

**日蘭園芸セミナー**  
**持続可能で収益性の高い温室事業**  
**地域園芸クラスターの可能性と日蘭協力の機会**

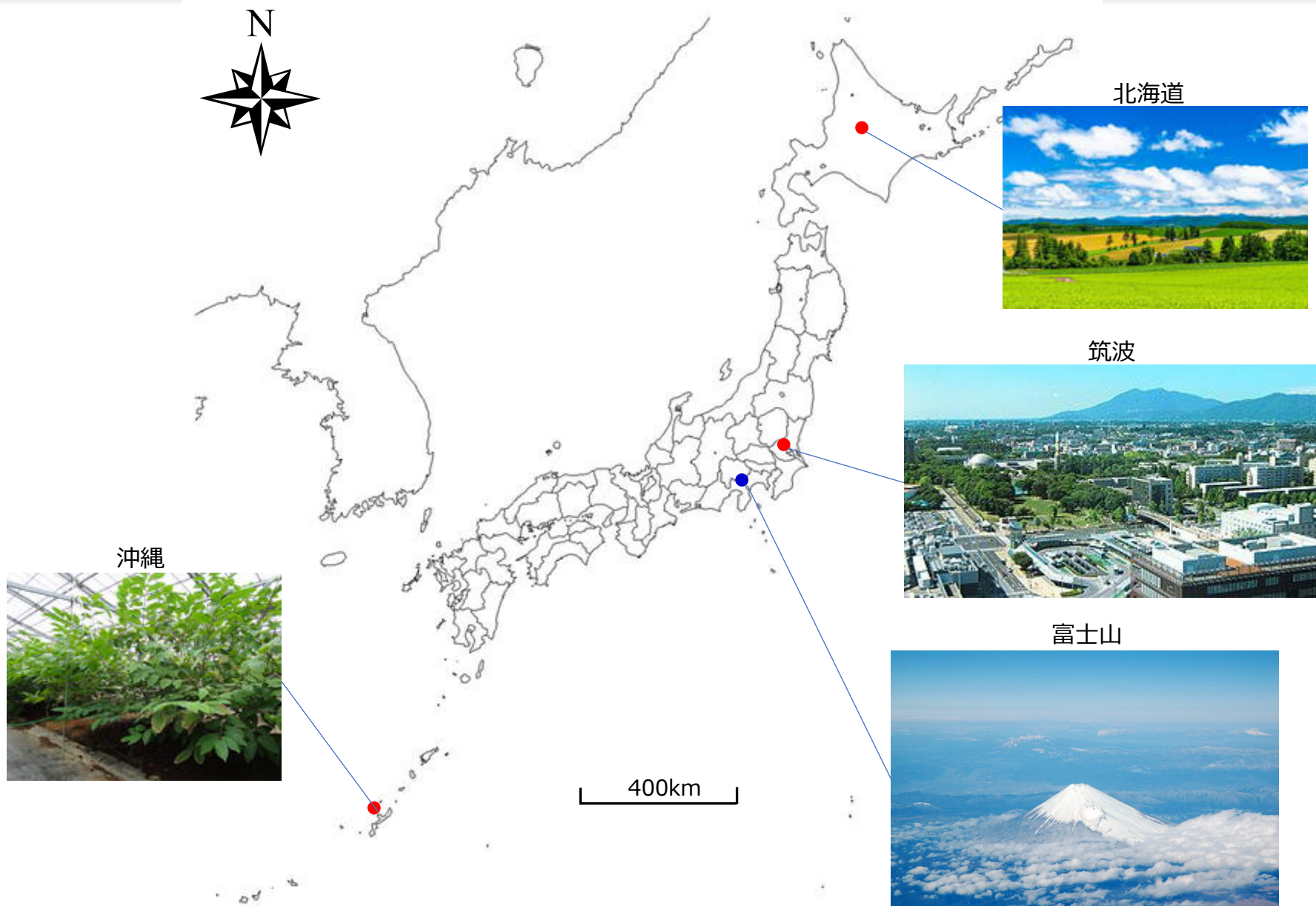
日時：令和5年10月12日（木）

**農村地域のカーボンニュートラルに向けた**  
**農山漁村エネルギーマネジメントシステム（VEMS）および**  
**ゼロエネルギーグリーンハウス（ZEG）の研究開発**

**国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構**  
**農村工学研究部門資源利用研究領域**  
**地域資源利用・管理グループ長**  
**石井雅久**

## 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構） が実施する研究・開発事業の紹介

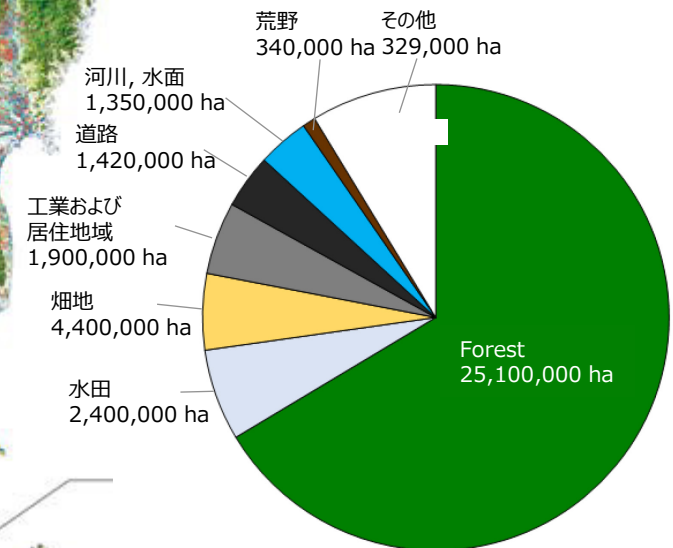
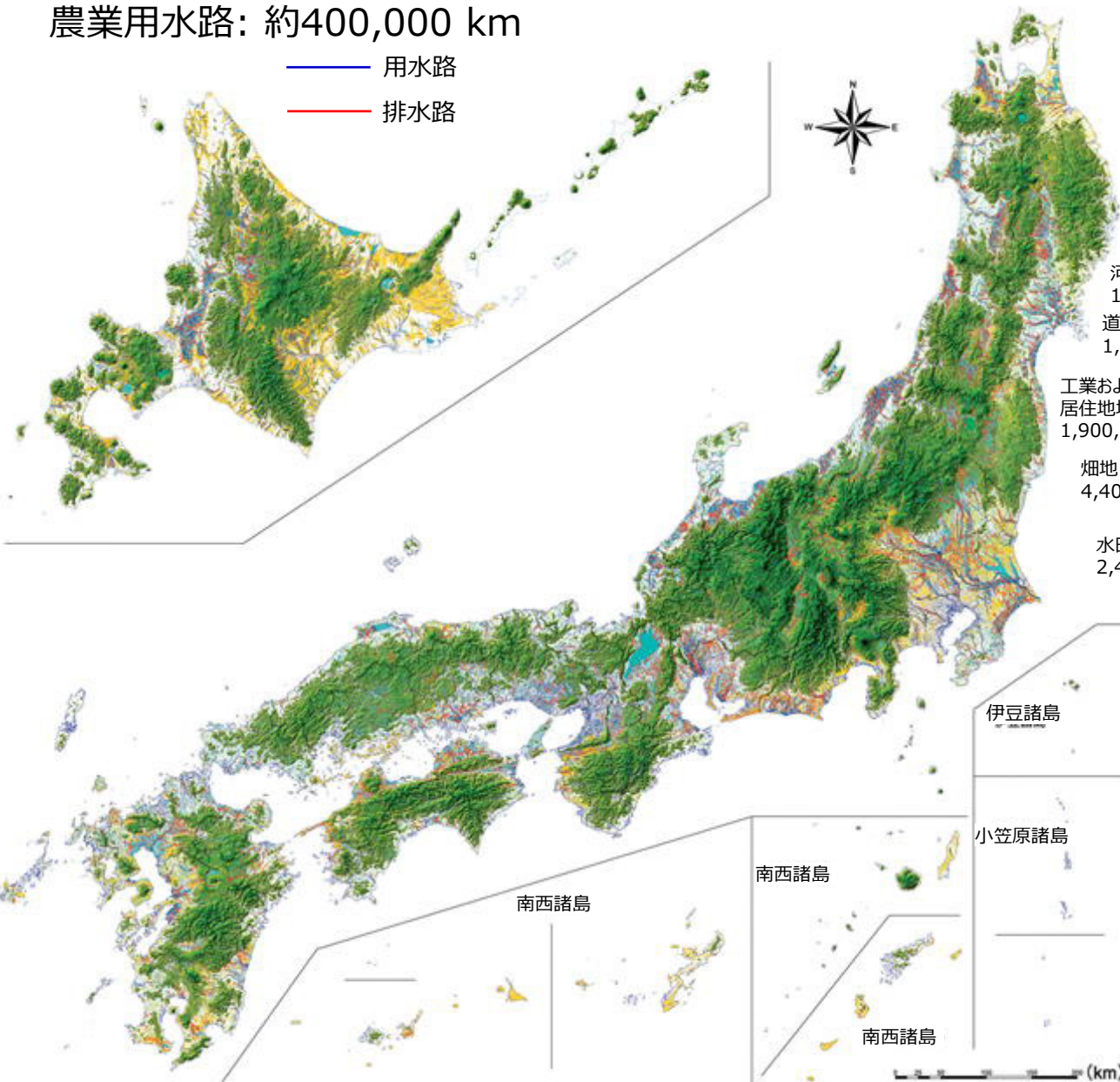
1. 農山漁村地域のRE100に資するVEMSの開発
2. 脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト
3. 施設園芸の脱炭素化に資するゼロエネルギーグリーンハウス（ZEG）  
の開発・実証



# 日本の国土と農業用水路

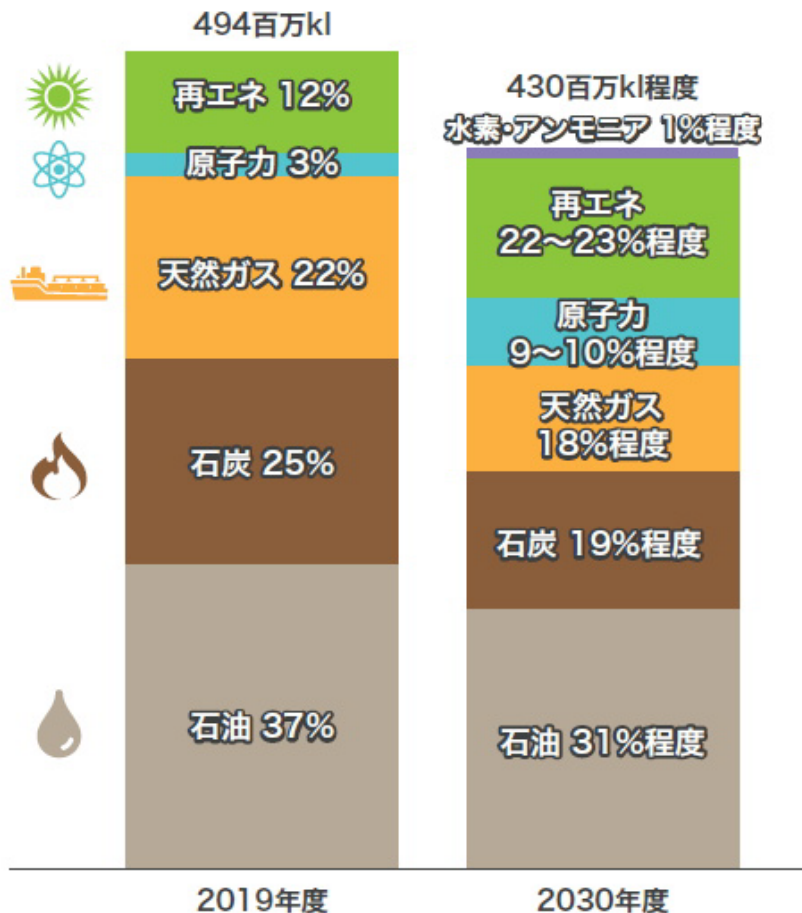
農業用水路: 約400,000 km

— 用水路  
— 排水路

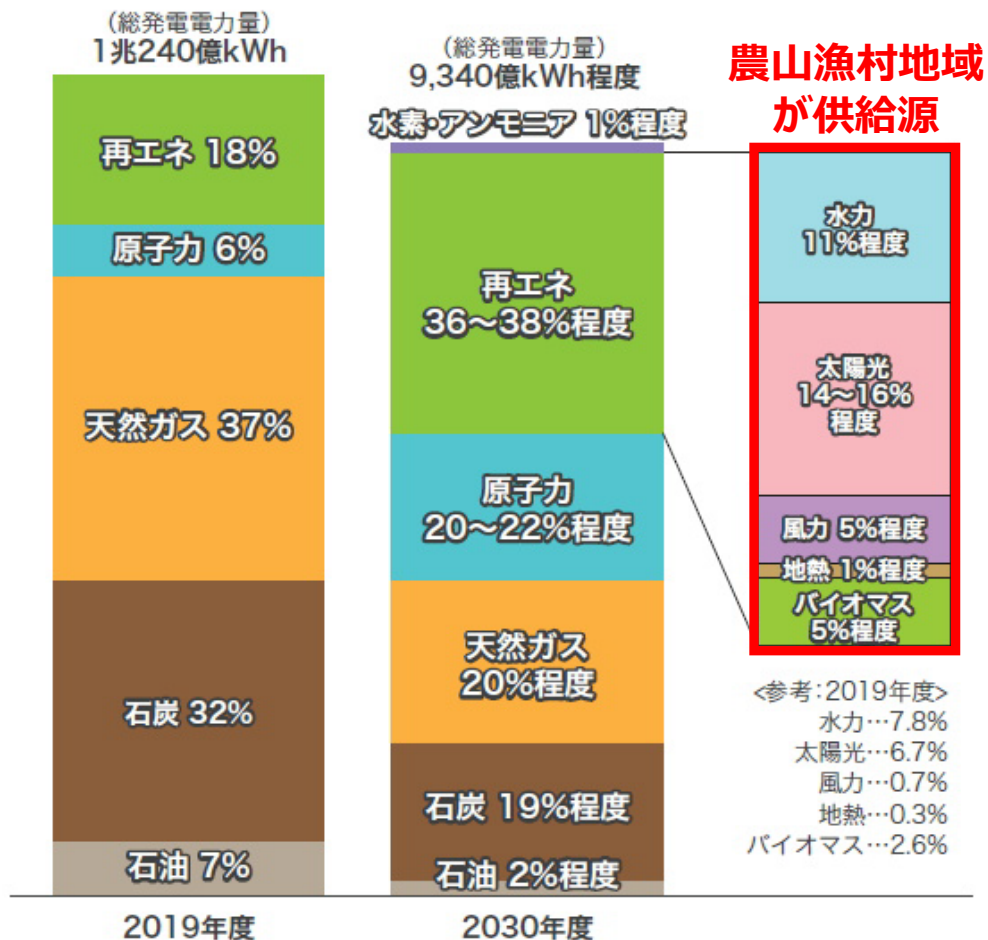


国土: 約37,800,000 ha

## 一次エネルギー供給

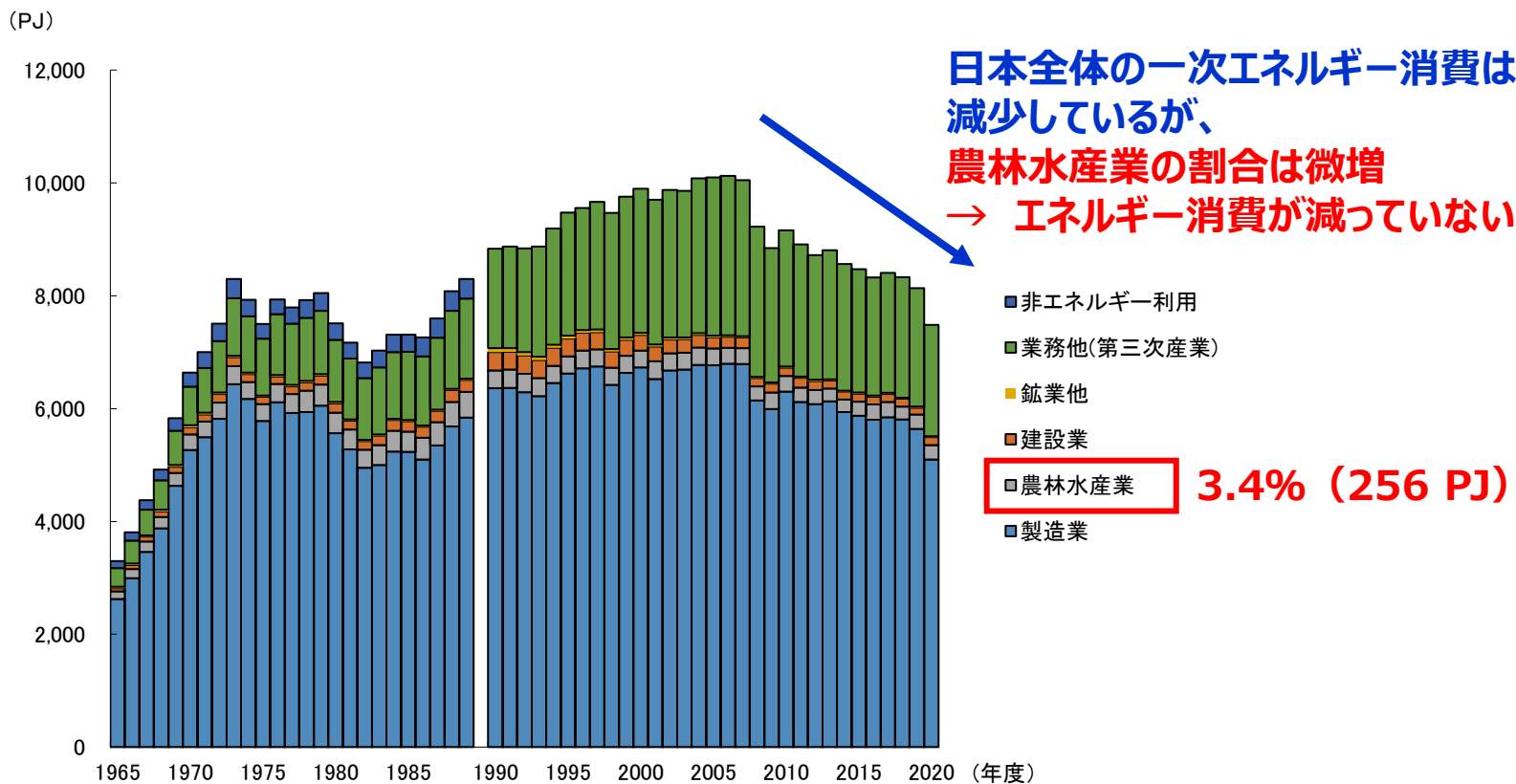


## 電源構成



一次エネルギー供給/電源構成

出典:2021-日本が抱えているエネルギー問題(経済産業省資源エネルギー庁)



企業・事業所他部門のエネルギー消費の動向

出典：令和3年度エネルギー白書（経済産業省資源エネルギー庁）

- 日本の企業・事業所他部門のエネルギー消費約7483 PJの内、**農林水産業は約3.4%を占める。**
- 農林水産業で消費される**主なエネルギー**は、**重油、灯油、軽油、ガソリン、電力**等であるが、この中で**漁船の内燃機関と施設園芸の暖房**で消費されるがA**重油**が最も多い。



燃焼式暖房機



ヒートポンプ室内機



バイオマス暖房機



ヒートポンプ室外機

- 日本の**施設園芸面積40,615 ha**のうち、**加温設備**を備えた**園芸用施設は16,936 ha (41.7%)**この内、**90%がA重油による燃焼式暖房装置**（温風暖房、温水暖房）を利用している。
- **再生可能エネルギー利用**として、**バイオマス燃料（木質ペレット・チップ、もみがら等）**や**自然エネルギー利用（地中熱・太陽熱利用）**が推進されているが、普及は進まない。
- **バイオマス燃料が普及しない背景**として、**単位熱量当たりの価格が燃油よりも高い**ことや、**適正な価格で安定供給されるサプライチェーンが未成熟**なことがある。
- 燃油価格の高騰以降、暖房費削減目的で**ヒートポンプが導入**されたが、**空気熱源方式**は室外の熱交換器で**着霜**するという問題があり、普及が進まない。**導入コストも高い**ことも課題。

「2020年度NEDO先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム（エネ環）」  
「農山漁村に適した地産地消型エネルギーシステム技術開発、  
農林業機械・漁船等の電動化及びその普及に資する技術等の開発」

## 農山漁村地域のRE100に資するVEMSの開発

**代表研究機関：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構**

**共同研究機関：**三菱電機株式会社開発本部  
千葉エコ・エネルギー株式会社  
ジオシステム株式会社  
ホルトプラン合同会社  
国立研究開発法人産業技術総合研究所  
慶應義塾大学理工学部  
早稲田大学理工学術院  
東京大学生産技術研究所  
京都大学工学研究科

**事業担当：NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部**

- 農山漁村地域には太陽光、水力、風力、波力、地熱、地中熱、そしてバイオマスなど多様な再生可能エネルギー供給群があるが、現在は固定価格買取制度（FIT）で発電者側に有利なインセンティブがあるため、海外と比べて地産地消の取り組みが遅れている
- FIT終了後も再生可能エネルギーによる発電が継続できるビジネスモデルが必要



太陽光発電



営農型太陽光発電



小水力発電



風力発電



バイオマス（木質）発電



バイオマス（畜産/集落排水）発電



バイオマス（食品残差）発電

- 農山漁村地域には、畜舎、乾燥・貯蔵施設、加工・流通施設、事務所、住宅等の電力や冷熱/温熱を必要とする様々な需要家群がある



温室



燃烧式暖房機（温風）



燃烧式暖房機（温湯）



ヒートポンプ（空気熱源）



畜舎



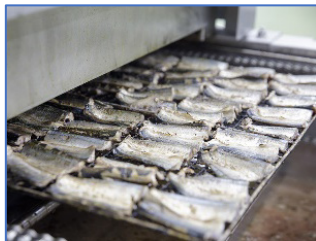
食品加工



コメ乾燥・貯蔵



事務所



水産加工



冷凍庫



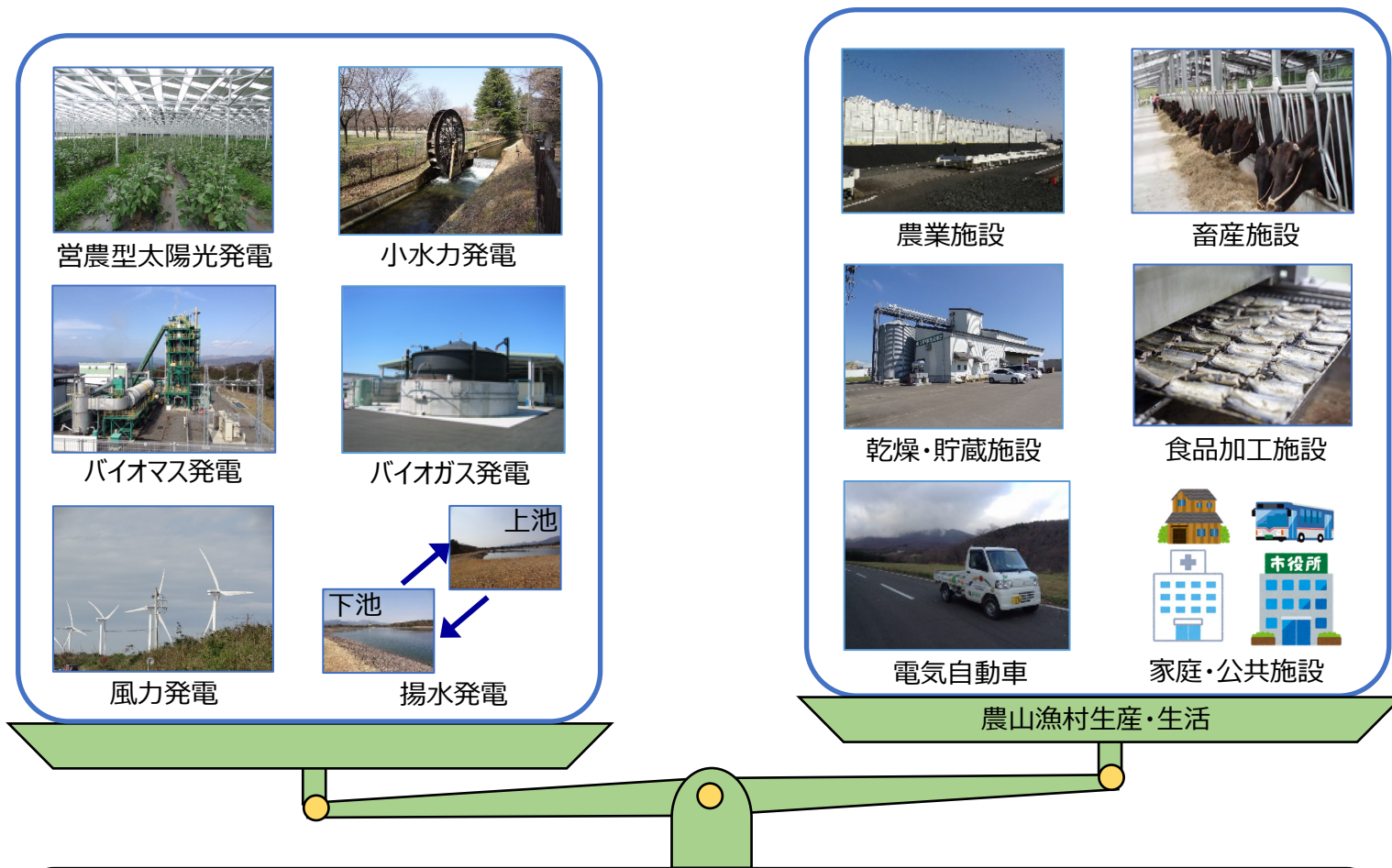
冷凍機



クーリングタワー

# 農山漁村エネルギーマネジメントシステム (VEMS)

- 農山漁村地域で供給可能な再生可能エネルギーと農業生産・農村生活での電熱需要量を地域全体で計測、最適管理するシステム

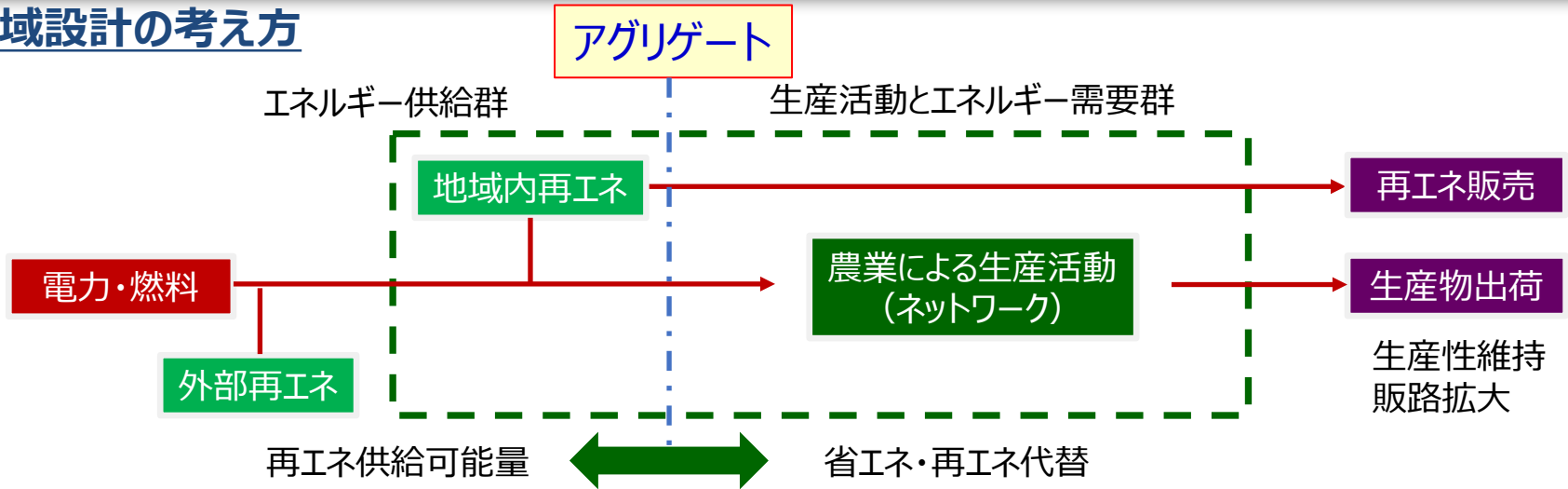


農山漁村エネルギーマネジメントシステム (Village Energy Management System)

再生可能エネルギーの電熱供給量と農業生産・農村生活での電熱需要量を計測、最適管理

# VEMSの構造（二階層）とネットワークモデル

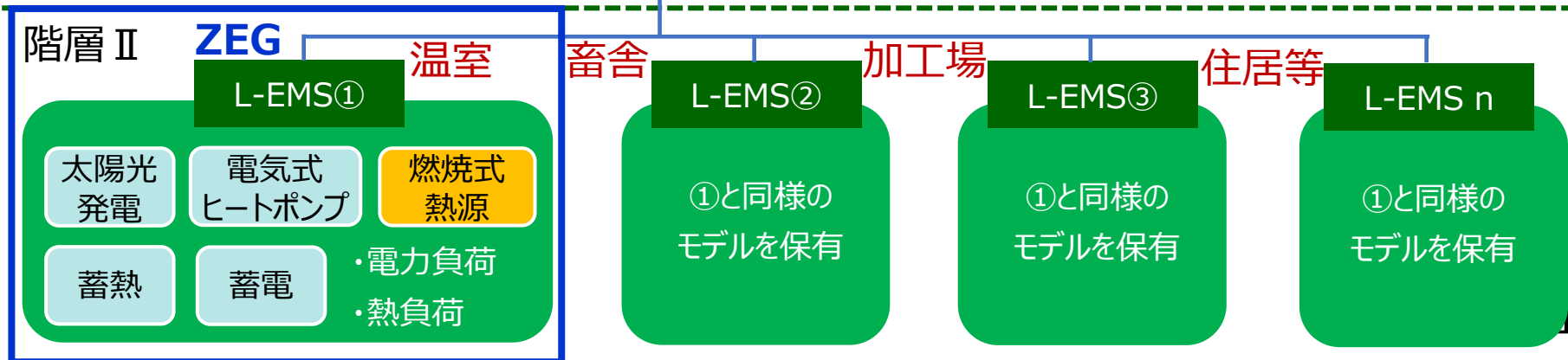
## 地域設計の考え方



## 階層 I








## 階層 II



# VEMSの特徴 設置目的、制御目標、需要の特徴

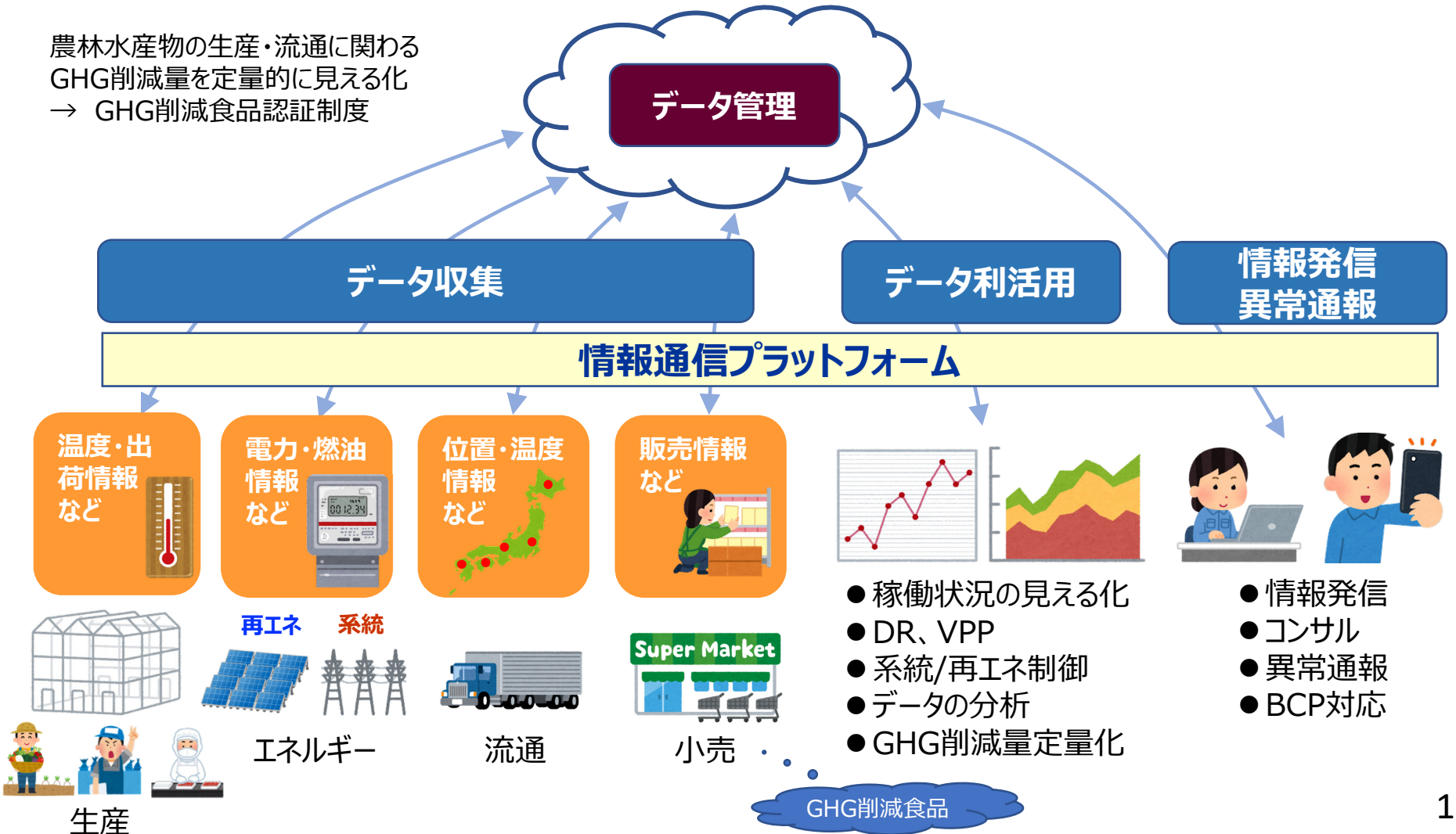
比較項目 EMSの種別	目的					エネルギー需給の構成					プレイヤーの規模			
	主な産業ターゲット			環境性	地域活性化	エネルギー供給源					地産地消	需要の変化	需要者	事業者
	1次	2次	3次			発電機	再エネ	コジエネ	熱源	空調機				
電力事業用EMS			○	○		○						小	多数	単一
BEMS/FEMS等		○	○	○		○		○	○	○		小	単一	単一
VEMS	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	大	複数	複数

## 用語解説

-  主な産業ターゲット | 1次産業：農業や漁業、2次産業：加工、3次産業：サービスや販売 ※VEMSではこれらを統合し6次産業の創出が期待される
-  環境性 | EMSの制御目標（目的関数）に環境関連の指数（CO2排出量等）を含む
-  地域活性化 | EMSの導入場所に与える付加価値
-  地産地消 | EMSの導入場所の内外でのエネルギーの流通の程度。地産地消は外とのエネルギー流通を極力ゼロにする
-  需要の変化 | 年・季節・月・日単位でのエネルギー需要の偏差の大小

## 農林水産業に関わる生産情報の見える化と製品・商品へのタグ付け（付加価値化）

農林水産物の生産・流通に関わる  
GHG削減量を定量的に見える化  
→ GHG削減食品認証制度



## エネルギーレジリエンス（経済産業省）

- 平時には需要者を含む社会に対して所要のエネルギーを安定的に供給するとともに、有事には自然・人為的災害等によるエネルギー供給支障（エネルギーの供給の途絶）が、人命・資産や経済活動及び社会にもたらす影響を低減するための、災害等の発生前後における、ハード・ソフト面での安全性・堅牢性及び迅速な停止復旧能力である。



海水温上昇による台風の大型化



2019年台風15号による停電被害  
出典：経済産業省HP



バイオマス発電

太陽光発電

風力発電

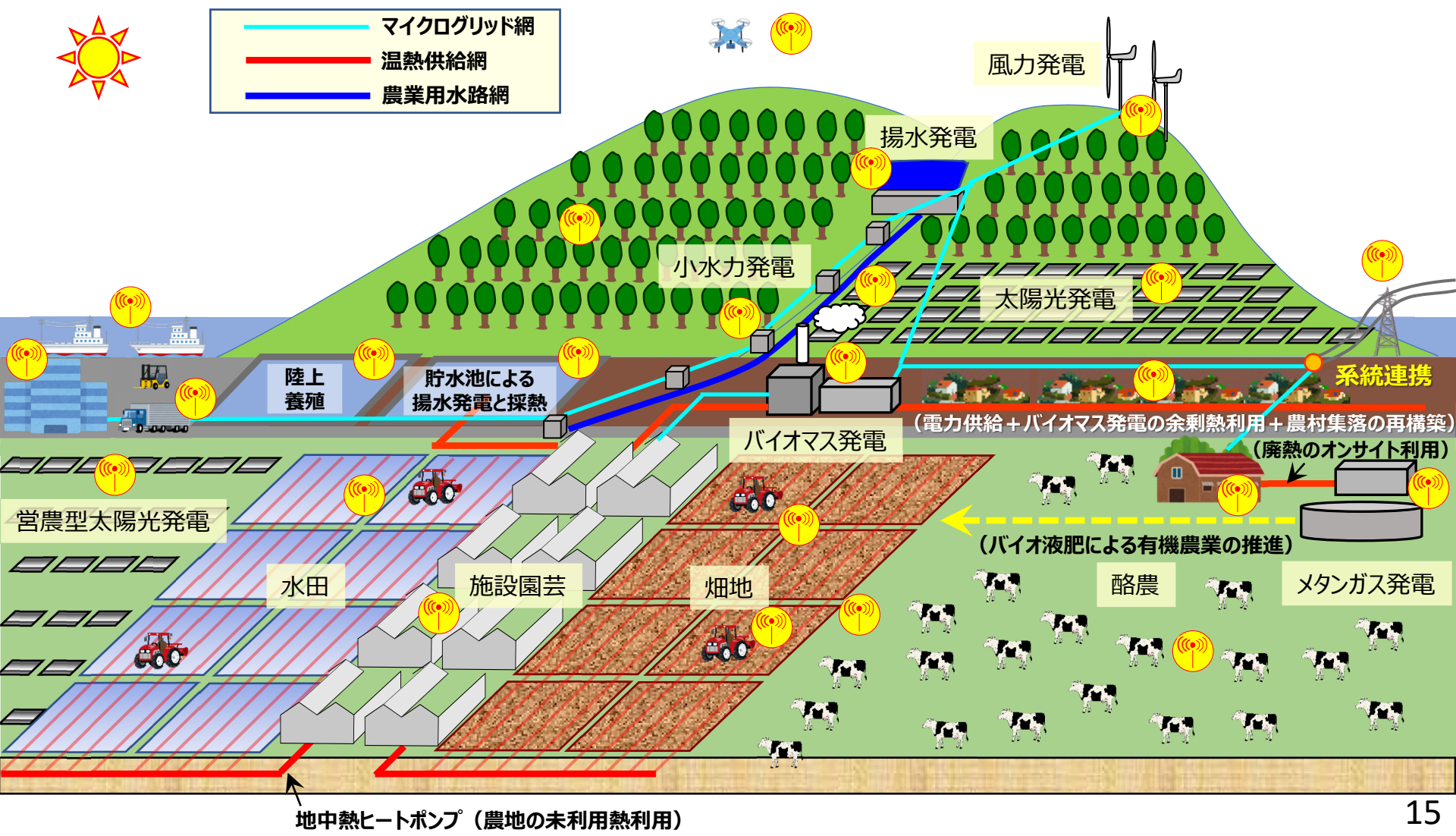
波力発電

停電

農山漁村地域は再エネポテンシャルが大きく、エネルギーレジリエンス能力が高い

# 農山漁村エネルギーマネジメントシステム (VEMS) のイメージ図

- 農山漁村地域の太陽光発電、小水力発電、風力発電、バイオマス発電等の設備や農地/農業用水などのインフラ基盤からの電熱供給量と電熱需要量を地域全体で管理するシステム



**令和4年度 農林水産研究推進事業  
委託プロジェクト**

# **脱炭素型農業実現のための パイロット研究プロジェクト**

**代表機関：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
(農村工学研究部門、農業環境変動研究センター、畜産研究部門、  
中日本農業研究センター、北海道農業研究センター)**

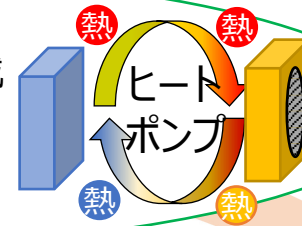
**共同研究機関：栃木県農業試験場、同 いちご研究所  
地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 十勝農業試験場  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
学校法人 慶應義塾大学理工学部  
学校法人 早稲田大学創造理工学術院  
ネポン株式会社  
ホルトプラン合同会社**

## 農村・経営



- 脱炭素技術の農村地域展開によるGHG削減効果
- 農業面の経営改善効果や環境改善効果、影響度の解明
- 農村のグリーンインフラとしての役割の創出

- 再エネ活用型ヒートポンプでGHG排出削減
- 最新園芸省エネ技術で化石燃料削減



## 園芸

有機性資材の施肥利用



廃棄残渣の資源利用

適正な水管理で水田の容易な畑利用

- 精密水管理でGHG排出削減

## 水田

## 環境

- 脱炭素対策と生物生息の両立
- 有機性資材利用と水環境保全

## 酪農・畑作

- バイオガス発電由来の有機性資源利用
- 施肥代替・炭素貯留によるGHG排出削減

地球環境にやさしい農業を目指して

小課題2 地域資源を活用した園芸施設におけるGHG排出削減と生産性向上技術の開発

- (1) 園芸施設における再エネ活用型環境制御システムの開発
- (2) 園芸施設における再エネ活用と周年栽培システムの開発



・ヒートポンプ + 被覆素材 → 燃油使用量50%削減  
・再エネ利用で系統電力使用量20%削減

・再エネ活用による周年栽培システムの開発で収益性向上



実証温室（室外）



実証温室（室内）



ヒートポンプ室内機



地下水用熱交換器

**(環境省) 令和4年度地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル  
技術開発・実証事業 (二次公募)**

# **「施設園芸の脱炭素化に資するゼロエネルギーグリーンハウス (ZEG) の開発・実証」について**

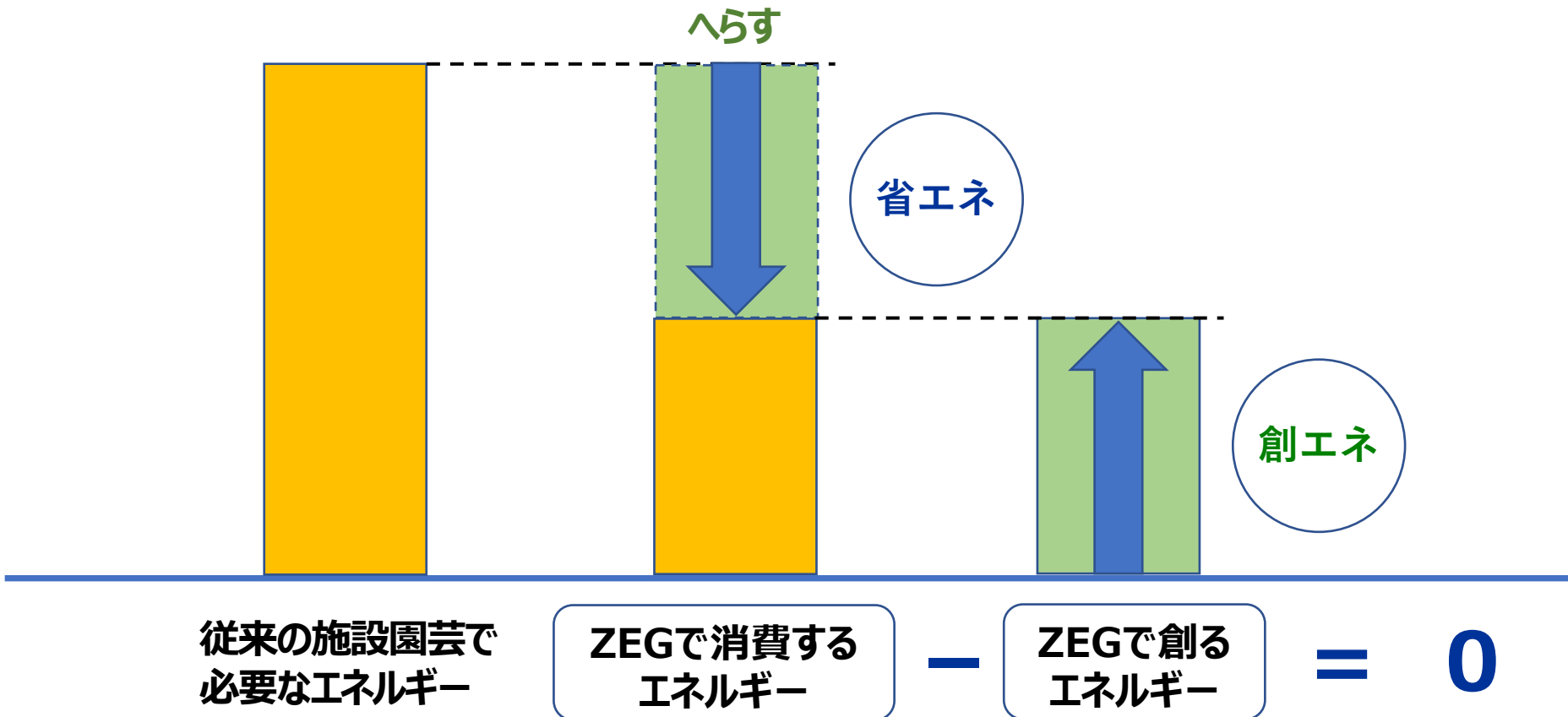
**代表研究機関：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構**

**共同研究機関：東洋紡株式会社  
イノチオアグリ株式会社  
ホルトプラン合同会社  
早稲田大学理工学術院創造理工学部  
慶應義塾大学理工学部  
千葉大学大学院園芸学研究院  
埼玉県農業技術研究センター  
有限会社国分寺洋蘭園**

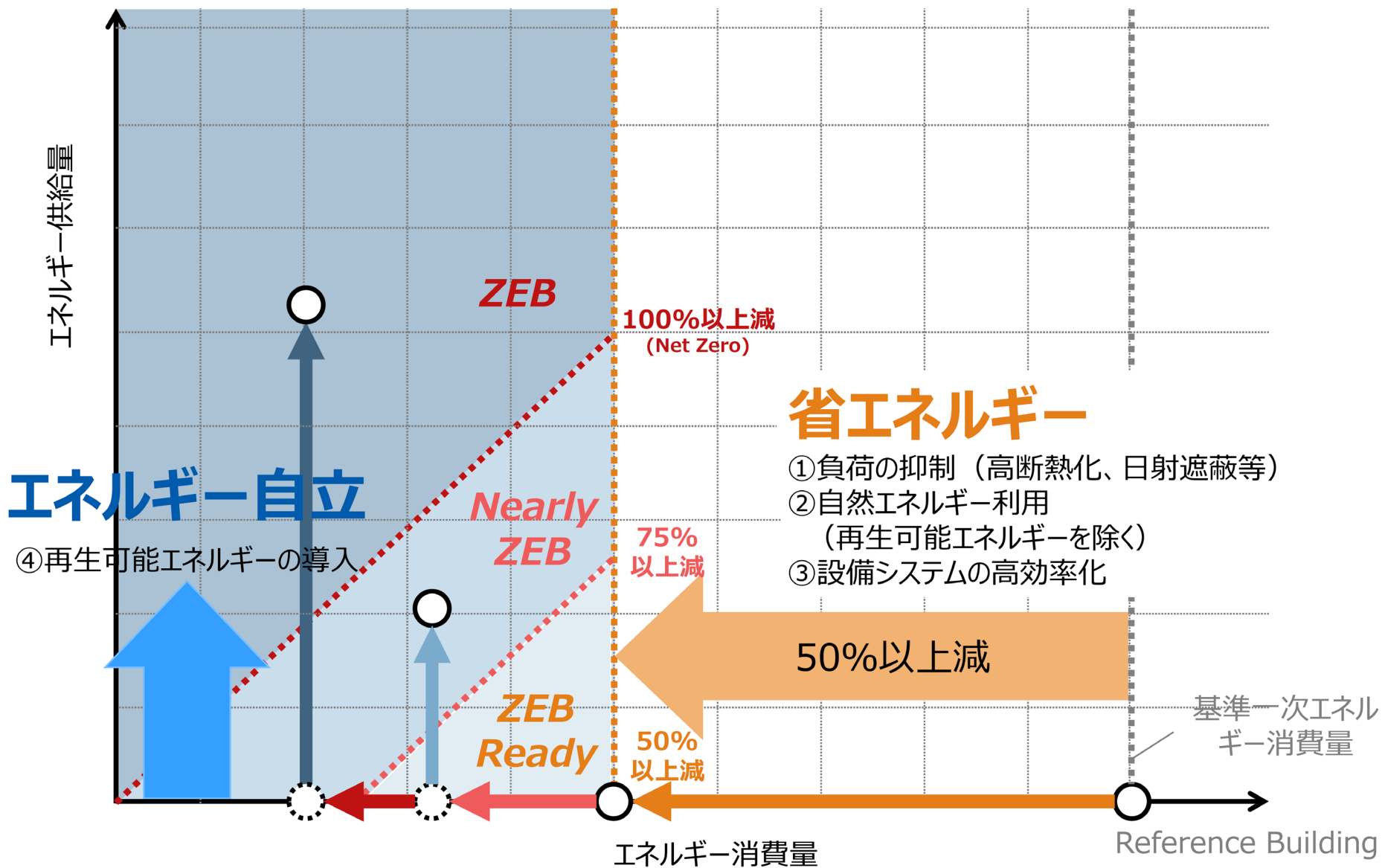
**事業担当：環境省 地球環境局 地球温暖化対策課 地球温暖化対策事業室**

# ゼロエネルギーグリーンハウス（ZEG）とは

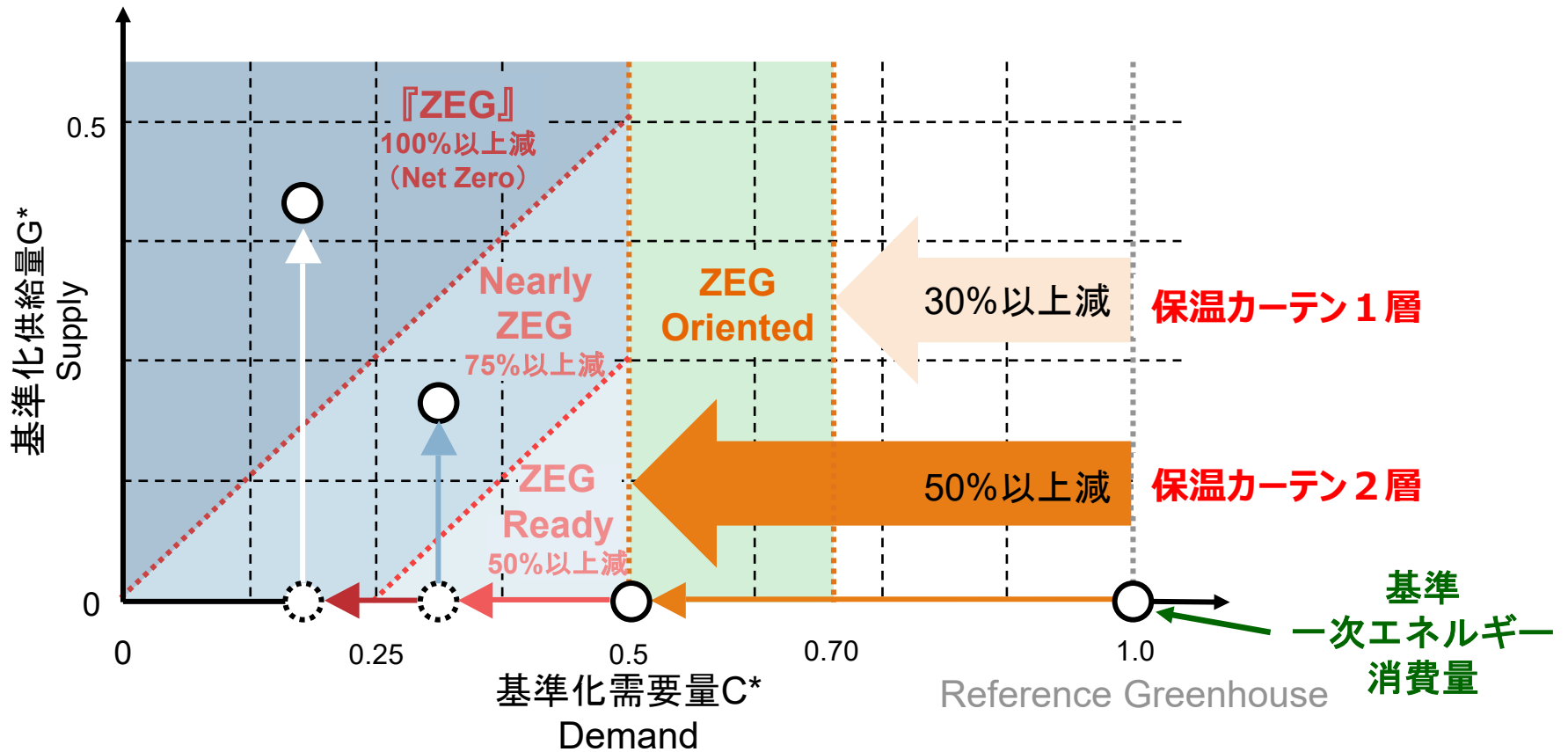
- net Zero Energy Greenhouse（ネット・ゼロ・エネルギー・グリーンハウス）の略称で、「ゼグ」と呼称
- 高効率な園芸生産および快適な室内環境を実現しながら、温室（グリーンハウス）で消費する年間の一次エネルギーの収支をゼロにすることを旨とする



# ZEB（ゼロエネルギービル）の定義・評価方法（例）



# ZEG（ゼロエネルギーグリーンハウス）の定義・評価方法



$G^*$  : 標準化供給量 = 評価対象温室の生成エネルギー / レファレンス温室の消費エネルギー

$C^*$  : 標準化需要量 = 評価対象温室の消費エネルギー / レファレンス温室の消費エネルギー

## ZEG（ネット・ゼロ・エネルギー・グリーンハウス）の段階的評価

出典：NEDO先導研究「農山漁村地域のRE100に資するVEMSの開発」資料より抜粋（2022年）

「施設園芸の脱炭素化に資するゼロエネルギーグリーンハウス (ZEG) の開発・実証」

研究代表機関：農研機構（農村工学研究部門、農機研）

参画機関：東洋紡、イノチオアグリ、ホルトプラン、早稲田大学、慶應義塾大学、千葉大学、埼玉県農業技術研究センター、国分寺洋蘭園

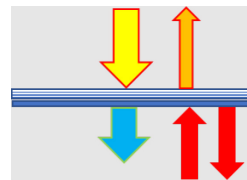
【実証技術の概要】

【技術要素①】

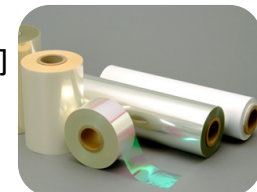
施設園芸用  
ヒートポンプ

【技術要素②】

波長選択積層フィルムを適用した  
新カーテン資材（保温/遮熱併用）



- 光合成に有効な400～700nmの波長を選択的に透過
- 近赤・赤外光の反射を制御



波長選択積層フィルム

【技術要素④】

ZEG体系化

エネルギーNet Zero  
生産性・収益向上

【技術要素③】

高精度環境計測・制御装置  
/GEMS/センサーネットワーク



センサーネットワーク



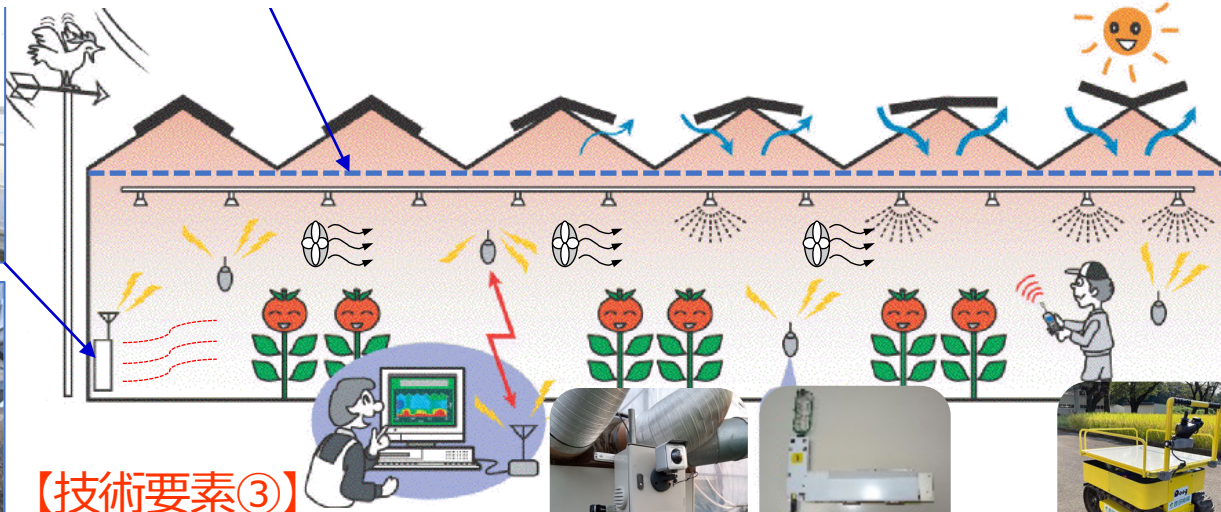
環境計測センサ



自動運搬台車



地下水熱源ヒートポンプ

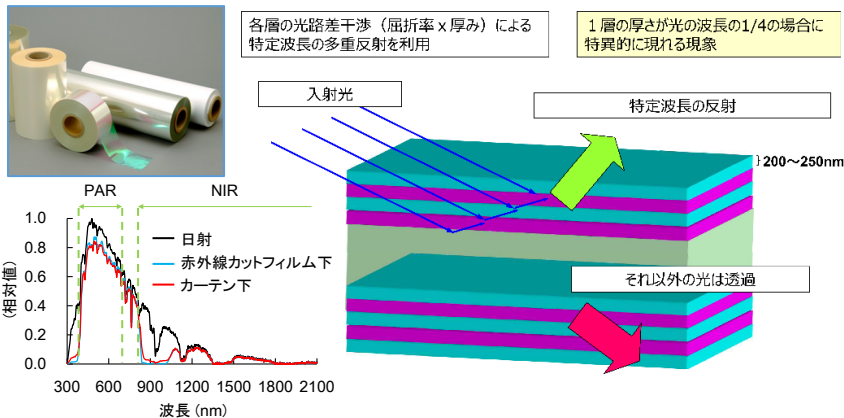


- ① 農業地域の再エネ電力と未利用熱を利活用する高効率な施設園芸用ヒートポンプの開発による燃烧式暖房機からの脱却
- ② 作物光合成の最大化とエネルギーロスを最小化し、作物にとって明るい波長選択積層フィルムを適用した新カーテン資材の開発
- ③ ヒートポンプと新資材カーテンの効果を引き出すセンサーネットワークと高精度環境計測・制御装置/GEMSの開発
- ④ ①施設園芸用ヒートポンプ、②新素材カーテン、③高精度環境計測・制御システムを組み合わせたZEG仕様温室生産システム

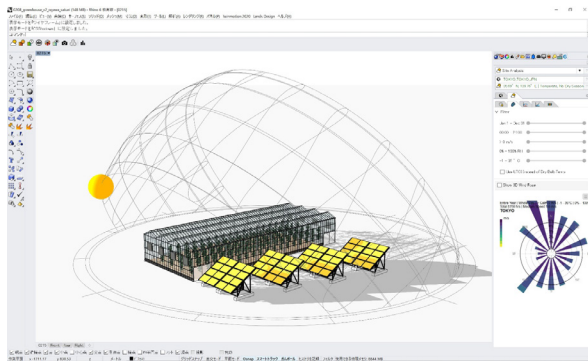
【実証技術の概要】



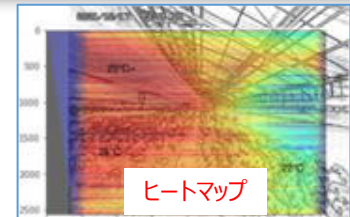
試作・開発中の施設園芸用ヒートポンプ (10馬力機) と改良 (農研機構)



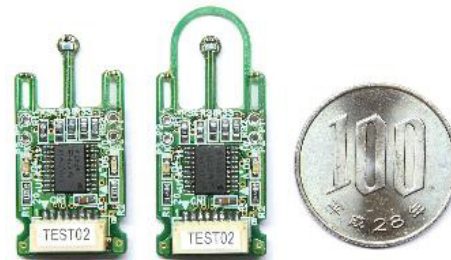
開発中の積層高機能性フィルムの原理と特徴 (東洋紡)



開発中のZEGシミュレーター (早稲田大学、農研機構)



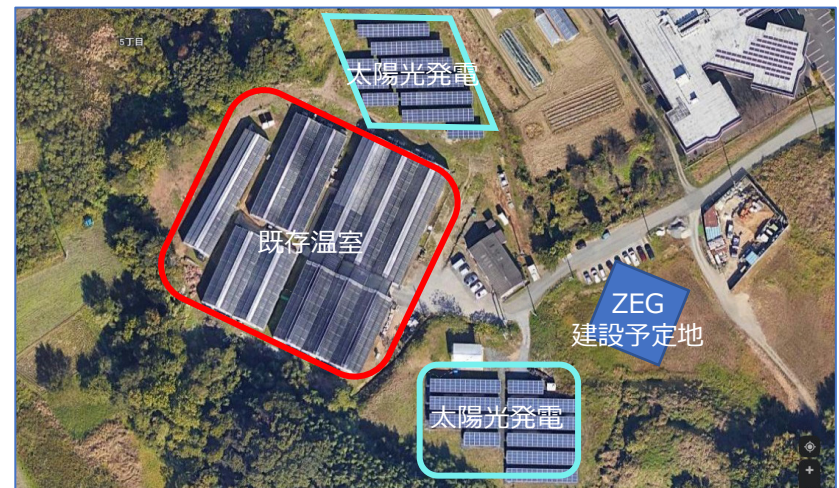
高精度環境計測・制御装置/センサーネットワーク (慶應義塾大学、ホルトプラン、農研機構)



新開発の小型環境計測センサモジュール (ホルトプラン、農研機構)



自律走行が可能な小型電動ロボット (農研機構)



ZEG仕様温室の建設と現地実証 (イノチオアグリ、国分寺洋蘭園、千葉大学、埼玉県)

この成果の一部は、

1. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務「2020年度NEDO先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム（エネ環）／農山漁村に適した地産地消型エネルギーシステム技術開発、農林業機械・漁船等の電動化及びその普及に資する技術等の開発／農山漁村地域のRE100に資するVEMSの開発（P14004）」
2. 農林水産省委託プロジェクト研究「脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト」JPJ009819
3. 環境省令和4年度地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業(二次公募)「施設園芸の脱炭素化に資するゼロエネルギーグリーンハウス（ZEG）の開発・実証」

により得られました。記して謝意を表します。

※ 本資料の取扱いについて

掲載された講演資料の中には著作権があるもや、未発表のものも含まれておりますので、複製・転載・引用に当たっては、必ず講演者の了解を得てください。