

欧州の再生可能エネルギー熱の現状と展望 ～欧州熱ロードマップと第4世代地域熱供給～

松原弘直

認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所

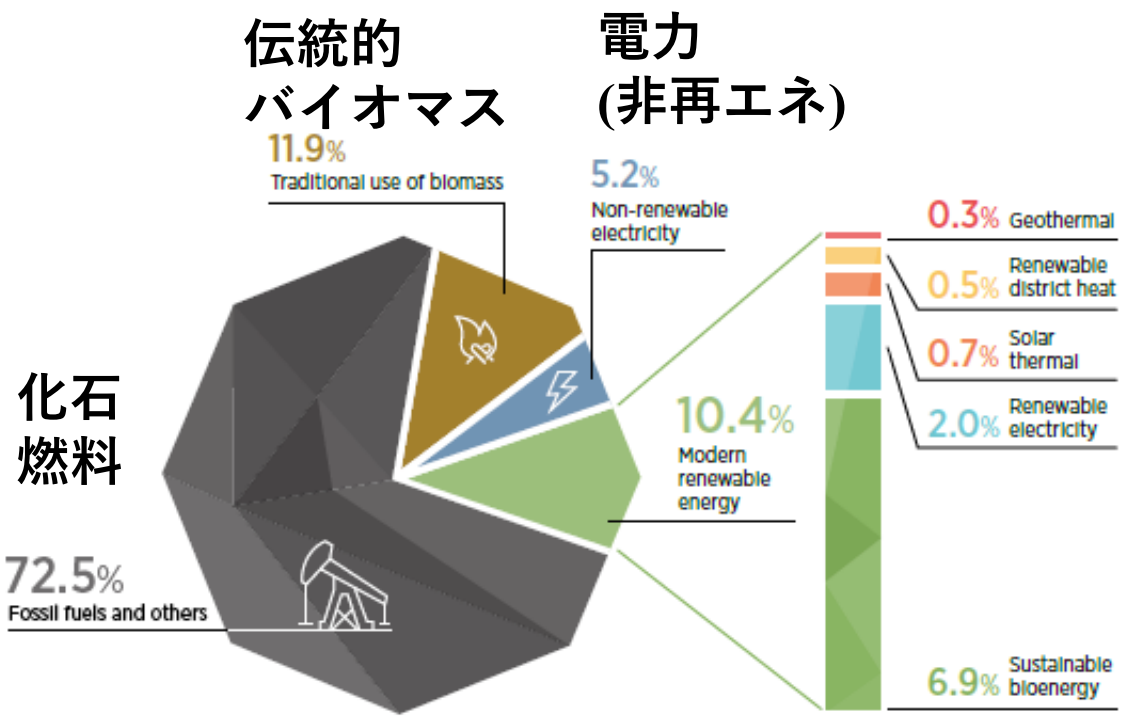
2021年1月15日

環境エネルギー政策研究所
東京都新宿区四谷三栄町16-16
Tel 03-3355-2200 Fax 03-3355-2205
<http://www.isep.or.jp/>

世界の熱分野のエネルギー源とベネフィット

熱分野の最終エネルギー消費に対するエネルギー源の割合

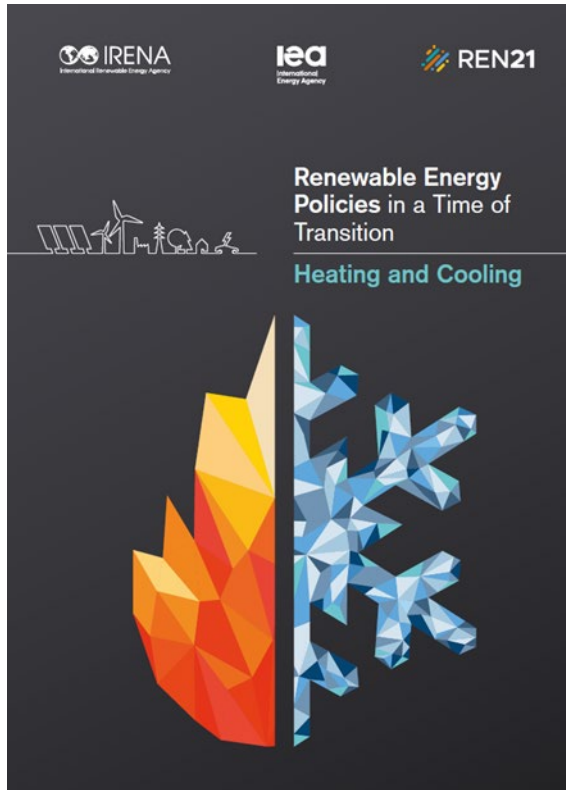
再生可能エネルギー熱利用によるベネフィット



再生可能エネルギー

出典: IRENA, IEA, REN21 “Renewable Energy Policies in a Time of Transition: Heating and Cooling”

IRENA, IEA, REN21 “Renewable Energy Policies in a Time of Transition: Heating and Cooling”



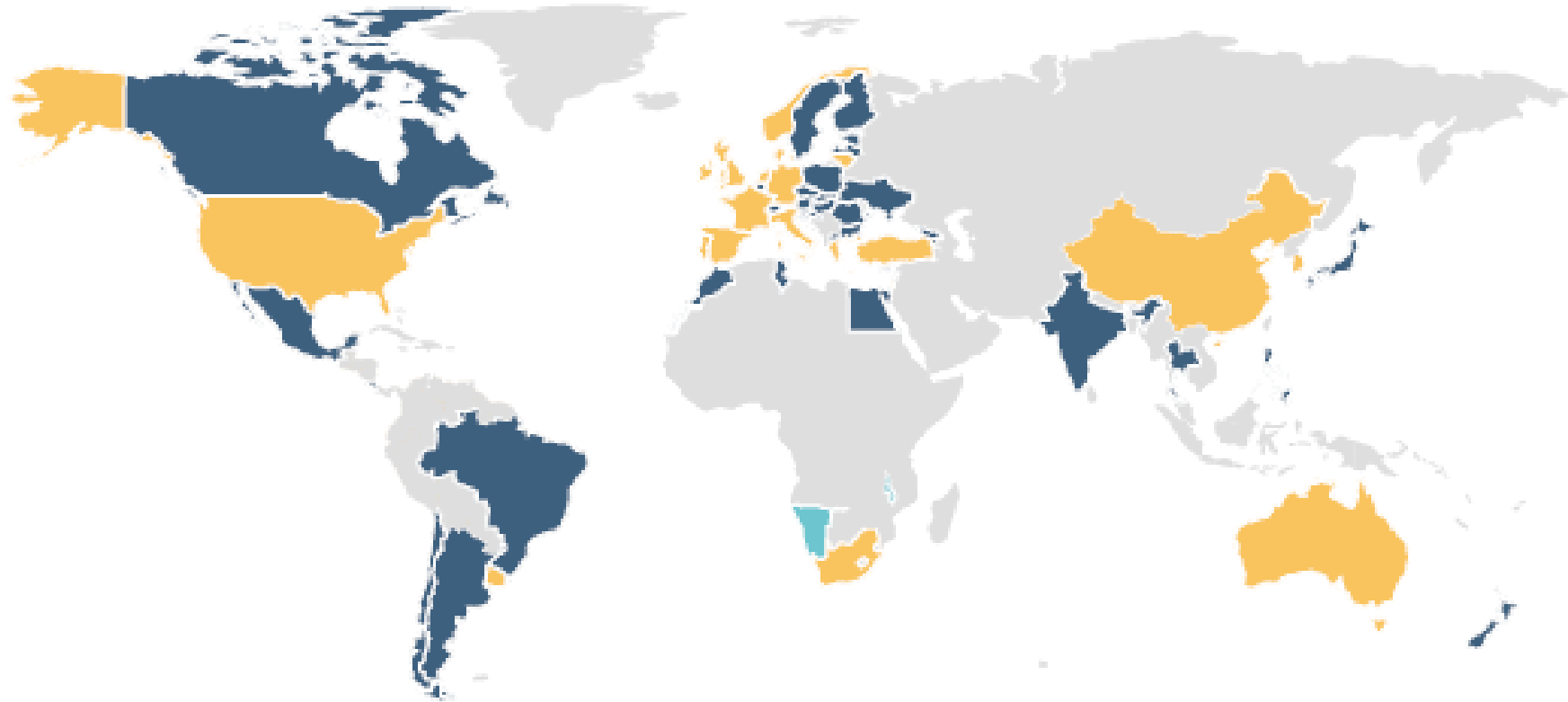
IRENA, IEA, REN21 “Renewable Energy Policies in a Time of Transition: Heating and Cooling”

<https://www.ren21.net/heating-and-cooling-2020/>

サマリー: Executive Summary

- 実現のための転換と横断的政策の共通の課題: **COMMON BARRIERS TO THE TRANSITION AND CROSS-CUTTING POLICIES TO ACHIEVE IT**
- 転換の道筋: **TRANSFORMATION PATHWAYS**
- 再生可能エネルギーベースの電化: **RENEWABLES-BASED ELECTRIFICATION**
- 再生可能エネルギー・ガス: **RENEWABLE GASES**
- 持続可能なバイオマス: **SUSTAINABLE USE OF BIOMASS**
- 太陽熱の直接利用: **DIRECT USE OF SOLAR THERMAL HEAT**
- 地熱の直接利用: **DIRECT USE OF GEOTHERMAL HEAT**
- インフラ整備: **ENABLING INFRASTRUCTURE**
- 提言: **CALL TO ACTION**

熱分野のエネルギー政策



規制

Regulatory policies

助成金

Financial policies

規制と助成金

Both financial and regulatory policies

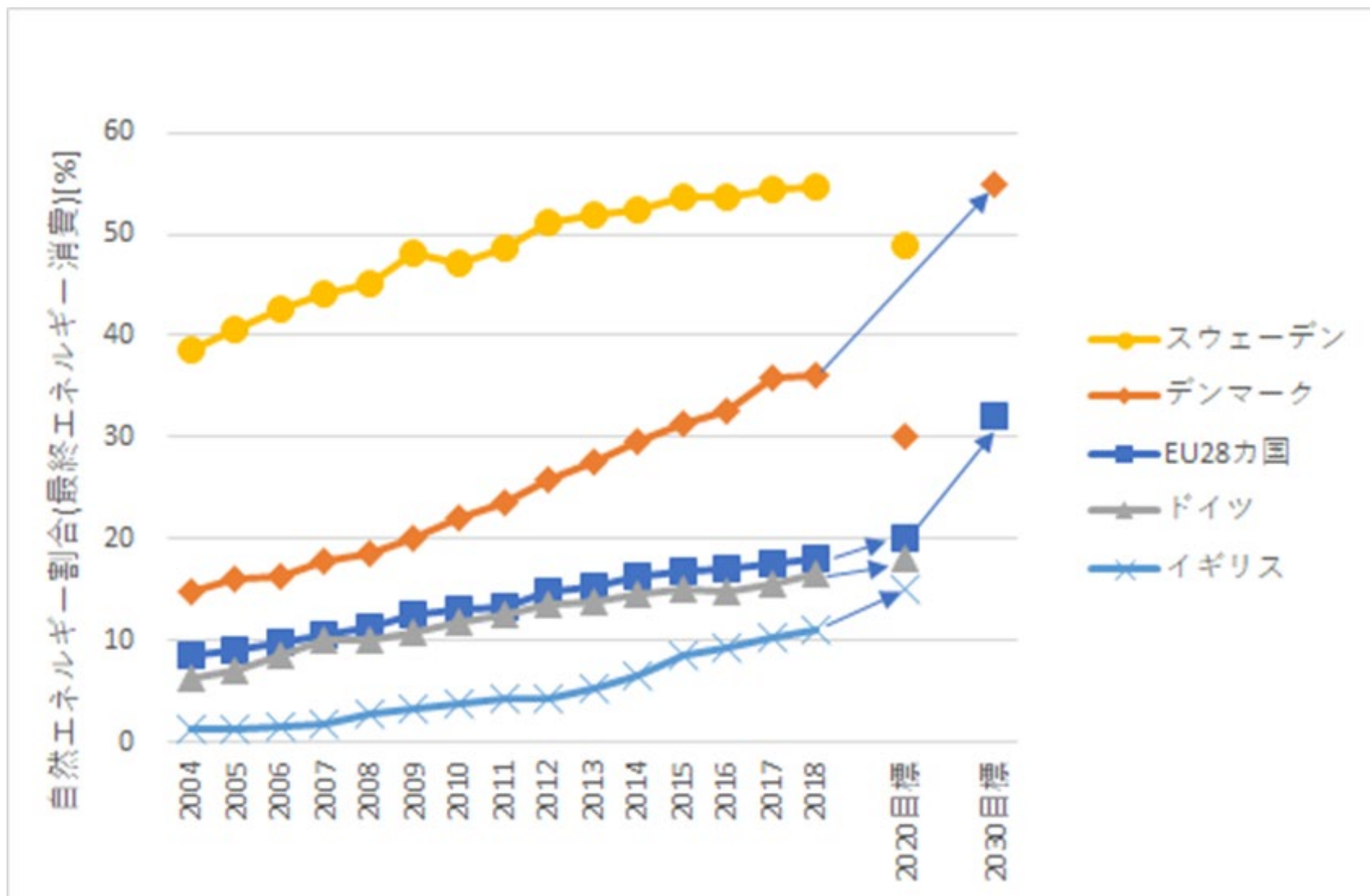
No policy or no data

出典: IRENA, IEA, REN21 “Renewable Energy Policies in a Time of Transition: Heating and Cooling”

Source: REN21, 2020

Disclaimer: Boundaries and names shown on this map do not imply any official endorsement or acceptance by IRENA, OECD/IEA or REN21.

欧州各国の再生可能エネルギー割合(最終エネルギー消費)と目標



出所: eurostatデータより作成

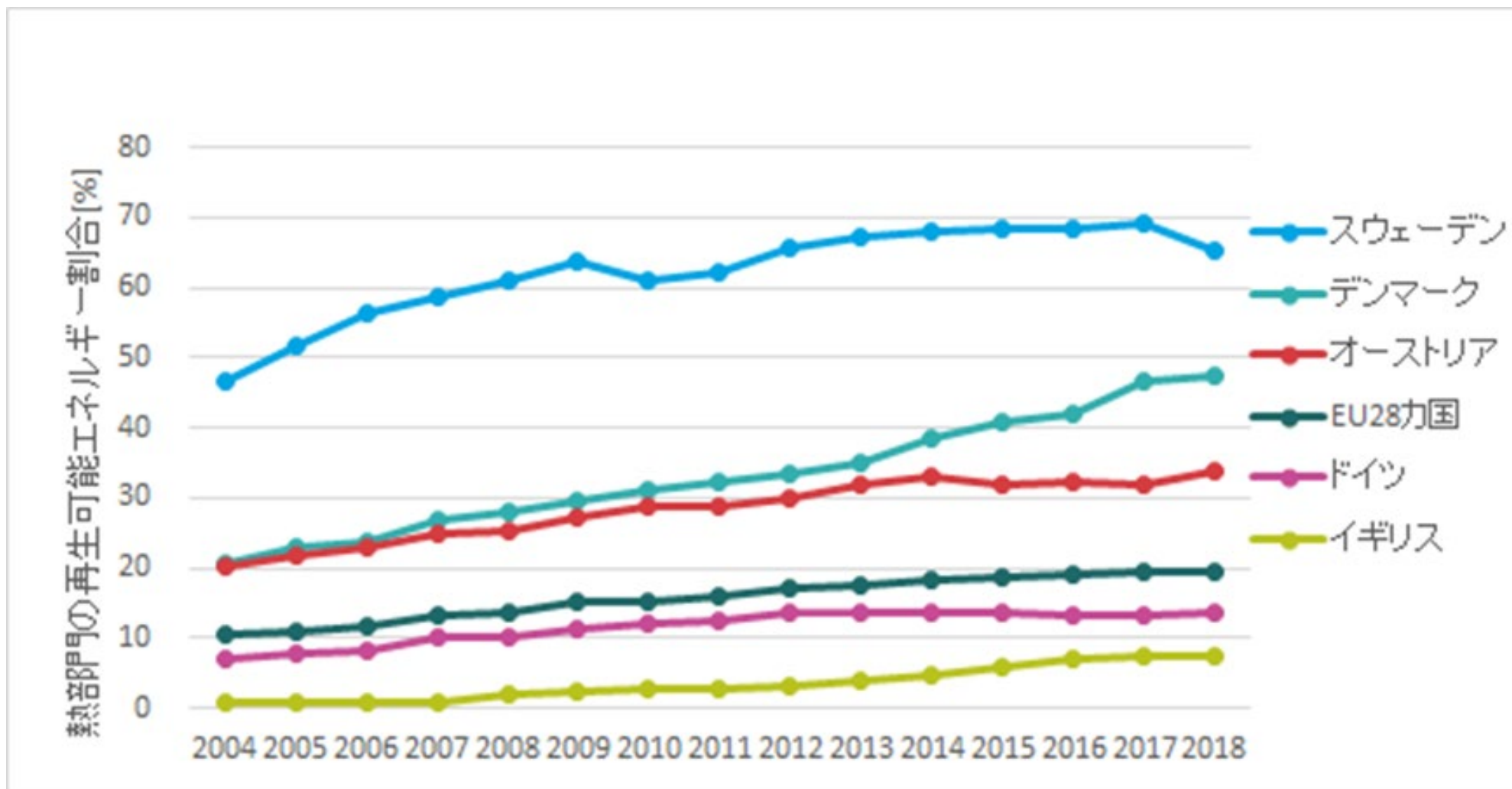
欧州各の再生可能エネルギー導入目標の達成国(2017年)

電力部門だけではなく、熱部門でも自然エネルギーの割合が高い

目標達成国	2020年目標	2018年実績	電力	熱	交通
スウェーデン	49%	54.6%	66.2%	65.4%	29.7%
ラトビア	40%	40.2%	53.5%	55.9%	4.7%
フィンランド	38%	41.1%	36.8%	54.6%	14.9%
デンマーク	30%	36.1%	62.4%	47.4%	6.6%
エストニア	25%	30.0%	19.7%	53.7%	3.3%
クロアチア	20%	28.0%	48.1%	36.5%	3.9%
リトアニア	23%	24.4%	18.4%	45.6%	4.3%
ギリシャ	18%	18.0%	26.0%	30.2%	3.8%
ブルガリア	16%	20.5%	22.1%	33.3%	8.1%
イタリア	17%	17.8%	33.9%	19.2%	7.7%
チェコ	13%	15.2%	13.7%	20.6%	6.5%
キプロス	13%	13.9%	9.4%	36.8%	2.7%
EU28カ国	20%	18.0%	32.1%	19.7%	8.0%
EU27カ国	---	18.9%	32.2%	21.1%	8.3%

出典：Eurostatデータより作成

欧州各国の自然エネルギー熱利用の割合の推移



出典：Eurostatデータより作成

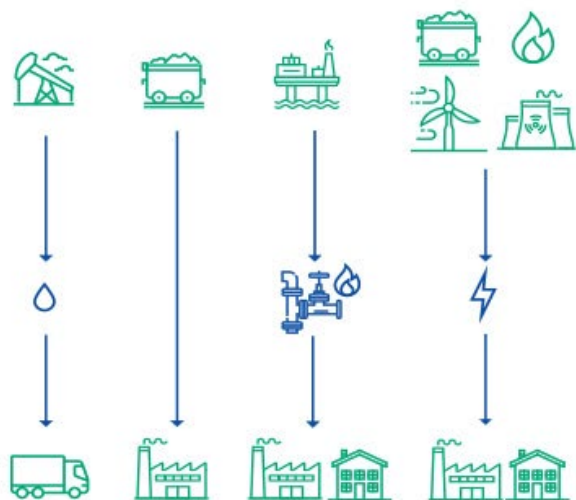
欧州のエネルギーシステム統合戦略

EU strategy on energy system integration

2020年7月に欧州委員会より発表された“EU strategy on energy system integration“(EUエネルギーシステム統合戦略)はグリーン・エネルギー転換のフレームワークで、全エネルギー分野を統合する「循環型」エネルギーシステムや消費側での「電化」や「クリーン燃料」(水素等)を含む(EU水素戦略も同時に公表)。

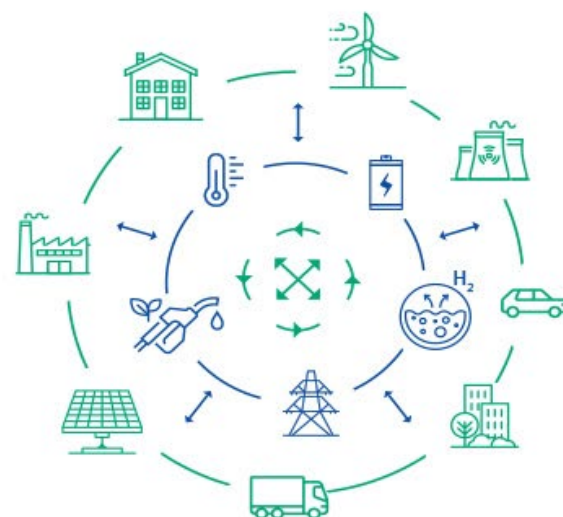
The energy system today :

linear and wasteful flows of energy,
in one direction only



Future EU integrated energy system :

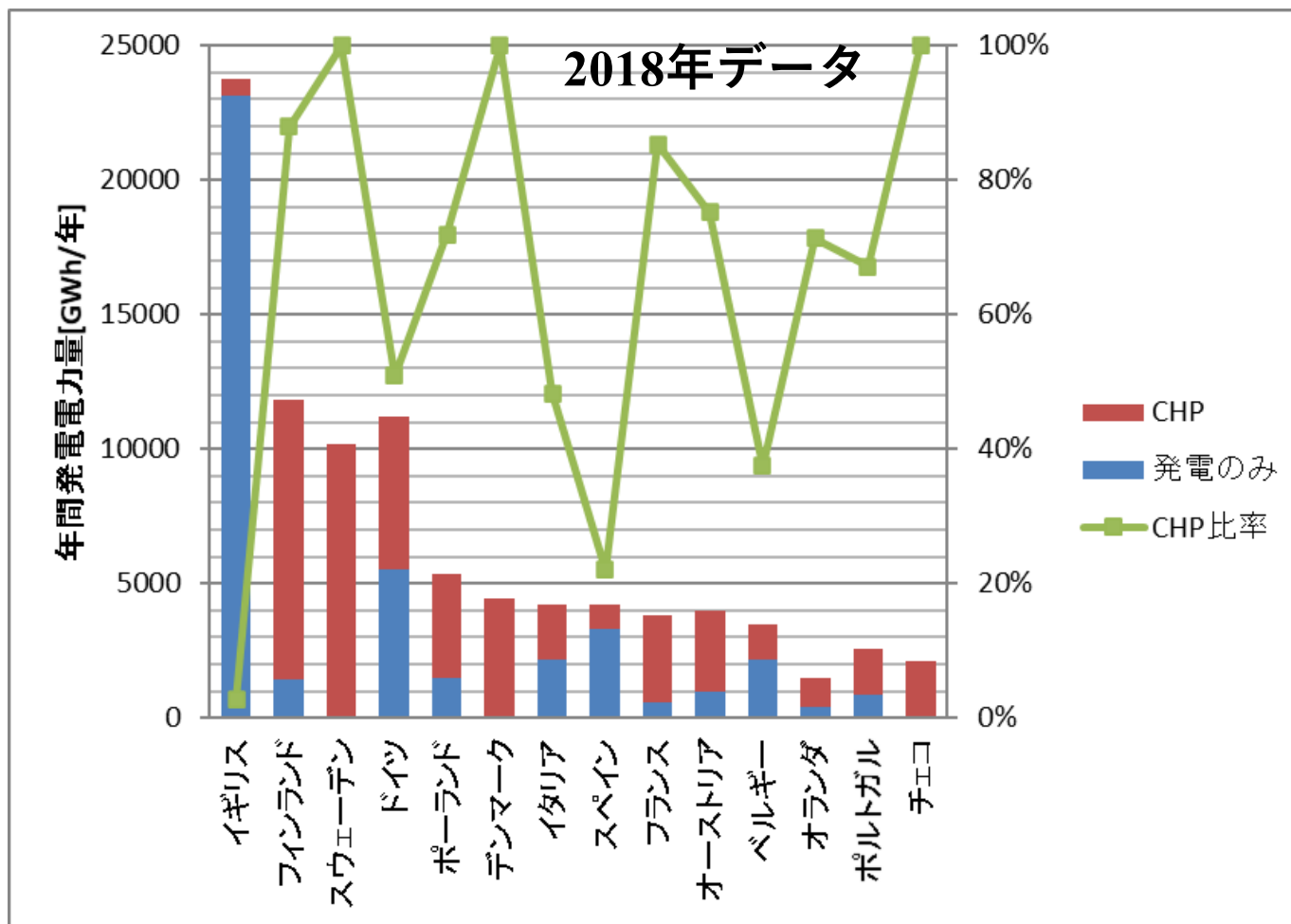
energy flows between users and producers,
reducing wasted resources and money



https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/eu-strategy-energy-system-integration_en

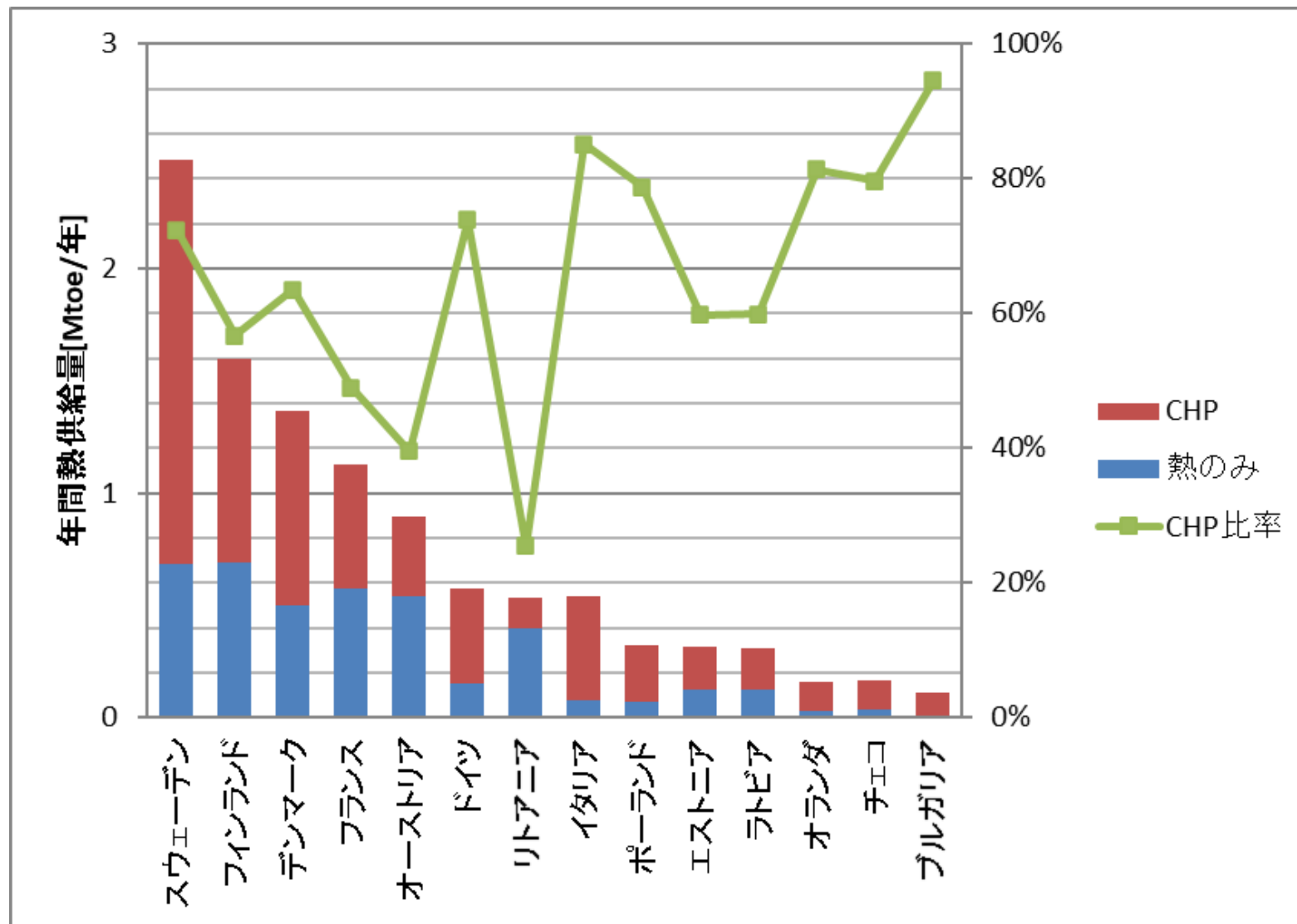
EU各国の木質バイオマス発電の年間発電量(2018年)

英国以外の国では、木質バイオマス発電の主力はCHP(熱電併給)
EU28カ国全体では56%がCHPによる発電



出典：EurObserv'ERデータ等より作成

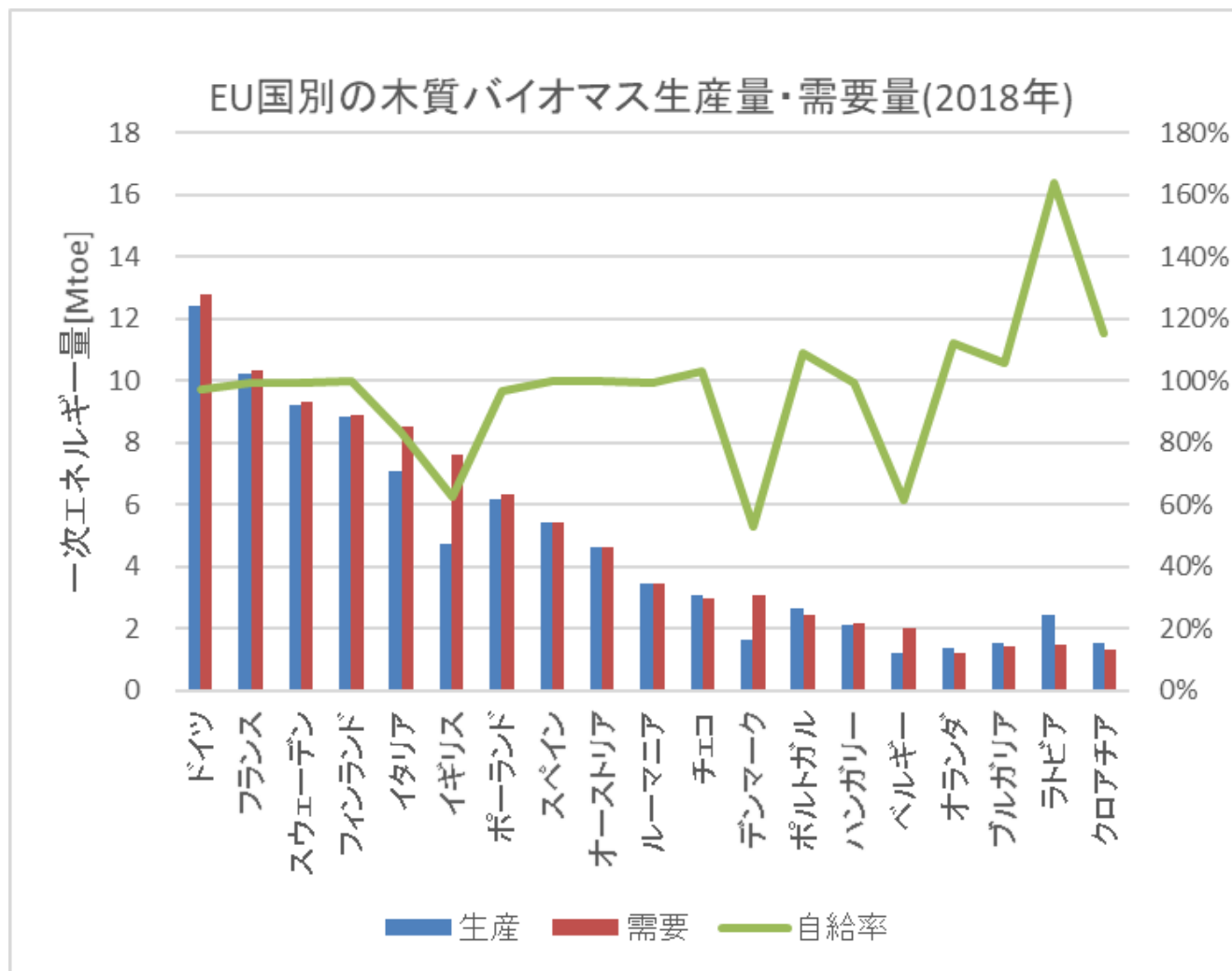
EU各国の木質バイオマスによる熱供給量(2018年)



出典：EurObserv'ERデータ等より作成

EUの国別の木質バイオマス燃料の生産量・需要量(2018年)

需要が生産量を上回るのは、イギリス、イタリア、デンマーク、ベルギー等



出典：EurObserv'ERデータ等より作成

EU:固体バイオマスおよびバイオガスのエネルギー利用(2010年) (発電、熱利用)に関する持続可能性のレポート(課題および基準の推奨)

■固体バイオマスの持続可能性に関する課題

- 生産時の持続可能性(土地の管理, 伐採と植林)
- 土地利用、土地利用の変更、森林会計
- ライフサイクル温室効果ガス評価
- エネルギー変換効率

EC(2010): Report “on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling ”

■固体バイオマスの利用に関する持続可能性スキーム・基準をEU各国に推奨

○推奨する基準:

- 温室効果ガス評価基準
- 温室効果ガス排出量の計算方法
- より高いエネルギー変換効率
- LULUCF 会計およびREDDに関連する条件

○基準を適用する規模: 熱出力1MWあるいは発電出力1MW

○統計およびモニタリング: 1MW以上を推奨



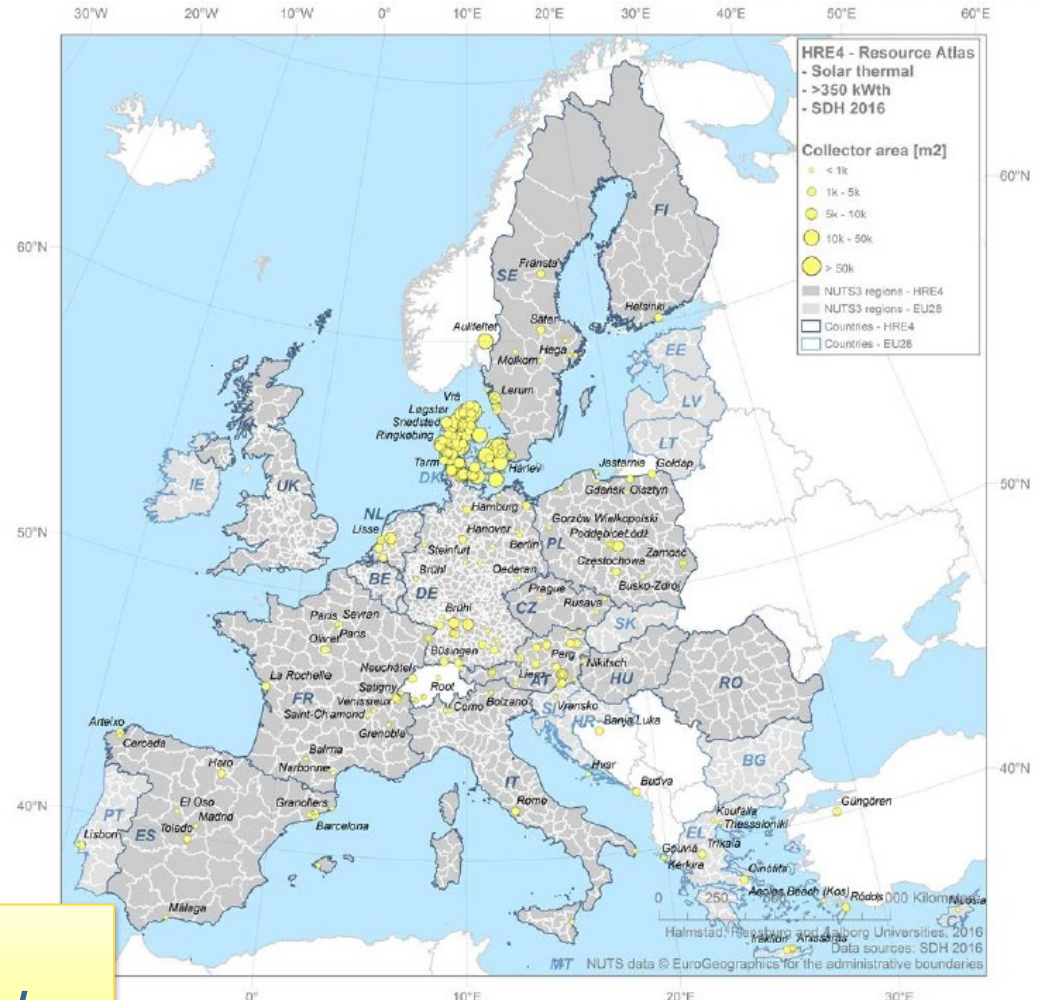
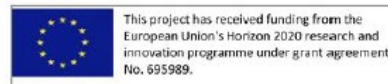
- EUがSFM(持続可能な森林管理)基準を策定(2014年)
- イギリスとオランダなどバイオマスを推進する数カ国が持続可能性基準を策定
- EUが2030年のRE導入目標(最終エネルギー需要の32%←27%)で合意

太陽熱地域熱供給(SDH:Solar District Heating)

- 太陽熱地域熱供給(SDH)はデンマークを中心に発展してきたが、近年ではドイツ、オーストリアでも導入されている。
- SDHは欧州のエネルギー転換で重要な技術のひとつとなり、過去5年間の市場の年間成長率は35%、年間供給熱量は1TWhに達した(2018年)。
- 欧州で最大のSDHの規模は110MWth(太陽熱パネル15.7万平米)に達する(Silkeborg, Denmark)。
- SDHp2m project(Solar District Heating from policy to market):2016年より8カ国9の地域で実施

出所:SDHp2mプロジェクト

<https://www.solar-district-heating.eu/>

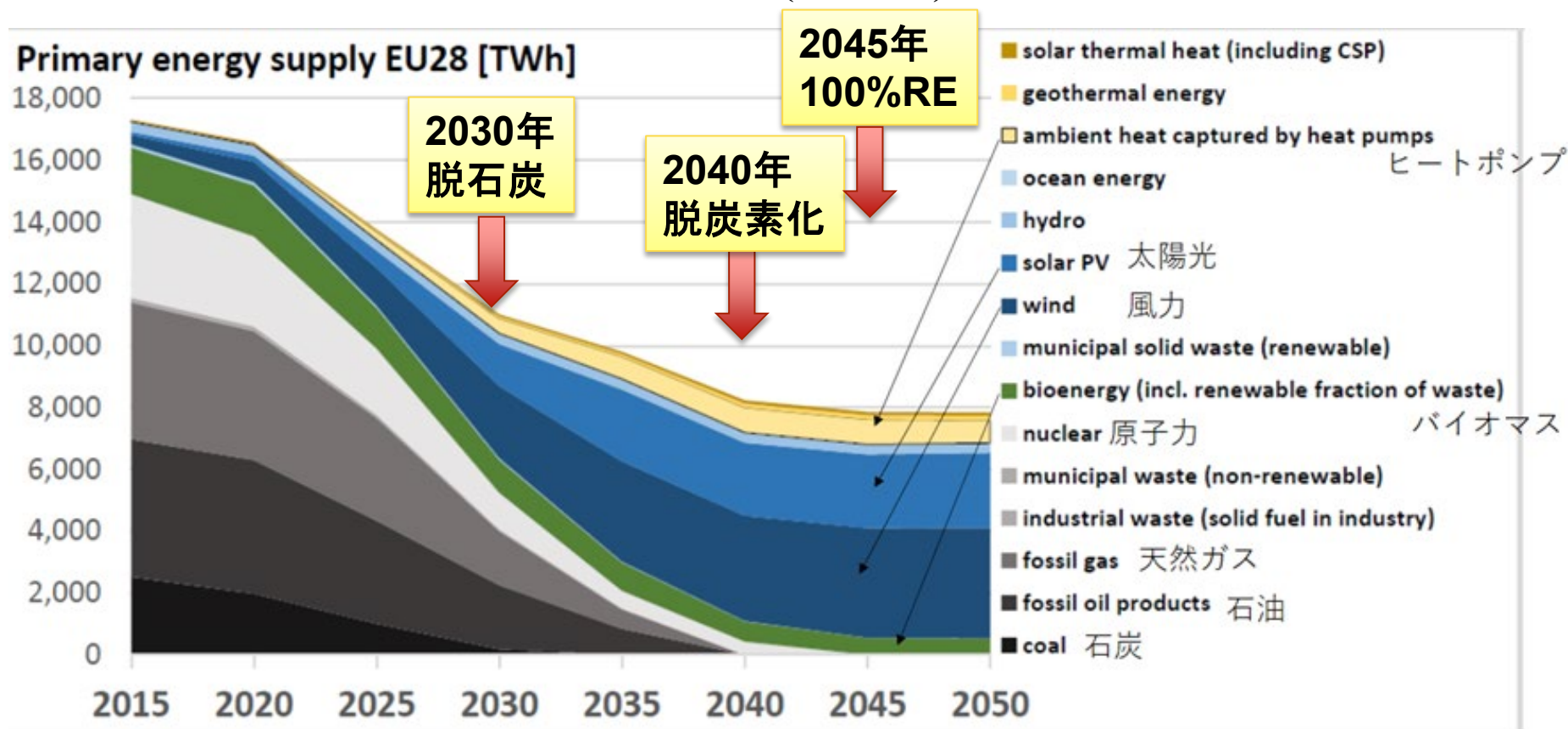


欧州のSDHプラント導入実績

Solar district heating systems in Europe (Source: Halmstad University, SWE)

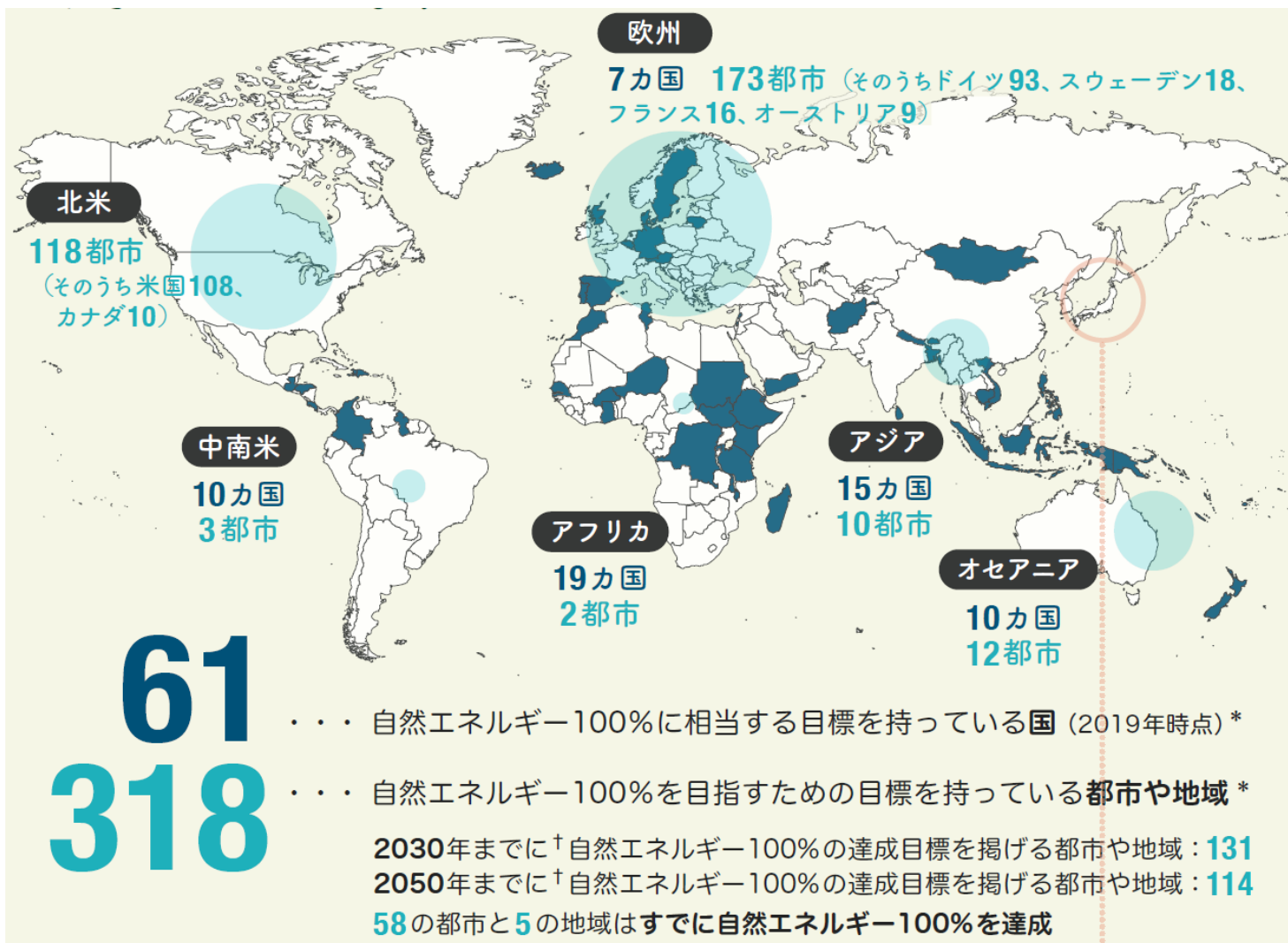
欧州の自然エネルギー100%シナリオ ～長期的なインフラ構築計画を後押しするNGOシナリオ

- 「PACエネルギー・シナリオ」"the Paris Agreement Compatible(PAC) Energy Scenario"
- 欧州気候行動ネットワーク(CAN Europe)と欧州環境連合(EEB)の共同で2020年6月に公表
- 欧州全域の送電ネットワーク(ENTSO-E)や天然ガスネットワーク(ENTSOG)によるインフラを長期的に整備するための10年整備計画(TYNDP)への具体的な提案



出典: PACシナリオ <https://www.pac-scenarios.eu/>

自然エネルギー100%の目標を持つ国、都市や地域



あなたのできる場所・組織で
自然エネルギー100%を目指して
実現していきませんか？

地球温暖化の影響によって
異常気象が激化し
気候危機は加速しています

産業革命以降の地球の平均気温上昇を
1.5℃未満に抑えなければ
私たちが住み続けることができない
地球にならねえ

それを避けるには、2030年までに
二酸化炭素 (CO2) の排出量を現在から半減
2050年までに実質ゼロにしなければなりません

そのためには、温室効果ガスの排出源である
化石燃料の利用をやめ
自然エネルギー100%の社会へと
移行していくことが求められています

国・自治体・企業といったさまざまな主体が
目標を掲げ、すでに100%を達成したところや
目標に向かって行動をしているところもあります

自然エネルギー100%を実現する未来へ

100%
自然エネルギー

自然エネルギー100%プラットフォーム

<https://go100re.jp/>

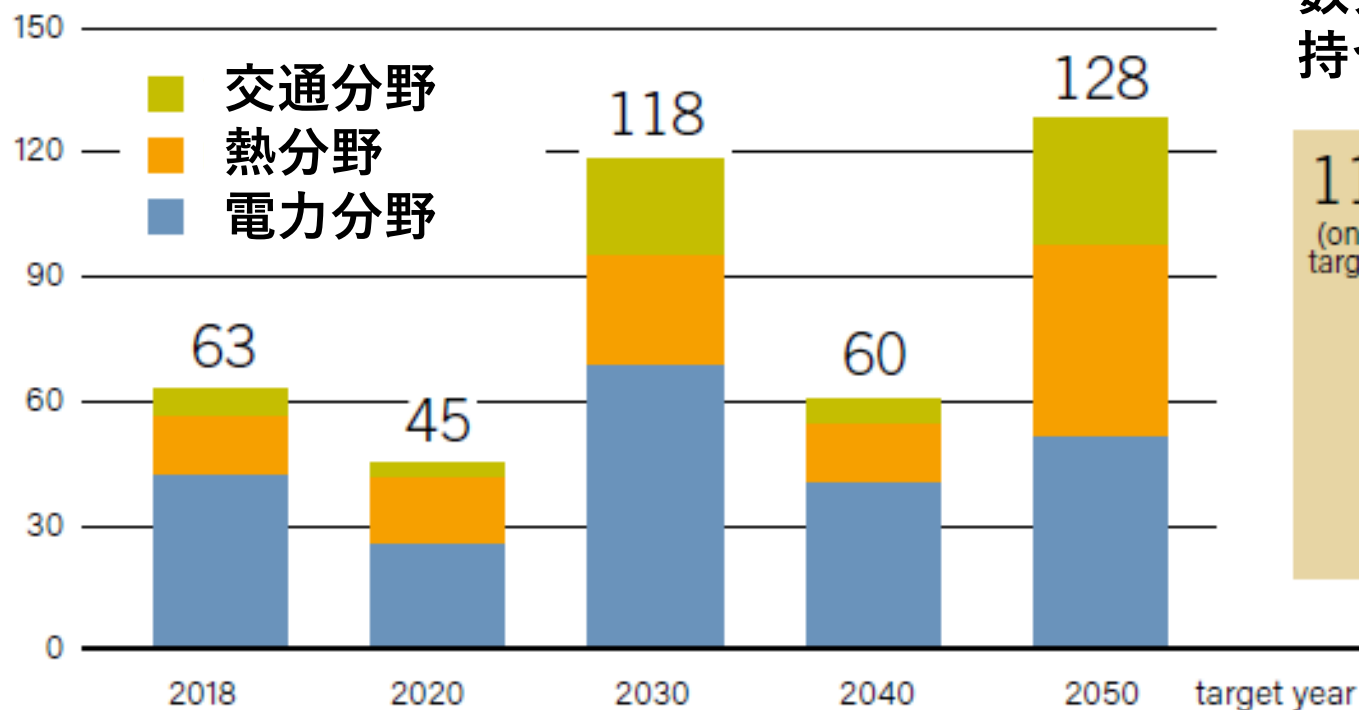
出所: IRENA Coalition for Action

"Towards 100% Renewable Energy: Status, Trends, and Lessons Learned"

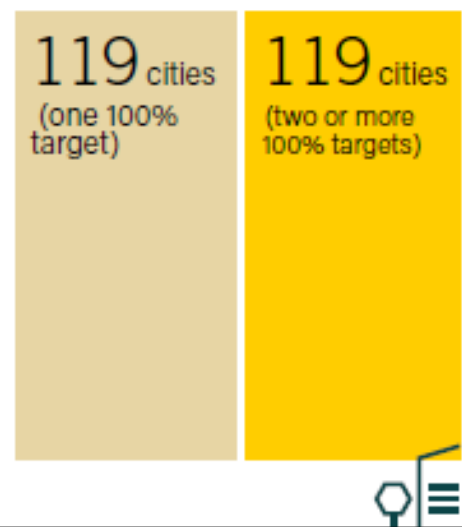
世界の都市が自然エネルギー100%目標を宣言

世界の200以上の都市で電力分野での自然エネルギー100%目標がある。

100%目標を持つ
都市の数



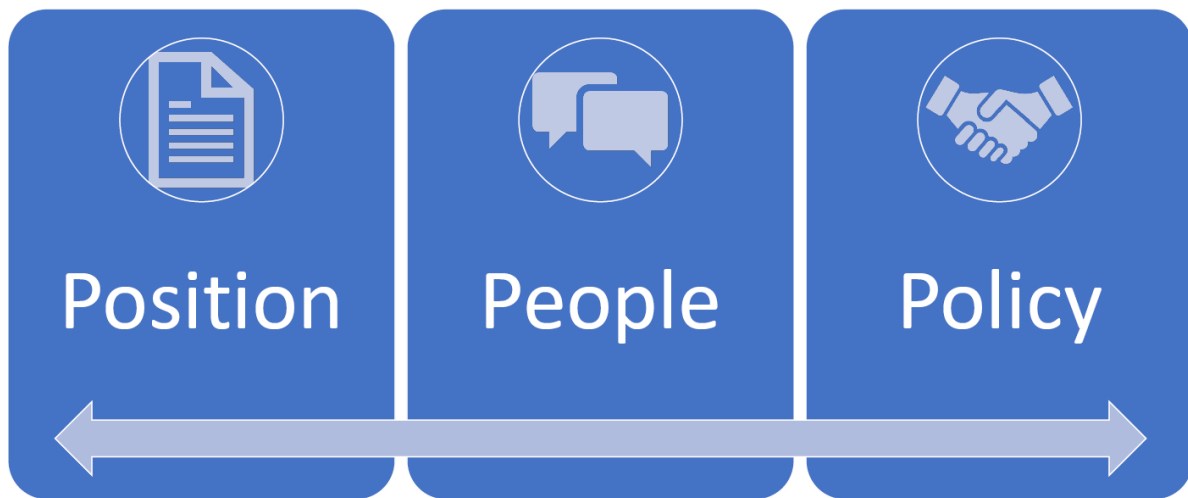
半分の都市は複数分野の目標を持つ



出所: REN21 「自然エネルギー都市世界白書 2019」

欧州EUの熱エネルギー戦略 Heating & Cooling Strategy

My '3Ps' for the Smart Energy Transition

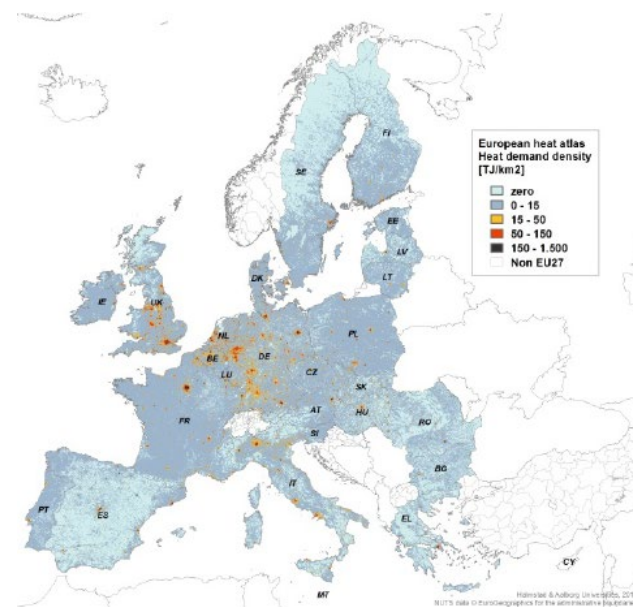


Heat Roadmap Europe

地域熱供給
により欧州
の建築物の
熱供給のう
ち50%を賄
う可能性

EU委員会
エネルギー
総局
(DG-ENER)

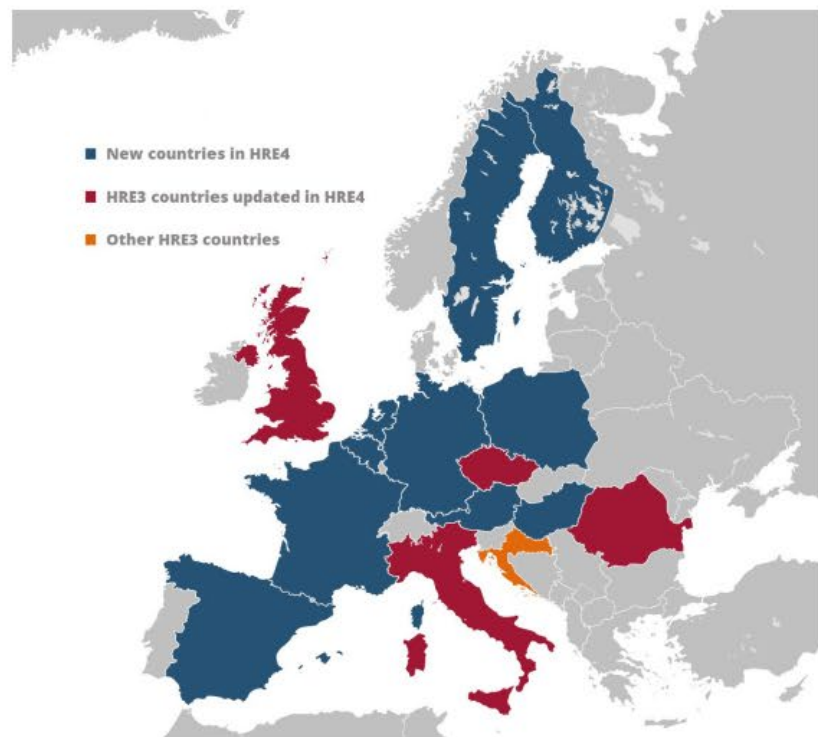
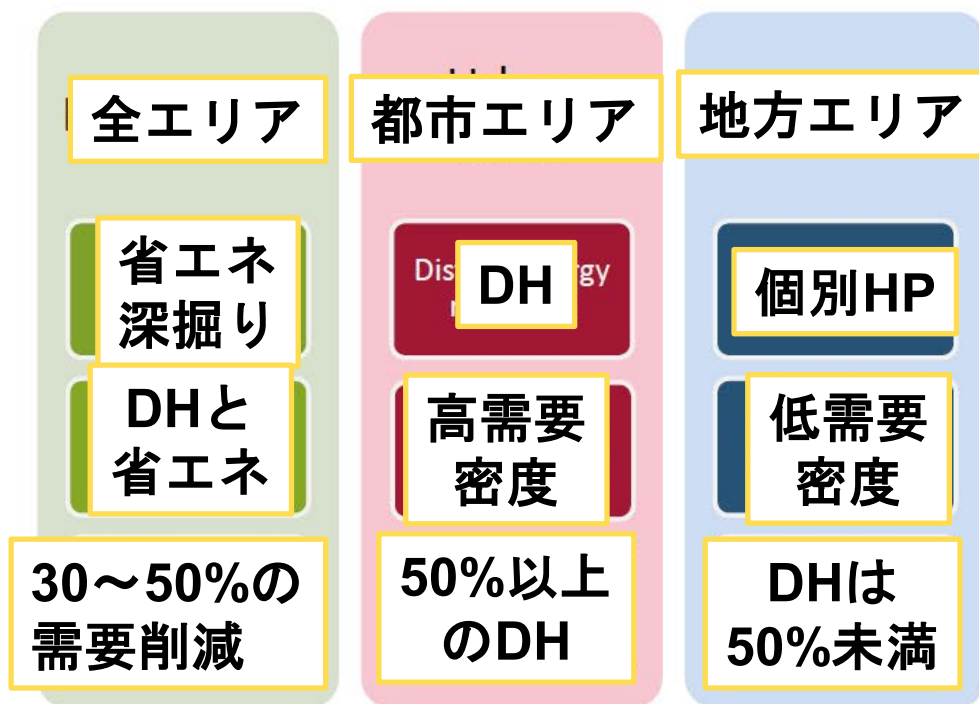
EU
温冷熱戦略
Heating &
Cooling
Strategy
(2016)



欧州熱ロードマップ2050

Heat Roadmap Europe 2050

地方、国家、EUレベルでの長期的なエネルギー戦略をサポートし、低炭素エネルギーシステムへの移行を促進する科学的証拠を作成する



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 695989.

<http://www.heatroadmap.eu>

www.heatroadmap.eu
@HeatRoadmapEU



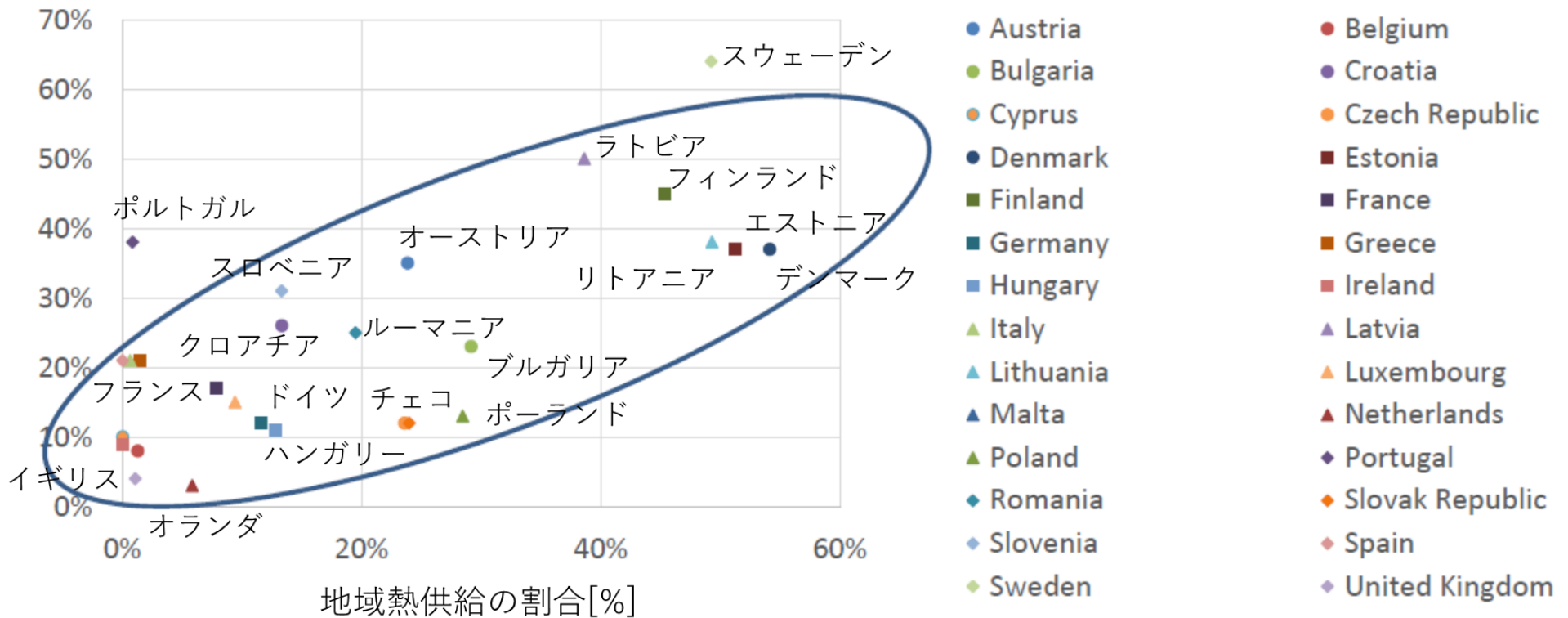
Heat Roadmap Europe: 8つの重要な知見

1. 欧州の市場ですでに導入されている既存の技術とアプローチにより温冷熱部門の脱炭素化は可能
2. 経済的に脱炭素化のゴールを達成するには需要側と供給側のエネルギー効率化が必要である。
3. 既存の建築物の改修と産業部門での投資にはより大きな支援と高い省エネルギー目標が必要
4. 大部分の都市部では、地域熱供給は他のネットワークおよび個別のソリューションよりも技術的および経済的に実行可能であり、再生可能エネルギー、大型ヒートポンプ、余剰熱、およびコジェネレーションの使用により100%脱炭素化が可能
5. 地域熱供給による冷暖房が限られる地域では、個別の熱供給は、変動する再生可能エネルギーの統合が可能なヒートポンプが有効
6. 今のところ冷熱需要は温熱需要に比べると小さいが、将来は増加する傾向にある。将来は冷熱需要に対するソリューションが重要
7. 温冷熱部門は変動する自然エネルギーの増大やシステムの柔軟性に重要な役割を果たすことができる。
8. エネルギーシステム内の温熱および冷熱のシステムを一貫してモデル化、分析、および設計するには、その分野に固有のツールと方法論が必要。将来のエネルギーシステムの脱炭素化に貢献する開発ロードマップと戦略のために重要。

Heat Roadmap Europe2050: 地域熱供給の導入率

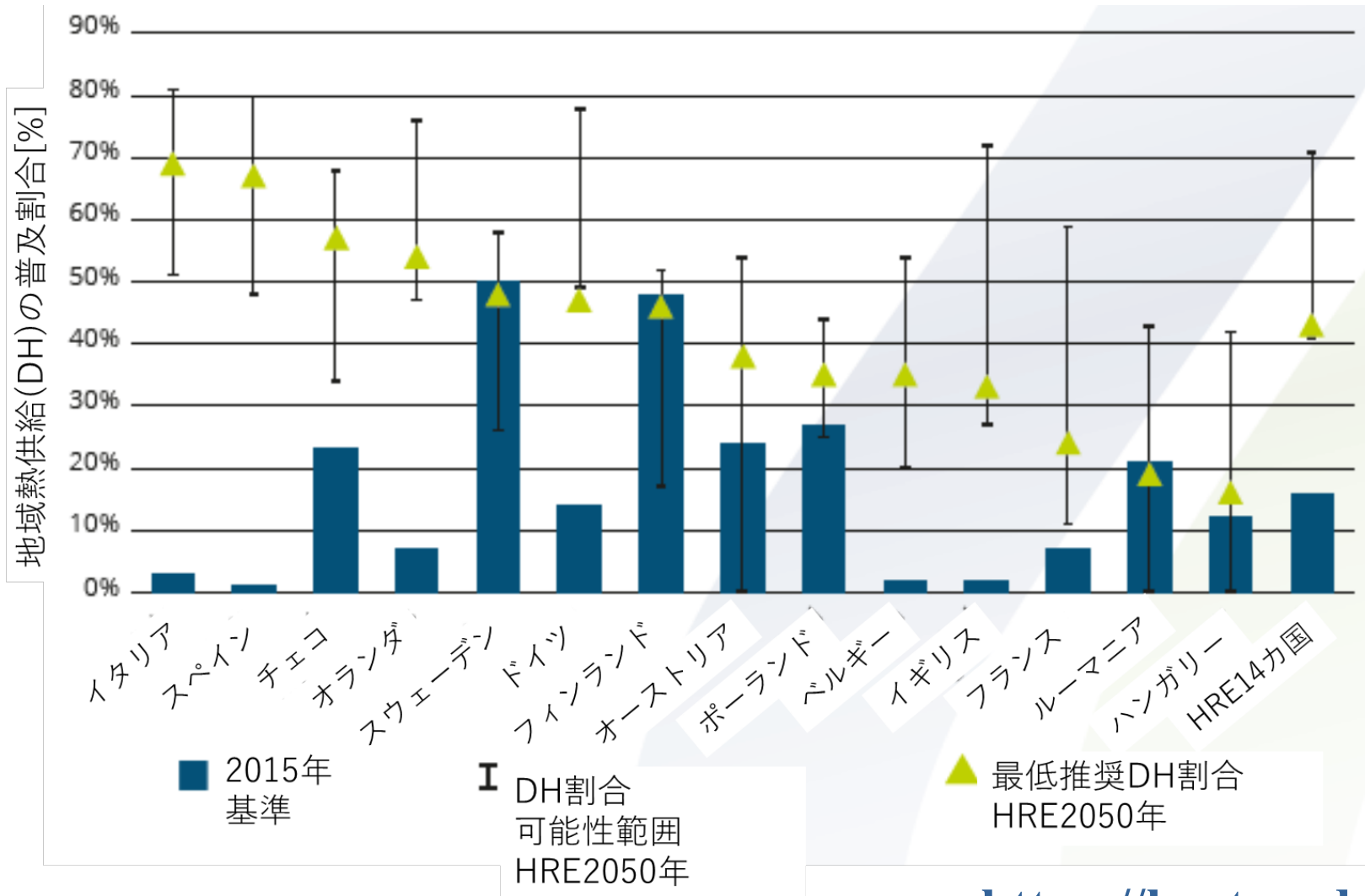
地域熱供給の導入率が高い国ほど自然エネルギー熱の割合が高い

自然エネルギー割合 vs. 地域熱供給の割合



<https://heatroadmap.eu/>

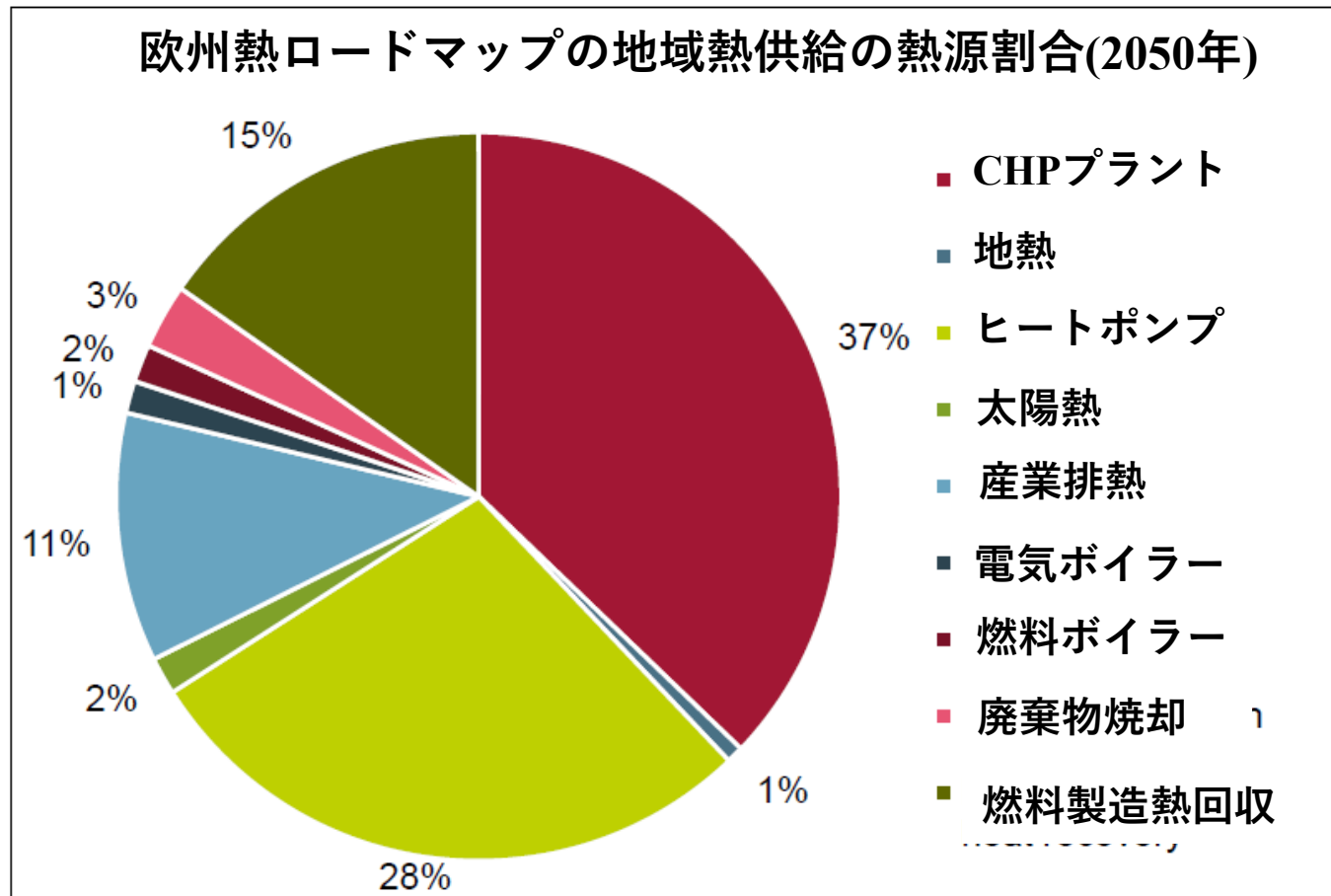
Heat Roadmap Europe2050: EU各国の地域熱供給普及 現状(2015年)の地域熱供給DH普及率と推奨されるDH普及率



<https://heatroadmap.eu/>

Heat Roadmap Europe2050: 地域熱供給の熱源割合(2050年)

熱源(2050年): CHPプラント、ヒートポンプ、産業排熱、熱回収など



<https://heatroadmap.eu/>

熱需要マップPeta: the Pan-European Thermal Atlas

Peta4.3: 欧州全域の再エネ熱マップ • 10種類のマップが利用可能

<http://www.heatroadmap.eu/peta.php>

新機能：

- 排熱マップ(下水、地下鉄など)
- 地域熱供給(DH)推奨導入率
- 検討中：排熱(データセンター、建物など)

アップデート

- 太陽熱ポテンシャル
- 冷熱需要マップ
- 地熱、バイオマス



スマートエネルギー・第4世代地域熱供給4DH国際会議

コラム:スマートエネルギー・第4世代地域熱供給4DH国際会議
International Conference on Smart Energy Systems

<https://smartenergysystems.eu/>



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK



第5回スマートエネルギー・第4世代地域熱供給国際会議
2019年9月10日～11日(コペンハーゲン)
<https://smartenergysystems.eu/conference-2019/>
参加者:350名
参加国:32カ国(4大陸)
発表数:180

第1回 2015年
第2回 2016年
第3回 2017年
第4回 2018年
第5回 2019年
第6回 2020年

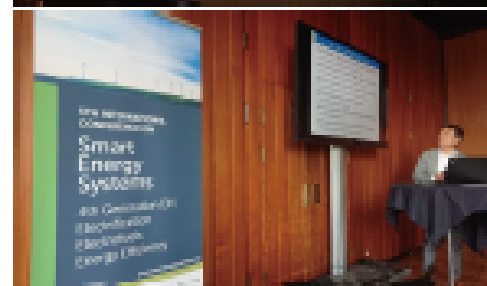
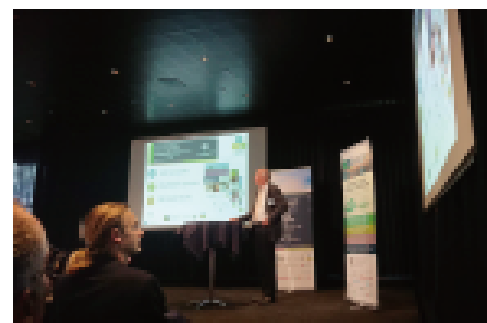


主要テーマ <https://smartenergysystems.eu/>

- ・ Smart Energy System
- ・ 4DH: 第4世代地域熱供給
- ・ 電気化
- ・ 電気燃料
- ・ エネルギー効率化

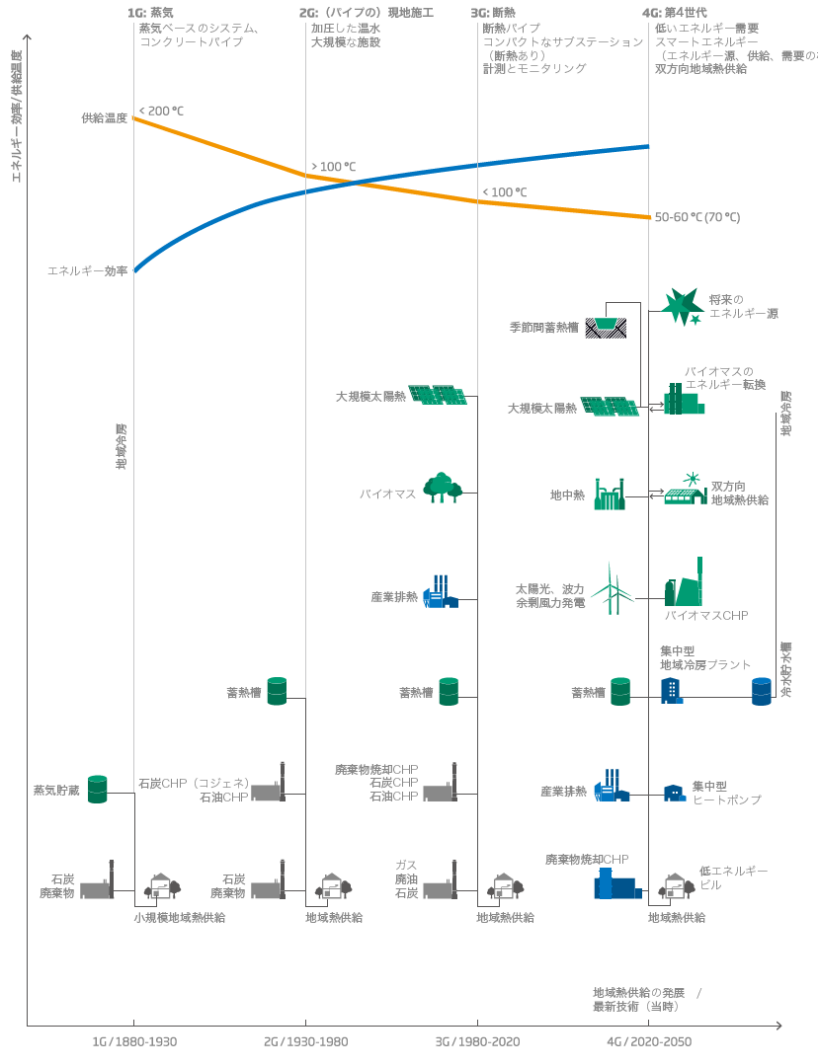
パラレル・セッション

- ・ スマート・エネルギー・システム
- ・ 第4世代地域熱供給
- ・ 統合エネルギーシステム
- ・ GISによる地域熱供給の計画
- ・ 交通・熱・産業分野の電気化など



第4世代地域熱供給(4DH)とは

- 管理のしやすさコスト削減のため、熱供給システムの温度を下げている、低温熱源の利用や地中熱利用などが可能となっている(第4世代地域熱供給)。



- 供給温度の低温下による高効率化
 - システム全体の高効率化
 - 往復温水間の大きな温度差
 - 潜熱回収による更なる高効率化
- 熱源の多様化
 - 低温下による利用資源の拡大
 - 工場排熱、廃棄物焼却熱活用
 - 大規模太陽熱の活用と季節間蓄熱
- 熱・電双方向の「スマート化」へ
 - 電力市場を介した熱電市場の連動
 - 温水タンクによる「蓄電」
 - ヒートポンプによる電熱転換 (風力の温熱化など)

出所：State of Green 「デンマーク地域熱供給白書」
 Henrik Lund, et. al “4th Generation District Heating(4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy system” Energy 68(2014) 1-11

第5世代地域熱供給 5GDH

第4世代地域熱供給 4GDH

- 供給温度: 55~45°C
- 戻り温度: 25~15°C
- 給湯(DHW)の加温
- 冷熱と温熱供給が別システム

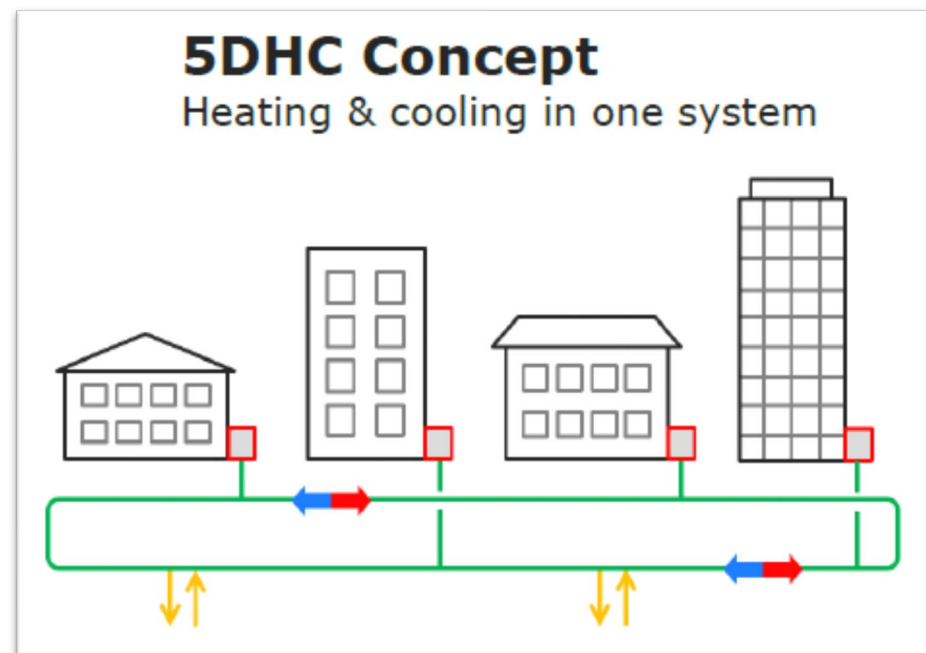
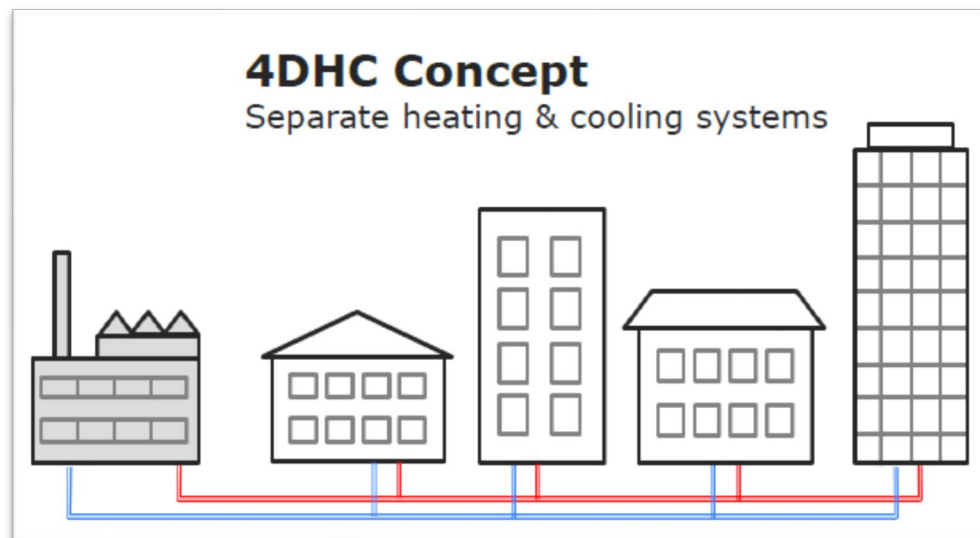


第5世代地域熱供給 5GDH

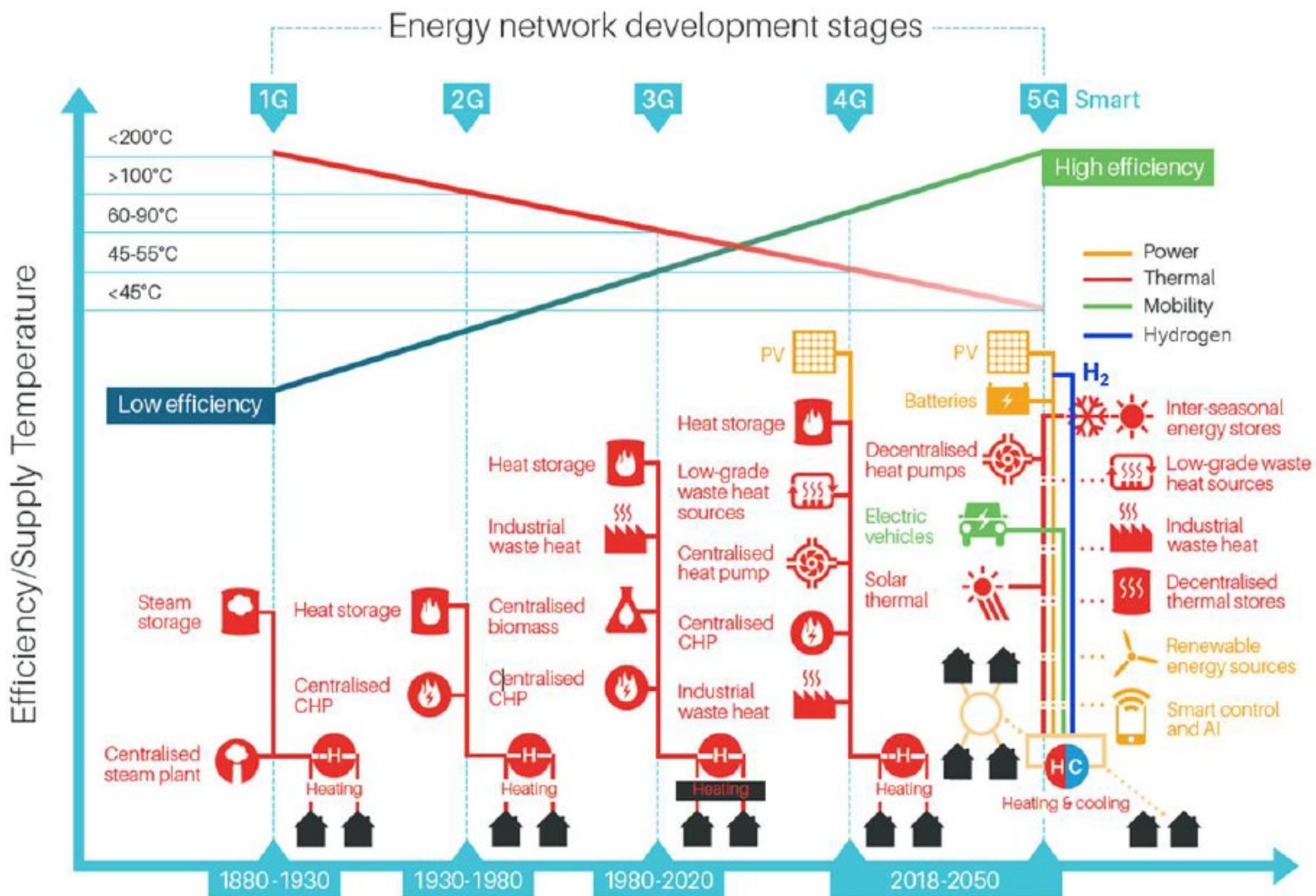
- 供給温度: 45°C未満(20°C程度)
- 戻り温度: 25~15°C
- 低温熱源による分散型HP
- 冷熱と温熱供給を一元化
- 給湯(DHW)の加温は必要

出所: Plymouth Concepts Team資料

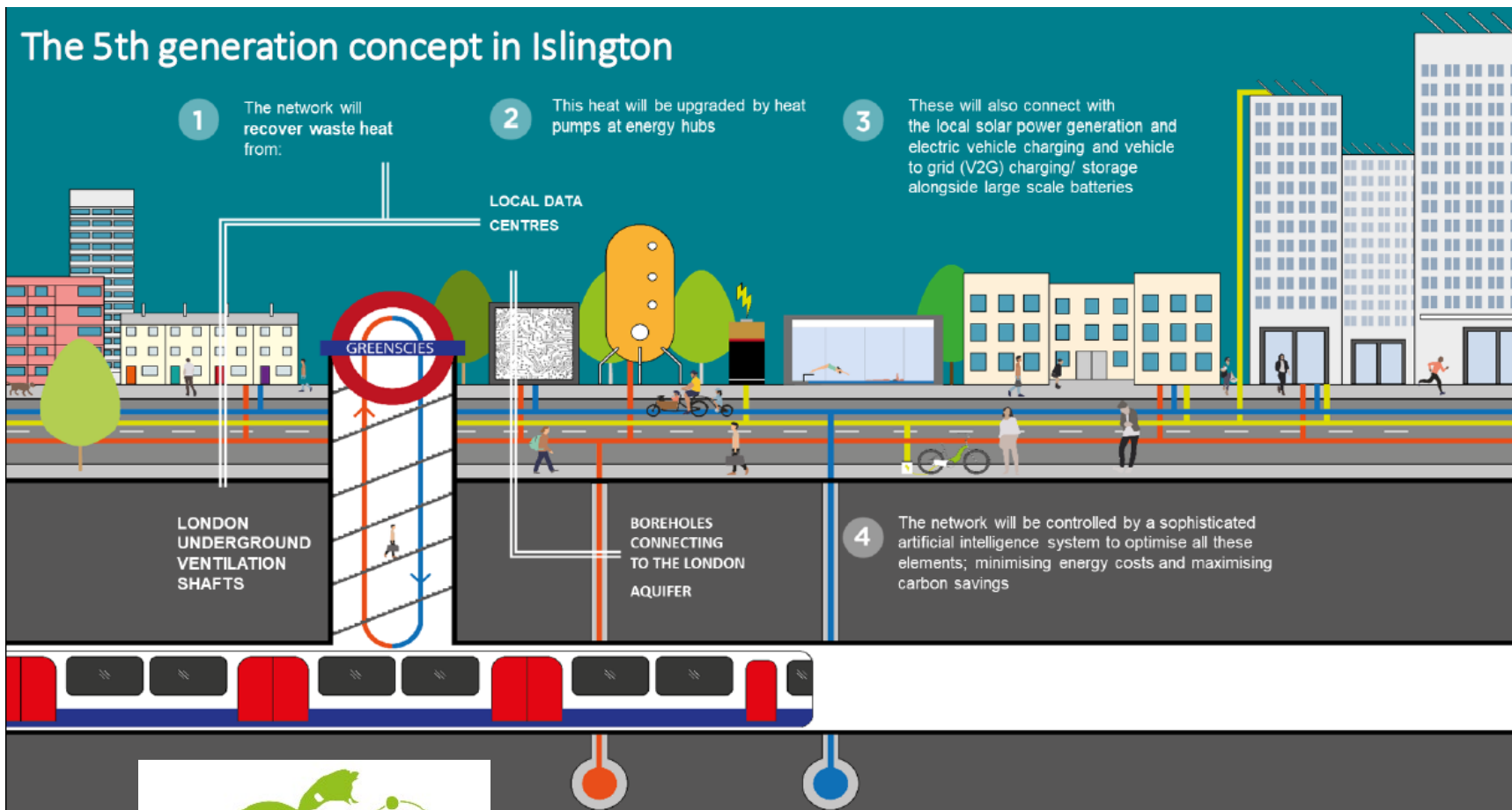
環境エネルギー政策研究所



第5世代地域熱供給(5GDH):ロンドンでの排熱利用可能性



第5世代地域熱供給: GreenSCIESプロジェクト(ロンドン) Green Smart Community Integrated Energy Systems



①排熱NW
地下鉄
DC等
蓄熱
(地下水層)

②HP
昇温

③電力
太陽光
EV
V2G

④AI制御
コスト
CO2削減



<https://www.greenscies.com/>



環境エネルギー政策研究所

4DHからスマートエネルギーシステムへ

- 4DHからセクターカップリングそしてスマートエネルギーシステムへ
電力供給と熱供給さらに輸送エネルギーも供給

Smart Energy Systems

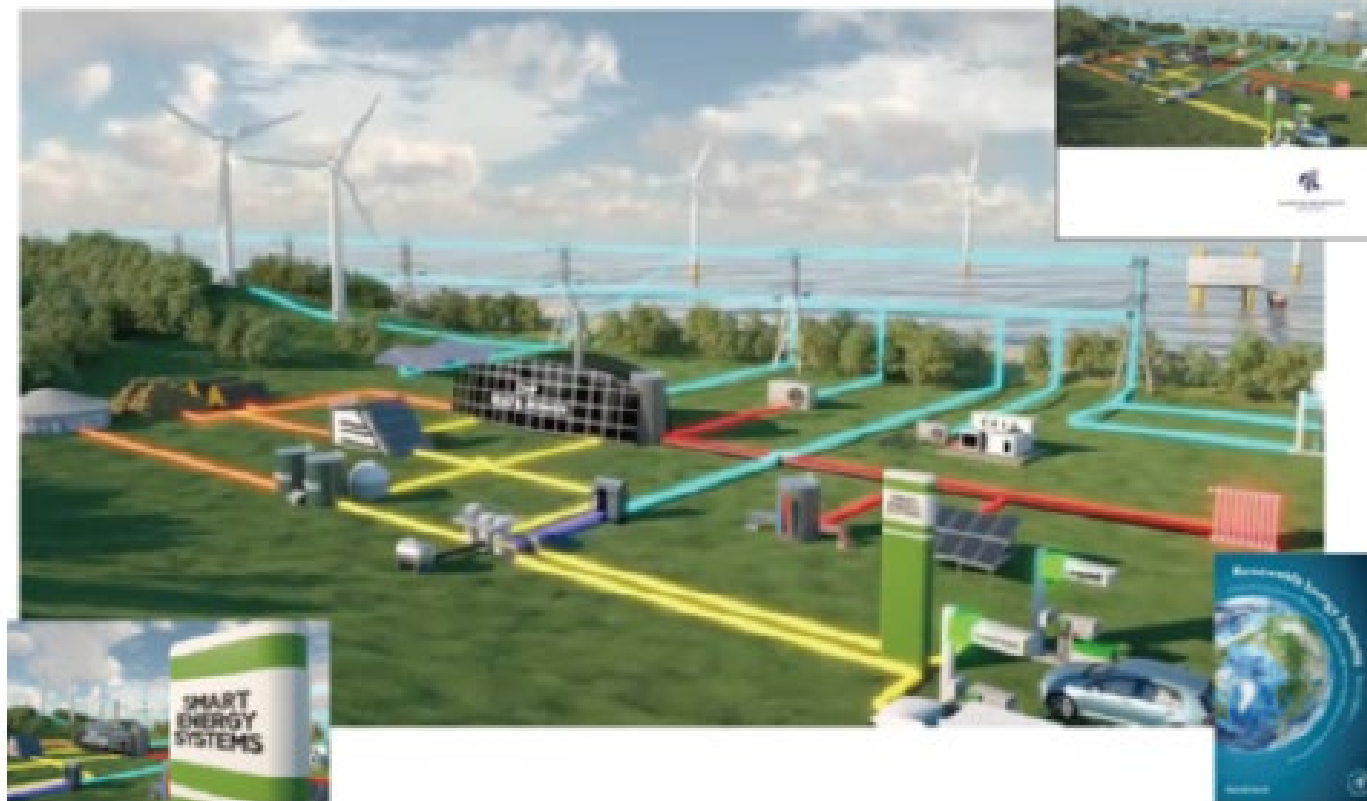


図38: スマートエネルギーシステムのイメージ(出所: IDA's Energy Vision 2050, オールボー大学(2015))

欧州の熱部門の脱炭素化プロジェクト(2019年)



欧州の熱分野の脱炭素化プロジェクト(2020年)



<https://www.hotmaps-project.eu/>

@HEATflex

www.heatflex.dk



<https://www.reuseheat.eu/>



<https://www.wedistrict.eu/>



www.tempo-dhc.eu/



<https://www.upgrade-dh.eu/en/home/>

WEDISTRICプロジェクト: 地域冷暖房(DHC)と再エネ・排熱利用



WEDISTRIC: rene**W**able **E**nergy **D**ISTRICT Heating & cooling solutions

<https://www.wedistrict.eu/>

4地域での実証プロジェクト

WEDISTRIC technologies will be implemented in **4 real-scale projects** in Spain, Romania, Poland and Sweden.

スペイン:
アルカラ・デ・ヘナレス
新規にDHC導入

Alcalá de Henares
New District Heating and Cooling Network

ポーランド:
クズニア・ラチボルスカ
非再エネDHを改修

Kuźnia Raciborska
Non-renewable District Heating retrofitting

ルーマニア:ブカレスト
非効率なDHを改修

Bucharest
Retrofitting of an inefficient District Heating Section

スウェーデン:
ルレア
排熱利用で
既存DH統合

Luleå
Excess heat integration in existing District Heating

再生可能エネルギー
排熱利用

最先端の
蓄熱技術

スマート技術
(効率化)



Upgrade DHプロジェクト: 既存DHの改修



PROJECT KPI	BASELINE	AFTER UPGRADING MEASURES	EXPECTED IMPACTS	
PRIMARY ENERGY DEMAND (GWh/y)	1,451	1,206	-245	(-17%)
GHG EMISSIONS (ton _{CO2} /y)	290,661	145,687	-144,974	(-50%)
SHARE WASTE HEAT (%)	8%	10%	+2%	(+25%)
SHARE RES (%)	30%	51%	+21%	(+70%)

一次エネルギー: -17%
GHG排出量: -50%
排熱割合: +25%
再エネ割合: +70%

- ノウハウ共有
- 制度・政策
- 普及啓発



- Public Webinars and Workshops
- Expert support for replication cases

- Policy-makers engagement



- Image raising campaign



“The Future of DH in Italy” involved institutional, academic and industrial parties

Campaign webpage dhcities.eu/DHC+ Citizen

<https://www.upgrade-dh.eu/en/home/>

第4世代地域熱供給フォーラム(4DHフォーラム)の取組み

- 再生可能エネルギーの熱政策の実現や熱利用の普及のための調査・研究・意見交換・交流の場として、ISEPでは、デンマーク関係機関との協力のもとで、関連する研究者・行政・NGOなどで構成される「第4世代地域熱供給フォーラム」(略称：4DHフォーラム)を2018年10月に立ち上げた。
- パリ協定に基づく欧州の熱戦略やロードマップに基づく第4世代地域熱供給の知見・経験の共有を図るとともに、国内外での会議への参加や研究会・シンポジウムを開催し、国内での自然エネルギー熱利用普及のためのネットワーク形成を目指す。

4DHフォーラム <https://www.isep.or.jp/4dh-forum/>



第4世代地域熱供給4DHガイドブック

目次：

はじめに

1. 第4世代地域熱供給(4DH)とは
2. 第4世代地域熱供給の背景
3. 第4世代地域熱供給の設計コンセプト
4. エネルギー需給の脱炭素化とスマート化
5. 日本での第4世代地域熱供給の展開に向けて
6. 自然エネルギー100%への展開
7. 参考資料

ダウンロード：

<https://www.isep.or.jp/4dh-forum/4dh-guidebook>



ご清聴ありがとうございました！



第4世代地域熱供給 4DHフォーラム

<https://www.isep.or.jp/4dh-forum>

