



国立環境研究所  
福島地域協働  
研究拠点

環境の“知”を、地域とともに。

# 持続可能な地域づくりと脱炭素社会ビジョン

日本建築学会土木学会連携タスクフォース・脱炭素WG  
オンラインワークショップ

2024年3月29日

五味 馨

国立環境研究所 福島地域協働研究拠点

# Contents

スケールをまたいだ地域のエネルギーマネジメント

- 市・地域で脱炭素を進めるための課題
- 脱炭素社会ビジョン 計画策定の課題
  - 排出とアクションの「スコープ」
  - エネルギーと多課題解決
- 大熊町ゼロカーボンビジョンの事例

# 地方政府の気候変動緩和目標

- C40 Cities Climate Leadership Group
  - 96 都市, 世界経済の20% (Oct.17th, 2022)
  - <https://www.c40.org/>
- 気候とエネルギーに関する欧州首長誓約 (Covenant of Mayors for Climate & Energy Europe)
  - 署名数11,619 (Mar.31st, 2023)
  - <https://www.covenantofmayors.eu/en/>
- 気候とエネルギーに関する世界首長誓約 (Global Covenant of Mayors for Climate & Energy )
  - 署名数12,693, 住民11億人 (Mar.31st, 2023)
  - <https://www.globalcovenantofmayors.org/>
- 日本の地方公共団体による2050ゼロカーボンシティの表明
  - 45都道府県、510市、21特別区、252町、43村 (Feb.28th, 2023)
  - 107 million people (prefectures), 89.5 million people (municipalities)
  - <https://www.env.go.jp/policy/zerocarbon.html>
- 少なくとも世界の800都市がネットゼロ目標を策定
  - Fankhauser et al. (2022) *Nature Climate Change*.



国立環境研究所  
福島地域協働  
研究拠点

環境の“知”を、地域とともに。

# 都市・地域で脱炭素を 進めるための課題



# 目標・計画の有無と小規模自治体への支援

Salvia *et al* (2021) *Journal of Cleaner Production*.

- 欧州の327都市を調査
- 25% (81都市)が脱炭素(カーボンニュートラル)目標を策定済み
- 人口規模と強い相関があるもの:
  - 目標の有無
  - 目標の野心度(ambition)
  - 緩和と適応の統合
- 小規模な都市は都市間のネットワークとの繋がりを欠くことが多く、それがより目標・計画の策定を難しくしていると考察

# 都市・地域で脱炭素を進めるための課題

- 計画: 脱炭素の定義、時期、多分野の統合、モニタリングと評価
- 技術: エネルギー、建物、交通、産業、吸収源
- 制度: 資金、炭素と技術の価格、国政府の支援 (計画と実行)
- 社会: SH参画、意識、行動変容、公平性、多便益

表: 文献による都市の脱炭素化の課題

UN Economic Commission for Europe. (2011)	Fay et al. (2015)	Hunovila et al. (2022)	Ramaswami et al. (2021)	Churkina. (2021)	Fankhouser et al. (2022)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urban energy infrastructure</li> <li>• Residential and service buildings</li> <li>• Urban form and low carbon mobility</li> <li>• Green spaces and water systems</li> <li>• Waste management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Early action</li> <li>• Planning ahead (longer time frame)</li> <li>• Right prices</li> <li>• Ensure technologies and infrastructure</li> <li>• Behavior change</li> <li>• Finance</li> <li>• Poor people benefit</li> <li>• Multi-benefit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Common definition of CN</li> <li>• Evaluation method</li> <li>• Support for planning and implementation</li> <li>• Stakeholder engagement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring carbon emission sources</li> <li>• Designing community-wide low-carbon transitions</li> <li>• Informing household actions</li> <li>• Decarbonizing trade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrated spatial planning</li> <li>• Single-sector efficiency, conservation, and lifestyle changes</li> <li>• Cross-sector urban industrial symbiosis</li> <li>• Decarbonize electricity</li> <li>• Electrify heating and mobility</li> <li>• Carbon valorization</li> <li>• Enhance carbon uptake and stocks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urgency (front-loaded, comprehensive)</li> <li>• Integrity (cautious use of sequestration, effective regulation of offset)</li> <li>• Consistency (equitable transition, socio-ecological approach, new economic opportunities)</li> </ul>

# 都市・地域で脱炭素を進めるための課題

- 計画：脱炭素の定義、時期、多分野の統合、モニタリングと評価
- 技術：エネルギー、建物、交通、産業、吸収源
- 制度：資金、炭素と技術の価格、国政府の支援（計画と実行）
- 社会：SH参画、意識、行動変容、公平性、多便益

表：文献による都市の脱炭素化の課題

UN Economic Commission for Europe. (2011)	Fay et al. (2015)	Hunovila et al. (2022)	Ramaswami et al. (2021)	Churkina. (2021)	Fankhouser et al. (2022)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urban energy infrastructure</li> <li>• Residential and service buildings</li> <li>• Urban form and low carbon mobility</li> <li>• Green spaces and water systems</li> <li>• Waste management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Early action</li> <li>• Planning ahead (longer time frame)</li> <li>• Right prices</li> <li>• Ensure technologies and infrastructure</li> <li>• Behavior change</li> <li>• Finance</li> <li>• Poor people benefit</li> <li>• Multi-benefit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Common definition of CN</li> <li>• Evaluation method</li> <li>• Support for planning and implementation</li> <li>• Stakeholder engagement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring carbon emission sources</li> <li>• Designing community-wide low-carbon transitions</li> <li>• Informing household actions</li> <li>• Decarbonizing trade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrated spatial planning</li> <li>• Single-sector efficiency, conservation, and lifestyle changes</li> <li>• Cross-sector urban industrial symbiosis</li> <li>• Decarbonize electricity</li> <li>• Electrify heating and mobility</li> <li>• Carbon valorization</li> <li>• Enhance carbon uptake and stocks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urgency (front-loaded, comprehensive)</li> <li>• Integrity (cautious use of sequestration, effective regulation of offset)</li> <li>• Consistency (equitable transition, socio-ecological approach, new economic opportunities)</li> </ul>

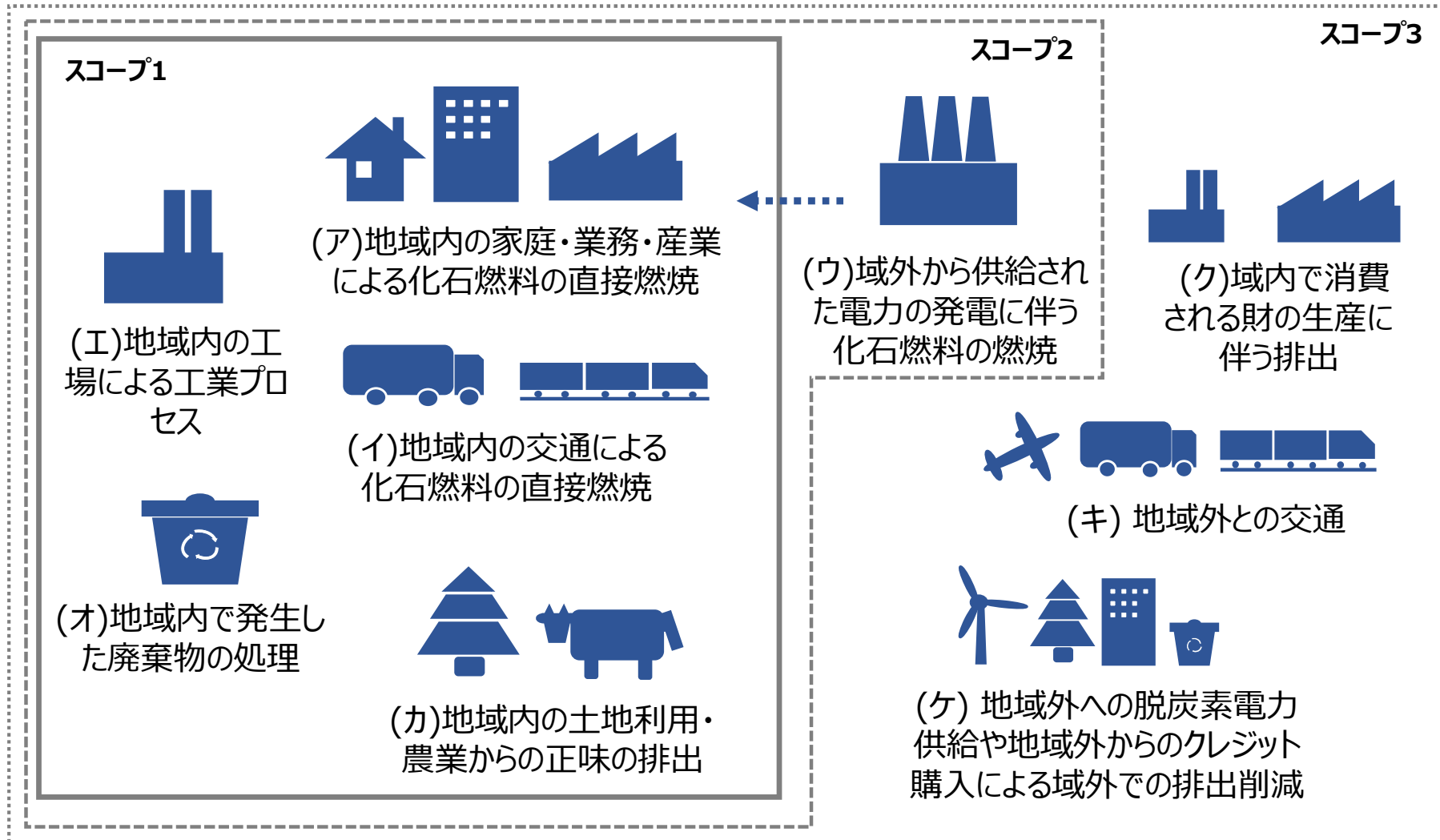


国立環境研究所  
福島地域協働  
研究拠点

環境の“知”を、地域とともに。

# 脱炭素の定義と排出スコープ

# スコープ



Adopted from: *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories*

# スコープ3 (消費ベース)

- 都市の目標にスコープ3を含むべきという主張は多い
  - 都市活動は財の供給地域での排出を誘発する
  - 消費者としての住民の責任、建設物のライフサイクル
  - SDG12 “Responsible consumption” (and production)

Hunovila et al. (2022) *Journal of Cleaner Production.*, Ramaswami et al. (2021) *Nature sustainability.*, Churkina. (2021) *Annual Review of Environment and Resources.*, Chen et al. (2016) *Energies.*, Lakanenb et al. (2022) *Sustainability.*, Lai. (2022) *Sustainability.*, Laine et al. (2020) *Sustainability.*

- 都市とスコープ3の問題点
  - 信頼できる情報源がない
  - 地方政府は域外での (供給元の) 排出をコントロールできない

Kenis and Lievens. (2017) *Environment and Planning A.*

# 提案：効果的なスコープ選定の基準

## 関連性 (Relevance of effort)

その地域の主体の削減の努力が反映されること。

## 把握可能性 (Availability of information)

排出量や排出に関連する活動が把握できること。

## 重要性 (Significance)

量的に重要な排出源が含まれていること。

## 統治力 (Governance)

計画のオーナーである地方政府の影響力が及ぶこと。

## 整合性 (Consistency)

全地域で採用したときに漏れや重複がないこと。

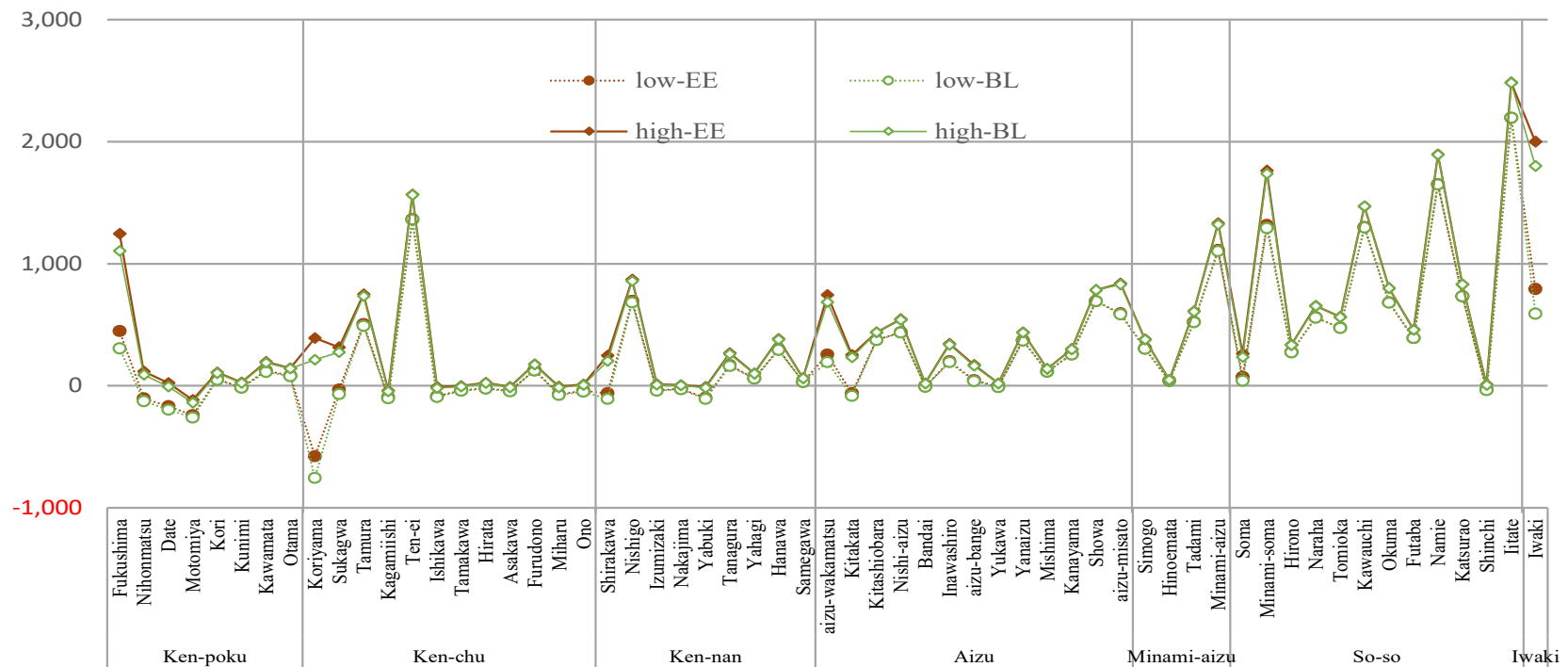
# 基準の利用例

	関連性	把握可能性	重要性	統治力	整合性	判断の例
建物のエネルギー消費の削減	○	△	○	○	○	含める。把握の努力をする。
域外から供給されるエネルギー消費からのCO2排出削減	○	△	○	×	○	関連性の高さから含める。供給元の選択と組み合わせる。
域外から供給される食糧生産に伴うCO2排出削減	△	×	○	×	×	現時点では含めないが、関連アクションは推奨する(フードロス削減など)。



# スコープと地域間連携

- 大規模な需要地と高い供給ポテンシャルのある地域は一致しない
  - 地域間の連携を推進するようなスコープの扱い方も必要
- どのように地域単位をとれば最も合理的に国全体が脱炭素になるか？



福島県内59市町村のエネルギー需要と再生可能エネルギーポテンシャル(太陽光・陸上風力)のバランス  
 Source: Gomi et al (2022) *Grand Renewable Energy 2022 International Conference*



国立環境研究所  
福島地域協働  
研究拠点

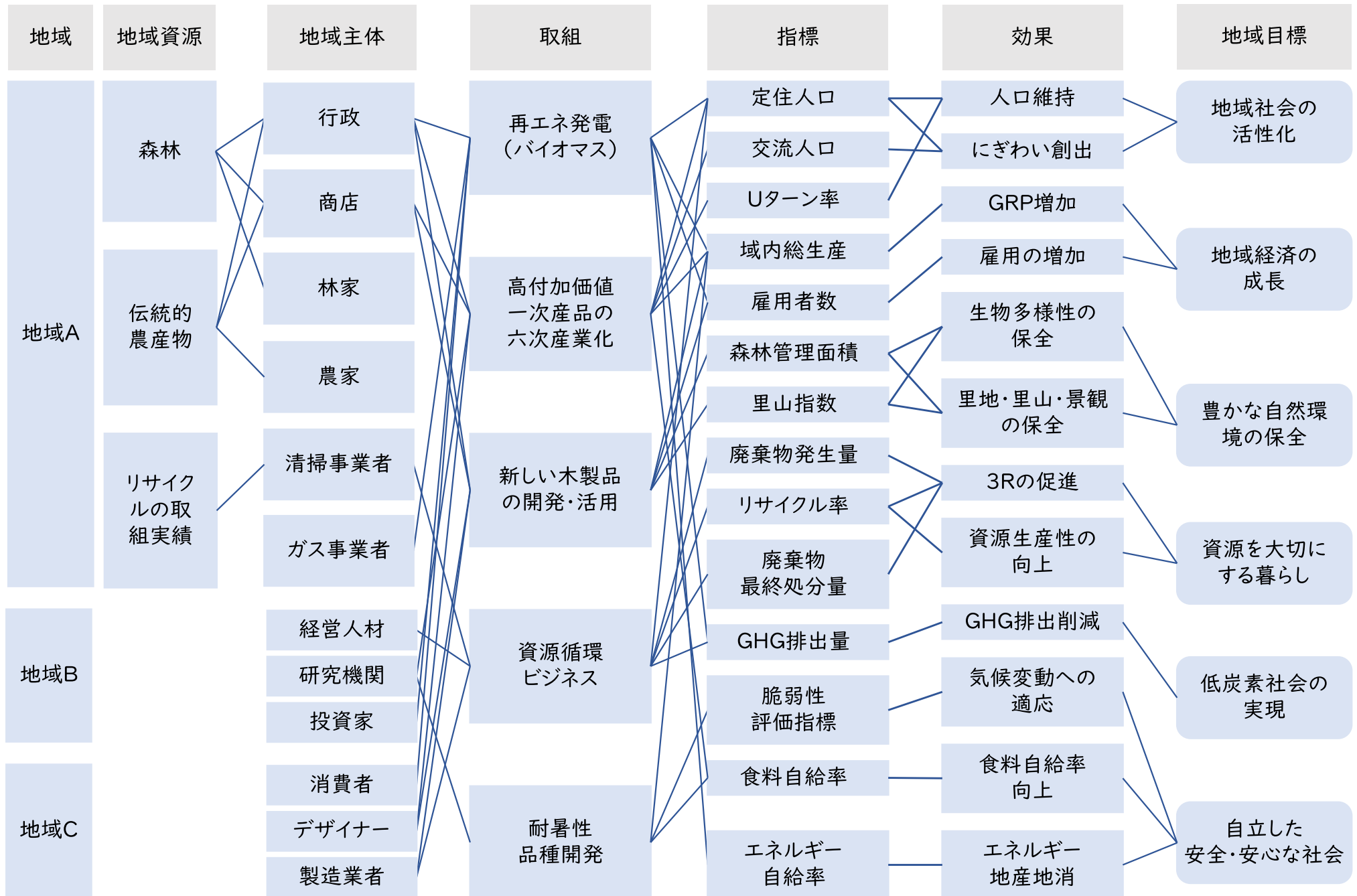
環境の“知”を、地域とともに。

# 地域の脱炭素と共便益・多便益

# 脱炭素の環境効果と地域

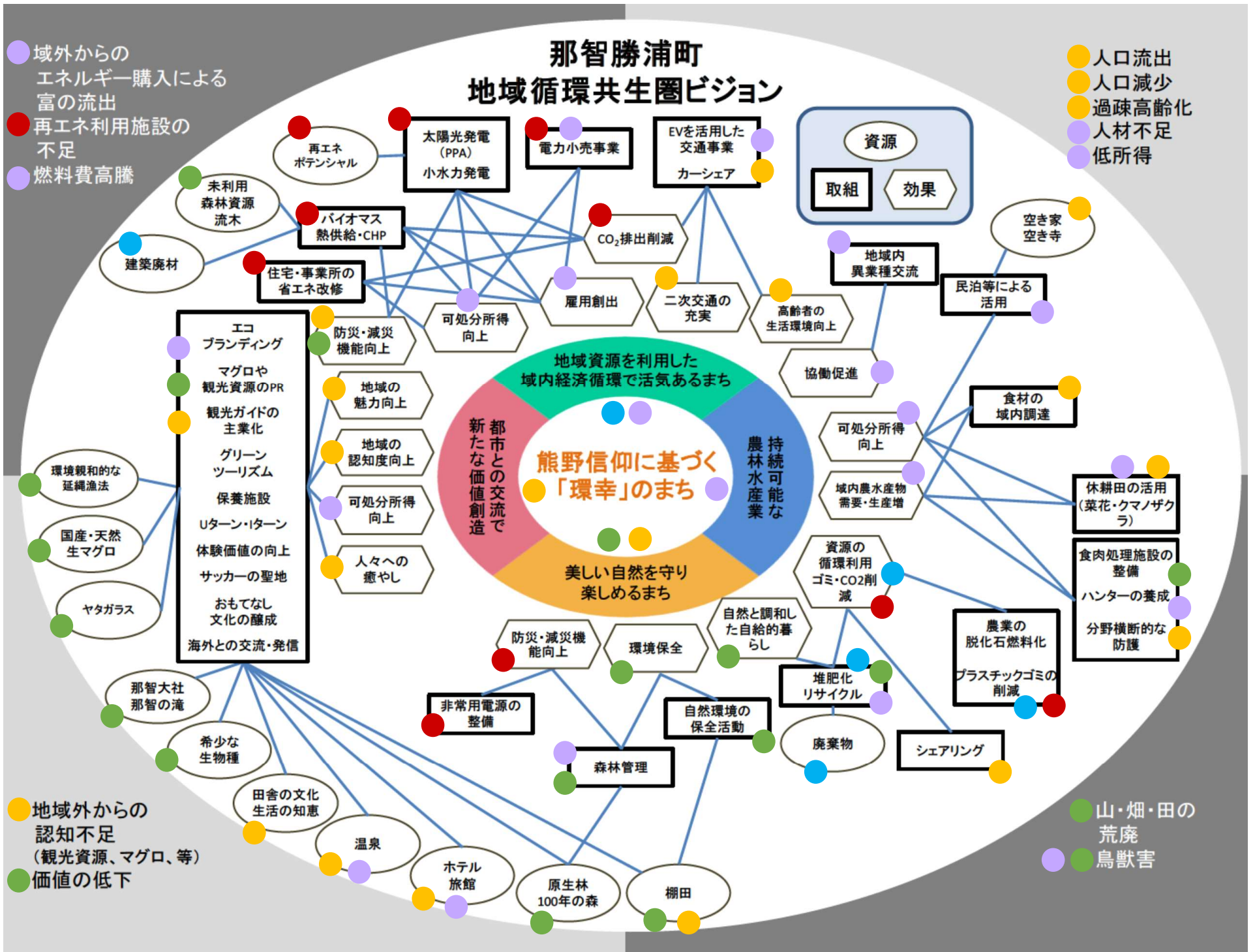
- ある地域だけ脱炭素を達成しても、その地域の気候が安定化するわけではない
- 世界全体で1.5°Cや2°Cの安定化に成功しても、現在よりは気温上昇が進んでいる
- 緩和のコストは発生し、生態系や景観・文化的価値とのトレードオフも顕在化している
  - ⇔ 適応策は実行した地域に益がある

# 地域循環共生圏構築の活動の構造化

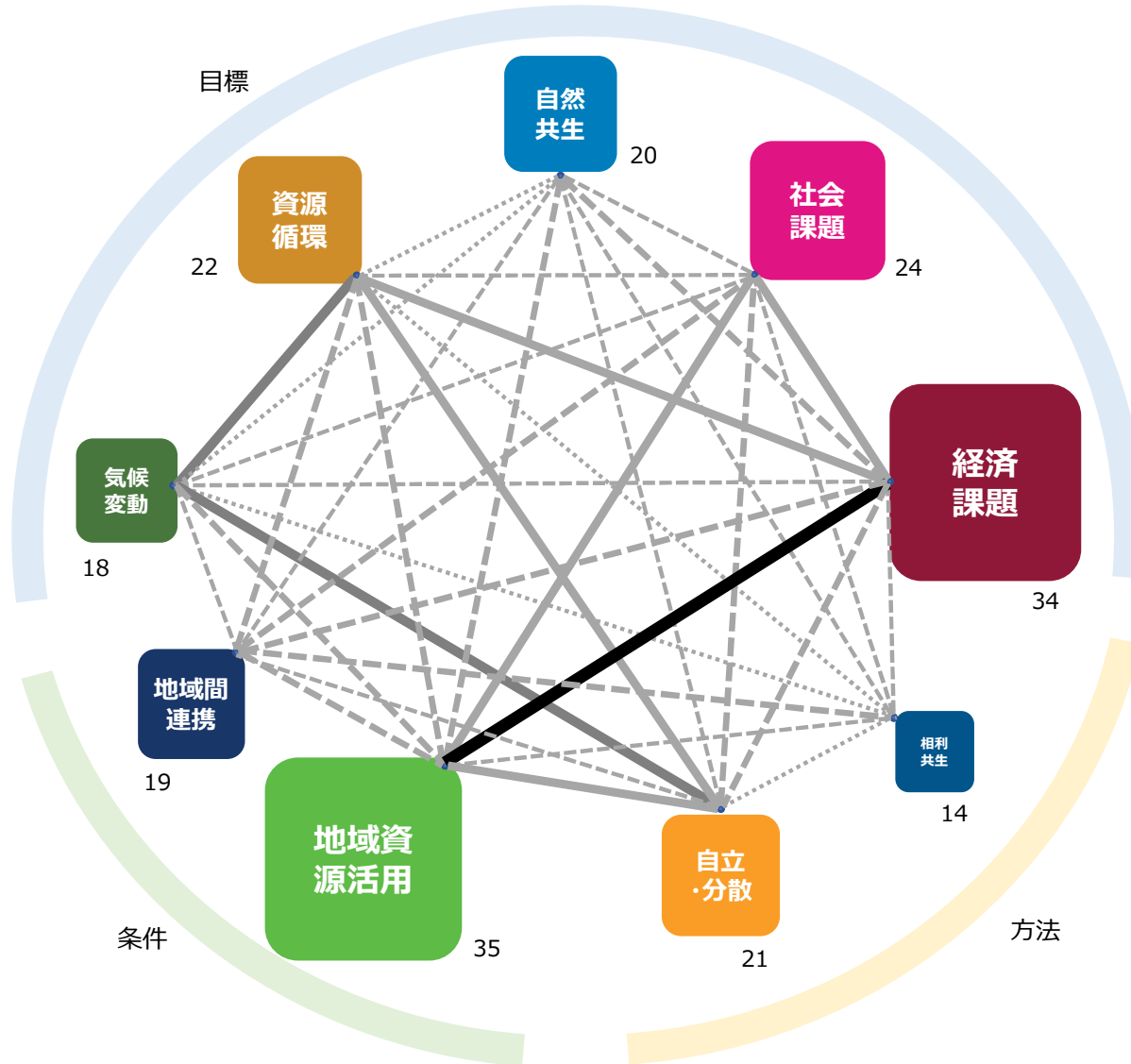








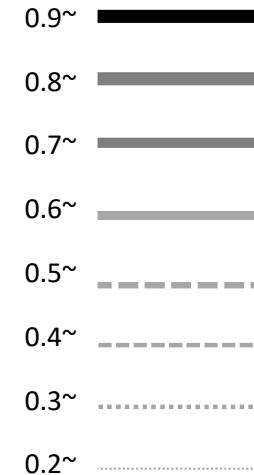
# 地域循環共生圏事業での言及頻度・共起度



## 要素ごとの出現頻度及び共起度

- 四角形のサイズが要素の出現頻度(35団体中の言及した団体数, 添えられた数値に同じ)を示す
- 要素間をつなぐ線(太さ・濃さ・実線or破線)が共起度(Jaccard係数)を示す
- 共起度が高いほど、互いに、一方が言及された場合には他方も言及されている

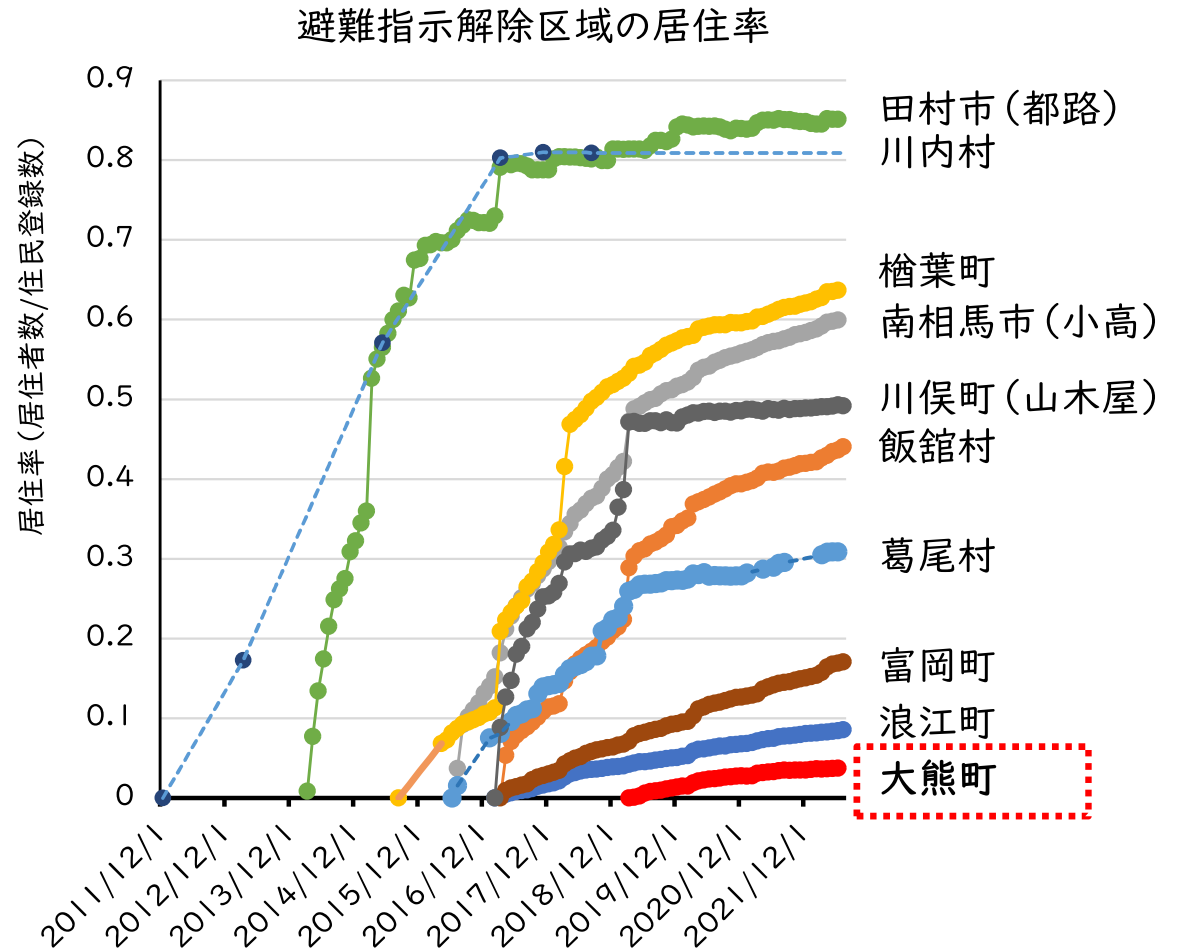
## Jaccard係数



- 環境省「令和元年度環境で地方を元気にする地域循環共生圏づくりプラットフォーム事業」に採択された各団体の活動内容について、公表資料中における9要素各々への言及の有無を機械的に判定。
- ひとつの団体が言及した要素数の平均5.9、全9要素に言及6団体(北岩手、根羽、真庭、宗像、東近江、北摂)
- 言及団体数最多:地域資源活用(35) 最少:相利共生(14)
- テキストマイニングで用いられる共起度分析で要素同士の関係を分析
  - 共起度が高い…経済課題&地域資源活用、気候変動&自立・分散、気候変動&資源循環
  - 共起度が低い…気候変動&自然共生、資源循環&自然共生、自立・分散&相利共生

# 大熊町ゼロカーボンビジョン

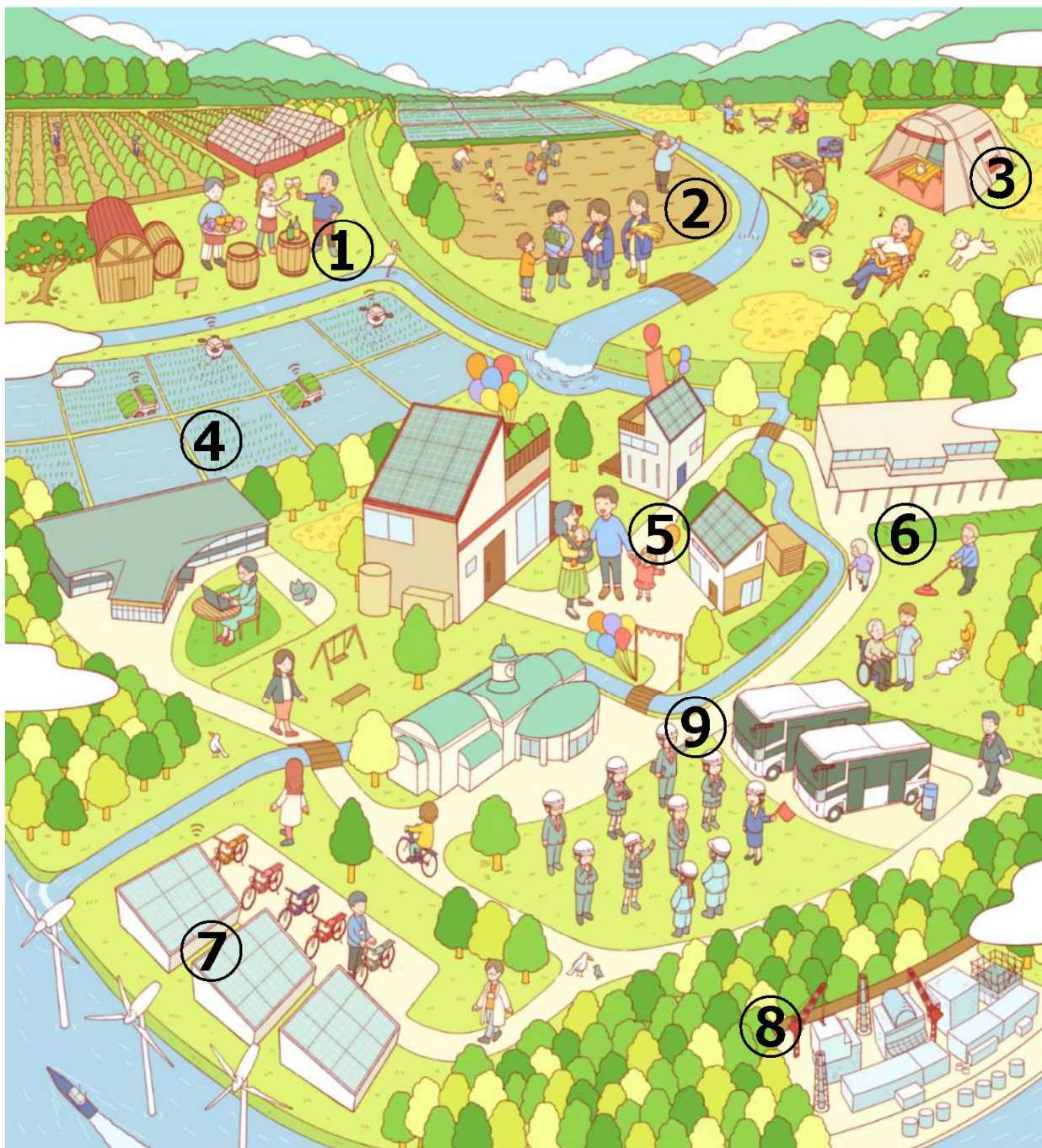
- 大熊町では2018年に帰還困難区域をのぞく避難指示解除
- 2023年10月1日の町民の町内居住率は5.8% (登録9982人、居住586人)





# 大熊町ゼロカーボンビジョン

- 復興の手段として庁内提案でゼロカーボンを採用
- 2020年2月にゼロカーボン宣言、ビジョン策定に着手
- 2021年3月にビジョン公表
- 復興に関連する事業をビジョンの中に位置づけ
  - 住宅供給[ZEH、EV]
  - 産業誘致[RE100産業団地]
  - 再エネ開発[PV、風力]
  - 吸収源整備[森林]



## 中期的な人口目標 4,000人

【大熊町の未来図 イラストアイデア解説】

- ①リキュール製造事業
- ②高齢者を担い手とした6次産業化の実施
- ③キャンプを活用した防災学習事業
- ④農業技術開発拠点の整備事業
- ⑤ZEH住宅展示場整備
- ⑥地域医療機関の機能拡充
- ⑦RE100データセンターの設置
- ⑧国際研究拠点の整備・誘致事業
- ⑨修学旅行誘致

※このイラストはまちづくりミーティングの参加者の事業アイデアを寄せ合わせた未来図として描かれたものです。

# スコープ

- スコープ2を基本
  - 町内で利用するエネルギー
  - 町内で発生した一般廃棄物の処理（関連性）
  - 土地利用からの正味の排出（森林を吸収源として期待）
- 除外
  - 工業プロセス（重要性）
  - 原子力発電所の廃炉、中間貯蔵施設（統治力）
  - 避難中の住民の活動によるもの



## 5 シナリオの推計結果-CO2 超先導シナリオ（再エネ導入迅速化）

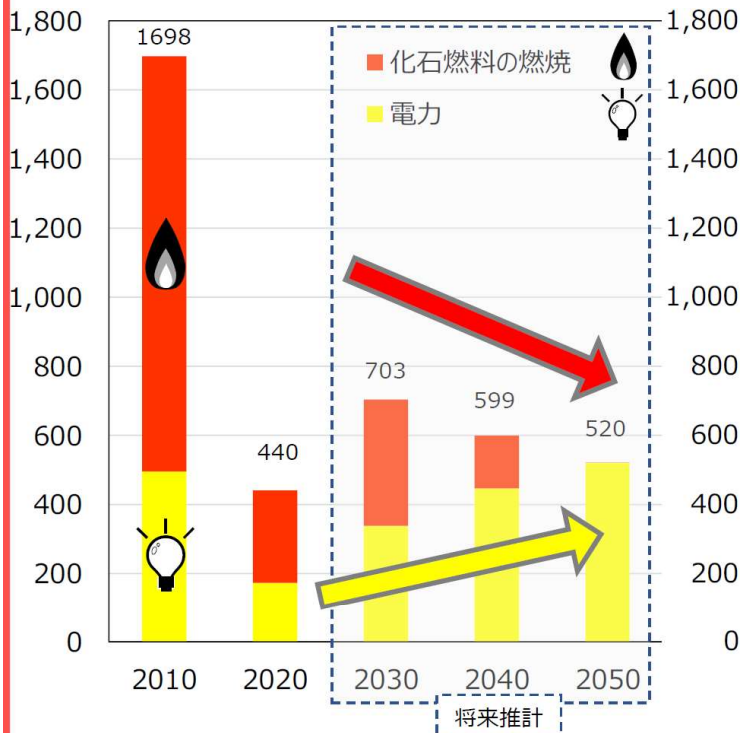


### 推計結果

- 全国に先駆けた地域として、**2030年に域内電力100%再エネを達成**し、さらに外部供給を目指す。
- 先導シナリオよりさらにチャレンジングなシナリオとして、2020年から**2030年までの10年間を集中的な再エネ導入期間**とし、地産地消のみならず地産外商を見据えていく。

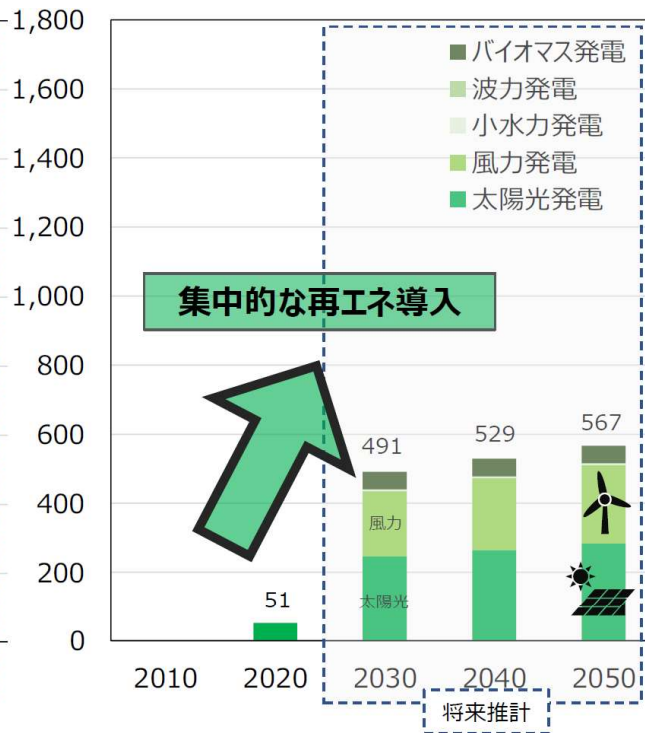
### エネルギー

#### エネルギー消費量 (TJ)



- ・エネルギー消費量（総量）の削減
- ・化石燃料の削減（2050年にゼロ）
- ・電化の推進（2050年に電化率100%）

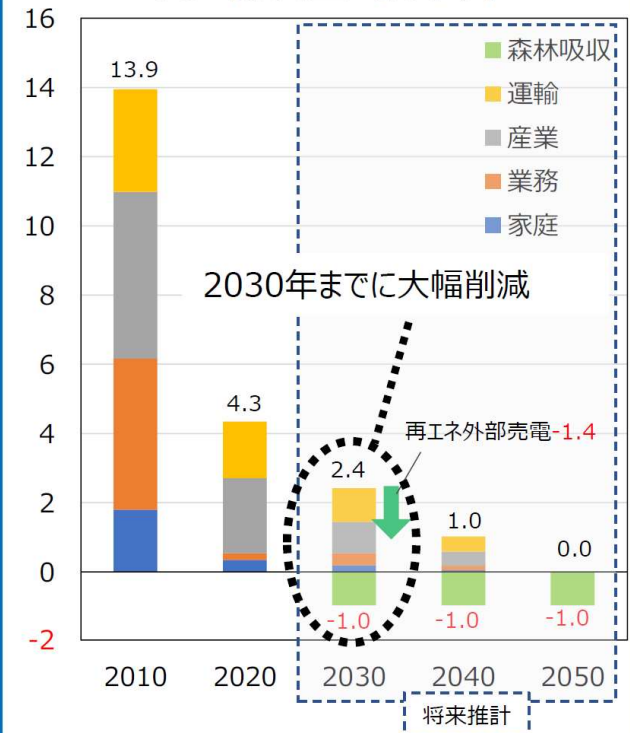
#### 再エネ供給量 (TJ)



- ・2030年までに合計90MW程度の再エネを導入し、電気の100%再エネ化を実現

### 二酸化炭素 CO2

#### CO2排出量 (万トン)



**2030年に域内電力100%再エネ+外部供給  
2040年にゼロカーボン  
2050年にマイナス1万トン**

# ロードマップ(2023年3月策定)

取組方針	取組項目	現状	2030年までの取組事項と達成すべき目標		2030年～50年までの取組イメージ		
			2023	2030	2030	2040	2050
①再生可能エネルギーの最大導入	オンサイトでの太陽光発電	・ 町役場等への太陽光パネルの設置	公共施設に100%導入、住宅・事務所等の3割で導入		2050年までに全ての住宅・事務所等で導入		
	メガソーラーの導入	・ 11MWFIT売電 2025年までに事業スキーム、エリア、パートナー企業を決定 ・ 大熊中跡地：2024年～スマコミ電力供給	60MW導入		メガソーラーの更なる導入に向けた検討		
	その他再生エネの導入	・ 風力発電、バイオマス発電 坂下ダムでの小水力発電に係る可能性調査を実施	風力：スケジュール提示、パートナー企業選定 2025年までに実施可能な再生エネを特定 2030年までに事業スキームを決定		風力発電、小水力発電を始め、各種再生エネ事業開始		
	新技術の開発・導入の支援	・ 次世代太陽光電池に関する連携協定締結、実装検討開始 / 再生エネ水素利用(メタネーション含む)可能性調査	2025年までに実装可能な技術を特定 2030年までに事業スキームを決定		公共施設等への導入開始		
②地産地消システムの構築	電力供給の地産地消化	2025年までにるるん電力で町内再生エネ電源を確保 ・ 2022年からるるん電力が公共施設を中心に売電開始	スマコミ開始 / 町民・町内事業者向け説明会	RE100達成	電力・熱の一括マネジメント体制構築 RE100電力・熱の供給		
	熱供給の地産地消化	・ 町内の熱需要調査の実施 / プロパンガスの利用転換に係るモデル的な取組の実施 / グリーン熱の導入に向けた方針策定			町内の熱需要施設へのグリーン熱の導入		
	見える化システムの構築	・ 2022年中に再生エネ発電量及び消費電力量の見える化システムを導入予定	エネルギー消費を建築物やエリア単位で見える化 AIを活用したエネマネシステムの導入				
③快適で省エネなライフスタイルの推進	住宅・建築物の省エネ化	・ 省エネリフォーム10件補助 / 産業交流施設：ZEB Ready	浜通りの気候に合ったゼロカーボン住宅の具体的な仕様検討 情報発信・補助金による支援		町内のすべての住宅・建築物が浜通りの気候に合ったゼロカーボン住宅の仕様となっている		
	次世代交通の普及	・ EV・FCVの補助 / 町内循環EVバスを導入 / 超小型EVカーシェア事業 / 公用車としてのEV・FCV導入	公用車の100%をEV・FCVに置き換え 町内で新規導入する乗用車を100%EV・FCV化		乗用車全てEV化 貨物・乗合EV化 MaaSの導入		
	環境行動の促進・一般化	・ マンガ、ゼロカーボンフェスティバル / 2022年度中に再生エネ発電量等見える化システム導入予定	ナッジを活用した取組みを推進 モデルとなるフルZEBの建設		ゼロカーボン行動一般化		
④ゼロカーボンを源泉としたまちづくり	大川原地区	・ 公営住宅等への太陽光発電及び蓄電池の導入 / 住宅及び事業所への太陽光発電等導入補助 ・ 2023年度新教育施設(環境教育拠点)完成	地区内の住宅の半数及び事業所の半数の屋根に太陽光発電を設置 るるん電力の電力購入に係る住民説明会を開催 自然共生・ふるさと教育の継続的な実施		全ての住宅・事業所に太陽光設置、省エネ住宅化 地区内の9割が地域新電力から電力を購入		
	下野上地区	・ 下野上スマコミの工事(2023年度中完成予定)	スマコミエリアを中心に、民生部門のRE100の達成		中央産業拠点RE100達成		
⑤豊かな森里川海との共生	グリーンインフラの構築・森林経営	・ 緑化・生活環境改善の補助メニューを整備 ・ 役場本庁舎の敷地内の緑化 ・ 公営住宅のせせらぎ水路等を整備	・ 町内の住宅又は民間事業所の半数が緑化・環境改善を実施 ・ 震災前の大熊町の生態系を踏まえて、生物多様性の回復・保全に配慮したまちづくり戦略を検討		・ 町内の住宅・事業所全てで緑化・環境改善を実施 ・ グリーンインフラ整備の推進 ・ 町内森林整備を適切に実施		
⑥官民一体の推進体制の構築	推進協議会の設立	・ 町内事業者からのエネルギー使用量報告 ・ ゼロカーボンビジョン検討会の開催 ・ 大熊町ゼロカーボンPTの設置	町内事業者の参画する推進協議会を新たに設置 ゼロカーボンビジョン検討会及びゼロカーボンPTとの連携によるゼロカーボンビジョンのフォローアップの実施		家庭部門のエネルギー使用量を直接報告により算定するスキームを構築		

ゼロカーボンの推進による復興まちづくりの実現

# 電力供給の地産地消化

現状

2022年からるるるん  
電力が公共施設を中  
心に売電開始

2025年までにる  
るるん電力で町  
内再エネ電源を  
確保

2023

・スマコミ開始  
・町民・町内事業者向  
け説明会

RE100達成

2030

電力・熱の一括マネ  
ジメント体制構築

RE100電力・熱  
の供給

2050

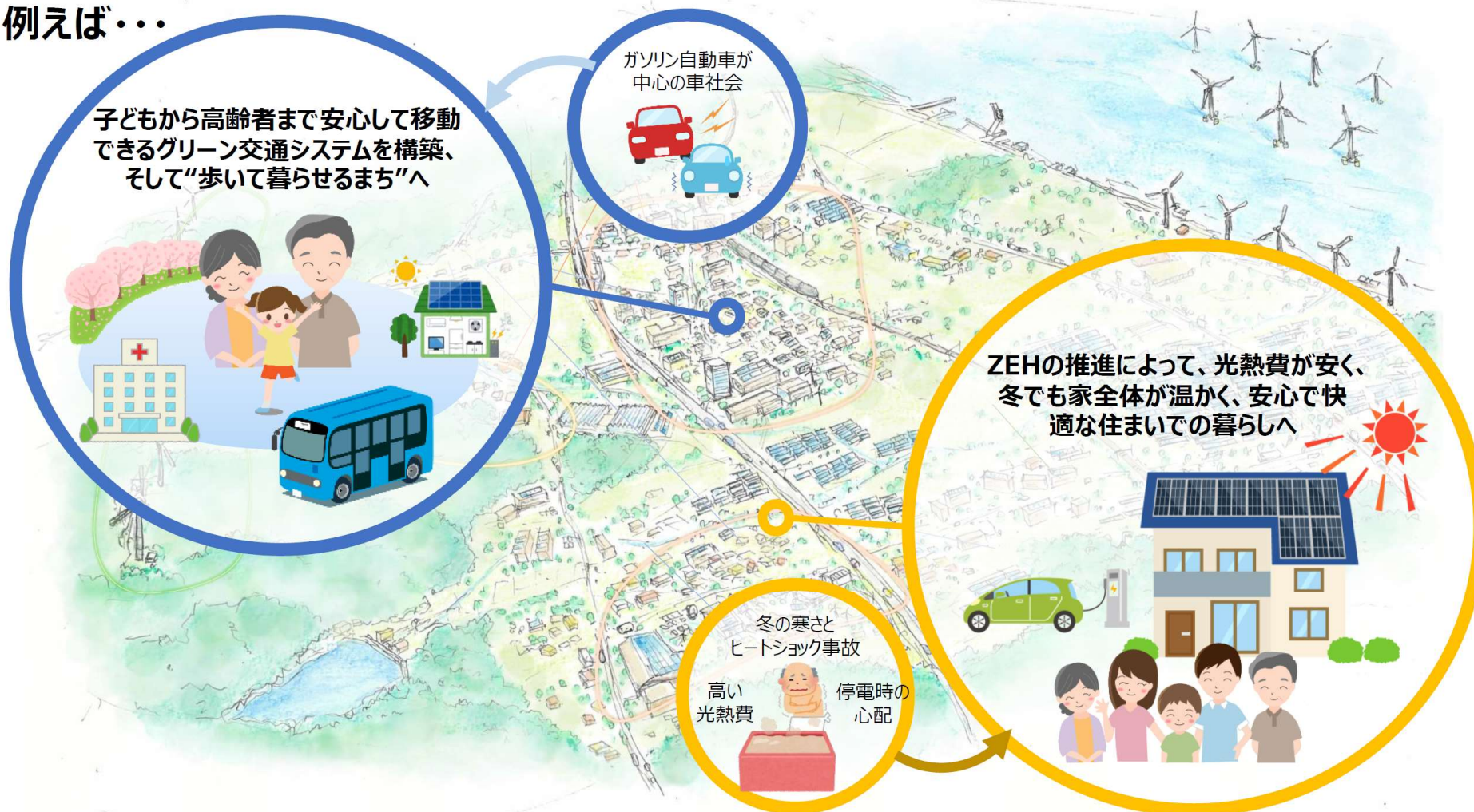
ゼロカーボンの推進による  
復興まちづくりの実現



### 3 ゼロカーボンで住民の暮らしはどう良くなる？

- 対策・プロジェクトの導入により、大熊町に住む人々の暮らしも、「ゼロカーボンの生活スタイル」へと変化していきます。
- ゼロカーボンだからといって、無理をして節約したり、不便を強いたりすることは一切ありません。むしろ、**新たな生活スタイル**によって、より快適で、暮らしやすい大熊に生まれ変わります。

例えば・・・



# まとめと課題

- 都市・地域で脱炭素を推進するには特に小規模な地域に技術的・人的・資金的な支援が必要
- 地方公共団体の脱炭素計画に効果的なスコープの設定と地域間の連携・協力を促す仕組み
- 地域の多課題解決に脱炭素を活用するために
  - 多事業 対 多目標 関係の体系化
  - 現場で使えるツールの開発



# References

- Alcamo et al. (2001) Scenarios as tools for international environmental assessments, Environmental issue report, European Environmental Agency.
- Becchio et al. (2018) Decision making for sustainable urban energy planning: an integrated evaluation framework of alternative solutions for a NZED (Net Zero Energy District) in Turin, Land Use Policy.
- Chen et al. (2016) City carbon footprint networks, Energies.
- Churkina. (2021) From low- to Net-Zero Carbon Cities: the next global agenda, Annual Review of Environment and Resources.
- Fankhouser et al. (2022) The meaning of net zero and how to get it right, Nature Climate Change.
- Fay et al. (2015) Decarbonizing development Three Steps to a zero carbon future, Climate Change and Development. Washington, DC: World Bank..
- Hunovila et al. (2022) Carbon neutral cities: Critical review of theory and practice, Journal of Cleaner Production.
- Kenis and Lievens. (2017) Imaging the carbon neutral city: the (post) politics of time and space, Environment and planning A.
- Kennedy & Sgouridis. (2011) Rigorous classification and carbon accounting principles for low and zero carbon cities, Energy Policy.
- Laine et al. (2020) Pathways to carbon neutral cities prior to a national policy, Sustainability.
- Lakanenb et al. (2022) Carbon handprint approach for cities and regions: a framework to reveal and assess the potential of cities in climate change mitigation, Sustainability.
- Nerini et al. (2019) A research and innovation agenda for zero-emission European cities, Sustainability.
- Ramaswami et al. (2021) Carbon analytics for net-zero emissions sustainable cities, Nature sustainability.
- Salvja et al. (2021) Will climate mitigation ambitions lead to carbon neutrality? An analysis of the local-level plans of 327 cities in the EU, Renewable and sustainable energy reviews.
- United Nations Economic Commission for Europe. (2011) Climate Neutral Cities How to make cities less energy and carbon intensive and more resilient to climatic challenges, United Nations, Genova.
- WRI et al. (2014) Global protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories.