

国際協力事業団  
タイ王国  
農業・協同組合省  
灌漑局

# タイ王国・イン・サン導水計画調査

## 和文要約書 (ウィーンヒリテイ調査)

平成11年11月

JICA LIBRARY



J1155010101

株式会社 三祐コンサルティング  
日本エーダック株式会社

122  
617  
SSS

社調

JR

99-156







国際協力事業団

タイ 国  
農業・協同組合省  
王室灌漑局

# タイ国コク・イン・ナン導水計画調査

## 和文要約書 (フイージビリティ調査)

平成11年11月

株式会社 三祐コンサルタンツ  
日本工営株式会社



1155010 (0)

## 序 文

日本国政府は、タイ王国政府の要請に基づき、同国のコク・イン・ナン導水計画（フェーズⅡ）にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成9年12月から平成11年10月までの間、3回にわたり、株式会社 三祐コンサルタント 相談役 樋口 昭一郎 氏を団長とし、株式会社 三祐コンサルタント及び日本工営株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

また、平成9年12月から平成11年10月の間、当事業団国際協力専門員 大井 英臣を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

調査団は、タイ王国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成11年11月

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎





国際協力事業団

総裁 藤田公郎 殿

## 伝達状

今般、タイ王国における「コク・イン・ナン導水計画調査（フェーズⅡ調査）」が終了し、ここに最終報告書を提出できる運びとなりましたことを喜びとするものであります。この最終報告書は、日本国政府関係省庁や貴事業団の計画策定に関する助言や提言、ならびにバンコクでもたれたタイ王国政府関係省庁との会議におけるドラフト・レポートに対するコメント等を反映して取りまとめたものであります。

本調査は、チャオプラヤ流域における慢性的な水不足問題の重要性に鑑み、タイ王国政府が既に実施に移していた調査を補強・補完するものでした。フェーズⅠ調査として実施確認調査及び初期環境調査を実施したのに引き続き、フェーズⅡ調査として事業の技術的、経済的妥当性を調査したものです。また、環境影響評価支援調査として、タイ側が実施した EIA 調査結果をレビューし、併せて水源環境保全調査などの補足調査を実施しました。

チャオプラヤ流域における逼迫した水需給状況と、その状況のもとでの流域の持続的開発を勘案した場合、本導水事業は有効な手段の一つであることが判明しました。しかしながら、本事業の実施に関しては、単に技術的な側面のみならず、今後の経済動向等を見極めながらタイ国政府自身が決定すべきものであり、本調査はそのために必要な情報を提供するものです。また、本事業の影響の大きさに鑑み、事業内容に関する十分な情報公開と説明を、水源地域に対してのみならず受益地域でも実施することの重要性も判明しました。

最後に、本調査の実施に際し、積極的なご支援とご協力を賜った貴事業団及び日本国政府関係省庁、ならびにタイ王国政府の RID をはじめとする関係機関の担当諸官に対し、ここに深甚な謝意を表する次第であります。

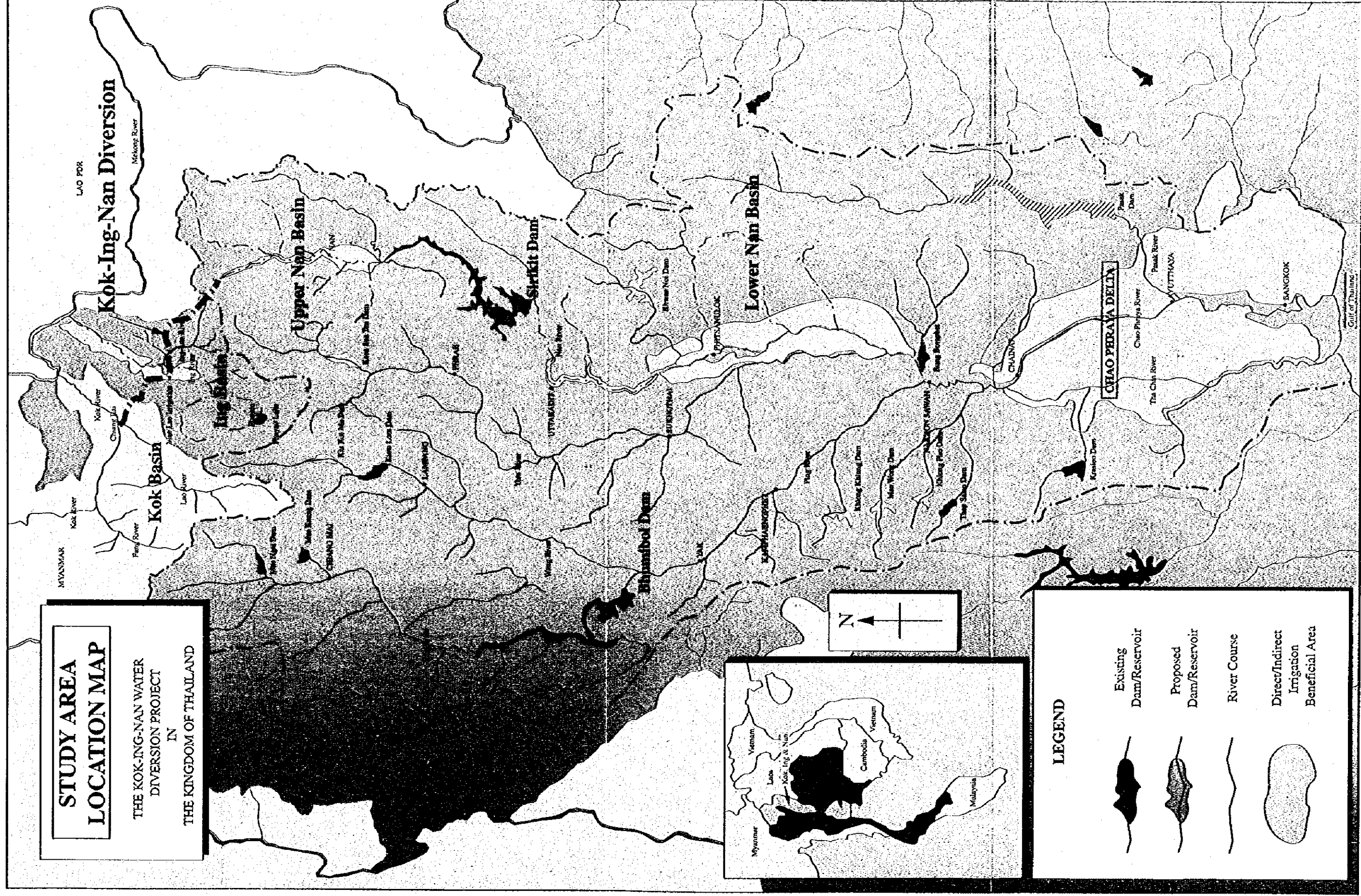
平成 11 年 11 月 19 日

タイ国コク・イン・ナン導水計画調査




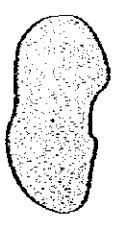
調査団長 樋口昭一郎

**STUDY AREA  
LOCATION MAP**

THE KOK-ING-NAN WATER  
DIVERSION PROJECT  
IN  
THE KINGDOM OF THAILAND

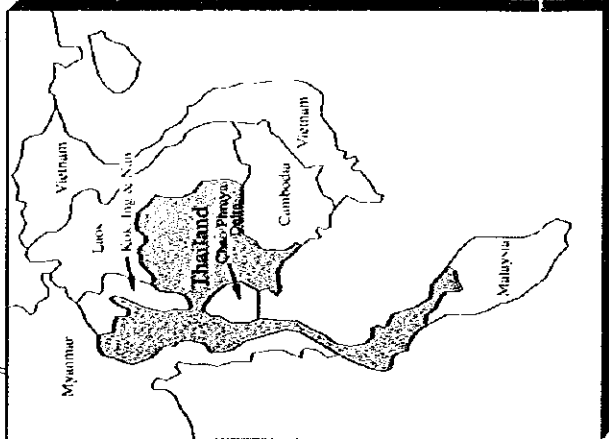
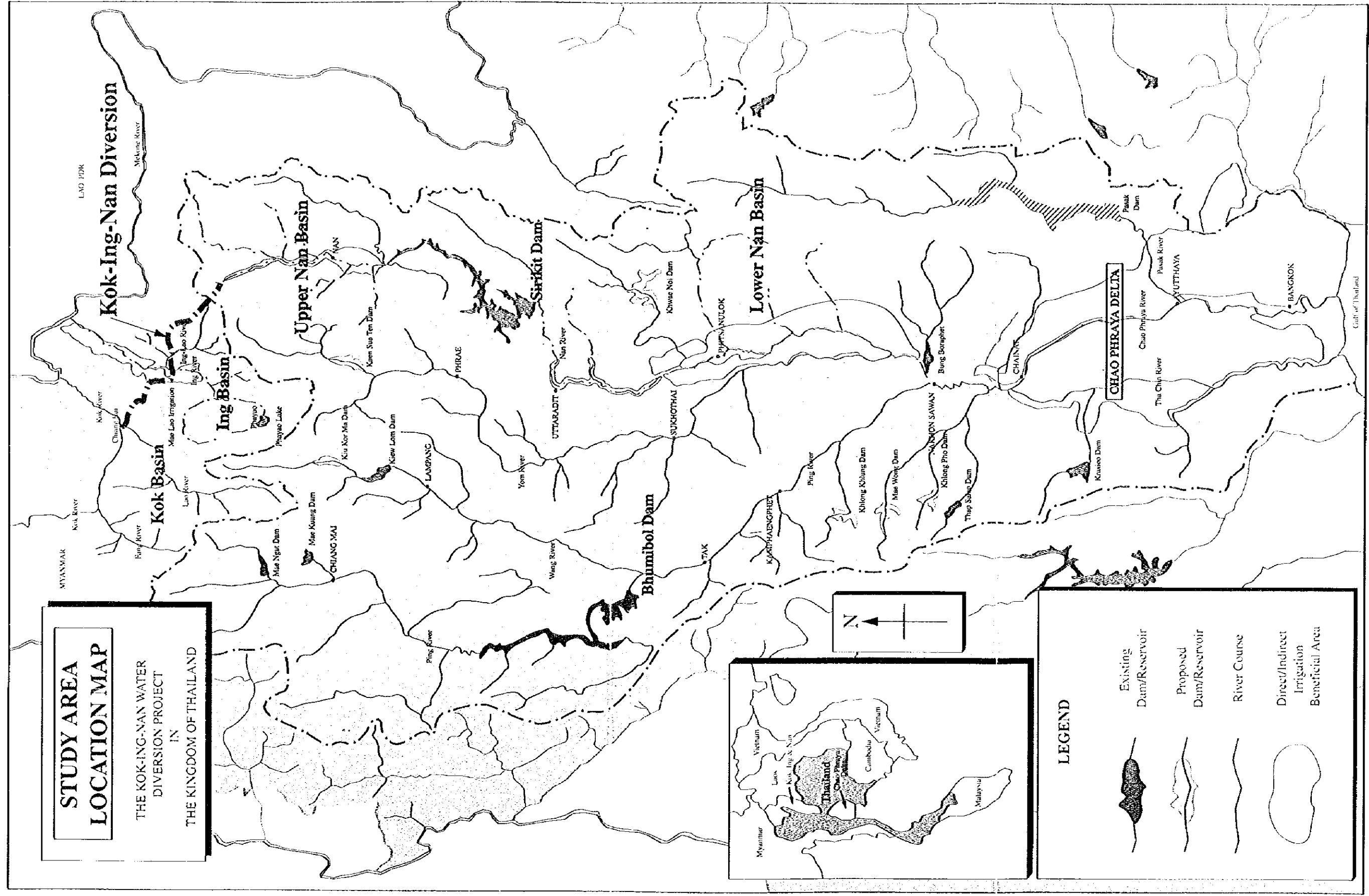


**LEGEND**

-  Existing Dam/Reservoir
-  Proposed Dam/Reservoir
-  River Course
-  Direct/Indirect Irrigation Beneficial Area

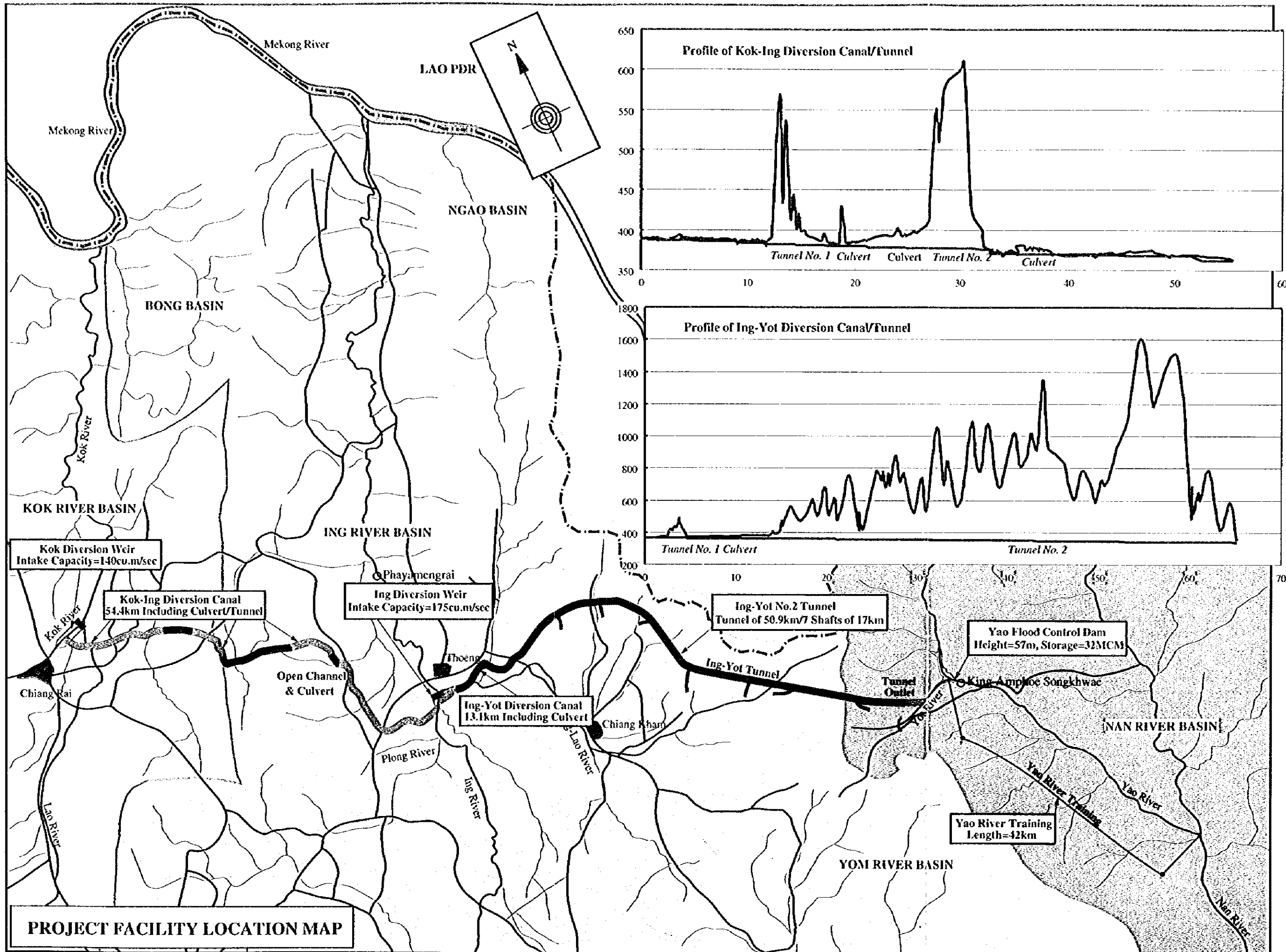
**STUDY AREA  
LOCATION MAP**

THE KOK-ING-NAN WATER  
DIVERSION PROJECT  
IN  
THE KINGDOM OF THAILAND



**LEGEND**

- Existing Dam/Reservoir
- Proposed Dam/Reservoir
- River Course
- Direct/Indirect Irrigation Beneficial Area



**PROJECT FACILITY LOCATION MAP**

## Key Indicators in Kok-Ing-Nan Water Diversion Project

### 1. General Features of Chao Phraya and Kok-Ing Basin

Item	Unit	Chao Phraya Basin			Kok-Ing Basin	
		Upper	Lower	Total		
(1) Basin Area	10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup>	124.1	33.8	157.9	14.3	
(2) Population, 1996	10 <sup>6</sup>	9.6	12.5	22.1	1.5	
(3) Farm Land Area	10 <sup>6</sup> rai	23.8	12.3	36.1	2.4	
(4) Water Resources	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	27.8	4.5	32.3	8.0	
(5) Irrigation Area,	Existing	10 <sup>6</sup> rai	6.6	8.0	14.6	1.0
	Future (2016)	10 <sup>6</sup> rai	12.1	8.0	20.1	1.8
(6) Irrigation Intensity	Existing	%	28	65	40	43
	Future	%	51	65	56	75
(7) G.B.P. Per capita	1996	10 <sup>3</sup> Baht	28	137	90	19
	2016	10 <sup>3</sup> Baht	61	470	275	27

### 2. Developed Water by Project

(1) Diversion Water by Project	2,000 MCM
(2) Dry Season Outflow at Sirikit Dam	2,810 MCM

### 3. Beneficial Area and Water Allocation

(1) Municipal and Industrial Water Supply in Delta	825 MCM
(2) Irrigation Water Supply in Delta and Lower Nan	1,985 MCM
Total	2,810 MCM
(3) Incremental Dry season Area in Delta	714,000 rai
(4) Incremental Dry season Area in Lower Nan	469,000 rai
Total	1,183,000 rai

### 4. Outline of Project Facility

(1) Kok Intake	140 cu.m/sec at Kok river
(2) Kok-Ing Diversion Canal	54.4km between Kok intake and Ing weir
(3) Ing Diversion Weir	175 cu.m/sec at Ing River
(4) Ing-Yot Diversion Canal	11.1km between Ing Weir and Ing-Yot Tunnel
(5) Ing-Yot Long Tunnel	52.9km with 7 Inclined Adits of 17.4km
(6) Yao Flood Control Dam	Rockfill Type, Reservoir Capacity of 32 MCM
(7) Yao River Training	River Length of 49km

5. Associate Irrigation Project Area in Kok-Ing and Upper Nan 237,500rai

### 6. Project Cost

Kok-Ing-Nan Water Diversion Project	43,386 Million Baht
Including Related Projects such as Associate, etc.	59,563 Million Baht

### 7. Incremental Project Benefit

Municipal and Industrial Water Supply	2,766 million Baht
Agriculture	10,918 million Baht
Hydropower Generation	406 million Baht
Total	14,090 million Baht

### 8. Economic Evaluation

Raw Water Cost	1.3 Baht/cu.m
EIRR	14.1%

## 概 要

コク・イン・ナン導水計画は、チャオブラヤ流域における慢性的な水不足に対処するために、タイ政府が国家プロジェクトとして推進している流域変更水資源開発計画である。

### (1) 導水計画の水源地

タイ国の最北部を南北に流れ、メコン川に流入するコク川及びイン川が本導水計画の水源地である。両河川には年間約 80 億  $m^3$  の水資源量があり、灌漑農業や生活用水、その他の目的に利用されており、さらに将来の開発可能な事業計画の水源地として利用される。将来の開発可能な灌漑農業面積は約 100 万ライ（1 ライ=0.16 ha）に達すると推定されており、そのための必要水量は非灌漑目的の水利用を含めて約 20 億  $m^3$  と見積もられている。従って流域内には本導水計画に利用可能な余剰水量が約 60 億  $m^3$  残されているが、導水計画の計画取水点における利用可能水量は約 40 億  $m^3$  である。

### (2) 導水方法と導水量

本導水計画では、コク、イン川の計画取水点において雨期の期間（6 月～12 月）に限って約 20 億  $m^3$  の水を導水する。取水された水は、総延長約 120km に及ぶ開水路及びトンネルによって導水され、ナン川の支流であるヤオ川に注入される。それらの水はナン川の本流を流下し、既存のシリキットダムに一旦貯水され、乾期に必要な応じて放流・利用される。

### (3) チャオブラヤ上流域の増加する水需要量と減少する水資源量

チャオブラヤ上流域（流域面積 124,000 $km^2$ ）はチャオブラヤ下流域の水源地流域であり、上流域における水利用の残水が下流域で利用される。上流域には 2,400 万ライを超える農地が展開しており、950 万人の農民が農業を営んでいるが、流域内の農業用水の利用は年々増大している。現時点（1996 年）での灌漑可能面積は 660 万ライで、総農地面積に占める割合（灌漑率）は 28%に過ぎず、農業用水の利用は 105 億  $m^3$  に止まっている。流域内では計画目標年（2016 年）における人口は 1,270 万人に達すると推定されており、それに伴って今後灌漑開発がますます進展し、灌漑面積は 1,200 万ライ、水利用量は 200 億  $m^3$  に達すると考えられているが、これは現在の水利用量の約 2 倍の数字である。

チャオブラヤ下流域、特にデルタ域は上流域から水の供給を受けてきた。しかし

ながらチャオプラヤ川の利用可能な水源量は、上流域における水利用量の増大に伴って年々減少してきており、1974年から1984年までの平均値で265億 $m^3$ あった水源量は1985年から1996年までの平均値では200億 $m^3$ にまで減少した。将来はさらに減少し、2016年には110億 $m^3$ にまで減少すると推定される。これに伴い、デルタの水利用で最も深刻な乾期のチャオプラヤ流量(チャイナート地点)は現在の58億 $m^3$ が将来は約19億 $m^3$ 減少し、39億 $m^3$ になるものと推定されている。

#### (4) デルタにおける水需要量の増大

チャオプラヤデルタにはバンコク首都圏や大規模な工業ゾーン、730万ライを越す灌漑農業地域が存在し、タイ国の国家経済と食料自給を支える中心拠点となっている。現在の1,250万人の人口は2016年には1,400万人に増加すると推定されており、水の消費量もタイ国において最大である。現在、チャオプラヤ川のチャイナート大堰地点では約60億 $m^3$ の乾期流量が利用可能であり、うち20億 $m^3$ が上工水、舟運、塩水遡上防止、河川維持のために堰下流に放流されている。残りの40億 $m^3$ が農業用水として取水され、デルタに配水されている。デルタにおける将来の人口増や商工業の発展に伴って、表流水源からの上工水需要量も約8.5億 $m^3$ 増加することが予想されている。デルタ下流部を塩害化から守るために年間を通じた安定的な水供給が必要であり、またデルタ上流部では多様化された作物への水供給が必須となっている。乾期における農業用水需要の将来増分は約12.2億 $m^3$ と見積もられており、従って非農業の需要増分を加えると20.5億 $m^3$ の増加が見込まれている。

#### (5) 流域変更導水計画の必要性

チャオプラヤ上流域で19億 $m^3$ 、下流域で20.5億 $m^3$ 、計40億 $m^3$ の水需要増分が2016年時点で推定されている。このオーダーの水量はチャオプラヤ流域内での水資源開発や効果的な水管理の実施に伴う節減等で賄うことは困難であり、タイ政府は1980年代よりメコン川やサラウィン川水系からの流域変更導水計画を検討してきた。計18もの導水計画が立案、調査されたが、RIDの予備的な調査によれば、当該コク・イン・ナン導水計画は他の計画に比較すると環境への影響も小さく、技術的に可能であり、かつ経済的にも有利であるとされた。本導水計画はコク、イン川から雨期の期間のみ約20億 $m^3$ を導水し、シリキットダムに貯水して乾期に放流、利用するものであるが、その際、現存のオペレーション・ルールを改善することによって、雨期の放流を節減し、乾期に新たに28億 $m^3$ の水を放流・利用しようとするものである。上記の約40億 $m^3$ の不足水量は、しかしながら本導水計画で利用可能となる水量のみでは達成できず、従って次段階の方策としてはサラウィン川からの導水などが必要となろう。

## (6) シリキットダム貯水池操作の改善

絶対的な流入量の不足によって、シリキットダムは 1995 年のような異常洪水年を除けばめったに満水することはなく、通常年は雨期の終わりに 20 億  $m^3$  から 30 億  $m^3$  の空き容量を持っている。本導水計画は 20 億  $m^3$  の導水量と貯水池操作の改善によって、新たに 28 億  $m^3$  の乾期用水を生み出そうとするものである。この 28 億  $m^3$  の新規用水量は現在のシリキットダムからの乾期放流量にほぼ匹敵するものであり、本事業は慢性的な水不足に悩む下流受益地にとって大きく貢献することになる。水収支解析結果によれば 20 億  $m^3$  のコク、イン川からの導水量は平均値であって、シリキットダムに十分な空き容量がある通常年や渇水年には 25 億  $m^3$  もの水が導水され、逆にシリキットダムが自己流域からの流入量で十分に回復できるような洪水年には約 10 億  $m^3$  と抑制的に導水される。

現在、シリキットダムは雨期の初期の予期不能な渇水に備えて、乾期の終わりでも約 20 億  $m^3$  から 30 億  $m^3$  の貯水を残すように運営されており、その結果、雨期の洪水調節容量はわずかに 35 億  $m^3$  から 40 億  $m^3$  の範囲に限定されてしまっている。コク、イン川からの導水を前提とすれば、乾期末に貯水量を残す必要がなく、従って 60 億  $m^3$  から 70 億  $m^3$  の雨期の洪水調節容量が期待できる。過去 1995 年に発生したような洪水に対しても本導水計画は有効である。

## (7) シリキットダムからの乾期放流量の水配分

本導水計画によって、シリキットダムからの乾期放流量が約 28 億  $m^3$  増加する。この乾期用水量はシリキットダム下流に位置するナン下流域やチャオブラヤ下流域で利用される。幾多の水利用計画が考えられるが、まず上工水の需要増分 8.25 億  $m^3$  に優先的に配分し、残りの 19.85 億  $m^3$  を灌漑農業に配分する計画が最も妥当であろう。

## (8) コク、イン、ナン上流域の灌漑農業開発

本導水計画の実施に関連し、特に水源地域の社会・経済の向上を目的として、将来以下のような灌漑農業開発の実現が考えられる。これらの事業は、水源地域の住民の本導水計画への参加を促し、かつ理解を得るためにも本導水計画の実施に先立って、或いは平行して実現される必要がある。

- ・コク、イン流域で約 100 万ライ、ナン上流域で約 30 万ライの灌漑農業開発で、小規模、中規模及びポンプ灌漑事業を含む。



- ・コク、インの中・下流域において約 20 万ライ、ナン上流域のヤオ流域において 50,000 ライの灌漑事業計画の実現可能性が JICA 調査によって予備的に調査され、提案されている。

#### (9) 事業施設計画

総延長約 150km の導水路（開水路、トンネル、暗渠）を含み、以下の導水施設が建設される予定である。

- ・ コク取水工 既存の DEDP のチェンライ大堰の直上流に建設され、チェンライ大堰によって塞き上げられた水位を利用してコク川の流量を取水する。
- ・ コク～イン導水路 コク取水工とイン分水堰を結ぶ延長 54.4km の導水路であり、開水路、サイフォン、トンネル及び暗渠よりなる 140m<sup>3</sup>/sec 断面の導水路である。
- ・ イン分水堰 イン川の Thoeng 付近に設置される分水堰であり、コク川より導水される流量とイン川流量を併せ 175m<sup>3</sup>/sec を取水する。
- ・ ラオ導水路 イン分水堰とイン～ヨットトンネルを結ぶ延長 13.1km の導水路であり、断面は 175m<sup>3</sup>/sec、開水路、サイフォン、トンネル、暗渠よりなる。
- ・ イン～ヨットトンネル ラオ導水路とヤオ川の支流であるヨット川を結ぶ延長 50.9km の長大トンネルであり、175m<sup>3</sup>/sec の断面、計 7 本（延長 17.4km）の斜坑が付帯する。
- ・ ヤオ洪水調節ダム 雨期にはヤオ川自己流域からの洪水を調節し、乾期には貯留された水でヤオ川流域を灌漑する多目的ダムである。
- ・ ヤオ川河川改修 最大 200m<sup>3</sup>/sec の流量が円滑に流下できるようにヤオ川の 41.9km を河川改修する。

#### (10) 事業費及び事業実施計画

導水事業に係る事業費は 433.86 億バーツであり、外貨分 314.16 億バーツと内貨分 119.70 億バーツに分解される。水源地域における関連灌漑開発事業、環境影響緩和対策、ナン下流域の新規灌漑農業開発計画（プラン A の水配分計画に基づく）等の関連事業費を含めると総事業費は 595.63 億バーツと見積もられる。

残された EIA 調査と事業実施に関する閣議承認に約 2.5 年の期間が必要とすれば、事業実施期間は 15 年間（第 9 次 5 カ年計画の初年度である 2002 年より第 11 次 5 カ年計画の最終年である 2016 年まで）が予定される。イン～ヨット長大トンネルを除く諸施設の建設は、詳細設計に要する 2 か年間を含んで 6 年間で建設可能であるが、50km 以上の延長を持つイン～ヨットトンネルは複雑な地質構造を持つ山岳地帯の地下を通過するため、4 年間の詳細設計を含んで 11 年間の工期を要しよう。

#### (11) 事業評価

**水価** 本事業で導水される 20 億  $m^3$  の原水の水価は、導水施設の建設及び環境影響緩和対策に要する事業費 441.86 億バーツ、50 年間の償還期間、年利 5 % の利子率に基づけば 1.3 バーツ/ $m^3$  である。

**増加便益** 水配分計画の 6 つの代替案のうち、A-2 案の増加純便益は上工水からの便益 27.7 億バーツ、農業便益 109.20 億バーツ、発電便益 4.10 億バーツの計 140.90 億バーツである。

**EIRR** EIRR は 14.1% と推定される。

#### (12) 結論と勧告

チャオブラヤ上流域の灌漑農業開発は増加の傾向にあり、その残水を水源とする下流域の水利用は逼迫の傾向にある。下流域においても人口増等により将来の水需要は増大し、従ってこの傾向が継続すれば乾期の水需給は深刻な事態となろう（2016 年には約 40 億  $m^3$  の水不足が予想される）。将来の不足水量は効率的な水管理の実施により吸収できる程度のもではないが、しかしながら水資源の管理を含む総合的な水管理体系の整備も緊急的な課題である。

チャオブラヤ流域における乾期の慢性的な水不足を緩和するために想定される一手段として、F/S 調査の結果本導水計画は技術的に可能である。しかしながら、本調査で示した約 6 億  $m^3$  のシリキットダムの運用改善等が緊急的な水不足対策として有効であり、実施されなければならない。本調査で示した水需給のシナリオはタイ側における将来の水資源開発政策策定のために有用であろう。約 80 億  $m^3$  のコク、イン流域の水資源は流域にとって重要な自然資源であるが、現在は大半が利用されずにメコン川へ流出している。流域における将来の開発可能な水需要量の算定に基づき、本調査は導水可能量を推定している。しかしながら、本事業の実施を成功裏に導くには、十分な情報公開に基づいてたゆみない P/R 活動が必須である。

本導水計画の影響の大きさに鑑み、P/R 活動は単にコク、インやナン上流域のみでなく、直接受益地であるナン下流域やチャオプラヤデルタでも実施されるべきであり、さらには全国レベルで展開されるべきである。チャオプラヤ流域の水配分や運用は、その規模が大きいこともあって十分に有効になされていると思われるが、しかしながら将来は雨期といえども水需給が逼迫するであろうことを全ての水利用者は深く認識する必要がある。

水需給の極めて厳しい状況に鑑み、チャオプラヤ流域全体の水管理が非常に重要である。国家水資源委員会の強化や流域管理当局の設立などの具体的な施策が急務である。

持続的な水資源開発と水利用の合理化のため、水利費を徴収することを勧告する。本導水計画としては徴収された水利費の一部をコク及びイン流域の開発に配分することが望ましい。

JICA の環境影響評価支援調査報告書が別途作成されているので、RID は今後の調査の継続に当り参考にしてもらいたい。

コク、イン、ナン導水計画  
フィジビリティスタディ要約

目 次

調査対象地域位置図  
事業施設位置図  
コク、イン、ナン導水計画の主要指標  
概要  
目次

	Page
1. まえがき	1
2. 調査対象流域	1
2.1 流域の概況	1
2.2 チャオブラヤ上流域の水資源量の減少	2
3. 社会経済及び農業	3
3.1 社会経済	3
3.2 農業概要	4
4. チャオブラヤ上流域の水資源開発と管理	7
4.1 水資源開発	7
4.2 チャオブラヤ流域の水資源管理	9
5. プロジェクト受益地区の水需要予測	11
5.1 受益地の灌漑農業	11
5.2 灌漑用水量予測	13
6. コク・イン・ナン導水計画の必要性	16
7. Sirikit ダムの貯水池運用改善	16
8. 導水計画	18
8.1 コク、イン流域の水資源と水需要量	18
8.2 最適導水容量	19
8.3 導水計画量	20
9. 水配分計画	20
9.1 配分計画のシナリオ	20
9.2 各シナリオに対する配分量	22
10. コク、イン流域及びナン上流域の灌漑農業計画	24
11. 施設計画	25
11.1 施設の基本方針	25
11.2 施設計画の概要	25
11.3 事業費	27
12. 事業実施計画	28
13. 事業評価	30
13.1 原水価格	30
13.2 経済評価	30
13.3 導水事業によるその他の便益及び有利点	31
14. 結論と勧告	32



## コク・イン・ナン導水計画の概要

### 1. まえがき

チャオプラヤ川流域は、その水資源の利用によって、農業、都市、工業が発達し、現在では国家の食糧や経済を支える重要な地域となっている。しかし、水資源量は流域の発展に伴う水需要量の増大で年々減少してきており、21世紀における流域の持続的発展は水資源量の不足により停滞すると心配されている。タイ政府 RID は、21世紀の水資源不足をカバーするため、コク、イン川の余剰水を流域変更によりチャオプラヤ流域に導水する大計画の構想を1993年に立案し、1996年3月、そのF/S調査に着手した。この導水計画には長大トンネル他大規模水利施設が含まれ、その計画調査には高度の技術を必要とすることから、タイ政府は、タイ側のF/Sを補足・補強するための技術協力を日本政府へ要請、国際協力事業団（JICA）はその要請を受けて、1996年8月末に調査団をタイ国に派遣し、本件調査を開始した。本F/S調査は以下の工程で実施された。

- |                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| ① Conceptual Plan Study | 1996年8月～1997年3月  |
| ② Feasibility Study     | 1997年12月～1999年9月 |

### 2. 調査対象流域

#### 2.1 流域の概況

調査対象流域は、大別してチャオプラヤ上流域、チャオプラヤ下流域、コク、イン流域の3流域に区分され、その面積は173,000 km<sup>2</sup>（日本国土面積の50%）と広大な面積に達する。3流域の特性を要約すると以下の通りである。

表 2.1 3流域の特性

Item	Unit	Whole Country	Chao Phraya Basin			Kok-Ing Basin	
			Upper	Lower	Total		
1. Basin Area	10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup>	513.1	124.1	33.8	157.9	14.3	
2. Population (1996)	10 <sup>6</sup>	60.5	9.59	12.54	22.13	1.50	
3. Land Use	Total	10 <sup>6</sup> rai	320.7 (100)	77.7 (100)	21.1 (100)	98.8 (100)	9.4 (100)
	Farm	//	131.3 (41)	23.8 (30)	12.3 (58)	36.1 (36)	2.4 (26)
	Forest	//	83.5 (26)	31.0 (46)	2.1 (10)	33.1 (34)	3.8 (40)
	Others	//	106.0 (33)	22.9 (29)	6.7 (32)	29.6 (30)	3.2 (34)
4. Farm Area per Capita	rai	2.2	2.5	1.0	1.6	1.6	
5. Water Resources (1974 - 84 Average)							
Annual Runoff	MCM	212,000	27,800	4,500	32,300	8,000	
Runoff Yield	mm	414	224	133	205	547	
Water per Capita	m <sup>3</sup>	3,500	2,900	400	1,300	5,330	
Water per rai	m <sup>3</sup>	1,610	1,170	370	890	3,300	
6. Gross Basin Product (1996)							
Total GBP	10 <sup>9</sup> B	3,080	264	1,720	1,980	28	
Per Capita GBP	10 <sup>3</sup> B	50.8	27.5	137.1	89.5	18.8	

### (1) チャオブラヤ上流域

チャオブラヤ上流域は、31.0 百万 rai (500 万 ha) の森林を北部、西部の山岳地域に有し、それらはチャオブラヤ全流域の水資源涵養林となっている。一方、流域の中央部は勾配の緩やかな丘陵地や河川沿いの平坦な沖積台地より形成され、そこでは 23.8 百万 rai (380 万 ha) の広大な農地が展開し、主として天水による雨期稲作が栽培されている。流域の人口は 9.6 百万人でその多くは農業に従事しており、この流域の経済は農業によって支えられている。

しかしながら、上流域の灌漑率はまだ 28%と低く、1 人当たりの GBP(Gross Basin Product) も 27,500 バーツ (1996 年) で、下流デルタの 137,000 バーツに比べてかなり小さい。上流域は、国家で最も重要なチャオブラヤデルタ地域への水資源供給の役割も果たしてきている。

### (2) チャオブラヤ下流域

本流域は、チャイナット大堰より水供給を受けるデルタ地域とデルタ周辺に展開する高地より形成され、前者は 7.3 百万ライ (120 万 ha) の大灌漑地域、バンコク首都圏、工業団地を抱え、国家の食糧や経済を支えてきている。一方、後者は殆どがデルタの北部のナコンサワンやチャイナット県に属する天水農業地域で灌漑農地は 80 万ライ (12.8 万 ha) と少ない。

下流域は国家経済の中心地で、GBP は 1.7 兆バーツで全国 GDP の 55%を占めている。また 1 人当たりの GDP は 137,000 バーツと高く農業、都市、商工業の発展に伴って全国で最も水需要の高い地域である。しかし、下流域は上流域からの水資源供給に頼っており、上流域の将来の水需要量増は下流域の発展の大きな阻害要因になるといわれている。

### (3) コク、イン流域

コク、イン流域はタイ国の北西端に位置するメコン川の支流で 80 億  $m^3$  の豊富な水資源量を保有している。しかし、この流域は山岳地域が多く、水を利用する農地、人口はそれぞれ 2.4 百万ライ (38 万 ha)、1.5 百万人と限られており、多くの水はメコン川へ利用されずに流下している。コク・イン・ナン導水計画の水源及び導水施設が建設される流域で、流域変更により流域の水をチャオブラヤ流域に引き渡すために "Donor Basin"といわれている流域である。この流域の住民も農業により生計を立てているが雨期稲作農業が殆どで流域の GBP は 19,000 バーツ/人でチャオブラヤ全流域平均の 90,000 バーツ/人の 20%と著しく低い。従って、本導水計画に対する住民の合意を得るには、灌漑農業を中心とした地域開発を先行して実施する必要がある。

## 2.2 チャオブラヤ上流域の水資源量の減少

上流域のポテンシャル水資源量はかつて 330 億  $m^3$ であったが、1970 年以降の上流域の灌漑開発による水需要の増加で、それは 1974~84 年の平均で 280 億  $m^3$ 、1985~96 年の平均で 250 億  $m^3$  と減少してきている。上流域では多くの灌漑事業が将来実施される計画で、将来の水資源量は更に著しく減少すると予測されている。

上流域の主要観測点における 1974~84 年 (過去) と 1985~96 (最近) の平均流量を比較すると次表の通りで何れの観測点でも最近の流量は上流域内の灌漑農業の拡大でかなり減少してきている。

表 2.2 主要観測点の水資源量

(単位 MCM)

Major Stations	Past Year 1974 - 84			Recent Year 1985 - 96			Decreasing Rate (%)	
	Wet	Dry	Total	Wet	Dry	Total	Wet	Dry
Sirikit Inflow	5,110	770	5,880	4,090	660	4,750	80	86
Sirikit Outflow	2,640	3,070	5,710	1,790	2,540	4,330	68	83
N7 at Phicit in Nan	7,230	3,600	10,830	5,240	2,820	8,060	72	78
Bhumibol Inflow	4,920	720	5,640	4,300	700	5,000	87	97
Bhumibol Outflow	2,390	3,140	5,530	1,400	3,040	4,440	59	97
P7A at Ping	4,660	3,320	7,980	3,060	3,060	6,120	66	92
Y17 at Yom	3,170	260	3,430	2,870	200	3,070	91	77
C2 at Nakhon Sawan	18,020	7,380	25,400	12,930	6,240	19,170	72	85
Chai Nat Inflow	19,310	7,200	26,510	14,160	5,840	20,000	73	81

- Sirikit や Bhumibol ダムでは、上流域の灌漑開発で近年、流入量が減少し、従って放流量も減少している。しかし、両ダムとも雨期の放流を制限し、乾期の放流量を多くするよう貯水池の運用に努力してきている。
- Nam、Ping、Yom 川等の主要観測点の流量も最近年は減少している。また、チャオプラヤ下流デルタの重要な観測点である Nakhon Sawan 及び Chai Nat 大堰でも水資源量は減少し、特に Chai Nat の乾期流量は過去の 72 億 m<sup>3</sup> より 58 億 m<sup>3</sup> と 14 億 m<sup>3</sup> も減少し、デルタに大きな水不足を招き、乾期灌漑稲作面積の縮小、地下水の過剰揚水による地盤沈下や塩水侵入等大きな問題を引き起こしている。

### 3. 社会経済及び農業

#### 3.1 社会経済

3 流域の人口及び GBP/人をまとめると下表の通りである。

表 3.1.1 調査対象流域の人口及び GBP

Basin	Population (10 <sup>5</sup> )			Per Capita GBP (10 <sup>3</sup> Baht)		
	1996	2016	Annual Growth Rate	1996	2016	Income below 10,000 Bhat (%)
1. Upper Chao Phraya						
Upper Nan	580	700	0.93	17.2	34.4	60.5
Lower Nan	1,790	2,380	1.42	20.7	37.5	38.4
Yom	2,000	2,330	0.75	20.0	41.3	41.9
Wang	670	820	1.01	30.7	73.7	50.2
Ping	2,430	3,870	2.36	33.0	78.8	40.1
Sakae Krang	440	540	1.01	24.8	71.8	31.9
Pasak	1,680	2,080	1.09	38.7	75.4	30.0
Total	9,590	12,720	1.37	27.5	60.6	40.9
2. Lower Chao Phraya						
Total	12,540	13,890	0.51	137.1	470.3	22.1
3. Kok/Ing						
Total	1,500	3,120	3.61	18.8	26.6	51.5



- チャオブラヤ流域の中で、Lower Nan 及び Ping 流域の人口は将来著しく増加し、両域の人口増に伴う食糧確保のために灌漑農業が拡大され、水需要量も増大しよう。
- チャオブラヤ下流域は、都市人口を多く抱え、人口増加率は 0.5%/年と小さい。一方、コク、イン流域では観光開発に伴い著しい人口増が続いている。
- 本事業に関係する Upper Nan、Lower Nan 及び Kok/Ing 流域の 1996 年における 1 人当たりの GBP は 20,000 バーツ以下で、将来灌漑事業の拡大により流域の経済向上を図る必要がある流域となっている。また、1 人当たりの所得が 10,000 Baht 以下の貧困所帯の占める比率は、Upper Chao Phraya で 40.9%、コク、イン流域で 51.5%と高い。

### 3.2 農業概要

#### (1) 農地利用の変化

表 3.2.1 3 流域の農地利用の変化

Crops	Unit	Chao Phraya						Kok/Ing	
		Upper		Lower		Total		1986	1993
		1986	1993	1986	1993	1986	1993		
Paddy	10 <sup>4</sup> rai	13.6	11.9	9.0	7.7	22.6	19.6	1.7	1.6
Field Crops	//	8.5	8.8	3.4	3.2	11.9	12.0	0.6	0.3
Fruit	//	0.9	1.6	0.7	0.8	1.6	2.4	0.1	0.2
Vegetable	//	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	-	-
Others	//	1.2	1.3	0.3	0.5	1.5	1.8	0.2	0.3
Total	//	24.2	23.8	13.5	12.3	37.7	36.1	2.6	2.4

- 農地全面積は、何れの流域も 1986 年から 1993 年にかけて若干減少している。その理由は都市や工業地域の発展で農地が転用されてきているからである。チャオブラヤ下流域はバンコク首都圏や大規模工業地域を抱え、農地の減少率が他流域より高い。
- 稲作面積は減少傾向にあり、それに代わって畑作、果樹、野菜の栽培面積が拡大してきている。これは政府の“Crop Diversification Program”の推進と多様化した作物の需要が近年増大してきていることに起因している。21 世紀においてもこの傾向は続くと思われる。

#### (2) 主要作物の生産概況

- 3 流域の主要作物の生産概況 (1991~96 年の平均) は次表の通りでチャオブラヤ流域の稲作生産量 643 万 ton は全国の 35%を占め、この流域がタイ国の食糧基地であることを示している。また、チャオブラヤ下流域のデルタでは、乾期の稲作 153 万 ton を生産し、それは全国生産量の 65%と高い率を占め、タイ国の米輸出の基地となっている。
- 畑作は主として、雨期湛水被害のないチャオブラヤ上流域やデルタの北部で、果樹・野菜は灌漑事業が発達し、都市市場を持っているバンコク周辺と異なった気候帯を持っている Chiang Mai や Lamphun 等の Ping 及び Wang 川の上流域で多く栽培されている。サトウキビ、果樹の生産は国内消費と輸出の増加で近年著しく増大してきている。
- Kok/Ing 流域では乾期稲作は殆どなく、メイズ、果樹の栽培が多い。特に、流域は果樹に良好な気候、土壌、地形条件を有し、果樹の生産が飛躍的に拡大するといわれている。

表 3.2.2 3 流域の作物栽培概要 (1992~96 の平均)

Crops	Unit	Chao Phraya			Kok/Ing
		Upper	Lower	Total	
1. Area					
Wet Paddy	10 <sup>3</sup> rai	8,680	5,930	14,610	1,030
Dry Paddy	//	930	2,070	3,000	20
Maize	//	3,300	920	4,220	300
Sugar Cane	//	1,240	1,180	2,420	-
Fruit	//	1,600	770	2,370	160
2. Production					
Wet Paddy	10 <sup>3</sup> ton	3,620	2,810	6,430	470
Dry Paddy	//	650	1,530	2,210	10
Maize	//	1,750	440	2,190	140
Sugar Cane	//	9,920	9,980	1,990	-
Fruit	//	1,095	1,970	3,065	790

(3) 畜産及び淡水漁業

畜産及び淡水漁業も近年著しく拡大してきている分野で、その市場性も高いことより、将来に向けて著しく拡大していく分野である。その概要は表 3.2.3 の通りである。

表 3.2.3 畜産及び淡水漁業の概要

Item	Unit	Chao Phraya						Kok/Ing	
		Upper		Lower		Total		1986	1995
		1986	1995	1986	1995	1986	1995		
1. Livestock									
Buffalo	10 <sup>3</sup>	816	417	213	107	1,029	524	160	80
Cattle	10 <sup>3</sup>	955	1,462	498	660	1,453	2,122	116	151
Swine	10 <sup>3</sup>	905	1,024	600	881	1,505	1,905	165	161
Chicken	10 <sup>3</sup>	15,952	24,694	7,840	20,336	23,792	45,030	2,748	4,426
2. Fresh Water Fish in 1996									
Household No	10 <sup>3</sup>	46.6		37.5		84.1		10.8	
Pond No	10 <sup>3</sup>	59.9		41.4		101.3		15.0	
Area	10 <sup>3</sup> rai	58.8		309.7		368.5		11.0	
Production	ton	38,431		158,030		196,461		379.5	
Yield	kg/rai	654		510		530		282	

- 水牛は、耕作機械の利用拡大により減少し、代わって肉牛、乳牛の飼育が増加してきている。特に、タイ国の肉類、酪農食品の消費量は最近急増しており、このための肉牛、乳牛の飼育は 21 世紀においても増大しよう。そして、このための草地及びメイズ等の飼料増産が促進されつつある。養豚、養鶏も年々拡大し、チャオブラヤ下流域やコク、イン流域の養鶏数は 1986 年から 95 年にかけて 2 倍以上に達している。
- チャオブラヤ下流域には湛水地域や雨期、乾期とも用水を得られる池が多く、淡水魚の養漁が盛んである。一方、上流域の養漁は少ない。コク、イン流域でも養漁は盛んであるが、乾期の用水が殆どないため、その生産量は 280 kg/rai でチャオブラヤ流域の生産量の 50%と少ない。

#### (4) 将来における米の需要量

タイ国の将来における米の需要量は、2016年の人口を75.6百万人、1人当たりの初消費量は現在の190kg/人より150kg/人に減少するとして以下のように予測される。

初消費量	150 kg/人 × 75.6 百万人 =	11.3 百万トン	
種子、その他	2.6	//	(現在と同様)
輸出	8.5	//	( // )
渇水年のための貯蔵	1.0	//	( // )
計			<u>23.4 百万トン</u>

この初消費量は現在とほぼ同じで、乾期稲作作付面積は約350万ライを必要とする。そして、その70%に相当する250万ライは7.3百万ライの大灌漑農地を有するデルタ地域で生産されることになろう。

#### (5) 多様化農業

タイ政府は第6次5ヶ年計画年次(1987~91年)より以下の理由で多様化農業計画を促進してきている。

- 都市、商工業地域の発展に伴い、米以外の多様化した食品の需要、肉、魚、酪農製品の需要が増加してきており、このため果物、野菜、飼料作物の生産の拡大、また、畜産、淡水養魚の振興が農業政策の上で重要な課題となってきた。
- タイ国内には、畑作、果樹、野菜、草地に適した農地が多く展開しているが、用水がないため、殆どが乾期休閑地として放置されてきている。灌漑地区における稲作面積を減少させ、その余剰水で乾期の多様化農業を推進することは農地の有効利用と年間を通しての農業生産向上に寄与することになる。
- 稲作の単作農業では、農民の所得及び雇用機会は向上せず、将来の農村地域の増加人口に対する安定した生計は保証しがたい。多様化農業に基づくアグロインダストリーの導入によって地域の活性化、発展を図る必要がある。
- 果樹、野菜等の加工品、鶏肉等はタイの外貨を稼ぐ重要な輸出品で、その需要量は増加している。一方、畜産や養魚の飼料は一部輸入に頼っており、政府は外貨の節約の上から、飼料作物の生産拡大を図ろうとしている。

上記の多様化農業政策は1997年の経済危機後の第8次5ヶ年計画のレビューにおいて、更に重要な農業政策課題となっている。

しかしながら、多様化農業を成功させるためには、特にサトウキビ、果樹等の永年作物や淡水養魚に対しては、渇水年でも保証できる乾期用水の供給が重要な鍵となる(稲作の場合は乾期用水不足の場合は作付けの中止可能)。また、多様化農業には政府の営農技術、支援、農業クレジット、市場確立等が必要である。一方、農民サイドでは、既灌漑地域で灌漑農業を熟知した農民の多い地域、バンコク等の大きな市場に近い地域より多様化農業を拡大する必要がある。天水農業地域に多様化農業を普及させることは、極めて困難である。

#### 4. チャオプラヤ上流域の水資源開発と管理

##### 4.1 水資源開発

###### (1) ダム群による貯水容量

チャオプラヤ上流域では、主として灌漑用水確保のため Sirikit 及び Bhumibol の大ダムの他、大、中、小規模のダムが建設運営されてきている。水資源開発は、将来も拡大する計画で、RID やその他の機関でダムの計画、設計、施工が推進されてきている。現在の水資源量と現在及び将来のダム群による総貯水量をまとめると表 4.1 の通りである。

表 4.1 チャオプラヤ上流域の貯水容量

		(単位 MCM)						
Item		Nan	Ping	Wang	Yom	Sakae Krang	Pasak	Total
(1) Reservoir Capacity	Existing ①	85	644	196	73	163	879	2,040
	Future ②	2,493	1,351	634	1,724	481	1,693	7,776
	Increase	2,408	707	438	1,651	318	214	5,736
	③=②-①							
(2) Existing Water Resources (Average of 1985~96)	④	7,850	6,380	890	3,260	1,300	2,530	22,210
(3) Rate of Water Resources Development	②/④%	31	21	71	53	37	43	35

Nan 川は水資源量が豊富にあることより、将来に向けて多くのダム群による水資源開発が促進されようとしている。

###### (2) 灌漑面積

チャオプラヤ上流域の灌漑開発は図 4.1 に示すように 1970 年代より増加し、その面積は現在約 6.6 百万 rai (100 万 ha) に達している。しかし、上流域の農地面積は 23.8 百万 rai (380 万 ha) と広大で、現在の灌漑率は 28%と低い。RID その他の機関は水資源開発と並行して、灌漑面積を将来更に拡大する計画をもち、多くの事業の F/S や実施設計が推進されている。現在及び将来の灌漑面積は表 4.2 に示す通りである。

表 4.2 チャオプラヤ上流域の現在、将来の灌漑面積

		(単位 10 <sup>3</sup> rai)							
Item	Upper Nan	Lower Nan	Sub-total	Ping	Wang	Yom	Sakae Krang	Pasak	Total
1. Farm Area	1,120	5,720	6,840	4,140	950	4,800	1,630	5,450	23,810
2. Existing Irrigation									
Area in Wet	310	1,800	2,110	1,880	530	970	580	560	6,630
Area in Dry	50	660	710	420	80	190	80	60	1,540
Intensity in Wet (%)	28	31	31	45	56	20	36	10	28
Intensity in Dry (%)	4	12	10	10	8	4	50	1	6
3. Future Irrigation									
Area in Wet	620	3,530	4,150	3,190	880	1,870	840	1,180	12,110
Area in Dry	150	1,430	1,580	800	140	480	150	170	3,320
Intensity in Wet (%)	55	62	64	78	93	39	52	22	51
Intensity in Dry (%)	13	25	23	19	15	10	9	3	14

Lower Nan 及び Ping 流域には各々、5.7 百万 rai、4.1 百万 rai の広大な農地が展開して、将来の灌漑面積も 3.5 百万 rai、3.2 百万 rai と増大する。現在の全流域における灌漑率は、雨期、乾期各々 28%、6% と低い。将来は 51%、14% に増加する。

### (3) 灌漑用水需要量

上記の灌漑面積に基づく灌漑用水量を算定した結果は、表 4.3 に示す。

表 4.3 各流域の灌漑用水需要量

(Unit MCM)

	Nan			Ping			Wang	Yom	Sakae Krang	Total	Pasak	Grand Total
	Upper	Lower	Sub-total	Upper	Lower	Sub-total						
(1) Existing Project												
Wet Season	353	2,078	2,431	1,371	853	2,224	630	1,148	692	7,125	660	7,785
Dry Season	84	1,169	1,253	471	284	755	150	338	152	2,648	108	2,756
Total	437	3,247	3,684	1,842	1,137	2,979	780	1,486	844	9,773	768	10,541
(2) Future Project												
Wet Season	714	4,095	4,809	2,301	1,485	3,786	1,040	2,219	1,000	12,854	1,408	14,262
Dry Season	262	2,507	2,769	755	662	1,417	255	851	263	5,555	297	5,852
Total	976	6,602	7,578	3,056	2,147	5,203	1,295	3,070	1,263	18,409	1,705	20,114
(3) Increased Demand in Future, (2) - (1)												
Wet Season	361	2,017	2,378	930	632	1,562	410	1,071	308	5,729	748	6,477
Dry Season	178	1,338	1,516	284	378	662	105	513	111	2,907	189	3,096
Total	539	3,355	3,894	1,214	1,010	2,224	515	1,584	419	8,636	937	9,573

Nam 流域の将来における灌漑用水の増加量は、雨期 24 億 m<sup>3</sup>、乾期 15 億 m<sup>3</sup>、計 39 億 m<sup>3</sup> と莫大な量に達する。Ping 川、Yom 川の増加水需要量も全量で、各々 22 億 m<sup>3</sup>、16 億 m<sup>3</sup> と大きい。全上流域の全増加水需要量は 96 億 m<sup>3</sup> と莫大な量に達し、この増加量はチャオプラヤデルタ地域に多大の水不足量をもたらすことになる。

### (4) 上水水需要量

上水水需要量は、表 4.4 に示す通りである。

表 4.4 各流域の上水水需要量

(Unit MCM)

	Nan	Ping	Wang	Yom	Sakae Krang	Pasak	Total
(1) Existing Demand, 1996	118	148	22	74	9	115	486
(2) Future Water Demand, 2006	139	190	26	92	16	148	611
(3) Future Water Demand, 2016	160	233	29	111	22	181	736
(4) Increased Demand, (3) - (1)	42	85	7	37	13	66	250

上流域における上水は地下水に頼っている地区が多く、地表水の将来における増加量は 2.5 億 m<sup>3</sup> で、灌漑用水需要量に比べると極めて少ない。

### (5) 減少する上流域の水資源量

上表の乾期需要量の約 80%は各流域のダム群で雨期流量を貯溜して乾期に利用されるが、残りの 20%及びポンプ灌漑等の用水は直接乾期流量を河川により取水することになる。従って、チャオブラヤ上流域の雨期、乾期の水資源量は、表 4.5 のように減少する。

表 4.5 減少する上流域の水資源量

(単位 MCM)

	Sinkit Outflow	Narasuan Inflow	Whole Nan Basin	Bhumibol Outflow	Whole Wang & Ping	Whole Yom	Chainat Inflow
(1) Existing Water Resources (Average 1985-96)							
Wet Season	1,790	2,570	5,510	1,400	3,340	3,050	14,160
Dry Season	2,540	2,390	2,340	3,040	3,040	210	5,840
Total	4,330	4,960	7,850	4,440	6,380	3,260	20,000
(2) Increased Water Use in Future							
Wet Season	390	780	2,460	880	1,360	1,450	6,930
Dry Season	160	580	930	370	220	180	1,900
Total	550	1,360	3,390	1,250	1,580	1,630	8,830
(3) Future Water Resources, (2) - (1)							
Wet Season	1,400	1,790	3,050	520	1,980	1,600	7,230
Dry Season	2,380	1,810	1,410	2,670	2,820	30	3,940
Total	3,780	3,600	4,460	3,190	4,800	1,630	11,170

現在、チャオブラヤデルタに水供給している Chai Nat Barrage サイトの水資源量は現在 200 億 m<sup>3</sup>であるが、それは上流域の将来の灌漑用水の需要量増加で 110 億 m<sup>3</sup>に減少する。この減少量は、平水年で算定されたもので、1991~93 年のような渇水年では、Chai Nat サイトの水資源量は、現在の 114 億 m<sup>3</sup>が将来僅かに 26 億 m<sup>3</sup>となる。勿論、このような年は上流域の水利用を大幅に制限することになるだろうが、デルタの水利用はパニックに陥ることになるだろう。

### 4.2 チャオブラヤ流域の水資源管理

チャオブラヤ流域の水資源管理は、① Watershed、② River Flow、③ Water Sources (Reservoir)、④ Water Diversion and Distribution、⑤ Water Use、⑥ Other including Water Charge and Institution に大別してその問題点、改善点を検討する必要がある。

#### (1) Watershed Management (流域管理)

Nan, Ping, Yom 等の大流域を小、中支流域に分割して以下の流域特性を衛星画像より解析し、水資源涵養地区としての分類を行う。

- 流域の地勢、土地利用状況
- 焼畑、森林及び農地の荒廃、土壌侵食と地滑り、河道の変動及び荒廃

一方、小、中支流域の Runoff Yield (流出高)を解析し、各流域のポテンシャル水資源量を把握する。

#### (2) River Flow Management (流況管理)

河川流況は、降雨強度、流域条件により変化するが、本流域の場合流域に広大な天水及び灌漑農地が展開しており、その水利用により河川流況は著しく変化する。従って、以下のような

MEC System (Monitoring, Evaluation and Control) を確立して、流況管理を行う必要がある。

- 各河川において 1 級、2 級、3 級等の流況をモニターするコントロールポイントを設ける。(既存観測点を利用する)
- このコントロールポイントに基づいて、河川台帳を作成し、河川水位、流量観測をする。(現在 RID で行われている)
- このモニタリング結果に基づき、変動する流況変化を分析・評価する。一方、コントロールポイント間のポテンシャル水利用量を分析し、河川水系の適正水配分計画を策定する。
- 各コントロールポイント間の水利用は、上記の配分計画に基づいてコントロールされる。

### (3) Water Sources Management (水源管理)

流域の水源は殆どが貯水ダムよりなり、チャオブラヤ上流域の水源管理は貯水池の運用管理である。Sirikit や Bhumibol ダムを除く多くの既存ダムには貯水池の運用ルールが確立してなく、貯水、放流管理が適切に行われていない貯水池がかなりある。Sirikit 及び Bhumibol でも上流域よりの貯水池流入量が減少し、貯水池の運用ルールカーブを改善する必要がある。大、中規模全てのダムにおいて、貯水池の上流域の流入量減少と下流受益地区の水利用量増加をレビューして “Reservoir Operation Study” を行い、貯水池の運用ルールを策定する必要がある。

### (4) Diversion and Distribution Water Management (分水、配水管理)

分水管理は Naresuan や Chai Nat 堰における取水、放流管理、配水管理は、水路システムにおける受益地への配水管理である。この水管理は雨期には十分な水があるので特に問題ないが、乾期は用水不足で種々の問題が生じている。受益地区の将来の乾期水利用量は、“Crop Diversification Program” の促進で変化するので、それを検討し、堰の取水工や水路の Turnout における分水量を正確に算定し、それに基づく分水、配水管理を行う必要がある。水路システムにおける各分水工の週別分水量を受益地区の作物体系に基づいてレビューする必要がある。

### (5) Water Use Management (受益者の水利用管理)

- 灌漑水路システムより適切に用水が配水されても、受益地区の農地の On-farm における水利施設が不完全で多くの用水ロスが生じている地域がある。On-farm の水利施設完備と農民グループによる rotation irrigation system (輪番灌漑システム) の確立が必要である。また果樹等の灌漑には、節水のためスプリンクラーやドリップ灌漑方法を適用することになろう。

### (6) Others (その他の水管理)

- 水利費の徴収はタイ国政府にとって長年の懸案事項であり、1942 年に施行された国家灌漑法 (State Irrigation Act) でも灌漑水利費の徴収が義務付けられている。しかしながらタイ国においては農民は依然として経済的に最下層と認識されており、水利費の徴収は限られた一部を除いては実現されていない。新規の水資源開発事業への資金源や、少なくとも既存の施設の維持管理費のためにも、タイ国の将来にとって水利費の徴収は必要不可欠であり、現行法の適用や改正によって水利費徴収の実現を図るべきであろう。
- 広域的な水管理は、灌漑、水力発電、上水、舟運、工業用水、水質コントロール、漁業、洪水調節に関連する。この水管理に関連する組織は 8 つの省庁に渉るが、なかでも RID は上記のうち水力発電を除く全てに関連しており、中心的役割を果たすべきである。

## 5. プロジェクト受益地区の水需要予測

本導水計画の直接受益地は、コク、イン流域より導水され、シリキットダムで調整された後、放流される水を利用出来る地区である。即ち、シリキットダム下流の Nan 川両岸沿いの灌漑農業地区と、チャオプラヤデルタの大灌漑農業地区及びバンコク首都圏の上水受益地区である。

### 5.1 受益地の灌漑農業

#### (1) 受益面積

チャオプラヤデルタ及びナン下流域の受益面積は各々7.3 百万 rai、1.8 百万 rai でその内容は表 5.1 に示す通りである。

表 5.1 チャオプラヤデルタ及びナン下流域の受益面積

(単位 10<sup>6</sup>rai)

Chao Phraya Delta		Lower Nan Basin	
Irrigation Project	Area	Irrigation Project	Area
(1) Existing Upper West	2,299	(1) Existing Phitsanulok (1)	667
(2) Existing Upper East	1,657	(2) Existing DEDP Pump	486
Sub-total	3,956	Sub-total	1,153
(1) Existing Lower West	1,447	(3) New Phitsanulok (2)	500
(2) Existing Lower East	1,939	(4) New DEDP Pump	200
Sub-total	3,386	Sub-total	700
Total	7,342	Total	1,853

チャオプラヤデルタは、25 大規模灌漑プロジェクト地区より構成され、その水系別分布は別添図に示す。

#### (2) デルタの多様化農業の概要

チャオプラヤデルタは 1964 年 Bhumibol ダム及び Chai Nat 大堰の完成により約 120 万 ha の大灌漑地域となり、雨期稲作を中心とした灌漑農業が行われた。1974 年には Shirikit ダムが完成し、乾期稲作が拡大されて行われた。1980 年代よりはチャオプラヤ上流域の雨期稲作灌漑事業も拡大し、米の生産量は増加して行った。タイ政府は、将来の食品需要の変化を予測して、第 6 次 5 ヶ年計画より多様化農業の推進を政策とし、乾期の用水が確保出来、農産物の市場性が高いチャオプラヤデルタに多様化農業を展開してきた。1986~90 年及び 1991~96 年の多様化農業における乾期収穫面積は表 5.2 の通りである。



表 5.2 デルタの多様化農業概況 (乾期)

(unit : 10<sup>3</sup>rai)

District	Perennial				Dry Season Crop				Total Area	Crop Intensity (%)
	Sugar Cane	Fruits	Fish Pond	Sub Total	Dry Paddy	Field Crop	Vegetable	Sub Total		
<b>1. Upper West (A=2,299)</b>										
1986-90	53.9	8.9	15.6	78.4	935.6	23.1	2.6	961.2	1,039.6	45.2
1991-96	161.9	39.8	12.8	214.4	712.7	22.8	4.5	740.1	954.4	41.5
<b>2. Upper East (A=1,657)</b>										
1986-90	0.2	11.3	1.2	12.8	259.5	42.6	2.4	304.5	317.3	19.1
1991-96	11.1	27.8	2.9	41.7	193.1	41.6	3.2	237.9	279.6	16.9
<b>3. Lower West (A=1,447)</b>										
1986-90	1.0	92.6	29.4	123.0	820.9	6.0	45.5	872.4	995.4	68.8
1991-96	2.3	93.5	30.4	126.1	758.4	2.2	33.5	794.1	920.1	63.6
<b>4. Lower East (A=1,939)</b>										
1986-90	0	135.4	145.3	280.7	671.9	1.6	1.4	675.0	955.7	49.3
1991-96	0	162.2	91.0	253.2	544.6	0.3	0.5	545.3	798.5	41.2
<b>5. Total (A=7,342)</b>										
1986-90	55.1	248.2	191.6	494.9	2,687.9	73.3	51.9	2,813.1	3,308.0	45.1
1991-96	175.2	323.2	136.9	635.3	2,208.7	66.9	41.7	2,317.3	2,952.6	40.2

- Sugar Cane, Fruit, Fish Pond 等の多様化農業面積は 1986~90 年より 1991~96 年にかけて、かなり増大してきている。一方、乾期稲作面積は減少している。
- Sugar Cane は、乾期用水の確保が容易、かつ農地が湛水の影響を受けない Upper West 地区で拡大してきている。Upper East は乾期用水がないため面積は小さい。一方、Lower 地区は地下水が高く、土壌が粘性で Sugar Cane は栽培されない。Upper West には Sugar Cane の工場群があり、Sugar Cane の面積は将来更に拡大しよう。
- Fruits は、Upper 地区で著しく増加してきている。果樹に適した農地が多いこと、バンコクを始めデルタ内都市の需要が高いこと、加工工場もデルタ地区内にあるので、将来更に Fruits の面積は拡大しよう。Lower 地区は、バンコク市場を持っているため、湛水農地にも関わらず、高畝方式で Fruits が多く栽培されてきた。しかし、将来は土地条件より適地がなく、その栽培は伸びないと思われる。
- Fish Pond は、湛水地区の多い Lower 地区で発達してきたが、近年水不足で面積は減少傾向にある。一方、Upper 地区では、農村レベルの蛋白源確保のための養漁は増加しつつある。養魚は所得の高い産業で乾期用水さえ確保出来るなら、将来更に拡大すると思われる。
- 畑作は Lower 地区では粘性土壌と高い地下水位の観点より殆ど栽培されていない。Upper 地区は砂質土壌や低い地下水位よりなる農地も多く、栽培拡大の可能性は高い。しかし、今日まで乾期の用水不足と経済性が低いということで栽培面積は拡大していない。将来に向けては Upper East 地区において豆類や畜産振興のための飼料作物の拡大が計画されつつある。

雨期稲作面積は、畑作、果樹等面積増に伴って減少する傾向にある。乾期稲作面積は利用可能な乾期用水量によって栽培面積は年ごとに变化するが、乾期稲作は多くの用水量を必要とするため、原則として減少する傾向にある。デルタ下流域は海水の侵入防止を常に考えなければならない保全地区であり、そのためには雨期、乾期を通じて大きな湛水面積を保持する必要がある。過去の乾期灌漑の実績を見ても 1991~96 年の平均値として 130 万ライの乾期稲作を維持してきており、この作付面積がデルタ下流部を保全するための最低限度であると

考えられる。供給水源量に余裕がある場合は、1986～90年の実績が示すように150～160万ライの作付が実現されよう。

一方、デルタ上流域では用水量に制限があるため、乾期灌漑の過去の実績としては1991～96年の平均として90.5万ライ、1986～90年の平均で120万ライであった。上流デルタは比較的高位部に位置するが、チャオプラヤ川沿いには一部低位部を含み、そこでは土壌条件等により稲作しかできないことや、また他の高位部に属し将来の多様化農業が推進される地区においても若干の乾期稲作は行われるため、上流デルタの乾期稲作の目標値としては1986～96年の平均値110万ライ程度となろう。

従って、デルタにおける乾期作付の目標としては、下流部130万ライ、上流部110万ライの稲作面積に加えて下流部44万ライ、上流部84万ライの多様化作物作付面積を考慮すれば、計368万ライとなり、将来の減少するであろう灌漑可能面積680万ライに対する作付率としては約54%となり、現在の40%より14%増加する計画となろう。なお、数値の詳細については次項の表5.3に示す。

### (3) 将来における多様化農業面積の推定

デルタの将来における多様化農業面積は灌漑用水さえあればUpper地区で大きく拡大しよう。一方、Lower地区は土地条件及び地下水位保全条件より稲作が中心となり、多様化農業は現状以上に拡大しないと思われる。ナン下流域のPhitsanulokやポンプ灌漑地区では今まで多様化農業は行われていないが、将来は導入されることになる。種々の資料に基づき検討された将来の乾期における多様化農業面積は表5.3に示す通りである。

表5.3 将来の多様化農業面積（乾期）

(単位 10<sup>3</sup>rai)

Beneficial Area	Irrigable Area	Sugar Cane	Fruit	Fish Pond	Field Crop	Vegetable	Sub-total	Dry Paddy	Total	Crop Intensity (%)
1. Delta Area										
(1) Upper District	3,750	285	260	62	179	50	836	1,148	1,984	53
(2) Lower District	3,050	5	271	129	2	36	443	1,259	1,702	56
Total	6,800	290	531	191	181	86	1,279	2,407	3,686	54
2. Lower Nan										
(1) Existing Project	1,120	0	78	17	90	17	202	447	649	58
(2) New Project	700	0	49	10	56	10	125	224	349	50
Total	1,820	0	127	27	146	27	327	671	998	55

Remark; Irrigable area in Delta is 6.8 million rai in future, which decreases as compared with the existing area of 7.3 million rai due to area conversion from farm to urban and industrial area.

## 5.2 灌漑用水量予測

### (1) 灌漑単位用水量

デルタの25灌漑地区には40ヶ所を超える取水工や調整堰(Regulators)が設置され、これらの施設を通過する灌漑用水量はO/M担当部によって観測されている。この用水量と灌漑された面積に基づいて乾期の単位用水量を検討した結果は表5.4の通りである。

表 5.4 灌漑単位用水量 (乾期)

(単位 m<sup>3</sup>/rai)

District	Sugar Cane	Fruit	Fish Pond	Field Crop	Vegetable	Dry Paddy
Upper District	1,300	2,000	1,450	1,300	550	1,800
Lower District	875	1,250	925	900	400	1,000

- Lower 地区は Conservation 地区 (土壌、地下水位の保全) で灌漑農業は、Upper 地区のリターンフローと水路よりの補給用水で行われている。従って、Lower 地区の用水量は Upper 地区より小さい。

(2) デルタ灌漑用水不足量の検討

デルタの乾期収穫面積率は、表 5.5 に示すように近年灌漑用水量の不足により減少してきている。

表 5.5 乾期作物収穫率の変化

(単位 %)

Year	Upper West	Upper East	Lower West	Lower East	Mean
Past Year 1986~90	45.2	19.1	68.8	53.4	46.0
Recent Year 1991~96	41.5	16.9	63.6	44.6	41.0

上表で判るように Lower 地区は Conservation 地区のため、乾期の収穫率 (主として稲作) が高い。また、どのような渇水年でも地域保全のため 60%以上の収穫率を維持している。Lower East 地区の収穫率がやや低いのは、灌漑地区の一部が都市、工業団地に転換されその結果、灌漑可能面積に対する収穫面積が減少したからである。

25 Project の各 Project ごとに収穫率の分布状況を検討した結果は、添付図に示す通りである。Upper East 地区では乾期の収穫率が 20%以下の Project がかなり多く、この地区では常時乾期の用水不足に悩んでいる。

将来の灌漑用水需要量を予測するにあたって、以下のような作付条件を設定した。

- 多様化農業の Sugar Cane, Fruit, Fish Pond, Field Crops, Vegetable の収穫面積は表 5.3 に示した面積を固定する。
- 用水不足で収穫面積が低い Project 地区では、収穫率を 50%に引き上げる。
- 但し、現在 50%以上の収穫率を示している Project では将来もその収穫率は既得権として変更しない。
- 乾期稲作の収穫面積は多様化農業で利用された灌漑用水量の余剰水によって左右される。

以上に基づき、種々の収穫率に基づく用水量を検討した結果は表 5.6 に示す。

表 5.6 2016 年における乾期灌漑用水の追加必要水量

Minimum Cropping Intensity	Crop Diversification Program	Additional Water Demand (MCM)			Total
		Delta	Lower Nan Basin		
			Existing	New Expansion	
20%	High	-239	1	216	-22
	Normal	-194	11	223	40
	Moderate	-162	23	230	136
30%	High	40	1	345	386
	Normal	84	11	352	447
	Moderate	117	23	359	499
40%	High	528	1	475	1,004
	Normal	573	12	482	1,067
	Moderate	606	23	489	1,118
50%	High	1,117	40	604	1,761
	Normal	1,222	50	611	1,883
	Moderate	1,255	62	618	1,935
60%	High	1,963	176	734	2,873
	Normal	2,009	187	741	2,937
	Moderate	2,042	199	748	2,989
70%	High	2,841	331	863	4,035
	Normal	2,887	343	870	4,100
	Moderate	2,919	356	877	4,152
80%	High	3,800	506	992	5,298
	Normal	3,845	518	1,000	5,363
	Moderate	3,879	529	1,007	5,415
90%	High	4,798	704	1,122	6,624
	Normal	4,844	716	1,129	6,689
	Moderate	4,877	726	1,136	6,739

一方、灌漑以外の上工水、畜産用水の標準ケースの乾期追加必要水量（表流水源からの必要水量）は下表のように推測された。

表 5.7 灌漑以外の乾期追加必要水量（標準ケース）

Zone	1996	2006	2016
Upper Chainat Area	5.94	1.56	9.60
Upper West Bank	13.38	16.98	21.84
Lower West Bank	531.48	793.50	1,055.70
Upper East Bank	16.02	21.78	28.68
Lower East Bank	255.06	391.80	530.58
Total	821.88	1,231.62	1,646.40
Increase	0	409.74	824.52
Rate	100%	149.9%	200.3%

上記の予測によれば、灌漑目的以外の用水量は人口増や一人当りの消費水量の増によって 2016 年時点には現在量の約 200%に増加する。これらの用水は灌漑よりも優先権を持っているが、しかしながら将来にはもっと厳しくなるであろう水飢饉に対処するためには節水等の努力が求められよう。

このため、本調査においては一人当りの消費水量を現在のレベルに止め、かつ工業用水にもリサイクル等の節水努力を期待する低成長ケースを想定した。これによって標準ケースの 85%量に灌漑以外の用水必要量を止めることができる。一方では、特にデルタの下流部において工業用水の地下水源からの過剰揚水に原因する塩水化や地盤沈下が社会問題化しており、将来表流水源からの転換が求められていくことが容易に推測できる。したがってこれに対応するため高成長のケースとして 278 MCM/乾期の表流水が新規の水利用として地下水涵養のために標準ケースに加えて必要となるケースを想定した。

表 5.7 灌漑以外の用水需要の 3つのケース

Variant	Equation	Dry Season Water Use in 2016	
		Water Demand	Additional
High Growth Forecast	Normal Forecast + 278 MCM	1,924.4	1,102.52
Normal Forecast	.	1,646.4	824.52
Low Growth Forecast	Normal Forecast x 85%	1,399.44	577.56