特集1・環境技術分野の国際貢献

アジアへの環境技術移転 —北部タイの環境現状—

加 藤 進*・Klinpratoom Panyaping**

1. はじめに

発展途上国を対象とした環境技術移転に関わったのは、1993年に実施された「メキシコを対象とした大気汚染防止研修（JICA国内研修）」が初めである。その後、（財）国際環境技術移転研究センター（ICETT）に出向し、特に東南アジアを対象とした環境保全・省エネルギー研修を実施するための事前調査や国内招聘研修のコーディネイトのために数々の海外環境関連機関を訪問する機会を得た。これらの業務を通じて、タイ政府環境関連機関、大学あるいは研修員とささやかではあるが人的ネットワークを構築することができた。

ところで、環境に携わる技術者としまず頭に浮かぶのは、1992年10月に発生したメモ（Mae Mo）発電所の大気汚染事故¹⁾である。

この事故は、低品位のリグナイトを燃料とするメモ火力発電所から発生したSO_xの拡散が、折りから発生した接地逆転層によって妨げられ、付近住民に呼吸器系疾患を引き起こしたものである。同様の原因による四日市公害の発生および克服の経緯が当該地に移転されていれば、大惨事を未然に防止できたと思われ残念でならない。

一方、これまでに四日市のコンビナート地域で経験した公害防止に関するマネジメントおよび情報提供や諸外国からの支援によって、この事後対策はすでに済んでいると思っていたし、タイのメモ発電所のパンフレットにもどうどうたる公害防止機器の装置の写真をみた。しかしながら、1997年12月に放映されたNHK-Navigation'97（松田ディレクター企画）で、現在もなお喘息に苦しむ患者を見せられた時、これまで実施してきた研修方法の効果について

疑問が湧いてきた。

これらの点について、以下では、ささやかな我々のNGO（Non Governmental Organization）活動を通じ、タイ側と日本側の環境専門家が協力し合って明らかにしたタイ北部の大気環境についての概要について述べる。

2. これからの環境支援の展望

2.1 公的支援とボランティア支援の狭間

形式にこだわるODA（Official Development Assistance）では、たとえば研修事業を取り上げると表敬訪問、研修開始の開講式、終了時の閉講式あるいはプロポーザル作成等余分なイベントに気を遣いすぎる。さらに予算供与機関からの色々な制約も多く、それらの調整に貴重な時間が費やされることもある。あるいは、日本のODAは支援期間がアメリカ、ヨーロッパ諸国に比較すると短く、さらに支援地区の長期的な限定も困難である。これには、国内の公的環境支援機関には概ね3年で人事異動が存在し、長期的に国際支援に携われる人材の定着率がきわめて少ないという内部的な理由もあろう。なるほど、国際支援機関に在籍したものにとっては、派遣期間の経験はきわめて貴重なものとなるが、後任にそのノウハウを伝えるための体制が整備されていない。そのために、せっかく担当者が構築した人的ネットワークを次の担当者に効果的に伝達できない訳である。したがって、途上国支援のための人的ネットの構築基盤がきわめて脆弱で、発展的な支援が困難な面がある。

これに対して、NGOベースによる支援では、時間を有効に利用できると思われる。必要に応じ直接タイを訪問あるいはE-mailで連絡しあうことにより、相互に情報を交換でき、問題点の解決の糸口を模索することができ、人事異動は基本的に存在しな

*三重県保健環境研究所 Susumu KATO

**タイ国ラジャマガラ工業技術研究所 Klinpratoom Panyaping

いから長期的な展望に立って、支援対象を限定した環境保全計画を企画立案できる利点がある。

そこで、これまでに構築した人的ネットワークを利用し、ささやかではあるが地域に密着したより効率的な環境改善支援を実施するため、1999年4月に、同好の仲間3人（会長：井口允生，自動車排ガス処理触媒専門家，沖縄支部長：亀井りか，タイ海外青年協力隊）で SiKK-InternationalなるNGOを設立した。このNGOの特色は、全員が環境の専門家であり同時に東南アジアの滞在経験が長いことである。さらに、NGOにありがちな試行錯誤的な活動を極力減らすために、大気・廃棄物部門と水質・生物部門の2名の学術顧問の参加を得ている。これによって、必要に応じて学術顧問との議論の中で問題解決が図れることである。

当NGOでは、筆者の持っている人的ネットを利用しながら、亀井さんの日本語／タイ語の語学力を利用し、井口会長の強力な統率力でタイの環境支援を目指している。もちろんNGOであるから、援助対象を絞り込み、長期にわたって環境保全活動支援が可能である。もとより、このような活動には無償で活動していただいている在タイの通訳の努力があることも言うまでもない。筆者らは、来年度を目標にタイ、クラビ（Krabi）地区の環境リーダー養成事業をタイ側のNGOとで企画中である。

以上私見ではあるが、ODAとNGOの活動の限界を比較した。しかし、公的支援（ODA）でないが故に、NGO活動は予算規模が小さく、環境調査活動の範囲（企業への立ち入り調査等）も制限される。このために、ハードウェアの移転等の大規模事業に関するNGOの支援は困難である。このことは逆に言えば、NGOあるいはODAそれぞれに、得意な環境支援分野があると考えられる。たとえば、タイには数多くの環境支援NGOが存在するが、その中の1つにタイ環境研究所（TEI, Thai Environmental Institute）がある。この機関の特徴の1つは、各部の部長が究めて広いネットワークを世界中に持っていることである。そして、環境分野においては、政府の政策決定に影響を与えるシンクタンク的な役割も演じている。したがって、今後はわが国のODAも、それぞれの特徴を生かしたうえで内外のNGOと協力して環境改善支援を実施するような方向性も必要と思われる。財政基盤の見直しが叫ばれる昨今、ある意味では、ODAの手法自体も再考すべき時期

にさしかかり、少ない予算と限られた人員で最大の効果の出現をはかる必要にも迫られている。

このような情勢の中で、発展途上国に対して重要な環境支援は、ハード面では

1) 適地・適性技術の移転

ソフト面では、

2) 自助努力支援型の技術移転

3) 次世代教育支援

であろう。特に、2)と3)は研修分野からみれば、持続的研修（sustainable training）とでも言うべきものであり、前述のTEIの研究者やタイ環境奨励局の職員との会話の中で頻繁に出現する用語である。筆者は、これまでの業務を通じ、ささやかな経験ではあるが、自助努力支援に興味をもったタイの研究所の助教授と親交関係を持つことができた。

2.2 カウンターパートとの出会い

これまでに、環境保全支援をサポートする側の問題点や具備すべき条件について明らかにしてきた。しかしながら、環境保全支援には「支援を受ける側」も存在するわけである。この際、「支援を受ける側」で対外的な窓口となって、日本側と交渉したり、日本側の支援が円滑に実施されるように協力してくれる相手をCounterpartと呼ぶ。このカウンターパートとの巡り合わせが環境支援活動を左右すると言っても過言ではない。

現在、わが国の研究機関や大学では発展途上国の環境保全に関する支援としての国際交流が盛んである。三重大学では、タイのチェンマイ大学、中国の江蘇理工大学との持ち回りで Tri-University International Seminarを開催している。1997年10月に開催された三重大学でのセミナーの折り、筆者の共同研究者が中国の大気汚染²⁾について発表した。その時、隣に座ったタイ人と名刺の交換をした。1ヶ月してから、見知らぬタイの研究所から、お決まりである「環境関連の共同研究がしたい」旨のE-mailが筆者宛に舞い込んだ。筆者の名刺は巡り巡って、チェンマイの Rajamagala 工業技術研究所の Ms. Klinpratoom Panyaping 助教授にわたったようである。当時、筆者は環境事業団（JEC）からの委託事業である「海外環境情報調査業務」³⁾に従事しており、翌年に訪問する東南アジア環境関連機関を選択していた。それから、1ヶ月にわたってE-mailの交換を続けた結果、最終的に図—1の質問の解答に満足したので訪問先の1つに決定した。

質 問 表	
1. 研究所のホームページ	
2. 自己の専門分野	
3. 直面する重要な環境問題（専門を問わない）	
解 答	
1. Rajamagala工業技術研究所（本部はバンコクにあり，文部省配下）	
2. 助教授，衛生工学，環境工学の研究，調査および教育	
3. タイ北部には大規模な北部工業団地（NRIE）がある．建設当時は食品工業団地とする予定であった．その後，電子工業団地になった．そのために，廃水処理施設等の変更が完全を実施されておらず，VOCによる河川の汚濁が心配	

図－1 チェンマイからの便り

表 1 北部タイの環境問題

分 野	問 題 点
森林破壊	人口増加 焼畑農業，大量木材伐採 山林の火事（北部は最近水不足で消火が不可能）
土壌資源	低品位の土壌（砂質）と風化による劣化がさらに農業収益の低下を促進
水資源	不順な降水による水不足 灌漑面積が狭いための農業収益の低下 生活および工場排水量の増加による水環境の悪化
鉱物資源	生活の向上に基づく高エネルギー需要 高収入願望による鉱物資源の産出量増加 環境保全と経済開発の対立（典型例がメモ発電所とメモ鉱山）
野生生物	商用狩猟増加による貴重種類の生息低下 農薬使用量増加による野生生物の事故死 住宅圏拡大による野生動物の生息場所の狭化
ツーリズム	観光客の環境保護への認識不足（行楽地の落書き等） 資源破壊

特に驚かされたのは，手短にまとめた3. の解答である．さらに，表1に示したタイ北部の環境問題についても情報を提供してくれた．なお表1については本誌，多田⁴⁾の報告も参照されたい．

これまで筆者も多くの研究者に会ってきたが，初めて同じ基盤に立って環境を論議できる研究者に巡り合えた気がした．このようにして，Ms. Klinpratoom助教授との親交関係が始まり，これまでに3回，研究所を訪問し，1998年10月には「四日市公害克服の歴史」と「日本の酸性雨の現状」について特別講義を実施した．出席者は極めて熱心にメモを取り，色々な質問が出された．面白かった質問の1つが，「10月は，タイの雨期の最後の時期である．雨は嫌いかな？」であった．

3. 北部タイの環境

3.1 メモ地区の大気環境

初めにも述べたが，タイ北部のメモ地区の環境問題は完全に解決された訳ではない．タイ北部には5地点の国設モニタリング局がある．その内2つがチェンマイ県に，残りの3つがランパン県にある．さらに，問題になったメモ発電所周辺には15の私設モニタリング点と前述の国設局の他に，3つの国設局がある．最近の環境観測結果（1996年，PCD内部資料）は表2の通りである．この値から見ると，メモ（ソーパッド村：Sob pad）のSO₂の1時間濃度（乾式法）の平均値は，3.9ppbであり信じられないほど低い濃度となっている．すなわち，この観測値は，現在の四日市の年平均値（7 ppb）よりも低い．最大値も465ppb（1時間規制値300 μ g/m³は超過し

表2 北部タイの大気環境観測結果 (1時間値, 1996年)

地 点 名	SO ₂ (ppb)				NO ₂ (ppb)				PM ₁₀ (μg/m ³) 24時間			
	Max.	Ave.	Min.	超過率*	Max.	Ave.	Min.	超過率*	Max.	Ave.	Min.	超過率*
チェンマイ行政サービスセンター	50.9	3.7	0	0/7803	146	8	0	0/7099	214	55.3	38.9	56/320
ウバラート集会場	77.5	2.8	0	0/7502	55	8.5	0	0/7594	239	75.3	20.2	75/324
ランパン行政事務所	267	3.3	0	0/7960	78	13	0	0/7656	259	69.2	17.1	45/350
ソーパッド村 (メモ)	465	3.9	0	0/7414	122	3.2	0	0/7965	347	55.1	4.7	42/310

* 1時間値が環境基準を超過した回数

表3 メモ地区 (ソーパッド村) で1998年8月17日に観測された異常な雨

	採取方法	pH	EC μS/m	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
							μEqv./L				
7月12日	Wet-only	6.65	48.1	26.2	4.19	62	18.3	0.56	13.8	0.82	377
8月17日	Wet-only	7.11	300	116	340	2083	137	2.22	83.4	4.12	1863

ているが24時間規制値 1300 μg/m³を満足している)であり, この値は中国東北部の重工業都市瀋陽市の冬季の平均濃度の3倍程度である。一般に, SO₂濃度が呼吸器系疾患に影響を与えるか否かの長期暴露に関する閾値は30~80ppbといわれている。

ところで, Klinpratoom助教授は, 環境分野ではPassive samplerによる環境モニタリングと酸性雨の研究を実施している。特にメモ地区の大気環境については, 助教授自身がアレルギー体質のこともあり興味も高いようである。1998年に助教授自作のBulk samplerとRain-go-roundを北部タイに設置し, 本誌ですでに測定結果の一部⁵⁾を明らかにした。Rajamagala研究所にはイオンクロマトグラフがなく, アニオンの分析ができない。そこで, 筆者がアニオンの分析を実施したわけである。ところが, 1998年8月17日に採取した雨のpHは7付近でありながら, 極めてイオン濃度の高い(SO₄²⁻とCa²⁺)特徴を持っていた(表3)。さっそく当時のSO₂濃度観測結果を調べてもらおうと, 前述のソーパッド村で2293 μg/m³, 付近の観測点では1436~1988 μg/m³との知らせが入った。このような大気環境になったのは, 慢性的な電力不足をを補うために, 同発電所が定格値以上の発電を実施したことにより, 公害防止機器が破壊したことが原因であった。さらに, 図-2は当時の状況を語る日本人向けの新聞である。このように, 今となっては四日市公害につく教科書的事例ともいえるメモ発電所の大気汚染は, 現在も続いているのである。

メモ火力発電所は1992年の事故以来, 大気汚染防止のために脱硫装置, 集塵装置加えてモニタリング局を設置している。しかしながら, これらのハード的な懸命の努力にもかかわらず効果のほどは今1つである。

助教授は, 筆者が中国瀋陽市で大気汚染の研究⁶⁾を実施していることを知っているので, ランパン病院で呼吸器系疾患の患者のケアに携わる医師のレポートも提供してくれた。残念ながらタイ語であるので詳細の記述は困難であるが, 以下に内容の一部を紹介する。原題は, "Impacts of Sulferdioxide on Hematologic Changed in Mae Mo District, Lampang Province"である。1994年1月~12月にランパン病院を訪れた患者の中で, メモ地区に居住し, 1時間あたりのSO₂暴露濃度が0~99 μg/m³(高濃度地区: 326人)と0~49 μg/m³(低濃度地区: 311人)の範囲にある2群の血液成分と暴露SO₂濃度の関係を調べたものである(表4)。これらの内容から推測すると, 相当高濃度に暴露されている患者も存在するようである。調査結果によれば, 血液中のCarboxyhemoglobin, MethemoglobinおよびSulfhemoglobin濃度が, 高暴露SO_x患者では平均よりも, それぞれ10.5%, 8.1%および26.2%高いことが報告されている。このSulfhemoglobin濃度に注目し, 濃度が0.1%以上および未満の2群に分けたところ, 性, 年齢あるいは職業との間には有意なオッズ比(Odds ratio)は認められなかった。しかし, 居場所と季節(表5)を因子として分析すると, 居

図-2 メモ発電所の事故を伝える新聞

住場所ではソーパッド村, また季節では冬季に有意なオッズ比が得られた。一方, EGAT (Electric Generation Authority of Thailand) が明らかにしている1992年と1993年のデータは表6の通りである。これらの値を比較すると, 最近でもメモ地区は相当大気汚染が著しいことがわかる。なお, このような病院のレポートは, 現地の研究者でないとほとんど入手が不可能であり, 形式的な訪問では提示されない。現在筆者は, この論文の著者とのコンタクトを助教授に要請している。

3.2 チェンマイ市街の自動車排ガス濃度

チェンマイもバンコクほどではないが, 通勤ラッシュ時の交通渋滞が著しい。主要な交通機関は, バス, 乗用車, トラックおよびオートバイ (2-サイクル) である。住宅地, 商業地等地区別の環境 NO_2 濃度は測定されているが, 助教授によれば, NO_2 暴露濃度低減策を提案するための具体的なデータとして, バス運転手, 交通警察官および事務所 (対照群) での NO_2 個人暴露濃度を必要としている。

その一例として助教授自作のPassive sampler (フィルムケースを改造) によって測定した NO_2 暴露量 (μg) の最大値と最小値は表7の通りである。表7からは各群の差を論じることができても, 暴露量を濃度に換算する換算式がないので, 個人暴露濃度の比較ができない。個人暴露濃度が測定可能な

表4 低濃度と高濃度暴露地区の患者数

低濃度地区		高濃度地区	
SO_2 濃度	受診者	SO_2 濃度	受診者
0~49	326	0~99	311
50~99	14	100~199	10
100~149	3	200~299	3
150~249	1	300~399	6
		400~499	3

濃度は $\mu\text{g}/\text{m}^3$ である

表5 季節とSulfhemoglobin濃度の関係

季節	Sulfhemoglobin濃度			
	0.1%未満	0.1%以上	オッズ比	オッズ比範囲
夏	60	20	0.92	0.50~1.70
雨季	107	27	0.59	0.34~1.02
冬	87	43	1.76	1.05~2.95
合計	254	90		

表6 冬季におけるメモ地区の SO_2 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	24時間平均		1時間値	
	範囲	規制値超過回数	範囲	規制超過回数
1992年	0~567	2/388	0~3418	33/9733
1993年	0~193	0/1188	0~1887	9/28587

冬季とは10月から翌年1月末まで

24時間平均値の規制値は300, 1時間規制値は $1300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である

表7 いろいろな時期におけるNO₂個人暴露量 (μg)

	1996年8月		1996年9月		1997年1月	
	水曜日	木曜日	水曜日	木曜日	水曜日	木曜日
交通警官	4.3 (0.04)	4.8 (2.4)				
バス運転手			4.3 (0.8)	2.8 (0.7)	3.5 (1.1)	6.6 (0.7)
学生と 事務員	0.2 (0.02)	0.56 (0.13)	0.75 (0.12)	0.76 (0.34)		

数値は最大値, () は最小値

Passive samplerに関する情報提供の希望が出された。

真夏を除けばチェンマイはバンコクよりも気温が低いために、高温によるPTIOの分解も少ないと考えられる。手持ちの小川式サンプラーをプレゼントしたことは言うまでもない。これによって、NO₂の他にNOのレベルも測定することができ、NO₂とNOに関して送付されてくるであろうデータが楽しみである。

このように、ひとたび良好な人間関係が樹立されると、何らかの形で協力関係を保つことができ、さらにはその結果としての著しい協調効果が期待されることである。しかしながらここで注意すべき点は、日本側からの「環境支援の無理強い」、途上国側における「援助なれ」の問題である。最も重要なことは、お互いに直面する環境問題点を真摯に分析しあい、各々の知識・技術力の範囲で自国（あるいは自分の研究所）での問題解決に対応が可能な領域を決定すべきである。そこで、このような作業を通じて初めて、対応ができない部分を日本の counterpart にお願ひするといった形の「自助努力支援型」の partnership が生まれてくると思われる。この場合、両者の支援関係は「援助する」、あるいは「援助される」というレベルではなく、むしろ「対等」の関係になることに留意する必要がある。

4. お わ り に

途上国支援の日本人専門家と時々席を共にすることがある。話題は毎度のことであるが、筆者は「コースに適応する人材が来ない」といい、専門家は

「自国に人材が定着しない」という。筆者自身も自分がコーディネイトした研修コースで現在も情報の交換が可能な人材はタイ、フィリピンおよびペルー在住のほんの数名である。その理由は、研修生がE-mailを持っていないこと、研修生が自分の専門外にはほとんど無関心であること、また興味がないと個人的な関心を示さないことにもよる。これらの国民性について考慮しないで、筆者自身どうも日本人特有の律義さを発揮して、「詰め込み式研修」を実施し、余裕がなかったためかと反省し、研修プログラム作成の困難さを今更のように痛感している。上記の理由から、研修終了以降も、良好な人間関係を幅広く維持することはきわめて困難でかつ無償の仕事でもある。

一方、三重県には、ボランティア休暇制度が年間5日あり最高3,000円/日の交通費等の補助がある。1999年5月、この制度の国際環境支援を利用して、TEIのDr. Chamniernに会って、タイ環境関連機関に対して自分の実施した研修の私的Follow-upを終了した。席上、「日本はHardwareの移転は極めて得意である。しかしながら、Hardwareの移転に伴うSoftware、すなわち環境哲学の移転は極めて不十分である」との指摘を受けた。これまでの研修活動を通じて、何か吹っ切れないものを常に感じていたが「なるほど!」と目から鱗が落ちた。また、東アジアには共通した文化・風土がある。この意味で東アジア諸国が、日本に期待する支援の裏には資金のほかに、『同じ東洋人に指導を仰ぎたい』との願望があることを付け加えておく⁷⁾。

参 考 文 献

- 1) たとえば奥野年秀：全国公害研会誌，**19**, pp.2-15 (1994)
- 2) Susumu KATO et. al. : J. Environ. Sci. and Health, **A34**, pp.371-390(1999).
- 3) 財国際環境技術移転研究センター：海外環境情報調査業務報告書（平成10年3月）
- 4) 多田桂子：環境技術，**27**, pp.629-632(1998)
- 5) 加藤進，市岡高男，Klinpratoom Panyaping：環境技術，**28**, pp.503-511(1999)
- 6) Susumu KATO et. al. : 大気環境学会誌，**34**, pp.398-405(1999).
- 7) 加藤進：第40回大気環境学会講演要旨集（平成11年，津），pp.148-149(1999)