

2021/10/26

4DHフォーラム 第3回オンラインセミナー

地域でのセクターカップリングの実現可能性

東北大学 工学研究科 中田 俊彦

Outline

1. 背景
2. 地域エネルギー需給データの作成
3. 数理計画モデルを用いたエネルギーシステムの設計事例
4. まとめ

地域エネルギーシステムの統合デザインと地域熱供給の位置づけ

- SDGs
- パリ協定, NDC
- 地球温暖化対策計画
- 地域脱炭素ロードマップ
- 地方公共団体実行計画
- ゼロカーボンシティ宣言

カーボンニュートラル社会の
実現に向けて、地域の
役割に期待が集まっている。

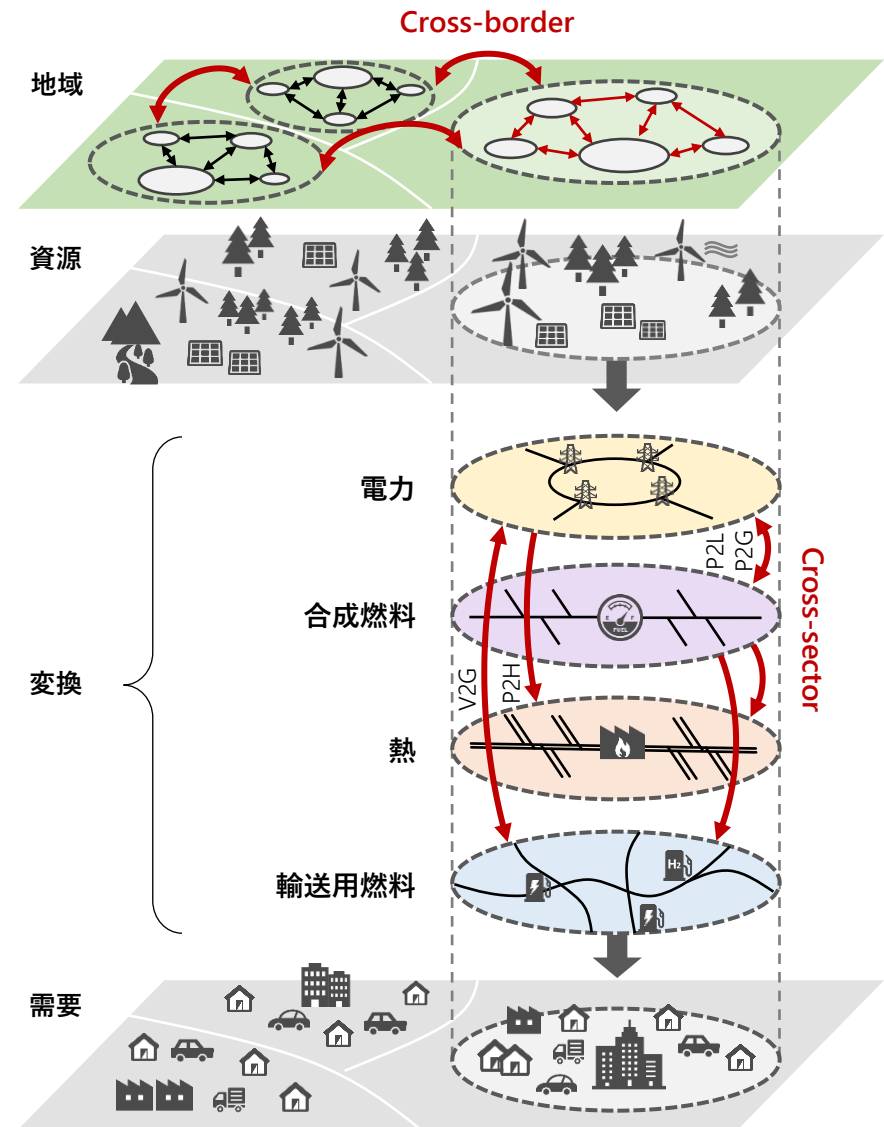
地域単位でカーボンニュートラルなエネルギーシステムを
デザインし実現するために解決すべき課題

① 再生可能エネルギーをどれだけ導入すべきか。

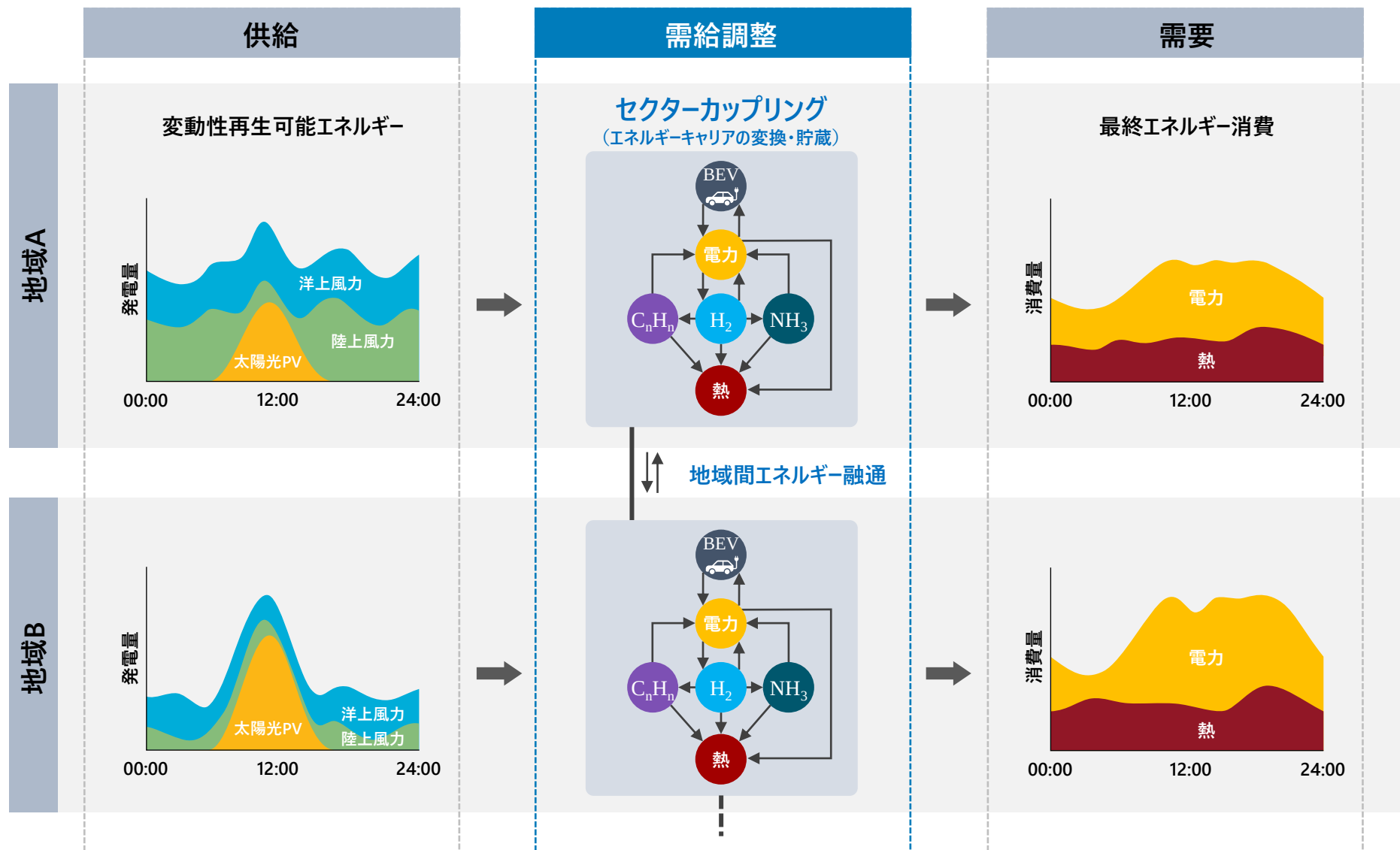
- 自給率100%を目指す。
- ポテンシャルを最大限活用し、他地域に供給する。
- 不足分を他地域から移入する。

② 再エネと需要の変動をどのように調整すべきか。

- セクターカップリング
 - P2H: Power to heat → 地域熱供給
 - P2G: Power to gas
 - V2G: Vehicle to grid
- 地域間エネルギー融通

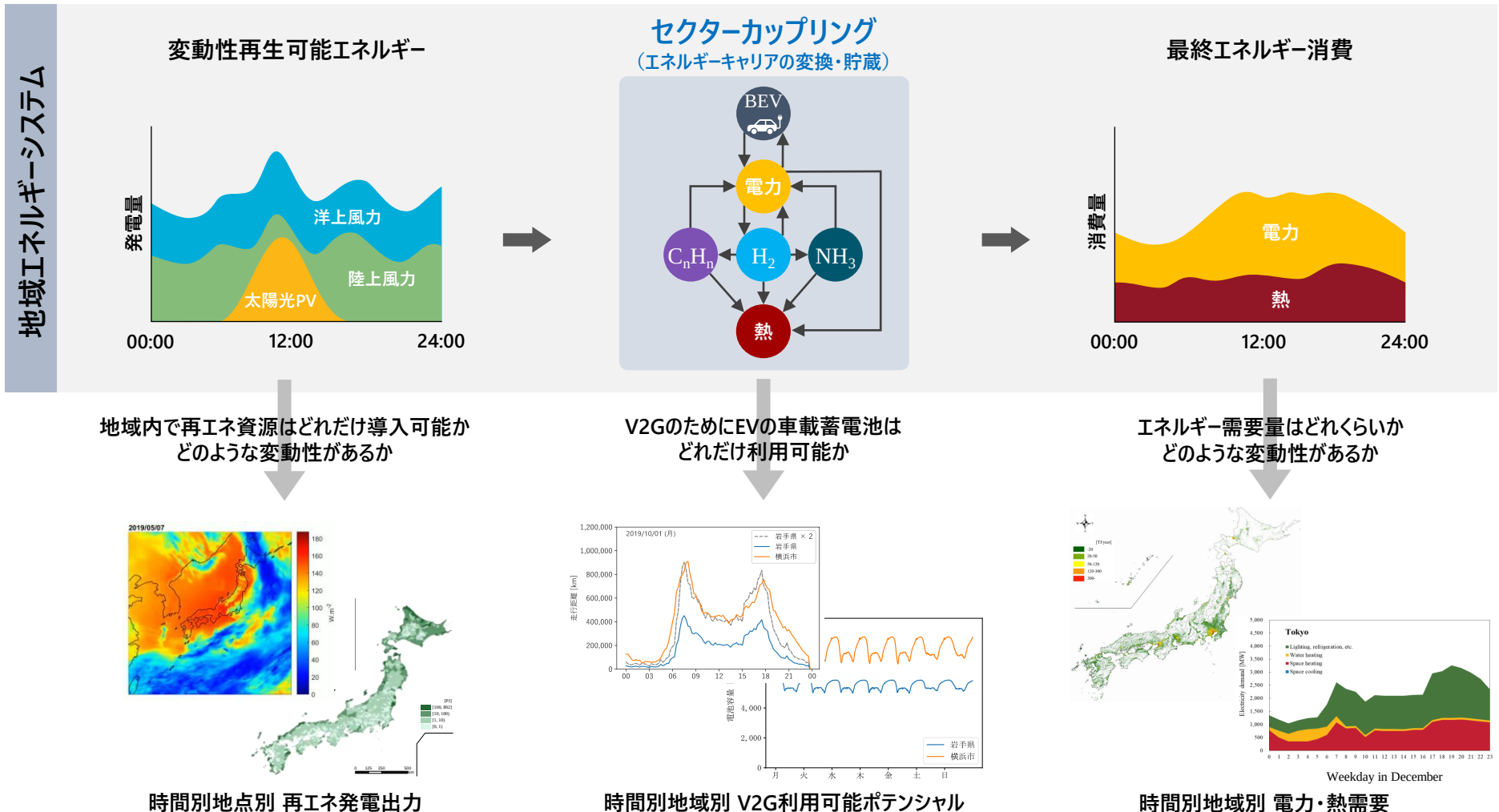


セクターカップリングと地域間エネルギー融通による需給調整



地域でのセクターカップリングの実現に向けた課題

再エネ発電出力やエネルギー需要の時間間欠性と空間偏在性（エネルギー需給の地域特性）を把握することが重要。



Outline

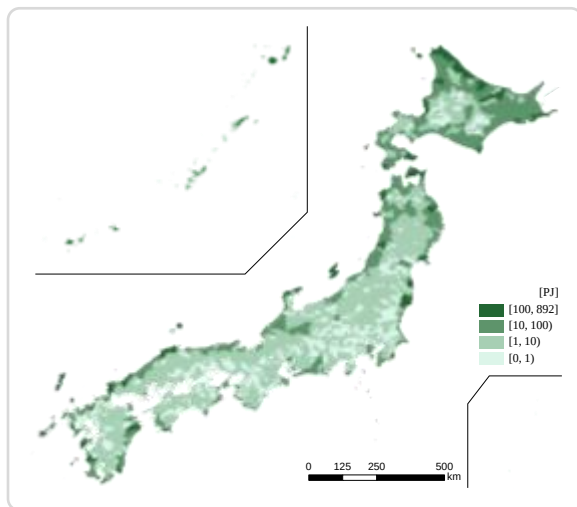
1. 背景
- 2. 地域エネルギー需給データの作成**
3. 数理計画モデルを用いたエネルギーシステム
の設計事例
4. まとめ

地域エネルギー需給データの作成①

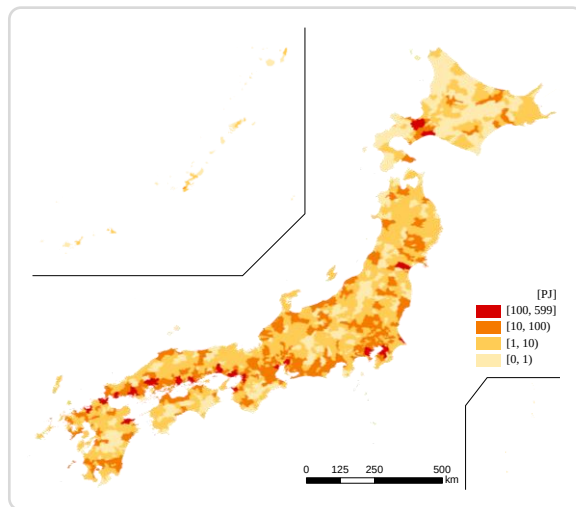
市区町村別再生可能エネルギー発電ポテンシャル・最終エネルギー消費量

再生可能エネルギー資源	推計手法
太陽光	REPOSを引用
陸上風力	REPOSの平均風速メッシュデータを基に推計
洋上風力	REPOSの平均風速メッシュデータを基に推計
地熱	REPOSを引用
中小水力	REPOSを引用
木質バイオマス	森林資源現況調査の森林成長量を基に推計

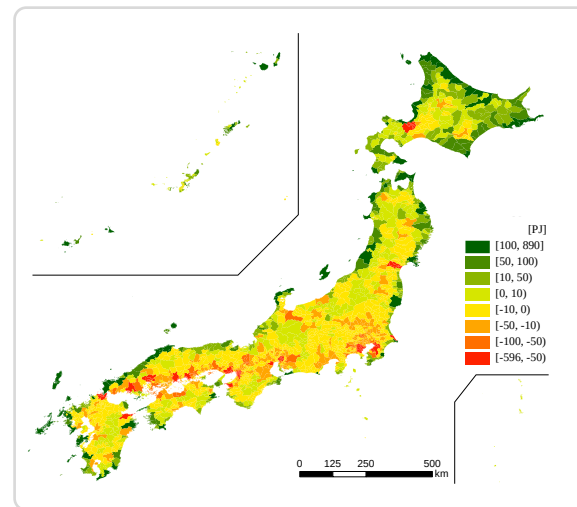
エネルギー需要部門	基礎データ	活動（案分）指標	部門内訳
産業部門（製造業）	都道府県別エネルギー消費統計	製造品出荷額	産業中分類
産業部門（非製造業）	都道府県別エネルギー消費統計	就業者数	産業中分類
業務部門	都道府県別エネルギー消費統計	就業者数	産業中分類
家庭部門	都道府県別エネルギー消費統計	世帯数	-
運輸部門	都道府県別自動車燃料消費統計	自動車保有台数	旅客自動車、 貨物自動車



再生エネ供給ポテンシャル



最終エネルギー消費量



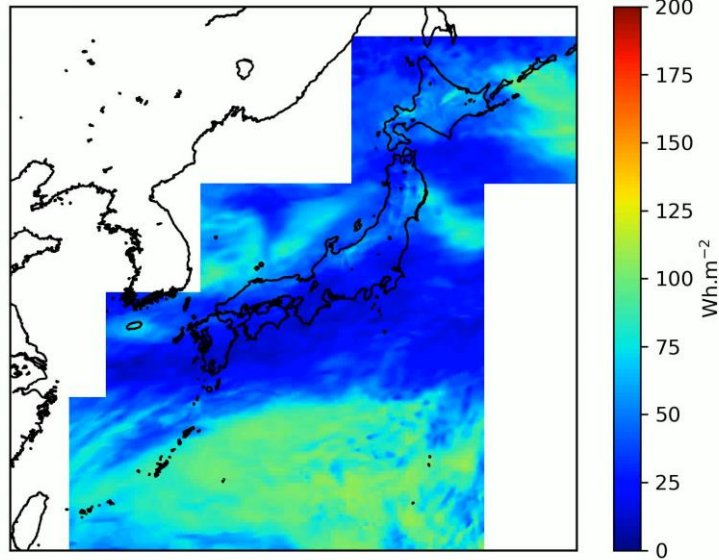
エネルギー需給バランス

地域エネルギー需給データの作成②

再生可能エネルギー発電ポテンシャル・出力変動

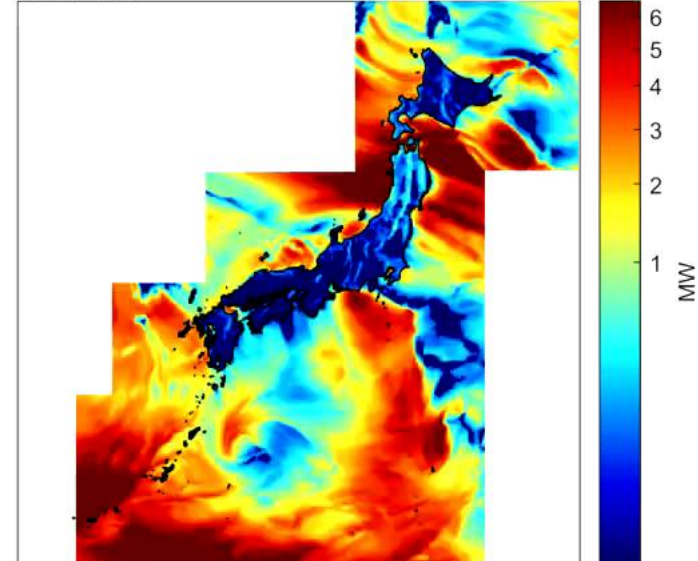
発電技術	導入ポテンシャル	出力変動		基礎データ	技術仕様
	参照元データ (設備容量ベース)	時間 解像度	空間 解像度		
太陽光PV	環境省 REPOS (L3シナリオ)	1時間	5kmメッシュの地域別平均	メソ数値予報GPV (気象庁)	変換効率：20%
陸上風力	環境省 REPOS	1時間	5kmメッシュの地域別平均	メソ数値予報GPV (気象庁)	ハブ高さ：75 m 定格出力：3.2 MW
洋上	環境省 REPOS	1時間	5kmメッシュの地域別平均	メソ数値予報GPV (気象庁)	ハブ高さ：100 m 定格出力：6.4 MW

2019/07/01



太陽光PV発電出力 1時間値[1]

2019/01/01



風力発電出力 1時間値[2]

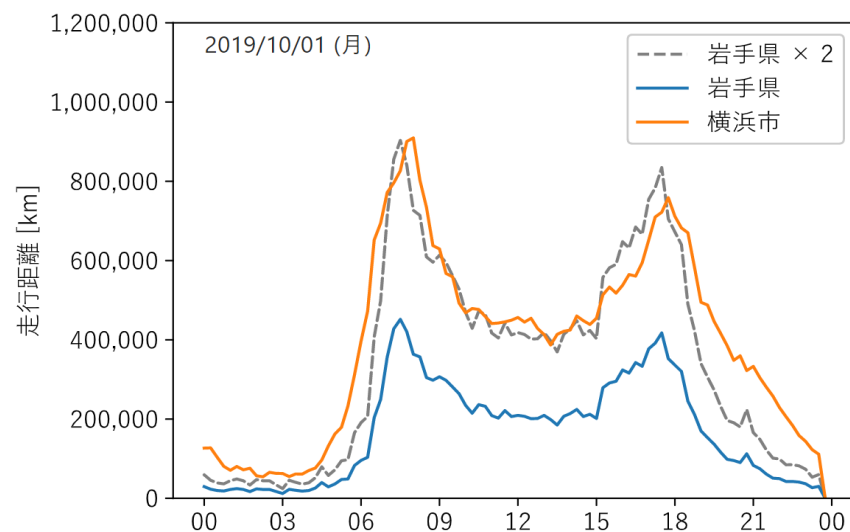
[1] 松岡, Delage, 中田, “陸上・洋上風力と太陽光発電の時間変動性を考慮したポテンシャルマップの作成”, 第40回エネルギー・資源学会研究発表会 講演論文集, 2021

[2] Delage, Matsuoka, Nakata, “Spatial-Temporal Estimation and Analysis of Japan Onshore and Offshore Wind Energy Potential”, energies 14(8), 2021

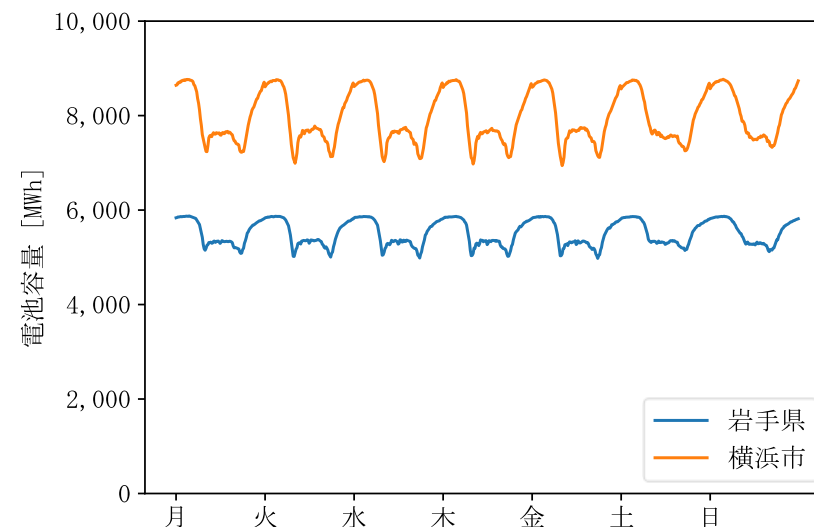
地域エネルギー需給データの作成③

・ V2G導入ポテンシャル

時間 解像度	空間 解像度	基礎データ	計算条件
15分値を合計した1時間値	125mメッシュを地域別に集計	自動車流量：流入出経路調査 (携帯電話位置情報：KDDI Location Data) 自動車保有台数：自検協, 全軽自協	EV普及率：100% 蓄電池容量：40kWh/台 V2G利用可能率：20%



自動車走行距離 (10月平日)

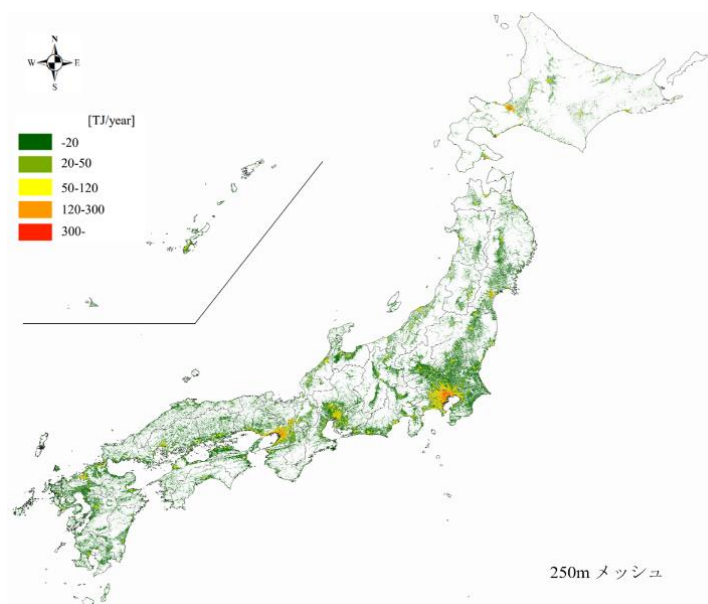


V2G利用可能容量

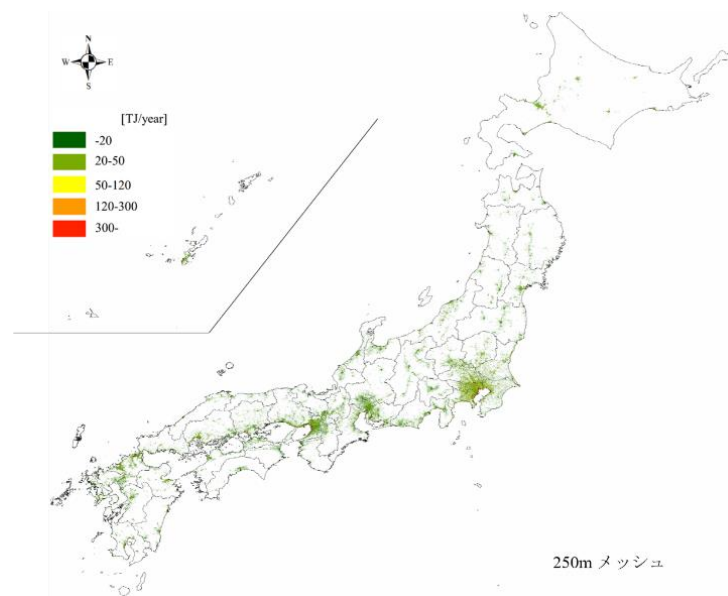
地域エネルギー需給データの作成④

熱需要密度

発電技術	時間解像度	空間解像度	基礎データ	建物区分	用途区分
家庭部門	年間値	建物データを地域別に集計	世帯数：国勢調査 原単位：家庭用エネルギー統計年報（住環境計画研究所）	住宅	暖房，給湯
業務部門	年間値	建物データを地域別に集計	延床面積：ESRI詳細地図 原単位：建築物エネルギー消費量調査報告書（日本ビルエネルギー総合管理技術協会）	病院，ホテル，商業施設，事務所	暖房，給湯



家庭部門温熱需要

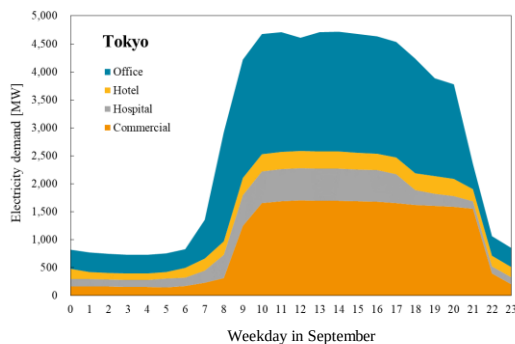


業務部門温熱需要

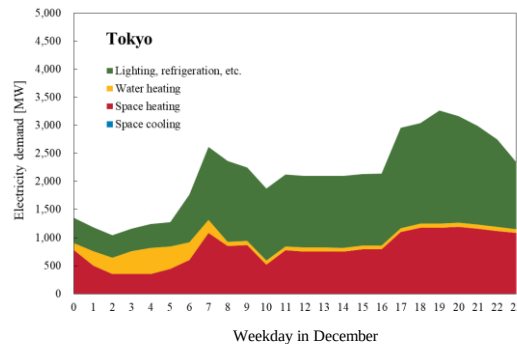
地域エネルギー需給データの作成⑤

エネルギー需要変動

発電技術	時間解像度	空間解像度	基礎データ	建物区分	用途区分
家庭部門	1時間	建物データを地域別に集計	世帯数：国勢調査 原単位：空調・衛生学会 気温：アメダス	住宅	暖房、冷房、給湯、 その他電力（動力、 照明など）
業務部門	1時間	建物データを地域別に集計	延床面積：ESRI詳細地図 原単位：空調・衛生学会 気温：アメダス	病院、ホテル、 商業施設、事 務所	暖房、冷房、給湯、 その他電力（動力、 照明など）

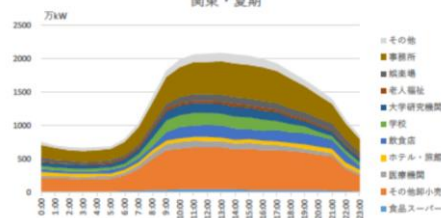


業務部門（東京、9月平日）

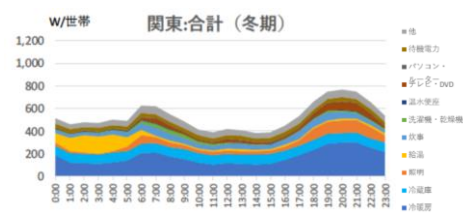


家庭部門（東京、12月平日）

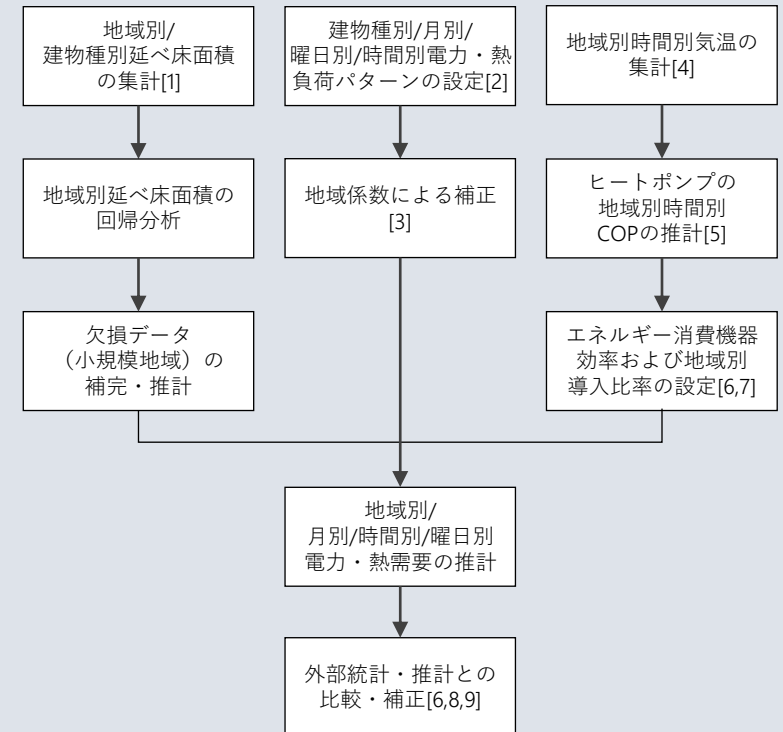
（参考[10]）



（参考[10]）



業務・家庭部門エネルギー需要の推計フロー

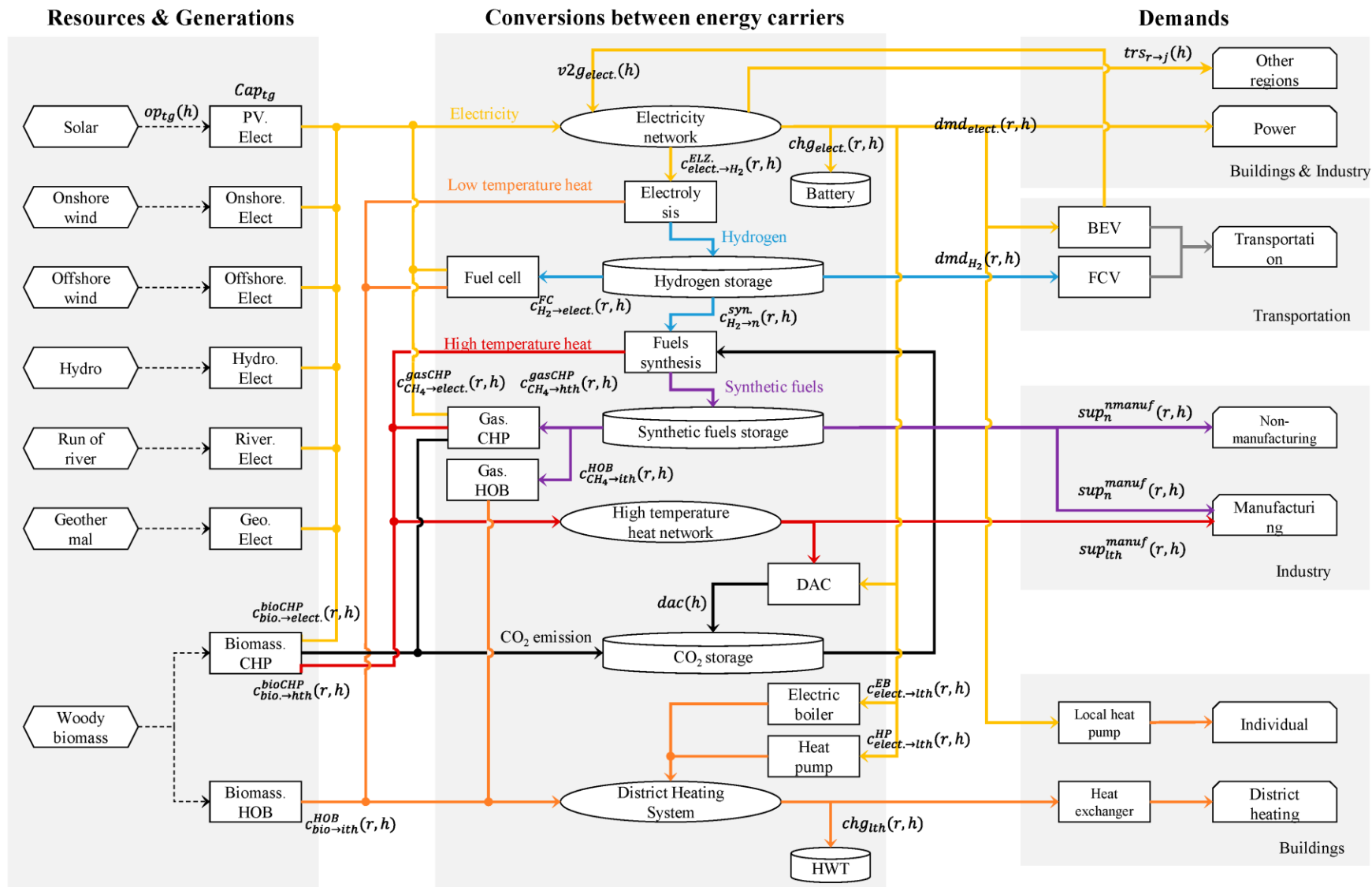


- [1] Esri, ArcGIS Geo Suite 詳細地図 2019年度版
 [2] 空調和・衛生工学会, 都市ガスコージェネレーションの計画・設計と運用, 2013
 [3] 都市環境エネルギー協会, 地域冷暖房技術手引書 第4版, 2013
 [4] 気象庁, アメダス観測データ, 2019
 [5] O. Ruhnau et al, Time series of heat demand and heat pump efficiency for energy system modeling, Scientific data, 2019
 [6] 資源エネルギー庁, 平成30年度電力需給対策広報調査事業, 2020
 [7] 環境省, 2017年度 家庭部門のCO₂排出実態統計調査, 2018
 [8] 資源エネルギー庁, 都道府県別エネルギー消費統計, 2019
 [9] EDMC, エネルギー・経済統計要覧, 2021

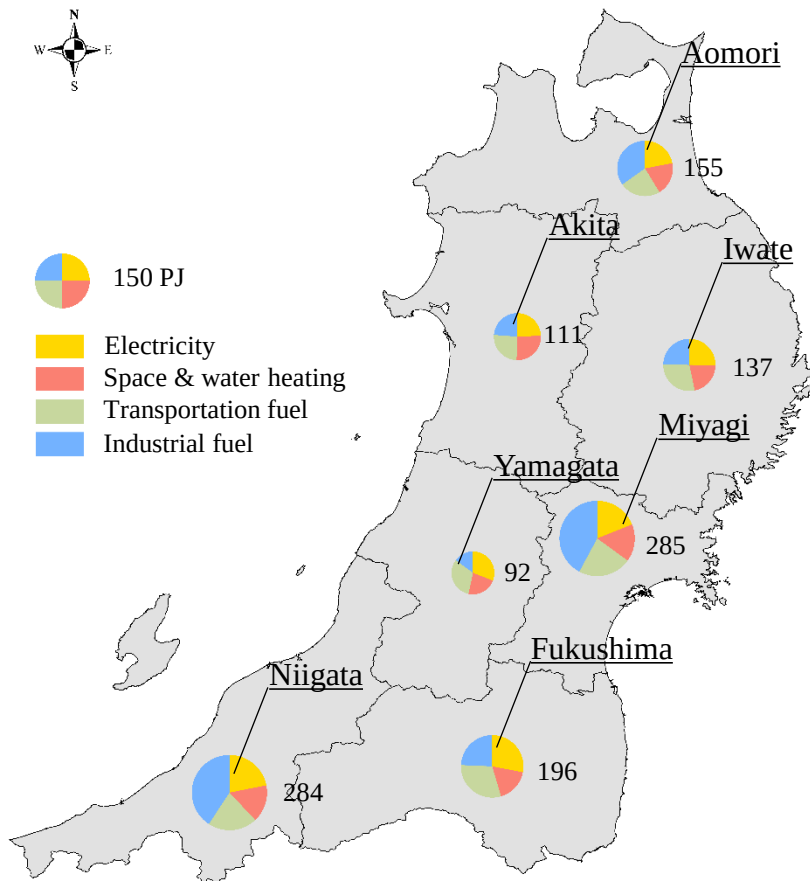
Outline

1. 背景
2. 地域エネルギー需給データの作成
- 3. 数理計画モデルを用いたエネルギーシステムの設計事例**
4. まとめ

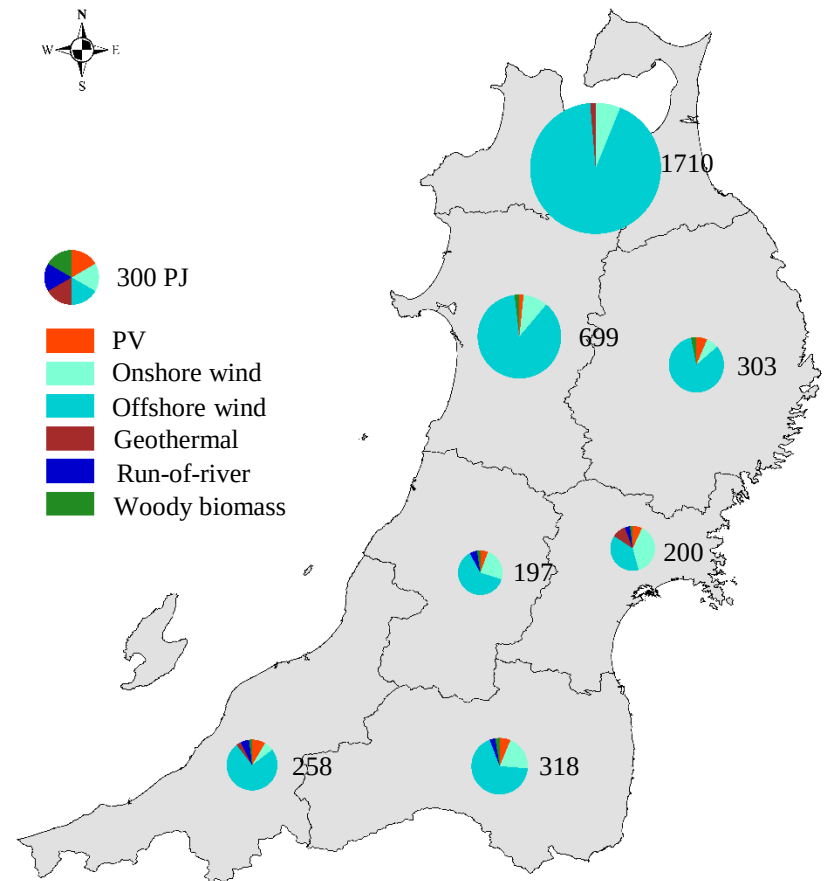
エネルギーシステムの構成



エネルギー需要と再エネポテンシャル

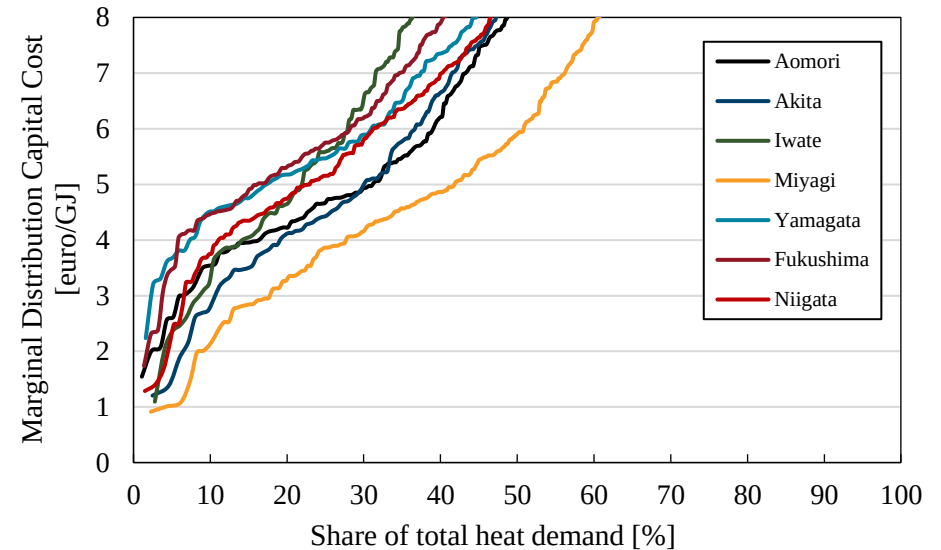
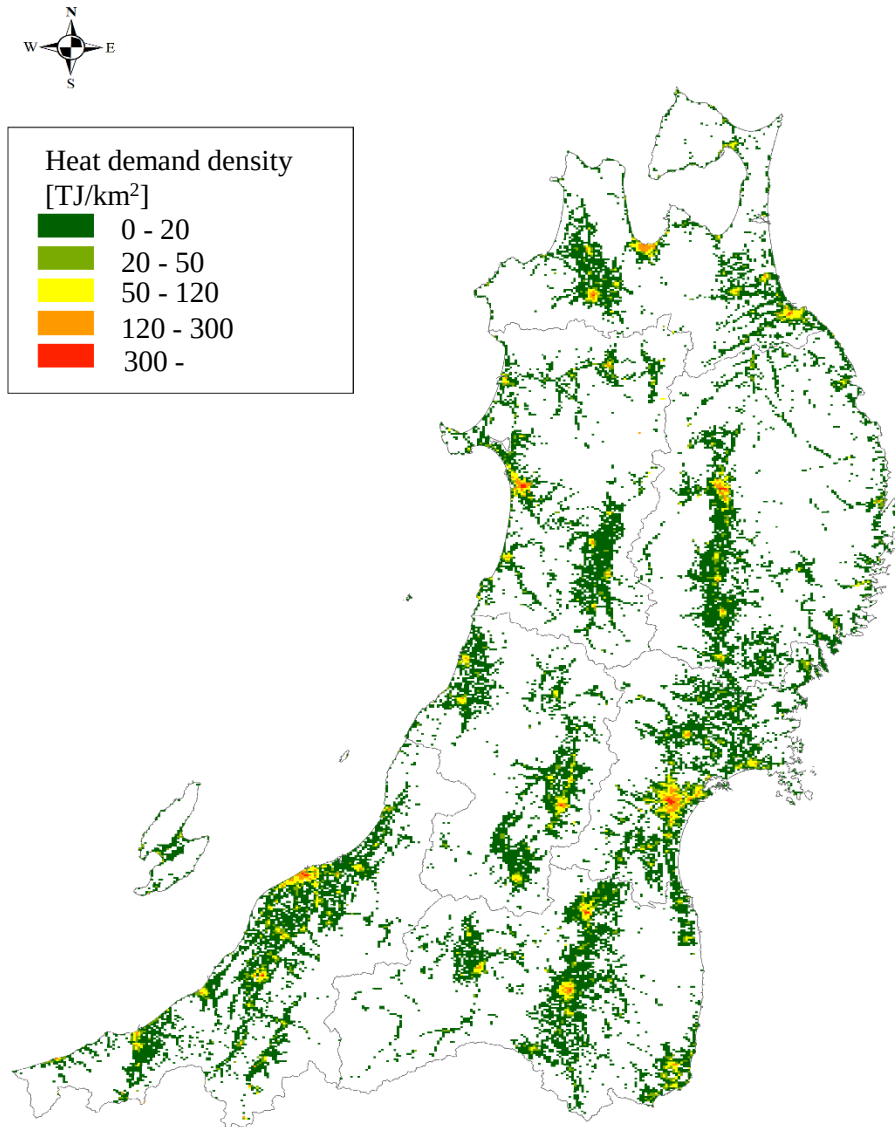


都道府県別エネルギー需要



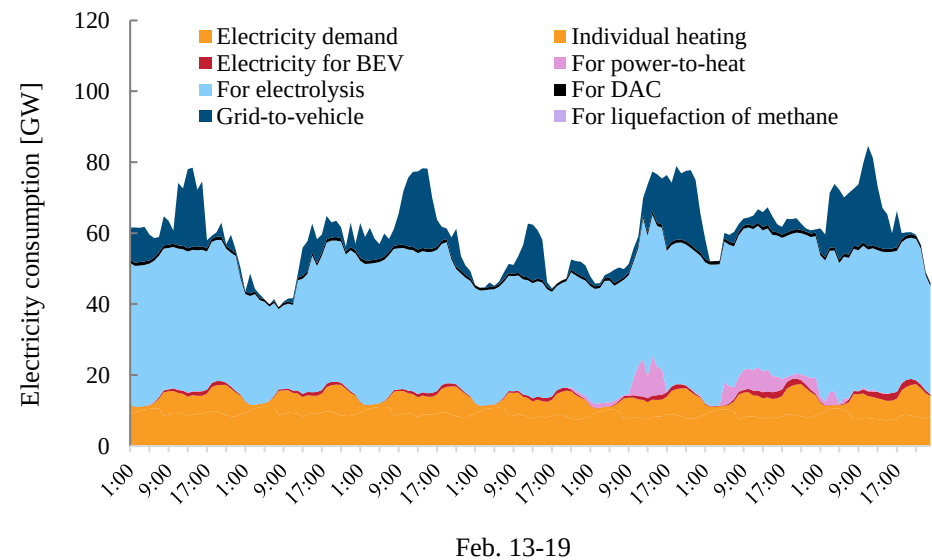
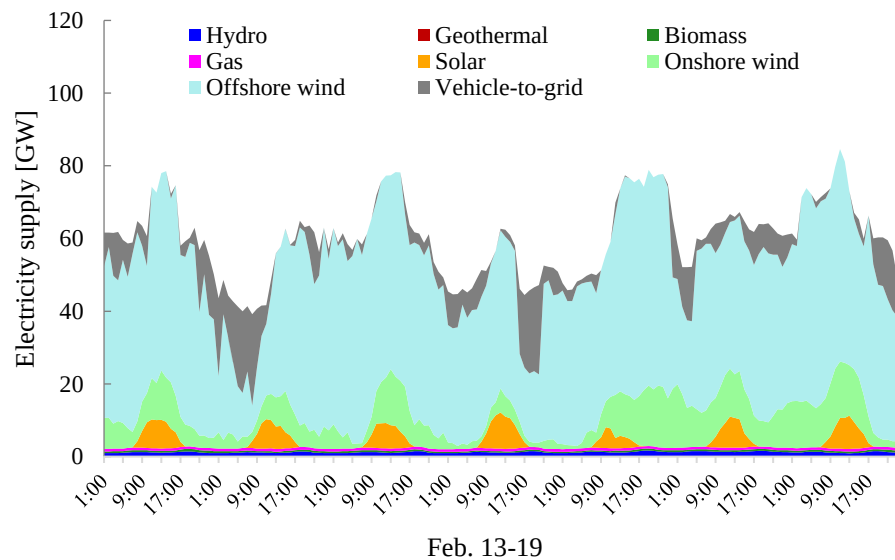
都道府県別再生可能エネルギーポテンシャル

東北地方の熱需要マップと導管敷設コスト



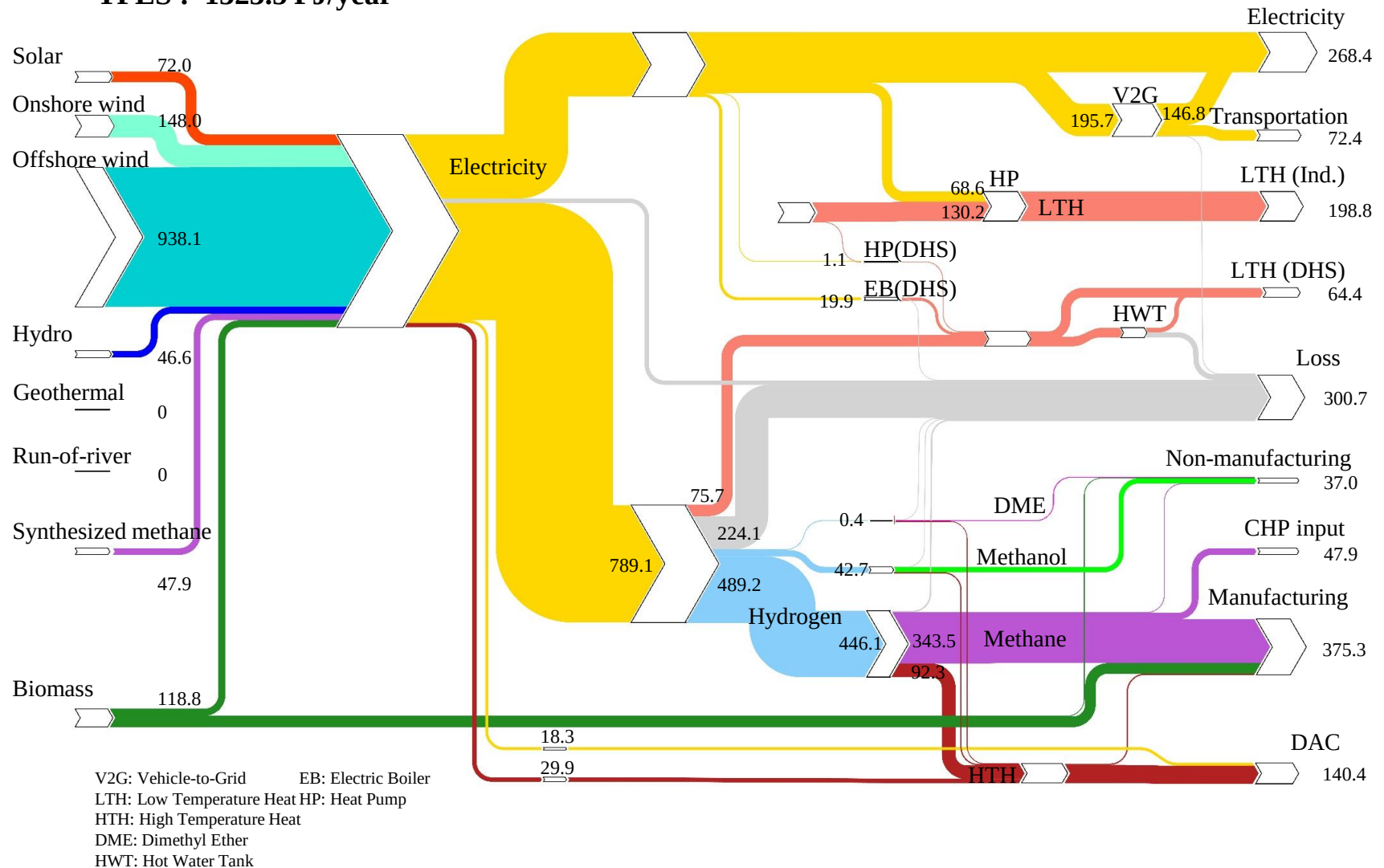
- 欧州では、地域熱供給システムの導入ポテンシャルの目安として、3.0 euro/GJが想定されている。
- 3.0 euro/GJを基準とすると、宮城県では約20%、秋田県では約10%、岩手県では約8%、青森県及び新潟県では約6%、福島県では約4%、山形県では約3%の熱需要に対して、地域熱供給システムが導入できる見込みが高い。

電力需給バランス



エネルギーフロー

TPES : 1323.5 PJ/year



まとめ

- 地域でのセクターカップリングの実現のために，再エネ発電出力やエネルギー需要の時間間欠性と空間偏在性（エネルギー需給の地域特性）を把握することが重要．
- エネルギー需給の地域特性は，既存の統計データなどから推計することが可能であるが，精度には限界がある．
- エネルギー需給の地域特性を把握したうえで，全体最適の視点をもって地域エネルギーシステムを設計すべきである．
- 数理計画モデルを用いることで，再生可能エネルギー発電設備やエネルギー貯蔵設備，セクターカップリング技術（地域熱供給設備を含む）の導入量と運用の最適解を導出することができる．
- 数理計画に基づいて地域エネルギーシステムを設計・計画することは，コスト効率的なエネルギーシステムの構築のために有用である．