社会開発調査部報告書

No. 2

国際協力事業団
ジンバブエ共和国
地方自治、地方及び都市開発省

ジンバブエ共和国

マニャメ川上流域水質汚濁対策計画調査

和文要約

平成9年3月

JICA LIBRARY
J 1134537[8]

日本上下水道設計株式会社
日本工営株式会社

社調二
JR
97-040

通貨換算率　(1996 年 12 月 1 日)

US$ 1.0 = Z$ 10.5 = Yen 115.0

国際協力事業団
ジンバブエ共和国
地方自治、地方及び都市開発省

ジンバブエ共和国

マニャメ川上流域水質汚濁対策計画調査

和　文　要　約

平成９年３月

日本上下水道設計株式会社
日本工営株式会社

1134537(8)

序　文

日本国政府は、ジンバブエ共和国政府の要請に基づき、同国のマニャメ川上流域水質汚濁対策計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成８年３月から平成９年３月までの間、３回にわたり、日本上下水道設計(株)の百瀬正敏氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

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

また、地域振興整備公団参事の吉本国春氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し、専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

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

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

平成９年３月

藤田公郎

国際協力事業団
総裁　　藤田公郎

伝　達　状

国際協力事業団
総裁　藤田公郎　殿

今般、ジンバブエ共和国におけるマニャメ川上流域水質汚濁対策計画が終了しましたので、ここに最終報告書を提出致します。

本調査は、平成８年４月から平成９年３月までの間の３回にわたるジンバブエ国政府関係者との協議、調査対象地域における現地調査及び帰国後の国内作業を経て完了しました。

本報告書は、２回にわたり提出を行ったプログレス・レポート、及びドラフト・ファイナル・レポートを整理解析した結果を反映し、４分冊で構成されております。サマリー・レポートには、調査内容全体と提言等を簡潔にまとめ、メイン・レポートには、水質汚濁対策計画、その中で選出されたプロジェクトに対するフィージビリティー調査結果と共に、事業実施主体の制度・組織・財務面での強化策について記述しております。サポーティング・レポートには詳細解析及び関連情報を、またデータ・レポートには現地調査等で収集したデータ等を収録しております。

この報告書が、調査対象地域内の公共用水域の水質改善及び衛生改善に大きく寄与することを願うものです。

尚、同調査期間中、貴事業団を始め、外務省、建設省、環境庁関係者には多大のご理解並びにご協力を賜りましたことを御礼申し上げます。またジンバブエ国における現地調査期間中に、地方自治、地方及び都市開発省、JICA ジンバブエ事務所、在ジンバブエ日本国大使館にも多大なご協力並びに支援を頂き感謝の意を表させて頂きます。

平成９年３月

百瀬正敏

ジンバブエ共和国
マニャメ川上流域
水質汚濁対策計画調査
調査団長　　百瀬正敏

和文要約概要

本調査業務は2部から構成され、それらは水質汚濁防止計画及び緊急プロジェクトに係るフィージビリティー・スタディーである。

第1部　水質汚濁防止計画

1．　計画対象区域：5都市（ハラレ市、チトンギザ町、ノートン町、ルワ村及びエプワース村）及び7農村地区、流域面積3,900Km²

2.　人口予測（2つのシナリオ）

Scenario	Present	2000	2005	2015
Scenario-1	1,957,877	2,289,505	3,145,768	4,035,097
Scenario-2	1,957,877	2,319,790	2,707,119	3,575,878

3．　水質環境基準及び将来水質予測

河川の水質基準点におけるBOD予測

unit: mg/l

River	WQ CP	Stan-dard	Present	Scenario 1		Scenario 2	
				2005	2015	2005	2015
Manyame (u/s)	C_{R1}	<3	1.1	1.32	1.48	1.03	1.13
Ruwa	R_{R1}	-	3.8	4.70	18.70	4.38	19.24
Nyatsime	R_{R2}	-	2.1	3.28	3.28	4.56	4.57
Manyame (d/s)	R_{R3}	-	1.0	10.52	10.28	8.20	6.38
Mukuvisi	R_{R4}	-	2.0	3.72	3.60	3.87	3.99
Manyame (d/s)	C_{R2}	<5	1.4	5.69	5.63	5.48	4.90
Marimba	R_{R5}	-	8.7	6.18	5.85	7.68	7.29
Muzururu	R_{R6}	-	0.5	0.89	0.95	0.78	0.82
Gwebi	R_{R7}	-	1.6	1.56	1.68	1.35	1.43

・ ニャツメ川の本川合流前（C_{R1}）では、将来に亘り水質環境基準達成可能

・ チペロ湖流入前のマニャメ川（C_{R2}）では、水質悪化が予測され水質環境基準値一杯

湖の水質基準点における水質予測

unit: mg/l

Lake/Dam	WQ CP	Quality Standard		Present	Scenario 1		Scenario 2	
		2005	2015		2005	2015	2005	2015
T-N								
Seke & Harava	C_{L1}	<0.4	<0.2	0.65	0.73	0.83	0.71	0.80
L. Chivero	C_{L2}	<0.4	<0.2	0.51	0.77	0.94	0.66	0.86
L. Manyame	C_{L3}	<0.4	<0.2	0.75	0.74	0.76	0.73	0.74
T-P								
Seke & Harava	C_{L1}	<0.05	<0.01	0.07	0.08	0.11	0.08	0.11
L. Chivero	C_{L2}	<0.10	<0.01	0.27	0.46	0.55	0.41	0.51
L. Manyame	C_{L3}	<0.03	<0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
COD_{Cr}								
Seke & Harava	C_{L1}	<10	<6	20.63	22.31	31.18	21.86	30.57
L. Chivero	C_{L2}	<16	<6	25.30	38.65	44.77	35.51	42.69
L. Manyame	C_{L3}	<16	<6	22.70	20.30	21.44	19.92	21.02

・ セケ・ハラバダム及びマニャメ湖の水質は、TN、TP、COD とも現況から将来に亘ってほとんど変わらない

・ チベロ湖の水質は、予測精度を考慮すると将来も現況程度であるが、数値上ある程度の悪化が予測されている

4. 汚濁負荷量削減対策

・ 既存下水道システムの改修と拡張

・ 浄水場における汚水処理

・ 湖・ダム底の沈殿汚泥の除去及び水生植物の増殖と水系外除去

・ 人口・工業・畜産（家畜）の流域外への再配置

・ 対策見直しのための戦略的地点における水質・流量モニタリング

5. 下水道基本計画

施設建設内容

Sewerage System	Sewer Reticulation			Sewage Treatment			Construction Cost	
	Diameter (mm)	Length (km)	No. of P.S.	Required Expansion Capacity (m^3/day)		Treatment Method	(million Z$)	
				2005	2015		2005	2015
Crowborough	500-1,350	35.6	1	94,100	124,900	BNR	1,004.62	283.10
	400-1,200	35.6	1	38,700	70,200	BNR	611.32	287.18
Firle	800-1,200	34.7	1	176,100	237,700	BNR	1,456.06	478.51
	800-1,200	34.7	1	133,300	205,900	BNR	1,196.52	551.28
Marlborough	None	None	None	0	2,800	WSP	0	84.27
	None	None	None	0	600	WSP	0	50.35
Donnybrook *	None	None	None	2,400	6,800	WSP	44.84	84.27
	None	None	None	2,900	6,200	WSP	51.78	68.12
Harare South	700-1,800	20.5	1	63,600	92,100	BNR	843.89	356.35
	600-1,350	20.5	1	47,100	47,400	BNR	664.33	151.42
Harare East	900-1,350	12.0	None	6,300	37,600	BNR	156.18	322.62
	900-1,350	12.0	None	6,300	37,600	BNR	156.18	322.62
Sub-Total	500-1,800	102.8	3	342,500	501,900	N/A	3,505.59	1,609.31
	400-1,350	102.8	3	228,300	367,900	N/A	2,680.13	1,430.97
Zengeza	450-1,000	35.2	3	18,300	49,800	BNR	239.96	423.03
	500-1,200	35.2	3	37,700	87,300	BNR	404.89	551.48
Norton	300-1,100	26.3	2	9,000	37,900	TF	186.20	438.71
	250-900	26.3	2	4,200	23,100	TF	139.56	336.59
Ruwa	200-1,000	22.8	4	7,900	13,100	WSP	298.21	101.75
	150-600	22.8	4	0	400	WSP	131.58	31.07
Total	200-1,800	187.1	12	377,700	602,700	N/A	4,229.96	2,572.80
	150-1,350	187.1	12	270,200	478,700	N/A	3,356.16	2,350.11

Note: Scenario-1 / Scenario-2 Cost; 1996 price base

*; BNR 処理法での F/S が、現在ハラレ市において策定中である

維持管理費用

unit: Mill Z$/year

Scenario	2005	2015
Scenario-1	78.67	114.87
Scenario-2	62.00	97.04

6. 組織・法律に係る対策（構築あるいは強化）

- マニャメ川上流域機関
- 水質汚濁防止会議
- 水関連法及び規則
- モニタリング-フィードバック・システム

7. プロジェクト実施スケジュール（2シナリオ）

（1） 代替案1（シナリオ1及び2とも共通）

First Phase (- 2000)	Second Phase (2001 - 2005)	Third Phase (2006 - 2015)
Short-term development	Medium-term development	Long-term development
Sewer Reticulation	Sewer Reticulation	Sewer Reticulation
Harare (4 works) Norton Ruwa Chitungwiza	Harare (4 works) Norton Ruwa Chitungwiza	Harare (6 works) Norton Ruwa Chitungwiza
Sewage Treatment Works	Sewage Treatment Works	Sewage Treatment Works
BNR Chitungwiza	BNR Harare (4 works) Chitungwiza WSP Harare Ruwa	BNR Harare (4 works) Chitungwiza WSP Harare Ruwa TF Norton

（2） 代替案2（シナリオ1及び2とも共通）

代替案1の第3フェーズを2015年以降に実施すべく延期する

第2部 緊急プロジェクトに係るフィージビリティー・スタディー

1. 計画対象区域：チトンギザ町、対象面積42 Km^2、現況人口400,000人

2. 2000年における設計基本事項：計画人口489,000人、下水量41,500 m^3/日

3. 下水集水システム

- 改修・改善計画：既設3ポンプ場（セントメアリーズNo.1、No.2及びティルコール）
- 拡張計画：自然流下メイン幹線（AC管、口径525mm及び4,280m）、中継ポンプ場及び圧送管(AC管、口径300mm及び2,600m)

4. 下水及び汚泥処理・処分

- 既存施設の改善：既存ゼンゲザ下水処理場、処理水送水ポンプ設備及びティルコール前処理施設

・ ゼンゲザ下水処理場の拡張

Facility	Unit	Facility	Unit
Distribution Chamber	2 units	Anaerobic Digestion Tank	2 units
Screen & Grit Chamber	2 units	Sludge Drying Bed	6 units
Primary Sedimentation Tank	6 units	Sludge Stock Yard	1 unit
BNR Reactor	2 units	Sludge Disposal Pit	1 unit
Final Sedimentation Tank	4 units	Laboratory & Elect. Room	1 unit
Outlet Work	1 unit	Inplant Pipe	1 unit
Sludge Thickener	2 units		

5． 施設の建設及び維持管理費用

・ 施設建設費

Description	Foreign (Z$)	Local (Z$)	Total (Z$)	Total (US$)
I. Direct Construction Cost	105,040,937	78,140,785	183,181,722	17,445,878
II. Land Acquisition and Compensation	0	0	0	0
III. Administration Expenses	0	4,000,000	4,000,000	380,952
IV. Engineering Services	14,013,402	2,472,953	16,486,355	1,570,129
Total (I,II,III and IV)	119,054,339	84,613,738	203,668,077	19,396,960
V. Physical Contingency	11,905,434	8,461,374	20,366,808	1,939,696
Total (I,II,III,IV and V)	130,959,773	93,075,112	224,034,885	21,336,656
VI. Price Escalation	7,688,000	51,588,000	59,276,000	5,645,333
Grand Total	138,647,773	144,663,112	283,310,885	26,981,989

Note: Foreign - imported materials and equipment; Local - indigenous materials and labor;
Direct Construction Cost - including direct, indirect (overhead and profit) construction cost

・ 施設維持管理費

下水管渠　　：Z$ 3, 646, 000/年

下水処理場　：Z$ 9, 069, 000/年

6． 組織及び法的対策（構築されるべき組織）

・ プロジェクト調整委員会（PCC）

・ プロジェクト管理オフィス（PMO）

7. プロジェクト実行計画

(1)第１ステージ：組織・法律・財務手配のための行動プログラム実施

(2)第２ステージ：施設の実施設計

(3)第３ステージ：施設建設

8． プロジェクト評価

プロジェクトの実施により水域の水環境改善及び水源への水補填上の貢献が期待できる。また、汚泥の再利用、維持管理組織強化、雇用機会の発現も可能となる。しかし、施設の維持管理費用は同町によって賄うことが可能と思われる一方、施設建設費のための財源確保が困難である。

和 文 要 約

目　次

全体事項 i

第１部 水質汚濁防止計画 I-1

第１章 緒論 I-1

第２章 マニャメ川上流域水質汚濁防止計画 I-1

2.1　行政組織及び自然条件 I-1
2.2　環境管理及び水質汚濁現況 I-4
2.3　現況及び将来における衛生状況と水質汚濁防止対策 I-7
2.4　現況及び将来における社会経済状況と土地利用 I-11
2.5　将来フレーム値予測 I-11
2.6　将来に亙る水利用及び水域の水理条件 I-14
2.7　汚水の水量・水質原単位 I-16
2.8　現況汚濁解析 I-16
2.9　将来汚濁解析 I-22
2.10 削減汚濁負荷量の検討 I-26
2.11 水質汚濁防止対策 I-27
2.12 公共及び民間投資及び財務検討 I-40
2.13 汚濁防止対策実施計画 I-42

第３章 緊急プロジェクトの検討と初期環境影響評価 I-43

第２部 ゼンゲザ下水道事業改善・拡張フィージビリティスタディー II-1

第１章 緒論 II-1

第２章 ゼンゲザ下水道事業の改善・拡張フィージビリティースタディー II-1

2.1　背景 II-1
2.2　調査対象地域 II-1
2.3　水道施設及び衛生／下水道事業の現状 II-3

2.3.1 概要 II-3
2.3.2 上水道の現状 II-3
2.3.3 下水道の現状 II-4
2.3.4 上水道分野における組織・財政の現状 II-4
2.3.5 下水道分野における組織・財政の現状 II-7
2.4 フレーム値と土地利用 II-8
2.4.1 フレーム値 II-8
2.4.2 土地利用 II-8
2.5 計画下水量及び計画流入水質 II-9
2.6 緊急プロジェクトの計画・設計上の基本方針 II-10
2.6.1 技術上の配慮事項 II-10
2.6.2 組織強化 II-11
2.6.3 法制整備 II-11
2.6.4 財務管理 II-12
2.7 下水集水システム II-12
2.7.1 既存管渠網の改修／更新計画 II-12
2.7.2 セントメアリー地区住宅開発区域のための拡張計画 II-13
2.8 下水及び汚泥の処理・処分 II-17
2.8.1 既存施設の改修計画 II-17
2.8.2 ゼンゲザ下水処理場の拡張計画 II-18
2.9 建設計画及び維持管理計画 II-22
2.9.1 建設計画 II-22
2.9.2 下水道施設の運転及び維持管理 II-22
2.10 事業費積算 II-24
2.10.1 事業費 II-24
2.10.2 維持管理費 II-25
2.11 組織・制度及び財務検討 II-25
2.11.1 組織強化計画 II-25
2.11.2 制度・法律の整備 II-26
2.11.3 財務検討と実施計画 II-28
2.12 プロジェクト評価 II-30

全体事項

1.1 調査の背景

マニャメ川上流域は、約3,900 km²を占め、ジンバブェ国の首都であるハラレ市が立地している。本水域は、水道、農業、航行、リクリェーションのための重要な水源を提供している。対象流域内には5つの都市郡が存在し、そこには合計150万人が居住しており、主要な水源としてチベロ湖とマニャメ湖を利用している。

しかしながら、流域内における急速な都市化と産業開発、さらには農業用肥料の使用増加も手伝って水質汚濁が進行し、人間ばかりではなく動物への影響も問題となっている。

このような状況下、ジンバブェ政府は、マニャメ川上流域の水環境改善を目的として、日本政府に対して技術援助を要請した。これを受けて、国際協力事業団(JICA)は地方自治・都市・地方開発省を窓口とするジンバブェ国に対して技術援助を提供し、対象区域に係る水質汚濁防止計画及び選定された緊急プロジェクトに係るフィージビリティースタディーを実施した。

1.2 調査の目的

調査の目的は、(1)水道水の供給を確保すると共に、持続的な水質汚濁防止システムを構築するために2015年を目標年度としたマニャメ川上流域水質汚濁防止計画を策定すること及び(2)策定された水質汚濁防止計画の中で選定された緊急プロジェクトに係るフィージビリティースタディーを実施することである。

1.3 調査対象区域

調査対象区域はマニャメ川上流域であり、ハラレ市及び3県を包含するものである。関連3県はマショナランド東部、マショナランド中央部及びマショナランド西部である。関連行政区域の合計は118,600 km²に及び、以下に示す行政ユニットを含む。

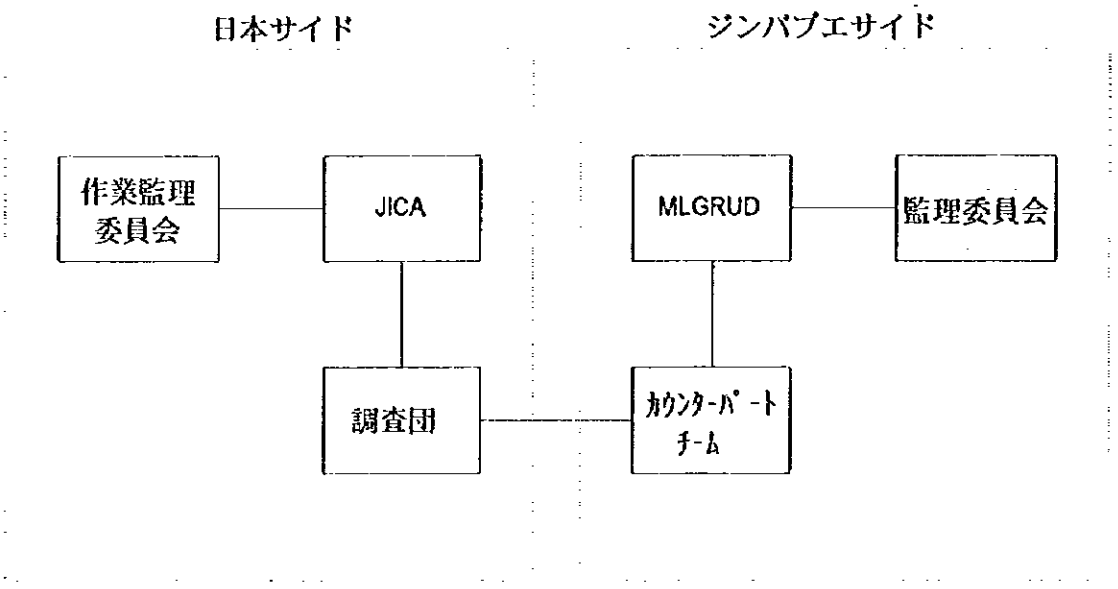
Mashonaland East	Mashonaland Central	Mashonaland West	Harare City
- Chitungwiza Municipality Council - Ruwa Local Board - Epworth Local Board - Goromonzi RDC - Manyame RDC - Harare RDC - Marondera RDC	- Mazowe RDC	- Norton Town Council - Chegutu RDC - Zvimba RDC	- Harare City Council

Note: RDC is Rural District Council

1.4 調査体制

1.4.1 全体組織

全体的な調査実施体制を以下に示す。



Note: JICA Japan International Cooperation Agency

MLGRUD Ministry of Local Government, Rural and Urban Development

1.4.2 日本側体制

日本側の実施体制は、国際協力事業団監督下の調査団及び作業監理委員会により構成される。調査団の構成メンバーは以下の通りである。

氏名	担当分野
百瀬正敏	総括
佐野博文	下水道計画
木口孝文	水質汚濁解析
中登史紀	下水施設計画
上野修作	水利用計画
古市文彦	組織・制度
多田宗則	財務・経済
小澤拓夫	施工計画・積算
寺山寛	水質モニタリング
渡部隆	環境配慮

作業監理委員会のメンバーは以下の通りである。

氏名	担当分野	現職
吉本国春	委員長	地域振興整備公団
森島彰	委員	環境事業団

1.4.3 ジンバブェ側実施体制

ジンバブェ側の実施体制は、カウンターパートチームと地方自治・都市・地方開発省を中心とした監理委員会より構成される。カウンターパートチームの主要なメンバーは以下の通りである。

所属機関	氏名	関連分野
ハラレ市	ｽﾞﾋﾞｺﾝﾎﾞﾚﾛ　ﾎｺ	技術者、事業部
チトンギザ町	ﾍﾟﾄﾛｽ　ﾑﾋﾞﾗ	技術者、上下水道部
ノートン町	ﾌｧｶﾐｰﾙ　ﾝﾃﾞﾍﾞﾚ	技術者、上下水道部
ルワ村	ｺﾙﾈﾘｱｳｽ　ﾋﾟﾛﾛ	技師、上下水道部

管理委員会のメンバーは以下の通りである。

所属機関・氏名	現職
地方自治、地方及び都市開発省	
ムパンハンガ	開発、計画協力部　部長
ムタミリ	開発、計画協力部　副部長
ムスンガ	同上　事務官補佐
マンゲーナ	同上　事務官補佐
ジラーチャ	同上　主任計画官
チューリー	同上　主任管理者
ムガベ	同上　管理者
大統領府	
マジィンガ	科学部、副部長
国家経済計画委員会	
ムジュール	主任経済官補佐
大蔵省	
ブウェリノファ	主任管理者
運輸・エネルギー省	
シィガウケ	道路部、主任検査官
ハウィンヂングウェ	道路部、主任検査官
環境・観光省	
マングウィーロ	環境健康サービス部、部長補佐
カザサ	環境健康サービス部、健康担当官
チャウンバ	環境健康サービス部、汚染担当官
農業省	
チザンビレ	プロジェクト室
ムシリ	検査・サービス部、土壌検査官
ﾊﾗﾚ市	
ムズーリ	事業本部、上下水道部、副主任技術者
ジャラワザ	事業本部、ｴﾝｼﾞﾆｱｻｰﾋﾞｽ部、主任化学者
ﾁﾄﾝｷﾞｻﾞ町	
コーソラ	エンジニアサービス部　部長
ﾉｰﾄﾝ町	
マゴンベッサ	エンジニア

所属機関・氏名	現職
ﾙﾜ村 マコンベ	次官
ｴﾌﾟﾘｰｽ村 チャカザンバ	管理官

1.5 報告書

調査報告書は以下のように取りまとめた。

(1) サマリーレポート (Volume I)
(2) メインレポート (Volume II-1, VolumeII-2)
(3) サポーティングレポート (Volume III)
(4) データレポート (Volume IV)

メインレポートは全体の調査結果を記述した。報告書内容は２部から構成され、それらは第１部ー水質汚濁防止計画、第２部ーチトンギザ町ゼンゲザ下水道事業改善・拡張フィージビリティースタディーである。

第１部においては、水質汚濁解析を行い、マニャメ川上流域水質汚濁防止のための対策を提案した。なお、第１次現地調査の結果は、水質汚濁防止計画の立案に反映された。また、ジンバブェ国の他の実施機関によって作成された調査報告も、本計画において有効に活用された。

第２部においては、緊急性の高い５つの都市の下水道事業の中から選定されたチトンギザ町のゼンゲザ下水道事業を対象として実施した予備設計をまとめた。

第1部　水質汚濁防止計画

第1章　緒論

水質汚濁防止総合計画は、ジンバブエ国で実施された現地作業の結果を踏襲して策定された。計画内容は、第2章にとりまとめられており、以下に示す主要な項目を含むものである。

(1) 水質汚濁解析上の基本諸元の設定
(2) 現況及び将来汚濁解析
(3) 汚濁源別の必要削減汚濁負荷量
(4) 汚濁源別の必要汚濁防止対策
(5) 汚濁防止対策実施計画

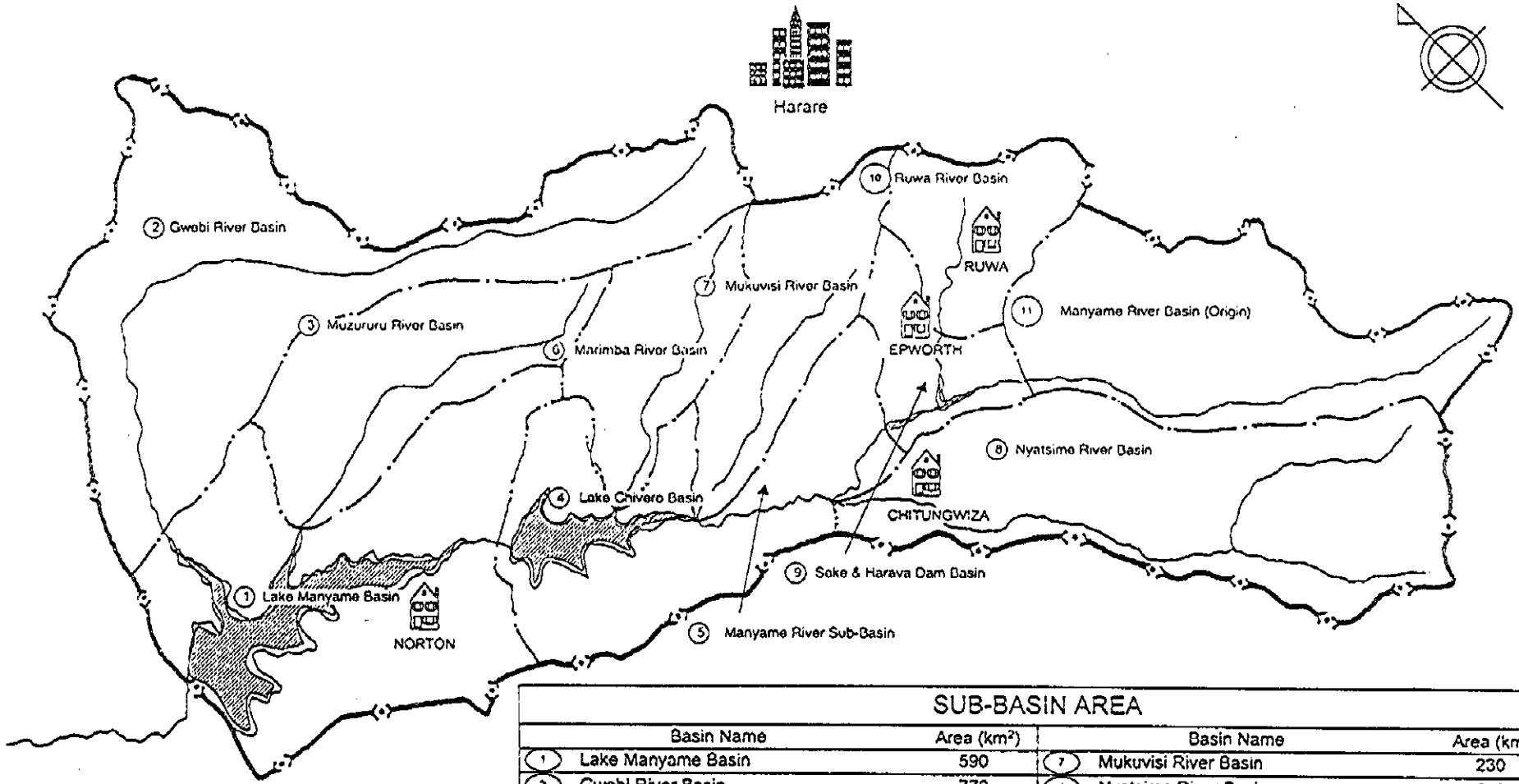
将来汚濁解析の結果、対象流域内の主要な汚濁源に対して対策案が提案され、その中から緊急プロジェクトが既設下水道事業に関して、技術、組織、制度及び財務等の比較検討を通じて選定された。（一連の検討過程はサポーティング・レポート参照。）なお、第3章に選定されたプロジェクトに関する初期環境影響調査結果を記述した。

第2章　マニャメ川上流域水質汚濁防止計画

2.1　行政組織及び自然条件

調査対象地域は、首都ハラレ市の一部とマショナランド東部、中央部及び西部の各州の一部から成る。都市部に存在する地方自治体は、ハラレ市、チトンギザ町、ノートン町、ルワ村及びエプワース村から成る。対象流域面積は 3,900km^2 で、その内訳は、都市部の 551km^2 と農村部の 3,349km^2 であり、流域内の人口は現在約187万人で、その内92%は都市人口である。調査対象地域の位置図を図2.1に、また表2.1に現況人口及び面積を示す。

年平均降雨量は、約 820mm でその 80%は夏期に集中している。対象地域のほとんどは海抜1400mから1500mにあり、その地形は起伏が緩やかな台地である。水系は、本川（マニャメ川）及びそれに合流する6つの支川、そして4つの水源池（ハラバダム、セケダム、チベロ湖及びマニャメ湖）から成る。過去10年間におけるマニャメ川の年平均流量は、9700万トンである。本地域は、国土分類基準によると、国土-II に該当する農業-生態分類に属し、集約農業地域として位置づけられている。



SUB-BASIN AREA

Basin Name	Area (km²)	Basin Name	Area (km²)
① Lake Manyame Basin	590	⑦ Mukuvisi River Basin	230
② Gwebi River Basin	770	⑧ Nyatsime River Basin	580
③ Muzururu River Basin	310	⑨ Seke & Harava Dam Basin	115
④ Lake Chivero Basin	255	⑩ Ruwa River Basin	195
⑤ Manyame River Sub-Basin	166	⑪ Manyame River Basin (Origin)	474
⑥ Marimba River Basin	215	Total	3,900

図 2.1　調査対象区域

表2. 1　調査対象区域内現況人口及び面積

Province/Charted City			Urban Council (within Study Area)			Rural District Council (within Study Area)		
Name	Area (km^2)	Population (1992)	Name	Area (km^2)	Population (1992)	Name	Area (km^2)	Population (1992)
Harare City	557.45	1,126,473	Harare City	447.1	* 1,214,119	N.A		
Mashonaland East	32,230.00	1,034,342	Chitungwiza Municipalit	42.0	274,912	Goromonji	495.6	29,325
			Ruwa Local Board	31.4	1,447	Manyame	534.1	15,521
			Epworth Local Board	11.1	62,630	Harare	258.9	21,600
						Marondera	226.6	6,828
Mashonaland Central	28,347.00	856,736	N.A			Mazowe	254.0	11,360
Mashonaland West	57,441.00	1,112,955	Norton Town	19.5	20,405	Chegutu	261.1	6,776
						Zvimba	1,318.6	48,950
Total	118,575.45	4,130,506		551.1	1,573,513		3,348.9	140,360

Note: *; Present population in 1993 (refer to Table 6.2.3 (1) to 6.2.3 (2) in Water Pollution Master Plan)

2.2　環境管理及び水質汚濁現況

ジンバブエ国では、行政・制度上、水質汚濁防止についても中央政府レベルと地方政府レベルの２つに区分して論ずる必要がある。同国においては、下水道事業は地方自治体の管理・運営下にある。図 2.2 にジンバブエ国の水質汚濁防止に関わる組織を示す。

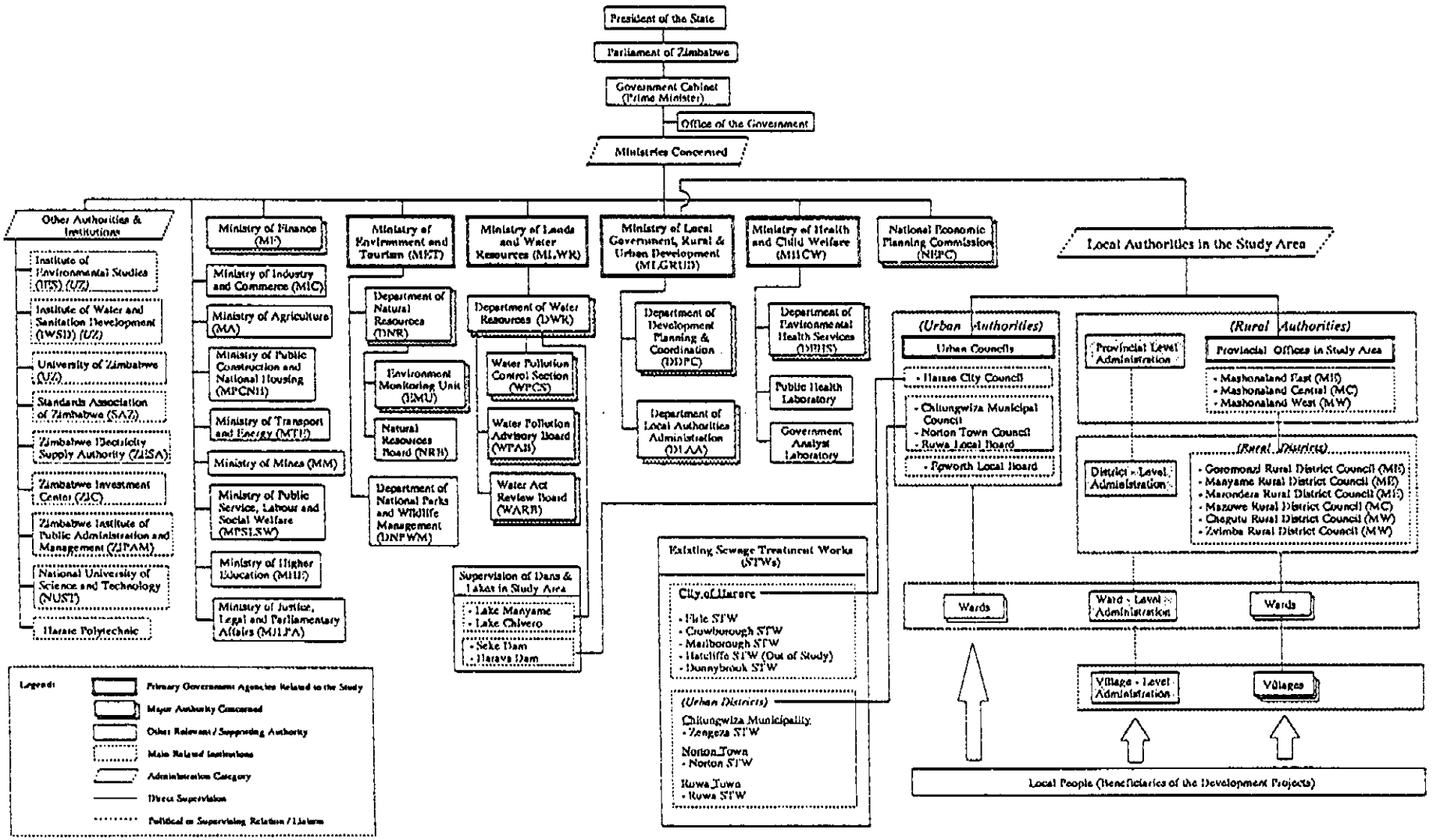
同国の教育・研修期間は全般的に完備されており、水質汚濁防止に関わる人材教育プログラムも充実している。

ジンバブエ政府は、現在、地方分権政策を押し進めている。また、「ジンバブエ・ビジョン 2020 年」と称する“長期国家開発構想”を策定中である。この構想をベースに、「中期アクションプラン計画」の作成が行われており、1997 年中には実施に移される予定である。1996 年の「地方・都市・国家計画策定法」に基づき、各地方自治体は、下水道整備を含む公共事業について“開発計画”の策定を実施している。

水質汚濁防止に関わる主要な現行の法律としては、水法、公衆衛生（排水）基準法及び水質基準法がある。

上水道及び下水道整備計画（事業）は、原則として、地方自治体の責任で実施される。地方自治体における事業は、中央政府からの借入により行われるのが一般的である。貸し出される資金は、政府の事業予算、国内の金融市場よりの調達金、あるいは外国からの援助資金より成り、長期のソフトローンという形態をとる。地方自治体の財源（収入）は、税金、各種料金等より成り、原則として、自治体の各勘定項目支出をカバーすることが求められている。水質汚濁防止事業の実施に関わる手続きの流れを、図 2.3 に示す。

水質汚濁防止のための環境管理には、下水道施設の整備に加え、廃棄物の収集及び処分、それに付随する水質監視を含む取り締まりのための法制制度の整備が不可欠となる。特に、環境管理のための財源の確保は最重要課題である。水質汚濁防止事業の実施と維持管理は、地方自治体の所管事項であることから、各自治体の財政事情、特に事業の財源と維持管理費の分析が重要となる。一方、水質監視と人材育成プログラムは、中央政府と当該地方自治体の共同事業として実施され、その財源も分担されることになる。



Source : JICA Study Team

図 2. 2　ジンバブエ国の水質汚濁防止に関わる組織図

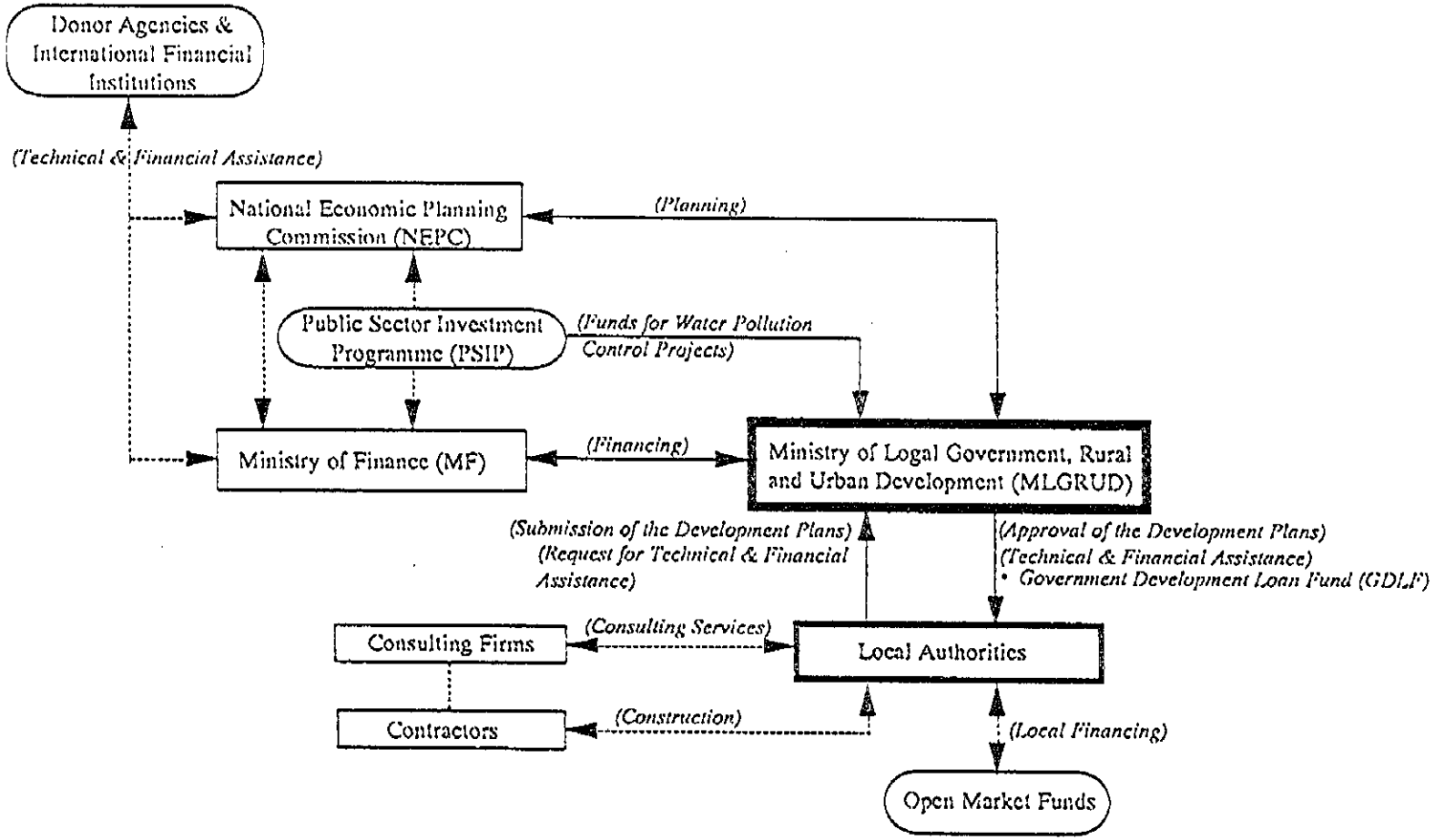


図 2. 3　水質汚濁防止事業の実施に関わる手続きフロー

水質検査とそのためのしっかりした監視体制、施設を備えているのは、中央政府レベルでは土地水資源省であり、地方レベルではハラレ市のみである。図 2.4 に調査対象地域内の自動水位監視所と採水地点の位置を示す。

現在の公共用水域の水質汚濁の状況は、本計画調査の結果、河川水質については有機物指標で漁業目的のための許容される水質範囲であることが判明した。このような結果となった背景には、1995 年にチトンギザ町のゼンゲザ下水処理場からの処理水をニャツメ川に放流せず、農地に灌漑用として送水する施設を建設したことが考えられる。

湖／ダムにおける現況水質は、T-N 及び T-P の指標によると、富栄養湖の基準値を大幅に上回る状況となっている（T-N>2mg/l 及び T-P>0.02mg/l）。また、COD 濃度についても、飲料水目的のための原水基準の許容値を 3～6 倍上回っている。重金属（Zn、Ni 及び Cd）についても同様に検出されたものの、これらの濃度は、WHO 基準における上水道源としての基準値の範囲内におさまっている。農薬に関しては、検出されなかった。

工場排水に対する水質試験は、本調査地域内の 8 業種、45 大規模工場を対象に、有機物について実施した。その結果、大半の工場排水は、BOD、COD、SS、T-N、T-P、Fe、Ni、Pb 及び Zn の主要指標において排水基準を上回っていた。それらの業種の内、食品加工、紙/ﾊﾟﾙﾌﾟ及び化学工場排水が主要な汚濁源であることが判明した。

調査対象地域内の既存下水処理場での流入下水 BOD 濃度は、480～970mg/l の範囲となっている。ハラレの BNR 法を採用しているクローボロー及びフィレ処理場から河川に放流されている処理水は、「ジ」国の水法に定められている基準値を下回っているものの、それら以外の処理水は、灌漑用水として牧草地や森林に排水されている。流入下水における重金属は、レベルが低く問題ない程度であった。

2.3　現在及び将来における衛生状況と水質汚濁防止対策

都市部の低密度住宅地域の一部と地方農村地域全体においては、浄化槽あるいは各種トイレ施設が使用されている。一方、他のほとんどの都市部では公共下水道が普及している。

調査対象区域内の都市部の中で、ハラレ市内には５つの処理区があり、各処理区毎に処理場が建設され、運転管理を行っており、他の地方都市においては、単一処理区・処理場による処理を行っている。それぞれの下水道普及率は、ノートン町及びルワ村を除きほぼ 100%である。

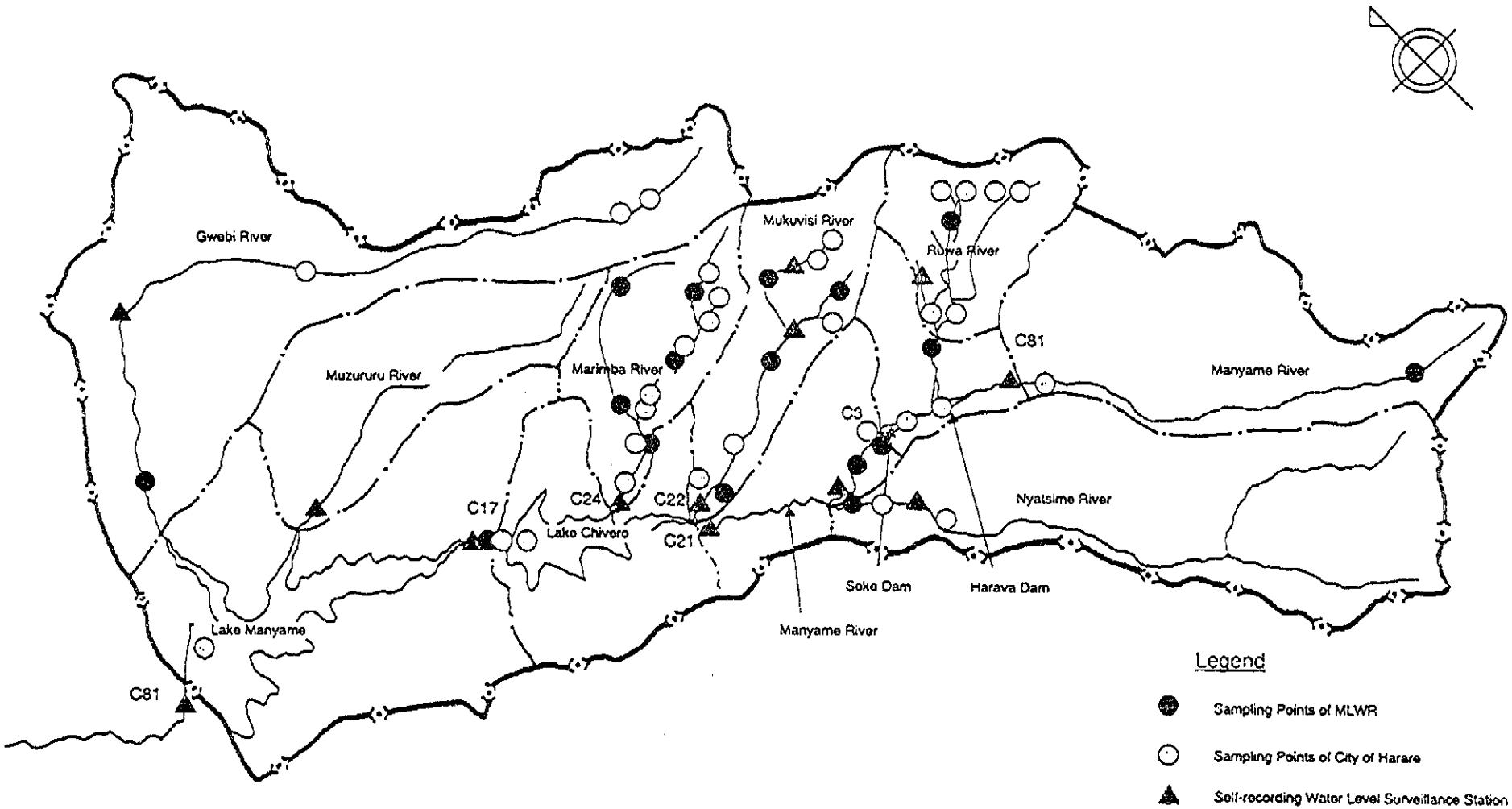


図 2.4　調査対象地域内の自動水位監視所、採水地点位置図

しかしながら、ハラレ市及びチトンギザ町の既存下水管渠の老朽化に伴う環境問題（悪臭、健康被害）が報告されている。下水処理に関しては、フィレ及びゼンゲザ処理場においてかなり処理能力を越えた下水が流入し、過負荷運転となっている一方、ノートン、ルワ処理場ではまだ処理能力に余裕がある。ほとんどの下水処理水は水質規制が厳しため農地に灌漑用水として送られており、BNR法が適用されているフィレとクローボロー処理場からの一部処理水のみが河川放流されている。なお、3ヶ所ある大規模処理場の内、処理水の河川還元が行われていないのは、ゼンゲザ処理場のみである。表 2.2 及び 2.3 に下水道普及面積と人口、既存処理場のリストを示す。

下水管渠の改善プロジェクトは、フィレとルワ処理区の一部で行なわれているだけであり、他に5ヶ所ある処理区については実施中の工事はない。一方、下水処理場の改修プロジェクトは、クローボロー、ドニーブルック、ゼンゲザ、ノートン及びルワ処理場拡張計画に対する施設設計が行われたものの、BNR法によるフィレ処理場拡張施設のみが建設中であり、ゼンゲザ、ノートン処理場については施設の一部改修／建設が行われただけである。

効果的かつ段階的な下水管渠施設の改修が、特にハラレ市とチトンギザ町に必要とされている。ゼンゲザ処理場及び周辺地域においては環境問題が発生しており、ノートン処理場の灌漑用水貯留ポンドでも同様の問題を生じている。

工場排水の下水道受入れについては、都市議会条例に基づき、各工場が油脂除去施設併設沈殿池等の前処理施設を設置することになっている。

都市排水路は、道路・下水道建設時に同時に併設されてきた。しかし、特に高密度住居地域にて、雨期における浸水あるいは投棄ごみによる閉塞問題を生じている。

ごみ収集・処理については、トラック／トレーラーを用いて、各地方政府が住居／商工業地区双方に対して実施している。ハエ・悪臭発生防止のため衛生埋立を採用しているが、十分なものではない。都市部に共通な問題として、ごみ収集車輌不足と将来に向けた埋立地確保があげられる。

また、既存浄水場における逆洗排水及び沈殿汚泥も主要な汚濁源となっている。薬品・有機分を含む発生汚泥処理対策の必要性も指摘された。

表 2.2 下水処理面積及び処理人口

Item	Harare City		Chitungwiza Municipality	Norton Town	Ruwa Local Board	Total
Municipal Area (ha)		55,745	4,200	1,950	3,140	65,035
Sewered Area (ha)	Crowborough	17,400	4,200	1,950	3,140	48,193
	Firle	19,435				
	Marlborough	378				
	Donnybrook	1,690				
	Hatcliff					
	Total	38,903				
Municipal Population *1		1,296,000	420,000	22,000	2,000	1,740,000
Served Population *2	Crowborough	506,200	420,000	21,000	1,600	1,638,400
	Firle	600,800				
	Marlborough	9,800				
	Donnybrook	79,000				
	Hatcliffe	N.A.				
	Total	1,195,800				
Treatment Area No.	5		1	1	1	
Trunk Sewer and Pump Station (PS) by each treatment Area	Crowborough		Zengeza	Norton	Ruwa	
	835mm		675mm		375mm	
	875mm		675mm			
	PS 3		300mm			
			PS 4	PS 2	PS 2	
	Firle					
	1,200mm in 1972					
	1,350mm in 1972					
	PS 3					

Note. *1; Projected population (refer to Table 6.2.7 (3) in Water Pollution Master Plan)
*2; Refer to Table 9.3.1 in Water Pollution Master Plan

表 2.3 既存処理施設概要

Urban Authority	Sewage Treatment Works	Treatment method	Design Capacity m3/d	Present Influent Flow m3/d	Note (Construction Time)
Harare City	Crowborough	TF	36,000	39,325	Unit 1 1957
					Unit 2 1970's
		BNR	18,000	15,986	Unit 3 1980's
		BNR	*1 (25,000)	-	Unit 4 1996 to
			(79,000)		Total in the future
			54,000	55,311	
	Firle	TF	36,000	104,636	Unit 1 1960
					Unit 2 1970's
		BNR	36,000	12,403	Unit 3 1979 to 1981
				15,252	Unit 4 1986 to 1996
		BNR	(72,000)	-	Unit 5(I) 1994 to 1996
					Unit 5(II) 1995 to 1997
			(144,000)		Total in the future
			72,000	132,291	
	Marlborough	WSP	2,000	2,000	
	Donnybrook				
	Block 1	WSP	-	400	
	Block 2	WSP	-	1,350	
	Block 3	WSP	-	1,396	
	Block 4	WSP	-	2,351	
		Total	*2 5,500	5,497	
	Hatcliffe	AL	1,300	2,500	
Chitungwiza Municipality	Zengeza	TF	21,750	36,405	Under repair
Norton Town	Norton	TF	3,400	2,700	Unit 1 1953
					Unit 2 1975
					Under repair
Ruwa Local Board	Ruwa	WSP	5,300	2,865	1993
Total			(262,250)		
			165,250	239,569	

Note: Present influent flow is estimated based on the Average Dry Weather Flow (ADWF)
*1; The latest on-going plan for BNR of Crowborough is 60,000 m^3/day
*2; Design capacity (5,500 m^3/day) of Donnybrook (refer to Section 4.2, Chapter 2, Supporting Report)

TF; Trickling Filter
BNR; Biological Nutrient Removal
WSP; Wastewater Stabilization Pond
AL; Aerated Lagoon

2.4　現況及び将来における社会経済状況と土地利用

調査対象地域内の人口密度は、全国平均を大幅に上回っており、全国都市部人口の約 50%が居住している。本地域内の都市部は、首都圏を擁しているためジンバブエ国内で最も発展している地域である。人口増加率は、6.5%から 8.1%である。また、所得水準も全国平均を大幅に上回っている。

対象地域内は、表 2.4 に示すように耕作地、草地、森林及び住居・商工業地区から成っている。チベロ湖流域の約 1/3 には植物の生育が見られ、残りの 2/3 は耕作利用されている。2000 年、2005 年及び 2015 年の都市部における土地利用計画が各地方政府毎に作成され、本計画に使用された。

2.5　将来フレーム値予測

汚濁源別のフレーム値が 1995 年から 2015 年に亘って予測された。人口予測ベースはチトンギザ町を除き、1992 年に実施された国勢調査結果である。チトンギザ町については、最近の急激な人口増加を考慮し、最新のデータ（ハラレ市総合基本計画）を採用した。汚濁解析上必要となるハラレ市内の各河川／湖流域別現況人口配分も試みられた。行政区域別人口予測は「ジ」国においてこれまでに策定された開発計画を参照し、4ケースについて検討を行った。その結果、2ケースのシナリオを検討対象として取り上げることとした。2015 年における調査区域の推定人口は表 2.5 に示されているように、シナリオ1で 4,035,097 人、シナリオ2で 3,535,878 人であった。

表 2.5　2シナリオにおける人口予測

Scenario	Year 2000	Year 2005	Year 2015
Scenario-1	2,289,505	3,145,768	4,035,097
Scenario-2	2,319,790	2,707,119	3,575,878

工業開発のフレームは従業員数とし、現況の立地工業タイプ、19 業種について将来予測を行った。ここにおいて、将来の従業員数の増加は土地利用計画における工業用地増加に相関するものと仮定した。現況及び 2015 年予測従業員数はそれぞれ 93,800 人、296,700 人となった。

表 2.4 (1) 現況及び将来の土地利用計画（その１）

Unit : km^2

Land Use			Present	2000	2005	2015
Harare City	Residential Area	Low Density	210.13	215.06	217.79	233.46
		Medium Density	12.21	24.26	37.02	37.02
		High Density	45.57	58.15	94.45	123.78
		Low/Medium Mixed Density	2.00	2.00	7.83	13.67
		Medium/High Mixed Density	6.01	6.01	6.01	7.47
		High Density High Income	2.72	2.72	2.72	2.72
		Sub-Total	278.64	308.20	365.82	418.12
	Central Business Area		3.83	3.83	3.83	3.83
	Suburban Business Area		0.00	0.00	0.00	14.38
	Industrial/Commercial Area		26.96	31.12	53.00	69.95
	Airport Area		0.00	15.13	15.13	15.13
	Cemetery Area		0.00	0.00	3.65	3.65
	Open Spaces		248.02	390.32	307.17	223.54
	Total		557.45	748.60	748.60	748.60
	Inside of Study Area		447.10	638.25	638.25	638.25
	Outside of Study Area		110.35	110.35	110.35	110.35
Chitungwiza Municipality	Residential Area	Low Density	0.00	0.00	0.00	2.14
		Medium Density	3.35	3.35	3.35	8.26
		High Density	19.47	21.22	21.22	26.67
		Sub-Total	22.82	24.57	24.57	37.07
	Industrial Area		1.35	1.35	1.35	9.41
	Town Centre (Commercial) Area		0.85	0.85	0.85	0.85
	Institutional Area		0.74	0.74	0.74	0.74
	Sewage Treatment Works Area		0.93	0.93	0.93	0.93
	Open Spaces		15.31	13.56	13.56	5.50
	Total		42.00	42.00	42.00	54.50

表 2.4 (2) 現況及び将来の土地利用計画（その２）

Unit : km^2

Land Use			Present	2000	2005	2015
Norton Town Council	Residential Area	Low Density	1.83	2.92	5.39	17.95
		Medium Density	0.20	0.20	2.12	5.50
		High Density	3.25	5.15	5.15	8.00
		Sub-Total	5.28	8.27	12.66	31.45
	Industrial Area		2.73	2.73	3.86	10.83
	Commercial Area		0.18	0.18	0.18	0.31
	Institutional Area		0.29	0.29	0.29	1.36
	Farm Land Area		0.00	0.00	1.04	4.90
	Sewage Works Area		1.22	1.22	1.22	1.22
	Refuse Dumping Area		0.00	0.00	0.00	0.56
	Open Spaces		9.80	8.81	7.65	8.97
	Total		19.50	21.50	26.90	59.60
Ruwa Local Board	Residential Area	Low Density	2.95	3.89	9.44	9.44
		Medium Density	0.18	0.18	0.18	2.66
		High Density	1.76	4.89	6.50	7.50
		Sub-Total	4.89	8.96	16.12	19.60
	Industrial Area		2.11	5.06	5.06	5.06
	Commercial Area		0.18	0.18	0.59	0.76
	Institutional Area		0.47	0.47	0.47	0.68
	Open Spaces		23.75	23.73	16.16	12.30
	Total		31.40	38.40	38.40	38.40
Grand Total			650.35	850.50	855.90	901.10

現況における家畜頭数は農林省のデータを用いることとし、過去において頭数変動が小さいことから、将来とも変わらないものと仮定した。

農地及び自然地域の仕分けは行わず、対象地域全域を汚濁解析上、自然地域として扱った。ごみ処理地における浸出水は日本での過去の検討結果を踏襲し、将来は人口増加に相関して増えるものとした。

2.6 将来に亘る水利用及び水域の水理条件

現在の対象流域内における水利用状況は、河川では乾期に流量が減少するため直接利用はほとんどなく、むしろ処理水の再利用の方が多い。一方、湖／ダムは全て人造湖であり、これらにおいては水道水源（現在 477,000m^3/日）及びレクレーション、漁業等に利用されている。現時点で将来の水利用計画は特にない。

ハラレ市の水道事業は、ハラレ市と周辺の市町村へ飲料水を供給している。現在の需要量360,000m^3/日に対して、４つの湖／ダムを水源とし、プリンスエドワートとモートンジャフレーの２つ浄水場において標準的な処理を行い対応している。将来の水道需要量は、ハラレ市水道事業基本計画において３つのシナリオで推定されており、2012 年で 1,230,000m^3/日～1,868,000m^3/日と大幅な増加が考えられている。これに対して水源は、下水処理水を全量再利用したとしても 600,000m^3/日に過ぎず、中間的なシナリオでの 1,390,000m^3/日に対して800,000m^3/日の不足が予想され、不足する水源に対してハラレ市ではニャグイ川（別流域）からの導水を計画している。

水質環境基準は、マニャメ川本川と湖／ダムに対して設定することを提案し、環境項目は水域の水利用に基づき設定した。一方、健康項目は WHO の基準に準拠した。環境基準が現況水質からみて達成困難と考えられる場合を考慮して、BOD, COD, T-N, T-P について暫定基準を定めた。これら水質の定期観測点として、水質基準点及び補助基点を定めた。以上の環境基準に関わる水域、基準点及び類型を図 2.5 に示す。

湖／ダムをとりまく流量収支は、河川の流量、湖／ダムの水位変動及び放流量を基に算定した。当流域の降雨に対する流出率の過去 10 カ年平均は 8.7%で、これはジンバブエ全域の平均値 8%とほぼ等しい。流量収支は、河川流量、湖面への直接降雨、河川を経ない直接流出域からの流出、表面蒸発、上水の取水及び下水処理場からの放流を考慮して、ダム湖の水位変動やその他の流量を含めて水収支を算定した。将来の水収支は、観測値の過去 10 カ年平均を基に算定、

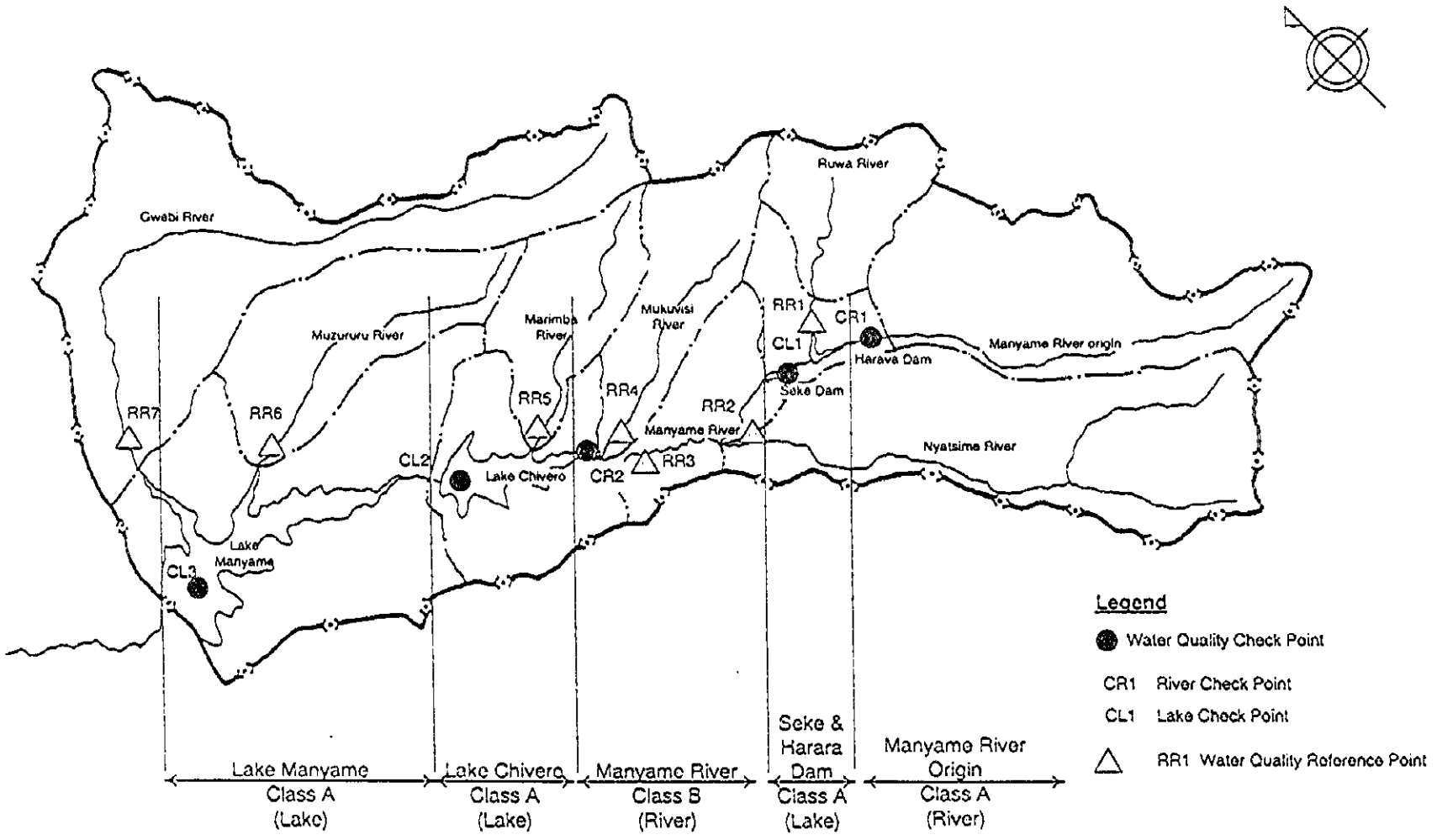

Gwebi River
Muzururu River
Marimba River
Mukuvisi River
Ruwa River
Manyame River origin
Harava Dam
Seke Dam
Manyame River
Nyatsima River
Lake Chivero
Lake Manyame
RR1
RR2
RR3
RR4
RR5
RR6
RR7
CR1
CR2
CL1
CL2
CL3
Legend
Water Quality Check Point
CR1 River Check Point
CL1 Lake Check Point
RR1 Water Quality Reference Point
Lake Manyame
Class A
(Lake)
Lake Chivero
Class A
(Lake)
Manyame River
Class B
(River)
Seke &
Harara
Dam
Class A
(Lake)
Manyame River
Origin
Class A
(River)

図 2.5 環境基準点

し、下水放流量は BNR プロセスによる高度処理水量の増加を見込むこととした。また、浄水場での取水限度量は、現在のマニャメ湖からの放流量が将来とも維持される前提のもとに定めた。汚濁解析では、シナリオごとに放流下水量が異なること、河川水質は乾期平均流量を、また湖／ダム水質は年間平均流量を対象に算定されることから、それぞれに応じた流量収支を検討した。それらを図 2.6、図 2.7 に示す。

2.7　汚水の水量・水質原単位

目標年次における各汚濁源別の汚水量及び水質原単位について検討した。検討にあたっては、これまで「ジ」国で策定された上水道・下水道施設の拡張・開発計画及び日本における標準値を参考とした。家庭汚水、工場排水、家畜頭数、土地面積を検討対象とした。原則として家庭汚水原単位についてはハラレし水道基本計画及び既存下水道計画にある計画値を採用したが、既存下水処理場における実績値を参考にして一部を修正した。工場排水原単位については水量、水質とも現地調査における実績値を基に算定した。

2.8　現況汚濁解析

将来の汚濁解析に用いるシミュレーション・モデルを策定するため、現況解析を行った。点源及び非点源の人為及び自然負荷を対象とし、水収支モデルは過去 10 年間の平均値を採用した。図 2.8 に汚濁負荷量流下フローの概念図を示す。

河川については、人為負荷を主要因とする有機汚濁物質の代表として BOD を検討水質指標とした。解析には乾期の流量モデルを適用し、各河川の浄化残率を算定した。

算定された浄化残率は一般的に各河川の自浄能力を示すが、汚濁負荷量の算定に際して想定した、流達率等を含む調整値と見なされる。各河川の浄化残率を表 2.6 に示す。将来の汚濁解析には算定値を丸めた数値を用いる。

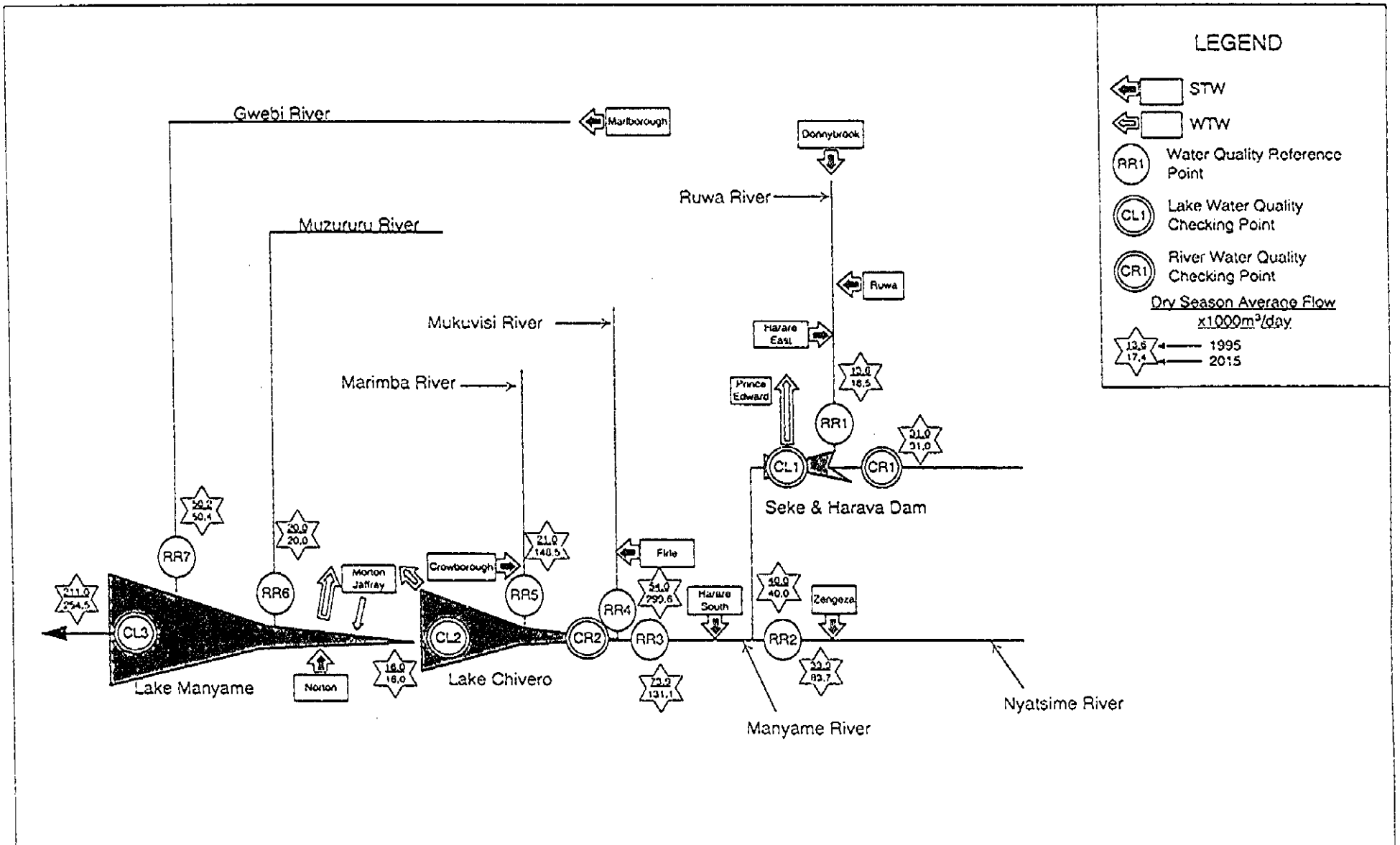


図 2.6(1)　乾期平均水量収支図（シナリオ１）

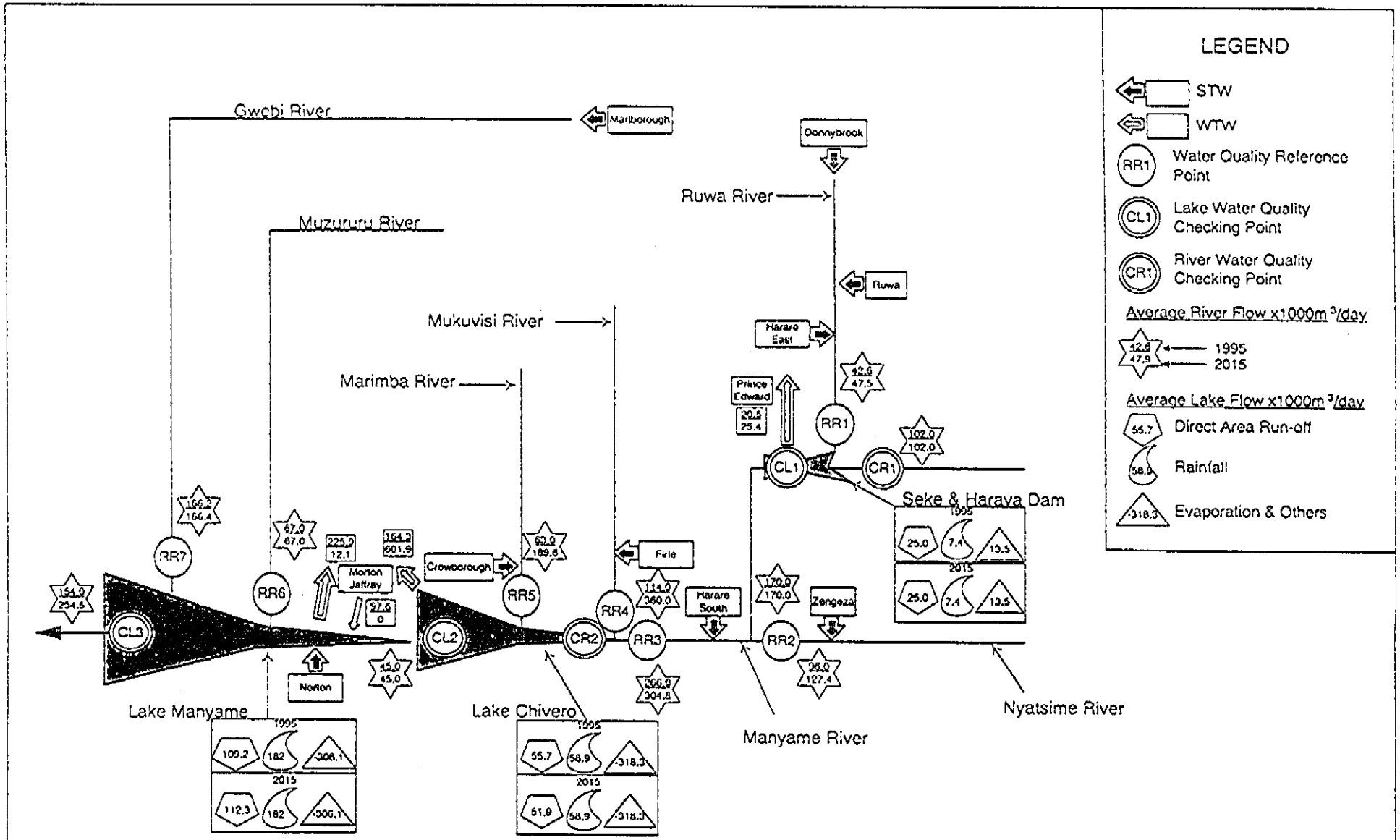


図 2.6(2)　年間平均水量収支図（シナリオ１）

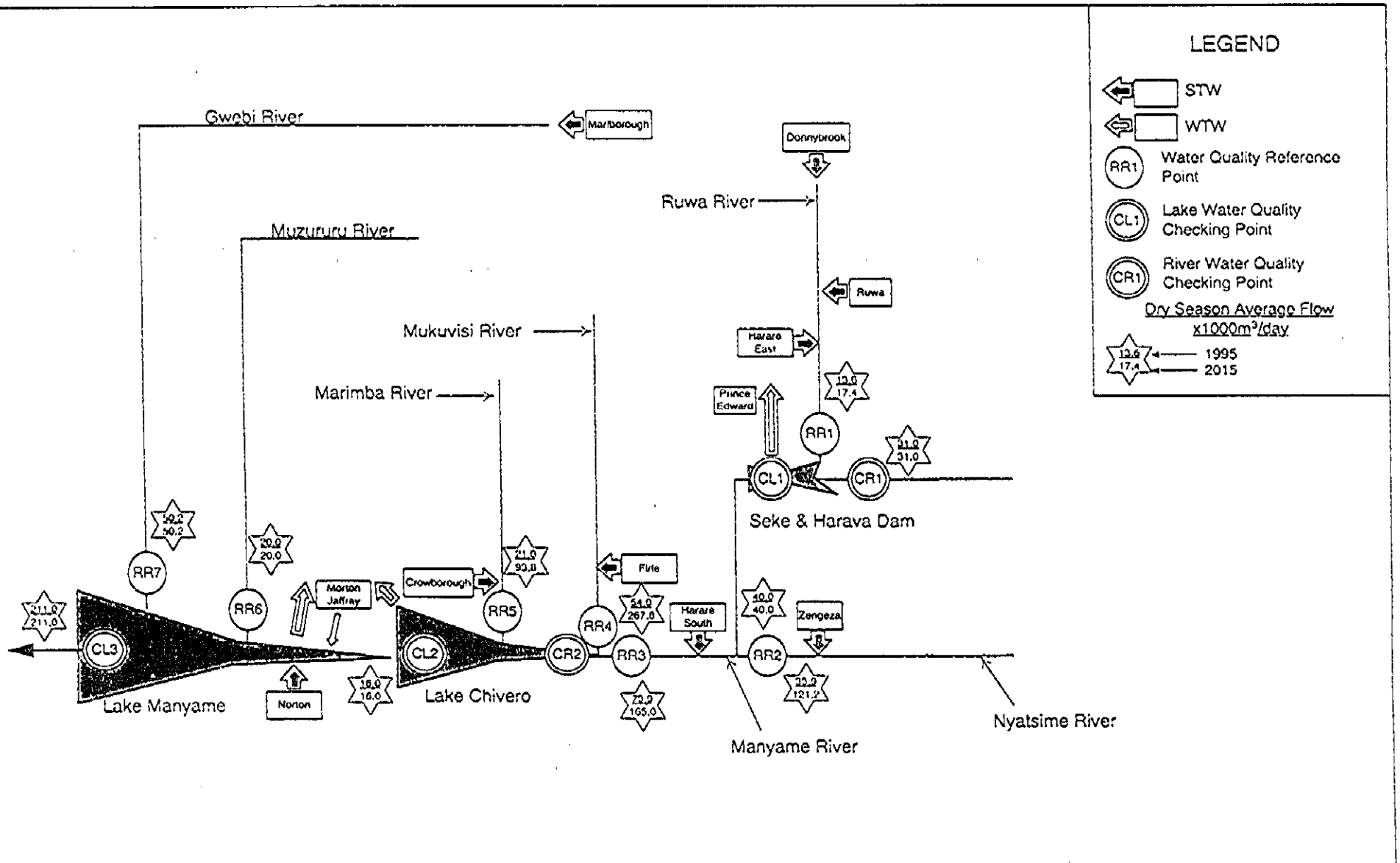


図 2.7(1)　乾期平均水量収支図（シナリオ２）

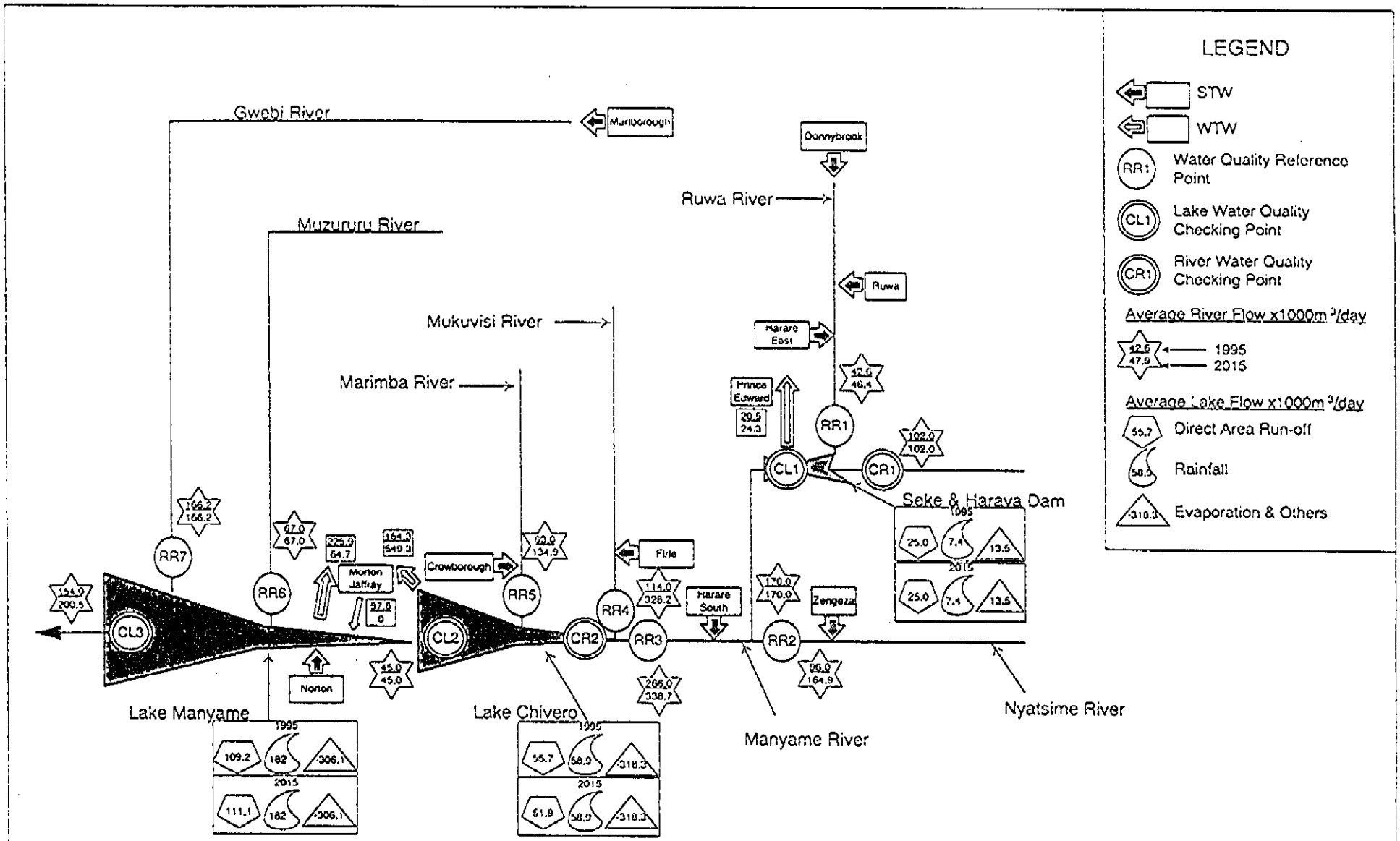


図 2.7(2)　年間平均水量収支図（シナリオ２）

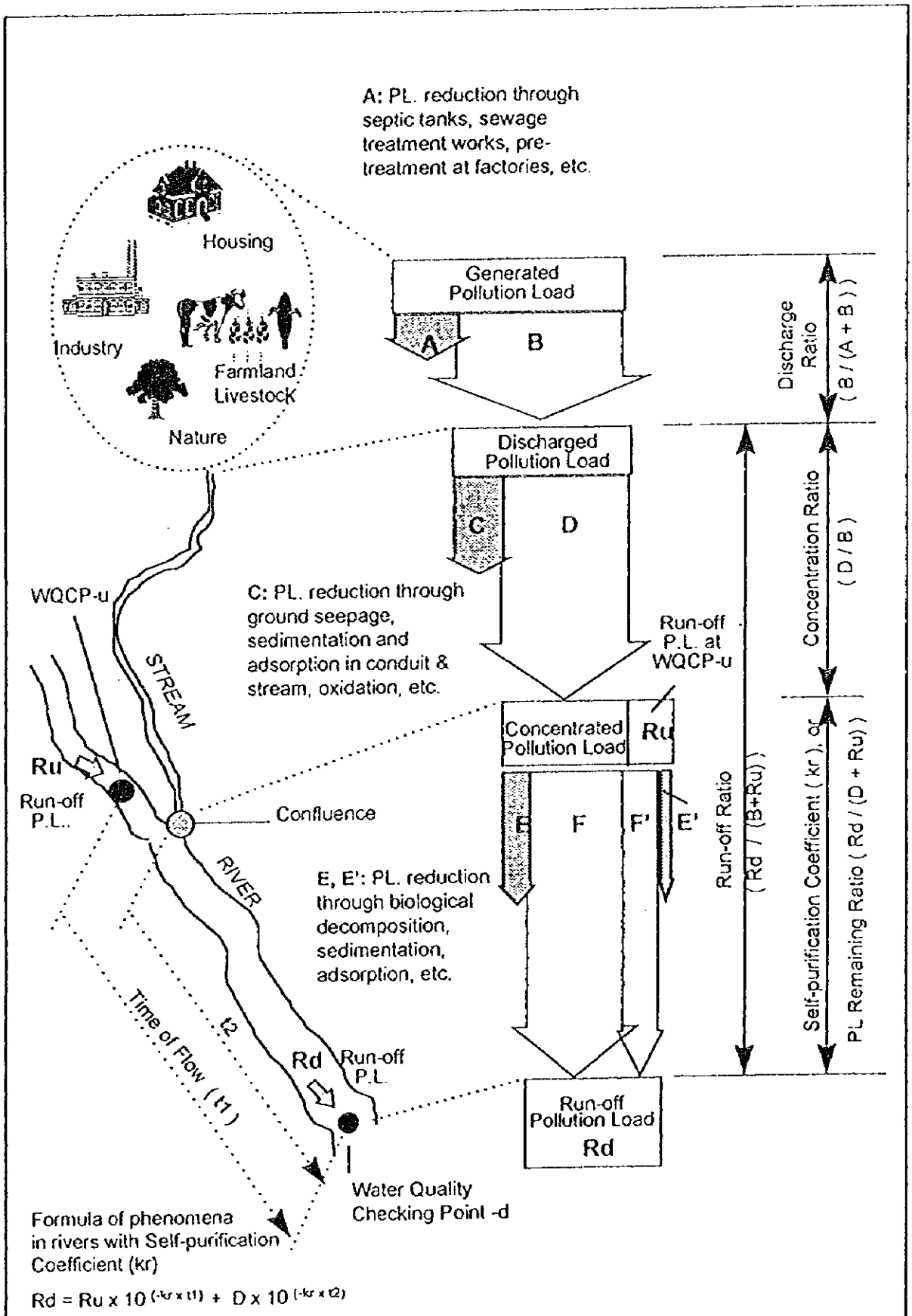


図 2. 8　汚濁負荷量流下フロー概念図

表 2.6　各河川の浄化残率

River	Calculated PLRR	Applied in Future Analysis
Manyame R. (upstream)	18.6%	20%
Ruwa R.	17.4%	20%
Nyatsime R.	29.3%	30%
Mukuvisi R.	18.6%	20%
Manyame R. (downstream)	35.9%	35%
Marimba R.	31.5%	30%
Muzururu R.	6.0%	10%
Gwebi R.	21.7%	20%

湖沼の汚濁解析には、T-N、T-P、流入 COD ともボーデンワイダーモデルを採用した。なお、COD については、流入 COD 及び主に植物プランクトンに起因する内部生産 COD の双方について解析を行った。ここで、内部生産 COD については△COD 法を適用した。想定した水収支モデルに基づき算定した各湖沼の自浄係数を表 2.7 に示す。

表 2.7　各湖沼の自浄係数

Coefficients*	Seke & Harava Dams	Lake Chivero	Lake Manyame
σN	0.18797	0.04270	0.01151
σP	0.20574	0.00868	0.02769
σCOD	0.07551	0.00908	0.00440
$\alpha(N)$	82.5%	100.2%	42.9%

*: Self-purification coefficients in following formula

$N = L(N) / ((\rho w+\sigma N) \times V)$

$P = L(P) / ((\rho w+\sigma P) \times V)$

$COD = L(COD) / ((\rho w+\sigma COD) \times V) + \Delta COD$

$\Delta COD = \alpha(N) \times T\text{-}N \times 17.73$

2.9　将来汚濁解析

将来汚濁解析においては、何ら対策を実施しない前提で行うことが通例であるが、本調査では現況で既に下水道が普及しているため、下水処理を前提とした。従って、将来計画される 2 箇所の下水処理場の新設及び既存下水処理場の拡張をも見込んだ。

設定された各河川の BOD 流出モデル及び現況解析で算定した浄化残率を用い、シナリオ別に算定した各河川別基準点／補助点別の BOD 濃度を表 2.8 に示す。

表 2.8　水質基点における予想 BOD 濃度（河川）

River	WQ CP	Stan-dard	Present	Scenario 1		Scenario 2	
				2005	2015	2005	2015
Manyame (u/s)	C_{R1}	<3	1.1	1.32	1.48	1.03	1.13
Ruwa	R_{R1}	-	3.8	4.70	18.70	4.38	19.24
Nyatsime	R_{R2}	-	2.1	3.28	3.28	4.56	4.57
Manyame (d/s)	R_{R3}	-	1.0	10.52	10.28	8.20	6.38
Mukuvisi	R_{R4}	-	2.0	3.72	3.60	3.87	3.99
Manyame (d/s)	C_{R2}	<5	1.4	5.69	5.63	5.48	4.90
Marimba	R_{R5}	-	8.7	6.18	5.85	7.68	7.29
Muzururu	R_{R6}	-	0.5	0.89	0.95	0.78	0.82
Gwebi	R_{R7}	-	1.6	1.56	1.68	1.35	1.43

(unit: mg/l)

前述の設定条件の下に予測された BOD 濃度は、環境基準点 C_{R1} において設定環境基準を下回っている。しかし、 C_{R2} においては水質悪化が予測された（基準値一杯）。

算定された自浄係数を各湖沼のシミュレーション・モデルに適用し、シナリオ別に算定した環境基準点別水質濃度を表 2.9 に示す。

表 2.9　環境基準点における予想水質（湖沼）

Lake/Dam	WQ CP	Quality Standard		Present	Scenario 1		Scenario 2	
		2005	2015		2005	2015	2005	2015
T-N (mg/l)								
Seke & Harava	C_{L1}	<0.4	<0.2	0.65	0.73	0.83	0.71	0.80
L. Chivero	C_{L2}	<0.4	<0.2	0.51	0.77	0.94	0.66	0.86
L. Manyame	C_{L3}	<0.4	<0.2	0.75	0.74	0.76	0.73	0.74
T-P (mg/l)								
Seke & Harava	C_{L1}	<0.05	<0.01	0.07	0.08	0.11	0.08	0.11
L. Chivero	C_{L2}	<0.10	<0.01	0.27	0.46	0.55	0.41	0.51
L. Manyame	C_{L3}	<0.03	<0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
COD_{Cr} (mg/l)								
Seke & Harava	C_{L1}	<10	<6	20.63	22.31	31.18	21.86	30.57
L. Chivero	C_{L2}	<16	<6	25.30	38.65	44.77	35.51	42.69
L. Manyame	C_{L3}	<16	<6	22.70	20.30	21.44	19.92	21.02

前述の設定条件の実施を前提とした、セケ、ハラバダム及びマニャメ湖の将来水質は現況から横這いとなっているが、チベロ湖の水質は緩やかではあるが悪化傾向を示している。対象指標を代表して、現況及び 2015 年の T-N 流出モデルを図 2.9 及び図 2.10 に示す。

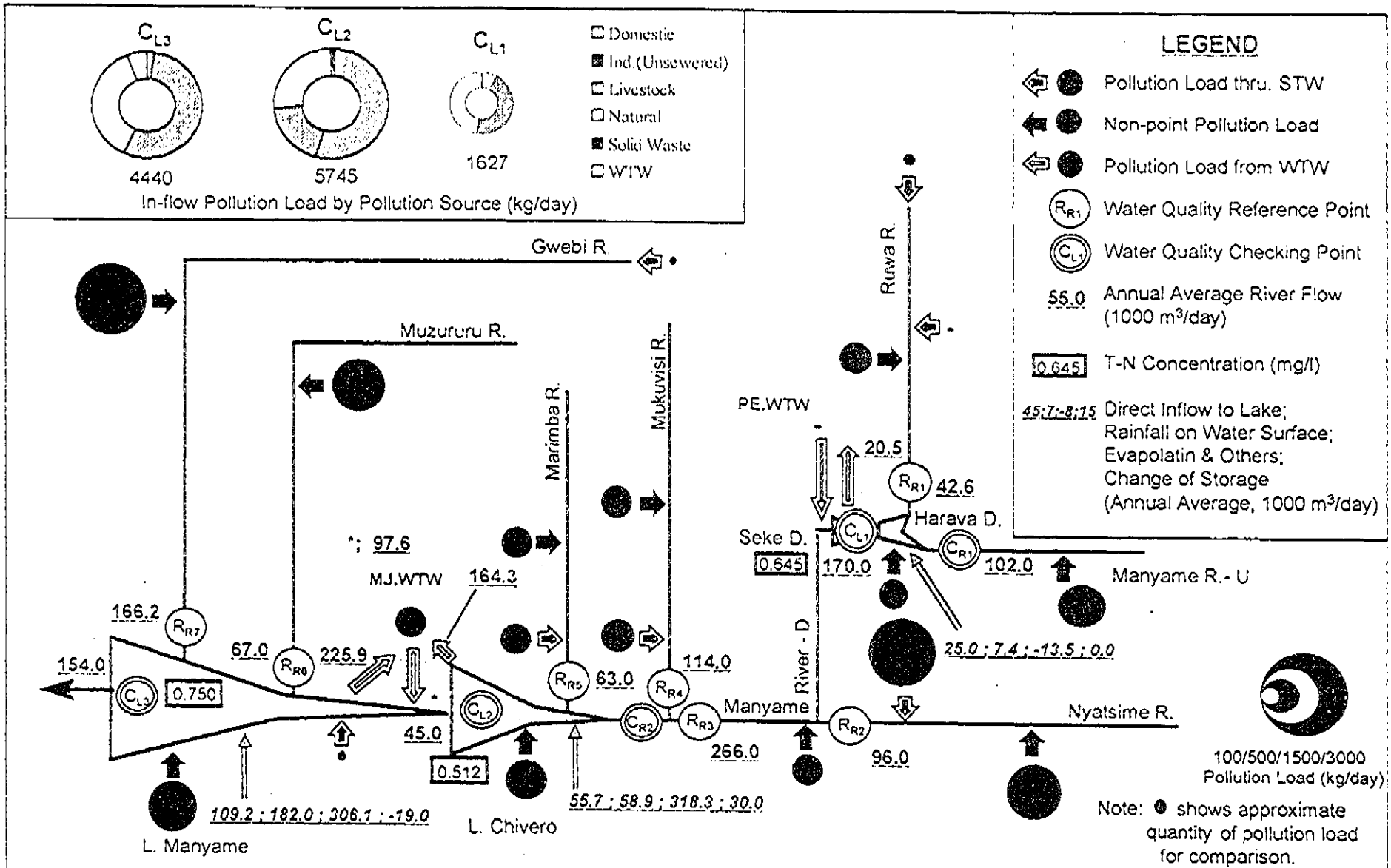


図 2.9 現況での T-N 流出モデル

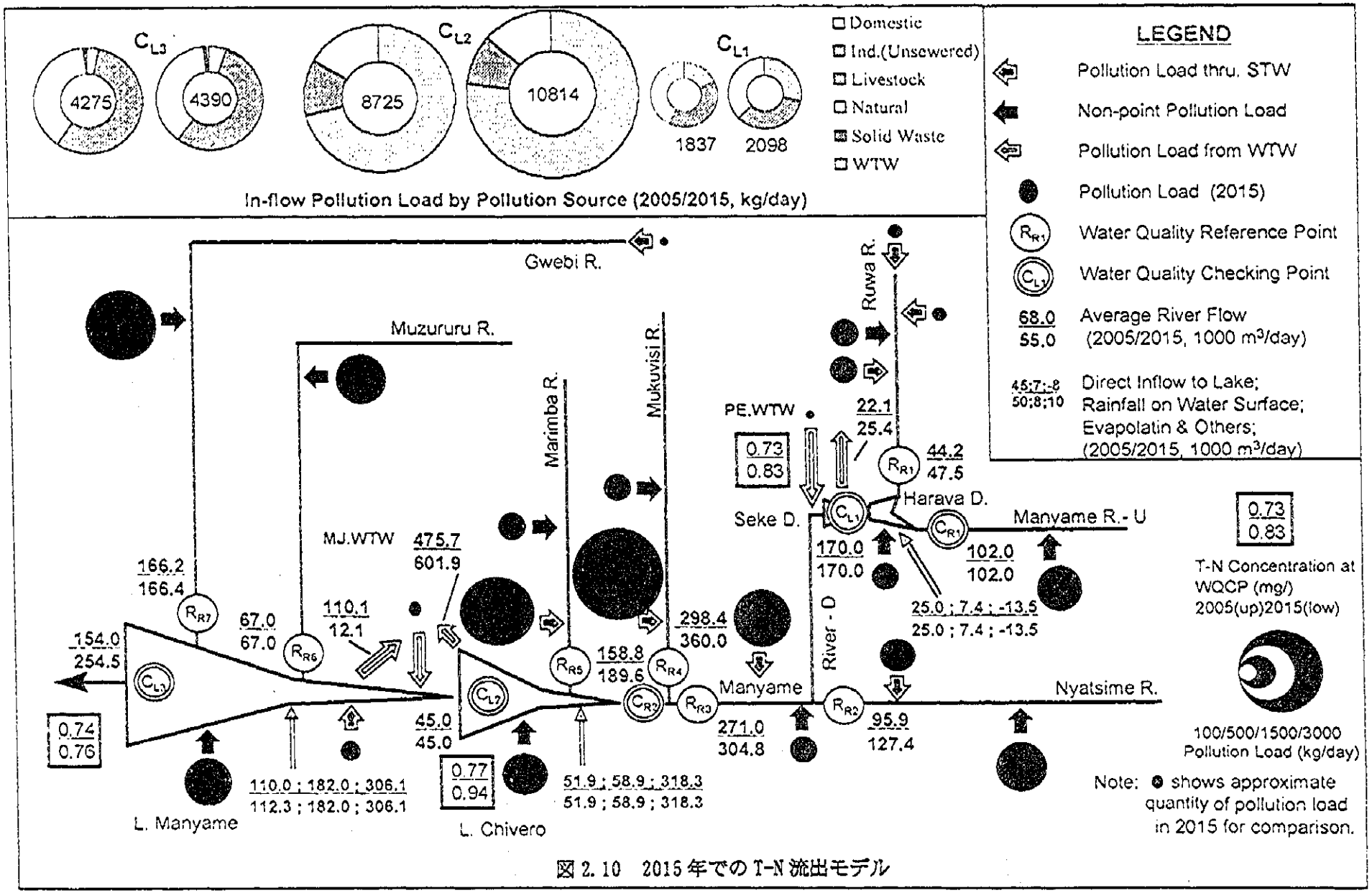


図 2.10　2015 年での T-N 流出モデル

2.10　削減汚濁負荷量の検討

河川の環境基準点における許容汚濁負荷量及び必要削減負荷量は、環境基準値及び想定流量を用いて算定した。環境基準点C_{R1}及びC_{R2}の双方において、乾期における予測 BOD 濃度が環境基準点を下回っているか、基準値一杯であることから、負荷量の削減は不要又は必要最小限ですむ結果となった。

湖／ダムの各環境基準点における許容汚濁負荷量及び必要削減負荷量は、環境基準値及び想定される水収支モデルを用いて算定した。計算結果によれば、各環境基準点とも相当量の負荷量を削減する必要があり、特に、2015 年についてはその量は大量となる。但し、シナリオ１とシナリオ２に対する計算結果に大きな違いはない。

水利用上から設定された環境基準値を適用した結果、2015 年においては各環境基準点とも自然汚濁負荷量が許容汚濁負荷量を上回り、現段階で考えられる技術、経済上の条件の下では環境基準値の達成は難しい。

環境基準点C_{L1}（セケ、ハラバダム）においては、家庭汚濁負荷量と畜産汚濁負荷量が削減の対象である。しかし、家庭汚濁負荷量に対する方策は既に見込まれており、また、必要削減負荷量における畜産負荷量の占める割合が約 80％と高いため、負荷量削減に対する努力は畜産が対象となる。

環境基準点C_{L2}（チベロ湖）においては、主として家庭汚濁負荷量（必要削減負荷量の約 90％）の削減が対象となる。しかし、家庭汚濁負荷量に対する方策は既に見込まれているため、2005 年の環境基準の達成に対してすら、思い切った対策あるいは環境基準のレベル低下を考える必要がある。

環境基準点C_{L3}（マニャメ湖）においては、主として畜産汚濁負荷量（必要削減負荷量の約 90％）の削減が対象となる。一方、ごみ処分場からの汚濁負荷量は無視できる程度である。なお、モートンジェフリー浄水場において逆洗排水処理施設の導入を想定したことから、2005 年における浄水場排水による汚濁負荷量は極端に低減された。

予測された将来水質についてみると、想定した条件が達成できれば将来に亘って現況水質程度がおおよそ維持できる結果となっている。言い換えれば、下水道施設の拡充と浄水場への逆洗排水処理施設の導入は、必要最低限の対策となる。また、これらの対策を講じ排水基準をク

リアーした処理水を放流することは、水源の確保を図る上から、土地水資源省の方針に沿ったものでもある。

湖／ダムの更なる水質改善は、浄水場の運転費用の削減、その他の水利用上の見地からは望ましいが、そのためには高度な技術的対策ばかりではなく莫大な費用が必要となり、現実的ではないと考えられる。浄水場の運転費用と下水処理場の運転費用は相反する関係にあり、原水の水質が容認できるものであれば、浄水場で必要水量だけを対象とした処理を行なう方法も考えられる。

以上のような状況下、環境基準点においては、特定の水質と水量のモニタリングを継続的に実施し、水質汚濁に関する定期的な見直し／解析を通して、具体策を講ずることが必要である。

2.11 水質汚濁防止対策

計画年度 2005 年及び 2015 年における必要な水質汚濁防止対策としては、主要な汚濁源である公共下水道を中心に策定した。水質汚濁解析の結果、下水処理事業を本計画に基づいて実施した場合、将来において公共用水域の水質は、現況若しくは若干悪くなる程度となる。公共下水道以外にも、工場排水前処理、ごみ処分場からの浸出水処理及びその他の対策案を取り上げ、防止対策案を提案した。また、上記の技術対策案の他に、工場排水の受入に対する法規制やモニタリングシステムを含むソフト面についても検討を行い、提言した。

それぞれの対策案の概要を以下に述べる。

(1) 公共下水道事業

各処理区における計画目標年度 2015 年の計画下水量（日平均乾期水）は、２つのシナリオに対して算出され、表 2.10 にその内訳を示す。

表 2.10 処理区別計画下水量（2015 年）

Sewage Works	Scenario-1 (m^3/day)	Scenario-2 (m^3/day)
Crowborough	178,900	124,200
Firle	309,700	277,900
Marlborough	4,800	2,600
Donnybrook	12,300	11,700
Harare South	92,100	47,400
Harare East	37,600	37,600
Zengeza	70,200	107,700
Norton	41,300	26,500
Ruwa	18,400	5,700
Total	765,300	641,300

将来における下水道整備対象区域に対する下水集水施設（幹線、枝線及び中継ポンプ場）は、処理区及びシナリオ毎に雨天時最大汚水量を対象にし、表 2.11 に示すように計画した。

表 2.11　下水管渠施設の概要

Sewage Works	Scenario	Diameter (mm)	Length (km)	No. of Pump Station
Crowborough	1	500-1,350	35.6	1
	2	400-1,200	35.6	1
Firle	1	800-1,200	34.7	1
	2	800-1,200	34.7	1
Marlborough	1	None	None	None
	2	None	None	None
Donnybrook	1	None	None	None
	2	None	None	None
Harare South	1	700-1,800	20.5	1
	2	600-1,350	20.5	1
Harare East	1	900-1,350	12.0	0
	2	900-1,350	12.0	0
Zengeza	1	450-1,000	35.2	3
	2	500-1,200	35.2	3
Norton	1	300-1,100	26.3	2
	2	250-900	26.3	2
Ruwa	1	200-1,000	22.8	4
	2	150-600	22.8	4

適用可能な処理方式として、調査対象地域内で実績のある WSP 法（安定化池法）、TF 法（散水ろ床法）及び BNR 法（生物学的栄養塩類除去法）の 3 代替方式を選定した。2005 年及び 2015 年における拡張施設の処理能力及び処理方法を表 2.12 に示し、それぞれの一般平面図を図 2.11 から図 2.19 に示す。なお、BNR 処理法においては、将来の処理水排水基準の強化を想定して、２次処理施設の後ろに将来計画として仕上げ池を計画する。

表 2.12　下水処理施設計画

Sewage Works	Required Expansion Capacity (m^3/day)		Treatment Method
	2005	2015	
Crowborough	94,100	124,900	BNR
	38,700	70,200	BNR
Firle	176,100	237,700	BNR
	133,300	205,900	BNR
Marlborough	0	2,800	WSP
	0	600	WSP
Donnybrook *	2,400	6,800	WSP
	2,900	6,200	WSP
Harare South	63,600	92,100	BNR
	47,100	47,400	BNR
Harare East	6,300	37,600	BNR
	6,300	37,600	BNR
Zengeza	18,300	49,800	BNR
	37,700	87,300	BNR
Norton	9,000	37,900	TF
	4,200	23,100	TF
Ruwa	7,900	13,100	WSP
	0	400	WSP

Note: Scenario-1
Scenario-2

*;ハラレ市では、近年 BNR 法による F/S を策定中である

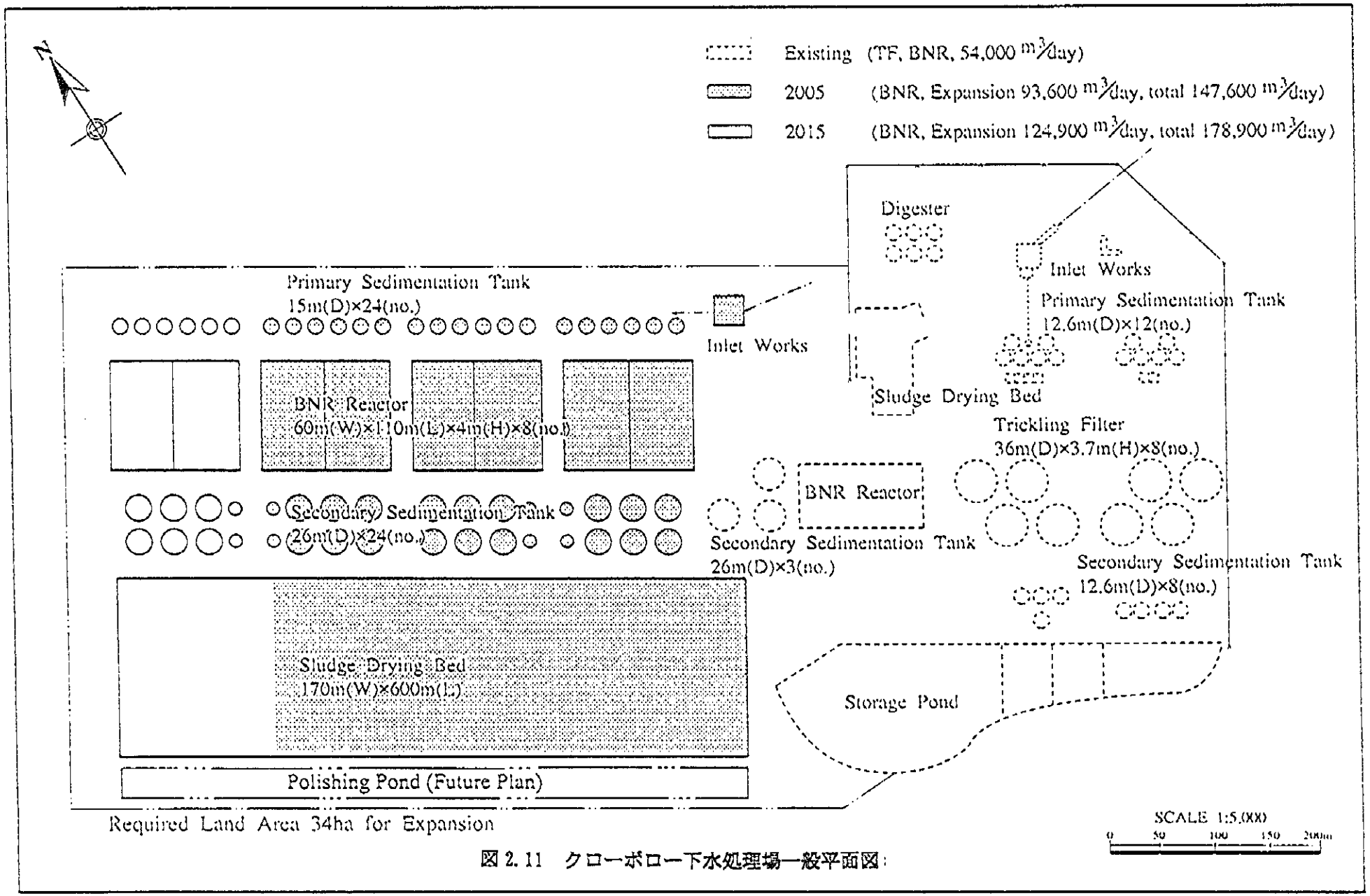


図 2.11 クローボロー下水処理場一般平面図

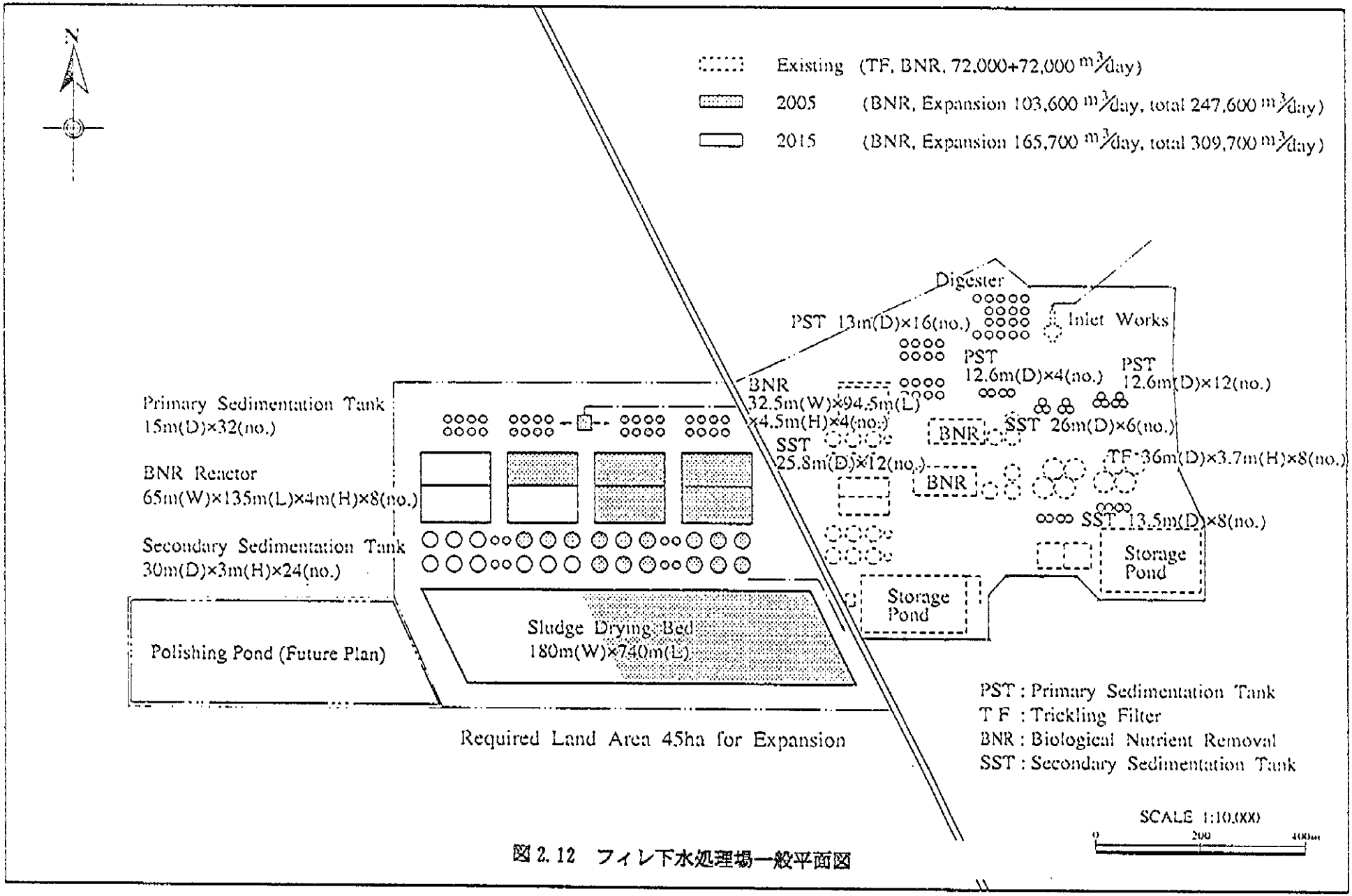


図 2.12 フィレ下水処理場一般平面図

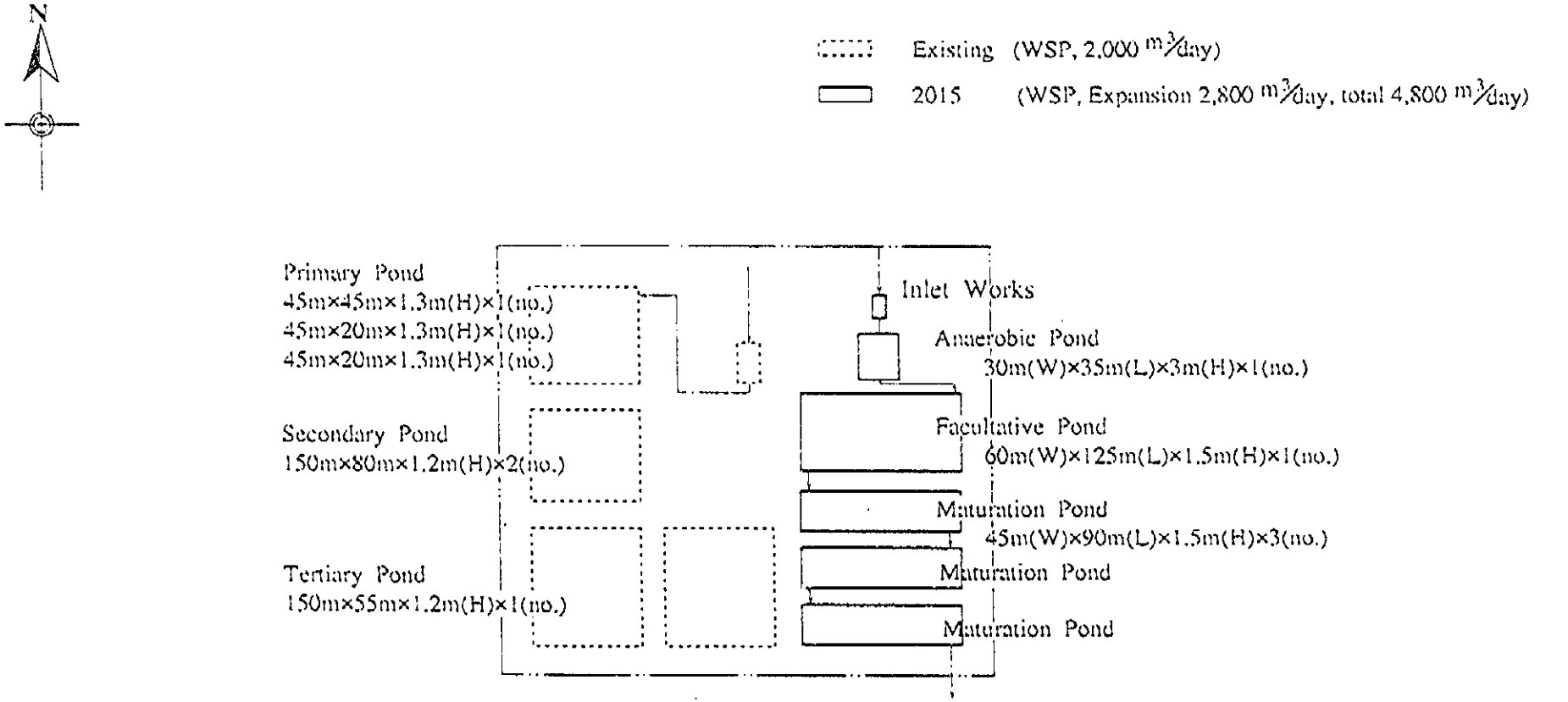


図 2.13 マールボロー下水処理場一般平面図

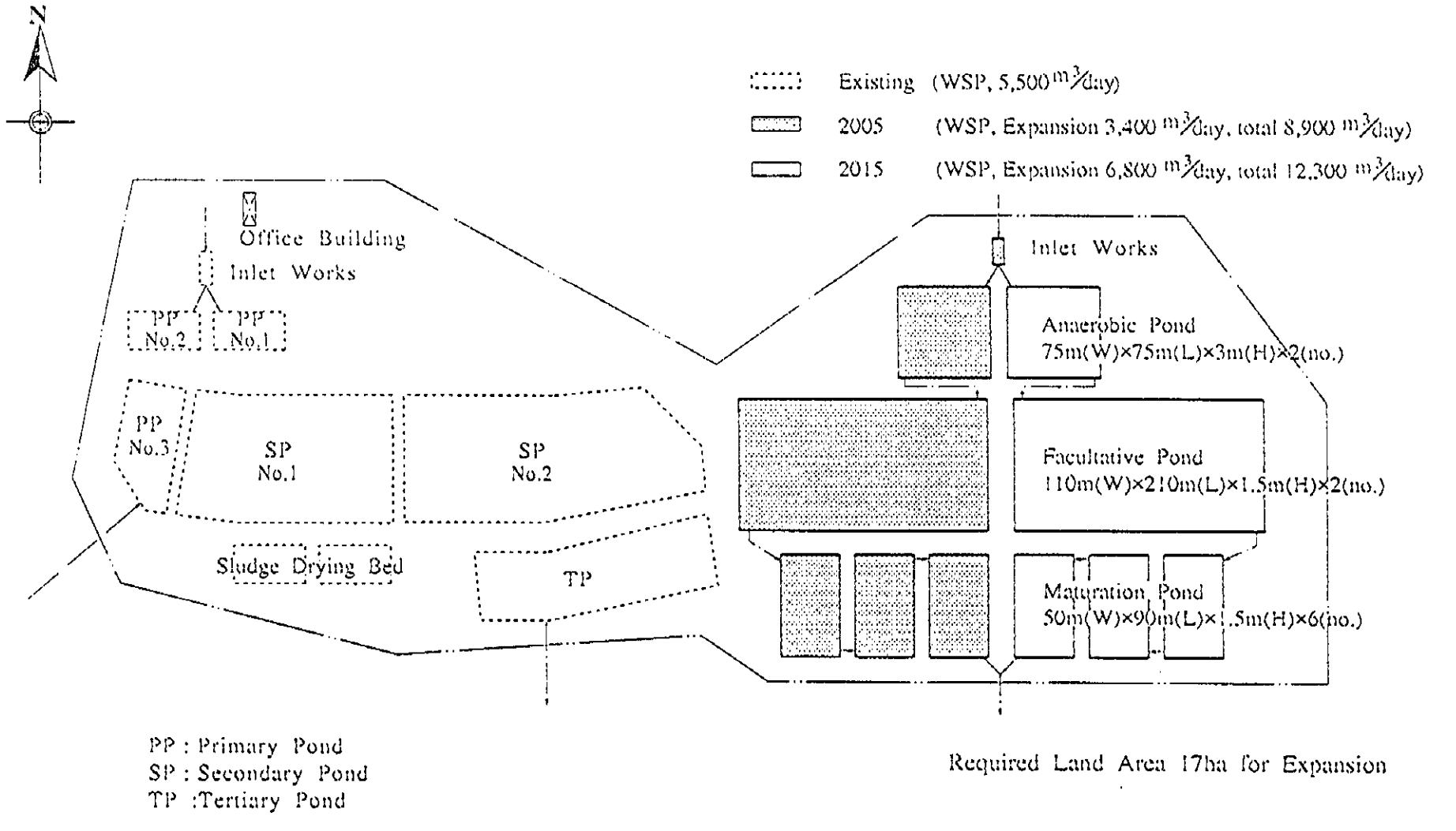


図 2. 14　ドニーブルック下水処理場一般平面図

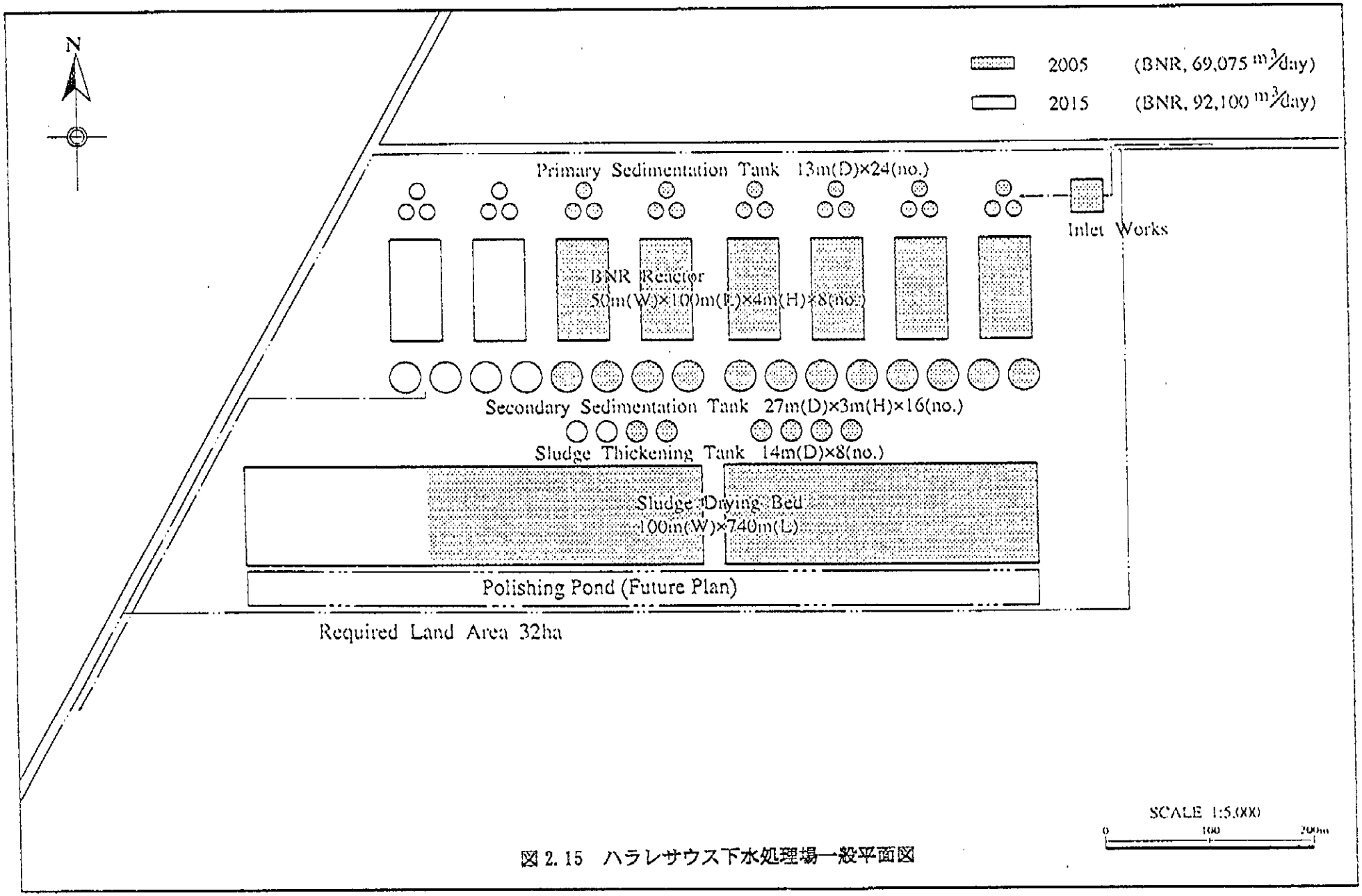


図 2. 15　ハラレサウス下水処理場一般平面図

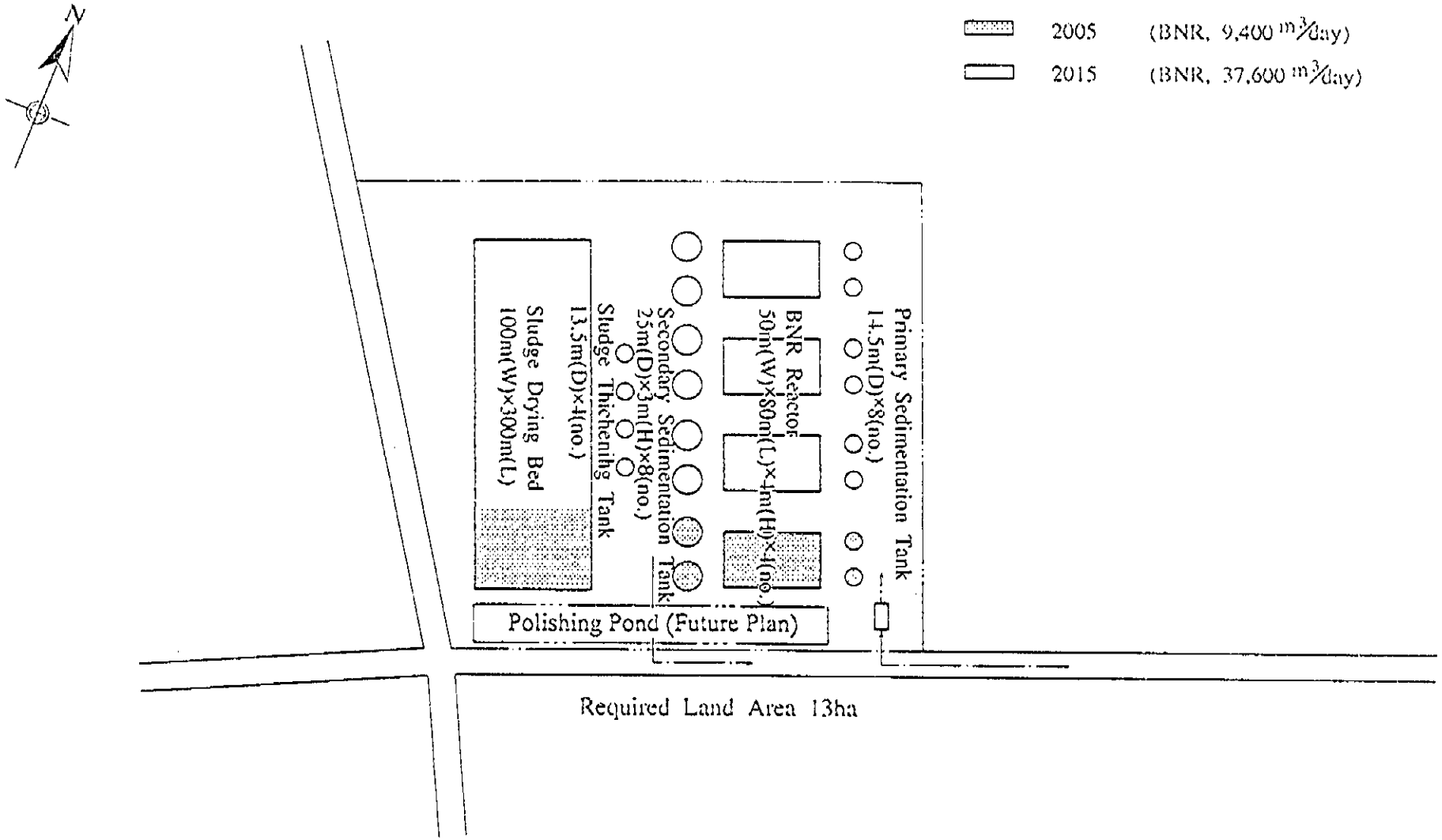


図 2.16 ハラレイースト下水処理場一般平面図

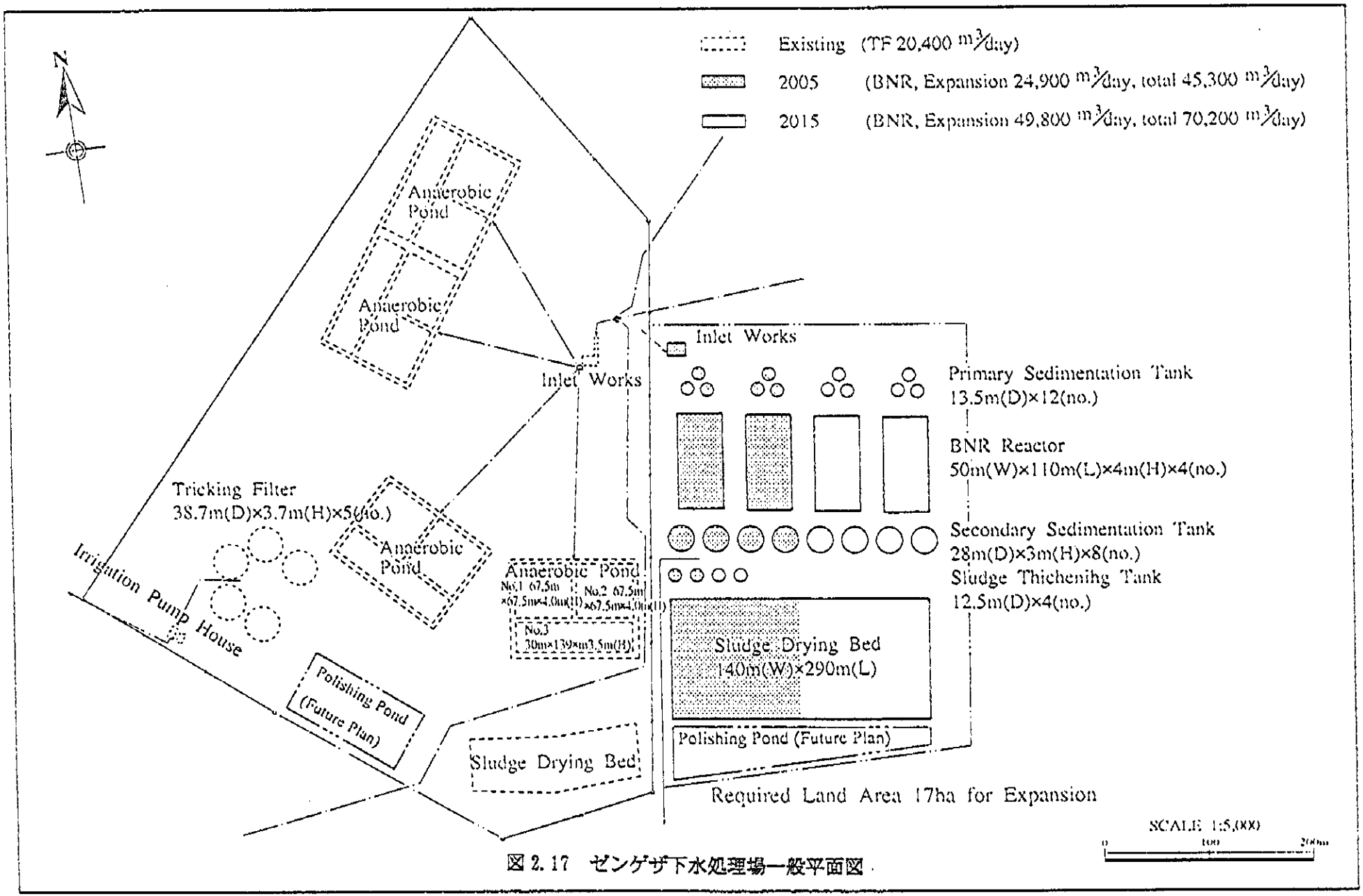


図 2.17 ゼンゲザ下水処理場一般平面図

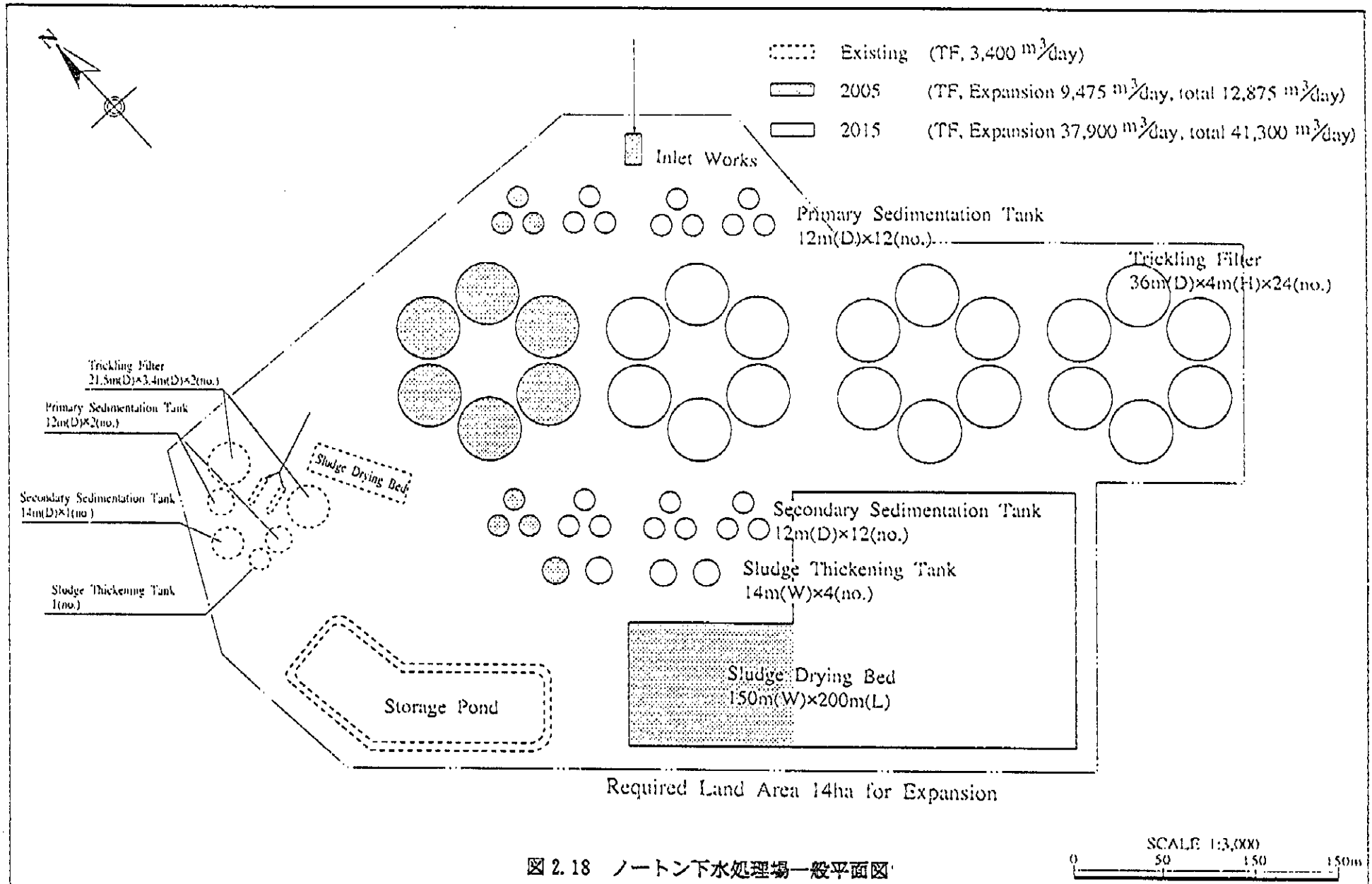


図 2.18 ノートン下水処理場一般平面図

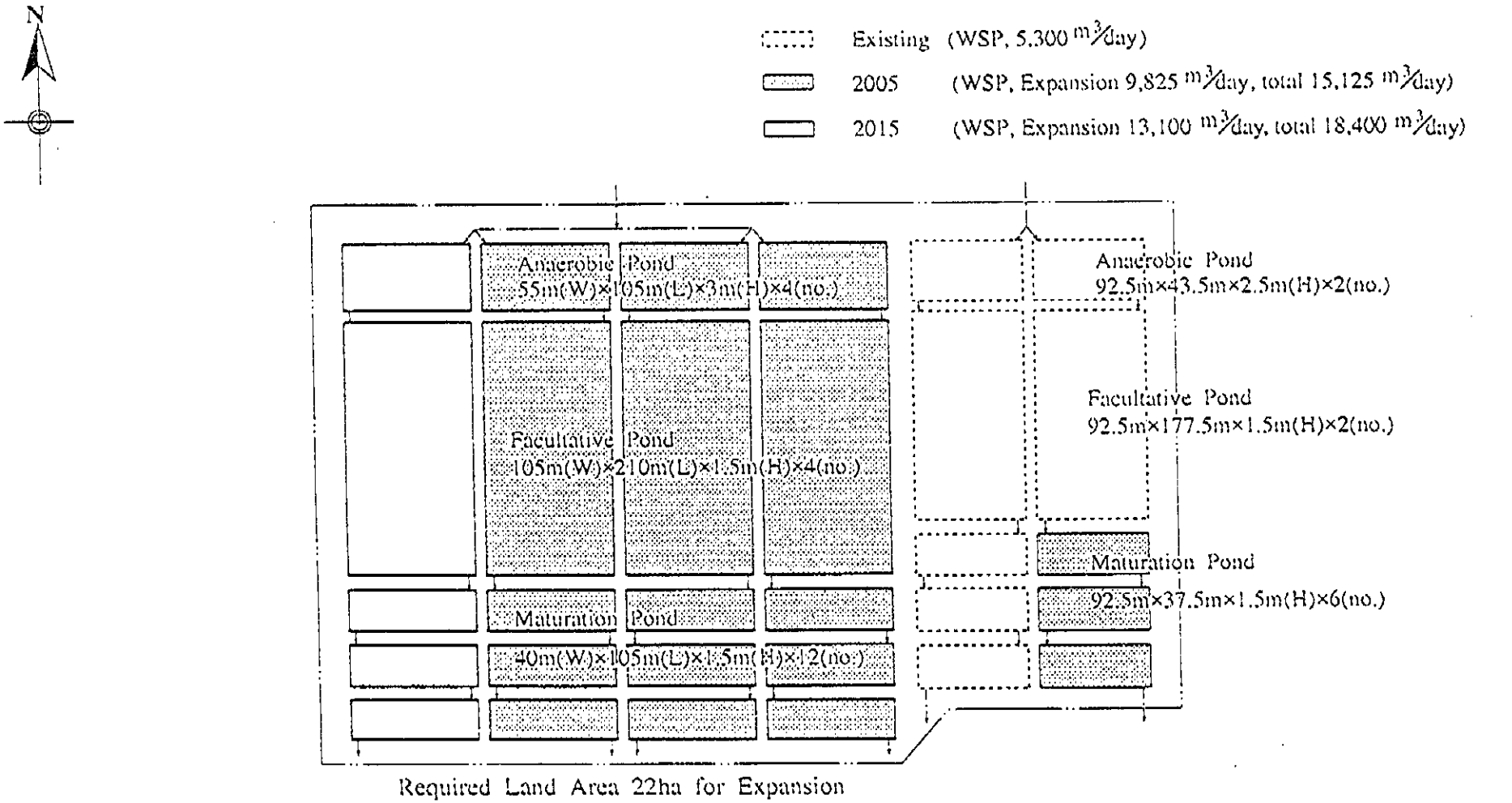


図 2. 19 ルワ下水処理場一般平面図

(2) 工場排水前処理施設

調査対象地域内における工場排水は、排水先が下水管に接続されており、公共下水道処理施設による家庭下水との合併処理が行われている。そのため、公共下水道への受入可能な水質にする目的で前処理施設を計画する。特に、食品加工業、屠殺場および紙パルプ業からの排水は高濃度であるため、前処理施設として嫌気性池及び通性池プロセス（目標水質は、BOD で 600～1,000mg/l 以下）を提案した。

(3) ごみ処分場からの浸出水処理

WSP 法（安定化池法）を標準的な処理方法として提案した。

(4) 畜産排水及びその他の汚濁源対策

水質汚濁防止対策の立場から、以下の対策案を提案した。

- 牧場からの排水が公共用水域流入前に２次処理施設（安定化池法）を設置
- 畜産業のマニャメ川流域外への移転

(5) その他の対策

その他の技術的対策案として、以下の方法を提案した。

- 漁業による栄養塩類の系外除去
- 水生植物を増殖させることによる栄養塩類の系外除去
- 湖及びダムに堆積している栄養塩類を含んだ底泥の浚渫による除去

(6) 法制制度整備に向けた基本戦略

調査対象地域において、“一貫した水質汚濁防止”政策・戦略を遂行するために、政府関連機関が一致協力して「マニャメ川上流域管理機関(UMRBA)」と水質汚濁防止委員会を設立することを提唱する。（図 2.20 を参照）

水質汚濁防止事業の実施に当たっては、地方自治・地方・都市開発省(MLGRUD)と当該の地方自治体における組織・制度の強化が必要である。事業の長期的成功と永続性の観点からも、情報システムの確立、人材及び財源面での組織強化は絶対的必要条件となる。

水質汚濁防止に関わる法制上、行政上の課題を解決する上からも、水法(Water Act)とそれに付随する水質基準関連法の見直し、制定が必要である。これらの法制整備により、中央政府レベルの当該省庁、地方自治体、それに民間企業の責任分担を明確にし、水質汚濁防止に向けた対策実施のための基本原則を明示することが求めらている。調査対象

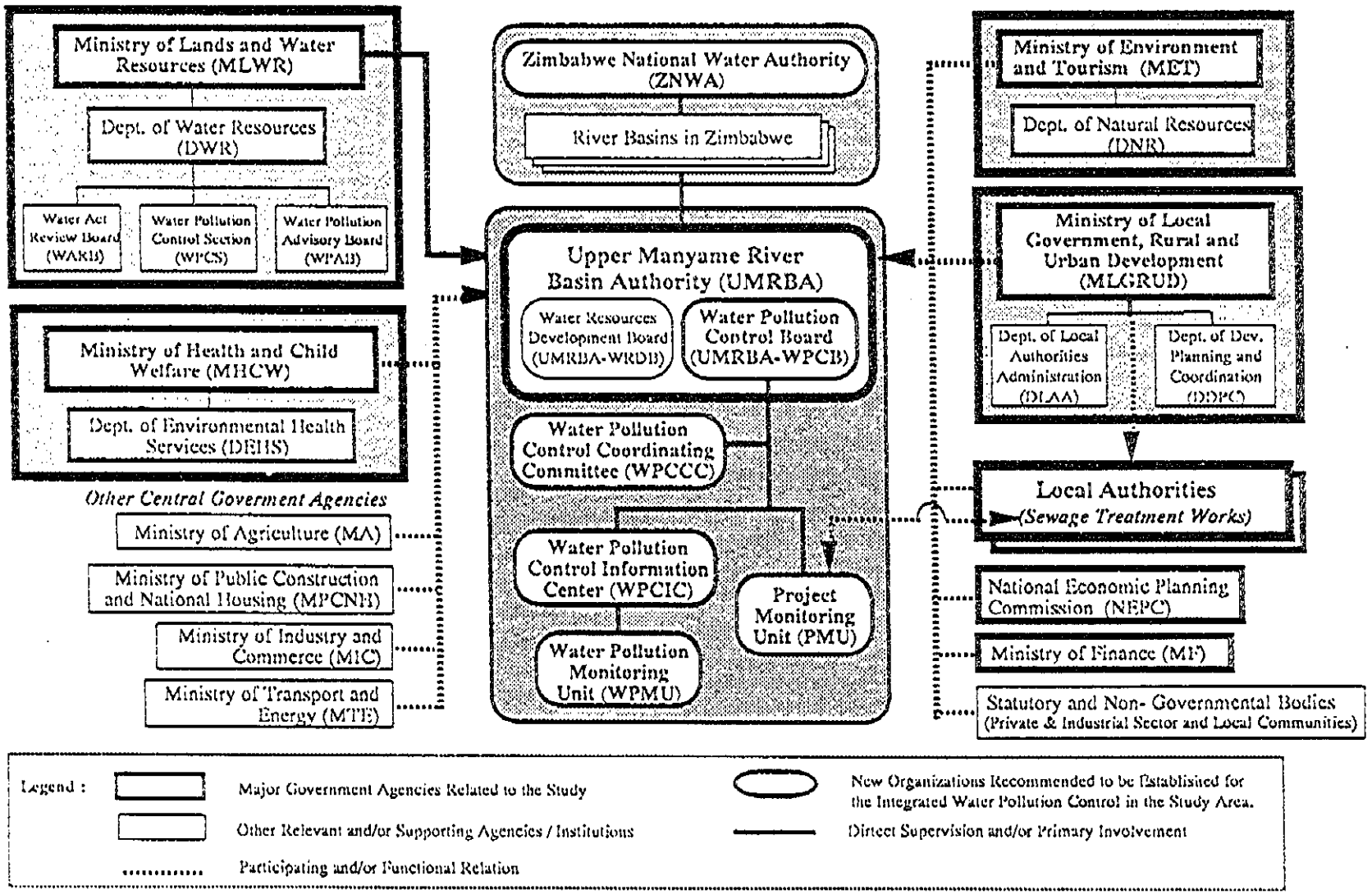


図 2. 20　水質汚濁防止事業の実施のための法制制度整備

地域の水質汚濁防止上必要な法制整備（課題）としては、下記の項目がある。

- 「環境水質基準法」の制定
- 「公衆衛生（排水）基準法、1972」及び「水質（排水）基準法、1977」の改定及び強化
- 「工場排水規制条例」の制定（地方自治体レベル）
- その他、水質汚濁防止に関連する法律、条例の整備及び制定

(7) 水質汚濁防止の監視及びフィードバックシステム

水法の見直しは、当該各機関の権限分掌の明確化、並びに機関間の協調関係の強化を図る上からも必要である。

採水地点は、現行及び将来の水利用、並びに既存の既存の監視所の位置と数等を考慮して決定される必要がある。水質検査のための水質項目は、「水質基準」に準じて定められる。図 2.21 に推奨される採水地点を示す。

(8) 村落共同体（住民）の参加

「開発の持続性」を希求する上からも、ジンバブエ政府は、同国の“資源管理”に村落共同体の参加が可能となるような法制制度上の整備と、これに向けた政策の遂行を行なわねばならない。マスタープランの中で提唱した「水質汚濁防止情報センター(WPCIC)」は、地方自治体と協力して民間セクター並びに住民に対し、水質汚濁に関わる情報の公開を実施することになろう。地域の環境管理のためには、住民参加のアプローチをベースとする村落共同体の育成、強化を図る必要がある。

2.12 公共及び民間投資及び財務検討

2005 年及び 2015 年を対象に公共下水道の概算工事費、維持管理費をシナリオ毎に算出した。民間設備投資を含むその他水質汚濁防止対策上必要な施設については、標準施設を参考として示した。

将来必要とされる公共下水道施設（管渠、ポンプ場及び下水処理場）の事業費は、1996 年価格による費用関数を用いて算出した。シナリオ毎の 2000 年から 2015 年に亙る公共下水道事業の全体事業費は以下の通りである。

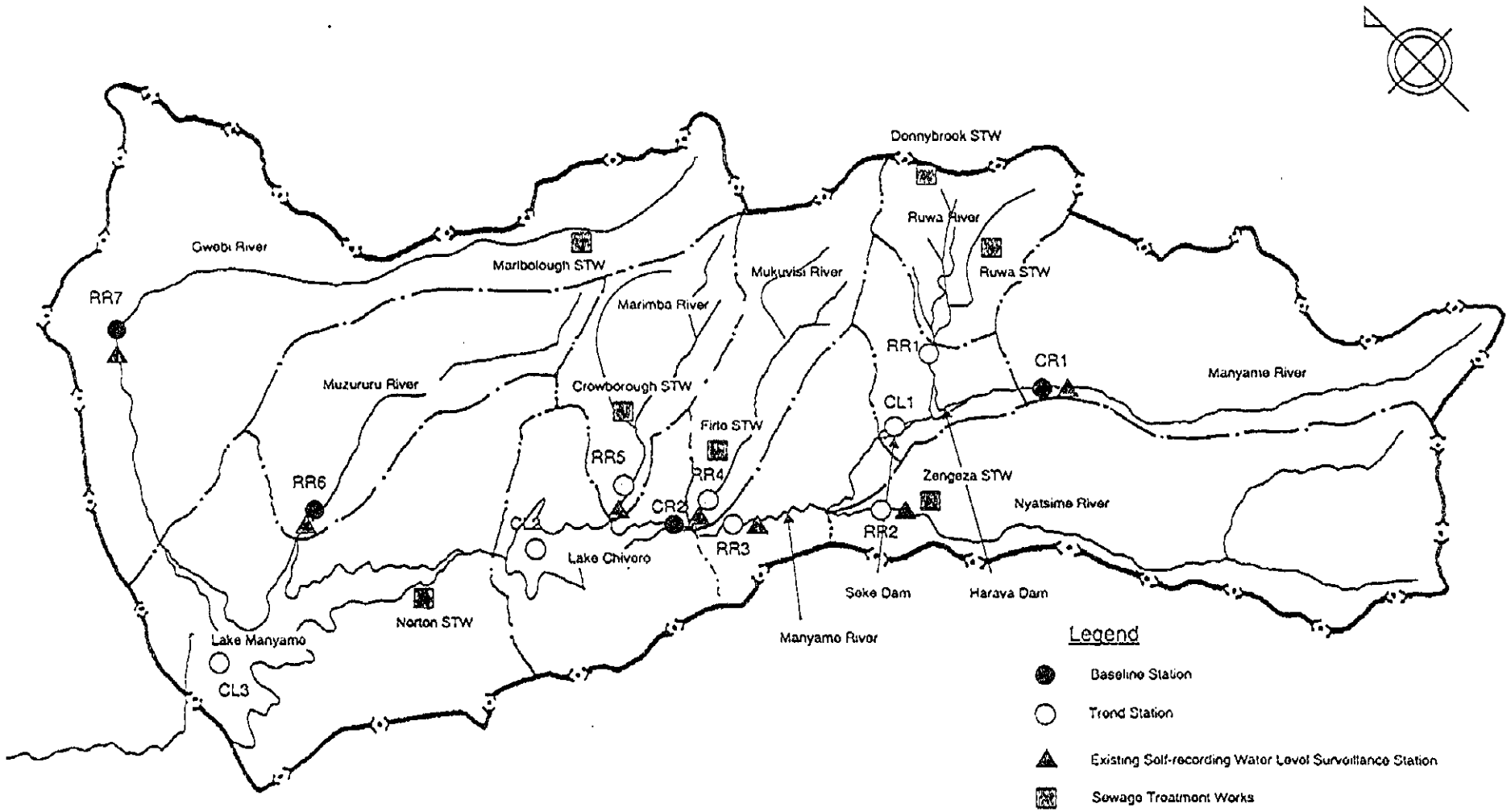


図 2. 21　推奨される採水地点位置図

シナリオ１　　Z$6,802,760,000

シナリオ２　　Z$5,706,270,000

シナリオ毎の公共下水道事業の目標年次 2000 年、2005 年、2015 年における維持管理費は表 2.13 の通りである

表 2.13　シナリオ別公共下水道施設維持管理費

Scenario	Target Year	O & M Cost (Mill Z$/year)
Scenario-1	2000	5.700
	2005	78.670
	2015	114.865
Scenario-2	2000	7.553
	2005	62.007
	2015	97.043

2.13　汚濁防止対策実施計画

マニャメ川上流域水質汚濁防止対策の実施計画は、公共下水道事業の開発、組織、法制度の強化計画及び財政支援措置から成る。公共下水道事業の開発計画は、緊急実施対策、中期対策及び長期対策の３つの段階開発で構成されている。各段階開発は、第１期（～2000 年）、第２期（2001～2005 年）、第３期（2006～2015 年）にそれぞれ実施する。但し、地方自治体（実施主体）の資金返済能力に鑑み、第２期で実施する中期対策を第２期から第３期にかけて実施する代替実施計画（案）も策定した。この代替案では、長期対策は実施主体の財務能力に応じて実施されることを想定している。（表 2.14 を参照）

表 2.14　水質汚濁防止対策の実施計画代替案

(1) Alternative 1, Scenario 1 & 2

First Phase (- 2000)	Second Phase (2001 - 2005)	Third Phase (2006 - 2015)
Short-term development	Middle-term development	Long-term development
Sewer Harare (4 works) Norton Ruwa Chitungwiza BNR Chitungwiza	Sewer Harare (4 works) Norton Ruwa Chitungwiza BNR Harare (4 works) Chitungwiza WSP Harare Ruwa	Sewer Harare (6 works) Norton Ruwa Chitungwiza BNR Harare (4 works) Chitungwiza WSP Harare Ruwa TF Norton

(2) Alternative 2, Scenario 1 & 2

First Phase (- 2000)	Second Phase (2001 - 2015)
Short-term development	Middle-term development
Sewer Harare (4 works) Norton Ruwa Chitungwiza BNR Chitungwiza	Sewer Harare (4 works) Norton Ruwa Chitungwiza BNR Harare (4 works) Chitungwiza WSP Harare Ruwa TF Norton

水質汚濁防止対策の組織・法制度強化対策は、現行の行財政制度や公共部門投資プログラムで打ち出している行革案に基づいて策定した。特に、水質汚濁防止に関連する各省庁の機能を統合する「マニャメ川上流域管理機関(UMRBA)」の創設が急がれる。また、関連省庁の組織強化も重要な対策である。これら組織強化対策は、2000 年までに行うアクションプランの 1 つとして実施されることを提唱する。

図 2. 22 に 2 つのシナリオに対する水質汚濁防止対策実施計画を示す。

第 3 章　緊急プロジェクトの検討と初期環境影響評価

「ジ」国においてこれまでに策定された水質汚濁防止計画の見直しを行った結果、数ある汚濁削減計画の中から組織強化を含む既存処理場の改修／拡張計画が候補プロジェクトとして選定された。候補プロジェクト（クローボロー、フィレ、ゼンゲザ、ノートン及びルワ処理場）の中で、ゼンゲザ処理場改修／拡張計画が技術面・環境改善面、経済及び財務面での比較検討の結果、緊急プロジェクトとして選択された。関連官庁の事業実施能力、プロジェクトの持続性についても検討を行ない、本プロジェクトのスコープとして BNR 法による処理能力 20,000 m^3/日の処理場建設が提案された。

JICA 及び「ジ」国ガイドラインに従い、初期環境影響評価報告書を作成した。本報告書は、プロジェクト一覧表、サイト一覧表、評価方法、調査期間中に発見された環境影響項目を含む潜在環境影響項目の解析により構成されている。正負の環境影響の確認後、「ジ」国環境影響評価ガイドライン規定に従い、予備環境影響評価が実施された。

図 2.22　水質汚濁防止対策実施計画

Implementation Plans	1997	98	99	2000	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
(1) Action Programs																			
Institutional arrangement																			
1) Legal measures	—																		
2) Preparation for UMRBA	—	—																	
3) Preparation for training programs	—	—																	
4) Financial support system	—	—																	
Feasibility Study for Phase 1	—																		
Detailed design and Financial Arrangement for Phase 1		—																	
(2) Implementation Schedule of Development Plans																			
Alternative 1 (scenario 1 & 2)																			
1) Feasibility study				—										—					
2) Detailed design					—										—				
3) Construction																			
a) Sewer			—	—		—	—	—								—	—	—	
b) BNR			—	—		—	—	—								—	—	—	
c) WSP			—	—		—	—	—								—	—	—	
d) TF						—	—	—								—	—	—	
Alternative 2 (scenario 1 & 2)																			
1) Feasibility study														—					
2) Detailed design															—				
3) Construction																			
a) Sewer			—	—												—	—	—	
b) BNR			—	—												—	—	—	
c) WSP			—	—												—	—	—	
d) TF			—	—												—	—	—	