

## 第6章 ケース・スタディー

第6章では、気候変動適応マスタープラン策定や優先事業を特定するために参考とした個別ケース・スタディーについて記載する。ケース・スタディーはメコンデルタにおける優先課題を対象として実施され、特に気候変動によって加速すると想定される塩水侵入や水不足などに対する具体的な検討を行った。

### 6.1 優先課題に沿ったスタディー項目

優先課題に基づいて、ケース・スタディーで実施された検討内容は以下のとおりである。

- 1) 輪中地域における塩水侵入対策（Ben Tre 省北部）
- 2) 稲作地帯における淡水確保（Tra Vinh 省）
- 3) 沿岸地域における水管理（Bac Lieu 省）
- 4) 水流停滞地域における水の入れ替え（Ca Mau 半島部）
- 5) 最適海浜堤防の検討（沿岸部全域）
- 6) 持続的エビ養殖に関する検討

### 6.2 輪中地域における塩水侵入対策（Ben Tre 省北部）

#### 6.2.1 検討背景

過去20年間に生じた海水面の上昇記録から推察すれば、Ben Tre 省北部は海面上昇の最も影響を最も被る地域の一つとして位置づけられる。ベトナム国政府は Ben Tre 省北部のほぼ中央部を流下する Ba Lai 川の末端に防潮堰を建設し、塩水侵入防止に努めているが、さらなる塩水侵入が懸念されており、輪中上流地域からの取水方法が Ben Tre 省内部で検討されている。

#### 6.2.2 検討内容

ここでは、主に3項目についての検討を実施した。

##### 1) 塩水侵入解析

想定されるメコン河流量に対して、塩水の浸入状況と淡水取水の可能性とを解析することで、将来状況を推定した。解析条件は以下のとおりである（詳細は英文報告書 Appendix 参照）。

- ✓ 解析モデルの範囲は、メコンデルタ全域と上流となるカンボディア領内の Kratie までのメコン河周辺の水域を含み、全ての解析でこの範囲の検討を実施した。
- ✓ 解析境界は、最上流端を Kratie とし、下流については9つの沿岸測候所の位置を下流端とし、水位と塩分濃度を初期条件として与えた。
- ✓ 解析モデルに対するキャリブレーションは、1991年および2008年を平年流量、2000年を洪水流量、1998年を渇水流量として代表させ、それぞれ365日に対して1時間毎に実施した。
- ✓ 洪水期の解析モデル検証は、内陸部23か所の水位観測所の1時間毎のデータを用いて実施したが、解析誤差は5%未満である。



図 6.2.1 Ben Tre 省北部の調査対象地域

- ✓ 乾季における解析モデル検証は、内陸部 12 ヶ所の水質観測所の 1 時間毎のデータを用い、欠測値があるため数値評価は難しいが、解析値と実測値における変化域がほぼ同様であることを確認した。
- ✓ 灌漑計画および設計に用いる流量としてベトナム政府が定める 15%確率流量、25%確率流量などを採用すると共に、2050 年までに想定される海水面上昇値も考慮した。
- ✓ My Tho 測候所における 1998 年降雨を、安全側を見込んで雨量として採用した。
- ✓ 水需要量は、2008 年土地利用図に基づき月別に算定した。
- ✓ 海水面上昇は、気候変動シナリオに基づいた現状 (0cm) から 100cm までの値を用いた。

## 2) 塩水濃度調査

塩水侵入の状況を把握するため、メコン河に近い水路内およびメコン河に測定ポイントを設定し、表層、中位層、低位層の 3 つの深さに置いて測定を実施した。

## 3) 水質調査

Ba Lai 川に設置された Ba Lai 堰の周辺において水質調査を実施し、堰建設による河川堰止めの影響が水質に現れているか否かの検討を行った。

### 6.2.3 解析結果

#### 1) 解析ケース

流量条件、海水面上昇条件などを組合わせて合計 26 ケースの検討を実施した (下表参照)。また、解析に際しては、以下の点を考慮した。

- ✓ 計画中の水利施設については、計画どおり建設されるものとした。
- ✓ 輪中内水路の最低水位として、Ba Lai 堰直上流の基幹水路水位が標高 -2m を下廻らないように設定した。この水位は運輸省による水上交通における規制に基づく。
- ✓ 灌漑に適用可能な塩分濃度として、SIWRP の基準より 2g/L を最大として設定した。

表 6.2.1 Ben Tre 省北部輪中に関して実施した塩水侵入解析一覧

No.	Cases <sup>1</sup>	Selection of the Discharge	SLR (cm)	Hydraulic Facilities	Water demand
1	FBD 91-00 SLR00	Average Discharge of 1991-2000	0	Plan is implemented	2008
2	FBD 91-00 SLR17	Average Discharge of 1991-2000	17	Plan is implemented	2008
3	FBD 91-00 SLR30	Average Discharge of 1991-2000	30	Plan is implemented	2008
4	FBD 91-00 SLR50	Average Discharge of 1991-2000	50	Plan is implemented	2008
5	FBD 91-00 SLR100	Average Discharge of 1991-2000	100	Plan is implemented	2008
6	DY 1998 SLR00	Dry Year Discharge (1998)	0	Plan is implemented	2008
7	DY 1998 SLR17	Dry Year Discharge (1998)	17	Plan is implemented	2008
8	DY 1998 SLR30	Dry Year Discharge (1998)	30	Plan is implemented	2008
9	DY 1998 SLR50	Dry Year Discharge (1998)	50	Plan is implemented	2008
10	DY 1998 SLR100	Dry Year Discharge (1998)	100	Plan is implemented	2008
11	DPD 5% SLR17	Projected Drought Discharge (Probability 5%, 2011-2050; B2)	17	Plan is implemented	2008
12	DPD 5% SLR30	Projected Drought Discharge (Probability 5%, 2011-2050; B2)	30	Plan is implemented	2008
13	DPD 5% SLR50	Projected Drought Discharge (Probability 5%, 2011-2050; B2)	50	Plan is implemented	2008
14	DPD 5% SLR100	Projected Drought Discharge (Probability 5%, 2011-2050; B2)	100	Plan is implemented	2008
15	DPD 15% SLR17	Projected Drought Discharge (Probability 15%, 2011-2050; B2)	17	Plan is implemented	2008
16	DPD 15% SLR30	Projected Drought Discharge (Probability 15%, 2011-2050; B2)	30	Plan is implemented	2008
17	DPD 15% SLR50	Projected Drought Discharge (Probability 15%, 2011-2050; B2)	50	Plan is implemented	2008
18	DPD 15% SLR100	Projected Drought Discharge (Probability 15%, 2011-2050; B2)	100	Plan is implemented	2008

<sup>1</sup> FBD ; 洪水期基本流量、FPD ; 洪水期推定流量、DY ; 乾季既往流量、DBD ; 乾季基本流量、DPD ; 乾季推定流量 (上流開発計シナリオ)

19	DPD 25% SLR17	Projected Drought Discharge (Probability 25%, 2011-2050; B2)	17	Plan is implemented	2008
20	DPD 25% SLR30	Projected Drought Discharge (Probability 25%, 2011-2050; B2)	30	Plan is implemented	2008
21	DPD 25% SLR50	Projected Drought Discharge (Probability 25%, 2011-2050; B2)	50	Plan is implemented	2008
22	DPD 25% SLR100	Projected Drought Discharge (Probability 25%, 2011-2050; B2)	100	Plan is implemented	2008
23	DPD 50% SLR17	Projected Drought Discharge (Probability 50%, 2011-2050; B2)	17	Plan is implemented	2008
24	DPD 50% SLR30	Projected Drought Discharge (Probability 50%, 2011-2050; B2)	30	Plan is implemented	2008
25	DPD 50% SLR50	Projected Drought Discharge (Probability 50%, 2011-2050; B2)	50	Plan is implemented	2008
26	DPD 50% SLR100	Projected Drought Discharge (Probability 50%, 2011-2050; B2)	100	Plan is implemented	2008

## 2) 解析結果

### 2.1) 塩水侵入

解析は、主要取水地点における塩分濃度および水位を1時間間隔で求めた。塩分濃度については、基準濃度を超える場合は取水不可とし、また、水位に関しては堰頂標高を下回る場合は塩分濃度が低くても取水不可とした。Ben Tre 省北部に計画された4つの主要な取水点において、塩分濃度が2g/L以上となる日の月別割合、取水可能となる日の月別割合をとりまとめた。ここでは、代表的な2つのケースについて述べる。なお、以下に示すグラフについて、左側に示すのはBen Tre 省北部輪中の西側、右側に示してあるのは同輪中の東側に位置する取水地点であり、上側の図は上流、下側の図は下流に位置している。

#### 平均流量(1991-2000) :

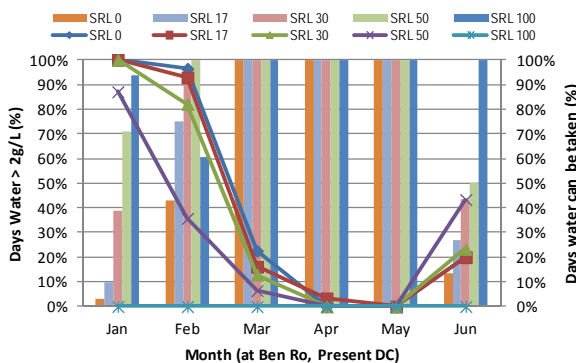


図 6.2.2 Ben Ro 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合（線分表示）及び取水可能となる日の月別割合（棒グラフ）：'91-00、輪中西側  
出典：Sub-IHESV 及び調査団

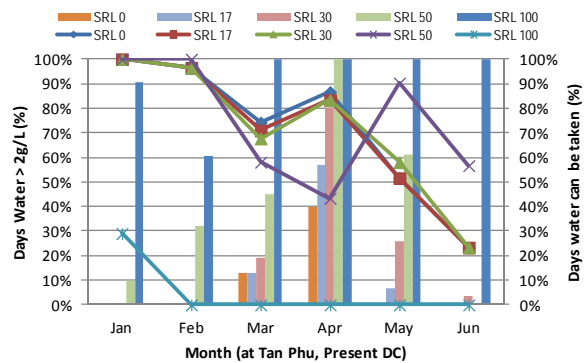


図 6.2.3 Tan Phu 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合（線分表示）及び取水可能となる日の月別割合（棒グラフ）：'91-00、輪中東側  
出典：Sub-IHESV 及び調査団

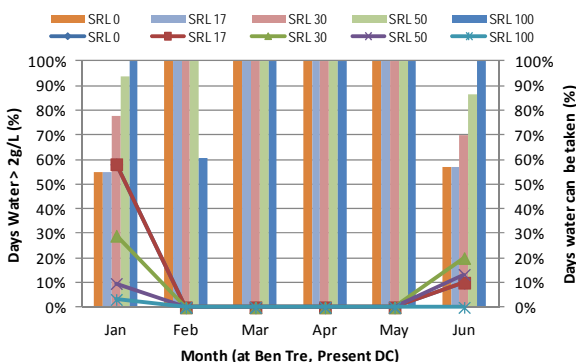


図 6.2.4 Ben Tre 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合（線分表示）及び取水可能となる日の月別割合（棒グラフ）：'91-00、輪中西側  
出典：Sub-IHESV 及び調査団

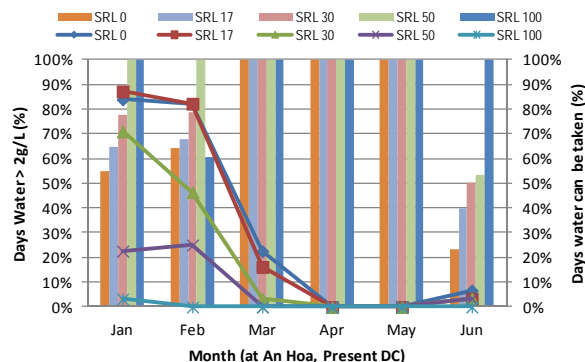


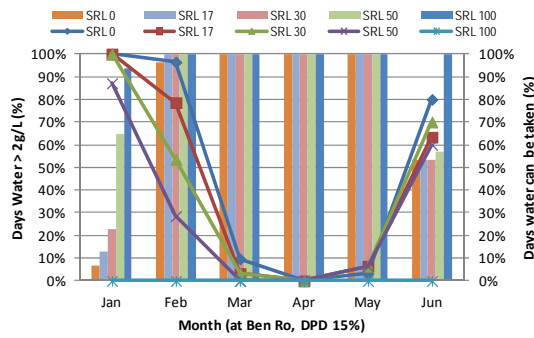
図 6.2.5 An Hoa 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合（線分表示）及び取水可能となる日の月別割合（棒グラフ）：'91-00、輪中東側  
出典：Sub-IHESV 及び調査団

平均年のメコン河流量に対して、図 6.2.3 に見られるように Tan Phu では 100cm の海面上昇 (2100 年の推定海水面上昇値) を除いて全ての月で取水が可能 (線グラフが 0% にならない) となる。他の地点では、早い場合は 2 月から取水が困難 (Ben Tre 地点) となり、遅くとも 4 月 5 月には取水困難な状況 (Ben Ro および An Hoa) が確認される。当然のことであるが、塩水の侵入は Tan Phu

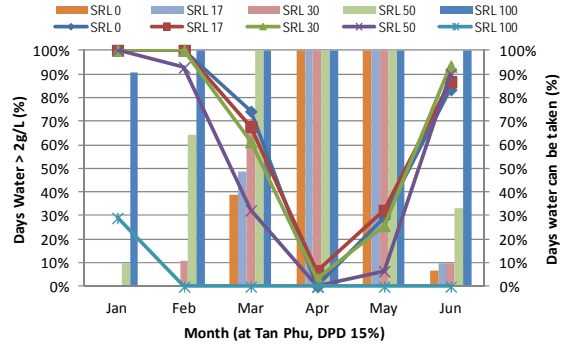
で少ない（棒グラフが 100% とならない）傾向にある。

解析結果より、Tan Phu 地点（最上流）は、年間を通じて取水地点として有望であることが判る。また、Ben Tre 地点では、2 月～5 月にかけて水門を閉鎖する必要がある。さらに、Ben Ro および An Hoa に関しては、乾季において度重なる水門の開閉が必要と考えられる（毎日塩分濃度は 2g/L となる時間があるが、取水が可能な時間もあるため：棒グラフは 100% であるが、折れ線は 0% ではない）。

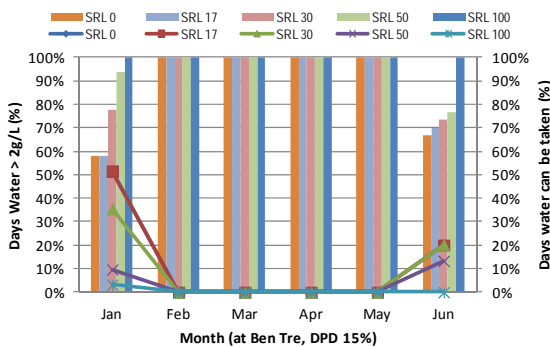
**設計流量（15% 渇水流量）：**



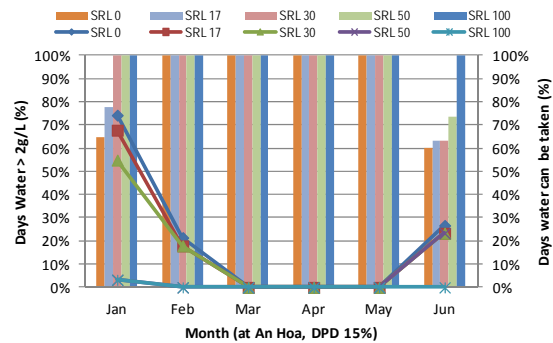
**図 6.2.6 Ben Ro 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合（線分表示）及び取水可能となる日の月別割合（棒グラフ）：15% 確率渇水、輪中西側**  
出典：Sub-IHESV 及び調査団



**図 6.2.7 Tan Phu 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合（線分表示）及び取水可能となる日の月別割合（棒グラフ）：15% 確率渇水、輪中東側**  
出典：Sub-IHESV 及び調査団



**図 6.2.8 Ben Tre 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合（線分表示）及び取水可能となる日の月別割合（棒グラフ）：15% 確率渇水、輪中西側**  
出典：Sub-IHESV 及び調査団



**図 6.2.9 An Hoa 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合（線分表示）及び取水可能となる日の月別割合（棒グラフ）：15% 確率渇水、輪中東側**  
出典：Sub-IHESV 及び調査団

ベトナム国政府は、15% 渇水流量を灌漑計画および同施設設計の際の目標流量として設定している。これは、約 7 年に 1 度生じると想定される渇水流量に相当する。なお、実際の計画・設計では 25% 渇水流量（4 年に 1 回の渇水流量）が用いられている。ここでは将来計画の観点から目標流量である 15% 渇水流量について示した。試算の結果、Ben Ro 地点、Ben Tre 地点、および An Hoa 地点において 2 月～5 月にかけての塩水侵入が激しいことが判る。また、Tan Phu 地点においては、4 月に取水可能な日数が極端に低下している。

**2) 制限水位**

水運上の制約から、Ba Lai 堰上流において -2m が制限水位となる。検討した各ケースにおいて Ba Lai 堰上流地点での水位を示すと以下のとおりとなる。

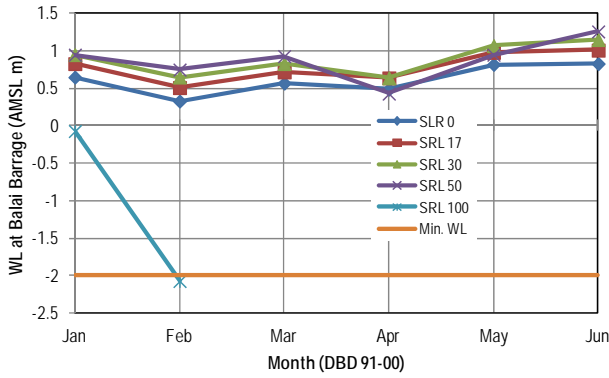


図 6.2.10 Ba Lai 堰上流水位：1991-2000 平均流量  
出典：Sub-IHESV 及び調査団

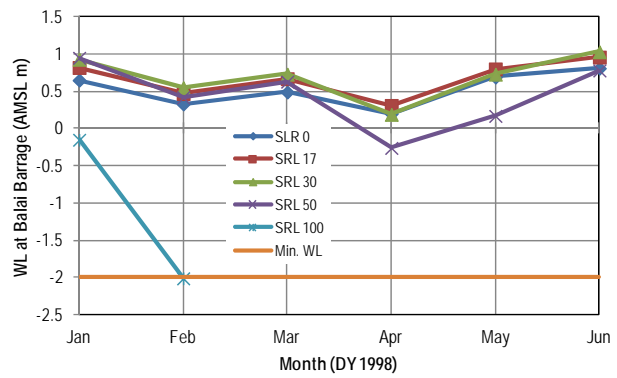


図 6.2.11 Ba Lai 堰上流水位：渇水年 1998 年流量  
出典：Sub-IHESV 及び調査団

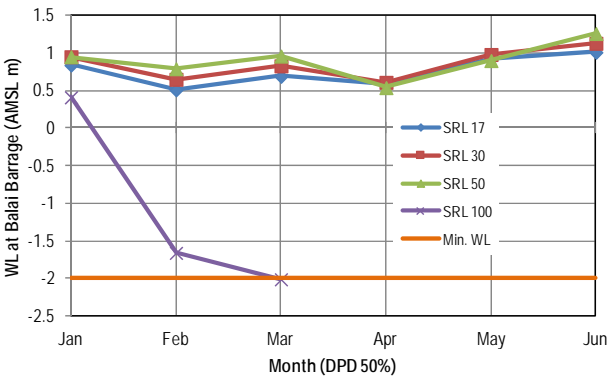


図 6.2.12 Ba Lai 堰上流水位：渇水確率 50%流量  
出典：Sub-IHESV 及び調査団

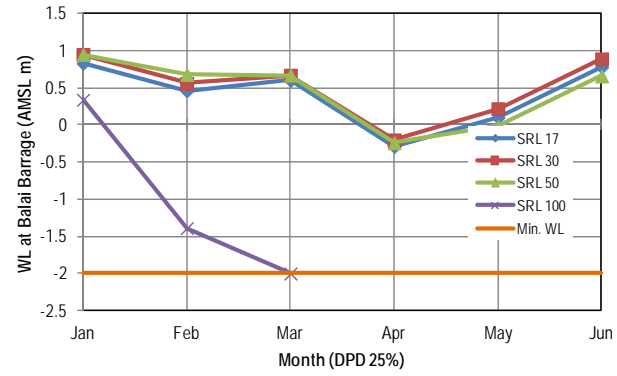


図 6.2.13 Ba Lai 堰上流水位：渇水確率 25%流量  
出典：Sub-IHESV 及び調査団

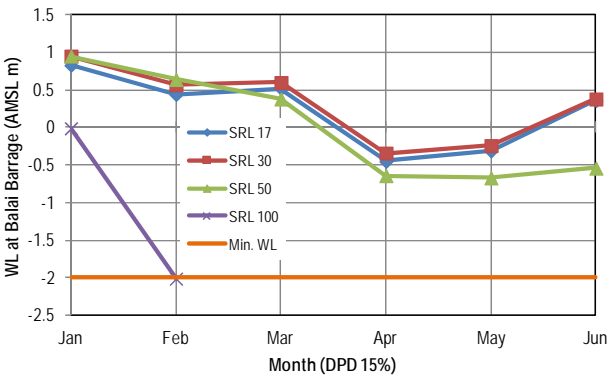


図 6.2.14 Ba Lai 堰上流水位：渇水確率 15%流量  
出典：Sub-IHESV 及び調査団

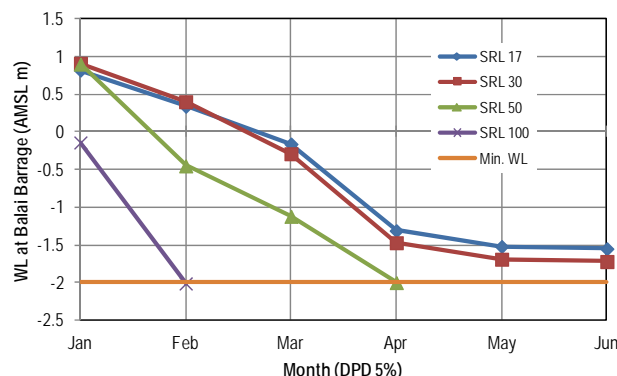


図 6.2.15 Ba Lai 堰上流水位：渇水確率 5%流量  
出典：Sub-IHESV 及び調査団

2100 年想定 の 100cm 海面上昇を除き、-2m の制限水位まで水路内の水位が低下することはない（5% 確率渇水年を除く）と考えられる。ここで、15% 確率渇水年を対象とした海面上昇 30cm（2050 年相当）の場合の 12 か所の取水地点について、実際に取水可能な水量を以下に示す。この乾期の収支として 68 百万  $m^3$  の水不足となるが、2 月から始まる取水不足は 4 月まで続き、その合計は 97 百万  $m^3$  と計算される。

表 6.2.2 Ben Tre 省北部輪中における取水可能量と水需要 (15%確率渇水年 30cm 海面上昇)

No.	Name of Sluice	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	Total
1	Rach Chua	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	1.2
2	Tan Phu	4.5	12.1	8.2	0.6	5.2	6.4	37
3	Bon Thon	3.3	4.1	1.5	0.2	1.1	2.4	12.6
4	Kinh Dieu	1.1	0.9	0.1	0	0	0.6	2.7
5	Vam Nhua	0.2	0.1	0	0	0	0	0.3
6	An Hoa	10.4	5.3	0	0	0	1.9	17.6
7	Ben Ro	1.7	0.5	0	0	0	0.5	2.7
8	Thuc Dao	0.5	0.1	0	0	0	0.1	0.7
9	Bai Dac	0.7	0	0	0	0	0.2	0.9
10	Ong Doc	0.7	0	0	0	0	0.2	0.9
11	Song Ma	0.2	0	0	0	0	0	0.2
12	Ben Tre	6.4	0	0	0	0	1.5	7.9
Supply Capacity (m3/sec)		29.9	23.3	10.1	0.9	6.5	14	84.7
Water Demand (m3/sec)		26.32	32.89	22.93	15.86	5.8	7.26	168.2
Balance (m3)		9,279,360	-24,857,280	-33,255,360	-38,776,320	1,814,400	17,470,080	-68,325,120

3) 考察

取水能力と効果的な事業計画

7年に一度の渇水年においては、30cmの海面上昇に対してメコン河だけからの取水では Ben Tre 省北部輪中の水需要量を賚ることが出来ないことが判明した。しかし、この輪中内には水路が張り巡らされており、その容量は次の図のとおりまとめられる。この貯水容量は SIWRP 作成の水路網図に記載された大小全ての水路を対象として計算されたものであるが、制限水位の-2m から 2m までの間に約 1 億 3,700 万 m<sup>3</sup> の水が貯留可能とされている。

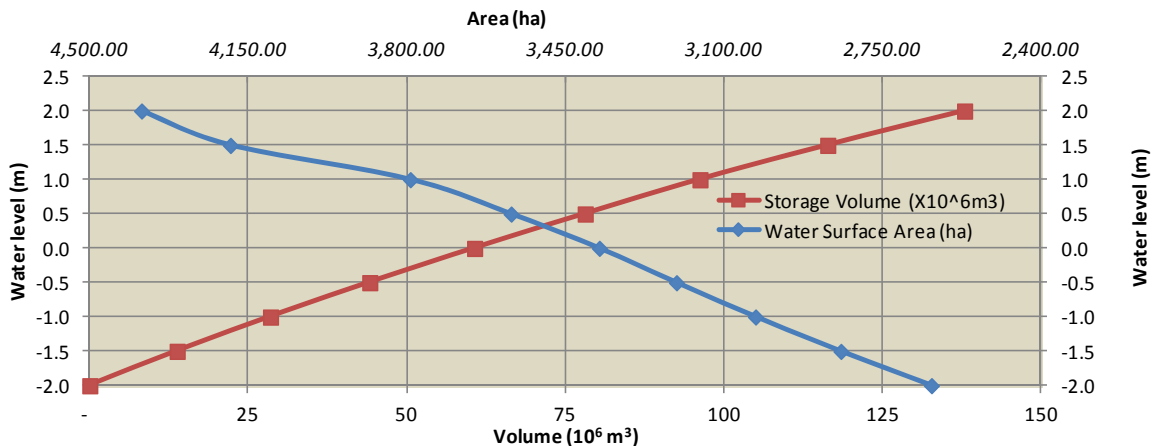


図 6.2.16 Ben Tre 省北部輪中における水路内の貯水位湛水面積曲線  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

厳しい渇水の際には、この水路内貯留水の利用が可能であるが、その水位は出来るだけ高い状態で保っておくことが望ましい。また、スイング式のゲートよりもスライド式のゲートによる取水の方が開閉をスムーズにできるという利点がある。水路の開閉については、ゲート周辺の塩分濃度の測定とゲート内外の水位測定といった計測システムが必要であり、計測結果に従った効果的な取水が、気候変動で加速が予想される輪中内の水不足に貢献すると考えられる。

6.2.4 水質測定

1) 塩水クサビの形成

Ben Tre 省において、3月初旬から4月にかけてのメコン河における塩分濃度を測定した結果を以下に示す。

塩水クサビの形成により、河川の表層から選択的に取水が可能となる。4月10日までは堰建設予定地（メコン河から100m程度水路に入った部分）、4月11日からはメコン河本流で測定を実施した。図に示されるように、水深の浅い部分、中程度の部分、底の部分何れも同程度の塩分濃度であることから塩水クサビの形成は認められず、また、5月中旬においても確認できなかった。このことから、メコン河においては、選択取水は困難であると結論づけられる。

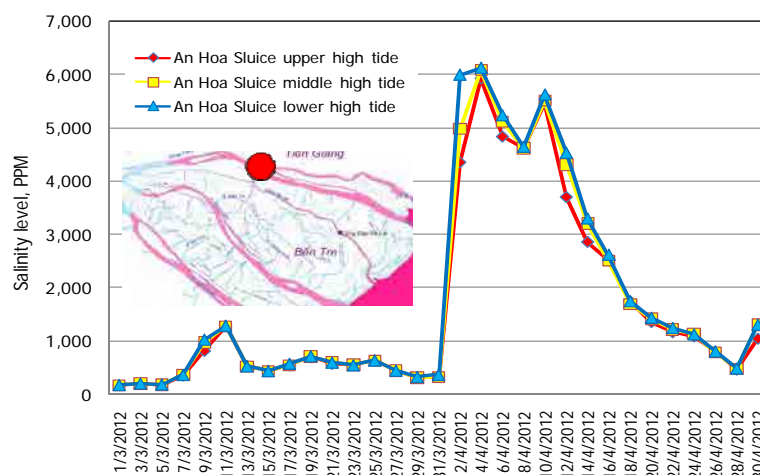


図 6.2.17 Ben Tre 省 An Hoa 地点における深度別塩分濃度分布  
出典: Sub-IHESV 及びひび調査団

## 2) 閉鎖系水域での水質調査

表 6.2.1 には、Ba Lai 堰上流部分において測定した閉鎖系水域の水質を示す。表中右側にはベトナム国における水質基準を示し、黄色で塗った部分は基準値を上回った項目を示している。全体の傾向としては、乾期が進むにつれて水質が悪化しているが、極端に悪化しているとは言い難い。Ba Lai 堰上流部分は、Ben Tre 省における幹線水路の末端部に相当し、閉鎖系水域の水質を観測するには適当な場所といえる。堰は既に運用されて10年が経過しており、今回の調査が運用初年度の水質測定ではない。閉鎖系水域の末端部分において、もし水質が悪化傾向にある場合は、今回示した水質よりもさらに高い値を示すものと想定される。乾期が終わり雨期の初旬（6月初旬）において、水質は改善の方向を示している。

表 6.2.3 Ben Tre 省 Ba Lai 堰上流における水質調査結果

Indicator	Monthly Average				Worst	Vietnamese National Regulation		
	Feb.	March	Apr.			Surface water for aquatic life	Irrigation	Coastal water, aquaculture
Eutrophication	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	0.028	0.020	0.297	0.366	<0.02	<0.04	-
	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0.131	0.171	0.054	0.274	<1.0	<0.5	<0.1
	PO <sub>4</sub> (mg/l)	0.082	0.094	0.048	0.183	-	<0.3	-
Water pollution	DO (mg/l)	4.22	5.91	5.42	3.74	>4	>2	>5
	BOD (mg/l)	0.9	0.7	0.5	1.0	-	<15	-
Turbidity	TSS (mg/l)	51	88	97	128	<100	<50	<50
	SO <sub>4</sub> (mg/l)*	50	400	1,477	1,549	-	<600	-
Acidity	pH	7.65	7.71	7.61	7.85	6.5-8.5	5.5-9.0	6.5-8.5
	Salinity	EC(μS/cm)	1,243	8,358	29,567	31,700	-	-
TDS (mg/l)**		796	5,349	18,923	20,288	<1000	<2000	-

## 6.3 稲作地帯における淡水確保（Tra Vinh 省）

### 6.3.1 検討背景

Tra Vinh 省では 2011 年に塩水侵入の影響が報告されているが、冬春稲作において 8,000ha の農地が通常の 3 割以下となる減収に落ち込み、3,000ha の農地で 3 割から 7 割減となる収穫しか得られなかった（Tra Vinh 省全体の稲作面積は 2010 年の統計で 92,000ha）。Tra Vinh 省における稲作地帯の淡水確保に当たっては、省内だけの取水では不足が予測されるため、上流となる Vinh Long 省からの導水が必要と考えられる。このことから、ここでは上流に位置する省からの導水および導水に伴う住民移転について技術的可能性および問題点を検討し、今後の事業実施に対する一助とする。



図 6.3.1 調査対象地域: Tra Vinh 省における淡水確保

### 6.3.2 検討内容

ここでは主に 2 つの項目についての検討をおこなう。一つは Vinh Long 省に建設されるであろう取水施設を考慮した淡水確保の可能性について、もう一つは現地で検討されているプロジェクト実施の際の移転計画の妥当性についてである。

#### 1) 水理解析

想定されるメコン河流量および海面上昇条件において、塩水浸入状況の確認と必要とされる量の淡水取水の可能性とを解析した。解析条件は以下のとおりである（詳細は英文報告書 Appendix を参照）。

- ✓ 解析モデルの範囲は、メコンデルタ全域と上流となるカンボディア領内の Kratie までのメコン河周辺の水域を含み、全てのケースでこの範囲での解析を実施した。
- ✓ 解析境界は、最上流端を Kratie とし、下流については 9 つの沿岸測候所の位置を下流端とし、水位と塩分濃度を初期条件として与えた。
- ✓ 解析モデルに対するキャリブレーションは、1991 年および 2008 年を平年流量、2000 年を洪水流量、1998 年を渇水流量として代表させ、それぞれ 365 日に対して 1 時間毎に実施した。
- ✓ 洪水期の解析モデル検証は、内陸部 23 か所の水位観測所の 1 時間毎のデータを用いて実施し、解析誤差は 5% 未満である。
- ✓ 乾季における解析モデル検証は、内陸部 12 ヶ所の水質観測所の 1 時間毎のデータを用い、欠測値があるため数値評価は難しいが、解析値と実測値における変化域がほぼ同様であることを確認した。
- ✓ 灌漑計画および設計に用いる流量としてベトナム政府が定める 15% 確率流量、25% 確率流量などを採用すると共に、2050 年までに想定される海面上昇値も考慮した。
- ✓ My Tho 測候所における 1998 年降雨を、安全側を見込んで雨量として採用した。



- ✓ 水需要量は、2008年土地利用図に基づき月別に算定した。
- ✓ 海面上昇は、気候変動シナリオに基づいた現状(0cm)から100cmまでの値を用いた。

## 2) 移転計画

省をまたぐ取水計画において、水路の拡張は事業を有効に運用する上で適した方法の一つである。現在、Tra Vinh 省では移転計画が策定されている。ここでは現時点で実施されている住民移転の概況を示す。

### 6.3.3 解析結果

#### 1) 解析ケース

流量条件、海面上昇条件などを組合わせて合計26ケースの検討を実施した。実施した解析については以下のとおりまとめられる。解析に際しては、Tra Vinh 省で現在計画中の水利施設については、計画どおり建設されるものとした。また、輪中内水路の最低水位として、La Ban 堰直上流の基幹水路水位が標高-1mを下廻らないように設定した。その他、灌漑に適用可能な塩分濃度として、SIWRPの基準より2g/Lを最大として設定した。

表 6.3.1 Tra Vinh 省に関して実施した塩水侵入解析一覧

No.	Cases (Saline Simulation)	Selection of the Discharge	SLR (cm)	Hydraulic Facilities	Water demand
1	FBD 91-00 SLR00	Average Discharge of 1991-2000	00	Plan is implemented	2008
2	FBD 91-00 SLR17	Average Discharge of 1991-2000	17	Plan is implemented	2008
3	FBD 91-00 SLR30	Average Discharge of 1991-2000	30	Plan is implemented	2008
4	FBD 91-00 SLR50	Average Discharge of 1991-2000	50	Plan is implemented	2008
5	FBD 91-00 SLR100	Average Discharge of 1991-2000	100	Plan is implemented	2008
6	DY 1998 SLR00	Dry Year Discharge (1998)	00	Plan is implemented	2008
7	DY 1998 SLR17	Dry Year Discharge (1998)	17	Plan is implemented	2008
8	DY 1998 SLR30	Dry Year Discharge (1998)	30	Plan is implemented	2008
9	DY 1998 SLR50	Dry Year Discharge (1998)	50	Plan is implemented	2008
10	DY 1998 SLR100	Dry Year Discharge (1998)	100	Plan is implemented	2008
11	DPD 5% SLR17	Projected Drought Discharge (Probability 5%, 2011-2050; B2)	17	Plan is implemented	2008
12	DPD 5% SLR30	Projected Drought Discharge (Probability 5%, 2011-2050; B2)	30	Plan is implemented	2008
13	DPD 5% SLR50	Projected Drought Discharge (Probability 5%, 2011-2050; B2)	50	Plan is implemented	2008
14	DPD 5% SLR100	Projected Drought Discharge (Probability 5%, 2011-2050; B2)	100	Plan is implemented	2008
15	DPD 15% SLR17	Projected Drought Discharge (Probability 15%, 2011-2050; B2)	17	Plan is implemented	2008
16	DPD 15% SLR30	Projected Drought Discharge (Probability 15%, 2011-2050; B2)	30	Plan is implemented	2008
17	DPD 15% SLR50	Projected Drought Discharge (Probability 15%, 2011-2050; B2)	50	Plan is implemented	2008
18	DPD 15% SLR100	Projected Drought Discharge (Probability 15%, 2011-2050; B2)	100	Plan is implemented	2008
19	DPD 25% SLR17	Projected Drought Discharge (Probability 25%, 2011-2050; B2)	17	Plan is implemented	2008
20	DPD 25% SLR30	Projected Drought Discharge (Probability 25%, 2011-2050; B2)	30	Plan is implemented	2008
21	DPD 25% SLR50	Projected Drought Discharge (Probability 25%, 2011-2050; B2)	50	Plan is implemented	2008
22	DPD 25% SLR100	Projected Drought Discharge (Probability 25%, 2011-2050; B2)	100	Plan is implemented	2008
23	DPD 50% SLR17	Projected Drought Discharge (Probability 50%, 2011-2050; B2)	17	Plan is implemented	2008
24	DPD 50% SLR30	Projected Drought Discharge (Probability 50%, 2011-2050; B2)	30	Plan is implemented	2008
25	DPD 50% SLR50	Projected Drought Discharge (Probability 50%, 2011-2050; B2)	50	Plan is implemented	2008
26	DPD 50% SLR100	Projected Drought Discharge (Probability 50%, 2011-2050; B2)	100	Plan is implemented	2008

## 2) 解析結果

### 2.1) 塩水侵入

主要取水地点における塩分濃度および水位を1時間間隔で求めた。塩分濃度については、基準濃度を超える場合は取水不可とし、また、水位に関しては堰頂標高を下回る場合は塩分濃度が低くても取水不可とした。Tra Vinh 省から上流の Vinh Long 省にかけて計画された5つの主要な取水点において、塩分濃度が2g/L以上となる日の月割合、取水可能となる日の月別割合を、代表的な2つのケースについて要約する。なお、以下に示すグラフでは、左側にはTra Vinh 省の西側取水点、右側は東側取水点を並べると同時に、上流側を紙面の先に、下流側は後側に配置した。

平均流量 (1991-2000) :

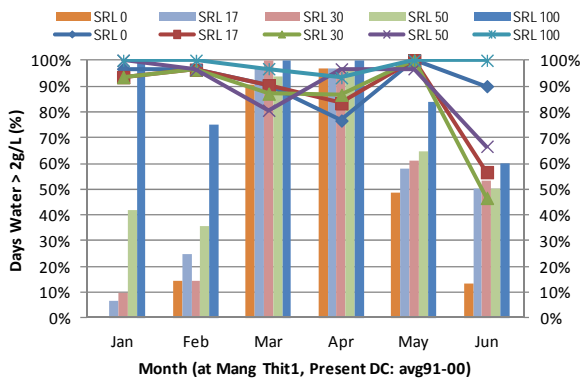


図 6.3.2 Mang Thit1 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合 (線分表示) 及び取水可能となる日の月別割合 (棒グラフ) : 平均流量, 省の西側  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

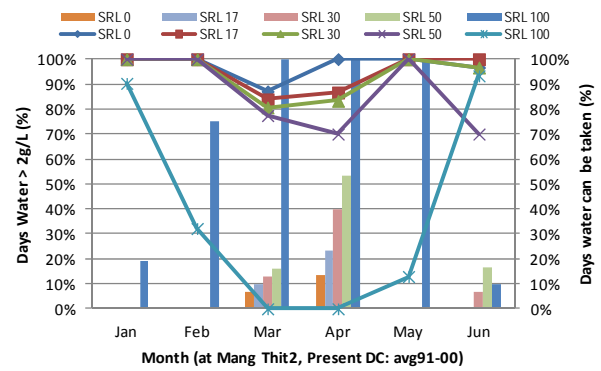


図 6.3.3 Mang Thit2 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合 (線分表示) 及び取水可能となる日の月別割合 (棒グラフ) : 平均流量, 省の東側  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

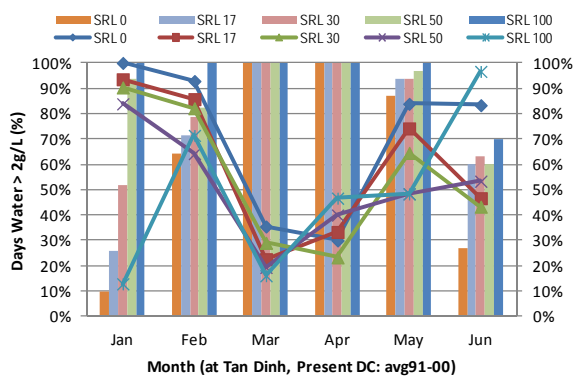


図 6.3.4 Tan Dinh 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合 (線分表示) 及び取水可能となる日の月別割合 (棒グラフ) : 平均流量, 省の西側  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

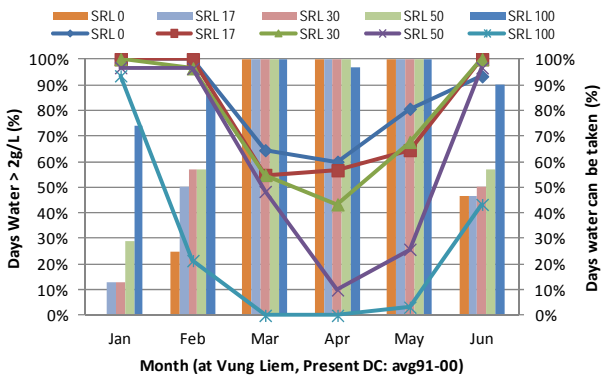


図 6.3.5 Vung Liem 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合 (線分表示) 及び取水可能となる日の月別割合 (棒グラフ) : 平均流量, 省の東側  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

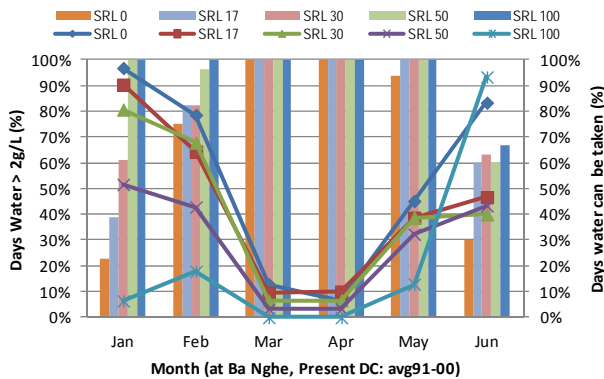


図 6.3.6 Ba Nghe 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合 (線分表示) 及び取水可能となる日の月別割合 (棒グラフ) : 平均流量, 省の東側  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

図中折れ線は月別の取水可能日の割合を示し、棒グラフは取水地点の塩分濃度が一時的でも 2g/L を超えた日の割合を示している。上流側となる Mang Thit1 および Mang Thit2 地点では、2050 年までの取水については、一時的に塩分濃度が上がっても月に半分以上は取水可能と考えられる。Tra Vinh 省の西側と東側では、傾向が異なり、西側では海水面上昇に対する変化があまり顕著ではないのに対し、東側では海水面上昇に伴い特に 4 月の取水可能日数割合が変化している。

上記はメコン河の流量の違いに起因しているものと考えられる。Tra Vinh 省の西側と東側にお

けるメコン河の流量を次表に示すが、表から分かるように、Tra Vinh 省の西側におけるメコン河の流量は東側に比べて倍以上の値となっており、西側の方が侵入してきた海水を押し戻し易いものと考えられる。

表 6.3.2 Tra Vinh 省の東西におけるメコン河流量

River name	River name	Discharge (m <sup>3</sup> /sec)	Percentage	Accumulated Discharge
East side	Co Chien River	404	15.4%	566 (21.6%)
	Cung Hau River	162	6.2%	
West Side	Dinh An River	705	26.9%	1,197 (45.6%)
	Tran De River	492	18.7%	

出典: SIWRP, calculated discharge from data 1996-2008

以上の点を踏まえて、Ba Nghe 地点における塩水侵入は3月から4月にかけて深刻であるが、Tra Vinh 省東側においては、基本的な流量が小さいため塩水侵入の影響がより深刻と考えられる。また Vinh Long 省に位置する Mang Thit1 および Mang Thit2 地点では、2080 年までの間、塩水侵入による影響は小さいと考えられる。

設計流量 (15%濁水流量) :

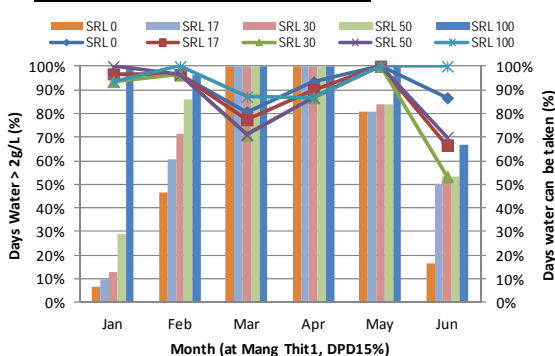


図 6.3.7 Mang Thit1 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合 (線分表示) 及び取水可能となる日の月別割合 (棒グラフ) : 15%濁水流量, 省の西側  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

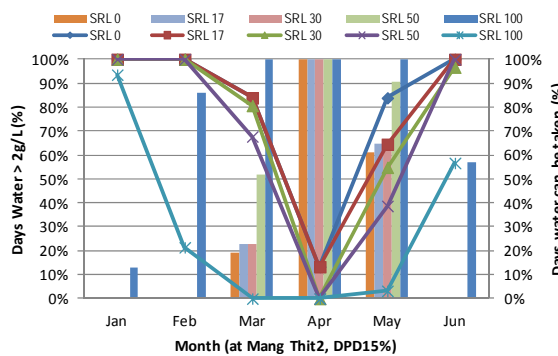


図 6.3.8 Mang Thit2 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合 (線分表示) 及び取水可能となる日の月別割合 (棒グラフ) : 15%濁水流量, 省の東側  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

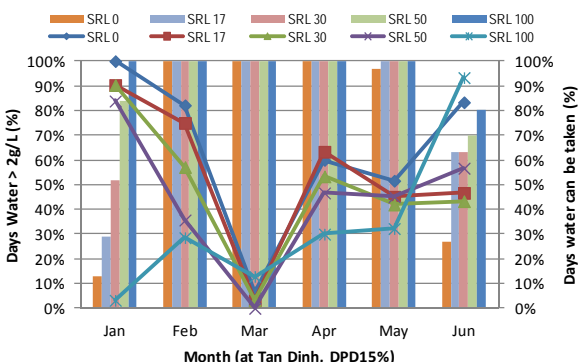


図 6.3.9 Tan Dinh 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合 (線分表示) 及び取水可能となる日の月別割合 (棒グラフ) : 15%濁水流量, 省の西側  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

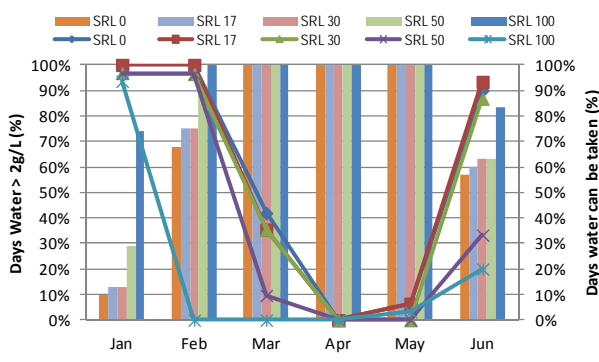
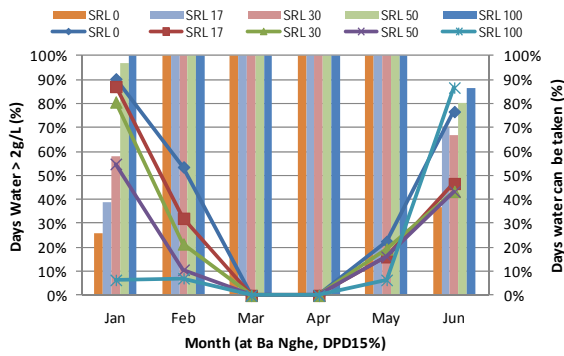


図 6.3.10 Vung Liem 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合 (線分表示) 及び取水可能となる日の月別割合 (棒グラフ) : 15%加水流量, 省の東側  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

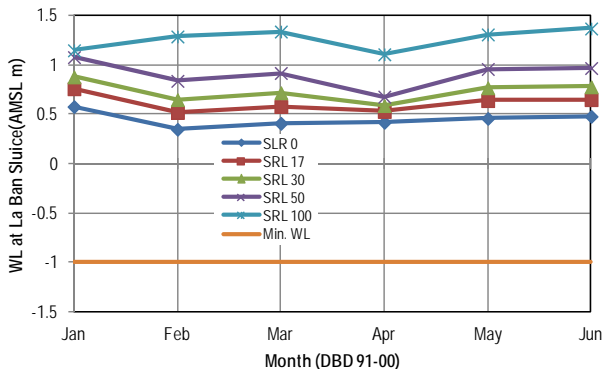


**図 6.3.11 Ba Nghe 地点における塩分濃度 2g/L 以上となる日の月別割合（線分表示）及び取水可能となる日の月別割合（棒グラフ）：15% 濁水流量、省の西側**  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

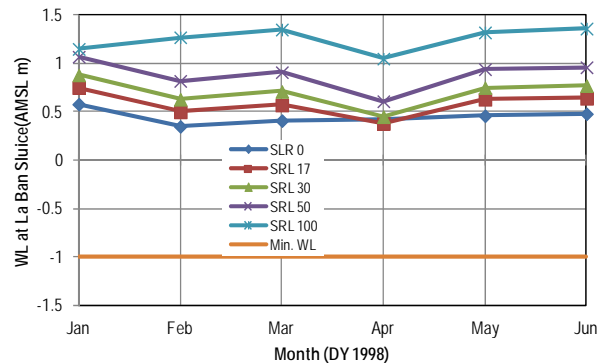
上図より 15% 確率濁水流量に対して、Tra Vinh 省の東側の取水点候補では、4 月に取水が困難であることが分かる。西側においては、Mang Thit1 において乾季の期間中継続的な取水が可能である。また、Vung Liem においては 4 月、5 月、Ba Nghe においては 3 月、4 月での取水が困難であり、Tan Dinh では 3 月、Mang Thit2 では 4 月の取水が困難となっている。対する Mang Thit1 では毎日塩水侵入が生じる 3 月 4 月にあっても取水が可能である。

**2.2) 制限水位**

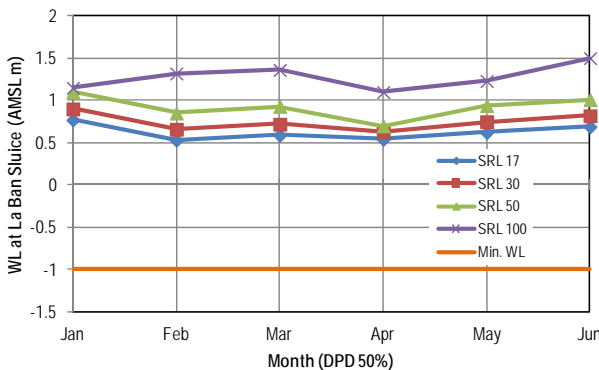
La Ban 堰地点での水位-1m を制限水位とする Tra Vinh 省における条件別水位の変化を以下に示す。全てのケースにおいて制限水位である-1m を上回っている。多くのケースにおいて 4 月が最も低い水位となるが、取水の制限は必要とならない。また、15% 確率濁水流量における 2050 年相当の海面上昇を見込んだ水の需要と供給について表 6.3.2 にまとめるが、Tra Vinh 省内で取水可能な水量では Tra Vinh 省の水需要を満たすことはできず、その水需要量は供給可能量の 3.3 倍に達している。このため、上流である Vinh Long 省からの導水が必要となる。



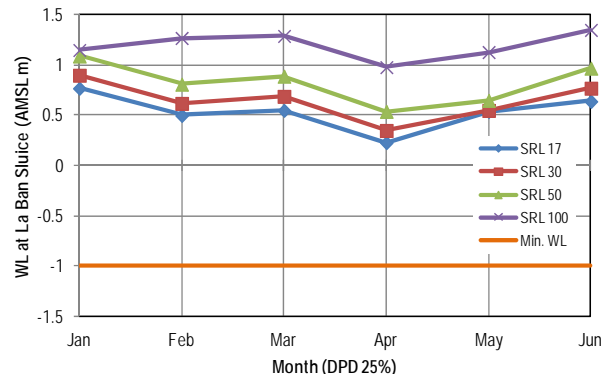
**図 6.3.12 La Ban 堰上流水位：1991-2000 平均流量**  
出典: Sub-IHESV 及び調査団



**図 6.3.13 La Ban 堰上流水位：1998 濁水年流量**  
出典: Sub-IHESV 及び調査団



**図 6.3.14 La Ban 堰上流水位：50% 確率濁水流量**  
出典: Sub-IHESV 及び調査団



**図 6.3.15 La Ban 堰上流水位：25% 確率濁水流量**  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

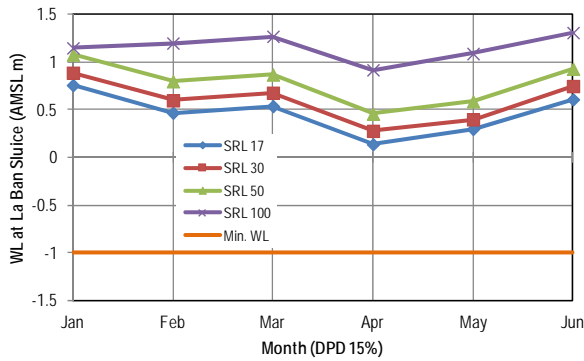


図 6.3.16 La Ban 堰上流水位：15%確率渇水流量  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

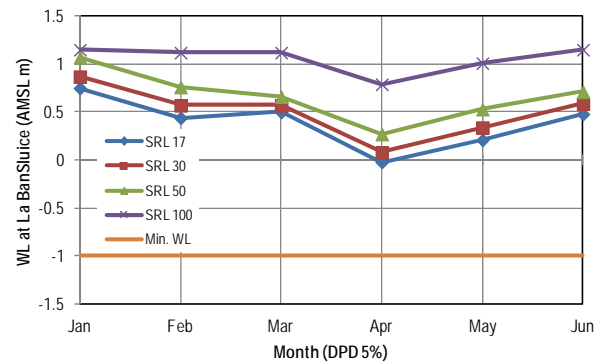


図 6.3.17 La Ban 堰上流水位：5%確率渇水流量  
出典: Sub-IHESV 及び調査団

表 6.3.3 各取水地点における取水可能量と Tra Vinh 省における水需要との関係(P=15%, SRL30cm): m<sup>3</sup>/sec

No.	Name of Sluice	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	Total
1	Mang Thit 1	23.5	20.5	10.8	45.0	37.2	7.9	144.9
2	Mang Thit 2	40.6	38.1	38.4	0.0	24.6	31.8	173.5
3	Bung Truong	1.9	1.5	0.4	2.3	2.2	0.7	9.0
4	Vung Liem	11.2	9.0	2.0	0.0	0.0	6.1	28.3
5	Ngang Am	1.9	2.6	0.8	0.0	0.0	1.8	7.1
<b>Sub-total (supply in Vinh Long)</b>		<b>79.1</b>	<b>71.7</b>	<b>52.4</b>	<b>47.3</b>	<b>64.0</b>	<b>48.3</b>	<b>362.8</b>
6	Tan Dinh	2.2	0.9	0.0	0.8	1.2	0.9	6.0
7	Ba Nghe	3.1	0.4	0.0	0.0	1.2	1.8	6.5
8	Rach Rum	2.8	0.3	0.0	0.0	0.6	1.7	5.4
9	My Van	7.1	0.5	0.0	0.0	0.9	4.1	12.6
10	Cai Hop	10.0	5.9	0.3	0.0	0.0	3.6	19.8
11	Lang The	15.0	4.6	0.0	0.0	0.0	4.0	23.6
<b>Sub-total (supply in Tra Vinh)</b>		<b>40.2</b>	<b>12.6</b>	<b>0.3</b>	<b>0.8</b>	<b>3.9</b>	<b>16.1</b>	<b>73.9</b>
Water Demand (Tra Vinh)		<b>55.8</b>	<b>47.8</b>	<b>30.6</b>	<b>47.8</b>	<b>34.1</b>	<b>24.5</b>	<b>240.6</b>
Balance (Tra Vinh only)		<b>-15.61</b>	<b>-35.16</b>	<b>-30.31</b>	<b>-46.97</b>	<b>-30.21</b>	<b>-8.43</b>	<b>-166.69</b>
Balance (Tra Vinh + Vinh Long)		<b>63.5</b>	<b>36.5</b>	<b>22.1</b>	<b>0.3</b>	<b>33.8</b>	<b>39.9</b>	<b>436.7</b>

### 2.3) 考察（効果的な事業のために）

#### 水源

Tra Vinh 省で取得可能な水量には限りがあり、乾期においては供給量が需要を満たすことができない。上流からの取水が必要とされるのはこのためであるが、Vinh Long 省からの取水においては2つの方法が考えられ、水門を利用して直接取水する方法と Vinh Long 省内にある水路を利用して導水する方法である。計画されている Mang Thit1 および Mang Thit2 の水門は、この2つの方法を用いることが可能となっている。

#### 淡水取水の安定化とゲート操作

Tra Vinh 省西側および東側におけるメコン河支流の流量は大きく異なり、西側は東側の2倍の流量となっている。これらメコン河の東西支流を繋ぐのは Mang Thit 川であり、その両端に計画されているのが Mang Thit1 および Mang Thit2 と呼ばれる水門である。この二つの水門を建設することで、Vinh Long 省の内部を通り水路を通じて流れ込む淡水をメコン河に排水することなく取りこむことができ、また、同時にメコン河からの取水も可能となる。メコン河両支流の水位および水路内水位の違いに対して、これら2つの水門によるゲート操作による安定的な取水をすることも可能と考えられる。また、ゲート操作により塩水の侵入を避けて取水できるため、水位および塩水濃度の測定結果を反映させたこの2地点のゲート操作が必要と考えられる。

### 6.3.4 Tra Vinh 省における住民移転状況

Tra Vinh 省では 2011 年の海水侵入により稲作に大きな打撃を受けており、河口の防潮堰の建設に加え、水路の流量増加のため、Tra Vinh 省から Vinh Long 省に至る Say Don – May Tuc – Nga Hau 水路の拡張が必要とされている。その場合、水路沿いの 254 世帯（計 1,199 名）の移転が必要となる。この 254 世帯のほとんどが農家であり、主に稲作を営んでいる。この 254 全世帯を対象にセンサス調査を、さらに 50 世帯を対象にインタビュー調査を実施した。

254 世帯の平均現金収入は約 6 百万ドン/人/年（29 百万ドン/世帯/年）であり、これは Cuu Long デルタの平均世帯現金収入である 21.3 百万ドン/人/年（Statistical Yearbook、2010）に比べてかなり低い。全世帯が電気を使用しており、主な飲料水源として共同水栓や雨水、あるいは水路の水を利用している。家屋の構造について、レンガ造りが約 150 世帯、草葺の家屋が約 60 世帯である。1 世帯あたりの平均農地面積は 0.5ha であり、農家のほとんどが稲の 3 期作を営んでいる。また、インタビュー調査によると、稲の単収は平均で 4.5 トン/ha～6.5 トン/ha である。住民移転・土地収用などにかかる費用は以下のとおりであり、全体で 343,326 百万ドンと見積られている。

**表 6.3.4 Say Don – May Tuc - Nga Hau 水路拡張に伴い必要となる住民移転費用**

No	Items of Compensation	Cost (million VND)
1	Houses	16,248
2	Other constructions	180,256
3	Residential land	73,944
4	Agricultural land	44,646
5	Plants and vegetables	9,207
6	Resettlement	12,954
7	Cost for supporting resettlement of Compensation Board	6,071
<b>Total cost</b>		<b>343,326</b>

出典：Tra Vinh DARD

## 6.4 臨海地域における水管理（Bac Lieu 省）

### 6.4.1 背景

Bac Lieu 省の土地利用は大きく 3 つに分けられ、図 6.4.1 に示すように稲－エビ輪作（紫）、エビ養殖（橙）、および稲作（薄緑）が隣接している。主に汽水を用いるエビ養殖においても海水の濃度を下げるために淡水の需要が特に乾期にあり、ここではメコン河の支流である Bassac 川からの淡水取水の可能性を検討した。

沿岸部で見られる海水の取り入れは、土地が浸水する引き金にもなり得る。また、Bac Lieu 省における East Sea に面した多くの水路は水門の設置がされておらず、雨期の大潮時に市街地中心部が月に 2 回 20～30cm の浸水を被ることがある。潮位の上昇時に強い降雨があった場合には、50cm もの浸水が年間数回引き起こされており、市街地中心部における浸水対策が必要となる。



図 6.4.1 Bac Lieu 省の水利用区分  
 (薄緑：稲作、紫：稲作－エビ養殖、橙：エビ養殖)  
 (出典: Sub-IHESV および調査団)

### 6.4.2 検討項目

ここでの検討は 2 項目について実施した。一つは Bassac 川から幹線水路を通じて沿岸エビ養殖地帯への淡水導水解析、もう一つは Bac Lieu 省市街地中心部の浸水防止対策の検討である。

#### 1) 淡水導水解析

解析では Bassac 川からの淡水導水に関連して、現況、作付変更による水供給能力の増加および Bassac 川からの導水の 3 種の検討を実施した。解析条件は前出の Ben Tre や Tra Vinh のケース・スタディと同様である。解析は、現状の施設を考慮した上で平均流量による塩水の侵入状況を確認し、淡水の余剰水が確保できるか否か、および作付パターンの変更による淡水の余剰水が確保されるか否かを検討している。

平均流量としては、1991～2000 年の平均流量に近いとされる 2008 年流量を用いている。また、水需要の計画年は DARD の計画年である 2020 年とし、作物別（稲作、稲作－エビ養殖、エビ養殖）の水需要を算定している。さらに、制限塩分濃度として、SIWRP が採用している 2g/L を稲作の許容値として採用した。

#### 2) 浸水防御

Bac Lieu 市街地中心部における浸水は、激しい降雨と潮位上昇によって引き起こされるため、浸水時間は 1 時間余りであるが、塩分濃度が高いため機械や車両の腐食が引き起こされ、深刻な事態となっている。このため、5%確率降雨強度の条件の下、大潮の浸入を防ぐとともに将来予想される海面上昇にも耐えられる施設として、防潮壁、排水施設の検討を実施した。

### 6.4.3 解析結果

#### 1) 現況

期別水需要から、1 月における水需要が最も厳しい（高需要）と判断されたため、1 月での検討

を実施した。作付および地区別水需要は以下のとおりまとめられる。

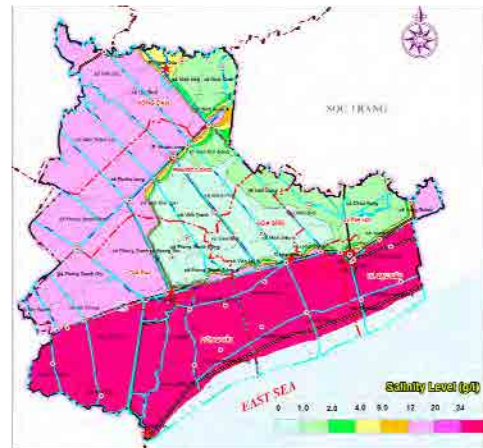
**表 6.4.1 Bac Lieu 省における作付地区別水需要 (1月)**

Sub-Regions	Fresh water (Paddy) sub-region		Paddy-shrimp sub-region		Shrimp Sub-region	
	Sub Unit	Area (ha)	Sub Unit	Area (ha)	Sub Unit	Area (ha)
Details	I	10,000	VI (east)	19,560	I	12,400
	II	25,860	I	11,455	II	14,140
	III	24,886	II	8,630	III	16,000
	IV	10,157	III	5,740	IV	15,300
	V	9,679	IV	14,100	V	20,240
				V	17,070	VI
			VI	2,183	VII	2,700
<b>Total</b>		<b>80,582ha</b>				
<b>Max. Water Demand (January)</b>		<b>38.93m<sup>3</sup>/sec</b>				
			<b>78,738ha</b>		<b>100,080ha</b>	
			<b>10.92 m<sup>3</sup>/sec</b>		<b>16.93 m<sup>3</sup>/sec</b>	

水需要には、畑作を始めとして生活用水、家畜などへの需要も含まれる。エビ養殖地域においては、海水を 18-20g/L 程度に薄めるための淡水需要であるが、稲作-エビ地帯では周囲から汽水を取り入れることが可能であるため、エビ養殖地域に比して淡水需要が低くなっている。解析によれば、現状で水田地帯から流用可能な淡水は 1.53m<sup>3</sup>/sec であると判明した。



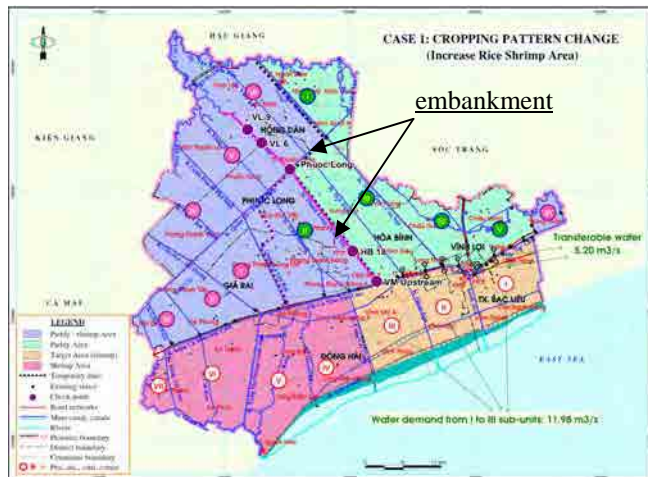
**図 6.4.2 現況土地利用状況と淡水供給検討対象エビ養殖地域 (橙色)**  
(出典: Sub-IHESV および調査団)



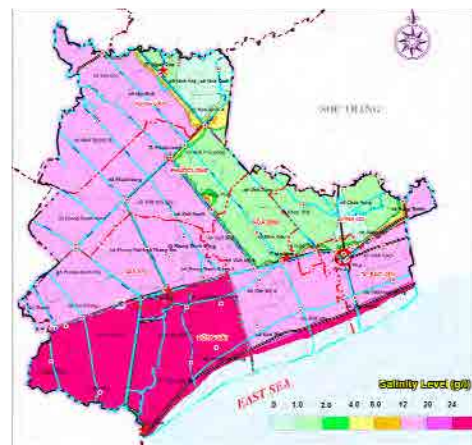
**図 6.4.3 現況塩分濃度分布**  
(出典: Sub-IHESV および調査団)

## 2) 作付変更による水需要の低減効果

作付変更は水需要を低減することのできる一つの方法と考えられているが、ここでは稲作地域の一部を稲作-エビ養殖に変更することによる水需要低減効果を検証した。作付変更の対象となったのは稲作区画 II の 25,860ha であり、変更後の塩分濃度分布と共に示す。



**図 6.4.4 作付変更後の土地利用**  
(出典: Sub-IHESV および調査団)



**図 6.4.5 土地利用変更後の塩分濃度分布**  
(出典: Sub-IHESV および調査団)



作付変更により、稲作区画Ⅱから1月期に $3.67\text{m}^3/\text{sec}$ の水需要低減が可能となるが、単純計算では $8.99\text{m}^3/\text{sec}$ が低減されることになる。しかしながら、幹線水路における塩水侵入を食い止め、また、稲作地域に隣接する稲作-エビ養殖地域で $20\text{g/L}$ の塩分濃度を保つためには多くの淡水が必要となる。以下に参考として計算を示しておく。

稲作地区1月の淡水需要： $38.93\text{m}^3/\text{sec}$

稲作-エビ養殖地区1月淡水需要： $10.92\text{m}^3/\text{sec}$

稲作から稲作-エビ養殖への転換対象地域： $25,860\text{ ha}$  ( $258,600,000\text{m}^2$ )

転換前稲作地域： $80,582\text{ ha}$  ( $805,820,000\text{m}^2$ )

$$(38.93\text{m}^3/\text{sec} - 10.92\text{m}^3/\text{sec}) \times 258,600,000\text{m}^2 \div 805,820,000\text{m}^2 = 8.99\text{m}^3/\text{sec}$$

導水可能な水量は作付変更により当初の $1.53\text{m}^3/\text{sec}$ から $5.20\text{m}^3/\text{sec}$  ( $= 1.53\text{ m}^3/\text{sec} + 3.67\text{ m}^3/\text{sec}$ )に増加した。

### 3) 給水量の増加

給水可能量は水路の拡幅によっても可能であり、メコンデルタでは一般的な対処方法である。今回の解析では、2つの水路拡幅を計画した(図6.4.6右上部分の折れ曲がり赤点線)。



図 6.4.6 拡幅水路及び水供給対象地(橙)  
(出典: Sub-IHESV および調査団)



図 6.4.7 水路拡幅による塩分濃度分布  
(出典: Sub-IHESV および調査団)

### 6.4.4 考察

メコンデルタの水路網は、水稻およびエビ養殖地域の発展に寄与してきた。稲作とエビ養殖では必要とする用水の塩分濃度が異なるが、淡水の需要も作付けおよび季節によって異なり、乾期における水需要は切迫している。作付けの変更は、水需要を減少させる方法の一つとして考えられているが、今回の検討では効果的な結果を得ることはできなかった。理由として、①エビ養殖転換による淡水需要の低減は隣接する稲作地域の塩分濃度に影響すること、②幹線水路での塩水侵入を防止するために大量の淡水を流す必要があること、③塩水侵入防止のために水止め施設や堤防の設置など水利施設による物理的な対策が必要なこと等である。

広範囲で幹線水路に囲まれた地域全体における作付変更は水需要低減の効果が高まるかもしれないが、今回のように中・小規模な地区での作付変更は塩分濃度の調整が複雑となるため、効果の発現が抑えられてしまう。以上のことから、作付変更だけでなく、水利施設も利用した水需要低減策が効果を高めるものと考えられる。

## 6.4.5 浸水防止対策

### 1) 対象地域および対策計画

Bac Lieu 省の市街地中心部は East Sea と非常に近い位置にあり、気候変動の影響も大きいと考えられる。しかし、市街地中心部は大潮による浸水に対して何の対策も施されておらず、激しい降雨と同時に発生した大潮による浸水が度々報告されており、車両を始めとする機材や機械の腐食の危険度は他省の中心部よりかなり高い。今回の検討では、市街地中心部への大潮侵入防止および排水状況の改善の二つの方法を検討した。また、大潮侵入において海面上昇 17cm（2030 年相当）および 30cm（2050 年相当）を検討条件に加え、排水条件には 5% 確率降雨を検討条件とした。



図 6.4.8 Bac Lieu 市街地中心部における海水侵入防止のための一般計画図  
(出典: Sub-IHESV および調査団)

### 2) 施設の設計

ここでは堤防の施設の上端標高について述べる。但しここでいう堤防は、海の波浪から地域全体を守る意味での海浜堤防とは異なり、あくまで Bac Lieu の市街地周辺に配置される堤防である。堤頂標高の計算は以下のとおりとなる。

$$\nabla d_e > = H_{tk} + h_1 + h_d + a$$

ここで、

$\nabla d_e$ : 堤頂標高

$H_{tk}$ : 海面上昇の無い場合での満潮時の水位

$h_1$ : 対象地点で想定される波高さ

$h_d$ : 対象地点で想定される背水高さ

$a$ : 余裕高

メコン河における流量としては、洪水年である 2000 年水位を用いた。波浪高さおよび背水高さ

は、計算上、現状、2030年、および2050年についても同じとなる。シミュレーションによる2030年および2050年のBac Lieu市街近くにおける水位上昇はそれぞれ17cm、28cmとなり、余裕高の40cmの範囲に入ることが確認された。

上記より、現況洪水水位で計算された堤防高さにより、水門および排水ポンプを計画する。計画ではBac Lieu中心街を2つのブロックに分け、旧市街を含む東側部分をフェーズⅠとし、新興地域が多い西側地域をフェーズⅡとして浸水からの被害を低減させることとした。排水ポンプは市街の主要水路の出口を中心に設置し、残りの主要水路の出口部分に水門を配した。

3) 事業費算定

事業では海水侵入防止のための水門、排水のためのポンプ場を中心として、それらに関連するコンクリート壁、排水溝など排水路を計画した。以下にそれらの施設計画図を示す。

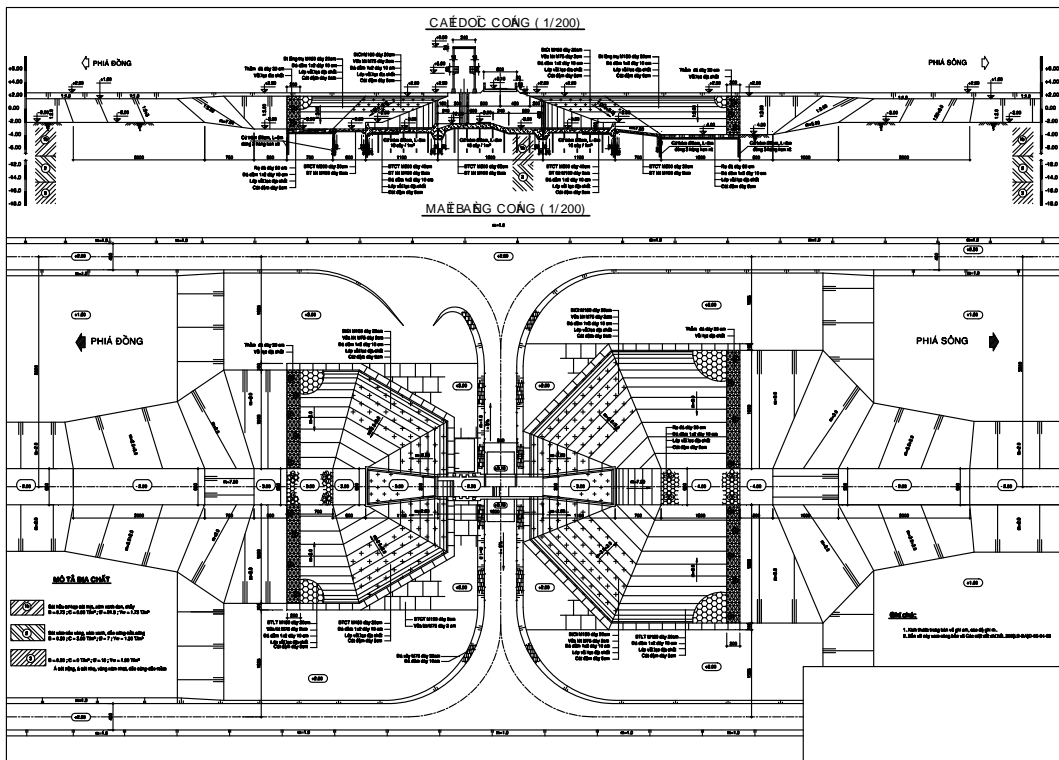


図 6.4.9 Bac Lieu 省市街地中心部に計画された海水侵入防止のための水門計画図  
(出典: Sub-IHESV および調査団)

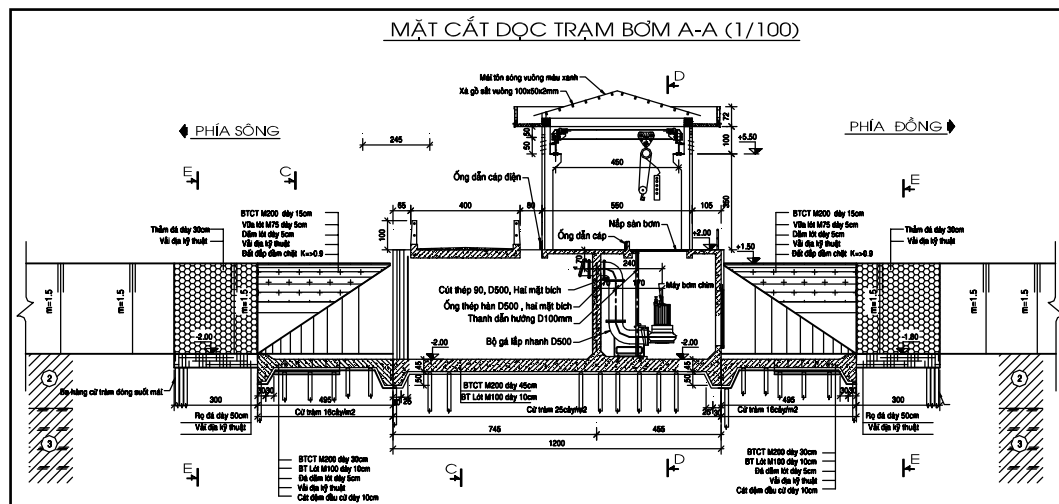


図 6.4.10 Bac Lieu 省市街地中心部に計画された排水促進ポンプ場計画図  
(出典: Sub-IHESV および調査団)

検討を行った Bac Lieu 省市街地中心部における対策工事数量および工事費を以下に示す。

**表 6.4.2 Bac Lieu 省市街地中心部浸水防止対策工事費算定**

No	Item	Unit	Volume	Cost (million VND)		
				Construction	Land clearance	Total
	<b>TOTAL</b>			<b>2,208.821</b>	<b>1,316.715</b>	<b>3,525.536</b>
1	Build boundary bank	m <sup>3</sup>	178.826	15.021	17.244	32.265
2	Dredge channel		546.877	10.938	14.551	25.488
	<i>Main channel</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>334.340</i>	<i>6.687</i>	<i>7.426</i>	<i>14.113</i>
	<i>Branch channel</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>212.536</i>	<i>4.251</i>	<i>7.125</i>	<i>11.376</i>
3	Build open sewer	m	21	42.000	9.450	51.450
4	Build vesicle Ø100	Pcs	10	5.000	3.000	8.000
5	Install one way valve	Pcs	20	3.000	-	3.000
6	Build pump station	Station	6	44.000	13.200	57.200
7	Build embankment to protect bank	m	15.436	1,188.572	1,080.520	2,269.092
8	Heighten foundation	m <sup>3</sup>	2,140.000	642.000	-	642.000
9	Build regulating lake	m <sup>3</sup>	3,960.001	79.200	78.750	157.950
10	Upgrade and expand road	m	8.739	179.090	100.000	279.090

## 6.5 Ca Mau 半島における水停滞地域での水流動化促進

### 6.5.1 背景

Ca Mau 半島はメコン河から遠く離れているため淡水を得ることが難しい地域であるが、それが故にエビ養殖が盛んな地域でもある。Ca Mau 半島のもう一つの特徴は、図 6.5.1 に示されるように、この地域が二つの異なる潮汐に影響される点である。図の中において、東の海と西の海からの潮汐の影響を受ける範囲の境界上の地域は、両者の影響を受けるため水が停滞する地域である。

エビ養殖は高収入をもたらすことができる一方で、病気発生による負債発生の危険もある。実際、病気発生によりエビ養殖において 2 割から全損の報告もなされている（図 6.5.2 参照<sup>1)</sup>）。エビの病気発生を低減させる一つの方法として、水循環を促進して病気発生の原因となっている停滞した水を速やかに地域から動かすことが考えられる。この地域において、潮位変動記録からは海水は East Sea および West Sea からほぼ同時期に侵入しているが、水門を設置することで停滞した水の流動化が促進されることも考えられる、ここでは解析によりその可能性を探ることで、将来 Ca Mau 半島における水の循環に関する方向性を示すための検討を実施した。

### 6.5.2 検討方法

ゲート操作そのものでは水頭を増加させることはできないが、水頭の維持については可能である。最初、現状についてゲートなしの状態での降雨なし、海面上昇なしの条件で確認をおこなった。結果、現状において、East Sea から West Sea にむけて幹線水路で水流が発生していることが確認された。続いてゲート操作、降雨の考慮、海水面などの条件を加えて、以下の検討を実施した。

#### 1) 解析モデル

解析は、ポンプに代表される動力を用いることなく水の循環が可能か否かを検討するものである。Ca Mau 半島においては 2 つの主要な水路があり、Ganh Hao は東の海と繋がった水路であり、Song Doc は西の海に接する水路である。解析の対象と

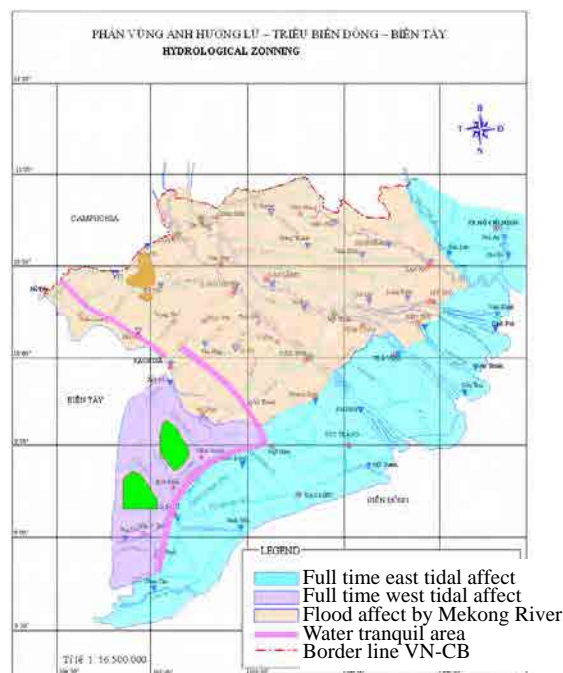


図 6.5.1 潮汐の影響におけるメコンデルタの分類  
(出典: SIWRP)



図 6.5.2 Ca Mau 半島において 2012 年水質悪化が原因と考えられるエビ病気発生地域  
(出典: カマウ省公式ホームページより)

<sup>1</sup> Ca Mau 省 Cai Nuoc における粗放エビ養殖について、Ca Mau 省のホームページでは 20ha でエビの病気が発生したとしており、調査団の現地調査では Tran Thoi 地区で 80-90% の地域がエビの病気の影響を受けたとされている。

なる範囲は Ganh Hao および Song Doc を北の端とした Ca Mau 半島の先端部分が南端となる。

境界条件として、東の海については Ganh Hao 測候所の水位、西の海については Song Doc 測候所の水位を用いた。測定された水路の断面積を水位ごとの数値に変換し、流積を算出した。また、解析モデルのキャリブレーションは、取得可能な通年データから渇水年として 1998 年、平均年として 2001 年を用いて実施し、Ca Mau における水位の実測値と解析値が同様の傾向と振幅を示すことを確認した。解析期間はエビの病気が発生しやすい乾期を対象としている。

表 6.5.1 Ca Mau 半島における水流動化促進解析検討ケース

Step	Description	Control	Rain	Tide	SRL
1	A main canal model	No gate	Nil	1998	Nil
2	A main canal model	No gate	2001	2001	Nil
3	A main canal model	Gates	2001	2001	Nil
4	Main canals + secondary canals model	No gate	2001	2001	Nil
5	Main canals + secondary canals model	Gates	Nil	2001	Nil
6	Main canals + secondary canals model	Gates	2001	2001	Nil
7	Main canals + secondary canals model	Gates	2001	2001	17cml
8	Main canals + secondary canals model with CL-CB barrage	Gates	2001	2001	Nil
9	Main canals + secondary canals model with CL-CB barrage	Gates	2001	2001	17cml
10	Main canals + secondary canals model with CL-CB barrage	Gates	2001	2001	30cm

6.5.3 解析結果

1) 乾期の流れ（単一幹線水路モデル）

East Sea から West Sea に繋がる 1 本の水路路線を選定し、解析を実施した。この水路は East Sea に接する Ganh Hao 水路（57.7 km）および West Sea に接する Song Doc 水路（44.0 km）の 2 本からなる。ゲート操作無しおよびゲート操作の条件で解析を実施した。East Sea の潮位が 1m を超えた場合、East Sea に接するゲートを開き、中央に位置するゲートは閉じるが、潮位が海拔 1m を下回るとこれと逆の操作をおこなう。West Sea においては、そこに接するゲートを海拔 0m 以下になった場合に開き、それ以上になるとゲートを閉じた。

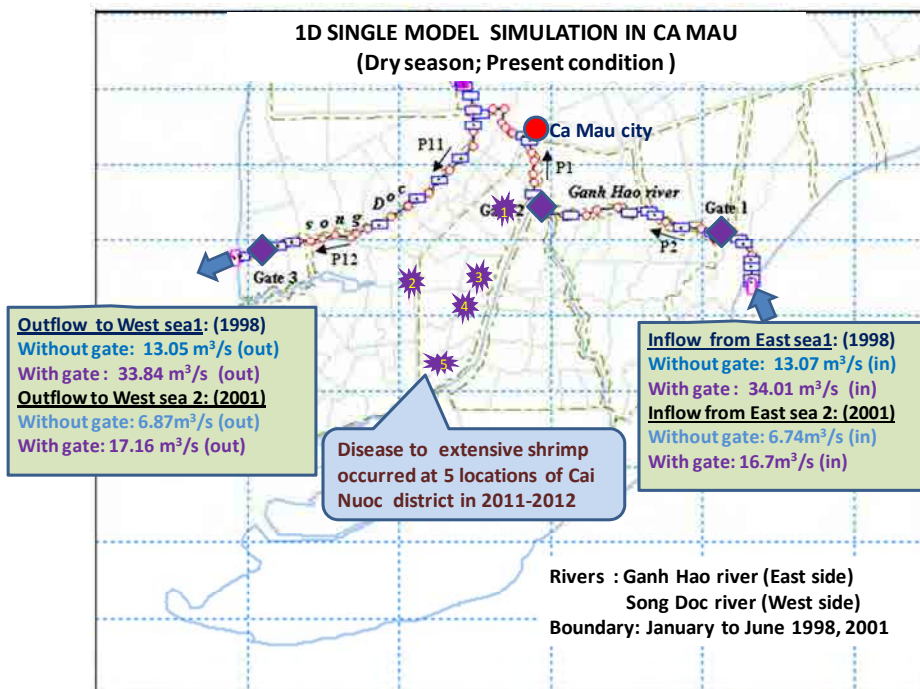


図 6.5.3 単一水路モデルにおける解析：ゲートあり、無し

出典: IHESV および調査団

単一水路モデルの自然条件下において、渇水年 1998 年の乾期（1 月~6 月）における平均で約 13m<sup>3</sup>/sec の水流、平均年 2001 年の平均で約 7m<sup>3</sup>/sec の水流が確認された。これにゲート操作を加えることで、1998 年では 34m<sup>3</sup>/sec、2001 年では 17m<sup>3</sup>/sec と約 2.4 倍に水流が増加することが確認された。

2) 乾期の流れ（複数幹線水路モデル）

単一モデルに対して合計 5 本の幹線水路を加えて、複数幹線水路モデルとして解析を実施した。これらの中で一番南に位置する Cua Lon 水路では East Sea から West Sea に向けて大きな水流が発生しているが、他の水路網への影響が少ないことから、水流の増減評価としては組み入れないこととした。

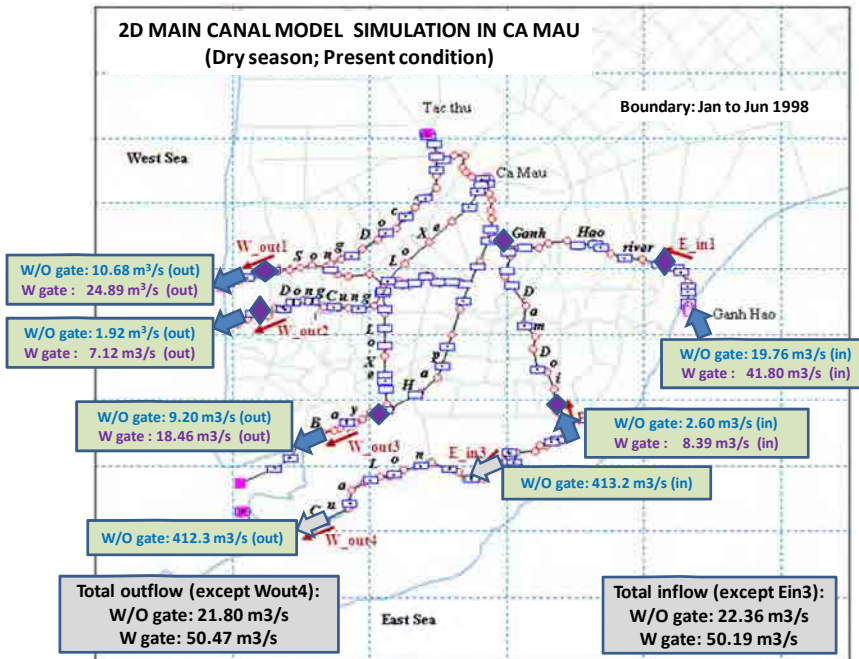


図 6.5.4 複数幹線水路モデル：ゲートあり、無し（渇水年 1998 年）

出典: IHESV および調査団

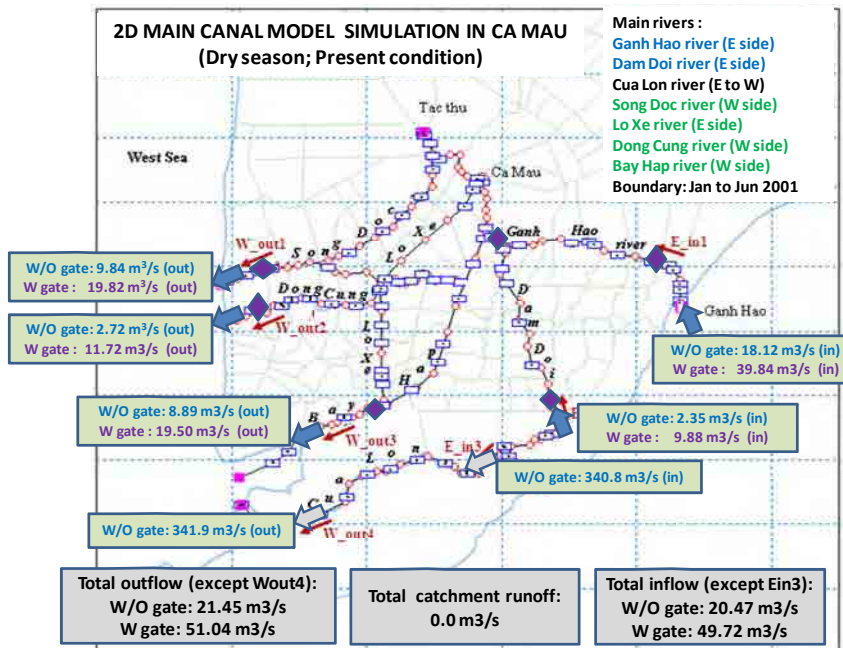


図 6.5.5 複数幹線水路モデル：ゲートあり、無し（平均年 2001 年）

出典: IHESV および調査団

水路の増加により自然条件下で 1998 年では 13m<sup>3</sup>/sec から 22m<sup>3</sup>/sec に増加し、2001 年では 20m<sup>3</sup>/sec に増加した。これがゲート操作により 1998 年および 2001 年でそれぞれ約 50m<sup>3</sup>/sec まで約 2.3~2.5 倍増加した。特に自然流量では少なかった 2001 年モデルにおいて、ゲート操作を加えることにより 1998 年とほぼ同じ流量まで増えていることは、ゲート操作の効果を確認する上で重要である。

3) 乾期の流れ（複数幹線水路+複数支線水路モデル）

Ca Mau 半島における水路網は非常に込み入っており、支線水路についても考慮する必要がある。ここでは 10 の支線水路を加えることで、2001 年の潮位を用いて解析をおこなった。

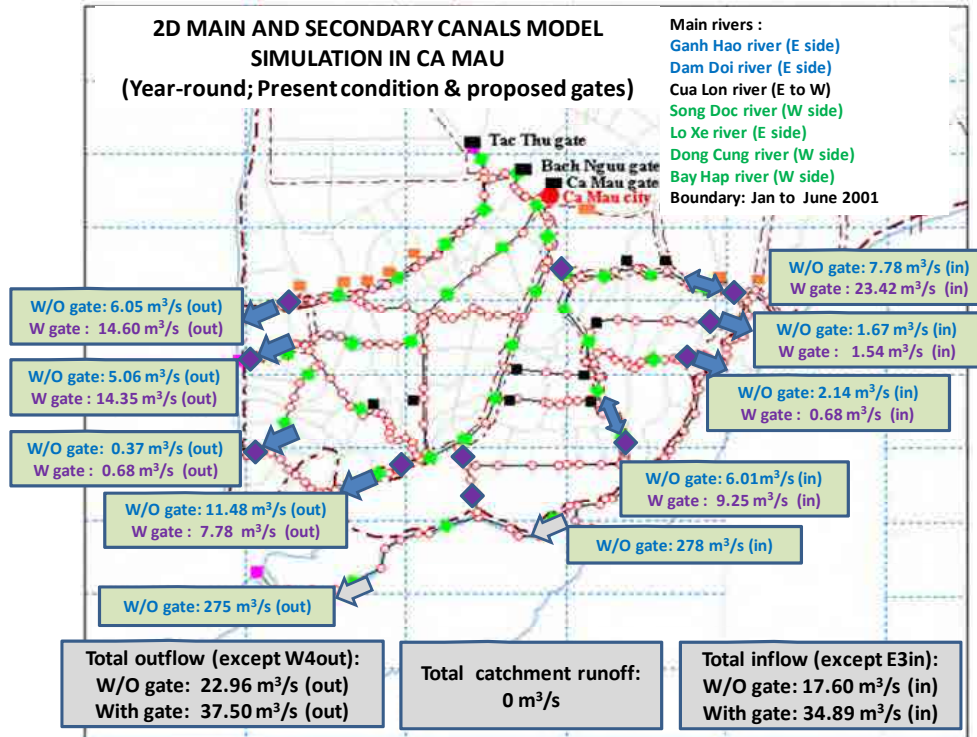


図 6.5.6 複数幹線+視線水路モデル：ゲートあり、無し（平均年 2001 年）

出典: IHESV および調査団

水路の増加により、自然条件の場合で流量が約 27m<sup>3</sup>/sec から約 20m<sup>3</sup>/sec に減少した。ゲート操作モデルにおいては、50m<sup>3</sup>/sec から 35m<sup>3</sup>/sec の約 30%減少した。

4) 通年の流れ（複数幹線水路+複数支線水路モデル）

Ca Mau 半島の水路で生じる流水は季節により異なることが予測され、以下ではそれについて検証する。1998 年~2001 年の平均降雨 2,800mm と SIWRP で用いている流出係数 44%を用いて算出された流出量 91.88mm を雨期での流出量として検討をおこなった。

得られた結果は、通年における水の流れは内陸部から沿岸部にかけて流出が発生しており、West Sea (36.98m<sup>3</sup>/sec) では East Sea (11.16m<sup>3</sup>/sec) の約 3 倍の流出となっている。ゲート操作により East Sea からの流入が 15.16 m<sup>3</sup>/sec に転じ、また、West Sea からは 86.14m<sup>3</sup>/sec の流出となる。



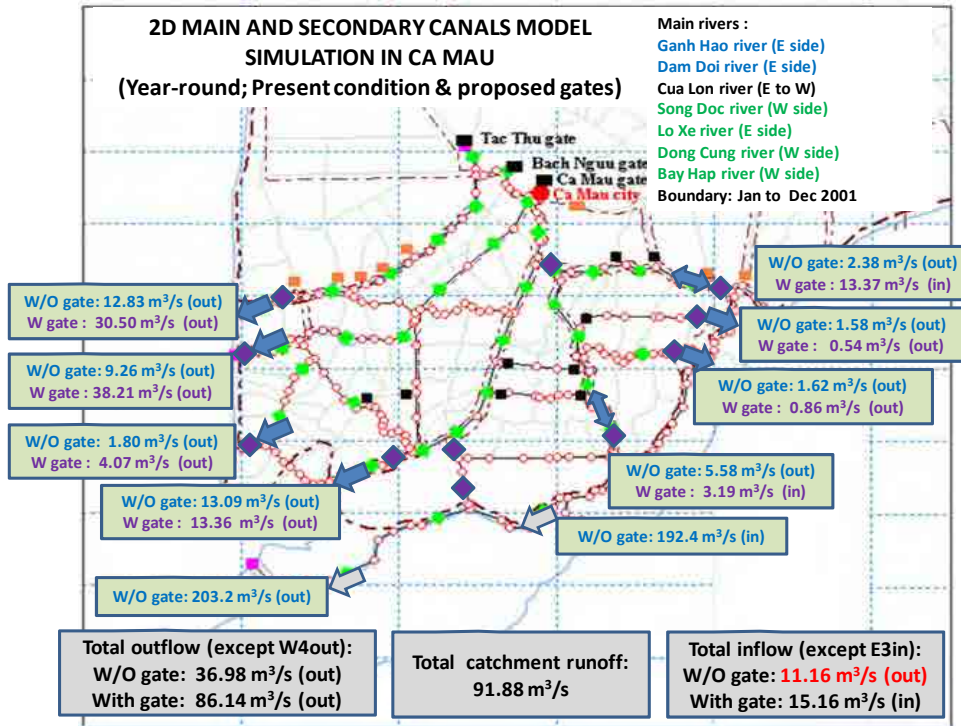


図 6.5.7 複数幹線および支線による通年の水の流れ；ゲートあり、無し（平均年 2001 年）  
 出典: IHESV および調査団

5) 通年の流れ：取水堰の影響（複数幹線水路+複数支線水路モデル）

ベトナム国政府が West Sea への排水河川で計画している Cai Lon-Cai Be 堰は、乾期に淡水を Ca Mau 半島に供給する目的が含まれている。これが運用された場合の水の流れに関する影響は、East Sea への流出が 0.16m<sup>3</sup>/sec、West Sea への流出が 1.73m<sup>3</sup>/sec 増加と限定的であった。

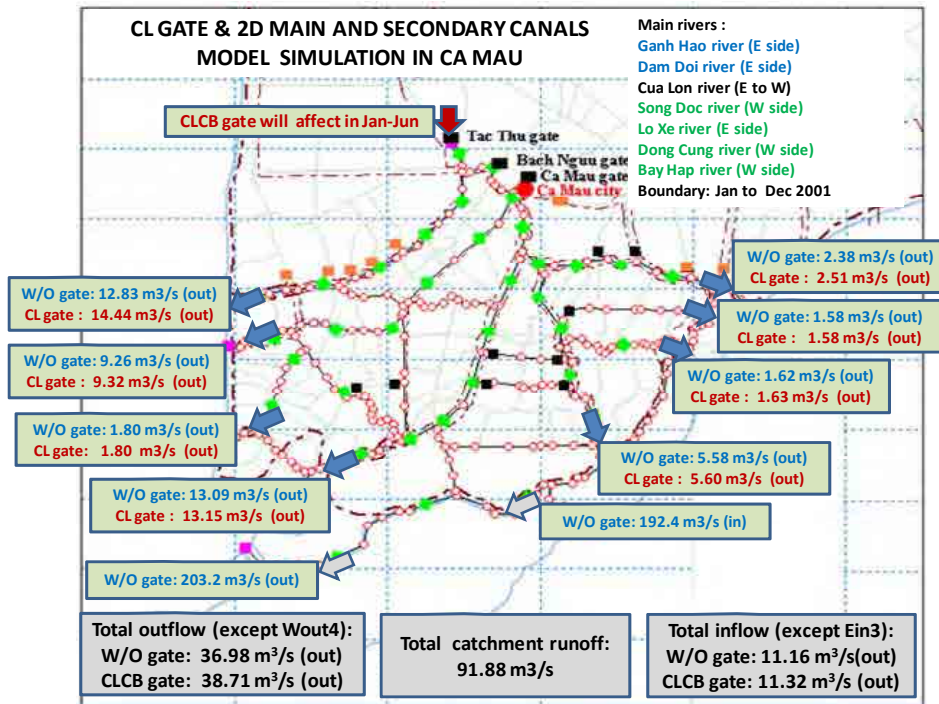


図 6.5.8 Cai Lon-Cai Be 堰による Ca Mau 半島の通年の水の流れに対する影響、ゲートあり、無し  
 出典: IHESV および調査団

6) 通年の流れ：海面上昇の影響（複数幹線水路+複数支線水路モデル）

将来予測される海面上昇に関して、水流への影響を確認した。対象とするのは2030年相当の17cm、2050年相当の30cmである。下図から分かるように、海面上昇により水の流れが減少する傾向にあることが判明した。

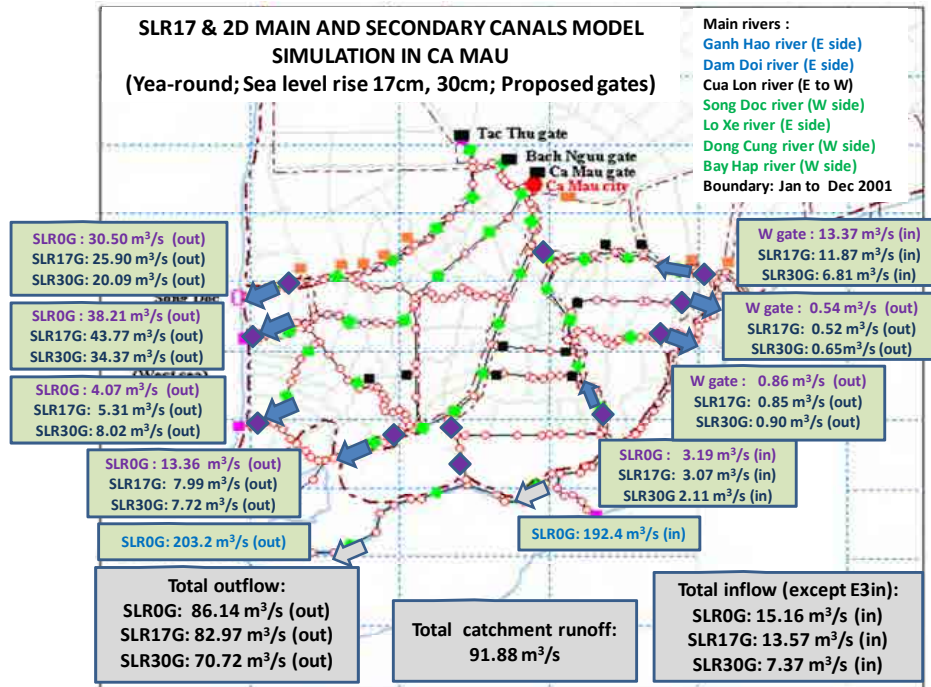


図 6.5.9 海面上昇を考慮した Ca Mau 半島における流水への影響； 17cm、30cm;ゲートあり、無し  
 出典: IHESV 及び調査団

7) 解析結果のまとめ

これまで述べた解析結果をまとめると以下のとおりとなる。

表 6.5.2 Ca Mau 半島における水流動化解析の結果

Canal Network		Operation	Duration	Inflow (East Sea)	Outflow (West Sea)
1	A single main canal (1998)	Without gates	January - June	13.07m³/sec	13.05m³/sec
	A single main canal (1998)	With gates	January - June	34.01m³/sec	33.84m³/sec
2	A single main canal (2001)	Without gates	January - June	6.74m³/sec	6.87m³/sec
	A single main canal (2001)	With gates	January - June	16.7m³/sec	17.16m³/sec
3	Main canals (1998)	Without gates	January - June	22.36m³/sec	21.80m³/sec
	Main canals (1998)	With gates	January - June	50.19m³/sec	50.47m³/sec
4	Main canals (2001)	Without gates	January - June	20.47m³/sec	21.45m³/sec
	Main canals (2001)	With gates	January - June	49.72m³/sec	51.04m³/sec
5	Main+ secondary canals (2001)	Without gates	January - June	17.60m³/sec	22.96m³/sec
	Main+ secondary canals (2001)	With gates	January - June	34.89m³/sec	37.50m³/sec
6	Main+ secondary canals (2001)	Without gates	January - December	-11.16m³/sec	36.98m³/sec
	Main+ secondary canals (2001)	With gates	January - December	15.16m³/sec	86.14m³/sec
7	Main+ secondary canals (2001), CLCB	Without gates	January - December	11.16m³/sec	36.98m³/sec
	Main+ secondary canals (2001), CLCB	With gates	January - December	11.32m³/sec	38.71m³/sec
8	Main+ secondary canals, SLR0cm (2001)	With gates	January - December	15.16m³/sec	86.14m³/sec
	Main+ secondary canals, SLR17cm (2001)	With gates	January - December	13.57m³/sec	82.97m³/sec
	Main+ secondary canals, SLR30cm (2001)	With gates	January - December	7.37m³/sec	70.72m³/sec

6.5.4 考察

Ca Mau 半島では自然状態で East Sea から West Sea に向けて流水が発生しているが、これはそれぞれの潮位の変動に起因しているものと考えられる。East Sea の Ganh Hao 地点および West Sea の Song Doc 地点において 1998 年および 2001 年における 1 月～6 月までの潮位を以下に示す。

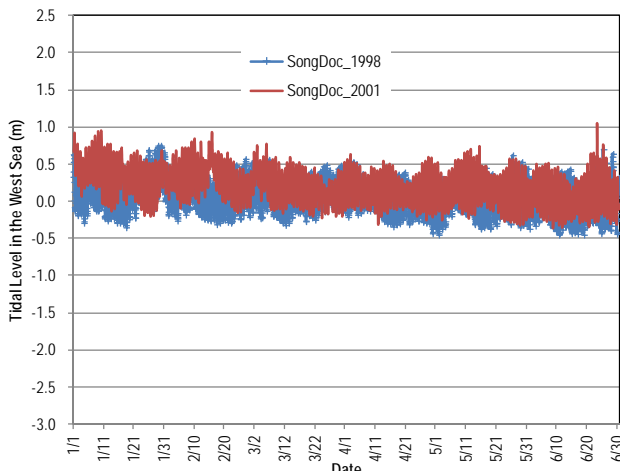


図 6.5.10 1 時間ごとの West Sea における潮位変動(Song Doc 地点); 1998 年 (青)、2001 年 (赤)  
出典: IHESV および調査団

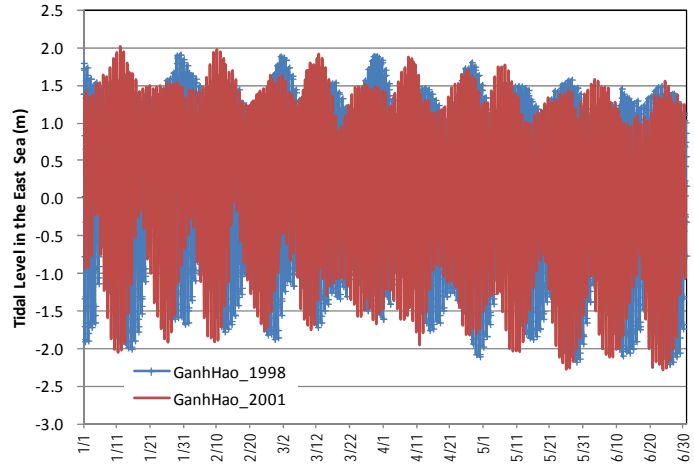


図 6.5.11 1 時間ごとの East Sea における潮位変動(Ganh Hao 地点)、1998 年 (青)、2001 年 (赤)  
出典: IHESV および調査団

West Sea においては潮位の変動が East Sea ほど大きくないが、West Sea における低い潮位の部分は 1998 年の方が 2001 年に比べて多い（青色が低い部分に目立つ）ことが確認できるが、高い部分の潮位においては顕著な違いが見受けられない。East Sea においては、あまり大きな潮位分布の違いは見出せない。

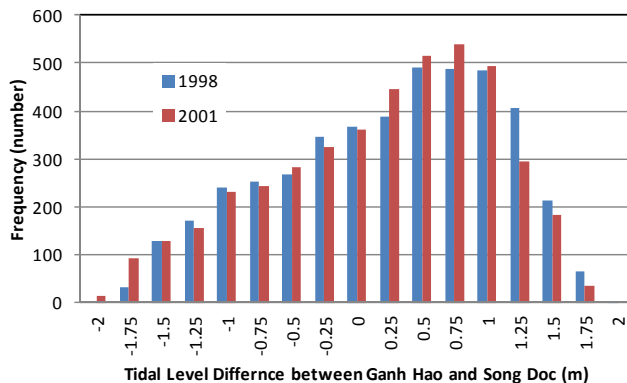


図 6.5.12 East Sea と West Sea における潮位差のヒストグラム  
出典: IHESV および調査団

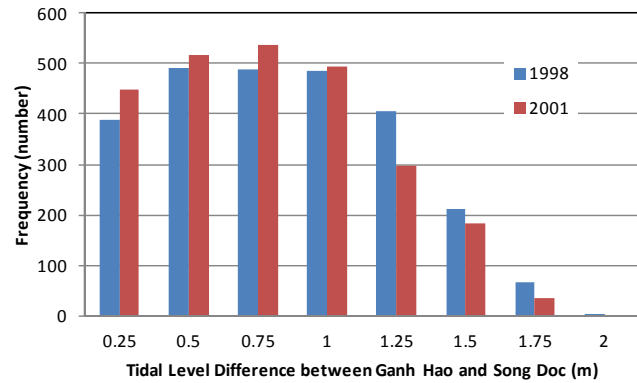


図 6.5.13 East Sea と West Sea の潮位差ヒストグラム  
(正の部分のみ取出し)  
出典: IHESV および調査団

上図のヒストグラムでは East Sea の潮位が高い場合は正の区分に入り、West Sea の潮位の方が高い場合は負の区分となっている。1998 年の場合、East Sea の潮位が高い領域（1.25m、1.5m）において頻度が 2001 年の頻度に比べて高く、このことが東から西への水流を多くした原因の一つと考えられる。このことはこの期間を通じて、1998 年は平均で 0.11m West Sea より高いのに対して 2001 年の場合は 0.05m 高いに過ぎない。

自然現象では年ごとの流水の変化がみられるが、ゲート操作はその変化を小さくした上で流水量を増加させることが可能である。1998 年と 2001 年の乾期では自然状態で約  $2\text{m}^3/\text{sec}$  の流水量の違いが確認されたが、ゲート操作後に増加した流水量の違いは殆ど見られなかった。

海水面の変化は水の流れに影響を及ぼし、海水面の上昇によって流水量が減少することが確認された。海水面の上昇は海水の取り入れを容易にすることから、エビ養殖において望ましいとされているが、水の流動性においては必ずしも望ましい状況が発生するとはいえないことが確認された。

## 6.6 地域別最適海浜堤防の検討

### 6.6.1 背景

沿岸に接する省において優先される事業のひとつに海浜堤防の建設があるが、それは海水面上昇と台風の増加に対する備えである。ベトナム国政府はプログラム 667 において種々の海浜堤防の建設を続けている。土堤防、土堤防の表面に防護を施したもの、コンクリート堤防、蛇かごなどの工種を実施している。また、これらに加えてマングローブ植林も施されている。

海浜堤防の形式の選定により建設費用は大きく異なる。コンクリートを用いない堤防は安価であるが、一方では海水面上昇や台風などに耐えられない可能性がある。コンクリート堤防は安定性に優れるが逆に高価となる。これらの選定に関し、現地の状況に応じた種類の堤防を選択するために、対象地の基礎状況、海流の影響、材料などを考慮に入れて以下に検討をおこなう。

### 6.6.2 検討項目

検討においては、メコンデルタの沿岸部の海流解析により堆砂、浸食傾向を把握し、これに引き続き沿岸部全域にわたって適正な海浜堤防の提案をおこなう。

#### 1) 解析

解析では変化する沿岸部の傾向を、海浜形態、地質、また堆積厚さ、海流、潮位、波性状などから把握する。以下に解析条件等を示す（詳細は英文報告書 Appendix 参照）。

- ✓ 解析モデルは、北端を台湾、東端をフィリピン諸島、南端をシンガポールとし、西端はメコン河の Tan Chau および Chau Doc とした。海洋地形は、アメリカ海洋局（NOAA）が発行しているものを用いた。
- ✓ 境界条件は、海洋部において Taiwan 海峡、Bashi 水道、Mindro 海峡、Lumbucan 水道、Singapore 海峡の時間水位データを用い、河川部においては Tan Chau および Chau Doc の時間水位データを用いた（図 6.6.1 参照）。
- ✓ メコン河の浮遊砂における境界条件は、Tan Chau および Chau Doc における 2009 年水資源局測定結果を用いた。
- ✓ モデルのキャリブレーションは、メコンデルタ周辺の 6 ヶ所について、2009 年の測定値と比較することで実施した。
- ✓ 解析ソフトとして Mike 21/3 FM を用いて水理状況、波形、浸食、堆積などの検討を実施した。

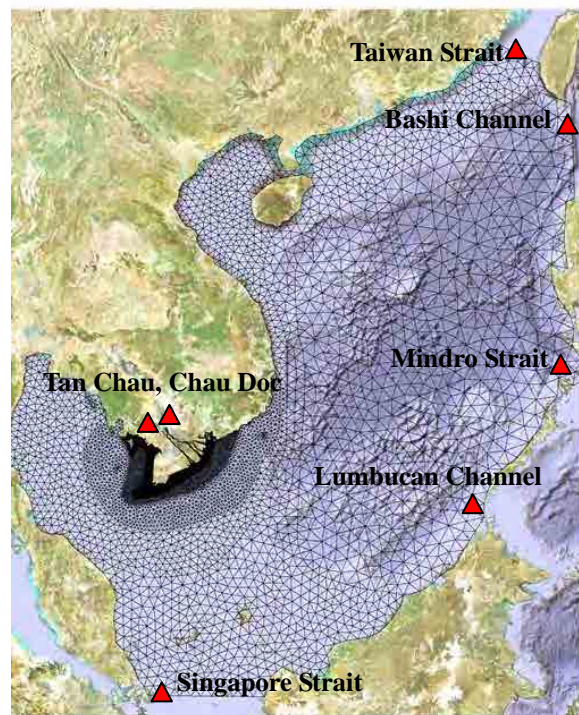


図 6.6.1 解析に用いた接点格子  
出典: ICOE および調査団

#### 2) 海浜堤防

解析および現地調査で明らかになった沿岸部の現状を基に、各省における最も適切な海浜堤防を提案する。現状は浸食、堆積、マングローブなどで表示され、これに対してコンクリート堤防、植林など現地に適した方法を提示した。なお、沿岸部においては乾期の変化が多いことから、乾期の解析結果を主に用いた。

### 6.6.3 解析結果

解析に先立ち、海洋部の接点格子モデルを設定した。先にも述べたとおり、北は台湾南部、東はフィリピン、南はマレー半島を含む領域を対象とし、メコンデルタ周辺にはさらに細かい格子点を設定して状況を把握することとした。

#### 1) 沿岸部の概要

メコンデルタの沿岸部は大きく 4 つゾーンに区分することができ、調査対象地域の 7 省は 3 つのゾーン内に分布している。大まかなゾーンの位置を図 6.6.2 に示す。

##### 1.1) Can Go ゾーン

Can Go ゾーンは、ホーチミンの河口および沿岸部で構成されており、Dong Nai 川からの浮遊砂供給があまり多くないため、浸食傾向があると判断される。



図 6.6.2 メコンデルタの沿岸部 3 ゾーン  
出典: ICOE および調査団

##### 1.2) Go Cong – Tran De ゾーン（ゾーン 1：図 6.6.2 の青色部分）

ゾーン 1 は、Tien Giang 省の Go Cong から始まり Soc Trang 省の Tran De まで続き、Tien Giang 省、Ben Tre 省、Tra Vinh 省および Soc Trang 省の一部を含む。このゾーンは全てのメコン川の河口を含んでいることから、基本的に堆積傾向にある。ただし、近年はメコン川からの浮遊砂の供給が少なくなっていることから、浸食も場所によっては増加しているとのことである。

##### 1.3) Vinh Chau – Ca Mau Cape ゾーン（ゾーン 2：図 6.6.2 の黄色部分）

ゾーン 2 は Soc Tran 省、Bac Lieu 省、および Ca Mau 省を含む。強い波が押し寄せ、また潮流が激しいことからこのゾーンは基本的に浸食傾向が強い。

##### 1.4) Ca Mau Cape – Ha Tien ゾーン（ゾーン 3：図 6.6.2 の赤紫部分）

穏やかな潮位変化と波性状のため、このゾーンは安定ゾーンと位置付けられる。カマウ岬の西側では、潮と波が弱いことから堆積が生じる。

#### 2) 潮流（現状）

現状の潮流に関する解析結果は以下に示すとおりである。図中、紫から赤で示される範囲は潮流スピードが速いことを示し、黄色から白の範囲は潮流スピードが遅いことを示している。○で囲んだ部分は早い潮流が生じていると想定される部分であり、カマウ岬を除き、潮流スピードが速いのはメコン川の河口部分となっている。これら河口部分は堆積の潜在性も併せ持つ。雨期は乾期に比べて満潮、干潮時において黄色が目立つことから、乾期における浸食増加が想定される。

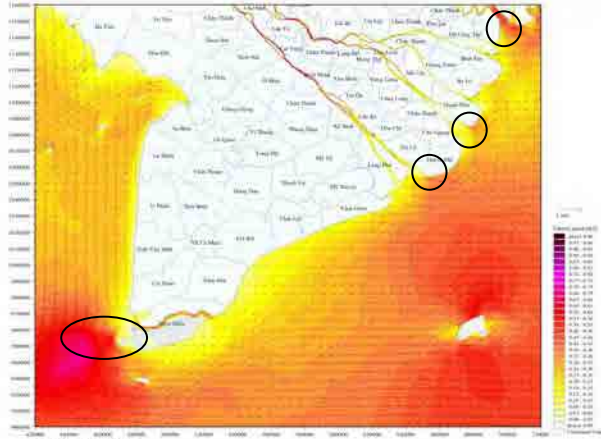


図 6.6.3 乾期満潮時における潮流速度  
出典: ICOE および調査団

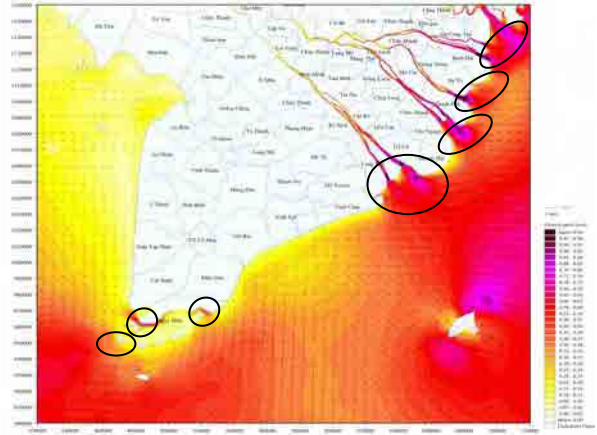


図 6.6.4 乾期干潮時における潮流速度  
出典: ICOE および調査団

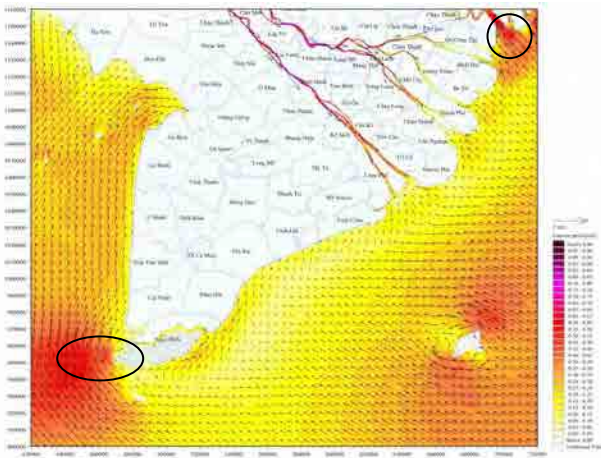


図 6.6.5 雨期満潮時における潮流速度  
出典: ICOE および調査団

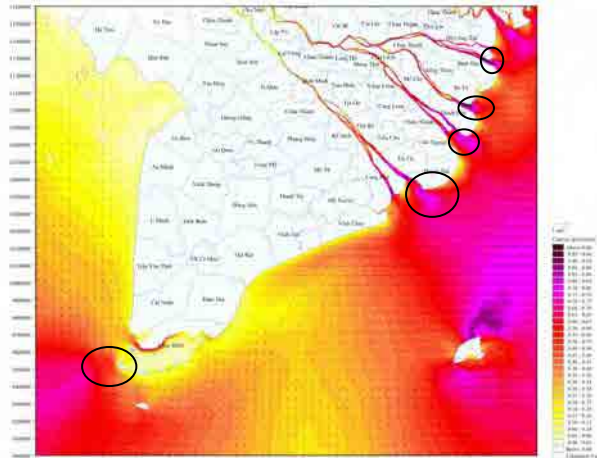


図 6.6.6 雨期干潮時における潮流速度  
出典: ICOE および調査団

### 3) 波高

波高は乾期・雨期で全く異なった様相を見せており、乾期において East Sea は West Sea に比べてはつきりと高い波高を示している。一般に East Sea の波高は West Sea に比べて高いといわれているが、乾期の解析結果からそれは明らかに示された。雨期は、逆に沿岸部全体が低い波高を示している。

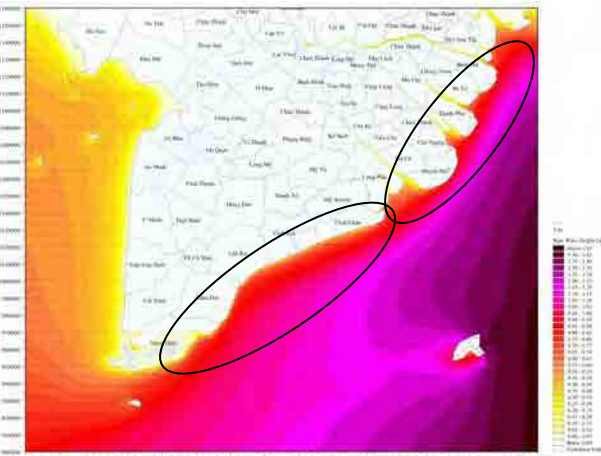


図 6.6.7 乾期満潮時における波高  
出典: ICOE および調査団

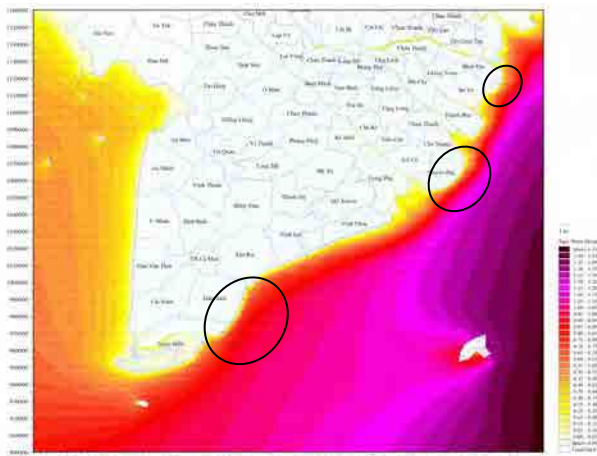


図 6.6.8 乾期干潮時における波高  
出典: ICOE および調査団

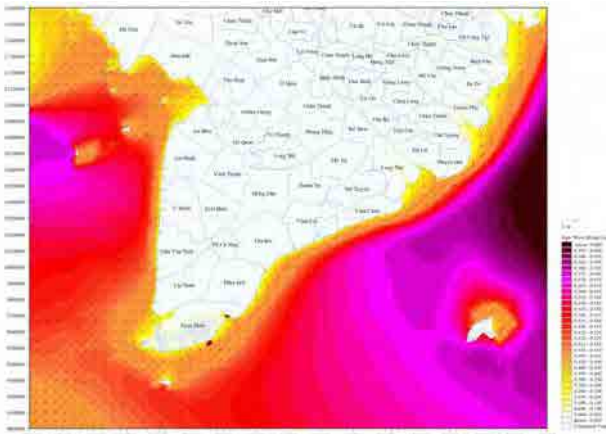


図 6.6.9 雨期満潮時における波高  
出典: ICOE および調査団

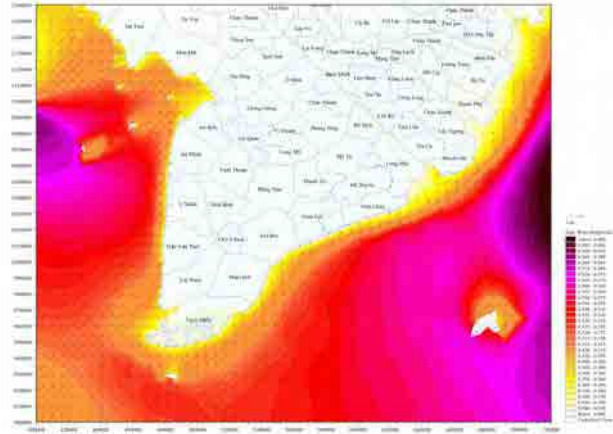


図 6.6.10 雨期干潮時における波高  
出典: ICOE および調査団

#### 4) 浸食／堆積の傾向

これまで述べた解析結果に 2050 年相当の気候変動で予測される海面上昇 30cm による影響を加味して、図 6.6.11～図 6.6.18 に浸食および堆積の傾向をまとめて示してある。青色は浸食傾向を示し、赤色は堆積傾向を示している。乾期には浸食傾向があちこちで確認される。砂と粘土については、地域別に違いを見せるため、傾向を以下のとおりまとめる。

表 6.6.1 湾岸地域における浸食／堆積の傾向

Material/Zone	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Mud (Dry Season)	Deposition / Erosion	Erosion	No-significance
Mud (Rainy Season)	Deposition	No-significance	No-significance
Sand (Dry Season)	Erosion	Erosion	Erosion
Sand (Rainy Season)	Erosion	Erosion	Deposition (CM cape) / Erosion

砂は耐食性に乏しく、特にゾーン 1 およびゾーン 2 でその傾向が大きい。砂が堆積出来るのはカマウ岬の西だけである。粘土は West Sea では特に浸食傾向が見られないが、East Sea の乾期にゾーン 1 ゾーン 2 でその傾向がみられる。ここでは特に砂の浸食傾向が激しいことが指摘される。

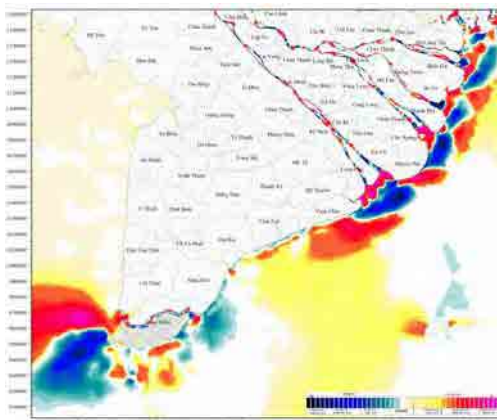


図 6.6.11 乾期の粘土浸食/堆積傾向  
出典: ICOE および調査団

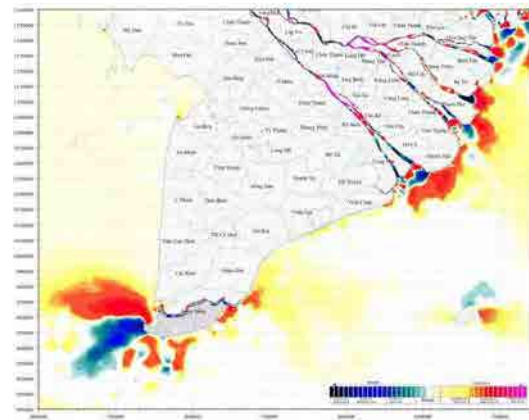


図 6.6.12 雨期の粘土浸食/堆積傾向  
出典: ICOE および調査団

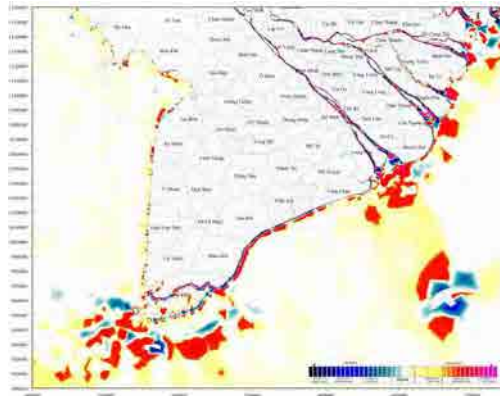


図 6.6.13 乾期の砂浸食/堆積傾向

出典: ICOE および調査団

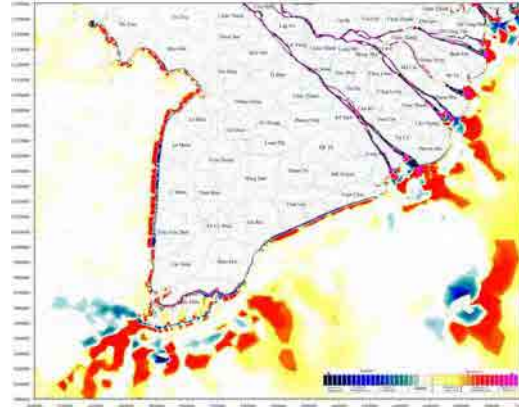


図 6.6.14 雨期の砂浸食/堆積傾向

出典: ICOE および調査団

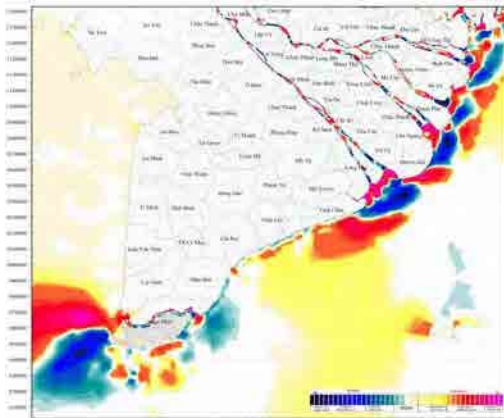


図 6.6.15 粘土の浸食/堆積傾向(乾期、海面上昇 30cm)

出典: ICOE 及び調査団

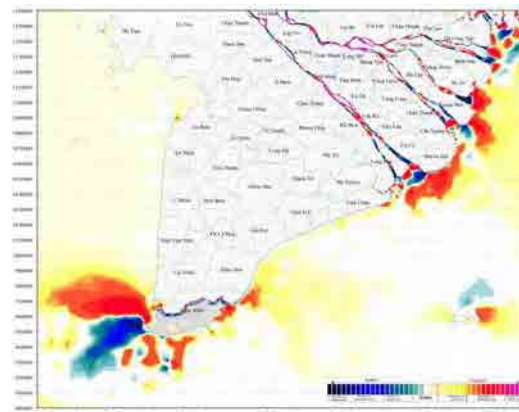


図 6.6.16 粘土の浸食/堆積傾向(雨期、海面上昇 30cm)

出典: ICOE 及び調査団

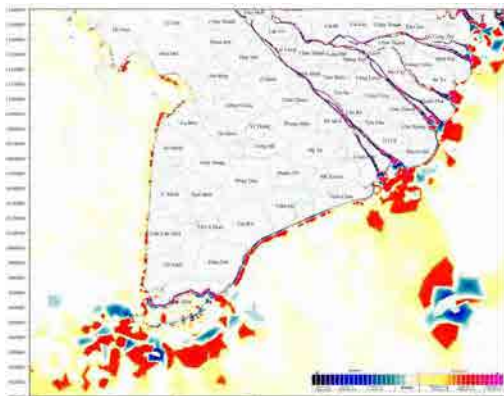


図 6.6.17 砂の浸食/堆積傾向(乾期、海面上昇 30cm)

出典: ICOE および調査団

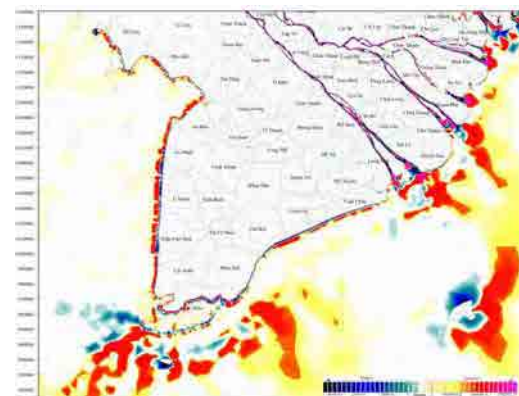


図 6.6.18 砂の浸食/堆積状況(雨期、海面上昇 30cm)

出典: ICOE および調査団

#### 6.6.4 海浜堤防

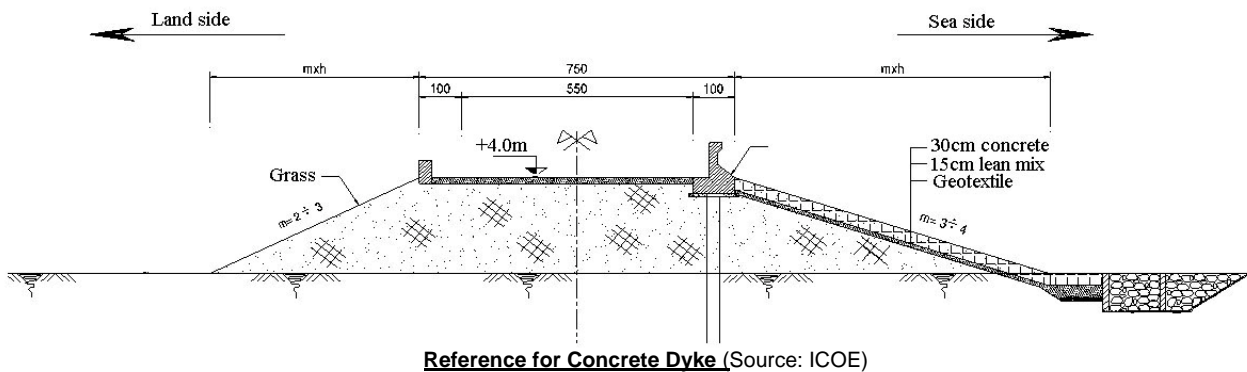
乾期における海岸浸食は雨期に比して深刻であり、East Sea は West Sea に比して浸食傾向が高く、砂は浸食性が強いことが示された。以下に傾向をゾーン別に述べる。

- 1) ゾーン 1: メコン河の河口部分であり、浸食、堆積地域が交互に現れる地域でもある。引き潮時の潮流速度は河口部周辺で速い。この沿岸部では、早い潮流に対して十分耐える構造が必要であり、また、堆積やマングローブの成長を助ける構造も必要である。対策工としては、コンクリートの堤防とマングローブによる植林が主体と考えられる。



- 2) ゾーン 2 : 堆積物の供給が非常に限られており、基本的に浸食優位の沿岸部である。特に乾期には浸食の可能性がある場所が長く続いていることから、マングローブ林の部分を除き、コンクリート堤防や積み石工などが対策工の主体と考えられる。
- 3) ゾーン 3 : 潮流および波高は穏やかであるが、メコン河からの浮遊砂の供給は非常に限られている。粘土の耐食性は高く、対策工としてはマングローブの植林と再植林が主体と考えられる。

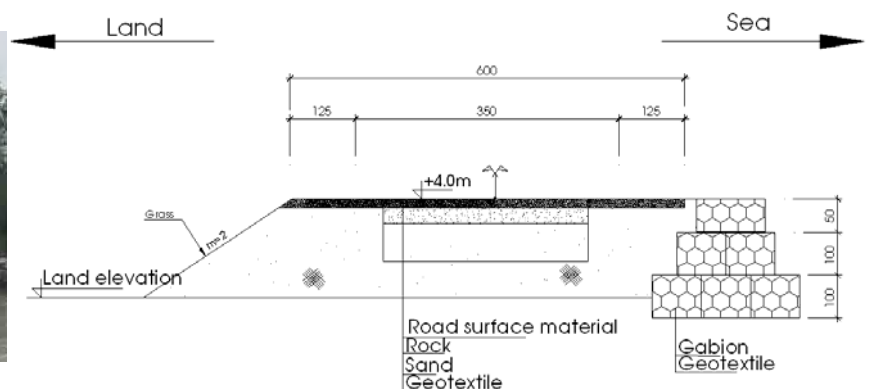
上記の解析結果および現地調査に基づき、各沿岸部に適した海浜堤防を選定した（下図参照）。選定は主にコンクリート製、積み石工、マングローブ保護工、およびマングローブ植林である。次項より各省毎に提案される海浜堤防を示す。



**Reference for Riprap (Source: ICOE)**



**Reference for Reforestation (Source: ICOE)**



MAP OF SHORELINE EVOLUTION AND REAL SITUATION OF DYKE IN TIENGIANG  
SCALE 1/300.000



- SOIL DYKE
- EROSION
- SEDIMENTATION
- MANGROVE FOREST
- CONCRETE
- RECOMMENDED CONCRETE DYKE
- REFORESTATION



Section	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F
Length	2km	11km	2.1 km	3.2 km	8 km
Tendency	Stable	Erosion	Erosion	Erosion	Erosion
Present condition	Loose mangrove forest	Loose mangrove forest	Concrete dyke	no mangrove forest	no mangrove forest
Recommended structure	Reforestation	Reforestation	None	Concrete Dyke	Reforestation
Length	2km	11km		3.2 km	8km
Unit price	7000 USD/km	7000 USD		1.700.000 USD/km	7000 USD/km
Sub total cost	14.000 USD	77.000 USD		5.440.000 USD	56.000 USD
Priority	IV	I	V	II	III



Recommended dyke for erosion protection  
cost 1.700.000 USD/km

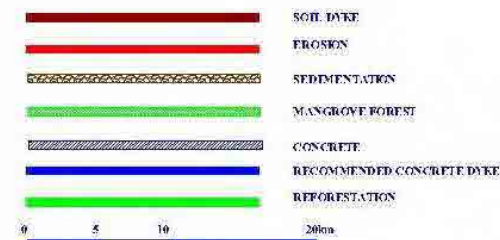


図 6.6.19 沿岸部形態と保護工 Tien Giang 省(ゾーン1)  
出典: ICOE および調査団

MAP OF SHORELINE EVOLUTION AND REAL SITUATION OF DYKE IN BENTRE  
SCALE 1/300.000



Recommended dyke for erosion protection  
cost 1.700.000 USD/km



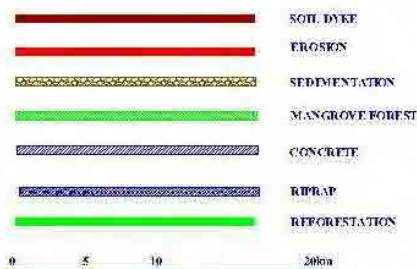
Section	F-G	G-II	II-I	I-J	J-K	K-L
Length	4 km	5 km	5 km	20 km	5 km	20 km
Tendency	Erosion	Stable	Erosion	Stable	Erosion is not very strong	Stable
Present condition	Loose mangrove forest	Loose mangrove forest	Loose mangrove forest	Loose mangrove forest	no mangrove forest	Loose mangrove forest
Recommended structure	Concrete Dyke	Reforestation	Reforestation	Reforestation	Reforestation	None
Length	4 km	5 km	5 km	20 km	5 km	
Unit price	1.700.000 USD/km	7000 USD/km	7000 USD/km	7000 USD/km	7000 USD/km	
Sub total cost	8.500.000 USD	35.000 USD	35.000 USD	140.000 USD	35.000 USD	
Priority	I	IV	II	VI	III	V

図 6.6.20 沿岸部形態と保護工 Ben Tre 省 (ゾーン1)  
出典: ICOE および調査団

MAP OF SHORELINE EVOLUTION AND REAL SITUATION OF DYKE IN TRAVINH  
SCALE 1/300.000



Recommended Riprap and reforestation



Section	J-K	K-L	L-L1	L1-M	M-N
Length	3 km	10 km	3.3 km	28 km	20 km
Tendency	Sedimentation	Sedimentation	Stable	Erosion	Sedimentation
Present condition	No mangrove forest	Dense mangrove forest	Very good concrete dyke	No mangrove forest	Loose mangrove forest
Recommended structure	Re forestation	None	None	Riprap Reforestation	Reforestation
Length	3 km			28 km	20 km
Unit price	7000 USD/ km			5000 USD/km Mangrove 1,000,000 USD/km Riprap	7000 USD/ km
Sub total cost	21,000 USD			196,000 USD 28,196,000 USD	140,000 USD
Priority	III	IV	V	1	II

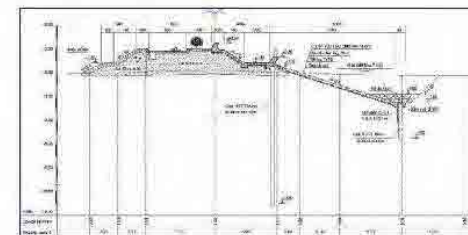
図 6.6.21 沿岸部の形態と保護工 Tra Vinh 省(ゾーン 1)  
出典: ICOE および調査団



図 6.6.22 沿岸部の形態と保護工 Soc Trang 省(ゾーン 1/ゾーン 2)  
出典: ICOE および調査団

# MAP OF SHORELINE EVOLUTION AND REAL SITUATION OF DYKE IN BACLIEU PROVINCE

SCALE 1/300.000



recommended dyke for erosion protection  
2.500.000 USD/km

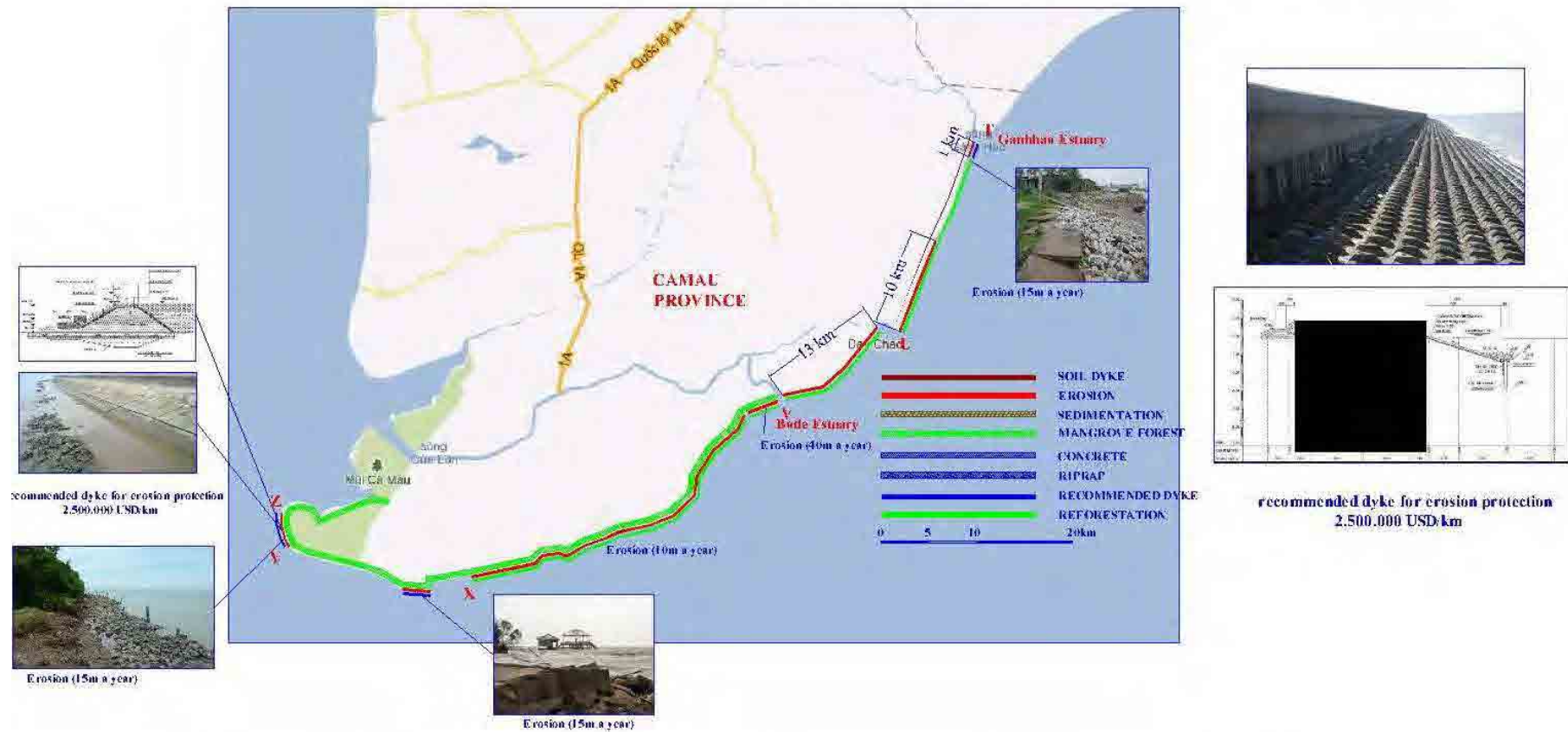


Section	Q-R	R-S	S-T
Length	10 km	27.5 km	7 km
Tendency	Erosion	Sedimentation	Erosion
Present condition	Loose mangrove forest	Dense mangrove forest	1km concrete dyke Loose mangrove forest
Recommended structure	Reforestation	None	Concrete Dyke
Length	10 km		7 km
Unit price	7000 USD/km		2.500.000 USD/km
Sub total cost	70.000 USD		17.500.000 USD
Priority	II	III	I

図 6.6.23 沿岸部の形態と保護工 Bac Lieu 省(ゾーン 2)

出典: ICOE および調査団

MAP OF SHORELINE EVOLUTION AND REAL SITUATION OF DYKE IN EAST CAMAU PROVINCE  
SCALE 1/400,000



recommended dyke for erosion protection  
2,500,000 USD/km

recommended dyke for erosion protection  
2,500,000 USD/km

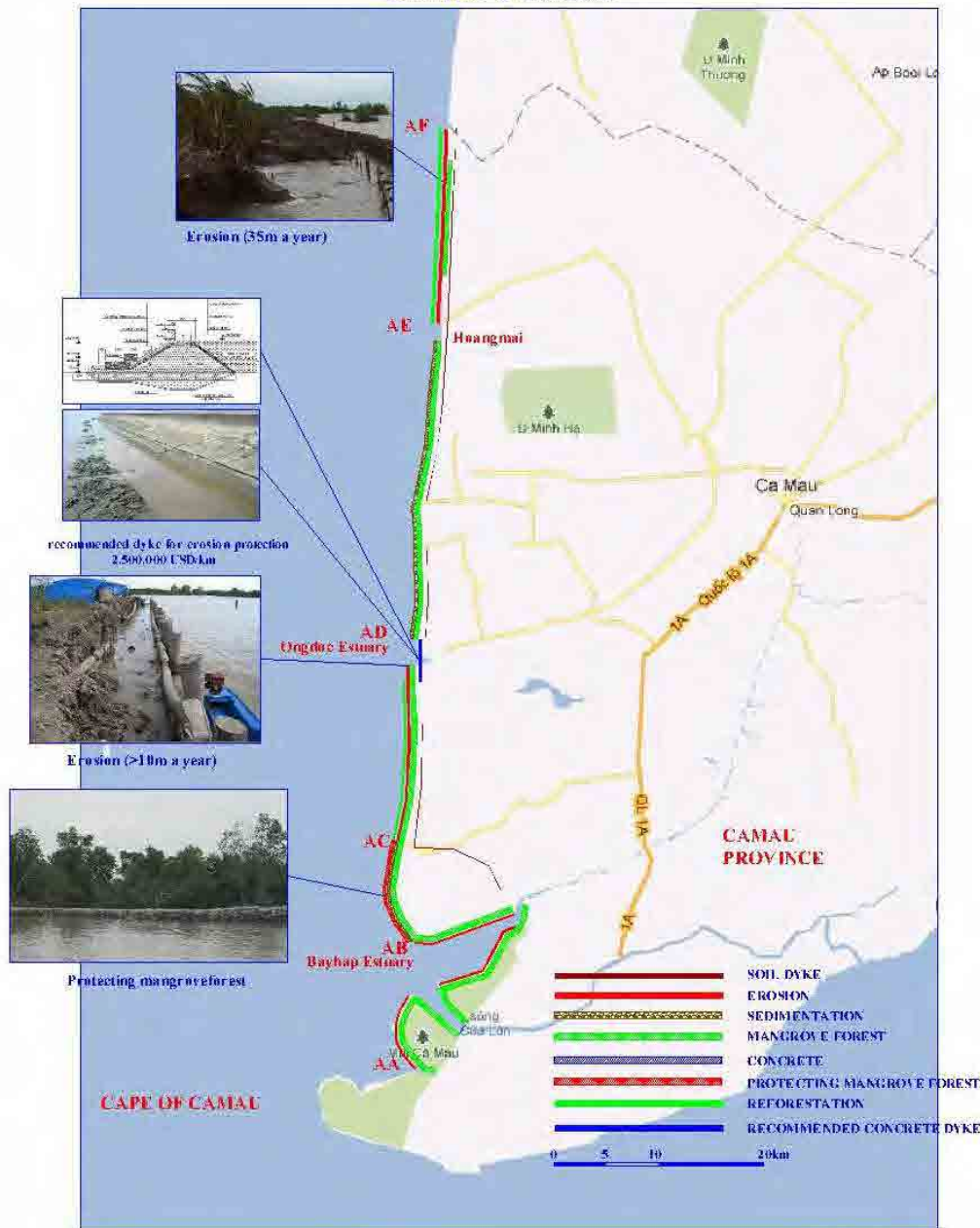
Section	T-U	L-V	V-X	X-Y	Y-Z	
Length	25 km	13 km	35 km	10 km	6 km	
Tendency	11km Erosion	Erosion	Erosion	1km erosion	Erosion	
Present condition	Dense mangrove forest	Dense mangrove forest	Dense mangrove forest	Dense mangrove forest	Dense mangrove forest	
Recommended structure	Protecting mangrove forest 1km Concrete Dyke	Reforestation	Reforestation	Concrete Dyke	Concrete Dyke	
Length	24 km	1 km	13 km	35 km	1 km	6 km
Unit price	7000 USD/km Mangrove	2,500,000 USD/km Dyke	5000 USD/km	7000 USD/km	2,500,000 USD/km	2,500,000 USD/km
Sub total cost	168,000 USD	2,500,000 USD	65,000 USD	245,000 USD	2,500,000 USD	9,000,000 USD
	2,168,000 USD					
Priority	I	V	VI	II	III	

図 6.6.24 沿岸部の形態と保護工 Ca Mau 省東(ゾーン 2)

出典: ICOE および調査団

### MAP OF SHORELINE EVOLUTION AND REAL SITUATION OF DYKE IN WEST CAMAU PROVINCE

SCALE 1/400.000



Section	AA-AB	AB-AC	AC-AD	AD-AE	AE-AF
Length	35 km	11.5 km	27 km	21 km	20 km
Tendency	Erosion	Sedimentation	Erosion	Sedimentation	Erosion
Present condition	Dense mangrove forest	Dense mangrove forest	Dense mangrove forest	Loose mangrove forest	Loose mangrove forest
Recommended structure	Reforestation	Protecting mangrove forest	Concrete Dyke: Reforestation	Reforestation	Reforestation
Length	35 km	11.5 km	Reforestation: 25 km	Concrete Dyke: 2 km	21 km
Unit price	5000 USD/km	100,000 USD/km	7000 USD/km	2,500,000 USD/20km	7000 USD/km
Sub total cost	245,000 USD	1,150,000 USD	175,000 USD	5,000,000 USD	140,000 USD
Priority	III	V	5,175,000 USD		IV
			II	IV	I

図 6.6.25 沿岸部の形態と保護工 Ca Mau 省西(ゾーン3)  
出典: ICOE および調査団



**MAP OF SHORELINE EVOLUTION AND REAL SITUATION OF DYKE  
IN KIENGIANG PROVINCE  
SCALE 1/400.000**



Section	AK-AF	AF-AG	AG-AI	AI-AI	AI-AI	AD-Ak
Length	22 km	12.5 km	25 km	29 km	38 km	21 km
Tendency	Erosion	Sedimentation	Erosion	Stable	7.8 km of Erosion	Light Erosion
Present condition	Loose mangrove forest	Loose mangrove forest	Loose mangrove forest	Loose mangrove forest	Loose mangrove forest	Loose mangrove forest
Recommend structure	Reforestation	Reforestation	Reforestation	Concrete/Riprap Reforestation	Concrete/Riprap Reforestation	None
Length	22 km	12.5 km	25 km	Concrete/Riprap: 18 km Reforestation: 19 km	Concrete/Riprap: 8 km Reforestation: 30 km	
Unit price	7000 USD/km	7000 USD/km	7000 USD/km	2,592,000 USD/km 5,000 USD/km	2,592,000 USD/km 5,000 USD/km	
Sub total cost	154,000 USD	87,500 USD	175,000 USD	45,000,000 USD 25,125,000 USD	20,000,000 USD 25,125,000 USD	
Priority	IV	V	III	II	I	VI

図 6.6.26 沿岸部の形態と保護工 Kien Giang 省(ゾーン 3)  
出典: ICOE および調査団

## 6.7 持続的な粗放型および家族経営による準集約型エビ養殖

### 6.7.1 背景

メコンデルタにおけるエビ養殖では、1) 専業エビ養殖、2) 稲作との輪作エビ養殖の二つに分類されるが、さらにエビ養殖は、1) 粗放型養殖、2) 準集約型養殖、3) 集約型養殖などに分けられる。エビ養殖からは多くの収入が得られる一方で、エビは病気のリスクを併せ持つ。一度、ウイルスによる病気が発生したら、全損状態も発生する可能性がある。既に沿岸部ではエビ養殖は重要な産業となっていることから、以下に持続的な養殖について考察するとともに、養殖地域の水質検査を実施した。

### 6.7.2 検討項目

ここではエビ養殖農家に対するインタビューにより、養殖を取り巻く現状を把握するとともに、エビ養殖が盛んで代表的な2か所での水質試験を実施した。

#### 1) インタビュー

質問票を用いたインタビューを Ca Mau 省、Soc Trang 省、Bac Lieu 省の6か村、281農家に対して実施した。詳細は以下のとおりである。

表 6.7.1 質問票を用いたインタビュー対象農家

No.	Samples	Type of Culture	Planned Province
1	30 samples for extensive 40 samples for semi-intensive	Shrimp mono culture	Phu Tan, Phu Tan, Ca Mau
2	30 samples for extensive 31 samples for semi-intensive	Shrimp mono culture	Tan Phong, Gia Rai, Bac Lieu
3	20 samples for extensive 30 samples for semi-intensive	Shrimp mono culture	Ngoc Dong, My Xuyen, Soc Trang
4	30 samples for paddy-shrimp	Paddy-shrimp	Phu My, Phu Tan, Ca Mau
5	30 samples for paddy-shrimp	Paddy-shrimp	Phong Thanh A, Gia Rai, Bac Lieu
6	30 samples for paddy-shrimp 10 samples for extensive	Paddy-shrimp	Hoa Tu 1, My Xuyen, Soc Trang

#### 2) 水質試験

Ca Mau 省および Soc Trang 省の2か所において、エビ養殖を実施している村から採取した水に対して水質試験を実施した。検査項目は、pH、水温、EC、DO、BOD、SO<sub>4</sub>、SS、PO<sub>4</sub>、NH<sub>4</sub>、NO<sub>2</sub>、および NaOH などである。この結果から水質比較を行っている。

### 6.7.3 インタビュー結果

対象となった農家は平均約13年のエビ養殖経験を持ち、平均1.8haの養殖池でエビ栽培を実施している。最大は5.9ha、最小は0.075haである。農家は通常1~3か所に養殖池を分け、各池はほぼ同じ大きさにして管理をしやすくしている。2011年には約30%の農家がマイナス収支になっており、5%（15農家）が全損となっている。損害の原因として農家は稚エビの質、水の汚染、気候変動などを考えているが、はっきりした原因については把握できていない。村落の周辺には多くの稚エビ池があるが、それらが品質保障されたものか否かは把握されていない。多くの農家は自分の池の水質は良好だと考えており、水処理のために多くの農家が炭酸カルシウム（CaCO<sub>3</sub>）を用いている。

### 重回帰分析

エビ養殖に関する種々の要因について重回帰分析を実施した。この解析ではエビの単収を従属

変数とし、他の要素を独立変数とした。多くの項独立変数から、主なものをについてまとめると以下のとおりとなる。

**表 6.7.2 従属変数（単収：kg/ha）と独立変数との個別相関係数**

Factors (dependent variable)	Extensive farming	Semi-intensive farming
Intensity of larvae (nos/m <sup>2</sup> )	r = -0.02	r = 0.25
Fertilizer (X1,000VND/ha)	r = 0.43	r = 0.25
CaCO <sub>3</sub> (X1,000VND/ha)	r = 0.29	r = 0.56
Food (X1,000VND/ha)	r = 0.07	r = 0.86
Medicine (X1,000VND/ha)	- (no use)	r = 0.38
Water Quality (4 grades)	r = 0.28	r = 0.19
Use of Certified Larvae	r = 0.06	r = 0.19

準集約型エビ養殖にあつては餌の供給が単収増加の鍵となっている。餌に注目すると、粗放型養殖も同様の傾向があることが示唆される。肥料の投入によって植物性プランクトンの増殖が促進され、それを食べる動物プランクトンも増えることとなり、それをエビが餌とすることから肥料の投入は餌の投入と同義である。他には特に相関を示している項目は見当たらなかった。水質は農家に4段階（大変良い、良い、普通、悪い）に分けて聞いたものであるが、CaCO<sub>3</sub>の投入との関係性が考えられる。これらの項目を用いて、重回帰分析を実施した。

#### <粗放型エビ養殖>

$$\text{エビ単収 (kg/ha)} = 320.9 + 0.040A + 0.160B + 1.92C$$

A: CaCO<sub>3</sub> 経費 (1,000VND/ha)

B: 肥料経費 (1,000VND/ha)

C: 稚エビ放流密度 (匹/m<sup>2</sup>)

n = 80, R<sup>2</sup> = 0.32, 有意水準 5%

結果は、決定係数 (R<sup>2</sup>) が 0.5 よりも低い値 (R<sup>2</sup> = 0.32) となり、今回得られた独立変数とエビ単収との関係を説明できるものとはならなかった。

#### <準集約型エビ養殖>

$$\text{エビ単収 (kg/ha)} = 48.3 + 9.08A + 0.00997B + 0.00372C + 0.0206D$$

A: 稚エビ放流密度 (匹/m<sup>2</sup>)

B: 餌経費 (1,000VND/ha)

C: 薬品経費 (1,000VND/ha)

D: CaCO<sub>3</sub> 経費 (1,000VND/ha)

n = 79, R<sup>2</sup> = 0.77, 有意水準 5%

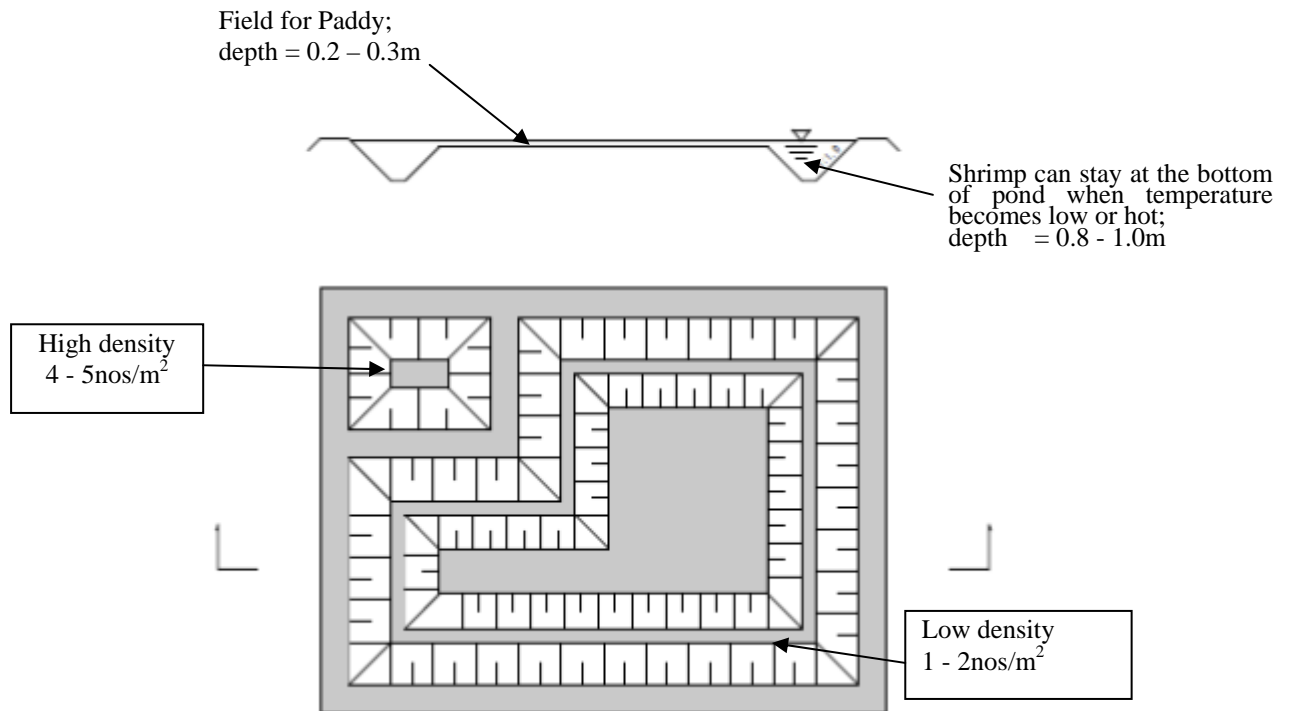
結果として、エビの単収は大きく4つの項目（稚エビ放流密度、餌経費、薬品経費、炭酸カルシウム経費）に依存していることが判明した。

### 6.7.4 持続可能なエビ養殖手法

エビ養殖農家に確認した内容を重回帰分析によって整理したが、粗放型エビ養殖では従属変数をエビ収量、これに対して想定される各種独立変数との間には明確な相関関係を見出すことはできなかった。これは、2011年5月からメコンデルタの広い部分で発生しているエビに関する疾病も影響していると思われ、実際にインタビューの対象となった農家の3割が収益を得られない状況に陥っていた。

未だにこのエビの病気に関する原因が究明されていないとのことであるが、ウイルス性の病気、

そしてそれが稚エビに関係する場合は現在のところ防ぎようがないとされている。一方で、病気にかかる率を軽減するという取り組みもあり、地元の Can Tho 大学を中心にして、温度および塩分濃度の変化に適応が可能な取り組みがなされている（下図参照）。



上図に示されているのは、粗放型エビ養殖を対象にした改良養殖池である。この改良は、粗放型エビ養殖専門の場合でも適用可能であるし、雨期に稲作、乾期にエビ養殖を実施する稲作—エビ養殖農家にも適用可能である。図に示されている小さな範囲は、稚エビを投入する池である。残りの大半の部分は、成長した稚エビを大きくして出荷まで飼育する池となる。このように稚エビの養殖場所と成長したエビの養殖場所を分離することで、稚エビの品質が悪い場合でも全体に被害が広がらない工夫がなされている。ただし、利用する水路の水がウイルスに汚染されている場合は、この様に分離しても効果がない。

エビ養殖に用いる汽水の気温と塩分濃度の急変は、通常の変換（雨期と乾期の繰り返し）では生じることはなく、急激な気候の変化によるものと考えられている。気温は、夜の気温が急に下がることで生じるが、これは主として乾期に発生する突風の影響があるが、特に夜間にその可能性が高いとされている。第二水産研究所によると、養殖池周辺の気温が下がった場合は、池内にある汽水の温度もそれに連動して低下することが指摘されている。ただし、これは表層部の汽水に関してだけであり、水深が十分にある場合の中位および低位の水深では水温の変化は殆ど無いとされている。よって、十分深い水深（80～100cm）をもった養殖池があれば突然の気温低下（水温低下）によるエビの衰弱は避けることが可能である。

一方、近年増えているとされる乾期における突然の雨は、一気に養殖池の汽水塩分濃度を低下させてしまう。この急激な塩分濃度の低下によって、多くのエビが弱り病気にかかり易くなると言われている。ただし、この場合も養殖池が十分深い場合は、中にある汽水の表面だけ塩分濃度が低下し、中位および低位の汽水における塩分濃度にはさほど変化は無い。汽水は淡水に比べて

単位体積重量が大きいと、淡水の下側に溜まり、逆に淡水は表面に留まる傾向にある。このことから、養殖池が十分な深さをもっていれば、影響が少ないことになる。

エビが死滅する、あるいは病気発生の引き金となる可能性が高くなるのは、気温の急激な低下に伴う水温の変化（主に低下）および突然の雨による塩分濃度の変化（主に低下）が主である。深い池は、これらの急激な変化を避けることが可能な施設である。しかし、エビ養殖と稲作とを順番に繰り返す稲作－エビ養殖では、水深を深くした場合は稲作が困難となる。これを解決するために、前出の改良型圃場が考案され、日中の水温が高まり日光の照射も十分な圃場中央では植物プランクトンが旺盛に増殖し、それを餌とする動物プランクトンも増え、そしてそれを餌とするエビもそこで成長が可能となる。気温の下がる夜間、あるいは急激な降雨に際しては圃場周辺に掘り込まれた掘りの中位か低位に留まることにより、急変する環境からの防御が可能となる。

## 6.8 ケース・スタディの IEE

ケース・スタディでは、現地における定点での採水と試験室における測定のほか、解析を多用した調査となった。よって、ケース・スタディの実施による環境への影響については想定されなかった。なお、詳細なケース・スタディの IEE 結果については、Appendix VIII VIII-3-2、「Table 3.2.1 Expected Environmental Impacts by the In-depth Studies」に添付している。

## 6.9 環境影響確認のための事前調査

全ての関連事業を事業コンポーネントとして取り入れた場合の影響（住民移転が発生する場合の規模など）について確認するため、事前に 254 世帯に対するセンサス調査およびインタビュー調査を実施した。この事前調査の結果、水路拡張により非常に多くの住民移転が必要な事実が判明した。その一方、ベトナム政府が現時点での水路建設を検討していることが明らかになった。さらに、事業から水路拡張のコンポーネントを除いて堰建設だけ実施した場合でも経済効果が発生することが確認された。よって、水門拡張は事業から外すものとする。

## 第7章 気候変動適応型開発計画策定のためのガイドライン（案）

本件調査では気候変動適応型開発計画を策定することを主眼としており、それについては4章で述べたとおりである。本章では、調査対象地域であるメコンデルタ沿岸7州において気候変動適応型開発計画を策定するため必要なガイドラインとして、計画策定手順に始まり、具体的な事業内容を述べるPDMの作成までを提示した。各項目及び手順においては、考慮すべき内容、留意点、取り組み方法などを解説し、従来型のマスタープランを活用した気候変動適応型マスタープランの作成方法を述べてある。

### 7.1 開発計画策定における手順

開発計画を策定するのに用いる手順を図7.1.1に示す。最初に、気候変動における課題をその優先順位と共に見出すために参加型ワークショップなどを通じて抽出する。この過程は図中上部に記載した部分に相当する。言うまでもないことであるが、政府内組織には中央政策レベルから村落レベルまで様々な事業計画があり、開発計画策定においてはこれらを参考としていく必要がある。この過程は図中左に示している。気候変動に対して

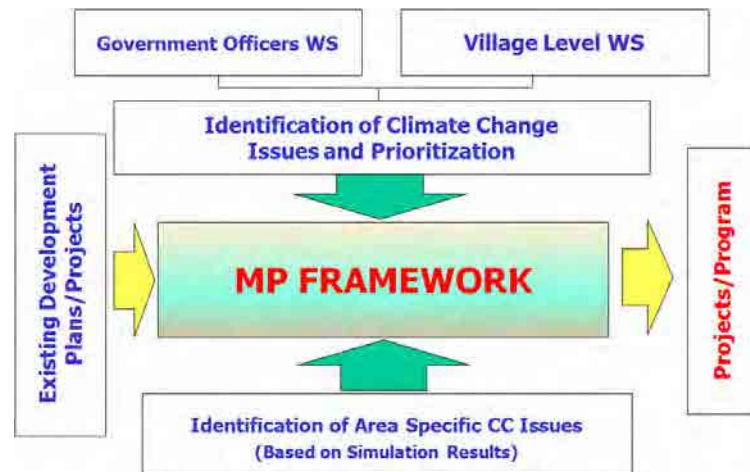


図 7.1.1 開発計画策定を支える全体構造

は、将来の気候変動を予測するための解析を実施する組織が必要であり、検討する内容としては気温、降雨、海面上昇、塩水侵入などである。この解析結果から、どの地域でどの程度の気候変動による課題が生じるかを把握することで、事業が必要な地域を特定することが可能となる。この過程は、図中下部に示している。これまで述べたことを踏まえて、開発計画の大きな枠組みが策定され、具体的な事業計画が策定されることとなる。

#### 7.1.1 政府職員による参加型ワークショップ開催

先に述べたとおり、最初の取り掛として政府職員による参加型ワークショップの開催が必要であり、日にちと場所を改めて村落レベルの参加型ワークショップがそれに続く。このワークショップにおいて、参加者は州ごとに気候変動における問題と優先順位を抽出しておく必要がある。この時、例えば参加型手法を用いるなどして、グループ割にした作業が望ましい。

このグループ作業による気候変動に関する課題の抽出と優先順位の指定において、参加者を出身地域別とすることが望ましい。そして、①それぞれの地域ごとに農業及び農村開発における課題を抽出し、②抽出された課題に対して全てに優先順位を与え、③その上でそれらの課題が気候変動に関係する或いは気候変動によって悪化するなどの判断をおこなった上で、④それら課題がどこで発生するかを明確にし、⑤それら課題がどの位深刻であるかの意見を集約するなどといった作業をおこなう。表 7.1.1 に気候変動における問題の抽出と優先順位付けについての例を示す。

表 7.1.1 沿岸部7省で抽出された気候変動に関する課題とその優先順位 (例)

No.	XXX XXX	Ben Tre	XX XX	XXX	Kien Giang
1	Saline intrusion	Saline intrusion	Drought, saline intrusion, lack of fresh water	Sea-level rise (saline intrusion, lack of fresh water)	Drought
2	Sea dyke breach	Lack of fresh water	Shoreline erosion	Temperature rise (drought, forest fire)	Saline intrusion
3	Shoreline erosion	Shoreline erosion	Flood-tide increasing (sea dyke breach)	Storm and tropical low pressure	Forest fire
4	Flood	Livelihood and health of farmers	Epidemic disease for fruits and livestock	Depletion of ground water resource	Sea-level rise
X	Inundation	Decreasing of mangrove forest		Rainfall pattern (uneven distribution)	Shore line erosion
XX	Change of the ecosystem	Storm/ Tropical low pressure			Inundation (flood)
XXX					Rainfall pattern (uneven distribution)

出典: JICA Project Team, based on the 1-day workshop held on October 27, 2011

グループ毎に抽出された課題と優先順位の発表に続いて、参加者全員で省として全体の課題と優先順位を決定する。本件調査の例では、塩水侵入が第一優先であり、以下、渇水（淡水の不足）、浸食及び防潮堤防の浸食、頻繁に生じる強風雨、洪水（浸水）、乾季の雨、森林火災などが続いた。

### 7.1.2 村落レベルの参加型ワークショップ開催

政府職員によるワークショップに続き、農村レベルの気候変動に関するワークショップ開催が望まれる。ワークショップの進め方については、政府職員によるものと同様か、或いは状況により改良を加えることも一策である。農民に気候変動についての認識を容易く認識してもらうためには、問題分析をツールとして用いる方法が提案される。これにより、問題を認識するだけでなく、順位付けが並行して実現可能である。

問題分析をマスタープランの作成に用いる方法は、従来のマスタープラン作成の方法とは少々意味合いが異なる。事業そのものを計画する場合においては、それ固有の問題を見つけ出すことが解決策＝事業ということになるが、マスタープランの作成においては全ての主要な問題を提起し、選択肢として各問題に対して優先順位をつけることが必要となる。それゆえに、事業を計画する上においてはより具体的な問題が求められるが、マスタープランの作成、特に気候変動に関するマスタープランの作成においては、より一般的な問題の提起が必要とされる。

計画を策定するに際しては、中心問題として選択されるのは、提起された全ての主要な問題（課題）を網羅できるように広がりをもつものである必要がある。ここに「人々の生活水準が低い」という中心問題があったとすれば、幅広い全ての領域（収入、健康、農作物、水産物、食糧生産等）に渡って気候変動が引き起こすであろう問題を包括することが出来るという視点で、マスタープランの中心問題としては望ましいと考える。

#### 原因分析から問題ツリーの作成:

- ・ 今ある問題（課題）の提起をする場合、理論的である必要はなく、問題そのものを抽出する（良い例：多くの稲作農民は田植えを線に沿っておこなわない。悪い例：農民は怠慢である。）
- ・ 一枚のカードには1つの問題だけを記入する（良い例：我々の収入は少ない。悪い例：あまり仕事が無いので、我々の収入は少ない。）
- ・ 否定的で説明の伴った文章をカードに記入（良い例：我々是不潔な水を飲料している。悪い例：水問題は・・・。）
- ・ 問題解決の方法を提示しない（良い例：適切な医療を受けることができない。悪い例：病院が無い：病院の他にも診療所、薬局、地域医療担当職員なども医療を受けることに関わるので、方法は一つではない）
- ・ 問題ツリーにおいて高い場所にある問題が、低い場所にある問題より重要な問題であるとは限らない。

囲みボックスの中に記載した手順に従った問題ツリーの例を以下に示す。

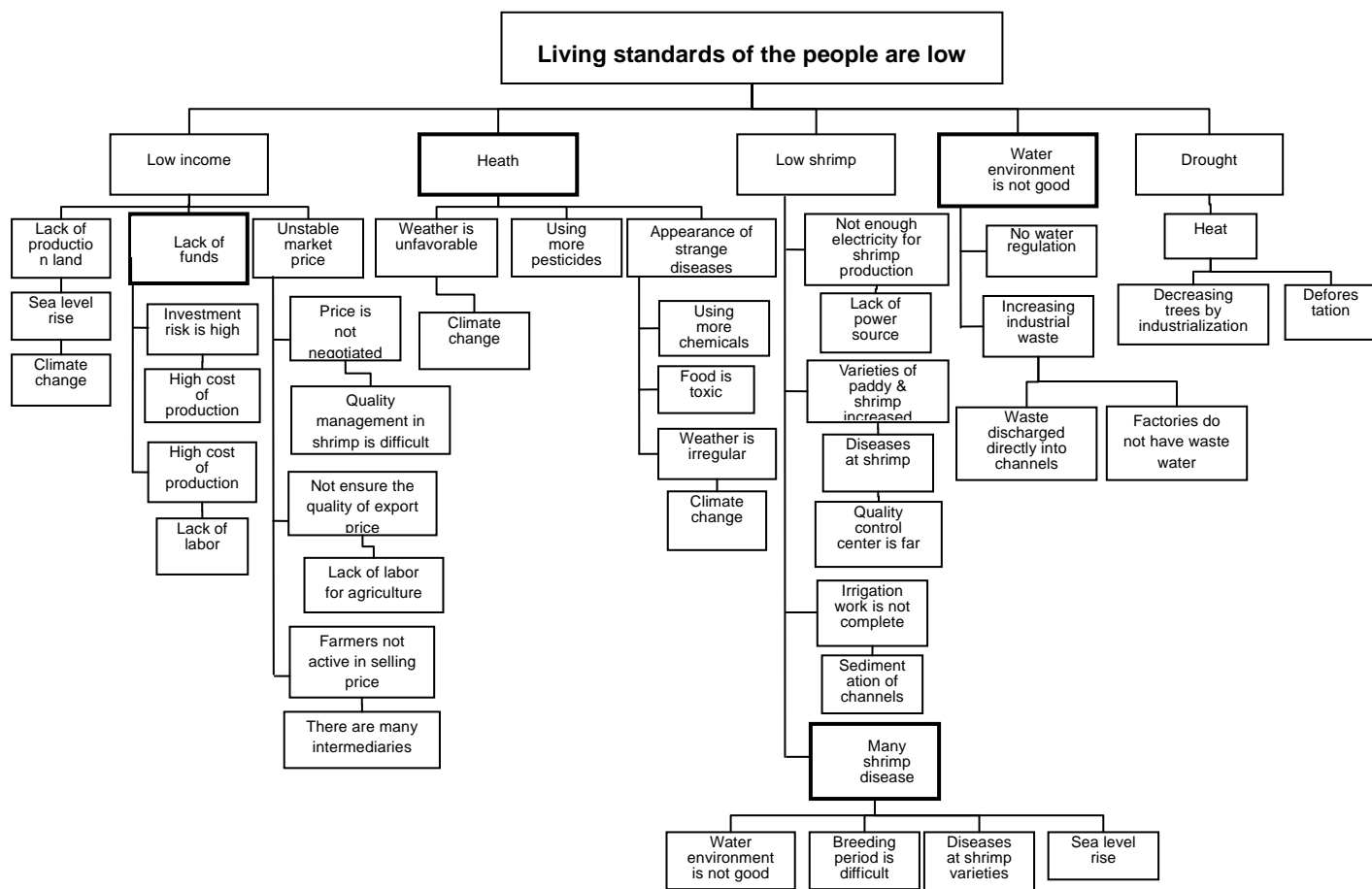


図 7.1.2 Ca Mau 省 Tran Thoi 村で作成された問題ツリーの例

問題分析について更に述べると、気候変動に関係するとされた問題については別途抜き出して更に話し合いをする必要がある。ここで気候変動に関わる全ての問題について村落レベルでまとめられたものを以下の表に示すが、多くの場合、渇水、塩水侵入、浸水、潮位上昇による浸水と豪雨などが確認される。この作業により、村落レベルで広く認識されている気候変動に関する課題を把握し順位付けをすることが可能となる。

表 7.1.2 各村落で作成された問題ツリーから抽出された気候変動に関する問題

Commune	Thuan Dien	An Binh Tay	Huyen Hoi	Vinh Hai	Phuoc Long	Tran Thoi	Nos.
Province	Ben Tre	Ben Tre	Tra Vinh	Soc Trang	Bac Lieu	Ca Mau	
Drought	●	●	●		●	●	5
Saline intrusion	●	●	●	●			4
Inundation	●				●		2
Flood tide	●			●			2
Heavy rain	●				●		2

出典: JICA Project Team, based on the Problem Analysis

さて、一連のワークショップで提起された問題と既存の計画を見直すことで、開発のための枠組みが作成される。この枠組みには必要とされる事業やプログラムも記載され、各事業及び各プログラムは PDM (Project Design Matrix)の形で提示されることとなる。



## 7.2 開発のための枠組み作成

「ベ」国政府にとって、また全ての開発関係機関にとって開発のための枠組みは開発計画におけるガイドの役割を果たす筈である。なぜなら、そこには各省における具体的な開発項目が記載され、それぞれの項目ごとに気候変動に関連した優先順位が地域（省）別に付けられているからである。更に、対象となった地域で活動をするあらゆる組織にとって、どの地域でどの様な対策をどの様な優先順位で講じれば良いのか一目瞭然量善であるという利点もある。

開発のための枠組みの中には、優先順位が付けられた気候変動に関わる課題、適応ビジョンに到達するために必要とされる適応戦略、更に具体的な対策である事業及びプログラムなどの異なる階層が盛り込まれる。この枠組みの中では、それぞれの階層において優先順位が設けられ、限られ予算の中から実施対象を検討するための助けとなる。

事業の対象地域は通常ある範囲に限定されるが、このマスタープランでは7省を包括している。このため、枠組み内で示される事業やプログラムは具体的な範囲（省）との関係が示されていないからではない。この関係を明示することで、どの事業或いはプログラムをどの地域（省或いは郡）で実施しなければならないかを把握でき、加えてそれらの優先順位によって各地域の特性に応じた開発介入を見出し、予算配分による投入効果を増幅させることが可能となる。以下に開発のための枠組みの例を示す。

Priority	Vision	CC Issue	Rank	Adaptation/Coping Strategy	No.	Program/Project	Necessary Project by Province						
							TG	BT	TV	ST	BL	CM	KG
Higher ↑ ↓ Lower	Livelihood and life are sustained by adapting to and coping with climate change based upon a variety of structural and non-structural development interventions	1. Saline Water Intrusion 1st Priority	1.1	To prevent saline water intrusion	1.1	Installation of tidal sluice gates project		●	○		⊗		○
					1.2	Rehabilitation of existing tidal sluice gates	●	○		●		○	●
					1.3	Construction of new intake (upper stream)	⊗			⊗	●		○
			1.2	To utilize saline water	1.4	Introduction of extensive shrimp culture	○	●	○			●	
					1.5	Introduction of paddy-shrimp culture	●		○	●	⊗		○
					1.6			○				○	●
		2. Drought 2nd Priority	2.1	To conserve fesh water	2.1	Water saving cultivation programme	○			○	○	●	
					2.2	Introduction of salt tolerant varieties programme	⊗				●	⊗	
					2.3		●			⊗			⊗
					2.4			⊗		●		○	
		3. Sea-level Rising 3rd Priority	2.1	To protect seashore line	2.1	Sea dyke construction project	○			○	○		
					2.2	Seashore line forestation project (Mangrove)							
		4. Flood 4th Priority	3.1	To prevent inundation	3.1	Ring embankment construction project							
					3.2	Drainage pumping construction project							
					3.3								
		5. Change of Rainfall Pattern	3.1		3.1								

図 7.2.1 開発のための枠組み（例）

ここで紹介した開発のための枠組みは一種のツリー構造を持っており、一番左にある適応ビジョンに始まり、階層を一つ下りて優先順位に従って並べられた気候変動課題、更に優先順位に従って並べられた適応戦略、最後には戦略実現のための事業及びプログラムに至る。気候変動課題は当然のことながら一連のワークショップで抽出・優先順位付けされたものを参考とし、これに政府を含め開発関係機関が実施・計画している事業・プログラムなどを考慮して決定される。

気候変動に関わるマスタープランの作成において、将来予測のための解析が利用される。例えば塩水侵入、洪水の発生などであり、この解析によってどの地域がどれ位被害を被るかが確認され、介入の必要な場所が決定される。図 7.2.2 にメコンデルタにおける 4 月の塩水侵入予測解析の例を示すが、これにより Ben Tre 省及び Ca Mau 省において深刻な影響が引き起こされることが確認される。従って、塩水侵入に関する対策は、これらの省における優先順位を他の省に比べて高位に設定するか、また逆に汽水エビの養殖を推進するかなどの対策を掲げるべきである。

枠組みの中に記載された事業及びプログラムの右欄には●, ◎, ○を記載する欄が設けられており、この記号によりどの事業をどの省で実施すべきかが解析の結果に基づいて示されている。この欄の優先順位付けは全体の優先順位上位から下位までの課題を横断的に省毎に選択でき、本報告書では○を優先、◎を更に優先、●を特に優先として示した。

### 7.3 PDM（事業概要）の作成

事業及びプログラムの内容については、PDM に落とし込むことで説明される。PDM には、事業名、優先される省名、対象グループ、事業実施機関、協力機関、事業目的、事業の背景、事業実施期間、想定される成果、関係する活動、事業費及び想定される事業基金、事業のリスク、必要と考えられる環境影響調査の段階（A:影響大、B:影響弱、C:影響なし）などが網羅される。以下に PDM の例を示す。

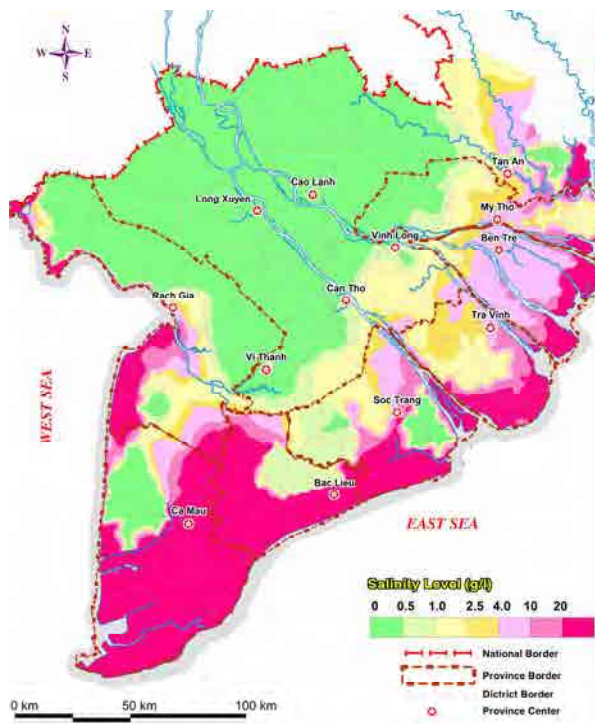


図 7.2.2 将来予測のための塩水侵入解析の例（4月）



## 第8章 結論と提言

### 8.1 結論

本件調査で作成したマスタープランは、以下の観点からメコンデルタ沿岸7省の農業・農村開発セクターにとって、メコンデルタで生じつつある種々の気候変動に対処し、また適応する最も適切かつ包括的なアプローチであると判断する。よってベトナム国政府は自国予算あるいはドナーからの支援も考慮の上、本マスタープランに則って沿岸各省の開発に着手すべきであると結論付ける。

- 1) 開発計画作成にあたっては、各省の DARD 職員、省の人民委員会のメンバー、またコミュニティのメンバーやリーダーなどの関係するステークホルダーからの意見を取り入れている。これらステークホルダーは、各々の地域が置かれた状況を分析するのみならず、計画立案の過程を通して、直面する課題を抽出して優先順位を付けたり、気候変動に関連する問題を特定し、それらに優先順位を付けるといった様々な課題に対して合意形成を図った。すなわち、本件調査で策定した開発計画は、調査団や CP 機関による分析・提言のみならず、政府職員や住民による優先度や緊急度が反映されたものである。
- 2) 本件調査で作成した開発フレームワークは、関係する中央、省の職員がメコンデルタの沿岸各省の開発プロジェクトを実施しようとする際に、最善の指針となり得る。本フレームワークでは、どのプロジェクトをどのような優先度で実施すべきであるかといった具体的な開発のコンポーネントと優先順位を、気候変動に関する課題毎、地域（省）毎に示している。さらに、メコンデルタ沿岸地域の開発に関与するドナーにおいても、本フレームワークを参照すれば、開発事業をどのような優先度でどこから実施したら良いかの知見を得ることができる。このようにして、フレームワークは、全ての開発パートナーが連携する際の開発のプラットフォームとしても機能する。すなわち、本フレームワークの活用によって、全体としてバランスの取れた開発の速度を上げることができる。

### 8.2 提言

本件調査でのマスタープラン策定作業を通じて、事業を計画あるいは実施する際の教訓となる課題と対処の事例が得られた。これらは、今後、調査対象地域の開発をマスタープランにそって実施する際に多くの示唆を与える。これらを提言として以下に述べる。

- 1) MARD と SIWRP は、本件調査で策定したマスタープランをベトナム国の他の省・地域、とりわけ気候変動の脅威に直面している他の沿岸省や地域にも導入すべきである。気候変動による影響に対応・適応する方法に焦点を当てた開発プラン策定の新しいアプローチを導入することで、他の省・地域もこのマスタープランから恩恵を受けることができる。実際、ベトナム国の特徴の一つは、3,400km を超える長い海岸線にあり、このことは、多くの省が例えば海水面の上昇や塩水侵入といった気候変動の影響を受けざるを得ないことを示している。このマスタープランでは、気候変動の観点から具体的な開発計画策定手法を示しているため、この手法を同様の省や地域に紹介すれば、従前の開発計画や開発活動を改善することができる。
- 2) マスタープランを実施する過程においては、SIWRP が幹事となって7つの沿岸省から構成される調整委員会を設けるべきである。ベトナム国では開発提案書は、通常、省の DARD が個別に準備し、省の人民委員会を通じて中央政府に提出される。関係する省に、

優先度に応じた開発資金をバランスよく配分するとの観点に立てば、開発提案書の準備段階から調整を始めるべきである。一つの例としては、塩水侵入防止水門建設プロジェクトがある。当該事業は、マスタープランフレームワークの中では、最も高い優先度が与えられている。沿岸7省には多くの水門建設計画があるが、7省間での調整はなく、最も優先順位の高いゲートの整備が必ずしも実施されていない可能性がある。これを避けるためには、調整委員会を設立した上で、一同に会してマスタープランを参照すべきである。

- 3) マスタープランは、関係する DARD や SIWRP に対し、いつ実施すべきかという時間軸を持った具体的な開発プロジェクト・プログラムを提示しているが、実施においては柔軟に対応すべきである。マスタープランは、将来発生する気候変動の影響を考慮して策定されているが、気候変動による影響は本質的に不確実性を有するものである。事実、気候変動シナリオでさえ、IPCC の第4次アセスメントレポート（2007）は4つのシナリオを提示している。発展の速度と成長は人口、経済活動、統治機構、社会価値、技術革新の形態など多くの要因に依存するので、どのシナリオが最も起こりうるかを予測することは困難である。将来の気候変動予測においてはこのような不確実性があるので、マスタープランは発生している気候変動の規模を参照しながら毎年レビューすべきであり、その結果に応じて事業実施の年度等の修正を行うことが必要である。
- 4) 上記3)の問題と関連して、メコン河の将来流量も大きな不確実性を有している。上流域には、建設済みもしくは建設中の水力発電ダムが存在し、さらに水力発電ダムを含むいくつもの開発計画がある（中国領だけで既に4つの大規模ダムが建設され、2011年時点ではさらに10ヵ所以上のダムが計画されている）。上流域の開発、特に水力発電ダムの建設は、メコン河下流域の流況に大きな影響を与える。発電ダムは、雨期の間には洪水を貯留し、乾期には発電のために貯留水を放流するので、メコン河の乾期の流量は増加する。増加したメコン河流量は海水の浸入を押し流し、その結果、予想されたような塩水による被害が発生しない可能性もある。このような事態を勘案すれば、マスタープランは気候変動の規模のみならず、メコン河の流量変化にも着目して毎年のレビューを行うべきである。
- 5) したがって、気候変動の影響を考慮した開発においては、「後悔しない投資」を常に考えなければならない。既に述べたように、将来のメコン河の流況は不確実性を有している。メコン河の塩水侵入をもたらす海水面の上昇は、ある程度の確度で発生する。しかしながら、塩水侵入は河川の流れの形態に大きく影響される。よって、上流部の開発は、乾期の流量を増大させる方向に働き、海水面が上昇しても塩水の浸入が深刻な問題とならないかもしれない。このような将来の不確実性を考えると、例えば、メコン河河口に潮止堰を設置するような大規模な投資がなされた場合、その投資は意味のないものとなる可能性をはらんでいる。このような観点からは、一ヵ所に一度に大規模な投資を行うことは、「後悔する」投資に終わる可能性があるため推奨されない。マスタープランは、そのような大規模な投資を含まず、非構造的な方策も含む幾つもの中小規模のプロジェクトから構成されている。