

6-3 自然条件調査結果

6-3-1 測量調査

新規浄水場建設用地内の平面地形測量を実施した。送水管路については、埋設ルートに沿う国道 2 号線の路盤、斜面、側道等の地盤高や起伏、横断する水路や舗装状況なども路線測量によって確認した。なお、測量の成果品は概略設計図に活用されている。

項目	内容
用地測量	浄水場建設用地:2.5ha (取水場用地を含む) 【平面測量】用地境界、樹木、既設建造物の位置 【レベル測量】各建造物のレベル、その他地盤面の高さ、既設浄水施設の水位測量
路線測量	浄水場～コロネル・オビエド市配水場:24.0km
河川断面測量	取水点の河川横断面の測量 測量幅:50m、河川内 2m ピッチ

6-3-2 地質調査

浄水場は河川に極めて近く、既存施設の建設当時に盛土造成された敷地内にある。現地調査においてボーリング及び標準貫入試験を実施し、地層の状態や地下水位を把握した。

項目	内容
標準貫入試験	深さ:1 箇所当り 20m(最大)×4 箇所 測定項目:深度、N 値、地下水位、土質種別 土質サンプリングを 2m 毎(1 箇所当り 10 サンプル)に行い、別途室内試験を実施する。
土質試験(室内試験)	湿潤密度(γ)、土粒子の比重(G_s)、含水比(w)、粒度分布、液性限界、塑性限界、塑性指数、圧縮強度(必要に応じて)
試掘調査	配管ルート沿い 15 箇所、配管敷設に伴う支障物及び同ルート上の腐食土の影響を把握した。4 サンプルを現地のラボで、更に 2 サンプルを日本にて試験する。

ボーリングの実施位置は図 6.3.1 に赤丸で示す通り、取水施設の予定地付近 1 ヶ所、浄水施設予定地(青線で囲んだ地区)で 3 カ所で行った。

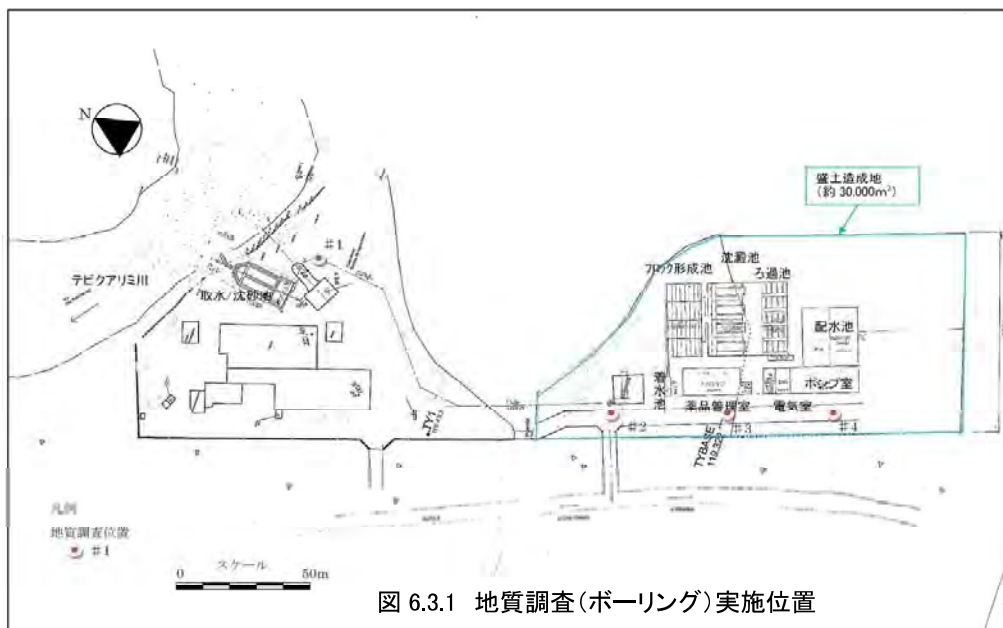


図 6.3.1 地質調査(ボーリング)実施位置

標準貫入試験の結果は図 6.3.2 に示す通りである。

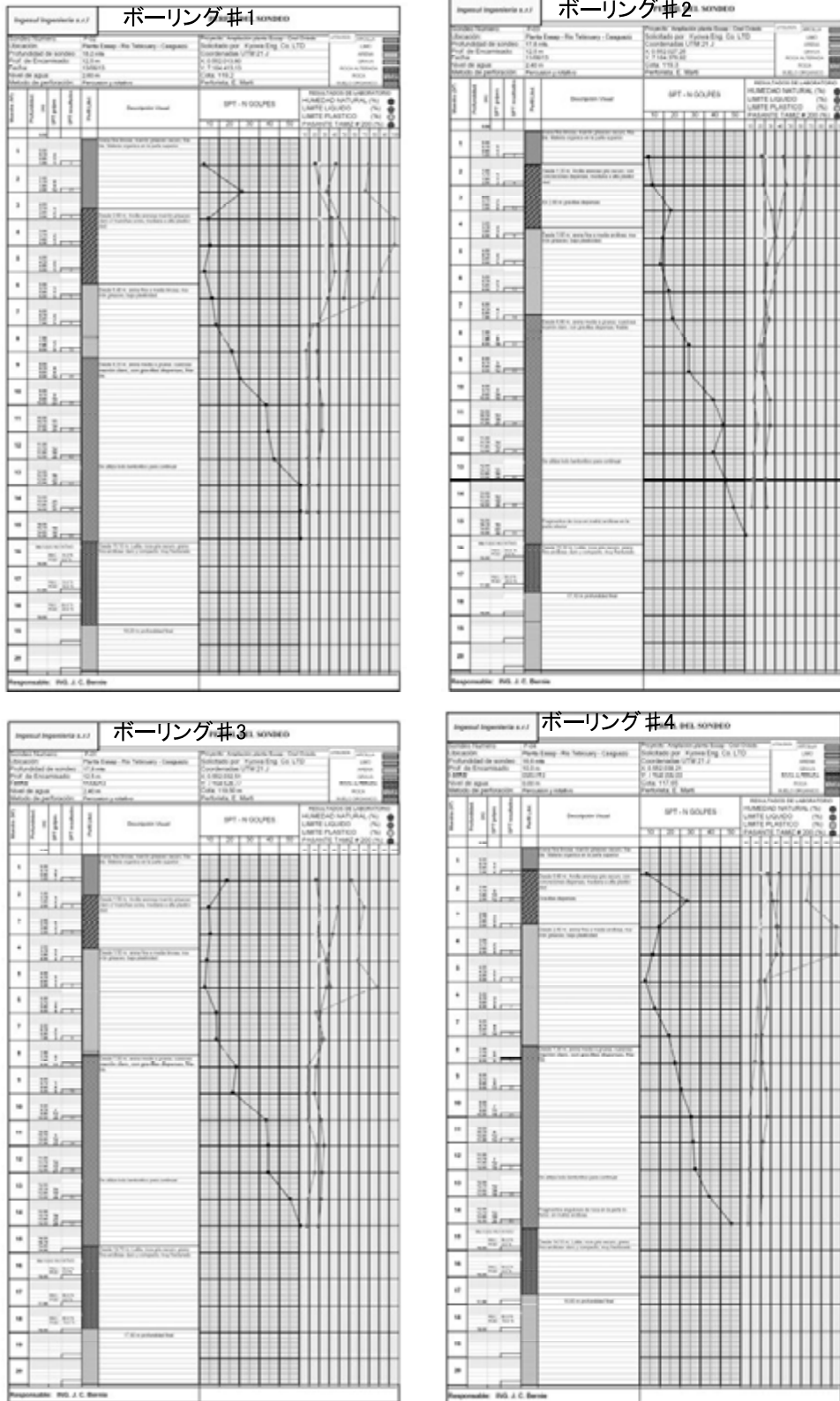


図 6.3.2 標準貫入試験の結果

調査結果から、敷地内は概ね地表から深度 6、7m は N 値 10 以下の軟弱地盤が広範囲に分布している。#1 は取水施設に近く、#2～4 は浄水施設に対応している。取水施設の基礎部は地下から 10.5～11m 程度であり、N 値は 30 程度の固結層であるため、直接基礎が可能である。浄水施設用地は約 2m、南側の沼地は 4～5m の盛土とすることが予定されているが、日本側の工事が始まるまで期間的余裕がないため圧蜜は不十分である。なお且つ、現地表から 7m 深さ程度には N 値 10 以下の軟弱層があるため、構造物の基礎部は杭基礎にする必要がある。

6-3-3 テビクアルミ川及び既存沈砂池の堆積砂の性状試験

テビクアルミ川の原水には多くの砂分を含まれている。本プロジェクトにおいて、原水から効率的に砂分を沈降分離する沈砂池を計画するための基礎資料として、現地の川砂及び沈砂池の堆積砂を採取し、これら砂の物理的性状を把握するものである。

(1) サンプル

- ① 既存沈砂池内の堆積砂
- ② 川砂（過去に川底から浚渫し、放置されていた砂）

(2) 試験方法

表 6.3.1 実施した試験内容

試験方法の番号	試験法
JWWA A103(2006) 6.6.1	砂の外観
JWWA A103(2006) 6.4.1	洗浄濁度
JWWA A103(2006) 6.4.2	密度
JWWA A103(2006) 6.6.2	ふるい分け試験

(3) 試験結果

試験結果から、洗浄濁度について、川砂が 310 度^{※1)}、沈砂池砂が 1100 度であったのは、川砂が陸上で放置されていた期間の降雨により、表面が洗浄されていたためと推定される。沈砂池の砂は、川砂に比べて粒径が小さく、均等係数がやや大きい。沈砂池や沈澱池の工程で固液分離が良好に実施されるものと判断される。両砂の粒度曲線を図 6.3.3 に示す。日本の試験機関による試験結果は図 6.3.4 に示す通りである。

ちなみに、沈砂池の設計表面負荷率から沈降速度 0.56 cm/s (10°C ベース) に相当する粒径の砂が沈降分離されることとなり、既存沈砂池の堆積砂ベースでも 90% 以上の砂が除去できると推定される。

※1) 洗浄濁度は日本水道基準(精製水中に標準物質(カオリン又はホルマジン)を 1mg/L 含む濁度を 1 度とする)による。

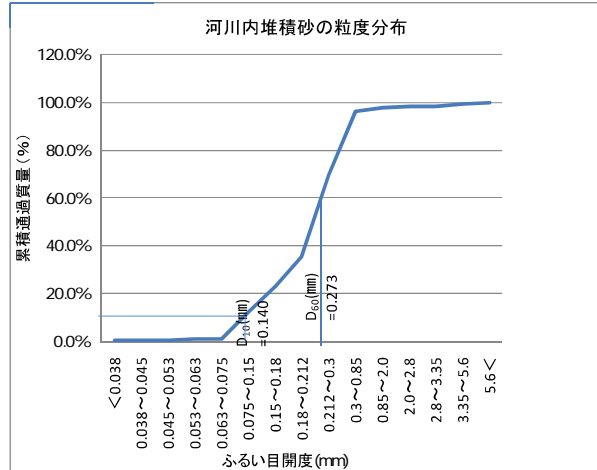
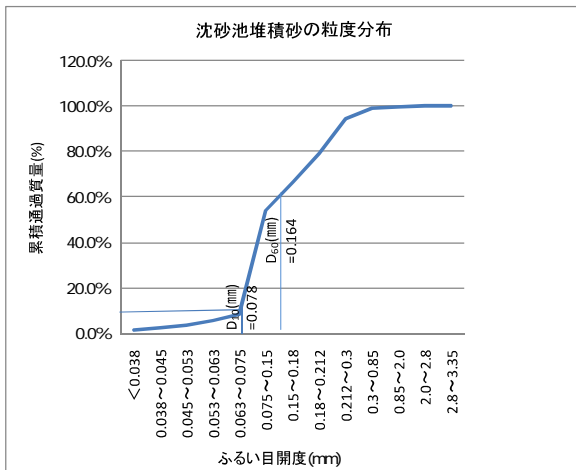


図 6.3.3 砂の粒度分布曲線

平成25年 9月22日 発行
受理No.13-07052900

試験報告書

株式会社 協和コンサルタント 親目 中

<理化学分析・試験・調査・設計研究>
 環境計量証明事業所・特定計量証明事業所
 ISO/IEC 17025 認定試験所 (VOC)
 株式会社 コーエーエス 株式会社
 名古屋市中熱田区気路町1番1号
 TEL 052-662-5009 <代表>

1. 件 名 : 出砂の性状試験 (平成25年7月25日受付)

2. 試 料 名 : 沈砂池 6/17 採取
R10砂サンプル 6/25
計2試料

3. 採取場所 : バラグアイ

4. 試験方法 : 外観 JIS A 103 (2005) 6.6.1
 洗浄精度 JIS A 103 (2005) 6.4.1
 測定 JIS A 103 (2005) 6.4.2
 ふるい分け試験 JIS A 103 (2005) 6.6.2
 有効値 : ふるい分け試験における累積通過質量百分率1%に相当する粒径 (mm)
 有効範囲 : 相当粒径 (mm) / 有効値 (mm)
 有効精度 (mm) : ふるい分け試験における累積通過質量百分率1%に相当する粒径 (mm)
 最大値 : ふるい分け試験における累積通過質量百分率1%に相当する粒径 (mm)
 最小値 : ふるい分け試験における累積通過質量百分率1%に相当する粒径 (mm)

承認	作成

1 (総ページ数 3)

この報告書に関する質問は下記担当者までお願いします。
 技術担当者 橋田 TEL 052-682-5000
 営業担当者 藤田 TEL 052-682-5419

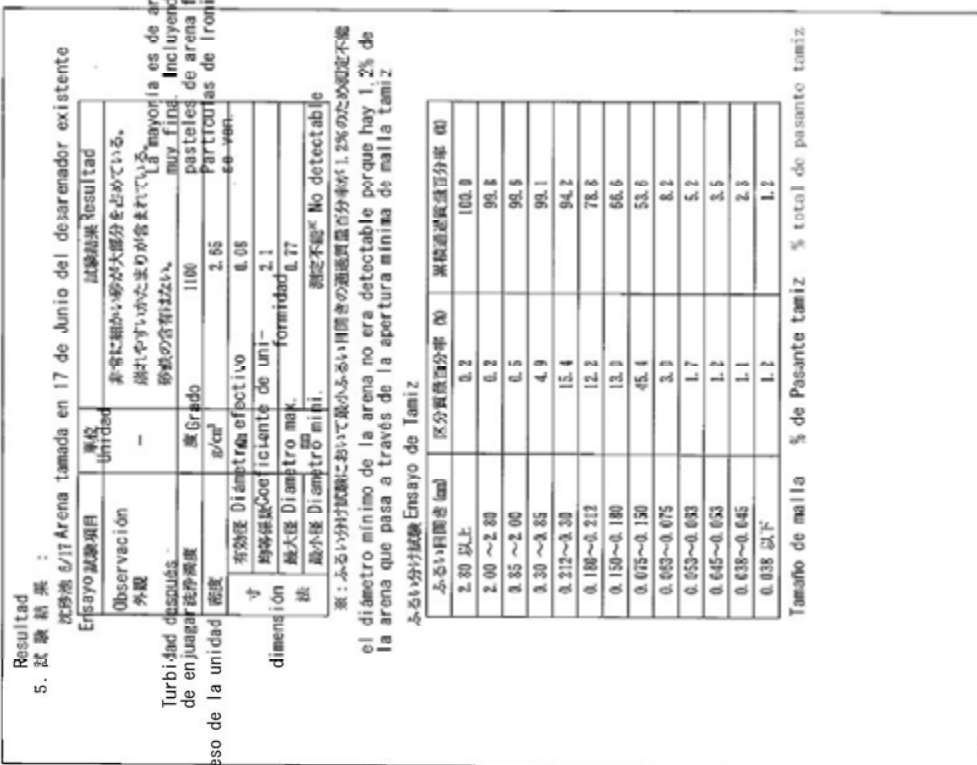
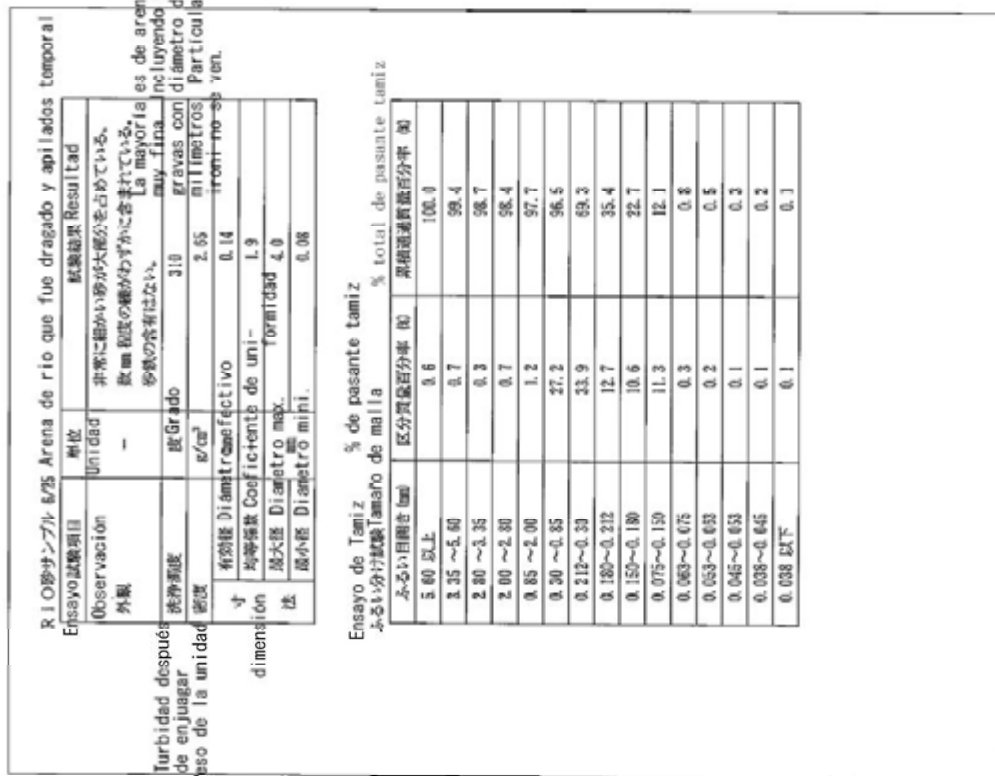


図 6.3.4 砂の性状試験結果

6-3-4 送水ルート上の腐食土壌の性状調査

(1) フィールドワーク

試掘形状： L1.0m×W1.0m×D2.0m

試掘位置：テビクアルミ浄水場～コロネルオビエド市配水センター間：約 23km

国道 8 号線沿いの約 2.0km 間隔(13 か所) + 2 補足地点(図 6.3.5 参照)、国道の東側緩衝地帯内、路肩から約 10m の民地側地点。

資料採取：土壌サンプルを試験室に送り、以下の検査を実施する。

(2) 試験内容

- ① 自然含水率(W)
- ② アッターベルグ限界と粒度試験による統一土質分類法(CUS)による採取土の土壌名。
- ③ No.06、07、14、15 のサンプル：国立標準技術研修所(Instituto Nacional de Tecnología y Normalización, INTN) においてpH、溶解性塩、炭酸塩の検査を実施する。

(3) 試験方法

表 6.3.2 実施した試験内容

試験方法の番号	試験法
ASTM D-2216	含水率試験法
ASTM D-4318	液性限界、塑性限界試験法
ASTM c-136, 117	ふるい試験

(4) 試験結果

INTN において実施した検査結果を表 6.3.3 に、その結果の原本を図 6.3.6 に示す。採取した 15 か所のサンプルの試験結果は表 6.3.4 に示す通りであり、採取土壌は概ね粘質土(CL)を示しており、まれに粘土(CH)や低液性限界のシルト(ML)が混じる。自然含水率は 16～27%。塑性限界は広い範囲に分布している。

表 6.3.3 INTN による検査結果

試験項目 \ サンプル地点	単位	C-06	C-07	C-14	C-15
炭酸塩(CO ₃)	g/100g	0.26	0.26	0.26	0.26
塩素イオン(Cl)	g/l	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下
硫酸イオン(SO ₄)	g/l	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下
pH	-	6.9	6.9	6.9	6.8

また、調査団が現場で計測した土壌 pH 値を図 6.3.7 に示す。その結果、土壌 pH が弱酸性である、11.5～12.5km 付近(延長約 1km) 区間と 14.5～17km 付近(延長約 2.5km) 区間を腐食性が高い区間と想定した。ESSAP 職員によれば、当該区間では過去に、腐食のため配管を交換したとの証言を得ている。

調査団は、上記で腐食性が高いと想定した区間に近い C-14 と C-15 の土壌サンプルを

日本に持ち帰り、認定試験所において ANSI/AWWA 基準に基づく腐食性の強度について追加試験を実施した。その結果、両サンプルとも腐食土ではないと判断された。ただし、ESSAP による配管の交換実績もあるため、今後より詳細に検討を重ね、必要な対応策を講じるよう思料している。日本の試験機関による試験結果は図 6.3.8 に示す通りである。

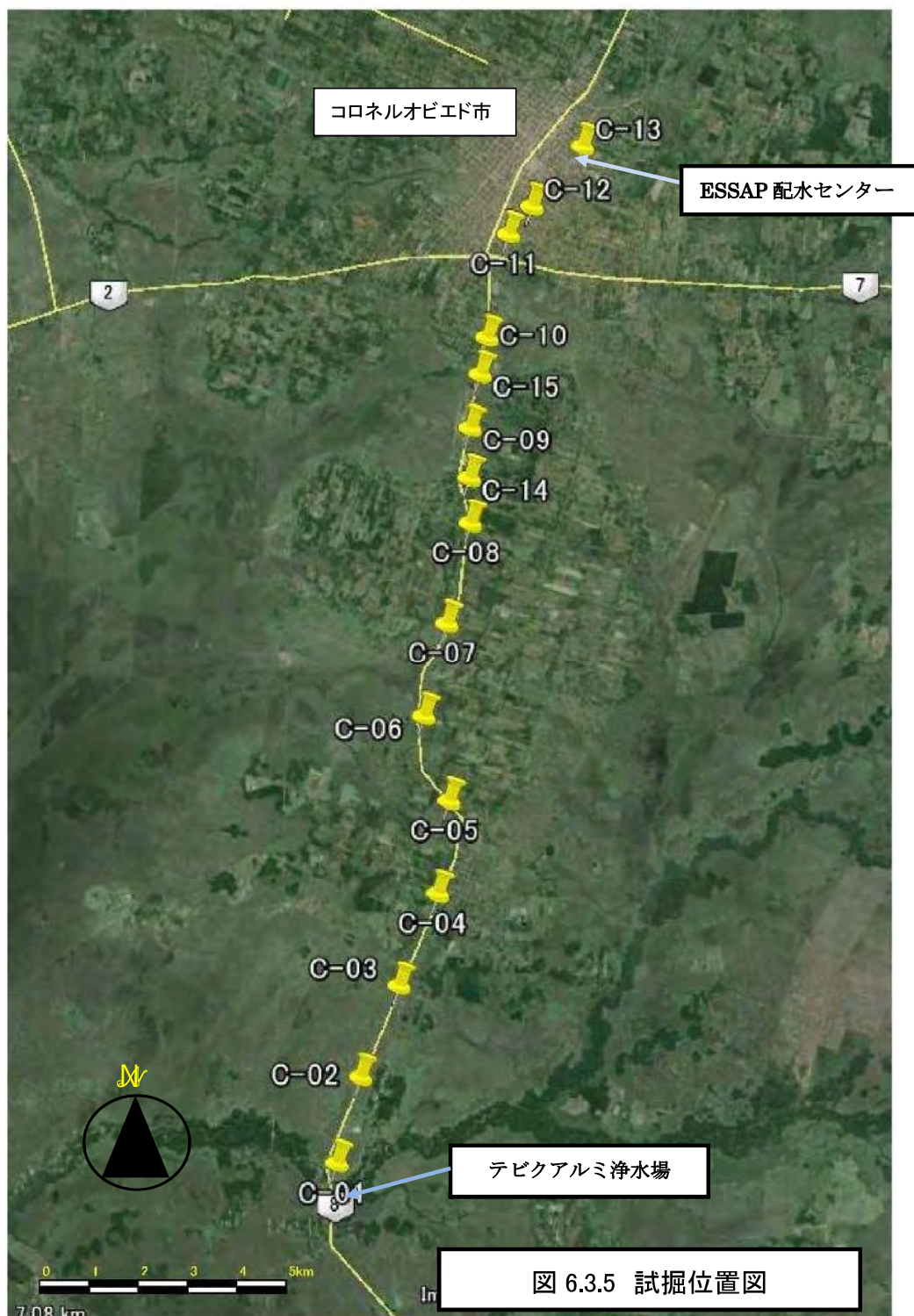


表 6.3.4 試驗結果

INGESUL INGENIERIA SRL		※5 PLANILLA DE RESUMEN DE ENSAYOS Y DESCRIPCION DE LABORATORIO CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS											OBRA: Ampliación de Essap - Cnel Oviedo UBICACIÓN: Tebicuary a Coronel Oviedo SOLICITADO POR: KYOWA CO. FECHA: 21-06-13	
SONDEO Nº	PROGR. Nº	PROFUNDIDAD De	自然含水率			塑性限率			過篩率			SUCS 土壤分類	DESCRIPCION	
			W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	# 10	# 40	# 100	# 200				
P10	2+000	0.50	2.00	16.0	50.7	19.0	31.7	100.0	100.0	93.7	91.5	CH	Arcilla limosa, de alta plasticidad, gris c/m/rojas 高塑性シルト質粘土、赤・灰色	
P09	4+000	0.50	2.00	20.2	21.0	11.4	9.6	100.0	93.5	81.8	78.0	CL	Arcilla arenosa, de baja plasticidad, gris 低塑性砂質粘土、灰色	
P08	6+000	1.00	2.00	19.4	35.8	17.5	18.3	100.0	96.5	80.5	76.8	CL	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, marron rojizo 中程度塑性砂質粘土、赤褐色	
P07	8+000	1.00	2.00	19.9	41.0	18.2	22.8	100.0	96.2	83.2	78.5	CL	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, gris, c/m/amarillentas 中程度塑性砂質粘土、黄灰色	
P06	10+000	1.00	2.00	25.3	31.8	14.8	17.0	100.0	100.0	96.5	91.2	CL	Arcilla limosa, de mediana plasticidad, marron amarillento, c/m/rojas ※1	
P05	12+000	1.00	2.00	27.8	38.5	19.4	19.1	92.0	89.8	83.2	81.6	CL	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, gris, c/m/amarillentas, c/concreciones ※2	
P04	14+000	1.00	2.00	26.0	30.1	15.8	14.3	100.0	94.0	78.2	73.0	CL	Arcilla arenosa, de baja plasticidad, marron amarillento, c/m/grises y rojas ※3	
P03	16+000	1.00	2.00	17.0	26.7	14.0	12.7	95.3	89.6	73.2	66.0	CL	Arcilla arenosa, de baja plasticidad, gris amarillento, c/m/marrones, c/concreciones ※4	
P02	18+000	1.00	2.00	11.2	30.1	13.4	16.7	100.0	96.3	85.4	79.3	CL	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, gris, c/m/rojas 中程度塑性砂質粘土、赤・灰色	
P01	20+000	1.00	2.00	19.8			NP	100.0	100.0	89.0	74.7	ML	Limo arenoso, marron claro 砂質シルト、明茶色	
P13	Essap Oviedo	1.00	2.00	18.4	36.1	16.8	19.3	100.0	97.3	87.6	82.3	CL	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, marron rojizo	
P11	R-7, 0+000	1.00	2.00	18.3	35.7	16.7	19.0	100.0	97.8	89.6	83.0	CL	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, marron rojizo 中程度塑性砂質粘土、赤褐色	
P12	2+750	1.00	2.00	12.8	33.0	16.5	16.5	100.0	97.7	90.2	82.5	CL	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, marron rojizo	
P014	14+450			18.6	27.0	13.3	13.7	100.0	95.8	78.8	74.0	CL	Arcilla arenosa, de baja plasticidad, marron amarillento, c/m/grises 低塑性砂質粘土、黄褐色	
P015	16+740			19.6	29.5	13.2	16.3	100.0	94.2	81.2	77.0	CL	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, gris, c/m/amarillentas ※5	

- ※1) 中程度塑性シルト質粘土、赤・黄褐色
- ※2) 中程度塑性砂質粘土、黄・灰色
- ※3) 低塑性砂質粘土、黄・灰色
- ※4) 低塑性砂質粘土、灰・赤・黄褐色
- ※5) 中程度塑性砂質粘土、黄・灰色

INTN Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología
 Avda. Arzobispo 3873 y Cal. Ros. / C.C. 907
 Tel.: 201 150 230 300 / Fax: 201 173
 e-mail: intn@intn.gov.py
 Asunción - Paraguay

INFORME DE ENSAYO

CONS N°: 0776/2013

Solicitante: JUAN CARLOS BARRAIL BERNIE
 Dirección: Hemandaras 1236 c/Ygami

Entrada N°: 7854/2013
 Dpto. Ejecutor: Materiales de Construcciones - OIAT

Fecha de recepción: 02-07-2013 Fecha de ejecución: 29-07-2013

Descripción de los ítems de ensayo: 1 (una) muestra de suelo identificada como P6

Determinaciones	Unidades	Resultados	Referencia
		ITEMS	NP N° 60
Carbonato (Ca ₂)	g/100g	0,25	—
Cloruro Cl ⁻	g/l	No se detecta	Máx. 1,0 g/l
Sulfato SO ₄	g/l	No se detecta	Máx. 0,6 g/l
pH	—	6,9	5,5 – 8,0

Abreviaturas
 ITEM: Muestra ensayada

Nota:
 • Los resultados obtenidos se refieren exclusivamente a las muestras suministradas por la firma interesada.
 • Este informe solo puede ser reproducido en forma completa con autorización del laboratorio.

Fecha de informe: 29-07-2013

Lic. Mariana Aceña Profesional Técnico
 Jefe de Departamento de Materiales de Construcción y Saneamiento INTN

Dir. Claudio Roberto Director del OIAT INTN

Fin del informe.
 FOR 01 PG-C5-10-01 Pág. 1 de 1

C-06 地点のサンプル

INTN Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología
 Avda. Arzobispo 3873 y Cal. Ros. / C.C. 907
 Tel.: 201 150 230 300 / Fax: 201 173
 e-mail: intn@intn.gov.py
 Asunción - Paraguay

INFORME DE ENSAYO

CONS N°: 0777/2013

Solicitante: JUAN CARLOS BARRAIL BERNIE
 Dirección: Hemandaras 1236 c/Ygami

Entrada N°: 7855/2013
 Dpto. Ejecutor: Materiales de Construcciones - OIAT

Fecha de recepción: 02-07-2013 Fecha de ejecución: 29-07-2013

Descripción de los ítems de ensayo: 1 (una) muestra de suelo identificada como P7

Determinaciones	Unidades	Resultados	Referencia
		ITEMS	NP N° 60
Carbonato (Ca ₂)	g/100g	0,25	—
Cloruro Cl ⁻	g/l	No se detecta	Máx. 1,0 g/l
Sulfato SO ₄	g/l	No se detecta	Máx. 0,6 g/l
pH	—	6,9	5,5 – 8,0

Abreviaturas
 ITEM: Muestra ensayada

Nota:
 • Los resultados obtenidos se refieren exclusivamente a las muestras suministradas por la firma interesada.
 • Este informe solo puede ser reproducido en forma completa con autorización del laboratorio.

Fecha de informe: 29-07-2013

Lic. Mariana Aceña Profesional Técnico
 Jefe de Departamento de Materiales de Construcción y Saneamiento INTN

Dir. Claudio Roberto Director del OIAT INTN

Fin del informe.
 FOR 01 PG-C5-10-01 Pág. 1 de 1

C-07 地点のサンプル

INTN Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología
 Avda. Arzobispo 3873 y Cal. Ros. / C.C. 907
 Tel.: 201 150 230 300 / Fax: 201 173
 e-mail: intn@intn.gov.py
 Asunción - Paraguay

INFORME DE ENSAYO

CONS N°: 0774/2013

Solicitante: JUAN CARLOS BARRAIL BERNIE
 Dirección: Hemandaras 1236 c/Ygami

Entrada N°: 7851/2013
 Dpto. Ejecutor: Materiales de Construcciones - OIAT

Fecha de recepción: 02-07-2013 Fecha de ejecución: 29-07-2013

Descripción de los ítems de ensayo: 1 (una) muestra de suelo identificada como P1

Determinaciones	Unidades	Resultados	Referencia
		ITEMS	NP N° 60
Carbonato (Ca ₂)	g/100g	0,25	—
Cloruro Cl ⁻	g/l	No se detecta	Máx. 1,0 g/l
Sulfato SO ₄	g/l	No se detecta	Máx. 0,6 g/l
pH	—	6,9	5,5 – 8,0

Abreviaturas
 ITEM: Muestra ensayada

Nota:
 • Los resultados obtenidos se refieren exclusivamente a las muestras suministradas por la firma interesada.
 • Este informe solo puede ser reproducido en forma completa con autorización del laboratorio.

Fecha de informe: 29-07-2013

Lic. Mariana Aceña Profesional Técnico
 Jefe de Departamento de Materiales de Construcción y Saneamiento INTN

Dir. Claudio Roberto Director del OIAT INTN

Fin del informe.
 FOR 01 PG-C5-10-01 Pág. 1 de 1

C-14 地点のサンプル

INTN Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología
 Avda. Arzobispo 3873 y Cal. Ros. / C.C. 907
 Tel.: 201 150 230 300 / Fax: 201 173
 e-mail: intn@intn.gov.py
 Asunción - Paraguay

INFORME DE ENSAYO

CONS N°: 0775/2013

Solicitante: JUAN CARLOS BARRAIL BERNIE
 Dirección: Hemandaras 1236 c/Ygami

Entrada N°: 7852/2013
 Dpto. Ejecutor: Materiales de Construcciones - OIAT

Fecha de recepción: 02-07-2013 Fecha de ejecución: 29-07-2013

Descripción de los ítems de ensayo: 1 (una) muestra de suelo identificada como P2

Determinaciones	Unidades	Resultados	Referencia
		ITEMS	NP N° 60
Carbonato (Ca ₂)	g/100g	0,25	—
Cloruro Cl ⁻	g/l	No se detecta	Máx. 1,0 g/l
Sulfato SO ₄	g/l	No se detecta	Máx. 0,6 g/l
pH	—	6,8	5,5 – 8,0

Abreviaturas
 ITEM: Muestra ensayada

Nota:
 • Los resultados obtenidos se refieren exclusivamente a las muestras suministradas por la firma interesada.
 • Este informe solo puede ser reproducido en forma completa con autorización del laboratorio.

Fecha de informe: 29-07-2013

Lic. Mariana Aceña Profesional Técnico
 Jefe de Departamento de Materiales de Construcción y Saneamiento INTN

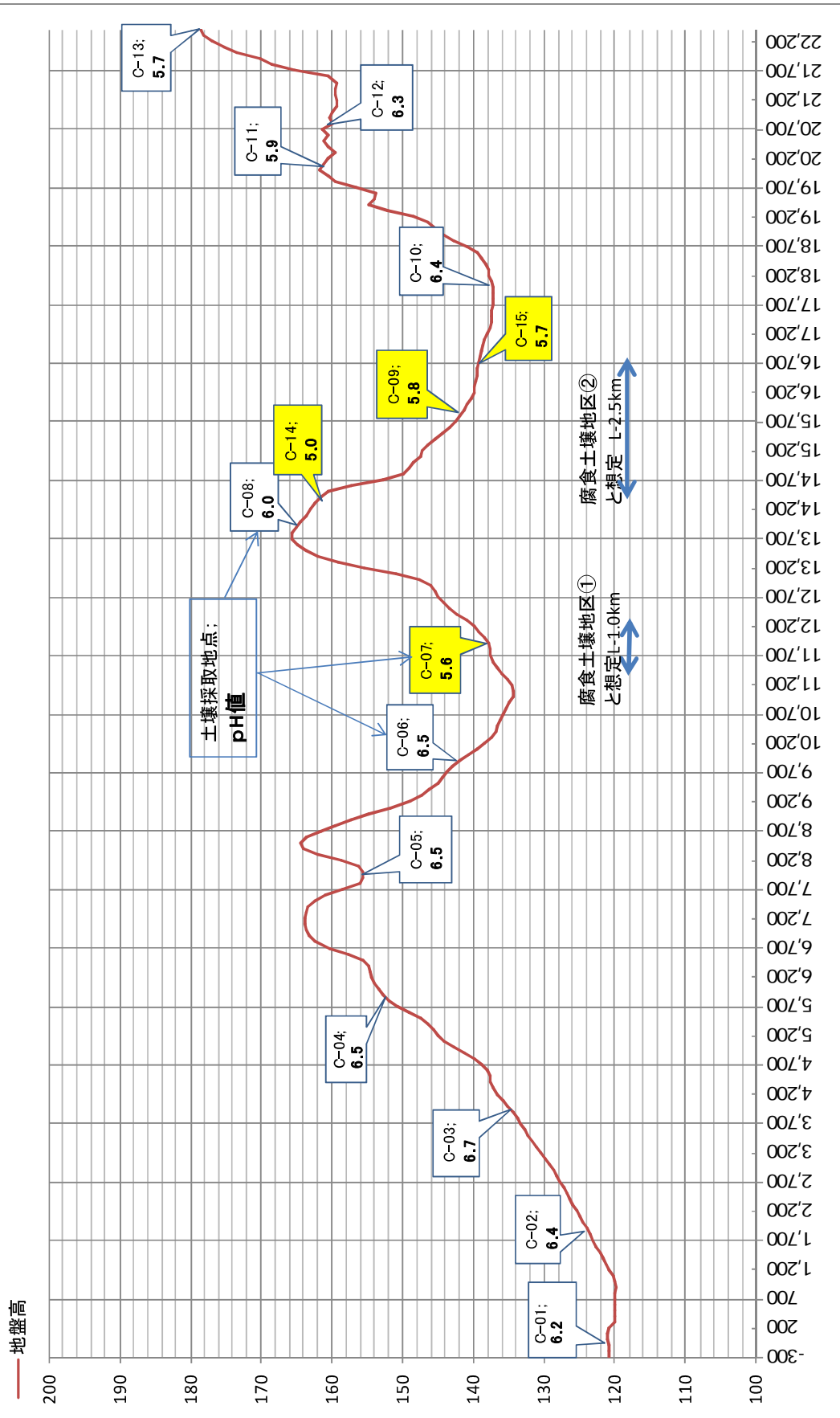
Dir. Claudio Roberto Director del OIAT INTN

Fin del informe.
 FOR 01 PG-C5-10-01 Pág. 1 de 1

C-15 地点のサンプル


図 6.3.6 INTN による試験結果

図 6.3.7 試掘箇所での土壌のpH(現場測定値)



試 験 報 告 書

株式会社 協和コンサルタンツ 御中

<理化学分析・試験・調査・委託研究>
 環境計量証明事業所・特定計量証明事業所
 ISO/IEC 17025 認定試験所 (VOC)
 株式会社  株式会社
 名古屋市熱田区左馬子角11番1号
 TEL 052 (882) 5069 <代表>

1. 件 名： 土壌の性状試験 (平成 25 年 7 月 26 日 受付)

2. 試 料 名： 農協前 DP=155cm C-15
漏水箇所 (pH6.6) DP=140cm C-16
計 2 試料

3. 採 取 場 所： バラグアイ

4. 試 験 方 法：

項 目	試 験 方 法
比抵抗 (到着)	ソイルボックス法
比抵抗 (湿潤)	
レドックス電位	複合電極法
含水比	JIS A 1203
硫化物	ナトリウムアジドよう素法
pH (強制酸化)	過酸化水素添加-pH 試験紙確認法

承認	作成
	

1 (総ページ数 4)

この報告書に関する質問は下記担当者までお願いいたします。
 技術担当者 池田 TEL (052-682-5069)
 営業担当者 脇田 TEL (052-682-5619)

Resultado de la Prueba
5. 試験結果

C-15: En frente de la C-14; Punto de fuga de agua
Cooperativa agrícola

Ensayo 項目		Unidad 単位	農協前 DP=155cm	漏水箇所 (p) DP=140cm
Resistencia Específica	Natural 到着	Ω·cm	1.35 × 10 ⁵ (0)	3.63 × 10 ⁵ (0)
	Después de adición de agua 湿润		7.02 × 10 ⁴ (0)	1.75 × 10 ⁵ (0)
Redox potencial レドックス電位		mV	+291 (0)	+460 (0)
Contenido de humedad 含水比		%	18.9 (1)	20.4 (2)
Sulfato 硫化物			陰性 Negativo (0)	陰性 Negativo (0)
(Oxidación forzada) pH (強制酸化)			4 (0)	5 (0)
Evaluación de la corrosión por Norma A21.5 de ANSI 腐食性評価結果			(1)	(2)

- ・試験結果に記載の () 内数値は、ANSI による腐食性評価の点数を示します。・El valor en () significa la evaluación de la corrosividad por la norma de ANSI
- ・比抵抗は、到着・湿润で実施し、点数の大きな方を評価点として採用します
- ・En lo que se refiere al valor de Resistencia Específica, el más grande debe ser adoptada como el apropiado entre la natural o la de después de adición de agua.
- ・ANSI A21.5 による腐食性評価の結果、2 試料の評価点数は 10 点を下回っています。
- ・いずれも腐食性の土壌でないと判断されます。
- ・Debido a que los valores de evaluación en 2 muestras arriba son ambos bajo 10 en el A21.5 de la norma de ANSI, se juzgó que los dos suelos no tienen potencial de corrosión.

図 6.3.8 日本の試験所による腐食性試験の評価結果と西語翻訳

図 6.3.8 の腐食性評価の評価結果は、以下の要領で実施された(検査機関による)。

- 1) 採用基準 ANSI/AWWA 第 C105/A 21.5₋₂₀₁₀ 「Polyethylene Encasement for Ductile-Iron Pipe Systems」(ダクタイル鉄管のポリエチレンスリーブ法)

(米国国家標準協会/米国水道協会、American National Standards Institute/American Water Works Association)

- 2) 評価方法

評価法は、表 6.3.5 に従い、測定項目のそれぞれの測定領域に従って与えられた評価点数の合計値が 10 点以上になる場合に、腐食性の土壌であると判断される。腐食性土壌の場合にはポリエチレンスリーブによって鉄管を巻くなどの対策が推奨される。

表 6.3.5 ANSI/AWWA C105A 21.5 による度孺の腐食性評価点

測定項目	測定値	評価点数
比抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	< 1500	10
	1500 - 1800	8
	1800 - 2100	5
	2100 - 2500	2
	2500 - 3000	1
	3000 <	0
pH ^{※1}	0 - 2	5
	2 4	3
	4 6.5	0
	6.5 7.5 [*]	0
	7.5 8.5	0
	8.5 <	3
Redox 電 位 (mV)	< 0	0
	0 - +50	3.5
	50 - +100	4
	100 <	5
硫化物	検出する	3.5
	痕跡あり	2
	なし	0
水分	水はけが悪く、常に濡れている(含水比>20%)	2
	水はけは悪くないが、一般に湿っている (含水比 10-20%)	1
	水はけが良く、一般に乾燥している(含水比<10%)	0

※1) pH が中性域(6.5-7.5^{*})で、硫化物が存在し、かつ Redox 電位が 100mV 以下の場合には、別途 3 点を加える。

6-4 コロネルオビエド市の給水圧の分布状況

(1) 水圧測定調査の概要

① 目的

コロネルオビエド市における ESSAP 配水管網の状況を把握するため、配水管網の特性から9ヶ所に測定箇所を選定し、水圧の時間的変動を測定した。

② 水圧測定期間 2013/6/26 13:00 ~ 2013/7/1 13:00

測定間隔 1分

③ 水圧測定機器

使用機器は ESSAP 無収水部が所有する水圧データロガー (Halma Water Management 社 LoLog LL Vista 図 6.4.1 参照) を使用し、一般家庭の蛇口をはずして水圧データロガーを耐圧ホースで接続した。

1分間隔でデータロガーに記録した水圧データは、測定調査終了後、パソコンに取り込みデータを処理する。

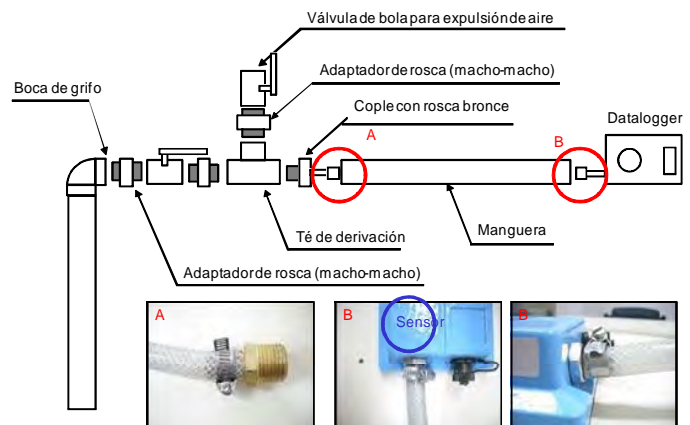



図 6.4.1 水圧測定システム

④ 水圧データロガー設置箇所

水圧データロガーの設置箇所を次頁の図 6.4.2 に示す。9 台の水圧データロガーを給水区域内に均等に配置するとともに、配水管網末端部への配水圧の到達状況を確認するため、図に示した通り設置箇所を選定した。

図 6.4.2 中には各地点の標高を示し、等高線を明記している。また、ESSAP コロネルオビエド支局の職員から聞き取りした閉止バルブを  印で示し、水圧測定調査を実施した期間の配水管網の管理状況を現わしている。参考として、ESSAP 配水センターにおける高架タンクの平均水位 (L.W.L+3.0m) を追記した。

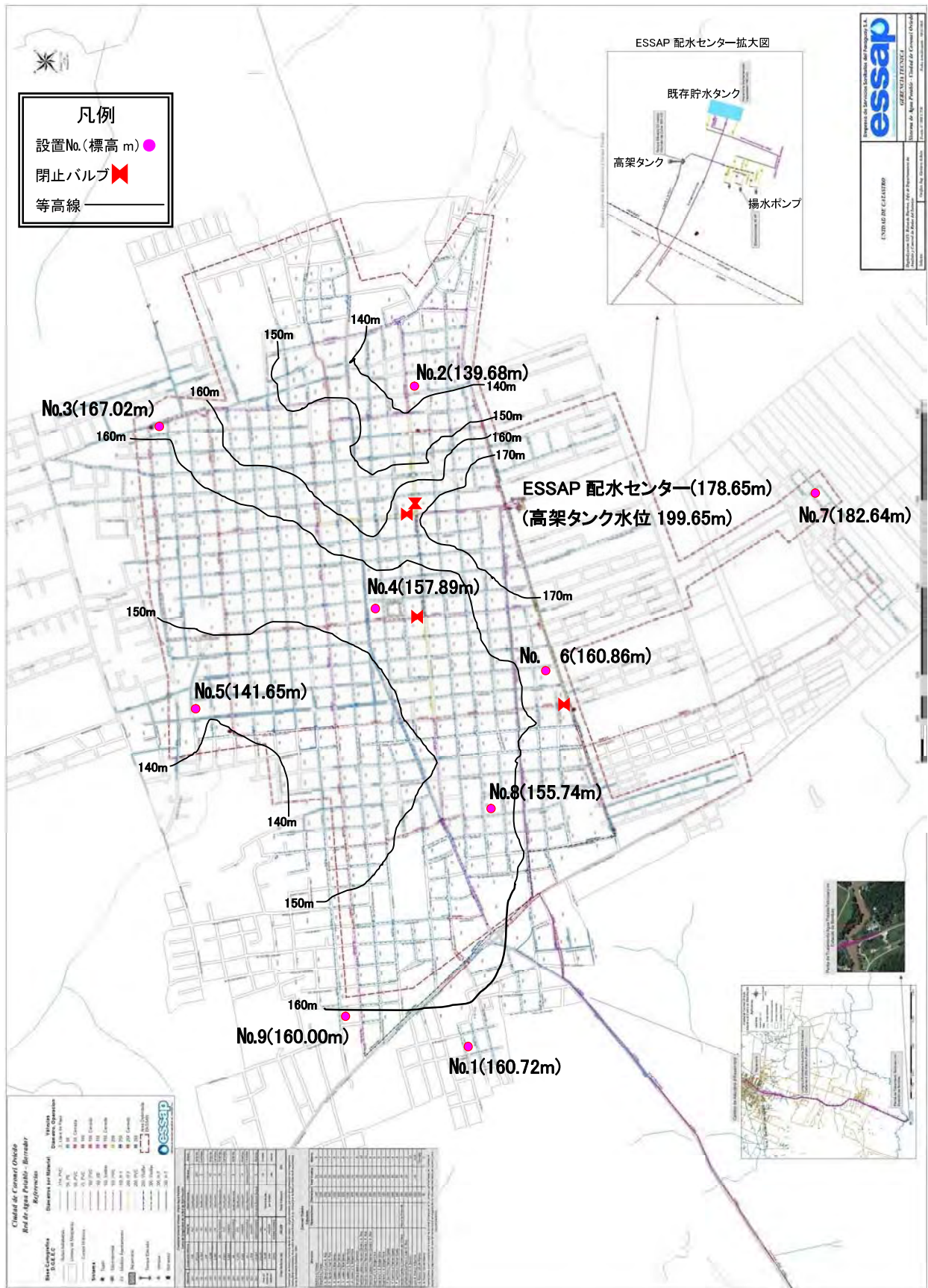
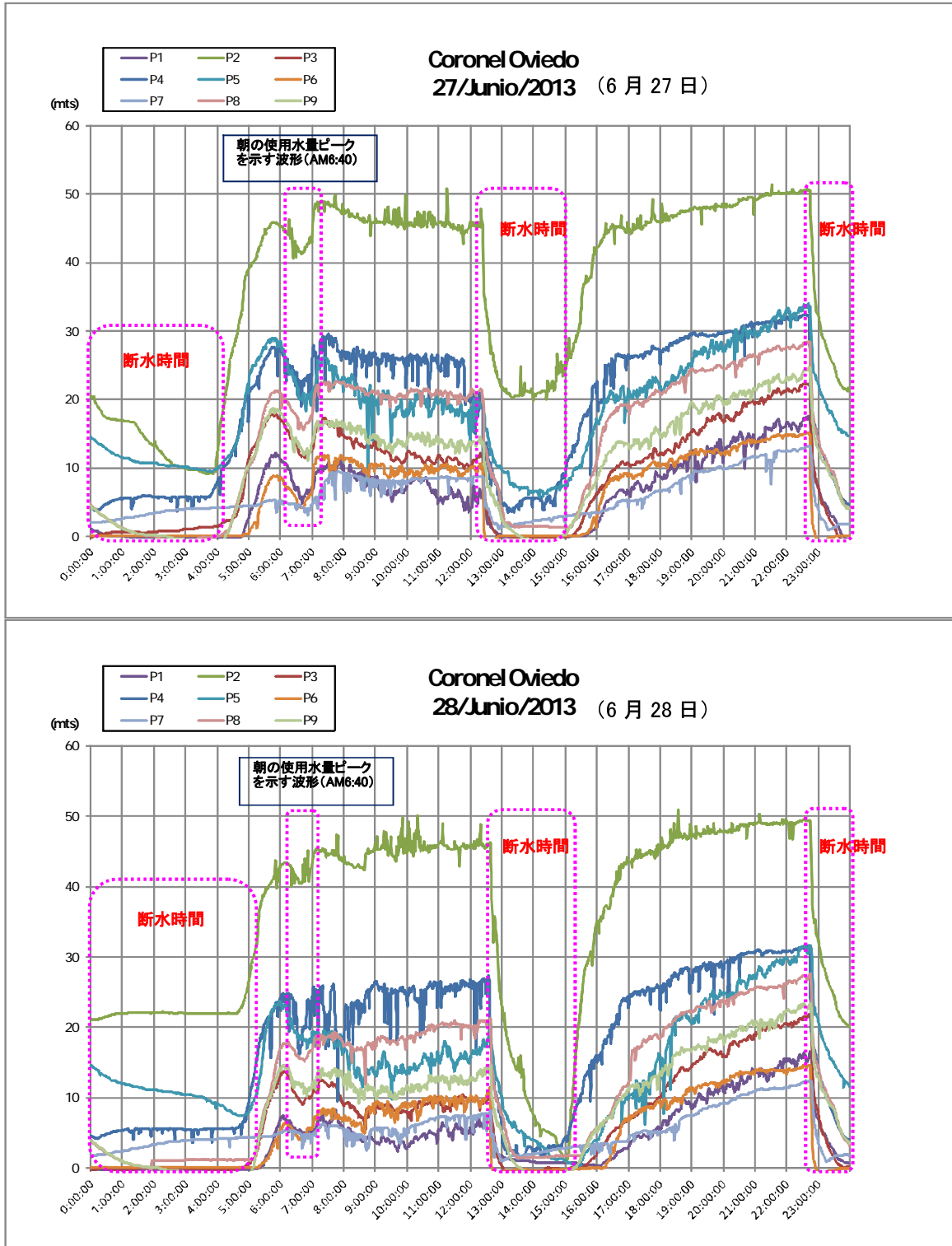


図 6.4.2 水圧データロガー設置箇所と各地点の標高

(2) 調査結果

① 水圧データ

1分間隔で記録した水圧データを水圧変動グラフに示す。日によってばらつきがあるが、昼間3時間、夜間5時間の断水があり、水圧もその間は急激に低下していることが判る。最大水圧は夜間断水前付近で記録している。



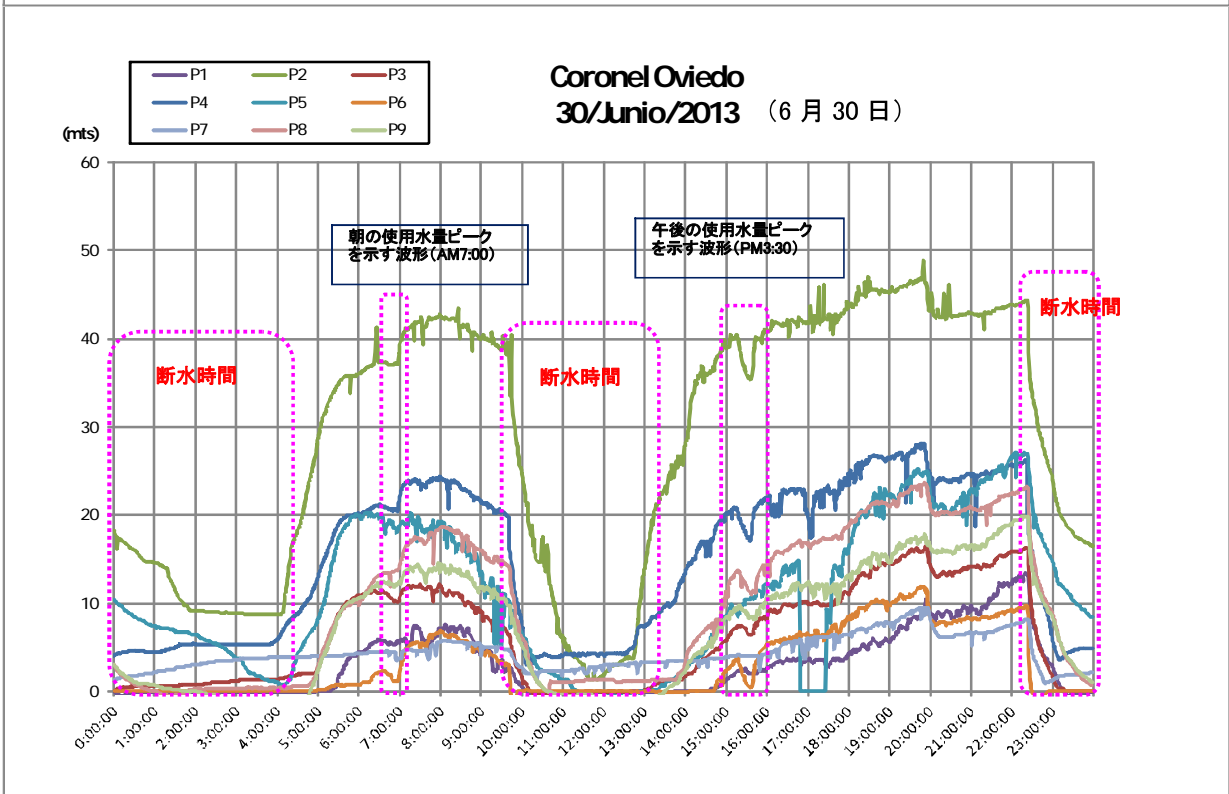
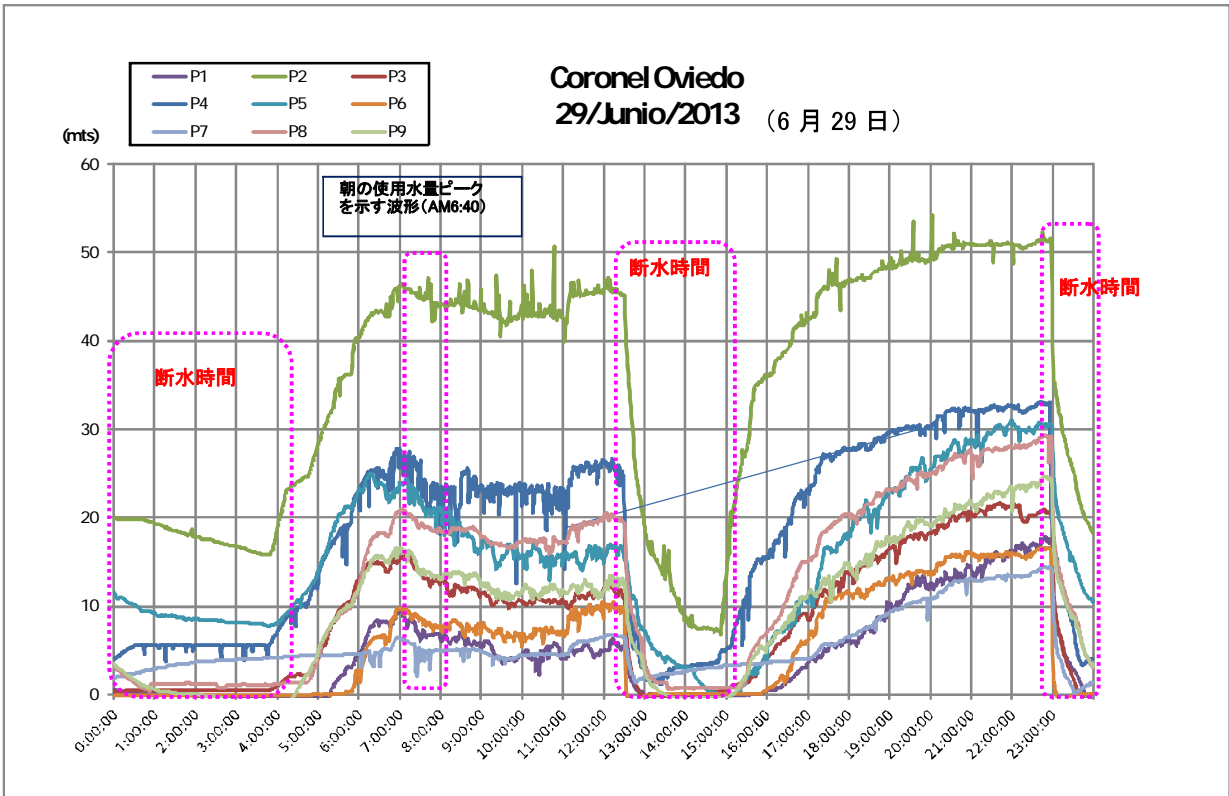


図 6.4.3 調査地点ごとの水圧測定データ

なお、2013年6月30日はESSAP配水池側の制御に問題があったため断水時間が長かった。また、高架タンクの水位を低く運転したため、給水区域全域で給水圧が他の日に比べ低かったことが判る。

② 調査結果概要

表 6.4.1 水圧測定調査結果集計表

2013/6/26～2013/7/1 の調査期間の内、24 時間の連続データが得られた 4 日間の調査結果を表 6.4.1 に示す。

表中の数値は、有効水頭をメートル(m)で表し、上段は 1 日の最大値、中段は平均値、下段は最小値を示した。

最大値は夜間の断水時間が始まる直前の水圧分布状況を示している。

平均値は断水時間を除いた給水時間の平均である。

コロネルオビエド市では 1 日 2 回の断水時間があるため、最小値は 0m となる地点が多い。しかし、標高が低い地区(No.2、5)でも管内水圧が残っているデータも見られた(表中「網掛け部」)。

設置No.	6月27日	6月28日	6月29日	6月30日	4日間平均
1	17.6	16.6	17.8	13.4	16.4
	9.4	7.3	8.0	5.8	7.6
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	51.4	51.0	54.2	48.9	51.4
	46.5	45.7	46.0	41.6	45.0
	9.2	0.9	6.7	1.2	4.5
3	22.3	21.8	21.7	16.4	20.6
	14.3	12.1	14.1	11.4	13.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	32.4	31.6	33.0	28.1	31.3
	26.8	25.6	26.2	23.0	25.4
	3.4	1.1	1.1	2.9	2.1
5	34.0	31.7	31.0	27.1	31.0
	23.7	19.0	20.3	18.0	20.3
	5.7	0.2	0.0	0.0	1.5
6	15.2	14.6	16.6	11.9	14.6
	10.2	9.3	10.0	6.1	8.9
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	13.2	12.5	14.4	9.5	12.4
	7.9	6.9	7.3	5.8	7.0
	0.9	0.9	0.1	0.9	0.7
8	28.5	27.6	29.3	23.6	27.3
	21.6	19.8	20.4	17.2	19.8
	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1
9	24.6	23.4	24.6	19.9	23.1
	16.3	14.4	15.2	13.3	14.8
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

単位: m 上段: 最大値 中段: 平均値 下段: 最小値

なお、市内の配水管の延長は約 160km で、φ150～300 mm の口径は鋳鉄管や PVC 管、φ100 mm 以下は PVC 管やポリエチレン管が使用されており、石綿管はない。また、テビクアルミ浄水場の完成に伴い、市内配管の拡張を実施しているため、主要な配水管は布設後、25 年程度経過している。

(3) 配水管網管理と給水圧分布状況

調査期間中、ESSAP は給水区域南部への配水を優先するためバルブ操作によって北西方面への通水を制限している(図 6.4.2 閉止バルブ)。閉止バルブの口径は φ200mm が 2 か所、φ100mm が 2 か所であり、コロネルオビエド市の配水管網において、このバルブ操作の影響は大きく、最大配水時には管網末端や周囲と接続箇所が少ない路線では給水不良を起こしている。詳細については参考資料「6-5 コロネルオビエド市の配水管網の水理計算」を参照のこと。

給水圧の分布状況から配水管網の状態を判断するためには、夜間最小流量時の測定データを検証する必要があるが、コロネルオビエド市では PM10:30 過ぎから早朝にかけて断水時間としているため、正確な情報が得られていない。

測定データから最大水圧は夜間の断水時間が始まる前に記録される傾向が見られた。表 6.4.2 に、ESSAP 配水センターの高架タンクの平均水位(L.W.L+3.0m)と各測定地点の標高との差(①)を求め、各地点の最大水圧(②)と比較した結果を示す。また、図 6.4.3 には、これらと比較したグラフを示す。なお、高架タンク平均水位と各地点との標高差は、配水管網内で水使用がなく、漏水などの無効水も発生しないと仮定した場合の各地点における理論上の静水頭を表わしている。実際には、夜間でも少量の水使用があり、漏水の影響等により水圧は低減する。この水圧の低減の度合いは、配水管網の状態を把握するための目安となる。

表 6.4.2 高架タンク水位と水圧測定地点の標高

設置No.	標高(m)	①高架タンク水位との差(m)	②最大水圧(m)	①-②
配水センター (高架タンクの平均水位)	178.65 (199.65)			
1	160.72	38.93	17.8	21.13
2	139.68	59.97	54.2	5.77
3	167.02	32.63	22.3	10.33
4	157.89	41.76	33	8.76
5	141.65	58	34	24
6	160.86	38.79	16.6	22.19
7	182.64	17.01	14.4	2.61
8	155.74	43.91	29.3	14.61
9	160	39.65	24.6	15.05

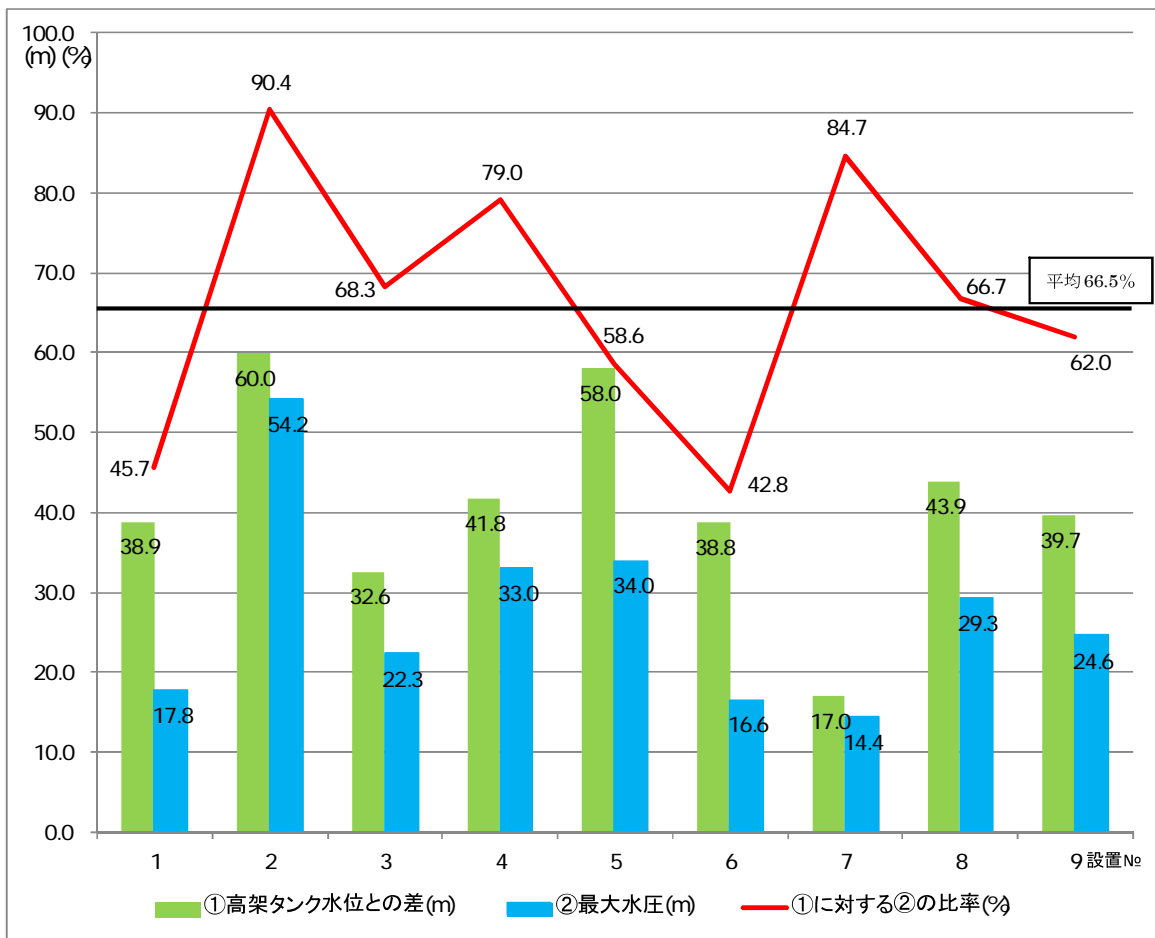


図 6.4.4 高架タンク水位と各測定地点の標高差と最大水圧との比較

(4) 考察

今回の調査において、最大水圧が記録された PM10:30 付近は、断水が始まる直前であるが、住民の水使用が続いている時間帯である。表 6.4.2 と図 6.4.3 に示した比較の結果、②の①に対する比率は平均 66.5% であり、各地点の配水センターからの距離や標高などにより差がある。このうち、No.7 は、以下の理由により特異点と想定されるが、その他の地点はコロネルオビエド市の配水管網の特性をよく表していると判断された。

No.7 地点が特異点と想定される理由：

現状の配水管網から飛び離れた位置にあり、配水センターよりも標高が高いため、本来給水が難しい地区とされたが、住民の強い要望のため配管を敷いた地区である。実際、水圧も低く水量も不十分なため、近くの水衛生委員会からも給水されている模様である。そのため、本来なら標高が高いため、最大水圧との差が大きくなると思われるのに、図 6.4.3 では 84.7%の低下にとどまっている。また、夜間の断水時においても、図 6.4.3 に見られる通り、一定の残存水位がある。これらの現象から、水衛生委員会からの受水の影響が大きいと判断された。

上記、No.7 を除けば、各調査地点においては、配水センターとの標高差や距離に応じた圧力の低減を示しており、配水管網の特性を表していると思慮される。従って、残り 8 地点から配水管網の現状を考察することとする。

図 6.4.4 において、7 地点のうち最大水圧の低下率の最も大きい No.1 地点は国道 2 号線の南側であり、最近配管が布設された地区である。この地区は配水センターから最も遠い位置にあり、配水管の口径も小さいため、水量、水圧とも不十分な状況にある。図 6.4.4 においても、最大水圧が①の 45.7%であり、そのことを裏づけている。

No.6 地点は、本来なら配水センターから近距離に位置しているため、高い水圧が維持されていると考えられるが、図 6.4.4 に示す通り、42.8%と極端に低下している。この理由は、実際の配管状況は、近くの配水本管に接続されてなく、また、周囲の配水管との接続がまばらで管網が十分に形状されていない。さらに、水需要が多い市街地に近いなど、水圧低下を起こしやすい条件が揃っているものと想定される。

No.3、4、5、8、9地点は図 6.4.4 の最大水圧が①の 60~70%で、概ね平均値に近い。とりわけ、No.4 と 5 に注目すると、これらは図 6.4.2 から、配水センターから直線上にほぼ等距離に位置し、標高も一定勾配で低下していることが判る。No.4 では最大水圧が 79%と高い値を維持している。それに比して No.5 は、管路距離の影響や標高の低下のため最大水圧が 58.6%に低下するものの、有効水頭としては No.4 とほぼ同値 (34m) を維持しており、管路の状況が良好であることが窺える。同様に No.8 や 9 においても同程度の有効水頭を維持できている。No.3 は標高が No.4 より 10m 高いため、有効水頭も標高差相当に低下している。特筆すべきは、No.2 であり、調査地点のうち最低標高に位置しているため、管路には高い水圧が掛っているにも拘わらず、最大水圧は①の 90.4%を維持し、全体の最高値を示している。このことは、No.2 地区では、漏水等は極めて小さいことを示唆している。

一方、表 6.4.1 から断水時間の水圧変動に注目すると、配水センターから給水が停止しているため、もし漏水等が顕著ならば、水圧が 0 まで低下してもおかしくないところであるが、比較的標高の低い No.2、5 や市街地中心部の No.4 では、深夜においても一定の水圧が保たれている。

これらの現象から、コロネルオビエド市における配水管の状況としては、配水本管には深刻な漏水は少なく、給水管上に微小な漏水が存在している程度であると推察される。なお、市内配水管の主要部分は布設後 25 年程度と比較的あたらしく、石綿管もないことから、管網総体としても漏水等の無効水量は比較的少ないものと思慮される。

(5) 今後の展望

本プロジェクトにおいて、計画目標年次 2020 年までの水需要量が満たされることになり、今後は給水区域全域において安定した給水を実現するため、配水管網の見直しが必要となる。配水管網の水圧測定データは貴重な地区情報であり、今後も定期的に測定調査を継続し、将来の給水状況の改善に役立てることが肝要である。そのため、今回の調査地点に加え、市街地の拡張が予想される西側境界付近などにも調査地点を重点的に配置し、水圧測定調査を継続実施することを提案する。

(6) 現場写真



設置No.1
家庭用屋外水栓をはずして耐圧ホースを設置



設置No.7
耐圧ホースと水圧データロガー本体を接続



設置No.6
屋外での水圧データロガー設置状況



設置No.4
台所の蛇口をはずして耐圧ホースを設置



設置No.5
洗濯場の蛇口をはずして耐圧ホースを設置



設置No.8
屋内での水圧データロガー設置状況

6-5 コロネルオビエド市の配水管網の水力計算

(1) 目的

配水管網の水力計算を基に、現況管網の配水能力や問題点を把握することにより、将来パ国側が実施する配水管網の改善策のための基礎資料を提供する。

(2) 配水管網の現状

現在の配水管網は、 $\phi 100\sim 350\text{mm}$ の配水本管が基盤の目状にネットワークの骨格を形成し、その間を $\phi 50\sim 75\text{mm}$ の配水支管で補完する構成である。当市では人口増加により、市の周辺部で入植地や住宅地の開発が進んだため、ESSAPは給水区域の拡張を繰り返してきた。その結果、市周辺部では $\phi 50\text{mm}$ の小口径管による管網が形成された。

ESSAPは現在、給水区域南部への配水を優先するためバルブ操作によって北西方面への通水を制限している(図中 \blacktriangleright 閉止バルブ)。このバルブ操作の影響により、特に最大配水時には給水区域全域で水圧低下が起こり、管網末端や周囲と接続箇所のない路線では給水不良を起こしている。

(3) 計算条件

管網水力計算ソフトはEPANET2(米国環境保護庁のパブリックドメインソフト)を使用した。

ESSAP提供の現況管網図により配水管情報の節点を1137箇所を設定した。これら各節点が受け持つ水需要量は、時間最大配水量を各接点に割り当てた。

現況の配水管網は図 6.5.1 に示す通りであり、管の口径を色分けして示している。

(4) 計算ケース

表 6.5.1 に示す通りの計算条件で4ケースの管網水力計算を行った。

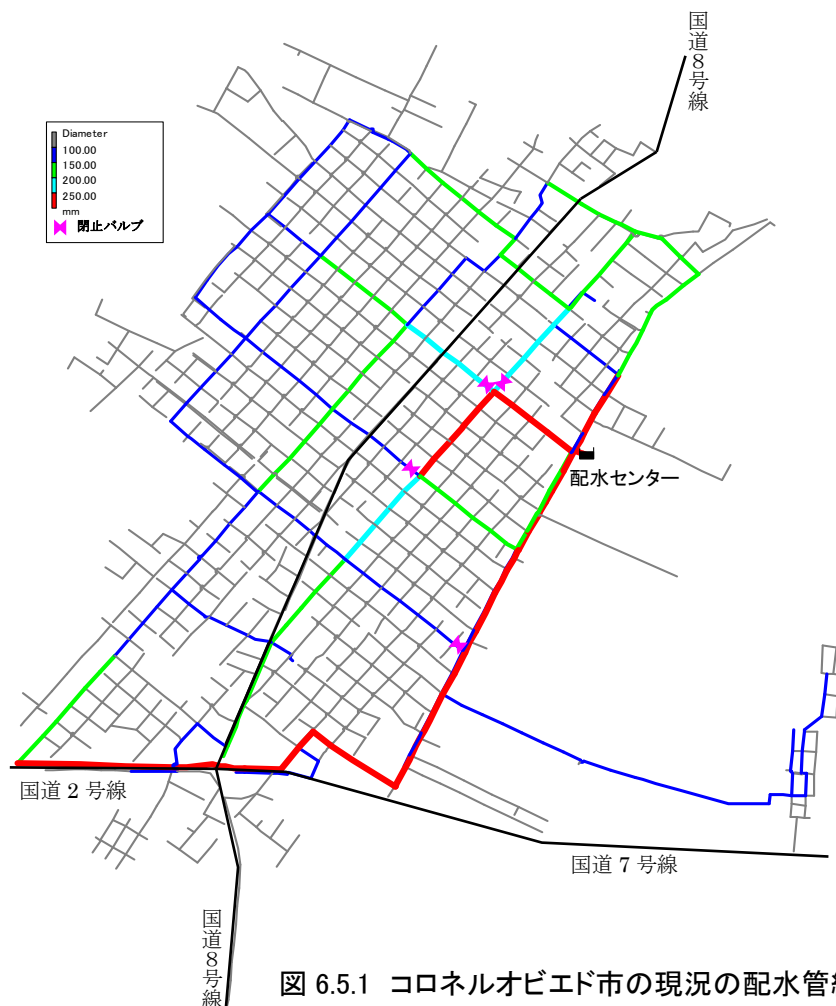


図 6.5.1 コロネルオビエド市の現況の配水管網図

表 6.5.1 計算ケースと目途

計算ケース	計算の前提条件	計算の目途
ケース 1	現状の配水状況+現状の配管条件(バルブ 4 か所:閉)	管網計算の結果を現状の配水状況と照合し、整合性のある管網計算の条件を設定する。
ケース 2	現状の配水状況+現状の配管状況(バルブ 4 か所:開)	バルブの閉止の影響を把握する。
ケース 3	2020 年の配水条件+現状の配管状況(バルブ 4 か所:開)	現状の配水管網の能力を把握するため、敢えて2020年の水量を流し、改修策を講じるための基礎資料を得る。
ケース 4	2020 年の配水条件+改善計画後の配管状況	改善計画の妥当性を確認する。

(5) 計算結果

1) ケース 1

① 計算条件

表6.5.2 現況水理計算の計算条件

給水人口	37,615人(2012年)
給水時間	16時間
1日平均配水量	5,856m ³ /日 ^{※1)} (配水池流入量244m ³ /h×24時間)
時間最大配水量	549.m ³ /h (5,856m ³ /h÷16時間×時間係数1.5)

※1) 2013/6/26~2013/6/30のESSAP配水センターの管理日報より

② 計算結果

計算結果(水圧分布)を図 6.5.2 に示す。配水区域の外周部に赤～黄色の低水圧地区が見られる。

「参考資料 6-4 コロネルオビエド市の給水圧の分布状況」で確認した実際の水圧変動グラフから、水使用ピーク時の特徴的な波形として、午前 6:40 を最大配水時と仮定した。なお、水圧測定地点は(●)で示す。この時間の調査水圧測定データと管網水理計算の計算値を比較した結果は表 6.5.3 に示す通りである。

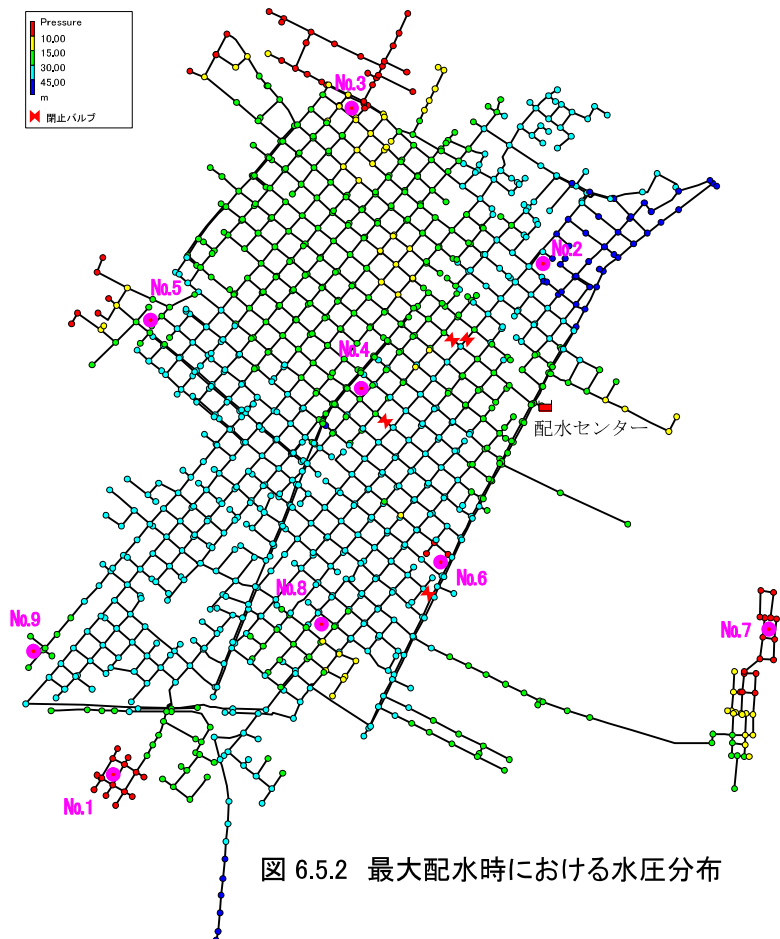


図 6.5.2 最大配水時における水圧分布

表6.5.3 水圧測定データと管網計算値との比較

設置No.	測定値(m)				計算値(m)
	6月27日	6月28日	6月29日	6月30日	
	AM6:40			AM7:00	
1	4.7	4.7	7.6	5.2	5.6
2	41.3	40.5	42.7	37.0	45.1
3	11.5	9.0	13.8	10.0	11.3
4	19.0	16.1	22.8	20.4	20.3
5	18.2	17.0	21.7	18.0	25.4
6	4.0	3.9	5.6	1.2	5.6
7	3.0	2.7	3.1	3.5	7.6
8	15.6	15.2	17.8	11.9	21.3
9	11.0	10.2	14.8	11.7	16.1

表6.5.3の計算値は、配水本管の水圧を表し、調査日毎の数値は給水栓(蛇口)で測定した水圧データである。そのため、両値の間には、分水栓・料金メータ・曲管における損失水頭や標高差などにより、一般に3~5m程度の差があるものと考えられる。

したがって、表6.5.3で示した水圧測定値と管網水理計算の計算値は概ね有効な誤差の範囲であることが確認され、ケース1で構築した管網モデルは現地状況と整合性があると判断される。

2) ケース2

① 計算条件

計算条件はケース1、表6.5.2と同じである。なお、ケース1の管網計算時に閉止した4ヶ所のバルブを全て開放した。

② 計算結果

計算結果から、図6.5.3に水圧分布を、図6.5.4には損失水頭を示した。

ケース1と比べ、東側飛び地はほとんど変わらないが、それ以外の広い範囲で水圧の改善が見られる。

西北地区の改善度は依然として低い。西北地区は新興住宅地であり、新しく布設した管の口径不足が原因であると想定される。

一方、東側の飛び地地区はESSAP配水センターより高い地盤高であるため、高架タンクの配水位だけでは安定した給水が難しい。

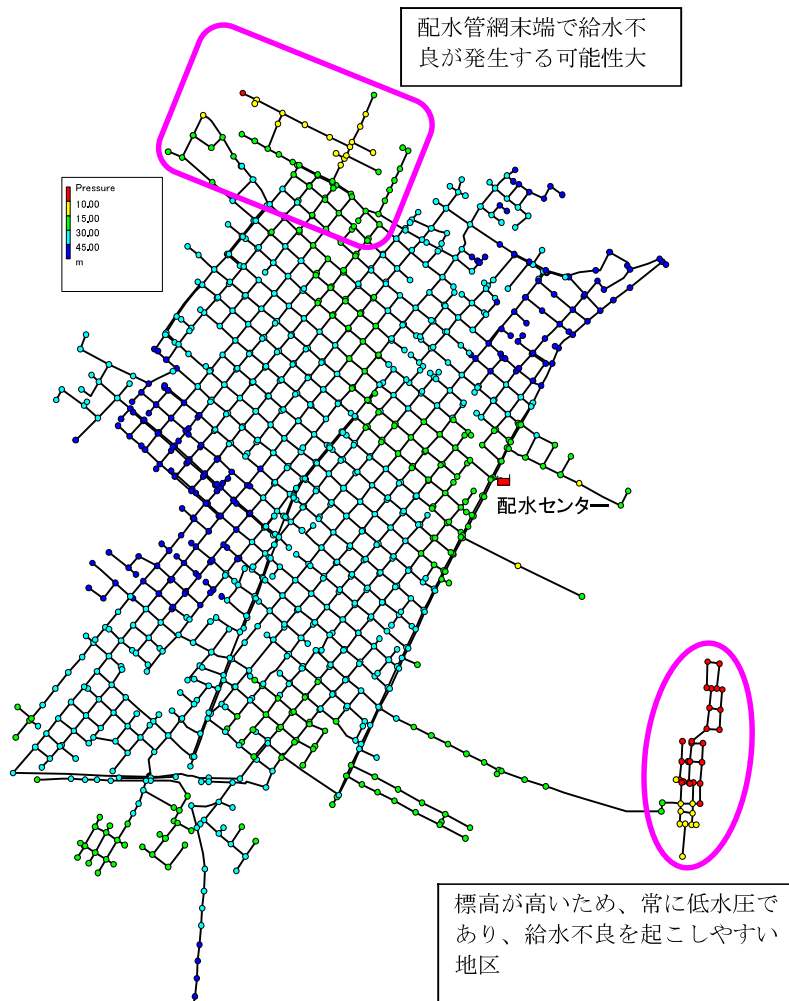


図 6.5.3 現況水理計算 水圧分布図と問題地区

図 6.5.4 に示した赤色の管路は、損失水頭が大きい(4.0m/km 以上)管路である。このような管路が管網内に広く分布していると周囲の管網の水圧が低下する。○で囲った管路を改修することによって、水圧低減の緩和が期待できる。

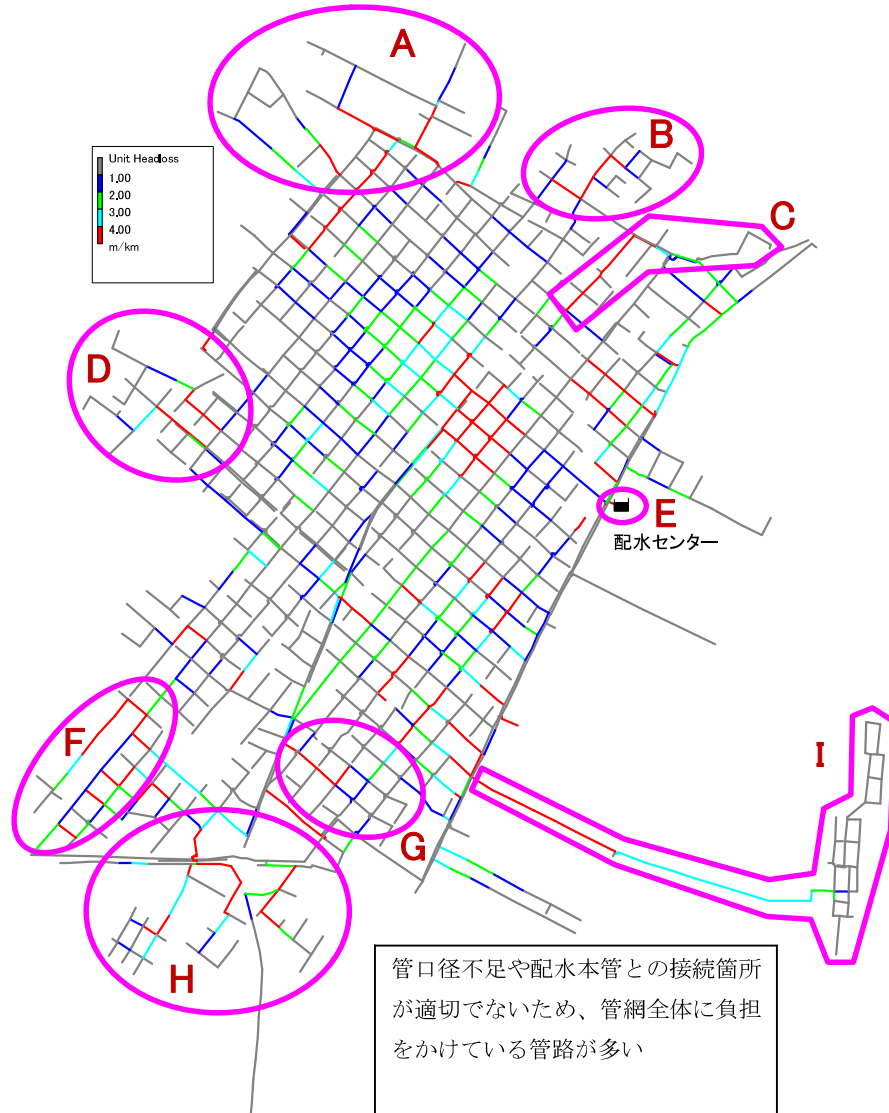


図 6.5.4 現況水理計算 損失水頭分布図

3) ケース 3

① 計算条件

表6.5.4 計画目標年次の計算条件

給水人口	52,594人(2020年)
給水時間	24時間
1日平均配水量	12,300m ³ /日(計画配水量)
時間最大配水量	769m ³ /h (12,300m ³ /h ÷ 24時間 × 時間係数1.5)

現況の管網モデルを使用し、需要量は2020年の計画水量を設定して管網水理計算を行った。

② 計算結果

計算結果を図 6.5.5、6.5.6 に示す。

2020 年の計画水量に対して現況管網のままでは、使用水量が多くなる時間帯に供給できないことが確認された。

ケース 2 の図 6.5.3 と比較すると、給水区全域で水圧が低下することが判る。特に、管網末端部では水圧低下の度合いが大きくなる。

また、管網内部の地区においても $\phi 50\text{mm}$ の配水支管が互いに接続されていないため、管網が形成されていない地区があるが、このような地区では現状以上の需要量に対応できず、給水不良を起こす可能性が高い。

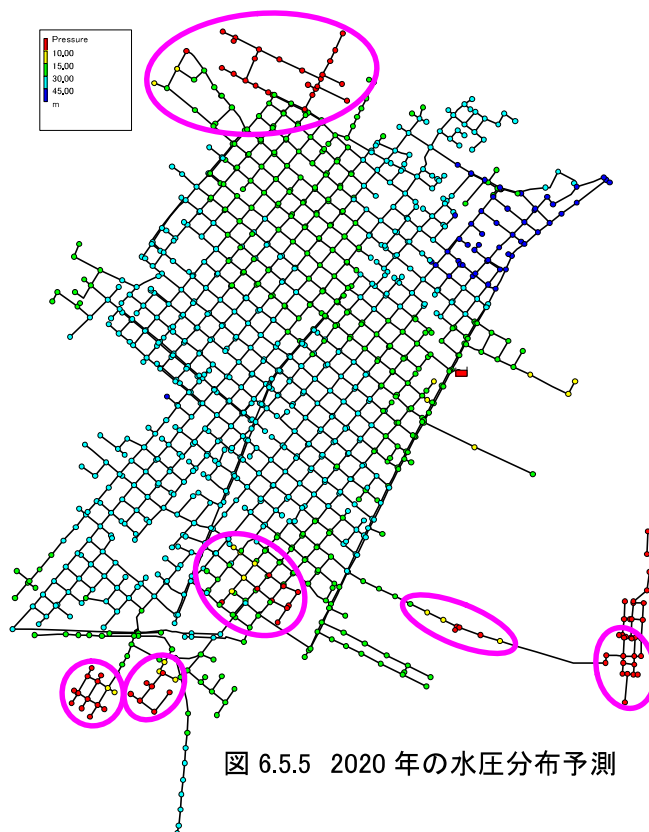


図 6.5.5 2020 年の水圧分布予測

図 6.5.6 とケース 2 の図 6.5.4 を比較すると、最大配水時の損失水頭は、 4.0m/km 以上を示す赤色の管路が給水区全域に広がり、各管路の負荷が大きいことが窺える。管網総体としては配水能力が不足し、管網末端部まで水圧を保持することが難しい。

各管路の損失水頭を確認した上で、口径不足が明らかな路線については増径を検討し、需要量の増大に備える必要がある。特に $\phi 50\text{mm}$ で管網が形成されている地区については、 $\phi 100\text{mm}$ 以上の配水本管を整備することが望ましい。

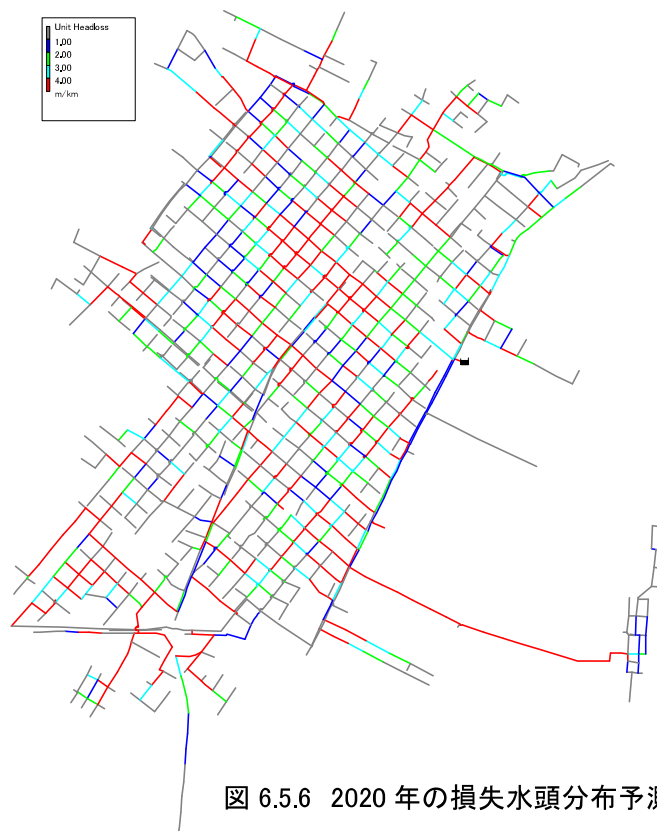


図 6.5.6 2020 年の損失水頭分布予測

4) 施設改善策の提案

ケース2と3のシミュレーションにより確認できた現況の配水管網の問題点は、主に管網末端への重要供給管路において配水管の口径不足や配水本管との接続箇所が不適切なことである。また、配水センター敷地内の既存配水管φ350mmについても口径不足が示唆された。これらの問題箇所がボトルネックとなり、管網全体の配水能力を低下させていると想定される。

これらの考察に基づき、表 6.5.5 に示す通り問題点を抽出し、その改善案を策定した。

なお、南東部の飛び地地区は、管網の更新だけで改善を図ることが難しい立地条件であるため、現況の配水管網とは切り離してブースターポンプによる増圧ブロックの設定を提案する。これらの改善案の位置図を図 6.5.7 に示す。

表 6.5.5 配水管網の問題点と改善案

検討No.	問題点	改善案	
		対応策	対応策の数量
A	管網末端への供給管路がφ50mmで口径不足である。配水本管との接続箇所までの延長が長く損失水頭が大きい。また、管網が分断されているため末端で給水不良が起こる。	接続箇所を最寄りのφ100mmに変更し、口径をφ50mmから100mmに増径する。①を伸ばして隣接する管網に連絡する。	①PVC φ100mm657m ②PVC φ100mm271m
B	宅地が密集している地域をφ50mmのみの管網で供給しているため損失水頭が大きい。	④をφ150mmに増径して周辺の管網に供給するメイン管とする。③と⑤はサブ管としてφ100mmに増径する。	③PVC φ100mm176m ④PVC φ150mm264m ⑤PVC φ100mm273m
C	損失水頭が大きな既存管φ50mmは北側にある本管(φ150mm)と接続しないまま北部地区へ給水している。そのため、送水負荷が大きくなっている。	φ50mmを⑥の交差点でφ150mmに接続する。	φ150mmとの接続 ⑥PVC φ50mm10m
D	宅地開発が進んだ地域への供給管路φ50mmは口径不足である。	φ50mm2路線をφ100mmに増径する。	⑦PVC φ100mm計561m
E	配水センター場内のφ350mmは既に口径不足である。	φ400mmに増径する。	⑧DCIP φ400mm64m
F	南側地区へ送水する枝管φ50mmは延長が長く、損失水頭が大きい。	φ100mmを新設し、管網をループ状に変更する。	⑨PVC φ100mm65m
G	当地区は既存管がφ50mmと小口径で互いに接続されていない。そのため管網が形成されていないため、給水不良が起こる。	幹線を形成するため既存管をφ100mmで入れ替え、既存管をこれに接合する。	⑩PVC φ100mm808m
H	当地区は市の最南端に位置し、配水池から最も遠く、もともと給水が難しい地区である。また、当地区は国道8号線によって東西に分割されている。また東・西地区の給水は国道2号線の北側からの横断管1か所づつ(φ100mm)に頼っている。但し、横断管は国道2号線沿いに布設されたφ250mmの本管には接続されていない。横断後は両地区ともφ50mmに分岐し、網(ネット)は未形成であるため損失水頭が大きく、全体的に給水不良が発生している。	西側地区の国道2号線の横断管を国道沿いに布設されているφ250mmに接続し、水圧および損失水頭を改善する。	φ250mmとの接続 ⑪PVC φ100mm10m
		既存管の布設替えにより損失水頭の軽減を図る。 ⑫φ50mm→φ75mm ⑬北側φ50mm→φ100mm 南側φ50mm→75mm ⑭⑮φ50mm→75mm	⑫PVC φ75mm466m
			⑬PVC φ100mm143m +PVC φ75mm140m
I	当地区は配水センターと同じ地盤高であるため、配水管網の末端で有効水頭を保つことが難しい。	他の管網と切り離して配水池にブースターポンプを設置し、⑯専用管φ150mmによる増圧ブロックとして管理する。	⑯PVC φ150mm1450m ブースターポンプ1台(揚程40m)

これらの改善策案を実施した場合の概算費用は、表 6.5.7 に示す通り、約1,005,000,000Gs(直接工事費ベース)と算定された。

表6.5.6 施設改善案の概算費用

対象管路	対象管路延長(m)					施工費用(Gs.)	
	50mm	75mm	100mm	150mm	400mm	舗装なし	舗装あり
①②			928				187,493,120
③④⑤			449	264		75,521,780	
⑥	10						
⑦			561			51,353,940	
⑧					64	80,722,368	
⑨			65			5,950,100	
⑩			808			73,964,320	
⑪			10			915,400	
⑫		466				31,678,680	
⑬		140	143				53,878,920
⑭⑮		402				27,327,960	
⑯				1450			349,276,000
数量合計(m)		1008	2964	1714	64		
金額合計(Gs.)						347,434,548	590,648,040
							プースターホップ 直接工事費
							66,832,500
							1,004,915,088

1m当たりの施工単価(Gs.)

	75mm	100mm	150mm	400mm	舗装
管材料費	18,480	42,040	80,880	1,211,787	
土工費	49,500	49,500	49,500	49,500	110,500
合計	67,980	91,540	130,380	1,261,287	110,500

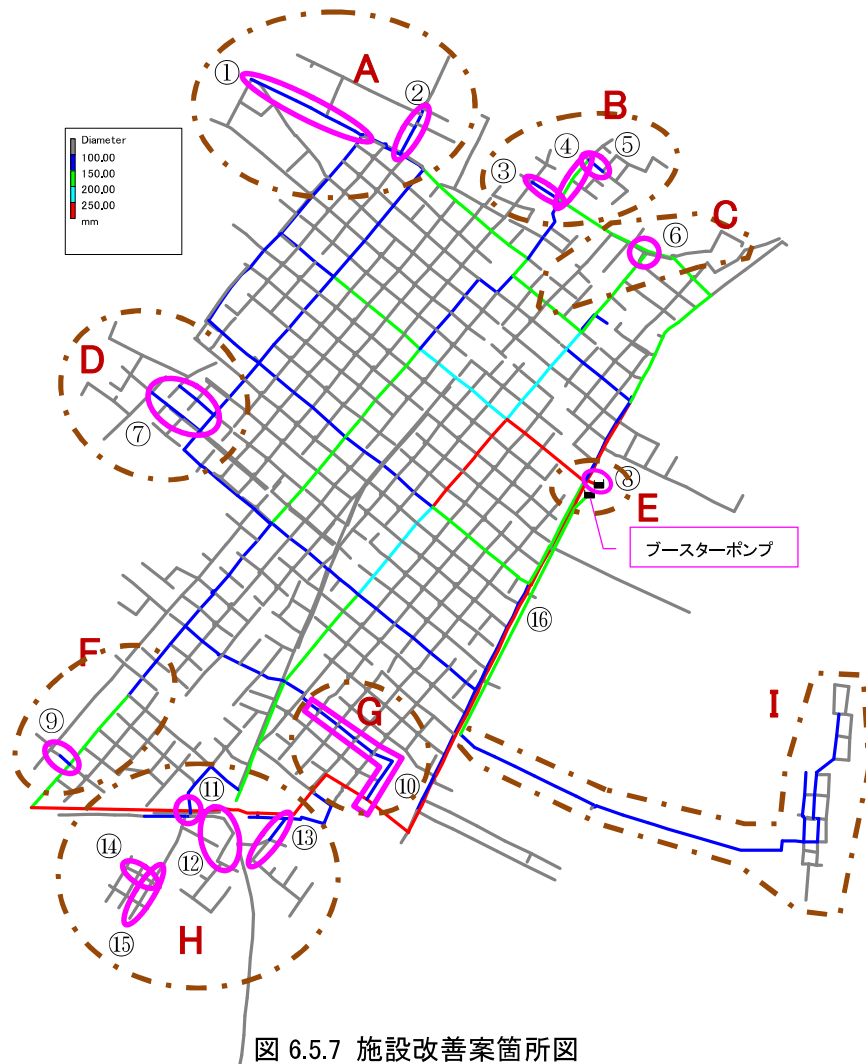


図 6.5.7 施設改善案箇所図

5) ケース4

①計算条件

計算条件はケース3、表6.5.4と同じである。ケース3の施設改善モデルを用いて2020年の配水シミュレーションを行った。

②計算結果

シミュレーション結果の水圧分布を図6.5.8に示した。施設改善により、給水区域内で標高が高く、給水が難しいとされたA地区、I地区の末端部でも有効水頭10m以上を確保できるようになった。



図 6.5.8 改善後の水圧分布図

(6) 2020年以降の配管網整備構想

本配管計画の整備案は、計画目標年次 2020 年までの当面の改善策である。これらのシミュレーションの結果から、現在のコロネルオビエド市の配水管網の施設能力は、2020 年ごろには限界に達することが予想される。

コロネルオビエド市は 2020 年以降、現在の市街地が外周部に拡張されることが想定されており、新たな水源の確保も不可欠である。特に配水センターから遠距離になる、南部や西部地区は既存地区と独立した給水ブロックとして整備する必要があると想定される。2020 年以降の整備計画としては、図 6.5.9 に示す通り、大きく既存地区・西部地区・南部地区の 3 ブロックに分割し、それぞれ独立した配水池、高架水槽による配水ブロック構想を提案する。水源の開発としてはテビクアルミ浄水場の拡張や水衛生委員会等の他の水道事業体の統廃合も考慮する必要がある。

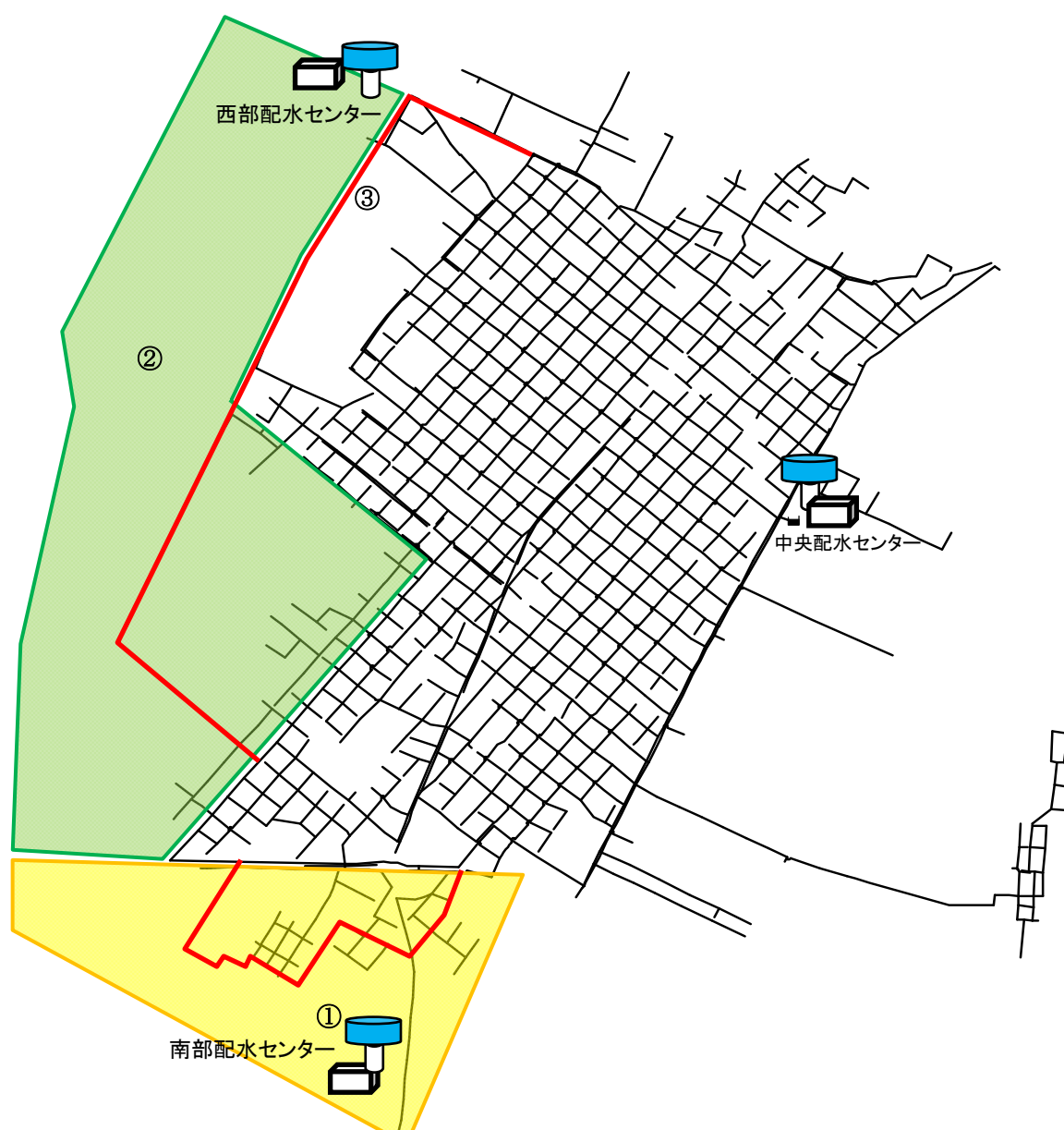


図 6.5.9 2020 年以降の配水ブロック構想

6-6 テビクアリミ川の原水の凝集特性

(1) 濁度とアルカリ度の関係

テビクアルミ浄水場の上流域は比較的小さく、上流の降雨などにより直接的に水量や水質の変動を受けている。その典型的な事例は、濁度とアルカリ度の関係である。濁度が高い時(即ち流量が多い時)、アルカリ度は半分ほどに減少している。水処理上は高濁質時の処理には、より多くの凝集剤を添加する。当然アルカリ度が消費され、元々原水にあったアルカリ度では足りなくなり、pHが下がり過ぎて、凝集効果が出ないという事態になる。これを避けるため、高濁質時には、アルカリを凝集剤注入前に添加する必要がある。

図 6.6.1 はテビクアルミ浄水場での原水の濁度とアルカリ度を測定した結果をグラフにしたものである。濁度 50 度付近では、アルカリ度は 20~25 付近であるが、濁度 100 度になると 15mg/l のアルカリ度となってしまふ。

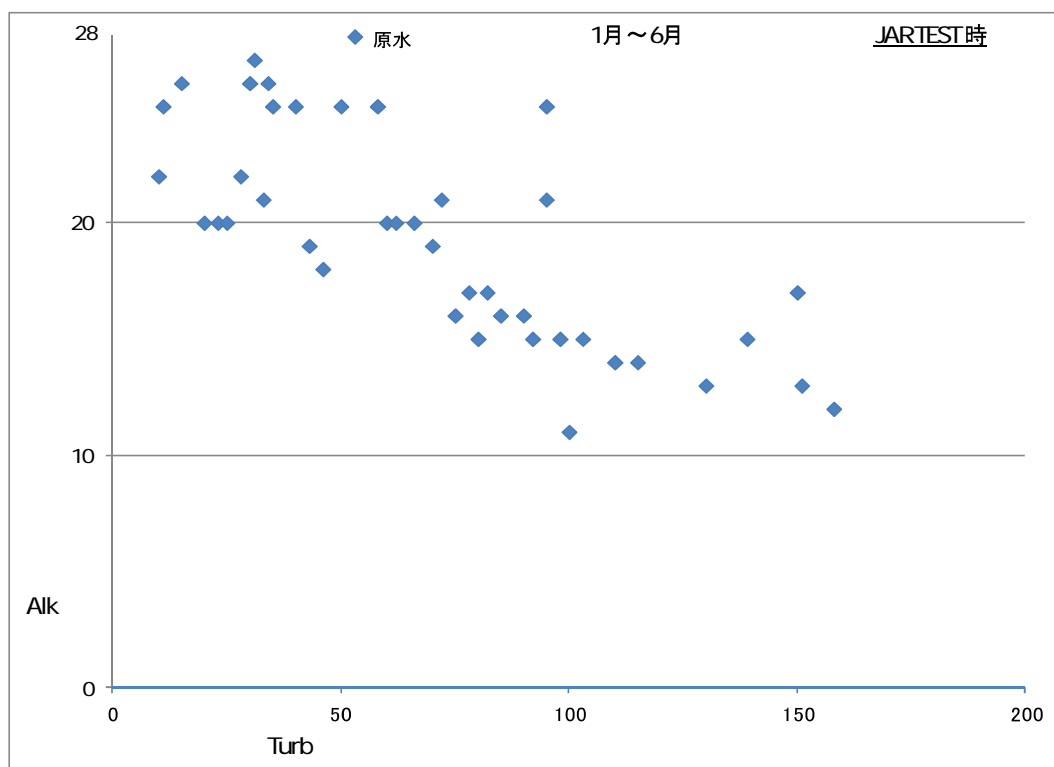


図 6.6.1 浄水場原水の濁度とアルカリ度の関係

(2) 原水の硫酸アルミニウムに対する緩衝能力

浄水場原水の緩衝能力を、酸性である硫酸アルミニウムを 10mg/l ずつ滴定し、pH の変化をプロットした結果が図 6.6.2 である。ある曲線を期待していたが、グラフに示すように、原水の pH6.8 から pH4.8 以下まで、ほぼ直線的に下げている。このことは酸性領域で緩衝能力のある金属類などが原水に含まれて居ない事を示している。水処理上は添加する硫酸アルミニウムを少しでも入れすぎると、pH5 付近となってしまう、凝集効果が低下するため、入れ過ぎない運転管理をしなければならない。

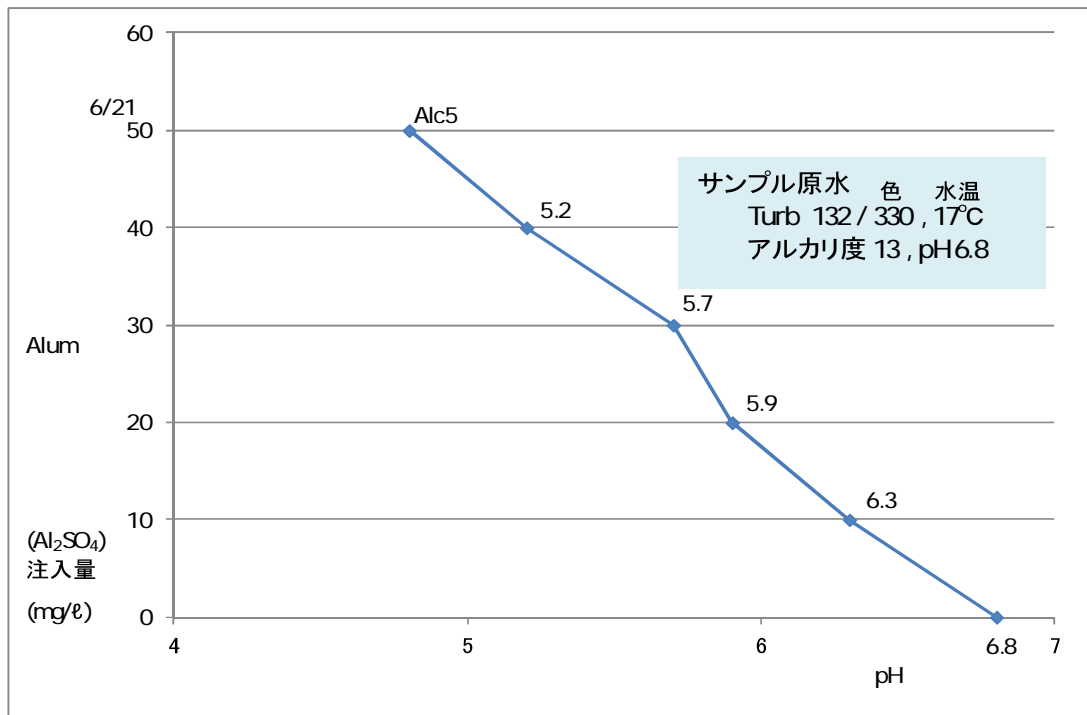


図 6.6.2 原水の硫酸アルミニウムに対する緩衝能力

(3) テビクアリミ浄水場の水質から見た運転状況

表 6.6.1 は水質から見た運転状況を把握するため、2013 年 1 月から 1 週間毎の水質データを各処理工程の段階ごとに、調査員がまとめたものである。

原水の水質性状は：水温 12～30℃、pH6.7～7.2、アルカリ度 11～26mg/l、濁度 8.8～238、見掛色度 30～540、電気伝導度 33～73 μ s/cm であり、流域と季節の影響を直接的に受けている水質である。しかし運転状況としては一部にパ国の基準を満たせない高浄水濁度の運転も見られるものの、特にろ過池の老朽化と濾層の流出などで劣悪な運転がなされているにもかかわらず、概ね良好な水質を維持しているのは職員の努力の賜物である。

表 6.7.1 水質から見たテビクアルミ浄水場の運転状況
(2013年1月4日-25週間)

日付	原水			沈殿池出口			濾過池出口	浄水		
	pH/アルカリ度	濁度/色度	電気伝導度 水温	pH/アルカリ度	濁度/色度	濁度/色度	濁度/色度	pH/アルカリ度	濁度/色度	電気伝導度 残留塩素
1/4	7.1 22	32~75 150~220	52~57 24~28	6.1~6.3 12~13	12.1~6.5 20~30	1.2~11.1 3~15	6.8~7.3 20~25	2.0~5.0 3~10	82~88 2.5	
1/11	7.0 21~22	57~79 180~220	50~54 28~30	6.3~6.9 10~16	5.7~8.8 3~8	1.0~13.1 3~30	6.9~7.3 20~29	1.9~4.0 3~8	92~103 2.5	
1/18	7.0 20	12.4~16.1 60~75	58~65 28~29	6.3~6.8 8~12	2.1~4.0 3~8	0.1~3.3 3	7.0~8.5 20~35	1.0~6.8 3~10	92~110 1.5~2.5	
1/25	7.1 21	8.8~10.9 30~50	60~73 26~28	6.8 13	4.1~4.2 8	0.5~5.0 3~10	7.1~7.9 20~29	1.2~3.3 3	97~129 2.0~2.5	
2/1	7.1~7.2 22~23	18~26.4 80~110	58~64 27~30	6.7~6.8 12~15	4.8~9.0 8~30	1.2~5.5 3~8	7.0~7.4 19~28	2.0~3.6 3~5	87~97 2.1~2.5	
2/8	7.1~7.3 23~25	21~29.6 110~130	59~64 27~28	6.7~6.8 13~14	4.6~7.7 8~15	0.6~4.9 3~8	6.9~7.8 18~30	1.2~4.4 3~8	90~103 2.5~3.0	
2/15	7.0 19~20	60.7~86.4 180~240	46~50 24~26	5.9~6.4 7~12	7.1~10 15~30	0.7~4.1 3	7.0~7.7 18~28	1.1~3.5 3~8	82~102 1.8~2.5	
2/22	6.8 14~18	110~149 300~340	38~45 25~27	5.0 4~5	5.9~9.8 10~30	0.9~4.7 3	6.8~8.1 13~18	2.2~4.1 3~8	91~126 1.5~2.8	
3/1	7.1~7.2 24~26	25.9~30.5 120~130	67~70 24~28	6.3~6.8 10~15	4.9~10.5 8~15	0.9~3.9 3~13	7.0~7.5 22~29	1.5~2.8 3	103~119 2.0~2.5	
3/8	6.8~6.9 16~19	96.2~238 260~540	37~53 23~26	5.0~5.2 3~4	7.2~9.8 15~20	0.9~4.2 3~5	6.8~6.9 16~19	3.3~4.5 3~8	104~123 1.8~3.0	
3/15	6.8 18~20	76.7~107 220~280	44~48 22~24	5.0~5.5 4~8	5.5~6.9 10~15	0.8~2.0 3~5	6.4~7.3 17~22	1.3~3.6 3~5	95~105 2.2~3.0	
3/22	7.0~7.1 23~24	32.4~39.6 130~140	57~62 22~25	6.3~6.7 9~13	5.9~8.2 8~20	1.1~5.0 3~10	6.9~7.3 18~24	1.7~3.5 3~5	98~108 2.2~2.8	
3/29	7.0~7.1 22~23	20.5~23.2 100~110	60~63 24~26	N/A	5連休 イースター	お休	6.9~7.3 19~23	2.0~3.4 3	110~113 2.5	
4/5	7.0 20	69.6~76 160~180	44~53 22~24	5.7~6.1 7~10	5.0~19 10~80	0.1~2.5 3~8	6.4~7.2 18~25	1.6~3.2 3	82~92 2.2~3.0	
4/12	6.9 14	117~237 310~430	57~59 16~21	5.4~5.8 3~11	4.8~14.4 8~70	1.1~9.0 3~20	6.8~7.1 15~18	3.0~4.1 3~8	94~103 2.5~2.8	
4/19	7.0 20	33.6~43.5 130~140	49~56 17~21	6.1~6.4 8~12	6.9~9.3 15~25	1.0~5.7 3~10	6.9~8.0 18~30	3.2~4.0 3~5	87~94 2.2~2.5	
4/26	7.1 23	18.5~26.5 80~120	55~63 19~22	6.5~6.8 9~15	8.1~10.2 20~30	0.9~7.2 3~10	6.9~7.2 20~24	2.8~5 3~10	92~98 2.0~3.0	
5/3	7.1 18~20	33.8~41.2 130~150	50~53 20~25	6.1~6.8 8~13	5.1~8.8 15~20	0.4~3.3 3	6.8~7.6 17~24	2.4~3.9 3~5	80~88 1.4~2.5	
5/10	7.0 16	24.6~45.1 130~180	43~47 14~18	6.1~6.2 7~8	3.6~7.1 5~18	0.4~3.8 3~8	6.9~7.0 14~22	1.8~3.8 3~8	76~93 2.5	
5/17 (増水時)	6.7~6.8 11~12	42~88 180~260	26~37 12~17	5.1~5.2 4~5	10.4~13.0 30~35	水没のため測定不能	6.7~6.9 8~13	3.6~5.3 5~10	68~87 2.5~3.0	
5/24	6.9 15	50~63 180~220	45~53 15~18	5.5~6.3 4~8	7.5~8.8 15~30	0.3~6.0 3~15	6.8~7.1 15~27	2.6~4.0 3~8	94~115 2.5	
5/31	7.1 26	30.3~37.4 130~140	50~54 15~19	6.4~6.8 10~15	5.0~7.8 10~15	0.6~5.5 3~10	6.8~7.1 18~22	2.3~3.9 3~6	81~94 2.0~3.0	
6/7	7.0 22	21.2~24.8 100~120	48~51 15~19	6.1~6.6 7~11	6.8~10.9 15~30	1.1~6.0 3~15.0	6.8~7.4 18~24	2.9~4.8 3~8	84~95 2.5~2.8	
6/14	7.1 20~21	20~108 100~300	48~52 17~19	6.8 12~14	5.2~7.5 10~15	0.5~4.5 3~8	7.2~7.5 19~28	1.7~3.3 3	81~92 2.5	
6/21	6.8 13	109~158 300~350	33~39 15~17	5.1~5.3 3~5	9.6~14 25~35	0.8~6.1 3~10	6.8~7.4 12~13	3.0~4.0 3~8	80~93 2.5	

注) 3/1 No.4沈殿池清掃→8時スタート 10時頃~7時間程浄水池の濁度は上った。
4/12 10時から高濁度になったが、硫酸バン上の注入が詰り止まったため、pHと濁度が変動した。

(4) ジャーテスト結果

図 6.6.3 は、テビクアルミ川の原水を用いてジャーテストを行った時の結果をグラフにしたものである。

ジャーテストの手順は、「アスンシオンで調合した 10,000ppm の硫酸アルミ溶液を、原水 2リットルが入った 5 個のビーカーに、それぞれ 20ppm、30ppm、35ppm、40ppm、45ppm となるように注入し、105rpm で 5 分間、40rpm で 15 分間攪拌し、停止後 10 分間静止し、その上澄の濁度を測る」である。

この時の原水性状は、水温 13℃、pH6.9、濁度 71.3NTU、見掛色度 220、電気伝導度 40 μ s/cmであった。

このジャーテストでは、硫酸アルミを 35ppm 注入した時が、最良の残留濁度値 3.0 を示した。この時の pH は 5.2 であった。この pH は色度が除ける pH 領域であり、色度が除ければ同時に濁度を除去できる事が判った。

テビクアルミ浄水場では運転の指標として、ジャーテストで得た pH とアルカリ度を沈殿池出口で保つように硫酸アルミの注入を調整して、浄水施設を運転をしている。

一方、同様の原水を使って、硫酸アルミ 35ppm 注入したビーカーを 2 個、合計 4リットル作り、メスシリンダーで 24 時間後のスラッジボリュームを測定し 0.7%を得た。

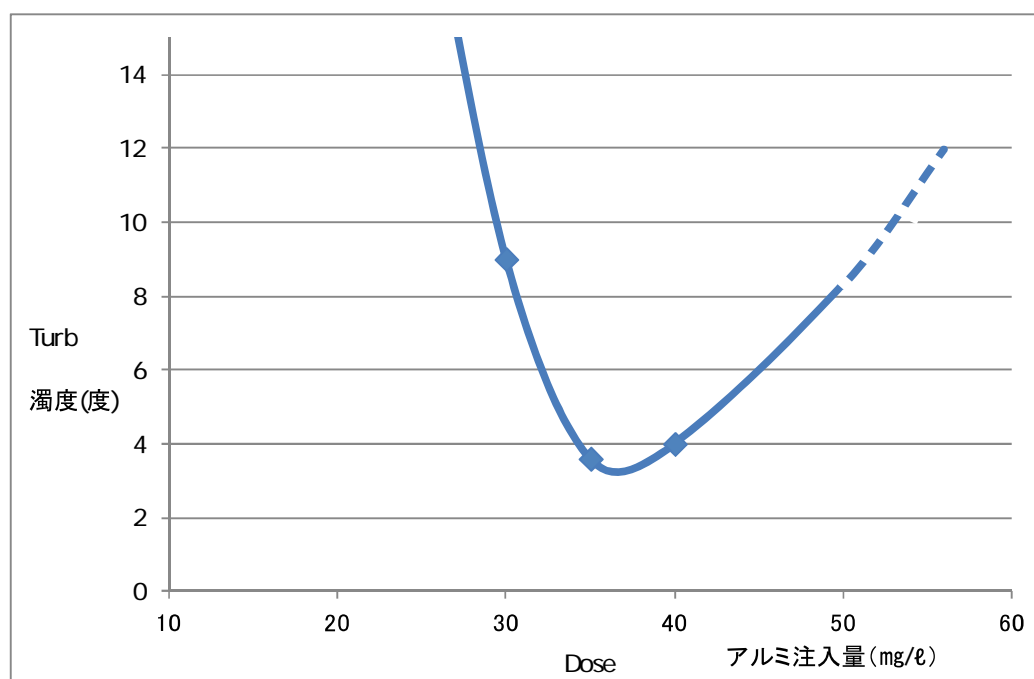


図 6.6.3 テビクアルミ川原水のジャーテスト結果