

令和 5 年度海外視察調査報告書

～デンマーク・ドイツ・オーストリア視察～

令和 6 年 5 月

一般社団法人 日本熱供給事業協会

令和 5 年度海外視察調査研究会

- ① 本書の内容は、海外視察調査研究会の活動成果をまとめたものであり、当協会の統一した見解を示すものではありません。
- ② 本書の記載事項は、作成時点で可能な限り精査しております。ただし、その正確性、最新性、継続性などを、当協会が保証するものではありません。また、本書の記載事項に起因して損害が生じた場合、当協会は責任を負いません。
- ③ 方法のいかんを問わず、無断複製・転載を禁じます。

目次

はじめに	001
第1章 研究会の目的・活動経過	
1.1 目的	002
1.2 調査概要	002
1.3 活動経過	002
1.4 視察行程	003
1.5 日本からのプレゼンテーション	004
第2章 デンマーク(コペンハーゲン)	
2.1 デンマークとコペンハーゲンの紹介	007
2.2 デンマークにおける DH イントロダクション(DBDH)	009
2.3 地域熱供給の現状とカーボンニュートラルに向けた将来展望	019
2.4 Tårnby Forsyning(トーンビュー・フォーシニング)	027
2.5 CopenHill(コペンヒル)	030
第3章 ドイツ(ベルリン,ドレスデン,ミュンヘン)	
3.1 ベルリンの紹介	035
3.2 Vattenfall heat Berlin(ヴァッテンフォールヒートベルリン)	035
3.3 ドレスデンの紹介	041
3.4 Sachsen Energie(ザクセンエナジー)/ DREWAG Stadtwerke Dresden(ドレワグシュタットベルケドレスデン)	042
3.5 Garching bei München(ガルヒング・バイ・ミュンヘン)の紹介	053
3.6 ZAE Bayern(ZAE バイエルン)	053
第4章 オーストリア(ウィーン)	
4.1 ウィーンの紹介	058
4.2 Freudenu Hydro Power Plant(フロイデナウ水力発電所)	060
4.3 Spittelau Waste Incineration Plant(シュピッテラウごみ焼却場)	067
第5章 全体総括	
5.1 視察先の国々の地域熱供給の導入状況の概要	076
5.2 エネルギー政策からの視点	079
5.3 地域のエネルギー活用からの視点	080
5.4 都市インフラにおける位置づけと事業運営からの視点	081
5.5 地域との共生からの視点	082
5.6 今後の地域熱供給の大きな変化からの視点	082
5.7 まとめ	083
おわりに	084

資料編
(視察先での説明資料等※)

第2章 デンマーク(コペンハーゲン)より	
2.2 Introduction to district heating in Denmark(Ramboll).....	087
2.3 District Heating in Copenhagen(CTR)	093
2.4 Tårnby Forsyning(Tårnby Forsyning)	096
2.5 CopenHill(ARC)	099
第3章 ドイツ(ベルリン,ドレスデン,ミュンヘン)より	
3.2 Berlin Energy Asset Transformation(Vattenfall)	105
3.4 Company Presentation(Sachsen Energie)	107
3.6 ZAE Bayern(ZAE Bayern)	111
第4章 オーストリア(ウィーン)より	
4.2 50Jahre Spittelau(Wien Energie)	118

※ヴァッテンフォールヒートベルリンについては、掲載可能な資料を掲載。また、フロイデナウ水力発電所はプレゼンテーション資料はなし、パンフレットのみのため、掲載しておりません。

令和5年度海外視察調査研究会構成

班		氏名	事業者名	所属・役職名	担当章
-	団長	佐土原 聡	国立大学法人 横浜国立大学	名誉教授	第5章 全体総括
A		吉岡 正能	青山エナジーサービス(株)	代表取締役社長	第2章 2.5 CopenHill(コペンヒル) 第3章 3.5 Garching bei München (ガーヒング・バイ・ミュンヘン)の紹介 3.6 ZAE Bayern(ZAEバイエルン)
	班長	黒田 祥之	東京臨海熱供給(株)	代表取締役社長	
		伊東 信之	丸の内熱供給(株)	内幸町センター・所長	
		山下 秀一	(株)ヒラカワ	執行役員 カスタマーサポート本部 東日本支店長	
		芳賀 智	伊藤忠商事(株)	電力・ユーティリティビジネス部	
B	班長	大山 雅之	関西電力(株)	ソリューション本部 地域開発部長	第3章 3.3 ドレスデンの紹介 3.4 Sachsen Energie(ザクセンエナ ジー) 第4章 4.1 ウィーンの紹介 4.3 Spittelau Waste Incineration Plant(シュピッテラウごみ焼却場)
		千草 剛	神戸熱供給(株)	技術部 部長	
		松林 一茂	DHC名古屋(株)	業務部 取締役部長	
		岡本 敏	丸の内熱供給(株)	代表取締役専務執行役員	
		本田 直樹	三菱地所(株)	運営事業部 統括	
		杉原 充	(株)ヒラカワ	営業本部 マーケティング部 部長	
C		小林 和幸	渋谷熱供給(株)	エネルギーセンター所長	第3章 3.1 ベルリンの紹介 3.2 Vattenfall heat Berlin(ヴァッテン フォールヒートベルリン) 第4章 4.1 ウィーンの紹介 4.2 Freudenu Hydro Power Plant (フロイデナウ水力発電所)
	班長	松井 治彦	(株)北海道熱供給公社	生産部 札幌駅南口エネルギーセンター センター長	
		長門 秀樹	新菱冷熱工業(株)	執行役員 都市環境事業部 副事業 部長	
		関 亘	三菱重工冷熱(株)	社長付	
		佐藤 友昭	(株)三菱地所設計	執行役員 都市エネルギー計画部 長	
D	班長	水守 博史	東京ガス(株)	企画部地域エネルギー開発グルー プ・部長	第2章 2.1 デンマークとコペンハーゲンの 紹介 2.2 デンマークにおけるDHイントロダク ション(DBDH) 2.3 地域熱供給の現状とカーボンニュート ラルに向けた将来展望 2.4 Tårnby Forsyning(トーンビュー・ フォーシニング)
		茂野 達也	東京オペラシティ熱供給(株)	総務部長	
		森田 哲也	みなとみらい21熱供給(株)	取締役コーポレート部長	
		佐野 正明	(株)エネスクエア東京	代表取締役社長	
		佐藤 達哉	三菱重工冷熱(株)	取締役 本部長	
-	オブザー バー	松原 浩司	(一社)日本熱供給事業協会	専務理事	第1章 研究会の目的・活動経過
-	事務局	岩本 洋介	〃	事務局長	
-	〃	中森 智也	〃	調査企画部長	
-	〃	曾我 拓央	〃	業務部長	

※佐土原団長・事務局(曾我)を含め、計 23 名により渡航。

※所属は渡航時のもの。

はじめに

2023年11月14日～11月23日の10日間の日程で、デンマーク、ドイツ、オーストリアを訪問しました。コロナ禍が明けて初めての海外視察調査であり、多くの方々に参加いただいて、充実した視察調査を行うことができました。

今回も視察前に研究会を2回開催し、デンマーク王国大使館上席商務官(エネルギー・環境担当)田中いずみ氏のご協力を得ながら、視察先の検討、十分な下調べと情報共有、情報収集内容等について、入念な準備を行いました。視察先では担当した班の方々を中心に熱心な質疑が交わされ、写真撮影や録画、多くの貴重な情報や資料を入手することができました。

最初の訪問国デンマークのコペンハーゲンでは、「DBDH(デンマーク地域熱供給協会)」でデンマークのエネルギー政策における地域熱供給の位置づけ、コペンハーゲン広域圏の地域熱供給の最新の実態などを伺いました。また、隣接するトーンビュー市の非営利企業「Tårnby Forsyning 社」の訪問では、下水を活用した地域冷暖房プラントを見学しました。さらに、コペンハーゲンに出現した人工の丘「CopenHill」の視察では、廃棄物熱電併給施設が人工スキー場などのレジャー施設、観光名所になっている姿に、地域共生の取り組みへの強い思いを実感しました。

2か国目のドイツでは、ベルリン市の電力・エネルギー供給企業「Vattenfall Heat Berlin」で、国のカーボンニュートラル(以下、CN)化の取り組みを先導する地域熱供給の役割を知ることができました。ザクセン州の公共事業会社/ドレスデン市の熱供給会社「Sachsen Energie/DREWAG Stadtwerke Dresden」でも、同様に地域熱供給のCN化への取り組みの計画を伺いましたが、大都市ベルリンと地方都市で旧東ドイツの雰囲気が残るドレスデンとの対比が興味深く感じられる視察となりました。さらに、熱の輸送と貯蔵に関する技術を研究しているミュンヘンの研究所「ZAE Bayern」では、ドイツの緻密なCO₂排出削減に向けた研究に触れる貴重な機会となりました。

3か国目のオーストリアでは、ウィーン市内のドナウ川の水力発電所「Freudenau Hydro Power Plant」を視察しました。ゆったりしたドナウ川の流れが生み出す巨大な再生可能エネルギー(以下、再エネ)のありがたさを感じるとともに、身近な自然エネルギーを確実に活かす取り組みの重要性を学ぶことができました。最後に訪問したのは、ウィーン市内のごみ処理場兼火力発電所「Spittelau Waste Incineration Plant」でした。こどもが親しみを感じるデザインもさることながら、まちの繁華街に立地し、多くの市民でにぎわっている様子にも目を見張りました。

今回の視察では、地域熱供給が都市インフラとして根づいている欧州各国の実態と、CN実現に向けた取り組みを先導する姿、また再エネがますます増大する中で大きく変化していく地域熱供給に関して、最新の有意義な知見を得ることができました。最後に、今回の視察でこのような成果を挙げることができたのは、関係の皆様のお蔭によるものと、深く感謝申し上げます。

一般社団法人 日本熱供給事業協会
海外視察調査研究会
団長 佐土原 聡

第1章 研究会の目的・活動経過

1.1 目的

平成28年の自由化以降、熱供給事業の事業環境は大きく変化してきた。昨今のウクライナ・ロシア情勢等による原燃料価格が高騰化している中、2050年カーボンニュートラル(以下、CN)に向けた政策やサイバーテロの対策などを求められており、事業環境は非常に厳しい状況となっている。上述の分野で先行している欧州における行政や事業者の取り組みを調査し、熱供給事業は今後どうあるべきか、どのような可能性があるのかを有識者を交え検討する。

また、今回の調査以降、将来的に開催を検討している「(仮称)国際DTSフォーラム」において、現地の方を招聘し、視察先事業者の取り組みや「地域総合サービス(以下、DTS)」に資する有益な情報の発信などをしていくために、国際交流を深化させていく活動とする。

1.2 調査概要

① エネルギーの不安定さ、原燃料価格の高騰に対する対応

昨今のウクライナ・ロシア情勢等による原燃料価格の高騰や夏季・冬季等での節電、省エネが求められている中、地域熱供給としてどのような対応をしているかを情報収集する。

② CNに向けた取り組みの方向性

COP26での日本のNDC*に基づき、エネルギー基本計画や地球温暖化対策計画等が閣議決定され、CN実現に向けた政策・法令等が強化されている。地域熱供給においてもエネルギーの面的利用等で気候変動問題への本格的対応等に向けた取り組みが期待されており、先進事例を視察し、熱供給事業者の今後の活動の参考とする。

*NDC…自国が決定する貢献(Nationally Determined Contribution)

③ サイバーセキュリティの対応

今後、少子高齢化等により働き手が減少する中、産業保安を巡る課題としてスマート保安を推進していく必要がある。また、近年頻繁に見られるサイバーテロに対する重要インフラのセキュリティ強化が求められている。先進事例を視察し、熱供給事業者の今後の活動の参考とする。

④ 国際交流の深化

地域熱供給の将来のあるべき姿「DTS」を展開するため、訪問先との人脈を形成し、先進事例の情報を入手しやすい環境を整える。将来的には、今回の訪問先のエンジニア等を招聘し、日本で「DTS国際フォーラム(仮称)」の開催を検討していく。

1.3 活動経過

2023年9月27日の第1回海外視察調査研究会をキックに計5回の研究会を開催し、第3回の現地視察前にデンマーク王国大使館田中上席商務官および横浜国立大学佐土原名誉教授からご講演をいただきながら、事前調査、質問事項等の取り纏めを行った。また、現地視察調査後も視察先への追加質問をしつつ、報告内容のとりまとめを行った。

活動経過	年月日	実施内容
募集	2023.7/10(月)~8/6(日)	・協会会員へ海外視察調査研究会への参画を募集し、21名が参画。
第1回	2023.9/27(水)	・デンマーク王国大使館田中上席商務官による講義および質疑応答。 ・事前調査、課題・質問事項のとりまとめ。
第2回	2023.10/31(火)	・横浜国立大学佐土原名誉教授による講義および質疑応答。 ・事前調査、課題・質問事項のとりまとめおよび団長による講評。
第3回	2023.11/14(火)~11/23(木)	・欧州現地視察(10日間)デンマーク→ドイツ→オーストリア
第4回	2024.2/1(木)	・資料整理、報告書案とりまとめ
第5回	2024.5/17(金)	・プレ成果報告会 ・各班からの成果報告および佐土原団長による総括
報告会	2024.7/30(火)予定	・海外視察調査報告会(大手町ファーストスクエアカンファレンス RoomB,Cにて)

1.4 視察行程

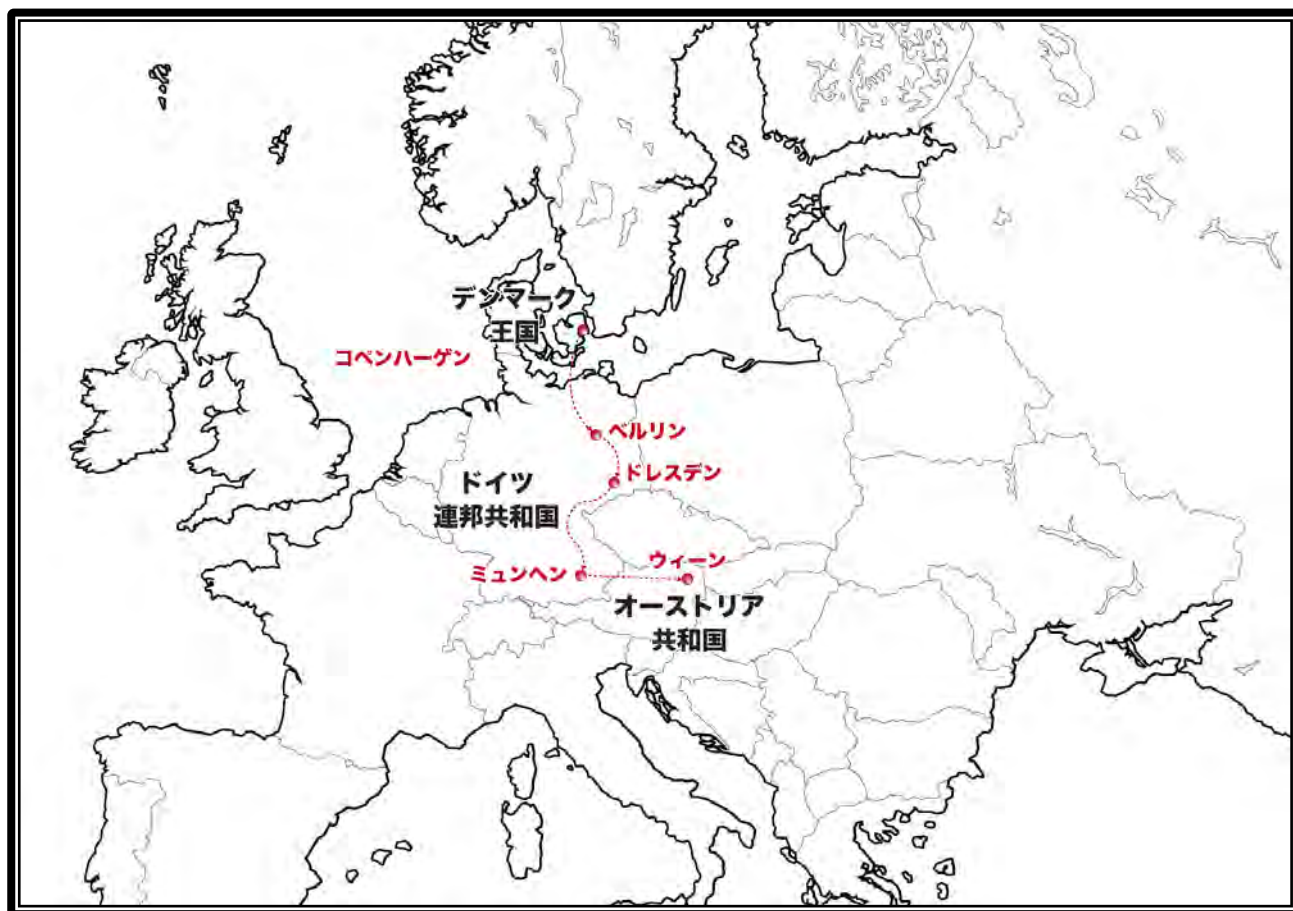


図 1.4-1 視察行程と視察先

1.5 日本からのプレゼンテーション

デンマーク熱供給協会 (DBDH) に対して、日本の熱供給事情の現状と熱供給事業の普及に向けた課題、最新技術の導入事例や地域密着型の熱供給事業に向けた取り組みについて、プレゼンテーションを実施した。プレゼンテーション資料は以下の通り。

Dear Danish District Heating Association

Current status of heat supply business in Japan

November 15, 2023

Japan Heat Supply Business Association

Contents

1. Introduction of Japan Heat Supply Business Association
2. About heat supply business in Japan
 - Current status of heat supply business
 - Amount of heat sold
 - Amount of raw fuel used
 - Total floor area supplied
 - Energy efficiency, decarbonization efforts
 - Utilization status of unused energy
3. Challenges for expanding of heat supply business
 - Current policies and issues

About us

Overview of Japan Heat Supply Business Association

Establishment	Aug 1972	Established as a voluntary organization.
	Nov 1992	Incorporated Association
	April 2011	Transitioned to a general incorporated association.
Business content	① Research study, ② Popularization and enlightenment, ③ International exchange, etc.	
Business scale	110 million yen※ (Membership fee income: 105 million yen, Contract income 6 million yen) ※ Approximately 700,000 euros	
Managing Director	From a government	
Agency/Executive Director	Seconded from the real estate developer	
Secretariat (11 people)	5 Managers	Seconded from gas companies and electric power companies
	Investigator	From gas company
	Proper staff	3 people
Member (114 Companies)	Regular member	74 Heat supply company
	Special regular member	7 Real estate developers, electric power/gas companies, etc.
	Supporting member	33 Design offices, subcontractors, manufacturers, etc.

Overview / Amount of heat sold

Heat supply business under the Heat Supply Business Act
⇒ Business that supplies heat according to general demand with heating capacity of 21 GJ/h or more

(As of March 31, 2022)

- Number of businesses : 75 companies (affiliated companies in gas, electricity, real estate developers, railways, etc.)
- Number of sales areas : 134 areas
- Total floor area supplied : 55,539,000 m²
- Annual heat sales : 143 billion yen (900 million euros)

Amount of heat sold

Composition ratio of heat sold

- Cold heat 53.8%
- Heat 45.1%
- Hot water supply 1.0%

Kanto 60% of the total

Amount of raw fuel used

Amount of raw fuel used

Composition ratio of raw fuel consumption

- City gas 67.0%
- Electricity 16.4%
- Oil/LPG 0.6%
- Coal 0.0%
- Exhaust heat, etc. 15.8%

Fuel used

- City gas, electricity, unused energy*, etc.
- *River water heat, sea water heat, sewage heat, geothermal heat, Waste incineration waste heat, etc.

3,157, 67%

3,219, 16%

161, 1%

0, 0%

Consumer

Customers/Supply area/Total floor area supplied

Business customers (number)

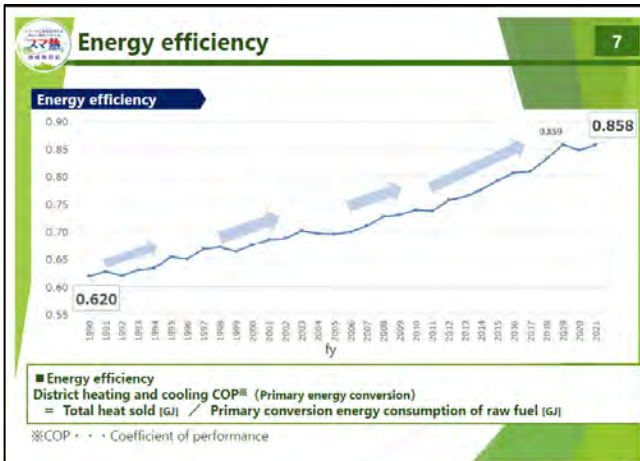
Residential customers (number)

number of Area (1,000m²)

Supply area area

Total floor area supplied

2021: Business customers 1,222, Residential customers 32,232, Supply area 55,386, Total floor area supplied 38,485



Contribution to Energy Conservation, Low Carbon and Decarbonization

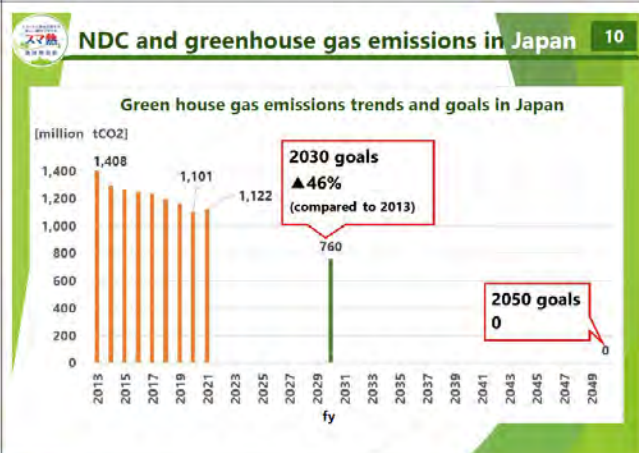
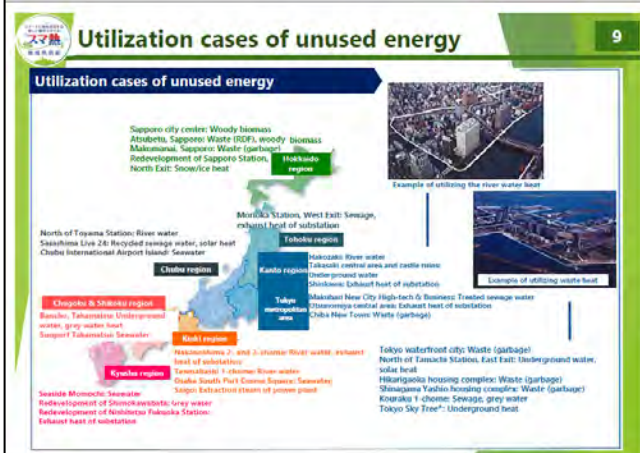
Higher energy efficiency
Districts with introduced CHP (Combined Heat and Power) and heat storage tank (With duplication)

Facility name	Form, etc.	No. of districts
CHP introduced (except for suspended areas)	Self-owned	33
	Exhaust heat recovered	24
Heat pump and heat storage tank system introduced		47
Heat storage tank introduced	Water heat storage tank	61
	Ice heat storage tank	29

Waste heat utilization is not progressing

Efforts for low carbon and decarbonization
Districts utilizing renewable energy and unused energy (Totally 26 districts, with duplication)

Utility form	No. of districts
Solar heat	3
Garbage incineration exhaust heat	5
Substation/transformer exhaust heat	4
Waste materials, RDF	1
Woody biomass	2
Power plant extraction heat	1
Gray water/sewage heat, etc.	9
River water heat	4
Seawater heat	4
Underground water/underground tunnel heat	3
Geothermal heat	1
Snow ice heat	1



Japanese policy

Policies regarding heat supply business

- 6th Strategic Energy Plan (Ministry of Economy, Trade and Industry) October 2021
Promotion of efficient heat supply (Area energy network that utilizes CHP and waste heat)
→Contribute to local energy conservation and support for strengthening local resilience.
- Global Warming Countermeasures Plan (Ministry of the Environment) October 2021
We have high expectations for the efforts of local governments to introduce district heat supply to central business districts, etc.
Area energy networks are desirable in terms of climate change and disaster prevention.
- National Spatial Strategies (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism) May 2023
Promoting the use of urban waste heat such as CHP and sewage heat.

Although it is stated, the specific measures is only to introduce high-efficiency equipment.
No specific target values have been set for district heat supply.

Challenges for expanding of heat supply business

- Reduced heat demand**
The amount of heat sold has been on the decline in recent years due to the spread of renewable energy, a decrease in the number of consumers, and progress in energy conservation.
- Laws are not in place**
There is no legal obligation or regulation to introduce it. According to the ordinances of some local governments, large-scale redevelopment projects are required to consider the introduction of heat supply.
- Lack of incentive**
There are few economic incentives (tax incentives and subsidy systems) to promote the spread of DHC.
- Rising prices of raw materials and fuel**
Electricity and gas companies have introduced a raw material and fuel cost adjustment system, but among heat supply companies, liberalized sectors have been able to introduce the system, but regulated sectors have not surcharge.
- High hurdles for introducing unused energy**
Although environmental assessments are conducted on river water use and seawater use, there are no specific guidelines for introduction.
- Low environmental consciousness**
For the region as a whole, cost benefits are prioritized over reducing environmental impact, so individual energy savings are progressing, but it is difficult to introduce this system as a district heat supply.

(Reference) Metaverse service 13

Mayor of Tsukuba | **Mirai Design Metaverse**

Participation | Craft coins | Purchase products with craft coins

Partners: Chubu Electric Power Mirai, MS&AD, Mitsui Sumitomo Insurance, Urth

Industry-government-academia collaboration
Craft Tsukuba member stores and others

- Held various events such as symposiums, award ceremonies, and seminars.
- It is also possible to tour the utility tunnel and the inside of the plant.

Advantages

- Business expansion into redevelopment plans, etc.
- Demand expansion/profit expansion

Residents think about energy themselves
⇒ Regional revitalization, increased heat density ⇒ Expansion of heat demand

URL: https://mirai.dhdc.or.jp/info/jwca/121040_1300.html

(Reference) Examples of utilization of AI technology 14

For the first time in the district heating and cooling industry, we have succeeded in automating optimal operation of the chiller system to minimize energy consumption.

SHINRYO
Maruuchi Heat Supply SHINRYO CORPORATION Co., Ltd.

Heat source system

Monitoring device | Past data | Current data | AI prediction | AI search | Optimal value

Machine learning

Energy consumption prediction model

Search for optimal value

Optimal value

Achieved 4% reduction in power consumption

Overview of AI control system
A control system for large-scale heat sources that applies AI prediction and AI search.
"AI prediction"... Learn device characteristics and create a predictive model. Changes in device characteristics (e.g. aging, deterioration, etc.) can be reflected in operations.
"AI search"... Continuously searches for the optimal value of energy consumption for the operating heat source system, and controls the output and output.
⇒ This system aims to reduce energy consumption by finding optimal values that change constantly depending on weather conditions and load fluctuations, and achieving optimal settings that would be difficult to make with human judgment.

Thank you very much for your attention.

**Japan Heat Supply Business Association
Business department
Soga (soga@jdhc.or.jp)**

- A new urban style that uses heat smartly
- District heat supply

第2章 デンマーク(コペンハーゲン)

2.1 デンマークとコペンハーゲンの紹介

デンマークは北ヨーロッパに位置し、バルト海と北海に挟まれたユトランド半島と多くの島々からなる北欧の国で、人口は571万人(日本の1/20)、国土は4万3,098km²(グリーンランドを含むと217万km²、日本は38万km²)、幸福度が世界第2位の国である。日本は56位。

コペンハーゲン市はデンマーク王国の首都である。デンマーク最大の都市でもあり、シェラン島に位置し、人口は66万人(2020年)で、「北欧のパリ」とも言われている。

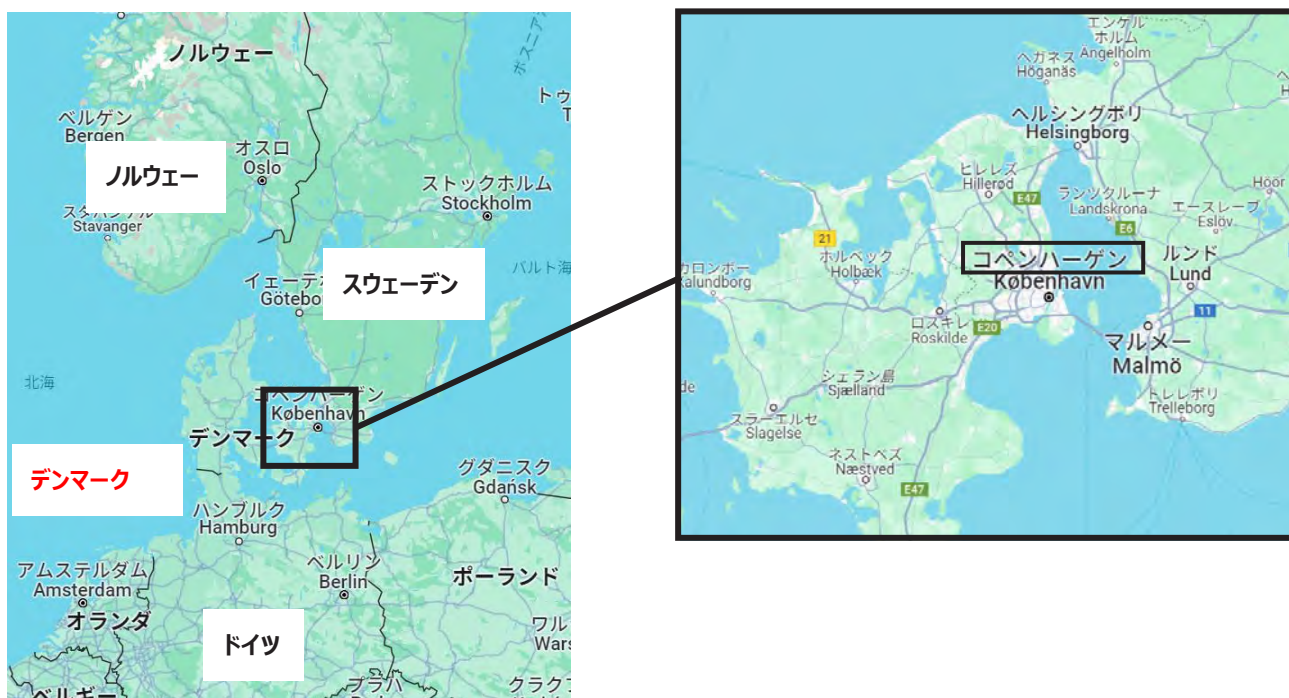


図 2.1-1 デンマーク・コペンハーゲンの地図

	Denmark	Japan
人口	571 万人	1億2,680 万人
国土面積	4万3,098 km ² グリーンランド 217万 km ²	37万7,944 km ²
人口密度	131 人/km ²	336 人/km ²
GDP	3,018億 US\$	4兆4,126億 US\$
1人当たりGDP	52,114 US\$	32,486 US\$
幸福度*	2 位	56 位

* World Happiness Report ranking in 2021

図 2.1-2 デンマークと日本の比較

気候は西岸海洋性気候に属し、1,2月の気温は1~5℃程度、7,8月の気温は15~21℃程度である。また、年間通じて降雨があり、年間降水量は582mmで日本の6割程度である。

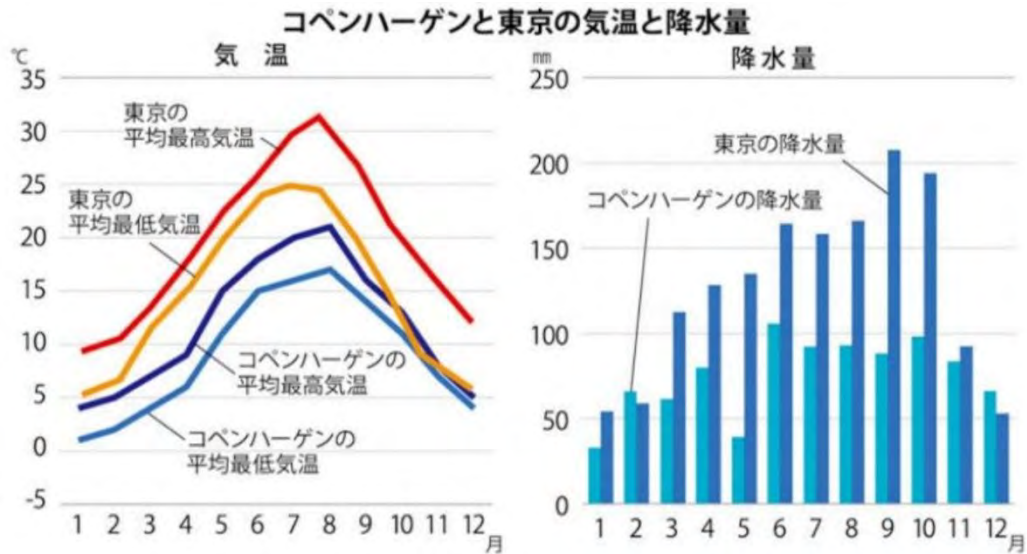


図 2.1-3 デンマークと日本の気候の違い

都市部は古い建築物が多く、建物同士が隣接しており、建替えではなくリニューアル、補修を繰り返し使用が継続されている。空調方式はセントラル方式が主流である。



図 2.1-4 コペンハーゲン中心部の建物(写真)

環境意識が高く、多くの市民が自転車を利用している。車道と歩道の間には自転車専用レーンがある。バスの乗降場所が自転車専用レーンになってしまうことから、乗降時には注意が必要である。なお、国土が平らで高低差がないことも自転車の利用者が多い要因の一つになっている。また、コペンハーゲン発祥でガソリンスタンド一体型ハンバーガーショップ「ガソリングリル」では、EV 充電スタンドの併設が進んでいる。



図 2.1-5 朝の出勤(写真)



図 2.1-6 ガソリングリルの EV 充電スタンド(写真)

2.2 デンマークにおける DH イントロダクション(DBDH)

2.2.1 訪問先・訪問日時

【日時】2023年11月15日(水)10:00～11:00

【場所】デンマーク地域熱供給協会(DBDH)会議室

【説明】Ramboll 社 Anders Dyrelund 氏

2.2.2 Ramboll社の概要

Ramboll 社は 1945 年にデンマークで設立された民間のアーキテクチャ、エンジニアリング、コンサルティング会社であり、日本支社を含め世界 35 か国で従業員約 18,000 人、デンマークで約 3,000 人が働く北欧最大の専門家集団である。年間売上高は 19 億€(ユーロ)。創業ファミリーが基金拠出したランボル財団が会社を所有、その財団の経営理念のもと会社運営が行われている。主な事業は地域冷暖房であるが、太陽光発電や風力発電分野でもリーディングカンパニーである。

デンマークでは全土におけるグリーンエネルギーへの移行、特にコペンハーゲン都市圏の統合型地域冷暖房システムにおいて重要な役割を果たしている。CTR社をはじめ多数の地方自治体や公共事業会社の技術的サポートにも携わっている。

お話を頂いた Anders Dyrelund 氏はデンマーク・エネルギー庁にも勤務経験があるエネルギープランナーでデンマークのみならず世界主要都市の地方自治体や公益企業に対するコンサルティングサービスを行っている。

2.2.3 デンマークのエネルギー概況

(1) デンマークにおけるエネルギー政策

デンマークでは、古くから重油をベースとした地域暖房の普及が進んでいたが、1973 年の石油危機により、政府はエネルギー供給構造の脆弱さと石油依存脱却の必要性からエネルギーの構造転換に迫られた。そこで、1979 年にはガス供給法により国産天然ガスの新たなインフラ構築、熱供給法により地域暖房と天然ガスインフラのゾーニングが進められた。

また、1976 年に発表された『デンマーク・エネルギー政策(Danish Energy Policy)1976』、『電力供給法(Energy Supply Act)』において、「新規の火力発電設備は全て熱電併給(コージェネレーション、Combined Heat and Power、CHP)であるべき」と明記された。

これにより、CHP と天然ガス利用をベースとした地域暖房が推進された。

更には、世界でいち早く 1985 年に原子力発電に依存しないエネルギー・システムの構築を目指すことを打ち出し、2011 年には、『デンマーク・エネルギー戦略 2050』を策定、「2050 年までに化石燃料を使わない社会を目指す」。省エネと再生可能エネルギー(以下、再エネ)の導入を軸として、これらの目標を達成するべく様々な取り組みが行われている。

これらの目標達成には、熱利用が鍵を握っており、地域熱供給(地域冷暖房)に期待される役割は大きなものがある。その導入も大きく進展している。

1973年	オイルショック
1976年	EP76 (Danish Energy Planning 1976) 政府はエネルギー供給構造の脆弱さと石油依存脱却の必要性からエネルギーの構造転換に迫られていた
1981年	EP81 エネルギー燃料の効率を高めること、エネルギー源の分散化 (但し、エネルギー需要は右肩上がりであり原子力の利用を想定した内容だった)
1983年	AE83 エネルギー消費を削減していく代替エネルギーシナリオ
1985年	デンマーク議会「原子力発電に依存しない公共エネルギー計画」を議決
1990年	EP90 (エネルギー2000) デンマーク政府による持続可能な発展のための具体的実施計画を採択 (脱大量生産、脱大量消費、右肩上がりの成長の見直し)
1996年	EP96 (エネルギー21) 2030年までに二酸化炭素排出量を半減させる
2007年	A visionary Danish energy policy 2025: 2025年までに再生可能エネルギーの割合を30%に高める
2011年	Energy Strategy 2050: 2050年に化石燃料を使わない社会を目指す

図 2.2.3-1 デンマークにおけるエネルギー政策

(2) デンマークにおけるエネルギー・システム

a) デンマークが目指すエネルギー・システム

デンマークが目指すエネルギー・システムは、下図に示す形「セクターカップリング」である。電力、熱、ガス、ガソリンなどの液体燃料のエネルギー媒体が相互融通でき、エネルギー効率も経済性も高いエネルギー・システムである。加えて、再エネの変動を吸収し、相互融通する必要があり、その重要な役割を「熱」が果たしている。

また、再エネの大量導入を実現する「グリーン経済への移行」は、消費者が負担増とならない形で行うことが基本方針とされている。

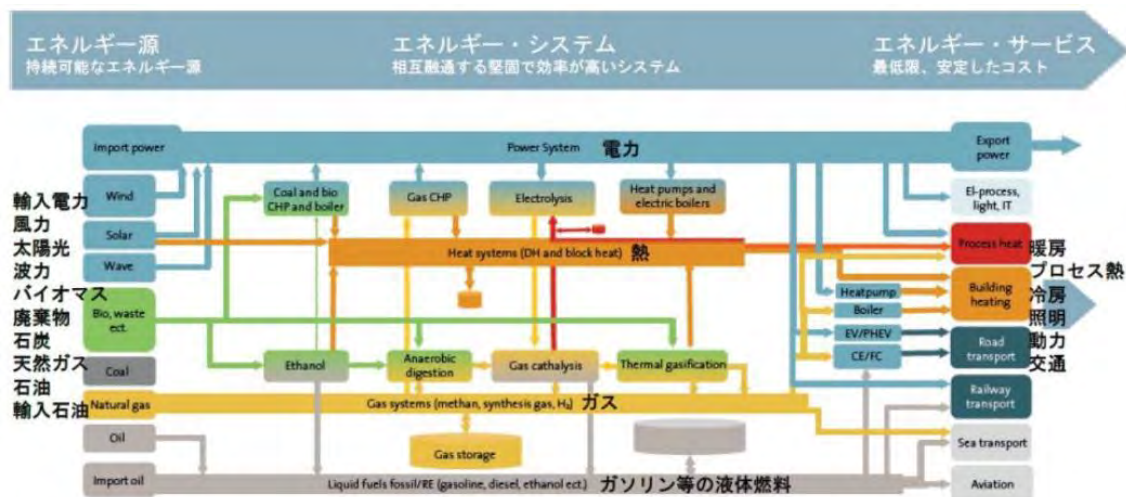


図 2.2.3-2 セクターカップリング

b) デンマークにおける電力市場

デンマークの電力市場は、総発電量の60%を CHP(熱電併給)による発電、25%を風力発電、15%を復水火力発電にて賄っている。

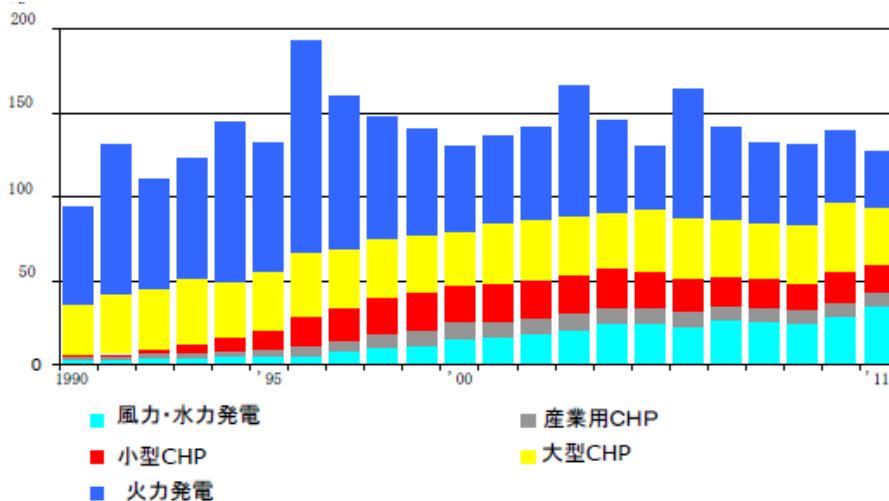


図 2.2.3-3 発電における各方式の割合

1985年に原子力発電に依存しないエネルギー・システムの構築を目指すことが打ち出され、以降、専用火力発電所の閉鎖、分散CHPの普及が進み、2012年に最後の大型専用火力発電所が閉鎖され、小型専用火力発電所1カ所のみとなっている。

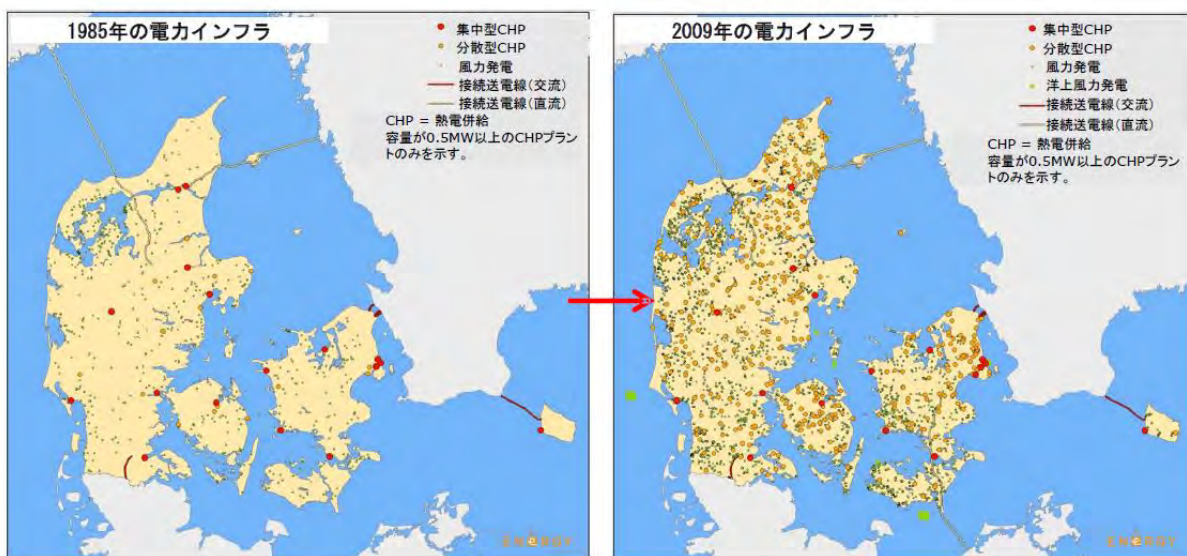


図 2.2.3-4 電力インフラの変化(1985年⇒2009年)

(3) デンマークのエネルギー・システムにおける地域暖房

a) 地域暖房の位置付け

デンマークでは、1976年に発表された『デンマーク・エネルギー政策(Danish Energy Policy)1976』、『電力供給法(Energy Supply Act)』において、「新規の火力発電設備は全て熱電併給(コージェネレーション、Combined Heat and Power、CHP)であるべき」と明記されたとおり、熱の地域暖房利用が古くから定着している。

一方、需要家側も、住宅を含めセントラル方式が定着しており、加えて建て替えも少ないため、地域冷暖房の熱を受け入れやすい環境にある。

また、都市部における地下利用が少ないため、地域熱導管の敷設における制約(物理的条件、コスト)が

少なく、導管敷設が進みやすい環境にもある。

以上より、熱を地域に供給する地域暖房は、電気、ガス、水道と並ぶインフラとして位置付けられ、古くから普及が進んでいる。

暖房市場の歴史と発展 熱源別暖房床面積

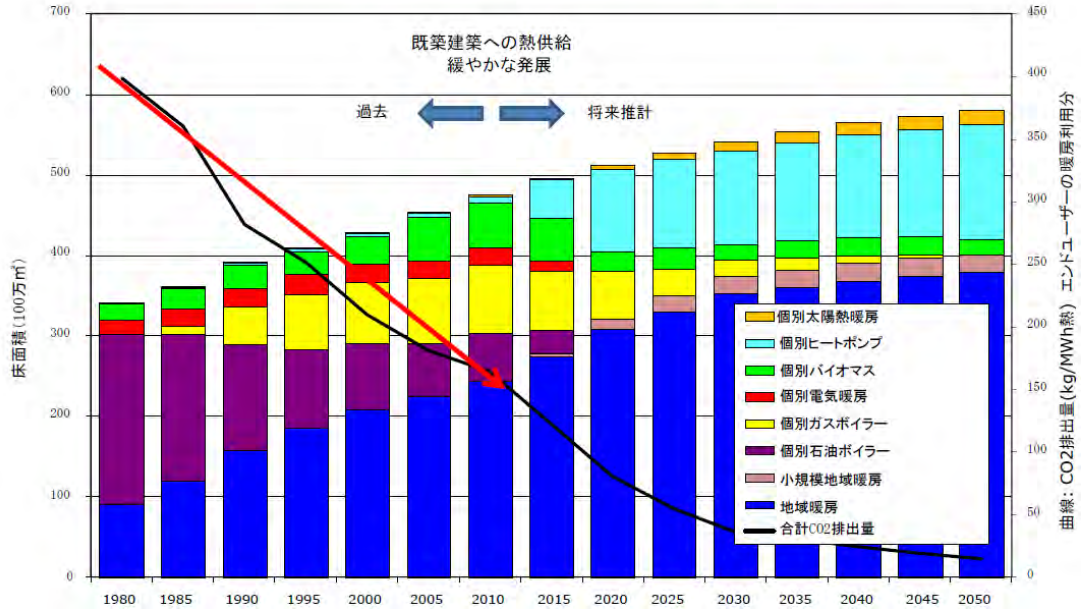


図 2.2.3-5 暖房市場における地域暖房の普及状況

b) 地域暖房の普及状況

地域冷暖房のシェアは、熱売上高の 50%、全住戸数の 63%、地域暖房用熱源のシェアでは、大型 CHP の 50%、小型 CHP の 30%、専用ボイラーの 20%となっている。また、地域暖房用燃料のシェアでは、再生可能エネルギー・廃棄物が 50%、天然ガスが 30%、石炭 15%、石油 5%となる。

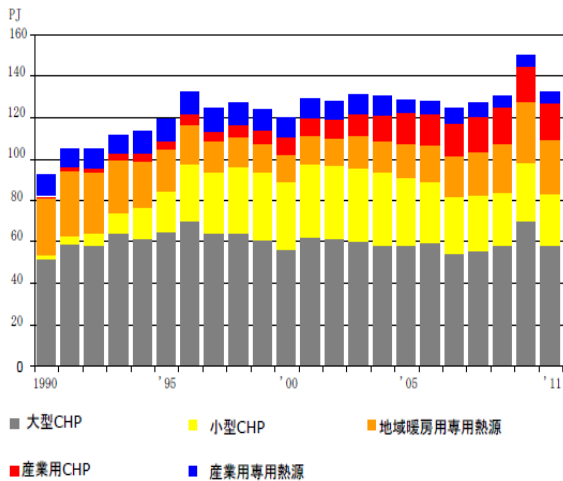


図 2.2.3-6 地域暖房用の熱源シェア

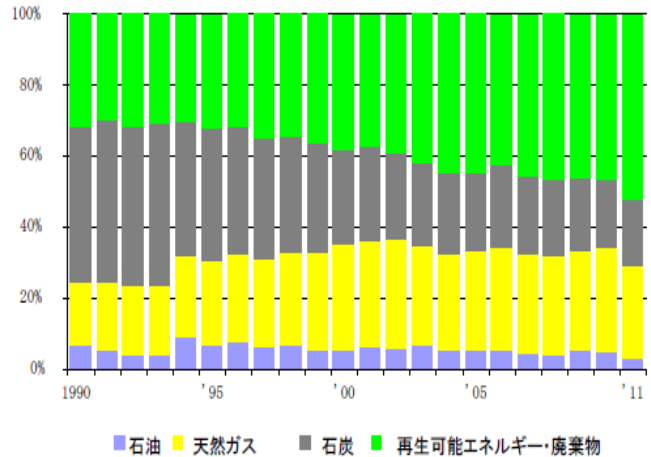


図 2.2.3-7 地域暖房用燃料のシェア

2.2.4 コペンハーゲンにおける地域熱供給

(1) デンマーク・コペンハーゲンにおける地域熱供給の概要

デンマークで最初に地域熱供給が始まったのは1903年のこと。ごみ処理に困り果てた後、熱電併給(CHP)を備えたごみ焼却施設を建設したのがはじまりで、廃棄物を処理すると同時に近隣の病院に「電気」と「熱」という2つのサービスを同時に提供した。以降、熱電併給(CHP)による地域熱供給が拡大し、1970年代には全家庭の約30%が地域熱供給を利用するようになった。また1973年のオイルショックにより原油など輸入燃料への依存度を下げる必要に迫られる中、1979年に熱供給法が制定され熱利用および地域熱供給の重要性が再認識され開発が促進された。1985年に原油価格が下落した際には化石燃料に課税することにより保護され地域熱供給は拡大した。近年では天然ガスによる個別暖房されていた地区が地域熱供給に置き換わり送熱ネットワークも拡張、全世帯の約65%が地域熱供給に接続されており、首都コペンハーゲンにおいては98%の家庭が地域熱供給に接続されている。

コペンハーゲン広域圏の地域暖房は、デンマークにおける22の自治体、約100万人に供給している。熱供給事業者は約20社、オーナーは自治体もしくは利用者(利用者組合)である。

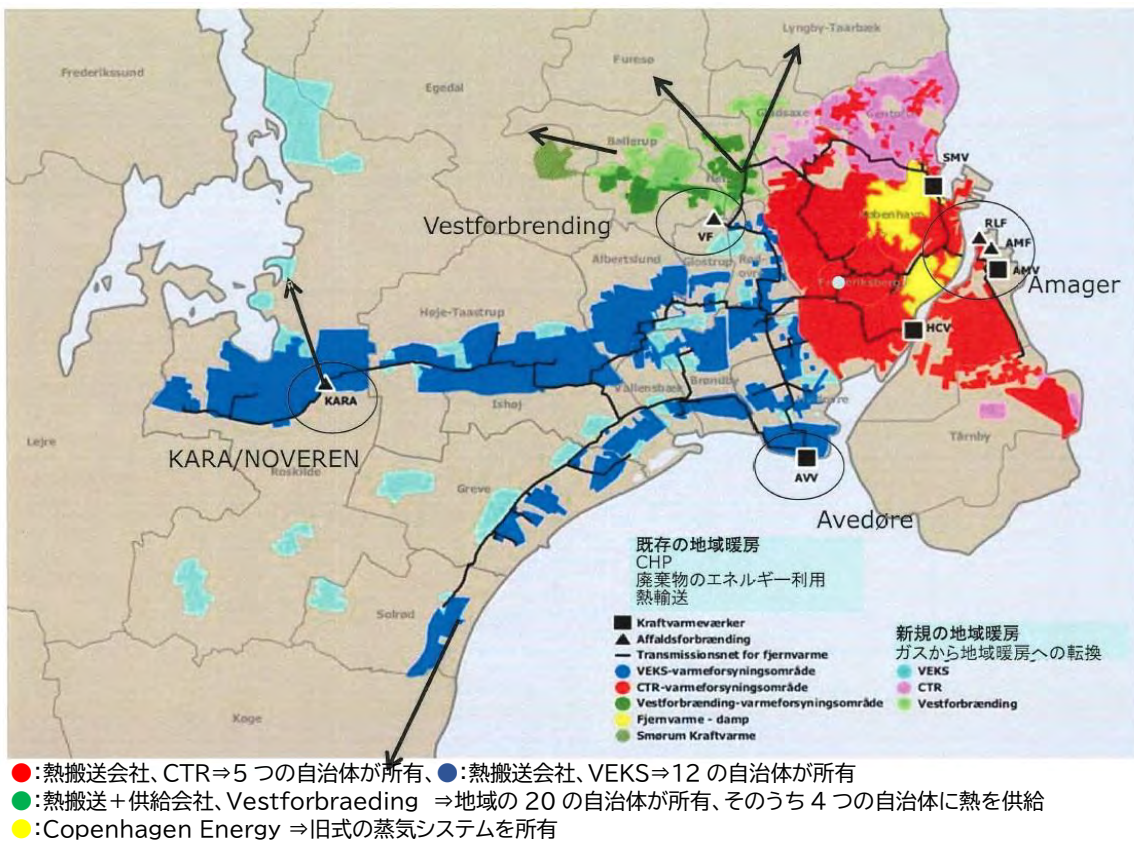


図 2.2.4-1 コペンハーゲン広域圏の地域暖房ネットワーク

表 2.2.4-1 主要データ

<主要データ>

生産量	10,000 GWh/年	熱搬送網	全長 160km
最大負荷	約 3,000 MW	送熱気圧	最大 25Bar、平均 15Bar
熱販売量	8,500 GWh/年	送り温度	通常 80~110℃、最高 120℃
暖房床面積	6,000 万㎡	戻り温度	約 50℃
熱損失	15%		

(2) コペンハーゲンにおける地域熱供給の経済性

熱料金は地域により異なるが、価格設定方法は法律で定められている(料金規制)。

補助金はなく石油価格の下落分は税制により補償される。

熱供給事業者は非営利でなければならず、管轄する独立機関が適正価格を監視している。

廃棄物回収施設において電気と熱を生産、100%近いエネルギー効率を実現している。

Vestforbaending 清掃工場 ⇒35t/h(840t/日)×2基

発電効率:23%

排ガスの潜熱回収を含む総合効率:95%

Amagerforbraending 清掃工場 ⇒35t/h(840t/日)×2基

国民の賛同を得るための建築設計スキループ(コペンヒル)

発電効率:22%

排ガスの潜熱回収とヒートポンプ(以下、HP)利用を含む総合効率:104%

KARA/NOVEREN 清掃工場 ⇒25t/h(600t/日)×1基

(3) コペンハーゲンにおける地域熱供給システム

熱電併給(CHP)プラントの多くは蓄熱設備(アキュムレーター)を備えている。

プラントを所有する熱供給事業者は電気需給状況によって変動する売電価格に基づいて運転制御を行っている。すなわち、電力価格が高いとき(通常は朝と夕方)に設備を稼働させ売電を行い、熱は日中に必要となるまで蓄熱槽に蓄えておく。短期の蓄熱はエネルギー・システムに柔軟性をもたらし、経済的にも環境的にもシステム全体の最適化に重要な役割を果たしている。

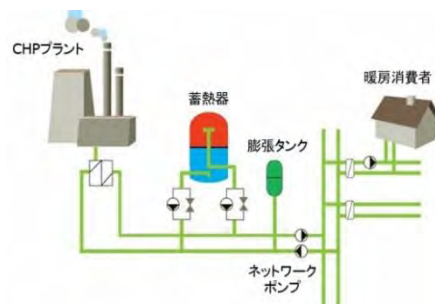


図 2.2.4-2 Avedøre Plant にある大規模蓄熱タンク、2×24,000 m³、最高温度 120°C、圧力差 10Bar

地域冷房の市場規模は地域暖房に比べてまだ小さいが、オフィスや商業施設に向け導入が始まっている。地域冷房システムの数も5から20以上に増え、主に冷水蓄熱槽、冷温水のコージェネレーション、地域熱供給と共存する季節間蓄熱(ATES)などが導入されている。

第4世代熱供給への移行が始まっておりそのポイントの1つが供給温度の低下。低温化により送熱ロスが低減されるだけでなく、高温では活用できなかった産業余剰熱や再エネ(太陽熱、地中熱)の利用が可能となる。現在の多くは80°C前後(戻り40~45°C)で供給されているが、将来的には行き50°C、戻り25°C程度を目指している。



図 2.2.4-2 Ramboll 社 Anders Dyrelund 氏のプレゼンテーションの様子(写真)

2.2.5 質疑応答

Q1: 昨今のエネルギー価格、物価高騰は熱料金へ反映しているのか。その場合は、どのようにしているのか。

A1: 基本的には価格に反映している。ごみ焼却やバイオマスを主原料する地域暖房事業者は 5%未満の値上げに抑えられたが、ガスや電気を原材料とする事業者は 50%以上の値上げとなった。
デンマーク・エネルギー庁公表の標準的な建物(130m²/18MWh)の加重平均の地域暖房価格は 2019 年 1 月～2022 年 1 月までは 13,000DKK(デンマーククローネ)前後で安定的に推移してきたが、ウクライナ戦争による影響で 2022 年 1 月からは 1 年間で 15,500DKKへと約 20%急騰した。

Q2: 熱料金の構成はどのようになっているのか。

A2: 各社が独自の価格体系を設定できる。Connection fee(接続料金)は最初のみ支払い。容量(m、m²、kW または MWh)や支線の長さ(m)等によって決められる。ゼロにすることもサブステーション分を加えることも可能。Annual fee(年間料金)は①基本料金(m)、②キャパシティ料金(床暖房 m²、熱料金 kW または MWh、大口需要家割引)、③エネルギー料金(MWh)、④モチベーション料金(MWh:往・還温度を下げることで特に集合住宅の料金割引インセンティブ)の 4 つの要素で構成される。最近のトレンドとしては接続料金を無償、サブステーション分は含めないケースが多くなっている。

Q3: 契約内容はどのようになっているのか。また、供給規程、保安規程などが存在するのか。

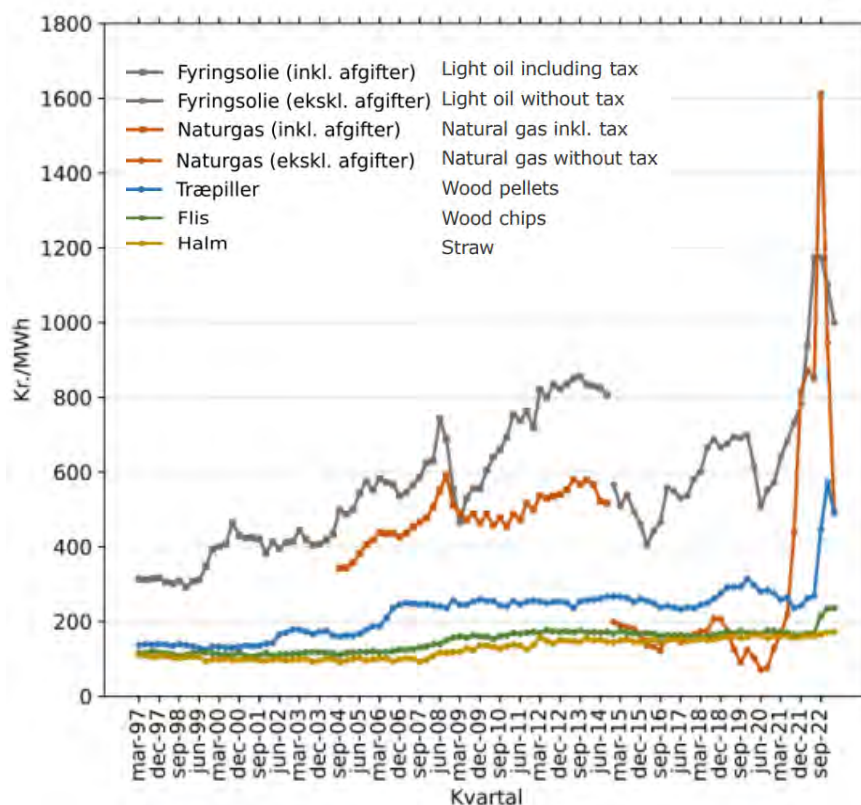
A3: 地域暖房事業者はデンマーク地域冷暖房協会のガイドラインを準拠・拡大利用している。需要家との契約書の主な記載内容は、法的及び制度的事項、技術的条件(温度レベルなど)、終了する場合の条件、料金が少なくとも年 1 回改定されること(原材料価格の変動に連動)などである。

供給規程に類するものとして種別を①蒸気②110℃以上の過熱水③110℃未満の温水に分類。保安規程

は国際基準に準拠している。

Q4: バイオマスによる熱は都市ガス、石炭等と比較してどの程度なのか。(熱量あたりの単価)また、価格の変動はあるのか。

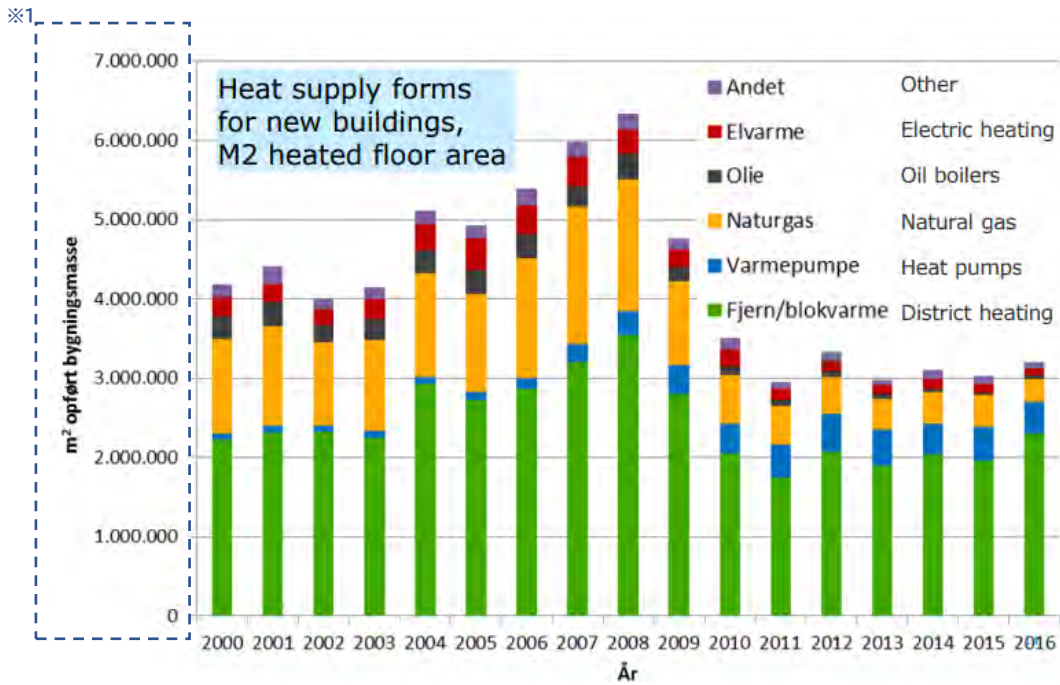
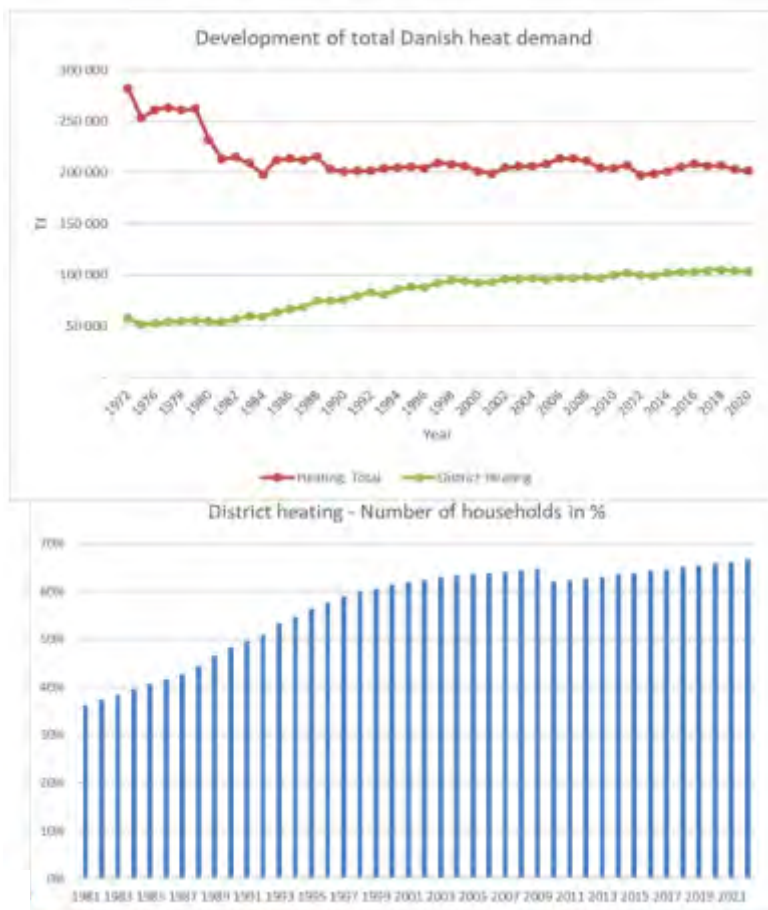
A4: バイオマスのうち木質ペレットを除く藁、木質チップは軽油や天然ガスなどの化石燃料と比較して安価な原材料であり価格変動も少ない。



出典) Dansk Fjernvarme

Q5: 熱生産設備の規模が2006年以降横ばい傾向であるが、新規加入など需要の変化はないのか。

A5: 熱需要や地域暖房需要に大きな増減はない。一方、熱供給形態においては、延床面積あたりの床暖房エリアの新築ビル^{*1}と比較した場合、地域暖房の相対的な市場シェアは増加しており、2023年から2030年にかけて天然ガスボイラー(ゼロになる)からのリプレイスがさらに増加すると予想される。小型HPの占める割合も高くなっている。



(4) 所感・まとめ

デンマークにおいて地域熱供給が住宅含めて普及が進んでいる背景として、エネルギー供給側と需要家側でそれぞれ日本とは異なる理由があると感じた。

1) エネルギー供給側の普及理由

- ・発電所が内陸部に多く、かつ、熱電併給(1976年より)であるため都市部近郊に利用可能な排熱がある。
- ・都市の成熟とともに地域熱供給が普及、展開されたため、熱導管が広く敷設されている。
- ・温熱需要のみであることから様々な都市排熱を活用しやすい。
- ・自治体が主体となって普及を進めている。

2) 需要家側の普及理由

- ・建物(都市施設、住宅ともに)の温熱利用(暖房・給湯)はセントラル方式が主流である。
- ・建物の建て替えが少ないためセントラル方式が維持されている。
- ・高層建物がなく、温熱需要が広く平均的に展開されている。

1), 2)より、都市施設だけでなく住宅においても地域熱供給が広く普及していると考えられる。

また、熱導管敷設について、熱が電気・ガス・水道と同等の扱いであり、加えて、都市部の地下利用が進んでいないことから、安価、かつ、容易に導管敷設が出来る環境にある。

更には、温熱供給のみであり、導管敷設が進んでいることから、都市排熱を容易、かつ、安価に調達、活用出来る環境にある。

熱料金については、安価な再エネ利用率が高く、温熱供給のみであること、導管の敷設が比較的容易であること、政府の助成があることなどから、日本に比べて安価であると推測される。

今後、冷熱需要が増加した際に、温熱と同様に地域熱供給で普及が進むのか興味深いところである。国のエネルギー・システム構築と共に熱電併給と言う形で効率的に普及した温熱供給と異なり、冷熱供給システムはこれから構築されるものであり、加えて、温熱需要ほど一律に需要がある様子はないため、再エネ電気の普及状況から、分散型 HP による冷熱供給システムが最適と考えられる。

今回の視察を終え、ヨーロッパと日本におけるエネルギー需要構造、地理的条件、都市部の発展(街づくり)経過の違いから、相互の熱供給の在り方が大きく異なることを認識し、これにより、日本における熱供給の在り方を再認識させられた。

日本は、既存の社会インフラ(電気、ガス、水道、通信)を最大限生かし、エネルギー需要集積地＝大規模開発・再開発を中心に、高効率なエネルギー・システムと最適なエリアエネルギーマネジメントを実現する地域熱(エネルギー)供給を、欧州に比べるとコンパクトに展開し、加えて、地震国である日本の都市機能維持に貢献する社会インフラとして発展させることが重要であると感じた。

2.3 地域熱供給の現状とカーボンニュートラルに向けた将来展望

2.3.1 訪問先・訪問日時

【日時】2023年11月15日(水)11:00～12:00

【場所】デンマーク地域熱供給協会 (DBDH) 会議室

【説明】CTR 社 Jan Hindsbo 氏(責任者、副ディレクター・テクニカルディレクター))

2.3.2 CTR 社について

(1) 概要



2.3.2-1 右側 Mr. Jan Hindsbo, CTR 社、左側 通訳石崎氏(写真)

CTR 社はコペンハーゲン首都圏の 5 つの自治体により設立された非営利の会社である。CTR 社の基本的な原則は 1980 年代に確立し、CHP(Combined Heat & Power)発電所からの熱、ごみ焼却場からの排熱を、中継導管網を通して地域熱会社により顧客に熱を供給している(図 2.3.2-2)。CTR 社の役割は、熱を地域の発電所とごみ焼却場から購入し、地域熱供給の会社に販売することである。保有設備はポンプ設備と熱交換設備、予備・ピーク負荷用のボイラー設備であり、24 時間の運用保守を行い全体の供給保証に責任を持っている。

もう一つの原則は、地域熱供給システム発展のための投資であり、これは 5 つの自治体から補償されている。

Design Concept

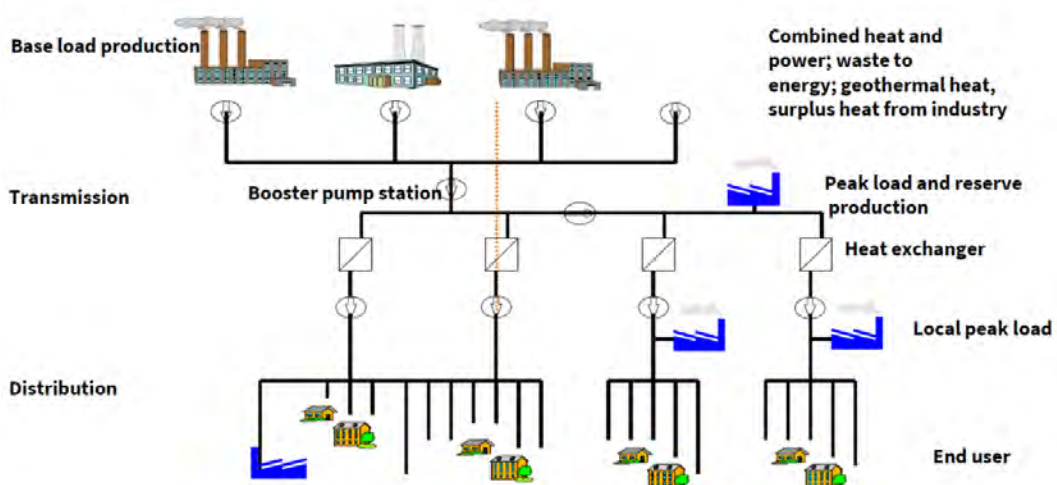


図 2.3.2-2 地域熱供給のデザインコンセプト

1982 年にエネルギー省は計画をたてて白書を発行した。それをもとにして CTR 社が設立されている。従業

員は 39 人での少数の体制だが、多くの外部のサービス事業者 (Ramboll 社など) と協定関係を持っている特別な組織である。(図 2.3.2-3)。

External Parties of Agreement

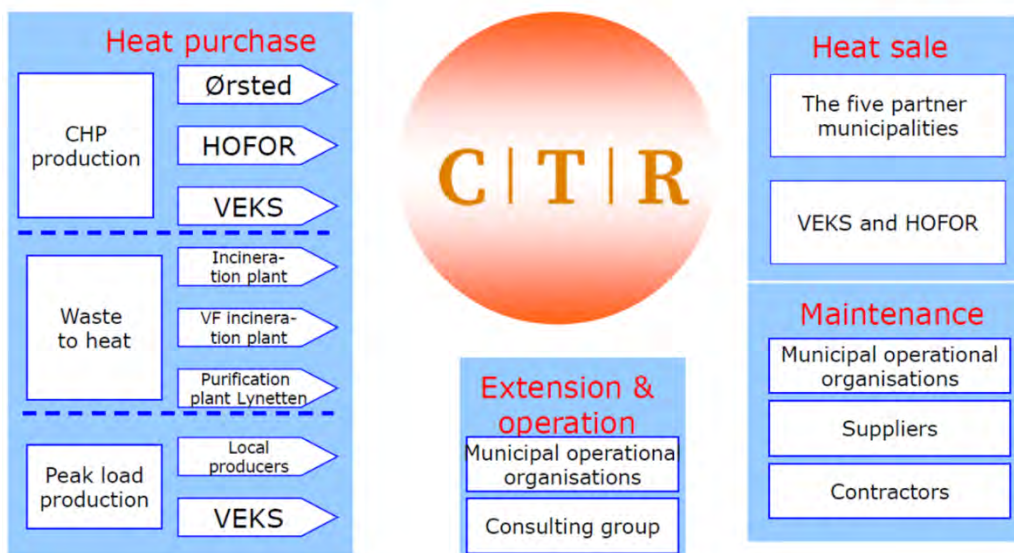


図 2.3.2-3 外部の協定団体

(2) 歴史

- 1976 年 責任省庁が、エネルギー使用削減を目的としてデンマークのすべての新しい火力発電所は CHP (熱電気併給) プラントでなければならないと決定した。
- 1977 年 電力会社がコペンハーゲンにおいて新しい火力発電設備設置の検討を開始。
- 1984 年 エネルギー省からの指示により、地方自治体は地域熱供給システムを設置し、新設及び既設の火力発電所からの熱と廃棄物からの熱を利用することになった。
- 1984 年 政治的決定により 2 つの新しい火力発電所と 2 つの熱伝送会社を設立することとなった。
- 1984 年 CTR が会社として設立された。

(3) サービス概要(図 2.3.2-4)

- ・19 の自治体をカバー
- ・4 つの統合された地域熱供給システム
- ・25 の地域熱供給会社
- ・500,000 の最終利用者
- ・34,500TJ/年の供給(9,600GWh, 32,700GBtu)
- ・デンマークの熱需要の約 25% をカバー

技術的には 30~40 年前に確立していて、CHP 発電プラントとごみ焼却所からの熱のベースロード生産をもとにして、中継導管網を經由してコペンハーゲン全域への地域供給会社への供給を行っている。また、途中でピーク時対応の設備(ローカルピークステーション)がある。CTR 社はベースロード供給者と長期契約を締結している。

今後 30 年で変化していくが、自治体との密接な関係や当事者間の協力関係がないと変化を進めていくことは難しい。

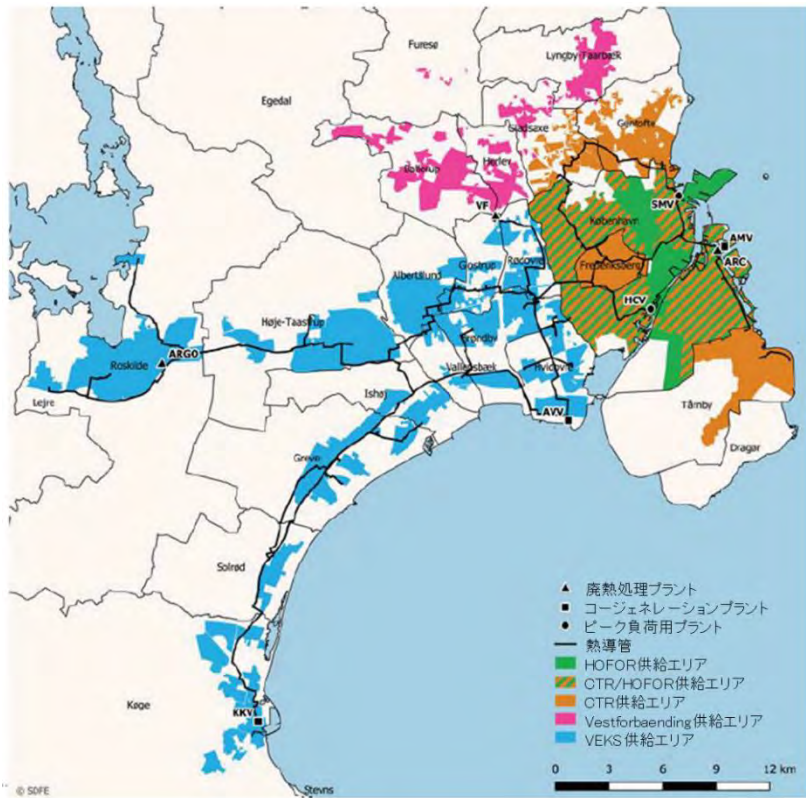


図 2.3.2-4 コペンハーゲンの地域熱供給エリアとプラント
 (注: 配布資料中デンマーク語表記であった凡例部分を日本語に訳した)

(4) メンテナンス(図 2.3.2-5)

このシステムは地域熱供給会社や地元サービスパートナーによるメンテナンスがないと機能しない。年間およそ 115,000 件の予防保全作業を行い、セントラルコンピュータシステムにて管理されサービス会社が自動的にジョブを受け取り修復すれば返送される。セントラルコンピュータには 3 万台の機器の技術データやメンテナンス履歴が登録されている。

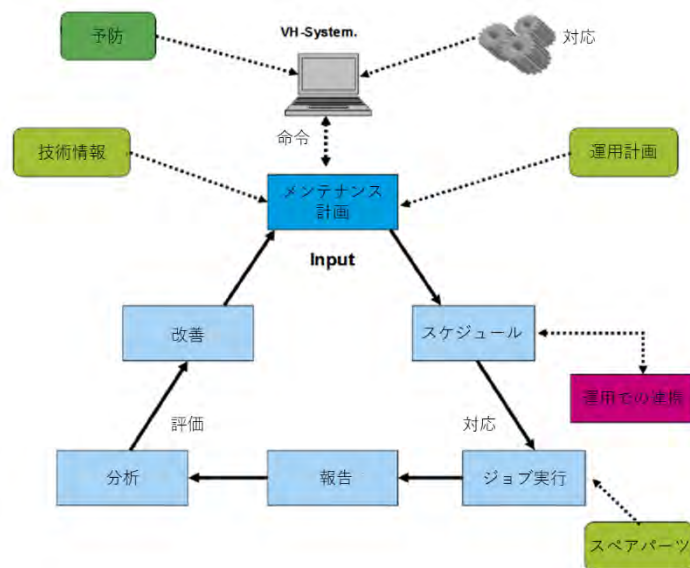


図 2.3.2-5 保全と管理
 (注: 配布資料中デンマーク語表記であった部分を日本語に訳した)

2.3.3 将来の地域熱供給の展望

(1) 地域熱供給が直面する大きな多くの変化

地域熱供給は未来の供給セクターとして重要な役割を果たすことが包括的な政治的合意として採択された。また、廃棄物セクターにおいて「グリーン廃棄物セクターと循環型経済にむけた気候プラン」についての包括的合意がなされた。それは、デンマークにおいて廃棄物を少なくさせるリサイクルとごみ焼却を確実に実行させるものである。

これから新しい技術が発展し社会実装がなされていく。

- ・大規模ヒートポンプ(以下、HP)(例えば廃水や海水を利用)
- ・地中熱
- ・CCS、CCU
- ・Power to X:工場からの余剰熱

(2) 地域熱供給の未来に向けて設けられた気候変動目標のフレームワーク

- ・コペンハーゲンの地域熱供給は 2025 年から CO₂ ニュートラルでなければならない(コペンハーゲン自治体、HOFOR,CTR,VEKS も同様)
- ・2025 年までの温室効果ガスの削減目標は 1990 年に比べて 50-54%(2021 年に設定された温室効果ガスの 2025 年削減目標指示合意)
- ・デンマークは 2030 年までに温室効果ガスを 70%削減、2050 年のカーボンニュートラル社会へ移行しなければならない(2020 年気候変動適応法)

(3) 現状の地域熱供給のエネルギー源と今後の見通し

今後の未来に向けての大きな変革について記述する。従来の地域熱供給のエネルギー源はごみ焼却熱と CHP プラントであったが、最近になってバイオマスプラントも利用するようになってきた。また、地域のピーク時対応のプラントは石油と天然ガスをエネルギー源として利用してきた。政府は未来ではバイオマスは限定的な資源であると位置づけているために、70 年代から石油と天然ガスで動かしてきたものをバイオマスへ移行するというシナリオにはとることができない。従って、ピークロード対応と予備設備は石油・ガスで動かしていたものを、電気を基本として動かすゴールを共有している。

なお、最近、天然ガス供給問題は CO₂ 排出削減時期の問題だけではなく、安全保障の問題になっている。参考までに図 2.3.3-1 に設備容量のサイズを示している。オレンジ色がごみ排熱プラント、緑色がバイオマスプラント、グレー色が天然ガスボイラーである。比率の高いバイオマスや石油・ガスからの移行はきわめて大きな変化である。

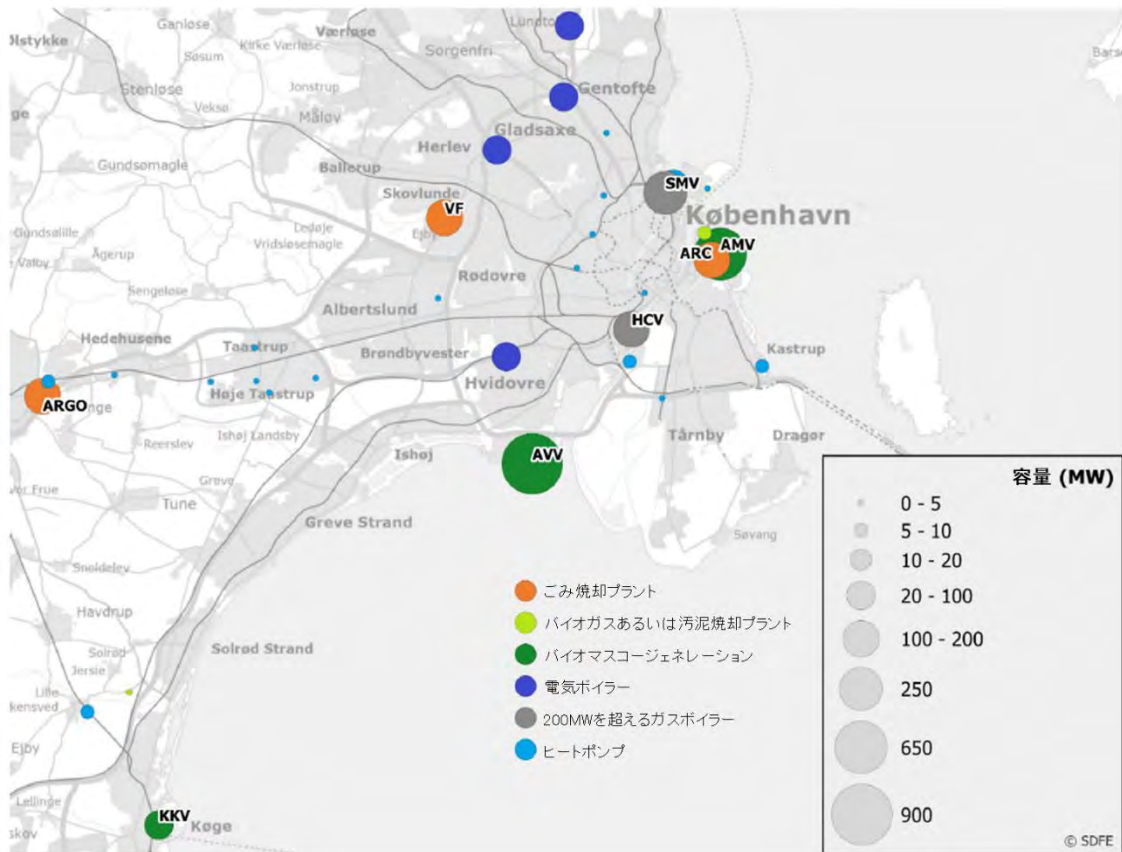


図 2.3.3-1 コペンハーゲン首都圏における地域熱供給の現状のエネルギー源
(注: 配布資料中デンマーク語表記であった凡例部分を日本語に訳した)

(4) 2050年, 2030年, 2025年に向けたコペンハーゲン地域熱供給の6つのシナリオ(図 2.3.3-2)

姉妹会社と大規模な調査研究をした結果、ベースケースと電気利用をさらに進めるケース、そして電気のみを利用するケースのシナリオを作っている。

ここではもちろんごみ焼却場へのカーボンキャプチャーの導入やバイオマスプラントの増設のシナリオを含んでいる。また、電気と水を用いた Power to X により水素や飛行機・船舶用の燃料に転換するアイデアも含んでいる。ここでは余剰熱が大量に発生するのでコペンハーゲンの熱供給で利用することができる。

この計画で大切なことは、デンマークの電気は風力発電と太陽光により発電されるが、この電源は変動幅の大きいリソースであるため変動幅の大きい Power to X 設備を設けるならば大規模な設備が必要となる。また、HP にはいろいろなタイプがあるが、現在設置されている HP はかなり小さいものである。500MW の熱を発生する CHP プラントを置き換えようとするとも 10~50 台の HP が必要となる。また、HP の熱製造効率は現在使っている温度よりもより低い温度で効率がよい。よって、置き換えていく地域の HP の場所は消費者に近いところに置く必要がある。

ごみ排熱と CHP 排熱ベースから電気ベースへの移行におけるもう一つの大きな課題として、移行がデンマーク全体の電力システムに跳ね返るということである。現在の地域熱供給システムは CHP で発電するのを支えているため今日の電力供給へは純粋なインプットとなっている。移行シナリオでいくと地域熱供給は安定的な電気の生産者側から消費者側にシフトしていくことになる。

地域熱供給は大きな変革を計画している状況にあるが、発電システムの発展を含めて考えなければいけない。CTR 社は、解決にむけて団結していく自信がある。CTR 社は電気ボイラーと受注型蓄熱槽の最大の発注者である。

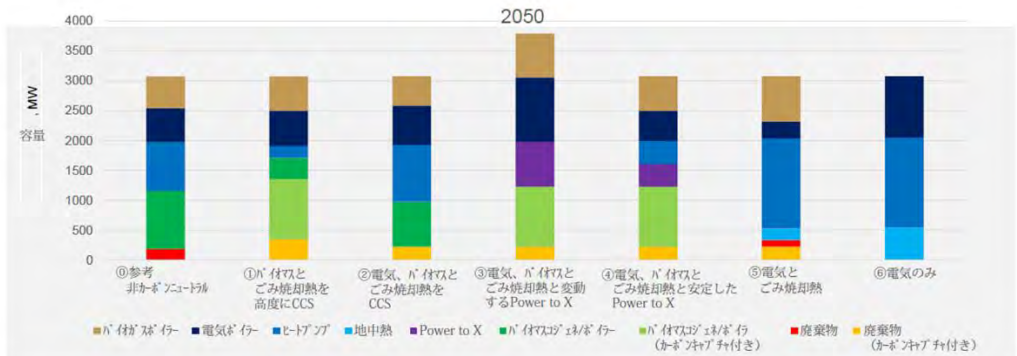
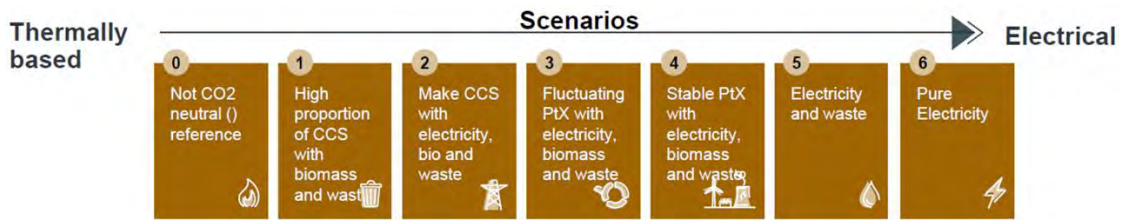


図 2.3.3-2 2050 年, 2030 年, 2025 年に向けた地域熱供給の 6 つのシナリオ
(注:配布資料中デンマーク語表記であった部分を日本語に訳した)

(5) 2 つの戦略的な課題

2050 年に向けた地域熱供給ビジョンでは 2 つの戦略的課題に焦点があてられる。一つは将来の顧客に対してである。

- ・地域熱供給はグリーン化への顧客の希望に応えなければならない。
- ・料金面・技術面・持続可能性で魅力的な解決策を提供できるようにしなければならない。
- ・個別暖房システムに対して競争上、優位に立たなければならない。

もう一つは未来のエネルギー・システムと技術面である。

- ・未来のグリーンエネルギーシステムは多方面に発展の機会を持っている。
- ・多くの技術が開発中である。それがいつ市場に提供されるか、また何ができるかは不透明である。例えば、大規模な HP、地中熱、CCS、Power to X 等。また、電力技術もまた継続的な開発がなされている (図 2.3.3-3)。例えば風力、太陽光、蓄電、バッテリーなど。それらも地域熱供給にとってきわめて重要である。
- ・未来の供給に向けて手を携えつつ、地域の支えとなり持続可能な都市を確実なものとしなければならない。

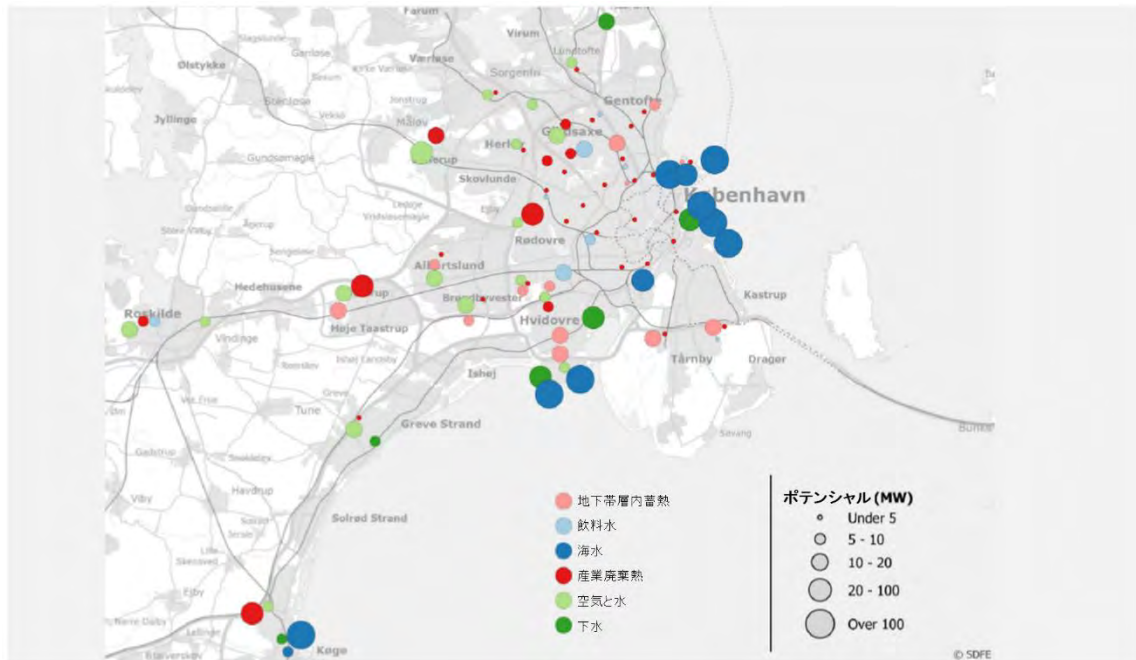


図 2.3.3-3 ヒートポンプがカバーする多様な可能性—未検証
(注: 配布資料中デンマーク語表記であった凡例部分を日本語に訳した)

2.3.4 中央監視室見学

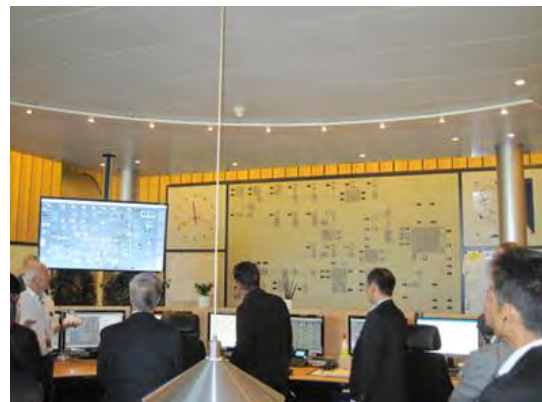
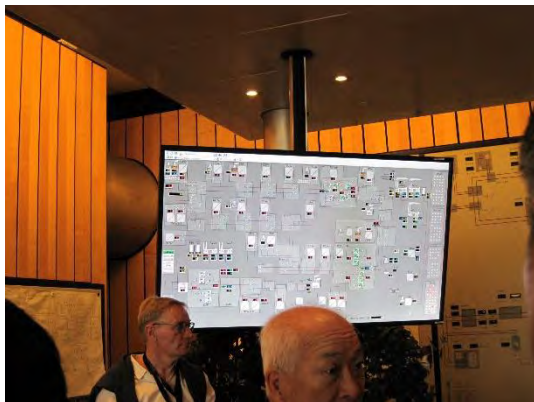


図 2.3.4-1 中央監視室(写真)

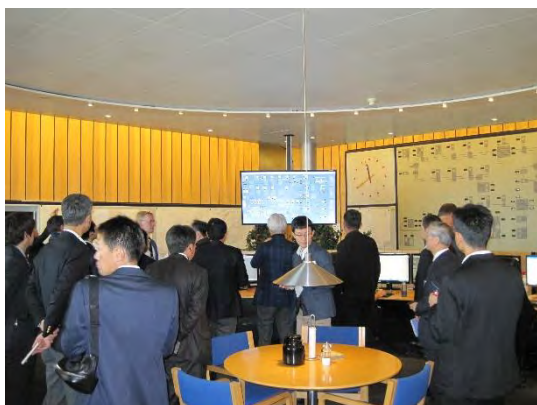


図 2.3.4-2 中央監視室(写真)

DBDH 建屋の上層階に設置されている。また、監視席は、ほぼ半円上になるように配置されている。

2.3.5 質疑応答

Q6: 今後、CTR 社の大きなネットワークはどのように変わっていくのか。

A6: 集中的に中央で熱を生産する方式から、拠点ごとに生産する方式に変えると何が起これるかという質問だと思うが、中継導管システムと地域導管システムの間の変化につながることになる。移行の過程では今までの集中生産システムなしでは成功しない。理由はコペンハーゲンでは土地が限られており、拠点毎に HP を置く場所がないためである。また、技術的には配送システムは今まで 120℃以上で送っていたのが 100℃未満で送ることになる。2030 年には天然ガスを使わなくなるので、その代わりにバイオガスに代えていく。主に戸建てエリアにある細いプラスチックの配管は使われなくなり、HP による地域熱供給に変わっていく。但し、ガスシステムに使われている鋼管はデンマークのエネルギー・システム上、重要な位置づけとなっており、電気供給・地域熱供給や産業面で引き続き重要である。現在ピーク時対応や一時バックアップ用に使っている電気ボイラーの大部分はガスボイラーのバックアップとして使う。電気代が異常に高騰する場合や、停電になった場合にはガス・石油ボイラーをそれほど高価でないバイオガスや Power to X から生成される再生燃料で利用する。ガスエンジンは引き続き発電用のバックアップ用として用いる。

Q7: HP を普及させていくとのことだが、どれくらいのサイズでやっていくのか、また空冷式か水冷式かどうするのか。

A7: 10MW~120MWのサイズである。熱の大きなリソースは海水であるが、いろいろ HP のテストプロジェクトを行った。大きな HP を作るための課題はコンプレッサーではなく、リソースをどこからとるかである。MAN 社はコンプレッサーを供給してくれるが、問題は空冷、水冷ともどこから熱源をとるかである。エスビャウ(デンマーク第5の都市)では海水熱源の HP で 2 コンプレッサーで 70MWが稼働しているし、オールボー(デンマーク第4の都市)では海水熱源で 3 コンプレッサーで 135MWが稼働している。

Q8: CTR 社を 5 つの市で共同設立した際に行政がリスクをとったというが、分かち合ったリスクとは具体的にどのようなものか。

A8: CTR 社が調達する設備資金は外部借入金で賄うが、自治体から融資の保証を得ていた、また条例などで協力を得ていることが成功のカギである。コペンハーゲンとフレデリクスバーグに 70 万人が住んでいるが、そのうち 99%の人が熱供給を受けている。その人たちが投票権をもっているので選出された議員は協力的である。

2.3.6 所感・まとめ

印象的であった点を 4 つ紹介したい。

- ① CTR 社の設立から今日にいたるまで、地域熱供給の公共性の高さに鑑み行政のイニシアチブと支援により運営がなされていること。
- ② 熱供給のシステムが熱の製造、熱の配送、熱の小売の 3 段階に業務分離がなされており、日本の熱供給の事業構造とは大きく異なっていること。
- ③ CTR 社は公益的な会社であり、帰属する人数は最小限に抑えつつ、外部のそれぞれの会社・組織と協定を

結び熱供給システム全体のコーディネイト役として存在し機能していること。

- ④ 今後のカーボンニュートラルに向けて、大きな方向感を持ちつつ、未開発技術の進化や現行の設備入れ替えを見極めながら、複数のシナリオを持って段階的に進めようとしていること。

2.4 Tårnby Forsyning(トーンビュー・フォーシニング)社

2.4.1 訪問先・訪問日時

【日時】2023年11月15日(水) 12:45～13:45

【場所】Tårnby Forsyning

【説明】Tårnby Forsyning 社 Raymond Skaarup 氏(所長)

2.4.2 トーンビュー・フォーシニング社の概要

2010年1月1日に非営利企業として設立された。オーナーは、Tårnby 市。
上水供給、下水及び廃水処理、暖房供給、冷房供給を業務としている。
約 20,000 人の市民と空港に熱供給を行っている。供給量は、年間 620TJ。



図 2.4.2-1 トーンビュー・フォーシニング施設(左)と供給先建物外観(右上:国立デンマーク水族館)(写真)

2.4.3 施設見学

熱源設備を見学した。ヒートポンプ(以下、HP)(圧縮機:レシプロ、冷媒:アンモニア)と 2,000m³ の冷水蓄熱タンクで構成されている。HP の仕様は冷水 15℃/8℃、温水 75℃/90℃である。

蓄熱槽(2MW)から冷熱需要がある時に放熱し、電力が安価の時に蓄熱する。

HP は全部で 8 つある。2 つのユニットになっていて、1 ユニットに 4 つの HP がある。冷却時には排熱が出るため、冷温同時に製造することは可能。加熱能力 6MW、冷却能力 5MW。冬季は蓄熱している。余剰が出る

場合は、下水へ放熱。温水は蓄熱できないため、下水へ放熱する。

冷水は、ホテルと薬品会社に供給。将来は企業が入ってきているので、その企業に供給を予定している。CTR 社に属しており、温水は補助として製造する。

HP は、温水製造すると、冷水が安価になるし、冷水製造すると、温水が安価になる。夏季は全て冷房運転するとは限らないが、冬季は全てのユニットを暖房運転する。尚、HPは、デンマークのシェアボーインダストリー製。



図 2.4.3-1 ヒートポンプ(左)と蓄熱槽(右)(写真)

電力は、ネットワークから購入しているが、デンマークは 70%が再エネで、残りは化石燃料で発電する。

<ヒートポンプの性能>

圧縮機銘板は Sabroe 製。同社のカタログをみると温水ベースで COP3.1、冷水ベースで COP2.1、温水と冷水を双方利用で COP5.2。(軸動力ベースなのでモータ入力ではさらに 5~8% COP 低下と思われる。)

2.4.4 トーンビュー・フォーシニング社の取組

2010 年に冷水供給、下水及び廃水処理のために設立。5, 6 年前より熱供給を開始。



図 2.3.4-1 施設外観(写真)

左側が汚水処理場のタンク。長い配管が右手の方まで行き、その先に大きなタンクがある。ソーラーパネルが屋根に敷設されている。これは臭気を管理するための施設で、煙突の直前の脱臭設備を通過して大気に放出する。



図 2.4.4-2 熱供給ルート

年間熱供給量 620TJ で、2 万人へ供給。その他薬品会社、空港、事務所等に熱供給。2028 年までに 12,500 戸、主に集合住宅と一戸建てで、年間の熱量 450TJ 増加、配管総距離 90km になる。5 年後の 2028 年までに新顧客を 12,500 戸と多いが、2022 年に政府は天然ガスを止めると宣言したため、多くは地域暖房になる。この数値は市レベルだが、全国で見ると 40 万戸。

地域暖房の全ての会社はスタッフやアドバイザー、物・金が足りない中で 2028 年までに切り替えていくというハードルの高い目標になっている。これに間に合わない分は、ガスで対応予定。1 軒 1 軒の家が個別に HP を導入することを検討されているという点で競合となる。

2.4.5 質疑応答

Q9: 個別 HP に関連し、今後熱供給している家が、離脱するのか。

A9: 既存顧客ではなくて、新規顧客での個別空調(空気熱源)の導入との競争。従前はあった熱供給接続義務は、今はない。

Q10: また、コスト的にはどちらがいいのか。

A10: 国は現時点の対策として、HP に補助金を設けている。バランスされているが、長い目で見れば、地域暖房がいいはず。切替えていくのに時間を要するため、臨時的な措置と思われる。地域暖房では、メンテナンスをしているため、50 年維持させられるが、個別の HP だと多分 15 年程度で入れ替える必要がある。補助金があり、選択は個人の自由。将来の傾向としては、小さなセントラル(5~20MW)が増えていくのではないかと予想している。400MW の大きな設備と比べると、大きいとはいえ、2×35MW ですから、まだまだ足りない。15 台の設備が必要だが、設置場所をどうするかは未定。

Q11: 2028 年の 12,500 戸に関し、集合住宅も 1 戸とみるのか。

A11: その通り。空港もビルも 1 戸とカウントする。

Q12: 一般家庭の平均的な暖房費はどれくらいか。

A12: 年間 9,000~10,000 クローネ ※日本円で 20 万円前後

2.4.6 所感・まとめ

地域暖房が主体の欧州では珍しく冷水供給も可能な設備となっており、冷水と温水が供給可能であるが故、冷水負荷が想定より小さいのは、残念な状態である。検討中の ATES(地中熱利用、おそらく帯水層蓄熱)に温水及び冷水の蓄熱でさらに効率的な運用の可能性があるものと想定される。また、有効な排熱利用が無い中で下水熱利用は空冷機よりも効率的な運用ができるのも利点である。ただし、機器寿命 50 年は、言い過ぎかと思える。

2.5 CopenHill(コペンヒル)

【日時】2023年11月15日(水)14:15~16:35

【場所】CopenHill 内プレゼンテーションルーム

【説明】ARC Flemming G. Nielsen(フレミング・G・ニールセン)

2.5.1 概要

① 施設概要

Copen Hill はコペンハーゲンに所在する 2019 年完成の公営ごみ焼却施設である。迷惑施設であるごみ焼却施設からの脱却を図り、屋根には人工スキー場を設け、さらにはジョギング、ハイキングやボルダリングもできるレクリエーションセンターとしても稼働中であり、新たな価値を創造している。設計は、世界的に活躍するデンマーク人建築家ビャルケ・インゲルス率いる、B.I.G 建築事務所が担当した。海拔が低く、山がないデンマークにおいて、スキーができる「山」を造り上げている。

運営はコペンハーゲンをはじめ周辺地域の 5 つの地方自治体(Dragor 市、Frederiksberg 市、Hvidovre 市、Copenhagen 市および Taernby 市)によりなされ、対象の住民は約 64 万人で年間 54 万 t 程度のごみを処理している。また、ごみ処理のみではなく、約 15 万世帯にむけて温熱供給、電力供給を実施している。

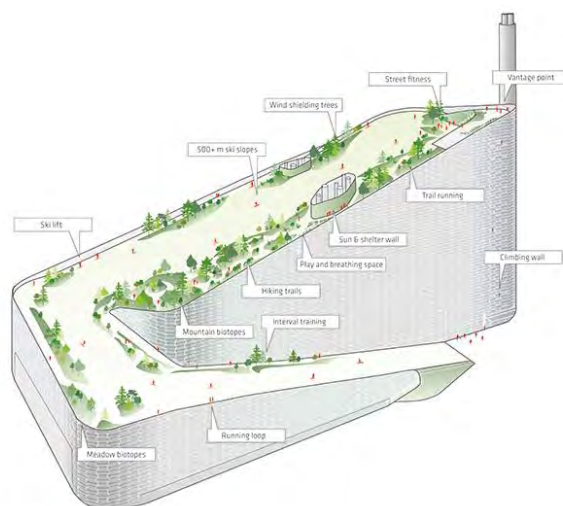


図 2.5.1-1 全容図

(引用 HillsLife:
<https://hillslife.jp/learning/2020/10/05/copenhill-turns-a-power-plant-into-the-bedrock-for-social-life/>)



図 2.5.1-2 外観(写真)

(引用 ARC HP:<https://a-r-c.dk/amager-bakke/>)

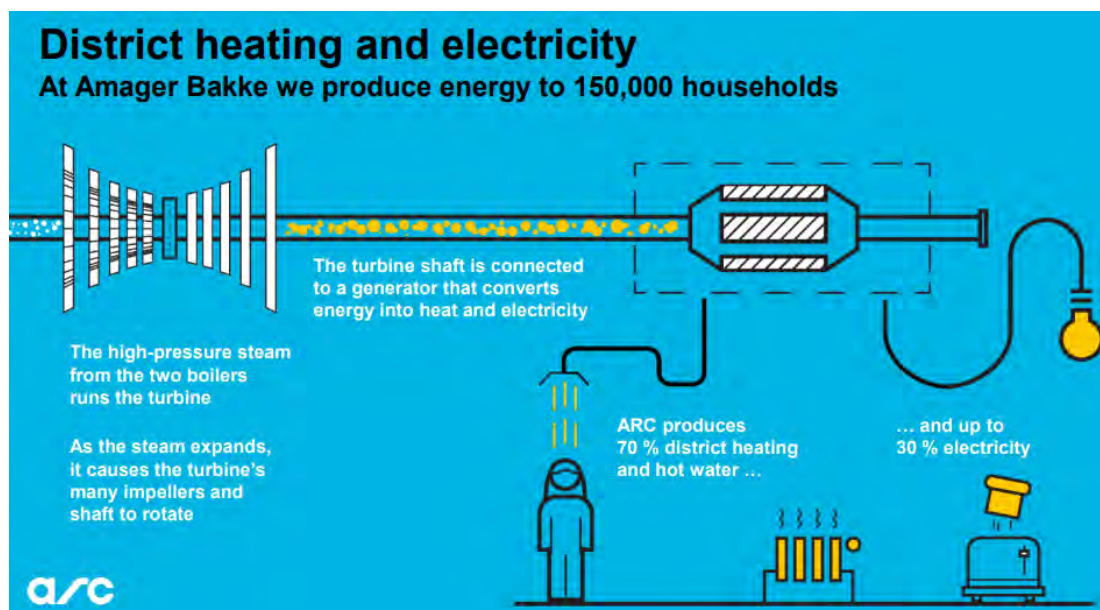


図 2.5.1-3 ごみ処理時蒸気の活用イメージ
(ごみ処理時の蒸気を地域熱供給と発電に利用し 15 万世帯に供給)

② プレゼンテーション内容

1893年にコペンハーゲン市に隣接するフレデリクスバーグ市はごみの廃棄場所がなく、コペンハーゲン市の受入れ費用が高いことから、ごみ焼却場を建設した。デンマークで最初のごみ焼却場となった。焼却時の排熱については、近隣の病院に供給したのが、デンマークで最初の地域暖房となった。コペンハーゲンのごみは当時、海にもってきて、廃棄していた。そのため、CopenHillがあるアマー島はごみの埋め立てで拡大。以前は、Shit(クソ)アイランドと呼ばれていた。実際に糞尿も運ばれ、埋められていた。裕福な人たちはコペンハーゲンに住んで、彼らの糞尿がこの島に運ばれていたが、人口が増え、処理しきれなくなり、アマー島に1970年にごみ焼却場が建設され、熱は地域暖房に利用された。また、1991年には国策として、熱の発生場所においては必ず発電に利用することが義務付けられ、地域暖房に加えてごみ発電を開始している。

Copen Hillを運営するARC社(Amager Resource Centre)は、コペンハーゲン市周辺の5つの地方自治体(Dragør市、Frederiksberg市、Hvidovre市、Copenhagen市およびTaarnby市)が出資している公共会社である。対象の地方自治体に居住している住民は約64万人であり、年間約54万tのごみを焼却処理している。尚、デンマークでは、年間500万tのごみが出る。年間一人当たり800kg以上の廃棄物を出しており、人口が少ないこともあり、統計上欧州の中で一番多くなっている。Copen Hillの他に、リサイクルセンター(Recycling Centre)を10施設、地元のリサイクルステーション(Local Recycling Station)を9施設運営し、住民は自由にごみを持ち込み、または利用できるものの持ち帰りが可能。ARC社として年間の売上高は、2021年で約158百万€。

デンマークでは一般廃棄物と産業廃棄物を分けずに行政の管轄で処理しており、リサイクルできないものは焼却し、焼却により発生する熱を利用して発電し、石油や天然ガス等燃料の代替利用することでCO₂削減にも貢献している。

ごみ処理場としても先進的な取り組みを行っており、例えばデンマークでは2025年までにプラスチックの包装についても分別リサイクルが義務付けられ、digital water marksというパッケージ上のマークで(QRコードの様なイメージ)で機械分別する技術も生まれている。

ごみ処理からエネルギーへの転換プロセスは下図の通り、200 台/日のごみ回収トラック(尚、すべて EV トラックとなっており、ARC 社は欧州でも有数の EV トラック保有業者となっている)がごみを運搬、35t/h で焼却を行う能力がある。ごみ処理後に灰や砂等を含むスラグが発生するが、それらは最終処分場へと向かう。金属類は回収され、道路工事等に有効活用される。

ごみはイギリス、イタリア、グリーンランドなどからも輸入して処理している。(処理費を獲得できる)

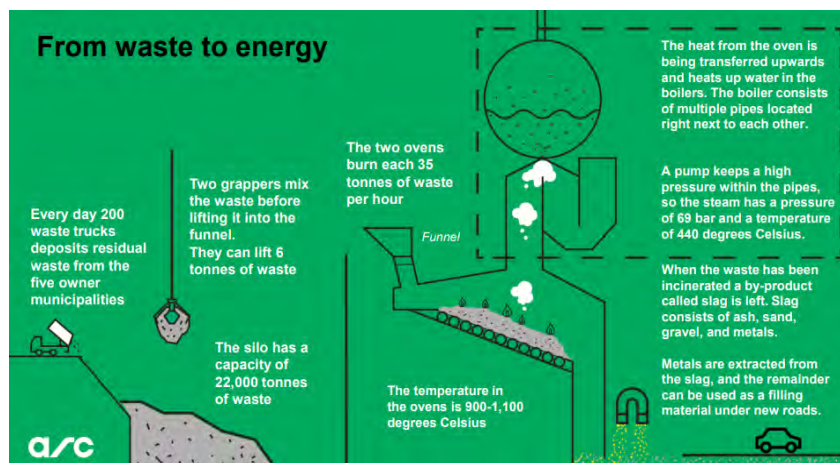


図 2.5.1-4 廃棄物からエネルギーへの転換イメージ

ごみ処理時の蒸気を活用し、70%を温水と温熱利用、30%を発電に利用して 15 万世帯に供給する。

国民の 6 割、特に都市部では 98%程度の住民が地域熱供給の恩恵を受けるデンマークではごみ処理場の排熱・蒸気の有効活用は必須であり、効率的に配管接続されていることがよくわかる。

環境先進国であるデンマークであるが故に環境対応も厳しく、排ガスの浄化に割かれるプラント占有面積の割合も大きくなっている。

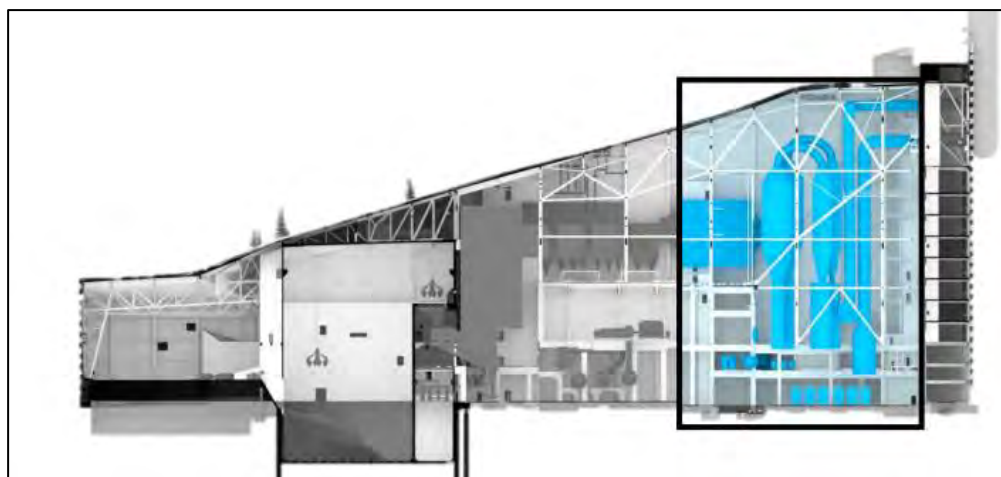


図 2.5.1-5 プラント断面図

(プラントにおける排ガス処理関連プラントが占める部分の様子)

EU 基準における NO_x やダイオキシン、埃粒子等の有害物質の基準値は欧州基準の 1/10 以下とかなり低くなっており、煙突から出る排ガスは周辺の空気よりも綺麗な水準であるとされる。

ごみ処理施設的环境改善が進み、排ガス中の有害物質やフライアッシュの除去については燃焼時に発生する有害物質を吸着するために、ろ布を使用、ダイオキシン発生を防ぐため、燃焼時に 900℃以上に 2 秒間以上保って有機物を完全に分解してから、200℃以下に急冷しダイオキシンの生成を抑制する他、巨大な空気の吸

込口をつくりごみ処理施設特有のニオイが建物の外に漏れないようにする等の技術を通じて、高度に行われている。

一方で、清掃工場から排出される CO₂ の削減にも積極的に取り組んでおり、化学物質を利用した CO₂ の回収(※)についての実験施設を工場内に設置している。この実験は、基礎実験の段階を経て、現在、実証実験を行っている。しかし、この化学物質を利用した方法は、巨大な設備を施設内に設置することが必要であることなど、コストが高いことが課題となっており、現時点では、まだ実用には至っていない。

※ 化学物質を利用した CO₂ の回収については、環境省資料によれば、火力発電所などの排気ガスから高純度かつ大量の CO₂ を回収するには、アミンと呼ばれる化学物質を利用するのが一般的である。排気ガスをアミン溶液と接触させると、アミン溶液が CO₂ を吸収する。この CO₂ を含むアミン溶液を 120℃ に加熱することで、CO₂ が分離し、CO₂ を回収することができるとあり、同様の技術導入を行っていると思像される。

表 2.5.1-1 排ガスの EU 基準等との比較表

Parameter	Unit	EU Directive	Environmental approval	BREF-dokument	Our numbers
Dust particles	mg/m ³	10	5	2-5	0.82
Hydrochloric acid (HCl)	mg/m ³	10	5	2-6	0.58
Sulfur dioxide (SO ₂)	mg/m ³	50	30	5-20	1.16
NOx	mg/m ³	400	100	50-120	14.65
Mercury (Hg)	mg/m ³	0.05	0.025	0.005-0.020	0.0004
Sum of 9 metals	mg/m ³	0.5	0.25	0.01-0.03	0.009
Dioxins	ng/m ³	0.1	0.08	0.01-0.06	0.0015



図 2.5.1-6 CO₂ 回収プラント

2.5.2 質疑応答

Q1: 発電した電気はどのように販売しているのか。

A1: 市場を通じて売却している。市場価格の動向を見ながら発電量の調整を行うこともある。市の所有施設で営利目的ではないため、収益は熱料金に還元される。5年間のスパンで収益も損失も出ないようにする必要がある。

Q2: 施設の建造費に関する資金調達はどうような手段によるものか。

A2: 自治体を与信にした公共銀行からの調達であり、金利はゼロである。

Q3: 発電燃料をごみとして、ごみのみでの発電をしているのか、混焼等しているか。

A3: 発電燃料はごみのみである。ごみ処理時の排熱を利用した施設である。

Q4: ごみの燃焼における特別な技術を有しているのか。

A4: 均一に燃やすようにクレーン操作(空気を含むように攪拌等)のノウハウ等はある。

Q5: ガス燃料よりも経済的と言えるほどごみを安価(例えばマイナスコスト等)で調達できているのか。

A5: 海外からのごみ輸入(処理費用を各国負担)等による調達も行っている。

Q6: 発電所の上にスキー場がある。安全面や排ガスの環境影響をなくす取り組み等、特殊な技術があるのか。

A6: 排ガス基準は厳しく設定されている。(実際に上った際も臭気等は感じることはなかった)

Q7: スポーツ・リゾートとしての人工スキー場、ジョギング、ボルダリング設備等の市民の使用頻度や使用料などの実態(実訪問で確認可能)

A7: 訪問時も学生のグループらがスキーをしているなど、有効に活用されている様子であった。
尚、1時間で150DKK(25USD程度)の料金設定。

Q8: 建設に当たって、国民、市民のコンセンサスを、どのように得たのか。

A8: 老朽化したごみ処理場の建て替え工事にあたっては国際コンペが開催され、環境配慮性や迷惑施設にとどまらない施設の活用等の条件設定の元、決定された。

Q9: ごみ発電を行うことはCO₂の排出削減につながるが、ごみ焼却自体からはCO₂が排出されることに変わりはない。例えば、CO₂と水素を混合してメタノールを生成するなどのCN策は検討しているのか。

A9: CCSの実証は行っているが、CO₂と水素のような取り組みはできていない。

2.5.3 所感・まとめ

デンマーク政府は「2030年までにCO₂70%削減、2050年までに化石燃料から独立、」というエネルギー政策を掲げており、コペンハーゲンにはさらに、「2025年までに世界初のカーボンニュートラル都市」を目指して脱天然ガス等をはじめとした環境施策を進めている。

ごみ処理場からの排熱も無駄使いするようなことなく、コペンハーゲンでは98%の住民が恩恵を受ける地域熱供給への有効活用、発電による電力市場への売却等に余すことなく利用されている。デンマークでは地域熱供給事業が全国的に普及しており、各地のごみ処理プラントは熱製造と共に、発電事業を行う拠点として有効活用されている。日本ほど地下構造が複雑でなく(メトロは一路線)熱供給配管への接続も比較的容易と想像される。

デンマークでは、水素は高価なものと位置づけられているが故に基本的に利用予定はなく、バイオマス燃料等の他の燃料種の有効活用が進む。

Copen Hillに話を戻すと、迷惑施設であるごみ処理場をレクリエーション施設として市民が気軽に活用する施設を兼ねる設計とし、さらに山のないコペンハーゲンに“山”を生み出す、というコンセプトは設計事務所含め、極めて画期的なアイデアであると思われる。

このような発想の転換は日本でも不可能ではないはずであり、見習う点もあるのではないかと。

第3章 ドイツ(ベルリン,ドレスデン,ミュンヘン)

3.1 ベルリンの紹介

1990年のドイツ統一に伴い、首都がボンからベルリンへと移り、人口約370万人を抱えるドイツ最大の都市である。ベルリンはドイツ北東部に位置し、旧首都のボンからは東に約600kmの距離、ポーランドとの国境から西側に60km離れた場所に位置する。ドイツの政治、産業、経済、文化の中核になりつつあり、今後の発展が期待されている。また、ドイツの2023年のGDP(国内総生産)が日本を抜いて世界第3位に浮上する見通しが発表され、ドイツ経済に大きく貢献している都市の1つと言える。

ベルリンの気候は、夏は温暖で平均最高気温が22~25℃であり、時には30℃以上にもなる。平均最低気温は12~14℃となる。冬は比較的寒冷で平均最高気温が4~5℃で平均最低気温は-2~0℃であり時には-10℃を下回ることもある。東京と平均気温で比較すると、年間を通して4~8℃気温が低い。

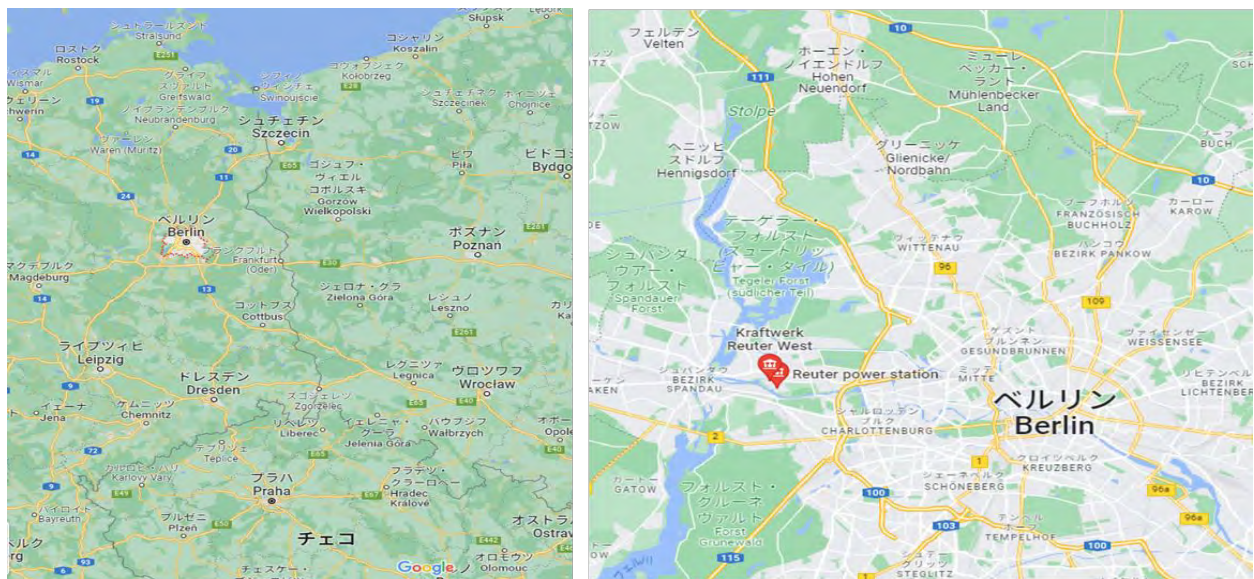


図 3.1-1 ヨーロッパにおけるドイツとベルリン 位置関係

3.2 Vattenfall heat Berlin(ヴァッテンフォールヒートベルリン)

【日時】2023年11月16日(水) 14:20~16:10

【場所】Battenfall

【説明】エネルギー事情、ウクライナ問題:ハイテタウワー氏、トランスフォーメーションオフィス室長、
ベルリンの地熱供給の変遷:マルクフォース氏、システム開発室室長
ベルリンの熱供給の現状:ダニエルコレク氏、ビジネス部門の室長



図 3.2-1 ヴァッテンフォール本社(写真)



図 3.2-2 説明会 会議室にて(写真)

3.2.1 概要

ヴァッテンフォールはスウェーデンのストックホルムに本社を置く大手電力会社・エネルギー会社。1990年代の電力自由化以後、フィンランド・デンマーク・ドイツ・ポーランドを含めヨーロッパ各地に買収を行い、北欧のみならずヨーロッパ有数の多国籍エネルギー企業となっている。

「ヴァッテンフォール」(Vattenfall)は英語の「ウォーターフォール」に相当する。1909年に設立された王立水力発電委員会(Kungliga Vattenfallstyrelsen)を前身とする公営企業で、スウェーデン政府が100%所有している。長年スウェーデン北部の山岳地帯での水力発電を行ってきたほか、ストックホルムの北のフォルスマルク原子力発電所など多数の原子力発電所を運営し、ドイツなどスウェーデン国外の火力発電所や原子力発電所も保有している。

ドイツでは1990年代末以来、ヴァッテンフォールは八大電力会社のうち三社を子会社におさめてきた。1894年創業のハンブルク電力会社(Hamburgische Electricitäts-Werke, HEW)、旧東ドイツの電力事業をもとに設立された合同電力会社(Vereinigte Energiewerke AG, VEAG)、1884年創業のベルリン電力会社(Berliner Städtische Elektrizitätswerke Akt.-Ges, Bewag)である。2002年から2003年にかけてこれらの会社は褐炭採掘会社 Laubag 社とともに、ベルリンに本社を置く「バッテンフォール・ヨーロッパ」(Vattenfall Europe AG)に統合され、各社のブランドは2006年にヴァッテンフォールに置き換えられている。ベルリン最大の地域暖房会社で供給対象は64.5万人、68,000社に及ぶ。製造設備は発電所が24箇所と100以上のエネルギー供給施設を備え、供給設備である地域導管ネットワークは総延長約2,068kmと西ヨーロッパ最大規模となっている。

3.2.2 プレゼンテーション内容

「ベルリンの化石燃料を使わない地域暖房への取組み」と題してヴァッテンフォール社の気候中立性に対する取組みを説明いただいた。

- (1) ドイツとベルリンのエネルギー事情について(トランスフォーメーションオフィス室長 ハイテタウワー氏)
 - ・ベルリンでは相互接続された送電網が脱炭素化の最大の要素であり、会社売り上げの95%を占めている。中でも、ベルリンのエネルギーは気候に優しい地域暖房が貢献している。
 - ・ベルリンでは人口の約70%が都市部に住み、CO₂はビルからの排出がメインとなっていることから地域暖房が重要な環境要素を占めている。ベルリンの建物の3/4が1980年以前の建物で断熱性能等が劣っており、再生可能エネルギー(以下、再エネ)を街中で有効に利用することが重要であり、すでに取り組みは始まっている。
 - ・ヴァッテンフォール ヴェルメ ベルリンはドイツ最大の熱供給会社であり、その導管延長は2,068kmに及ぶ。毎年、20~30kmの導管が延長され、100以上のエネルギー供給施設と連結されている。発電所は17TWの能力を有し、排熱の50%を地域暖房で有効利用している。ベルリンは相互接続された送電及び導管網が発達しており、売上高の95%を占める。残りは独立した送電・導管網となる。ベルリンでは東と西で設備構成が異なっているが1990年にネットワーク化によりシステムとして成り立っている。
 - ・発電燃料としては、2020年基準で、天然ガス75%、石炭18%、褐炭7%で年間1,700万tのCO₂を排出している。このうち500万tが地域暖房分となる。今後は褐炭や石炭からの脱却が重要となる。2030年までに石炭火力から脱却し、全体の40%を再エネへ切り替え、地域暖房分である500万tのうち200万tの

CO₂削減を目指している。

- ・ドイツの都市暖房は天然ガスをはじめとした化石燃料が大半を占めており、これもビルから排出される CO₂ の削減に大きな意味があると考えている。挑戦課題として 2030 年にはEU基準で CO₂ 排出量-55%の削減を目指しており、このうちドイツでは-65%、ベルリンでは-70%の削減を目指し、内-40%をビル等の建物側でヒートポンプ(以下、HP)を活用することで削減を計画している。
- ・脱炭素に向けて地域暖房は重要な役割を果たしており、2040 年までに地域暖房と HP の 2 つの法的整備(新法)を計画しており、地域暖房と HP の重要性が記載されることになる。
- ・ウクライナ危機を踏まえて地域暖房の重要性が高まった。LNG の 30%程度を石炭と石油に変えざるを得ず、ガスはロシアからの調達を南アフリカへ切替えた。

(2) 質疑応答

Q1: 褐炭発電対応として、アンモニア混焼などの検討はしているか。

A1: 現在は褐炭を使用していない。硬質炭を使用している。

Q2: ロシアからの天然ガス依存度はどの程度か。

A2: ベルリンでは液化天然ガスの 60~70%をロシアに依存していた。ドイツ全体ではノルウェー、オランダの地方ガスで代替対応し、更にはガス備蓄にて対応した。

Q3: 2040 年の新法に対して行政からの支援は。

A3: 発電所、ネットワーク延長に助成金がある。気候変動対策が盛り込まれていることが条件で、ケースバイケースで補助率が異なる。

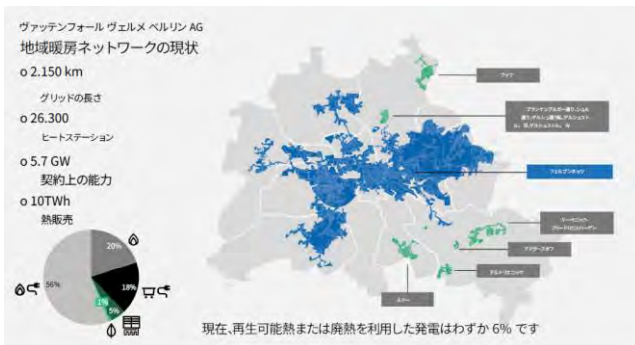


図 3.2.2-1 説明スライド

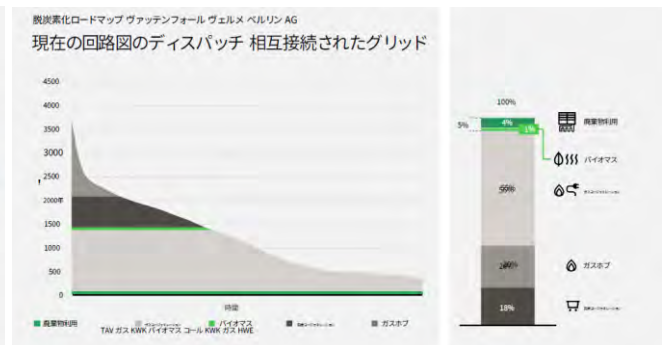


図 3.2.2-2 説明スライド

(3) 地域熱供給の今後について(システム開発室室長 マルクフォース氏)

- ・2040 年までの地域暖房の計画についてはガスプラント、HP、バイオミックスなどインフラが必要であると考えられる。また、蓄熱、ネットワークなど複数のプラントを束ねる全体制御コントロールセンターも必要である。
- ・ロードマップとしては、脱石炭、大型 HP、排熱を使用する施設、グリーン水素導入を行う。また導管網の拡大や、蓄熱効率の向上、年間を通じた蓄熱技術の底上げが重要である。
- ・現状、18%の硬質炭、再エネ利用率は 5%程度であるが、
 - ① 2030 年までに再エネを 43%にする。脱石炭、ガス使用量の低減、バイオマスガスの生産拠点が現在 4 拠点あり有効に利用する計画。

② 2035年までに再生可能エネルギーを54%にする。排熱利用、HP利用。

③ 更には、2040年までには水素導入で100%とする。

水素導入については補助金、規制等について今後検討に入る。

(4) 質疑応答

Q4: 2045年には水素供給を受けるとのことだが、その供給方式は導管方式、水素貯蔵合金等々方法があるが、どの方式となる予定か。

A4: 水素ネットワークは既にあり、高圧水素ガス導管ネットワークとなる。

Q5: 日本ではメタネーション技術によるe-ガス供給を検討しているが。

A5: 並行して研究を進める。一気にガスから水素への切替えは現実的ではないので、ガス供給網も残しつつ、水素ガス導管を作っていく。

Q6: HPは空気もしくは水のいずれを利用するのか。

A6: 河川水を利用する。温熱として、98℃の温水を製造し、蓄熱併用とする。冷媒としてアンモニアを利用した技術はすでに採用している。

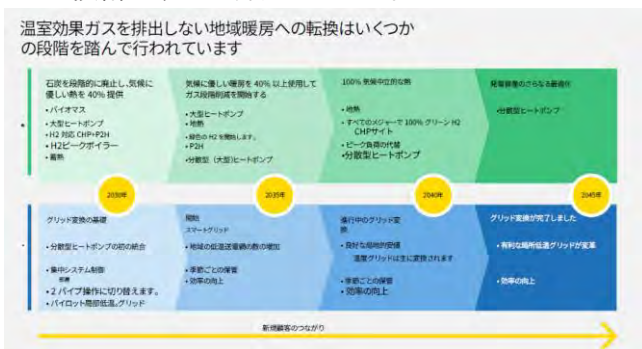


図 3.2.2-3 説明スライド

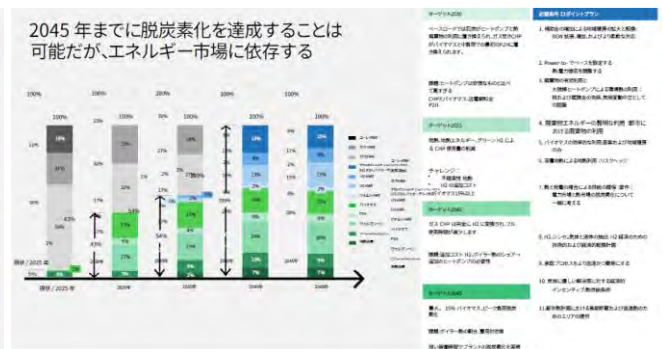


図 3.2.2-4 説明スライド

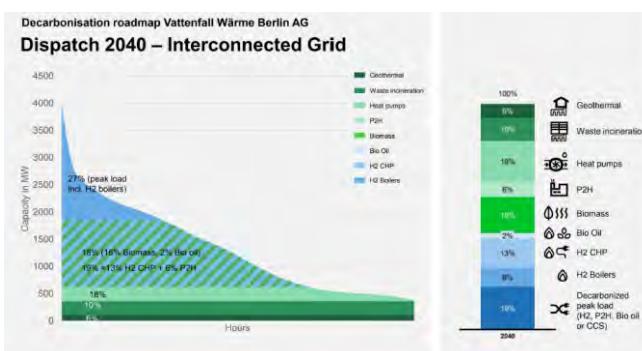


図 3.2.2-5 説明スライド



図 3.2.2-6 説明スライド

(5) ベルリンの地域熱供給の現状(顧客)について(ビジネス部門室長 ダニエルコレク氏)

・ベルリンの地域暖房の顧客の契約は安定したりリスクの少ない顧客が多い。

(企業(BtoB)62%、商業ビル 20%、公共施設 17%、個人(BtoC)0.3%)

・ベルリンの約 80%が賃貸住宅(ビル)であり、契約は居住者ではなくビルオーナーと行うこととなっており、

熱供給会社としてもリスクが少ない。ビルオーナーがビルを売却しても熱供給契約は継続する法律となっている。契約は10年契約で離脱はほぼなし。

- ・Building Energy Act(建築エネルギー法)が施行されており、65%以上が再エネ利用である必要がある。当社と電気を含めて契約することで自動的に65%が再エネ利用とみなされる。また地方自治体での都市熱計画があり、こちらについても当社と契約すれば達成することとなる。
- ・商品名 SWK+を新たに作成。現行契約からの移行により、契約年数を短くし、設備増設・燃料高騰に対し柔軟な対応が図れるようになる。法的な部分が整備され、当社は法的対応で追い風の状況にある。

(6) 質疑応答

Q7: 供給導管延長が非常に長い、その所有者は。

A7: 供給導管はヴァッテンフォール、建物の中からはビルオーナーである。

Q8: 再生可能エネルギー利用の料金は。

A8: 基本料金と従量料金がある。SWK+は従来製品より若干高い程度である。

Q9: ベルリンの電力供給はヴァッテンフォール社1社か。

A9: 独占ではないがマーケットリーダーである。熱供給エリアは独占している。

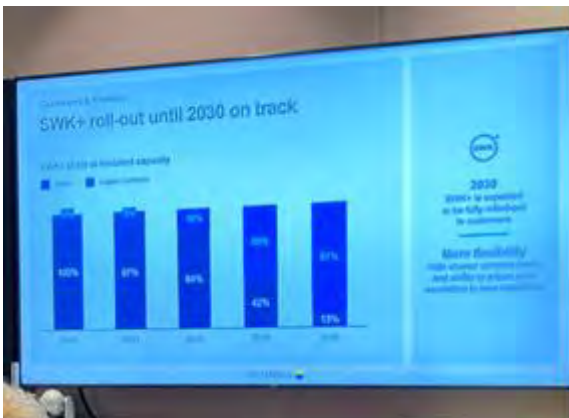


図 3.2.2-7 説明スライド



図 3.2.2-8 説明スライド

3.2.3 所感・まとめ

ベルリンの地域熱供給は日本よりも歴史が古く、1898年に導入された発電所からの蒸気供給ネットワークが最初である。導入、整備にあたっては国や地方公共団体等が深く関与しており、「公共性」という位置づけが非常に高く、地域熱供給が社会の中で公共サービスの一つとして整備され、発展していったものと思われる。これに対して日本の地域熱供給は国や地方公共団体の関与が少ない状態で、民間が主体となって整備を進めていることが多いことから、そもそも国レベル、国民目線において地域熱供給に対する意識に大きな違いがあるのではないかと感じた。

その中で、ドイツ最大の都市ベルリンの地域熱供給について視察し、熱供給事業を取り巻く直近の事情と将来構想の説明を受け、EUの強い指導とドイツの国を挙げた取り組みを理解することができた。

- ・ベルリンの夏は涼しく、冬も比較的寒冷である。

- ・ドイツ国内の一般住宅では、冷房器具はほぼなく、暖房器具のみを使用している。
- ・ベルリン市は、元々は沼沢地で地下水面が割と高く、建設現場では湧水配管が地上を通して排水されている。
- ・古くから水道・ガスと同様にライフラインとして温水配管が敷設されていることから、地表面に近く、導管延長も比較的容易に施工しやすい。
- ・地域熱供給導管の延長は 2,068km に及び、毎年 20～30km の導管が延長され、100 以上のプラントが連結されている。地域導管の所有者はヴァッテンフォール社である。
- ・熱供給の契約はビルオーナーとの BtoB 契約で、その契約はビルオーナーが変わっても継続される法がある。
- ・Building Energy Act (建築エネルギー法) が施行されており、65% が再エネ利用である必要がある。DH 利用で 65% が再エネ利用とみなされる。
- ・燃料高騰時において会社が費用を負担しない旨の取り決め(条項)がある。
- ・発電所排熱の 50% を有効利用している。1990 年を境にシステムの違いがあり、それは東西ドイツ時代のシステムを表している。
- ・燃料としては、2020 年基準で、天然ガス 75%、石炭 18%、褐炭 7% である。
- ・ドイツの多くの都市で化石燃料が多く使用されており、現在再エネ利用は 5% 程度であるが、2030 年までには再エネを 43% にする。更には、2045 年には水素供給が始まる。水素供給の方式は高圧水素ガス導管となる。
- ・今後は河川水 HP を利用した温水供給(95℃程度)も導入する。(余剰電力利用)
冷熱供給主体である日本と異なる気象状況、長い歴史の中で社会主義と資本主義が混ざった(熱導管を含む)供給網整備状況、熱供給事業が法律で保護されていることなど、やはり歴史・文化の違いと「公共性」が高いということが違いとして認識できた。
- ・今後の脱炭素化に向けて、化石燃料から再エネへと大きく舵を取っていくことがロードマップで示されているが、実行に向けたより具体的な方策について EU、国レベルでエネルギー施策を施し、民間、国民とともに一体となって高い意識を持ちながら実行するといった強い意志が感じられた。

3.3 ドレスデンの紹介

3.3.1 概要

ドレスデンは、エルベ川の谷間に位置する、ドイツ連邦共和国ザクセン州都である。3つあるザクセン州の行政管区の一つである。ドレスデン行政管区を中心都市であり、面積は328.8km²(名古屋市とほぼ同じ)人口は約56万人(名古屋市の約1/4 2022年現在)



図 3.3.1-1 ドレスデンの位

3.3.2 気候

ケッペン気候区分 夏季は温暖で冬季は比較的寒冷的な西岸海洋性気候

最暖月最高気温:24.5度(7月)

最寒月最低気温:-1.7度(1月)

年間平均気温:9.8度

年間降水量(mm/年):654mm

降雨は年間を通して平均的にある

主要交通) ドレスデン空港

ドレスデン北部クローチェ地区にある国際空港

ドレスデン中央駅

ベルリン、プラハ、ニュルンベルクとの間に直通列車を持つ。

市内交通) 路面電車(ドレスデン交通企業体) 超低床車のフレキシティ・クラシック

→利用者が多い為、列車編成も約45mと長大である。



図 3.3.1-2 路面電車(写真)

3.3.3 産業

もともと工業都市であり、戦前から旧東独時代も通して、精密機械から重工業まで、あらゆる工場が林立していた。

かつては、イハゲーをはじめとする多くのカメラメーカーが拠点を置いていたほか、グラスヒュッテとともに、高級腕時計の生産地としても名を馳せる。

フォルクスワーゲンの自動車工場「グレーゼルネ・マヌファクチュア」もある同工場は2002年に操業し、フォルクスワーゲン・フェートンなどの製造を行っている。

また、近年では独インフィニオン・テクノロジーズ社から独立したキマンダ社、米AMD社の半導体製造部門が独立したGLOBALFOUNDRIES社などの製造拠点が置かれ、欧州における半導体製造拠点の一つともなっている。



図 3.3.3-1 フラウエン教会(写真)



図 3.3.3-2 壁画 君主の行列(写真)

3.4 Sachsen Energie(ザクセンエナジー)/ DREWAG Stadtwerke Dresden(ドレワグ シュタットベルケドレスデン)

【日時】2023年11月17日(木) 15:00~17:00

【場所】Sachsen Energie

【説明】フレッジマン氏(熱供給責任者)、アーダマー氏(エネルギー販売責任者)、レディスキー氏(開発責任者)



図 3.4-1 会議室での説明会様子(写真)

3.4.1 概要

(1) 会社概要

① 経緯

設立年 1930年 法人形態 有限会社
 ⇒ 自治体による水道供給をする、
 市出資の公社から端を発する

↓
 21年 Ensoと新会社設立 ザクセンエナジーAG社となる

② 主な特徴

◆**経済的メリット**

- ・収益事業と非収益事業との損益通算が会社法上認められている
 ⇒ 節税効果、域内の資金循環
- ・複数事業の運営
 ⇒ 職員の多能工化、包括的コスト削減
- ・地域雇用の確保

◆**情報開示(義務)**

- ・法律にて、決算書等の議会提出が義務付
 ⇒ パブリックバリューの視点で情報開示

③ 組織

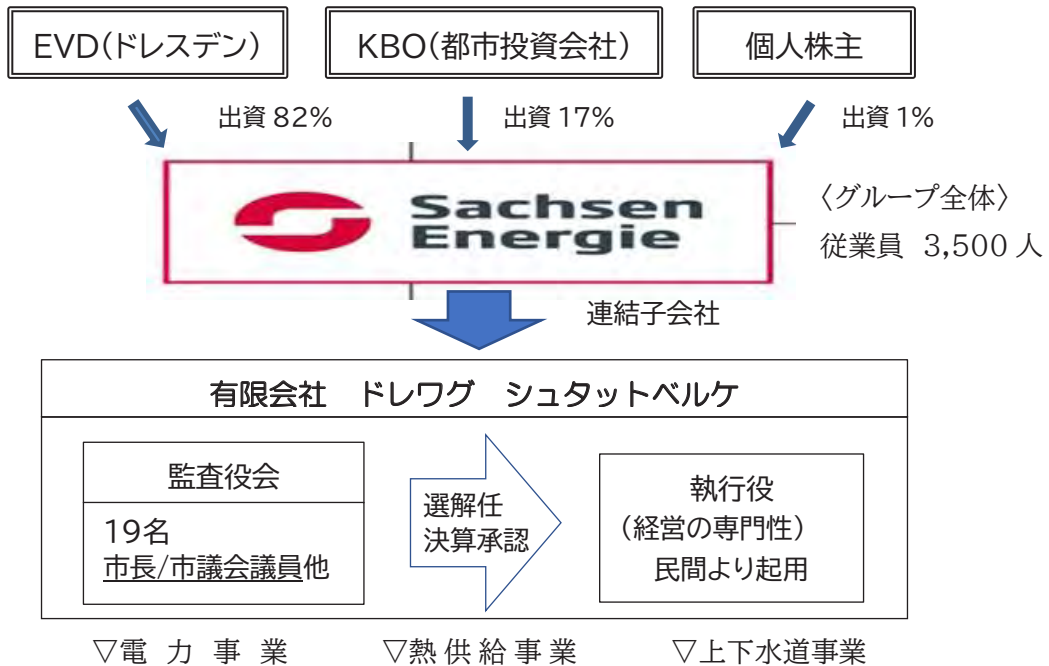


図 3.4.1-1 ドレワグ シュタットベルケの構成図

④ エネルギー ネットワーク
グループ企業

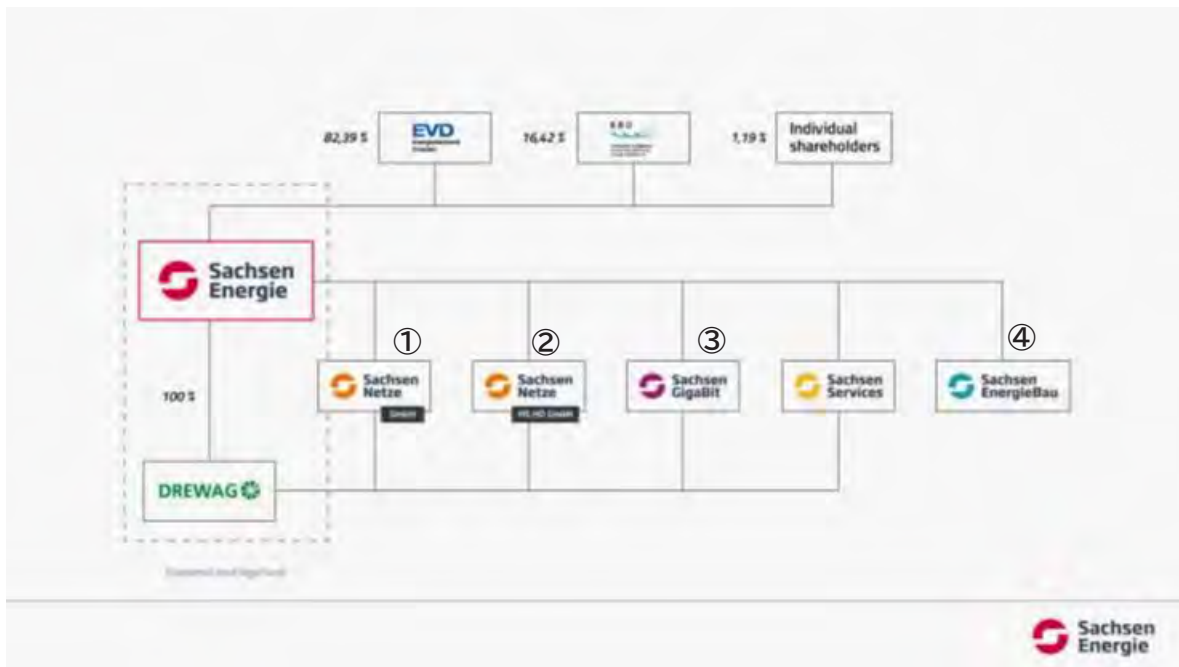


図 3.4.1-2 ザクセンエナジーグループ企業

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| ①ザクセン ネット GmbH | (中電圧)電気供給、(低中圧)ガス供給 |
| ②ザクセン ネット HS, HD GmbH | (高電圧)電気供給、(高圧)ガス供給 |
| ③ザクセン ギガビット | 通信事業 |
| ④ザクセン エネルギー建設 | インフラ建設、エネルギー施設 建設 |

⑤ インフラ施設

電力事業(発電所)	ドレスデンライク熱供給プラント → 化石エネルギー/太陽光発電 熱電併給プラント ノッセナーブリッケ → 化石エネルギー クラフトヴェルクミッテ(94年廃棄) → 亜炭
水力発電	ドルフハイン水力発電所
太陽光発電システム	ハスラウ、ドレスデンコッタ、ドレスデンライク
風力タービン	フィヒテンハーヒ、ライヘンバッハ、ジーベル
水道事業	ホスターヴィッツ水道、トルケヴィッツ水道



図 3.4.1-3 ドレスデンライク熱供給プラント(写真)



図 3.4.1-4 熱電併給プラント ノッセナーブリッケ(写真)



図 3.4.1-5 ドルフハイン水力発電所(写真)



図 3.4.1-6 ホスターヴィッツ水道施設(写真)



図 3.4.1-7 トルケヴィッツ水道施設(写真)

⑥ ザクセンエネルギーのマーケット

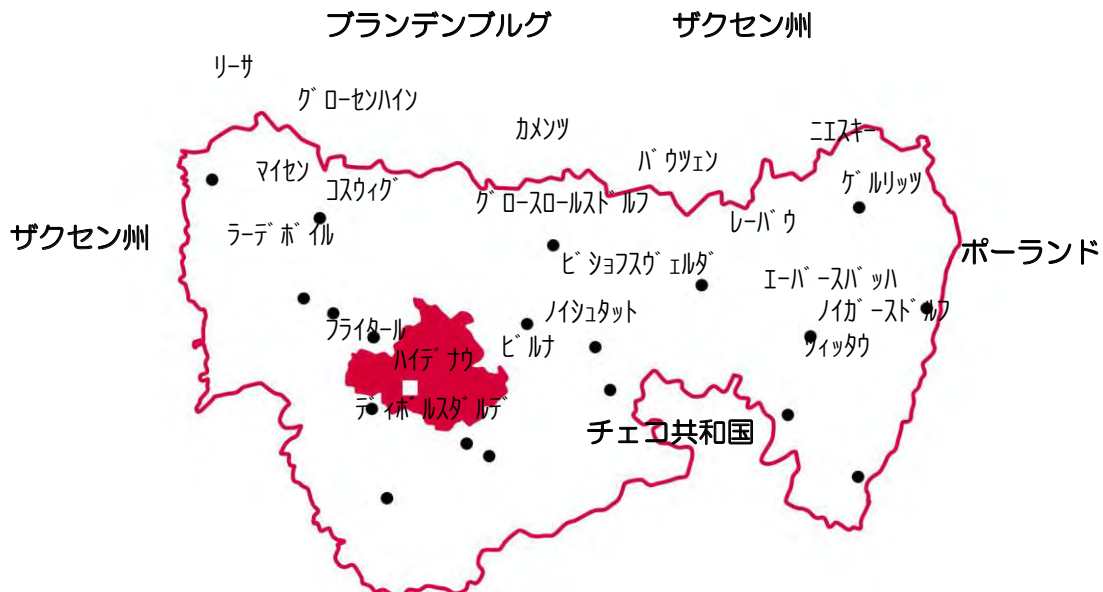


図 3.4.1-8 ザクセンエネルギーのマーケット範囲(赤色部分)

売上	50 億€	
投資額	30~40 億€	
年間利益	約 1 億 7,200 万€ (利息、税引後)	
顧客	160 以上の自治体 600,000 の顧客	
インフラ網	①送電	24,648km (ドレスデン ↔ ハワイ間の約 2 倍 相当)
	②ガス	6,858 km (ドレスデン → エベレスト 相当)
	③地域暖房	647 km (ドレスデン ↔ ズイットル間 相当)
	④水	2,420 km (ドレスデン → アイスランド 相当)
	⑤光ファイバー	4,650 km
販売量	①電気	17,544GWh
	②ガス	24,993 GWh
	③地域暖房	1,602 GWh
	④水	4,200 万m ³
	⑤冷熱冷蔵	191 GWh
	⑥ブロードバンド	13,994 人が利用
設備容量、供給能力等	発電能力	約 375 MW (熱生産を伴う電力のみ)
	発電量	1,400 GWh (熱生産を伴う電力のみ)
	熱供給能力	約 950 MW、追加の 100 MW
	蓄熱熱供給量	1,600 GWh

⑦ プラントの設備概要

3つの生産拠点、すべて熱電併給（CHP）発電を備えています

- ・ガスタービン CHP プラント NB: ガスタービン 64 MW el 3 基、蒸気タービン 64 MW el 1 基、補助燃焼 3 x 165 MW th Reick
 - ・ガスエンジン CHP プラント: 8 ガスエンジン 11.7 MW el、蒸気発生器 2 台 17 MW th、蒸気タービン 1 台 2 MW el、温水発生器 2 台 116 MW th
 - ・北ガスタービン CHP プラント: ガスタービン 12.2 MW el 1 台、蒸気発生器 3 台 17 MW th
- Sachsen Energie 最大の発電所の建物構造は 1990 年代初頭に計画されました。当時の目標は、すべての要員が現場で直接、運用・保守・サービスなどの業務に携わることでした。これはもはや IT の現状のベンチマークではありません。

(2) プレゼンテーション内容

Sachsen Energie はドイツ国内で 4 番目に大きい地方公共事業会社（従業員約 3,500 人）であり、東ドイツ最大である。1930 年に設立され最も伝統的であり、2021 年に新ブランドとして Sachsen Energie を立ち上げ最も新しい地方公共事業会社である。電気・ガス・熱・水道事業に加え一番新しい領域として電気通信事業を手掛け、マルチエナジー会社として、カスタマイズされたエネルギーサービスを提供している。ザクセン州内に 70 の事業所がある。インフラを統合して事業することのメリットは、事業パートナーとして中心的な役割を担えること、ワンストップサービスの提供、コールセンターを一括でできる、纏めて配管を敷設できることが挙げられる。

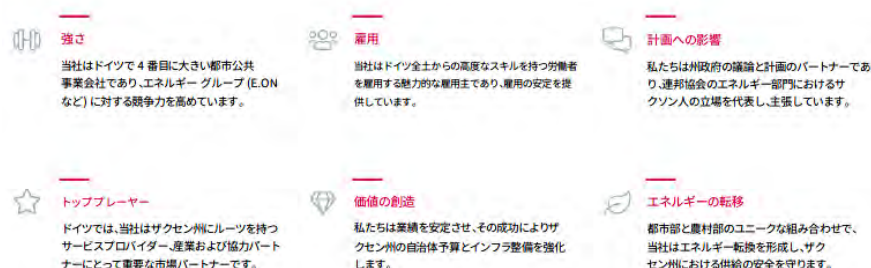
東ザクセン州とドレスデン市内において 160 以上の自治体及び 60 万人の顧客を持っている。

ドイツ国内において独占はなく、遠方にも供給は可能である。ただし現実的には水と熱は水道管・導管の設備投資が必要であるため独占、電気とガスが競争となっている。特に電気事業においてはドイツ最大の電力会社 E.ON との競争が厳しい環境下にある。

Sachsen Energie の強みは、地域に根付いた会社として地元企業のパートナーとなり都市や地域の人々の懸念をよく理解している。地方のためのスポンサー活動、地方の労働市場の提供者としての役割も果たしている。

Sachsen Energie においても、CO₂排出量削減、都市機能の移行、人口減少、エネルギー転換の問題など世の中の共通の課題を抱えている。

当社は強力な都市インフラのサプライヤーです。



© 2022 Sachsen Energie AG. 掲載の情報は 10/2022 のものです。



図 3.4.1-9 説明スライドより(抜粋)

ザクセンネットツェの課題 ...
…今後数年間では、次の分野で多様化します。



図 3.4.1-10 説明スライドより(抜粋:Sachsen Netze の課題)

【熱事業について】

熱事業は、DREWAG が行っている。DREWAG はドレスデン市内で熱を製造及び供給しており、ザクセン州の地方には熱を供給していない。熱供給事業は、人口が集中していることが必須要件であり、地方への熱は供給していない。そのため、ザクセン州の田舎町には熱供給事業はない。

熱の主な供給先は住宅である。ドレスデン市の 45%が地域熱を使っている。残りの住宅は天然ガスを使っている。田舎町では、灯油や電気で暖房をしている。

【CO₂排出量削減】

CO₂排出量に伴う税金は、今後さらに値上げされるため、段階的に熱供給事業のシステムを切り替えていく必要がある。

例えば、ヒートポンプ(以下、HP)を活用し電気料金が安い時間を使って熱を作る、ごみ焼却の排熱を利用することを考えている。CO₂を排出しない熱の製造拠点を作る技術は持っているが、費用負担の問題があり着手できていない。

水素の利用はまだアイデア段階ではあるが、最終的には30～50%が水素を熱源とする必要があると考えている。また、電気式の HP では130℃の熱は作れないため、不足分については加熱する必要があるため、そのためにも水素が必要と考えている。

2045年までのカーボンフリー達成は、国のプライオリティの高い目標となっており、各州においても同様の目標としている。

他の地域ではまだ石炭を使用して熱を製造しており、Sachsen Energie は燃料ガス(都市ガス98%、バイオガス1%、軽油1%)を使用しているため、その意味では取り組みが進んでいる。

これからチャレンジする取り組みは、スマートメーターへの切り替えである。

【水素など新エネルギー源について】

将来的な水素への切り替えに向けて、水素と燃焼ガスを混焼する実証については考えていない。混焼は難しいため、100%で天然ガスから水素に切り替えることを考えている。

ガス配管が不要となった後、ガス配管の使い道についてはまだ検討していない。eメタン、バイオメタンへの

転用については、そもそも、eメタン、バイオメタンの研究もしていない。アンモニアや蒸気のリフォーミングについて研究している。

水素への切り替えは国の施策にて進められるため、Sachsen Energieとしては特にアクションをとっていない。

【デジタル技術の活用】

AIやITツールなどのデジタルツールの活用については、今はカスタマーサービスで Chat Bot を使っている程度である。将来AIを使ったプラント監視を行いたいと考えているが現段階では何もやっていない。

【再エネ電気の要望】

顧客からの要望はあり、電気需給契約も可能。ただし料金は10%の割増となる。

【カーボンフリー熱】

興味のある企業はあるが、料金が高いため販売実績はまだない。

【CCS】

現段階では、ドイツではCCSが法律で禁止されている。回収したCO₂を貯蔵することはできない。

【ロシア・ウクライナ戦争の影響】

燃料ガスの50%がロシアであったため、電気と熱を供給できるか危機に直面した。

LNGを使用し、他の国からの輸入量を増やした。

ガスの価格が 戦争前5¢であったものが、一番高い時期で100¢、今は11¢に落ち着いている。

ノルドプールには参入していない。

3.4.2 質疑応答

Q1: 電気設備では発電所と送配電設備、熱では熱源設備と導管等、御社では何をどこまで所有しているのか。

A1: 全て所有している。

Q2: 電気や熱を送る設備は、地域独占していないと、色んな設備を作っていけないと思うが、いかがか。

A2: ドレイワクは、ドレスデンの地域熱供給をしている。地域熱供給は、人口が集中している地域以外では成立しないため、ドレスデンにしかない。熱源と供給先間の距離が短い必要があるため、地方の地域熱供給は独占(自然と独占となっている)になる。地域熱供給は暖房用の温水供給。

Q3: 価格競争で、他社と比較してどう値下げしているか。

A3: 競争に強いのは、価格だけではない。政府からの規定されている情報があるので、それが値段に含まれているため、必ずしも安いというわけではない。

電気の場合の価格について、次の2024年を念頭に、欧州とドイツに大きな市場が一つずつある。

一番小さなコンポーネント 11¢/kWh、顧客の支払う料金は、ネットの接続料金も含まれてくる(約 5¢/kWh)。

3つ目のコンポーネントは、電力販売経費。4つ目は、税や税法。例えばドイツでは付加価値税 19%。

この4つのコンポーネントにより顧客毎に値段が決められる。

- ・ 2020年と比較して、現時点で 30¢/kWh→11¢/kWh まで下がった。電気料金は、毎日変動しており、毎日提供する価格も異なる。電気と熱については、毎日変動している。

この2つ分野の競合が E.ON 社。

- ・ 電気市場の中には、低圧から高圧含めて市場となる。ガスも同様。水と熱に関してはそのような市場はない。

Q4: ロシアのウクライナ侵攻による電気・熱供給に影響があったか。ある場合は、どのような対策を施したか。

A4: 非常に大きな影響があった。需要に対する電気・ガス供給ができるかという懸念があった。50%のガスをロシアから輸入。

- ① 需要を 20% 下げる必要があった。
- ② LNG をロシア以外から液体ガス含め輸入する必要があった。

この対応によって、値段は高騰化。

ウクライナ侵攻前は 5¢/kWh、一番高い時で 100¢/kWh、今は 11¢/kWh。

今後ウクライナ侵攻前の価格に戻ることはないと思う。2つの理由がある。

- ① 中央欧州には 2つのフィナンシャル市場、財務市場、物理市場の間に非常に強い関係がある。
- ② ノルドプール(国際電力市場)に参加すると、ファイナンシャルだけに関わることになる。

※ノルドプールと中央ヨーロッパの市場は同一ではない。

Q5: ガスの料金を値上げした場合は、熱料金も値上げになるか。

A5: 熱もガスから製造しているので、同様に値上げになる。

Q6: 熱製造の原燃料はガスか。

A6: 熱の原燃料は 98%ガス。1%がバイオマス、残る 1%は軽油。

Q7: ガスを燃焼すると CO₂ が排出されるが、今後脱炭素に向けてどうしていくのか。

A7: 欧州の決まり事があって、CO₂ 排出に対して税金を支払わなければならない。

CO₂ 排出量を抑制するためにこの税金は高くなっていくと思われる。そのために段階的にガスから他の燃料に切り替えていくことを計画している。

- ① 電力から熱を生産することもできる。電力は時によって、価格が安い時がある。そのため、HP に投資をしている。
- ② 産業排熱も利用している。
- ③ ごみの再利用。最終的に残ったものを焼却して熱を利用。

将来的には CO₂ を排出しない製造拠点を検討している。技術は既にあるので、問題は誰がそれに費用を捻出するか。

Q8: 水素は使わないのか。

A8: 風力・水等気候の影響を受けない場合は、水素を使ったエネルギーを配給することになる。

現時点ではアイデアレベル。ガスを他の燃料・エネルギーに転嫁していく必要があるが、最終的には水素が必要で、30～50%を水素にしていく必要がある。

Q9: 熱の供給温度は何度か。

A9: 130℃。HP には合わない温度域だが、温度不足は加熱していく。加熱のために水素が必要。天然ガスは将来的に禁止される。

Q10: 顧客 60 万という内訳は何か。同じ顧客でも電気 1 件、熱 1 件として、契約の数として、2 件となるのか。

A10: 個人もあるし、企業もある。契約数で 60 万。(参考)ドレスデンの人口は 50 万人。

Q11: 水素はどこから調達するのか。

A11: 2045 年までに CO₂ フリーを目指している。CCS の他に水素。水素は電気分解による製造、アンモニアからの製造、水蒸気改質により製造する。水素供給のためのネットワークを準備しているが、今はない。

Q12: 公共交通事業はやっているのか。決算上どうしているか。

A12: 兄弟姉妹会社が実施している。ホールディングカンパニー制。

Q13: ドイツの州の数は。ザクセン州はどのくらいの規模の州か。

A13: 16 州。2045 年までに CO₂ フリーを実現するという政治的に非常に高いプライオリティを占めている。2030 年には 80% のエネルギーは再エネで賄われる必要がある。地方都市はそれぞれのプランで 2045 年までに CO₂ フリーを実現しようとしている。企業も CO₂ フリーのイメージをもたれるよう努力している。経済的な面はオープンにしている、重要。

Q14: 原燃料の 98% をガスが占めている時点で相当遅れていると思うが、いかがか。

A14: 石炭のところはまだあり、まずはそこを天然ガスにする必要がある。その次は水素にしていくが、まだ水素を使っているところはない。

Q15: 2024 年ガスの使用ができなくなると、ガス管はどうするのか。

A15: まだ決定されていないが、地域熱供給計画に関わってくるが、ガスの配管は水素の配管として使われるのではないか。

Q16: メタネーション、合成メタン(e メタン)は、考えていないのか。

A16: e メタンとバイオメタンは同じだが、それはやらない。CO₂ 回収はコストがかかり、非効率なので、我々はバイオガスを生産する。

Q17:スマートメーターや AI を活用した省エネの取り組みはしているか。

A17: Chat Bot を使い始めたばかり。将来的にはAIを使った仕組み(配管の監視等)にしていきたい。

Q18:毎年5億€(約 900 億円)の投資をしていくということだったが、設備更新なのか最新技術導入のための投資なのか、どういう投資をしていくのか。

A18:設備更新もあるが、大部分は最新技術導入のための投資。過去 10~20 年と比べ 2 倍の投資を計画している。

Q19:電力の価格競争で、他社と比較してどう値下げしているか。

A19:価格だけで勝負していない。大多数は信頼性、サービスの質、フィーリングで当社を選択いただいている。ただ、5 分もあれば簡単にスマートフォンで会社を切り替えることもできるので、少数派ではあるが、切り替えられる危惧はある。他社との価格差は概ね 10%。

Q20:CCS に関する取組の状況についてご教示いただきたい。共同開発等はあるか。

A20:ない。ドイツでは法律では禁止されているが、将来的なアイデアとしてはある。

Q21:シュタットベルケの取り組みの強みやデメリットを感じることはあるか。

A21:一つとしては、中心的な役割を一つの会社が担っている。

- ・パーソナルマネジメント(一人の人間が全てに関わる)、ワンストップサービスが可能。
- ・エネルギーの供給において、需要家に対しての配管を一つでまとめられる。
- ・コールセンターでは、一人が全ての事業に対して対応。

Q22:事業収支はどうか。

A22:一つの分野が一つのプランを出し、それに対して目標を設定する。マネジメントする上層部が全体を経済的にうまく回すことに対して責任がある。全体として黒にするために特定の事業を赤字にすることもある。

Q23:熱供給先の顧客の内訳はどうか。全体が 60 万件だが、件数のイメージは。

A23:大半は住居関係で、商業用、産業用。

Q24:日本はカーボンフリー熱のニーズがあるが、ドイツではどうか。

A24:興味や需要はあるが、高いので、購入したい顧客(企業)はいない。

Q25:ドレスデンの熱需要家の全体の割合は。

A25:ドレスデンの 45%は地域熱供給。

Q26:ごみ焼却場からの排熱は使わないのか。

A26:今のところはないが、計画はある。

Q27:水素と天然ガスをミックスして混焼するボイラーがあるが、そのような計画はあるか。

A27:やっていない。かつては、都市ガスであったが、天然ガスが来た時に100%都市ガスから天然ガスに転換した。技術的に混焼することは難しく、100%水素に転換することになると思う。

Q28:CO₂排出係数を公表する制度はあるか。

A28:欧州の規定で、排出量を報告する制度はある。現在では100万tCO₂/yを国に報告している。

Q29:地域暖房が45%ということだが、残りの55%の暖房方法について。

A29:基本的には天然ガスで暖房している。その他、軽油、電気で暖房している。

Q30:地域熱のコントロール制御、コンピューターシステム全般について。

A30:このトピックに関する質問は安全に関連しているため、非常に一般的な用語でのみ回答できる。当社ではITシステムを分離し、すべての標準的なオフィス通信に1つのシステムが使用されるようにした。これは、技術システムを制御するために使用するシステムとは完全に別ものです。目的は、重要なインフラストラクチャにおける不正なシステムアクセスや障害のリスクを最小限に抑えることである。暖房ネットワークでは、制御システムの助けを借りて、発電所と変電所の供給ポイントで圧力と温度が記録される。フィードイン（圧力と温度）は、油圧ネットワークの最低点と外部温度に応じて動的に調整される。このデータは長期間アーカイブされ、分析の目的で必要となる。水の構成量と均一化量も監視される。水処理と脱ガスは発電所と連携して行われる。

Q31:サイバーセキュリティ対策はやっているか。

サイバーセキュリティ対策をやっている場合、サイバーセキュリティ監視と運用は内製でやっているのか、それとも外部の専門家に委託しているのか。

A31:はい、サイバーセキュリティ対策を講じている。エネルギー供給は重要なインフラの一部であり、そのような措置は法律で義務付けられている。当社ではこうした対策を自社スタッフで実施している。また、外部による特別監査も実施している。

Q32:CCSはドイツでは法律で禁止されていると説明があったと理解していますがその認識で正しいか。

また、その場合禁止されている理由をご教示願いたい。

A32:CCSは明示的に禁止されていませんが、要件が非常に高いため、まだ実際には実現可能ではない。すべての技術プロセスを完全にCO₂フリーにすることはできないことが認識されているため、現在、この分野である程度の動きがある。エネルギー供給の分野では、ブルー水素(CO₂を回収した天然ガスからの水素)も役割を果たしており、少なくとも欧州の水素経済の立ち上げ段階では一定の役割を果たすことになる。限定的な見解の理由は、CCSプロジェクトが自分たちのすぐ近くで行われることに対して住民が非常に懐疑的であるため。政治家たちはこの懐疑的な姿勢を考慮に入れているから。

Q33:地方行政との良好な関係を保つ秘訣は何か。

A33:当社の社内には、供給地域の政治家や市長との連絡を維持する責任を負う独自のグループがある。

しかし、私たちの執行委員会は、供給地域の市長とも定期的に連絡を取っている。私たちは会社として何をしているのか、何を計画しているのかを定期的に説明し、地方自治体のパートナーが抱えている問題や懸念にも関心を持っている。可能な場合には、サポートを提供するよう努める。私たちの経験では、長期的な信頼に基づく誠実な協力が実を結ぶことになる。また、企業として、当社は地域を重視しており、例えば、オファーが同等に優れている場合には、地域内の他の企業と契約を締結されやすい。このようにして、私たちは意識的に地域経済を強化している。また、一般に経済的困難に陥っている文化イベントのスポンサーも務めており、住みやすい環境に貢献している。

3.4.3 所感・まとめ

ザクセン州はポーランド、チェコと国境を接する旧東ドイツ東南部に位置しており、州都ドレスデンはバロック様式で統一された宮殿が立ち並び美しい地方都市であった。Sachsen Energie はドイツ国内で4番目に大きい地方公共事業会社であり、地域に根付いた会社として地元企業のパートナーとなり、まさに地域経済を支えるインフラ会社であった。旧東ドイツの少しのんびりした雰囲気を感じとれた。電気・ガス・熱・水道事業に加え、昨今は電気通信事業への投資を増やしており地域住民にとっては身近な会社となっている。一方、事業領域が非常に広く電気事業以外は実質独占状態であるが故に、事業環境変化に対する追従性がカギとなっている。

CO₂排出量削減、エネルギー転換といった世の中の共通の社会課題に加え、都市機能の移行、人口減少といった地方都市の社会課題を抱えている。解決策については地方の会社であるため自ら行動するのではなく、国の方針を待って行動に移す姿勢であった。

脱炭素については、石炭ではなく燃料ガスを使っていることで優位性があるという認識であったが、2030年天然ガス全廃に向け、現状熱源の98%が天然ガスでバイオガスは1%であり、カーボンニュートラルに対する道筋はまだ描けていない。カーボンニュートラルに向けた国からのトップダウンの施策に地方都市のシュタットベルケがどう追従していくのか、今後の動向を注視したい。

参考文献)

- 1) プレゼン資料(Company Presentation SachsenEnergie)
- 2) ドイツ・シュタットベルケの実態とわが国インフラ・公共サービスへの適用に向けた課題を整理
(国土交通政策研究所)
- 3) 超スマートシティエネルギー社会 5.0(柏木孝夫著)
- 4) ドレスデン(ウィキペディア)
- 5) DREWAG – Stadtwerke Dresden GmbH (ウィキペディア)

3.5 Garching bei München(ガルヒング・バイ・ミュンヘン)の紹介

ガルヒング・バイ・ミュンヘンは、ミュンヘン市の北に位置するバイエルン州の都市である。1990年9月14日に都市となった。第二次世界大戦以前は数百人程度が暮らす村であったが、戦後に産業企業の誘致や旧東ドイツ地域からの企業誘致により住民数が急増した。現在は10,000人以上の従業員や生徒が暮らす大学都市となっており、比較的安全な環境で知られている。1997年11月21日に市議会がガルヒング市を大学の街と称している等、ミュンヘン近郊の学術都市の位置づけである。

南に州都であるミュンヘン、北はフライジング郡に属するエヒング、西にはオーバーシュライスハイム、そして東にはイーザル川に沿いイスマニングと接している。交通面ではミュンヘン地下鉄が延長され、ガルヒング駅とガルヒング＝フォアシュングスツェントルム駅の2駅が新設されている。

この街はミュンヘン工科大学をはじめとする多くの研究機関が集まり、物理学、半導体物理学、工学、化学、機械工学、数学、コンピュータサイエンスなどの分野で活発な研究が行われている。

ミュンヘンの気候は、ケッペン気候区分によれば西岸海洋性気候(Cfb)に分類されるが、暑い夏と寒い冬および多湿な大陸性気候である冷帯湿潤気候(Dfb)の要素も兼ね備えた気候。ミュンヘンの標高が520mであり、ヨーロッパ・アルプス山脈の北縁に近いことからドイツ国内としては降水量が多い地域。一年で最も暑くなるのは7月で平均最高気温は23°C、最低気温は13°Cと過ごしやすい。1年で最も寒い月は1月で、平均最低気温は-4°C、最高気温は3°Cとなる。

3.6 ZAE Bayern(ZAE バイエルン)

【日時】2023年11月20日(月)9:20～11:40

【場所】ZAE Bayern(バイエルン州の応用エネルギー研究センター)

【説明】ZAE BAYERN Dr.Andreas Hauer(Chairman of the Board 取締役会長)

3.6.1 概要

(1) ZAE バイエルン概要

ZAE バイエルンは、ガルヒングにある研究機関であり、基礎原理から実用化まで幅広いエネルギー研究を行っている。1991年の設立以来、再生可能エネルギー(以下、再エネ)と効率化対策によるCO₂排出量削減に重点を置いた活動を行っている。研究者を40～50名抱えており、近年ではバイエルン州からの資金援助がなくなった背景等もあり、技術系大学との連携を強めており、人材交流と事業への関与に繋がるので大変有益との評価。協力関係先として、世界銀行、IEA、日本ではヒートポンプ蓄熱センターもある。図3.5.1-2が彼らの取り組みを示すイメージ図であるが、円の中央が設立当初に設定された彼らのモットーであり、再エネを導入・統合し、エネルギー効率を高めることでCO₂排出量の削減を図る。

周りの4つの分野が彼らの中心となる部門。セクターカップリングもドイツ内で非常に重要な位置づけ。地熱・太陽熱これらをどのように連結させていくかが課題である。

上記のような産業界や科学界のパートナーとの国内および国際的な協力のもと、蓄熱や蓄電等のエネルギー技術と、変化し続けるエネルギー・システムへの導入について研究を行う機関である。研究室段階から実証、応用へむけて理論的な基礎の探求から、実験室での調査、実験用ハードウェアの設計・建設、実証プラントや完成品への実装までを手掛けている。

ZAE バイエルンは物理学、機械工学、化学、その他の分野を専門とする科学者やエンジニアが、応用志向の研究を行う一方で、材料研究などの基礎的な問題にも取り組み、様々な用途に対応している。

ミュンヘン近郊のガルヒングにある約 3,500m²の研究所スペースをもち、熱の輸送と貯蔵について研究し、各分野で実用に向けた研究を実施している。

尚、水素エネルギーについては研究所の規模が小さく、ZAE バイエルンの研究対象外。



図 3.6.1-1 ZAE 建物外観

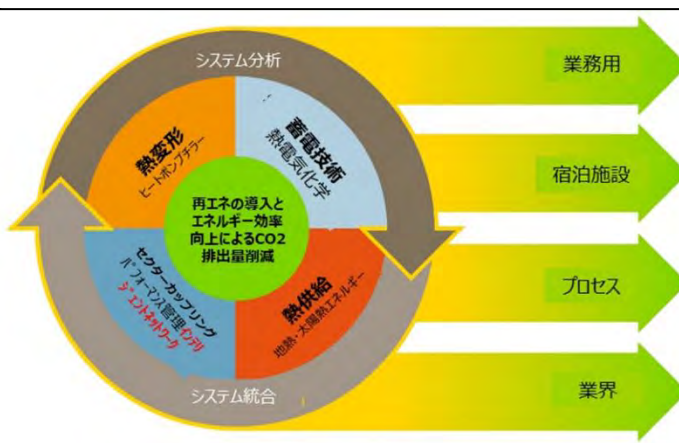


図 3.6.1-2 ZAE 研究対象イメージ

(2) プレゼンテーション概要

先方からは研究領域別に研究概要についての紹介があった。

① System Development Group (SYS)

建築と近隣地域における効率よいエネルギー消費について研究している。また地下蓄熱を利用した導管や貯蔵などに特化した研究を行っている。

研究事例の紹介として、屋根上に太陽光発電を導入するなどして、エネルギー効率を向上させた学校等の紹介があった。

その他、ミュンヘン空港のエネルギー・システムを開発。先進的建物や学校へのエネルギー利用コンセプトを作成するなど、将来のエネルギー・システム構造の構築に向けてバイオマス、風力、PV などの研究を進める。

② Solar Thermal Energy and Geothermal Energy Group (SGT)

太陽熱、地表熱の活用に着目した研究を行っている。また PV/蓄電池分野の研究も行っている。

ミュンヘン北部で数 km 地下から 100℃の熱を発見したことで、自治体とバイオガスや太陽熱を併せた熱利用の研究開発を行っている。ミュンヘンの集合住宅(320 世帯)で太陽熱を活用して蓄熱(80℃の温水に蓄熱し、季節を超え、夏ためて冬利用)する街区を構築した事例を紹介。太陽光発電システムは 2,761 m²、6,000 m³の長期蓄熱槽、550 kW の吸収ヒートポンプを備える。80℃で蓄熱し、送り温度は 56℃、還り温度は 30℃の設定で主に冬季の暖房に活用される。

蓄熱槽の断熱はしっかりしており、冬には、断熱性が高い



図 3.6.1-3 6,000 m³の長期蓄熱槽(写真)

ため、蓄熱槽の周辺は外部と変わらず、凍りつきスケートなどが可能になるとのことであった。

地中熱の利活用の研究も行っており、地表に近いエリアで蓄熱を行い、CO₂ヒートパイプを通じて、CO₂を蒸気化して、冷たいレール(ポイント)に熱を運搬、利用している。線路のポイント凍結防止などに役立っている。本技術は2013年には実証されており、既にドイツ国内3箇所で実際の線路において、活用されている。(どのくらいの熱が集まっているのかを確認するための地質調査が重要であり活用実数は留まっている) また日本では同様の気象条件にさらされる北海道とも連携しているとのこと。

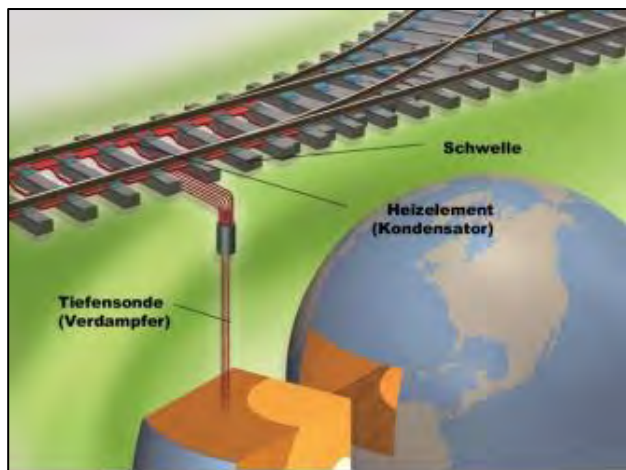


図 3.6.1-4 地中熱を活用した線路凍結防止システム



図 3.6.1-5 線路凍結防止の活用の様子(写真)

一度設置してしまえば、補助電源不要、かつメンテナンスもほぼ不要な状態で機能するため、拠点が許せば、効率的な熱利用のシステムと言えそうだ。

産業用の高温断熱技術についての研究も行っており、パウダー(粉末化)化することで放熱が小さくヒートロスが抑えられる構造をとり、600℃の高温にも耐える高温真空超断熱パネルを開発しており、現在ガラス工場などで活用されているミネラルウールの10倍の断熱性を誇るという。アルミニウム製造等の高温環境に活用することを念頭に研究中である。

③ Thermal Energy Storage Group(TES)

蓄熱技術の研究を行っており、主な研究成果として蓄熱運搬車がある。

ゼオライトを蓄熱素材として利用し、ごみ処理施設の排熱を蓄熱、8km離れた工業地帯へ運搬し、乾燥過程に活用している。本件は日本の高砂熱学工業とも一部、小型化等に向けた共同研究を行っている旨言及があった。

同様の技術を活用してゼオライトを原料にして冷蔵庫や食洗器(乾燥時への熱利用)へも応用しており、コストも一般製品より少し高いレベルで実現可能とのことであった。ゼオライトの使用量は、トラックの場合は12t、家庭の場合は1kgとのこと。

またゼオライトを活用したアブソープションチラー(ヒートポンプ)への応用についても研究している。



図 3.6.1-6 ゼオライト蓄熱運搬車(写真)



図 3.6.1-7 ゼオライト活用食洗器(写真)

④ ワクチン運搬

低温蓄熱技術の応用としてコロナ禍においてワクチン運搬箱を開発。水、リチウム、塩化ナトリウムなどの混合物を冷熱蓄積素材として開発、 -70°C ～ -60°C 度の温度を 48 時間蓄冷、維持する箱を開発している。実際に実物を見ることができたが、発泡スチロールのような箱の中に蓄冷パートが組み込まれた構造であった。実際のワクチン運搬の現場でも利用がなされたようで直近の課題に対応して技術応用が成功したケースの一つである。

3.6.2 質疑応答

Q1: 地表に近いところでの融雪利用に際しては地中での熱のプロフィール・温度分布といったことを研究しているのか。

A1: ZAE が検討しているのは地表面から上にどれだけの熱が集まっているか、貯蔵可否に関する地質調査である。地中からの熱を利用するというのではなく、夏季に地中に熱を貯蔵し、その熱を利用できるかということが中心である。

Q2: 融雪についての取り組み状況はいかがか。

A2: レールのポイント(ドイツで 2 万か所)の凍結防止に活用している。地中からの熱を移動して利用範囲を拡大して坂道の凍結防止にも応用することを検討している。

Q3: 新エネルギー開発について、水素エネルギーについての開発はどのような状況か。

A3: 水素エネルギーの開発はしていない。

Q4: 水素エネルギーの研究をしていない理由は何か。

A4: 当研究所では、規模が小さく、全てを行うことは難しい。当研究所では、熱と貯蔵の二つが中心。

3.6.3 所感・まとめ

ZAE バイエルンは純粋な研究機関であり、ミュンヘン郊外のハイテク研究エリア(日本でいう筑波のようなエリアと言えそうである)の一角に構える、熱・蓄熱などの関連技術に特化した研究施設であった。同地区には

MENSA のオフィスなどもあり、研究機関・施設が集積している様であった。

ZAE バイエルンは、2022 年にはバイエルン州経済省による、31 年間にわたる機関の資金提供を終了される等しており、研究機関として苦境に立たされている中で、効率的なエネルギーの利活用に向けた研究・開発を進めている状況であった。

彼らの研究分野は熱・蓄熱分野に特化しているとはいえ、実用化が完了しているもの(集合住宅への応用)から実証段階(ゼオライト蓄熱)のものまで幅広いが、熱・蓄熱に一貫していることは、ドイツにおいても熱の効率的利活用が必須であることの証左に他ならないだろう。

ドイツでは、電力部門を交通部門や産業部門、熱部門など他の消費分野と連携させることで、社会全体の脱炭素化を進める社会インフラ改革の構想であるセクターカップリングが進んでおり、熱のエネルギー利用が遅れていたことや、再エネ電力のコストが大幅に下がったことで熱の電化にも期待が寄せられるようになったこと、熱はエネルギー貯蔵のコストが比較的安く柔軟性が高いことから、再エネ余剰電力を熱供給に活用する取り組みが求められており、ZAE バイエルの研究もそれらの実現に寄与すべく、日々研究を進めている。

彼らの技術をすぐに日本へ応用展開することは、条件が異なるため難しいと思われるが、彼らのような研究への関心は我々も今後の再エネ化、熱の電化等の分野において持ち続けておくべきだろう。

ZAE バイエルンより、夏の温熱を冬に、冬の冷熱を夏に利用するといった、数か月にも及ぶ長期の蓄熱を可能とする最先端技術の紹介を受けた。これは是非日本の熱事業者も採り入れるべきだと感じたが、ドイツが CN を踏まえて、蓄熱を最大限活かすために必要なものとして、再エネを利用して熱製造を行うヒートポンプ(以下、HP)の普及への取り組みにつき参考までに記したい。

ドイツは欧州諸国のうち、熱需要が最も大きく、最終エネルギー消費に占める熱需要の割合はおよそ 56%。その熱源の化石燃料比率は、英、仏等の先進国と同様 80%超と非常に高い。化石燃料の使用を抑え、再エネ電源に転換すべく、ドイツは HP 普及促進を掲げ、いくつかの政策を設けた。

①2026 年以降、新築住宅における石油暖房の禁止。②石油から HP 暖房へ更新した場合、設備費 45%を補助。③電気代を低減させるため、2023 年より再エネ賦課金廃止。ドイツの再エネ率は、風力 19%、太陽光 8%、バイオ燃料 8%と、欧州の中では特に高く、政策に大きな効果がみられる。

HP の普及は年々着実に伸びており、2021 年時点で約 18 万台(欧州で 3 番目に大きい市場)、2030 年までには 550~600 万台に達すると予想されている。普及への課題は、イニシャルコストがガス暖房に比べ高く、燃料コストもガスに比べ電気は数倍高いことである。

HP による電力系統安定化寄与と、柔軟性(時間帯別の電気料金に合わせて使用を制御)に価値を与えられるような法整備の検討が進められている。また、足元では HP 設置に携わる事業者や職人が不足し、工事に 10 か月待ちということもある。HP 需要の拡大に向け、ガスや石油ボイラーの設置事業者が HP 事業にも展開することが期待されている。

上記の如く、2050CN 実現に向けて、今後益々の再エネ化促進、HP、蓄熱の有効活用の重要性が示されることとなり、ZAE バイエルの技術を、HP が広く普及する日本で最大限に活かすことを考えてみたい。

第4章 オーストリア(ウィーン)

4.1 ウィーンを紹介

オーストリア共和国は、ヨーロッパ大陸のほぼ中央に位置し、ドイツやイタリア、チェコ、ハンガリーなど8カ国に囲まれた内陸国である。国土面積は約8.4万 km²と日本の北海道とほぼ同じで、国土の約3分の2をアルプス山脈が占め、切り立った雪山や氷河、山腹の牧草地など、豊かな自然に恵まれている。人口は約892万人であり、日常会話はドイツ語となる。

首都ウィーンは、オーストリア東部に位置し、人口は197万人で日本の北海道札幌市と同程度となっている。国際原子力機関(IAEA)や国連工業開発機構(UNID)などの国連諸機関の本部が置かれており、国連都市として国際的な拠点の一つであるとともに、音楽分野では他国との交流が活発なことも特徴の一つである。

ウィーンの気候は、春と秋は極端に短い。夏季は、年によっては一時的に35℃を超えることがあるが、湿度がそれほど高くないので蒸し暑さを感じる日は少ない。夏季の平均気温は22～26℃である。冬季は12月から3月にかけて平地部で積雪がみられ、冬季の平均気温は零度前後である。

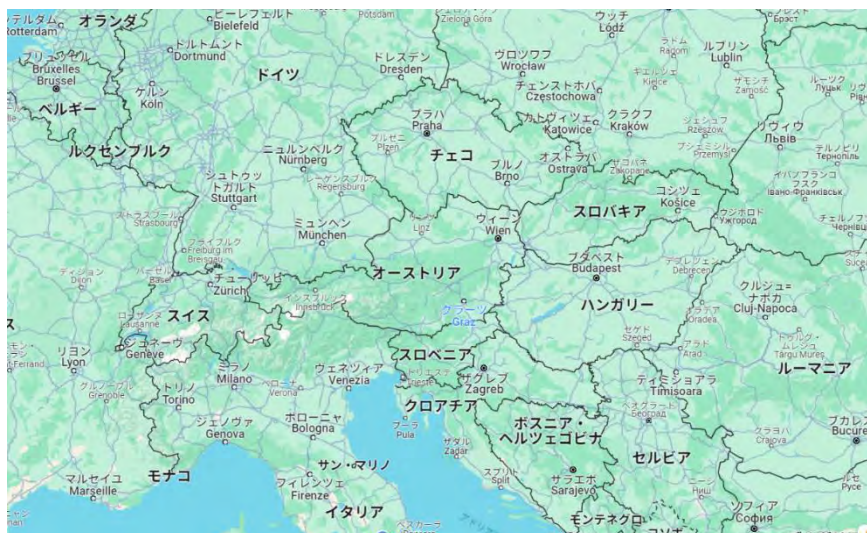


図 4.1-1 オーストリア・ウィーン的位置(Google map)

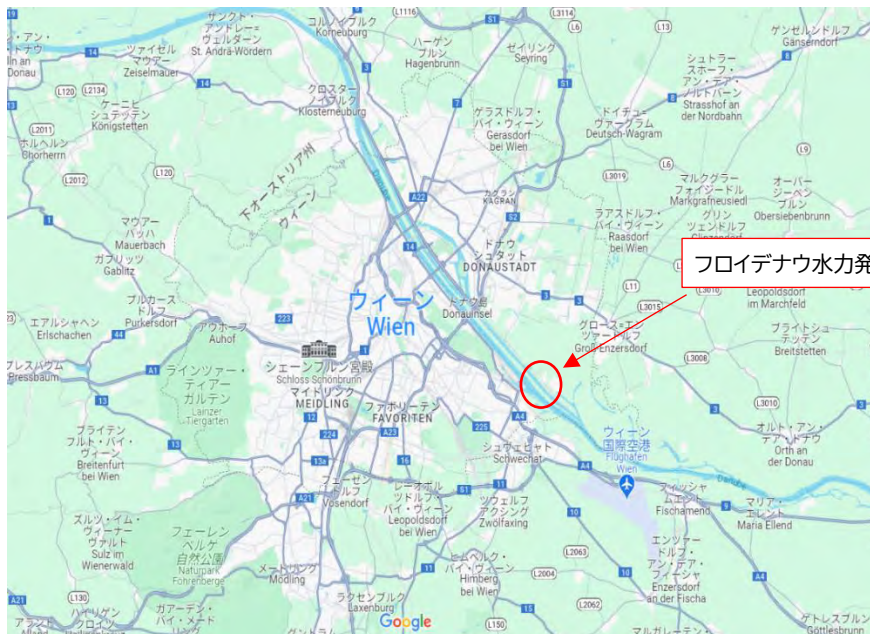


図 4.1-2 ウィーン市街(Google map)

オーストリアは、化石燃料の大半を輸入に依存している。2020年には石炭の97.9%、石油の97.4%。天然ガスの73.2%が輸入となっている。

国内のエネルギー消費量は、バイオマスや水力など再生可能エネルギー（以下、再エネ）の消費割合が多いことが特徴である。年々再エネの消費が大きく増加する一方で、化石燃料消費量は大きく減少しており、2020年の化石燃料依存度は約65%となっている。

オーストリア国内には、原子力発電所はない。これは1978年に国民投票で完成したばかりの原発の運転を否決し、残る5箇所の計画も中止を決定したためであり、国民の総意により非原発の選択をした国である。

また、オーストリアは最も先進的な再エネ国であり、総エネルギー消費量の30%以上が再エネとなっている。2021年の再エネ電力の総発電量に対する割合は、水力発電の割合が60%、風力10%やバイオマス6%と合わせて80%に達している。オーストリアにはアルプス山脈が広がり、国土の3分の2を急しゅんな山岳地帯が占めている。さらにドナウ川やイン川をはじめとした水量が豊かな河川が数多くある。そのため国内には3,000か所を超える水力発電所があり、発電した電力は国内だけでなく、他国にも輸出している。

表 4.1-1 国内の資源別総エネルギー消費量

表3：国内の資源別総エネルギー消費量 (単位：PJ、%) (△はマイナス値)

資源	2005年	2019年	2020年	2020年 構成比	前年比
石炭	168.2	122.2	104.5	7.8	△ 14.5
石油	605.7	538.6	460.8	34.2	△ 14.4
天然ガス	338.5	321.4	304.9	22.7	△ 5.1
可燃性ごみ	16.7	26.4	28	2.1	6.1
水力	133.5	147	151.2	11.2	2.9
風力	4.8	26.8	24.4	1.8	△ 8.8
太陽光	0.1	6.1	7.4	0.5	20.0
バイオマス	153.4	232.5	230.9	17.2	△ 0.7
地熱	7.7	24.2	25.6	1.9	5.9
電力の輸入	9.4	11.3	7.9	0.6	△ 29.8
合計	1,438.1	1,456.4	1,345.6	100	△ 7.6

出所：気候保護省（2021年12月）

表 4.1-2 オーストリアにおける電源別の発電量

表4：オーストリアにおける電源別の発電量（輸入を含まない） (単位：GWh、%)

電源	発電量					構成比	
	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年		
化石エネルギー	天然ガス	11,064	10,072	11,397	10,010	10,751	15.3
	石炭	3,915	3,613	3,420	2,346	2,128	3.0
	石油	783	641	615	610	622	0.9
原子力	0	0	0	0	0	0.0	
水力	42,088	41,184	44,206	45,386	42,478	60.4	
再生可能エネルギー	太陽光	1,290	1,440	1,553	1,869	2,398	3.4
	風力	6,569	6,029	7,457	6,792	6,738	9.6
	バイオマス	4,520	4,616	4,494	4,573	4,367	6.2
	その他	989	958	1,035	790	786	1.1
合計（その他を含む）	71,233	68,598	74,191	72,414	70,292	100.0	

出所：E-Control「Erzeugung elektrischer Energie（22年5月発表）」を基にジェトロ作成

2020年に発足した連立政権は、2040年までのカーボンニュートラル達成、2050年までのカーボンフリーな経済・社会の達成という目標を発表。また、2018年に公表した「2030年気候変動・エネルギー国家戦略（Austrian Climate and Energy Strategy）」では、2030年までに国内の電力需要を100%再エネで賄い、輸入電力への依存を解消させるとしている※1。

熱需要で見ると、現在もオーストリア全世帯の40%が化石燃料で暖房している※2。

参考文献

※1 JETRO 地域・分析レポート 地域における「再生可能なガスと水素」の取り組み(オーストリア)

<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2023/1101/a66fae2d091f84cc.html>

※2 WIEN ENERGIE HP

<https://www.wienenergie.at>

4.2 Freudenau Hydro Power Plant(フロイデナウ水力発電所)

【日時】2023年11月 21 日(火)10:00～11:30

【場所】Freudenau Hydro Power Plant(フロイデナウ水力発電所)

【説明】Herbert Wagner 氏(Verbund Hydro power GmbH)

4.2.1 フェアブント株式会社の概要

フロイデナウ水力発電所を保有するフェアブント株式会社(Verbunt Ag)は、オーストリアのウィーンに本拠地を置くオーストリア最大の電力会社であり、オーストリア政府が51%の株を保有している。また送電網の管理を担当するオーストリアパワーグリッド株式会社(Austrian Power Grid AG:APG)や、水力発電所の管理を担当するフェアブント水力発電有限公司(VERBUND Hydro Power GmbH)などを傘下に置く。

フェアブント社の発電構成は、水力発電が9割以上を占め、残りは地熱発電・風力発電・太陽光発電となっており、100%再生可能エネルギー(以下、再エネ)による発電を行っている。

フェアブント社はドナウ川、イン川^{※1}、ムール川、ドラーヴァ川など主要河川の各流域、チロールなどで約130の水力発電所を保有しており、総発電出力は8,300MWを超える。風力発電も水力発電所と同数程度保有している。水力発電には2種類の発電方式があるが、常時稼働している130施設内の103施設が流れ込み式、25施設が揚水式である。揚水発電は夜中にポンプで揚水し、昼間に落水して発電することにより電力の需給調整に利用している。

ドナウ川には表4.2.1-1に示すように、オーストリア国内に9つ、ドイツに1つの水力発電所を所有している。(2013年に、ドイツの電力会社E.ON社のバイエルン州にある8つの水力発電所の株式がフェアブント社の所有となった。その中にはヨッペンシュタイン発電所(KW Jochenstein)が含まれている。)ドナウ川のオーストリア国内の9つの発電所だけで、総発電出力2,060MW、年間発電量12.4TWhにのぼり、オーストリア全体の電力消費量(68.53TWh, 2021年実績)の約18%の電力を発電している。

オーストリアの年間の水力発電による発電量は42.5TWhであり、そのうちの約29%(12.4TWh)をドナウ川の9つの発電所で発電している。

^{※1}イン川は、アルプス山脈を水源とし、スイスからオーストリアを経由しドイツのパッサウでドナウ川に注ぎ込んでいる川

表 4.2.1-1 フェアブント社が所有するドナウ川の水力発電所(2023年11月現在 HP より)

	発電所名	発電出力 (MW)	年間発電量 (MWh)	ダム水位 (海拔m)	稼働年	地域	タービン
1	ヨッペンシュタイン発電所 (KW Jochenstein)	132	850,000	290.00	1956	ドイツ	カプラン
2	アシャッハ発電所 (KW Aschach)	287	1,686,400	280.00	1964	オーストリア	カプラン
3	オットェンスハイム・ヴィルヘルグ発電所 (KW Ottensheim-Wilhering)	179	1,134,900	264.20	1975	オーストリア	カプラン
4	アブウィンデン アステン発電所 (KW Abwinden-Asten)	168	995,700	251.00	1980	オーストリア	カプラン
5	ヴァルゼー・ミッターキルヒェン発電所 (KW Wallsee-Mitterkirchen)	210	1,318,800	240.00	1969	オーストリア	カプラン
6	イッブス・ベルセンビュグ発電所 (KW Ybbs-Persenbeug)	236	1,335,900	226.20	1960	オーストリア	カプラン
7	メルク発電所 (KW Melk)	187	1,221,600	214.00	1982	オーストリア	カプラン
8	アルテンヴェルト発電所 (KW Altenwörth)	328	1,967,600	193.50	1976	オーストリア	カプラン
9	グライフェンシュタイン発電所 (KW Greifenstein)	293	1,717,300	177.00	1985	オーストリア	カプラン
10	ウィーン・フロイデナウ発電所 (KW Vienna-Freudenau)	172	1,052,000	161.35	1999	オーストリア	カプラン
	合計	2,192	13,280,200	—	—	—	—
	合計 (1ヨッペンシュタイン発電所を除く)	2,060	12,430,200	—	—	—	—

※上流の水力発電所順

※kW:Kraftwerk(発電所)

4.2.2 プレゼンテーション概要

フロイデナウ水力発電所は、計画・設計に7年、行政の建設許可に4年、建設に5年をかけ1998年に竣工した水路式流れ込み型の水力発電所である。建設費用は11億3千万€(約1,800億円)で、全体費用の40%がコンクリートの建物や土木工事費用であり、機械設備の費用は全体の8%程度である。コンクリートの使用量は140万 m^3 であり、これは高速道路350km(ウィーンからドイツ国境にあるザルツブルクまでの距離)に相当する量となる。

ドナウ川はドイツからオーストリアを經由し、中欧州、東欧を経てルーマニア付近で黒海に注いでいるヨーロッパで2番目に長い川であり、オーストリア国内では全長は2,850km、高低差はオーストリア国内で150mである。フロイデナウ水力発電所は、フェアブント社がドナウ川に保有している水力発電所では最も下流に位置している。図4.2.2-1にフロイデナウ水力発電所の全景を示す。フロイデナウ水力発電所の堰堤長は275m、幅員は24mある。堰の上下流の水位差8.7mを利用して、30m間隔で設置された6基の巨大なカプラン式水車により発電が行われている。

カプラン式水車は、オーストリアのヴィクトル・カプランによって発明された水車で、プロペラ状の羽根車(ランナ)の羽根の角度を調整できるため、出力を調整することができる。装置は、タービン羽根車、発電機、変圧器、ストレーナなどで構成される。タービン羽根車の直径は7.5mあり、ヨーロッパ最大である。

水車1基あたりの流下量は $500m^3/s$ 、出力は30.3MW(8万世帯相当の電力)、6基合計で $3,000m^3/s$ の流下能力と172MWの出力があり、年間可能発電量は1,052GWhとなる。これはオーストリア国内消費電力の約2%となる。また、ドナウ川の9つの水力発電所による発電量は、オーストリア国内の個人世帯の消費電力量よりも多いため、個人世帯の電力は全てドナウ川が賄っていると言える。

また、アンダーフロー構造の洪水調節ゲートを4基備えており(図4.2.2-1(写真)右側)、流下能力は1基当たり約 $500m^3/s$ 、合計で約 $2,000m^3/s$ の洪水処理能力がある。水車による流下量 $3,000m^3/s$ と洪水調節ゲートの流下量 $2,000m^3/s$ 、合わせてドナウ川で約 $5,000m^3/s$ の流下能力を有する。

さらに、船舶の航行用の閘門も設置されている。(図4.2.2-1(写真)左側)



図 4.2.2-1 フロイデナウ水力発電所の全景(写真)

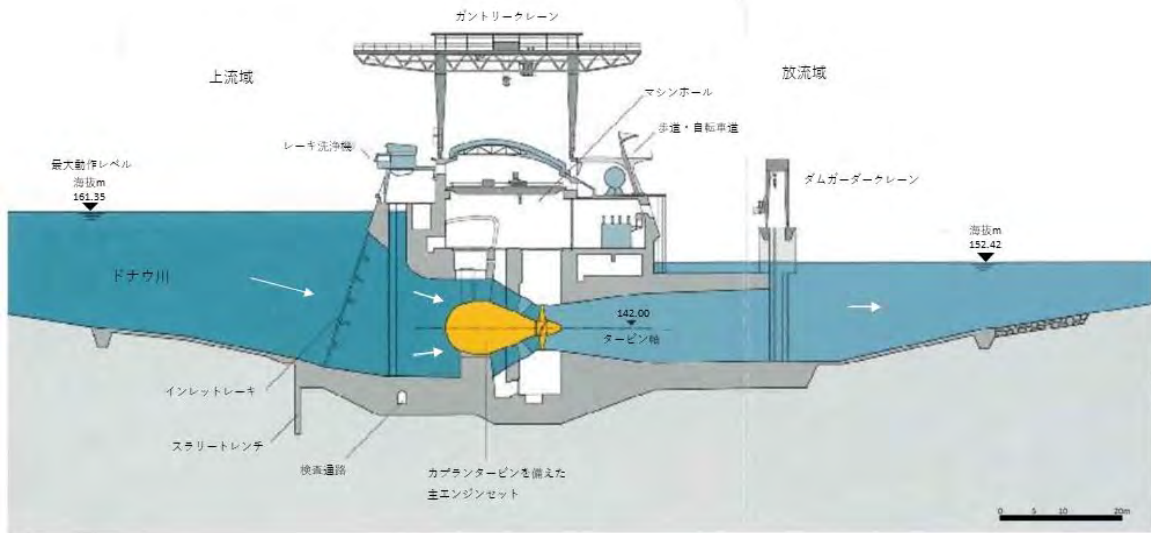


図 4.2.2-2 カプラクタービン設置部の断面(パンフレットより)

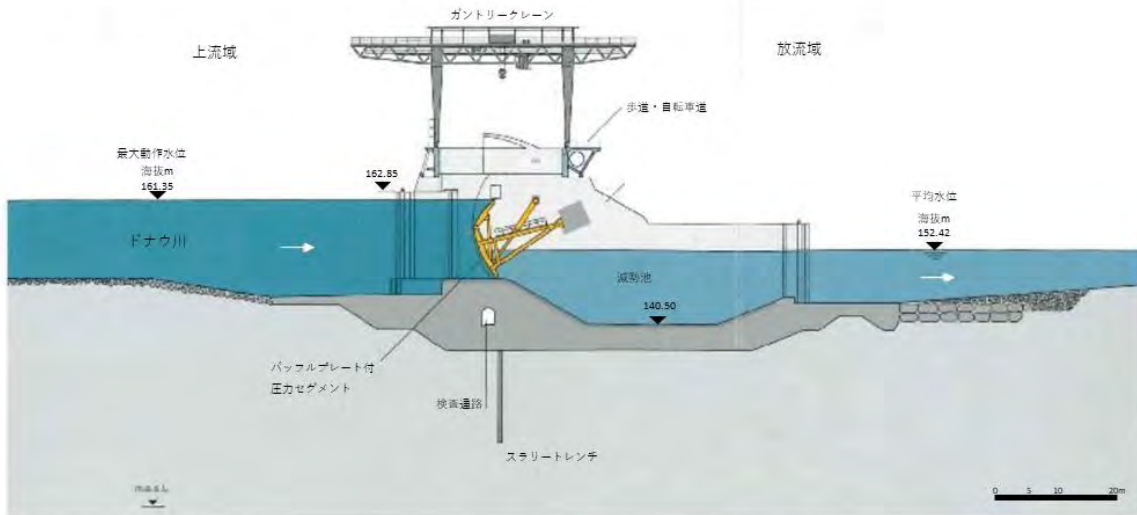


図 4.2.2-3 洪水調節ゲート部の断面図(パンフレットより)

4.2.3 現場視察状況



図 4.2.3-1 フロイデナウ発電所(写真)



図 4.2.3-2 閘門(写真)



図 4.2.3-3 マシンホール(写真)



図 4.2.3-4 カプラン水車模型(写真)

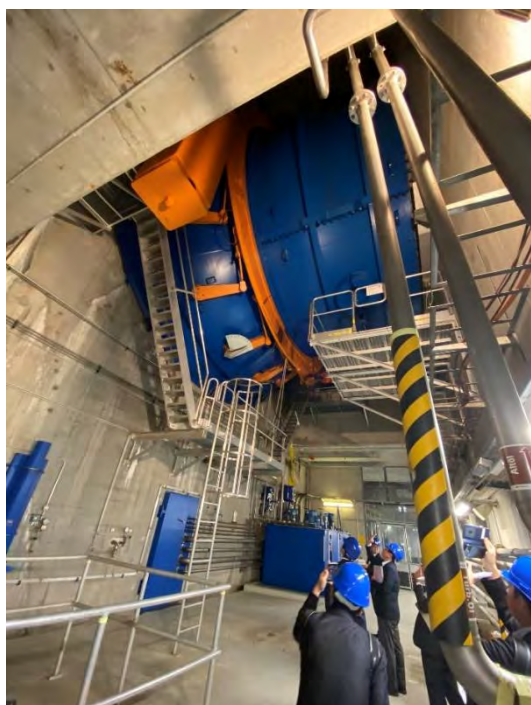


図 4.2.3-5 カプラン水車下部(写真)



図 4.2.3-6 カプラン水車の説明(写真)

4.2.4 質疑応答

Q1: 水力発電所の計画、建設に係る期間は。

A1: 1986年に計画を開始し、7年間を費やし、1993年に工事開始。5年の工事期間を経て1998年に完成した。

Q2: フェアブント社の所有者、保有施設は。

A2: こちらの施設は、もともとは国営であったが、現在は国が51%、民間(フェアブント社)が49%の所有となっている。フェアブント社は再エネ発電会社で、水力発電所大小約130施設と風力発電所130施設、太陽光発電所1施設を持つ。水力発電所130施設の内、103施設が流れ込み式である。

Q3: フェアブント社の発電量は。

A3: フェアブントの総発電量の25%が9つの水力発電所から送られており、オーストリアの水力発電の約50%の電力を供給している。オーストリアは、発電の3分の1を水力、風力と太陽光が合計12%であり、全電力の80%程度が再エネ由来である。

Q4: 発電機同士の間隔は。設置間隔の条件はあるのか。

A4: 発電機の間隔は、30m。この距離に決まりがあるわけではない。

Q5: フェアブント社は地域冷暖房を行っていないのか。

A5: 地域暖房の問題にも取り組まなければならないと思っているが、当社は地域冷暖房設備を持っていない。オーストリアは人口900万人。うち東部のニーダーエスターライヒ州とウィーンで半分の400万人が住んでいる。ここが中心地域となっているので、地域暖房の会社がある。また、欧州の大きなごみ焼却場のうち、1~3位がオーストリアにある。その1番目がこのニーダーエスターライヒ州のツヴェンテンブルク、2番目に大きいデュレンローア、3番目がシュピッテラウ。これらは地域暖房を行っている。

4.2.5 所感・まとめ

フロイデナウ水力発電所は、全長275mの堰が3つのエリアに区分けされ、船を上下流に通すための閘門(こうもん、図4.2.2-1の左)、と水力発電所(図4.2.2-1の中央)、洪水調節ゲート(図4.2.2-1の右側)から構成されている。発電所は水路式流れ込み型であり、堰の上下流の水位差8.7mを利用して6機の Kaplan 式水車により、最大3,000 m³/sの水量で172,000kWの電力を生み出す。Kaplan 式水車は堰の直下流に設置され、水路長が短く、ロスが少ない非常に合理的な設計だと感じた。また、洪水調節ゲートは4基で約2,000 m³/sの洪水処理能力があり、水車による流下量と合わせて堰全体では約5,000 m³/sの流下能力があるとのことで、その規模の大きさに驚かされた。

オーストリアは、国土の3分の2が山岳地帯で、落差のある河川も多く水力発電に適していることから、国内に3,000か所以上の水力発電所があり、水力発電量はオーストリアの総発電量の60%にのぼる。またその他太陽光、風力、バイオマスなどの再エネによる発電を含めると約80%が再エネによる発電となっている。また2030年までに水力発電をさらに5,000GWh、太陽光発電を10,000GWh、風力発電を11,000GWh、

バイオマス発電を 1,000GWh 増やす方針を打ち出している。

一方、日本も河川が多く水資源に恵まれており、水力発電は 130 年の歴史がある。日本における水力発電の発電量比率は全体の 7.6%と、オーストリアに比べて小さいが、保有する水力発電設備容量は 50GW(世界第6位)、年間総発電量は 86,300GWh(2019 年)であり、オーストリアの約 2 倍の発電量を誇っている。現在もいくつかの水力発電所を日本国内で計画もしくは建設中であり、2030 年までに水力発電量を 98,100GWh(発電量比率で 9.2%)まで引き上げようと目標を掲げている(図 4.2.5-3)。ただし日本では大規模なダム等の発電所は既に開発済みで今後大規模な水力発電所の建設は難しい。これはオーストリアも同様であり、今後は中小水力発電の建設や既設水力発電所の設備更新による発電量アップを図っていくことになるであろう。また、太陽光発電の電力を用いて揚水式水力発電を昼間の余剰電力のある時間帯に揚水しておき、夜間に発電するなど、これまでとは異なる運用が増えてきている。水力発電は今後発電量を増やすだけでなく、運用も含め水力のポテンシャルを最大限生かしていくことが重要になるものと思われる。

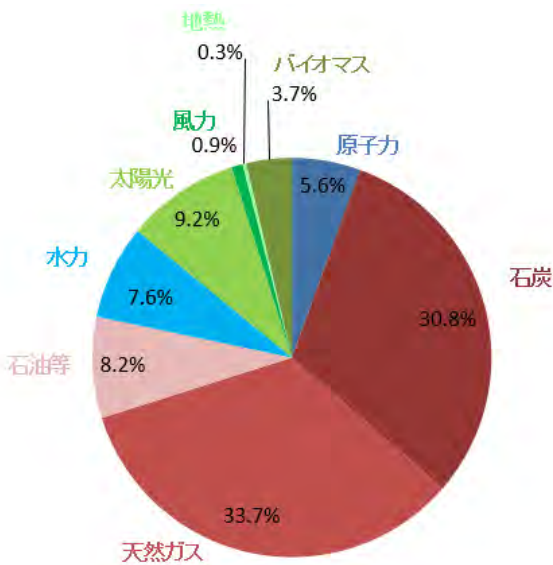


図 4.2.5-1 日本の電源構成(2022 年)
(出典:資源エネルギー庁総合エネルギー統計 時系列表)

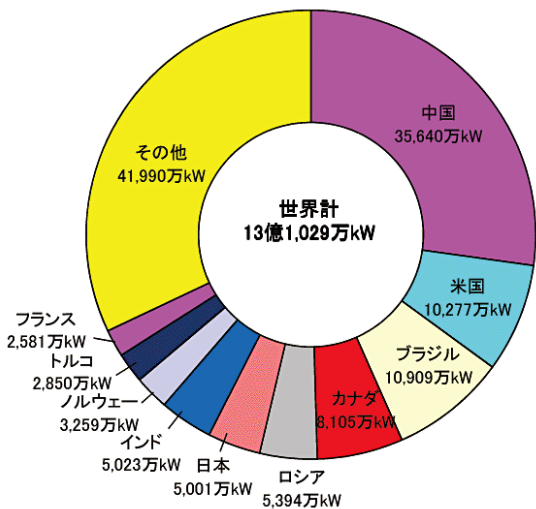


図 4.2.5-2 水力発電導入量の国際比較
(出典:IRENA「Renewable Energy Statistics 2019」)

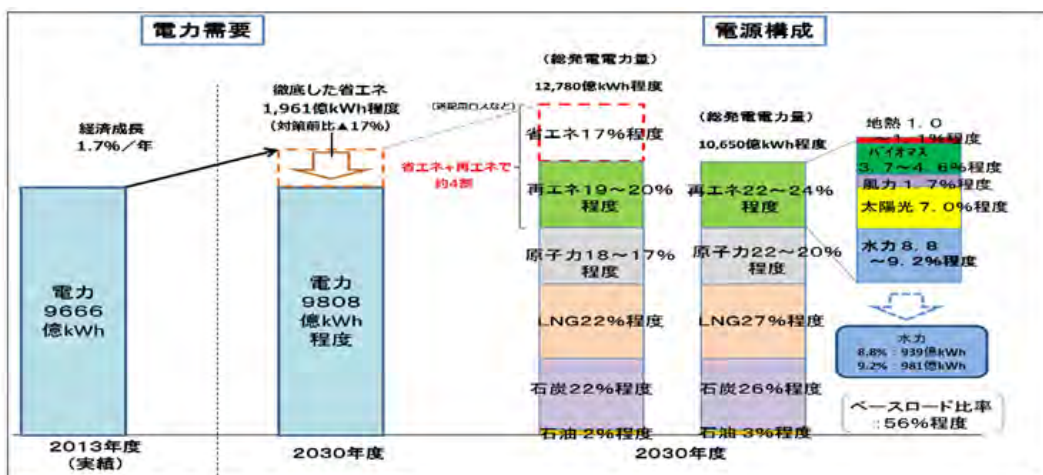


図 4.2.5-3 日本における 2030 年の電源構成(出典:資源エネルギー庁)



图 4.2.5-4 集合写真(写真)

4.3 Spittelau Waste Incineration Plant(シュピッテラウごみ焼却場)

【日時】2023年11月 21 日(火)15:20～17:10

【場所】Spittelau Waste Incineration Plant(シュピッテラウごみ焼却場)

【説明】Georg Baresch (Wien Energie GmbH Energieberatung(エネルギーコンサルティング))

4.3.1 概要

(1) 会社概要^{※1,2}

オーストリア最大の地域エネルギープロバイダー(WIEN ENERGIE 社)

- ・「供給の安全・イノベーション・気候保護への投資が未来への鍵」との方針を掲げる。
- ・ 地方公共事業会社 Wiener Stadtwerke の子会社
- ・ 需要家 2 百万人(電気、ガス、温熱、冷熱)、法人 23 万
- ・ 地域熱供給 44 万世帯
(ウィーン市在住市民の 1/3 は WIEN ENERGIE の地域暖房を享受する)
- ・ ごみ 1 兆 t(持ち込まれるごみの総量)
- ・ シュピッテラウごみ焼却場を含めウィーン市内の 4 つの焼却設備の年間処理能力 100 万 t 超
- ・ 年間売上高 30 億 42 百万€(2022 年)
- ・ 電力網の安定供給
- ・ 2027 年までに 12.9 億€の投資
(気候保護・供給の確保・再生可能エネルギー(以下、再エネ)の拡大用途として)
- ・ 2040 年までにカーボンニュートラル
- ・ 400m 毎に EV 車用充電ステーションの設置があり、モバイル通信事業や「Super Schnell」:光ファイバー通信事業も手掛けている。
- ・ 社員 2,179 名、研修生 49 名



図 4.3.1-1 熱供給概要図(朱/青線:温/冷熱)



図 4.3.1-2 シュピッテラウごみ焼却場位置図(Google map)

- ・ シュピッテラウごみ焼却場はウィーン市の第 9 区ドナウ運河沿いに位置し、近隣にはシュピッテラウ駅や連邦庁舎、大学関係施設があるなど人通りの多い街中に立地している。



図 4.3.1-3 シュピテラウごみ焼却場外観(写真)



図 4.3.1-4 隣接する WIEN ENERGIE ビル(写真)

(2) プレゼンテーション内容^{※1,3}

① ミーティングルームでの説明

- ・ 1969 年に着工し 1971 年にごみ焼却場竣工(当時は Heizbetriebe Wien 会社)
- ・ 1984 年に総合病院の暖房のために熱供給設備を建設
- ・ 1987 年 5 月 火事で全焼、2 年間停止。その間は別の場所にごみを搬送していた。
- ・ オーストリアでは 2009 年にごみの埋め立てを禁止することになったため、ごみ焼却場の早期建設が必要と

なった。

- ・ 当時のウィーン市長ヘルムート・ツィルクのビジョンは、新しい焼却場は重工業の記念碑であってはならず、むしろ住民に友好的なものとして認識されるべきだというものだった。
- ・ デザイナーのフリーデンスライヒ・フンデルトヴァッサー(1928～2000年)が設計、計画を担う。当初は断っていたが、①きれいな煙を出すこと ②ウィーン中でごみの仕分けをすること ③自分の仕事の邪魔をしないこと(自分のデザインに文句をいわないこと)を、仕事を引き受ける条件とした。
- ・ 1992年改装完了
- ・ ウィーンの廃棄物に関する取り組み
 - ① ごみを回避すること(増やさない)
 - ② 再利用すること・エコバッグやマイボトルなど
 - ③ リサイクル・電池回収をしている
 - ④ 熱利用すること
 - ⑤ 取り除くこと(上記5項目の教育や周知の環境が整っている)
- ・ 脱炭素化に向けて大型ヒートポンプ(以下、HP)の設置工事をしている。
- ・ 120mの煙突の上部にある金色の玉ねぎ部分にチョウゲンボウ(ハヤブサ科の鳥)が巣作りをしている。
- ・ NOx /SOx / ダイオキシン等の排出基準は、絶対値ではないが規制値(EU,オーストリア)の1/5程度であり、十分満たしている。

② プラント内部の説明

- ・ ごみ収集は2回/日の搬入。臭いが拡散しないようになっておりごみ投入口は蓋をしている。

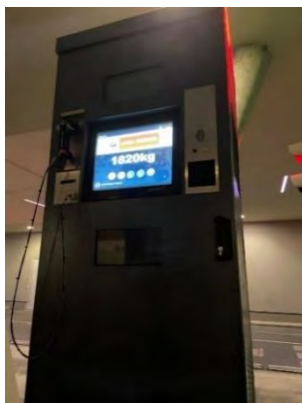


図 4.3.1-5 トラックスケール



図 4.3.1-6 ゴミ搬入口(写真)

- ・ ボイラーは高さ35m、16～18t/h、日によっては800～1,000t/日、27万t/年の焼却。
- ・ ボイラーへはごみを10分～15分おきに投入、17時まで人によるマニュアル操作、以降は自動制御。
- ・ 設計者のフンデルトヴァッサーにとって重要な課題である「森のようにする」を受けて緑化に取り組んでいる。巣箱を設け蜂蜜を取っている場所もある。

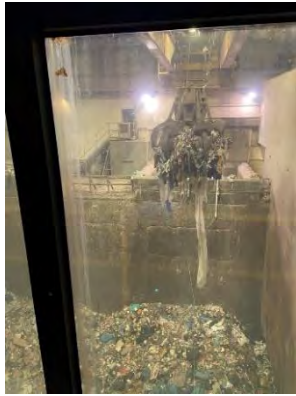


図 4.3.1-7 ボイラーへの投入状況(写真)



図 4.3.1-8 緑化スペース(中3階デッキ)(写真)

- ・ 燃焼により発生した排気ガスは、次の工程を経て煙突から排出される。
 活性コークスを添加した布製フィルター(円筒状バグフィルター:外側を排ガス、内部をクリーンなガスが流れる形態)
 →排ガス洗浄(→湿式スクラバーで洗浄後、大型 HP で熱交換して排熱回収する)
 →脱窒素と SOx・ダイオキシン除去
- ・ ごみ 1t(100%)に対する残留物は、スラグ 220kg(22%) (→スラグコンクリートも生成+鉄鋼生産の原料の一部として利用)→灰 16kg(1.6%)→フィルターケーキ(濾過廃棄物)1kg(0.1%)
- ・ フィルターケーキは国内で処理できないためドイツの最終処分(貯蔵)地へ持って行く。



図 4.3.1-9 排気ガス処理工程(写真)

- ・ 6 万世帯(熱)の家庭に対して温熱 60MW(今後 16MW 増強予定)、冷熱 40MW を、5 万世帯の家庭に電気 14MW(昔は 6MW)を供給している。(年間総生産量は熱 500GWh、電力 120GWh、総設備容量 400MW^{※4})
- ・ 大規模改修(2015 年完了)により、システムの全体効率が 70%から 76%に向上。^{※4}
- ・ 各熱プラントとネットワーク化されており、1,400km の熱導管が敷設されている。
- ・ 半分の家庭がガスを使っているが、ガス供給が停止することになれば、その代替として地域熱供給を使ってもらえればと考えている。

・脱炭素のためにはさらに地熱など再エネを導入する必要がある。

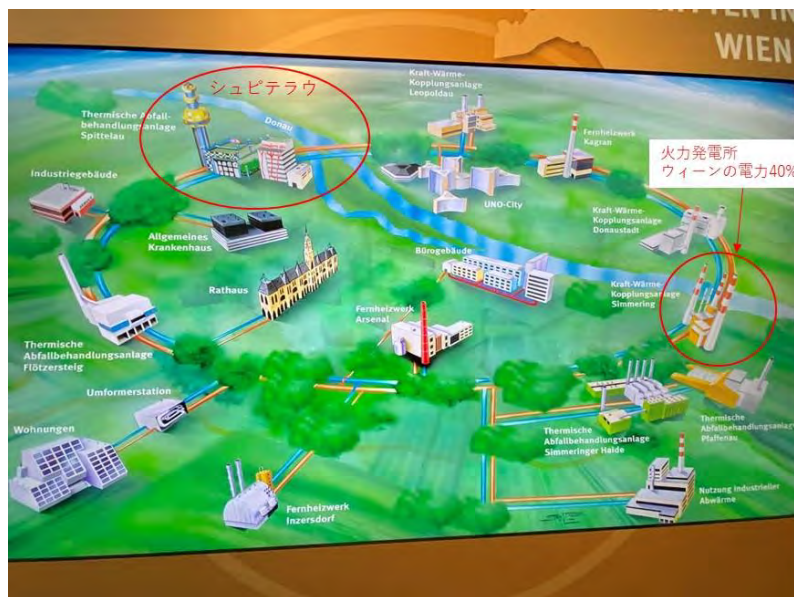


図 4.3.1-10 熱供給ネットワーク(写真)

4.3.2 質疑応答

Q1: シュビテラウごみ焼却場の対象範囲は。

A1: ウィーン(414km²)の約 1/3 を担っている。

(ほか: Flotzersteig、Simmeringer Haide、Pfaffendorf)

Q2: ごみ処理場の規模はどれくらいか。

A2: ウィーン市内で熱供給ネットワークにつながっている中では 2 番目に大きい施設。ただし1番大きいプラントはこの 2 倍。

Q3: ごみ収集車は EV 化されているか。

A3: EV は 1 台しか入っていない。今後増やしていく。

Q4: 熱導管はどの会社が所有しているのか。

A4: ネットワーク設備(熱、ガス、電気)は Wien Netz という別会社が所有・運営している。過去は一体で運営していた。

Q5: 石油は使っているのか。

A5: 過去は使っていたが、今は使っていない。

(連邦財務省 HP に現在でも石油需要の 9%を自国で賄っている記載あり)

Q6: ガスはどこから輸入しているのか。

A6: ロシア。他国と異なり過去の国交関係から輸入制限はそれほど深刻ではない。

Q7: 温水の温度範囲は。

A7: 90~160°C(高温は工場向け)

4.3.3 プラントはアートで溢れている！



図 4.3.3-1 奥の壁面は青・黄など色鮮やかモザイクタイル貼り(写真)



図 4.3.3-2 見上げると床材はメッシュ仕上げ(写真)

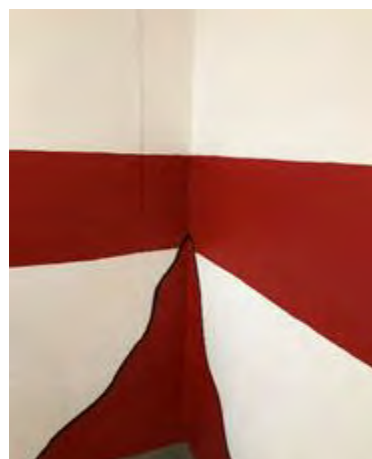


図 4.3.3-3 奥通路の扉(左)は緑に赤の縁取り、壁は赤のボーダー(右図の入隅も面白い)(写真)



図 4.3.3-4 緑化スペースと設置されているプレート(写真)



図 4.3.3-5「自然との平和条約」のプレート(写真)



図 4.3.3-6 腐葉土トイレの解説プレート(写真)



図 4.3.3-7 テナントツリーの解説プレート(写真)

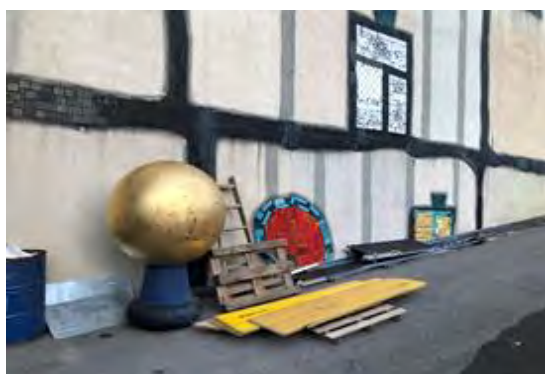


図 4.3.3-8 金球は修理中?(写真)



図 4.3.3-9 焼却場壁面(写真)



図 4.3.3-10 駐車場の柱までモザイクタイル貼り(写真)

4.3.4 所感・まとめ

地方公共事業会社の子会社であるエネルギー事業者(熱、電気、ガス供給)として安定供給をベースに脱炭素に向けた検討を進めている様子がうかがえるところはこれまでの視察箇所と共通して感じる場所であったが、特に人が行き交う街の中心部に立地するごみ焼却施設をいかに地域と共生するかを建設当初から考え抜き、現在もその課題に向き合って運営しているところが印象的であった。視察当日も一般見学者や研究者の来所がひっきりなしで、非常にオープンな雰囲気のあるごみ焼却場 兼 発電所 との印象を強く受けた。

脱炭素に向けた取組みとしては、電動ごみ収集車が1台しかなくEV導入が進んでいる欧州(デンマークのCopenHillは全数電動ごみ収集車化)の中では遅れている印象を受けたが、今後増やしていくとのコメントがあったことや、ガスの供給停止が計画されているなど大きな脱炭素への変化がプレゼンターにも認識されていることは意識の高さを感じる場所である。ただし、具体的な対応策や実行計画を聞くことはできず、悲壮感を感じることもなかったため、どこまで具体策が練られているのか、取り組もうとしているのかはうかがい知れず、引き続き動向調査の必要性を感じる場所である。

視察先3か国共通の印象としては、地域冷暖房(特に地域暖房)がインフラ設備としてしっかり根付いていること、単独で熱製造するのではなく都市排熱をも有効利用していかに低炭素化にかじを切るか、行政・市民・会社が一体となりエネルギー製造から配送・消費まで参画していることが、特に印象深かった。

参考文献)

- ※1 プレゼン資料: Company Presentation WIEN ENERGIE
- ※2 WIEN ENERGIE HP
- ※3 紹介ビデオ: Spittelau Waste Incineration Plant
- ※4 ウィーン市 HP

<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/beispiele/energieerzeugung.html>

【参考】

■オーストリアの風力発電(2022年)(出典:IG Windkraft)

- ・風力発電所数 1,374 カ所
- ・総出力 3,586 MW
- ・風力発電による1年の生産量 83 億 kWh
- ・CO₂削減量 410 万 t



図 4.3.4-1 ウィーン国際空港へ向かう機中から「林立する風力発電」(写真)

■ウィーンの街並み①・・クリスマスモードで賑やか

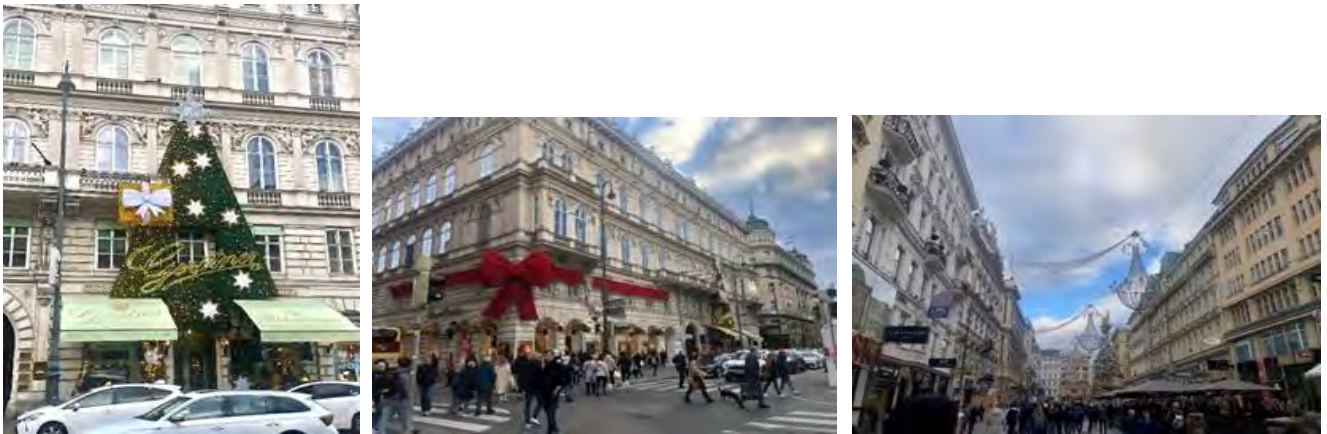


図 4.3.4-2 ゴージャスなクリスマス装飾(写真)

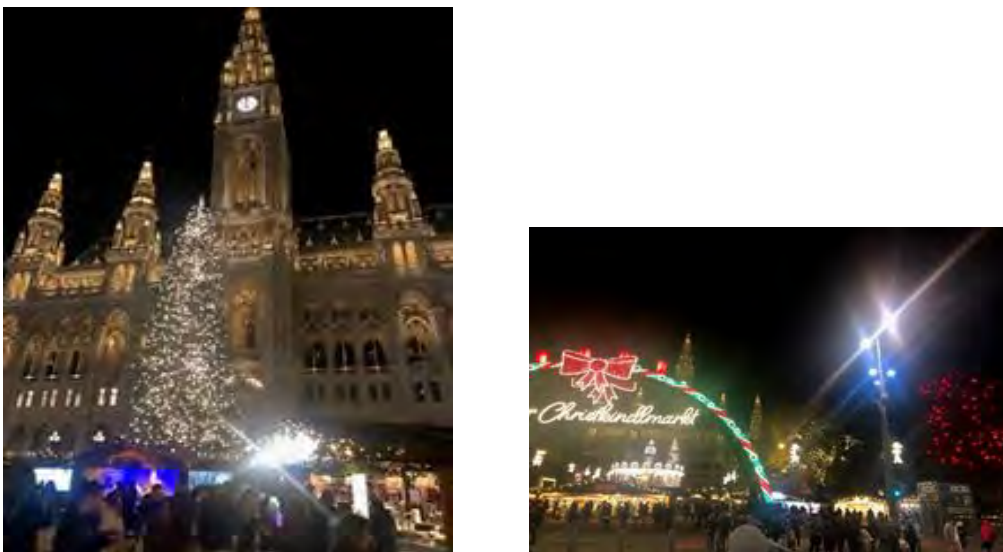


図 4.3.4-3 多くの人出で混雑する市庁舎前のクリスマスマーケット(写真)

■ウィーンの街並み②・・道路にごみ落ちてなくて清潔

路上清掃が徹底しているのか、あるいはごみ箱が至る所に設置されているためか道路にごみ落ちてなくて清潔。

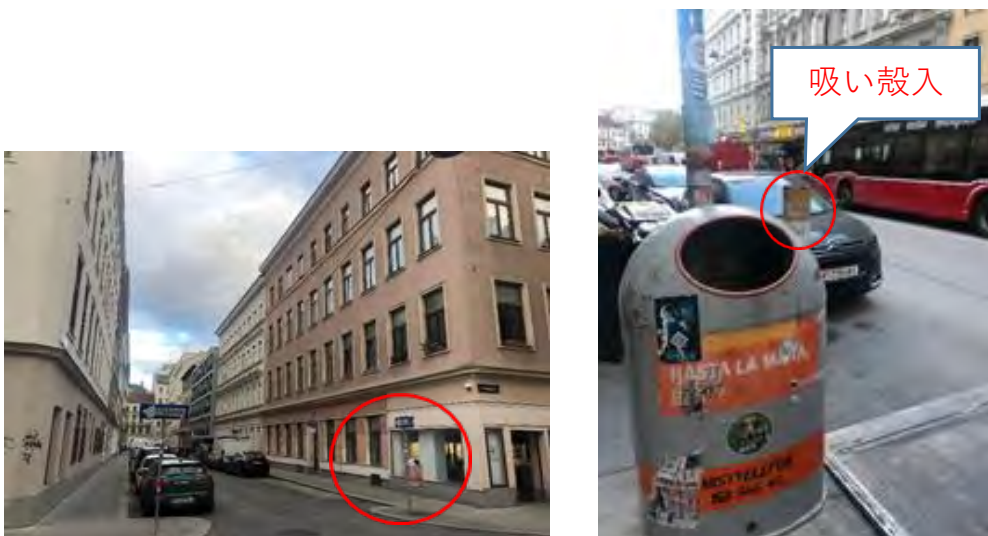


図 4.3.4-4 道路標識の支柱に設置されているごみ箱・吸い殻入一体型ダストボックス(写真)

第5章 全体総括

5.1 視察先の国々の地域熱供給の導入状況の概要

2023年11月14日から23日の10日間に表5.1-1に示す視察先を訪れて、最新の地域熱供給に関わる実態を視察するとともに情報収集を行い、今後の日本の地域熱供給のあり方に関わる多くの有意義な知見を得ることができた。本章では、「エネルギー政策」「地域のエネルギー活用」「都市インフラにおける位置づけと事業運営」「地域との共生」「今後の地域熱供給の大きな変化」の5つの視点でその内容を整理した。

なお、その整理の前に、今回の訪問先であるデンマーク、ドイツ、オーストリアの地域熱供給の導入状況について、欧州内での位置づけを知るとともに、日本との比較で概観できるように、“EUROHEAT & POWER : DHC Market Outlook, Insights & Trend 2023”の資料等を用いて以下に解説する。

図5.1-1は各国の地域熱供給の民生用熱需要に占める割合を示す。一般的に北欧、旧東欧の国々での割合が高い。デンマークは66%、ドイツは10%、オーストリアは17%となっている。因みに日本は1%程度と推察される。

図5.1-2は地域熱供給による販売熱量の2015年から2021年の推移を示している。割合(図5.1-1)では

表 5.1-1 視察先

月日	視察先
11月15日(水)	デンマーク・コペンハーゲン
	①DBDH(デンマーク地域熱供給協会)
	②Tårnby Forsyning (トーンビュー市で上下水、熱供給を行っている非営利企業)
11月16日(木)	ドイツ・ベルリン
	④Vattenfall Heat Berlin (ベルリン市で電力・エネルギー供給を行っている企業)
11月17日(金)	ドイツ・ドレスデン
11月20日(月)	⑤Sachsen Energie/DREWAG Stadtwerke Dresden (ザクセン州の公共事業会社/ドレスデン市の熱供給会社)
	ドイツ・ミュンヘン
11月21日(火)	⑥ZAE Bayern(蓄熱、蓄電等のエネルギー技術の研究所)
	オーストリア・ウィーン
	⑦Freudenau Hydro Power Plant (ウィーン市内、ドナウ川の水力発電所)
	⑧Spittelau Waste Incineration Plant (ウィーン市内のごみ処理場兼火力発電所)

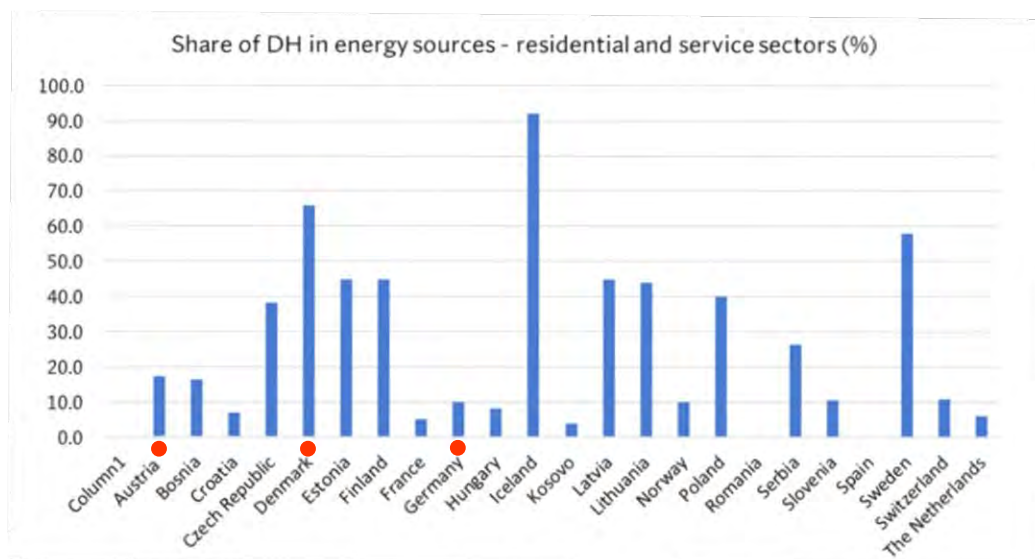


図 5.1-1 民生用熱需要に占める地域熱供給の割合

出典)EUROHEAT & POWER : DHC Market Outlook, Insights & Trend 2023

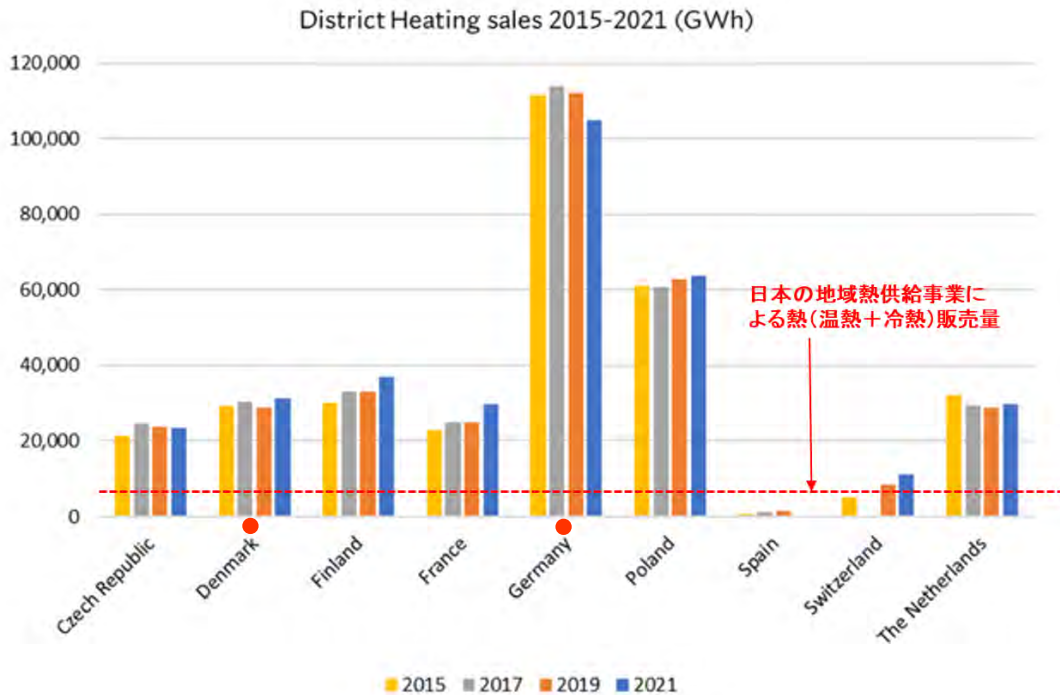


図 5.1-2 地域熱供給の販売量

出典)EUROHEAT & POWER : DHC Market Outlook, Insights & Trend 2023

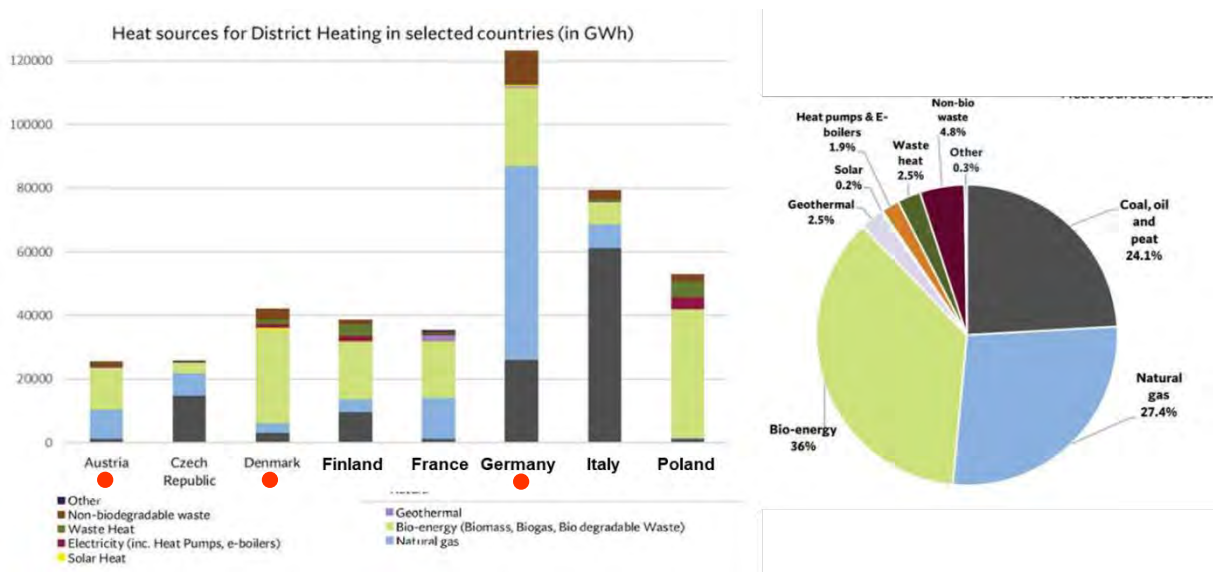


図 5.1-3 地域熱供給のエネルギー源

出典)EUROHEAT & POWER : DHC Market Outlook, Insights & Trend 2023

デンマークが高いが、販売熱量では国の規模の大きいドイツがデンマークの3倍以上となっている。日本の冷熱、温熱を合わせた販売熱量は、2022年度で6,108GWh((一社)日本熱供給事業協会:熱供給事業便覧、令和5年版)で、デンマークの5分の1程度である。

図 5.1-3 は地域熱供給のエネルギー源を示している。3か国いずれも熱併給発電所が熱供給網に組み込まれているが、その発電所のエネルギー源にさかのぼって集計されたものと考えられる。デンマークはバイオマスが多くを占めているが、ドイツは依然として石炭、天然ガスといった化石燃料が占める割合が高い。なお、別の

図表から拾ったデンマーク、ドイツ、オーストリアの再生可能エネルギー（以下、再エネ）源による熱供給の割合は、それぞれ41.5%、15.4%、35.5%となっている。

近年、欧州でも地域冷房が導入されており、図 5.1-4 はその実態を示す。スウェーデンとフランスで比較的销售熱量が大きいですが、同図の欧州合計値よりも日本の地域熱供給事業の 2022 年度の冷熱総販売量 3,510GWh（（一社）日本熱供給事業協会：熱供給事業便覧、令和 5 年版）の方が、やや大きい値となっている。

図 5.1-5 は地域熱供給網における大型ヒートポンプの容量と熱生産量を示している。北欧の国々で導入が進んでいるが、ドイツでは、まだわずかであることがわかる。

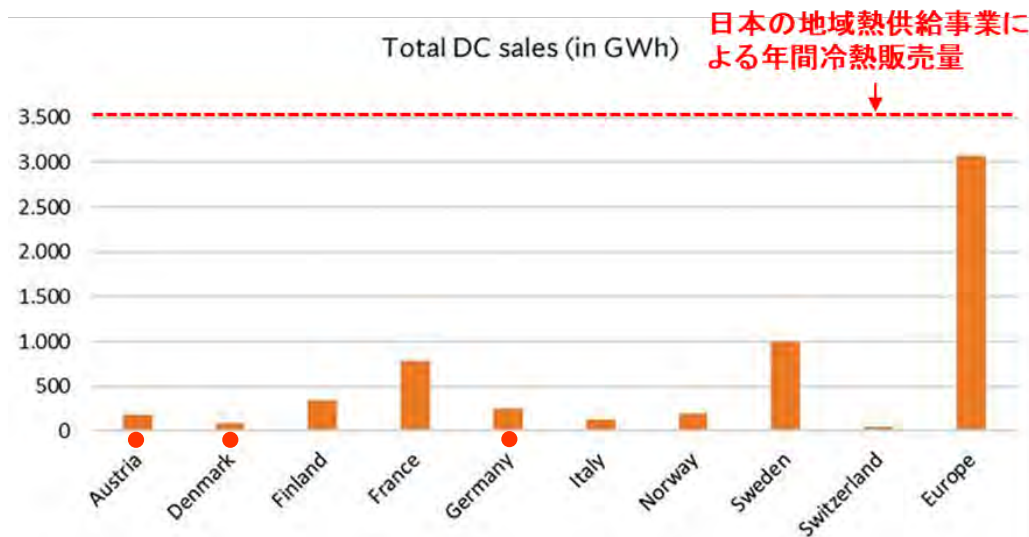


図 5.1-4 地域冷房の販売量

出典)EUROHEAT & POWER : DHC Market Outlook, Insights & Trend 2023

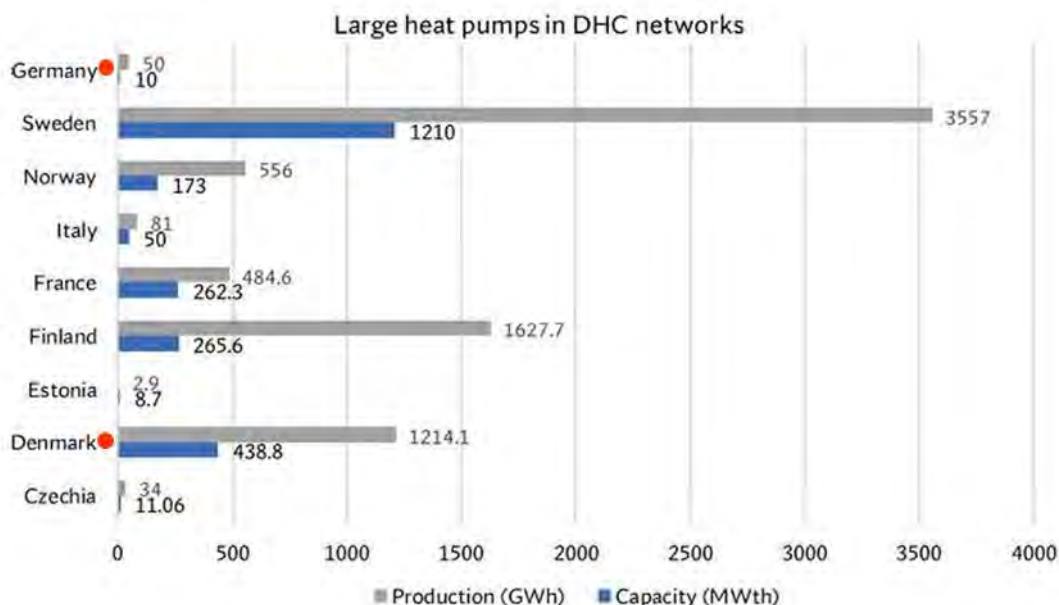


図 5.1-5 地域熱供給網における大型ヒートポンプの容量と熱生産量

出典)EUROHEAT & POWER : DHC Market Outlook, Insights & Trend 2023

5.2 エネルギー政策からの視点

デンマーク、ドイツのいずれの国においても、カーボンニュートラル(以下、CN)実現に向けた国の政策の中で、地域熱供給がしっかりと位置づけられ、地域熱供給のCN化は国の目標よりもさらに前倒しのロードマップが示されており、取り組み内容も具体的であることが印象的であった。日本、ドイツ、デンマークのCNに向けた計画を表5.2-1に示す。

表 5.2-1 日本、ドイツ、デンマークのカーボンニュートラルに向けた計画

	日本 ^{※1)}	ドイツ ^{※2)}	デンマーク ^{※3)}
長期目標	2050年カーボンニュートラル	2045年気候中立	2050年カーボンニュートラル
		2040年88%削減(1990年比)	
中期目標	2030年46%削減(2013年度比)	2030年65%削減(1990年比)	2030年70%削減(1990年比)
根拠	地球温暖化対策推進法(2021年)	連邦気候保護法(2021年)	Climate Law(2020年)
	地球温暖化対策計画(2021年)		

出典)

※1 環境省:地球温暖化対策推進法と地球温暖化対策計画(2024年3月7日閲覧)

<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/domestic.html>

※2 自然エネルギー財団:ドイツの脱炭素戦略(2024年3月7日閲覧)

https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REI_DE_DecarboStrategy.pdf

※3 今回視察でのCTR資料

5.2.1 デンマーク

デンマークでの取り組みは第2章にまとめられている。デンマークでは1903年に地域熱供給が始まり、重油をベースとして普及していたが、1973年のオイルショック以降、エネルギー供給構造の脆弱さと石油依存脱却の必要性からエネルギー構造転換を迫られた。1976年に「デンマーク・エネルギー政策1976」等で新規の火力発電はすべてCHP(熱電併給)であるべきことが明記され、1979年の熱供給法で、天然ガスと地域暖房のゾーニングが進められるなど、天然ガスとCHPの利用をベースとした地域暖房が推進された。2011年という早い時期に「デンマーク・エネルギー戦略2050」で2050年に化石燃料を使わない社会を目指すとしたのには、こうした地域暖房の推進も背景にあったと考えられる。

デンマークではその後、ロードマップとして、2030年までに温室効果ガスを1990年比で70%削減、遅くとも2050年までにCNとすることを2020年の気候法で定めているが、コペンハーゲンの地域熱供給は2025年からCNにしなければならないとしている。このように、地域熱供給が先導する形で、CN化が進められている。なお、コペンハーゲンの地域熱供給での今後の水素利用について尋ねたところ、明確に「NO」という返事であった。熱供給事業のように低い質のエネルギーである熱をつくるために、高価な水素を使うことはコスト的に見合わないこと、航空機や船舶の燃料など水素でなければCN化が難しい使用用途を優先すべきであることを理由として挙げていた。図5.1-3で示されているとおり、デンマークではすでに地域熱供給における化石燃料の割合が小さいので、地域熱供給に水素を導入する必要はない状況にあることが理解できる。

5.2.2 ドイツ

ドイツでは連邦気候保護法に基づき、温室効果ガスを2030年に1990年比65%削減、2045年に気候中立とする計画を定めている。こうした中でベルリン市は2030年に温室効果ガスを1990年比70%削減というさらに高い目標をめざしており、そのベルリン市のCN化にヴァッテンフォール熱供給会社が大きく貢献している。ヴァッテンフォール熱供給会社では、脱石炭と再エネの導入、さらには水素導入で、ベルリン市全体の

計画よりも早く、2040年にはベルリンの地域暖房のネットゼロを実現するとしている。そして、2030年頃までに水素対応 CHP、水素ピークボイラーの導入、2030年以降、グリーン水素の導入を開始、2040年頃までにすべての主要 CHP サイトでの 100%グリーン水素活用を明記していることは興味深い。(図 5.2.2-1)

図 5.1-3 で見るとおり、現在は地域熱供給のエネルギー源として、石炭・天然ガスといった化石燃料が多くを占めている実情もふまえると、今後の CN 化に水素の導入が不可欠であることが理解できる。

ドレスデン市で熱供給事業を行っている Sachsen Energie では、国の目標である 2045 年 CO₂フリーに沿った計画を目指しており、首都であるベルリン市に比べると取り組みは遅れている印象であったが、やはり、CN 化には水素を 30~50%導入する必要があるとのことであった。このようにベルリン市、ドレスデン市のいずれの熱供給事業においても、今後、水素を導入する計画であることが確認できたことは有意義であった。

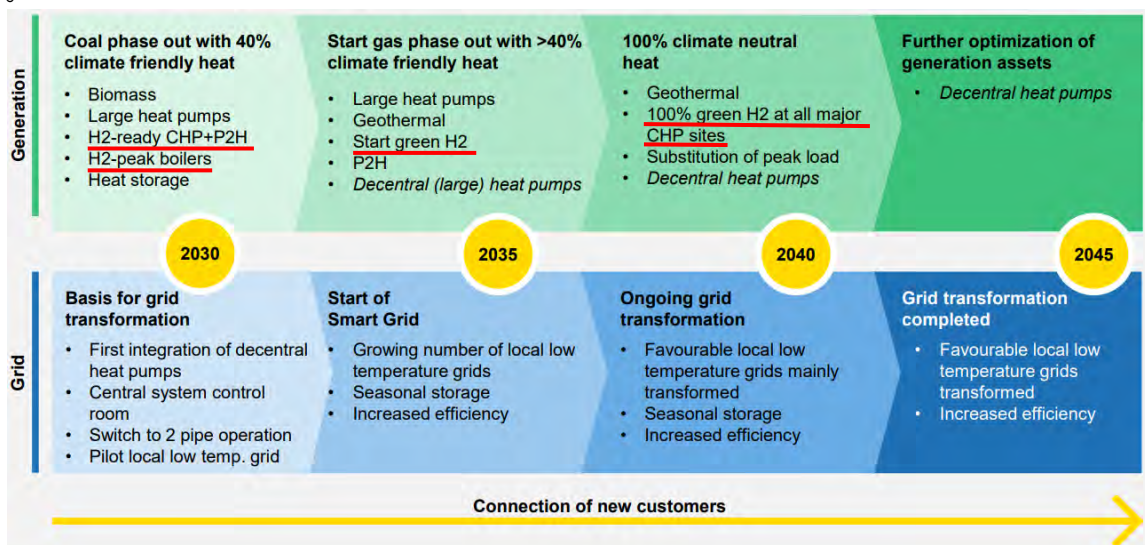


図 5.2.2-1 ヴァッテンフォールによる地域熱供給の温室効果ガス中立への転換のステップ
出典)ヴァッテンフォール訪問時プレゼンテーション資料

5.3 地域のエネルギー活用からの視点

都市における CN 化が大きな課題となっている中で、欧州の多くの大都市では、地域熱供給網が都市規模で構築されており、地域の大規模な排熱源である発電所、ごみ焼却場が基本的に活用すべき熱源として、地域熱供給網にしっかりと組み込まれていることを再認識した。もともと 1875 年にハンブルグの火力発電所の排熱を周辺工場や住宅の暖房用に供給するシステムが完成した^{※4}のが、地域暖房の始まりであったと聞いているが、今回訪問したいずれの都市においても、大量に熱を排出する施設である発電所、ごみ焼却場が、地域熱供給網の主たる熱源となっていることを改めて強調したい。

コペンハーゲン広域圏の地域熱供給エリアでは、熱併給発電所、ごみ焼却場が熱のベースロードをカバーしているとの説明であったが、いただいた資料の地図から見る限り、熱併給発電所、ごみ焼却場がそれぞれ 3 カ所、組み込まれていることがわかる。また、ドイツのベルリン、オーストリアのウィーンでも同様に熱併給発電所、ごみ焼却場が組み込まれ、主たる熱源となっている。ドレスデンでは熱併給発電所は組み込まれているが、ごみ焼却場は今後の脱炭素化に向けて利用する方向とのことであった。

都市に不可欠な施設である発電所、ごみ焼却場からの熱を地域熱供給で利用しているのみならず、オーストリアでのドナウ川に設置されたウィーン市フロイデナウ水力発電所の視察も印象的であった。オーストリアでは、

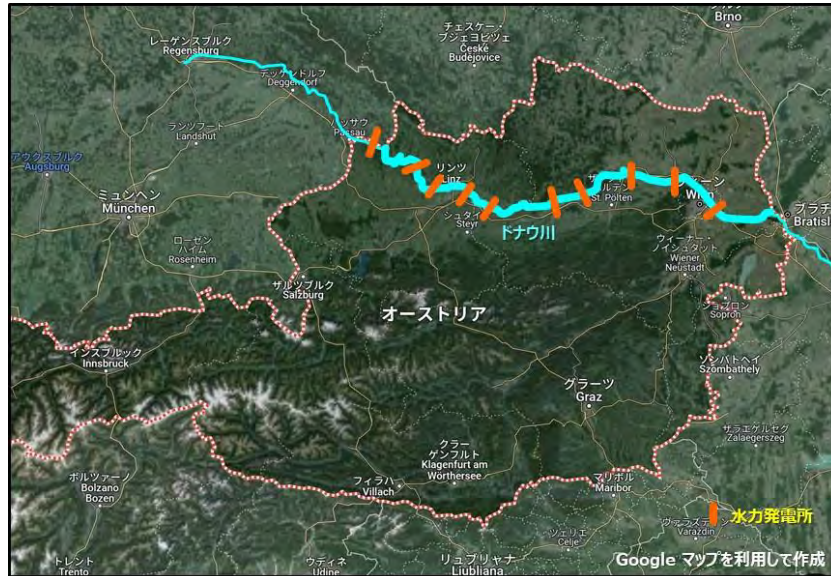


図 5.3-1 フェアブント社が所有するドナウ川の水力発電所の分布

ドナウ川が国土をゆったりと流れており、その落差を利用した 9 カ所の水力発電所による発電で、国の総発電量の 17.6%を賄っていると知り、まさに地域のエネルギー活用の好例であることがわかった。今後、CN 化に向けて、再エネ電源の導入を増大させていく必要があるが、流れ込み式の水力発電は年間稼働時間が 6,000 時間を超える、変動の極めて小さい再エネ電源であり、風力や太陽光とは異なり、時々刻々の調整力を必要としない再エネ電源であることの意義は、より大きいと感じた。

出典)※4 尾島俊雄:地域冷暖房、早稲田大学理工総研シリーズ1, 1994 年 9 月 20 日

5.4 都市インフラにおける位置づけと事業運営からの視点

今回の視察で、デンマーク、ドイツにおける地域熱供給に関して、国や都市の視点からの位置づけ、事業運営などを伺うことができた。それらの報告は、それぞれ第 2 章、第 3 章にまとめられている。いずれの国も地域熱供給が公共性を有する都市のエネルギーインフラとして位置づけられ、導入、整備にあたって国や地方自治体が深く関与していることが確認できた。図 5.1-1 に示すとおり、デンマークは 66%、ドイツは 10%と普及率に差はあるが、ガス供給と熱供給のゾーニングがなされており、CO₂ 削減に貢献するとともにエネルギーの安定供給にも寄与する都市のエネルギーインフラとして推進、整備が図られている。事業運営に関してはコペンハーゲンでは自治体もしくは利用者の組合が、ベルリンでは民間企業が、ドレスデンでは Stadtwerke という公社が担っているなど、国や都市によって違いがみられる。

翻って日本の地域熱供給を見ると、多くが民間主導で導入、整備されるのを国、自治体が支援する形で進められ、第 2 章で触れたように、広く都市域全体に整備されるのではなく、エネルギー密度が高い地域(大規模開発・再開発)を中心に、高効率システムの導入、最適なエリアエネルギーマネジメントを行う地域エネルギー供給を、欧州と比較してコンパクトに展開し、地震国である日本の都市機能維持に貢献する社会インフラとして発展させているという特徴がある。事業運営に関しても、日本ではほとんどが民間で行っているという違いが見られる。

5.5 地域との共生からの視点

欧州では以前から、ごみ焼却施設などの日本では迷惑施設になるものと熱供給施設を、周辺環境との融和を考慮してデザインされていることを聞いていた。私が最初に欧州の地域熱供給を訪問した 1983 年に、ニュールンベルグ市で熱供給プラントの外観の色を、周辺環境と調和するように配慮してデザインしているとの説明を受けたこと、ミュンヘンの街中の熱供給発電所の外観が普通のオフィスビルと変わらないことに驚いたことを、今回の視察であらためて思い出した。

今回、訪問したデンマークのコペンヒル、オーストリアのシュピッテラウの両ごみ焼却場では、当時の考え方が今日まで継承され、さらに発展していることを実感した。コペンヒルは、地域暖房へ熱を供給し発電も行うごみ焼却場であると同時に、ほとんどが平地であるデンマークに人工的な丘をつくり、人工スキーやボルダリングなどで人々が楽しむ、レクリエーションセンター、観光名所としてデザインされている。また、オーストリアのシュピッテラウは「森のように」緑化され、親しみやすいデザインの熱供給発電を行うごみ焼却場であった。いずれも、まちづくりの観点から景観的にも機能的にも地域と共生する施設となっていることがわかった。コペンヒルを訪れたのは夕方、天気もあまりよくなかったが、実際にスキー板を抱えた若い人も何人か見かけた。シュピッテラウは人通りの多い街中に位置し、手続きのためか、多くの市民が訪れて混雑していた。日本でも東京都武蔵野市のごみ焼却場の例では、日常はこどもの遊び場になり、災害時には周辺の住民が逃げ込める拠点としてデザインされているが、こうした事例はまだ少ない。今後、引き続き、海外の好事例にも学ぶ必要があると感じた。

5.6 今後の地域熱供給の大きな変化からの視点

CN の実現に向けてさらに再エネの導入が進むこと、再エネ電源の変動幅もさらに大きくなっていく中で、今後の地域熱供給も大きく変化していく可能性があり、本項ではその視点からまとめてみたい。

5.6.1 熱の電化、ヒートポンプの導入

今回の視察で、いずれの視察先でも今後の重要なキーワードとして挙げられていたのが、熱の電化、ヒートポンプ(以下、HP)の導入である。図 5.1-5 には、地域熱供給網における大型 HP の容量と熱生産量の現状を示している。現状では北欧の国々で導入が見られ、ドイツではまだわずかである。再エネ電源が増大する中で、熱需要の電化、変動調整の必要性から、HP を導入することが計画されている。

今回訪問したデンマーク、ドイツでは、第 2 章、第 3 章の報告にあるとおり、熱の電化、HP の導入が進むとの説明があった。デンマークの CTR 社訪問時に、地域熱供給が直面する大きな変化の中に、海水などを利用した大型 HP の導入があるとの説明を受けた。また今後、バイオマスを限定的な資源と位置づけ、石油と天然ガスで動かしてきたピークロード対応のプラントでは、電気を基本として動かすゴールを政府と共有しているとのことであった。ドイツでは、ベルリンのヴァッテンフォールでも 2030 年に再エネによる地域熱供給を 43% にする計画であるが、17% が大型 HP でカバーされる。それ以降は分散型 HP も導入されることになっている。また、Sachsen Energie の DREWAG(ドレスデン)でも、電気料金が安い時間帯に HP を活用した熱製造を考えているとのことであった。このように、いずれの訪問先でも HP の導入を計画していることが確認できた。また、第 3 章の ZAE バイエルンの報告にあるとおり、ドイツは HP 普及促進のための政策も設けている。

さらに、デンマークの CTR 社で、今後の地域熱供給について熱をベースとしたものから電力をベースにしたものまでの、いくつかのシナリオ検討の説明を受けたが、『変動電源である再エネ(風力や太陽光)が増加する

方向にある中で、熱供給は、安定的な電気の生産者側から、消費者側へとシフトしていく可能性がある』との話が印象的であった。これまでの地域熱供給は、コペンハーゲンの巨大な蓄熱槽に象徴されるように、風力や太陽光、水力の発電に伴う変動を調整するために、稼働や停止を行う熱供給発電所から発生する熱の受け皿として機能することで、CN化に貢献してきた。これはいうなれば、電力の供給サイドで熱供給が調整力として機能してきたことになる。しかし、今後は地域熱供給網への大型 HP 等の導入が進めば、再エネで発電した電力を利用するので、電力の需要サイドとして地域熱供給が変動する電源の調整の役割を果たす可能性が大きくなってきたことを説明したものと理解できる。

なお、コペンハーゲンの CTR 社では電化に伴って地域熱供給網の分散化が進む可能性があるとの話があったが、これに関連して、将来、CTR 社の熱供給幹線網(トランスミッションライン)が存続するのかどうか尋ねたところ、明確な回答はなかった。

以上のように、今後の CN 化への動きの中で、地域熱供給の電化や供給網への HP の導入が進むことが予想されるとともに、分散化もありうることが示唆された。

5.6.2 水素と地域熱供給

地域熱供給への水素の導入に関しては、デンマークでは 5.2.1 でも触れたとおり、導入は考えられてない。一方、ドイツでは、5.2.2 で触れたとおり、ベルリン・ヴァッテンフォールで 2030 年頃までに水素対応 CHP、水素ピークボイラーの導入、2030 年以降、グリーン水素の導入を開始、2040 年頃までにすべての主要 CHP サイトでの 100%グリーン水素活用を行うとしている。これによって、2040 年には再エネ 100%の地域熱供給を実現するなど、CN化に向けて、水素を導入する計画が明確に示されている。また、ドレスデンにおいても最終的に 30~50%を水素熱源にする必要があるとのことであった。このことは、今後の日本の地域熱供給の CN シナリオ構築に大いに参考になる。なお、デンマークでは、再エネの電気による水電解の過程で発生する熱の地域熱供給への利用を行うこととしている。

5.7 まとめ

本視察をとおして、これまでの調査等で得られている内容の再確認とその最新情報へのアップデートができたこと、CNの実現に向けて世界が大きく動いている中での欧州の地域熱供給の新しい動き、変化を知ることができたこと、の 2 つの面で大変有意義であったと考えている。

これまでの調査等で得られている内容の最新情報へのアップデートについては、5.2~5.5 にまとめたとおりである。地域熱供給が公的な位置づけを持ち、CN化に向けたエネルギー政策の中での重要な役割を果たしていること、公的なセクターによる整備と運営、都市の発電やごみ処理に伴う排熱等を無駄なく活用する基盤となっていること、地域との共生や調和が図られていることなどに関して、これまでの経緯と最新の状況を把握することができた。

新しい動きや変化については、5.6 にまとめたとおり、CN化に向け再エネ電源がますます増大する中で、熱需要の電化や HP の導入が進む状況にあること、国の状況によって水素へのかかわり方が異なり、特に日本と同規模の国であるドイツが、水素を熱供給に導入することで CN を実現しようとしていることなどを知ることができた。

いずれも、これからの日本の地域熱供給のあり方を考える上で重要な、多くの有意義な知見を得ることができた。本視察の成果を今後の日本の地域熱供給の発展に活かしていただくことを期待したい。

おわりに

カーボンニュートラル(以下、CN)の実現に向けて世界が大きく舵を切る中で、都市のCN化が大きな課題となっています。おもに高密度エリアに広がる日本の地域熱供給のCN化への道筋を描くためにも、このタイミングでの欧州視察調査はたいへん時宜を得たものでありました。本視察調査を企画していただいた一般社団法人日本熱供給事業協会に感謝申し上げます。

そして、皆様のご協力のもとに、大変有意義な視察を行うことができ、このように報告書をまとめることができましたのは、団員の皆様、視察調査を支えていただいた関係の皆様のお蔭によるものと、深く感謝申し上げます次第です。

総括でまとめましたように、今回の成果は大きく2つに整理できます。一つは、これまで得られている欧州の地域熱供給に関する情報を、5年ぶりの視察調査で、最新の内容にアップデートできたことです。もう一つは、CN実現に向けて世界が舵を切る中で、欧州の地域熱供給が描くCN化の道筋を把握するとともに、今後に向けた大きな変化を知ることができたことです。

欧州では、国や都市のCNを先導する形で地域熱供給が貢献していること、今回訪問したいずれの地域熱供給においても、CN化へのシナリオを描いていることが確認できました。特に日本と同規模の国であるドイツが、地域熱供給のCN化に向けて水素の導入を不可欠と考え、それを組込んだロードマップを描いていることは、今後の日本の地域熱供給のあり方を考える上で大いに参考になると思いました。

このように有意義な成果を挙げた今回の視察調査であります。大変悲しいことに、団員の伊東信之氏(丸の内熱供給株式会社)が欧州滞在中に体調を崩され、帰国して間もなく亡くなられました。研究会にも欠かさず参加されて準備を進めてこられ、訪問先でも熱心に視察いただいていた。今回の成果をまとめるにあたって、伊東氏のご貢献に深く感謝しますとともに、心よりご冥福をお祈り申し上げます。

本報告書がまとまりましたのは、事務局の曾我拓央氏の視察先とのきめ細かいやり取りと資料整理、団員への情報発信と資料提供、そして、団員の皆様の真摯な取り組み、ご尽力の賜物と感謝申し上げます。また、調査団の出発前の準備から帰国まで、終始、本視察調査を支えて頂いた添乗員の高階英直氏をはじめ株式会社JTBの皆様にも感謝申し上げます。

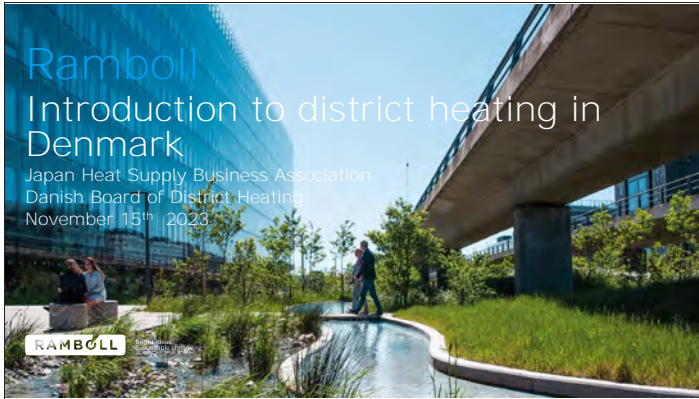
最後になりますが、本視察調査で培った、団員どうしのつながりが今後に向けてさらに活かされますこと、また本報告書が活用され、今後のわが国の都市のエネルギー政策、熱供給事業の発展の一助になれば幸いです。

一般社団法人 日本熱供給事業協会
海外事情調査研究会
団長 佐土原 聡

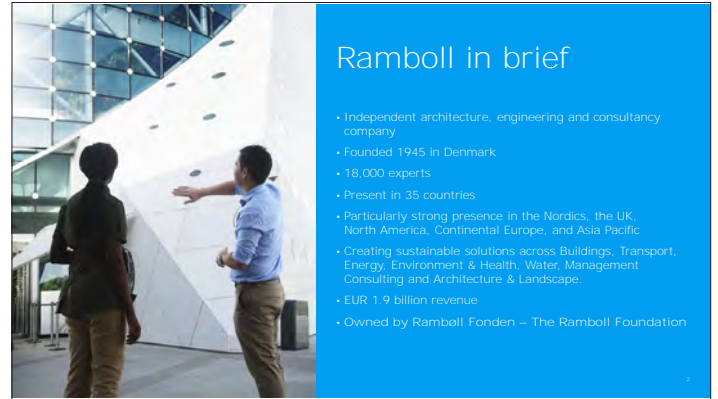
資料編

(視察先の説明資料等)

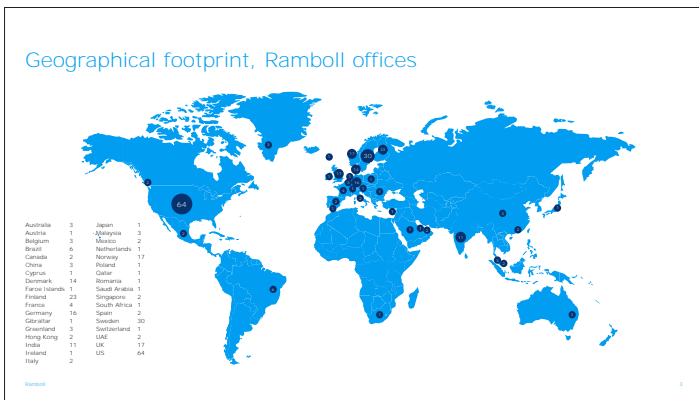
2.2 Introduction to district heating in Denmark (Ramboll)



1



2



3

Global Markets

- Buildings**
We work closely with investors, contractors, developers, and tenants to provide buildings that are distinctive, sustainable and designed to meet user needs.
- Transport**
Our transport specialist work together with national and transport authorities and cities to develop holistic mobility solutions.
- Architecture & Landscape**
Our team of architects, engineers, designers, and specialists remain at the forefront of new technologies to produce world-class design, creating places that progress society at large.
- Water**
Ramboll's global water team creates value for clients and societies by converting challenges related to water, climate and sustainability into opportunities.
- Environment & Health**
One of the world's leading environmental and health consultancies, we are trusted by clients to manage their most challenging environmental, health and social issues.
- Energy**
Our energy experts take a holistic approach to supporting the energy sector as portfolios and strategies change through the green transition.
- Management Consulting**
We assist our clients on their most challenging tasks of today and help them be fit for the future.

4

Fields of expertise

- Wind & solar
- Green hydrogen and Power-to-X
- Carbon capture, utilisation & storage
- Energy infrastructure
- **District energy**
- Bioenergy
- Waste-to-energy
- Energy-intensive industries

5

Presentation and back ground

- Ramboll has a role in the Danish green energy transition, all over Denmark, in particular in the integrated Greater Copenhagen district heating system. In the 20 municipalities and more than 20 utilities we have e.g. these selected references:
 - Planning of most of the heat supply for district heating utilities and municipalities
 - Planning, design and supervision of district heating projects for utilities
 - Design of the three waste incinerators for the waste management companies
 - Design of the two large CHP plants and heat storage tanks for the power utilities
 - Planning and design of Taarnby district cooling system
- Anders Dyrelund
 - Energy planning since 1979:
 - 1975-1981 Engineer and energy planner in Ramboll
 - 1981-1986 Civil servant and energy planner in the Energy Agency
 - 1986- Energy planner and senior market manager in Ramboll
 - First heat plan in Denmark for the city of Aarhus 1980
 - Heat planning mainly in Greater Copenhagen since 1979
 - Transfer of Danish experience to 25 countries since 1990
 - Urgent planning of district heating to replace fossil fuel boilers 2021-

6

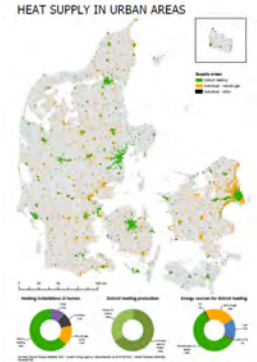
Content

Introduction to district heating in Denmark – regulation and prices

7

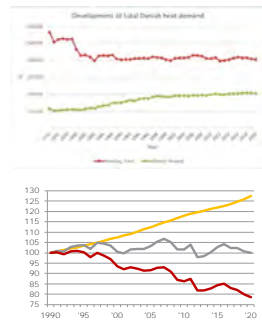
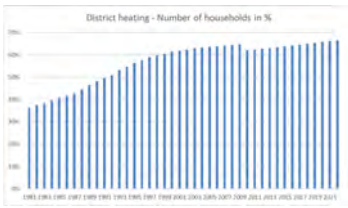
The district heating infrastructure in Denmark 1903-2030

- DH in almost all urban areas (DH green, gas yellow)
- 400 DH utilities with **local democratic ownership** - public utilities and consumer co-operatives - started in 1903
- The energy crisis in 1973 and 1979 stimulated to more DH
- **The Heat Supply Act from 1979** boosted the development:
 - Objectives: cost-effectiveness, reduce oil consumption
 - Ensures cost-effective projects and zoning
 - Tariffs can only include necessary costs, (not for profit)
 - Option to enforce connection provided it is cost-effective
 - Municipal guarantee for 100% financing at lowest interest
- **Fossil fuel tax** stimulated efficiency and completion of the projects, which reduced the dependency on fossil fuels
- 2022-2030: More DH and individual heat pumps will replace the fossil gas - integrating the fluctuating wind energy



8

Market share of District heating is not the most important heat supply

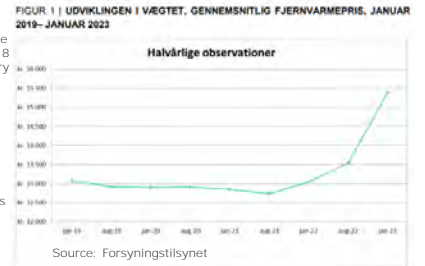


Source: Danish Energy Agency

9

Q1. Are the recent rises in energy prices and commodity prices reflected in heat charges?

- Weighted average district heating price to a standard building (130 m² and 18 MWh) has increased 20% from January 2019 to January 2023
- But typically
 - < 5% price increase for DH based on mainly waste and biomass CHP and efficient gas CHP
- > 50% for DH still based on gas boilers and/or on large electric heat pumps



Source: Forsyningstilsynet

10

Q2. What is the composition of heat prices? Each company can set its own price structure

Connection fee:

- Capacity: (DKK/meter, DKK/m², DKK/kW or DKK/(average heat sale in MWh)
- Branch line: (DKK/m branch line above x meter)
- Can be zero and even include the installation of substation

Annual fee:

- Meter fee: DKK/meter
- Capacity fee: DKK/m² heated floor, DKK/kW, DKK/(average heat sale in MWh), discount to large consumers
- Energy fee: DKK/MWh
- Motivation fee: DKK/MWh incentive to increase cooling or reduce the return temperature

New trend:

- Annual payment to cover all costs of substation. Point of delivery is moved from primary to secondary side.
- Motivation fee is based on monthly average return temperature
- Seasonal or monthly energy tariff reflecting the costs

11

Q3. What are the contract details? Also, are there supply rules, safety rules, etc.?

Overall

- The Heat Supply Act sets the overall rules, e.g. that only necessary costs can be included
- DH companies follow to large extend the guidelines from the Danish District heating association

Typical contract documents:

- General conditions, legal and institutional aspects
- Technical conditions, e.g. diagram of substation, temperature levels etc.
- Contract with the consumer, referring to the conditions, and can set some rules in case of termination.
- Tariffs to be revised at least once a year

Classification of pipes etc.

- Steam
- Super heated water > 110 oC
- Hot water < 110 oC
- International standards

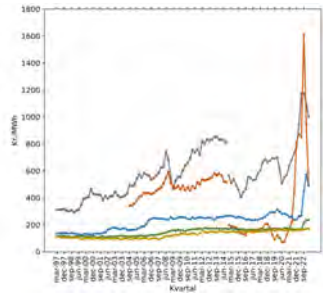
12

Q4. How much does the unit price per calorific value of biomass heat compare to city gas, coal, etc.?

The fuel price statistics:

- Huge tax on oil and gas, and on coal (not shown)
- Grants after 2014 are without tax
- The price of Biomass is stable, except wood pellets

Fyringsolie (inkl. afgifter)	Light oil including tax
Fyringsolie (ekskl. afgifter)	Light oil without tax
Naturgas (inkl. afgifter)	Natural gas inkl. tax
Naturgas (ekskl. afgifter)	Natural gas without tax
Træpiller	Wood pellets
Flis	Wood chips
Halm	Straw

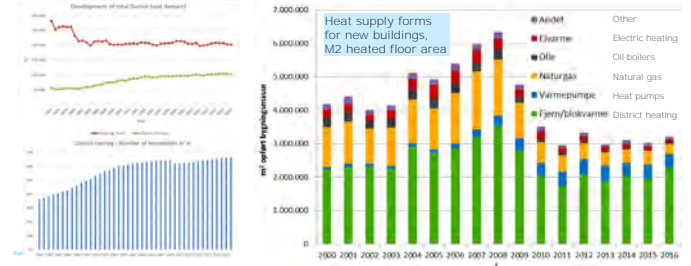


Source: Dansk Fjernvarme

13

Q5. The scale of heat production equipment has been flat since 2006, but have there been any changes in demand

The district heating market share has increased and will increase much more 2023 -2030 replacing gas boilers



14

EU report: experience DH and DC 2016

Greater Copenhagen DH: A show case of cost-effective low carbon heat in a metropol

- 1 million people in one integrated system
- All utilities are owned by the 20 municipalities and consumer co-operatives
- 30% heat from waste CHP
- 65% heat from biomass CHP
- Power to heat from electric boilers and large heat pumps is booming

- Gram: A consumer co-operative - show case of democratic ownership in a village
- Has like many other local communities already established a "virtual battery"
 - Heat storage facility, gas fuelled CHP plant, electric boiler, large heat pump and solar heat
- Has taken part in the development of large-scale solar and heat storage pits



<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC104437>

15

EU Report: experience DH and DC 2021

Taastrup: A show case for smart sector couplings between power, district heating, district cooling, wastewater and groundwater

The public utility owns facilities and acts on behalf of the consumers

Jægerspris: A show case for a new green field local energy community utilizing solar heating, gas CHP, electric boiler and heat pumps



<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC123771>

16

EU Report: experience DH and DC 2022

Fjernvarme Fyn: a remarkable district heating system:

- 70.000 buildings are supplied from one integrated network with direct connection without heat exchangers
- 70.000 m3 heat storage tank
- Consumers deliver <40 oC return
- CHP, Waste, biomass, electric boilers, large heat pumps

Høje Taastrup consumer owned district heating

- One of 20 DH companies in the Greater Copenhagen DH system in transition for integration of wind
- District cooling
- Large heat pumps use heat from data centers, industries, drain water



<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/30058105-eac0-11ec-a534-01aa75ed71a1/language-en>

17

Thank you for your attention

ad@ramboll.com

www.ramboll.com

Further information on methodology and cases at:

<https://stateofgreen.com/en/partners/ramboll/>

<https://annex73.iea-ebc.org/>

18

Additional information

19

Financing the district heating and the consumer substations Some generic experience

- Financing is not a problem. The problem is to identify a cost effective bankable projects and to implement the best solution in a transparent way with international tender, supervision etc.
- Ensure that the consumers (building owners or home owners associations) are organised
- Ensure cashflow and collection and give social subsidy to poor families who can not pay
- Tax on fossil fuels, pollution and CO2 is an important driver for efficiency and DH
- The new successful offer in Denmark is that the DH includes the substation and move the point of sale to include the substation. Thereby the DH finances 100% and the consumer 0%
- Price of heat from CHP plants to the DH should only include the actual additional cost for the society of generating heat:
 - In case power only on the margin: heat efficiency 250%, electric heating 40%
 - In case wind energy is on the margin: No CHP generation, instead electric boiler
- The fluctuating market price of electricity stimulates efficient use of CHP, heat pumps, electric boilers and thermal storage facilities

20

DTU Campus Lyngby, Technical university of Denmark

- The campus was established in 1970
- 100 buildings are interconnected by a walkable tunnel system
- The tunnel hosts all technical infrastructure escape gas and water
- District heating hot water from first stage in 1970
- District cooling around 2010
- 33 MW gas boiler with flue gas condensation (oil up to 1990)
- 33 MW power/30 MW heat gas fuelled CC CHP plant from 1995
- 8.000 m3 heat storage tank from 1995
- 40 MW electric boiler from 2015
- 5 MW heat pump for combined heating and cooling in progress
- The plant is connected to the Greater Copenhagen district heating and the facilities plays an important role
- The plant is 100% financed by the campus budget to save cost



21

Sustainable urban development Carlsberg city

- The old industrial site has been transformed into a new sustainable urban development integrating old and new
- Carlsberg Properties has been responsible for the sustainable development and selected the solutions, which are cost-effective for the society and the site as a whole as well as for the company selling land to investors
- All buildings, 600.000 m2, will be connected to the municipal owned DH based on regulation, which ensures the most sustainable heating financed 100% by loans
- All buildings with active cooling demand, 350.000 m2, will be connected to the DC in accordance with commercial contracts between the developer and investors to finance investments
- Carlsberg Properties prefers electricity from off shore wind farms and green roof tops instead of roof top PV and chillers



22

Energy Policy and objectives at all levels

- The world: UN SDG
 - Affordable, clean, low carbon energy
- EU
 - Cost effective, low carbon, resilient energy
- Denmark
 - Cost effective, and resilient energy, taking into account cost of environment at national level
- Cities
 - Cost effective, clean and resilient energy for the citizens taking into account tax incentives



23

Important EU Directives promote sector integration Special opportunities in cities

- Strategic environmental assessment Directive
 - Co-operation cross sectors
 - Plans, Policies and Programs in one sector have to be send for hearing in other sectors
- Energy Performance of Buildings Directive
 - Good indoor climate
 - Cost effectiveness
 - Local conditions
 - Low carbon (nearly zero), taking into account
 - RES via District heating and cooling, DH&C
 - CHP via District heating and cooling, DH&C
 - Heat pumps
 - Local RES



24

EU Directives promote sector integration in cities

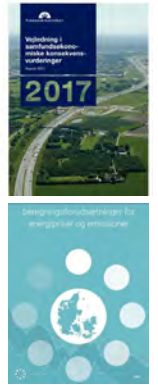
- Renewable Energy Directive (RES)
 - Urban planning of heating and cooling infrastructure
 - Nearly Zero buildings taking into account RES via DH&C
- Energy Efficiency Directive approved 25.10.2012
 - New power plants to be CHP located near heat markets
 - Urban planning of heating and cooling infrastructure
 - Nearly Zero buildings taking into account CHP via DH&C



25

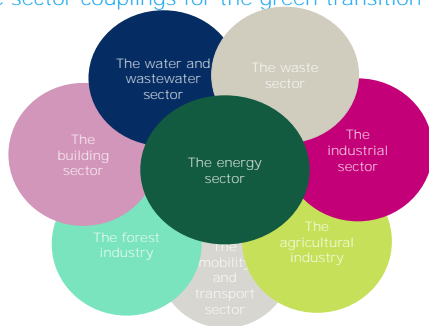
Danish regulation based on socio economic assessment promotes sector integration

- Electricity supply act from 1976
 - All new power capacity since 1976 has been CHP (Combined Heat and Power)
 - EU regulation from 1977 encouraged member states to consider CHP
- Heat supply act from 1979
 - Main objective to replace oil and save energy in a cost-effective way for the society taking into account costs of CO2 and harmful emissions
 - Municipalities have since 1990 had been the local Energy Planning Authority
 - Secondary Act for approval of investment projects
 - Procedure with hearing, approval and complains
 - Guideline on how to prepare project proposals
 - Assumptions for the socio-economic analysis in all energy related projects.
- Energy policy based on a stable majority in the Parliament since 1976
 - The holistic approach has opened for cost effective sector couplings
 - However still room for improvements,
 - The building Code is in contradiction with EU directives and Heat Supply Act
 - The tax incentives could be better



26

The holistic approach in the energy sector is the key cost effective sector couplings for the green transition



27

The integrated energy system is the key to identify energy couplings

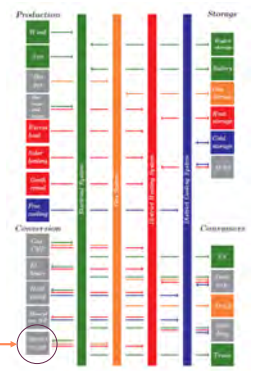
The energy infrastructure

- Power grid to integrate all Renewable source
- District heating grid city-wide, heat storage for CHP and RES
- District cooling grid in clusters, chilled water storage
- Gas grid with biomethane, storage and CHP back-up for power

Some important sector couplings:

- District heating with CHP, large heat pumps, electric boilers respond on electricity prices (the virtual battery)
- CO2 captured from waste and biomass, waste heat is utilized
- H2 from electrolysis, waste heat is utilized
- E-fuels from CO2 and H2 for transport and back-up for wind

P2X the missing link



28

43 years of energy policy and energy planning based on cost effectiveness has given Denmark a leading role

- Optimal cost effective zoning of DH and gas grids
- 1979-2020 preference to gas to replace oil
- 2021-2030 oil/gas boilers to be replaced with DH or heat pumps
- DH to 65 % of all homes, 99% in Copenhagen
- CHP potential fully utilized, no power only plants
- Waste-to-energy potential fully utilized
- Electric boilers in DH (booming) use surplus wind energy and balance the power grid
- Large heat pumps to low temperature DH (booming) use low temperature heat sources from data centers, district cooling, deep geothermal, wastewater, CCU and P2X etc.
- Large heat pumps can interrupt as long as needed or as long as electricity prices are too large to be competitive

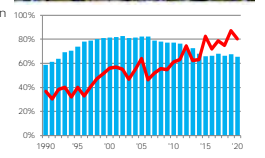


29

Combined heat and power (CHP)

- The first important sector coupling in Denmark
- Avedøre CHP plant in Greater Copenhagen from 1990

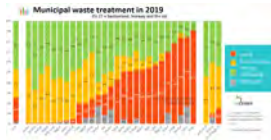
- Thermal power generation is declining due to more wind, however
 - 80% of the thermal power generation is in combined production with heat
 - 60% of the district heating is in combined production with power
- Electricity in combined production replaces power condensing plants in Northern Europe
- Steam turbines are by-passed in case of low electricity prices



30

The new role of the waste sector and the agricultural industry

- Still huge potential for recycling energy in municipal waste in the EU
- Energy from waste which can not be recycled is used 100% efficient in DH in Denmark
- Denmark can help other countries to reduce landfilling
- Surplus straw from agriculture is a resource for district heating
- Wet biomass from the agricultural industry is resource for biogas
- CO2 from upgraded biogas, straw and waste incineration will be a resource for e-fuels in P2X



Ramboll

The new role of the forest industry in P2X, CCU, CCS

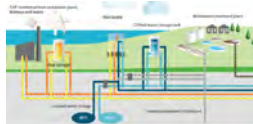
- Sustainable forests produce timber and absorb CO2
- Waste wood from the forest (tinnings) and from the timber industry is used efficiently without pollution in DH
- Timber, in particular cross laminated timber, is utilized in a booming low carbon building industry, replacing cement, steel and plastic
- The embodied cross laminated timber can, if the buildings are demolished after 100 years be reused for other secondary products or paper 2-3 times
- Finally end of lifetime, all the biomass will be used efficiently without pollution in wood chip boilers or waste incinerators and the concentrated CO2 will be captured to be stored or reused for e-fuels in P2X



Ramboll

The new role of the water and wastewater sector

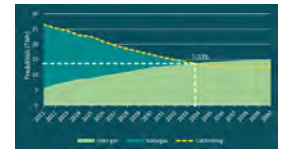
- Large heat pumps for combined district heating and district cooling utilize surplus heat from cooling processes in the industries and in the buildings (not domestic), which need active cooling for thermal comfort
- Ground water combined with heat pumps for seasonal storage of cold energy and ambient heat
- Wastewater is becoming a heat source for heat pumps
- All kinds of water is becoming
 - a heat source for heat pumps in the district heating
 - a cooling source in district cooling



Ramboll

The new role of the gas sector

- The "Green gas" produced in Denmark will meet the Danish gas demand in 2030-2034
- The gas infrastructure distribute and store large capacity in salt caverns and in aquifer storage:
 - Biomethane (from upgraded biogas) and
 - Electrogas from P2X
 - Fossil gas from the market
- Gas is too expensive to be the primary heat source, but
 - Gas in DH peak boilers and CHP plants will be important back-up for the fluctuating wind energy
 - Oil from P2X in DH peak boilers and CHP plants will be important back-up for gas in case of new energy crisis.



Source: Energinet

Ramboll

Thank you for your attention

ad@ramboll.com

www.ramboll.com

Ramboll

2.3 District Heating in Copenhagen (CTR)



1

The company – CTR I/S Ownership and Framework

- Joint municipal partnership (five municipalities)
- Heat sold to partners district heating companies and heat exchanged with neighbor companies to cost prizes, non profit company
- Establish and own district heating mains, pumps and heat exchanger stations plus heat only boiler stations for reserve and peak situations
- By heat from local CHP and waste to heat plant
- Responsible for the overall security of supply
- Assets financed through external loans and municipal guaranties
- Operates a 24/7

2

The CTR history

- 1976 responsible ministry decide that all new thermal power plants in Denmark has to be a CHP plant (Combined Heat and Power) for energy saving reasons.
- 1977 power company plan to implement new power capacity in the Copenhagen region.
- 1984 Directive from the Ministry of Energy to local municipalities to establish at district heating structure in the region able to utilise heat from new and existing power plants and waste to heat plants in the region.
- 1984 political decision to build two new power plants and to establish two heating transmission companies.
- 1984 foundation of CTR as company

3

CTR's organisation

4

District heating in Greater Copenhagen

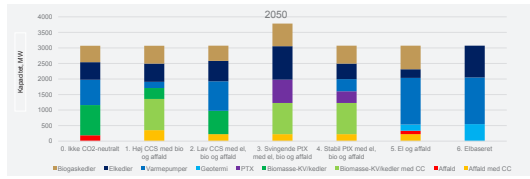
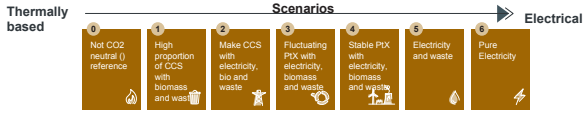
- 19 municipalities
- 4 integrated DH systems
- 25 DH companies
- 500,000 end – users
- 34,500 TJ (9,600 GWh, 32,700 GBtu)
- Approx 25 % of heat demand in Denmark

5

Design Concept

6

Six scenarios for the capital's district heating in 2050, 2030 and 2025



13

FFH50 has focused on two key strategic challenges



The changes in district heating and the vision for 2050 give reason to focus on two challenges:

Strategic Challenge 1 – Customers of the future

- We want to live up to our customers' wishes for green choices.
- We must be able to deliver solutions that are attractive in terms of price, technology and sustainability.
- We must compete well with individual heating solutions.

Strategic Challenge 2 – The energy system and technologies of the future

- The green energy system of the future has the opportunity to develop in many directions.
- A number of technologies are under development. It is uncertain when they will be ready for the market and what they can do. This applies, for example, to large heat pumps, geothermal energy, CCS and PXX. There are also continued developments in electricity technologies such as wind, solar and electricity storage, batteries, which are also of great importance for district heating.
- We must ensure local anchorage, and sustainable cities go hand in hand with the supply of the future.



14

The potential for heat pumps covers many types – but greatest for the untested types



* Potentialer for søvand er ikke vurderet.

15

Significant difference between heat production and fuel consumption in 2050 scenarios



- The heat production from heat pumps and geothermal energy varies from approx. 5% all the way up to approx. 95%.
- Biomass consumption ranges from 21 PJ in scenario 1 down to no biomass use in scenarios 5 and 6. Today, just over 30 PJ is used.
- Between 0 PJ and approx. 11 PJ of waste are incinerated in the scenarios. Mostly in the scenario with the highest uptake of CCS (scenario 1) and the scenario with electricity and waste (scenario 5). There is a big difference between the scenarios on how much of the Danish waste incineration takes place in the metropolitan area.

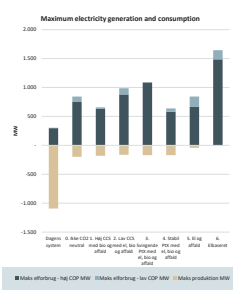
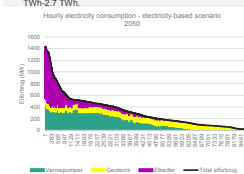


16

The district heating system goes from electricity producer to electricity consumer



- In all scenarios, electricity generation capacity is significantly reduced compared to today.
- In thermal plant scenarios, it is assumed that part of the biomass capacity in 2050 is boiler plants and not cogeneration.
- Efforbruget til elvarmepumper og elkedler agt The district heating system goes from electricity producer to electricity consumer kraftigt.
- The system goes from primary at være elproducent til primary at være elforbruger.
- The electricity consumption in the scenarios is 0.7 TWh/2.7 TWh.



17



CTR is an efficient solution. Together it's cheaper than apart – This is sound business practice



18

2.4 Tårnby Forsyning (Tårnby Forsyning)



1

TÅRNBYFORSYNING A/S

- Multi supply founded 01-01-2010
- Owned by Municipality of Tårnby

- Water supply
- Sewage and wastewater treatment
- District heating supply
- District cooling supply

Strictly nonprofit

2

Energy utility

- Heat pump
 - 5,6 MW heat
 - 4,3 MW cooling
 - 2,5 MW i cold water storage – 2.000 m³.
- Prepared to supplement by ATES facility.

3

District cooling in the Soundport area

4

District cooling in Tårnby

Why?

Because it is the right to do

Because it is possible

Because there is at need for it

5

District cooling in Tårnby

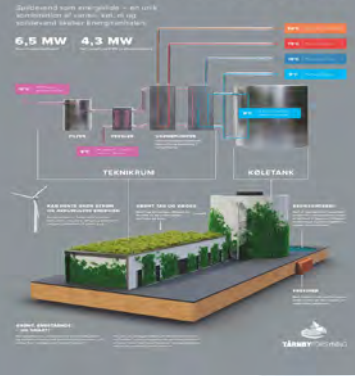
6

Challenges

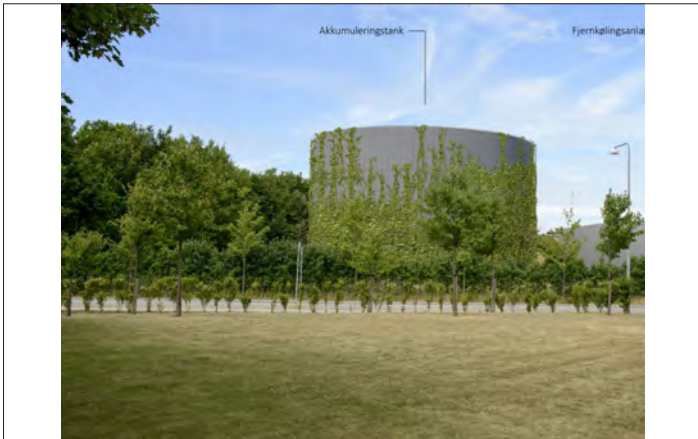
- Too much heat in the system in the summertime
- Not in my backyard - but long pipes are expensive
- Low temperature heat 70-75 degrees from the heat pump, in system with high temperature 80-90 degrees

7

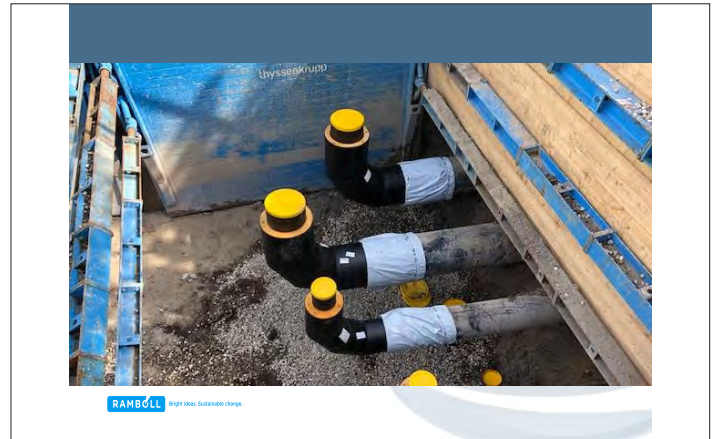
ENERGICENTRAL



8



9



10

Expansion of district heating

Today

- We supply approx. 20.000 citizens with heat + the airport
- 620 TJ/year
- Large customer
- Industry, institutions, housing

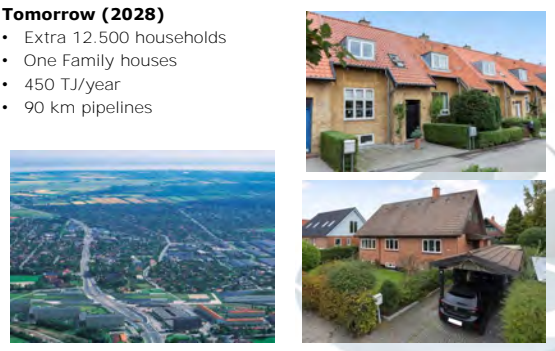


11

Expansion of district heating

Tomorrow (2028)

- Extra 12.500 households
- One Family houses
- 450 TJ/year
- 90 km pipelines



12

Challenges


Government has declared district heating all over Denmark before 2028 - at the same time

- Heavily lack of resources, staff, consultants, materiel etc.
- The heat production may not be ready in time
- Competition with individual heating from heat pumps. Cost benefit for citizens!
- Large scale central heat production replaced with many small-scale decentral units

2.5 CopenHill (ARC)

Welcome Delegation from Japan to ARC

Flemming G. Nielsen
fjni@arc-c.dk




arc

1

Program

- Safety
- ARC and circular economy
- Amager Bakke
- Development projects



arc

2

**Danes produces 814 kg waste every year
Top of list in EU**



arc

3

In total it will be 5 mio. tons of waste per year

”
What do we do with all that waste?




arc

4

Ownership

- **Municipal company owned by 5 municipalities**
Activities are to balance over five years
- **Waste from**
aprox. 645,000 citizens and 68,000 companies
(1.1.2021)



arc

5

Organization

- Waste collection
- Waste to energy
- Recycling centres
- Local recycling points
- Transfer station
- Sorting plant
- Hazardous waste, SMOKA
- Safe landfill, AV Miljø



arc

6

ARC in numbers (2021)

Revenue: **1,2 BDKK.**
(158 mio. €/USD)

Investment Amager Bakke:
4 BDKK (540 mio. €/USD)

Waste quantities:
At Amager Bakke: **535,000 tons.**
At recycling centres: **100,000 tons**

Recycling centres: **10**

Local recycling centres: **9**

Employees in 2022: **373**

arc

7

From waste to resource

Abolish something			Use waste		Save resources		
1903	1935	1950	1970	1989	1991	2019	2021
DK's first incineration plant opens	Landfill established by the beach in Copenhagen	The refrigerator is becoming the norm, and packaging waste is increasing	The waste-to-energy plant opens with furnace lines for district heating	The first recycling site opens in Copenhagen	The waste-to-energy plant starts to produce electricity	Amager Bakke opens to produce district heating and electricity	ARC captures the first CO ₂ from the smoke
Professionalization of the way waste is handled						Active in the fight for the climate	

arc

8

The Waste Hierarchy

arc

9

Recycling Centres

- Up to 1 million costumers every year
- 100,000 tonnes of waste
- Sorting in more than 35 fractions
- Increased focus on reuse

arc

10

Longer use of good items

Copenhageners are sharing

- 3-dobling of longer use of good things
- Less waste for incineration
- Increased focus on reuse

arc

11

Transfer Station

Each year approx. **11,250 tons** of municipal waste is sent for recycling, such as:

- Plastic
- Appliances
- Electronics

arc

12

Sorting plant

- Digital water marks
- Ensures better recycling
- Producer responsibility on packaging from 2025



arc -alt med affald

13

SMOKA

Handles 10,000 tons of hazardous waste annually from:

- 1,5 mio. citizens
- 90,000 companies
- 23,000 red boxes

Adviser on hazardous waste such as:

- Chemicals
- Paint
- Batteries




arc

14

AV Miljø

2% of the waste ARC handles, ends up at a safe landfill* with less environmental impact

- No organic materials
- Bacteria in the top layer converts 95 % of the methane to CO₂
- Polluted concrete, soil, asbestos and other non-hazardous materials that cannot be recycled or used for energy
- Membranes at the bottom protects the groundwater



arc *until we find safe methods to treat waste

15

Waste collection

From private households in the municipalities

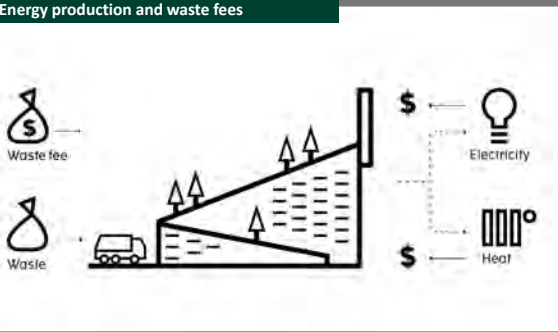
- Copenhagen
- Dragør
- Tårnby



arc

16

Energy production and waste fees



Supply and demand

When the price on electricity decreases, the municipalities have to increase the waste fees to secure a break-even.

arc

17

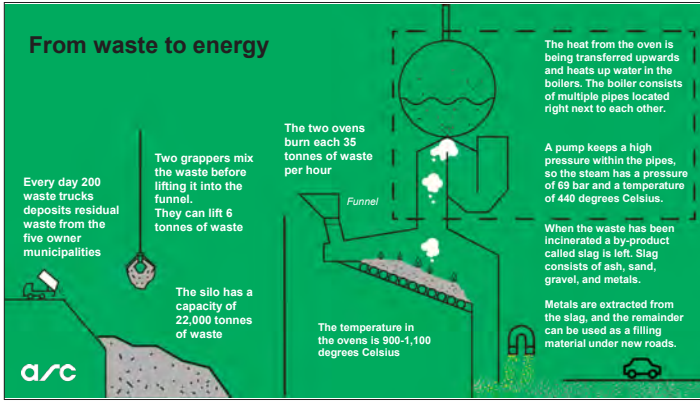
Amager Bakke

One of the best waste-to-energy plants in the world

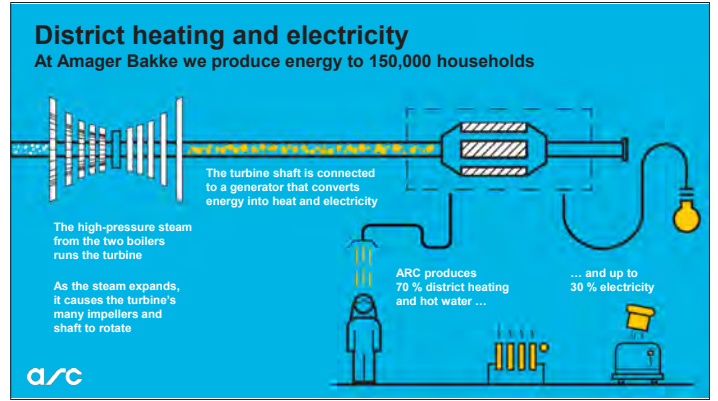
- High environment and energy profile
- Modern and flexible energy production



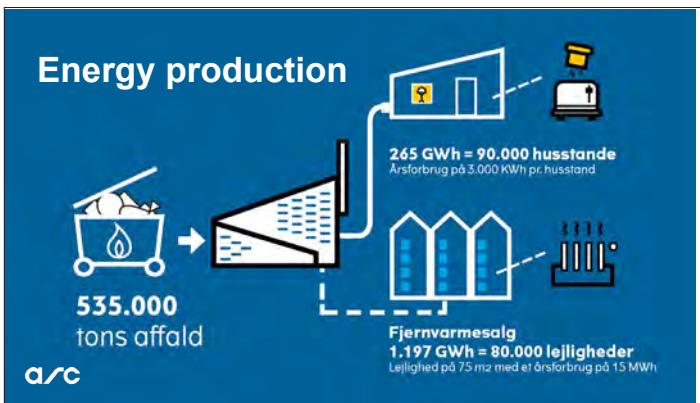
18



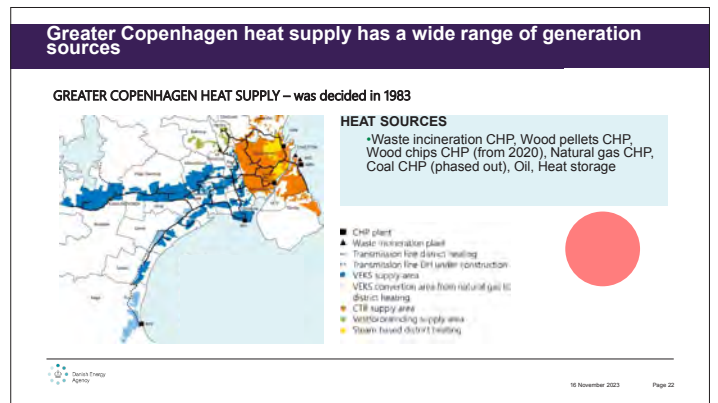
19



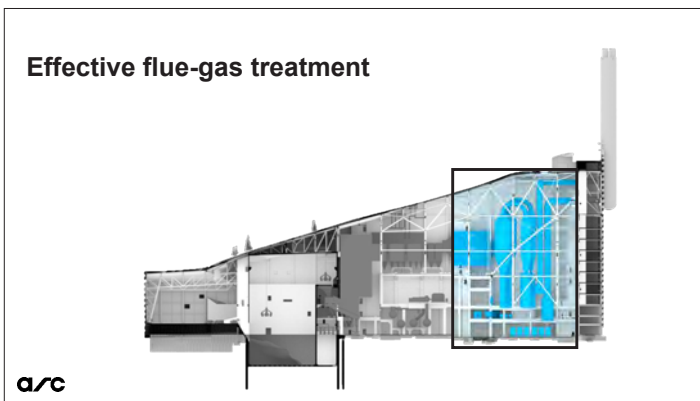
20



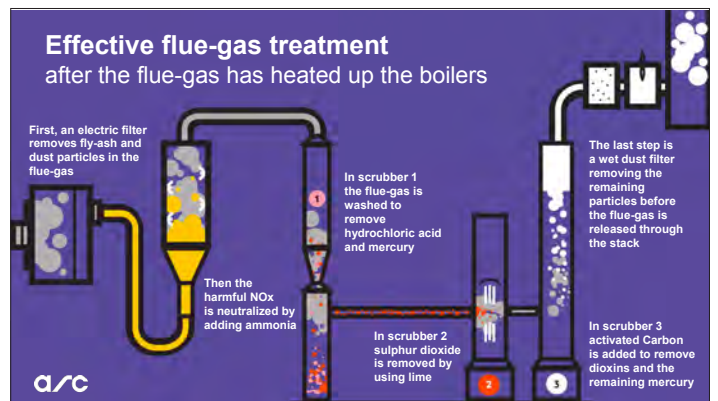
21



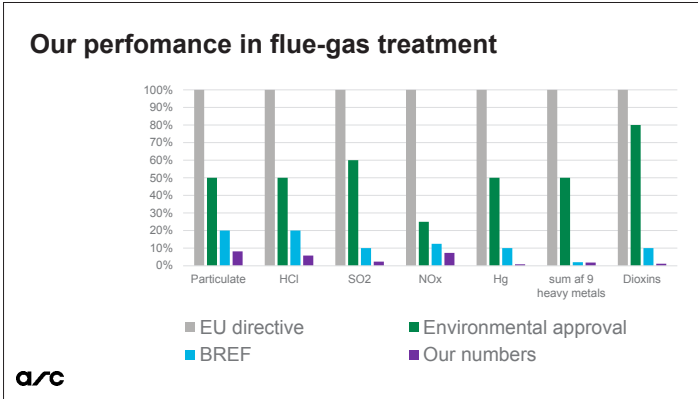
22



23



24

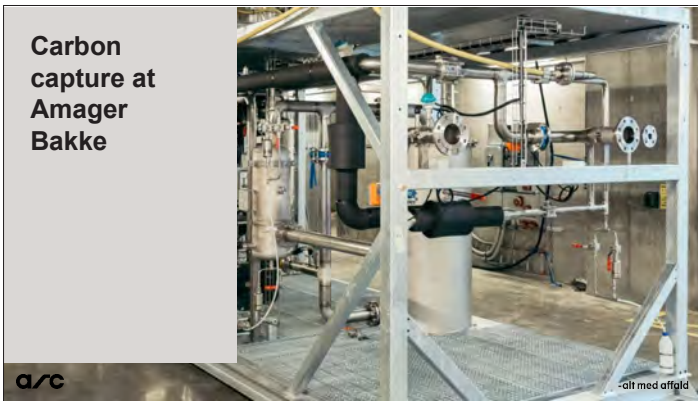


25

Emissions from the stag

Parameter	Unit	EU Directive	Environmental approval	BREF-dokument	Our numbers
Dust particles	mg/m ³	10	5	2-5	0.82
Hydrochloric acid (HCl)	mg/m ³	10	5	2-6	0.58
Sulfur dioxide (SO ₂)	mg/m ³	50	30	5-20	1.16
NO _x	mg/m ³	400	100	50-120	14.65
Mercury (Hg)	mg/m ³	0.05	0.025	0.005-0.020	0.0004
Sum of 9 metals	mg/m ³	0.5	0.25	0.01-0.03	0.009
Dioxins	ng/m ³	0.1	0.08	0.01-0.06	0.0015

26

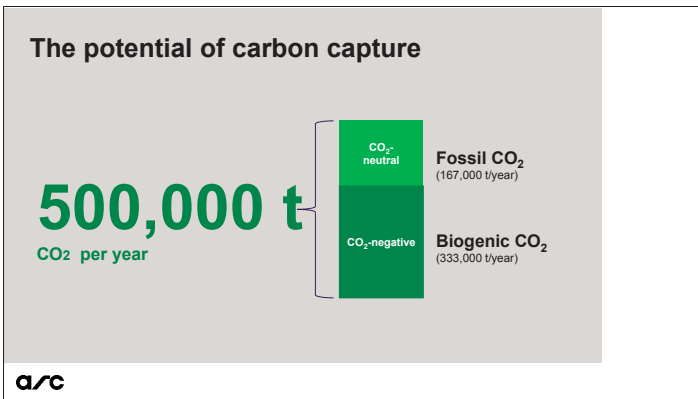


27

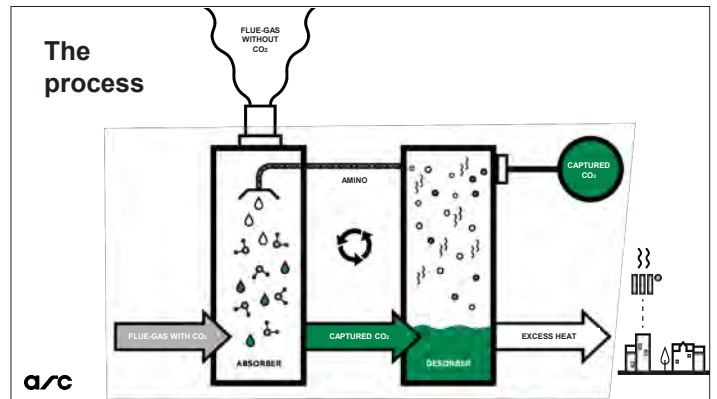
Carbon capture på Amager Bakke

- Carbon capture is crucial to accomplish national and international goals
- Financing: High CO₂-fee and/or support
- Possibility of success in Denmark:
 - Research and innovation
 - Green initiatives
 - CO₂ reductions

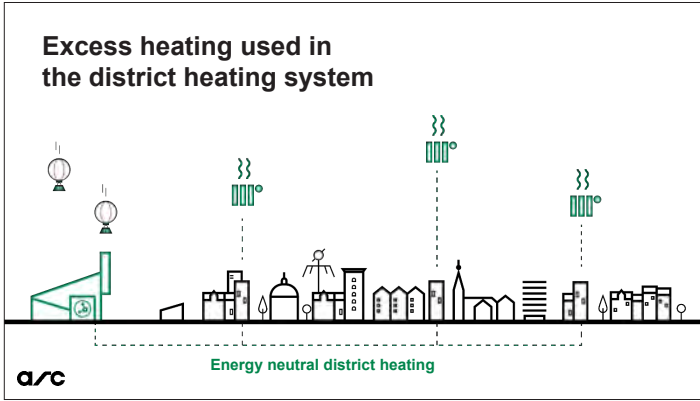
28



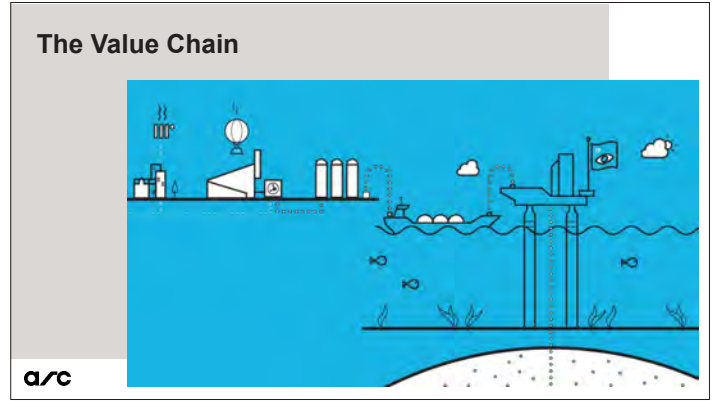
29



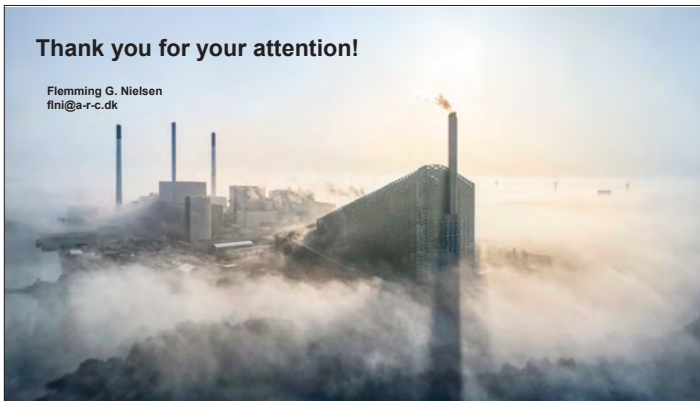
30



31

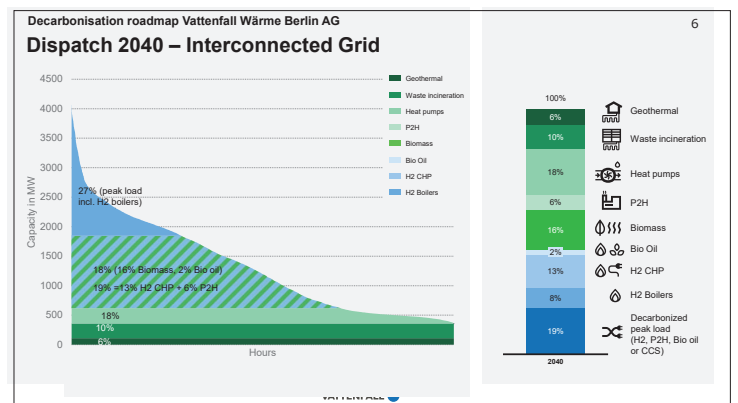
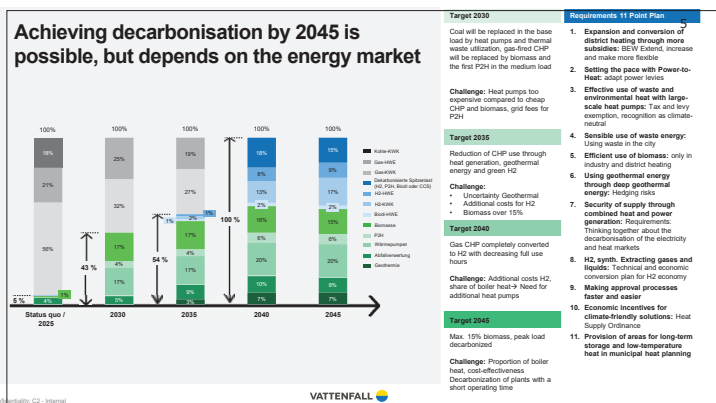
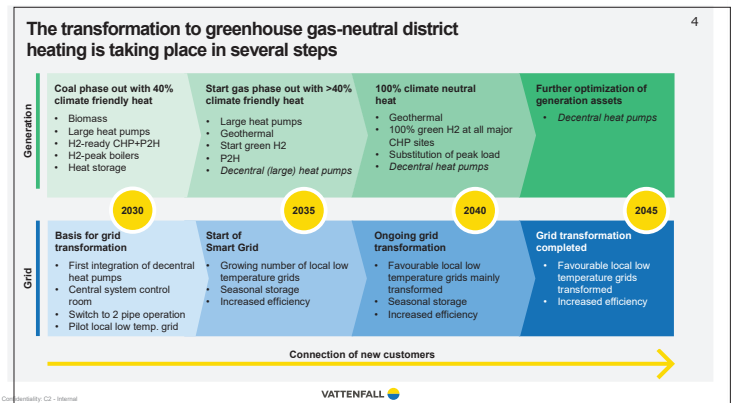
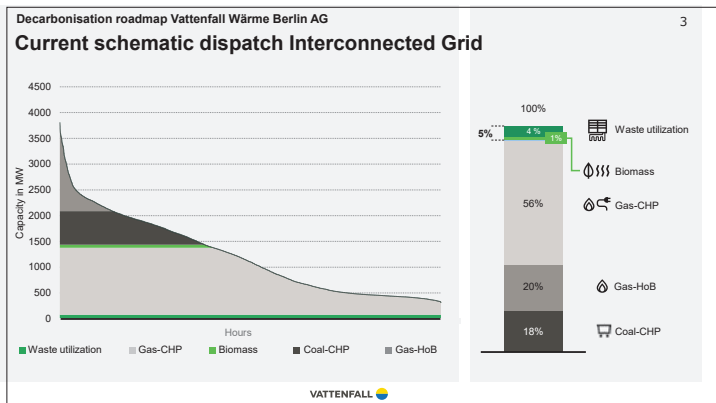
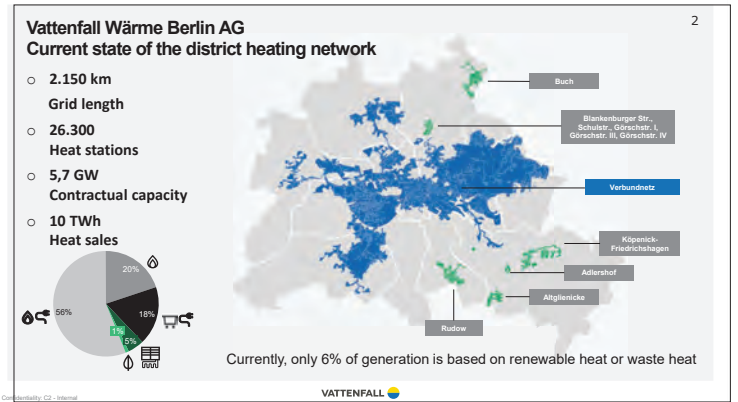


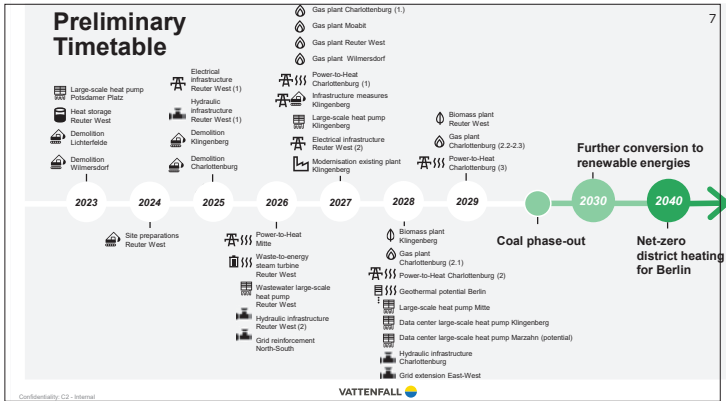
32



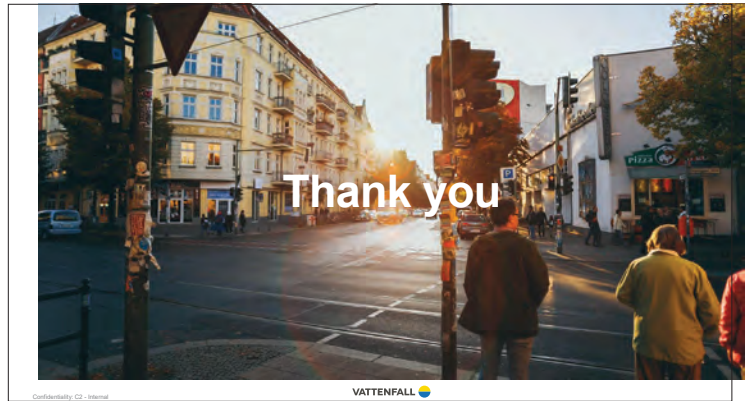
33

3.2 Berlin Energy Asset Transformation (Vattenfall)





7



8

3.4 Company Presentation (Sachsen Energie)

Company Presentation

Subtitle | 17.11.2023 | Presenter

www.SachsenEnergie.de



1




We are SachsenEnergie

As a single strong company, we contribute to a maximum quality of life in Dresden & East Saxony.

On 01 Jan 2021, SachsenEnergie was launched as a new brand.

NO. 4
In Germany, there are only three municipal utility companies which are larger than SachsenEnergie.

ENERGY CENTRE
SachsenEnergie is the strong energy centre in the heart of Saxony. In a unique combination of urban and rural areas, we forcefully promote the energy transition, we advance the development of a modern infrastructure and we stand for security of supply in Saxony.



2

Our shareholders

Shareholder	Percentage
EVD	82.39%
KBO	16.42%
Individual shareholders	1.19%

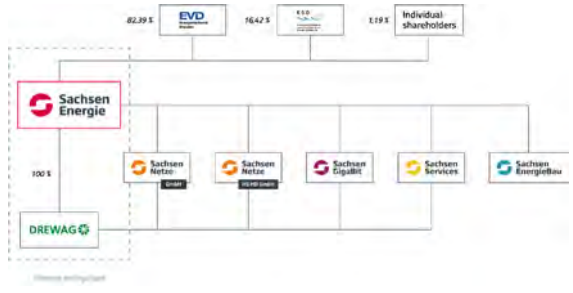

EnergieVerbund Dresden GmbH (EVD) is a 100% subsidiary of Technische Werke Dresden GmbH (TWD). These are a 100% holding company of Dresden, the capital of Saxony.

KBO Kommunale Beteiligungsgesellschaft mbH an der Energie Sachsen Ost

3

The SachsenEnergie group of companies



4

Largest municipal utility company of East Germany

NO. 1
As the largest municipal utility company of East Germany, SachsenEnergie reliably supplies 600,000 customers with energy, water, energy-related services and modern infrastructure. We develop tailored solutions for the individual needs of local people, companies and institutions.

600,000 customers

SachsenEnergie is the largest municipal utility in East Germany.

5


Electricity, gas, heat, water, glass fibre

All from a single source.

As a full-range supplier of services of general interest, SachsenEnergie reliably supplies electricity, gas and heat from a single source. Our customers benefit of tailored energy services – be it e-mobility, private power generation or optimisation of consumption. Drinking water and waste water are two more of our key competence elements for reliable general interest services. Furthermore, we use the latest technology to provide people and companies in the city and in the region with fast Internet as well as telecommunication and also with the complete infrastructure for all other media.

A WORKFORCE OF 3,500

SachsenEnergie is one of the most important employers and apprenticeship companies in Dresden and the region. We see modern energy supply as teamwork. In the various business units, more than 3,500 specialists are committed to provide a modern, media-related infrastructure and energy services of the future.



6

We cope with the challenges of today

TRENDS

- Decarbonisation
- Demography
- Digitisation
- Decentralisation

- Energy transition
- Regulation
- Market concentration
- Shortage of skilled workers

- Customer churn
- More demanding customers
- Older customers

MARKET CONCENTRATION
Surrounded by market-dominant players

Legend: Home market of SachsenEnergie (red outline), E.ON (red hatched), Saxony (grey)

6 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY

7

Our home market

DIVISIONS

- Electricity
- Gas
- Power & heat
- Water
- Broadband

The municipal utilities of Freisa, Freital, Zittau, Görlitz, Pöna, Hiesky, Löbau, Elbtal, Meissner Stadtwerke, EW Bautzen as well as EWAG Kamenz are not explicitly shown in the graphic.

7 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY

8

Electricity, gas, heat, water, glass fibre

Partner of >160 municipalities

SachsenEnergie is the partner of the region and of the city of Dresden.

More than 160 municipalities trust in tailored supply concepts and offers for a modern municipal energy management, renewable energies, e-mobility or telecommunication.

COMMUNICATION TECHNOLOGY OF THE FUTURE:

SachsenEnergie provides for fast internet in East Saxony. Today, about 50,000 customer connections are equipped with modern vectoring technology. By 2024 we will install further 3,115 km of glass fibre cables and connect about new 11,000 addresses to the glass fibre network. By 2040 we will invest a total of about 500 million euros in the glass fibre network to boost the digitalisation in the city and the region.

8 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY

9

We are a strong municipal infrastructure supplier.

STRENGTH

We are the fourth largest municipal utility company in Germany and sharpen our competitive edge over energy groups (e.g. E.ON).

EMPLOYMENT

We are an attractive employer of highly skilled workers from all over Germany, offering job security.

PLANNING INFLUENCE

We are discussion and planning partners for the state government – and we represent and assert Saxon standpoints in the energy sector in federal associations.

TOP PLAYER

In Germany, we are an important market partner for service providers, industrial and cooperation partners with roots in Saxony.

CREATION OF VALUE

We stabilise our results and, with our success, we strengthen the municipal budgets as well as infrastructure development in Saxony.

ENERGY TRANSITION

In a unique combination of urban and rural areas, we shape the energy transition and we stand for security of supply in Saxony.

9 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY

10

Our values

Firmly rooted in the region

SachsenEnergie reliably supplies people and companies in Dresden and the region with energy, heat, water and modern infrastructure – in the same way as DREWAG and ENSO have done for decades. Their experience and competence are the basis for us to build on – like their strong roots in the region. This makes us an important factor for the local creation of value. As an infrastructure expert, initiator and partner, SachsenEnergie is likewise firmly rooted in Dresden and the region. We know and understand the concerns of people in the city and the region because we are part of it.

We assume local responsibility

We want to give something back beyond our daily business. The social community in our region is dear to us. We are therefore a committed sponsor in sports, culture, education and environment, with a conscious assumption of social responsibility for the people in Dresden and East Saxony.

10 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY

11

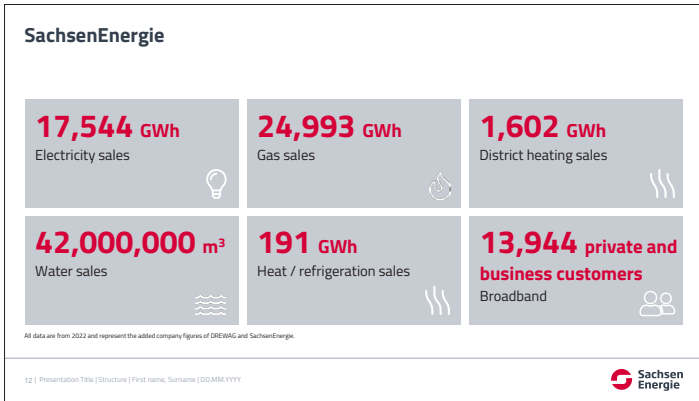
SachsenEnergie

<p>24,648 km</p> <p>Electricity</p>	<p>6,858 km</p> <p>Gas</p>	<p>647 km</p> <p>District heating</p>
<p>2,420 km</p> <p>Water</p>	<p>4,650 km</p> <p>Optical fibre</p>	<p>SachsenNetze operate an electricity grid with a total length of 24,648 kilometers. This means: We maintain and modernise a length of cable twice the distance between Dresden and Hawaii. The length of our gas grid is about 6,858 kilometers – about the distance from Dresden to Mount Everest. The district heating grid of 647 kilometres slightly exceeds the distance between Dresden and Sylt and our water grid with its total length of 2,420 kilometres could reach from here to Iceland.</p>

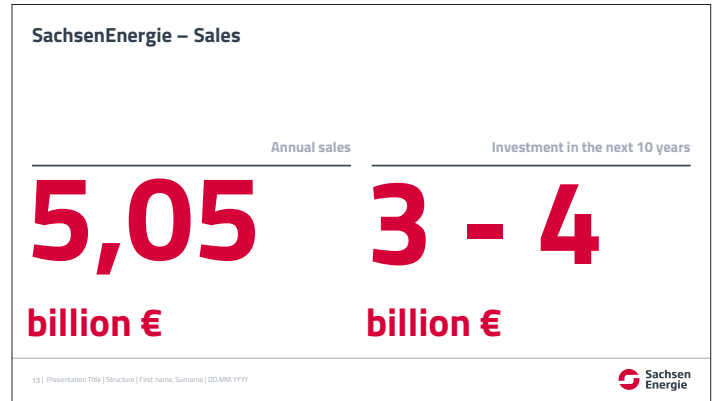
All data are from 2022 and represent the added company figures of DREWAG and SachsenEnergie.

11 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY

12



13



14

Strategic business segments of the SachsenEnergie group of companies

14 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY

15

Our strategic business segment: water

Core tasks

- ASSURANCE**
of sustainable and crisis-resistant water supply
- ASSET MANAGEMENT**
and controlling for water facilities and grids
- PLANNING & CONSTRUCTION**
of water facilities
- MANAGEMENT**
and commissioning of planning and construction for water grids
- OPERATION**
of water facilities as well as management and commissioning of water grid operations

15 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY

16

Our strategic business segment: power & heat

95 GENERATION FACILITIES

Energy from renewable sources

SachsenEnergie has a strong sustainability profile. This is why we generate energy from renewable sources in more than 95 generation facilities. Per year, our wind, photovoltaic, hydroelectric and biomass facilities generate a total of ...

... about 24,010 MWh thermally and approx. 150,000 MWh electrically. Furthermore, we promote innovative energy solutions. We support the expansion of photovoltaics and we are committed to energy optimisation in companies and private households.

16 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY

17

The challenges for SachsenNetze ...

... in the coming years are diverse in the areas of

- ENERGY TRANSITION**
- DIGITALISATION**
- REGULATION**
- RE-REGULATION**
of metrology
- INTRODUCTION**
Smart measuring systems

17 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY

18

Strategic focus of the grid companies on the regulated electricity and gas business

SachsenNetze GmbH
Regulated business (electricity and gas)



Operator of the **low and medium pressure gas grids** in East Saxony including Dresden



Operator of the **low and medium voltage electricity grids** in Dresden

SachsenNetze HS_HD GmbH
Regulated business (electricity and gas)



Operator of the **high pressure gas grid** in East Saxony including Dresden as well as a few households in Brandenburg



Operator of the **electricity grids of all voltage levels** in East Saxony and of **high voltage** in Dresden

SachsenEnergie DREWAG - Stadtwerke Dresden GmbH and SachsenGigaBit GmbH

Deregulated business (water, power & heat, telecommunication)



18 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY



19

SachsenGigaBit – the glass fibre age is a unique opportunity for us



Top products



Top service



Top network

GIGABIT

NETWORK EXPANSION
We promote the expansion of the glass fibre network as part of general interest services of the 21st century.

MARKT MOMENTUM
We use the market momentum for the commercial and subsidised network expansion.

PARTNERS
We win municipalities, municipal utilities and the housing industry as our partners.

PRESENCE
By strategic alliances and cooperations, we establish our presence all over Saxony.

GROWTH
Our growth is based on our own product and service platform.

19 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY



20

SachsenGigaBit glass fibre expansion strategy

Building blocks for glass fibre expansion

Glass fibre networks to be built

Self-supported expansion by own company



Increase glass fibre coverage for SachsenGigaBit

Subsidised expansion by own company



Use existing infrastructures of all companies within the group

Expansion by own company using "bycatch"



Check network expansion projects for useful extensions

Existing glass fibre networks

Synergetic network expansion



Actively shape and channel the expansion projects of subsidiaries

20 | Presentation Title | Structure | First name, Surname | DD.MM.YYYY



21

SachsenEnergieBau – multi-utility planning and construction



Comprehensive infrastructure services from a single source to meet demands from civil engineering & network construction.



Strategic focus on the core-tasks in the group and **synergising of strengths** and competences.



Creation of **synergies for more efficiency** as well as optimising of costs and resources within the group.



Expansion of the **business activities** of SachsenEnergieBau as a strong **infrastructure partner** in the region.

Top address for civil engineering & network construction

21 | Präsentationstitel | Struktur | Vorname Name | TT.MM.JJ



22

Thank you very much for your attention!

Contact:

www.SachsenEnergie.de



23

3.6 ZAE Bayern

ZAE Bayern

Dr. Andreas Hauer

Logos: BVEE, BVEE Bundesverband, ZUSE-GEMEINSCHAFT, Bayerische Klima-Allianz, BVEE Bundesverband, Bundesverband Geothermie, ZAE BAYERN

© Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V.
Alle Rechte vorbehalten, auch bezüglich jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung und Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

1

**Neustart
ZAE 2.0**

ZAE BAYERN

© ZAE Bayern

2

ZAE 2.0 Aus dem Labor in die Anwendung

Systemanalyse, Systemintegration, Systemoptimierung, Systemerweiterung, Systemanpassung

CO₂-Emissionsreduktion durch Integration erneuerbarer Energien und Steigerung der Energieeffizienz

© ZAE Bayern

3

ZAE 2.0 Anbindung

~40-50 Mitarbeiter
~3500 qm Forschungsfläche

TUM Technische Universität München
Lehrstuhl für Energiesysteme
Lehrstuhl für Technische Elektrochemie

Bereich ES-Energiespeicherung
Flexibilität für Strom und Wärme

System Engineering
Energiekonzepte Studien & Szenarien
Solarthermie & Geothermie
Solare Nahwärme
Geothermie
Thermische Energiespeicher
Kälte und Wärme Speichermaterialien
Elektrische Energiespeicher
Redox-Flow-Batterien
Elektrolyse
Wärmetransformation
Wärmepumpen
Kältemaschinen

© ZAE Bayern

4

Mitgliedschaften und Gremienarbeit

FVEE, ZUSE-GEMEINSCHAFT, Bayerische Klima-Allianz, BVEE Bundesverband, Bundesverband Geothermie, International Energy Agency, THE WORLD BANK, VDI, DEHEMA, ASUE, green-chiller.de, RAL, energy storage, SHC, ESMAP, VDI 4640, VDI 3988, DIN, INVESTORS DIALOGUE, DGS

© ZAE Bayern

5

Referenzen ZAE 2.0

ZAE BAYERN

© Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V.
Alle Rechte vorbehalten, auch bezüglich jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung und Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

6

Gruppe „Systementwicklung“ (SYS)



Themen der Gruppe:

- Energiekonzepte für Kommunen und Industrie
- Energieeffiziente, nachhaltige Gebäude und Quartiere
- Tiefengeothermie



© ZAE Bayern

7

7

Regenerative Fernwärmeversorgung



Energieeffiziente Energiebereitstellung mit innovativer Technik und nachhaltigen Fernwärmenetzen

- Innovative Versorgungskonzepte
- Qualitätssicherung der Planungs- und Bauphasen
- Betriebsoptimierung und Evaluierung
- Gutachten und Begleitung von Zertifizierungen

Referenzprojekte:

- Planungsbegleitung und Optimierung diverser Fernwärmeversorgungen mit Tiefengeothermie in bayerischen Molassebecken
- Energieversorgungskonzepte für Neubaugebiete im Großraum München
- Begleitung einer KWK-Quartiersversorgung mit Biogasanlage, Biomasseheizwerk und PV



© ZAE Bayern

8

8

Optimierung von Betriebsstandorten



Energieeinsparung, energieeffiziente Energiebereitstellung, Wirtschaftlichkeit und CO₂-Äquivalent-Reduktion von Betriebsstandorten

- Innovative Konzepte
- Bestandserfassung, Betriebsoptimierung und Evaluierung
- Qualitätssicherung der Planungs- und Umsetzungsphase
- Leittechnik und Energiemanagement
- Toolentwicklung



Referenzprojekte:

- Energiesystemstudie und Energiemanagementsystem für den Flughafen München
- Energetische Evaluierung eines Logistikstandortes
- Planungsbegleitung für einen neuen Firmenstandort
- Heiz- und Kühlkonzept für einen Produktionsstandort in China
- Abwärmernutzung mit ORC für Stahlwerke
- Weltweites Konzern-Energieaudit mit über 400 Standorten

© ZAE Bayern

9

9

Nachhaltige und innovative Gebäude: Beispiel Schulgebäude



Optimierung von Funktionalität, Komfort & Energieeffizienz, Gesundheit und

- Wirtschaftlichkeit unter Einhaltung der Kostendeckelung für Neubau und Sanierung
- Innovative Gebäudekonzepte
- Qualitätssicherung der Planungs- und Bauphase
- Monitoring: Betriebsoptimierung und Evaluierung



Referenzprojekte:

- Wissenschaftliche Planungsbegleitung eines Schulneubaus für behinderte Kinder
- Qualitätssicherung eines innovativen Passivhausneubaus einer Grundschule
- Energetische Evaluierung der Sanierung einer Mittelschule auf Passivhausstandard
- Qualitätssicherung und Monitoring eines Plusenergie-Gymnasiums-Neubaus
- Monitoring einer FOS/BOS in Passivhausbauweise

© ZAE Bayern

10

10

Innovative Energiesysteme mit erneuerbaren Energien



Innovatives Energiesystem für die Sanierung eines Gewerbeareals

- Planung und Simulation des zukünftigen Energiesystems
- Einbindung unterschiedlicher erneuerbarer Energien (Biogas-BHKW, Windpark, Photovoltaik)
- Technologieentwicklung & Integration (elektrische und thermische Speicher, BIPV, Wärmepumpe)
- Bau von Demonstratoren
- Ideenentwicklung in Zusammenarbeit mit lokalen Akteuren



© ZAE Bayern

11

11

Gruppe „Solarthermie und Geothermie“ (SGT)



Themen der Gruppe:

- Nachhaltige Wärmebereitstellung
- Solarthermie & oberflächennahe Geothermie
- PV & Batteriespeicher (Testzentrum Arzberg)



© ZAE Bayern

12

12

Solare Nahwärme und Saisonale Wärmespeicher

Solare Nahwärme am Ackermannbogen (SNAB)

- Solare Wärmeversorgung eines neu gebauten Wohnquartiers mit 320 Wohneinheiten in München
- 2.761 m² Solaranlage
- 6.000 m³ Heißwasser-Langzeitspeicher
- 550 kW Absorptionswärmepumpe
- Direktes Nahwärmenetz 56°C/30°C
- Nutzwärme ~ 2.000 MWh/a
- Solare Deckung 50%

© ZAE Bayern 13

13

Oberflächennahe Geothermie: Erdwärmesonden

Qualitätssicherung bei Erdwärmesonden

Forschungsprojekte: QEWS, QEWS II und QEWSplus

- Thermische Optimierung von Erdwärmesonden
- Hydraulische Abdichtung von Erdwärmesonden
- Entwicklung von Thermal-Response-Testverfahren
- Prüfstandentwicklung für TRT-Messgeräte

Industrieprojekte:

- Planung und Bau von EWS-Speichern
- Baustellenuntersuchungen
- Materialprüfung und Produktentwicklung
- Optimierung von tiefen EWS

© ZAE Bayern 14

14

Oberflächennahe Geothermie: Geothermische Weichenheizung

Entwicklung und Umsetzung einer erdwärmebetriebenen Weichenheizung

- CO₂-Wärmerohr transportiert die Wärme
- keine Hilfsenergie erforderlich
- selbstregelnd
- wartungsfrei
- 3 Pilotanlagen in Hessen, Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern
- Marktzulassung 2013

© ZAE Bayern 15

15

Wärmedämmung: Industrielle Hochtemperatur-Anwendungen

Vakuum-Super-Isolation als hocheffiziente Wärmedämmung für industrielle Hochtemperatur-Anwendungen

- Entwicklung von Hochtemperatur-Vakuum-Super-Isolationspanels für Temperaturen bis 600°C
- 10-fach bessere Wärmedämmung als Mineralwolle
- Kostenreduktion durch Entwicklung neuartiger Pulverschüttungen als HT-Dämmstoff
- Dämmung und Vermessung eines sensiblen Hochtemperatur-Wärmespeichers für industrielle Prozesswärme
- Integration der neuen Dämmung in der Glas- und Aluminiumindustrie

Projektpartner: va-Q-tec, Kraftblock, Verallia, Lungmuß Feuerfest

© ZAE Bayern 16

16

Gruppe „Thermische Energiespeicher“ (TES)

Themen der Gruppe:

- Thermische Energiespeicher (latent und thermochemisch)
- Materialentwicklung (PCM & TCM)
- Speicheranwendungen für Gebäude, Industrie und Sektorkopplung

© ZAE Bayern 17

17

Thermomanagement

Thermomanagement für einen stationären Batteriespeicher

- Entwicklung eines wettbewerbsüberlegenen, innovativen, dezentralen, stationären Energiespeichersystems (TUM, Varta)
- Innovative Klimatisierung
- Thermomanagement: Entwicklung einer passiven Klimatisierung unter Einsatz von PCM


© ZAE Bayern 18

18

Mobile Wärmespeicherung

Mobiler Zeolith-Wärmespeicher

- Beladung mit Abwärme einer Müllverbrennungsanlage
- Wärmelieferung für einen industriellen Trocknungsprozess in 8 km Entfernung



© ZAE Bayern 19

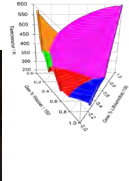
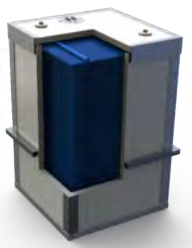
19

Latentwärmespeicher

Salz-Wasser-Mischungen als Latentwärmespeichermaterialien (PCM)

- Entwicklung von kostengünstigen PCM durch theoretische Vorhersagemethoden von Phasendiagrammen

Entwicklung eines Niedertemperatur-Latentwärmespeichers für die Haustechnik

© ZAE Bayern 20

20



Energieeffiziente Haushaltsgeräte

Energiesparender Geschirrspüler mit Zeolith-Trocknung

Effektive Trocknung und minimaler Energieverbrauch durch offenes Sorptionssystem

Netzdienlicher Kühlschrank

Integration eines PCM-Wärmespeichers in einen Haushaltskühlschrank um eine verschiebbare, elektrische Last im Stromnetz zu generieren

© ZAE Bayern 21

21

Gruppe „Elektrochemische Energiespeicher“ (EES)

Themen der Gruppe:

- Redox-Flow-Batterie
- PEM-Elektrolyse
- Power-to-X & Sektorkopplung / Systemanalyse
- PV & Batteriespeicher (Testzentrum Arzberg)




© ZAE Bayern 22

22

Effiziente und kostengünstige Batterie für industrielle Großspeicher

Analyse und Optimierung von Redox-Flow-Batterie-Komponenten

- Weiterentwicklung von Kohlenstoff-Elektrodenmaterialien und Aktivierungsmethoden zur Leistungssteigerung des Stack bei hoher Effizienz
- Entwicklung von Testmethoden und Charakterisierung verschiedener Redox-Flow-Batterie-Komponenten
- Erstellung von techno-ökonomischen Systemmodellen und Simulation von Redox-Flow-Batterien in verschiedenen Anwendungen



PAN graphite felt

100 µm

1 µm

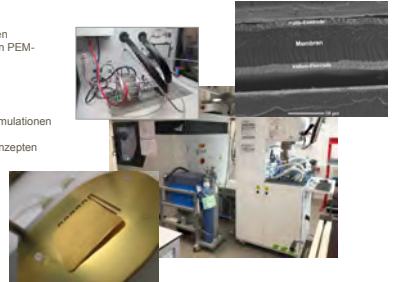
© ZAE Bayern 23

23

Effiziente Wasserstoff-Stoffentwicklung für die Sektorenkopplung

Leistungsstarker Elektrolyseur mit niedrigem Edelmetallbedarf

- Reduktion des Bedarfs an begrenzt verfügbaren Edelmetallen (Iridium-Beladung) in industriellen PEM-Elektrolyseuren
- Entwicklung von Zellen und Stacks mit hoher Leistungsdichte
- Katalysator-Degradationsuntersuchungen
- Einbindung von Messergebnissen in Systemsimulationen zur techno-ökonomischen Bewertung von unterschiedlichen PEM-Elektrolyse Anlagenkonzepten



© ZAE Bayern 24

24

**Verbundprojekte:
Smart Grid Solar**

Unterstützung der Integration Erneuerbarer Energien in das elektrische Verteilnetz durch Smart-Grid-Technologien

- Monitoring und Vergleich verschiedener PV-Technologien
- Einsatz von Speichern auf Quartiers- und Haushaltsebene
- Erprobung eines H₂-Kreislaufs im Demonstrator-Maßstab
- Beeinflussung des Ertragsprofils von PV-Anlagen
- Smart Metering



Projektpartner: AREVA, bayernwerk, FhG IIS, FhG IISB, FAU, HEW, Glidemeister es, HS Hof, WAGO, Rauschert, Rehau ES, Stadt Hof, Stadt Arzberg, SMA, IBC Solar

© ZAE Bayern 25

25

**Stromnetz:
NetzEntwicklungsOffensive Strom**

Erichtung einer netzebenenübergreifenden Messinfrastruktur sowie Erprobung innovativer Regelkonzepte unter Realbedingungen

- Erfassung, Bewertung und nachhaltige Sicherung der Spannungsqualität im bayerischen Stromnetz
- Bestimmung der Netzbelastung unter Einbezug zukünftiger Verbraucher, Erzeuger und Speicher
- Entwicklung und Demonstration smarter Transformatortechnologie und Regelungen
- Erleuterung der Netzbelastung unter Einbezug heutiger und zukünftiger Verbraucherstruktur



Projektpartner: OTH Regensburg, Bayernwerk, REWAG, MR, SGB-SMIT

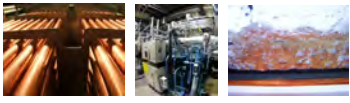
© ZAE Bayern 26

26

Gruppe „Wärmetransformation“ (HCV)

Themen der Gruppe:

- Sorptionswärmepumpe und -kältemaschine
- Kompressionswärmepumpe und -kältemaschine
- Energieeffizienz industrieller Prozesse



© ZAE Bayern 27

27

Grünes Kühlen und Heizen

Regenerativ betriebene innovative Kältemaschinen und Wärmepumpen

- Entwicklung, Bau und Test von Wärmepumpen und Kältemaschinen
- Komponenten-, Anlagen- und Systemdesign
- Demonstration in realer Umgebung



Referenzprojekte:

- Solarthermisches Energiesystem mit innovativer Absorptionswärmepumpe zur ganzjährigen Gebäudeklimatisierung
- Mit Biomasse betriebene Absorptionswärmepumpe zum Heizen und Kühlen
- PV-betriebenes Kompressionswärmepumpensystem mit PCM-Speichern zur Steigerung der Netzdienlichkeit und hohen solaren Anteilen
- Absorptionswärmepumpe für Solare Nahwärme am Ackermannbogen
- EWS-Speicher mit KWP/KKM zur Klimatisierung eines Bürogebäudes

© ZAE Bayern 28

28

Abwärme nutzbar machen durch Wärmepumpen

Nutzbarmachung und Nutzung von Abwärme durch Wärmetransformation für Kälteerzeugung oder Wärmearaufwertung

- Komponenten-, Anlagen- und Prozessentwicklung
- Integration von Wärmepumpen und Speichern zur Abwärmenutzung
- Demonstration



Referenzprojekte mit realer Umsetzung:


- Industrielle Abwärmenutzung in einer Gießerei
- Hocheffiziente Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung für Industrie und Gewerbe
- Gas-Absorptionswärmepumpe in einem geothermischen Fernwärmesystem

© ZAE Bayern 29

29

Klimatisierung mit regenerativer Wärme

Offene Sorptionskühlsysteme liefern trockene und kühle Luft für die Gebäudeklimatisierung aus Ab-, Sonnen- oder Fernwärme



© ZAE Bayern 30

30



31

Entwicklung von Kältespeichermaterialien für den trockenisfreien Impfstofftransport (coCO2vac)

Projektzeitraum: 01/2021 – 12/2021
Projektvolumen: 366 T€ (150 T€ ZAE)
Fördergeber: BMWi
Projektpartner: va-Q-tec AG

Projektziel:
 Entwicklung von Kältespeichermaterialien (PCM) mit Schmelztemperaturen zwischen -70 °C und -60 °C für den Transport von COVID-19-Impfstoffen

Projekthalte:

- Auswahl potentieller eutektischer Mischungen
- Vermessung potentieller PCM im Labormaßstab
- Untersuchung der PCM in Kühlakkus
- Überprüfung der Rezeptur im Großversuch (1 m³)

© ZAE Bayern

32

Veröffentlichungen und Reviewertätigkeit

© ZAE Bayern

33

Ausstattung ZAE 2.0

© Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V.
Alle Rechte vorbehalten. Nachträglich unter Vorbehalt. Vervielfältigung, Reproduktion, Bearbeitung und Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsmaßnahmen.

34

Software-Ausstattung

Standard-Software: <ul style="list-style-type: none"> • Simulink • Dymola / Modelica • Solid Works / Flow Works • Ansys CFD • COMSOL Multiphysics • TRNSYS • EES • MATLAB • LabVIEW • Python • AutoCAD Map 3D • ArcGIS • QGIS • STANET • FeFlow • Radiance 	Software-Eigenentwicklungen: <ul style="list-style-type: none"> • MedView (Monitoring) • LabDAQ, Datenerfassungsumgebung • Energiesystem-Optimierung • Prognose Energieversorgungsszenarien • Modelle von Absorptionskälteanlagen auf Komponenten- und Systemebene • Energiemanagement-Tools • Customized Benchmarking-Tools • Module für Systemsimulationen
---	---

© ZAE Bayern

35

Ausstattung EES

Technik:

- PEM-Elektrolyse-Testsysteme
 - Laborzellen und Stacks für Materialuntersuchungen
 - Stack-Teststand bis 10 Zellen, bis 600 A
 - 2 Einzelzell-Teststände bis 30 A
 - Teststand für Wassertransport und Katalysatordegradation
 - Elektrochemische Impedanz Spektroskopie, Strom-Spannungscharakteristik und Zyklenmessungen im gesamten DC-Strombereich
- Redox-Flow-Testsysteme
 - Laborzellen für Material-Untersuchungen
 - Stacks und Prototypen bis zu 15 kW
 - Elektrochemische Impedanz Spektroskopie, Strom-Spannungscharakteristik und Zyklenmessungen
- Dreielektrodenmessanordnung und Rotating Disk Electrode (RDE) Setup
- Laborausstattung zur Elektrolyse und Elektroden-Vorbereitung (Plasmaanlage, Hochtemperaturöfen)
- Massenspektrometer für Gasanalyse
- Membran-Elektroden-Einheiten (MEA) Herstellung

© ZAE Bayern

36

Ausstattung TES

Technik:

- Verschiedene Kalorimeter
- Mikroskop mit Heiztisch
- Titration
- Taupunktspiegel
- Sorptionswaage/-analyse
- Teststände zur Analyse von Wärmespeichern
- Teststände zur Analyse von Wärme- und Stoffübergängen an Sorptionssystemen
- Dichtmessung



© ZAE Bayern 37

37

Ausstattung HCV

Technik:

- Statische und dynamische Vermessung von Wärmepumpen und Kältemaschinen (Hardware in the Loop)
- Vakuumprüfsysteme zur Vermessung von wärmetechnischen Komponenten in subatmosphärischen Bedingungen
- Bestimmung von Dampf-Flüssigkeitsgleichgewichten wässriger Lösungen
- Dichtigkeits-/Leckageprüfung von Unterdrucksystemen bzw. Hochvakuumsystemen (Heliumleckageprüfsystem)
- Korrosionsuntersuchungen in Umgebungen wässriger Salzlösungen



© ZAE Bayern 38

38

Ausstattung SGT

Technik:

Solarthermie

- Hochtemperatur Kollektorteststand
- Solar Tracker
- MPP Tracking für PVT

Oberflächennahe Geothermie

- Thermal Response Test (TRT)
- Prüfstand für TRT-Verfahren
- Klimakammer mit künstlicher Beschneidung

Sensible Wärmespeicher

- Laborprüfstand für sensible Wärmespeicher
- Laborprüfstand für Schichtladeeinrichtungen



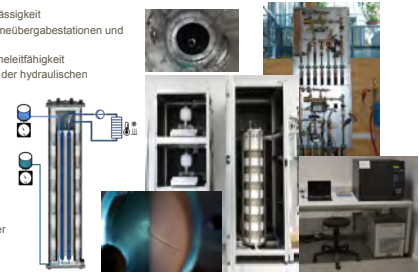
© ZAE Bayern 39

39

Ausstattung SYS

Technik:

- Großversuchsstände EWS-Systemdurchlässigkeit
- Versuchsstand zur Vermessung von Wärmeübergabestationen und Brauchwarmwasserbereitungen
- Versuchsstand zur Vermessung der Wärmeleitfähigkeit
- Triaxialzellenversuchsstand zur Messung der hydraulischen Leitfähigkeit
- Wärmebildkameras
- Raumklimamessung (CO₂, T, p, relHum)
- Helligkeitsmessung
- Temperaturmessung
- Feinstaubmesstechnik
- Abgasanalyse (gasförmig)
- Heißgas-/Thermool-Test-Wärmeübertrager



© ZAE Bayern 40

40

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Dr. Andreas Hauer

ZAE Bayern
Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V.
Bereich: Energiespeicherung

Walther-Meißner-Str. 6
D-85748 Garching

Tel.: +49 89 329442-16
Fax: +49 89 329442-12

Andreas.hauer@zae-bayern.de
<http://www.zae-bayern.de>



© Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V.
Alle Rechte vorbehalten, auch bezüglich jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung und Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

© ZAE BAYERN

41

Backup

© Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V.
Alle Rechte vorbehalten, auch bezüglich jeder Vervielfältigung, Verbreitung, Reproduktion, Bearbeitung und Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

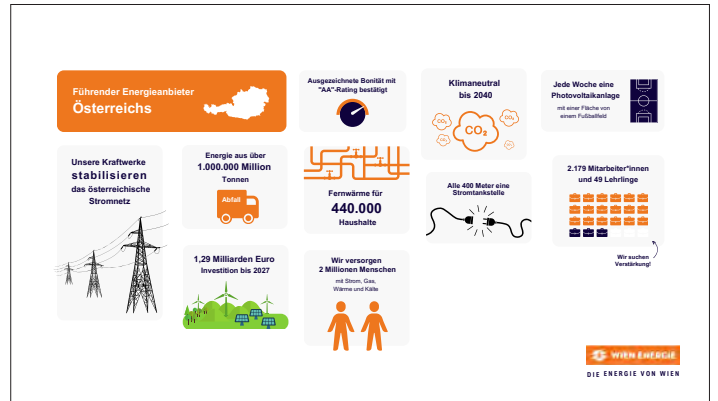
© ZAE BAYERN

42

4.2 50 Jahre Spittelau (Wien Energie)



1



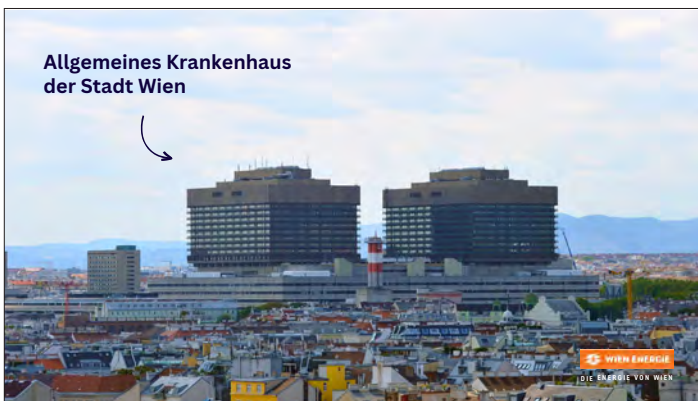
2



3



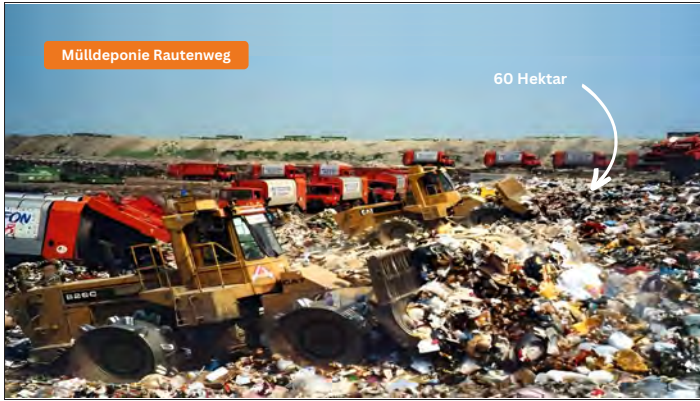
4



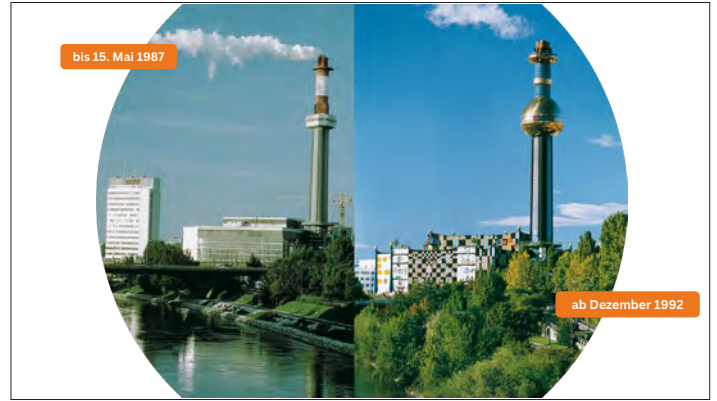
5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16

Richtiger Umgang mit Lithium-Batterien/Akkus

Beachte!

- Passendes Ladegerät
- Unter Aufsicht laden
- Batterien & Akkus sind recyclebar
- Vor dem Entsorgen Batteriepole abkleben

Vermeide!

- Hohe Temperaturen
- Nähe zu brennbaren Materialien beim Laden
- Bei Erhitzung der Geräte Acht geben
- Nicht in den Restmüll werfen

Hermit **Leor.at**

17



18

Die Wiener Abfallwirtschaft



19

Die Wiener Abfallwirtschaft



20

Die Wiener Abfallwirtschaft



21

Die Wiener Abfallwirtschaft



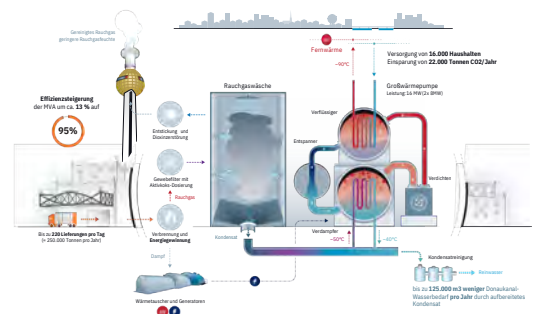
22

Abfallverwertung in Wien EINE WÜRSTEL-PACKUNG AUF REISEN



23

Großwärmepumpe Spittelau - Dekarbonisierung der Fernwärme



24



25



26



27



28



29



30