

北欧の下水処理システムについて

海賀信好*

*(株)東芝 府中工場
東京都府中市東芝町1

概要

バルト海、北海の汚染を防止するため、スウェーデン、フィンランドなどの首都で進められている下水の高度処理について紹介する。

キーワード

北欧、下水道、富栄養化防止、調査報告

1 はじめに

1997年4月、北欧の水道事情調査のため、デンマーク、フィンランド、スウェーデン、ノルウェーの首都を訪問した。水道会社、水道部門は、下水道も担当しており、スケジュールを変更、ヘルシンキ、ストックホルム、オスロの下水処理現場も見学した。以下、図-1の海域の富栄養化防止に関する入手資料をまとめて報告する。

2 ヘルシンキ

市の上下水道部門は、1984年に一緒になり、1994年には、企業のヘルシンキウォーターとなった。市の北部、フィンランドで2番目に大きなPäijänne湖から120kmのトンネルを通して、図-2の市内に水を引き、2つの浄水場で浄化、給水、約70万人の住民と工場の下排水を1,733km(単独44%、雨水42%、合併14%)の下水道管、120カ所のポンプ場を通して、Viikinmäki下水処理場(最大12,000万 m^3 、処理量9,000万 m^3)へ、処理後、18km先のヘルシンキ沖8kmへトンネルで送り、フィンランド湾へ放流し

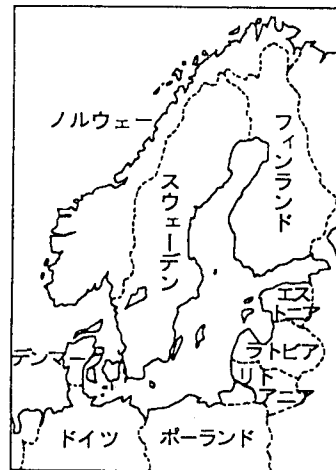


図-1 北海、バルト海、バレンツ湾、フィンランド湾

ている。

1838年に下水道がつくられ、1910年代に生物処理（ヨーロッパではじめて）、1930年代に活性汚泥法、1984年、下水システムの再編成、1986年に、Katajalaotoトンネルを通して湾へ放流、1992年、11の処理場を3処理場に、1994年、Viikinmäki下水処理プラント場が完成し、1処理場で全量処理、フィンランド湾への負荷低下、放流水の水質改善を行っている。

フィンランドにおける最重要な環境プロジェクトとして、1983年に中央処理場の計画が始められた。ヘルシンキの中心から6kmに最適なViikinmäkiの岩盤地区が見つかり、地下に建設された。15ヘクタールの敷地に5ヘクタールのみ地表に出た建物と設備で、処理に関した臭いと騒音の問題を環境上から減らし、交通事情も考慮してつくられた。1988年から1992年にかけて掘られ、掘られた岩石は、110万 m^3 と膨大である。フィンランドの岩石は良質のため、岩盤建築は比較的安く、池も広く深いものがつくられ処理水も改良された。ここで砕かれた岩石は、ヘルシンキ地区の建築現場で使われている。

処理プロセスは、流入ポンプ、バースクリーン、沈砂池、硫酸鉄添加、前曝気、初沈、曝気、硫酸鉄添加、第2沈殿である。

流入ポンプ：流量 $1.0m^3 \cdot s^{-1} \times 8$ 台（ $3m^3 \cdot s^{-1} \times 1$ 台）、バースクリーン：10mm幅 $\times 3.2m \times 4$ 台、沈砂池：119 m^2 、536 $m^3 \times 4$ 池、9分滞留、硫酸鉄添加、前曝気：1,122 m^2 、8,800 $m^3 \times 1$ 池、36分滞留、初沈：524 m^2 、2,489 $m^3 \times 14$ 池、2.4時間滞留、表面負荷 $2.0 m \cdot h^{-1}$ 、曝気：891 m^2 、11,500 $m^3 \times 7$ 池、5.6時間滞留、硫酸鉄添加、第2沈殿：1,025 m^2 、6,570 $m^3 \times 14$ 池、6.3時間滞留、表面負荷 $1.0 m \cdot h^{-1}$ である。他に、消化タンク：10,000 $m^3 \times 4$ 基、20日滞留、ガス発電6,90kW $\times 3$ 台（予備825kW $\times 1$ 台）がある。

処理は7系列で、地下に前処理設備、汚泥処理機械設備がある。池など、岩石のまま、コンクリートは必要などところのみに使用、全使用量は、76,000 m^3 である。窒素の除去効果もよく、1系列は、窒素除去のための試験的運転を行っている。窒素の除去がさらに必要な場合、プラント全体に拡張できる。

この処理によって、固体と酸素消費物質の95%以上が除去、リンの除去は95%、同時に窒素除去は約35%である。汚泥からの消化ガスは、プラント自身の加熱用と、発電用に利用。脱水汚泥は、コンポスト場で、砂、木くず、ピートなどと混合しコンポストを作り、公園、埋立に利用する。排気は、海拔80mの臭突から放出する。これらは、次世代にきれいな環境を残すための広範囲な投資であり、現在もヘルシンキのレクリエーション、アメニティーとして、沿岸40kmの広さで効果を上げ、群島の海域を守っている。

3 ストックホルム

Stockholm Vatten ABは、スウェーデンの環境に関連した先導的な

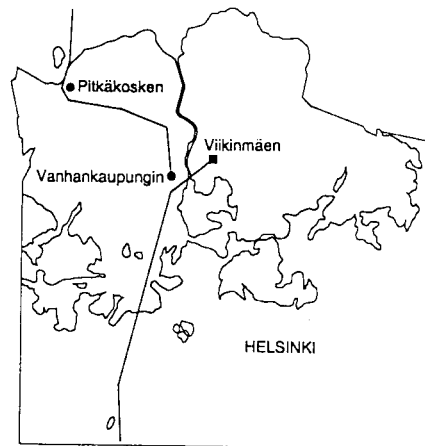


図-2 ヘルシンキ市の水の流れ

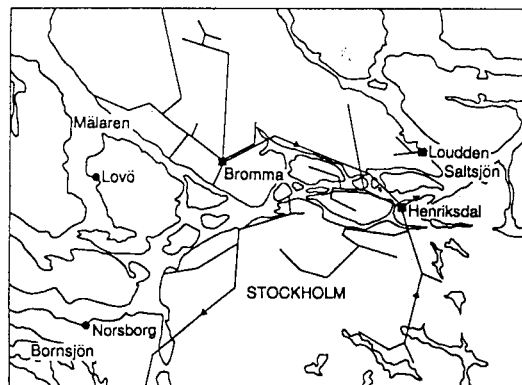


図-3 ストックホルム市の下水道配管

企業である。会社の9%をストックホルム市、91%をストックホルムのStadshus ABが間接的に持って、職員は約630人(1995年)である。図-3に示す2つの浄水場と3つの下水処理場を持ち、市と近郊の10自治体の約100万人に飲料水を給水し、市と近郊7自治体から下水処理を受けている。特に、湖と水源保全に責任を持ち、水環境とバルト海の改良に寄与している。

ストックホルムは、Mälaren湖とSaltsjönとの間にある橋の間の市と言われていた。1861年に市の浄水場がつくられ、1934年に下水処理場が作られている。1933年のLovö浄水場の完成に伴い、水洗便所が導入され、次第に水環境が悪化、群島でのリンと窒素による汚染が進んだ。1970年、全下水処理場に化学、生物処理を導入、1989年に処理水放流のSaltsjöトンネルが完成し、1993年以後、窒素除去と砂ろ過を順次導入した。MälarenからSaltsjönへの自然の流れは、年間の平均 $165 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ で、トンネルからの放流水は水深10~20mを流れてストックホルムの東北へ、次にバルト海の流れで南へ送られる。現在、ストックホルムでは、水泳もでき、近くでサケ、マスの釣りもできる。

下水処理は、2,400kmの下水配管、18の貯留池と155のポンプ場で、人口896,100人を対象に、1995年、15,160万 m^3 (Henriksdalで9,360万 m^3 , Bromma 5,350万 m^3 , Loudden 450万 m^3)を処理している。脱水汚泥は73,100トン、消化ガスは年間1,060万 m^3 を得ている。

Henriksdal処理場は、1930年代後半につくられた最も大きな地下の処理プラントで、上部の丘には、住宅地がある。1996年末に大改造を行った。処理場内には、約10kmのトンネルと池があるため、作業員は、自転車移動する。

処理プロセスは、スクリーン8基、グリットチャンパー4基、前曝気と鉄塩添加3池、初沈3池、嫌気槽7槽(窒素含量の多い排水と二次処理汚泥を加え、嫌気条件で窒素を分解する)、好気槽7槽(有機物を二酸化炭素と水に分解、アンモニアは、亜硝酸に酸化する)、二次沈殿28池、鉄塩を添加後、ろ過60池、流量測定、Hammarbyにて熱回収後、Saltsjönに放流する。

この下水処理で、少なくとも有機物の95%、リンの98%、窒素の50%が除去され、ストックホルムの群島とバルト海の富栄養化を低減できる。

大雨、雪解けにより、下排水のオーバーフローが起きる。ストックホルムでは、全排水量の0.4%になる。雨水のオーバーフロー防止に10カ所の設備を作った。特に大きな施設は、中央地区の地下50mの深さにつくられた長さ2,800m、直径3.5m、容量約35,000 m^3 のロックトンネルで、地下に蛇のようにあるので、スネークと呼ばれる。大雨の時、汚水は、8カ所から流し込み、貯留、洪水を防止し、その後、ポンプで自動的に下水処理場へ送る。下水処理への負荷も均一化し、処理効果の維持にも良い。高速道路からの雨水は別に集め、油を処理して放流している。

1995年、脱水汚泥の57%が畑に土壌改良として入れられている。41%は、廃棄物の埋立の被服土として利用した。将来、リンは肥料の資源として制限され、管理は重要になる。汚泥の分析では、重金属、多環芳香族、PCB、ノニルフェノールなども実施している。

市民に下水道と化学物質の知識を広め、下水の流れに綿製品、化学用品、油、ペンキ、溶剤を流さないよう、また1992年にノニル系洗剤の使用を禁止し、レストランと大きな食堂には、油分離装置を設置、4月のキャンペーンでは、市民から19万本の水銀体温計を集めた。水銀380kgである。歯医者で用いた水銀類は注意深く水銀の分離を行うよう歯科医師会の協力も得た。汚泥の重金属含量は、水銀、鉛、カドミウムなど低下している。余った有機洗剤、ペンキなどは、近くの環境ステーションあるいはペンキ屋へ戻し、余分の医薬品、水銀体温計は、薬局で回収している。

1995年、下水汚泥からの消化ガスを精製、自動車の燃料として利用する実験装置をBromma処理場につくり、20台の自動車を購入した。精製消化ガスの成分は、メタン98%、二酸化炭素2%で、ガソリンに比べ、酸化窒素、炭化水素、放出される微粒子など健康傷害物質の生成も大幅に少なくなる。

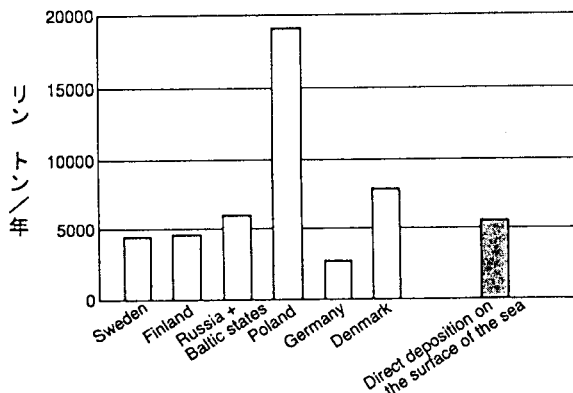


図-4 バルト海へのリンの負荷 (Hav90より)

将来の水問題として、雨水対策がある。雨水の約50%が下水処理場に流れ込むが、汚泥の鉛含量の約25%、銅と亜鉛の1/10が雨水から入ってくる。環境庁を中心として、将来、ビル、道路、自動車、タイヤなどの材料選択が必要となる。経済的な循環を考えた下水処理では、尿を分離して処理を行う方法がある。大きな2つの住宅地でいかに尿を分離するかの実験を行っている。分離した尿は、Bornsjön周辺の土地に撒いている。この実験は、将来の下水処理システム、処理水放流先の水質を保全し、Saltsjönとバルト海の保全に役立つ。

バルト海は内陸の傷つきやすい海である。海を取り巻く全ての国は、環境的に有害な物質を処理または減少させるべきであると一致している。バルト海の水質低下は、国際的な問題となっている。各国のリンの負荷量を図-4に示す。

バルト海の環境改善、共同活動をテーマに1992年、ストックホルム水シンポジウムを66カ国の参加、550名の科学者、技術者を集めて開催した。以後、国際会議として毎年開催、ワルシャワ、リガと共同で行った。

1992年の冬、コペンハーゲン、ヘルシンキ、オスロ、ストックホルムの上下水道関係者が会合し、エストニア、ラトビア、リトアニアの協力も得て北海バルト海共同グループを作った。世界銀行、国際開発事業団からの資金、ストックホルム市水環境基金、その他の資金も利用し、ワルシャワのCzaika処理場で汚泥処理プラントを完成、リトアニアのリガとカウナスとの共同事業も増加している。1995年のシンポジウムも、500名以上、60カ国の参加で、水質環境をテーマとして開催している。

4 オスロ

1997年1月のオスロ市の上下水道 (OWSW) は、管理者、上水85名、下水と環境111名、サービス90名、設計と建築149名、その他を含め527名である。

下水道は、雨水570kmを含む全長2,060kmの配管とポンプ場80で、市と隣の自治体の50万人が対象である。約25kmの3本の下水本管で処理場につながる。オスロ市の東部の下水は、Bekkelaget処理場で処理され、他の70%の下水は、市の南西30kmのAsker地区のV E A Sのプラントで化学凝集で処理される。Bekkelaget処理場は、1963年に計画容量15万人の活性汚泥法で計画建設された。1977年に改造し、今日では、容量増加により28万人分と工場汚水30%を含み、平均流量112,320 m³・day⁻¹、最大流量302,400 m³・day⁻¹の物理、化学処理として運転している。

処理フローは、流入下水、グリッド2基、鉄塩添加、沈砂4池、ポリマー添加沈澱8池、ポリマー添加、沈澱2池、上澄水放流である。グリッドでの除去物と沈砂はダンプで搬出し、沈澱物はさらにポリマーを添加、濃縮槽2槽、消化槽2槽、約10日滞留、メタンで消化槽加温、ポリマー添加、遠心脱水を行い、汚泥は、農業へ利用するため畑へ運ぶ。1996年は、43,900,000 m³の下水を処理、リンの除去率93.3%、BOD除去65%、濁度除去88%、窒素除去11%で、汚泥の生産は25,600トンである。将来は、北海条約のため、窒素除去工程を追加し、2000年には、窒素除去70%を達成する予定である。

5 まとめ

ヨーロッパでは、水道事業の民営化と同時に上下水道部門を一体化して、水環境全体をビジネスの視野に入れて活動している。ストックホルム水シンポジウムをスウェーデンが開催、資金の調達と貸付、プラント建設、運転支援など、バルト海をとりまく国々に対して行っている。地下の下水処理場、高度処理、汚泥の畑への還元、市民の協力など、学ぶべき点が多い。

参考文献

- 1) HELSINKI WATER, CITY OF HELSINKI WATER AND SEWAGE WORKS
- 2) WATER FOR HELSINKI, CITY OF HELSINKI WATERWORKS
- 3) WASTEWATER TREATMENT IN HELSINKI. CITY OF HELSINKI WATERWORKS
- 4) Stockholm Vatten AB
- 5) Stockholm's wastewater treatment "CARING FOR THE WATER CYCLE" Stockholm Vatten
- 6) DISCHARGE OF WASTEWATER FROM ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS ACTIVITIES, GENERAL ADVICE AND INFORMATION MARCH 1994 Stockholm Vattenn
- 7) Biogas från Stockholm Vatten. Ett miljövänligt alternativ till diesel och bensin. Stockholm Vatten 1996
- 8) OSLO WATER AND SEWAGE WORKS April 1997 Oslo vann-og avløpsverkn