

脱炭素社会に向けた 分散型調整力の活用と行動変容を促す仕掛け

芝浦工業大学 副学長
(システム理工学部 教授)
磐田 朋子

自己紹介

【略歴】

東京大学工学部地球システム工学科卒業、同大学院新領域創成科学研究科環境システム学修士・博士（環境学）修了、同大助教、（国）建築研究所、（国）科学技術振興機構（JST）低炭素社会戦略センターを経て、2017年より芝浦工業大学システム理工学部環境システム学科 准教授、2022年～同大 教授、2023年～同大 副学長（SDGs推進室長・DE&I推進室長兼務）

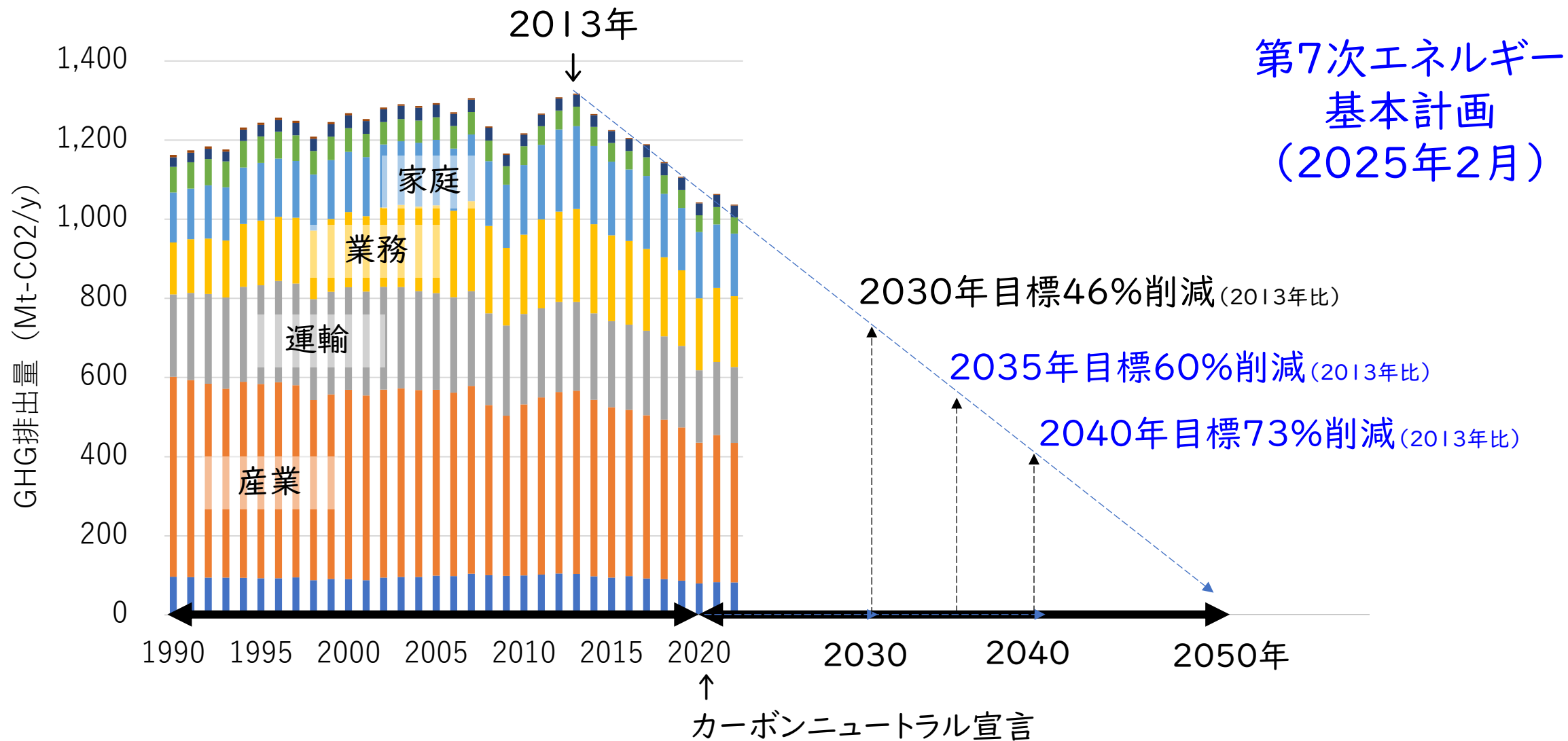
【研究内容】

エネルギーマネジメント研究（主に需要側の行動変容：デマンドレスポンス）

【学外委員等】

- 環境省脱炭素先行地域評価委員会委員、地方公共団体実行計画策定マニュアル等検討会委員、自営線の敷設による分散エネルギーシステム検討会委員など
- 環境審議会・廃棄物審議会等委員等（埼玉県、さいたま市、上尾市、柏市、板橋区、金沢市など）
- 資源エネルギー庁「総合資源エネルギー調査会省エネルギー小委員会」委員
- JST-SIP事業「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築」ピアレビュー評価委員
- JST「低炭素社会実現のための社会シナリオ研究事業」アドバイザー
- NEDO「国際エネルギー実証事業に係る事業化評価委員会」委員／技術委員

1. 再生可能エネルギー導入拡大に向けた調整力の必要性



1. 再生可能エネルギー導入拡大に向けた調整力の必要性

最終エネルギー消費量
2.6～2.7億kL程度

徹底した省エネ

+

「熱・燃料・原料」の
電化・非化石化

+

電源CN化

熱・燃料

発電電力量
1.1～1.2兆kWh程度

電力需要

0.9～1.1兆kWh程度

電力

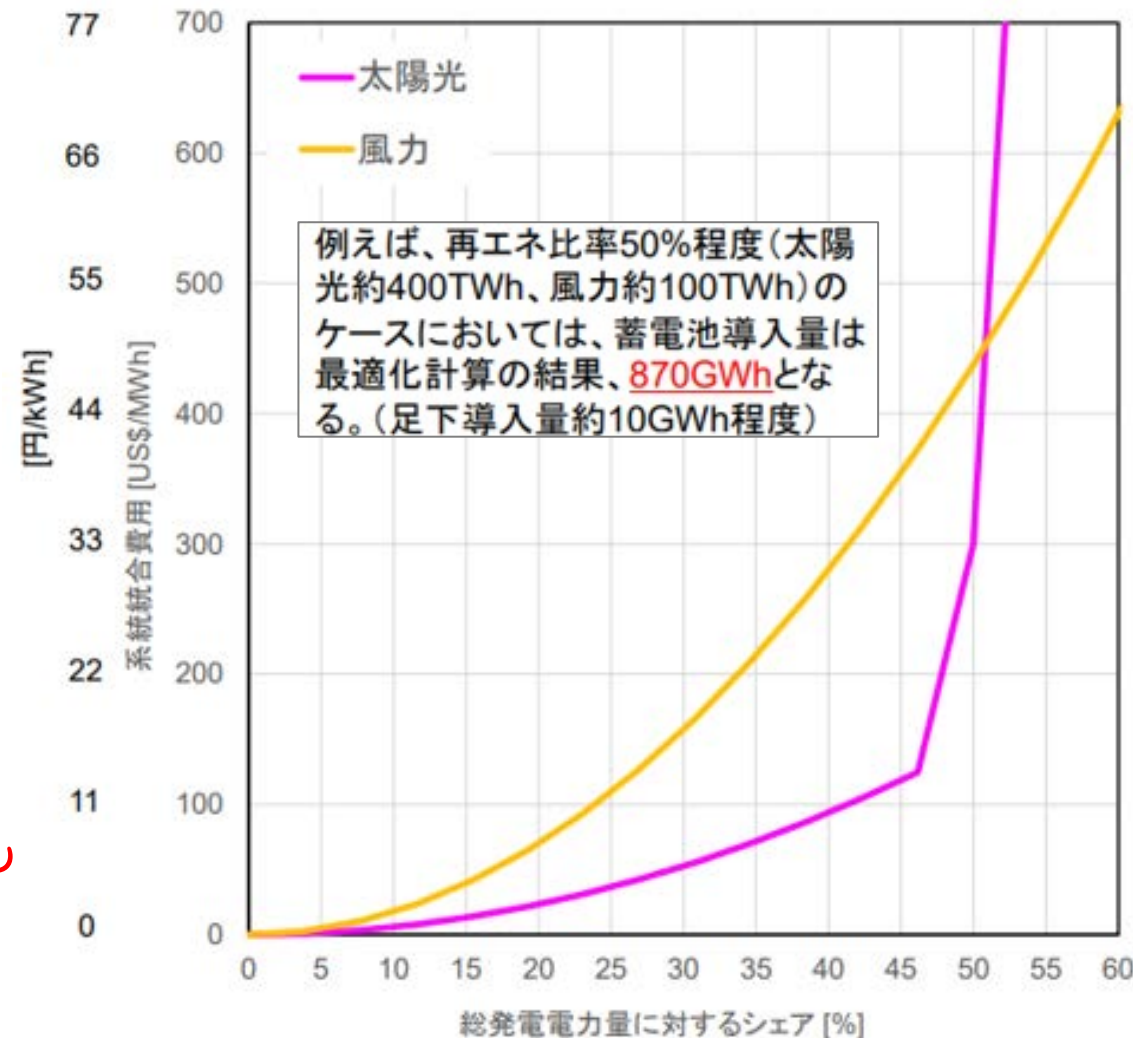
火力
3～4割程度

原子力 2割程度

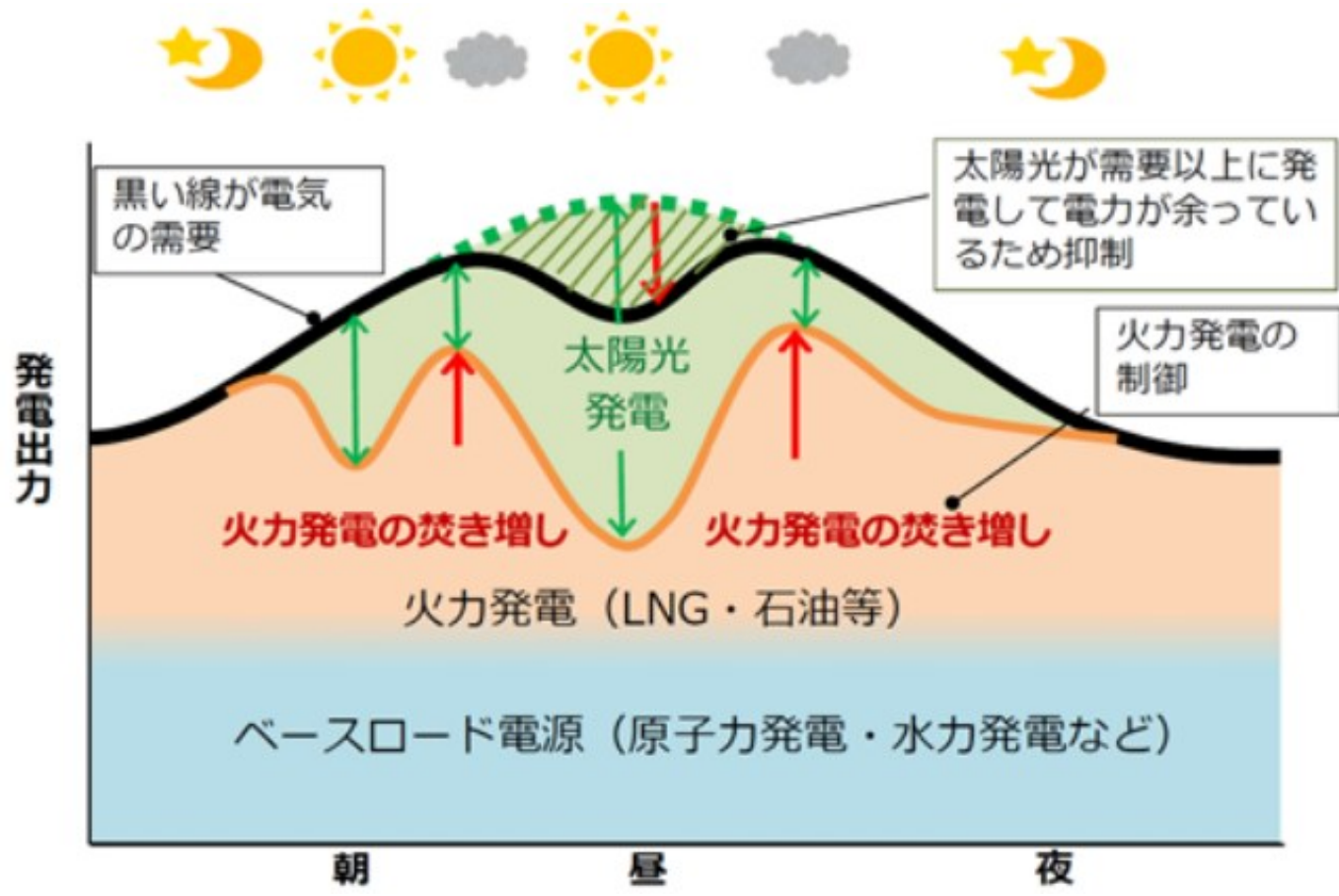
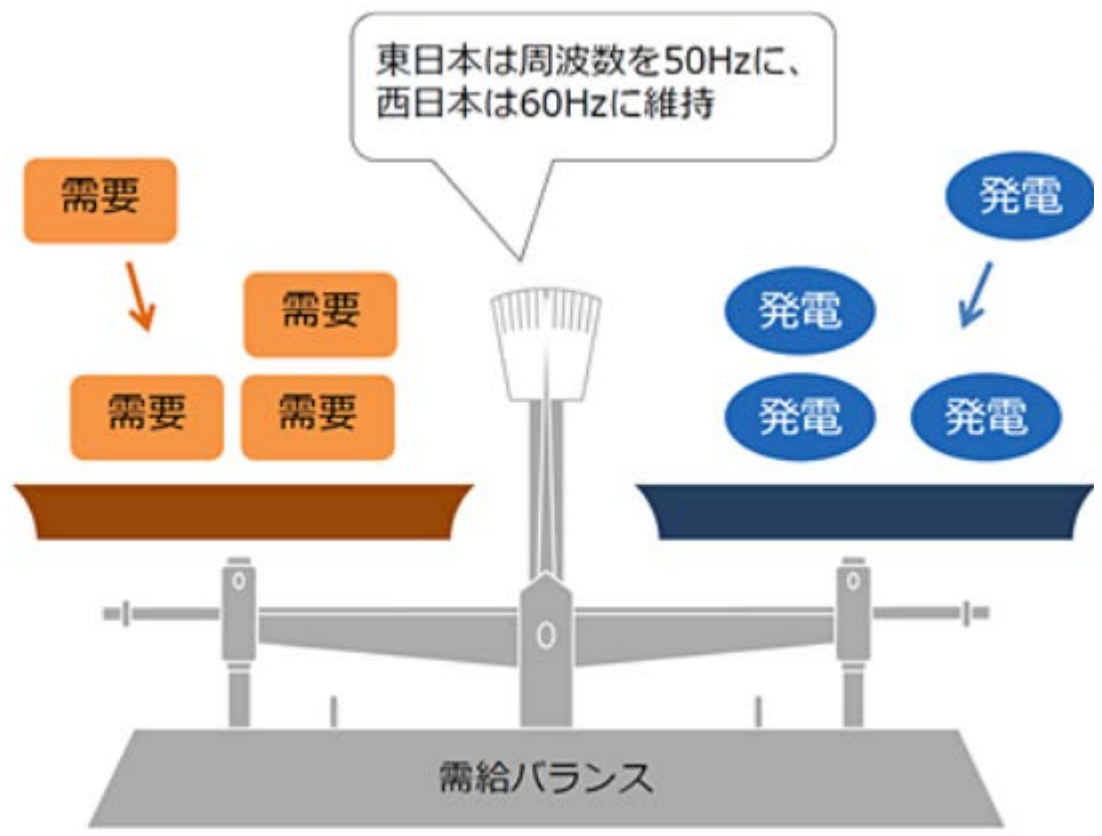
再エネ
4～5割程度

変動型再エネ
(太陽光・風力等)
比率が高まるほど、
系統安定化コストも
増加する

2040 (年度)



(参考)「同時同量の原則」と「出力抑制」



2023年度の再生可能エネルギー事業者に対する出力制御量は全国で約1,900GWh

※参考:原子力発電1基分=約8,000GWh(100万kW級年間発電量)

(参考) 太陽光・風力出力制御見通し (2023年実績ベース)

※ケース①：2024年度供給計画2033年の再エネ導入量1.0倍程度、ケース②：2024年度供給計画2033年の再エネ導入量の伸び1.3倍程度まで導入された場合を想定したもの。

エリア	2024年3月末 時点導入量 [万kW]		最小需要 [万kW]	ケース①				ケース②					
				導入量[万kW]		出力制御率 (制御時間)		導入量[万kW]		出力制御率 (制御時間)			
北海道	太陽光	227	343	太陽光	+39	23%	太陽光	27%	太陽光	+51	26%	太陽光	30%
	風力	123		風力	+77	(2,746)	風力	21%	風力	+100	(3,032)	風力	24%
東北	太陽光	854	883	太陽光	+740	38%	太陽光	44%	太陽光	+960	44%	太陽光	52%
	風力	207		風力	+410	(2,706)	風力	30%	風力	+530	(3,184)	風力	35%
東京	太陽光	1,994	3,354	太陽光	+518	1%	太陽光	1%	太陽光	+673	1%	太陽光	1%
	風力	44		風力	+60	(82)	風力	1%	風力	+78	(97)	風力	1%
中部	太陽光	1,160	1,239	太陽光	+217	2%	太陽光	2%	太陽光	+282	2%	太陽光	2%
	風力	38		風力	+3	(107)	風力	1%	風力	+4	(146)	風力	1%
北陸	太陽光	127	297	太陽光	+28	4%	太陽光	8%	太陽光	+36	5%	太陽光	9%
	風力	18		風力	+176	(262)	風力	3%	風力	+229	(323)	風力	4%
関西	太陽光	738	1,438	太陽光	+430	3%	太陽光	3%	太陽光	+560	4%	太陽光	4%
	風力	17		風力	+3	(147)	風力	2%	風力	+5	(188)	風力	2%
中国	太陽光	696	648	太陽光	+193	5%	太陽光	6%	太陽光	+251	7%	太陽光	8%
	風力	35		風力	+121	(286)	風力	2%	風力	+157	(394)	風力	3%
四国	太陽光	340	232	太陽光	+97	4%	太陽光	5%	太陽光	+127	6%	太陽光	7%
	風力	30		風力	+42	(252)	風力	2%	風力	+54	(354)	風力	3%
九州	太陽光	1,208	929	太陽光	+414	16%	太陽光	16%	太陽光	+538	20%	太陽光	20%
	風力	66		風力	+336	(876)	風力	8%	風力	+437	(1,073)	風力	10%
沖縄	太陽光	38.7	77	太陽光	+5.1	0.09%	太陽光	0.09%	太陽光	+6.6	0.13%	太陽光	0.13%
	風力	1.0		風力	+0.0	(11)	風力	0.00%	風力	+0.0	(18)	風力	0.00%

(参考) 系統用蓄電池の受付状況

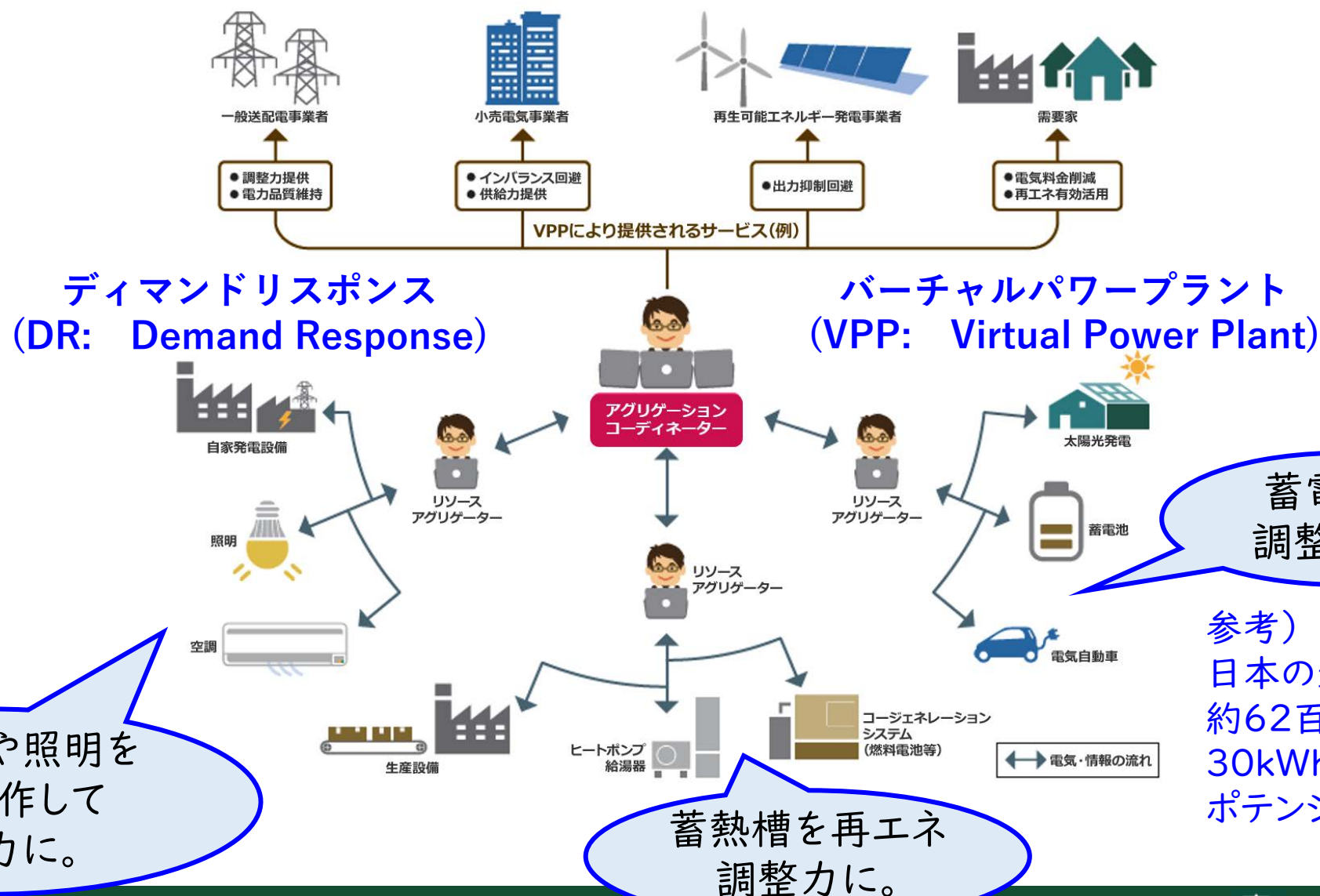


2030年までに国内に導入される系統用蓄電池容量は約14.1～23.8GWhになると試算※

※) 資源エネルギー庁「系統用蓄電池の現状と課題」第62回総合エネルギー調査会再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会資料5 (2024年5月29日)

1. 再生可能エネルギー導入拡大に向けた調整力の必要性

◎求められる分散型調整力の普及と活用



(参考)「脱炭素先行地域」宇都宮市におけるEV等の利用

《全体イメージ》



(参考) 海外で進む再エネ調整力としての蓄熱槽の利用

Mosaic Power's [Whole Home Efficiency Network](#) (WHEN) manages nearly 7,000 GIWHs (grid-integrated water heating) in PJM's frequency regulation market.

- ✓ 米国の給湯器1億1820万台のうち5360万台が電気式
- ✓ 各給湯器は、負荷シフト、ピークカット、再生可能エネルギーの統合のためのバッテリーとして機能
- ✓ Mosaic Powerは2013年からPJM管内の集合住宅向けにWHEN(Whole Home Efficiency Network)を設置
- ✓ 電気温水器約15千台以上をアグリゲートし、PJMの周波数調整市場に提供中



1. 再生可能エネルギー導入拡大に向けた調整力の必要性

再生可能エネルギーの更なる導入と有効活用に向けて、「調整力」の増強も必要
⇒「調整力」候補：

- ・ 系統用蓄電池
 - ・ 本州連携線の強化
 - ・ 水素変換・貯蔵
- ・ 蓄熱槽（家庭、業務、産業の熱利用や地域熱供給事業における蓄熱槽の普及と活用）
 - ・ 蓄電池（定置型蓄電池、電気自動車・バス等の普及と活用）
 - ・ エネルギーマネジメント（家電や設備の遠隔制御）



分散型調整力（民生に広く薄く分散）

どうすれば無関心層を含む多くの市民を巻き込めるか？
→脱炭素先行地域での市民の巻き込み方を参考に！

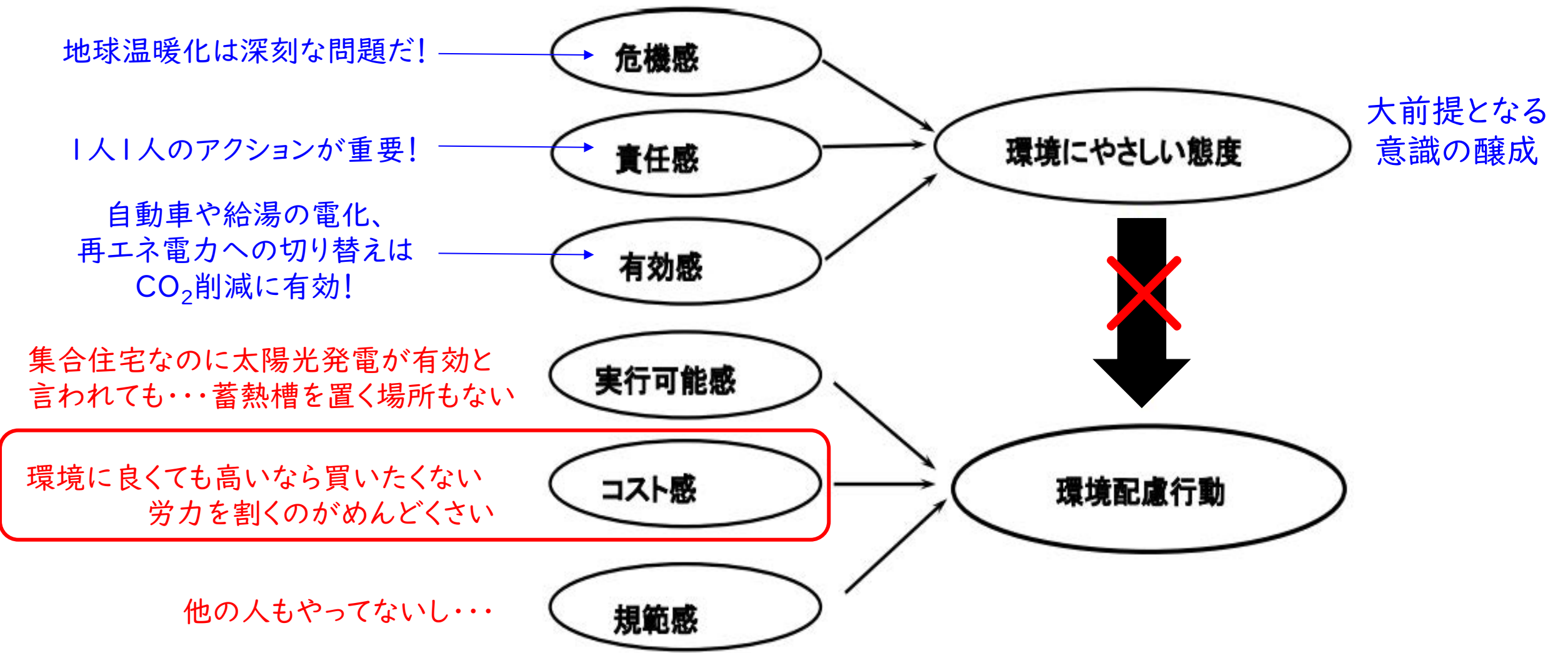
2. 市民を巻き込む脱炭素化策の考え方

- Q. 地球温暖化は深刻な問題だと思いますか？
- Q. 国民1人1人の行動変容は必要だと思いますか？

代表的な認知バイアス

認知バイアス	特徴
損失回避バイアス	利得よりも損失を強く感じる心理傾向
現状維持バイアス	現状維持を好む心理傾向 → “ロックイン効果”
投影バイアス	現在の状況を将来に過度に投影し、未来を正しく予測できない心理傾向
現在バイアス	将来の大きなメリットよりも目先のメリットを優先する心理傾向
楽観性バイアス	「自分は大丈夫」と根拠なく楽観視する心理傾向
正常性バイアス	予想外の事態でも、正常時と同様の判断をしてしまう心理傾向
自信過剰バイアス	自分に関することを高く評価する心理傾向
確証バイアス	自分に都合の良い情報ばかりを集め、反証する情報を軽視する心理傾向
同調バイアス	他人と同じ行動をしたくなる心理傾向
後知恵バイアス	結果を知った後に「自分は予測できていた」と考える心理傾向
先行刺激バイアス	最初に受けた刺激によってその後の行動が影響される心理傾向
ピークエンドバイアス	物事のピークと最後の印象を思い出す心理傾向

2. 市民を巻き込む脱炭素化策の考え方



2. 市民を巻き込む脱炭素化策の考え方

【費用の例】

- 経済的負担
- 労力 など

【便益の例】

- 直接的経済便益（光熱費削減など）
- 間接的経済便益
- 安心できる暮らし・経営
（食料・エネルギー自給など）
- 安全な暮らし・経営（防災機能など）
- 健康な暮らし
- 楽しさ・嬉しさ など

非経済便益

何に重きを置いて暮らしているかは人それぞれ

↓
多様な入口を用意する

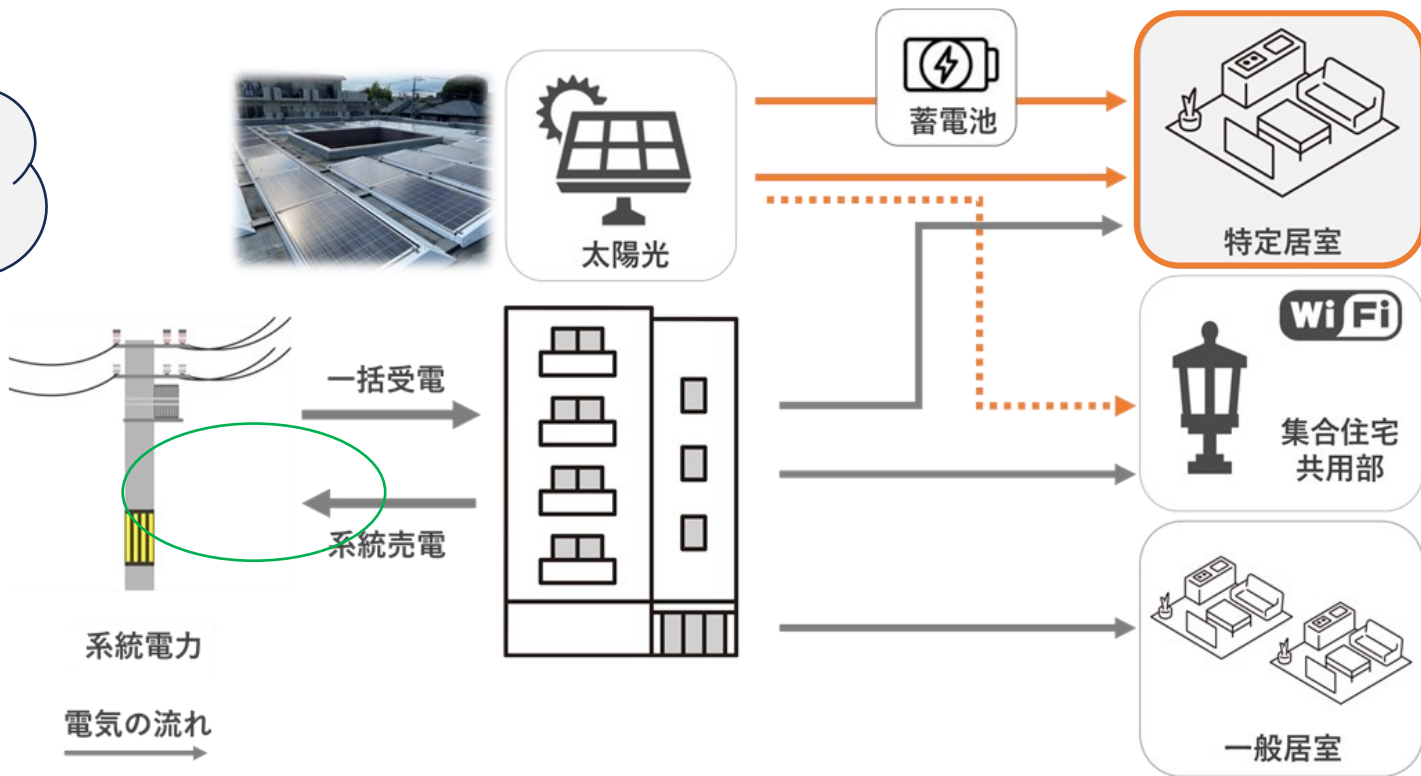
間接的経済便益や非経済便益を高める脱炭素化策を提案する

(参考) 間接的経済便益を刺激する対策



×

オーナーの抱える
空室問題
(収益の減少)



入居率の低い居室に
(ex. 北側、半地下)
太陽光電力を優先供給

✓ 他居室よりも安い
電気料金価格
(太陽光発電時か消費分の燃料調
整費・再エネ賦課金不要)

✓ 再エネ電気で暮らせ
る部屋としての価値

(参考)「非経済便益」を組み合わせる「シュタットベルケ」

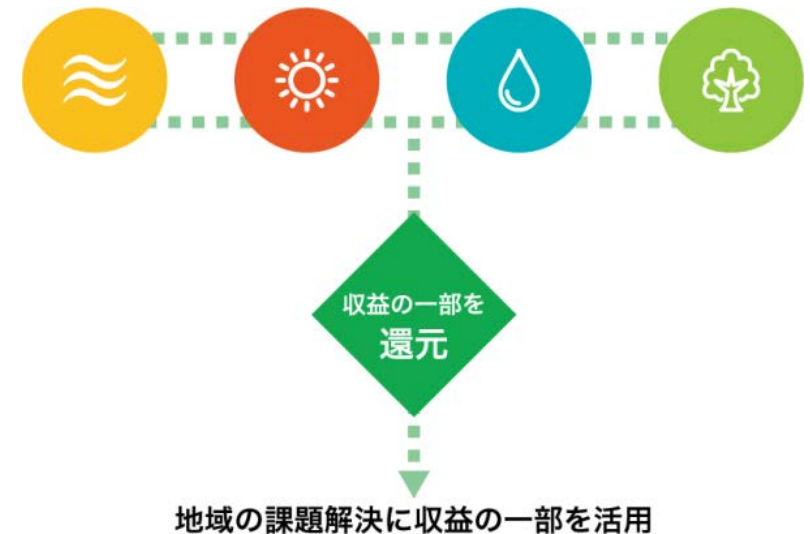


主に電力の小売事業（風力・太陽光・水力・バイオマス等）により、一定の収益を確保

公共交通、公共温水プール等の社会的意義は高いが、単独では事業採算のとりにくいサービスなどに投資

他にも、地域の高齢者健康支援・見守りサービスや商店街の活性化などに投資

地域の自然エネルギー資源



電力事業を軸とした 地域ソーシャルビジネス

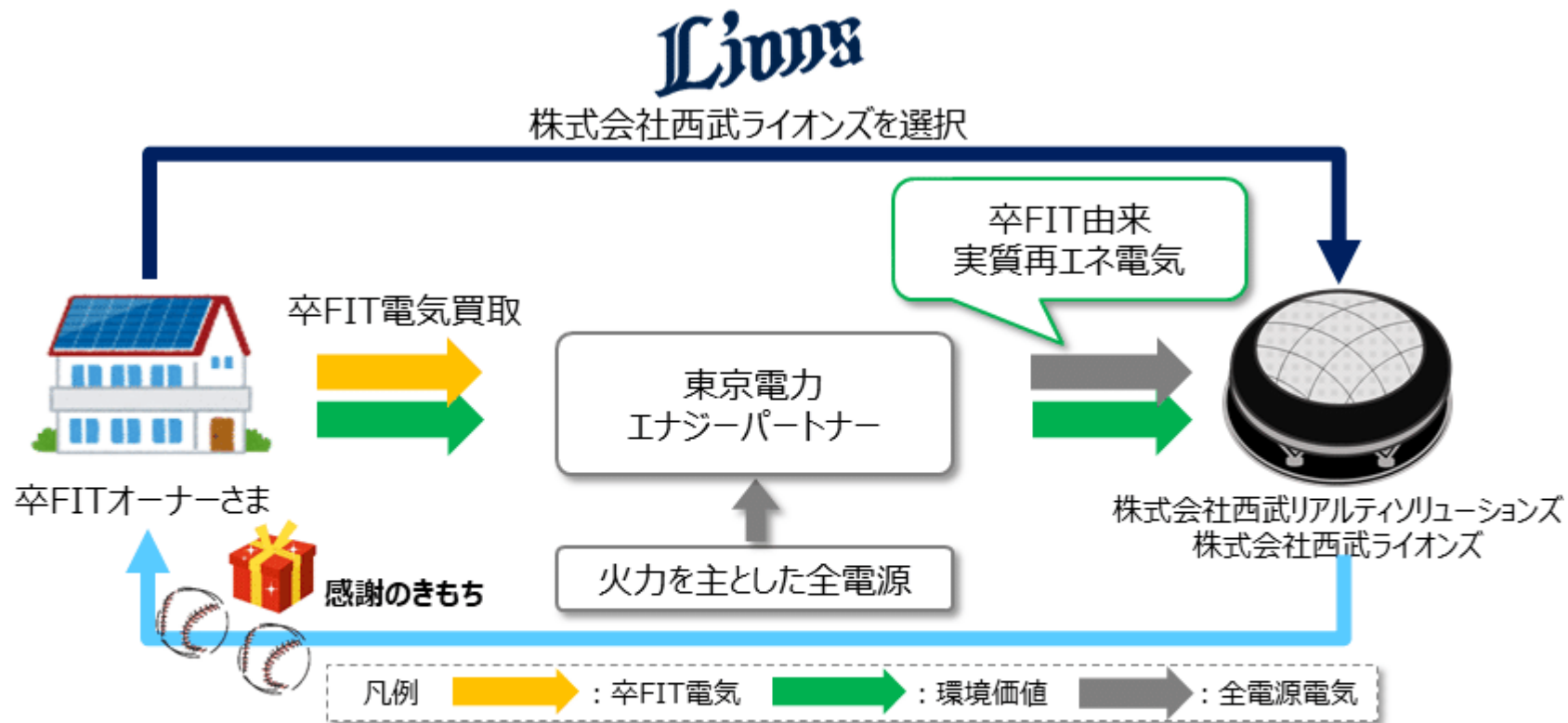
市民共同発電所 (ドライザムサッカースタジアム @ドイツ フライブルク)



- ✓ 市民が少しずつお金を出して、太陽光発電を設置。
- ✓ 発電した電気は電力会社に売り、収入の一部が市民に毎年戻ってくる。
- ✓ SCフライブルクのスタジアムに設置した施設は、チケットを優先的に入手できるなどの特典もあり、出資希望者が殺到。
- ✓ 何より市民への教育効果が高い。

(参考)「非経済便益」を組み合わせた市民の行動変容促進事例

野球を通じた地域脱炭素（西武ライオンズ）



提供：東京電力エナジーパートナー株式会社

※環境価値は株式会社西武リアルティソリューションズへ仮想的に提供されます
※感謝のきもちは株式会社西武ライオンズより卒FITオーナーさまへお届けいたします

埼玉西武ライオンズの選手たちが実際に使用した練習球をプレゼント

アミューズメントを通じた地域脱炭素（コールドプレイ:英ロックバンド）



- サステナブルな移動手段でファンが会場に訪れるように促すアプリの開発
- 低炭素な移動手段で来場したファンには割引サービス
- 電気が生成できるキネティック・フロア（ライブで観客が音楽に合わせて動いたり飛び跳ねたりすることで電気が生成されるフロア）を会場に設置
- 会場には自家発電できる自転車を設置し、観客の意志で電力を発電できるような仕組みも導入
- 会場のあらゆる場所にソーラーパネルを設置
- リサイクル可能な材料で組み立てたステージ
- リストバンドは植物由来の素材を使用
- チケットの売上げごとに植樹を実施

(参考)「非経済便益」を組み合わせた市民の行動変容促進事例

ビジネスとして地域に
断熱改修が広がる

②断熱効果を実感
→児童の家庭が断熱
の重要性を認知

学校の遮熱改修
ワークショップ

③断熱改修
契約増加



①協力



協力



クラウドファン
ディング
ふるさと納税

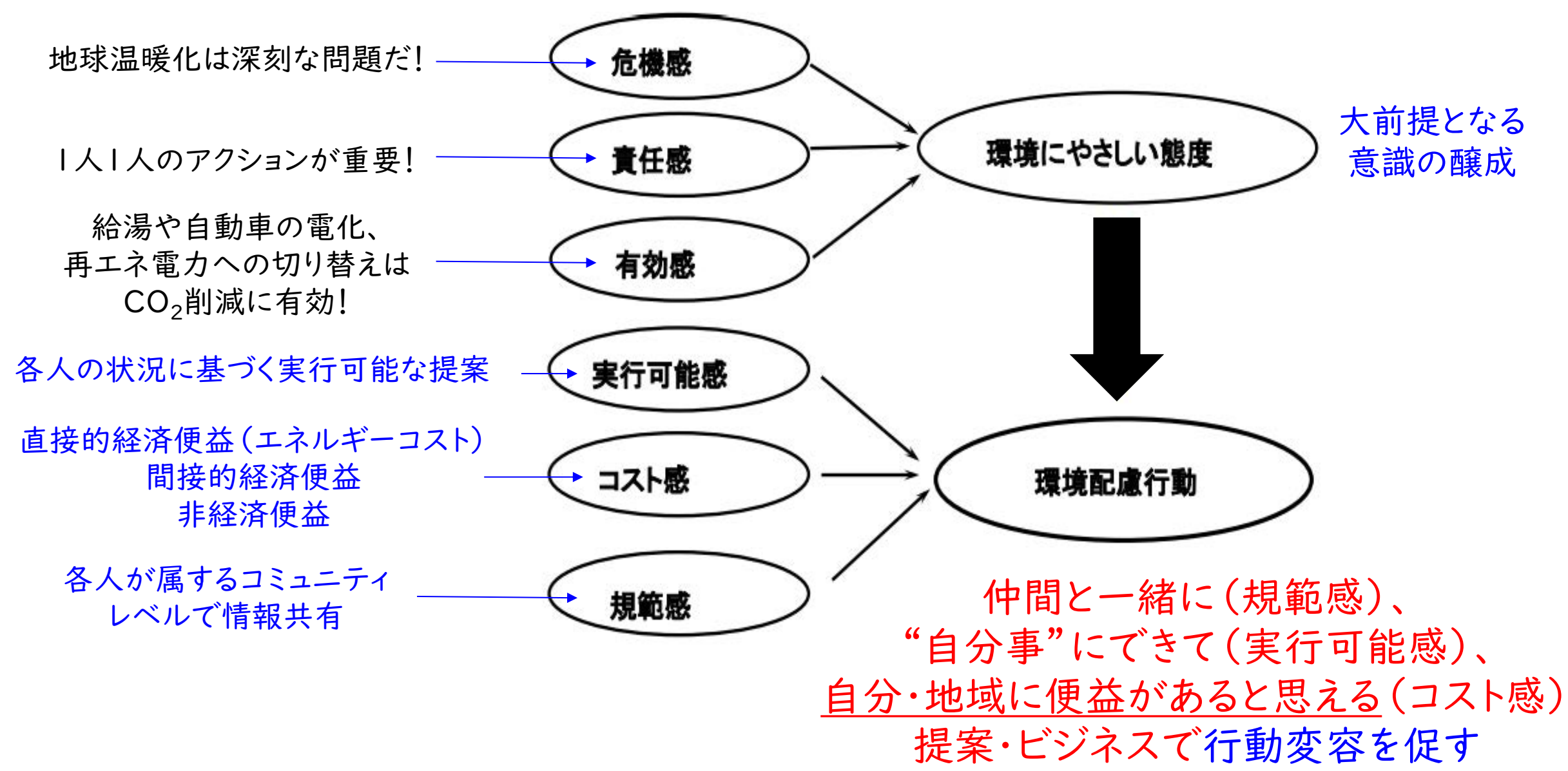
地域工務店を中心
とするプロ集団



現在の支援総額
1,128,000円
146%
目標金額は770,000円
支援者数
106人
① 募集終了まで残り
終了

目標額
77万円

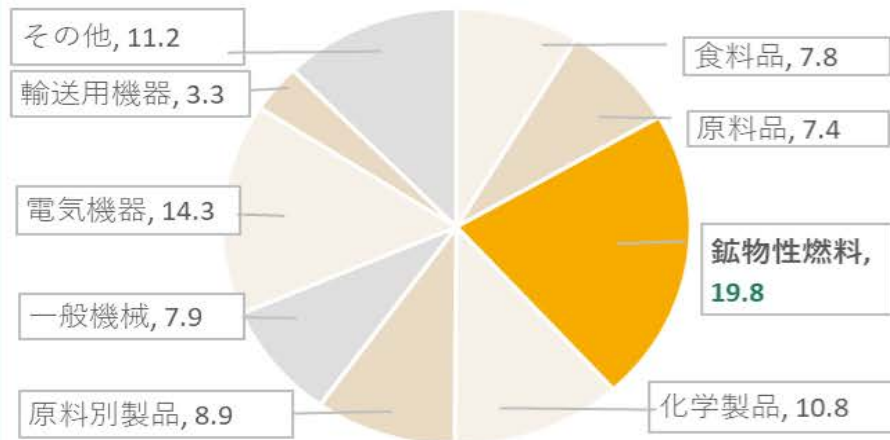
2. 市民を巻き込む脱炭素化策の考え方



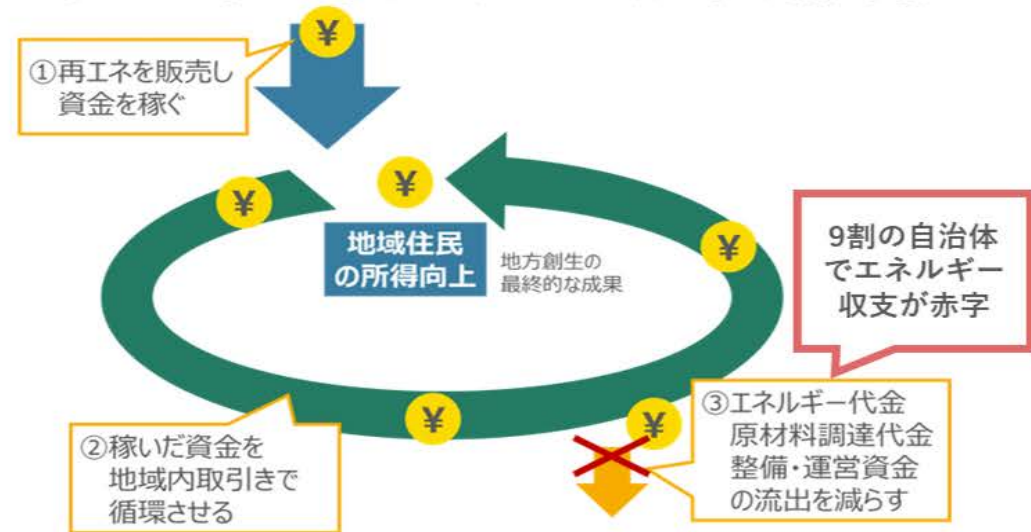
地域の再生可能エネルギーの活用等による地域経済への効果



貿易統計 主要商品別輸入 (2021年度分、兆円)



再エネ導入の視点で見た地域の経済循環構造



- ・ 地域の雇用、資本
- ・ 利益の社会的投資
- ・ 熱等の副産物、地域内未利用資源の活用
- ・ 地域事業者による施設整備、維持管理
- ・ 再エネ地産地消

地域に利益をもたらすためのポイント

地域経済活性化
地域課題の同時解決
エネルギー自給

間接的
経済便益

3. 環境省「脱炭素先行地域」における地域脱炭素化の取り組み



脱炭素先行地域とは

- 地域脱炭素ロードマップに基づき、**2025年度までに少なくとも100か所の脱炭素先行地域を選定し、脱炭素に向かう地域特性等に応じた先行的な取組実施の道筋**をつけ、**2030年度までに実行**
- 農村・漁村・山村、離島、都市部の街区など多様な地域において、**地域課題を解決し、住民の暮らしの質の向上を実現**しながら脱炭素に向かう取組の方向性を示す。 “地域に裨益”＝非経済便益

脱炭素先行地域とは

民生部門（家庭部門及び業務その他部門）の電力消費に伴うCO2排出の実質ゼロを実現し、運輸部門や熱利用等も含めてその他の温室効果ガス排出削減も地域特性に応じて実施する地域。

民生部門の電力需要量

=

再エネ等の電力供給量

+

省エネによる電力削減量



脱炭素先行地域(88提案※)

※既に辞退している自治体は除く

年度別選定提案数（共同で選定された市町村は1提案としてカウント、括弧内は応募提案数）

R4		R5		R6	R7
第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回
25 (79)	19 (50)	16 (58)	12 (54)	9 (46)	7 (15)

中国ブロック(12提案、2県15市町村)

鳥取県 鳥取市、米子市・境港市、倉吉市他2町・鳥取県
島根県 松江市、邑南町
岡山県 瀬戸内市、真庭市、西粟倉村
広島県 東広島市・広島県、北広島町・広島県
山口県 下関市、山口市

九州・沖縄ブロック(14提案、3県32市町村)

福岡県 北九州市他17市町、福岡市、うきは市
長崎県 長崎市・長崎県、五島市
熊本県 熊本県・益城町、球磨村、あさぎり町
宮崎県 宮崎市・宮崎県、延岡市
鹿児島県 日置市、知名町・和泊町
沖縄県 宮古島市、与那原町

北海道ブロック(7提案、7市町)

札幌市、苫小牧市、石狩市、厚沢部町、奥尻町、上士幌町、鹿追町

中部ブロック(12提案、2県17市町村)

富山県 高岡市
福井県 敦賀市、池田町・福井県
長野県 松本市、上田市、飯田市、小諸市、生坂村
岐阜県 高山市
愛知県 名古屋市、岡崎市・愛知県
三重県 度会町他5町

東北ブロック(12提案、4県13市町村)

青森県 佐井村
岩手県 宮古市、久慈市、陸前高田市・岩手県、釜石市・岩手県、紫波町
宮城県 仙台市、東松島市
秋田県 秋田県・秋田市、大潟村
山形県 米沢市・飯豊町・山形県
福島県 会津若松市・福島県

関東ブロック(16提案、1県17市町村)

茨城県 つくば市
栃木県 宇都宮市・芳賀町、日光市、那須塩原市
群馬県 上野村
埼玉県 さいたま市
千葉県 千葉市、市川市、匝瑳市
神奈川県 横浜市、川崎市、小田原市
新潟県 佐渡市・新潟県、関川村
山梨県 甲斐市
静岡県 静岡市

近畿ブロック(10提案、1県10市)

滋賀県 湖南市・滋賀県、米原市・滋賀県
京都府 京都市
大阪府 大阪市、堺市
兵庫県 神戸市、尼崎市、加西市、淡路市
奈良県 生駒市

四国ブロック(5提案、1県6市町村)

高知県 須崎市・日高村、北川村、梶原町、黒潮町
愛媛県 今治市・愛媛県

4. 市民を巻き込む地域脱炭素化に向けて

