

【調査報告】

## 東南アジア諸国における環境モニタリング分野の現状と その技術協力におけるセンターの可能性と課題

Current Situation on Environmental Monitoring in South-East Countries and the possibility of JESC to conduct the technical cooperation in this field

竹内 友規\*、鹿島 勇治\*

Tomonori TAKEUCHI\*, Yuji KASHIMA\*

今後、センター分析部門が国際協力に取り組んでいく上で必要な基礎情報を収集するため、東南アジア6カ国を対象に環境モニタリングの実施状況に関する調査を行った。いくつかの国では当該分野において経験不足、資機材不足が原因の問題を抱えており、日常的な分析業務に対し技術的助言を提供してくれる外部機関を必要としている事が分かった。当該分野で国際協力事業を実施していく上でセンターに蓄積された分析技術はこういった国々のニーズに見合う事が予想される半面、行政的なモニタリング体制構築と行った分野についてはセンターとして強化、補強していく必要があるだろう。

キーワード：国際協力、東南アジア、環境モニタリング

### 1. はじめに

当センター東日本支局ではこれまで環境省受託案件「東アジアPOPsモニタリング調査」を通じ、東アジア各国での大気中POPsのモニタリング調査の実施、及びその手法の技術移転を実施してきた。また、それ以前からも様々な分野で国際協力機構（JICA）からの研修員受け入れ、専門家派遣等を通じ国際協力事業を行ってきている。これらの活動は十分な成果を上げつつも、例外なく先方の関係者から継続的な技術支援実施の要望を受けている。

さて、近年の財団法人を取り巻く状況、さらには政府開発援助による技術協力プロジェクトでの民間活用の増加<sup>1)</sup>に伴い、今後当センターが国際協力事業に取り組んでいく上で、これまで以上に戦略性を持った事業展開を行う事が求められるだろう。

以上を踏まえ、本研究では東南アジア諸国の環境省（もしくはそれに当たる機関）を対象に環境モニタリング実施状況に係るアンケート調査、現地調査を実施し、環境科学部の業務である分析手

法を用い、適切な国際協力事業を実施する上で必要不可欠な東南アジア各国の当該分野の現状と課題を整理した。更にこの結果を受け、環境科学部が国際協力事業を実施する上での強み、また強化すべき点を明確にした。

### 2. 調査の方法

東南アジア諸国の環境モニタリングの現状調査に当たっては5カ国を対象としたアンケート調査、また3カ国での現地調査を中心に行った。

#### 2.1 アンケート調査

アンケート調査は東南アジア諸国5カ国（インドネシア、カンボジア、ラオス、タイ、フィリピン）の環境問題を扱う省庁付属の分析室を対象に実施している。アンケートは分析室、分析用資機材の整備状況、分析項目、対象媒体、職員の技術レベル、精度管理の実施状況といった環境モニタリングに関する技術的な内容に加えて、環境基準の策定状況、消耗品等の調達状況等の情報も質問事項に加え40項目の質問からなっている。

#### 2.2 現地調査

アンケート調査の結果を踏まえ、カンボジア、ラオスの2カ国を現地調査対象国として選定し、対象

\* (財)日本環境衛生センター 東日本支局  
環境科学部 Dept. of Environmental Science,  
East Branch, JESC

国の実際の活動、職員のレベルについて聞き取り、視察調査（各国5日間程度）を実施した。それに合わせて、国際協力プロジェクトの計画立案、実施、評価によく用いられるドイツ技術協力公社で開発されたプロジェクトサイクルマトリックス（PCM）手法<sup>2)</sup>を参考に、関係職員参加で環境モニタリング実施の際の問題を整理するために問題分析図を作成した。問題分析図とは対象分野（今回の場合環境モニタリング）に現存する問題を「原因-結果」の関係を樹形式に整理していく分析図である。

### 3. 調査の結果

#### 3.1 アンケート調査の結果

アンケート調査の結果の概略を表-1に示す。

何れの国においても基本的な水質指標であるpH、電気伝導度、溶存酸素、化学的酸素要求量、更にイオンクロマトグラフィによるイオン分析は実施できる体制にあった。大気・排ガスのモニタリングはラオスを除き実施していた。分析検体数は例

えばイオン分析ではタイで年間約900検体、インド288検体、カンボジア、ラオスで100検体程度と大きな差があり、予算・人員・測定頻度・地点数で差が出ている事が考えられた。

一方、微量分析の実施状況については大きな差があり、タイ、フィリピン、インドネシアといった国では四重極ガスクロマトグラフィ質量分析装置（以下、GC/MS）が複数台入っており、水質試料、排ガス、環境大気を対象とした揮発性有機化合物（VOCs）、農薬分析をルーチン業務として実施している。これらの国では、アンケートを実施した2008年の段階で高分解能GC/MSの購入が計画として挙がっており、微量なダイオキシン、残留性有機汚染物質（POPs）の分析体制確立が今後の課題だった。

一方、カンボジアでは2008年に四重極GC/MSをEUの贈与で入手したが全く使用していない状況のようである。

ラオスについてはGC/MSを所有しておらず微量有機化合物を対象とした分析を実施する体制が整っていない状況だった。

表-1 東南アジア諸国における環境モニタリング分野の現状に関するアンケート結果

大項目	項目	インドネシア	カンボジア	フィリピン	タイ	ラオス
概要	GNI(ドル)	1,420	480	1,420	2,990	500
	アンケート対象分析室の概要	国立の分析機関として国内のモニタリングの実施、精度管理の実施等を担当する機関としてEnvironment Management Center (EMC)として設置されている。職員数:60名	環境省内にカンボジア国内の環境室のモニタリング評価を行う目的で分析室が設置されている。職員数:12名	環境省内の設置された分析室とフィリピン大学内の分析機関の共同で実施。重金属、微量有機物についてはフィリピン大学が担当。今回は大学からのみ回答があった。職員数:10名(大学のみ)	国立の分析機関としてPollution Control Department内の分析部門として設置されている分析室。国内の環境モニタリング、分析法開発を担当している。職員数:35名	ラオスの環境管理水資源環境庁内に分析室が設置されている。職員数:8名
対象媒体		表流水、排水、排ガス、環境大気、土壌	表流水、排水、排ガス、環境大気、土壌	表流水、排水、排ガス、環境大気、土壌	表流水、排水、排ガス、環境大気、土壌	漂流水、地下水、排水
微量有機物分析	GC-MS&GC	GC-MS 2台、GC 1台	GC-MS 1台	GC-MS 2台、GC 2台	GC-MS 4台、GC-ECD 1台	なし
	対象物質	POPs、PCB類、VOCs	分析を実施していない	POPs農薬、PCB類	VOCs、POPs	なし
重金属分析	使用機材	原子吸光度計	誘導結合プラズマ発光分光分析計 原子吸光度計	原子吸光度計	誘導結合プラズマ発光分光分析計 誘導結合プラズマ質量分析計 原子吸光度計	分析していない
水質基礎的指標	分析可能項目	pH、懸濁質、BOD、COD、全有機炭素(TOC)、窒素、りん、メチレンブルー活性物質、フェノール、シアン、硫化物、イオン分析	pH、懸濁質、BOD、窒素、りん、イオン分析	pH、全有機炭素(TOC)	原子吸光度計	pH、電気伝導度、アルカリ度、懸濁質、BOD、COD、大腸菌、イオン分析
大気基礎的指標	分析可能項目	NOx、SOx、PM、CO、O3、光化学オキシダント	PM、CO、NOx、Sox		NOx、SOx、PM	なし
精度管理	QA/QC	外部精度管理に参加	参加していない	未回答	外部精度管理に参加	参加していない。

以上、アンケートの結果、タイ・フィリピン・インドネシアのように既に微量有機化合物を対象にルーチン分析を実施している国、GC/MS、ICP-

MSといった資機材を贈与で入手したもののなんらかの理由でその一部が実際に使えない状況にあるカンボジア、そもそも資機材等がなく分析が実

施できないラオスといった3グループに分類する事が出来た。

## 3.2 現地調査の結果

### 3.2.1 現地調査対象国の選定

アンケート調査の結果を受け、現地調査はカンボジア、ラオスで実施する事とした。タイ、フィリピン、インドネシアといった、高分解能GC/MSによるダイオキシン、POPs分析が課題になっている国に対しては当センターでは既に中国・日中友好環境保全センターへの技術協力、SAICM/QSPを通じたタイへのPOPs分析に関する技術支援等の実績があるため、本現地調査の対象からは外す事とした。カンボジアでは2009年1月19日～23日、ラオスでは2009年5月24日～29日に調査を実施した。また、アンケートは実施していないが、他の業務で2009年10月にベトナムに赴く機会があったため天然資源環境省ベトナム環境保護総局内の分析室の視察を行った。

### 3.2.2 カンボジア現地調査の結果

カンボジアでは同国環境省の分析室を訪問し聞き取り調査、及び分析室の視察を行い、その上で分析室室員と共に問題分析図の作成を行った。

#### 1) 分析室の概要

カンボジア環境省分析室は1996年にカンボジア国内の環境モニタリングを実施する機関として、同省内のDepartment of Pollutant Control内に設置されていた。現在の分析室はもともと事務スペースとして設計されたもので、それを分析室として改築し利用している。職員数は事務担当、清掃員等を含めて12名で、分析実務に携わる職員には勤続年数が10年以上の職員が多く定着率は高いようである。

#### 2) 分析項目と媒体

表流水、地下水、排水(下水、工業排水を含む)、環境大気、排ガス、土壌の重金属を分析対象として取り扱っている。カンボジア内の分析機関は限られており、その他、飲料水、生活雑排水の分析等、自身の管轄である環境モニタリング目的以外の分析も依頼に応じて実施している。

アンケートの回答の通り、pH、EC、TDS、TSS、BOD、COD、硬度等はガラス器具を用いた手分析でルーチンワークとして実施している。分析についてはJIS(英訳版)米国環境保護局による分析法(いわゆるEPA Method)、米国APHA/AWWA/WEF Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaterを用いて分析を行っていた。なお、このAPHA/AWWA/WEFは今回アンケートを実施した何れの国でも用いられていた。定期的にモニタリングを実施していたのは河川水のみで国内約12か所で1か月に1回の頻度で定期モニタリングを実施していた。また、分析室室長は今後地方でのモニタリング体制の強化を課題の一つとしてあげていた。

土壌等の媒体については工場周辺域等で住民から苦情があった際にその都度調査、分析に応じる体制であった。

#### 3) 分析用機器

同分析室は重金属分析用に原子吸光光度計、ICP-MSを所有しており、水質、底質、土壌分析に用いていた。また、微量化合物については加熱脱着によるGC-MS装置が1台EUのサポートで導入されていたが、2008年に導入されて以来一切使用されていなかった。使用されていなかった原因はGC/MSの据え付け時に装置の使い方については簡単な説明を受けたのみで、実際の分析に必要な試料の前処理方法及び分析条件の設定方法についてはトレーニングを受けておらず実際の業務に使用する段階に至っていないためのものである。また、GC/MSのキャリアガスとして用いる高純度ヘリウムガスは、タイ、シンガポールから輸入する必要があり、値段も高額であることが今後の分析実施のための問題になっていた。キャリアガスに限らず、同分析室は消耗品購入の予算が限られている上に、標準試薬等の納期が一か月以上かかるなど、資機材・消耗品の確保は大きな問題になっていた。

#### 4) 問題分析図の作成

カンボジアの環境モニタリングの実施体制に係る問題点を整理するため、分析室室員全員と話し合いながら問題分析図の作成を行った。作成に当たっては樹形図のスタート地点となる中心問題として① 分析

室の能力が十分でない、② GC/MS分析ができない、③ 重金属分析技術が十分でない、といった3つをこちらから提示したが、分析担当全員が参加という点と、本稿の目的である基礎的な情報収集という観点から、多くの事を網羅できる①分析室の能力が十分でない(Capacity of Laboratory is limited.)を中心問題として選択した。

問題分析図の作成結果を図-1に示す。議論の結果、得られた内容を整理すると 1) 分析に関する知識の不足、2) 調達面に関するに問題に大別することがで

きる(なお、本来なら問題分析実施する上で本来は「資機材が足りない」とった表現は、その後の原因-結果の展開が止まるため避ける事が望ましい<sup>2)</sup>。)

1)については、資機材の不足、機器の使用方法が分からない、外部機関と自分たちが実施している分析方法について比較する事ができない、更には援助機関が実施するいくつかの研修を受けてきたが、いずれも一般的な内容で実務に生かせないといった意見が出た。

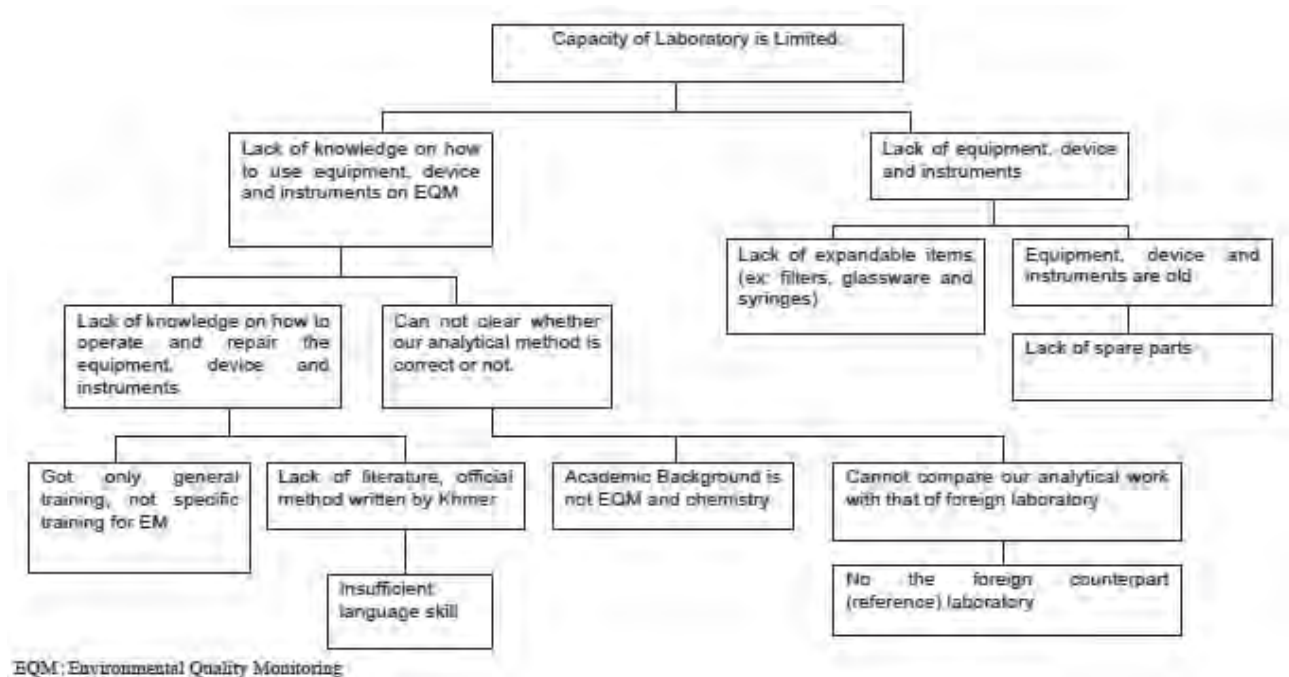


図-1 カンボジア環境省分析室における問題分析図

自身が実施している分析方法が正しいかどうかといった疑問は聞き取り調査時にも、ガラス機器の仕様の仕方からICP-MSの条件設定等、様々な形で質問を受けており、切実な問題のようである。また、母国語で書かれた文献がないとの意見も出た。

3.2.3 ラオス現地調査の結果

ラオスではWater Resource Environmental Administration (WREA、水資源環境庁)の分析室を訪問し聞き取り調査、並びに分析室の状況の視察し、分析室の室員と共に問題分析図の作成を行った。

1) 分析室の概要

ラオスの環境モニタリングは同国の水資源、環境管理・保全を権能としているWREA内に設置されたWater Resource & Environment Research Instituteである。同Instituteはラオスの国内の水資源・環境モニタリングを実施する事をその権能の一つとしている。2009年5月現在、環境基準及び排出基準は共に日本の項目と基準値とほぼ同等のものが案として作成されており、国からの承認待ちの状態であった。

分析室は現在8名体制で試料採取、分析、評価といった業務を行っている。2008年に行われたWREA内の組織改編でそれ以前に在籍した職員が異動になり、現在の職員のほとんどは改編後に新規採用された大卒者だった。新卒採用者の大学での専攻は

森林保全、環境保護といった内容でいわゆる分析化学といった内容を学んでいない上に、実務経験も十分ではなく経験不足の感は否めなかった。

## 2) 分析項目と媒体

アンケート調査の結果得られた通り、基礎的な水質分析項目のみを対象に年間100サンプル程度分析を実施していた。フランス政府から現場測定用のDO、pH、ECメーター等が含まれた簡易的な分析キットが5台贈与されたため、今後メコン川の4地点で定期的モニタリングの実施を予定している。

分析方法はカンボジアと同様APHA/AWWA/WEFによる標準法に基づき行っていた。

## 3) 分析用機器

2009年5月末現在で分析機器としてはイオンクロマトグラフィ2台、分光光度計2台、pHメーター等を所有していた。今後、水素化物発生装置付きの原子吸光度計がフランス政府から供与される事が決定しており、土壌等を含めた重金属分析の実施が期待される。ただし、既存の機器の多くは故障等の問題を抱えており、使用することができない状態であった。特に分析に不可欠な精製水を作成する機材が故障しており、十分な供給のない中で細菌及び化学分析を行っていた。

## 4) 問題分析図の作成

カンボジア同様に分析室室員参加の下で問題分析図の作成をおこなった。問題分析の主問題はカンボジア同様に「環境モニタリングが十分に実施できない」といった幅広いものに設定した。問題分析の結果、指摘された問題点を整理すると以下のように、①職員的能力、経験に係る問題、②分析(室)の運営、管理状態、③調達面に関する問題、に整理することができ、ほぼカンボジアと同等の結果が得られている。カンボジアでは出なかった意見として「モニタリング結果を管理するデータベースの作成能力が低い」といった意見が出された。ここでいうデータベースは組織内部でのデータ管理を目的とするものから市民への公表を目的としたもののいずれも含めているようだった。

カンボジアに比べ、ラオスでは実際に職員が分析を行っているところを見る機会により恵まれたが、前述し

たように職員の経験不足のためか、それぞれの媒体、また対象物質の濃度に応じた希釈率の設定、検量線濃度域の選択が十分になされていないようだった。

また、分析機材、試薬等の管理だけでなく、分析室と事務室を分ける、更には微生物試験室と化学分析室を分けるといった分析室全体の整備方法、管理方法についても十分に認識していないようだった。

## 3.2.4 ベトナム現地視察の結果

ベトナムでは他業務実施の際に天然資源環境省ベトナム環境保護総局内の分析室の見学を行ったのみで問題分析図の作成は行っていない。同国のGNIは690米ドルで表-1に示したカンボジア、ラオスのGNIと大きな差がないものの、四重極MSによる農薬類のGC-MS分析も定期的に行っているうえに、ハノイとホーチミン等数カ所に大気モニタリングステーションを有し常時観測を行っていた。しかし、1995年に策定された環境基準、排出基準のうち、いくつかの物質、項目はまだ分析が実施できない状況である<sup>4), 5), 6)</sup>。また、2010年中にはPOPs、ダイオキシン類の分析のために高分解能MSの購入が決定しており、今後人材育成が必要になっていくとの事であった。

## 4. まとめ

アンケート結果、さらにカンボジア、ラオスでの現地調査の結果、両国の分析室が現在自分たちが行っている試料採取、分析方法が正しいものかどうか、精度管理も含めて評価してくれる外部(海外)機関を必要としている事が把握できた。

ここで環境モニタリングに係る項目を模式化した概念図を図-2に示す。この図はJICAのいくつかの水環境案件<sup>6), 7)</sup>で用いられていた水環境管理に関する概念図を基に、筆者が環境モニタリングを中心にした内容で作成したものである。

現在センター環境科学部では省庁、地方自治体からの受託契約に基づき、主に大気を対象にサンプリング、分析計画の立案・実施、さらにはその評価といった、図中網かけで示した項目を日常業務としており、環境モニタリングに関する実施レ

ベルでの知見・経験については十分な蓄積がある。この蓄積された技術は上記の途上国の分析室のニーズに十分に応えるもので、今後海外での技術協力を実施していくうえでセンターとしての売りになると考えられる。

その一方で現在、国際協力分野での環境管理案件では、地方自治体を含めたモニタリング体制の構築、市民に対する啓発活動、及びその教育教材作成、データ管理の導入といった図-2に示したす

べて要素を含めた能力強化を目指す目標とする案件<sup>7),8)</sup>がいくつかある。地方を含めたモニタリング体制の強化、データベースの作成については本調査の現地調査においてもカンボジア、ラオスで課題としてあげられていた。こういった地方を含めたモニタリング体制の構築、市民への公開を目的としたデータベース作成といった課題に対して東日本支局環境科学部には、十分な経験、蓄積があるとはいいい難く対応が難しいのが現状である。

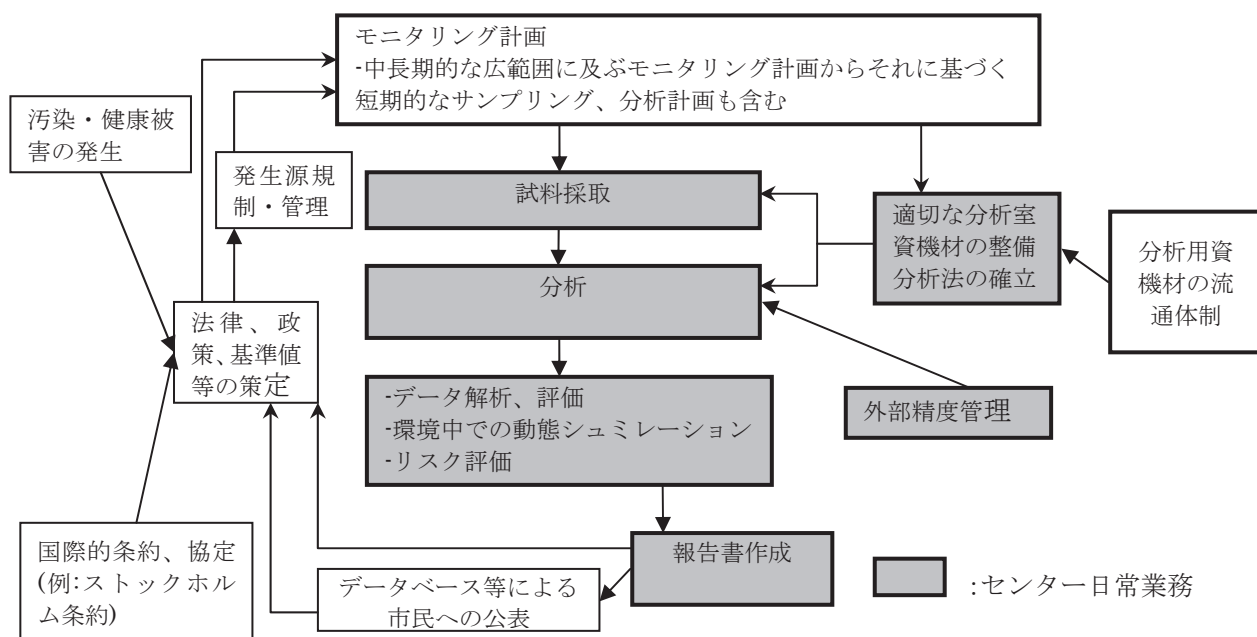


図-2 環境モニタリング概念図

今後、すでに蓄積された分析技術を生かしつつ、こういった環境モニタリング全体に対する能力強化を目的とした大規模案件についてもセンターとして対応できるようセンターの能力強化もしくはこういった分野に強い他機関との連携を視野に入れて国際協力事業に取り組んでいく必要があるだろう。

5. 謝辞

本研究は、当センター研究奨励金制度 (H20年度) の助成を受けて実施された。また、研究奨励金の申請及び研究の実施にあたってはアジア大気汚染研究センター塩崎卓哉部長にご指導頂いた事を深

く感謝いたします。

参考文献

- 1) 国際協力機構のHPからの読み取り
- 2) (財)国際開発高等教育機構 (2004) : 開発援助のためのプロジェクト・サイクル・マネジメント - 参加型計画編
- 3) UNDP : Introductory Notes about Project Cycle Management
- 4) 前田泰昭 (2008) : ベトナムの環境の現状とその改善策, 環境技術, Vol. 37, No. 3, pp.154-159
- 5) 作本直行 (2006) : 東南アジア諸国の環境法の現状と課題, 環境と公害, Vol.35, No. 3, pp.12-18
- 6) 現地での聞き取り
- 7) 国際協力機構 (2007) : The Project on Capacity

Development for Water Quality Management in Montevideo and Metropolitan Area in the Oriental Republic of Uruguay, Vol.1, p78

- 8) 国際協力機構(2006) : グアテマラ共和国首都圏水環境保全能力強化プロジェクトインセプションレポート, pp.16

### Summary

The research on current situation of environmental monitoring in South East Asian countries was conducted to collect the necessary information for developing the technical cooperation project by analytical section in JESC.

As the result of this survey, several countries faced the problems due to the insufficient experiences and the lack of equipments for the environmental monitoring. They, therefore, needed external experts or organizations which could provide technical advices on their daily analytical work. The analytical techniques on practical level accumulated in JESC met their needs while JESC should strength the capacity on the framework building of environmental monitoring to join the large size technical support projects.