

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、キリノッチ町において Dry Aru 貯水池を水源とする上水道システムを再構築し、計画目標年である 2020 年に計画対象区域内人口約 21,000 人（計画一日最大給水量 3,800m³ /日）の住民に対して安全な飲料水を安定的に供給することを目標とする。

本プロジェクトは、上記目標を達成するために、既存取水井及び取水ポンプ場並びに浄水場躯体の補修及び一部新設、機械・電気設備の新設、送配水システムの新設・拡張を行い、これらの施設の維持管理用機材を調達すると共に、給水事業の運営・管理に必要な要員の育成のための支援を行うものである。

本プロジェクトにより実施される事業の計画内容を表 3-1-1 に取りまとめる。

表 3-1-1 事業計画内容

施設名	施設内容
取水施設	<ul style="list-style-type: none"> - 新設：取水ピット、取水ポンプ設備（2.85m³/分×13 m×11 kW×2 台）、運転制御盤、流量計 - 補修：取水タンク、取水ポンプ棟（ポンプ室屋根・扉・窓等）
導水管	<ul style="list-style-type: none"> - 新設：口径 200mm×延長 15 m（ダクタイル鋳鉄管） - 補修：口径 200mm×延長 0.2km（ダクタイル鋳鉄管及び硬質塩化ビニル管）
浄水場	計画浄水量 3,800m ³ /日 <ul style="list-style-type: none"> - 新設：粗ろ過池、電気・発電設備棟、貯泥池、洗砂貯留庫、ガードハウス、場内配管、場内整備、送水ポンプ設備（2.64m³/分×41m×30kW×2 台）、自家発電機設備、受電設備、塩素注入設備 - 補修：着水槽、エアレータ、緩速砂ろ過池、管理棟（ポンプ据付用架台及び維持管理用ホイストレール設置）
送水管	浄水場～セントラルカレッジ高架水槽間 <ul style="list-style-type: none"> - 新設：口径 300 mm、延長 1.7 km（高密度ポリエチレン管） セントラルカレッジ高架水槽～パラントン高架水槽間 <ul style="list-style-type: none"> - 新設：口径 250 mm～300 mm、延長 6.7 km（高密度ポリエチレン管及びダクタイル鋳鉄管）
高架水槽	<ul style="list-style-type: none"> - 新設：1,000m³×1 池（セントラルカレッジ敷地内） - 新設：450m³×1 池（パラントン交差点近く）
配水管	<ul style="list-style-type: none"> - 新設：口径 160～400mm、延長 41.8km（PVC 管及びダクタイル鋳鉄管）
給水管接続	<ul style="list-style-type: none"> - 資材供与：1,500 セット（給水材料及び水道メータ）
機材調達	<ul style="list-style-type: none"> - 水質試験器材：吸光光度計×1、濁度計×1、顕微鏡×1、電気伝導度計×2、pH メータ×2、残留塩素計×2、Do メータ×2、冷蔵庫×1、水質試験用作業資材×1 式（作業台、椅子、整理棚等） - 維持管理用機材：不断水管削孔機×2、パソコン×2、液晶プロジェクター×1
ソフトコンポーネント	<ol style="list-style-type: none"> 1. 浄水場運転・維持管理 2. 配水システム維持管理 3. 給水管接続 4. 機械電気設備維持管理 5. 水質監視・管理

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

(1) 基本方針

1) 上位目標とプロジェクト目標

- ・上位目標：対象都市の住民の生活環境が改善される。
- ・プロジェクト目標：対象地域において安全で安定的な給水を受ける人口が増加する。

具体的には、対象地域において給水量・給水人口を拡大するとともに、「ス」国飲料水基準 SLS 614 (1983)における給水水質目標値を確保するための水質改善を図る。

2) 計画年次

本プロジェクトは既存上水道施設の復旧を主目的としている。よって、既存浄水場水源である Dry Aru 貯水池原水を用い、破損・老朽化した取水・浄水施設を復旧し、破壊された高架水槽を新設し、既存送水・配水ルートを優先的に復旧する。

合意された Dry Aru 貯水池取水量 $4,000\text{m}^3/\text{日}$ に基づき、人口増加を勘案し、配水対象行政村を決定した。無償資金協力の基本構想に基づき、目標年次は本計画策定時から約 10 年後の 2020 年とした。一方で「ス」では、新たに建設する施設は 20 年後を目標年として計画される。協議を通して確認した施設計画の考え方の違いを勘案して、目標年次は施設により以下のように設定された。

- － 取水施設：2020 年（既存施設再建）
- － 浄水施設：2020 年（既存施設再建）
- － 高架水槽/送・配水管：2030 年（新設）

(2) 自然条件に対する方針

本プロジェクト対象地域は高温多湿な亜熱帯気候であり、モンスーン現象が顕著で雨期(10月～1月)・乾期(2月～9月)の区分が明瞭である。北部州の年間降雨量は $1,100\text{mm}$ 程度であり、雨期にその 75%が集中する。施設設計及び施工計画策定に当たっては、当該地域におけるこれら自然状況を考慮する。

(3) 社会経済条件に対する方針

対象地域であるキリノッチ市及びその周辺は、タミル人が多く住む地域であるため、浄水場施設の建設時及び運転維持管理時の労働者・作業員の雇用に際しては、人種及び宗教（ほとんどのタミル人はヒンドゥー教）を十分に考慮する必要がある。

(4) 法・制度・基準に関する方針

「ス」国では飲料水基準が制定されている。浄水施設には処理水水質が本水質基準値を満足でき

る処理方式を選定する。

(5) 現地業者・市場機材の活用に関する方針

取水施設、浄水場、送水管、高架水槽、配水管建設については、「ス」国内の大手建設会社の参加を検討する。特に A9 国道及び周辺道路の工事においては、NWSDB、RDA、現地業者間で綿密な連絡を取りながら、効率的かつ安全な工事進捗を図る必要がある。

本計画で多く使用される管材のうち、送水管については、水密性・施工性を勘案し高密度ポリエチレン管とする。配水管はスリランカ国内で生産されている塩化ビニル管を用いる。また、浄水場内で使用されるダクタイル鋳鉄管は、現地で生産されていないが、外国製品が安定的に市場に供給されている。

(6) 実施機関の運営・維持管理能力に対する方針

2006年に既存浄水場が内戦により破壊され、運転休止してから長い年月が経過している。さらに当時浄水場はジャフナ NWSDB Regional Manager がキリノッチ地区にいる Officer-In-Charge (OIC) と運転員に運転・維持管理を指示していた。

浄水施設稼働中に NWSDB ジャフナが 2005 年、2006 年に浄水場内の水質試験を行ったが、処理水水質のうち濁度、色度、鉄分及びリンの 4 項目につき、スリランカ飲料水基準を超えているサンプルがあった。これは Dry Aru 貯水池原水水質に起因する部分もあるが、浄水処理が適切に管理されていたかどうかにも疑問が残る。またリンによる貯水池原水の富栄養化は、藻類の異常発生を引き起こし、問題視されている。

本プロジェクト実施を受け、キリノッチにも NWSDB OIC 事務所が再度設置されることになり、現在建設中である。技術系職員も配置されるであろうが、上記経緯により、浄水場及び送配水施設運転・維持管理の経験豊富な職員配置が期待できないため、完成施設の持続的かつ健全な運転・維持管理のため職員の訓練が必要である。

また、本プロジェクトにより水質分析機器も供与されることから、必要項目の水質モニタリングが可能となるように水質試験訓練も必要である。

このように、本プロジェクト実施後の施設の適切な運転維持管理及び水質管理を実現させるため、施設運営維持管理体制を構築する必要がある。本プロジェクトの円滑な立ち上がりを支援するため、ソフトコンポーネントの実施を計画する。

(7) 施設・機材等のグレード設定に係る方針

浄水施設は、処理水質が NWSDB 飲料水水質基準値を満足させるため、既存の緩速ろ過池に加えて前処理施設として粗ろ過池を新設するとともに、出来る限り電力を必要としない運転維持管理が容易な方式とする。また自動制御は極力使用せずマニュアル操作を基本とする。

(8) 施設建設の工法、調達方法、工期に係る方針

雨期の雨水流出により Dry Aru 貯水池水位の上昇することから、取水施設の工事への配慮が必要

である。また、日本人関係者の陸路移動や立ち入りに制約を受ける地域もあるので、工事工期及び工事体制や施工管理体制の策定に当たってはこれら事情を考慮する。

3-2-2 基本計画

(1) 計画対象区域

カンダワライ郡の2つの行政村とカラチッチ郡の12の行政村の合計14行政村を、水道計画対象区域とする。

表 3-2-1 計画対象区域の行政村名及び行政コード

番号	行政コード	郡名	行政村名
1	4506043	カンダワライ	Kumarapuram
2	4506044	〃	Paranthan
3	4509010	カラチッチ	Vivegananthanagar
4	4509012	〃	Uthayanagar East
5	4509016	〃	Ananthapuram
6	4509017	〃	Thondarmannagar
7	4509018	〃	Kanagambikaikulan
8	4509022	〃	Ratnapuram
9	4509023	〃	Killinochchi Town
10	4509024	〃	Maruthanagar
11	4509026	〃	Kanagapuram
12	4509027	〃	Thirunagar South
13	4509028	〃	Thirunagar North
14	4509029	〃	Kaneshapuram

(2) 計画目標年

「ス」国では一般に上水道施設は、20年後の水需要を見越して計画・設計される。

本調査対象水道施設は内戦後の戦災復興を主目的にしていること、日本国の無償資金協力事業として計画・設計されることから、用地取得は「ス」国政府負担事項となる。事業実施を行う NWSDB は浄水場に関しては既存の用地の範囲内で考える施設として、震災前の施設容量（一日平均 3,000m³/日相当）の復旧を望んでいる。一方で、内戦前に建設・布設していた高架水槽及び配水管は、実質は新たに建設する施設になることから、20年後の水需要に対応する施設としたいとしている。

計画年度の違いにより施設ごとに計画水量が異なることになるが、施設の計画を次の年度の水需要に対応できることを前提として計画する。

- 取水施設：2020年（既存施設再建）
- 浄水施設：2020年（既存施設再建）
- 高架水槽・配水管：2030年（既存施設再建 → 実質は新設）

(3) 計画人口

内戦の主戦場になった北部州への国内避難民（IDP）の帰還を促進するために、地域の地雷/不発弾撤去作業が進められているが、現時点においては内戦前の人口に至るまでの帰還が進んでいない。NWSDB の既往計画では 2002 年のキリノッチ県の人口は、71,354 人（Killinochchi District Water Supply Development Programme/NWSDB, February 2003）、69,998 人（Killinochchi Water Supply Scheme Preliminary Proposal/NWSDB, October 2005）となっている。本調査で得られた人口データ（Resettlement – Population in Killinochchi District as at 15,02,2011）ではカラチッチ郡の人口は 66,056 人である。内戦で国内避難民となった住民の帰還がかなり進んでいるが、まだ現状復帰の途上であることが分かる。

計画対象区域であるカラチッチ郡の 12 の行政村及びカンダワライ郡の 2 つの行政村の 2011 年 2 月のそれぞれの人口及び世帯数、そしてその合計は次のとおりである。

表 3-2-2 計画対象区域の人口及び世帯数(2011 年 2 月)

郡名	行政コード	行政村名	人口	世帯数	世帯当たり人口
カンダワライ	4506043	Kumarapuram	1,150	380	3.03
〃	4506044	Paranthan	2,017	648	3.11
カラチッチ	4509010	Viveganathanagar	1,537	507	3.03
〃	4509012	Uthayanagar East	1,927	673	2.86
〃	4509016	Ananthapuram	1,814	661	2.74
〃	4509017	Thondarmannagar	846	274	3.09
〃	4509018	Kanagambikaikulan	1,580	559	2.83
〃	4509022	Ratnapuram	1,139	390	2.92
〃	4509023	Killinochchi Town	979	385	2.54
〃	4509024	Maruthanagar	1,335	441	3.03
〃	4509026	Kanagapuram	1,078	415	2.60
〃	4509027	Thirunagar South	1,023	373	2.74
〃	4509028	Thirunagar North	1,250	472	2.65
〃	4509029	Kaneshapuram	686	261	2.63
		Total	18,361	6,439	2.85

出典：Resettlement – Population in Killinochchi District as at 15,02,2011

将来人口は、前述の NWSDB の計画（Killinochchi District Water Supply Development Programme）では 2002 年の内戦の影響を受けた後の 2002 年のカラチッチ郡の人口は 57,269 人であることを示している。そして帰還人口を加味した人口の増加率を年間 1.5%として仮定している。

表 3-2-3 カラチッチ郡の計画人口

郡	人口	予測人口			
		2002(内戦激化前)	2002(内戦激化後)	2005	2015
カラチッチ	71,345	57,269	60,001	70,291	81,576

出典：Killinochchi District Water Supply Development Programme/NWSDB, February 2003

この仮定に基づき算出した 2011 年の予測値は 66,175 人となり、今回新たに得られた 2011 年 2 月現在の人口は 66,056 人とほぼ整合する。

従って、カラチッチ郡の人口増加の傾向をカンダワライ郡の2つの行政村に適用して、計画対象区域の計画人口を次のように設定する。

表 3-2-4 計画対象区域内将来予測人口

郡	行政コード	行政村名	2011	2015	2020	2025	2030
カンダワライ	4506043	Kumarapuram	1,150	1,221	1,315	1,417	1,527
〃	4506044	Paranthan	2,017	2,141	2,307	2,486	2,678
カラチッチ	4509010	Vivegananthanagar	1,537	1,631	1,757	1,893	2,039
〃	4509012	Uthayanagar East	1,927	2,045	2,204	2,375	2,559
〃	4509016	Ananthapuram	1,814	1,925	2,074	2,235	2,409
〃	4509017	Thondarmannagar	846	898	967	1,042	1,123
〃	4509018	Kanagambikaikulan	1,580	1,677	1,807	1,947	2,098
〃	4509022	Ratnapuram	1,139	1,209	1,302	1,403	1,511
〃	4509023	Killinochchi Town	979	1,039	1,120	1,207	1,300
〃	4509024	Maruthanagar	1,335	1,417	1,527	1,645	1,772
〃	4509026	Kanagapuram	1,078	1,144	1,232	1,327	1,430
〃	4509027	Thirunagar South	1,023	1,086	1,170	1,261	1,358
〃	4509028	Thirunagar North	1,250	1,327	1,430	1,540	1,659
〃	4509029	Kaneshapuram	686	728	784	844	909
		Total	18,361	19,488	20,996	22,622	24,372

(4) 給水計画人口

戸別接続を前提にした水道施設の給水区域を拡大していくためには、配水管網整備に必要な資金を継続的に投資していくことが重要で、整備事業の進捗に連動して給水区域が拡大していく。しかし、本調査の水道施設計画対象区域における特殊性は、内戦時に地域全体に埋設された地雷/不発弾の除去や不発弾の処理が整備事業の足かせになり、整備の進捗を見通すことが困難になっている。

本調査において作成したベースマップを用いて、計画対象区域の内、NWSDB が内戦前に布設していた配水管網ベースマップ上に再現し、その配水管網がそのまま建設されたとして、各行政村内の全体の建造物全体の中でどの程度給水できるかを建造物の数で割合として出し、各行政村の給水可能人口を算出した。その結果、2011年人口の18,361人の内、給水可能な人口は11,248人となった。

表 3-2-5 既設管復旧後給水可能人口(2011年人口ベース)

郡	行政コード	行政村	人口	給水率	給水人口
カンダワライ	4506043	Kumarapuram	1,150	50%	575
	4506044	Paranthan	2,017	80%	1,614
カラチッチ	4509010	Vivegananthanagar	1,537	50%	769
	4509012	Uthayanagar East	1,927	50%	964
	4509016	Ananthapuram	1,814	50%	907
	4509017	Thondarmannagar	846	90%	761
	4509018	Kanagambikaikulan	1,580	90%	1,422
	4509022	Ratnapuram	1,139	50%	570

郡	行政コード	行政村	人口	給水率	給水人口
	4509023	Killinochchi Town	979	100%	979
	4509024	Maruthanagar	1,335	50%	668
	4509026	Kanagapuram	1,078	50%	539
	4509027	Thirunagar South	1,023	50%	512
	4509028	Thirunagar North	1,250	50%	625
	4509029	Kaneshapuram	686	50%	343
		Total	18,361		11,248

内戦時に埋設された地雷/不発弾の処理がさらに進み、配水管網を整備するための条件が整えられるとして、給水可能区域が広がり、それに伴って給水人口が増加することが予測される。仮に2020年までに地域の安全が完全に確保され、給水区域が2030年には計画区域全域に拡大するとして、給水計画人口を表3-2-6に示すように予測する。なお、2015年は本事業の完了後間もないことを考慮して、給水可能区域は表3-2-5のものと同じ給水率で考えた。また、2030年には全人口給水を目標とし、2020年はほぼ中間値を考えるとともに現時点で想定される開発動向を加味して給水率を設定した。

表 3-2-6 給水人口予測

郡名	コード	行政村名	2015			2020			2030		
			①	②	③	①	②	③	①	②	③
カンダワライ	4506043	Kumarapuram	1,221	50%	611	1,315	70%	921	1,527	100%	1,527
	4506044	Paranthan	2,141	80%	1,713	2,307	100%	2,307	2,678	100%	2,678
カラチッチ	4509010	Vivegananthanagar	1,631	50%	816	1,757	70%	1,230	2,039	100%	2,039
	4509012	Uthayanagar East	2,045	50%	1,023	2,204	70%	1,543	2,559	100%	2,559
	4509016	Ananthapuram	1,925	50%	963	2,074	70%	1,452	2,409	100%	2,409
	4509017	Thondarmannagar	898	90%	808	967	100%	967	1,123	100%	1,123
	4509018	Kanagambikaikulan	1,677	90%	1,509	1,807	100%	1,807	2,098	100%	2,098
	4509022	Ratnapuram	1,209	50%	605	1,302	70%	911	1,511	100%	1,511
	4509023	Killinochchi Town	1,039	100%	1,039	1,120	100%	1,120	1,300	100%	1,300
	4509024	Maruthanagar	1,417	50%	709	1,527	70%	1,069	1,772	100%	1,772
	4509026	Kanagapuram	1,144	50%	572	1,232	70%	862	1,430	100%	1,430
4509027	Thirunagar South	1,086	50%	543	1,170	70%	819	1,358	100%	1,358	
4509028	Thirunagar North	1,327	50%	664	1,430	70%	1,001	1,659	100%	1,659	
4509029	Kaneshapuram	728	50%	364	784	70%	549	909	100%	909	
		Total	19,488		11,939	20,996		16,558	24,372		24,372

註：①人口、②給水率、③給水人口

(5) 水需要予測

1) 生活用水量

a) 生活用水量原単位

水道計画の基本となる生活用水量原単位は、戸別接続の場合と共同水栓等の場合では大きく異なる。内戦によって破壊される前の水道施設は1975年前後に詳細設計が行われたが、その際の前提は戸別接続を行う区域は一部でほとんどの区域を共同水栓で給水するという計画であった。その

後 1980 年代破壊された水道施設を 2004 年に世銀の支援により再建したが、その際は計画・設計の全面的な見直しをすることなく、戸別接続での給水システムが導入された。そして、施設が再建された直後に内戦が起こったことから戸別接続を前提とした水道施設計画を考えるための有効なデータが残されていない。そのため、ここでは一般的な「ス」国における考え方と「ス」国の他都市の事例を参考にして生活用水量原単位を設定する。

① NWSDB の設計指針

NWSDB の水道施設設計指針 (Design Manual, D3 Water Quality and Treatment) は 1989 年に作成されたが、現在その改定に向けた準備が行われている。NWSDB の計画・設計部から、戸別接続を前提とした水道施設の将来計画には、生活用水量原単位として 120 L/人・日を用いることを推奨しているとの説明を受けた。実際に、NWSDB の計画 (Killinochchi District Water Supply Development Programme/NWSDB, February 2003) においても、生活用水量原単位は 120 L/人・日とされて計画が立案されている。

② 「ス」国の水道施設計画の事例

マータラ地区の内陸部を対象とした水道施設計画では、生活用水量原単位として 120 L/人・日を用いている。なお、マータラ地区の水道計画は、給水人口 69,650 人、給水量 31,800 m³/日である。

以上の値を参考にして、本計画においては生活用水量原単位を 120 L/人・日とする。

b) 生活用水量

生活用水量原単位に給水人口を乗じて、生活用水量を算出する。

2) 非生活用水量

非生活用水量は事務営業用水量及び工場用水量等の現状及び見通しを勘案して、水道計画に組み込む。スリランカでの一般的な計画では、生活用水量の 20%程度を見込んでいる。前述のマータラ地区の内陸部を対象とした水道計画では、既存施設の維持管理記録から実際の非生活用水量を検証して、17%としている。

本調査対象区域には特に目立った産業は現在のところ存在しないが、内戦の主戦場であったことから国道 A9 国道沿い約 10km の区間に軍隊の施設が多くあり、その中には 3 カ所の大規模な駐屯地も含まれる。その他に IDP 支援の施設としての農業振興支援施設や職業訓練施設等もある。

地域の安全を確保しつつ復興が進められているこの北部地域には、地域の拠点都市であるワウニアとジャフナを結ぶ、A9 国道の拡幅事業、鉄道の復旧事業が計画されており、その中間に位置するキリノッチ町周辺においても、多くの公共施設の建設が始められている¹。

今後この地域の復興、発展に伴って、さらに多くの事務所、事業所、宗教施設等が建設されることが予想される。

現在、キリノッチ町周辺の A9 国道沿いの公共施設、事業所の利用者数を聞き取り調査し、その

¹ Investment Plan for the 'Wadakkil Wasantham' 2010 – 2012/ Department of National Planning

結果から現在の水需要を算出した結果を表 3-2-7 に示す。なお、回答を得られなかったものは人数を推定した（表中イタリック体で表示）。

表 3-2-7 公共施設・事業所等の水需要(2011年3月調査)

No	Details	Location	Members	Per Person (l/d)	Consumption (m ³ /d)
1	Regional Agriculture & Research Development Center	Iranamaduwa Junction	18	25	0.45
2	Kannaibal Mill (Office)	A-9 Road	9	25	0.23
3	Sivam Temple	A-9 Road	30	15	0.45
4	Milk Board (Office)	A-9 Road	10	25	0.25
5	CECB Contractors	A-9 Road	40	25	1.00
6	Fisheries (Office)	A-9 Road	18	25	0.45
7	Divisional Survey office Bear Land	A-9 Road	10	25	0.25
8	IOM - WFP	A-9 Road	16	25	0.40
9	R.D.D. Office	A-9 Road	30	25	0.75
10	SSP - Office	A-9 Road	45	25	1.13
11	Department of Animal Production Health Office	A-9 Road	27	25	0.68
12	Kali Temple	A-9 Road	30	15	0.45
13	Advance Inventory Training Center	150, mile post	20	25	0.50
14	RDA Office	150, mile post	80	25	2.00
15	NHDB Office	150, mile post	30	25	0.75
16	Water Board	150, mile post	15	25	0.38
17	Youth Service Council	150, mile post	28	25	0.70
18	Sri Lanka Telecom	150, mile post	18	25	0.45
19	R.C. Church	150, mile post	8	15	0.12
20	District General Hospital	150, mile post	650	120	78.00
21	Sanasa Development Bank	150, mile post	12	25	0.30
22	Zonal Education Office	150, mile post	112	25	2.80
23	Central College	150, mile post	156	15	2.34
24	Institution of Technical Education and Naita Training Center	150, mile post	300	15	4.50
25	Commercial Bank	150, mile post	12	25	0.30
26	HNB	150, mile post	14	25	0.35
27	Church		30	15	0.45
28	Court		30	15	0.45
29	Reservation of People Bank		20	25	0.50
30	Agriculture Office		20	25	0.50
31	Pradeshya Sabha Office		20	25	0.50
32	Kachcheri		50	25	1.25
33	Regional Wave House	A-9 Road	12	25	0.30
34	Medical Office of Health	A-9 Road	20	25	0.50
35	Maloqua Office	A-9 Road	11	25	0.28
36	Regional Medical Office	A-9 Road	16	25	0.40
37	RDHS Office	A-9 Road	22	25	0.55
38	Sathosa	A-9 Road	12	25	0.30
39	Lumala Traders	A-9 Road	8	25	0.20
40	St. Theresa Church	A-9 Road	4	25	0.10
41	Sierra Office	A-9 Road	8	25	0.20
42	Goseph Church	A-9 Road	30	15	0.45
43	Green Tech Contractors	A-9 Road	18	25	0.45
44	Killinochchi District Field Office	A-9 Road	12	25	0.30
45	Kandaswamy Kovil	A-9 Road	10	25	0.25
46	Killinochchi Teaching Department	A-9 Road	13	25	0.33
47	People Leasing Company	A-9 Road	10	25	0.25

No	Details	Location	Members	Per Person (l/d)	Consumption (m ³ /d)
48	People Bank	A-9 Road	16	15	0.24
49	Catholic Church	A-9 Road	30	15	0.45
50	Sri Lanka Insurance	A-9 Road	12	25	0.30
51	Commercial Bank	A-9 Road	16	25	0.40
52	Hero Honda Singer	A-9 Road	14	25	0.35
53	Hullo Treest	A-9 Road	28	25	0.70
54	Budhist Temple	A-9 Road	30	15	0.45
55	Seylan Bank	A-9 Road	14	25	0.35
56	Sampath Bank	A-9 Road	21	25	0.53
57	NSB Bank	A-9 Road	20	25	0.50
58	Bank of Ceylon	A-9 Road	22	25	0.55
59	St. Theresa Studies	A-9 Road	12	15	0.18
60	St. Theresa School	A-9 Road	752	15	11.28
61	Paddy Seed Production Exchange	A-9 Road	40	25	1.00
62	Assistant Director of Agriculture	A-9 Road	28	25	0.70
63	Paranthan Telecom	A-9 Road	12	25	0.30
64	Exchange Department Paranthan	A-9 Road	16	25	0.40
65	Rest Lam Hotel	A-9 Road	12	120	1.44
66	Post Office Paranthan	A-9 Road	6	25	0.15
67	Ministry Economic Department	A-9 Road	20	25	0.50
68	NEHRP Office	A-9 Road	18	25	0.45
69	Paranthan People Bank	A-9 Road	16	25	0.40
70	District Co.op Asest corre	A-9 Road	17	25	0.43
71	Mur		5	25	0.13
72	Keng dox Hall	Kardy Port Road	12	15	0.18
73	DRC (NGO)	Kardy Port Road	16	25	0.40
74	Hmida College student	Kardy Port Road	897	15	13.46
	Hmida College staff		38	25	0.95
75	Central Bus Stand	Depot Road	0	0	0.00
76	Market	Depot Road	60	25	1.50
77	Royal Education Center	Depot Road	16	25	0.40
78	Apperentice Training Center	Depot Road	24	25	0.60
79	Irrigation Department	Wilson Road	26	25	0.65
80	MahaVidyalaya student	Wilson Road	1,582	15	8.73
	Maha Vidyalaya staff	Wilson Road	70	25	1.75
81	Army Camp (582 Brigade)	Paranthan	400	120	48.00
82	Army Office (57 Division Office)	Killinochchi Town	400	25	10.00
83	Army Office (HQ 58 Division)	Killinochchi Town	400	25	10.00
84	Army Camp (571 Brigade)	Killinochchi Town	400	120	48.00
85	Army Office (HQ 8 SLLI)	Thondarmannagar	400	25	10.00
86	Army Office (HQ 9 SLLI)	Kanagambikaikulam	400	25	10.00
87	Army Camp (583 Brigade)	Kanagambikaikulam	400	120	48.00
	Total	Number of People	8,832	Demand	358.29

聞き取り調査の結果から、非生活用水量（公共施設・事業所等の水需要）は25%程度と推定された（すなわち、2015年の生活用水量11,939人×120L/人・日=1,433m³/日から358.3/1,433=0.25となる）。

また、一般にNWSDBの水道計画では非生活用水量を15%から25%見込んでいる。これらの点を考慮して本調査区域の非生活用水量は、生活用水量の25%を見込むこととする。

3) 無収水量

既存水道施設の維持管理記録から無収水量を検証する場合は、その結果から現状を、さらには将来の目標を設定して算出する。本調査のように既存施設の運転維持管理記録からの検証が困難な場合は、一般的に有収水量に対する比率を仮定して算出する。

NWSDB の水道計画では有収水量の 20%～25%程度が無収水量として見込まれる。前述のマータラ地区の内陸部を対象とした水道計画では、現状の検証結果から既存施設は有収水量の 30%、この結果を踏まえて新規に建設される水道システムは 25%を無収水量として見込んでいる。

本調査の対象とする水道施設は既存施設を更新する水道システムであることから漏水は少ないと考えられるが、その他の非有収要素（水の盗難、メータ誤差、未請求等）を勘案して、無収水量を給水量の 20%とする。

4) 計画一日最大給水量／計画一日平均給水量

NWSDB の水道計画では一般に、計画一日最大給水量は計画一日平均給水量の 1.25 倍として算出されている。NWSDB の既往計画（Killinochchi District Water Supply Development Programme/NWSDB, February 2003）においても、計画一日最大給水量は計画一日平均給水量の 1.25 倍で設定されている。

調査対象地区における当該データが存在しないため、本調査においても、計画一日最大給水量を計画一日平均給水量の 1.25 倍と設定する。

5) 水需要予測

以上の算出条件に基づき、計画対象区域の将来水需要を予測した結果を表 3-2-8 に示す。

ここで特筆すべきことは、NWSDB が水道水源として Dry Aru 貯水池からの取水について、灌漑部局と合意できている水量は、4,000m³/日であることで、この合意した範囲内で考えると、2020 年の水需要まで満たすことができるが、それ以降は別途に水源を確保する必要がある。

表 3-2-8 将来予測水需要

項目	単位	2015	2020	2030	備考
給水人口		11,939	16,558	24,372	①
一人当たり一日消費水量 Lpcd =		0.12	0.12	0.12	②
家庭用水量	(m ³)	1,433	1,987	2,925	③=①x②
非家庭用水量／家庭用水量比 =		0.25	0.25	0.25	④
非家庭用水量	(m ³)	358	497	731	⑤=③x④
無収水量比 =		0.2	0.2	0.2	⑥
無収水量	(m ³)	358	497	731	⑦=(③+⑤)x⑥
日平均水量=	(m ³)	2,149	2,981	4,387	⑧=③+⑤+⑦
日最大水量／日平均水量 =		1.25	1.25	1.25	⑨
日最大水量=	(m ³)	2,686	3,726	5,483	⑩=⑧x⑨

(6) 計画対象区域全体の将来計画の必要性

キリノッチ地区全体の水需要を考えると、南部の需要が比較的高いことが図-1 に示す人口密度の

分布から推測できる。しかし、現在確保できている水源は限られており、需要を満たすことはできない。

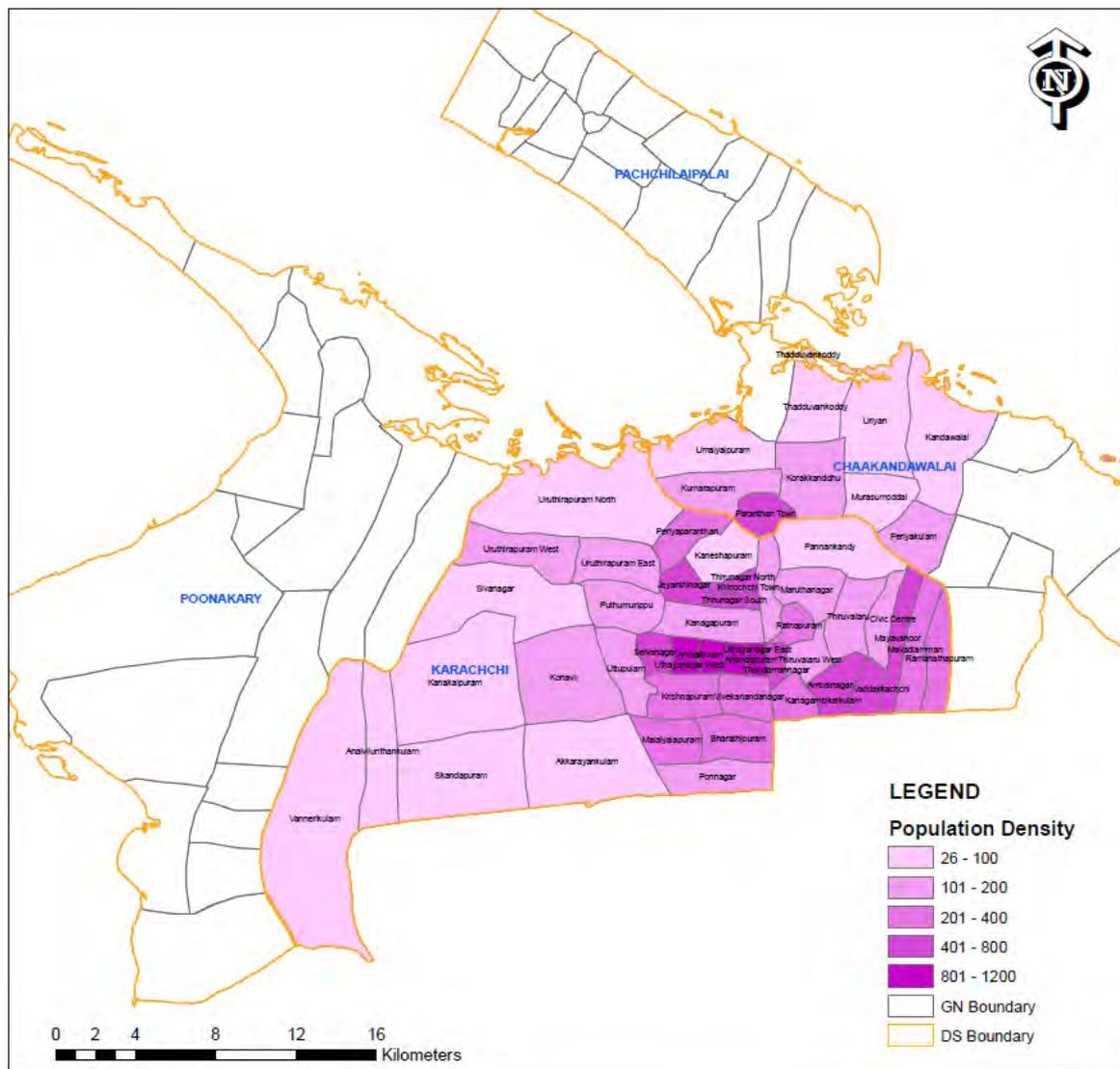


図-3-2-1 キリノッチ県の行政村ごとの人口密度

本調査の計画対象区域全体を復旧しようとしている、取水施設、浄水施設は、2020年までの予測した水需要を満たすことができても2030年の水需要は満たすことができない。

このことは、本調査の水道計画対象区域の2030年までの水需要に対応できる施設として計画・設計するためには、現時点で水道システムを計画する上で制約条件となっている、水源の取水量を増加させることが必要になる。

具体的には、NWSDBが水道水源としてDry Aru貯水池からの取水について、灌漑部局と合意できている水量 $4,000\text{m}^3/\text{日}$ を増加させて取水施設を増設するか、新たな水源を確保することとしてDry Aru貯水池の上流のイラナマドゥ貯水池から取水することである。いずれの場合も灌漑部局との協議・合意が必要である。

本調査の計画対象区域全体の水道システムを考える場合、NWSDBの既往計画「Killinochchi Water Supply Scheme Preliminary Proposal/NWSDB, October 2005」の考え方が基本となる。すなわち、地

域の将来の水需要に対応するために、本調査で復旧しようとしている Dry Aru 貯水池からの取水を前提にしたキリノッチの浄水場に加えて、南部にイラナマドゥ貯水池から取水して新たに浄水場を建設する考えである。

本調査の計画対象区域全体の将来の水需要に対応する水道システムを位置づけるための水道施設全体計画及びその計画された事業を実施するためのフィージビリティ調査が必要である。

(7) 施設計画水量の設定

1) 取水施設及び浄水施設

取水量を、2020 年の一日最大給水量(表 3-2-8 より $3,726 \text{ m}^3/\text{d}$)と等しいと考え浄水施設を計画する。

Maximum Day Demand = $3,726 \text{ (m}^3/\text{d)}$ → $3,800 \text{ (m}^3/\text{d)}$

2) 配水施設

配水施設は 2030 年の時間最大給水量を用いて計画する。時間最大給水量の割増率はそれぞれの給水地域によって異なるため、運転維持管理記録が整理されて残されている場合はその結果を検証することによって設定できる。本調査の対象とする水道施設は既存施設の記録から新たに割増率設定することが困難であるが、NWSDB の既往計画 (Killinochchi Water Supply Scheme Preliminary Proposal/NWSDB, October 2005) と同様の時間最大給水量の割増率 2.0 を用いる。

高架水槽から配水する区域を広げるためには高架水槽を大きく、高くすることになり、必要施設用地面積も広がる。

本調査の対象とする水道施設の計画において、NWSDB は高架水槽の候補地として次の 4 カ所を考えている。

- ① Paranthan 地区の Umayalpuram の用地
- ② 既存浄水場の敷地内
- ③ NWSDB の OIC 事務所用地 (現在建設中)
- ④ Viveganathanagar (行政コード 10) の行政合同庁舎建設予定地
- ⑤ Killinochchi Central Collage 内の用地

高架水槽の候補地の中で、NWSDB の OIC 事務所用地と行政合同庁舎建設予定地は、その位置を考慮すると将来計画するキリノッチ南部の水道施設計画用地として残しておくことが得策である。また、浄水場の用地も将来の施設の拡張、高度化を考慮に入れて、残しておくこととする。結果的に、Paranthan の用地と Killinochchi Central Collage の用地が候補となる。

本調査は実施する事業が既存施設の復旧を前提にしていることから、ここでは元の高架水槽の容量 $1,000 \text{ m}^3$ と Balancing Tank の容量 450m^3 を保持することとする。

配水システムは、次の条件を基本に考える。

- 二つの水槽は元々配水していた区域に配水する計画とする。
- Paranthan の水槽はカンダワライ郡の 2 つの行政村に配水するものと考え、450m³の容量とする。
- Killinochchi Central College の用地に 建設される水槽は、カラチッチ郡の 12 の行政村に配水するものと考え、1,000m³の容量とする。

(8) 配水システムの比較

最適な配水システムを選択するために、いくつかのシステムの得失を比較する。キリノッチにおける配水システムとして次の 3 つのケースが考えられる。

ケース 1 : 1 つの高架水槽

- 1 つの高架水槽を Killinochchi Central College の敷地に建設する（この場合容量は 1,450m³となる）。

ケース 2 : 2 つの高架水槽で 1 つの配水区

- 高架水槽を Killinochchi Central College の敷地と Paranthan の用地にそれぞれ建設する。
- 配水システムとしては一つの配水区として考える。

ケース 3 : 2 つの高架水槽で 2 つの配水区

- 高架水槽を Killinochchi Central College の敷地に建設し、Paranthan の用地には調圧水槽を建設する。
- 二つの高架水槽からそれぞれの区域に配水する。

それぞれのケースの得失の比較をまとめ表 3-2-9 に示す。

表 3-2-9 配水システムのケースの比較

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
高架水槽容量	- 1,450 m ³	- 1,000 m ³ - 450 m ³	- 1,000 m ³ - 450 m ³ (Balancing Tank)
高架水槽の位置	- Killinochchi Central College の敷地	- Killinochchi Central College の敷地 - Paranthan の用地	- Killinochchi Central College の敷地 - Paranthan の用地
長所	- 1 つの高架水槽の建設だけで良い。 - 浄水場内の揚水ポンプを 1 系統建設するだけで良い。 - 制御が簡単になる。	- 2 つの高架水槽で配水区域内の水使用の変動に対応できる。	- 2 つの高架水槽で配水区域内の水使用の変動に対応できる。 - 高架水槽ごとの配水区域をカラチッチとカンダワライに分けて考えることができる。 - Paranthan 地区の圧力を 40m 以下に抑えることができる。
短所	- 1 つの高架水槽で配水区域全体の水使用の変動に対応しなければならない。 - Paranthan 地区の圧力が	- 2 つの高架水槽を建設する必要がある。 - 2 つの高架水槽をバランスを保ちながら運転する費	- 2 つの高架水槽を建設する必要がある。

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
	40m を超える。	必要がある。 - Paranthan 地区の圧力が 40m を超える。	
Evaluation	良	良	最適

比較検討の結果、ケース 3 ; 2つの高架水槽で 1つの配水区に配水する方法がキリノッチの水道システムとして適切であると考えられる。

(9) 配水システムの計画諸元

配水システムの計画の基本的な考え方を以下にまとめる。

1) 計画一日最大給水量(2030年)

- ◇ カンダワライ 配水区 : 945 m³/日
- ◇ カラチッチ 配水区 : 4,541 m³/日

2) 計画時間最大給水量

表 3-2-10 カンダワライ配水区給水量

行政コード	4506043	4506044
行政村名	Kumarapuram	Paranthan
人口(2030年)	1,527	2,678
計画1人1日平均給水量(Lpcd)	0.12	0.12
家庭用水(m ³)	183	321
(非家庭用水) / (家庭用水) 比 =	0.25	0.25
非家庭用水(m ³)	46	80
無収水量比 =	0.2	0.2
無収水量(m ³)	46	80
1日平均水量(m ³)	275	481
(1日最大水量) / (1日平均水量) =	1.25	1.25
1日最大水量(m ³)	344	601
(1日時間最大水量) / (1日平均水量) 比 =	2.0	2.0
1日時間最大水量 =	644	1,128

表 3-2-11 カラチッチ配水区給水量

行政コード	4506010	4509012	4509016	4509017
行政村名	Vivekanandanagar	Uthayanagar East	Ananthapuram	Thondarmannagar
人口(2030年)	2,039	2,559	2,409	1,123
計画1人1日平均給水量(Lpcd)	0.12	0.12	0.12	0.12
家庭用水(m ³)	245	307	289	135
(非家庭用水) / (家庭用水) 比	0.25	0.25	0.25	0.25
非家庭用水(m ³)	61	77	72	34
無収水量比	0.2	0.2	0.2	0.2
無収水量(m ³)	61	77	72	34
1日平均水量(m ³)	367	461	433	203
(1日最大水量) / (1日平均水量)	1.25	1.25	1.25	1.25
1日最大水量(m ³)	459	576	541	254
(1日時間最大水量) / (1日平均水量)	2.0	2.0	2.0	2.0
1日時間最大水量	861	1,080	1,016	475

行政コード	4506018	4509022	4509023	4509024
行政村名	Kanagambikaikulam	Ratnapuram	Killinochchi Town	Maruthanagar
人口 (2030年)	2,098	1,511	1,300	1,772
計画1人1日平均給水量 (Lpcd)	0.12	0.12	0.12	0.12
家庭用水 (m ³)	252	181	156	213
(非家庭用水) / (家庭用水) 比	0.25	0.25	0.25	0.25
非家庭用水 (m ³)	63	45	39	53
無収水量比	0.2	0.2	0.2	0.2
無収水量(m ³)	63	45	39	53
1日平均水量(m ³)	378	271	234	319
(1日最大水量) / (1日平均水量)	1.25	1.25	1.25	1.25
1日最大水量(m ³)	473	339	293	399
(1日時間最大水量) / (1日平均水量) 比	2.0	2.0	2.0	2.0
1日時間最大水量(m ³)	886	636	548	748
行政コード	4509026	4509027	4509028	4509029
行政村名	Kanagapuram	Thirunagar South	Thirunagar North	Kaneshapuram
人口 (2030年)	1,430	1,358	1,659	909
計画1人1日平均給水量 (Lpcd)	0.12	0.12	0.12	0.12
家庭用水 (m ³)	172	163	199	109
(非家庭用水) / (家庭用水) 比	0.25	0.25	0.25	0.25
非家庭用水 (m ³)	43	41	50	27
無収水量比	0.2	0.2	0.2	0.2
無収水量(m ³)	43	41	50	27
1日平均水量(m ³)	258	245	299	163
(1日最大水量) / (1日平均水量)	1.25	1.25	1.25	1.25
1日最大水量(m ³)	323	306	374	204
(1日時間最大水量) / (1日平均水量) 比	2.0	2.0	2.0	2.0
1日時間最大水量(m ³)	605	573	700	383

3) 高架水槽水位

- パラントン配水区高架水槽 (調圧水槽)
 - ◇ 容量: 450m³
 - ◇ 高水位 32.50m
 - ◇ 低水位 26.50m
- カラチッチ 配水区高架水槽
 - ◇ 容量: 1,000m³
 - ◇ 高水位 52.60m
 - ◇ 低水位 45.60m

3-2-3 施設計画

(1) 取水施設・浄水施設計画

既設浄水場は湖沼水を水源とした緩速ろ過～塩素滅菌処理方式で主に濁度対応の施設となっている。既存施設の再構築において、現状の処理状況の確認を行った結果、安全な水を安定的に供給するためには、以下のような既存施設の改良及び前処理施設の新設が必要である。

本浄水場は Dry Aru 貯水池から直接取水を行い、エアレータで曝気処理を行った後、緩速ろ過池

に導水し、生物膜でろ過を行い塩素滅菌後飲料水として供給するシステムである。1980 供用開始当初の水道原水の水質は明らかではないが、再構築を目指した 2004 年以降の水質試験のデータは保存されており、今回の水処理方法の検討に対しては参考資料となった。また第一次 JICA 調査に当たり、Dry Aru 貯水池と Dug Well の水質調査を行った。

既存の取水、浄水フローの概要を以下に示す。

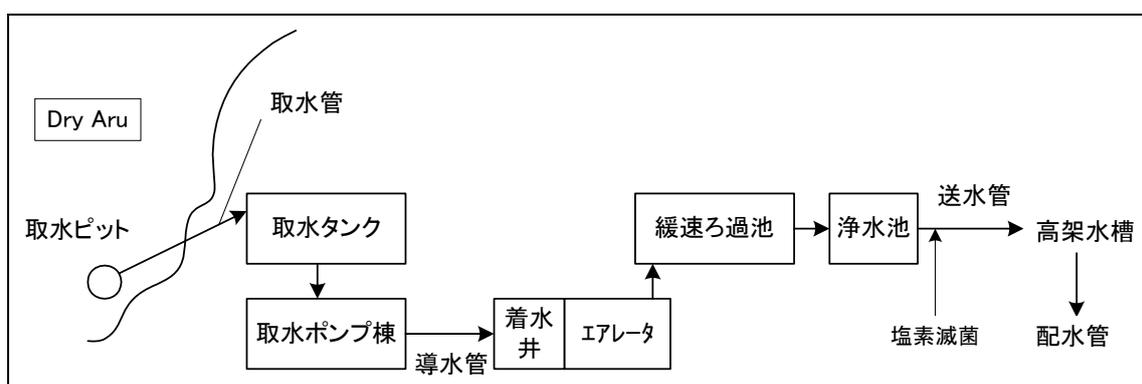


図 3-2-2 既存水道施設の取水・浄水フロー

1) 水質

a) 取水原水の水質

水道原水（Dry Aru 貯水池）水質は、これまで NWSDB ジャフナにより、2004 年～2011 年に pH、濁度、色度、電気伝導度、残留塩素等の 15 項目を乾期・雨期に分けて計 19 回測定されており、今回の JICA 調査では、これに生物（藻類）試験、BOD を加えて測定した。図 3-2-2 に取水原水の色度及び濁度の経年変化を示す。

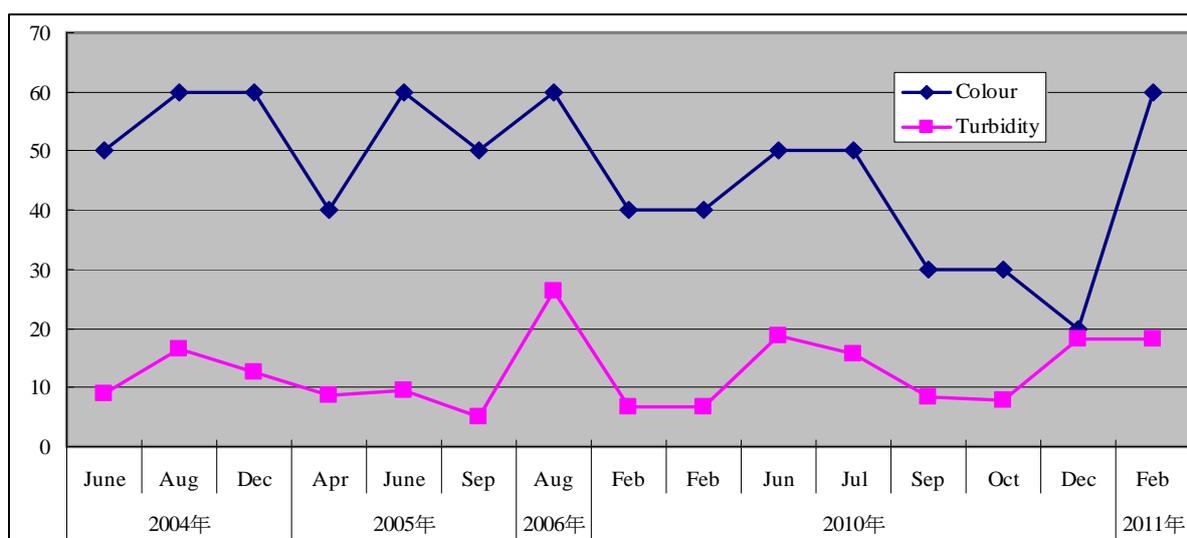


図 3-2-3 取水原水濁度及び色度の経年変化(2004 年～2011 年)

濁度及び色度が特に高い値を示している。「ス」国基準 (SLS) の水道水源としての基準である”SLS

722 (1985)”には、濁度及び色度についての基準値の記載がないが、参考までに SLS の飲料水基準である”SLS 614 (1983)“ (Appendix 3-2-2 参照) と比べてみると、ほとんどの測定日において Maximum Permissible Level (許容最大値) を超えていることがわかる。

濁度はわずかに増加傾向にあるように見られるが、確実に増加しているとは断定できない。また、色度は減少傾向にあるように見えるが、2011 年 2 月は 60unit に増加しており、これについても明確に減少傾向にあるとは判断できない。総合的にみて濁度、色度とも今後大きな変化はなく経過すると考えられる。

富栄養化による藻類の異常発生の原因となる窒素とリンに関しては、NO₂、PO₄ が基準値を超える値が測定されている。リンが律束因子になる場合が多く、PO₄ 0.2mg/L で藻類の増殖が想定される。Dry Aru 貯水池においては全ての PO₄ 値が、0.2mg/L を超えているため、藻類の発生はリンに起因したものであると考えられる。

また Dry Aru 貯水池のような熱帯地域のダム湖は、水温が高いため植物の分解が早いので色度が増加したものと考えられる。さらに pH 値が高いことから、Dry Aru 貯水池では貯水池内の溶存酸素が消費されていることもこの水質データから想定され、湖底での溶存酸素の欠乏により鉄とマンガンが溶出し、Fe 値も時折高い値が計測されたとも考えられる。

b) 浄水処理水質

また浄水処理水質は、WB の支援によりキリノッチ浄水場が復旧された後、NWSDB ジャフナにより浄水場破壊前の 2005 年及び 2006 年に不定期ではあるが測定されている。 下図に浄水場での濁度処理の水質測定結果の状況を示す。

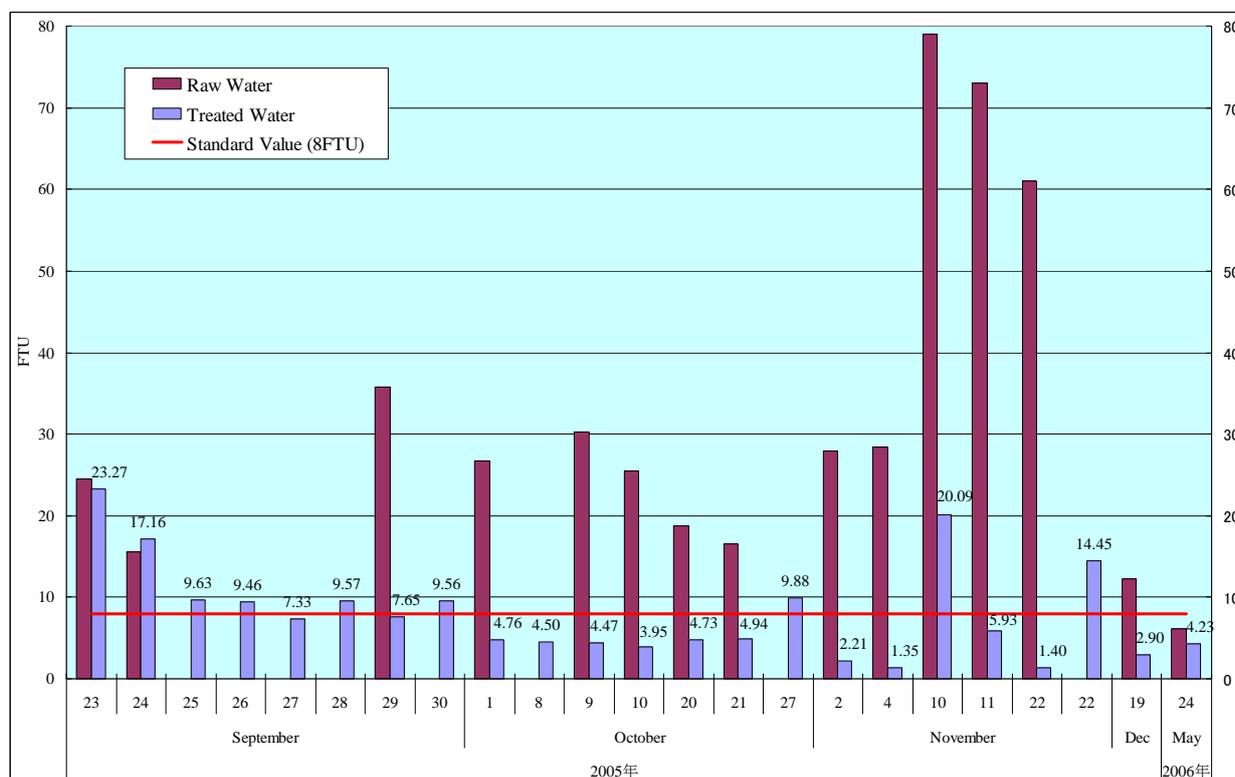


図 3-2-4 浄水場での濁度処理の状況(2005 年、2006 年)

時折高濁度になる原水に対して当時の緩速ろ過のみの浄水システムでは、基準値以下まで浄水処理することが機能的にできなかったのか、あるいは運転管理上の問題があったのかは不明である。今回の水道施設復旧事業においては、濁度、藻類及び色度対策を行い基準値以下まで浄水処理できるシステムを提案するとともに On the Job Training 及びソフトコンポーネントを通じて NWSDB キリノッチが確実な運転管理が行えるように指導していく必要があると考えられる。

2) 浄水処理に係る留意事項及び対応案

既存水道施設の再構築にあたって、原水水質及び過去の運転時の浄水処理データを基に解析した結果、以下の対応が必要と考えられる。

a) 濁度対応

Dry Aru 貯水池からの取水原水の濁度については 2004 年からの推移をみると 10 度～20 度以下が多い。また今回 JICA 調査で実施した水質試験においては濁度も 1 度未満でその他の水質も緩速ろ過池流入水の水質としては問題ないと考えられる。ただし、雨期の間に濁度が 87～197 度迄上昇した実績があり、通年、雨期の間は同程度の濁質の発生は想定されると考えられる。

経年変化から判断して、将来にわたり濁度は増加する傾向でない事は予測されるが、これは貯水池での調整機能が働いていると思われる。

対応策(高濁度対応)

- 緩速ろ過池への負荷を軽減させるために、① フィルターとしての碎石・礫を廻りに設置した取水ピットの新設、② 前処理施設として粗ろ過施設の新設による高濁度対策を行う。

b) 色度対応

図-2 に示すように、色度は高く 60～80 度は頻繁に出現している。原因は、主に植物の分解によるフミン系の色度^{註)}と考えられる。ただし、今回の JICA 調査の結果では 5 度以下であった。これは、降雨等の流入水で底質の湖沼水がかき混ぜられて色度が上昇すると思われる。また、以前の色度調査では、緩速ろ過池通過後はかなり低減化しているのをみても濁質に付随していた可能性も考えられる。

フミン系の色度は特に健康被害は無いが、浄水の品質（見た目）を下げる。ろ過膜での濁度低減により、フミン系以外からの色度はかなりの除去が期待できる。

註) 天然水中の色度は、主にフミン質に由来し類黄色ないし黄褐色を呈する。起因物質は樹木などの植物のセルロースやリグニンが微生物により分解された有機高分子化合物でフミン酸、ヒマトメラニン酸、フルボ酸、フミンの 4 種類に大別される。フミン質は、人体に対して特に有害でないが、水道水の快適な使用を妨げ、また、水の清濁、汚染の指標となっているので、水の価値を下げる要因となる厄介な代物である。

対応策(色度対応)

- フミン質対応として特別な設備は設けないが、前処理施設としてろ過池（新設）、既存施

設であるエアレータ及び緩速ろ過池を通過することで、かなりの色度除去効果は期待できると考えられる。

- 2005年、2006年の運転データでは、色度は表-1に示すように時折基準値の30を超えているものの、緩速ろ過のみで50%程度は除去されている。今回、取水ピットの再構築、粗ろ過施設の新設及びソフトコンポーネントによるNWSDBの運転維持管理技術の向上等により、既存施設運転時以上の色度除去は期待できるものと考えられる。

表 3-2-12 過去の浄水場運転時の色度除去率

	原水色度	処理水色度	除去率
2005年10月20日	50～70	40～50	0～43%
2005年12月19日	50～60	10～20	60～83%
2006年5月24日	60～70	20～40	33～71%

c) 藻類対応

今回のJICA調査では藻類は検出されなかったが、リン酸塩の濃度が高い。これは底泥生物体の分解に由来するかどうかは不明であるが、何れにしても藻類発生の最大原因となり、ろ過閉塞の恐れが出てくる。過去にアオコの発生も報告されており、取水源であるDry Aru貯水池は富栄養化の傾向にあると思われる。

対応策(藻類対応)

- 現状の原水取水ピットは、表層水からも取水する構造であるため藻類・ごみも流入している。取水ピットを新設して、表流からの取水は行わない構造とし、中層水のみから取水するとともに、フィルターとして碎石・礫等をピット周囲に敷いて藻類の侵入を極力抑えるものとする。
- 粗ろ過池を新設する。粗ろ過池はフィルターの働きと礫間接触装置的な働きを行うため、藻類だけでなくリン酸、亜硝酸、硝酸態窒素の除去が期待できる。

d) 鉄分対応

2004年～2011年までの水質測定結果では、Dry Aru貯水池原水の鉄分(Fe)濃度が高い。Fe=0.12～1.92mg/Lまで変化している。これも底泥から植物に含まれた鉄分が溶出した物と思われる。今回調査では検出されなかったが、緩速ろ過池の原水としては高い値となっているため何らかの削減対策は必要である。なお、取水施設に隣接しているDug WellでのFeは0.5mg/Lであったため、原因は底泥に含まれる鉄分であると考えられる。

既往最大値の1.92mg/Lの出現時期は雨期であった。この原因はおそらく降雨による湖沼水の攪乱で湖底の土砂や沈殿した植物からの溶出と思われる。還元状態での炭酸水素第一鉄(無色)が酸素に触れ酸化し、水酸化第二鉄、酸化鉄(褐色)となったと考えられる。

また、マンガンも平均0.1mg/L検出している、一般的に鉄、マンガンは共存する場合が多い。過去に検出された時のFeおよびMnの平均値をみるとFe=0.57mg/L、Mn=0.1mg/Lである

対応策(鉄分対応)

- 既存エアレータによる空気接触である程度の鉄分及びマンガンを除去できる。

3) 浄水処理施設再構築案

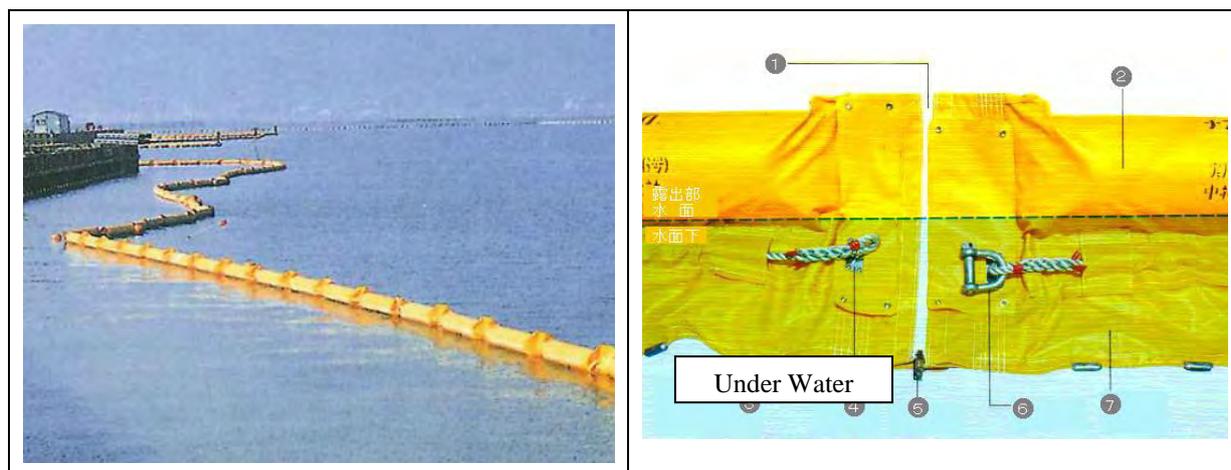
緩速ろ過方式は、比較的細かい砂層を通してゆっくりろ過することにより原水を浄化するもので、砂層と砂層表面に増殖した微生物群が水中の不純物を捕捉し、酸化分解する作用に依存した浄水方法である。この作用により、濁質はもとより微量であればアンモニア性窒素、マンガン、細菌、臭気を除去しこれに伴う色度も軽減される。

水質測定の結果より既設の緩速ろ過方式は、既往施設で浄水処理は可能であると判断される。緩速ろ過方式で再構築するために必要とされる方策を以下に示す。

a) 取水ピット(新設)

既設取水ピットは上部蓋及び側壁部に亀裂が入っており、ピット表流水と共に落ち葉等の浮遊物、ごみ、藻類も流入している状態である。また、湖沼底部付近は、沈殿植物や底泥や酸欠水を取水する可能性があり危険である。

上質な原水を取水するため、Dry Aru 貯水池の中層から取水できる構造の取水ピットを新設し、良質な原水を取水できるシステムとする。また、湖沼底部付近は、沈殿植物や底泥や酸欠水を取水する可能性があり危険である。選択の方法は水深 1.0m、1.5m からの取水を行うものとする。さらに取水ピットの安定化と共に補助的に濁質はもとより礫間接触による窒素、リンの低減を期待するため、取水ピット外側にはフィルターを兼ねてφ50～60mm の粒調碎石を、内側にはφ150～200mm の礫をセットする。なお取水口周りは水の流れの均等化を図るため蛇かごで取り巻く構造とする。また、安全施設としてのアオコ等の浮遊物対策としてオイルフェンスを設置する。



オイルフェンス写真

オイルフェンス断面(参考)

b) 取水タンク(補修)

取水タンクは劣化診断の結果、簡易な補修で再利用可能と判断した。内部はいったん水を排水し

て高圧水で清掃を行い、クラックが発見された場合はエポキシ樹脂等の注入を行う。

既存のポンプ形式、陸上形横型片吸込み渦巻ポンプでは Dry Aru 貯水池が低水位時に吸込み圧不足となり、取水できなくなる可能性があるため、取水ポンプの形式を水中ポンプとし、既存の取水タンク内に設置する。また、ポンプの維持管理用に吊上げ装置を設置する。さらに、ポンプの空運転防止のためにレベルスイッチを設置する。

c) 取水ポンプ棟(補修)



既存取水ポンプ棟全景

既存取水ポンプ棟(内部)

現状は写真のとおり屋根、窓ガラスそしてドアが無い状態である。劣化診断の結果、壁に使われているコンクリートブロックは十分な強度があったため、表面のモルタルを剥いで、新しくモルタルを施工し、その上に塗装を行うとともに新しい屋根、窓、ドアを設置する。

取水ポンプ棟には現場操作盤及び電磁式取水流量計を設置する。また、ポンプ形式を水中ポンプに変更するため、ポンプは設置せず配管のみの更新となる。

d) 粗ろ過池(新設)

Dry Aru 貯水池からの原水水質を緩速ろ過方式での水道原水の水質標準値以下に低減化させ、健全な生物膜を保持し、安定的に良質な処理水を確保するために粗ろ過池を新設する。

処理対象水質としては、主に濁度、藻類、その他期待項目として、アンモニア態窒素、硝酸態窒素などである。藻類対策として、取水ピットでオイルフェンス、水面下 1.0～1.5m での砂及び砕石・礫で構成されるフィルターにより、藻類等の流入はかなり抑えられる。特に藍藻類に関しては効果が期待できると思われる。

構造等については維持管理のし易い構成を考えた。ろ材洗浄の手間が大変であると考え、流向を上向流式とし、上層、中層、下層の3層方式を考える。逆洗は、浄水場内の高架水槽自己水での定期的な手動による洗浄方式とした。この方式は多くの実績があり、その効果も広く認められている。

水質の変動実績をみると高濁度時は、2005年10月下旬～12月初旬で濁度 87～197 度位迄変化している。水源は湖沼であり大きな沈殿池と考えられ、これ以上の極端な変動は考えにくく、また後段に緩速ろ過池があるため濁質も完全に除去する必要はないため、ろ過速度を基準値上限

の $V=1.5\text{m/h}$ とする。2池に分割し、1池でも稼働できる構造とする。通常期は Dry Aru 貯水池からの原水は直接着水井へ導水しエアレーション後に緩速ろ過池に送る。また濁度が 30 度を越える日数が 30 日を越えそうな場合、原水をバルブの切り替えにより粗ろ過池に送って処理し、緩速ろ過池に適した水質に改善するものとする。

逆洗については、高架水槽からの圧力水を利用し、より完全に洗浄が短時間で行うことができる。このため、粗ろ過池のろ過閉塞対応は十分であり、かつ 1 年間以内に限られた期間の運転と考え、完全予備池は設けない計画とする。

e) エアレータ(補修)



既存エアレータ全景

既存エアレータ(段差部)

エアレータは水張り試験、及び劣化試験の結果、躯体そのものは簡易な補修で再利用可能と判断した。現状外部はモルタル+ペイント、内部はモルタルが施工されている。そのモルタル部分を全部剥いで、新たに防水タイプのコンクリート補修モルタルを内外面ともに施工するものとする。外部のペイントは今回行わないものとする。

f) 緩速ろ過池(補修)

砂ろ過は劣化試験の結果、十分な強度を有しており躯体そのものは簡易な補修で再利用可能と判断した。現状外部はモルタル+ペイント、内部は補修の痕が見られる、また凹凸及びヘアークラックもところどころ見られる。内部はこの補修材を全部剥いだ後、クラックの場所には樹脂注入を行い、防水タイプのコンクリート補修モルタルで全面補修したのち、防水塗料を塗るものとする。外面も既存のモルタルを剥いだ後、防水タイプのコンクリート補修モルタルで全面補修をおこなうものとする。また、アンダードレイン施設は既設の PVC 管、集水ボックスともに取り外し、新たに施工するものとする。

また、既存の緩速ろ過池のろ層構成は以下の構成となっている。

砂上水深：	1,350mm
ろ過砂層：	900mm(均等係数 1.78、有効径 0.32mm)
砂利層 第1層：	75mm (径 5.0~9.0mm)
第2層：	75mm (径 5.0~16mm)
第3層：	225mm (径 9.0~62mm)
砂利層厚計	375mm



既存緩速ろ過池 内壁



既存緩速ろ過池 外壁

今回の再構築では、既設緩速ろ過池のろ層構成を以下のように変更する。

- 砂上水深： 1,225mm
- ろ過砂層： 1,000mm(均等係数 3.0 以下、有効径 0.15~0.35mm)
- 砂利層 第1層： 100mm (径 2.0~ 5.0mm)
- 第2層： 100mm (径 5.0~9.0mm)
- 第3層： 100mm (径 9.0~16.0mm)
- 第4層： 100mm (径 16.0~62.0mm)
- 砂利層厚計： 400mm

g) 管理棟(補修)

管理棟には、浄水池、送水ポンプ室、塩素注入設備、水質試験室、事務所、会議室、作業員控え室等から構成されている。現状は写真のとおり屋根、窓ガラスそしてドアが無い状態である。劣化診断の結果、壁に使われているコンクリートブロックは十分な強度があったため、表面のモルタルを剥いで、新しくモルタルを施工し、その上に塗装を行う。そして新しい屋根、窓、ドアを設置する。



既存管理棟全景



既存管理棟(浄水池上部)

オフィスには監視盤を設置し、施設の運転状況・警報等を一元的に監視できるものとする。

なお、NWSDB が本邦支援の他の資金（2KR 見返り資金）を活用して、本事業に先行して管理棟の補修を行うこととなった。そのため、本事業から管理棟の躯体の補修に係る工事は除外する。

h) 浄水池(補修)



浄水池スラブ

浄水池スラブ(強度試験のため一部はつり出したもの)

現状は写真のとおり表面に防水モルタルのようなものが塗られており、そのモルタル部分が非常に脆くなっている。コンクリート劣化試験においてはこのモルタル部分の強度をシュミットハンマーで確認したところ低い数値が記録されている。施工時においては表面に塗られているものを全面的に剥いで、再度強度を確認した上で、表面全体に防水モルタルを施工し、その上に防水塗料を塗ることとする。

水位監視及び送水ポンプの空運転防止のために水位計を設置する。

なお、NWSDB が本邦支援の他の資金（2KR 見返り資金）を活用して、本事業に先行して浄水池の補修を行うこととなった。そのため、本事業から管理棟の躯体の補修に係る工事は除外する。

i) 送水ポンプ(新設)

高架水槽(Central College)への送水のために浄水池上部に送水ポンプを設置する。ポンプ形式は既存と同様に横軸片吸込み渦巻ポンプとする。ポンプの運転は高架水槽の水位を遠方監視し自動化できるものとする。ポンプ近傍には現場操作盤及び電磁式送水流量計を設置する。

j) 塩素注入設備(新設)

浄水の滅菌には既存と同様に塩素ガスを採用する。塩素の注入点は送水ポンプ二次側の送水管とし、ブラスターポンプを設け送水ポンプと連動で塩素注入を行う。また、塩素ガスの漏洩対策としてガス検知器及び中和装置を設ける。

k) 洗砂設備(新設)

緩速ろ過池は、原水の濁度や藻類濃度に応じて2～6ヶ月に1回、汚れたろ過砂の削り取り作業を

行わなければならない。表層の約 2cm を人力で削り取る。削りとったろ過砂は、稼動式洗砂機でドライにしたろ過池内で洗う。ろ過砂の洗浄排水は、貯留池に一旦貯留した後、上澄水を Dry Aru 貯水池に放流する。洗浄したろ過砂は、洗砂貯留ヤードに置き、ろ過砂の補充に再利用する。

1) 電気・発電機棟(新設)

設置スペース不足と配置上の問題から既存建屋では電気機器を収納できないため、新たに電気・発電機棟を設ける。電気室には低圧受電盤、低圧配電盤、ポンプ始動盤、計装盤を設置する。動力、制御回路を一元化し維持管理性と機器の保全性を確保する。また、停電が頻発して起きていることから、安定した水供給のために非常用発電機を設置する。設置場所は電気室と隣接する発電機室とし、発電機の形式は維持管理の容易なラジエーター一体型ディーゼルエンジン発電機とする。

以下に本計画で提案される再構築後の取水施設及び浄水場の配置図と浄水処理フローを示す。

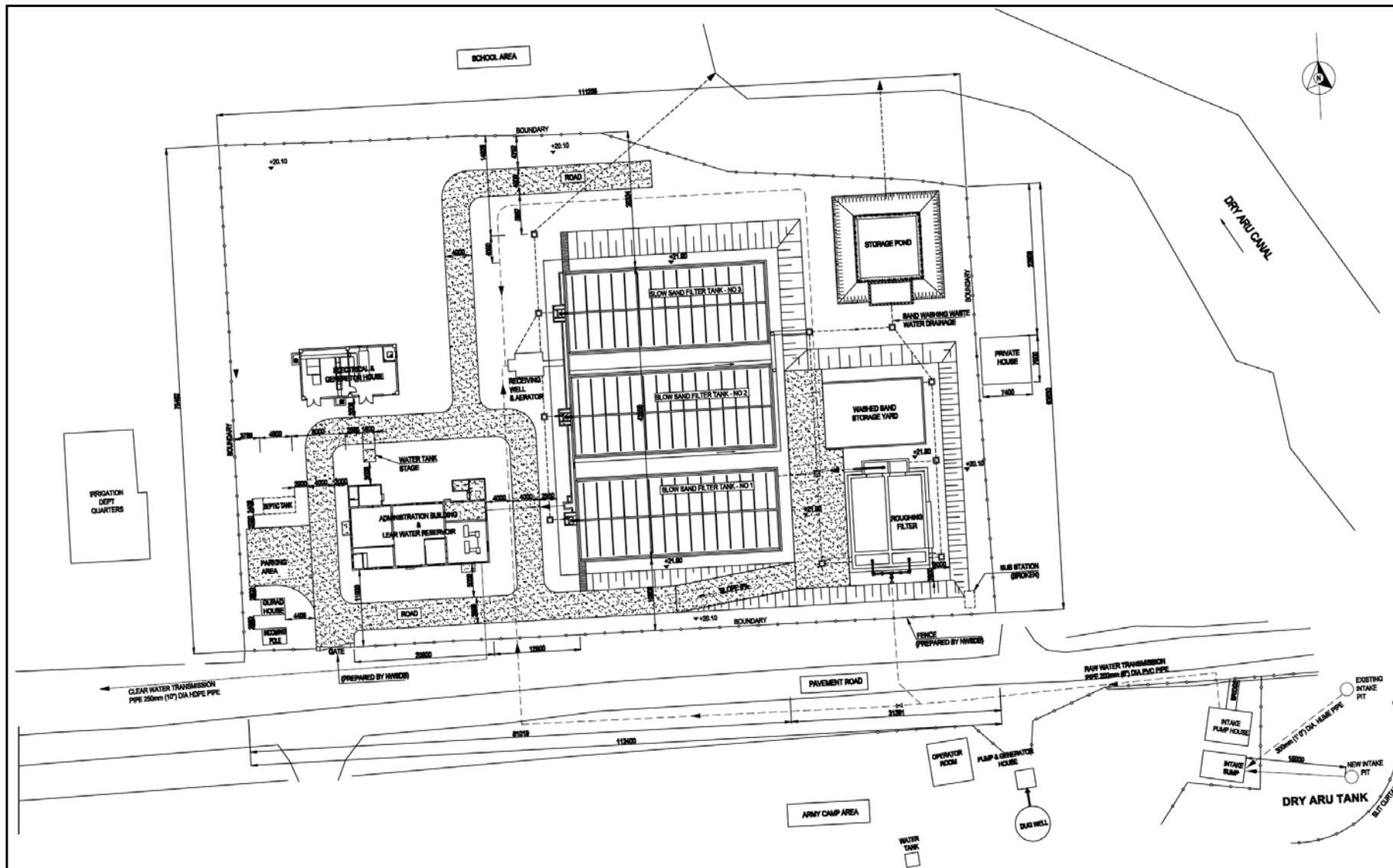


図 3-2-5 取水施設及び浄水場施設配置図

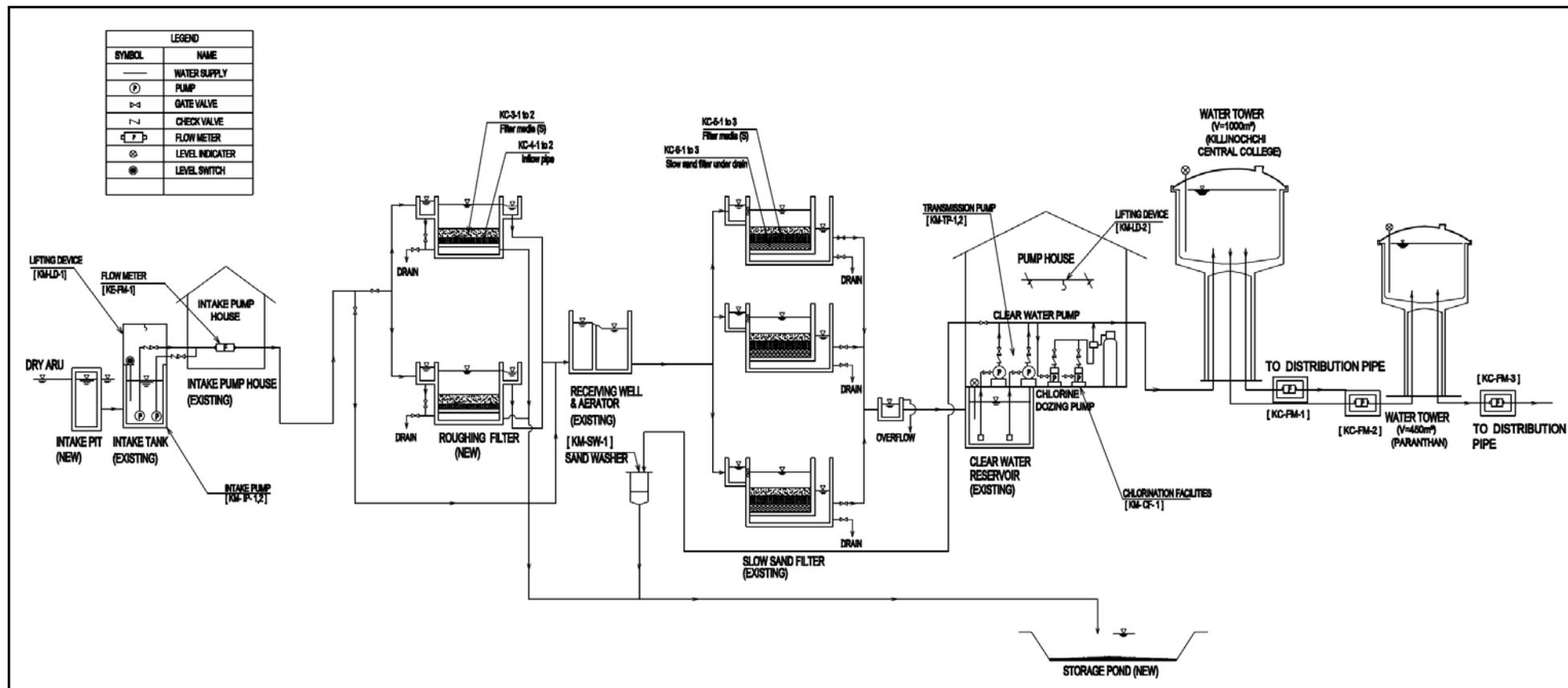


図 3-2-6 再構築後の浄水処理フロー

(2) 送水施設計画

送水管は、浄水場から「セントラルカレッジ高架水槽（1000m³）」までの約 1.7km を 300mm のポリエチレン管及び一部ダクタイル鋳鉄管とし、セントラルカレッジ高架水槽（1000m³）から「パラランタン高架水槽（450m³）」までの約 6.6km を 250mm の高密度ポリエチレン管及び一部ダクタイル鋳鉄管でつなぐ。なお、浄水場からセントラルカレッジ高架水槽（1000m³）までの送水能力は、2030 年の計画一日最大給水量 5,200m³/日で送水管口径を決定した。

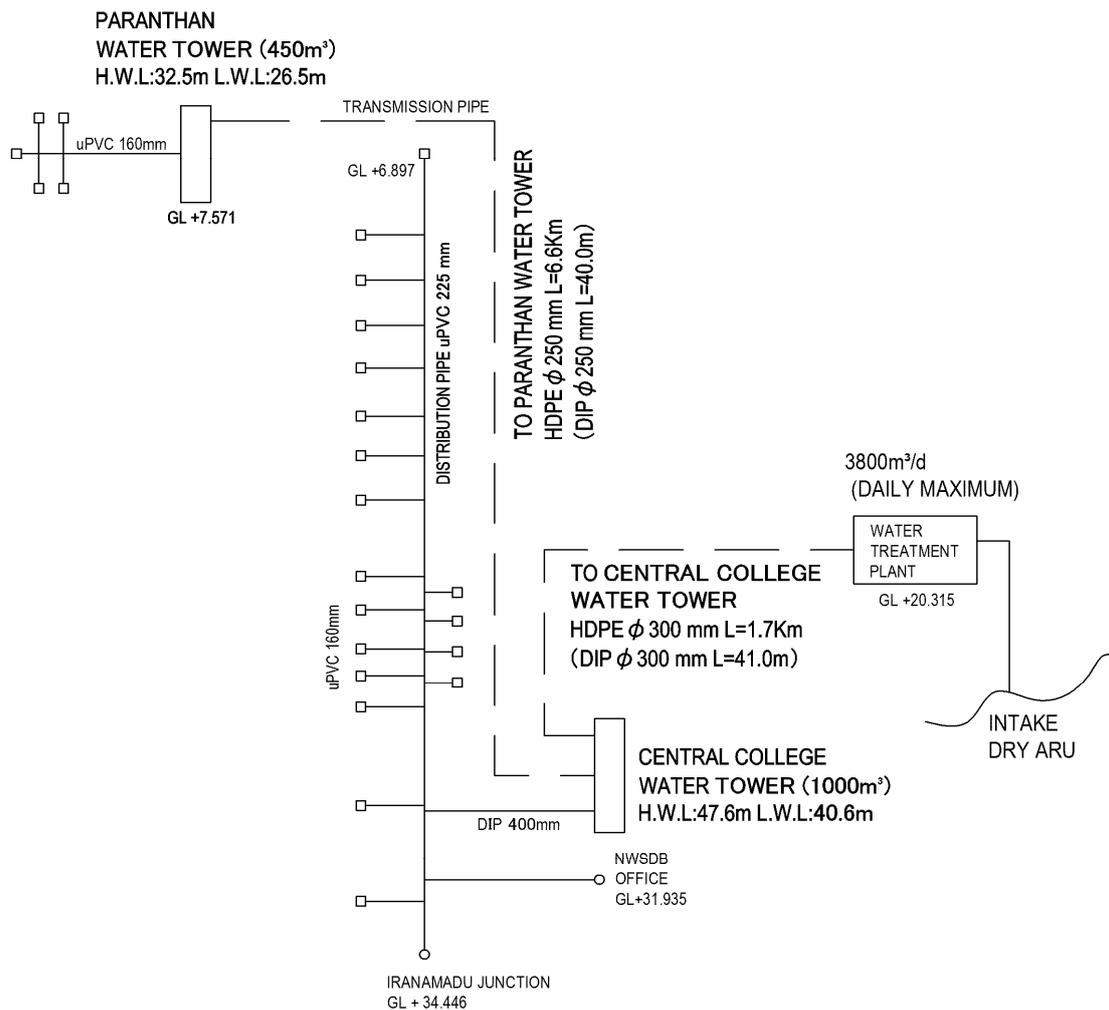


図 3-2-7 送水施設概略図

表 3-2-13 送水施設まとめ

区間	口径	延長	管材料
浄水場～セントラルカレッジ高架水槽	300mm	1.7km	高密度ポリエチレン管
		35.0m	ダクタイル鋳鉄管
セントラルカレッジ高架水槽～パラランタン高架水槽	250mm	6.6km	高密度ポリエチレン管
		36.0m	ダクタイル鋳鉄管

(3) 配水施設計画

1) セントラルカレッジ高架水槽（新設）

浄水場より約 1km 南に位置する Central College 敷地内に「セントラルカレッジ高架水槽」を建設する。貯留容量としては、Paranthan を除く 12 行政村への配水量 4,541m³/日（日最大給水量）の約 5.3 時間分を貯留できる 1,000m³ とする。なお、パランタン高架水槽へは、セントラルカレッジ高架水槽から自然流下により送水する。

高架水槽の水位監視と浄水場の送水ポンプ制御のために水位計を設置する。水位信号は安価で簡易な GSM モデムを用いて浄水場に伝送する。また配水流量管理のために直読式の流量積算計を設置する。

2) パランタン高架水槽（新設）

北部の Paranthan 交差点から西方約 280m の行政村用地に「パランタン高架水槽」を建設する。貯留容量としては、Paranthan の 2 行政村への配水量 945m³/日（日最大給水量）の約 12 時間分を貯留できる 450m³ とする。高架水槽の水位監視のために水位計を設置する。水位信号は安価で簡易な GSM モデムを用いて浄水場に伝送する。また配水流量管理のために直読式の流量積算計を設置する。

3) 配水管

配水区域の全 14 行政村のうち、カンダワライ郡に属する「43 Kumarapuram」「44 Paranthan」の 2 つの行政村はパランタン高架水槽から配水することとし、カラチッチ郡に属する 12 の行政村はセントラルカレッジ高架水槽から配水することとする。

パランタン高架水槽からの配水区域は、給水人口 4,205 人、計画一日最大給水量 945m³/日、セントラルカレッジ高架水槽からの配水区域は、給水人口 20,167 人、計画一日最大給水量 4,541m³/日となる。

表 3-2-14 配水管計算流量

番号	行政コード	郡	行政村	人口（2030 年）	日最大給水量
1	4506043	カンダワライ	Kumarapuram	1,527	344 m ³ /day
2	4506044	〃	Paranthan	2,678	601 m ³ /day
カンダワライ郡合計				4,205	945 m ³ /day
3	4509010	カラチッチ	Vivegananthanagar	2,039	459 m ³ /day
4	4509012	〃	Uthayanagar East	2,559	576 m ³ /day
5	4509016	〃	Ananthapuram	2,409	541 m ³ /day
6	4509017	〃	Thondarmannagar	1,123	254 m ³ /day
7	4509018	〃	Kanagambikaikulan	2,098	473 m ³ /day
8	4509022	〃	Ratnapuram	1,511	339 m ³ /day
9	4509023	〃	Killinochchi Town	1,300	293 m ³ /day
10	4509024	〃	Maruthanagar	1,772	399 m ³ /day
11	4509026	〃	Kanagapuram	1,430	323 m ³ /day

番号	行政コード	郡	行政村	人口 (2030 年)	日最大給水量
12	4509027	〃	Thirunagar South	1,358	306 m ³ /day
13	4509028	〃	Thirunagar North	1,659	374 m ³ /day
14	4509029	〃	Kaneshapuram	909	204 m ³ /day
カラチッチ郡合計				20,167	4,541 m ³ /day

本調査の対象となる配水管網（総延長 40.3km）の設計基本方針は、以下のとおりとした。

- ① 本調査対象の配水管網は、配水幹線に位置づけられる管路であり、配管口径は 225mm と 160mm とし、配水管の材質は硬質塩化ビニルとした。
- ② セントラルカレッジ高架水槽から A9 国道までの配水管約 200m については、通過水量が多いため、水理計算結果より 400mm の大口径となることから、ダクタイル鋳鉄管を採用した。

表 3-2-15 配水管まとめ

管材料	口径	延長	備考
ダクタイル鋳鉄管	400mm	0.2km	
	400mm	27.0m	セントラルカレッジ高架水槽部
	250mm	27.0m	パラントアン高架水槽部
硬質塩化ビニル管	225mm	27.0km	
	160mm	13.3km	

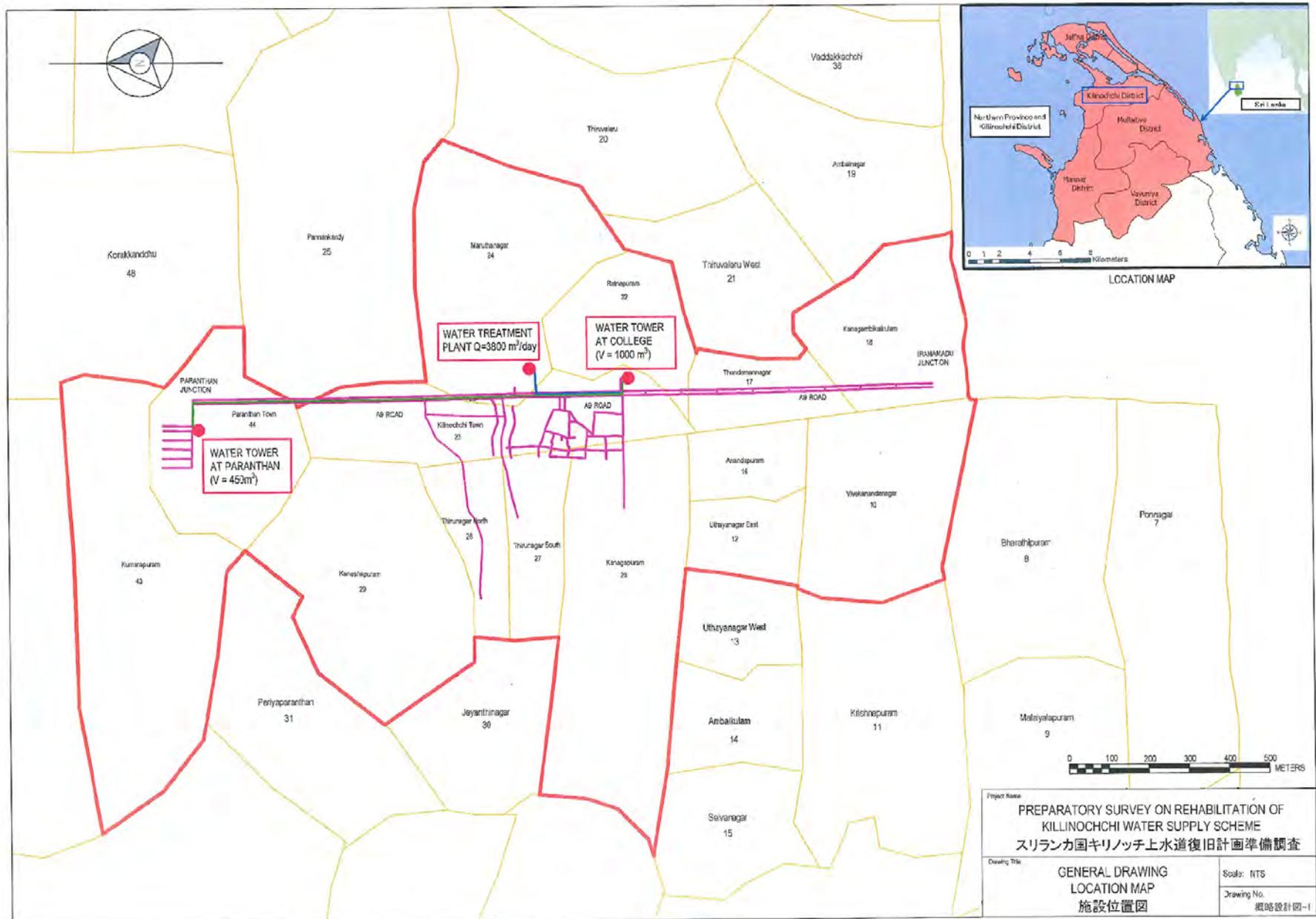
- ③ A9 国道の横断位置については、RDA 及び NWSDB と協議及び現地立会を行い、16 箇所の横断位置を確認した。なお、横断管については、450mm の鉄筋コンクリート管をさや管として埋設し、その内側に硬質塩化ビニル管を布設することとする。なお、この A9 国道横断管は、RDA が拡幅工事を既に開始しており、NWSDB は RDA と協議の上、本事業に先行して実施することとした。
- ④ 配水管の埋設位置は、A9 国道の第二次拡張計画（全幅 30m）の外側とし、障害物がある場合は、第一次拡張計画（全幅 15.2m）の外側とする。
- ⑤ パラントアン高架水槽は、Paranthan 地区全域を配水区域とし、セントラルカレッジ高架水槽からの配水区域は南に位置するイラナマドゥ交差点までとする。
- ⑥ 配水管の最小動水圧は 6m とする。
- ⑦ 仕切弁、空気弁、泥吐弁、伏せ越し等、必要箇所に設置する。

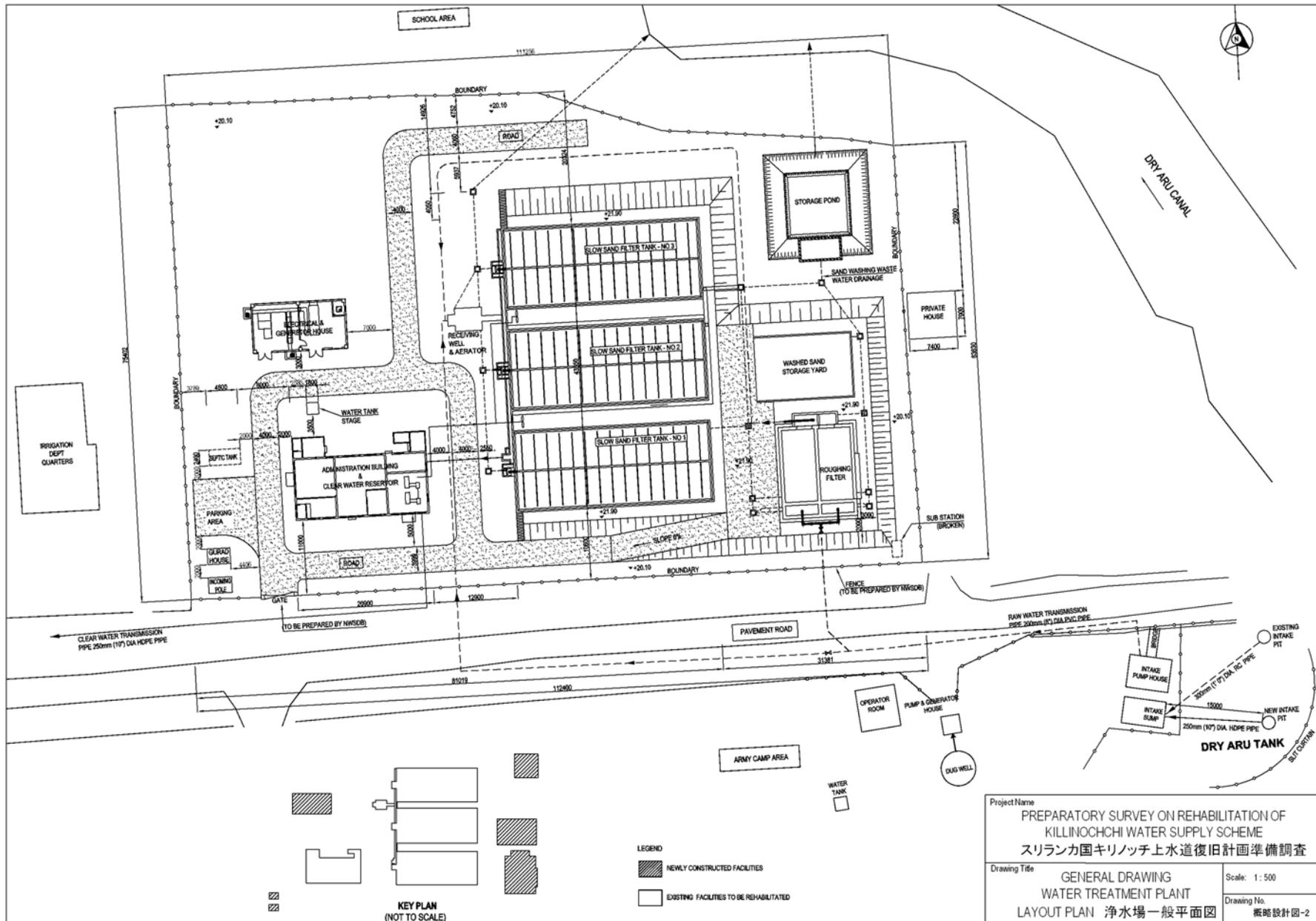
3-2-4 概略設計図

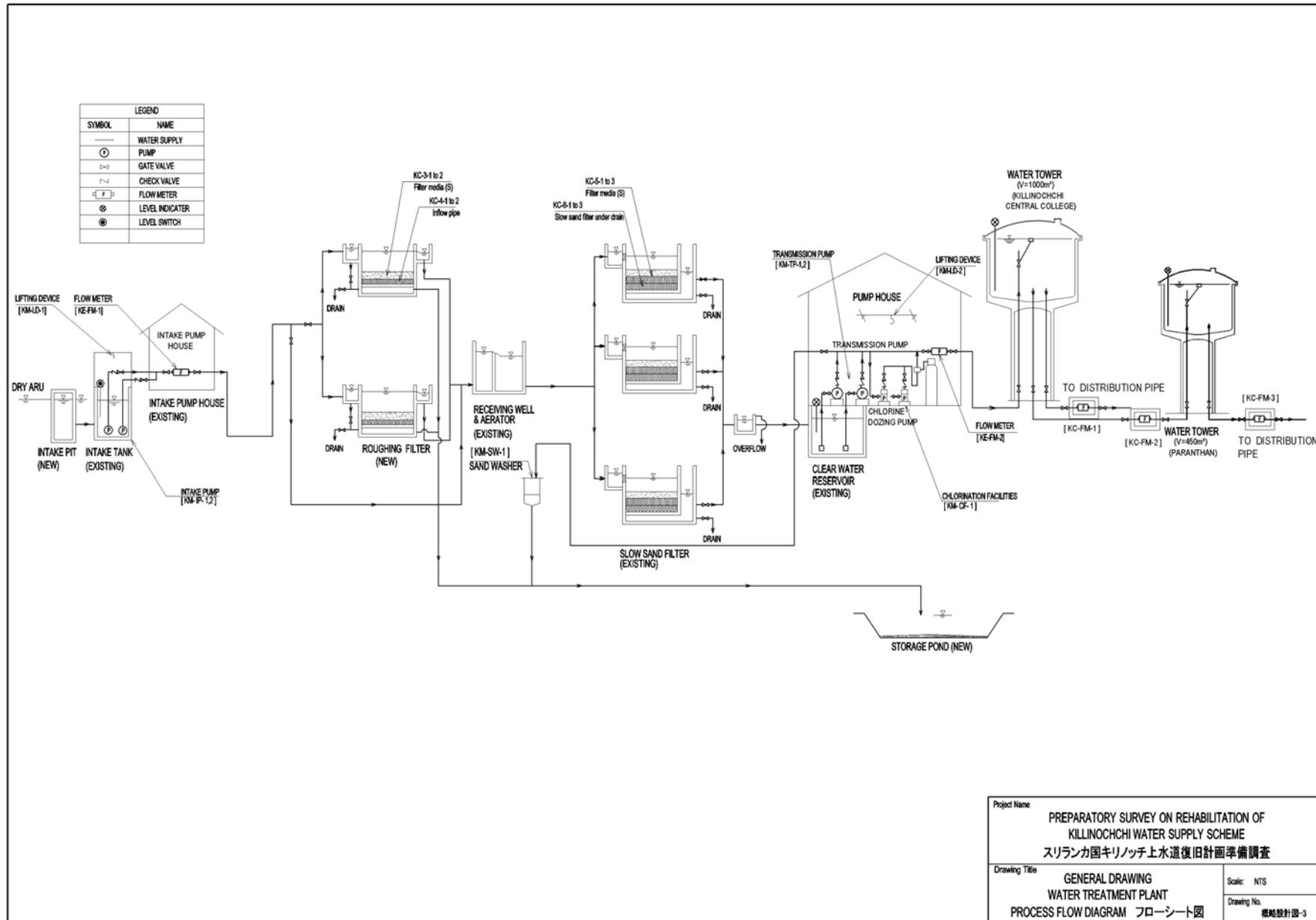
概略設計図は、表3-2-16に示す図を添付する。

表3-2-16 概略設計図一覧

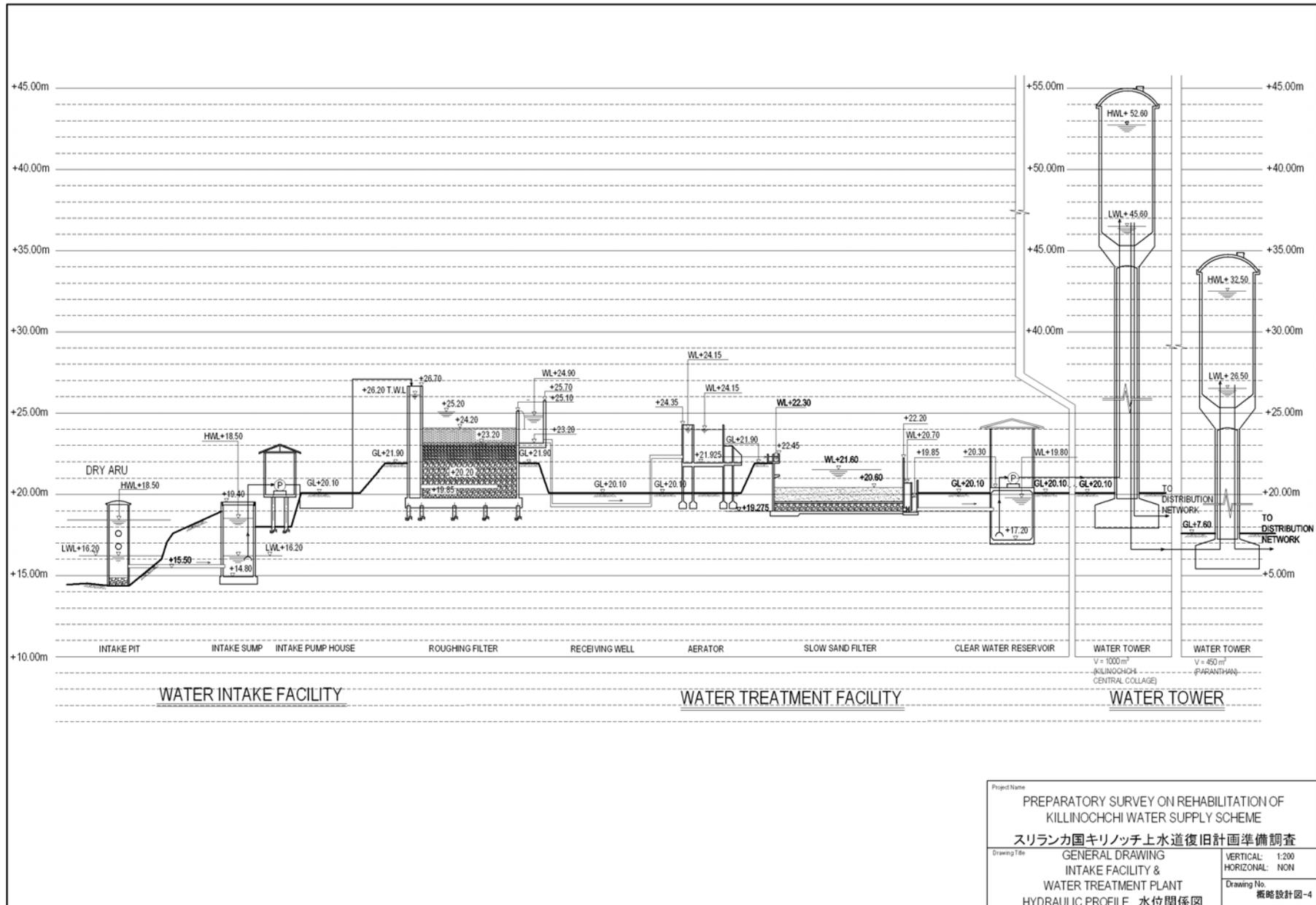
分類	図番	名称	備考
計画概要図	1	施設位置図	
	2	浄水場一般平面図	
	3	フローシート図	
	4	水位関係図	
	5	単線結線図	
取水施設	6	取水施設位置図	
	7	取水ビット平面図・断面図	
浄水場	8	粗ろ過池平面図	
	9	粗ろ過池断面図	
	10	エアレータ平面図・断面図	
	11	緩速ろ過池上部平面図・詳細図	
	12	緩速ろ過池断面図(1)	
	13	緩速ろ過池断面図(2)	
	14	管理棟・浄水池平面図	
	15	管理棟・浄水池断面図	
	16	洗浄排水貯留池平面図・断面図	
	17	洗浄砂貯留ヤード平面図・断面図	
	18	受電・発電機棟	
高架水槽	19	ガードハウス平面図・断面図	
	20	セントラルカレッジ高架水槽配置図	
	21	セントラルカレッジ高架水槽平面図・断面図	
	22	パラントアン高架水槽配置図	
送水管・配水管	23	パラントアン高架水槽平面図・断面図	
	24	送水管・配水管 路線一般図	
	25	浄水場～セントラルカレッジ高架水槽 送水管平面図・縦断面図(1)	
	26	浄水場～セントラルカレッジ高架水槽 送水管平面図・縦断面図(2)	
	27	セントラルカレッジ高架水槽～パラントアン高架水槽 送水管平面図・縦断面図(1)	
	28	セントラルカレッジ高架水槽～パラントアン高架水槽 送水管平面図・縦断面図(2)	
	29	セントラルカレッジ高架水槽～パラントアン高架水槽 送水管平面図・縦断面図(3)	
	30	セントラルカレッジ高架水槽～パラントアン高架水槽 送水管平面図・縦断面図(4)	
	31	セントラルカレッジ高架水槽～パラントアン高架水槽 送水管平面図・縦断面図(5)	
	32	セントラルカレッジ高架水槽～パラントアン高架水槽 送水管平面図・縦断面図(6)	
	33	A9国道沿い配水管路線図	
	34	キリノッチ地区 配水管路線図	
35	パラントアン地区 配水管路線図		
配管工標準図	36	A9国道横断管標準図	
	37	A9国道沿い配管敷設標準図	
	38	標準掘削・埋戻し断面図	
	39	給水管接続標準図	

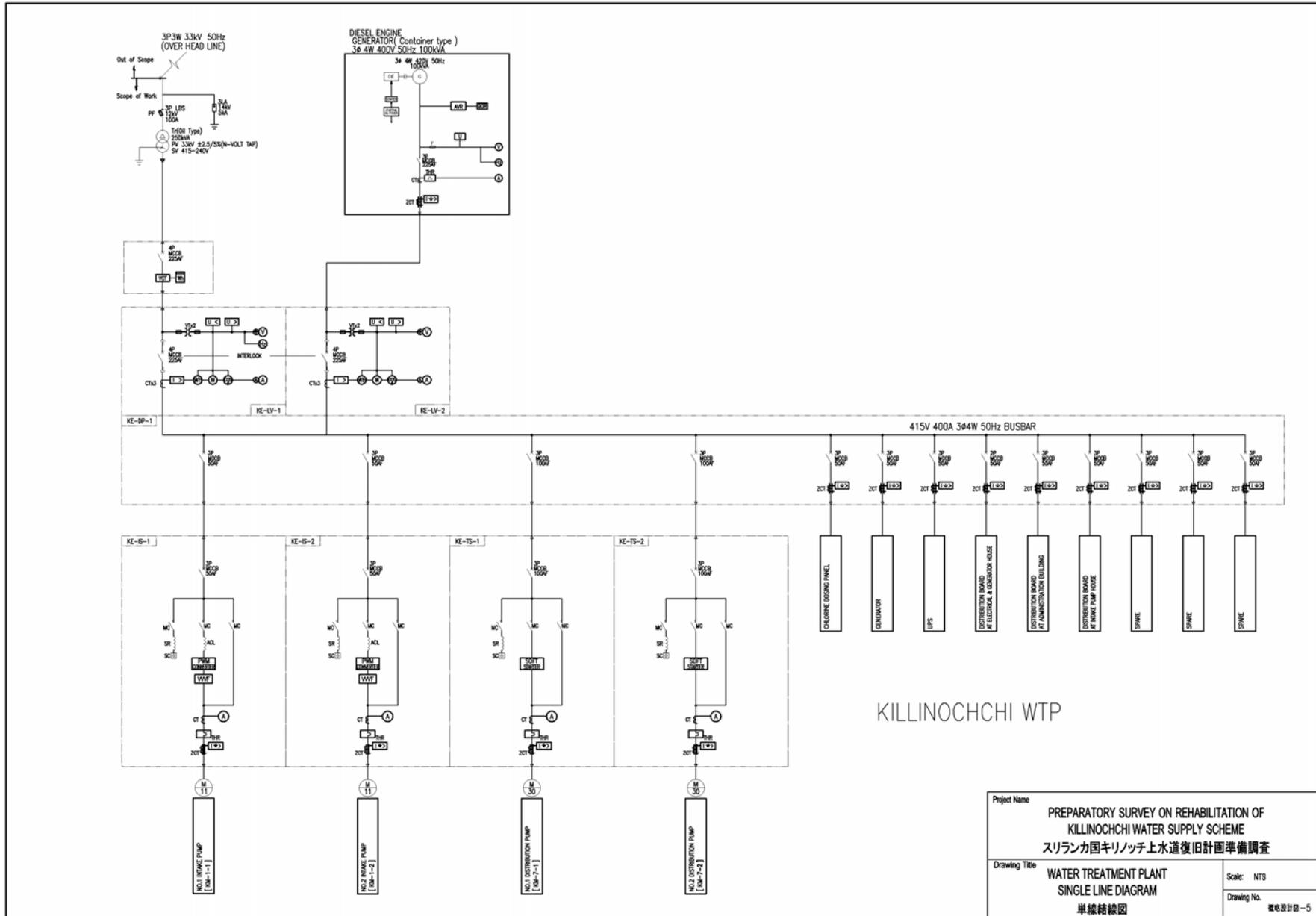


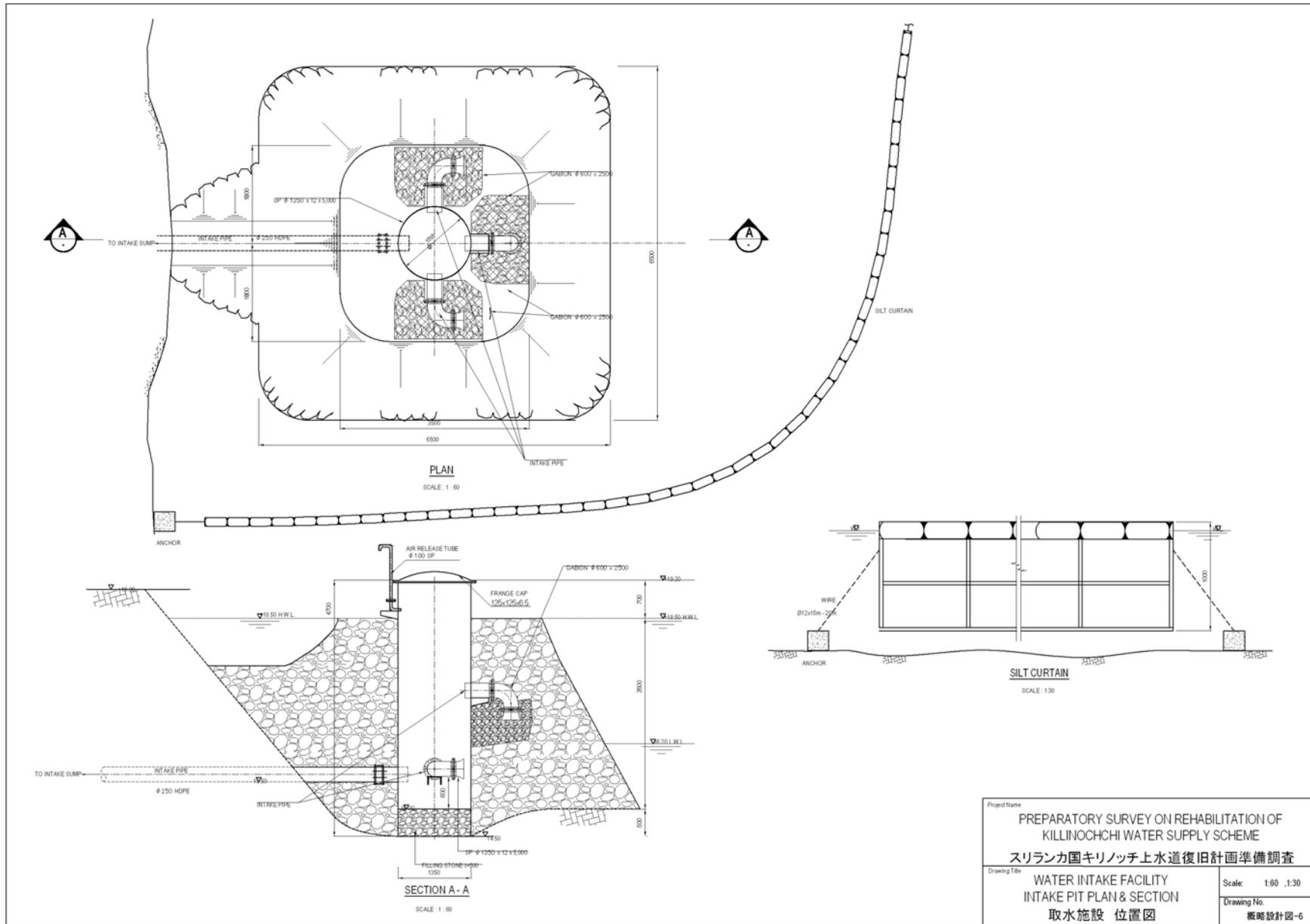


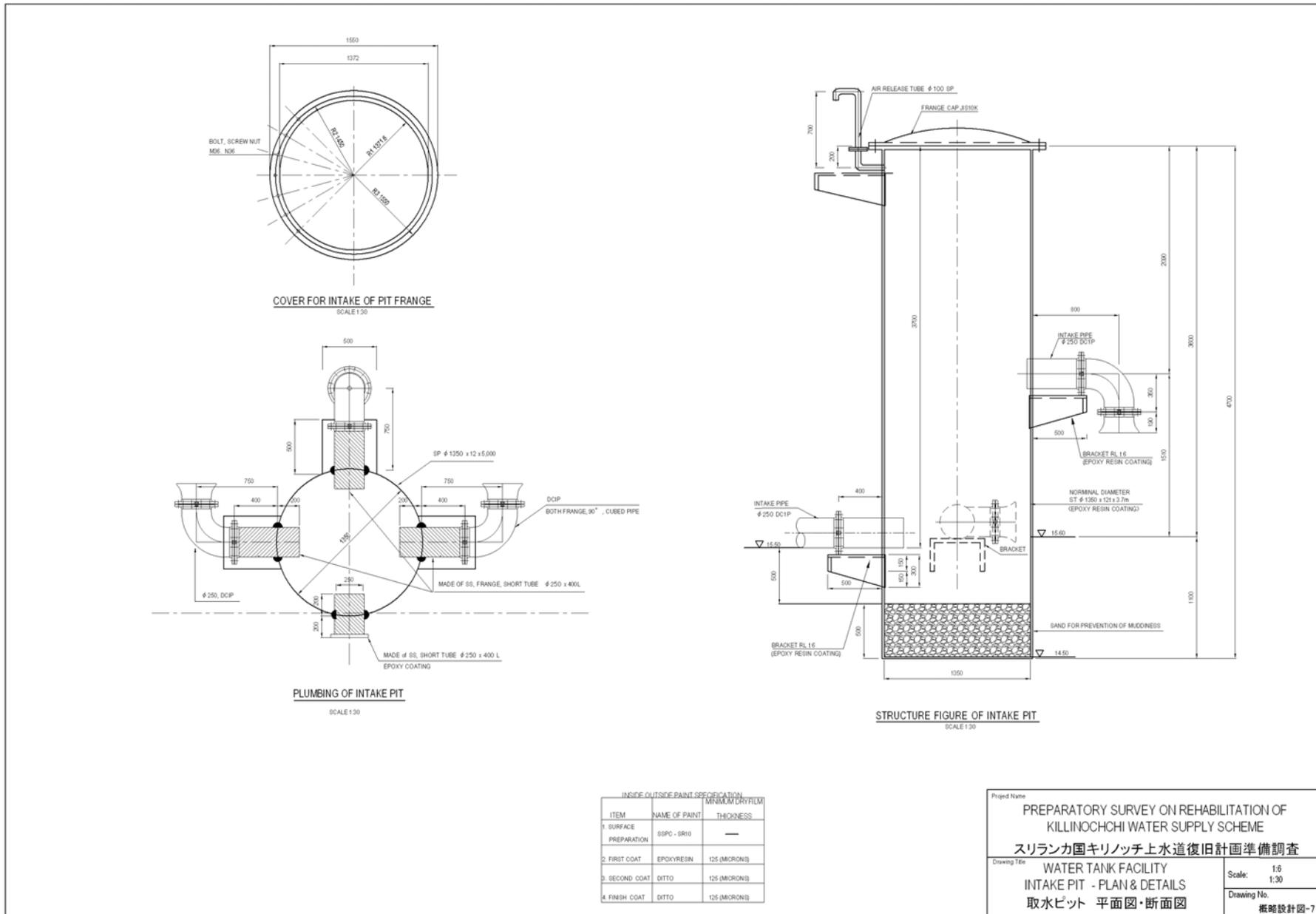


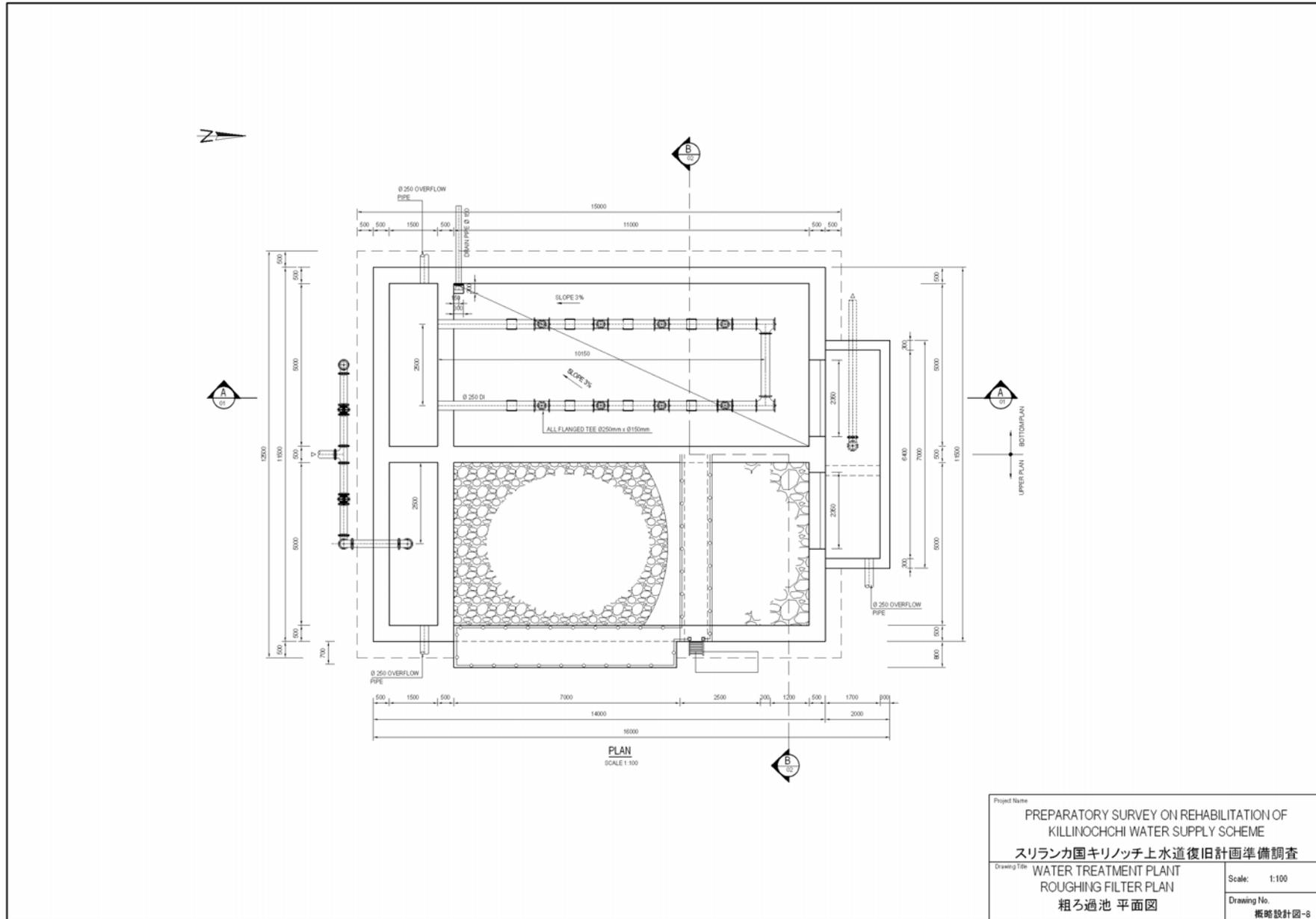
Project Name		PREPARATORY SURVEY ON REHABILITATION OF KILLINOCCHI WATER SUPPLY SCHEME スリランカ国キリノッチ上水道復旧計画準備調査	
Drawing Title		GENERAL DRAWING WATER TREATMENT PLANT PROCESS FLOW DIAGRAM フローシート図	Scale: NTS Drawing No. 概略設計図-3



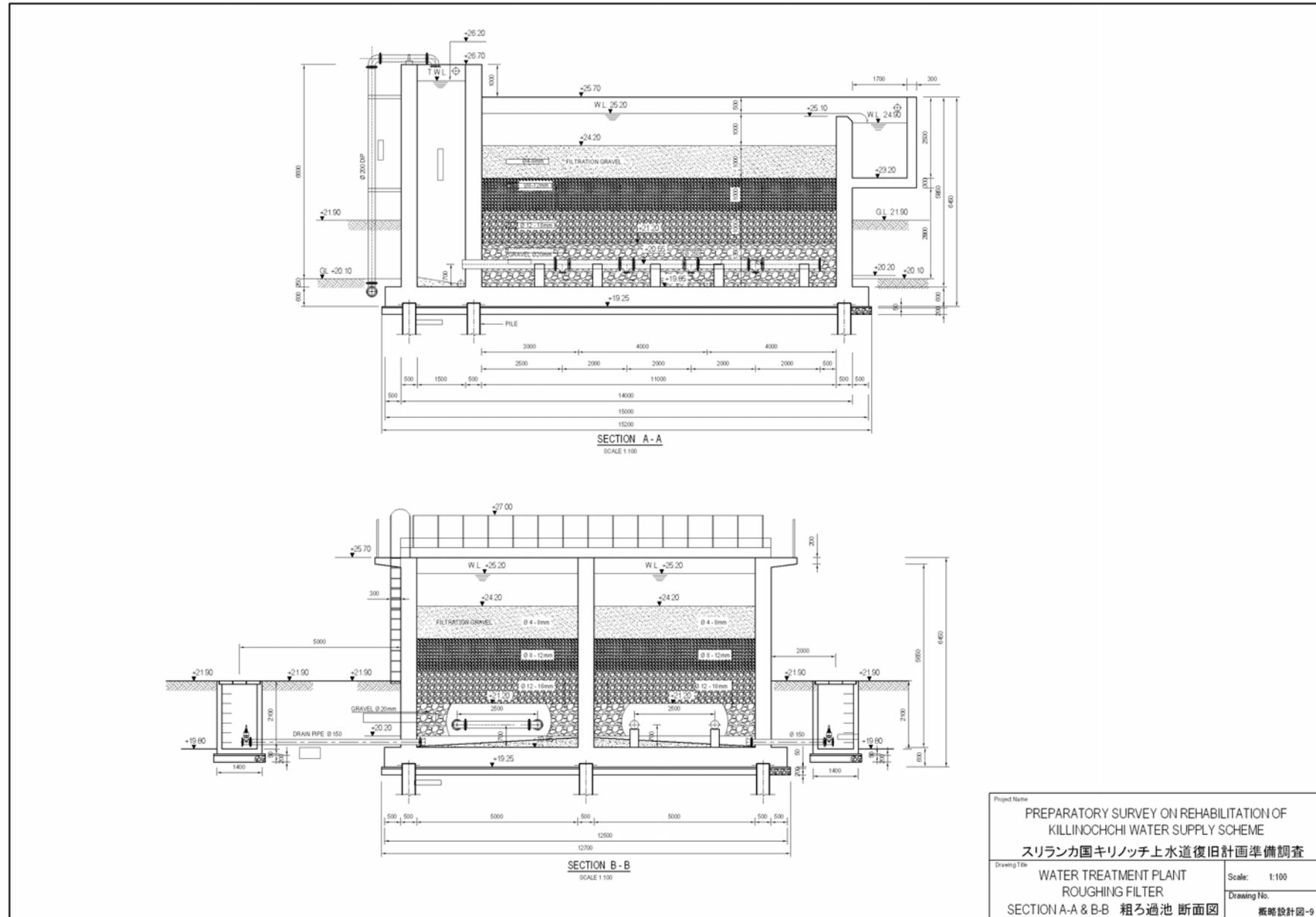




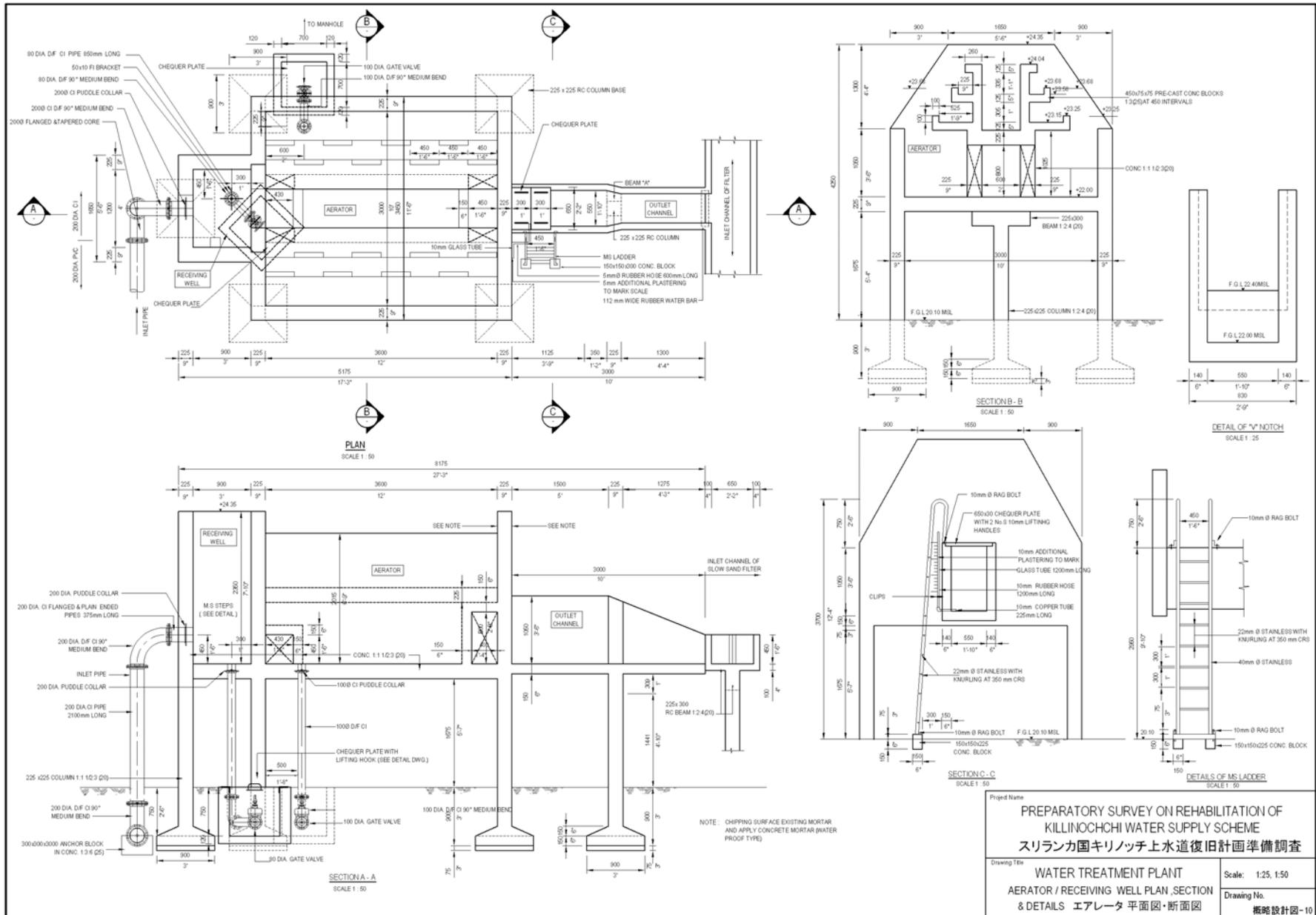


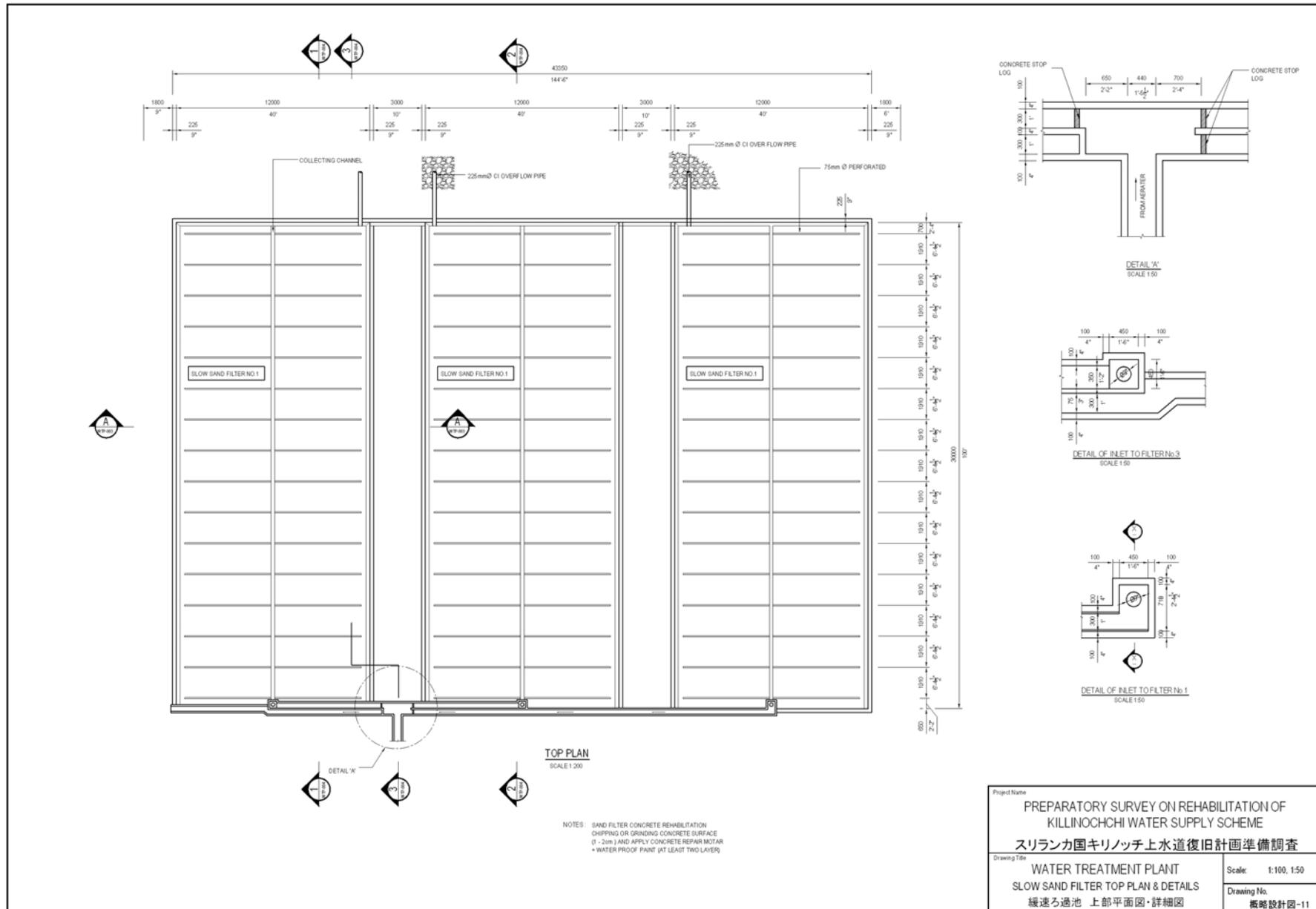


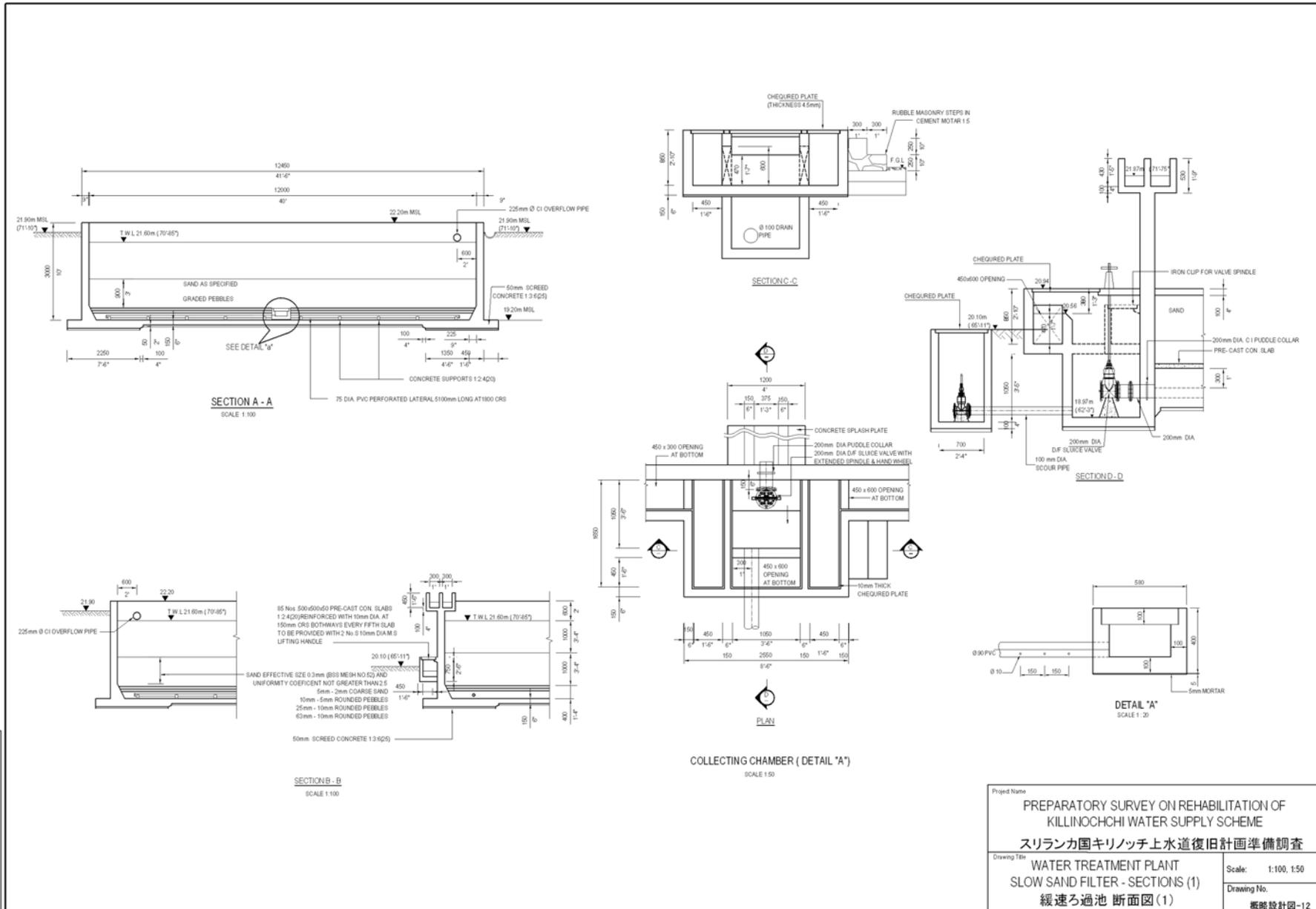
Project Name	
PREPARATORY SURVEY ON REHABILITATION OF KILLINOCHCHI WATER SUPPLY SCHEME	
スリランカ国キリノッチ上水道復旧計画準備調査	
Drawing Title	Scale: 1:100
ROUGHING FILTER PLAN 粗ろ過池 平面図	Drawing No. 概略設計図-8

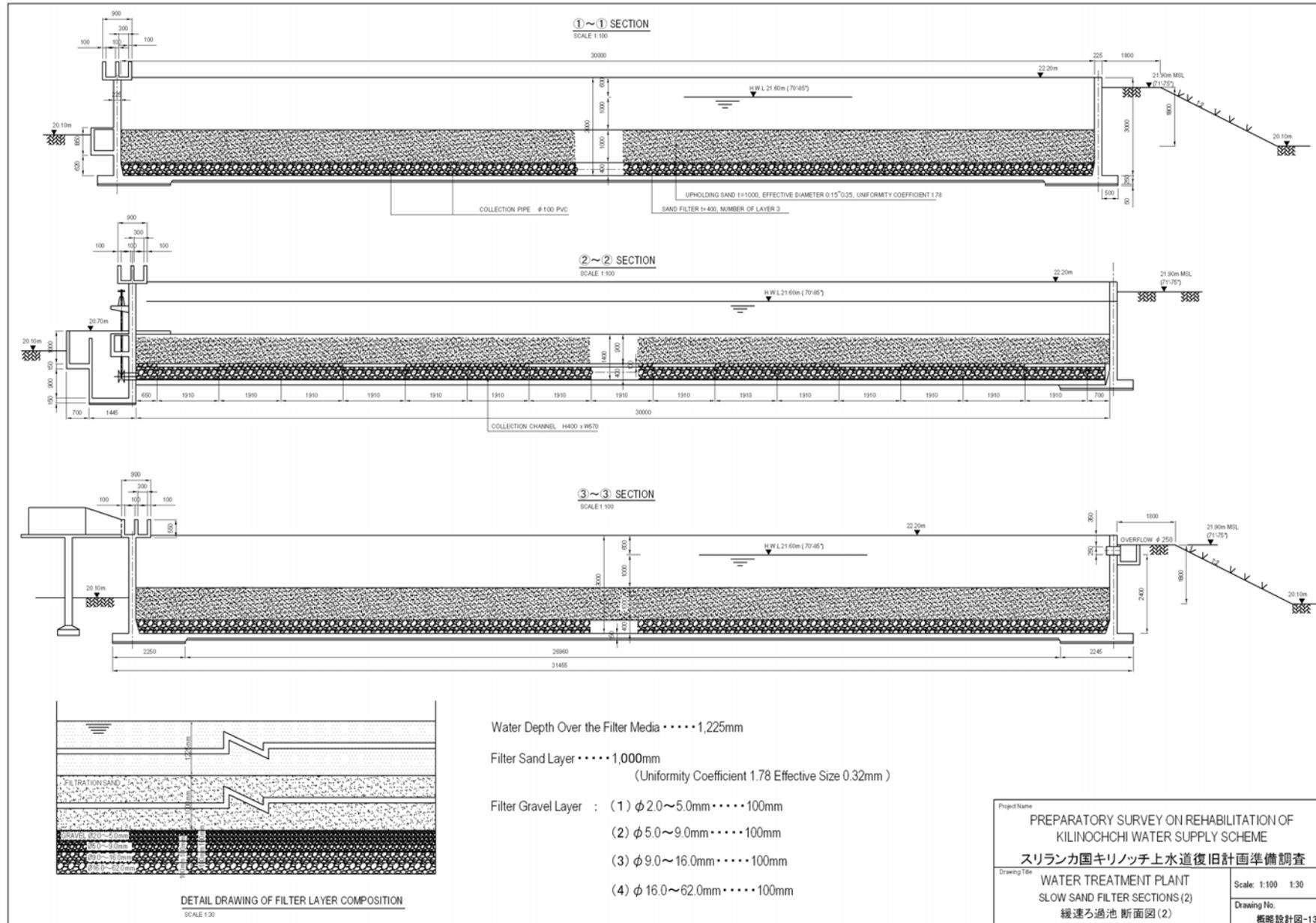


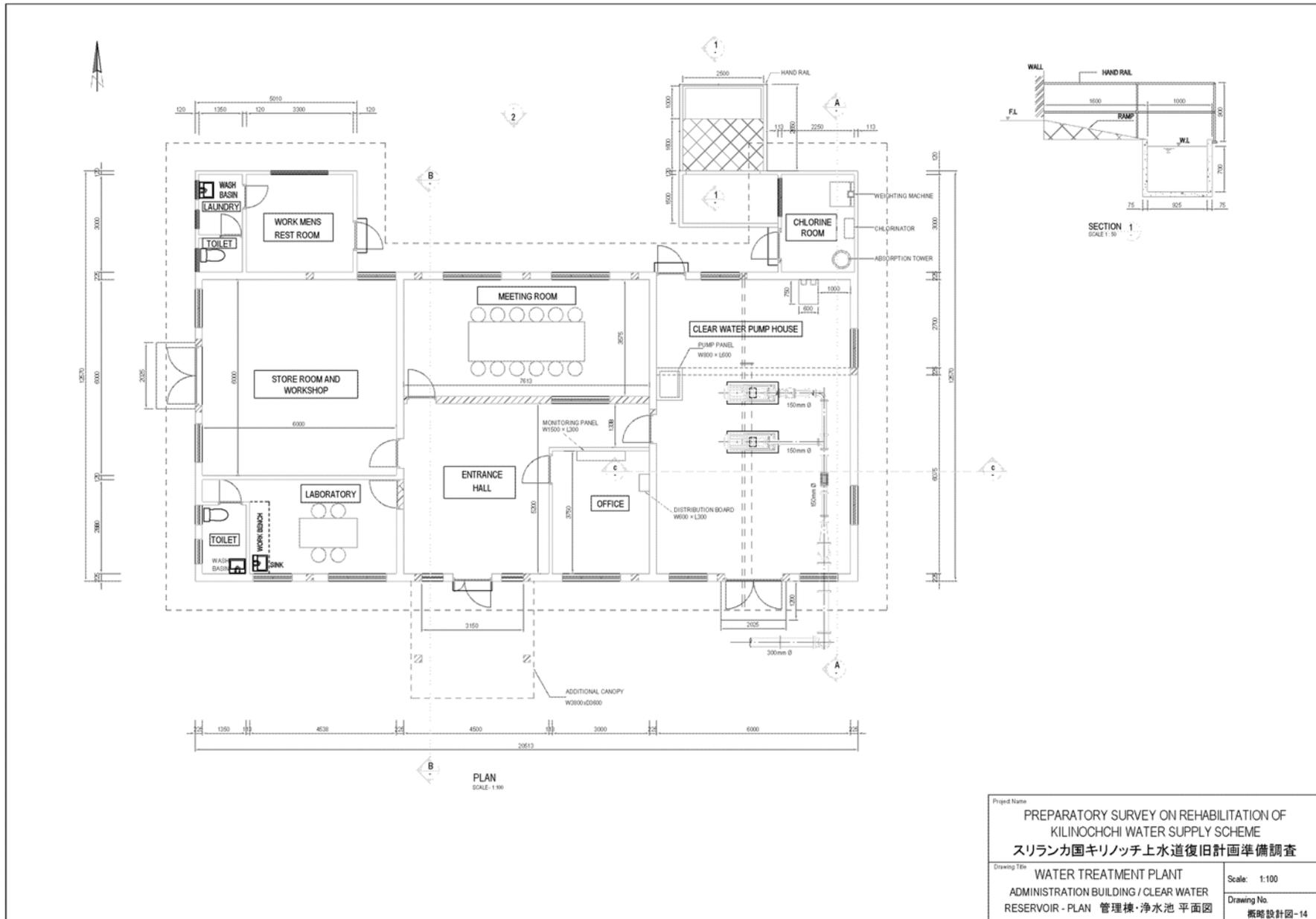
Project Name	
PREPARATORY SURVEY ON REHABILITATION OF KILLINOCHCHI WATER SUPPLY SCHEME スリランカ国キリノッチ上水道復旧計画準備調査	
Drawing Title	Scale: 1:100
WATER TREATMENT PLANT ROUGHING FILTER SECTION A-A & B-B 粗ろ過池 断面図	Drawing No. 概略設計図-9



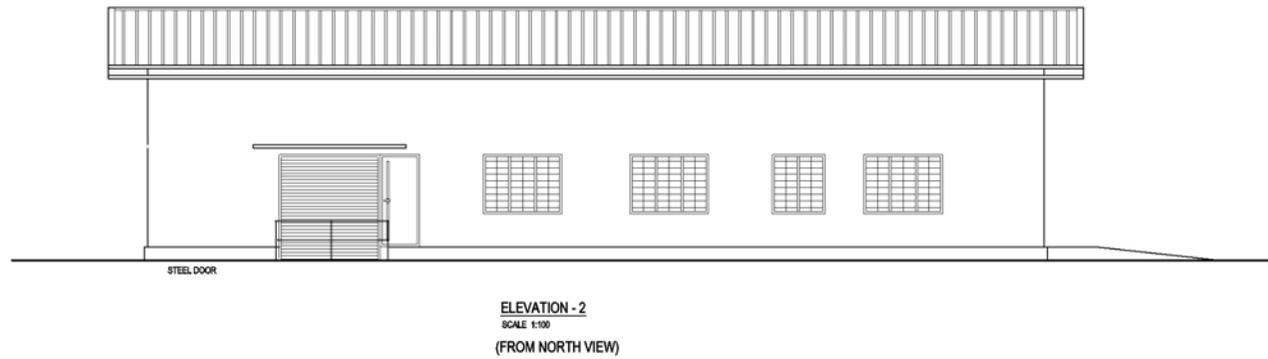
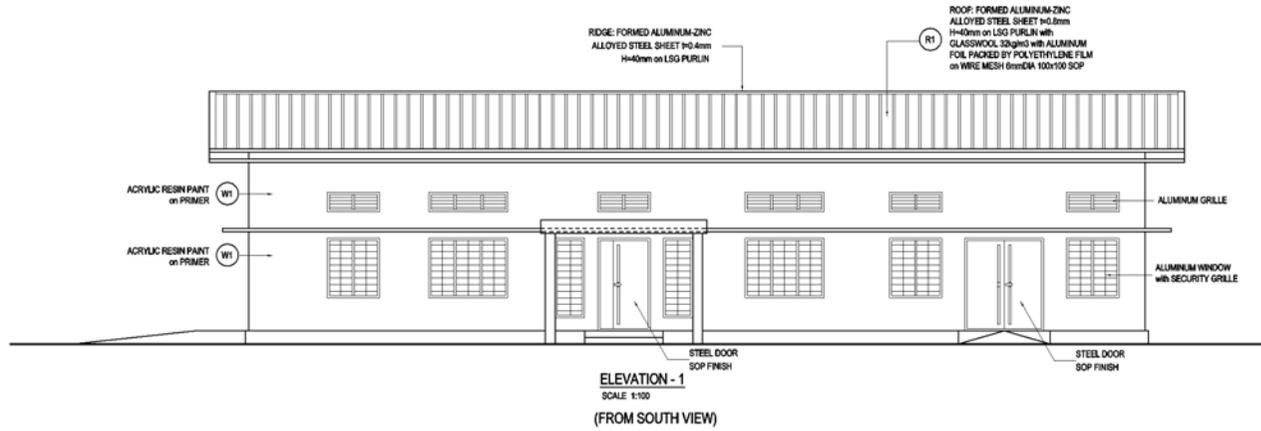




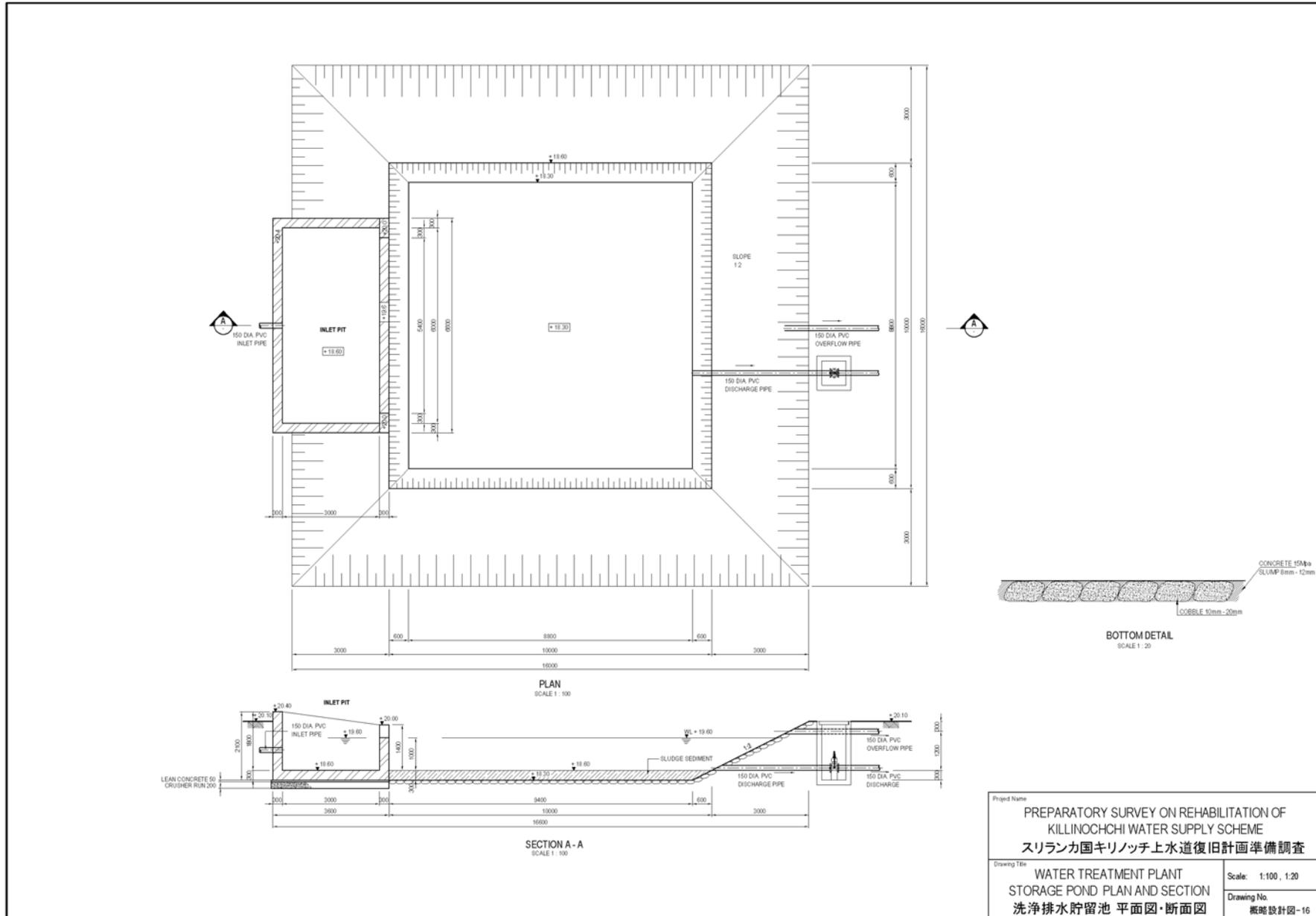


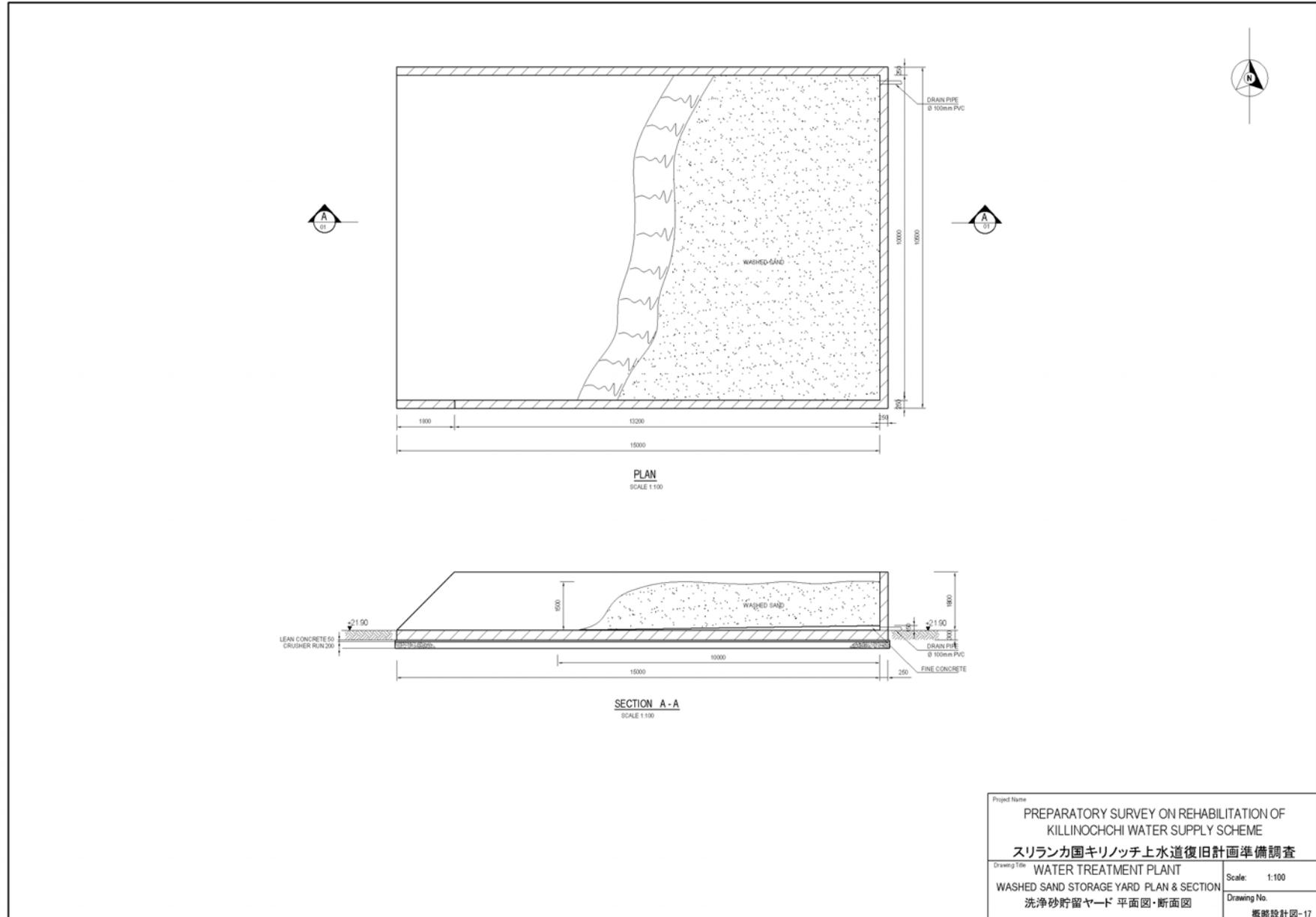


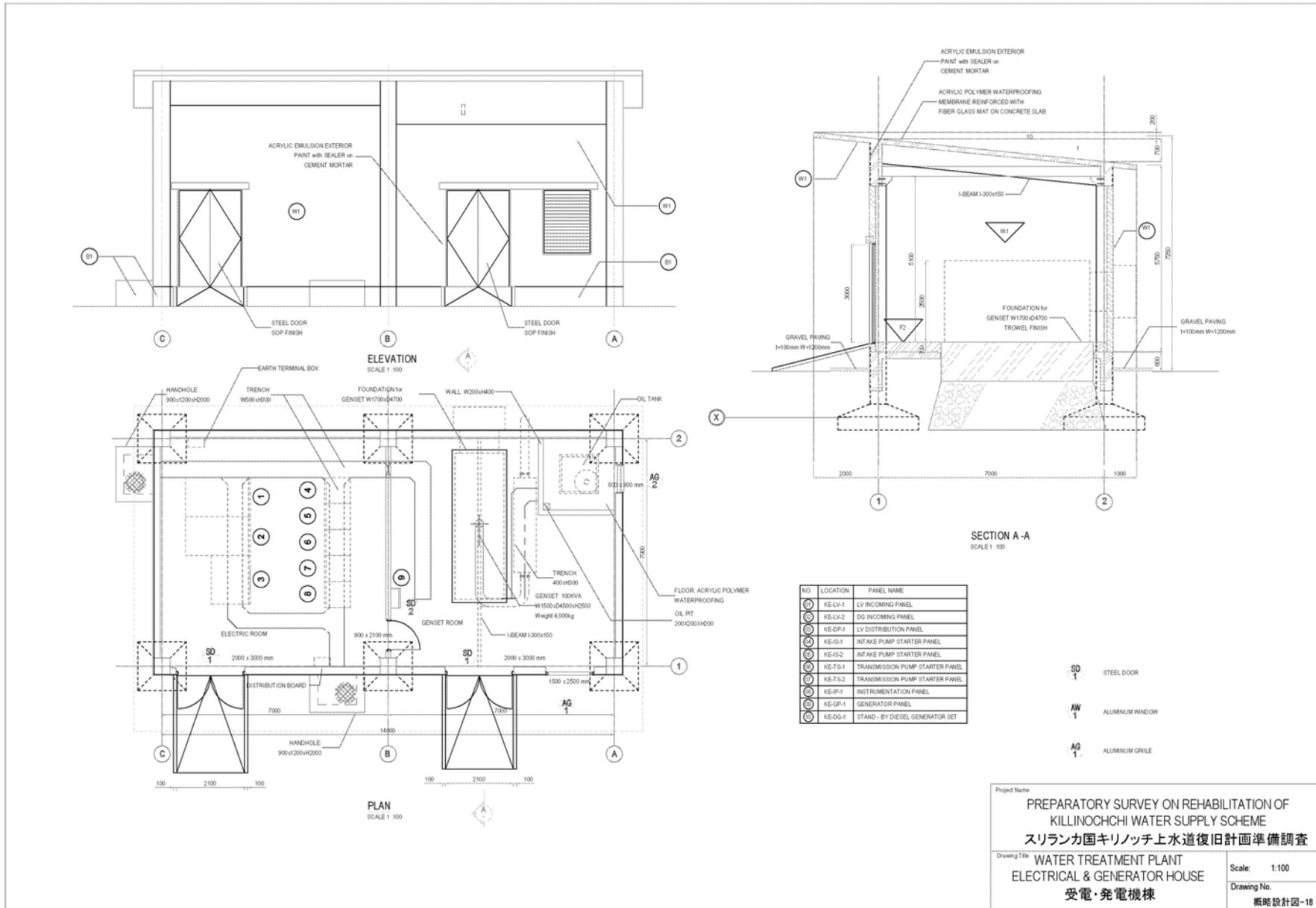
Project Name	
PREPARATORY SURVEY ON REHABILITATION OF KILINOCCHI WATER SUPPLY SCHEME スリランカ国キリノッチ上水道復旧計画準備調査	
Drawing Title	Scale: 1:100
WATER TREATMENT PLANT ADMINISTRATION BUILDING / CLEAR WATER RESERVOIR - PLAN 管理棟・浄水池 平面図	Drawing No. 概略設計図 - 14

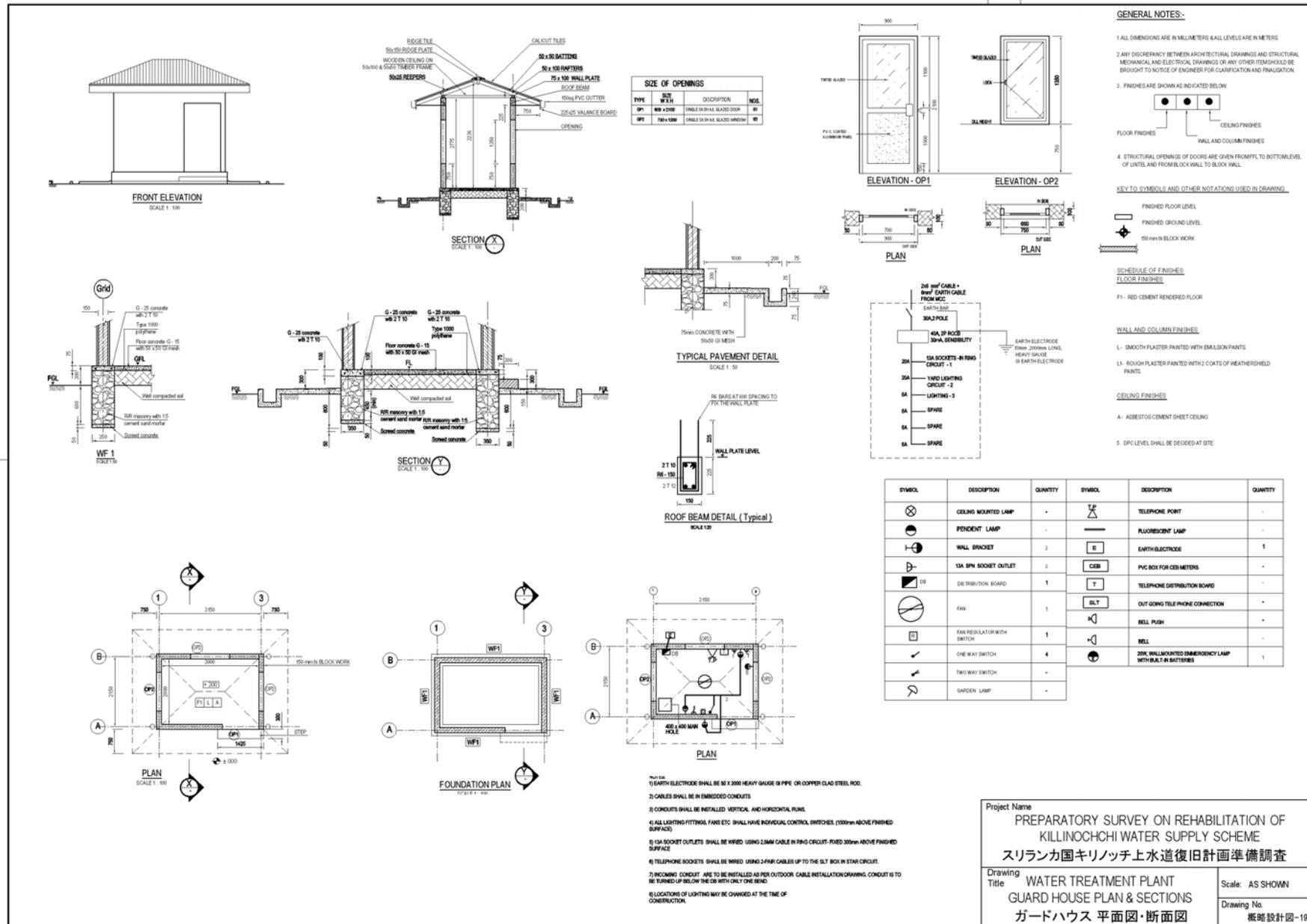


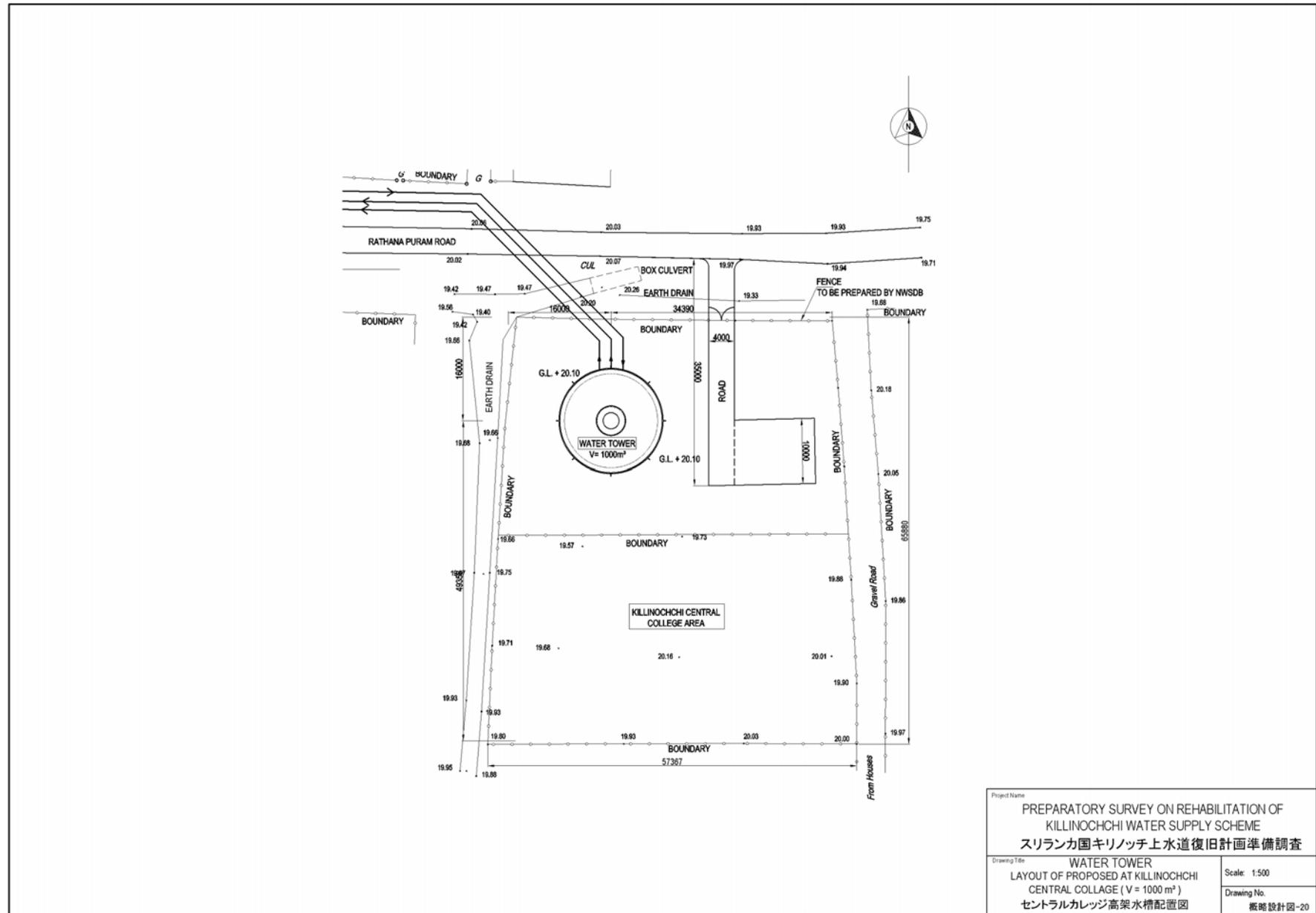
Project Name	
PREPARATORY SURVEY ON REHABILITATION OF KILINOCCHI WATER SUPPLY SCHEME スリランカ国キリノッチ上水道復旧計画準備調査	
Drawing Title	Scale: 1:100
WATER TREATMENT PLANT ADMINISTRATION BUILDING / CLEAR WATER RESERVOIR - ELEVATIONS 1 管理棟・浄水池 断面図	Drawing No. 概略設計図-15



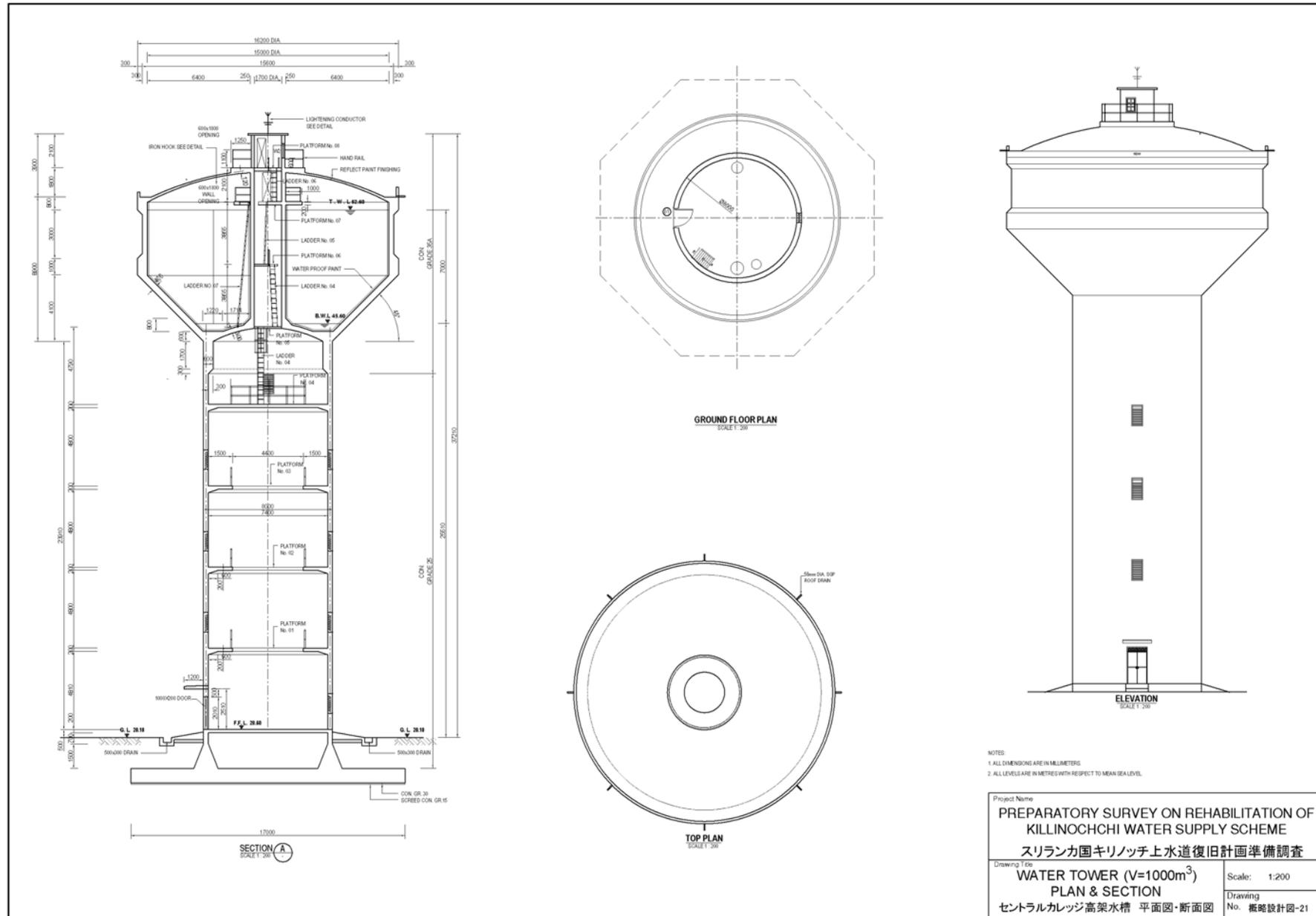


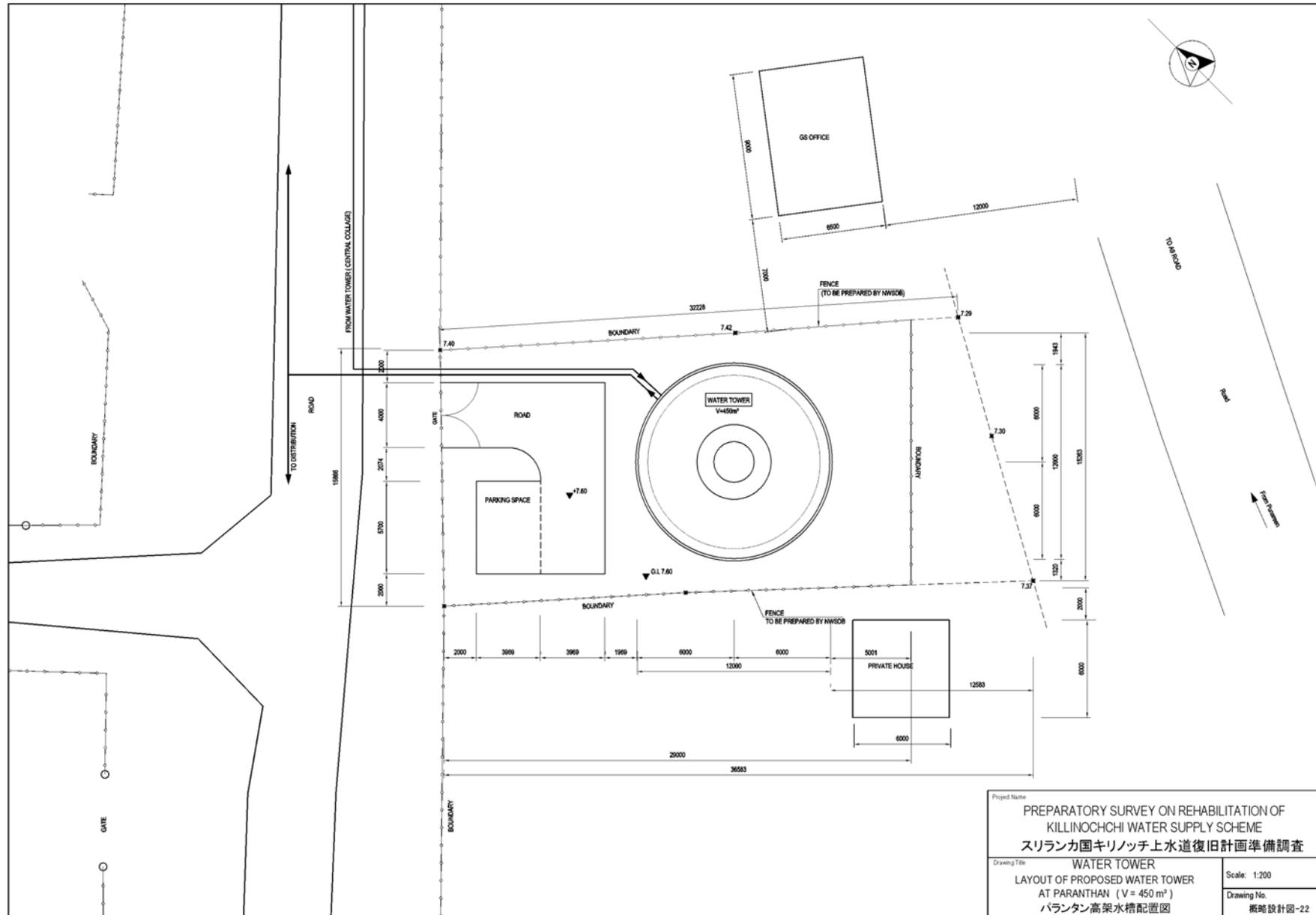


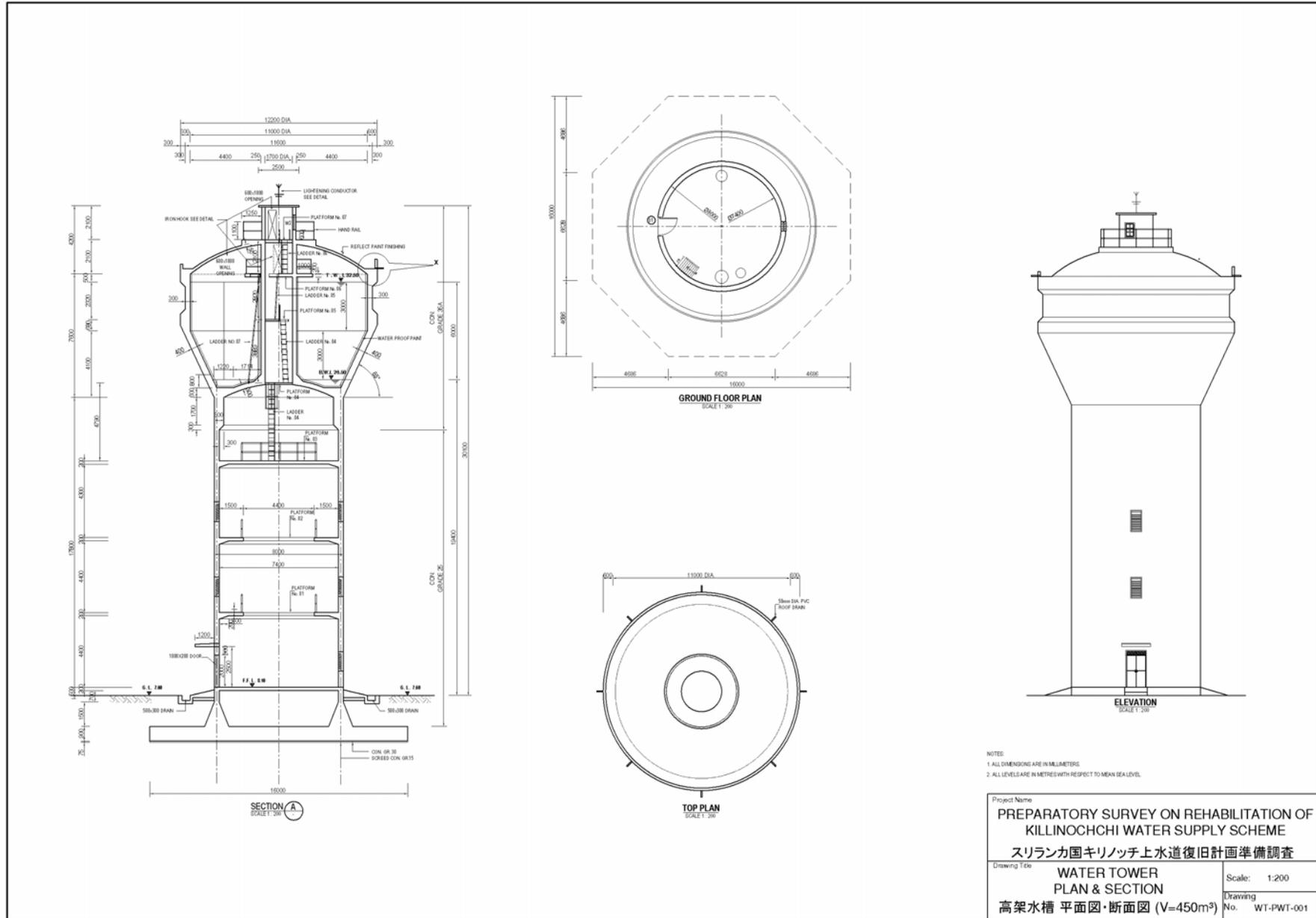




Project Name	
PREPARATORY SURVEY ON REHABILITATION OF KILLINOCHCHI WATER SUPPLY SCHEME スリランカ国キリノッチ上水道復旧計画準備調査	
Drawing Title	Scale: 1:500
WATER TOWER LAYOUT OF PROPOSED AT KILLINOCHCHI CENTRAL COLLAGE (V = 1000 m ³) セントラルカレッジ高架水槽配置図	Drawing No. 概略設計図-20







NOTES
1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
2. ALL LEVELS ARE IN METRES WITH RESPECT TO MEAN SEA LEVEL

Project Name PREPARATORY SURVEY ON REHABILITATION OF KILLINOCHCHI WATER SUPPLY SCHEME スリランカ国キリノッチ上水道復旧計画準備調査	
Drawing Title WATER TOWER PLAN & SECTION 高架水槽 平面図・断面図 (V=450m³)	Scale: 1:200
Drawing No. WT-PWT-001	