



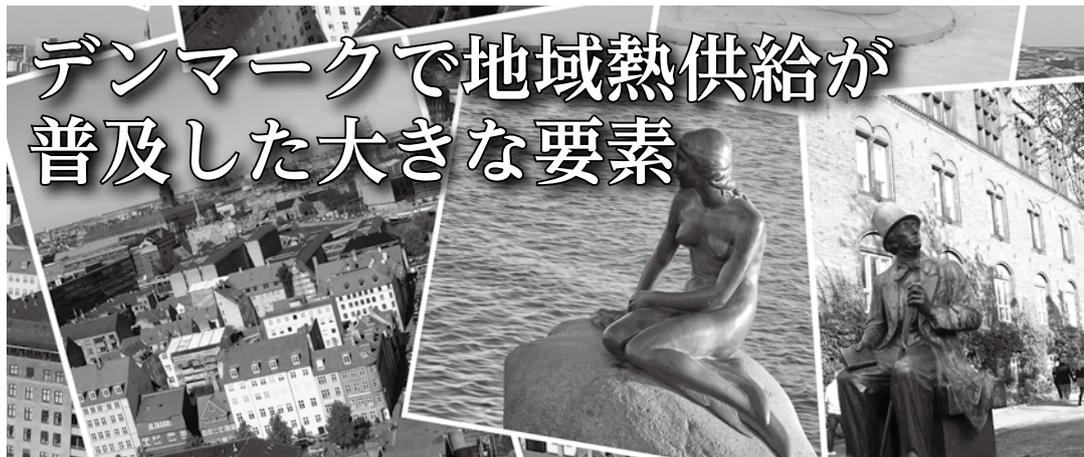
# デンマーク王国にみる 柔軟なエネルギー・システムの構築と 地域熱供給

## 連載

田中いずみ

デンマーク大使館 上席商務官 (エネルギー・環境担当)

## 第2回



# デンマークで地域熱供給が 普及した大きな要素

### ■ 2018年、デンマーク・エネルギー計画の策定

2018年7月3日に、日本の第5次エネルギー基本計画が閣議決定された。偶然にもほぼ同時期の6月28日にデンマークのエネルギー計画も発表され、2030年のエネルギー源に関して、下記のような数値目標が明記された。

- 発電での石油、石炭、天然ガスの利用を止める
- エネルギーミックス全体の55%を再生可能エネルギーにする
- 地域熱供給の熱源の90%を再生可能エネルギーにする

その他、地域熱供給に関しては、「事業者と消費者それぞれにメリットがある事業の効率化に向けた投資」を促進するとされ、再生可能エネルギーのさらなる導入目標と共に、消費者により寄り添った事業のあり方が示されるなど、熱供給事業の変革が迫られる内容となった。

このようにデンマークの地域熱供給は、国の法律や各種制度によって強く促進され、方向性も定められてきた。

なお、エネルギー計画では上記以外にも、2.4GW分の洋上風力の新設、オークション式での技術を指定しない再生可能エネルギー由来の電力調達、バイオガスの推

進、既存商業用・産業用建築物の省エネ、交通分野の省エネ・グリーン化などに投入する政府予算も明示されている。

### ■ 熱利用を促進してきた「熱供給法」とゾーニング

デンマークで熱供給を促進してきた政策としては、第1回でも紹介した通り、1976年に制定された「デンマーク・エネルギー政策1976」と1979年に制定された「熱供給法」が大きく、それらを起因とした一番新しい指針が「熱計画2010」に集約されている。

熱供給法は熱供給に関する一番重要な法制度であり、250kW以上の地域熱供給と25MWまでのCHPが適用範囲となっている。付随するガイドラインはデンマーク・エネルギー庁（DEA）が別途作成しているが、この法律では熱供給事業者に対する規制を定めると共に、地方自治体に地域の熱計画やエネルギーインフラに関する意思決定と利用資源の優先順位付けの権限を与えている。

熱供給法には熱供給事業の原則が明記されている。

- 地方自治体は新規の熱供給プロジェクトの承認に対して責任を負う
- 地方自治体は最も社会経済的メリットを有する熱供給

表1 熱供給方法のゾーニング

<ul style="list-style-type: none"> <li>・戸別暖房・給湯</li> <li>・天然ガス網を介して供給される天然ガスを活用した暖房・給湯</li> <li>・分散型地域熱供給</li> <li>・集中型地域熱供給</li> </ul>
---

プロジェクトを選択しなければならない

- ・可能な限り、(熱生産のみならず) 熱電併給を行なう
- ・地域熱供給の熱料金は「必要経費」に基づいて設定する。つまり、熱料金は実際の熱生産コストより高くても低くてもいけない(原則非営利)

こうした原則と合わせて、熱供給方法を指定したエリアのゾーニングも実施されている(表1)。ゾーンの設定は、天然ガス網と地域熱供給網の競合を回避することが目的の一つであった。1980～90年代には中小規模の地域熱供給に天然ガス CHP の利用を促進する政策が展開され、今でも熱源が天然ガスに縛られている熱供給事業者が多くある。近年は、天然ガスを含めた化石燃料の価格変動、また環境税など環境に配慮した税制度によって天然ガスの魅力が薄れてきており、熱供給事業者の多くはバイオマスなどの他の燃料への変換を希望している。本年6月発表のエネルギー計画では、この「燃料縛り」が段階的に撤回されいくことになった(表2)<sup>1)</sup>。

## ■ 自治体の低炭素化の目標達成に貢献する熱供給事業者

国や自治体が推進し、優位性を担保できるよう規制等をかけていく中で、熱供給事業者が実際の事業を担う。デンマークにおける熱供給事業者は、中小規模の消費者組合の形態をとっている事業者のほかに、地域熱供給と共に廃棄物処理、上水、下水、売電なども担う環境エネルギー公社、もしくはエネルギー・アンド・ユーティリ

ティという形態をとっている事業者もある。

デンマーク第2の都市である Aarhus (オーフス) では、廃棄物処理と地域熱供給を AffaldVarme Aarhus (AVA、直訳: Affald = 廃棄物、Varme = 熱) が担っている。同社の熱供給事業には現在、人口315,000人の95%が接続している。2030年にカーボン・ニュートラル達成という市の目標に、廃棄物と熱供給の2側面から貢献している。

デンマークの最東部に位置する Bornholm (ボーンホルム) 島は、「Bright Green Island (明るい緑の島)」を目指すことを2008年に宣言し、2025年には持続可能でカーボン・ニュートラルな再生可能エネルギーのみを使う島を目指している。島のエネルギー供給事業者 Bornholm's Energy and Utilities (2017年時点で自治体が株を100%所有) は、エネルギー供給の60%を再生可能エネルギー由来としている。同社は電力小売り、上水、下水、地域熱供給を担っており、約6,000世帯・企業に熱供給、約12,000世帯・企業に水の供給をしている。

どちらの事業者も、他のユーティリティサービスを組み合わせたり、再生可能エネルギーの活用比率を向上させることで、より経済性を追求するとともに、各自治体が掲げる低炭素化の目標達成に向けて貢献している。産業の環境を整え推進する国・自治体と事業者のよい循環があるからこそ、普及が進んできた面もある。

## ■ 地域熱供給評価ツール「DHAT」

デンマークでは、開発プロジェクトの計画の際に、消費者に対しても社会に対しても効果的な熱供給の導入が可能となるように、1990年に地域熱供給・CHPの導入前の事業性評価を地方自治体に義務付けた。各プロジェ

表2 地域熱供給に関わる制度の変遷

変遷	年	制度・出来事
エネルギー効率とエネルギー安全保障を重視	1976	デンマーク初の長期的視野を持ったエネルギー計画を発表 デンマーク・エネルギー機構(後のデンマーク・エネルギー庁)が設立
	1979	初の熱供給法が策定—天然ガスの熱供給への利用と可能な限りCHPからの熱を地域熱供給に活用することを促す
	1981-82	ゾーニングを策定—天然ガス網の整備と競合しないことを目的とする
国産エネルギーを重視	1984	北海での天然ガスの産出が開始—エネルギー省(当時)が天然ガスを活用した設備の導入を促進
	1985	国会で原子力発電所をつくらないことを決定 石油価格の下落により省エネ意識や再生可能エネルギーへの転換が疎かにならないように課税率を上げる
	1986	小規模CHPの促進
国レベルのプランニングからプロジェクトベースのアプローチへ	1990	天然ガスCHPとバイオマスの熱利用と風力発電を促進する政治的合意
	1993	熱供給法の改定によりCHPの燃料の選択を自治体に委ねる
	2000	通称「バイオマス合意」—2000年までに年間で120万トンの量、20万トンの木質チップの活用を目標とする 熱供給法の改定により中小規模のCHPプラントの改善を指示
気候変動対策と再生可能エネルギーを重視	2012	エネルギー合意—2050年に再生可能エネルギー100%を目指す 2013年までに新築での戸別ガス・軽油ボイラーの設置を禁止、2016年までに地域熱供給もしくは天然ガス供給地域での新築での戸別軽油ボイラーの設置を禁止

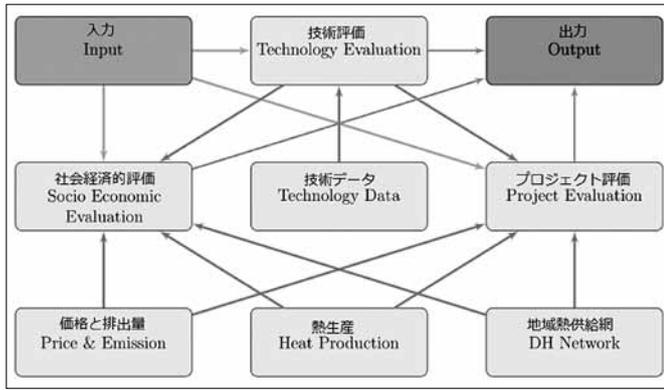


図1 DHAT (地域熱供給評価ツール) の考え方

クトごとに推進案、代替案の提示、及び評価が行なわれた後、そのプロジェクトに導入されるシステムが決められる。その評価ツールが、DEAが提供する District Heating Assessment Tool (DHAT、地域熱供給評価ツール) である (図1)。投資額、エネルギー生産・消費、熱供給コスト、環境への影響などが評価対象で、導入後の熱料金が消費者に利点があること (現状の暖房・給湯手段より安価であること)、熱供給事業の健全な経営が

## EUの地域熱供給政策を牽引する Aalborg (オールボー) 市



オールボー旧市庁舎 (©Steveheap / Dreamstime.com)

デンマーク第4の都市 Aalborg にあるオールボー大学は、ヨーロッパ (EU) の地域熱供給やエネルギー・システムに関する研究を牽引する大学です。2016年策定の「EU Energy Roadmap」にも同大学の研究者が大きく貢献しました。同市内には、自治体主導の産学官連携ネットワーク「House of Energy」もあり、その中には、約60社の熱供給事業者と、関連企業で構成された地域熱供給ネットワークも設置されています。そこで地域熱供給の新しい技術に関する実証実験等が共同で実施されたりします。デンマーク・オールボー市は、EUの地域熱供給研究の中心地と言っても過言ではありません。

### ◎イベント紹介

4DH (第4世代地域熱供給に関する学会) 主催  
「スマートエネルギーシステムと第4世代地域熱供給に関する第4回国際会議」  
【期間】 11月13日～14日  
【開催地】 オールボー市  
【詳細】 <http://www.4dh.eu/conferences/conference-2018>

※オールボー大学が中心となって毎年開催される国際会議

担保されていること、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 排出などの環境負荷の社会的費用の計上が適正になされていること、などを確認することが定められている。

前提条件となるコストや技術スペックについては、国が「Technology Catalogue (技術カタログ)」を提供している。将来の燃料価格予測、環境負荷の社会的費用、熱供給施設・技術ごとのスペック、エネルギー出力当たりのコストが情報提供されており、定期的に更新されている。

DHATの計算結果は、総投資額、燃料使用量、排出ガス量など様々な情報が出力される。消費熱量当たりのコスト、均等化エネルギーコスト (LCoE)<sup>2)</sup> なども計算可能である。DHATはExcelベースのツールとなっており、利用者の使いやすさに配慮されている。インターネット上に無料で一般公開<sup>3)</sup> されており、エネルギーコストなどの各国の特性を加味することで、様々な国のプロジェクトにも適用することができる。例えば、現在DEAは、DHATを活用してトルコの熱供給の整備を支援している。

## ■スマートエネルギー技術で事業性を向上

今後、デンマークで地域熱供給がさらに普及していくためには、事業性の向上、すなわち効率化を進めていくことも重要な要素となる。現在、下記のような技術によって、さらなる効率化が進められている。

### ①エネルギー・マネジメント・システム

デンマークでは地域熱供給の熱源の約8割がコージェネ (CHP) であることから、熱供給事業者は電力市場に売電している場合が多い。電力に関しては、多くの風力発電が稼働している際は電力に価格が付かない場合があり、電力を使うことが収入になる場合もある。ヒート

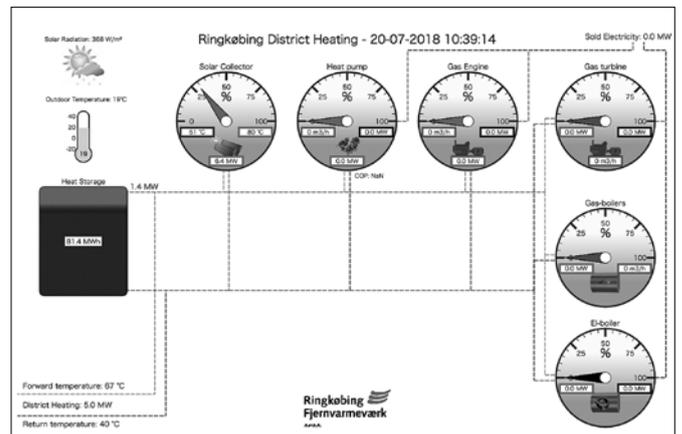


図2 リンコピン地域熱供給の熱・電力生産量と蓄熱量のリアルタイム表示

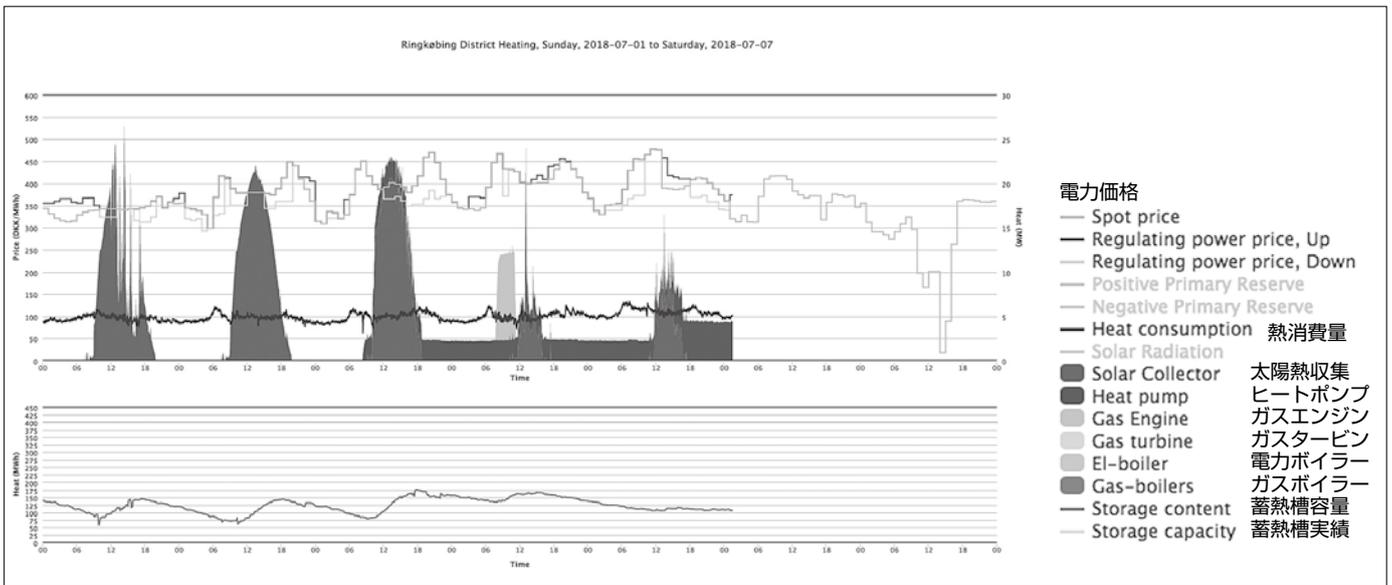


図3 リアルタイムデータ、過去データ(7日分)(リンコピン地域熱供給)(出典: <http://www.emd.dk/plants/rfvv/> に著者加筆)

ポンプを介して電力を熱生産に使うこともあり、市場の電力価格によっては電力利用者ともなる。また、地域熱供給プラントの多くは蓄熱槽が設置されており、かつピーク対応やバックアップのために天然ガスボイラーを所有している場合も多く、太陽熱収集器など天候に大きく左右される再生可能エネルギー由来の熱源設備も有する。すなわち、CHPを導入している熱供給事業者は熱需要、電力価格(売買両価格)、蓄熱量、天然ガス価格など、様々なパラメーターを考慮して事業の最適化を図り、消費者に安価な熱を供給することが求められている。

熱供給事業者のCHP設備等の日々の稼働に関する短期的な判断から、将来の設備投資のような長期的な計画まで支援できるツールも開発されている(図2~3)。

## ②スマートメーター

デンマークの地域熱供給では、スマートメーターを使った熱利用状況の可視化及び取得データの活用が盛んに行なわれている。前出の都市オフィスでは、オフィス広域の熱供給事業者 AffaldVarme Aarhus (AVA) が、2012年に域内の需要家にスマートメーターを導入することを決定した。目下、36,000台のスマートメーターが稼働しており、消費者に熱利用量のデータを提供している。消費者の節約意識の向上に貢献している。

スマートメーターの導入は、供給側にも大きなメリットをもたらしている(表4)。例えば、1日当たりの供給する温水が100m<sup>3</sup>も削減できており、経済的なメリットが生まれている。水の節約で、環境保全にも貢献できている。

表4 スマートメーター導入のメリット(供給側)

- 遠隔検針による検針の際のヒューマン・エラーの削減による管理費の削減
- データの一括管理による効率的なシステム監視
- 不具合の感知、点検、投資判断へのデータの活用
- 上記にデータ活用ができることによって、システムの最適化を可能とする

AVAの担当者は、需給両方のデータを活用できる「スマート熱グリッド」はそう遠くない未来に実現できると確信している。過去のエネルギー消費データ、消費パターン、建物のエネルギー性能などの情報を利用して、地域熱供給のさらなるエネルギー効率向上を目指している。

### 《注釈》

- 1) 地域熱供給の法制度の詳細: デンマーク・エネルギー庁 (DEA) 発行「Regulation and Planning of District Heating in Denmark」がインターネット上で閲覧可能。
- 2) 均等化エネルギーコスト (LCoE): 建設費や運転維持費・燃料費などエネルギー生産に必要なコストと利潤などを合計して、運転期間中の想定エネルギー生産量をもとに算出する標準的な指標。
- 3) Danish Energy Agency 「District Heating Assessment Tool (DHAT)」の説明とエクセルファイルの公開先: <https://ens.dk/en/our-responsibilities/global-cooperation/district-heating-assessment-tool-dhat>

## 田中いずみ氏 略歴

Tanaka Izumi

1998年カリフォルニア大学バークレー校天然資源学部環境科学・マネジメント・政策科修了後、株式会社東芝で環境技術の研究、スウェーデン大使館で科学技術、環境、エネルギー政策の分析に従事。2008年東北大学環境科学研究科博士前期課程修了。修士。2014年1月から現職。

