

平成 27 年度国際研修 専門別研修報告書

研修員氏名：新井大文

所 属：神奈川県企業庁企業局水道部水道施設課

研 修 先：ドイツ連邦共和国及びオランダ王国

研 修 期 間：平成 27 年 12 月 1 日（火）から 12 月 10 日（木）

目次

第 1 章	研修概要	1
1-1	研修内容	1
	(1) ドイツ連邦共和国	1
	(2) オランダ王国	1
1-2	研修日程	2
1-3	研修先	2
	(1) ハンブルク水道 (Hamburg Wasser)	2
	(2) エッセン都市公社 (Stadtwerke Essen)	2
	(3) 水循環研究所 (KWR:Water Reserch Institute)	2
第 2 章	研修計画	3
2-1	研修目的	3
2-2	研修テーマ	3
	(1) ハンブルク水道 (Hamburg Wasser)	3
	(2) エッセン都市公社 (Stadtwerke Essen)	3
	(3) 水循環研究所 (KWR:Water Reserch Institute)	3
2-3	研修都市概要	3
第 3 章	研修活動報告	5
3-1	ハンブルク水道 (Hamburg Wasser)	5
	(1) ハンブルク水道概要説明	5
	(2) 神奈川県企業庁 (神奈川県営水道) の紹介	5
	(3) 配水管布設工事現場視察	5
	(4) 漏水修理工事現場視察	6
	(5) ハンブルク水道における漏水防止対策	7
3-2	エッセン都市公社 (Stadtwerke Essen)	8
	(1) エッセン都市公社概要説明	9
	(2) 神奈川県企業庁 (神奈川県営水道) の紹介	9
	(3) 漏水調査業務視察	9

- (4) 浄水場視察 (Wassergewinnung Essen(エッセン浄水場)) 10
- (5) 配水池視察 11
- 3-3 水循環研究所 (KWR:Water Reserch Institute) 13
 - (1) 水循環研究所概要説明 13
 - (2) Watershare 概要説明 13
 - (3) 神奈川県企業庁 (神奈川県営水道) の紹介 13
 - (4) 漏水量分析に関する説明 14
 - (5) 膜処理技術研究について説明・研究施設視察 14

- 第4章 研修総括 15

第1章 研修概要

1-1 研修内容

(1) ドイツ連邦共和国

ドイツ連邦共和国ではハンブルク水道とエッセン都市公社を訪問し、漏水防止対策の調査及び漏水修理工事、配水管布設工事現場の調査（現場見学）及び浄水施設等の視察を行った。

(2) オランダ王国

オランダ王国では、水循環研究所（KWR）を訪問し、漏水量分析に関する調査や膜処理研究施設の視察を行った。

1-2 研修日程

今回の研修は以下の日程でドイツ連邦共和国の水道事業体及びオランダ王国の研究機関を訪問した。

月日	行動	宿泊先
1 2月1日(火)	11:25 成田発 17:59 ハンブルク着	ハンブルク泊
1 2月2日(水)	訪問・視察 10:00~16:30 ハンブルク水道訪問 概要説明 配水管布設現場視察 漏水修理現場視察 漏水防止対策説明	ハンブルク泊
1 2月3日(木)	国内移動（ハンブルク→エッセン） 07:50 訪問・視察 13:00~16:00 エッセン都市公社訪問 概要説明 漏水調査現場視察	エッセン泊
1 2月4日(金)	訪問・視察 10:00~14:00 エッセン都市公社訪問 浄水場視察	エッセン泊

	配水池視察 送水管視察	
1 2月5日(土)	資料整理日	エッセン泊
1 2月6日(日)	国外移動 (ドイツ→オランダ) 11:00~20:15	フローニンゲン泊
1 2月7日(月)	訪問準備日	フローニンゲン泊
1 2月8日(火)	訪問・視察 13:00~16:30 KWR 訪問 概要説明 漏水量分析説明 膜処理技術研究説明	フローニンゲン泊
1 2月9日(水)	11:25 アムステルダム発	機内泊
1 2月10日(木)	09:30 成田着	

1-3 研修先

(1) ハンブルク水道 (Hamburg Wasser)

- ア. 受入担当者 : Cornelius Hunemeyer
- イ. 所在地 : Pinkertweg 5 22113 Hamburg
- ウ. 電話番号 : +49 40 7888 31000

(2) エッセン都市公社 (Stadtwerke Essen)

- ア. 受入担当者 : Thomas Reineck
- イ. 所在地 : Twentmannstraße 151 45326 Essen
- ウ. 電話番号 : +49 201 800 3840

(3) 水循環研究所 (KWR:Water Reserch Institute)

- ア. 受入担当者 : Gertjan Zwolsman
- イ. 所在地 : Groningehaven 7 Postbus 1072 3430 BB Nieuwegein
- ウ. 電話番号 : +31 30 6069 542

第2章 研修計画

2-1 研修目的

神奈川県営水道では、有効率95%を目標に有効率向上に向け努力をしているが、現在（平成25年度）93.4%となっており、目標には到達していない状況である。有効率向上に向けさらなる効果的な対策を実施するために、検討を進めているところである。

本研修では、欧州の先進国の中で、高い有効率を達成しているとされるドイツ、オランダの水道事業体において、どのような漏水防止対策を実施しているかの調査を行うことを主目的とする。併せて、マッピングシステムの導入状況及びその運用状況、漏水修理工事、配水管布設工事の施工状況の調査（現場見学）、及び、無塩素配水を実施している事業体における浄水施設の視察を行う。

2-2 研修テーマ

(1) ハンブルク水道（Hamburg Wasser）

本局：漏水調査手法や漏水修理工事の体制等、漏水防止対策に関する調査、マッピングシステムの導入・運用状況の調査を行う。

現地：配水管布設工事現場、浄水場の見学、漏水修理工事現場の見学を行う。

(2) エッセン都市公社（Stadtwerke Essen）

本局：漏水調査手法や漏水修理工事の体制等、漏水防止対策に関する聞き取り調査をおこなう

現地：配水管布設工事現場、配水池、浄水場の見学を行う。

(3) 水循環研究所（KWR：Water cycle Research Institute）

オランダ国内における漏水調査手法や漏水防止対策、老朽管の更新計画に関する調査に加え、浄水技術に関する調査を行う。

2-3 研修都市概要

(1) ハンブルク（Hamburg）

ハンブルクはドイツで2番目に大きな都市で、人口は約180万人（2015）。ドイツ北西部にある港湾都市で、旧市街地には数多くの運河が流れている。夏季（6月～8月）の平均最高気温は20～22℃、冬季（12月～2月）の平均最高気温は3～5℃である。年間降水量は772mmと東京都の半分程度であるが、降雨の頻度が高い。日本との時差はサマータイム採用期間（3/29～10/25）においては-7時間、それ以外では-8時間となっている。

(2) エッセン (Essen)

エッセンは、人口約 58 万人 (2015)。ドイツ西部、ルール川の下流域に位置している。かつてはルール工業地帯の中心都市として石炭・鉄鋼業で栄えた。現在の産業の中心はエネルギー産業であり、ヨーロッパのエネルギー産業の拠点となっている。大陸性気候に属しており、夏季 (6 月～8 月) の平均最高気温は 21～24℃、冬季 (12 月～2 月) の平均最高気温は-2～0℃である。日本との時差はサマータイム採用期間 (3/29～10/25) は-7 時間、それ以外では-8 時間となっている。

(3) アムステルダム (Amsterdam)、フローニンゲン(Groningen)

アムステルダムはオランダの北ホラント州の基礎自治体であり、オランダ最大の都市である。人口は 82 万人 (2012)。平均海拔は 2m で周辺の土地は大規模な干拓地で形成されており、そのため非常に平坦である。海洋性気候に属し、夏季 (6 月～8 月) の平均最高気温は 21～24℃、冬季 (12 月～2 月) の平均最高気温は 6℃である。年間降水量は 915mm で、10 月から 4 月の間は曇天で湿度の高い日々が続く。日本との時差は、サマータイム採用期間 (3/29～10/25) は-7 時間、それ以外では-8 時間となっている。

フローニンゲンはオランダのフローニンゲン州にある基礎自治体で、人口は約 18 万 5 千人 (2008)。オランダ北部における商工業の中心都市である。

第3章 研修活動報告

3-1 ハンブルク水道 (Hamburg Wasser)

ハンブルク水道では、12月2日に以下の内容で研修を行った。

(1) ハンブルク水道概要説明

ハンブルク水道西部支所にて Cornelius 氏からハンブルク水道の概要についての説明を受けた。概要は以下のとおり。

- ・ ドイツで2番目に大きい水道事業体で、ハンブルク市が100%出資する有限会社である。
- ・ 2006年にハンブルク上水道事業とハンブルク下水道事業が合併してハンブルク上下水道事業として成立。
- ・ 給水人口：約205万人
- ・ 給水戸数：約67万3千戸
- ・ 日平均給水量：約260,000 m³
- ・ 送配水管延長：約5,300km
- ・ 有効率：95.7%
- ・ 16の浄水場（水源は全て地下水.）を有し、職員数は2,133人（1.846人/1000人（需要家））
- ・ 給水単価：1.7Euro/m³
- ・ 1975年から水需要が減少しており、近年では水道使用量が少ないため、下水が流れない問題が発生しているエリアがある。
- ・ メーター検満期間：アパートは5年、一般家庭は6年



写真1 ハンブルク水道 西部支所



写真2 ハンブルク水道 給水エリア

(2) 神奈川県企業庁（神奈川県営水道）の紹介 別添資料により神奈川県企業庁の紹介を行った。

(3) 配水管布設工事現場視察

配水管布設工事現場として、昨年度（2014年度）に大規模漏水が発生したφ800のルートをφ600で布設替えする工事の現場を視察した。視察日は時間が早く（10:30頃）、視察時点では工事は始まっていなかった。片側2車線の広い道路で、交通量もそれなりにあるが、覆工板等を用いて交通解放することなく、堀山も埋め戻すことなく掘りっぱなしで施工しているよう

であった。現地には交通誘導員も配置しておらず、日本とは安全管理に関してだいぶ差異があると感じた。

PE で被覆された鋼管 (φ 600) を、ライナーを用いて押し込んで布設していく工事であり、堀山で溶接を行い、エコーで溶接の仕上がりの確認を行って既設管 (φ 800) に挿入していくようである。曲がり部への対応については確認できなかった。

ハンブルク市では、管の土被りは原則 1.5m 以上としており、凍結の恐れがないエリアに限り 1.2m でも可としている。



写真 3 布設工事現場状況

(4) 漏水修理工事現場視察

漏水修理工事現場として、φ 100 の CIP の漏水修理現場を視察した。

漏水していた管路は 1949 年布設の CIP φ 100。私が現場に到着した時にはすでに修理済みで、クランプのようなもので漏水修理が施されていたが、不断水で施工するわけではなく、断水作業後に修理を行ったようである。

ハンブルク水道の管轄エリア内には、第二次大戦後間もなく布設された CIP が管路全体の 20% 程度残っているらしく、近年は CIP による漏水が増えてきているようで、優先順位をつけて解消に取り組んでいるとのことであった。なお修理を施工していたのは水道局の職員の方で、直営で修理を行っている。

ハンブルク市内の漏水修理の件数は年々減少しており、近年は 320～380 件/年とのことであった。これは配水管で発生した漏水の修理件数であり、給水装置における漏水の件数はカウントしていないとのことであった。



写真 4 漏水修理工事現場状況 1



写真 5 漏水修理工事現場状況 2

(5) ハンブルク水道における漏水防止対策についての説明

ハンブルク水道南部支所にて、漏水防止対策（管路更新計画の策定方針）について説明を受けた。概要は以下のとおりである。

- 管路更新率は近年 0.8~0.9%/年で推移している。（目標は 1.3%/年）
- 近年老朽化した CIP における大規模漏水が頻発しているため優先順位をつけて CIP の取替を進めている。
- 管路毎の漏水件数、道路荷重、管の腐食状況（漏水修理時等に管を掘り上げて診断する）、布設年度、管材料の項目に分け、潜在費用（Potential Cost）を算定し管路更新の優先順位を決めている。

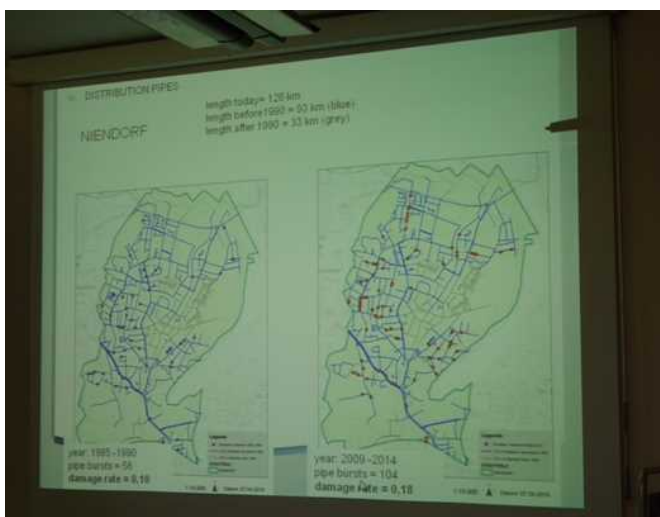


写真 7 漏水発生状況の年代別比較



写真 8 管路の経年化状況

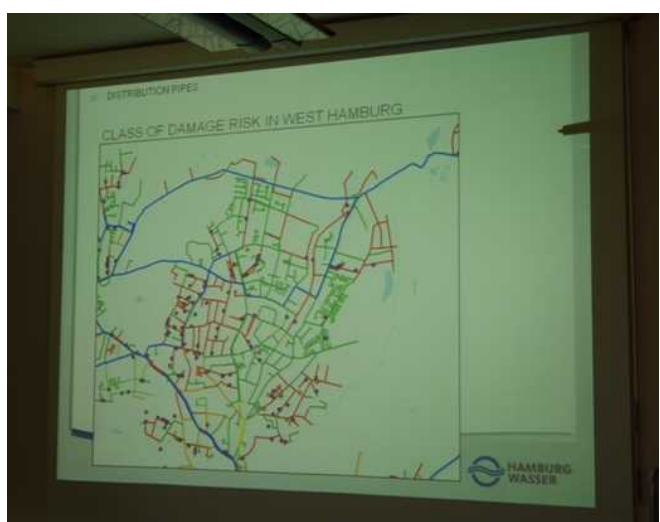


写真 9 管路別漏水発生リスク



写真 10 ハンブルク水道職員の方々
左から Schonlau 氏、Hunemeyer 氏、Abe 氏

3-2 エッセン都市公社 (Stadtwerke Essen)

エッセン都市公社では、12月3日から4日の2日間で以下の内容で研修を行った。

(1) エッセン都市公社概要説明

エッセン都市公社にてエッセン都市公社（水道部門）の概要について説明を受けた。概要は以下の通り。

・エッセン市全域と周辺（ボーフム市）の一部に給水している。

- ・給水人口：約 58 万人
- ・給水戸数：約 9 万 1 千戸
- ・日平均給水量：約 94,000 m³
- ・送配水管延長：約 1,850km
- ・有効率：91.2%

・市内を環状にφ1,000の管が布設されており、そこからポンプ、減圧弁、配水池による圧力調整等を介して各給水エリアへ給水している。なおφ1000の管内水には160mの水頭がある。

・給水エリア内の標高は、最も低い所で約15m、最も高い所で240mとなっている。

・配水管は、φ150まではPE、φ200以上は溶接鋼管（PE塗覆）で更新を行っているが、古いCIP（1890年布設）も未だ残存している。CIPについては現在順次解消を進めている。

・配水管の土被りは0.8~1.0m



写真 11 Reineck 氏



写真 12 材料倉庫

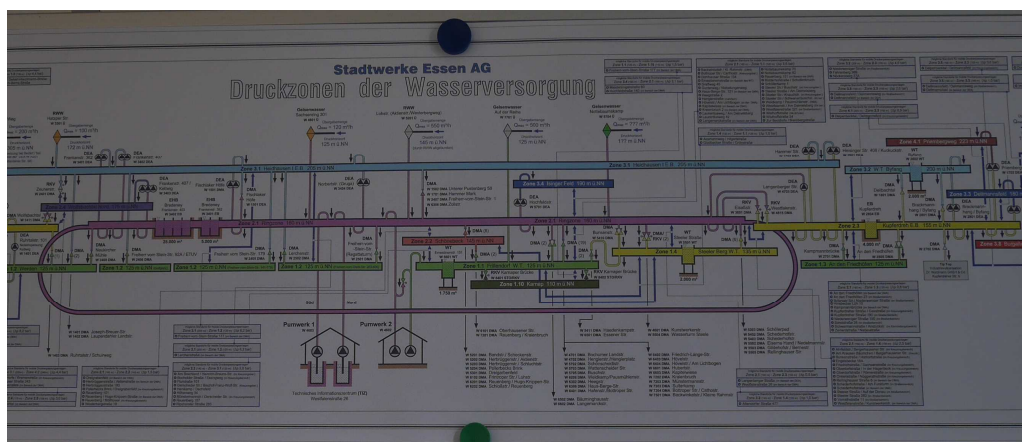


写真 13 エッセン市水道 施設概要図

(2) 神奈川県企業庁（神奈川県営水道）の紹介

別添資料により神奈川県企業庁の紹介を行った。

(3) 漏水調査現場視察

エッセン市では市内を 200 ブロックに分割し、1 年で 1 巡するように漏水調査を実施している。3 交代制でシフトを組み、営業日はほぼ毎日調査を実施しているとのことである。

調査については、弁栓音聴、漏水探知機による路面音聴、ロガー調査、相関式漏水調査を組み合わせて行っている。

①ロガー調査→②弁栓音聴→③相関式調査→④路面音聴の順番が基本。ドイツではメーターが宅内（建物内）に設置してあるため、個別音聴は原則行っていないようである。



写真 14 相関式調査機器



写真 15 音聴棒



写真 16 音聴調査を行うエッセン都市公社の方



写真 17 漏水調査のエリア分け図面

今回視察した現場では、前日の夜間にロガーによる調査が済んでいて、視察当日は弁栓調査と相関式調査、路面音聴を行っている段階であった。私も実際に相関式調査機器の操作や、探知機を使った路面音聴を行う機会を与えていただいた。漏水探知機に関しては、日本で使用しているものと聞こえ方は殆ど同じであったが、ピックアップが日本の物に比べるとかなり大きく、操作の感覚が多少異なっていた。ただ、扱いづらいということにはなかった。相関式調査機器も日本で使用する機器とほぼ同じ感覚で操作することができ、日本の製品との大きな差異は感じなかった。音聴棒に関しては、日本の製品の方が聞こえ方はクリアなように感じた

漏水調査で発見される漏水は年 180 件程度（2014 年）で、通報によるものを含めた漏水修理件数が年 750 件程度とのことなので、25%程度が調査によって見つかったことになる。



写真 18 漏水探知機による調査



写真 19 ロガー

(4) 浄水場見学 (Wassergewinnung Essen (エッセン浄水場))

エッセン浄水場はルール川を水源とし、オゾン処理、活性炭処理、緩速ろ過、紫外線処理、の行程で浄水を行い、エッセン市全域に給水される水道水は全て、この浄水場にて処理される。浄水フローは以下の通り。

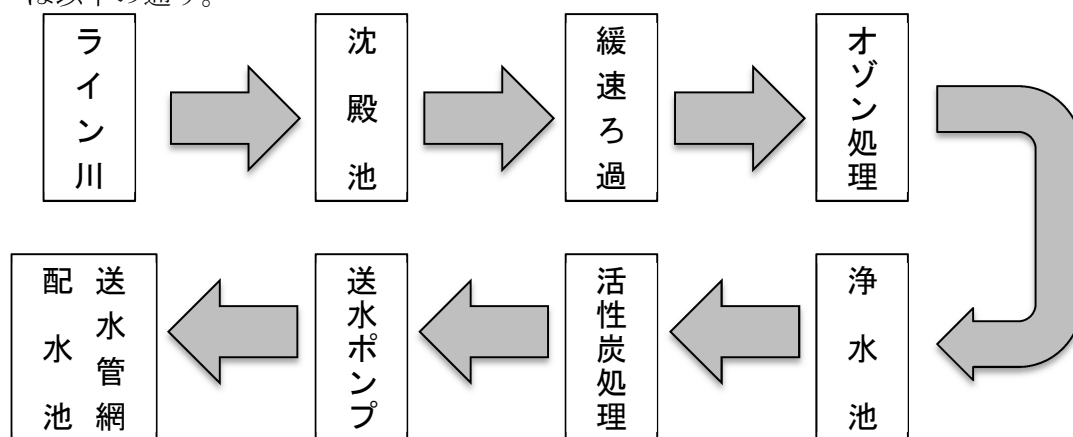


図 1 エッセン浄水場浄水フロー

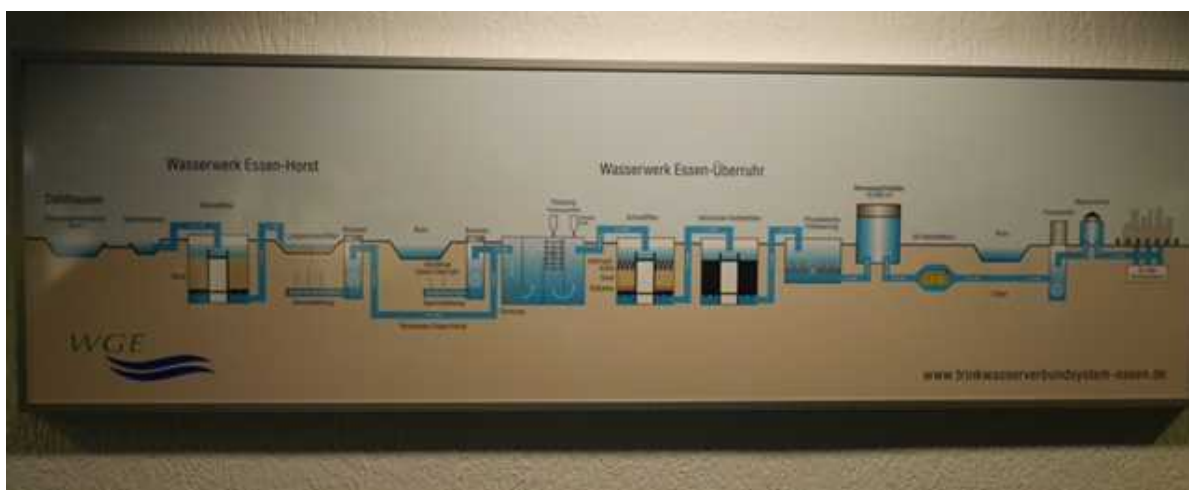


写真 20 エッセン浄水場 施設概要図

基本的には、塩素による消毒は行っておらず、原水に藻類が発生した場合のみ前塩素処理を行うとのことである。浄水量は日平均約 94,000 m³である。

(5) 配水池・送水管視察

エッセン市内を環状につなぐ送水管が布設されたルートを車で周回しながら、道中に建設されている配水池の視察を行った。環状送水管が布設されたのは 1954～1957 年である。布設エリアには以前墓地だった箇所が多く、工事の度に人骨が掘り出されて大変だったそうである。実際に車で走ると、エッセン市内はかなり起伏が激しく、圧力調整施設が多く設置されている理由を体感できた。

視察した Bredeney 配水池は 1955 年竣工で、RC 製である。4 池あり、その容量は 28,000 m³で、エッセン市内の需給調整の役割を担っている。



写真 21 Bredeney 配水池外観



写真 22 Bredeney 配水池平面図

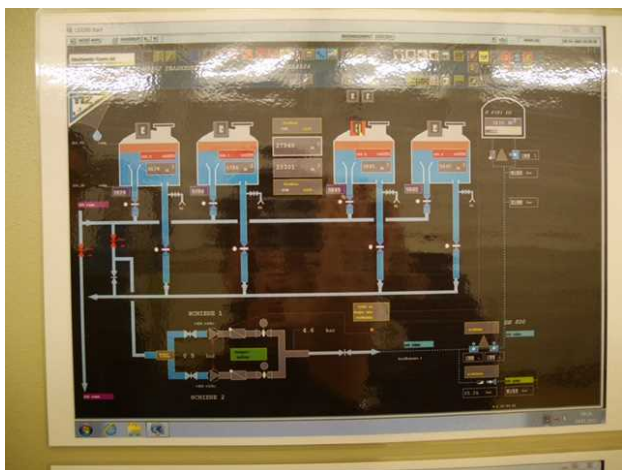


写真 23 Bredeney 配水池施設概要図

3-3 水循環研究所 (KWR:Water Reserch Institute)

水循環研究所では、12月8日に以下の内容で研修を行った。

(1) 水循環研究所概要説明

Zwolsman 博士より、水循環研究所の概要について説明を受けた。概要については以下の通り。

- ・水循環研究所（以下 **KWR** という。）はオランダを拠点とする水に関する研究機関であり、株主であるオランダの水道会社 10 社が、その株式を共同保有している。
- ・1948 年設立。当初はオランダ国内の水道事業者が使用する水道メーターや資材の認証機関として設立され、後に研究の部門が創立され上水だけでなく、下水、工水も研究対象としており、水に関する総合的な研究機関として地位を確立している。

(2) Watershare 概要説明

Zwolsman 博士より、Watershare の概要について説明を受けた。概要については以下の通り。

- ・Watershare は情報交換及び人的交流を通じた上下水道サービスの向上を目的とした、水循環研究所が主導する上下水道関係団体のネットワークである。
- ・Watershare の会員は、水源・浄水処理・配水・水質・水の持続可能性等の水関連分野で適用可能な種々のツールをウェブサイトにて利用することができる。2015 年 12 月時点で 15 の団体が構成員となっている。
- ・今後会員団体を増やしていきたいとのことであった。研修時点では日本の構成団体は存在しておらず、日本の団体にも構成員になるよう促してほしいと話をされた。

(3) 神奈川県企業庁（神奈川県営水道）の紹介

別添資料により神奈川県企業庁の紹介を行った。

(4) 漏水量分析に関する説明

Thienen 博士より最小流量分析法による漏水の発見法について説明を受けた。概要は以下の通り。

- ・最小流量分析法は、深夜帯に水の使用量が極端に少なくなる時間帯が発生することに着目した漏水量の測定方法である。
- ・配水ブロックを 500 戸程度の配水ブロックに区切り、ブロックに流入する管は 1 本とし、その管に流量計を設置してブロックにおける深夜帯の最小流量を測定し、最小流量に顕著な増加が見られた場合、漏水が発生しているとして、ブロック内の漏水調査（音聴調査等）を行うものである。
- ・最小流量の増加は配水ブロック内の住民の構成等によりいくつかパターンがあり、漏水によ

るものとそうでないものとの区別して、音聴調査にあたるか否かを判断する必要があるとのことであった。

- ・オランダ国内全体での有効率は約 90%で、管種としては塩ビ管が 50%程度を占めており、石綿管が 30%、铸铁管が 10%強程度とのことである。铸铁管からの漏水が多く水道事業体は铸铁管の更新を優先的に進めているとのことであった。

(5) 膜処理技術研究についての説明・研究施設視察

博士より、現在 KWR にて進めている膜処理技術に関する説明を受けた。微細気泡を用いた膜ろ過装置洗浄に関する研究を行っているとのことであった。微細気泡により膜ろ過装置を洗浄することにより、ファウリングの 90%が除去されるとのことであった。



写真 24 膜処理研究施設 1



写真 25 膜処理研究施設 2



写真 26 膜処理研究施設 3



写真 27 膜処理研究施設 4

第4章 研修総括

今回の研修を通じてドイツにおける2つの水道事業体を訪問したことで、多くの水道施設を視察することができ、研修の主目的としていた「ドイツにおける漏水防止対策の実施状況の調査」は概ね達成できたのではないかと感じている。併せて、漏水修理工事、配水管布設工事の施工状況の調査（現場見学）、及び、無塩素配水を実施している事業体における浄水施設の視察も実施することができ、ドイツと日本との差異と共通点を大いに実感することができた。

差異としてはまず、耐震に関する考え方がある。これは、大きな地震がほぼ発生しないという地理的な要因によるもので、ドイツではマグニチュード5程度の地震が1年に1回起こるか起こらないかという状況らしく、施設整備を考える際に耐震性について検討をしていない。管材料の選定はもちろん、配水池等コンクリート構造物の設計についても同様の考え方ようである。あくまでも更新対象管路の選定は漏水するリスクによって行われているようであった。なお、オランダ国内には石綿管も未だ3割程度残存しているようだが、石綿管の解消を急いでいる様子にはなかった。

無塩素配水の実施も差異としてあげられることの一つである。無塩素配水を実施していることによって水質管理や水運用の考え方が日本とは大きく異なる。管の口径は日本と比較するとひと回り小さく、流速が0.4 m/s 以上になるように設計しており、常に管洗浄を行っているような流速を保つことで、管内の水質を安定させている。無塩素配水については塩素消毒が義務づけられていることもあるため、日本において実現するのは現状難しいが、水質管理の考え方として、小さめの口径で運用することは参考になった。

反省点としては、浄水場等の施設を見学した際に、背景となる浄水処理に関する知識が不足していたことにより、適切な質問ができなかったことがある。研修に対する準備として行うべきことであつたと痛感している。

また、英語力に関しては、メールのやりとり等時間をかけて質問回答が出来るものに関しては、それなりにコミュニケーションが取れたと思うが、会話となると言いたいことが上手く言えずに現地担当者の方にご迷惑をおかけした。それでも現地の方の温かい対応のおかげでスムーズに研修が行えた。ハンブルク水道の Hunemeyer 氏、Schonlau 氏、Abe 氏、エッセン都市公社の Reineck 氏、KWR の Zwolsman 博士、Thienen 博士にはこの場で感謝を申し上げる。

最後にこの研修にご協力いただいた日本水道協会の職員の方々、そして本研修参加にあたり快く送り出してくださった、神奈川県企業庁水道部の皆様に感謝を申し上げ、本報告の結びとしたい。