

パート 1

フェーズ 1 : 14 流域にかかる水資源開発・管理計画策定

1.1 調査地域の現状

1.1.1 河川並びに治水

対象 14 河川流域は、この数十年間、流域内における治水施設の所在・規模しだいで異なるが、様々な程度の洪水被害を被ってきた。特に 1999 年 11 月洪水は中部ベトナムにおいて莫大な被害をもたらした。

基本的には、中部ベトナム河川流域においては、治水施設ないしは治水マスタープランは存在しない。調査対象 14 河川流域中、Red 河流域、Dong Nai 川流域、Mekong 川流域には流域治水マスタープランがすでに存在している。他の河川流域には治水マスタープランは存在しない。

調査対象 14 河川中、Red 河流域、Ma 川流域、Ca 川流域には河川堤防が建設されている。しかしこれらの河川堤防は長く、高く、古くなってしまっており、このため河川堤防の老朽化もすすんでおり、このため維持管理費は莫大なものとなっている。しかも、これらの河川堤防は、各河川流域における必要な治水基準に対し、充分なレベルに達していない。上流に貯水池をさらに建設し、あるいは現況河川堤防の改修が緊急に必要とされている。

河川流域によっては、洪水警報システムと避難施設といった非構造物治水対策施設がすでに建設されている。しかしこれらも必要レベルにはまだはるかに及んでいない。

河岸浸食は各河川流域の重大な問題となっている。毎年河岸沿いの多くの土地が失われ、河川流域に深刻な社会的・経済的被害を及ぼしている。河川流域によっては、若干の河岸浸食対策工が施されている。しかし、これらも経済的要因により、現況施設は必要レベルには、遠く及んでいない。

1.1.2 農業

90 年代には農家の個人経営化、農地の農民への分配、市場自由化など農業分野の改革に加えて農村インフラの大規模な投資が行われた。この結果、1991 年～1997 年に農林水産業分野の成長は年率 4% を記録した。1998 年には 2.8% の成長に低下したものの、これは旱魃とアジア経済危機による影響であった。1999 年には、米の豊作に加え水産業と畜産業の成長により 5.2% を記録し、2000 年には 4% の成長を記録した。

農林水産業セクターは 1999 年には GDP(1994 年価格)において 23.8% のシェアを占めているが、その内訳は下表に示すとおり農業 81.8%、林業 4.4%、水産業 13.8% である。

コメおよびその他の穀物は農業生産の中で最重要の作物と位置づけられているが、次表に示すとおり、近年は工芸作物への転換を進めている。

農業生産額（1994年価格）

(単位：10億ドン)

	合計		食用作物		野菜・豆類		工芸策綱		果実類	
	生産額	%	生産額	%	生産額	%	Value	%	Value	%
1985	41,951	100.0	28,080	66.9	2,853	6.8	5,718	13.6	4,180	10.0
1990	49,604	100.0	33,290	67.1	3,477	7.0	6,692	13.5	5,029	10.1
1999	82,946	100.0	52,738	63.6	5,947	7.2	16,977	20.5	6,193	7.5
1999/1985		2.0		1.9		2.1		3.0		1.5
1999/1990		1.7		1.6		1.7		2.5		1.2

出典：Statistical Data of Vietnam; Agriculture, Forestry and Fishery 1975-2000

各作物の主要生産地としては、コメが Mekong デルタおよび Red 河デルタ、コーヒーは中部山岳地帯および南東部、ゴムが南東部、果実は Mekong デルタおよび北部の省、野菜は南東地域のラムドン省と Red 河デルタである。

1.1.3 家庭用水及び工業用水

(1) 家庭用水

家庭用水供給は、個々の家庭用水のほか一般オフィス、病院、学校などの施設やショッピングセンター、ホテル、レストランといった商業施設の需要をまかなうものである。

水需要量は、一般にどのように水供給度を設定するかといった、政府の方針が反映された法令等によって定まる。それらのガイドラインは新規の水供給システムの計画の基本になるものであり、水需要予測の指針として利用することが出来る。

建設省(MOC)の定めた水需要のガイドラインは以下のようなものである。

都市部水需要 = 150 リッター/人/日

地方水需要=45 リッター/人/日

(2) 工業用水

現在ベトナムにおけるほとんどすべての工業生産は Red 河流域および Ho Chi Minh 市周辺に集中している。Ho Chi Minh 市を中心部にもつ Dong Nai 川流域は全国工業生産高の 85% を占めている。ベトナム北部の工業地帯で 10% を占めていて、残りの地域は残り 5% を生産しているに過ぎない。

1.1.4 河川環境

(1) 自然環境

貴重種：合計 359 種の貴重動物種、及び 344 の貴重植物種が「ベトナム・レッドレー

タブック」に記載されている。流域別に比較すると、Huong 川及び Thach Han 川流域において、単位面積あたりの貴重動植物種の分布密度が高く、これらの地域が、相対的に狭い面積であるにもかかわらず、より多様な自然環境を有していることを示唆している。一方、比較的大きな面積を有する、Red・Thai Binh 川、Cuu Long 川及び Dong Nai 川流域は、貴重種の分布密度が低く、生物多様性は流域面積に比例していない。

自然保全地域：ベトナムの自然保全地域は次に示す幾つかに分類されている。すなわち、Protected Area、Wetland、及びラムサール条約、世界遺産条約等の国際条約に指定された地域である。ベトナムの自然保全地域の面積は、1,953,860ha であり、国土全体の 7.07%を占めている。14 河川流域のうちでは、Red・Thai Binh 河川流域が、自然保全地域の箇所数(39)の点でも面積(801,377 ha)の点でも他の河川流域をリードしている。一方、河川流域の合計面積に占める自然保全地域の割合については、Huong 川流域が 27.42%と最も大きい。

河川水質：全体として、有機物や重金属により著しく汚染された河川はない。ただし、人口が密集した都市や工業団地付近の河川区間では汚染地域も見られる。河川水質に関して注目すべき特質は、河川水の懸濁物質濃度が高く、濁水の様相を呈していることである。また、BOD、COD 濃度が比較的高く、ベトナムの表層水質基準(TCVN5942,1995)に照らしてみると、限界値(B)は満足しているものの、限界値(A)は超えている。

塩水遡上：塩水遡上は、ベトナムにおける河川の、乾季における重大な問題である。Dong Nai 川、Cuu Long 川などの河川では塩水遡上が河口から 50km 以上に及ぶことがある。河口付近の低平地では、表流水だけでなく地下水も塩水侵入にさいなまれており、家庭用水及び農作物への灌漑に重大な影響を及ぼしている。塩水遡上の問題は、乾季の間数ヶ月に亘り、時に 10 ヶ月に及ぶこともある。

(2) 社会環境

河川舟運：ベトナム国内の河川数は 2,360、総延長は約 41,900km である。このうち、舟運により利用可能な河川延長は 19,500km、実際に利用されている区間は約 8,000km である。特に、北部では Red 河水系、南部では Cuu Long 川水系、Dong Nai 川水系、Saigon 川水系を中心に、それぞれ約 2,500km、4,500km の区間が利用されており、これらの地域では舟運が重要な役割を果たしている。

文化・歴史遺産：保全地域として指定を受けている全国 33 箇所の文化・歴史遺産のうち、28 箇所が調査対象の 14 流域内に分布している。これらのほとんどは、歴史的建造物・跡地、もしくは特異な景観を有する地区として指定されている。

少数民族：14 流域のうち、ほとんどの流域では、ベトナム国民の 85%以上を占める Kinh 族が最も優勢であるが、Ban Giang・Ky Cung 川流域、Thai Binh 川流域、Red 河上流域、及び Sesan 川流域では、Kinh 族の割合は少なくなっている。特に Ban Giang・Ky Cung

川流域では、Kinh 族の占める割合はわずか 12%程度であり、Tay 族及び Nung 族が極めて優勢となっている。

1.1.5 水資源開発・管理にかかる動き

(1) ベトナムにおける工業化と都市化の展開に応じて、広範によく管理された統合水資源管理の確立が必須となってきている。そのような状況下、水資源にかかる新法が草案され、1998 年 5 月に国会で承認され、1999 年 1 月に施行された。

(2) 新法の特筆されるべき点は下記のとおりである。

- 1) 水資源管理にかかる中央政府内の MARD や他の省、また各省人民委員会の責任が明確化された
- 2) 水資源評議会(NWRC)が設立された。評議会は議長である副首相、MARD 大臣が常任メンバー、各省の代表者や専門家、科学者から構成され、政府への諮問機関として機能する。
- 3) 流域管理組織(RBO)が MARD 内に政府機関として設立された。RBO は流域単位での水資源開発計画の管理を行うものである。
- 4) 水資源の開発、保全、利用は行政区画単位ではなく、流域単位で行うべきであると明記されている。
- 5) 水資源開発と利用を行う組織・個人は国の権限を有する機関に水利権の申請を行わなければならないことが明記されている。

1.2 社会・経済フレームの設定

各流域における用途別の水需要量及び将来の洪水被害額を推計するため、2020 年を計画目標とする社会・経済フレームを設定した。

各流域に位置する主要な省の将来人口予測並びに経済開発目標に基づき社会・経済フレームの設定を行った。結果を下表に示す。

社会・経済フレーム

流域	人口		地域総生産		一人あたり 地域総生産	
	(1,000)		(10億ドン)		(1,000ドン)	
	2001年	2020年	2001年	2020年	2001年	2020年
Bang Giang・Ky Cung	1,234	1,530	3,821	17,488	3,096	11,430
Red River デルタ内	17,360	21,649	82,229	369,605	4,737	17,073
Red・Thai Binh デルタ外	10,228	14,077	29,139	128,673	2,849	9,141
Ma	3,605	4,396	8,498	68,664	2,357	15,620
Ca	4,394	5,575	12,405	48,500	2,823	8,700
Thach Han	598	746	1,813	7,100	3,032	9,517
Huong	1,083	1,403	3,875	22,896	3,578	16,319
Vu Gia-Thu Bon	2,133	2,619	7,660	45,341	3,591	17,312
Tra Khuc	1,214	1,501	3,618	14,597	2,980	9,725
Kone	1,503	1,910	5,010	21,939	3,333	11,486
Ba	1,834	2,507	6,272	29,396	3,420	11,726
Se San	338	550	876	3,529	2,592	6,416
Srepok	1,940	3,325	5,460	22,552	2,814	6,783
Dong Nai	11,966	17,381	88,571	224,911	7,402	12,940
Cuu Long	16,832	21,509	73,071	418,777	4,341	19,470

注：地域総生産及び一人あたり地域総生産は2000年価格。

1.3 水文気象解析

1.3.1 流出解析

(1) 自然流出解析手法

自然流出とは、農業用水、都市用水、工業用水等の取水がなく、かつ、流域における人工的な貯水がなかった場合の流域基準地点における流出流量として定義されている。

自然流出は現況土地利用と現況流域地被状態の仮定の下に算出されている。

流域の自然流出の算定においては、可能な限り流量資料の形での過去の流出データを用いた。過去の流出データが充分でない場合においては一部の流出流量を補完するか、あるいは充分な流出流量を算定するために、雨量資料を用いた。

過去何年にも亘り、いくつかの流域において水資源開発調査が行われてきた。これらの調査において、関連した流出流量データが整備されている場合、本調査において新たに流量データを新しく算出せずに、これらのデータを検証した上で使用した。この手法は、次の流域において採用された。

- Red 河流域(資料: 1994年 Red 河デルタマスタープラン、Binnie・Partners et al.)
- Sesan 流域(資料: 1999年国家水力発電調査、SWECO et al.)
- Dong Nai 流域(資料: 1996年 ドンナイ河と周辺流域水資源開発マスタープラン

調査 JICA)

- Mekong デルタ流域(資料:1993年メコンデルタマスター・プラン調査、NEDECO)

(2) 14 河川流域流出解析と水資源賦存量

解析結果は、各月 75%信頼度での水賦存量を水量という形で、表 S.1.1 に示した。

1.3.2 高水解析

(1) 高水解析手法

洪水流量とそのボリュームは、原則的に、利用できるピーク流量と雨量データの確率解析をもとに算定した。雨量データは単に洪水ボリュームの算定に用いた。しかし、過去の洪水流量データが不十分な場合、雨量 - 流量解析手法を用いるか、近接流域の高水解析結果を適用した。

Huong 川流域の洪水流出算定には、Mike-NAM モデルと Sacramento モデルとにより雨量 - 流出モデル構築を行った。モデル構築については、主報告書にそれぞれ記述してある。Sacramento モデルによる算定結果を次項に述べる。

(2) 高水解析結果

実測流量データの妥当性の確認には、慎重を期する必要がある。特に、洪水の流出時間が極端に短い中部ベトナムでは、ピーク流量の測定が非常に複雑で、資料の信頼度がおちやすい。また、ピーク流量の信頼度のほかに、測定された時間流量が少なく、このため、必要な検討を加えた本解析の結果を用いることが必要となっている。今後の計画段階で、ピーク流量をさらに検討することが必要である。解析結果を表 S1.2 から表 S1.4 に示す。

1.4 水需要予測

1.4.1 農業用水需要

農業用水需要には、灌漑、畜産、水産養殖の各需要が含まれている。また、農業用水需要量は、降雨量により左右される。ここでは、現在と将来の農業用水需要量を、15-25 年間の月別水使用量に対して水收支計算によって解析した。平均的降水量の年における農業用水需要量を表 S1.5 に示すとともに、以下に要約した。

農業用水需要量(AWD)、平均的降水量の年 (m ³ /秒)			
流域	現在(2001)	将来 (2010)	将来 (2020)
01. Bang Giang	9.5	13.1	14.5
02. Red	510.1	595.5	602.8
03. Ma	55.4	69.0	72.8
04. Ca	44.9	55.9	62.9
05. Thach Han	3.0	5.3	5.9
06. Huong	11.1	13.1	15.5
07. Thu Bon	15.5	24.3	24.3
08. Tra Khuc	13.1	13.4	13.5
09. Kone	22.5	27.8	31.7
10. Ba	27.5	56.8	70.4
11. Sesan	6.3	10.2	13.4
12. Srepok	15.1	15.3	33.1
13. Dong Nai	109.1	137.1	158.0
14. Cuu Long Delta	1,110.7	1,325.5	1,463.9

1.4.2 家庭用水および工業用水の水需要

(1) 家庭用水

ベトナム総合統計局の人口増加指標をそのベースにして、ベトナム政府の水供給セクターに対する優先的政策が継続すると考えるなら、水利用量は以下のように推移するであろう。

需要地域	家庭用水需要予測 (百万トン・年)				
	2001年	2005年	2010年	2015年	2020年
都市部家庭用水	684	1,038	1,420	1,861	2,325
地方	535	553	613	701	807
合計	1,219	1,591	2,033	2,562	3,132

(2) 工業用水需要

工業用水の伸びは、都市部においても地方においても、本調査で設定した社会経済指標の経済成長率に比例して増加してゆくものと考える。

このほか、政府が計画している7ヶ所の輸出加工区(EPZ)と工業団地(IE)が、今後10年から20年以内に計画地域において実現されると想定する。そのほかの輸出加工区や工業団地における水需要は、上記の経済成長に基づく水需要予測量の中に含まれていると考えてある。

工業用水需要予測量は以下のとおりである。

工業用水需要予測					(百万トン・年)
2001年	2005年	2010年	2015年	2020年	
715	1,042	1,381	1,732	2,114	

1.4.3 水力発電用水量

全国電力開発計画の中に組み込まれている水力及び多目的プロジェクトは、計画常時出力が保障できるようにする必要がある。したがって、計画常時出力に必要な流量が、水力または多目的プロジェクトにおける必要最小流量と考えられる。

全国電力供給網に組み込まれていない多目的貯水池プロジェクトの場合、その主目的は、灌漑、上工水、河川維持流量等の水需要への水供給である。それゆえ、それらプロジェクトによる発電は、原則的にこれら水供給のための放流時に、行われるものと考えられる。

表 S1.6 は、全国電力開発計画に含まれる水力発電及び多目的貯水池における、発電に必要な最小水量を示したものである。

1.4.4 河川維持流量

14 流域の河川維持流量の検討は、1)塩水遡上防止(ただしベトナム国内に河口を有する11 流域のみ)、2)水質汚濁防止及び生態系保全、及び3)舟運等の河川利用への影響の回避、の観点から行った。検討結果から得られた、14 流域それぞれの河川維持流量は以下のとおりである。

河川維持流量の設定		(単位: m ³ /s)	
河川	流量	河川	流量
Ban Giang・Ky Cung 川	29.3	Tra Khuc 川	52.0
Red・Thai Binh 川	867.0	Kone 川	13.5
Ma 川	114.7	Ba 川	28.7
Ca 川	173.0	Dong Nai 川	97.5
Thach Han 川	10.9	Sesan 川	96.1
Huong 川	31.0	Srepok 川	40.5
Vu Gia-Thu Bon 川	147.1	Cuu Long 川	2,074.6

1.5 水収支解析

1.5.1 水収支解析の基本条件

水収支解析は、目的とする流域における利用可能な水資源量と、現在及び将来の水需要量を比較し、需給の逼迫度を評価するものである。水資源量としては自然流量で表される河川流量と貯水池貯水可能量、需要量としては農業用水、家庭用水、工業用水、発電の最小必要放流量及び河川維持流量を考える。

水収支評価点は、各分割流域ごとの取水地点とするが、流域全体の河川維持流量は河口において評価することとした。

水収支解析は月別に行い、水資源量と需要量共に13年から25年間の月間量を用いた。灌漑用水還元率は10%と考え、上工水については考えない(0%)こととした。

1.5.2 14流域の水収支解析

(1) 対象とする流域と貯水池

各流域における自然流量を、一定期間に亘る月流量として解析に用いた。これら流域からの流出量に加え、次ページ以降の表に示される貯水池の貯水量を渇水期における水資源量と考えた。

(2) 水需要量

解析の対象とした水需要量は、灌漑・水産・畜産を含む農業用水と上工水である。全国電力開発計画に組み込まれている水力発電のための発電放流量を、貯水池からの最小放流量と考えた。いくつかの貯水池の場合、貯水池容量の一部として治水容量を数ヶ月間確保し、貯水量の制約条件として考慮した。

河川維持流量は用水需要量ではないが、水収支解析の中で確保されるべき河川流量として計上した。

1.5.3 水収支解析結果

(1) 14流域についての水収支解析結果と新貯水池計画を次ページ以降の表に示した。

(2) 流域別評価

流域	評価
Ban Giang 川・ Ky Cung 川	Ban Lai ダムが完成すれば 2020 年時点での水需要は完全に満たすことが出来る。
Red 河・ Thai Binh 川	現在計画中の 3 ダムが完成すれば 2020 年時点での水需要は完全に満たすことが出来る。
Ma 川	現在水不足は深刻な状況であり、2020 年需要を満たすために Cua Dat ダムの完成が必須と考えられる。
Ca 川	Ban La ダムの完成によって 2020 年需要はかなり余裕を持って満たすことが出来る。
Thach Han 川	計画中の Rao Quan ダムは 2020 年時点での需要を評価条件ぎりぎりで満たすことが出来るが、その後の伸びには対応できない。
Huong 川	計画中の Rao Quan ダムは 2020 年時点での需要を評価条件ぎりぎりで満たすことが出来るが、その後の伸びには対応できない。
Vu Gia 川・ Thu Bon 川	Ho Song Tran II ダムは 2020 年時点での需要を評価条件ぎりぎりで満たすことが出来るが、その後の伸びには対応できない。Song Cai ダムは水供給目的では、(現需要予測量に関する限り)2020 年まで必要とならないであろう。
Tra Khuc 川	Nuoc Trong ダムは、評価条件範囲内での不足年はあるものの、2020 年予測需要量をほぼ満たすことが出来る。
Kone 川	現在の水不足の状況は今後の需要量増加に伴いす深刻なものとなる。Dinh Binh ダムは 2020 年需要量を評価条件内で満足できるが、2020 年以降も需要量が増加し続けるならば、さらに水資源開発が必要となる。
Ba 川	既存の 2 ダムによって現在は水不測は見られない。急激な増加が見込まれる 2020 年の需要量による水不足を解消するためには、Song Ba Ha ダムが追加として必要になろう。
Sesan 川	水供給そのものは、2020 年需要量を河川流量だけでカバーできる。しかし、下流のカンボディア煮に対して確保されるべき最低流量を確保するためには、Dak Bla ダムを提案する。その貯水池貯水量は 2020 年時点での水需要量を十分に満たすことが出来る。
Srepok 川	Buon Kuop ダムの効果が及ばない地域での灌漑需要量のため、その地域では現在・将来とも非常に深刻な水不足状態である。

1.6 水資源開発管理マスターplan策定の基本方針

(1) 水利用計画の基本方針

水資源開発管理マスターplanの目標は、2020 年に向けた流域ごとのマクロ経済目標の達成状態が、水資源開発管理マスターplanの実施によって満足されることである。それゆえ、各セクターの経済成長目標に沿った水需要増加を満足する水資源開発管理計画の策定が、水利用計画の基本方針である。

(2) 治水基本コンセプト

- 1) 対象地域：各河川流域の治水対象地域は、流域の社会・経済、国政上の状況、洪水常襲地帯あるいは洪水氾濫を引き起こしやすい地域、地形その他を考慮の上決められている。各河川流域ごとの対象地域は主報告書に示されている。
- 2) 治水計画規模：各河川流域の治水計画規模は、基本的には、各河川流域からの要請に基づいて定めている。各河川流域の治水計画規模は表 S1.7 に示すとおりである。
- 3) 治水対策：治水対策は、構造物対策と非構造物対策とからなる。構造物対策は、堤防の建設を含む河川改修、上流貯水池、放水路、遊水池とからなる。非構造物対策は上流流域での植林、洪水予警報システム、洪水避難対策、水防活動等とからなる。これらの対策は、総合性、一貫性、社会的公平、維持管理、流域の社会経済状況等を勘案して考慮されるべきである。

1.7 14 流域にかかる水資源開発・管理計画の策定

1.7.1 治水計画

各流域の治水計画は、治水計画基準に従い、各流域における治水要件を満たすように策定した。その概要を表 S1.8 に示す。

1.7.2 灌溉用水利用計画

(1) 将来の施設整備水準設定

2020 年の施設整備水準は、必要技術を習得した施設利用者が操作を担当すれば可能となる、灌漑効率 0.70 を達成するような機能を持つ程度とする。

(2) 2020 年の施設整備水準の実現に必要な事業

農業開発戦略に沿って設定され、水收支計算によって確認された必要面積に対する灌漑を実現するために策定した灌漑事業は、以下のとおりである。

灌漑事業(農業開発計画に沿って策定) (ha)

流域		現在 (2000)	将来 (2010)	将来 (2020)
01. Bang Giang	灌漑面積(ha)	25,500	54,500	67,500
	復旧 / 改良事業	11,500/ 37,000		0/0
	新規開発事業	17,500		13,000
02. Red	灌漑面積(ha)	1,008,000	1,197,000	1,291,000
	復旧 / 改良事業	189,000/ 1,197,000		94,000/ 94,000
03. Ma	灌漑面積(ha)	112,000	176,000	199,500
	復旧 / 改良事業	64,000/ 176,000		22,400/ 22,400
	新規開発事業	0		1,100
04. Ca	灌漑面積(ha)	93,000	150,000	203,000
	復旧 / 改良事業	57,000/ 150,000		53,000/ 53,000
05. Thach Han	灌漑面積(ha)	5,000	12,300	15,400
	復旧 / 改良事業	7,300/ 12,300		3,100/ 3,100
06. Huong	灌漑面積(ha)	25,900	25,900	25,900
	復旧 / 改良事業	0/ 3,900		0/ 22,000
07. Thu Bon	灌漑面積(ha)	30,900	69,000	77,000
	復旧 / 改良事業	38,100/ 69,000		5,900/ 5,900
	新規開発事業	0		2,100
08. Tra Khuc	灌漑面積(ha)	33,000	42,000	54,000
	復旧 / 改良事業	9,000/ 42,000		12,000/ 12,000
09. Kone	灌漑面積(ha)	25,000	36,500	49,000
	復旧 / 改良事業	10,400/ 35,400		3,400/ 3,400
	新規開発事業	1,100		9,100
Van Phone 壕	川幅 (m)	700		-
ポンプ場 2 カ所	支配面積	0		5,200
10. Ba	灌漑面積(ha)	41,000	129,000	186,000
	復旧 / 改良事業	88,000/ 129,000		50,400/ 50,400
	新規開発事業	0		6,600
11. Sesan	灌漑面積(ha)	22,500	35,400	50,000
	復旧 / 改良事業	12,900/ 35,400		14,600/ 14,600
12. Srepok	灌漑面積(ha)	29,000	35,000	91,000
	復旧 / 改良事業	600/ 29,600		30,700/ 30,700
	新規開発事業	5,400		25,300
Upper Krong Buk 壕	川幅 (m)	200		-
13. Dong Nai	灌漑面積(ha)	115,000	224,000	362,000
	復旧 / 改良事業	100,000/ 215,000		38,000/ 38,000
	新規開発事業	9,000		100,000
新設壠	川幅 (m)	-		200 x 3 nos.
ポンプ場複数カ所	支配面積(ha)	9,000		70,000
14. Cuu Long デルタ	灌漑面積(ha)	1,487,000	1,891,000	2,242,000
	復旧 / 改良事業	34,000/ 1,791,000		101,000/ 101,000
	新規開発事業	100,000		250,000
ポンプ場複数カ所	支配面積(ha)	100,000		250,000

1.7.3 マスターplan中のプロジェクト

(1) 各流域のダム貯水池

各流域で計画されているダム貯水池は、下記報告書や情報から抽出した。

- (i) “Water Resources Development Strategy to the year 2010” (MARD, 1999年8月)中に優先プロジェクトとしてリストアップされたダム・貯水池プロジェクト
- (ii) “Water Resources Sector Review, 1996, WB, ADB, FAO, UNDP, NGO’s Water Resources Group in cooperation with IWRP” 中に計画プロジェクトとしてリストアップされたダム・貯水池プロジェクト
- (iii) 各流域にかかわる省から入手した優先度の高いダム・貯水池プロジェクト

(2) 14 流域にかかわるマスターplanの概要

治水計画や利水計画及びダム・貯水池プロジェクトなどマスターplanに盛り込まれたプロジェクトは次表のとおりである。その位置図は主報告書の図 9.9 から 9.22 に示した。

1.7.4 計画プロジェクトの実施コスト

すでに政府承認を受けたマスタープランがある Red 河・Thai Binh 川, Dong nai 川と Cuu Long 川の 3 流域を除く 11 流域について、2002 年から 2020 年までに実施を提案したプロジェクトや、諸方策の実施総コストは、約 80 兆 800 億ベトナムドン(53 億 1,500 万米ドル相当)になると推算した。

上記 3 流域を除外した理由は 1.8.2 節に記したとおりである。各流域別の実施コストは下表のとおりである。

実施事業費		
流域	百万ベトナムドン	米ドル相当額 (百万ドル)
Bang Giang・Ky Cung	3,580,717	238
Red・Thai Binh	-	-
Ma	11,111,689	737
Ca	12,838,780	852
Thach Han	3,419,005	227
Huong	3,717,229	247
Vu Gia-Thu Bon	14,881,578	988
Tra Khuc	2,068,870	137
Kone	3,825,525	254
Ba	10,630,547	706
Sesan	5,218,115	346
Srepok	8,787,162	583
Dong Nai	-	-
Cuu Long Delta	-	-
合計	80,079,217	5,315

1.7.5 経済評価

3 流域を除く 11 流域に対する提案プロジェクトについて経済分析を行った。結果を下表に示す。

経済評価結果			
流域事業	EIRR (%)	便益 /費用比	純現在価値 (百万 米ドル)
Bang Giang • Ky Cung	14.1	1.27	24.8
Ma	11.7	0.97	-7.5
Ca	12.5	1.06	16.2
Thach Han	11.2	0.91	-8.6
Huong	17.4	1.70	59.5
Vu Gia-Thu Bon	9.6	0.78	-81.8
Tra Khuc	19.8	2.12	60.5
Kone	15.4	1.40	35.3
Ba	15.6	1.44	103.9
Se San	9.9	0.79	-24.7
Srepok	13.5	1.16	33.9

注：便益/費用比及び純現在価値の算定には 12% の割引率を適用している。

1.8 流域と個別プロジェクトの評価

1.8.1 評価方法

流域と個別プロジェクトについて、ベトナムにおける水資源開発管理において重要なと考えられる下記事項について評価した。

- (i) 家庭用水供給
- (ii) 工業用水供給
- (iii) 灌溉用水供給
- (iv) 水力発電
- (v) 治水効果
- (vi) 河川維持流量
- (vii) 流域内貧困度
- (viii) 投資額 (財源調達困難度)
- (ix) 住民移転 (社会環境影響)

政府の方針も重要な評価ファクターであり、これは上記事項に重み付けを行うことによって考慮した。

1.8.2 評価すべき流域とプロジェクト

- (1) 流域マスタープランを持たない 11 流域

社会経済フレームワーク(各流域のマクロ経済目標)は、政府の開発方針に従って各流域

について設定した（1.2 節）。水資源開発管理マスタープラン策定の基本方針を設定し、1.6 節に記述した。

上記基本方針に従って、当該各流域内の計画プロジェクトを検証し、マスタープランを構成するプロジェクトを抽出して評価を行った。流域の評価は、各流域内のプロジェクトの評価結果をベースにして行うこととした。

（2）流域マスタープランがある 3 流域について

Red 河・Thai Binh 川, Dong nai 川、Cuu Long 川の 3 流域はすでに政府承認を受けた流域水資源開発・管理のマスタープランがある。流域計画及び同計画の中で取り上げられたプロジェクトは政府承認され、公式に最重要流域・プロジェクトとして認識されている。

従って、本調査ではこれら 3 流域が優先的な流域として認められたものであり、優先流域はこの 3 流域を除外して選定した。

1.8.3 プロジェクトと流域の評価結果

（1）各評価項目ごとの評価結果

上記評価方法に基づいて、プロジェクトの項目別評価を行い、その結果を表 S1.9 に示す。

（2）プロジェクトと流域の総合評価

11 流域と優先流域の選定

流域とプロジェクトの総合評価を表 S1.10 に示す。両者の結果を以下に示す。

11 流域の評価

順位	流域	流域評価点	グループ
1	Huong	30.3	グループ A
2	Kone	24.0	
3	Sesan	20.0	
4	Ma	14.0	
5	Tra Khuc	10.0	
6	Vu Gia-Thu Bon	0.0	グループ B
7	Ba	0.0	
8	Srepok	-9.84	
9	Thach Han	-14.0	グループ C
10	Bang Giang・Ky Cung	-16.0	
11	Ca	-26.0	

11 流域内プロジェクトの評価

順位	流域名	プロジェクト名	評価点	グループ
1	Huong	Ta Trach	32	グループ A
2	Kone	Dinh Binh	24	
3	Sesan	Dak Bla	20	
4	Ma	Cua Dat	14	
5	Tra Khuc	Nuoc Trong	10	
6	Huong	Huu Trach	6	
7	Ba	Song Ba Ha	0	
8	Vu Gia-Thu Bon	Song Cai	-8	グループ B
9	Srepok	Buon Kuop-Chupong Kron	-10	
10	Srepok	Krong Buong	-12	
11	Srepok	Upper Krong Pach	-12	
12	Srepok	Upper Krong Buk	-12	グループ C
13	Thach Han	Rao Quan	-14	
14	Bang Giang · Ky Cung	Ban Lai	-16	
15	Ca	Ban La	-26	
16	Vu Gia-Thu Bon	Ho Son Thanh II	-26	

グループ A に分類された流域やプロジェクトは、比較的高い実施の必要性と緊急性があるものといえる。そして優先流域または優先プロジェクトとして選ばれる評価点を得たものと言える。すなわち、この評価は、水不足、洪水、社会・自然環境、貧困対策、資金調達という重要な評価要素をもとにして行ったものだからである。

調査結果をもとにして、本調査では Kone 川流域をフェーズ 2-2 調査対象の優先流域として選定した。

1.9 結論

- (1) 本調査で策定したマスターplanは、大きく「開発計画」と「管理計画」で構成される。その内、開発計画部分は多目的ダム計画、河川改修・築堤計画、灌漑・排水や水産・畜産への水供給を含む農業開発計画、及び上水と工業用水供給計画から構成される。
- (2) 将来水需要と将来洪水被害額予測のために、2020 年を目標とする社会経済フレームワークプランを定めた。本調査における、14 流域の経済開発計画は、調査の中で収集した各流域関連の省の経済開発目標をベースとして立案した。立案した各流域社会経済目標概要は下表のとおりである。

- (8) すでに流域マスタープランが策定されている 3 流域を除く、11 流域について行った経済評価結果を下表に示す。

経済評価指標

流域	EIRR (%)	費用・ 便益比	純現在価値 (百万 米ドル)
Bang Giang・Ky Cung	14.1	1.27	24.8
Ma	11.7	0.97	-7.5
Ca	12.5	1.06	16.2
Thach Han	11.2	0.91	-8.6
Huong	17.4	1.70	59.5
Vu Gia-Thu Bon	9.6	0.78	-81.8
Tra Khuc	19.8	2.12	60.5
Kone	15.4	1.40	35.3
Ba	15.6	1.44	103.9
Se San	9.9	0.79	-24.7
Srepok	13.5	1.16	33.9

注：費用・便益比及び純現在価値は割引率 12%で算出。

- (9) 優先流域は、Red 河流域、Dong Nai 川流域 及び Cuu Long デルタを除く 11 流域の中から選定した。優先プロジェクトもまた同 11 流域中のプロジェクトの中から選定した。優先流域及び優先プロジェクト選定はさまざまの要因を用いて評価し、その結果は 1.8 節に示されるとおりである。
- (10) 本調査では、Huong 川流域と Kone 川流域を最優先流域として選定し、次のフェーズ 2-2 における調査対象は Kone 川流域とすることを提案する。
- ただし、この優先流域・プロジェクトの評価・選定は、ベトナム政府の意思決定のための参考用と考えられるべきもので、評価結果は評価条件によって変わりうるものであることに留意されるべきである。

1.10 提言

- (1) Huong 川流域をフェーズ 2-1 のための優先流域、Kone 川流域をフェーズ 2-2 のための優先流域としてそれぞれ選定し、総合流域管理計画の策定を行うことを提言する。
- (2) 洪水被害軽減のための緊急的な方策の一つとして、洪水警報・通信システムの構築を提言する。これによって、流域上流における大雨情報や水位上昇情報の速やかな関係機関への連絡、放送局を通じた一般住民への通報が可能となる。
- (3) 浸水域や湛水深および氾濫流向や避難先を情報として盛り込んだ洪水危険地域予想図の作成・公開を提案する。同図の公開は、雨期の洪水危険度を地域(住民)に知らしめる、非常に有効な方策である。
- (4) 斜面崩壊や流域からの土砂流出といった問題に対処するため、土地利用管理(規制)と植林計画を軸とする流域保全計画の策定が必要である。

- (5) ベトナムにおける河岸侵食に対しては、柔軟な耐久性のある方策を探ることを推奨する。日本の「籠マット」と呼ばれるじゃ籠タイプのものが適当と考えられる。これは籠マットの特徴である、柔軟性と耐久性、堤防や低水敷の斜面法尻の防御に適していること、がその理由である。
- (6) 過剰な水消費を減少させるために、正当な水需要管理として取水管理(規制)方策をとることが必要である。具体的には下記のような手段を講じる必要がある。
- 1) 適切な取水量計測による適切な取水規制
 - 2) 水需要者から独立した流域管理組織による水需要統合管理・調整
- 上記のような方策は、水需要者から独立した流域管理組織が実施することが必要である。
- (7) 塩水遡上の現状や、上工水の排水が原因の河川水質低下の改善を図るために、下記の方策を実施する必要がある。
- 1) 廃水管理システムの確立、強化、維持管理
 - 2) 河川水質のモニタリング
 - 3) 河川維持流量確保のための管理システム
- (8) 現状では、異なった運用者が管理する貯水池がいくつかある場合には、ダムの運用目的と運用方法は互いに異なっている。そのような個々の独自に行われる運用システムを、流域ダム統合運用管理システムに移行してゆくことを提案する。この統合管理は、権限を与えられた流域管理組織が調整機関として機能することが必要である。このような統合管理は、洪水に見舞われているときや、異常な渇水状態にある場合に、特に必要があると考えられる。
- (9) 流域管理の権限が与えられた組織の強化や(Red 河、Dong Nai 川、Cuu Long 川など RBO がすでに設立されている流域、および Huong 川のように Board of Management が立ち上げられた流域の場合)、そのほかの流域における同様組織の早急な立ち上げを行って、必要な水資源管理業務を行う必要がある。組織はとりあえず次のようなアクションをとることによって組織強化を図る必要がある。
- 1) 流域内の問題や要求など各流域の現状に照らして、組織の基本的な責務を明確にすること。
 - 2) 上記責務を実施するための具体的な行動計画を作成すること。
 - 3) 組織強化計画と要員育成計画の実施

(10) 上記のような組織強化や各方面間の調整機能指導のために、次のようなカテゴリーの専門家を招請することを提案する。

(a) 水資源管理・調整

異セクター間や、中央・地方政府間の適切な調整を行うことによって、効率的な水資源管理を計る。

(b) 技術面及び組織・制度面の強化

水利用管理、治水管理、河川環境管理を軸とする流域内の適切な水資源管理を計るために、中南部沿岸地域に早急に流域管理組織を確立することが必要である。スムースな立ち上げを図るために、管理組織にかかる組織・制度強化と、要員の技術能力強化を図るための専門家招請がぜひ必要である。

パート 2

フェーズ 2-1 : Huong 川流域にかかる総合流域管理計画策定

2.1 序論

2.1.1 調査の背景

Hue 市内及び Huong 川下流域においては、洪水や浸水による大きな被害を被ってきた。1999 年 11 月の洪水は、89 人が死亡し、非常に大きな資産が損害を受けるなど、甚大な被害をもたらした。

これらの対策の緊急性の高さに鑑み、ベトナム及び日本の両政府は、総合流域管理計画を Huong 川流域について早急に策定することに合意した。この緊急性から、同管理計画策定調査は、本調査においてフェーズ 1 調査と並行して行われた。

Huong 川流域の主要プロジェクトに対するフィージビリティー調査は、ベトナム政府によってすでに実施されていて、本総合流域管理計画が策定された後、同政府は続いてプロジェクトの実施に進む意向を持っている。

2.1.2 調査地域

調査地域は、中部ベトナムの南部沿岸地帯の Huong 川流域に位置し、同川流域面積は 3,300 km² であり、Thua Thien Hue 省に属している。調査地域を図 S2.1 に示す。

2.2 調査対象地域

(1) 行政

Thua Thien Hue 省は、省都 Hue 市及び 8 郡からなり、それらは更に 122 の村と 28 の町から構成されている。

Thua Thien Hue 省の市・郡とその構成

市・郡	面積 (km ²)	村	町	調査対象 地域内の村
1. Hue 市	71	5	20	5
2. Phong Dien 郡	954	15	1	6
3. Quang Dien 郡	163	10	1	6
4. Huong Tra 郡	521	15	1	15
5. Phu Vang 郡	280	19	1	6
6. Huong Thuy 郡	457	11	1	8
7. Phu Loc 郡	728	17	1	2
8. A Luoi 郡	1,229	20	1	0
9. Nam Dong 郡	651	10	1	0
計	5,054	122	28	48

出典 : Statistical Yearbook 2000, Hue 省

Huong 川流域には、Hue 市のほか 6 郡 48 村が含まれる。

(2) 人口

Thua Thien Hue 省の人口は 1,066,200 人(2000 年)であり、その内訳は 316,200 人(29.7%) の都市人口と 750,000 人(70.3%)の農村人口からなる。人口密度は Hue 市の 4,201 人/km² が最も高く、Nam Dong 郡の 21 人/ km² が最も低い。平均では 211 人/ km² となっている。

1995 年から 2000 年の平均人口増加率は、1.56%/年となっている。都市部の人口増加率は 4.11% と高い一方、農村分それは 0.61% にとどまっている。

(3) 経済情勢

Thua Thien Hue 省は、1995 年から 2000 年の平均で 6.3% という高い経済成長を達成した。質問票による調査の結果、同省は 2000 年から 2005 年に 13.5%/年、2005 年から 2010 年に 10.3%/年、2010 年から 2020 年に 8.0%/年という高い経済開発目標を掲げている。産業構造では農林水産業が現在の 23% から 11%(2020 年)へ、サービス業が 45% から 39% へそれぞれ比率を低下させる一方、工業・建設業が 32% から 50% へ大きくその比率を伸ばすものと予測されている。

Thua Thien Hue 省の 2000 年における一人あたり地域総生産は、325 万ドンで、これはベトナム国の平均の 572 万ドンを大きく下回る。しかし、同省の一人あたり地域総生産は、2020 年には実質で現在の 4 倍に成長するものと予測される。

(4) 農業

Huong 川下流に広がる洪水氾濫原は 40,000 ha で、ここに 18,000 ha の水田を含む 25,900 ha の農地が広がっている。Huong 川流域の灌漑地区を図 S2.2 に示した。

計画地区 29,500 ha の現況作物生産量を以下に示す。

計画地区の作物生産

作物	冬一春作	夏一秋作	合計	単位収量	生産量
冬一春作 水稻	19,922 ha	-	19,022 ha	5.0 ton/ha	99,610 ton
夏一秋作 水稻	-	19,922 ha	19,022 ha	5.0 ton/ha	99,610 ton
水稻小計	19,922 ha	19,922 ha	39,844 ha		199,220 ton
裏作	3,988 ha	3,988 ha	6,655 ha		33,272 ton
(トウモロコシ)	(460ha)	(460 ha)	(920 ha)	4.0 ton/ha	3,680 ton
(サツマイモ)	(3,456 ha)	(0 ha)	(3,456 ha)	7.0 ton/ha	24,192 ton
(落花生)	(72 ha)	(3,528 ha)	(3,600 ha)	1.5 ton/ha	5,400 ton
野菜	2,000 ha	2,000 ha	4,000 ha	10.0 ton/ha	40,000 ton
合計	25,900 ha	18,486 ha	44,386 ha	-	272,492 ton

現在、作物生産の障害となっている要因には(i)5月～6月にかけて発生する雨期前の洪水が夏一秋作に影響を与える、(ii)乾期に灌漑用水路から遡上する塩水による春一夏作への影響、(iii)乾期における灌漑用水の不足、がある。

(5) 河川と洪水

a) 河川

Ta Trach 川はベトナム領内のバクマ山系の北斜面に水源を発し、北方に流れ、Hue市の上流で Huu Trach 川と合流した後、その名を Huong 川と変え、Hue 市を貫流したのち、Hue 市の下流で Bo 川と合流し、ベトナムで最大の礁湖であるタムザン礁湖に流入する。Huong 川の流域面積は 3,300 km² である。Huong 川の流路延長は Ta Trach 川を含め 102km である。

河川標高は、海拔 0 m から 500 m までとなっている。河川勾配は、上流では非常に急峻で 1/100 から 1/700 となっており、下流では、河口から Ta Trach ダム予定地点付近まで 1/2,500 とやや緩勾配となっている。

Thao Long 堤は河口から約 4km 上流に位置している。この堤は、Huong 川での塩水遡上を防止する目的で、1973 年に建設された。しかしこの堤は、非常に老朽化が進んでいるため、その改築が計画され、現在位置から約 40m 下流で新堤の建設工事が進行中である。礁湖のまわりには、波の進入を防止するため、堤頂高海拔約 1.2 m で海岸堤が建設されている。Huong 川沿いには、Hue 市ならびに農地を洪水から守る河川堤防は建設されていない。

b) 洪水

Huong 川の下流域は、毎年 3-7 回洪水氾濫被害を受けている。氾濫時には、広大な地域が浸水し、車両交通さえ途絶する事態となっている。Hue 市では、グエン王朝の世界文化遺産が存在している。この遺産は木造建築物で、浸水時には損傷を受けやすい。洪水期間中、氾濫流は海岸堤をしばしば 1.5m くらい越流し、海岸堤は破堤する。

1999 年 11 月洪水では、本流域では深刻な被害を被った。この洪水は 1953 年洪水以降の最大洪水であった。1999 年 11 月 2 日の 24 時間雨量は 1,422 mm であった。これは過去最大観測降雨であった。この洪水による死者ならびに行方不明者は合計 373 人であった。この洪水による流失家屋は 25,000 戸に上り、総被害額は 1 億 6 千万ドルと見積もられている。礁湖の砂州は 3 カ所で流失した。このため、礁湖の海への開口部はそれ以前の 2 カ所に加え 5 カ所となった。新しい開口部のうち 2 カ所は海岸漂砂のためにその後自然に埋まった。残る一つは、ホアズアン地区にあり、砂州の上には多くの住民が住んでいるため、地元交通の回復のために、地元政府の手により、コンクリートブロックによる道路建設が行われ、閉ざされた。

2.3 水文解析

2.3.1 低水解析

流出流量の算定のための数学モデルであるマイク 11-ナムモデルは、低水状況を表現するには若干低めであるが、妥当な結果を与えることから、Huong 川の流域流出の算定のために用いられた。

結果は、以下のようにになっている。

Tuan 地点確率月流出流量(百万 m³)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
50%	210	109	71	52	68	69	53	57	148	589	726	498
75%	144	79	53	35	40	40	32	36	84	370	497	354
90%	102	59	40	24	26	24	20	23	51	243	353	260

Co Bi 地点確率月流出流量(百万 m³)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
50%	95	48	33	32	45	41	32	32	85	298	363	251
75%	58	30	22	21	32	27	21	22	52	205	254	181
90%	38	20	16	14	23	18	15	15	33	147	185	135

2.3.2 高水解析

Huong 川の低水流量解析には、ピーク流量とその流出ボリュームの算定のために、適切な雨量－流量モデルを使用することが必要であった。本調査仕様書に要求されているように、マイク 11-ナムモデルを使用したが、第二モデルとして、サクラメントモデルも使用した。

洪水流出モデルの検証と妥当性の確認は、Bo 川サブ流域(Co Bi 地点)、Huu Trach サブ流域(Binh Dien 地点)、Ta Trach サブ流域(Thuong Nhat 地点)のそれぞれにおいて、平均して過去の 3 洪水用いて行った。

マイク 11-ナムモデルの検証は、自動検証方式によって行った。この結果、3 サブ流域で妥当な結果が得られた。続いて、得られたモデルを用いて、確率洪水の流出計算を行い、次の結果がえられた。

Mike11-NAM	主洪水ピーク流量 (m ³ /s)			
	10年確率	20年確率	50年確率	100年確率
Bo 川 Co Bi 地点	5,100	6,200	7,400	8,800
Huu Trach 川 Binh Dien 地点	4,700	5,500	6,400	7,300

サクラメントモデルを用い、過去の洪水の妥当な再現ができるよう、検証と妥当性の確認を集中的に行った。地相(流出形成)と河相(洪水伝搬)は共に検証プロセスに取り入れた。この結果、次のピーク流量が得られた。

サクラメント	主洪水ピーク流量 (m ³ /s)			
	10年確率	20年確率	50年確率	100年確率
Bo 川 Co Bi 地点	3,900	5,100	6,700	7,800
Huu Trach 川 Binh Dien 地点	3,600	4,200	5,000	5,800
Ta Trach 川ダムサイト	5,500	6,400	7,500	8,200

過去の調査では、次のような洪水ピーク流量が算定されている。

サクラメント	主洪水ピーク流量 (m ³ /s)			
	10年確率	20年確率	50年確率	100年確率
Bo 川 Co Bi 地点 ¹⁾	4,100		6,400	7,200
Bo 川 Co Bi 地点 ²⁾	2,558	2,850		
Huu Trach 川 Binh Dien 地点 ²⁾	3,450	3,848		
Ta Trach 川ダムサイト ³⁾	4,240	5,570		9,400

1): Feasibility Study of Four Dams, WAPCOS, India, 1982

2): Feasibility Study on Ta Trach Project, Interim Report, HEC-1, 1999

3): Ta Trach Reservoir Project, Supplemental Report, HEC-1, 2000

サクラメントモデルでは、過去の調査結果よりも高いピーク流量が得られている。マイク 11-ナムモデルでは、サクラメントモデルよりかなり高いピーク流量結果が得られている。マイク 11 による結果はピーク流量を過大に評価しており、このモデルのさらなる詳細な検証によりもっと低い流域流出流量を算出することが期待される。

本調査では、Huong 川流域の治水対策計画の策定には、サクラメントモデルによる結果を採用することとした。

2.4 水需要予測

(1) 家庭用水及び工業用水需要

Huong 川流域における家庭用水及び工業用水需要は下表のように増加すると推定される。

	現在(2001)	2010 年	2020 年	(m ³ /日)
家庭用水需要	36,545	67,800	118,660	
工業用水需要	5,000	17,734	65,743	
合計	41,545	85,534	184,403	

(2) 発電水需要

EVN は全国電力開発計画を策定し、計画需要増に見合う、多目的貯水池による水力発電を含む、各種発電施設の追加投入を考えている。しかしながら、Huong 川流域内の多目的貯水池プロジェクトのように、比較的小規模の発電施設の場合は、全国計画の中に含まれていない。

それゆえ、Huong 川流域内の多目的貯水池の場合は、上工水、農業用水や河川維持用水といった水供給を第一目的とし、水力発電はそれら水供給用の放流や余剰放流を利

用した方式をとると想定した。従って、Huong 川流域内の多目的貯水池プロジェクトでは、特に発電用の水需要を考慮しないこととした。

(3) 灌溉用水需要量(IWD)

灌溉面積に応じて、現在(2001 年)と将来(2010 年, 2020 年)の灌溉用水需要量 IWD ($m^3/\text{秒}$)を算定した。灌溉用水需要量は、降雨量によって左右される。従って、ここでは、現在と将来の農業用水需要量を、24 年間の月別水使用量に対する水収支計算によって解析した。

Huong 川流域での平均的降水量の年における灌溉用水需要量 IWD (m^3/sec)は、以下のとおりである。

月別灌溉用水需要量(IWD), 平均的降水量の年 (単位: $m^3/\text{秒}$)

(灌漑面積)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
2001 年 (25,900 ha)	2.3	12.7	16.1	10.1	23.3	18.4	23.8	7.8	0.0	0.0	0.0	4.7	9.9
2010 年 (25,900 ha)	2.3	11.9	15.0	9.6	22.8	18.1	23.3	7.5	0.0	0.0	0.0	4.4	9.6
2020 年 (25,900 ha)	2.3	11.7	14.8	9.6	26.7	21.5	28.2	9.1	0.0	0.0	0.0	4.4	10.7

(4) 畜産用水需要量

Agriculture in Vietnam - 61 Provinces and Cities, MARD, NIAAP, 2001(ベトナムの農業 - 61 省市、農業農村開発省、国家農業計画研究所、2001)を参照し、畜産各種の飼育頭数を決定、畜産用水需要量を算定した。現在(2001 年)と将来(2010 年, 2020 年)の同用水需要量は、以下のとおりである。

畜産用水需要量 (Huong 川 流域)

流域	豚 (10^3 頭)	雄牛 (10^3 頭)	水牛 (10^3 頭)	鶏 (10^3 頭)	山羊 (10^3 頭)	日消費量 (m^3/day)	必要 取水量 (m^3/sec)
現在(2001 年)	227	33	35	1,790	-	6,200	0.07
2010 年	305	49	38	2,261	-	8,200	0.10
2020 年	666	68	42	2,872	-	14,600	0.17

(5) 水産養殖用水需要量

水深(m/年)で表した単位用水量と水産養殖池面積(ha)とを用いて、現在(2001 年)と将来(2010 年, 2020 年)の水産養殖用水需要量を、以下のとおり算定した。

水産養殖用水需要量 (Huong 川 流域)

流域	沿岸 エビ養殖		内陸 魚養殖		合計	
	養殖池 面積 (ha)	淡水 需要量 ($10^3 m^3$)	養殖池 面積 (ha)	淡水 需要量 ($10^3 m^3$)	淡水 需要量 ($10^3 m^3$)	平均必要 取水量 ($m^3/秒$)
現在(2001 年)	1,010	4,646	920	31,280	35,926	1.1
2010	3,290	15,147	2,730	92,643	107,790	3.4
2020	4,510	20,762	3,690	125,545	146,307	4.6

(6) 河川維持流量

Huong 川の水需要の一つである河川維持流量の検討は、1)塩水遡上、2)水質汚濁、3)河口閉塞、4)河川舟運、及び 5)生態系保全、の観点から行った。

河川維持流量設定の検討結果は以下のとおり要約される。

- 塩水遡上防止の観点からは、Phu Cam 地点で $61 m^3/s$ 。
- 水質汚濁防止、河口閉塞及び河川舟運の観点からは、現況の低水時流況を大きく変化させないこと。
- 生態系保全の観点からは、河口地点で $31 m^3/s$ 。

上記のうち、新 Thao Long 堤の完成により塩水遡上は防止されるため、河口部で $31 m^3/s$ を Huong 川の河川維持流量として設定した。

2.5 水収支解析

2.5.1 水収支解析の方法・条件

水収支解析は月別に行い、水資源量と需要量共に 24 年間の月間量を用いた。灌漑用水還元率は 10%と考え、上工水については考えない(0%)こととした。

水収支評価点は、各水需要の取水地点とするが、流域全体の河川維持流量は河口において評価することとした。

Huong 川流域には既存の貯水池はないが、下記の計画貯水池を組み込んで水収支解析を行った。

- i) Ta Trach : 水供給用有効貯水量 4.6 億トン
- ii) Huu Trach : (水供給目的はないものとした)
- iii) Co Bi : (水供給目的はないものとした)

灌漑水需要は流域において最も主たる需要である。流域内には 6 箇所の灌漑地域があり、現在(2000 年時点)の灌漑面積は 25,900 ha であり、2020 年まで変わらないと予想される。Hue 市およびその周辺地域における上工水需要量は、表流水からの需要のみ考慮し、現在 $41,545 m^3/日$ である需要が、2020 年には $184,403 m^3/日$ に増加することを想定

した。

必要な河川維持流量は、これまでの調査検討結果を基づき、河口地点において $31 \text{ m}^3/\text{秒}$ とした。

2.5.2 水収支解析結果の評価

現状においては河川維持流量を解析で考慮する場合もしない場合も、水不足状態が生じている。特に考慮した場合は、解析期間である 24 年間に亘って毎年相当量の不足が見受けられた。

2020 年における需要を想定して解析を行う場合、水供給目的の貯水池有効貯水量は、Ta Trachダムにおける 4 億 6 千万トンである。洪水調節容量は 9 月から 11 月まで確保するものと考えた。したがって有効貯水量の 4 億 6 千万トンは残りの 9 ヶ月間は利用可能であるが、3 ヶ月間は 1.45 億トンだけとなる。

$31 \text{ m}^3/\text{sec}$ という河川維持流量を河口地点で確保するとした場合においては、24 年の内 5 年において不足が生じる。そのほかの需要が満たされる年においても、すべての不足を解消しようとするためには貯水量を全量使用する必要がある。

Ta Trachダムの完成によっても 24 年の内 5 年については水不足が生じるという結果となった。そのほかの年は、最悪の場合でも有効貯水量である 4.6 億トンを全量使うことによって、需要をまかなうことが出来る。水不足が生じる 5 年について、その不足量(年間)は下表のように推定される。

渇水順位	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
年間不足量 (百万トン)	275	199	185	164	149	0
(該当データ年)	1977	1990	1988	1980	1978	1983

Ta Trachダム及び Thao Long 堤の建設によって、河川維持流量を含めて 2020 年における水需要量を、既定の条件範囲内で満たすことが出来る。

2.6 総合流域管理計画の策定

2.6.1 流域開発代替案

(1) 水供給の必要条件

水収支解析の結果、計画貯水池は 4.6 億トンの有効貯水量を持たなければならないことが明らかとなった。貯水池無しのケースでは、水需要を満たすための淡水供給策が必要である。貯水池無しの場合、年間約 2.2 億トンの供給源が必要となる。

(2) 治水の必要条件

MARD が定めた Huong 川流域の治水条件は以下のとおりである。

- a) Hue 市は 1999 年洪水時と同じピーク流量に対して防御されなければならない。即ち、Kin Long 地点におけるピーク流量 $13,670\text{m}^3/\text{s}$ に相当する水位 5.84m を水位 3.7m に下げる必要がある。これは同地点流量を $2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ に低減させることを意味する。上記目標洪水ハイドログラフを図 S2.3 に示す。
- b) 下流域に広がる農業地域は、図 S2.3 に示す“Early 洪水”の 10 年確率規模洪水から守られなければならない。
- c) 1999 年洪水では、Bo 川の Phu Oc 地点における洪水流量とその水位は、それぞれ $3,050\text{m}^3/\text{s}$ と標高 4.89m であった。この洪水位標高 4.89m を 4.50m に下げるこことし、これは流量を $1,410\text{m}^3/\text{s}$ に低減することを意味する。当該地域図を図 S2.4 に示す。

(3) 水供給及び治水対策の施設的方策の代替案

最適な案を作成するために、想定可能な代替案検討を行った。考えうる検証を要する施設的方策案を以下に述べる。それら施設の予定地点は図 S2.5 に示してある。検討した三ダムの水位・貯留量曲線を図 S2.6 から S2.8 に示す。

- a) 最大 Ta Trach ダム案 (ダム天端標高 : 55.0 m)
- b) 最小 Ta Trach ダム案 (ダム天端標高 : 53.0 m)
- c) 最大 Huu Trach ダム案 (ダム天端標高 : 61.0 m)
- d) 最小 Huu Trach ダム案 (ダム天端標高 : 56.0 m)
- e) 最大 Co Bi ダム案 (ダム天端標高 : 46.0 m)
- f) 最小 Co Bi ダム案 (ダム天端標高 : 38.0m)
- g) ダム以外の施設

水供給目的のダム以外の施設

一日 600,000 トンの能力を持つ海水淡水化プラントを、ダムを考えない場合に必要な、水供給のための代替案として検討した。

海水淡水化のための生産コストはおよそ米ドル $1.5/\text{m}^3$ から 米ドル $2.5/\text{m}^3$ の範囲にある。仮に淡水化コストを米ドル $2.0/\text{m}^3$ と仮定した場合、2.19 億トンの淡水化を必要とし、総額は 4.38 億ドルとなる。

ダム以外の治水施設

下記のようなダム以外の施設の組み合わせが必要と考えられる。

ダム以外の施設	洪水調節容量
- 放水路	3,000 m ³ /s
- パラペット	2,000 m ³ /s (*)
- 調整池	400 m ³ /s (**)
- 放水路トンネル	350 m ³ /s

注(*): 2,000 m³/s の流量増に対応する水位上昇に耐えうる、高さ 1.0m のパラペットで、Hue 市を囲い込むことを意味する。

(**): 面積 3 百万 m² で水深 5 m の調整池によって、洪水ピークを 10 時間に亘ってカットした場合のピーク流量減がほぼ 400 m³/s に相当するとした。

2.6.2 代替案の検討

表 S2.1 に示したように、最大 Ta Trach ダム案と最大 Huu Trach ダム案の組み合わせ(ケース No. I-B.2)が、2020 年の流域計画目標を達成しうる代替案の中で、最も高い経済的妥当性を示している。

表 S2.1 に示すように、これら両ダムは環境面からも許容されるものであり、総合的に両ダムの組み合わせが、2020 年を目標年とする最適の流域計画と言える。

2.6.3 推奨流域開発計画

最大 Ta Trach ダム計画と最大 Huu Trach ダム計画からなる流域開発計画が、総合的に評価して、最もふさわしい計画である。よって、下記のような計画を流域開発計画として推奨する。

推奨流域計画

	Ta Trach ダム	Huu Trach ダム
天端標高	標高 55.0m	標高 61.0m
有効貯水量	460 百万 m ³	182 百万 m ³
洪水調節容量	392.6 百万 m ³	105 百万 m ³

2.6.4 流域開発計画実施に向けての提言

治水要件を満たすためには、Ta Trach ダムと Huu Trach ダムの双方が必要となるが、Ta Trach ダムだけの場合のプロジェクトとしての有効性は、主報告書で述べられているとおり非常に高い。

このような Ta Trach ダムの経済性の優位さと、実施資金の制約を考えた場合、当面 Ta Trach ダムの実施だけでも十分と考えうる。Huu Trach ダムの実施は財政状態に余裕が出来るまで見合わせることも可能である。

2.6.5 Ta Trach ダム上流域のダム案の効果検討

(1) 上流域の可能ダム地点

これまでに計画・提案した Ta Trach ダムの位置が、洪水調節面と水供給面の両目標を達するためには、地形的に最も効果的な場所であると考えられる。この事実を確認するため、現ダム予定地点上流域における、可能なダム地点の効果を概略検討した。

Ta Trach ダムの現計画地点上流で考えられるダム地点は、3箇所であった。それらを、T-1、T-2、T-3 と名づけて位置を示したものが図 S2.9 である。検討はこれら 3 箇所について行った。またこれら 3 ダムの概要は下表に示すとおりである。

上流ダムの主要諸元

上流 ダム	死水量 (百万トン)	有効貯水量		洪水調節容量		ダム		
		満水位 (m)	貯水量 (百万トン)	サーチャー ジ水位 (m)	貯水量 (百万トン)	高さ (m)	体積 (千 m ³)	建設費 (百万米ドル)
T-1	7.7	37.3	102	42.1	105	60	2,870	31.6
T-2	11.5	55.5	141	62.8	144	61	2,700	29.7
T-3	16.7	83.3	134	90.9	137	55	1,950	21.5

(2) 結論

- 1) 検討 3 ダムは、現計画地点の Ta Trach ダムがない限り、治水目標を達することは出来ない。これは、上流 3 ダムの流域外からの洪水流出によるものである。これら 3 ダムの洪水調節可能量は、計画 Ta Trach ダムのその約半分である。
- 2) 上流ダムを建設することによって、洪水調節目標を満たすために必要な Ta Trach ダム開発規模が小さくなり、その建設費は 1.01 億米ドルから 82.5 百万米ドルに減少する。しかし、上流 3 ダムの総建設費は 82.7 百万米ドルであり、減少した Ta Trach ダムコストとあわせて 1.65 億米ドルになる。これは Ta Trach ダム単独の場合の 1.01 億米ドルを大きく上回る結果となる。
- 3) さらに、T-3 ダムは Bach Ma 国立公園を水没せしめることになり、環境上の問題も伴う。
- 4) このように、Ta Trach 川上流のダム群はずつと非効率的であり、Ta Trach 川のダム計画は、現在予定されている Ta Trach 計画地点において実施されなければならない。

2.6.6 家庭用水及び工業用水供給

(1) 家庭用水供給

上水供給の現状は以下のとおりである。

上水施設	完成年	能力 (m ³ /日)	現生産量 (m ³ /日)	供給先	備考
Quang Te-1(既設)	1926	40,000	20,000	Hue 市	廃止予定
Quang Te-2(新設)	1997	20,000	15,000	Hue 市	フェーズ 1 事業
Quang Te-2(ph-2)	-	20,000	-	Hue 市	フェーズ 2, 計画
Da Vien	1952	12,000	10,000	Hue 市	塩水遡上の問題
Tu ha	1968	4,000	350	Tu Ha・Hue	
Chan May dong	(2000)	6,000	300	Phuoc Hai	
Nam Dong	(2000)	1,000	300	Nam Dong	建設中
A Luoi	-	4,000		A Luoi	建設中
Phu Bai	-	5,000		Phu Bai, Hue	建設中
Phong Dien	-	6,000		Phng Dien	計画

Hue 市と周辺都市部の水供給将来開発目標は、Hue の人口増に対しても現況を維持し、小都市への完全供給を達成することに焦点が絞られなければならないであろう。 Phu Bai と A Luoi の進行中プロジェクト以外に、将来の投資は下記の施設に集中すると考えられる。

- Quang Te 2・フェーズ 2 の建設
- Hue 市内の振興開発地域を結ぶ追加パイプライン；主ラインと二次ラインで延長 50 から 100km
- 2020 年までの人口増に備え、供給率 100% を維持するために、45,000 所帶分の接続

(2) 工業用水供給

現在の工業用水の主たる需要者は、ビール工場、セメント工業、ガラス と衣料工場である。今のところ最大需要者はビール工場で、年間 3,300 万リッターの生産をしていて、必要工業用水量はおおよそ、1 日 4,500 m³/日である。政府の政策は工業発展に重きをおいた方針であるが、Thua Thien 省においては、大規模な工業発展計画は今のところ全く見られない。それゆえ、同省における工業用水は、一定範囲内で、Hue 都市用水供給システムによる供給でカバーされると、結論付けることが出来る。

(3) 概略投資コスト

Thua Thien 省の新規水供給に要する投資額は、優先度や緊急性によって、今後 20 年間に 2-3 千万米ドル必要になると考えられる。このコストには、老朽化した機器や既設施設の維持管理費や修繕・取替費は含まれていない。

2.6.7 農業用水供給計画

(1) 農業開発計画

- 1) 政府の農業開発にかかる政策および戦略によれば、北中部沿岸地域の開発方向性は、i)商品作物の生産を加速し、ii)畜産と農産加工を拡大し、iii)農民の所得水準を向上するとともに農村における各種サービスを強化して生活水準を改善することである。

この開発方向性に沿って、省政府が重点を置いている農業政策は、i)食糧安定供給貧困削減、ii)所得向上による生活水準の改善、iii)輸出による外貨の獲得、iv)環境保全を目的とした斜面の植生被覆、である。

- 2) 上記に示した事業の現状を踏まえ、Hue 市をとりまく 25,900 ha の灌漑施設改修と排水改良を農業開発における第一優先事業とした。灌漑施設の改修と排水条件の改良により、i)灌漑用水の供給、ii)排水改良、iii)雨期前の 5 月～6 月における浸水の軽減、iv)灌漑用水への塩水遡上の防止、v)暴風時の高潮からの防御、を目的とするものである。
- 3) 25,900 ha の農地の灌漑状況は事業の実施によって以下の通り改善する。

土地利用の変更

土地利用	条件	現況	将来	差異
水田	灌漑	18,022 ha	19,912 ha	+1,890 ha
畑地	灌漑	0 ha	5,988 ha	+5,988 ha
畑地	天水	7,878 ha	0 ha	-7,878 ha
合計		25,900 ha	25,900 ha	0 ha

作付け面積と期待収量をから、将来の農業生産はコメが 200,000 トン、トウモロコシが 3,700 トン、サツマイモが 24,000 トン、5,400 トンの落花生、40,000 トンの野菜の生産が見込まれる。

計画対象地域の将来の農業生産(2020)

作物	冬一春作	夏一秋作	合計	単位収量	生産量
冬一春作 水稻	19,922 ha	-	19,022 ha	5.0 ton/ha	99,610 ton
夏一秋作 水稻	-	19,922 ha	19,022 ha	5.0 ton/ha	99,610 ton
小計	19,922 ha	19,922 ha	39,844 ha		199,220 ton
裏作	3,988 ha	3,988 ha	6,655 ha		33,272 ton
(トウモロコシ)	(460ha)	(460 ha)	(920 ha)	4.0 ton/ha	3,680 ton
(サツマイモ)	(3,456 ha)	(0 ha)	(3,456 ha)	7.0 ton/ha	24,192 ton
(落花生)	(72 ha)	(3,528 ha)	(3,600 ha)	1.5 ton/ha	5,400 ton
野菜	2,000 ha	2,000 ha	4,000 ha	10.0 ton/ha	40,000 ton
合計	25,900 ha	18,486 ha	44,386 ha	-	272,492 ton

(2) 灌溉用水供給計画

- 1) 灌溉用水供給計画には、灌溉、排水、湛水防御の分野が含まれる。現在の灌漑事業地区の形態は変えないものとする。Huong 川、Bo 川、Truoi 川が、主たる灌漑用水源となる。排水と湛水防御の改善が必要な事業である。復旧事業と遅れがちな維持補修作業も適時の実施が必要である。一方主な建設中の構造物に、Truoi ダム (2002)、Thao Long 堰 (2004)、Phu Bai ダム (復旧補修工事 2002)がある。主な計画中の構造物には、Ta Trach ダム, Cong Quan 排水門 (追加工事), Khe Nuoc ダムがある。
- 2) 上述の支配面積と水需要に対するピーク供給量は、以下のとおりである。

ピーク供給量計算値

取水施設	支配面積 (ha)	ピーク供給量(m ³ /秒)
Bo 川 (ポンブ)	10,883	1.56
Nham Bieu 取水口	1,676	2.42
北 Huong 合計	12,559	18.03
Huong 川 (ポンブ)	168	0.24
Phu Cam 取水口	8,460 - 7,153	12.24 – 10.35
La Y 余水吐付帶取水口	0 - 1,307	0 - 1.84
Truoi 貯水池	4,713	6.81
南 Huong 合計	13,341	19.23

- 3) 北 Huong 地区では、Bo 川、Huong 川に近い地域とラグーンに近い地域に、Early 洪水による湛水が発生する。また、南 Huong 地区では、南東地域全体とラグーン (lagoon)を干拓した地域に、Early 洪水 d による湛水が発生する。

本事業の排水システムは、(a)農地を Early 洪水から防衛し、(b)Major 洪水時の湛水を洪水後速やかに排水するためのものである。降雨の一部は、排水システムに出る前に、途中で遮られたり貯留されたりする。従って、その土地の流出率に応じて、農地においては降雨量の 65%を、丘陵地においては 60%を排水する機能を持たせるものとする。なお、砂質の土地に降った雨の大部分は、地下に浸透する。砂丘からの流出時間は短く、ほんの数時間に過ぎない。農地の計画排水時間は、3 日間(72 時間)とする。

- 4) 上述の施設改良計画に加えて、運用・維持管理水準の改善計画が必要とされる。以下に必要措置を列挙する。

- 生活用水・産業用水・水力発電用水・河川維持用水のような他のすべての水関連セクターを含む水資源政策の枠組みの中での農業用水政策の策定
- 現在ベトナムにおいて実施中の(i)中央・省・郡政府の水関連官僚、(ii)灌漑管理会社(IMC)職員、(iii)協同組合の水管理職員、(iv)水利用者(農民)に対する人材育成と訓練
- 現在ベトナムにおいて実施中の、灌漑スキームの能率的で効果的な運営・維

持管理のための、灌漑管理業務の灌漑管理会社(IMC)から共同組合への移管 FAO の Irrigation and Drainage Paper No.58 “Transfer of irrigation management services - Guidelines”(灌漑管理業務の移管 - 案内書) は、灌漑管理業務の移管(IMT)の開始準備から実施までのすべての段階について有用な示唆を提供している。

なお、小規模灌漑スキームの運用・維持管理は、比較的うまく実施されるものである。従って、Hue 省の DARD(農業・農村開発局)は、灌漑管理会社(IMC)から共同組合への灌漑管理業務の移管(IMT)を推進している。ただし、量水技術については、とくに改善が必要とされている。

2.6.8 水資源管理計画

総合流域管理計画策定の一環として Huong 川流域水資源管理計画を策定した。その内容は以下のようである。

(1) 水利用管理計画

- 1) 水需要の適正管理
- 2) 水資源の最新情報管理
- 3) 渇水時の適正水配分
- 4) 節水策

(2) 治水管理計画

- 1) 中央・地方災害警報システム
- 2) 防災施策・災害準備
- 3) 洪水浸水想定図
- 4) 水準点網整備
- 5) 住民啓蒙プログラム
- 6) 植林

(3) 河川環境管理計画

- 1) 河川維持流量管理
- 2) 水質管理
- 3) 環境モニタリング

(4) 行政・制度管理計画 (Board of Management of the Huong River Projects の拡張組織図の提案を含む)

2.7 主たる計画施設の実施予備計画

提案された施設の全体実施計画を下図に示す。

		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1.	資金調達	■																		
2.1	Ta Trach 貯水池プロジェクト						■	■	■	■	■									
2.2	住民移転	■	■	■																
2.3	エンジニアリング・サービス				■	■	■	■	■	■	■									
3.1	Huu Trach 貯水池プロジェクト											■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.2	住民移転							■	■	■	■									
3.3	エンジニアリング・サービス										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4.1	灌漑・排水施設					■	■	■	■	■	■	■								
4.2	エンジニアリング・サービス					■	■	■	■	■	■	■								
5.1	上工水供給					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5.2	エンジニアリング・サービス					■	■	■	■	■	■	■								

2.8 事業費の予備的算定

	事業費	
	(百万/ベトナムドン)	(百万米ドル相当額)
Ta Trach 貯水池プロジェクト (アースフィルダムタイプ、発電所含む)	2,512,381	166.7
Huu Trach 貯水池プロジェクト (アースフィルダムタイプ)	738,061	49.0
灌漑・排水施設	1,600,868	106.2
上工水供給	1,147,030	76.0
合計	5,998,340	398.1
付加価値税(VAT)	260,341	17.3
総合計	6,258,681	415.4

2.9 プロジェクト評価

2.9.1 技術的評価

Ta Trach ダムのフィージビリティー調査における設計結果をレビューした中で、最も主要な事項を以下に記す。

- 1) 2基のカルバートと取水口がフィル形式ダムの堤体内に設計されているが、これは国際的なダム設計基準では許されない。これは、コンクリート構造物と、フィ

ル材料が密着せず、パイピング現象を起こす恐れがあるからである。

コンクリート構造物とフィル材料の不十分な密着は、両者の異なった沈下によって容易に生じるものであり、地震によっても起りうるので、十分な設計レビューが必要である。

- 2) 現在の建設計画は、ダム建設時の仮排水路をダム堤体内に埋め込んだコンクリート・カルバートによって行うように考えられる。そしてその工程はタイトすぎる。もし、ダムの盛りたてが雨季まえに必要な標高にまで達していない場合には、人工災害を引き起こす恐れがある。建設計画とダム設計の注意深いレビューが必要である。
- 3) フィルタイプダムの設計基準に従って、20年確率洪水量に対する仮排水路が設計されねばならない。しかし、ターチャックダムの場合、20年確率洪水流量は約8,000 m³/秒と考えられる。直径10mのトンネルが数本必要と考えられるが、これは非現実的である。従って、堤頂越流が許容されるコンクリートダム(RCCダム)や、コンクリート・フェーシング・ロックフィルダムを、設計/建設計画レビュー時に検討する必要がある。従って、基礎岩盤の詳細な調査が必要である。

これらの課題は、次の段階での最終設計時に十分明らかにされることを提言する。

2.9.2 経済評価

Huong川流域水資源開発・管理事業として、10ケースの代替案について経済評価を行い比較した。その結果、いずれの代替案もEIRRが15%を上回る十分な経済性を持っていることが明らかになった。中でもI-B.2案(最大Ta Trachダム+最大Huu Trachダム案)は、47.5百万ドンという最も大きな純現在価値と16.5%の経済的内部収益率(EIRR)を示した。この結果から本プロジェクトは国家経済的視点から実施可能と判断される。

代替案	EIRR (%)	便益/費用比	純現在価値 (百万米ドル)
I-B.2(最大Ta Trach+最大Huu Trach)	16.5	1.56	47.5

2.9.3 財務評価

I-B.2案(最大Ta Trach+最大Huu Trach案)について、想定される事業収入及び事業資金に基づいて収支勘定表を作成し財務評価を行った。

この結果下記の事項が明らかになった。

- 本想定の元では、徴収される水利費だけでは灌漑施設の維持管理費を総て賄うことはできないが、その不足額はわずかであり水利費の微調整により賄うことが可能である。

- 水力発電及び上工水供給による収入は、十分に維持管理費を賄うことが可能である。
- 2019年以降は、大規模な施設更新時を除いて政府補助金無しで運営可能である。

条件の緩やかなODAローンの利用が可能であれば、本事業は財務的に実施可能と判断される。

2.9.4 環境評価

マスタープランを構成するコンポーネントのうち、1)Ta Trachダム、2)Huu Trachダム、及び3)上水・工業用水供給、の3つのプロジェクトを環境評価の対象として選定した。

環境評価は、自然・社会に係る様々な環境要素を対象に行った。その結果、マスタープランの実施による環境影響の多くはTa Trachダムプロジェクトによるものであり、適切な配慮が必要な主な環境影響として、用地取得・移転、及び地域社会の変化が挙げられる。以上の環境影響については、保全対策又はモニタリングシステムを用意する必要がある。その他、Ta Trachダム・Huu Trachダムによる河床低下/上昇及びラグーン生態系への影響の程度についても不明であるため、Ta Trachダム完成前後においてモニタリング実施することにより、著しい環境影響の有無を確認することが重要である。

2.9.5 ベトナム側の対応

ベトナム側の必要な対応は、次の事項が指摘である。

- (1) 主報告書で述べられている暫定的治水方策に留意することが重要である。即ち、現在フエ市の直上流左岸側にあるHuong川の分岐は、Huu Trachダムの完成まで現状のまま維持されるべきである。
- (2) 主報告書の8.3節で述べられている、洪水被害軽減や節水のための非施設的方策は、上流ダムの有無に拘らず有効であり、早期に実施されるべきである。

パート 3

フェーズ 2-2 : Kone 川流域総合流域管理計画策定

3.1 Kone 川流域

フェーズ 1 調査では、主要 14 流域にかかる水資源開発・管理計画を立案し、Kone 川流域を優先流域として選定した。同流域に対し、フェーズ 2-2において総合流域管理計画を策定する。

Kone 川流域は、ほぼ全域が中部ベトナム南部の Binh Dinh 省内に位置し、省内では最大の河川である。同川は同省の Truong Son 山系南側斜面に源を発し、Quy Nhon 河口部から東海に注ぐ。同川の流域面積は、Ha Thanh 川流域を含めて $3,640 \text{ km}^2$ 、河川長は 160 km である。調査地域を図 S3.1 に示す。

3.1.1 自然状況

(1) 地形・地質

省全体は、Truong Son 山系南部と東海の間に位置し、地形上西から東に中-低山岳地帯、丘陵地帯、平野部分と続いている。中-低山岳地帯は南北に標高 500m から 1,000m で連なっている。沖積平野はほとんど標高 10 m 以下である。丘陵地帯は両者に挟まれた標高 200 m 以下地帯をさす。

Binh Dinh 省内では、主に変成岩と火成岩が卓越していて、その上を第四紀の沖積層及び洪積層が不整合で覆っている。地質構造的には、同省は、Kon Tum 地塊、つまり先カンブリア時代の結晶岩によるミクロプレートの中央に位置している。また、対象プロジェクト地域では、三つの断層がみられたが、いずれも活断層ではないものと確認された。

(2) 気候

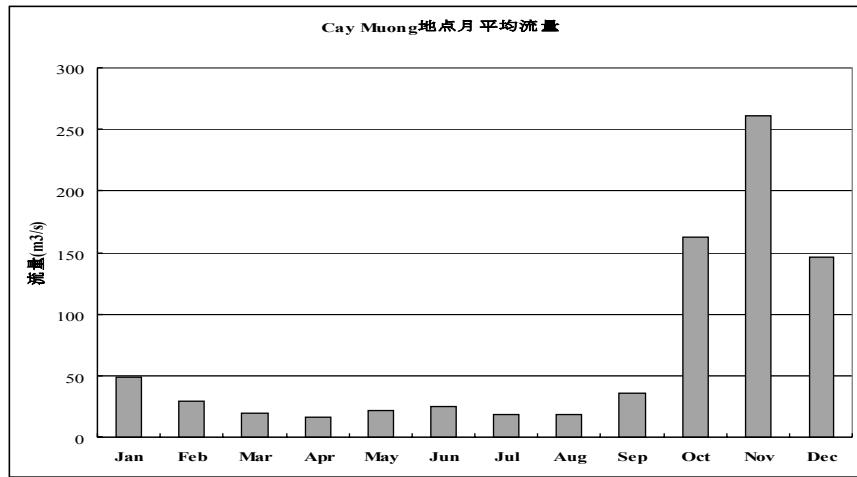
雨量パターンの経年変動はほとんどない。最近の 25 年間 (1977 年 – 2001 年) の流域年間平均雨量は 2,120 mm である。このうちの 63%, すなわち 1,333 mm は 9 月から 11 月の 3 ヶ月間の降雨量である。

(3) 自然流量

長期間にわたる流量観測が行われているのは Cay Muong 観測所だけであり、集水面積は $1,677 \text{ km}^2$ 、または全流域面積の 46% である。

Cay Muong における 1976 – 2001 年間の平均流量は、 $68.2 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、これは流出高 1,283 mm に相当し、Cay Muong より上流地域の年間平均降雨量 2,368 mm の 54% に相当する。

Cay Muong 地点での月平均流量分布は下図のようである。



(4) 洪水

1977 年から 2001 年にいたる 25 年の内、洪水は 21 回発生しているが、そのうち 12 月に発生したのは 3 回に過ぎず、そのほかはすべて 10 月と 11 月に発生している。これらの洪水の主のものを下表に示す。

年	1980	1981	1984	1987	1992	1996	1998	1999
Cay Muong 地点洪水ピーク流量 (m^3/s)	4,280	4,140	3,480	6,340	3,220	3,430	4,350	3,680

Kone 川流域では、Main 洪水, Early 洪水, Minor 洪水、Late 洪水の区別をする。

Main 洪水は主として 10 月から 11 月間に発生し、例外的に 12 月にも発生する。同洪水はしばしば 1 日雨量 200 – 400 mm といった高い降雨強度を伴う。

8-9 月の多少早めの時期に来襲し、一般に 1 日雨量 50 – 100 mm 程度の低めの降雨強度を伴うものを、Early 洪水と呼ぶ。

Minor 洪水は 5、6 月に発生し、降雨状況は Early 洪水に類似している。

Late 洪水は、Main 洪水が終わった後 12 月に発生し、雨量は 200 mm/日程度である。

Cay Muong 地点における最大ピーク流量は、1987 年の $6,340 m^3/s$ であり、100 年の確率流量に相当すると考えられる。各確率年相当ピーク流量を以下にしめす。

Cay Muong 地点確率ピーク流量

(m³/s)

	生起確率					
	50%	20%	10%	5%	2%	1%
Main 洪水ピーク流量	2,530	3,700	4,400	5,020	5,750	6,270
Late 洪水ピーク流量(12月)	250	900	1,530	2,200	3,330	4,380
Minor 洪水ピーク流量(5-6月)	120	250	360	460	610	720
Early 洪水ピーク流量(8-9月)	180	360	500	660	880	1,070

(5) 河川システム

Kone 川は Binh Dinh 省内 Truong Son 山系東斜面を源とし、山間・丘陵部を流下して、河口から 35km 地点の Kone 川デルタ入り口に達する。そこで Dap Da 川と Tan An 川に分派した後、その 2km 下流で Go Cham 川が Tan An 川から分流する。これらの諸河川はデルタを流下し Thi Nai スワンプに流入する。

Binh Dinh 省の省都である Quy Nhon 市は Thi Nai swamp の東海出口端に位置する。Kone 川河川網を図 S3.2 に示す。

Kone 川の上流域の縦断勾配は 1/20 から 1/80 と非常に急勾配であり、下流域では 1/2,480 と、中部沿岸域南部のほかの河川下流部に比べると、それほど緩勾配とはいえない。

3.1.2 社会・経済情勢

(1) 行政

Kone 川および Ha Thanh 川の合計流域面積 3,640km² の内、約 90%は、Binh Dinh 省 (6,026 km²) に属する。流域には、灌漑開発計画地域まで含めると、省都 Qui Nhon 市の他、8 つの郡と 97 村が含まれる。

(2) 人口と労働力

2001 年における Kone 川流域の人口は、1,027,800 人であり、人口密度は 262 人/km² である。1995 年から 2001 年の Binh Dinh 省の人口成長率は、年平均で 1.3%であった。

1999 年センサスによると Binh Dinh 省の労働人口は 742,800 人である。このうち就労人口は 708,200 人(95.4%)で、失業率は 4.6%であった。約 70%の労働者は農林業セクターに従事している。

(3) 経済情勢

1) Binh Dinh 省の地域総生産(GRDP)

Binh Dinh 省の 2001 年における地域総生産は 4.9 兆ドン (326.4 百万米ドル)と算定されている。これは、ベトナム国の国内総生産の 1%を占めるに過ぎない。1995 年から 2001 年の経済成長率は実質で年平均 8.4%を達成している。

一方、同年の一人あたり地域総生産は、327万ドン(217米ドル)であり、これは同国の平均の半分に過ぎない。同成長率は、比較的高く年平均7%を達成している。

2) Kone川流域の地域総生産(GRDP)

Kone川流域に位置する市・郡と Binh Dinh省全体の各セクターにおける生産高を比較して、Kone川流域の地域総生産(GRDP)を算定した。その結果、Kone川流域の地域総生産(GRDP)は、それ以外の地域に比べて高く、地域経済発展のけん引役を担っていることが明らかになった。Kone川流域の社会経済概要を下表に示す。

Kone川流域の社会経済概要(2001年)

項目	単位	Binh Dinh省	Kone川流域	Kone川流域の比率
人口	1,000人	1,505	1,030	68%
面積	km ²	6,026	3,927	65%
地域総生産(GRDP)	10億ドン	4,918	4,072	83%
- 農林水産業	10億ドン	2,007	1,505	75%
- 工業及び建設	10億ドン	1,160	1,114	96%
- サービス業、他	10億ドン	1,750	1,453	83%

3) セクター別経済情勢

農業・林業・水産業

Binh Dinh省にとって農業、牧畜、林業、水産業は、地域総生産の47%を生み、73%の労働力を吸収しており、経済の中心的役割を担っている。主要な作物は米の他、トウモロコシ、キャッサバ、サツマイモ、野菜、ピーナッツ、大豆、ごま、サトウキビ、たばこなどである。肉牛、乳牛、豚等の牧畜や養鶏も行われている。

工業

Binh Dinh省の工業セクターは1995年以降年平均で実質14%という高い成長を達成している。しかしながら、工業生産高の40%以上は、食品、飲料、皮のなめしや加工、木工などの農産品の加工によるものである。つまり、農業セクターが材料を供給することにより工業セクターの成長を支える構図となっている。

交通

Binh Dinh省は、国道1号線と鉄道が南北地域と、国道19号線が中央高地(Central Highlands)との往来を可能にしているなど、交通の要衝に位置している。また、Phu Cat空港は同省とHo Chi Minh市を結び、Quy Nhon港は周辺の省やラオス南部地域やカンボディア北部地域にとって、林業・鉱工業產品の輸送に好立地にある。

サービス

サービスセクターは、過去6年間に年率8.3%という高成長を果たした。2001年

上記人口推計及び経済成長目標から、将来の一人あたり地域総生産を下表の通り算定した。

将来の一人あたり地域総生産(1994年価格)

	一人あたり地域総生産 (1,000 ドン)				年成長率 (%/年)		
	2001	2005	2010	2020	01-05	06-10	11-20
シナリオ 1(低成長)	2,575	3,048	3,783	5,924	4.3	4.4	4.6
シナリオ 2(平均的成長)	2,575	3,333	4,656	9,738	6.7	6.9	7.7
シナリオ 3(高成長)	2,575	3,544	5,274	12,931	8.3	8.3	9.4

3つのシナリオの内、シナリオ3は省の開発基本計画と整合しており、最も好ましいシナリオであることから、本調査ではシナリオ3を将来の水需要予測及び洪水被害予測の算定に適用する。

3.3 気象・水文解析

3.3.1 流出解析

Cay Muong 地点は、Kone 川流域で流量データが充分長期に亘って整備されている唯一の地点である。一方、Kone 川流域の雨量資料は、流域内外の9雨量観測所から得られている。Cay Muong 地点以外の地点における流量は、1977年9月から2001年12月までの雨量資料を用い、雨量－流出モデルによって算定した。Cay Muong より上流での雨量－流出過程のモデルの構築と検証とに充分な資料が得られている。本調査においては、NAM モジュールにより、流量データを算出している。Cay Muong 地点での年単位での流出再現計算は以下のように充分正確な結果が得られている。

Cay Muong 地点年平均流出量 (m³/s)

超過確率 (LN3 分布を仮定)	50%	75%	90%
実測流量 (1978–2001年)	66.4	46.5	31.0
数値計算結果(1978-2001年)	65.4	45.6	29.3

結果は、該当する低水月として図 S3.3 と S3.4 とに示している。これらの図は、過去の調査結果との比較が可能なように、ベトナムでの水收支に通常用いられる確率低水流量を示している。

3.3.2 高水解析

(1) 手法

数時間のオーダーの、流出時間が早い様々なサブ流域での流出計算を行う上で、洪水流出シミュレーションモデルの定数検討と検証のためには、非常に正確な時間流域雨量資料が不可欠である。

従って、治水対策案検討と治水対策施設の設計のために用いる洪水ハイドログラフの算定には、次の手法を用いた。

基本原則： p %確率洪水は、 p %面雨量により引き起こされる。

一山洪水の合成ハイドログラフは、次式により算定する：

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^m * e^{m(1 - \frac{t}{T_p})}$$

ここに、

Q_t ： 時間 t における流出流量 (m^3/s)

Q_p ： 時刻 T_p におけるピーク流量(m^3/s)

t ： 経過時間 (時間)

T_p ： ハイドログラフのピークにいたる時間 (時間)

m ： ハイドログラフの形を決める要素、 $m=3$ の場合、ハイドログラフは USDA SCS 方の無次元ハイドログラフに一致する。(物理的には、 m は Nash 貯水池群における貯水池の数に対応する。)

観測データのない地点での洪水ピーク流量とベースフロー流量の推算は、観測地点(Cay Muong)での洪水ピーク流量とベースフロー流量をもとに、ティーセン法によって算出した当該流域の面雨量を用いて次式により算定した。

$$Q_{\max,p} = A_p F_a^{(1-n)}$$

ここに

$Q_{\max,p}$ ： ベースフローを含んだ p %確率洪水のピーク流量 (m^3/s)

A_p ： 換算係数

F_a : 当該流域面積 (km^2)

(2) 治水検討のためのハイドログラフ

確率洪水ハイドログラフは数種類の洪水タイプと確率ごとに算定した。これらの確率 Major 洪水、Early 洪水、Late 洪水を図 S3.5 から図 S3.8 に示す。

(3) 計画高水ハイドログラフ

計画策定に関しては、確率解析に用いられたデータの時間的な長さを考慮すると、算定された確率ピーク流量を過小に見込んでいる可能性についての検討が必要である。

算定された確率ピーク流量を過小に見込んでいる可能性については、図 S3.9 に示すような回帰式と上限信頼限界線との差を用いることとした。

1976 年から 2001 年までの Cay Muong における年最大ピーク流量に関して、上記検討を適用すると、安全率としては、

1.13 : 10%確率ピーク流量

1.16 : 5%確率ピーク流量

1.21 : 1%ピーク流量

すべてのタイプの洪水に対するこれらの安全率の適用に伴い、計画ピーク流量は次のように変更された。

洪水のタイプ	Cay Muong における計画流量 (m ³ /s)			
	10年	20年	100年	200年
Main 洪水	4,970	5,820	7,590	8,320
Late 洪水	1,730	2,550	5,300	
Early 洪水	570	770	1,300	
Minor 洪水	410	540	870	

本調査における構造物設計にあたっては、それぞれの確率ピーク流量とハイドログラフの算定が必要となる。計画ハイドログラフは、10%、5%、1%、0.5%確率計画ピーク流量に対してそれぞれ作成した。

Major 洪水特性値							
確率		10%		5%		1%	
観測地点	流域面積 (km ²)	流量 (m ³ /s)	ボリューム (百万 m ³)	流量 (m ³ /s)	ボリューム (百万 m ³)	流量 (m ³ /s)	ボリューム (百万 m ³)
Dinh Binh	1,040	3821	405	4,475	463	5,836	594
Cay Muong	1,677	4,970	583	5,820	665	7,590	847
Binh Thanh	2,250	5,842	726	6,841	825	8,922	1,047
Nui Mot	180	1,456	52	1,705	58	2,224	72
La Vi	240	1,706	85	1,998	98	2,605	125
Ha Tanh	590	2,798	175	3,276	197	4,273	248

Late 洪水計画特性値							
確率		10%		5%		1%	
観測地点	流域面積 (km ²)	流量 (m ³ /s)	ボリューム (百万 m ³)	流量 (m ³ /s)	ボリューム (Mm ³)	流量 (m ³ /s)	ボリューム (百万 m ³)
Dinh Binh	1,040	1,330	149	1,961	196	4075	313
Cay Muong	1,677	1,730	240	2,550	315	5,300	505
Binh Thanh	2,250	2,034	323	2,997	423	6,230	677
Nui Mot	180	507	26	747	34	1,553	54
La Vi	240	594	34	875	45	1,819	72
Ha Tanh	590	974	85	1,436	111	2,984	178

3.3.3 流砂解析

浮遊砂の濃度は Cay Muong において測定されている。Cay Muong における流砂の年間合計量は、年間 1km²あたり 200 トンの生産量に相当する。もしこの生産量が全流域の

生産量を代表するすれば、Dinh Binh ダム地点を通過する年間流砂量は 22 万トンのオーダー、あるいは、 $1,400 \text{ kg/m}^3$ の密度として 15 万 m^3 となる。

3.4 水需要予測

3.4.1 農業用水需要

(1) 灌溉用水需要量予測

粗単位灌漑用水量(GIR)

現在と将来の作付け体系に基づき算定されたGIRは、以下のとおりである。

粗単位灌漑用水量(GIR)、平均的降水量の年、10 日毎の GIR に基づく計算

項目	作付け体系					
	現在 (2001)		将来 (2010)		将来 (2020)	
	10 日毎の ピーク lit/秒/ha	年 合計 $\text{m}^3/\text{年}/\text{ha}$	10 日毎の ピーク lit/秒/ha	年 合計 $\text{m}^3/\text{年}/\text{ha}$	10 日毎の ピーク lit/秒/ha	年 合計 $\text{m}^3/\text{年}/\text{ha}$
La Tinh、Kone、Ha Thanh 流域						
年	1995	1991	1978	1991	1992	1992
用水量	1.78	28,600	1.41	23,100	1.30	21,500

上記のGIRは、平均的な降雨量のある年のものであり、用水需要状況を大まかに把握するためには使用するものである。

上述の計算のほかに、計画灌漑面積に対する用水確保が可能かどうかを判定するための水収支計算に供するため、1978年から2001年に亘る24年間の10日毎のGIRを計算した。

粗単位灌漑用水量(GIR)、

解析した長期間の内で 1/4 確率未満の渇水年、10 日毎の GIR に基づく計算

項目	作付け体系					
	現在 (2001)		将来 (2010)		将来 (2020)	
	10 日毎の ピーク lit/秒/ha	年 合計 $\text{m}^3/\text{年}/\text{ha}$	10 日毎の ピーク lit/秒/ha	年 合計 $\text{m}^3/\text{年}/\text{ha}$	10 日毎の ピーク lit/秒/ha	年 合計 $\text{m}^3/\text{年}/\text{ha}$
La Tinh、Kone、Ha Thanh 流域						
年	1987	1986	1983	1986	1991	1997
用水量	1.88	29,500	1.45	23,800	1.32	22,300

上記の10日毎のGIRは、解析した長期間の内で1/4確率未満の渇水年のものであり、各灌漑地区に適用される各種作付け体系に基づき算定した用水量の加重平均である。これは、用水需要量とは別に、参考用としてここに示すものである。それぞれの作付け体系毎に、ある確率渇水年を対象として計算される10日毎のGIRは、灌漑システムの水路や付帯構造物の容量を決定するために必要となる設計流量を得るために計算するものである。

沿岸エビ養殖用水需要量(AWD)

種類	現在 (2001)		将来 (2010)		将来 (2020)	
	面積 (ha)	需要量 ($10^3 \text{ m}^3/\text{年}$)	面積 (ha)	需要量 ($10^3 \text{ m}^3/\text{年}$)	面積 (ha)	需要量 ($10^3 \text{ m}^3/\text{年}$)
沿岸エビ	1,600	7,360	2,500	11,150	2,500	11,150

(4) 農業用水需要量のまとめ

灌漑面積(ha)

流域	現在 (2001 年)	将来 (2010 年)	将来 (2020 年)
La Tinh 川流域	3,000	3,000	6,300
Kone 川流域	20,200	25,100	43,900
Ha Thanh 川流域	1,200	2,400	4,300
合計	24,400	30,500	54,500

農業用水需要量(AWD), 解析した長期間の内で 1/4 確率未満の渴水年($\text{m}^3/\text{秒}$)

項目	作付け体系		
	現在 (2001 年)	将来 (2010 年)	将来 (2020 年)
発生年	1991	1991	1992
灌漑	22.87	23.03	38.53
畜産	0.07	0.10	0.13
水産養殖	0.00	0.36	0.36
合計	22.9	23.5	39.0

3.4.2 家庭用水及び工業用水需要

(1) 家庭用水需要予測

流域内家庭用水の予測需要量は下表のとおりである。

家庭用水需要 (未接続家庭を除く)($\text{m}^3/\text{日}$)

	2001 年	2010 年	2020 年
都市域	31,301	75,985	117,459
地方域	5,078	23,701	40,894
合計	36,379	99,686	158,353
	(1.09 百万 $\text{m}^3/\text{月}$)	(2.99 百万 $\text{m}^3/\text{月}$)	(4.75 百万 $\text{m}^3/\text{月}$)

家庭用水需要(未接続家庭を含む)($\text{m}^3/\text{日}$)

	2001	2010	2020
都市域	34,541	78,318	119,572
地方域	16,928	59,251	81,784
合計	51,469 $\text{m}^3/\text{日}$	137,569 $\text{m}^3/\text{日}$	201,356 $\text{m}^3/\text{日}$
	(1.54 百万 $\text{m}^3/\text{月}$)	(3.68 百万 $\text{m}^3/\text{月}$)	(6.04 百万 $\text{m}^3/\text{月}$)

各中核都市の都市・家庭用水需要を図 S3.10 に示す。

(2) 工業用水需要予測

地方工業用水需要

HEC-1 が実施したフィージビリティー調査の中で行われている解析をレビューした結果、現在(2001年)の需要量 18.0 百万 m^3 /年 (または 49,300 m^3 /日)と、2010 年予測量 30.12 百万 m^3 /年 (または 82,525 m^3 /日)は適切なものと考えられるので、2020 年需要予測はこの 2010 年予測をベースに行った。

流域内工業セクターの社会経済開発目標は、2010 年から 2020 年までの年間 9 % の伸びと定め、工業用水需要増加率もこの目標成長率に従って増加すると想定した。その予測結果を表 S3.3 に示し、以下にその合計を示した。

年	地方工業用水需要
2010	82,525 m^3 /日 (2.48 百万 m^3 /月)
2020	195,367 m^3 /日 (5.86 百万 m^3 /月)

工業地区の工業用水需要

下記の工業地区の開発が省工業局で計画されている。

工業地区	位置	現況	計画面積 (ha)	水需要 (m^3 /日)
Phu Tai	Quy Nhon 市	建設中	250	17,500
Long My	Tuy Phuoc 郡	計画中	300	21,000
Nhon Hoi	Quy Nhon 市	計画中	1,000	70,000
合計				108,500

出典: Feasibility Study Report of Dinh Binh Reservoir Project.

DARD によれば、工業地区の水需要に加え、製紙工場が An Nhon 地区の Nhon Hoa において 2005 年までに操業を開始する。水需要は第一期で 50,000 m^3 /日、長期計画として、第 2 期には 100,000 m^3 /日が予想される。

2020 年における工業用水需要と、地方家庭用水需要を示す模式図が図 S3.11 である。

3.4.3 水力発電の水需要

Dinh Binh 多目的ダムプロジェクトの目的は、治水、灌漑・上工水の水供給、発電及び河川環境の改善等である。しかし優先目的は治水と水供給である。発電は基本的には水供給目的放流と余剰水放流を利用して行われる。

3.4.4 河川維持流量

Kone 川及び Ha Thanh 川流域の河川維持流量について、フェーズ 1 で得られた検討結果をレビューした。レビューは 1) 塩水遡上、2) 水質汚濁、3) 舟運、及び 4) 生態系保全の観

点から、フェーズ 2-2 調査で得られたデータや情報、及びこれらの分析を通じて行った。その結果、Binh Thanh(デルタ地域の扇頂部)で $6.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 、Kone 川流域で $8.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 、Ha Thanh 川流域で $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ をそれぞれ河川維持流量として設定した。

3.5 水収支解析

3.5.1 水収支の検討

(1) 水収支解析の目的

水収支解析は目的とする流域における利用可能な水資源量と、現在及び計画目標年である 2020 年や中間年としての 2010 年という将来の水需要量を比較し、需給の逼迫度を評価するものである。

計画の Dinh Bin ダム・貯水池については、水供給の観点から必要な有効貯水量と、治水のために必要な洪水調節容量を確保するに必要な貯水池開発規模を決めるための検討を、この水収支解析の中で行うものである。

(2) 水収支解析モデル

解析は流域面積が $3,010 \text{ km}^2$ である Kone 川流域と、Ha Thanh 川流域(流域面積 630 km^2)を対象とし、La Tinh 川流域については、その中のいくつかの灌漑地域水需要を Kone 川流域の解析対象とした。Kone 川と Ha Thanh 川流域の解析模式図を 図 S3.12 に示す。

既設貯水池として Vinh Son, Thuan Ninh 及び Nui Mot の各貯水池、及び計画の貯水池として、Dinh Binh と Suoi Chiep の両貯水池を解析対象とした。

3.5.2 水収支解析の基本条件

(1) 基本条件

水収支解析は 10 日間ごとに 24 年間に亘る収支計算を行った。水資源量は、1978 年から 2001 年間の自然流量を用いた。灌漑用水還元率は 10% と考え、上工水については考えない(0%)こととした。

(2) 水需要

(a) 農業用水需要

解析に用いた灌漑需要地の川別合計は以下のとおりである。

河川	灌漑面積 (ha)			備考
	現在	2010 年	2020 年	
Kone	20,373	27,614	47,972	Kone 川から供給される Ha Thanh 川流域需要を含む
La Tinh	-	-	6,297	Hoi Son 貯水池からの供給では不足する部分量のみを Kone 川からの転流でカバーする
Ha Thanh	1,180	2,394	3,928 – 2,246	

灌漑だけでなく、沿岸海老養殖や畜産用需要も農業用水需要として解析に取り込んでいる。

(b) 上工水需要

河川	(単位 : m ³ /日)					
	現在(2001 年)		2010 年		2020 年	
	家庭用水	工業用水	家庭用水	工業用水	家庭用水	工業用水
Kone	16,216	49,300	53,916	167,525	111,568	365,367
Ha Thanh	165	0	770	19,250	1,329	38,500

注) : 上記需要は表流水からのものに限る。

(c) 河川維持流量

河川維持流量は、流域全体で必要と考えられる維持流量が河口において確保できるかどうかの検証を行う。Kone 川と Ha Thanh 川のそれぞれに必要な維持流量は、河口地点で 70 万 m³/日 (8.1 m³/sec 相当) 及び 11 万 m³/day (1.3 m³/sec 相当) である。

3.5.3 水収支解析の評価

水需要に対する水供給の状態を、2020 年で満足されるべき下記条件を適用して、その逼迫度を検証した。

	<u>水需要</u>	<u>水供給が不足する状態が許容される比率または年数</u>
(a) 農業、水産、 河川維持流量	: 検証期間である 24 年間のうち 1/4 以下、 または 6 年未満(最大で 5 年まで)	
(b) 上工水	: 検証期間である 24 年間のうち 1/10 以下、 最大で 2 年まで	

(4) Kone 川流域の水収支結果

代替検討ケース II-1 は支流域のいくつかの灌漑水需要を除いては、あらかじめ定めた確保すべき水収支条件を下表に表せれるように満たしている。

<u>水需要</u>	<u>24 年間のうちの水不足年数</u>
流域全体の上工水	: 2 年
本川の灌漑・漁業	: 5 年
Nui Mot 灌漑地	: 1 年
Hon Lap, Hon Ga 灌漑地	: 1 - 2 年
Thuan Ninh, Dong Sim 灌漑地	: 9 年
Tui Thien 灌漑地	: 12 年
Suoi Chai 灌漑地	: 20 年

水供給能力の見地からは、検討代替ケース II-1 と II-2 および III-1 と III-2 が条件を満たし、ケース I-1 と I-2 は、条件を満たすための十分な貯水能力がない。

3.6 総合流域管理計画の基本方針

(1) 水利用基本戦略

各セクターの経済成長目標に沿った水需要増加を満足する流域総合管理計画の策定が、水利用計画の基本方針である。

流域の目標経済成長は、3.2 節に述べた社会経済フレームワークの中で設定されている。水需要は、農業用水、上工水、発電需要及び河川維持流量などの需要を包含している。経済成長目標に沿ったこれらの水需要増加については 3.4 節に述べた。

2020 年に向けた水需要増を満たすように、基本戦略としての流域の水利用計画を策定する。

上述の目標を達成するためには、利水施設の改善とともに、その運用・維持管理水準の改善が必要である。そのために必要な事業については、1.7.2 節、2.6.8 節に記述した。類似の考え方を適用するものとする。なお、その内容は、Kone 川流域における対応措置として、主報告書(フェーズ 2-2)の 7.1.1 節に記述した。

(2) 治水基本戦略

対象地域

Kone 川流域における治水対象地域は Kone 川デルタである。

治水クライテリア

Kone 川デルタの治水クライテリアは、対象地域を Late 洪水の 5% 確率洪水と Early 洪

水の 1% 確率洪水とから守ることである。

治水対策施設

治水対策施設は、構造物対策と、非構造物対策とから構成する。構造物対策は上流での貯水池建設、中流域での遊水池建設、下流域での河川改修とから構成する。

非構造物対策は、上流域での植林、洪水予・警報システム、洪水避難対策システム、水防対策システム、土地利用規制、河川域内での活動規制、社会教育、高床式住居の建設、沼沢地ならびに低平地の埋め立て規制、等の確立からなる。

洪水流量配分

Kone 川デルタでの現況から、計画洪水流量は、Dap Da 川、Nam Yang 川、Go Cham 川、Tan An 川、Cay My 川とに配分する。

3.7 農業開発計画

3.7.1 国家および Binh Dinh 省における農業開発政策

(1) 南中部沿岸地域における農業開発の方向性

政府の農業開発に関する政策・戦略によると、南中部沿岸地域では、食料生産の強化、工芸作物のうち単年作物の作付け拡大と生産安定、多年生の工芸作物と果物の植付け面積拡大、畜産生産の促進、輸出向けのエビ養殖の拡大、の方向性を打ちだしている。

(2) Binh Dinh 省の農業農村開発計画

- 1) 土地資源や生態的な資源の観点から持続可能な開発を目指す。
- 2) 多様化によって作物を増産し、地域の食料需要に応えるとともに加工産業を支援する。
- 3) 農村地域の生活水準を向上する。

3.7.2 農業開発計画

(1) 計画対象地域

灌漑開発計画の対象地域は 54,500 ha で、DARD の既存開発計画地域の範囲内から水収支の検討により決定された。対象地域は既存灌漑地区 24,400 ha と天水栽培地区や未利用地を含む 30,100 ha に分けられる。

(2) 計画対象地域の現況作付面積

計画対象地区の面積をそれぞれの土地の位置によって以下の通り推定した。

計画対象地区の洪水条件から見た位置

計画対象地区	作付体系	位置	高位部	中位部	低位部	合計
		A	B	C	-	
Van Phone 地区		16,800 ha	300 ha	0 ha	17,100 ha	
その他の Dinh Binh ダム支配地区		3,800 ha	13,200 ha	3,300 ha	20,300 ha	
他の水源による支配地区		17,100 ha	0 ha	0 ha	17,100 ha	
合計		37,700 ha	13,500 ha	3,300 ha	54,500 ha	

現況作付面積は以下の通りである。

計画対象地区の現況作付面積

土地の位置	高位部	中位部	低位部	合計
				A C -
作付体系	A	B	C	-
総面積	37,700 ha	13,500 ha	3,300 ha	54,500 ha
灌漑面積	11,800 ha	10,000 ha	2,600 ha	24,400 ha
水稻	39,400 ha	20,000 ha	5,600 ha	65,000 ha
トウモロコシ	7,800 ha	2,700 ha	200 ha	10,900 ha
落花生/大豆	6,100 ha	1,700 ha	200 ha	7,300 ha
タバコ	400 ha	0 ha	0 ha	400 ha
サトウキビ	5,700 ha	0 ha	0 ha	5,700 ha
キャッサバ	4,900 ha	1,400 ha	0 ha	6,300 ha
総作付面積	64,300 ha	25,100 ha	6,300 ha	95,700 ha
作付密度	172%	182%	191%	176%

出典： 統計資料とこれまでの調査結果に基づく JICA 調査団による推定。

(3) 農業開発基本構想

農業開発計画では、将来の農地は事業実施によって以下の条件を備わるものと仮定した。

- (i) 十分な灌漑用水が供給される。
- (ii) 耕作地は雨期前の小規模な洪水や雨期後に遅れて発生する洪水から守られる。
- (iii) 農地内の過剰水が可能なように排水条件を改善する。

(4) 計画による将来の作付面積

上記の条件により将来の作付体系と作付面積を以下の通り設定した。

計画対象地区内の将来作付面積

土地の位置	高位部	中位部	低位部	合計
作付体系	A	B	C	-
将来の灌漑面積	37,700 ha	13,500 ha	3,300 ha	54,500 ha
水稻	63,900 ha	20,800 ha	5,300 ha	90,000 ha
トウモロコシ	12,000 ha	5,500 ha	700 ha	18,200 ha
落花生/大豆	5,200 ha	4,100 ha	600 ha	9,900 ha
タバコ	700 ha	0 ha	0 ha	700 ha
サトウキビ	5,600 ha	0 ha	0 ha	5,600 ha
パイナップル	300 ha	0 ha	0 ha	300 ha
総作付面積	87,700 ha	30,400 ha	6,600 ha	124,700 ha
作付密度	234%	220%	200%	229%

将来の作付面積は現況の 95,700 ha から 124,700 ha に増加する。

計画対象地域における生産量の増加

	現況			計画			増加 (ton)
	面積 (ha)	収量 (ton/ha)	生産量 (ton)	面積 (ha)	収量 (ton/ha)	生産量 (ton)	
水稻	65,000	2.2-4.3	246,700	90,000	4.7	426,600	179,900
トウモロコシ	10,900	1.4-3.3	17,300	18,200	4.5	81,900	64,700
落花生/大豆	7,400	0.7-1.5	6,800	9,900	1.9	18,800	12,000
タバコ	400	0.9-1.5	400	700	1.7	1,200	800
サトウキビ	5,700	34.1-49.7	194,400	5,600	60.0	336,000	141,600
パイナップル	0	-	0	300	20.0	6,000	6,000
キャッサバ	6,300	6.5	41,000	0	-	0	-41,000
合計	95,700		506,500	124,700		870,500	364,000

3.8 家庭用水及び工業用水供給開発計画

需要地域は各区に広く散らばっていて、その正確な位置は現時点では確定的でない。従って、計画立案は、それぞれが河川に取水口を持った管路送水網が敷設されると考える。

施設の建設単価は、一般に都市用水の供給施設と同じであると想定する。この仮定に基づいて、建設費を次のように概算した。

- 都市用水供給量 72,459 m³/日
- 都市用水供給施設建設費推定額 US\$ 2,518 万
- 都市用水供給施設推定建設費単価 US\$ 381.72 /m³/日
- 地方上工水用水供給施設建設費推定額 US\$ 381.72 /m³/日

地方上工水の合計水供給需要量は、2020年時点で $375,708 \text{ m}^3/\text{日}$ になると推定される。従って都市家庭用水用施設を除く合計建設費は US\$1.077 億になると推定した。都市家庭用水用施設を含む総建設費は US\$1.329 億に上る。

3.9 治水計画

3.9.1 対象計画洪水の主要諸元

Binh Thanh 地点における 5% 確率 Late 洪水のピーク流量は $2,997 \text{ m}^3/\text{s}$ である。1% 確率 Early 洪水のピーク流量は $1,521 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、5% 確率 Late 洪水のピーク流量よりもずっと小さい流量であるので、計画流量としては 5% 確率 Late 洪水のピーク流量とした。対象計画洪水のハイドログラフは図 S3.13 に示すとおりである。

3.9.2 治水代替案

本調査で代替案検討した治水施設は、Dinh Binh ダム、Tyson 町近くの遊水池建設、デルタ地域での主要派川の改修とである。これらの 3 代替案の組み合わせを治水施設計画として本調査で検討を行った。

予備検討の結果、治水施設として、遊水池の建設と派川改修との組み合わせは、効果が小さく、有効案としては成り立たないことが判明した。このため、Dinh Binh ダムの建設と派川改修案との組み合わせを最適治水対策施設として詳細に検討した。これらの施設の位置を図 S.3.14 に示す。

3.9.3 治水代替案の検討

- (1) Dinh Binh 貯水池の治水容量は、治水容量にかかるコストと下流の河川改修コストとを勘案して最も経済的な案として決定した。こうして決定された Dinh Binh 貯水池の治水容量は 293 百万トンと算定された。従って、下流への計画流量配分は $1,691 \text{ m}^3/\text{s}$ となっている。
- (2) こうして算定された下流への計画流量配分はさらに Dap Da, Nam Yang, Go Cham, Tan An, Cay My の各派川に配分される。これら各派川への計画流量配分に関して、2 つの代替案検討を行った。一つは、各派川の現在流下能力に比例して配分するものであり、もうひとつは、流下能力の増分は主要 3 派川へ回し、他の 2 つの小派川については、現況流下能力分のみを回す案である。検討の結果、最小工事量の観点から、後者の代替案(増分は主要 3 派川へ回す)を採用した。

3.9.4 提言した治水計画の諸元

- (1) Binh Thanh における基本高水計画流量は $2,997 \text{ m}^3/\text{s}$ である。
- (2) Binh Thanh における計画洪水ピーク流量は Dinh Binh 貯水池により、 $1,691 \text{ m}^3/\text{s}$ に低減する。

- (3) Dinh Binh の治水容量は 293 百万トンである。.
- (4) 計画流量は Dap Da, Nam Yang, Go Cham, Tan An, Cay My の各派川に配分する。
- (5) 計画高水流量配分は図 S3.15 に示すものである。

3.10 排水計画

3.10.1 都市排水

現在、Quy Nhon 市において、道路改修工事と併せて都市排水工事が進められている。その工事内容は、道路側溝、雨水枡と、幹線の排水流路や河川に接続する地下雨水管渠の建設である。

その他の Binh Dinh、Phu Phong、Ngo May などの町においても、近い将来同様の事業が実施される予定である。

3.10.2 地方排水

地方排水は、住宅地の排水と農地の排水とからなる。

(1) 住宅地

地方の住宅地においても、いくつかの重要な地域においては都市排水と類似の方法が適用される。一方、他のそれほど重要でない地域においては、豪雨の流下を円滑にするための自然排水路の改修が主な工事となる。

(2) 農地

(a) 水田地域

Tan An – Dap Da のような水田地域に対する排水計画は、下記のとおりである。

(i) 幹線河川からの派川

Tan An 川や Dap Da 川のような幹線河川から灌漑用水取水等のために分岐させている小派川は、洪水防御堤の改修や新設工事の時に建設されるべき水門によって閉塞するものとする。

(ii) 圃場の排水流路

ある地点で始まる排水流路の多くは、その下流地域で灌漑用水を取水するため、中流域よりも下流域で小断面となり、いくつかは消滅してしまうものもある。そのような既存の流路はさらに掘削するとともに、部分的に新規流路を掘削して既存の流路に接続させる必要がある。さらに、それら排水路の下流端は、上述した洪水防御堤の改修や新設工事の時に建設されるべき排水門に接続する必要がある。

(iii) 水田圃場の排水計画

水田圃場の排水計画は、幹線河川の高水時間と含む計画排水時間内に、洪水による湛水を排除出来るようなものとする。設計排水時間は、“Drainage Coefficient for Paddy Fields – Design Criteria (14TCN.60-88)”(「設計基準 - 水田における単位排水量 (14TCN.60-88)」)を参考し、10%生起確率の3日連続降雨の排水を対象として、5日間と設定する。

(b) 畑作圃場地域

畑作圃場地域の排水計画は、湛水が生じないようなものとする。従って、圃場に湛水が生じないようにピーク流出量を排水しなければならない。排水路の設計流量は、10%生起確率の日降雨によって生じる集水域からのピーク流出量とする。

3.11 流域開発計画代替案の検討

3.11.1 流域開発計画代替案の検討の前提条件

ベトナム政府は、電力セクター事業として Ba 川流域から Kone 川流域への転流による、An Khe 水力発電事業の実施を図っている。しかし、その調査検討はまだ予備的なものであって、その実現はまだ確定的なものとはいえない。従って、本調査では、現在計画中のこの Ba 川からの転流は計画立案の中で考慮しないこととした。

3.11.2 流域開発計画代替案の検証

代替案の検証によって流域開発計画の最適案を絞り込むこととし、その検証過程骨子を下記する。

(1) ダム規模の比較検討

下流域の洪水被害軽減のための計画を、技術面と経済面の観点から最も効率的なものとするべく、Dinh Binh ダムのダム高、有効貯水量や洪水調節容量等のダム規模代替案を表 S3.4 のように設定した。

(2) Dinh Binh Dam による洪水被害軽減効果の評価

ダム開発規模と洪水調節容量の代替案の設定に続き、想定した洪水調節容量による Dinh Binh ダム洪水調節効果を、同ダムサイトにおける Major 洪水の確率洪水ハイドログラフを使って評価した。

Dinh Binh の洪水調節容量と、ダム地点における Major 洪水の貯水池による調整後確率洪水ピーク流量を算出し、図 S3.16 に示した。

下流地域において予想される洪水被害は、Dinh Binh ダムからの調整後放流と残流域からの流出量しだいで変化する。従って、下流域の洪水軽減によって期待される便益は、

貯水池の洪水調整能力に比例すると考えられ、両者の関係を図 S3.17 に示した。

(3) 築堤による治水効果

計画目標洪水である Late 洪水の 5%確率規模洪水ピーク流量は、Dinh Binh ダム地点において $1,960 \text{ m}^3/\text{s}$ であるが、これは同貯水池によって完全に調整可能である。しかし、残流域からの流出洪水は、築堤策によって対処せざるを得ない。従って、計画する築堤計画規模は、完全に Dinh Binh ダムで調節された後の、計画目標洪水である Late 洪水の、5%確率規模洪水流量に対処しうる能力を備えたものを立案する。

(4) 水収支解析

水収支解析によって、各開発規模代替案が、農漁業用水については許容する水不足年が 4 年に一度以下の割合、上工水については 10 年に一度以下の割合を満足できるか否かの確認を行った。それぞれの代替案が上述のような条件を満足し得ない場合は、目的を達し得ない代替案であるゆえ、これ以上の評価は行わない。

(5) ダムなし計画

現在以上の地下水開発は原則として行わないとする場合、ダム無しの水供給源としては、海水からの淡水化が唯一考えられるものである。海水淡水化による水供給は上工水需要のみを対象と考えた。すなわち、需要量が大量である農業用水を、海水の淡水化によって賄うのは現実的でない。しかしこの場合、農業開発目標達成は不可能となる。

(6) 環境評価

水需要を満足する流域開発計画の代替案検討は、自然・社会環境の両面についての評価したいで変わりうる。自然環境面では、貴重種や保護地域、ラグーンや水質への影響を重点的に評価し、社会環境は移転、鉄道や国道といった重要インフラへの影響に重きを置いて評価した。

(7) 経済的妥当性及び総合評価

環境面からは許容範囲にある代替案について、経済的な観点から評価を行った。経済評価を後総合評価を行って、最適案を選定した。

3.11.3 最適流域計画選定

表 S3.5 は、最適流域計画選定のために行った、26 ケースの代替案検討結果概要を示したものであり、評価上の特記事項を以下に記した。

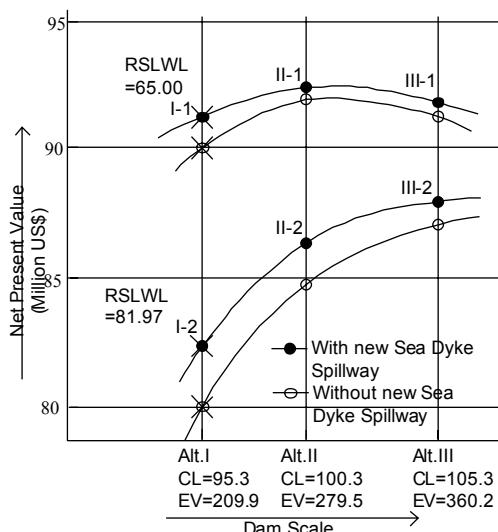
(a) ダムなし計画

ダムなし計画は、農業用水需要を満足しないほか、経済的にも実行可能なものといえない。

(b) Dinh Binh ダムの開発規模

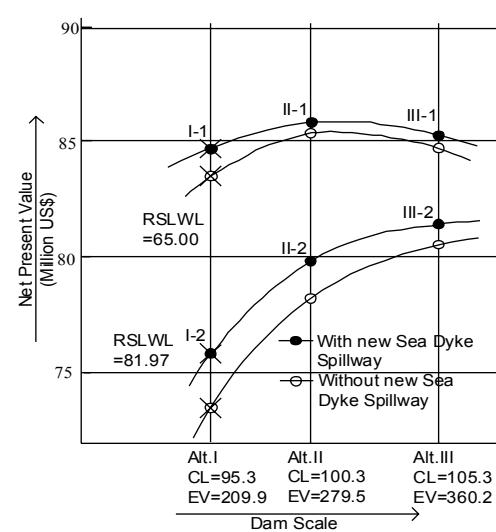
ダム堤頂標高 100.3 m、Major 洪水期間の洪水調節容量 2.93 億トンを持つ代替案 II-1 が、Binh Thanh 地点上下流を含む Dinh Binh ダム下流域の洪水被害軽減効果の観点から、経済的に最も優位なものと評価された。評価の結果、代替ケース II で代表される開発規模と、代替ケース II-1 で代表される同ケースで最大の洪水調節容量のそれぞれを上回る場合も下回る場合も、洪水被害軽減面での経済的妥当性を低下させる結果となる。各代替比較案についての経済的妥当性を下図に示す。

(i) La Tinh 川流域への給水あり



RSLWL: Rainy Season Limited Water Level
CL : Dam Crest Level
EV : Effective Storage (million m³)

(ii) La Tinh 川流域への給水なし



RSLWL: Rainy Season Limited Water Level
CL : Dam Crest Level
EV : Effective Storage (million m³)

(c) La Tinh 川流域への灌漑用水供給の効果

La Tinh 川流域を含む 2020 年を目標とする水供給の必要性は、評価した代替ケース II 及び III によって満足することができる。そして La Tinh 川流域への供給を含めた計画のほうがより高い経済性が見込まれる。

最終的に選定し、最適な流域開発計画として推奨する計画骨子を以下に記す。

推奨流域開発計画

- 代替比較ケース : ケース.II-1
- Dinh Binh ダム堤頂標高 : 標高 100.3 m
- Dinh Binh ダム洪水調節容量 : 292.8 百万トン
- Dinh Binh ダム最大有効貯水量 : 279.5 百万トン
- 下流築堤計画で必要な治水量 : 1,691 m³/s
- 新規海岸越流堤防 : 建設
- La Tinh 川流域 : 同流域への水供給を含む

3.12 総合流域管理計画

総合流域管理計画は水資源開発計画と水資源管理計画から構成される。策定した総合流域管理計画の主コンポーネントや、その役割や計画骨子を表 S3.6 に示す。

3.13 事業実施計画と事業費

3.13.1 計画主要施設の実施計画

主要施設の全体実施計画を以下に示す。

項目	年																			
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
1.1 Dinh Binh 貯水池プロジェクト																				
1.2 資金調達																				
1.3 住民移転																				
1.4 エンジニアリング・サービス																				
2.1 治水計画																				
2.2 資金調達																				
2.3 住民移転																				
2.4 エンジニアリング・サービス																				
3.1 灌溉・排水施設																				
3.2 資金調達																				
3.3 住民移転																				
3.4 エンジニアリング・サービス																				
4.1 上工水供給																				
4.2 資金調達																				
4.3 エンジニアリング・サービス																				

3.13.2 計画施設の建設費

Dinh Binh ダムなど Kone 川流域総合流域計画に含まれる主要施設建設費を、上記建設計画などに基づいて算定した。その内訳は表 S3.7 に示されるが、総計は約 7 億 2 千万米ドルと算定した。

3.14 流域計画の評価

3.14.1 技術的評価

(1) Dinh Binh ダム

ダム高約 55 m のコンクリート重力式ダムとして計画される Dinh Binh ダム建設に当たっては、アクセス、地形、地質、建設材料を含め特段の技術的問題はないと考えられる。

(2) Van Phong 堤

計画された Van Phong 堤に関しても、同様に、特筆すべき技術的な問題点はない。

3.14.2 環境評価

マスタープランを構成するコンポーネントのうち、1)Dinh Binh ダムプロジェクト、2)ダム建設のための原石山開発、3)河川改修、4)灌漑開発、5)農薬・肥料の使用、6)上水・工業用水プラントの設置、及び 7)配水網整備、の 7 つのプロジェクトについて、物理的、生態的、社会的環境の側面から環境評価を行った。環境評価は、上記の各プロジェクトの実施に伴い予想される環境影響の規模について、予備的に検討することにより行った。その結果、フェーズ 2-3 の環境影響評価(EIA)で、より詳細な検討が必要と思われる主な事項は以下のとおりである。

- Dinh Binh ダム及び Van Phong 堤建設工事に伴う水質汚濁(濁水、アルカリ排水)
- 優先事業の実施に伴う Thi Nai 湿地の環境変化
- 優先事業の実施に伴う陸域・水域の自然環境や森林への影響、及び貴重種への影響
- Dinh Binh ダム建設、Van Phong 堤建設、及び河川改修事業に伴う用地取得・移転、並びにこれらに付随する社会的影響
- 原石山開発、及び農薬・肥料の使用増加に伴う環境影響の内容及び程度

上記の検討を含め、次の EIA において適切な環境保全対策またはモニタリング計画を立案する必要がある。

3.14.3 経済・財務評価

(1) 経済評価

プロジェクトの経済便益は下表に示すとおり算定された。

マスタープランの経済的年平均便益		
便益	数量	百万 US\$
農作物の増産(牧畜・エビ養殖を含む)	54,500 ha	23.59
発電	37.8 GWh	1.89
上工水供給(2020 年)	448,000 m ³ /日	37.52
洪水被害軽減	5 郡	13.39
<u>合計</u>		<u>76.38</u>

経済分析の結果は下表の通り算定された。

マスタープランの経済分析結果			
代替案	EIRR (%)	費用/ 便益比	純現在価値 (百万 US\$)
I-1.3B	15.1	1.52	92.4

注: 費用/便益比及び純現在価値の算定に適用された割引率: 10%

経済分析の結果、マスタープランは EIRR が 15.1%、純現在価値が 92.4 百万米ドルと十分な経済効率が確認された。感度分析においても、費用の 20%増加と便益の 20%減少が同時に起こった場合にも EIRR は 10%を上回る事が確認された。以上の分析から、本マスタープランは、経済的に実施可能と評価できる。

(2) 財務分析

マスタープランについて想定される事業収入及び事業資金に基づいて収支勘定表を作成して財務分析を行った。この結果下記の事項が明らかになった。

- 受益農民から集められる水利費により灌漑施設及びダムの維持管理費を賄うことができる。
- 発電及び上工水供給による収入は、施設の維持管理費を負担し、更に利益を生む。
- ローンの返済、利払い、主要機械施設の更新時には政府の補助金による支援が必要となる。
- ダム、灌漑及び洪水制御施設の建設に条件の緩やかな ODA ローンの利用が可能であれば、施設の建設及び維持管理に必要な年費用は、中央及び地方政府にとって大きな財政負担にはならない。

以上から条件の緩やかな ODA ローンの利用が可能であれば、プロジェクトの実施は財務的に実施可能と判断される。

3.15 結論と提言

- (1) Dinh Binh 多目的貯水池を主要要素とする Kone 川流域総合流域管理計画は、同計画単独で La Tinh 川流域への給水を含め、2020 年時の予想水需要を満たすことが出来る。
- (2) たとえ Dinh Binh 貯水池が、ダム地点での目標洪水ピークを全量カットできるような洪水調節容量を持っていても、Kone 川の治水目標は、Dinh Binh 多目的貯水池だけでは、達することが出来ない。従って、流域治水計画は、同貯水池と合わせ下流での治水策を講じる必要がある。
- (3) 水供給需要も満たしている Dinh Binh 貯水池計画と、下流治水計画の最適組み合わせの概要は以下のとおりである。
 - a) Dinh Binh 重力式コンクリートダム
 - ダム堤頂標高 100.3 m ; これは現計画よりも 5 m 高い計画である。
 - 治水容量 2.93 億トン
 - 利水有効貯水量 2.795 億トン
 - b) 洪水ピーク流量 1,691 m³/s を防御しうる下流築堤
- (4) 策定した総合流域管理計画は経済的に効果的であるといえる。
- (5) Dinh Binh ダム、下流築堤計画 及び Van Phong 壁等、その建設に当たっては特別な技術的問題や困難さはない。
- (6) 一定程度の環境影響が考えられため、環境の観点を包含した適切な流域管理計画が必要である。
- (7) 各施設別に下記のような住民移転が予想される。

a) Dinh Binh 多目的貯水池	:	616 所帶
b) 下流築堤計画	:	248 所帶
c) Van Phong 壁及び灌漑水路	:	713 所帶
<u>Total</u>	:	1,577 所帶
- (8) 移転による社会環境上の影響が一定程度考えられるが、この重要で必須とされるプロジェクトを実現するためには避けられないものと考えられる。
- (9) 下記 3 プロジェクトを、フェーズ 2-3 でフィージビリティ調査の対象とすべき優先プロジェクトとして、選定することを提言する。
 - a) Dinh Binh 多目的貯水池プロジェクト

- b) Kone 川下流域治水プロジェクト
- c) Van Phong 堤及び灌漑・排水システム

(10) 下記のような構成の水資源管理計画を提言する。

(A) 水利用管理計画

- 1) 水需要の適正管理
- 2) 水資源の最新情報管理
- 3) 渇水時の適正水配分
- 4) 非施設的方策

(B) 治水管理計画

- 1) 中央・地方災害警報システム
- 2) 防災施策・災害準備
- 3) 洪水浸水想定図
- 4) 河川管理
- 5) 非施設的方策

(C) 河川環境管理計画

- 1) 河川維持流量管理
- 2) 水質管理
- 3) Thi Nai Swamp モニタリング

(D) ダム運用管理計画

- 1) Kone 川流域の既設・計画ダムの統合運用管理
- 2) ダム放流警報・通信システム

(E) 行政・制度管理計画 (Kone 川流域管理組織の提案を含む)