

第7章 パラニャーケ放水路の事業化検討 (Pre-F/S)

7.1 地質概要

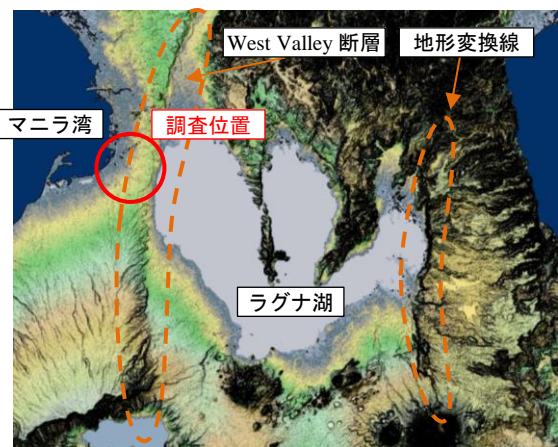
7.1.1 調査地の地形・地質

調査地域は、マニラ首都圏の南部に位置し、マニラ湾とラグナ湖を境とする幅 10 km 程の丘陵地帯である (図 7.1.1 参照)。図 7.1.2 は、調査地域を含むラグナ湖周辺の地形を、アメリカ航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration、以下、NASA) のスペースシャトル立体地形データ (Shuttle Radar Topography Mission、以下、SRTM) を用いて、傾斜図として表示したものである。この図から、調査地を北北東～南に連なる直線状の地形変換線が確認出来る。この地形変換線が、The Valley Fault System のうち、West Valley 断層に相当する。なお、断層によるものか否かは明らかでないが、ラグナ湖の東縁にも南北性の地形変換線が見られる。



出典：JICA 調査チーム

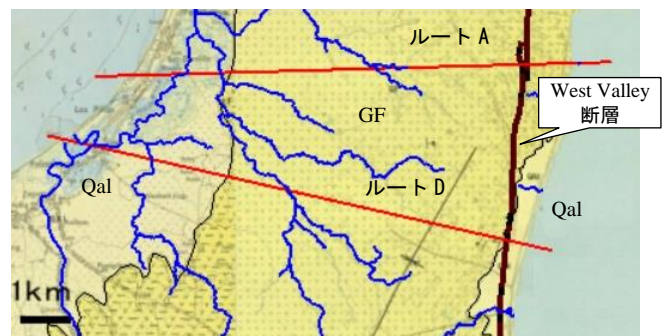
図 7.1.1 調査位置



出典：SRTM を JICA 調査チームが整理

図 7.1.2 調査地周辺の地形

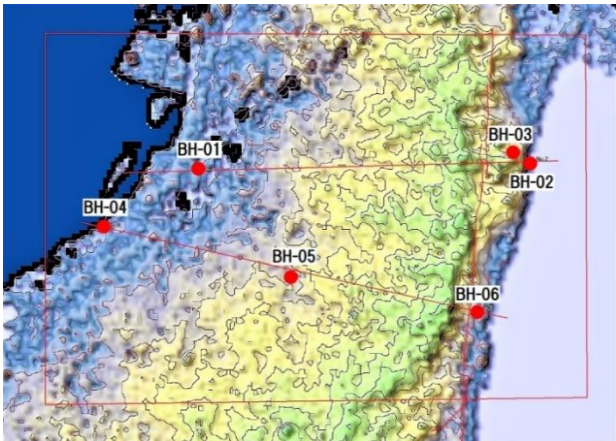
図 7.1.3 に、調査地周辺の地質図を示す。これによると、この丘陵地に基礎岩として分布する地質は更新世の Guadalupe Formation (GF) とされ、主に火山砕屑岩類 (凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩、火山灰質シルト岩など) から成る、いわゆる軟岩である。また海岸部から丘陵地西側の低地部及び東部のラグナ湖沿いの低地部では、完新世の Quaternary Alluvium (Qal) とされる粘土、シルト、砂、砂礫などの未固結堆積物が上記の軟岩を覆っている。



出典：“Geology of the Philippines”, Land Geological Survey Division, Mines and Geosciences Bureau, DENR

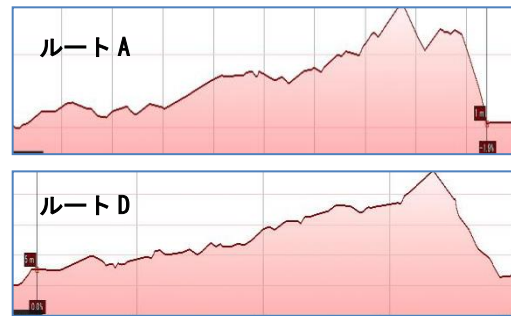
図 7.1.3 調査地の地質

調査地域の地形をより詳細に検討するために、SRTM の地表の標高データを元に等高線を表示した図面を作成した (図 7.1.4 参照)。さらに、Google Earth を利用し、調査側線添いの地形断面図を作成した (図 7.1.5 参照)。



出典：SRTM を JICA 調査チームが整理

図 7.1.4 調査地の地形



出典：Google Earth を用い JICA 調査チームが作図

図 7.1.5 調査測線断面図

これによれば、マニラ湾とラグナ湖を画する丘陵地は、マニラ湾側からラグナ湖側に向かい徐々に高くなり、ラグナ湖の手前で標高 30 m~40 m となり、ラグナ湖側に急に下がる。この下がる斜面箇所 West Valley 断層が想定される。

調査地域では住宅が密集しており岩盤の露出は少ないが、一部道路沿いの切り割などに露出している。



出典：JICA 調査チーム

図 7.1.6 調査地内の露出岩盤

7.1.2 ボーリング調査

(1) 目的

調査地域の地盤構成、締まり具合、地下水位などを知るために、ボーリング調査を実施した。ボーリングの掘削深度は 70 m とし、地下深部での地盤状況を把握するように設定した。表層部では地盤の締まり具合を知るために、標準貫入試験 (Standard Penetration Test、以下、SPT) を実施し、土質試料の採取を行った。採取された試料については、一部を土質試験に使用した。

(2) 調査数量

表 7.1.1 に原位置試験の調査数量一覧を示した。

表 7.1.1 原位置試験数量一覧

調査孔番号	深さ (m)	地表標高 (m)	SPT 試験回数
BH-01	70.0	14.9	22
BH-02	70.0	12.7	47
BH-03	70.0	35.8	2
BH-04	70.0	11.5	19
BH-05	70.0	19.3	6
BH-06	70.0	17.1	7
合計：6本	420.0	-	103

出典：JICA 調査チーム

また、表 7.1.2 に室内試験の調査数量一覧を示した。

表 7.1.2 室内試験数量一覧

試験内容	土質分類	試験数 (箇所)
含水比試験	砂質土・粘性土、岩	60、36
篩分け試験	砂質土・粘性土	60
液性限界及び塑性限界試験	砂質土・粘性土	60
比重試験	砂質土・粘性土、岩	60、36
吸水率試験	岩	36
1軸圧縮試験	岩	36
スレーキング耐久試験	岩	18

出典：JICA 調査チーム

(3) 調査位置

ボーリング調査地点を、図 7.1.7 に示す。当初、ボーリング実施地点は、調査地域を横断する測線のうち最も放水路として適していると思われる2測線添いで、マニラ湾側で2か所、ラグナ湖側で2か所、中央の台地部で2か所の合計6か所を計画したが、放水路の取水部候補地付近の地質把握を目的として、台地部で計画していたボーリング実施地点1か所（BH-02）をラグナ湖に隣接する排水路河岸に移設して実施している



出典：JICA 調査チーム

図 7.1.7 ボーリング位置図

(4) 原位置試験結果

ボーリング調査結果を表 7.1.3 にまとめ、ボーリング柱状図を地質区分、N値と共に図 7.1.8、図 7.1.9 及び図 7.1.10 に示した。表 7.1.3 は、ボーリングで確認された岩盤や被覆層の特徴などを、ボーリングコア写真の抜粋とともに示している。

丘陵地に基礎岩として分布する地質は、前述したとおり、更新世の **Guadalupe Formation** とされ、主に火山砕屑岩類（凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩、火山灰質シルト岩など）からなる軟岩である。

表 7.1.3 調査地域の地層

区分	確認されたボーリング箇所	写真
1 現世の埋め立て土砂 ビニールなどの人工物が含まれている。	BH-04 0~3m	
2 ラグナ湖に堆積した粗砂 貝殻の白い破片を多く含み、未固結である。	BH-02 0~6m	
3 火山礫凝灰岩、砂質凝灰岩 小さな岩片を含み、よく固結している。透水性は低いと想定される。	BH-03 22.6~25m	
	BH-06 42~45m	
4 細粒凝灰岩、シルト、粘土 細粒と粗粒の火山灰が互層して堆積、堆積面が見られることから、水の底に堆積したものである。	BH-01 47.6m	
5 礫岩（砂礫） 固結程度の低い礫岩が砂礫状に採取されたもの、これらの地層では透水性が高いことが想定される。	BH-04 39.7m	

出典：JICA 調査チーム

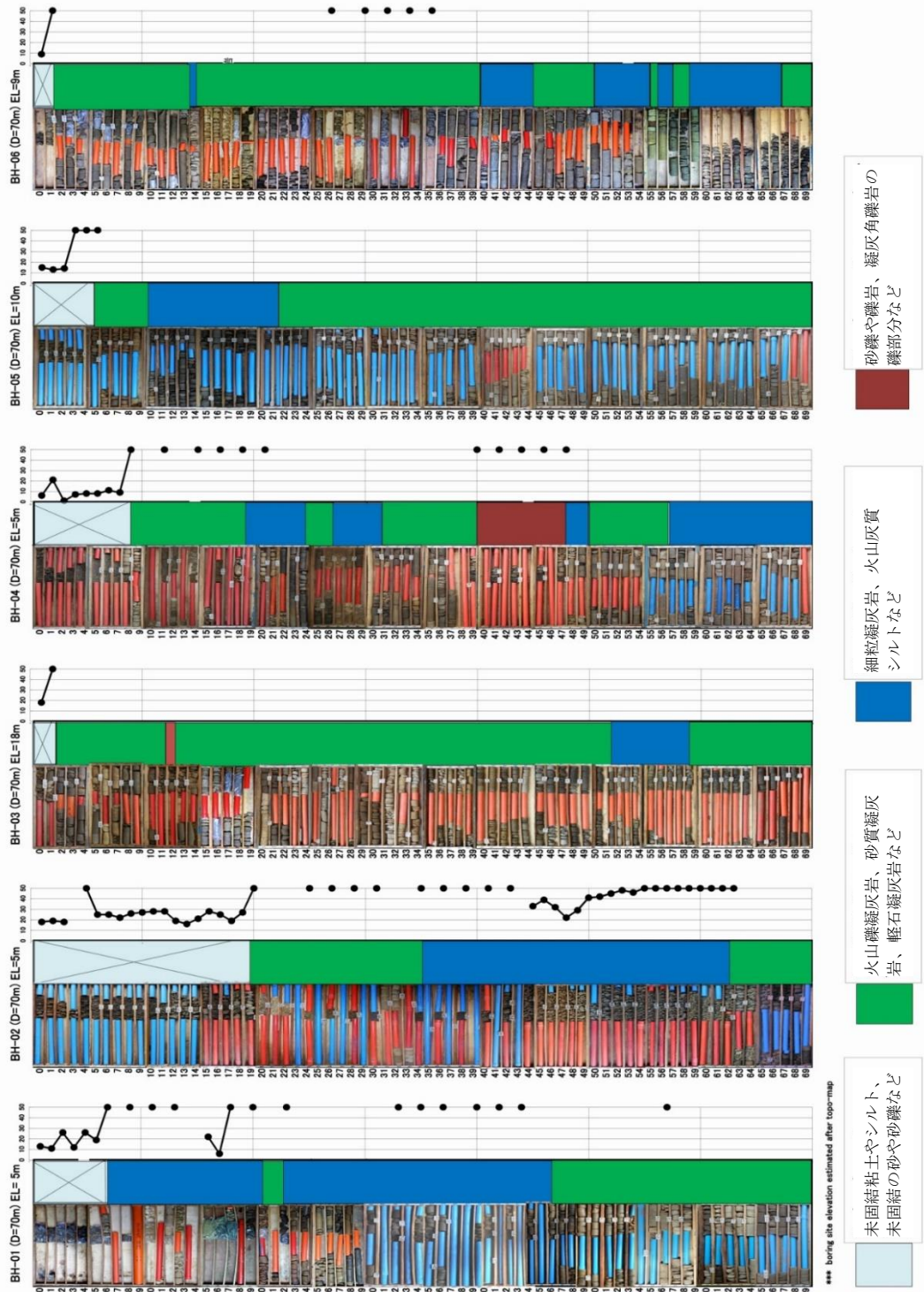


図 7.1.8 ボーリング柱状図一覧

出典：JICA 調査チーム

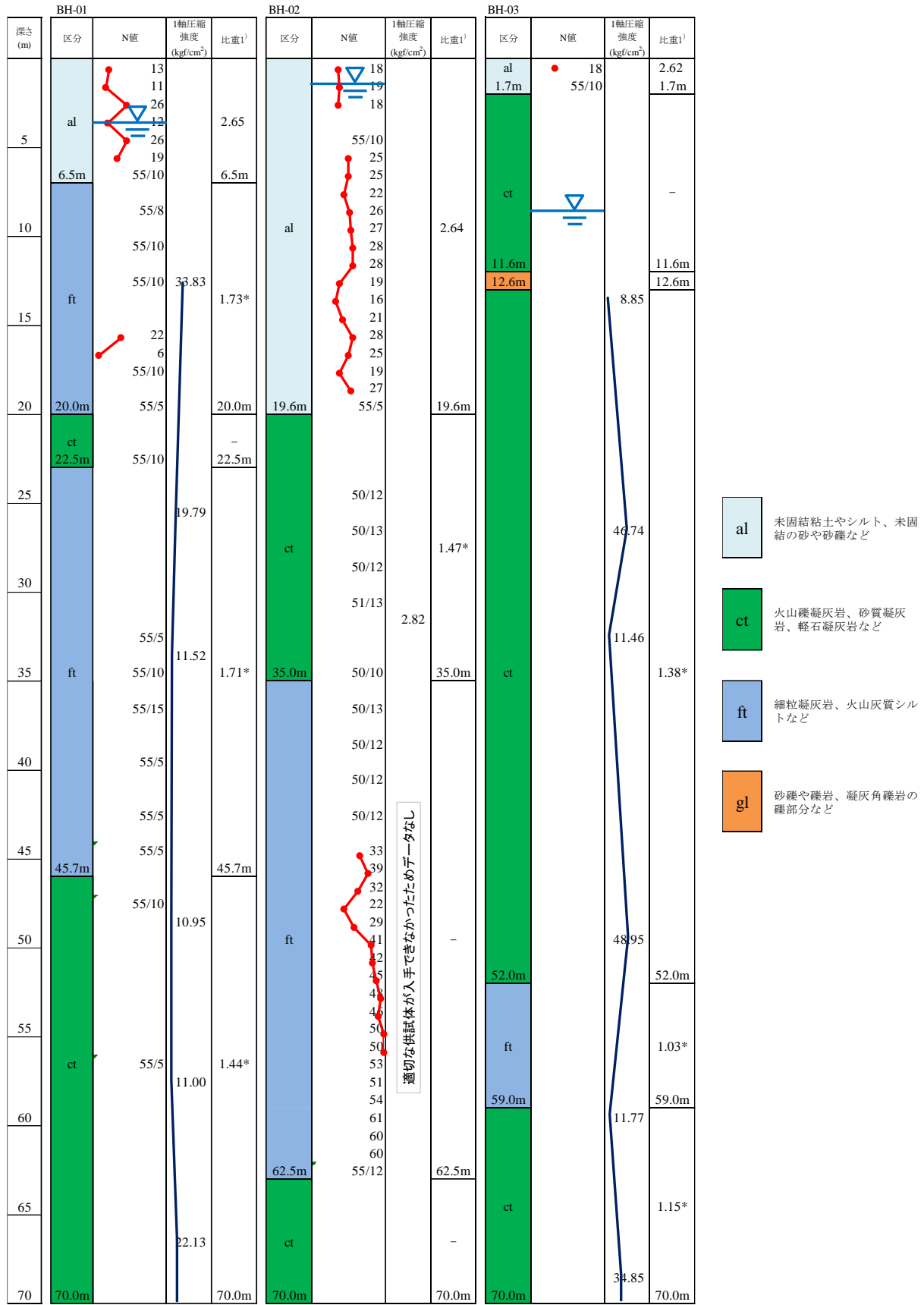


図 7.1.9 ボーリング柱状図一覧 (BH-01~BH-03)

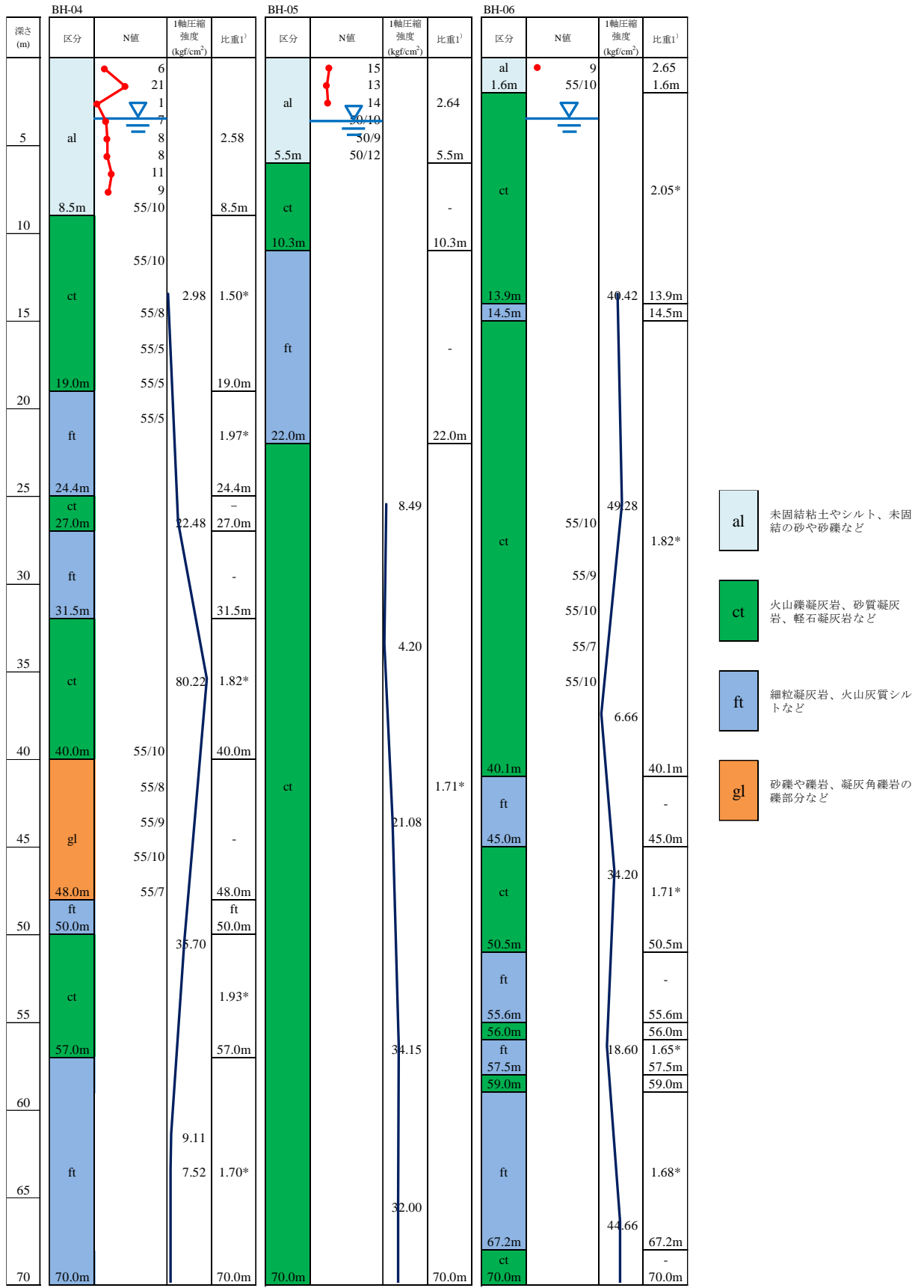
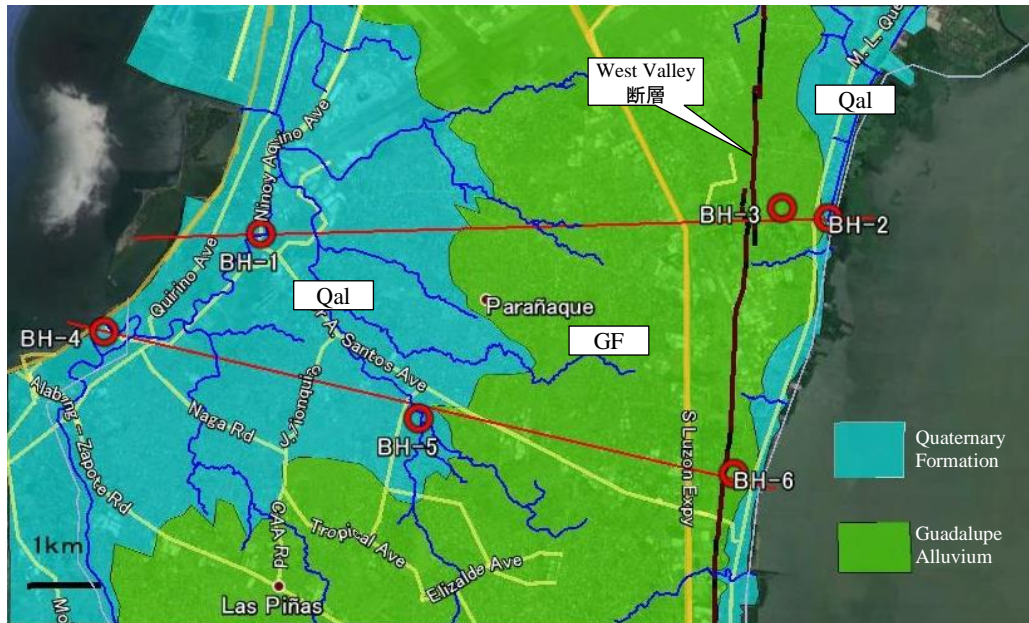


図 7.1.10 ボーリング柱状図一覧 (BH-04~BH-06)

図 7.1.3 に示した地質図を基本に、数回に渡る現地踏査、ボーリング調査結果及び SRTM での地形等高線の分布を踏まえ、新たな地質平面図を作成し図 7.1.11 に示した。図 7.1.3 からの更新点は以下のとおりである。

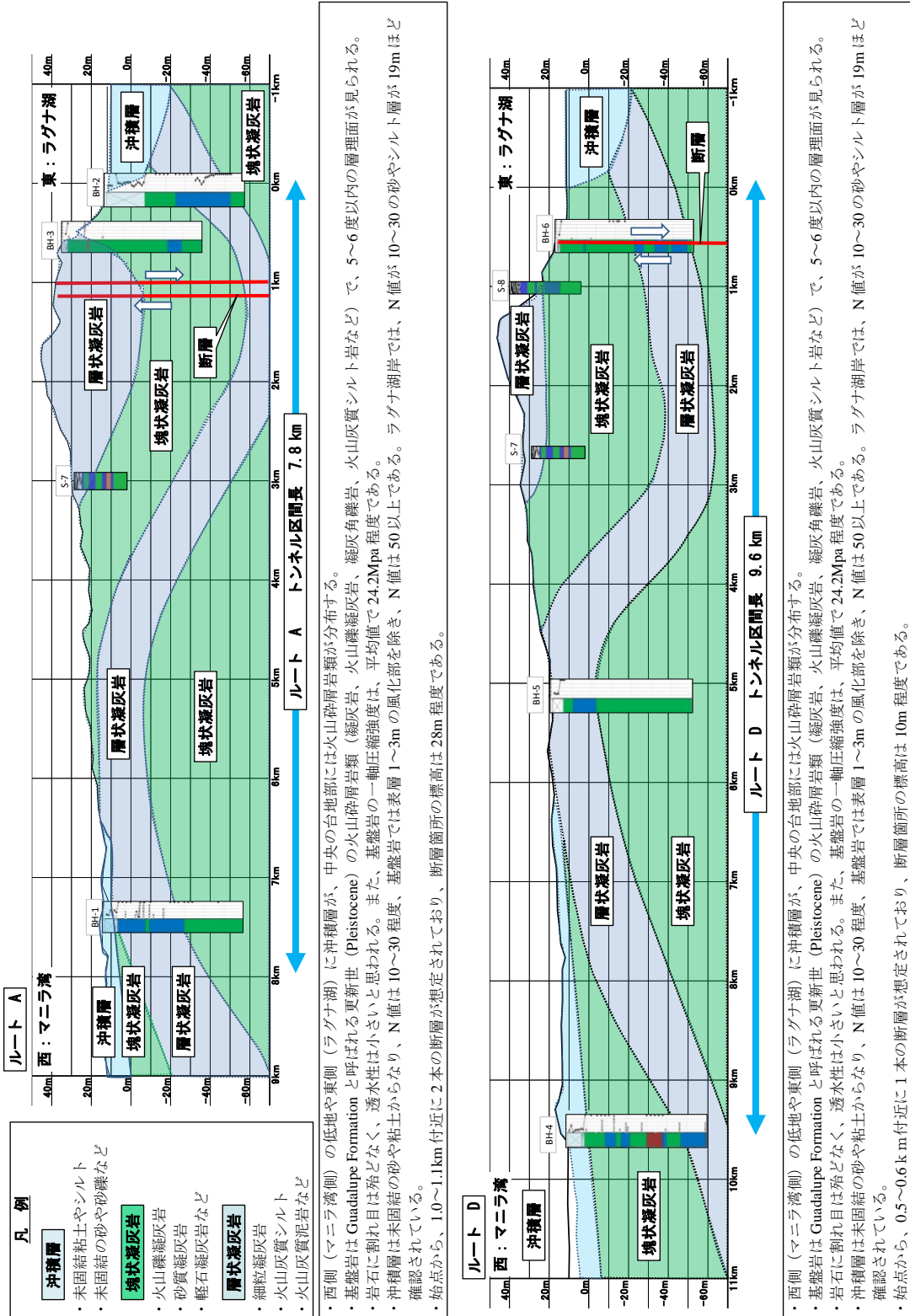
BH-05 は丘陵のほぼ中間地点であるが、沖積層が確認された。この点と地形を踏まえ、丘陵地の西側に位置する Qal の範囲を広げている。

ラグナ湖沿いで BH-02 周辺及びその北側においても沖積層が確認されたため、ラグナ湖沿いでも Qal の範囲を広げている。



出典：JICA 調査チーム

図 7.1.11 調査地の地質平面図



西側（マニラ湾側）の低地や東側（ラグナ湖）に沖積層が、中央の台地部には火山砕屑岩類が分布する。
 ・基盤岩は Guadalupe Formation と呼ばれる更新世（Pleistocene）の火山砕屑岩類（凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩、火山灰質シルト岩など）で、5～6度以内の層理面が見られる。
 ・岩石に割れ目は殆どなく、透水性は小さいと思われる。また、基盤岩の一軸圧縮強度は、平均値で24.2Mpa程度である。
 ・沖積層は未固結の砂や粘土からなり、N値は10～30程度、基盤岩では表層1～3mの風化部を除き、N値は50以上である。ラグナ湖岸では、N値が10～30の砂やシルト層が19mほど確認されている。
 ・始点から、1.0～1.1km付近に2本の断層が想定されており、断層箇所の標高は28m程度である。

西側（マニラ湾側）の低地や東側（ラグナ湖）に沖積層が、中央の台地部には火山砕屑岩類が分布する。
 ・基盤岩は Guadalupe Formation と呼ばれる更新世（Pleistocene）の火山砕屑岩類（凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩、火山灰質シルト岩など）で、5～6度以内の層理面が見られる。
 ・岩石に割れ目は殆どなく、透水性は小さいと思われる。また、基盤岩の一軸圧縮強度は、平均値で24.2Mpa程度である。
 ・沖積層は未固結の砂や粘土からなり、N値は10～30程度、基盤岩では表層1～3mの風化部を除き、N値は50以上である。ラグナ湖岸では、N値が10～30の砂やシルト層が19mほど確認されている。
 ・始点から、0.5～0.6km付近に1本の断層が想定されており、断層箇所の標高は10m程度である。

出典：JICA調査チーム

図 7.1.12 ルート A、D 沿い概略地質断面図

(5) 室内試験結果

砂質土及び粘性土に関する室内試験結果を表 7.1.4 及び表 7.1.5 にまとめ、岩に関する室内試験結果を表 7.1.6 及び表 7.1.7 に整理する。

表 7.1.4 室内試験結果概要 (BH-01~BH-03、砂質土及び粘性土)

調査孔	試験体名	深さ (m)	工学的分類 (ASTM)	N 値	含水比 (%)	塑性指数 (%)	比重	粒径 4.75mm 以下 (%)	粒径 0.0075mm 以下 (%)
BH-01	SPT-01	0.55-1.00	砂質粘土	13	26	17	2.66	79	52
	SPT-02	1.55-2.00	粘土質砂	11	34	NP	2.64	80	26
	SPT-03	2.55-3.00	少量の貝及びゴミ混じり粘土質砂	26	21	NP	2.63	62	17
	SPT-05	4.55-5.00	少量の貝及びゴミ混じり粘土質砂	26	31	NP	2.66	76	18
	SPT-06	5.55-6.00	少量の貝及びゴミ混じりの粘土質砂、低塑性	19	36	11	2.67	91	34
	SPT-09	10.55-10.80	砂質シルト	55/10	46	12	2.63	99	53
	SPT-10	12.55-12.65	礫混じり粘土	55/10	30	40	2.62	75	60
	SPT-11	15.55-16.00	粘土	22	56	46	2.65	99	93
	SPT-12	16.55-17.00	少量の砂混じり粘土	6	81	48	2.67	100	93
	SPT-13	17.55-18.00	砂質シルト	55/10	61	24	2.65	100	71
BH-02	SPT-01	0.55-1.00	シルト質砂、明るい灰色	18	17	NP	2.65	83	23
	SPT-02	1.55-2.00	シルト質砂、明るい茶色	19	17	14	2.64	85	42
	SPT-03	2.55-3.00	礫及び貝混じりのシルト質砂	18	17	8	2.66	69	34
	SPT-05	5.55-6.00	シルト質砂、暗い灰色	25	27	12	2.64	91	43
	SPT-06	6.55-7.00	シルト質砂、非塑性	22	8	NP	2.63	92	16
	SPT-09	9.55-10.00	シルト質砂、非塑性	27	32	NP	2.63	97	12
	SPT-10	10.55-11.00	シルト質砂、非塑性	28	30	NP	2.64	98	13
	SPT-11	11.55-12.00	砂質シルト、明るい灰色、茶色	28	63	12	2.63	78	54
	SPT-12	12.55-13.00	砂質シルト、暗い灰色	19	54	52	2.63	95	59
	SPT-14	14.55-15.00	粘土と砂、明るい灰色	21	37	46	2.65	95	80
BH-03	SPT-01	0.55-1.00	シルト、明るい灰色	18	44	26	2.62	80	53
	SPT-02	1.55-1.65	シルト混じりの礫、明るい灰色	55/10	44	NP	-	31	15

出典：JICA 調査チーム

表 7.1.5 室内試験結果概要 (BH-04~BH-06、砂質土及び粘性土)

調査孔	試験体名	深さ (m)	工学的分類 (ASTM)	N 値	含水比 (%)	塑性指数 (%)	比重	粒径 4.75mm 以下 (%)	粒径 0.0075mm 以下 (%)
BH-04	SPT-01	0.55-1.00	砂質シルト、明るい灰色	6	34	18	2.62	92	61
	SPT-02	1.55-2.00	礫混じりシルト質砂、暗い灰色	21	40	NP	2.36	62	18
	SPT-03	2.55-3.00	礫混じりシルト質砂、暗い灰色	1	40	NP	2.65	75	16
	SPT-04	3.55-4.00	砂、暗い灰色	7	35	NP	2.56	72	11
	SPT-05	4.55-5.00	砂、暗い灰色	8	23	NP	2.58	91	9
	SPT-06	5.55-6.00	砂、暗い灰色	8	28	NP	2.57	95	9
	SPT-07	6.55-7.00	シルト質砂、暗い灰色	11	24	NP	2.65	89	15
	SPT-08	7.55-8.00	シルト質砂、暗い灰色	9	26	NP	2.65	91	15
	SPT-11	14.55-14.63	砂質シルト、黄土色	55/8	61	29	2.64	98	65
SPT-12	16.55-16.90	砂混じりシルト、明るい茶色	16+ 55/5	28	31	2.60	99	81	
BH-05	SPT-01	0.55-1.00	砂混じり粘土、暗い茶色	15	38	27	2.65	99	82
	SPT-02	1.55-2.00	砂混じり粘土、暗い茶色	13	37	38	2.62	100	85
	SPT-03	2.55-3.00	砂混じり粘土、暗い茶色	14	42	31	2.63	100	84
	SPT-04	3.55-4.00	粘土、暗い灰色	50/10	30	23	2.64	99	73
	SPT-05	4.55-5.00	砂質シルト、暗い茶色	50/9	42	14	2.65	100	62
	SPT-06	5.55-5.67	砂質シルト、暗い茶色	50/12	46	15	2.63	100	65
BH-06	SPT-01	0.55-1.00	クレイ混じり砂、暗い茶色	9	26	44	2.65	94	71
	SPT-02	1.55-1.65	クレイ混じり砂、暗い茶色	55/10	30	31	2.64	98	72
	SPT-03	27.55-28.00	シルト質砂、暗い灰色	55/10	36	NP	2.66	100	28
	SPT-04	29.55-29.64	シルト質砂、暗い灰色	55/9	38	NP	2.65	100	21
	SPT-05	31.55-31.65	シルト質砂、暗い灰色	55/10	37	NP	2.65	100	21
	SPT-06	33.55-33.65	シルト質砂、暗い灰色	55/7	36	NP	2.64	100	20
	SPT-07	35.55-35.65	シルト質砂、暗い灰色	55/10	34	NP	2.67	84	14

出典：JICA 調査チーム

表 7.1.6 室内試験結果概要 (BH-01~BH-04、岩)

調査孔	試験体名	深さ (m)	岩の性状	RQD (%)	1軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	見かけ 比重	吸水率 (%)	含水比 (%)	スレー キング耐性 (%)
BH-01	CS-04	12.65- 13.65	凝灰岩、茶色	33	33.83	1.730	29.20	22.53	-
	CS-09	22.65- 23.65	凝灰岩、暗い灰色	0	-	-	-	-	77.8
	CS-12	25.65- 26.65	凝灰岩、黄系の灰色	40	19.79	1.646	38.92	36.42	-
	CS-17	30.65- 31.65	凝灰岩、暗い灰色	-	-	1.772	48.02	47.51	-
	CS-18	32.60- 33.60	凝灰岩、暗い灰色	11	11.52	-	-	-	-
	CS-26	47.65- 48.65	凝灰岩、黄土色	30	10.95	1.552	53.48	50.32	-
	CS-28	49.65- 50.65	凝灰岩、明るい灰色	20	-	-	-	-	69.8
	CS-34	56.62- 57.62	凝灰岩、明るい灰色	45	11.00	1.541	35.20	30.09	-
	CS-43	65.62- 66.62	凝灰岩、灰色	40	22.13	1.224	23.36	18.23	-
	CS-44	66.62- 67.62	凝灰岩、灰色	0	-	-	-	-	69.4
BH-02	CS-09	30.68- 31.68	凝灰岩、暗い灰色	17	2.82	-	-	-	-
	CS-10	31.68- 32.68	凝灰岩、暗い灰色	-	-	1.467	23.31	14.93	-
BH-03	CS-12	12.65- 13.65	凝灰岩、暗い灰色	33	8.85	1.256	36.29	30.42	-
	CS-25	25.65- 26.67	凝灰岩、暗い灰色	100	46.74	1.395	27.70	21.18	-
	CS-31	31.67- 32.67	凝灰岩、暗い灰色	18	11.46	-	-	-	-
	CS-33	33.67- 34.67	凝灰岩、黄土色	20	-	1.480	12.07	3.24	-
	CS-48	48.67- 49.67	凝灰岩、暗い灰色	17	48.95	-	-	-	-
	CS-49	49.67- 50.67	凝灰岩、暗い灰色	17	-	1.389	30.56	28.74	-
	CS-58	58.67- 59.67	凝灰岩、緑系の灰色	20	11.77	1.032	67.06	64.73	-
	CS-67	67.67- 68.67	凝灰岩、暗い灰色	36	34.85	1.266	38.05	43.11	-
BH-04	CS-03	11.65- 12.65	凝灰岩、明るい灰色	11	-	1.502	42.56	34.79	-
	CS-04	12.65- 13.65	凝灰岩、明るい灰色	11	11.75	-	-	-	-
	CS-11	23.62- 24.62	凝灰岩、暗い灰色	56	-	1.968	29.51	28.34	66.7
	CS-13	25.62- 26.62	凝灰岩、暗い灰色	36	22.48	-	-	-	-
	CS-22	34.62- 35.62	凝灰岩、暗い灰色	90	80.22	-	-	-	-
	CS-24	36.62- 37.62	凝灰岩、暗い灰色	50	-	1.795	20.57	18.83	-
	CS-31	38.62- 39.62	凝灰岩、明るい灰色	25	-	1.853	29.52	28.85	68.9
	CS-32	49.62- 50.62	凝灰岩、明るい灰色	33	35.70	-	-	-	-
	CS-38	55.62- 56.62	凝灰岩、明るい灰色	75	-	1.93	25.81	25.18	-
	CS-43	60.62- 61.62	凝灰岩、明るい灰色	51	9.11	-	-	-	-
	CS-45	62.62- 63.62	凝灰岩、暗い茶色	56	7.52	1.703	35.76	35.16	71.40

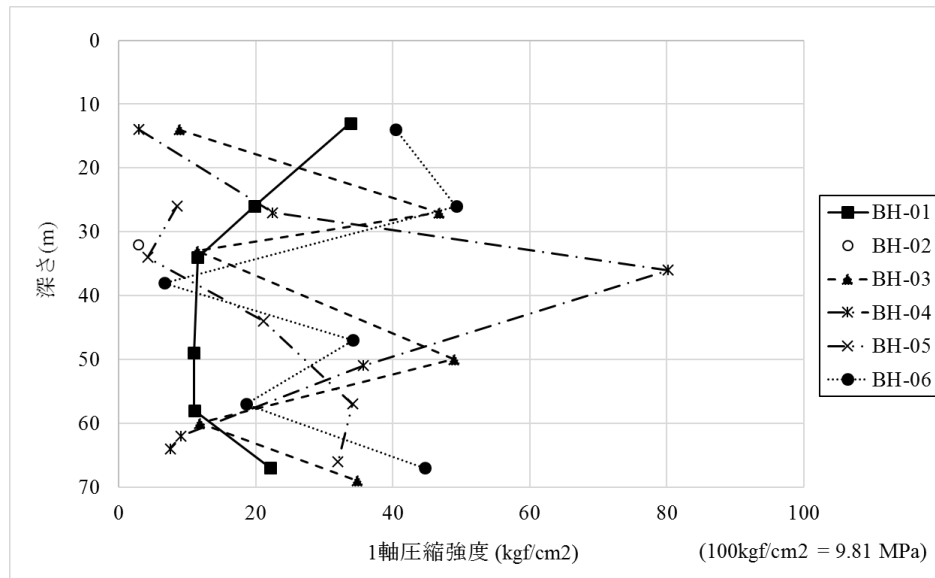
出典：JICA 調査チーム

表 7.1.7 室内試験結果概要 (BH-05~BH-06、岩)

調査孔	試験体名	深さ (m)	岩の性状	RQD (%)	1軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	みかけ比重	吸水率 (%)	含水比 (%)	スレーキング耐性 (%)
BH-05	CS-20	24.67-25.67	凝灰岩、灰色	11	8.49	-	-	-	-
	CS-21	25.67-26.67	凝灰岩、灰色	-	-	1.788	33.06	29.34	-
	CS-22	26.67-27.67	凝灰岩、暗い灰色	-	-	-	-	-	71.40
	CS-27	31.67-32.67	凝灰岩、暗い茶色	-	-	1.744	52.34	46.79	-
	CS-28	32.67-33.67	凝灰岩、灰色系の茶色	22	4.20	-	-	-	-
	CS-38	42.67-43.67	凝灰岩、明るい灰色	66	21.08	1.502	39.76	31.15	-
	CS-39	43.67-44.67	凝灰岩、暗い灰色	-	-	-	-	-	82.00
	CS-51	55.67-56.67	凝灰岩、暗い灰色	63	34.15	1.803	29.14	27.63	-
	CS-60	64.67-65.67	凝灰岩、暗い灰色	30	32.00	1.696	31.73	28.89	-
BH-06	CS-12	12.65-13.65	凝灰岩、暗い灰色	90	40.42	2.049	22.30	21.59	-
	CS-24	24.65-25.65	凝灰岩、暗い灰色	29	49.28	1.830	21.59	20.68	70.6
	CS-31	36.65-37.65	凝灰岩、暗い灰色	50	6.66	1.816	25.49	24.85	-
	CS-40	45.65-46.65	凝灰岩、暗い灰色	80	34.20	1.708	29.54	27.51	66.0
	CS-50	55.65-56.65	凝灰岩、黄土色	43	18.60	1.652	39.11	37.84	-
	CS-60	65.65-66.65	凝灰岩、暗い灰色	21	44.66	1.676	41.66	41.19	71.4

出典：JICA 調査チーム

Guadalupe Formation の特徴を把握するため、1軸圧縮強度と深さ方向の変化を示したものが、図 7.1.13 である。この図によると1軸圧縮強度は概ね 50 kgf/cm² (4.91 Mpa) 以下であり、図 7.1.14 に示した岩種区分図と比較すると、Guadalupe Formation は軟岩の中でも軟らかい部類にあてはまることが分かる。



出典：JICA 調査チーム

図 7.1.13 1軸圧縮試験結果

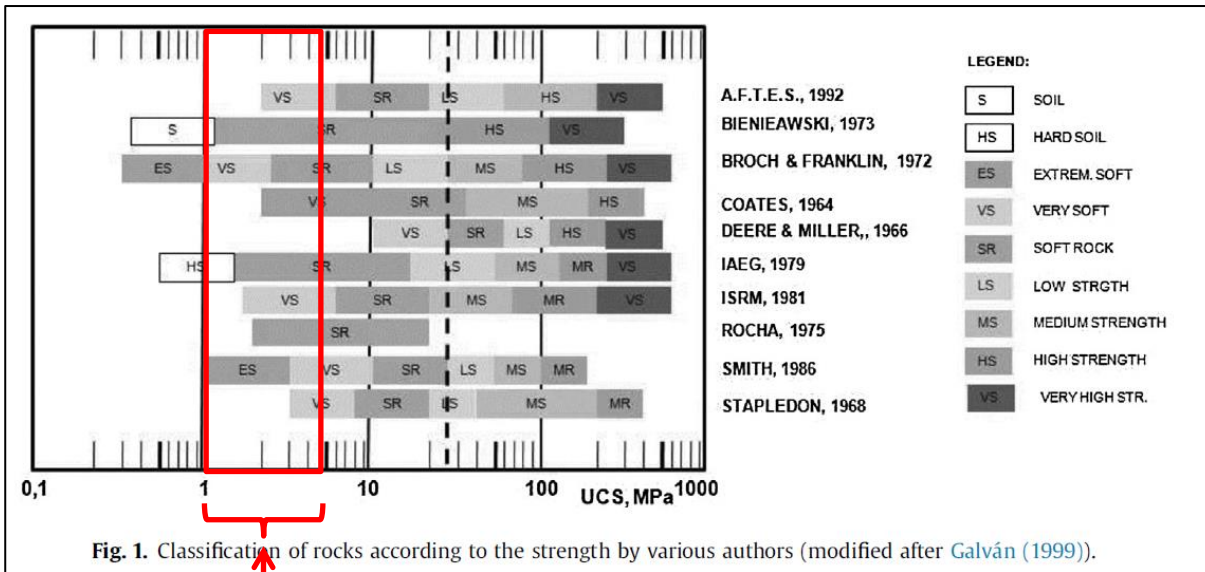


Fig. 1. Classification of rocks according to the strength by various authors (modified after Galván (1999)).

今回の試験結果の大部分が表れた範囲

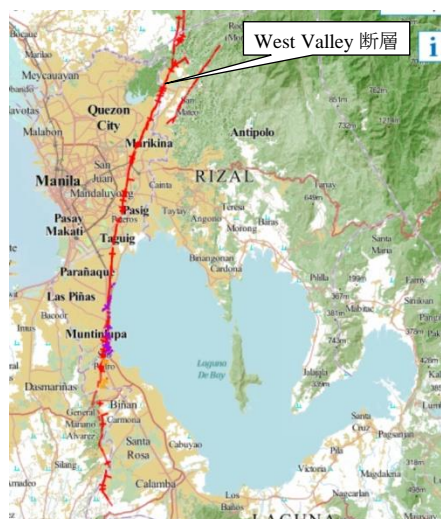
出典：Critical Issues in Soft Rocks、Milton Assis Kanji 著、Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 6、2014、p186-p195

図 7.1.14 試験結果と岩種区分の例との比較

7.1.3 Valley Fault System の活動性についての資料収集

PHIVOLCS によれば、Valley Fault System の West Valley 断層は、図 7.1.15 が示すとおり調査地域丘陵の東縁を南北に縦断するように連続していると報告されている。さらに PHIVOLCS は、マニラ首都圏における同断層の正確な位置を地形図に示し、「The Valley Fault System in Great Metro Manila Area Atlas」として取りまとめ、広く住民に知らしめている。また、Valley Fault System は、マニラ市近傍の活断層として JICA でもその危険性を指摘している（「マニラ首都圏地震防災対策計画調査」平成 16 年 3 月）。

一方、最近の日本人研究者による調査によれば、今回の調査範囲の南側では、West Valley 断層が経年的に活動しているとの報告がある。それら調査結果 2 例を次に概説する。



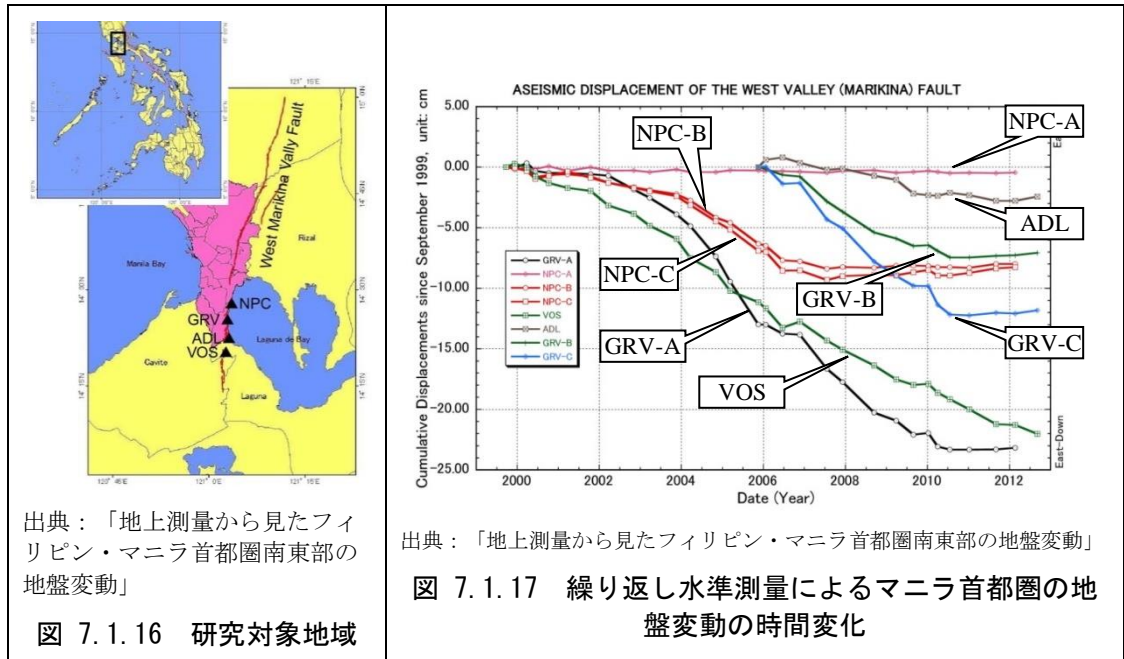
出典：Fault Finder, PHIVOLCS

図 7.1.15 West Valley 断層位置図

(1) 「地上測量から見たフィリピン・マニラ首都圏南東部の地盤変動」(東京都立産業技術高等専門学校研究紀要 7, p68 - p71, 2013-03)

調査内容： フィリピン・マニラ首都圏を縦断する West Valley 断層のクリープ断層セグメントにおける変動を観測するため、図 7.1.16 に示した地点で、繰り返し水準測量及び連続観測を実施した。

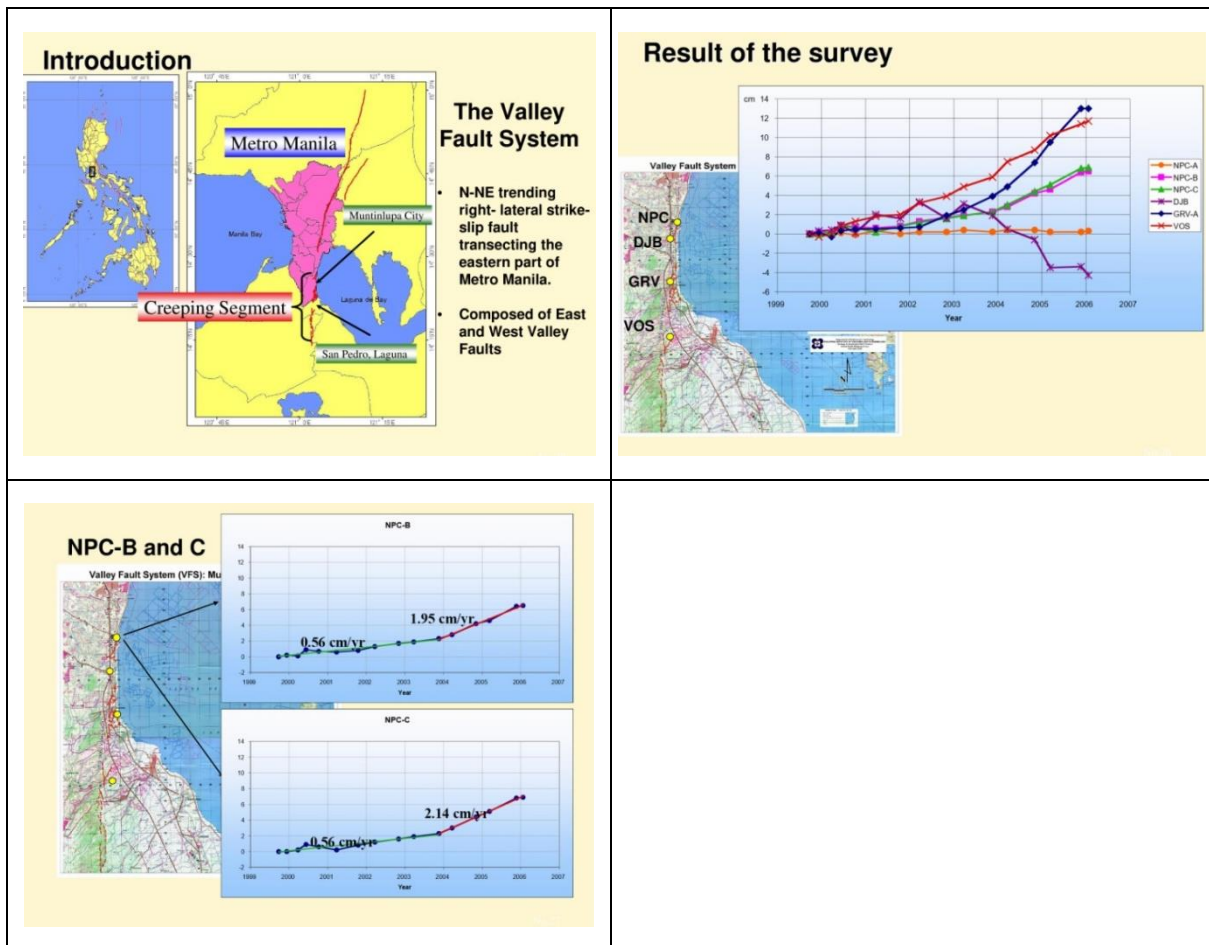
調査結果： 水準測量から、1999年9月から2010年1月までの間で、平均スリップ速度は、1.77 cm/年～2.45 cm/年。2004年から数点においてクリープの鉛直変位速度は加速。2010年以降は殆どの地点において活動を停止している。(図 7.1.17 参照)



(2) 「干渉 SAR によるフィリピンでの断層クリープ観測」(平成 18 年度東京大学地震研究所共同利用(研究集会)「新世代の干渉 SAR」講演会、セッション 3、第 4 番目発表)

調査内容： 地球資源衛星「ふよう 1 号」(JERS-1)からのデータを用いて、地表の変動を調査した。

調査結果： 調査地点と衛星との距離から、地盤の変動を調査。この結果、調査地点にもよるが、0.5～2.0 cm/年で、ラグナ湖側が沈下していることが判明した。



出典：JICA 調査チーム

図 7.1.18 干渉 SAR によるフィリピンでの断層クリープ観測のプレゼン資料の抜粋

7.1.4 Valley Fault System が放水路設計・施工に与える影響

以下に、Valley Fault System がパラニャーケ放水路設計及び施工に与える影響をまとめる。

- Valley Fault System は、活断層でしかもクリープ活動をしている可能性が高い。また、この断層は南北に連続して分布することから、放水路施設が断層と交差することは避けられない。
- 現地の地表、地形を見ると、断層位置付近で東西方向に凹凸を繰り返しており、断層自体が1本ではなく、2本ないしそれ以上もある可能性が考えられる（道路の露頭で、多くの断層と並行する割れ目を確認）。
- 地下数十メートルに位置する地下トンネル構造が、断層のクリープで万一破損した場合、地表構造物のように補修することが非常に難しい。恒常的に補修できる施設を作っておく必要がある。
- 現在の資料収集では、クリープする断層の正確な位置は不明である。これを正確に把握するためには、東西方向の道路沿いに、最低でも数年間継続的に、詳細測量調査や衛星による地盤変動調査を実施する必要がある。また、トンネル施工深度までの地下数十メートルでの連続性確認が必要となる（ただし、実施してもこの間に動かなければ、さらに長期間の調査が必要となる可能性がある）。

7.2 基本設計

7.2.1 設計条件

(1) 設計水理条件

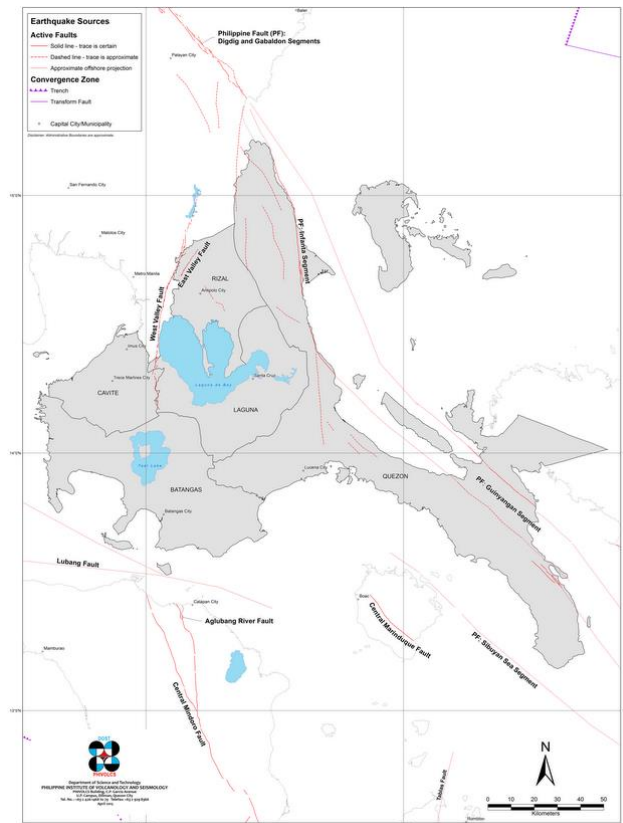
設計水理条件は、ラグナ湖沿岸地域の総合洪水管理計画に基づき下記とする。

- 設計高水位 EL +14.0 m
- 計画流量 $Q_p = 200 \text{ m}^3/\text{s}$
- 事前操作開始水位 EL. 12.0 m
- 事前操作開始放流量（暫定）*1 $Q_s = 130 \text{ m}^3/\text{s}$

注）*1：事前操作開始放流量は、施設計画により見直しが必要となる。

(2) West Valley 断層への対応方針

Philippine Institute of Volcanology and Seismology- DOST の作成したラグナ湖周辺 Region IV-A の断層分布図を図 7.2.1 に示す。



出典：http://202.90.128.67/html/update_GRRDD/Maps/AF-and-Trenches/Regional/Luzon/Region%204A.png

図 7.2.1 Region 4A の断層位置図

この West Valley 断層は、マニラ首都圏近傍の活断層として報告されており、「マニラ首都圏地震防災対策計画調査」（平成 14 年）でもその危険性を指摘されている。したがって、パラニャーケ放水路の設計にあたっては、同断層に関する対応が必要となる。

日本のトンネル工事における活断層との関係は、丹那トンネル（全長 7,804m）が有名である。同トンネル工事は、大正 7 年に着工して、大湧水やトンネル崩壊事故等の難工事を経て昭和 8 年に完成している。工事中の昭和 5 年に「北伊豆地震」(M7.0)が発生して北側に 2m 移動したが、工事で修正している。また、北伊豆地震の震源となった丹那断層は、その後の調査で活動周期が約 700 年と判明し、当分の間地震は無いと判定され、東海道新幹線の新丹那トンネルも丹那断層を横切って昭和 34 年から昭和 39 年に建設された。

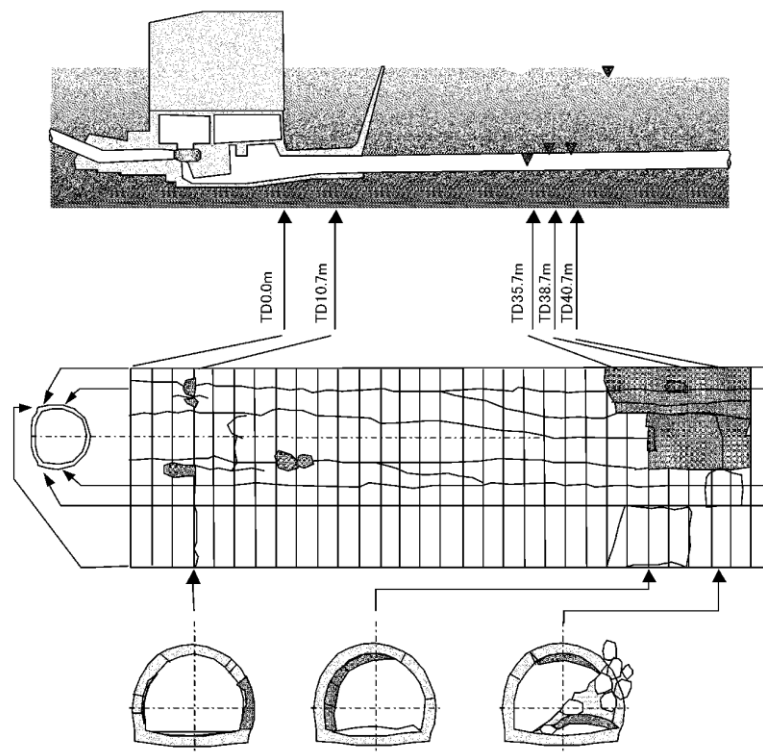
出典：<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%B9%E9%82%A3%E3%83%88%E3%83%B3%E3%83%8D%E3%83%AB>

近年の例では、稲取トンネルの事例がある。昭和 53 年に発生した「伊豆大島近海の地震」(M9.0)により、東側坑口で 80cm の水平変位、西側坑口で 20 cm の水平変位が発生している。

出典：<http://shake.iis.u-tokyo.ac.jp/home-new/projects/2003/manuscripts/Ch02b.pdf>

また、水路トンネルの例では、第二葛根田水力発電所の排水トンネルの事例がある。平成 10 年に発生した火山性の「岩手県内陸北部地震」(M6.1-6.2)により、図 7.2.2 に示すように断層近傍 40 m にわたりコンクリートライニングにクラックが生じ、その一部が一部欠落した。また、30 cm～50 cm の巨礫を含む土砂が流入してトンネルを一部閉塞した。

出典：<http://shake.iis.u-tokyo.ac.jp/home-new/projects/2003/report12355020.html>



出典：Control of Failure Modes of Civil - Infrastructures Experiencing Large Soil Deformations Caused by Surface Fault Ruptures

図 7.2.2 第二葛根田水力発電所の排水トンネルの変状図

この West Valley 断層は、ここ 1,400 年間で 4 回動いており、活動周期は 400 年程度と考えられている。また、最後の活動は 1658 年とされており、いつ次の活動が起こっても不思議ではないとも言われている。

出典：<https://www.rappler.com/move-ph/issues/disasters/knowledge-base/93746-maps-west-valley-fault-earthquake-scenarios>

以上のことより、West Valley 断層をほぼ垂直に横断するパラニャーケ放水路の場合、同断層への対応が必要と判断した。断層への対応は様々な工法があるが、パラニャーケ放水路に適用可能な対応方針の比較選定表を表 7.2.1 に示す。

表 7.2.1 West Valley 断層でのトンネル対策工法比較選定表

対策工法	かとう構造案	ライニング補強案	移動後復旧補修案	開水路案
概要	断層部分を柔構造として、変位へ追従可能な構造とする。具体的には、可とう継手や弾性継手が挙げられる。	主に沖積層の比較的柔らかい地盤を対象に、ライニングの補強設計を行い、変位が起きた場合にも、対応可能とする。	基本的には事後処理対応とする。つまり、もし断層の変状により破損したら、その部分を内部から補修する。	ラグナ湖から断層部を補修及び維持管理が容易な開水路構造とする。変状が生じた場合は、開水路を補修する。
問題点	変位が 1 か所に集中して、数 m 単位で動いた場合の対応が困難である。	軟岩の場合、動いた時にかかる荷重が大きいため構造的には問題が残る。	断層が動いた場合、他の復旧も必要となり、補修費用確保の問題が生じる。	ラグナ湖から断層及び取水施まで用地買収及び家屋移転が発生する。
建設	可能 ○	可能 ○	断層部のため崩落や湧水の危険性高い △	簡単で問題無し ◎
維持管理	問題なし ○	問題なし ○	断層が動いた場合、高額となる △	開水路のため容易 ◎
社会環境	問題なし ○	問題なし ○	問題なし ○	開水路部での用地買収が発生する △
自然環境	問題なし ○	問題なし ○	補修時に地下水への影響がある。 △	開水路により、自然環境は多少悪化する △
経済性	許容変形量にもよるが、高価である △	構造にもよるが、高価となる △	初期工事費は安い が、補修費用は高額 △	用地取得費及び家屋移転費が高額 △
評価	不可能ではないが、構造的な問題も残り、安全性に問題がある。 △：不可能ではない	不可能ではないが、構造的な問題も残り、安全性に問題がある。 △：不可能ではない	断層は移動した場合は大地震が予想され、復旧補修工事の財源確保が困難。 △：財源問題	用地買収を伴うが、維持管理も容易で、一番現実的な案として残る。 ○：採用

凡例：◎;Excellent、○;Good、△;Not Good/Some Problem、×;Difficult/ Impossible

出典：JICA調査チーム

表 7.2.1 より、用地買収及び家屋移転は発生するが、構造的に問題なく、かつ維持管理も容易な「開水路案」を提案する。ただし、もし住民移転等の社会的要因により開水路部の用地買収が不可能となる場合は、取水施設位置がラグナ湖沖の埋立となり、トンネル部での対応が必要となる。その場合は、上記比較表で検討したかとう構造案等を採用するなど、構造的な対応が必要となる可能性も残る。

(3) 地下鉄・鉄道への影響

本業務において、関連する地下鉄・鉄道関係事業の調査結果を表 7.2.2 に示す。

表 7.2.2 パラニャーケ放水路に関連する地下鉄・鉄道関係事業の調査結果

区分	プロジェクト名	概要	調査結果	影響の有無
鉄道	LTR-1 Cavite Extension	マニラ中心部からパラニャーケ市及びラスピニャス市のマニラ湾側を南に抜ける路線。パラニャーケ川及びザポテ川への排水施設の候補地付近に駅の計画がある。	入手した平面計画によれば、サンディオニシオ川の左岸側に計画されており、パラニャーケ川水系は問題ない。ザポテ川については、左岸は駅舎、右岸は線路が予定されている。	ザポテ川へ排水する場合は、LRT への対応及び協議が必要。
地下鉄	Mega Manila Subway Project (JICA)	マニラ中心部からパラニャーケ市、ラスピニャス市のほぼ中央を南に向のびる路線。高架案と地下案が存在する。	2015 年の情報収集業務以降は進んでいない。したがって、放水路位置では、高架案と地下案が、両方とも存在している。	50 m 以深案では、影響は少ないと想定されるが、近接施工での影響検討が必要。
鉄道	North-South Railway Project South Line	既存の路線を高架化及び複線化するプロジェクト。SLEX の西側、火力発電所の東側を走る路線、2014 年に FS が終了。	Lower Bicutan ではトンネル部のため問題なし。Sucat 部は、流入開水路区間を現況地盤高（現レール高）で横断する。	Sucat から取水する場合は、対応及び協議が必要。

出典：JICA調査チーム

調査結果によれば、上記の事業のうち LTR-1 Cavite Extension については、2021 年に完了予定で、2017 年 5 月に着工している。

出典：<http://www.interaksyon.com/lrmc-breaks-ground-on-lrt-1-cavite-extension-project/>

ただし、他の 2 事業については、まだ計画段階で実際の実施設計は行われていない。したがって、今後パラニャーケ放水路の事業化に伴い調整が必要となる。なお、現時点で想定される対応方針を下記に整理した。

- LTR-1 Cavite Extension については、サンディオニシオ川の左岸側に計画されており、パラニャーケ川水系について競合の問題は発生しない。ザポテ川については、図 7.2.3 に示すように左岸側で一部駅舎と競合し、また右岸側については高架線路と競合する。したがって、ザポテ川の排水については、LRT 施設予定位置を避け、右岸側の河口付近に計画することで対応可能である。



出典：Google Earth及びDOTrのデータを基にJICA調査チーム作成

図 7.2.3 パラニャーケ水系及びザポテ川部の LTR-1 Cavite Extension 計画図

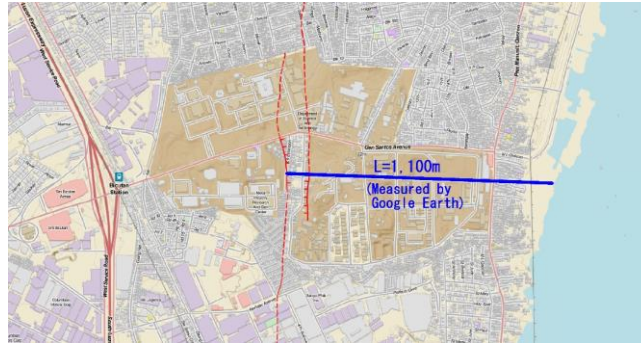
- Mega Manila Subway Project は、パラニャーケ放水路部において高架案か地下案かは決まっていない。ただし、地下案になった場合でも、レール高 EL. -5 m 程度と浅い位置に予定されている。パラニャーケ放水路はその下に建設されるが、区分地上権を考慮して 50 m 以深 (EL. -34 m 以深) に計画されるため、地下鉄と放水路の離隔が一般的なゆるみ範囲と言われるシールド径の 2 倍以上離れており、近接施工対策での対応が可能である。(パラニャーケ放水路が後施工の場合は、近接施工による影響と対策工の検討及び地下鉄構造物への計測工が必要であると想定される。)
- North-South Railway Project South Line は、取水位置を Sucat にした場合のみ競合する。線路予定箇所は、放水路の流入部開水路区間に計画されている。したがって、その競合部分において、開水路を函渠 Box 構造とするか、鉄道橋を設置するか今後協議が必要となる。ただし、設計対応は可能であり、問題にはならないと判断する。

7.2.2 平面配置計画

(1) 取水施設位置

第 3 章 4.4.3 パラニャーケ放水路の検討で検討した結果、排水施設までの放水路距離及び工事用道路の問題を考慮した場合、取水施設の候補地は、Lower Bicutan 又は Sucat の 2 か所となる。なお、取水施設位置の具体的な選定に用いた断層図をそれぞれ図 7.2.4 及び図 7.2.5 に示す。同図より、ラグナ湖から West Valley 断層までの距離は、Lower Bicutan $L_1 = 1,100$ m、Sucat $L_2 = 500$ m (Google Earth 測定) となる。したがって、流入部開水路延長は、West Valley 断層

を跨ぎ、かつラグナ湖側の部分も考慮して、それぞれ $L_{O1}=1,200\text{m}$ 、 $L_{O2}=600\text{m}$ とする。（ただし、詳細な断層の位置は今後のボーリング調査で確認する必要がある。）



出典：http://faultfinder.phivolcs.dost.gov.ph/

図 7.2.4 Lower Bicutan の断層図

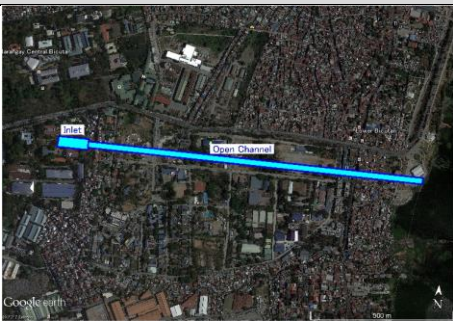



出典：http://faultfinder.phivolcs.dost.gov.ph/

図 7.2.5 Sucat の断層図

ここに、パラニャーケ放水路の取水施設位置の比較選定表を表 7.2.3 に示す。

表 7.2.3 パラニャーケ放水路の取水施設位置比較選定表

箇所名	Lower Bicutan	Sucac
取水施設位置 (Google Earth)		
放水路長 (Google Earth 測定)	パラニャーケ川水系 $L_p = 6.0\text{ km}$ ザボテ川 $L_z = 9.1\text{ km}$ 開水路延長 $L_o = 1.2\text{ km}$	パラニャーケ川水系 $L_p = 6.8\text{ km}$ ザボテ川 $L_z = 8.8\text{ km}$ 開水路延長 $L_o = 0.6\text{ km}$
取水施設用地	Polytechnic University of Philippines 等の大型施設の移転が必要となる。 \triangle	教会には近接しているが、未利用地の空地部分が広い。 \circ
建設	問題なし。	問題なし。

箇所名	Lower Bicutan	Sucacat
	○	○
維持管理	問題なし。 ○	問題なし。 ○
社会環境	開水路区間が 1,200m と Sucacat より長く、用地買収範囲が広い。ただし、家屋の少ないルートも可能。 △	開水路区間が 600m と短く、ラグナ湖岸を除けば家屋が少ないため有利である。 ○
自然環境	開水路区間が長い △	開水路区間が短い ○
鉄道・地下鉄への影響	問題なし。 ○	開水路部で鉄道横断が生じる △
経済性	排水河川にもよるが、基本的には Sucacat 案より経済性に勝る。 ○	トンネル延長が長い △
評価	流入開水路の用地取得及び家が多いが、経済性にまさる。	経済性や鉄道への影響では劣るが、社会環境、特に用地取得の面で有利である。
	○：経済性に勝る	○：社会環境に勝る

凡例：◎;Excellent、○;Good/Possible、△;Not Good/Some Problem、×;Difficult/ Impossible
 出典：JICA調査チーム




表 7.2.3 より、放水路延長のみで考えると、排水箇所をパラニャーケ川水系とした場合前者が、ザポテ川とした場合後者が有利となる。しかし、Lower Bicutan における開水路区間は約 1.2 km と Sucacat の 0.6 km と比べると、倍の用地買収が必要となる。また、家屋移転についても、その対象件数も多く、また大学等の大規模施設があることから、困難が予想され、社会環境及び事業の実現性から、採用性に劣ると言える。したがって、現時点では、取水施設位置をひとつに絞ることは困難であることから、両方の可能性を検討する。

(2) 排水施設位置

排水施設の放流方式については、第 4.3 節のパラニャーケ放水路の検討において、マニラ湾への放流方式も検討したが、マニラ湾の埋立の必要性や河口部の閉塞の問題が残り難しいことが判明している。従って、排水施設位置として、現況河川接続方式を採用して、周辺の用地使用状況よりパラニャーケ川水系（南パラニャーケ川及びサンディオニシオ川）またはザポテ川が候補として残っている。

その 3 河川に対して、パラニャーケ放水路の排水施設位置の比較選定表を表 7.2.4 に示す。

表 7.2.4 パラニャーケ放水路の排水施設位置比較選定表

箇所名	南パラニャーケ川	サンディオニシオ川	ザポテ川
排水施設位置 (Google Earth)			
放水路長 (Google Earth 測定)	南パラニャーケ川- Lower Bicutan 放水路延長 Lp = 6.0 km	サンディオニシオ川- Lower Bicutan 放水路延長 Lp = 6.6 km	ザポテ川- Lower Bicutan 放水路延長 Lp = 9.1 km 開水路延長 Lo = 1.2 km

箇所名	南パラニャーケ川	サンディオニシオ川	ザポテ川
	開水路延長 Lo = 1.2 km 南パラニャーケ-Sucat 放水路延長 Lp = 6.8 km 開水路延長 Lo = 0.6 km	開水路延長 Lo = 1.2 km サンディオニシオ-Sucat 放水路延長 Lp = 7.2 km 開水路延長 Lo = 0.6 km	ザポテ川-Sucat 放水路延長 Lp = 8.8 km 開水路延長 Lo = 0.6 km
排水施設用地	上下流を Carlos P. Garcia Ave. Ext.に挟まれた部分のかなりの空地が存在する。 ○	Parañaque Police Center と Premier Medical Center の間に空地が存在する。 ○	LRT の高架線路部を避けても、河口部右岸側に民家の少ない空地が存在する。 ○
河川改修	排水施設位置及びその上下流の河道が狭い、ただし民家は比較的少ない。また、30年確率では 270 m ³ /s ^{*1} のため改修の必要性は高い。 △	南パラニャーケ川との合流部直上流に狭窄部及び河岸脇に民家が多い。また、30年確率では 30 m ³ /s ^{*1} のため現況能力は低いと思われる。 △	ほぼ河口部であるので、現況河道は広く、河川改修の問題が少ない。また、30年確率では 480 m ³ /s ^{*1} のため疎通能力的には望ましい。 ○
建設	問題なし ○	病院に近接しているため、工事での振動騒音対策が重要 △	問題なし ○
維持管理	問題なし ○	問題なし ○	問題なし ○
社会環境	現在緑地のため問題なし ○	現在空地のため問題なし ○	現在造成済のため問題なし ○
一般的な自然環境	現在未開発の緑地であるが問題はない。ただし、貴重種がいるか確認が必要である。 ○	既に造成済のため問題はない ○	既に造成済のため問題はない ○
LPPCHEA への影響	詳細は解析が必要であるが、ザポテ川に比べると、影響が大きいと思われる。 △	詳細は解析が必要であるが、ザポテ川に比べると、影響が大きいと思われる。 △	解析が必要であるが、パラニャーケ水系に比べると、影響が小さいと思われる。 ○
鉄道・地下鉄への影響	問題なし ○	問題なし ○	高架線路部避けるため、問題なし ○
経済性	3案なかで放水路が最も短く、経済性に勝る。 ○	3案なかで中間の経済性を持つ。 △	3案なかでは、最も工事費が高い。 △
評価	経済性に勝り、パラニャーケ川水系の河川改修が可能で、かつ LPPCHEA への影響が少なければ採用の可能性は高い。 ○ : 可能性大	3案なかで中庸的な案であり、南パラニャーケ合流部上流及び排水箇所上流の改修が可能なら、採用性は高い。 ○ : 可能	経済性には多少劣るが、河川改修範囲が狭く、かつ LPPCHEA への影響が少なく、現実的な案である。 ○ : 採用有望

凡例：◎;Excellent、○;Good/Possible、△;Not Good/Some Problem、×;Difficult/Impossible

注 *1: 「フィリピン国マニラ国際空港排水改善計画に係るF/S調査報告書」

出典：JICA調査チーム

表 7.2.4 より、現時点では、ひとつに絞ることは困難である。パラニャーケ放水路の排水施設位置の選定に当たっては、DPWH の要望や地元 LGU の意見もあり、今後協議の上決定する必要がある。したがって、事業化の進捗に合わせて、下記の点に留意して検討及び協議を進めたのち、将来的に確定する必要があると考える。

- パラニャーケ水系及びザポテ川からの排水を前提として、塩水遡上解析（真水侵入解析）及びその影響検討を行い、LPPCHEA への影響を定量的に把握する。

- 最新の雨量・流域データを収集して、河川縦横断測量を実施して、パラニャーケ川水系及びザポテ川の現況疎通能力把握、加えて河川改修計画を策定する。その後、両河川とパラニャーケ放水路の排水計画との整合性検証を行い、最適な河川を選定する。
- 排水先の河川住民にとっては、ラグナ湖の排水を受け入れることによる、洪水被害増大への意識が予想される。したがって、その排水地域の洪水対策事業を実施して、パラニャーケ放水路を受け入れることへのインセンティブが必要である。

(3) 線形計画

取水施設位置及び排水施設位置の検討結果より、パラニャーケ放水路の線形計画を下記の計画条件に基づき3案作成して、その平面図及び比較選定表をそれぞれ図7.2.6及び表7.2.5に示す。

- 損失水頭を極力抑えるためには、「まがり損失」を少なくすることが有利である。また、下流部の洪水対策用の中間立坑を必要としないため、パラニャーケ放水路の線形は基本的に直線とする。
- 取水施設は、Lower Bicutan 及び Sucat の2か所とし、排水施設は南パラニャーケ川、サンディオニシオ川及びザポテ川の3か所であるため、それぞれの特性を考慮して、下記の3ルートが考えられる。

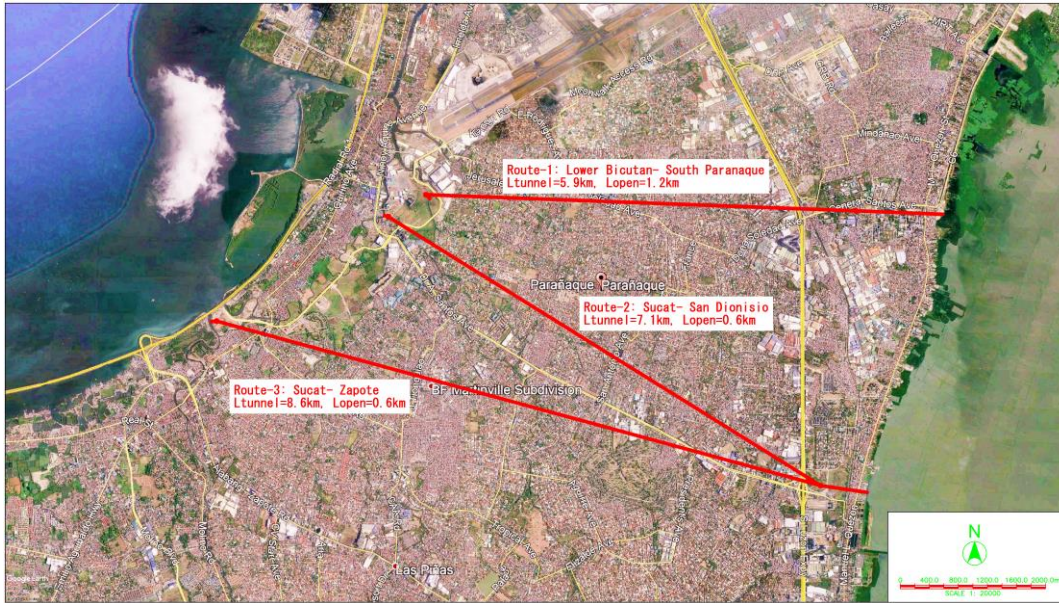
ルート1：Lower Bicutan- 南パラニャーケ川

ルート2：Sucat- サンディオニシオ川

ルート3：Sucat- ザポテ川

なお、ルート1及びルート2の排水先で南パラニャーケ川、サンディオニシオ川を使い分けられているのは、下記の理由による。

ルート1は経済性を考慮して最短距離の案として採用しており、Lower Bicutan からの場合は、南パラニャーケ川に排水施設を設置したほうが、トンネル延長が短く経済的なことによる。一方、ルート2では、排水河川の改修延長が短く、かつ現地調査の結果では河道が広いことを確認しており、排水先の条件として有利と考えた。また、この排水位置の変更により、トンネル延長の変更は400～600m程度であり、今後の検討により排水位置を変更することは容易のため、現時点では両案を可能性として残したほうが、事業化には有利と判断したことによる。



出典：JICA調査チーム

図 7.2.6 パラニャーク放水路の線形計画図

表 7.2.5 パラニャーク放水路線形計画の比較選定表

ルート名	ルート1： Lower Bicutan - 南パラニャーク川	ルート2： Sucat- サンディオニシオ川	ルート3： Sucat- ザポテ川
放水路 線形概要	損失水頭を抑えるため、Sucatの取水立坑と南パラニャーク川の排水立坑を基本的に直線で結んだ線形である。(ただし、排水立坑への流入角度から線形を調整している。)	損失水頭を抑えるため、Sucatの取水立坑とサンディオニシオ川の排水立坑を基本的に直線で結んだ線形である。(ただし、排水立坑への流入角度から線形を調整している。)	損失水頭を抑えるため、Sucatの取水立坑とザポテ川の排水立坑を基本的に直線で結んだ線形である。(ただし、排水立坑への流入角度から線形を調整している。)
放水路長 (Google Earth 測定)	Sucat- 南パラニャーク川 放水路延長 Lp = 6.0 km 開水路延長 Lo = 1.2 km	Sucat- サンディオニシオ川 放水路延長 Lp = 7.2 km 開水路延長 Lo = 0.6 km	Sucat- ザポテ川 放水路延長 Lp = 8.8 km 開水路延長 Lo = 0.6 km
取水施設 用地	Polytechnic University of Philippines等の大型施設の移転が必要となる。 △	教会には近接しているが、未利用地の空地部分が多い。 ○	
排水施設 用地	上下流を Carlos P. Garcia Ave. Ext. に挟まれた部分のかなりの空地が存在する。 ○	Parañaque Police Center と Premier Medical Center の間に空地が存在する。 ○	LRT の高架線路部を避けても、河口部右岸側に民家の少ない空地が存在する。 ○
河川改修	現況河道が最も狭く、改修範囲が広いと考えられる。また、水系の他河川の改修も必要になるかもしれない。 △	排水施設上下区間の河川改修が必要。また、場合により水系の他河川の改修も必要になるかもしれない。 △	ほぼ河口部であるので、3案のなかでは最も現況河道は広く、河川改修の範囲は少なくてよい。 ○
建設	問題なし ○	病院に近接しているため、工事での振動騒音対策が重要 △	問題なし ○
維持管理	問題なし ○	問題なし ○	問題なし ○
社会環境	開水路区間が 1,200 m と長く、用地買収範囲が広い。 △	開水路区間のラグナ湖岸の民家移転が必要となる。 △	開水路区間のラグナ湖岸の民家移転が必要となる。 △
一般的な 自然環境	排水施設は現況緑地であり、貴重種がいるか確認が必要。 ○	問題無し ○	問題無し ○

ルート名	ルート1： Lower Bicutan - 南パラニャーケ川	ルート2： Sucat- サンディオニシオ川	ルート3： Sucat- ザポテ川
LPPCHEA への影響	詳細は解析が必要であるが、ザポテ川に比べると、影響が大きいと思われる。 △	詳細は解析が必要であるが、ザポテ川に比べると、影響が大きいと思われる。 △	解析が必要であるが、パラニャーケ水系に比べると、影響が小さいと思われる。 △
鉄道・地下鉄への影響	開水路区間での鉄道への問題はない。 ○	開水路区間で鉄道橋または函渠BOX構造の必要あり。 △	同様の開水路区間の問題及び排水施設工事が競合する可能性も残るため協議が必要。 △
経済性	3案なかで放水路が最も短く、経済性に勝る。 ○	ザポテ案に比べると、放水路が短く経済性はある。 ○	3案のなかでは、最も工事費が高い。 △
評価	最短距離のため経済性に勝り、パラニャーケ川水系の河川改修が可能で、かつLPPCHEAへの影響が少なければ採用の可能性は高い。 ○：採用可能	3案のなかで中庸的な案であり、他案に比べると採用性が低い。南パラニャーケ川及びザポテ川への排水が不可能な場合、浮上する案である。 △	放水路延長が長く経済性には多少劣るが、河川改修範囲が狭く、かつLPPCHEAへの影響が少なく、現実的な案としての採用性が高い。 ○：採用有望

出典：JICA調査チーム

表 7.2.5 より、3案とも長所短所があり、現時点で一つのルートに絞ることは望ましいとは言えない。特に、排水先については、受け入れ先の LGU との協議も必要となる。また、本業務においては、排水河川の詳細な改修計画を実施していないため、改修規模や工法も推定できていない。加えて、近年のフィリピン国内の環境への意識の高まりを考慮した場合、ラムサール条約登録地である LPPCHEA への影響検討は必須であり、その定量的な結果を見た上での判断が必要となる。

したがって、本業務の今後の検討においては、最も距離が長く工事費は高いが、LPPCHEA への影響が最も少なく、かつ排水河川の改修範囲が少ない『ルート3』を選定しておく。ただし、他の2案についても、代替案とし将来的に今後の検討が必要となると考える。

7.2.3 縦横断計画

(1) 横断（内空断面）計画

1) シールド工法の内空断面

シールド工法の内空断面は、第 4.3 節パラニャーケ放水路の検討より、円形断面の内径 12m に管理用通路 5m として、図 7.2.7 に示す。

2) NATMの内空断面

NATM の内空断面検討として、基本断面の比較選定表を、表 7.2.6 に示す。

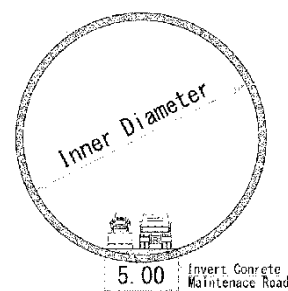
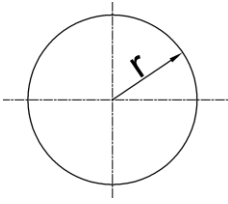
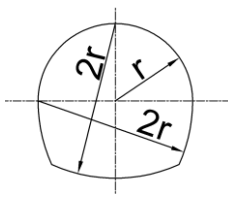
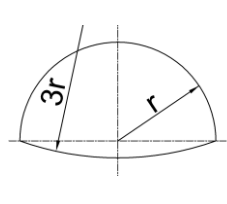
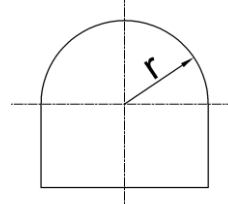


図 7.2.7 シールド工法の断面

表 7.2.6 NATM の内空断面の比較選定表

名称	円形	馬蹄形	扁平馬蹄形	幌形
基本形状				
特徴	・圧力トンネルの場合は、円形の場合は標準的となる。	・従来の開水路の導水路トンネルで一般的に用いられてきた形状である。	・道路用トンネルや開水路での水深制限がある場合に採用される。	・昔から用いられている形状で、主に自立性の高い岩盤トンネルで採用される。
利点	・ライニングの圧縮で応力を負担できるため、最も経済的な構造である。	・円形に近いことから応力的に秀でており、インバートの施工も円形より容易。	・水深に対する流量が増加するため、開水路での水深制限がある場合有効。	・外圧がかからない場合は、鉛直荷重をサイドで負担するため経済的である。
欠点	・インバートの施工が難しく、他の形状で掘進して円形に仕上げる工法も採用される。	・内圧を受ける圧力トンネルの場合、側壁と底版の接合部で円形の約2倍の引張力が働く。	・流量が少ない場合流速が落ち、堆積が多くなる。底部での応力が大きく、不利となる。	・底部の隅角部に応力が集中して、部材厚が増す。
評価	・内水圧が 0.1 Mpa (N/mm ²) 以上の圧力トンネルのため、円形内空とする。 ○：採用	・応力的に円形断面に比べ不利であるが、今後断面力検討が必要となる。 △：検討課題	・圧力管方式の場合、水理的及び応力的に不利なため、採用性が低い。 ×	・応力的に課題が残り、不経済となるため、採用性が低い。 ×

凡例：◎;Excellent、○;Good/Possible、△;Not Good/Some Problem、×;Difficult/ Impossible
出典：JICA調査チーム

「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計（水路トンネル）」（2014年7月）によれば、圧力トンネルの内空断面形状の選定について下記としている。

- ・ 圧力トンネルの場合*1、内空断面形状は原則として円形とするが、内水圧が 0.1 Mpa (N/mm²) 未満の場合は構造上の検討を行って標準馬蹄形とすることができる。

注) *1：内水圧を受ける圧力トンネルに発生する引張応力は、標準馬蹄形断面の側壁と底版の接合部で、円形断面の約 2 倍となることが判明しているため、内水圧の大きいトンネルは円形断面とすることが有利となる。しかし、掘削、ライニング等の施工上からは円形断面に比較して馬蹄形断面が一般的に有利となるので、内水圧 0.1 Mpa (N/mm²) 未満の場合は、内外水圧、その他の荷重を考慮した構造の検討を行って安全性を確認し、経済性、施工性、維持管理など、総合的な判断に基づいて選定することが望ましい。

ここで、パラニャーケ放水路のセンター位置における内水圧は、下記より 0.54 > 0.10 Mpa (N/mm²) となることから円形の内空断面となる。

$$(47.0 - 6.0 + 14.0) \times 1,000 \times 9.81 / 1,000,000 = 0.54 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$$

ただし、上記の内水圧に比べて、同様の外水圧が期待できるとの考え方があり、内外水圧が相殺された場合は、0.10 Mpa (N/mm²) の可能も残る。一方で、トンネルを掘進する基盤中の水圧低減も予想されるため、土質調査が十分でない現時点においては、内外圧差が所定の

値に収まることは困難であるため、円形断面が望ましいと判断する。したがって、シールド工法と同様の内空断面とする。

なお、掘削断面については、トンネルボーリングマシン（TBM）やその他の自由断面掘削機や油圧ドリルジャンボ等の施工方法により異なることから、詳細検討は入念な土質調査が完了後に検討する必要があるが、本調査では、最も一般的な形状として、内空断面と同様に円形とする。

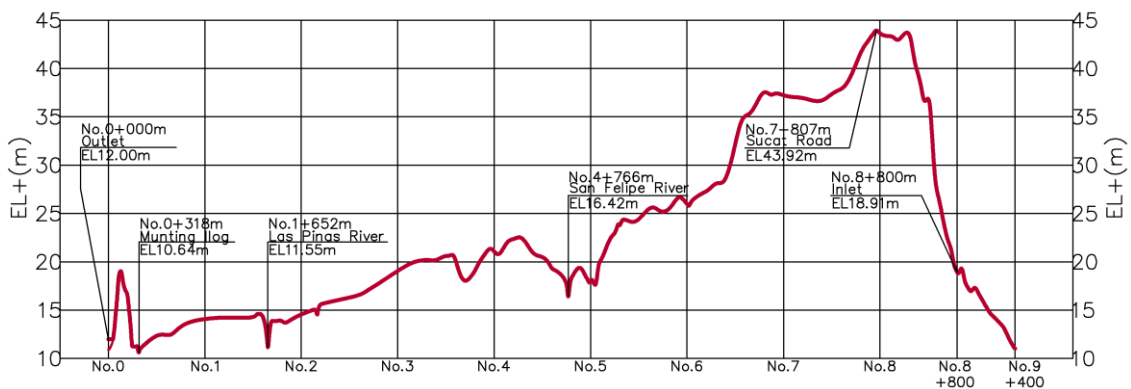
(2) 縦断計画

1) 基本縦断計画

縦断計画の基本方針は、第 4.3 節のパラニャーケ放水路の検討より、基本勾配 1/1,500 の排水勾配を設定して、排水施設側に向かい順勾配とする。

2) シールド工法の縦断計画

「IRR of RA 10752, Section 11」の規定より、極力地上権設定を行わないため 50 m 以深とするとして、NAMRIA 入手した GIS データに基づきシールド工法における縦断計画を設定する。ここで、GIS データの現況地盤高図及び縦断計画におけるクリティカルポイントを図 7.2.8 に示す。



出典：JICA 調査チーム

図 7.2.8 GIS データに基づく現況地盤高及びクリティカルポイント

図 7.2.8 より、それぞれのクリティカルポイントにおける地盤高とシールド工法の場合の縦断計画を表 7.2.7 に示す。

表 7.2.7 シールド工法の場合の縦断計画

測点	累加距離 (m)	区分	地盤高 (EL.m)	管底高 (EL.m)	勾配	土被り (m)	適用
No.0+000	0	排水立坑	+12.00	-52.87	1/1,500	52.27	地盤補充
No.0+318	318	Munting Ilog	+10.64	-52.65		50.69	クリティカル
No.1+652	1,652	Las Piñas River	+11.55	-51.77		50.72	
No.4+766	4,766	San Felipe River	+16.42	-49.68		53.50	
No.7+807	7,807	最高地盤高地点	+43.92	-47.66		78.98	
No.8+800	8,800	流入立坑	+18.91	-47.00	1/2,000	53.31	・開水路区間
		開水路下流端		+10.20		—	
No.9+400	9,400	開路上流端	+10.99	+10.50		—	

出典：JICA 調査チーム

3) NATMの縦断勾配

NATM の場合、施工時のタイロッド長分下方に移動する必要がある。したがって、シールド工法と同様に「IRR of RA 10752, Section 11」の規定より、極力地上権設定を行わないため 50 m 以深として、タイロッド分 6 m 下方に移動した案とする。

NATM の場合の縦断計画を表 7.2.8 に示す。

表 7.2.8 NATM の場合の縦断計画

測点	累加距離 (m)	区分	地盤高 (EL.m)	管底高 (EL.m)	勾配	土被り (m)	適用
No.0+000	0	排水立坑	+12.00	-58.87	1/1,500	52.27	地盤補完
No.0+318	318	Muting Ilog	+10.64	-58.65		50.69	クリティカル
No.1+652	1,652	Las Piñas River	+11.55	-57.77		50.72	
No.4+766	4,766	San Felipe River	+16.42	-55.68		53.50	
No.7+807	7,807	最高地盤高地点	+43.92	-53.66		78.98	
No.8+800	8,800	流入立坑	+18.91	-53.00	1/2,000	53.31	開水路区間
		開水路下流端		+10.20		—	
No.9+400	9,400	開水路上流端	+10.99	+10.50		—	

出典：JICA調査チーム

以上が、GIS データに基づくパラニャーケ放水路の縦断計画であるが、GIS データには誤差もあるため、今後詳細な測量に基づき見直しの必要がある。

7.2.4 主要施設計画

(1) 立坑の検討

1) 立坑の内径

パラニャーケ放水路の立坑内径を決定するにあたり、日本における圧力管トンネルの立坑の既往事例を表 7.2.9 に整理した。

表 7.2.9 圧力管方式の河川トンネルの立坑諸元

河川トンネル名	計画流量 (m³/s)	トンネル内径 (m)	勾配	工法	立坑内径 (m)	適用
首都圏外郭放水路	200	10.6	1/5000	泥水シールド	30.0	第 1~3 立坑
環七地下調節池 (I 期、II 期)	-	12.5	1/1500	泥水シールド	26.0	妙正寺川立坑
東川地下河川「計画」(兵庫県)	171	12.0	1/1300	泥水シールド	22.0	発進立坑の施工時諸元で決定
寝屋川南部地下河川	180	9.8	1/1500	泥水シールド	22.0	若江立坑/発進立坑
五反田放水路	150	8.7	1/1000	泥水シールド	21.0	流入/発進立坑
東川地下河川(埼玉県)	63	5.2	1/500	泥土シールド	13.0	排水立坑
鶴見川恩廻公園調節池	-	16.5m x 15.4m	1/1000	NATM	19.0	地下調節池タイプ非円形構造

出典：JICA調査チーム

表 7.2.9 より、トンネル内径 10m を超える立坑内径は、ばらつきが大きく D=22.0 m ~ 30.0m の値を取る。具体的な立坑内径は、シールドマシンの詳細、発進設備及び流入・流出立坑の水理諸元に基づき詳細な検討が必要となる。施設計画においては、パラニャーケ放水路の立坑内径として、シールド工法で決まる必要径は D=27m、NATM で決まる必要径は D=25m であるが、ここでは安全側の値として、首都圏外郭放水路と同様に D=30m として検討を進める。

したがって、今後事業の実現化に伴い、詳細な施設計画、トンネルの水理諸元及びトンネル工法が決定した後に、コスト削減の観点から、内径縮小の検討が必要である。また、取水立坑及び排水立坑のそれぞれの内径についても、その機能及び施工計画を踏まえた検討が必要となる。

2) 渦流式ドロップシャフトの検討

洪水初期において設計流量 200 m³/s を直接 60 m 程度下方の底版に落下させると、膨大な水のエネルギーにより、滝のような衝撃が立坑の底版に悪影響を与える。したがって、洪水初期の減勢工として『渦流式ドロップシャフト』を設置する。

ドロップシャフトの諸元は、流入施設の諸元及び水理条件により異なることから、より詳細な水理設計により計画され、水理模型実験により検証する必要があるが、ここでは、ミルウォーキーの実験レポートに基づき、概算として下記で算定する。

計画流量	$Q_p = 200 \text{ m}^3/\text{s}$
設計流量	$Q_d = 110\% \times Q_p = 1.1 \times 200 = 220 \text{ m}^3/\text{s}$
ドロップシャフト径	$D = \left(\frac{Q_d^2}{g} \right)^{0.2} = \left(\frac{220^2}{9.81} \right)^{0.2} = 5.478 \text{ m} \Rightarrow D = 5.5 \text{ m}$
スリット幅	$e = D/4 = 1.375 \text{ m}$
接近水路幅	$B = 3D/4 = 3 \times 5.5/4 = 4.125 \text{ m}$
漸縮角度 (仮定)	$\theta = 16.8^\circ$
漸縮水路長	$L1 = \left(\frac{B - e}{\tan \theta} \right) = 9.108 \text{ m} \Rightarrow L1 = 10 \text{ m}$

なお、ここで渦流式ドロップシャフトの参考例として、首都圏外郭放水路の HP 及び資料の抜粋を図 7.2.9 に示す。



a) 渦流式ドロップシャフトの説明図

b) 平成17年8月洪水時の流入状況 (第3立坑)

出典： <http://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/gaikaku/intro/02shuyou/shu-05.html> 及び「首都圏外郭放水路彩龍の川」

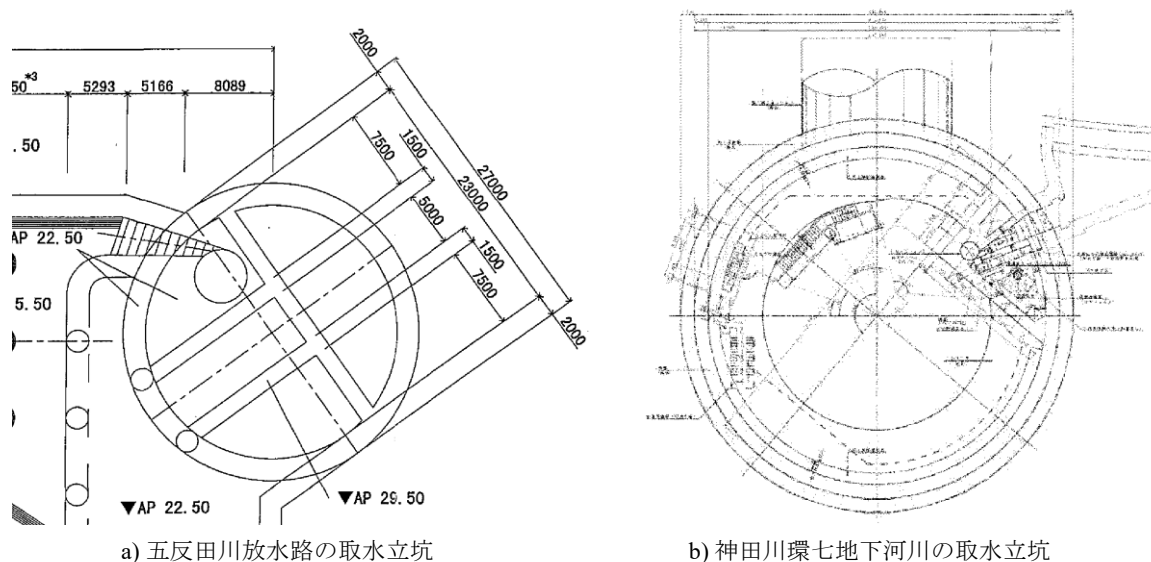
図 7.2.9 首都圏外郭放水路における渦流式ドロップシャフト

3) 取水立坑の検討

パラニャーケ放水路の残留水は、ラグナ湖の漁業に及ぼす影響を低減させるため排水立坑側で実施する計画である。したがって、取水立坑内部には下記の主施設が想定される。

- ・ 残水ポンプ設備（必要に応じてサンドポンプ）
- ・ 昇降設備（大型エレベータ及び非常用階段）
- ・ 維持管理資材
- ・ 情報監視機器
- ・ 圧力扉

洪水時、特に事前操作時の疎通能力を考慮した場合、極力立坑内に設備を設置しないことが望ましいが、維持管理を考えた場合には上記の施設が必要と考える。取水立坑の参考例として、五反田川放水路及び神田川環七地下河川の例を図 7.2.10 に示す。

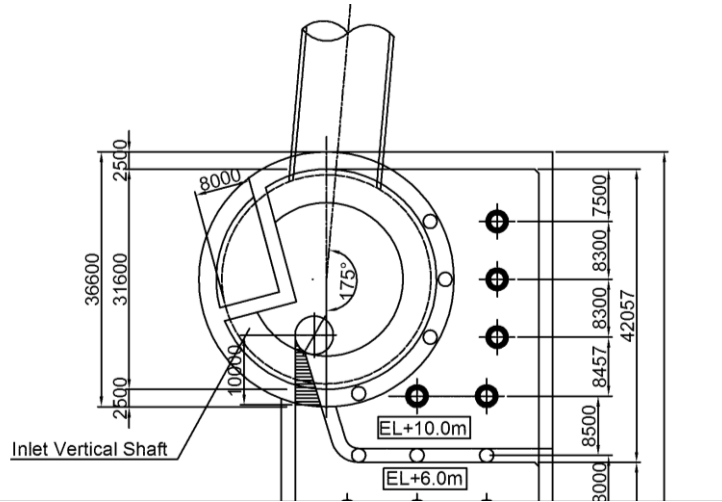


出典：「五反田川放水路事業分流施設模型実験及び施設計画資料整理業務報告書：平成12年3月」及び「神田川・環状7号線地下調節池工事記録誌作成のための調査委託（その2）報告書：平成20年3月」

図 7.2.10 五反田川放水路及び神田川環七地下河川の取水立坑（参考事例）

両立坑による主な相違点は、通水部に整流用の区分壁を設けるかどうかであり、その必要性は流入部と導水部の形状、相対位置及び通水時の水理条件により決定されるため、水理模型実験の必要がある。本業務においては、「基本的に通水断面が大きいほうが望ましい」との判断から、区分壁を設置しないものとする。また、管理設備の諸元は、今後の事業化に伴う詳細検討により決定する必要がある。

ここでは、過去の事例等を参考にしたパラニャーケ放水路の取水立坑計画図を図 7.2.11 に示す。



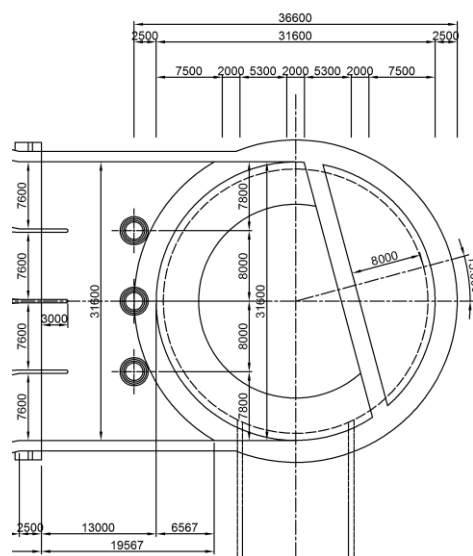
出典：JICA調査チーム

図 7.2.11 取水立坑の計画図

MP 策定時との主な変更点は、線形の変更（放水路流出）とドライエリアの変更である。後者については、流入立坑には排水ポンプが必要なく、残水ポンプのみであるためドライエリアの範囲を半減させている。これは、極力通水断面を大きくして、立坑の損失水頭を少なくすることに配慮したものである。このドライエリアは、今後詳細な施設計画及び維持管理計画の検討が進めば、さらなる削減が可能であり、水理模型実験に入る前に検討を実施することが必要である。また、渦流ドロップシャフトの吐出口形状によっては、ドライエリアの形状変更の必要性も予想されるため、今後の最適化が望まれる。加えて、シールド発進部のかまち梁により通水断面が制限されることから、West Velley 断層を考慮した耐震性能を有する立坑の構造計算が必要となる。

4) 排水立坑の検討

過去の事例等を参考にしたパラニャーケ放水路の排水立坑計画図を図 7.2.12 に示す。



出典：JICA調査チーム

図 7.2.12 排水立坑の計画図

なお、線形計画で取水施設と排水施設を直線で結んだ場合には、ポンプ用のドライエリアと放水路の流入部が、競合して収まらないことから、線形計画により流入角度の直角を優先している。したがって、排水立坑については、MP計画と変更は実施していない。ただし、取水立坑と同様に今後は下記の検討により計画の最適化及び見直しが必要となる。特に、ドライエリアの縮小及び排水施設有効幅の削減により、極力直線な放水路線形が可能な施設計画の検討の必要がある。

- ・ 現在排水ポンプ及びその他管理施設の範囲としてドライエリアを 8 m としているが、通水断面を極力確保するためには、その削減が望まれる。
- ・ シールドの流入角度を排水方向直角としているが、これは排水河川、排水施設位置、施設用地及び放水路線形が確定した段階で最適なドライエリアの位置検討が必要となる。
- ・ 取水立坑と同様に、シールド発進部のかまち梁により通水断面が制限されることから、West Valley 断層を考慮した耐震性能を有する立坑の構造計算が必要となる。

(2) 取水施設の検討

1) ラグナ湖の湖底条件

ラグナ湖の湖底条件として、Sucat 及びラグナ湖のコンター図を図 7.2.13 に示す。



出典：写真はGoogle Earth、等高線はIFSARとNAMRIAの「Laguna de Bay Depth in Meter, 2017」の標高をベースにJICA調査チームが加筆

図 7.2.13 Sucat 及びラグナ湖底のコンター図

図 7.2.13 より、Sucat におけるラグナ湖西岸の湖底高は、EL. 11.0 m 程度であるが、操作開始水位を EL. 12.0 m とした場合、水路幅が広くなりすぎて現実的とは言えない。詳細な検討

は今後の事業化により実施する必要があるが、本業務では下記の 2 ケースで検討を行う。なお、今後の計画においては、取水施設位置が確定した時点で深淺測量を実施して、再検討の必要性がある。

- ・ ケース 1: EL. 10.5 m (沖合 260 m 程度浚渫)
- ・ ケース 2: EL. 10.0 m (沖合 440 m 程度浚渫)

2) 開水路の検討

開水路の検討において、重要な点は勾配により開水路の必要幅が大きく変化することである。特に、パラニャーケ放水路のように自然流下圧力管方式の場合、損失水頭を極力小さくすることが望ましい。この点では、開水路を設置することによる、圧力管方式の摩擦損失分で収まることが望ましいと言える。ここでは、その面から算定される勾配を次に示す。

i) 開水路勾配の検討

パラニャーケ放水路及び開水路案の基本諸元を下記とする。

- ・ 全線圧力管方式の場合の放水路延長 L = 9,900 m
- ・ ラグナ湖沖合部の延長 L1 = 500 m
- ・ 開水路区間の延長 L2 = 600 m
- ・ 開水路案の放水路延長 L3 = 8,800 m

ケース A：事前操作水位 (EL. 12.0 m) で放水路の摩擦損失相当

マンニングの式より：

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

ここで、V：平均流速

n：マンニングの粗度係数

R：径深（円管の場合 R = d/4）

したがって、

$$I = \frac{n^2 \cdot V^2}{R^{4/3}}$$

$$I = 1/\alpha = 1/\left(\frac{R^4}{n^2 \cdot V^2}\right) = 1/\left(\frac{\left(\frac{11.291}{4}\right)^4}{0.015^2 \cdot 1.478^2}\right) = 1/8,116$$

ケース B：計画高水位 (EL. 14.0 m)、Q = 200 m³/s の摩擦損失相当

$$I = 1/\alpha = 1/\left(\frac{R^4}{n^2 \cdot V^2}\right) = 1/\left(\frac{\left(\frac{11.291}{4}\right)^4}{0.015^2 \cdot 1.997^2}\right) = 1/4,445$$

ケース C：事前操作水位（EL. 12.0m）で放水路削減分を考慮した場合

$$I = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{8,116 \cdot \frac{600}{1100}} = 1/4,427$$

ケース D：計画高水位（EL. 14.0m）で放水路削減分を考慮した場合

$$I = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{4,445 \cdot \frac{600}{1100}} = 1/2,425$$

ケース E：事前操作水位（EL. 12.0m）で越流堤及び放水路削減分を考慮した場合

$$I = \frac{1}{\alpha} = 1 / \left(\frac{600}{\frac{1}{8,116} \cdot 1,100 + 0.233} \right) = 1/1,628$$

ケース F：パッシング・パリキナ川の既往実績

マンガハン放水路 $I = 0.0003 = 1/3,333$

ナピンダン水路 $I = 0.0007 = 1/1,429$

放水路の水理条件を優先して損失水頭を抑える場合には、極力緩い勾配が望ましい。一方、勾配が緩い場合は、その分用地取得範囲が増える。したがって、その両者を考慮して、最適な勾配と水理諸元を決定する必要がある。

本業務では、事業の実現のためには用地買収範囲を極力少なくする必要があることから、上記のケース C～E 及びケース F の既往事例を参考して、 $I = 1/2,000 = 0.0005$ を採用する。

ii) 開水路の設計方針

開水路案にした場合に最も配慮すべき事項は、社会環境への影響を考慮して、用地買収及び家屋移転をいかに減らすかである。したがって、開水路の設計は、用地買収範囲を極力減らすため、下記の条件で実施する。

基本構造 一般的な水路の構造は、法面を護岸構造とし、水路底部は掘り込み土砂とする例が多い。ただし、その場合は、表 7.2.10 にあるように粗度係数が 0.020~0.030 となり、広い断面が必要となる。パラニャーケ放水路では、用地買収を少なくするため、粗度係数の小さい「コンクリート 3 面張」の構造を採用する。

粗度係数 $n = 0.015$ （表 7.2.10 の 0.014~0.018 より、一般的には平均値の 0.016 をとるが、入念な施工監理を前提としてトンネルと同様の粗度係数を採用する。）

水路の法面勾配 1:0.5（用地買収範囲を削減するため比較的急な勾配として、パッシング・マリキナ川の改修工事の実績と同等の勾配を採用。）

表 7.2.10 人工水路のマニングの粗度係数（定常流）

Table 4-4 Values of Manning's Roughness Coefficient 'n' (Uniform Flow) – Man-made Channels & Ditches

Description	Minimum	Maximum
1. Earth, straight & uniform	0.020	0.025
2. Earth bottom, rubble sides / riprap	0.030	0.035
3. Grass covered	0.035	0.050
4. Dredged	0.028	0.033
5. Stone lined & rock cuts, smooth & uniform	0.030	0.035
6. Stone lined & rock cuts, rough & irregular	0.040	0.045
7. Lined - smooth concrete	0.014	0.018
8. Lined - grouted riprap	0.020	0.030
9. Winding sluggish canals	0.025	0.030
10. Canals with rough stony beds, weeds on earth banks	0.030	0.040

出典：「Design Guidelines, Criteria and Standards, 2015」

iii) ケース 1: EL. 10.5 m 計画高の開水路諸元

上流部水位	EL. 12.0 m (EL. 14.0 m)
設計流量	Qd = 130 m ³ /s (200 m ³ /s)
設計水路河床高	EL. 10.5 m
設計水路勾配	I = 1/2,000
水路下幅	B = 46.0m
法面勾配	1:0.5
疎通能力	Qc = 132m ³ /s > 130m ³ /s OK (530m ³ /s > 200m ³ /s OK)

表 7.2.11 ケース 1 (EL. 10.5 m) Q = 130 m³/s 及び 200 m³/s の水理諸元

Design Discharge Qd= 130.00 m ³ /s at EL+12.0m			Design Discharge Qd= 200.00 m ³ /s at EL+14.0m		
<Input Data>			<Input Data>		
Bottom Width	B1= 46.000 (m)		Bottom Width	B1= 46.000 (m)	
Water Depth	h= 1.50 (m)		Water Depth	h= 3.50 (m)	
Slope (Left)	1: 0.50		Slope (Left)	1: 0.50	
Slope (Right)	1: 0.50		Slope (Right)	1: 0.50	
Gradient	I= 0.05000 (%)		Gradient	I= 0.05000 (%)	
	= 1/2,000			= 1/2,000	
Roughness Coe.	n= 0.015		Roughness Coe.	n= 0.015	
<Output Data>			<Output Data>		
Water Width	B2= 47.500 (m)		Water Width	B2= 49.500 (m)	
Flow Area	A= 70.125 (m ²)		Flow Area	A= 167.125 (m ²)	
Wetted Perimeter	P= 49.354 (m)		Wetted Perimeter	P= 53.826 (m)	
Hydraulic Radius	R= A/P		Hydraulic Radius	R= A/P	
	= 1.421 (m)			= 3.105 (m)	
Velocity	V= 1/n*R ^{2/3} *I ^{1/2}		Velocity	V= 1/n*R ^{2/3} *I ^{1/2}	
	= 1.884 (m/s)			= 3.173 (m/s)	
Cal. Discharge	Q= 132.116 (m ³ /s)		Cal. Discharge	Q= 530.288 (m ³ /s)	
	≥ 130.000 (m ³ /s) ---OK			≥ 200.000 (m ³ /s) ---OK	

出典：JICA調査チーム

iv) ケース 2: EL. 10.0 m の開水路諸元

上流部水位	EL. 12.0 m (14.0 m)
設計流量	Qd = 130 m ³ /s (200 m ³ /s)
設計水路河床高	EL. 10.0 m
設計水路勾配	I = 1/2000
水路下幅	B = 29.0 m

法面勾配 1:0.5
疎通能力 $Q_c = 132 \text{ m}^3/\text{s} > 130 \text{ m}^3/\text{s}$ OK ($407 \text{ m}^3/\text{s} > 200 \text{ m}^3/\text{s}$ OK)

表 7.2.12 ケース 2 (EL. 10.0 m) $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ 及び $200 \text{ m}^3/\text{s}$ の水理諸元

Design Discharge $Q_d = 130.00 \text{ m}^3/\text{s}$ at EL+12.0m			Design Discharge $Q_d = 200.00 \text{ m}^3/\text{s}$ at EL+14.0m		
<Input Data>			<Input Data>		
Bottom Width	B1= 29.000 (m)		Bottom Width	B1= 29.000 (m)	
Water Depth	h= 2.00 (m)		Water Depth	h= 4.00 (m)	
Slope (Left)	1: 0.50		Slope (Left)	1: 0.50	
Slope (Right)	1: 0.50		Slope (Right)	1: 0.50	
Gradient	I= 0.05000 (%) = 1/2,000		Gradient	I= 0.05000 (%) = 1/2,000	
Roughness Coe.	n= 0.015		Roughness Coe.	n= 0.015	
<Output Data>			<Output Data>		
Water Width	B2= 31.000 (m)		Water Width	B2= 33.000 (m)	
Flow Area	A= 60.000 (m ²)		Flow Area	A= 124.000 (m ²)	
Wetted Perimeter	P= 33.472 (m)		Wetted Perimeter	P= 37.944 (m)	
Hydraulic Radius	R= A/P = 1.793 (m)		Hydraulic Radius	R= A/P = 3.268 (m)	
Velocity	V= $1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$ = 2.200 (m/s)		Velocity	V= $1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$ = 3.283 (m/s)	
Cal. Discharge	Q= <u>132.000</u> (m ³ /s) ≥ 130.000 (m ³ /s) ---OK		Cal. Discharge	Q= <u>407.092</u> (m ³ /s) ≥ 200.000 (m ³ /s) ---OK	

出典：JICA調査チーム

v) 開水路案の選定

用地買収及び民家移転を考慮した場合、ケース 2：EL. 10.0 m 案となるが、浚渫距離が 440 m と長い。ラグナ湖の現在の状況は、流入河川からの土砂流出及び湖岸の埋立が進み、堆積傾向といえる。したがって、頻繁な浚渫が予定され、周辺の漁業への影響も大きくなる。また、LLEDP の実施との関係との検討も必要となる。本業務では、下記の理由により、ケース 1：EL. 10.5 m 案を選定する。

- ・ 維持管理のための頻繁な浚渫は、周辺漁業への影響が大きく、この点は社会環境への負荷が大きい。加えて、維持管理費用が高くなる。
- ・ 維持管理を考慮した場合、放水路内部に極力土砂を入れないほうが望ましく、維持管理が容易な開水路部での沈降のためには、流速は遅い方が望ましい。また、水路の粗度係数の維持から摩耗への影響を軽減するためにも、流速は遅い方が望ましい。
- ・ もし用地交渉が難航した場合に水路敷高を下げる、初期流量の見直しにより水路幅を狭める等の対応が可能である。
- ・ 水路幅は 50 m 程度であり、放水路として常識的な範囲であり、特に広いとは言えない。加えて、ラグナ湖からの流木等の流下物も予想されることから、広いほうが安全である。
- ・ EL. 10.5 m の下流部で水路高 5.0 m となる。構造的には可能だが、耐震設計も考慮した場合、水路高さは 5 m 以下が望ましい。
- ・ 「下水道施設計画・設計指針と解説」（平成 21 年 9 月：日本下水道協会）によれば、雨水排水の許容最大流速は $v = 3.0 \text{ m/s}$ であり、ケース 1 の場合、EL. 14.0 m の場合 $v = 3.173 \text{ m/s}$ と若干上回っている。しかし、実際は放水路で $200 \text{ m}^3/\text{s}$ の放流量制限を実施

するので、表 7.2.13 より流速 $v = 2.207 \text{ m/s}$ となり問題は生じない。また、計画高水時は、満水断面なため $v = 1.197 \text{ m/s}$ となりより流速は落ちるので安全である。

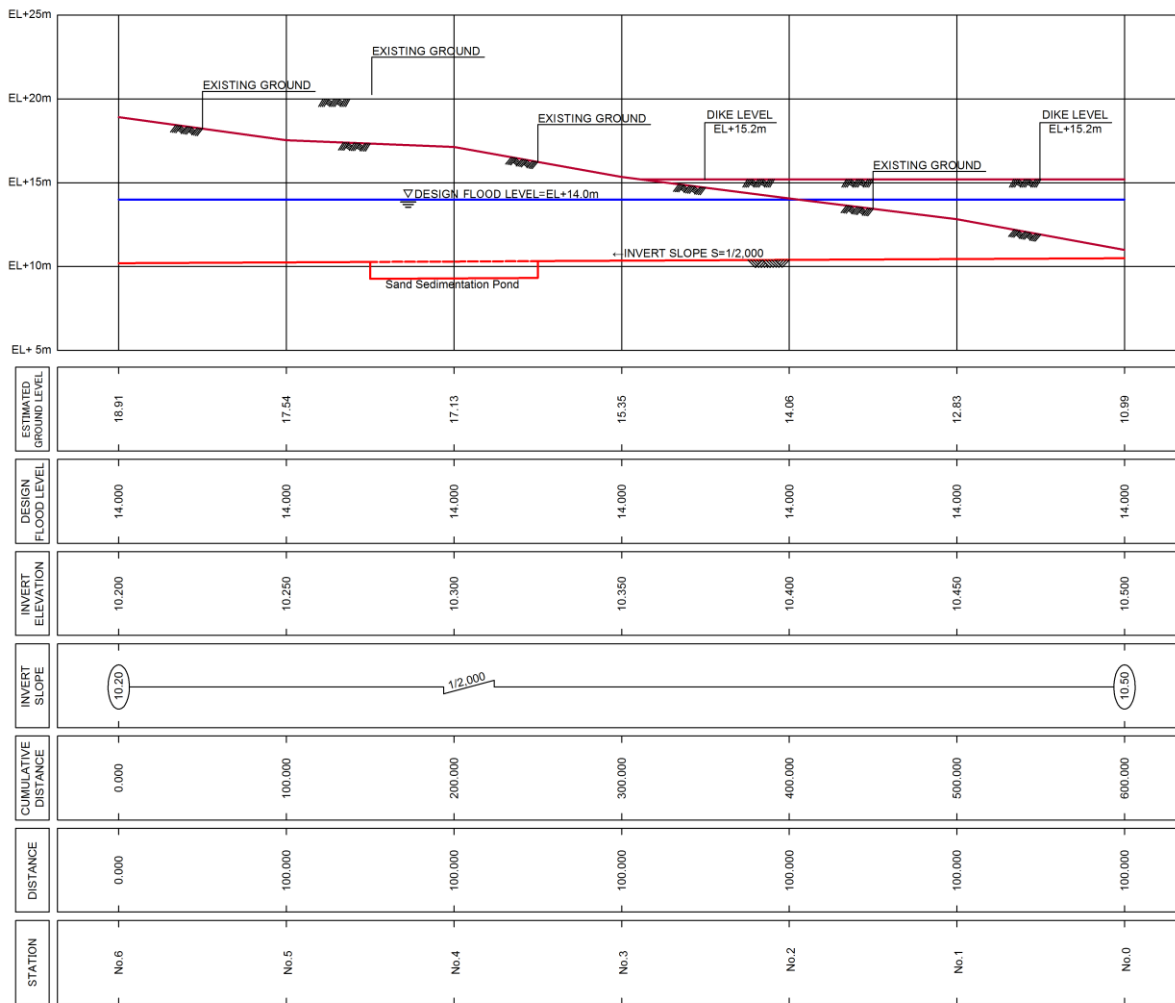
表 7.2.13 設計流量 $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合の開水路の水力諸元

Design Discharge $Q_d = 200.00 \text{ m}^3/\text{s}$ in Case-1			Design Discharge $Q_d = 200.00 \text{ m}^3/\text{s}$ in Case-2		
<Input Data>			<Input Data>		
Bottom Width	B1= 46.000	(m)	Bottom Width	B1= 29.000	(m)
Water Depth	h= 1.93	(m)	Water Depth	h= 2.58	(m)
Slope (Left)	1: 0.50		Slope (Left)	1: 0.50	
Slope (Right)	1: 0.50		Slope (Right)	1: 0.50	
Gradient	I= 0.05000	(%)	Gradient	I= 0.05000	(%)
	= 1/2,000			= 1/2,000	
Roughness Coe.	n= 0.015		Roughness Coe.	n= 0.015	
<Output Data>			<Output Data>		
Water Width	B2= 47.930	(m)	Water Width	B2= 31.581	(m)
Flow Area	A= 90.621	(m ²)	Flow Area	A= 78.185	(m ²)
Wetted Perimeter	P= 50.315	(m)	Wetted Perimeter	P= 34.772	(m)
Hydraulic Radius	R= A/P		Hydraulic Radius	R= A/P	
	= 1.801	(m)		= 2.249	(m)
Velocity	V= $1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$		Velocity	V= $1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$	
	= <u>2.207</u>	(m/s)		= <u>2.559</u>	(m/s)
Cal. Discharge	Q= <u>200.001</u>	(m ³ /s)	Cal. Discharge	Q= <u>200.075</u>	(m ³ /s)
	≥ 200.000	(m ³ /S) ---OK		≥ 200.000	(m ³ /S) ---OK

出典：JICA調査チーム

vi) 開水路の計画図

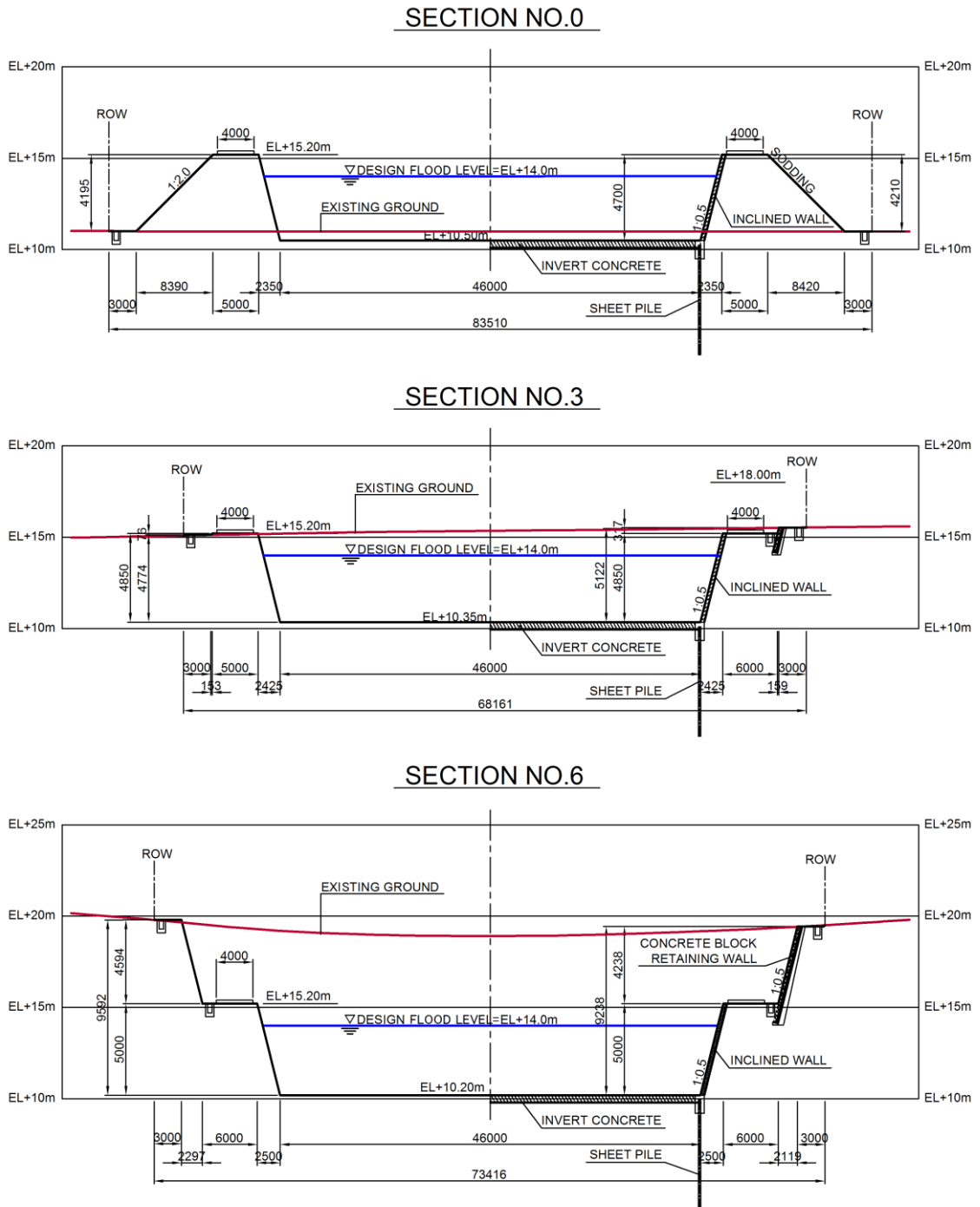
流入部開水路の計画図として縦断面図及び標準断面図をそれぞれ図 7.2.14 及び図 7.2.15 に示す。なお、計画に用いた標高及び距離は、NAMRIA の GIS データ及び Google Earth に基づき実施している。したがって、誤差が大きいので留意が必要である。また、LLDA の深淺測量データについても検証できていないため、今後の事業化においては、早期に開水路ルートの線形を確定させ、測量を実施して見直しを実施する必要がある。



Note: Design Flood Level is as same as Laguna de Bay's.

出典：JICA調査チーム

図 7.2.14 流入部開水路の縦断面図



出典：JICA調査チーム

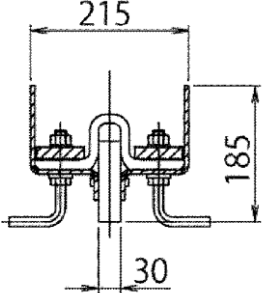
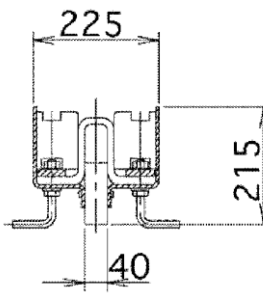
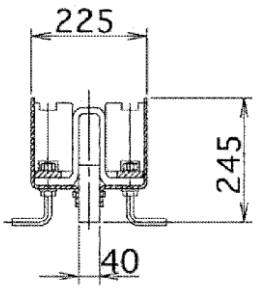
図 7.2.15 流入部開水路の標準断面図

vii) 可とう継手の使用

West Valley 断層の動きを定量的に判定することは困難ではあるが、動くことを前提に設計を考慮する必要がある。通常のコンクリート水路の継手は、収縮量が 2 cm~5 cm であり、もし年間 2 cm 程度動いているようなら、1 年~2 年に 1 回修復工事が必要となる。実際そのような、維持工事は不可能であり、望ましいとは言えない。

したがって、断層を跨ぐ部分に可とう継手を設置して、頻繁な補修工事を防止する。現在一般的なコンクリート構造物への可とう継手の諸元を表 7.2.14 に示す。

表 7.2.14 コンクリート構造物用可とう継手の諸元比較表

製品種別	10 cm 対応	20 cm 対応	30 cm 対応
断面形状			
沈下量	100 mm	200 mm	300 mm
伸び量	100 mm	100 mm	120 mm
縮み寮	30 mm	40 mm	40 mm
内水圧	0.15 Mpa	0.15 Mpa	0.15 Mpa
外水圧	0.15 Mpa	0.15 Mpa	0.15 Mpa
単位質量	70 kg/m	90 kg/m	100 kg/m
最小壁厚	250 mm	300 mm	350 mm

出典： http://www.seibu-p.co.jp/product/construction/bcjoint_u/index.html

本業務では、一般的な製品から安全を考慮して 30 cm 対応を採用するものとする。また、可とう継手は、多少の諸元変更は可能であり、今後の事業化に伴い最適な諸元を検討する必要がある。なお、フィリピンにおける可とう継手の実績として、パッシング・マリキナ川及びタゴロアン川の河川改修事業における柔構造樋門の継手において既に採用実績を有することも、同工法の採用を提案した理由である。

また、開水路下流端部 EL. 10.2 m と接続水路底部 EL. 9.5 m であり、70 cm の段差がある。したがって、もしマニラ湾側の隆起が 70 cm 未満であれば、トランジション区間の改築を行い、逆勾配にならない対策が可能である。

3) 越流堰の検討

パラニャーケ放水路の越流堰の諸元を決定するにあたり、日本における河川トンネルの越流堰の既往事例を表 7.2.15 に整理した。

表 7.2.15 河川トンネルの越流堰諸元

河川トンネル名	箇所名	越流量 (m ³ /s)	越流堰長 (m)	単位幅越流量 (m ³ /s/m)	適用
首都圏外郭放水路	中川	25	17	1.47	
	倉松川	100	53	1.89	
	大落古利根川	85	33	2.58	
	18号水路	4.7	4.1	1.14	
	幸松川	6.2	9.0	0.69	
環七地下調節池 (Ⅱ期)	妙正寺川	45 (9.7)	22.5 (11.5)	2.00 (0.84)	・計画 104.2 m ³ /s だが用地で断念 ・括弧内は暫定計画
東川地下河川「計画」 (兵庫県)	東川	47.0	30	1.57	
	津門川	35.0	20	1.75	

河川トンネル名	箇所名	越流量 (m ³ /s)	越流堤長 (m)	単位幅越流量 (m ³ /s/m)	適用
五反田放水路	五反田川	150	64.25	2.34	
東川地下河川 (埼玉県)	第1立坑	23	9.5	2.42	
	第2立坑	10	4.8	2.08	
	第3立坑	30	8.5	3.53	
鶴見川恩廻公園調節池	恩廻公園	33	80	0.41	

出典：JICA調査チーム

通常の河川トンネルの越流堤諸元は、下記のステップで決定することが多い。

Step-1：対象河川の水利条件及び越流堤諸元のケーススタディを実施

Step-2：用地条件を考慮して数案を策定

Step-3：越流頻度及び将来計画を考慮して堰高と堰長を決定

しかし、パラニャーケ放水路の場合は、一般的な河川と異なり下記の特徴がある。

特徴-1：洪水被害低減施設であり計画分流量は絶対的な値とは言えない（見直しの余地は残っている。）

特徴-2：ラグナ湖の排水が対象であり越流量自体には制限はない

特徴-3：事前操作開始水位（EL. 12.0 m）において所定の越流量の確保が必要

上記の特徴を考慮して、一般的には放水路の越流堤諸元を算定する必要がある。しかし、パラニャーケ放水路の流入部開水路方式の場合は、一般の河川と同様であるので、越流堤構造にする必要がない。加えて、ラグナ湖の湖底高が浅いこと及び土地収用を少なくするため限定した水路幅のもとで 100 m³/s を超える流量は水理的に難しい。したがって、パラニャーケ放水路については、越流堤を設置しないものとする。

ただし、ラグナ湖からの掃流砂の侵入が予想されることから、1 m 程度の掘り込み構造の掃流砂沈砂池を開水路部に設置して、放水路内部への土砂の流入を防止する。なお、沈砂池の詳細諸元については、ラグナ湖の河床材料調査及び洪水時の放水路の操作規則が必要となるため、今後の事業化検討で実施する必要がある。

また、本調査では提案していないが、開水路の維持管理を考慮した場合にラグナ湖側の流入制御用の水門を設置するかの検討が必要となる場合も想定される。現時点では、通常の河川と同様に設置していないが、乾期の長期湛水による水質の悪化を考慮した場合や通常降雨時の流入による堆砂等を考慮した場合には、事業費の増加となるが、水門設置の必要性もある。加えて、ラグナ湖の湖底状況により、浚渫に加えて、水路河床を維持するため突堤方式の堤防をラグナ湖側への設置することも想定されるので、今後の検討が必要と考える。

ここで、流入部開水路案の水利諸元を以下に示す。

i) ケース 1：事前操作開始水位（EL. 12.0 m）の水利検討

上流部水位 EL. 12.0 m
設計流量 Qd = 130 m³/s

放水路延長 $L = 8,800$ m
 開水路の損失水頭 $hd = 600 \text{ m} / 2000 = 0.300$ m
 疎通能力 $Qc = 138 \text{ m}^3/\text{s} > Qd = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ (OK)

表 7.2.16 開水路案 (EL. 12.0 m) の水理諸元

Water Level at Laguna Lake = **12.0** m
 Water Level at Manila Bay = **10.5** m
 Spillway Length = **8,800** m
 Red Letter: Input
 Blue Letter: for Goal Seeking

1) 10% Reduction

Diameter	Area	Invert	Angle	Invert Area	10% Reduction Area	Conversion Diameter	Conversion Area	Roughness Coefficient	Inlet fe	Outlet fo
(m)	(m ²)	(m)	(Degree)	(m ²)	(m ²)	(m)	(m ²)			
12.00	113.097	5.00	24.624	1.836	100.135	11.291	100.135	0.015	0.50	1.00

Velocity *1 v	Friction Loss hf	Entrance Loss he	Outflow Loss ho	Screen Loss hs	Overflow Dike Loss hd	Open Channel Loss hc	Total Loss ht	Loss Difference dh	Check <0.01	Calculated Discharge
(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)		(m/s)
1.386	0.953	0.049	0.098	0.100	0.000	0.300	1.500	0.000	OK	138.790

Note *1: Velocity is Calculated by goal seeking between Velocity and Loss Difference under the condition of $dh < 0.001$.

出典：JICA調査チーム

ii) ケース2：計画高水位 (EL. 14.0 m) の水理検討

上流部水位 EL. 14.0 m
 設計流量 $Qd = 200 \text{ m}^3/\text{s}$
 放水路延長 $L = 8,800$ m
 開水路の損失水頭 $hd = 600 \text{ m} / 2000 = 0.300$ m
 疎通能力 $Qc = 232 \text{ m}^3/\text{s} > Qd = 200 \text{ m}^3/\text{s}$ (OK)

表 7.2.17 開水路案 (EL. 14.0 m) の水理諸元

Water Level at Laguna Lake = **14.0** m
 Water Level at Manila Bay = **10.5** m
 Spillway Length = **8,800** m
 Red Letter: Input
 Blue Letter: for Goal Seeking

1) 10% Reduction

Diameter	Area	Invert	Angle	Invert Area	10% Reduction Area	Conversion Diameter	Conversion Area	Roughness Coefficient	Inlet fe	Outlet fo
(m)	(m ²)	(m)	(Degree)	(m ²)	(m ²)	(m)	(m ²)			
12.00	113.097	5.00	24.624	1.836	100.135	11.291	100.135	0.015	0.50	1.00

Velocity *1 v	Friction Loss hf	Entrance Loss he	Outflow Loss ho	Screen Loss hs	Overflow Dike Loss hd	Open Channel Loss hc	Total Loss ht	Loss Difference dh	Check <0.01	Calculated Discharge
(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)		(m/s)
2.326	2.686	0.138	0.276	0.100	0.000	0.300	3.500	0.000	OK	232.953

Note *1: Velocity is Calculated by goal seeking between Velocity and Loss Difference under the condition of $dh < 0.001$.

出典：JICA調査チーム

4) 沈砂池機能の検討

実際の沈砂池の機能は、流水の乱れによる拡散作用によって上方に巻上げられる土砂を考慮した河床変動計算の必要がある。しかし、現時点では河床材料調査や水理模型実験を実施していないため、ここでは沈降速度から、沈降可能な土砂の粒径を推定する。

土砂粒径における沈降速度は、鶴見の式「河川砂防技術基準同解説」(平成9年9月)より、下記とする。

$D > 0.015 \text{ cm}$	$U = 11,940 d^2$
$0.015 \text{ cm} < d < 0.11 \text{ cm}$	$U = 171.5 d$
$0.11 \text{ cm} < d < 0.58 \text{ cm}$	$U = 81.5 d^{0.667}$
$0.58 \text{ cm} < d$	$U = 73.2$

ここで、U：粒子の沈降速度（cm/s）

D：粒径（cm）

流入部開水路案の場合は、用地的な制限があるため別に沈砂池は設置せず、開水路部での沈降を期待する。したがって、全長 600 m のうち、100 m 区間を掘り下げて沈砂池と同様に考えると下記となる。

i) ケース 1：事前操作開始水位（EL. 12.0 m）の沈降検討

設計流量	$Qd = 130 \text{ m}^3/\text{s}$
設計水深	$h = 1.5 \text{ m}$
水路敷高	EL. 10.5 m
平均流速	$v = 1.884 \text{ m/s}$ 表 7.2.11 より
水路内通過時間	$t = 100 \text{ m} / 1.884 \text{ m/s} = 53.1 \text{ s}$
粒径 $d=0.02\text{cm}$	$U = 171.5 \times 0.02 \text{ cm} = 3.43 \text{ cm/s}$
沈降時間	$tr = 150 / 3.43 = 43.7 \text{ s} < t = 53.1 \text{ s}$ (OK)
摩擦速度	$u_*c^2 = Rig = 1.421 \times 0.0005 \times 9.81$ $= 0.00697 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 69.7 \text{ cm}^2/\text{s}^2$
掃流限界粒径	$d = u_*c^2 / 80.9 = 69.7 / 80.9 = 0.86 \text{ cm} = 8.6 \text{ mm}$

ii) ケース 2：計画高水位（EL. 14.0 m）の水理検討

設計流量	$Qd = 200 \text{ m}^3/\text{s}$
設計水深	$h = 1.93 \text{ m}$
沈砂池高	EL. 10.5 m
平均流速	$v = 2.207 \text{ m/s}$ 表 7.2.13 より
沈砂池通過時間	$t = 100 \text{ m} / 2.207 \text{ m/s} = 45.3 \text{ s}$
粒径 $d=0.03\text{cm}$	$U = 171.5 \times 0.03 \text{ cm} = 5.15 \text{ cm/s}$
沈降時間	$tr = 193 / 5.15 = 37.4 \text{ s} < t = 45.3 \text{ s}$ (OK)
摩擦速度	$u_*c^2 = Rig = 1.801 \times 0.0005 \times 9.81$ $= 0.00883 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 88.3 \text{ cm}^2/\text{s}^2$
掃流限界粒径	$d = u_*c^2 / 80.9 = 88.3 / 80.9 = 1.09 \text{ cm} = 10.9 \text{ mm}$

したがって、計算上は開水路 100 m 程度を常に堆砂がない状態にすれば 1 mm 程度以上の土粒子の沈降は期待できる。また、粒径 10 mm 程度未満の土粒子は、掃流砂として取水施設に移動するので、開水路及び取水施設において十分な容量の沈砂池を設置する。

5) 接続水路の検討

接続水路は、開水路部及び沈砂池と流入立坑を繋ぐ機能を有し、流入立坑における流況を安定させる必要がある。一般的には、所定の用地内で水理設計に基づき必要な諸元を検討して、今後水理模型実験により確認する。

流入部開水路案の場合は、接続水路の諸元に下記の 2 ケースの場合が考えられ、その比較選定表を表 7.2.18 に示す。

ケース A：取水立坑と同程度の幅 35 m

ケース B：開水路幅と同等 46 m 水路幅の場合

表 7.2.18 流入部開水路案における接続水路の比較選定表

ケース名	ケース A：幅 35m	ケース B：幅 46m	適用
概要	流入部開水路と接続水路部に幅員 46 m→35 m、水路高 EL. 10.2m → EL. 9.5 m のトランジット水路を設ける。	極力損失水頭を減らすため、流入部開水路と同様の幅 46 m、水路高 EL. 10.2 m で接続水路を設置する。	
諸元	幅 W = 35.0 m 高さ H = 5.7 m 必要水深 h1=1.564m < 2.167m OK h2=1.983m < 4.314m OK	幅 W = 46.0 m 高さ H = 5.0 m 必要水深 h1 = 1.346 m < 1.40 m OK h2 = 1.698 m < 1.83 m OK	
水理的特徴	平均流速 2.17 m/s (200 m ³ /s)及び 1.69 m/s (130 m ³ /s)。 開水路は EL. 10.2 m 及び接続水路は EL. 9.5 m のため、高さ調節が必要となる。	平均流速 2.25 m/s (200 m ³ /s)及び 1.88 m/s (130 m ³ /s)。 柱、スクリーン及びバゲートを考慮すると、取水立坑流入ではほぼ限界水深に近くなる。	今後勾配を設置するか検討が必要。
建設	問題なし ○	問題なし ○	
維持管理	清掃範囲がケース B より狭い。 ○	清掃範囲がケース A より 31.4% 広い。 △	
社会環境	必要用地範囲(約 1,000 m ²)となり、多少狭くてよい。 ○	必要用地範囲(約 1200 m ²)となり、多少広い。 △	
自然環境	問題なし ○	問題なし ○	
その他	開水路と接続水路の間にトランジション区間が必要。 △	取水立坑部で流向調整用の導流壁を設ける。 △	
経済性	水路高が 70 cm 程度下がるが、幅が 11 m 縮小するので、工事費及び補償費が多少安い。 ○	掘削深さが減少するが、掘削範囲が 11 m 拡幅するので、工事費及び補償費が若干高い。 △	
評価	必要用地範囲が狭く、かつ全体事業費が多少安い。また、接続水路内の水理条件的にも余裕がある。 ○：採用	必要用地範囲が広く、また水路内の水理的余裕も小さいため、可能ではあるが、採用性には劣る。 △：可能	

凡例：◎;Excellent、○;Good、△;Not Good/Some Problem、×;Difficult/ Impossible

出典：JICA調査チーム

検討に用いた水理諸元として、ケース A 及びケース B の流量 130 m³/s 及び 200 m³/s において、取水立坑部を限界水深とした場合の不等流計算をそれぞれ表 7.2.19～表 7.2.22 に示す。

表 7.2.19 接続水路幅 35 m 案 130 m³/s の不等流計算

Box Dimension	W.L. Height	Width	Freeboard	Inner Height
	2.20	35.00	3.50	5.70
<Upstream>		<Downstream>		
Discharge Q	= 130.0 (m ³ /s)	Discharge Q	= 130.0 (m ³ /s)	
Assumed Water Depth H1	= 1.564 (m)仮定	Calculated Water Depth H2	= 1.121 (m)Critical Water Depth	
Water Area A1	= 54.727 (m ²)	Water Area A2	= 39.226 (m ²)	
Wetted Perimeter P1	= 38.127 (m)	Wetted Perimeter P2	= 37.241 (m)	
Hydraulic Radius R1	= 1.435 (m)	Hydraulic Radius R2	= 1.053 (m)	
Roughness Coefficient n1	= 0.0150	Roughness Coefficient n2	= 0.0150	
Velocity V1	= 2.375 (m/s)	流速 V2	= 3.314 (m/s)	
Length L	= 110.000 (m)			
$hf = \frac{130.0^2 \cdot 110.000}{2} \cdot \left(\frac{0.015^2}{1.435^{4/3} \cdot 54.727^2} + \frac{0.015^2}{1.053^{4/3} \cdot 39.226^2} \right)$				
$= 929500 \cdot (5E-08 + 1.4E-07) = 0.17$				
Upstream	1.563628	+ $\frac{1.0 \cdot 130.000^2}{2g \cdot 54.727^2}$	+ 0.000	= 1.852
Downstream	1.120749	+ $\frac{1.0 \cdot 130.000^2}{2g \cdot 39.226^2}$	+ 0.000 + 0.17	= 1.851
				Energy Error 0.000 (m)
				Therefore, the Upstream Water Depth becomes 1.564 (m).

出典：JICA調査チーム

表 7.2.20 接続水路幅 35 m 案 200 m³/s の不等流計算

Box Dimension	W.L. Height	Width	Freeboard	Inner Height
	2.63	35.00	3.07	5.70
<Upstream>		<Downstream>		
Discharge Q	= 200.0 (m ³ /s)	Discharge Q	= 200.0 (m ³ /s)	
Assumed Water Depth H1	= 1.982 (m)仮定	Calculated Water Depth H2	= 1.494 (m)Critical Water Depth	
Water Area A1	= 69.369 (m ²)	Water Area A2	= 52.276 (m ²)	
Wetted Perimeter P1	= 38.964 (m)	Wetted Perimeter P2	= 37.987 (m)	
Hydraulic Radius R1	= 1.780 (m)	Hydraulic Radius R2	= 1.376 (m)	
Roughness Coefficient n1	= 0.0150	Roughness Coefficient n2	= 0.0150	
Velocity V1	= 2.883 (m/s)	流速 V2	= 3.826 (m/s)	
Length L	= 110.000 (m)			
$hf = \frac{200.0^2 \cdot 110.000}{2} \cdot \left(\frac{0.015^2}{1.780^{4/3} \cdot 69.369^2} + \frac{0.015^2}{1.376^{4/3} \cdot 52.276^2} \right)$				
$= 2200000 \cdot (2E-08 + 5.4E-08) = 0.166$				
Upstream	1.981957	+ $\frac{1.0 \cdot 200.000^2}{2g \cdot 69.369^2}$	+ 0.000	= 2.406
Downstream	1.493594	+ $\frac{1.0 \cdot 200.000^2}{2g \cdot 52.276^2}$	+ 0.000 + 0.166	= 2.406
				Energy Error 0.000 (m)
				Therefore, the Upstream Water Depth becomes 1.982 (m).

出典：JICA調査チーム

表 7.2.21 接続水路幅 46 m 案 130 m³/s の不等流計算

Box Dimension	W.L. Height	Width	Freeboard	Inner Height
	1.50	46.00	3.50	5.00
<Upstream>				
Discharge Q	= 130.0 (m ³ /s)			
Assumed Water Depth H1	= 1.346 (m)仮定			
Water Area A1	= 61.937 (m ³)			
Wetted Perimeter P1	= 48.693 (m)			
Hydraulic Radius R1	= 1.272 (m)			
Roughness Coefficient n1	= 0.0150			
Velocity V1	= 2.099 (m/s)			
<Downstream>				
Discharge Q	= 130.0 (m ³ /s)			
Calculated Water Depth H2	= 0.934 (m)Critical Water Depth			
Water Area A2	= 42.967 (m ³)			
Wetted Perimeter P2	= 47.868 (m)			
Hydraulic Radius R2	= 0.898 (m)			
Roughness Coefficient n2	= 0.0150			
流速 V2	= 3.026 (m/s)			
Length L	= 110.000 (m)			
$hf = \frac{130.0^2 \cdot 110.000}{2} \cdot \left(\frac{0.015^2}{1.272^{4/3} \cdot 61.937^2} + \frac{0.015^2}{0.898^{4/3} \cdot 43^2} \right)$				
= 929500 \cdot (4E-08 + 1.4E-07) = 0.17				
Upstream	1.346467	+ \frac{1.0 \cdot 130.000^2}{2g \cdot 61.937^2}	+ 0.000	= 1.571
Downstream	0.934075	+ \frac{1.0 \cdot 130.000^2}{2g \cdot 42.967^2}	+ 0.000 + 0.17	= 1.571
Energy Error 0.000 (m)				
Therefore, the Upstream Water Depth becomes 1.346 (m).				

出典：JICA調査チーム

表 7.2.22 接続水路幅 46 m 案 200 m³/s の不等流計算

Box Dimension	W.L. Height	Width	Freeboard	Inner Height
	1.93	46.00	3.07	5.00
<Upstream>				
Discharge Q	= 200.0 (m ³ /s)			
Assumed Water Depth H1	= 1.698 (m)仮定			
Water Area A1	= 78.120 (m ³)			
Wetted Perimeter P1	= 49.397 (m)			
Hydraulic Radius R1	= 1.581 (m)			
Roughness Coefficient n1	= 0.0150			
Velocity V1	= 2.560 (m/s)			
<Downstream>				
Discharge Q	= 200.0 (m ³ /s)			
Calculated Water Depth H2	= 1.245 (m)Critical Water Depth			
Water Area A2	= 57.262 (m ³)			
Wetted Perimeter P2	= 48.490 (m)			
Hydraulic Radius R2	= 1.181 (m)			
Roughness Coefficient n2	= 0.0150			
流速 V2	= 3.493 (m/s)			
Length L	= 110.000 (m)			
$hf = \frac{200.0^2 \cdot 110.000}{2} \cdot \left(\frac{0.015^2}{1.581^{4/3} \cdot 78.120^2} + \frac{0.015^2}{1.181^{4/3} \cdot 57^2} \right)$				
= 2200000 \cdot (2E-08 + 5.5E-08) = 0.165				
Upstream	1.69827	+ \frac{1.0 \cdot 200.000^2}{2g \cdot 78.12^2}	+ 0.000	= 2.033
Downstream	1.244819	+ \frac{1.0 \cdot 200.000^2}{2g \cdot 57.262^2}	+ 0.000 + 0.165	= 2.032
Energy Error 0.000 (m)				
Therefore, the Upstream Water Depth becomes 1.698 (m).				

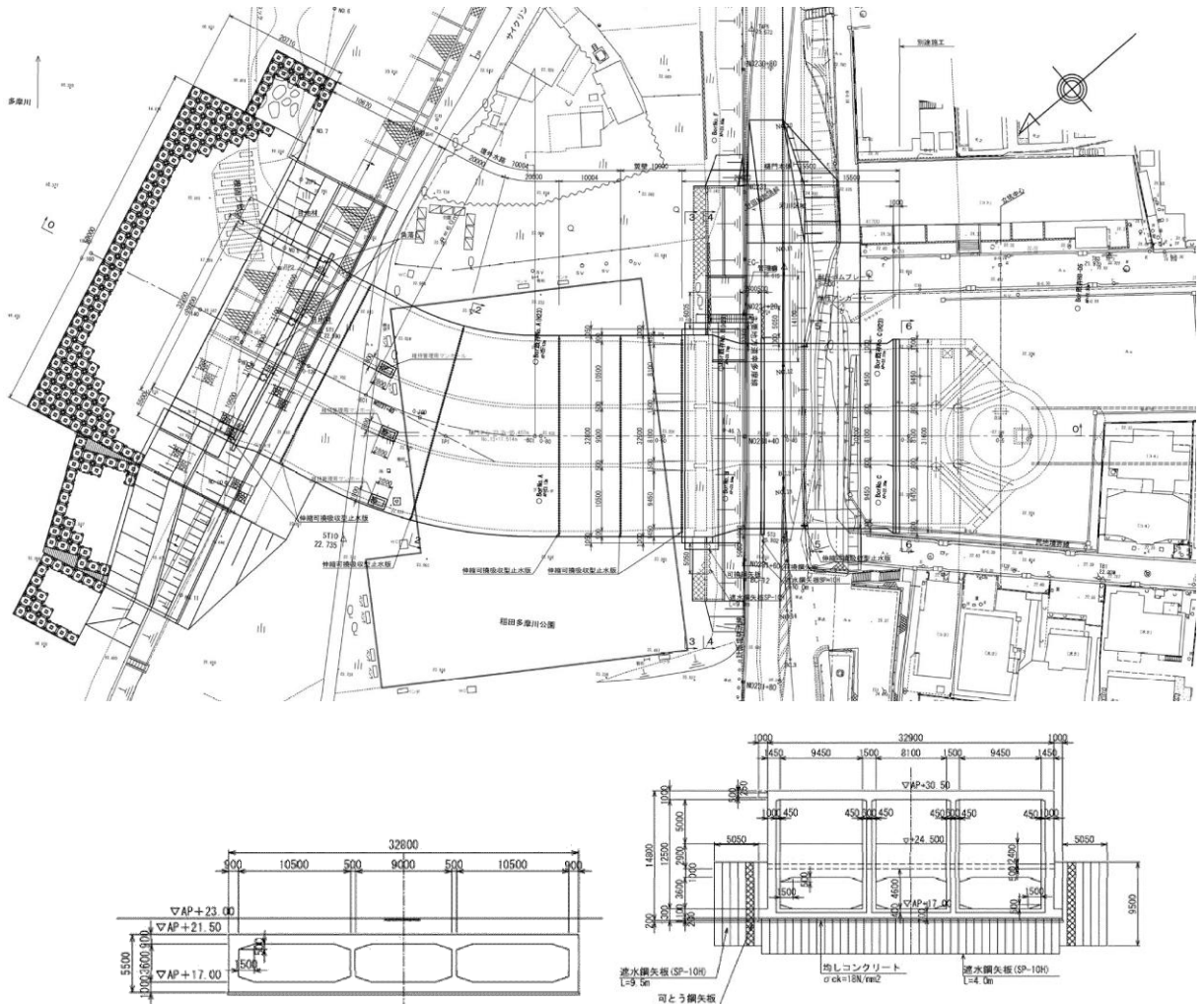
出典：JICA調査チーム

本業務においては、表 7.2.18 より、取水立坑部に水理的余裕があり、必要用地範囲の狭い「ケース A：幅 35 m」案を採用する。ただし、実際の取得可能用地、トランジション区間特に減勢工の諸元、渦流シャフト部の必要寸法及び取水立坑近傍における水理実験検証を実施して、接続水路の敷高及び諸元を決定する必要がある。

(3) 排水施設の検討

排水施設（排水樋門）検討の基本方針としては、第 4.3 節のパラニャーケ放水路の検討と同様に下記の条件で設定する。

- DPWH から入手した図 4.3.6 によれば、排水河川の計画水深は通常水位より 4 m としており、河川計画の見直しで浚渫をいれたとしても、浅い水深のほうが現実的である。したがって、排水施設の水深は、4 m 未満、かつ小さい方が望ましい。
- ここで参考資料として五反田放水路の排水施設概要図を図 7.2.16 に示す。



出典：「五反田川放水路樋門等詳細設計業務報告書」（2016）

図 7.2.16 五反田放水路の排水施設概要図

- 五反田放水路の水理模型実験結果（図 4.3.7 参照）によれば、5 m x 3.6 m x 5 門の排水施設より横長の 3 門（接続水路 9.45 m + 8.1 m + 9.45 m、堤外水路 10.5 m + 9.0 m + 10.5 m）の方が、流況が安定する。つまり、排水施設の門数は少ない方が、水理的に有利である。したがって、外郭放水路の B x H = 5.4 m x 4.2 m x 6 門及び五反田放水路の B x H = 10.0 m x 3.6 m x 3 門を参考として、横長の構造として B x H = 7.6 m x 3.6 m x 4 門の形状とする。
- ここで、五反田と同程度の B x H = 10.0 m x 3.6 m x 3 門の採用も可能であるが、幅 10 m のカルバートは、構造的に不可能ではないが諸元が大きくなるため不経済となる。また、「道路土工-カルバート工指針」（平成 22 年 3 月：日本道路協会）によれば、従来型カルバートの適用範囲は B x H = 6.5 m x 5.0 m であり、『従来型カルバートの適用範

囲を大きく超える規模のカルバート（中略）については、従来型カルバートとの各作用に対する挙動の相違を検討した上で、『適切かつ総合的な検討を加えて設計を行う』ことが必要となる。

- また、10 m を超える五反田放水路の放流渠は、高水敷に設置されることから、活荷重として群衆荷重（6.5 kN/m²）のみを考慮している。しかし、パラニャケ放水路の場合、堤防を横断する樋門構造となる可能性が高く、河川の維持管理車両の通行が予想されるため、五反田放水路の放流渠より設計荷重が大きい。

以上の点を考慮して、パラニャケ放水路の排水施設については、 $B \times H = 7.6 \text{ m} \times 3.6 \text{ m} \times 4$ 門の構造とする。ここで、マニラ湾の下記の排水条件により、水理諸元の検討を行う。

（マニラ湾の潮位条件）

Mean Sea Level (MSL)	EL. 10.50 m
Mean High Water (MHW)	EL. 11.00 m
Mean Low Water (MLW)	EL. 10.00 m

排水施設の函渠底高は、平均干潮位において限界水深を発生しない十分な水位を確保できる高さで設定する。また、函渠頂部高は、平均満潮位の水理諸元に対して、所定の余裕高（排水樋門の余裕高 60 cm）を確保できるものとする。

幅 $B = 7.6 \text{ m}$ 、設計流量 $Q = (200/4) = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ の限界水深は $h_c = 1.641 \text{ m}$ であるので、平均干潮位（EL. 10.0 m）より排水施設の函渠底高は下記とする。

$$\text{排水施設函渠高} \quad \text{EL. } 10.00 \text{ m} - 1.641 \text{ m} = 8.359 \text{ m} \quad \rightarrow \text{EL. } 8.3 \text{ m}$$

また、必要最低函渠頂部高は、平均満潮位の下流側水深から、上流側水深 $h = 2.740 \text{ m}$ より下記となる。

$$\text{必要最低函渠頂部高} \quad \text{EL. } 8.3 \text{ m} + 2.740 \text{ m} + 0.6 \text{ m} \text{（余裕高）} = 11.640 \text{ m}$$

ただし、図 4.3.7 の五反田川放水路放流渠の水理模型実験結果によれば、排水立坑から放流渠への流れに際して、約 20 cm 弱の水位上昇が生じている。これについては、最終的に水理模型実験で確認する必要があるが、Pre-FS の現時点においては、設計の水理的な余裕高分として上記の 20 cm 分を考慮して排水施設の函渠頂部高を下記とする。（なお、もし水理実験において必要寸法の削減が可能であれば、諸元の見直しを実施する。）

$$\text{函渠頂部高} \quad \text{EL. } 11.640 \text{ m} + 0.20 \text{ m} \text{（水理的余裕高）} = 11.840 \text{ m} \quad \rightarrow \text{EL. } 11.9 \text{ m}$$

ここで、諸元の決定に用いた平均干潮位（EL. 10.0 m）、平均潮位（EL. 10.5 m）及び平均満潮位（EL. 11.0 m）における排水施設の不等流計算をそれぞれ表 7.2.23～表 7.2.25 に示す。

表 7.2.23 平均干潮位 (EL. 10.0 m) における排水施設の不等流計算

Box Dimension	W.L. Height	Width	Freeboard	Inner Height
	3.00	7.60	0.60	3.60
<Upstream>		<Downstream>		
Discharge Q	= 50.0 (m ³ /s)	Discharge Q	= 50.0 (m ³ /s)	
Assumed Water Depth H1	= 2.014 (m)仮定	Calculated Water Depth H2	= 1.700 (m)At Tide Level of EL+10.0m	
Water Area A1	= 15.304 (m ²)	Water Area A2	= 12.920 (m ²)	
Wetted Perimeter P1	= 11.627 (m)	Wetted Perimeter P2	= 11.000 (m)	
Hydraulic Radius R1	= 1.316 (m)	Hydraulic Radius R2	= 1.175 (m)	
Roughness Coefficient n1	= 0.0150	Roughness Coefficient n2	= 0.0150	
Velocity V1	= 3.267 (m/s)	Velocity V2	= 3.870 (m/s)	
Length L	= 43.000 (m)			
$hf = \frac{50.0^2 \cdot 43.000}{2} \cdot \left(\frac{0.015^2}{1.316^{4/3} \cdot 15.304^2} + \frac{0.015^2}{1.175^{4/3} \cdot 12.92^2} \right)$				
$= 53750 \cdot (7E-07 + 1.1E-06) = 0.094$				
Upstream	2.013683	+ $\frac{1.0 \cdot 50.000^2}{2g \cdot 15.304^2}$	+ 0.000	= 2.558
Downstream	1.7	+ $\frac{1.0 \cdot 50.000^2}{2g \cdot 12.92^2}$	+ 0.000 + 0.094	= 2.558
				Energy Error 0.000 (m)
				Therefore, the Upstream Water Depth becomes 2.014 (m).

出典：JICA調査チーム

表 7.2.24 平均潮位 (EL. 10.5 m) における排水施設の不等流計算

Box Dimension	W.L. Height	Width	Freeboard	Inner Height
	3.00	7.60	0.60	3.60
<Upstream>		<Downstream>		
Discharge Q	= 50.0 (m ³ /s)	Discharge Q	= 50.0 (m ³ /s)	
Assumed Water Depth H1	= 2.287 (m)仮定	Calculated Water Depth H2	= 2.200 (m)At Tide Level of EL+10.5m	
Water Area A1	= 17.379 (m ²)	Water Area A2	= 16.720 (m ²)	
Wetted Perimeter P1	= 12.173 (m)	Wetted Perimeter P2	= 12.000 (m)	
Hydraulic Radius R1	= 1.428 (m)	Hydraulic Radius R2	= 1.393 (m)	
Roughness Coefficient n1	= 0.0150	Roughness Coefficient n2	= 0.0150	
Velocity V1	= 2.877 (m/s)	Velocity V2	= 2.990 (m/s)	
Length L	= 43.000 (m)			
$hf = \frac{50.0^2 \cdot 43.000}{2} \cdot \left(\frac{0.015^2}{1.428^{4/3} \cdot 17.379^2} + \frac{0.015^2}{1.393^{4/3} \cdot 16.72^2} \right)$				
$= 53750 \cdot (5E-07 + 5.2E-07) = 0.053$				
Upstream	2.286672	+ $\frac{1.0 \cdot 50.000^2}{2g \cdot 17.379^2}$	+ 0.000	= 2.709
Downstream	2.2	+ $\frac{1.0 \cdot 50.000^2}{2g \cdot 16.72^2}$	+ 0.000 + 0.053	= 2.709
				Energy Error 0.000 (m)
				Therefore, the Upstream Water Depth becomes 2.287 (m).

出典：JICA調査チーム

表 7.2.25 平均満潮位 (EL. 11.0 m) における排水施設の不等流計算

Box Dimension	W.L. Height 3.00	Width 7.60	Freeboard 0.60	Inner Height 3.60
<Upstream>		<Downstream>		
Discharge Q	= 50.0 (m ³ /s)	Discharge Q	= 50.0 (m ³ /s)	
Assumed Water Depth H1	= 2.740 (m)仮定	Calculated Water Depth H2	= 2.700 (m)・・・At Tide Level of EL+11.0m	
Water Area A1	= 20.821 (m ²)	Water Area A2	= 20.520 (m ²)	
Wetted Perimeter P1	= 13.079 (m)	Wetted Perimeter P2	= 13.000 (m)	
Hydraulic Radius R1	= 1.592 (m)	Hydraulic Radius R2	= 1.578 (m)	
Roughness Coefficient n1	= 0.0150	Roughness Coefficient n2	= 0.0150	
Velocity V1	= 2.401 (m/s)	流速 V2	= 2.437 (m/s)	
Length L	= 43.000 (m)			
$hf = \frac{50.0^2 \cdot 43.000}{2} \cdot \left(\frac{0.015^2}{1.592^{4/3} \cdot 20.821^2} + \frac{0.015^2}{1.578^{4/3} \cdot 21^2} \right)$ $= 53750 \cdot (3E-07 + 2.9E-07) = 0.031$				
Upstream	2.739574	+	$\frac{1.0 \cdot 50.000^2}{2g \cdot 20.821^2}$	+ 0.000 = 3.034
Downstream	2.7	+	$\frac{1.0 \cdot 50.000^2}{2g \cdot 20.52^2}$	+ 0.000 + 0.031 = 3.034
				Energy Error 0.000 (m)
Therefore, the Upstream Water Depth becomes				2.740 (m).

出典：JICA調査チーム

なお、表 7.2.25 によれば、平均干潮位における最大流速が、 $V = 3.870 \text{ m/s}$ と「下水道施設計画・設計指針と解説」（平成 21 年 9 月：日本下水道協会）における雨水函渠の設計最大流速 $V_{\text{max}} = 3 \text{ m/s}$ を超えているが、下記の事由により問題がないと判断した。

- 最大流速の規定は、雨水函渠内に流入する流下物（土砂等）による摩耗及び流下時間の短縮による下流流量の増大を考慮しているが、パラニャーケ放水路であれば、摩耗を起こす流下物が想定されないことや流量増加の問題が生じない。
- 「河川砂防技術基準」によれば、『トンネル内の設計流速は 7 m/s 以下に取る場合が多い』また『常時流下させる水路内の流速は 2~5 m/s 程度が適当である』としており、それには収まっている。
- 耐摩耗が必要な場合においても、排水施設の規模は大きくないため、必要な場合は詳細設計時に被覆工法等の対策工法での対応が可能である。
- 平均干潮位 (EL. 10.0 m) の時には $V = 3.267 \sim 3.870 \text{ m/s}$ と 3 m を超えるが、平均潮位 (EL. 10.5 m) の時には $V = 2.877 \sim 2.990 \text{ m/s}$ 及び平均満潮位 (EL. 11.0m) の時には $V = 2.401 \sim 2.437 \text{ m/s}$ と 3 m/s に収まっている。

また、今後の検討による排水河川の計画河床高及び計画高水位により、排水施設の諸元変更の必要が生じるため、排水河川の改修計画が決定した時点で諸元の見直しが必要となる。合わせて現在 4 連カルバート (図 7.2.22 参照) で計画しているが、構造的に問題がない事が確認できた場合 3 連カルバートへの変更検討及び開水路形状での排水河川への合流も検討する必要がある。水理的に排水施設での損失水頭を極力小さくするためには 3 連カルバートが望ましく、一方排水施設の構造規模を適切な諸元とする場合については 4 連カルバートとなる。これは、特に排水施設の設置位置、構造及び設計条件により決定する必要があるため、今後の検討課題となる。

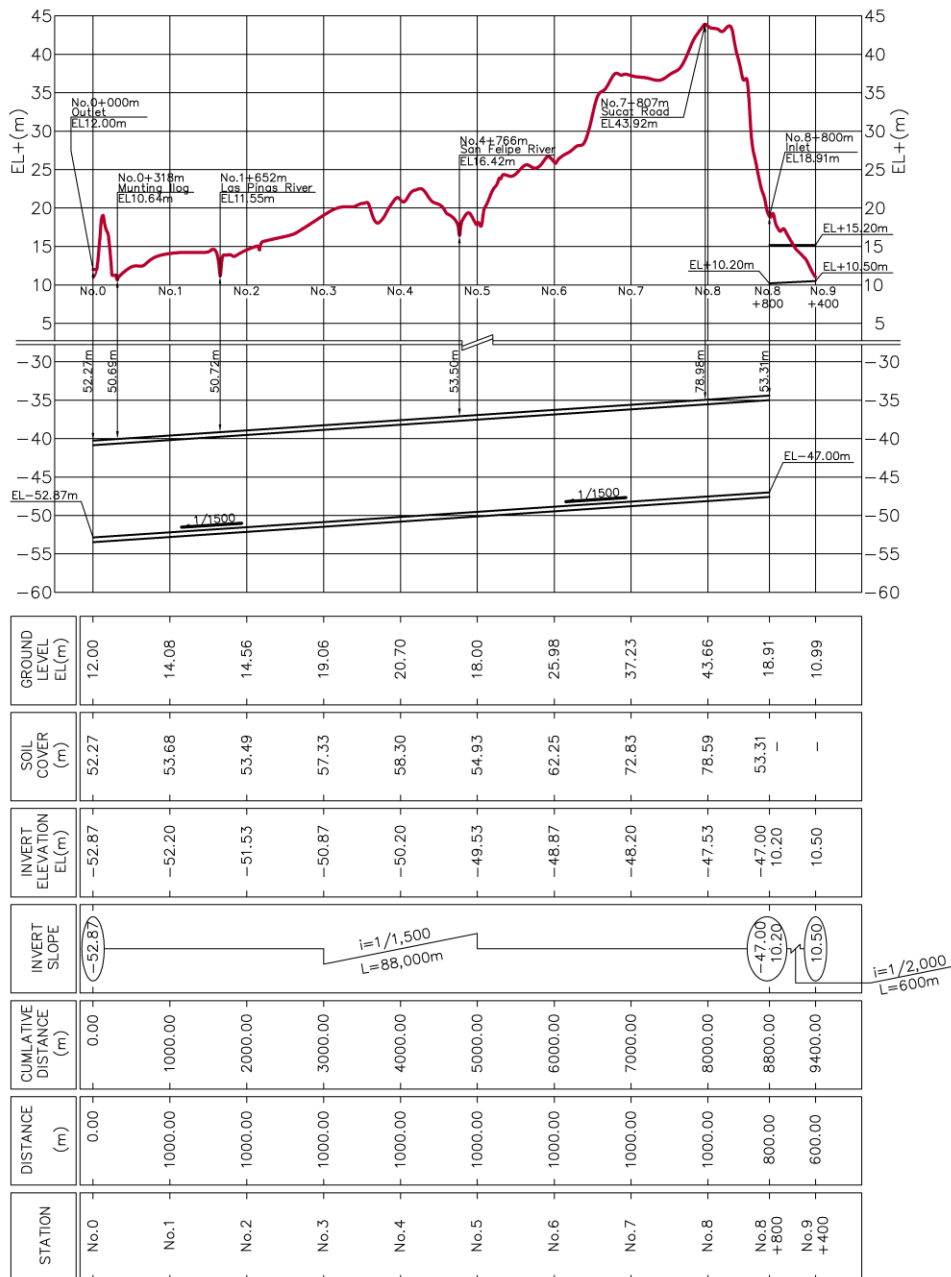
加えて、現在の断面形状は、日本の基準に準拠して施工に手間のかかる下ハンチを省略しているが、今後の検討に当っては、下ハンチを入れた場合の構造的な優位性及びフィリピンにおける

施工性を検討した上で省略するかどうかの判断が必要と考える。

なお、現在は堤防を横断する構造物として直接基礎の樋門構造を想定しているが、排水立坑施設とのジョイント部に沈下による段差を生じる構造となる。可とう継手を設置することによる対応が可能であるが、維持管理が必要となる。したがって、沈下による段差を防止するために杭基礎構造の採用が可能かの検討も必要と考える。

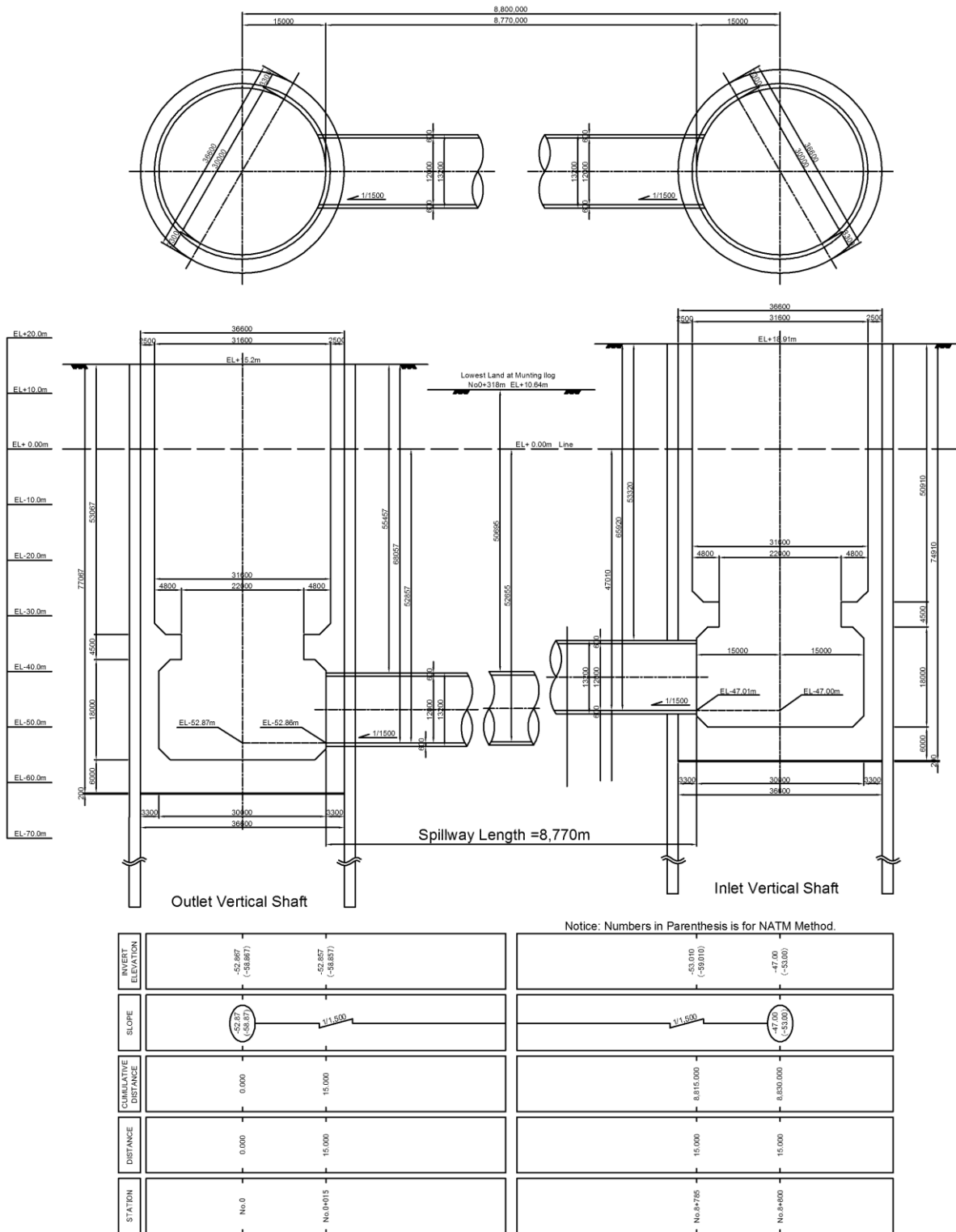
(4) 施設概要図

施設概要として放水路計画縦断図、取水・排水立坑計画図、取水施設計画平面図、取水施設計画断面図、排水施設計画平面図及び排水施設計画断面図を図 7.2.17 から 図 7.2.22 に示す。



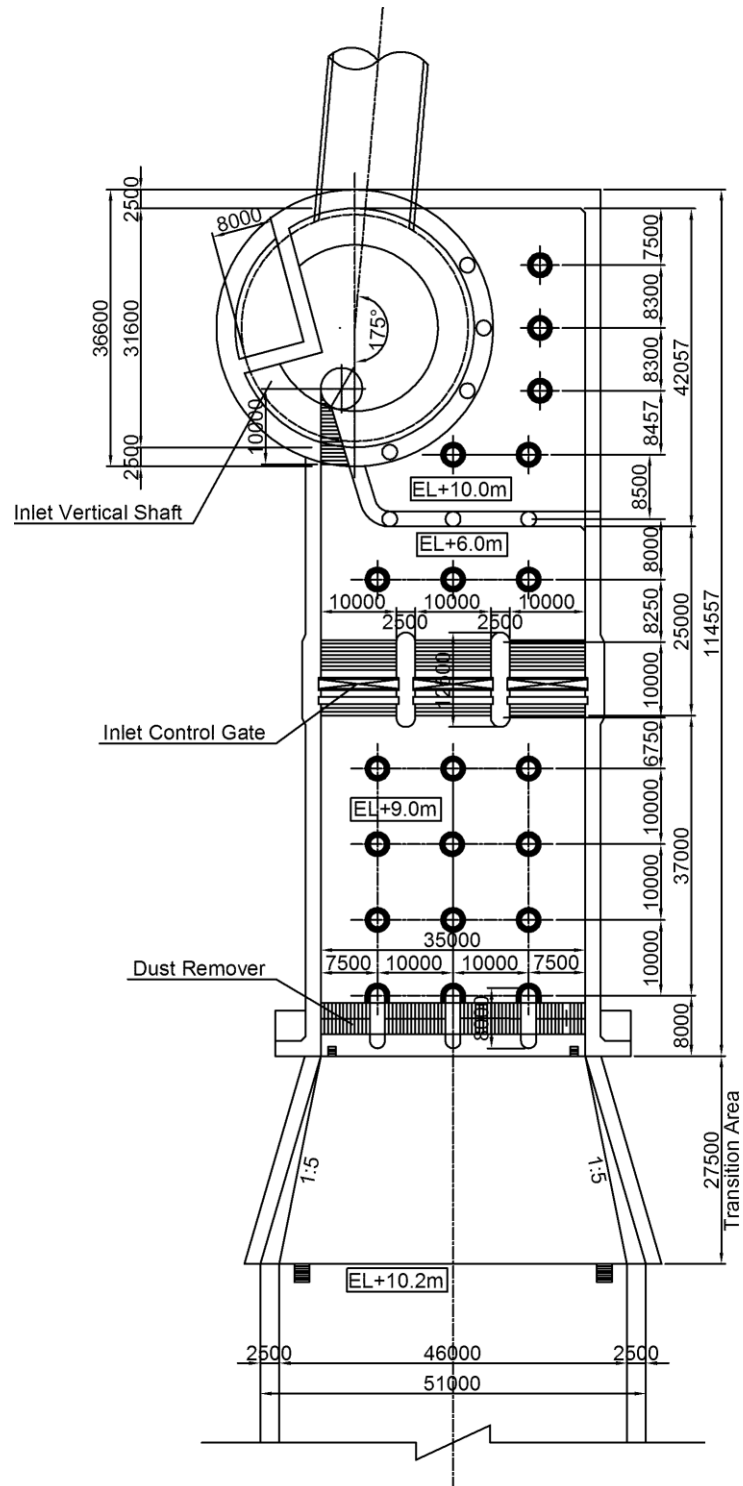
出典：JICA調査チーム

図 7.2.17 放水路計画縦断図



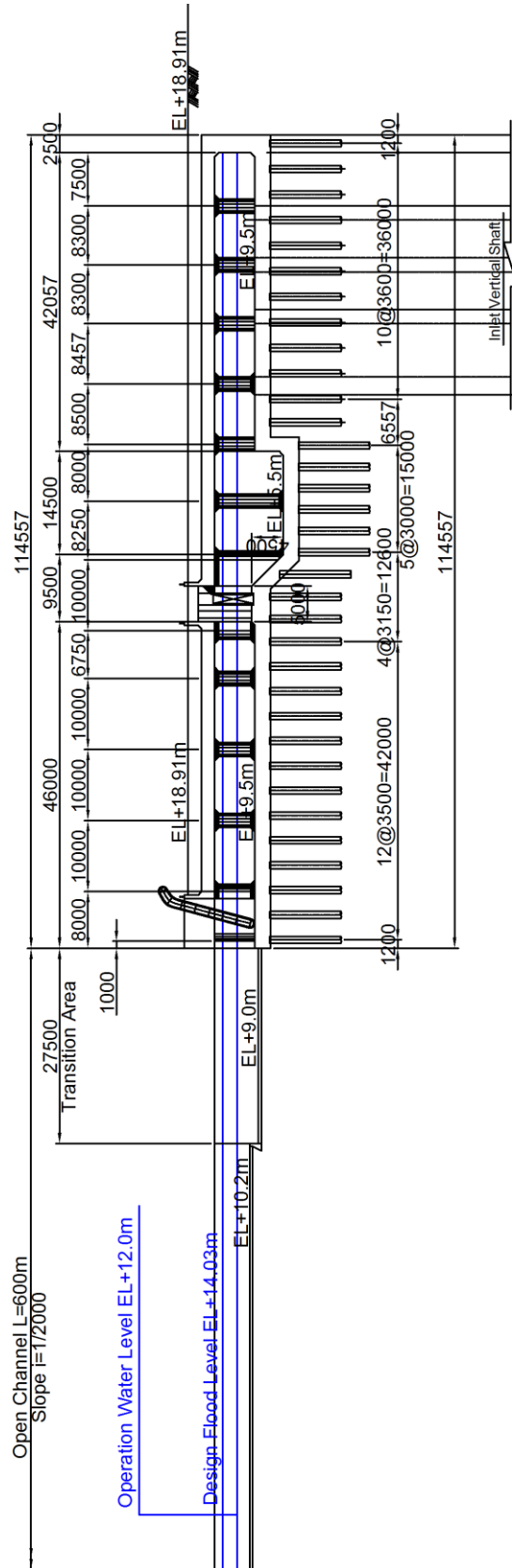
出典：JICA調査チーム

図 7.2.18 取水・排水立坑計画図



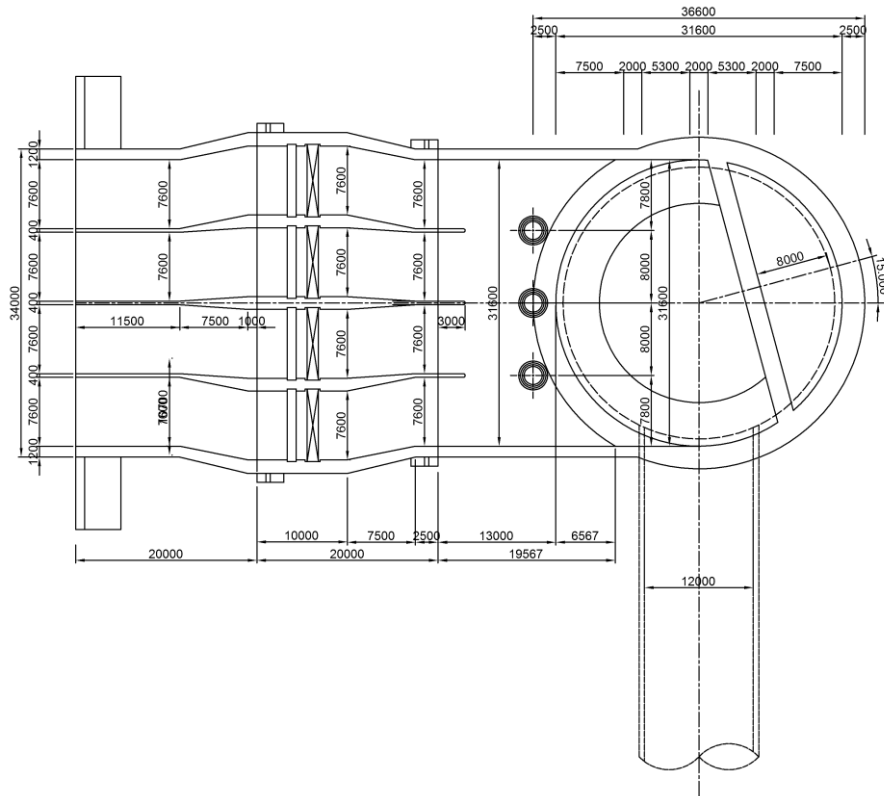
出典：JICA調査チーム

図 7.2.19 取水施設計画平面図



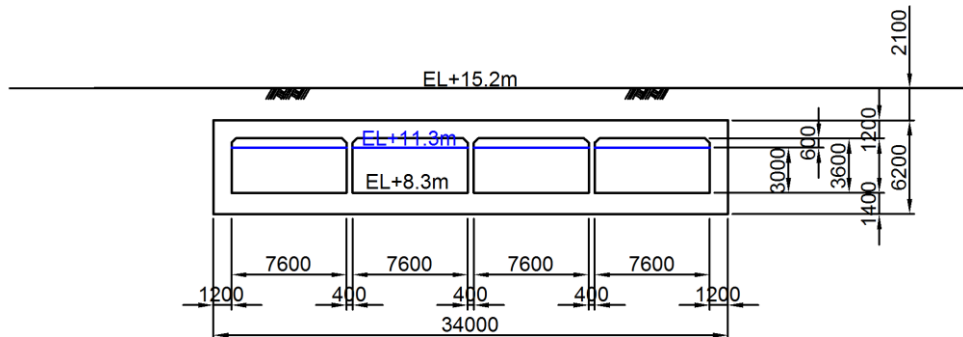
出典：JICA調査チーム

図 7.2.20 取水施設設計断面図



出典：JICA調査チーム

図 7.2.21 排水施設計画平面図



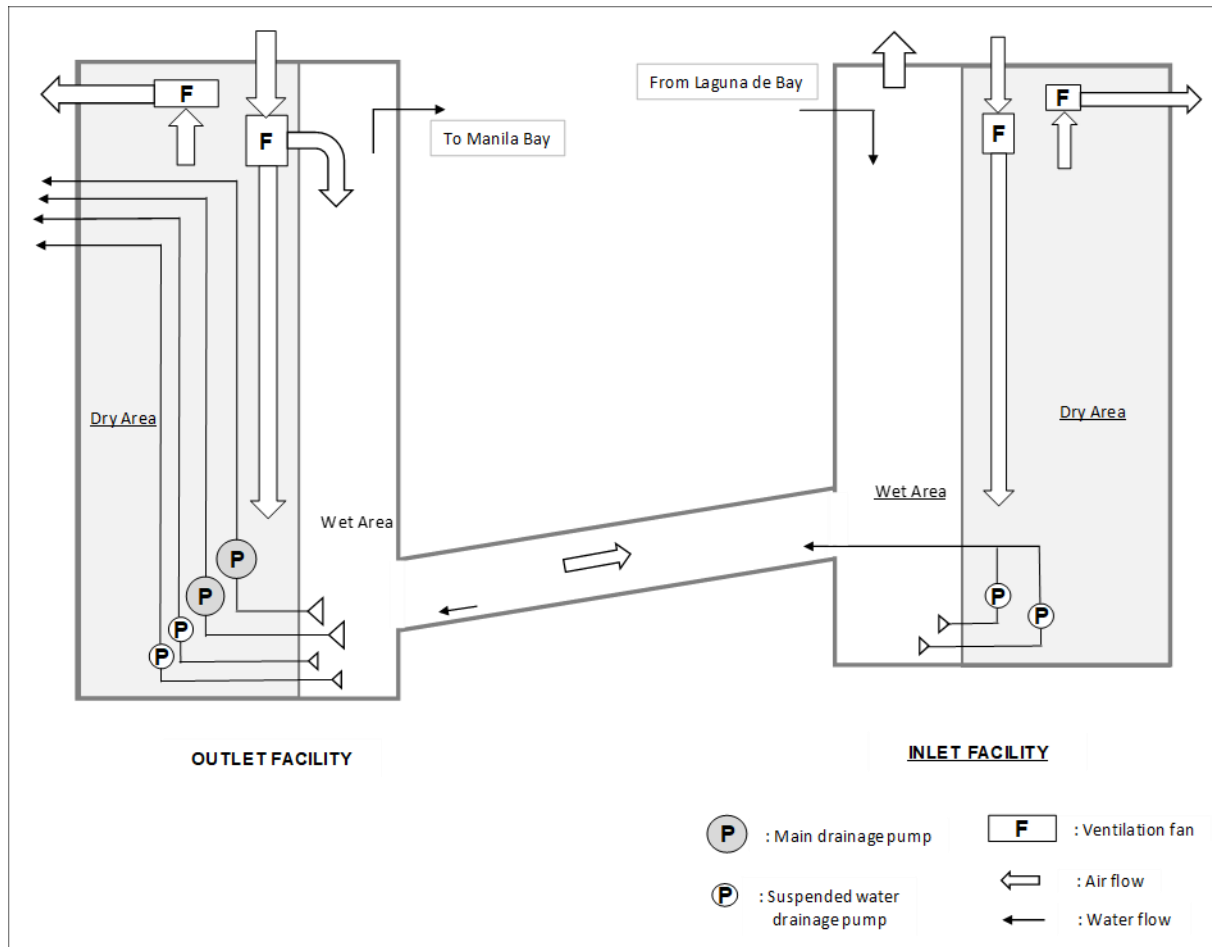
出典：JICA調査チーム

図 7.2.22 排水施設計画断面図

7.2.5 ゲート、ポンプ施設計画

本計画では、放流に際し流入するホテイアオイ（Water Hyacinth）等の浮遊物を除去するための除塵設備や、流入停止後 5 日間程度でトンネル内を排水するポンプ設備を検討する。ポンプ排水を行うためには、ラグナ湖からの流入と放流先接続河川からの逆流を阻止するための、流入制御ゲート及び排水ゲートを検討する。トンネル内の排水後は、作業員により滞留した泥水や土砂の撤去・搬出を小型重機・車両にて行うことを想定する。作業中のトンネル内での良好な作業環境の維持、及び立坑内ドライエリアに設置される排水ポンプの電動機からの発熱を排熱するための、換気設備を検討する。

排水設備と換気設備のシステムを図 7.2.23 に示す。



出典：JICA調査チーム

図 7.2.23 排水・換気システム

(1) 取水施設

1) 除塵設備

取水施設には、浮遊物の流入阻止と除去を目的に取水口上流に網場（流木止め）、更に、流入水路幅 35 m の 4 分割水路に除塵機の設置を検討する。なお、除塵機には、収集した塵芥を一箇所に集積しトラック搬出するための、ベルトコンベヤーと貯留投入機を考慮する。

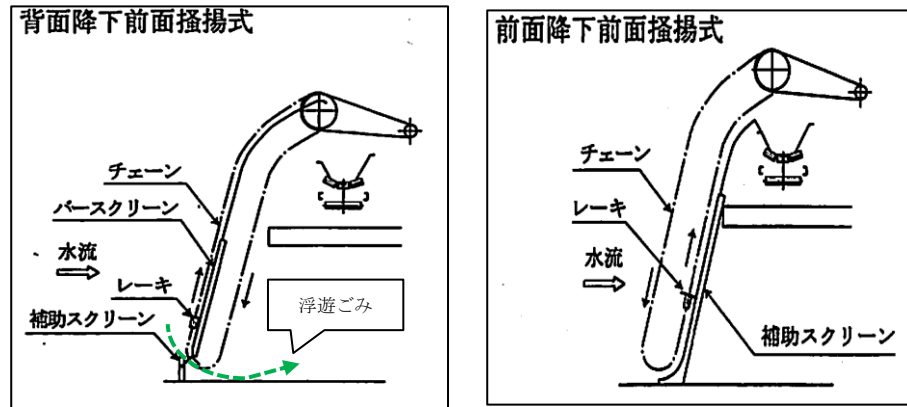
ラグナ湖では、ホテイアオイの群生が流入河川及び湖岸近辺で多数見られ、取水地点での流入阻害が懸念される。一方、マニラ首都圏の排水機場に設置された除塵機では、背面降下前面掻揚げ方式のため浮遊ごみの一部がバースクリーンとの隙間を通過して、ポンプ吸込み水槽に流されている。



出典：JICA調査チーム

図 7.2.24 排水機場吸込み側のホテイアオイの群生

現状の問題点から、除塵機形式としてはバースクリーンを背面に設置して前面で塵芥を掻き揚げる前面降下前面掻揚式（図 7.2.25 参照）を検討する。



出典：除塵設備技術指針

図 7.2.25 除塵機掻揚方式

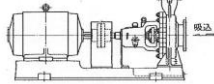
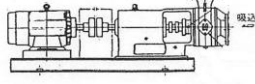
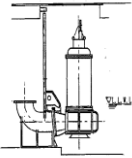
2) 流入制御ゲート

流入制御ゲートは、ラグナ湖に接続水路にてつながり常時湖水の水位変動の影響を受けることが考えられる。ゲートは、トンネル放流しない期間は常時閉鎖して、ポンプ排水及びトンネル内清掃の安全を確保する。計画では、ゲート操作開始を EL. 12.0 m として計画高水位を EL. 14.0 m、敷高を EL. 10.0 m とする。したがって、設計水頭を 4.0 m とし水路幅 10.0 m x 3 門を計画する。鋼材としては、補修塗装が不要となり維持管理費を抑えられるステンレス鋼を考慮する。流入制御ゲートの点検・修理のために、上流側には角落しを検討する。

3) ポンプ設備

放水路内の主排水ポンプ設備は、下流側の排水施設に設置する。このため、主排水ポンプによる排水運転では、トンネルインバートより下の立坑底部に流入水が残留することになる。残留水は、全揚程が大きくなる地上への放流とせずトンネル下流側に放流する計画とする。残留する懸濁水量は、立坑ウェットエリア 585 m² x 水深 3.0 m とすると 1,800 m³ となる。懸濁水ポンプ（取水施設）は、1日排水する容量 1.3 m³/min/unit x 揚程 7 m とし常用・予備を検討する。ポンプ型式は表 7.2.26 に示す通り、異物により閉塞しにくいスクリュウ渦巻ポンプとするが、軸封水には配管設備と水質によりフィルター設備を必要とするため、構造が簡易で維持管理の容易な軸封水の不要な構造が望ましい。残水には懸濁物質が含まれているため、ポンプの材料には耐摩耗性の高い材質を考慮する。

表 7.2.26 懸濁水ポンプ型式比較

ポンプ型式	片吸込渦巻ポンプ	スクリュウ渦巻ポンプ	水中スクリュウ渦巻ポンプ
外形図*			

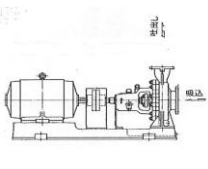
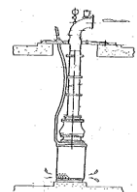
ポンプ型式	片吸込渦巻ポンプ	スクリーユ渦巻ポンプ	水中スクリーユ渦巻ポンプ
適用範囲*	0.1 - 24 m ³ /min 2.5 - 140 m 工業用水、海水	0.24 - 29 m ³ /min 3.5 - 100 m 汚泥、汚水	0.24 - 16 m ³ /min 2.5 - 60 m 河川水、雨水、汚水
設置条件	ドライエリア内での設置となる	ドライエリア内での設置となる	設置スペースがコンパクトである
維持管理	ポンプを設置場所にて分解、点検、修理が容易にできる	ポンプを設置場所にて分解、点検、修理が容易にできる	立坑ウェットエリア内地下50mでの設置となり保守点検が困難、工場での分解作業となる 漏電などの点検のため定期的な保守が必要
使用可能年数	水中ポンプに比べて長い	水中ポンプに比べて長い	陸上ポンプに比べて短い
評価		土砂・浮遊ごみを含む懸濁水を扱い、維持管理で優位であるスクリーユ渦巻ポンプを選定する	

注) *はメーカーカタログ

出典：JICA 調査チーム

取水立坑内ドライエリアの所内排水用として、排水ピット開口部をグレーチング等で床面として広く利用できる水中モータポンプ型式（表 7.2.27 参照）の所内排水ポンプを設置し地上部に排水する。常用予備各 1 台とする。

表 7.2.27 所内排水ポンプ型式比較

ポンプ型式	片吸込横軸ポンプ	水中モータポンプ
外形図*		
適用範囲*	0.1 ~ 24 m ³ /min 2.5 - 140 m	< 14 m ³ /min 6 - 80 m
設置条件	ドライエリア内での設置となる 水位によっては呼水または真空装置が必要 水中ポンプより設置スペースが必要	排水ピット内に設置する 設置スペースがコンパクトである ピット開口部を床スペースとして利用できる
維持管理	ポンプを設置場所にて分解、点検、修理が容易にできる	ポンプをピット外に引上げ点検、修理を行う
使用可能年数	水中ポンプに比べて長い	陸上ポンプに比べて短い
評価		床を広く利用できる水中モータポンプを選定

注) *はメーカーカタログ

出典：JICA 調査チーム

4) 取水立坑所内換気設備

取水立坑ドライエリアの換気量は、各階ごとに無窓工場の基準換気量 x 床面積から求まる風量と、機器の発熱を排熱するために必要な風量とを比較し、大きい方を採用する。なお、取水立坑ドライエリア内の換気方式は、「給気ファン+排気ファン」で構成される第 1 種換気設備とする。

i) 床面積から求まる換気量

建築基準法にある無窓工場の換気基準 $15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ を適用すると、床面積を $72 \text{ m}^2/\text{階}$ とし 2 階構成と想定すると、以下の通りとなる。

$$15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr} \times 72 \text{ m}^2 / 60 \text{ min/hr} \times 2 = 36 \text{ m}^3/\text{min}$$

ii) 排熱するために必要な換気量

立坑内ドライエリアの換気風量を必要とするのは、懸濁水ポンプ電動機からの発熱を排熱するのに必要な換気量となり、その換気風量は以下の通りとなる。

$$Q_M = P_M (1 - \eta_M) / \eta_M \\ = 3.7 \times (1 - 0.9) / 0.9 = 1.0$$

ここで、 Q_M ：電動機からの放熱量 (kW)

P_M ：電動機出力 (kW)

η_M ：電動機の効率

$$V = Q_M / (60 \rho \cdot C_P (t_N - t_O)) \\ = 1.0 / (60 \times 1.024 \times 0.00028 \times (37 - 30)) = 8.0 \rightarrow 10 \text{ m}^3/\text{min}$$

ここで、 ρ ：空気の密度 (= 1.024 kg/m^3)

C_P ：空気の低圧比熱 (= $0.00028 \text{ kw} \cdot \text{hr/kg} \cdot \text{°C}$)

t_N ：室内温度 (= 37 °C)

t_O ：室外温度 (= 30 °C)

上記比較より床面積から求まる換気風量 $36 \text{ m}^3/\text{min}$ を立坑ドライエリアの換気風量とする。

(2) 排水施設

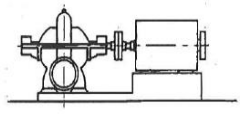
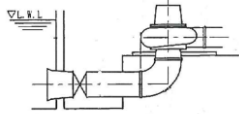
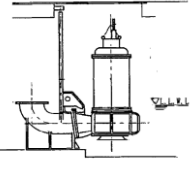
1) 主排水ポンプ

放流停止後にトンネル内に残留した流入水を 5 日間で排水するポンプ容量を検討する。残留水量が最大で $1,200,000 \text{ m}^3$ であることから、必要な排水容量は次の通りとなる。

$$\text{排水容量 } Q_{\text{out}} = 1,200,000 \text{ m}^3 / (5 \times 24 \times 60 \times 60) \\ = 2.77 \text{ m}^3/\text{sec} \rightarrow 2.8 \text{ m}^3/\text{sec}$$

排水立坑内ドライエリアには、昇降エレベータや階段室、換気ダクト、電線、配管さらに機材搬入スペースを配置計画で考慮する必要がある。また、最下部のポンプ階には、主排水ポンプと懸濁水ポンプ及び所内排水ポンプを考慮する必要がある。これらの制約条件より、主排水ポンプは常用 2 台とし、予備は設けない方針とする。ポンプ容量より、揚水管は口径 800 mm x 2 条となるがドライエリア（矢高）8 m に収まるよう機器配置を検討する。なお、東京都神田川地下調節池での実績では、矢高 8 m の円弧断面中にポンプ容量 0.83 m³/sec で揚水管口径 600 mm の常用ポンプ 2 台とした同様の機器配置である。

表 7.2.28 主排水ポンプ型式比較

ポンプ型式	横軸両吸込渦巻ポンプ	縦軸渦巻斜流ポンプ	水中渦巻斜流ポンプ
外形図			
適用範囲*	0.6 - 250 m ³ /min 2.2 - 190 m	2.5 - 150 m ³ /min 4 - 80 m	1 - 105 m ³ /min 2 - 50 m
設置条件	ドライエリア内での設置となる 縦軸ポンプに比べ約 3 倍スペースが必要	ドライエリア内での設置となる 横軸ポンプに比べコンパクト	ウェットエリアでの設置でポンプ室が不要 設置スペースが最もコンパクトである 採用できる電動機容量に上限がある
維持管理	ポンプを設置場所にて分解、点検、修理が容易にできる ドライエリア内のためポンプを設置したままで容易にインペラなどの目視点検ができる 電動機を設置したままポンプ分解点検が可能	ポンプを設置場所にて分解、点検、修理が容易にできる ドライエリア内のためポンプを設置したままで容易にインペラなどの目視点検ができる 二床にすることにより、電動機を設置したままポンプ分解点検が可能	ポンプの構造上、点検、修理には設置場所では困難であり、工場での修理作業となる 立坑ウェットエリア内地下 50 m での設置となり保守点検が困難 漏電などの点検のため定期的な保守が必要
使用可能年数	水中ポンプに比べて長い	水中ポンプに比べて長い	陸上ポンプに比べて短い
評価		設置スペースと維持管理で優位である縦軸渦巻斜流ポンプを選定する	

注) *はメーカーカタログおよびヒアリング
出典：JICA 調査チーム

ポンプ型式としては、高揚程のため縦軸渦巻斜流ポンプとし、維持管理の利便性を考慮して二床式とする。ポンプの軸封水には配管設備と水質によりフィルター設備を必要とするため、構造が簡易で維持管理の容易な軸封水が不要となる止水方式が望まれる。ポンプの駆動方式は、立坑内地下 50 m の狭隘な設置場所となるため、維持管理が容易で冷却水や油配管及

び給排気設備を必要としない電動機駆動方式を採用する。原動機出力は次式で与えられる。
 (「揚排水ポンプ設備技術基準・同解説」参照)

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / (1000 \cdot \eta_p \cdot \eta_g) \times (1 + \alpha)$$

$$= 1000 \times 9.8 \times 1.4 \times 61 / (1000 \times 0.85 \times 0.92) \times (1 + 0.15) = 1,229\text{kW} \quad \rightarrow \quad 1,300\text{kW}$$

ここで、P：原動機出力 (kW)

ρ ：水の密度 1,000 (kg/m³)

g：重力加速度 9.8 (m/sec²)

Q：ポンプ吐出量 (1.4 m³/sec)

H：全揚程 (61 m)

なお、立坑上部部分からの排水に対するポンプ運転では、低揚程となるため過流量領域での運転が想定される。このため、回転速度制御などの運転制御方式による対策の必要性がある。また、吐出し管路では、停電時の水撃対策の検討が必要である。

ポンプ据付位置は、揚排水ポンプ設備技術基準によると吐出量 1.4 m³/sec の縦軸片吸込渦巻ポンプの場合、図 7.2.26 のようになる。したがって、ポンプ吸込み側の最低水位は低盤より 2,900 mm の位置となる。

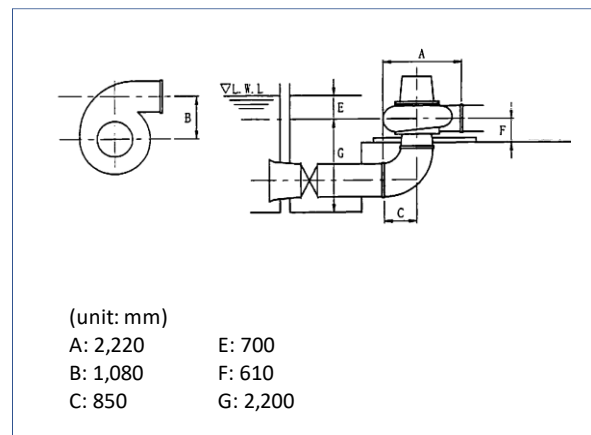


図 7.2.26 ポンプ主要寸法

2) 懸濁水ポンプ

排水立坑シャフトに残留する懸濁水は、主排水ポンプと同様に地上への放流とする。残留する懸濁水量は、立坑ウェットエリア 504 m² x 水深 2.8 m とすると 1,400 m³ となる。懸濁水ポンプ (排水施設) は、1 日で排水する容量 1.0 m³/min/unit x 揚程 77 m とし常用・予備を検討する。ポンプ型式としては、異物により閉塞しにくいスクリーヌ渦巻ポンプとするが、軸封水には配管設備と水質によりフィルター設備を必要とするため、構造が簡易で維持管理の容易な軸封水の不要な構造が望ましい。残水には懸濁物質が含まれているため、ポンプの材料には耐摩耗性の高い材質を考慮する。なお、懸濁水の排水については、河川に放流する場合の水処理の必要性を確認する。

3) 所内排水ポンプ

排水立坑内ドライエリアの所内排水用として、水中モータポンプ型式の所内排水ポンプを設置し地上部へ排水する。常用予備各 1 台とする。

4) 排水立坑換気設備

排水立坑に設置する換気設備は、立坑ドライエリア換気とトンネル内換気の両方を行う。なお、同時運転とならないため換気設備容量は、両方の必要換気量を比較し大きい方を採用する。

【排水立坑ドライエリア換気】

排水立坑ドライエリアの換気量は、取水立坑換気設備の検討手順に従い以下のようになる。なお、換気方式は、給気ファン+排気ファンで構成する第1種換気設備とする。

i) 床面積から求まる換気量

建築基準法にある無窓工場の換気基準 $15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ を適用すると、床面積を $143 \text{ m}^2/\text{階}$ とし3階構成と想定すると以下の通りとなる。

$$15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr} \times 143 \text{ m}^2 / 60 \text{ min/hr} \times 3 = 107 \text{ m}^3/\text{min}$$

ii) 排熱するために必要な換気量

立坑内ドライエリアの排熱換気を必要とするのは、主排水ポンプ電動機からの発熱であり、その換気風量は以下の通りとなる。

$$\begin{aligned} Q_{M1} &= P_M (1 - \eta_M) / \eta_M \\ &= 1,300 \times (1 - 0.92) / 0.92 = 113 \end{aligned}$$

ここで、 Q_{M1} ：電動機からの放熱量 (kW)

P_M ：電動機出力 (kW)

η_M ：電動機の効率

$$V = Q_M / (60 \rho \cdot C_p (t_N - t_o))$$

$$= 226 / (60 \times 1.024 \times 0.00028 \times (37 - 30)) = 1,877 \rightarrow 2,000 \text{ m}^3/\text{min}$$

ここで、 ρ ：空気の密度 (= 1.024 kg/m^3)

C_p ：空気の低圧比熱 (= $0.00028 \text{ kw} \cdot \text{hr}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

t_N ：室内温度 (= 37°C)

t_o ：室外温度 (= 30°C)

上記比較より排熱に必要な換気風量 $2,000 \text{ m}^3/\text{min}$ を立坑ドライエリアの換気風量とする。

【トンネル内換気】

トンネル内の換気方式は、排水立坑側から給気ファンによる強制給気と取水立坑側からの自然排気で構成される第2種換気設備とする。なお、東京都神田川地下調節池での実績は、第1種換気設備を導入したが、近年の施設の見直しにおけるトンネル内換気の技術指針の改定より、第2種換気設備に仕様変更となった。トンネル内換気量は、「ずい道等建築工事における換気技術指針」に示されているトンネル内風速 (0.3 m/sec) x トンネル断面積から求める風量と、トンネル内での重機作業に必要な換気風量から以下のように求める。

i) 風速より求める換気風量

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= (\text{風速}) \times (\text{トンネル断面積}) \\
 &= 0.3 \times \pi \times (12 / 2)^2 \\
 &= 34 \text{ m}^3/\text{sec} \\
 &= 2,040 \text{ m}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$

ii) 重機に必要な換気風量

トンネル内に沈殿した土砂の清掃・搬出に、バケット容量 0.3 m³ 程度のホイールローダと 4t ダンプカーとを投入すると、以下ようになる。

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= (H_S \times Q_S \times A_S) + (H_D \times Q_D \times A_D) + (H_E \times Q_E \times A_E) \\
 &= (16 \times 3.2 \times 0.5) + (135 \times 3.2 \times 0.25) = 134 \text{ m}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$

ここで、 H_S : ホイールローダ出力 (= 16 kW/unit)
 Q_S : ホイールローダ必要換気量 (= 3.2 m³/min-kW)
 A_S : ホイールローダ負荷率 (= 0.5)
 H_D : ダンプカー出力 (= 135 kW/unit)
 Q_D : ダンプカー必要換気量 (= 3.2 m³/min-kW)
 A_D : ダンプカー負荷率 (= 0.25)
 H_E : 他の機械出力 (= 0)
 Q_E : 他の機械必要換気量 (= 0)
 A_E : 他の機械負荷率 (= 0)

iii) トンネル内換気に必要な換気風量

$$\begin{aligned}
 Q_1 + Q_2 &= 2,040 + 134 \\
 &= 2,174 \text{ m}^3/\text{min} \rightarrow 2,200 \text{ m}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$

【排水立坑換気設備容量】

立坑ドライエリア換気には、2,000 m³/min となり、またトンネル内換気には 2,200 m³/min が必要換気量となった。したがって換気設備容量としては、共用できる風量である 2,200 m³/min とする。

5) 排水ゲート

排水ゲートは、常時マニラ湾の潮位変動の影響を受ける位置にある。ゲートは、トンネル放流をしない期間は常時閉鎖して、ポンプ排水及びトンネル内清掃の安全を確保する。ゲートの開閉操作は、ラグナ湖からの取水開始後に放水路トンネル内が満水状態となり、排水立坑より越流して排水先水位と同じになったところでゲートを開く計画とする。マニラ湾平均高水位が EL + 11.0 m で、ゲート敷高が EL + 8.3 m となるので設計水頭を 2.7 m とし、水路幅 7.6 m x 4 門を計画する。鋼材としては、汽水域のためステンレス鋼を考慮する。排水ゲートの点検・修理のために、下流側には角落しを検討する。

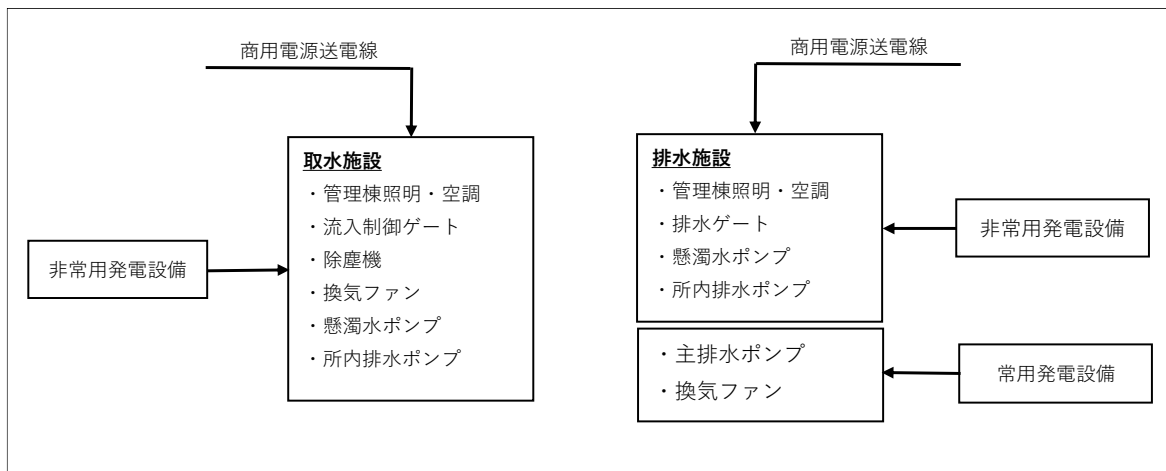
(3) 吊上げ設備

ポンプ設備や換気設備の据付と点検修理のための吊上げ設備として、懸垂型電動ホイストを計画する。排水施設での吊上げ容量としては、最大吊上げ荷重を電動機と想定して 10 t 程

度とする。両立坑のウェットエリアには、トンネル内の点検・清掃に必要な車両であるホイールローダやダンプトラックなどを下ろすためのゴンドラを計画する。ゴンドラの吊上げ容量としては、4 t ダンプトラックに積荷が満載と想定して 10 t 程度とする。堆積した土砂・ヘドロの清掃・搬出には、高圧洗浄車やバキューム車及び給水配管設備の検討が必要と思われる。

(4) 電源設備

排水施設の主排水ポンプと換気ファンは、年間の稼働期間が短いため大口電力契約による固定費を抑えるため、自家発電設備にて運転を行う。取水・排水施設の管理棟照明や空調、ゲート等補機類は、商用電源の受電により運転操作を行う。供給電源の考え方を以下のように考える。



出典：JICA 調査チーム

図 7.2.27 電源供給

1) 商用電源

取水・排水施設における運転監視制御・計装設備、事務所及び除塵機や取水・排水ゲートと所内排水ポンプは、商用電源からの受電により運用する。停電時のバックアップとして、全負荷に対応した非常用予備発電設備を準備する。

2) 常用自家発電設備

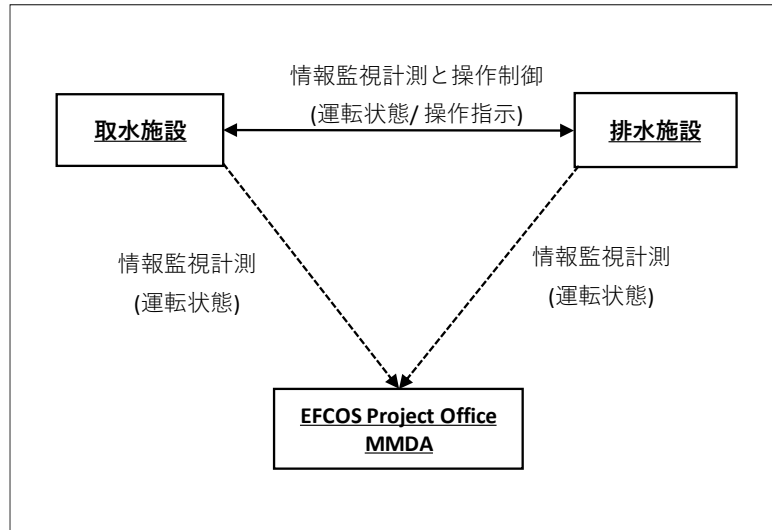
排水施設での最大負荷となる主排水ポンプと換気ファンは、自家発電設備にて電気供給を行う計画とする。緊急性が低いため、停電時のバックアップは考慮しない。

(5) 監視制御設備

ラグナ湖からの取水及びマニラ湾への放流のためのゲート開閉操作や放流後の排水・換気運転は、取水施設の中央操作盤からの遠方操作で両施設の各機器の起動停止を行う計画とする。ただし、緊急時のバックアップとして排水施設にも中央操作盤を設け、排水施設側からも各機器の操作を可能とする計画とするが、どちらの施設から主に操作するかは更なる検討が必要である。中央操作盤には、取水施設及び排水施設の各機器の状態表示、水位表示や操作・切替スイッチ類を設け、さらにモニタにて除塵機やゲート開閉や流入・放流状況、また施設内の保安状況を確認しながら操作できるような監視機能を備えるものとする。遠方操作

と監視を行うための SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) システムと、Video Monitoring システムの仕様を整理することが必要である。運転監視・計装設備では、安定した運転維持のために 60 分程度の容量を備えた無停電電源設備または直流電源設備を考慮する。

監視制御システムとして次のような関係が想定される。



出典：JICA 調査チーム

図 7.2.28 監視制御システム

取水施設と排水施設及び EFCOS Project Office (MMDA) 間の通信設備として、無線回線またはトンネル内に敷設する光ファイバーケーブルによるデータ通信などが考えられる。現状では、MMDA が割り当てられている周波数を通信回線として利用することが考えられる。

注) EFCOS : Effective Flood Control Operations System Project Office は、ロザリオ堰の管理棟に設置されている。



出典：JICA 調査チーム

図 7.2.29 EFCOS Project Office

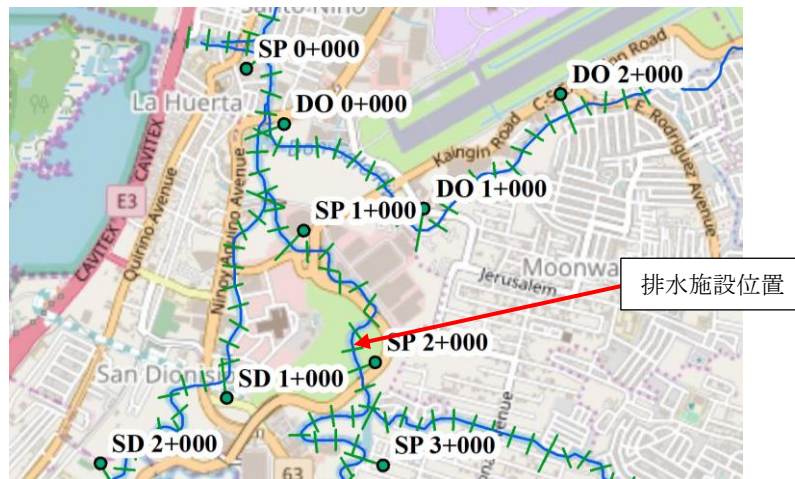
7.3 下流河道の検討

第 7.2.2(3) 節において、パラニャーケ放水路の線形計画が示されている通り、ルート案として採用が有望及び採用が可能と評価されているルート 1 (Lower Bicutam - 南パラニャーケ川) 及びルート 3 (Sucut - ザポテ川) について、パラニャーケ放水路の排水による下流河道水位に与える影響について評価を行った。なお、パラニャーケ放水路からの排水量は、ラグナ湖の水位及び下流河道の水位により変動するが、本検討においては、ラグナ湖水位は EL. 14.0 m とし、下流河道水位によりパラニャーケ放水路の排水量が変動することとした。

下流河道の水位への影響を検討するにあたっては、3 章 (3.5 ラスピナス・パラニャーケ地区の流出解析・氾濫解析) において構築した解析モデルを使用した。また、下流端条件 (河口部) は、計画潮位 (EL. 11.87 m) と設定した。

7.3.1 ルート 1 (Lower Bicutam - 南パラニャーケ川)

南パラニャーケ川の 1.8 km 付近が排水施設位置の候補地である。確率規模ごとの南パラニャーケ川の水位より、可能なパラニャーケ放水路の排水量を算定し、パラニャーケ放水路からの排水による水位上昇を算定した。パラニャーケ放水路有無による河道水位及び河道流量の算定結果を表 7.3.1、図 7.3.2~図 7.3.6 に示す。



出典：JICA 調査チーム

図 7.3.1 南パラニャーケ川の排水施設位置 (ルート 1)

表 7.3.1 ルート 1 による南パラニャーケ川水位変化 (排水施設位置：SP. 1+800)

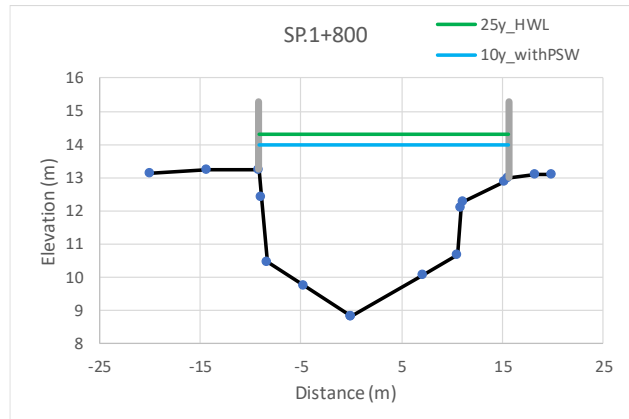
SP.1+800

確率年	放水路なし		放水路あり				ラグナ湖水位 (EL.m)
	WL	River Q	WL	River Q	Outlet Q* Max	Outlet Q* Min	
	(m)	(m ³ /S)	(m)	(m ³ /S)	(m ³ /S)	(m ³ /S)	
100	15.0	364.8	-	-	-	-	14.0
50	14.7	315.3	-	-	-	-	14.0
25	14.3	268.5	-	-	-	-	14.0
15	14.1	235.7	-	-	-	-	14.0
10	13.9	210.6	14.0	220.8	124.1	7.9	14.0
5	13.5	168.3	13.8	203.9	124.4	33.1	14.0
2	12.9	110.9	13.6	180.8	124.8	66.8	14.0

*パラニャーケ放水路の排水量 (Outlet Q) は、下流河道の水位見合いにより変動する。

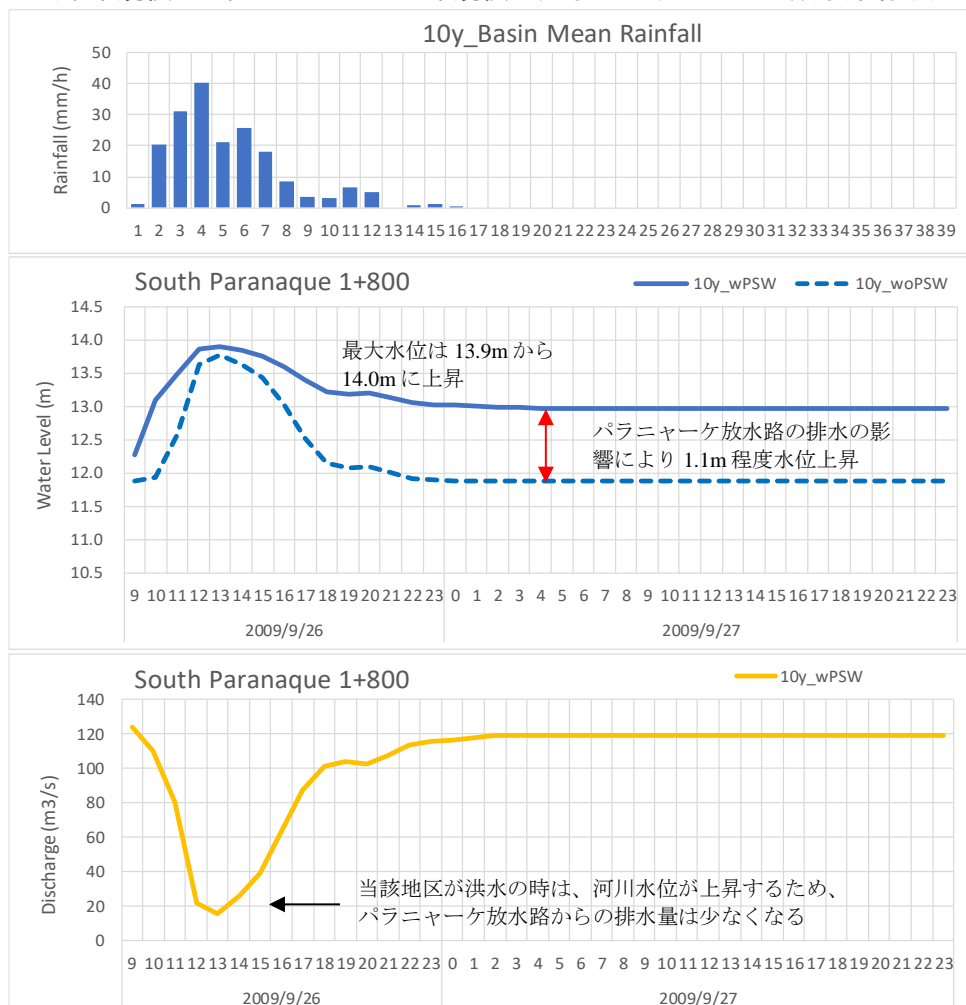
出典：JICA 調査チーム

排水施設位置付近の断面（SP.1+800）における、パラニャーケ放水路有り、無しにおける水位変動及びパラニャーケ放水路からの排水量について以下に整理する。なお、パラニャーケ放水路からの排水量は、下流河川（南パラニャーケ川）の水位見合いにより変動する。下流端条件は、計画潮位（11.87m）を設定した。



出典：JICA 調査チーム

図 7.3.2 SP.1+800 地点の水位
(確率規模 25 年の HWL 及び 10 年規模の洪水+パラニャーケ放水路有り)



出典：JICA 調査チーム

図 7.3.3 SP.1+800 地点の水位変動（パラニャーケ放水路有り無し） 確率規模 10 年

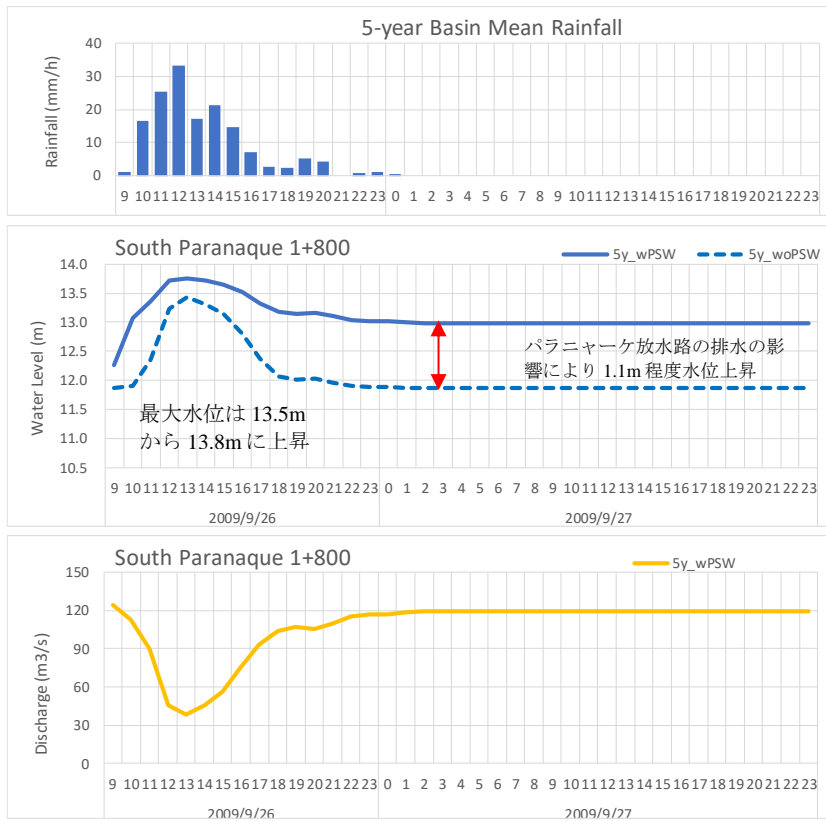


図 7.3.4 SP. 1+800 地点の水位変動（パラニャーク放水路有り無し） 確率規模 5 年

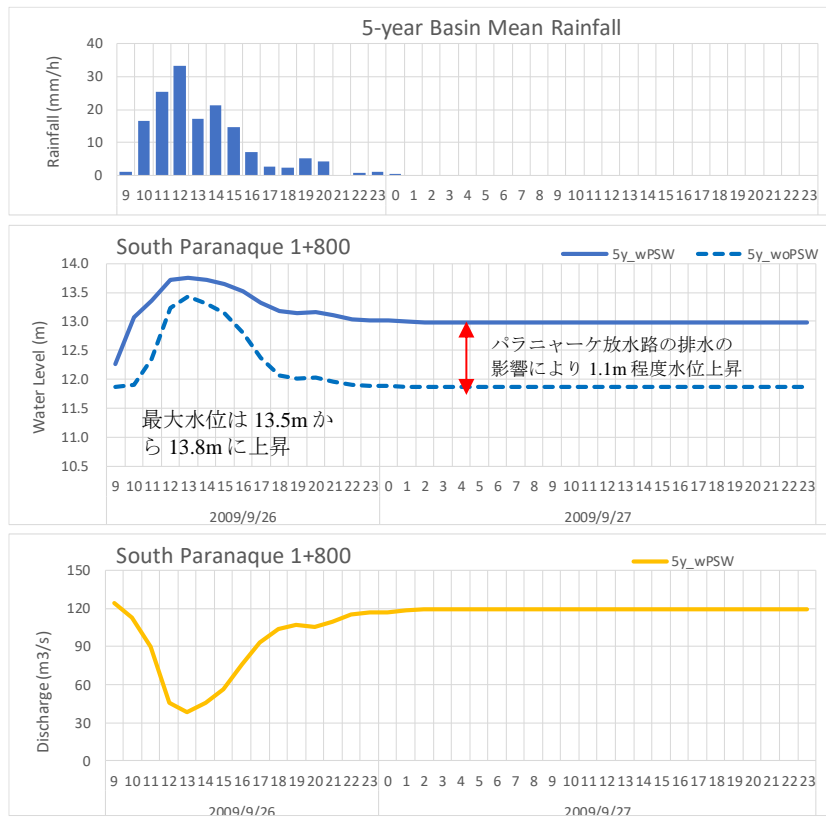
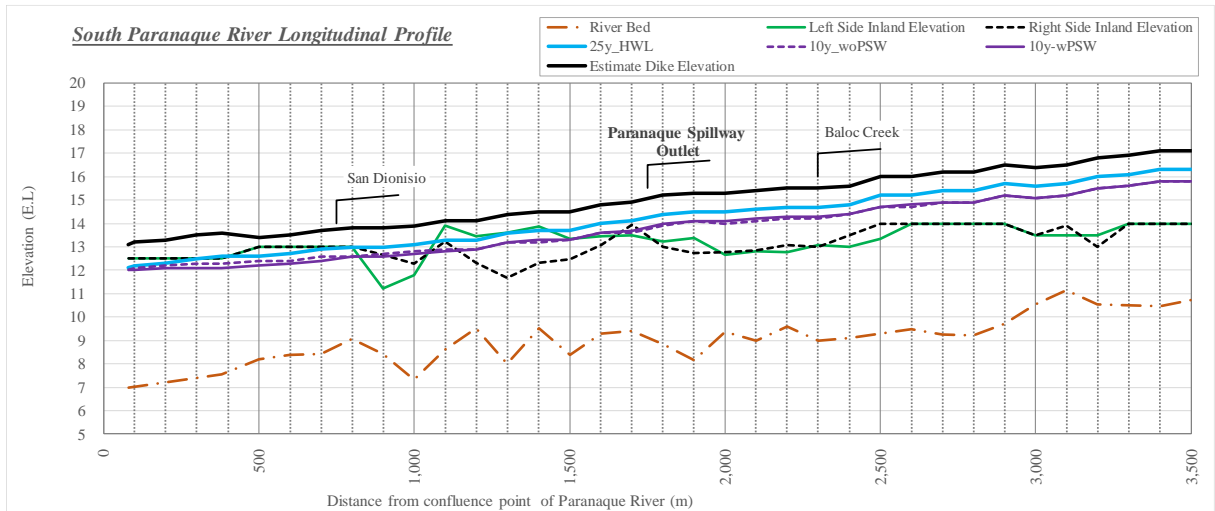
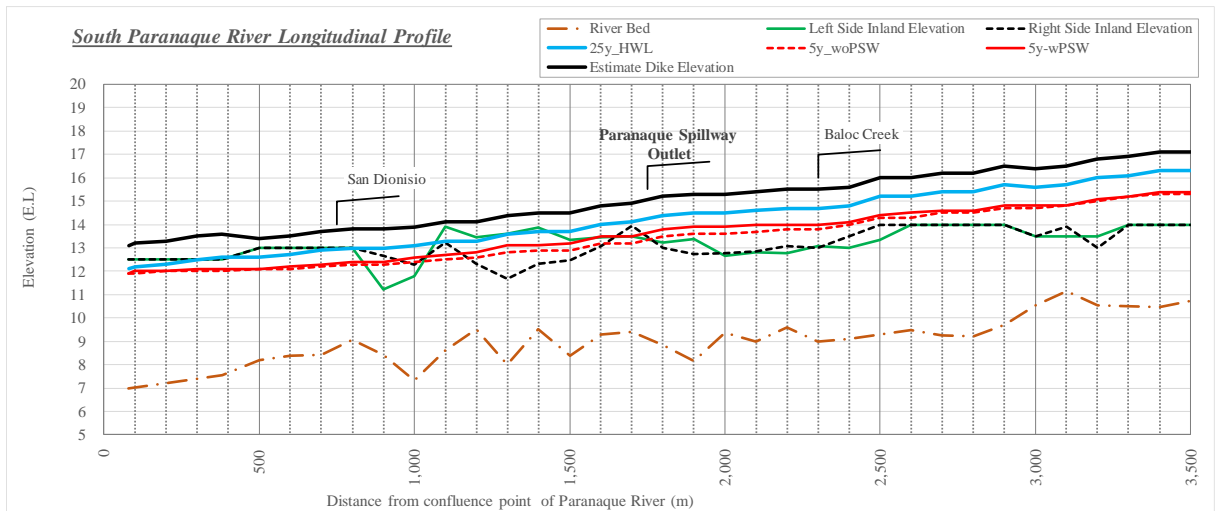


図 7.3.5 SP. 1+800 地点の水位変動（パラニャーク放水路有り無し） 確率規模 2 年



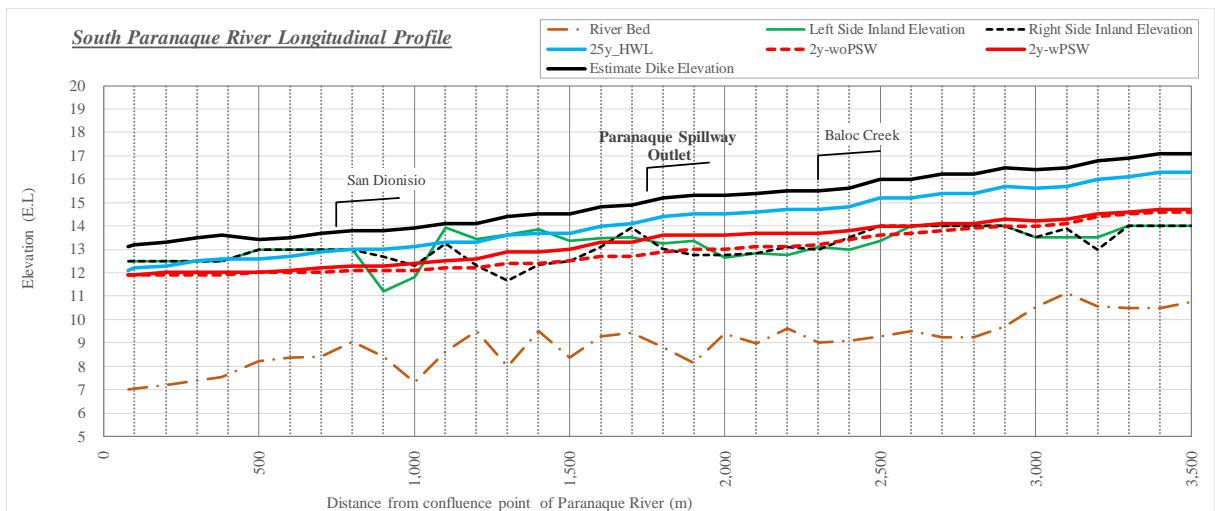
出典：JICA 調査チーム

図 7.3.6 (1) 南パラニャーク川水位縦断（確率規模：10年）



出典：JICA 調査チーム

図 7.3.6 (2) 南パラニャーク川水位縦断（確率規模：5年）



出典：JICA 調査チーム

図 7.3.6 (3) 南パラニャーク川水位縦断（確率規模：2年）

表 7.3.2 South Paranaue 川における水位・流量諸元

Table with columns: STA No., Distance, Current Water Level (m), Simulated Maximum Water Level (m), Simulated Maximum Discharge (m³/s), Simulated Maximum Water Level (m) with Paranaue Spillage, Route A, Return Period, Simulated Maximum Discharge (m³/s) with Paranaue Spillage, Route A, Return Period. Rows include STA numbers from 1 to 37 and various parameters like water level, discharge, and return periods.

：パラニャーク放水路の排水により、水位が上昇した箇所

7.3.2 ルート3 (Sucut - ザポテ川)

ザポテ川の河口から 100 m 付近が排水施設位置の候補地である。現況河道における確率規模ごとのザポテ川の水位より、可能なパラニャーケ放水路の排水量を算定し、パラニャーケ放水路からの排水による水位上昇を算定した。パラニャーケ放水路有無による、河道水位及び河道流量の算定結果を表 7.3.3、図 7.3.8～図 7.3.14 に示す。



出典：JICA 調査チーム

図 7.3.7 ザポテ川の排水施設位置（ルート3）

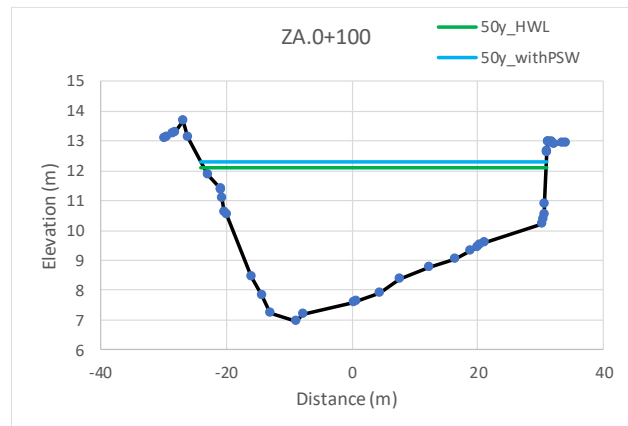
表 7.3.3 ルート3によるザポテ川水位変化（排水施設位置：ZA.0 +100）

確率年	放水路なし		放水路あり				ラグナ湖 水位 (m)
	WL	River Q	WL	River Q	Outlet Q* Max	Outlet Q* Min	
	(m)	(m ³ /S)	(m)	(m ³ /S)	(m ³ /S)	(m ³ /S)	
100	12.2	677.6	12.3	827.8	176.1	155.1	14.0
50	12.1	586.0	12.3	739.8	176.1	159.0	14.0
25	12.0	501.8	12.2	659.2	176.2	162.8	14.0
15	12.0	442.5	12.1	602.5	176.2	165.3	14.0
10	12.0	396.4	12.1	558.4	176.2	167.1	14.0
5	11.9	319.0	12.0	483.8	176.2	169.9	14.0
2	11.9	216.1	12.0	383.7	176.2	172.8	14.0

*パラニャーケ放水路の排水量（Outlet Q）は、下流河道の水位見合いにより変動する。

出典：JICA 調査チーム

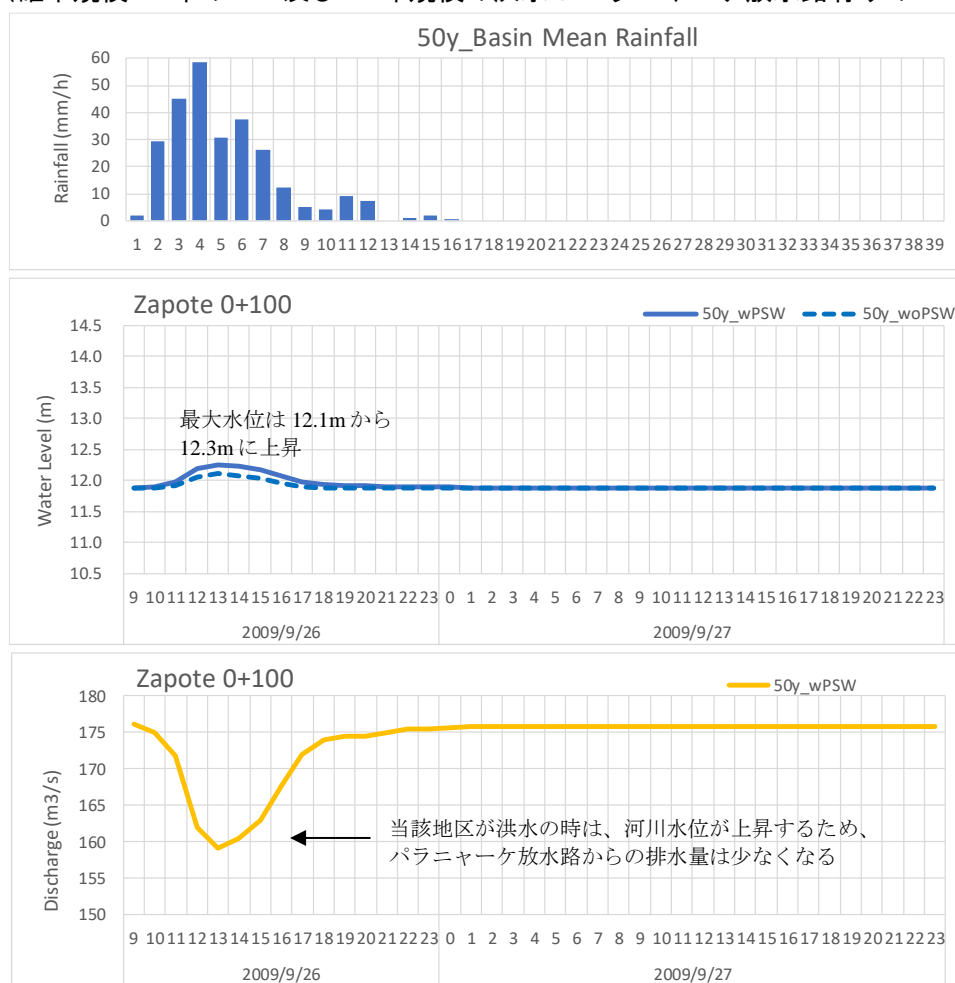
排水施設位置付近の断面 (ZA. 0+100) における、パラニャーケ放水路有り、無しにおける水位変動及びパラニャーケ放水路からの排水量について以下に整理する。なお、パラニャーケ放水路からの排水量は、下流河川 (Zapote 川) の水位見合いにより変動する。下流端条件は、計画潮位 (11.87m) を設定した。



出典：JICA 調査チーム

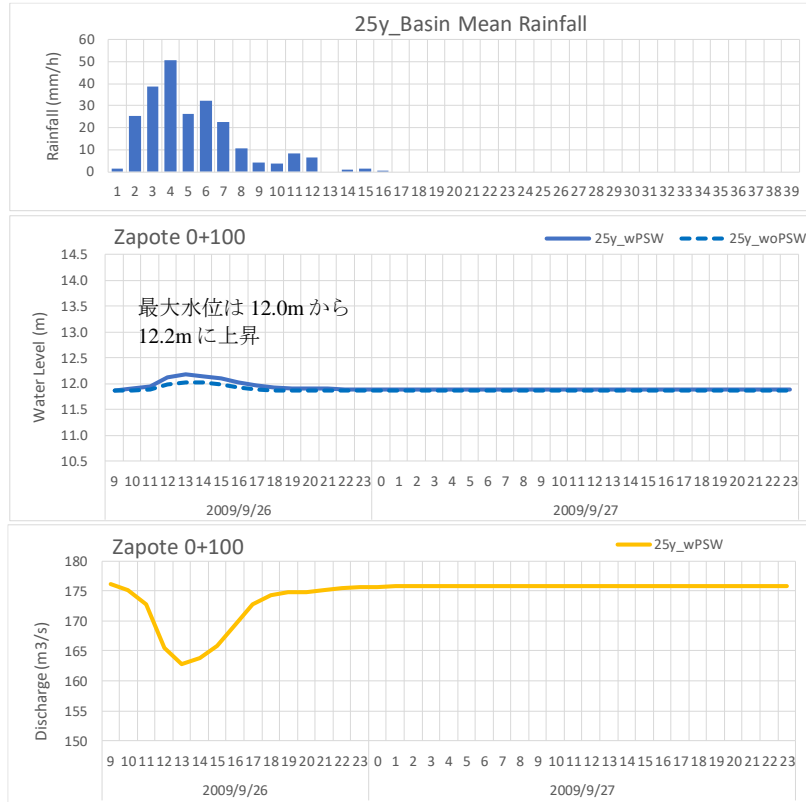
図 7.3.8 ZA.0+100 地点の水位

(確率規模 50 年の HWL 及び 50 年規模の洪水+パラニャーケ放水路有りの HWL)



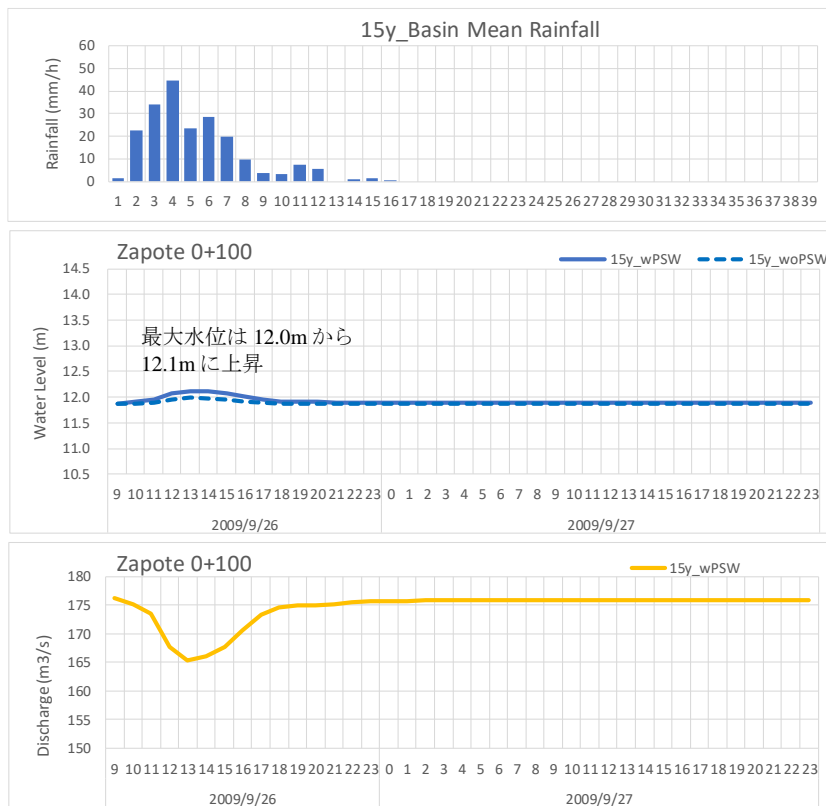
出典：JICA 調査チーム

図 7.3.9 ZA.0+100 地点の水位変動 (パラニャーケ放水路有り無し) 確率規模 50 年



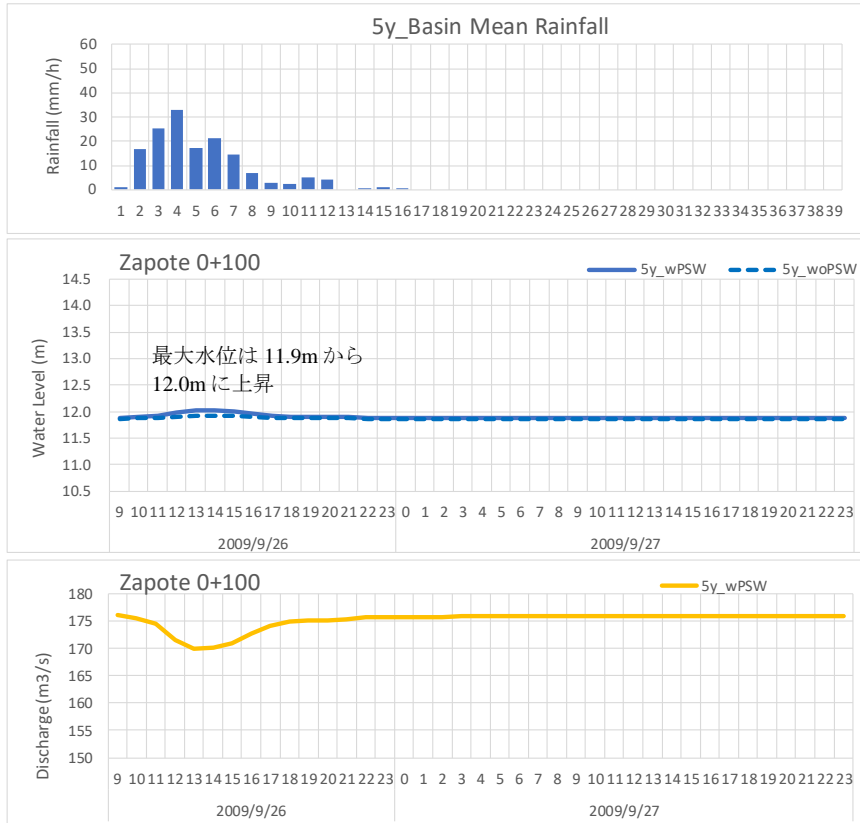
出典：JICA 調査チーム

図 7.3.10 ZA. 0+100 地点の水位変動（パラニャーケ放水路有り無し） 確率規模 25 年



出典：JICA 調査チーム

図 7.3.11 ZA. 0+100 地点の水位変動（パラニャーケ放水路有り無し） 確率規模 15 年



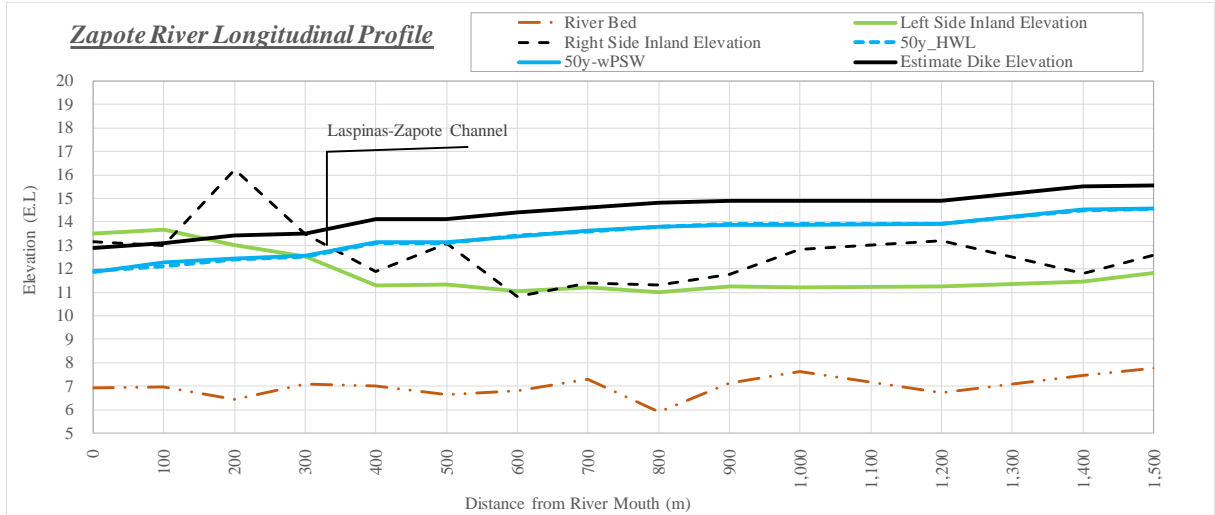
出典：JICA 調査チーム

図 7.3.12 ZA. 0+100 地点の水位変動（パラニャーケ放水路有り無し） 確率規模 5 年



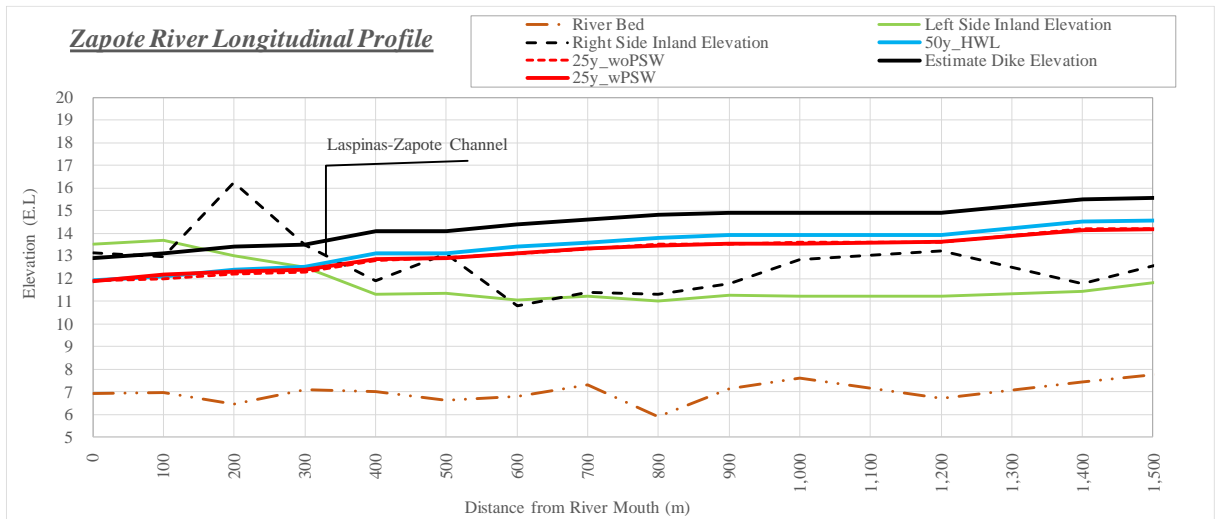
出典：JICA 調査チーム

図 7.3.13 ZA. 0+100 地点の水位変動（パラニャーケ放水路有り無し） 確率規模 2 年



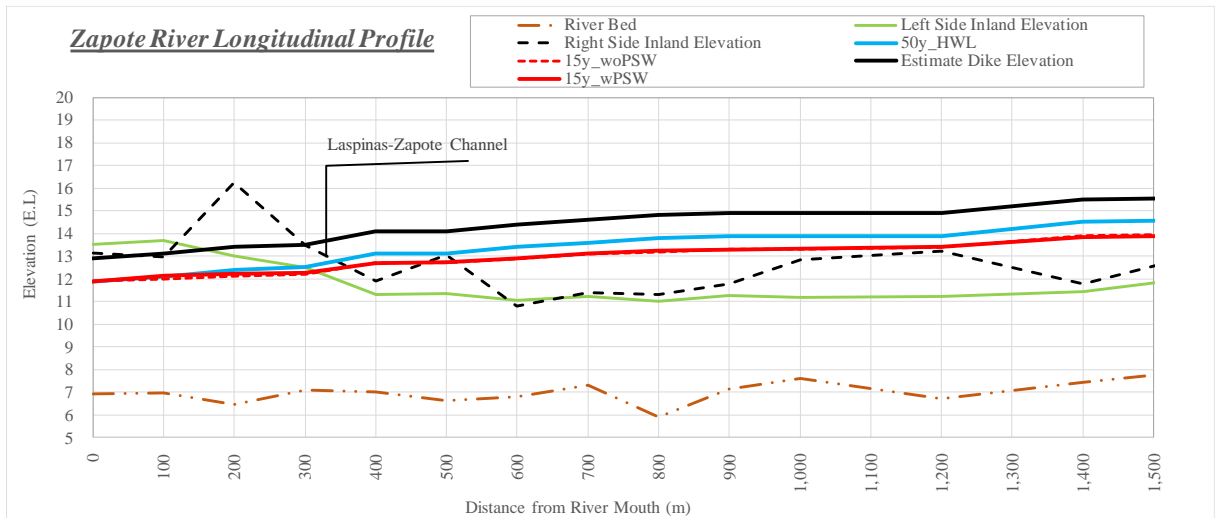
出典：JICA 調査チーム

図 7.3.14 (1) ザポテ川水位縦断（確率規模：50年）



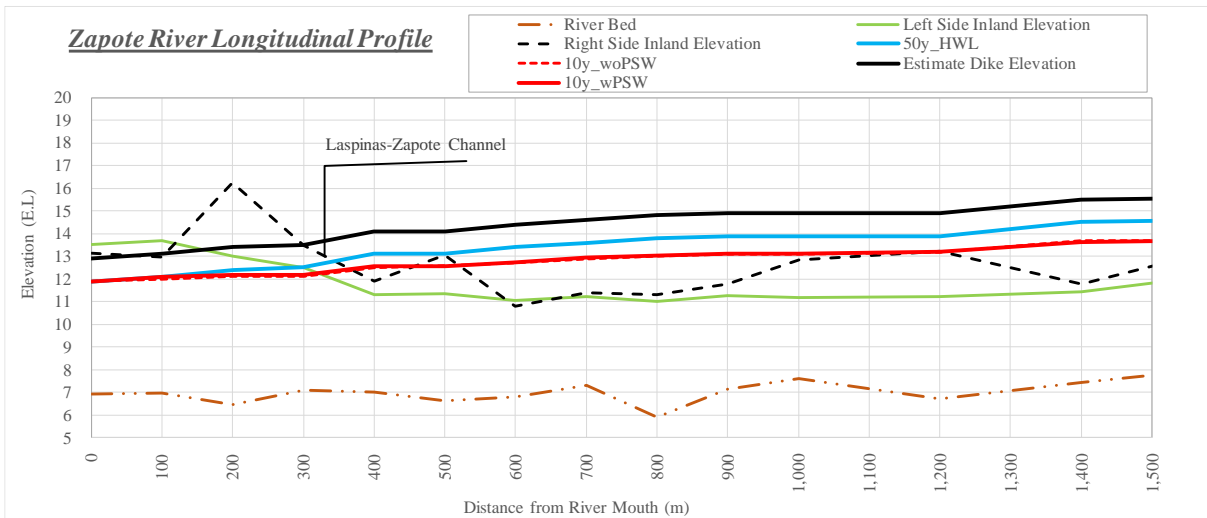
出典：JICA 調査チーム

図 7.3.14 (2) ザポテ川水位縦断（確率規模：25年）



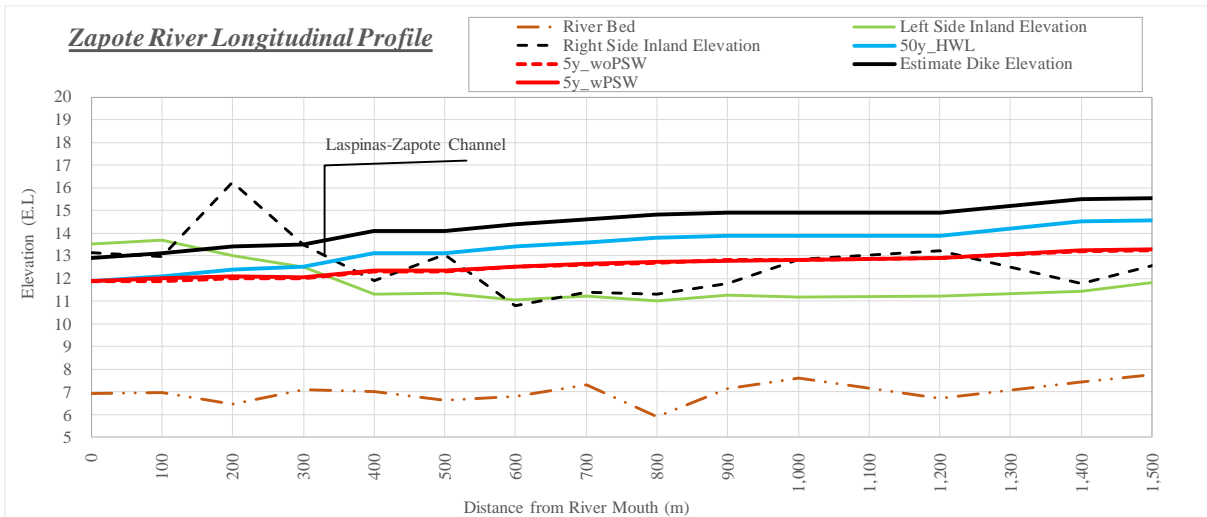
出典：JICA 調査チーム

図 7.3.14 (3) ザポテ川水位縦断（確率規模：15年）



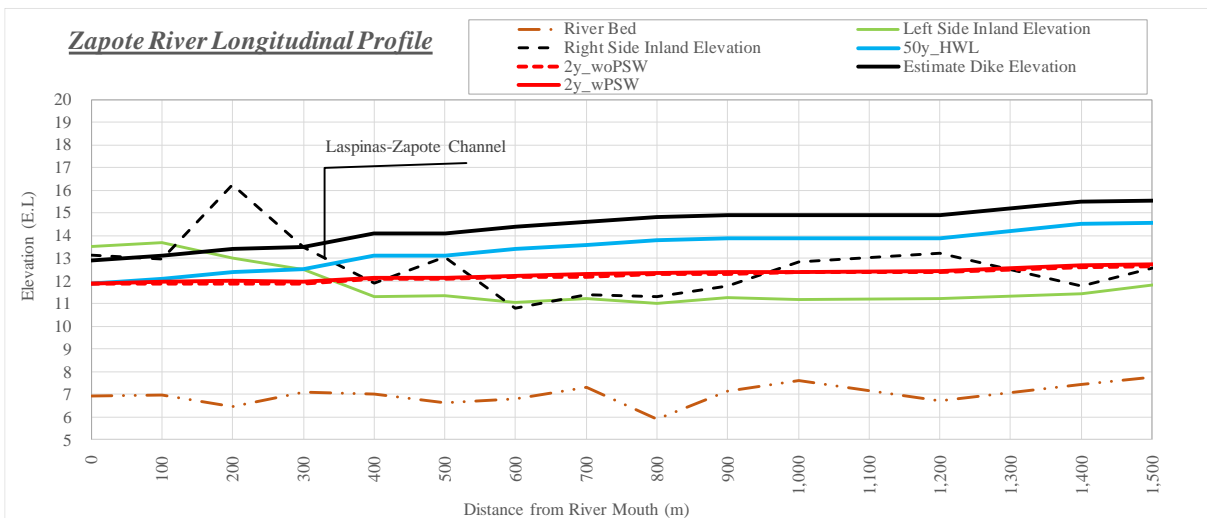
出典：JICA 調査チーム

図 7.3.14 (4) ザポテ川水位縦断（確率規模：10年）



出典：JICA 調査チーム

図 7.3.14 (5) ザポテ川水位縦断（確率規模：5年）



出典：JICA 調査チーム

図 7.3.14 (6) ザポテ川水位縦断（確率規模：2年）

表 7.3.4 Zapote 川における水位・流量諸元

Table with columns for STA No., Distance, Current Water Level, Simulated Maximum Water Level, Simulated Maximum Discharge, and Return Period. The table contains 33 rows of data for different stations along the Zapote River.

：パラニャーケ放水路の排水により、水位が上昇した箇所

7.3.3 下流河道への影響についての評価（総括）

パラニャーケ放水路の排水による下流河道への影響について、前述の河道水位上昇予測結果より、表 7.3.5 に整理する。

表 7.3.5 パラニャーケ放水路の排水による下流河道への影響

放水路ルート	排水施設位置	下流河道への影響
ルート 1	South Parañaque R. 取水位置： SP.1+800	<ul style="list-style-type: none"> ● 計画規模 10 年を超える場合、排水先である South Parañaque 川の水位が、ラグナ湖計画高水位（14.0m）を超えるため、パラニャーケ放水路から排水できない時間がある。 ● South Parañaque の計画規模は 25 年であり、計画規模に見合った河川改修（築堤）が可能となれば、パラニャーケ放水路の排水により、排水後の河道水位が HWL 以上になることはないため、改修後の断面（河川改修後）においては、パラニャーケ放水路の排水による影響は少ないと考えられる。 ● 但し、パラニャーケ放水路の排水により、水位が上昇する区間は排水地点の上下流において大きく影響が及ぶため、South Parañaque のみならず、上流の支川も含めた、河道計画（河道改修）は必須である。 ● South Parañaque 川は両岸において住宅が密集しており、河道拡幅による河道改修の実施は困難であると考えられるため、築堤による改修が必要となる。
ルート 3	Zapote R. 取水位置： ZA.0+100	<ul style="list-style-type: none"> ● 排水施設位置は河口から 100m の場所に想定されている。洪水時、Zapote 川の水位がラグナ湖の計画高水位（14.0m）を超えることはなく、パラニャーケ放水路から排水ができない時間はない。 ● パラニャーケ放水路の排水により水位が上昇する区間は、河口から 500m 付近までと想定できる。 ● 確率規模が 25 年以上においては、パラニャーケ放水路の排水により、50 年の HWL 以上（最大 20cm）となる区間があるが、想定堤防天端高（HWL+余裕高）よりも低い水位である。 ● Zapote 川は河口部付近で Las Piñas 川と水路により繋がっており、また、Las Piñas 川も San Dionisio 川により South Parañaque 川とつながっているため、パラニャーケ放水路の排水による影響は、Zapote 川のみならず周辺の川/水路においても影響がある。

出典：JICA 調査チーム

ラスピニャス・パラニャーケ地区においては、治水計画が策定されていないため、本業務では計画規模を各河川において設定し、洪水被害軽減対策としては築堤による改修を基本とし、想定される必要堤防高を算出した。また、パラニャーケ放水路の排水による下流河川への影響についても改修後（築堤による改修）の河道断面における水位上昇について評価を行った。

今後の検討においては、パラニャーケ放水路の排水により影響が少なからずある河川においては、治水計画の策定（計画流量、計画断面、計画堤防高、計画河床高等を設定）した上で、パラニャーケ放水路の排水による影響を評価する必要がある。

本業務において既存の横断測量結果及び 5 m メッシュ地盤高（IFSAR）より、下流河道への影響について検討を行ったが、治水計画の策定を含めた検討を実施する際は、河川横断測量を実施し、当該地区の複雑な水路ネットワークを再現できるよう基礎データを整備し、解析モデルの精度を向上させた上で、検討を進める必要がある。

7.4 パラニャーケ放水路に関する非構造物対策

パラニャーケ放水路に関する非構造物対策としては、以下の3項目が考えられる。

- 1) パラニャーケ放水路の運用に関連する水位観測
- 2) パラニャーケ放水路の運用に関する警報の発出
- 3) パラニャーケ放水路の運用に関する情報ネットワークの構築

7.4.1 パラニャーケ放水路の流入側と流出側における水位観測

パラニャーケ放水路の運用に際しては、同放水路の流入側周辺のラグナ湖の水位と、流出口周辺（マニラ湾ないし河川）での水位の観測に基づき、放水あるいは停止などの操作を行うこととなる。そのため、流入側付近と流出口付近にそれぞれ無線テレメーター水位計（フロート式あるいは圧力式）を設置することとする。

7.4.2 パラニャーケ放水路の流入側と流出側における警報システム

パラニャーケ放水路の運用に際しては、流入側周辺と流出口周辺の人々（河川に放流の場合は放流の影響がある区間の住民）に対して警報ポストからの放水路への流入と放水路からの放流に関する注意喚起および警報サイレンを発出し、同時に流入側と流出口周辺のパトロールを行う必要がある。なお、上記に加えて、放水路の運用に関する情報は、流入側と流出口側の市の災害リスク削減管理事務所（CDRRMO）にも提供し、CDRRMO からも住民に対して同放水路の流入側や流出口周辺に近づかないよう警報等に関する協力を仰ぐ必要がある。

なお、調査団がパラニャーケ放水路のルート3の流出側の市である Las Piñas 市と Bacoor 市、ルートDの流入側となる Muntinlupa 市、ルート1の流入側の Taguig 市の災害リスク削減管理事務所（CDRRMO）から、同放水路の運用情報を連絡する場合、CDRRMO も同放水路の流入側と流出側の人々に対する警報や見回りなど市側からの協力に関する可能性を聞いたところ、上記3市のCDRRMOは協力するとのことであった。なお、ルート1の流出側の Parañaque 市のCDRRMO は Parañaque 市側の他の緊急会議のため聞き取りを行うことができなかった。

図7.4.1にパラニャーケ放水路（ルート1およびルート3）の流入側周辺と流出口周辺における無線テレメーター水位観測所および警報ポストの提案位置を示す。

7.4.3 パラニャーケ放水路の運用に関する情報ネットワークの構築

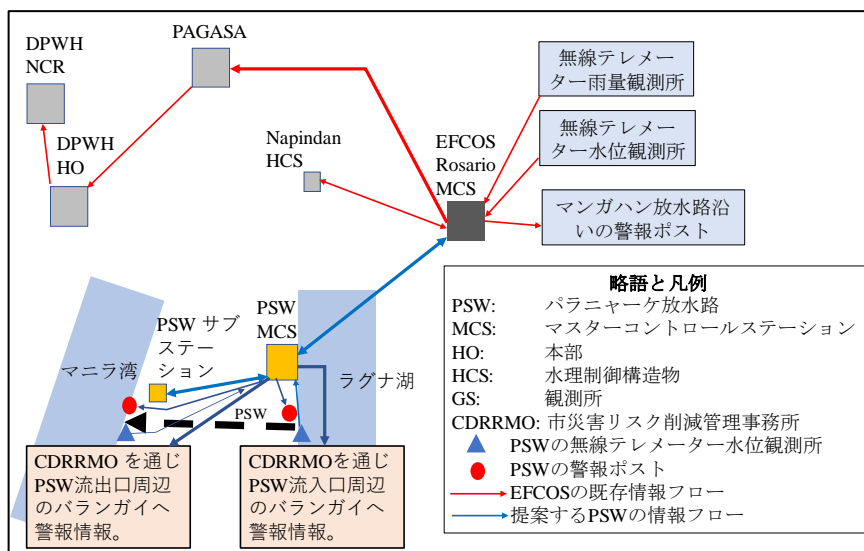
パラニャーケ放水路は、マンガハン放水路等のパッシング・マリキナ・ラグナ湖流域の洪水対策施設の一つとして位置づけられる。そのため、同放水路の管理を EFCOS の拡張として行うことを提案する。放水路の管理事務所として流入側にメインステーションであるマスターコントロールステーション（MCS）を設置し、流出側にサブステーションを設置する。これらの事務所と EFCOS、PAGASA、DPWH 本部、DPWH NCR とを情報ネットワークで結ぶ。さらに、パラニャーケ放水路の MCS より同放水路の流入側と流出側に設置する警報ポストを操作し、周辺の人々へ同放水路への流入と放水路からの流出に関する警報を発出する。加えて同 MCS から同放水路の流入側と流出側の市のCDRRMOに対して放水路の運用情報を提供し、CDRRMO からも住民へ放水路の運用時は放水路流入側や流出口と下流河川に近づかないよう、CDRRMO からも住民への警報等を行ってもらおうよう連携する。パラニャーケ放水路に関連する情報ネットワークのイメ

ージを図 7.4.2 に示す。パラニャーケ放水路に関する次の段階の検討では、上記の情報ネットワークの構築に必要な送信側と受信側の機器や、周波数を含む回線等の検討が必要である。



出典：JICA 調査チーム

図 7.4.1 パラニャーケ放水路（ルート 1 と 3）への
テレメーター水位計及び警報ポスト設置（案）



出典：JICA 調査チーム

図 7.4.2 パラニャーケ放水路に関する情報ネットワーク（案）

7.5 施工及び調達計画

7.5.1 施工計画

(1) トンネル部の施工方法検討

1) 計画条件

抽出されたルート1案と3案について表7.5.1に示す計画条件に基に検討する。

表 7.5.1 計画条件

項目	内容
地盤条件	今回実施された6ヶ所の調査では50m以深となるトンネル計画深度では凝灰岩層が存在する結果となっている。今後、更に調査数を増やしての評価が必要となるが、本検討ではトンネル部の地盤は路線全線にわたり十分な土被りを持つ凝灰岩層として取り扱う。
地下水位	調査結果ではGL-3~5m、ただし本検討では安全側としGLとする。
トンネル内空規模	直径12mの円形断面の内空規模とする。(約113m ²)
トンネル延長	ルート1案：6.0km, ルート3案：8.8km
トンネル土被り	道路用地内では土被りに対する制限は無いが、自由にラグナ湖とマニラ湾を結ぶルートを計画できるように地上権の及ばないトンネル土被り50m以上を確保するものとする。
セグメント	セグメント幅：1.6m, 桁高：600mm, 分割：10+K (9.6t/ピース)
中間人孔	本計画では考慮しない。

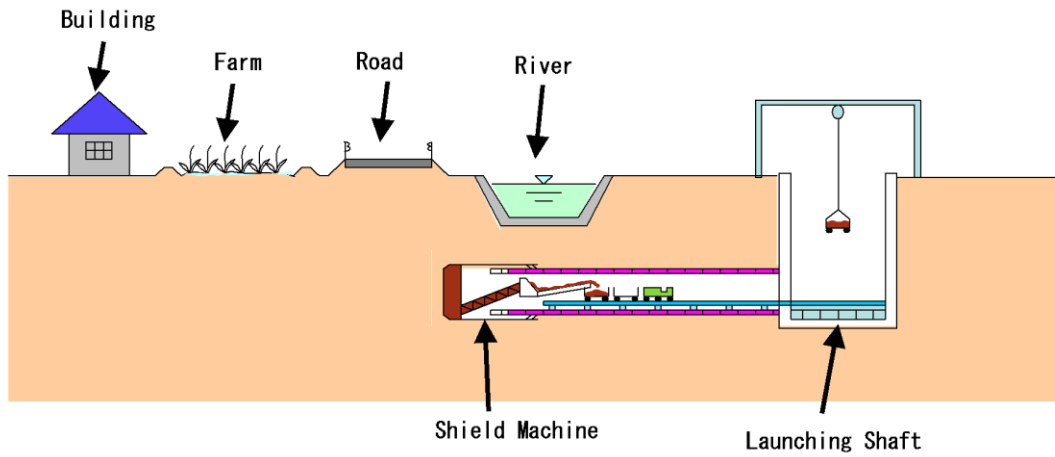
出典：JICA調査チーム

2) 施工方法

トンネルの施工方法は大きく分けると、シールド工法、NATM、開削工法、沈埋トンネル工法に分類される。このうち沈埋トンネル工法は河川、湖または海の水底を対象とする工法であるため除外する。また、開削工法についてもトンネル計画路線の地上部は全線に渡って住宅等が存在し、住民移転による用地確保は現実的ではないこと、土被り50m以上での開削トンネル工事は不経済となることより除外する。これより非開削工法であるシールド工法、NATMの2工法について検討を行う。

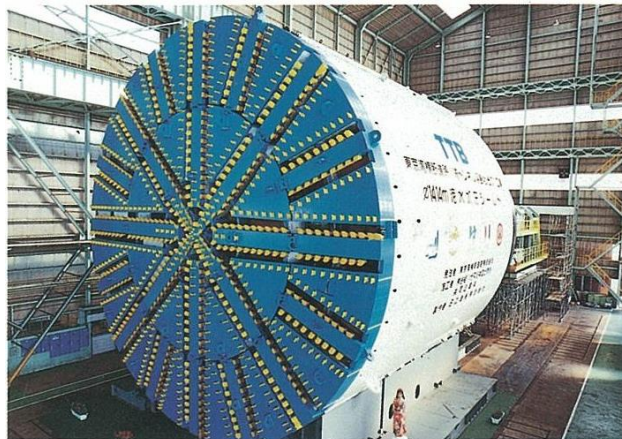
i) シールド工法

シールド工法とは、発進立坑から到達立坑までをシールドマシンと呼ばれる筒状の機械で土中を掘削しながらトンネルを構築していく工法である。シールドマシン前方に装備したカッタービットにより地盤を切削しながらマシン内部でセグメント（トンネルの外壁）を組み立てることにより、掘削、トンネル構造物の構築を連続的に行う。このためシールド工法は発進立坑から到達立坑まで地上部を占有することなく、軟弱地盤から硬質地盤まで湧水の有無に係らず安全確実にトンネルが構築できる工法である。



出典：トンネル施工方法の紹介、水資源機構
(<https://www.water.go.jp/chubu/kisodo/PDF/d.dousuiro-pdf/tonnerusekouhouhou.pdf>)

図 7.5.1 シールド工法概要図

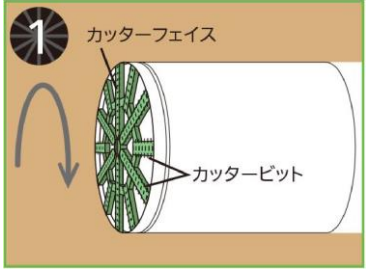
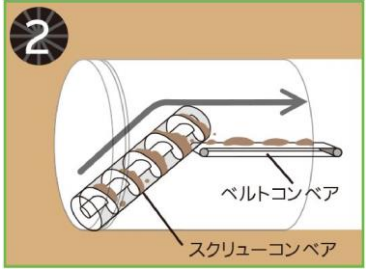
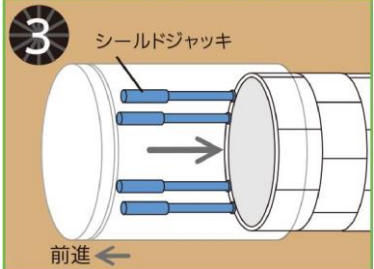
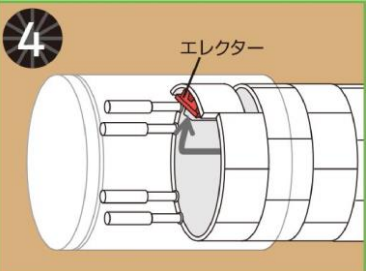


出典：写真で見る道路トンネル、(財) 高速道路技術センター

図 7.5.2 シールドマシン

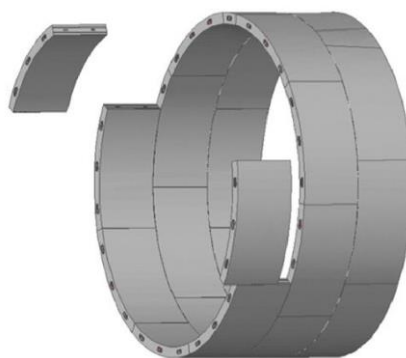
シールド工法によるトンネル構築は表 7.5.2 に示す Step-1 と Step-2 を繰り返すことによって行う。なお、Step-1 の①～③は一連の動作の中で行うもので同時進行となる。

表 7.5.2 シールド工法施工手順

Step-1:掘進		
切削	切削土砂の搬出	シールドマシンの前進
		
<p>カッターフェイスを回転させることにより、切羽の地盤を切削する。</p>	<p>切削した土砂をスクリーコンベアにてマシン内に取り込み、ベルトコンベアにて坑外へ搬出する。</p>	<p>シールドマシン内に装備されたジャッキによりセグメントに反力を取り、切削速度に合わせてシールドマシンを前進させる。</p>
Step-2:セグメント組立		
		
<p>ジャッキが伸びた状態より、組み立てるエレメントの部分のジャッキを縮めることによりセグメント組立て空間を確保し、エレクターにてセグメントを所定の位置にセットする。</p>		

出典：首都高速道路株式会社 きたせんHP (<http://www.shutoko.jp/ss/kitasen/yokokan/construction/work02.html>)

本トンネルはラグナ湖の水をマニラ湾に排水する放水路であるためトンネル内は腐食性環境となると考えられる。これより鋼製の継手ボックスが表面に露出しないワンパス式継手の内面平滑型のセグメントを提案する。セグメントの組立イメージを図 7.5.3 に示す。



出典：首都高速道路株式会社 きたせんHP (<http://www.shutoko.jp/ss/kitasen/yokokan/construction/work02.html>)

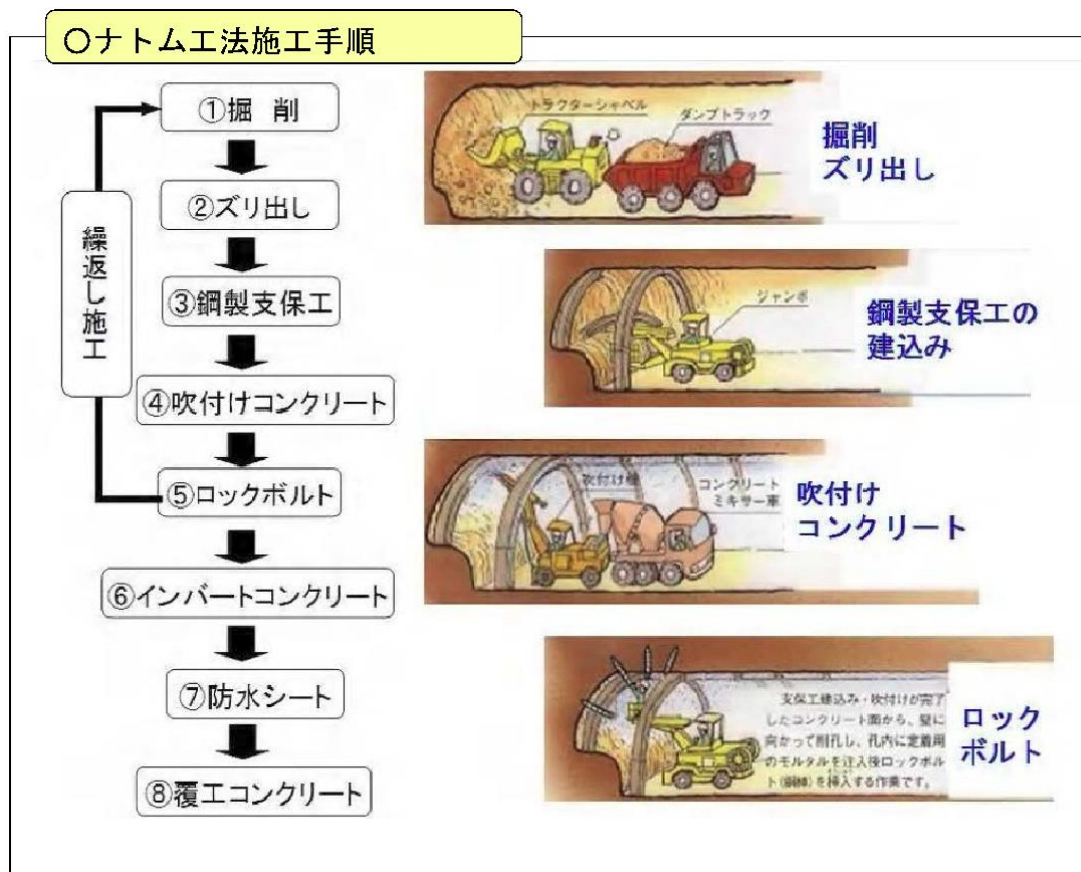
図 7.5.3 セグメント組立イメージ図

ii) NATM

NATM (New Austrian Tunnelling Method) は、トンネル周囲の地盤がトンネルを支えようとする保持力 (グラウンドアーチ) を利用するため、掘削した岩盤の緩みが小さいうちに、早期

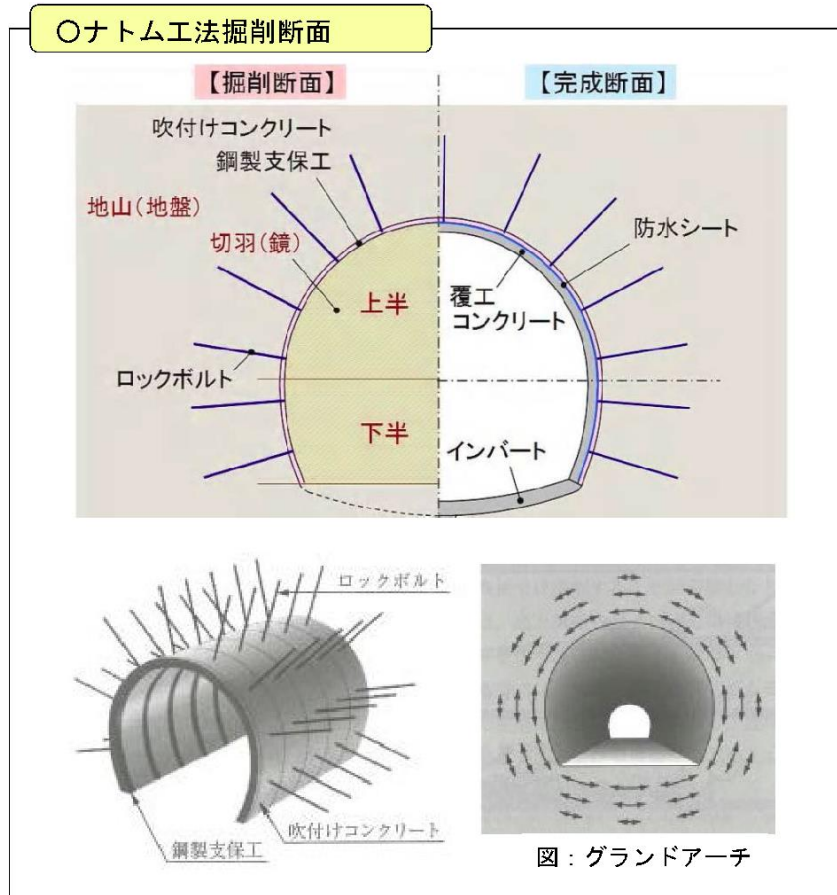
にコンクリートを吹付け、鋼製支保工を建込み、ロックボルトを打設して、地盤の安定を確保しながらトンネルを掘進する工法ある。

工事で使用する機械は、主に切羽を掘削する掘削機やずり搬出のためのダンプトラックなど汎用重機を使用する。高額なシールドマシンを必要とするシールド工法などよりも費用がかからず一般にコストを抑えることができる。ただし、湧水が生じる地盤においては止水のための薬液注入工等の補助工法が必要となり却って割高となることがあるので、NATM を選定する際にはボーリングを密に実施し、地盤の状況を詳細に把握しなくてはならない。適応地盤は硬質地盤・軟岩以上の強度を有し切羽が自立する地盤でなくてはならない。



出典：考え方がよくわかる設計実務7 トンネルの設計

図 7.5.4 NATM 施工手順



出典：考え方がよくわかる設計実務7 トンネルの設計

図 7.5.5 NATM 掘削断面

iii) 施工方法の選定

表 7.5.3 に、シールド工法と NATM の概要を示す。

表 7.5.3 工法概要

項目	シールド工法	NATM
概要写真		
工法概要	<p>・泥土圧あるいは泥水圧等で切羽の土圧と水圧に対抗して切羽の安定を図りながら、シールドを掘進させ、セグメントを組み立てて地山を保持し、トンネルを構築する工法である。</p>	<p>・トンネル周辺地山の支保機能を有効に活用し、吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼製支保工等により地山の安定を確保して掘進する工法である。</p> <p>・周辺地山のグラウンドアーチが形成されること、及び掘削時の切羽の自立が前提となり、それらが確保されない場合には補助工法が必要となる。</p>
適応地質	<p>・一般には、超軟弱な沖積層から、洪積層</p>	<p>・一般には硬岩から新第三紀の軟岩までの</p>

項目	シールド工法	NATM
(標準的な実績、地山条件等の変化への対応性)	や、新第三世紀の軟岩までの地盤に適用される。 ・地質の変化への対応は比較的容易である。また、硬岩に対する実例もある。	地盤に適用される。条件によっては未固結地山にも適用される。 ・地質の変化には支保工、掘削工法、補助工法の変更により対応可能である。
利点	・湧水がある地盤に対しても密閉式シールドマシンを用いることで発進部及び到達部を除いて補助工法を併用することなく施工が可能である。 ・標準的な月進距離は 350 m 程度、高速施工仕様とすることで月進距離 500m 以上も可能である。NATM に比べ施工速度が速い。	・補助工法が必要なかった場合にはシールド工法の半分以下の工事費で施工が可能である。
欠点	・シールドマシン、セグメントが高価であり NATM に比べ工事費が高価となる。	・予想していない軟弱層や湧水が出現した場合、補助工法が必要となり工事費が大幅に増え、シールド工法による施工よりも高価となることがある。 ・月進距離 80 m 程度とシールド工法に比べ施工速度が遅い。

出典：JICA 調査チーム

現時点ではトンネル掘削部の地盤状況、湧水の有無を判断する調査結果が得られていないことより、軟弱地盤から硬質地盤まで対応が可能で、かつ湧水に対しても対応できるシールド工法を基本として考える。NATM は今後実施することになるボーリング間隔を密にした地盤調査の結果により適否を判断する。なお、NATM の採用には、掘進部の地盤に補助工法が必要となる軟弱地盤や湧水が想定されないこと、かつ月進距離が 80 m 程度での工期を許容することが条件となる。

(2) 立坑部の施工方法検討

1) 計画条件

表 7.5.4 に示す条件に基づき計画するものとする。

表 7.5.4 計画条件

条件	場所	内容
地盤条件	マニラ湾側	BH-01, BH-04 より、GL~GL-9 m 程度までは N 値 10 程度の Silty Sand が堆積し、それ以深は凝灰岩 (Tuff Rock) がボーリングを実施した深度の GL-70 m まで存在することが確認されている。これより BH-04 の結果を基に検討を行うものとする。
	ラグナ湖側	最もラグナ湖に近い BH-02 では GL~GL-20 m は N 値 16~28 の Silty Sand、GL-44 m ~GL-62 m は N 値 22~66 の Clay の存在が確認されている。若干内陸側の BH-03 では地表面部に 1.65 m の軟弱層が確認できるものの、それ以深は凝灰岩 (Tuff Rock) となっている。内陸の BH-05 でも同様の傾向で、表層に 3.8m の軟弱層 (Clay) が存在するが、それ以深は凝灰岩 (Tuff Rock) となっている。マリキナ断層を避けた内陸側に立坑を計画することより、本検討では BH-05 の結果を基に検討を行う。
地下水位	マニラ湾側	BH-01 は GL-3.6 m、BH-04 は GL-3.47 m である。これより GL-3 m として検討する。
	ラグナ湖側	BH-02 はラグナ湖に近い孔口標高が極端に低い+3.0 m の結果で GL-1.42 m、逆に BH-03 は孔口標高が極端に高い+37.0 m の結果で GL-8.7 m となっている。これら近辺を対象とする場合以外はこれらのデータは特異値として考慮しない。BH-05 は GL-3.8 m、BH-06 は GL-3.4 m であり、立坑の配置がラグナ湖より若干内陸になることより、この結果を参考に GL-3 m として検討を行う。
計画立坑		Inlet (ラグナ湖側の若干内陸)、Outlet (マニラ湾側) の 2 基

出典：JICA 調査チーム

2) 立坑規模の検討

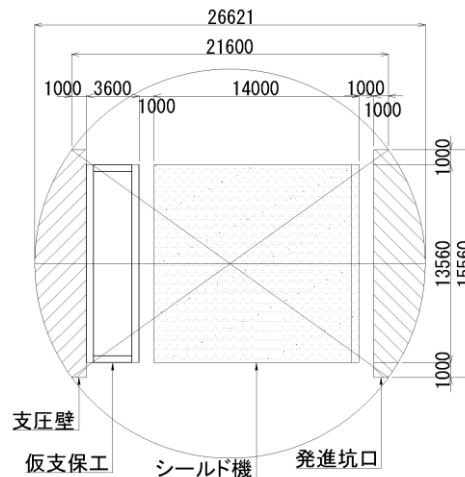
立坑の用途はトンネル構築時の発進立坑もしくは到達立坑、供用時の取水立坑もしくは排水立坑である。これらの用途を満足できるように立坑規模を設定する。なお本放水路はサイフォン式として計画されているため計画流量はトンネル断面規模が支配的であり、立坑断面規模による影響は小さい。これより立坑規模は施工時に必要となる規模を基に設定する。なお、ポンプや昇降設備との取り扱いについては今後の調整とする。

i) 平面規模

シールド工法と NATM では立坑規模が異なるため、各々について設定する。

a) シールド工法用立坑

シールドマシンの発進スペースより立坑内空平面規模を設定した。この結果、図 7.5.6 に示すように 21.6 m x 15.56 m を満足させるものとし本検討では立坑内空平面規模は余裕を考慮して $\phi 30$ m と設定した。配置する設備寸法の設定根拠を表 7.5.5 に示す。



出典：JICA 調査チーム

図 7.5.6 シールド発進立坑必要最少面積

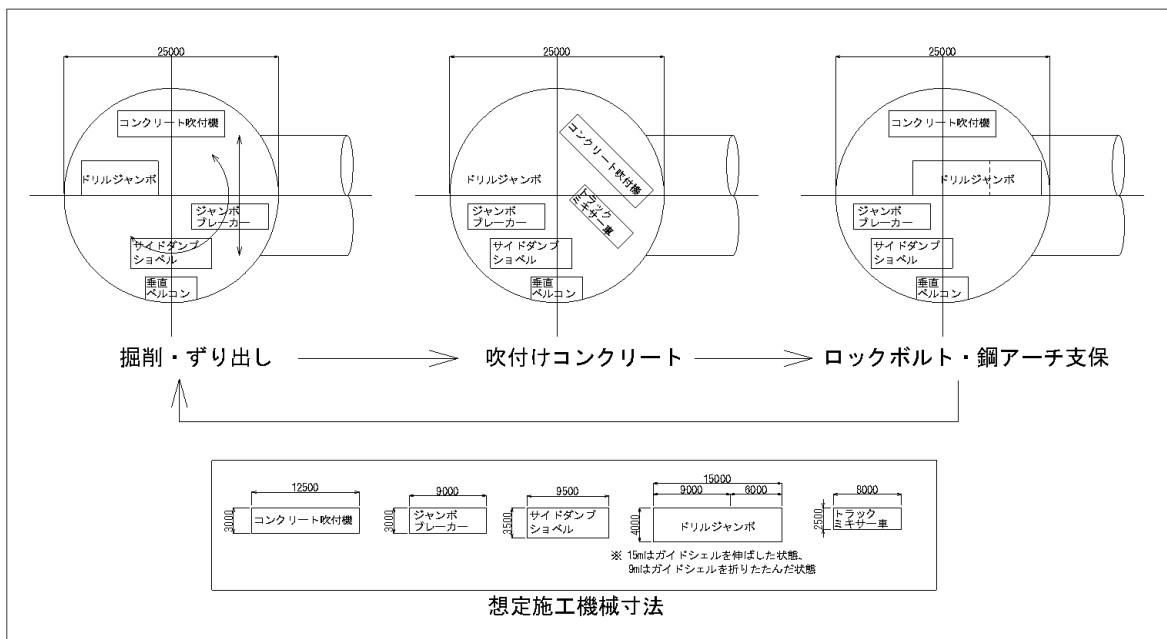
表 7.5.5 配置設備寸法設定根拠

項目	設定理由
発進坑口	シールドマシン規模より厚さ 1 m とした 幅はマシンの外側にエントランスパッキン設置代 1 m を両側に確保し 15.56 m とした。
発進坑口とシールド機の離隔	鏡切りの作業幅として 1 m とした。
シールド機長	過去の同規模マシンの実績より 14 m とした。
シールド機外径	硬質地盤の掘進を念頭に同時裏込め注入管をテール内に配備するものとし、セグメント外径 13.2 m に片側 180 mm を考慮して 13.56 m とした。
シールド機と仮支保工の離隔	シールドマシン規模より厚さ 1 m とした
仮支保工幅	投入するセグメント長を 1.6m、セグメント吊り降ろし時の余裕代を前後に 500 mm、仮支保工部材を H-500 × 500 の鋼材として 3.6 m とした。
支圧壁	シールドマシン規模より厚さ 1 m とした
シールド機据付け作業幅	シールドマシン規模より 1.0 m とした

出典：JICA 調査チーム

b) NATM 用立坑

本立坑はトンネル土被りを 50 m 以上確保することを前提としているため、GL-70 m 程度の大深度に施工機械を投入してトンネル掘削を行うこととなる。NATM は「掘削・ずり出し」、「吹付けコンクリート」、「ロックボルト・鋼アーチ支保」のステップ毎に別の施工機械によりトンネル構築を行うため、施工機械を都度投入・入れ替えながら施工することも可能であるが、立坑深度を考慮するとサイクルタイム、安全性に対して問題があると考え。これより初期掘進のために必要となる最少の施工機械が立坑内に配置でき、かつ施工機械の切羽面への入替えが可能な最少スペースを確保できるよう立坑内空を $\phi 25\text{ m}$ と設定した。図 7.5.7 に NATM 立坑の設定根拠を示す。



出典：JICA 調査チーム

図 7.5.7 NATM 立坑必要最少規模

ii) トンネル工法と立坑深さ

本計画ではトンネルの土被りを 50 m 以上確保することを条件としているため、立坑は大深度となり底盤には大きな揚圧力が作用することになる。トンネル構築期間中の立坑はセグメント等のトンネル資機材の投入、掘削土砂の搬出に用いるため内部構築が無い状態が長期間続くことになる。この状態においても浮き上がりに対して安全となる躯体重量を確保しなくてはならない。

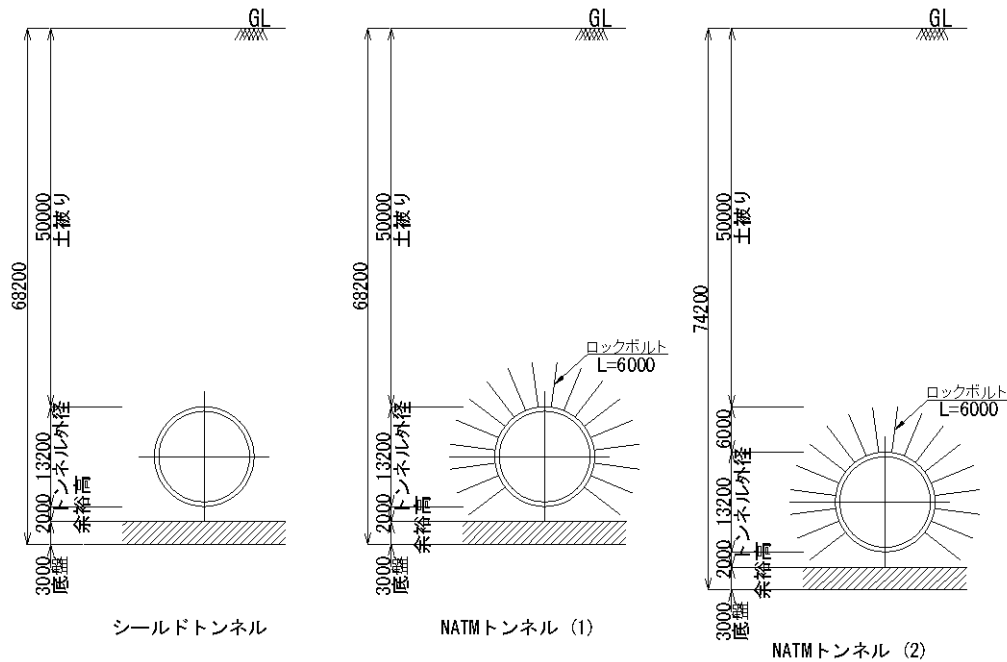
揚圧力の大きさは立坑の深度に応じて増大することより立坑深度は構造上重要な要素となる。立坑深度はトンネルの施工方法及びトンネル土被りの考え方によって異なることより、これらの違いを表 7.5.6 及び図 7.5.8 に示す。なお、NATM のロックボルト長は 2 車線道路トンネル標準断面の 4.0 m~6.0 m を参考とし、最大長の 6.0 m を用いた。

ロックボルトを構造物の一部として取り扱うかは今後協議により明確に整理する。

表 7.5.6 トンネル工法別立坑深度内訳

項目	シールドトンネル	NATM (1) ロックボルトをトンネル構造として考慮しないケース	NATM (2) ロックボルトをトンネル構造として考慮するケース
土被り	50 m (共通)	50 m (共通)	50 m (共通)
トンネル外径 (高さ)	13.2 m	12.4 m	12.4 + 6.0 = 18.4 m
余裕高	5.0 m (共通)	5.0 m (共通)	5.0 m (共通)
底盤厚	5.0 m (共通)	5.0 m (共通)	5.0 m (共通)
合計深度	73.2 m	72.4 m	78.4 m

出典：JICA 調査チーム



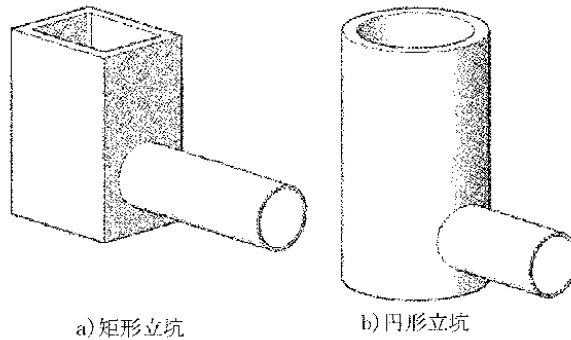
出典：JICA 調査チーム

図 7.5.8 立坑床付け深さ

3) 立坑形状

現状、マニラ湾側、ラグナ湖側に取水・排水立坑を設ける計画としており、施工時にはこれらの立坑がトンネル施工のための発進・到達立坑となる。これらの立坑形状について検討を行う。

立坑形状は一般に矩形形状と円形形状に大別される。本立坑は大深度のトンネル発進・到達立坑という条件を基に矩形立坑と円形立坑の特性を比較したところ、円形立坑が有利であることを確認した。これより本計画の立坑は円形形状を基本とする。表 7.5.7 に円形立坑を選定した根拠となる比較検討結果を示す。



出典：シールド工事用立坑の設計（土木学会）

図 7.5.9 矩形・円形立坑イメージ図

表 7.5.7 立坑の平面形状の特性比較

特性／形状	矩形	円形
平面的な配置	発進立坑の場合、無駄が無く有利である。 ◎	発進立坑の場合、側部に余剰空間が生じる。ただし、本立坑は大深度であるためエレベータの設置が予想され、その設置スペースに利用できる。○
トンネルの取付け方向の自由度	一般には4方向に制約される。 △	任意の方向にトンネルを取り付けることができる。流入渠、放流渠の計画の制約が低減できる。◎
施工深度に対する構造物の対応	深い場合、側圧により側壁に大きな断面力が生じ、壁厚を大きくするか、中壁や中床板、梁を細かく配置することが必要となる。 △	立坑が深く側圧が大きくなる場合、軸力が卓越するため構造的に有利（壁厚が薄い）である。また、構造的な中壁及び中床板は不要となる。◎
施工時の空間	切梁など土留め支保工やかまち梁が必要であり、開口部が制約される。 △	切梁等が不要で、トンネル立坑としての施工性は良い。 ◎
評価	△	◎

凡例：◎:Very Good、○:Good/Possible、△:Not Good/Some Problem

出典：JICA 調査チーム

4) 施工方法

掘削断面φ30 m、掘削深度70 m以上に対応できる現行の施工方法は大きく分けて連続地中壁工法とケーソン工法の2工法のみである。

連続地中壁工法はRC連続地中壁工法と鋼製連続地中壁工法に分類される。鋼製連続地中壁工法は空頭制限下で重量物となる鉄筋籠の吊り降ろしが困難な条件での施工、用地条件の制約等により壁厚を薄くしなくてはならない場合などの特殊条件下において採用される工法である。一般に施工金額もRC連続地中壁工法に比べ高額となる。本計画ではこれらの制約条件を受けないことよりRC連続地中壁工法を対象として検討を行う。

ケーソン工法は大きく分けてオープンケーソン工法とニューマチックケーソン工法に分類される。ニューマチックケーソン工法は地下水位が高く透水性の高い地盤において、ケーソン下部に設けた作業室に地下水圧に見合った圧縮空気を送り込むことにより地下水の侵入を防ぎドライな状態で掘削する工法である。このために送気設備、マンロック、マテリアルロック、地上遠隔操作システム等の特殊設備が必要となる。このためニューマチックケーソン工法は

オープンケーソン工法に比べ工事費が高額となる。今回掘削対象の地盤は上部に若干帯水層は存在するものの鋼矢板等による遮断壁を施すことで掘削工事に支障となる湧水を防ぐことが可能である。これより本計画ではオープンケーソン工法で対応が可能と判断し、経済性の観点よりオープンケーソン工法を対象として検討を行う。

i) RC 連続地中壁工法

RC 連続地中壁は安定液を用いて掘削した掘削溝に鉄筋籠を挿入し、安定液と置き換えるようにしてコンクリートを打設し地中に連続した鉄筋コンクリート壁を構築する工法である。最大深度 140 m の大深度、最大壁厚 3.0 m の大壁厚施工が可能であり、軟弱地盤から岩盤まであらゆる地盤に適応が可能である。

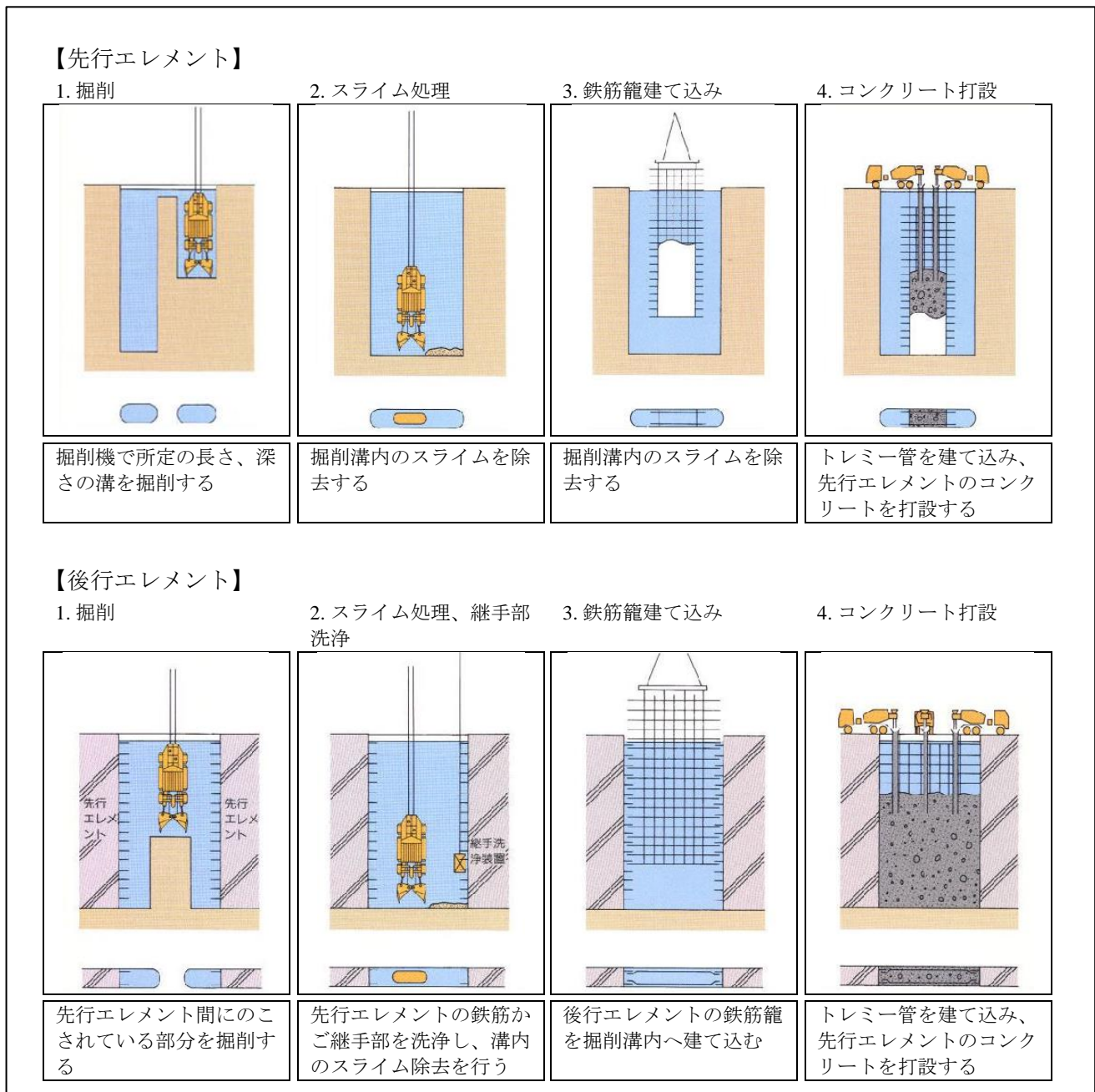


出典：Bauer Foundation HP (http://www.bauerfoundations.com/en/references/diaphragm_cut_off_walls/)

図 7.5.10 RC 連続地中壁円形立坑施工例図

a) 施工手順

先行エレメントを施工し、その後に後行エレメントは先行エレメント間に残されている部分を施工し壁体の連続化を図る。



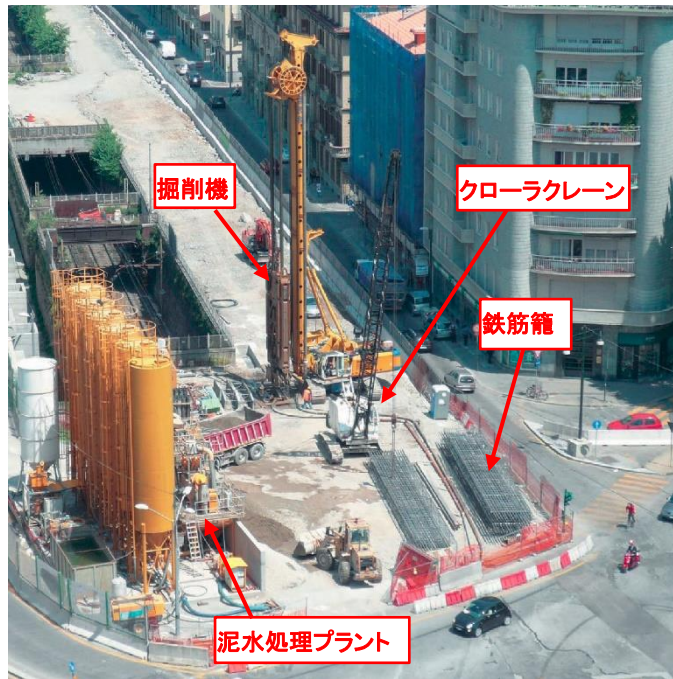
出典：地中連続壁協会 HP (<http://www7b.biglobe.ne.jp/~renpeki/index.html>)

図 7.5.11 RC 連続地中壁施工手順

b) 施工概要

RC 連続地中壁工法は安定液を用いて掘削した掘削溝に鉄筋籠を挿入し、コンクリートを打設して地中に連続した鉄筋コンクリート壁を構築する工法である。施工は掘削機、鉄筋籠、鉄筋籠を建て込むためのクローラークレーン、泥水処理プラント、等からなる。

また、立坑を円形形状とすることで水平方向の軸圧縮力により構造物の安定が図られ、切梁・腹起しを用いることなく掘削することが可能となる。



出典：Bauer Trench Cutter System HP (http://www.bauerpileco.com/export/shared/documents/pdf/bma/datenblatter/BC_Trench_Cutter_Systems_905-679-2_EN_01-16.pdf)

図 7.5.12 RC 連続地中壁施工状況写真

ii) オープンケーソン工法

鉄筋コンクリート製のケーソン本体を地上で構築し、ケーソン底面の地盤を掘削しながら、自重とグラウンドアンカーの反力により地中に沈設する工法である。今回は掘削時の湧水がない、または、あったとしても釜場処理で対応できると想定しており、掘削はバックホウまたはブレーカにより行い、バケット式の機械により揚土を行うものとする。



【淀川水系 寺畑前川調節池整備工事 (第1工区)】



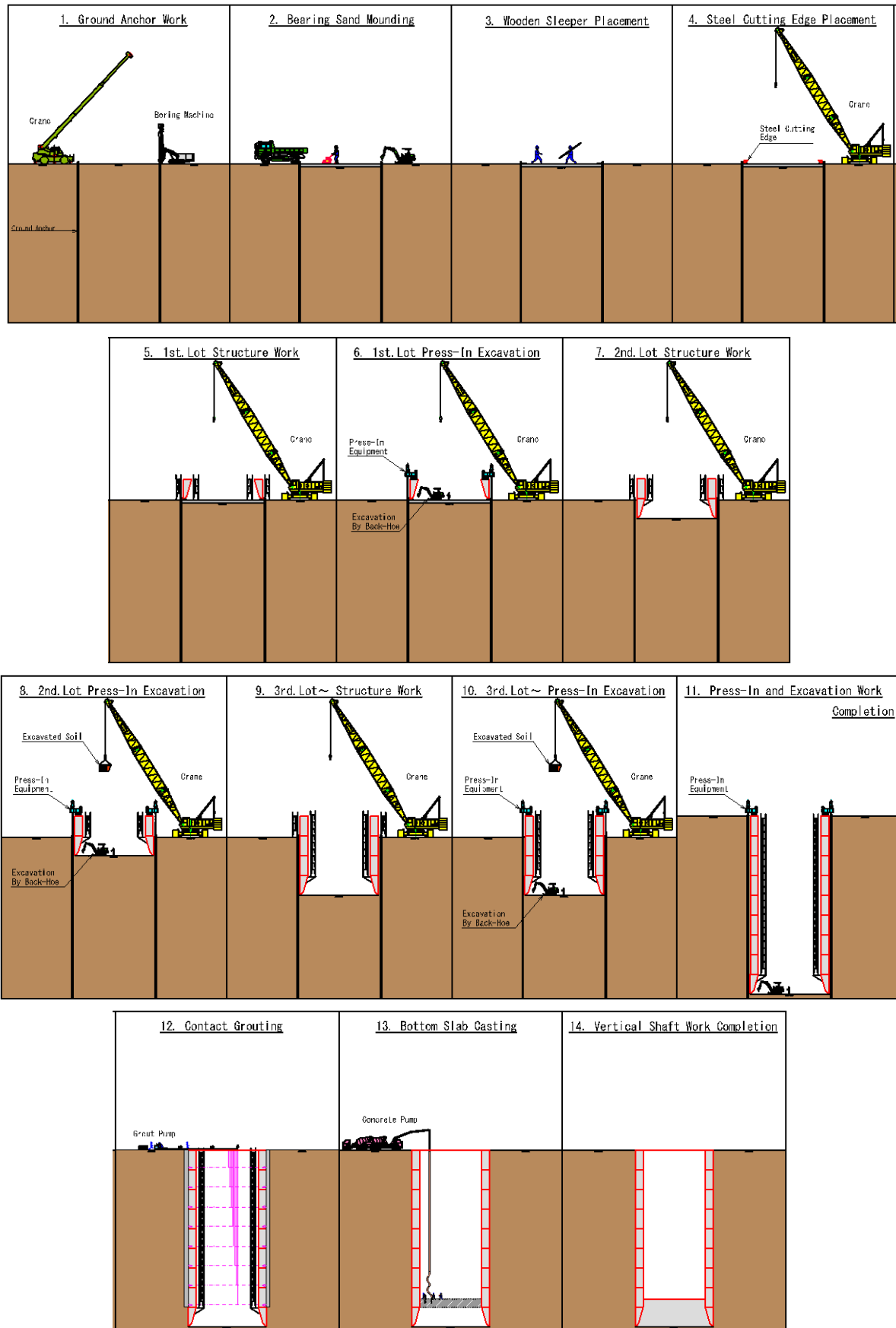
【京都桂貯留池整備工事】

出典：建設プラザ HP (<http://www.kensetsu-plaza.com/kiji/post/6751>)

図 7.5.13 圧入ケーソン施工状況写真

a) 施工手順

立坑掘削に湧水が問題とならない一般的な場合の圧入ケーソンの施工手順を図 7.5.14 に示す。立坑位置が確定した後に実施される現位置でのボーリング結果によって掘削地盤強度が高い場合には、刃口切削部の地盤を先行して砂置換する等の対策工が必要となる場合がある。



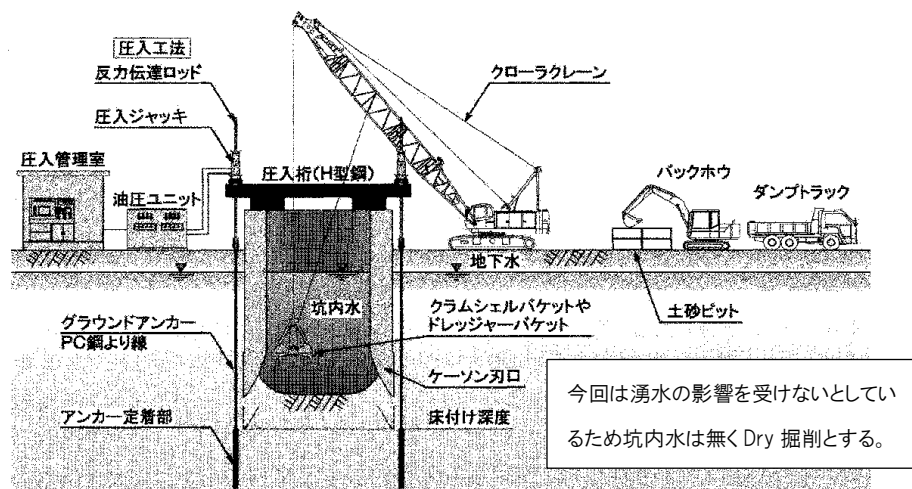
出典：JICA 調査チーム

図 7.5.14 圧入ケーソン施工手順図

b) 施工概要

一般的な圧入ケーソンの施工は図 7.5.15 に示す機器、配置で実施する。表層は軟弱層であるため刃口自重を支持できないことが懸念される。この場合は十分に地耐力を有する土層まで掘り下げて施工基面を造成する、または地盤改良により地耐力を確保する等の対策が必要となる。

また、反力用アンカーはケーソン床付け深度以深に定着部を設けることになる。本ケースの場合 80 m 以上のアンカー長となることより、除去式とすることは困難であるため、アンカーテンドン上部を切断して残置することを基本とする。



出典：シールド工専用立坑の設計（土木学会）

図 7.5.15 圧入ケーソン施工概要図

iii) 施工方法の選定

表 7.5.8 に、RC 連続地中壁工法とオープンケーソン工法の概要を示す。

表 7.5.8 立坑施工方法比較表

項目	RC 連続地中壁	オープンケーソン
計画条件	立坑内空 ϕ 30 m、②立坑床付け深さ：Max 74.2 m、③土被り 50 m で ϕ 13.6 m のシールド発進用開口	
適用規模	内空	制限なし
	床付け深さ	根入れ長 140 m
	壁厚	3 m
本立坑への適応性	本立坑は内水圧が作用するため、連続地中壁の内側に躯体を構築しなくてはならないため、その分、連続地中壁の内径が大きくなり、壁面積が増える。また、内側躯体の構築の分工程が長くなる。	NATM のロックボルトを構造物の一部としてとらえ、50 m の土被りを確保すると、現時点での施工実績の最大深度より深くなるが施工は可能。 地上で完成形の形状で構築した躯体を沈設するためシールド開口を考慮した合理的な構造とすることができる。
工期	RC 連続壁構築：24 ヶ月 掘削：10 ヶ月 内側躯体構築：19 ヶ月	先行削孔（砂置換）：16 ヶ月 ケーソン工（掘削・躯体構築含む）：33 ヶ月 合計：49 ヶ月

項目	RC 連続地中壁	オープンケーソン
	合計：53 ヶ月	
工事費	RC 連続壁構築：34 億円 掘削：6 億円 内側躯体構築：23 億円 合計：63 億円	先行削孔（砂置換）：20 億円 ケーソン工（掘削・躯体構築含む）：28 億円 合計：48 億円
評価	△	○

凡例：○:Good/Possible、△:Not Good/Some Problems

出典：JICA 調査チーム

(3) 流入部開水路工の施工方法検討

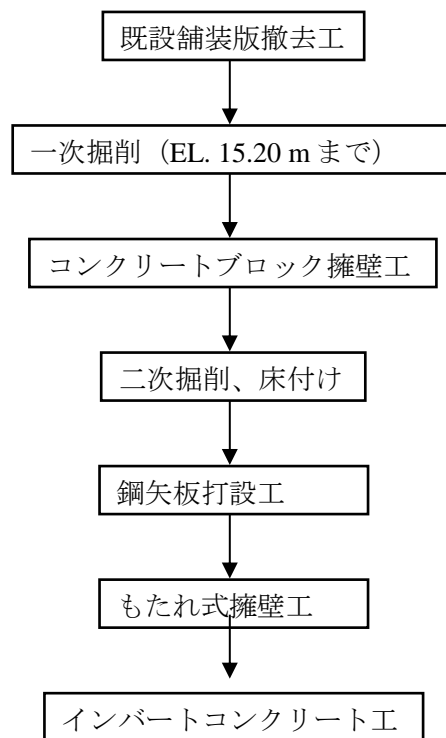
1) 施工手順

i) 他工種との関係

流入部開水路工は、他工種との取り合いがなく、着工後発進立坑築造工と並行して工事を進めることが可能である。ただし、立坑築造やトンネル施工に伴い発生した残土や資機材搬入のルートは確保する必要がある。

ii) 流入部開水路工の施工フロー

流入部開水路工の施工フローを図 7.5.16 に示す。



出典：JICA 調査チーム

図 7.5.16 流入部開水路工の施工フロー

2) 使用建設機械

以下に流入部開水路工で使用するものが想定される建設機械を示す。土質調査結果から軟岩が出るものが想定される。この場合、リッパ付きブルドーザによる掘削が必要となる。

表 7.5.9 開水路工における使用建設機械

作業内容		使用建設機械
土工事	既設舗装版撤去工	ジャイアントブレイカー (ベースマシーン：バックホウ)
	掘削 (土砂)	バックホウ、ブルドーザ
	掘削 (軟岩)	リッパ付きブルドーザ、ジャイアントブレイカー
	積込み	バックホウ、ペイローダ
	運搬	ダンプトラック
	不陸整正	ブルドーザ
	締固め	振動ローラー、タイヤローラー、コンパクター、ランマー、ブルドーザ
	法面整形	バックホウ
	鉄筋、型枠材吊込み	ラフタークレーン
コンクリート構造物工	生コン締固め	コンクリートバイブレーター
	生コン運搬	コンクリートミキサー車
	生コン打設	コンクリートポンプ、ラフタークレーン+ホッパー
	鋼矢板打設	パイプロハンマー (ベースマシーン：バックホウ)

出典：JICA 調査チーム

(4) 残土運搬処分計画

1) 残土運搬計画

パラニャーケ放水路工事において特に留意が必要な点は、工事から発生する残土をどのように処分するかである。このため残土処分場所を念頭に置き施工計画を立案する。

トンネル部の施工にシールド工法を選択する場合、シールドマシン 1 台の施工を前提とすると、ラグナ湖側からマニラ湾側への掘進とするか、マニラ湾側からラグナ湖側への掘進とするかになる。マニラ湾はラムサール条約により保護されているため埋め立ては難しく、臨海地区も開発が進んでいるため残土処分用地を確保するのは極めて困難である。これに対してラグナ湖側は、湖への埋め立て・仮置きに対する実現可能性は低くないことより残土が発生する発進立坑をラグナ湖側として計画する。

トンネル部の施工に NATM を選択する場合にはラグナ湖側及びマニラ湾側の両側から掘り進め地中接合することが前提となるため、双方の立坑から残土が発生することになる。ただし NATM の掘進速度はシールド工法ほど早くないため、日当りの発生残量は少なく、交通量の多い時間帯に発生する残土はストックしておき、交通量の少ない夜間にダンプトラックにてラグナ湖の残土処分場へ搬出する計画とする。

以下にシールド工法と NATM 各々の日当たり最大発生残土量を示す。

i) シールド工法日当たり最大発生残土量

シールド工事の平均月進距離を 350 m と考えた場合、最大月進距離はこの 5 割増しとして 525 m/月として考える。なお、5 割増しは日本や東南アジアで行われたシールド工事の実績を基に想定した

$$13.56 \times 13.56 \pi / 4 \times 525 / 30 = 2,527 \text{ m}^3/\text{日}$$

$$2,527 \text{ m}^3/\text{日} \times 1.3 = 3,285 \text{ m}^3 \quad (\text{土の体積変化率 (軟岩 I)} = 1.3 \text{ を考慮})$$

$$3,285 \text{ m}^3 / 5 \text{ m}^3/\text{台} = 657 \text{ 台/日}$$

$$657 \text{ 台/日} / 24\text{hr} = 27.4 \text{ 台/hr} \Rightarrow 2 \text{ 分 } 10 \text{ 秒に } 1 \text{ 台の間隔で土砂ダンプが残土を運搬}$$

※ダンプの走行が 24 時間制限を受けない条件とする。

ii) NATM 日当り最大発生残土量 (1 立坑当り)

NATM 工事の平均月進距離を 80 m と考えた場合、最大月進距離はこの 5 割増しとして 120 m/月として考える。なお、5 割増しは日本や東南アジアで行われた NATM 工事の実績を基に想定した。

$$13.56 \times 13.56 \pi / 4 \times 120 / 30 = 578 \text{ m}^3/\text{日}$$

$$578 \text{ m}^3/\text{日} \times 1.3 = 752 \text{ m}^3 \quad (\text{土の体積変化率 (軟岩 I)} = 1.3 \text{ を考慮})$$

$$752 \text{ m}^3 / 5 \text{ m}^3/\text{台} = 151 \text{ 台/日}$$

$$151 \text{ 台/日} / 6\text{hr} = 25.2 \text{ 台/hr} \Rightarrow 2 \text{ 分 } 20 \text{ 秒に } 1 \text{ 台の間隔で土砂ダンプが残土を運搬}$$

※ダンプの走行を 22 時～翌 4 時の 6 時間に限定した条件とする。

2) 残土処分計画

i) 発生残土量

発生残土量は、抽出されたルート 1 (Lower Bicutan - 南パラニャーケ川)、ルート 3 (Sucut - ザポテ川) について、各々シールド工法を適用するケース、NATM を適用するケースについて算出した。なお、土量変化率は「施工パッケージ型積算基準」(H28.10、国土交通省)の軟岩 I を用いている。

表 7.5.10 パラニャーケ放水路建設に伴う発生残土量

【条件】：ルートA, シールド工法			【土量】			
トンネル	掘削径	Φ13.56 m	工種	実掘削土量	運搬土量	盛立土量
	掘削延長	6 km		1.0	1.3	1.2
取水立坑	掘削径	37 m	トンネル	866,484 m ³	1,126,429 m ³	996,457 m ³
	掘削深さ	75 m	取水立坑	80,641 m ³	104,833 m ³	92,737 m ³
排水立坑	掘削径	37 m	排水立坑	88,167 m ³	114,617 m ³	101,392 m ³
	掘削深さ	82 m	開水路	440,633 m ³	572,823 m ³	506,728 m ³
			合計	1,475,925 m ³	1,918,702 m ³	1,697,314 m ³

【条件】：ルートD, シールド工法

トンネル	掘削径	Φ13.56 m
	掘削延長	8.6 km
取水立坑	掘削径	37 m
	掘削深さ	75 m
排水立坑	掘削径	37 m
	掘削深さ	82 m

【土量】

工種	実掘削土量	運搬土量	盛立土量
	1.0	1.3	1.2
トンネル	1,241,960 m ³	1,614,548 m ³	1,428,254 m ³
取水立坑	80,641 m ³	104,833 m ³	92,737 m ³
排水立坑	88,167 m ³	114,617 m ³	101,392 m ³
開水路	152,577 m ³	198,350 m ³	175,464 m ³
合計	1,563,345 m ³	2,032,349 m ³	1,797,847 m ³

【条件】：ルートA, NATM工法

トンネル	掘削径	Φ13.56 m
	掘削延長	6 km
取水立坑	掘削径	32 m
	掘削深さ	75 m
排水立坑	掘削径	32 m
	掘削深さ	82 m

【土量】

工種	実掘削土量	運搬土量	盛立土量
	1.0	1.3	1.2
トンネル	866,484 m ³	1,126,429 m ³	996,457 m ³
取水立坑	60,319 m ³	78,414 m ³	69,366 m ³
排水立坑	65,948 m ³	85,733 m ³	75,841 m ³
開水路	440,633 m ³	572,823 m ³	506,728 m ³
合計	1,433,384 m ³	1,863,399 m ³	1,648,391 m ³

【条件】：ルートD, NATM工法

トンネル	掘削径	Φ13.56 m
	掘削延長	8.6 km
取水立坑	掘削径	32 m
	掘削深さ	75 m
排水立坑	掘削径	32 m
	掘削深さ	82 m

【土量】

工種	実掘削土量	運搬土量	盛立土量
	1.0	1.3	1.2
トンネル	1,241,960 m ³	1,614,548 m ³	1,428,254 m ³
取水立坑	60,319 m ³	78,414 m ³	69,366 m ³
排水立坑	65,948 m ³	85,733 m ³	75,841 m ³
開水路	152,577 m ³	198,350 m ³	175,464 m ³
合計	1,520,804 m ³	1,977,045 m ³	1,748,925 m ³

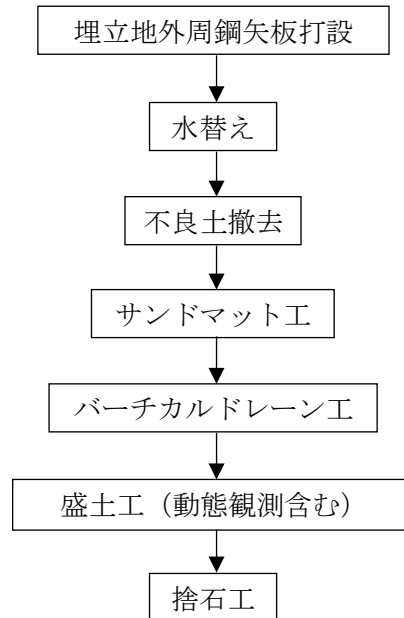
出典：JICA 調査チーム

ii) 残土処分計画

発生残土は発進立坑から 10 km 以内、つまりメトロマニラに隣接したラグナ湖の埋立残土処分場にダンプトラックにて運搬、処分することを基本とする。

3) 残土の再利用について

本調査では、上述の通りラグナ湖に設けた指定残土処分場への運搬、処分までとする。ただし、他のオプションとして残土をラグナ湖内に埋立て、新たな土地を造成するために再利用するという考え方があり、この場合、造成地盤の沈下・水平変位等の不具合を最小限に抑える対策が必要であり、想定される施工フローは図 7.5.17 に示すとおりである。



出典：JICA 調査チーム

図 7.5.17 残土再利用の施工フロー

また、再利用に想定されるコストは、約 2,300 百万ペソである。なお、コスト算出はルート 3、シールド工法の場合で検討し、盛土工数量は盛土面積 45ha、盛土高 4m、盛土量 180 万 m³ と仮定した。

7.5.2 調達計画

(1) マニラ首都圏における資機材・労務調達事情

パラニャケ市はマニラ首都圏に位置しており、一般的なコンクリート工、土工、基礎工等の施工を行ううえで必要な材料、労務、機械の調達に問題が無い地域である。

1) 材料調達

i) 鋼材

鉄筋、鋼矢板、H 鋼等はローカルサプライヤーにより調達できる。ただし、IV型を超える鋼矢板、H-400 x 400 を超える H 鋼等は海外から輸入する必要がある。

ii) 生コンクリート

多くの商業バッチングプラントが存在する。ただし、品質管理、工程管理上の理由から現場にバッチングプラントを設置する場合もある。

iii) 土取場

リサール州のアンティポーロ、アンゴノに土取場が有る。因みに「メトロマニラ西マンガハン地区洪水制御事業」（2000年～2007年施工）では現場近傍のフォートボニファシオより調達したが、現在は開発済みで調達できない。

iv) 骨材

パンパンガ州、リサール州（アンティポーロ、サン・マテオ）等に採石場が有る。

2) 労務調達

現地施工会社が、フィリピン人の一般労務者、技能労働者を豊富に保有している。

3) 機械調達

バックホウ、ブルドーザ、ダンプ等の汎用機械は現地施工業者が保有している。また、近年、建設機械レンタル会社が増え、500 t クレーン等一般的ではない建設機械のレンタルも可能である。

(2) 施工業者の調達方針

パラニャーケ放水路は、フィリピンで過去に例が無い大規模かつ大深度のトンネル構造物であるため、元請施工業者として同種工事の実績が豊富な海外の施工業者を国際入札（ICB）にて選定する必要がある。そのため、まず PQ を行い、PQ 条件で同種工事の経験・実績、能力等を縛ることが重要となる。

(3) パラニャーケ放水路施工における海外調達

上述の通り、マニラ首都圏において一般的なコンクリート構造物や土構造物の施工は過去に多くの実績が有り、調達も問題が無い。しかし、パラニャーケ放水路は、大深度の立坑築造、大規模トンネル工事をシールド工法または NATM で行うもので、フィリピンでは同規模・同種工事の実績が無い。したがって、表 7.5.11 に示す項目で海外調達が必要となると考えられる。なお、シールド工法における主要材料であるセグメントは、海外調達の場合、輸送に大変な労力、費用を要するため、海外のサプライヤーの指導を受けて、現地製作をすることが現実的な方法と考えられる。

表 7.5.11 海外調達が必要な項目

工種	項目		備考
トンネル工事 (シールド工法)	材料	裏込材	
		添加剤 (加泥材)	
	機械	シールド機	調達想定国：日本、欧米（ドイツ、アメリカ等）
		プラント	調達想定国：日本、欧米、シンガポール、中国等
		セグメントリフター	セグメントの立坑内の降ろし作業
	労務	技術指導員	トンネル作業全般
維持管理要員		上記機械の修理、維持管理	
トンネル工事 (NATM)	材料	支保工材（ロックボルト、鋼製支保工）	

工種	項目		備考
	仮設材料	覆工用移動式型枠	
	機械	ドリルジャンボ	油圧式ドリフター搭載 (ロックボルト窄孔)
		ショットクリートマシン	
		送風機	
		計測機器	
	労務	技術指導員	トンネル作業全般
維持管理要員		上記機械の修理、維持管理	
立坑築造工事 (オープンケーソン 工法)	機械	圧入装置一式 ・ボーリングマシン ・反力用アンカー ・圧入ジャッキ ・圧入(加圧)桁 ・刃口金物	日本より調達
	労務	特殊作業員	日本より調達、立坑工事施工班
立坑築造工事 (地中連続壁工法)	機械	掘削機	調達想定国：日本、欧米、 シンガポール等
		泥水処理プラント	同上
	労務	技術指導員	同上
機電工事	機械	ポンプ、換気ファン、除塵機、 ゲート、コントロールパネル等	同上

出典：JICA 調査チーム

7.6 運営維持管理計画

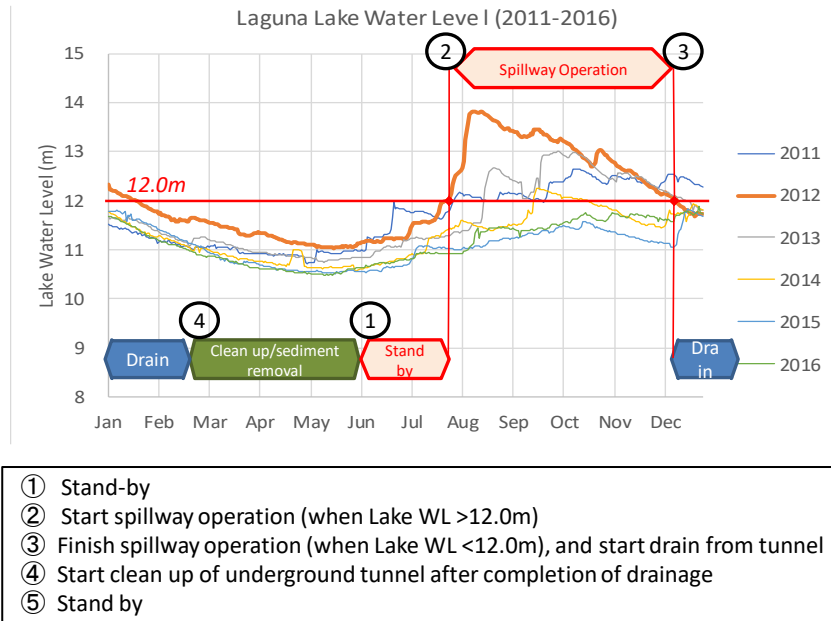
構造物対策の最優先プロジェクトとして提案したパラニャケ放水路に対し、その施設の運営維持管理に必要な事項について整理し、運営維持管理計画を検討した。また、現地での聞き取り調査や資料収集により既存排水路や排水機場の運営維持管理の状況を把握し、運営維持管理費用算定の参考とした。また、今後の更なる調査及び事業実施に際して、本調査を通じて認識した課題及び留意点についてまとめた。

7.6.1 運営維持管理計画の概要

(1) 運営維持管理作業の流れ

提案の排水施設（地下放水路）の運営維持管理作業の流れを図 7.6.1 に示す。ラグナ湖の水位は1年を通して上下し、乾期の終わりの4月～5月に最低となり、雨期の後半の9月～翌年1月にかけて最高となる。当該施設は、ラグナ湖という巨大な調整池からの洪水放流を対象とした施設であり、短期的な出水ではなく、長期的な湖水位の年変動を対象として洪水期の湖水位の上昇を抑制するために運用が行われる。

前述の水理水文解析ならびにパラニャケ放水路の基本設計結果より、雨期に湖水位が EL.12.0 m を超えた時点で、放水路の運用が開始され、その後湖水位が EL. 12.0 m 以下となった時点で放水路の運用を停止する。その後、トンネル内を排水し、トンネル内の清掃、施設、機器設備の点検管理を行い、次期雨期の放水路運用に備える。



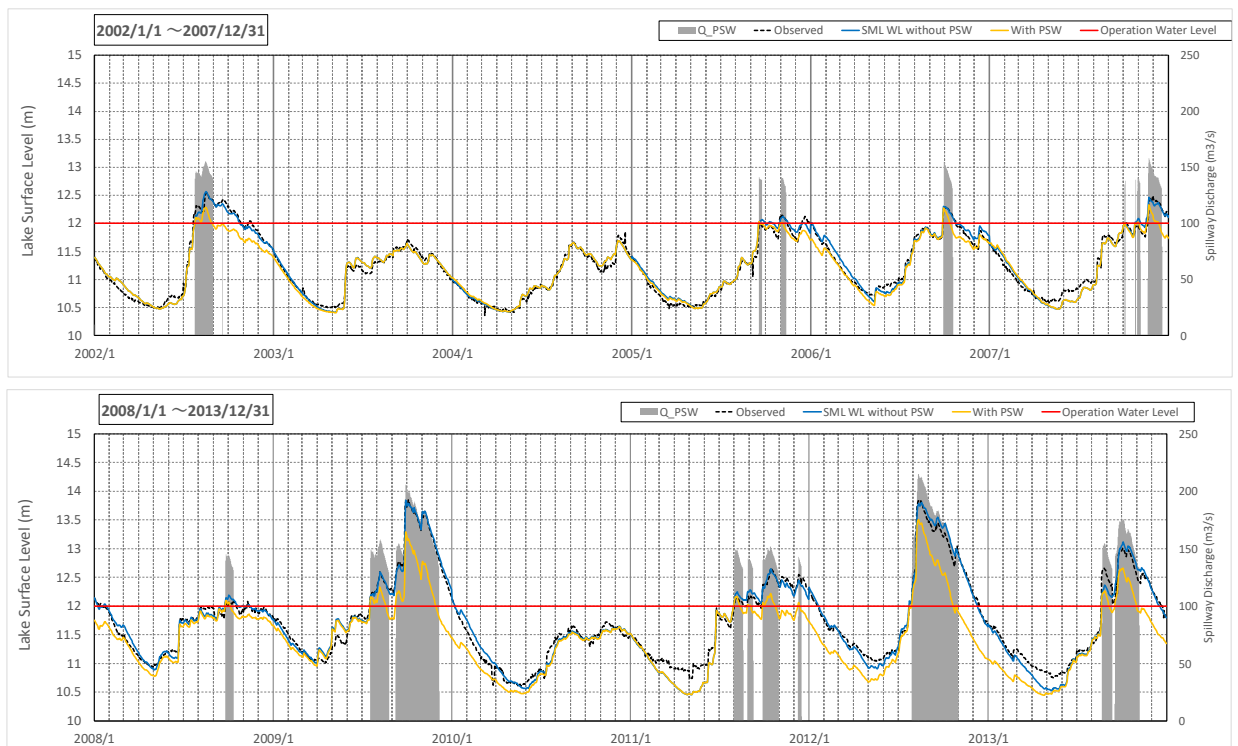
出典：JICA 調査チーム

図 7.6.1 パラニャーケ放水路の年間運用

(2) パラニャーケ放水路運用シミュレーション結果

水文水文解析で実施した 2002 年～2013 年の 12 年間のパラニャーケ放水路の運用再現シミュレーション結果をもとに、放水路運用データの整理を行った。運用シミュレーション結果を図 7.6.2 に示す。

Paranaque Spill Way control level=12.0m



出典：JICA 調査チーム

図 7.6.2 パラニャーケ放水路の運用シミュレーション結果 (2002 年-2013 年)

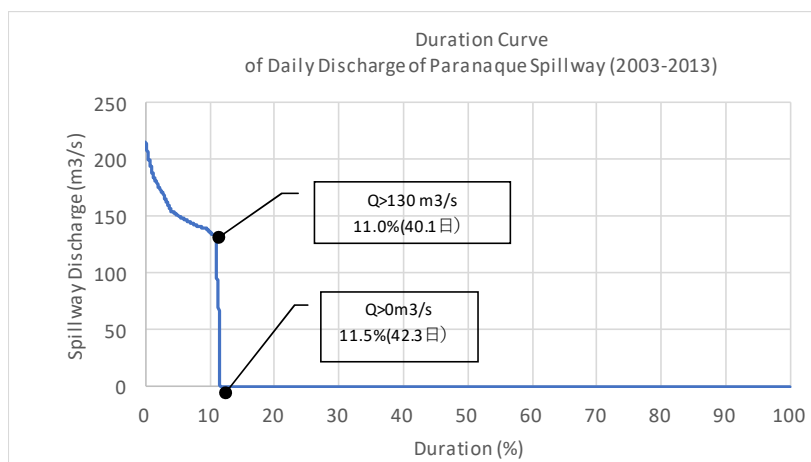
上記のシミュレーション結果に基づく各年の運用時期、運用日数、運用回数、総放流量を下表に示す。放水路の運用時期については、対象 12 カ年で運用されない年が 3 回発生しているが、早い年で 7 月から放流が始まり、遅い年で 12 月に放流が停止する。例えば 2009 年のような豊水年の場合、運用期間が 7 月～12 月の約半年間にわたって継続するケースもある。放水路の年間運用日数については、年ごとにバラツキがあり、平均の年間運用日数は 42 日間である。放水路の通水から停止までの操作を 1 回の運用回数と定義すると、平均の年間運用回数は 1.7 回である。また、平均の年間総放流量は 5 億 5600 万 m^3 である。シミュレーションデータに基づき作成した日放流量の頻度曲線を図 7.6.3 に示す。

表 7.6.1 パラニャーク放水路運用シミュレーション結果

年	運用時期	運用日数	運用回数	総放流量 (百万 m^3)
2002	7月～9月	39	3	483
2003	—	0	0	0
2004	—	0	0	0
2005	9月～11月	19	2	209
2006	10月	21	1	251
2007	10月～12月	41	4	481
2008	9月～10月	17	1	205
2009	7月～12月	129	2	1,785
2010	—	0	0	0
2011	8月～12月	73	4	846
2012	7月～10月	95	1	1,444
2013	8月～11月	74	2	963
最低	-	0	0	0
最大	-	129	4	1,785
年平均	-	42.3	1.7	556

出典：JICA 調査チーム

上述のように放水路の運用日数 ($Q > 0 m^3/s$) は、年間約 42.3 日で、頻度は 11.5 % である。また、放水路は運転開始水位 (EL.12.00 m) を設けて運用する計画であり、運転開始水位時の通水量 $130 m^3/s$ 付近に頻度曲線の変曲点がある。この流量以上で運用される期間は年間約 40.1 日間 (11.0 %) である。したがって、放水路運用時の殆どの期間は、水路の通水量が $130 m^3/s$ 以上となり、その間の水路流速は速い。(通水量 $130 m^3/s$ 時を想定し、トンネル内径を 12.0m とした場合、水路内の断面平均流速は 1.2 m/s)



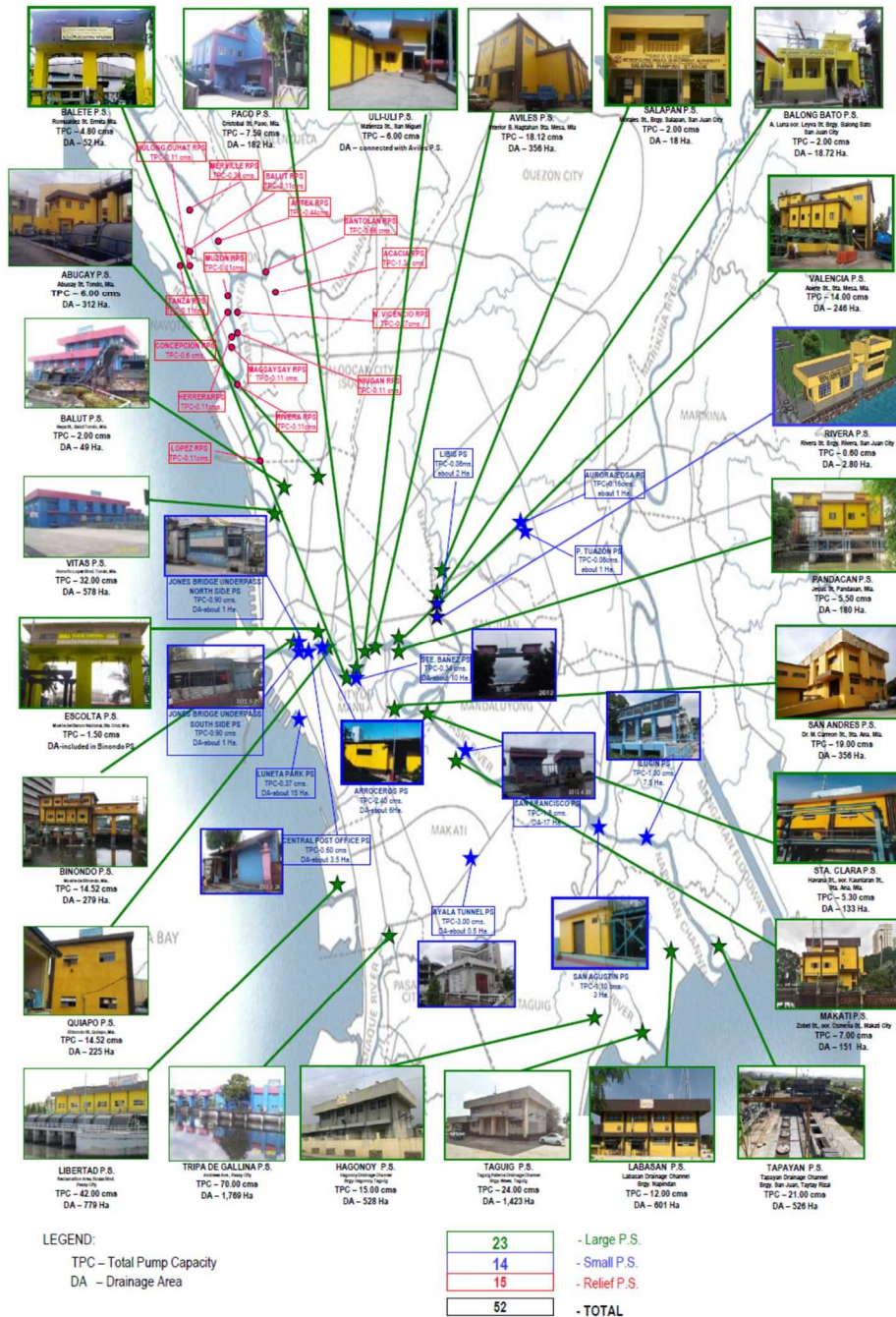
出典：JICA 調査チーム

図 7.6.3 パラニャーク放水路の日放流量の頻度曲線

(3) フィリピンの既存排水機場の運営維持管理に関わる現状調査

マニラ首都圏における排水路、排水機場の管理は 2002 年より MMDA が担当している。MMDA 管轄の既存ポンプ場の位置図を次図に示す。提案した排水施設の運営維持管理の参考とするため、MMDA 担当者、排水機場の運営維持管理担当者と面談し、既存排水機場の現地視察を行い、運営管理の実態について調査を実施した。結果は次のとおりである。

LOCATION MAP OF PUMPING STATIONS



出典：MMDA

図 7.6.4 メトロマニラ MMDA 管轄の排水機場位置図

- 排水機場の運営管理は、通常、24時間体制、3シフトで実施している。洪水時は、残業等で作業人数を増やすよう調整している。
- 排水機場の建設時に運営維持管理マニュアルが作成されているが、その後の更新は無い。
- 排水機場の運転操作については、機場毎に運用ルールが定則化され、運転開始水位、運転完了水位が定められている。これに従って、現場の判断で運転操作が実施される。停電時に備え、排水機場にはディーゼル発電機が併設されている。
- 所員による機械設備の通常のメンテナンスは、注油やボルト締め程度である。大掛かりな修繕は、別途、本部の要員や予算で実施されている。
- 排水機場の調整池に大量の土砂と固形ごみ、ホテアオイが堆積する。調整池とそれに接続する排水路の土砂やゴミの浚渫作業は、主に DHWP が担当し、おおよそ年に1度の割合で実施されている。
- 排水機場の流入工に、自動除塵機とその背面にスクリーンが設置されている。雨季の出水時には、大量の浮遊ごみやホテアオイが流入し、除塵機と人力により除去作業が行われる。雨期のゴミの除去量は、市街地の機場では毎日平均約 3 m³～6 m³、約 18 m³となる。VITAS 排水機場では、上流河川の護岸工事に伴い、河岸沿いに居住していた不法居住の移転を行ったことから、ゴミの除去量は 30 m³から 18 m³に減少した。
- 集積された排水機場の固形ゴミは、LGUs が回収し、処分場へ運搬され、最終処理されている。
- 各排水機場は、基本情報掲示板、排水系統位置図、施設設備台帳、稼働形態を示した組織図を所有、管理している。排水機場の操作記録が日誌につけられており、各ポンプ、各発電機の操作時間と燃料・電力消費量や、回収したゴミの量などが記録されている。
- MMDA の所有する排水機場・洪水ゲート・整備場 35 箇所の 2014 年～2017 年の年間予算実績（2017 年は第 2 四半期までのもの）を収集した。そのデータを表 7.6.2 に示す。水機場の年間の維持管理予算は、過去 4 年間で大きな増減はなく、1 億～1 億 2 千万ペソ/年である。燃料代、電気代、人件費が主な支出項目であり、全体に対する比率はそれぞれ 21 %、26 %、47 %である。

表 7.6.2 MMDA 既存排水機場の過去の予算実績（2014～2017）

年	2014	2015	2016	2017 (1月～6月)	平均 (2014～2016)	
過同時間 (時間)	23,045	13,421	18,472	3,896	18,313	
消費燃料 (ltr)	928,105	537,055	435,968	69,621	633,709	
費用 (ペソ)						
燃料	39,878,540	18,956,680	13,691,488	2,218,341	24,175,569	21.9%
電気	15,595,996	25,006,306	45,954,338	17,061,832	28,852,213	26.2%
上水	3,102,130	3,553,912	3,706,934	1,344,384	3,454,325	3.1%
電信	101,531	101,531	101,531	69,097	101,531	0.1%
労務	49,995,156	51,754,937	52,729,491	28,727,213	51,493,194	46.7%
その他	1,889,817	1,281,567	3,115,101	2,046,550	2,095,495	1.9%
合計	110,563,170	100,654,933	119,298,883	51,467,417	110,172,327	100%

出典：MMDA-FCSMO 提供資料

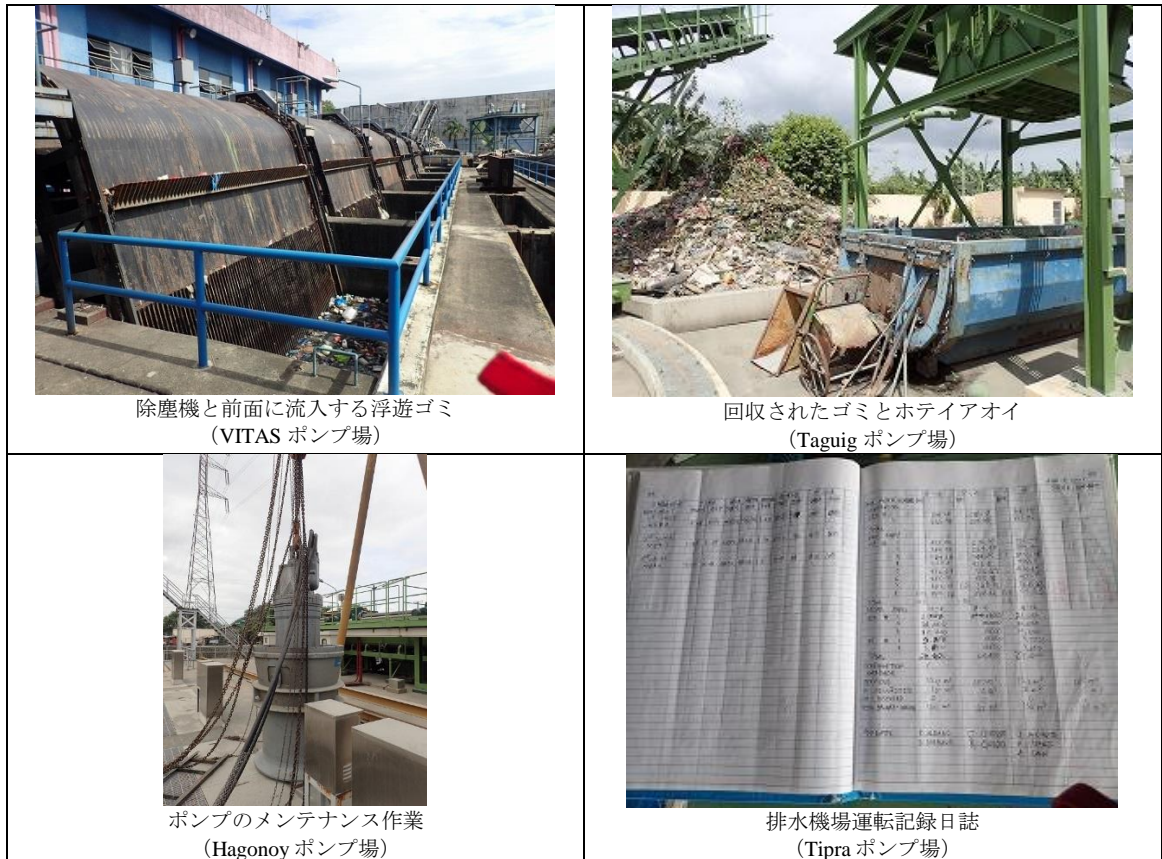


図 7.6.5 メトロマニラにおいて MMDA が管理するポンプ場の維持管理状況

(4) 日本のトンネル河川の運営維持管理に関わる現状調査

日本のトンネル河川の運営維持管理の事例として、環七地下調整池、外郭放水路の関連情報の収集・ヒアリングを行った。結果を表 7.6.3 及び表 7.6.4 に整理する。

表 7.6.3 日本のトンネル河川の運営維持管理に関わる基本諸元

項目		環七地下調整池	外郭放水路
基本諸元	完成年月	2008年5月	2006年
	貯留量	54万 m ³	67万 m ³
	内径	12.5 m	10.6 m
	延長	4.0 km	6.3 km
	立坑数	7箇所	5箇所
	排水機場	なし	3,000 m ³ /min (50 m ³ /s) x 4台
	トンネル排水ポンプ	50 m ³ /min x 4台	80 m ³ /min x 2台
	事業費	1,030億円	2,310億円 ^{*1}

注*1：用地費10%程度、公務員人件費10%程度を含む

表 7.6.4 日本のトンネル河川の維持管理費用

項 目		環七地下調整池		外郭放水路	
維持管理	計画排水日数	2日以内		5日以内	
	ポンプ・ゲート点検頻度	月1回		日1回（ガスタービン）	
	トンネル内清掃・土砂除去	毎年1回 （3カ月程度）		3年～4年に1回定期的に土砂除去	
年間維持管理費用	清掃	9,800万円*1	43.6%	7,000万円*2	10.4%
	機械整備	6,300万円	28.0%	2億3,000万円	34.3%
	修繕（機械）	—	-	2億8,000万円	41.8%
	光熱費（燃料）	6,400万円	28.4%	7,000万円	10.4%
	除草、他	-	-	2,000万円	3.0%
	合計	2億2,500万円	100%	6億7,000万円	100%
		(対事業費 0.22%)		(対事業費 0.36%)	

注*1：環七地下調整池では、毎年土砂除去・清掃を実施。撤去土砂量は約1,539 t/年。

注*2：外郭放水路では、3～4年に1回定期的に土砂除去を実施。平成28年の撤去土砂量は3年分で約3,900 m³。単位体積重量1.5 t/m³とすると1,950 t/年。

出典：調査チームの環七地下調整池、外郭放水路関係者への聞き取り調査結果

- 年間の維持管理費の主な内訳は、清掃・土砂撤去、設備の修繕維持、光熱費(燃料)である。
- 年間の維持管理費は、それぞれ2.2億円、6.7億円で対象事費の0.22%、0.36%である。
- パラニャーケ放水路は、その貯留量で見るとこれらの2事例とほぼ同規模（貯留量88万m³）であり、同等の維持管理費用を要すると推察される。
- トンネル内の堆砂処理費用の単価は、実績より約3.6～6.4万円/tである。この費用には、トンネル内の高圧洗浄車による洗浄、立工でのバキューム車による吸引、搬出した土砂・ヘドロの最終処分費用などが含まれている。

環七地下調整池： 9,800万円 / 1539 t = 6.4万円/t（約29,300ペソ/t）

外郭放水路： 7,000万円 / 1950 t = 3.6万円/t（約16,500ペソ/t）

(5) パラニャーケ放水路の運営維持管理計画

1) 運営維持管理の対象施設

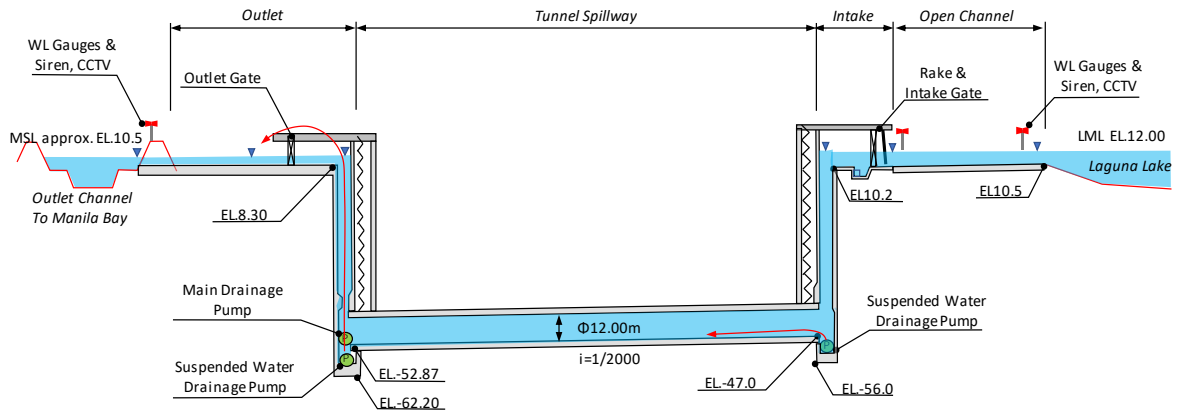
提案のパラニャーケ放水路の運営維持管理の対象となる主要施設、設備を表 7.6.5 及び図 7.6.6 に示す。

表 7.6.5 パラニャーケ放水路の運営維持管理対象施設

施設名	設備項目	運営維持管理の対象となる主な機器・設備
取水施設	建築・土木設備	取水口、取水路、沈砂池、調整槽、流入立坑、管理所
	除塵設備	スクリーン、除塵機
	ポンプ設備	濁水排水設備、監視・操作制御設備
	換気設備	排気ファン
	搬入、搬出、昇降設備	車両用リフト、維持管理用ホイスト、乗用エレベータ、階段、地下連絡圧力扉
	電源設備	ディーゼル発電機、商用電源設備、燃料タンク
	水位・流量監視設備	水位計、流量計、遠方監視装置、サイレン

施設名	設備項目	運営維持管理の対象となる主な機器・設備
	水位・流量調整施設	ゲート・角落
排水施設	建築・土木設備	排水立坑、ポンプ場、放水口、放水路、管理所、倉庫、
	ポンプ設備	主ポンプ設備、濁水排水設備、監視・操作制御設備
	換気設備	排気ファン
	搬入、搬出、昇降設備	車両用リフト、維持管理用ホイスト、乗用エレベータ、階段、地下連絡圧力扉
	電源設備	ディーゼル発電機、商用電源設備、燃料タンク
	水位・流量監視設備	水位計、流量計、遠方監視装置、サイレン
	水位・流量調整施設	ゲート・角落
地下トンネル	建築・土木設備	流入立坑、排水立坑、地下トンネル
	洗浄・清掃設備	人力清掃機械、高圧洗浄車、ホイローダ、バキューム車など
	換気設備	給排気ファン、脱臭設備

出典：JICA 調査チーム



出典：JICA 調査チーム

図 7.6.6 パラニャーク放水路の運営維持管理対象施設

2) 運営維持管理項目

パラニャーク放水路の運営維持管理形態は、洪水期の運用と平常時の維持管理に区分できる。この区分に沿って、運営維持管理の項目と作業の流れを以下に整理する。

<A:洪水期の運営維持管理>

- (A-1) 洪水放流準備
- (A-2) 洪水放流運転
- (A-3) 洪水放流後のトンネル内排水、換気、清掃、排砂

<B: 平常時の運営維持管理>

- (B-1) 平常時の維持管理

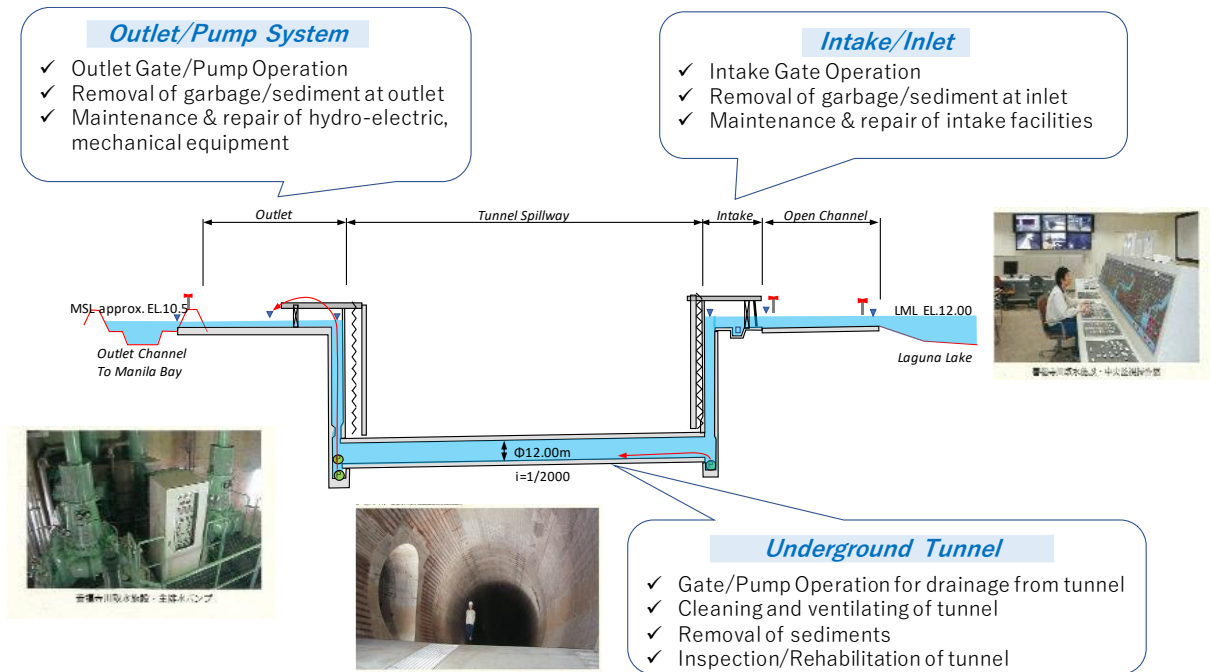


図 7.6.7 地下トンネル放水路の運営維持管理項目

i) 洪水期の運営維持管理

洪水時の運営維持管理として、洪水発生前の事前準備から、洪水放流運転、並びに洪水放流後のトンネル排水・換気・清掃・排砂までの一連の作業について記述する。これらの管理の実施主体は施設管理者である。なお、取水口で除去された固形ゴミの搬出、処理や、調整槽の浚渫土砂の搬出処理は、関連の自治体の協力のもと管理を行う必要がある。

表 7.6.6 排水施設（地下トンネル放水路）の洪水時の運営維持管理項目

運営維持管理項目	作業内容	作業細目	実施者
(1) 洪水放流準備	湖面水位の監視と施設の操作運用準備	湖面水位を監視し、計画放流水位（EL.12.0m）に達した時点で、全ての施設が円滑に作動できるように事前準備を行う。	施設管理者
(2) 洪水放流運転	ゲートの運転操作（放流開始時）	雨季前半に湖面水位がEL. 12.0 m以上に上昇した時点で、取水口ゲートを開け、取水を開始する。排水施設側の放流ゲートは、逆流防止のため閉じた状態で通水させ、排水立坑水位が上昇し、排水河川水位と立坑水位がバランスした時点で放流ゲートの開操作を行い、放流運転を開始する。	施設管理者
	取水口への円滑な流入状況の監視	取水開始前に、ラグナ湖流入部、開水路、取水工内の安全を確認し、周辺自治体、関係機関に通知を行う。 放流運転中は、目視、遠隔監視装置により取水口の流入状況を監視し、浮遊物などにより取水口の閉塞が起こることなく、ラグナ湖から取水施設への円滑な流入が確保されていることを確認する。	施設管理者
	取水工スクリーンの除塵	取水工に設けられるスクリーン、除塵機により適時塵埃の除去を行う。	施設管理者 LGUs

運営維持管理項目	作業内容	作業細目	実施者
	排水施設から排水河川への円滑な放流状況の監視	放流前に、排水河川の安全を確認し、周辺自治体、関係機関に通知を行う。洪水の排水河川への放流後は、遠隔監視装置により排水施設の放流状況を監視し、排水河川への急激な放流や水位上昇が起こることなく、円滑に排水されていることを確認する。	施設管理者
	ゲートの運転操作 (放流停止時)	雨季後半に湖面水位がEL. 12.0 m以下に低下した後に取水工、放流工ゲートを閉じて放流運転を停止する。	
(3) 洪水放流後のトンネル内排水、換気、清掃、排砂	トンネル内の排水	雨期の後半に湖面水位がEL. 12.0 m以下に低下し、また当面、洪水の再来が予想されないことを気象情報等により確認した後、排水施設側立坑に備える主排水ポンプによるトンネル内の貯留水を排水する。トンネル抜水の所要期間は5日を想定する。 その後、取水工側立坑釜場の残水を濁水排水ポンプでトンネル内へ排水する。最後に排水立坑釜場の残水・ヘドロを濁水排水ポンプで、排水河川へ排出する。	施設管理者
	トンネル換気、清掃	トンネル内は排水立坑に備える換気設備による強制換気を行い、安全な酸素濃度が確保できた段階で、清掃作業を開始する。 トンネル壁面、インバートに付着した浮遊物や沈殿物を人力あるいは高圧洗浄作業車等により排除する。	施設管理者
	トンネル内の土砂・ゴミの搬出	清掃し除去された浮遊物や沈殿物はインバート部に設置した溝によりトンネル下流端の排水立坑部に設置されたピットに集められる。 液状のものは排水ポンプにより排出し、固形物はコンテナ等に入れて立坑内に設置されたエレベータにより搬出する。	施設管理者 LGUs

出典：JICA 調査チーム

ii) 平常時の維持管理

平常時の運営維持管理の項目と作業の流れを表 7.6.7 に示す。

表 7.6.7 排水施設（地下トンネル放水路）の洪水時の運営維持管理項目

運営維持管理項目	運営維持管理作業	作業細目	実施者
平常時の運営維持管理	ラグナ湖湖岸の定期的な清掃と浚渫	取水施設周辺のラグナ湖湖岸の清掃や浮遊ゴミ、ホテイアオイの除去を行う。 また、取水施設周辺の湖岸に土砂の堆積が見られる場合は、重機による土砂の浚渫を行う。	LLDA LGUs
	取水施設の土砂の除去	取水施設に土砂の堆積が見られる場合は、人力または重機による土砂の除去を行う。除去した土砂は処理場への搬出・運搬する。	施設管理者 LGUs
	トンネル内の点検と計測	トンネル内全体を目視により点検し、変状、ひび割れ、漏水などの異常がないことの確認を行う。異常が認められた場合は、詳細な計測や評価を行い、原因を特定し、必要な対策を講じる。	施設管理者

運営維持管理項目	運営維持管理作業	作業細目	実施者
	土木施設、設備機器の保守・点検	土木施設、遠隔監視装置、エレベータ、排水ポンプなどの設備機器の動作確認を行い、設備機器の機能に問題のないことを確認する。 問題が認められた場合は、修理・調整などの必要な作業を行い、再度確認を行う。	施設管理者

出典：JICA 調査チーム

(6) 運営維持管理の体制

現在、大規模洪水対策施設の運営維持管理は、DPWH-UPMO が担当している。一方、マニラ首都圏地域の排水路、排水機場の管理は MMDA が担当している。

パラニャーケ放水路は、メトロマニラ首都圏内に位置するが、その運用の影響と裨益効果は、MMDA 管轄外のラグナ湖沿岸のラグナ州やリサール州にももたらされる。したがって、パラニャーケ放水路の運営維持管理については、裨益範囲やその予算規模や必要な技術者数の面から、DPWH-UPMO が主体となることが適切と考えられる。ただし、機場の運営や維持管理のノウハウや豊富な経験を MMDA が有していることから、同庁の技術者や維持管理設備を活用して、運営維持管理の実務を DPWH と共同で行うことが望ましい。パラニャーケ放水路の運営維持管理は、DPWH-MMDA で構成された新たな施設管理機関により行い、将来的には、既存の排水機場の事例と同様に運営維持管理を MMDA に全面的に移管していくことも考えられる。

DPWH、MMDA 双方を交え、運営維持管理における役割・責任分担の調整を今後の事業計画段階で行うことが必要である。

(7) 運営維持管理の予算

ラグナ湖全域の総合洪水管理における主要施設となる地下トンネル放水路とそれに付属する排水機場の維持管理に費用は大別すると以下の3項目に区分される。

- ① 排水ポンプ運転費用
- ② トンネル内清掃・土砂撤去費用
- ③ 設備維持管理費用

1) 排水ポンプ運転費用

i) 排水ポンプ規模の想定

パラニャーケ放水路からの排水は、一つの小規模な洪水を対象として実施するものではなく、ラグナ湖水位が上昇する雨期の長期にわたって洪水放流運用をした後、地下トンネル内に停留した水を排水する計画となる

通常の1洪水を対象とした地下式の洪水調整施設では、洪水後速やかに施設内の水を排水し次期降雨に待機する必要があるが、日本の事例では、その排水時間は一般に12時間～24時間程度で設定されている例が多い。一方、パラニャーケ放水路は、上述した運用形態となることから、短時間にトンネル内の水を排水する必要はなく、ポンプの施設規模や排水

先の下流河川の流下能力などを考慮して、設定する事ができる。ただし、地震後の緊急点検のための抜水や、放流運転停止後の早期の排水による停留水中の汚濁物質や浮遊土砂の沈降、固結化を防止することを目的とし、地下トンネル内の貯留水を（5日）かけて排水するものと想定する。また、ポンプの故障や交代運転を考慮し、2台を組合せる方式とする。

パラニャーケ放水路ルートの有効案 2 案に対し、排水ポンプの必要排水能力を検討すると表 7.6.8 に示すとおりとなる。

表 7.6.8 排水ポンプの必要排水能力

項目		単位	ルート 1 案*1	ルート 3 案
トンネル放水路	内径	m	12.0	12.0
	延長	m	7,800	9,600
	容量*2	m ³	931,600	1,135,200
排水時間		day	5.0	5.0
必要排水能力		m ³ /s	2.04	2.16
排水ポンプ	排水量	—	1.2 m ³ /s x 2 units	1.4 m ³ /s x 2 units
	揚程	m	67.7	67.7
	出力	kW	1,000	1,200

注*1：ルート名は、表 4.3.5 の放水路基本ルート案の選定比較表を参照。

注*2：立坑（取水、排水）の容量を含む。

出典：JICA 調査チーム

ii) 排水ポンプの運転費用の推定

排水ポンプの運転費用については、以下の二つの手法の推定を行った。

- ① 日本の費用関数による排水ポンプの運転費用
 - ② 既存の排水機場の実績に基づく排水ポンプの運転費用
- ① 日本の費用関数による排水ポンプの運転費用の推定

日本では、下水道施設のポンプ場を対象にポンプ設備とその維持管理費の費用関数が下記のように設定されている。

$$(\text{維持管理費}) : C4 = 1.00 \times Q^{0.69} \times (109.9 / 78.1)$$

ここで、C4：ポンプ場維持管理費（百万円/年）、Q：揚水量（時間最大（m³/分）

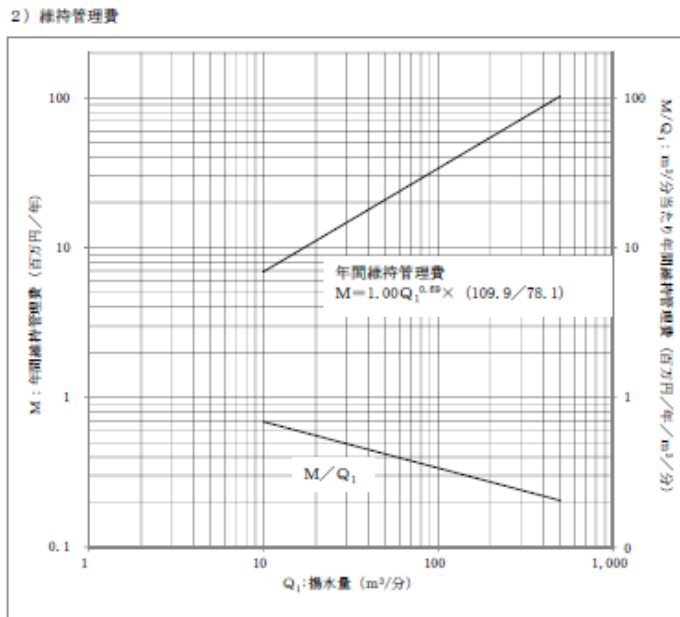


図4-2 ポンプ施設維持管理費の費用関数

出典：流域別下水道整備総合計画指針（平成27年）

図 7.6.8 日本のポンプ施設維持管理費の費用関数（参考）

この費用関数より、揚水量 $Q = 2.4 \sim 2.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ($144 \sim 168 \text{ m}^3/\text{min}$) を想定すると、ポンプ場の概算維持管理費 43.4～48.3（百万円/年）である。なお、ここでいう維持管理費は、ポンプの運転費、機械設備の維持管理費とみなされるもので、トンネル内の清掃、土砂の除去費用は含まれない。

表 7.6.9 日本の費用関数による排水機場の維持管理費（参考）

項目	単位	ルート1案*	ルート3案*
吐出力	m^3/s	2.4	2.8
	m^3/min	144	168
概算維持管理費	百万円/年	43.4	48.3
	百万ペソ/年	19.9	22.1

出典：「流域別下水道整備総合計画指針 H27」を参照し JICA 調査チームが算定

② 既存の排水機場の実績にもとづく排水ポンプの運転費用の推定

MMDA 管理下の既存排水機場のうち、ラグナ湖岸に設置されている西マンガハン地区の4排水機場（Tapayan, Labasan, Taguig, Hagonoy）の運用実績データを下表に示す。このデータを参照し、排水機場の運営維持管理費用の推定を試みた。

上記4排水機場のポンプは、1台 $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$ の吐出力を有する縦型軸流ポンプを使用している。これら4排水機場の2014年から2016年の3年間の平均運転時間は約3,152時間/年で、消費電力量に換算すると約2,560,200 kWh/年であった。

この運転時間水準を達成するために年平均 14,054,200 ペソの予算を消化している。消費電力量換算すると $14,054,200 \div 2,560,200 = 5.49$ ペソ/kWh となる。この単価は、ポンプの運転やその他の重機の稼働に必要な燃料代、電気代、水道代、所内労働者の労務費、スペアパーツ代などを含んでいる。

表 7.6.10 MMDA 西マンガハン地区排水機場の運用実績 (2014 年から 2016 年の平均)

ポンプ場名	基礎情報			運用実績		年間消費電力量	維持管理費	消費電力あたりの維持管理費
	吐出量	集水面積	出力	発電機	ポンプ			
	m ³ /s	ha	kW	時間	時間	kWh	ペソ	ペソ/kWh
Tapayan	21	526	930	792	1,384	1,286,705	4,397,450	3.42
Labasan	12	601	530	566	1,000	530,216	3,528,571	6.65
Taguig	24	1,423	1,060	649	586	621,061	3,323,539	5.35
Hagonoy	15	528	670	195	182	122,143	2,804,602	22.96
合計	72	3,078	3,190	2,201	3,152	2,560,124	14,054,162	5.49

出典: MMDA

ポンプの計画揚程 70 m と計画吐出量 2.4~2.8 m³/s より、排水ポンプ出力は 2,000~2,400 kW 相当となる。排水時間を 5 日 (120 時間) と想定し、その必要電力量と上記の電力量当たりの運転単価から、パラニャーケ放水路の排水機場の運営維持コストは以下のように推定される。

表 7.6.11 既存の排水機場の実績にもとづく排水機場の運営維持管理費

項目	単位	ルート 1 案*	ルート 3 案*
排水期間	日	5.0	5.0
排水ポンプ総出力	kW	2,000	2,400
年間消費電力量	kWh	240,000	288,000
電力量当たり運転単価(実績)	ペソ/kWh	5.49	5.49
年間運転費用	ペソ	1,317,600	1,581,120

出典: JICA 調査チーム

2) 地下トンネル内清掃・土砂撤去費用

i) 地下トンネル内の土砂流入について

維持管理の観点から、極力、地下トンネル内に土砂を流入、堆積させないことが望ましい。そのため、本計画では、地下トンネル内の堆砂量を減じるため以下の方策を講じている。

【掃流砂対策】

流入施設 (取水路) に掃流砂の沈砂機能を持たせ、地下トンネル内に流入する前に除去する。

【浮遊砂・ウォッシュロード対策】

浮遊砂については、対象粒径 0.02cm 程度までの土砂粒子は、流入施設 (取水路) の沈砂機能による沈降、除去を期待する。ただし、これより細粒分の浮遊砂・ウォッシュロードを地下トンネル内に流入する前に除去する事は困難である。

パラニャーケ放水路の通常運用時は、前述したように水路内流速が速い状況下での運用が継続するので、大半の浮遊砂・ウォッシュロードは水路内に沈降せず、下流排水施設から水路外に流出する。一方、放水路運用停止後に水路内の残流水が停留すると、それに含

まれている浮遊砂・ウォッシュロードが水路内に沈降する。これらの沈降した土砂については、運用初期の水路開通時の開水路流によるフラッシング効果により、一部が移動、排出されることも考えられるが、固結した堆積土砂の再浮上や水路下流への移動、排出は限定的なものとなることが想定される。従い、定期的に強制的な水路内の土砂の排除を行う必要がある。

ii) トンネル内年間堆積土砂量の推定

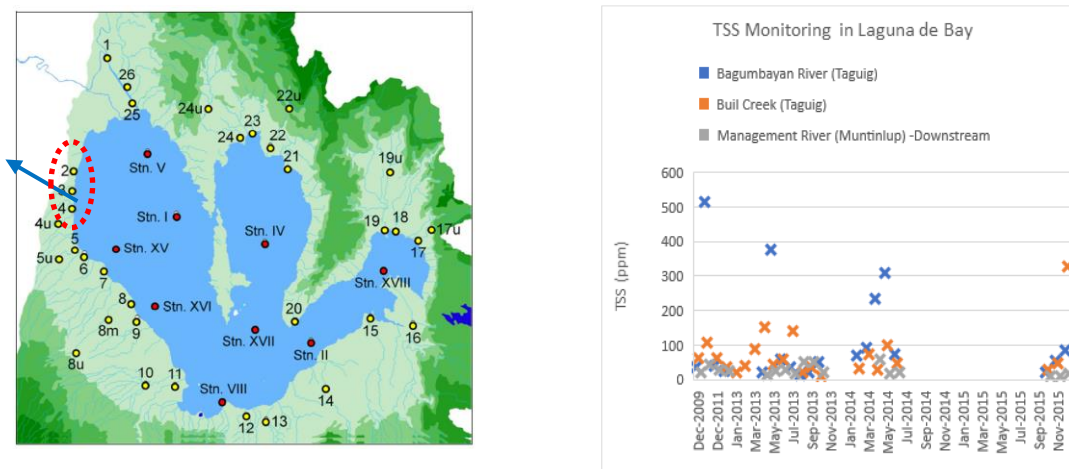
トンネル内の堆積土砂量を精度よく推定するには、ラグナ湖の土砂濃度変動や河床材料データをもとに放水路内の土砂水理シミュレーションを行う事などが考えられるが、これらの情報が不足している。本検討では、トンネル内に流入する洪水の土砂濃度を想定し、トンネル内の堆積土砂量を概算する。

① トンネル内に流入する洪水の土砂濃度

通常、洪水流に含まれる土砂は、ウォッシュロードを含む浮遊砂とベッドロード（掃流砂）の二つがあるが、本計画の場合、ベッドロードは湖内あるいは取水工で沈降し、トンネル内への流入はなく、流入土砂の大半は浮遊砂になる。

浮遊砂量（TSS）については、DENR がラグナ湖の水質観測の一環として湖内 9 地点、流入支川 26 地点でサンプリング調査を実施している。過去（2013 年～2015 年）の毎月の浮遊砂量（TSS）の計測結果によると、月や箇所毎にばらつきがあるが、取水口建設地点近辺の観測所（No.2, 3, 4）の年間の最大値は 512 ppm（mg/ltr）であった。

通常、洪水時の流水の浮遊砂濃度は流量と相関があり、時間・日単位で変動するものである。一方で、本調査の参照データは月単位の浮遊砂濃度データであること、また、その観測間隔も断続的なものである事から、本調査では浮遊砂量の観測値の月最大値を参照し浮遊砂濃度 520 ppm を想定する。なお、放水路内の堆積土砂量の推定値の精度を上げるためには、今後、提案のラグナ湖岸取水口付近における、より時空間解像度の高い詳細な浮遊砂濃度の観測調査が必要である。



出典：LLDA

図 7.6.9 ラグナ湖内浮遊砂観測位置図と観測データ

② トンネル内の沈降土砂量

通常、流速 0.3 m/s 以上あればウォッシュロードの沈降はないといわれている。本計画では設計流量（200 m³/s）の通水時に 1.8 m/s となり、上下流の水位差が小さい時も流量 130m³/s 程度が流速 1.2 m/s で流れる運用となり、洪水期の運用中の浮遊砂の沈降は少量と推定される。

一方、通水停止後の貯留水は速やかに排水する計画であるが、その間は水流が停まるため、この間にトンネル貯留量に含まれる浮遊砂の全量の 100% が沈降すると仮定する。これは、地下トンネルの堆砂量を安全側に大きく算出されるよう配慮した仮定である。

また、年間の運用回数は 1.7 回/年であり、その回数分、地下トンネル内の土砂の沈降が発生すると考える。

以上の条件より、地下トンネル内の堆積土砂量は、以下のように推定される。

$$V_s = V_t \times D \times R \times F$$

ここで、 V_s ： 地下トンネル内堆積土砂量 (t)

V_t ： トンネル貯留量 (m³)

D ： トンネル流入浮遊砂濃度 (t/m³)

R ： 貯留水中の浮遊砂が沈降する割合

F ： 放水路の年間運用回数 (回/年)

また、これに、前述した日本の土砂撤去・清掃の実績単価（3.6 万円/t）を参照し、その費用については表 7.6.12 のように算定される。

表 7.6.12 運用後の地下トンネル内の堆積土砂量、土砂撤去・清掃費用の推定

項目	単位	ルート 1 案*	ルート 3 案*
浮遊砂濃度 (D)	ppm	520	520
	t/m ³	0.00052	0.00052
トンネル貯留量 (Vt)	m ³	931,600	1,135,200
貯留水中の浮遊砂が沈降する割合 (a)	%	100	100
放水路の年間運用回数 (f)	回	1.7	1.7
地下トンネル内の堆積土砂量 ($V_s = D \times V_t \times a \times f$)	t	824	1,004
土砂撤去・清掃費用	百万ペソ	13.6	16.6

出典：JICA調査チーム

3) 設備維持管理費用

パラニャーケ放水路の機器設備維持管理費用、（機器補修、更新費）として設備費の 1.0 %、トンネル部の維持管理費用（点検、トンネル補修等）として、建設費の 0.5 % を計上する。

また、トンネル放水路の土砂撤去・清掃費用は日本の実績単価等を参照し計上する。以上より、パラニャーケ放水路に関わる維持管理費用は表 7.6.13 となる。

表 7.6.13 パラニャーケ放水路に関わる維持管理費用

費目	項目	金額（百万ペソ）		積算根拠
		ルート1案*	ルート3案*	
パラニャーケ 放水路の維持 管理費	排水ポンプの運転費用	1.3	1.6	表 7.6.11 参照
	機器設備維持管理費用	17.9	17.9	設備費の 1.0 %
	トンネル部の維持管理費用	142.9	201.8	建設費の 0.5 %
	トンネル放水路の 土砂撤去・清掃費用	13.6	16.6	表 7.6.12 参照
	合計	175.7	237.9	-
EFCOS の拡張	機械設備	1.1	1.1	設備費の 1.0 %

出典：JICA調査チーム

(8) 想定される作業の頻度

トンネル放水路の運用頻度は、放水路運用シミュレーションの実績から年間 1.7 回である。ただし、前述のように放水路の運用特性を考慮し、トンネル放水路の土砂撤去・清掃は、雨季完了後に年 1 回実施するものと仮定する。

また、放水路運用期間は、i) 取水施設、放流施設の水位、流況の連続監視、ii) 定期的な取水工の除塵作業が必要である。ゲートの開閉操作については、放水路運転開始・停止時に取水制御ゲート、放流工ゲートの開閉操作を行う。取水制御ゲートについては、必要に応じて流量制御操作を行う。

7.6.2 計測管理

供用後の地下放水路を維持管理し、その機能を十分に発揮させるため、次のような計測管理を行う。

【監視項目】

- i) 水位・流量/流況：ラグナ湖取水地点、取水施設（取水口、開水路、取水立坑）、排水施設（排水立坑、排水路、排水口）、排水河川、マニラ湾放流地点
- ii) 安全状況：全施設と管理区域内

【計測項目】

- i) 土砂堆積状況：ラグナ湖取水地点、取水施設（取水口、開水路、取水立坑）、放水路トンネル、排水施設（排水立坑、排水路、排水口）、排水河川、マニラ湾放流地点
- ii) 放水路トンネルの状態：トンネル内水圧、内空変位、覆工内部応力
- iii) 立坑施設の状態：内空変位や壁面内部応力、沈下量
- iv) トンネル経過地の状態：沈下量、地下水位、近接重要構造物変位

7.6.3 運営維持管理の課題

前節にて検討した運営維持管理計画において、運営維持管理上の課題、留意点について以下のとおり取りまとめた。

【運営面の課題・留意事項】

- ① 運営維持管理体制の構築
- ② 運営維持管理予算の確保
- ③ 運営維持管理要員の確保
- ④ LLDA、LGUs の協力、協働

【維持管理技術面の課題・留意事項】

- ⑤ 運営維持管理手法、手順の確立
- ⑥ ゴミ、土砂の対策
- ⑦ 計測管理
- ⑧ 運営維持管における環境配慮
- ⑨ 運営維持管理コスト削減に向けた検討

(1) 運営維持管理体制

マニラ首都圏の大規模洪水対策プロジェクトに関しては、DPWH が計画、設計及び建設を担当し、完成後の洪水対策施設は、MMDA に移管され、MMDA が維持管理を行うのが原則である。

本事業の対象地域は、MMDA が管轄するマニラ首都圏、管轄外のラグナ州及びリザール州に跨るため、通常であれば運営維持管理を分担することになるが、必ずしもそれが効果的とは言えない。また、提案の対策は大規模構造物であることから、DPWH を中心として MMDA と連携した事業実施及び運営維持管理体制の構築を目指すのが妥当と考えられる。

事業実施段階から MMDA が積極的に事業への関与を深め、DPWH と共同で運営維持管理を行うことが望ましい。DPWH、MMDA 双方を交えた調整を今後の事業計画段階で行うことが必要である。

(2) 運営維持管理予算の確保

地下トンネル放水路の運営維持管理では、ポンプ機器の運転費用と機器設備の保守修繕費用、地下トンネルの定期的な清掃・土砂撤去等の費用を要する。その維持管理費用は高額であり、年間 1.8～2.4 億ペソ相当と見積もられている。

施設の機能を維持し、適切な運用を図るには、この維持管理予算を十分確保しなくてはならない。現在、DPWH は完成した借款事業に対し特別維持管理予算を充当しており、各事業に年間 2 千万から 2 億ペソの予算が割り当てられている。本事業も、当面この予算枠組において、必要な予算を確保していく事が望まれる。

(3) 運営維持管理要員・設備の確保

地下トンネル放水路の運営維持管理のための要員は、取水施設、排水機場の運転管理作業にそれぞれ常時 10 名～15 名の要員が必要と考えられる。加えて、地下トンネルの定期的な清掃、土砂撤去、点検等の要員や設備が必要となる。

維持管理予算と同様に、施設の機能を維持し、適切に運用を図るには、適切なスキルを持った要員を確保しなくてはならない。排水機場の運転管理においては、DPWH、MMDA にそれぞれ経験、知見を積んだ技術者を抱えており、これらの要員を活用し、必要な要員体制を確率していく事が望ましい。

(4) LLDA、LGUsの協力、協働

上記のラグナ湖岸の清掃や取水施設で除去したゴミや土砂の最終処理、また施設周辺の土地利用の適正な管理において、LLDA、LGUs との協力は必須である。運営管理における施設管理者と LLDA、LGUs 間のそれぞれの義務、役割、予算等を定めた合意書を取り交わしていくことが望ましい。

(5) 運営維持管理手法、手順の確立

地下トンネル放水路の運営維持管理はフィリピンで初の試みとなる。提案の施設計画・設計に合わせて、放水路の運転開始・停止時のゲート操作、運用中の監視・記録、トンネル排水時のポンプ機器の運転操作、排水後のトンネル内の土砂撤去、清掃、点検などの詳細な方法、手順、要員配置等を確立していく必要がある。

地下トンネル放水路や地下貯留施設の運営維持管理に長年の経験を有する本邦の管理技術者を移転していくことが望まれる。維持管理マニュアルの作成や本邦技術者による定期的な現地維持管理業務への支援を継続して実施していく必要がある。

(6) ゴミ、土砂流入に対する対策

既存の排水機場、日本の地下トンネル河川に関する事例収集と聞き取り調査の結果、流入するゴミや土砂の処理に多大な人的労力と費用を要していることが確認された。

提案した地下トンネル放水路はその取水施設に除塵機とスクリーンを併設し、浮遊ゴミの流入を防止している。洪水期に大量の浮遊ゴミ、ホテイアオイが取水施設に流入する状況が、既存の排水機場で確認されており、取水施設付近のラグナ湖岸の定期的な清掃の実施と、取水施設の除塵作業の効率化を図ることが重要である。

また、地下トンネルに流入する土砂の排除、低減も重要な課題である。取水施設に設置したスクリーンは、浮遊ゴミの侵入を防ぐことはできるが、土砂の流入を避けることは出来ない。一旦地下トンネルへ土砂が流入し、これが水路内に堆積すると、水路が逆サイフォン形状となるためその土砂撤去に関わる処理費用が増大する。この点から、平常時の浮遊ゴミ、土砂の確実な排除が極めて重要である。

(7) 計測管理

放水路施設の運転・操作のため各所での水位観測や流量計測が必要である。また、関連構造物の健全度や施設の安定性、ならびに取水施設やトンネル水路内の堆砂状況等を確認するための計測管理が重要である。今後の実施設計において、これらの計測管理の項目、手法、記録、評価分析方法等の詳細を検討する必要がある。

(8) 環境配慮

トンネル水路の貯留水は、そもそもの流入水の汚濁や汚染、あるいは長期滞留した場合の腐敗により、水質が劣悪化する可能性がある。水路内排水時の汚水処理やその後のトンネル内換気時の脱臭処理の必要性について検討が必要である。

また、排水ポンプの運転時や地下トンネルの土砂撤去作業や清掃・点検時に騒音・振動が発生する可能性がある。これらの点を踏まえた周辺環境へ十分配慮した運用維持管理計画を策定する必要である。

(9) 運営維持管理コスト削減に向けた検討

上述したように地下トンネル放水路の維持管理費には多額の費用を要する。このコスト削減に向けて、施設計画や運用計画、設備投資計画を策定していく必要がある。

- トンネル排水時間の検討によるポンプ規模、施設規模の最適化
- 施設、機器・電気設備の点検頻度の最適化
- トンネル内土砂撤去、清掃用の機械の自動化、無人化
- 水中ロボット等によるトンネル内の点検の無人化
- 立坑での排泥処理効率化（コンテナによる排泥ではなく、バキューム車による連続処理等）
- 除塵作業の効率化（除塵機の補足率の向上、網場の設置、清掃）
- 施設や機械・電気設備の長寿命化（定期的な詳細点検・補修の実施など）
- 貯留水の多目的な活用（消化用水、環境流量補給など）

7.7 概略事業費算出

7.7.1 事業実施スケジュール案の検討

(1) 事業実施スケジュール

Pre-FS の対象となるパラニャーケ放水路建設工事業実施スケジュールを図 7.7.1 及び図 7.7.2 に示す。なお、パラニャーケ放水路は以下に示す 4 つのオプションが有るが、各ルート毎のスケジュールとする。

- STEP-D/D とコンサルタント調達を並行して進め、ICC 取得後、交換公文 (E/N) 署名、借款契約 (L/A) 締結、2021 年には業者調達を完了
- 建設プロジェクト：パラニャーケ放水路

オプション 1：ルート 1	シールド工法	：2022 年 1 月～2030 年 2 月
オプション 2：ルート 1	NATM	：2022 年 1 月～2031 年 1 月
オプション 3：ルート 3	シールド工法	：2022 年 1 月～2030 年 8 月
オプション 4：ルート 3	NATM	：2022 年 1 月～2032 年 6 月

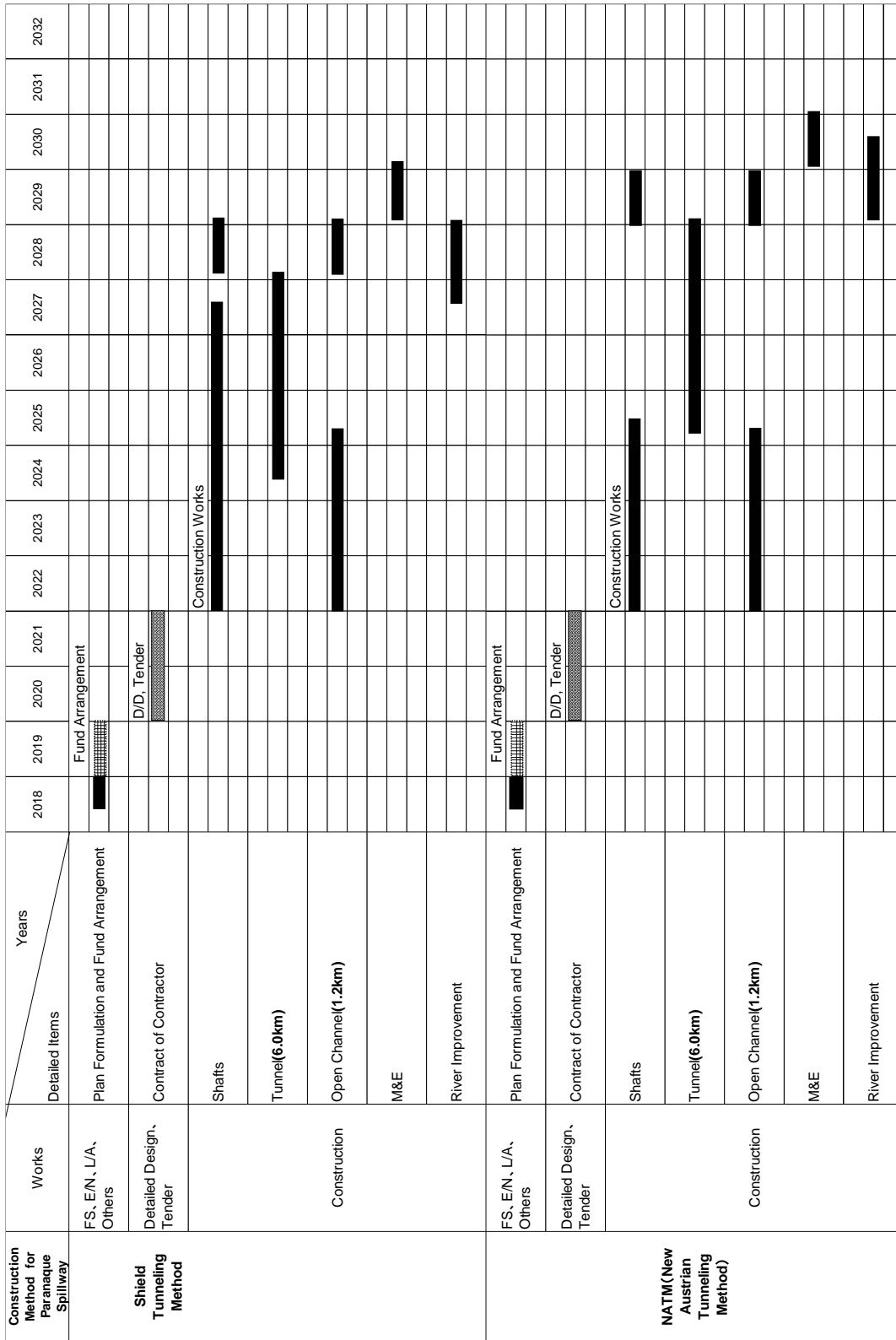
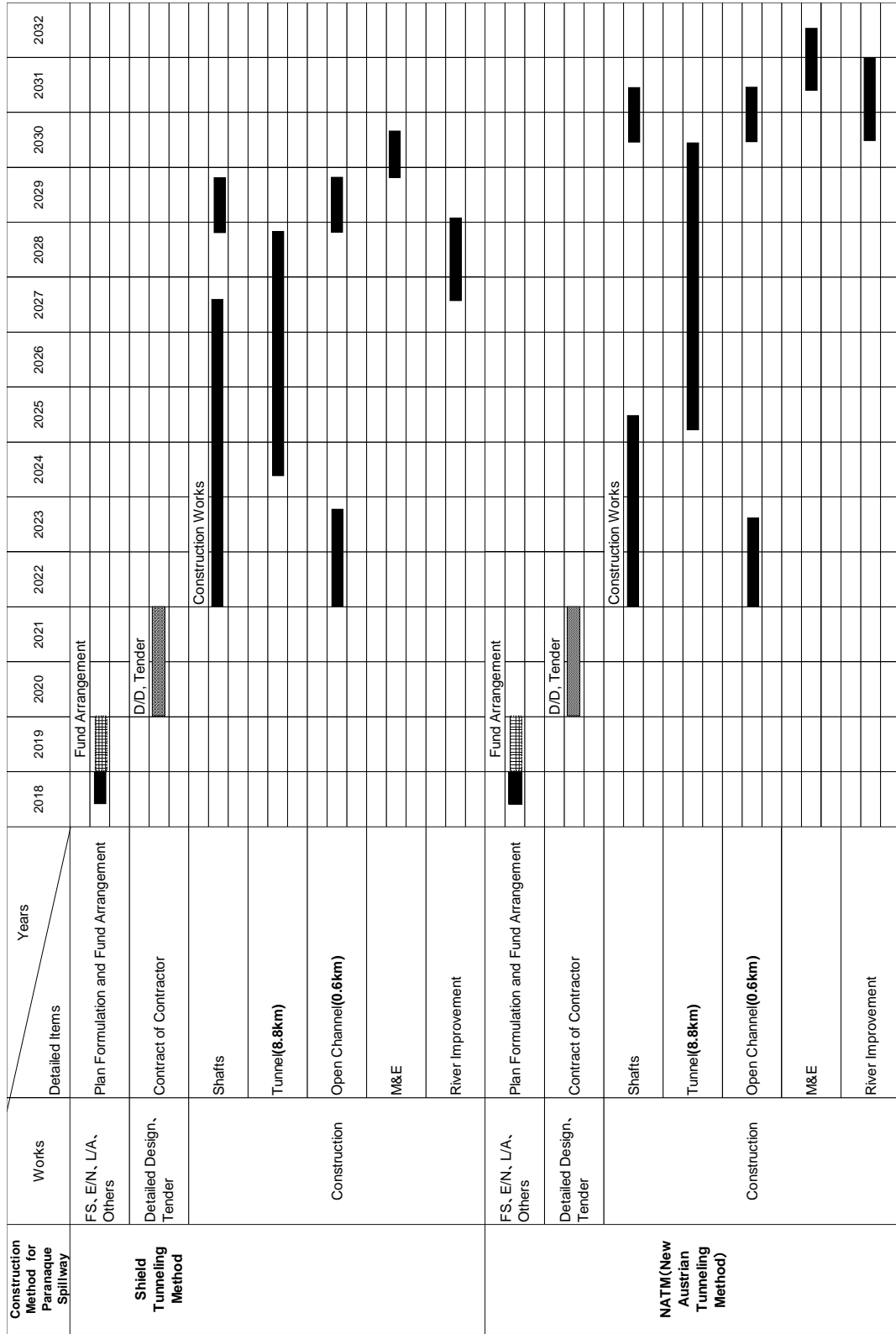


図 7.7.1 事業実施スケジュール（パラニャケ放水路：ルート1）

出典：JICA調査チーム



出典：JICA調査チーム

図 7.7.2 事業実施スケジュール（パラニャーケ放水路：ルート3）

7.7.2 概略事業費

(1) 概略事業費項目

事業費項目は以下の通りである。

- 本体事業費
- コンサルタント費
- 本体事業費、コンサルタント費に関する物価上昇
- 本体事業費、コンサルタント費、物価上昇に関する予備費

以下は融資非適格項目である。

- 用地買収、補償
- 事業実施者の一般管理費
- 税金

(2) 本体事業費算出方針

フィリピンでは、本格的なトンネル工事の実績が無い。したがって、日本及び諸外国におけるトンネル工事の事例や日系ゼネコンや専門工事会社等からのヒアリングで得た情報を参考にフィリピンにおける工事を想定して概算レベルで積算する。

(3) 概略事業費算出条件

概略事業費算出は、表 7.7.1 に示す条件で行う。

表 7.7.1 概略事業費算出条件

項目	条件	備考
積算基準年月	2017年9月	
為替レート	1 US\$ = 110.96 JPY、1 US\$ = 50.84 PHP、 1 PHP = 2.183 JPY	IMF 公表為替レート参照 (2017年7月～9月平均レ ートで算出)
コンサルタント費	本体事業費に対して 10%	
物価上昇	本体事業費、コンサルタント費に関する 物価上昇 FC 0.8 %、LC 1.8%	IMF 公表「世界経済見通し」 データ参照
予備費	本体事業費、コンサルタント費、物価上 昇の総額の 10%	
用地買収、補償	用地買収費及び建物補償費を積上げ計 算。物価上昇 LC 1.8%及び予備費 10%を 見込む。	
事業者の一般管理費	本体事業費、コンサルタント費、物価上 昇費、用地買収・補償費の総額の 2%	
付加価値税 (VAT)	12.0%	

出典：JICA 調査チーム

(4) 概略事業費算出

上記に示す方針、条件により算出した概略事業費を表 7.7.2 から表 7.7.5 に示す。なお、パラニャーケ放水路建設工事は以下の 4 つのオプションを想定する。なお、パラニャーケ放水

路からの洪水流量の排水先となる南パラニャーケ川、ザポテ川等については、上流の支川も含めた治水計画（河川改修等）が必須であるが、これらの工事費用については、ここでは見込んでない。別途、治水計画を行い費用及び便益を検討することが必要である。

オプション1：ルート1 シールド工法

オプション2：ルート1 NATM

オプション3：ルート3 シールド工法

オプション4：ルート3 NATM

表 7.7.2 概略事業費（オプション1）

項目	小項目	外貨分 (百万ペソ)	内貨分 (百万ペソ)	合計 (百万ペソ)
本体事業費 (ルート1、 シールド工法)	トンネル工	7,674	10,205	17,879
	立坑築造工	8,054	3,886	11,940
	開水路工	0	4,544	4,544
	河川改修工等	0	2,382	2,382
	残土処分費	0	1,828	1,828
	計	15,728	22,845	38,573
コンサルタント費		1,929	1,929	3,857
物価上昇		951	3,070	4,022
予備費		1,861	2,784	4,645
用地買収、補償		0	1,352	1,352
事業者の一般管理費		0	1,049	1,049
付加価値税		0	6,294	6,294
合計 (百万ペソ)		20,469	39,324	59,792

出典：JICA 調査チーム

表 7.7.3 概略事業費（オプション2）

項目	小項目	外貨分 (百万ペソ)	内貨分 (百万ペソ)	合計 (百万ペソ)
本体事業費 (ルート1、NATM)	トンネル工	4,204	7,503	11,707
	立坑築造工	6,013	3,886	9,899
	開水路工	0	4,544	4,544
	河川改修工等	0	2,382	2,382
	残土処分費	0	1,828	1,828
	計	10,217	20,143	30,360
コンサルタント費		1,518	1,518	3,036
物価上昇		669	2,976	3,645
予備費		1,240	2,464	3,704
用地買収、補償		0	1,352	1,352
事業者の一般管理費		0	842	842
付加価値税		0	5,052	5,052
合計 (百万ペソ)		13,645	34,346	47,991

出典：JICA 調査チーム

表 7.7.4 概略事業費（オプション3）

項目	小項目	外貨分 (百万ペソ)	内貨分 (百万ペソ)	合計 (百万ペソ)
本体事業費 (ルート3、 シールド工法)	トンネル工	9,295	14,963	24,258
	立坑築造工	8,054	3,886	11,940
	開水路工	0	3,412	3,412
	河川改修工等	0	596	596
	残土処分費	0	1,937	1,937
	計	17,349	24,794	42,143
コンサルタント費		2,107	2,107	4,214
物価上昇		1,079	3,460	4,359
予備費		2,054	3,036	5,090
用地買収、補償		0	1,316	1,316
事業者の一般管理費		0	1,146	1,146
付加価値税		0	6,876	6,876
合計（百万ペソ）		22,589	42,735	65,324

出典：JICA 調査チーム

表 7.7.5 概略事業費（オプション4）

項目	小項目	外貨分 (百万ペソ)	内貨分 (百万ペソ)	合計 (百万ペソ)
本体事業費 (ルート3、NATM)	トンネル工	5,834	11,005	16,839
	立坑築造工	6,013	3,886	9,899
	開水路工	0	3,412	3,412
	河川改修工	0	596	596
	残土処分費	0	1,937	1,937
	計	11,847	20,836	32,683
コンサルタント費		1,634	1,634	3,268
物価上昇		849	3,370	4,218
予備費		1,433	2,584	4,017
用地買収、補償		0	1,316	1,316
事業者の一般管理費		0	910	910
付加価値税		0	5,460	5,460
合計（百万ペソ）		15,763	36,110	51,873

出典：JICA 調査チーム

(5) 支払いスケジュール

2020年からの事業実施スケジュールに合わせて、費用の支払いスケジュール（4つのオプション）を表7.7.6から表7.7.13に示すとおり、設定する。

表 7.7.6 支払いスケジュール (オプション1 本体事業費内訳)

(Unit: Million of PHP)

Year	Tunnel (Route A Shield)			Vertical Shafts			Open Channel			River Improvement			Surplus Solid Disposal			Total		
	F.O.	L.C.	Sub-Total	F.O.	L.C.	Sub-Total	F.O.	L.C.	Sub-Total	F.O.	L.C.	Sub-Total	F.O.	L.C.	Sub-Total	F.O.	L.C.	Sub-Total
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	1,164	512	1,677	0	1,049	1,049	0	0	0	0	258	258	1,164	1,819	2,984
2023	0	0	0	1,164	512	1,677	0	1,049	1,049	0	0	0	0	258	258	1,164	1,819	2,984
2024	1,194	1,587	2,781	388	512	901	0	1,049	1,049	0	0	0	0	258	258	1,582	3,407	4,988
2025	2,046	2,721	4,768	1,164	512	1,677	0	350	350	0	0	0	0	258	258	3,211	3,841	7,052
2026	2,046	2,721	4,768	1,164	512	1,677	0	0	0	0	0	0	0	258	258	3,211	3,492	6,703
2027	2,046	2,721	4,768	679	299	978	0	0	0	0	662	662	0	258	258	2,726	3,940	6,666
2028	341	454	795	970	427	1,397	0	874	874	0	1,588	1,588	0	258	258	1,311	3,601	4,912
2029	0	0	0	1,164	512	1,677	0	175	175	0	132	132	0	22	22	1,164	841	2,005
2030	0	0	0	194	85	279	0	0	0	0	0	0	0	0	0	194	85	279
2031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Cost	7,674	10,205	17,879	8,054	3,886	11,940	0	4,544	4,544	0	2,382	2,382	0	1,828	1,828	15,728	22,845	38,573

出典：JICA調査チーム

表 7.7.7 支払いスケジュール (オプション1)

(Unit: Million of PHP)

Year	Construction Works (Route Shield)			Engineering Services			Physical Contingency			Price Escalation			Land Acquisition			Administration Cost			VAT			Total		
	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total
2020	0	0	0	190	190	379	19	19	38	2	3	5	0	670	670	0	22	22	0	131	131	210	1,036	1,246
2021	0	0	0	190	190	379	19	20	39	3	7	10	0	682	682	0	22	22	0	133	133	212	1,054	1,266
2022	1,164	1,819	2,984	190	190	379	139	212	351	33	110	143	0	0	0	0	77	77	0	463	463	1,526	2,871	4,397
2023	1,164	1,819	2,984	190	190	379	140	216	356	44	149	192	0	0	0	0	78	78	0	469	469	1,538	2,921	4,458
2024	1,582	3,407	4,988	190	190	379	184	393	578	72	336	408	0	0	0	0	127	127	0	762	762	2,028	5,214	7,242
2025	3,211	3,841	7,052	190	190	379	357	449	805	167	455	622	0	0	0	0	177	177	0	1,063	1,063	3,924	6,175	10,099
2026	3,211	3,492	6,703	190	190	379	360	417	777	195	490	685	0	0	0	0	171	171	0	1,025	1,025	3,955	5,784	9,740
2027	2,726	3,940	6,666	190	190	379	311	476	787	192	634	825	0	0	0	0	173	173	0	1,039	1,039	3,418	6,452	9,870
2028	1,311	3,601	4,912	190	190	379	161	445	606	112	660	772	0	0	0	0	133	133	0	800	800	1,774	5,829	7,603
2029	1,164	841	2,005	190	190	379	147	123	270	112	201	314	0	0	0	0	59	59	0	356	356	1,613	1,771	3,384
2030	194	85	279	32	32	63	25	14	39	21	25	46	0	0	0	0	9	9	0	51	51	271	217	488
2031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Cost	15,728	22,845	38,573	1,929	1,929	3,857	1,861	2,784	4,645	951	3,070	4,022	0	1,352	1,352	0	1,049	1,049	0	6,294	6,294	20,469	39,324	59,792

出典：JICA調査チーム

表 7.7.8 支払いスケジュール (オプション2 本体事業費内訳)

(Unit: Million of PHP)

Year	Tunnel (Route A NATM)			Vertical Shafts			Open Channel			River Improvement			Surplus Soil Disposal			Total		
	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	1,077	696	1,773	0	1,049	1,049	0	0	0	0	213	213	1,077	1,958	3,035
2023	0	0	0	1,077	696	1,773	0	1,049	1,049	0	0	0	0	213	213	1,077	1,958	3,035
2024	0	0	0	1,077	696	1,773	0	1,049	1,049	0	0	0	0	213	213	1,077	1,958	3,035
2025	747	1,334	2,081	538	348	886	0	350	350	0	0	0	0	213	213	1,286	2,244	3,530
2026	1,121	2,001	3,122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213	213	1,121	2,214	3,335
2027	1,121	2,001	3,122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213	213	1,121	2,214	3,335
2028	1,121	2,001	3,122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213	213	1,121	2,214	3,335
2029	93	167	260	1,077	696	1,773	0	1,049	1,049	0	1,456	1,456	0	213	213	1,170	3,580	4,750
2030	0	0	0	1,077	696	1,773	0	0	0	0	926	926	0	124	124	1,077	1,747	2,824
2031	0	0	0	90	58	148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	58	148
2032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Cost	4,204	7,503	11,707	6,013	3,856	9,899	0	4,544	4,544	0	2,382	2,382	0	1,828	1,828	10,217	20,143	30,360

出典：JICA調査チーム

表 7.7.9 支払いスケジュール (オプション2)

(Unit: Million of PHP)

Year	Construction Works (Route A, N.A.T.M.)			Engineering Services			Physical Contingency			Price Escalation			Land Acquisition			Administration Cost			VAT			Total		
	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total
2020	0	0	0	137	14	274	14	14	28	1	2	4	0	670	0	20	20	0	117	152	117	0	960	1,112
2021	0	0	0	137	14	274	14	14	28	2	5	7	0	682	0	20	20	0	119	153	119	0	977	1,130
2022	1,077	1,958	3,035	137	124	274	124	221	345	29	115	145	0	0	0	76	76	0	456	1,368	456	0	2,962	4,330
2023	1,077	1,958	3,035	137	125	274	125	225	350	39	155	194	0	0	0	77	77	0	462	1,379	462	0	3,014	4,392
2024	1,077	1,958	3,035	137	126	274	126	229	355	49	195	245	0	0	0	78	78	0	469	1,390	469	0	3,066	4,456
2025	1,286	2,244	3,530	137	149	274	149	285	414	70	269	339	0	0	0	91	91	0	547	1,642	547	0	3,553	5,195
2026	1,121	2,214	3,335	137	133	274	133	266	399	72	313	385	0	0	0	88	88	0	527	1,463	527	0	3,545	5,008
2027	1,121	2,214	3,335	137	134	274	134	271	405	83	361	443	0	0	0	89	89	0	535	1,475	535	0	3,607	5,081
2028	1,121	2,214	3,335	137	135	274	135	276	411	94	409	503	0	0	0	90	90	0	543	1,487	543	0	3,669	5,156
2029	1,170	3,580	4,750	137	142	274	142	444	586	108	726	834	0	0	0	129	129	0	773	1,557	773	0	5,789	7,347
2030	1,077	1,747	2,824	137	133	274	133	229	362	111	408	520	0	0	0	80	80	0	477	1,458	477	0	3,078	4,536
2031	90	58	148	11	11	23	11	9	20	10	17	27	0	0	0	4	4	0	26	122	26	0	125	247
2032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Cost	10,217	20,143	30,360	1,518	1,240	3,036	1,240	2,464	3,704	669	2,976	3,645	0	1,352	0	842	842	0	5,052	13,645	5,052	0	13,645	47,991

出典：JICA調査チーム

表 7.7.10 支払いスケジュール (オプション3 本体事業費内訳)

(Unit: Million of PHP)

Year	Tunnel (Route D Shield)			Vertical Shafts			Open Channel			River Improvement			Surplus Solid Disposal			Total	
	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	1,062	512	1,575	0	1,280	1,280	0	0	0	0	250	250	1,062	2,042
2023	0	0	0	1,062	512	1,575	0	853	853	0	0	0	0	250	250	1,062	1,615
2024	1,251	2,014	3,266	1,062	512	1,575	0	0	0	0	0	0	0	250	250	2,313	2,777
2025	2,145	3,453	5,598	1,062	512	1,575	0	0	0	0	0	0	0	250	250	3,207	4,215
2026	2,145	3,453	5,598	1,062	512	1,575	0	0	0	0	0	0	0	250	250	3,207	4,215
2027	2,145	3,453	5,598	620	299	918	0	0	0	0	166	166	0	250	250	2,765	4,167
2028	1,609	2,590	4,199	266	128	394	0	320	320	0	397	397	0	250	250	1,874	3,685
2029	0	0	0	1,062	512	1,575	0	960	960	0	33	33	0	187	187	1,062	1,693
2030	0	0	0	797	384	1,181	0	0	0	0	0	0	0	0	0	797	384
2031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total cost	9,295	14,963	24,258	8,054	3,886	11,940	0	3,412	3,412	0	596	596	0	1,937	1,937	17,349	24,794

出典：JICA調査チーム

表 7.7.11 支払いスケジュール (オプション3)

(Unit: Million of PHP)

Year	Construction Works (Rounded Sheet)			Engineering Services			Physica Contingency			Price Escalation			Land Acquisition			Adm instration Cost			VAT			Total		
	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total
2020	0	0	0	196	196	392	20	20	40	2	4	5	0	652	652	0	22	22	0	131	131	217	1,024	1,242
2021	0	0	0	196	196	392	20	20	40	3	7	10	0	664	664	0	22	22	0	133	133	219	1,042	1,261
2022	1,062	2,042	3,104	196	196	392	129	236	365	30	123	153	0	0	0	0	80	80	0	482	482	1,417	3,159	4,576
2023	1,062	1,615	2,677	196	196	392	130	195	324	41	134	175	0	0	0	0	71	71	0	428	428	1,429	2,640	4,068
2024	2,313	2,777	5,090	196	196	392	261	325	586	102	277	379	0	0	0	0	129	129	0	774	774	2,872	4,478	7,350
2025	3,207	4,215	7,422	196	196	392	357	491	848	167	498	665	0	0	0	0	187	187	0	1,119	1,119	3,927	6,707	10,633
2026	3,207	4,215	7,422	196	196	392	360	500	860	195	587	782	0	0	0	0	189	189	0	1,135	1,135	3,958	6,822	10,780
2027	2,765	4,167	6,932	196	196	392	316	503	819	195	669	864	0	0	0	0	180	180	0	1,081	1,081	3,471	6,797	10,268
2028	1,874	3,685	5,559	196	196	392	222	456	678	154	676	830	0	0	0	0	149	149	0	895	895	2,447	6,057	8,504
2029	1,062	1,693	2,755	196	196	392	136	226	362	104	369	473	0	0	0	0	80	80	0	478	478	1,499	3,041	4,539
2030	797	384	1,181	147	147	294	103	65	168	86	115	202	0	0	0	0	37	37	0	221	221	1,133	969	2,102
2031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Cost	17,349	24,794	42,143	2,107	2,107	4,214	2,054	3,036	5,090	1,079	3,460	4,539	0	1,316	1,316	0	1,146	1,146	0	6,876	6,876	22,589	42,735	65,324

出典：JICA調査チーム

表 7.7.12 支払いスケジュール (オプション4 本体事業費内訳)

(Unit: Million of PHP)

Year	Tunnel (RouteD NATM)			Vertical Shafts			Open Channel			River Improvement			Surplus Soil Disposal			Total		
	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	1,093	707	1,800	0	1,280	1,280	0	0	0	0	204	204	1,093	2,190	3,283
2023	0	0	0	1,093	707	1,800	0	853	853	0	0	0	0	204	204	1,093	1,763	2,857
2024	0	0	0	1,093	707	1,800	0	0	0	0	0	0	0	204	204	1,093	910	2,004
2025	753	1,420	2,173	547	353	900	0	0	0	0	0	0	0	204	204	1,299	1,977	3,277
2026	1,129	2,130	3,259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204	204	1,129	2,334	3,463
2027	1,129	2,130	3,259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204	204	1,129	2,334	3,463
2028	1,129	2,130	3,259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204	204	1,129	2,334	3,463
2029	1,129	2,130	3,259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204	204	1,129	2,334	3,463
2030	565	1,065	1,630	547	353	900	0	640	640	0	199	199	0	204	204	1,111	2,461	3,572
2031	0	0	0	1,093	707	1,800	0	640	640	0	397	397	0	102	102	1,093	1,846	2,939
2032	0	0	0	547	353	900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	547	353	900
Total Cost	5,834	11,005	16,839	6,013	3,886	9,899	0	3,412	3,412	0	596	596	0	1,937	1,937	11,847	20,836	32,683

出典：JICA調査チーム

表 7.7.13 支払いスケジュール (オプション4)

(Unit: Million of PHP)

Year	Construction Works (RouteD NATM)			Engineering Services			Physical Contingency			Price Escalation			Land Acquisition			Administration Cost			VAT			Total		
	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total	F.C.	L.C.	Sub-Total
2020	0	0	0	131	131	261	13	13	26	1	2	3	0	652	652	0	19	19	113	113	145	931	1,076	
2021	0	0	0	131	131	261	13	14	27	2	5	7	0	664	664	0	19	19	115	115	146	947	1,093	
2022	1,093	2,190	3,283	131	131	261	125	245	370	30	128	157	0	0	0	0	81	81	489	489	1,379	3,263	4,642	
2023	1,093	1,763	2,857	131	131	261	126	203	330	40	140	180	0	0	0	0	73	73	435	435	1,390	2,746	4,136	
2024	1,093	910	2,004	131	131	261	127	114	241	50	97	147	0	0	0	0	53	53	318	318	1,401	1,624	3,025	
2025	1,299	1,977	3,277	131	131	261	150	235	385	70	238	308	0	0	0	0	85	85	508	508	1,650	3,173	4,823	
2026	1,129	2,334	3,463	131	131	261	133	279	412	72	328	400	0	0	0	0	91	91	544	544	1,465	3,707	5,172	
2027	1,129	2,334	3,463	131	131	261	134	284	419	83	378	461	0	0	0	0	92	92	552	552	1,477	3,772	5,249	
2028	1,129	2,334	3,463	131	131	261	135	289	425	94	429	523	0	0	0	0	93	93	561	561	1,489	3,837	5,326	
2029	1,129	2,334	3,463	131	131	261	136	295	431	104	481	586	0	0	0	0	95	95	569	569	1,501	3,804	5,405	
2030	1,111	2,461	3,572	131	131	261	136	315	451	114	562	676	0	0	0	0	99	99	595	595	1,491	4,163	5,654	
2031	1,093	1,846	2,939	131	131	261	135	245	379	123	472	595	0	0	0	0	83	83	501	501	1,482	3,277	4,759	
2032	547	353	900	65	65	131	68	53	121	67	109	176	0	0	0	0	27	27	159	159	747	767	1,513	
Total Cost	11,847	20,836	32,683	1,634	1,634	3,268	1,433	2,584	4,017	849	3,370	4,218	0	1,316	1,316	0	910	910	5,460	5,460	15,763	36,110	51,873	

出典：JICA 調査チーム

7.8 経済分析と事業の妥当性確認

事業実施に関する経済的妥当性を検証するため、経済分析を実施した。また、定量化できない便益、及び事業実施後の評価基準についても記載する。

7.8.1 経済分析

(1) 前提条件

経済分析の前提条件は以下のとおりである。

- 評価期間は、建設期間 10 年と運営期間の 50 年を合わせ、合計 60 年とした。
- 割引率（EIRR 目標値）は、ICC の経済分析ガイドラインに基づき、10%とした。
- 費用、便益の計算は 2017 年物価を基準に算出した

(2) 定量化された経済費用と経済便益

経済分析で計上された経済費用と経済便益は以下のとおりである。

表 7.8.1 経済費用と経済便益

経済費用	経済便益
(1) 初期建設費	(1) 洪水被害の軽減（家屋資産、事業所資産、農作物、営業停止）
(2) 維持管理費/更新費	(2) 土地価格の上昇
	(3) 残土活用による埋立地建設

出典：JICA 調査チーム

洪水被害の軽減便益の年平均便益は、各 2、3、5、10、20、30、50、100 及び 200 年の確率年における「洪水被害資産額」と、「発生確率」を基に算出した。確率年 200 年以上の場合も被害軽減便益が発生するが、発生確率が減り便益への影響が小さくなるため省略した。

維持管理費及び便益は、工事完了後翌年から発生する想定とした。

(3) 経済費用

経済費用の算出のための Standard Conversion Factor、Shadow Wage Rate は ICC ガイドラインに基づき、以下の数値を用いた。

- Standard Conversion Factor (SCF) = 1/1.2 (Shadow Exchange Rate) : 0.833
- 非熟練工の Shadow Wage Rate (SWR) : 0.6

上記の想定より、初期投資費と維持管理費の金額は以下のとおりとなった。

1) 初期投資費

経済費用を求めるため、第 7.7.2 節の概算事業費から、物価上昇と税金は排除した。

放水路建設のための人件費は、内国通貨費用の 1 割とし、そのうち熟練工と非熟練工の割合は 7 割 : 3 割と想定した。

その結果、各オプションにおける財務費用と経済費用の支払いスケジュールは表 7.8.2 のとおりである。

表 7.8.2 各オプションの財務費用と経済費用

年	財務費用（百万ペソ） （物価上昇及び税金を含む）				経済費用（百万ペソ）			
	1：ルート1 シールド工	2：ルート1 NATM	3：ルート3 シールド工	4：ルート3 NATM	1：ルート1 シールド工	2：ルート1 NATM	3：ルート3 シールド工	4：ルート3 NATM
2020	1,246	1,112	1,242	1,076	964	855	930	827
2021	1,266	1,130	1,261	1,093	975	866	944	837
2022	4,397	4,330	4,576	4,642	3,418	3,342	3,334	3,568
2023	4,458	4,392	4,068	4,136	3,424	3,348	2,989	3,169
2024	7,242	4,456	7,350	3,025	5,406	3,353	5,443	2,364
2025	10,099	5,195	10,633	4,823	7,660	3,866	7,840	3,614
2026	9,740	5,008	10,780	5,172	7,338	3,658	7,945	3,769
2027	9,870	5,081	10,268	5,249	7,231	3,664	7,524	3,775
2028	7,603	5,156	8,504	5,326	5,323	3,670	6,168	3,781
2029	3,384	7,347	4,539	5,405	2,518	5,044	3,321	3,788
2030	488	4,536	2,102	5,654	367	3,184	1,603	3,896
2031	0	247	0	4,759	0	181	0	3,290
2032	0	0	0	1,513	0	0	0	1,097
合計	59,792	47,991	65,324	51,873	44,624	35,031	48,041	37,775

出典：JICA 調査チーム

2) 維持管理費/更新費

パラニャーケ放水路の維持管理費は、表 7.6.13 のとおり推計されている。これに内貨部分の SCF である 0.838 を乗じて、経済費用に換算した。

表 7.8.3 各オプションの維持管理費用（経済費用）

費目	項目	財務費用（百万ペソ）		経済費用（百万ペソ）	
		ルート1案*	ルート3案*	ルート1案*	ルート3案*
パラニャーケ 放水路の維持 管理費	排水ポンプの運転費用	1.3	1.6	1.1	1.3
	機器設備維持管理費用	17.9	17.9	15.0	15.0
	トンネル部の維持管理費用	142.9	201.8	119.7	169.2
	トンネル放水路の土砂撤去・清掃費用	13.6	16.6	11.4	13.9
	合計	175.7	237.9	147.2	199.4
EFCOS の拡張	機械設備	1.1	1.1	0.9	0.9

出典：JICA 調査チーム

(4) 定量化された経済便益

事業実施によりもたらされる経済便益を以下のとおり定量化した。便益については、オプション毎に差異はなく、全てのオプションで同一である。

1) 洪水被害の軽減に関する便益

洪水被害の軽減に関する計算は、フィリピン国内で過去の洪水被害の詳細分析データ、及びマニュアルが存在しないため、計算方法や被害率の設定は、日本の国土交通省が 2005 年に発行した、「治水経済調査マニュアル」の方法に準拠して実施した。

洪水被害の試算に必要な被災家屋、事業所数を求めるための GIS データは、Landsat 8 Satellite Image を画像解析し、100 m メッシュで Built-Up 地区と農地を分類した。土地の標高データは、NAMRIA の提供する IFSAR データを用い、洪水水位 10cm 毎に浸水する面積、人口や事業所に関するセンサスデータ、各確率年の浸水深予測、平均家屋・事業所資産額、農地面積毎の経済価値等の数値を元に、年間平均被害額を算出している。以下に方法と出典の詳細を説明する。

なお、洪水被害を計算する自治体は、ラグナ湖を囲む、海拔 14.7 m（200 年確率洪水時のラグナ湖最高水位）までの土地を有する 31 の LGU に絞って分析を行った。LGU のリストを添付資料 3-1 に整理する。

i) 家屋資産・家庭用品の被害額

家屋資産の被害額は、次式のように GIS 等で算出した被災家屋数に、1 戸当たりの資産額・家庭用品額に、水位により想定される被害率を乗じて求めた。また、洪水後の清掃・復旧活動等を考慮し、間接被害分として、フィリピンの事業で一般的な 2 割を加算した。

$$\begin{aligned} \text{「家屋資産の被害額」} &= \text{「被災家屋数（被災人口} \div \text{1 家庭の平均人数）」} \times \text{「家屋資産額」} \\ &\quad \times \text{「被害率」} \times 1.2 \text{（間接被害分）} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{「家庭用品の被害額」} &= \text{「被災家屋数（被災人口} \div \text{1 家庭の平均人数）」} \times \text{「家屋資産額の} \\ &\quad \text{30\%」} \times \text{「被害率」} \times 1.2 \text{（間接被害分）} \end{aligned}$$

計算で求めた、各 LGU の高さ毎の家屋被害額を添付資料 3-2 に整理する。

【被災家屋数】

被災家屋数を算出するため、まず GIS データ解析により、洪水被害を受ける可能性がある、海拔 12.5 m～14.7 m までの土地高さに居住する人口を、10cm 刻みで算出した。GIS 解析に用いた人口データは、各バラングイの Built-Up 地区に、2015 年センサス（PSA）のバラングイ毎の人口が均一の密度で居住すると想定して計算した。Built-Up 地区は、Landsat 8 Satellite Image を画像分析して作成した。また、2015 年のデータに、省毎の将来人口増加率を乗じ、2017 年時点の人口へ変換した。

算出した各土地高さに居住する人口を、各 Region の 1 家庭当たり平均人数（NCR：4.4、RegionIV-A：4.1）で除し、被災すると想定される家屋数を、LGU 毎に求めた。

【家屋・家庭用品の資産額】

家屋の資産額は、フィリピン中央銀行が 2014 年に発行した、Consumer Finance Survey の調査結果を元に、被災地域の 31LGU の結果を抜き出し、その平均値を算出した。また、毎年の物価上昇率を元に、2013 年価格を 2017 年価値に換算した。家庭用品の金額は、周辺地域で実施されている「産業集積地（カビテ州）洪水対策事業準備調査（2017）」、「パシグ・マリキナ川河川改修事業フェーズ 4（2017）」の想定を参考に、家屋資産額の 3 割と想定した。

使用したデータを下表に示す。

表 7.8.4 家屋の平均資産価値

地域	サンプル数	家屋の平均資産価値(ペソ)		家庭用品の金額(ペソ)
		2013 年価格	2017 年価格	2017 年価格
NCR	245	776,862	834,837	250,451
Laguna	267	529,166	568,656	170,597
Rizal	227	459,195	493,464	148,039

出典：Consumer Finance Survey, 2014, PSA

【家屋・家庭用品の被害率】

被害率は、フィ国内のデータが無いため、日本のマニュアルで設定された数値を適用した。なお、地盤勾配により異なる被害率が設定されているが、地盤勾配の分析は難しいため、経済分析での保守主義に基づき、より被害率の低い、地盤勾配 1/1000 未満の数値を適用した。

表 7.8.5 家屋・家庭用品の被害率

浸水深	0.15 m 以上 0.5 m 未満	0.5m 以上 1.0 m 未満	1.0 m 以上 2.0 m 未満	2.0 m 以上 3.0 m 未満	3.0 m 以上
家屋 被害率	0.092	0.119	0.266	0.580	0.834
家庭用品 被害率	0.145	0.326	0.508	0.928	0.991

出典：治水経済調査マニュアル、国土交通省、2005

ii) 事業所資産の被害額

事業所資産の被害額は、次式のように GIS 等で算出した被災事業所数に、事業所当たりの資産額と水位により想定される被害率を乗じて求めた。また、付属する資産の被害、及び洪水後の清掃・普及活動等を考慮し、間接被害分として 2 割を加算した。

$$\text{「事業所資産の被害額」} = \text{「分野別被災事業所数」} \times \text{「事業所当り資産価値」} \times \text{「被害率」} \\ \times 1.2 \text{ (間接被害分)}$$

計算で求めた、各 LGU の高さ毎の事業所被害額を添付資料 3-3 に整理する。

【被災事業所数】

被災事業所数を算出するため、GIS データ解析により、洪水被害を受ける可能性がある海拔 12.5 m～14.7 m の土地高さの Built-Up 地区の面積を、10 cm 刻みで LGU 毎に算出した。

Built-Up 地区データは、Landsat 8 Satellite Image を画像分析して作成した。各 LGU の分野別事業所数は、Annual Survey of Philippine Business and Industry (PSA、2015) から引用し、各 LGU の Built-Up 地区に同じ密度で位置すると想定した。実施に利用した LGU 毎の分野別事業所数を添付資料 3-4 に整理する。

【産業分野別事業所の資産価値】

産業分野別資産価値は、事業所数と同じく Annual Survey of Philippine Business and Industry (PSA、2014) の国内産業別平均建物価値、償却資産額、在庫資産額を引用し、フィリピンの GDP 増加率を反映し、2017 年価格に変換した。

表 7.8.6 分野別事業所の平均資産価値

(単位：ペソ)

産業分野	2014 年価格				2017 年価格
	建物	資産額	在庫額	合計	合計
製造業	13,639,250	25,984,837	39,126,669	78,750,756	94,815,910
建設業	6,475,804	26,772,455	16,445,488	49,693,747	59,831,271
卸売・小売業	95,867	99,239	6,134,050	6,329,156	7,620,304
交通・保存	8,475,507	5,278,713	2,781,415	16,535,635	19,908,905
住・食関連業	245,604	199,888	592,347	1,037,839	1,249,558
金融・保険業	1,478,329	1,975,329	6,615,410	10,069,068	12,123,158
不動産業	6,403,978	869,013	86,511,338	93,784,329	112,916,332
教育	557,312	268,954	85,348	911,614	1,097,583
医療・保健業	881,656	843,548	1,222,959	2,948,163	3,549,588
その他サービス	18,713	20,079	194,245	233,037	280,577

出典：Annual Survey of Philippine Business and Industry (PSA、2014 年)

【被害率】

被害率は、国内のデータが無い場合、日本のマニュアルで設定された数値を適用した。なお、建物の被害率は、地盤勾配により異なる設定となっているが分析できないため、経済分析での保守主義の原則に基づき、より被害率の低い地盤勾配 1/1000 未満の数値を適用した。

表 7.8.7 事業者の被害率

浸水深	0.15 m 以上 0.5 m 未満	0.5 m 以上 1.0 m 未満	1.0 m 以上 2.0 m 未満	2.0 m 以上 3.0 m 未満	3.0 m 以上
建物 被害率	0.092	0.119	0.266	0.580	0.834
償却物 被害率	0.232	0.453	0.789	0.966	0.995
在庫 被害率	0.128	0.267	0.586	0.897	0.982

出典：治水経済調査マニュアル、国土交通省、2005

iii) 公共土木施設の被害額

$$\text{「公共土木施設の被害額」} = 65\% \times \text{「家屋資産、家庭用品、事業所資産」}$$

フィ国の過去の浸水による公共土木施設被害に関する情報が十分でないため、公共土木施設の被害額を想定することは難しい。日本のマニュアルでは、日本国内の過去の浸水被害情報に基づき、一般資産に対する公共土木施設の被害額の割合が算出されている。道路、

橋梁、下水道、都市施設の被害額は、一般資産に対し、合計 65.4%（個別では 61.1%、3.7%、0.4%、0.2%）とされている。状況がフィ国でも類似すると想定し、公共土木施設の被害額は家屋、家庭用品、事業所資産の直接被害額の 65%として計算した。

iv) 農作物の被害額（米、とうもろこし、商品作物）

農作物の被害額は、次式のように GIS 等で算出した被災農地面積に、1 m² 当りの農地の経済価値と水位により想定される被害率を乗じて求めた。

$$\text{「農作物の被害額」} = \text{「被災農地面積」} \times \text{「1 m}^2\text{ 当りの農地の経済価値」} \times \text{「被害率」}$$

【被災農地面積】

被災農地面積を算出するため、GIS データ解析により、洪水被害を受ける可能性がある海拔 12.5 m～14.7 m の土地高さの農地面積を、10cm 刻みで LGU 毎に算出した。農地は Landsat 8 Satellite Image を画像分析したものであり、実際の統計データと差異があることから、省全体で同じ面積となる様に調整した。

農地種類は、統計局の種類別農地面積データ（Major Crops Statistics of the Philippines, 2010-2014, PSA, 2016）から、稲、とうもろこしの他、対象地域で代表的な商品作物 11 種類（ココナッツ、コーヒー、バナナ、カラマンシ、マンゴー、パイナップル、スイートポテト、キャッサバ、なす、ピーナッツ、トマト）を選択し、各作物の 2014 年時点の収穫量と面積を引用した。Laguna 州、Rizal 州の各作物の農地面積と収穫量を添付資料 3-5 に示す。なお、NCR は統計上、農地が存在していないため、本便益は計上していない。

【1m²当りの農地の経済価値】

上記統計データを元に、作物別の農地面積当たり収穫量を算出し、それに作物の経済価値を乗じて、農地 1m² 当たりの経済価値を算出した。

米、とうもろこしの価格は、より信用度の高い将来予測値ある、世界銀行の Commodity Market Outlook から 2030 年の予想値（2017 年 4 月時点）を引用した。予想値はタイ及びアメリカの港での価格であるため、フィリピンに輸入した場合の米とトウモロコシの経済価値を、輸送量や卸業の利益等を加味し、農家で買い付けた場合の経済価格に変更した。その結果、米が 10.46 ペソ/kg、とうもろこしが 9.32 ペソ/kg となった。計算の過程は、添付資料 3-6 に示す。

11 種類の商品作物の Farmgate 価格は将来予測が無い場合、2017 年時点の各作物の価格を PSA（フィリピン統計局）のホームページから入手した。採用した数値を添付資料 3-5 に示す。

上記の分析より、米、とうもろこし、11 種類の商品作物を含む、農地 1 m² 当りの平均的な経済価値は Laguna 州で 2.59 ペソ/m²、Rizal 州で 3.49 ペソ/m² と算出された。

【被害率】

日本のマニュアルでは、作物種別毎の被害率が、冠浸水深（0.5m 未満、0.5～0.99m、1.0m 以上）と浸水日数（1～2 日、3～4 日、4～6 日、7 日以上）の条件に分けて細かく設定されており、7 日間を超えた浸水では、被害率は 0.74～1.00 に設定されている。本調査の GIS 分析では、各地域の深さ、浸水日数を細かく想定することは難しいが、浸水期間は 3.4 章に示したとおり、1 週間から数か月程度と長期化する場合が多いため、被害率は全ての地域で 1.0 を採用した。

v) **営業停止による経済的被害**

営業停止による経済的被害額は、次式のように分野別被災事業所数、営業停止期間及び 1 日当たり平均付加価値を乗じて求めた。この経済的被害は各確率年のケース毎に算出し、With Project と Without Project の場合の差分を便益として計上した。

$$\text{「営業停止による経済的被害額」} = \text{「分野別被災事業所数」} \times \text{「営業停止期間」} \times \text{「1 日当たり平均付加価値」}$$

【分野別被災事業所数】

各水位における被災事業所数は、資産の被害額算定のために計算されており、同じ数値を用いた。なお、営業停止期間の想定は 50 cm 毎に設定され、水位 12.5 m、13.0 m、13.5 m、14.0 m 及び 14.5 m で浸水する事業所数を引用した。

【営業停止期間】

「3.4 章 流出・氾濫解析及びラグナ湖水位変動解析」で記載のとおり、With Project、Without Project の両方の場合で確率年のケース別に Laguna 湖の水位変動を予測し、水位 12.5m、13.0 m、13.5 m、14.0m 並びに 14.5 m で被災する地域の浸水期間（営業停止期間）、及び事業実施により短縮される期間を下表のとおり算出した。

表 7.8.8 Without Project ケースの営業停止期間

(単位：日数)

水深 (m)	確率年						
	5	10	20	30	50	100	200
>14.5	0	0	0	0	0	0	19
>14.0	0	0	0	0	2	28	66
>13.5	0	0	16	21	63	71	89
>13.0	0	23	68	71	88	99	114
>12.5	62	74	97	103	116	124	141

出典：JICA 調査チーム

表 7.8.9 With Project ケースの営業停止期間

(単位：日数)

水深 (m)	確率年						
	5	10	20	30	50	100	200
>14.5	0	0	0	0	0	0	0
>14.0	0	0	0	0	0	0	17
>13.5	0	0	0	0	13	23	43
>13.0	0	2	20	23	33	53	68
>12.5	18	26	49	53	70	79	93

出典：JICA 調査チーム

表 7.8.10 事業実施による営業停止期間の短縮

(単位：日数)

水深 (m)	確率年						
	5	10	20	30	50	100	200
>14.5	0	0	0	0	0	0	19
>14.0	0	0	0	0	2	28	49
>13.5	0	0	16	21	50	48	46
>13.0	0	21	48	48	55	46	46
>12.5	44	48	48	50	46	45	48

出典：JICA 調査チーム

【1日あたり平均付加価値】

分野別の1日あたり平均付加価値は、PSAより入手した「2014 Annual Survey of Philippine Business and Industry」の国平均数値を引用しGDP増加率を考慮し2017年価格に変換した。

表 7.8.11 分野別事業所の1日あたり平均付加価値

(単位：ペソ/日)

産業分野	2014年価格	2017年価格
製造業	126,408	152,195
建設業	200,416	241,301
卸売・小売業	9,813	11,815
交通・保存	166,252	200,167
住・食関連業	13,203	15,896
金融・保険業	199,751	240,500
不動産業	97,425	117,300
教育	22,951	27,633
医療・保健業	26,772	32,233
その他サービス	4,345	5,231

出典：Annual Survey of Philippine Business and Industry (PSA, 2014)

vi) 年間平均被害額の計算

前述の条件により、家屋資産被害、事業所被害、農作物被害、営業停止被害に分け、標高12.5mから14.7mにおける洪水被害額を、LGU毎に計算した。また、3.4章のラグナ湖水位変動解析の結果より、With ProjectとWithout Projectの場合の2、3、5、10、20、30、50、100及び200年の確率年におけるラグナ湖の最高水位、及びその水位における被害額は表7.8.12及び表7.8.13の示すとおりとなった。都市部、農村部の事例として、Taytay市とLumban市の計算結果を示す。

各確率年の With Project と Without Project における被害額の差分と、発生確率を元に、事業実施によりもたらされる年平均被害削減便益を以下のとおり計算し、31LGU の合計は 3,755 百万ペソと算出された。

表 7.8.12 年平均被害削減便益の計算表 (Taytay 市の事例)

(単位：千ペソ)

確率年	水位(m)			被害額			営業停止被害額 (b)	合計被害額 (c)=(a)+(b)	発生確率 (d)	発生確率の差 (e)	被害額の平均 (f)	年平均被害額 (e) x (f)
	Without	With	差	Without	With	差 (a)						
200	14.7	14.3	0.4	18,011,586	11,165,777	6,845,809	1,240,383	8,086,192	0.005	0.00500	6,937,766	34,689
100	14.3	13.9	0.4	12,147,435	7,287,660	4,859,775	929,565	5,789,340	0.010	0.01000	5,042,174	50,422
50	14.0	13.7	0.3	8,292,745	4,792,869	3,499,876	795,133	4,295,009	0.020	0.01333	3,677,581	49,034
30	13.7	13.4	0.3	5,440,492	2,899,495	2,540,997	519,156	3,060,154	0.033	0.01667	2,740,970	45,683
20	13.6	13.4	0.2	4,399,441	2,447,691	1,951,750	470,037	2,421,787	0.050	0.05000	1,829,965	91,498
10	13.2	13.0	0.2	1,791,289	784,979	1,006,311	231,831	1,238,142	0.100	0.10000	794,837	79,484
5	12.9	12.8	0.1	584,329	372,999	211,329	140,203	351,533	0.200	0.13333	251,419	33,522
3	12.6	12.5	0.1	151,305	0	151,305	0	151,305	0.333	0.16667	75,652	12,609
2	12.3	12.3	0.0	0	0	0	0	0	0.500	0.50000	0	0
												396,941

出典：JICA 調査チーム

表 7.8.13 年平均被害削減便益の計算表 (Lumban 市の事例)

(単位：千ペソ)

確率年	水位(m)			被害額			営業停止被害額 (b)	合計被害額 (c)=(a)+(b)	発生確率 (d)	発生確率の差 (e)	被害額の平均 (f)	年平均被害額 (e) x (f)
	Without	With	差	Without	With	差 (a)						
200	14.7	14.3	0.4	3,613,360	2,106,178	1,507,182	202,428	1,709,609	0.005	0.00500	1,485,962	7,430
100	14.3	13.9	0.4	2,336,788	1,194,739	1,142,050	120,265	1,262,314	0.010	0.01000	1,044,674	10,447
50	14.0	13.7	0.3	1,416,853	660,171	756,682	70,351	827,033	0.020	0.01333	622,027	8,294
30	13.7	13.4	0.3	761,468	385,596	375,872	41,150	417,022	0.033	0.01667	372,189	6,203
20	13.6	13.4	0.2	592,377	301,511	290,865	36,490	327,356	0.050	0.05000	223,583	11,179
10	13.2	13.0	0.2	194,795	91,476	103,319	16,492	119,811	0.100	0.10000	83,510	8,351
5	12.9	12.8	0.1	68,791	31,992	36,800	10,409	47,209	0.200	0.13333	29,032	3,871
3	12.6	12.5	0.1	10,856	0	10,856	0	10,856	0.333	0.16667	5,428	905
2	12.3	12.3	0.0	0	0	0	0	0	0.500	0.50000	0	0
												56,679

出典：JICA 調査チーム

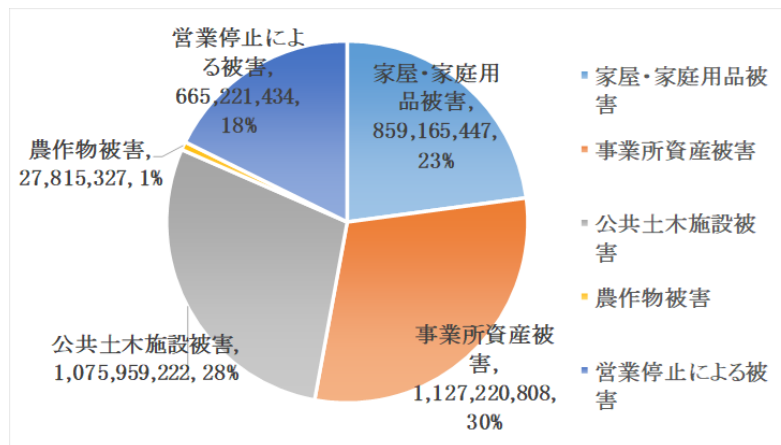
表 7.8.14 年平均被害削減便益の計算表 (全 31LGU)

(単位：千ペソ)

確率年	水位(m)			被害額			営業停止被害額 (b)	合計被害額 (c)=(a)+(b)	発生確率 (d)	発生確率の差 (e)	被害額の平均 (f)	年平均被害額 (e) x (f)
	Without	With	差	Without	With	差 (a)						
200	14.7	14.3	0.4	171,900,856	109,151,663	62,749,193	11,139,604	73,888,797	0.005	0.00500	63,782,455	318,912
100	14.3	13.9	0.4	118,748,668	73,389,781	45,358,887	8,317,225	53,676,113	0.010	0.01000	49,105,403	491,054
50	14.0	13.7	0.3	84,024,544	46,380,839	37,643,705	6,890,988	44,534,693	0.020	0.01333	36,333,566	484,448
30	13.7	13.4	0.3	52,754,247	29,281,698	23,472,549	4,659,890	28,132,440	0.033	0.01667	25,111,317	418,522
20	13.6	13.4	0.2	42,533,335	24,731,048	17,802,287	4,287,906	22,090,193	0.050	0.05000	16,573,312	828,666
10	13.2	13.0	0.2	18,139,247	9,166,508	8,972,739	2,083,692	11,056,431	0.100	0.10000	7,585,215	758,521
5	12.9	12.8	0.1	6,721,906	3,683,561	3,038,345	1,075,653	4,113,998	0.200	0.13333	2,660,309	354,708
3	12.6	12.5	0.1	1,206,619	0	1,206,619	0	1,206,619	0.333	0.16667	603,309	100,552
2	12.3	12.3	0.0	0	0	0	0	0	0.500	0.50000	0	0
												3,755,382

出典：JICA 調査チーム

年間平均被害額における、各被害の内訳を図 7.8.1 に示す。家屋資産被害は全体の 23%、事業所資産の被害が 30%、公共土木施設の被害は 28%、農作物被害は 1%、営業停止による被害が残りの 18%となった。各 LGU の便益項目毎の年間被害削減便益を表 7.8.15 に示す。



出典：JICA 調査チーム

図 7.8.1 年平均被害軽減便益の構成

表 7.8.15 LGU 毎の年平均被害軽減額の構成

No	省	LGU	家屋・家庭用品被害	事業所資産被害	公共土木施設被害	農作物被害	営業停止による被害	合計
1	Metro Manila	Taguig	99,350,735	1,774,335	54,776,079	0	1,094,167	156,995,316
2	Metro Manila	Muntinlupa	80,334,164	87,202,387	90,748,965	0	54,654,272	312,939,788
3	Laguna	San Pedro	42,602,467	56,464,823	53,661,449	2,830	24,954,162	177,685,731
4	Laguna	Binan	119,466,935	100,139,612	118,953,546	128,943	48,639,920	387,328,958
5	Laguna	Santa Rosa	41,772,358	35,631,759	41,927,230	172,600	18,565,151	138,069,098
6	Laguna	Cabuyao	66,892,144	124,702,667	103,780,523	545,025	56,734,848	352,655,208
7	Laguna	Calamba	35,587,483	45,094,008	43,702,474	2,400,612	19,707,653	146,492,232
8	Laguna	Los Banos	15,504,072	23,855,050	21,319,524	245,211	24,928,487	85,852,344
9	Laguna	Bay	20,987,869	42,185,169	34,218,729	1,513,622	44,947,470	143,852,858
10	Laguna	Calauan	287,423	493,915	423,225	1,042,017	168,656	2,415,235
11	Laguna	Victoria	22,338,743	24,830,091	25,549,785	2,565,220	15,377,353	90,661,191
12	Laguna	Pila	14,841,293	34,332,938	26,636,042	2,494,467	10,015,140	88,319,880
13	Laguna	Santa Cruz	56,225,646	65,559,841	65,967,138	3,366,134	46,814,696	237,933,455
14	Laguna	Pagsanjan	1,943,227	5,056,144	3,791,326	489,936	2,466,196	13,746,828
15	Laguna	Lumban	13,148,126	17,346,479	16,517,911	3,153,020	6,513,682	56,679,219
16	Laguna	Kalayaan	388,074	705,656	592,437	557,724	136,736	2,380,627
17	Laguna	Pacte	15,255,641	68,462,406	45,347,275	362,161	33,484,839	162,912,322
18	Laguna	Pakil	2,391,071	7,353,755	5,278,447	292,370	5,994,161	21,309,804
19	Laguna	Pangil	5,480,874	5,348,696	5,866,017	1,199,618	2,276,844	20,172,048
20	Laguna	Siniloan	9,689,913	35,367,969	24,406,353	2,258,473	14,027,221	85,749,929
21	Laguna	Famy	1,157,775	620,714	963,348	616,353	245,169	3,603,360
22	Laguna	Mabitac	4,896,231	2,821,100	4,180,221	2,778,116	1,301,779	15,977,445
23	Rizal	Jalajala	7,819,132	7,775,085	8,446,868	95,566	7,887,622	32,024,274
24	Rizal	Pililia	6,223,938	19,061,025	13,696,021	359,971	11,879,502	51,220,457
25	Rizal	Tanay	30,401,465	31,296,416	33,419,685	197,078	21,818,151	117,132,795
26	Rizal	Baras	5,642,459	4,186,599	5,324,073	177,774	1,320,982	16,651,887
27	Rizal	Morong	7,063,277	22,335,464	15,924,318	416,849	14,993,833	60,733,742
28	Rizal	Cardona	5,134,727	13,149,604	9,904,012	167,133	13,112,357	41,467,832
29	Rizal	Binangonan	39,124,649	45,065,152	45,602,809	124,838	58,961,528	188,878,976
30	Rizal	Angono	27,420,415	51,032,614	42,495,391	29	25,649,963	146,598,412
31	Rizal	Taytay	59,793,123	147,969,337	112,537,999	91,638	76,548,892	396,940,990
Total			859,165,447	1,127,220,808	1,075,959,222	27,815,327	665,221,434	3,755,382,239
Share			23%	30%	29%	1%	18%	100%

出典：JICA 調査チーム

なお、被害額は 2017 年時点の想定に基づいて計算されている。家屋や事業所数は、最低でも人口増加率に合わせて増えると考えられるため、年平均便益額は、各省の将来の人口増加予測率を反映させた。各年の便益額を添付資料 3-7 に示す。

2) 土地価格上昇の便益

洪水被害減少により将来的に起る土地価格上昇を、次式を用いて便益として計算した。

$$\text{「土地価格上昇の便益」} = \text{「土地価格が上昇する面積」} \times \text{「現在の土地の市場価値」} \times \text{「土地価格の上昇率」}$$

【土地価格が上昇する面積】

不動産会社の意見を元に、対象 31LGU の標高 12.5 m～14.3 m の面積の半分とし、GIS 解析データを元に 126.2 km² と計算した。

【現在の土地の市場価値】

Laguna 州、Rizal 州、及び NCR の平均 Zonal Value は、各 1,514 ペソ/m²、1,223 ペソ/m²、25,740 ペソ/m² (Bureau of Internal Revenue、2017) であった。市場価格は、固定資産税の計算に用いられる Zonal Value の 120%として、各 1,817 ペソ/m²、1,467 ペソ/m²、30,888 ペソ/m² と計上した。

【土地価格の上昇率】

不動産会社の意見、世界銀行の調査レポートを参考に、洪水被害を受ける上記地域がパラニャーケ放水路建設終了後、10年間で合計 1.5 割、毎年 1.5% ずつ上昇すると想定した。

3) 残土活用による埋め立て地建設の費用と便益

施工及び調達計画に記載のとおり、パラニャーケ放水路建設時に大量の残土が発生する。これをマニラ首都圏に近いラグナ湖北西岸へ埋め立てた場合、埋立地の経済便益は次式により計算できるものとする。その結果、埋め立て地建設により発生する便益は合計 9,000 百万ペソとなった。なお、再利用にかかる追加費用は、2,300 百万ペソと試算されており、経済費用としては 1,930 百万ペソを計上した。

$$\text{「埋め立て地建設の費用と便益」} = \text{「埋立地面積」} \times \text{「現在の土地の市場価値」}$$

【埋立地面積】

施工及び調達計画に記載のとおり、発生した残土により造成できる埋立地は、450,000 m² と試算した。

【現在の土地の市場価格】

前述のとおり、NCR の平均 Zonal Value は 25,740 ペソ/m² であり、市場価格として 2 割増しの 30,888 ペソ/m² を現在の市場価格と試算した。建設される埋立地は、保守的な視点に立ち、20,000 ペソ/m² とした。

(5) 経済分析の結果

上記の経済費用、経済便益を評価期間中の年毎に計上し、EIRR、B/C、NPV 等を算出した結果、表 7.8.16 に示す結果となった。各ケースの計算表を添付資料 3-8 に整理する。

経済費用はルートと工法の異なる、下記の4つのオプションを設定している。

費用オプション1：放水路（ルート1、Shield）

費用オプション2：放水路（ルート1、NATM）

費用オプション3：放水路（ルート3、Shield）

費用オプション4：放水路（ルート3、NATM）

前述したとおり、以下の便益が定量化されている。

便益(1)：洪水被害の軽減に関する便益

便益(2)：土地価格上昇の便益

便益(3)：残土活用による便益

計算に含める便益の異なる3つのケースについて計算を実施した。

便益ケース1：便益(1)のみ含む

便益ケース2：便益(1)と便益(2)を含む

便益ケース3：便益(1)、便益(2)、便益(3)を含む

表 7.8.16 パラニャケ放水路の各オプションの経済分析結果

便益 ケース	費用オプション	EIRR	B/C	NPV (PHP million)
便益 ケース 1	オプション1 (ルート1, Shield)	9.1%	0.87	-3,181
	オプション2 (ルート1, NATM)	10.4%	1.06	1,109
	オプション3 (ルート3, Shield)	8.3%	0.76	-6,279
	オプション4 (ルート3, NATM)	9.6%	0.95	-1,062
便益 ケース 2	オプション1 (ルート1, Shield)	10.1%	1.02	420
	オプション2 (ルート1, NATM)	11.5%	1.23	4,383
	オプション3 (ルート3, Shield)	9.2%	0.89	-3,005
	オプション4 (ルート3, NATM)	10.6%	1.10	1,914
便益 ケース 3	オプション1 (ルート1, Shield)	10.7%	1.11	2,511
	オプション2 (ルート1, NATM)	12.3%	1.38	6,474
	オプション3 (ルート3, Shield)	9.7%	0.96	-914
	オプション4 (ルート3, NATM)	11.4%	1.22	4,005

出典：JICA 調査チーム

洪水被害の軽減便益のみを含む、便益ケース1では、EIRRは費用オプション2の場合のみ10%を上回った。便益ケース2、ケース3においては、費用オプション1、2、4の場合、EIRRが経済的妥当性の基準となる10%を上回った。その他、社会的な効果はあるものの、定量化できない定性的便益も考慮すると、全てのオプションでおおよそ経済的に妥当な水準にあると考えられる。

なお、パラニャーケ放水路からの洪水流量の排水先となる南パラニャーケ川、ザポテ川等については、上流の支川も含めた治水計画（河川改修等）が必須であるが、これらの工事費用については、ここでは見込んでない。別途、治水計画を行い費用及び便益を検討することが必要である。

(6) 感度分析

各種の要因による事業効果への影響を分析するため、上記のベースケースの他に、以下の3ケースにおける感度分析を実施した。

感度分析 1：事業費用（初期投資費、維持管理費）+10 %

感度分析 2：事業便益 - 10 %

感度分析 3：感度分析 1 と感度分析 2 の同時発生（事業費用+10 %、事業便益 - 10 %）

1) 感度分析結果

感度分析の結果は表 7.8.17 のとおりとなった。計算詳細については添付資料 3-8 に示す。

事業費用の 10%増加（感度分析 1）は EIRR を 0.6 %から 0.9 %引き下げ、便益の 10 %減少（感度分析 2）も EIRR を 0.6 %から 0.9%程度押し下げた。費用と便益両方が悪化した場合（感度分析 3）、EIRR は 1.1%から 1.7%悪化した。

EIRR の数値は経済的妥当性を示す 10%に近い水準であり、建設期間と維持管理期間における、費用と便益の慎重な管理・制御が期待される。

表 7.8.17 感度分析による各ケースの値

便益 ケース	費用オプション	ベース ケース	感度分析 1： 事業費用+10 %	感度分析 2： 事業便益 - 10 %	感度分析 3： 費用 +10 % 便益 - 10 %
便益 ケース 1	オプション 1 (ルート 1, Shield)	9.1%	8.5%	8.4%	7.8%
	オプション 2 (ルート 1, NATM)	10.4%	9.7%	9.7%	9.1%
	オプション 3 (ルート 3, Shield)	8.3%	7.7%	7.7%	7.2%
	オプション 4 (ルート 3, NATM)	9.6%	9.1%	9.0%	8.4%
	ベースケースとの差分	-	-0.5~-0.7%	-0.6~-0.7%	-1.1~-1.3%
便益 ケース 2	オプション 1 (ルート 1, Shield)	10.1%	9.4%	9.4%	8.7%
	オプション 2 (ルート 1, NATM)	11.5%	10.8%	10.7%	10.0%
	オプション 3 (ルート 3, Shield)	9.2%	8.5%	8.5%	7.9%
	オプション 4 (ルート 3, NATM)	10.6%	10.0%	9.9%	9.3%
	ベースケースとの差分	-	-0.6~-0.7%	-0.7~-0.8%	-1.3~-1.5%
便益 ケース 3	オプション 1 (ルート 1, Shield)	10.7%	10.0%	9.9%	9.1%
	オプション 2 (ルート 1, NATM)	12.3%	11.5%	11.4%	10.6%
	オプション 3 (ルート 3, Shield)	9.7%	9.0%	9.0%	8.3%
	オプション 4 (ルート 3, NATM)	11.4%	10.6%	10.5%	9.8%
	ベースケースとの差分	-	-0.7~-0.8%	-0.7~-0.9%	-1.4~-1.7%

出典：JICA 調査チーム

7.8.2 パッシング・マリキナ川治水事業と組み合わせた経済分析

(1) パッシング・マリキナ川治水事業とラグナ湖沿岸地域洪水管理計画事業

パッシング・マリキナ川洪水時には最大 2,400 m³/s の洪水流量がマンガハン放水路を通過してラグナ湖に流入する。このマンガハン放水路による本川流量低減はパッシング・マリキナ川の治水計画、最も重要な対策として位置付けられている。一方、ラグナ湖沿岸地域はこのマリキナ川からの洪水流量による湖水位上昇により被害が発生しており、パラニャーケ放水路によるラグナ湖沿岸地域の洪水管理計画はパッシング・マリキナ川治水対策事業と一体として取り扱うことが妥当である。なお、1975 年に、マンガハン放水路はマリキナ川洪水流量をラグナ湖に放水することを目的として、また、パラニャーケ放水路はラグナ湖に流入したマリキナ川洪水流量をマニラ湾に排水することを目的としてセットで提案されている。

パッシング・マリキナ川治水事業とラグナ湖沿岸地域洪水管理計画事業の施設対策を下記に整理する。

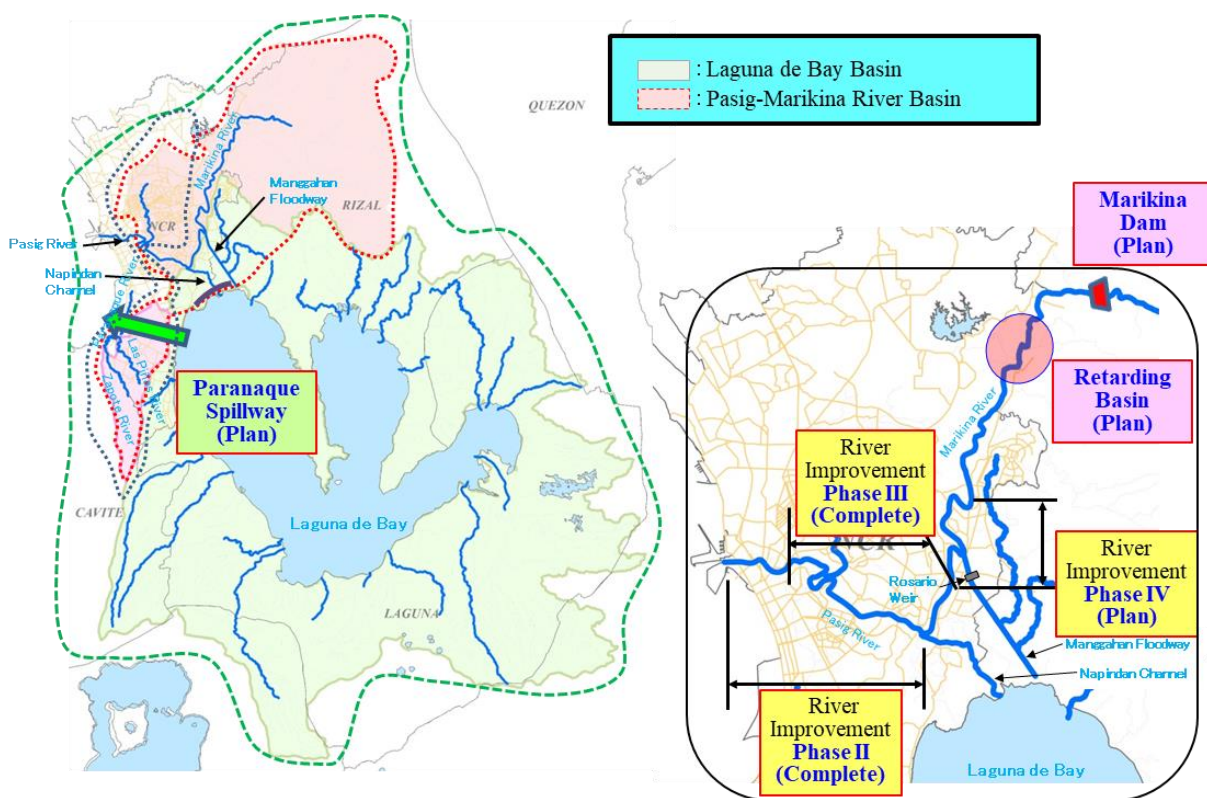


図 7.8.2 パッシング・マリキナ川治水事業とラグナ湖沿岸地域洪水管理計画事業

パッシング・マリキナ川治水事業

1) 河川改修事業

- Pasig – Marikina River Improvement Project (Phase II) (完成)
- Pasig – Marikina River Improvement Project (Phase III) (完成)
- Pasig – Marikina River Improvement Project (Phase IV) (計画中)

- 2) マリキナダム建設事業（計画中）
- 3) マリキナ川遊水地建設事業（計画中）

ラグナ湖沿岸地域洪水管理計画事業

- 1) パラニャーケ放水路事業

(2) 経済分析

パッシング・マリキナ川の河川改修事業についての経済分析は、2011年に『パッシング・マリキナ川河川改修事業（Ⅲ）準備調査』において検討が行われている。本調査においては、この検討の費用及び便益を更新することによって経済分析を行う。

上記報告書に示された河川改修事業の費用及び便益、また、想定されるマリキナダム事業及び遊水地事業の費用及び便益、加えて、本調査で算定したパラニャーケ放水路の費用及び便益を用いて経済分析を行った結果を以下に示す。

表 7.8.18 パッシング・マリキナ川及びラグナ湖事業の経済分析結果総括

費用オプション	EIRR	B/C	NPV (PHP million)
パッシング・マリキナ川河川改修 Phase II, III, IV	28.6%	4.5	27,391
パッシング・マリキナ川河川改修 Phase II, III, IV +パラニャーケ放水路	26.8%	3.1	27,708
パッシング・マリキナ川河川改修 Phase II, III, IV +遊水地+マリキナダム +パラニャーケ放水路	26.1%	2.8	28,285

表 7.8.19 パッシング・マリキナ川及びラグナ湖事業の経済分析 (1/3)

(パッシング・マリキナ Phase II, III, IV)

Year	Cost							Benefit				Net Benefit
	River Improvement			Marikina Dam	Retarding Basin	Paranaque Spillway	Total	River Improvement + Retarding basin + Dam		Paranaque Spillway	Total	
	Phase II	Phase III	Phase IV					30-year Return Period	30 to 100-year Return Period			
2007	133	0	0	0	0	0	133	0	0	0	0	-133
2008	418	0	0	0	0	0	418	0	0	0	0	-418
2009	564	0	0	0	0	0	564	0	0	0	0	-564
2010	919	0	0	0	0	0	919	0	0	0	0	-919
2011	1,105	0	0	0	0	0	1,105	0	0	0	0	-1,105
2012	1,400	166	0	0	0	0	1,566	0	0	0	0	-1,566
2013	12	1,174	0	0	0	0	1,186	1,470	0	0	1,470	284
2014	12	2,111	0	0	0	0	2,123	1,470	0	0	1,470	-653
2015	12	2,111	0	0	0	0	2,123	1,470	0	0	1,470	-653
2016	12	984	0	0	0	0	995	1,470	0	0	1,470	474
2017	12	15	63	0	0	0	89	5,653	0	0	5,653	5,563
2018	12	15	1,103	0	0	0	1,130	5,653	0	0	5,653	4,523
2019	12	15	1,605	0	0	0	1,632	5,653	0	0	5,653	4,021
2020	12	15	1,605	0	0	0	1,632	5,653	0	0	5,653	4,021
2021	12	15	1,641	0	0	0	1,668	5,653	0	0	5,653	3,985
2022	12	15	536	0	0	0	563	5,653	0	0	5,653	5,090
2023	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2024	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2025	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2026	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2027	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2028	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2029	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2030	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2031	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2032	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2033	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2034	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2035	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2036	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2037	12	15	325	0	0	0	351	10,692	0	0	10,692	10,340
2038	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2039	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2040	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2041	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2042	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2043	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2044	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2045	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2046	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2047	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2048	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2049	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2050	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2051	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2052	12	15	325	0	0	0	351	10,692	0	0	10,692	10,340
2053	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2054	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2055	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2056	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2057	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2058	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2059	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2060	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2061	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2062	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2063	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2064	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2065	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2066	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2067	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2068	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2069	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2070	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2071	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2072	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2073	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2074	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2075	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2076	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2077	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2078	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650
2079	12	15	15	0	0	0	42	10,692	0	0	10,692	10,650

Discount Rate	10.0%
EIRR	28.6%
NPV	27,391
B/C	4.5

表 7.8.20 パッシング・マリキナ川及びブラグナ湖事業の経済分析 (2/3)
(パッシング・マリキナ Phase II, III, IV + パラニャーケ放水路)

Year	Cost							Benefit			Net Benefit	
	River Improvement			Marikina Dam	Retarding Basin	Paranaque Spillway	Total	River Improvement + Retarding basin + Dam		Paranaque Spillway		Total
	Phase II	Phase III	Phase IV					30-year Return Period	30 to 100-year Return Period			
2007	133	0	0	0	0	0	133	0	0	0	0	-133
2008	418	0	0	0	0	0	418	0	0	0	0	-418
2009	564	0	0	0	0	0	564	0	0	0	0	-564
2010	919	0	0	0	0	0	919	0	0	0	0	-919
2011	1,105	0	0	0	0	0	1,105	0	0	0	0	-1,105
2012	1,400	166	0	0	0	0	1,566	0	0	0	0	-1,566
2013	12	1,174	0	0	0	0	1,186	1,470	0	0	1,470	284
2014	12	2,111	0	0	0	0	2,123	1,470	0	0	1,470	-653
2015	12	2,111	0	0	0	0	2,123	1,470	0	0	1,470	-653
2016	12	984	0	0	0	0	995	1,470	0	0	1,470	474
2017	12	15	63	0	0	0	89	5,653	0	0	5,653	5,563
2018	12	15	1,103	0	0	0	1,130	5,653	0	0	5,653	4,523
2019	12	15	1,605	0	0	0	1,632	5,653	0	0	5,653	4,021
2020	12	15	1,605	0	0	856	2,488	5,653	0	0	5,653	3,165
2021	12	15	1,641	0	0	867	2,535	5,653	0	0	5,653	3,118
2022	12	15	536	0	0	3,345	3,907	5,653	0	0	5,653	1,745
2023	12	15	15	0	0	3,350	3,392	10,692	0	0	10,692	7,300
2024	12	15	15	0	0	3,355	3,397	10,692	0	0	10,692	7,295
2025	12	15	15	0	0	3,869	3,911	10,692	0	0	10,692	6,781
2026	12	15	15	0	0	3,660	3,702	10,692	0	0	10,692	6,989
2027	12	15	15	0	0	3,667	3,708	10,692	0	0	10,692	6,983
2028	12	15	15	0	0	3,673	3,715	10,692	0	0	10,692	6,977
2029	12	15	15	0	0	5,048	5,090	10,692	0	0	10,692	5,602
2030	12	15	15	0	0	3,186	3,228	10,692	0	0	10,692	7,464
2031	12	15	15	0	0	330	371	10,692	0	4,967	15,658	15,287
2032	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	5,055	15,746	15,556
2033	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	5,144	15,836	15,646
2034	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	5,235	15,927	15,737
2035	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	5,329	16,020	15,830
2036	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	5,418	16,110	15,920
2037	12	15	325	0	0	148	500	10,692	0	5,509	16,200	15,701
2038	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	5,601	16,293	16,103
2039	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	5,696	16,387	16,197
2040	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	5,791	16,483	16,293
2041	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	5,882	16,573	16,383
2042	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	5,974	16,665	16,475
2043	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	6,067	16,759	16,569
2044	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	6,162	16,854	16,664
2045	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	6,259	16,950	16,760
2046	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	6,357	17,049	16,859
2047	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	6,457	17,149	16,959
2048	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	6,559	17,251	17,061
2049	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	6,662	17,354	17,164
2050	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	6,768	17,459	17,269
2051	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	6,875	17,566	17,376
2052	12	15	325	0	0	148	500	10,692	0	6,984	17,675	17,176
2053	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	7,094	17,786	17,596
2054	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	7,207	17,899	17,709
2055	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	7,322	18,013	17,823
2056	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	7,438	18,130	17,940
2057	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	7,557	18,249	18,059
2058	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	7,677	18,369	18,179
2059	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	7,800	18,492	18,302
2060	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	7,925	18,617	18,427
2061	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	8,052	18,744	18,554
2062	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	8,181	18,873	18,683
2063	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	8,312	19,004	18,814
2064	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	8,446	19,138	18,948
2065	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	8,582	19,274	19,084
2066	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	8,720	19,412	19,222
2067	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	8,861	19,552	19,362
2068	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	9,004	19,695	19,505
2069	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	9,149	19,841	19,651
2070	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	9,297	19,989	19,799
2071	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	9,448	20,139	19,949
2072	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	9,601	20,292	20,102
2073	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	9,756	20,448	20,258
2074	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	9,915	20,607	20,417
2075	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	10,076	20,768	20,578
2076	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	10,240	20,932	20,742
2077	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	10,407	21,098	20,908
2078	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	10,576	21,268	21,078
2079	12	15	15	0	0	148	190	10,692	0	10,749	21,440	21,250

Discount Rate	10.0%
EIRR	26.8%
NPV	27,708
B/C	3.1

表 7.8.21 パッシング・マリキナ川及びラグナ湖事業の経済分析 (2/3)

(パッシング・マリキナ Phase II, III, IV + 遊水地 + ダム + パラニャーク放水路)

Year	Cost							Benefit				Net Benefit
	River Improvement			Marikina Dam	Retarding Basin	Paranaque Spillway	Total	River Improvement + Retarding basin + Dam		Paranaque Spillway	Total	
	Phase II	Phase III	Phase IV					30-year Return Period	30 to 100-year Return Period			
2007	133	0	0	0	0	0	133	0	0	0	0	-133
2008	418	0	0	0	0	0	418	0	0	0	0	-418
2009	564	0	0	0	0	0	564	0	0	0	0	-564
2010	919	0	0	0	0	0	919	0	0	0	0	-919
2011	1,105	0	0	0	0	0	1,105	0	0	0	0	-1,105
2012	1,400	166	0	0	0	0	1,566	0	0	0	0	-1,566
2013	12	1,174	0	0	0	0	1,186	1,470	0	0	1,470	284
2014	12	2,111	0	0	0	0	2,123	1,470	0	0	1,470	-653
2015	12	2,111	0	0	0	0	2,123	1,470	0	0	1,470	-653
2016	12	984	0	0	0	0	995	1,470	0	0	1,470	474
2017	12	15	63	0	0	0	89	5,653	0	0	5,653	5,563
2018	12	15	1,103	0	0	0	1,130	5,653	0	0	5,653	4,523
2019	12	15	1,605	0	0	0	1,632	5,653	0	0	5,653	4,021
2020	12	15	1,605	0	0	856	2,488	5,653	0	0	5,653	3,165
2021	12	15	1,641	0	0	867	2,535	5,653	0	0	5,653	3,118
2022	12	15	536	1,633	1,500	3,345	7,041	5,653	0	0	5,653	-1,388
2023	12	15	15	1,633	1,500	3,350	6,525	10,692	0	0	10,692	4,167
2024	12	15	15	1,633	1,500	3,355	6,530	10,692	0	0	10,692	4,161
2025	12	15	15	1,633	1,500	3,869	7,044	10,692	0	0	10,692	3,648
2026	12	15	15	33	30	3,660	3,765	10,692	1,880	0	12,572	8,807
2027	12	15	15	33	30	3,667	3,771	10,692	1,880	0	12,572	8,801
2028	12	15	15	33	30	3,673	3,777	10,692	1,880	0	12,572	8,795
2029	12	15	15	33	30	5,048	5,153	10,692	1,880	0	12,572	7,419
2030	12	15	15	33	30	3,186	3,290	10,692	1,880	0	12,572	9,282
2031	12	15	15	33	30	330	434	10,692	1,880	4,967	17,539	17,105
2032	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	5,055	17,627	17,374
2033	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	5,144	17,716	17,463
2034	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	5,235	17,808	17,555
2035	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	5,329	17,901	17,648
2036	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	5,418	17,990	17,737
2037	12	15	325	33	30	148	562	10,692	1,880	5,509	18,081	17,518
2038	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	5,601	18,173	17,921
2039	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	5,696	18,268	18,015
2040	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	5,791	18,364	18,111
2041	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	5,882	18,454	18,201
2042	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	5,974	18,546	18,293
2043	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	6,067	18,639	18,386
2044	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	6,162	18,734	18,481
2045	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	6,259	18,831	18,578
2046	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	6,357	18,929	18,676
2047	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	6,457	19,029	18,776
2048	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	6,559	19,131	18,878
2049	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	6,662	19,234	18,982
2050	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	6,768	19,340	19,087
2051	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	6,875	19,447	19,194
2052	12	15	325	33	30	148	562	10,692	1,880	6,984	19,556	18,993
2053	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	7,094	19,666	19,414
2054	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	7,207	19,779	19,526
2055	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	7,322	19,894	19,641
2056	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	7,438	20,010	19,758
2057	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	7,557	20,129	19,876
2058	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	7,677	20,250	19,997
2059	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	7,800	20,372	20,120
2060	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	7,925	20,497	20,244
2061	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	8,052	20,624	20,371
2062	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	8,181	20,753	20,500
2063	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	8,312	20,884	20,632
2064	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	8,446	21,018	20,765
2065	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	8,582	21,154	20,901
2066	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	8,720	21,292	21,039
2067	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	8,861	21,433	21,180
2068	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	9,004	21,576	21,323
2069	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	9,149	21,721	21,469
2070	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	9,297	21,869	21,616
2071	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	9,448	22,020	21,767
2072	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	9,601	22,173	21,920
2073	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	9,756	22,329	22,076
2074	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	9,915	22,487	22,234
2075	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	10,076	22,648	22,395
2076	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	10,240	22,812	22,559
2077	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	10,407	22,979	22,726
2078	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	10,576	23,148	22,895
2079	12	15	15	33	30	148	253	10,692	1,880	10,749	23,321	23,068

Discount Rate	10.0%
EIRR	26.1%
NPV	28,285
B/C	2.8

7.8.3 定性的効果

事業実施によりもたらされる社会的便益のうち、定量化が可能な経済便益は第 7.8.1 節に記載した。それ以外の、データ不足等で定量化が難しい便益について、定性的効果として本章にとりまとめる。定性的効果には住民の要望が高い等、社会的には重要な便益もあり、これらも考慮したうえで事業実施の妥当性を検討することが望ましい。

(1) 洪水被害軽減便益

第 7.8.1 節で、洪水被害額として、家屋、事業所、公共土木施設、農作物、営業停止については推定額を計上した。その他、洪水による被害額として規模が大きい項目は、人的被害（死傷者・行方不明者等）、道路断絶による経済的被害等がある。それぞれの内容を以下に記載する。

【人的被害】

第 2.2.3 節で、台風オンドイ、台風ペペンの死者数、行方不明者数は合計でそれぞれ 500 名を超える。表 2.2.7 に記載のとおり、台風オンドイによる調査対象地域の死者数は 133 名に上り、本事業実施により削減させることができると考えられる。

人的被害の経済的な定量化は経済分析における難しい課題の 1 つであり、定量化されている事業は多くない。フィリピン国で人的被害の経済価値を計上した一例として、「Economic Impact of Sanitation in the Philippines（世界銀行/USAID、2008 年）」では、同国の生涯賃金を元に試算し、2005 年時点で USD 28,700/人程度の経済価値となった、GDP 成長率を加味すると 2017 年時点では USD50,000/人程度の価値となる。また、生涯賃金ではなく、精神的被害や住民の支払意思額から試算する方法では、その経済価値が数倍にも増加することが知られており、事業実施の際にはその影響を加味すべきである。

【道路断絶による経済的被害】

ラグナ湖の水位が上昇すると、道路交通が断絶し、住民の交通時間が増加する。また運送も滞るため、周辺の製造業等への影響も大きい。本調査では道路ネットワークの情報収集・解析が難しいため、便益を定量化できなかったが、ラグナ湖の浸水期間は数週間から数か月に及ぶことも多く、この被害軽減も効果が大きいと考えられる。

(2) 地域開発効果

定量化された便益としては、土地価格の上昇が計上されているが、洪水被害の減少はそれ以外にも効果が発現すると考えられる。事業対象地域はマニラ首都圏の通勤圏内であるため、洪水被害が減少することで、裨益地域の居住人口増加が見込まれる。これに伴い、商業施設、レストラン、小売店等も増加し、地域の経済活動が全般的に活性化し、経済発展に貢献する見込みである。

(3) 事業実施による雇用改善効果・技術力向上

本事業実施により、10 年間の計画・建設期間に合計約 PHP480～650 億程度の建設工事・コンサルタント業務が実施される。また、施設の維持管理のため、毎年 PHP2～3 億程度の費用

が発生する。これら建設・維持管理業務のため、現地の建設業者との契約、及び建設作業員の雇用が必要となり、周辺地域の雇用に長期間にわたり多大なインパクトを与え、住民の生活環境改善に貢献する。

また、放水路建設に用いられる掘削技術はフィリピンでは最新の技術であり、事業実施を通じ、関連する高度な技術と知見が現地企業、コンサルタント、雇用者等へ伝わることで、長期的に現地の建設技術向上に貢献すると考えられる。

7.9 自然環境・社会環境配慮

7.9.1 対象地域の状況

(1) 放水路建設候補地周辺における施設立地状況

1) 放水路建設候補地周辺の状況

放水路建設候補地は第 7.2 節で示した通り 3 か所あるが（図 7.2.6 参照）、採用の可能性が高い 2 か所（表 7.2.5 参照）を対象に、候補地周辺地域の状況について以下に記述する。

図 7.9.1 に示す通り、ルート 1 周辺の土地利用は、開水路となるラグナ湖沿岸より約 1.2 km の範囲において、住宅地、警察施設（Camp Bagong Diwa）、大学（Polytechnic University of the Philippines）、政府施設（Department of Science and Technology: DOST）等となっている。その西側では、フィリピン国鉄（PNR）及び高速道路（SLEX）を挟んで新興住宅地（Sub-division）が広がり、排水施設が計画されているパラニャーケ市の Barangay San Dionisio では、倉庫及び業務区域（Amvel Business Park）となっている。

一方、ルート 3 周辺の土地利用は、開水路となるラグナ湖沿岸より約 0.6 km の範囲において、M. Quezon Ave.周辺における住宅地と、その西側に PNR と SLEX 等の交通施設があり、それらの間が広大な空地（不動産会社所有）となっている。さらに SLEX の西側は市街地や一般住宅地が広がり、一部は公園（Loyola Memorial Park, Manila Memorial Park）等となっている。また、マニラ湾側の排水施設候補地周辺は、Las Piñas 市所有の空地（モータープール）及び廃棄物処分場跡地となっているほか、南側には病院（Las Piñas General Hospital）が立地している。

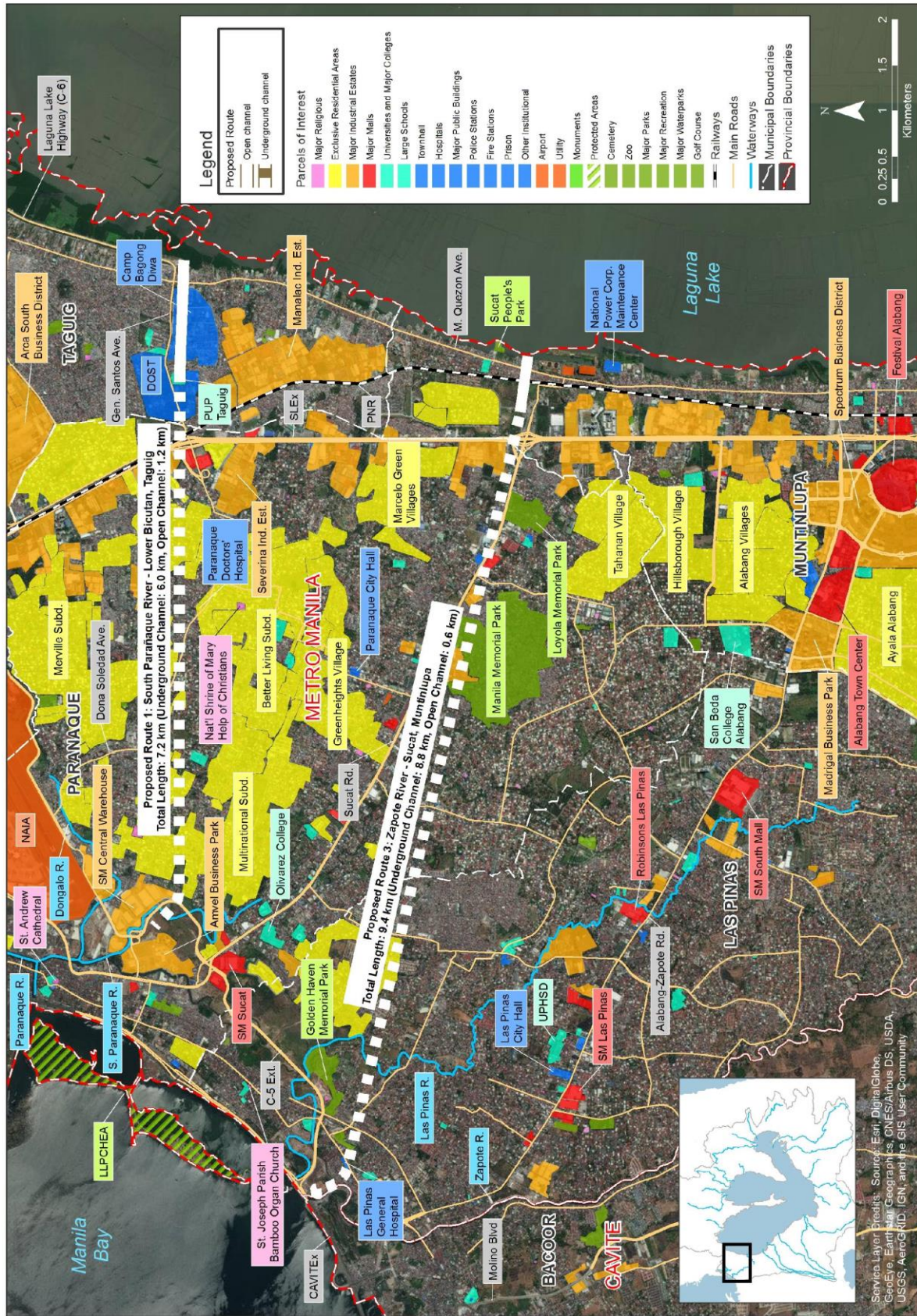


図 7.9.1 放水路建設候補地周辺の土地利用及び施設立地状況

2) 取水施設及び開水路周辺の状況

取水施設－開水路の候補地は、第 7.2 節で示した通り 2 か所ある（図 7.2.4、図 7.2.5 及び表 7.2.3 参照）。それらは、Taguig 市 Barangay Lower Bicutan、及び Muntinlupa 市 Barangay Sucat に位置している。候補地周辺における環境の現況は、表 7.9.1 及び出典：JICA 調査チーム

図 7.9.2 に示すとおりである。

表 7.9.1 取水施設－開水路建設候補地周辺の状況

候補地	環境の現況
候補地 1: Barangay Lower Bicutan, Taguig City	<p><u>交通</u>: ラグナ湖岸に Laguna Lake Highway (C-6)、その南側に M. Quezon Ave.が南北に通っている。取水地点候補地から東西方向に General Santos Ave.が通っている。M. Quezon Ave.は 2 車線で交通量が多く渋滞していることが多い。</p> <p><u>土地利用・施設立地</u>: ラグナ湖岸は Taguig Lakeshore Hall 及び公園となっている。M. Quezon Ave.とラグナ湖の間に住宅地、その西側に警察施設 (Camp Bagong Diwa)、さらにその西側に大学 (Polytechnic University of the Philippines) が立地し、その周囲は政府施設 (Department of Science and Technology: DOST) となっている。</p> <p><u>自然環境</u>: 住宅地内には緑地は少ない。警察施設内には緑地はあるものの、陸域生態系としては人為活動の影響を受けたものである。ラグナ湖内の水域生態系は、ホテイアオイ (<i>Eichhornia crassipes</i>)、クウシンサイ (<i>Ipomoea aquatic</i>) 等が繁茂する広大な湿地である。</p> <p><u>水域利用</u>: 湖岸より数 100m 離れた位置に養魚施設 (fish pen, fish cage) が設置されている。また、漁業用小型船舶の係留施設が存在する。</p>
候補地 2: Barangay Sucat, Muntinpula City	<p><u>交通</u>: M. Quezon Ave.、PNR が南北に通る、東西方向には Sucat Rd.が通っている。</p> <p><u>土地利用・施設立地</u>: M. Quezon Ave.の両側は住宅地である。PNR の西側に不動産会社 (Vista Land and Lifescapes Inc.) 所有の土地があり、現在は空地となっている。</p> <p><u>自然環境</u>: 住宅地内には緑地は少ない。不動産会社所有の空地は緑地となっているが高木は少なく、草地や灌木でおおわれている。ラグナ湖内には、候補地 1 と同様、水生植物で覆われている。</p> <p><u>水域利用</u>: 湖岸より数 100m の範囲に養魚施設 (fish pen, fish cage) が設置されている。</p>

出典：JICA 調査チーム



出典：JICA 調査チーム

図 7.9.2 取水施設－開水路建設候補地周辺の状況

3) 排水施設周辺の状況

排水施設建設候補地は第 7.2 節で示した通り 3 か所ある (表 7.2.4 参照)。それらのうち 2 か所は、パラニャーケ川水系の下流部 (パラニャーケ市、Barangay San Dionisio)、1 か所はザポテ川最下流部 (ラスピニャス市、Barangay Pulang Lupa Uno) に位置している。候補地周辺における環境の現況は、表 7.9.2 及び図 7.9.3 に示すとおりである。

表 7.9.2 排水施設建設候補地周辺の状況

候補地	環境の現況
候補地 1、2: パラニャーケ川水系の下流部 (Barangay San Dionisio, Parañaque)	<p><u>交通</u>: Carlos P. Gracia Ave. (C-5) が候補地 1 を囲むように通っている。東側には Sucat Rd. が南北に通っている。また、Sucat Road が候補地 2 の西側を南北方向に通っている。</p> <p><u>土地利用・施設立地</u>: 候補地 1、2 は、現在、空地（緑地）となっている。周辺には業務施設（Amvel Business Park）及び、倉庫等が立地している。</p> <p><u>自然環境</u>: 候補地周辺の陸上生態系は人為活動の影響を受けたものであり、自然植生は存在していない。候補地は灌木及び草地となっており、高木はほとんど見られない。</p>
候補地 3: ザポテ川最下流部 (Barangay Pulang Lupa Uno, Las Piñas)	<p><u>交通</u>: CAVITEx がマニラ湾沿いに通っている。候補地の東側には Carlos P. Gracia Ave. (C-5) が東西方向に通っている。</p> <p><u>土地利用・施設立地</u>: ザポテ川右岸側は Las Piñas 市のモータープール用地である。その南側は以前廃棄物処分場（Garbage Dumping Site）として使われていたところであり、現在は民有地となっている（Las Piñas 市にてヒアリング）。敷地内には ISF が多く居住している。ザポテ川左岸側は Cavite 州の Bacoor 市の区域であり、ISF の住宅地となっている。ザポテ川の支流を挟んだ南側は主に住宅地となっているほか、病院や大学も立地している。</p> <p><u>自然環境</u>: ザポテ川の右岸側には、廃棄物埋め立て後の空地となっており、植生は主に灌木から成っている。左岸側には、広大な緑地・湿地が広がっている。</p>

出典：JICA 調査チーム

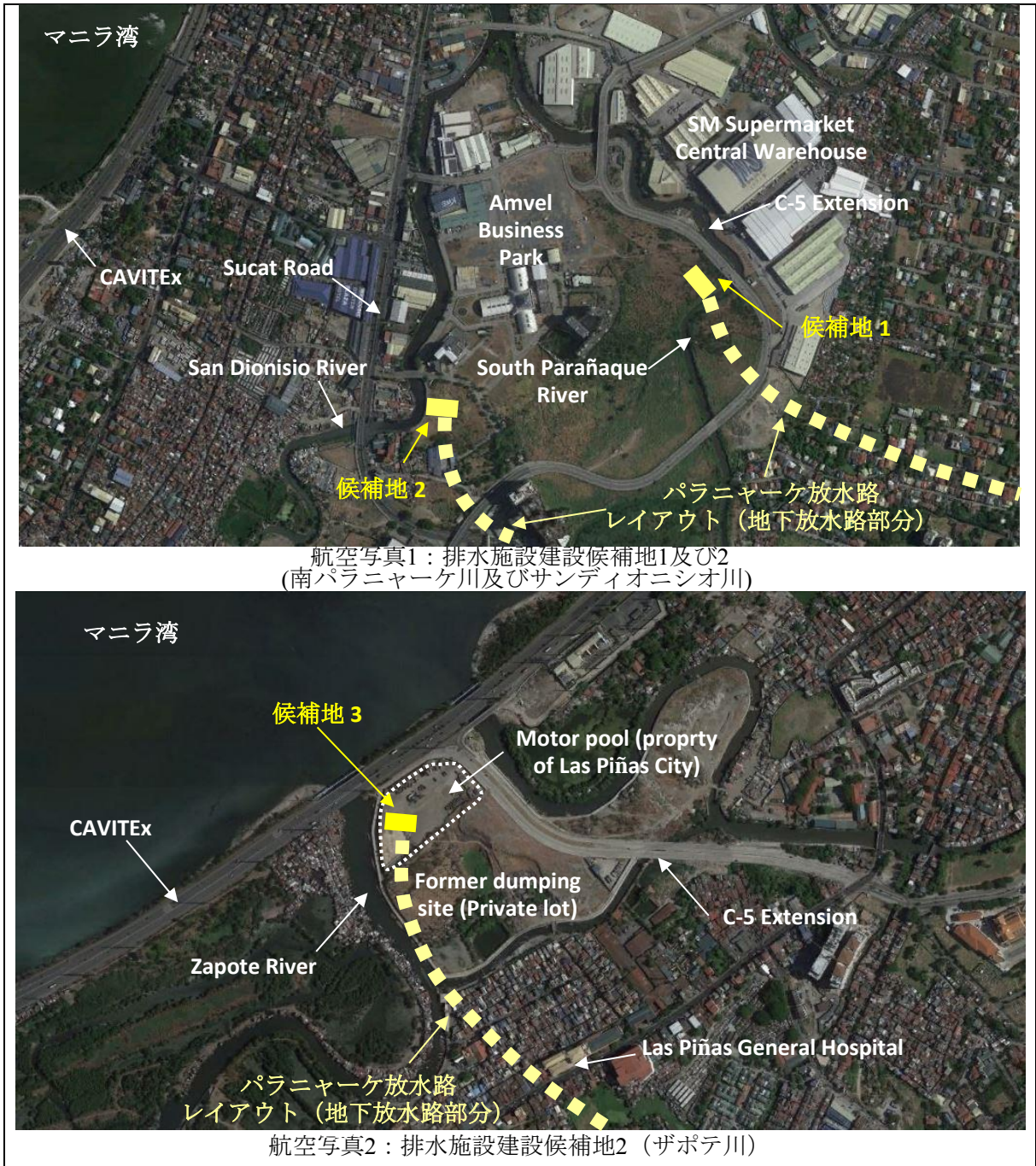


図 7.9.3 排水施設建設候補地周辺の状況

(2) 取水地点候補地周辺における漁業、水運等の状況

取水施設候補地2か所周辺における漁業活動、水運等の状況について把握するため、LLDAの環境管理部局（Environmental Regulations Department）へヒアリングした。その結果、以下の情報を確認した。

- 候補地1及び2周辺地域では、fish pen 及び fish cage による養殖が行われているほか、fish trap と呼ばれる「漁獲用の仕掛け」が護岸に近い位置に設置されている。2か所の候補施設の間地点（Barangay Bagumbayan, Taguig 市）には、棧橋や係留施設が要所に

- 設置されており（図 7.9.4、写真 1 参照）、湖内の漁業施設との往復・運搬に利用されている。
- fish pen、fish cage 等の養殖施設は LLDA の管轄下に置かれ、設置には LLDA の許可が必要である。これら施設は護岸から 200m 以上離して設置する必要がある一方、fish trap は設置に関する許可の必要はない。
 - ラグナ湖内において商業的な漁業活動を営む同業者の集まりとして、漁業組合が 2 つ組織されており、LLDA の管轄下に置かれている。またこの組織とは別に、RA No.8550 の規定に基づいて結成されている組合があり、「漁業及び水産資源管理協議会 (Fishery and Aquatic Resources Management Council)」の管轄下に置かれている。
 - またラグナ湖では漁業活動のほか、候補地周辺地域では、水生植物（クウシンサイ (*Ipomoea Aquatica*)) の栽培・収穫が行われている（図 7.9.4、写真 2 参照）。
 - ラグナ湖内の水運については、第 2.4.1 節で概要を記述した。候補地周辺地域における水運としては、候補地 2 の南側において、かつて火力発電施設 (Sucat Thermal Power Plant) が稼働していた時に、発電所で使用する石油を運搬するための航路が設定されていたが、発電所が稼働していない現在、その航路は機能されていない。発電所は現在施設の売却の手続きが進められているが、今後、施設が再稼働した場合には、水運による石油の運搬航路が再び機能することも考えられる。
 - ラグナ湖の湖水利用については、候補地周辺地域に取水地点は分布していない。最も近い湖水利用としては、候補地 No.2 の南方約 6 km (Muntinlupa 市、Barangay Putatan) の位置にある NIA (National Irrigation Administration) の取水地点がある。



出典: JICA 調査チーム

図 7.9.4 ラグナ湖取水施設候補地周辺における係留施設、水性植物栽培の状況

(3) 放水路建設候補地周辺における不法居住者 (ISF) の状況

1) 取水施設—開水路建設候補地

候補地 1 及び 2 がそれぞれ位置する Taguig 市及び Muntinlupa 市の関係部署 (UPAO: Urban Poor Affairs Office) にヒアリングして関係情報を入手するとともに、現地にて状況を確認した。その結果は、表 7.9.3 に示すとおりである。

表 7.9.3 取水施設及び開水路建設候補地における不法居住者 (ISF) の状況

候補地	ヒアリング結果	現地確認結果
候補地 1 (Barangay Lower Bicutan, Taguig City)	Taguig 市 UPAO : <ul style="list-style-type: none"> 当該バラングイにおけるラグナ湖の沿岸では、C-6 道路より西側の区域には ISF が居住している。しかし、Taguig Lakeshore Hall より南側の区域には ISF の居住は見られない。 湖岸より離れた警察施設 (Camp Bagong Diwa) 及び大学 (Polytechnic University of the Philippines) の区域内には、ISF が見られる。 	Taguig Lakeshore Hall より南側の区域において、居住地がラグナ湖内まで入り込んでいることが確認された。建物は高床式であり、湖の水位が上昇した場合の浸水を回避している。 (図 7.9.5、写真 1 参照)
候補地 2 (Barangay Sucat, Muntinlupa City)	Muntinlupa 市 UPAO : 2015 年に実施した Oplan Likas プロジェクトに伴う現地調査によれば、候補地 2 が位置する 5 つの集落 (Purok) における ISF の数は、以下の通りである。 1) Samahang Purok 4 Aplaya: 127 ISFs, 2) Purok 2 and Purok 3 Lakeside: 59 ISFs, 3) Purok 4 Sunrise Aplaya: 49 ISFs, 4) Blk 3 Bagong Silang Tabing Ilog: 33 ISFs, 5) Purok 1 Sucat: 14 ISFs.	居住地がラグナ湖内まで入り込んでいることが確認された。建物は高床式であり、湖の水位が上昇した場合の浸水を回避している。 (図 7.9.5、写真 2 参照)

出典: 関係 LGU 及び現地調査結果に基づき JICA 調査チームが作成



写真 1: ラグナ湖岸の居住地の状況
(Barangay Lower Bicutan, Taguig City)

写真 2: ラグナ湖岸の居住地の状況
(Barangay Sucat, Muntinlupa City)

出典: JICA 調査チーム

図 7.9.5 候補地周辺地域 (ラグナ湖岸) における居住地の状況

2) 排水施設建設候補地

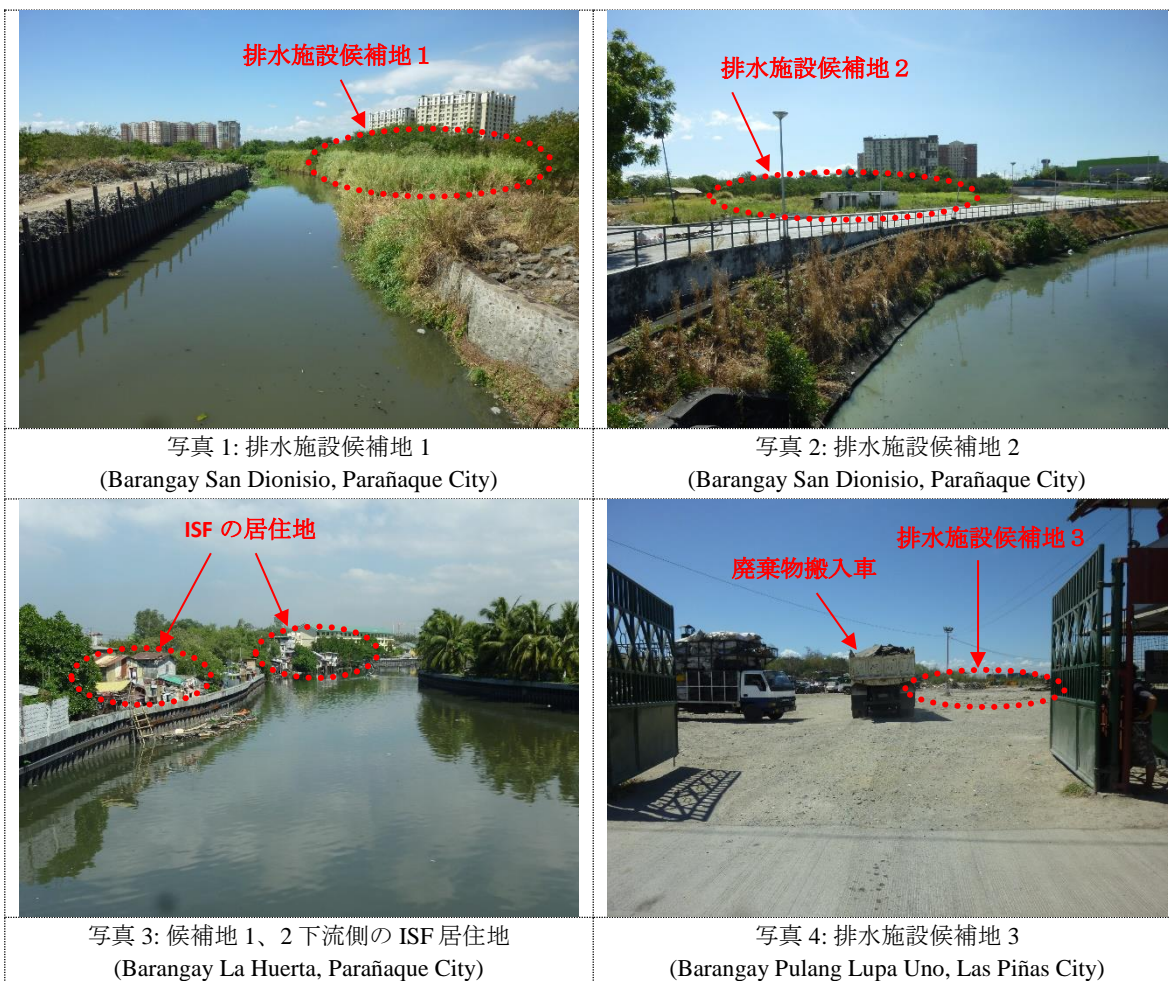
排水施設建設候補地が位置するパラニャーケ市及びラスピニャス市の関係部署 (UMADO : Urban Mission Area Development Office 及び UPAO: Urban Poor Affairs Office) にヒア

リングして関係情報を入手するとともに、現地にて状況を確認した。その結果は、表 7.9.4 に示すとおりである。

表 7.9.4 排水施設建設候補地周辺における不法居住者（ISF）の状況

候補地	ヒアリング結果	現地確認結果
候補地 1 及び 2 及び下流側地域 (Barangay San Dionisio and La Huerta, Parañaque City)	パラニャケ市 UMADO : 候補地の下流側地域（南パラニャケ川左岸側の La Huerta Elementary School の周辺地域）において確認されている ISF は以下の通りである。 1) Lopez Jaena Extension: 175 ISFs, 2) Christian Muslim Area: 60 ISFs, 3) Back of La Huerta Elementary School: 20 ISFs.	候補地 1 及び 2 の区域内においては、FSF 及び ISF は存在していない（図 7.9.6、写真 1 及び 2 参照）。 候補地の下流側地域では、ISF の居住地が確認された（図 7.9.5、写真 3 参照）。
候補地 3 (Barangay Pulang Lupa Uno, Las Piñas City)	ラスピニャス市 UPAO : 候補地 3 は Las Piñas 市所有地であり、現在自動車のモータープール用地となっている。この場所がかつて多数の ISF が居住していたが、2014 年に移転が行われており、現在は存在していない。 その南側区域は廃棄物処分場跡地であり現在は民有地となっている。	候補地 3 は、現在も一部廃棄物を受け入れている（図 7.9.6、写真 4）。 候補地 3 の南側は廃棄物処分場跡地（民有地）となっており、ISF が居住していることが確認された。

出典: 関係 LGU 及び現地調査結果に基づき JICA 調査チームが作成



出典: JICA 調査チーム

図 7.9.6 排水施設建設候補地の状況

(4) 放水路建設候補地周辺における地下構造物及び水利用の状況

放水路建設ルート1及びルート3周辺における地下構造物としては、SLEXの基礎、及びルート沿いに位置する高層建物の基礎がある。これらのほか、第7.2節に示したとおり、放水路建設候補ルート周辺には、地下鉄・鉄道の開発計画があり、それらの一部が放水路の候補ルート付近に位置しており（表7.2.2参照）、これらの基礎が放水路建設候補地の近傍に位置することになると考えられる。

地下放水路区間における水利用の状況（取水権の分布）を表7.9.5及び図7.9.7に示す。パラニャーク放水路の候補地周辺500mの区域における取水権数は、ルート1周辺において35箇所、ルート3周辺において40箇所、それぞれ分布している。取水権のほとんどは地下水利用（深井戸）であるが、ルート3については、Parañaque市のエリアにおいて表流水利用が2件ある。

表 7.9.5 放水路建設候補地周辺500mの区域における既存の取水権数

場 所		ルート1			ルート3		
州	市町	地下水	表流水	合計	地下水	表流水	合計
Metro Manila	Parañaque	29	0	29	30	2	32
	Las Piñas	-	-	-	4	0	4
	Taguig	6	0	6	-	-	-
	Muntinlupa	-	-	-	4	0	4
Cavite	Bacoor	-	-	-	0	0	0
合 計		35	0	35	38	2	40

注：取水権位置（水利用地）については、図7.9.7参照

出典：National Water Resources Board (NWRB), 2017のデータを基にJICA調査チームが作成



注：表 7.9.5 National Water Resources Board (NWRB), 2017, JICA
 図 7.9.7 放水路建設候補地周辺 500 m 区域における既存の取水権位置

(5) 水質の状況（マニラ湾、ラグナ湖の水質詳細）

パラニャーケ放水路によってラグナ湖からマニラ湾へ排水した場合の、マニラ湾の水質への影響を確認するため、環境天然資源省、ラグナ湖開発庁の水質調査資料を収集した。ラグナ湖とマニラ湾の水質を比較した結果、マニラ湾の水質へ負の影響を与える可能性は低いということが分かった。以下に詳細を述べる。

1) マニラ湾とラグナ湖の水質

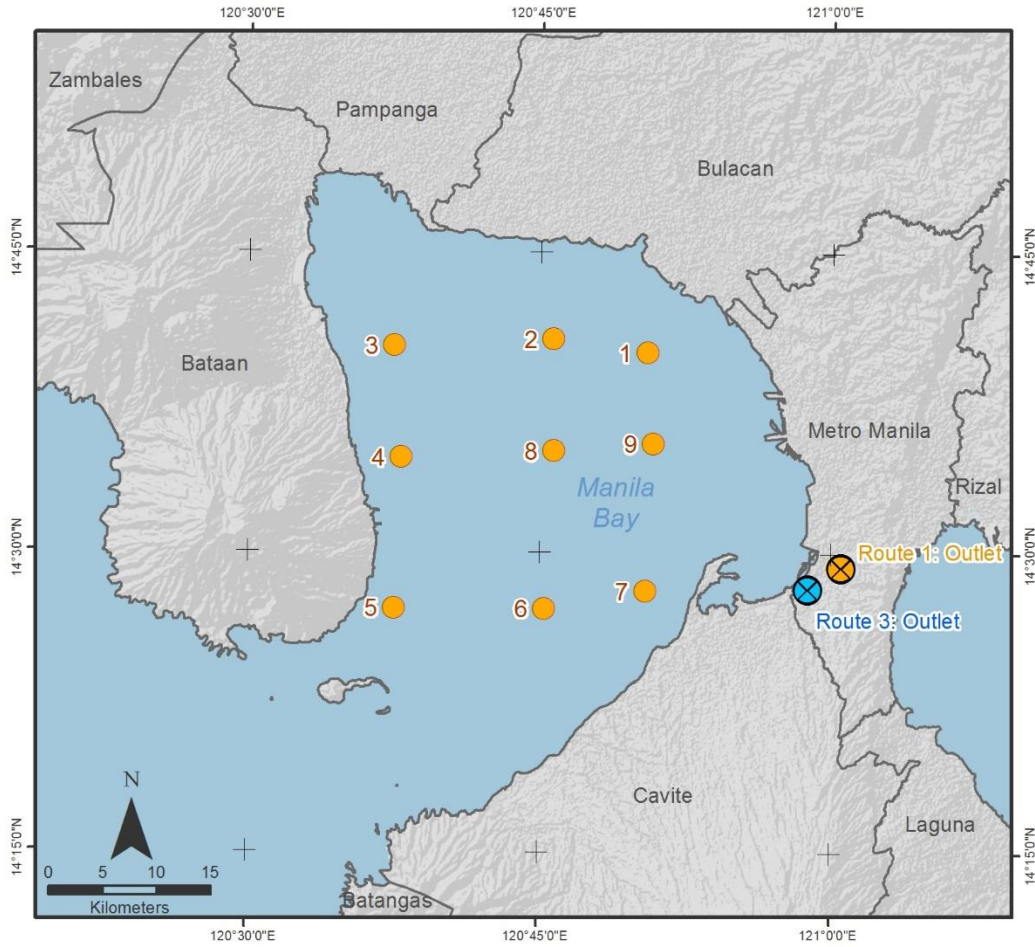
水質は人為的要因による影響が大きく、過去のデータから将来を予測できる類のものではない。例えば排出規制の法律が変われば、水質も大きく変わる。人口が増加して都市化が進めば、その分汚染度合いが上昇する。このような理由から本調査の目的であるマニラ湾の水質への影響を判断するには、出来る限り直近のデータで比べることが望ましい。そこで、本調査では各水質評価項目の2013年～2017年のデータを比較した。マニラ湾とラグナ湖の水質データを取りまとめたものを以下に示す。

i) マニラ湾の水質

【マニラ湾の全体の水質】

マニラ湾全体の水質について調査した。マニラ湾内には9つの観測地点があり、溶存酸素量、pH、塩分濃度、水温、リンを毎月観測している。各地点において、表層、中層、低層の水質を計測している。観測位置を図7.9.8に示す。

Offshore Water Quality Monitoring Stations (Manila Bay)



出典：JICA 調査チーム

図 7.9.8 マニラ湾沖の水質観測位置

環境天然資源省の DAO2016-08 において、海水の水質は良い方から準に SA, SB, SC, SD の 4 段階評価で、漁業に適しているのは SA~SC とされている (6.3 章の (5) 参照)。以下の表にそれぞれの測定項目の評価を示す。環境天然資源省から入手した 2014 年の平均観測値を表 7.9.6 に示す。

表 7.9.6 マニラ湾沖合観測所の 2014 年観測結果

Station	DO (mg/L)	pH	Salinity (%)	Temperature (°C)	Phosphate (mg/L)	
1	Surface	8.57	8.43	2	29.5	1
	Mid	6.89	8.83	2.33	29.1	1.05
	Bottom	3.63	8.69	2.45	29.6	1.08
2	Surface	8.79	8.82	1.76	29.2	0.91
	Mid	7.46	8.96	2.38	29.1	1.05
	Bottom	4.73	8.76	2.47	29.4	1.08
3	Surface	10.77	8.72	0.71	29	0.97
	Mid	6.85	8.89	2.41	29.2	1.08
	Bottom	5.84	8.59	2.39	29.3	1.1
4	Surface	9.61	8.9	1.27	29.4	1.01
	Mid	7.84	8.95	2.44	29.4	0.94
	Bottom	6.39	8.82	2.49	29.5	1.09
5	Surface	8.92	9.04	2.61	31.3	1.01
	Mid	7.14	8.82	2.66	29.4	0.91
	Bottom	4.77	8.75	2.66	29.2	1.1
6	Surface	8.81	9.08	2.6	31.4	1.02
	Mid	7.18	8.96	2.59	31.2	0.88
	Bottom	5.99	8.8	2.67	29.6	8.98
7	Surface	10.25	9.22	2.58	32.2	0.92
	Mid	8.12	8.99	2.57	30.4	0.87
	Bottom	4.54	8.84	2.64	30	1.02
8	Surface	8.4	9.03	2.2	28.5	1.08
	Mid	7.01	8.94	2.44	29.2	1.09
	Bottom	7.48	8.95	2.46	29.1	1.12
9	Surface	7.82	8.7	1.63	28.8	0.86
	Mid	5.71	8.7	2.47	29.3	0.81
	Bottom	4.64	8.59	2.46	29.3	1.01

出典：Manila Bay Area Environmental Atlas 2nd Edition

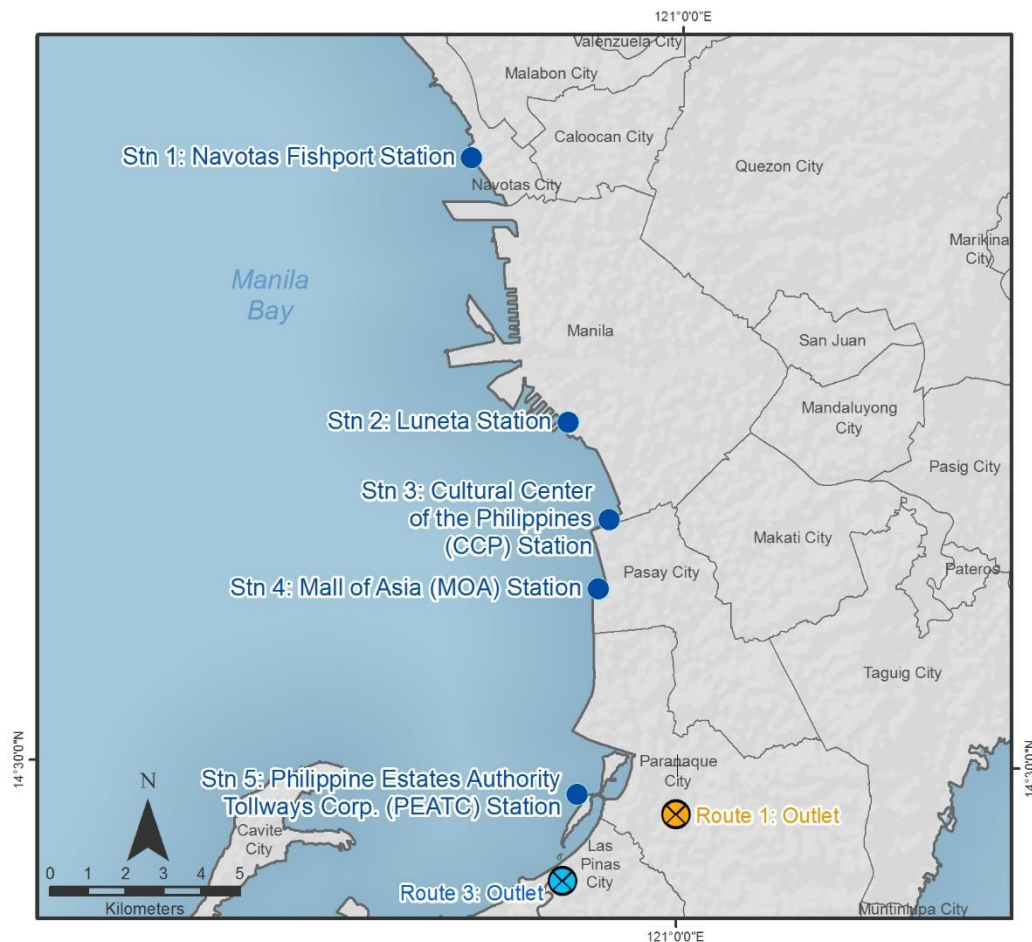
表 7.9.7 マニラ湾沖合の水質観測結果

水質項目	評価	考察
DO	表～中層 SA 低層 SA～SC	全体として溶存酸素量は表層～中層でクラス SA を満たしており、魚類の生存には十分といえる。下層では SC クラス基準値である 5 mg/L を下回っている観測点もある（観測地点番号の 1, 2, 5, 7, 9）。後述するパラニャーケ放水路の排水口付近であるパラニャーケ川水系またはザポテ川の河口近傍の沿岸部の水質と比較すると、溶存酸素量は沖の方が豊かである。これは有機物の流入源である河川から距離があり、水深も深くなるため、有機物濃度が希釈された結果、有機物分解によって消費される酸素量が低下したことによる考えられる。
pH	SD	全体的に pH は 8.5～9.22 と高い。これは植物プランクトンによる光合成の結果、二酸化炭素が消費されていることによると Manila Bay Area Environmental Atlas 2 nd Edition で説明されている。低層に近づくと、光量が減るため光合成量が少なくなる。このため、低層の方が pH は低くなる傾向にある。
塩分濃度	N/A	海水に塩分濃度の基準は無い。パンパンガ川近くの観測点番号 3 で塩分濃度が最も低く、表層が 0.71% である。パンパンガ川はマニラ湾への淡水流入のおよそ 50% を占めており、観測結果はこの事実と整合している。淡水は海水より軽いいため、影響は表層にのみ現れている。この他にも観測地点の 4、9 番で淡水流入による表層の塩分濃度低下が見られる。淡水流入の影響が見られない観測所の塩分濃度は 2.33～2.66% であり、湾内の塩分濃度は外洋の平均値（3.4～4%）と比較して低い水準にある。
水温	SA	湾口の表層で高温（31.3～32.2℃）となっているところもあるが（5, 6, 7）、その他は全て SA 基準を満たしている。
リン	SD	全体的に値は均一であり、空間分布に特徴はない。後述するパラニャーケ放水路の排水口付近であるパラニャーケ川水系またはザポテ川の河口近傍の沿岸部の 2014 年の値の 4 分の 1～半分程度であり、希釈されて汚染度合いが下がっている。2017 年においては沿岸部のリンは基準値以下と改善されているため、沖でも同様に改善されていると予想される。

出典：評価基準は環境天然資源省の DAO2016-08、JICA 調査チーム

【沿岸部の水質】

パラニャーケ放水路の排水先候補である、パラニャーケ川水系（南パラニャーケ川及びサンディオニシオ川）またはザポテ川の河口近傍には全 5 箇所の水質観測地点がある。最も排出先河川の河口から近いのは第 5 観測所（PEATC）である。図 7.9.9 に観測所位置を示す。

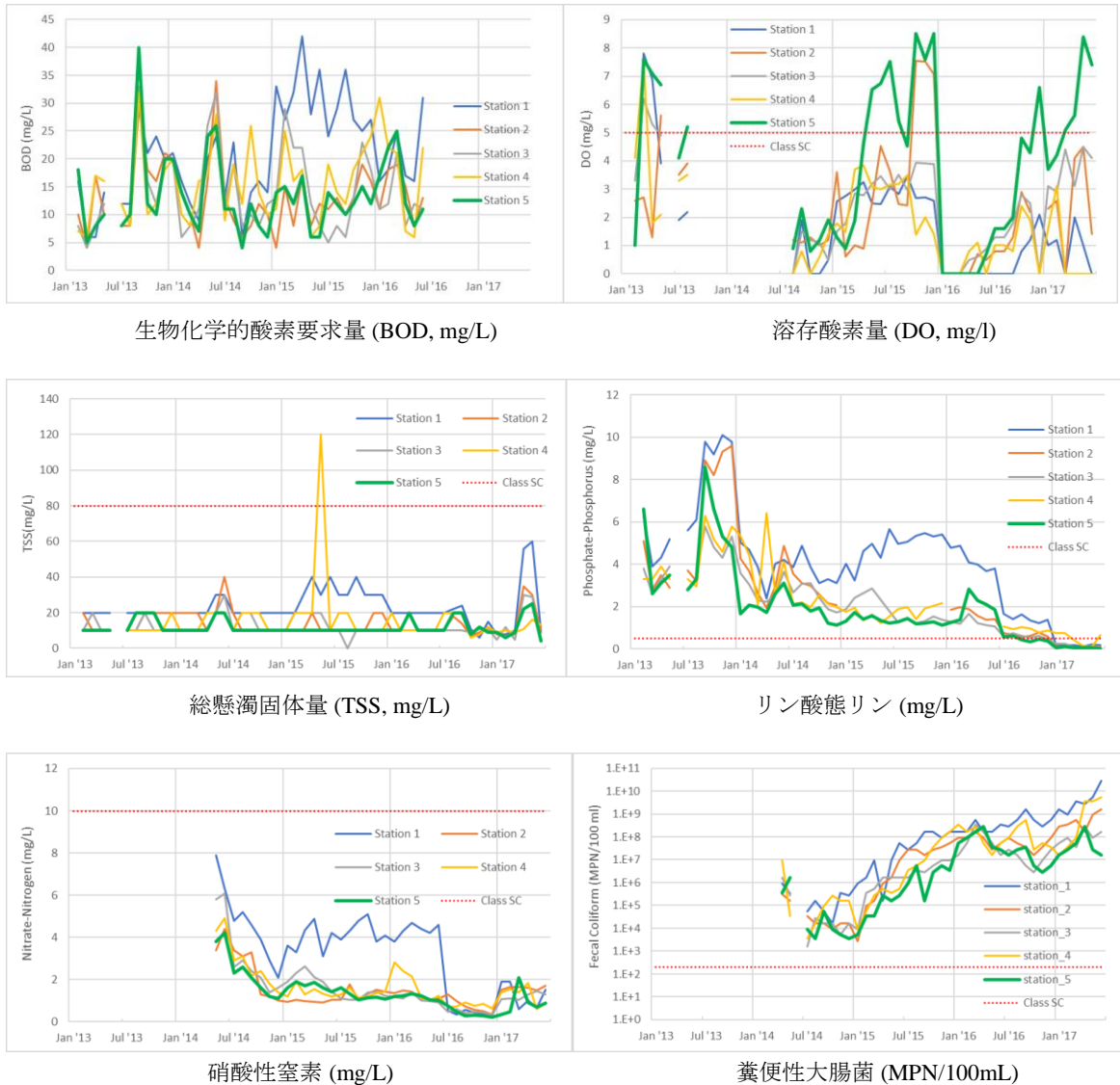


出典：JICA 調査チーム

図 7.9.9 マニラ湾沿岸部の水質観測地点

この他に河川の河口にも 7 つの観測所があるが、今回これらのデータは参考の対象外とした。河川での観測値は流れる水の瞬時値だからである。一方で、マニラ湾の観測値は各河川から流れ込んだ水が累積され、混ざりあった結果である。したがって、本調査の目的であるラグナ湖の水の流入によるマニラ湾の水質への影響評価をするには、マニラ湾での観測値とラグナ湖の観測値を比較するのが適当だと考えられる。

5 つの観測所の 2013 年～2017 年の観測結果を、水質項目ごとにグラフで図 7.9.10 に示す。赤点線で漁業適正の限界である SC 基準値を示した。DO 以外はこの線を上回るとアウト、DO は逆に下回るとアウトである。海水に BOD の基準はない。線が途切れている期間は欠測である。いずれの水質項目においても、雨季と乾季でははっきりとした差は見られなかった。



生物化学的酸素要求量 (BOD, mg/L)

溶存酸素量 (DO, mg/L)

総懸濁固体量 (TSS, mg/L)

リン酸態リン (mg/L)

硝酸性窒素 (mg/L)

糞便性大腸菌 (MPN/100mL)

出典：JICA 調査チーム

図 7.9.10 マニラ湾沿岸部の水質 (2013 年～2017 年)

表 7.9.8 マニラ湾沿岸部の水質 (2013 年～2017 年)

水質項目	評価	考察
BOD	N/A	BODは5~40 mg/Lの範囲で変動している。変動に季節ごとの特徴は見いだせない。海水にはBOD基準値はないが、全観測所において淡水で最低のD基準値が15 mg/L、C基準値が7 mg/Lであることから、有機物やアンモニアによる汚染度合いが高いことが分かる。沿岸部の中では第1観測所の汚染度が最も高く、2015年7月以降ずっとD基準値すら満たしていない。
DO	SD未満(例外あり)	溶存酸素量(DO)は周期的に増減を繰り返しているが、季節とは連動していない。変動幅は0~8 mg/L程度で安定している。2016年の2~4月はほとんど酸素が無く、魚類が生存不可能な環境となっている。同年5月以降回復に向かうものの、SC基準値である5 mg/Lを上回る酸素量は第5,第3観測所でしか観測されていない。LPPCHEAに近い第5観測所の溶存酸素量が多く、SC~SAを満たす値となる時期が約半年ある。
TSS	SA	一時的に基準値を超えることはあるが、その他の期間はいずれの観測地点でもSA基準値(25 mg/L)以内で安定している。
糞便性大腸菌	SD未満	糞便性大腸菌は2014年から指数関数的に増加しており、悪化している。基準値の100万倍以上の量が観測されており、川沿いの不法居住者や、開発された沿岸部の都市域から未処理の下水が大量に流入していると考えられる。第5観測所付近の汚染度は、この中では比較的低位だが、それでも基準値の10万倍以上の量となっている。

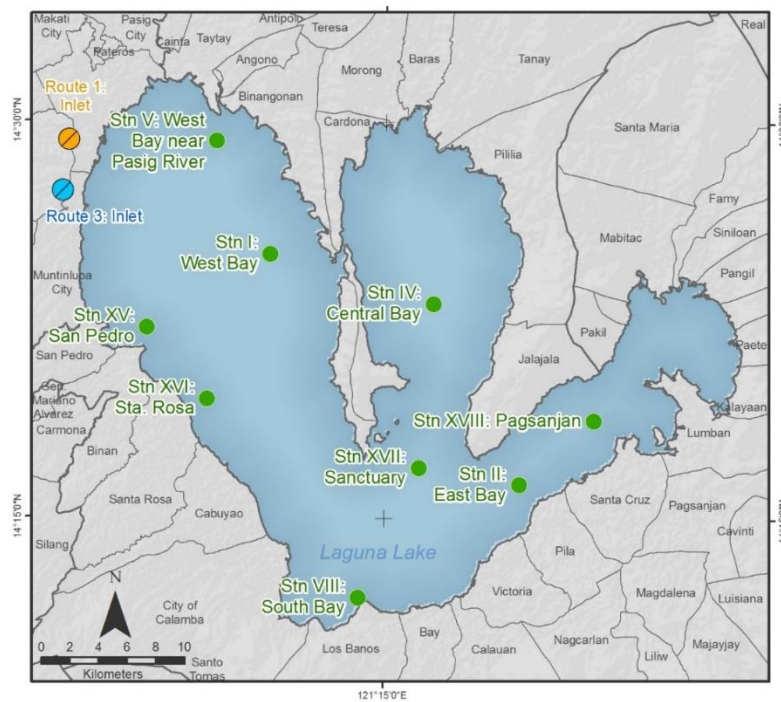
水質項目	評価	考察
リン酸態リン	SA	環境天然資源省による環境規制の強化により、全観測所で改善してきている。2017年にはSA基準値(0.5 mg/L)以下となっている。
硝酸性窒素	SA	環境天然資源省による環境規制の強化により、全観測所で改善してきている。2017年にはSA基準値(10 mg/L)以下となっている。

出典：評価基準は環境天然資源省のDAO2016-08、結果はJICA調査チーム

上表の他、2017年5月に環境天然資源省により実施されたLPPCHEA周辺の水質調査によると、オイル・グリス、クロム、鉛などの有害物質も基準値を超える量が観測されている(6.1.1(3)節参照)。

ii) ラグナ湖の水質

LLDAによるラグナ湖の水質調査結果によると、2013年～2017年は一時的な超過を除けば、ほぼ全ての項目がクラスCの基準を満たしている。DAO-2016-08における淡水の水質は良い方から順にAA, A, B, C, Dの5段階となっており、AA～Cまでが漁業に適しているとされている。唯一基準値を超過していたのは、アンモニアとオイル・グリス、pHであった。以下に詳細を示す。ラグナ湖内には全部で9つの水質観測地点がある。図7.9.11に観測位置を示す。



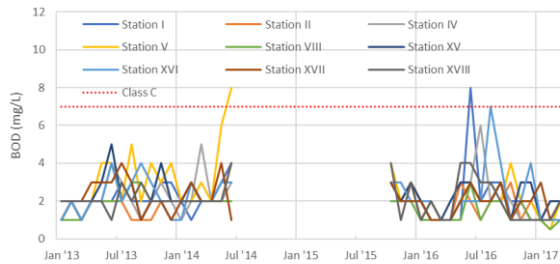
出典：JICA調査チーム

図 7.9.11 ラグナ湖の水質観測地点

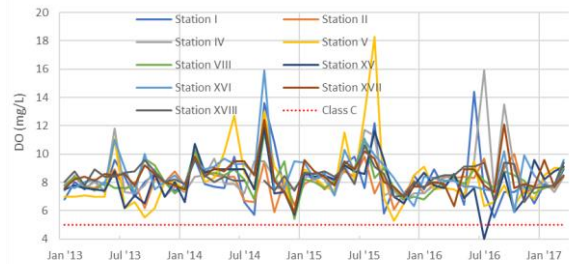
この他ラグナ湖の支川にも36箇所の観測地点があるが、今回は比較の対象外とした。河川での観測値は流れる水の瞬時値だからである。これに対し、ラグナ湖の観測値は各河川から流れ込んだ水が累積され、混ざりあった結果である。これらの理由から、本調査の目的である、ラグナ湖の水の流入によるマニラ湾の水質への影響評価をするには、ラグナ湖での観測値とマニラ湾での観測値を比較するのが適当と考えられる。

2013年～2017年のラグナ湖の水質観測結果を、水質項目ごとにグラフで図 7.9.12 に示す。赤点線で漁業適正の限界である C 基準値を示した。DO 以外はこの線を上回るとアウトであり、DO は逆に下回るとアウトである、また pH は 2 線の間が合格である。

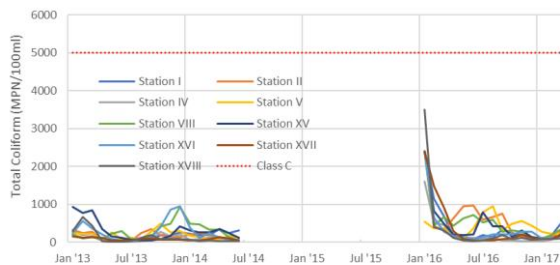
線が途切れている期間は欠測である。今回はどの項目においても、雨季と乾季でのはっきりとした特徴は見られなかった。



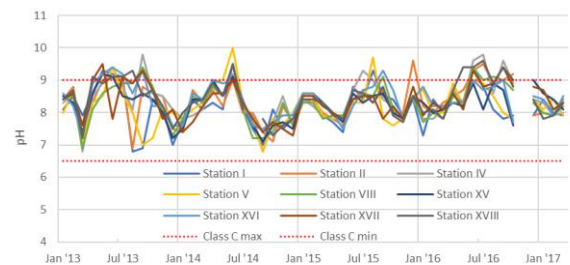
生物化学的酸素要求量 (BOD, mg/L)



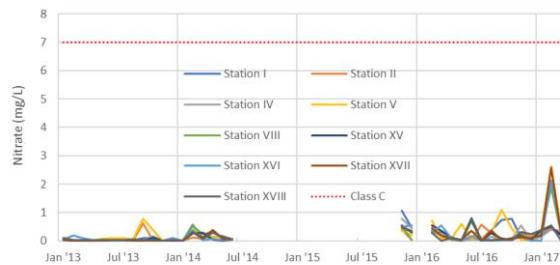
溶存酸素量 (DO, mg/l)



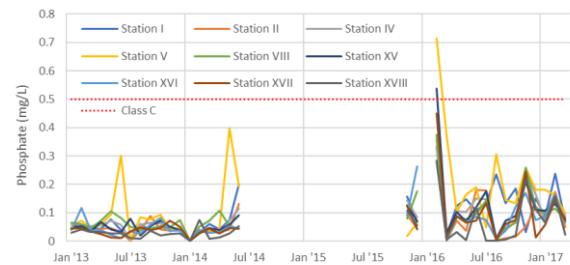
大腸菌 (MPN/100mL)



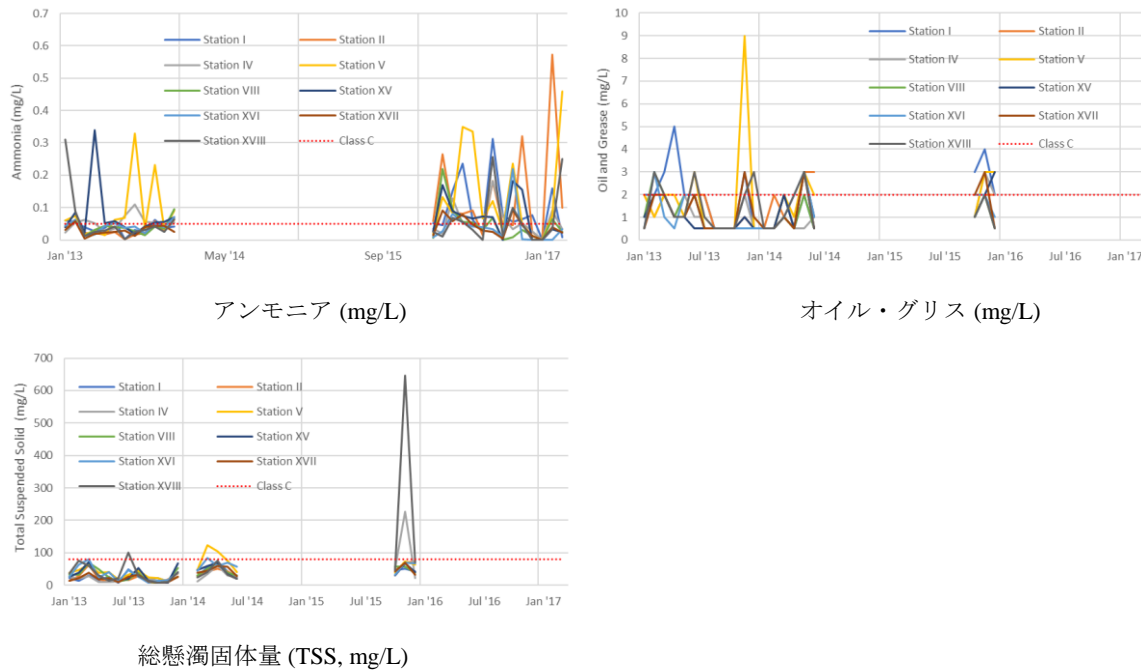
pH



硝酸塩 (mg/L)



無機リン酸 (mg/L)



出典：JICA 調査チーム

図 7.9.12 ラグナ湖の水質 (2013 年～2017 年)

表 7.9.9 ラグナ湖の水質

水質項目	評価	考察
BOD	AA~B	過去に第 I、V 観測地点で C 基準値を超過しているが、1 ヶ月のみの一時的なものである。全体としては 1~4 mg/L の間で安定している。これは DAO2016-No.8 の水質基準で AA から B の範囲に該当する。(遊泳も可能なレベル)
DO	AA	DO はラグナ湖全体で豊富な状態で安定しており、AA 基準値を満たしている (AA~C までは同じ基準値)。藻類の光合成による酸素の供給量が多いことによると考えられている。唯一の例外は 2016 年 7 月に第 XV 観測所で観測された 4 mg/L で、基準値(5 mg/L)を下回っているが翌月には回復している。
大腸菌	A~C	100 mL 中の大腸菌の数は全ての観測地点において、ほとんどの期間で 1000 MPN/100mL 以下、少ないときは 2 桁という水準で安定している。本項目については DAO2016-08 に基準値が無いため、一つ前の基準である DAO No.34 の基準値を参考にした。これによると A と B 基準値が 1000 MPN/100mL、C 基準値は 5000 MPN/100mL 以下であり、最も多い場合でも、C 基準値を下回っていることが分かる。
pH	C~D	湖内であまり差はなく、7.5~9.5 の間の値となっている。C 基準値 (6.5~9.0) と比較すると若干高めとなっている。LLDA の水質レポートによると、これは藻類の光合成によって、水中の二酸化炭素が減少していることが原因とされている。
硝酸塩	AA	硝酸塩量は 2013 年から上昇している。2017 年 2 月の第 V、XVI、XVII 観測地点の値が高く 2.0 mg/L を超えている。AA 基準値 (7 mg/L) に対してはまだ余裕がある。
無機リン酸	A	無機リン酸量も 2013 年から比べると上昇傾向である。2016 年 2 月に 0.3~0.7 mg/L を湖内全体で記録しているが、一時的なもので他の期間は 0.01~0.3 mg/L 程度である。A~C 基準値は 0.5mg/L であるため、基準内におさまった値で安定している。
アンモニア	D	アンモニアは湖内の様々な箇所で C 基準値 (0.05 mg/L) を超えている。2013 年と比較すると 2017 年は上昇している。特に観測地点 V、I、XV、II で汚染度が高い。
オイル・グリス	AA~D	2016 年~2017 年は観測されていない。2015 年までは概ね同程度の範囲 (0.5~4 mg/L) である。特に第 I、V 観測地点でそれぞれ 5 mg/L、9mg/L と高い値を記録している。

水質項目	評価	考察
TSS	A~C	2016年~2017年は観測されていない。2015年までの傾向では、2観測地点(IV, XVIII)において一時的な上昇は見られるものの、全体としては30~70 mg/L程度で安定している。比較的大きなTSSの上昇が見られたのは湖の中央と東である。一方、パラニャーケ放水路の流入口建設を予定している西側は、背後流域が都市であるためTSSは低めである。

出典：評価基準は環境天然資源省のDAO2016-08、JICA調査チーム

【ラグナ湖の汚染源】

主な汚染源についてはLaguna de Bay 2013 Ecosystem Health Report Cardの図によくまとめられているので、それを以下に示す。『↘』が栄養塩流入を示しており、都市化・工業化が進んでいる北西部~西部からの流入がほとんどである。南東では家畜が飼われており、ここからも栄養塩が流入している。また湖の中央北側には採掘場があり、ここから土砂が流入『↘』している。

これは上表の水質調査結果とも一致している。北西の観測所でBODが高く、DOが低い、かつアンモニアやオイル・グリスなどの汚染物質の濃度が高い。これは栄養塩や汚染物質の流入量が多いこと示している。アンモニアは北西部に加えて、家畜を飼育している南東でも汚染度も高い。TSSについては、北側に採掘場がある湖中央と、山に囲まれて土砂供給源が豊富な東部で出水後に高くなっている。



出典：Laguna de Bay 2013 Ecosystem Health Report Card

図 7.9.13 人間活動によるラグナ湖の汚染

2) マニラ湾とラグナ湖の水質比較

i) マニラ湾沖の水質とラグナ湖の水質比較

第 6.3(3)節で述べた通り、マニラ湾全体に流入する淡水の内、パラニャケ放水路が占める割合は少なく、また放水も一時的なものであることから、マニラ湾全体に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。測定された水質はラグナ湖の方がやや良く、影響はないということをサポートする結果となった。下表にラグナ湖の 2014 年の平均値とマニラ湾の 2014 年の水質の比較結果を示す。リンはラグナ湖の 2014 年は欠測が多く年平均値を出せなかったため、2016 年のデータの年平均値を用いた (0.123 mg/L)。2013 年平均値 (0.05 mg/L) と比較すると約 2.5 倍になっている。

表 7.9.10 マニラ湾沖の水質とラグナ湖の水質の比較

水質評価項目	マニラ湾沖 評価	ラグナ湖 評価	比較結果
DO	SA 7.19 mg/L	AA 8.54 mg/L	ラグナ湖、マニラ湾ともに溶存酸素量は魚類の生息に十分である。
pH	SD 8.84	AA 8.13	ラグナ湖、マニラ湾ともに pH は高めの傾向がある。これは光合成により水中の二酸化炭素が減少しているからであるとされている。
リン	SD 1.3 mg/L	A 0.123 mg/L	ラグナ湖は基準を満たしている。 2014 年の段階ではマニラ湾は SC 基準値を超えている。
塩分濃度	— 2.31%	AA 0.02%	ラグナ湖の塩分濃度はほぼ 0% であるが、乾季である 6 月に湖面水位が低下し、塩水遡上が発生すると、一時的に 0.18% 程度まで上がることもある。 マニラ湾の塩分濃度は 2.31% であった。これは外洋の平均 3.4~4% と比較すると小さい。これは内湾であることに加え、潮の流れが遅いことが原因と考えられる。

出典：評価基準は環境天然資源省の DAO2016-08、結果は JICA 調査チーム

ii) マニラ湾沿岸部の水質とラグナ湖の水質比較

次に、LPPCHEA への局所的な影響を判断するため、排水先付近の沿岸部の水質とラグナ湖の水質を比較する。比較に用いたのは、2016 年の 7 月～12 月の半年間の平均値である。半年間としたのは、水質が季節によって異なるため、年平均を用いると放水路を稼働させる可能性が高い期間の値とかけ離れてしまうためである。本調査での長期予測計算結果から、7 月～12 月は放水路が稼働する可能性が高いためこの時期の平均を用いている (第 3.4 (8) 節参照)

マニラ湾沿岸部の BOD と pH は 2016 年の観測値が無かったため、これらについては 2015 年のデータ同士で比較した。表 7.9.11 に比較結果を示す。

表 7.9.11 マニラ湾沿岸部の水質とラグナ湖の水質の比較

水質評価項目	マニラ湾 沿岸部 評価	ラグナ湖 評価	比較結果
BOD	N/A 16.9 mg/L	A 3.61 mg/L	海水には BOD の基準が無いので直接評価はできないが、淡水基準に当てはめるとクラス D 基準値を大きく超過している。 ラグナ湖の BOD は低く、有機物の汚染度は低いと考えられる。 (2015 年値で比較)

水質評価項目	マニラ湾沿岸部評価	ラグナ湖評価	比較結果
DO	SD 未満 1.71 mg/L	AA 8.01 mg/L	ラグナ湖の溶存酸素量は魚類の生息に十分である。マニラ湾は魚類が生息困難なレベルである。
糞便性大腸菌	SD 未満 180 Million MPN/100mL	—	ラグナ湖では観測されていない。マニラ湾の観測値は基準値の 10 万～100 万倍以上で、現在も悪化傾向にある。
大腸菌	—	OK 262 MPN/100mL	ラグナ湖の大腸菌数は DAO No.34 の A 基準値 (<1,000 MPN/100mL) を満たしている。(DAO2016-08 には基準値が無いため一つ前の基準を参考にした) マニラ湾では本項目は計測されていない。
pH	SD 6.3	AA 8.42	ラグナ湖の pH は基準よりも高く 9.5 以上となっている期間もある。これは藻類の光合成により水中の二酸化炭素が減少しているからであるとされている。マニラ湾の方は C 基準値より低い。(2015 年値で比較)
ナトリウム	SA 0.55 mg/L	AA 0.17 mg/L	ラグナ湖、マニラ湾ともに最高評価。
リン	SD 0.8 mg/L	A 0.105 mg/L	ラグナ湖は基準を満たしている。マニラ湾は改善傾向にある。
アンモニア	—	D 0.07 mg/L	ラグナ湖のみで観測されている。D クラスであり、漁業には不適である。マニラ湾では観測されていないが、糞便性大腸菌の量が多いことから、アンモニア量も多いと予想される。
TSS	SA 13.1 mg/L	—	マニラ湾は SA 基準値を満たしており、最高評価。ラグナ湖では観測は 2015 年以降実施されていない。2015 年の観測も 10 月～12 月までである。対象機関のデータが唯一揃っているのが 2013 年で、半年の平均値は 24 mg/L である。

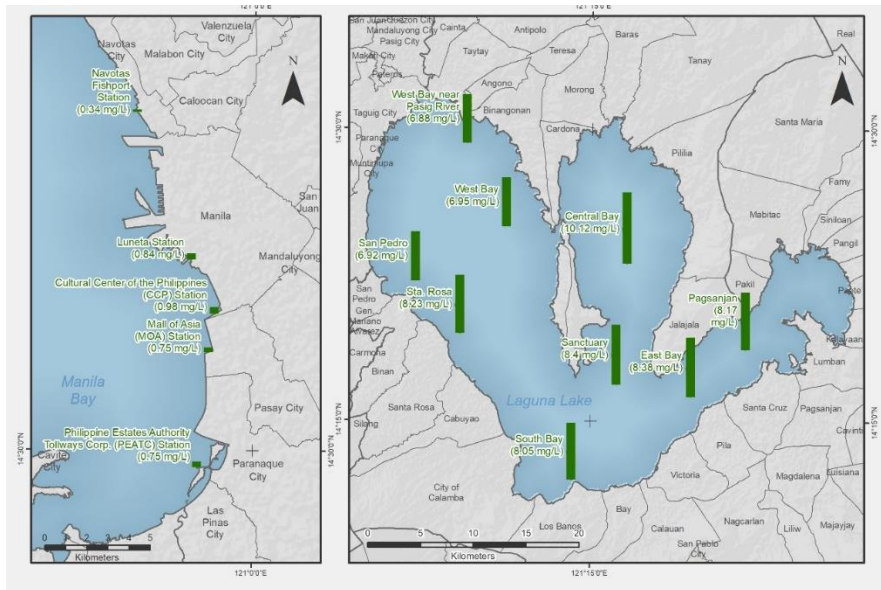
出典：評価基準は環境天然資源省の DAO2016-08、ただし、大腸菌のみ DAO No.34、JICA 調査チーム

比較の結果、ラグナ湖の方がマニラ湾沿岸部より水質は良いことが分かった。特に大きな差があるのは溶存酸素量と大腸菌の数である。ラグナ湖の水が酸素を豊富に含んでいるのに対し、マニラ湾沿岸部の水は酸素量が少なく、魚類が窒息するレベルである。また、ラグナ湖の大腸菌の数が基準値以内なのに対し、マニラ湾沿岸部の大腸菌数は基準値の 10 万～100 万倍以上で、現在も悪化している。唯一 TSS についてはマニラ湾の方が良い結果となっている。このことから、ラグナ湖からの水の流入は、水質面ではプラスに働くと予想される。ただし、TSS についてはマイナス方向に働くかもしれない。しかし、ラグナ湖の沈砂池効果を考慮すれば、マニラ湾に流入する浮遊物質はほとんどが細粒分で構成されるため、排水の勢いに乗って湾全体に広がり希釈されるので、沿岸部の TSS が高くなる可能性は低いと考えられる。以下に、特に差が大きい溶存酸素量と大腸菌数の比較図を示す。

【溶存酸素量 (DO) の比較詳細】

図 7.9.14 にマニラ湾とラグナ湖の平均溶存酸素量を示す。マニラ湾の沿岸部は全体として溶存酸素量がラグナ湖の 10 分の 1 程度である。特に低いのが一番北のナボタス観測所である。ラグナ湖の方は中央の湖が最も酸素が豊富で、10 mg/L、次に多いのが東部と南部で 8~8.4 mg/L である。一番少ないのは北西部で、6.8~7 mg/L である。やはり汚染物質の流入が多い西部で最も低いという結果になった。しかし、それでもなお AA 基準値である 5 mg/L を上回っている。

以上の調査結果から、マニラ湾の酸素量はパラニャケ放水路を通したラグナ湖の水の流入により増加し、魚類にとって好ましい環境になることが予想される。

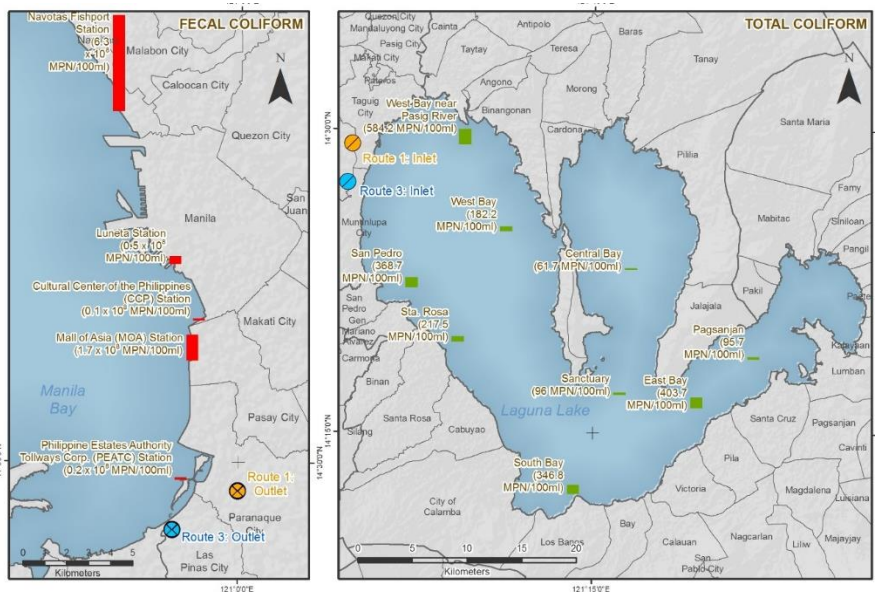


出典：JICA 調査チーム

図 7.9.14 溶存酸素量の比較

【大腸菌の比較詳細】

図 7.9.15 にマニラ湾の糞便性大腸菌数とラグナ湖の大腸菌数を示す。糞便性大腸菌は大腸菌の中の一部である。マニラ湾沿岸部ではそれだけで基準値の 10 万倍から 100 万倍という数字になっている。最も多いのは第 1 観測所で、基準値の 100 万倍。一番少なくいのが第 5 観測所の 10 万倍である。ラグナ湖の方は全体で基準を満たしている。その中では都市部に近い北西、家畜農家のある南東の観測所の値が高い。



出典：JICA 調査チーム

図 7.9.15 大腸菌量の比較

3) 塩分濃度の低下

パラニャーケ放水路からの排水により、これまでにない量の淡水が流入し、河口部付近で局所的に塩分濃度が低下することが予想される。排水予定河川であるパラニャーケ川水系（南パラニャーケ川及びサンディオニシオ川）またはザポテ川の河口付近には、LPPCHEA が位置しており、これに対する影響について特に配慮が必要である。淡水流入による影響を把握するには、現在淡水が流入しているときにはどの程度まで塩分濃度が低下しているのか、加えてその空間分布を把握しておく必要がある。

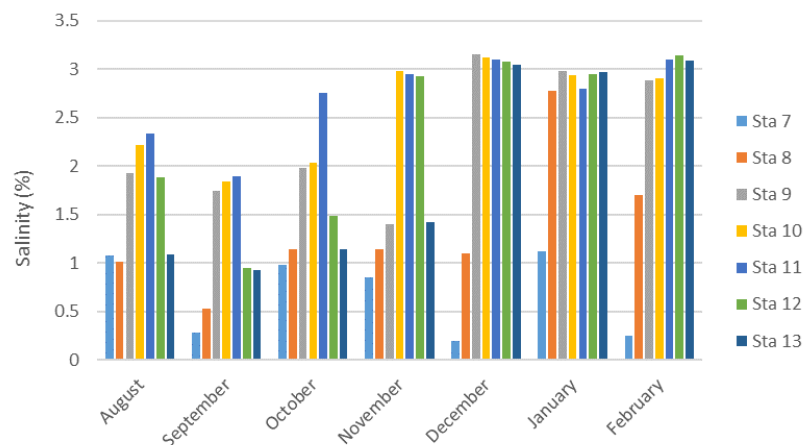
しかし、LPPCHEA 周辺の塩分濃度の観測は行われておらず、入手可能なデータは存在しない。そこで、調査チームは8月から2月にかけて、月に1回マニラ湾とラグナ湖の塩分濃度測定を実施した。塩分濃度測定に使用した機材は堀場製作所の携帯型水質計 LAQUAact D74 に pH 用電極 9625-10D と電気伝導率セル 9382-10D を接続したものである。加えて、ラグナ湖の流入口付近でも塩分濃度の計測も実施した。計測結果は、一貫して 0.02 %程度であり、淡水の AA 基準値を満たしていた。



出典：JICA 調査チーム

図 7.9.16 計測器（左）と調査の様子（右）

測定の結果、最も塩分濃度が低かったのは9月である。LPPCHEA 周囲の塩分濃度観測結果と9月の塩分濃度の空間分布を図 7.9.17 に示す。

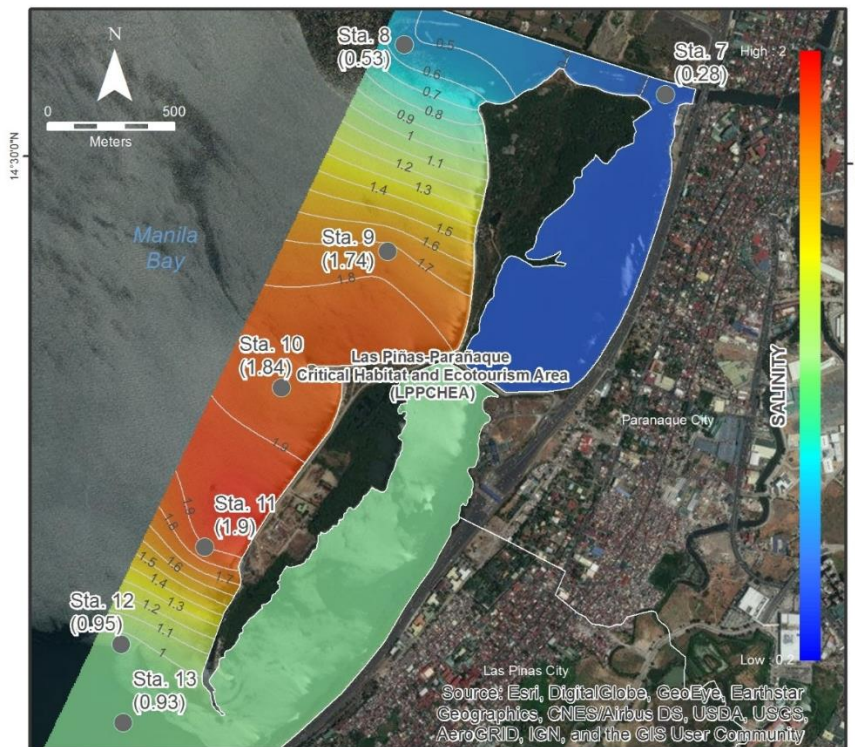


注：各観測地点の位置は下図を参照

出典：JICA 調査チーム

図 7.9.17 計測された塩分濃度（LPPCHEA 周辺）

Water Quality: Salinity



出典：JICA 調査チーム

図 7.9.18 LPPCHEA 周辺の塩分濃度分布（2017 年 9 月）

淡水が流入する河口付近の塩分濃度が相対的に低いことが計測結果に現れている。9月にはパラニャーケ川河口付近の塩分濃度は0.2%まで低下している。ザポテ川河口付近の方が塩分濃度は高い傾向にあるが、これはパラニャーケ川の方は河口付近が埋立地とLPPCHEAで囲まれる形となっているため、淡水が集中して塩分濃度が低下していると考えられる。

パラニャーケ放水路の排水によってどこまで塩分濃度が低下するかは、シミュレーションで確認しなければならないが、塩分濃度低下はLPPCHEA周辺では元々発生していることが分かった。このことから、パラニャーケ放水路からの排水による一時的な塩分濃度低下は、LPPCHEAを破壊する可能性は低いと考えられる。

(6) 自然環境（LPPCHEA 保護区の詳細）

LPPCHEA の設立の経緯及び概要については第 6.2(4)節で説明した通りである。本節ではLPPCHEA に生息する動植物とその生息環境について、植物、大型無脊椎動物及び魚類、鳥類に分けて詳細に記述する。

1) 植物

LPPCHEA 内に存在が確認されている植生の種類を下表に示す。この中で自然保護という点で最も重要なのがマングローブである。LPPCHEA のマングローブ林は 36 ha あり、島内面積のおよそ 18 %を占めている。これはマニラ湾内に現存する最も豊かなマングローブ林として知られている。かつて、マニラ湾内は多くのマングローブ林が見られていたが、開発が進む

につれて大幅に減少してしまった経緯があり、LPPCHEA はマニラ湾のマングローブ林の最後の砦として注目されている。マングローブは塩水から塩分を除去する特殊な機構を持ち、汽水域の湿地帯に適応した植物の総称である。生育に塩分が必要というわけではなく、本来なら真水でも良い。塩水が必要無いのにマングローブが陸地の森林で見られない理由は、陸地では他の植物種が優勢であり、マングローブは生存競争を勝ち抜くことができないからである。一方、塩水が土壤に染み込んだ汽水域の湿地帯では、その他の植物種は生存できないため、マングローブ林が形成されているのである。

パラニャーケ放水路により淡水流入量が増加するが、これはマングローブにとってはむしろ好都合で、普段より塩分除去に費やすエネルギーを節約し、真水を得ることができる。さらに、一時的に塩分濃度が低下したところで、海からの無限の塩分供給を考えれば、他の生物種が入り込む余地はなく、競争要因が変化する可能性は低い。これらの理由から、パラニャーケ放水路からの水質の比較的良好な淡水流入は、LPPCHEA のマングローブ林に対して悪影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。表 7.9.12 に LPPCHEA 内の植生一覧を示す。

表 7.9.12 LPPCHEA 内の植生一覧

植物種	総個体数		合計
	Free Island	Long Island	
Mangrove Species			
Bungalon (<i>Avicennia marina</i>)	516	1,589	2,105
Kulasi (<i>Lumnitzera racemose</i>)	39	13	52
Pagatpat (<i>Sonneratia alba</i>)	98	76	174
Bakauan (<i>Rhizophora spp.</i>)	-	681	681
Pototan (<i>Bruguiera sexangula</i>)	-	1	1
Nipa (<i>Nypa fruticans</i>)			2
Mangrove-associated species			
Banalo (<i>Thespesia populnea</i>)	6	3	9
Bangkoro (<i>Morinda citrifolia</i>)	43	-	43
Buta-buta (<i>Excoecarcia agallocha</i>)	-	7	7
Beach type species			
Alagau (<i>Premna odorata</i>)	1	-	1
Aroma (<i>Acacia farnesiana</i>)	65	65	130
Talisai (<i>Terminalia catappa</i>)	12	2	14
Other plant species			
American kapok (<i>Ceiba pentandra</i>)	1	-	1
Atis (<i>Annona squamosa</i>)	1	-	1
Aure (<i>Acacia auriculiformis</i>)	1	-	1
Castor Oil (<i>Ricinus communis</i>)	3	-	3
Datiles (<i>Muntingia calabura</i>)	60	1	61
Guava (<i>Psidium guajava</i>)	6	-	6
Ipil-ipil (<i>Leucaena leucocephala</i>)	262	49	311
Jathropa (<i>Jathropa curcas</i>)	4	-	4
Malungai (<i>Moringa oleifera</i>)	4	-	4
Kamachile (<i>Pithecellobium dulce</i>)	-	2	2
Sampaloc (<i>Tamarindus indica</i>)	-	1	1

出典：Saving the last coastal frontier from DENR-NCR

2) 大型無脊椎動物と魚類

LPPCHEA の周囲には 114 ha に及ぶ干潟が形成されており、鳥類の捕食場所となっている。この干潟には大型無脊椎動物と魚類が生息していると報告されている。大型無脊椎動物はゴカイなどの虫、甲殻類、軟体動物で構成されている。軟体動物が最も多く、23 種の二枚貝と 14 種の巻き貝が報告されている。また、LPPCHEA 周辺で 8 種類の幼魚が発見されており、マ

ングローブ林が稚魚を育む場として機能していることがうかがえる。表 7.9.13 に LPPCHEA で見られる大型無脊椎動物及び魚類を示す。

表 7.9.13 LPPCHEA 周辺の大型無脊椎動物一覧

軟体動物			
二枚貝		巻き貝	
学名	英名	学名	英名
<i>Anadara antiquata</i>	Antique Ark	<i>Cantharus (pollia) fumosus</i>	Smoky Goblet
<i>Anadara granosa</i>	Blood Cockle	<i>Cerithium sp</i>	Cerith
<i>Andara maculosa</i>	Ark Shell	<i>Clypeomorus batillariaeformis</i>	Necklace Cerith
<i>Arca navicularis</i>	Indo-Pacific ark	<i>Cronia margaritcola</i>	Pearl-Shell-Inhabiting Murex
<i>Arca ventricosa</i>	Ventricose Ark	<i>Euchelus atratus</i>	Euchelus
<i>Babatia foliate</i>	Decussate Ark	<i>Monodonta labiate</i>	Monodont
<i>Chama sp.</i>	Jewel Box	<i>Nassarius olivaceous</i>	Mud Snail
<i>Crassostrea glomerate</i>	Auckland Oyster	<i>Nassarius pullus</i>	Nassa
<i>Crassostrea iredalei</i>	Philippine Cupped Oyster	<i>Pyrene scripta</i>	Dotted Dove Shell
<i>Culcullea labiata</i>	Culcullea	<i>Strombus canarium</i>	Dog Conch
<i>Gafrarium pectinatum</i>	Comb Venus	<i>Strombus urceus</i>	Little Pitcher Conch
<i>Gafrarium tumidum</i>	Tumid Venus	<i>Tonna sulcosa</i>	Banded Tun
<i>Gari togate</i>	Courtesan Sunset Clam	<i>Umbonium moniliferum</i>	Costate Button Top
<i>Gloriopallium pallium</i>	Royal Cloak Scallop		
<i>Katelysia hiantina</i>	Hiant Venus		
<i>Lioconcha castrensis</i>	Camp Pitar Venus		
<i>Perna viridis</i>	Asian Brown Mussel		
<i>Pinotada margaritifera</i>	Pacific Pearl-Oyster		
<i>Placeman calophylla</i>	Woodcarving Cake		
<i>Spondylus squamosus</i>	Ducal Thorny Oyster		
<i>Tellina staurella</i>	Cross Tellin		
<i>Vepricardium multispinosum</i>	Many-spined Heart Cockle		
CRUSTACEANS		POLYCHAETES	
学名	英名	学名	英名
<i>Amphibalanus Amphitrite</i>	Striped Barnacle	<i>Nereiid polychaete</i>	Rag Worms

出典：Saving the last coastal frontier from DENR-NCR

3) 鳥類

114 ha の広大かつ餌の豊富な干潟は、鳥類にとって好ましい住環境をとっている。また、8月から翌年の4月にかけては、多くの渡り鳥が越冬場所として訪れることでも知られており、この期間中 LPPCHEA の鳥類の数は 5,000 羽以上に達する。

2004 年～2008 年に環境天然資源省が実施した調査によると、44 種の鳥類が確認されている。これらのうち 29 種が渡り鳥であり、絶滅危惧種であるカラシラサギも報告されている。残りの 15 種は LPPCHEA を住処としており、その中には絶滅危惧種であるアカノドカルガモも含まれている。

LPPCHEA には多くの浜鳥が生息しているが、中でも最も数が多いのがセイタカシギで、約

1,000羽生息しているとされている。このことから、LPPCHEA はラムサール条約登録湿地となっている。表 7.9.14 に LPPCHEA 内で確認されている鳥類の表を示す。

表 7.9.14 LPPCHEA で見られる鳥類一覧

学名	英名	学名	英名
<i>Phaethon rubricauda</i>	Red-tailed Tropicbird	<i>Tringa glareola</i>	Wood Sandpiper
<i>Ardea cinerea</i>	Grey Heron	<i>Tringa stagnatilis</i>	Marsh Sandpiper
<i>Ardea purpurea</i>	Purple Heron	<i>Actitis hypoleucos</i>	Common Sandpiper
<i>Ardea alba</i>	Great Egret	<i>Heteroscelus brevipes</i>	Grey-tailed Tattler
<i>Egretta intermedia</i>	Intermediate Egret	<i>Arenaria interpres</i>	Ruddy Turnstone
<i>Egretta eulophotes</i>	Chinese Egret	<i>Calidris ruficollis</i>	Rufous-necked Stint (Red-necked Stint)
<i>Egretta garzetta</i>	Little Egret	<i>Calidris subminuta</i>	Long-toed Stint
<i>Egretta sacra</i>	Pacific Reef Egret	<i>Calidris acuminata</i>	Sharp-tailed Sandpiper
<i>Butorides striata</i>	Little Heron (Striated Heron)	<i>Philomachus pugnax</i>	Ruff (Reeve)
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Black-crowned Night Heron	<i>Glareola maldivarum</i>	Oriental Pratincole
<i>Nycticorax caledonicus</i>	Rufous Night-Heron	<i>Himantopus himantopus</i>	Black-winged Stilt
<i>Ixobrychus cinnamomeus</i>	Cinnamon Bittern	<i>Recurvirostra avosetta</i>	Pied Avocet
<i>Ixobrychus sinensis</i>	Yellow Bittern	<i>Larus ridibundus</i>	Black-headed Gull (Common Black-headed Gull)
<i>Anas luzonica</i>	Philippine Duck	<i>Sterna hirundo</i>	Common Tern
<i>Anas clypeata</i>	Northern Shoveler	<i>Chlidonias leucopterus</i>	White-winged Tern (White-winged Black Tern)
<i>Aythya fuligula</i>	Tufted Duck	<i>Chlidonias hybridus</i>	Whiskered Tern
<i>Pandion haliaetus</i>	Osprey	<i>Streptopelia bitorquata</i>	Island Collared-Dove
<i>Haliastur indus</i>	Brahminy Kite	<i>Streptopelia chinensis</i>	Spotted Dove (Spotted-necked Dove)
<i>Falco tinnunculus</i>	Eurasian Kestrel (Common Kestrel)	<i>Geopelia striata</i>	Zebra Dove
<i>Gallirallus torquatus</i>	Barred Rail	<i>Macropygia tenuirostris</i>	Philippine Cuckoo-Dove
<i>Porzana cinerea</i>	White-browed crane	<i>Loriculus philippensis</i>	Colasisi
<i>Amauromis phoenicurus</i>	White-breasted- Waterhen (White-breasted Bush-hen)	<i>Centropus bengalensis</i>	Lesser Coucal
<i>Gallinula chloropus</i>	Common Moorhen	<i>Caprimulgus affinis</i>	Savanna Nightjar
<i>Pluvialis fulva</i>	Asian Golden-Plover (Pacific Golden-Plover)	<i>Alcedo atthis</i>	Common Kingfisher
<i>Charadrius dubius</i>	Little Ringed-Plover	<i>Halcyon smyrnensis</i>	White-throated Kingfisher
<i>Charadrius alexandrinus</i>	Kentish Plover	<i>Todirhamphus chloris</i>	White-collared Kingfisher (Collared Kingfisher)
<i>Charadrius mongolus</i>	Lesser Sand-Plover (Mongolian Plover)	<i>Hirundo rustica</i>	Barn Swallow
<i>Numenius phaeopus</i>	Whimbrel	<i>Hirundo tahitica</i>	Pacific Swallow
<i>Limosa lapponica</i>	Bar-tailed Godwit	<i>Pycnonotus goiavier</i>	Yellow-vented Bulbul
<i>Tringa tetanus</i>	Common Redshank	<i>Ixos philippinus</i>	Philippine Bulbul
<i>Tringa nebularia</i>	Common Greenshank	<i>Oriolus chinensis</i>	Black-naped Oriole
<i>Luscinia calliope</i>	Siberian Rubythroat	<i>Rhipidura javanica</i>	Pied Fantail
<i>Gerygone sulphurea</i>	Golden-bellied Flyeater (Golden-bellied Gerygone)	<i>Motacilla cinerea</i>	Grey Wagtail
<i>Phylloscopus borealis</i>	Arctic Warbler	<i>Motacilla flava</i>	Yellow Wagtail
<i>Acrocephalus stentoreus</i>	Clamorous Reed-Warbler	<i>Lanius cristatus</i>	Brown Shrike
<i>Acrocephalus orientalis</i>	Oriental Reed-Warbler	<i>Aplonis panayensis</i>	Asian Glossy Starling
<i>Megalurus palustris</i>	Striated Grassbird	<i>Acridotheres cristatellus</i>	Crested Mynah
<i>Locustella ochotensis</i>	Middendorff's Grasshopper-Warbler (Middendorff's Warbler)	<i>Passer montanus</i>	Eurasian Tree Sparrow
<i>Cisticola exilis</i>	Bright-capped Cisticola (Golden-headed Cisticola)	<i>Lonchura punctulata</i>	Scaly-breasted Munia
<i>Cisticola juncidis</i>	Zitting Cisticola (Fan-tailed Cisticola)	<i>Lonchura malacca</i>	Chestnut Munia
<i>Eudynamis scolopacea</i>	Common Koel	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Great Cormorant
<i>Terpsiphone atrocaudata</i>	Japanese Paradise Flycatcher		

出典：Saving the last coastal frontier from DENR-NCR

7.9.2 環境社会配慮制度・組織

(1) フィ国環境影響評価制度に基づくパラニャーク放水路の位置付け/スクリーニング

本プロジェクトにおける放水路の建設、排水施設（排水機場）の建設は、環境・社会に及ぼす影響は小さくないと考えられる。第 6.2 節で記述したように、それら施設に対する PEISS の適用対象かどうか、すなわち、スクリーニングについて、EMB MC 2014-005 の付属書 A に基づき検討した。付属書 A によれば、これらの施設は、「3. インフラストラクチャープロジェクト」が該当していると考えられる（表 7.9.15 参照）。しかしながら、表に記述されている施設は、本プロジェクトの施設の種類と必ずしも合致していない。

そのため、本プロジェクトのスクリーニングについて、PEISS を司る天然資源省環境管理局（DENR-EMB）にヒアリングを行った。その結果、「本プロジェクトは、基本的に『環境問題に直接的に対処するプロジェクト』であり、カテゴリ C に該当するものと考えられる（第 6.2 節参照）。しかし、本プロジェクトの規模、及び既存の類似プロジェクトに ECC 取得のための環境影響評価調査を実施しているものがあることから、本プロジェクトについても ECC の取得が必要であると考えることが妥当である。したがって、事業者である DPWH は施設計画内容が固まった段階でプロジェクト記述書を提出する必要がある、それに基づいて DENR-EMB 内部で検討し EIS に関する必要事項を決定する」との見解を確認した。

表 7.9.15 PEISS に基づく洪水防御プロジェクトに係るスクリーニング

Projects/ Description	Covered (Required to secure ECC)			Not covered	Project size parameters / Remarks
	Category A: ECP*	Category B: Non-ECP		Category D	
	EIS	EIS	IEE Checklist	PD	
3. INFRASTRUCTURE PROJECTS					
3.1 Dams, Water Supply and Flood Control Project					
3.1.1 DAMs (including those for irrigation, flood control, water source and hydropower projects) including run-of-river type	≥ 25 ha OR ≥ 20 million m ³	> 5 ha, but < 25 ha OR > 5 million m ³ , but < 20 million m ³	≤ 5 ha AND ≤ 5 million m ³	None	Reservoir flooded/ inundated area and/or water storage capacity

注：ECP*: 環境に重大な影響を及ぼす恐れのあるプロジェクト (Environmentally Critical Project)

出典：ANNEX A Project Thresholds for Coverage Screening and Categorization, EMB MC 2014-005

(2) 用地取得及び住民移転に関する関係法令（RA No. 10752-2016 & IRR, DPWH-DO No. 203-2016 等による大深度における用地取得に関する規定等）

インフラストラクチャーの開発プロジェクト等に伴う用地取得、住民移転については、第 6.2 節に示した法令に基づいて必要な手続きを行う必要がある。本プロジェクトにおける対象施設である地下放水路、及び取水・排水施設及び開削水路についても、6.2 節で列挙した関係法令に基づいて手続きを行う必要がある。特に、用地取得及び住民移転に関する関係法令：国家インフラストラクチャープロジェクトの ROW またはプロジェクト区域の取得の促進に係る法律（RA No.10752-2016 & IRR, DPWH-DO No. 203-2016）及び施行規則は、公共事業のより効果的でスムーズな実施を目的として、それまでの国家インフラストラクチャー及びその他の目的のための ROW の取得の促進に係る法律（RA No.8974, 2000）による規定を抜本的に

改定したものである。RA No.10752 及び施行規則において本プロジェクトとの関係で、留意すべき重要なポイントは以下の2点であると考えられる。

- インフラストラクチャープロジェクトに係る用地取得については、補償金額を土地の市場価格に基づくことを原則とすること。
- 地下空間において建設するインフラストラクチャープロジェクトは、地下50mを超える深度での建設については、地上の土地所有権者等によって妨げられないこと（補償の対象とはならないこと）。

7.9.3 自然環境配慮

(1) マニラ湾全体の水質への影響

調査の結果から、パラニャーケ放水路による排水は、マニラ湾全体の水質に悪影響を及ぼす可能性は低いといえる。理由は第6.3(3)節の繰り返しになるが、以下の3点である。

1) 淡水流入の影響

マニラ湾の淡水はその約50%がパンパンガ川から供給されている。放水路からの排出によって一時的に流量が増えたとしても、パンパンガ川の流量に比べれば小さく、総流入量に変化するわけではないことから、湾内の塩分濃度が極端に低下する可能性は低い。

2) 水質への影響

ラグナ湖開発庁による厳しい規制により、ラグナ湖の水質は排水先のマニラ湾よりも良好である。

3) 土砂流入の影響

ラグナ湖の沈砂池効果によって土砂の排出量は少ないことが予想される。ラグナ湖の土砂の主な供給源である支川はラグナ湖の東・中央の湖に流れ込み、放水路の流入口である西の湖には流れ込まない。湖の沈砂池効果によって、比較的重い土砂は中央及び東の湖で大半がトラップされるため、西の湖に位置する流入口までは土砂は運ばれないと考えられる。

また、第7.7.1(5)節で述べた通り、ラグナ湖とマニラ湾沖の水質より良い。このこともマニラ湾全体に影響を与える可能性が低いことを示している。しかしながら、局所的な変化は発生すると考えられる。これについては次節で述べる。

(2) LPPCHEA への影響

今回の調査結果から、パラニャーケ放水路からの放水によるLPPCHEAへの負の影響が発生する可能性は小さく、むしろ正の影響があると考えられる。理由は以下の3点である。

1) 水質の良い水が流れ込む

ラグナ湖開発庁及び環境天然資源省の水質調査結果によると、ラグナ湖の水質はLPPCHEA周辺の水質より良いことが分かった。特に溶存酸素量が豊富な水の流入により、溶存酸素量

の増加が見込まれる。これにより一時的に魚類には住みよい環境となる。さらにマニラ湾には基準値の100万倍の大腸菌が存在するが、これも希釈されて低下することが予想される。

2) 淡水の流入量増加による生態系への影響

淡水が流入し、河口付近で塩分濃度が低下したとしても、マングローブは淡水で生きることが可能であるため問題はない。マングローブ林が存続すれば、それが支える魚類や、鳥類などの生態系も維持される。

3) 一時的な変化であること

放水は1ヶ月～3ヶ月の一時的なものであり、放水が停止すれば自然と元の状態に戻っていく。塩分濃度についても、海から無限に塩分が供給されることから、放水が止まればもとに戻る。このため、マングローブが他の植物種に対して有利な環境が維持される。

(3) 課題

排水予定河川であるパラニャーケ川水系（南パラニャーケ川及びサンディオニシオ川）とザポテ川の現在の流況が分からないため、パラニャーケ放水路による200 m³/sの追加流量がどの程度のインパクトがあるのかが定量的に判断できていない。これについては次回調査で明らかにする必要がある。

(4) 水質シミュレーション

1) 目的

パラニャーケ放水路からの放水による、LPPCHEAへの影響を把握することが目的である。そのために、LPPCHEA周辺で発生する水質変化、範囲と継続時間を定量的に把握する必要があるため、シミュレーションを実施することを推奨する。本シミュレーションに基づく評価は、LPPCHEAの保護団体にパラニャーケ放水路案を説明する上で重要な資料となる。

2) 解析方法と検討すべき項目

以下に解析手法の概要及び検討すべき項目案を示す。

1. モデル化する範囲
 - マニラ湾全体をモデル化（湾口に境界条件を設定するため）
 - 湾に注ぐ主要15河川（流量と水質）
 - 湾に排水する下水処理場
2. 計算期間と時間間隔
 - 分単位で計算（潮汐考慮するため）、
 - 解析の水理・気象条件などの入力データ間隔は時間単位
 - 期間は放水前から、放水後マニラ湾の塩分濃度が平常に戻るまで（7月～翌年1、2月で十分と考えられる。）
3. メッシュサイズ
 - 放流口付近は100 mメッシュ
 - 距離が離れるにつれて、段階的に粗くする
4. モデル化する水質項目
 - 観測データがあるものの中で、与える影響が大きい項目に絞る。
ex. 水温、塩分濃度、溶存酸素、大腸菌数、リン、窒素、動物性プランクトン、植物性プランクトン、TSS、など。

- 5. 入力データ
 - ・ 海底地形
 - ・ マニラ湾沖の水質（7月～翌年1月）
 - ・ マニラ湾へ注ぐ主要15河川の流量と水質
 - ・ ラグナ湖の水質
 - ・ 潮汐データ（湾口と湾内の放流口付近など）
 - ・ 底質データ（粒度、有機物含有量等）
 - ・ 下水処理場や大工場の排水量と水質
- 6. 動植物
 - ・ 低次生態系（プランクトン）のみとし、高次生態系はモデル化しない。
 - ・ 高次生態系への影響についてはシミュレーション結果より考察。
- 7. フラッシュ効果
 - ・ 底泥の細粒土の移動現象をモデル化すると、コストと時間が増大するため、解析結果の流速、掃流力と底質の粒度から考察
 - ・ 洗掘によるマングローブの根に対する影響も同様に解析結果から考察する。
 - ・ 底質中の重金属を巻き上げて浮遊させる危険性あるためこの点についても解析結果から考察する。

3) 追加調査が必要な項目

本調査で環境天然資源省、国家地理資源情報庁、ラグナ湖開発庁から水質関連の資料や海図を収集したが、現段階で水質モデルシミュレーション実施に必要なデータが全て揃っていないわけではない。以下に示す項目は、観測データが無い、または古いデータしか存在しないため、新たに調査が必要である。

- ・ 排水先河川河口部付近の干潟の地形を測点間隔50mで調査（メッシュサイズの半分の測点間隔とする）
- ・ 排水先河川河口部付近の底泥調査（有機物質量、COD、窒素、リン、粒度）
- ・ プランクトン調査（動物性プランクトン数と植物性プランクトン数、ラグナ湖とマニラ湾の両方）
- ・ マニラ湾の沖の水質データ（2017年7月～翌年1月分、モデルのキャリブレーションに使用）
- ・ 有機物量調査（ラグナ湖、マニラ湾の両方）

7.9.4 社会環境配慮

(1) 取水施設建設に伴う影響及び配慮事項

取水施設建設に伴う主な影響は、以下の4点である。

- ラグナ湖における漁業活動（漁獲、養魚等）への影響
- ラグナ湖内の水運、航路等への影響
- ラグナ湖における水耕栽培、及び水生植物の収穫等への影響
- ラグナ湖における水利用（灌漑、上水源等）への影響

これらの影響の内容及び配慮事項は、表7.9.16に示すとおりである。

表 7.9.16 取水施設建設に伴う主な環境社会影響と配慮事項

影響区分	影響の内容	配慮事項
1. 漁業活動への影響	候補地 1 周辺地域： Barangay Lower Bicutan 地先のラグナ湖水面において fish pen による養魚が行われている。fish pen/fish cage の位置は湖岸より約 200 m 以上離れている（LLDA の規則）が、取水施設の建設により影響が及ぶおそれがある。 主に漁業活動に利用されているボートの係留地が、候補地 1 の南方に点在している。取水施設の建設場所によっては、影響がおよぶことも考えられる。 候補地 2 周辺地域： ラグナ湖の沖合約 250 m 地点に fish trap、また約 450 – 500 m の沖合に fish pen/ fish cage が分布しており、影響がおよぶおそれがある。なお、周辺地域には係留地は確認されなかった。	取水地点の設定、施工計画においては、影響の回避・最小化対策の検討を行う必要がある。 影響が避けられない場合には、適正な補償を行う必要がある。補償内容については、漁業関係者等との協議、補償内容の合意、建設工事実施前の補償の実施等を行う必要がある。
2. 水運、航路等への影響	候補地 2 の南側に、かつて、火力発電所（Sucat Thermal Power Plant）の燃料運搬航路が設定されていたが、現在は発電所が操業していないため、航路は機能していない。しかし、将来発電所の再稼働に伴い航路の再使用がなされることも考えられ、その場合に影響が及ぶおそれがある。	取水地点の設定時に発電所関係者との協議を行い、将来影響が及ぶことがないように、取水地点に配慮する必要がある。
3. 水生植物の栽培・収穫等への影響	Taguig Lakeside Hall の周辺地域において、行われている水生植物の栽培・収穫に影響がおよぶおそれがある。	取水施設建設区域において水耕栽培等が実施されている場合、影響が避けられないため、適正な補償を行う。そのプロセスは、LGU 等、関係機関との協議・調整が必要である。
4. 水利用への影響	取水施設建設候補地周辺には、現在、取水権は設定されていないため、影響が生じる可能性は小さい。	今後、新たに取水権が設定されるケースについては、NWRB 保有の資料や関連データを収集して確認する必要がある。

出典：JICA 調査チーム

(2) 開水路建設に伴う影響及び配慮事項

開水路の建設に伴う主な影響は、以下の 3 点である。

- 開水路建設のための用地取得
- 用地取得に伴う非自発的な住民移転及び PAPs の生計への影響
- 用地取得に伴う既存の施設・構造物等への影響

これらの影響の詳細及び配慮事項は、表 7.9.17 に示すとおりである。以下に影響の概要を述べる。

候補地 1 に開水路（立坑を含む）を建設する場合、約 10.3 ha の用地取得が必要であり、排水施設用地（約 0.1 ha）を含めると、合計約 10.4 ha となるものと推定される。また、影響を受ける建物は約 280 個、被影響住民（PAPs）は約 860 人と推定される。また用地取得費は 979 百万ペソ、建物補償費が 218 百万ペソ、合計 1,197 百万ペソになるものと推定される（詳細は

添付資料 2-3 参照)。なお被影響住民 (PAPs) のうち、ISF がどの程度の割合で含まれているのかについては、ISF の居住地の詳細が不明であり現時点では把握できない。

一方、候補地 2 に開水路 (同上) を建設する場合は、約 5.4 ha の用地取得が必要であり、排水施設用地 (約 0.1 ha) を含めると、合計約 5.5 ha となるものと推定される。また、影響を受ける建物は約 290 個、被影響住民 (PAPs) は約 1,190 人と推定される。また用地取得費は 939 百万ペソ、建物補償費が 939 百万ペソ、合計 1,165 百万ペソになるものと推定される (詳細は添付資料 2-3 参照)。なお ISF については、候補地 1 同様現時点では把握できない。

表 7.9.17 開水路の建設に伴う主な環境社会影響と配慮事項

影響区分	影響の内容	配慮事項
1. 用地取得	<p>候補地 1 (表 7.9.18 参照) : 用地取得面積は、約 10.3ha (排水施設用地約 0.1ha を含めた合計の面積は約 10.4ha) と想定される。必要な用地は、管理用道路を含む取水施設-開水路部分 (幅約 71m、長さ 1.2 km) に加え、建設用アクセス道路用地及び対象地周縁において取得が必要となる用地 (開水路両側約 6m) を含めた面積である。なお、地下放水路建設については、建設深度が地下 50m 以深となることから、関係法令 (RA No.10752) の規定に基づき、用地取得の必要はない。</p> <p>候補地 2 (表 7.9.18 参照) : 用地取得面積は、約 5.4ha (排水施設用地約 0.1ha を含めた合計の面積は約 5.5ha となる) と想定される。候補地 1 との違いは、開水路の長さ起因している。地下放水路部分について用地取得の必要がないことは、候補地 1 と同様である。</p>	<p>プロジェクト用地の選定に当たっては、用地取得面積、住民移転の必要個数が最小となるよう、線形に配慮する必要がある。</p> <p>用地取得及び補償に当たっては、関係法令に基づき適正な価格により、土地、構造物、樹木等の補償を行う必要がある。具体的には、RA No.10752 により、補償金額を以下の項目の合計と定められている。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 土地の現行市場価格 • 構造物・施設の再取得価格、及び • 農作物及び樹木の実勢価格
2. 住民移転及び生計への影響	<p>候補地 1 (表 7.9.18 参照) : 影響を受ける建物個数は約 280 である。このうち、警察用地、大学構内等に立地する建物を除いた、住宅用建物は約 210 と推定され、居住者は移転が必要となる。</p> <p>候補地 2 (表 7.9.18 参照) : 影響を受ける建物個数は約 290 であり、ほぼ全てが住宅用建物と推定され、居住者は移転が必要となる。</p>	<p>補償については、上述した配慮事項を順守する必要がある。</p> <p>また住民移転、及び生計回復措置については、都市開発住宅法 (RA No.7279) 及び DPWH 土地取得、住民移転、リハビリテーション及び先住民に係る政策 (LARRIPP) 等に基づいて、移転に対する適格性、影響の重大性、補償を受ける権利及びパブリック・コンサルテーションと住民参加を確保したうえで、必要な手続きを実施する必要がある。</p>
3. 既存の施設、構造物等への影響	<p>候補地 1 (出典: JICA 調査チーム 図 7.9.2 参照) : 候補地に沿って警察施設 (Camp Bagong Diwa)、大学 (Polytechnic University)、政府施設 (DOST: Department of Science and Technology) 等があり、影響が及ぶこととなる。特に警察施設、大学については、開水路がそれらの中央部を通っていることから機能の一部または全部を移転する必要があると推定される。</p> <p>候補地 2 (出典: JICA 調査チーム 図 7.9.2 参照) : 候補地には住宅地のほか、不動産会社の所有地 (現在は空地)、PNR (フィリピン国鉄) 等があり影響が及ぶことが予想される。</p>	<p>プロジェクト用地の選定に当たっては、既存の施設、構造物等への影響が最小限となるよう線形に配慮する必要がある。</p> <p>用地買収及び補償に当たっては、上記、用地取得で記述した配慮事項を含め、RA No.10752 の規定を順守する必要がある。</p>

出典：JICA 調査チーム

表 7.9.18 開水路等の建設に伴う用地取得、被影響建物及び補償費の試算結果

候補地	施設	バランガイ、市・町	影響の規模			用地取得費及び補償費		
			用地取得面積 (ha)	被影響建物個数 (No.)	被影響住民(PAPs) (No.)	用地取得費 (百万ペソ)	建物補償費 (百万ペソ)	合計金額 (百万ペソ)
候補地 1	Open channel (including departing shaft)	Lower Bicutan, Taguig	10.3	280	860	970	218	1,188
	Drainage Facility (Arrival shaft)	San dionisio, Parañaque	0.1	0	0	9	0	9
	Total	-	10.4	280	860	979	218	1,197
候補地 2	Open channel (including departing shaft)	Sucat, Muntinlupa	5.4	290	1,190	935	225	1,161
	Drainage Facility (Arrival shaft)	Pulang Lupa Uno, Las Piñas	0.1	0	0	4	0	4
	Total	-	5.5	290	1,190	939	225	1,165

出典：JICA 調査チーム

(3) 地下放水路建設に伴う影響及び配慮事項

開水路の建設に伴う主な影響は、以下の2点である。

- 地下掘削及びトンネル工事に伴う既設構造物への影響
- 地下掘削に伴う地下水への影響

これらの影響の詳細及び配慮事項は、表 7.9.19 に示すとおりである。なお、地下放水路の建設に伴う用地取得については、放水路建設の深度が地下 50 m 以深で計画されていることから、RA No.10752の規定に基づき基本的に用地取得の必要性はなく、社会影響は発生しないと予測される。

表 7.9.19 地下放水路の建設に伴う環境社会影響及び配慮事項

影響区分	影響の内容	配慮事項
1. 地下構造物への影響	開水路の建設に伴い、開水路沿線における高層建築物の基礎、上下水道等が影響を受ける可能性がある。 同様に、地下放水路の建設に伴い、上記のほか、地下放水路沿線における高架道路 (SLEX) の基礎、計画中の地下鉄、鉄道等の基礎等が影響を受ける可能性がある。しかし、地下放水路の建設深度が 50m 以深と深いことから、影響の可能性は小さいと考えられる。	候補ルート周辺にある既存の高架道路、高層建築物等の基礎の深度を確認し、必要がある場合はルート選定を調整する等の配慮が必要である。
2. 地下水利用への影響	候補ルート 1： 候補ルートの両側約 500 m の範囲に 35 の深井戸が分布している (表 7.9.5 参照)。地下水賦存状況、地質の状況等によっては、地下掘削に伴いそれらの水利用に影響が及ぶおそれがある。 候補ルート 3： 候補ルートの両側約 500 m の範囲に深井戸が 38 か所、表流水からの取水地点が 2 か所分布している (表 7.9.5 参照)。地下水賦存状況、地質の状	地質調査・水文調査の実施による水文地質条件の把握、及び井戸調査等による水利用実態の把握、及びそれらに基づく影響緩和策の検討・策定が必要である。 特に放水路建設ルートの近傍に位置する深井戸については、井戸所有者への周知・協議、モニタリングによる影響の有無を把握するとともに、影響が生じた場合には補償を行う必要がある。

影響区分	影響の内容	配慮事項
	況等によっては、地下掘削に伴いそれら水利用に影響が及ぶおそれがある。	

出典：JICA 調査チーム

(4) 排水施設建設に伴う影響及び配慮事項

排水施設建設に伴う主な影響は、以下の3点である。

- 排水施設建設のための用地取得
- 用地取得に伴う非自発的な住民移転及び PAPs の生計への影響
- 下流域における住民、既存施設等への影響

これらの影響の詳細及び配慮事項は、表 7.9.20 に示すとおりである。

表 7.9.20 排水施設建設に伴う環境社会影響及び配慮事項

影響区分	影響の内容	配慮事項
1. 排水施設建設のための用地取得	排水施設建設候補地は南パラニャーケ川の左岸側（候補地 1）、サンディオニシオ川の右岸側（候補地 2）、ザポテ川右岸側（候補地 3）に位置している（図 7.9.3 参照）。排水施設建設に必要な面積は、約 1,000m ² と想定される。なお、用地取得に必要な補償金額は、表 7.9.18 に示した通りである。	排水施設建設地点の選定に当たっては、用地取得面積が最小となるよう配慮する必要がある。 用地取得及び補償に当たっては、関係法令に基づき適正な価格により行う必要がある。具体的には、RA No.10752 により、補償金額を以下の項目の合計と定められている。 <ul style="list-style-type: none"> • 土地の現行市場価格 • 構造物・施設の再取得価格、及び • 農作物及び樹木の実勢価格
2. 住民移転及び生計への影響	3か所の排水施設建設候補地内には、いずれも既存の住宅、不法居住者は存在していないため、住民移転の必要はない。	住民移転、及び生計回復措置が必要となる場合には、都市開発住宅法（RA No.7279）及び DPWH 土地取得、住民移転、リハビリテーション及び先住民に係る政策（LARRIPP）等に基づいて、移転に対する適格性、影響の重大性、補償を受ける権利、及びパブリック・コンサルテーションと住民参加を確保したうえで、必要な手続きを実施する必要がある。
3. 下流域における住民、既存施設等への影響	候補地 1 及び 2： 排水施設建設に伴い、排水能力確保のために排水先の南パラニャーケ川（候補地 1）またはサンディオニシオ川（候補地 2）の改修（拡幅、浚渫等）が必要となることも考えられる（第 7.2 節参照）。その場合には、排水地点下流域における用地取得、住民移転等が必要となるおそれがある。 候補地 3： 排水先のザポテ川は現況の河道幅が広く、改修の必要はないと考えられるが（7.2 節参照）、排水施設の対岸（Municipality Bacoor, Cavite）には不法居住者の居住区があることから、排水による影響（被害者意識の発生等）が生じるおそれがある。	候補地 1 及び 2 において、放流先となる河川の改修が必要となる場合には、改修に必要な用地取得面積、住民移転の必要個数が最小となるよう配慮する必要がある。 用地買収及び補償に当たっては、関係法令に基づき適正な価格により行う必要がある（上記 1 のとおり）。 候補地 3 の場合は、ザポテ川左岸側の ISFs の移転を早期に実施することを、Bacoor 市に働きかける等の対応が必要である。

出典：JICA 調査チーム

(5) 掘削残土の発生・処分に伴う影響及び配慮事項

掘削残土の発生・処分に伴う主な影響は、以下の2点である。

- 土捨て場の確保に伴う影響
- 掘削残土の運搬に伴う道路交通への影響

これらの影響の詳細及び配慮事項は、表 7.9.21 に示すとおりである。

表 7.9.21 掘削残土の発生・処分に伴う環境社会影響及び配慮事項

影響区分	影響の内容	配慮事項
1. 土捨て場の確保に伴う影響	現時点で発生残土の処分地（土捨て場）は未定であるが、第 7.5 節に示した通り、可能性がある場所としてラグナ湖外周と想定すると、埋立処分に伴い幾つかの影響が生じると予測される。具体的には、漁業活動、水利用、水運等への影響である。	残土処分地周辺における係留施設、養殖（fish pen、fish cage）、fish sanctuary に関する詳細調査を実施し、特に湖岸に近接した漁業施設や漁業活動の実態把握を行った上で、具体的な影響緩和策を検討・策定する必要がある。影響の緩和が困難な場合は、補償を行う必要があり、漁業関係者との十分な協議が必要である。
2. 掘削残土の運搬に伴う道路交通への影響	「(6) 建設工事中的の影響及び配慮事項」参照	「(6) 建設工事中的の影響及び配慮事項」参照

出典：JICA 調査チーム

(6) 建設工事中的の影響及び配慮事項

プロジェクト施設（取水・排水施設、開水路及び地下放水路等）の建設工事に伴う主な影響は、以下の3点である。

- 建設工事に伴う各種公害（大気汚染、騒音、低周波音、水質汚濁等）の発生
- 既存構造物・施設等の取壊し、除去に伴い発生する廃棄物による影響
- 建設資機材及び掘削残土の搬出入に伴う発生・集中交通による道路交通への影響

これらの影響の詳細及び配慮事項は、既に第 6.3 節に示した通りである。ここでは影響・配慮事項における留意すべき点について表 7.9.22 に取りまとめた。

表 7.9.22 プロジェクト施設の建設工事中的の環境社会影響及び配慮事項（留意点）

影響区分	影響の内容	配慮事項
1. 建設工事に伴う各種公害の発生による影響	工事用車両の走行及び建設機械の稼働に伴う大気汚染（埃の発生、排気ガスの排出）	乾燥時における散水、建設機械、車両の整備の徹底、アイドリング・ストップ、丁寧な運転・機械操作、Information, Education & Communication (IEC) を適切に実施すること等
	工事用車両の走行及び建設機械の稼働に伴う騒音・振動、低周波音の発生	建設機械、車両の整備の徹底、丁寧な運転・機械操作、低騒音・低振動型機械の使用、防音ハウス等の設置、施工時間帯の調整、IEC の実施等
	ラグナ湖内での建設工事に伴う土砂流出・濁水の発生・拡散、油の飛散、高アルカリ水の発生及びそれらによる漁業活動等への影響	工事区域における沈砂池、排水工等を適切な場所に設置すること、油の拡散防止用カーテン等の設置、IEC 等

影響区分	影響の内容	配慮事項
	ベースキャンプ、建設ヤード等で発生する廃棄物（固形廃棄物、廃水等）の拡散・流出による汚染や景観阻害	コントラクターによる廃棄物管理計画の策定及び管理事項（排出量の削減、分別収集、再利用、再生利用の徹底等）の徹底
	開水路建設のための開削工事、トンネル掘削工事に伴う地盤の変状、地下水流出、地下水位の低下	地盤変状に対しては十分な支保工の施工、 地下水への影響に対しては、地質調査・水文調査の実施による水文地質条件の把握、及び井戸調査による地下水利用実態の把握、及びそれらに基づく影響緩和策の検討・策定
2. 既存構造物・施設 の取壊し、除去に伴い発生する廃棄物による影響	発生する廃棄物の主なものは、取水施設及び開水路建設に伴う各種既存施設・構造物等の取壊し、除去に伴い発生する構造物の残骸である。発生する廃棄物の量は膨大なものとなり、廃棄物が適切に処理・処分されなかった場合には、環境汚染のおそれがある。	法令（RA No.9003）に基づき、固形廃棄物の適正に処理・処分を行うことを基本とする。また、関係する LGUs、MRF との連携により、再利用、再生利用が可能な廃棄物を徹底的に分別し、廃棄物の減量化を図る。さらに有害廃棄物については、法令（RA No.6969）に基づき適正処理を行う。 関係する GA（LLDA 等）、LGUs 等との連携により廃棄物処分場を確保する。
3. 建設資機材、掘削残土等の搬出入に伴う道路交通への影響	シーールド工法による地下放水路建設工事におけるセグメントの運搬に伴う発生交通： 約 37 台（27 トン・トレーラー）/日	運搬経路周辺における交通実態調査の実施とそれに基づく交通管理計画（搬入ルート、搬入時間への配慮、警察との連携による交通事故の防止、交通整理員の配置、広報活動等）の策定
	掘削残土の発生量（運搬土量）は、放水路のルート及び建設工法により異なり、以下の通りと予測される（詳細は第 7.5 節参照）。 シーールド工法、ルート 1：約 1,919,000 m ² シーールド工法、ルート 3：約 2,032,000 m ² NATM、ルート 1：約 1,863,000 m ² NATM、ルート 3：約 1,977,000 m ² 掘削残土の運搬はダンプトラックにより行うこととなるが、運搬に必要な台数は以下の通りと予測される。 シーールド工法の場合：657 台/日（=28 台/時） NATM の場合：151 台/日（=26 台/時） （ダンプトラックの走行を 22 時～4 時の 6 時間に限定して算定）	同上

出典：JICA 調査チーム

7.9.5 JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づくカテゴリー分類及び予備的スコーピング

(1) JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づくスカテゴリー分類

前節までの検討結果により、本プロジェクトでは、プロジェクトの実施に伴い、種々の環境社会影響が発生するおそれがあると考えられる。地下放水路の建設については、フィ国関係法令（RA No.10752）の規定に基づき、地下 50m 以深における公共事業等の実施については、地上の土地所有者への補償の必要性は発生しないものの、地上におけるプロジェクト施設、すなわち、取水施設－開水路、排水施設の建設に伴う用地取得、必要な住民移転の規模

は最大約 300 世帯に及ぶものと推定された。また、既存の構造物、施設等の取壊し・撤去等に伴う廃棄物の発生量は大きく、トンネル掘削工事に伴う残土の発生量は相当な量（最大約 200 万 m³ の掘削残土）になるものと予測された。これら行為・要因に伴う影響には十分配慮し、環境管理計画の策定に基づく影響緩和策を着実に実施していくことが求められる。これらの状況より、本プロジェクトはカテゴリ-A に相当するものと判断される。

(2) 予備的スコーピング及びF/S 段階における必要な調査・検討事項

第6.1節～第6.3節及び第7.9.1節～第7.9.4節までの検討結果に基づき、予備的スコーピング及びF/S段階で必要となる調査・検討内容について表 7.9.23に示した。

表 7.9.23 予備的スコーピング及びF/S 段階における調査・検討内容の確認

環境項目	評価結果		評価の記述	F/S 段階において必要な調査・検討内容	
	計画/ 工事中	供用時			
汚染対策	大気汚染	B-	D	工事中における建設機械の稼働、工事用車両の走行に伴う排気ガスや埃の発生が考えられる。	プロジェクト区域における環境大気質の現状（実測調査）、プロジェクト実施に伴う排出ガス等の影響の程度の検討。
	水質汚濁	B-	D	底泥に有害物質（重金属等）が含まれる場合、工事中にこれを巻き上げ、水質を汚染する可能性がある。供用後の排水によるマニラ湾の水質への影響は無いと予想される。	マニラ湾とラグナ湖の最新の水質調査結果の整理、及びラグナ湖の流入口建設位置、ザポテ川またはパラニャーケ川の排出口建設位置の底質調査（有害物質等）
	廃棄物	A-	D	建設作業に伴い、既存構造物・施設を取壊し、除去等に伴う建設廃棄物の発生がある。またトンネル掘削に伴い、相当量（最大約 200 万 m ³ ）の掘削残土が発生する。	プロジェクト実施に伴う廃棄物及び掘削土量の予測、廃棄物管理計画（収集、再生利用、処理、処分計画等）の策定
	土壌汚染	C-	C-	掘削残土中の有害物質（重金属等）の濃度がフィ国法令（DAO No.2013-22 等）に規定される危険廃棄物の基準値を超えている場合は、残土処分地周辺において土壌汚染発生する可能性がある。	トンネル掘削地点における土質の汚染状況の有無、程度に関する調査・化学分析（TCLP 試験、Elutriate Test 等）の実施
	騒音・振動	B-	D	取水施設、開水路、排水施設及び立坑等地上部における建設作業に伴う騒音・振動の発生、トンネル掘削に伴う低周波音の発生、工事用車両の走行に伴う騒音・振動の発生が考えられる。	地上部建設作業区域周辺の環境騒音・振動の現状、建設作業・振動、低周波音の程度の予測等
	地盤変状	C-	D	立坑の掘削及びトンネル掘削に伴う地盤変状の可能性及びそれに伴う既存の地下埋設構造物（建物の基礎等）への影響の可能性がある。	ボーリング調査・土質試験等による地盤調査、埋設構造物インベントリー調査、施工技術に基づく地盤変状の可能性の検討
	悪臭	B-	C-	工事中における取水施設の建設、排水施設の建設場所におけるラグナ湖、水路等の浚渫作業時に、悪臭を発生するおそれがある。 供用時に、ラグナ湖の水を放水路から放流する排水施設周辺において、悪臭を発生する可能性がある。	本プロジェクト計画地における水域の状況の現地確認、類似施設（既存放水路等）に基づく悪臭発生の可能性の検討
自然環境	地形・地質	B-	B-	開水路の建設、トンネル掘削等による地形・地質の改変がある。	ボーリング調査・土質試験等による地盤調査、施工計画に基づく地質の改変程度の検討

環境項目	評価結果		評価の記述	F/S 段階において必要な調査・検討内容	
	計画/ 工事中	供用時			
地下水	C-	C-	トンネル掘削に伴う地下水位や地下水流への影響の可能性がある。	ボーリング調査、既存資料等に基づく地下水位調査、プロジェクト周辺井戸分布、地下水利用実態調査	
水象	D	A+	本プロジェクトの実施によりラグナ湖周辺地域における洪水が軽減される。	本プロジェクトの施設建設に伴う洪水軽減効果の程度	
陸生動植物	C-	D	プロジェクトの実施に伴う植生の除去・生息域の改変等に伴う陸生動植物への影響、貴重種への影響等の可能性がある。	プロジェクト区域（特に緑地を改変する場合）における陸生動植物のインベントリー調査の実施	
水生生物	C-	D	放水路建設工事に伴う掘削残土の処分地としてラグナ湖岸が選定された場合には、水生生物への影響が及ぶおそれがある。	ラグナ湖における水生生物調査(インベントリー調査)、及び掘削残土の処分地の検討・確定のための関係部局との調整等	
保護区 (LPPCHEA)	D	C	保護区はザポテ川とパラニャーク川の河口付近に位置している。排水時に河川流量の増加が洗掘などの負の影響を引き起こす可能性がある。 一方で、溶存酸素量増加など、保護区周辺の水質が改善する可能性もある。	排水の影響を定量的に評価するための水質シミュレーションの実施と、その結果に基づく保護区への影響の考察	
環境 社会	用地取得・住民移転	A-	C-	プロジェクト建設施設の用地取得が必要となり、住民移転が発生する。また、用地取得に伴い既存の施設・構造物へ影響が及ぶこととなる。影響を受ける住宅数は約 280～290 程度となると想定される。	プロジェクト施設計画等に基づく必要な用地取得の確認、ISFs の確認、住民移転計画、RAP の策定等（PAPs を対象とした社会経済調査、被影響構造物の再取得価格調査、土地・建物等の市場価格調査等を含む）
	土地利用	B-	D	プロジェクト施設の計画・建設により、現状の土地利用が大きく改変する。	関係する LGU の土地利用計画等行政計画、及び本プロジェクトの開発計画との整合性の確認
	地域経済・雇用・生計	B-	C-	ラグナ湖で行われている漁業、水運、水生植物栽培・収穫等に影響を及ぼすおそれがある。 本プロジェクトの実施に伴う住民移転により被影響住民の雇用・生計への影響がおよぶおそれがある。	ラグナ湖で行われている漁業活動、係留施設、水運、水利用、水生植物栽培等の実態調査 移転住民を対象とした社会経済調査、RAP の策定等（生計回復プログラムの策定を含む）
	文化遺産	C-	D	本プロジェクト候補地周辺地域に 4 か所の登録文化財が分布している（図 6.1.10 参照）。プロジェクト施設の選定結果によっては、影響がおよぶ可能性がある。	プロジェクト候補地周辺に存在する歴史・文化遺産の状況（ベースライン調査として）
	水利用	C-	C-	本プロジェクト周辺地域には、NWRB から取水権が付与された多くの水利用が行われており（図 7.9.7 参照）、地下放水路の建設により影響が及ぶ可能性がある。	放水路建設候補地周辺の水文地質調査、地下水利用実態調査（井戸調査）、及び影響可能性の検討・緩和策の策定等
	交通	B-	D	建設資材の搬入、掘削土の搬出等に伴う道路交通、交通事故等への影響がある。	現況交通量調査、施工計画に基づく付加交通量の予測、交通管理計画の策定等
	その他の社会影響	C-	C-	現時点において、その他の社会影響を推定するデータ・情報が十分に収集・確認されていない。	その他の社会環境項目に関する現状調査、事業計画に基づく社会環境への影響予測

A+/-: 重大な正または負の影響が予測される。

B+/-: ある程度の、正または負の影響が予測される。

C+/-: 影響の有無及びその程度が不明である（更なる検討が必要であり、影響は調査の進捗が進むにつれて明らかとなる）。

D: 影響はないと予測される。

出典：JICA 調査チーム

第8章 結論および提言

8.1 結論

本検討において、パッシング・マリキナ川流域を含むラグナ湖沿岸地域全域の総合洪水管理計画を作成し、パラニャーク放水路（2018年1月23日に行われた第4回ステアリング・コミッティ会議において優先プロジェクトとして選定）の事業化検討（Pre-F/S）調査を実施した。パラニャーク放水路のルートは2案、地下放水路の施工方法も2種類（シールド工法、NATM）について、それぞれEIRRを算出した。



図 8.1.1 パラニャーク放水路線形計案



図 8.1.2 パラニャーク放水路3次元イメージ

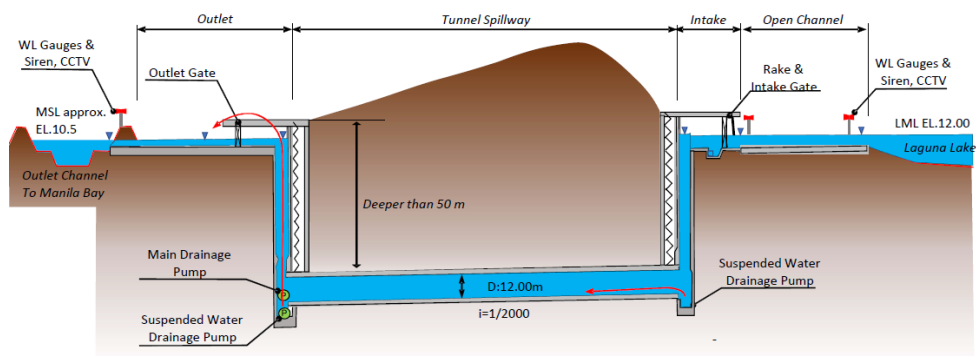


図 8.1.3 パラニャーク放水路概要図

Pre-F/S 調査結果では、EIRR はパラニャーケ放水路単独で 10%以上であり、パッシング・マリキナ河流域の洪水対策と合わせると EIRR は 20%以上であり、パラニャーケ放水路事業は実施可能であると示された。

8.2 提言

しかしながら、本検討は短期間（約 9 か月間：2017 年 8 月～2018 年 4 月）において、総合洪水管理計画策定から優先プロジェクトであるパラニャーケ放水路の Pre-F/S 実施と、時間的制約が大きい中での調査であった。そのため、Pre-F/S 調査にてパラニャーケ放水路の事業化の可能性が示唆されたが、以下に示す追加調査を踏まえパラニャーケ放水路の実施に向けた F/S 調査が早急に必要である。

<F/S 調査において含まれるべき内容>

1. 地形測量

Pre-F/S 調査では既存地形データ（IFSAR：NAMRIA のメッシュ地盤データ）等を活用し、放水路の縦断勾配の検討及び取水施設（立坑、取水・排水施設）の設計を実施した。メッシュ地盤データでは実際の標高と誤差が生じるため、F/S 調査では、詳細な地形測量を実施し検討を見直す必要がある。

2. 深淺測量（ラグナ湖）

Pre-F/S 調査では、NAMRIA の既存データよりラグナ湖の湖底状況を把握し、取水施設の検討を実施した。しかし、実際の標高及びラグナ湖の湖底状況と既存データでは誤差が生じ、取水施設配置に係るラグナ湖の必要な浚渫量が正確に把握できない。そのため、深淺測量を実施し、現在の湖底状況を正確に把握した上で、取水施設の開水路区間の検討及び設計を見直す必要がある。

3. 河川縦横断測量並びに下流河川への影響評価

Pre-F/S 調査では、パラニャーケ放水路による下流河川への影響を検討した。パラニャーケ・ラスピナス地区においては、治水計画が作成されていないため、Pre-F/S 調査では各河川で計画規模を設定した。パラニャーケ放水路からの排水による河道水位上昇について検討・評価を行い、築堤による改修を基本とした河道改修断面の検討を行った。

パラニャーケ・ラスピナス地区にある河川は水路によって繋がっており、複雑な河川ネットワークとなっている。よって、パラニャーケ放水路の排水による影響は、排水先の河川だけではなく、水路により繋がっている河川にも影響を及ぼす可能性があり、F/S 調査では、河川測量データが不足している箇所について追加調査をし、Pre-F/S で構築した解析モデルの精度の向上を図り、パラニャーケ放水路による下流河道への影響を詳細に検討する必要がある。

また、Pre-F/S 調査において、パラニャーケ・ラスピナス地区の浸水は外水による被害であることが判明した。現在、当該地区における治水計画は策定されていないため、パラニャーケ放水路の F/S 調査と同時に、治水計画の立案・策定が必要である。

4. ボーリング調査

Pre-F/S 調査において、概略的な地質構成及び地下水位等を把握するため、6本のボーリング調査を実施した。ボーリングの掘削深度は70mとし、地下深部での地質構造を把握し、施工方法としてシールド工法と NATM を提案している。しかし、このボーリング調査結果だけでは、延長10kmに及ぶ構造物設計に十分な地質情報とは言えず、追加の調査を行う必要がある。特に、パラニャーケ放水路の取水施設周辺に位置する、Valley Fault System (マリキナ断層) が放水路設計・施工に与える影響を十分に把握できていないため、少なくとも20本程度の追加ボーリング調査を実施し、施工方法の検討、放水路構造設計の検討が必要である。

5. 水理模型実験

Pre-F/S 調査では、日本の事例(首都圏外郭放水路等)を参考に排水施設の検討・設計を実施したが、F/S 調査では、水理模型実験を実施し、詳細な排水施設(ドロップシャフト)の検討・設計、トンネルの水理諸元の検討が必要である。

6. 放流水拡散解析の実施

Pre-F/S では、排水位置として3地点提案しているが、排水施設位置の選定においては、地元 LGU の意見、環境への影響を勘案し決定する必要がある。F/S 調査では、放流水拡散解析を実施し、ラグナ湖水がマニラ湾へ与える影響を検討し、LPPCHEA への影響を定量的に把握する必要がある。

7. 環境影響評価及び家屋移転土地収用計画の作成

Pre-F/S 調査では、パラニャーケ放水路を地下50m以深に配置しており、地上の土地所有者への補償の必要はない。しかしながら、地上における取水施設、開水路、排水施設等の建設に伴う用地取得、住民移転、環境影響が発生することが想定される。F/S 調査では、環境影響評価及び家屋移転土地収用計画を作成しこれらの課題について十分な検討を行うことが必要である。

ラグナ湖沿岸地域では洪水対策が行われていない低平地が沿岸全域に広がっており、過去には1か月以上の浸水被害も生じている。ラグナ湖沿岸地域の洪水対策はマニラ中心部より大きく遅れていること、かつ、沿岸地域の市街化が進んでいるため、今後甚大な洪水被害が生じる可能性がある。そのため、フィリピン政府は、本検討で事業化の可能性が示唆されたパラニャーケ放水路の F/S 調査を実施し、ラグナ湖沿岸全域に対して洪水リスク軽減効果が期待されるパラニャーケ放水路の実施に向け、速やかに対応をとることを提言する。

