



マケドニア旧ユーゴスラビア共和国
環境都市計画省

マケドニア旧ユーゴスラビア共和国 オフリド湖環境改善に係る 情報収集・確認調査

報告書(概要版)

平成 24 年 10 月
(2012 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本水工設計株式会社

中欧
CR(3)
12-029

本報告書で使用している為替レートは下記の通りとする

Euro 1 = JPY 98.54 (2012年9月)

Euro 1 = MKD 61.50

調査対象地域



マケドニア国及びバルカン半島地域の国々



マケドニア旧ユーゴスラビア共和国



オフリド湖全景



オフリド湖における流域界



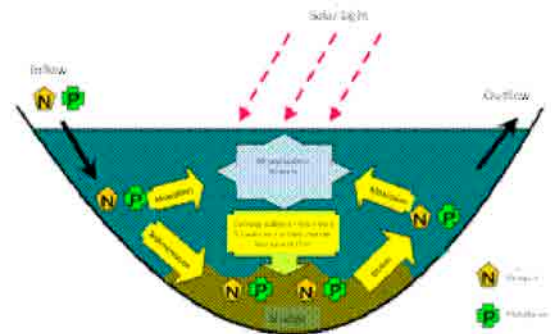
黒ドリム川における流域界



オフリド湖周辺の下水道計画一般平面図



流域における水利用の概要



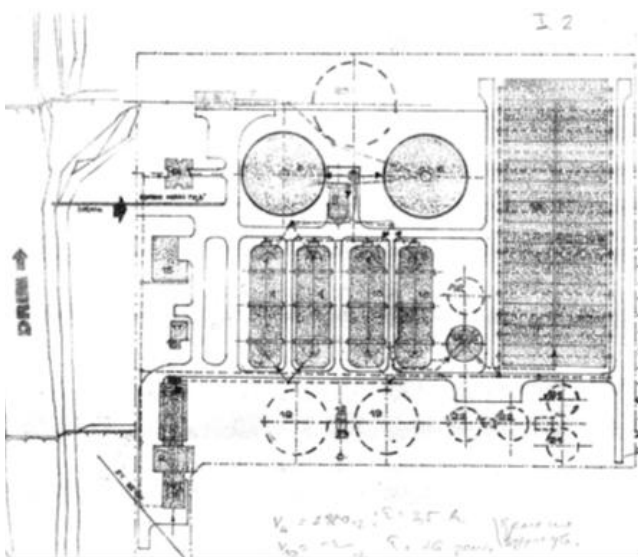
湖における栄養塩の挙動の概要



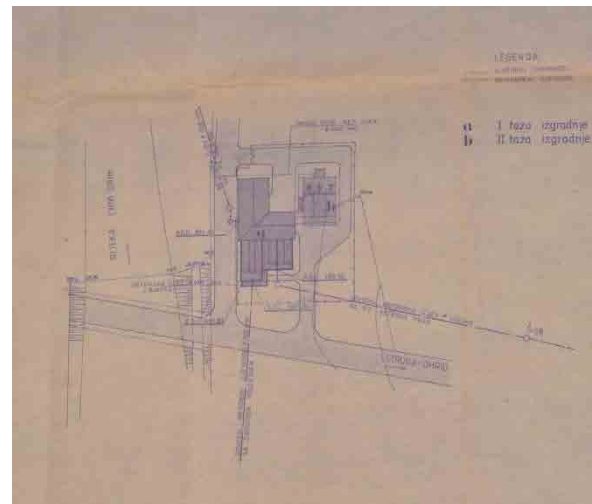
ストルガ市における下水道管網図



オフリド市における下水道管網図



Vranista 下水処理場全体配置図



Struga3 ポンプ場全体配置図

目次

調査対象区域.....	i
報告書（概要版）目次.....	iv
表目次.....	vi
図目次.....	vii
数量単位.....	ix
略語表.....	x

報告書（概要版）目次

第1章 調査の背景・目的.....	1
1.1 背景.....	1
1.2 本調査の目的.....	1
1.3 調査対象地域.....	1
1.4 本調査の検討項目.....	3
第2章 既存施設の概要.....	4
2.1 地形.....	4
2.2 気象.....	4
2.3 下水関連施設の概要.....	5
2.3.1 下水管渠.....	5
2.3.2 ポンプ場.....	7
2.3.3 Vranista 下水処理場.....	9
2.3.4 オンサイト処理施設.....	17
2.4 現地調査.....	18
2.4.1 調査目的.....	18
2.4.2 調査内容.....	18
2.4.3 調査結果.....	18
2.5 オフリド湖への汚濁負荷の流出状況.....	38
2.5.1 人口の予測.....	38
2.5.2 その他の設定項目.....	40
2.5.3 汚濁負荷量の算定.....	40
第3章 組織・財政の現況.....	43
3.1 組織の現況.....	43
3.2 財政の現況.....	43
第4章 オフリド湖環境改善の対策案.....	46
4.1 現況の分析結果.....	46
4.2 改善策の立案.....	47
4.2.1 既設下水管渠の改築更新・修繕.....	47
4.2.2 下水道整備未普及地域の整備.....	53
4.2.3 小規模下水処理施設の整備.....	53
4.3 概算事業費.....	54
4.3.1 既設下水管渠の改築更新・修繕.....	54
4.3.2 下水道整備未普及地域の整備.....	54
4.3.3 小規模下水処理施設の整備.....	55
4.3.4 便益に関する比較.....	55
4.4 提案事業の選定.....	58
第5章 提案内容のまとめと工程計画.....	60

5.1	提案内容のまとめ.....	60
5.2	事業実施時期のまとめ.....	61
5.3	事業実施に係る概算事業費のまとめ.....	61

表目次

表-2.1	幹線管渠の概要	6
表-2.2	面整備管渠網の概要	6
表-2.3	ポンプ施設の概要	8
表-2.4	Vranista 下水処理場の概要	10
表-2.5	Vranista 下水処理場での処理水量実績	11
表-2.6	汚泥処理の実績	11
表-2.7	Vranista 下水処理場の放流水質	12
表 2-8	調査結果（オフリド市）	23
表 2-9	調査結果（スツルガ市）	26
表-2.10	破損等が見られた管渠	28
表-2.11	地域分けの設定	38
表-2.12	汚濁負荷量原単位（BOD）	40
表-2.13	下水排水の除去率	40
表-2.14	潜在的な汚濁負荷量	40
表-2.15	現況の汚濁負荷量	41
表-2.16	下水処理が完全に普及した場合の汚濁負荷量	42
表-3.1	2011 年における PROAQUA の決算資料	44
表-3.2	上水道・下水道使用料単価	45
表-4.1	改修手法の比較検討	49
表-4.2	管渠更生工法の主な分類	50
表-4.3	必要な小規模下水道施設の概要	54
表-4.4	既設下水管渠の改善策の概算事業費	54
表-4.5	下水道整備未普及地域の概算事業費	55
表-4.6	小規模下水処理施設の概算事業費	55
表-4.7	裨益対象人口における概算事業費の比較	56
表-4.8	期待されるオフリド湖への汚濁負荷削減量における概算事業費の比較	57
表-4.9	事業案の概要	59
表-5.1	提案事業の実施工程案	61
表-5.2	事業の実施時期の分類と長所・短所	61
表-5.3	年別の概算事業費のまとめ	62

図目次

図-1.1	オフリド湖周辺と隣接するプレスパ湖	2
図-1.2	オフリド市、スツルガ市の位置	3
図-2.1	オフリド湖の概況	4
図-2.2	月別の気温の変化	5
図-2.3	月別の降水量の変化	5
図-2.4	南東部の幹線管渠	7
図-2.5	代表的なポンプ施設の例	8
図-2.6	スツルガ市南部の運転休止中のポンプ場	9
図-2.7	ポンプ場の緊急バイパス放流水路	9
図-2.8	Vranista 下水処理場の水処理施設	10
図-2.9	Vranista 下水処理場の汚泥処理施設	11
図-2.10	1日換算値による下水処理水量	12
図-2.11	流入水質の月間平均値（BOD）	13
図-2.12	流入水質の月間平均値（COD _{Cr} ）	13
図-2.13	流入水質の月間平均値（SS）	14
図-2.14	放流水質の月間平均値（BOD）	14
図-2.15	放流水質の月間平均値（COD _{Cr} ）	15
図-2.16	放流水質の月間平均値（SS）	15
図-2.17	除去率の月間平均値（BOD）	16
図-2.18	除去率の月間平均値（COD _{Cr} ）	16
図-2.19	除去率の月間平均値（SS）	17
図-2.20	オンサイト処理施設	17
図-2.21	調査内容	18
図-2.22	調査地点の概要（オフリド市）	19
図-2.23	調査地点の概要（スツルガ市）	20
図-2.24	調査地点の概要（オフリド市南部）	21
図-2.25	調査地点の概要（スツルガ市西部）	22
図-2.26	破損等が見られた管渠（オフリド市）	28
図-2.27	破損等が見られた管渠（スツルガ市）	29
図-2.28	水質調査結果のまとめ（オフリド市）	30
図-2.29	水質調査結果のまとめ（スツルガ市）	31
図-2.30	水質調査結果のまとめ（オフリド市南部）	32
図-2.31	水質調査結果のまとめ（スツルガ市西部）	33
図-2.32	不明水の発生状況の区分（オフリド市）	34
図-2.33	不明水の発生状況の区分（スツルガ市）	35
図-2.34	不明水の発生状況の区分（オフリド市南部）	36
図-2.35	不明水の発生状況の区分（スツルガ市西部）	37
図-2.36	地域分け	39
図-2.37	現況の汚濁負荷量	41
図-2.38	下水処理が完全に普及した場合の汚濁負荷量	42
図-4.1	オフリド湖に対する放流負荷の考察	48
図-4.2	面整備管渠の改修の概要	49
図-4.3	反転工法の概要	50
図-4.4	形成工法の概要	51
図-4.5	SPR 工法の概要	51
図-4.6	さや管工法の概要	52
図-4.7	注入工法の概要	52

図-4.8 リング工法の概要	52
図-4.9 ライニング工法の概要	53

数量単位

(長さ)		(時間)	
mm	: ミリメートル	s、sec	: 秒
cm	: センチメートル	min	: 分
m	: メートル	h、hr	: 時間
km	: キロメートル	d、dy	: 日
		y、yr	: 年
(面積)		(体積)	
mm ²	: 平方ミリメートル	cm ³	: 立方センチメートル
cm ²	: 平方センチメートル	m ³	: 立方メートル
m ²	: 平方メートル	L、ltr	: リットル
km ²	: 平方キロメートル	mcm	: 百万立方メートル
ha	: ヘクタール		
(重量)		(速度)	
g、gr	: グラム	cm/s	: 毎秒センチメートル
kg	: キログラム	m/s	: 毎秒メートル
ton	: トン	km/h	: 毎時キロメートル

略語表

BOD	：	生物化学的酸素要求量
C/P	：	相手先機関、カウンターパート
COD	：	化学的酸素要求量
DF/R	：	ドラフト・ファイナル・レポート
EBRD	：	欧州復興開発銀行
EIA	：	環境アセスメント
EIB	：	欧州投資銀行
EU	：	欧州連合
EUR	：	ユーロ
F/R	：	ファイナル・レポート
FYROM	：	マケドニア旧ユーゴスラビア共和国
HBI	：	水生生物研究所
HMI	：	水圏気象研究所
IC/R	：	インセプション・レポート
IT/R	：	インテリム・レポート
JICA	：	独立行政法人国際協力機構
JPY	：	日本円
KfW	：	ドイツ復興金融公庫
MEPP	：	環境都市計画省
MOF	：	財務省
MKD	：	マケドニア・ディナール
MOH	：	保健省
MTC	：	交通通信省
NDP	：	国家開発計画
NEAP	：	国家環境行動計画
O/M	：	運転維持管理
PE	：	ポリエチレン（管）
PHARE	：	ポーランド・ハンガリー経済復興支援基金
PVC	：	塩化ビニル（管）
RC	：	鉄筋コンクリート（管）
SDC	：	スイス開発協力機構
SECO	：	経済省経済事務局
SEA	：	欧州事務局
SF	：	スイスフラン
SS	：	浮遊物質
S/W	：	業務範囲
T-N	：	全窒素
TOR	：	業務内容
T-P	：	全りん
USD	：	米ドル
VAT	：	付加価値税
WB	：	世界銀行
WWTP	：	下水処理場

第1章 調査の背景・目的

1.1 背景

マケドニア旧ユーゴスラビア共和国（以後、マケドニアという）はバルカン半島に位置し、2010年現在で国全体の人口が206万人、国土面積は25,713 km²となっている。マケドニアはユーゴスラビア共和国に1945～1991年の間に属していたが、1991年に独立を果たしている。2010年のGNIは4,431 USDとなっている。マケドニアは現在欧州連合（EU）への加盟を目指しており、加盟の条件のひとつとなっている環境面での各種基準への適合が求められていることから、EU指令に基づく下水排水の基準達成が課題となっている。このことから本調査では1950年代に当初の下水管渠が整備され、後に1980年代から下水処理施設の整備が行われたオフリド湖周辺の下水道施設における施設整備上の課題を確認し、対策案を検討・提案することを目的として行われた。

オフリド湖周辺における下水道施設の概要を整理すると以下の通りとなる。

- 下水排除方式：分流及び合流式の混合
- 幹線管渠延長：約40km（径φ500～1200mm）
- 枝線管渠延長：オフリド市約108km、スツルガ市約59km
- ポンプ場：28箇所（幹線及び小規模施設を含む）
- 下水処理施設：1箇所（オキシデーションディッチ法、スツルガ市）
- 放流先：黒ドリム川

オフリド湖はユネスコによる世界自然遺産に1980年に登録されており、マケドニア南西部に位置している。オフリド湖は湖水面積358.2km²、水深289m（最深部）、平均164mとなっており、湖の一部を隣国のアルバニアと隔てている国際湖沼である。マケドニアでは現在オフリド湖を含め8箇所の下水処理施設を有しているが、オフリド湖における下水処理施設は下水処理施設の整備が行われてから20年以上経過していることに加え、マケドニア国内で有数の観光地として観光時期における汚水処理の普及促進が喫緊の課題となっていることから、マケドニア政府の要請を基に、独立行政法人国際協力機構（以下、JICAという）が本調査を実施することとなった。

オフリド湖の下水道施設は市街中心部での下水管渠の整備を50年程前に実施し（旧市街でローマ時代に整備された水路を除く）、その後1970年代から本格的な下水道整備を行い、1990年代初頭よりスツルガ市に整備された下水処理施設を用いた汚水処理を開始している。2000～2005年にはドイツ政府の援助（KfW、ドイツ復興金融公庫）によりオフリド市、スツルガ市双方の南部区間の下水管渠の延伸が行われ、1997～2009年にはスイス政府の援助（SDC、スイス開発協力機構及びSECO、スイス経済省経済事務局による）が行われ、主にポンプ場、下水処理場における老朽化・故障機器の再構築や遠隔操作設備の設置が行われている。しかしながら、下水道施設に混入する多量の浸入水に起因した施設能力の超過が見られており、電気使用量の増大や機器類の損耗が懸念されていることから、浸入水量の低減が重要な課題となっている。

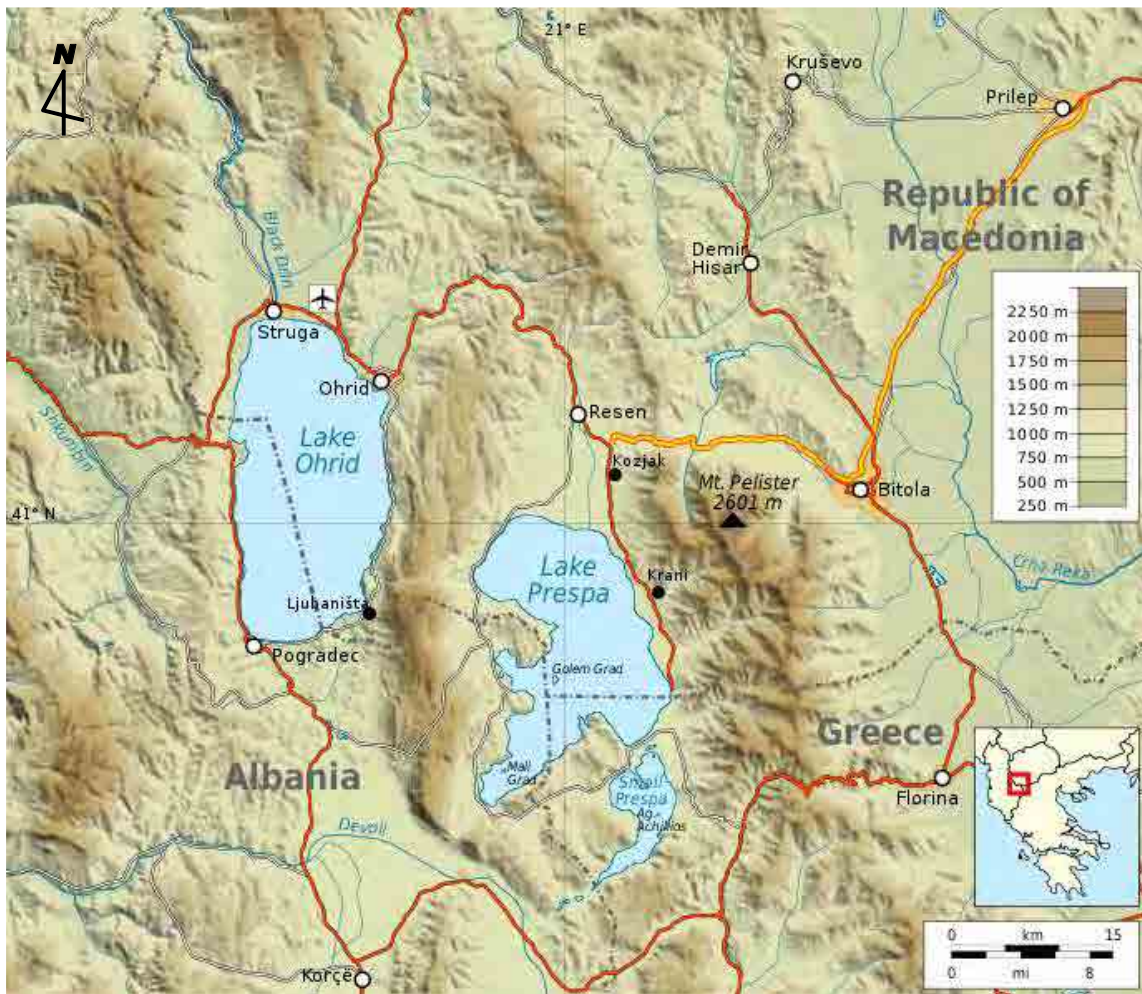
1.2 本調査の目的

本調査の目的は以下の通りである。

- オフリド湖周辺における下水排水分野に係る課題点を把握する
- 関連する資料収集による、日本由来の技術を含む最も有効な援助策の提案
- 調査結果の内容の精査による収集資料等の妥当性の確認

1.3 調査対象地域

調査の対象地域はオフリド市及びビスツルガ市の中心市街地に加え、両市の周辺に位置する集落で計画されている下水道施設を含めるものとした。



出典：JICA 調査団

図-1.1 オフリド湖周辺と隣接するプレспа湖

(1) オフリド市の中心市街地

オフリド市はオフリド湖北部から北東部に市街地が形成されており、人口は約 42,705 人（KfW による検討、2001 年）であり約 1,100ha、標高は概ね海拔 690～730m となっている。1950 年代に市街地の一部で下水管網の整備が行われているが、当初は合流式により生活排水と雨水の双方を排除し、オフリド湖に放流する方法が採用された。以後に下水処理施設が整備される際には分流式として生活排水のみを対象とした下水道施設が整備されたが、現在も合流式を採用した地域の一部はこのまま下水処理場に接続されているため、浸入水が増大する原因のひとつとなっている。湖岸や旧市街には宿泊施設が点在している。

(2) スツルガ市の中心市街地

スツルガ市はオフリド湖の北岸、オフリド市の西側に位置し、人口は 17,000 人、面積は 350ha、標高は概ね海拔 690～700m となっている。オフリド市と同じく湖岸周辺には数多くの宿泊施設が立地している。



出典：JICA 調査団

図-1.2 オフリド市、スツルガ市の位置

(3) オフリド市・スツルガ市の郊外

オフリド市の市街地周辺には 18 地区の集落が点在している。これらのうち湖岸周辺に位置する集落は概ね 200～1,400 人の人口を擁している。オフリド市の最も南部に位置する地区は周囲を標高の高い丘陵に囲まれている。

スツルガ市の郊外には 19 の集落が点在しているが、このうち北部の集落の生活排水の流末はオフリド湖ではなく、黒ドリム川となっている。集落の人口は概ね 160～3,000 人であり、湖岸に位置する集落では宿泊施設が立地しているものがある。

1.4 本調査の検討項目

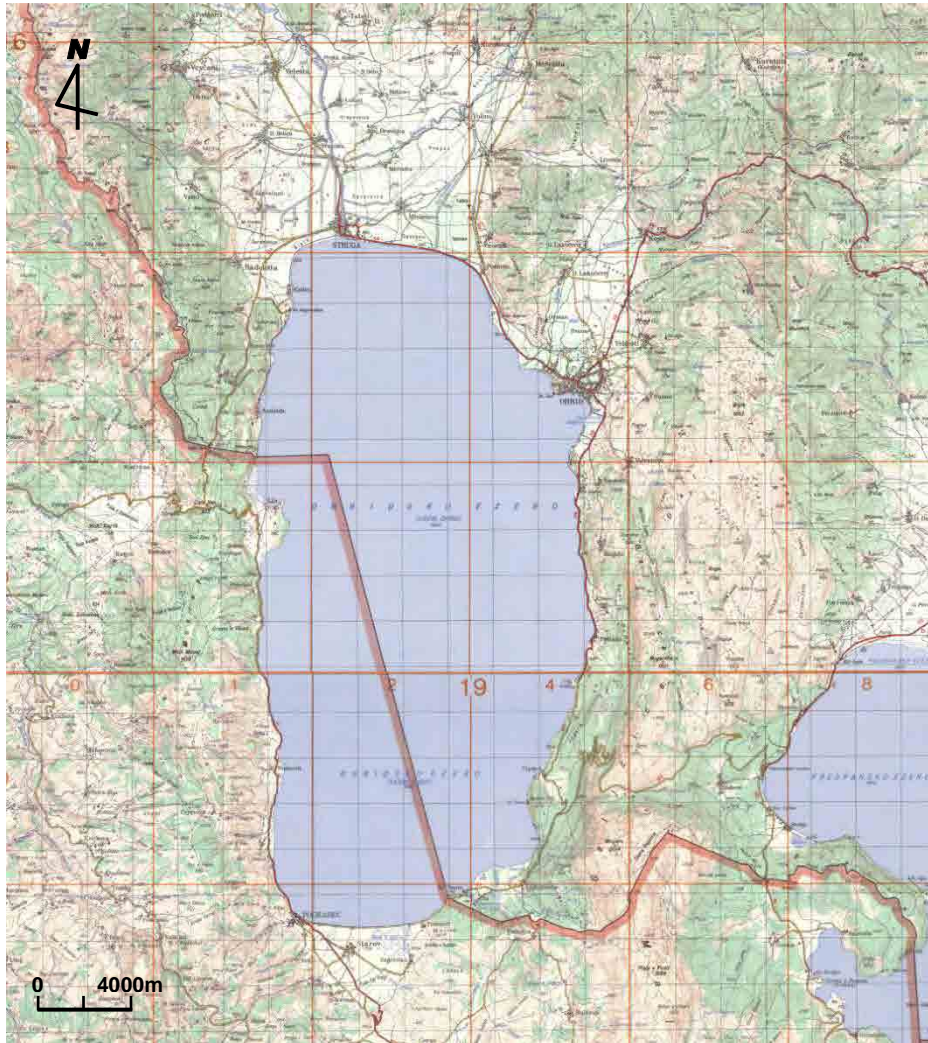
本調査における主な検討項目を以下に示す。

- 1) オフリド湖周辺における下水道分野に係る情報を収集し、マケドニアにおける下水道分野の計画の状況、既存の下水管渠網の浸入水の状況、下水処理施設の状況や下水道への接続状況や運転管理を行う PROAQUA の現況について把握を行う。
- 2) 他ドナーによる援助の実績及び動向を調査する。
- 3) 事業実施状況や財政・機関の運営状況等の評価や技術要件等を基に対策案の提案を行う。

第2章 既存施設の概要

2-1 地形

オフリド湖は世界最古の湖のひとつと言われており、マケドニア南西部に位置する。湖岸の延長は87.53kmのうち56.02kmをマケドニア、残る31.51kmをアルバニアが占めている。



出典：Center of South-West Planning Region

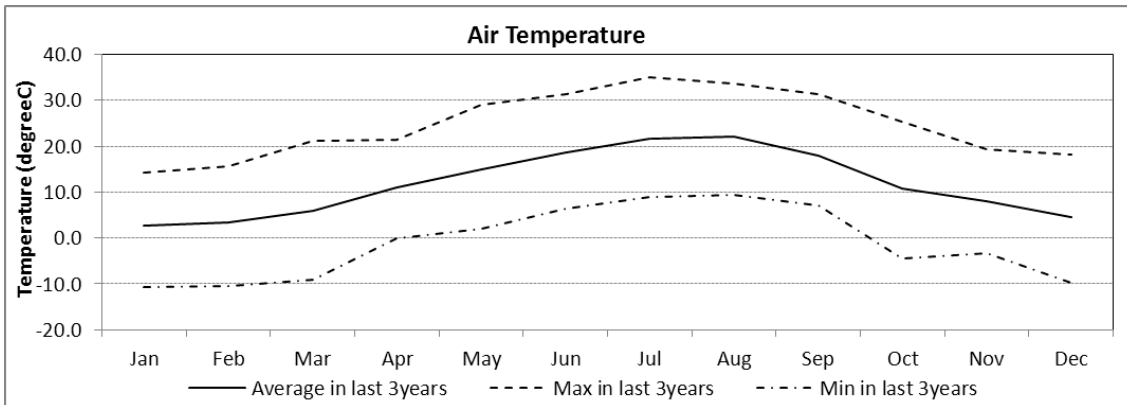
図-2.1 オフリド湖の概況

周囲には合計で約40の河川（うちマケドニア側に23）に囲まれており、黒ドリム川以外は全て流入河川となっている。黒ドリム川は湖の南部からオフリド湖に流入し、スツルガ市中心部が立地している北岸から流出する河川で最終的にはアドリア海に流下している。

2.2 気象

オフリド地域における気温は7月～8月の夏期を最高として一般的に28～35℃を記録する。年間のうち最高気温が35℃を超える日は73～78日間となっている。一方、当期は最低気温が零下10℃を下回る日が続き、日間の気温変動が激しい地域といえる。

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
average	2.7	3.3	5.9	11.0	14.9	18.6	21.7	22.2	18.0	10.8	7.9	4.5
max	14.2	15.7	21.2	21.5	29.1	31.4	35.1	33.6	31.3	25.4	19.4	18.1
min	-10.7	-10.5	-9	0	2.1	6.3	8.9	9.4	7	-4.4	-3.4	-9.7

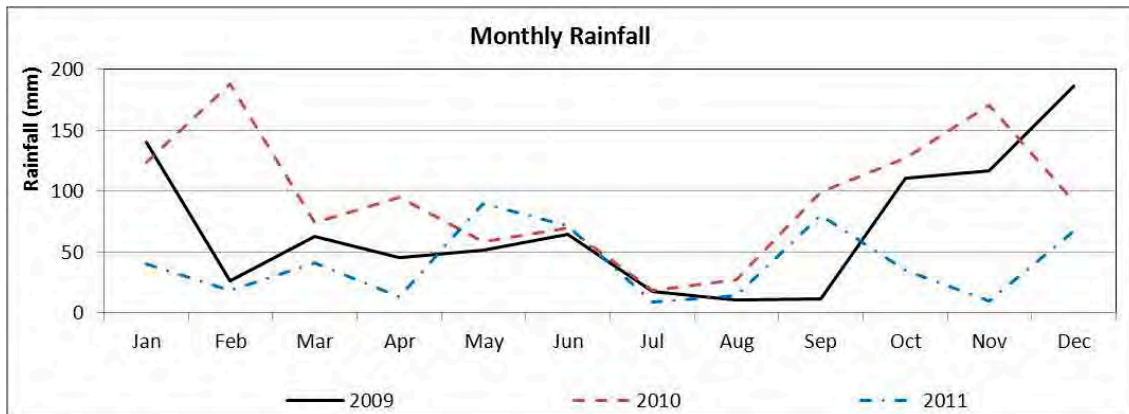


出典：Hydrometeorological Institute

図-2.2 月別の気温の変化

次に降水量は年間 600~700mm 程度と、山間部で記録される 2,000mm 以上の降雨量と比して小雨の地域となっている。年間の降雨記録日数は 100~160 日となっている。

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Rain days
2009	140.1	26.3	62.4	45.2	51.7	64.5	17.2	10.8	11.6	110.6	116.5	186.2	139
2010	123.8	187.9	74.5	94.7	58.8	69.6	18.9	26.9	99.3	127	170.5	91.9	163
2011	39.9	18.2	41.4	13.6	89.5	71.7	8.5	14.4	80.1	34.7	10.1	67.6	102



出典：Hydrometeorological Institute

図-2.3 月別の降水量の変化

2.3 下水関連施設の概要

2.3.1 下水管渠

下水管渠のうち、幹線は主にオフリド湖岸に敷設され、住宅地や主要な宿泊観光地とつながっている。最終的には収集された汚水は Vranista 下水処理場にたどり着き、現時点で約 40km が整備されている。

表-2.1 幹線管渠の概要

市	位置の概要		延長 (m)	管径 (mm)	勾配 (%)	管種
	起点	終点				
Ohrid	Desaret	Krausa PS	1,717	500	0.18	PVC
Ohrid	Krausa PS	Elsec PS	1,576	600	0.18	PVC
Ohrid	Elsec PS	Metropol PS	1,852	600	0.20	PVC
Ohrid	Metropol PS	Granit PS	1,400	600	0.15	RC
Ohrid	Granit PS	Orce Nikorov PS	1,550	800	0.15	RC
Ohrid	Orce Nikorov PS	Ohrid 1 PS	3,000	800	0.10	RC
Ohrid	Ohrid 1 PS	Ohrid 2 PS	1,045	1,000	0.10	RC
Ohrid	Ohrid 2 PS	Dalian PS	3,337	1,200	0.15	RC
Ohrid	Dalian PS	Podmojle PS	5,006	1,200	0.08	RC
Ohrid	Podmojle PS	Sateska PS	2,404	1,200	0.17	RC
Ohrid	Sateska PS	Struga 3 PS	4,267	1,200	0.10	RC
Struga	Elen Kamen PS	Struga 3 PS	9,102	150 - 600	圧送管	PE
Ohrid/Struga	Struga 3 PS	Vranista WWTP	3,934	1,200	0.08	RC
計	-	-	40,190	-	-	-

出典：PROAQUA

枝線管渠網については主に住宅地や観光施設の立地している地域で鷗尾されており、管渠は主に鉄筋コンクリート管や塩化ビニル管、ポリエチレン管、石綿管が用いられている。枝線管渠の整備延長は約 170km に達しており、市街地での整備は進んでいるが、完全分流化の達成を目指した雨水管渠の整備が求められている。

表-2.2 面整備管渠網の概要

項目	延長(km)			管径の範囲	管種
	Ohrid	Struga	計		
合流式の管網	54	59	113	200～600mm	石綿管/PVC 管 /PE 管/RC 管
分流式(汚水)の管網	43		43		
分流式(雨水)の管網	15	7	22	250～1000mm	
計	112	66	178	-	-

出典：PROAQUA

下水道施設の運営管理を行っている PROAQUA から収集した情報並びに現地調査により確認を行った状況から特徴的な点がいくつか得られた。

(1)湖岸の敷設管渠

オフリド市の南部に位置する Granit から Pestani の区間では幹線管渠が湖岸に敷設され、湖の水面下に埋設されている区間が見られる。湖岸に埋設された管渠には湖水を始めとする浸入水の流入が発生しやすく、水量の増加が下流部に設置されたポンプ場や下水処理場への負荷を増大させる可能性を有している。



湖岸に設置されたマンホール

出典：JICA 調査団



水面下に設置された施設

図-2.4 南東部の幹線管渠

(2)歴史的な下水路

オフリド市の旧市街に立ち並ぶ歴史建造物の立ち並ぶ石畳の通りには、歴史的な下水路が残っている区間がある。これらの水路が埋設された区間においては新たな下水管渠網の整備を行う際には水路の保全や街並みの復旧等に特別の注意を払う必要がある。

(3)スツルガ市の合流管渠

オフリド、スツルガ両市では管渠施設の一部が合流式として整備されたものが分流式で整備された幹線管渠に接続されているが、古い管渠施設は設計図面等が現存していないため情報が不十分となっている。現地調査中にスツルガ市において合流式下水管渠の堰の一部と見られる構造がマンホール内で確認された。

(4)雨水管渠

オフリド、スツルガ両市では分流化の整備を進めるため、雨水管渠の建設を実施している。現在雨水管渠が敷設されていない地区の中には雨水排除を行う水路や側溝が整備されていないために汚水管渠に雨水が流入する区間がみうけられる。

2.3.2 ポンプ場

オフリド地域は平坦な地形であり、幹線管渠は自然流下により設計されているため埋設深度は徐々に大きくなる。そこで汚水中継ポンプ場が設置されている。ポンプ場はスクリーポンプを使用した揚水が行われている。現地調査を行った期間は降雨の少ない8月であったが、ポンプ場への流入は継続して発生しており終日継続的な運転が行われていた。老朽化したポンプ施設の一部はスイス政府の援助により新しい設備に交換されているものが見受けられた。



スクリーポンプを用いた揚水機構



近年更新された機器

出典：JICA 調査団

図-2.5 代表的なポンプ施設の例

表-2.3 ポンプ施設の概要

市	ポンプ場名称	ポンプ形式	台数 (基)	1 台当り 揚水能力 (L/sec)	揚水 能力 (L/sec)	揚水能力 分換算 (m ³ /min)	揚水能力 日換算 (m ³ /day)	備考	
Ohrid	Krausa PS	水中ポンプ	2	40	80	4.800	6,912		
Ohrid	Elsec PS	水中ポンプ	2	40	80	4.800	6,912		
Ohrid	Metropol PS	水中ポンプ	2	85	170	10.200	14,688		
Ohrid	Granit PS	水中ポンプ	2	130	260	15.600	22,464		
Ohrid	Orce Nikorov PS	水中ポンプ	2	170	340	20.400	29,376		
Ohrid	Ohrid 1 PS	スクリーポンプ	3	315	945	56.700	81,648		
Ohrid	Ohrid 2 PS	スクリーポンプ	3	425	1,275	76.500	110,160		
Ohrid	Dalian PS	スクリーポンプ	4	400	1,600	96.000	138,240		
Ohrid	Podmojle PS	スクリーポンプ	4	410	1,640	98.400	141,696		
Ohrid	Sateska PS	スクリーポンプ	4	410	1,640	98.400	141,696		
Ohrid/Struga	Struga 3 PS	Ohrid	スクリーポンプ	4	412	1,648	98.880	142,387	
		Struga	スクリーポンプ	3	225	675	40.500	58,320	
		Sub-Total	-	7	-	2,323	139.380	200,707	
Ohrid/Struga	Vranista WWTP	スクリーポンプ	4	560	2,240	134.400	193,536	処理場内	
Struga	Industrial Zone PS	-	2	220	440	26.400	38,016		
Struga	Kalista PS	縦軸ポンプ	2	24.4	49	2.928	4,216		
Struga	Elen Kamen PS	縦軸ポンプ	2	24.4	49	2.928	4,216		
計	13 箇所	-	-	-	-	-	-	-	

出典：PROAQUA

ポンプ場は面整備区域の小規模施設を含め 28 箇所が確認されたが、近年ドイツ政府の援助により整備されたスツルガ市の 2 ポンプ場（Sateska、Elen Kamen）は機器の故障及び変圧装置への電力供給の停止（近隣のホテルが倒産したためによる）に伴い運転休止を余儀なくされていた。Elen Kamen ポンプ場は運転休止中に盗難に遭い、金属部品の大半が持ち去られてしまい、両ポンプ場とも下水道に接続した家屋等からの下水排水は未処理のままオフリド湖に放流されている。



機器類が失われた Elen Kamen ポンプ場
出典：JICA 調査団



マンホール蓋も盗難に遭っている

図-2.6 スツルガ市南部の運転休止中のポンプ場

また、ポンプ場のいくつかには緊急時用のバイパス放流水路があり、放流先はオフリド湖となっている。



緊急バイパス放流水路
出典：JICA 調査団



オフリド湖への放流口

図-2.7 ポンプ場の緊急バイパス放流水路

2.3.3 Vranista 下水処理場

Vranista 下水処理場は 1980 年代に設計され、設計人口は 12 万人（相当）、処理能力は 40,000m³/日となっている。また放流水質は基準値より BOD で 25mg/L、SS で 30mg/L となっている。

表-2.4 Vranista 下水処理場の概要

項目	単位	数量
公称能力	人相当	120,000
日平均流入下水量	m ³ /日	40,000
日平均流入汚濁負荷量	kgBOD ₅ /日	7,300
放流水質(BOD)	mg/L	25 以下
放流水質(SS)	mg/L	30 以下
放流水質(pH)	-	6.5～8.5

出典：PROAQUA

(1)水処理施設

水処理施設はオキシデーションディッチ法を採用しており、Struga3 ポンプ場にてオフリド市側からの汚水とスツルガ市側からの汚水が合流し、処理場に送水され、反応槽及び最終沈殿池を経た処理水は近傍の水路に放流されている。塩素混和池が設置されているが薬剤を確保する予算がないため現在は使用されていない。



オキシデーションディッチ



最終沈殿池

出典：JICA 調査団

図-2.8 Vranista 下水処理場の水処理施設

(2)汚泥処理施設

汚泥処理施設では水処理施設で発生した余剰汚泥を水処理施設の系外に取りだし、重力濃縮槽を経た後にベルトプレス脱水機を用いて脱水処理を行っている。脱水汚泥は汚泥乾燥床による天日乾燥を経て場外搬出される工程となっているが、脱水汚泥は農業用の肥料として周辺の農家に無料で提供されており、最終処分場への搬送は現在行われていない。



ベルトプレス脱水機



農家による脱水汚泥の積み出し

出典：JICA 調査団

図-2.9 Vranista 下水処理場の汚泥処理施設

(3)処理水量

Vranista 下水処理場における EU に提出した記録による処理水量は 2005 年に 3,145,280m³、2006 年に 3,360,717m³となっており、統計によると市街地で供給されている上水道区域のおよそ 70%が下水道に接続している。

表-2.5 Vranista 下水処理場での処理水量実績

項目	単位	2005	2006	2007
下水道整備済み区域内の総人口	人	N/A	N/A	58,000
区域内の総下水発生量	m ³ /年	4,614,567	4,525,705	不明
下水道接続済み家屋等からの下水量	m ³ /年	3,133,765	3,211,632	不明
下水処理場での流入下水量	m ³ /年	3,133,765	3,211,632	不明
放流量	m ³ /年	3,145,280	3,360,717	不明
下水汚泥発生量(湿潤容量)	m ³ /日	135	135	不明
下水管網からの漏水、流出状況	%	不明	不明	不明
下水道整備済み区域内の下水道普及率	%	67.9%	71.0%	不明

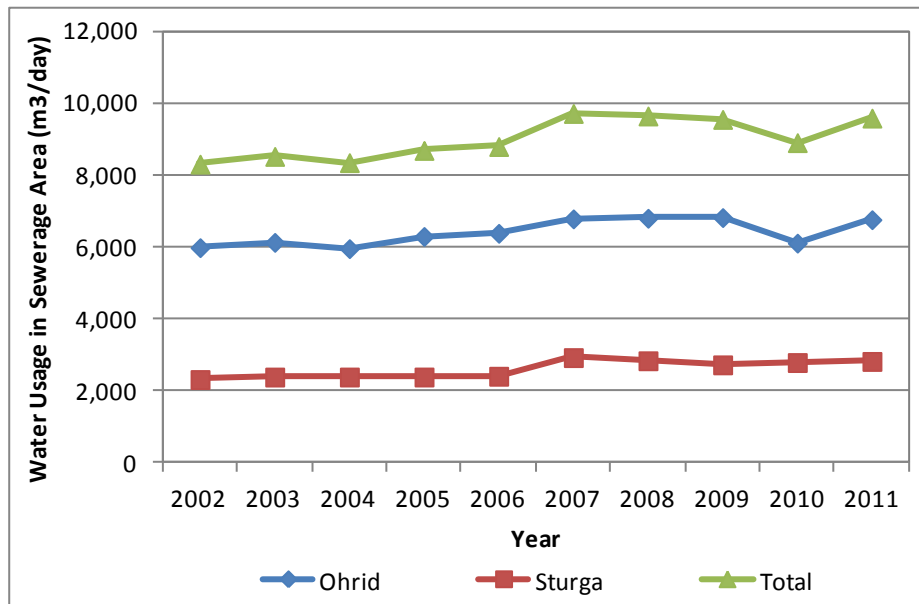
出典：PROAQUA

表-2.6 汚泥処理の実績

項目	数値	備考
脱水汚泥容量	9-12 m ³ /日	ベルトプレス脱水機
脱水汚泥含水率	80%	

出典：PROAQUA

また、処理場で記録された水量実績から算出すると 2011 年現在で上水道供給地域の 74%が下水道に接続され、年間値から換算すると 1 日当りの下水量は 9,590m³となっている。



出典：PROAQUA

図-2.10 1日換算値による下水処理水量

(4)水質

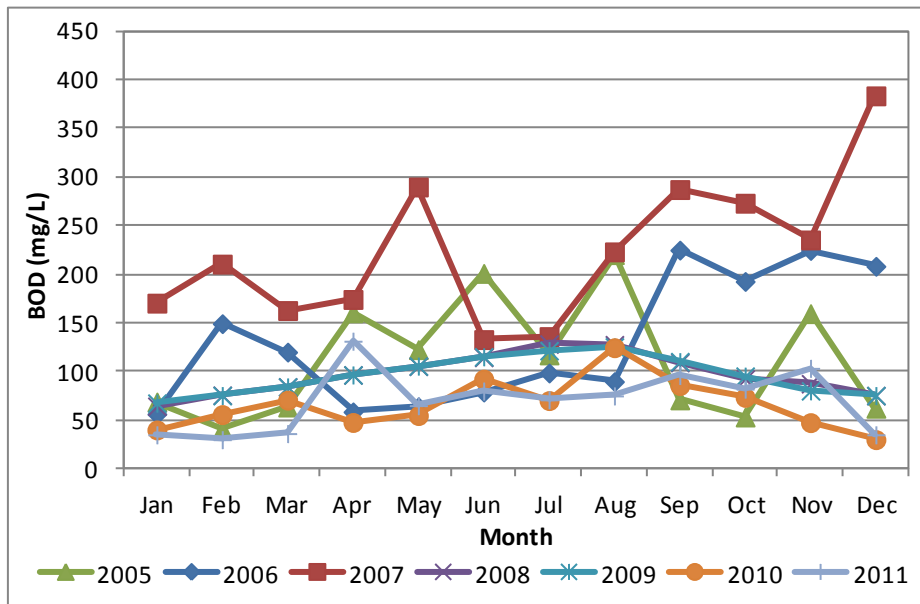
下水処理場には水質検査室が設けられており、一般項については pH（毎日）、溶存酸素（週 5 回）、COD（週 3 回）、BOD（週 2 回）、SS（週 1 回）が定期的実施されている。栄養塩類や金属類の精密検査は EU 基準に準拠して観光時期を中心に限られた頻度で実施されているが、薬品類の不足により十分な分析が行われない場合もある。

表-2.7 Vranista 下水処理場の放流水質

番号	項目	単位	数量	最低除去率	備考
1	BOD ₅	mg/L	25	70 - 90%	硝化に消費する分を除く
2	COD _{Cr}	mg/L	125	75%	
3	SS	mg/L	35	90%	
4	全窒素(T-N)	mg/L	10	78 - 80%	
5	全りん(T-P)	mg/L	1	80%	

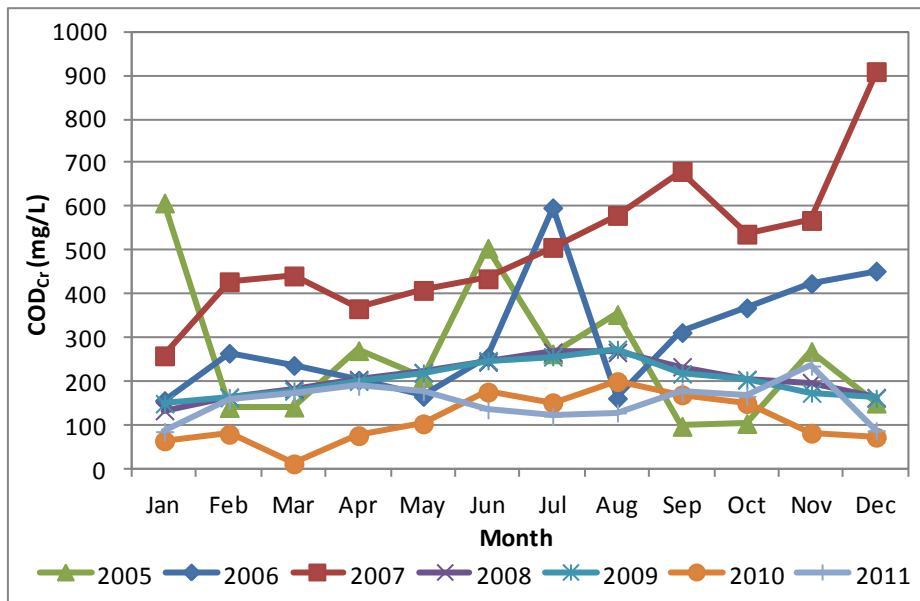
出典：Council Directive 91/271/EEC of 21 May, 1991 concerning urban wastewater treatment

下水処理場における月間平均値（2005 年～2011 年）によると、2008 年以降の測定値は安定した結果を呈していることが分かる。また、放流水質と流入水質と放流水質の結果から得られる除去率は報告値によると基準値をほぼ満足している。



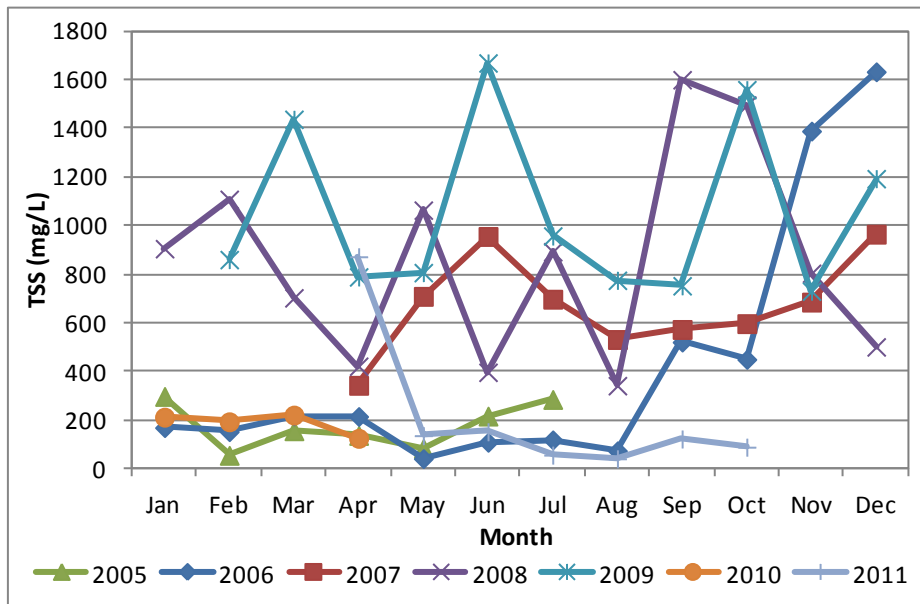
出典：PROAQUA

図-2.11 流入水質の月間平均値（BOD）



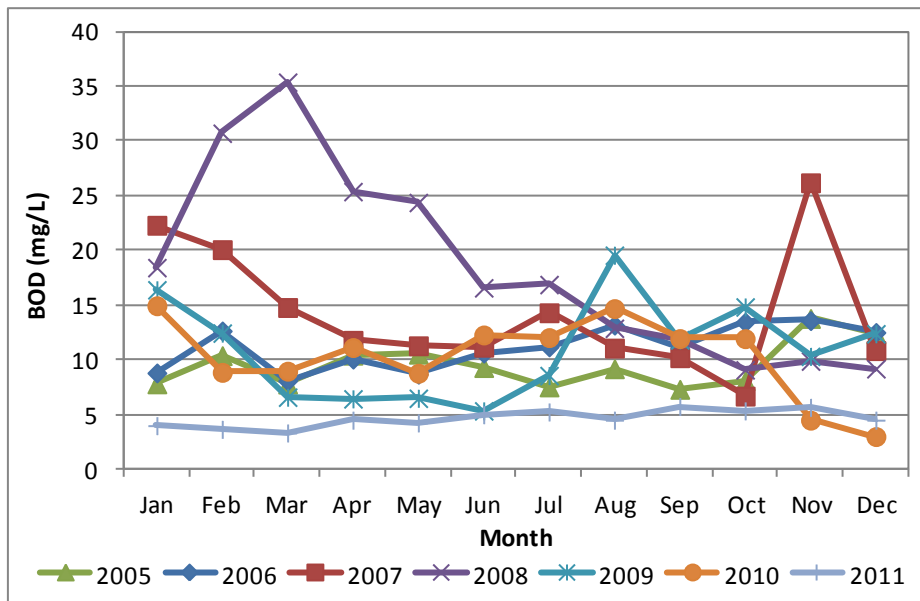
出典：PROAQUA

図-2.12 流入水質の月間平均値（COD_{Cr}）



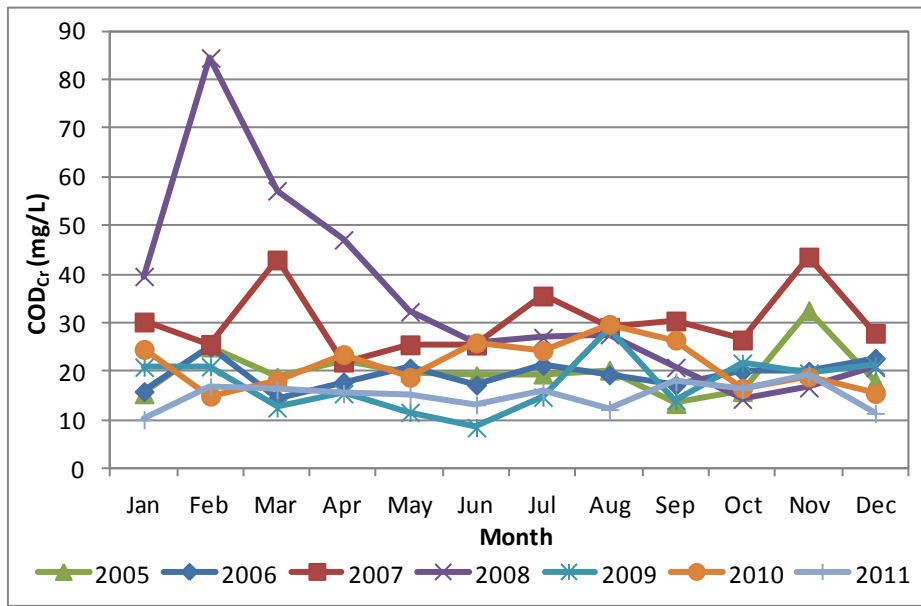
出典：PROAQUA

図-2.13 流入水質の月間平均値 (SS)



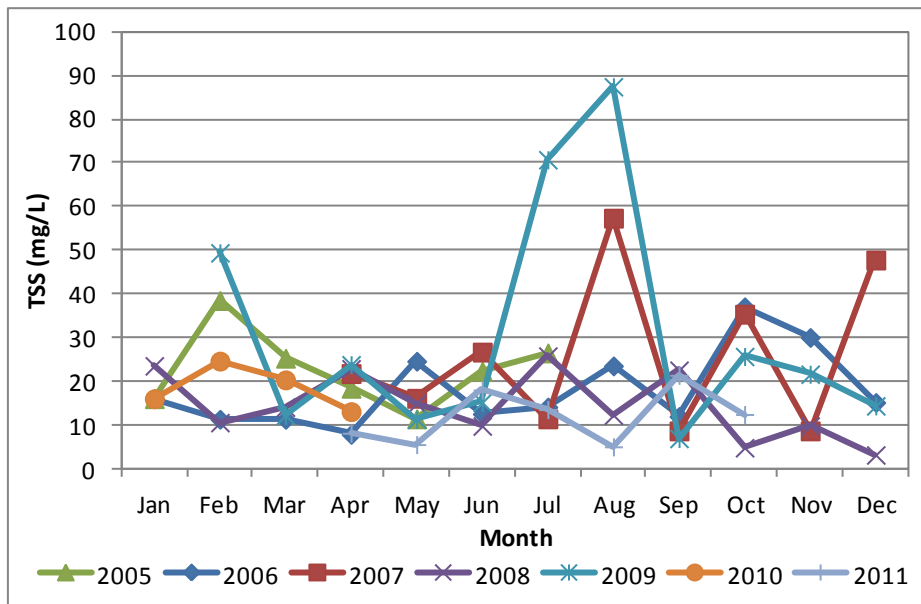
出典：PROAQUA

図-2.14 放流水質の月間平均値 (BOD)



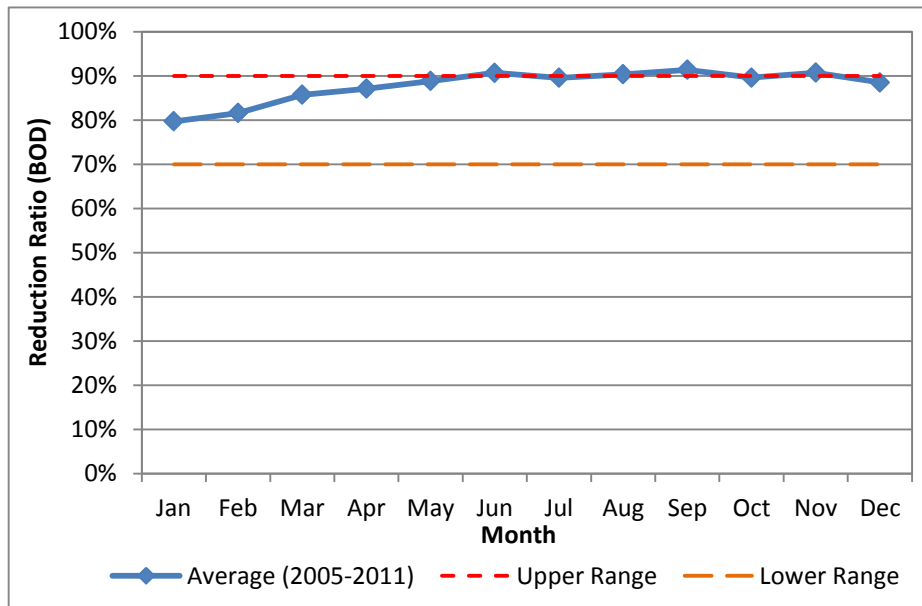
出典：PROAQUA

図-2.15 放流水質の月間平均値 (COD_{Cr})



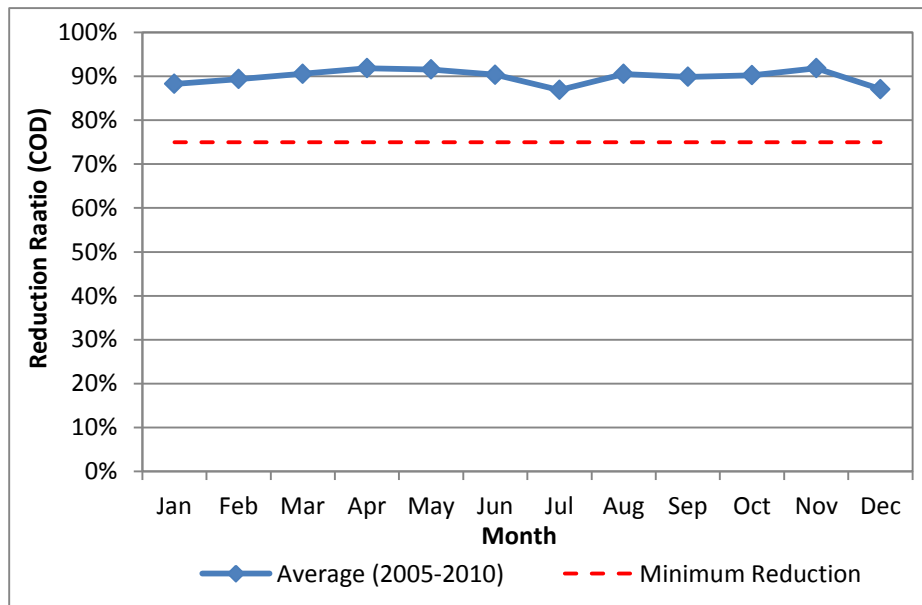
出典：PROAQUA

図-2.16 放流水質の月間平均値 (SS)



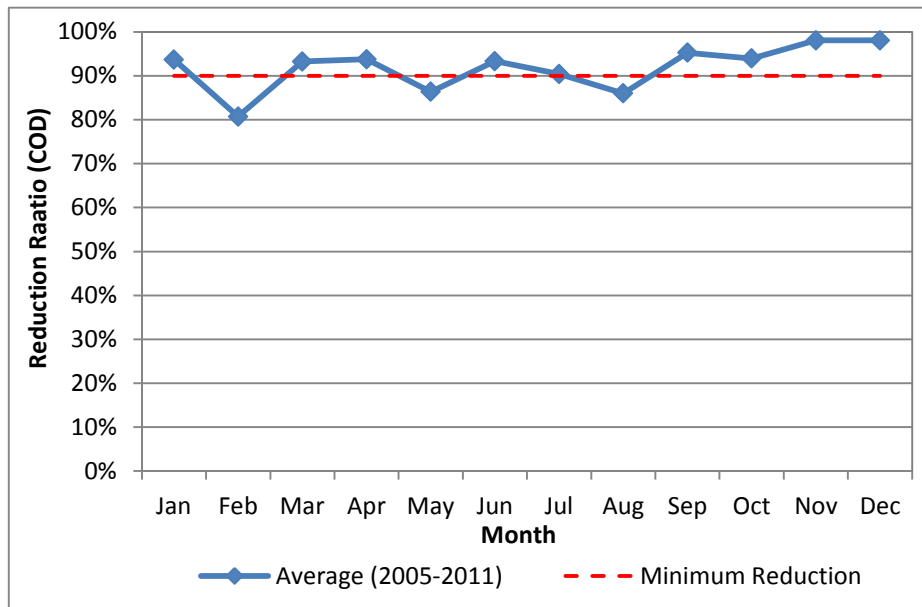
出典：JICA 調査団

図-2.17 除去率の月間平均値 (BOD)



出典：JICA 調査団

図-2.18 除去率の月間平均値 (COD_{Cr})



出典：JICA 調査団

図-2.19 除去率の月間平均値 (SS)

2.3.4 オンサイト処理施設

オンサイト処理施設は3箇所確認されており、いずれも観光施設に併設されたものである。

- St. Naum 地区のキャンプ場、オフリド市（処理能力：600人相当）
- Radozda 地区のキャンプ場、スツルガ市（処理能力：2,000人相当）
- Biser Hotel、スツルガ市（処理能力：200人相当）



St. Naum 地区のオンサイト処理場



Radozda 地区のオンサイト処理場

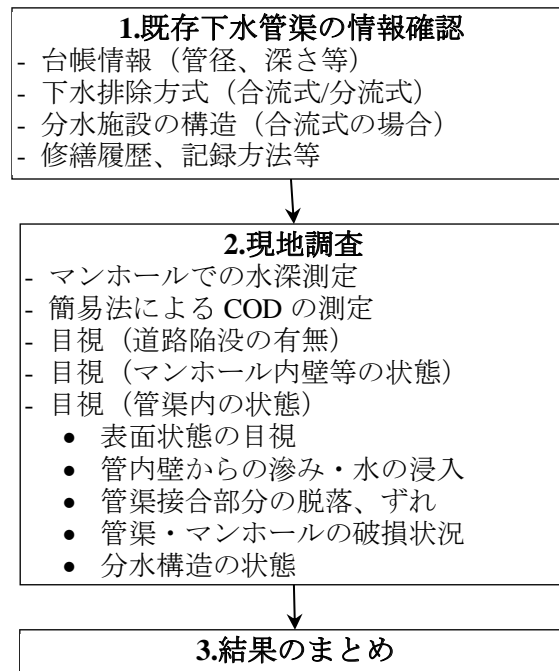
出典：JICA 調査団

図-2.20 オンサイト処理施設

2.4 現地調査

2.4.1 調査目的

現地調査は既存の管渠施設の現況を確認することで浸入水の流入状況を把握することで現況の水処理施設の運転管理状況に対する改善策を提案するためであり、資料収集結果を基に管渠内の目視と水質（COD）の簡易調査を行った。



出典：JICA 調査団

図-2.21 調査内容

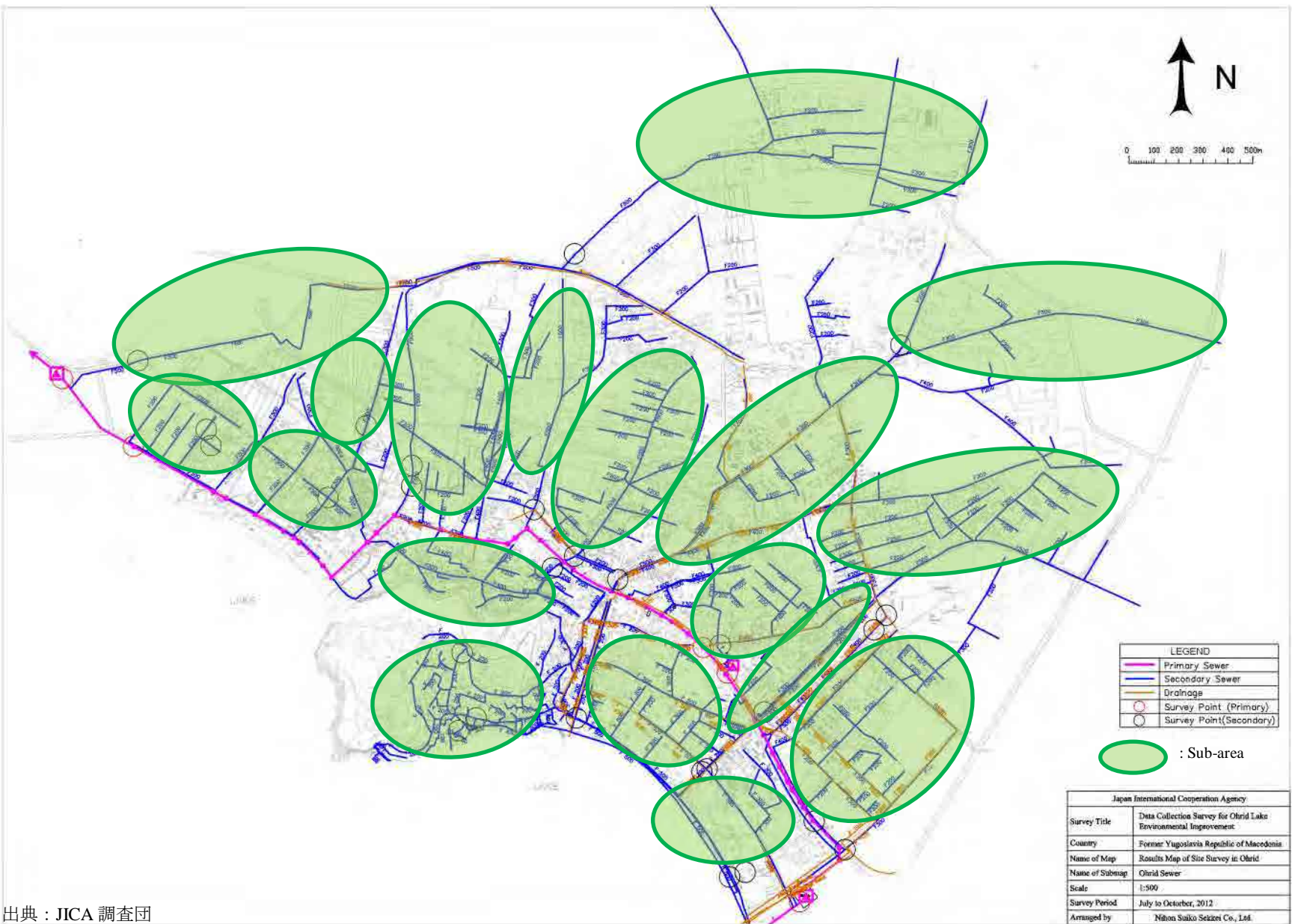
2.4.2 調査内容

既存管渠に対する資料収集の結果、近年敷設された管渠施設を除いて地盤高や管底高等の縦断情報を有する図面類は保管されておらず、管渠の敷設情報は主に敷設位置を示す平面情報のみであることが分かった。また、地下水位や湖水位の定期的な測定も行われていないことから既設管渠に対する外水位の影響を既存資料から推測することも不可能であった。そこで、現地調査の実施箇所は平面図を基に管渠網の系統を明らかにし、系統毎に下流部における状態を調査した。

現地調査を行う箇所の選定に際しては幹線の合流地点やポンプ場への流入地点の近傍、オフリド湖岸に近く湖水の影響が疑われる地点、相手先機関からの助言を参考として 70 地点を選定し、水深の状況をマンホール又は流入管にて測定し、水質については COD の簡易測定を 50 地点にて実施した。また、目視項目としては道路陥没の有無やマンホール内部の破損状況、確認可能な範囲における管渠の破損や継手部の接合状況等を確認するものとしてデジタルカメラによる撮影を行った。

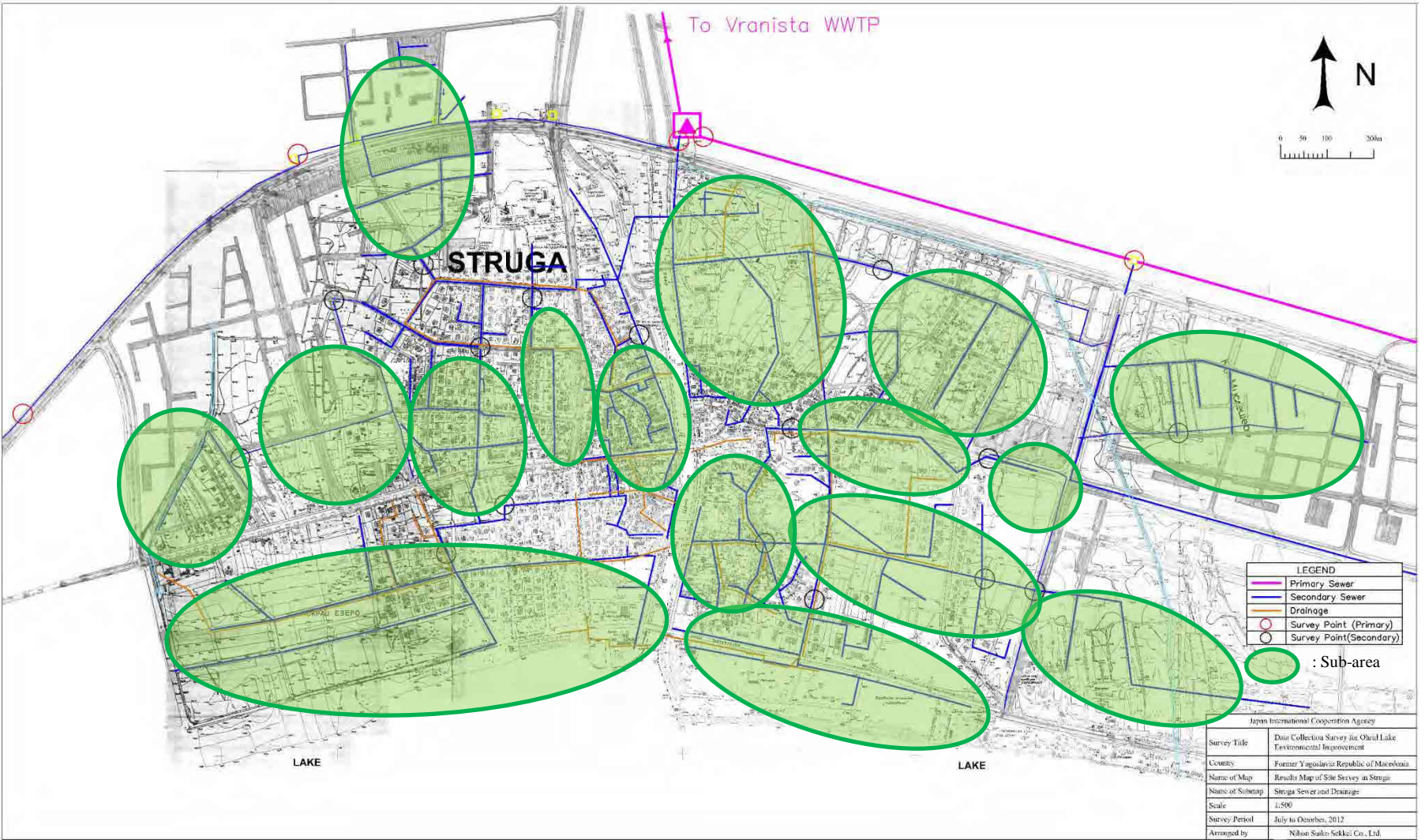
2.4.3 調査結果

調査結果については実施地点及び日時を記録の上、水位や COD 測定値、目視結果（舗装面・マンホール・管渠）を整理した。



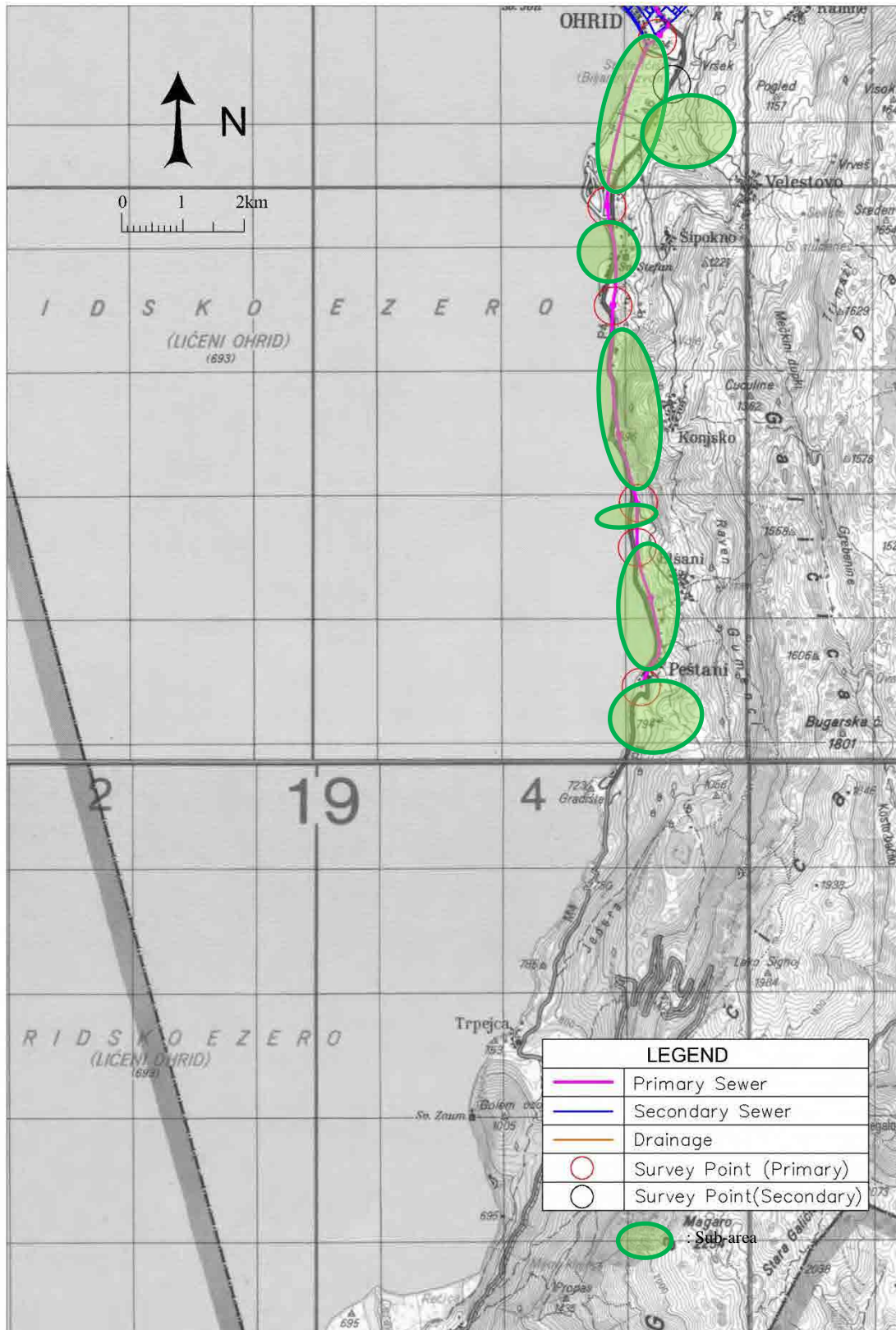
出典：JICA 調査団

図 2-22 調査地点の概要 (オフリッド市)



出典：JICA 調査団

図 2-23 調査地点の概要 (スツルガ市)



出典：JICA 調査団

図 2-24 調査地点の概要（オフリド市南部）



出典：JICA 調査団

図 2-25 調査地点の概要 (スツルガ市西部)

表 2-8 調査結果 (オフリド市)

No.	ID	日付	時刻	地点	管渠種別	道路陥没	表面の目視		水深 (mm)	人孔内部の沈殿物		COD (Mn-eq) (mg/L)	写真撮影状況		その他
							人孔	管渠		石・礫	し渣等		人孔	管渠	
1	OH-X1	16/08	10:30	WWTF for camping site in St. Naum	-	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	18	Done	N/A	Cold, clean colored
2	OH-01	16/08	12:00	Upstream manhole in Pestani	Secondary	Lake Side	Good	Good	100	None	None	80	Done	Done	Sewage from Hotels
3	OH-02	16/08	12:10	Krusha Pump Station (Newly built in 2011)	Primary	Lake Side	Good	Good	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Funded by municipality of Ohrid
4	OH-03	16/08	12:20	Pestani	Primary	Lake Side	Good	Good	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
5	OH-04	16/08	12:35	Between Pestani and Elshani Pump Station	Primary	Lake Side	Good	Good	100	None	None	20	Done	Done	Cold, clean colored
6	OH-05	16/08	12:50	Elshani Pump Station	Primary	Lake Side	Good	Good	N/A	None	None	20	Done	Done	Cold, clean colored
7	OH-06	16/08	13:10	Granit Pump Station	Primary	Lake Side	Good	Good	100	None	None	20	Done	Done	Cold, slightly dark colored
8	OH-07	16/08	13:30	St Stan Pump Station	Primary	Lake Side	Good	Good	100	None	None	20	Done	Done	Cold, slightly dark colored
9	OH-08	16/08	13:50	Pump Station in Ohrid Center	Secondary	Rd Side	Good	Good	N/A	None	None	80	Done	Done	Sewage, smelly water
10	OH-09	16/08	14:10	Ohrid 1 Pump Station	Primary	N/A	Good	Good	N/A	None	None	20	Done	Done	Cold, slightly dark colored
11	OH-10	16/08	14:20	Ohrid 2 Pump Station	Primary	N/A	Good	Good	N/A	None	None	20	Done	Done	Cold, slightly dark colored
12	OH-11	16/08	14:35	Ohrid 5 Pump Station	Primary	N/A	Good	N/A	300	None	None	22	Done	Done	Cold, slightly dark colored
13	OH-12	21/08	12:50	Ohrid center, millenimum hotel	Secondary	None	Good	Good	50	None	None	70	Done	Done	Cold, clean colored
14	OH-13	21/08	12:55	Ohrid center, millenimum hotel	Secondary	None	Good	Good	170	None	None	30	Done	Done	Cold, clean colored
15	OH-14	21/08	13:05	Ohrid center, east MH of MC1	Secondary	None	Fair	Good	100	None	None	80	Done	Done	Cold, dark
16	OH-15	21/08	13:15	Ohrid center, Downstream of Ohrid 1 PS	Primary	None	Fair	Good	1000	None	None	30	Done	Done	Cold, clean colored
17	OH-16	21/08	13:20	Ohrid center, north of MC12	Secondary	None	Good	Good	150	None	None	90	Done	Done	Cold, dark
18	OH-17	21/08	13:30	Ohrid center, downstream of Ohrid 2 PS	Primary	None	Good	Good	N/A	None	None	60	Done	N/A	Cold, little
19	OH-18	21/08	13:40	Ohrid center, east of MC16	Secondary	None	Good	Good	200	None	None	30	Done	Done	Cold, clean colored
20	OH-19	21/08	13:50	Ohrid center, north of MC25	Secondary	None	Good	Good	200	None	None	35	Done	Done	Cold, clean colored

No.	ID	日付	時刻	地点	管渠種別	道路陥没	表面の目視		水深 (mm)	人孔内部の沈殿物		COD (Mn-eq) (mg/L)	写真撮影状況		その他
							人孔	管渠		石・礫	し渣等		人孔	管渠	
21	OH-20	21/08	13:55	Ohrid center, south of MC25	Secondary	None	Good	Good	50	None	None	100	Done	Done	Cold, little
22	OH-21	21/08	14:10	Ohrid center, west center	Secondary	None	Good	Good	50	None	None	20	Done	N/A	Cold, dark
23	OH-22	21/08	14:20	Ohrid center, DS of OH-21	Secondary	None	Fair	Fluctuation	50	None	None	20	Done	Done	Cold, clean colored
24	OH-23	21/08	14:30	Ohrid center, north of MC43	Secondary	None	Fair	Good	N/A	None	None	18	Done	Done	much water stand in MH
25	OH-24	21/08	14:30	Ohrid center, north of MC43	Secondary	None	Fair	Good	N/A	None	None	7	Done	Done	Water from Condominium
26	OH-25	21/08	14:40	Ohrid center, MC44	Primary	None	Fair	Good	N/A	None	None	50	Done	Done	Cold, clean colored (water level is 2.0m from GL)
27	OH-26	22/08	09:10	Ohrid center, north of MC11	Secondary	None	Good	Good	50	None	None	100	Done	Done	Cold, slightly turbid
28	OH-27	22/08	09:15	Ohrid center, next to OH-26	Secondary	None	Good	Good	50	None	None	N/A	Done	Done	
29	OH-28	22/08	09:25	Ohrid center, south of MC12	Secondary	None	Good	Good	50	None	None	N/A	Done	Done	
30	OH-29	22/08	09:30	Ohrid center, next to OH-28	Secondary	None	Good	Good	150	None	None	30	Done	Done	Cold, slightly turbid
31	OH-30	22/08	09:40	Ohrid center, north of MC22	Secondary	None	Good	Good	50	None	None	100	Done	Done	Not so cold, slightly turbid
32	OH-31	22/08	09:50	N/A	N/A	None	N/A	N/A	N/A	None	None	N/A	N/A	N/A	No picture
33	OH-32	22/08	09:55	Ohrid center, entrance of the bayroad	Secondary	None	Good	Bad Connection	30	Grease	None	40	N/A	Done	Grease piles
34	OH-33	22/08	10:05	Ohrid ancient town, besides the north gate	Secondary	None	Old	Good	50	None	None	100	Done	Done	Old, turbid
35	OH-34	22/08	10:15	Ohrid ancient town, downstream of the town	Secondary	None	Old	Good	40	None	None	90	Done	Done	Old, cold, clean
36	OH-35	22/08	10:30	Ohrid ancient town, nest to the St.Sophia	Secondary	None	Old	Good	0	None	None	N/A	Done	Done	downstream of pressure pipe, no flow
37	OH-36	22/08	10:50	Ohrid center, north of MC27	Secondary	None	Good	Good	120	None	None	20	Done	N/A	interflow with 3ways, next to car wash shop
38	OH-37	22/08	11:05	Ohrid center, north of MC34a	Secondary	None	Good	Good	50	None	None	250	Done	Done	Red water, no smell
39	OH-38	22/08	11:05	Ohrid center, next to OH-37, From the channel	channel	None	N/A	N/A	N/A	None	None	5	Done	N/A	From the channel
40	OH-39	22/08	11:15	Ohrid west, upstream of Daljan PS	Secondary	None	Good	Good	N/A	None	None	40	Done	Done	
41	OH-40	22/08	11:25	Ohrid north, interflow from 2villeges	Secondary	None	Good	Good	130	None	None	110	Done	Done	interflow with 2ways, turbid

No.	ID	日付	時刻	地点	管渠種別	道路陥没	表面の目視		水深 (mm)	人孔内部の沈殿物		COD (Mn-eq) (mg/L)	写真撮影状況		その他
							人孔	管渠		石・礫	し渣等		人孔	管渠	
42	OH-41	22/08	11:45	Ohrid north, former fabric factory	Secondary	None	Fair	Good	20	None	None	18	Done	Done	former fabric factory, cold, clean
43	OH-42	22/08	12:00	Podmoije PS	Primary	None	N/A	Good	N/A	N/A	N/A	40	N/A	N/A	No overflow in this time
44	OH-43	22/08	12:00	Podmoije PS overflow channel	Overflow	None	N/A	Good	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Overflow conduit
45	OH-44	22/08	12:20	Sateska PS	Primary	None	N/A	Good	N/A	N/A	N/A	40	N/A	N/A	Pump Station

出典：JICA 調査団

表 2-9 調査結果 (スツルガ市)

No.	ID	日付	時刻	地点	管渠種別	道路陥没	表面の目視		水深 (mm)	人孔内部の沈殿物		COD (Mn-eq) (mg/L)	写真撮影状況		その他
							人孔	管渠		石・礫	し渣等		MH	Sewer	
1	ST-01	14/08	09:25	Upstream of Radolishta Village	Secondary	None	Good	Good	10	None	None	20	Done	Done	Cold, clean colored
2	ST-02	14/08	09:40	Center of Radolishta Village	Secondary	None	Good	Good	50	None	None	120	Done	Done	Turbid, sewage
3	ST-03	13/08	14:30	Primary sewer to Struga center	Primary	Rd Side	Good	Good	100	None	None	25	Done	Done	Cold, clean colored
4	ST-04	14/08	10:00	Primary sewer to Struga center	Primary	Rd Side	Good	Good	200	None	None	15	Done	Done	Cold, clean colored
5	ST-05	14/08	10:10	Pump Station	Secondary	Rd Side	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Done	N/A	
6	ST-06	14/08	10:30	Struga center, northwest, 1	Secondary	None	Fair	Fair	100	None	Little	60	Done	Done	Turbid, sewage
7	ST-07	14/08	10:40	Struga center, northwest, 2	Secondary	None	Fair	something intrusion	70	None	Little	120	Done	Done	Turbid, sewage, something is inside the sewer
8	ST-08	14/08	10:50	Struga center, southwest	Secondary	None	Fair	Fair	100	None	Little	100	Done	Done	Turbid, sewage
9	ST-09	14/08	11:00	Struga center, in front of PROAQUA	Secondary	None	Fair	Fair	50	None	Little	60	Done	Done	Cold, clean colored
10	ST-10	14/08	11:20	Struga center, north of Ohrid lake	Secondary	None	Fair	Fair	80	None	Little	100	Done	Done	Turbid, sewage
11	ST-11	14/08	11:30	Struga center, north	Secondary	None	Fair	Fair	50	None	Little	50	Done	Done	Cold, clean colored
12	ST-12	14/08	11:40	intermediate Pump Station (No Sampling)	Secondary	Rd Side	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Done	N/A	
13	ST-13	14/08	11:55	Struga 3 Pump Station, Influent from Struga	Primary	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	30	N/A	N/A	Turbid, sewage
14	ST-14	14/08	11:55	Struga 3 Pump Station, Influent from Ohrid	Primary	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	13	N/A	N/A	Turbid, sewage
15	ST-15	14/08	12:15	Vlanista WWTP, Influent	WWTP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	20	N/A	N/A	Cold, clean colored
16	ST-16	14/08	12:25	Vlanista WWTP, Effluent	WWTP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A	Clean colored
17	ST-17	24/08	11:55	Primary sewer to Struga center (same as ST-04)	Primary	Rd Side	Good	Good	60%	N/A	N/A	50	Done	Done	Slight Turbid (same point as ST-04)
18	ST-18	24/08	12:00	Pump Station (same as ST-05)	Primary	Rd Side	Good	Good	70%	N/A	N/A	17	Done	N/A	Slight Turbid (same point as ST-05)
19	ST-19	24/08	12:20	Temporary Pump Station	Secondary	N/A	Good	N/A	stagnate	N/A	N/A	60	Done	N/A	Sewage, slight turbid
20	ST-20	24/08	12:25	Downstream of Temp. PS	Secondary	N/A	Good	Good	N/A	N/A	N/A	N/A	Done	N/A	Smell (H2S)
21	ST-21	24/08	12:40	Upstream of Temp. PS	Secondary	N/A	Good	Good	30	N/A	N/A	100	Done	Done	Dirty, Smell
22	ST-22	24/08	12:50	Near Market	Secondary	Fair	Good	Good	30	N/A	N/A	90	Done	Done	Smelly, slight turbid

No.	ID	日付	時刻	地点	管渠種別	道路陥没	表面の目視		水深 (mm)	人孔内部の沈殿物		COD (Mn-eq) (mg/L)	写真撮影状況		その他
							人孔	管渠		石・礫	し渣等		MH	Sewer	
23	ST-23	24/08	13:05	Struga center, east; with Overflow Manhole	Secondary	None	Good	Good	100	N/A	N/A	90	Done	Done	brownly
24	ST-24	24/08	13:20	Struga center, east; near fabric factory	Secondary	None	Good	Good	30	N/A	N/A	180	Done	Done	with black silt (COD=100 as supernatant)
25	ST-25	24/08	13:25	Struga center, east; near apartment buildings	Secondary	Fair	Good	Good	50	N/A	N/A	60	Done	Done	Cold, slight turbid
26	ST-26	24/08	13:30	Struga center, east; from apartment buildings	Secondary	Good	Good	Good	N/A	N/A	N/A	100	Done	Done	Turbid
27	ST-27	24/08	13:44	Sturga center, east; near Apolonia hotel	Secondary	Fair	Good	Partially collapse	30	N/A	N/A	100	Done	Done	brownly
28	ST-28	24/08	13:50	Struga center, east; new residential area	Secondary	Good	Good	Good	30	N/A	N/A	60	Done	Done	Clean, slight turbud
29	ST-29	24/08	14:05	Struga center, north;	Secondary	Good	Good	Good	30	N/A	N/A	110	Done	Done	Clean, slight turbud

出典：JICA 調査団

(1)目視調査の結果

マンホール内部からの管渠内の目視調査の結果、いくつかの箇所において管渠の破損や木根等の割り込み、継手部分の脱落や撓みが確認された。

表-2.10 破損等が見られた管渠

市	ID	位置	状況
Ohrid	OH-22	オフリド市街地西部	継手部の脱落
	OH-32	オフリド市街中心部	接合部の異常
	OH-36	オフリド市街地北部	継手部の脱落
Struga	ST-07	スツルガ市街地北西部	木根等の割り込み
	ST-25	Apolonia Hotel 近く	部分的な破損

出典：JICA 調査団



OH-22: 継手部の脱落



OH-32: 接合部の異常



OH-36: 継手部の脱落

出典：JICA 調査団

図-2.26 破損等が見られた管渠（オフリド市）



ST-07: 木根等の割り込み



ST-25: 部分的な破損

出典：JICA 調査団

図-2.27 破損等が見られた管渠（スツルガ市）

下水道施設の維持管理を行っている PROAQUA への聞き取り調査では、管渠の敷設後は大きな故障が生じた場合の修繕は随時実施されているが、管渠施設の定期的な目視調査は行われていないとの事であった。また正式な許可を得ていない接続工事が行われている場合が見受けられ、悪質な施工や下水管への浸入水の原因となっている可能性が示唆された。

(2)水質調査結果

水質調査の結果により、COD の値が小さい地点は通常の汚水に加えて浸入水の影響を受けている可能性が高い地点と考えられ、調査地点から上流部に何らかの浸入水が発生する原因があるものと考えられる。そこで調査結果を基に地域を色分けし、早期の対策が必要と考えられる地区の絞り込み等の基礎資料として用いる材料とした。

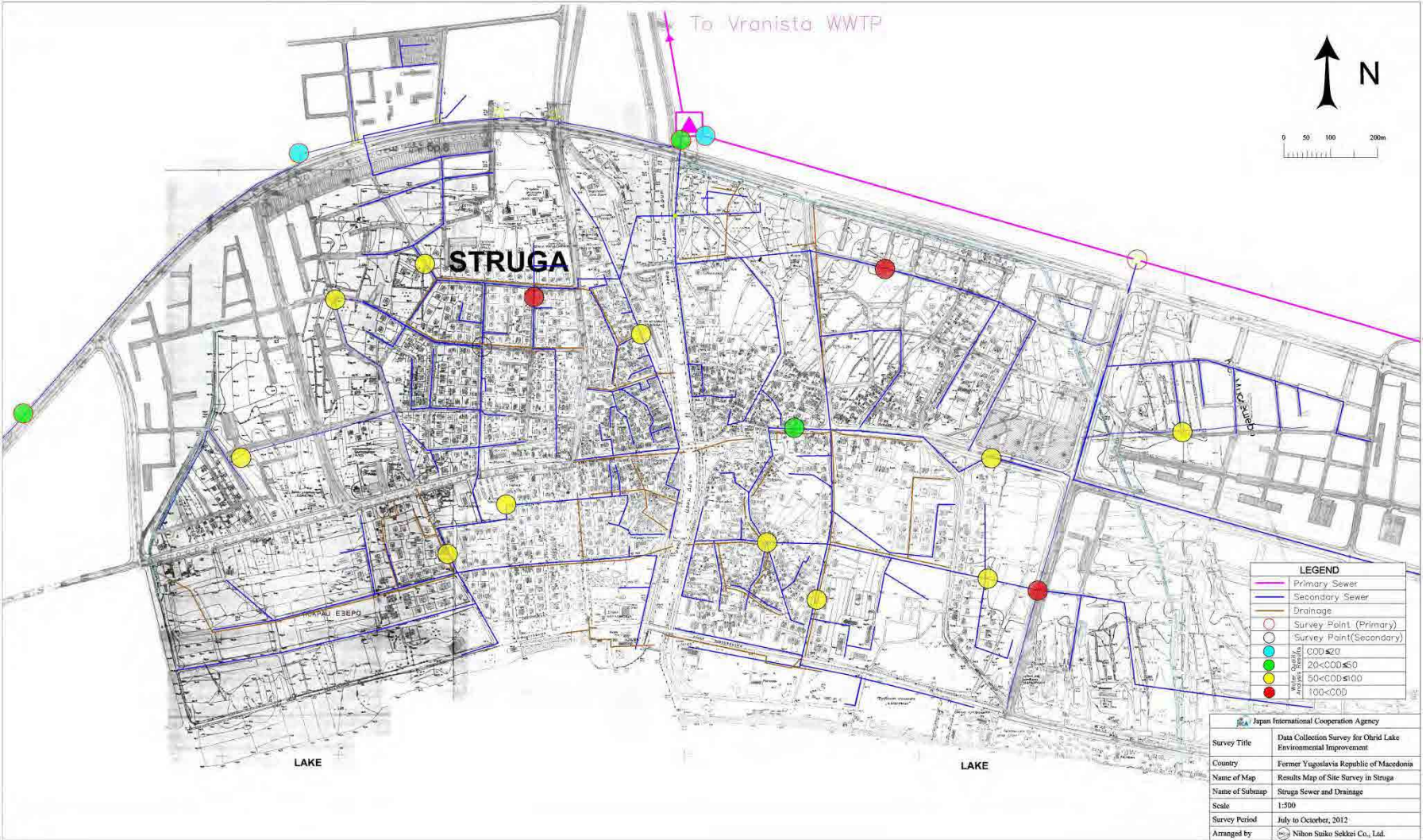
- 高い COD（赤/黄色の地点）はあまり希釈の影響を受けておらず通常の汚水成分に近い下水が観測されたものと解釈する
- 低い COD（緑/青色の地点）は希釈の度合いが高く、浸入水の影響を受けた下水が観測されたものと解釈する

今回の調査結果では全体的な傾向としてオフリド市側の下水管渠に希釈された下水の観測が多く見られ、スツルガ市側では少なめとなったが、浸入水の発生地点の特定には至っておらず、季節の違いや天候の変化によるより詳細な現象の把握が必要と考えられる。



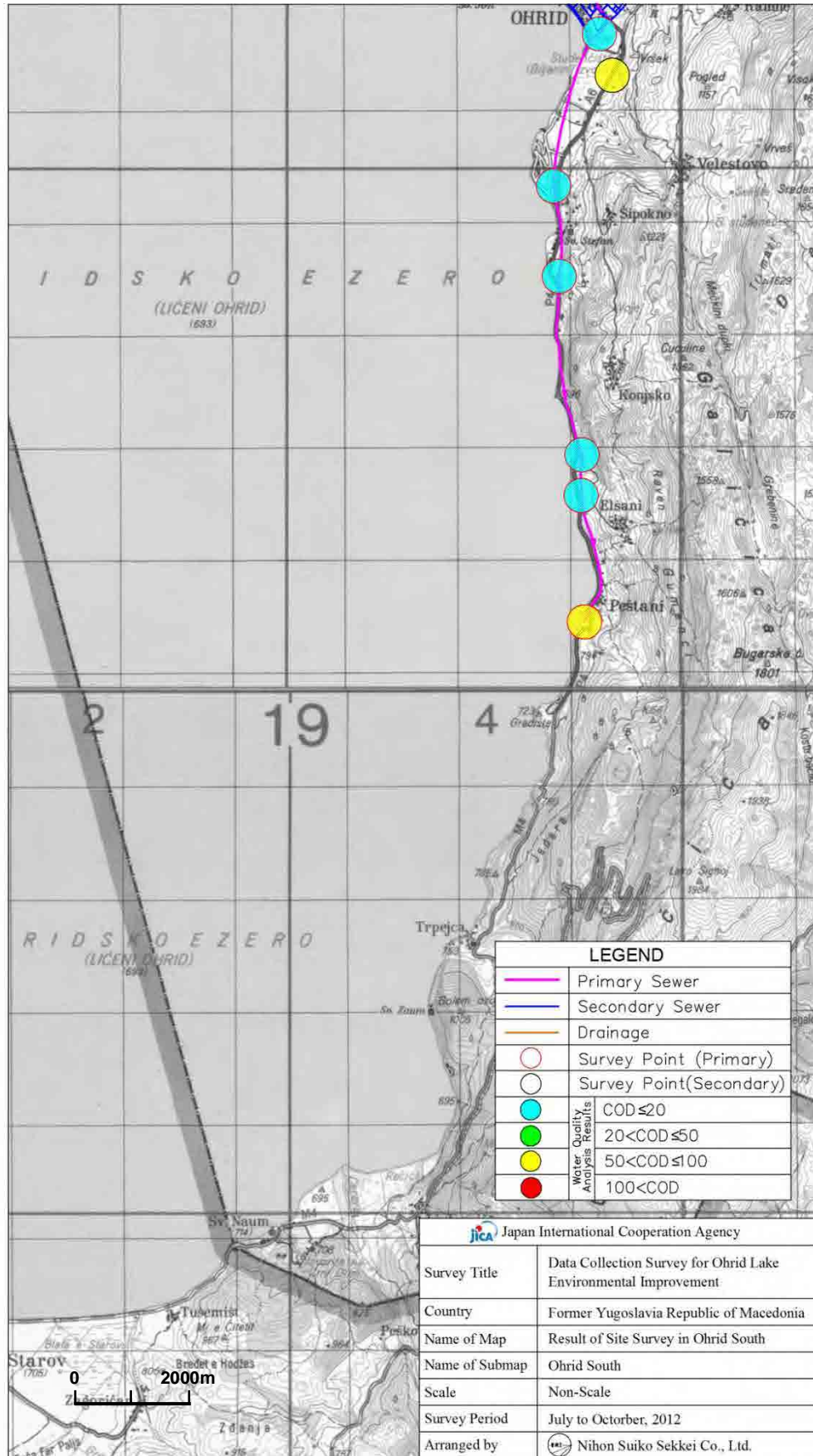
出典：JICA 調査団

図-2.28 水質調査結果のまとめ (オフリド市)



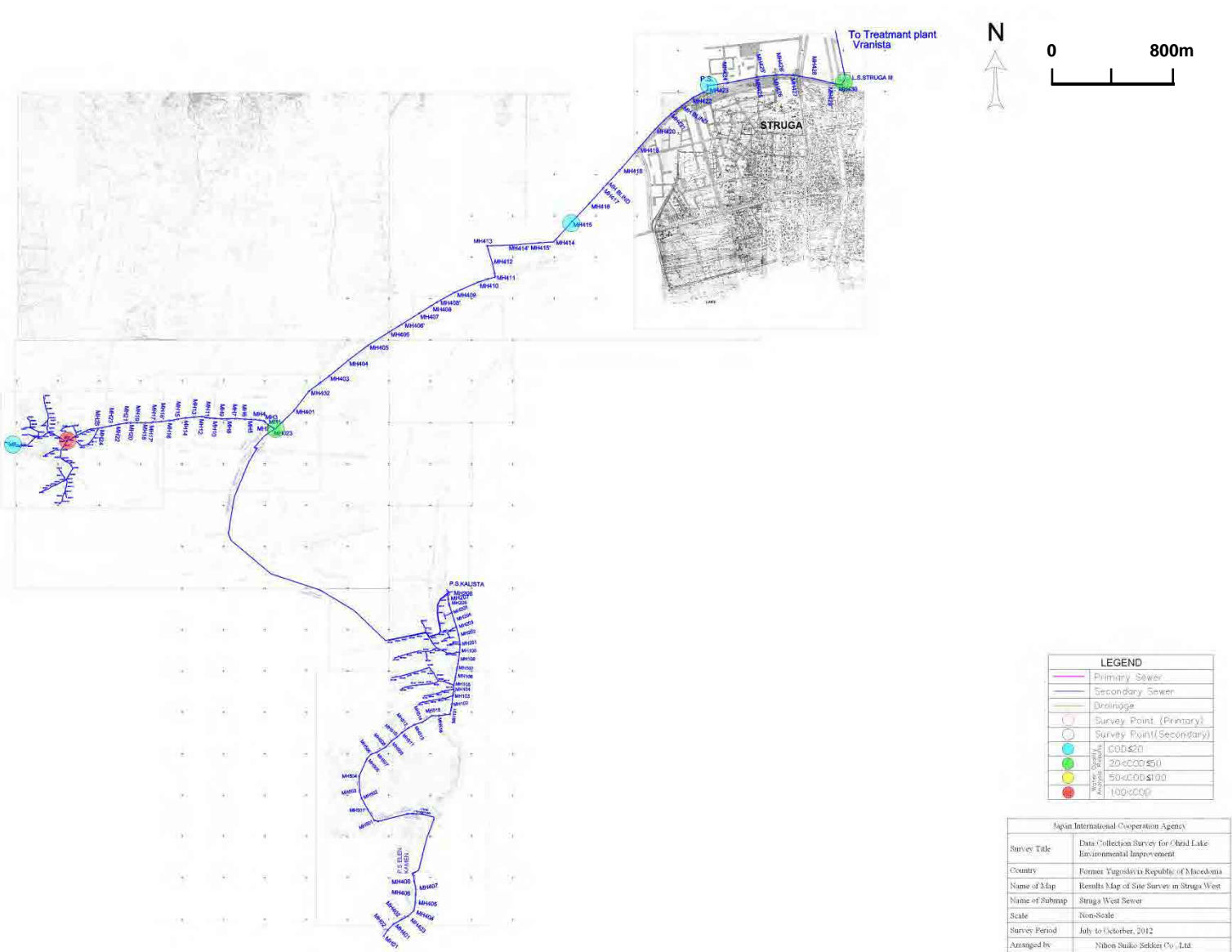
出典：JICA 調査団

図-2.29 水質調査結果のまとめ（スツルガ市）



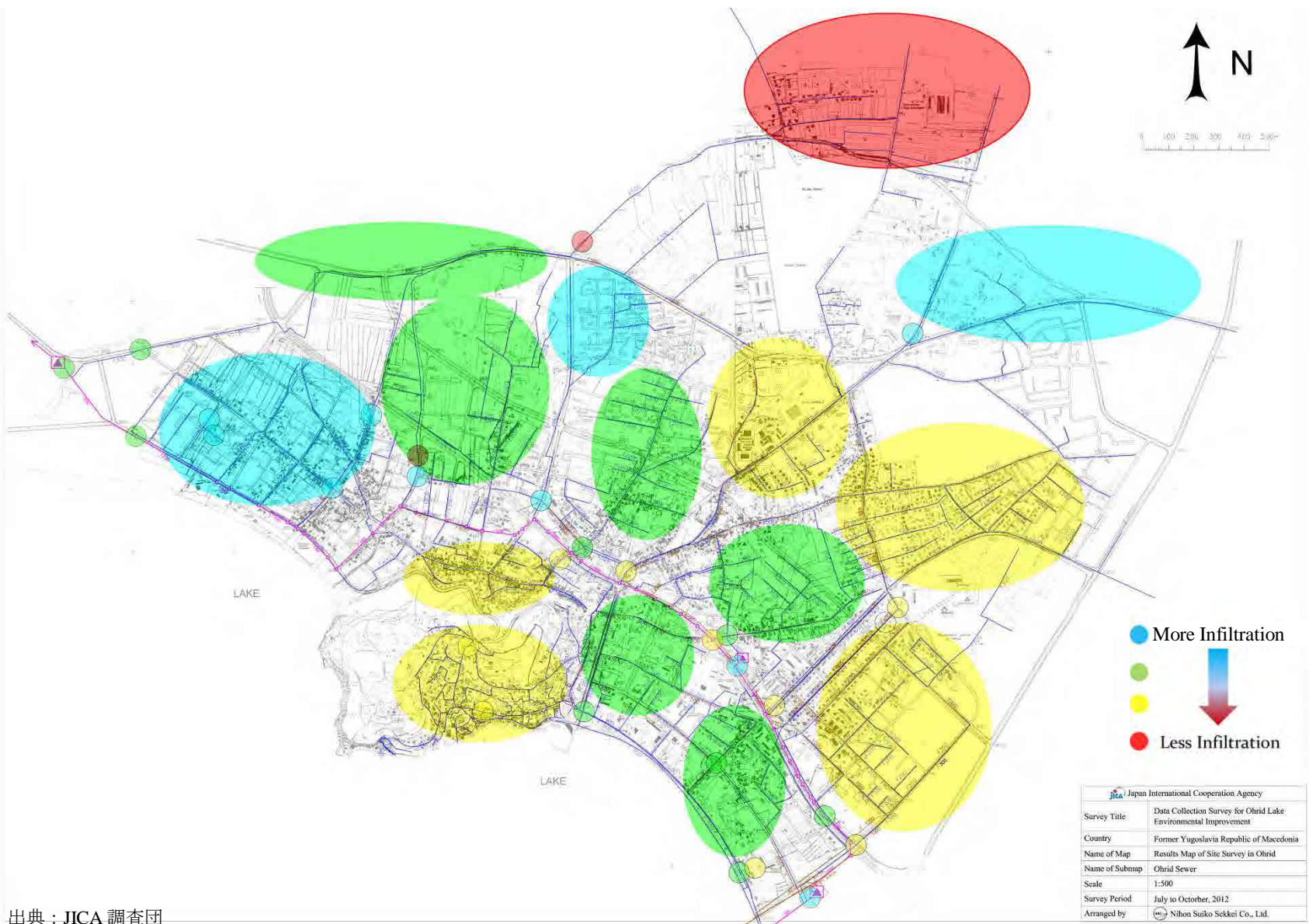
出典：JICA 調査団

図-2.30 水質調査結果のまとめ (オフリド市南部)



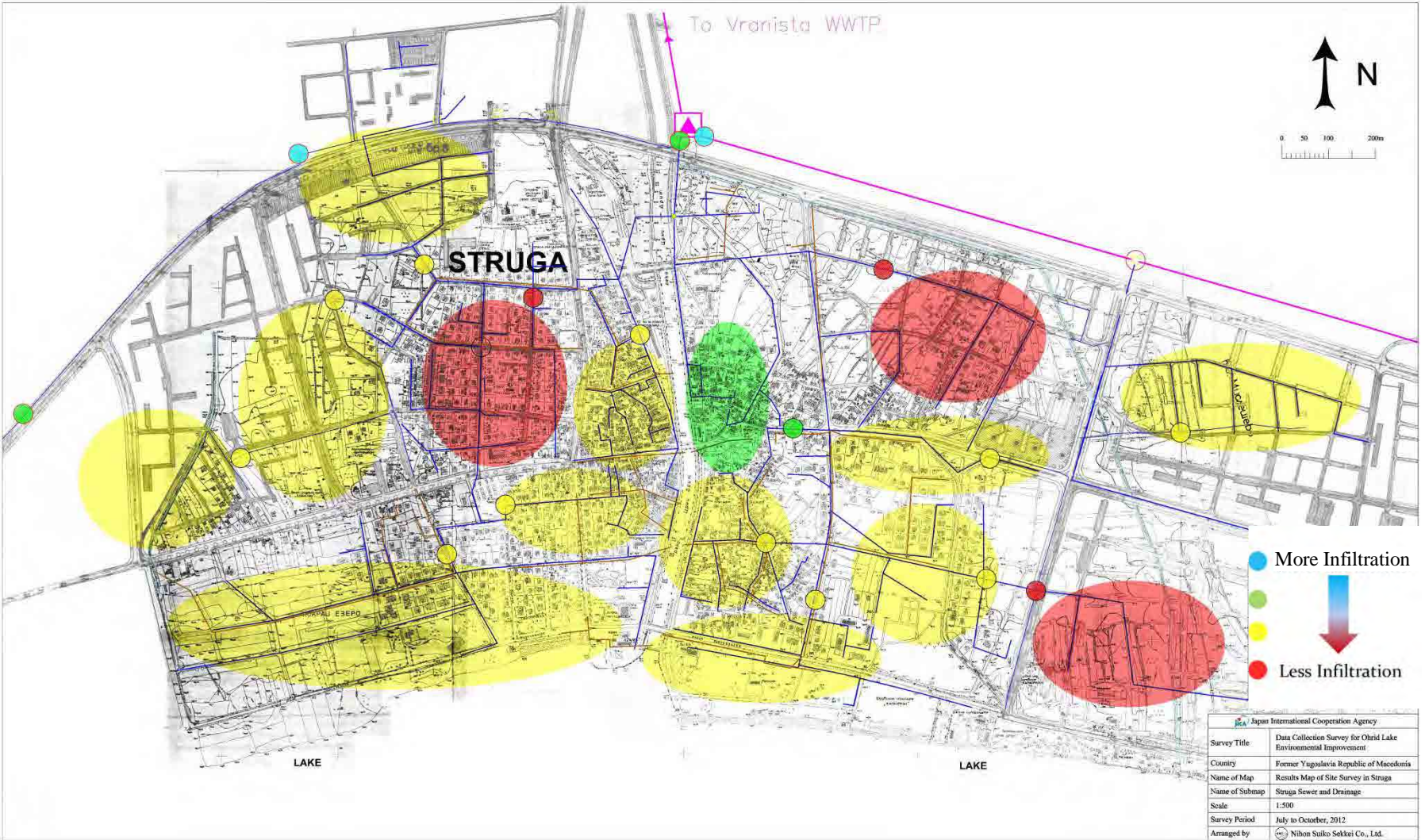
出典：JICA 調査団

図-2.31 水質調査結果のまとめ (スツルガ市西部)



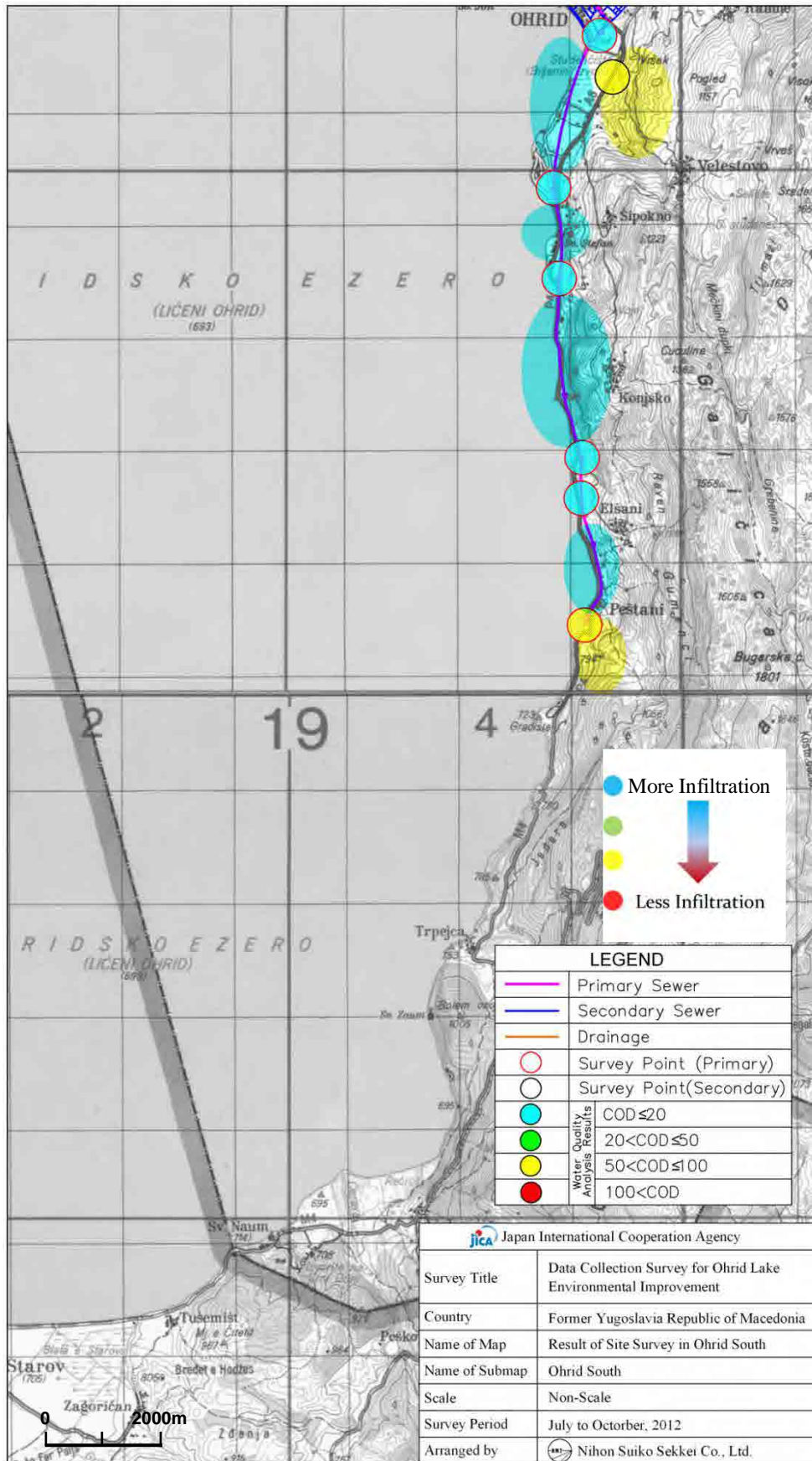
出典：JICA 調査団

図-2.32 不明水の発生状況の区分 (オフリド市)



出典：JICA 調査団

図-2.33 不明水の発生状況の区分（スツルガ市）



出典：JICA 調査団

図-2.34 不明水の発生状況の区分 (オフリド市南部)

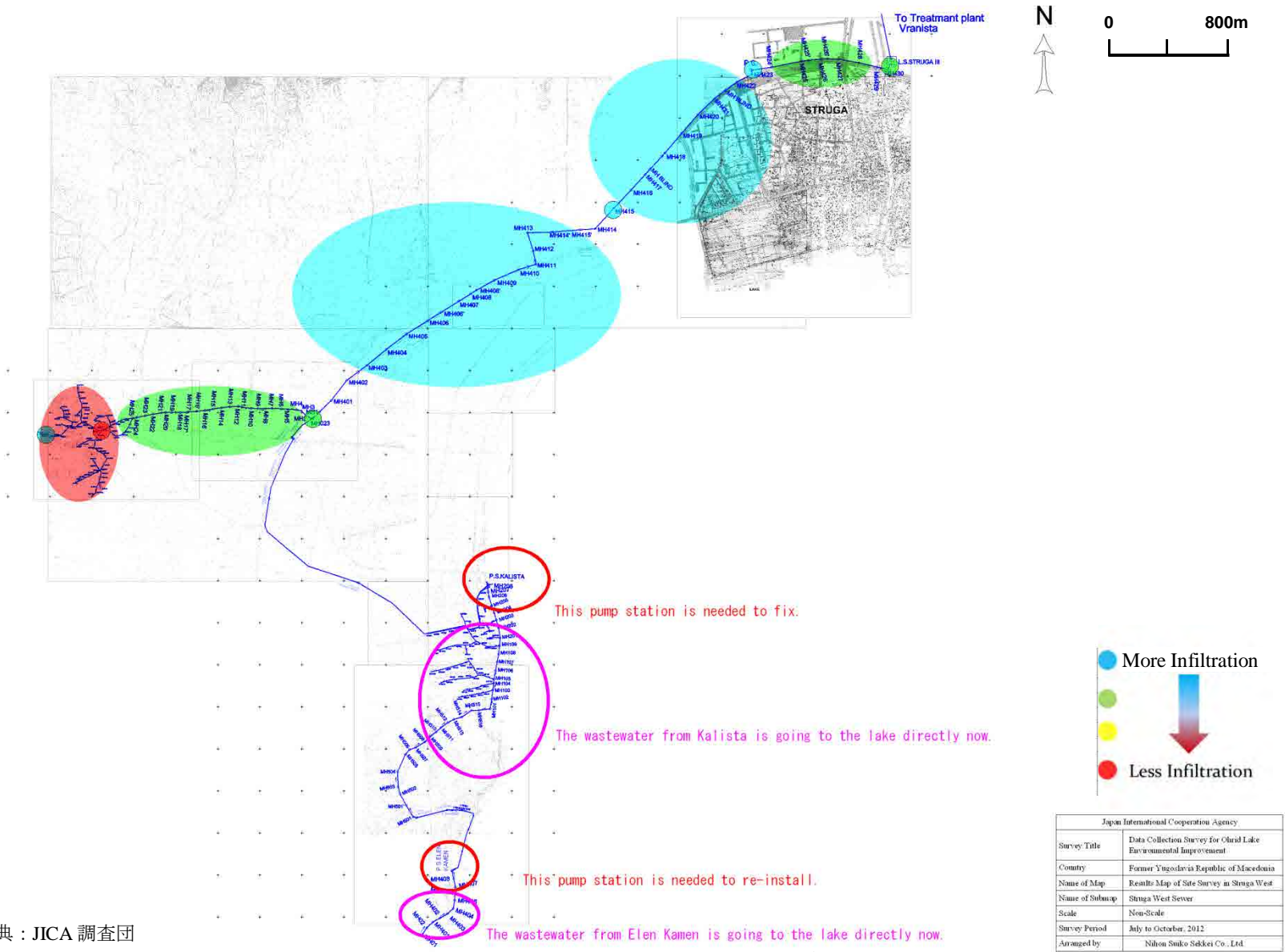


図-2.35 不明水の発生状況の区分 (スツルガ市西部)

出典：JICA 調査団

2.5 オフリド湖への汚濁負荷の流出状況

下水道施設の整備普及による汚濁負荷量の削減効果を把握するため、現況（2010年を基準）における汚濁負荷量を算出して下水道施設の整備により期待される汚濁負荷削減効果を考察した。

2.5.1 人口の予測

オフリド市及びスツルガ市では2002年に行われた国勢調査の後に正式な人口統計調査を実施しておらず、集落等での人口分布の把握が困難なことから、KfWにより実施された下水道計画（2000年）で分類された下水道計画区域別人口を基に、他の知見から得られる人口動態（定住人口で0.4%/年、観光人口で0.5%/年の上昇）を基に2010年現在の人口を設定した。

また、計算結果を集計する目的で大別する地域を設定した。

表-2.11 地域分けの設定

地域	市	行政区名	備考
OH1	Ohrid	Ohrid, Pestani, Elsani, Elesec Lagadin, Konjsko, Dolno Konjsko, Istok, Sipokno, St. Stefan, Velestovo, Raca, Ramne, Velgosti, Leskoec, Orman, G. Lakocerej, D. Lakocerej, Kosel, Podmolje, Orovnik, Gorenci, Trebenista	オフリド市中心市街地からオフリド湖周囲に伸びた南側の集落を含み、下水幹線管渠が整備済みの地域
OH2	Ohrid	Ljubanista, Trpejca	オフリド市の最南端部であり北部の集落と丘陵により隔てられた地域
ST1	Struga	Struga, Mislesevo, Visni, Sum. Zagracani, Radolista	スツルガ市中心市街地とその周辺の地域
ST2	Struga	Kalista, Frangovo, Radozda, Mali Vlaj	スツルガ市南部の集落であり、一部は下水管網が整備されているが現在は機能していない部分を含む
ST3	Struga	Moroista, Volino, Livada, Draslajca, Bidzovo, Novo Selo, Lozani, Vranista, D. Belica, Velesta, Oktisi	スツルガ市北部の集落であり、地形により下水排水は黒ドリム川の流域に達する

出典：JICA 調査団

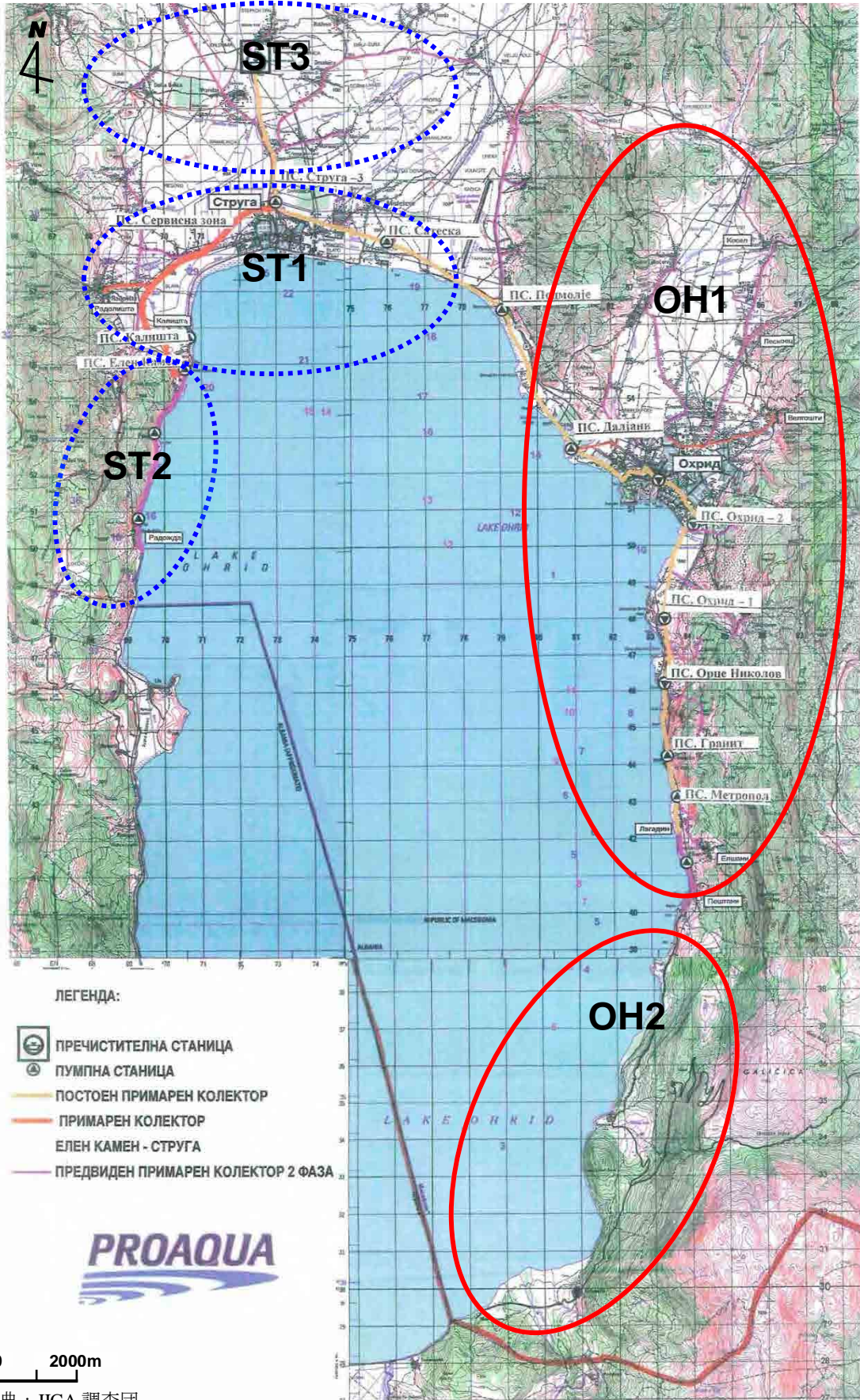


図-2.36 地域分け

2.5.2 その他の設定項目

(1)汚濁負荷量原単位

Vranista 下水処理場の設計諸元値である BOD の汚濁負荷量原単位 60g/人・日を定住人口及び観光人口に用い、地域の商業活動に伴う営業汚濁負荷量は15%に当たる 9g/人・日を用いるものとした。

表-2.12 汚濁負荷量原単位（BOD）

項目	区分	単位	数値
汚濁負荷量 原単位 (BOD)	生活系	g/人・日	60
	営業系	g/人・日	9
	観光客	g/人・日	60

出典：PROAQUA

(2)下水処理による除去率

Vranista 下水処理場での除去率は 2005～2010 年の水質分析値から 90%と設定した。その他の地域は設置義務のある腐敗槽による簡易処理を考慮し、一般的な除去率から 30%を用いるものとした。

表-2.13 下水排水の除去率

項目	単位	数値	備考
下水道接続地域	%	90	
その他の地域(簡易処理)	%	30	腐敗槽として

出典：JICA 調査団

2.5.3 汚濁負荷量の算定

(1)潜在的な汚濁負荷量

地域全体で発生する汚濁負荷量として、下水処理が行われていない場合にオフリド湖周辺で発生する汚濁負荷量を算定した。この結果下水道接続区域での汚濁負荷量は全体の 63.4%を占めている。

表-2.14 潜在的な汚濁負荷量

地域	人口				原単位(BOD) (g/人・日)		汚濁負荷量 (kgBOD/日)		
	定住		観光		定住	観光	下水道	未整備	計
	下水道	未整備	下水道	未整備					
OH1	47,124	9,815	4,286	554	69	60	3,509	710	4,219
OH2	0	885	458	4,555	69	60	27	334	361
ST1	20,742	5,486	0	1,894	69	60	1,431	492	1,923
ST2	208	3,610	2,132	1	69	60	142	249	391
ST3	0	16,893	0	0	69	60	0	1,166	1,166
Ohrid	47,124	10,700	4,744	5,108	69	60	3,536	1,044	4,580
Struga	20,950	25,989	2,132	1,896	69	60	1,573	1,907	3,480
計	68,074	36,689	6,876	7,004	69	60	5,109	2,951	8,060

採用除去率：0%

出典：JICA 調査団

(2)現況の汚濁負荷量

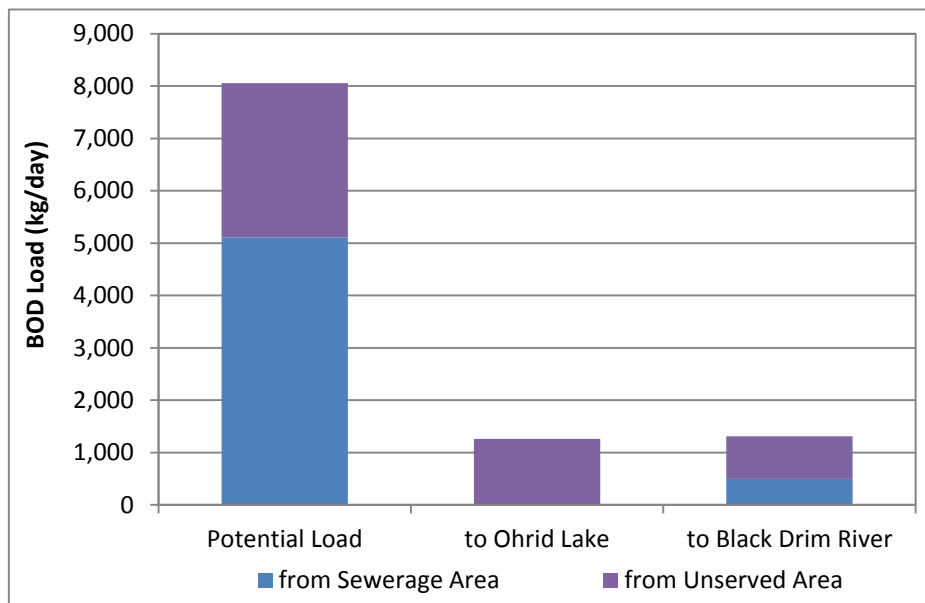
現況の汚濁負荷量について下水道接続地域、その他の地域でそれぞれの除去率を与えることで処理水に含まれる汚濁負荷量を算出した。この結果、全体の除去率は 68%となり、このうち下水道が整備済みの地域について処理水はオフリド湖へ放流されず、黒ドリム川に送水されることとなり、オフリド湖へ放流される負荷量は下水道未整備地区に起因するものとなる。

表-2.15 現況の汚濁負荷量

地域	人口				原単位(BOD) (g/人・日)		汚濁負荷量 (kgBOD/日)			総合 除去率 (%)
	定住		観光		定住	観光	下水道	未整備	計	
	下水道	未整備	下水道	未整備						
OH1	47,124	9,815	4,286	554	69	60	351	497	848	79.9%
OH2	0	885	458	4,555	69	60	3	234	237	34.3%
ST1	20,742	5,486	0	1,894	69	60	143	345	488	74.6%
ST2	208	3,610	2,132	1	69	60	14	174	188	51.9%
ST3	0	16,893	0	0	69	60	0	816	816	30.0%
Ohrid	47,124	10,700	4,744	5,108	69	60	354	731	1,085	76.3%
Struga	20,950	25,989	2,132	1,896	69	60	157	1,335	1,492	57.1%
Total	68,074	36,689	6,876	7,004	69	60	511	2,066	2,577	68.0%

採用除去率（下水道）：90%、（簡易処理）：30%

出典：JICA 調査団



* 潜在的な負荷量(Potential load)には黒ドリム川流域の負荷量を含む (全体の 14%)

出典：JICA 調査団

図-2.37 現況の汚濁負荷量

(3)下水処理が完全に普及した場合の汚濁負荷量

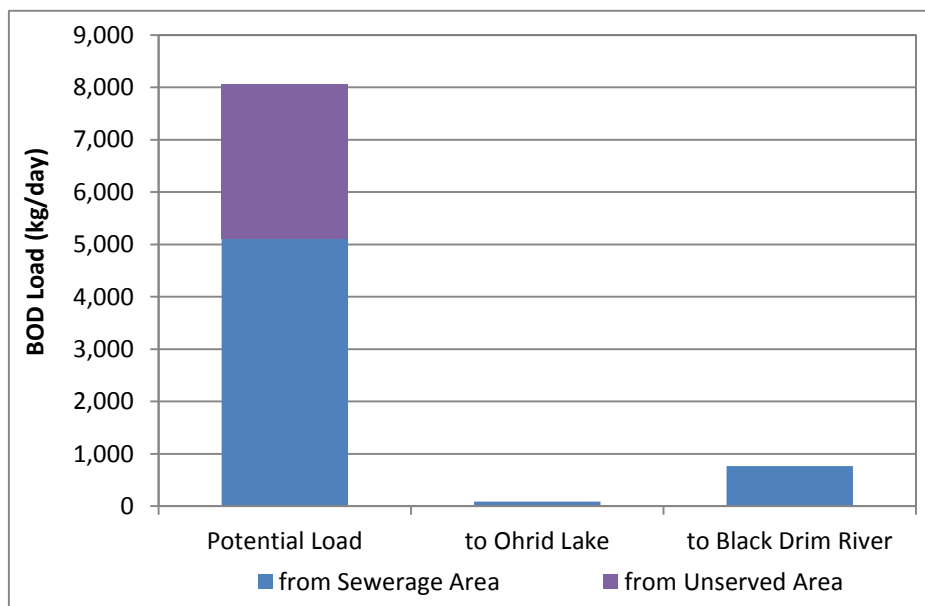
オフリド湖周辺における下水処理が完全に普及した場合を想定した処理水の汚濁負荷量を算定すると、オフリド湖に流入する汚濁負荷量は劇的に減少することが示された。

表-2.16 下水処理が完全に普及した場合の汚濁負荷量

地域	人口				原単位(BOD) (g/人・日)		汚濁負荷量 (kgBOD/日)			総合 除去率 (%)
	定住		観光		定住	観光	下水道	未整備	計	
	下水道	未整備	下水道	未整備						
OH1	56,939	0	4,840	0	69	60	422	0	422	90.0%
OH2	885	0	5,013	0	69	60	36	0	36	90.0%
ST1	26,228	0	1,894	0	69	60	192	0	192	90.0%
ST2	3,818	0	2,133	0	69	60	39	0	39	90.0%
ST3	16,893	0	0	0	69	60	117	0	117	90.0%
Ohrid	57,824	0	9,852	0	69	60	458	0	458	90.0%
Struga	46,939	0	4,028	0	69	60	348	0	348	90.0%
Total	104,763	0	13,880	0	69	60	806	0	806	90.0%

採用除去率（下水道）：90%

出典：JICA 調査団



* 潜在的な負荷量 (Potential load) には黒ドリム川流域の負荷量を含む (全体の 14%)

出典：JICA 調査団

図-2.38 下水処理が完全に普及した場合の汚濁負荷量

第3章 組織・財政の現況

3.1 組織の現況

(1)PROAQUA

PROAQUA は 2000 年に設立された組織でオフリド市・スツルガ市における上水道事業及び下水道事業の運転管理を行なっている。2010 年にオフリド市における下水道施設の運転管理（下水管渠の管理）は Niskogradba の設立に伴い分離されており、下水道施設についてはスツルガ市内の下水管渠設備と Vranista 下水処理場の管理を対象範囲としている。組織は大別して技術部門、財務部門、総務部門があり、500 名程度の職員数を擁する。

PROAQUA は既存の下水道管渠網の維持管理を移管されており、市の予算により行われる下水管渠の建設事業の設計施工を受持っている。また同じく市の予算を用いた管渠施設の補修工事も行われている。下水管渠施設に係わる図面や設計図書の保管も PROAQUA が行なっており、最近では GIS を用いた下水管渠情報の整理に着手しており、近年実施された市予算の管渠敷設工事実績をマケドニア国内で整備されている地理情報を基に管理を行なう準備を行なっている。

また Vranista 下水処理場の管理については通常の運転管理に加え、市予算に基づく補修・修繕を実施している（小規模なものは自社の予算で行われている）。

(2)Niskogradba

Niskogradba は 2010 年に設立され、PROAQUA が従来管理を行なっていたオフリド市内の下水管渠網の運営管理を担当している。下水処理は引き続いて PROAQUA が管理を行なうため、下水処理場の使用料金を PROAQUA に支払っている。オフリド市内は上水道について PROAQUA、下水道は Niskogradba が集金を行なっている（スツルガ市は PROAQUA 社で上下水道双方の集金を行っている）。

3.2 財政の現況

PROAQUA による上下水道事業の収支状況を確認するため、近年の決算資料を入手した。これによると事業収入は全体の 82%が料金収入によるもの（2011 年現在で 185,289 千 MKD、(296,884 千円、3,012,829EUR)）であり、料金収入の内 27%が下水道に係るものであった。2011 年では事業の赤字額を 78,430 千 MKD（125,667 千円、1,275,285EUR）と計上しておりこの金額はオフリド市、スツルガ市双方の予算から補填されている。

表-3.1 2011年における PROAQUA の決算資料

区分	項目	千円	EUR	千 MKD	備考
歳入	水道料金	218,358	2,215,935	136,280	(1)
	下水道料金(下水処理)	13,518	137,187	8,437	(2)
	下水道料金(下水管)	65,008	659,707	40,572	(3)
	小計	296,884	3,012,829	185,289	(4)=(1)+(2)+(3)
	営業利益	17,181	174,358	10,723	(5)
	その他利益	46,727	474,195	29,163	(6)
	小計	63,908	648,553	39,886	(7)=(5)+(6)
	計	360,793	3,661,382	225,175	(8)=(4)+(7)
歳出	資材・原料等	-21,929	-222,537	-13,686	(9)
	電力	-54,086	-548,878	-33,756	(10)
	その他燃料等	-19,846	-201,398	-12,386	(11)
	人件費	-203,306	-2,063,187	-126,886	(12)
	食事手当て	0	0	0	(13)
	委託費	-4,722	-47,919	-2,947	(14)
	償還費	-44,846	-455,106	-27,989	(15)
	減価償却等	-44,465	-451,236	-27,751	(16)
	その他営業費用	-74,975	-760,862	-46,793	(17)
	計	-468,176	-4,751,122	-292,194	(18)=(9)+...(17)
利息歳入	1,687	17,122	1,053	(19)	
利息歳出	-14,380	-145,935	-8,975	(20)	
営業損益	-74,941	-74,941	-74,941	(21)=(8)+(18)+(19)+(20)	
関連事業歳入	0	0	0	(22)	
関連事業歳出	0	0	0	(23)	
計	-74,941	-74,941	-74,941	(24)=(22)+(23)	
所得税	-5,590	-56,732	-3,489	(25)	
総損益	-80,531	-131,673	-78,430	(26)=(24)+(25)	
総利益	362,480	3,678,504	226,228	(27)=(8)+(19)+(22)	
総損失	-482,556	-4,897,057	-301,169	(28)=(18)+(20)+(23)	
所得税	-5,590	-56,732	-3,489	(29)	
総計	-125,667	-1,275,285	-78,430	(30)	

1EUR=98.54JPY

1EUR=61.50MKD

出典：PROAQUA

また、料金体制は家庭用、事業用それぞれ料金単価が設定されている。

表-3.2 上水道・下水道使用料単価

単位:MKD/m³

項目		家庭用 ($< 30 \text{ m}^3$)	事業用 ($< 62.5 \text{ m}^3$)	備考
上水道		25.50	39.20	2001年12月現在(最新の 改訂)
下水道	処理場	6.80	11.80	
	下水管	10.20	17.00	
計		42.50	68.00	

多量使用者には従量制が適用されている

出典：PROAQUA

第4章 オフリド湖環境改善の対策案

4.1 現況の分析結果

本調査により実施した資料収集や関連機関に対する聞き取り調査、現地調査等から得られた知見を基に現況における課題点を整理した。

(1) 下水管渠に係る課題点

1) 多量の浸入水の流入

季節を問わず多量の浸入水が下水道に流入することにより下水処理水量の増加が見られ下水管渠の損耗が早く進む事が懸念される。本調査では原因及び発生場所の特定は行えなかったが下水道区域全体で見られる問題と考えられ、季節変動や日間の流量変動等に基づく分析が必要となる。

2) 雨水の混入

調査区域の下水道施設は分流式として整備が進められているが、整備当初に敷設された合流式の下水管渠や分流雨水管渠の整備が進んでいない区域での道路面からの雨天時の雨水流入が特に雨期における下水量の増加を引き起こしている。

3) 既設管渠網の情報不足

下水管渠における浸入水等の削減には管渠の老朽度や合流地域の把握等による原因や場所の把握が求められるが、既存施設の縦断情報や詳細な管渠敷設状況を示す資料が不足している。また管渠の状態や修繕の履歴に関する情報は書類として残されているものが存在するものの台帳等にとりまとめられていないことから情報を活用することが困難となっている。

(2) ポンプ場に係る課題点

1) 下水管網からの多量の流入

浸入水に由来する下水量の増大はポンプ場に影響を及ぼし、常時運転による電気代の増加や機器類の損耗の加速を引き起こしている。特に下流側に位置するポンプ場施設や処理場施設においては強い降雨の発生時に設計能力の超過による未処理下水の放流を引き起こす危険性がある。

2) 運転休止中のポンプ場

スツルガ市南部に設置されている Kalista ポンプ場及び Elen Kamen ポンプ場は現在運転休止中であり、下水道に接続済みの家庭や施設から流入する下水は未処理の状態でもフリド湖に放流されている。予備機による機器の交換が検討されているが早期の運転復旧が求められる。

(3) 下水処理場に係る課題点

浸入水に由来する下水量の増大は下水処理水量の増加を引き起こし、電気代の増加や機器類の損耗の加速を引き起こしている。また下水道への流入水質が設計値よりも低くなり、水質の変動が大きくなることにより良好な水質の維持の観点からより安定した運転が行える事が望ましい。

(4) 下水管渠網の拡大

オフリド湖の環境改善に資する観点から、オフリド市、スツルガ市共に下水処理の完全普及を目標に掲げ、市街地中心部では市の予算による面整備が進められている。一方周辺の集落に関し、下水幹線がオフリド湖岸周辺を囲むように整備されていることから、面整備を進めることで下水道への接続が可能である。

また、オフリド市の最南端に位置する Ljubanista と Trpejca については標高の高い丘陵に阻まれており既存の下水幹線の延伸は困難な状況であることから 2011 年に行われたマケドニア南西地域の開

発計画事務所（Center for Development of the Southwest Planning Region）によるフィージビリティ調査では小規模な下水処理施設をそれぞれに設置することが妥当であると結論づけている。

スツルガ市南部の集落である Radozda については現況の下水道施設の南端部である Elen Kamen 地区（現在下水道施設は休止中）から 4km 程度と比較的近く、また標高差が少ないことから既存の下水道施設の拡張による整備が可能と考えられる。

4.2 改善策の立案

現況の課題点を基に、オフリド地域における下水道施設整備を軸としたオフリド湖環境改善に資する施策の立案を行った。

4.2.1 既設下水管渠の改築更新・修繕

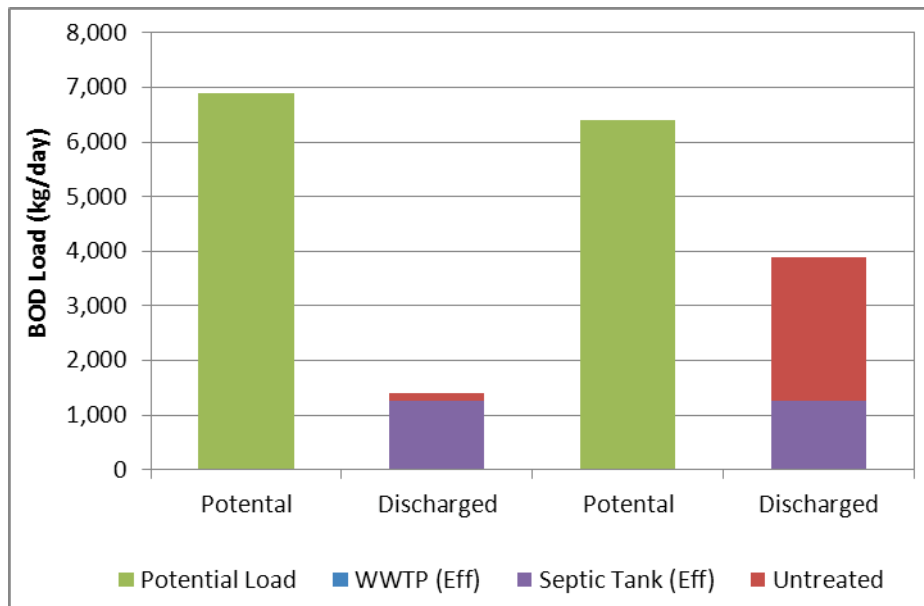
オフリド地域の下水道施設は多量の浸入水によるポンプ場や処理場の過負荷が問題となっているが、問題の解決に際しては下水管渠の修繕を始めとした浸入水を削減するための対策が不可欠となる。また、現地調査の結果、主要な管渠において接合部の脱落等による箇所が見受けられていることから幹線管渠を中心とした緊急対策と、抜本対策としてより効果のある削減対策を提案した。

(1)緊急対策としての幹線管渠の修繕・改修

本調査では幹線管渠において実施すべき緊急対策としての修繕・改修の事業量を現地調査の結果を基に大まかに算出した。この結果、幹線管渠約 35km に対して継手部における補修と不明水の発生量が多いものと見積もられ状態の悪化が懸念される区間（優先度 A）の管渠への管渠更生工法を用いた改修（優先度 A の区間 4.38km の 50%と見込み 2.2km）を計上した。

(2)長期的対策としての面整備管渠の改修

本調査では下水処理場の運転実績からポンプ場及び下水処理場へ流入している下水量が概ね一定量となっている点、更に水質測定結果では雨期に水質の低下が見られる点に着目し、降雨発生時に送水能力を超過した下水が緊急放流される可能性について検証を行った。この結果、雨期における流入水質の低下が下水に混入する雨水により希釈が増加するものと想定した場合、多量の下水が下水道の系外に未処理で流出する可能性があることが分かった。



出典：JICA 調査団

図-4.1 オフリド湖に対する放流負荷の考察

このことから、オフリド湖に対する環境保全の観点から特に雨天時における下水量の削減が重要なものと考え、面整備管渠（2次管渠、3次管渠）に対しての対策を提案した。考えられる対策案としては、①新たに汚水管を水密性の高い樹脂管（及びゴム製の継手）で敷設し不明水・雨水の浸入を減らす、②整備が遅れている分流雨水管渠網を整備することで雨天時の雨水流入を減らす、③管渠更生工法や止水工法を用いて既存管渠を用いた補修・改修を行う、の3手法について比較検討を行った。

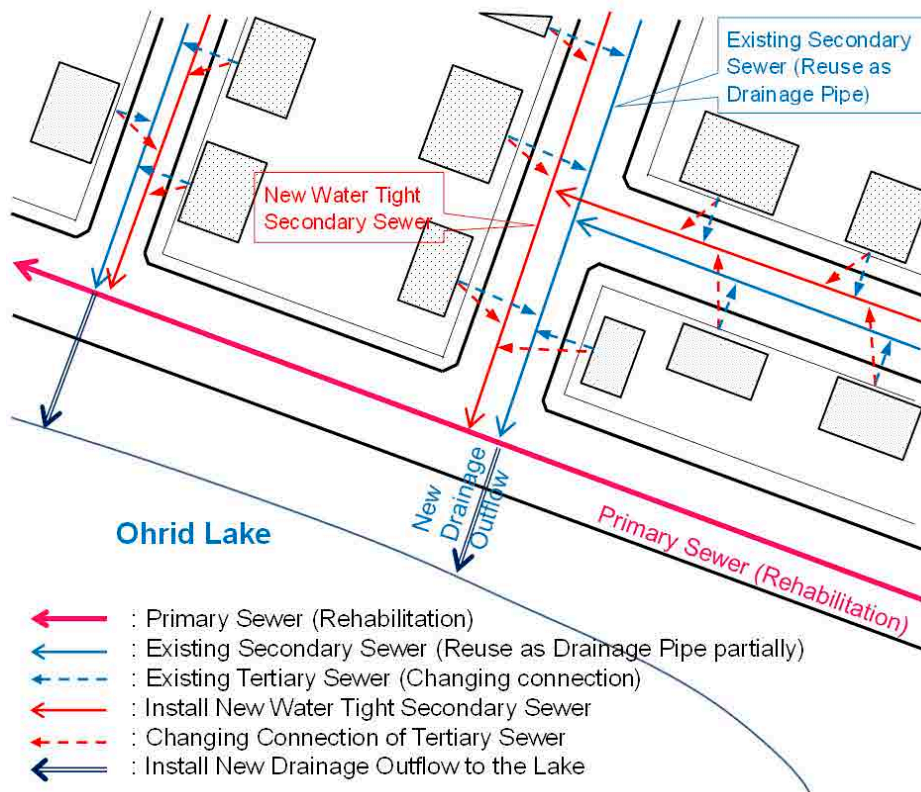
この結果、新たに汚水管を敷設することが最も効果が高く、接続済みの家屋については取付管のつなぎ替えが極力可能であるものと想定し、更に既設管渠の一部は引き続き分流雨水管渠として活用ができることから本案を採用するものとした。

表-4.1 改修手法の比較検討

No.	手法	長所	短所
1	新たに水密性の高い汚水管渠を敷設する	浸入水の削減効果が最も高い	家屋等の接続切り替えが複雑化する
		建設費用は比較的lowめとなる(浅い埋設、小径化)	建設期間は最も長期にわたると推測される
		マンホール蓋の更新により道路からの雨水流入は減少する	
		既存の管渠の一部分は雨水管渠として活用できる	
2	雨水管渠を敷設し完全分流化を達成する	市が目標としている完全分流化が達成できる	既設管渠への浸入量の削減効果は確実とはいえない
		家屋等からの取付管の接続切り替えが不要である	老朽化や故障の生じた既設管渠の改善は行われぬ
		汚水管渠の敷設に比して建設費は高いと想定される	既設管渠のマンホール蓋からの雨水の流入への考慮が必要である
3	管渠更生工法等による補修・改修を行う	家屋等からの取付管の接続切り替えが不要である	管渠更生工法を採用する場合、費用が最も高価となる。
		市街地における掘削・埋設が不要なため交通等の支障が少ない	浸入水の発生箇所の特定は困難であり広範囲な改修が前提となる。
			既設管渠のマンホール蓋からの雨水の流入への考慮が必要である

*環境保全の観点についてはいずれの整備によっても未処理放流の影響が同程度に改善されることを前提として比較項目としなかった

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図-4.2 面整備管渠の改修の概要

また、緊急対策として提案を行っている下水管渠更生工法については、下水管渠の老朽化に伴う長寿命化や都市部における改築・更新に係る技術として日本国内で数々の有力な工法が開発されている。

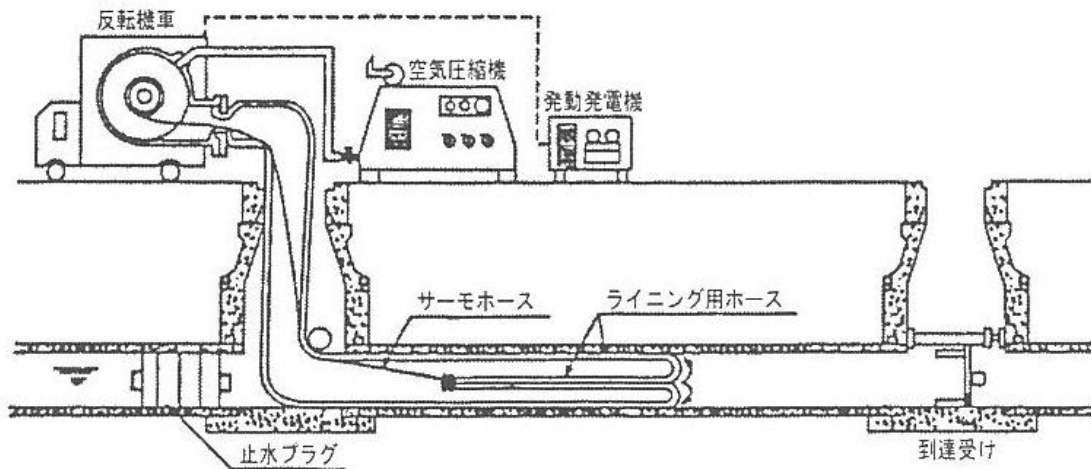
表-4.2 管渠更生工法の主な分類

種別		代表的な工法
更生工法 (内面に管渠を構築)	自立管	反転工法 形成工法
	複合管	SPR 工法
	二層構造管	反転工法 形成工法
	その他	さや管工法
止水工法		注入工法 リング工法
ライニング工法		ライニング工法
管布設		管渠の敷設替え

出典：分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアル（下水道新技術推進機構）

1)反転工法

本工法は熱または光硬化樹脂を用いた管体を既設管内に水圧または空気圧により施工することで既設管内面に新しい管壁を固着させる方法であり、既設管が著しい損傷やクラックの発生により管体本来の強度が保持できない場合に有効である。

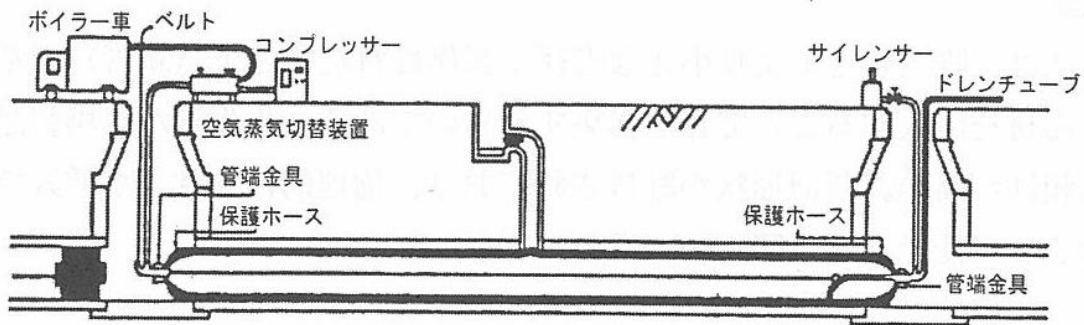


出典：下水道管路施設維持管理マニュアル（日本下水道管路維持管理業協会）

図-4.3 反転工法の概要

2)形成工法

本工法はグラスファイバー強化樹脂を用いた管体を既設管内に挿入したのちに水圧または空気圧を用いて管体を膨らませて既設管内に固着する方法であり、強度が保たれなくなった管渠の改築更新に使用される。

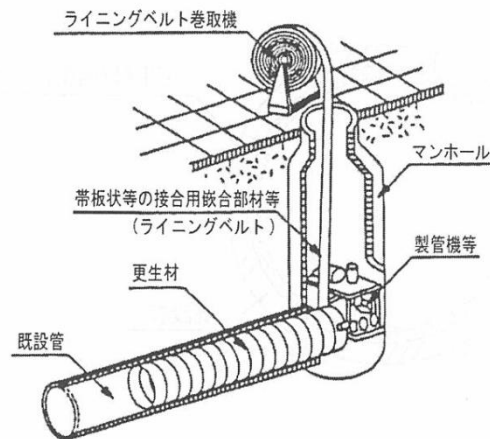


出典：下水道維持管理指針（日本下水道協会）

図-4.4 形成工法の概要

3)SPR 工法

本工法は高強度塩化ビニル樹脂を用いたライニングベルトを既設管渠内にらせん状に旋回させながら接着させることで更生を行う工法である。近年はある程度の下水の流下を許容させながら施工を行う事が可能となっており、自立管と同等の強度を確保することが可能な改築更新に用いる工法である。

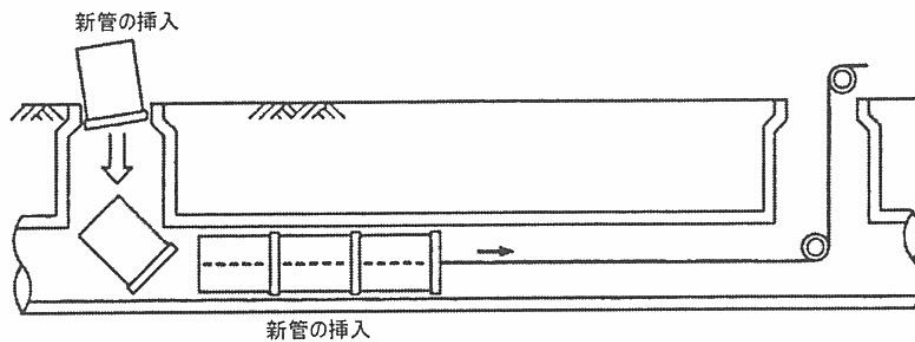


出典：下水道維持管理指針（日本下水道協会）

図-4.5 SPR 工法の概要

4)さや管工法

本工法は強度、重量、耐震性に優れた自立管を既設管渠内に設置するもので、長区間の施工においてもラックレールによる輸送を不要としており、同じく改築更新に際する施工方法として採用されている。

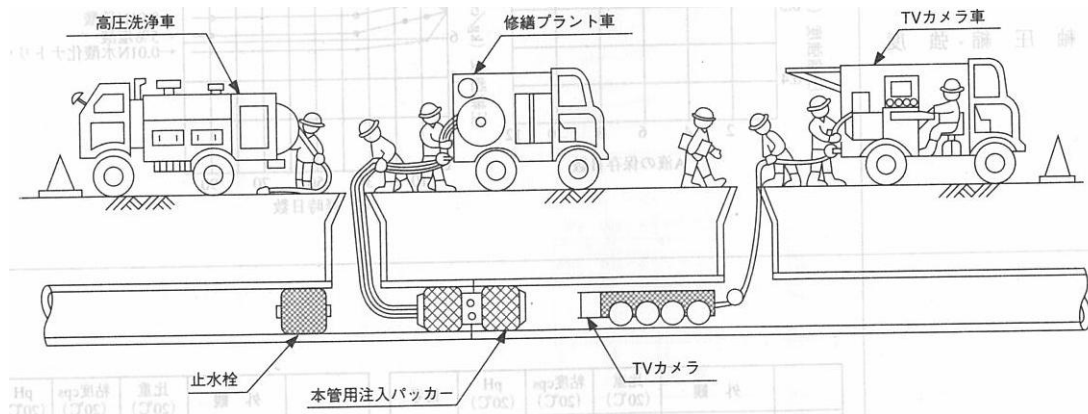


出典：下水道維持管理指針（日本下水道協会）

図-4.6 さや管工法の概要

5) 注入工法

本工法は止水性のある素材を管渠のクラック発生部位や継手部分に充填することで浸入水の発生を抑えるもので、継手のずれやゴム輪の欠落、管渠のクラック補修に有効な修繕方法である。

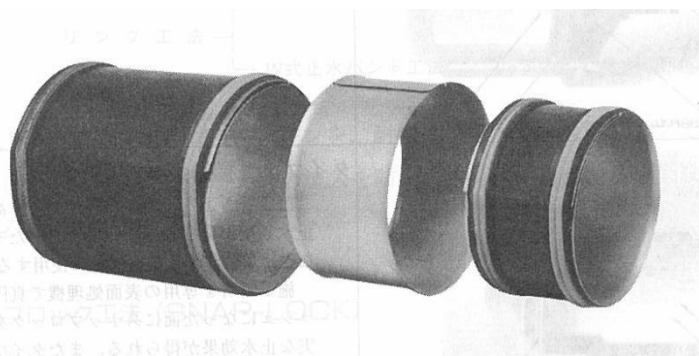


出典：下水道管路施設維持管理マニュアル（日本下水道管路維持管理業協会）

図-4.7 注入工法の概要

6) リング工法

本工法は浸入水を防ぐために帯状素材を管渠内部に設置する方法であり、止水のための修繕方法として用いられる。

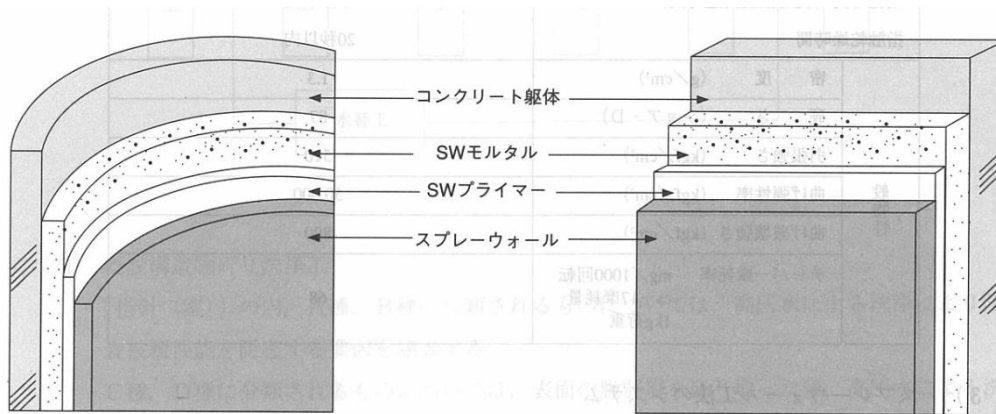


出典：下水道管路施設維持管理マニュアル（日本下水道管路維持管理業協会）

図-4.8 リング工法の概要

7)ライニング工法

本工法は硬質なウレタン樹脂層を管渠の破損部位に形成させることで止水や耐久性の向上を図る修繕方法として用いられる。



出典：下水道管路施設維持管理マニュアル（日本下水道管路維持管理業協会）

図-4.9 ライニング工法の概要

4.2.2 下水道整備未普及地域の整備

スツルガ市及びオフリド市で長期計画として掲げられている下水道整備が未着手となっている地域への下水道施設整備について、以下の3地域を比較対象に挙げた。

(1)スツルガ市 Radozda 地区

スツルガ市南端部に位置する Radozda 地区の下水道接続に関して下水管渠及び中継ポンプ場の設置が見込まれる。

(2)オフリド市市街地の周辺集落地域

オフリド市の中心市街地周辺の集落における面整備管渠の整備が見込まれる。

(3)スツルガ市市街地の周辺集落地域

オフリド市の中心市街地周辺の集落における面整備管渠の整備が見込まれる。

4.2.3 小規模下水処理施設の整備

オフリド市南端部に位置する Ljubanista 及び隣接する景勝地である St. Naum や Trpejca では以前に実施されたフィージビリティ調査により既存の下水道システムへの接続ではなく小規模な下水処理施設の整備を行うことが位置づけられており、本調査においてもこの考え方に則り比較検討の対象とする。

表-4.3 必要な小規模下水道施設の概要

項目	単位	Ljubanista	Trpejca
定住人口	人	502	383
観光人口	人	2,742	2,970
小計	人	3,244	3,353
面積	ha	37	18
下水量	m ³ /s	600	650
下水処理方式	-	生物処理方式	生物処理方式
管渠延長	m	5,670	5,291
施設面積	m ²	3,400	3,600
汚泥処理方式	-	濃縮汚泥を Vranista 処理場に輸送	

出典：JICA 調査団

4.3 概算事業費

本調査において対策案を検討した既設下水管渠の改善策、下水道整備未普及地域の整備、小規模下水道施設の整備に係る事業費の算定を行い、裨益対象となる人口（観光人口を含む）やオフリド湖への低減が期待される汚濁負荷量との比較を行った。

4.3.1 既設下水管渠の改築更新・修繕

既設下水管渠の改善策として候補に計上した幹線管渠の更生及び幹線管渠の修繕、面整備管渠の新設（既設汚水管からの敷設替え）について概算事業費を算出した。

表-4.4 既設下水管渠の改善策の概算事業費

項目	実施延長 (m)	概算事業費		
		千円	千 EUR	千 MKD
幹線管渠の更生	2,191	793,299	8,051	495,137
幹線管渠の修繕	35,125	330,475	3,354	206,273
小計*	35,125	1,123,774	11,405	701,410
既設管渠網の再構築	106,114	2,917,677	29,609	1,820,957
計	141,239	4,041,450	41,013	2,522,367

*幹線管渠の修繕延長は詳細調査の結果に基づき算定されるため、ここでは管渠延長全体を計上
 出典：JICA 調査団

4.3.2 下水道整備未普及地域の整備

下水道整備未普及地域の整備として本調査で候補に計上した Radozda 地区の下水道整備（スツルガ市）やオフリド市及びスツルガ市における市街地周辺集落の面整備管渠の整備について概算事業費を計上した。

表-4.5 下水道整備未普及地域の概算事業費

項目	実施延長 (m)	概算事業費		
		千円	千 EUR	千 MKD
Radozda 地区	5,550	99,398	1,009	62,035
オフリド市街地の周辺集落	88,646	752,548	7,638	469,674
スツルガ市街地の周辺集落	30,836	499,800	5,072	311,932
計	125,032	1,351,746	13,719	843,641

出典：JICA 調査団

4.3.3 小規模下水処理施設の整備

オフリド市南端部に位置する Ljubanista 及び Trpejca における小規模な下水処理施設の整備に係る概算事業費を算定した。

表-4.6 小規模下水処理施設の概算事業費

集落	人口	計画 下水量	処理場 事業費	管渠 延長	管渠 事業費	概算事業費		
						千円	千 EUR	千 MKD
単位	人	m ³ /日	千円	m	千円	千円	千 EUR	千 MKD
Ljubanista	3,175	600	124,919	5,670	93,374	218,293	2,215	136,239
St.Naum	69							
Trpejca	3,353	650	130,542	5,291	87,132	217,674	2,209	135,853
計	6,597	-	255,461	10,961	180,506	435,967	4,424	272,092

*処理場事業費については日本国内の実績値を用いた費用関数により算出

出典：JICA 調査団

4.3.4 便益に関する比較

本調査により計上した改善策に係る事業効果の把握を目的として裨益対象となる人口（観光人口を含む）やオフリド湖への低減が期待される汚濁負荷量との比較を行った。なお、既設下水管渠の改善策については整備により期待される雨期における下水道施設からのオフリド湖への未処理下水の放流の解消に係る汚濁負荷量とした。

表-4.7 裨益対象人口における概算事業費の比較

改善策	概算事業費			裨益人口 (人)	裨益人口当りの概算事業費		
	千円	千 EUR	千 MKD		円/人	EUR/人	MKD/人
(1)既設下水管渠の改築更新・修繕	4,041,450	41,013	2,522,363	74,492	54,253	551	33,860
既設幹線管渠の更生・修繕	1,123,774	11,404	701,346	-	-	-	-
既設管渠網の再構築(汚水管の新設)	2,917,677	29,609	1,820,957	-	-	-	-
(2)下水道整備未普及地域の整備	1,451,145	14,726	905,677	14,459	100,363	1,018	62,638
Radozda 地区の整備(スツルガ市)	99,398	1,009	62,035	1,279	77,715	789	48,503
オフリド市の市街地周辺集落	752,549	7,637	469,675	5,800	129,750	1,317	80,978
スツルガ市の市街地周辺集落	599,198	6,081	373,967	7,380	81,192	824	50,673
(3)小規模下水処理施設の整備	435,967	4,424	272,092	5,439	80,156	813	50,026
Ljubanista (St. Naum を含む)	218,293	2,215	136,239	2,688	81,210	824	50,684
Trpejca	217,674	2,209	135,853	2,751	79,125	803	49,383
計	5,928,562	60,164	3,700,072	94,390	62,809	637	39,200

出典：JICA 調査団

表-4.8 期待されるオフリド湖への汚濁負荷削減量における概算事業費の比較

改善策	概算事業費			裨益効果 (除去 BOD) kgBOD/日	裨益人口当りの概算事業費		
	千円	千 EUR	千 MKD		円/ kgBOD/日	EUR/ kgBOD/日	MKD/ kgBOD/日
(1)既設下水管渠の改築更新・修繕	4,041,450	41,013	2,522,363	4,574	883,534	8,966	551,424
既設幹線管渠の更生・修繕	1,123,774	11,404	701,346	-	-	-	-
既設管渠網の再構築(汚水管の新設)	2,917,677	29,609	1,820,957	-	-	-	-
(2)下水道整備未普及地域の整備	1,451,145	14,726	905,677	772	1,878,739	19,066	1,172,543
Radozda 地区の整備(スツルガ市)	99,398	1,009	62,035	77	1,296,346	13,156	809,065
オフリド市の市街地周辺集落	752,549	7,637	469,675	355	2,118,696	21,501	1,322,304
スツルガ市の市街地周辺集落	599,198	6,081	373,967	341	1,759,584	17,857	1,098,178
(3)小規模下水処理施設の整備	435,967	4,424	272,092	300	1,451,656	14,732	905,996
Ljubanista (St. Naum を含む)	218,293	2,215	136,239	149	1,466,813	14,885	915,455
Trpejca	217,674	2,209	135,853	152	1,436,767	14,581	896,704
計	5,928,562	60,164	3,700,072	5,647	1,049,877	10,654	655,241

出典：JICA 調査団

4.4 提案事業の選定

本調査では以下に掲げる 3 事業をオフリド湖周辺における下水道事業及び汚水廃水処理に効果的な案件として選定した。

(1) 既設下水幹線管渠の改築更新・修繕

既設管渠網の改善に関し、幹線管渠を対象に更生及び修繕を行う事が地下水や湖水による浸入水の低減に効果的であり、実施が必要であると判断した。

- 既設幹線管渠全体における止水工法を用いた管渠継手部等での修繕
- 破損や継手部の脱落がみられる区間での管渠更生工法による改築更新

(2) オフリド市南部での小規模下水処理施設の整備

以前に実施されたフィージビリティ調査の結果に基づきオフリド市最南端部の 2 集落を対象として小規模下水処理施設の整備を行う。

- Ljubanista 及び Trpejca 地区での小規模下水処理施設（2 箇所）
- 定住地域内の面整備下水管渠網及び主要な観光施設までの接続管渠（Trpejca地区においては部分的に整備された既設の下水管渠を活用する）

(3) 既設管渠網の改築

オフリド地域の下水管渠網は浸入水等の下水管への流入に伴い当初計画された下水道施設の能力を大幅に超過する現象が見られる事から汚水管の新設による既設管渠網の改築が継手部の浸入水の低減や老朽管の故障箇所の解消、詳細な構造が不明である合流式で整備された下水管渠網の再構築（既設管の一部は分流式雨水管としての活用を行う）を実施する上で最も効果的なものと判断し、2 次管、3 次管を対象とした汚水管の新設を選定した（家屋内からの排水接続部は現況の 3 次管までの取付管の使用を前提とする）。

表-4.9 事業案の概要

項目	下水管渠		ポンプ 施設	下水 処理場	備考
	幹線	面整備			
(1)既設下水幹線管渠の改築更新・修繕					
既設幹線管渠の更生	2km	0km	-	-	優先度 A (4.38km) の 50% の区間に対して SPR 工法による更生を想定
既設幹線管渠の修繕	35km	0km	-	-	全区間延長の 4% (継手部分) の止水工法による修繕を想定
(2)小規模下水処理施設の整備					
下水処理場	-	-	-	2 箇所	600 m ³ /日 (Ljubanista) 650 m ³ /日 (Trpejca)
面整備管渠(2 次管)	-	11km	-	-	概算による
面整備管渠(3 次管)	-	*	-	-	費用を事業費において計上
(3)既設下水道管渠の再構築					
既設管渠網の再構築(汚水管の新設)	-	106km	-	-	既設の全面整備管渠(2 次管)を計上。3 次管相当費用を事業費において計上

出典：JICA 調査団

なお下水道整備未普及地域の整備については、現況においても PROAQUA が地元予算により少しずつ着手を行っている事と、近傍に幹線管渠が敷設されている区間については面整備事業により下水道施設への接続が完了する点を考慮した。また、下水処理施設に関する対策についてはその多くが浸入水による下水量の増加に関連する事ため、浸入水の削減を当初に講ずる必要があり、緊急の対策は提案しないものとした。さらには雨天時水量の増加に起因した処理施設を設置した場合（簡易処理施設を含む）でも、放流先はオフリド湖となるか、または現在の Vranista 下水処理場の放流先である黒ドリム川までの送水が必要となり、膨大な維持管理費用が生ずると考えられるため、処理施設の新設及び増設は提案に含めなかった。

第 5 章 提案内容のまとめと工程計画

5.1 提案内容のまとめ

本調査を通じて選定された事業に関し、事業の実施に伴い必要となる調査や台帳情報の作成等の項目について検討を行い、以下の通り 8 つの事案として整理を行った。

(1) 下水管網における浸入水調査

本調査における現地調査では多量の不明水の発生が見受けられ、これらの多くは地下水や湖水等の浸入によるものや、マンホール上部からの雨水の流入が疑われるため、より詳細な調査により浸入水の原因解明や重点対策が必要な地域等の把握が必要である。調査方法としては全体的な下水管渠内部の目視調査に加え、電磁流量計等を用いた流量調査、テレビカメラによる詳細調査が考えられる。

(2) 幹線管渠の改築更新・修繕の実施

浸入水調査により実施される流量調査やテレビカメラ調査等の結果を用いて管体の破損や管渠継手部の脱落が確認された地点については管渠更生工法を用いた構造面の強度保持を含む改築更新を行う。一方、管渠継手部の止水や管渠内のクラック等について、強度面の補強を伴わないと考えられるものについて止水工法を用いた修繕を行う事で幹線管渠区間での浸入水の削減を図る。

(3) オフリド市南端部での小規模下水道施設の設計

オフリド湖南部に位置する 2 集落については地形的制約から既存の下水道施設への接続ではなく小規模下水処理施設を湖岸に整備することが妥当であるため、下水処理場や下水道のルート検討を含む調査・設計を実施する。

(4) オフリド市南端部での小規模下水道施設の工事の実施

小規模下水処理施設の設計を受け、各施設の建設整備を実施することでオフリド湖への汚濁負荷の流出削減が期待される。

(5) 下水道台帳の作成

オフリド湖周辺で有する 50 年以上に渡る下水道施設の整備実績を台帳化することにより浸入水対策に関する改築更新や修繕に関する意思決定や将来における改築更新や日常的に行われる清掃や小規模な修繕等の履歴を下水道施設全体で記録、共有できる仕組みを作成する。

(6) オフリド市・スツルガ市における既設管渠網の改築設計

オフリド湖周辺の下水管渠施設に関し管渠の損傷等に起因すると考えられる浸入水の削減を達成させるため、合流式で整備された一部の下水管渠を含む既設面整備管に替わり分流汚水管渠の敷設を行うための設計を行う。

(7) オフリド市・スツルガ市における既設管渠網の改築工事の実施

既設管渠網の改築設計を受け、主に両市市街地において汚水面整備管渠の敷設、家庭からの既設取付管の接続、既設下水管渠の雨水管渠への転用を実施する。

(8) オフリド湖環境改善に係る啓蒙活動

地域住民及び環境客に対する環境意識の向上を目的として下水道接続率の増加等を目的とした啓蒙活動を実施する。

提案を行った事業の実施時期について以下の通り整理した。

表-5.1 提案事業の実施工程案

提案事業	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	概算事業費 (百万 EUR)
(1)下水管網における浸入水調査	→								2.0
(2)幹線管渠の改築更新・修繕の実施		→							11.2
(3)オフリド市南端部での小規模下水道施設の設計			→						1.0
(4)オフリド市南端部での小規模下水道施設の工事の実施				→					4.4
(5)下水道台帳の整備	→								1.0
(6)オフリド市・スツルガ市における既設管渠網の改築設計			→						4.0
(7)オフリド市・スツルガ市における既設管渠網の改築工事の実施				→					29.2
(8)オフリド湖環境改善に係る啓蒙活動	→								1.6
各年の概算事業費(百万 EUR)	1.9	6.9	6.4	11.6	10.4	6.0	6.0	5.2	

出典：JICA 調査団

5.2 事業実施時期のまとめ

本調査において提案を行う 8 事業について緊急性を観点とし、短期事業(2013～2016、中期事業、長期事業の 3 種類に分類を行い、それぞれの事業に関する長所・短所の整理を行った。

表-5.2 事業の実施時期の分類と長所・短所

事業時期	事業名	概算事業費 (百万 EUR)	長所	短所
短期事業 期間:2013～16	湖環境改善に係る啓蒙活動	1.6	住民に対する環境施策の重要性を周知できる	実際の効果の把握・評価が難しい
中期事業 期間:2013～16	浸入水の調査 幹線管渠緊急改善 台帳作成	14.2	幹線管渠での浸入水の削減が期待できる 台帳整備により問題点の把握や履歴整理が効果的に行える	特になし
短期事業 期間:2013～15	オフリド市南端部での小規模下水道施設の整備	5.4	集落における汚水排水に起因する汚濁流出を防ぐ事ができる	対象人口が少ないため全体における効果は少なめである
長期事業 期間:2015～20	既設面整備管渠網の改築整備	33.2	抜本的対策により浸入水や雨水の混入が大幅に防止できる	抜本的対策のため施工実施期間が長期にわたる

出典：JICA 調査団

5.3 事業実施に係る概算事業費のまとめ

事業実施には合計で 54.4 百万 EUR (5.4 百万円、3.3 百万 MKD) の概算事業費が計上されており、

先に分類した短期～長期事業の実施により必要となる概算事業費のまとめを年別に行った。

表-5.3 年別の概算事業費のまとめ

単位:百万 EUR

提案事業		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	下水管網における浸入水調査	1.0	1.0						
2	幹線管渠の改築更新・修繕の実施		3.0	3.0	3.0	2.2			
3	オフリド市南端部での小規模下水道施設の設計			1.0					
4	オフリド市南端部での小規模下水道施設の工事の実施				2.2	2.2			
5	下水道台帳の作成	0.5	0.5						
6	オフリド市・スツルガ市における既設管渠網の改築設計		2.0	2.0					
7	オフリド市・スツルガ市における既設管渠網の改築工事の実施				6.0	6.0	6.0	6.0	5.2
8	オフリド湖環境改善に係る啓蒙活動	0.4	0.4	0.4	0.4				
計	年間の概算事業費	1.9	6.9	6.4	11.6	10.4	6.0	6.0	5.2
	全体の概算事業費	54.4							

出典：JICA 調査団