

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ーを実施した。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、また一人はウジェン・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、スマラバヤ、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タタ川：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			海城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 (°C)	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	8.1	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
海城	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 : μ g/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		分析値		
	pH	水温 °C	DO mg/l	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		分析値		
	pH	水温 °C	DO mg/l	DO mg/l	COD mg/l
0	8.30	25.3	7.8	8.8	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		分析値		
	pH	水温 °C	DO mg/l	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		分析値		
	pH	水温 °C	DO mg/l	DO mg/l	COD mg/l
0	8.14	27.3	7.2	6.7	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		分析値		
	pH	水温 °C	DO mg/l	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		分析値		
	pH	水温 °C	DO mg/l	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ウンドには、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であった。

(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、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”“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って、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っている。OECD 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 (Collaborative 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、大田正裕(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 Impact Management Agency(BAPEDAL)、August、1995年
- 4)Report on EMC Project to Strengthen Environmental Monitoring Capacity:Environmental Management Center (PUSARPEDAL)、Environmental Impact 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 Impact 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) イ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、微生物によって好氣的な条件下で分解・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(BOD₅)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、BOD₅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。

- サンプル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) サンプルング地点の選定

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(BOD₅、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	ジャカルタ市の中心
	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 バルト川	A	深刻	12~52	市西部
	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。

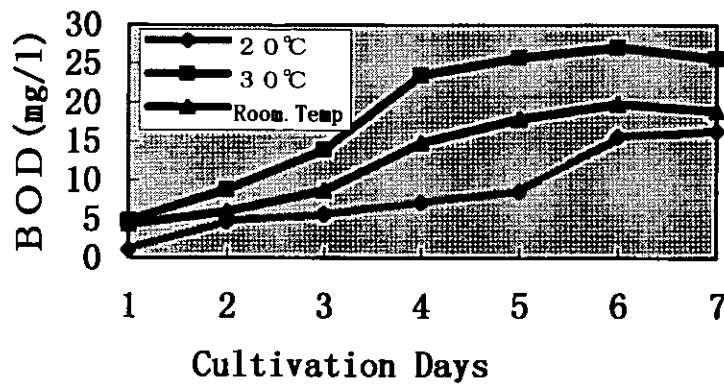


図 8.1 チリウン川マンガライ地点における 20℃、室温及び 30℃での BOD 値の日変化

- (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℃、D05.7 (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)	BOD ₅ 、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 BOD₅、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 Date	Site	BOD values (mg/l)		
		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		BOD values	(mg/l)
Date	Site	BOD ₅ 、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 ($BOD_5, 20^\circ C$) と簡便法による値 ($BOD_3, \text{Room Temp.}$) との相関図を 図 8.2 に、また $30^\circ C$ 法による値 ($BOD_3, 30^\circ C$) 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。

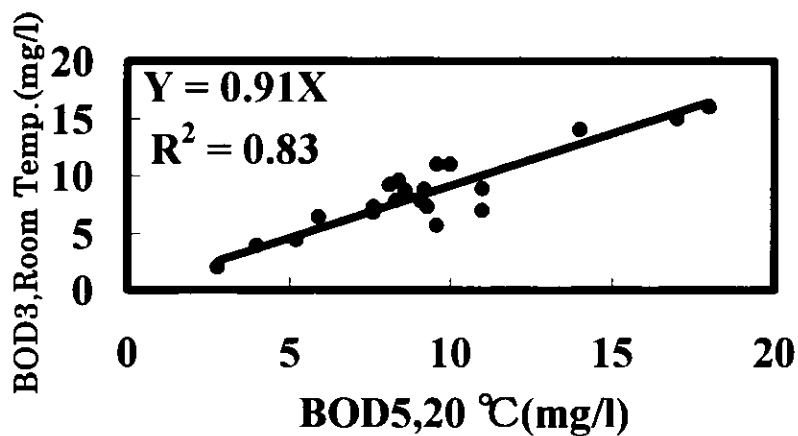


図 8.2 21 試料の $20^\circ C$ 、5 日間法による BOD 値と室温、3 日間法による BOD 値との相関

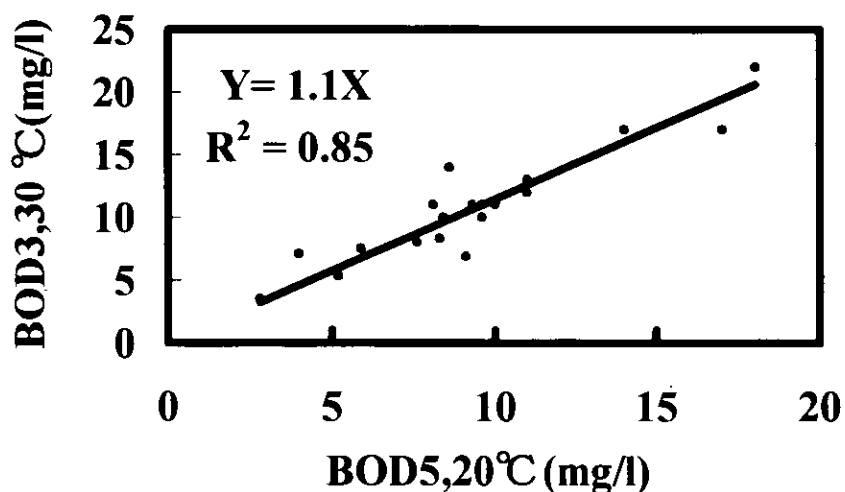


図 8.3 21 試料の $20^\circ C$ 、5 日間法による BOD 値と $30^\circ C$ 、3 日間法による BOD 値との相関

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 ($BOD_5, 20^\circ C$) との相関を調べた。その結果を図 8.4 に示した。

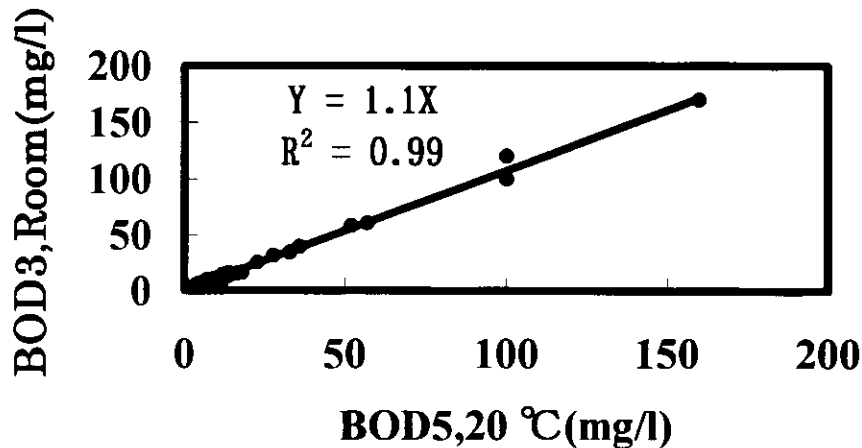


図 8.4 47 試料の $20^\circ C$ 、5 日間法による BOD 値と室温、3 日間法による BOD 値との相関

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ブ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 日間で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、それに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。

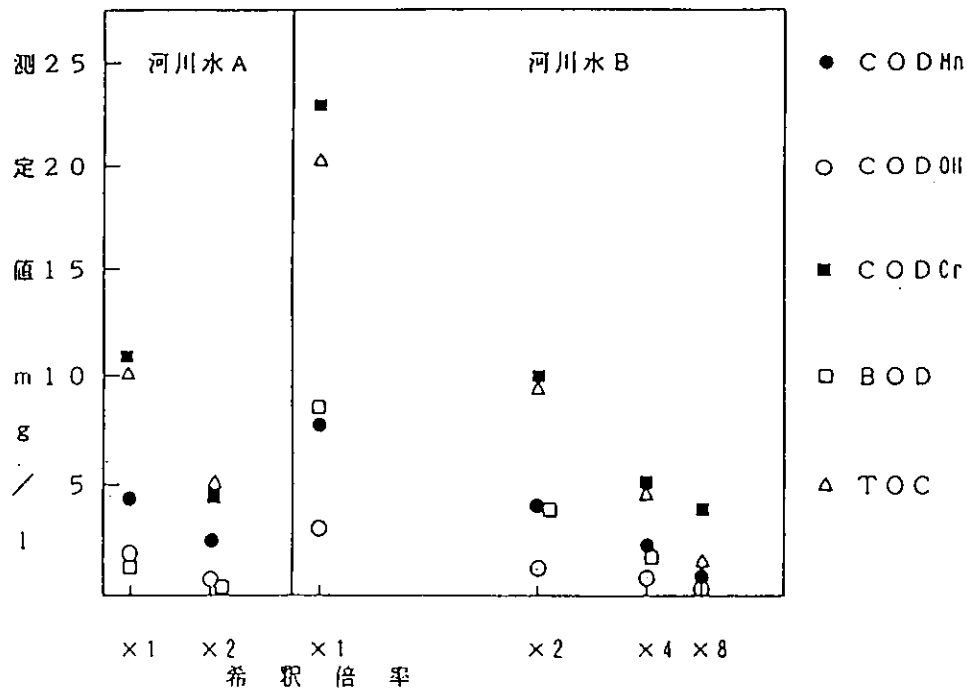


図 8.5 COD の各種分析方法による比較

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十分に考慮できる。
- 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0.2～1.2 mg/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めることができた。

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、マスク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 Spectrotometer)

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、フレイ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ア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 Detector) 、水素炎イオン化検出器 (FID : Flame Ionization Detector) 、電子捕獲検出器 (EDD : Electron Capture Detector) 、炎光光度検出器 (FPD : Flame Photometric Detector) 、アルカリ熱イオン化検出器 (FTD : Flame Thermoionic Detector) 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 等を利用して実施した。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

ヨ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（五訂一水質編）：監修一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のみをみるだけで、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。これらを十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づけた。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 チリウン川の日視観測結果

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 H ₂ S & 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。

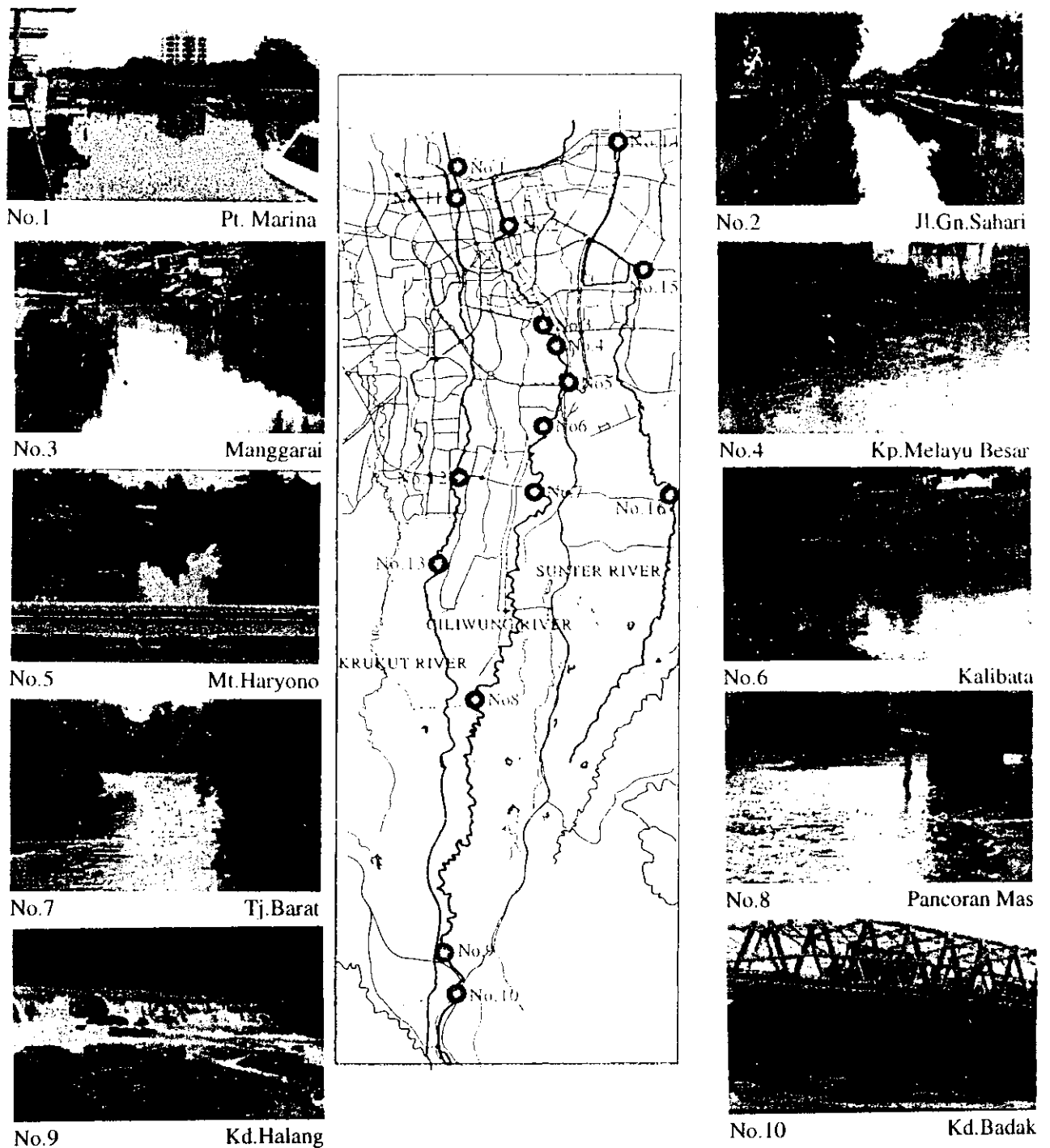


図 8.6 チリウン川の採水地点

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・試薬の周到的準備、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、トランスポート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
- ・トランスポートの確保

トランスポートの確保は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。この調査でバンドン型採水容器の使用法並びに深度別 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

1. インドネシアの水質環境保全技術の状況で調査概要、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初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回目の経験を十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づける。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ズ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	SS	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	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 or 200 Concentration Multiple is 10	JIS K0102-54.2 (AAS-flame atomic absorption spectrometric method)	SM 3500-Pb B , SNI M-85-1990-03	
	Metal	Cd	0.005	100 or 200 Concentration Multiple is 10	JIS K0102-55.2 (AAS-flame atomic absorption spectrometric method)	SM 3500-Cd B , SNI M-35-1990-03
		Mn	0.1	100 or 200 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 or 200 Concentration Multiple is 10	JIS K0102-57.2 (AAS-flame atomic absorption spectrometric method)	SM 3500-Fe B , SNI M-91-1990-03
		Cr	0.01	100 or 200 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 (Mercury Analyzer , HIRANUMA, Hg-t)	-		
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、排水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ブアス川沿いには、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 測定の実験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 ヘ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/1 以上と深刻である。河口の汚濁は COD で平均 20mg/1 以上と深刻である。海域の汚濁は COD で平均 5mg/1 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

- 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。プラタン湖は水深20mと浅く、底部のDOは0に近く酸欠状態であった。
- 富栄養化項目：全窒素・全りんの上層と30m層との差は、小湖沼であるプ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上げることができた。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 正裕、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