生生物の場合、実物を見ることによって理解がはやまることも多い。ERTCでは持参の昆虫標本箱２箱（ドイツ箱）に標本（成虫）展示してあったが、説明をつけると共に、アルコール標本なども含めて展示を充実した方がよい。これは時間的におこなう余裕がなかった。

プロパゲーションについてはERTCの上司も印刷物の発行に特に関心を示したので、図あるいは写真の割付け原案を示したが、実際にそのリーフレットあるいはポスターができたかどうか不明である。

4.3 スコア法およびそれ以外の方法の検討

便宜的に当てはめたスコア値によるスコア法は当然問題があり、今後多くのデータを揃えた上で、改善する必要がある。同時に、河川周辺を含めた総体としての環境をどのよう

に評価するかを今後検討すべきであろう。もし、今後生物的評価に取り組んでいくとすれば、短期ではなく、長期的な専門家の派遣と日本の分類研究者との連携が必要であろう。

4.4 調査方法と時期

水生生物を用いた河川環境調査では、必ずしも採集方法は一定していない。特に河川状況が異なる場合は、必ずしもDネットが適しているかどうかわからないが、スウィープなので流れがなくてもおこなえたし、水深が深いところでも川岸では可能であった。

また、この研究はモニタリングが重要な要素となっているので、継続的な評価がをおこなおうとするためには定点を決め、毎年季節ごとに定期的な調査が必要であろう。タイの場合、雨季と乾季があり、そのため水量が季節によって極端に異なり、河川環境の変化が大きい。日本と異なり、一年を通じて水温の高い地域では底生動物の発育も早いことが予想され、同じ場所でも季節によって生物相がかなり異なる可能性もある。そこで、定期的調査をする場合、2月か3月ころの乾季、5月下旬から6月の雨季初期、10月から11月の雨季末期の1年3回にすれば最もよいが、1回であれば雨季のいずれかのほうが水量は多くやりやすい。いずれにしても時期を合わせないと比較できない。

4.5 研究者とその育成

科までの分類でさえも、できるようになるには、かなりの経験が必要になる。したがって、同定や保管業務をおこなう技術者が1,2年で職場を変わらない措置を講じる必要がある。ERTCでは1993年11月に当時新任だった技術者2人(おもに同定と調査を担当)が1995年3月時点ではすでに2人とも転出し、後任もきまっていなかった。

4.6 化学的分析グループとの共同調査

前記のようにスコア値設定・改変にはDO、BOD、窒素、燐量などが考慮されている。従って、理想的にはサンプルを採集したところでの、水質のデータをとった方がよい。そのため、水質分析の研究者とできるだけ調整をはかって共同調査をおこなえばよい。しかし、実際には予算、日程などの問題でできなかった。年間当初プランのなかで、調整する必要があろう。

4.7 カウンターパートあるいは研究機関との事後の連絡

技術移転がどのような形で継承、発展あるいは改変されていったのか、あるいは使っていないのかなど、短期専門家であっても気になる。個人的に連絡してもよいが、公の情報

として得る手段があれば、利用したいと思っている。

4.8 水生昆虫（生物）の分類と同定

基礎資料の蓄積という観点からは、地理的な便宜性を考えて分類や同定、さらには調査等について中核的な研究機関をおき、共同研究ネットワークを作ることがよいと思われる。たとえば、北部はチェンマイ大学、東北部はコンケン大学、中央部と南部はマヒドン大学やカセトサート大学の研究者との連携というようにおこなえば効率的である。その際は方法、時期や結果の検討などを決めて実施する。

分類の問題は生物多様性の保全問題とからみ、一研究機関だけでなく、国としてのプロジェクトのなかで進めるべきであろう。

5. 日本の技術とそのほかの国の技術の相違

イギリスをはじめヨーロッパ諸国ではこれまで底生生物を用いた水域環境評価が考案されている。多様性指数(Diversity Index)などと組み合わせて、古くは汚濁指数(Pollution Index)、生物指数(Biotic Index)、などが様々な指数を使った評価がおこなわれてきた。これらの多くは種レベルまでの分類がほぼ完成しており、また比較的底生生物の種数の少ないヨーロッパでは可能であった。また、これらの手法はある程度一定の訓練された生物学者では応用できるが、だれにでも一定水準の分類ができるとは限らない。

ヨーロッパにおける近年のスコアによる評価法は大きく分けて２つの流れがある。一つはBelgian Biotic Index Methodsで属レベルの同定によって評価するものである。もう一方は、イギリスで採用されているArmitegeらが提唱し発展させたよるスコア法で、両方とも普遍性と簡便性という点で普及しやすい方法と思われる。イギリスやベルギーでは実際に継時的河川評価において上の方法が実践されている。特にBMWPの方法を日本の生物に応用したものが、今回のスコア法である。

近年アメリカでは、底生動物を用いたB-IBI法(Benthic-Index of Bilogical Integrity)(Karr, 1994;森下、1996)が考えられている。これはいくつかの項目（メトリックス）を設けて河川に関わる人為的影響を評価する試みであるが、この方法の基本にはやはり特定の群では種レベルの分類と出現個体数およびそれらの生活史全体の把握が不可欠である。

これらのうち、どの技術を採用、移転するかという選択は困難であるが、これまでおこなわれているすべての方法に共通していえるのは、河川の生物の基礎的な分類・生態的知見に基づき試行錯誤されて提出されたもの、という経緯を認識してもらい、方法の限界を

受け入れてもらうしかない。結果のみを性急に求める傾向があるが、平行して基礎を作る努力の継続を望みたい。

6.当該技術に関する関係情報一覧

(1)水生生物分類関連の資料

1)川合禎二（編）（1985） 日本産水生昆虫検索図説．409頁．東海大学出版会，東京．

Merrit, R.W. & K.W. Cummins(1995) An introduction to the aquatic insects of North America. 3rd ed. 862 pp., U.S.A.

2)Usinger, R.L.(1956) Aquatic insects of California. 508 pp. University of California Press, U.S.A.

分類関連の文献は限りがないが、詳しくは上記の文献の参考文献リストを含めて参考にされたい。

(2)スコア法による河川環境評価法関連の資料

1)Armitage,P.D. et al.(1983) The performance of a new biological water quality score system based on macro invertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. Water Res. 17: 333-347.

2)Chandler, J.R. (1970) A biological approach to water quality management. Water Pollution Control, 69: 415-421.

3)Chesters, R.K.(1980) Biological monitoring working party. The 1978 national testing exercise. Technical memorandum No. 19., Department of Environment, United Kingdom.

4)環境庁水質保全局（1992）大型底生動物による河川水域環境評価のための調査マニュアル（案） p．21．環境庁水質保全局。

5)牧野和夫ほか（1996）「大型底生動物による河川水域環境評価のための調査マニュアル（案）」の精度に関する検討．全国公害研会誌，21：147-154.

6)山崎正敏ほか（1996） 河川の生物学的水域環境評価基準の設定に関する研究－全国公害研協議会環境生物部会共同研究成果報告－．全国公害研会誌，21：114-145.

(3)その他の河川環境評価法の関連資料

1)Karr, J.R.(1994) Biological monitoring: Challenges for the future. pp.357-372. in S.L. Loeb and A. Spacies (eds.): Biological monitoring of aquatic ecosystems. Lewis Publishers, Boca Taton, FL., U.S.A.

2)Metcalfe, J. L. (1989) Biological water quality assessment of

2)Metcalfe, J. L. (1989) Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. Environmental Pollution, 60: 101-139.
3)森下依理子 (1996) 川と湖の博物館. 4. 水環境カルテ. 160 頁. 山海堂, 東京.
Woodwiss, F.S.(1964) The biological system of stream classification used by the Trent River board. Chemistry & Industry, 11: 443-447.

【中国における水質保全技術移転事例】

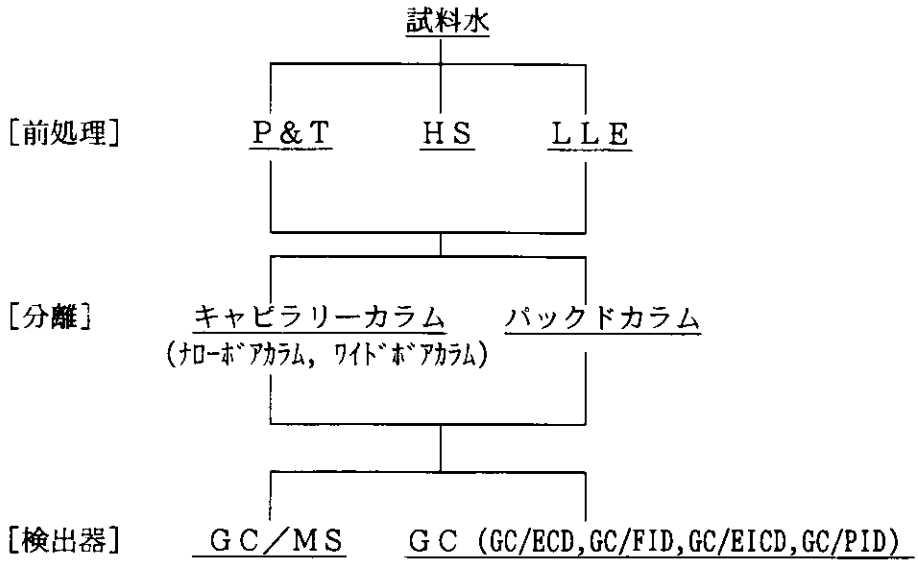
Ⅵ．水中の有害有機物の分析法

■1993.3，中国，中国環境研究センター，短期派遣

高橋保雄

1.揮発性有機化合物の分析法の概要

揮発性有機化合物の汎用的な分析法はパージアンドトラップ(P&T)、ヘッドスペース(HS)、溶媒抽出(LLE)による三種類の前処理と、パックドカラム、キャピラリーカラムによる二種類の分離と、ECD、FID、その他検出器付ガスクロマトグラフ(GC／ECD、GC／FID、その他)、ガスクロマトグラフ質量分析計(GC／MS)の二種類の検出器による定量の組み合わせである。



この組み合わせの内、一番感度が良い測定法は P&T・ナローボアキャピラリーカラム・GC 法または GC／MS 法による組み合であり、迅速かつ容易な測定法は HS サンプラー付のワイドボアキャピラリーカラム GC／MS[1]である。HS サンプラー付のワイドボアキャピラリーカラム GC／MS 法は試料量及び注入量を多くすれば、分離度の低下もさほどなく、感度、精度も P&T・キャピラリーカラム・GC／MS 法とほぼ同程度[2]である。

パックドカラムはキャピラリーカラムに比較して、分離、感度及び多成分同時分析における成分数で格段に劣る。GC／MS は他の検出器と比較して、どの揮発性有機化合物も定量ができ、かつほぼ同一感度であるので非常に便利である。

今回の基準改正では、キャピラリーカラムを用いた P&T-GC／MS 法、HS-GC／MS 法、P&T-GC 法、HS-GC 法、及 LLE-GC 法が試験方法として採用された。但し、GC 法の内、今回 ECD、FID 検出器は採用されたが、電気伝導度検出器(EICD)、光イオン化検出器(PID)は不採用であった。

表 6.1 に JIS に採用された各分析方法の各揮発性有機化合物の定量範囲を示した。なお、定量範囲または定量下限、並びに繰り返し分析精度は試料水、装置、測定条件、試験室の雰囲気により大きく異なるので、各実験者が試験室で、使用する分析方法及び分析機器で確認する必要性がある。

以下の項に各分析方法の概略と主な注意事項を書いたが、詳細は **7.関係情報源情報一覧**の参考書及び雑誌を参照して貰いたい。

表 6.1 JIS に採用された試験方法における検出器別の対象揮発性有機化合物の定量範囲

No.	揮発性有機化合物	P&T法(ng) GC/MS	P&T法(ng) GC/ECD	P&T法(ng) GC/FID	HS法(μg/L) GC/MS	HS法(μg/L) GC/ECD	HS法(μg/L) GC/FID	LLE法(ng) GC/ECD
1.	ジクロロメタン	0.5～250	2.5～25	2.5～1000	0.2～200	5～50		
2.	四塩化炭素	0.5～250	0.01～0.1	2.5～1000	0.2～200	0.05～0.5		0.0025～0.05
3.	1,2-ジクロロエタン	0.5～250	2.5～25	2.5～1000	0.2～200	5～50		
4.	1,1-ジクロロエチレン	0.5～250	2.5～25	2.5～1000	0.2～200	5～50		
5.	cis-1,2-ジクロロエチレン	0.5～250	10～100	2.5～1000	0.2～200	25～250		
6.	1,1,1-トリクロロエタン	0.5～250	0.04～0.4	2.5～1000	0.2～200	0.2～2		0.004～0.06
7.	1,1,2-トリクロロエタン	0.5～250	0.4～4	2.5～1000	0.2～200	2～20		0.016～0.32
8.	トリクロロエチレン	0.5～250	0.04～0.4	2.5～1000	0.2～200	0.5～5		0.016～0.32
9.	テトラクロロエチレン	0.5～250	0.02～0.2	2.5～1000	0.2～200	0.4～4		0.004～0.08
10.	cis-1,3-ジクロロプロペン	0.5～250	0.1～1	2.5～1000	0.2～200	1～10		
11.	trans-1,3-ジクロロプロペン	0.5～250	0.2～2	2.5～1000	0.2～200	1～10		
12.	ベンゼン	0.5～250		2.5～1000	0.2～200		10～2000	
13.	trans-1,2-ジクロロエチレン	0.5～250	4～40	2.5～1000	0.2～200	10～100		
14.	1,2-ジクロロプロパン	0.5～250	1～10	2.5～1000	0.2～200	5～50		
15.	p-ジクロロベンゼン	0.5～250	2～20	2.5～1000	0.2～200	5～50		
16.	o-キシレン	0.5～100		2.5～1000	0.2～200		10～2000	
17.	m-キシレン	0.5～100		2.5～1000	0.2～200		10～2000	
18.	p-キシレン	0.5～100		2.5～1000	0.2～200		10～2000	
19.	トルエン	0.5～100		2.5～1000	0.2～200		10～2000	
20.	クロロホルム	0.5～250	0.1～1	2.5～1000	0.2～200	0.5～5		0.01～0.2
21.	ブロモジクロロメタン	0.5～250	0.02～0.2	2.5～1000	0.2～200	0.5～5		0.0024～0.048
22.	ジブロモクロロメタン	0.5～250	0.02～0.2	2.5～1000	0.2～200	0.5～5		0.004～0.06
23.	ブロモホルム	0.5～250	0.1～1	2.5～1000	0.2～200	0.5～5		0.02～0.4

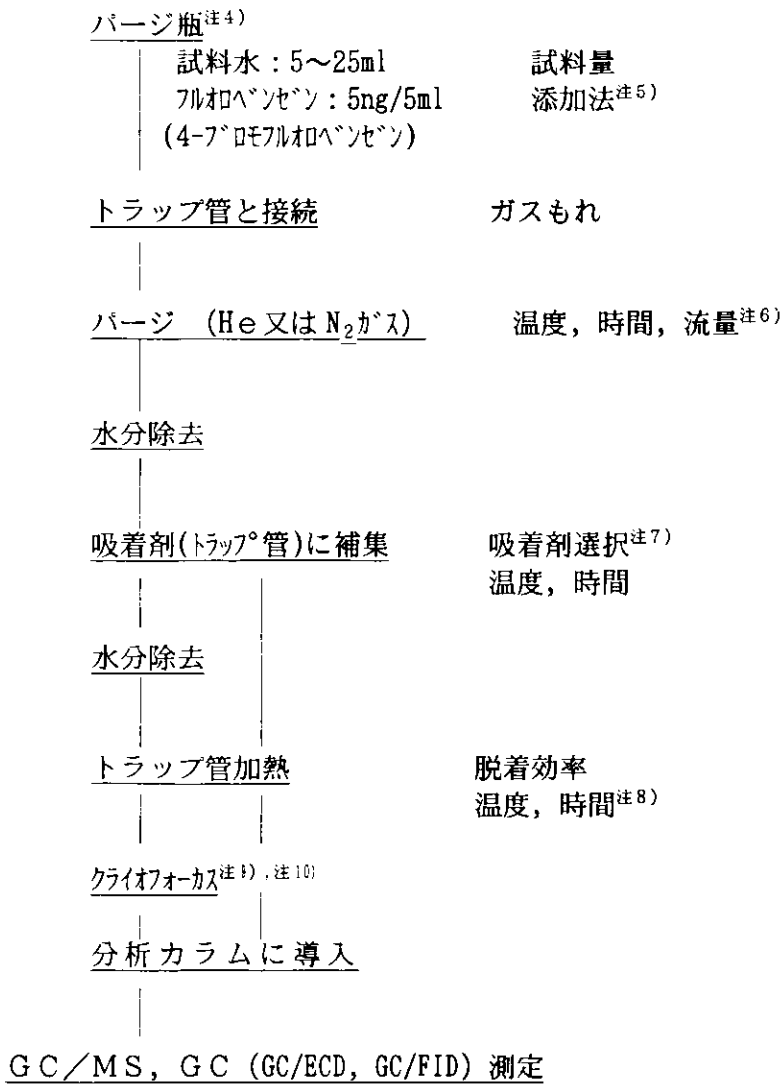
揮発性有機化合物: 日本の各試料水の基準項目はNo1～No12、但し、水道水ではNo20～No23も基準項目。
監視(要監視)項目はNo13～No19であるが、環境水ではNo20も要監視項目である。
EPA Method 502に記載された60種類の揮発性有機化合物: P&T-Gc法、HS-GC法で定量可能。

出典：日本工業規格 用水・排水中の揮発性有機化合物試験方法 JIS k 0125(1995)他

1.1 P&T-GC／MS 法、P&T-GC 法による多成分同時分析法及び個別分析

P&T 法は揮発性有機化合物の多成分同時分析法である EPA Method 500 シリーズ(飲料水)、600 シリーズ(排水)[注1] をベースにした高感度分析法(ppt～ppb レベル)である。

本分析方法[注2),注3)]は試料水中に不活性ガスを通気することで揮発性有機化合物を気相に追い出し、補集管(トラップ管)に捕集する。次に補集管を加熱して揮発性有機化合物を脱着し、揮発性有機化合物を冷却凝集装置で再度冷却凝縮(クライオフォーカス)させた後、GC／MS に導入して**表 6.2** の選択イオン検出法(SIM)またはマスクロマトグラフ法(MC)で測定し、あるいは GC／ECD または GC／FID に導入して測定し、揮発性有機化合物の濃度を求める方法である。パックドカラム及びワイドボアキャピラリーカラムでは冷却凝集装置は不必要であるが、ナローキャピラリーカラムではクライオフォーカスでサンプル体積を小さくしてから、即ち GC 導入バンド幅を小さくした後、ナローキャピラリーカラムに注入している。これで感度上昇及び分離低下防止を行っている。



注：

1) 参考にしたEPA Method 500シリーズ、600シリーズは以下の通り。

EPA Method	カラム	検出器	対象物質数
Method 502.1 Revision2	ﾊﾟｯｸﾄﾞｶﾗﾑ	GC/EICD,GC/MS	40
Method 502.2 Revision2	ﾜｲﾄﾞﾎﾞｱｷｬﾋﾟﾗﾘｰｶﾗﾑ	GC/EICD,GC/PID	60
Method 503.1	ﾊﾟｯｸﾄﾞ・ｷｬﾋﾟﾗﾘｰｶﾗﾑ	GC/PID,GC/MS	28
Method 524.1 Revision3	ﾊﾟｯｸﾄﾞｶﾗﾑ	GC/MS	48
Method 524.2 Revision3	ｷｬﾋﾟﾗﾘｰｶﾗﾑ	GC/MS	60
Method 601	ﾊﾟｯｸﾄﾞｶﾗﾑ	GC/EICD,ﾏｲｸﾛｸｰﾛﾒﾄﾘｯｸ	29
Method 602	ﾊﾟｯｸﾄﾞｶﾗﾑ	GC/PID	7
Method 624	ﾊﾟｯｸﾄﾞｶﾗﾑ	GC/MS	31

2) この分析法はトリハロメタン、クロロピクリン、塩化シアンに適用できる。トリハロメタン測定ではアスコルビン酸で試料水の残留塩素を除去し、塩酸(1+11)でpH値約2以下とする。なお、トリハロメタンの中間体・前駆体の中には捕集管に捕集後、加熱・脱着のさい、水分と加熱によりトリハロメタン等になる物質もある。その為、トリハロメタン測定値が真値より大きくなる可能性がある。

3) このP&T法には大きな問題点が二点ある。一点はパージと共に水分も揮散すること、二点は高濃度のサンプルを測定するとラインを汚染することである。
前者の問題点に対して、一つはパージ部とトラップ部の中間に水分除去部を設置する。水分除去は循環冷却水または電子冷却装置により冷却した管を通過させる方法と、脱水剤を入れた管を通過させる方法がある。二つはパージ終了後、トラップ管に乾燥したヘリウムまたは窒素を通気する。但し、乾燥したガスの通気時間を必要以上長くすると、揮発性有機化合物は損失するので、あらかじめガスの通気量を把握しておく。
後者の問題点に対してはトラップ管の加熱脱着後のエージング条件を検討、またベーキングを行う工夫、最悪の場合にはラインを全部交換することが必要である。

4) パージ瓶において、フリットガラスを使用する場合には、穴の大きさが均一であるものを用いる。一つでも大きな穴があると、気泡が大きくなり回収率の低下を生じる。

5) 内部標準溶液として、フルオロベンゼン、4-ブロモフルオロベンゼンがある。しかし、4-ブロモフルオロベンゼンは保持時間が大きいので、保持時間の小さいクロロホルム等には不向きである。
内部標準溶液のメタノールの添加量は4μlを越えると、GC／MS装置の操作に支障をきたす機種もあるので、装置固有のメタノール最大添加容量を把握しておく。絶対検量線法で定量を行う場合には、検量線作成の為に添加する標準液量と同量のメタノールを加える。

6) パージ部はパージガス流量が毎分20～60mlの範囲で一定に調整でき、これをパージ容器に供給できる流量調節器及びパージ瓶を0～30℃の範囲(または室温)で一定に保持できる試料保温部を備えたもの。
なお、パージ瓶の温度を0～30℃にする理由はパージガスのラインでの水の凝縮を防ぐためである。

7) 最適条件は吸着剤の種類、使用量等により異なるので、あらかじめ揮発性有機化合物が定量的に吸着・脱着されることを確認し、使用前に十分にエージングを行うこと。
活性炭・シリカゲルを使用のトラップ管は常温で気体である有機化合物及び水分の補足率が高い。特に活性炭は沸点の低い揮発性有機化合物(クロロホルムよりGC保持時間の短い物質)を補足するのに有効である。その為、活性炭・シリカゲルを使用のトラップ管はドライパージ時間を長くし、水分除去を行う必要性がある。水分除去が不十分であると、MSをストップさせる可能性が非常に高い。新しいEPA Methodは活性炭を使用しない傾向がある。
一方Tenax Gを使用のトラップ管は水分の補足率が低いが、沸点の低い揮発性有機化合物(クロロホルムよりＧＣ保持時間の短い物質)の補足率も低い。Tenax Gの容量は小さく、パージ時間を長くすると、Tenax Gの容量を破過し、定量性に欠ける欠点がある。

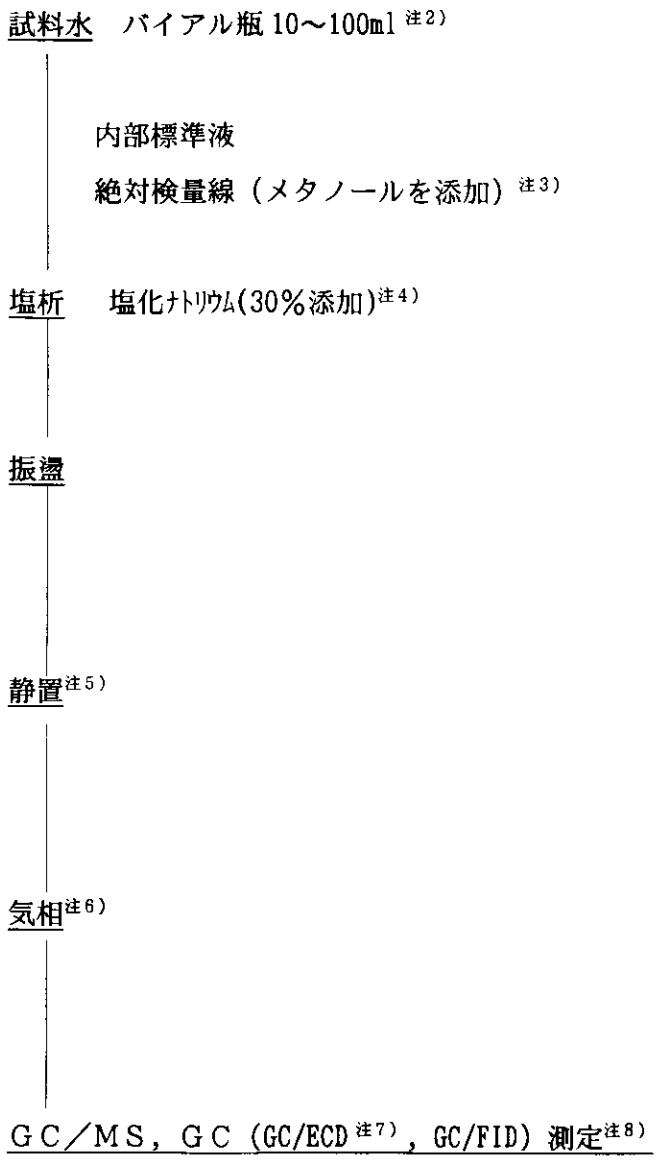
8) トラップ部またはトラップ管を1分間以内に250℃程度まで加熱できるもの。

9) クライフォーカス部は分析カラムの先端部分0.5～1.0mまたは脱着部と分析カラムの間の連結管10～30cmを-30℃以下まで冷却できもので、再脱着時に1分間以内に250℃程度まで加熱でき、一定温度保持できるもの。

10) クライフォーカス部を採用している場合は、カラム初期温度を必要以上に短くしても、多くの揮発性有機化合物のピーク形状は悪くならないが、クロホルムより保持時間の短い揮発性有機化合物の形状は悪くなる。

1.2 HS－GC／MS法、HS－GC法による多成分同時分析法及び個別分析

本分析方法注1）はバイアル瓶に試料水及び塩化ナトリウムを空間が残るようにとり、密閉した後、一定温度で気液平衡状態とした後、その気相の一定量をキャピラリーカラムGC－MSに導入して**表6.2**の選択イオン検出法(SIM)またはマスクロマトグラフ法(MC)で測定し、あるいはキャピラリーカラムGC／ECDまたはGC／FIDに導入して測定し、揮発性有機化合物の濃度を求める方法である。



注：

1) トリハロメタンを測定する試料水ではアスコルビン酸で残留塩素を除去し、塩酸(1+11)で pH 値約２以下とする。pH 値が中性～塩基性領域であると、ハロアセトアルデヒド等の消毒副生成物はトリハロメタン等に変わり、正の誤差になる。
2) 試料水(5～100ml)に対して、10～30％空間が残るバイアル瓶、即ち試料量とバイアル瓶の容量比は 0.70～0.85 になるように試料水を入れ、その上部の口に四ふっ化エチレン樹脂フィルム、シリコンゴム栓、アルミニウムキャップをアルミニウムキャップ締め器で固定する。試料水とバイアル瓶の容量比を 0.70～0.85 にすることは気相中の揮発性有機化合物の気－液平衡率を安定させる為である。
3) 試料 10ml に対して、内標準溶液を 2μl の割合でマイクロシリンジを用いて加える。絶対検量線法で定量を行う場合も、検量線作成の為に添加する標準液量と同量のメタノールを加える。
4) HS 法は汚濁の著しい試料水では揮発性有機化合物の分配比が変わる。その為、清浄でない試料水(通常、環境水・排水等を指す)に対して塩濃度が 30％になるように塩化ナトリウムを加え、分配比を一定にして、絶対検量線法かまたは内部標準法で、あるいは標準添加法で、実試料水中の揮発性有機化合物の定量を行う。
一方水道水では塩類濃度が 1％以下であるので、揮発性有機化合物の分配比は塩類の量に関係なく、ほぼ一定と見なせる。その為、塩化ナトリウム等を加えず絶対検量線法または内部標準法で、実試料水中の揮発性有機化合物を定量している。
5) バイアル瓶を振り混ぜた後、20～60℃の範囲で一定温度に保つた恒温槽に入れ、30～120 分間放置する。
6) HS サンプラー付のキャピラリーカラム GC／MS または GC 法の再現性は非常に良いが、手動注入のキャピラリーカラム GC／MS または GC 法の再現性は非常に悪い。
7) ECD 線源を汚すことが非常に少ないので、ルーチンに向いた分析方法である。
8) ガスクロマトグラフへの気相注入量が多い為、ナローボアカラムは使用できなかった。しかし、最近では高圧注入方式が汎用的に普及し、これを使用した場合にはナローボアカラムが使用できる。

表 6.2 対象揮発性有機化合物の選択イオン検出法における選択イオンの一例

No	揮発性有機化合物名	化学式	分子量	選択ｲｵﾝ(m/z)		
1.	ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	CH_2Cl_2	84.93	84	86	49
2.	ﾃﾄﾗｸﾛﾛﾒﾀﾝ(四塩化炭素)	CCl_4	153.82	117	119	121
3.	1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	CH_2ClCH_2Cl	98.96	62	64	-
4.	1,1-ｼﾞｸﾛﾛｴﾃﾝ (1,1-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ)	$CCl_2=CH_2$	96.94	96	61	-
5.	cis-1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾃﾝ (cis-1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ)	cis-CHCl=CHCl	96.94	96	61	98
6.	1,1,1-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	CH_3CCl_3	133.40	97	99	61
7.	1,1,2-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	$CHCl_2CH_2Cl$	133.40	97	83	99
8.	ﾄﾘｸﾛﾛｴﾃﾝ(ﾄﾘｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ)	$CHCl=CCl_2$	131.39	130	132	95
9.	ﾃﾄﾗｸﾛﾛｴﾃﾝ(ﾃﾄﾗｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ)	$CCl_2=CCl_2$	165.83	166	164	129
10.	cis-1,3-ｼﾞｸﾛﾛ-1-ﾌﾟﾛﾍﾟﾝ (cis-1,3-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾍﾟﾝ)	$ClCH_2CH=CHCl$	110.97	75	110	49
11.	trans-1,3-ｼﾞｸﾛﾛ-1-ﾌﾟﾛﾍﾟﾝ (trans-1,3-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾍﾟﾝ)	$ClCH_2CH=CHCl$	110.97	75	110	49
12.	ﾍﾞﾝｾﾞﾝ	C_6H_6	78.11	78	77	52
13.	trans-1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	$CHCl=CHCl$	96.94	96	61	98
14.	1,2-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾊﾟﾝ	$CH_3CHClCH_2Cl$	112.99	63	76	62
15.	p-ｼﾞｸﾛﾛﾍﾞﾝｾﾞﾝ	$C_6H_4Cl_2$	147.00	146	148	111
16.	1,2-ｼﾞﾒﾁﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ(o-ｷｼﾚﾝ)	$C_6H_4(CH_3)_2$	106.17	106	91	105
17.	1,3-ｼﾞﾒﾁﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ(m-ｷｼﾚﾝ)	$C_6H_4(CH_3)_2$	106.17	106	91	105
18.	1,4-ｼﾞﾒﾁﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ(p-ｷｼﾚﾝ)	$C_6H_4(CH_3)_2$	106.17	106	91	105
19.	ﾒﾁﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ(ﾄﾙｴﾝ)	$C_6H_5CH_3$	92.14	92	91	-
20.	ﾄﾘｸﾛﾛﾒﾀﾝ(ｸﾛﾛﾎﾙﾑ)	$CHCl_3$	119.38	83	85	47
21.	ﾌﾞﾛﾓｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	$CHBrCl_2$	163.82	83	85	47
22.	ｼﾞﾌﾞﾛﾓｸﾛﾛﾒﾀﾝ	$CHBr_2Cl$	208.28	129	127	131
23.	ﾄﾘﾌﾞﾛﾓﾒﾀﾝ(ﾌﾞﾛﾓﾎﾙﾑ)	$CHBr_3$	252.73	173	171	175
	ﾌﾙｵﾛﾍﾞﾝｾﾞﾝ	C_6H_5F	96.10	96	70	-
	4-ﾌﾞﾛﾓﾌﾙｵﾛﾍﾞﾝｾﾞﾝ	C_6H_4BrF	175.00	174	176	95

選択ｲｵﾝの選定基準は強度の大きいもの、実試料水で妨害のあるものは避ける。

出典：日本工業規格 用水・排水中の揮発性有機化合物試験方法 JIS K 0125(1995)他

1.3 LLE－GC 法による多成分同時分析法及び個別分析

本分析方法は揮発性有機化合物が高濃度で、P&T 装置を汚染してしまう可能性がある試料に対して、特に有効である。しかし、汚濁の著しい試料では ECD 線源を汚す場合もあるので、注意する。

試料水中の揮発性有機化合物をヘキサンで抽出し、ヘキサン層の一定量をキャピラリーカラム GC／ECD[注1)] に導入して測定し、揮発性有機物[注2)] の濃度を求める方法である。

LLE-GC 法は従来からある公定法（ヘキサン抽出、パックドカラム・GC/ECD）のパックドカラムをキャピラリーカラムに変更したにすぎない。

試料水（40ml）共栓付シリンダー50ml[注3)]

↓

抽出　（ﾍｷｻﾝ[注4),注5)] 10ml）10～20 秒間激しく[注6)]

↓

静置

↓

ヘキサン層分取

↓

脱水　無水硫酸ﾅﾄﾘｳﾑ(残留農薬試験用)

↓

ＧＣ（GC/ECD）測定[注7),注8)]

注：

1) LLE－GC 法は従来からある公定法(ヘキサン抽出・パックドカラム・GC／ECD)のパックドカラムをキャピラリーカラムに変えたにすぎない。
ヘキサン抽出－GC／MS 測定でもジブロモクロロメタン、ブロモホルム、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン等は定量可能である。しかし、ヘキサンの保持時間とほぼ同一である 1,1,1-トリクロロエタン、クロロホルムの定量は不能である。
2) ECD 検出器は有機ハロゲン化合物に対して選択的に高い感度を有し、化合物間の相対的感度差も 100～1000 倍も異なる。その為、標準液を調製しても、不純物のピークが大きくなる場合もある。その一例として、ｼｽ-1,2-ジクロロエチレンでは不純物のクロロホルム及び四塩化炭素が大きなピークとして認められる。但し、現在市販されているｼｽ-1,2-ジクロロエチレン標準溶液ではそのような心配はない。
3) 公定法にある共栓シリンダー50ml は密閉の良いものを使用する。一例として、SPC 摺り合わせのガラス製を推奨する。、
4) 抽出溶媒として、1974 年頃研究者はエチルエーテル中の有機ハロゲン化合物を水酸化リチュウムアルミニウムで還元後、蒸留したエチルエーテルを直ちに使用していた。その後水質試験用ヘキサンが市販されるに至っている。試料水によるが、パックドカラム GC／ECD 測定ではクロロホルムのピークの前側にドロップが生じることがある。それを解消する為、水質試験用 n-ペンタン(現在販売中止)を使用した時期がある。
5) 日本では汚染されていないヘキサン(水質試験用)が市販されている。ヘキサンは無極性溶媒であるので、選択性が高く、夾雑物を MTBE、エチルエーテルほど抽出しない。
6) 振盪時間は 10～20 秒としてある。しかし、揮発性有機化合物が抽出されないことが多くある。但し、精製水に標準液を添加した場合は 10～20 秒の振盪で揮発性有機化合物は抽出される。その理由として、メタノールの介在が考えられる。振盪を 1～4 分にすれば、揮発性有機化合物、消毒副生成物は抽出される。そこで、著者は SPC 摺り合わせの分液ロート(容量 100ml 以下)を使用し、振盪器で 2 分振盪している。
7) 上水試験方法では試料水 40ml にメタノールに溶解した混合標準液を加え、以下実試料水と同様の試験操作を行い、絶対検量線を作成する。一方他の公定法では回収率 100％と見なし、抽出操作を省略し、ヘキサンに溶解した標準溶液を GC／ECD に注入して絶対検量線を作成する。
8) ECD 検出器は有機溶剤に対して非常に高感度であるので、テトラクロロエチレンが多量に含有する試料において、GC／ECD でのジブロモクロロメタン測定が不能になる場合もある。その場合には P&T－GC／MS、または HS－GC／MS で定量を行う必要性がある。

1.4 まとめ

1.4.1 分析法

揮発性有機化合物測定で、各分析法上の共通する問題点は実験室内及び大気中の揮発性有機化合物、特にクロロホルム、ジクロロメタン、トルエン、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン等汚染をいかにさけるか、また汚染されていない精製水を調製確保し、並びに汚染されていない溶媒・器具を用いることである。

その為、精製水は随時沸騰させ、非汚染の場所で冷却後使用する。開封した水質分析用の溶媒は後日使用しない。器具は水洗浄、アセトン洗浄後、使用直前乾燥器(約 100℃)に数時間入れたものを使用する。

各分析方法により同一試料水中の揮発性有機化合物を測定しても、汚濁または夾雑物の著しい実試料水では、測定値が異なる場合がある３）。

1.4.2 妨害物質が顕著に存在する時

各分析方法は多量の鉱物油類が共存する場合には揮発性有機化合物の回収率を低下させるが、20mg/L 程度であれば妨害しない。またメタンチオール(メチルメルカプタン)、硫化ジメチル(硫化メチル)、二硫化ジメチル(二硫化メチル)等の硫黄化合物が共存しても妨害しない。また浮遊物(SS)が多量に存在すると、回収率の低下及びバラッキを生じる場合が多くある。

妨害物質等が存在し、定量困難である場合には更に EPA Method 3800 と 5000(クリーンアップ操作)シリーズ、EPA Method 8000(GC 法、GC／MS 法)シリーズを参照することを勧める。

1.5 参考文献

1) Philip L.W.:Comparing headspace with purge and trap for analysis of volatile priority pollutants, Jour.A.W.W.A., 80(8), 65-72(1988)

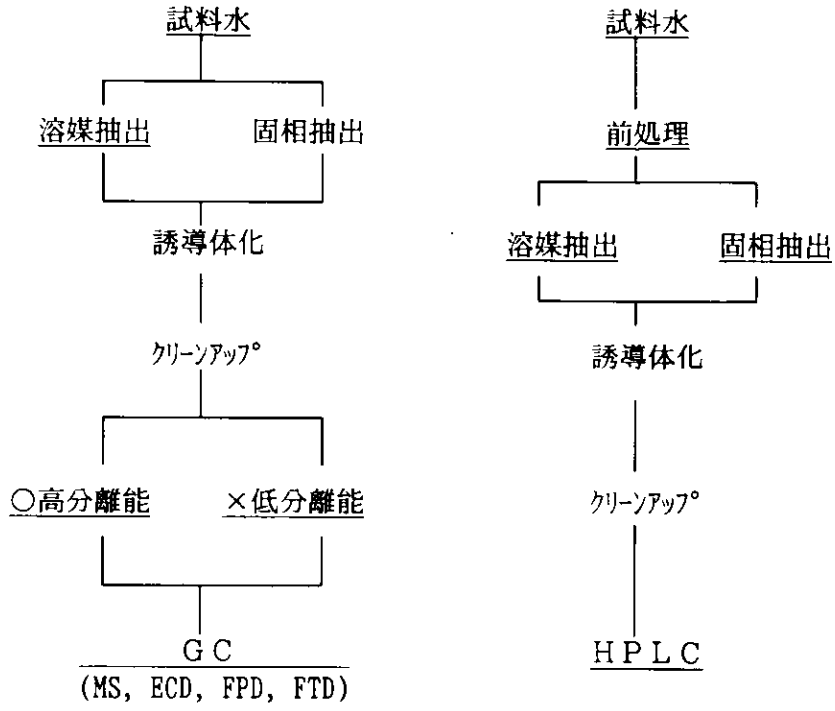
2) Donna E.G-B. and John M.K.:Using headspace sampling with capillary column GC-MS to analyze trace volatile organics in water and wastewater, Jour.A.W.W.A., 80(10), 52-55(1988)

3) 高橋保雄，中川順一，細川奈津子，森田昌敏：各公定法等による水道水中のトリハロメタン測定値の相違．環境化学．6(3)．357-362(1996)

2 農薬の分析法の概要

農薬の分析法は試料水中の農薬を溶媒抽出または固相抽出で濃縮し、GC／MS、GC または HPLC[1,2] で定量する組み合わせである。但し、農薬の中には誘導化を行う農薬もあるし、また夾雑物の多い試料水ではクリーンアップを必要とする。

検出器付ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ（ＧＣ）　各検出器付高速液体ｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ（ＨＰＬＣ）

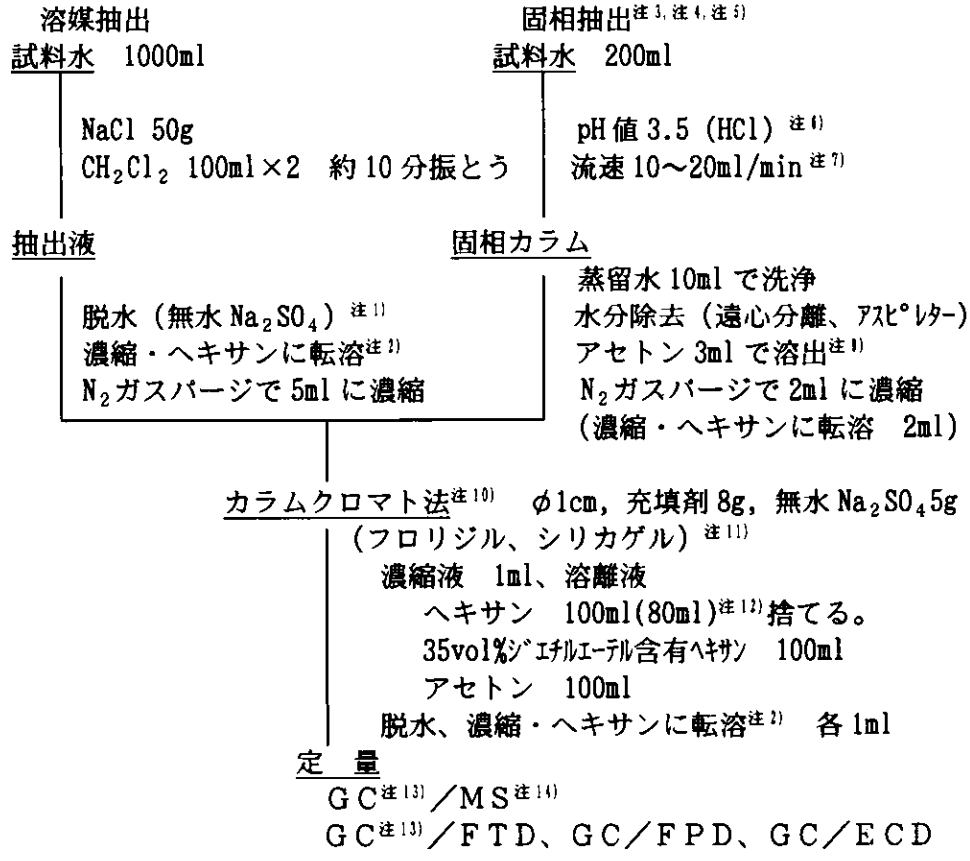


なお、定量範囲または定量下限、並びに繰り返し分析精度は試料水、装置、測定条件、試験室の雰囲気により大きく異なるので、各実験者が試験室で、使用する分析方法及び分析機器で確認する必要性がある。

以下の項に各分析方法の概略と主な注意事項を書いたが、詳細は**7.関係情報源情報一覧**の参考書及び雑誌を参照して貰いたい。

2.1 各検出器付 GC による農薬の多成分同時分析法

本分析方法は試料水中の対象農薬を塩化ナトリウム共存下でジクロロメタンで抽出、または固相カラムに吸着しアセトンで溶出する。これを脱水し、濃縮・転溶し、必要に応じてカラククロマトグラフ法でクリーンアップし、キャピラリーカラムガスクロマトグラフー質量分析計(キャピラリーカラム GC／MS)に導入して表 6.3 の選択イオン検出法(SIM)またはマスクロマトグラフ法(MC)で、あるいは選択的に検出するアルカリ熱イオン化検出器(FTD)、炎光光度検出器[FTD(P)]、電子捕獲検出器(ECD)付のキャピラリーカラムガスクロマトグラフに導入し、各農薬の濃度を求める方法である。検出器別の農薬の定量下限量を**表 6.3** に示した。



注：

1) 脱水後の抽出液と無水硫酸ナトリウムとの分離は傾斜分離、又は溶媒で十分に洗浄したろ紙又は石英ウールを使用して行う。表6.3にジクロロメタン抽出による農薬類の回収率を示した。
2) 濃縮・転溶における減圧濃縮は水浴温度約40℃で、濃縮速度約1滴／秒で行う。同様に、常圧濃縮では水浴温度75℃以上に加熱して行う。但し、夾雑物が多くある場合は、濃縮速度をもっと早くしても良い。
3) 固相カラム使用の場合、浮遊物が多く存在する場合には予め濾過し、浮遊物をアセトンで洗い、この洗液を固相カラムの溶出液と合わせる。
4) 固相カラムはスチレンジビニルベンゼン共重合体(ﾎﾟﾘｽﾁﾚﾝ系ｹﾞﾙ)またはオクタデシル(ODS)を化学結合したシリカゲルを200～1000mg詰め、使用前にアセトン5ml、水5mlを順次緩やかに通し、活性化する。ODSシリカゲルカラムは使用後、洗浄し、再び同様に、活性化すれば繰り返し使用できる。
5) 固相カラムではあらかじめ添加回収実験を行い、良好な回収率を得てから、試料水の分析を行う。抽出溶媒をジクロロメタンで水道水・水道原水を試料水にした固相抽出の一例として、表6.4[3)]にｾｯﾊﾟｯｸ Plus tC_{18}、ｾｯﾊﾟｯｸ Plus PS-2による農薬類の回収率及び変動係数を示した。
6) 固相カラムにODSシリカゲルを用いる場合には、pH値3.5に調製する必要性はない。ポリスチレン系ゲル及びポリメタクリレートを用いる場合には製品により、pH値3.5に調製する有無が異なるので、製品のマニアルに従う。
7) 固相カラムに試料水を通水する速度は通常10～20ml/minであるが、回収率が低い場合及び排水等では、5ml/min以下で行うと改善されることが多くある。
8) 試料水を通水後の固相カラムは水分除去を十分に行う。
9) 固相抽出の抽出溶媒は今回の対象農薬ではアセトンでも、ジクロロメタンでも良い。公定法では環境庁法(環境水・排水)はアセトン、厚生省法(水道水・水道原水)はジクロロメタンとしている。
対象農薬をアセトンまたはジクロロメタン3ml/minで溶出させる。但し、カートリッジの形状等により、抽出溶媒量を多くする必要性がある場合もある。
10) 地下水・水道水・河川水・排水等はクリーンアップ操作(ｶﾗﾑｸﾛﾏﾄ法)を省略できることが非常に多い。(但し、GC／ECDはｸﾘｰﾝｱｯﾌﾟ操作を必要とすることが多い。)
11) フロリジル・シリカゲルは粒径、ロット、活性化温度及び時間、保存の仕方により、溶出画分、再現性及び回収率が異なるので、各自が確認する。
一例として、表6.3にフロリジル及びシリカゲルカラムクロマトで所定の分画における農薬類の回収率を示した。
12) イオウはフロリジルカラムクロマト法にかけるとヘキサン分画の初期に溶出する。従って、フロリジルカラムクロマト法を適用すれば、妨害物質イオウを除去できる。
13) 試料水中にDEPが存在する時、注入温度100℃以上のｽﾌﾟﾘｯﾄﾚｽ方式のGCで定量すると、DEPは熱分解してDDVP等に変化する。
14) GC／MSで定量する時、精度及び再現性を高める為に、内部標準法を用いることがある。内部標準物質として、n-alkylbis(frifluromethyl)phosphine sulfides、脂肪酸メチルエステル、水素の同位体をラベルした多環芳香族が用いられている。

表 6.3 農薬類の選択イオン、溶媒抽出とｶﾗﾑｸﾛﾏﾄの回収率及び各検出器の定量下限量

農薬名	選択イオン (m/z)	回収率			定量下限量(ng)			
		ﾒﾁｸﾛ	ｶﾗﾑ1	ｶﾗﾑ2	GC-MS	ECD	FPD	FTD
1)ｼﾞｸﾛﾛﾎﾞｽ(DDVP)	109,185*,79	95%	0%	75%	0.001	0.01	0.04	0.01
2)ﾌｪﾉﾙｶﾙﾌﾞ(BPMC)	121,150,77,91	95%	100%	80%	0.003	0.5		0.25
3)ｼﾏｼﾞﾝ(CAT)	201*,186*,173*	80%	90%	100%	0.01	0.5		0.02
4)ﾌﾟﾛﾋﾟｻﾞﾐﾄﾞ	173*,145*,109	98%	100%	100%	0.01	0.01		0.02
5)ﾀﾞｲｱｼﾞﾉﾝ	179,137,152,304	99%	100%	95%	0.01	0.02	0.02	0.005
6)ｸﾛﾛﾀﾛﾆﾙ(TPN)	264*	98%	90%	100%	0.005	0.002		0.02
7)ｲﾌﾟﾛﾍﾞﾝﾎｽ(IBP)	91,204,246	96%	100%	90%	0.005	0.1	0.05	0.02
8)ﾌｪﾆﾄﾛﾁｵﾝ(MEP)	125,109,277	96%	90%	100%	0.02	0.01	0.03	0.01
9)ﾍﾞﾝﾁｵｶｰﾌﾞ	100,72,125*	98%	85%	85%	0.005	0.1		0.05
10)ｲｿﾌﾟﾛﾁｵﾗﾝ	118,162,189,204	90%	85%	85%	0.02	0.02		
11)ｲｿｷｻﾁｵﾝ	105,177,77,313	96%	100%	100%	0.03	0.05	0.05	0.05
12)ＣＮＰ	317*,287*,236*	90%	100%	100%	0.05	0.01		0.1
13)ＥＰＮ	157,169,185	80%	100%	100%	0.04	0.02	0.05	0.02

注：

1)農薬は以下の測定条件の保持時間順である。
カラム：SPB-5 0.25mm×30m 0.25μm、カラム温度：50℃(2min)～20℃/min～200℃(0min)～4℃/min～235℃(0min)～9℃/min～260℃(9min)。
2)*は塩素による同位体の質量数を持っている。
3)回収率メチクロとはジクロロメタン抽出で、減圧濃縮した時の回収率である。
カラム1、2はﾌﾛﾘｼﾞﾙ、ｼﾘｶｹﾞﾙｶﾗﾑｸﾛﾏﾄの所定の分画を濃縮した時の回収率である。
4)定量下限量の空白欄は10ngでも検出しない。
5)アンダーライン ―― は基準値の1/10を測定することが困難である。
6)定量下限量は分析装置、測定条件により異なる。
ヘキサンに溶解し、溶媒効果を得れば表の定量下限量は必ずクリアーする。

出典：日本水道協会 上水試験方法(1993) 他

表 6.4 固相抽出による農薬類の回収率及び変動係数（ＣＶ）

農薬名	セッパック Plus tC１８				セッパック Plus ＰＳ-2			
	水道原水		水道水		水道原水		水道水	
	回収率	ＣＶ	回収率	ＣＶ	回収率	ＣＶ	回収率	ＣＶ
1)ｼﾞｸﾛﾛﾎﾞｽ(DDVP)	42.9%	12.7%	52.9%	8.1%	67.7%	17.0%	91.2%	8.7%
2)ﾌｪﾉﾙｶﾙﾌﾞ(BPMC)	80.0%	13.4%	90.9%	5.6%	106.8%	5.1%	93.7%	3.4%
3)ｼﾏｼﾞﾝ(CAT)	69.5%	16.1%	84.0%	2.5%	109.9%	5.9%	105.6%	5.0%
4)ﾌﾟﾛﾋﾟｻﾞﾐﾄﾞ	78.8%	11.9%	92.0%	1.2%	103.7%	5.0%	91.2%	6.8%
5)ﾀﾞｲｱｼﾞﾉﾝ	81.9%	15.0%	96.9%	0.6%	96.4%	4.8%	89.6%	5.7%
6)ｸﾛﾛﾀﾛﾆﾙ(TPN)	84.0%	14.0%	102.9%	2.9%	107.5%	5.6%	99.9%	3.7%
7)ｲﾌﾟﾛﾍﾞﾝﾎｽ(IBP)	78.7%	10.8%	89.1%	2.2%	102.3%	6.1%	86.7%	5.6%
8)ﾌｪﾆﾄﾛﾁｵﾝ(MEP)	81.2%	12.0%	96.9%	1.9%	96.4%	6.0%	87.1%	4.1%
9)ﾍﾞﾝﾁｵｶｰﾌﾞ	84.7%	10.5%	100.8%	1.4%	110.7%	7.8%	95.5%	2.7%
10)ｲｿﾌﾟﾛﾁｵﾗﾝ	90.4%	8.4%	105.3%	0.8%	121.2%	10.5%	95.3%	4.3%
11)ｲｿｷｻﾁｵﾝ	79.6%	7.8%	93.2%	1.9%	100.0%	7.2%	91.9%	5.8%
12)ＣＮＰ	63.9%	8.3%	79.9%	4.9%	73.6%	6.8%	84.3%	6.8%
13)ＥＰＮ	70.0%	11.9%	86.5%	3.6%	92.3%	5.9%	80.9%	7.1%
14)ﾁｳﾗﾑ	85.4%	1.6%	0.0%	-	83.8%	8.2%	0.0%	-
15)有機銅	0.0%	-	0.0%	-	63.0%	10.5%	40.7%	15.%

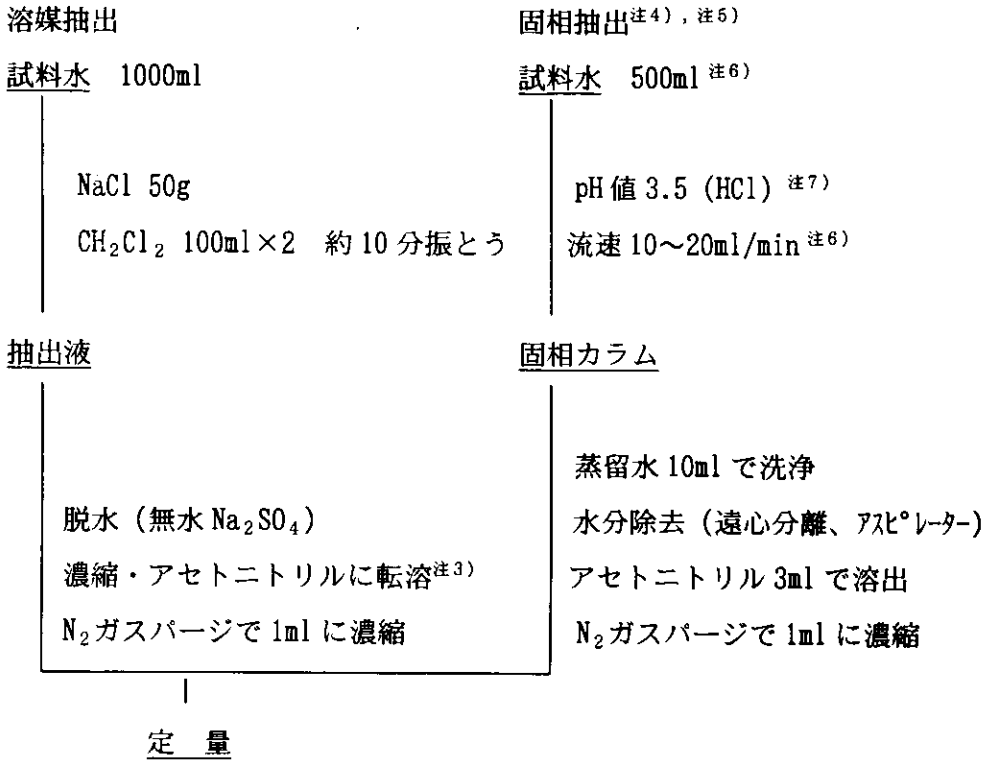
注:
1)日本水道協会水質分析法検討委員会のデータ 2)溶出溶媒はジクロロメタン 3)セッパック Plus tC１８はオクタデシル基（ODS）を化学結合したシリカゲル、セッパック Plus ＰS-2はスチレンジビニル共重合体（ポリスチレン系ゲル）である。

出典：環境庁水質保全局水質規制課監修　新しい水質環境基準とその分析方法、環境化学研究会(1993)他

2.2 HPLC の一成分毎の分析法

2.2.1 チラウムの分析法[4)]

本分析方法[注1),注2)]は試料水中のチウラムを塩化ナトリウム存在下でジクロロメタンで抽出し、脱水し、アセトニトリルに転溶する。または試料水を pH 値 3.5 にして、チウラムを固相カラムに吸着しアセトニトリルで溶出する。これを脱水し、濃縮した後、高速液体クロマトグラフ(HPLC)を用いて、紫外吸光検出器の波長 272nm で測定し、チウラムの濃度を求める方法である。



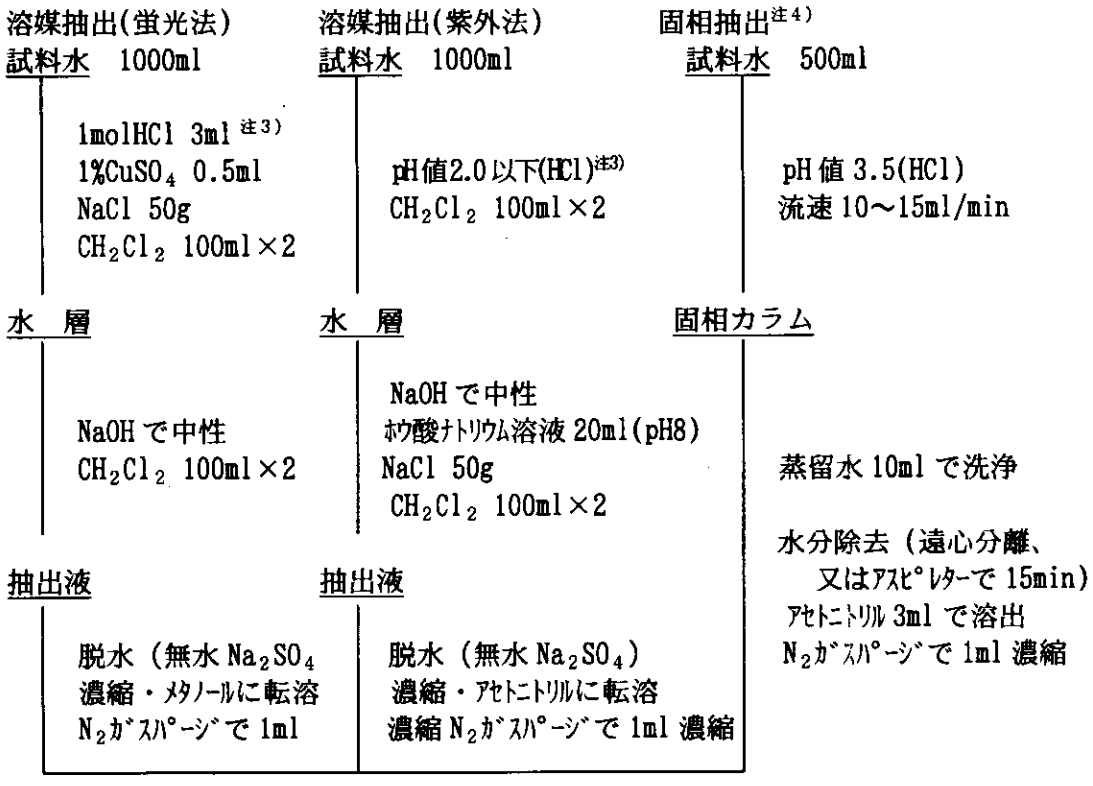
HPLC　カラム：ポリマーゲル注8）（φ3～6mm, h15～25cm）
移動相：ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙと50mmol/Lリン酸緩衝液を55：45の割合で混合
カラム槽温度：40～45℃、流速：約1ml/min、
検出器：紫外吸光検出器 272nm

注：

1) 浮遊物質が多く存在すると、チウラムの回収率は低下することが多くある。
2) 妨害物質が存在して定量できない時、アルミナカラムクロマトでクリーンアップを行うと、チウラムが定量できる場合もある。
3) チウラムはジクロロメタン中で分解しやすいので、抽出後、アセトニトリルに転溶することを推奨する。最近市販されたジクロロメタンでは分解しない。
（チウラムはアセトニトリル中で分解しない。）
4) 固相カラム使用の場合、浮遊物が多く存在する場合には予め濾過し、浮遊物をアセトニトリルで洗い、この洗液を固相カラムの溶出液と合わせる。
5) 固相カラムはスチレンジビニルベンゼン共重合体(ﾎﾟﾘｽﾁﾚﾝ系ｹﾞﾙ) またはオクタデシル(ODS)を化学結合したシリカゲルを200～1000mg詰め、使用前にアセトニトリル5ml、水5mlを順次緩やかに通し、活性化する。
6) 排水等は固相カラムに500ml通水すると、破過することもある。その場合には通水量を100～200mlにしたり、通水速度を極端に遅くする。
7) 固相カラムはODSシリカゲルまたはポリスチレン系ゲルを使用できる。蒸留水・水道水ではpH調製を必要としないが、河川水では必ずpH値3.5に調製して通水する。
8) HPLCの充填剤は昭和電工 RSPAK DE-613(ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ)、横河 Excelpak GCF-R27(ﾎﾟﾘﾒﾀｸﾘﾚｰﾄ)、東ソーTSK-GEL(ﾋﾞﾆﾙﾎﾟﾘﾏｰ)、Waters ゴルフパック N2800(ﾎﾟﾘﾒﾀｸﾘﾚｰﾄ)。
9) 各検出器付GCによる多成分同時分析法の1)、2)、5)、7)、8)、9)も参照する。

2.2.2 有機銅の分析法[5, 6, 7)]

本分析方法[注1, 注2)]は試料水中の有機銅をpH値8.0～10.0にしてジクロロメタンで抽出し、脱水し、メタノール、あるいはアセトニトリルに転溶する。または試料水をpH値3.5にして有機銅を固相カラムに吸着させ、アセトニトリルで溶出する。これを脱水し、濃縮した後、高速液体クロマトグラフ(HPLC)を用いて、蛍光検出器の波長(励起 380nm、蛍光 520nm)、または紫外吸光検出器の波長240nmで測定し、有機銅の濃度を求める方法である。



HPLC カラム：ODS (φ3～5mm, h15～25cm) 担体はポリマーゲル、高純度シリカ注5)
移動相：蛍光法→硝酸アルミニウム九水和物 10g をメタノール 1000ml に溶かす。
紫外法及び固相抽出→アセトニトリルと EDTA-りん酸緩衝液(pH 値 3.5)
を 2:3 の割合で混合。
カラム槽温度：40～45℃ 流速：約 1ml/min
検出器：蛍光検出器(励起 380nm、蛍光 520nm)、紫外吸光検出器 240nm

注：
1) この分析方法は有機銅及び 8-キノリノール系化合物の全量を定量している。
2) 浮遊物質が多く存在すると、有機銅の回収率は低下することが多くある。
3) 溶媒抽出法の前処理で、pH 値 2 以上の抽出ではジクロロメタン層に有機銅が移行し、回収率が低下する。
4) ODS シリカゲルの固相カラムは使用不可である。有機銅はポリスチレン系ゲルの固相カラムのみ使用可で、試料水を pH 値 3.5 に調製して通水することが望ましい。
5) 充填剤の担体(シリカゲル)中の不純物の金属と有機銅が錯体を作り、測定を妨害する。その為、有機銅専用カラムが市販されている。同様に、カラム管及びカラムフィルターの材質や製法等も影響を受けることがあるので注意する。
6) 各検出器付 GC による多成分同時分析法の 1)、2)、5)、7)、8)、9)も参照する。
7) チウラムの分析法の 4)、5)、6)も参照する。

2.3 固相抽出法による一括多成分濃縮法の農薬分析法

本分析方法注1)，注2)は試料水を pH 値 3.5 にして、試料中の農薬を固相カラムに吸着しアセトン(またはジクロロメタン)で溶出する。これを脱水し、濃縮する。

一つは、この濃縮液の 1/5 をヘキサンに転溶する。この転溶液を必要に応じてカラムクロマトグラフ法でクリーンアップし、キャピラリーカラムガスクロマトグラフ質量分析計を用いて選択イオン検出法(SIM)または同等の性能を有する方法で測定、又は選択的に検出するアルカリ熱イオン化検出器(FTD)、炎光光度検出器 [FPD(P)] 及び電子捕獲検出器(ECD)付のキャピラリーカラムガスクロマトグラフ法で測定し、各農薬の濃度を求める。

二つは、濃縮液の 4/5 をアセトニトリルに転溶する。この転溶液を高速液体クロマトグラフ(HPLC)を用いて、紫外吸光検出器の波長 272nm と波長 240nm で測定し、チウラム及び有機銅の濃度を求める。

試料水　500ml
| pH 値 3.5 (HCl) , 流速 10～15ml/min
固相カラム
| 蒸留水 10ml で洗浄, 水分除去 (遠心分離、又はｱｽﾋﾟﾚｰﾀｰで 15min)
| アセトン (又はｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ) 4ml で溶出
| 脱水・メスアップでアセトン (又はｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ) 5ml にする
濃縮・転溶
| ジクロロメタン 1ml をヘキサン, ジクロロメタン 4ml をアセトニトリル
| N_2ガスパージで各々1ml に濃縮
アセトニトリル転溶液
定　量
ＨＰＬＣ(カラム：ポリマーゲル, 移動相：ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙと
50mM リン酸緩衝液(pH3.0)を体積比 55:45 で混合したもの。)

ヘキサン転溶液

カラムクロマト法[注3)]　φ1cm, 充填剤 8g, 無水 Na_2SO_4 5g
(フロリジル、シリカゲル)
溶離液
ヘキサン　100ml(80ml)　捨てる。
35vol%ジエチルエーテル含有ヘキサン　100ml
アセトン　100ml
脱水
濃縮・ヘキサンに転溶　各 1ml

定　量
ＧＣ／ＭＳ、ＧＣ／ＦＴＤ、ＧＣ／ＦＰＤ、ＧＣ／ＥＣＤ

注：

1)浮遊物が多く存在する場合には予め濾過し、浮遊物をアセトン(またはジクロロメタン)で洗い、この洗液を固相カラムの溶出液と合わせる。
2)固相カラムはスチレンジビニルベンゼン共重合体(ﾎﾟﾘｽﾁﾚﾝ系ｹﾞﾙ)またはポリメタクリレートを 200～1000mg 詰め、使用前にアセトン 5ml、水 5ml(またはジクロロメタン 5ml、メタノール 5ml、水 5ml)を順次緩やかに通し、活性化する。
3)地下水・水道水・河川水・排水等はこの分析法のクリーンアップ操作(ｶﾗﾑｸﾛﾏﾄ法)を省略できることが非常に多い。
但し、GC/ECD ではｸﾘｰﾝｱｯﾌﾟ操作を必要とすることが多い。
4)各検出器付 GC による農薬の多成分同時分析法、チラウムの分析法及び有機銅の分析法の固相抽出法の注意事項を参照する。

2.4 まとめ

2.4.1 農薬の分析法

各検出器付 GC による多成分同時分析法の溶媒抽出法は成熟した分析法であるので、今後大きな改善はない。しかし、改善するとすれば、三点ある。一点はジクロロメタンは環境基準項目にあるので、抽出溶媒の変更が必要である。二点は今後 GC 注入において、高圧注入方式(通称、EPC)が使用され、サンプルサイズの縮小がある。三点は GC の昇圧装置(通称、EPC)の発達により、CNP・EPN 等の感度上昇及び測定時間の短縮がある。

チウラム及び有機銅の分析法は未成熟なので、今後大幅に改善されると予測される。その大きな要因は二点ある。一点は浮遊物質が多く存在すると、回収率が低下することがある。二点は HPLC では確認がとれないので、誘導体化して GC に注入して確認をとる必要性がある。高感度の LC－MS が発達すれば問題は解消する。固相抽出法は溶媒抽出法に比較して、実験操作が容易で溶媒使用量も少ないが、未成熟な分析法であるので、今後大幅に改善されると予測される。その要因の一点は固相カラムに使用される充填剤にある。初期には、非常に選択性に富んだ ODS シリカゲル(通称、C_{18})が使用され、最近では C_{18}より選択性の富んでいないポリスチレン系ゲルが使用され、今後選択性の富んでいない高性能の充填剤(カーボン系)が開発され、使用されてくると予測される。要因の二点は浮遊物が多く(濁度約 20 度以上)存在する場合、濾過する必要性が生じる。加圧方式で濾過すれば、ある程度の浮遊物を無視して濾過できる。要因の三点は充填剤の吸着速度が改良され、充填剤量の軽減及び通水速度の高速化が予測される。最近では充填剤を詰めたタイプから濾紙のタイプ[8]が市販され、通水速度・目詰まりが改善されている。要因の四点は脱水問題並びに GC 注入における EPC 使用による改善である。要因の五点は充填剤からのコンタミ及び充填剤のバラッキの改善である。しかし、固相抽出法の大きなメリットは自動化できることである。現在、非熟練者でも自動化装置で分析を行えば、良好な再現性が確保できる。

2.4.2 妨害物質が顕著に存在する時

浮遊物が多くある場合は直接ろ過でなく、遠心分離後、ろ過すると時間短縮される。

また、試料水中の洗剤及び油(脂肪酸エステル)は定量分析を困難にする場合がある。油由来の問題はゲルパーミエションクロマトグラフ法を用いれば、解消する場合が多い。しかし、洗剤量が多く(10μg/ml 以上)なると、問題を解消できない場合もある。

2.5 参考文献

1) Corcia A.D. and Marchett M.:Method development for monitoring pesticides in environmental waters;liquid-solid extraction followed by liquid chromatography. Environ.Sci.Technol., 26, 66-74(1992)

2) 池田憲広、伊藤重美、佐々木美智子(1992)：ﾎﾟﾘｽﾁﾚﾝﾐﾆｶｰﾄﾘｯｼﾞ濃縮法と高速液体ｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌｨｰ(HPLC)による水道水及び河川水中の農薬の定量．環境化学，2(3)，581-590(1992)

3) 日本水環境学会関西支部：水道水質基準改正と今後の展望，61-78(1992)

4) 環境庁保健調査室：ﾋﾞｽ(ｼﾞﾒﾁﾙﾁｵｶﾙﾊﾞﾓｲﾙ)ｽﾙﾌｪﾄﾞ及びﾋﾞｽ(ｼﾞﾒﾁﾙﾁｵｶﾙﾊﾞﾓｲﾙ)ｼﾞｽﾙﾌｪﾄﾞ．昭和59年化学物質分析法開発調査報告書，1467-1471(1985)

5) 家合浩明、尾崎邦雄：ゴルフ場で使用される農薬の分析方法の検討．新潟県衛生公害年報，6，121－125(1990)

6) 小川広、桂英二、兼俊昭夫、金島弘恭：高速液体ｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌｨｰによるｵｷｼﾝ銅の定量．衛生化学，37，246－250(1991)

7) Kobayashi H., Matano O. and Goto S.:Determination of oxine-copper in orange by gas chromatography. J.Chromatogr., 474, 381-387(1989)

8) 伊藤伸一，上村仁，節田節子：固相マイクロ抽出(SPME)／GC－MS法を用いた農薬の分析．水道協会雑誌．65(12)，10-17(1998)

3. 導入目的

日本では水道水の水質基準改訂(1992年)に連動して、水道水の水質基準項目・監視項目が環境水(1992年)、地下浸透水(1993年)、排水(1993年)の基準項目・要監視項目に追加された。**表6.5**には揮発性有機化合物、**表6.6**には農薬における水道水、環境水、地下浸透水、排水の基準項目・監視項目(要監視項目)を◎で示した。但し、1,3-ジクロロプロパンは農薬であるが、分析方法が揮発性有機化合物と同一であるので、揮発性有機化合物の**表6.5**に入れた。

途上国でも日本と同様に生活衛生確保・環境保全の為に、各種の水に対して、揮発性有機化合物の項目設定及び基準値を設定する必要性が生じてくると予想される。しかし、設定項目及び基準値が日本と同一である必要性はない。

そこで、**表6.5**には今回揮発性有機化合物の分析方法のベースになったEPA Method 502の揮発性有機化合物も記載した。また**表6.6**にはGC／MS法、GC法で定量でき、かつ東南アジア・中国で使用されている農薬も極力記載し、その農薬の分析方法(抽出方法、検出器)もコメントした。

4. 導入方法

導入にあたり組織・運営、即ち分析機器・図書室の整備、及び人材の育成・確保が必要である。

中国では分析機器の絶対数が不足しているのに、分析機器を個人個人が厳重に管理し、共有する概念が希薄である。その理由として、情報が有料（高価な売買の対象物）であること、また故障した場合の修理費が殆ど計上されていないことが大きな要因と考えられる。そして、多くの分析機器は朝昼夜連続稼働であるのに、停電しない電力供給または停電した場合には自家発電に自

動的に切り換えが行われるシステムができていない。

情報と絡むが図書室の蔵書・情報検索を充実し、また蔵書複写、情報検索を無料にする大胆さも必要である。

優秀な研究者とそれに次ぐ研究者との格差が非常に大きいので、それに次ぐ研究者のレベル向上が必要である。

表 6.5 各対象外の基準項目、監視（要監視）項目及びその他の揮発性有機化合物の一覧表

No.	揮発性有機化合物	水道水 基準	水道水 監視	環境水 基準	環境水 要監視	地下浸透水 基準	排水 基準
1.	ｼﾞｸﾛﾛｼﾞﾌﾙｵﾛﾒﾀﾝ						
2.	ｸﾛﾛﾒﾀﾝ						
3.	塩化ﾋﾞﾆﾙ						
4.	ﾌﾞﾛﾓﾒﾀﾝ						
5.	ｸﾛﾛｴﾀﾝ						
6.	ﾄﾘｸﾛﾛﾌﾙｵﾛﾒﾀﾝ						
7.	1,1-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	◎		◎		◎	◎
8.	ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	◎		◎		◎	◎
9.	trans-1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ		◎		◎		
10.	1,1-ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ						
11.	2,2-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾊﾟﾝ						
12.	cis-1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	◎		◎		◎	◎
13.	ｸﾛﾛﾎﾙﾑ	◎			◎		
14.	ﾌﾞﾛﾓｸﾛﾛﾒﾀﾝ						
15.	1,1,1-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	◎		◎		◎	◎
16.	1,1-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾍﾟﾝ						
17.	四塩化炭素	◎		◎		◎	◎
18.	1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	◎		◎		◎	◎
19.	ベンゼン	◎		◎		◎	◎
20.	ﾄﾘｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	◎		◎		◎	◎
21.	1,2-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾊﾟﾝ		◎		◎		
22.	ﾌﾞﾛﾓｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	◎					
23.	ｼﾞﾌﾞﾛﾓﾒﾀﾝ						
24.	cis-1,3-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾍﾟﾝ	◎		◎		◎	◎
25.	トルエン		◎		◎		
26.	trans-1,3-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾍﾟﾝ	◎		◎		◎	◎
27.	1,1,2-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	◎		◎		◎	◎
28.	1,3-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾊﾟﾝ						
29.	ﾃﾄﾗｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	◎		◎		◎	◎
30.	ｼﾞﾌﾞﾛﾓｸﾛﾛﾒﾀﾝ	◎					
31.	1,2-ｼﾞﾌﾞﾛﾓｴﾀﾝ						
32.	ｸﾛﾛﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
33.	1,1,1,2-ﾃﾄﾗｸﾛﾛｴﾀﾝ						
34.	ｴﾁﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
35.	m-キシレン		◎		◎		
36.	p-キシレン		◎		◎		
37.	o-キシレン		◎		◎		
38.	スチレン						
39.	ｲｿﾌﾟﾛﾋﾟﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
40.	ブロモホルム	◎					
41.	1,1,2,2-ﾃﾄﾗｸﾛﾛｴﾀﾝ						
42.	1,2,3-ﾄﾘｸﾛﾛﾌﾟﾛﾊﾟﾝ						
43.	n-ﾌﾟﾛﾋﾟﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
44.	ﾌﾞﾛﾓﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
45.	1,3,5-ﾄﾘﾒﾁﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
46.	o-ｸﾛﾛﾄﾙｴﾝ						
47.	p-ｸﾛﾛﾄﾙｴﾝ						
48.	tert-ﾌﾞﾁﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
49.	1,2.4-ﾄﾘﾒﾁﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
50.	sec-ﾌﾞﾁﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
51.	p-ｲｿﾌﾟﾛﾋﾟﾙﾄﾙｴﾝ						
52.	m-ｼﾞｸﾛﾛﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
53.	p-ｼﾞｸﾛﾛﾍﾞﾝｾﾞﾝ		◎		◎		
54.	n-ﾌﾞﾁﾙﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
55.	o-ｼﾞｸﾛﾛﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
56.	1,2-ｼﾞﾌﾞﾛﾓ-3-ｸﾛﾛﾌﾟﾛﾊﾟﾝ						
57.	1,2,4-ﾄﾘｸﾛﾛﾍﾞﾝｾﾞﾝ						
58.	ﾍｷｻｸﾛﾛﾌﾞﾀｼﾞｴﾝ						
59.	ナフタレン						
60.	1,2,3-ﾄﾘｸﾛﾛﾍﾞﾝｾﾞﾝ						

揮発性有機化合物：EPA Method 502に記載の60種類で、通常使用されるｷｬﾋﾟﾗﾘｰｶﾗﾑの保持時間順。

出典：EPA Method 602 に記載された揮発性有機化合物他

表 6.6 各対象水の基準項目、監視（要監視）項目及びその他の農薬一覧表

No. 農薬	水道水 基準	水道水 監視	環境水 基準	環境水 要監視	排水 基準
[GC/MS法又はGC法測定の基準、(要)監視項目]					
1)ｼﾞｸﾛﾛﾎﾞｽ(DDVP)		◎		◎	
2)ﾌｪﾉﾙｶﾙﾌﾞ(BPMC)		◎		◎	
3)ｼﾏｼﾞﾝ(CAT)	◎		◎		◎
4)ﾌﾟﾛﾋﾟｻﾞﾐﾄﾞ		◎		◎	
5)ﾀﾞｲｱｼﾞﾉﾝ		◎		◎	
6)ｸﾛﾛﾀﾛﾆﾙ(TPN)		◎		◎	
7)ｲﾌﾟﾛﾍﾞﾝﾎｽ(IBP)		◎		◎	
8)ﾌｪﾆﾄﾛﾁｵﾝ(MEP)		◎		◎	
9)ﾍﾞﾝﾁｵｶｰﾌﾞ(ﾁｵﾍﾞﾝｶﾙﾌﾞ)	◎		◎		◎
10)ｲｿﾌﾟﾛﾁｵﾗﾝ		◎		◎	
11)ｲｿｷｻﾁｵﾝ		◎		◎	
12)ｸﾛﾙﾆﾄﾛﾌｪﾝ(CNP)		◎		◎	
13)ＥＰＮ		◎		◎	
[ＪＩＳに記載のGC/MS法又はGC法測定の農薬(除No.1～No.13)]					
14)ｲｿﾌｪﾝﾎｽ					
15)ｸﾛﾙﾋﾟﾘﾎｽ					
16)ﾄﾘｸﾛﾙﾎﾝ(DEP)					
17)ﾋﾟﾘﾀﾞﾌｪﾝﾁｵﾝ					
18)ｲﾌﾟﾛｼﾞｵﾝ					
19)ｴﾄﾘｼﾞｱｿﾞｰﾙ(ｴｸﾛﾒｿﾞｰﾙ)					
20)ｷｬﾌﾟﾀﾝ					
21)ｸﾛﾛﾈﾌﾞ					
22)ﾄﾙｸﾛﾎｽﾒﾁﾙ					
23)ﾌﾙﾄﾗﾆﾙ					
24)ﾍﾟﾝｼｸﾛﾝ					
25)ﾒﾌﾟﾛﾆﾙ					
26)ﾃﾙﾌﾞｶﾙﾌﾞ(MBPMC)					
27)ﾅﾌﾟﾛﾊﾟﾐﾄﾞ					
28)ﾌﾞﾀﾐﾎｽ					
29)ﾍﾞﾝｽﾘﾄﾞ					
30)ﾍﾞﾝﾌﾙﾗﾘﾝ(ﾍﾞｽﾛｼﾞﾝ)					
31)ﾍﾟﾝﾃﾞｨﾒﾀﾘﾝ					
32)ﾒﾁﾙﾀﾞｲﾑﾛﾝ					
33)ｱｾﾌｪｰﾄ					
[有機塩素系殺虫剤]					
34)ｱﾙﾄﾞﾘﾝ					
35)ｴﾝﾄﾞﾘﾝ					
36)ｸﾛﾙﾃﾞﾝ					
37)ﾃﾞｨﾙﾄﾞﾘﾝ					
38)ﾍﾌﾟﾀｸﾛﾙ					
39)ﾍﾌﾟﾀｸﾛﾙｴﾎﾟｷｼﾄﾞ					
40)ＤＤＴ					
41)ＤＤＥ					
42)ＢＨＣ					
43)ﾍﾟﾝｿﾞｴﾋﾟﾝ					
[水稲農薬]					
44)ﾓﾘﾈｰﾄ					
45)ｼﾒﾄﾘﾝ					
46)ﾌﾞﾀｸﾛｰﾙ					
47)ｵｷｻｼﾞｱｿﾞﾝ					
48)ｸﾛﾒﾄｷｼﾆﾙ(X-52)					
49)ﾒﾄﾗｸﾛﾗｰﾙ					
50)ﾍﾟﾝﾀｿﾞﾝ					
51)ﾋﾞﾌｪﾉｸｽ					
52)ﾌﾟﾛﾒﾄﾘﾝ					
53)ﾌﾞﾛﾓﾌﾞﾁﾄﾞ					
54)ﾌﾟﾚﾁﾗｸﾛｰﾙ					
55)ﾒﾌｪﾅｾｯﾄ					
56)ﾃﾆﾙｸﾛｰﾙ					
[ＨＰＬＣ法で測定]					
57)ﾁｳﾗﾑ	◎	◎			◎
58)有機銅				◎	
59)ｱｼｭﾗﾑ					
60)ﾍﾞﾉﾐﾙ					
61)ﾁｵﾌｧﾈｰﾄﾒﾁﾙ					
62)ＭＢＣ					
63)ｼﾃﾞｭﾛﾝ					
[誘導体化した後GC/MS法、GC法又はＨＰＬＣ法で測定]					
64)ﾄﾘｸﾛﾋﾟﾙ					
65)ﾒｺﾌﾟﾛｯﾌﾟ(MCPP)					
66)ＭＣＰＡ					
67)ＰＣＰ					

(注) GC/MS法又はGC法測定の基準、(要)監視項目：固相抽出、溶媒抽出の両方が可能。

ＪＩＳに記載のGC/MS法又はGC法測定の農薬(除No.1～No.13)：固相抽出、溶媒抽出の両方が可能、但し、No.33は溶媒抽出のみ可能。

有機塩素系殺虫剤：溶媒抽出-GC/MS法又はGC法が可能、固相抽出は検討データなし。

水稲農薬：溶媒抽出-GC/MS法又はGC法が可能、固相抽出は検討データなし。

ＨＰＬＣ法で測定：固相抽出、溶媒抽出の両方が可能。

誘導体化した後GC/MS法、GC法又はHPLC法で測定：固相抽出、溶媒抽出の両方が可能。但し、No.67はHPLC法だけである。

出典：日本水道協会 上水試験方法(1993)

5. 成果、問題と課題

私は中国の環境研究所に 15 日間行き、講義をしてきた。大きな問題点として言葉であったが、講義を通じて、日本の既成項目・基準値、分析方法が中国に直接的に役立つか大いに疑問であると感じた。

揮発性有機化合物・農薬の設定項目、基準値は次の要因から決定されるべきである。一点は試料水中に存在する揮発性有機化合物・農薬の実態(全体)像を解明し、その濃度レベル、起源由来、毒性を把握することが必要である。非常に困難を伴う仕事であるが、行う必要性はある。一方 1 研究者または 1 研究機関が水環境中の揮発性有機化合物・農薬全てを同定確認(構造解析)、毒性評価を行うことは非常に困難であるので、雑誌・EPA・WHO 等の情報を入手することも必要である。中国ではこの情報収集に着手した段階であると私は解釈している。二点は指摘された揮発性有機化合物・農薬は規制でき、処理方法が確立していることである。これについては日本の処理技術は非常に参考になるが、中国ではコストの面で折り合うか疑問である。三点は中国の社会通念、経済事情も考慮も必要であろう。日本の設定項目・基準値は以上三点の内、一点目を十二分に反映しているとは言い難い。

日本が採用した設定項目の分析方法は、中国にとつては高額な備品・高価な消耗品を使用していると感じている。分析機器を援助しても、これら分析機器を稼働させる為の消耗品を自国で販売供給できるか大いに疑問である。一例として、キャピラリーカラム、残留農薬用・水質分析用溶媒等の性能、純度がある。また消耗品を外国から購入するとしても、高価すぎる。一例として、試料水 1 件体に付き、使い捨ての固相カラムが一つ必要であるが、一つが 500～1000 円であり、中国にとっては買えるか大いに疑問である。従って、自国の生産状況、経済状況を考慮した分析方法を確立する必要性がある。また勤務状況(勤務実態は１０時から４時まで)にも配慮しないと分析が行われないことが予想される。

6. 水道水、環境水、排水の公定法の作成経過及び比較

6.1 水道水、環境水、排水の公定法の作成経過

今回日本の水道水の水質基準改訂では、厚生省の委託を受けた認可団体の(社)日本水道協会は WHO 報告書・EPA Method 等に基づいた揮発性有機化合物・農薬の分析方法の追試試験を行った。その後、再現性のある測定値が得られた分析方法を使用し、WHO・EPA ガイドラインの揮発性有機化合物・農薬について、水道事業体の水道水・水道原水を用いて濃度レベル調査を行った。これと平行して、毒性評価・水処理技術を調査した。それら結果を踏まえて、1992 年に水道水質基準の設定項目・基準値等の改訂が行われた。

その結果、今回の水質基準改訂でも、水道水ではトリハロメタン以外の項目で基準値を越えることは殆どない。しかし水道水中には今回設定されいない揮発性有機化合物、農薬が非常に沢山

存在する。即ち水道水中に存在する揮発性有機化合物は消毒副生成物であり、農薬はゴルフ場使用農薬でなく、水稲農薬及び多目的施用農薬である。従って、水道水質基準は現実に沿った揮発性有機化合物、農薬を設定すべきである。(日本では健康に関する項目について、基準値を越えた水道水を供給できない。供給した場合は職場長の退職を意味する。中国では処罰なし。)

今後は実際に水道水中に存在する揮発性有機化合物・農薬及びその分解生成物を同定確認する研究を行い、水道水の安全性の確保を高める必要性がある。この研究は今後、水道水・水道原水の基準改正では多いに役立つはずである。中国・東南アジアでは実際に存在する揮発性有機化合物・農薬を設定すべきである。

水道水の水質基準改訂に連動して、環境水の水質基準改訂が行われた。時間の制約等から、水道水と同一の基準項目・監視項目、そして、その基準値・指針値がそのまま採用されている。しかし、環境庁環境保健部保健調査室が行っている結果を十二分に活用し、また日本では河川水にいる魚を食べているので、食物連鎖を十二分に考慮して、環境水の項目設定及び基準値・指針値を設定すべきである。以上の事柄を踏まえて、今後環境水の基準項目・要監視項目を見直すことが必要である。また総合的有害物質対策の実施、トリハロメタン前駆物質の対応、水生生物や生態系への影響も考慮することが必要である。

更に環境水の汚染源である排水にも連動して、排水の基準改訂が行われた。日本の場合排水は河川に入り、10倍に希釈(現実は約5倍程度)されると考えられているので、排水の基準値は環境水の基準値の 10 倍にしてある。今後の排水規制の課題として、一点は環境水質基準の達成していない河川においては上乗せ排水基準を行うこと、二点はそれでも環境水質基準が達成しない場合には発生源毎に対策を行うこと等が必要である。

6.2 水道水・水道原水、環境水、排水の公定法の比較

表 6.7 は揮発性有機化合物の各公定法に採用されている検査方法・検定方法・試験方法の一覧表である。P&T-GC／MS 法、HS-GC／MS 法はどの揮発性有機化合物にも採用されているが、GC／ECD 法、GC／FID 法には採用されていない揮発性有機化合物もある。公定法の内、一番最後に作成された JIS 法は揮発性有機化合物の試験方法として最も信頼性がある。これは JIS の公定法作成には、水道水・水道原水、環境水、排水の検査の公定法作成の委員が参加したことに起因している。

なお、これら公定法の骨格は EPA Method と殆ど同一である。しかし、EPA Method では一つはサロゲート化合物を用いて、分析系の性能と分析方法の有効性を監視すること、二つは GC／MS で定量する場合、精度及び再現性を高める為に必ず内部標準物質法を用いていること、三つは定量用、確認用のキャピラリーカラムを区別して使用していること、四つは検出器として EICD、PID を採用している点で日本の公定法と大きく異なっている。サロゲート化合物は日本ではｼｸﾞﾏ･ｽﾍﾟ

ルコジャパン等で市販されているが、非常に高価格である。同様に内部標準物質も高い傾向にある。環境庁環境保健部保健調査室で開発した分析方法は最近では、サロゲート化合物及び内部標準物質を使用する傾向にある。

公定法における農薬は厚生省法の水道水・原水では固相抽出、JIS 法の用水・排水では溶媒抽出、上水試験方法の水道水・原水及び環境庁法の環境水・排水では固相抽出・溶媒抽出を採用し、水中の農薬類を濃縮している。固相抽出法、溶媒抽出法はそれぞれの公定法の骨格ではほぼ同一であるが、操作工程において随所で異なっている。そこで、GC／MS 法、GC 法で分析する農薬の検査方法・検定方法・試験方法の操作工程の比較表を**表 6.8** に、同様にチウラム及び有機銅の操作工程の比較表を**表 6.9**、**表 6.10** に示した。これは対象とする水の相違だけでなく、水道水・水道原水、JIS と環境水、排水の公定法の作成委員が異なることも大きく起因している。即ち委員がルーチン分析しているかどうか、及び基礎知識の有無より生じている。それら異なる点の理由は 7.1 の中の参考書に記載してある。なお、GC／MS 法は GC 法に比較して、多くの農薬に適用できる長所がある。

表 6.7 各公定表の検査・検定・試験方法における検出器別の対象揮発性有機化合物

	GC／MS分析		GC分析				
	P&T法	HS法	P&T-ECD法	P&T-FID法	HS-ECD法	HS-FID法	LLE-ECD法
	○●□■●	○●□■●	○●□■●	○●□■●	○●□■●	○●□■●	○●□■●
1)ジクロロメタン	○●□■●	○●□■●	○● ●	○●□■●	■●		
2)四塩化炭素	○●□■●	●□■●	○●□ ●	● ■●	●□■●		●□■●
3)1,2-ジクロロエタン	○●□■●	□■●	●□ ●	●□■●	■●		
4)1,1-ジクロロエチレン	○●□■●	○●□■●	○● ●	○●□■●	■●		
5)cis-1,2-ジクロロエチレン	○●□■●	○●□■●	● ●	○●□■●	■●		
6)1,1,1-トリクロロエタン	○●□■●	○●□■●	○●□ ●	○● ■●	●□■●		●□■●
7)1,1,2-トリクロロエタン	○●□■●	□■●	○●□ ●	○● ■●	□■●		□■●
8)トリクロロエチレン	○●□■●	○●□■●	○●□ ●	● ■●	●□■●		●□■●
9)テトラクロロエチレン	○●□■●	○●□■●	○●□ ●	○● ■●	●□■●		●□■●
10)cis-1,3-ジクロロプロペン	○●□■●	□■●	●□ ●	● ■●	■●		
11)trans-1,3-ジクロロプロペン	○●□■●	□■●	●□ ●	● ■●	■●		
12)ベンゼン	○●□■●	○●□■●		○●□■●		■●	
13)trans-1,2-ジクロロエチレン	○●□ ●	○●□ ●	○● ●	○● ●	●		
14)1,2-ジクロロプロパン	○●□ ●	○●□ ●	○● ●	○● ●	●		
15)p-ジクロロベンゼン	○●□ ●	○●□ ●	○● ●	○ ●	●		
16)o-キシレン	○●□ ●	○●□ ●		● ●		●	
17)m-キシレン	○●□ ●	○●□ ●		● ●		●	
18)p-キシレン	○●□ ●	○●□ ●		● ●		●	
19)トルエン	○●□ ●	○●□ ●		● ●		●	
20)クロロホルム	○●□ ●	○●□ ●	○● ●	○● ●	● ●		● ●
21)ブロモジクロロメタン	○● ●	○● ●	○● ●	○● ●	● ●		● ●
22)ジブロモクロロメタン	○● ●	○● ●	○● ●	○● ●	● ●		● ●
23)ブロモホルム	○● ●	○● ●	○● ●	● ●	● ●		● ●

○：水道水・水道原水（厚生省）の検査方法

●：水道水・水道原水（上水試験方法）の検査方法

□：環境水（環境庁）の検定方法

■：排水（環境庁）の検定方法

●：用水・排水（ＪＩＳ）の試験方法

環境水(環境庁)の検定方法：対象揮発性有機化合物はNo1～No20である。その内、No1～No12は検定方法が指定されている。
しかし、No13～No20はないが、P&T-GC/MS法とHS-GC/MS法は可能であるので、□とした。

排水(環境庁)の検定方法：表５より、対象揮発性有機化合物はNo1～No12である。No13～No20は対象外である。

出典：各分析機器メーカーのカタログ他

表 6.8 各検出器付 GC による多成分同時分析法の公定法の比較

	厚生省法	上水試験方法		環境庁法		ＪＩＳ法
試料水	水道水・原水	水道水・原水		環境水・排水		用水・排水
標準原液溶媒	アセトン	アセトン		極力ﾍｷｻﾝ		アセトン
抽出方法 と溶媒	固相抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	固相抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	溶媒抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	固相抽出 アセトン	溶媒抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	溶媒抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ
濃縮方法 転溶 N_2ﾊﾟｰｼﾞ定溶	無 無 MS→ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ GC→乾固,ﾍｷｻﾝ	 無 MS→ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ GC→乾固,ﾍｷｻﾝ	常圧・減圧(注1) MS→無, GC→ﾍｷｻﾝ MS→ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ GC→ﾍｷｻﾝ	減圧・常圧 ﾍｷｻﾝ・(注3) ヘキサン (ｱｾﾄﾝ)	減圧・常圧 ヘキサン ヘキサン	減圧・常圧(注4) 無 乾固→ｱｾﾄﾝ
ｸﾘｰﾝｱｯﾌﾟ 濃縮方法 転溶 N_2ｶﾞｽﾊﾟｰｼﾞ	無	無	(ECD-GCのみ)(注2) 常圧・減圧 ﾍｷｻﾝ ﾍｷｻﾝ	必要に応じて 減圧・常圧 ヘキサン ヘキサン	必要に応じて 減圧・常圧 ヘキサン ヘキサン	無
溶媒効果 (注入温度)	MS→考慮無 GC→考慮有	MS→考慮無 GC→考慮有	MS→考慮無 GC→考慮有	考慮有	考慮有	考慮有

(注1) ：ＧＣ測定する時、ジクロロメタンをヘキサンに転溶する。
(ジクロロメタンはＥＣＤ－ＧＣ、ＦＴＤ－ＧＣに注入できない。)
(注2) ：ＥＣＤ－ＧＣ測定する物質だけに、クリーンアップを行う。
(注3) ：クリーンアップが必要でない時、濃縮はN_2ガスパージで行い、アセトン濃縮液をＧＣに直接注入する。
(注4) ：Ｋ．Ｄ．濃縮では常圧方式（減圧方式は不可）で行う。

出典：環境庁水質保全局水質規制課監修 新しい水質環境基準とその分析方法、環境化学研究会(1993) 他

表 6.9 チラニウム分析法の公定法の比較

	厚生省法	上水検討法		環境庁法		ＪＩＳ法
試料水	水道水・原水	水道水・原水		環境水・排水		用水・排水
標準原液	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ
抽出方法 と溶媒	固相抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	固相抽出 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	溶媒抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	固相抽出 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	溶媒抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	溶媒抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ
濃縮方法 転溶 N_2ｶﾞｽﾊﾟｰｼﾞ	無 無 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	無 無 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	常圧・減圧 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	無 無 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	常圧・減圧 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	 無 乾固→ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ
UV検出器 移動相	UV270nm ①	UV270nm ①②	UV270nm ①②	UV272nm ②	UV272nm ②	UV272nm ①

(注) 移動相：① アセトニトリルと水を体積比50:50で混合して脱気したもの。
(充填剤はオクタデシル基(ODS)を化学結合したシリカゲルを充填したもの。)
移動相：② アセトニトリルと50mMリン酸緩衝液(pH3.0)を体積比55:45で混合して脱気したもの。
(充填剤はポリウレタン系中極性ゲルを充填したもの。)

出典：環境庁水質保全局水質規制課監修 新しい水質環境基準とその分析方法、環境化学研究会(1993) 他

表 6.10 有機銅分析法の公定法の比較

	上水試験法		環境庁法			ＪＩＳ	
試料水	水道水・水道原水		環境水			用水・排水	
標準原液溶媒	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	ﾒﾀﾉｰﾙ	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	ﾒﾀﾉｰﾙ	ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ
前処理	有	無	有	有	無	有	有
抽出方法 と溶媒	固相抽出 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	溶媒抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	溶媒抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	溶媒抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	固相抽出 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	溶媒抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	溶媒抽出 ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ
濃縮方法 転溶 N_2ｶﾞｽﾊﾟｰｼﾞ	 無 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	常圧・減圧 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	減圧・常圧 ﾒﾀﾉｰﾙ ﾒﾀﾉｰﾙ	減圧・常圧 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	 無 ｱｾﾄﾆﾄﾘﾙ	減圧・常圧 無 乾固→ﾒﾀﾉｰﾙ	減圧・常圧 無 乾固→ﾒﾀﾉｰﾙ
検出器 移動相	UV ②③	UV ②③	蛍光 ①③	UV ②③	UV ②③	蛍光 ①	UV ②

(注) 移動相：① 硝酸アルミニウム九水和物10gをメタノール1000mlに溶かし、脱気したもの。
(充填剤はｷﾞﾘﾏｰｸﾞﾙ又はオクタデシル基(ODS)を化学結合したｼﾘｶｹﾞﾙを充填したもの。)
移動相：② アセトニトリルとEDTA-リン酸 (pH3.5) を体積比2:3で混合して脱気したもの。
(充填剤はｷﾞﾘﾏｰｸﾞﾙ又はオクタデシル基(ODS)を化学結合したｼﾘｶｹﾞﾙを充填したもの。)
移動相：③ アセトニトリルと50mMリン酸緩衝液(pH3.0)を体積比55:45で混合して脱気したもの。
(充填剤はポリウレタン系中極性ゲルを充填したもの。)

出典：環境庁水質保全局水質規制課監修 新しい水質環境基準とその分析方法、環境化学研究会(1993)

7. 関係情報源情報一覧（関与している大学・研究所・メーカー名）

7.1 報告物質（EPA、WHO等で報告）の分析方法の追試試験、及び処理方法

追試試験……

水道水・水道原水→厚生省委託の日本水道協会（常時開催）

（国立衛生試験所、委員会に参加の水道事業体、衛生研究所）

環境水・排水等→環境庁委託の委員会（随時開催）

（国立環境研究所、地方環境・衛生研究所、分析機器メーカー）

用水・排水等→日本工業標準調査会(JIS)（常時と随時の中間）

（委員会に参加している大学、国・地方研究所、分析機器メーカー）

処理方法……

国立公衆衛生院、国立資源研究所、大学等

参考書……

EPA Method→日本環境化学会(情報担当:安原昭夫)が一番多く保有。

（但し、複写有料）

（訳本　EPA Method 600シリーズ：埼玉県公害センター）

水道水・水道原水→日本水道協会：上水試験方法.（1993）

APHA AWWA WEF : Standard Methods

(For the examination of water and waste water)

環境水→環境化学研究会：新しい水質環境基準とその分析法.（1993）

排水→環境化学研究会：新しい排水基準とその分析法.（1994）

用水・排水→用水･水中の揮発性有機化合物試験方法 JIS K 0125.（1995）

用水･水中の農薬試験方法 JIS K 0128.（1994）

7.2 未知物質の情報（環境水、排水中、水道水の存在物質の検索及び存在ﾚﾍﾞﾙ）

大学・国立研究所…

環境庁環境保健部保健調査室（常設で組織対応）

国立環境研究所（森田、安原、白石等）、

地方の環境・衛生研究所……

北九州環境研究所（篠原・門上等）、大阪府公害センター（奥村）、

大阪市環境衛生研究所（福島等）、新潟環境衛生研究所（尾崎・川田等）、

大阪府立衛生研究所（鵜川・宮野等）、東京都立衛生研究所（高橋）

（但し、揮発性有機化合物の場合、衛生研究所では主に水道水中の消毒副生成物を対象としている。）

雑誌……

和雑誌→環境化学、水環境学会誌（旧、水質汚濁研究）、分析化学、
日本農薬学会誌、衛生化学、日本水道協会誌、
地方環境研究所年報、地方衛生研究所年報

洋雑誌→Water Research, Journal Chromatography,
Journal of American Water Works Association,
Environmental Science Technology, Water Science Technology,

環境庁出版本→化学物質分析法開発調査報告書、化学物質と環境

基準改正の為の文献調査報告書→
水質環境基準検討調査(平成３年度環境庁委託業務結果報告書)
水質環境基準検討調査(平成４年度環境庁委託業務結果報告書)

Ⅶ. 中国の水質汚染と対策

■1987.6, 中国, 北京工業大学土木系（水処理・用水技術講義）, 短期派遣

■1990.10, 中国, 化学工学会第五回化工設備技術会（濾過・乾燥技術講演）, 短期派遣

■1993.5, 中国安徽省定遠製塩廠（製塩技術指導）, 短期派遣

■1994,4 中国, 北京工業大学土木系（水処理技術講義）, 短期派遣

播磨幹夫

1. はじめに

我が国の隣国でアジアの各国中、最大の人口と国土を有する中国は、寒帯地の東北地方から中央アジアに続く西北蒙古砂漠地区、ヒマラヤに接する西蔵高原から山岳地帯を東に下り沿海地域に達する肥沃な穀倉地帯、亜熱帯に広がる海南地域の広大な国土を有し、地勢・気候の変化は人々の生活の水準の向上変化と共に、大気・水質の環境汚染の拡大進展がみられ、今後この儘の状況では人為的処理対策を施さない限り、その動向が一層進む恐れがある。そこには経済発展に伴って消費されるエネルギー量の増加で「三廃」による大気・河川・湖沼の汚染が進み、多くの人々の健康や自然への様々な影響が見られるようになる危惧がある。因みにこの大国は決して水資源は豊富な国ではなく、水資源の乏しい立地や水不足の状況が各所でみられる地域が少なくない状況である。

1.1 我が国と異なる中国の河川・湖沼の水質の環境

中国の広大な地域の水質の環境を一口に述べることは難しい。中国の広大な地域は砂漠や季節による渇水状況の地域や、雨の多い山岳地を始め灌漑や水運に恵まれた地域、大雨・洪水被害の発生が頻繁に見られる治水を必要とする地域、工業設備の集まった地域や人々の生活状況による水質の汚染地域などがある。そして何より今まで人為的な汚染の発生源に対して本格的な水質汚濁防止装置の設置の遅れによる排水の河川・湖沼への放流による自然浄化の能力以上の汚染が目立つ。これらの広大な国の水質の環境汚染の全体の状況を数値的に知るには、畢竟政府機関の発表する国全体の統計数値に依存せざるを得ない。

各種の地域の水質汚染の程度は、河川や湖沼などの地表水と地下水などの汚染物の数値がその動向の一つの指標として挙げられる。また一方では中国の水資源問題例の一つに、中国を代表する母なる二大河の一つの黄河で最近は渇水期に全く干上がった河口が見られるようになり、大河の水が渤海湾に届かない状況の発生が見られる。この国の西北の砂漠地は水資源不足の立地箇所である一方、西南部の西蔵高原に源を発する長江は中国西部の山間を下り江蘇平野の灌漑、水運に大きな利用が見られる穀倉地帯を形成し、その他の中

国の代表的な大河の幾つかと同様、沿岸流域の都市や工業、農業施設から排出される各種排水による汚染が自然浄化の機能を上回る地点が多く見られるようになっている。

そして人口の密集する北京、上海、天津などの大きな各都市では、下水処理設備の遅れで市を流れる様々な河川や付近の湖などは産業排水や生活排水による汚染が著しい。

この国の二大河や運河などによる水に恵まれた地域も見られるものの、国全体としては華北地域や人口密度の高い都市などでは水資源は不足の状況にあり、シルクロードの砂漠地域では風力や太陽熱による発電、逆浸透膜法による飲料水の確保などが行われる機運にある。

華北の立地は首都北京などは水源に乏しく、其処に最近の経済発展に伴う生活様式の近代化への変遷は、用水の使用量の増加となり、水源の確保と排水処理施設の増設の必要に加え、中水の利用などを含めた水処理設備の充実を推進しなければならない状況が生じている。これらの状況は中国は水資源が決して豊富な国でなく、都市の生活排水汚染、農地での農薬や富栄養化汚染、鉱工業資源の開発による水資源の汚濁に加え、各種の排水の発生源に本格的な水処理設備の早急な設置が汚染防止に求められる状況下にあるといえる。

一方水質の点からは化学・生物的な上水処理設備の遅れにより、生水の飲料としての利用は行われず、内陸地域に比較して沿海地域への人口や各種設備の集中と、その中で更に都市などの局地での高密度の人口や、工業施設の集中による高い水質の汚濁状況が見られる。そして最近は経済の発展により都市での瓶詰飲料水製品の販売繁盛の現象も生じている。一方では世界最大の三峡ダムの建設推進工事は、この国の環境とエネルギー対策問題を踏まえ、屡々見られる長江下流の様々な氾濫防止、治水への貢献が期待されている。

この広大な国に比較して幅の狭い南北に長い我が国の地形は、太平洋ベルト地帯に高人口密度の都市や工業施設が集中し、生活用水を始め工業用水の不足が見られるものの、各地は降雨・降雪による水資源と水質に恵まれた環境といえる。其処では 1970 年代に見られた経済高度成長時と、その後の過程でそれに伴うエネルギー使用量の増加で発生する水質汚濁公害問題に産・官・学共同での対策の促進が見られ、生物・物理・化学処理各法の組み合わせによる工業排水の処理設備を始め、生活排水の処理設備の普及が見られるに至った。

そしてこれらの設備や装置は更に生活環境の変化と共に経済性の高い水処理プロセスや機器の開発が望まれている。すなわち大型化する都市化の状況や増加するエネルギー利用事情は、更に高度な排水処理装置や下水処理設備、中水処理設備などの建設が進められ、地球環境対策への水質汚濁防止、水の有効利用の状況が出現している。

1.2 中国の水質汚染の状況

中国での大気・水質・ごみ排出物の「三廃」と呼ばれる各汚染物による自然環境の破壊は、広大な規模で酸性雨や富栄養化現象を含む水質汚濁の現象が経済の発展並びにエネルギー消費量の増大でみられ、各種の防止装置の設置無しでは自然浄化の効果のみでは清浄化が及ばない段階となっており、国土の各所での自然破壊や人々の人体への悪影響が進むことが予想される。特に人口密度の高い都市や無計画に配置された工業施設の稼働地域などでは早急な今後を考慮した基本的な環境対策の実施が求められる。

長江沿岸の大小河川・運河などは農業・灌漑・交通・運輸への立地に恵まれる一方、水の少ない華北平原は北京に代表される生活様式の変化は、人口の集中・水の消費量の増加となり下水処理水などの再利用が推進されなければならない。最近は黄河の渇水期に見られる山東省の河口部での河水が干上がる現象が何度か見られるに至っており、農業、工業に於ける水の有効利用と汚染対策が共に求められるようになってきている。全国的な水の汚染状況は河川・湖沼などの自然浄化の水準を越す汚染防止には、排出元での水処理設備の設置が必要な状況が増加してきており、工業設備や都市からの排水処理が求められる。

一方水不足の地域では農業への利用法から、工業用水・生活用水の有効利用を始め様々な水の再利用が強く求められる。地下水の汲み上げは深度堀の競争現象から地盤沈下がひどい都市もみられるようになっている。

中国では以前はかっての先進国にも見られた一般の認識に、生産第一・環境第二といった傾向も見られたが、政府は現在では様々な法律・規制・標準の制定を実施し、その基礎となる汚染の状況の測定から解析が行われる一方、いわゆる公害防止機器や設備の関係事業者への設置義務付けから技術開発から設置へと環境対策に力が注がれてきており、我が国を始め欧米各企業からのこれら各方面への協力も少なくない。次に中国の水質汚染状況についてみてみることとする。

1993 年の中国における排水の総排出量は全国で 355.6 億トンで前年比 3.0%の低下、その中で工業排水の放出量は 219.5 億トンで前年比 6.2%の低下である。工業排水の化学的酸素必要量は 622 万トンで前年比 12.5% の低下、重金属排出量は 1,621 トンで前年比 6.9%の低下である。

砒素の排出量は 907 トン前年比 4.0%の増加、青酸化合物の排出量は 2,480 トン前年比 30.7%の低下、揮発性フエノールの排出量は 4996 トン前年比 22.2%の低下、石油類の排出量は 71,399 トンで前年比 9.7%の増加である。

同年の全国の大きな河川の水質は基本的に良好であるが、これらの流れの都市部では汚染が深刻なものがみられる。七大水系と内陸の河の流れの水質の評価は 123 の重点河川中

で、「地面水環境質量標準」の 1.2.類に符号するものは 25%、3.類に符号するものは 27%で、4.5.類標準のものは 48%を占める。観測結果では全国の河川流域の水質汚染の種類は有機汚染で、主要な汚染物はアンモニア態窒素、高マンガン酸塩指数、生物化学的酸素要求量と揮発性フエノールである。

長江の水質は良好で、支流の水質も良好であるが重慶、武漢、南京、上海などの主要都市の水域の汚染は深刻である。50 の重点河の中で 1.2 類の標準に適合するものは 37%で、3 類の標準に適合するものは 31%、4.5 類の標準に適合するものは 32%で、主要な汚染物はアンモニア態窒素、高マンガン酸塩指数と揮発性フエノール、部分箇所では銅や砒素化合物が標準を超過しているものがみられる。

黄河流域の水質は良好であるが重点観測による支流の途中の汾河、淮河、伊洛河、小清河の河の途中では有機汚染が深刻である。16 箇所の重点観測河で 1.2 類の標準に適合するものは 13%で、 3 類の標準に適合するものは 18%、4.5 類の標準に適合するものは 69%である。主要な汚染物はアンモニア態窒素、高マンガン酸塩指数、生物化学的酸素要求量と揮発性フエノールである。

珠江流域の水質は良好であるが部分的な支流の汚染は深刻で、桂江では持続時間が 4 月で汚染の長さが 250km に達する重大な事故がみられた。7 箇所の河川中の観測点では、1.2.類標準に適合するものは 29%で、 3 類の標準に適合するものは 40%、4.5 類の標準に適合するものは 31%を占め、主要な汚染物質はアンモニア態窒素、銅と砒素化合物である。淮河の流域の水質は汚染が進み、渇水期の水質の汚染は深刻で、河川中の 82%を越している。13 箇所の河川中の観測点では 1.2.類標準に適合するものは 18.3%で、 3 類の標準に適合するものは 15.7%、4.5 類の標準に適合するものは 66%である。主要な汚染物は高いマンガン酸塩指数とアンモニア態窒素、揮発性フエノールである。

松花江、遼河の流域の汚染は深刻で、松花江では 6 箇所の河川の重点観測点では 3 類の標準に適合するものは 38%、4.5.類の標準に適合するものは 62%である。主要な汚染物はアンモニア態窒素、揮発性フエノールである。遼河の流域の汚染も深刻で汚染物は標準値を超過し、その中で太子河の本渓では汚染がひどい。 8 箇所の河川の重点観測点では 3 類の標準に適合するものは 13%、4.5.類の標準に適合するものは 87%である。主要な汚染物は高いマンガン酸塩指数とアンモニア態窒素、揮発性フエノール及び水銀で、部分的には銅の超過がみられる。海河の流域の水資源は乏しく汚染が進んでいる。10 条の河の流れの中で衛河、安陽河、漳河、御河、洋河などの河川の部分は有機汚染が進んでいる。前流域の 16 箇所で、 3 類の標準に適合するものは 50%、4.5.類の標準に適合するものは 50%である。主要な汚染物は高いマンガン酸塩指数とアンモニア態窒素、揮発性フエノールで

ある。

中国の内陸河川の水質は良好で、自然条件の影響を受けているが、部分的な河流では pH 値が偏大し、総硬度や塩素イオン量が偏高で、重点観測の 4 箇所の河川中で 1.2.類標準に適合するものは 60%で、3 類の標準に適合するものは 30%、4.5.類の標準に適合するものは 10%で、主要汚染物はアンモニア態窒素である。

都市の表水の水質汚染も深刻である。131 条の都市を流れる河川の部分では、汚染の深刻なものが 26 条あり、重度の汚染が 11 条、中度の汚染が 28 条である。その内 1 類の標準を満たすものが 9 条、2 類の標準を満たすものが 4 条、3 類の標準を満たすものが 46 条、4.5.類を満たすものが 72 条である。汾河の太原市の部分や黄河の包頭市部分、南運河滄州市の部分では汚染がひどい。主要な汚染物は石油類、アンモニア態窒素、揮発性フエノールと高いマンガン酸塩指数と生物化学的酸素要求指数である。

中国の各湖は窒素、燐の富栄養物質汚染が広がり、一部の湖は水銀汚染が進んでいる。大淡水湖中で汚染の程度が進んでいるものには、洞庭湖、興凱湖、鏡泊湖、博斯騰湖、太湖、洪澤湖、南四湖、巣湖、滇池などがある。また都市内の湖で汚染の進んでいるものは玄武湖、淀山湖、大明湖などがある。

大型ダムの水質は一般的に良好で、主要な汚染物は総窒素と総燐、有機汚染が前年より増加している。汚染度が軽度から重度に至っているものには石門ダム、密雲ダム、新安江ダム、于橋ダム、大伙房ダム、門楼ダム、嶗山ダム、葦鋪ダムがある。

全国の主要都市の地下水の供給と需要の矛盾は前年に較べ緩和されている。一部の都市の地下水水位は回復しているが採取超過現象は変わらない。全国の 70 の主要都市の中で、地下水の採取が著しい都市は天津、石家庄、太原、南京、大連、蘇州、無錫、常州、寧波、温州、大同、宝鶏、唐山、保定などがある。また前年に比較して各主要都市の地下水水質の変化は大きくなく、水質の良い都市は長沙、南昌、広州、済南、蘭州、海口、貴陽、銀川、西寧、桂林、湘潭、岳陽、遵義などである。水質差のみられる都市は西安、太原、宝鶏、大同などである。中国の渤海中部、黄海北部の海域の水質は良好である。近海海域の主要汚染物は油類、無機窒素、無機燐で、その中で前年比油類の汚染範囲が前年比拡大しており、無機窒素、無機燐の汚染は前年並である。珠江口や長江口と遼東湾海域の部分水の化学的酸素要求量は国家の一類海水水質標準を超過しており、重金属の含有量は国家の一類海水水質標準に符号している。しかし生物体中の重金属類（銅、亜鉛、カドミューム）は高い。また本年度に赤潮の現象は 19 回発生している。**表 11.1.1、表 11.1.2** に 1990 年の実績と 1995 年の中国の主要都市の計画水質汚染状況を、**図 11.1** に 1988～1993 年の全国排水の排出状況を示す。

表 11.1.1　中国主要都市の水質汚染状況(1993～1994)

都市名	都市地面水 COD 平均値 (mg/L)		新増工業廃水処理能力 (10^4Ton/D)		工業排水処理率 (%)		工業排水排出量 (10^8Ton)		工業排水 COD 出量 (10^8Ton)	
北　京	6.29	6.1	11.80	15.00	69.66	70.00	4.06	5.00	10.14	9.65
天　津	7.	6	10.73	39.80	72.49	70.00	2.29	3.70	12.47	14.40
上　海	7.17	<7	17.83	46.45	81.05	82.00	13.32	13.87	24.42	25.00
広　州	5.06	—	7.61	30.00	61.53	70.00	3.72	4.45	11.61	9.78
武　漢	2.4	<3	4.33	12.12	41.90	47.00	6.86	7.90	9.74	15.50
重　慶	3.9/4.0	3.8/4.0	6.00	20.00	40.44	50.00	4.90	6.40	7.02	7.38
沈　陽	13	8	0.65	4.50	33.30	34.00	1.45	1.71	4.09	4.50
哈尔浜	8	8	5.30	8.00	14.82	20.00	1.79	2.61	4.51	6.60
南　京	8.19	9	3.28	4.00	62.20	65.00	7.54	10.10	7.82	9.50
成　都	8.5	<10	13.06	8.00	43.79	50.00	2.03	3.00	6.09	5.50
蘇　州	9.6	9	2.28	—	30.90	60.00	2.78	4.50	5.95	11.00
桂　林	2.10	1.7	0.50	4.15	69.30	85.00	0.37	0.37	0.50	0.54
昆　明	8.03	6	—	0.30	22.37	60.00	1.61	1.80	3.39	3.00
西　安	7.77	7.4	—	8.00	55.80	70.00	1.12	1.50	2.31	3.10
開　封	36.60	12	2.06	6.50	86.10	85.00	0.71	0.87	1.99	2.50
深　圳	6.09	6	1.10	5.00	87.00	88.00	0.20	0.70	0.21	0.70
珠　海	2.9	5	0.28	15.00	16.00	80.00	0.50	0.60	0.40	0.40
汕　頭	3	< 6	0.41	5.80	16.00	32.00	0.57	0.82	—	—
厦　門	10	8	0.80	4.00	38.21	50.00	0.32	0.40	1.67	2.00
福　州	8.0	7	1.20	1.98	20.60	30.00	1.01	1.75	4.06	4.37
温　州	5.7	6	4.44	3.80	41.14	45.00	0.31	0.55	2.71	2.50
寧　波	8.7	8	0.18	10.19	50.66	58.00	1.14	1.56	2.37	3.00
南　通	8.6	7.4	2.65	17.30	53.87	62.00	0.67	1.18	2.94	4.13
連雲港	10.0	8	0.38	9.20	47.83	60.00	0.70	1.09	3.99	4.00
大　連	—	—	4.50	11.00	84.40	87.00	3.49	4.50	5.48	5.80
煙　台	3.42	3.42	5.22	7.57	45.00	80.00	0.62	1.11	6.50	4.10
秦皇島	< 6	< 6	—	4.00	47.40	60.00	0.26	0.48	1.39	2.50
湛　江	3.5	< 6	0.39	15.19	50.20	67.00	1.01	1.43	3.22	4.58
北　海	9	10	6.08	4.53	33.13	56.00	0.28	0.45	0.71	1.07
海　口	3.9	3.7	—	2.86	42.60	55.00	0.13	0.38	0.62	1.32
蘭　州	4.2	5	0.50	0.80	50.00	57.00	1.90	2.21	2.06	2.57
太　原	205/65.26	150/45	1.14	8.00	72.90	73.00	1.10	1.36	6.51	7.08
吉　林	9.8	8	15.10	27.00	81.20	90.00	2.56	3.34	10.00	8.50
唐　山	6	6	6.02	4.36	70.36	70.00	1.68	3.11	4.33	3.86
石家庄	<6	< 6	0.28	13.00	4.13	55.00	2.01	2.99	4.38	3.17
長　春	13.8	15～25	0.02	1.20	27.40	39.93	0.43	0.53	0.79	1.05
済　南	44.7	30	—	14.40	75.40	79.20	1.34	1.85	5.59	7.89
鄭　州	25	10	0.45	7.00	36.64	50.00	1.08	1.50	2.19	2.00
青　島	2.75	—	8.80	10.00	57.40	57.00	0.95	1.35	3.92	5.10
長　沙	3.22	3.34	3.49	4.00	50.00	60.00	1.39	2.10	1.90	2.20
合　肥	8.08	8	3.00	15.00	25.00	30.00	1.28	1.57	3.45	3.14
南　昌	4.35	5	—	—	56.00	75.00	—	—	—	—
洛　陽	4.37	4.3	2.67	16.05	37.00	40.00	1.33	2.15	1.39	2.37
大　同	70	50	0.31	6.00	61.47	54.54	0.42	0.54	0.90	1.00
貴　州	10	8.5	—	—	32.48	34.25	0.59	0.75	1.43	1.50
南　寧	11	10	0.19	1.70	25.30	50.00	1.14	1.55	4.70	4.96
烏魯木斉	1.83	1.85	0.27	1.00	53.00	55.00	0.65	0.81	1.19	1.10
西　寧	5.30	5.35	0.32	0.35	14.80	16.00	0.28	0.40	0.22	0.25
呼和浩特	66	<66	0.67	1.47	30.00	35.00	0.41	0.65	0.89	1.39
銀　川	10.7	12.9	—	1.05	16.30	21.77	0.19	0.23	0.36	0.40
			156.29	456.42	—	—	87.09	113.67		227.95
									204.52	

注；1. ＊ 1990 年数値無　2. 杭州・拉薩は数値無

出展：北京工業大学引用資料

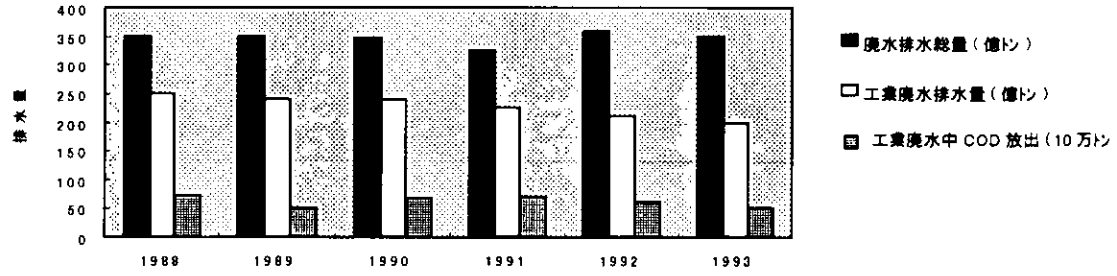
表 11.1.2　中国主要都市の排水汚染状況

都市名	工業排水処理量 (10^8Ton)		工業排水COD除量 (10^4Ton)	工業排水排出達成率 (%)		万元戸工業排水排出量 (Ton/10^4元)		万元戸工業廃水COD排出量 (kg/10^4元)		万元戸発生煤塵排出量 Ton/10^4元	
北　京	3.52	4.00	3.50	53.60	60.00	111.00	105.00	27.00	25.00	0.07	0.06
天　津	1.99	2.10	10.88	53.30	64.00	68.20	81.10	37.00	31.57	0.05	0.06
上　海	11.90	12.50	15.00	72.40	70.00	114.80	100.00	21.00	17.00	0.02	0.01
広　州	1.59	2.00	12.72	57.29	67.00	178.00	180.00	55.39	53.00	0.02	0.03
武　漢	1.60	2.00	5.70	64.60	67.60	313.70	250.00	44.52	48.20	0.03	0.04
重　慶	1.10	1.62	10.72	44.48	50.00	227.13	213.42	34.04	27.88	0.09	0.06
沈　陽	0.41	0.54	1.00	40.57	42.00	127.00	123.00	36.00	32.00	0.10	0.08
哈尔浜	0.24	0.52	1.00	18.83	20.00	136.70	136.00	31.50	34.50	0.25	0.20
南　京	2.08	4.92	3.10	71.98	73.53	340.44	320.60	52.65	40.30	0.05	0.01
成　都	0.87	1.60	—	58.14	60.00	149.25	120.75	34.52	22.14	0.12	0.09
蘇　州	0.40	—	—	60.00	65.00	170.66	64.00	36.50	16.30	0.02	0.03
桂　林	0.26	0.25	1.06	69.10	80.00	261.00	200.00	36.50	28.00	0.13	0.12
昆　明	0.46	0.80	20.00	42.23	55.00	286.89	250.00	68.29	50.00	13.73	10.00
西　安	0.42	0.70	—	44.00	60.00	130.00	100.00	23.10	20.00	0.11	0.06
開　封	0.16	0.36	3.20	62.00	85.00	347.00	300.00	97.00	85.82	0.17	0.14
深　圳	0.10	0.30	1.20	73.60	75.00	16.00	31.00	1.70	3.10	0.00	0.01
珠　海	0.03	0.48	0.29	65.00	80.00	200.12	200.00	15.96	13.50	0.06	0.02
汕　頭	0.09	0.26	—	7.80	25.00	76.00	100.00	—	—	0.01	0.01
厦　門	0.07	0.16	1.12	45.00	60.00	50.00	50.00	45.31	40.00	0.02	0.02
福　州	0.18	0.30	3.00	22.00	32.00	177.00	130.00	40.60	32.90	0.02	0.01
温　州	0.11	0.22	0.30	38.53	40.00	133.41	150.00	88.86	70.00	0.06	0.07
寧　波	0.35	0.55	1.00	55.00	60.00	155.37	140.00	32.19	32.00	0.05	0.07
南　通	0.18	0.70	1.51	66.67	90.00	125.96	188.29	55.41	65.90	0.06	0.07
連雲港	0.32	0.60	1.85	14.75	30.00	181.00	175.40	103.00	70.00	0.07	0.07
大　連	1.14	1.50	2.00	37.87	88.00	161.00	160.00	25.32	22.00	0.05	0.03
煙　台	0.28	0.89	4.10	—	—	87.32	74.23	—	—	0.05	0.04
秦皇島	0.08	0.12	0.36	48.10	60.00	153.00	200.00	82.55	100.00	0.30	0.20
堪　江	0.47	0.93	0.43	14.60	30.00	338.60	280.00	107.70	96.00	0.04	0.03
北　海	0.01	0.25	1.10	34.39	41.00	304.00	250.00	238.00	72.00	0.10	0.03
海　口	0.03	0.12	0.02	45.00	70.00	123.00	104.70	41.20	36.20	0.00	0.00
蘭　州	0.62	0.75	3.37	—	—	224.00	189.00	—	—	0.11	0.09
太　原	1.00	1.28	1.97	33.90	34.40	146.80	168.00	851.50	660.00	0.10	0.09
吉　林	1.21	1.75	12.40	82.00	90.00	384.00	339.00	149.60	86.40	0.32	0.20
唐　山	0.82	2.17	0.50	61.07	80.00	329.00	224.70	85.00	27.90	0.36	0.14
石家庄	0.51	0.99	4.36	62.70	70.00	226.20	230.00	65.31	24.38	0.12	0.07
長　春	0.13	0.18	1.55	26.90	47.49	45.30	41.01	8.30	8.18	0.05	0.03
済　南	1.46	1.91	—	51.00	61.00	128.00	110.00	48.70	47.00	0.05	0.05
鄭　州	0.39	0.75	11.70	41.09	50.00	178.82	190.00	36.36	10.81	0.10	0.10
青　島	0.39	0.61	4.32	46.19	50.00	69.79	43.00	28.71	16.25	0.14	0.11
長　沙	0.82	1.43	—	70.00	80.00	212.00	200.00	28.98	20.00	0.03	0.01
合　肥	0.32	0.47	2.26	—	—	220.00	175.00	—	—	0.10	0.07
南　昌	0.64	0.75	—	—	—	121.00	135.00	—	—	—	—
洛　陽	0.39	0.86	0.95	40.50	55.00	234.92	179.20	24.46	19.75	0.16	0.10
大　同	0.24	0.35	—	48.93	46.30	136.20	135.00	294.50	250.00	0.14	0.09
貴　州	0.19	0.26	0.50	—	—	130.63	117.58	—	—	0.18	0.12
南　寧	0.23	0.70	7.40	33.90	50.00	320.00	290.00	—	80.00	0.06	0.05
烏魯木斉	0.28	0.33	—	—	—	181.00	180.00	—	—	0.30	0.22
西　寧	0.04	0.05	0.10	80.00	90.00	168.00	160.00	13.27	12.00	0.20	0.18
呼和浩特	0.12	0.23	0.26	—	—	188.00	200.00	—	—	—	—
銀　川	0.03	0.05	0.01	—	—	165.24	174.83	—	—	0.14	0.13
	40.37	55.16	147.81	—	—	—	—	—	—	—	—

注；　1990 年実際数値.　1995 年計画数値.　＊工業排水 COD 除量は 1990 年値無
1. ＊ 1990 年数値無　2. 杭州・拉薩は数値無

環境保護重点都市 8-5 計画と総量標準

出展：北京工業大学引用資料



出展：中国環境年間 1994

図 11.1 中国の排水排水量（1988～1993 年）

1.3 効果的な水質汚染対策技術移転の事例とその概要

排水処理法には物理・化学・生物処理の各種類の組合方法が用いられる。これら処理設備は土木・建築施設と機器・配管などから構成されており、土木・建築施設などはその仕様が定まれば中国に於いては自国での設計・施工が可能な場合が多い。また単位操作機器や計測機器類も海外製品の模倣から技術導入による国産品も増加してきているが、装置・設備などの全体の取纏め、すなわちプロセス設計に始まるエンジニアリング技術などの大型設備の一貫した実施体制は未だ先進国からの様々な技術の供与、協力無しでは難しい面が多い。其処には装置の各種の周辺補助機器や計器・電気品を始め様々な部品、材料や効率の高い触媒・薬剤などを始め、情報や資料の不足など大型設備全体の効率の良い建設から稼働への纏めの業務などは未だ難しいケースが多く見受けられる。

排水処理の工程や技術には、効率は別として目で見て判断ができる沈殿・濾過や乾燥・攪拌などの比較的容易な物理的、機械的な面では、対応国産機器もあるが高級金属や樹脂材や濾布・凝集剤といった材料などでは、その性能の比較で海外製品に較べると効率が劣る面が多く、これらが設備のエンジニアリング業務などにおける装置仕様の選定に当たって工程管理と共に充分配慮しなければならない点の一つである。技術の移転に当たってはこれらの事情と現地の状況と政府の指導方針を十分理解して置く必要があり、中国側にとっても日本側のこれら各種の周辺を取り巻く背景の理解が言語の相違を超えて必要である。

技術の移転に当たっては該当技術は様々な角度からの進め方が考えられる。特に生態系への影響問題などは、現地での長期な観測の動向変化の解析を必要とする。また水質汚濁は大気の汚染や固形廃棄物の汚染とも深い関係があり、いずれにしても防止には高額な投資を伴うものである。経済水準が我が国に比較して低い中国では、水処理設備一式の我が国からの直接の購入は高価で、先進技術の機器や材料の製造技術などの供与が補助機器類

を含め行われることが多く、その国産化や製品の開発が望まれる。そして多くの機器や部品から構成される大型設備の設置、稼働などは先進国の様々な国家的援助から企業の商業ベース契約に至る様々な方法での技術援助がみられる。先進国の各企業においても企業採算を度外視した技術や設備の供応は困難で、畢竟現地の様々な事情を加味し、中国側の立場も尊重する対応策となると、国家ベースでのソフトや大型機器、電気、計器などの分担に技術供与先の土木・建築・建設工事などの共同開発といった形式の推進が望まれることとなる。

生物処理法に見られる生物の生息条件制御技術や、各種分析・測定技術の供与は研究機関への技術指導などを通じて行われ、機器類や材料の選定などは企業間の商業契約で実施される場合も多い。

これら水質汚濁防止対策の効果的な技術移転に当たっては、新規案件の設計から現在稼働中の設備の改善などがあり、中国側の国家・省等の各種政府機関の要望に対応したものから、企業間の契約に基づく推進法がみられる一方、大学・研究機関・学会などを通じた専門的な協力研究法も見られる。

最近は各種の汚染被害の実態の経験の広がりから、被害の数量的な実態への認識のなどが一般にも知られるようになり、各種の政府機関の規制や具体的な指導、広報活動が進むにつれ改善対策がとられ始めてきている。数年前の松花江での有機水銀物の河川への放流による人々の被害に対する政府の排水処理対策への我が国への接触時には、各排水系統毎の分別と水量の計測に始まる処理法の第一歩からの実施などが見られた。

1.4 技術移転に当たっての課題と方法

1.4.1 プロセス設計からエンジニアリング業務

わが国の排水処理設備は下水処理から産業排水処理を含め多くの商業規模のものがみられ、生物処理法を始め機械・化学的処理法が処理水によって選定されている。生物処理によって発生する汚泥の処理対策は、海上投棄や農地還元の規制などから含有重金属量は、焼却減容に当たって飛灰或いは焼却灰中の重金属処理を必要とする事態となっている。これら我が国の最終処分地への処理状況と、広大な国土の中国での状況やその上流の排水処理工程や機器類を含む設備や処分法などには相違が見られる点である。

水質汚濁対策は、単に排出される排水処理を行うだけではなく、上流の排水発生装置のプロセスから機器・計測制御・管理体制の理解から、その量と質の改善への取組が先ず重要である。そしてこれらの技術は最終的に幾つかの対策の中から経済的な比較評価を必要とし、これらは各実施地における各種の経済指標に基づいた比較検討が必要である。そし

て既に始まっている大きな湖などへの無処理の排水の放流等は、早急な処理設備の設置を行わないと将来の大量の汚染水の処理は大きな負担と各種の犠牲を伴う事となる。

しかし一方ではこれら数値資料の不足や、国営企業にみられる原価などの経済評価基準算定法の評価の難しい点など、見積や比較が出来る資料・情報も少ない場合が多く、これらはプラントの価格の提示などに於いては現地の事情を十分理解した上での提示が必要である場合が多い。

1.4.2 計測・制御設備

一般に工業装置に計測設備が少ないことは、機器や設備の周辺部品や補助機器の製品不足や入手困難な事情は改善が見られるものの我が国との大きな相違点で、最近は大手計測機器メーカーの営業活動の展開がこれら市場に向けて進み始めており、計器制御による省資源・エネルギー、省力による原価計算への認識の提供が必要である。その場合には一般論だけでなく中国の各現地における各種価格の把握が必要となり、これらも現地事情の事情を必要とする点である。

1.4.3 経済試算

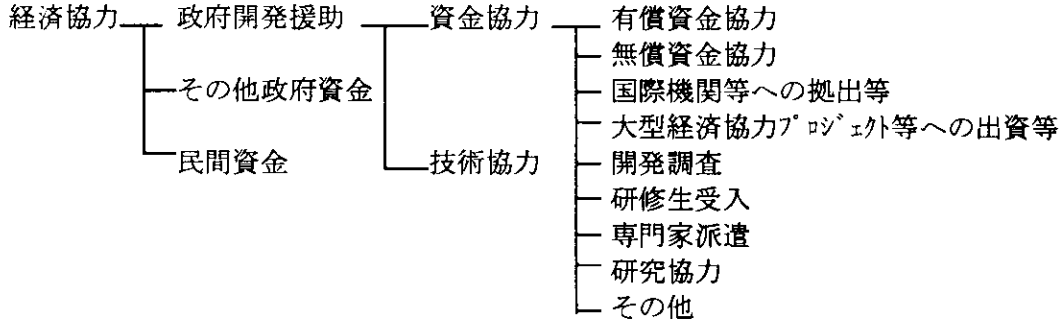
処理排水の処理費用は初期投資額と運転費用に関係し、その処理の程度は国並びに地方の行政指針の決定に従うこととなる。国家機関での経済援助などの場合に見られる相手先での内容などは別として、機器などで高価なものであれば現状は別として入手できれば手柄となる傾向もあり、現状を見て我が国で過去に使ってきた方法などを提示すると旧式な自分らを馬鹿にするなとの感触を持たれ、更に最先端の機器や情報を望まれる場合も見受けられる。これらの場合に相手の求めているものの正確な理解と、相手の水準に応じた適切な複数の広範囲な周辺と考え方を含む広範囲な内容の提示が望まれ、考え方の段階や経緯を系統立てた理論と実例の提示が望まれる。そしてこれらの場合、通訳も観光的な通訳でなく技術の理解者であることが望ましい。人材の育成は海外からの中国で選出された各種専門分野の人々の日本国内での実地現場での実習機会を通じての教育から、彼等の帰国後の長い期間を踏まえた人脈の育成が重要である。

1.4.4 技術移転の方法

水質汚濁防止対策は大気汚染防止対策設備の設置規模に比較して、一般に規模が小さい場合が多く、実験室的な測定・制御技術項目が多いと言える。一方では濾過・脱水・乾燥や攪拌などの各種単位機器の構造・材質など効率の向上や価格の低減対策問題があり、推

進に当たっては政府間での協力案件から、民間企業間の商業ベース案件、教育機関或いは個人的な技術指導案件などの様々な官・学・産分野での対応がある。工業設備における採算基準の判断は、複数技術の経済試算による比較を必要とし常に価格を含めた技術判断が必要である。これらの点は我々も現地の事情を十分知った上での論議が必要である。

一般的に最新の技術や装置への期待の余り、高額の機器を導入することによる評価を得るため内容より価格での判断ケースのため、折角の設備の能力が十分発揮されないままになる場合もみられる。この背後には自分で支払う金でない援助金は、高額程上司からの高い評価につながることとなる欠点もある。技術移転に当たっては短期的な指導或いは技術提供などの方法の他、留学生の受入や現地での教育機関を通じての人材の育成、各種要素技術の指導から実証装置の共同設計、実在装置の改善業務などの多方面での協力や技術移転法の遂行などの方法がみられる。わが国の中国の環境問題への各種協力は、直接・間接的なテーマから、その内容に応じた経済協力から技術協力、開発調査、研修生の受入、専門家の派遣、研究協力、その他の協力が次のように挙げられる。



また技術協力は開発途上国の状況が経営管理能力は技術を有する生産的人的資源不足、社会的制度の整備の遅れ、資本の投下の発展性の欠如などを踏まえた、資金協力、貿易、投資を通じた協力が望まれている。これら主要な技術協力の内容は次に示す様なものである。

経済協力；開発プロジェクトの発掘、形成、F/S などプロジェクト実施の調査協力

専門家派遣；わが国の官民専門家を派遣し、現地の公的機関、民間企業などで現地関係者の指導

研修生受入；現地官民研修生を受入れ、講義、実習による指導実施

研究協力；わが国及び相手国機関との共同研究で、相手国固有の技術開発ニーズの研究協力に実施

政府ベースでは JICA などによる開発調査、JICA による専門家派遣、JICA による研修生受入れ、JICA プロジェクト方式技術協力、民間ベースではプラ協の F/S、JODC(海外貿易開発協会)の専門家派遣、AOTS 及び（財）交流協会の研修生受入れなどがある。

製鉄、冶金、化学を始め様々な工業設備からの発生排水は、先ず同発生源の工程改善を加味した効率と環境改善が必要で、その為には単に排水の性状のみでなく上流の原料から処理工程・機器などの十分な知識を基にした総合的な判断・指導が望まれる。

次に現在国家規模で進められているものには、鉱山排水処理計画調査や工場の近代化計画調査、汚水処理機器工場の近代化計画調査などがある。

その他学校・企業を通じた講義や技術指導依頼なども多く、個人ベースでの製品製造、技術指導などによる訪中ケースも少なくない。これらの場合専門日本語の通訳の協力が望ましいことは言うまでもないが、実際の技術移転面では接触する相手の人には、言葉は通じなくても相手方にはこちらの気持や態度、技術水準などは十分通じるもので、接触態度を始め広い応用面での助言が望ましい。また専門分野とは言うものの一般に複数の多くの技術者が派遣され同席で業務を遂行する事は少なく、周辺の各種事情などを広く知っておく事が望ましい。即ち国ベースの大きな問題から部品・材料などの機構・組成から、細かな周辺機器、計測器具などを含む機能は勿論国産メーカーの紹介等が求められる場合が少なくない。この場合即答出来なくても帰国後約束したことを果たす事が必要である。

言葉の障壁並びに郵便事情は、多くの海外との通信に不慣れな人々にはこちからの質問に返事が来る事は少なく、助言の結果などの報告は余程親しい間柄にならないと得られない場合が多い。日本語の理解出来る人も増えてきており、従来は参考資料・参考書の入手が難しかった中国では日本語の技術資料を始めカタログなどは望まれる。以前からこれら渡した資料が私物化される危惧の話は屡々聞かされるところで、できれば多くの人の前での説明が望ましい。

1.4.5 水質汚濁防止関連対策

公害防止対策は大気汚染問題が最初クローズアップされたのに続き、河川・湖沼・海洋などの水質汚染の進行が問題となった。水質汚染は工業排水や都市の生活排水による汚染が基本的な問題である。そしてこれら工業分野は鉱業・鉄鋼・冶金・化学・食品・その他の広範囲にわたり、更に最近多くの稼働がみられる郷鎮企業からの排水、人口の集中する生活様式の変化してきている都市からの排水も、水質の劣化など本格的な下水・水処理設備の設置が必要な段階となっている。

これら水質の汚濁は化学・生物酸素要求量や油、有機物、窒素化合物などの増加により、その水質に応じた水処理プロセスの選定が先ず重要である。

排水処理装置は、單体機器の単位操作、制御工程から構成されている。その他触媒、薬品をはじめ濾布などの性能も装置の機能に大きく影響する。以前は、これらの純度や材質

などに国産品と輸入品に大きな差がみられたが最近はこれらの点もその差の原因の認識が深まり自社における開発や先進国の産・学関係者の指導を受けるケースが増加する一方、海外製品の販売、アフターサービス、業務の体勢の構築がみられる様になってきた。また正式な技術導入、国産仕製品の生産も多くみられる様になってきている。排水処理装置は、その駆体が土木、建築分野の業勢が多く、これらは自国での設計、製作が広く行われる。しかし大型装置における基本設計案等は先進国により行われる場合が多い。その他、油水分離器、濾過機、回転機、攪拌機、乾燥機、燃料器等は輸入品から自国製品へのシフトが進んでいるが、大型単体機器には輸入品が多い。高度処理用の膜製品はＵＦ．ＲＯ膜等は国産品は少ないが、精密濾過用膜は国産メーカー製が多い。しかし効率、寿命、材質等の面で今後の改良が望まれる点も見受けられる。

凝集剤などは、その使用料と凝集効率など低い国産品も見受けられ、これらメーカーよりわが国への製品品質の改善の指導を求められるケースも見受けられる。また先進国関係者の協力を得て開発途上国への水処理設備の建設への進出もみられる。

一方中国の都市における水資源が不足している地域も少なくなく、生活様式の向上と変化から使用水の量の増加対策に、中水製造技術並びに機器や装置を必要とするケースも多く、わが国では通商産業省外郭団体の造水促進センターなどの技術指導や設備の共同研究を始め、日中企業間の生産設備の合弁、技術提供時にみられる排水処理設備技術の提供の場も多い。

中国においては外国から指導・援助を受ける技術供与ではなく、共同研究と呼ぶ表現が屡々見られ、長期間の運転結果から相互の確認の形式が採用される場合が多い。わが国以外の海外からの技術供与や製品の購入がどのように行われているか、詳細は不明であるが、一般に企業への政府援助によるバックアップが協力である発言がみられる。

現在わが国の場合国家の各種海外援助機関によるプロジェクトにも、中国の水質汚濁防止分野案件が見られるようになってきている。水処理分野では大気汚染防止分野と異なり、多い案件や価格の問題から、我が国の中小企業の技術供与や販売提携、合弁合作のケースもみられる。一方欧米企業においても単体機器などは同様な傾向で、輸入品の販売企業の中国国内への進出・活動も多く見られる。

人脈への依存の多い中国社会では、特に水処理関連分野での多くの製品の取扱などはこれらへの対応が重要である。

排水処理対策中の大型設備の都市の大型排水処理場では大型脱水機などには欧米の機械の設置も多い。これらも納入経緯が完全なコマーシャルベースなのか、設備の設計に含まれたコンサル業務を含む結果かは確認は難しい。

での鹹水からの逆浸透膜による飲料水の製造などは、米国デユポン社などの先進企業のデモから設備販売戦略がみられる。

写真 11.1、写真 11.2、写真 11.3 に北京の近代的な高碑店下水処理場設備例を示す。また**写真 11.4、写真 11.5、写真 11.6** 水処理装置用国産機器例を示す。

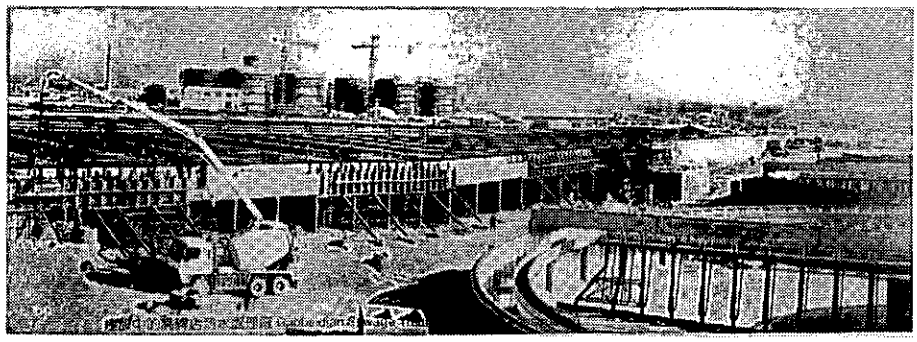


写真 11.1 建設中の高碑店汚水処理廠一期

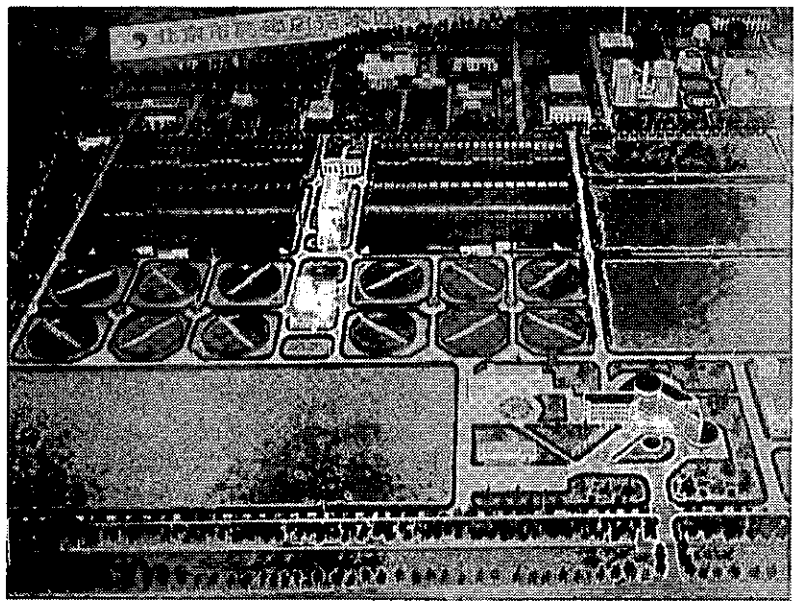


写真 11.2 高碑店汚水処理廠一期工事施設（右東方は二期工事敷地）

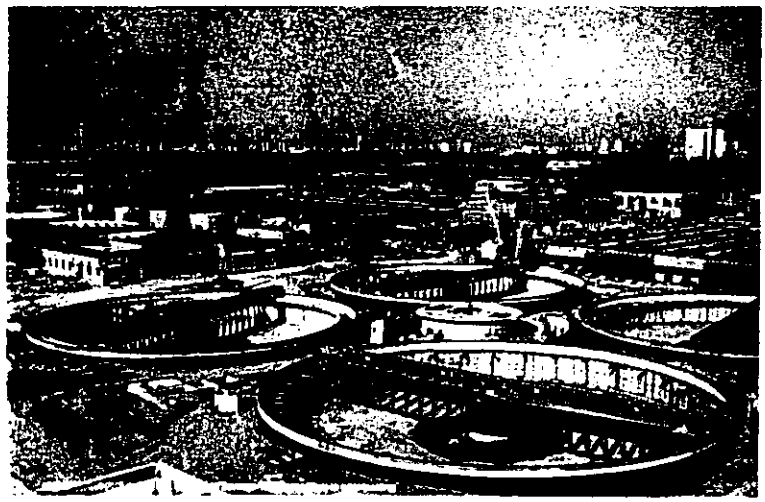
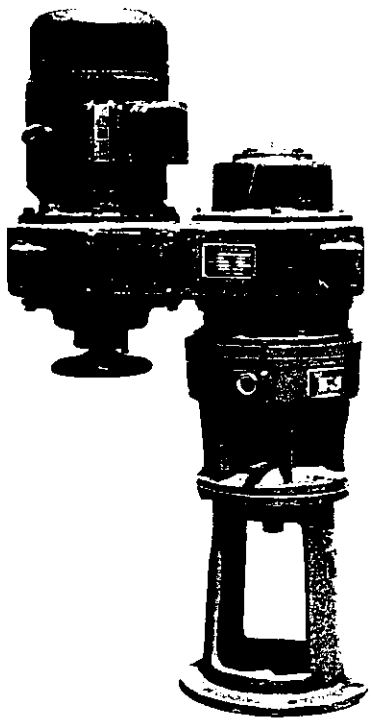
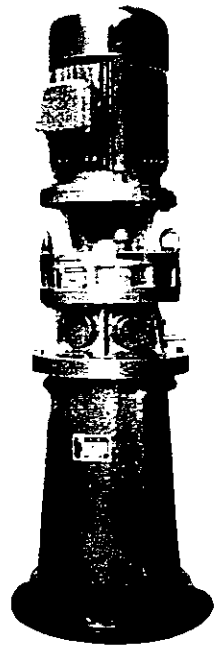


写真 11.3 西北方に北京市を望む高碑店汚水処理場一期建設工事



V-DC 型無級變速組合減速機



XLD, BLD 型擺綫針輪減速機

写真 11.4 攪拌気用減速機

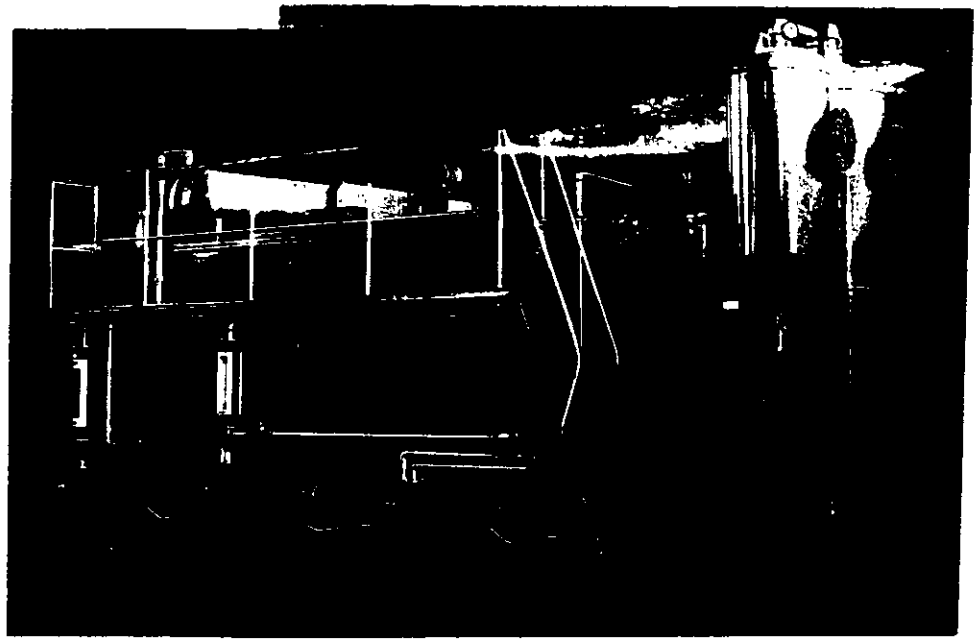


写真 11.5 水処理設備

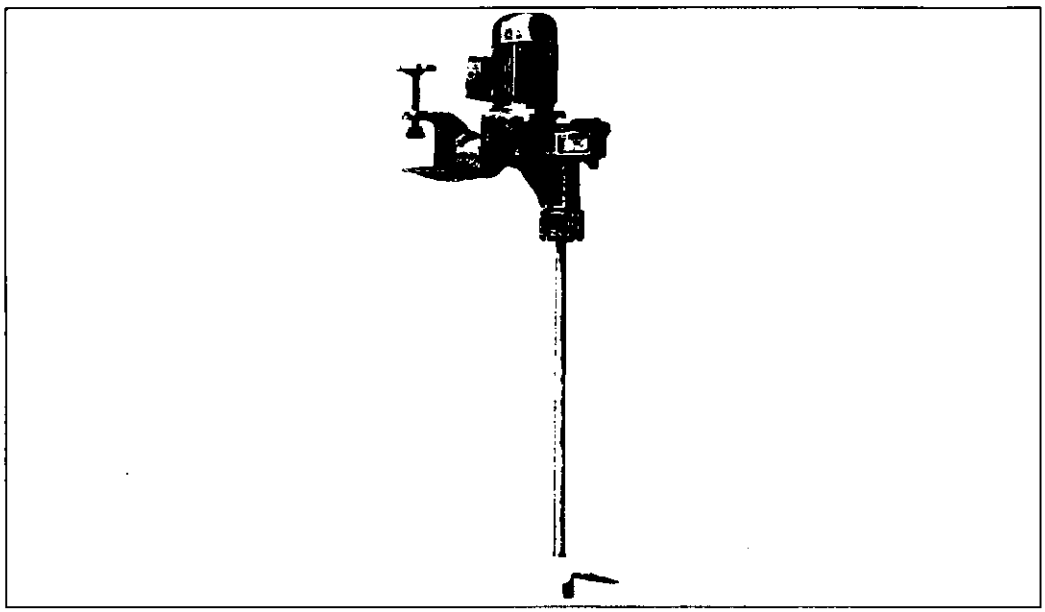


写真 11.6 KJ 型攪拌機

1.4.6 中国に於ける排水処理技術移転例

「三廃」対策の中の水質汚濁対策は、国の規制強化や構成する設備が需要に生産が追いつかない中、最近出回り始めた塩ビ製品や各種国産製固液分離機などに加え、海外との交流・情報入手の機会の増加、各設計院を始めとするいわゆる公害防止機器メーカーの技術水準の向上、比較的実現しやすい設備費額、敷地の状況などから様々な水処理装置が設置

され稼働してきている。これらの変化しつつある中国の環境対策問題中で、我々が十数年以前に経験してきた当時の幾つかの新しい水処理技術が様々な排水処理設備の設計から運転にみられる。ここではこれらの幾つかの例を示す。

排水処理法には化学・物理・生物法並びにこれらの組み合わせによるプロセス、機器が用いられており、その対象も都市下水処理から産業排水、生活排水処理などに至る様々な公害防止、環境保全対策が行われてきている。

図 11.2 に中国の水環境標準体系を示す。国家環境保護局は 1988 年 4 月 5 日に GB 8987-88 の汚水総合排放標準と GB 3838-88 の地面水環境質量標準を発令し、1973 年に発令された工業三廃排放試行標準と 1983 年に発令された GB 3838-83 の地面水環境質量標準に代えた。**図 11.3** に国家汚水総合排放標準・水環境質量標準・用水水質標準などの関係を示す。

次に中国の先進企業が実施している新しい食品製品生産工場の農業製品缶詰、ビール、屠殺工場の排水処理の実績などの排水処理設備例を示す。

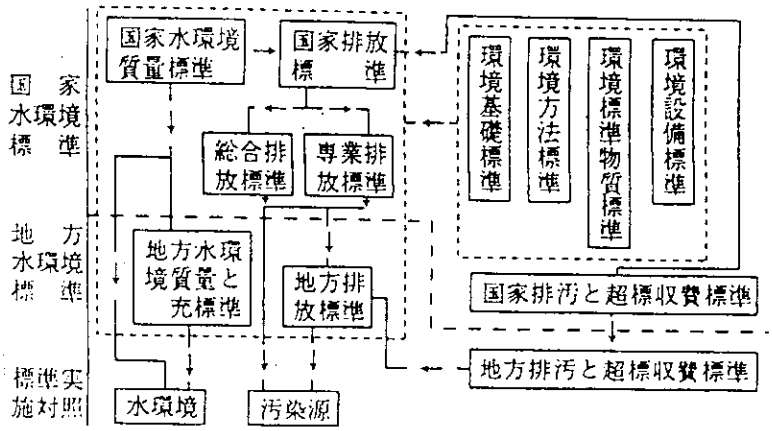


図 11.2 中国水環境標準体系

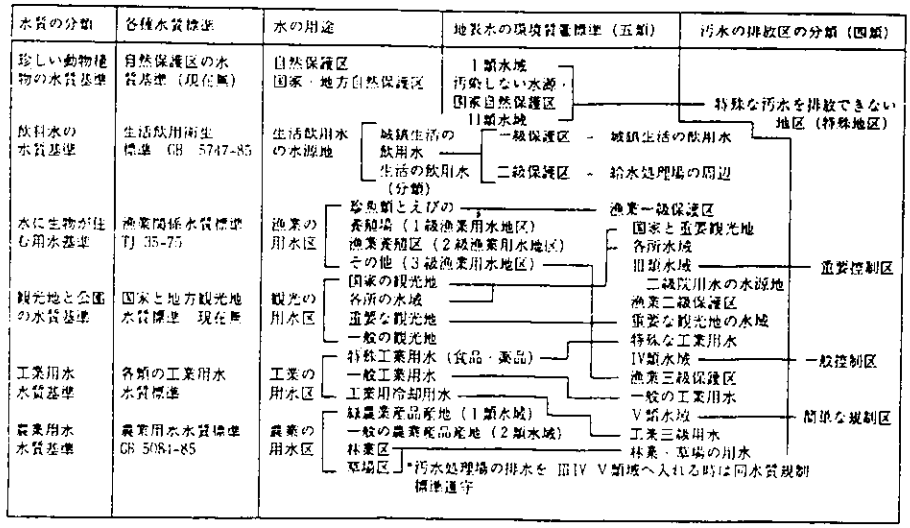


図 11.3 中国国家汚水総合排放標準・用水水質標準（水質基準の各分野との関係）

(1)上海の缶詰工場に於ける超深層曝気処理装置

この超深層曝気法の稼働例に食品缶詰工場があり、その主な製品はそら豆やトマト、茄子、桃、梅、青豆等の缶詰の生産である。これらの最近の年産量は 6,000～7,000 トンで主要原料である磨姑や香姑が 1,370 トン、蚤豆は 5,550 トン、その他蔬菜が 450 トンの生産で、全工場での使用水量は 1978 年に 34.5 万トン、その内生産用水が 32.4 万トンで排水量は 31.1 万トン、排水処理量は 31.1 万トンで排水規制が守られた処理がされている。**図 11.4** に同工場の缶詰食品製造工程からの排水の系統を示す。

そしてこれら工場からの三種類の排水は、炭水化合物や食品滓、油塩、味つけの添加剤並びに生活排水など**表 11.2** に示すような組成である。

本設備のフローシートを**図 11.5** に、設備の設計値を**表 11.3** に示す。同構成主要設備及び諸元を**表 11.4** に示す。工程各段の水質は**表 11.5** に示す通りで COD_{Cr} 除去率は 96.2%、色度除去率は 98.6%、NH_3-N 除去率は 67.9%である。

設備敷地は 300m^2 余、総投資額は 39.05 万元で、**表 11.6** にその詳細内容を示す。運転費は排水当たり 0.12 元、水質は上海市の基準を満たし毎月の排水処理費の約 2,900 元が免除され、年間 3.48 万元以上の額となっている。

本設備は敷地面積が少なく一般の処理法の 30-50%で済む優れた点を有している。また設備費が 40 万元程度の排水トン当たりの投資額は 380 元程度で、一般の設備が 500 元程度以上であるのに対し少なくで済み、消費動力が実測で 40.67 kw、処理水当たりの電力は 0.33 kwh と一般処理法の 0.6～1.1kwh より少なくで済む。また負荷変動への対応も良好で、負荷能力は 5～8 kg BOD_5/m^3 日 で一般の工程の 10 倍、排水の曝気時間は 1100 トン/日 水量計算で 0.9 時間以下である。シャフト内の溶解酸素は 40～60mg/L で、酸素利用率は 50～90% である。一方汚泥量や水に含まれる酸素量で微生物自身の酸化により、余剰汚泥は 0.19kg/kg BOD_5 程度の値で、一般の工程の 1/3 程度で済んでいる。

ここで日立グループの同製紙排水処理法との比較を**表 11.7** に示す。また**表 11.8** に本装置の試運転時の数値と、その他の運転されている設備の処理工程を示す。中国側の評価によれば、これらの設備には多くの利点があり、特に上海などでの敷地面積に制約のある立地には有効で、経済性のある設備であるとしている。

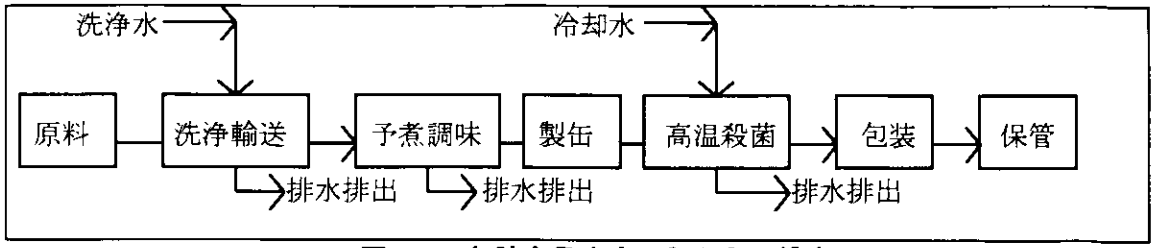


図 11.4 缶詰食品生産工程からの排水

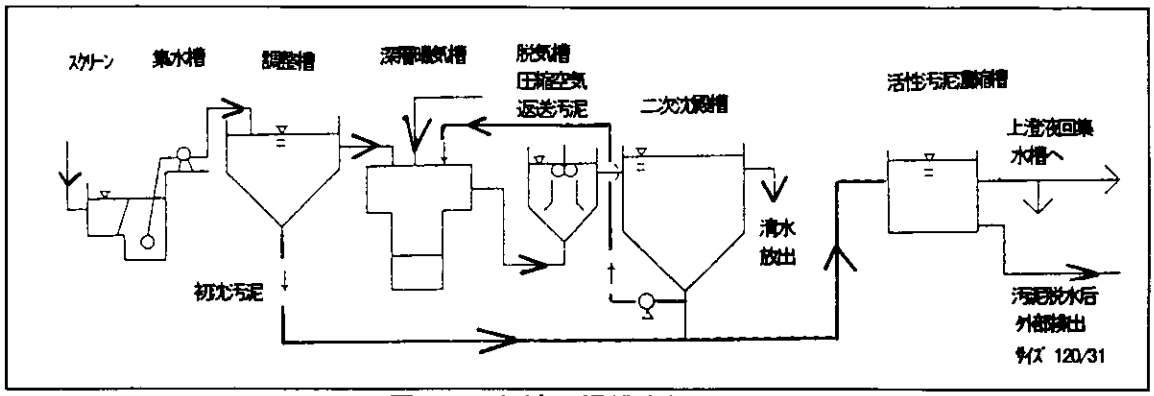


図 11.5 缶詰工場排水処理フロー

表 11.2 排水の性状

No	諸元	単位	実測値	No	諸元	単位	実測値
1	排水量	m^3/日	385～1505	5	pH	—	7.0～7.45
2	COD_{Cr}	mg/L	250～ 852	6	色 度	—	150～ 900
3	BOD_5	mg/L	136～ 472	7	NH_3-N	mg/L	2 ～ 7
4	BOD/COD	—	0.45- 0.65	8	SS	mg/L	200～ 850

表 11.3 設備設計参考数値

項目	設計値
処理水量(m^3/日)	1100
水 COD_{Cr} 濃度(mg/L)	700
取水 BOD_5 濃度(mg/L)	350
取水 pH 値	6.0-7.5
処理水浮遊物濃度(mg/L)	200-500
液体循環流速(m/s)	1 - 2
設備負荷 kgCOD/m^3 日	5.28-9.15

項目	設計値
補充酸素能力(kg O_2/時)	2.2～6.8
酸素利用率(%)	85 以上
槽内平均溶解度(mg/L)	20～60
槽深長(m)	85
槽直径(m)	6.4～ 6
空隙率	＜0.2

表 11.4 主要設備及び諸元

No	設備名称	規格と型番	No	設備名称	規格と型番
1	スクリーン	6m x 0.5m x 1.5m	7	空気圧縮機	1.5m³/分-784.6kPa
2	集水槽	2.5m x 3.5m x 2.5m	8	脱気器	特製
3	調節池	10m x 10m x 4m	9	汚泥回流ポンプ	400mm 螺旋ポンプ H=1.75m
4	超深層曝気槽	0.85m 径 x 85m	10	排水提升ポンプ 3B 1 -13	4B 1 -18A
5	脱気槽	3.3m x 3.3m x 2.3m	11	泥削機	10 m 径
6	第二沈澱池	7.0m 径 x 5.8m			

表 11.5 設備各段排水水質値

項目 / 設備	pH 値	COD_{Cr}	COD_{Cr}	色度	NH_3-N	NH_3-N	溶解酸素
	(mg/L)	除去率 %	度	(mg/L)	除去率 %	(mg/L)	
取水	7.3	399.0	0	750	3.42	/	0
曝気池	7.55	45.0	88.6	10	1.22	64.3	7.4
脱気池	7.70	40.5	1.3	10	1.16	1.8	3.4
第二沈澱池	7.85	15.2	6.3	10	1.10	1.8	0.5
処理水	7.85	15.2	0	10	1.10	/	6.0

表 11.6 設備費と運転費

各投資項目名	金額 (万元)	運転消費費	消費量	注
定型設備費	4.15	動力費	360.53KW 時/ 日	処理量 1100m³/日
超深層曝気槽	12.29	試薬費	100 元	(1 月合計)
土建費	8.74	人件費	900 元	1 人 1 月 100 元
電気・計器費	2.0			操作・管理 9 人
管及び配管費	2.0			
材料差価格	3.17			
安装費	1.2			
現場の下水道改造	3.03			
道路費	0.6			
設計費	1.2			
計器類予定費用	0.67			
合 計	39.05			

表 11.7 各種処理法の比較（日立公司の例）

No	項　目	超深層曝気法	活性汚泥法	接触酸化法
1	滞留時間（時間）	1.0	7.0	6.5
2	汚泥負荷 kgCOD/kg-SS	0.98	0.2	/
3	容積負荷 kgCOD/m^3 d	4.8	0.7	0.75
4	汚泥回流率　%	100 ～150	50 ～150	
5	余剰汚泥量 kg/kg COD	0.2 ～0.5	0.5 ～0.6	0.2 ～0.6
6	酸素利用率　%	50 ～90	5 ～15	5 ～15
7	設置面積　m^2	1.0	1.6	1.4
8	処理費用　万元	1.0	1.4	1.3
9	汚泥濃度　g/L	4.5 ～6.0	2.5 ～4.0	/

表 11.8 両種類の処理法の比較表

処理法	敷地 m^2	投資額 元/m^3 排水	電力量 kwh/m^3 排水	O_2利用率 %	汚泥の発生量 kg 汚泥/kgBOD	負荷能力 kg BOD/m^3d
普通活性汚泥	≧ 600	≧500	0.6 ～1.10	4.0～5.0	0.5～0.6	0.5 ～0.8
超深層曝気	330	350	0.33	50～90	0.19	6.0 ～8.0

(2) ビール工場排水処理（上海益民碑酒工場）

上海益民ビール工場はビールを年産 12 万トン、麦芽を 1.8 万トンを生産している。第一期の設備は年産 6 万トン、麦芽 9,000 万トンで、中国国内で最大のビールの生産工場の一つである。この工場から麦の洗浄、ビールの製造工程から毎日 4,120 トンの排水が発生ずるため 332 万元を投じて排水処理設備が完成、その処理水は排水基準を満たす運転が行われてきている。これらの麦芽生産工程とビールの製造工程からの廃液排出工程を**図 11.6** に、**図 11.7** に排水処理工程図を示す。

排水の成分と分布は、ビール製造排水に含まれる主要な成分は澱粉、残糖、蛋白質、廃酵母、アルコール等の無毒性のものである。しかし懸濁物は多く、腐敗し易く排水は富栄養化や底部の沈澱有機物は分解し臭気や魚類その他の水生動物の死亡の原因となる。**表 11.9** に日 3,400 トンのビール排水の性状を示す。同排水は工場全体の排水の 69.1% を占めている。工場全体の排水は 4,920 トンで BOD_5 平均値は 1,655mg/L、BOD_5/CODCr は約 0.6 で、処理水は法規を満たし、工場から 4,000m 離れた張家塘外に排出されている。

これら工程の設計数値を**表 11.10** に示す。また主要構造物と諸数値は、一次ポンプ流量は 160m^3/時 、揚程 25.5m、軸馬力 17.5kw 、二次ポンプ流量は 90m^3/時 、揚程 43m、

軸馬力 18.5kw、ブロワー風量は 15m³/分、回転数 1,450rpm 電動機 22kw、排水ポンプ 160m³/時 、揚程 25.5m、軸馬力 17.5kw 、汚泥ポンプ流量 100m³/時 、揚程 11m、軸馬力 4.7kw、960 rpm 、循環ポンプ 90m³/時、揚程 26m、2,920rpm 、11kw、汚泥脱水機移動速度は 0.5～3m/ 分、1.5kw 、圧搾圧 196kPa 、濾過水 100～150 L/min 、圧縮空気 98 kPa、80L/分である。**表 11.11** に主要工程設備諸元を、**表 11.12** に処理汚水分析結果例を、**表 11.13** に主要経済技術数値例を示す。

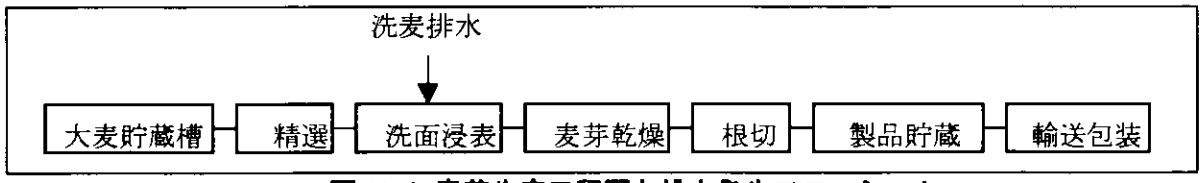


図 11.6 麦芽生産工程図と排水発生フローシート

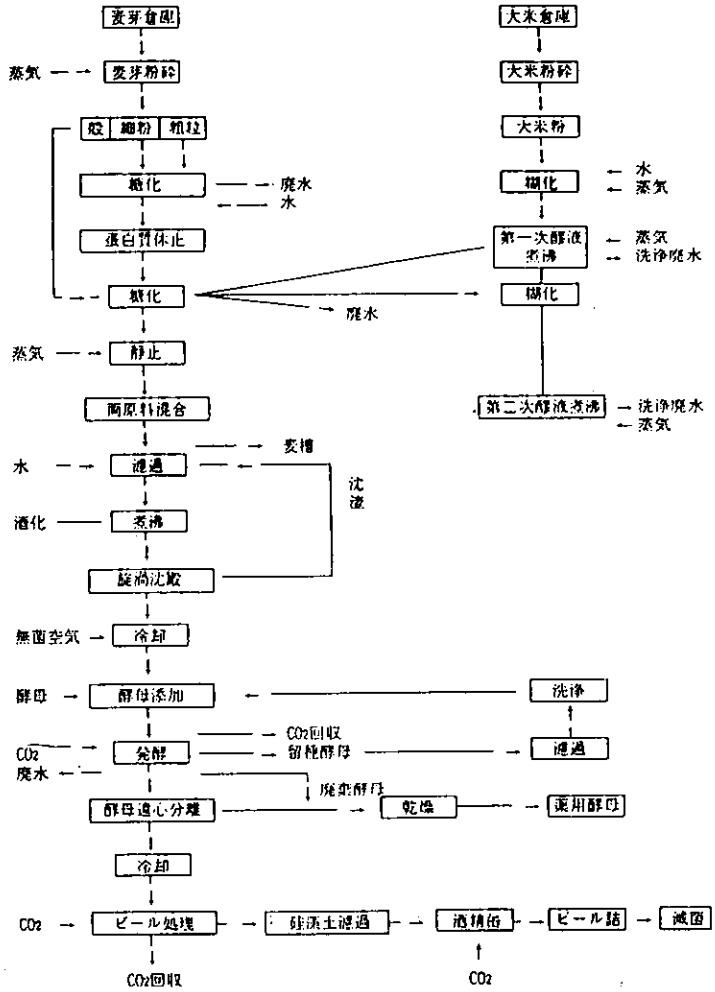


図 11.7 ビール生産工程と排水発生フローシート

表 11.9 各生産設備の排水水質と水量

排水の種類	水量 m^3/日	BOD_5 mg/L	排水の種類	水量 m^3/日	BOD_5 mg/L
ビール製造排水	3400	2312	生活排水	200	40
麦芽工程排水	720	266			
ボイラー排水	600	138	総計	4920	平均 1655

表 11.10 処理工程設計参考数値

設備名称	参考数値	数値	設備名称	参考数値	数値
初沈池	調節時間	3.74 時間	二次沈澱池	滞留時間	2.9 時間
表面負荷	0.8m^3/m^2 時間		表面負荷	1.0m^3/m^2 時間	
生物濾過塔	除去率	60%	濃縮池	滞留時間	1.8 日
容積負荷	2.5kg/m^3 日				
曝気池	曝気時間	9.2 時間			
容積負荷	0.74kg/m^3 日				

表 11.11 主要工程設備諸元

設備名称	諸元	設備名称	諸元
集水槽	6 x 3.8 x 2.45 (m)	二次ポンプ	BA 3 台
初沈池	18 x 3 x 76.3 (m)	送風機	L 6300 x 200-1
生物濾過塔	5m 径 x 20 (m^3)	排水ポンプ	4 kw
曝気池	1,417 (m^3)	汚泥ポンプ	4 kw 1 kw
二次沈澱池	16 x 3 x 60.3 (m^3)	循環ポンプ	2.5 kw
濃縮池	24.5 (m^3)	汚泥脱水機	ベルトプレス式脱水機
一次ポンプ	4 kw 3 台		

表 11.12 処理汚水分析結果

汚染物質	名取水濃度 (mg/L)	排水濃度 (mg/L)	除去率%
BOD_5	1,655	< 30	88
CODcr	2,758	< 100	96

表 11.13 主要経済技術数値

投資額	項目名	金額 (万元)	投資額	項目名	金額 (万元)
設備費	土建費用	22.3532	運転費	動力費	3.6792
	取付費用	7.4349		人件費	0.7000
	設備費用	8.4314		減価償却費	2.3334
				保全費	2.0000
総 計		38.2195	総 計		8.7126

注：年間処理量；１７．８５５トン、処理費；0.48 元／処理水トン

(3) 運転結果の分析

この処理設備は1988年に完成して試運転に入り同時に汚泥の訓養から増殖が計られた。そして運転結果から排水が基準に達して排出が出来ることとなった。これらの結果からビール生産の排水の処理効果は高く、BOD_5 CODcr の除去率は 96～98% である。濾過塔出口の水の濃度は入り口水の濃度に比べ 27～35% と低く、曝気槽出口の水濃度は取水濃度より 20～50% 低く、二次沈澱槽出口水の濃度は取水の 35～50% で、この処理装置を運転したら基本設計値が達せられ、処理によってこの工場は少なくとも毎年排出量が CODcr が 1,328 トン、BOD_5が 841.2 トンの能力を有するものである。

(4) 主要経済指標と処理価格

この設備の主要経済指標の**表 11.13** からトン当たりの排水処理費は 0.48 元で高価である。これは保全価格と減価償却費が高い為である。現在処理価格は高くても汚水排出に当たって基準を越すために罰金をとられるよりは高くない。工場は上海の黄浦江上流の遊泳保護区にあり、排水排出基準値の 10 倍超過はトン当たり 0.7 元の罰金を課せられるととなる。これらは公害防止装置の設置の効果が認められる例である。

(5) 処理法の総合評価

最後に処理計画を定める前にこの工場の関係技術らは九種類の設計の投資額やエネルギー使用量、敷地面積等の三つの主要な数値を比較し、最後の現在使用されている処理方が選定された。これらの三つの最適な方法を選んだ指標の比較表を**表 11.14** に示す。これらから生物濾塔一曝気法は設備投資額が少なく第一の方法の 53%、第二の方法の 60% で、設備面積が少なくで済む事、動力消費量の少ない事が判る。

表 11.14 他の方法との比較

処理方式	投資額	敷地面積	消費動力
1. 充酸素生物回転板法	101 万元	900㎡	0.457KW 時/kgBOD_5
2. 超深層曝気法	90 万元	470㎡	2.07KW 時/kgBOD_5
3. 生物濾過塔・曝気法	54 万元	400㎡	0.621KW 時/kgBOD_5

注：在来工業規模での運転状況下で設計深度 100m が必要となる難点有

(6) ｵｷｼﾃﾞｰｼｮﾝﾃﾞｲｯﾁ法による屠殺場排水処理装置（龍華肉類連合化工工場）

龍華肉類連合加工廠は豚の飼育や屠殺から肉の冷凍保存等を行っており、年間 90 万頭の豚の屠殺から冷凍鮮肉の生産、分割肉包装産品の冷蔵、油脂、血粉などの総合加工製品を生産している。年間生産額は 1985 年で 10,290.60 万元で、排出排水量は一日 2,430 万トンである。**図 11.8** にこれら屠場のフローと発生排水を示す。

生産工程からの主要な排水は、皮剥から解体、内蔵処理、洗浄等の各工程からの排水で血液や蛋白質、油脂、毛、肉、糞便などが混ざっている。これらの混合生産排水の BOD_5 の値は、約 1100mg/L、COD は約 2500mg/L、SS は約 600mg/L である。

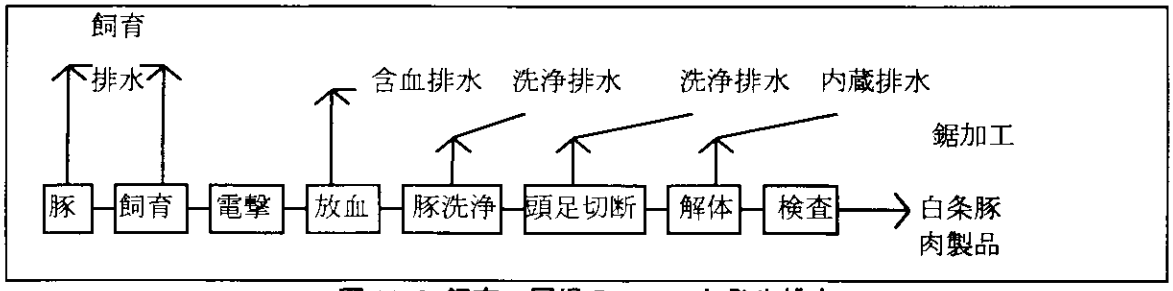


図 11.8 飼育・屠場のフローと発生排水

a. 排水処理工程とプロセス

龍華肉類連合加工廠の混合排水処理は、**図 11.9**、**図 11.10** に示す Carrowsel 式曝気池による一種の環流完全混合式機械曝気低負荷生物酸化処理方式が用いられている。この典型的な方法は曝気池内の端部に曝気機が有り、両流の境が同図に示すように中心部にある。この方法の特徴の一つに向流する汚水汚泥混合液に酸素を加え良く混合し、もう一つの槽では一定の水平推力を生じさせる構造である。これら諸元は次に示す通りである。

1. 滞留時間 1～2 時間
2. 容積負荷　0.21 $kgBOD_5/m^3$. 日
3. 汚泥負荷 0.07 $kgBOD_5/kg$ MLSS. 日
4. 泥令　　30 日
5. MLSS　　3 克／升
6. 酸素供給量　最高 $25kgO_2/kgBOD_5$
7. 槽内流速　一般的に 0.3 m/秒
8. 槽内混合液循環量 流入液量の 30～50 倍

9. 取水水質　BOD_5 1100mg/L. COD 2,500mg/L

10. 二沈澱池　滞留時間 2.7 時間　表面水力負荷 1 m^3/m^2. 時

11. 回流汚泥率　80%

主要設備の諸元は次に示す通りである。

1. 曝気池；容積　2,570m^3　寸法；45.5 m x 22m x 2.9m
2. 汚泥池；容積　500m^3
3. 第二沈澱槽；角型整流式、2 槽、各槽平面寸法　5m x 5m
4. 調整池；容積　904 m^3（汚水は昼の 6～8 時間の排出条件）
5. スラリー槽；容積　68 m^3 2 台攪拌機
6. 表面曝気器；3 台、その内 1 台は予備、ランナー直径は 3m 、電動機 40 kw

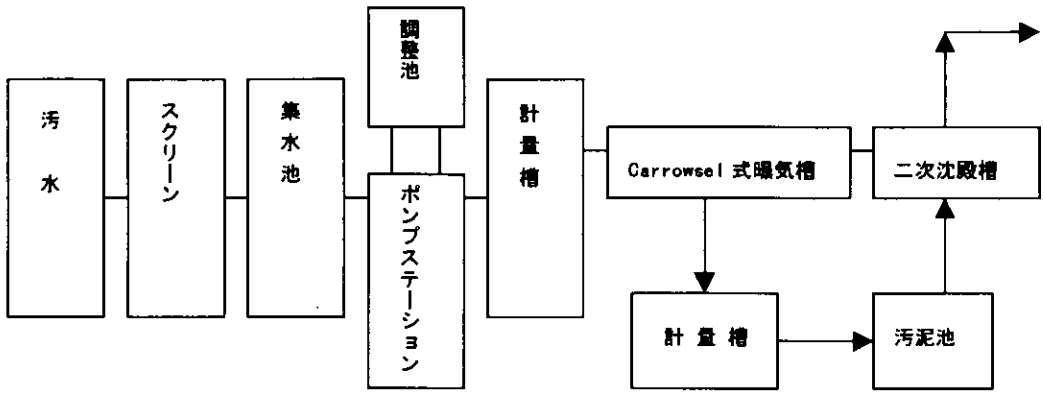


図 11.9 龍華肉類連合加工廠の Carrowsel 式曝気池の平面及び断面図

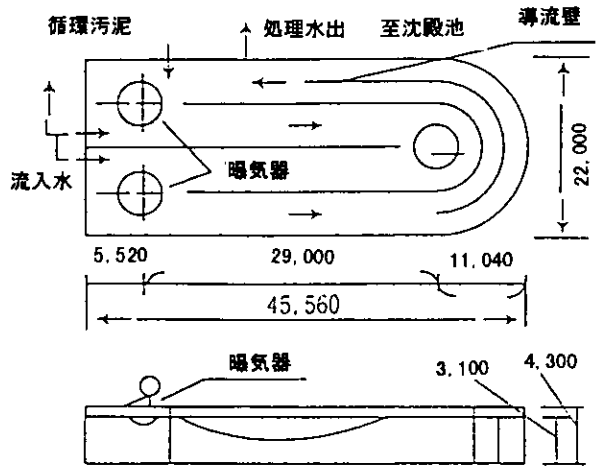


図 11.10 排水処理工程フロー

b. 処理効果

1983 年 5 月から 11 月までの間の 43 日の初期の運転結果を**表 11.15** に示す。

1989 年 6 月処理水の観測結果を**表 11.16** に示す。

主要技術経済指標例

1. 消費電力　　0.89 kwh/m^3 汚水、 1.3 kwh/kg BOD_5

2. 処理成本　　約 0.08 元/m^3 汚水、

3. 敷地総面積　　4,000 m^2

4. 工程投資額　　88.76 万元（1982 年価格）

表 11.15 初期運転結果

濃度	取水	処理水	除去率
COD_{Cr}(mg/L)	1,100	92.4	92 %
BOD_5 (mg/L)	675	11.8	98 %
TKN(mg/L)	56.3	10.5	81 %
NH_3-N(mg/L)	17.2	7.0	
NO_2-N(mg/L)		0.37	
NO_3-N(mg/L)		3.3	
総-N(mg/L)	56.3	14.2	75 %
pH	6.6	7.0	

項目	数値
水量(m^3/d)	1,051
MLSS(mg/L)	4,460
SVI	81
水温 (℃)	13～ 23
BOD_5容積負荷(kg/m^3. 日)	0.27
F/M (kgBOD_5/kgSS. 日)	0.06
除去 BOD_5kg 当 O_2 供給量	2.04

表 11.16 曝気池処理水資質測定結果例

項目	CODcr	BOD_5	NH_3-N	油
取水濃度(mg/l)	1,000	500	20	30
処理水濃度(mg/l)	55.29	9.88	9.4	3.2
除去率(%)	94.5	98.2	53	89.3

c. 工程の概要

Carrowsel 式曝気法は酸化溝の一種の発展形式で、酸化溝に特徴があり低速表面曝気器が用いられ、省エネルギー式で池を深くして占める面積を少なくしている。1968 年にオランダの Carrowsel がこの形式の曝気池を造り、以後ヨーロッパで 100 基以上のものが造られ、米国にも普及した。この方法の特徴は、完全混合型と推流型活性汚泥法で、処理水の水質の要求度が高く、負荷の変化が比較的大きい場合に次の様な利点が見られる。

1. 高い水質の処理水と低余剰汚泥の発生率で、窒素の除去効果は 40～70% で、余剰汚泥は 0.3kg/ 除去 BOD_5kg 程度である。
2. 省エネルギー型設備であり、省建設費用設備である。多くの場合初沈池は不要で、曝

気池中の汚泥は充分酸化され、汚泥消化装置が不要である。またこの方法は構造が簡単で機械設備が少なく一般のものの約半分である。

3. 曝気動力費の節減を図る低速表面曝気と、効果的な攪拌効果を得る設計であるので、高い酸素転移効率が得られ、反硝化作用がある。一方同様条件での活性汚泥法に比較すると排水容積当たり混合効率は低いので省エネルギー型の構造といえる。
4. この曝気槽のシステムでは初期の運行を通じて処理水水質や窒素分の除去効果、余剰汚泥の発生率、消費動力、負荷変動への適用性などの利点がある。そして運転の結果は国外での発表結果とほぼ同様の成績が得られている。本法は簡単な嫌気、好気の生物排水処理法で硝化効果を有しており、排水の水質が厳しく要求されている一方、負荷変動が大きく窒素分の除去が望まれている場合に適している。すなわち窒素成分の除去基準に従って曝気溝に供給する酸素は制御をする必要がある。

(7) 低圧曝気活性汚泥法による鶏処理設備からの排水処理（上海北宝興路家禽批発部）

上海北宝興路家禽批発部は上海市の閘北区にあり、鳩や鴨を解体処理し冷凍を行っている。生産工程は禽類を殺し血を抜き、湯に浸した後水で冷却し、脱毛、内蔵除去、解体整理し急冷して保存するこれら工程を**図 11.11** に示す。排水は生産量の多い次期には700m³/日 程である。排水は有機成分が多く、多くの懸濁物、溶解物、血液、肉、蛋白、油脂、糞等が含まれ一般に淡黒色或いは血液色で、BOD_5 160～250 mg/L（多生産時 300～500mg/L）、CODcr 450 ～600 mg/L（多生産時 600～1000mg/L）、SS 350～500 mg/L、塩化物が 1.33 mg/L、有機物 80 ～120 mg/L、pH 7.2、細菌総数 237,000 個程度のものである。

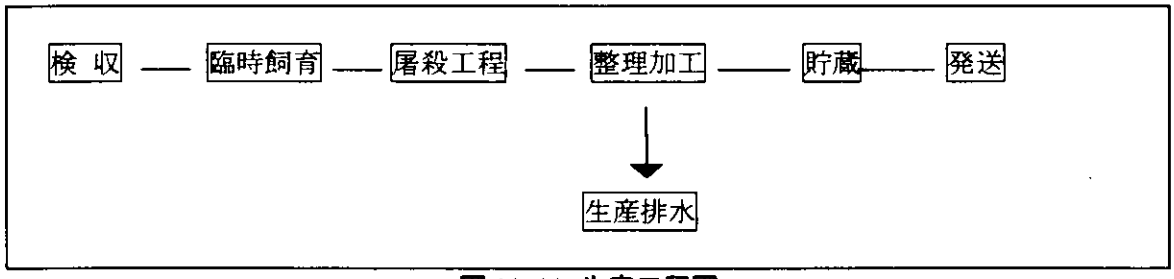


図 11.11 生産工程図

a. 排水処理工程

排水処理工程は**図 11.12** に示される低圧曝気活性汚泥方が採用されている。洗浄水は先ずスクリーンで粗大物を除き、ポンプでナイロン濾過器に送り羽毛類を除いてから汚水を低圧曝気槽に導く。**図 11.13** に処理設備の配置図を示す。

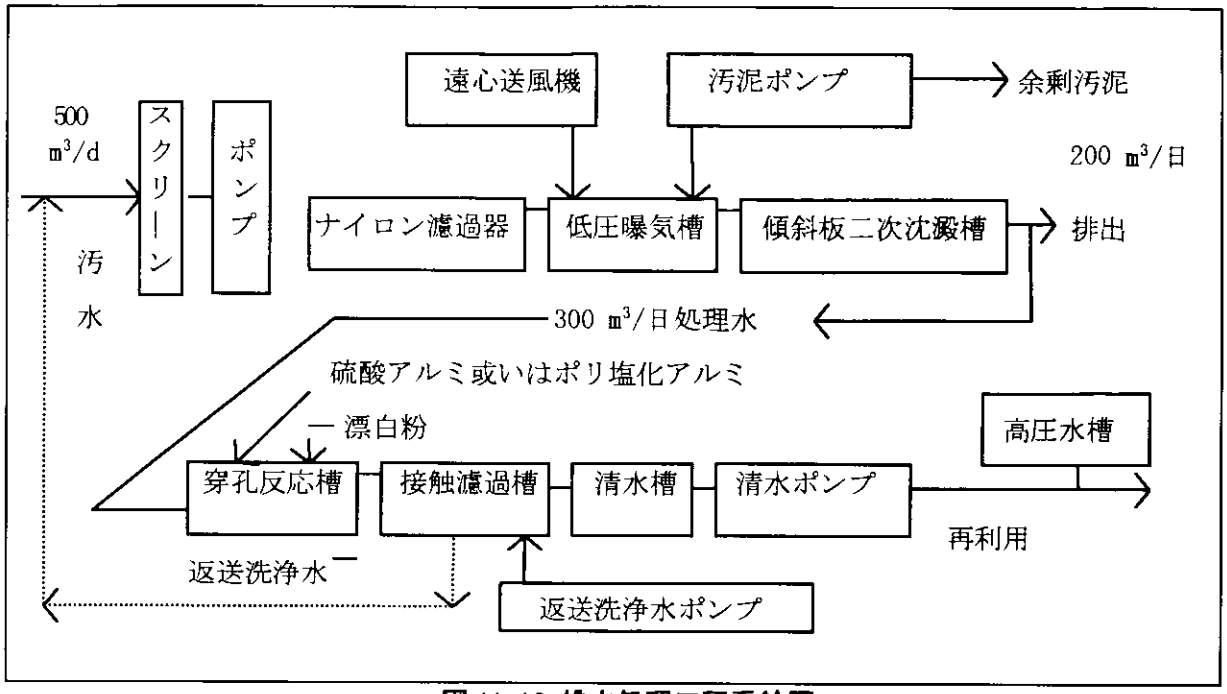


図 11.12 排水処理工程系統図

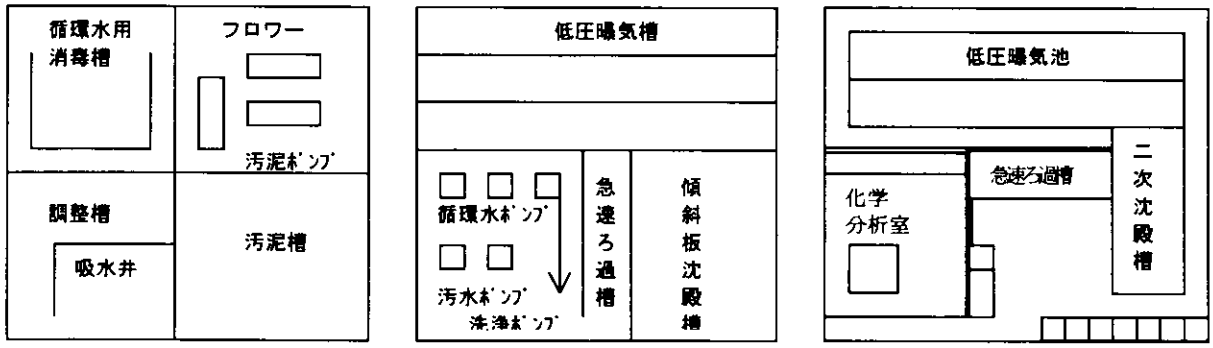


図 11.13 処理設備の配置図

b. 処理工程の設計参考数値

1. 低圧曝気槽；混合液濃度(MLSS)3000mg/L、体積負荷 1.2kg BOD_5/m^3、全圧 1070 mm、風量 3320 m^3/時
2. 傾斜板二次沈澱槽；表面負荷 4 m^3/m^2. 時
3. 穿孔隔板反応槽； 反応時間 25 分間
4. 二層接触濾過槽； 濾過速度 6 m/時
5. 濾過槽水洗浄ポンプ；洗浄能力 18 L/秒. m^3

c. 主要設備各規格・型番号等

1. 汚水ポンプ室；2.5PWA ポンプ 2 台(1 台は予備) 3 BL-9 清水ポンプ 2 台(1 台は予備)(1

台は予備）6B-13 型返送ポンプ 1 台

2. ナイロン濾過機　90 メッシュナイロン濾布　平板傾斜角度　60°

3. 低圧曝気槽　曝気槽幅 2.5m.　深さ 3.5m.　長さ 12m.　7 号ブロワー

4. 傾斜板二次沈澱池　3.5m x 5.8m　漏斗状排泥孔　傾斜角度；50°　材料；アルミ板

5. 穿孔隔板反応槽；　0.4 m x 5 m

6. 二段接触濾過槽；平均面積　8 m^2　充填剤　粒度 0.8～1.8mm 無煙炭 0.4 mm 厚

粒度 0.5～1.2mm 石英砂 0.5 mm 厚

粒度　2 ～32 mm 砂石　0.6 mm 厚

砂面水深　1.5 m　濾過池深度　3.15 m

d. 主要技術経済指標

1. 土地占有面積 160 m^2

2. 作業員 3 名　分析業務を含む。

3. 設備投資額 9.5 万元

4. 消費電力 0.35 kwh/m^3 汚水.　3,000gr 硫酸ｱﾙﾐ/m^3 汚水.　3,750gr 漂白粉/m^3 汚水.

5. 処理費用収支

(1)年間支出（償却費含まず）＋人件費（平均 60 元/ 日)60x3(人数) x12(月)= 2,160 元

電力費；500（汚水量)x0.35（電力)x 30(日数)x7(日数)x0.12（電力費)= 4,410 元

薬剤費；252 元（硫酸アルミ）＋158 漂白粉 = 410 元　総計；年間 6,980 元

(2)年間収入；羽毛回収（平均 300 元/ 日）300x7=2,100 元　循環水 300x30x7x0.08

（仮定 0.08 元/トン計)= 5,040 元　以上収入総計　7,140 元　（支出と収入は平衡）

3. 参考文献

1) 呂　　鑑　北京工業大学土木系学内研究論文（1993）

2) 中国環境年鑑　中国環境年間社，北京（1994）

3) 中国統計年鑑　中国統計出版社，北京（1994）

4) 中国強制性国家標準　環境保護編中国標準出版社，北京（1993）

5) 中国鉱業経済計画年鑑　中国経済管理出版社，北京（1993）

6) 汚水総合排水標準　中国標準出版社（1991）

7) 中国経済年鑑　中国経済管理出版社，北京（1993）

8) 呂　　鑑　中国における廃水再利用と処理技術

播磨幹夫共著，アイピーシー東京（1993）

Ⅷ. 中国への水環境保全技術移転マニュアル

■1994.10，中国，中国国家環境科学研究院，短期派遣

藤野清治

1.中国の水環境保全技術等の状況

近年の経済解放政策により、中国経済の発展は、訪中の都度その変化速度と方向に目覚ましいものが感じられる。特に上海地区はこの発展の先に待ち受けているさまざまな公害・環境汚染問題の発生を、我が国をはじめ先進国で実施されてきた対応経験を生かし、隣国の公害問題を速やかに最小限に食い止め、日本における重大な公害問題発生の歴史を繰り返さないようにしなければならない。この目的のために中日友好環境保全センターが建設され、公害防止技術部も組織され、これらの組織を通じて中国における各方面での環境問題に重要な役割を演じられる機会が得られるようになってきてたのは、誠に環境問題に取り組むものとして時宜を得たものである。

中国では経済が急速な発展を続けており、それから生ずる公害問題は、日本が過去に体験した道を中国もまた歩む可能性があるので、一刻も早く時期を失すること無く対応が必要である。特に実装置の具体的な設計・建設・運転管理への経験が少なく、研究に関しても研究者の最先端技術指向が強く現場の必要性との間に格差がある。この両者を埋める、中国の実情にあった中国の素材・機器技術水準に即した排水処理設備や技術の応用と開発が重要であり、むやみに最先端の機器の組み合わせからなるものを選択してはならない。また、素材や機器そのものの開発を今後加速度的に普及進展させなければならない現在、その指針作りと既存技術の応用と改良には、日本において現在稼働している実施設の改造や実際の運転条件が、技術の発展動向の生きたお手本となるので、今後ますます隣国日本の技術移転協力は継続的に必要である。

現在中国で早急に必要なのは、設備を建設することであり、それも最先端の素材や機器を使用した高価な排水処理設備の導入ではなく、充分に実証された処理原理と方法である。排水処理技術は古くて新しい技術である。それは、排水中の汚濁物質自体が常に時代の最先端的なものであるためであり、これは産業構造の変化にや、場所により変化するのために、排水処理技術は常にそれらの変化に対応しなければならないためである。したがって、現在の中国で必要な水環境保全設備としては、設備自体の効率よりはその多様性にある。

そのためには、設備仕様は原水状態の大幅な変化にも対応ができる運転幅の大きい設備の建設が必要であり、そして、その後は運転技術で対応するのが好ましい。

排水処理設備や方式については、先進諸国の先端技術としてもてはやされているものでも原理的には決して画期的なものではなく、使用する制御機器や材料が優れているために高い機能を発揮するものが多い。微生物処理に関しては、原理的には古いものばかりであり、それを他の土木建築・電気・電子・機械・微生物関連新技術の取り込みで新しく感じさせているものがほとんである。したがって、先端技術の取り込みに関しては、原理的な部分を充分に検討し、中国で充当できる素材・機器で出来るように改良する研究開発を行っていただきたい。つまり、古くて新しいと言う意味は、その時々で作り直すということではなく、原理的に将来性の高いもの選択し、時代の経過と他の技術進歩を待って先端の計測機器や電気・機械設備や電子機器による自動運転化とかを導入すると飛躍的に維持管理費が安くなるシステムを選択することである。特に電気エネルギー状態が悪い現状では、活性汚泥処理とは微生物の選択培養技術であることを充分認識した技術開発を目指すべきである。環境改善設備はまず、設備を設置し対策する事から始まるのが、設置に当たり先端技術を導入を優先しがちであるが、単に技術の進歩性から選択するのではなくで、その時々の技術水準や経済水準に合致したものを基本原理のしっかりしたものを選択し発展性のある設備を選択する必要がある。

排水処理設備機器は外国製のものばかりが目に付いた。中国での環境設備会社が多く集まっている宜興市でも、目に付くのは外国技術導入会社が主体であった。今後の課題としては、環境保全に対する社会的な風潮と必要性が環境産業分野関連機器の国産技術開発と産業の育成の重要な牽引力として作用するので、中日友好環境保全センターの役割は、経済優先の時勢に対して、先進国での環境問題を実感できるようにして、中国人自らの生活環境保全と防衛の必要性に目覚めさせる必要にある。単に環境保全技術を羅列紹介したり、商業主義的な環境技術の紹介になってはならない。まず、中国人が産業の発展と環境問題とが快適な生活を作りあげる上でどのようにとに係わりあっているかを例を上げて熟知させ、各個人の問題と身じかに感じられるように中国内世論を盛り上げることが環境保全技術の普及と発展への近道であることは言うまでもないことであるが、現在の中国では公害問題を広く問題として取り上げることに問題がある実情も問題解決を遅らせている。この部分に立ち入れれば非常に大きな環境保全への成果となり、大いなる貢献に繋がるなる重要な活動の一つと考えられるのである。そして、環境保全技術移転の具体的な項目も、何が必要なのではなく、おのずから浮かび上がってくる。

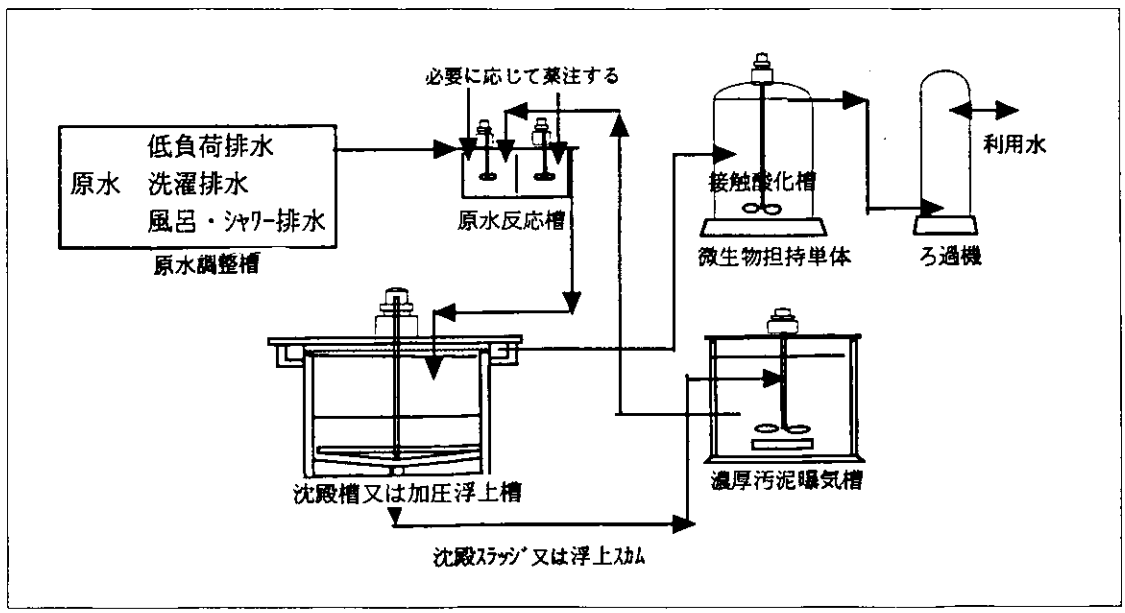
すなわち、中国の実情に合致した処理コストの安価で、中国で調達できる機器を主体にした排水処理設備開発とその設備の設置普及を加速する必要がある。排水処理設備は関連産業全体の総合的な経済・技術水準の適合であるので、先進諸国の最先端材料や設備を駆使しなければ処理できないとか経済競争力が無いというものではなく、その国の水準にあった機器や材料でまずスタートし、関連技術の進歩を待って順次取り込んでいくことが肝要である。

また、設備建設のみならず日本でも維持管理に関したは技術普及に困難な人的な問題があるが、中国でも上海地区では工業の急激な発展にともない、工場排水処理設備の設置と維持管理が問題となりつつあるので、これに関してもバルキング対策をはじめとした運転管理技術水準の向上と普及に日本の現状を踏まえた技術協力が益々必要と考えられる。

2.効果的な技術移転事例

2.1 中水道技術の移転

(1) 技術概要



現状の設備の改良

し尿以外の比較的低濃度の汚濁排水である洗濯排水ならびにシャワーや風呂の排水を処理して、トイレの水などに再利用するようにする。

将来の設備建設に向けて

トイレならびに厨房排水を含め、排水を有効利用できる割合を向上させられるようにす

ることである。そのためには接触曝気を容易に高負荷タイプの活性汚泥による高級処理ならびに三次処理を付与できるようにしておく。

(2) 導入目的

北京市での床面積が 2,000m² を超える大規模ホテル等では排水を再利用することが義務づけられている。

筆者が北京滞在中に中国国家環境科学研究院のカウンターパートの方から中水道の現状視察と問題解決のための協力要請があった。また、北京市街部での深刻な水不足を回避するためには、排水の再利用度をあげることであり、そのために中水道の整備を行い夏期の水不足時の対策に供する。

現在すでに導入されているが、ほとんどの設備がうまく運転されていないで能力が問われている。

(3) 導入方法

大規模ホテルにはすでに設備が設置されており、その設備機能の回復のために改良ならびに現状の設備の改造を行なう必要がある。

現行設備は原水負荷が低いために接触酸化法を採用しているのが多いが、ほとんどが活性汚泥が生息せず、単に曝気しているために処理水の水質が確保できず電気の無駄使いになっている。これは、しっかりした運転管理方法などがなく単に安く外国の排水処理設備メーカーの設備を導入しているに過ぎないからである。したがって、設備の改良と運転管理指針を十分に使えるように整備することが重要である。

設備に必要な機器はなるべく中国にある部品を使用してできるようにし、壊れたらすぐに修理ができるように配慮することである。

また、運転に関しては電気事情が悪いので、散気方式は空気溶存効率の高い機械撹拌方式が好ましい。しかし、日本で流行しているような水中機械撹拌曝気方式は、日本でもそのメンテナンス費用が高く設置してから多くの問題があるので、このようなものではなく、水槽の上に撹拌機を設置しブロワーで送風する方式ならば中国でも製造できるし、メンテナンスも簡単である。このように、日本国内に当り前のようにある便利な設備機器をそのまま導入するのではなく、中国での生産が可能でメンテナンスまで含めて、現時点で容易に中国で入手できる機器を用いた運転管理ができる機器で組立てるのが肝要である。

環境技術移転を商社や一部の商業主義の環境ビジネスの道具にしてはならない。しかしながら、経済解放政策によるその商業主義のバイタリティを環境保全にも積極的に参加していただき、環境保全の必要性を多数の人に周知させるためには強力な武器になると考え

られるので、積極的に活用することも重要である。特に、中国では日本のように官職に就いている立場で私企業に就職してはならないという訳ではないので、環境ビジネスの仕方を学ぼうとする立場の人に対して日中合作や、環境技術移転援助等の対応をどのような方法が効果的かを模索する必要がある。問題は、解放経済の中で、環境ビジネスが順調に育てば問題が無いが、現実的には市場開拓を行わないと市場が大きくならず、市場開発自体を実施しなければならない状態であるので、法の整備と熟知徹底をはからることを商業主義の民間エネルギーだけで十分であるとは言えないので、中国国家環境保全センターが、強力に後押ししなければならないが、この部分が少し弱いように思えるので、生産活動に携わるバイタリティ並を期待したいものである。

環境保全技術移転に関してはまずやって見せて、やっていただくしかない。そしてこの大きな推進役は、法律の整備と監視体制作りにある。

(4) 成果、問題と課題

環境技術の良し悪しの評価はランニングコストにある。また、設備建設後の性能維持と点検を十分に行えることが非常に重要である。

中国においては水環境保全と電気代ならびに薬品代の関係が多くの場合問題になる。日本のように捨てるものにお金を掛ける習慣が無いため、薬品処理をすることには特に抵抗がある。

水質保全は排水中に溶存している汚濁物質を気体と固形分に変えて取り出す方法であり、洗浄技術や方法により多様化され、画一的な方法で対処できない。特にホテルでは最先端の洗浄技術を使用している場合が多く、さまざまな界面活性剤が使用されるために、それを除去するためには先端除去技術や先端の薬品が必要になってくる。洗浄用薬品に関しては熱心に国産化を計っているが、それを除去する凝集剤や処理剤の国産化がその需要の高まりが無ければ進まないのである。そのため、排水処理用の薬品が比較的高価になり使用しないで処理せざるを得なくなり設備は例え先端技術を導入してもなかなか性能が発揮できない状態となる。

ここに上げた技術は薬品添加しないで処理できる方法を提供することが望まれるが、洗剤が多い場合は特に薬品添加しないと困難な場合もある。これは問題となるし、今後の課題となる。

また、汚泥の発生に関してもそれをどのように処分するのかについては、先進諸国と異なった状況下で現状に即した再利用方法を開発する必要がある。日本では近年汚泥の処理に関しては、地球環境保全の見地からは逆行しているように見える。即ち、環境設備の商

業化戦略と固体廃棄物の埋め立て処分場の問題で、焼却技術開発に急速に傾斜しガス化して大気へ放出する方法を選択し始めた。中国においても、ホテルなどではこのシステムを安易に導入しつつあるが、肥料不足問題を考えれば水処理から発生する汚泥に関しては肥料として利用できるようにするのが急務である。これに関しては既存の技術の組み合わせを行うことにより比較的導入しやすいと考えられる。

中水道設備の多くは、現状では高負荷を想定していないために地下に設置している場合が多いため、汚泥処分を取り入れたりすることはなく、臭気の問題ならびに固体廃棄物処理迄を考えたものが少ない。汚泥処理が排水処理の最終処理であることをまず念頭に置かなければならない。現状では中水道処理施設の多くは下水道に入れるか、合併浄化槽に設備に入れており、独自の処理施設が設けられていないのが現状である。

(5) 日本の技術とその他の国の技術の相違

中国に設置されている中水道技術は台湾や韓国や欧米のものが多い。そして、その技術の主要部分は日本の中級処理と呼ばれる簡易処理的なものとほぼ同じものが使用されているが、価格的には約半分程度である。

日本では中水道技術の普及が無い。合併浄化槽を設けて、その一部を必要なだけ更に 3 次処理を行い再利用水として使用する方向で進行している。しかしこの方法で施設を建設すると、下水道が既に完備しているところでの使用排水の再利用のため、別途に中水道処理施設が必要となる。それも、できるだけ処理をしなくてもよいような水質汚濁状態の少ない排水を分別し再利用できるよう、できるだけ低いコストで処理する方法が現在の中国での中水道技術として要求されている。しかし、現状では諸外国から導入された技術も、日本のものとほぼ同様で不十分である。

(6) 当該技術に関する関係情報源情報一覧

負荷が少ない排水をより高度に処理する方法としては接触酸化とか接触曝気方法や、回転円盤方式ならびに散水ろ床等などの微生物処理方式のほかに、凝集沈殿と活性炭吸着塔での吸着処理などの物理化学的処理が採用されている。

接触酸化や接触曝気法は、固体表面（ろ材やろ床）に担持されたバクテリアを利用して高溶存酸素濃度下で汚濁物質を酸化分解する方法である。しかし、界面活性剤などのばあいは固体表面でバクテリアが繁殖したとしても剥離しやすくほとんど付着しないため、処理がうまく行かない場合が多い。

同様に回転円盤方式があるが、これは接触曝気法がろ材を固定し水と酸素をそこに供給するものであるが、円盤をろ床として用いそのうえにバクテリアを固定し、その円盤を汚

水と空気の両方が同時に存在するなかを回転させて処理する方式である。この方法も廃水中に界面活性剤が多い場合は円盤上に担持したバクテリアがほとんどが剥離してしまい効果が薄くなってしまう。

物理化学処理法である凝集沈殿法や凝集浮上法は、近年界面活性剤の進歩にしたがい新しい乳化破壊剤（ｴﾏﾙｼﾞｮﾝﾌﾞﾚｰｶｰ）や凝集剤や油水分離剤が開発されてきている。日本でも大規模洗濯排水処理場では種々の洗剤や有機溶剤が使用されるために微生物処理に種々の問題が出ており、薬品を用いた物理化学処理法である凝集沈殿や加圧浮上処理法ならびに活性炭を用いた吸着処理に転換しつつある。凝集剤に無機の凝集剤、例えば硫酸バンドとか性ソーダならびにアニオン系高分子凝集剤、ポリ塩化アルミと苛性ソーダとアニオン系高分子凝集剤、ポリ硫酸鉄や塩化鉄と苛性ソーダならびにアニオン系高分子凝集剤の組み合わせや、苛性ソーダの代りに生石灰を用いた組み合わせでは汚泥の発生量が汚濁物質に対して大量に発生するために有機の凝集剤が近年開発され汚泥の発生が著しく削減されるようになってきたが、いずれにしろ汚泥の発生量の増加と処理コストの関係で薬品を使用した物理化学処理は実施しにくいのが現状である。

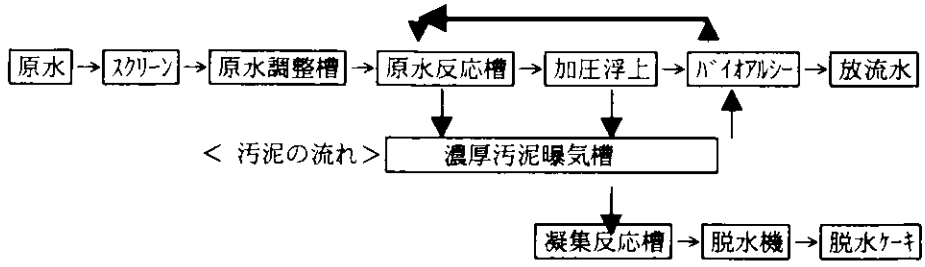
さらに、限外ろ過膜や精密ろ過膜などがあるが、これらの材料費が高くまだ中水道に使用するにはコスト的に実用段階ではない。

2.2 汎用微生物処理技術（バイオアルシーシステム）の移転

(1) 技術概要

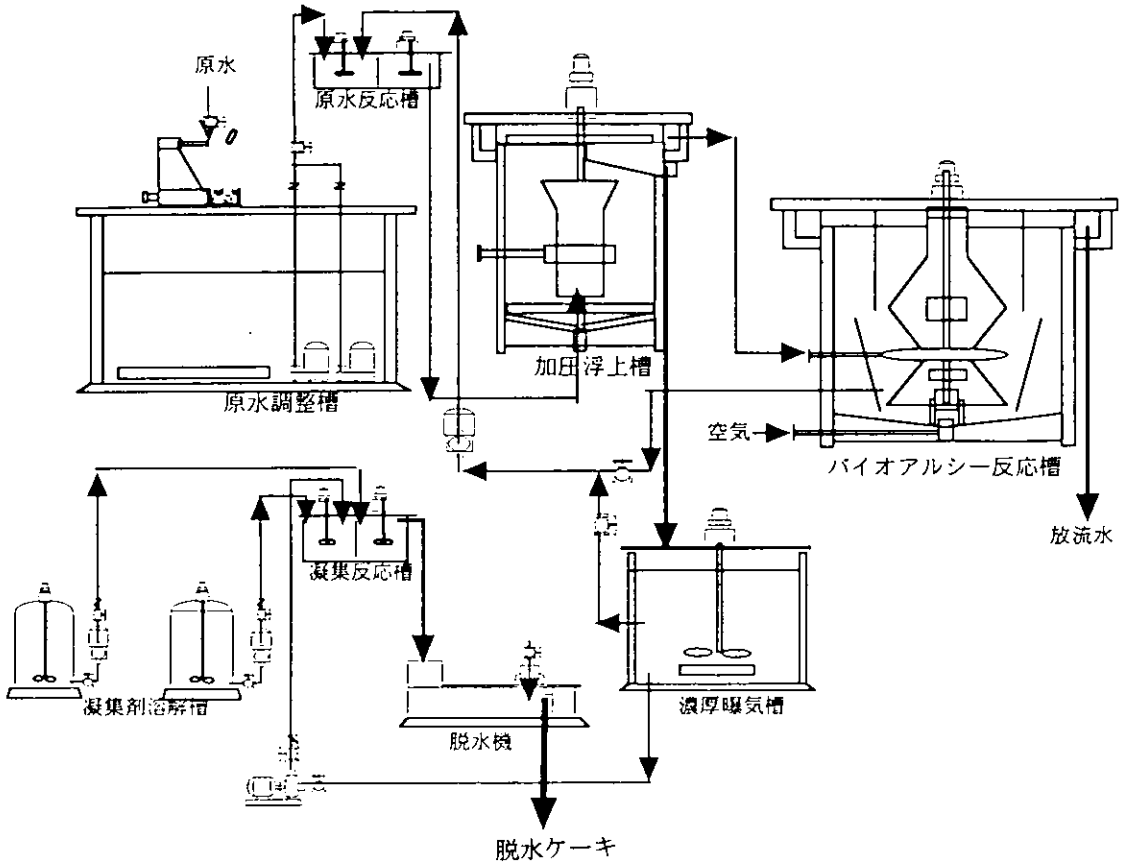
原水の水質に幅広く対応でき、しかも単位水槽容積あたりの処理能力が高いために水槽容積が少なく建設コストが安価であるばかりではなく、建設敷地面積が少なくて済む省資源、省スペース排水処理設備である。この設備は、理想的な微生物処理の原理を取り入れたもので、無人自動運転ができるメンテナンスフリーの排水処理設備である。さらに、自然の原理を多く取り入れて、できるだけポンプ台数を減らし、しかも容易に運転の幅を広くとれるような調整機能を盛り込んだ設備である。

原水の流れと汚泥の流れとの関係を以下に示す。



水の流れのなかで加圧浮上を使用しているが原水中に油分が少ない場合は沈殿槽でよい。

フローシート



＜詳細は別添資料を付す＞

原水反応槽は原水中に含まれる微生物処理に有害な汚濁物質（殺菌剤や界面活性剤や油脂分やpHの異常水など）を直接バイオアルシーの好気部から原水状態に応じて一定量引き抜いた微生物と接触吸着させた後、加圧浮上分離ないしは沈降分離してその影響を除外した処理水を高効率のバイオアルシー微生物処理槽にて、微生物処理するものである。

一方、そのとき分離された沈降汚泥ないしは浮上スカムは濃厚汚泥曝気槽で、微生物分解して菌体に変換し、原水中の汚濁物質が少ないかもしくは流入しない場合は直接この汚泥をバイオアルシーに送り栄養源とする。また、濃厚汚泥曝気槽の汚泥はそのまま菌体

肥料としても使用できるが、臭気の問題があるので脱水後脱水ケーキをコンポスト化して水分調整を行い含水率を１６％以下にすると臭気がなくなり、肥料として良好な状態となる。

技術的な特徴等は別紙を参考していただき、ここでは割愛する。

(2) 導入目的

建設コストならびにランニングコストが安価である省エネルギー・省資源型の排水処理設備であり、しかも運転の幅が広いので、原水の水質の変化にも幅広く対応できるため、汎用性の高い排水処理設備として、開発途上国の排水処理設備としては最適であると考えられる。筆者の中国滞在中の講義のなかで紹介したところ非常に興味がもたれ、導入に関して多くの問い合わせがあった。

(3) 導入方法

中国の日中環境保全センター公害防止技術部と共同で水処理メーカーに技術移転を行い、プラント建設からプラント管理までを総合的にフォローできる体制を作る。

土木工事や製缶工事から機械工事まですべてを中国産で対応できるように指導する。また、機械部品で中国で入手できない部分がある場合は、必要に応じて部分手直しや変更ならびに改良を加えて、中国国内の技術水準にあわせた機械設備を導入する。

日本においては無人自動運転制御システムで運転するのに適した設備であるが、中国では、運転を手動にして、どのように運転管理をするのが好ましいかを実際体験できるようにする。そして、将来無人自動運転化が可能であるように設備のフレーム準備しておく。

(4) 成果、問題点と課題

実際の建設は実施していないので、具体的な成果や問題点は述べられないが、課題としては、上海地区やその他工業団地や新設工場への働きかけを日本で行いその実績をもとに普及を計るとともに、中国のプラントメーカーに技術移転を行い普及をはかることが肝要である。又、運転管理に関しては汚泥の処分迄を十分念頭に入れて総合的な見地から部分着工のつもりで将来の追加工事を念頭に入れた設備建設を行うことが重要である。

(5) 日本の技術とその他の国の技術の相違（途上国自身で規定された技術手法は？欧米先進国の技術移転ではどのような手法で？日本との違いは？途上国側の受け入れ方は？）

中国側は最新の水処理技術例えば限外ろ過膜や精密ろ過膜等の排水処理の膜処理の導入等の先進国でのトピックス的な水処理技術に関して非常に関心が高いが、現実的には原材料の調達が輸入に頼らねばならない現状ではかなりのコストアップなり、ランニングコストもかなり割高となるので好ましくない。

排水処理方式に関しては、欧米諸国も日本もほとんど同様であるが、日本の人件費や機械設備費は欧米諸国と比較すると約２倍程度になるため、設備建設に関しては競争力がない。したがって、欧米諸国で開発されたシステムや既に普及しているシステムの建設コストに対して約半値以下で建設できるシステムでないと普及しない。できるだけ安価な設備であり運転費用もかからないものが好ましい状況である。

設備の建設ならびに機器の製作に当たっては中国のプラントメーカーで技術移転を行えば十分に対応できる状況にある。具体的に上海市西方に位置する環境プラン製作農村工業地帯となっている宜興市を訪問して工場ならびに製作能力を打診したことがあるが、可能な状況にあった。

【インドネシアにおける水質保全技術移転事例】

Ⅷ. インドネシアの水環境調査と効果的な技術移転手法

■1993.2～1995.1，インドネシア，インドネシア環境管理センター，長期派遣
■1996.1～1996.2，インドネシア，インドネシア環境管理センター，短期派遣

白山 肇

1. インドネシアの水環境保全技術の状況

はじめに

インドネシアの水環境の現況を保全技術の立場から、主にインドネシア環境管理センター（ Environmental Management Center：EMC ）での 1993 年 1 月の立ち上がりから 96 年に至る 3 か年の活動（長期及び短期）を通して、把握している測定技術、調査及び研究について述べる。また、社会経済状況の変化の中でプロジェクトに与えた影響と対策及びプロジェクトの現状と主な成果についても述べる。

1.1 カウンターパートの分析技術力の把握

EMC にカウンターパートが配属されたのは 1993 年 6 月であった。分析技術の移転にあたって、彼等の基礎学力及び分析技術力を把握しておくことは大切なことであった。基礎学力を把握するために、環境化学に関する筆記試験及び個人インタビュウを実施した。試験設問は 2 部に分かれ、第 1 部はこれまでの分析経験および EMC で何を望んでいるかを主に、第 2 部は日本における高校生の化学レベルの質問であった。その内容の一部を紹介する。
(第 1 部)学歴、職歴、これまでに使用したことのある分析機器の種類、分析したい項目、使用したい機器、水質課に何を望むか、EMC に何を望むか。
(第 2 部)元素の原子量、分子量、化合物の名前、簡単な計算問題、物質や環境化学現象の語句の説明、基本的な化学法則名と関係式、代表的な分析機器の説明。

結果については、合格ラインの 60%以上とったものは水質課の受験者 7 名中 2 人だけであった。一人はジョグジャカルタのガジャマダ大学を卒業後、12 年間国立の研究機関で勤務した経験を有し、また一人はウジュン・パンダンのハサヌディン大学を卒業後、6 年間大学の助手をしていた。経験年数に対応した成績結果と推定できた。5 人が 60%以下という現実をみせつけられ、今後の指導方法や指導時間等に工夫が必要であることを感じた。一方、合格ラインに達した二人を軸に課員全体の能力を引き上げれば良いという指導方針を獲得できたことは、大きな収穫であった。

1.2 調査

国土の東西が、イギリスのロンドンからイランのテヘランにわたる広さがあり、2万を越える島々に200を越える人種が住んでいるのである。言葉はインドネシア語が母国語であるが、各部族語を加えると数えきれないといわれている。多様な文化を背景にイスラム教を国教とし、ヒンズー教、キリスト教、仏教等が混在している。自然に目を移すと野鳥の宝庫であり、種々の昆虫類やは虫類、ランをはじめとする美しい花々、南海の様々な色鮮やかな魚、珍獣には世界最大の大トカゲであるコモドドラゴンがコモド島に生息しており、オランウータンやホワイトタイガーもいる。まさに、“生物多様”そのものの国である。また、日本と同様に火山王国でもある。いたるところに、温泉がわきでており、また美しくそして神秘的なカルデラ湖を飛行機から見ることができる。このように、美しい自然がまだまだ沢山残っている魅力あふれるインドネシアではあるが、ジャカルタ、メダン、スラバヤ、バンドン、スマラン、パダンといった大都市を中心に環境破壊が深刻なほど進行している。これらの恵まれた自然環境を保全するためにも、大都市を中心とした環境モニタリングは早急の行政的課題であった。

都市部への急激な人口の集中と急速な工業化が、開発途上国共通の環境問題となっている。IMFの平成8年の見通しによれば、アジア地域の実質経済成長率は、8.2%と世界全体の3.8%の2倍以上を示している。環境への負荷の増大が見込まれているアジアが、今後の持続的発展を可能とするか否かの鍵を握っている地域といわれている。わが国の環境分野における国際技術協力が、質的及び量的にも問われている。

インドネシアの場合、EMCの設立目的を「インドネシアにおける環境行政を強化し、悪化している環境を改善すること」としており、着任後半年を経て水質課のスタッフも整備され、彼等に対する技術移転作業を開始した。分析マニュアルの作成及び技術移転がそれである。基本的な分析項目の技術移転が終わった段階で、河川、海域、湖沼といった環境モニタリングの調査に取り組んだ。ジャカルタ市民のシンボルであるチリウン川をはじめ人口100万人を越える大都市を中心に調査が軌道に乗ってきた。着任1年半後であった。その後、徐々にインドネシアの水環境の実態が明らかになってきている。

以下にEMCが調査したジャカルタ地区河川、ジャカルタ湾海域及びスマトラ島、バリ島にある3湖沼の水環境の現況について述べる。なお技術移転手法については、本テキストの効果的な技術移転事例『水環境調査方法技術の移転』に譲る。

(1) ジャカルタ地区河川及びジャカルタ湾海域における水環境

EMC環境モニタリング技術強化プロジェクト事業として実施した。調査時期は、1994年2

月（雨季）及び９月（乾季）の２回にわたり、調査期間はそれぞれ約１か月であった。採水後、EMC で分析する試料と、その一部を日本へ空輸し民間の分析機関が分析する試料とにわけた。この調査の目的は、

■ジャカルタ地区の河川及び海域の汚染現況を把握すること。

■雨季と乾季の値を比較すること。

■ EMC のカウンターパートの分析能力を客観的に評価するため日本での分析値と比較すること。

の３つであった。調査地点は、以下の河川 16 地点、河口 10 地点及び海域４地点の 30 地点であった。

■ジャカルタ市中心を南北に縦断するチリウン川：10 地点

■チリウン川の西側を南北に流れるクルクット川：3 地点

■チリウン川の東側を南北に流れるスンタ川：3 地点

■ジャカルタ湾に注ぐ河口：10 地点

■ジャカルタ湾沿岸海域　：4 地点

調査項目は、

■採水現場：気象条件（天候、気温）、採水時刻、川幅（河川の場合）、水深、色、臭い、水温、pH、DO、Turbidity の 11 項目

■分析項目：SS、COD、BOD、全リン等の有機物質、鉛、鉄、マンガン、クロム、カドミウム、銅、亜鉛、水銀、ヒ素等の重金属類、フッ素、メチル水銀、有機スズ、油分、PCB 等の有害物質類それに DDT、DDD、DDE、BHC、Aldrin、Endrin、Paration、EPN 等の農薬類等の 29 項目。

EMC は、上述 **a. 採水現場**での 11 項目及び SS、COD、BOD を担当し、また鉛、鉄、マンガン、クロム、カドミウム、銅、亜鉛、水銀、ヒ素の重金属類９項目をクロスチェック項目とした。

pH 等基礎項目及び重金属類の調査結果を**表 8. 1** 及び**表 8.2** に示した。結果の考察、調査の成果等詳細については、効果的な技術移転事例『水環境調査方法技術の移転』に譲る。

表 8.1 pH 等基礎項目の最大値、最小値及び平均値（但し上段は雨季、下段は乾季）

地点 / 項目		河川１６地点			河口１０地点			海域４地点		
		最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値
pH	雨季	7.52	6.89	7.25	7.91	6.71	7.13	7.89	7.54	7.71
	乾季	7.62	6.97	7.23	8.10	6.99	7.54	8.32	8.04	8.18
水温 (℃)	雨季	28.5	26.0	27.4	31.3	28.0	29.4	31.8	30.5	31.1
	乾季	30.4	26.4	28.7	33.5	30.6	31.5	31.1	29.6	30.3
Turbidity (NTU)	雨季	430	54	150	350	3	130	38	5	23
	乾季	360	17	120	120	15	67	41	22	36
SS (mg/l)	雨季	310	15	110	330	14	100	27	10	17
	乾季	390	5	110	26	7	15	38	18	26
DO (mg/l)	雨季	8.4	ND	5.0	5.3	ND	2.0	6.0	1.6	3.1
	乾季	7.3	ND	3.0	5.5	ND	1.7	8.7	4.2	6.9
BOD (mg/l)	雨季	28	1.8	8.3	—	—	—	—	—	—
	乾季	40	4.4	15.8	—	—	—	—	—	—
COD (mg/l)	雨季	20	3.1	9.2	41	3.9	20.2	8.4	3.4	5.4
	乾季	—	—	—	39	6.0	24.1	7.2	4.4	6.3
Salinity (%)	雨季	—	—	—	—	—	—	3.30	0.73	2.14
	乾季	—	—	—	—	—	—	2.85	2.75	2.80

Note : DOの ND は 0.2 未満を意味する。

表 8.2 金属項目の最大値、最小値及び平均値（雨季／乾季）

		As	Fe	Mn	Cr	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg
河川	最大値	2/3	20/17	1.6/0.8	20/21	24/51	130/395	19/12	ND/ND	ND/ND
	最小値	ND/1	ND/ND	ND/ND	ND/ND	ND/5.5	ND/ND	ND/ND	ND/ND	ND/ND
	平均値	1/2	7.3/6.3	0.5/0.4	3.9/5.7	11/19	52/72	8/6	ND/ND	ND/ND
河口	最大値	5/47	22/1.3	1.8/0.9	21/48	28/28	210/138	11/ND	ND/ND	ND/ND
	最小値	ND/2	ND/ND	ND/ND	ND/ND	ND/7	ND/ND	ND/ND	ND/ND	ND/ND
	平均値	2/21	7.3/0.8	0.6/0.4	9.8/11	8/13	67/37	7/5	ND/ND	ND/ND
海域	最大値	3/2	1.6/1.5	0.6/ND	4.7/3.3	21/13	189/37	ND/ND	ND/ND	ND/ND
	最小値	ND/2	ND/ND	ND/ND	ND/ND	ND/6	34/ND	ND/ND	ND/ND	ND/ND
	平均値	2/2	1.0/0.8	0.3/0.1	3/2	9/9	100/25	5/5	ND/ND	ND/ND
定量限界		1	0.5	0.1	2	5	20	5	0.5	0.5

As, Cr, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg : （単位 : μg/l）

Fe, Mn : （単位 : mg/l）

(2) インドネシアにおける3湖沼の水環境

EMCは1993年12月にスマトラ島にあるトバ湖及び1994年7月にはバンドン郊外にあるサグリン湖について調査を実施した。また、1994年10月には（財）国際湖沼環境委員会と（社）日本環境技術協会とジョイントでスマトラ島のトバ湖、シンカラ湖及びバリ島のプラタン湖の3湖沼について合同調査をする機会を得た。ここでは概要及び一部の結果を述べるにとどめ、詳細は効果的な技術移転事例『水環境調査方法技術の移転』に譲る。

3つの湖は、トバ湖の大きさを1とするとシンカラ湖は 1/10、プラタン湖 1/300 であり、トバ湖は琵琶湖の約2倍の大きさであり、インドネシア最大でもある。採水地点は湖岸と湖心の二点であり、表層水だけではなく 30m までの鉛直分布を調査した。EMCが実施した調査項目は以下のとおりである。

- 表層から 30m まで、1m 間隔に水温及び DO を現場で測定。
- 表層、5m、10m、20m、30m の深度でバンドーン採水器を用いて採水し、現場で水温、pH、DO を測定。
- 表層、5m、10m、20m、30m の DO、COD を分析。

EMCで測定した3湖沼の水温、pH、DO、CODに関する調査結果を**表 8.3** に示した。

表 8.3 湖沼調査分析結果（EMC）

（1）トバ湖

（a）湖岸

深度 (m)	pH,水温,DO計 pH	水温 ℃	DO mg/l	分析値 DO mg/l	COD mg/l
0	8.25	25.1	7.6	7.4	1.8
5	8.24	24.8	7.5	7.6	1.0
10	8.23	24.8	7.4	7.5	0.7
20	8.21	24.7	7.2	7.2	0.3
30	8.09	24.6	6.8	6.9	1.2

（b）湖心

	pH,水温,DO計 pH	水温 ℃	DO mg/l	分析値 DO mg/l	COD mg/l
0	8.30	25.3	7.8	8.6	0.4
5	8.27	24.8	7.4	7.2	0.7
10	8.21	24.8	7.1	7.5	1.3
20	8.19	24.7	7.0	7.0	0.1
30	8.05	24.6	6.6	6.9	0.7

（2）シンカラ湖

（a）湖岸

深度 (m)	pH,水温,DO計 pH	水温 ℃	DO mg/l	分析値 DO mg/l	COD mg/l
0	8.20	27.5	6.8	6.5	2.3
5	8.10	26.9	6.9	6.5	1.6
10	7.85	26.8	5.8	6.0	1.4
20	7.86	26.7	4.5	4.0	1.2
30	7.82	26.7	4.4	4.3	1.3

（b）湖心

	pH,水温,DO計 pH	水温 ℃	DO mg/l	分析値 DO mg/l	COD mg/l
0	8.14	27.3	7.2	8.7	1.3
5	7.90	27.1	6.4	6.2	1.7
10	7.90	26.9	6.0	5.2	1.1
20	8.08	26.7	4.0	4.4	1.1
30	7.89	26.7	3.3	3.7	1.2

（3）プラタン湖

（a）湖岸

深度 (m)	pH,水温,DO計 pH	水温 ℃	DO mg/l	分析値 DO mg/l	COD mg/l
0	8.11	23.4	8.1	7.0	6.4
5	8.15	22.8	8.1	7.5	3.3
10	7.85	22.1	5.4	4.6	3.3
18	7.17	21.0	0.0	0.8	3.8

（b）湖心

	pH,水温,DO計 pH	水温 ℃	DO mg/l	分析値 DO mg/l	COD mg/l
0	8.75	23.4	8.2	7.7	5.7
5	8.66	23.1	8.2	7.7	5.7
10	8.23	22.6	7.3	6.0	6.9
20	7.31	21.0	0.1	ND	4.2

1.3 研究

各課に配属されたカウンターパートをできるだけ早く一人前に技術者として、また研究者として育てていくかが要請のトッププライオリティの一つであった。研究を実施可能とした事例『亜熱帯地域にふさわしい BOD の簡易分析方法の開発』について述べる。詳細については、本テキストの効果的な技術移転事例『亜熱帯地域にふさわしい BOD の簡易分析方法の開発』に譲る。

移転手法の手順は、以下の通り。

1. 分析方法のマニュアルの作成 → 2. 分析に必要な機材の準備 → 3. 分析技術の移転 → 4. 問題点の抽出 → 5. 研究テーマの提案 → 6. 研究方法の検討 → 7. 実験の実施 → 8. データのとりまとめ → 9. 解析 → 10. 成果・課題の報告

各過程の実行にあたっては、毎朝開いていた小ミーティング（30～60 分）によるカウンターパートとの議論の積み重ねが大きく寄与した。

(1) 分析方法のマニュアルの作成

インドネシアでは、1991 年に工業事業省から SNI （ Standard National Indonesia ）と呼ばれている分析マニュアルがインドネシア語で作成されていた。これは、ほとんどがアメリカの SM （ Standard Method ）法を模倣したものであった。

日本の JIS （ Japanese Industrial Standard ）を含めて、三か国の分析方法を網羅したマニュアル"STANDARD METHODS FOR PRIMARY PARAMETERS IN WATER POLLUTION ANALYSIS IN JAPAN、 U.S.A. AND INDONESIA Ⅰ、Ⅱ"を 2 分冊に分けて作成した。1993 年 10 月に作成したⅠでは、pH、Turbidity、Salinity、DO、BOD 及び COD の主要な基礎項目である。1994 年 4 月に作成したⅡでは、水銀、カドミウム等 13 項目の重金属、試料の前処理方法及び油分項目である。BOD は、三か国とも同様の方法である。

(2) 分析に必要な機材の準備

分析に必要なガラス器具、試薬、蒸留水、インキュベーター等の機材を準備した。希釈水の 5 日間後の溶存酸素の消費量が 0.2 mg/ℓ以下でなければならないことから、蒸留水については、ガラス器具、ガスこんろ、プロパンガスボンベ、プロパンガスホース及び燃料であるプロパンガス等を現地で調達し、蒸留装置を組み立てた。過マンガン酸カリウムを加えて有機物質を除いた。この現地調達方式蒸留装置は、BOD 用の希釈水を作成する時だけではなく COD 用の空試験にも有効に使うことができた。また、インドネシア国内の地方試験研究機関でも容易にかつ安価で手に入れることができる等のメリットがある。

※　現地調達蒸留装置1セットの価格：約40～50万ルピア（2万円程度）

※※ 日本から納入した純水製造装置1セットの価格：約30～40万円

(3) 分析技術の移転

水質分析は手分析項目が比較的多いため、ルーチンワーク的業務形態が要請される。このため、当時配属された8名のカウンターパート全員が分析できるように指導した。当初8名の分析技術のバックグランドには、相当の差があった。分析マニュアルをできるだけ理解してもらうため、黒板を使って説明し、疑問に答えた。また、分析中に疑問が生じたことは、翌日に彼等から説明してもらいその都度納得してから先に進むように努力した。1993年12月には、環境水中のBOD分析技術の移転が終了した。1994年10月には、カウンターパートの最年長者が「事業所排水中のBOD分析方法」について日本で研修を受けた。

(4) 問題点の抽出

技術移転の過程で、問題となったのは「培養温度を何故20℃にするのか」であった。日本や欧米の温帯地域に位置する国では、河川水温が季節の変化に応じて数℃から30℃まで大きく変化するのに比較して、インドネシア等亜熱帯地域に位置する国では年間を通して30℃前後とほとんど安定している。BODは、好気性細菌の活動に依拠した生物化学的分析を基礎としている。30℃前後で生活しているバクテリアを20℃に冷却すれば、当然生物活性力は低下する。このことは、大きな問題点として双方で認識した。

(5) 研究テーマの提案

この問題に答えるため、本課題を水質課の研究テーマとして提案した。Arumを研究責任者に選び、1994年4月からスタートした。

(6) 研究方法の検討

温度、日数等の培養条件を変えてBOD値の日変化を検討し、安定かつ再現性の良い値を得る条件を実験的に検証することを最終目標とした。また、国際的標準法（20℃、5日間）による値と比較可能な亜熱帯地域にふさわしい簡易分析法の開発に努めた。

(7) 実験の実施

1994年4月にスタートし、1997年1月現在も継続中である。実試料に応用可能とするため、チリウン川等4河川7地点の河川水を実験試料とするよう指導した。

(8) データのとりまとめ

２年間で得られた 47 試料のデータを整理し、希釈倍数や培養前後の溶存酸素量が 40～70%の範囲にはいる信頼性の高いデータを抽出するよう指導した。

(9) 解析

47試料のデータについて標準法との相関関係をみるために統計処理をするよう指導した。

(10) 成果・課題の報告

解析の結果、室温法（簡便法）と標準法との相関係数が 0.9 以上と非常に高かった。簡便法の成果は、インキュベータ等の高額な恒温装置を必要としない安価な方法であり、また分析に要する日数も３日間に短縮できる等のメリットがある。亜熱帯地域における共通の分析方法とするための課題は、インドネシア国内及び近隣関連諸国でのデータの蓄積である。

(11) 継続

これらの結果をうけて、安定かつ再現性の良い値を得る培養条件を実験的に検証するために研究の継続が望まれる。

1.4 社会経済状況の変化の中でプロジェクトに与えた影響と対策

具体的な事例を以下に２つ記す。

(1) 労働環境の整備

採水のための車の確保、不足ガラス器具や薬品の調達、分析機器稼働のためのアセチレンガスや高純度窒素ガスの調達、実験室で日常使用する LPG の供給、職員の業務出張のための各種 Allowance 等々の予算執行が実施されなかったのである。本来インドネシア国側が用意すべきことが行政の貧困さ故、実施されなかったのである。これらが、プロジェクトタイプ技術協力（PTTC）チームの円滑な活動の障害となった。職員の給与等の不払いの中、カウンターパート（C/P）の勤労意欲が低下する中この窮地を救ったのは、一時的に予算執行の一部を肩代わりしたPTTCチームの決断とハングリーの中頑張ったEMC職員の誠実な働きぶりにあった。

(2) EMC プロジェクト立ち上がり時に必要なトッププライオリティは何か?

EMC の管理官庁である BAPEDAL 次官からは、EMC のヘッドに対して多くの難題が要請されてくる。そのたびに、PTTC チームに対しても非現実的な注文がまいこんでくる。例えば、オープニングしたばかりの段階で C/P の分析能力がほとんど皆無の状態で、工場排水の汚濁処理工程の BOD 除外効率を調査してほしいとの依頼があった。"相手国の要請に答えたい"ーこのことは、専門家にとって技術協力の原点である。ここで大事なことは、"できること"と"できないこと"とを見極める判断と決断力とである。安易に相手国の要請を受け入れ、結果的に失敗した場合相手に不信感を与え、その後の活動の大きな妨げとなる。一旦与えた不信感を払拭するには、多くの努力と長い時間が必要である。限られた活動期間の中では、この様な努力と時間はできるだけ避けなければならない。相手国の要請を実行することは大事なことではあるが、それに対して論理的かつ客観的に意見を展開することがより重要であり、また難しいことである。ここで常に考えなければならないことは、いまインプリメントしなければならないトッププライオリティは何か? といった現実的な視点である。"今は無理です。時間を少しかしてください"と答え、約半年後にスマトラ島メダンにあるパームオイル工場に C/P を派遣し、工場排水の BOD 除外効率の調査を実施し、結果を BAPEDAL へ報告することが出来た。更に 1 年後には「工場排水の BOD の分析方法」について C/P を日本へ研修に送り分析技術の向上に努めた。

1.5 プロジェクトの現状と主な成果

プロジェクトの遂行にとつて、C/P との人間関係は一つの大きな鍵といえる。専門家側の一方通行は、時として誤解を招く。協力活動の原点は共同作業である。相手が納得しないと事は進まない。EMC の場合、スタート時に 8 名の C/P がつき、専門家は各課の課長的任務を課せられた。当然 C/P との種々の確執が生じる。EMC の立ち上げが軌道に乗ったのは、これら確執に対する現実的な解決により、C/P との良好な人間関係を作ったことに負うところが大きい。現在では、C/P の数も 16 名と増え、生物課も新設されたと聞いている。相互理解をベースに、分析技術の移転、環境調査そして研究テーマの開発といった地道な共同作業が続いている。また、地方の研究者への技術指導や交流を活発にするためのワークショップも開催されている。

現在、インドネシアには多くのドナーが入りこんでいる。カナダ、ドイツをはじめ各国の環境プロジェクトがしのぎをけずつている。OECF や World Bank もからみ、相互の協力関係が一層重要となっている。EMC は、その中でも測定技術能力を有し、種々の環境調査を実施している唯一のプロジェクトとして期待されている。

1.6 諸外国のインドネシアに対する技術協力の現況

世界の主要なドナーが、インドネシアをはじめとするアセアン諸国に対する環境分野の技術協力を実行している。インドネシアにおいては、各ドナーのプロジェクトが集中し、中でも多くのプロジェクトが BAPEDAL に集中している。活動が比較的活発に行われているプロジェクトのいくつかを下記に概略した。

(1) オーストラリア(BAPEDAL Pollution Control Implementation Project : PCI)

東ジャワの地方ラボへの各種トレーニングを 1993 年から 5 年の期間で実施している。

(2) カナダ(Environmental Management Development in Indonesia : EMDI)

環境省及び BAPEDAL に対し、既に 12 年以上にわたって実施している最大の貢献国である。1995 年 6 月で第 3 フェーズが終了し、現在つなぎの小規模なプロジェクトを実施している。

今後 JICA/EMC と CEPI(Colaborative Environmental Protection in Indonesia)と名付けられた新しいプロジェクトについての協力が協議されているところである。

(3) 世界銀行

a. BAPEDAL Development Technical Assistance Project : BDTA 1-6 大型のローンによるプロジェクトで多くのコンポーネントを含んでいる。

- BAPEDAL の行政的な制度、地方出先機関、地方自治体等の整備支援。
- 地方支局の新設の支援
- トレーニングプロジェクトの支援
- 地方ラボ強化計画の支援

b. ジャカルタ都市開発プロジェクト

- ジャカルタ当局が実施すべきアクションプログラムの作成を支援

c. 北スマトラ、西カリマンタンプロジェクト

- EMC はこのプロジェクトとジョイントして、西カリマンタン州における金の違法採掘に伴う水銀汚染調査を実施した。これについては、水環境調査方法技術の移転で述べる。

d. Project Management Office : PMO

- 1992 年以来、Donor Project Database という小冊子を定期的に BAPEDAL に提出している。

(4) ドイツ(Water Quality Management - Musi & Mahakam Rivers-PROKASIH, East Kalimantan and South Sumatra)

地方自治体の環境行政の強化を目指し、自治体職員に対する環境トレーニングを中心にプログラムを実施している。1995年3月に3週間、EMCの施設を利用して地方職員を対象としたトレーニングを実施した。

EMCは上述したドナーとのプロジェクトと協力関係を強め、積極的に推進している数少ない日本のプロジェクトである。EMCは、各種分析機器を有し、またそれを操作できる職員を有し、環境モニタリングのデータを有し、環境保全計画に必要なデータを解析することができ、またトレーニング施設もある。各ドナーのプロジェクトには、必ずといっていいほどトレーニングコンポーネントが大きなウエイトを占めており、EMCとのジョイントに関心が集まっている。このように各ドナーとの効果的な協力体制を確立することが、今後の国際協力の課題であり、成就がプロジェクトの成功を意味している。

1.7 関係情報源情報一覧

(1) 調査関係

1) 平成6年度環境庁委託業務「開発途上国における湖沼と水質保全支援調査－インドネシア共和国」：(財) 国際湖沼環境委員会、1995年3月

2) 総合報告書：JICA、大田正豁（インドネシア環境管理センタープロジェクトチーフアドバイザー）、1996年2月

3) Environmental Concentration of Mercury Along the Kapuas River 、West Kalimantan : Environmental Management Center (PUSARPEDAL)、Environmental Empact Management Agency(BAPEDAL) 、August、1995年

4) Report on EMC Project to Strengthen Environmental Monitoring Capacity : Environmental Management Center (PUSARPEDAL)、Environmental Empact Management Agency(BAPEDAL) 、December、1995年

5) KEPUTUSAN - MENTERI NEGARA KEPENDUDUKAN DAN LINGKUNGAN HIDUP 、NOMOR:KEP-02/MENKLH/Ⅰ/1988
TENYANG PEDOMAN PENETAPAN BAKU MUTU LINGKUNGAN BADAN PENGENDALIAN DAMPAK LINGKUNGAN、1992

6) DECREE OF THE STATE MINISTER FOR POPULATION AND ENVIRONMENT、 NUMBER: KEP-03/MENKLH/Ⅱ/1991

7) RE:EFFLUENT QUALITY STANDARDS FOR EXISTING OPERATIONS、 Environmental Empact Management Agency(BAPEDAL) with Environmental Management Development in Indonesia(EMDI)、 1990

以下、白山　肇が関係したものを下記に列記する。

(2) 参考文献

1) シラヤマ・ファミリーの夢：地方自治研修－国際協力の現場から、環境庁編、1994 年 11 月

2) 総合報告書：JICA、1995 年 2 月

3) ジャカルタの水環境：全国公害研究会誌、1995 年 6 月

4) 環境分野の国際協力活動：富山県環境科学センターだより、1995 年 9 月

5) 環境分野の技術協力：JICA 帰国専門家連絡会会報 1996 年 3 月

6) インドネシアの環境事情：共生－環境と人との共生、第 21 号、(財) とやま環境財団、1996 年 10 月

(3) 学会発表

1) インドネシアにおける水環境の現状と今後の課題：第 28 回日本水環境学会、宇都宮、1994 年 3 月

2) インドネシアにおける環境技術協力：第 6 回世界湖沼会議－霞ヶ浦、土浦、1995 年 10 月

3) インドネシアにおける環境技術協力：第 30 回日本水環境学会、福岡、1996 年 3 月

(4) 講演

1) 水が怖い：いのちシンポジウム、富山 YMCA、1995 年 3 月

2) インドネシアにおける技術協力：富山県試験研究機関研究会ニュー・サイエンス、1995 年 7 月

3) ンドネシアにおける水環境：富山県 JICA 派遣専門家 OB 会、地球メッセージ、1995 年 7 月

4) 近な地球環境問題：富山県きらめきエンジニア、富山市立藤の木小学校、1995 年 10 月

5) 例研究（インドネシア環境管理センター）：平成7年度技術協力専門家養成研修、JICA 国際協力総合研修所、1995 年 11 月

6) 途上国における環境問題の現状と国際協力：環境公害関連技術者交流会、新潟県衛生公害研究所、1996 年 7 月

2. 効果的な技術移転事例

2.1 亜熱帯地域にふさわしい BOD の簡易分析方法の開発

2.1.1 技術概要

BOD（ Biochemical Oxygen Demand の略、生物化学的酸素要求量ともいう）は、試料水中に存在する有機物が、微生物によって好気的な条件下で分解・安定化されるあいだに消費する酸素の量のことである。これは、一定期間（一般には 5 日間）試料水を一定温度（20℃）で密閉容器中に保った場合の溶存酸素の減少量で表される。試料水中の溶存酸素量以上に酸素を消費する場合には、試料水を希釈水で適度に希釈して酸素の消費量を求める。

有機物の分解に伴う酸素消費の過程は、2 段階に分けられる。第 1 段階は、主に炭水化物など炭素、水素からなる有機物の分解で、20℃では 5～10 日間程度で終了する。第 2 段階は、主に窒素化合物の分解で、約 20 日間で安定する。5 日間 BOD(BOD_5)は、この第 1 段階の有機物の分解作用による酸素消費量を示そうとするもので、わが国のように河川の流下時間が短い場合は、BOD_5 で河川での酸素消費の目安とすることができる。分析上の留意点のいくつかを下記に記す。

- アルカリまたは酸を含有する試料水は、塩酸または水酸化ナトリウムにより、試料の pH を約 7 に調節する。
- 残留塩素などの酸化性物質を含有する試料水は、亜硫酸ナトリウムを適量加えて還元する。
- 硫化物、鉄（Ⅱ）、亜硫酸塩などの還元性物質を含有する試料水は、短時間に化学的に溶存酸素を消費するので、15 分間の酸素消費量として生物化学的酸素消費量とは区別して、IDOD（ Immediate Dissolved Oxygen Demand ）で示す。

2.1.2 導入目的

日本の無償資金協力によるプロジェクトタイプ技術協力によって、「インドネシア環境管理センター（EMC）」プロジェクトが、1993 年 1 月から 5 年間のスキームでスタートした。EMC の主たる機能は、

■環境モニタリングの確立

■環境情報システムの確立

■環境トレーニングコースの確立

の3つである。また、水質課にとっての活動のトッププライオリティは

■ EMCカウンターパートに対する分析技術の移転

■インドネシアの水環境の現況を把握するための調査を企画、実施

■研究テーマの提案、実施

である。BODは河川汚濁の指標として重要な項目の一つであり、「亜熱帯地域にふさわしいBODの簡易分析方法の開発」は、水質課にとって環境モニタリングを実施するうえで緊急な行政的課題である。また、インドネシア国内だけではなく、亜熱帯諸国にとっても共通の分析課題である。

BODの分析マニュアル（アメリカのSM法： Standard Method、日本のJIS法：Japanese Industrial Standard、インドネシアSNI法： Standard National Indonesia ）を作成し、分析技術の移転を進める段階で毎朝の小会議を通して、カウンターパートから「 インドネシアの多くの河川水温は、年間を通して 30℃前後であるのに何故 20℃に冷やすのか？」という疑問が出されていた。この疑問に答えるため、水質課の研究テーマとして提案、実施したものである。

2.1.3 技術的問題点と解決策

簡便で安価なそして亜熱帯地域にふさわしい分析方法を開発するためには、順序だてた問題点の整理と具体的な解決策である。ここでは問題点を大きく次の3点に絞った。

■サンプリング地点の選定方法

■採水現場及び試験室での測定方法

■分析技術の開発方法

(1)サンプリング地点の選定

ジャカルタ特別区を南北及び東西に流れるチリウン川及びムッカーバルト川は、インドネシアを代表する都市河川である。両河川とも汚濁は深刻であり、その原因としてチリウン川の場合、都心に位置する大型のホテル、高級マンション、オフィスビル等からの雑排水、一方ムッカーバルト川の場合、周辺に位置する繊維、パルプ、金属製品、電気製品及び食料品製造業等といった事業所からの排水と考えられる。本研究結果を実試料に適用させるために、試験試料にこれら二河川を含む四河川から7地点を選んだ。

(2) 採水現場及び試験室での測定

採水現場では、pH、DO、水温を測定し、採水後 1～2 時間以内に試験室に持ち帰り、直ちに COD を分析し、その値から BOD の希釈倍数を 2 通り決定した。

(3) 分析技術の開発

a. 温帯及び亜熱帯地域における河川水温の比較

発展国で温帯地域に位置する国では、20℃で 5 日間放置したときに消費された溶存酸素で BOD 値（BOD_5、20℃）を示している。国際的な河川汚濁を比較する時にも、この値が使われている。両地域における河川水温の比較を**表 8.4** に示した。

表 8.4 温帯及び亜熱帯地域の河川水温の比較

地域 / 項目	温帯地域	亜熱帯地域
国名	日本、アメリカ等	タイ、インドネシア等
季節	春、夏、秋、冬の四季	雨季と乾季の二季
河川水温	夏季と冬季との水温差が大きい 富山の例：3～25℃	両季の水温差は小さい インドネシアの例：26～31℃
分析方法	国際的標準方法 (20℃、5 日間法)	温帯地域の方法に準拠 (SNI)

これによると、年間の河川水温の差が両地域で大きく異なる。亜熱帯地域に共通していえることは、1 年を通しての河川水温の差は非常に小さく、また河川水温も 30℃前後と高いのが特徴である。

b. 培養温度及び培養日数

温帯地域では、冬季における河川水温を考慮して培養温度を 20℃、また測定値が安定して再現性のよい結果を得るため培養日数を 5 日間と定めた。しかし、亜熱帯地域では、上述したように河川水温が 30℃前後あることから、20℃が好気性の微生物の活動にとってふさわしい環境であるのか、また安定かつ再現性のよい結果を与える日数が 5 日間であるのかが疑問である。そこで亜熱帯地域にふさわしい培養条件をさがすために、以下の 3 通りの培養の温度条件を設定し、各温度における BOD 値の日変化を 7 日間測定した。

ア. 国際的な標準方法である 20℃

イ. 簡便法である試験室内の温度 27.5℃（EMC の 1 日の平均室温）

ウ. インドネシアの年間河川水温の平均値に近い 30℃

ここでイ. の方法は、インキュベータ等恒温槽による温度調節を必要としない簡便な方法である。

c. 試験試料

試験試料を四河川 7 地点から採水した。各採水地点の概要を**表 8.5** に示した。上記 7 地点について、平成 5 年には延べ 21 回、平成 6 年には延べ 26 回の試験を実施し、2 年にわたり計 47 回の試験を実施した。

これによると、BOD 値は 2(mg/l)から 160(mg/l)と広い濃度範囲に及んでいた。

表 8.5 採 水 地 点 の 概 要

河 川 名	地点番号	汚濁進行の程度	ＢＯＤの値 (mg/l)	位　置
チリウン川	A	深 刻	8～18	ｼﾞｬｶﾙﾀ市の中心
	B	進 行 中	5～14	ＡとＣとの中間点
	C	進 行 中	2～14	市南東地区住宅街
クルクット川	A	進 行 中	3～10	市南部住宅街
ムッカー	A	深 刻	12～52	市西部
バルト川	B	深 刻	100～160	工業地帯
ムンチュル川	A	清 浄	2～4	市郊外田園地区

d. 実験結果

ア. BOD 値の日変化

1 例として 1993 年 5 月に採水した試料について、3 通りの培養温度での 7 日間に及ぶ BOD 値の日変化を **図 8.1** に示した。

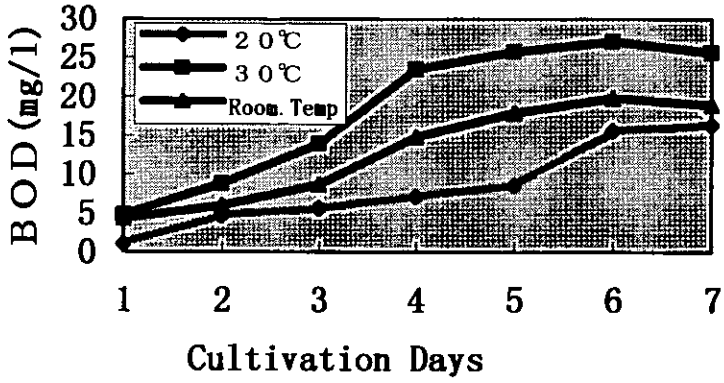


図 8.1 チリウン川マンガライ地点における 20℃、室温及び 30℃での BOD 値の日変化

(注) 1採水地点：チリウン川のA地点、
(注) 2採水現場での測定結果：pH7.5、気温 34.5℃、水温 29.0℃、DO5.7(mg/l)
(注) 3試験室での測定結果：COD11(mg/l)

イ.3通りの培養温度における培養日数

1994 年に実施した 21 回の試験について、図 1 と同様の図を作成し、その結果を整理し、3通りの培養温度における培養日数を**表 8.6** に示した。

表 8.6　3通りの培養温度における培養日数

培　養 温　度	第1段階の分解に要する培養日数（日）	BOD5、２０℃値に近い値となる培養日数（日）	備　考
２０℃	７日 以上	――	標準法
27. ５℃	７日	３日	簡便法(室温)
３０℃	７日	３日	３０℃法

以上の結果から分かったことは、

■第一段階の分解（炭素系化合物）に要する培養日数は、室温（27.5℃）及び 30℃で 7 日であった。しかし、20℃では 7 日以上何日であるかは今回の試験では明らかにすることは出来なかった。

■標準法である BOD_5、20℃値に近い値となる培養日数は室温及び 30℃とも 3 日であった。

ウ.1994 年に実施した 21 試験水の調査結果

1994 年に実施した三河川 21 の試料水における 20℃、室温及び 30℃の培養温度に対する BOD 値を**表 8.7** に示した。

表 8.7 1994 年に実施した 21 試料の 20℃、室温及び 30℃での BOD 値

（単位は全て mg/l）

Sampling		BOD values (mg/l)		
Date	Site	BOD5、 20℃	BOD 3、 room temp.	BOD3、30℃
May 4	Manggarai	8.6	8.7	14
May 11	Manggarai	8.3	7.8	8.3
May 13	Cilandak	2.8	2.0	3.5
May 27	Manggarai	5.9	6.4	7.5
June 10	Manggarai	18	16	22
June 17	Cilandak	7.6	7.3	8.0
June 24	Manggarai	9.2	8.8	11
July 1	Cilandak	7.6	6.8	8.0
July 8	Manggarai	11	8.9	13
July 15	Cilandak	5.2	4.4	5.3
July 22	Manggarai	17	15	17
Aug. 12	Cilandak	9.6	5.7	10
Aug. 26	Cilandak	9.3	7.3	11
Sept. 2	Manggarai	11	7.0	12
Sept. 16	Manggarai	14	14	17
Sept. 23	Cilandak	9.1	7.8	6.9
Oct 7	Manggarai	9.6	11	11
Oct 14	Cilandak	8.1	9.2	11
Nov. 18	Cilandak	8.4	9.6	10
Nov. 25	Muncur	4.0	3.9	7.1
Dec. 2	Cilandak	10	11	11

（注１）$BOD_{5,20℃}$は、20℃、5 日間法による BOD 値である。

（注２）$BOD_{3,室温}$は、室温、3 日間法による BOD 値である。

（注３）$BOD_{3,30℃}$は、30℃、3 日間法による BOD 値である。

エ. 1995 年に実施した 26 試験水の調査結果

1995 年に実施した三河川 26 の試料水における 20℃及び室温の培養温度に対する BOD 値を**表 8.8** に示した。

表 8.8 1995 年に実施した 26 試料の 20℃及び室温での BOD 値

(単位は全て mg/l)

Sampling Date	Site	BOD values (mg/l) BOD5 、 20℃	BOD 3、 room temp.
June 2	Tj. Barat	4.0	5.5
June 23	Mookervart-1	12	9.0
July 7	Mookervart-1	17	16
July 20	Kp. Melayu	7.2	9.5
July 21	Mookervart-1	33	34
July 21	Mookervart-2	100	100
Aug. 11	Tj. Barat	1.8	2.6
Aug. 11	Kp. Melayu	4.7	6.0
Aug. 25	Tj. Barat	6.4	7.3
Aug. 25	Kp. Melayu	5.9	7.3
Sept. 1	Mookervart-1	36	39
Sept. 1	Mookervart-2	160	170
Sept. 8	Tj. Barat	6.0	6.7
Sep. 8	Kp. Melayu	14	15
Sept. 15	Mookervart-1	52	58
Sept. 22	Kp. Melayu	9.2	10
Sept. 22	Tj. Barat	12	13
Sept. 29	Mookervart-1	28	31
Sept. 29	Mookervart-2	100	120
Oct. 6	Kp. Melayu	12	14
Oct. 6	Tj. Barat	14	16
Oct. 13	Mookervart-1	28	31
Oct. 13	Mookervart-2	57	60
Oct. 19	Kp. Melayu	14	13
Oct. 19	Tj. Barat	7.3	7.2
Oct. 26	Mookervart-2	23	25

(注 1) $BOD_{5,20℃}$は、20℃、5 日間法による BOD 値である。
(注 2) $BOD_{3,室温}$は、室温、3 日間法による BOD 値である。

e. 解析結果

標準法と簡便法及び 30℃法との間の相関をみるために、統計処理を行った。

ア. 1994 年に実施した 21 試料について

標準法による値（BOD_5、20℃）と簡便法による値（BOD_3、Room Temp.）との相関図を **図 8.2** に、また 30℃法による値（BOD_3、30℃）との相関図を **図 8.3** に示した。いずれの回帰直線も原点を通り、また傾きも 1 に近く、相関係数 R^2 は 0.83 及び 0.85 と高いことが分かった。特に室温による簡便法は、インキュベータ等分析に必要な高額な機器がいらないことから、開発途上国にとって有効な方法である。

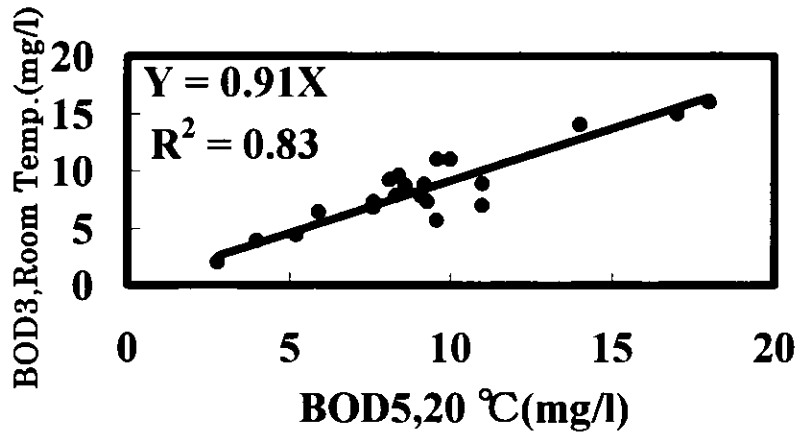


図 8.2　21 試料の 20℃、5 日間法による BOD 値と室温、3 日間法による BOD 値との相関

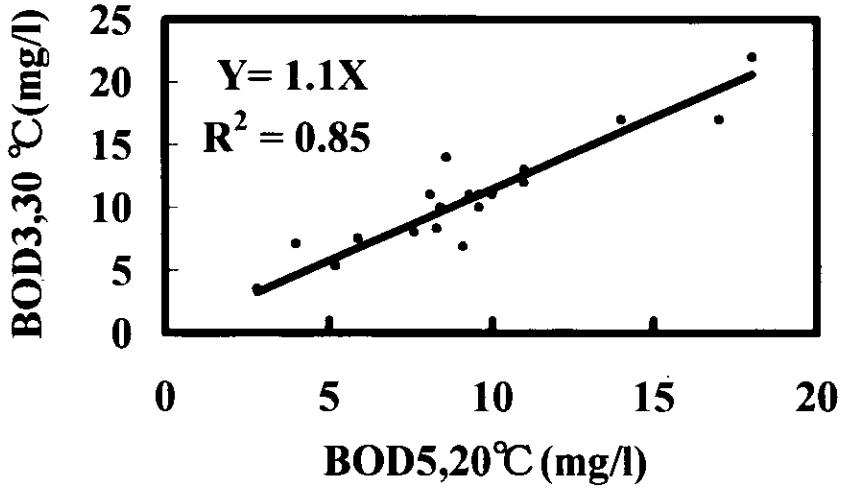


図 8.3　21 試料の 20℃、5 日間法による BOD 値と 30℃、3 日間法による BOD 値との相関

イ. 1994 年及び 1995 年に実施した 47 試料について

簡便法の有効性を更に科学的に明らかにするために、1995 年に実施した 26 試料を加えて計 47 試料について、標準法による値（BOD_5、20℃）との相関を調べた。その結果を**図 8.4** に示した。

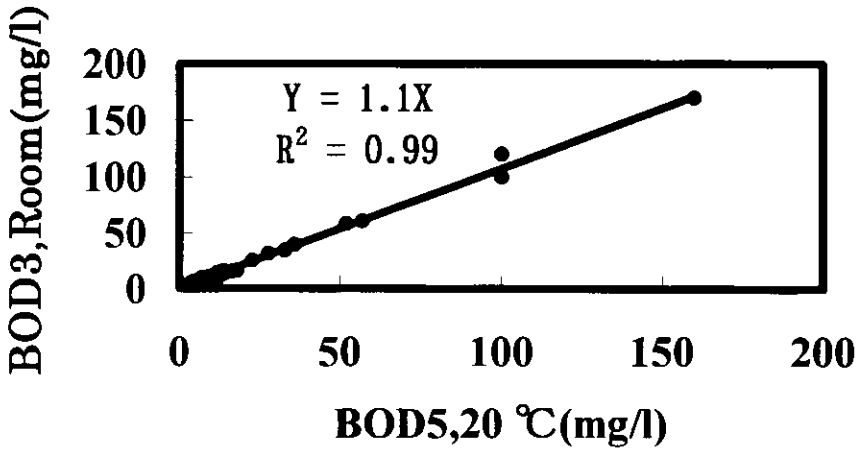


図 8.4　47 試料の 20℃、5 日間法による BOD 値と室温、3 日間法による BOD 値との相関

回帰直線式は Y＝1.1X であり、相関係数 R^2 は 0.99 と非常に高く両者の間には強い相関のあることが分かった。

2.1.4 現時点での評価及び今後の課題

(1) 現時点での評価

これまでの温帯地域における BOD の分析方法（標準法）による値と比較可能な簡便な方法を開発した。

a. 試験室内で光を遮断できるダンボール箱等の簡単なものを利用して、3 日間保存する方法である。この方法では、インキュベータ等高額な機器を必要とせず、培養日数も 3 日間と短縮できるところに特徴がある。経済性、能率性の両面から評価できる。

b. 広大なインドネシアには 27 州の行政区画がある。各州には、それぞれ試験研究機関があり一部環境調査を実施している。開発した簡便法は、こうした地方の試験研究機関でも容易に分析可能な方法として評価できる。

c. インドネシア国内にとどまらず、東南アジアをはじめとする亜熱帯国共通の分析方法として期待できる。

(2) 今後の課題

a. 亜熱帯地域の河川環境にふさわしいBODの測定方法の開発に努める

採水地点の選定、試料の運搬・保存（広い国土を考慮）、採水時期（乾季と雨季）及び頻度、採水現場での調査項目、そして試験室での分析方法の開発である。今回の実験では、温帯地域で実施している分析方法による値と比較可能な簡便な方法を開発した。今後は、測定値が安定して再現性の良い結果を得るための培養日数を決定することである。このことについては、引き続き実験を継続しているところである。

b. インドネシア国内の普及に努める

地方の試験研究機関に、この簡便法を普及し測定例を蓄積する。このことについては、平成7年1月にEMCでローカルラボの職員を対象とした第1回のワークショップを、また平成8年1月には第2回目を開催し、普及に努めているところである。

c. 国際的な普及に努める

亜熱帯国共通の分析課題として、近隣諸国へ働きかけ国際会議を開催し、討議の場を設ける。そこで分析方法の公定化を目指し、近い将来の実現化に努める。このことについては、平成8年6月にシンガポールで開催された第18回国際水環境会議で発表し、普及に努めてきたところである。

インドネシアでは、「AQUA」に代表される飲料水が売られている。これら「AQUA」等は、河川水や地下水の清水を供給源として製造されている。私もインドネシアの第二の都市スラバヤから約150Km離れたマランに行く機会があった。そこを流れる河川は川底まできれいにみえ、人々が気持ちよさそうに水浴をしていた。また湧水群が存在し、その清水を利用してワサビを栽培していた。まさにきれいな水と神々しい太陽という自然の恩恵を十分に活用した生活を目のあたりにし、感動を覚えた。

ジャカルタの中心を流れるチリウン川は、源流をボゴールからさらにプンチャック峠に遡り、ジャカルタ市内を南北50Km縦断し、ジャカルタ湾に注いでいる。河川の両岸で生活している人々は、この川の水を水浴、洗濯、トイレに至る貴重な生活用水として利用している。しかし、地方から入り込んでくる居住民の生活様式が多様なため環境教育が十分いきとどかず、河川が一般廃棄物の処理場として使用されているのが現状である。

ジャカルタでの下水道普及率は5％といわれているが、ほとんど皆無に近い。インドネシア政府は、プロカシと呼ばれる河川浄化プログラムを策定し、3年間でBODの負荷量を半

減させるのを一つの目標にしているが、汚濁の進行はとまっていない。進行しつつある汚濁を抑えるには、発生源として大きく寄与している事業所排水に法的な規制を加え、監視を強化することや下水道の整備が必要不可欠と考えられる。

このように深刻な水質汚濁を改善する作業は、インドネシア政府にとって一大事業となっており、日本からの技術協力が期待されている。

2.1.5 日本の技術との相違点

日本及び欧米等の発展国の河川環境の特徴は以下の通りである。

■河川の流下時間が短い。

■河川水温の差が、季節に応じて数℃から30℃と大きい。

河川汚濁の指標としてBODが広く採用され、培養温度20℃及び培養日数5日間が測定法として標準化されている。

一方、インドネシア等亜熱帯諸国の河川環境の特徴は以下の通りである。

■河川の流下時間が長い。特に河口水域では、この傾向が顕著である。

■河川水温は1年を通して30℃前後と変化がほとんどない。また水温自身が30℃と高いところに特徴がある。

従って、これらの河川環境の違いを考慮に入れたBODの分析方法が公定法として採用されなければならない。現時点までに検証できたことは、日本及び欧米等の標準法で測定された値と比較する方法を開発したことである。その特徴は、以下に示す培養条件の違いである。

■培養温度を20℃から室温に変更。

■培養日数を5日間から3日間に短縮。

2.1.6 関係情報源情報一覧

2.1.1 **技術概要**で引用した参考書は以下の通り。

1)水の分析（第4版）：日本分析化学会北海道支部編、化学同人、1994年

2)公害防止の技術と法規水質編（5訂）:公害防止の技術と法規編集委員会編、(社)産業環境管理協会、1995年

3)解工場排水試験方法(改訂2版) －JIS K 0102の解説：編集委員長　並木 博（財）日本規格協会、1993年

参考図書

1)新版「BOD 試験法解説」：萩原　耕一、績文堂刊、1977 年

参考文献

1)インドネシア環境管理センター概要（ジャカルタ）：JICA プロジェクトタイプ技術協力チーム、1995 年

2)Development on a Simplified Analytical Method of BOD Appropriate to the Tropical Environment : H. SHIRAYAMA　&　A. PRAJANTI、Water Quality International '96（Singapore）、1996 年

3)熱帯地域にふさわしい BOD の簡易分析方法の開発：白山　肇、富山県環境科学センター年報、第 29 号、1996 年

4)熱帯地域にふさわしい BOD の簡易分析方法の開発：白山　肇、「水」、第 39 巻、1 月号、1997 年

2.2 COD の測定法技術の移転

2.2.1 技術概要

COD（Chemical Oxygen Demand、化学的酸素要求量ともいう）とは、一定の強力な酸化剤を用いて一定の条件で試料水を処理した場合に、消費される酸化剤の量を求め、それを対応する酸素の量に換算して表したものであり、試料水中に被酸化性物質がどのくらいあるかを示すものである。

被酸化性物質としては、各種の有機物、亜硝酸塩、鉄（II）塩、硫化物などが考えられるが、特殊な水を除けば有機物が主要なものであって、COD を有機物量の相対的な比較の尺度と考えてもさしつかえない場合が多い。

COD の定量法においては、酸化剤の種類と濃度、酸化の温度及び時間などの条件によって、あるいは一定条件のもとでも有機物の種類と濃度によって、酸化率は異なってくる。定量方法と条件の選択は、調査の目的と COD の意義に関連するとされている。

COD 試験のうち、排水及び環境水については、過マンガン酸カリウムを酸化剤とし、酸性で酸化する方法、同じ酸化剤でアルカリ性で酸化する方法及び二クロム酸カリウムを酸化剤とし、強酸性で酸化する方法が代表的である。最近では、有機物量の指標として、有機炭素量を用いることもある。これら四つの方法及び BOD 法による測定値の比較をした横浜市の検討例を**図 8.5** に示した。

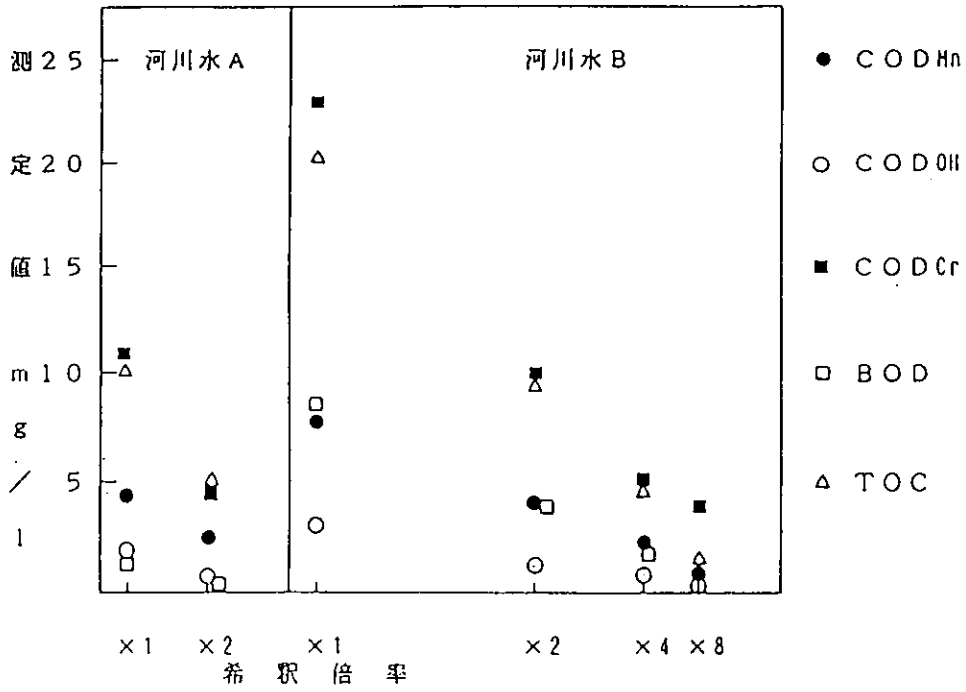


図 8.5 COD の各種分析方法による比較

図中の各記号の意味は、

COD Mn ：酸性過マンガン酸カリウム法

COD OH ：アルカリ性過マンガン酸カリウム法

COD Cr ：強酸性二クロム酸カリウム法

TOC ：有機体炭素法

これによると、

- 希釈倍数によって値が大きく異なる。
- COD Cr 法と TOC 法は最も高く、両者の値はほぼ一致する。
- COD Mn 値は COD Cr 値の約 1/2 である。
- COD OH 値は最も小さい。
- BOD による値は、河川水 A では COD OH 値に近く、河川水 B では COD Mn 値に近い。

2.2.2 導入目的

EMC カウンターパートの分析技術力を把握する目的で導入した。上述したように COD といっても一義的なものではなく、測定対象である被酸化物質の内容や測定方法の違いによってその値が異なるものである。その中、二クロム酸カリウム法は世界で広く用いられている方法である。

ここでは二クロム酸カリウム法と対比し、以下の 3 つの理由により現在日本で広く用い

られている過マンガン酸カリウム酸性法を選択した。

■有機物全量を汚濁指標にしなくても、有機物量の相対的な比較をすることで汚濁の度合いを充分に考慮できる。

■再現性もよく、簡便な分析操作である。

■分析後の廃液の取り扱いが容易である。

また、二クロム酸カリウム法では塩化物イオンの影響が大きく、海水試料等では硫酸水銀の添加によっても完全にマスキングすることは困難であるとの報告もある。

2.2.3 導入方法

実試料水の試験にはいる前に、英文によるマニュアルをカウンターパートに与え、熟読するよう指導した。試験対象試料水は、ジャワ島西端に位置するリゾート・ビーチであるチャリタ・ビーチの海水であった。1993年8月24日にサンプリング方法を指導するとともに、4地点の現場でpH、水温、DO、濁度、塩分等の基礎項目を測定した。これらの値は、いずれもきれいな海水を代表するものであった。試験室に持ち帰り直ちに分析を開始したが、カウンターパートの分析技術力を把握するためあえて指導することを避ける方法をとった。翌日に、分析結果77mg/lの報告を受けて愕然とした。ある程度の経験者であれば、現場の海水を見て何mg/lか予想するか又は汚濁の質の認識ぐらいは可能である。この時点におけるカウンターパートの環境水質を観る目はほとんど皆無といってよかった。この現状を踏まえて彼等の分析操作を追跡した結果、下記にあげるいくつかの誤りを指摘することができた。

■試料水を100倍に希釈していた。

■BL値（ブランク値）が高すぎた。

■加熱方法が不十分であった。

これらの改善方法として、

■希釈操作をしないこと。

■BL値をさげるため、使用する水の純度をあげること。このために、蒸留装置で作った水を再蒸留すること。

■加熱装置を点検し、三角フラスコの試料部が完全に沸騰浴場に浸堰させ、加熱が充分であることを確認すること。

■マスキング剤の硫酸銀を１０ｇ添加すること。

である。改善方法を確実に実行させるため、手取り足取りの指導となった。2回目で多くの改善がみられたが、まだ真値とは差があり更に繰り返して試験するよう指導した。その結

果、3回目で0.2～1.2mg/lと納得できる値を得ることができた。この試験を通して、以下にあげるいくつかの指導方針を見いだした。

■分析マニュアルを早急に作成すること。

■分析マニュアルをうのみにする傾向があるので、各操作方法について一緒に議論を重ね理解・納得が得られたうえで、その問題点や留意点について整理し、きちんとまとめること。

■ピペットの使い方、ビュレットの読み方等々、実験に関する細かい初歩的なところからの指導が必要であること。

■得られた数値に対する客観的評価を理解させること。例えば、BL値、定量限界、有効数字、異常値の発見等。

■高度な機器分析を「分析の神様」と思っているので、神格化されたこの考え方を打破すること。機器の原理等を充分理解し、特徴を把握して有効に利用すること

■分析方法の指導は、容量分析や重量分析といった基礎的な分析技術からはじめ、次に器機分析に進めるといったプロセスが大事であること。

■カウンターパート一人一人の1993年6月から年末にかけての研修・会議・国外出張等のスケジュールがぎっしりとつまっており、分析技術移転のための時間が充分とれないことから効率的な指導が要求されること。

2.2.4 成果と課題

得られた成果は以下の通りであった。

■カウンターパートの分析技術力が低いことから、初歩的な分析技術からの指導が要求された。

■技術移転にあたっては、問題点・留意点についてよく説明し、また質問等には相手の納得のいく回答をすることが大切である。

■使用する水の純度をあげるための手作りの蒸留装置が必要となり、現地で器材等が対応可能な簡便で安価な蒸留装置を作った。

2.2.3 導入方法で述べたように、今後の指導方針の多くを見つけることができた。

課題は以下の通りである。

(1)分析操作の留意点として

■汚濁の進んだ試料水の希釈倍数に注意する。加熱反応後の過マンガン酸カリウム残存量を5ml前後とする。

■海水試料100mlに対しては、マスキング剤である銀塩を10g以上添加する。

■その他ブランクテスト、加熱時間の厳守等分析条件を一定にする。

(2)インドネシアをはじめ国際的なCODの分析方法としては、二クロム酸カリウム法が採用されている。過マンガン酸カリウム酸性法のインドネシア国内採用にあたっては、実試料での両者の比較・検討を実施しデータを積み重ね、科学的な相関を見る必要がある。

2.2.5 日本の技術との相違

国際的なCODの分析方法としての強酸性二クロム酸カリウム法に比較して、日本では酸性過マンガン酸カリウム法が採用されている。この他に有機性汚濁指標としてアルカリ性過マンガン酸カリウム法や有機炭素量法も使われている。ここで各測定方法の特徴を列記すると以下の通りである。

a. 酸性過マンガン酸カリウム法：酸化率は安定しており、変動も小さく有効な方法である。廃液処理の心配もなく簡便な方法であり、相対的な有機性汚濁指標として有効である。

b. 強酸性二クロム酸カリウム法：酸化率は高いが、変動がやや大きい。分析時間が長く、また水銀を使用するため廃液処理が必要となり、日常的な分析方法としては問題が残る。有機物全量を表す指標としては有効であるが、海水試料には不適であるといわれている。

c. アルカリ性過マンガン酸カリウム法：酸化率が低く、変動も大きい。酸性過マンガン酸カリウム法に比べて煩雑な分析操作である。海水試料に採用している場合がある。

d. 有機炭素量法：感度、精度及び操作の点ですぐれているが、海水試料には適さない。

2.2.6 関係情報源一覧

2.2.1 **技術概要**及び**日本の技術との相違**で引用した参考書は以下の通り。

1)の分析（第4版）：日本分析化学会北海道支部編、化学同人、1994年

2)質分析方法検討試験（低濃度の有機性汚濁の分析に関する検討）：横浜市、1989年

3)OD（酸性－Mn法）測定法の再検討：石原　豊　他、水処理技術、1978年

2.2.3 **導入目的**で引用した文献は以下の通り。

1)場排水試験方法（改訂2版）：並木　博、（財）日本規格協会 1993年

2.3 納入機器研修に係る技術の移転

2.3.1 技術概要

EMC に納入された各課共通の分析機器の概要を以下に簡単に記す。

(1) 分光光度計 (Spectrophotometer)

a. 紫外－可視分光光度計 (UV/VIS Spectrophotometer) ：単光束方式 (Single Beam) と複光束方式 (Duble Beam) とがある。複光束方式は、測定時における外的変動の影響が小さい。タングステンランプは 320 nm 以上の連続スペクトルを放出するので可視～近紫外部、重水素放電管は 160～400 nm の連続スペクトルを放出するので紫外部の光源として用いられている。水質関係の測定項目としては、フェノール類、ホルムアルデヒド、残留塩素、ふっ素化合物、よう化物イオン、シアン化合物、硫化物イオン、硫酸イオン、アンモニウムイオン、亜硝酸イオン、硝酸イオン、有機体窒素、全窒素、全リン、ほう素、各種の金属等に幅広く使用されている。

b. 赤外分光光度計 (Infra Red Spectrophotometer) ：分散形 (Dispersion) とフーリエ変換形 (Fourier Transform) とがある。分散形はプリズムや回折格子などを用いたモノクロメーターで構成され、フーリエ変換形は干渉計やプリズムを得るための演算器などで構成されている。波数 4、000～400cm-1 領域の測定が可能で、水質関係の測定項目としては四塩化炭素抽出物質や炭化水素及び動植物油脂類の分析に使用される。

c. 蛍光分光光度計 (Fluorescence Spectrophotometer) ：185～1、200 nm における蛍光の強度を測定し、これによって無機物及び有機物の分析を行う。ベンゾ(a)ピレン等多環芳香族炭化水素類の分析に使用される。

(2) 原子吸光光度計 (Atomic Absorption Spectrotometor)

試料を適当な方法で原子蒸気化し特定波長を利用して吸光度を測定し、試料中の元素濃度を測定する方法である。微量の金属元素の定量に広く用いられている。

a. フレーム原子吸光分析計 (Flame Atomic Absorption Spectrometry) ：フレーム中に試料溶液を噴霧して原子蒸気を生成させ、測定する一般的な方式である。

b. 電気加熱方式原子吸光分析計 (Electrothermal Type Atomic Absorption Spectrometry) ：フレームの代わりに黒鉛、耐熱金属などの発光体を用いて原子蒸気を生成させ、測定する方式である。フレーム法に比べて著しく感度が高いのが特徴であるが、共存成分による干渉が大きいので、その心配のない試料に適用する。フレームレス法ともいわれている。

c.水素化物発生装置（ Device for Producing the Hydride by Reduction ）：

試料溶液中の分析対象成分（ひ素、セレン、アンチモン等の化合物）を還元して水素化物とし、フレーム又は加熱吸収セルに導入させる装置である。

(3)ガスクロマトグラフ（ Gas Chromatograph ）

気体試料や気化した液体試料などをキャリヤーガスによってカラム内で展開させ、気体の状態で通過させて各成分に分離、定量する方法である。アルキル水銀、塩素化炭化水素、農薬などの測定に使われる。カラムには充填カラム（Packed Column）とキャピラリーカラム（Capillary Column）の二通りあり、検出器には対象物の特性に応じて熱伝導度検出器（TCD：Thermal Conductivity Detctor）、水素炎イオン化検出器（FID：Flame Ioization Detctor）、電子捕獲検出器（EDD：Electron Capture Detctor）、炎光光度検出器（FPD：Flame Photometric Detctor）、アルカリ熱イオン化検出器（FTD：Flame Thermoionic Detctor）等がある。

(4)高速液体クロマトグラフ（ High Speed Liquid Chromatograph ）

充填剤を充填したカラム（固定相）に溶離液（移動相）を高圧で送液し、その中に少量の試料を注入すると、試料成分は両相との相互作用によって分離される。紫外吸光検出器が一般的であり、農薬分析に用いられる。

(5)イオンクロマトグラフ（ Ion Chromatograph ）

高速液体クロマトグラフ法の一つのタイプとして急速に展開されている。陰イオン及び陽イオンの測定に使われ、一般的な検出器として電気伝導度型がある。方式には、分離カラムとサプレッサー（除去カラム）を用いるダブルカラム方式と分離カラムだけのシングルカラム方式がある。

(6)ガスクロマトグラフ質量分析計（Gas Chromatograph Mass Spectrometer）

溶液、気体などの試料をガスクロマトグラフ質量分析計に導入し、GCで各成分を分離し、イオン源でイオン化され質量分離部で電場や磁場によって質量数(m/z)に応じて分離される。塩素化炭化水素、農薬などの微量で複雑な成分を含む試料の分析に有力である。

(7)蛍光X線分析計（ X-Ray Fluorescence Analyzer ）

試料中の元素にX線を照射して内殻電子が放出されるとき出る各元素特有の蛍光X線の

波長あるいはエネルギーを測定して定量分析を行う方法。各元素を順次測定する波長分散型と多元素同時分析を行うエネルギー分散型とがある。

(8)走査型電子顕微鏡（ Scanning Electron Microscope ）

塊状、粉末などの試料の表面構造を立体的に細かいところまで観察することができる。生体試料の観察に有力である。

2.3.2 導入目的

1993 年 5 月に納入された分析機器の原理・操作方法及び保守管理をカウンターパートに知ってもらうことを目的とした研修が導入された。これまでは、機器納入業者及び現地代理店業者が中心となり実施していた。専門家は蚊帳の外であった。このため機器使用に関するトラブルや保守管理について、専門家の適切な指導に支障をきたすことが推測された。このような恐れを少しでも解消するために、専門家自身が研修の企画・運営に関わったのである。

2.3.3 導入方法

研修期間を 1993 年 6 月 23 日から 7 月 23 日までの 1 カ月とした。実施前に数回にわたる打ち合わせの会議を機器納入業者ともった。その結果以下の五つの事項について確認した。

a. 使用言語を英語とすること。

b. 9 種 20 台の機器を三つのグループに分けること。

c. 理論編と実技編を実施すること。

d. 指導者名とカウンターパートの担当する機器責任者を明確にすること。

e. 毎日の出席名簿を提出すること。

日本及びシンガポールからきた納入機器メーカーの説明者、現地にはりついた機器納入に関する責任業者、現地にある納入機器メーカー代理店そして専門家による共同作業が開始された。上記の 5 つの項目について、以下に詳述する。

a. 使用言語を英語とすること

EMC が国際的に自立するためにはカウンターパート一人一人の英語力を強化することが、EMC 活動のトッププライオリティの一つであるとの認識から使用言語を英語とした。事前の会議では、日本及びシンガポールからきた納入機器メーカーの説明者は英語で、現地にある納入機器メーカー代理店の説明者はインドネシア語をと英語とインドネシア語の二カ国

語併用という意見もあったが、マニュアル等機器説明に必要な言語が英語でもあり、また上述した理由により英語を採用した。

b.9種20台の機器を三つのグループに分けること

研修期間が諸般の理由で1カ月と限定されたことから、能率的で効果があがる手法を検討した。その結果、30人近くいるカウンターパートを機器の特徴から三つのグループに分け、各グループを10人前後で受講するよう指導した。

■ Aグループ：光度計群と呼び、紫外－可視分光光度計・赤外分光光度計・蛍光分光光度計・原子吸光光度計がこの群に含まれる。

■ Bグループ：クロマト群と呼び、ガスクロマトグラフ・高速液体クロマトグラフ・イオンクロマトグラフ・ガスクロマトグラフ質量分析計がこの群に含まれる。

■ Cグループ：その他群と呼び、蛍光X線分析計・走査型電子顕微鏡その他がこの群に含まれる。

c.理論編と実技編を実施すること

理論編は会議室を使って行われ、講師はO・H・P等を利用しながら実施した。実技は研究棟の各機器室で実施された。理論編を取り入れたのは、それぞれの機器についての原理や化学に関する一般法則の理解のためである。実技はもじどおり、実際の機器の操作方法、注意点、保守管理等の技術力を身につけるためである。

d.指導者名とカウンターパートの担当する機器責任者を明確にすること。

各機器の研修指導者を事前に業者からリストアップさせ、また機器の管理責任者を受講者であるカウンターパートから選び、それぞれの責任体制を明確にした。

e.毎日の出席名簿を提出すること

出席名簿に毎日の研修指導者及び受講者の氏名をサインし提出してもらった。出欠の有無のチェックをしながら、また研修の進捗状況を見極めて翌日のプログラムを吟味し決定した。

2.3.4 成果と課題

成果としては、

■ 三グループに分けて実施したことにより、各グループに属した機器の理論及び操作方法の学習に集中できた。

■ ラボ室の基盤整備（分析に必要な物品の購入、分析業務分担の決定、実験装置のレイアウト等）を確立できた。機器の管理責任システムを作ることができた。

■ 1993年8月12日に予定されていたEMCオープニングにおける機器のデモンストレーシ

ョンの準備に大いに役に立った。

課題としては、

- 1カ月と限られた期間に多くの機器を集中して実施したため、実際の使用の時には現地の代理店の協力が必要となった。
- 使用言語を英語としたが、現地の代理店スタッフはインドネシア人であるため実際は英語・インドネシア語の併用となり、英語だけの使用は貫徹できなかった。
- 機器の継続的な維持・管理をはかるには、更にきめ細かな日常の指導が必要となった。

2.3.5 関係情報源一覧

2.3.1 技術概要で参考にした図書は以下の通り。

1) 防止の技術と法規（五訂－水質編）：監修－通商産業省環境立地局、丸善、1995年

2) 工場排水試験方法（改訂2版）：並木　博、日本規格協会、1993年

3) 分析：JISハンドブック、日本規格協会、1992年

2.4 水環境調査方法技術の移転

2.4.1 技術概要

水質調査を実施するうえでの留意点を順を追って述べると、目的、方法及び内容の検討、区域、時間、時期、現地調査の実施、実験室における水質分析、測定結果の整理と検討、結論及び調査費用等である。

(1) 水質調査の目的

水質調査はさまざまな目的をもって実施される。大きく分けると学術的研究、実際的立場からの調査研究そして教育的立場からの調査研究である。EMCの活動にとっては、実際的立場からの調査研究が当面の行政的な課題である。この調査には、用水としての適否に関する調査、汚濁水の調査、自然環境保全のための調査等があげられる。

(2) 調査項目の選定

水質要素はできるだけ多数測定することが望ましい。手分析による項目としては、pH、SS、DO、COD、BOD等であり、機器分析項目としては重金属類、有機塩素系化合物、農薬類等がある。ポータブルタイプの機器を使って現場で測定できる項目としては、pH、DO、濁度、電気伝導率であり、実験室に持ち帰って分析する場合でも現場で適切な前処理を必要

とする項目がある。DO、CN、重金属類、油分等である。また、大腸菌や BOD 等の検体の運搬には冷媒をいれたクーラー等に保存することが重要である。

(3) 調査内容に応じた測定項目の選定

a. 水質の概略調査－外観（色、濁り、臭い、ごみ、泡、流速、護岸、河床の状況、川幅、深度、水草の有無等）、水温、pH、SS、DO、COD、BOD、電気伝導率等熟練者ならば現場で水をみるだけで、水質をある程度判断できる。水質調査の指導者は必ず現場を視察しなければならない。

b. 汚濁水の調査－水温、色、濁り、臭い、pH、SS、DO、COD、BOD、電気伝導率、窒素化合物、リン化合物、TOC、塩化物イオン、重金属、人為汚染の指標となる特殊物質等家庭雑排水、事業所排水、鉱山排水等の人為汚染源汚濁水や地質由来の自然汚染源調査がこれに該当する。

(4) 予備調査

定期的なモニタリング等調査を実施するうえで予備調査は必須である。採水地点の決定、調査規模等事前の情報の整備が大きく調査成果を左右するからである。

(5) 本調査

予備調査を経て、現場の確認・概念の把握後本調査を実施する。河川、海域、湖沼等の環境調査の場合、地点選定、点数、時期、頻度等それぞれにふさわしい理由がある。これらを充分に考慮して本調査を実施しなければならない。

(6) 結果と報告

測定結果を整理し、科学的結論を導き関係機関に報告することが調査を継続的に監視し、環境保全のための政策決定の重要なデータとなる。

以上の(1)から(6)までの各過程を分業するのではなく、カウンターパートひとりひとりが実行可能とする技術移転方法でなければならない。

2.4.2 導入目的

水環境モニタリングの実施は、インドネシアの水環境保全行政にとって 1990 年に設立した環境管理庁（BAPEDAL）の主要な任務であり、また EMC 活動の 3 大柱の一つであった。こ

れまで保健省、工業省、科学技術省、州政府及びジャカルタ特別区、スラバヤ、バンドン、メダン等人口が100万人を超える主要都市では、地方行政付属研究機関、大学、NGO等がそれぞれの立場で実施していた。測定されたデータはモニタリングする内容が異なることもあって一律ではなく、更に測定データに対する取り扱いや精度も一様でないことから信頼性にかける可能性が高い。

EMCでは、環境モニタリングの中心的機能を持つ技術センターとして、各省庁、自治体の研究機関とネットワークを作り、これらの機関に環境モニタリング業務を委託すると共に技術的な援助を与え、モニタリングのためのガイドラインを通じて全国一律の環境モニタリングが実施できるよう計画していた。

水環境モニタリングを実施し、できるだけ信頼性の高いインドネシアの水環境の実態を把握することも導入の目的の一つであった。

2.4.3 導入方法

(1) 予備調査

a. チリウン川の河川観察調査

1993年6月にチリウン川の上流から下流に至る10地点について、色、濁度、ごみ等浮遊物、臭い、流速、川幅、深度等を観察し、**表8.9**の現場記録野帳を作成するよう指導した。1993年9月には、上記10地点についてpH、DO、Turbidity、水温の4項目をポータブルタイプの機器を用いて現場で測定し、**表8.10**の現場記録野帳を作成するよう指導した。また12月に下流5地点について分析技術の移転が終了したpH、BOD、SS、DO及びTurbidity、水温の6項目を実験室で分析し、**表8.11**の分析結果表を作成するよう指導した。10地点の採水地点図を**図8.6**に示し、これらを今後のチリウン川環境モニタリング地点と位置ずけた。これらの結果を引き出すための現地調査には、専門家が毎回同行し細部にわたる指導が非常に大事である。

表 8.9 チリウン川の目視観測結果

Location Number	Name of Location	Visual Observation					
		Colour	Turbidity	Odour	Velocity	Width (m)	Depth(m)
No. 1	Pt. Marina	Dark Grey	High	like Oil & Fish	Slow	about 45	2 - 4
No. 2	JL. Gn. Sahari	Yellow	High - Middle	like H2S & Fish	Middle - Slow	about 20	2 - 4
No. 3	Manggarai	Dark Brown	High - Middle	like Fish	Middle	about 30	2 - 3
No. 4	Kp. Melayu Besar	Brown	High - Middle	Odourless	Fast - Middle	about 25	1 - 3
No. 5	Mt. Haryono	Brown	High - Middle	Odourless	Middle - Slow	about 20	1 - 3
No. 6	Kalibata	Dark Brown	High - Middle	Odourless	Middle - Slow	about 30	2 - 3
No. 7	Tj. Barat	Dark Brown	High - Middle	Odourless	Fast - Middle	about 35	2 - 3
No. 8	Pancoran Mas	Brown	Middle	Odourless	Fast - Middle	about 35	0.5 - 1
No. 9	Kd. Halang	Brown	Middle - Low	Odourless	Middle	about 35	1 - 3
No. 10	Kd. Badak	Brown	Middle - Low	Odourless	Fast - Middle	about 30	0.2 - 1.5

（注）6 から 10 までの地点は 1993 年 6 月 15 日に、その他の地点は 22 日に実施した。

表 8.10 チリウン川の水質分析結果（1993 年 9 月）

Location Number	Name of Location	Parameter			
		pH	DO (mg/l)	Turbidity (NTU)	°C
No. 1	Pt. Marina	7.34	0.20	23	30.5
No. 2	JL. Gn. Sahari	7.22	0.60	8	28.5
No. 3	Manggarai	7.20	2.5	27	28.7
No. 4	Kp. Melayu Besar	7.30	5.5	27	29.2
No. 5	Mt. Haryono	7.24	5.5	26	28.5
No. 6	Kalibata	7.33	6.0	22	29.1
No. 7	Tj. Barat	7.38	6.0	19	29.4
No. 8	Pancoran Mas	7.64	7.2	17	29.1
No. 9	Kd. Halang	7.51	7.0	41	26.8
No. 10	Kd. Badak	7.55	7.0	39	26.0

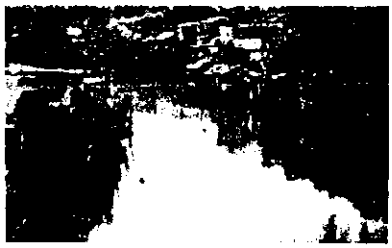
（注）全項目をポータブルタイプ（簡易型）の機器で測定。

表 8.11 チリウン川の水質分析結果（1993 年 12 月）

Location Number	Name of Location	Parameter					
		pH	BOD(mg/l)	SS(mg/l)	DO (mg/l)	Turbidity (NTU)	°C
No. 1	Pt. Marina	6.94	4.6 (5.4)	130	2.2	10	29.1
No. 2	JL. Gn. Sahari	6.66	9.0 (7.4)	50	2.2	13	27.6
No. 3	Manggarai	7.11	5.4 . (6.2)	120	2.5	35	27.3
No. 4	Kp. Melayu Besar	7.00	8.9 (9.2)	220	5.3	34	27.3
No. 5	Mt. Haryono	7.12	5.8 (6.6)	110	5.5	32	27.6
No. 6	Kalibata						
No. 7	Tj. Barat						
No. 8	Pancoran Mas						
No. 9	Kd. Halang						
No. 10	Kd. Badak						

（注）pH、DO 及び濁度はポータブルタイプ（簡易型）の機器で測定。BOD の括弧の中の数字は、COD の分析値である。

No.1 Pt. Marina

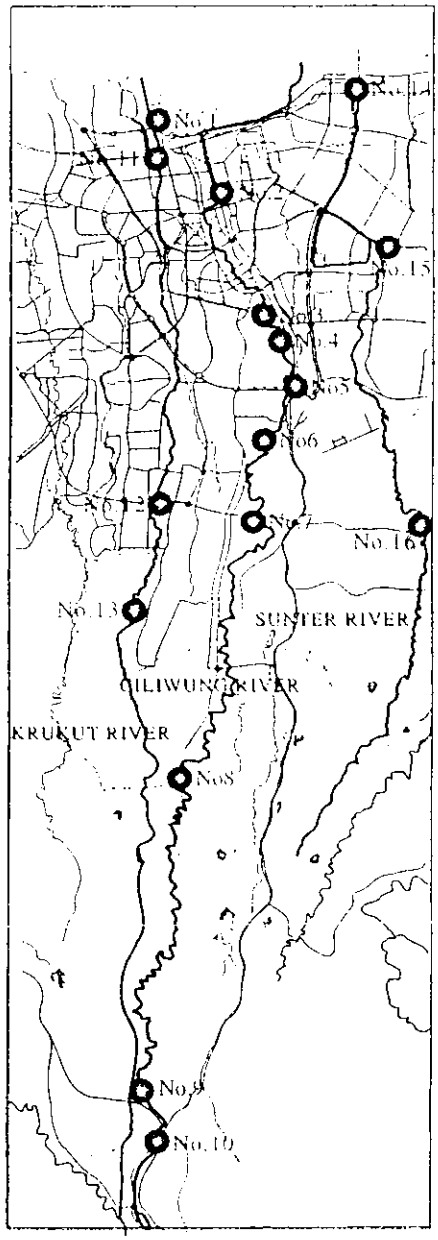


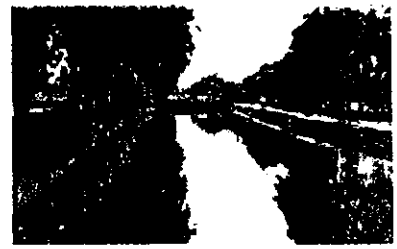
No.3 Manggarai

No.5 Mt.Haryono

No.7 Tj.Barat

No.9 Kd.Halang





No.2 Jl.Gn.Sahari

No.4 Kp.Melayu Besar

No.6 Kalibata

No.8 Pancoran Mas

No.10 Kd.Badak

図 8.6 チリウン川の採水地点

b. チャリタビーチ及びジャカルタ湾における海域調査

1993年8月にジャワ島の西端にあるリゾートビーチであるチャリタビーチ及び12月には汚濁が進行中のジャカルタ湾における海域調査を実施した。チャリタビーチでは、ハイロート型採水器の使用方法、現場での観察・測定、データの記録方法等の指導そして『COD の測定法技術の移転』で記述した通り、実験室での COD の分析技術移転も目的とした。ジャカルタ湾における海域調査は、魚が弊死した事件を契機に湾内沿岸 3 地点について実施

した。弊死の原因追求は海洋研究所等の担当であり、EMC は汚濁現況の把握にとどまった。SS19～86 mg/l 、COD 8.1～14mg/l であった。本調査結果が BAPEDAL へ報告された最初であった。

c．トバ湖及びサグリン湖の湖沼調査

1993年8月にスマトラ島北部にあるトバ湖そして1994年7月にはジャワ島の都市バンドン郊外にあるサグリン湖の調査を実施した。両調査の概要及び技術移転に伴う苦労点等は、以下の通りである。

■ トバ湖の環境調査

トバ湖へは、近郊の都市メダンまでジャカルタから飛行機で約2時間、メダンからトバ湖まで車で約 3 時間という道のりである。採水及び試験に必要な機材・試薬の周到な準備、飛行場でのチェック・イン時における機内持ち込み機材の交渉、トランスポーティションのための車の借り上げ、採水現場での船の借り上げ等インドネシア語での交渉、またホテルでは COD の分析に必要な電源の確保等が必要となってくる。これらの交渉術は、調査に同行した専門家が必要経費の捻出方法も含めて指導していかなければならない。ここで注意しなければならないこととしては、交渉相手が日本人とみると値段を不当に高くつりあげてくることである。限られた時間の中でのねばり強い交渉と適切な妥協点を判断し、決断することが大事である。ホテルの部屋で使用可能な COD 分析用の加熱分解装置として、200ml の三角フラスコが加熱可能な容量の小型マントルヒーターを使用するよう指導した。滴定試薬、ビュレット等分析に必要な器具は、搬入しやすいよう小型なものに工夫した。湖岸のパラパットからサモシール島に至る4地点を調査し、pH7.3～7.5、Turbidity 2～5（NTU）、DO5.9～7.3 mg/l 、SS4～13 mg/l、COD1.2～1.5 mg/l であり、調査した地点及び項目についての汚濁はみられなかった。

■ サグリン湖の環境調査

この湖は樹枝状の複雑な形をしたダム湖であり、水利用の多くはバンドン市民への電力の供給である。現地調査を実施するにあたっては、以下の三つのクリアしなければならない課題があった

・湖管理者への調査協力依頼

・調査用ボートの手配

・トランスポーティションの確保

トランスポーティションの確保は EMC 内部の問題として、プロジェクトチームの車と

ドライバーを規定に従った出張アローワンスを支払う方法で解決した。湖管理者への調査協力依頼及び調査用ボートの手配については、事前に調査可能か否かの確かな情報を得るためバンドン工科大学を卒業し、バンドン出身のカウンターパートを現地へ派遣した。派遣先は、サグリン湖を管理しているインドネシア国営電力公社（State Electric Company ：PLN ）サグリン湖事務所である。派遣にあたっては、事前に派遣目的等をしたためた公式レターを送付するよう指導し万全を期した。その結果、調査協力が確約され、またボートも湖管理者から賃貸料を支払う形で可能となった。このように調査の実施にあたっての数々のネゴシエーションは、専門家主導で実行されなければならない。しかし、実際の調査現場ではちょっとしたハプニングがまっていた。それは、ボートを動かすガソリンがなかったのである。更にボートのドライバーに出張アローワンスを支払って欲しいとの要求があった。作業時間は2時間程度であったが、ガソリンはほぼその10倍以上の代金そしてドライバーには1日分のアローワンスを支払うこととなった。これは、全てお金で解決できることであったので直ちに処理し、調査を実行した。開発途上国では、予期・予測できないことがしばしば起こるものでトラブルへの迅速で的確な処理が常に望まれる。この調査でバンドーン型採水容器の使用方法並びに深度別 DO メータの測定方法を湖沼現場で指導したことにより、湖沼の鉛直分布の概念を新しく導入できた。DO9.0 mg/l は、富栄養化が進んだことにより表層のプランクトン等が光合成の過程で酸素を放出し、過飽和状態を形成したものと考えられる。COD も 6.2 mg/l と高く汚濁の進行が見られた。鉛直分布による調査結果でもいくつかの興味ある知見が得られたが、詳述については総合報告書：白山　肇、国際協力事業団、1995年を参照。

(2) 本調査

a. ジャカルタ地区の河川及び海域調査

<u>1. インドネシアの水質環境保全技術の状況</u>で調査概要、目的、項目等については既述したので、ここでは本調査の技術移転に伴う苦労点を中心に述べる。

ア. スケジュールの作成

本調査は水質課カウンターパート 8 名の全員が協力して取り組んだ始めての業務であった。第1回目の調査期間は、雨季にあたる 1994 年 1 月 18 日から 2 月 25 日までであり、第2回目は乾季にあたる 1994 年 9 月 8 日から 9 月 30 日までであった。特に第1回目は、採水地点選定のための事前調査を実施した。第 2 回目は、第 1 回目の経験を充分に生かしながらの実施であった。スケジュールの作成等事前の準備が調査の成功を決定ずける。その鍵

は日常のカウンターパートとの意志疎通である。「アメとムチである」。いい加減な仕事振りをみて何も指摘せず、結果的にあまやかすことは専門家自身の能力を疑われるばかりではなく、周辺にも悪い影響を与える。逆に良い仕事振りをみたなら大いに評価して褒め、次への勤務欲を引き出すことが大事である。トラブルが起こったら、時を待つのではなく進んで会話することが解決の糸口になる。調査にあたってのスケジュールを大きく以下の４つに分けた。実際のスケジュール内容については、総合報告書：白山　肇、国際協力事業団、1995年を参照。

イ.地点選定のための事前調査

河川16地点、河口10地点、海域4地点の計30地点を選定するためジャカルタ地区の地図を拠り所に、既に調査経験のあったチリウン川10地点を除く20地点について現場を調査し、採水可能な地点を決定した。河川及び河口の採水地点選定にあたっては、黙視による汚濁状況、実際に採水する場所（橋の中央等）の確認、採水車の駐車場所、交通渋滞の把握、採水に要する時間等を考慮した。海域については、ヨットハーバに停泊している観光用のボートを現場で借り上げ事前調査を実施したが、借り上げ料金が高額である等のディメリットが大きかった。ジャカルタ湾沿岸に位置する国立海洋研究所が保有している調査船の利用が可能か否かの折衝結果が、海域調査の実施ができるかどうかのキーポイントであった。そこで、直接担当者に事前に電話でアポイントメントを取り付け、調査依頼の交渉を行った。交渉は、この調査がEMCばかりではなく海洋研究所にとってもメリット（分析方法、採水方法、汚濁の把握等）があることを説明し、また今後の相互の意見交換、技術交換及び共同研究の必要性についても理解を得た。1回の調査船が出動するのに必要な総経費等具体的なことについても了解が得られ、海域調査が実施可能となった。この折衝にはチームリーダーが大きく寄与し、またカウンターパートはOfficialな協力依頼文書の作成・提出等の業務を遂行した結果が成功につながったものと考えられる。

ウ.調査開始のための説明会の開催

この調査を実施するにあたって、「環境モニタリング」の短期専門家を要請していた。現場での採水方法、試料水の固定方法等の指導にあたった。短期専門家とカウンターパートとの意志疎通及び調査開始にあたっての説明のためのブリーフィングを2月9日に開催した。そこでは、30地点の採水計画に伴う採水者氏名、採水ポイント、採水車の確保等、また検体試料の分析計画に伴う分析者氏名等について話あわれた。ブリーフィング終了の晩

に、一寸したハプニングが生じた。短期専門家が軽いカルチャーショックで熱をだし入院を余儀なくされ、一週間活動が停止したのである。しかし、諸般の事情もあり調査は予定どおり実施された。

エ. 30 地点の採水計画

ジャカルタ市内は、通勤時間帯に限らず日中の交通渋滞は深刻である。このため大気汚染の多くは自動車排ガスに寄与していると考えられている。交通渋滞は雨季でよりひどく、またスコールがあった直後は最もひどい。スコールがあった日の最悪の場合、私の通勤の帰宅時を事例にとればEMCを4時過ぎに出発し、家に着いたのが約7時間後の11時過ぎであった。通常の所要時間は1時間～1時間半であるから7時間がいかに異常の長さであるか推測に難くない。ちなみに成田からジャカルタまでの所要時間も約7時間である。交通渋滞箇所は大体予測はつくが、時にはまったく予測のつかない事態が起こる。本調査の海域を除く26地点の多くは、ジャカルタ市内に点在している。また雨季においては、時々河川の氾濫もある。交通渋滞や雨季における天候を考慮した無理のない採水計画を考えなければならない。道路交通事情を充分検討・把握しなければスムースな実施に支障を与える。ここでいくつかの苦労した点を述べてみる。

- 採水のための配車計画
- ガソリン代及び調査船の賃貸料の捻出方法
- カウンターパート及びドライバーのアローワンスの捻出方法
- 1日の採水地点の数及び採水地点の順番

道路交通事情を考慮しての有効な高速道路の使用方法

実際の採水計画及び試料水の固定方法については、総合報告書を参照。

オ. 検体試料の分析計画

EMCでの分析項目は、現場でpH、DO、Turbidity、水温を、ラボではDO、COD、SS、BOD等の基礎項目と水銀、ひ素、鉛、カドミウム等9項目の重金属を分析した。各項目の定量限界及び測定方法を**表8.12**のとおり作成した。ラボでの基礎項目はルーチンワークを原則とし、誰でも携われるよう指導し、分析計画を立てた。

表 8.12 分析項目の検出限界

	Parameter	Detectable Limit(mg/l)	Sample Volume(ml)	Analytical Method (JIS)	Analytical Method(SM & SNI)
Primary	S S	1	1000	JIS K0102-14 (Suspended Matter)	-
Parameter	DO	0.2	100	JIS K0102-32.1 (Winkler-Sodium Azide)	SM 4500-OC. , SNI M-10-1990.F
	COD	1	100	JIS K0102-17 (COD Mn)	-
	BOD	0.1	100	JIS K0102-21 (5-Day BOD Test)	SM 5210-B , SNI M-69-1990-03
Heavy Metal	Cu	0.005	100 or 200 Concentration Multiple is 10	JIS K0102-52.2 (AAS-flame atomic absorption spectrometric method)	SM 3500-Cu B , SNI M-82-1990 03
	Zn	0.01	100 or 200 Concentration Multiple is 10	JIS K0102-53.2 (AAS-flame atomic absorption spectrometric method)	SM 3500-Zn B , SNI M-67-1990-03
	Pb	0.01	100 or200 Concentration Multiple is 10	JIS K0102-54.2 (AAS-flame atomic absorption spectrometric method)	SM 3500-Pb B , SNI M-85-1990-03
	Cd	0.005	100 or200 Concentration Multiple is 10	JIS K0102-55.2 (AAS-flame atomic absorption spectrometric method)	SM 3500-Cd B , SNI M-33-1990-03
	Mn	0.1	100 or200 Concentration Multiple is 10	JIS K0102-56.2 (AAS-flame atomic absorption spectrometric method)	SM 3500-Mn B , SNI M-65-1990-03
	Fe	0.5	100 or200 Concentration Multiple is 10	JIS K0102-57.2 (AAS-flame atomic absorption spectrometric method)	SM 3500-Fe B , SNI M-91-1990-03
	Cr	0.03	100 or200 Concentration Multiple is 10	JIS K0102-65.1 (AAS-flame atomic absorption spectrometric method)	SM 3500-Cr B , SNI M-79-1990-03
	Hg	0.005	100	JIS K0102-66.1 (AAS-Reducing Vaporization method)	SM 3500-Hg B , SNI M-31-1990-03
		0.0005	100	JIS K0102-66.1 (Murcury Analyzer , HIRANUMA, Hg-1)	—
	As	0.1	200	JIS K0102-61.1 (Silver Diethyldithio Carbamate Absorptiometry)	SM 3500-As C , SNI M-32-1990-03
		0.0005	200	JIS K0102-61.2 (AAS-Hydride Generating method)	SM 3500-As B —

重金属項目は、原子吸光の機器管理責任者を分析責任者として実行するよう指導し、各項目の分析責任体制を明確にした。また重金属項目については EMC の分析能力を客観的に評価するため、EMC での分析結果と日本での分析値と比較（クロスチェック）した。そのため、**表 8.12** に示した定量限界及び測定方法を両者で確認することが重要であった。実際の検体試料の分析計画については、総合報告書を参照。

b．スマトラ島及びバリ島の湖沼調査

（財）国際湖沼環境委員会及び（社）日本環境技術協会と共同で 1994 年 10 月 17 日から

31日までの約2週間、スマトラ島トバ湖、シンカラ湖及びバリ島プラタン湖の三湖沼の環境調査を実施した。カウンターパートに対しては調査日程、サンプリング方法、機材の運搬方法、調査項目、調査スタッフの配置等について指導を行い、事前の準備に多くの時間をかけた。また、インドネシアの湖沼に関する情報をボゴールにある国立の陸水研究所から得ることができた。　調査前後各1回、日本チームとEMCチームとの意見交換の場をもつように努めた。上述の三湖沼を選定した理由は2つあり、第1にいずれの湖沼も湖岸又は湖岸近くに宿泊施設があり、また調査用ボートの借り上げに支障がないためである。第2は、三湖沼の湖面の大きさがバラエティに富んでおり、結果において三者三様の湖水特質を期待できたからである。調査日程表及び準備機材、試薬、採水瓶等の詳細については、総合報告書を参照。

c. プロカシ対象地区の河川調査

インドネシア政府は、1989年から河川浄化プログラム（Program Kali Bersih）プロカシを実施し、3年間で発生源事業所のBOD負荷量を半減にすることを目標とし、排出事業者に対して削減を求めた。1994年2月に次年度（1994年4月以降）事業計画を水質課内で議論した。事業の一つとして、このプログラムの実効性を調査する目的で、プロカシ対象地区の河川調査を実施してはとの提案があり、予算規模や実施内容細目について議論を深めBAPEDALにプロポーズするよう指導し、予算獲得に成功した。調査手法は、比較的大規模の排出事業所に焦点をあて、排出水対象河川の上流と下流で採水をし事業所排水からの影響をみようとするものである。この内容は、カウンターパート自身がアイディアを提案し協議のうえ決定したものである。調査項目は、BOD等の基礎項目及び重金属項目であり、いずれも技術移転の終了したものである。調査都市及び回数は、ジャカルタ5回、スマラン2回、ジョグジャカルタ2回、スラバヤ2回、メダン2回、パダン2回、ジャンビ2回、バリクパパン2回、ソロン2回である。1994年度調査は12月に終了し、結果をBAPEDALへ報告した。この調査は、その後継続して実施されている。

d. 水銀調査

ボルネオ島西部に位置する西カリマンタンのカプアス川沿いには、砂金を採集して生計を立てている部落が点在している。現地の新聞にも報道されており、水銀汚染が心配されている。BAPEDALからの強い要請に基づいて1995年3月23日から25日にかけて水質課と有害物質課との合同調査を実施した。現場での聞き取り調査、現場での測定、採水地点の決定、試料水の保存及び分析方法等の技術移転を実施した。

調査結果は、BAPEDAL へ報告された。

e. 発生源事業所の調査

BAPEDAL からの要請により、スマトラ島メダンにあるパームオイル事業所排水について1993年度12月に調査を実施した。EMC の職員等国家公務員は、工場への直接の立入権限は持っておらず原則的には各州担当職員にある。またこの時点での BAPEDAL の要請は、処理装置（沈澱池と嫌気性槽）の前後で採水し、装置の除外効率を求めて欲しいとの内容であった。しかし、この時点で排水中の BOD 測定の分析技術の移転が終了していないことから断り、移転終了後に実施する旨の回答をした。この事例にみられるとおり、時々BAPEDAL の V. I. P. クラスから EMC へッドに対して難題が要請される。できることとできないこととを見極め、その理由を論理的かつ客間的に説明できる会話力を専門家は保有しなければならない。

2.4.4 成果

(1) ジャカルタ地区の河川及び海域調査

本調査の3つの目的：

ア. ジャカルタ地区の河川及び海域の汚染状況を把握すること。

イ. 雨季と乾季について比較すること。

ウ. EMC のカウンターパートの分析能力を客観的に評価するためいくつかの項目について日本での分析値とクロスチェックすること。

ア. 及び**イ**. については、後述するように貴重で興味ある多くの知見を得ることができた。**ウ**. については、今後検討を要する項目も課題として残ったが、ほとんどの項目は自信をもってその後の事業にいかすことができた。本調査が EMC プロジェクトチーム並びにカウンターパートに与えたインパクトは非常に大きく、その後の業務遂行の基盤をなした。事前調査及び本調査のプランニング、準備、サンプリング、試料の保存・運搬・分析そして解析、報告といった一連の作業を学習した成果は非常に大きかった。

調査結果の概要

a. ジャカルタ地区の河川及び海域の汚染状況

- 基礎項目：下流地点の河川汚濁は BOD 40mg/l 以上と深刻である。河口の汚濁は COD で平均 20mg/l 以上と深刻である。海域の汚濁は COD で平均 5mg/l 以上と進行中である。
- 金属項目：いずれも不検出か或いは低濃度であり汚濁はみられなかった。

b. 雨季と乾季の比較

■ 基礎項目：BODは乾季が雨季の2倍、CODは20%高い。両季の水温差はいずれも低く、河川で4℃、河口で5.5 ℃、海域で1.5 ℃であった。

■ 金属項目：雨季における河口の鉄が乾季に比較して10倍高かったのは、河川上流からの搬送が原因と考えられる。

c. クロスチェック

■ 鉛、カドミウム、マンガン、ひ素、水銀は両機関で差は見られなかった。

■ クロムはEMCがやや高く、銅及び亜鉛はやや低かった。

■ 鉄については、バラツキが高く今後検討を要する。

以上のことから得られた分析上の留意点として，

■ 銅、亜鉛、鉛、カドミウム、クロム：硝酸分解後、濃縮及び干渉を考慮して溶媒抽出法を用いているが、損失のないように注意を要すること。

■ 鉄、マンガン：酸分解の過程中、突沸等損失のないように注意を要すること。

■ 水銀：試薬中の不純物の確認のため、BL値を必ず確認すること。

■ ひ素：分解操作、水素化物発生装置使用の原子吸光装置に熟達すること。

(2) スマトラ島及びバリ島の湖沼調査

成果としては、

3つの湖沼のそれぞれの特徴を引き出すことができた。

■ 今後、この調査を継続して実施する意義が見いだされた。

■ 日本チームによって、輸送機材（簡易型窒素・りん測定機等）が寄贈された。

■ 日本チームの仕事振りには目をみはるものがあり、地方政府環境部担当職員との会議や徹夜に近い分析業務の遂行はＥＭＣカウンターパートの志気を充分高めることができた。

■ 調査終了後の関係者間の会議で有意義な討論をもつことができた。

調査結果の概要

a. 基礎項目：循環現象は、いずれの湖沼においても見られなかった。ブラタン湖は水深20mと浅く、底部のDOは0に近く酸欠状態であった。

b. 富栄養化項目：全窒素・全りんの表層と30m層との差は、小湖沼であるブラタン湖が最も大きく、大湖沼であるトバ湖が最も小さくシンカラ湖は中間であった。富栄養化の進行は、小湖沼ほど進んでいた。

(3) プロカシ対象地区の河川調査

成果としては、

- 地方都市河川汚濁の実態を把握できた。
- BAPEDAL から正式な調査予算を獲得できた。
- 継続調査が可能となった。
- この調査が地方との連携・共同事業として最初であった。地方の環境行政者や研究者と広く接触でき、その後の地方ラボとのワークショップの EMC 開催（1995 年 1 月）を容易なものとした。
- カウンターパートの業務に対する取り組みの積極性・自主性が増した。

(4) 水銀調査

成果としては、

- 水銀汚染の現況を把握できた。
- 水銀分析の精通度を広げることができた。この調査を契機に、生体試料を含めた幅広い水銀分析の必要性を認識し、日本での集団研修を実施することができた。結果概要は、引用資料を参照。

(5) 発生源事業所の調査

この調査を通して、BAPEDAL への報告書の提出手順を指導し成果をあげることができた。報告書作成の手順は以下のとおり。

- 調査責任者が案を作り、課内で議論を繰り返し疑問点・問題点を拾い出す。
- 議論の結果を整理し、結論を引き出す。

また BAPEDAL への報告手法として

- OHP を駆使してリハーサルを実施し、プレゼンテーション方法の問題点を指摘した。調査結果の詳細については、引用資料を参照。

2.4.5 今後の課題

インドネシアの水環境を保全するためには、まず環境の汚濁状況をできるだけ科学性の高い調査方法で把握することである。それには、河川、湖沼、海域、地下水等水質に関する一般環境と汚染源となる事業所排水や雑排水それに自然由来の水質等の把握である。これまでは、主に一般環境の汚濁に関する調査方法に対する技術移転であった。これらのモ

ニタリング調査は継続することに意味があるのであって、汚濁の推移が環境行政の決め手となる。

今後はこれらに加えて、事業所排水を含め汚染源である種々の排水調査方法に対する技術移転である。EMC の職員に事業所への立入権限がないことを理由に、無関心・無知は許されることではない。地方の職員に対する排水調査等に関する指導・技術移転は EMC 職員の重要な役割であるからである。時には事業者の担当者にも指導していかねばならない。これまでのような、EMC 内部だけではことはすまされないのである。対外的な折衝能力と対人的信頼関係が大事である。単なる分析者ではなく、各種業種毎の汚水等処理技術一般に関する知識や現場の実態を知らなければならない。これに関するノウ・ハウを日本の地方における技術者は蓄積しているはずである。

富山県は、ケーススタディとして「工場排水の調査方法」と題して 1996 年 9 月から 3 カ月間、技術研修員を受け入れ指導してきたところである。

2.4.6 関係情報源情報一覧

2.4.1 **技術概要**で引用した参考書は、

1) 調査法（第３版）：半谷高久・小倉紀雄共著、丸善、1995 年

2.4.2 **導入目的**で引用した資料は、

1) 途上国における湖沼等水質保全支援調査（インドネシア共和国）：（財）国際湖沼環境委員会、1995 年

2) 報告書：大田　正豁、国際協力事業団、1996 年

2.4.3 **導入方法及び** 2.4.4 **成果**で引用した資料は、

1) **報**告書：白山　肇、国際協力事業団、1995 年

2) port on EMC Project to Strengthen Environmental Monitoring Capacity : PUSARPEDAL 、 BAPEDAL 、 INDONESIA December 、 1995

3) 途上国における湖沼等水質保全支援調査（インドネシア共和国）：（財）国際湖沼環境委員会、1995 年

4) Environmental Concentration of Mercury Along the Kapuas River 、 West Kalimantan : PUSARPEDAL 、 BAPEDAL 、 INDONESIA、August 1995

5) poran Peninjauan dan Hasil Analisis Limbah Cair Pengolahan Kelapa Sawit PT. PP. London Sumatra Indonesia : Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan Serpong、 Januari 1994

X．水質汚染モニタリング技術の移転

■1994.12～1997.12，インドネシア，インドネシア･環境管理センタープロジェクト，長期派遣

鈴木明夫

1．まえがき

産業公害で先進国である日本が環境技術の分野で協力することが国際社会において求められている。発展途上国で日本国民が経験した公害の歴史を繰り返させてはならない。公害から国民を守るためにには環境行政でリーダーシップのとれる環境技術の専門家を養成しなければならない。技術移転により人材を養成することがJICA専門家の役割と考える。

筆者のカウンターパー（以下 C/P）が所属する Environmental Management Center(以下EMC)はインドネシア政府環境管理庁（以下BAPEDAL）の試験研究機関で、リファレンスラボラトリーと呼ばれている。リファレンスラボラトリーは日本では聞きなれないが環境分野の頂点にたつ試験研究所を意味する。 BAPEDALが進める環境行政を技術面からサポートすること、27 州の地方ラボの環境技術の向上をサポートすることが大きな役割である。EMCラボのスタッフは環境技術をリードする専門家たることが期待されている。

水質汚染モニタリングにより汚染の程度と広がりを把握することは環境行政を進める上の基本である。モニタリング計画、フィールドサンプリング、水質分析、データ解析そして報告書作成まで行えることがEMCのスタッフへ求められている。現状はすべての面で不十分で、モニタリング技術の向上は筆者が着任以来進めてきた重点項目である。今までの経験からこの技術移転の問題点と効率よく移転するためのこつを紹介することは今後の専門家にとって役立つと考える。教科書に載っていることは省き、C/Pへの技術移転の過程で筆者が体験した思いがけないこと、インドネシア政府の定める基準が日本のそれと異なるために生じる課題などを紹介する。

2．モニタリング計画

先ず、モニタリングの目的を明確にさせなければならない。筆者の着任当時、 C/Pは川の水質モニタリング事業に従事していた。10州から一つづつの川を選定し、その川の任意の上流と下流一個所づつにサンプリングポイントを設定して水質分析を行っていた。毎年別の川を対象としていた。このようなモニタリングでは、ある年のある日のそのサンプリングポイントの水質分析結果を得るが、それから何が判りどのような結論が導かれるであ

ろうか。その川の水質が悪化しつつあるか否かを知る目的なら、同じサンプリングポイントで毎年同じ時期に同じ時刻にサンプリングして数年データを蓄積して解析することにより判明する。また、一つの川に着目して上流から下流までの水質変化を知る目的なら、十数km間隔で数箇所のサンプリングポイントを設定し、可能な限り同じ時刻にいっせいにサンプリングして分析することにより目的を達する。ジャカルタ市内を流れるチリウン川については上述した二つの目的を達するため、上流から下流まで10個所のサンプリングポイント定め、毎年乾期・雨期の2回、ほぼ同じ時刻にいっせいにサンプリングを行いモニタリングを続けさせている。上流からから下流までの分析データをグラフ化し、地図と照らし合わせることにより、川が人口密集地帯にはいたところから水質悪化が急激であること、すなわち、この地域には大工場はないことから家庭排水の直接放流が水質悪化の主な原因であることを理解させた。

工場排水のモニタリングで注意させることは工場の操業状態により水量と水質が大きく変わることである。また、モニタリングの目的は二つあり、ひとつは対象としている工場排水の水量と水質を調査することであり、もう一つは排水基準に違反していないかどうかの検査である。前者では工場側の協力を得て行うが、後者では工場側へ知らせずに抜打ちで排水をサンプリングしなければならない。これがインドネシアでは大変むづかしい。EMCスタッフには工場立ち入りの権限が与えられていないので、C/Pだけがインスペクターとして行くことはないが、BAPEDALあるいは州政府のスタッフに同行してサンプリングに行くことがある。この際注意してやらないと、工場側スタッフにだまされて、工場排水と直接関係のない池の水を排水処理した放流水としてサンプリングさせられたりする。国民性からか、権威のありそうな人、年上の人のいうことに盲目的に従う傾向がある。事前に参考書等で工場の生産プロセスと排水発生の過程および排水の水質を勉強させ、十分準備してから出かけるように指導している。これは正しいサンプリングに有効と考えている。

環境管理の法施行力がまだ弱いので、突然工場を訪問して守衛に入門を拒否されたことを筆者は再三経験した。州知事の立ち入り命令書を携え、州政府環境局スタッフが同行しても入門できず、本社の社長に交渉しなければならなかった。余裕を持ったスケジュールをたてないと思わぬところで時間をとられ計画通りのサンプリングが出来ない。

微量重金属分析のトレーニングと重金属汚染モニタリングを兼ねて、主要工業地帯の海域の緑貝のサンプリングを行った。緑貝の採取には漁民の協力が不可欠である。ところが一般に漁民はインドネシア語を話せず、彼ら独自の地方語を使っている。C/Pはその地方語をまったく理解できない。そのため専門家から漁民へ意志を伝えるにはC/Pに英語をイ

ンドネシア語へ訳してもらい、さらに現地の役人にインドネシア語を地方語へ訳してもらわねばならない。計画立案にあたっては現地語の通訳の手配についても配慮する必要がある。

3. フィールドサンプリング

広大なインドネシアでのフィールドサンプリングは航空機により現地へ向かうことが多い。そのため、持ち運べるサンプリング用器材に制限があり、アイスボックス一個の中に詰め込める量が限度である。サンプルビン、pH メーター、DO メーター、前処理用硝酸、純水、ピペット等若干のガラス器具である。メーター類の予備を持っていくことは難しいので事前に整備してキャリブレーションしておくことが大切である。

サンプリングの際に C/P は思いもかけないことをすることがある。例えば DO 測定用のサンプリング水を小さなバケツでくみ上げ、それを大きなバケツへどぼどぼと移し替えたりする。一流大学出身者でもこの様なことを平気で行うことがある。DO とはなにかを理解していない。筆者はサンプリングに立ち会った場合、忙しそうでも手をかさず近くで C/P の動作を観察することにしている。するといろいろなことが見えてくる。

フィールドノートをきちんとつけさせることも大事である。水温、pH、色等を所定の用紙に記入することは多くの C/P がマスターしているが、サンプリングポイントの見取り図を書くことは大変苦手である。見取り図を描く目的、書くべきポイントを理解していない。数箇所でサンプリングするとき最初のサンプリングポイントで見本を描いて見せ、次から C/P 自身で描かせている。

サンプル水の現地での前処理にインドネシア政府の定める方法が日本とは若干異なる。重金属分析用のサンプルを硝酸で pH２以下にすることは同じだが、COD 測定用のサンプル水も日本と異なり pH２以下にする。日本ではサンプリング後速やかに分析することが前提だが、インドネシアではラボまでの運搬に時間がかかること、重クロム酸による COD を測定することなどの理由で、pH２以下の酸性にして冷暗所保存となっている。この前処理は欧米の方法を取り入れたものである。

サンプルをアイスボックスで運ぶ際に注意すべきことは、文字どおり大きな氷の固まりを入れてしまい、それが途中で解けてじゃぶじゃぶになり、サンプルビンが浮かんでひっくり返ることである。最近では、市販されている保冷材を冷凍庫で冷やして使わせており、これだと航空機で運搬する場合も安全である。

4. 水質分析

4.1. 分析技術の移転

インドネシア政府が環境基準に定めている水質モニタリングに必要なパラメーターを**表 9.1** に示す。全部で 40 項目あり、現在水質ラボではすべてを分析できる。

インドネシアには日本の JIS に相当する SNI があり、環境基準に採用されているすべてのパラメーターについて分析方法が規定されている。しかし、その規定の内容は不十分でパラメーターによっては分析手順の概要が書いてあるに過ぎない。 C/P が正しい分析技術を身につけるためには JICA 専門家からの技術移転が必要である。分析技術の移転方法は二つある。一つは専門家自らが手取り足取り指導する方法であり、もう一つは C/P を日本へ研修に送りその分野の専門家にトレーニングしてもらう方法である。

例えば、T-CN, NH_3-N など蒸留操作を伴う分析技術は筆者が蒸留装置の組み立てからコンデンセートの滴下量をマントルヒーターで調整するまで指導した。蒸留操作の応用で T-F の分析を指導する段になって意外なことに気づいた。 T-F の蒸留では温度を上げるためブンゼンバーナーでフラスコを加熱しなければならないが、バーナーを使える C/P が一人もいないのである。バーナーを分解して構造から説明し着火してしばらくして新たなことに気づいた。イスラム教の女性が被っているジルバップへの引火である。小学生から大学生までジルバップを着用している女性の多いインドネシアでは実験台の上でガスバーナーを使うことは危険である。そのため学校ではブンゼンバーナーの使用方法を教えないのであろう。 T-F 分析の必要性と危険のバランスを考え当面は技術移転を断念した。

一方、一般大腸菌と糞便性大腸菌分析については、1 名の C/P が既に日本で 3 ヶ月の研修を受けてきており、また短期専門家を招聘して C/P 全員へのトレーニングも済んでいた。しかし、実際のサンプル水についての分析経験が全くなかったので、主要大都市（スラバヤ、スマラン、バンドン、ジョクジャカルタ、メダン）住民の生活用水の一般大腸菌と糞便性大腸菌汚染のモニタリングを兼ねて分析の実習をさせた。インドネシア人の生活用水は大きく分け 4 つの水源を利用している。川、井戸、泉、雨水である。川の流域に住んでいる人は川へ直接排便する習慣があり、しかもその川で顔を洗ったり、食器を洗ったりしている。しかし、住民に消化器系の病気（O-157 等）が大流行した話を聞かないので川の水に特殊な殺菌作用があるものと当初考えた。分析結果は恐ろしいほどの数値で、川の水の一般大腸菌は 400,000/100cc 以上、糞便性大腸菌は 100,000/100cc 以上であった。井戸の水は川の水とほぼ同じ数値で両者が地下水でつながっているためであろう。泉の水と雨水では 10/100cc 以下でほとんど汚染されていなかった。この分析で菌数を MPN 法で推定値を

表9.1 インドネシアにおける水質モニタリング項目

(Capable analytical parameter)

No.	Method / Parameter	Portable meter	Ion meter	Titration	Spectro photo meter	Gravi metric	Atomic Absorption Spectro meter	Gas Chromato graph	MPN
1	pH	○							
2	Turbidity	○							
3	DO			○	○				
4	SS					○			
5	COD			○					
6	BOD			○					
7	Total Hardness			○					
8	Salinity	○							
9	Ca			○			○		
10	Mg			○			○		
11	Ba					○	○		
12	Pb						○		
13	Fe				○		○		
14	Mn				○		○		
15	Cr				○		○		
16	Cd				○		○		
17	Cu				○		○		
18	Zn				○		○		
19	Hg						○		
20	As				○		○		
21	Na						○		
22	K						○		
23	Se				○		○		
24	F^-		○		○				
25	Cr^{6+}				○		○		
26	CN^-		○		○				
27	T-CN		○		○				
28	SO_4^{2-}				○	○			
29	S^{2-}				○				
30	Cl^-			○					
31	NH_3-N				○				
32	NO_3-N				○				
33	NO_2-N				○				
34	T-N				○				
35	Phenole				○				
36	Org-Halog.							○	
37	Hex. ext.				○	○			
38	Coli. Group Bact.								○
39	Faecal. Coli. Bact.								○

求めるのだが、培養前の希釈率を決めるのがむつかしい。希釈率を誤ると＞5,000/100cc などと分析してくるが 400,000/100cc なのか 1,000,000/100cc なのか判らない。種々の環境水について測定を繰り返すことにより“勘”が育ち、正しい希釈率を決められるようになった。これは他のパラメータも同じで、ラボでスタンダードの分析だけしたのでは技術移転は完了しない。フィールドサンプルの分析を体験させることが必要である。

専門家自身が得意でないパラメータの技術移転は C/P の日本研修と短期専門家の招聘で補うことができる。すべての項目にオールマイティな専門家はいないのだから、この二つの制度を活用すべきである。フレームレス AAS、イオンクロマト等もこの方法で技術移転した。しかし、基礎的な操作法の移転は可能だがフィールドサンプルで経験を積ませて役立つ技術として身につけさせるには現地の専門家の適切な指導が不可欠である。

移転する技術は現地の実状に応じたものでなければならない。インドネシア政府では COD の測定は重クロム酸による酸化、すなわち CODcr 法を採用している。しかし日本で一般に採用されている環流蒸留による方法ではなく酸化反応を密閉した耐圧ビンの中で 150℃$^{-2}$時間反応させる方法である。日本政府からの ODA 無償機材にはインドネシア側とも合意の上、環流蒸留の装置を入れることをしたが密閉した耐圧ビンを安全に 150℃$^{-1}$ 時間反応させる装置は含まれていない。しかしながら C/P は自ら工夫して手持ちの容量 150cc ほどの耐圧サンプルビンを電気乾燥機に入れて酸化反応をしていた。ところが、この耐圧ビンのプラスティック製フタは 150℃では軟化して強度が落ち、ときどき乾燥機の中でフタが飛んで破壊することがあった。筆者は供与機材の年度予算に計上して、HACH 社製の CODcr 測定用の耐熱耐圧リアクターを購入して使わせた。それ以来このような問題は全く無くなった。

プロジェクトを計画する段階では一般に日本で採用されている測定法に基いてすべての機材と薬品が準備される。現地の情報を得難いのと、現地政府が定める測定法も 3～5 年で変わるので日本で立てた計画が実施段階で現地の実状に合わないものが出るのはやむをえない。プロジェクトがスタートして専門家が着任した時点で見直すことが必要である。

4.2. 分析値の精度管理

正確な分析値を得なければ正しいモニタリングはできない。アメリカ、カナダでは工場生産の品質管理に発達した QA/QC の分析精度管理への適応が進んでいる。日本では分析作業者が自主的に精度管理を行うことが主流となっていて、QA/QC 担当者から管理される制度はなじみがうすい。水質ラボのスタッフの能力・特性を観察し検討した結果、EMC ラボには QA/QC の導入が適しているとの結論になった。丁度、ワールドバンクのプロジェクトチーム

がQA/QCのラボへの普及を目指してセミナーを開いたり、2名のC/Pをカナダで1ヶ月の研修を受けさせる機会があった。研修を受けたC/Pを中心に水質ラボの分析作業をQA/QCでコントロールする体制を少しずつ進めさせた。本格的QA/QCの範囲は広く、専任のQA/QC部署、分析器のメンテナンス、薬品の管理、サンプルの取り扱いまで含まれる。とりあえず、基礎パラメーターであるCOD, NH_3-N, SO_4^{2-}および重金属についての精度管理から始めた。これらのパラメータの分析の際にはスパイクテストとデュープリケートテストを必ず行うことにした。スパイクテストでは回収率が80～120%から外れた時はその分析値を棄却して再分析する。また、デュープリケートテストでは二つの分析値の差が平均値の20%以上の時は再分析する。これで分析値の信頼性を大きく改善することができた。今後はさらに多くのパラメータへ精度管理を拡大するとともに、管理結果を統計的に解析して個々の分析者のくせを知り作業改善へのフィードバックを行う。今は分析者自身がこれらの精度管理を行っているが将来は専任のQA/QC管理者が作成するアンノンサンプルによる管理を行う必要がある。

4.3 試薬と分析器機の管理

試薬と分析器機をいつでも使えるように準備しておくおくことは正しい分析値を得るために必要なことである。日本の協力で本邦の薬品メーカーから購入された試薬、あるいは機器メーカーから供給された分析器機を長期間使う過程で、現地の事情に合わない問題が生じる。

日本の薬品メーカーは各種の試薬をすぐ使える状態に調合して供給してくれる。ところが、インドネシアで試薬を供給しているドイツのMERCK社は調合したものを供給しない。例えば、水銀分析の際に還元剤として使用する塩化第一すずは、日本のメーカーは所定の濃度の水溶液にして水銀分析用として供給している。この水溶液試薬を使い切ったときC/Pは同じものを日本から購入するよう求めてきた。MERCK社が供給している粉末状の塩化第一すずも不純物としての水銀濃度が低く、分析に十分使える品質であったがこれを水に溶かして使おうとしない。理由を聞くと、以前試みたが溶かした時に白く濁り、それを使うと正しい分析値を得られないとのことだった。筆者が再度試み、白濁をろ紙で濾して使わせたところ問題無く使用できた。このような簡単なこともC/Pは自ら解決することができない。

供与された分析機器でインドネシアに代理店のないものが故障したときは大変困る。代理店のない某メーカーの純水製造装置のヒーターが壊れた時は、招聘した短期専門家に部

品を購入して持ってきてもらった。

JICA 専門家が引き上げた後も C/P が自分たちで試薬と分析器機の維持管理をできるように対策を講じる必要がある。試薬の問題はケースバイケースで解決策を指導することが可能だが、機器の中には故障した時解決の困難なものもある。基本的には、供与する資機材は可能な限り現地調達としてのちのちまで現地の代理店からのメンテナンスを確保すべきである。

5. データの解析と検討

分析値を表にして眺めることはデータ解析の第一歩である。あるサンプルについて BOD と COD_{Cr} の分析値を一つの表にまとめて、BOD の方が高い値を示しているのにその異常に気づかずにもってくることがよくある。 BOD と COD_{Cr} のどちらが高い値を示すか質問すると COD_{Cr} であると答え、基礎的な知識は学校で習っている。しかし、自分が作った表を眺めて重要なポイントについてチェックする習慣がついていない。工場排水の分析値の表を作成させても排水基準値との比較を行わない。どこをチェックすべきかはその表によりケースバイケースで異なるのでオンジョブトレーニングで指導し経験を積ませることが必要である。

分散図を作成させ意外なことに気づいた。数十のサンプルについて COD_{Cr} と COD_{Mn} の分析値が得られたので、これらの相関を検討するためデータをプロットして分散図を作るように指示した。すると、C/P は分散図作成コンピュータソフトへデータをインプットして図をプリンターでアウトプットし、相関はありませんと言ってきた。その図はデータが横軸上に一直線に並び、一見したところ COD_{Cr} と COD_{Mn} は相関が無いようであった。これは横軸と縦軸のスケール設定が不適切のためにそのようになったので大変な過ちをしていた。自分自身でグラフ用紙に手で点を記入して相関図を作れば正しい相関を観察することができる。統計処理を行うコンピューターソフトを手軽に使えるようになったが、ソフトを過信してしばしば陥る問題である。コンピューターソフトを使う前に自分自身で手計算をさせ、手でグラフ用紙にプロットさせるトレーニングが必要である。

6. 報告書作成

6.1 報告書の種類

C/P は依頼分析結果の報告書、出張報告書、モニタリング報告書などを書かなければならない。これらのうち依頼分析結果の報告書は分析データを所定の用紙へ記入するだけなの

で大きな問題はない。出張報告書とモニタリング報告書を書くのは C/P にとって大変難儀なことで書かせるのは容易でない。今までの学校教育でリポートを書くトレーニングを受けていないと見え、物を書くことに大きな抵抗を示す。JICA 専門家が指導するため英語で書かなければならないことも重荷になっているのであろう。

6.2 出張報告書

C/P はフィールドサンプリングのためインドネシア各地へ専門家と出張するが、出張先で得られる水質汚染に関係する情報は環境行政を進めるにあたって貴重である。きちんとした報告書にして C/P の上司である EMC 所長経由で BAPEDAL の関連部署へ報告すべきである。出張に先立ち、連れて行く C/P に出張報告書記入要領を説明し、帰ってきたら必ず報告書を書くことを約束させた。記入要領で出張の目的、行程、フィールドノート、主な面会者、得られた情報、そして感想を書くように指導した。この報告書は BAPEDAL 内で読んでもらうことを目的としているのでインドネシア語で書かせた。EMC 所長へ提出する際に、所長のコメントを記入して報告者へ戻すフォームを添付させた。所長からのフィードバックが報告書を書く励みになると考えた。

1996 年に工場排水のサンプリングで 12 回出張したが、同行した C/P は全員に報告書を提出させた。報告書を書くにあたっての課題が二つある。一つは、始めから終わりまで旅行日記のように書くことである。フィールドで測定した pH, DO, 温度なども表にせず、文章中に測定した日毎にだらだらと書くのである。もう一つの課題は“感想”に何を書くか判らないことである。これこそ本人の思考能力を発揮する一番大切なところであるが発想が湧かないのである。訪れた工場で門前払いされ悔しい思いをして、環境管理の法執行力強化の必要性を痛感したなど書くべきことはいくらでもある。

旅行日記のように書くことは体裁の問題なので、書き方を指導することにより改善した。しかし、感想として書くべき発想の乏しさは一朝一夕に解決できない。

6.3 モニタリング報告書

フィールドサンプリングの分析データがすべて出そろったらモニタリング報告書を書かせている。報告書の構成は概要、緒言、サンプリングと分析方法、結果と検討そして結論である。報告書を書くには他人の報告書をよく読み、関連情報を得ることが必要なので参考文献を読ませている。インドネシアでは文献検索のシステムが無く、読ませたい文献を取り寄せることが極めて困難である。筆者の場合は幸い元籍企業の協力があり、JICST の文

献検索で必要な文献を見つけてからコピーを送ってもらうまで 2 週間程で入手出来る。せっかく文献を与えても C/P によってはほとんど読まない者もいる。読ませる方法として輪講形式も効果がある。一つの文献を 4 名の C/P へ渡し、2 週間後に全員集めて適当に区切りながら各自に内容を説明させたことがある。その時は 4 人とも読んできて判らないところを質問した。この質問することが彼らのレベル向上に大切であるが、自分で勉強して理解できないところを聞いてくることは極めてまれである。

報告書を書かせて気づいた C/P 共通の問題点は次の通りである。先ず、報告書のあちこちに参考書・教科書からの丸写しが多く、自分自身の文章が少ないことである。また、概要と緒言に同じ文章を繰り返し書くことである。おそらく、いままでの学校教育で作文のトレーニングが不十分で、自分でものを書く能力が育っていないのであろう。次に、データの解析と検討の力が無いことは前述の通りである。そして最も重要な結論で何を書いてよいか途方に暮れるている。このモニタリングでなにが判ったか、水質汚染が進んでいるのかいないのか、進んでいるとすれば如何なる対策が考えられるか、本人の意見を書いてほしいのである。出張報告の項で述べたと同じく、自分自身のオリジナリティのある意見・感想を出す能力が極めて低い。この能力こそ環境技術分野でリーダーとなるには不可欠である。是非とも育てなければならない。

7.おわりに

技術協力は相手国の要望に基ずき、相手国の実状に合わせて、相手国の方針に沿って進めなければならない。水質汚染モニタリング技術の移転を進める過程で、相手国の実状に合わせることが効果的な技術移転につながることを確信した。

日本の学校教育を念頭において C/P と向き合うことは適切でない。インドネシアでは大学までの理科教育が教科書中心で、自ら装置を組み立てて実験を行い、結果をリポートにまとめる経験がほとんどない。教科書から得た知識はそれなりに有しているが、実際に何かをやらせると簡単なことでも全く手がつかないことが多い。手順書に書いてある通りのことは出来るが少しでもはずれたことをやらせようとするとストップする。潜在能力の高い C/P もいるが、体で体験する機会が極めて乏しかったため応用力が育っていない。そのため、技術移転の過程で期待とかけ離れた思いがけない場面にしばしば直面する。インドネシアの実状に合わせて初歩的なことから忍耐強く、根気よく指導しなければならない。日本の分析基準、試薬、そして分析機器をそのまま持ち込んではインドネシアの実状に合わないことが生じる。日本でインドネシアの正確な情報を集めることはきわめてむつかし

いので、はじめから実状に合った準備をすることは不可能である。専門家が着任して不都合が判明したら直ちに現地の実状に合うように修正して技術移転することが肝要である。今後インドネシア以外の国へも水質汚染モニタリング技術を移転する機会が増えるであろうが、本報告書は他の国への技術移転でも役立つと考える。

XI. 統計的手法を用いるデータ解析技術の移転

■1996.8，インドネシア，鈴木明夫さんと同じプロジェクト，短期派遣

岩田英夫

1. 技術概要

統計的解析手法（Statistical Methods）は、各種の測定データを統計的に解析して、測定データの信頼性に関する情報や技術的判断を下すのに役立つ情報を提供する。

一般的によく用いられる手法は、**表 10.1** のとおりである。

表 10.1 統計的解析手法の内容

データ解析の目的	用いられる手法
バラツキ（Variance）の推定	ヒストグラム（Histogram）,標準偏差（Standard Deviation）
平均値とバラツキの検定	t 検定（t-Test）,F 検定（F-Test）
数値間の相関関係の検定	相関分析（Correlation Analysis）， 回帰分析（Regression Analysis）
実験の計画と解析	実験計画法（Design of Experiment）， {一元配置（One Way Layout）など} 分散分析法（Analysis of Variance）
日常データの管理	管理図表（Control Chart）

2. 導入目的

環境保全に関する技術移転は、まず最初に、固有技術（分析技術や測定技術）が移転されて、大気、水質、土壌などの測定データが収集される。この段階では固有技術の習得が中心になる。しかし、測定作業に習熟し、蓄積データが多くなってくると、それらのデータの信頼性の確認やそれらのデータから汚染状況を評価することが必要になってくる。この段階にくると、固有技術以外に、データを解析するために**表 10.1** のような統計的解析手法の移転が必要になる。

3. 導入方法

3.1 基本方針

■統計的手法はデータ解析のための道具であるので、理論面は最小限とし、解析手順を中心として使い方をマスターさせる（理論を中心としたため、カウンターパートがついて行けず、不評であったという話を聞いている）。

■統計的手法は、学校教育では殆ど教えていない（日本でもそうであるように）。したがって、カウンターパートの知識はゼロとして計画する。

■カウンターパートへの技術の移転は、座学方式で行なう（カウンターパートを日常業務から外して、一定時間を拘束する）。知識の移転であるので、この方が効果的である。

3.2 カリキュラムの作成

■重要なことは、カウンターパートの職務状況と具体的な問題意識を把握することである。統計的手法の移転作業は、既に現地に赴任している長期派遣者よりの依頼を受けて、短期（1か月ぐらい）で行なうケースが多い。したがってこの場合は、長期派遣者を通じて事前に必要な情報を得ることができる。しかし、このケース以外では、事務当局などを通じてカウンターパート側の情報を入手する努力が必要である(事前接触なしで現地に入ったところ、認識のずれが分かり、困ったことがあった）。

■移転する手法は、カウンターパートの職務状況によって決める。**表 10.1** の内容を一度に全部移転しなければならないというケースはなく、1回のチャンスで半分くらいの内容を移転するケースが全てであった。

■テキストは自作する。カウンターパートに応じて実用的にまとめる。市販参考書のままでは不要な部分があり、現場でのマニュアルとしては使いづらいし自分の経験も反映できない。また、最近は、汎用的な統計解析パソコンソフトも出てきたのでカリキュラムに入れるのがよい。

■教育時間は、**表 10.1** の約半分を行なう場合で一人当たり 10～15 時間くらいである。これを一日当たり 2 時間くらいのペースで進める。カウンターパートの日常業務の都合や集中力の持続から 2 時間が適当である。

■一度に指導する人数は 6～7 人が適当である（演習問題の指導や論議を効果的にするため）。したがって、人数が多い場合は複数のグループに分ける。統計手法は共通技術であるので、対象者が多くなる。すなわち、同じ内容を複数回実施する。

■座学終了後に個別指導をする余裕期間を作る。カウンターパートの中には個別に問題を

抱えている人もいる。また、部分的に欠席した人に対する補講の余裕も取る。

3.3 実指導

- 講義の中で演習のために電卓を使用するが、前以て持参することとしておいても、持ってこない人が必ずいるので複数個数用意する。また、対数方眼紙のような特殊な事務用品はないので用意して行く。
- 必ず演習問題をやらせ、発表させること。これによって、手法をマスターできる以外に、カウンターパートとの意志交流が深まる。
- 講義の開始時間を守る者は少ない。また終了時間を過ぎるのは嫌う。これは国民性であるので気にしない。
- 統計手法の移転を受けるカウンターパートは、これまでの実績では女性主体であった（70%以上）。このことを意識して、息抜きの話題など指導の進め方を考える。
- 内容によっては、出席率が悪くなるという話を聞く。統計手法は新しい知識であり、興味も持たれ、出席率は比較的よかった。次のようなことをやったこともある。カウンターパート側からの希望もあって出欠を取り、出席率７０%以上の人に終了証を交付した。また、全出席の人には、その熱意を褒める意味で、ポケットマネーでささやかな褒美を贈った。

3.4 アフターケア

指導終了に際し、経過をまとめてカウンターパートのトップマネージャーに報告する。特に、統計手法は日常的に使わないと錆付いてしまうので、常に上層部が意識して指導するように依頼する。また、次のステップとして導入すべきその他の管理技術も紹介する。

4. 成果、問題と課題

4.1 成果

日常蓄積される測定データを解析して、有用な情報を得るための実用的な統計的解析手法が移転された。一部のカウンターパートには、その解析をパソコンで処理できるソフトも移転した。これらの手法は日常の業務の中で使われており、その成果を学会などで発表したという話も聞いた。

4.2 問題と課題

統計手法は、日常の作業の中で定常的に使われなければ効果は出ない。そのためには、本人達はもちろんのことであるが、トップマネージャーにその重要性を認識させ、指導させるようにしなければならない。

統計手法は管理技法の中の一つであり、移転先の管理体制が整ってくるに従って、その他の技法も必要となってくる。総合的な管理技術移転のシナリオを描くことが重要である。統計手法の技術移転そのものは1か月で終わるが、ルーチン業務として根付かせるために、実業務に関わるテーマを与えて問題解決させることが必要である。そのためには数か月が必要であろう。これが可能なカリキュラムができれば効果はさらに確実になるであろう。

統計手法を必要とする部門には、試験部門が多い。したがって、試験所の質を国際レベルにするためにISOガイド25、ISO9000シリーズなどの思想も取り入れることが必要であろう。

4.3 日本の技術とその他の国の技術の相違

統計的解析手法の基本は世界各国共通である。したがって、移転に際して大きなトラブルは生じない。

5. 当該技術に関する関係情報源情報一覧

5.1 統計手法に関する参考書

日本語で書かれたものは数多くあるが、その中で次のものを参考とした。

1)藤代侑宏「ステップ式による統計的手法」日科技連（1987）
2)森口繁一編「新編 統計的手法」日本規格協会（1992）
3)岩淵千明訳「相関と回帰」現代数学社（1993）
4)田中豊ら「多変量統計解析法」現代数学社（1992）
5)JISハンドブック「品質管理」日本規格協会

英語版は、次を参考にした。

1)HITOSHI KUME　STATISTICAL METHODS FOR QUALITY IMPROVEMENT AOTS(JAPAN)(1992)

5.2 テキスト

自作したテキストは次のとおりである。

1)HOW TO USE STATISTICAL METHODS

2)HOW TO USE STATISTICAL METHODS FOR ASSURANCE OF ANALYTICAL DATA RELIABILITY

3)HOW TO CONTROL INTERNAL LABOLATORY QUALITY

4)HOW TO CONTROL INTERLABOLATORY QUALITY

5.3 統計解析用パソコンソフト

パソコンソフトには次のようなものがある。

1)JUSE-QCAS ： 日科技連

2)EXCEL ： マイクロソフト