(株) NTTデータ数理システム
学生研究奨励賞

北海道における配電系統と蓄熱技術を用いた災害時の電力マネジメントおよび熱供給システムの検討

北海道大学大学院工学院
エネルギー環境システム専攻

三ツ橋政也

目次

1. 研究の背景と目的
2. 解析方法
   2.1 . 電力解析
   2.2 . 熱供給解析
3. 電力解析の結果
4. 熱供給解析の結果
5. まとめ

1. 研究背景と目的

研究背景

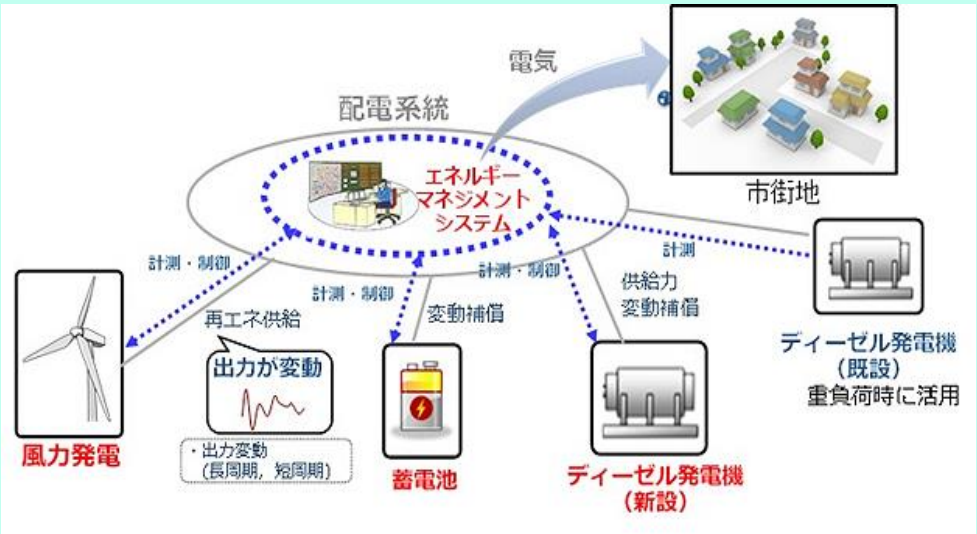
北海道胆振東部地震（2018年9月6日）

- 苫東厚真火力発電所の停止 ➡ 全道ブラックアウト

ライフラインのストップ

- 特に冬場の北海道においては命に関わる問題

ブラックアウト対策 ➡ 地産地消のエネルギーマネジメント



地域マイクログリッド

地域熱供給システム

○分散型エネルギー源&蓄電池

○コミュニティ内でエネルギーを生産・消費

出典：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究目的・内容

目的

将来の再エネ普及が進んだカーボンフリー社会において，
災害時に必要最低限のエネルギー供給が可能な
地産地消のエネルギーマネジメントシステムの構築

内容

電力

- 地域マイクログリッドを模擬した対象地域において，電力需要を満たし最適となる発電設備構成の検討

熱

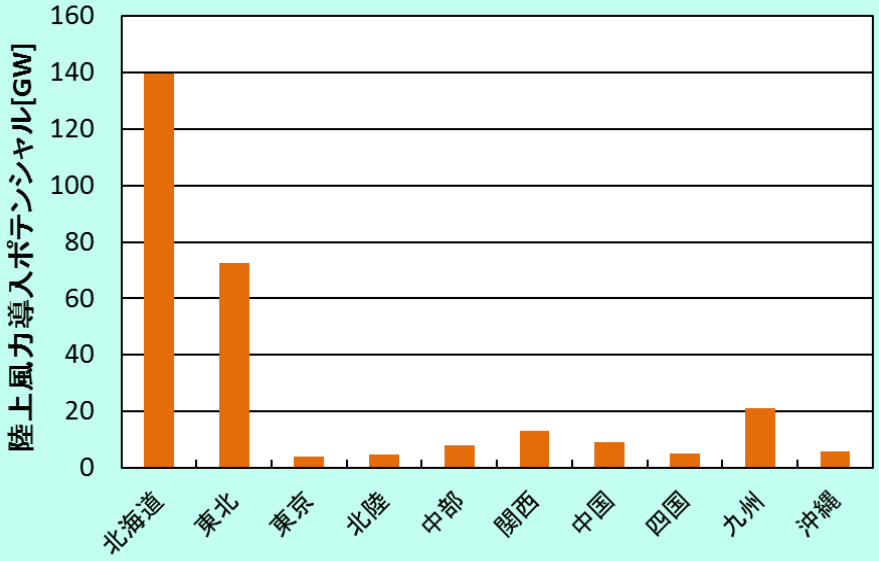
- 地域熱供給モデルを検討し，熱需要を満たし最適となるシステムを評価

2050年の北海道

再生可能エネルギーのコストが十分安価になると予想される

北海道 ➡ 風況が良く，土地利用の観点からも最適

- 約50%の陸上風力導入ポテンシャルが北海道に集中
- 太陽光発電の導入ポテンシャルも全国的に見て高水準



風力発電の導入ポテンシャル
(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社より)

➡ **再生可能エネルギー大量導入の適地である**

2. 解析方法

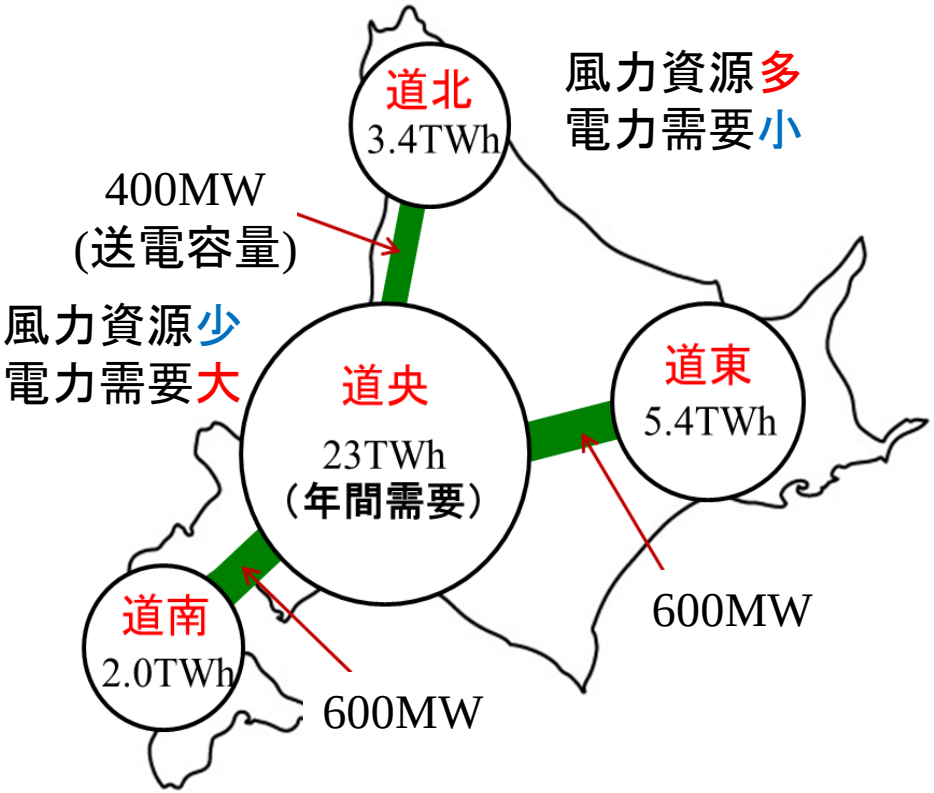
2.1．電力解析

解析対象および制約

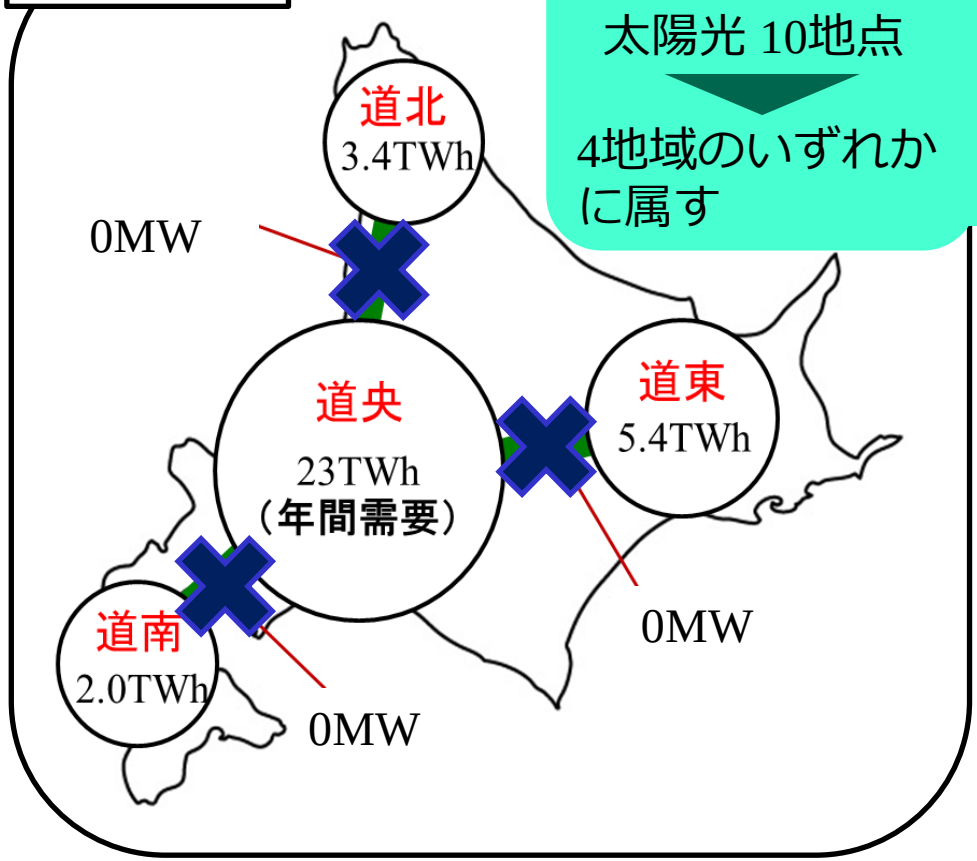
北海道4地域を区切り，送電を使用しないことによってコミュニティを模擬

電力需要の偏りを考慮

送電あり



送電なし



再エネ資源・冬季熱需要が顕著な北海道を対象に解析

➡ 他のケースにも応用可能

コストの算出

総コスト

各発電設備・変動対策技術に要する，減価償却年数で割った
1年あたりの設備費・運用費・燃料費の合計

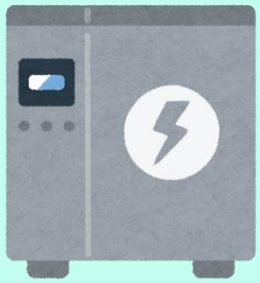
発電設備

- 建設費
- 運転維持費
- 燃料費（火力のみ）
- 社会的費用

→ **発電コスト[円/kWh]**

＋

蓄電池



- 建設費
- 運転維持費

→ **導入コスト[円/kW(kWh)]**

↓

総コスト[円/年]

出典:いらすとや

解析パラメータ｜発電

	Hydro	Coal	LNGCC	LNGOC	Wind	PV
Initial cost [10^3yen/kW]	640	250	120	83.8	252	222
Fixed O&M cost [10^3yen/kW/year]	9.1	10	3.7	0.74	5.3	3.2
Variable cost [yen/kWh]	0.20	9.1	14	16	0.30	0.20
Useful life [year]	40	40	40	40	20	30

経済産業省・資源エネルギー庁
発電コスト検証ワーキンググループ 2030年推定

再生可能エネルギーが十分安価となった2030年の値を採用
金利は3%

NaS電池

Cost items	**NaS battery[1]**
Initial cost [10^3yen/kW]	47.4
Initial cost [10^3yen/kWh]	38.6
Fixed O&M [10^3yen/kW/year]	3.38
Variable O&M [yen/kWh]	0.233
Useful life [year]	15

[1] B. Zakeri, S. Syri, Renew. Sustainable Energy Rev, 42, 569–596, (2015)

解析方法｜最適化ツール

使用ソフト:
NTTデータ数理システムの数理計画法パッケージ
Numerical Optimizer

<u>線形計画法を用いた最適化</u>(変数:制約式:)により,
1年間の総コストを最小化

解析方法

需給データ（1時間ごと）
・電力需要
(北海道電力2014年使用量データより)
・風力・太陽光発電の出力変動
(気象庁の2014年気象データより)

エネルギー供給技術
風力　太陽光　石炭火力
LNGOC(オープンサイクル)
LNGCC(コンバインドサイクル)　水力

変動対策データ
蓄電池(NAS電池)

解析対象期間：1年間

再生可能エネルギー割合
（全需要を満たす風力
・太陽光発電の割合）

総コスト最小化
⇒線形計画法

制約を満たした条件下で

◎総コスト
◎出力変動
◎設備容量

	Case A	Case C
NaS電池導入	×	○

総コスト
発電設備，変動対策技術に要する設備費，運用費，燃料費の総和

2. 解析方法

2.2 . 熱供給解析

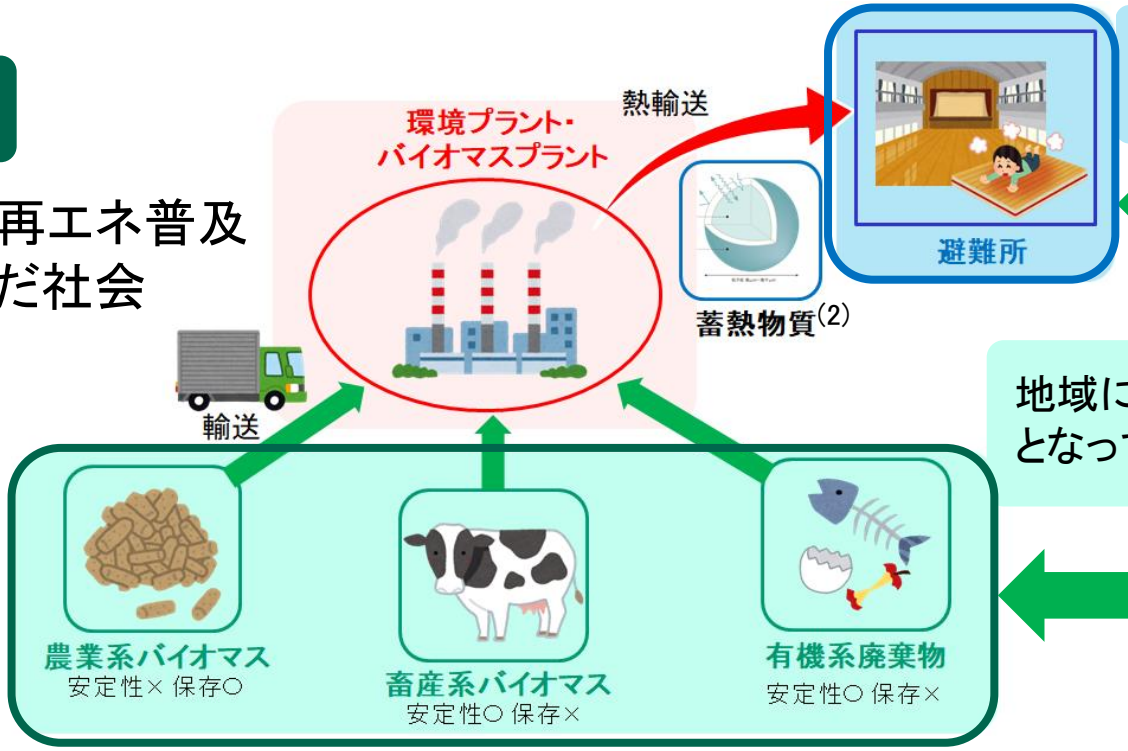
熱供給モデルの対象および概要

想定

冬季災害時，電力が使えない際に学校・病院・庁舎などを対象（災害復旧まで72時間程度と仮定）

モデル

将来の再エネ普及が進んだ社会



公共施設の熱需要分布が必要

地域に広く分布し，未利用となっている資源を利活用

富良野市を対象

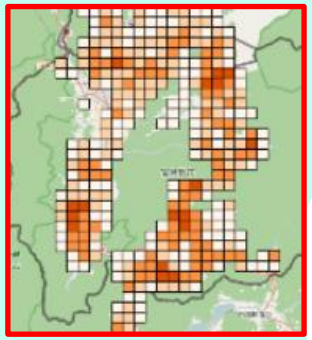
データ

解析に用いるGIS（地理情報システム）データは，北海道立総合研究機構様および富良野市様からご提供いただいた

出典：(2) 富士フィルム株式会社、その他イラスト：いらすとや

熱供給モデル解析の詳細

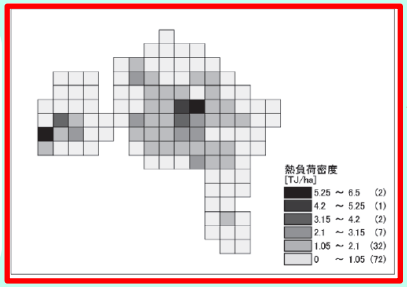
インプットデータ



各資源毎の地理情報・賦存量(3)

賦存量・利用可能量

需要量



対象地域の公共施設等の熱需要(3)

各技術のコスト

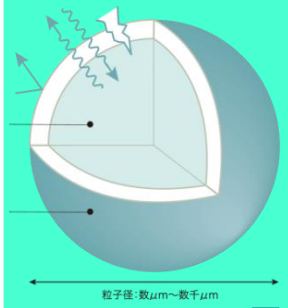
建設・燃料・維持コスト等(3)

【機器単価】
重油ボイラ 1 万円/kW，チップボイラ 10 万円/kW
ペレットボイラ 8 万円/kW，RDF ボイラ 8 万円/kW
地中熱ヒートポンプ 10 万円/kW，
重油コージェネレーション 40 万円/電力 1kW
木チップコージェネレーション 100 万円/電力 1 k W
燃料サイロ 7 万円/kW，地中熱交換器 1 万円/m

【燃料単価】
重油 75 円/L，プロパンガス 1200 円/m3，木チップ 1
乾燥木チップ 21 円/kg，ペレット 45 円/kg，RDF3 円

最適化

アウトプットデータ



蓄熱物質

供給手段

コスト・性能等を考慮した最適な供給手段・ルート

＋

プラント候補地

供給地・需要地を考慮し最適な候補地を選択(3)

＋

燃料種類

コスト・安定性等を考慮した最適な燃料選択(3)

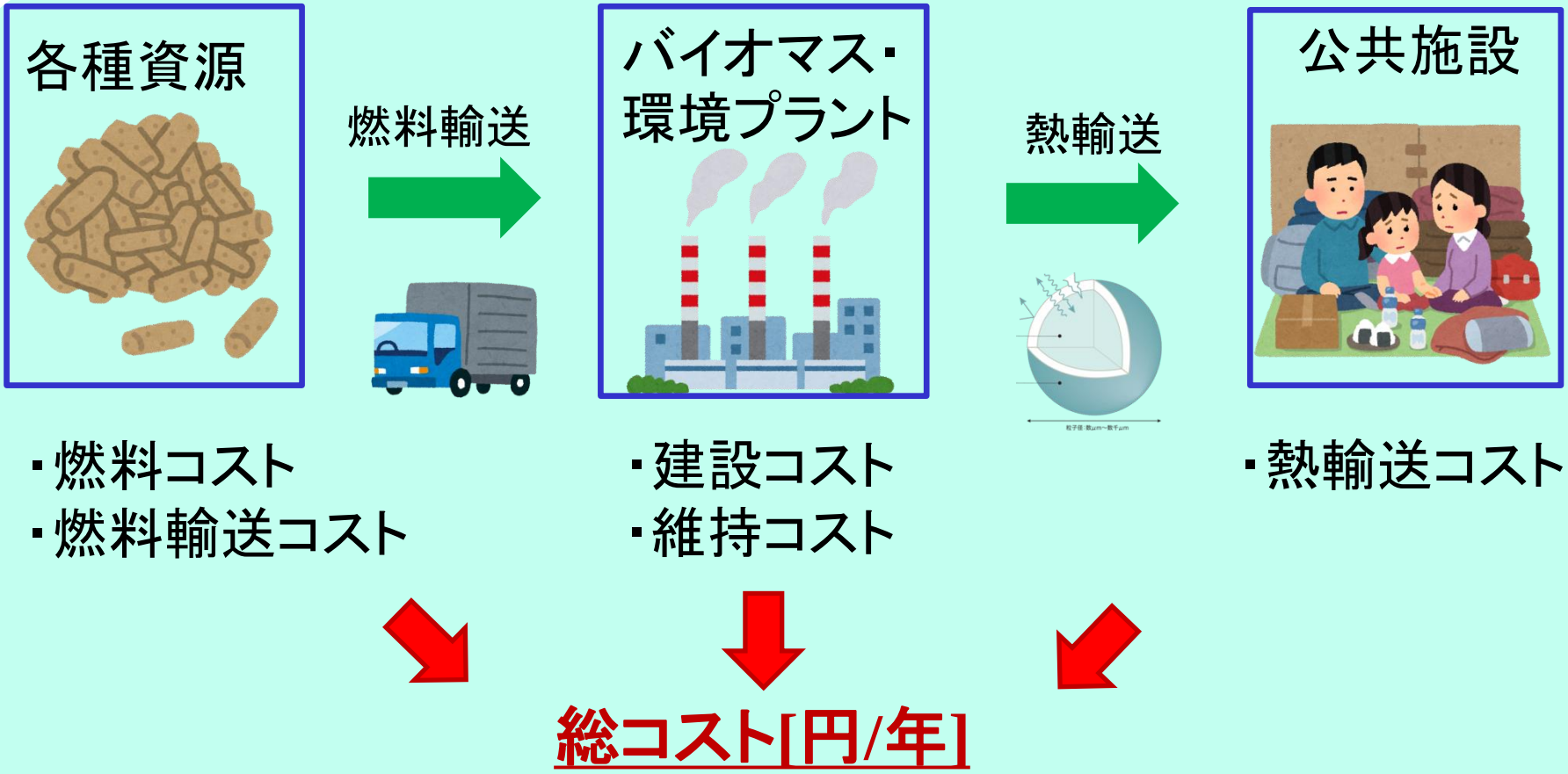
解析対象期間：
72時間程度

出典：(3) 北海道立総合研究機構 戦略研究報告書
地域・産業特性に応じたエネルギー分散型利用モデルの構築

コストの算出

総コスト

燃料・燃料輸送コスト・プラントコスト・熱輸送コストの合計



出典:いらすとや

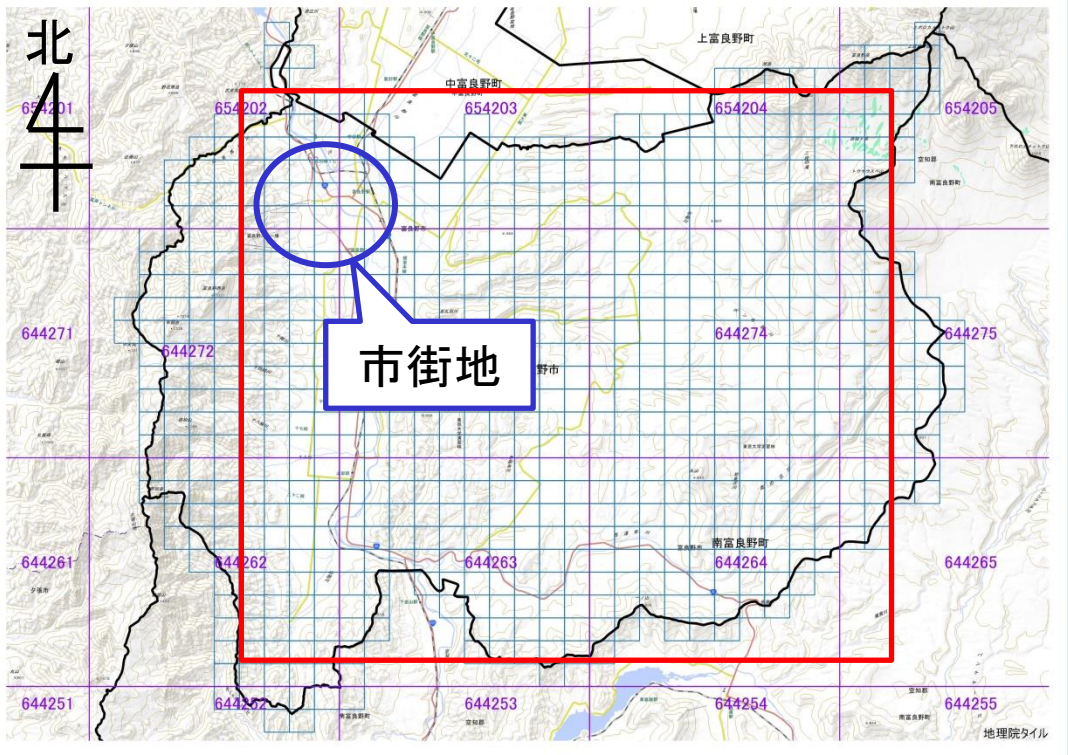
解析設定

解析設定

富良野市内(右図)[4]
を対象

1km四方のメッシュを
縦×横 = 25×26

各メッシュ毎に賦存量
や熱需要が分布



インプットデータ

今回対象の資源は木質系バイオマスのみに限定し,
コストパラメータは仮の値を用いて解析を行った

出典:(4) 北海道立総合研究機構

解析方法

対象地域

富良野市

賦存量データ(GISデータ)
・各種バイオマスの座標および賦存量
（今回は木質系バイオマスのみ）

＋

需要量データ(GISデータ)
・対象地域の公共施設の座標および需要量

解析対象期間：1年間

総コスト最小化
⇒線形計画法

制約を満たした条件下で

◎集積座標・量
◎プラント座標・規模・個数
◎熱供給手段

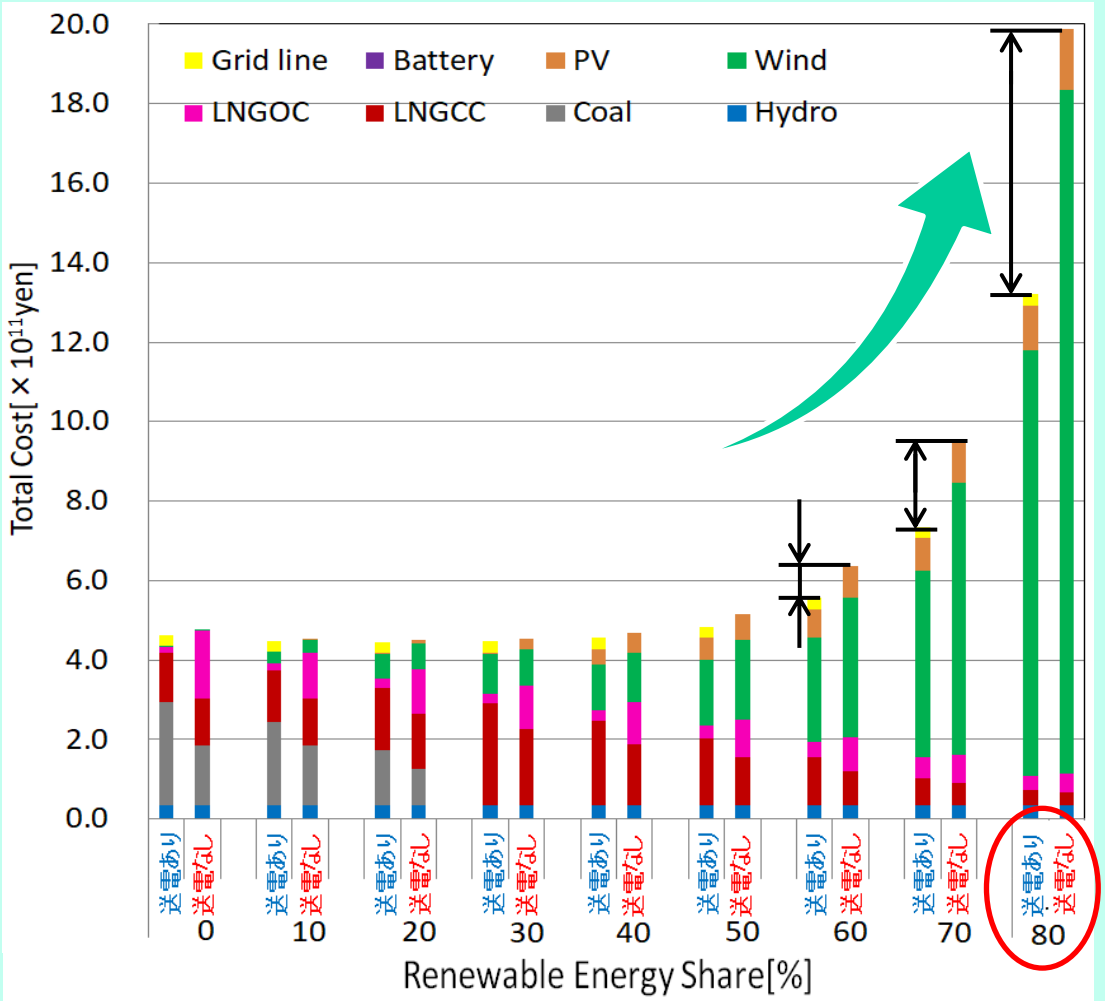
総コスト
燃料・燃料輸送コスト・プラントコスト・熱輸送コストの合計

※ただし今回の解析では集積座標・量についてのみ求めた

3. 電力解析の結果

対策なし（Case A）のコスト

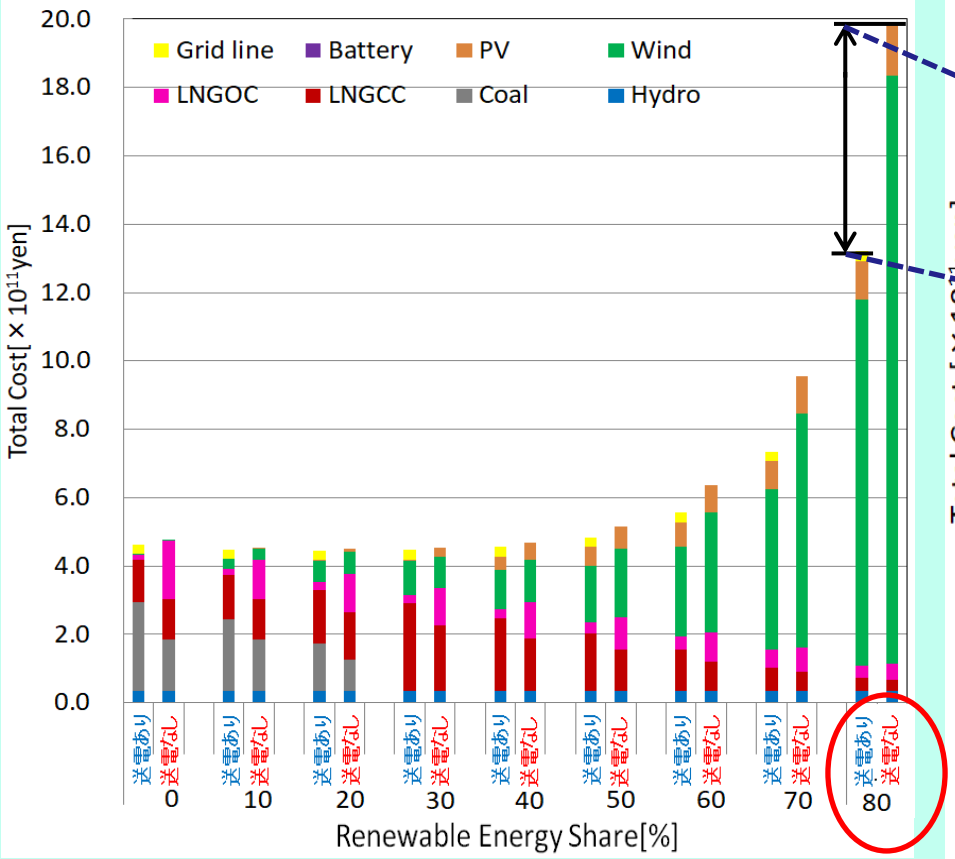
対策なし（Case A）



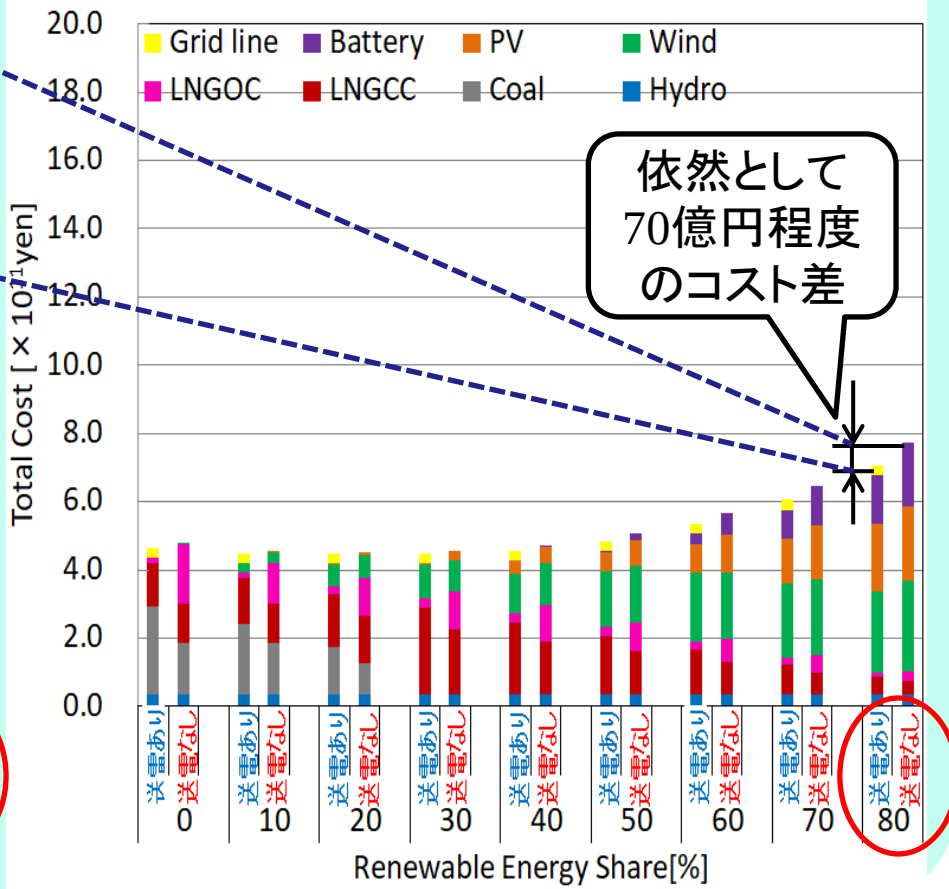
再エネ割合上昇に伴いコスト急増 → 送電の有無でコスト差が顕著に

対策有無のコスト比較

対策なし（Case A）



蓄電池あり（Case C）

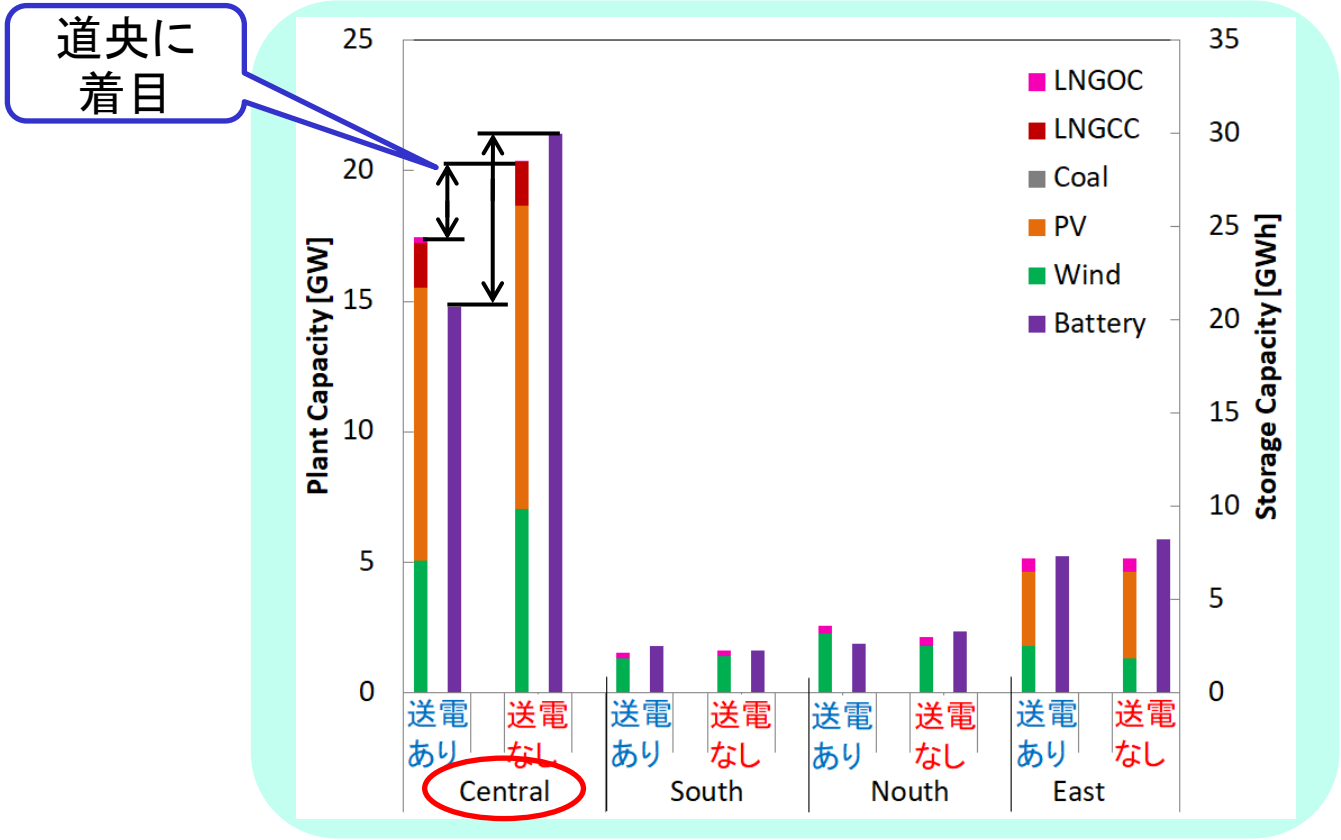


蓄電池の導入により，送電有無のコスト差を縮小することが可能

➡ しかしながら，対策を講じるも依然としてコスト差が生じる

設備容量比較（蓄電池あり）

- 道内各地域の設備容量（再生可能エネルギー割合80%）



- 分断されると全需要を満たすため設備が過大に → **市町村スケールでより顕著**

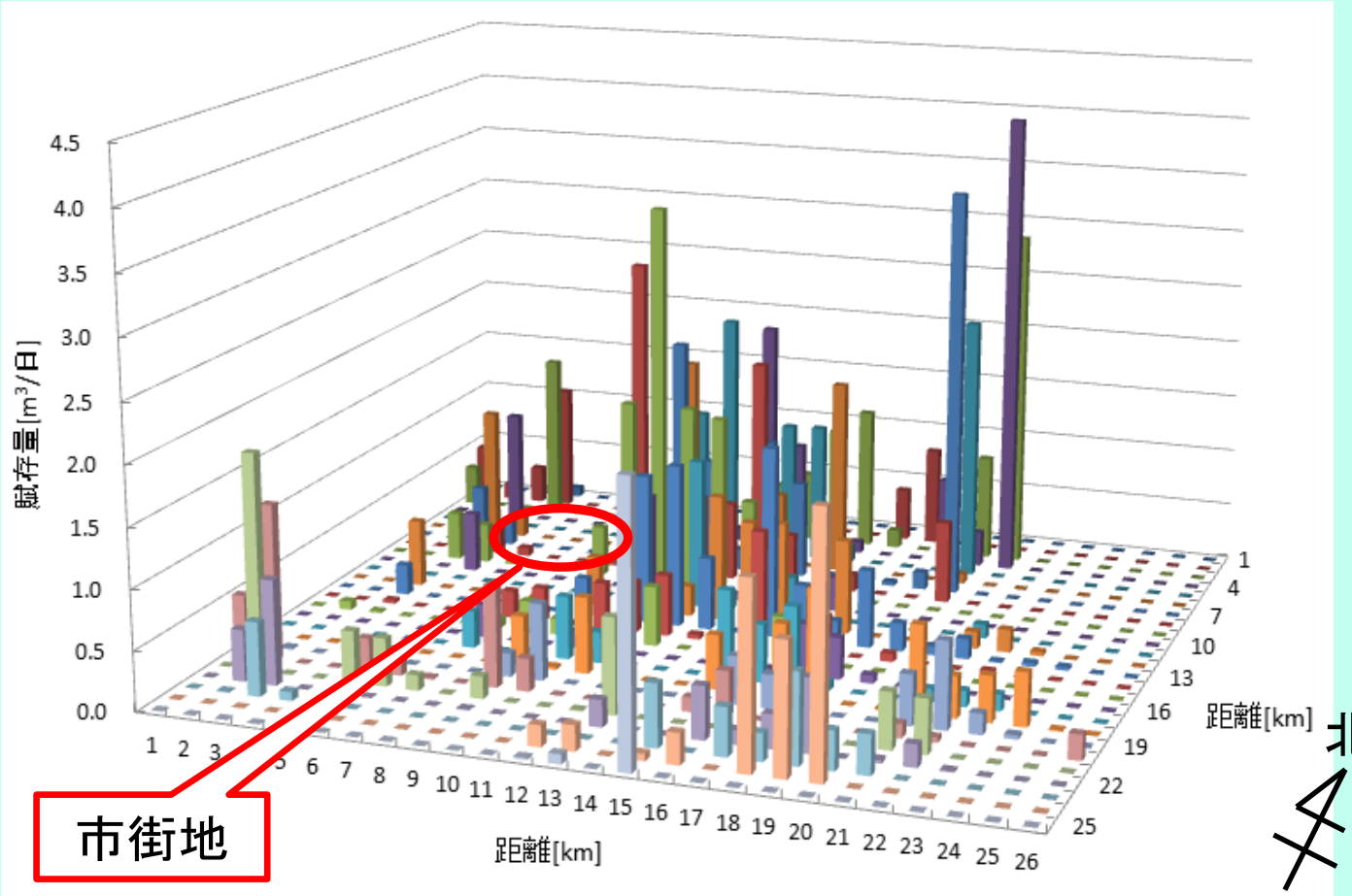
重要

平時は他地域含め全域で最適化した需給調整を行え，
災害時は個別の地域で必要最低限のエネルギーを担保できるシステム

4. 熱供給解析の結果

インプットGISデータ①

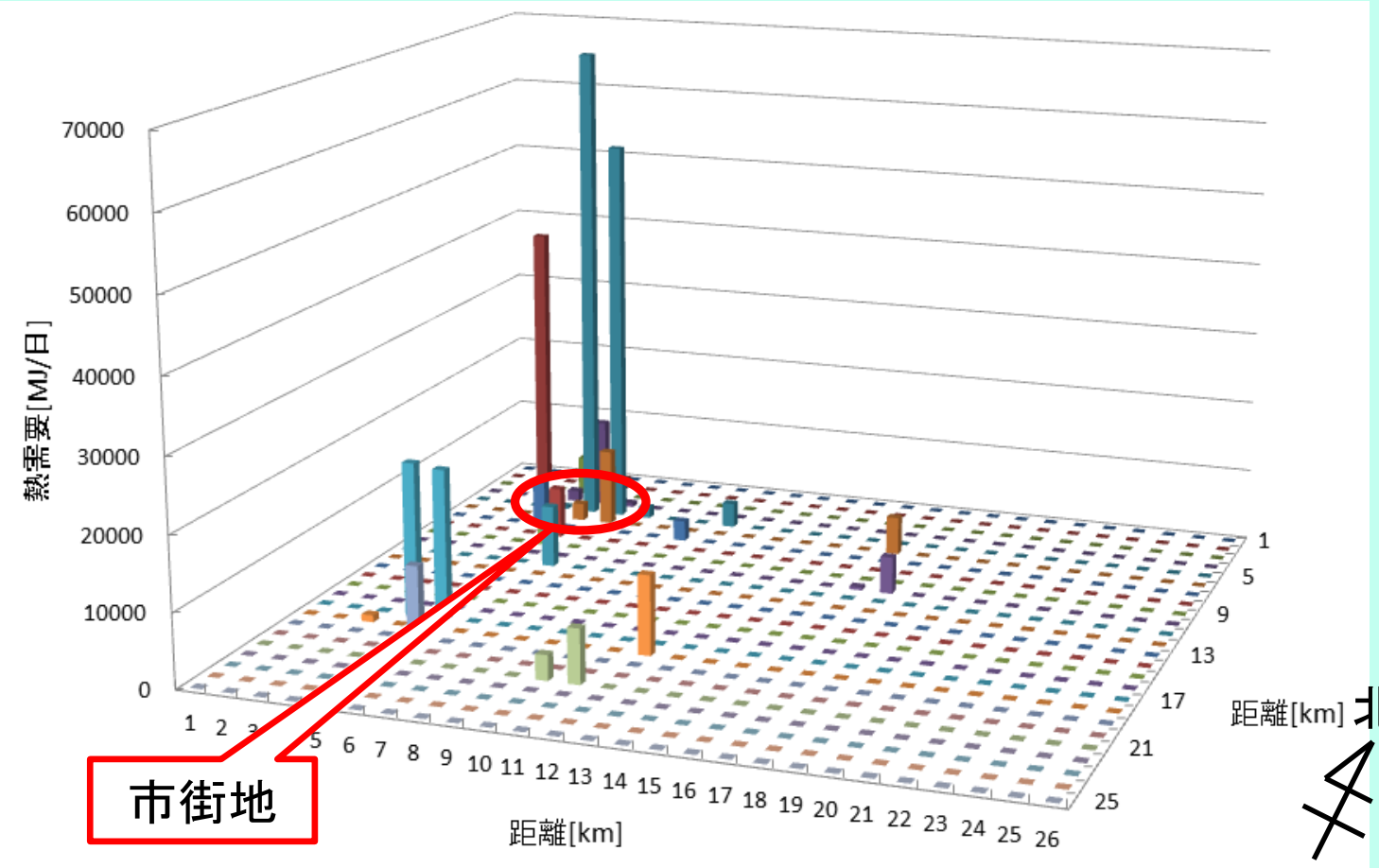
木質系バイオマス賦存量分布



市街地を避けた山間部に集中的に分布
富良野市周辺は木質系バイオマスが非常に豊富

インプットGISデータ②

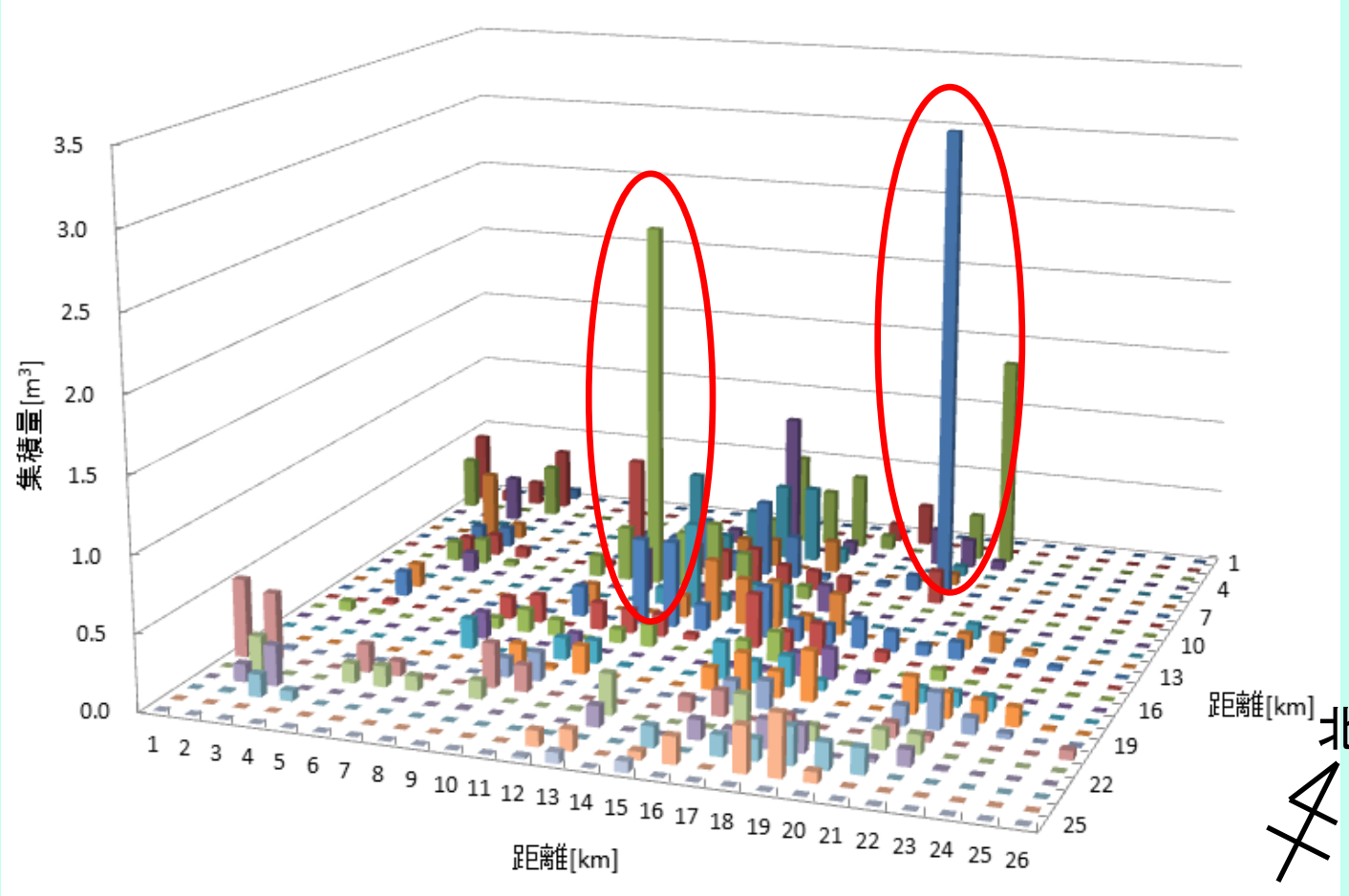
公共施設熱需要分布



一方，熱需要分布は市街地に極端に集中
市役所や避難所となる施設が多く位置する

アウトプットデータ

木質系バイオマス集積量分布



災害時，公共施設の熱需要を満たすために，
一部座標から集中的に集積する結果となった

5. まとめ

まとめ

電力

1. 変動対策なしでは設備が過大となり，コストが増大するため，地域マイクログリッドを実現するのは難しい．しかし蓄電池の導入によって送電有無のコストを縮小することが可能である．
2. 平時には全域で需給調整を行い，災害時には分断された個別の地域で必要最低限のエネルギーを担保できるシステムを構築することが重要である．

熱供給

1. 富良野市を対象に賦存量と需要量のGISデータを用いて，最適な集積座標および集積量を取得した．
2. 木質系バイオマスのみをインプットした結果は，市街地を避けた山間部の一部座標から多くの量を集積し，公共施設への熱供給へ用いることが示された．