



japanordic
北欧研究所

デンマークの水質管理

デンマークの水質管理が最も効率的かつ環境にも優しく世界で最高レベルであるというレポートが国際エネルギー機関（The International Energy Agency (IEA)）から発行された。この発表を受け、本ホワイトペーパーでは、デンマークの水質管理についての現状を報告する。



1章：デンマークの水源と浄水の歴史

1960年代のデンマークでは工業排水による河川の汚染は深刻であり、住民が川などで死んだ魚を見るのは珍しくなく、さらに1975年と1976年の夏は非常に乾燥した気候となり、大都市周辺の多くの水路が水不足となった。1971年、世界初の環境省が(Ministry of Environment)が設立された後、次第に地表水からの直接抽出は禁止され、地下水抽出も河川の最低限の流れを確保するように制限されるようになった。川岸や湿地から離れた場所に井戸を移動させたり、飲料水の供給業者が節水を呼び掛けたりというようなキャンペーンも行われた。

このように水不足は解消されるようになったが、次に課題となったのが農業による地下水汚染である。デンマークも他国と例外ならず、長い間、肥料や農薬を使用した農家を営んできた。デンマークの土地の3分の2は年間約2500万頭の豚を飼育し、500万^m3の牛乳を生産する酪農家で覆われている。先ほど述べたような経緯から、デンマークの水道は地下水に依存するようになったのだが、政府の方針としては、通気、pH調整、ろ過などの簡単な処理のみを施された純粋な地下水を使用すべきであるとされており、毎年、約8億^m3の水が取水されている。深層帯水層の地下水水質は一般的に良質で、莫大な費用を要する浄水処理を不要としていたが、多くの浅井戸は、農薬による地下水汚染を被っており、多くの浄水場が閉鎖されるか、より深層に掘削することを強えられるか、又は近隣の水道から水道水を購入することを強いられていた。

日本水道技術研究センター平成24年のレポートによると、デンマークの浄水技術は、次の5つのEU指令に示されている(硝酸塩指令(Nitrates Directive)、水枠組み指令(Water Framework Directive)、地下水指令(Groundwater Directive)、飲料水指令(Drinking Water Directive)、農薬指令(Pesticide Directive))、地下水の過剰取水などの課題があり解決に尽力せねばならない状況であったが、この過去5年間でデンマークはそれらの問題を解決し、さらにIEAにより「水質管理において世界で一番優れている国」として評価された^{[1][2]}。



2章：企業による新しい技術

デンマークにおいても他のEU各国と例外ならず、浄水技術の民営化が進んでいるが、特に注目すべき最新の技術を2例挙げる。

1. 排水からのストルバイト回収、ハーニング(Herning)とオーフス(Aarhus)

2015年、水道事業者であるハーニング・ヴァンド社(Herning Vand)は下水処理場のストルバイト(リン酸アンモニウムマグネシウム)を回収する計画を公開した。数年間、下水処理場は、汚泥と下水管にストルバイトが付着して蓄積するため、汚泥脱水とバイオガスの生産に問題を抱えていたが、その問題を解決するにあたって、ハーニング・ヴァンド社は、ストルバイトを農業に利用できる肥料にリサイクルすることを考案した。ストルバイトの回収プラントは、オーフス・ヴァンド社(Aarhus Vand)のアービー(Aaby)下水処理場が以前行っていた試験の結果に基づいて建設された。よって、両社の下水処理場においてストルバイトは「即使用可能な肥料」として沈殿され、肥料会社に販売されることとなった^[3]。

2. 病院の排水処理、ハーレヴ(Herlev)病院

病院排水とは、公衆衛生および環境に危険をもたらす病原菌、薬品残留物および他の有害物質が複雑に混ざりあったものである。そこで、デンマーク最大の病院であるハーレヴ病院(Herlev Hospital)は、グルンフォス・ビオブースター社(Grundfos BioBooster)、DHI社(DHI Water & Environment)、ウルトラアクア社(Ultraaqua)と協力し、独自の下水処理場を建設し、新しい下水処理方法が2014年から開始された。危険な医薬品や病原体は効率的に除去され、通常排水されたり、病院で冷却水として再利用されている^[4]。



3章：浄水に必要なエネルギーの節約

世界レベルでは、世界の総エネルギー消費の約2%が排水の収集と処理に使用されていると推定されており、デンマークでは、全エネルギー使用量の2~3%が排水に関連している。最近の技術では、浄水プラントが浄水に必要なエネルギーを独自で生産することが可能であり、過去5年で浄水に必要なエネルギー消費率を20%減らすことに成功した。2010年には、浄水処理で作られたエネルギーは全体の12%であったが、2014年には27%まで引き上げることができた。エネルギー130GWhが節約され、400GWhが生産可能であるとされている。浄水プラントでは、水を洗淨する際、また水を移動する際にエネルギーが必要となるが、最近の技術ではいくつかの浄水プラントで、汚泥貯槽またはバイオガスタンクからエネルギーを生産することが可能となっている。

エネルギー消費削減の取り組みは以下の4つの会社の浄水プラントで特に積極的に行われている。

1. ビルンド・ヴァンド(Billund Vand)

下水処理—より多くの有機物がバイオガスよりも微生物によって処理される。使用される方法はAnitaMoxプロセスと呼ばれる。彼らはまた、水処理プラントのオンライン制御と、新しい消化槽、熱加水分解と新しいガス利用システムを導入した。

2. オールボー・クローク(Aalborg Kloak)

浄水プラントの集中化を図り、過去20年間に23の小さなプラントを閉鎖した(大きな浄水プラントを少ない数で稼働させる)。

3. ビオフォス(Biofos)

汚泥の燃焼とバイオガスの生産から天然ガスへの転換。

4. オーフス・ヴァンド(Aarhus Vand)

エネルギーの節約を図りオンラインコントロールシステムが導入された^[5]。



4章：水に関する法律と規制

まず、デンマークの水は、水セクター法（Water sector Act (Vandsektorloven)）¹、水道法（Danish Water Supply Act (Vandforsyningsloven)）²、環境保護法（Environmental Protection Act (Miljøbeskyttelsesloven)）、環境目標に関する法律（Act on Environmental Objectives (Miljømålsloven)）、汚染地法（Contaminated Sites Act (Jordforureningsloven)）及び EU 規則によって規制されている。

また、下水処理場が有機物(BOD)、リン(P)、および窒素(N)の3つ物質をそれぞれ1キロ排出するごとに課税するというような規制の強化も行ったことが最新の水質管理技術の開発に繋がった^[6]。

EUでは道路、森林、公園などの公共スペースで農薬撤廃が進んでいる。EU加盟国の農薬規制は、「農薬のサステナブルな使用」を目的として2009年に採決されたEU指令2009/127/ECを各国が国内法化したものだ。このEU指令は農業での農薬使用にも言及しているが、農業も含めた全般的な農薬規制を実施しているのはスウェーデンとデンマークのみ^[7]。

¹ 水セクター法は、ベンチマーキングや料金の上限規制、消費者との関係、技術開発基金に関してなど、水道事業会社に対しての規制をまとめたものである。

² 水道法は、給水規定をどこの自治体・機関が担うかについての一般規定、取水に関する規定、採水権などをまとめたものである。



5章：今後の課題

製薬産業は、デンマークの工業用水消費量の23%を占め食品産業を上回っており、また、病院と同様に通常排水ができない有害物質を含む廃水を生成する問題にも直面している^[8]。

現在、水質管理において非常にすぐれた技術を持つデンマークであるが、他国へその技術を提供することもまた一つの課題であるといえるであろう。

参考文献

- [1] http://www.geus.dk/program-areas/water/denmark/vandforsyning_artikel.pdf (2017.8.2 Retrieved).
- [2] <http://www.jwrc-net.or.jp/hotnews/pdf/HotNews320.pdf> (2017.8.2 Retrieved).
- [3] <https://stateofgreen.com/files/download/10168> (2017.8.15 Retrieved).
- [4] https://www.regionh.dk/english/research-and-innovation/innovation/examples/Documents/Wastewater_treatment.pdf (2017.8.15 Retrieved).
- [5] http://ecoinnovation.dk/media/176143/en-energiproduktserende-vandsektor_rapport-oktober2016.pdf (2017.8.29 Retrieved).
- [6] <http://www.cfe-eutax.org/taxation/environmental-taxes/denmark> (2017.8.29 Retrieved).
- [7] http://www.sustainablebrands.jp/news/os/detail/1188982_1531.html (2017.8.26 Retrieved).
- [8] <http://aquarden.com/news/challenges-pharmaceutical-industry> (2017.8.26 Retrieved).



japanordic
北欧研究所

デンマークの水質管理



齋藤奈々子

 @japanordic

 Japanordic

 info@japanordic.com

北欧研究所 | Toftholm Alle 7, 2900 Hellerup Denmark | <http://www.japanordic.com/>

design by RECOLORD.