



フィリピン共和国
公共事業道路省



独立行政法人
国際協力機構



フィリピン共和国
カビテ州政府

フィリピン国 カビテ州ローランドにおける 総合的治水対策調査

最終報告書

第3巻 気候変動対策

平成 21 年 2 月
(2009 年 2 月)



株式会社 建設技研インターナショナル



日本工営株式会社

本調査（フイージビリティ調査）に使用した為替レート

US\$ 1.00 = PhP. 46.979 = JpY. 105.904

Jp¥ 1.00 = PhP. 0.4413

(2008年9月30日公定レート)



フィリピン共和国
公共事業道路省



独立行政法人
国際協力機構



フィリピン共和国
カビテ州政府

フィリピン国 カビテ州ローランドにおける 総合的治水対策調査

最終報告書

第3巻 気候変動対策

平成21年2月
(2009年2月)



株式会社 建設技研インターナショナル



日本工営株式会社

序 文

日本国政府はフィリピン共和国政府の要請に基づき、同国の「カビテ州ローランドにおける総合的治水対策」にかかる開発調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成 19 年 3 月から平成 21 年 1 月までの間、5 回にわたり、株式会社建設技研インターナショナルの乙川牧彦氏を総括とし、同社および日本工営株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

また、同期間、国内支援委員会を設置し、本件調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議を行いました。

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

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

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

平成 21 年 2 月

国際協力機構
理事 松本 有幸

伝 達 状

独立行政法人国際協力機構
理事 松本 有幸 殿

今般、フィリピン共和国におけるカビテ州ローランドにおける総合的治水対策調査にかかる調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴機構との契約に基づき、株式会社建設技研インターナショナルおよび日本工営株式会社の共同企業体が、平成 19 年 3 月から平成 21 年 2 月までの間に実施して参りました。

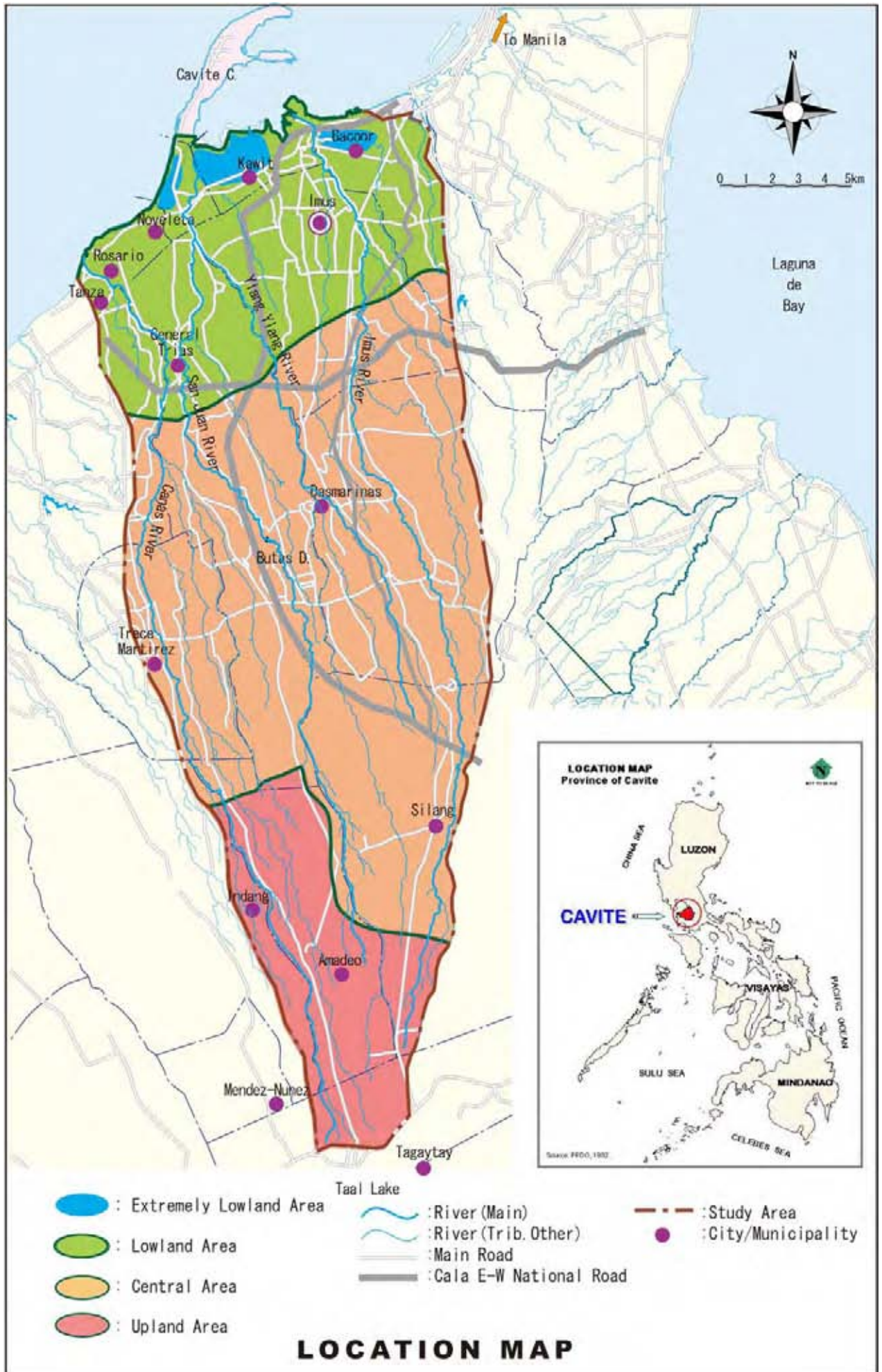
今回の調査においては、フィリピン国先方政府の現状を踏まえ、構造物対策と非構造物対策とからなる持続可能な総合治水対策のマスタープランを策定し、優先事業に対するフィージビリティ調査を実施しました。報告書は、要約および主報告書(第1巻：マスタープラン調査、第2巻：フィージビリティ調査、第3巻：気候変動対策)から構成されております。

なお、同期間中、日本政府特に貴機構、外務省、およびその他関係方面の方々に多大な協力を賜りましたことを、この機会を借りて、厚く御礼申し上げます。また、調査期間中、フィリピン国公共事業道路省とカビテ州および各地方自治体、その他関係機関より頂きました協力と支援について深く感謝いたします。

貴機構におかれましては、本計画の推進に向けて、本報告書が大いに活用されることを切望する次第です。さらに、これを機会として両国の友好関係がより深まることを祈念いたします。

平成 21 年 2 月

乙川 牧彦
株式会社建設技研インターナショナル
カビテ州ローランドにおける総合的治水対策調査団
総括 乙川 牧彦



Cavite C.

To Manila

Bacoor

Kawit

Imus

Novaleca

Rosario

Tanza

General Trias

San Juan River

Caspas River

Ylang-Ylang River

Imus River

Dasmariñas

Butas D.

Trece Martires

Silang

Indang

Anandao

Mendez-Nubez

Tagaytay

Taal Lake



0 1 2 3 4 5km

Laguna de Bay

LOCATION MAP
Province of Cavite



Source: PDO, 1992

報告書の構成

和文要約

第1巻： マスタープラン調査

第2巻： フィージビリティ調査

第3巻： 気候変動対策

Volume 4： Appendix (英語版のみ)

目次

第3巻 気候変動対策

序文

伝達状

Location Map

報告書の構成

目次

略語一覧

	頁
第1章 調査対象地域の概要.....	1
1.1 調査対象地域の地形.....	1
1.2 調査対象地域の洪水への脆弱性.....	1
第2章 流域の土地利用変化による洪水流量の増加.....	3
第3章 調査地域に与える気候変動の影響.....	4
3.1 気温の上昇.....	4
3.2 暴風時の降雨量増加.....	6
3.3 海面上昇.....	8
第4章 調査対象地域での洪水状況の深刻化.....	9
4.1 都市化および気候変動による降雨量の増加による洪水の深刻化.....	9
4.2 海面上昇と高潮の影響による洪水の深刻化.....	10
第5章 構造物対策による洪水軽減計画.....	12
5.1 遊水池の建設と河川の部分改修.....	12
5.2 内水排除と高潮洪水対策.....	13
5.3 新規住宅区域での防災調整池の建設.....	14
第6章 気候変動に対する構造物対策.....	15
6.1 気候変動への基本対策案.....	15

6.2	河川洪水対策.....	15
6.2.1	河川改修の最小化.....	15
6.2.2	遊水池による補足的洪水貯留機能の確保.....	18
6.2.3	防災調整池による補足的洪水貯留機能の確保.....	19
6.3	海水面の上昇および高潮対策.....	19
6.4	内水氾濫対策.....	21
第7章	気候変動の非構造物対策.....	23
7.1	土地利用管理.....	23
7.1.1	過度の土地開発の抑制.....	23
7.1.2	河川域への侵出抑制.....	24
7.2	洪水警報避難システムの確立.....	26
7.2.1	洪水警報避難システムの対象地域.....	26
7.2.2	段階的洪水警報避難.....	27
7.2.3	洪水状況のモニターの方法.....	27
7.2.4	洪水警報避難システムのための連絡体制.....	27
7.3	洪水管理と気候変動のモニターに関する組織の設立.....	28

表目次

表 1	調査対象地域内河川	1
表 2	調査地域の地形	1
表 3	最近の代表的な洪水被害	2
表 4	21 世紀末での地球の平均気温上昇	4
表 5	地球温暖化によるフィリピン地域での気温上昇	5
表 6	地域気温上昇と地域豪雨時降雨量増加率の関係	6
表 7	将来の確率 2 日雨量	6
表 8	将来の地球平均海面上昇	8
表 9	都市化と気候変動による浸水区域と浸水家屋の増加 (10 年確率洪水).....	9
表 10	マニラ湾での現在と将来の海水位	10
表 11	河川改修に伴う移転家屋数	17
表 12	遊水地 I1 の必要面積 (対象規模 : 10 年確率洪水)	19
表 13	気候変動による確率 1 時間雨量の増加	22
表 14	2020 年までのゾーニング計画	24
表 15	段階的洪水警報と避難方法	27
表 16	洪水対策委員会委員 (案)	29

図目次

図 1	調査対象地域図	1
図 2	調査地域の現況および将来の土地ゾーニング	3
図 3	流域の都市化による洪水流量の増加	3
図 4	地球平均気温上昇	4
図 5	気温の長期変化 (Sangley 岬気象観測所)	5
図 6	地球の平均気温の上昇とフィリピンでの気温上昇	5
図 7	地域気温上昇と地域豪雨時降雨量増加率の関係	6
図 8	Imus 川下流端での洪水流出波形	7
図 9	年最大日雨量及び 6 時間雨量 (Sangley 岬気象観測所)	7
図 10	地球での平均海水面の上昇	8
図 11	マニラ湾での海水面の長期間変移記録 (観測 : マニラ南港)	8
図 12	10 年確率洪水における浸水区域	9
図 13	下流地域の地盤標高	10
図 14	遊水池と河川の部分改修計画	12
図 15	内水排除計画と高潮洪水対策	13
図 16	海岸堤防の標準断面	13

図 17	防災調整池の構造概要	14
図 18	2 日雨量と再現確率の関係	15
図 19	遊水地有り無しでの標準断面(堤防かさ上げの場合).....	16
図 20	遊水地有り無しの場合の計画高水位 (DHWS) 縦断図 (堤防かさ上げの場合)	16
図 21	洪水貯留施設有り無しの場合の河道線形および標準断面 (河道幅の場合)	17
図 22	調査対象地域下流におけるゾーニング	18
図 23	防災調整池の構造概要	19
図 24	海岸道路の延長と埋立て工事	20
図 25	海岸堤防の計画法線	20
図 26	コンクリート製重力海岸堤防とパラペット壁海岸堤防の標準断面	21
図 27	街路下暗渠概念図	22
図 28	マスタープランで計画した内水排除システムと気候変動対策	23
図 29	調査対象地域におけるゾーニング計画案	23
図 30	河川域への建築物の侵出状況	25
図 31	洪水警報避難システムの対象地域と洪水避難センターの位置	26
図 32	洪水警報避難活動に関する通信系統	28

写真目次

写真-1	2000 年 10 月台風 Reming による豪雨で洪水が河川を越水 (Source: IDI-Japan)	1
写真-2	2000 年 10 月台風 Reming による洪水後、橋梁の下に 堆積した土石 (Source: IDI-Japan).....	1
写真-3	内水氾濫：排水路よりあふれている(2007 年 8 月本調査団による).....	1
写真-4	高潮位による浸水(2007 年 8 月本調査団による).....	1
写真-5	2007 年 10 月 1 日の高潮の痕跡	11
写真-6	既設の防災調整池 (日本の例)	14
写真-7	現況河道	15
写真-8	洪水警報避難のための河川水位マークの例	27

略語一覧

BDCC	バランガイ災害対策審議会 Barangay Disaster Coordinating Council
CARP	総合農地改革プログラム Comprehensive Agricultural Reform Program
CCSR	気候システム研究センター Center for Climate System Research
CDCC	市災害対策審議会 City Disaster Coordinating Council
CENRO	市環境天然資源事務所 City Environment and Natural Resources Office
CEO	市エンジニアリング事務所 City Engineering Office
CPDO	市開発計画事務所 City Planning and Development Office
DENR	環境天然資源省 Department of Environment and Natural Resources
DPWH	公共事業道路省 Department Public Works and Highways
EL.	標高 Elevation
FMC	洪水対策委員会 Flood Mitigation Committee
FWES	洪水警報避難システム Flood Warning and Evacuation System
ICAS	気候変動対策科学研究所 Institute for Global Change Adaptation Science
IDI-Japan	国際建設技術協会 International Development Institute, Japan
IEC	情報、宣伝、啓蒙 Information and education campaign
IPCC	気候変動政府間パネル The Intergovernmental Panel on Climate Change
JICA	国際協力機構 Japan International Cooperation Agency
MDCC	町災害調整委員会 Municipality Disaster Coordinating Council
MENRO	町環境天然資源事務所 Municipality Environment and Natural Resources Office
MEO	町技術事務所 Municipality Engineering Office
MPDO	町開発計画事務所 Municipality Planning and Development Office
MSL	平均海水位 Mean Sea Level
NAMRIA	国土地理院 National Mapping and Resource Information Authority

NIA	国家灌漑庁 National Irrigation Authority
O&M	運用と維持 Operation and Maintenance
PAGASA	気象庁 Philippine Atmospheric, Geophysical, and Astronomical Services Administration
PDCC	州災害調整委員会 Provincial Disaster Coordinating Council
PENRO	州環境天然資源事務所 Provincial Environment and Natural Resources Office
PEO	州技術事務所 Provincial Engineering Office
PG-ENRO	州政府-環境天然資源事務所 Provincial Government-Environment and Natural Resources Office
PHUDO	州住宅都市開発事務所 Provincial Housing and Urban Development Office
PNP	フィリピン国家警察 Philippines National Police
PPDO	州開発計画事務所 Provincial Planning and Development Office
SAFDZ	農水産開発戦略地域 Strategic Agricultural and Fishery Department Zone
SRES	排出シナリオ報告書 Special Report on Emission Scenarios
TIGS	サステイナビリティ連携研究機構 Trans-disciplinary Initiative for Global Sustainability/Center
Ha	ヘクタール Hectare

第1章 調査対象地域の概要

1.1 調査対象地域の地形

調査地域はマニラ湾に注ぐ Imus、San Juan、Canas の 3 河川流域をカバーする 407.4km² の範囲で、これら 3 河川流域はカビテ州の東部に位置し、マニラ首都圏に隣接する。下記にそれぞれの河川の集水面積と延長を示す。

表 1 調査対象地域内河川

河川名	集水面積 (km ²)	延長 (km)
Imus	115.5	45.0
San Juan	147.76	43.4
Canas	112.32	42.0
残流域	32.84	-
合計	407.4	

調査対象地域は南より北に向かって傾斜しており、地形より 4 区分される。それらは、(a)海岸部最低平地、(b)ローランドエリア、(c)中流丘陵地、(d)上流山地部で、下記にそれぞれの区分の面積、平均勾配、標高を示す。

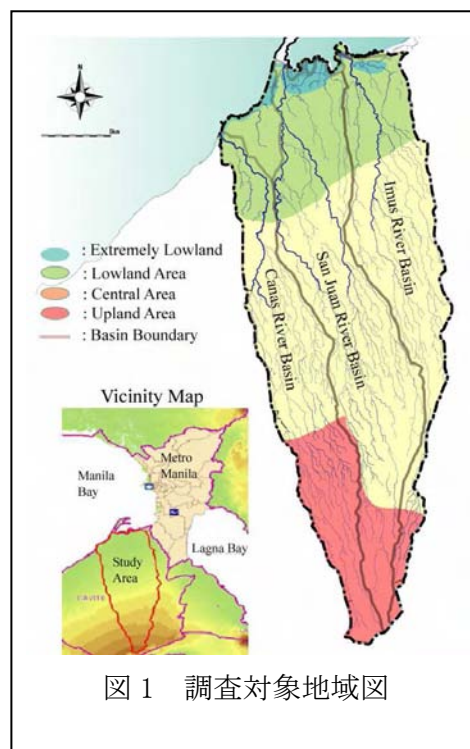


図 1 調査対象地域図

表 2 調査地域の地形

区分名	面積(km ²)	平均勾配 (%)	標高 (EL. m)	区分内の市/町
最低平地	4.0	ほぼ平坦	0 ~ 2	Bacoor, Kawit, Noveleta, Rosario
ローランドエリア	97.5	0.5%以下	2 ~ 30	Bacoor, Kawit, Noveleta, Rosario, General Trias, Imus, Tanza
中流丘陵地	236.7	0.5% ~ 2%	30 ~ 400	Trece Martires City, Dasmariñas, Indang, Silang
上流山岳地	69.2	2%以上	400 ~ 650	Amadeo, Tagaytay
合計	407.4			

1.2 調査対象地域の洪水への脆弱性

Imus、San Juan、Canas の 3 河川が流下する調査地域は、元来海岸沿いの低平な地形による排水不良とマニラ湾の高潮位による恒常的な浸水、河道流下能力の不足による越水氾濫など、洪水の頻発する地域である。そのような状況にもかかわらず洪水対策に十分な配慮のないまま市街化が急速に進みつつある。特に、以下のような背景から洪水被害は受容の限界を超えた状況になりつつあるといえる。

- (1) 干潟や草地等の従来洪水の自然遊水効果をもった地域に対し埋立て・造成が進み、流域の洪水貯留能力が低減し、洪水ピーク流出量が増加しつつある。
- (2) 従来より洪水の常襲地域であった地区にまで宅地化が進み洪水被害ポテンシャルが増加しつつある。
- (3) 河川や排水路沿いの地域が住宅密集地区となり、それらから水路への大量のゴミの投棄により、河川・排水路の流下能力が低下し、さらに水環境に重大な悪影響が発生している。

Imus、San Juan、Canas の洪水氾濫が 2000 年以降 2008 年の 9 年間には 4 回も発生し、死者を伴う多数の家屋被害を引き起こしている。さらに海岸沿いの低平地区では雨水と高潮により、毎年数

十万の住民の生活と経済活動に重大な支障が発生している（表3及び写真-1から4を参照）。このような常襲的な洪水は生活環境のみでなく、カビテ州の経済社会の正常な発展を阻害している。

表3 最近の代表的な洪水被害

生起日時	台風名	被害地域	備考
2000年10月	Reming	Lowland Area (Bacoor, Noveleta, Rosario, Imus, Kawit etc.)	死者：10名 被災人口：380,616人
2002年7月	Gloria	Lowland Area (Bacoor, Noveleta, Rosario, Imus, Kawit etc.)	死者：無し 被災人口：173,075人
2002年7月	Inday	Lowland Area (Bacoor, Noveleta, Rosario, Imus, Kawit etc.)	死者：1名 被災人口：168,025人
2006年9月	Milenyo	Lowland Area (Bacoor, Noveleta, Rosario, Imus, Kawit etc.) and General Trias	死者：28名、行方不明：18名、 負傷者：61名、避難：28,322名 被災人口：196,904人



写真-1 2000年10月台風 Reming による豪雨で洪水が河川を越水 (Source: IDI-Japan)



写真-2 2000年10月台風 Reming による洪水後、橋梁の下に堆積した土石 (Source: IDI-Japan)



写真-3 内水氾濫：排水路よりあふれている。(2007年8月本調査団による)



写真-4 高潮位による浸水(2007年8月本調査団による)

第2章 流域の土地利用変化による洪水流量の増加

洪水被害軽減について、調査地域で最も深刻な問題の1つは、現在の過剰な都市化の進行である。

市街化区域（住宅地、工業地、商業および公共施設）は2003年現在約26%で、周辺の地方自治体（1市13町）は2020年には市街化区域が65%になるという土地利用ゾーニング計画を準備している（図2参照）。

市街化区域が拡大するにつれ、舗装や家屋・ビルディング、ならびにその他の不透水性の構造物で覆われた面積が増加し、その結果、降雨が地下に浸透しにくくなり洪水の表面流出が増加することとなる。

洪水流出解析によると、10年確率洪水のピーク流量は、Imus川とSau Juan川下流端でそれぞれ950m³/sと650m³/sと算定される。

一方、図3に示すように、地方自治体想定 of 流域全体の65%が市街化区域となる条件化では、この流量がImus川で1,500m³/sおよびSan Juan川で900m³/sとなる。

JICA調査団は、地方自治体作成の土地利用ゾーニング計画の背景および内容を見直し、この計画は調査地域の人口や経済の成長率から判断するとやや根拠に欠けると結論付けた。そこで調査団は、2020年までの適当な社会経済成長を前提として土地利用計画代案を作成した。と、同時に、この代案は洪水流量の低減に大きく寄与する。この代案での市街化区域は図2に示すように、約43%と推定されている。詳細な土地利用ゾーニングについては7.1節に述べる。

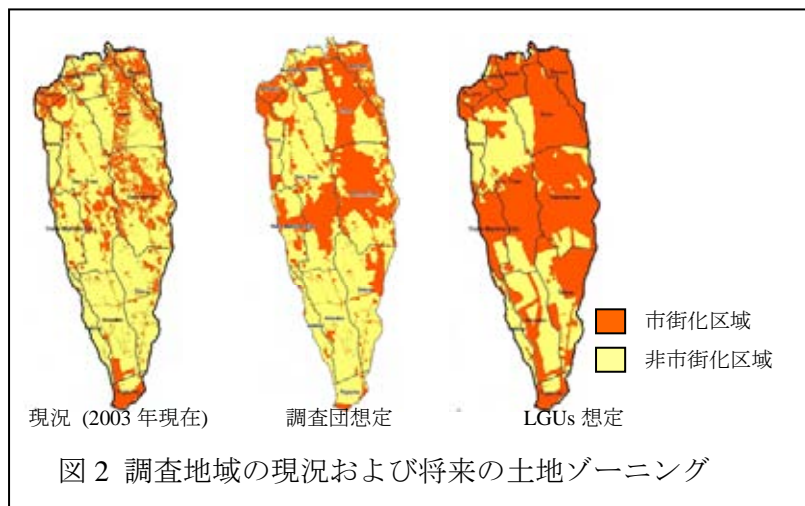
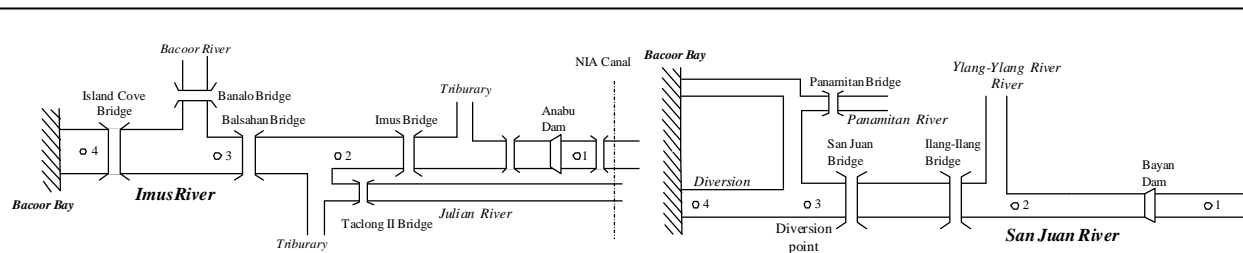


図2 調査地域の現況および将来の土地利用ゾーニング



Point No.	Imus River			San Juan River		
	Present Urbanized Ratio	Urbanized Ratio in 2020 proposed in the Study	Urbanized Ratio in 2020 proposed by LGUs	Present Urbanized Ratio	Urbanized Ratio in 2020 proposed in the Study	Urbanized Ratio in 2020 proposed by LGUs
1	420	500	650	330	350	430
2	600	700	900	440	460	600
3	750	1,000	1,250	800	850	1,100
4	950	1,200	1,500	650	700	900

図3 流域の都市化による洪水流量の増加

第3章 調査地域に与える気候変動の影響

近年、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）により気候変動の影響の拡大が指摘されている。気候変動には、本調査対象地域の洪水状況をさらに悪化させ得る気温の上昇や降水量の増加、海水面の上昇が含まれている。そこで、本調査対象地域における気候変動による影響を検討するため、IPCCの調査結果および長期間の観測データに基づく分析を行った。

3.1 気温の上昇

IPCCは二酸化炭素、一酸化窒素およびメタンガスのような温室効果ガスや硫酸塩の全排出量に係わるいくつかの排出シナリオ（SRES）に基づいて次のようなグローバルな気温の変化を推定している。平均気温は温室効果ガスおよび硫酸塩の増加により21世紀末までに1.8～4.0℃上昇する（表4及び図4参照）。

地球規模の経済発展と人口増加が急速に進み、エネルギーシステムとして化石燃料が使われるというシナリオのA1FIにおいては、最も大きな気温上昇が予想されている。一方、同様の経済発展と人口増加であるが、経済構造がサービスと情報を中心とした原材料の消費を減らしクリーンで効率的な資源利用が出来る技術の導入を前提としたシナリオB1では、最小の気温上昇が想定されている。

表4 21世紀末での地球の平均気温上昇

シナリオ	1980-1999年の平均気温から2090-2099年の平均気温(°C)の上昇	
	基本計算	想定される範囲
B1	1.8	1.1-2.9
A1FI	4.0	2.4-6.4

出典： IPCC 2007, Summary for Policymakers.

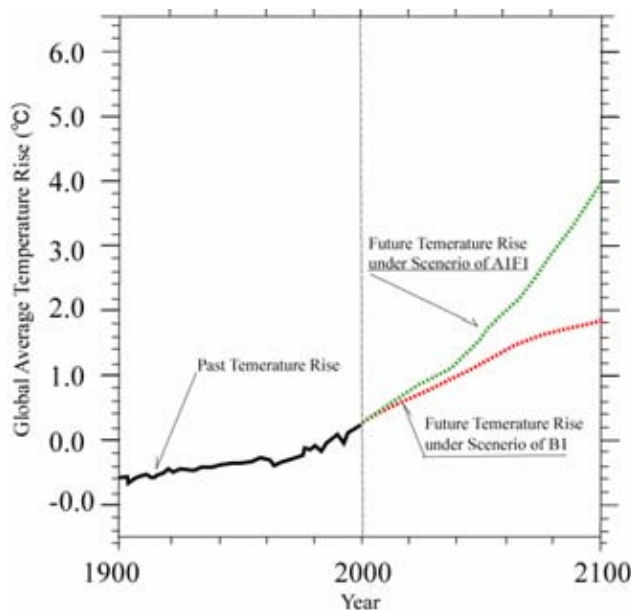


図4 地球平均気温上昇

(Consecutive Average Temperature Rise as the Base of Value in 1980-1999

Source: IPCC 2007, Summary for Policymakers)

調査対象地域での過去の気温観測結果は上記の気温上昇を反映している。当地域に隣接するSanglay 岬気象観測所における1974年から2006年の年平均気温観測記録を下図5に示す。同図では特に1990年代後半から2000年代にかけて気温上昇が見られる。

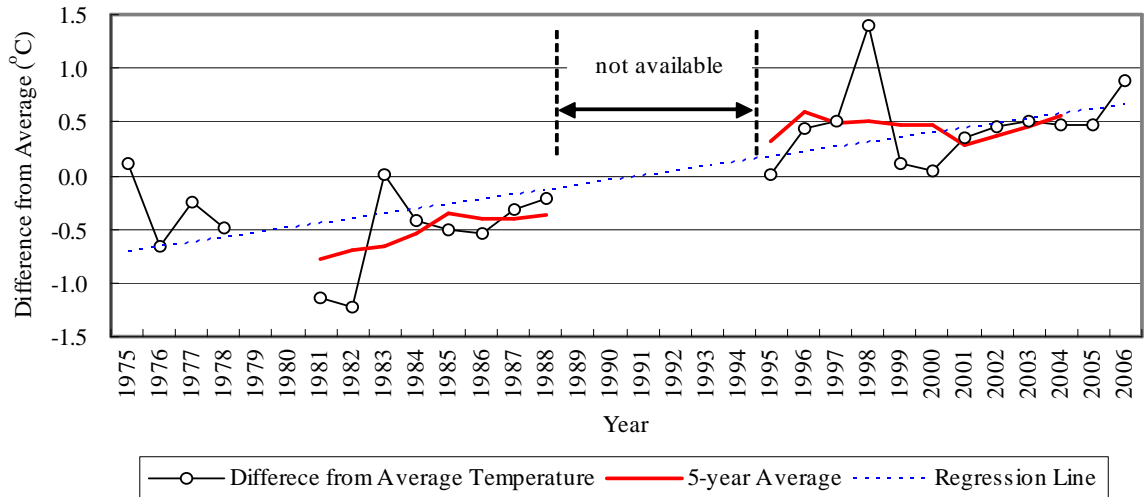


図5 気温の長期変化
(Sangley 岬気象観測所)

地球規模の気温とフィリピンの地域平均（東経 116.0～126.0 度、北緯 9.0～19.0 度の約 1,000km 四方の地域）の気温との関係については、東京大学の TIGS/CCSR が IPCC の第 4 回評価報告に使用されたモデルを用いてシミュレーションを行った（図 6 参照）。

上記の気温上昇は各 100km 四方のメッシュの平均であり、20 世紀後半（1981-2000 年）と 21 世紀後半（2081-2100）の差を表している。

その結果、2050 年にはフィリピンでの気温は 1.1～2.3℃、2100 年には 1.5～3.5℃の上昇があるとしている。

表 5 地球温暖化によるフィリピン地域での
気温上昇

シナリオ	年	地球平均 気温上昇 (°C)*	フィリピン地域 平均気温上昇 (°C)**
B1	2050	1.2	1.1
	2100	1.8	1.5
A1FI	2050	2.6	2.3
	2100	4.0	3.5

*: Estimated from 図 4

** : Estimated from 図 6

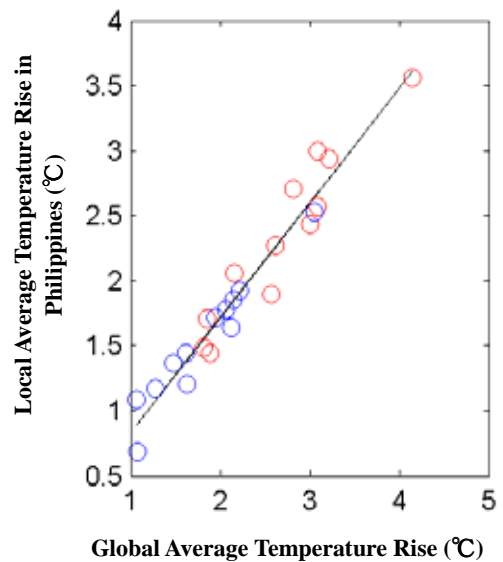


図 6 地球の平均気温の上昇と
フィリピンでの気温上昇

注：図中、赤丸はシナリオ A1B、青丸はシナリオ B1 である。フィリピンでの気温上昇は東経 116.0～126.0 度、北緯 9.0～19.0 度の約 1,000km 四方の地域の平均

3.2 暴風時の降雨量増加

IPCC は、地球温暖化の影響は暴風時の雨量をも増加させ、より大きな洪水を引き起こすと予想している。これに関し前述の TIGS/CCSR は可降水量の空間平均変化とフィリピンの地域気温上昇の関係をシミュレートした。このシミュレーションは、図 6 に示すような地球規模の気温上昇とフィリピンの地域的気温上昇との関係と同様の方法で行われている。

この結果、図 7 に示すように、フィリピンでの暴風時の雨量は 2050 年で 11~20%、2100 年では 14~29%増加するとしている（参照表 6）。

表 6 地域気温上昇と地域豪雨時降雨量増加率の関係

シナリオ	年	気温上昇 (°C)	暴風時降雨量の増加率 (%)
B1	2050	1.1	11
	2100	1.5	14
A1FI	2050	2.3	20
	2100	3.5	29

もし、上記に述べられた気温上昇と雨量の増加を本調査において考慮すれば、以下のように設定した計画雨量は当該のスケール（確率）に対し小さく、また従って将来的には洪水流出量は増大することになる。

- 将来、確率 2 日雨量は地球温暖化の影響で大きくなり（表 7 参照）、例えば現況では 10 年確率 2 日雨量は 295mm と算定されているが、2050 年にはそれが B1 シナリオでは 327mm、A1FI シナリオでは 354mm となり、降雨強度において、50 年確率と評価されていたものが将来には 20 年確率にしかならない。
- 従って、現在 Imus 川（集水面積：115.5km²）の 10 年確率流量は 900m³/s であるが、2050 年において B1 シナリオでは、1,100m³/s（24%の増加）、A1FI では 1,300m³/s（48%の増加）となる（図 8 参照）。

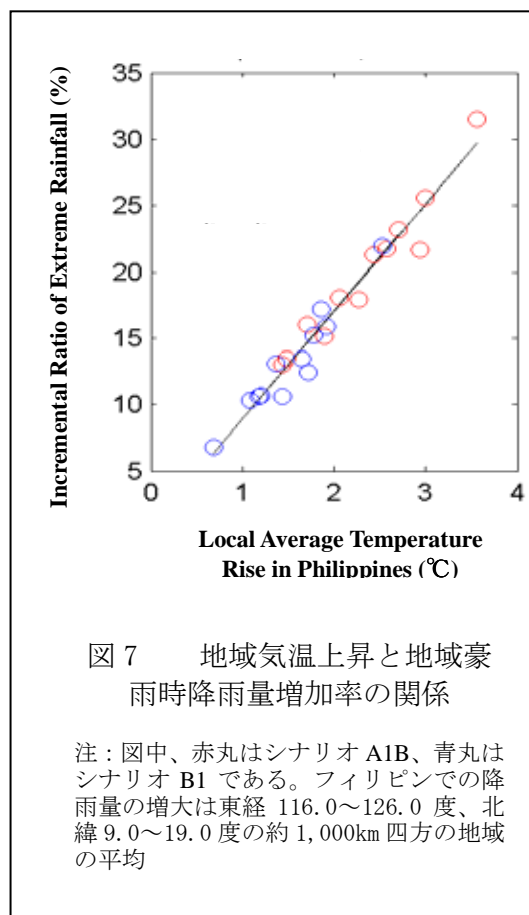


図 7 地域気温上昇と地域豪雨時降雨量増加率の関係

注：図中、赤丸はシナリオ A1B、青丸はシナリオ B1 である。フィリピンでの降雨量の増大は東経 116.0~126.0 度、北緯 9.0~19.0 度の約 1,000km 四方の地域の平均

表 7 将来の確率 2 日雨量

シナリオ	年	豪雨時の雨量増加率(%)	確率2日雨量 (mm)					
			2-year	5-year	10-year	20-year	50-year	100-year
現況	2003	-	191	258	295	326	360	383
B1	2050	11	212	286	327	362	400	425
	2100	14	218	294	336	372	411	437
A1FI	2050	20	229	310	354	391	432	460
	2100	29	246	333	380	421	465	494

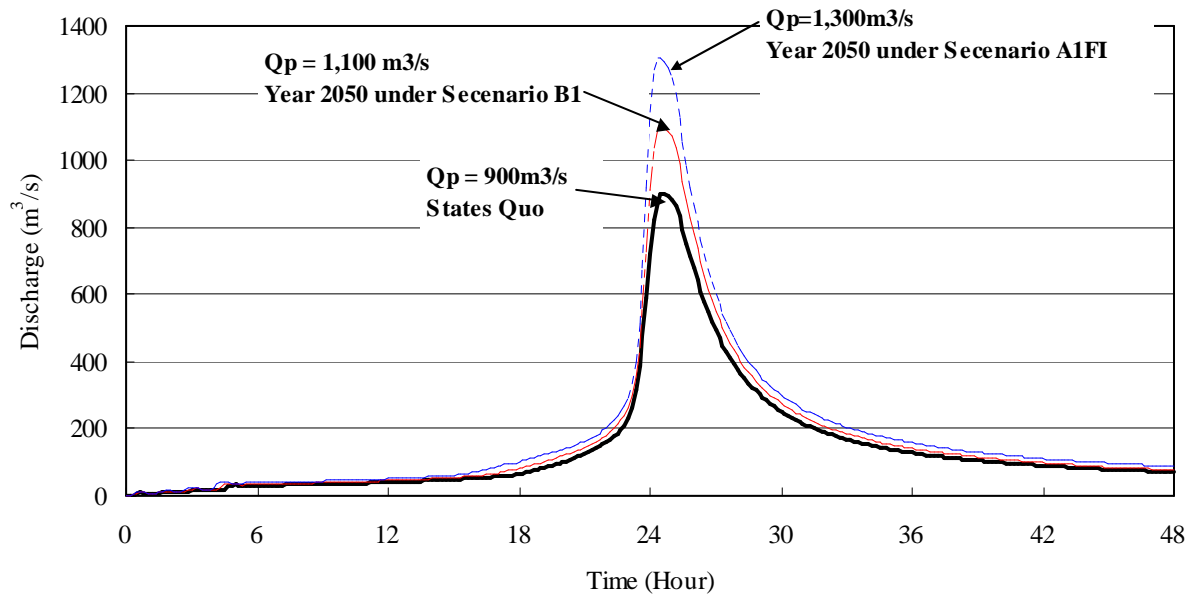


図8 Imus 川下流端での洪水流出波形
 (注: ハイドログラフは2003年現在の土地利用を基にシミュレーションしたもの)

調査対象地域における雨量観測データは1974年から2006年あるが、本データからは降雨量の増加に関する顕著な傾向は見られない(図9参照)。しかしながら将来においては雨量の増加は可能であり、今後も継続してモニタリングする必要がある。

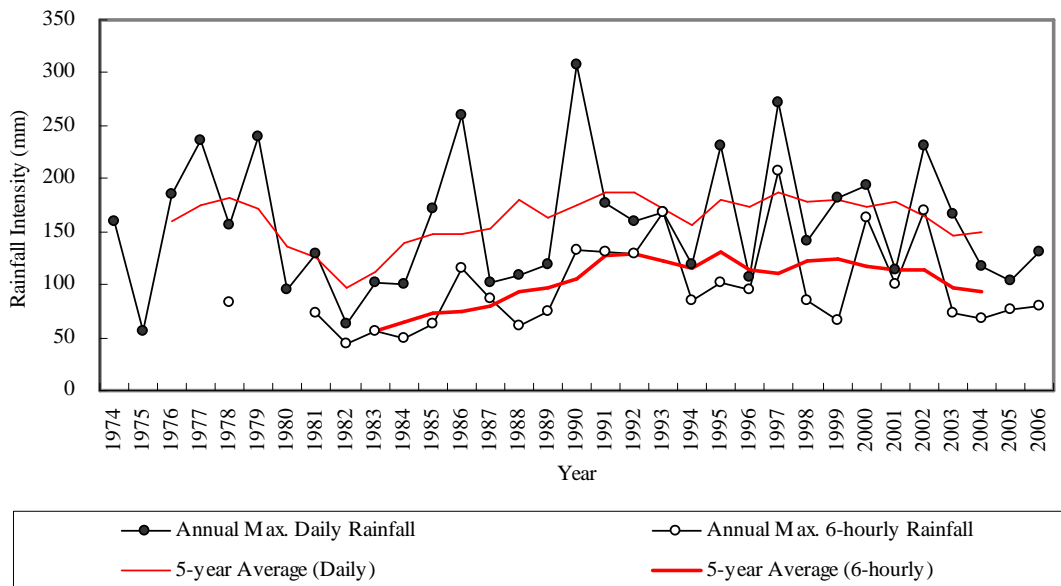


図9 年最大日雨量及び6時間雨量
 (Sangley 岬気象観測所)

3.3 海面上昇

IPCC は 19 世紀から 20 世紀にかけて全地球規模で海水面が上昇したことを確認し、1961 年から 2003 年では年間 1.8mm、1993 年から 2003 年ではより大きく年間 3.1mm と算定している。

さらに 2090 年～2099 年の平均水面は 1980 年～2000 年の平均水面に比べ、シナリオ B1 では最大 38cm、シナリオ A1F1 では 59cm 上昇すると予測している（図 10 および表 8 参照）。

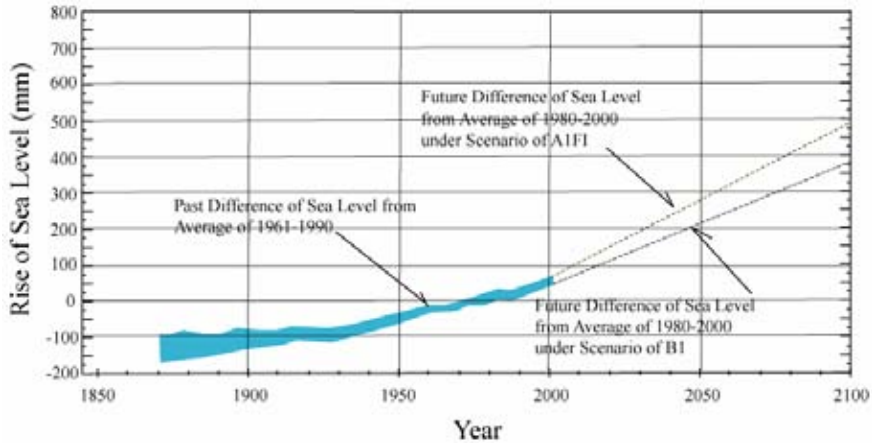


図 10 地球での平均海水面の上昇
(Consecutive Average Sea Level Rise, Source: IPCC 2007, Summary for Policymakers)

表 8 将来の地球平均海面上昇

シナリオ	年	地球温暖化による海面上昇 (cm)*	
		最小.	最大.
B1	2050	9	19
	2100	18	38
A1F1	2050	13	29
	2100	26	59

*: 1980年-2000年の平均海水面からの上昇 (Source: IPCC 2007, Summary for Policymakers).

図 11 は調査対象地域に近いマニラ南港での 1948 年から 2006 年までの長期海水位の変化を示している。観測結果では 1996 年より現在まで海面の上昇を示しているが、長期および 19 年周期の天文潮位で見れば、定常的な海面上昇は見られない。一方、2006 年現在 NAMRIA によって、この潮位観測の基準標高は潮位計の移設や地盤沈下の影響を考慮して調整されており、地球温暖化の影響によってマニラ湾の海水面が上昇しているという判断は難しい。しかしながら、IPCC の報告にもあるように、海洋の熱膨張と氷河や万年雪の溶解により、海面上昇が起こっていることは確実であると考えられる。

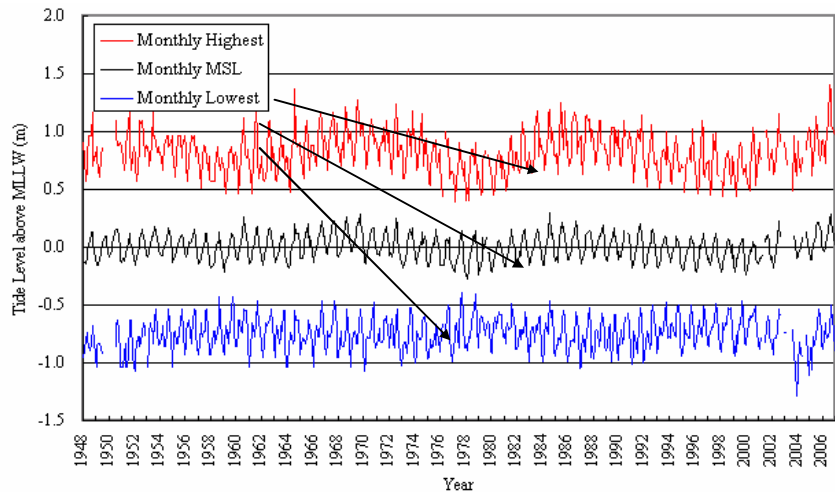


図 11 マニラ湾での海水面の長期間変移記録 (観測: マニラ南港)

第4章 調査対象地域での洪水状況の深刻化

4.1 都市化および気候変動による降雨量の増加による洪水の深刻化

第2章および3章で述べたように、流域の洪水ピーク流量および浸水想定区域は調査地域の都市化の伸展および気候変動に伴い増大する。ゾーニングプランは、調査地域の市街化率を、地方自治体想定65%ではなく43%に抑制するよう提案されている（第2章参照）。

次の5章で後述するが、本調査において様々な構造物対策が提案されている。しかしながら、これらの構造物の設計規模は現状の気候条件で10年確率に限られている。この設計規模は現在と同じ再現確率での将来の洪水に対しては若干低くなり、気候変動が進行すれば、さらに深刻な被害をもたらすことになる。

表9および図12に示すように、10年確率洪水での浸水区域及び浸水家屋数を異なる気候変動シナリオと市街化率の下で推定した。例えば、現状の気候状況で市街化率43%の条件での浸水範囲および浸水家屋数はそれぞれ37km²と34,000戸である。これらの洪水被害は、前述の提案する洪水対策によって防ぐことができる。一方、たとえこれらの洪水対策を実施し、市街化率を43%に保てたとしても、浸水想定区域は2050年シナリオA1FI条件化では約48km²となる（表9のCase No.4参照）。地方自治体が想定しているように、市街化率65%では、その浸水範囲は52km²に拡大する。洪水による浸水家屋数は、現状の22,000戸から上記の2ケースの44,000戸および74,000戸にまで増加する。

表9 都市化と気候変動による浸水区域と浸水家屋の増加
(10年確率洪水)

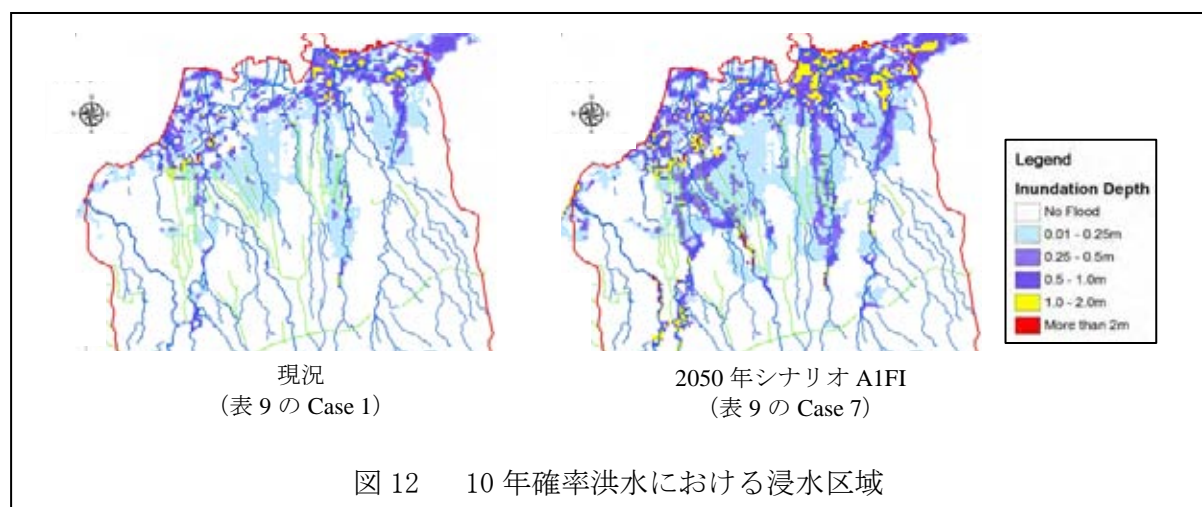
Case No.	気候変動シナリオ	市街化率	浸水区域 (km ²)			浸水家屋数 (千戸)		
			浸水深1m未満	浸水深1m以上	合計	浸水深1m未満	浸水深1m以上	合計
1	Status Quo	26%*	31.51	1.05	32.56	20.1	1.7	21.8
2	Status Quo		35.82	1.50	37.32	31.4	2.9	34.4
3	In 2050 under B1 Scenario	43%**	41.10	2.52	43.62	35.5	4.4	39.9
4	In 2050 under A1FI Scenario		44.64	3.54	48.18	38.4	5.9	44.3
5	Status Quo	65%***	41.05	2.45	43.50	56.4	7.2	63.6
6	In 2050 under B1 Scenario		43.92	2.97	46.89	60.1	8.5	68.6
7	In 2050 under A1FI Scenario		47.27	3.98	51.25	63.0	11.2	74.2

Note:

*: 2003年時点の市街化率

** : 2020年の市街化率 (JICA調査団予測)

***: 2020年の市街化率 (地方自治体予測)



4.2 海面上昇と高潮の影響による洪水の深刻化

NAMRIA は 1945 年からマニラ南港の潮位計においてマニラ湾の潮位観測を行っている。その記録によると、月平均高潮位は EL.0.80m である。この月最高潮位が 2050 年には、前述の地球温暖化により上昇する。表 10 に示すように、地球温暖化シナリオ B1 条件化において潮位が最高で 0.91m 上昇、A1F1 シナリオで 0.29m 上昇する。この海面上昇を仮定すると、2050 年には月最高潮位がシナリオ B1 で 0.91m (=EL.0.80m+0.19m)、シナリオ A1F1 で 1.09m (=EL.0.80m+0.29m) になる。

海面はたまに高潮によっても上昇する。茨城大学 (ICAS) は、高潮によるマニラ湾の潮位シミュレーションを行った。このシミュレーションは、9 つの台風の風向・風速記録および海底の起伏をもとに行われた。その結果、高潮によって最大で 0.91m 潮位が上昇すると推定された。

上記の月最高水位の上昇および高潮による上昇を想定すると、表 10 に示すように、月最高潮位は現況で 1.71m、2050 年シナリオ B1 で 1.90m、シナリオ A1F1 で 2.00m となる。

マニラ湾の最高海水位は EL. 1.41m で、高潮によるものと想定される。この最高潮位は、波浪高は考慮されておらず、台風時にマニラ湾でよく発生する波浪を 0.5m とすると、当時の瞬間最大潮位は、上述した 2050 年の月際高潮位 (EL.1.90m~2.00m) とほぼ同等になる。すなわち、記録されている最高潮位が 2050 年にはしばしば発生するということである。

表 10 マニラ湾での現在と将来の海水位

シナリオ	月最高海水位	高潮による最高海水位
現況	EL. 0.80m (平均海水位)	EL. 1.71m (=EL. 0.80m + 0.19m ¹⁾)
2050年、B1シナリオ	EL. 0.99m (=EL. 0.80m + 0.19m ¹⁾)	EL. 1.90m (=EL. 0.80m + 0.19m + 0.91m ²⁾)
2050年、A1F1シナリオ	EL. 1.19m (=EL. 0.80m + 0.29m ¹⁾)	EL. 2.00m (=EL. 0.80m + 0.29m + 1.00m ²⁾)

/1: 気候変動による海面上昇

/2: 高潮による海面上昇

調査地域の海岸線沿いの相当部分、約 900ha は標高 EL. 1m 以下の低平地である (図 13 参照)。地盤標高 EL. 1m とは現在の月平均最高海水位より 20cm 高いに過ぎない。そのような低い地盤高のため、海岸沿いの地域は恒常的に海水の浸入による浸水被害を受けている (前出写真-4 参照)。

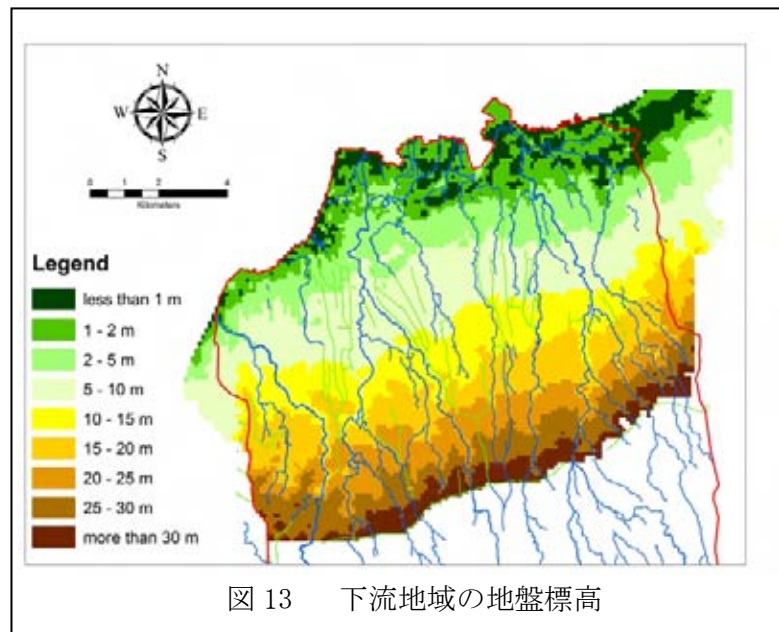


図 13 下流地域の地盤標高

さらに当該地域は高潮の危険にさらされており、その被害はとて大きなものと成ることが予想される。近年の高潮の記録は 2007 年 10 月 1 日に起こっており、最大浸水深 70cm、海岸線地域は 2m の深さの堆砂に覆われた。これは海水位が地盤高より 2m 高くなったことを示している (写真-5 参照)。幸い家屋に直接的な被害は記録されていないが、問題は今も現存している。



2007年10月1日高潮による浸水



高潮後に観測された海岸線での堆砂

写真-5 2007年10月1日の高潮の痕跡

第5章 構造物対策による洪水軽減計画

構造物対策による洪水軽減計画は以下の3つの部分から構成される。

- (a) 遊水池建設と河川の部分改修
- (b) 排水路改修と海岸堤防および防潮水門の建設
- (c) 5ヘクタール以上の住宅地における防災調整池の建設

これらの対策工について以下に詳述する。

5.1 遊水池の建設と河川の部分改修

フィリピンにおいては河川改修と放水路の建設が河川の洪水氾濫の対策として採られてきている。しかしながら、調査対象地域の河川下流域周辺においては家屋が密集しており、この対策は多数の家屋移転を必要とすることから実際には極めて困難である。従って、可能な対策としては最小限の河川改修と遊水池の建設が最も現実的であると考えられる(図12参照)。財政能力と経済的な妥当性より洪水対策の規模は10年確率洪水を対象とする。

遊水池は人口が少ない中流部の農用地に建設され、洪水を一時的に遊水させることにより洪水のピーク流量を減らす。遊水池は全体で10箇所、総面積200haに及ぶ。

さらに、遊水池下流の河川の部分改修が不可欠である。これは極端に小さな疎通能力しかない河道の狭窄部を改修する。河川の部分改修は下流部分の14.7kmにおよぶ。

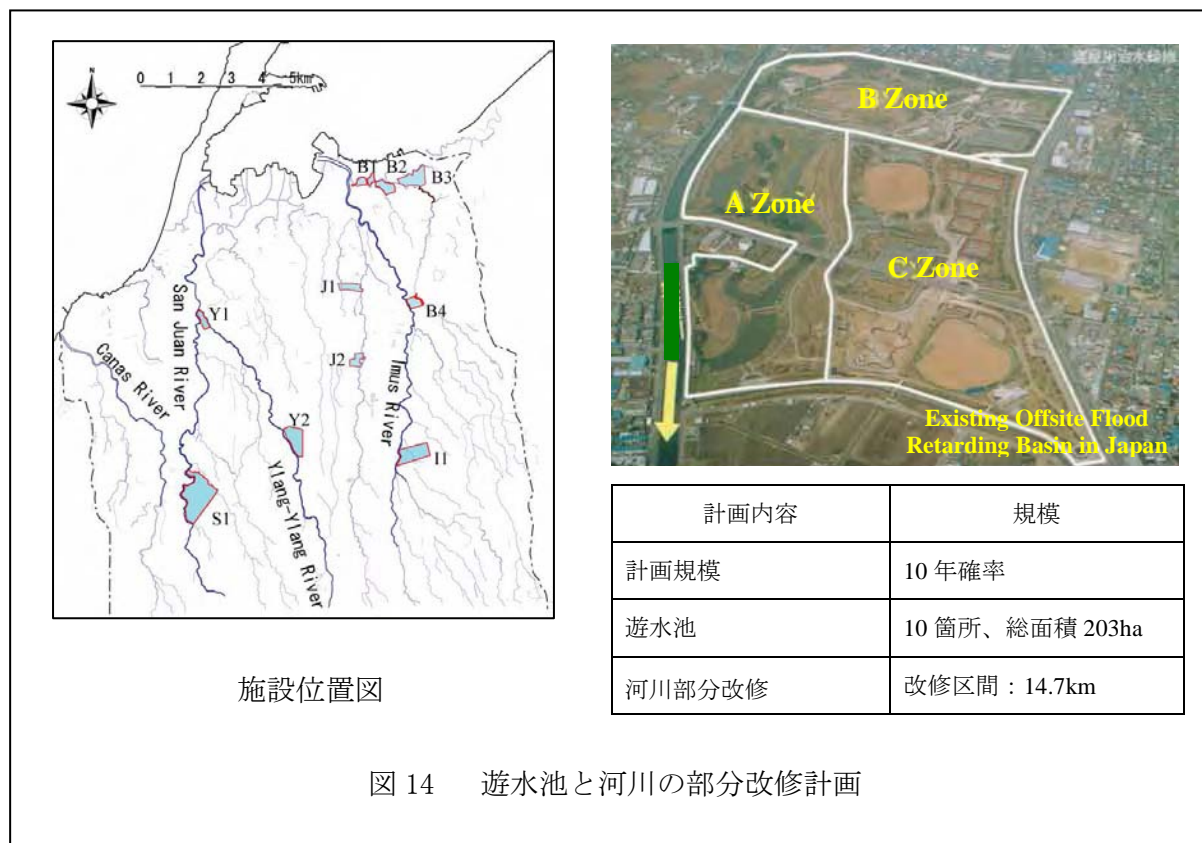


図14 遊水池と河川の部分改修計画

5.2 内水排除と高潮洪水対策

排水路改修および海岸堤防と防潮水門の建設が内水排除対策と高潮洪水対策となる（図 13）。排水路改修は既設の排水路 4.1km と新規排水路の建設 1.5km、インターセプターの建設 2.7km と内水調整池 52ha、そして 18 箇所のフラップゲートの建設である。

内水調整池は降雨を一時的に貯留することによって下流の排水路の負担を軽くし、またフラップゲートは河川や海域からの逆流を防止する。内水排除計画の規模は財政上の能力、用地さらに経済的な妥当性を勘案し 2 年確率とした。

海岸堤防 4.1km は海岸沿いの低平地を高潮洪水から守るため計画された。9 箇所の防潮水門は海岸堤防の河川や水路口に建設され、低潮位時には海域への排水を促し、さらに河川と海域の間の舟運の便を維持する。海岸堤防の天端高は既往最高海水位より 1m 高い EL. 2.41m に決められている（図 14 参照）。

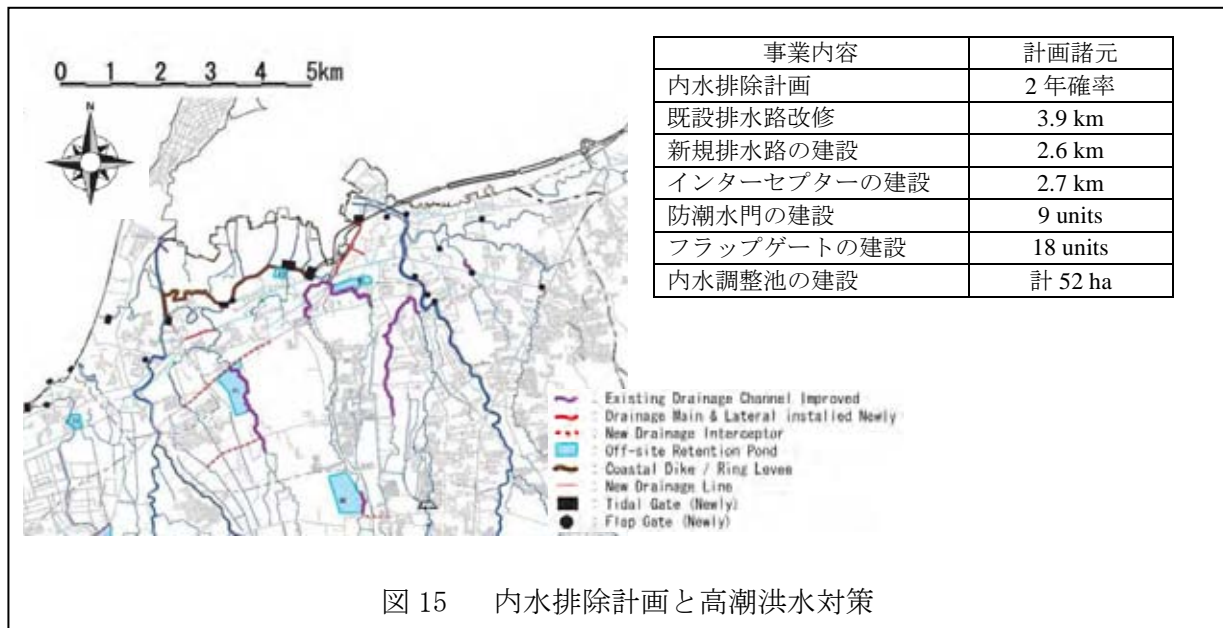


図 15 内水排除計画と高潮洪水対策

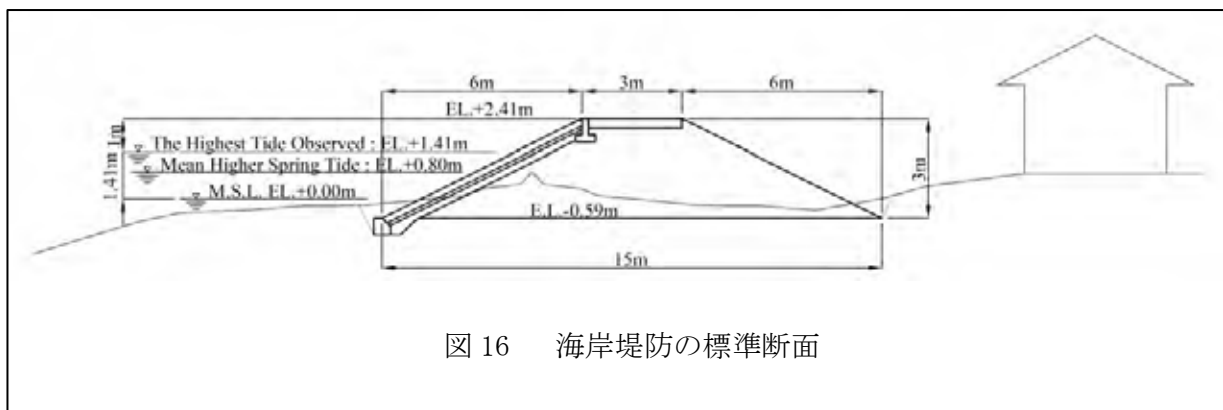
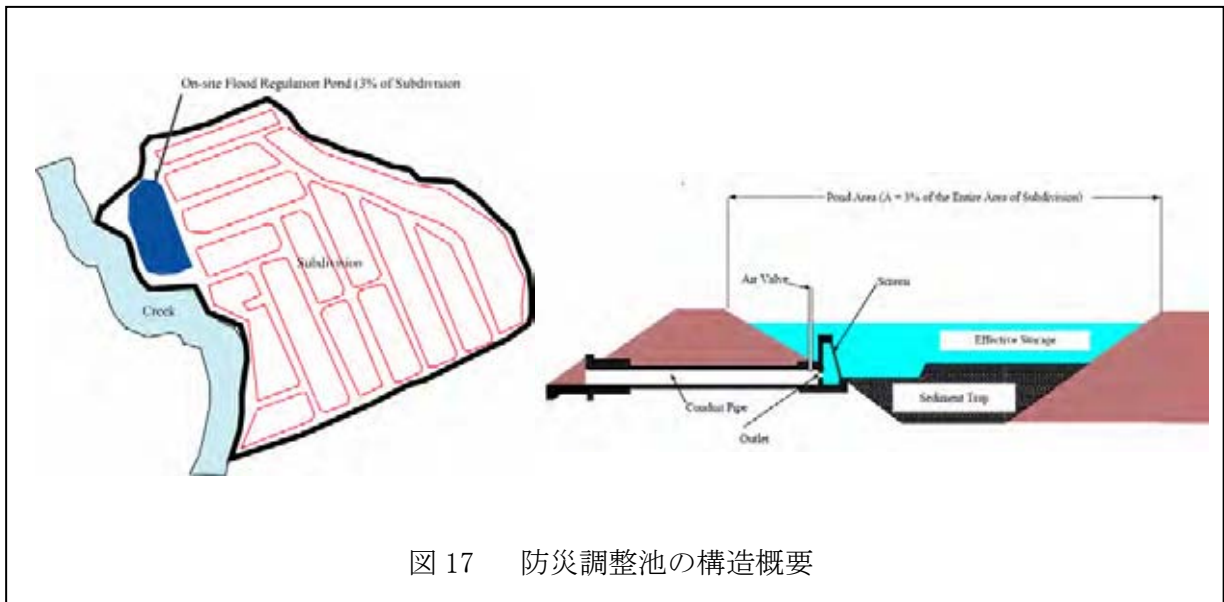


図 16 海岸堤防の標準断面

5.3 新規住宅区域での防災調整池の建設

現在、調査対象地域の中流域や上流域において集中的な宅地開発が進められている。そのため地表面は道路舗装や建物、その他非浸透性の構造物で覆われ、降雨が地中に浸透することなく流出が増大する。

従って宅地開発による流出増を抑制するために、開発者が 5ha 以上の宅地を造成する場合は防災調整池の建設を義務付ける条例の作成と実施が必要である。防災調整池は開発される宅地面積の 3%相当とし、20 年確率以下の降雨に対しその効果を発揮するように計画される。防災調整池の構造概要を図 17 に示す。この防災調整池は洪水時には洪水流出の一時貯留をし、非洪水時には運動場など遊戯場として使用することも出来る（写真-6 参照）。



第6章 気候変動に対する構造物対策

6.1 気候変動への基本対策案

洪水軽減計画は、河川洪水については10年確率、内水排除については2年確率の規模とした。この計画規模についての構造物の諸元は、過去の年最大降雨強度データを基に算定した。高潮洪水を防ぐ海岸堤の天端高は過去の最高潮位を基にしている。

しかしながら、それらのデータより算定した計画規模に対応する降雨量や海水位は将来気候変動によって増大、上昇し、相対的には計画規模(安全度)が低下することになる。

例えば、河川洪水に対する計画規模10年は、2050年シナリオ B1 では6年に、シナリオ A1F1 では3年に低下する(図18参照)。本調査においては、この観点から気候適応策を提案する。

気候変動は数世紀にわたり徐々に進行し、その正確な変動の度合いを予測するのは温室効果ガスの排出の程度やシミュレーションモデルの精度より見て非常に困難である。一方では、気候変動の影響を吸収出来るほどの過大な計画規模の設定は限られた財政負担能力や家屋移転の問題から困難となる。

以上を勘案し、気候変動対策として実際に可能なシナリオと方法を以下のように作成する。

- 気候変動による洪水の深刻度合いに応じて段階的に洪水軽減対策を拡大する。
- 設計超過洪水による被害を最小にする方法を検討する。
- 設計超過洪水による構造物の安全性を高める検討を行う。

6.2 河川洪水対策

河川洪水に対する構造物対策は、1) 遊水池の建設、2) 河川部分改修、そして3) 防災調整池の建設である。前1)と2)は設計洪水流量を河道内に閉じ込めることであり、3)は洪水流出の増加を抑制することにある。これら構造物対策での気候変動対策は以下ようになる。

6.2.1 河川改修の最小化

河川洪水対策は河川改修(疎通能力の増大)と流域内の遊水池や防災調整池などの貯留施設(洪水の流域内調節)で行う。それらの対策においては、以下の理由より河川改修を最小限にとどめるようにする。他方、流域での貯留施設をむしろ河川洪水対策の主要方法として位置づけるものとする。

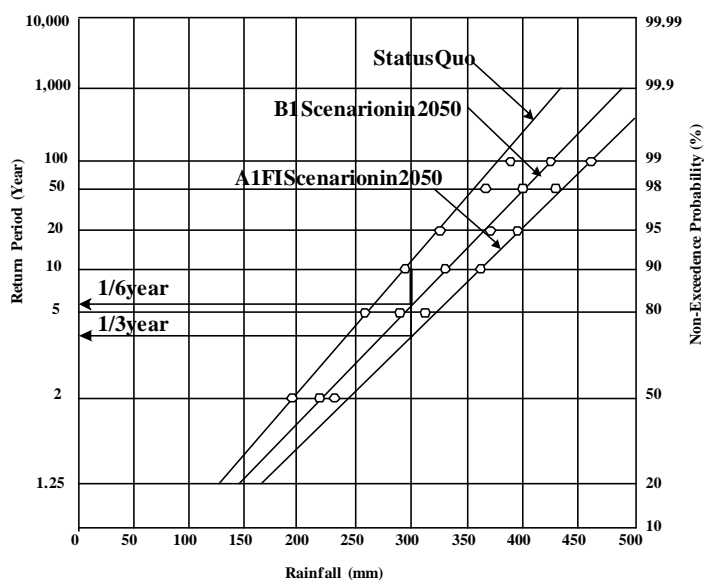


図18 2日雨量と再現確率の関係



- 河川の下流域は住家が稠密に張り付いているが、河川洪水時には人的被害はむしろ少ない(表3参照)。
- この人的被害が少ない理由は、現在の河川堤防が背後地盤に比べ高くなく(写真-7参照)、従って洪水が堤防を越水してもその流速が小さくゆっくりと氾濫するためである。
- 洪水貯留施設によって河川堤防のかさ上げを最小化することができる。上流に洪水貯留施設を建設しない限り、下流の河川改修の設計流量は明らかに増加し、河川堤防の天端高を、周辺地盤高よりかなり高く設定しなければならなくなる。このように極端に高い堤防は破壊する恐れがあり、一旦河川水位が堤防高を越えると、強い洪水流が一举に背後地に流出し破壊的な被害をもたらすと共に多くの人的被害も予想される。勿論、堤防が高くなればなるほど、将来の気候変動による降雨量の増加により破堤の危険性も増大する。さらに、気候変動によって増加する降雨強度に対応して河川の流下能力を高めるため段階的に河川堤防をかさ上げすることは極めて難しい。例えば、Imus川で提案している遊水地は下流部(KP1+500~KP3+200)の設計流量を $1,000\text{m}^3/\text{s}$ から $470\text{m}^3/\text{s}$ にまで低減する。この低減効果によって、河川改修のための計画高水位を背後地盤と同じくらいの高さまで下げることができる。一方、洪水貯留施設を建設しない場合、設計水位は背後地盤より $3\text{m}\sim 4\text{m}$ も高くなる(図19および20参照)。

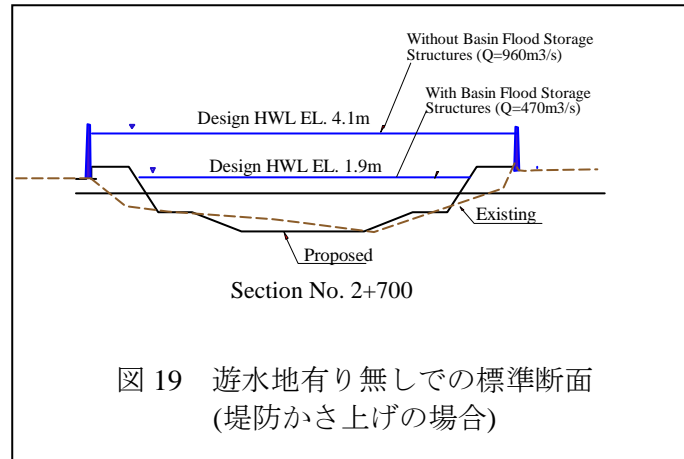


図19 遊水地有り無しでの標準断面
(堤防かさ上げの場合)

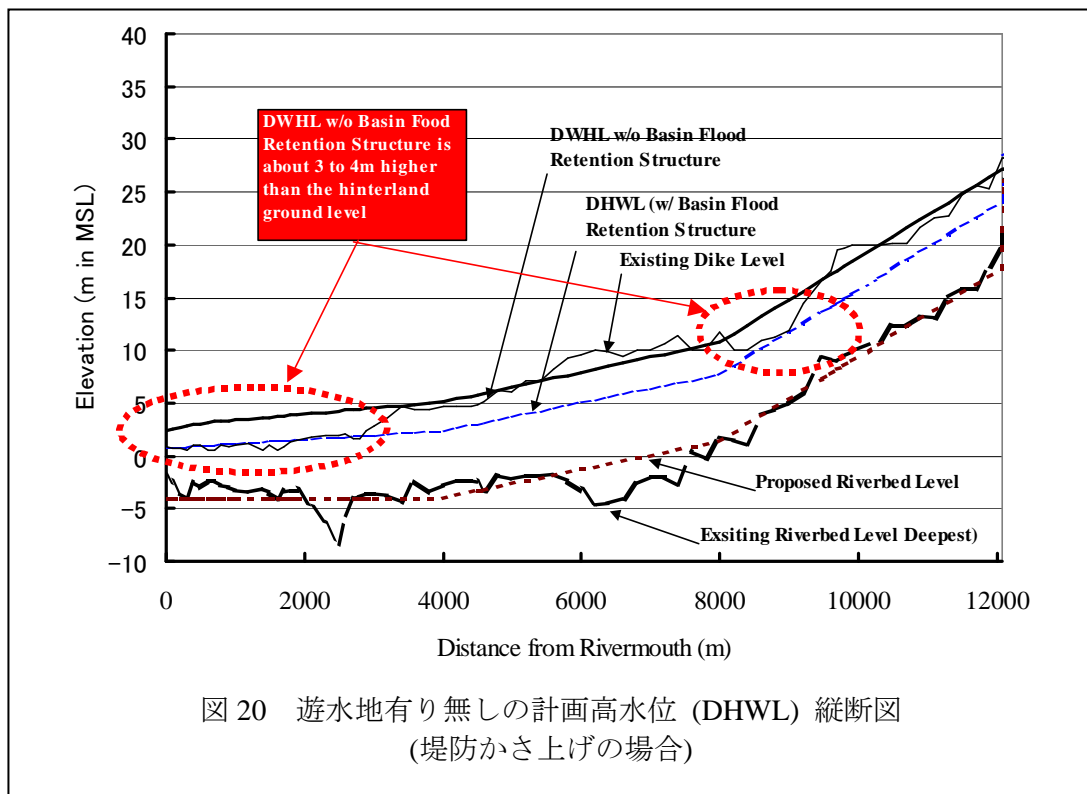


図20 遊水地有り無しでの計画高水位 (DHWL) 縦断面図
(堤防かさ上げの場合)

- 河川堤防を高くする代わりに、河道を広げる方法も疎通能力を増加させることができる。上流に遊水地を設置する場合、河道拡幅せずに現況河道掘削のみで対応できる。一方、上流に遊水地を設置しない場合には、下流の河川改修に必要な用地が大きくなる。例えば、図 21 に示すように、遊水地を建設しない場合、Imus 川の下流部では 30～40m の河道拡幅が必要となる。
- 河川の下流部は家屋が密集しており、広い河道幅が必要となるため、河道拡幅には多くの家屋移転が必要である。空中写真判読によると、表 11 に示すように、上流に遊水地を建設する場合、河川改修による家屋移転は 260 戸、建設しない場合には 1,960 戸に増加する。このように多くの家屋移転を必要とすることから、河道拡幅は実施可能とは言えない。

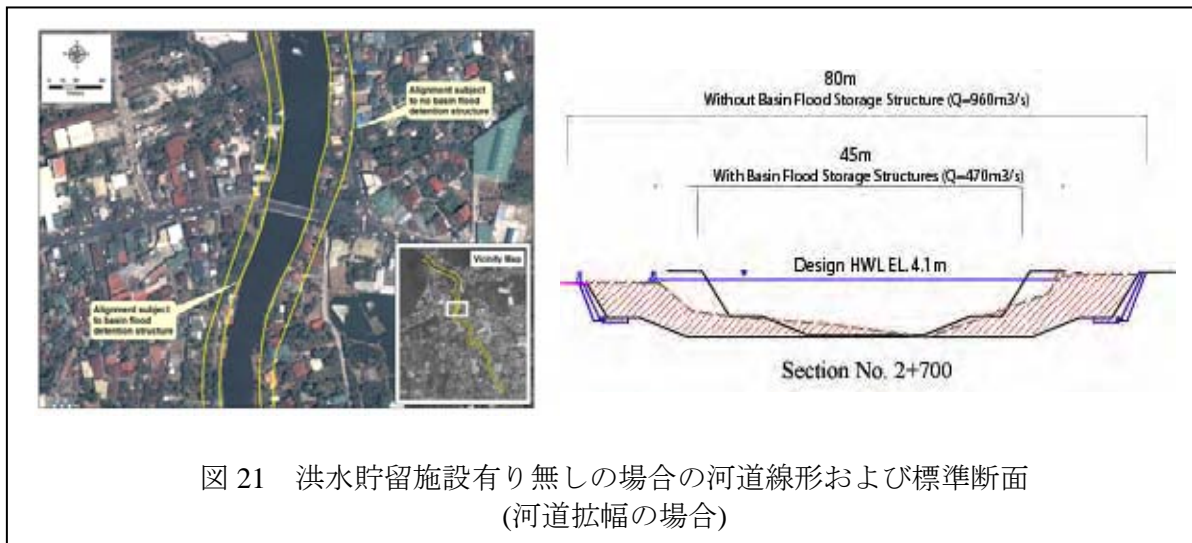


図 21 洪水貯留施設有り無しの場合の河道線形および標準断面
(河道拡幅の場合)

表 11 河川改修に伴う移転家屋数

流域	河川	河川改修に伴う移転家屋数	
		洪水貯留施設有り	洪水貯留施設無し
Imus	Main Stream	60	650
	Bacoor	30	450
	Julian	90	400
San Juan	Main Stream	40	460
Total		260	1,960

6.2.2 遊水池による補足的洪水貯留機能の確保

遊水池は河川洪水対策における主要な方法であり、その設計容量は10年確率洪水を調節できるものとなっている。遊水池の用地取得については段階的の拡張を図り、将来の気候変動に対応するためにも「都市開発条例」の施行が提案される。その条例は調査地域を3つの区域（ゾーン）A、B、Cに分ける。調査地域の下流域におけるこれらのゾーニングと遊水池の関係を図22に示す（調査地域全体のゾーニング計画の詳細は7.1節で述べる）。

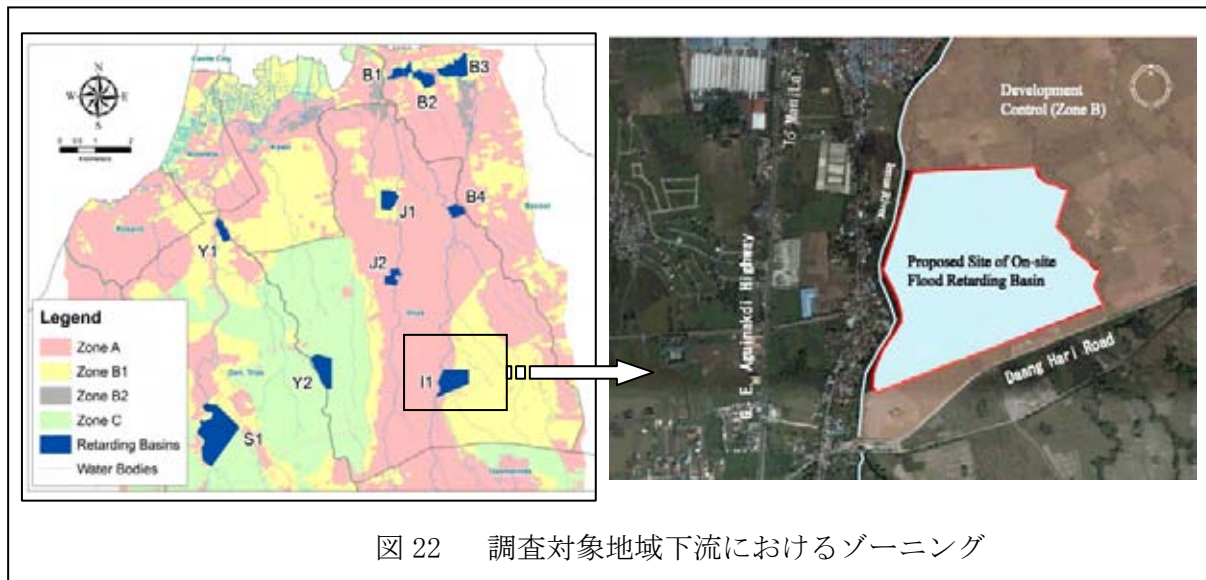


図 22 調査対象地域下流におけるゾーニング

ゾーン A、B、C は以下に示す内容である。

- ゾーン A は開発誘致区域である。このゾーンは現在開発されているか。または将来開発が予定されている地域である。
- ゾーン B は開発規制区域である。このゾーン内では 2020 年まではその開発が禁止され、さらに 2020 年以降においても当該の地方自治体（市/町）より開発許可を得る必要があり、地方自治体は開発についてのモニターや抑制を行う。ゾーン B はさらに B1 と B2 に分割される。ゾーン B1 は、現在農用地もしくは草地であり下記に述べる優先的農用保全地域や環境的に重要な保全地域以外の区域（ゾーン C）であり、幹線道路や公共施設からは遠い。ゾーン B2 は現在すでに開発されている区域であるが、洪水常習地域¹に入っている。このゾーンでは空き地も含め再開発が厳しく規制されている。
- ゾーン C は農用地保全地域であり、公共の利益に即さない限りすべての開発は禁止されている。優先的農地保全地域は、農水産開発戦略地域（SAFDZ）として指定されている地域、総合農地改革プログラム（CARP）として指定されている地域および既存の NIA によるかんがい地域を含んでいる。傾斜が 15% 以上の急傾斜地は、環境保全危険地域としてゾーン C になる。

カビテ州政府は上記の条例を実施する意向を有しており、ゾーン B と C における 2020 年以前の開発を禁止し、それ以降の開発も規制する計画を進めている。ゾーン B と C の面積はそれぞれ 9,148ha と 14,183ha で、合計約 23,000ha が調査地域において非開発地域として保全されることになる。そのような非開発保全地域が将来的には気候変動対策の一環として洪水の貯留施設の建設に利用される。

¹ 洪水常習地域は 2 年確率の洪水によって浸水する地域である。

提案する 10 箇所の遊水地のうち、Imus 川の主要な洪水軽減対策である遊水地 II を例に、将来の気候変動に対応して追加すべき必要面積を推定した。先の 6.2.1 で説明したように下流の河川改修を最小限にするよう提案された遊水地面積は 40ha である（表 12 参照）。

この必要面積は遊水地の越流堤位置での洪水ピーク流量 $430\text{m}^3/\text{s}$ を条件として設定されたもので、このピーク流量は 2050 年にはシナリオ B1 では $550\text{m}^3/\text{s}$ に、シナリオ A1FI では $690\text{m}^3/\text{s}$ に増加する。表 12 に示すように、この流量増のために、2050 年における遊水地の必要面積は、シナリオ B1 では 75ha、シナリオ A1FI では 100ha となる。

このように、気候変動に対応する II 遊水地の面積は、B1 シナリオでは提案する遊水地面積の 1.9 倍、A1FI シナリオでは 2.5 倍必要になってくる。現在提案している全遊水地面積が約 220ha であるから、気候変動に対応する遊水地面積は II 遊水地と同じ比率だとすると、おおよそ 420ha から 550ha となる。

表 12 遊水地 II の必要面積（対象規模：10 年確率洪水）

説明	ピーク流量 遊水地上流	ピーク流量 遊水地下流	低減流量	必要容量	必要面積
Proposed in the Study	$430\text{ m}^3/\text{s}$	$250\text{ m}^3/\text{s}$	$180\text{ m}^3/\text{s}$	$1.72 (10^6\text{m}^3)$	40ha
Required in 2050 under B1 Scenario	$550\text{ m}^3/\text{s}$	$250\text{ m}^3/\text{s}$	$300\text{ m}^3/\text{s}$	$3.01 (10^6\text{m}^3)$	75ha
Area Required in 2050 under A1FI Scenario	$700\text{ m}^3/\text{s}$	$250\text{ m}^3/\text{s}$	$450\text{ m}^3/\text{s}$	$4.06 (10^6\text{m}^3)$	100ha

6.2.3 防災調整池による補足的洪水貯留機能の確保

河川洪水対策の計画規模は 10 年確率に設定されている。同じ計画規模が防災調整池にも適用される。しかしながら前述のようにこれらの計画規模は気候変動の影響で相対的に小さくなるが、住宅区域内に建設される防災調整池においてその影響を吸収すべく貯水容量を追加するのは極めて難しい。

そのため、現下における防災調整池の設計容量は 20 年確率の洪水流出に対応させるものとし、将来の気候変動特にシナリオ B1 での洪水流出増大分を吸収できるものとした（下図 17 参照）。

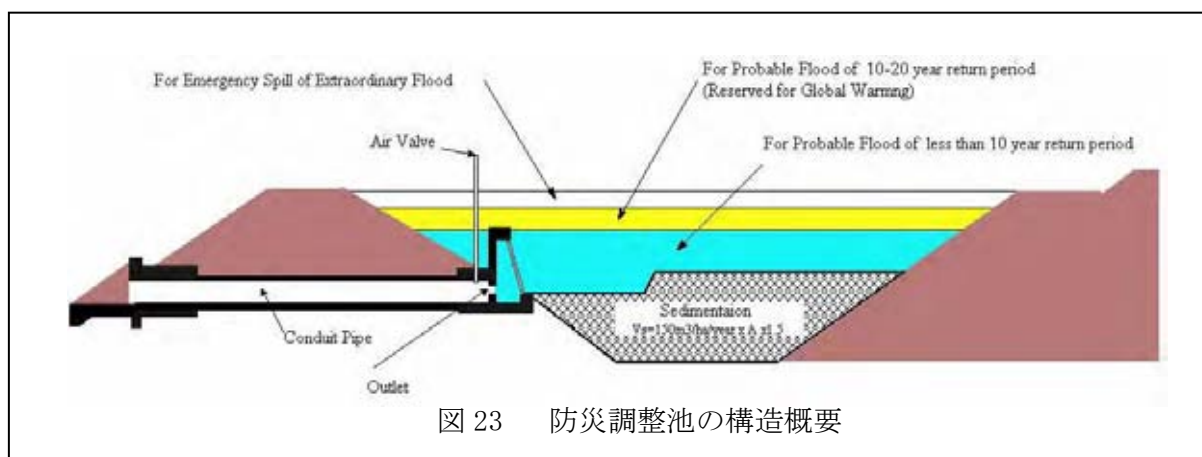


図 23 防災調整池の構造概要

6.3 海水面の上昇および高潮対策

現在マニラ-カビテ間の海岸道路の延長分 (R1 エクステンション) 5.3km が建設中であるがその路線は最大で 800m 海岸線から離れたものとなり（図 18 参照）、道路までの海域は埋立てられる。R1 エクステンションの道路面の標高は EL.4.0m であり、一方 2050 年シナリオ A1FI での気候変動の影響による高潮も含めた可能最高海水位は EL.2.09m（前出表 10 参照）である。従って、R1 エクステンションが実質的には海岸堤防の役割を果たし、高潮に対して堤内地を守ることになる。



図 24 海岸道路の延長と埋立て工事

R1 エクステンションより西側で、カビテ半島東側のバコール湾に沿った地域は上記の R1 エクステンションの堤外側にあり、またその現況地盤高が極めて低く EL.1m 以下であるため、常習的に高潮洪水に悩まされている。この地域における高潮対策としては、海岸堤防 3.9km（図 25 中の CD-1～CD-3）と防潮水門の建設を提案している。

海岸堤防の天端高は EL.2.41m であり、これはシナリオ A1FI の条件下における 2050 年の可能最高海水位 EL.2.09m にも対応可能である。

一方、カビテ半島西側の延長 8.8km（図 25 中の CD-4～CD-7）の海岸線地域では、高潮による洪水被害が海岸堤防の建設が計画されているカビテ半島東側地域と比較して小規模であるため、事業全体の目標年 2020 年以降になるまで海岸堤防の建設を開始する予定は無い。しかしながら、このカビテ半島西側の海岸線沿いの地域では、地盤高が EL.1.0m 以下と低いため、高潮位や排水問題に恒常的に悩まされており、今後気候変動の影響によって海水位がさらに上昇した場合、高潮洪水による被害が増大するのは確実である。そのため 2020 年以降には、延長 8.8km（図 25 中の CD-4～CD-7）におよぶ海岸堤防を追加して建設することが必要となる。追加の海岸堤防の天端高も上記（CD-1～CD-3）と同じく EL.2.41m とする。

以上に述べた通り、全ての計画海岸堤防の天端高（EL.2.41m）はシナリオ A1FI で想定された 2050 年の可能最高潮位（EL.2.09m）を 0.32m 上回るレベルに設定されることとなる。しかしながら、

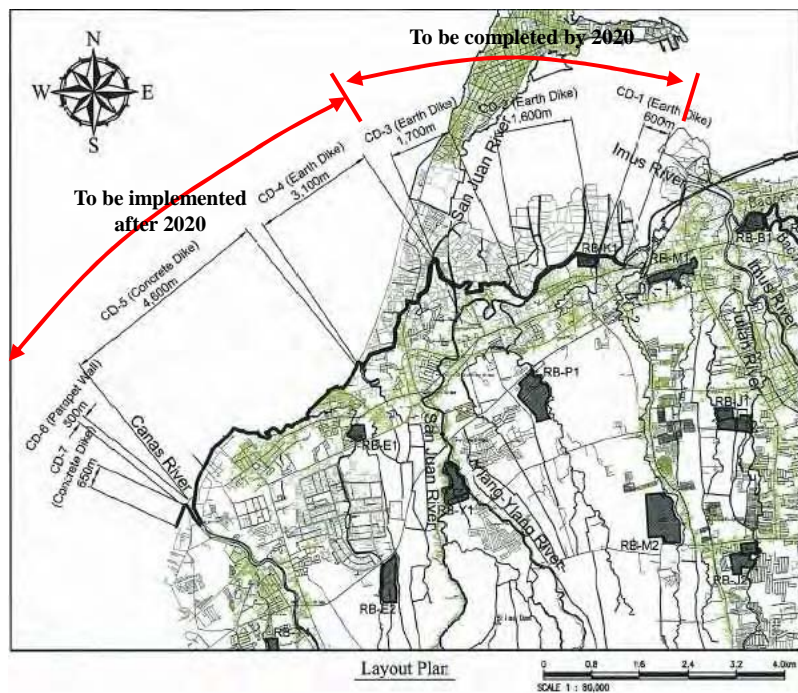
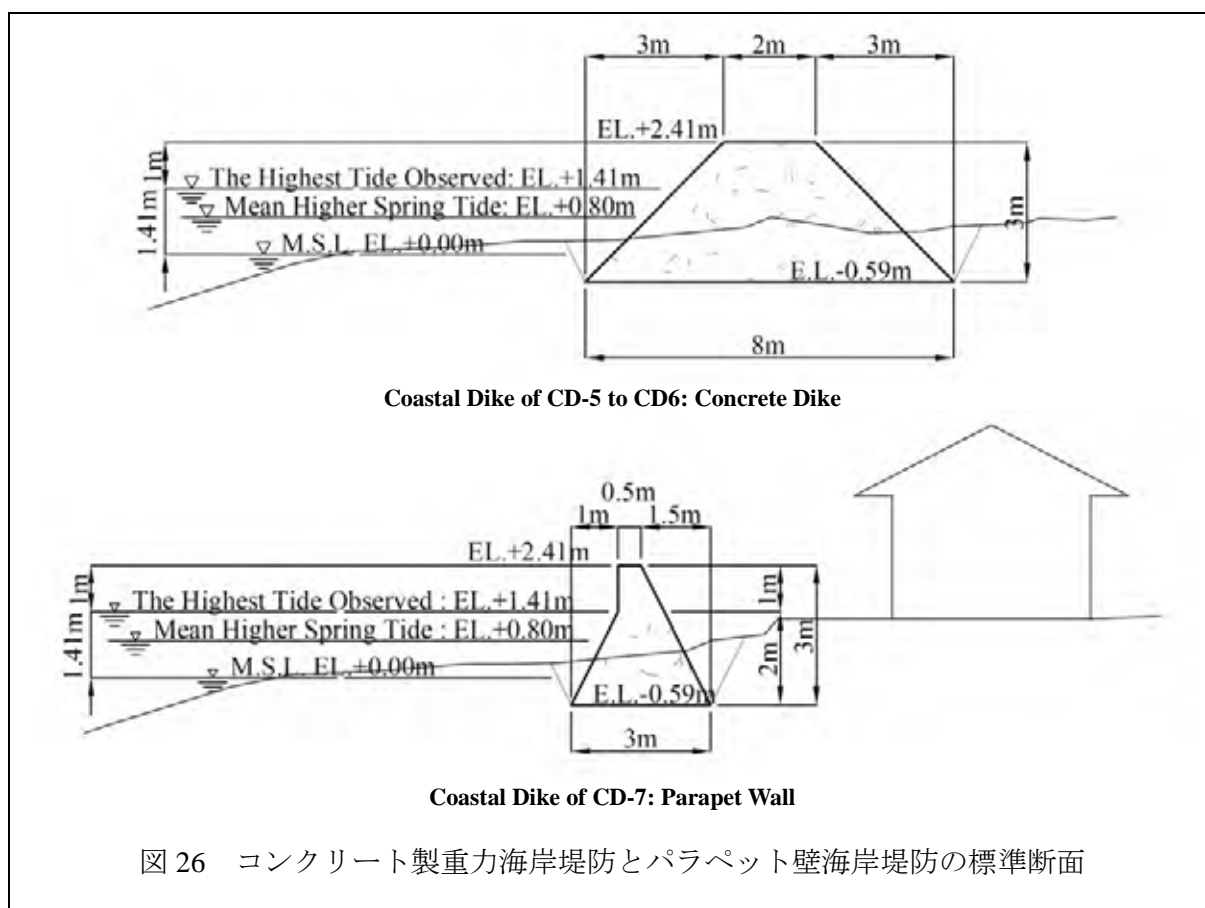


図 25 海岸堤防の計画法線

気候変動による海面上昇には未だ不確定要素が存在し、計画堤防高を上回る異常高潮位の可能性を否定できない。このような異常高潮位が発生した場合、越波による堤防崩壊の恐れがある。そのような堤防崩壊を防ぐため、以下のような構造設計を行った。

- CD-1～CD-4 までの海岸堤防については、養魚池・未利用地に設置されることから、海面上昇の程度に応じて段階的に嵩上げするための追加的な用地取得が可能であると考えられる。そのような段階的な嵩上げを容易とする目的から、堤防の構造としては、海側をコンクリート護岸により法面保護する土堤を提案する（図 16 参照）。
- CD-5～CD-7 の海岸堤防の計画地域では、家屋密集地帯であることから用地取得が容易ではないため、海岸堤防を用地取得が容易な海岸際に設置する必要がある。また、用地制限のために段階的な堤防嵩上げも困難な状況にある。さらに、この海岸堤は波浪を常時直接受けることとなる。波浪の越流ならびに打ちつけによる堤防崩壊を防ぐ目的から、CD-5～CD-6 の海岸堤についてはマッシュ・コンクリート製の重力型堤防とした。さらに CD-7 については極端に建設用地幅の制約を受ける河口に設置するため、マッシュ・コンクリート製のパラペット壁とした。以上のコンクリート製海岸堤防の標準断面は図 26 に示す通りである。



6.4 内水氾濫対策

現在の内水排除計画は現況の 2 年確率の降雨を対象としている。気候変動による影響予測では、現況の 2 年確率 1 時間雨量 54.3mm がシナリオ B1 では 2050 年に 60.3mm、シナリオ A1FI では 2050 年に 65.2mm に増加するとされている（表 13 参照）。これにより、調査対象地域内のローランドでは、2050 年には 2 年確率以下の降雨によってさえも浸水が起きることになる。

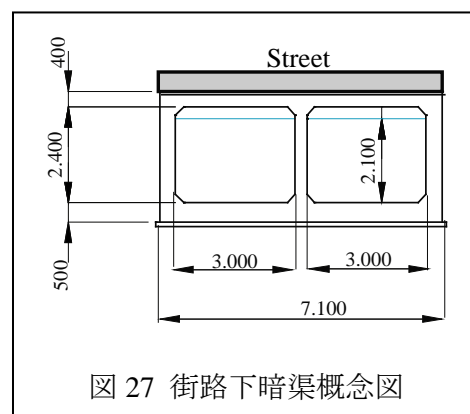
表 13 気候変動による確率 1 時間雨量の増加

シナリオ	年	1 時間確率雨量		
		2 年	5 年	10 年
現況	2020	54.3	71.7	82.1
シナリオ B1	2020	57.6	76.0	87.0
	2050	60.3	79.6	91.1
	2100	61.9	81.7	93.6
シナリオ A1FI	2020	61.9	81.7	93.6
	2050	65.2	86.0	98.5
	2100	70.1	92.5	105.9

*: 降雨強度の増加率は前出の表 6 より導かれた。

提案した内水排除システムは許容湛水深 25cm を前提としている。この前提にたてば、調査域西側の地区に関しては雨水湛水対策の必要性は薄い。このため同地区においては、河川・海洋からの逆流防止を目的として排水路下流端に設置するフラップゲート及び上流域からの洪水流入遮断を目的としたインターセプター（洪水調節池付）が主要内水対策構造物となる。従って、計画目標年 2020 年までの同地区の内水排水対策計画には既存排水路の拡幅は含まれていない。しかしながら、上記の気候変動に伴う短期降雨強度の増加を想定した場合、許容湛水深 25cm を超える浸水が徐々に発生する恐れがある。このような内水洪水の悪化に対処するため、2020 年以降に実施すべき内水対策事業として以下のような排水路の拡幅と排水ポンプの設置を想定する。

- 西部地区：**同地区の相当部分は EL.2m 以上の比較的高い地盤高を有し重力排水が可能である。一方、海岸部は家屋密集地帯となっており、調整池を伴う排水機上の用地を確保することが困難な状況にある。以上の状況から、気候変動にともなう短期降雨強度の増加に対処するためには排水路の拡幅による重力排水が適当であると判断される。また排水路の拡幅に用いる有効なスペースを基本的には既存街路下とする。すなわち気候変動にともなう降雨強度の増加に応じて段階的に排水暗渠（排水本管）を建設していくものとする。シナリオ A1FI で想定した 2050 年の 2 年確率雨量強度に対応するためには、深さ 2.1m、幅 6m を標準サイズとした暗渠を総延長 3.5km の街路下に建設することが必要と考えられる（図 28 参照）。但しこの暗渠排水能力は許容湛水深 0.25cm を前提とする。この暗渠建設に加えて、上記 6.3 節でのべた 8.8km の海岸堤防の建設も提案する。



- 東部地区：**同地区の相当部分は EL. 1m 以下の極めて地盤高を有し、上記西部地区で採用したような暗渠による重力排水は難しい。一方、同地区の下流域は養魚場として使用されており、調整池を伴う排水機場の建設は可能と判断される。以上の観点から気候変動に伴う短期降雨強度の対象には排水機場の建設が適当と考えられる。排水機場は図 28 に示す通り地区の下流端に設置することとし、雨量強度の増加に伴い段階的に排水能力の増強を図るものとする。シナリオ B1 で想定した 2050 年の 2 年確率雨量強度に対応するためには、13m³/s の排水能力が必要であり、さらにシナリオ A1FI の場合 16m³/s が必要となる。

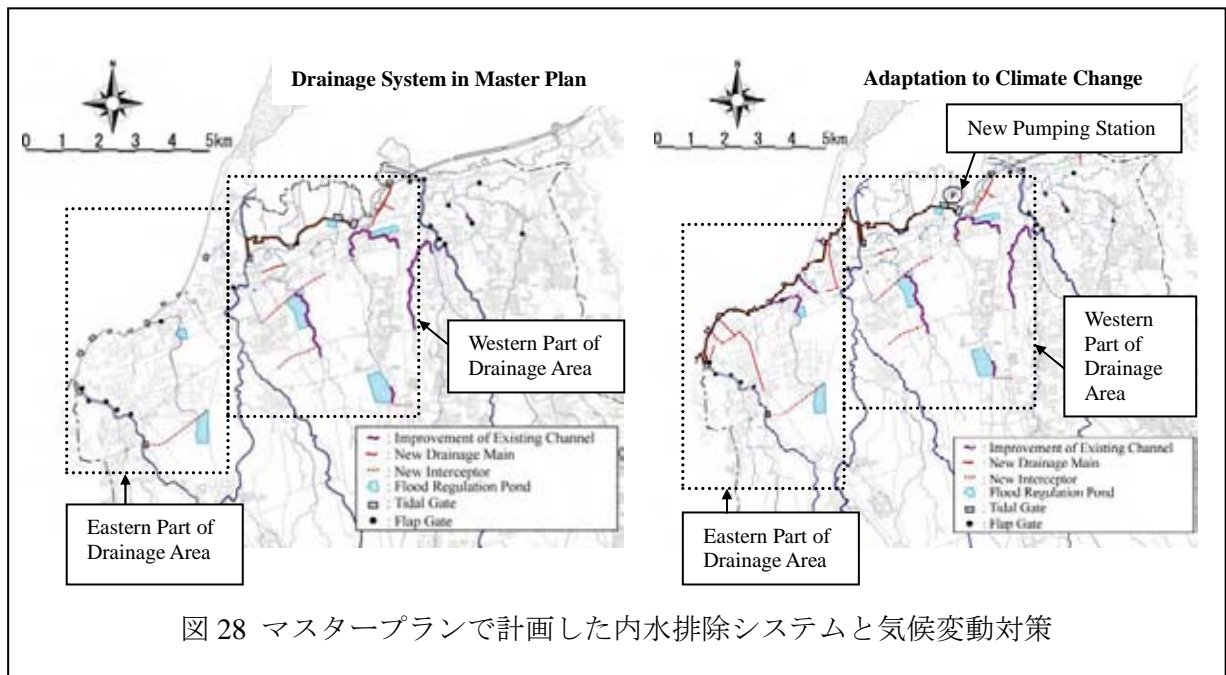


図 28 マスタープランで計画した内水排除システムと気候変動対策

第7章 気候変動の非構造物対策

構造物対策のみでは気候変動によって増大する洪水や高潮による被害を軽減するのは難しく、適切な土地利用、洪水予警報システムの確立、さらに洪水管理組織の創設などの非構造物対策の導入が洪水被害の軽減には必須となる。ここではそのような非構造物対策を検討する。

7.1 土地利用管理

7.1.1 過度の土地開発の抑制

防災調整池は新規分譲地の全てに建設されるため、市街地の拡大に応じて流域の洪水保水能力を維持し、洪水流出量の増加を抑制する機能を有する。しかしながら、先の 5.3 節で述べた通り、防災調整池の洪水調整能力は 20 年確率の洪水規模への対応が限界である。

このため、20 年確率規模以上の洪水に関しては、市街地の拡大に伴って潜在的な被害規模は増大することとなる。一方、市街地の拡大を凍結することは基本的に不可能である、このようなジレンマに対応するため、「市街地成長管理条例」の施行に基づく調査域のゾーニングプランを提案した。

この条例は進行中の過度の土地開発を規制し、極めて大きい洪水流出の増加と被害ポテンシャルの増加を防ぐ機能を有する。同時に先の 6.2.2 節で述べた通り、遊水地の拡充に必要な用地の確保を可能とする。

ゾーニングは (a) 開発地域の現況と農業保全地域を含む現在の土地利用、(b) 2020 年での人口、(c) 関係自治体による都市開発計画、(d) 開発業者の開発計画、(e) 洪水危険地域の指定などさまざまな要素を勘案して行われる。このゾーニング計画案を表 14 と図 29 に示す。

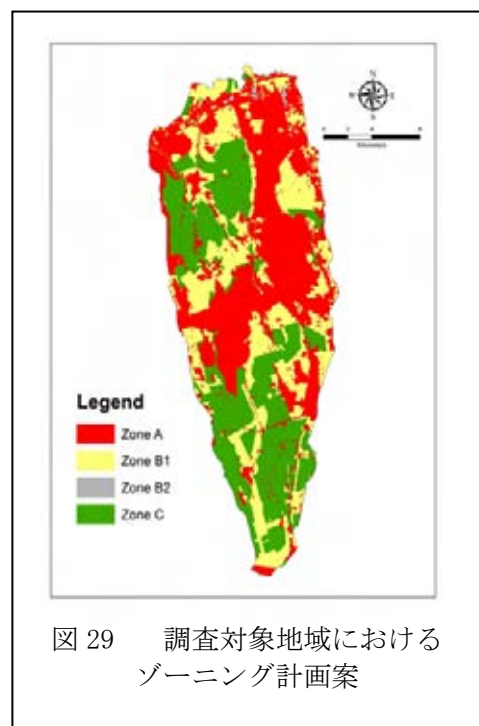


図 29 調査対象地域におけるゾーニング計画案

ゾーニング計画の実行により、ゾーン B での無計画、散在した土地開発は厳しく抑制され、同時にゾーン C での開発は 2020 年まで禁止される。そのような土地利用管理は洪水流出と被害ポテンシャルを小さくし、将来に予想されている気候変動による洪水の増大に効果がある。

ゾーニングは 2020 年に社会経済や気候変動の状態を勘案して見直される予定である。ゾーニングが実行されることによって土地管理の制度がスムーズ且つ容易に運用されるものと考えられる。

表 14 2020 年までのゾーニング計画

ゾーン	現在/計画の土地利用	面積(ha)	占有率	備考
Zone A	住宅地	14,561	35.7%	2020 年の土地利用予測
	工業地	1,426	3.5%	
	公共施設	407	1.0%	
	商業地	1,019	2.5%	
	小計	17,413	42.7%	
Zone B	農業地	2,462	6.0%	2003 年現在の土地利用、一部はすでに開発済みである。
	草地/空地	3,145	7.7%	
	林地	2,856	7.0%	
	水域	665	1.6%	
	その他	20	0.0%	
	小計	9,148	22.5%	
Zone C	農業地	12,861	31.6%	現在の土地利用、2020 年まで変化なし
	草地/空地	1,004	2.5%	
	林地	249	0.6%	
	水域	68	0.2%	
	その他	1	0.0%	
	小計	14,183	34.8%	
合計		40,744	100.0%	

7.1.2 河川域への侵出抑制

洪水管理において構造物の河川域への異常な侵出は大きな問題の一つである。大統領令第 1067 号で、都市地域では水面部分とその端より 3m、農業地域では 20m、森林地域では 40m が河川域として定義されており、何人もその内部で生活することは許されていない。それにもかかわらず、実際にはその河川域内に不法居住者や一般居住者が多数いる。都市住民が増えることにより、河川域の侵食は増加している。

下流域での集中的な侵食は河口より約 28km にわたって見られ、その総数は約 500 戸にのぼる (図 21 参照)。これらの家屋は河道/水路側に突き出し、洪水から被害を受ける危険性が極めて高い。そのような河川区間では、その地形条件や法的な問題より洪水防御施設を建設することが出来ない。この問題に対処するため、違法建築物の撤去と撤去後の河川域の管理が必要であり、以下の 4 点の項目が提案される。

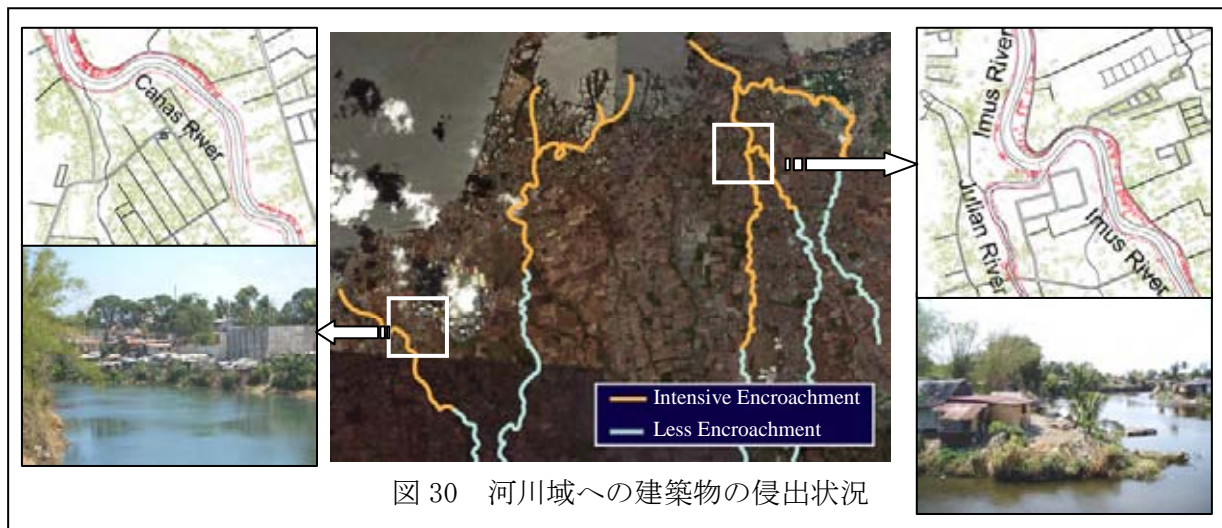


図 30 河川域への建築物の侵出状況

(1) 河川境界の再定義

Imus、San Juan、Canas 川の一部区間に沿って幹線もしくは支線道路が走っており、その道路が河川堤防の一部となっている。さらに高さ 1.5m 以下のパラペット用壁が下流区間に沿って設置されている。河川域はこれらの道路とパラペット用壁に囲まれた範囲として定義できる。一方、下流側については明確な河川の土手が無く流量によって流路も大きく変化し、そのため河川境界は明確ではない。これらのことから河川境界の設定は以下の要件によって再定義するのが妥当である。

- 水域：河道で堤防や土手によって囲まれている範囲とする。もし、そのような明確な境界を決めるものがない場合、水域とは平常時の流下水面幅とする。
- 河川域：大統領令第 1067 号によれば、河川域は水域に加え兩岸において、都市地域で 3m、農業地で 20m、森林地では 40m の幅を加えたものとなる。

(2) 河川域のデータベースの作成と更新

河川域に関するデータベースが維持と管理のために作成される必要がある。データベースの目的は河川域内の家屋の位置や数、堤防や護岸、橋梁、ダム、堰などの河川構造物に関する情報を整理し、更新することである。調査団はカビテ州政府によるデータベースの作成を支援している。

(3) 河川域内の不法居住者の移転

政府用地や公共用地からの違法建築の撤去を行うためカビテ州においては「プロの不法居住シンジケート対策の行動」というタスクフォースが組織されている。そのタスクフォースは不法居住者の移転計画と 85ha の移転地を開発している。移転計画の対象には河川域の不法居住者は含まれていないが、彼らも対象に含めるべく提案されている。

(4) 河川域土地利用の再調整

河川環境の保全、安全な洪水流下、河川域の再占有の禁止等の公共益を促進するため河川域内の土地利用の再検討が行われている。河川公園や運動場、遊歩道、生物観察施設の建設が提案されている。

(5) 河川域の維持と管理

河川環境保全促進のため、河川パトロールや情報宣伝啓蒙の実施含め河川域の適切な維持と管理のための計画の策定が検討されている。

7.2 洪水警報避難システムの確立

現在、調査対象地域の相当部分が2年確率以上の洪水に対する河川越水洪水の危険にさらされている。また、洪水が自然現象である限りその規模は洪水対策施設の設計規模以内のものとは限らず、しばしば超過洪水の生起も想定される。将来、洪水災害は気候変動ばかりではなく、都市人口の増加や洪水災害地域への侵出、さらに開発地域の拡大による洪水流出量の増大などの要因によりさらに深刻化する。

洪水災害を軽減するために洪水警報避難システムが提案されている。これは地方自治体政府の活動と資源を使って実施する方向で進められている。この洪水警報避難システムは将来の気候変動対策にそのシステムを改善して用いることも出来る。

7.2.1 洪水警報避難システムの対象地域

2006年の台風ミレニョ時の洪水規模は約100確率規模であったと評価される。これよりその洪水浸水地域を現在の可能最大洪水浸水危険地域と定義する。従って、洪水警報避難システムの対象地域としては当時浸水深0.5m以上の地域1,283haを洪水危険地域と仮定し、妥当な非難センターの場所を含めたものとする(図22参照)。

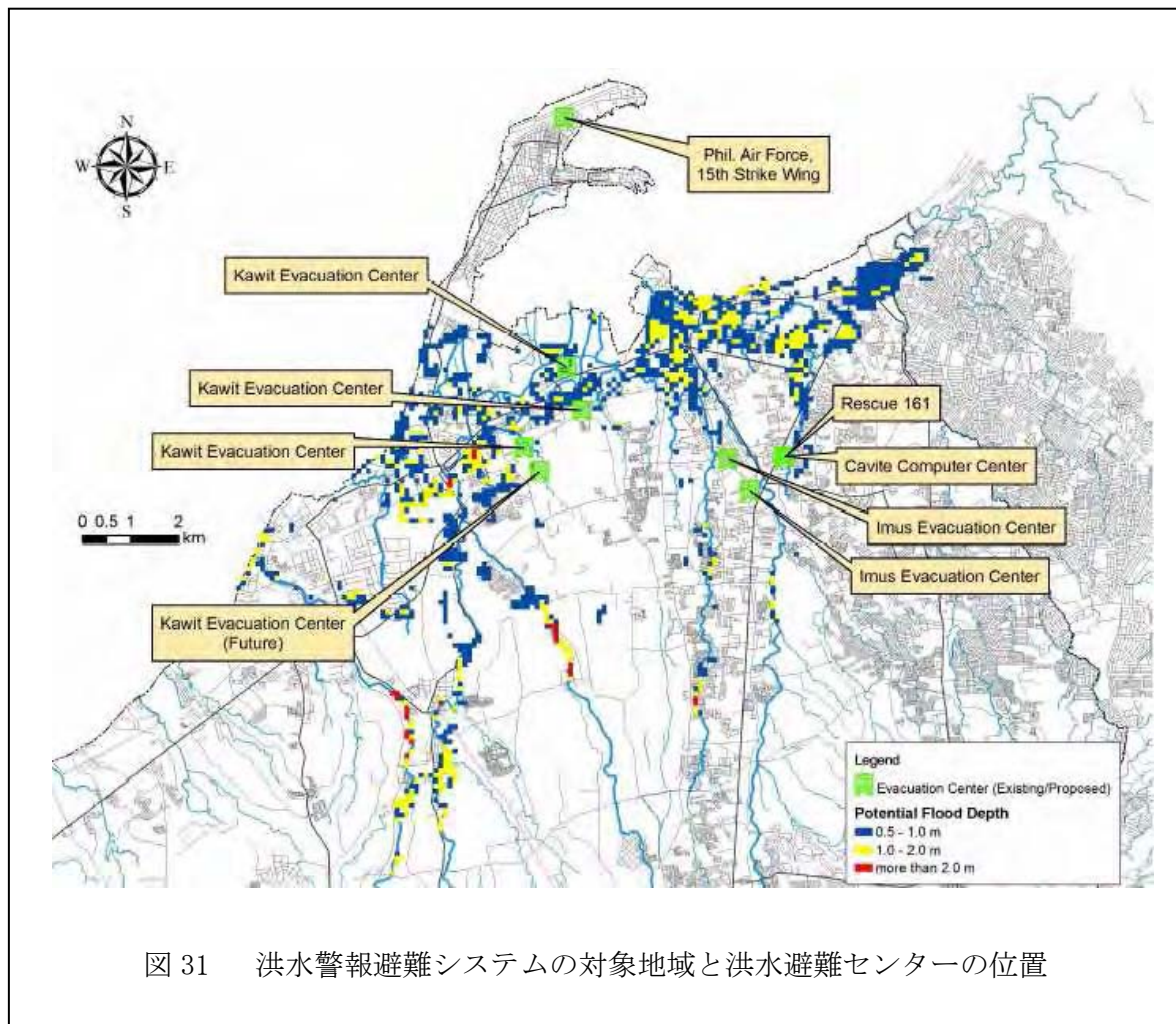


図 31 洪水警報避難システムの対象地域と洪水避難センターの位置

7.2.2 段階的洪水警報避難

洪水警報避難に関する情報発信は河川水位や雨量強度などの水文や気象の条件による。早期の情報伝達は住民の非難活動を容易にする一方で、往々にして警報や避難勧告の発令の間違った決定に導くことも多い。度々の間違った警報や避難勧告の発令は、それを受ける住民の情報に対する関心を失わせることになる。早期の洪水警報と避難に関する情報を発信し、しかも住民からの信頼を得るためには、以下の表 15 に示したような段階的な洪水警報と避難の方法が必要である。

表 15 段階的洪水警報と避難方法

段階	必要な活動内容
段階-1 (待機段階)	<ul style="list-style-type: none"> 州災害調整委員会の議長若しくはその代行者は各レベルの委員を招集し、洪水に対する準備を開始する。 州災害調整委員会は各市・町委員会に対し、各管轄地域内の河川水位・降雨強度等の観測を開始し、その結果を州に報告する指示を出す。 州災害調整委員会はカビテ州内の天候情報を確認するため PAGASA の Sanglay Point 気象観測所との連絡を開始する。
段階-2 (警戒段階)	<ul style="list-style-type: none"> 全ての各レベルの災害調整委員会は避難活動に係る必要な人材配置と物資の確認準備作業に取り掛かる。 バランガイ災害調整委員会は上位の町災害調整委員会の支持に基づきコミュニティと連携して河川パトロールを開始する。
段階-3 (警報段階)	<ul style="list-style-type: none"> 州災害調整委員会の議長若しくはその代行者は河川洪水被害が想定される町災害調整委員会の議長に警報を発令する。 バランガイ災害調整委員会はコミュニティと連携して洪水警報と避難準備に関する情報の発令・広報を開始する。 全ての各レベルの災害調整委員会は洪水避難に係る担当者と物資を配置する。
段階-4 (避難段階)	<ul style="list-style-type: none"> 州災害調整委員会の議長若しくはその代行者は河川洪水被害が想定される町災害調整委員会の議長に避難活動開始を公布する。 バランガイ災害調整委員会は避難開始の発令・広報を開始し、対象住民を避難場所に誘導する。

7.2.3 洪水状況のモニターの方法

表 15 に示したように累加雨量と河川水位が洪水警報避難の第一段階の条件となる。

河川水位は地域内の 7 橋の橋脚に記された(写真-17 参照)水位マークによってモニターされる。

雨量のモニターについては地域内 3 箇所での印字型雨量計の設置によって行われる。この印字型雨量計は一台 80,000 ペソで設置も簡単である。



写真-8 洪水警報避難のための河川水位マークの例

7.2.4 洪水警報避難システムのための連絡体制

提案されている洪水警報非難システムは地方のそれぞれ州、市/町、バランガイ災害調整委員会と住民および NGO によって実施される。各地方行政レベルの首長、知事や市長がそれぞれの災害調整委員会の議長を勤めており、災害対策センターもまたそれぞれの行政レベルにおいて実際の洪水警報避難活動を実施するため設置されなければならない。

調査対象地域内の河川流域はそのようないくつかの市や町をまたいでいるため、ここではカビテ州の災害調整委員会が洪水状況のモニターを受け持ち、且つ警報や避難勧告の発令を行う。一方、

市や町さらにバラングイの災害調整委員会は現場での具体的な活動、すなわち住民への洪水警報や避難勧告の情報伝達を行う。バラングイ災害調整委員会は、その他洪水時には河川水位のモニターを行い州災害調整委員会へ連絡する役目も負っている。

洪水警報避難に関する政府機関と NO の間、および住民も含めた適切な通信ルートを図 23 に示した。これは前記のように現在の災害に関する連絡系統や段階的洪水警報避難を考慮したものである。

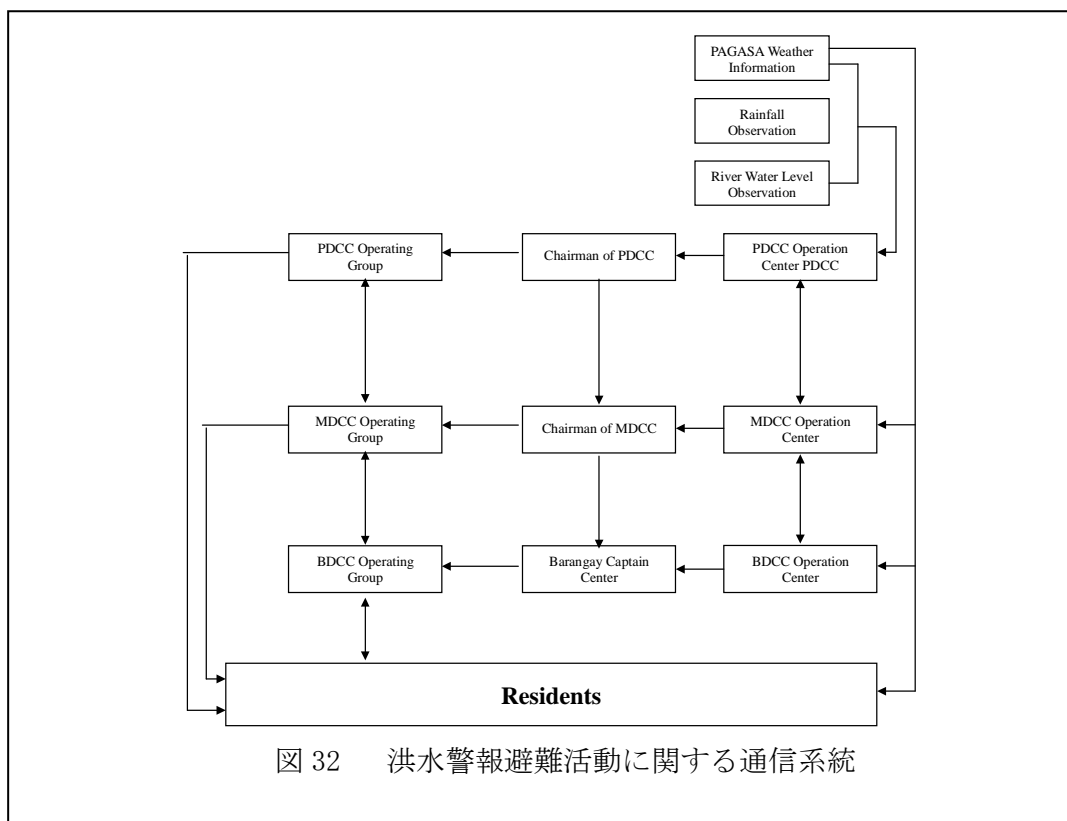


図 32 洪水警報避難活動に関する通信系統

7.3 洪水管理と気候変動のモニターに関する組織の設立

洪水軽減施設の建設にかかわる事業の実施機関とは別に、洪水対策委員会(FMC)を創設し調査地域での洪水管理に関する活動を行う。FMC は関係する地方自治体の代表からなる 10 名の委員から構成されている (表 16 参照)。

FMC の基本的な役割は、非構造物対策すなわち (a) 河川や排水路清掃に関する情報宣伝啓蒙活動、(b) 過度の土地開発や河道への違法な侵出の抑制、(c) 洪水警報と避難活動、について関係機関・組織の間での調整を行うことにある。この観点から FMC には、その議題と協議内容によって協力者 (学校・教育機関の代表者、NGO の代表者、議員等を適宜交えて議論をすることが望ましい)。

FMC はさらに気象庁 (PAGASA) と国土地理院 (NAMRIA) と協力して気候変動に関するモニターを行う。気象庁は調査地域での長短期の気温や降雨を観測し、国土地理院はマニラ湾における海水面の変化をモニターしてそれらの資料を提供する。FMC は収集したデータと IPCC における調査・研究結果を参照して、調査地域での気候変動による洪水への影響を検討する。

表 16 洪水対策委員会委員（案）

地位名称	職/機関	基本的な役割	調整の必要な関係機関
議長	Provincial Planning and Development Coordinator (PPDC)	<ul style="list-style-type: none"> Coordinate and guide the overall activities of FMC Guide the necessary control of the excessive land development Guide the necessary conservation of the agricultural land 	<ul style="list-style-type: none"> Provincial Land Use Committee PPDO CPDO/MPDOs
事務局	Provincial Planning and Development Office (PPDO)	<ul style="list-style-type: none"> Act as the secretariat of the FMC 	
副議長	District Engineer of DPWH in Tress Martires City	<ul style="list-style-type: none"> Assist the chairperson for coordination and guidance of the overall activities of FMC Coordinate and implement land acquisition and construction of the proposed flood mitigation facilities Coordinate and implement the O&M of the flood mitigation facilities 	<ul style="list-style-type: none"> DPWH
委員	Provincial Director of Philippine National Police (PNP)	<ul style="list-style-type: none"> Coordinate and guide the flood warning and evacuation works Coordinate and guide the control of encroachment to the river area 	<ul style="list-style-type: none"> PNP
委員	Head of PG-Environmental and natural Resources Office (PG-ENRO)	<ul style="list-style-type: none"> Coordinate and guide the OPLAN LINIS (IEC for cleanup drive of the waterways) 	<ul style="list-style-type: none"> CENRO/MENROs
委員	Head of Provincial Housing and Urban Development Office	<ul style="list-style-type: none"> Coordinate and implement the control of encroachment to the river area 	<ul style="list-style-type: none"> PHUDO Task Force for Relocation of Informal Dwellers)
委員	Head of Provincial Engineering Office (POE)	<ul style="list-style-type: none"> Coordinate and implement land acquisition and construction of the proposed flood mitigation facilities Coordinate and implement the O&M of the flood mitigation facilities 	<ul style="list-style-type: none"> PEO C/MEOs
委員	Representative from District Office of DENR in Tress Martires City	<ul style="list-style-type: none"> Coordinate and guide the OPLAN LINIS (IEC for cleanup drive of the waterways) Coordinate and guide the watershed management 	<ul style="list-style-type: none"> DENR
委員	Representative from District Office of NIA in Naic, Cavite	<ul style="list-style-type: none"> Guide the necessary conservation of the agricultural land 	<ul style="list-style-type: none"> NIA
委員	Provincial Action Officer of the Gov. Service Office	<ul style="list-style-type: none"> Coordinate and guide the activities relevant to flood warning and evacuation a 	<ul style="list-style-type: none"> PDCC CDCC/MDCCs BDCCs

