

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

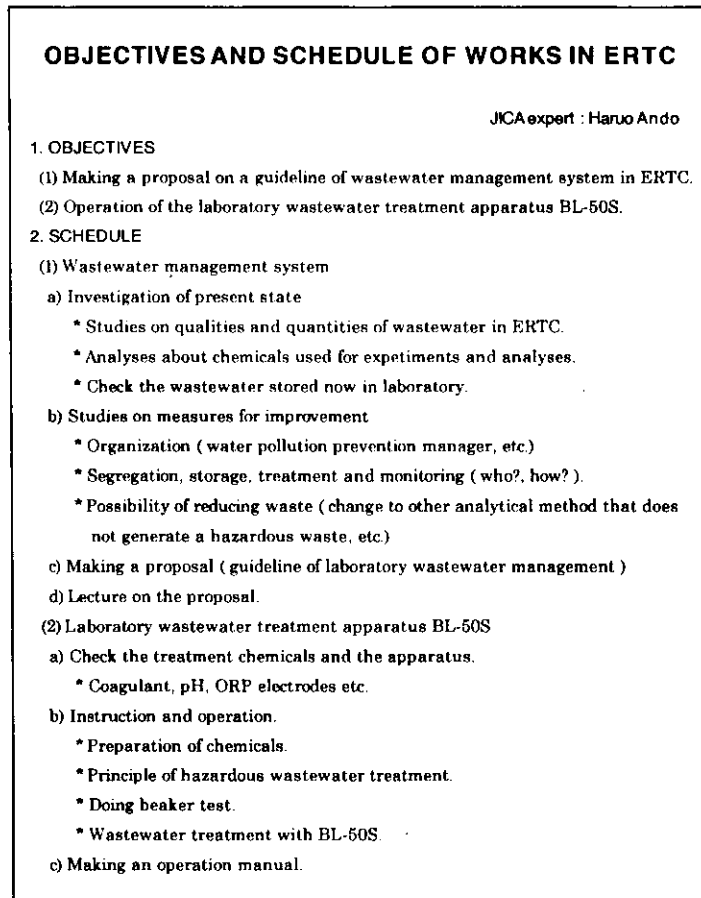


図 5.1 実施計画書

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、攪拌装置が破損し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 倍、135,200 倍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	ニ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 やバ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。

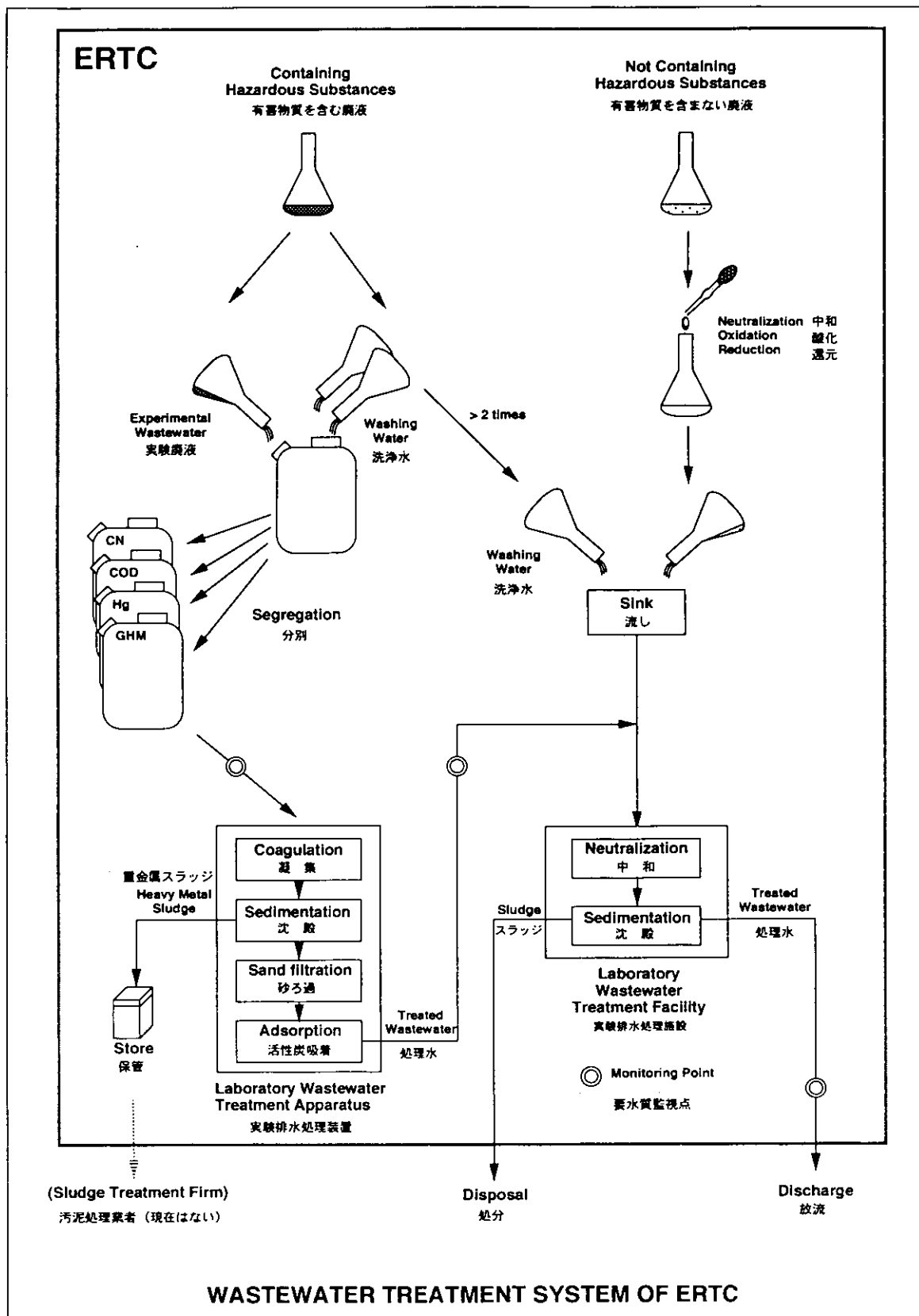
4.2 成果

(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。



WASTEWATER TREATMENT SYSTEM OF ERTC

図 5.2 ERTC の排水処理システム

Laboratory Wastewater Management in ERTC

This text aims 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

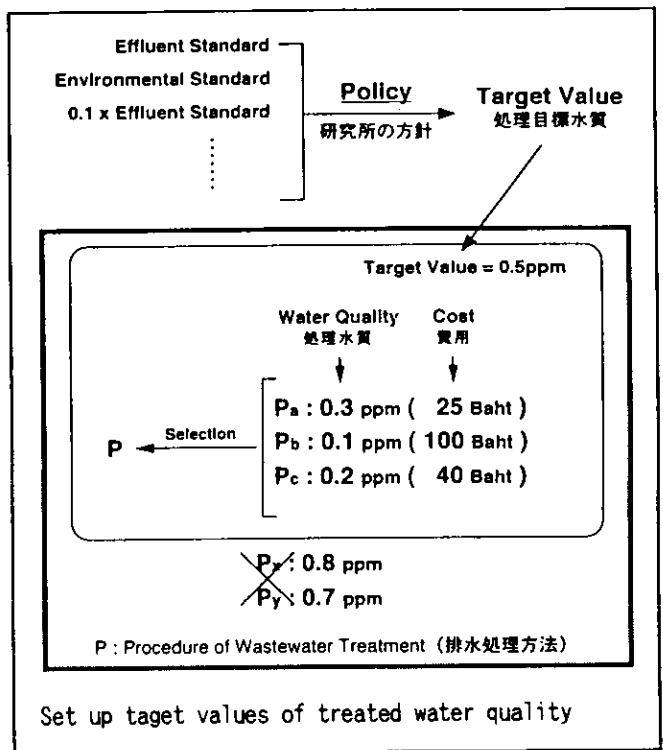


図 5.4 処理目標水質の設定

Generator is responsible to the fate of wastewater
排水の行方は発生者の責任

Before carrying out experiment or analysis 実験・分析前

- To minimize amount of chemical spending.
薬品使用量はなるべく少なく
- To adopt the method not using toxic substances.
なるべく有害物質を使わない方法で

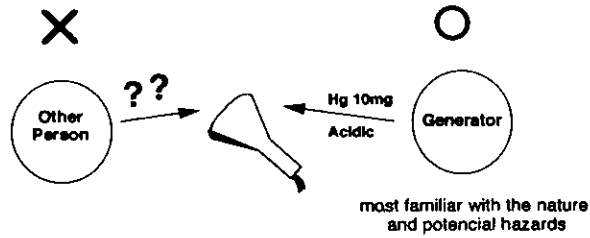
After experiment or analysis 実験・分析後

- To treat wastewater as immediately as possible.
排水はできるだけ速やかに処理する
- To check the waterquality of treated water and discharge.
処理水、放流水の水質はチェックする

図 5.5 排水発生者の処理責任原則

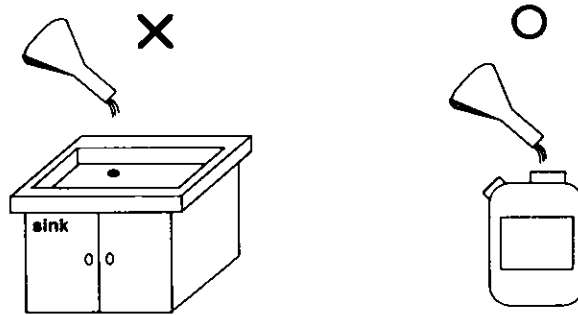
Generator is responsible for the fate of wastewater!

排水の行方は発生者の責任



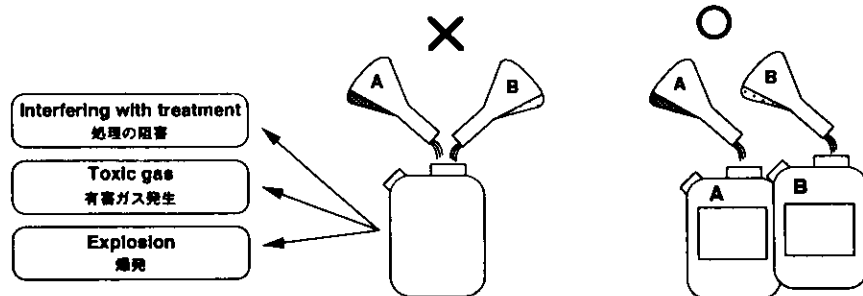
Don't discharge used liquids of experiment or analysis directly into sink!

実験や分析の廃液は直接流しに捨てない



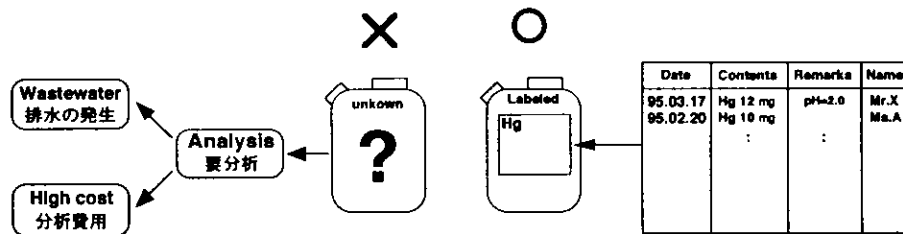
Store separately by the type of wastewater!

廃液は種類別に保管する



Don't make unknown wastewater!

内容不明な廃液は作らない



Principle of Laboratory Wastewater Treatment

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ピーカー試験に多くの時間を費やした。



写真 5.3 重金属廃液処理のピーカー試験

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に、C/P に引き渡した。

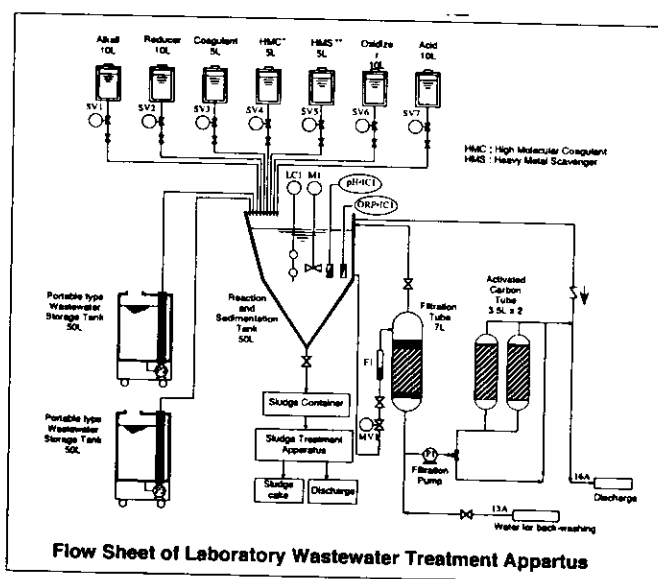


図 5.7 実験排水処理装置のフローシート

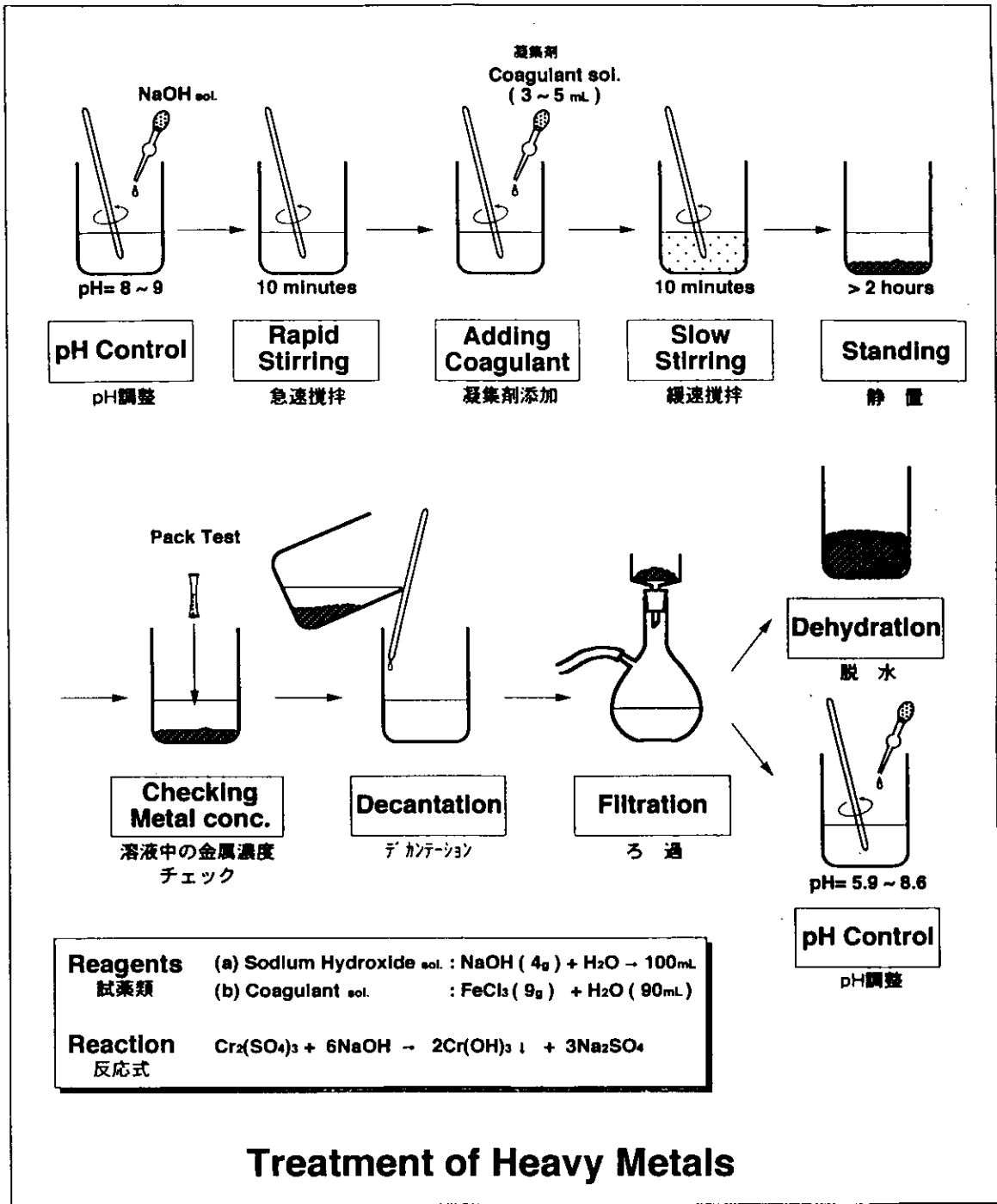


図 5.8 ビーカー試験（重金属）の説明資料

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NH₃（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られる。

(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。また農業等の分析に伴って、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られる。

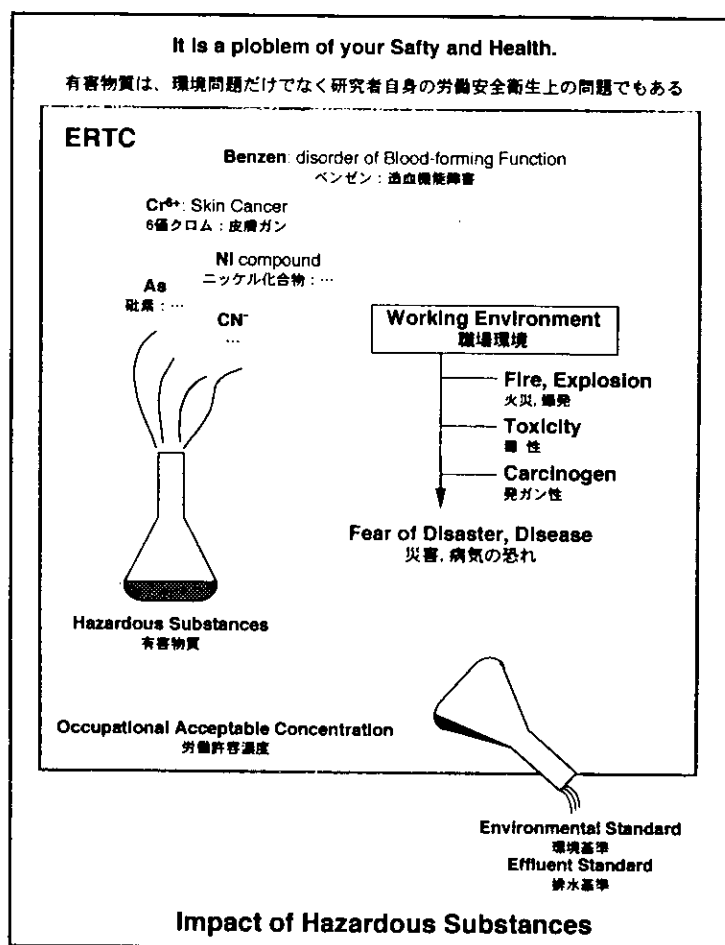


図 5.9 有害物質の影響

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。