技術移転手法事例研究

地域	アジア		分野	公共・公益事業	
	インドネシア	0190		河川・砂防	203020

水理模型実験に関する専門家活動報告
（インドネシア）

個別派遣専門家活動報告シリーズ　—22—

昭和59年3月

国際協力事業団
国際協力総合研修所

総研
JR
84－23

ARY

技術移転手法事例研究

地域	アジア		分野	公共・公益事業	
	インドネシア	0190		河川・砂防	203020

JICA LIBRARY
1054834[5]

水理模型実験に関する専門家活動報告

（インドネシア）

個別派遣専門家活動報告シリーズ —22—

専門家氏名：　田代　洋一

担当分野：　水理模型実験

派遣期間：　昭和54年10月8日～昭和56年10月7日

派遣国：　インドネシア

派遣機関：　公共事業所水資源総局

本邦所属先：　(財)建設技術研究所

本シリーズは、国際協力総合研修所の調査研究活動の一環として実施している技術移転手法事例研究のうち個別派遣専門家の現地活動について、要請の背景、業務の範囲と内容、業務の達成と具体的成果及び技術移転手法の実際例をとりまとめたものである。

なお、作成に当っては、専門家本人による執筆原稿を統一的な記入要領に基づき多少加筆修正した。

国際協力事業団	
受入月日 '84. 8. 29	108
	61.7
登録No. 10658	11C

目　　次

序　文 …… 1

1. 要請の内容と協力の背景 …… 2
1.1 ソロ河流域の概要 …… 2
1.2 上位開発計画 …… 5
1.3 要請内容 …… 6

2. 要請業務と実施業務の範囲、内容についての対比における業務実施概要 …… 7
2.1 要請業務と実際の要請業務 …… 7
2.2 実施業務 …… 7

3. 業務項目別目標設定と達成及び具体的成果 …… 8
3.1 業務項目別設定目標 …… 8
3.2 具体的効果 …… 8

4. 業務と技術移転例 …… 12
4.1 水制工について …… 12
(1) 業務実施環境 …… 12
(2) 技術環境 …… 13
(3) 水理検討 …… 16
(4) 報告書作成 …… 16
(5) 検 討 会 …… 17
(6) 今後の技術協力 …… 17
4.2 インドネシアの河道特性について …… 17
(1) 雨量と河川流量について …… 18
(2) 実験レポートの解析 …… 19
(3) 今後の技術協力 …… 20

4.3　アチェ川緊急改修分流工実験 …… 21
(1)　模型設型 …… 21
(2)　設計原案の検討 …… 21
(3)　変更案検討 …… 22
(4)　最終分流比の調整 …… 23
(5)　分流工下流保護工の検討 …… 23
(6)　最終報告 …… 24
(7)　今後の実験計画 …… 24

5.　提　　言 …… 26
5.1　技術協力の成果 …… 26
5.2　技術協力上の問題点 …… 26
(1)　実験技術の習得 …… 27
(2)　実験専門家の処遇 …… 27
(3)　カウンターパートの問題 …… 27
(4)　河川技術者の育成 …… 27
5.3　今後の技術協力のあり方 …… 27

6.　感　　想 …… 29

序　　文

(1)　専門家略歴

最終学歴　日本大学理工学部土木工学科１９７４年卒

職　　歴　財団法人建設技術研究所 １９７４ 年４月入所以来、ダム、河川、海岸等水理実験に従事、現在、同所筑波試験所にて主として、建設省土木研究所、ダム水工研究室、フィルダム研究室、基礎研究室からの委託実験を行っている。

(2)　派遣時の準備

派遣が要請され、派遣が決定して出発までの約４ケ月間で行った準備はその時点まで考えたこともなかったインドネシアの状況を、百科事典、観光ガイドブック、さらに前専門家等から把握すること、派遣のための身辺整理が主で、肝心なインドネシア語、英語の特訓も行わず、ＪＩＣＡの英語研修を受講したのみで、付け焼き刃の歓迎パーティ用の挨拶文だけを頭にたたき込んで成田を立ったのが実状である。

実際、真面目な英語の学習などは、高校までで、殆んど忘れており、「イ」国での報文作成により、単語に頭がなれてきてから口も動くようになったようです。

やはり、〝習うより慣れろ〟で、辞書を引くことによる単語の習得、技術文書等の読み書きにより、より自然な英文の作り方、単語の的確な使い方が習得されたように感ずる。

インドネシア語に関しては前専門家からの非常に簡単であるという言葉を信じていたためか、６ケ月を過ぎるころから徐々に会話が通じるようになった。

インドネシア語に関しては、特に準備する程のことは、ないものと思われる。

1. 要請の内容と協力の背景

1.1 ソロ河流域の概要

ジャワ島は、環太平洋火山帯のほぼ南端に位置する火山島で島内には今だ１５の火山が活動中である。

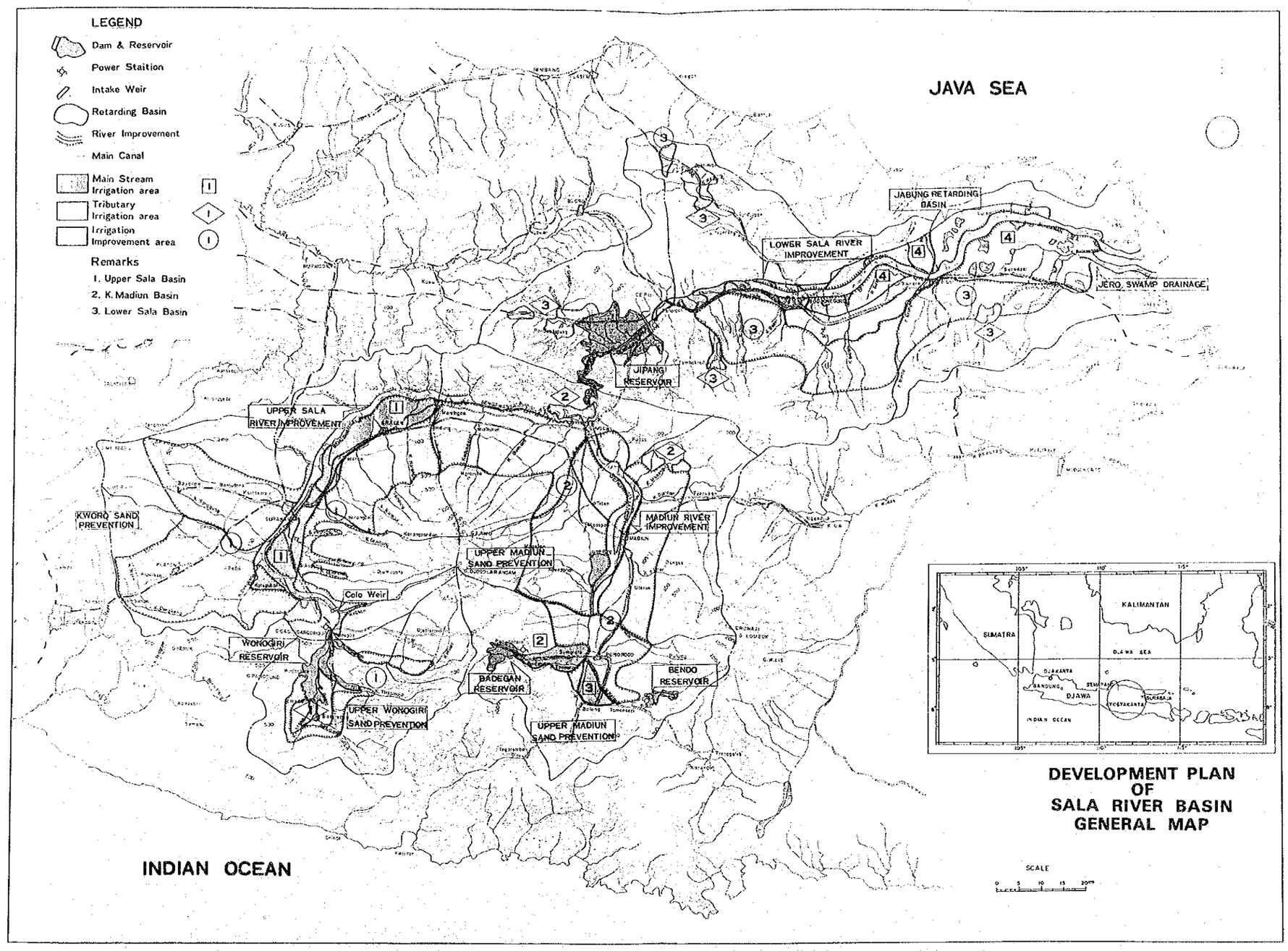
気候は熱帯性で、年平均気温27℃、平均的雨量は年間７００㎜である。季節変化はわずかで、雨期と乾期の２つに区別され、雨量の大半は、雨期の１０月～４月に集中する。

ソロ河は、中部ジャワ州、Sewu 山に源を発し、Lawu 山を西側から半周して、東側を半周するマディウン河を合流し東部ジャワ州スラバヤ市北部ジャワ海に注ぐ、流路延長６００Km、流域面積１6,１００Km^2 のジャワ島最大の河川である。また、その下流は、かつてジャワ原人の住んだ、いわばジャワ人の心の古里ともいえる大河である。

流域の大半は、Merapi、Lawu 山の爆発による比較的新しい火山性土壌からなり、この中央を流れるソロ河は、現在でも多量の流出土砂を輸送し、洪水、氾濫、洗掘、推積という自然の営みを繰り返している。

広大でかつ肥沃な沖積平野は、この大河の営みによって形成されたといえる。一方ソロ河は、沖積平野の河川の特徴として、流路は極端に蛇行し、河岸は５～１０ｍにも及ぶ単断面の侵蝕流路となり、平均河床勾配１／5,000、平均疎通能力は５００㎥／Ｓたらずである。最近の洪水発生頻度は年6.3回、洪水日数は年２４日で、１９６６年の大洪水では、浸水面積１4,２００ha死者１６８名を出した。

流域の産業は、火山性土壌と熱帯の高温多雨という恵まれた状況下で古くから農業生産が行われ、現在では、インドネシアの１０％に相当する米の生産の他、トウモロコシ、サトウキビ、タバコ等を生産しており、それらの生産量はインドネシアの２５％にも及ぶ重要な穀倉地帯に発展してきた。しかし一方では、1㎢当り　６００人という過度の人口集中をもたらしたばかりでなく、表土の７０％以上が耕地として利用されるに至り、表土流失、洪水流量の増大等が問題となりつつあり、流域の総合的開発が必要となってきている。



DEVELOPMENT PLAN OF SALA RIVER BASIN GENERAL MAP

1.2　上位開発計画

この流域の開発は、故スカルノ大統領の時代にさかのぼり、オランダからの独立後の植民地経済からの改革を目的とした「総合開発８ケ年計画」の一つとして、彼の出身地東部ジャワ州最大のブランタス河とともに立案された。開発は、日本の戦後復興期と同様、ＴＶＡ方式がとられ、その計画が日本に要請された。

日本側調査団は、１９６３～１９６５年にかけて事前調査を行ったが、1965年の9.30政変によりスカルノ大統領が失脚したため、一次中断を余儀なくされた。しかし、流域の開発は、ソロ河上流ウォノギリ出身の現スハルト大統領立案の「第一次５ケ年計画」に引き継がれた。

これは、彼の経済政策の一つの柱である外賀導入による技術移転の拡充食糧自給率の拡大という開発計画に基づいている。

この計画により、旧調査事務所は、新たにソロ河流域総合開発工事事務所（略称ＰＢＳ）として１９６９年にソロ市に発足し、日本側ＪＩＣＡコロンボプラン専門家（以下ＣＰＥ）19名により、１９７２～１９７４年にかけてマスタープランが作成された。

この間、専門家のカウンターパートとして多くの技術移転を受けた技術者は、今、水資源総局長を始め、ＰＢＳ主要スタッフとして活躍中で「イ」側の開発計画と日本の技術協力の成功例といえよう。

我が水理試験所がＰＢＳに併設されたのもスタープランと同様1972年で、当初はマスタープランのための実験による検証を目的としていたものと思われるが、マスタープラン完成以後は、先任のＣＰＥの努力もあって、現在は全インドネシアからの河川、ダム等の実験要請を受けるに至っている。派遣されたＣＰＥは現在まで６人で、技術移転さらに機材協力の歴史は、インドネシアの中でも最も長く、計１１年を越えた。

これは当試験所が未だ河川局ＰＢＳの一セクションにもかかわらず、河川局ＰＢＳの支援により、拡充が計画されていることに基づくもので「イ」側の河川技術者養成への一機関として成長させたいという強い要請によるものと理解している。

一方では、水資源総局直轄のバンドン水工研究所へ一本化するとの意見もきかれるものの、水工研究所が比較的かんがい局主体の実験を行っているために、河川局の研究所として成長することが当面の目標と思われる。

ちなみに試験所併設時の背景と業務内容を以下に示す。

＜併設時の背景＞

(1) 河川計画及び河川維持管理に関する調査研究機関の必要性

(2) 水理試験所不足

＜業務内容＞

(1) 水理構造物設計に対する助言

(2) 未経験な水理問題に対する調査研究

(3) 水理的諸問題への対策、影響調査

(4) 経済的設計、施工法の開発

(5) 大学の水理実習への援助

1.3 要請内容

要請の内容は先の上位開発計画と試験所の業務内容に沿って次のような業務が要請された。

(1) 水理実験施設拡充計画に対する補佐

(2) 河川水理模型実験指導

(1)項に関しては、ソロ及びウオノギリ地先に拡充計画中の試験所設備援助協力に関し補佐あるいは助言することが要請され、(2)項に関しては、河道改修、洪水防御施設、土砂調節施設、海岸保全対策河口処理対策に関連する実験の他、海岸実験、不定流実験に対する実験指導が強く要請された。

2. 要請業務と実施業務の範囲・内容についての対比における業務実施概要

2.1 要請業務と実際の要請業務

要請業務は、前述した水理実験施設拡充に関する補佐と種々の実験指導であるが、この他実際に要請を受けた業務としては、流域内に発生する緊急災害復旧対策への助言がかなりのウェイトを占め、河川チーム専門家と共に現地視察、対策会議への出席、助言等と行動を共にすることが多かった。

2.2 実施業務

(1) 水理実験施設拡充計画に対する補佐

具体的には施設としてはポンプ測定器材の他、海岸実験のための造波設備に対する援助要請に従って事業団からの供与協力を取り付けることである。しかしながらこの機材供与要請は、既に先任の専門家の要請により河川チームから要請が提出されていたことから、特に要請は行わなかった。

ただ、任期後半に入り、海岸実験の為の施設を補うため、インドネシアで入取可能なモーターにより二次元水路へ造波機を計画し提言したが予算不足ということで最後まで実施できなかった。

(2) 河川水理模型実験指導

指導内容は項目別に分けると次のようである。

a. 水理模型実験指導書作成（Technical note）

b. Technical note を用いたWeekly meeting による実験計画、実験技術指導

c. 種々の水理実験指導

(3) ソロ河流域内災害復旧に対する指導

a. 災害復旧計画提言

3. 業務項目別目標設定と達成及び具体的成果

3.1 業務項目別設定目標

(1) 水理実験拡充計画に対する補佐

特になし。

(2) 河川水理模型実験指導

a. Weekly meetingにより、不定流実験、海岸実験のための基礎知識、必要データ、実験の概要を理解させる。

b. 不定流実験、海岸実験実習により実験技術を習得させる。

c. 河道改修計画、洪水防御計画、土砂収支計画、海岸保全対策、河口処理対策等種々の実験実習により実験技術を習得させる。

d. 特に発注者に対し水理実験の意義、実験の対象分野、実験の種類とその活用、実験に必要となるデーター、実験のプロセス、水理実験所と発注者のかかわりあい、河川計画における両者の位置づけ等を理解させる。

(3) ンロ河流域内災害復旧に対する指導

災害復旧対策がマスタープランに沿った河川全体をながめた対策となるよう指導する。

3.2 具体的成果

(1) 水理実験拡充計画に対する補佐

特になし

(2) 河川水理模型実験実験指導

a. Weekly meetingを当初予定したが、meeting用の原稿が間にあわず、前項a及びdをまとめTechnical noteを作成し、それを用いてmeetingにより指導を行った。それらは次の通りである。

○ダム水理設計と水理模型実験

日本のダム設計基準、技術基準を紹介するとともに、前項dの説明を加えダム洪水吐に関する水理設計例を記した。

特に発注者であるＰＢＳ設計計画課スタッフにも配布し両者の係わりあい、実験の活用の方法等について説明を加えた。

○移動床実験

これは今まで各専門家の残した水理技術指導書があるが、一連の

河川実験（移動床）において種々の水理計算をどのように用いるか、また実験計画をどのように立てるか等理解できないとの試験所の指摘摘があったため作成したもので、河川実験に必要な水理公式、実験計計画、実験計画上の検討項目、計算例、相似律の他不定流実験概要を含めて紹介した。

○インドネシアの河道特性

これは北バンテンマスタープランのために、インドネシアの河道のデータを当試験所から提出したことを期に始めたもので、現在まで試験所の実施したインドネシア全土の河川データから河川粗度係数、河道幅、河道勾配、蛇行度等をまとめたものである。

今後、さらにこの種のデータを集積することにより、インドネシアの河道特性を明らかにし、河道計画のための資料を整備するように強調した。

○海岸工学

このnote 作成には、インドネシアの気候、季節風、海岸のデータの所在がつかめず、結果的には序論を書き上げた所で終ったばかりでなく、充分な説明も行えなかった。購送した波高計も故障があり使用方法も説明できていない。今後後任者により引き続き継続されることを期待する。

b. 不定流実験概要については前記のようにTechnical note 移動床実験中に紹介し、meeting によって詳細説明を行った。Weekly meeting 同様 meeting では、常時試験所長以下実験担当者6名で行い、当方の説明を再度所長よりインドネシア語で確認することを進めてきた。

実験実習は、モデルに対し設定する境界条件の少ない急流砂防ダムのモデルにより実習させた。

このモデルは、ソロ川工事事務所管轄のグリンドル川左支川テインギ川に計画された第2番目の砂防ダムで、設計は当事務所設計部で行われた。実験は、幾何学的に縮少された砂を用い、移動河床とし、河道流量は、合理式によって推定した洪水波形に極力近づくよう調節させ、いかに実際の洪水をモデルに再現させるかを紹介した。

なお、海岸実験実習は、造波機その他実験施設が整っておらず

実施できずに終った。

c. 種々の実験技術の習得のための具体的モデルによる実習は行っていない。というより、当試験所では年間を通して比較的要請される業務が多く特に新たなモデルを必要とせず、むしろ受注業務の内、未経験な分野あるいは、こちらから見て助言を必要とすると考えられる業務に関し助言することでこの目的は達成されたと考える。

二年間で行われた業務では分野別に次のようになる。

○河川分流実験 …… 3件
　実験方法　固定床、移動床
○水制工 …… 3件
　実験方法　固定床、移動床
○ショートカット工 …… 2件
　実験方法　固定床、移動床
○堤防法線 …… 1件
　実験方法　固定床
○頭首工 …… 1件
　実験方法　固定床
○砂防ダム …… 3件
　実験方法　固定床、移動床、不定流
○フィルダム洪水吐 …… 2件　　計15件

助言の内容としては、実験計画から報告書作成まで、あるいは実験手法、解析方法等さまざまであるが、彼等からの質問としては、実験で何を解くか、またどう解くかといった点が目立ち、習得した技術をどう活用するかが理解されていないように感じた。このため極力実験計画の段階で必らず実験のフローを作成させるよう助言したつもりである。

(3) 災害復旧に対する指導は、同所設計部に河川計画の専門家がすでに赴任されており、当方にはさほどかかわらないものと考えていたが、現地視察対策会議で常に同様に要請されることが多かった。

しかし、災害復旧対策も全てソロ事務所予算内のことで充分な対応が出来ないことは当然であろうと思われるものの、立案される対策自体があまりにも現実性に乏しい案が多く、意見を求められても返答に窮する

場合が少くなかった。

また、河川計画の専門家とも意見を異にすることもあり、当方の調整が難しい場合もあったが、常にその河川との調和を提言してきたつもりである。

災害復旧では対象となった問題は、特に水制工、ショートカット、護床工、提防法面洗掘、堤防護岸倒壊等である。

4. 業務と技術移転の実際例

4.1 水制工について

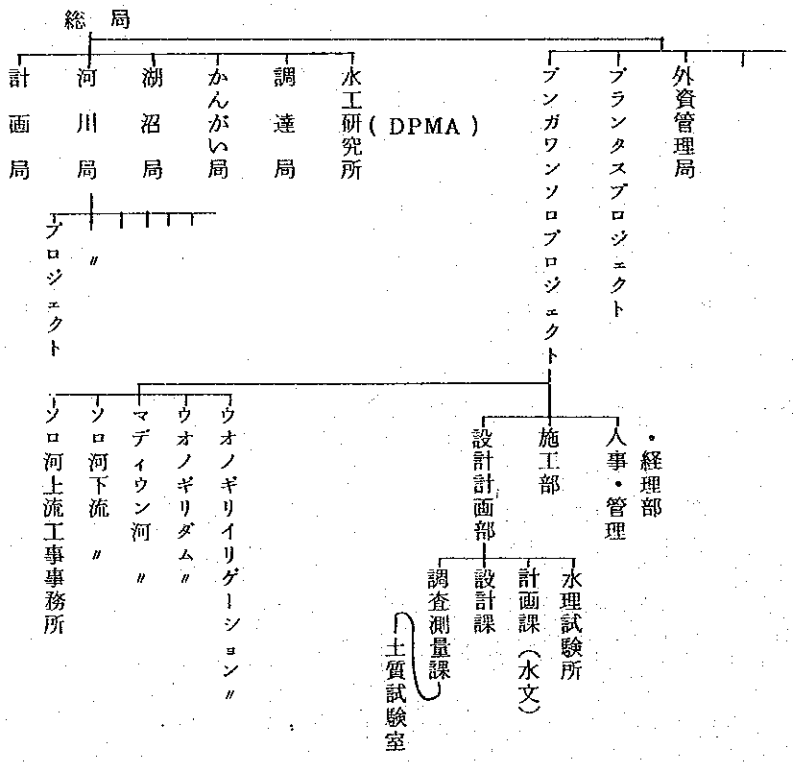
水制工とは古くから用いられた堤防、河岸の法先の侵蝕防止工法の一つで日本では比較的低廉で、短期間の施工も容易であることから最近まで行われてきた工法である。しかし日本では、すでに堤外地にも住居が立ち並び河道が直線的に堤内地に収められるに至り、極端な湾曲部以外には殆んど見られず、堤防法面にはコンクリート製護岸におきかえられつつある。

しかしながら、インドネシアでは未だに極端な蛇行を繰り返す自然河川が多く、とうてい日本のように高価な護岸はまだまだ望めない。今後とも水制工の必要性は高い。

しかし、実験によって決められた水制工は、努力のかいもなく、毎年一洪水で押し流されることが多く、試験所に対する不信感も少なからず見られたためソロ河の水制工状況の調査及び解析を行い、今後の改良試案を提言した。

(1) 業務実施環境

水資源総局組織及び当工事事務所の組織は次のようである。



執務室としては、6畳程の個室を与えられ、そこに前任専門家によって確保された秘書と二人で業務することとなった。

しかし確保されたといっても、実際は前任者の帰国後1ケ月を経て赴任したため前任者の秘書はすでに他セクションへ移動していたことから再々事務所長に要請し、3ケ月後にようやく確保したのが実情である。しかし確保したのもつかの間で病気のため辞職となり、改めて二度目の秘書を確保し彼とその後1年2ケ月を同室し業務を実施した。

日本語であれば、こうして報告書を清書することで済むことも、こと英文では必らずタイプすることとなるので秘書はどうしても必要となるばかりでなく、実際現地に赴任しても右も左もわかるものでもなく、英文の話せる秘書がいて徐々に状況が理解されるものと考える。

(2) 技術環境

さて実際業務は、前述したようにこの問題については現地でも、対策に苦慮していたことから当方からの問題提起には二つ返事で了解され、設計課、水理試験所から各2名づつのカウンターパートが選出され、現地調査、資料整理等に手助けしてくれることとなった。

調査は、まず河道の状況、水制の位置形状等を設計図の中からひろい出すことから始めたが、水制の設置された地名は確認されたが施工された時期、形状は殆んど確認できず、河道の状況に至っては、未整理のままのマスタープラン当時の測量図がみつかったのみで、それ以降の河道測量は実施されていないということが確認された。

概略の河道状況は、残されていたマスタープランの内の一部の報告書と今まで試験所で実施した実験報告書、さらに秘書と市内の文具店で捜し出した比較的河川の記入された地図とを見比らべ、設置位置の確認、現地調査順序等の検討を行った。

現地調査は、日本の出張等とは比べられるものではなく、全てがランドクルーザーで走りまくるということで調査順序と宿泊地が問題となるためである。

調査日程が決まると秘書が私とカウンターパート、さらにドライバーの出張要請を出し、了解を取り、出張命令書と出張旅費が出てから出張となる。この間約2～3日で、出発すると、このユックリズムから一転してドライバーは殆んど信号のない道路を80～100Km／h の驚くべ

きスピードで現地へはこんでくれる。

調査日程としとは、マディウン川を見ることにした。

ドライバーは、まずマディウン事務所へ向かい、事務所で我々の車にさらに案内の人間を乗せ、給油を行ってから現地へ向かう。現地へついた頃は既に汗だくで、近くの飯店で現地料理と清涼飲料で早い昼をすませて調査を実施する。

調査は、川幅、主流線、水制の種類、長さ、高さ、水制まわりの洗掘状況河床砂等である。特に水制まわりの洗掘は、カウンターパートの調達してくれた渡し舟で、測量ポールで水深を調査した。

このようにして調査は一日、3ケ所で終え、事務所のメスに引きかえし、宿泊となる。彼等の事務所での勤務時間が朝7時から通常2時までのために、この時間を過ぎると次の箇所へと思っても、特にドライバーが帰るといい出すのでせいぜいこの程度となる。

マンディ（沐浴）をすませて夕食までの時間が昼寝と談笑の時間で、熱心なカウンターパートもいて彼等と水制の目的、機能、さらに調査の目的今後の資料整理等について話し合うことも多い。

上司のいない場合は彼等も懸命に当方の英語とインドネシア語チャンポンの説明を理解しようと努めてくれる。

私はこうした若い技術者との理解をむしろ大事にするよう努めたつもりである。私も比較的若いためにとけこめたのかもしれない。そうこうしていると必らず、支所の係長クラスがやって来て、我々を夕食に誘ってくれる。当方に気づかいして必ず中国飯店で、ビールを用意してくれる。夕食代は係長が殆んど支払い、どうやらカウンターパート達の出張旅費をうかせてやっているようであった。

夕食を終えると既に8時頃を回っており、私は必らず殺虫剤をまき、蚊とり線香をたいて床についた。出張の際は必らず、これとティッシュペーパーは持参しないとひどい目に合う。

このようにして調査した個所はソロ河本川12、マディウン河9ケ所計21ケ所で出張回数は7回を越えた。

データー整理は当方の決めた書式にカウンターパートがデータを埋めていく方式をとった。

得られた結果では、概ね次のような点が理解された。

○マディウン河では河床勾配１／1,０００～１／2,０００ 程度で不透過水制が用いられており、それらは蛇かごで作られている。

水制長は低水路幅の２５％、高さはほぼ年平均最大流量に匹適しそれ以下の流量に対しては、水制は非越流型となる。安定度は高く、５年サイクル程の補修で充分その効果を発揮している。水制材料としての玉石はマディウン上流の急流河川に設けられた砂防ダムの堆積土砂から採取されている。

また水制は殆んどが、マッソンリーと呼ばれるカラ積み護岸との併用となっている。但し価格的には蛇かごを１とするとマッソンリーは$\frac{1}{2}$程度で我々が通常考える蛇かごのイメージとは程遠く高価なものとなっている。

○ソロ河では河床勾配１／5,０００～１／8,０００程の緩勾配、湾曲部には透過水制が用いられ、コンクリートもしくは材木による杭出し水制である。

水制長は透過水制の割には低水路幅の１５％弱でマディウン河に比べても短く、護岸との併用は殆んど見られず、６～１０基程の水制が１セットとなって設けられている。各水制の区間長は水制長の1.３倍程度となっている。安定度は低く、ほぼ毎年被害を受けており、水制ばかりでなく、河岸も崩壊する。

水制の杭の埋込長は、材料となるチーク、ヤシ、他場所打杭がせいぜい１５～２０cmが限度で、河岸崩壊に対応する程の埋込み長がとれず、崩壊するケースが多い。しかし、蛇かごを作成するにはソロ河下流近くに玉石がないことから杭出し水制が使われてきたようである。

また両川の大きな違いは、マディウンではどちらかといえば天井川、ソロ河は侵蝕河川である点である。

この結果から注目した点は、マディウン河の不透過水制とソロ河の透過水制で、安定度の高い不透過水制が透過水制に比べ長さも区間長も低水路幅に対して短かかったという点、ソロ河では侵蝕河川のためシルト質粘土からなる河岸は１０mにも達し、雨水、洪水により飽和状態となると崩壊しやすい状態にある点で、極力現地で対応可能な工法、材料により改良案を立案した。

(3) 水理検針

立案された改良案は試験所の予算を限られていたため、完了したばかりの水制工固定床実験モデルを移動床に改良して検討を行うこととした。

移動床材料としては石炭粉を予定した。しかしここで直面した問題は約3m^3の石炭粉を作るクラッシャーののツメが折れたということであった。にもかかわらず、熱心なカウンターパートは作業員にハンマーでクラッシュさせてくれたのである。しかし結果は残念なことにクラッシュされた石炭粉は、粒径も比重も大きく、実験で与えられる掃流力では移動せず、定性的な判断に終った。

実験中は、さらに粒径の小さなかつクラッシュが容易な材料として、バトウカブール（石炭石の一種、インドネシアではモルタル仕上げされたカベのペイントとして用いられる）の粒径、比重の調査も実施させたが、粒径、比重は比較的小さいものの、白濁し水に溶けることがわかり材料としては不適当となった。

当国でこの種の掃流力の小さな河川の移動床実験を行うには、実験材料の選択、模型縮尺、さらに歪み度等の事前検討が充分行われる必要があることを痛感した。

(4) 報告書作成

報告書では、

1）調査目的

2）調査方法

3）結　　果

○マディウン河とソロ河水制の安定度と規模の違い。

○日本の水制とソロ河水制比較

4）改良点と方策

○河岸の安定度の検討

○高水敷雨水排水

5）改良方法提案

6）実験検討結果

以上6項目により、今後の改良点をうながした。

(5) 検 討 会

報告書がまとまり、設計部、施工部、水理試験所の3ケ所に対し配布を行った。

その後設計部長より講義要請を受けたが、当方の講義ばかりでなく検討会とすることで講義を行った。

検討会で感じたことは、彼等自身、今までマディウン河水制とソロ河水制の安定度の違いを認識していなかった点、設計では、たとえばコンクリート水制等の配崩図までは描かれるが、断面の設計はもちろんのこと、河岸の安定度、例えば崩壊の検討、また水流に対する検討等が行われていない等の点でとうてい設計部といえるものではないというのが実感であった。

実際設計段階では、設計部長、あるいは課長の判断で試行錯誤的に決定され図化されているといった状態で、以下職員の意見等は、インシニョール（インドネシア語で理科系の大学を卒業した人に与えられる称号）でない限り発言もされないようであった。

(6) 今後の技術協力

この調査では、究極、設計側の不備を水理試験所から指摘した形となってしまったが、実際このように設計上すでに安定度の低いものを固定床実験という定性的判断で実施してきた試験所も不適切な検討を行ってきた訳で双方とも非とする点は多い。

しかし、これらは全てインドネシアに河川技術基準が完備されていない点にあるものと考える。彼等は、いわば日本でいえば新入社員的存在であり、基準もない現状ではやはり試行錯誤するのはやむを得ない。今後早々に河川技術を体系的にまとめ、設計、施工、試験所とわけ隔てることなく技術指導することが必要と考える。河川技術センターとして総合的に指導することも一つの方法であろうし、各部門別にマニュアルを作成してやることも一つである。

4.2 インドネシアの河道特性について

河道特性調査は以前 JICA の研究員を投入して行われたこともあるが、中々期待された程データ収集がままならず、開始後まもなくストップした経緯がある。

しかし、現在インドネシアの日本に対する河川技術援助要請は非常にふえつつあり、今後限られたコンサルタントばかりでなく、多くのコンサルタントが、これら河川計画に参加する機会は増えるものと考える。

しかしながら、未だに、日本の河川技術がインドネシアの河川を理解できる程のデータ収集も行なわれていず、それらを紹介した文献も少ない。今後インドネシアの河川技術基準作成に協力する上でも早々に収集解析してゆく必要があるものと考える。

幸い当試験所では、現在全インドネシアからの河川実験要請を受けるに至り、その数も６０を越え、河川データの収集は比較的容易である。これは現在までの実験レポートにより、インドネシアの河川の特徴の一端でも紹介できればと思い、河道特性としてまとめたものである。

(1) 雨量と河川流量について

河川計画上、最も重要となるデータが上記水文資料であり、日本では気象庁の雨量データ、河川局管轄の流量データにより計画流量が推定される。

しかし、ここではとてもこれだけの資料を収集かつ解析することは無理であるので、少なくとも各地域毎、例えば、東部ジャワ、中部、それに西部ジャワ、さらにスマトラ北部、南部、カリマンタンというように、比流量図だけでも作成できないものかと考え、まず流量データを管轄するＤＰＭＡ水工研究所水文部をおとずれた。ここには、インドネシア全土の主要河川データが収集されており、その数も相当数にのぼる。しかしながら各一河川毎にみると水位計の数は少なく、多くても３個所程度にしかすぎず、むしろ一河川毎の流量データは所轄の工事事務所、または、市町村独自で取られているデータの方が精度も数も多いということが知れた。

また、ＤＰＭＡで管理しているこのデータは１９６６年からのもので現在、コンピューターで収録しなおされているとのことで、結果的に１９６６年、６７年２年度のみが、手に入っただけで、資料を解析するには至っていない。

しかしこのデータのみでも、日流量程度は解析対象となり得ると思われる。なお、雨量データも参考にと思い、気象庁（ジャカルタ）におもむいたが、日流量程度は得られるものの、インドネシアのスコールの雨

域を総括する程雨量計が設置されておらず、このデータのみでは、解析が難しいようである。雨量、流量とも、これら資料を各工事事務所及び市町村の資料で補いつつ解析することが必要となろう。

(2) 実験レポートの解析

ここで解析した内容は次のとおりである。

o 流域の概要

流域面積、河川延長、年平均雨量、既往最大流量、流域人口、土地利用状況

o bankfull 流量

これは、河道を支配していると考えられる流量でほぼ年平均最大流量に匹適する流量を想定している。

o bankfull 流量時の水理量

河床勾配、水面勾配、掃流力、粗度係数、河床平均粒径、河幅、低水路幅

o 蛇 行 度

o 浮遊砂量

o 改修計画時の水理量

河床勾配、河幅、低水路幅、粗度係数、計画流量

しかし、実験レポートのスタイルがまちまちであり、データの記載が不明確で結果的には２１ヶ川のデータを収録したにとどまった。

この調査解析で理解し得た点は次のようである。

o 河川は大きく２つに大別でき、それらは水源地の地質で区別できる。一つは、水源地が第３紀の地質の山、他は第４紀の山にある場合で前者は、母岩に安山岩が多く、比較的硬いことからその川は日本の川に類し、比較的急流部が多く、河床粒径は礫が主となっている。後者は比較的新しい時期の火山性堆積岩が表土をおおっており、風化も早く雨水による表土侵蝕により流出しやすく、それらの多くは沖積平野を形成している。したがって河床粒径は極端に小さく、平均粒径で $\frac{1}{10}$ mm以下になることも少なくない。

当然蛇行度も後者が極端に大きい。

以下沖積平野を流れる河川についてまとめると、

・ bankfull 流量は、1,000m^3/s 以下が大半を占め、比流量では、

1以下となる。河幅は、流量に比して小さく、２００m以下の単断面面となる。

- この時の水深は河幅に比して深く、このため掃流力は粒径に比して非常に大きくほとんどは浮遊状態で流下するようで河床変動量はかなり大きい。
- 蛇行度は河道延長と直線距離の比で表わすと、最大3.5平均で2.0程度で、蛇行度を1.0とするには、少なくとも河幅としては、水深の１０倍程度を必要とする。しかしこれは不可能なことで、今後の河川計画上は高水敷を出きる限り幅広くすることが必要であろうといえる。
- 河口付近の河床勾配は1／10,000程度の後勾配で、多くは河口砂嘴を形成し、極端な場合は河床勾配となることもあり、疎通能力を減少させている。
- 河川粗度係数は極端な蛇行の割には大きくなく、0.040～0.030程度である。
- 沖積平野は、その殆んどが内海ジャワ海に向かっており、そこを流れる河川には今後河口処理の問題が、クローズアップされてくるものと考えられる。

(3) 今後の技術協力

今後河川技術要請案件を受ける場合でも、また日本の河川技術基準をインドネシアに適応させるにしても、まだまだ、多くの河川データ情報の収集を必要とすることは前にも述べたとおりである。

収集の方法としては、気象庁、ＤＰＭＡばかりでなく、試験所も多いに活用し、また各プロジェクトからの情報収集ルートを確立することも一つの方法である。

さらに、技術基準作成には河川データに限らず、例えば堤防の策堤材料、それに必要な土質試験データ、河口潮位、波の影響等総合的な調査を必要とするものであり、長期間を要するであろう。

個別の派遣専門家の得た情報ばかりでなく、情報収集を専門とする調査団の派遣も効果的な方法ではないだろうか。

4.3 アチェ川緊急改修分流工実験

本件は、1980年にJICA技術協力案件の一つとしてとりあげられた。スマトラ、アチェ川緊急改修のうち合流工付近の機能調査を目的とし河川局から依頼された実験である。

設計は日本の某コンサルタントと台湾シノテックコンサルタントのJVにより行われており、実験模型は先任専門家の指導により既に完了し、私の赴任を待って実験が開始された。

アチェ川の緊急改修は、現在、バンダアチェ市中央を貫く、本川の疎通能力の増大が見込めないために、河口より8Km上流で自然分流させ、本川疎通能力を越える流量については放水路により、本川河口北部10Km地点に放流する計画で、確率年$\frac{1}{5}$とする計画流量により、線形分流工等諸元が決定された。

実験の目的は、この分流工の機能及び分流工付近線形の調査、分流工下流保護工の検討である。

(1) 模型設計

実験模型は、敷地ポンプ容量から$n=\frac{1}{40}$の模型で、敷地利用状況から左右反転して作成されていた。

河川長は、分流工上流を川幅の6倍、分流工下流本川を幅5倍、放水路を河幅の5倍とし延長30mであった。

しかし、当初計画された模型は、分流工をはさんで上下流15m程度で、とうてい河道特性を再現できる程の長さを持っていず、先任専門家によって現在の長さに改造されたとのことであった。

しかしながら模型の不備はこれに限らず、流量を計量する水槽の規模が流量に比して小さく、着任早々改良を行った。

分流工模型は、また、設計サイドとのコンタクトミスか、設計書のスケッチを基に作成されており、設置位置形状共、再度変更することとなり、先行きに不安を残した。

(2) 設計原案の検討

模型改良がようやく完了したころに、設計サイドから実験のスーパーバイザーとして、台湾シノテックからMr. Linが着任し、それから3ケ月、彼が実質試験所スタッフとともに実験を行い、当方がそれをスーパーバイズすることとなった。

実験の計画書は、彼が書いたらしく、その後は彼の指導により粗度調整、原案の分流比解析までは比較的スムーズに行われた。

しかし、分流比の結果では、本川の流入量が大幅に計画を上回ったため、この時点で、設計サイドのスーパーバイザーであった早稲田大吉川教授、河川チームリーダー、設計サイドと当方試験所の間で改良方針の検討を行った。

検討により変更されたのは、分流工上流低水路幅及び法線形状、さらに分流工付近の護岸形状であった。

低水路法線は、原案でのセンターライン方式を改め、現道法線に極力沿わせた方式とし、低水路幅も現河道幅と年平均最大流出量を重視した原案８０ｍから６０ｍに縮小することにした。

分流工左右高水敷は、洪水時に冠水して分流工下流低水路中央へ集中する流れを緩和するとともに、分流比をコンスタントにする目的で嵩上げし、分流工での断面を複断面から単断面を変更した。この変更により実験の下流端水位を再度設計サイドで不等流計算で推定することとなった。

しかし、この計算が終了し、変更案を実施するまで約２ケ月を要し、この間にMr. Lin は帰国となり、これ以降当方がスパーバイザーがわりとして実験指導を行うこととなった。

(3) 変更案検討

設計サイドから計算書が届いても計算ミスがあり、実験に入るまではさらに多くの時間をついやし、結果的に工程的には試験所がおわれる立場となった。

変更案は次のような順序で改良を行った。

○変更案分流比の確認

○分流工上流低水路法線改良

○分流工幅の検討

工程の遅れを取り戻すため、改良案をみい出すまでの模型改造は、試験所で容易に手に入る粘土を用いて行わせ最終線形についてモルタルで置換した。

実験中最も注意させたのは、分流量の計量と下流端水位の設定であり、分流実験の場合、分流量は、分流点の線形と分流前流量及び下流端水位

によって決まるということを理解させることであった。

分流量はバランスが取れた時点の下流端水位2点に対し無数に決まるもので、バランスを取りつつ、かつ計算で得られた下流水位に最も接近した時の水位、分流量が求める解であり、またそれを与える分流工幅、高さを求めることが、この実験の最大のポイントであるからである。

計算で解く場合は、ある分流工幅、高さについて分流比を想定し、その時の河口水位をもとに上流水位を不等流計算で推定し、分流点上流の水位が一致するまで分流比を変えて計算を繰り返す。水位が一致した時の分流量がある分流工幅、高さの場合の分流量となる。これを繰り返して所定の分流工幅、高さを求めるのであるから解に収束するまでは相当の時間を要する。反面、実験では想定された下流端水位を設定し、分流量を計量すれば、容易に結果の判定ができる訳である。

但し、模型が大きければ大きい程、本川、放水路の下流水位をバランスさせるのに時間がかかる。いわゆる模型内での水位の振動が収まるまでの時間である。本模型でも、放流開始から約3時間を要し、半日がつぶれた。

(4) 最終分流比の調整

本実験でも、本川分流工上下流の湾曲部河岸は杭出し水制により保護することとし、分流量の最終的には本川分流点下流に設けた水制の粗度効果により調整し、自然分流により計画分流量を満足する解を得た。

(5) 分流工下流保護工の検討

分流工最終案形状について分流工下流のみ石炭粉の移動河床とし、分流点上流より石炭粉を補給する部分的移動床実験により、保護工の検討を行った。これは30mに及ぶ河床を全て移動床とするには、石炭粉の供給能力に限界があるためである。

保護工としては、豆砂利を用いてその規模を検討した。

しかし、最終案として得た形状では、低水路最大流量までは流線の乱れもなく分流するが、この流量以上になると、高水敷に発生する死水域による影響で流線が片寄り不均衡な洗掘をすることが明らかとなった。

実験では、極力この不均衡を解消する方向でさらに分流工上下流の線形を改造したが、期待した程の効果が見られず、多少の不均衡はやむを得ないとして河川局に対し最終報告を行った。

(6) 最終報告

最終報告は河川局において河川局設計計画部、アチェプロジェクト設計コンサルタント、水理試験所の間で行われ、試験所からは所長により報告させ、説明不足の点を当方で補足した。

分流工の最終案形状としては、ほぼ無理のない形状として全員の賛同を得たが、分流工を設けた場合、洪水時でない限り放水路は、常時水なしという状態となるため、分流工左右いずれかに角落しを設け下流維持用水を確保したらどうかとの意見も出た。

試験所としては、この角落しの設置位置の検討を行ってさらに洪水時の流線の不均衡を解消することにもつながるため、この意見を受けて再度、角落しの規模、設置位置の検討を行なって補遺として報告を行った。しかし、結果は、最終案からの前進はさほどなく、保護工の不均衡を解消するまでは至らなかった。

但し、放水路への常時水補給が行われることは、今後検討されるかんがい計画に対しても重要な問題であり、本実験でここまで検討できたことは有意義な実験となったものと言える。

(7) 今後の実験計画

設計サイドとのコンタクトミス、また設計変更にともなう空白期間が多く目立ち、最終報告は、模型計画からでは実に9ヶ月後となった。特に海外で行われる設計、またそれに伴う実験（水理、土質etc）等は、言葉のカベもあり、担当双方の密接なコンタクトが必要となるとの感を強くした。

なお、実験中で感じたことは、実験担当者のみならず他のスタッフでも同様で、自分自身で実験の計画を立てず、全くこちらの指導をあおぐという姿勢であった点で、今後自立して試験所を運営することができるのかという危惧の念をいだいた。

特に実験は、設計等と違い、設計示方書、または指針に沿って計算を行えば、内容はともかく一応の形ができるものでなく、計画自体からストーリーはなく、自らストーリーを作る必要がある。

この点特に技術協力もその効果が具体的に把握しにくいともいえる。したがって本実験中も、求める解をどのような方法でまた工程で解くのか、作業フローを作らせるとか、計画書を書かせる等の方法で指導は

行ったが、まだまだ自立するにはほど遠い感じを受けた。

なお、アチェ川緊急改修計画では、今後さらに、確率対象年を２０年とする将来計画が、アチェプロジェクト独自で計画されており、この計画の資料を求めるため、分流工本川側への可動地、及び河口閉塞抑制、塩水侵入抑制のための河口堰二次元実験が予定されている。

しかし、この実験要請は当方の帰国２ケ月前となり、一応実験計画準備を終えた段階で、後任専門家の指導にゆだねることとなった。できれば、この河口堰実験は、三次元実験により河口閉塞状況を推定し、最終的に河口堰のフラッシュ機能も検討されることが望ましい。但し三次元実験を行うには、以前より要請されている造波施設を必要とするが、海岸実験の題材としては格好のものとなる。

5. 提　　言

最後に今後の技術協力のあり方について私なりの見解をまとめてみたい。

5.1　技術協力の成果

当試験所へ派遣された専門家は、一応河川チームに属するが、全て個別派遣専門家で、各々の指導計画は、受け入れ側である「イ」側の要請内容前任からの情報、また赴任後の専門家の判断で立案され実施されている。したがってある程度指導内容が重複することは否めない。

さらに、当試験所専門家の活動は、前記のように、実験指導のみならず、ソロ河流域に発生するかなりの数の災害復旧対策へのアドバイス、当流域で実施中のF／S、D／D等へのスーパーバイズも含まれ、なかなか実験指導のみに力をそそぐことは難しく、実験の特殊性として、マニュアル作成も難しく、技術移転の成果が上がっていないように見られがちである。

しかし、今まで5代の専門家の試験所に対する活動は、

- ○水理学実習、模型と相似律
- ○模型製作、計測機器の取り扱い実習
- ○水理実験計画、現地データ解析、実験データ処理
- ○水理実験実習

  河道計画、ショートカット工、分合流工、水制工、頭首工、砂防ダム、ダム洪水吐、埠頭
- ○水理実験手法

  固定床実験、移動床実験、定流実験、不定流実験、二次元実験
- ○河川砂防技術基準

  河川計画、ダム計画、砂防計画
- ○海岸工学序論
- ○試験所将来計画提言、試験所施設拡充計画及び設計

等、かなりの足跡が残されている。

5.2　技術協力上の問題点

では、各々の専門家が成果を残しているにもかかわらず、なぜ当試験所への専門家要請が特に強いかというと、やはり、第1には、試験所を河川局直轄の研究所に成長かつ自立させたいという河川局、プロジェクトの上位計画と、それにともなう施設拡充計画に対する協力であろうと推察されるが、

第2には、受け入れる「イ」側の問題も大きいものと考える。

「イ」側の問題としては次のようにまとめる。

(1) 実験技術の習得

これは実験の特殊性によるもので実験マニュアルを作成することは難しいものであるが、要請を行う場合、例えば、河川実験における二次元、三次元、固定床、移動床実験というように実験技術を計画的に習得できるよう、また、指導できるようカリキュラムを作成して望むべきものと思う。

(2) 実験専門家の処遇

実験に関する専門家であれ、要請は実験指導にとどまらず多様であり実験指導のみに専念できない。

(3) カウンターパートの問題

カウンターパートとして試験所スタッフの人事異動があり、技術の蓄積がなされず、習得技術の伝達がない。

これは、試験所が今だプロジェクトの一セクションにしかすぎず、現段階では試験所の成長が望めないこと、また女性所長に対する不満等によるようである。

(4) 河川技術者の育成

(3)の問題は逆の見方をすれば、当試験所で育った技術者が各プロジェクトに散り大いにその習得した技術により、河川技術の発展に貢献するならば、我が国の協力は大きな評価を受けるものと思われる。

しかし、まだ河川技術基準等の判断基準がない今は、当試験所で受けた河川技術といっても、水理学の基礎、水理現象、実験の手法、またその解析程度にすぎないといっても過言ではない。

最終的には単なる実験工でなく、河川技術者として成長するには河川工学、ダム、砂防という技術者の持つべき知識の習得も考える必要がある。

5.3 今後の技術協力のあり方

以上のような問題をふまえて考えると、今まで行われてきた個別専門家派遣よりむしろセンター協力として総合的に指導し、締めくくることが最良の方法と考える。

センター協力の構想としては、次のように考えている。

(1) 河川技術センターとし、河川計画、ダム計画（砂防は砂防センターで実施されている。）及び水理、土質試験所の4部門をおく。

(2) 全ての受講生に対し、河川、ダム計画、設計、施工技術を習得させ、水理、土質実験実習を行わせる。

(3) 水理実習は各プロジェクトからの要請案件とする。

(4) 当面さほど問題となっていない海岸の問題については、問題となった時点で短期講師により講義実習を行う。

(5) 河川ダム計画部門の専門家によりインドネシアの河川データを収集、解析し、河川技術基準作成を行う。

このようにして、今、河川計画、ダム、水理実験の専門家として個別になっている専門家を集中することにより効果的な指導が行われるものと思う。

講義資料としては、建設大学校講義資料、河川砂防技術基準がさしあたって資料となるであろう。

6. 感　　想

従来、当試験所への専門家は、建設省土木研究所より派遣されており、また河川チームの各専門家も全て官側の人達であったが、一民間コンサルタントから、インドネシア最大の総合開発プロジェクトに派遣され、水理試験所を中心に2年間、専門家として活動する機会を与えられたことは大変光栄であった。

赴任時にいだいていた不安感も多くの専門家、またプロジェクトに派遣されていたコンサルタントの方々にお世話になり、早々にインドネシアの生活になじみ、多方面に渡りさまざまな経験ができた。

日本では既に技術の細分化が進み、我々は水理実験を通した、水理上のみからの設計のアシストとして技術を生かすのみで、なかなか全体計画等触れる機会はない。

しかし、インドネシアでは、今だ試験所に対する過大評価があるものの、実験面に限らず、流域の総合開発計画、設計施工まで接する機会を与えられ自分自身、貴重な経験を得たと思う。

今後、これらの経験が業務に生かせれば、有意義な2年間であったといえる。

また、今後も日本に対する協力要請はますます増加することと思われるが、派遣前においては、生活環境の相違、難しさ等の理解もさることながら、専門家の残した報告書等により、インドネシアと日本の河川、また河川技術の相違を充分理解した上で派遣されれば、早く生活、業務になじむことが出来るものと考える。

JICA