

# グリーン電力と多様な熱源を活用する地域熱供給システムの デザイン

---

2025年2月17日 4DHフォーラム

東北大学 神戸大吾、中田俊彦

1. 緒言
2. 研究手法
3. 研究結果
4. 考察
5. 結言

## 1. 緒言

1.1 第4世代地域熱供給システムへの移行

1.2 日本における第4世代地域熱供給システムの便益

1.3 本研究の目的

## 2. 研究手法

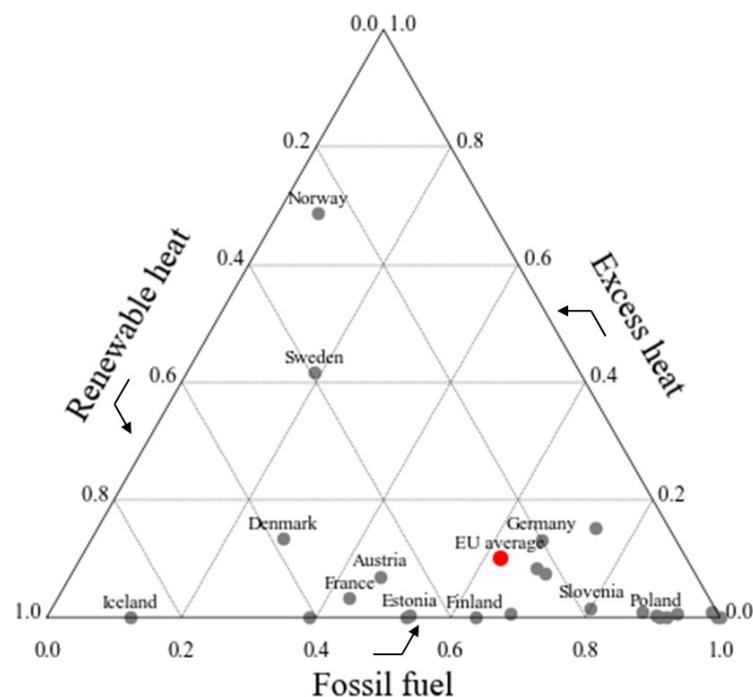
## 3. 研究結果

## 4. 考察

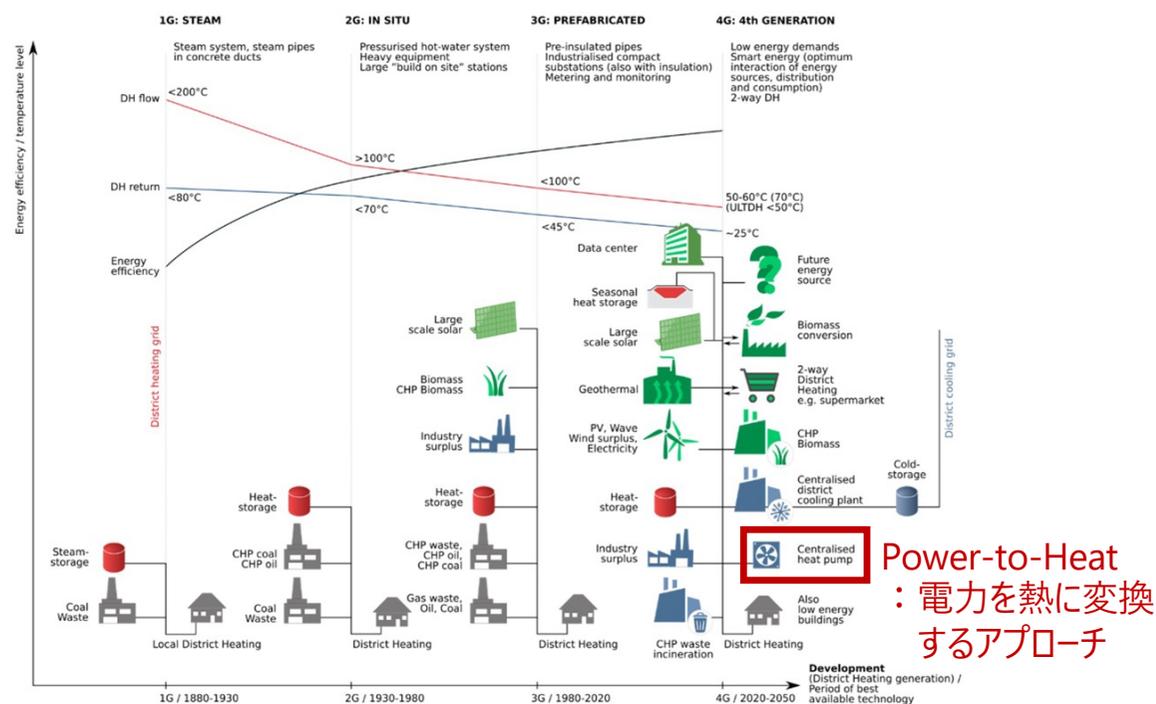
## 5. 結言

# 1.1 第4世代地域熱供給システムへの移行

- ヨーロッパ諸国に実装されている地域熱供給システム（DHS）は第3世代であり、化石燃料に依存
- 近年注目されている第4世代では、様々な熱源が利用可能、かつPower-to-Heatにより柔軟性が向上



ヨーロッパのDHSにおける資源構成(2018年)<sup>[1]</sup>



第1世代から第4世代へのDHSの変遷<sup>[2]</sup>

[1] European Commission, "Overview of District Heating and Cooling Markets and Regulatory Frameworks under the Revised Renewable Energy Directive", 2021, Available; <https://irees.de/2021/10/18/district-heating-and-cooling-trend-interactive-report/> (accessed November 5, 2025).

[2] Henrik Lund et al., "4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems", Energy, 2014.

## 1.2 日本における第4世代地域熱供給システムによる便益

### 日本の熱部門の特徴

- 化石燃料による個別熱源方式が主流
- 地域熱供給システム（DHS）のシェアは1%未満であり、排熱や再生可能エネルギーはほぼ利用されていない<sup>[1]</sup>

### 第4世代地域熱供給システム（4GDH）の導入による便益

#### 排熱の利用

各地域に存在する熱源を利用し、個別熱源で消費される化石燃料を置き換える  
→ 熱需要の脱炭素化

#### Power-to-Heat

- ヒートポンプと蓄熱を組み合わせて運用
- 変動性再生可能エネルギーの余剰電力を熱需要として吸収  
→ 柔軟性の向上

#### エネルギーセキュリティ

- 熱生産に選択肢が生じる
- 海外から輸入する化石燃料における、急な価格高騰の影響が緩和される  
→ エネルギーセキュリティの向上

▶ 4GDHを通して、複数の熱源を利用することで、日本に様々な便益がもたらされる

[1] 一般社団法人日本熱供給事業協会, “熱供給事業便覧 平成28年版”, 2017.

## 1.3 先行研究と目的

Ref	Year	Target area	DH generation	Existing DHS	Heat source						Power-to-Heat
					Waste incineration	Industrial excess	Solar thermal	Geothermal	Sewage	Biomass	
[1]	2025	Bilbao, Spain	3rd, 5th	×	×	×	×	×	×	×	○
[2]	2025	Akita, Japan	3rd, 5th	×	○	×	×	×	×	×	×
[3]	2022	Aalborg, Denmark	3rd, 4th	○	○	○	○	○	×	○	○
[4]	2022	Gaziantep, Turkey	4th	×	×	×	○	×	×	×	○
[5]	2020	Milano, Italy	4th	×	×	×	×	×	×	○	○
[6]	2019	North Japan	3rd	×	○	×	×	×	×	○	×
[7]	2016	Hirosaki, Japan	4th	×	×	×	×	×	×	○	×

- 既存の3GDHから4GDHへの移行に関する先行研究では、様々な熱源を対象としている。
- DHSが存在しない地域を対象とした先行研究では、4GDHの利点である複数の熱源の利用が考慮されていない。

➡ 既存のDHSが存在しない地域において、4GDHを通して**複数の熱源を利用することによる便益と障壁**を明らかにする。

[1] Luis Sánchez-García et.al, "Feasibility of district heating in a mild climate: A comparison of warm and cold temperature networks in Bilbao", Applied Energy, 2025.

[2] Takaaki Furubayashi et.al, "Design and analysis of a district heating and cooling system that uses waste heat and dumped snow in Akita City, Japan", Energy Conversion and Management: X, 2022.

[3] Peter Sorknaes et.al, "The benefits of 4th generation district heating and energy efficient datacenters", Energy, 2022.

[4] Shahab Eslami et.al, "District heating planning with focus on solar energy and heat pump using GIS and the supervised learning method: Case study of Gaziantep, Turkey", Energy Conversion and Management, 2022.

[5] Niccolò Aste et.al, "A renewable energy scenario for a new low carbon settlement in northern Italy: Biomass district heating coupled with heat pump and solar photovoltaic system", Energy, 2020.

[6] Shin Fujii et.al, "Design and Analysis of District Heating Systems Utilizing Excess Heat in Japan", Energies, 2019.

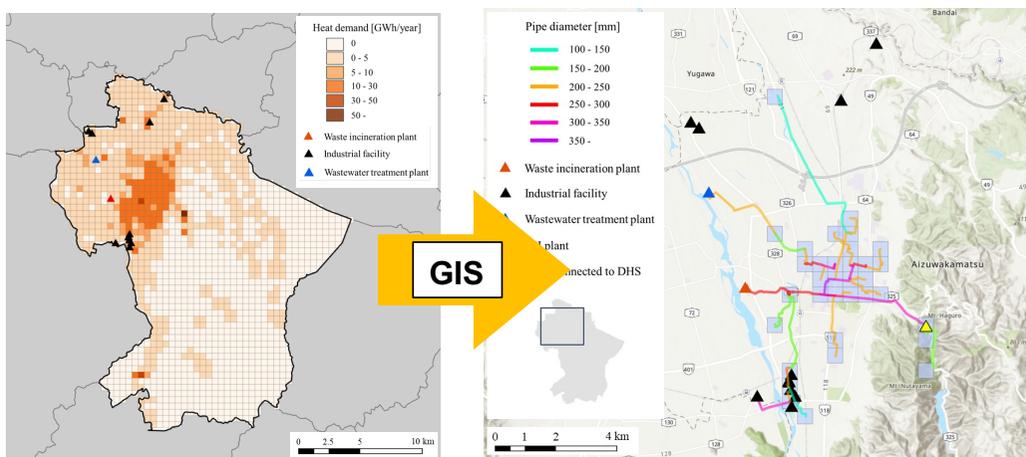
[7] Ivar Baldvinsson et.al, "A feasibility and performance assessment of a low temperature district heating system – A North Japanese case study", Energy, 2016.

- 
1. 緒言
  2. 研究手法
    - 2.1 本研究の流れ
    - 2.2 対象地域
    - 2.3 地域熱供給ネットワークの設計手法
    - 2.4 熱源ポテンシャルの推計手法
    - 2.5 シミュレーション手法とケース設定
  3. 結果
  4. 考察
  5. 結言

# 2.1 本研究の流れ

## ① 地域熱供給システムの設計

- 熱需要と熱源のポテンシャルを推計
- 熱需要と熱源の空間分布をもとに、GISを用いて配管ネットワークを設計する
- 配管ネットワークの投資コストを推計

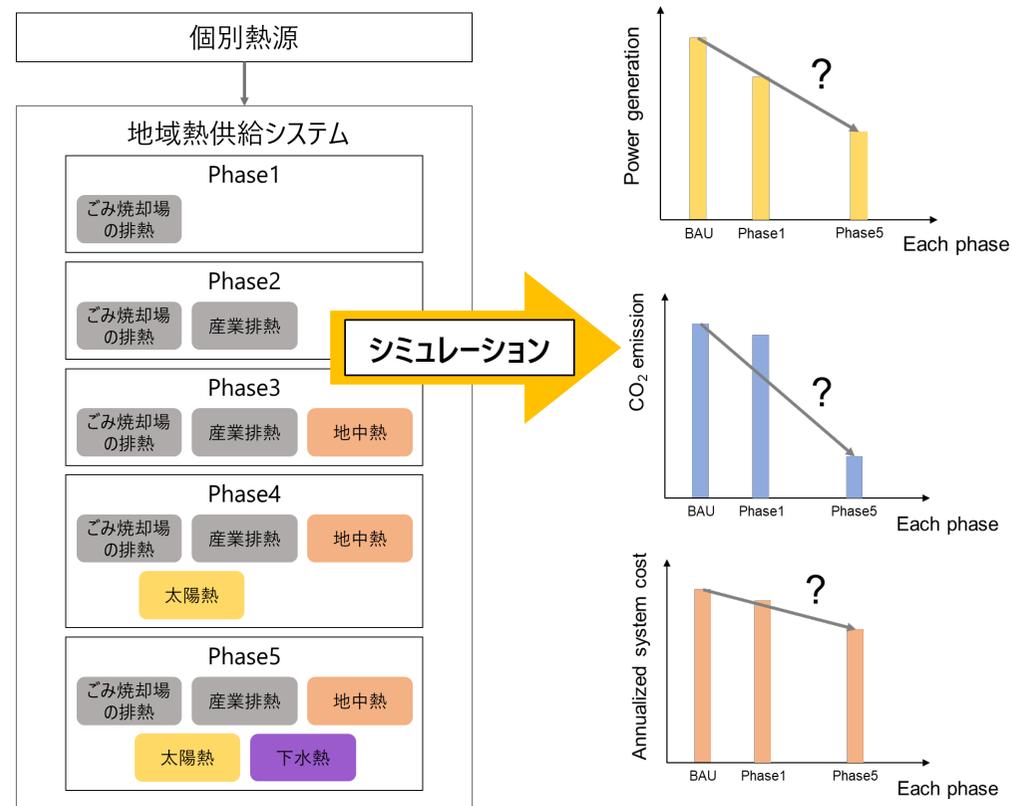


熱需要マップ

地域熱供給の配管ネットワーク

## ② 複数の熱源を統合した地域熱供給システムの分析

- シミュレーションにより、5つの熱源を順番に統合したエネルギーシステムを分析



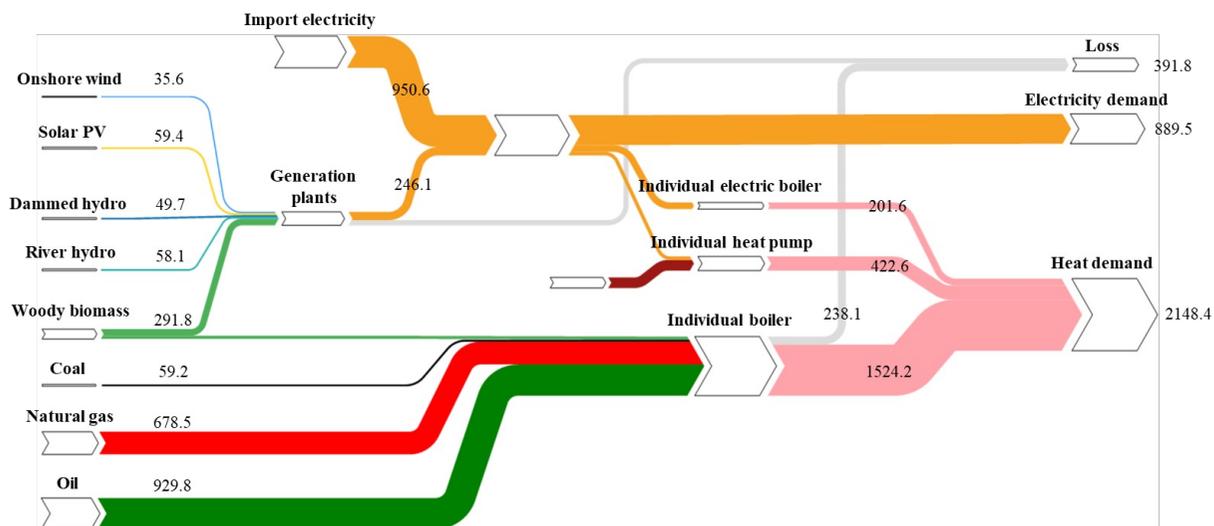
## 2.2 対象地域

### 会津若松市

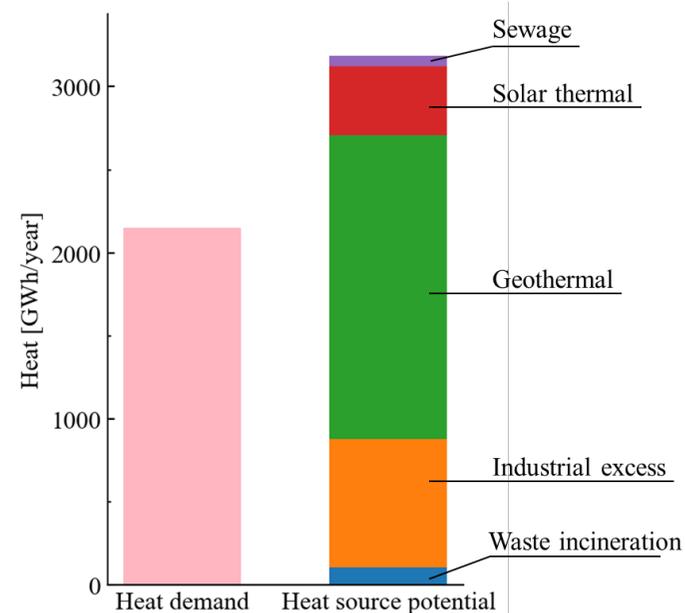
- 市街地の熱需要が大きい
  - 比較的寒冷な気候
  - 熱源ポテンシャルが豊富に存在
- 地域熱供給システムの導入に適している  
→ 熱源を統合する分析に適している



Total primary energy supply: 2162 GWh



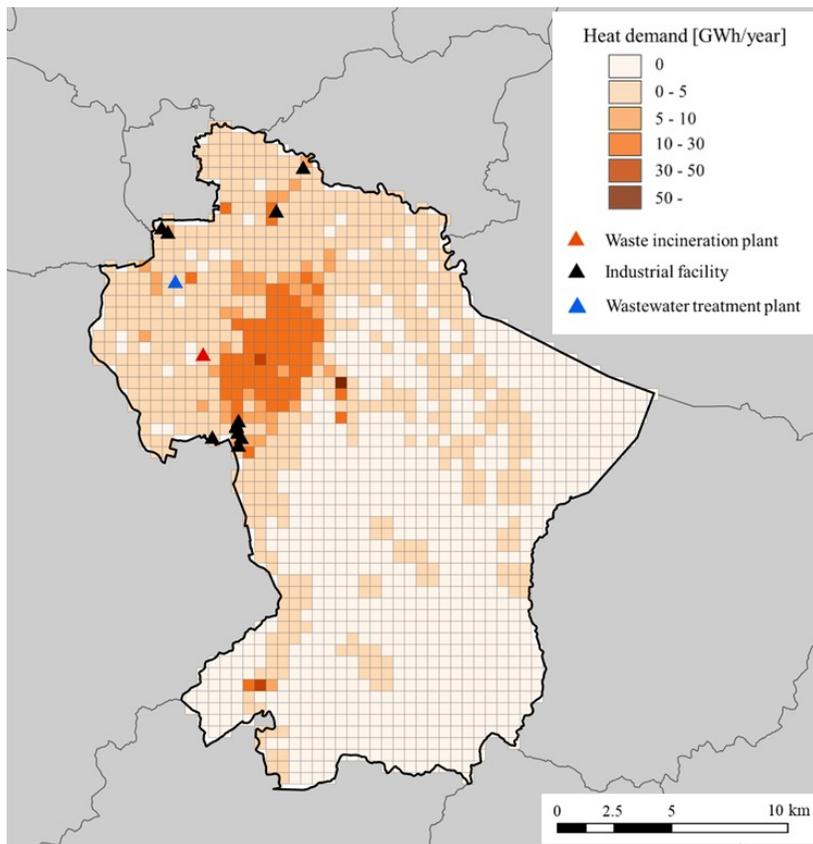
会津若松市のエネルギーフロー (2020年)



会津若松市における熱需要と熱源ポテンシャル

## 2.3 地域熱供給ネットワークの設計手法

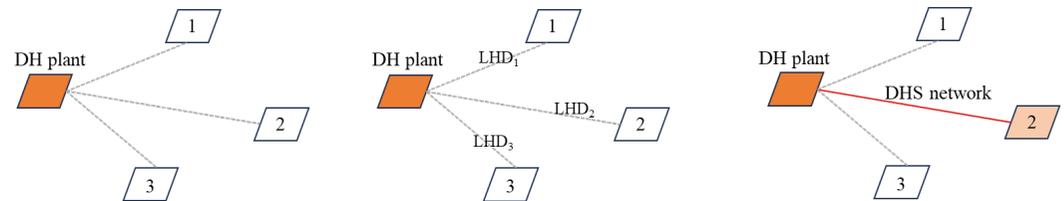
### ➤ 会津若松市における熱需要マップ[1]



### ➤ 導管熱密度に基づく熱配管ネットワーク設計[2]

導管熱密度 (LHD) ; 熱配管ネットワークの効率を表す指標の一つ

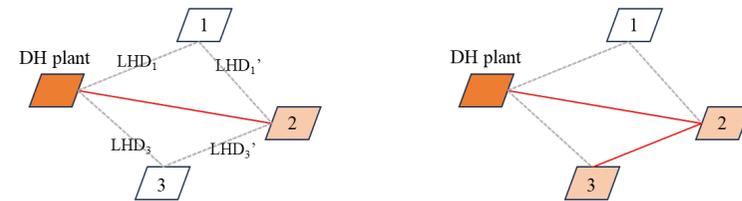
$$LHD = \frac{\text{Heat demand [J]}}{\text{Heat pipe length [m]}}$$



1) Mesh with largest heat demand has a plant of DHS.

2) Calculate LHD between DH plant and other meshes.

3) Connect the highest LHD mesh to DHS network.



4) Calculate LHD between connected meshes to DHS and other meshes.

5) Connect the highest LHD mesh to DHS network. (Repeat 2,3, and 4)

「LHD が 10.8 GJ/m<sup>3</sup> を下回らない」という制約の中で処理を繰り返す

[1] 環境省 REPOS, “搭載データ”, [https://repos.env.go.jp/web/data/mounted\\_data](https://repos.env.go.jp/web/data/mounted_data).

[2] 古林 敬頭 et al., “導管熱密度に基づく地域熱供給ネットワークの設計手法の構築”, 日本機械学会, 2021.

[3] A. Dalla Rosa et.al, “District heating (DH) network design and operation toward a system-wide methodology for optimizing renewable energy solutions (SMORES) in Canada: A case study”, Energy, 2012.

## 2.4 熱源ポテンシャルの推計手法

熱源	年間ポテンシャル	時間変動
ごみ焼却場の排熱	ごみ処理場の年間処理量 <sup>[1]</sup> に、低位発熱量 <sup>[1]</sup> 、排熱利用可能な割合 <sup>[2]</sup> を乗ずることで推計	年間を通して一定
産業排熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本の産業分類ごとのエネルギー消費量<sup>[3]</sup>を、各工場のCO<sub>2</sub>排出量<sup>[4]</sup>で按分し、各工場のエネルギー消費量を推計</li> <li>各工場のエネルギー消費量に排熱利用可能な割合<sup>[5]</sup>を乗ずることで推計</li> </ul>	年間を通して一定
地中熱	REPOS <sup>[6]</sup> からポテンシャルを取得	年間を通して一定
太陽熱	REPOS <sup>[6]</sup> からポテンシャルを取得	日射量 <sup>[7]</sup> から時間変動を推計
下水熱	下水流量 <sup>[8]</sup> に下水の比熱 <sup>[9]</sup> と回収温度差 <sup>[9]</sup> を乗ずることで推計	月ごとに一定

[1] 環境省, “一般廃棄物処理実態調査”.

[2] U.Persson and S. Werner, “District heating in sequential supply”, Applied Energy, Volume 95, July 2012, Pages 123-131.

[3] 経済産業省 資源エネルギー庁, “総合エネルギー統計”.

[4] 環境省, 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 フロン類算定漏えい量報告・公表制度ウェブサイト, <https://eegs.env.go.jp/ghg-santeikohyo-result/#main>

[5] Clemens et.al, “Estimating the global waste heat potential”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 57 (2016), 1568-1579.

[6] 環境省 REPOS, “ポテンシャル情報”.

[7] 太陽放射コンソーシアム, “データについて”, <http://www.amaterass.org/data.html>

[8] 会津若松市, “下水道事業概要”, <https://www.city.aizuwakamatsu.fukushima.jp/category/bunya/gesuidotoroku/gesuido-jigyo/>

[9] Hepbasli A, Biyik E, Ekren O, Gunerhan H, Araz M. A key review of wastewater source heat pump (WWSHP) systems. Energy Convers Manag 2014;88:700–22.

## 2.5 シミュレーション方法とケース設定

▶モデル：EnergyPLAN

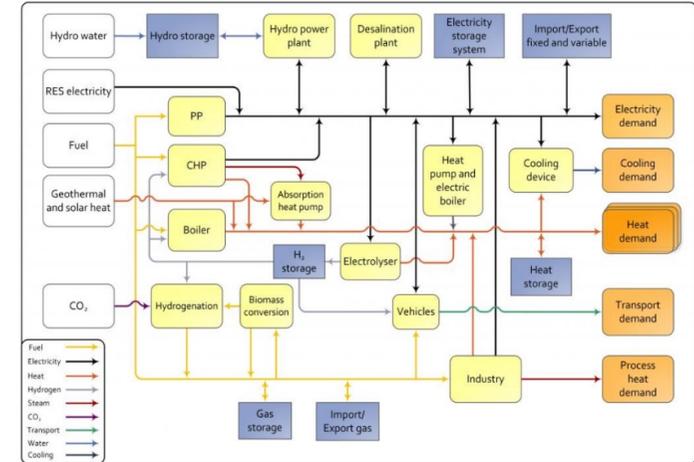
目的関数：コスト最小化

制約条件：市外への送電量の割合（出力抑制）≒ 10%

▶対象とする部門：電力及び熱部門

▶対象とする年：2020年及び2050年

再生可能エネルギーの導入量の違いによる影響を明らかにするため



EnergyPLANのエネルギーシステム図

対象年	ケース設定	熱供給方法	詳細
2020	Current	個別熱源のみ	2020年の会津若松市を反映
	Phase 1,2,3,4,5	熱需要の一部がDHSにより供給される	<ul style="list-style-type: none"> <li>5つの熱源を順番に統合</li> <li>残りの熱需要は家庭用ボイラーなどで供給</li> </ul>
2050	Business-as-Usual (BAU)	個別熱源のみ	全ての熱需要が家庭用HPで満たされる
	Phase 1,2,3,4,5	熱需要の一部がDHSにより供給される	<ul style="list-style-type: none"> <li>5つの熱源を順番に統合</li> <li>残りの熱需要は家庭用HPで供給</li> </ul>

1. 緒言
2. 研究手法
3. 結果
  - 3.1 設計された地域熱供給システムの配管ネットワーク
  - 3.2 地域熱供給システムの熱生産量の変化
  - 3.3 電力供給量の変化
  - 3.4 地域熱供給システムにおける電力消費量の変化
  - 3.5 熱供給コストの変化
4. 考察
5. 結言

# 3.1 設計された地域熱供給システムの配管ネットワーク

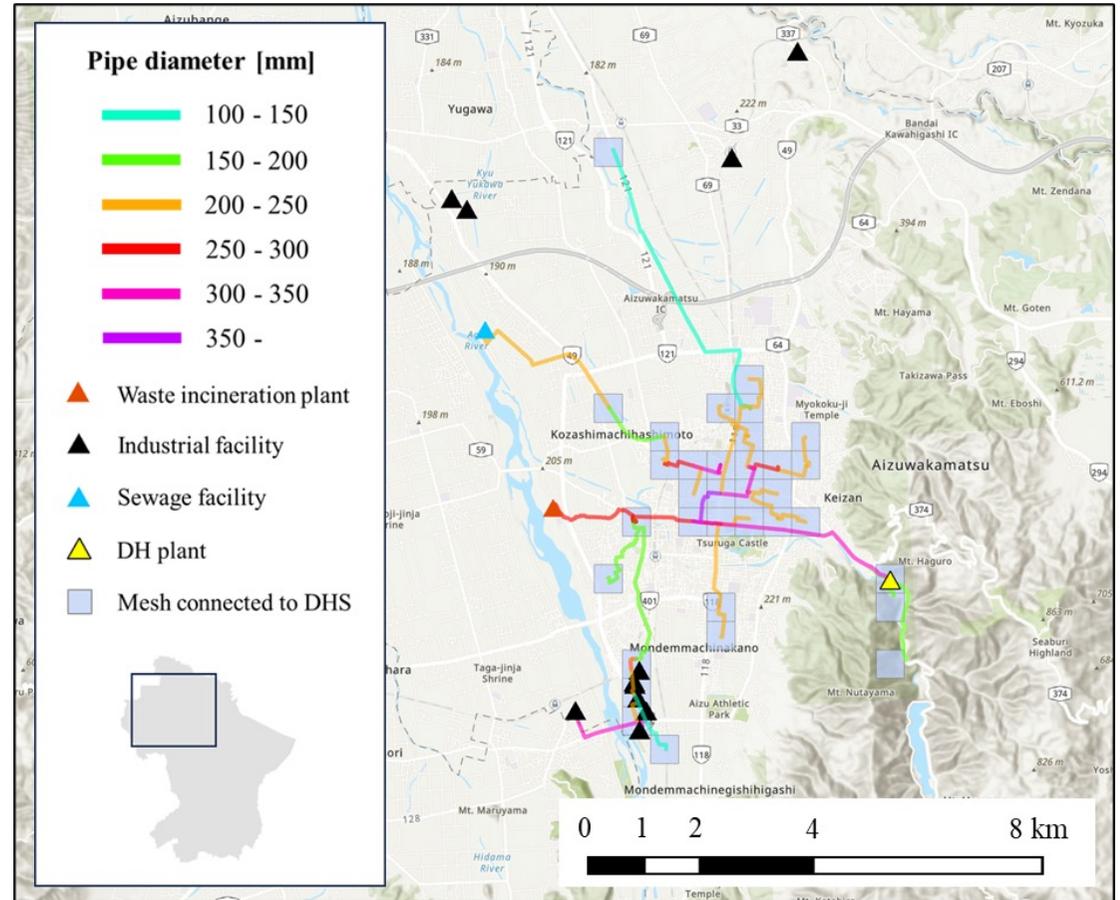
- 会津若松市全体の熱需要: 7724 [TJ/year]
- 地域熱供給システムで供給される熱需要 : 2298 [TJ/year]

➡ 会津若松市の熱需要のうち、約30%が地域熱供給システムによって供給された

- 配管の長さ: 212 [km]
- 導管熱密度 (LHD) : 10.9 [GJ/m]

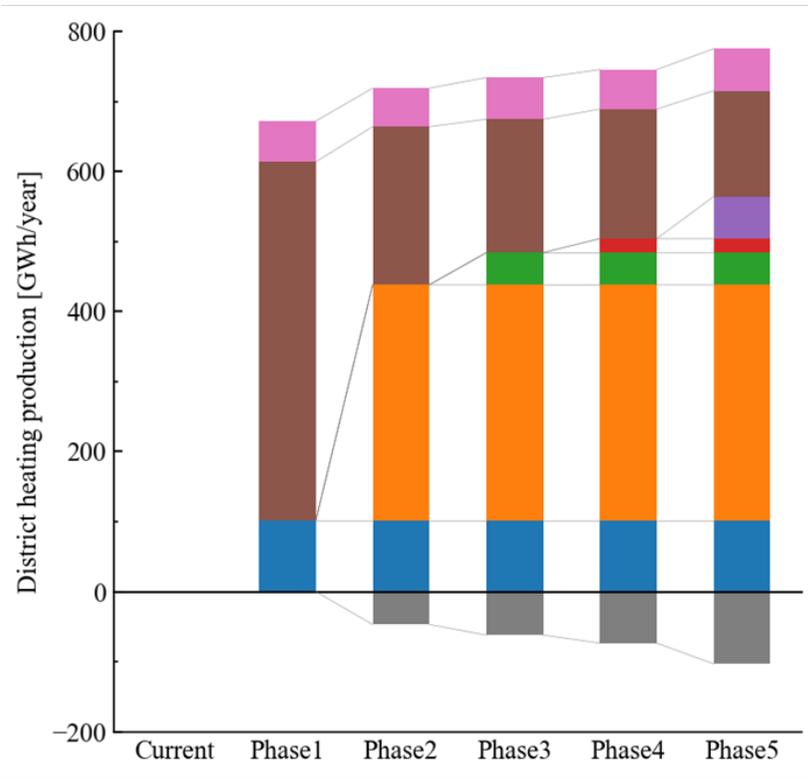
ヨーロッパ諸国におけるLHDの平均は10.8 [GJ/m] [1]  
(例) デンマーク ; 3.6 [GJ/m]、ドイツ ; 10.8 [GJ/m]、  
スウェーデン ; 7.9 [GJ/m]

→ ヨーロッパ諸国と同程度のネットワークが構築された

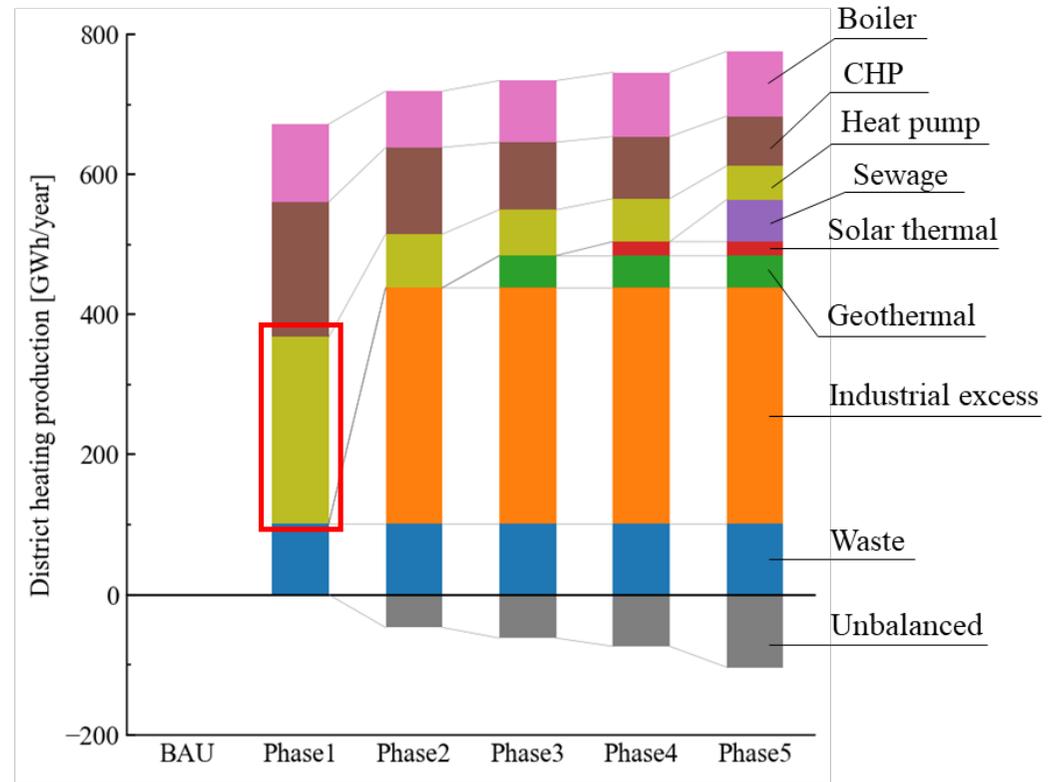


[1] DHC Trend - IREES GmbH n.d. <https://irees.de/2021/10/18/district-heating-and-cooling-trend-interactive-report/> (accessed November 5, 2025).

## 3.2 地域熱供給システムの熱生産量の変化



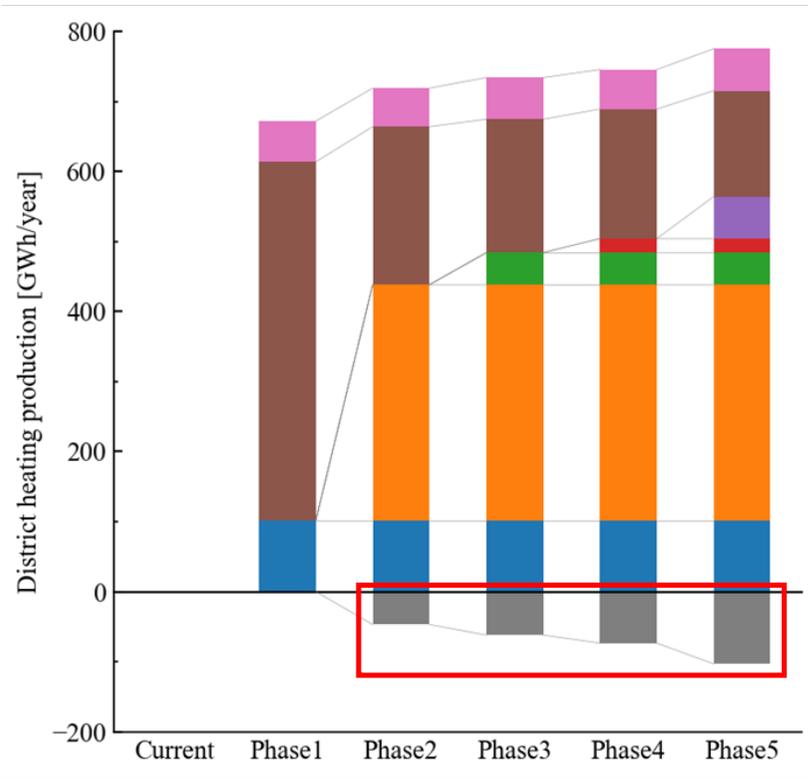
(a) Year 2020



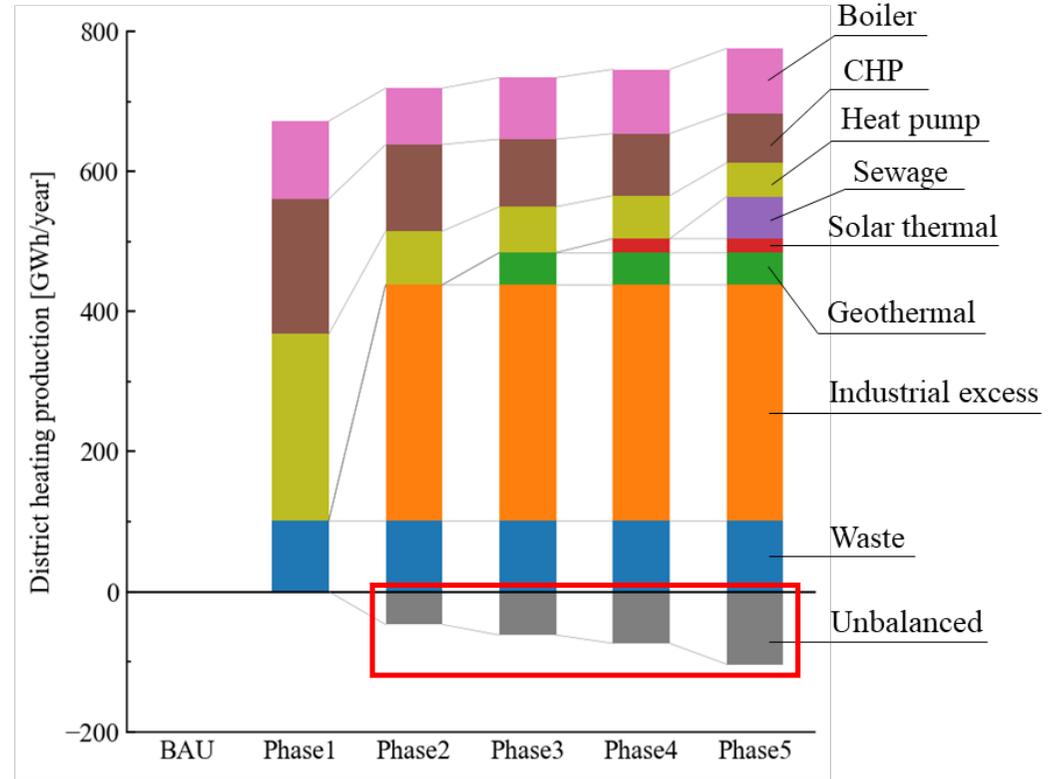
(b) Year 2050

- 2050年のPhase1では、熱生産の39%をヒートポンプ（HP）が占める  
 - 排熱の利用量が少ない場合、HPで余剰電力が熱として利用される傾向

## 3.2 地域熱供給システムの熱生産量の変化



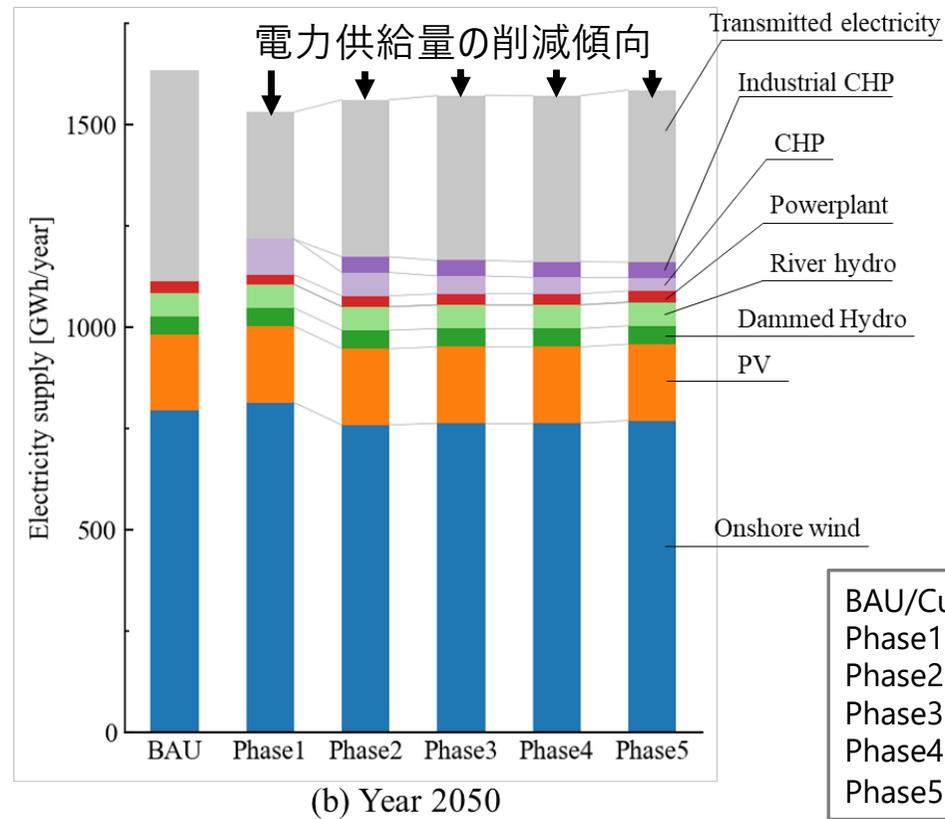
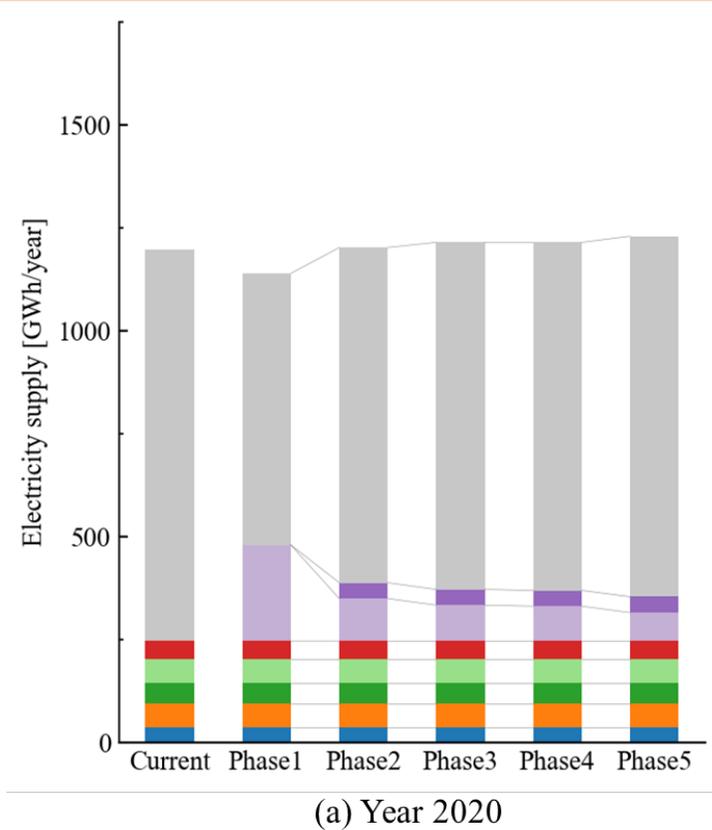
(a) Year 2020



(b) Year 2050

- 2020年と2050年に共通して、Phase2から5にかけて、**Unbalanced（利用されない熱）**が増加  
- 夏期は熱需要が低く、熱源が利用されずに捨てられるため

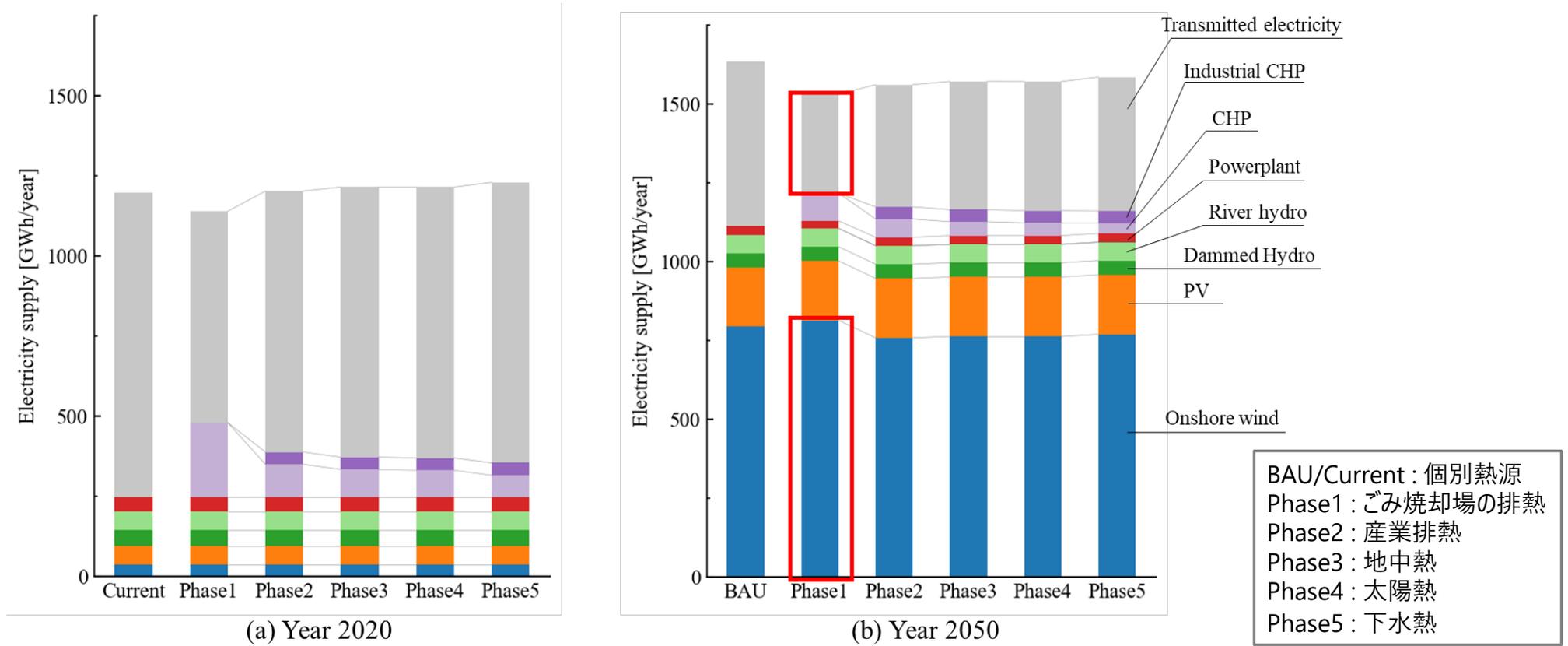
### 3.3 電力供給量の変化



BAU/Current : 個別熱源  
 Phase1 : ごみ焼却場の排熱  
 Phase2 : 産業排熱  
 Phase3 : 地中熱  
 Phase4 : 太陽熱  
 Phase5 : 下水熱

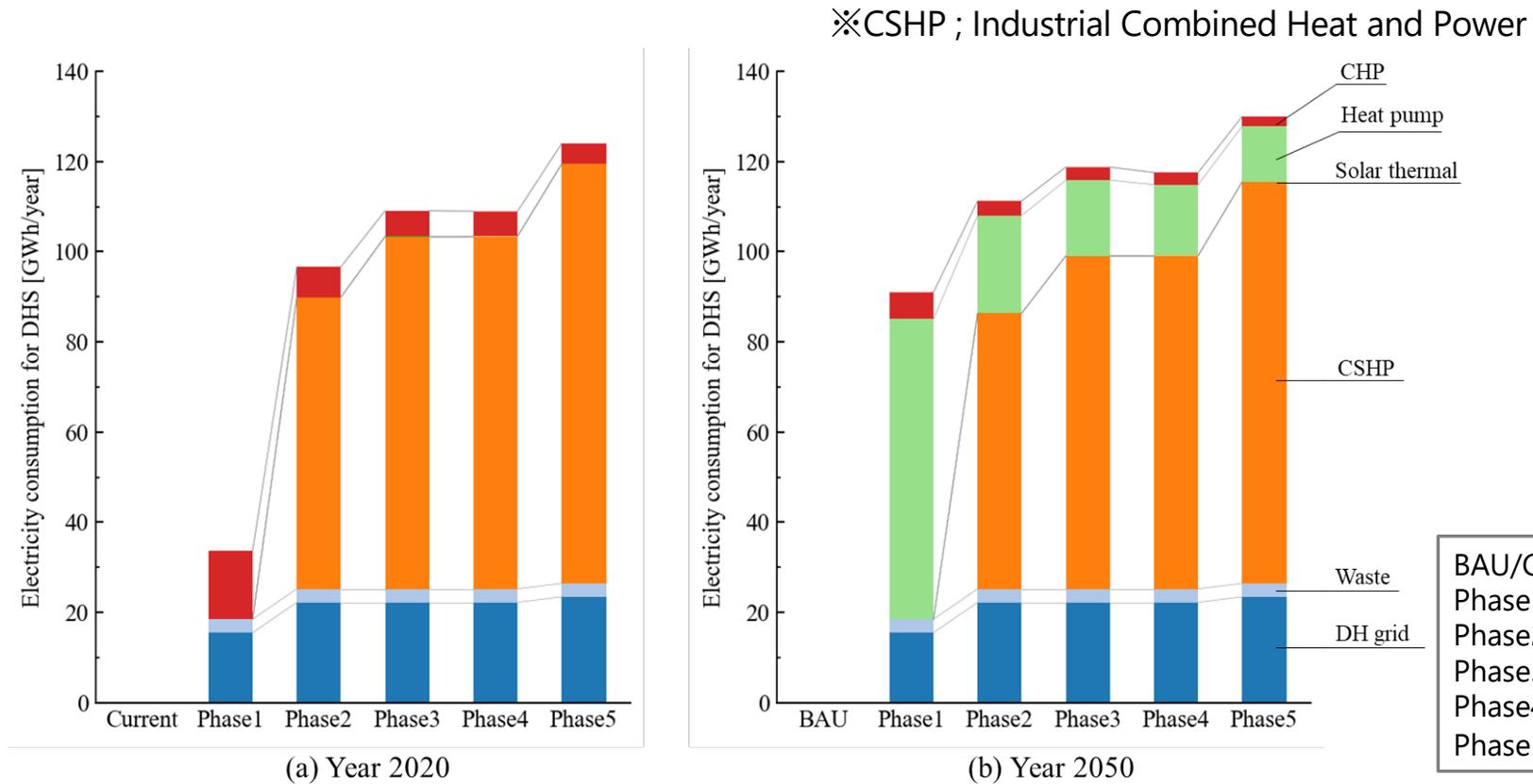
- 2050年のPhase1から5では、BAUケースと比べて、電力供給量が2.9%～5.3%少ない  
 - DHSの導入により、将来の電力需要の増加の影響が抑制

### 3.3 電力供給量の変化



- 2050年のPhase1では、Phase2から5と比べて、陸上風力の発電量が多く、市外からの送電量が少ない
  - ヒートポンプと蓄熱を用いたPower-to-Heatにより、余剰電力が市内で有効に消費されたため
- Phase1からPhase5にかけて、様々な熱源を利用するほど、Power-to-Heatの柔軟性が低下

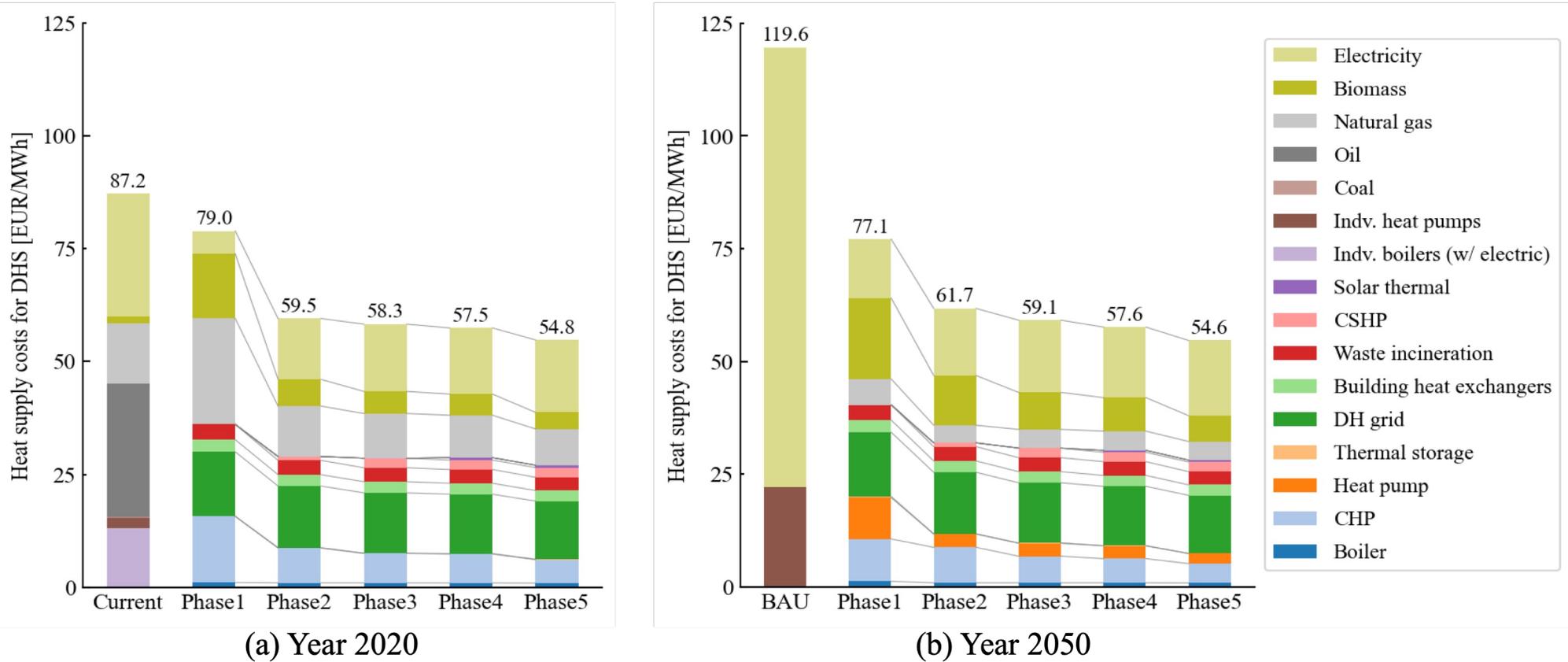
### 3.4 地域熱供給システムにおける電力消費量の変化



Phase4を除き、複数の熱源の統合に伴って、DHSの電力消費量が増加

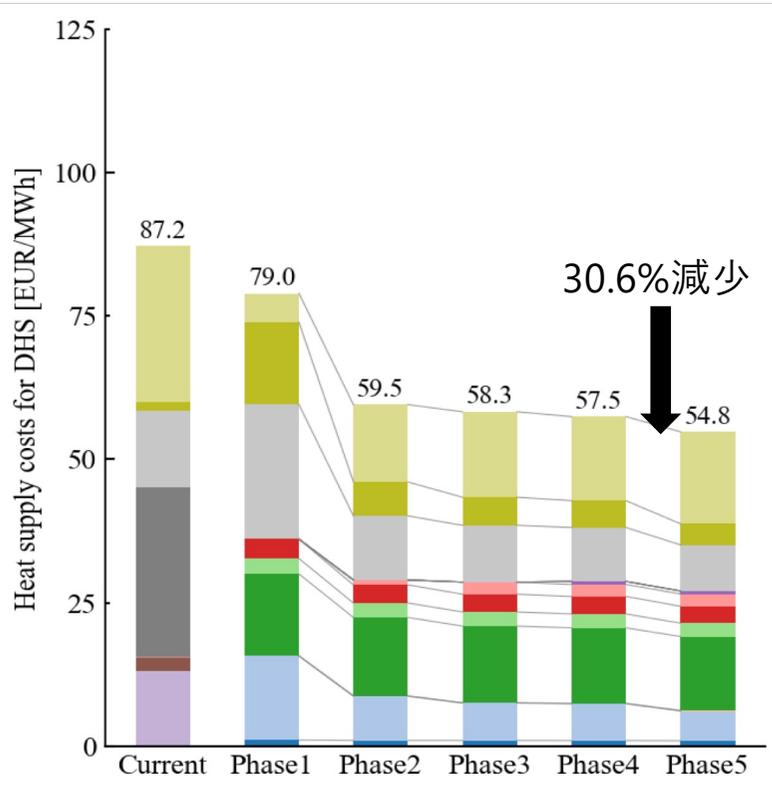
→ 産業排熱、地中熱、下水熱などの低温度の熱源は、ヒートポンプを通した昇温が必要なため

### 3.5 熱供給コストの変化

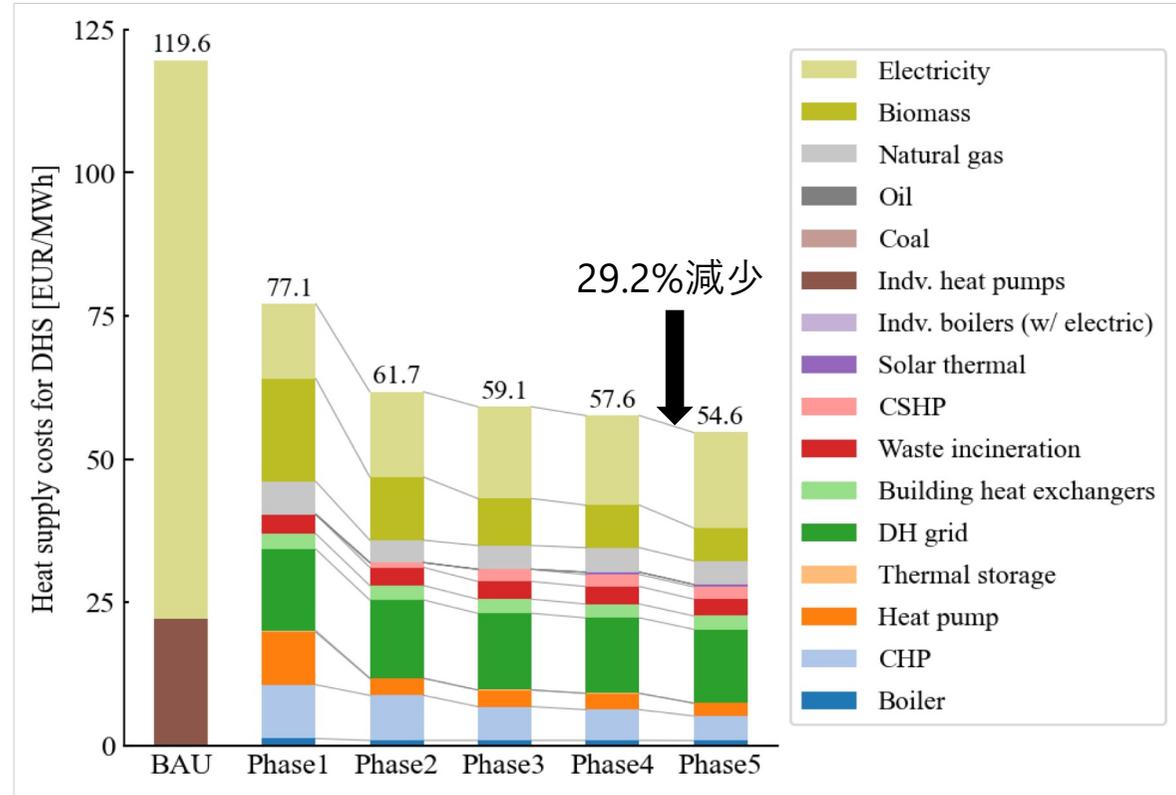


- CurrentケースとBAUケースと比べて、Phase1～5は熱供給コストが低い  
 - DHSの導入を通して、電力などのエネルギー源のコストが抑えられるため

### 3.5 熱供給コストの変化



(a) Year 2020



(b) Year 2050

- Phase1からPhase5にかけて、複数の熱源の利用により、熱供給コストが29.2%減少  
 → CHPとその燃料のコストが抑えられたこと、電力コスト及びグリッドコストの増加の影響が小さいことが要因

1. 緒言

2. 研究手法

3. 結果

4. 考察

4.1 電力価格の変化が熱供給コストに及ぼす影響

4.2 社会実装に向けた障壁

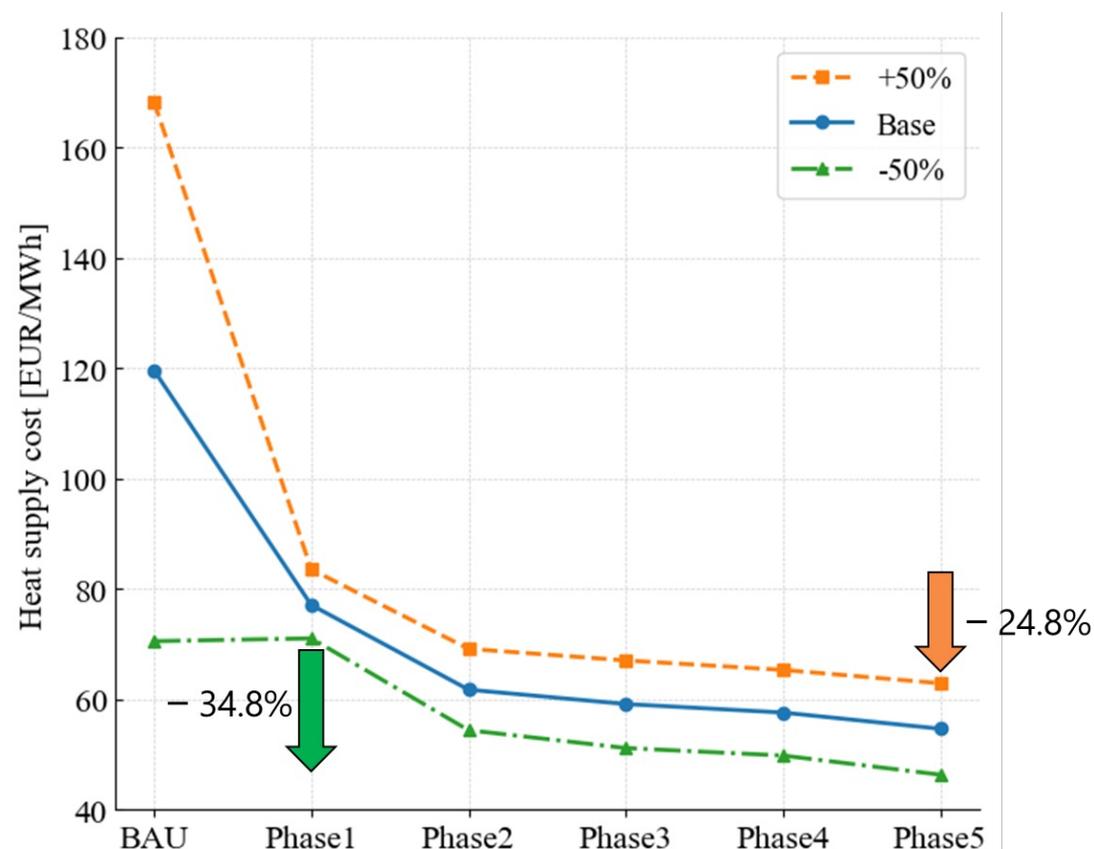
5. 結言

## 4.1 電力価格の変化が熱供給コストに及ぼす影響

本分析の電力価格の設定

電力価格	平均価格[円/kWh]
+50%	23.3
Base	17.0 <sup>[1,2]</sup>
-50%	10.6

- BAUケースの熱供給コストは、電力価格に大きく左右される
  - DHSの導入がエネルギーセキュリティの向上に寄与
- 電力価格の高低に関わらず、Phase1から5にかけて熱供給コストが減少した
  - その減少の割合は電力価格に影響されるが、熱供給コストへ及ぼす影響は小さい



異なる電力価格における熱供給コストの変化（2050年）

[1] JEPX, “取引市場データ”, <https://www.jepx.jp/electricpower/market-data/spot/> (2025年11月5日アクセス)

[2] 東北電力, “託送料金相当額等について”, <https://www.tohoku-epco.co.jp/dprivate/rule/consignment/> (2025年11月5日アクセス)

## 4.2 社会実装に向けた障壁

### 地域熱供給システム（DHS）への接続率

- 本分析において、DHSが導入されたエリア内では、全ての需要家がDHSに接続すると仮定した。しかし、DHSエリア内の需要家が別の熱利用方法を選択する場合、DHSの導管熱密度が低下し、グリッドのコストがさらに高くなる可能性がある。  
→ 需要家のDHSへの接続率を高めるための政策が必要

### 様々な事業者の合意形成

- DHSの熱生産において、複数の熱源を利用するほど、有効利用されずに捨てられる熱が増加した。  
(例) Phase5では、産業排熱の13%、地中熱の33%、太陽熱の58%、下水熱の49%が捨てられた。
- 各排熱事業者が提供する排熱量と、排熱利用で生じる利益のバランスが一致しない可能性がある。  
→ 熱供給事業者と様々な排熱事業者との間で、利益を適切に配分する仕組みの整備が必要

1. 緒言
2. 研究手法
3. 結果
4. 考察
5. 結言

既存のDHSが存在しない地域において、4GDHを通して複数の熱源を利用することによる便益と障壁を分析した。

### 1. DHSの導入に関して

- 個別熱源と比べて、DHSの導入が、熱供給コストの低減に寄与
- DHSのグリッドのコストを抑えるためには、需要家のDHSへの接続率を高めるための政策が必要

### 2. 複数の熱源の利用に関して

- Power-to-Heat による柔軟性が低下した一方で、熱供給コストが約30%減少
- 低温度の熱源は、ヒートポンプによる昇温が必要なため、DHSの電力消費量が増加。同時に電力コストも増加するが、熱供給コストへ及ぼす影響は小さい。
- 熱供給事業者と様々な排熱事業者との間で、利益を適切に配分する仕組みなどの合意形成が必要

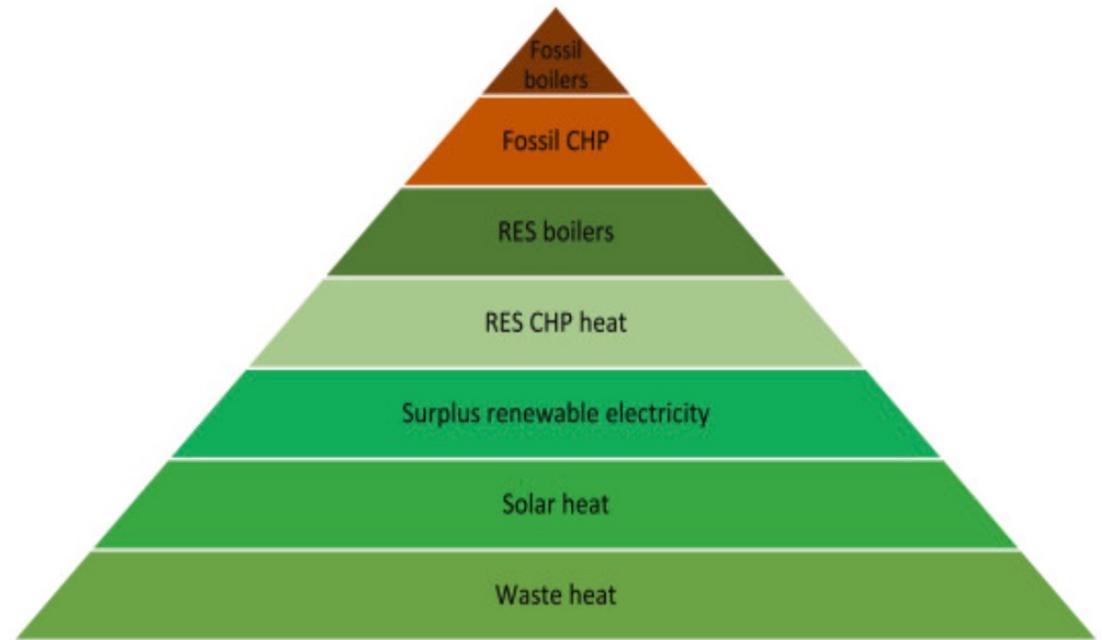
# Appendix

---

# 地域熱供給システムにおける熱生産の優先順位

各熱源の特徴<sup>[1]</sup>

Source	Advantage	Challenges
排熱	時間変動の少なさ	<ul style="list-style-type: none"><li>• 温度の低さ</li><li>• 将来の不確実性</li></ul>
太陽熱	<ul style="list-style-type: none"><li>• メンテナンスコストの低さ</li><li>• 効率の高さ</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 間欠性</li><li>• 蓄熱を含めた初期コストの高さ</li></ul>
余剰電力	柔軟性	HPの初期コストの高さ



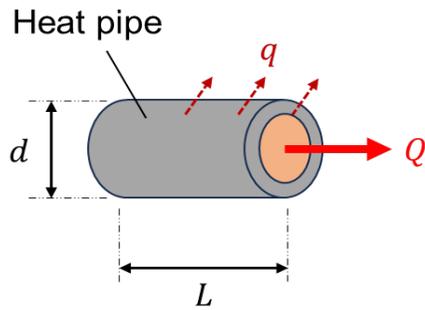
DHSにおける熱生産の優先順位<sup>[2]</sup>

[1] A.M. Jodeiri et al., "Role of sustainable heat sources in transition towards fourth generation district heating – A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022

[2] Ieva Pakere et al., "Multi-source district heating system full decarbonization strategies: Technical, economic, and environmental assessment", Energy, 2023.

# 配管直径、熱損失、投資コストの推計式

➤ 先行研究の手法<sup>[1,2]</sup>に従って、配管の直径と熱損失、投資コストが推計された



## • Pipe heat loss

$$q_i = K \times (2\pi \cdot d_i \cdot L_i) \times \left( \frac{t_s + t_r}{2} - t_a \right) \cdot 8760$$

$q$	: Pipe heat loss	[J/year]
$K$	: Heat transmission coefficient	[W/m <sup>2</sup> K]
$d$	: Pipe diameter	[m]
$L$	: Pipe length	[m]
$t_s$	: Supply temperature (=60°C)	[°C]
$t_r$	: Return temperature (=30°C)	[°C]
$t_a$	: Ambient temperature (=12.9°C <sup>[3]</sup> )	[°C]
$i$	: Each pipe	[-]

## • Pipe investment cost

$$I_i = (C_1 + C_2 \cdot d_i) \times L_i$$

$I$	: Pipe investment cost	[euro]
$d$	: Pipe diameter	[m]
$L$	: Pipe length	[m]
$C_1$	: Construction cost constant (=212)	[euro/m]
$C_2$	: Construction cost coefficient (=4464)	[euro/m <sup>2</sup> ]
$i$	: Each pipe	[-]

## • Pipe diameter

$$d_i = 0.0486 \times \ln \left( \frac{Q_i}{L_i} \right) + 0.0007$$

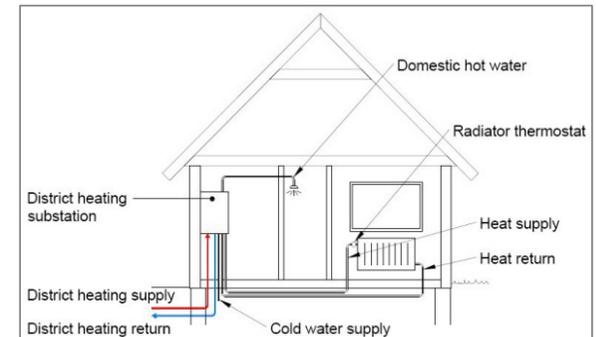
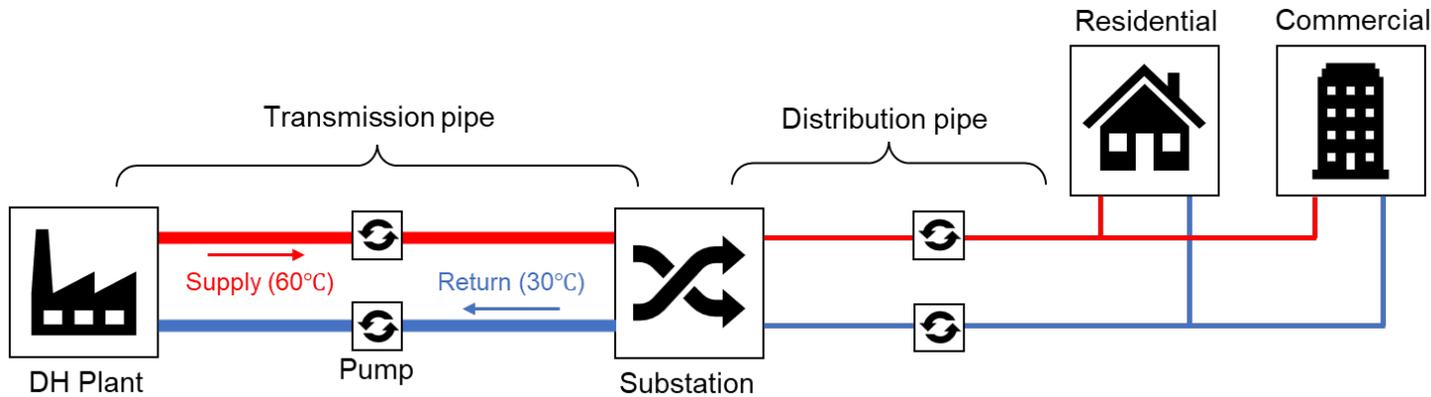
$d$	: Pipe diameter	[m]
$Q$	: Transported heat	[J/year]
$L$	: Pipe length	[m]
$i$	: Each pipe	[-]

[1] Svend Frederiksen, Sven Werner, "District Heating and Cooling", Studentlitteratur.

[2] Urban Persson et.al, "Heat Roadmap Europe: Heat distribution costs", Energy, 2019.

[3] 国土交通省 気象庁, "若松 (福島県) 年ごとの値", 出典: [https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/view/annually\\_s.php?prec\\_no=36&block\\_no=47570&year=2024&month=&day=&view=](https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/view/annually_s.php?prec_no=36&block_no=47570&year=2024&month=&day=&view=)

# 地域熱供給ネットワークの投資コスト



Examples of DH buildings<sup>[1]</sup>

Equipment	Total Inv. costs [mEUR]	Lifetime [Year]	O&M [% of Inv.]
Pipe	175.69	40	0.59
Circulation pump	7.80	40	0.59
Substation	8.66	40	0.59
Building heat exchanger	25.62	25	1.32

[1] Danish Energy Agency, "Technology data catalogue for individual heating installations", Available; <https://ens.dk/en/analyses-and-statistics/technology-data-individual-heating-plants>.

## 2020年におけるインプットデータ

	Units	Current	Phase1	Phase2	Phase3	Phase4	Phase5
Electricity demand	GWh/year	889.5	889.5	889.5	889.5	889.5	889.5
Individual heating demand	GWh/year	2148.36	1509.23	1509.23	1509.23	1509.23	1509.23
District heating demand	GWh/year	0	639.21	639.21	639.21	639.21	639.21
Onshore wind	MW	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Solar PV	MW	42.55	42.55	42.55	42.55	42.55	42.55
Dammed hydro	MW	101.03	101.03	101.03	101.03	101.03	101.03
River hydro	MW	7.268	7.268	7.268	7.268	7.268	7.268
Woody biomass powerplant	MW	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
Industrial CHP for electricity	GWh/year	0	0	38.46	38.46	38.46	38.46
Boiler	MW	0	129.6	128.5	130.0	130.0	131.6
CHP	MW	0	39	22	19	19	16
Heat pump	MW	0	0	0	0	0	0
Thermal storage	MWh	0	212	318	237	289	328
Waste	GWh/year	0	102.02	102.02	102.02	102.02	102.02
Industrial excess heat	GWh/year	0	0	336.28	336.28	336.28	336.28
Geothermal	GWh/year	0	0	0	45.748	45.748	45.748
Solar thermal	GWh/year	0	0	0	0	20.00	20.00
Sewage heat	GWh/year	0	0	0	0	0	60.01

## 2050年におけるインプットデータ

	Units	BAU	Phase1	Phase2	Phase3	Phase4	Phase5
Electricity demand	GWh/year	889.5	889.5	889.5	889.5	889.5	889.5
Individual heating demand	GWh/year	2148.36	1509.23	1509.23	1509.23	1509.23	1509.23
District heating demand	GWh/year	0	639.21	639.21	639.21	639.21	639.21
Onshore wind	MW	357	366	341	343	343	346
Solar PV	MW	135	135	135	135	135	135
Dammed hydro	MW	101.03	101.03	101.03	101.03	101.03	101.03
River hydro	MW	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27
Woody biomass powerplant	MW	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
Industrial CHP for electricity	GWh/year	0	0	38.46	38.46	38.46	38.46
Boiler	MW	0	177.9	140.6	144.5	146.9	146.1
CHP	MW	0	19	17	13	12	10
Heat pump	MW	0	32	11	11	11	9
Thermal storage	MWh	0	770	181	123	123	104
Waste	GWh/year	0	102.02	102.02	102.02	102.02	102.02
Industrial excess heat	GWh/year	0	0	336.28	336.28	336.28	336.28
Geothermal	GWh/year	0	0	0	45.748	45.748	45.748
Solar thermal	GWh/year	0	0	0	0	20.00	20.00
Sewage heat	GWh/year	0	0	0	0	0	60.01

## 2020年におけるコスト設定

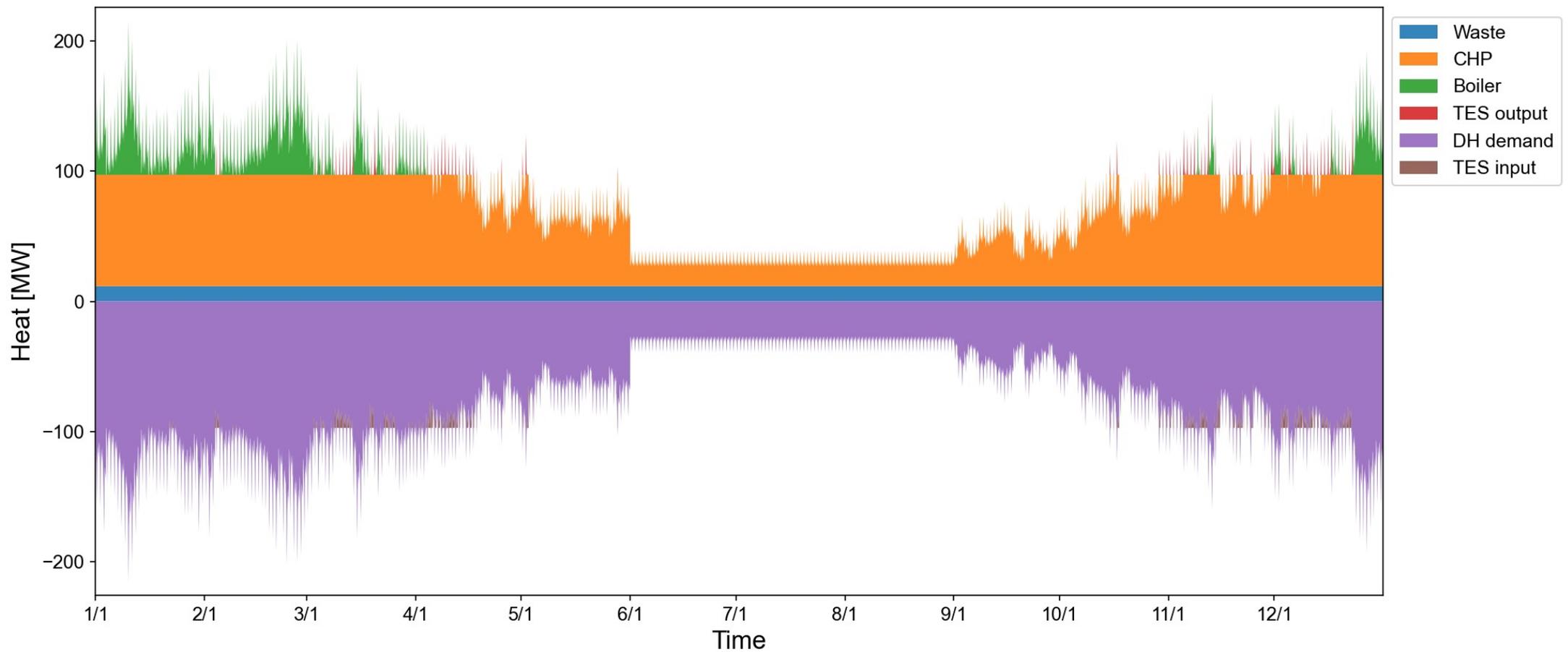
Technology	Unit	Investment [kEUR per unit]	Lifetime [Year]	O&M [% of Inv.]
Onshore wind	MW	0.99	27	3.2
PV	MW	1.07	35	1
Dammed hydro	MW	2.51	60	1.25
River hydro	MW	5.62	60	1.5
Woody biomass powerplant	MW	11.05	25	0.90
Industrial CHP	GWh	65.8	31	2.13
Boiler	MW	0.06	25	3.25
CHP	MW	2.75	25	3.44
Heat pump	MW	2.45	25	0.29
Individual boilers	MW	4.85	20	5.39
Individual heat pump	MW	1.7	10	11.1
Individual electric heater	MW	3	30	0.8
Waste incineration	GWh	215.62	20	0
Industrial excess heat	GWh	30	30	1
Geothermal heat	GWh	250	25	2.45
Solar thermal heat	GWh	386	30	0.13
Sewage heat	GWh	30	30	1
Battery	MWh	245	15	2.9
Thermal	MWh	3	20	0.7

## 2050年におけるコスト設定

Technology	Unit	Investment [kEUR per unit]	Lifetime [Year]	O&M [% of Inv.]
Onshore wind	MW	0.93	30	3.4
PV	MW	0.56	40	1.32
Dammed hydro	MW	2.55	60	1.25
River hydro	MW	5.62	60	1.5
Woody biomass powerplant	MW	11.05	25	3.4
Industrial CHP	GWh	60.6	31	2.15
Boiler	MW	0.05	25	3.4
CHP	MW	3.4	25	4.03
Heat pump	MW	3.18	25	0.3
Individual boilers	MW	3.10	20	6.61
Individual heat pump	MW	4.02	10	6.55
Individual electric heater	MW	3	30	0.8
Waste incineration	GWh	215.62	20	0
Industrial excess heat	GWh	30	30	1
Geothermal heat	GWh	250	25	2.45
Solar thermal heat	GWh	307	30	0.15
Sewage heat	GWh	30	30	1
Battery	MWh	174	30	2.9
Thermal	MWh	3	20	0.7

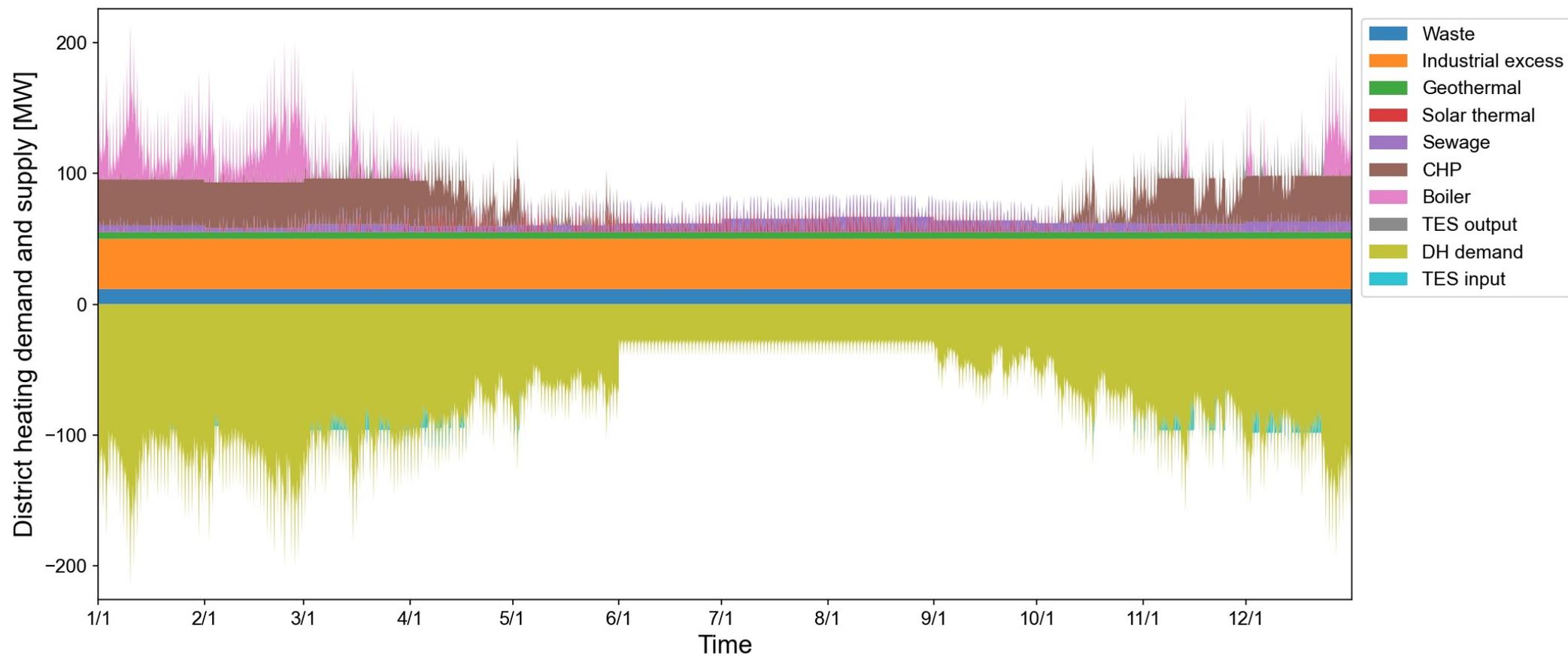
# 地域熱供給システムの熱生産

2020年のPhase1における、DHSの熱生産の時間変化



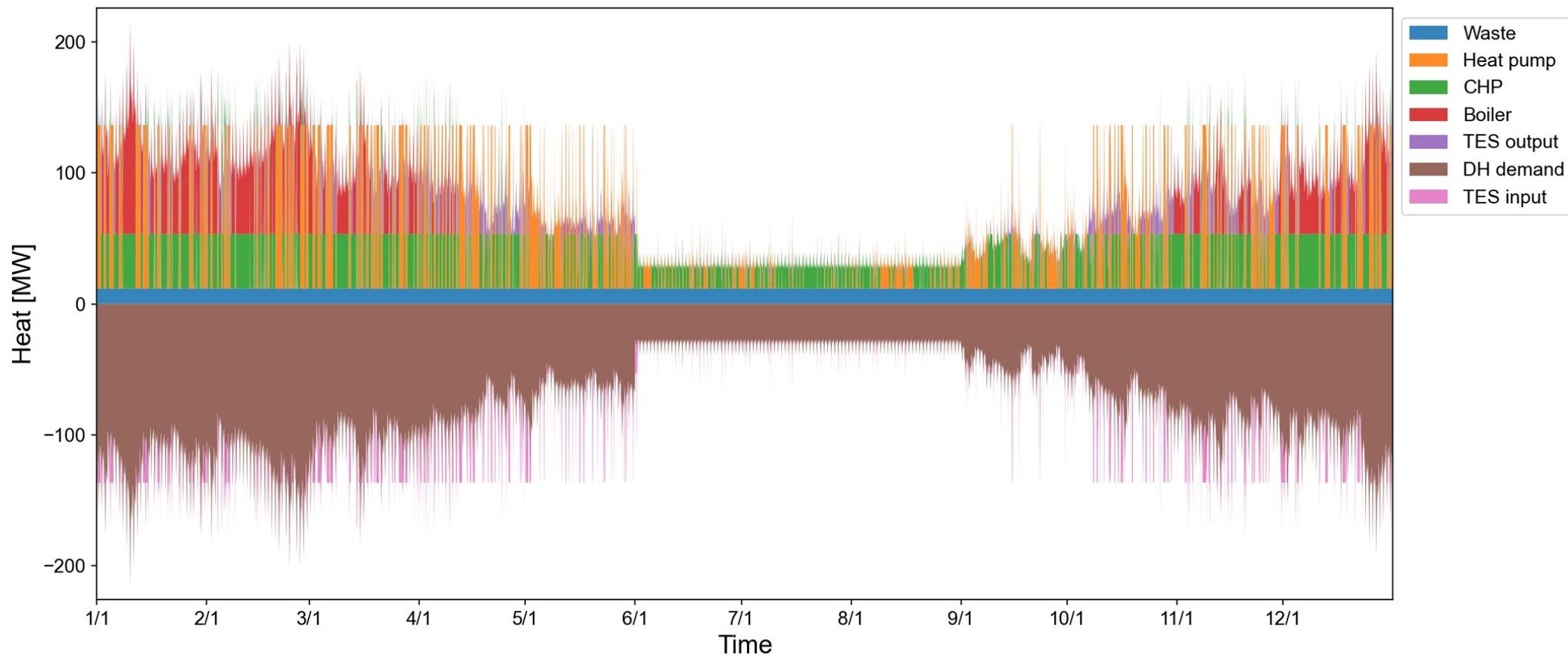
# 地域熱供給システムの熱生産

2020年のPhase5における、DHSの熱生産の時間変化



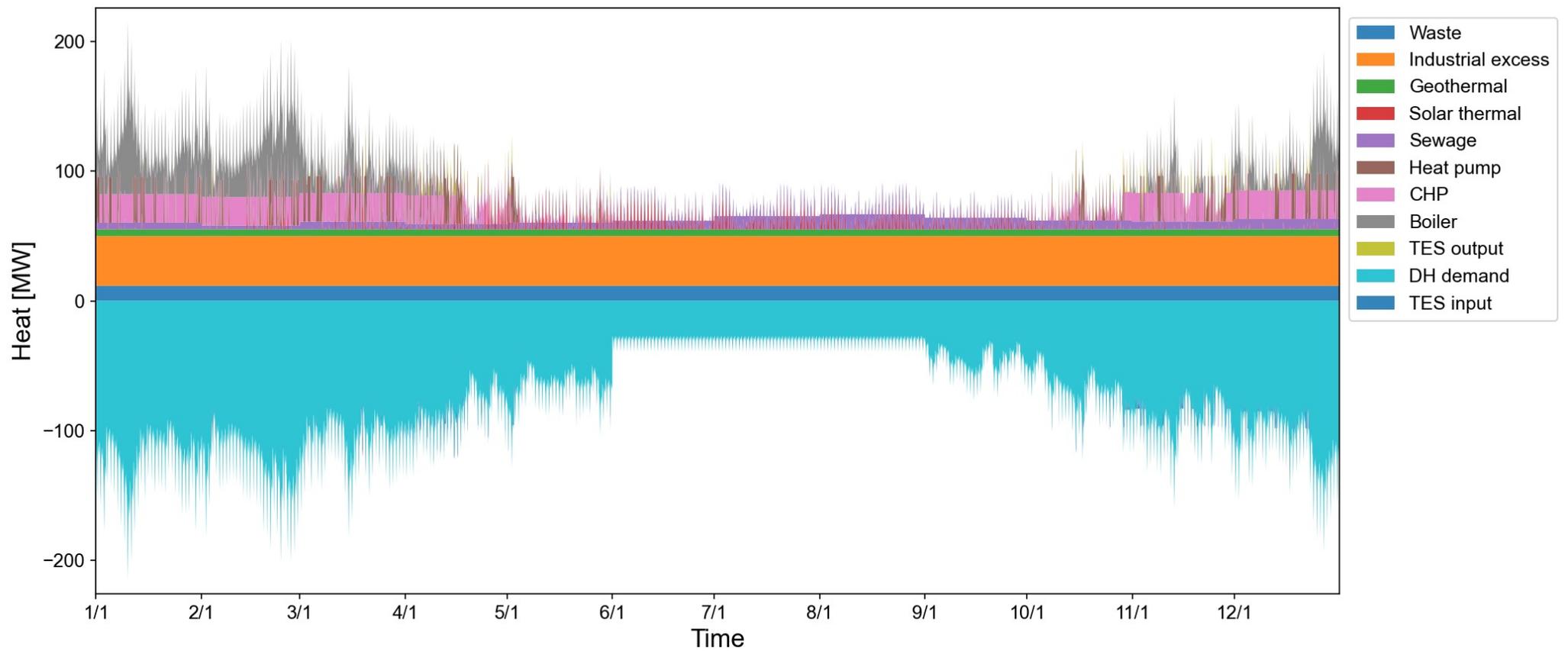
# 地域熱供給システムの熱生産

2050年のPhase1における、DHSの熱生産の時間変化

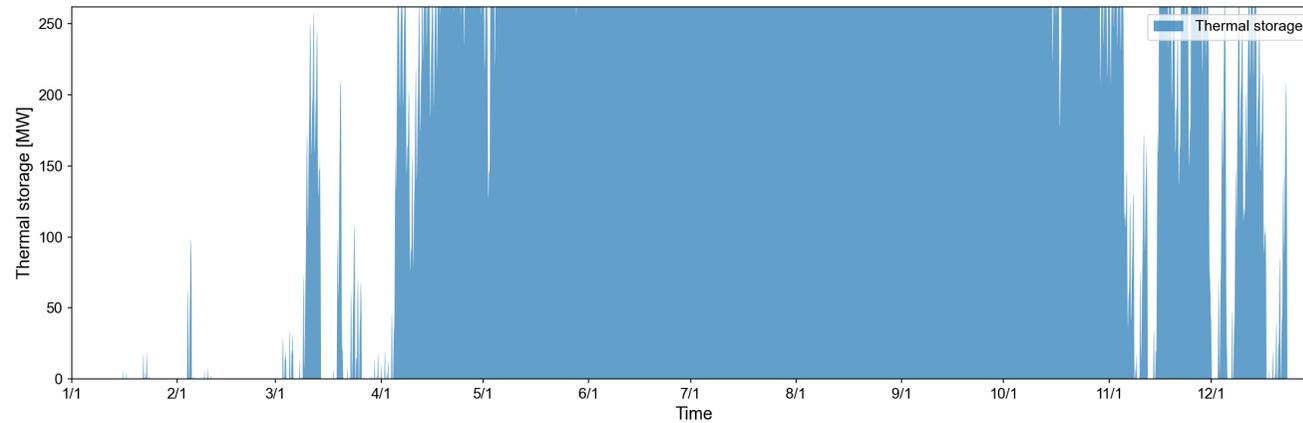


# 地域熱供給システムの熱生産

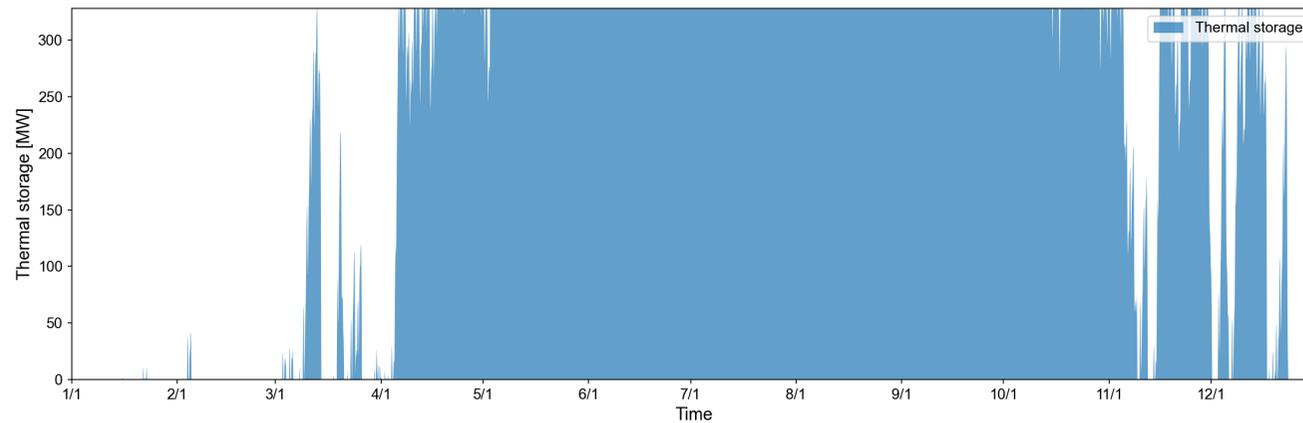
2050年のPhase5における、DHSの熱生産の時間変化



# 地域熱供給システムにおける蓄熱量の時間変化（2020年）



Phase1



Phase5

# 地域熱供給システムにおける蓄熱量の時間変化（2050年）

