

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  
令和7年度成果発表会

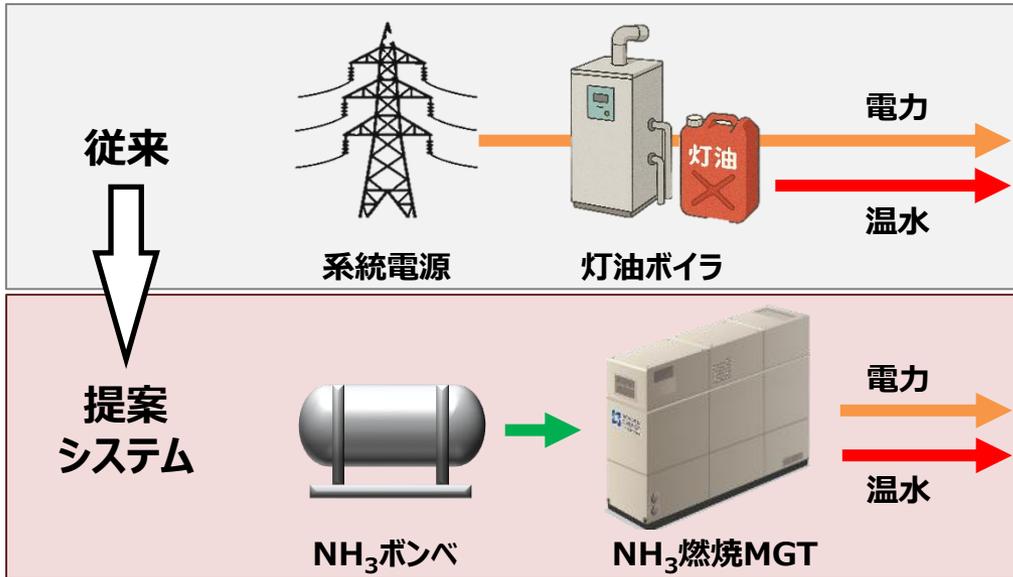
# アンモニアマイクロガスタービンのコジェネレーションを 活用したゼロエミッション農業の技術実証

2026年1月16日  
株式会社トヨタエナジーソリューションズ  
畦上 修

1. 技術開発の概要
2. 技術開発の経過と成果
3. CO<sub>2</sub>削減効果
4. 事業化の取組み
5. 開発成果の発信

## ■ 背景・目的

周年栽培農業ハウスは冷暖房や照明で化石燃料を利用( $\text{CO}_2$ を排出)  
→アンモニア( $\text{NH}_3$ )燃焼マイクロガスタービン(MGT)を利用して $\text{CO}_2$ を削減する



## 周年ハウス栽培



## MGTの利点と課題

利点：総合効率が高い(80%以上)

多くの燃料が利用可能 ⇒ アンモニア利用でカーボンフリー化が可能

課題：制御が複雑

⇒ 燃料に合わせた変更が必要

## 燃料アンモニアの利点と課題

利点：容易に液化可能(大気圧における沸点  $-33.3^{\circ}\text{C}$ ) ⇒ 輸送しやすい

課題：燃焼速度が遅いメタンの20%弱(0.07m/s) ⇒ 着火・保炎が難しい

# 1. 技術開発の概要②

## ■ 実施内容

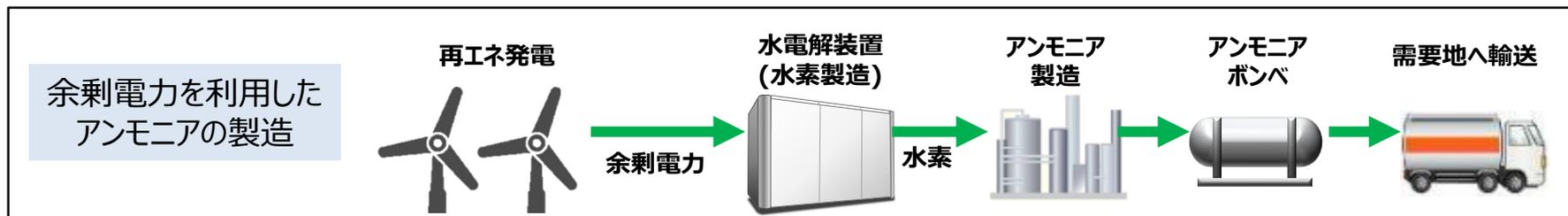
令和3～4年度 アンモニア燃焼MGTによるCO<sub>2</sub>フリー電気と温水を農業ハウスへ送ると共に周年ハウス農業の最適栽培管理システムを開発し、ゼロエミッション農業の可能性を広く検証

令和5～6年度 社会実装に向け、  
 1. 液体アンモニア直接燃焼によるMGTのイニシャルコスト低減(A1)  
 2. 吸収式冷凍機、食品乾燥機の導入や局所環境制御による農産物の生産性向上(A2)  
 3. グリーンアンモニア調達体制の確立(A3)を目指す

## ■ 実証エネルギーフローと実証範囲



## ■ グリーンアンモニア調達の例



## ■ 実証体制

代表事業者 **A1**、**A2**、**A3**

**株式会社  
トヨタエナジーソリューションズ**

- (MGTの全体システム開発)
- ・98年よりMGTの製造・販売を実施
  - ・14年よりアンモニア燃焼MGTの基礎研究を実施
  - ・事業終了後の製品化・販売を担当

協力者

**秋田県産業技術センター**

(実証試験支援)

協力者

**秋田県、大仙市**

(事業化支援)

協力者

**一般社団法人  
クリーン燃料アンモニア協会**

(市場動向支援)

共同実施者 **A2**

**株式会社  
秋田農販**

- (実証フィールドの提供、全体システム開発)
- ・もみ殻燃焼ボイラによる温水供給、栽培実績有

共同実施者 **A3**

**一般財団法人  
カーボンフロンティア機構**

- (事業化検討、関係機関取纏め)
- ・秋田県での多原料バイオークス利用CO<sub>2</sub>排出削減の長期実証事業を実施
  - ・石炭火力発電へのアンモニア混焼LCA評価実績有

共同実施者 **A2**

**公立大学法人  
秋田県立大学**

- (要素技術の開発)
- ・農業地域の環境保全、IOT・AIによるハウス栽培情報管理技術の検討実績有

共同実施者 **A1**

**国立研究開発法人  
産業技術総合研究所**

- (要素技術の開発)
- ・幅広い分野の開発で多くの実績有
  - ・50kW級MGTにより100%アンモニア燃焼発電に成功

共同実施者 **A1** (令和4年度まで)

**国立大学法人  
東北大学**

- (要素技術の開発)
- ・アンモニア燃焼解析の実績有
  - ・SIPアンモニア直接燃焼チームの責任者

# 1. 技術開発の概要④

## ■ アンモニア燃焼MGT開発の取組み(トヨタエナジー)

※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

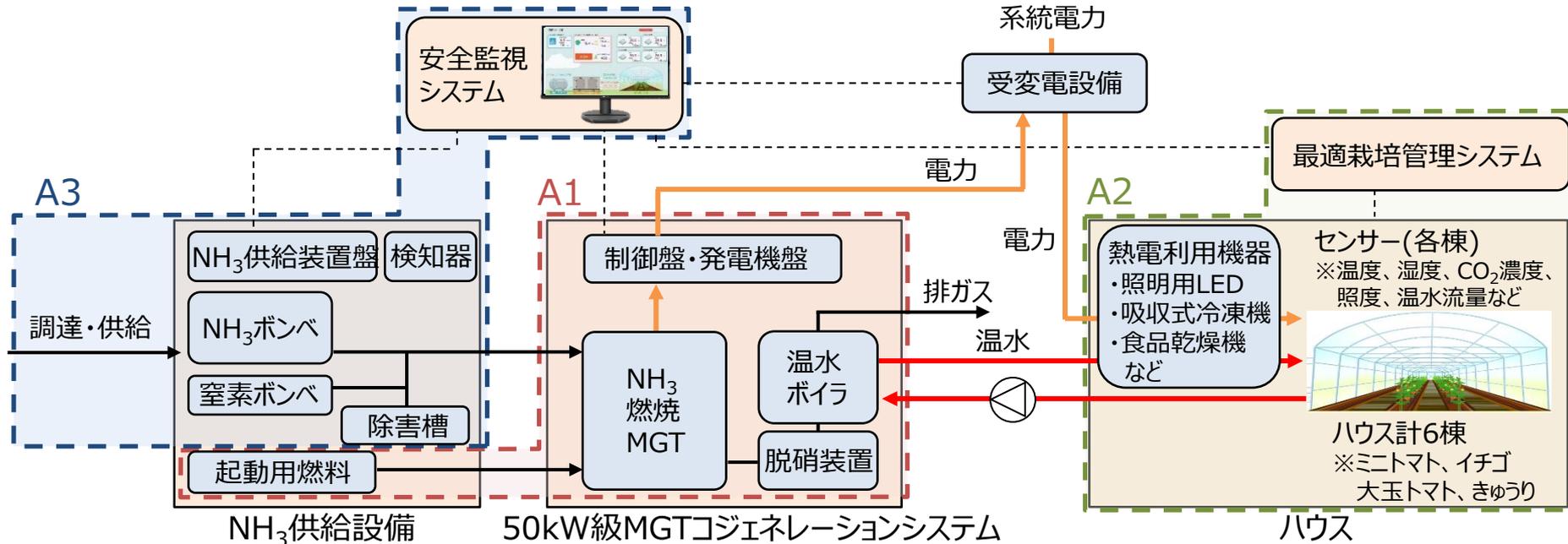
- ◆ 1998年度 マイクロガスタービン(MGT)コージェネレーションシステム販売開始
- ◆ 2014年度 内閣府SIP「エネルギーキャリア(アンモニア直接燃焼)」プロジェクト開始(～2018年度)
- ◆ 2015年度 50kW級MGTによるアンモニア100%燃焼発電に成功 @産業技術総合研究所
- ◆ 2018年度 300kW級MGTによるアンモニア100%燃焼発電に成功 @JERA知多火力発電所
- ◆ 2021年度 環境省実証事業開始(2025年度まで)\* @秋田県大仙市



# 2. 技術開発の経過と成果①

## ■ 開発内容と実証範囲

アンモニア調達から農業ハウスでの熱電利用までの一気通貫した検証を実施



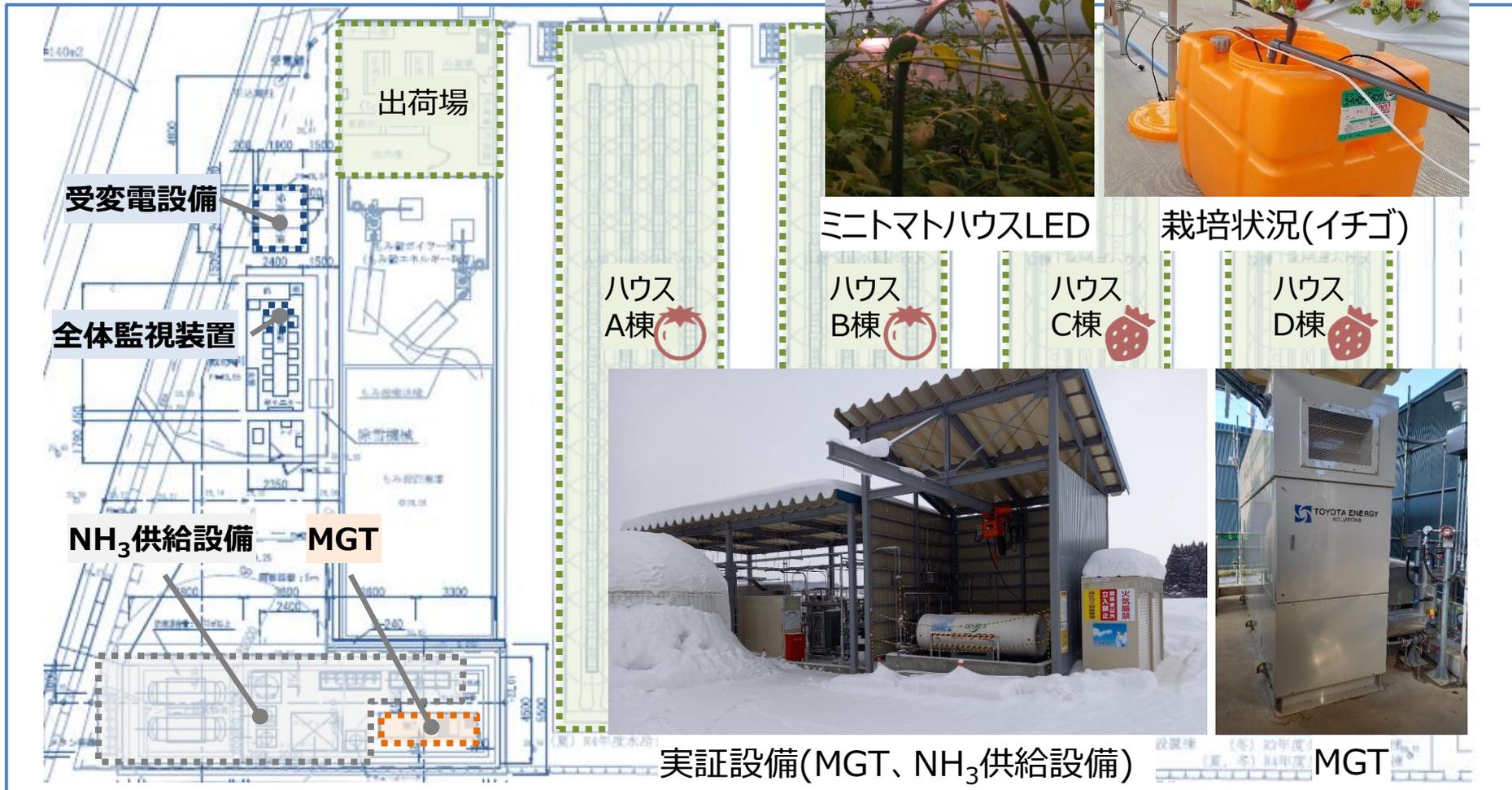
## ■ 実施スケジュール

	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度
A1	アンモニアMGTの周年ハウス栽培等への最適化検証		アンモニアMGTコージェネレーションシステムの低コスト化	
A2	発電・熱利用による生産性向上、農業施設規模の検証		アンモニアMGTの農業向けコージェネレーション最適化開発	
A3	アンモニア供給の安全性の検討		グリーンアンモニアサプライチェーン構築	
B,C,D	統合システムの最適化およびその実証、事業化計画立案			

## 2. 技術開発の経過と成果②

### ■ 令和3～4年度の実証設備

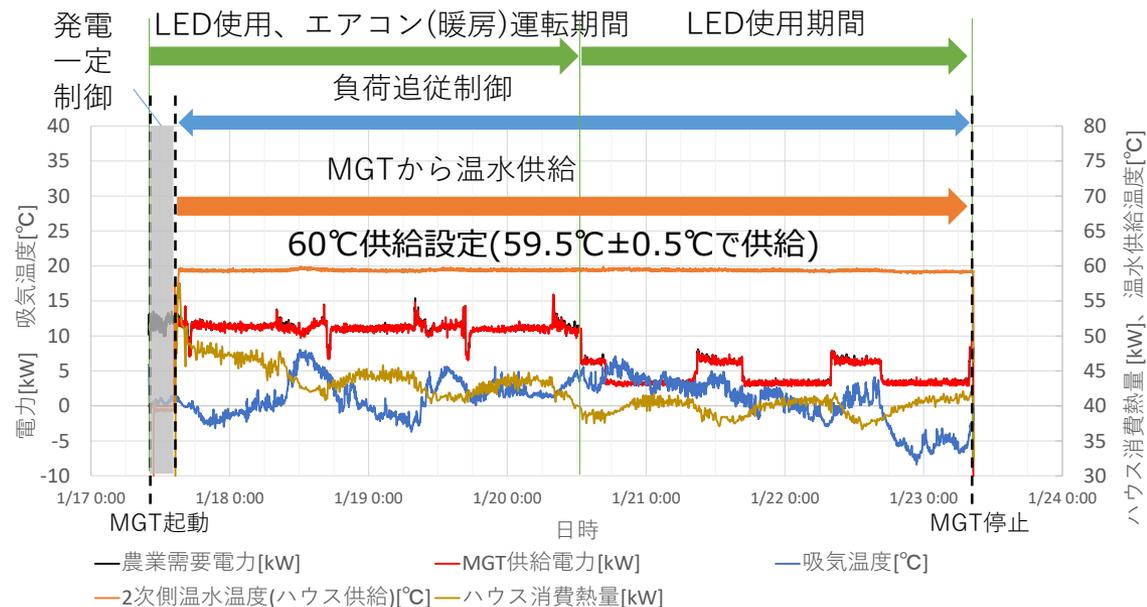
秋田農販第2圃場にアンモニア供給設備等を設置し、  
既設農業ハウスへ熱電供給を実施  
→アンモニア利用の安全性やMGTの負荷追従性を確認



### ■ 令和3～4年度の主な成果

#### 主な成果

- A1 : -7℃～37℃の環境で  
気体アンモニア燃焼MGTを  
1,100時間以上安定運用
- A2 : 熱電利用により栽培環境を  
整えることで収量が向上
- A3 : 安全にアンモニア利用できる  
運用手法を確立  
(運転中のボンベ交換など)



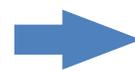
MGT熱電供給の一例(冬季)

### ■ 令和3～4年度で明らかになった課題と令和5～6年度において実施した課題解決内容

課題	実施内容
設備コストが高い	気体アンモニアに比べて燃焼が難しい <b>液体アンモニア</b> で <b>直接燃焼</b> させるMGTを開発し、システムの低コスト化を図る
高温時の作物障害 冬季以外の熱利用が少ない	<b>吸収式冷凍機</b> 、 <b>食品乾燥機</b> を導入するとともに、栽培管理システムを用いた環境制御(全体+ <b>局所</b> )を実施し、収益向上を図る
グリーンアンモニア調達が難しい	<b>秋田県での地産地消</b> グリーンアンモニア製造および輸送調達の可能性を検証

## ■ 令和5～6年度の実証設備

- ・新たに温水利用機器の設置およびハウス2棟を新設
- ・既存装置を液体アンモニア燃焼が可能な設備に改造



- ・冬季以外の温水利用促進
- ・新たな作物の栽培検証

**気体→液体アンモニア燃焼用に改造 NH<sub>3</sub>供給設備 MGT**

ハウス A棟 (ミニトマト)    ハウス B棟 (ミニトマト)    ハウス C棟 (イチゴ)    ハウス D棟 (イチゴ)

**令和5年度新設部全景**

吸収式冷凍機

食品乾燥機

もみ殻ボイラ)

ハウス E棟 (きゅうり)    ハウス F棟 (大玉トマト)

寒冷地秋田において栽培困難とされた作物にトライ

吸収式冷凍機

食品乾燥機

## ■ 令和5～6年度：開発要素A1 『アンモニアMGTシステムの低コスト化』

気体アンモニアに比べて燃焼が難しい液体アンモニアで直接燃焼させるMGTを開発し、システムの低コスト化を図る

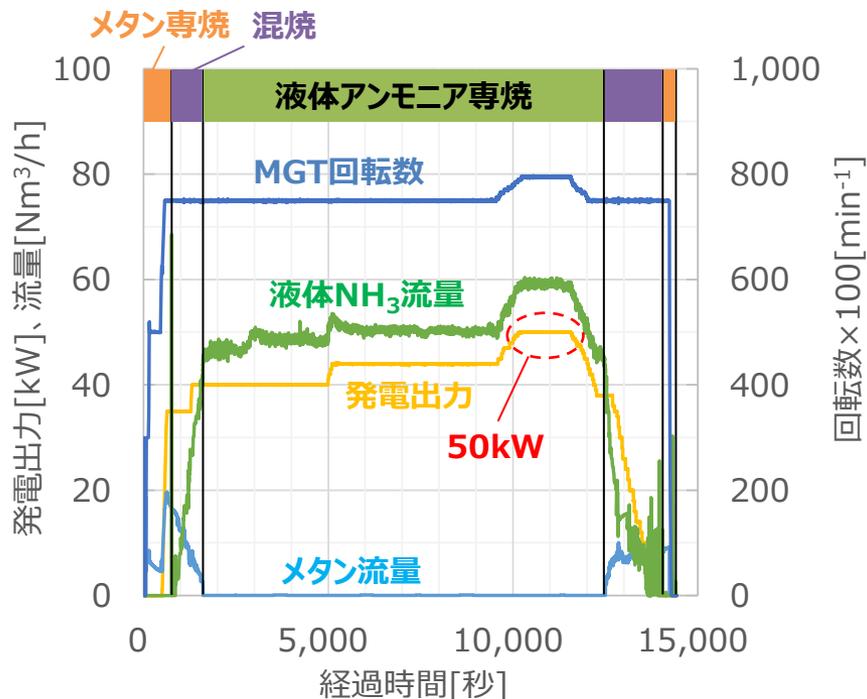
### ◆ 液体アンモニア燃焼技術の開発・適合

燃料供給システムおよび燃焼器を設計し、燃料調量制御を構築

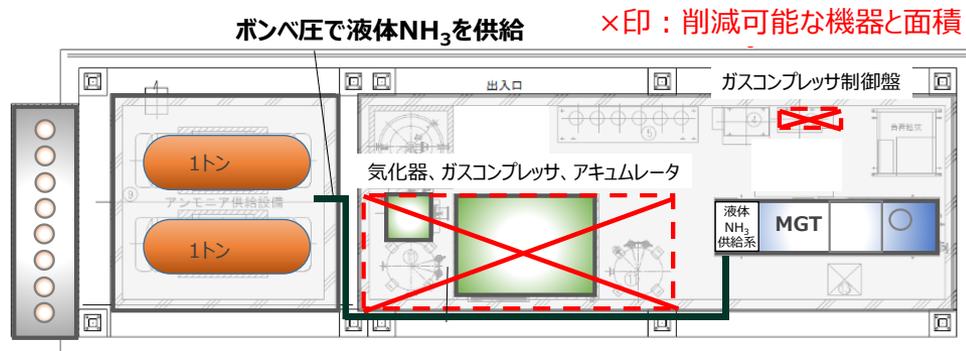
⇒MGT定格出力50kWで液体アンモニア専焼を達成

(燃焼性、耐熱性、負荷変動時の安定性が目標値を満たすことを確認)

⇒液体直接燃焼は気体燃焼にくらべて設備コストが30%以上、設備消費電力が80%以上低減



液体アンモニア専焼運転結果



液体アンモニア直接燃焼により削減できた機器とその面積



液体NH<sub>3</sub>供給系(MGT筐体内)

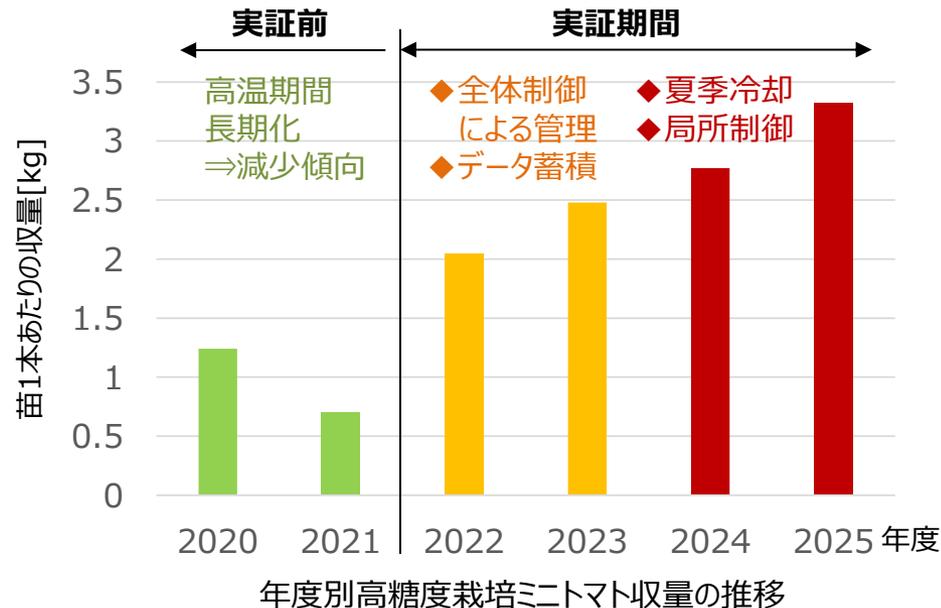


可視化試験(着火)

## ■令和5～6年度：開発要素A2『農業向けコジェネレーションの最適化』

吸収式冷凍機、食品乾燥機を導入するとともに、栽培管理システムを用いた環境制御(全体+局所)を実施し、収益向上を図る

- ◆ 熱電を有効利用した栽培管理  
⇒ 実証期間中、年々収量は増加
  - ◇ 温湿度、照度、CO<sub>2</sub>濃度などのデータ蓄積による栽培管理技術の向上  
(例：ハウス内分布の均一化)
  - ◇ 吸収式冷凍機利用による高温障害抑制
  - ◇ 局所(生長点)環境制御効果  
(低エネルギー化にも寄与)



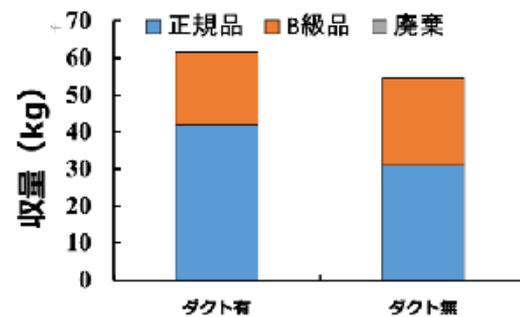
- ◆ 未利用温水を利用し、規格外品をドライ化  
食味、含水率など問題無く商品化可能



ドライ化試験後の作物  
(左：大玉トマト、中：ミニトマト、右：イチゴ)



ダクト小穴から冷風・温風を供給  
局所環境制御用ダクト利用風景



ダクト有無による収量比較  
(R6年10～11月B棟ミニトマト)

## 2. 技術開発の経過と成果⑦

### ■ 令和5～6年度：開発要素A3 『グリーンアンモニアサプライチェーン構築』

秋田県での地産地消グリーンアンモニア製造および輸送調達の可能性を検証

#### ◆ 秋田県における地産地消システムの検討

① アンモニア製造(水素+窒素)について、ケニアで運用されている商用機を現地確認・調査

→ アンモニア製造量と必要電力量の関係を算出

② 秋田県の太陽光発電所の発電データに基づき、アンモニア製造に必要な太陽光発電所の仕様を立案

→ 事業化に向けて営農型太陽光発電所を立案

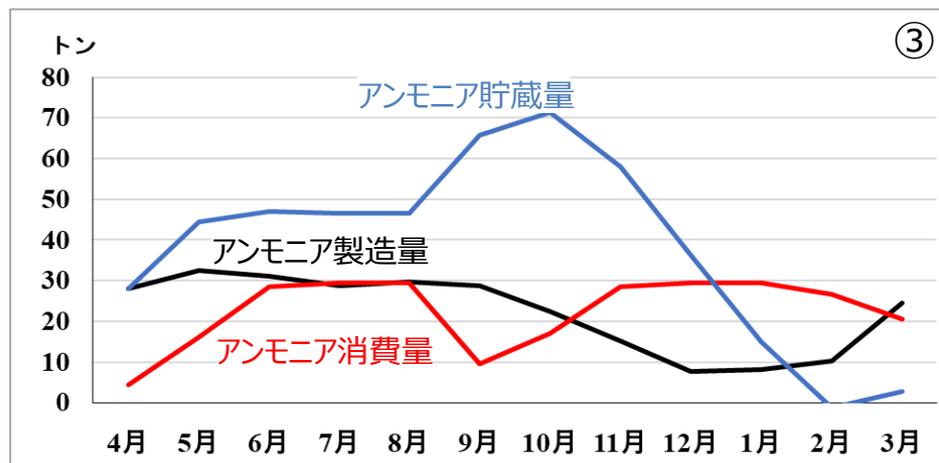
③ 周年需給バランスが得られるアンモニアの必要貯蔵量の算出

→ 最大70トン程度の貯蔵で周年需給はバランス

⇒ 地産地消システムの仕様が決定(事業性評価は後掲)



アンモニア合成塔(ケニア)



秋田県でのアンモニア需給バランス検討結果



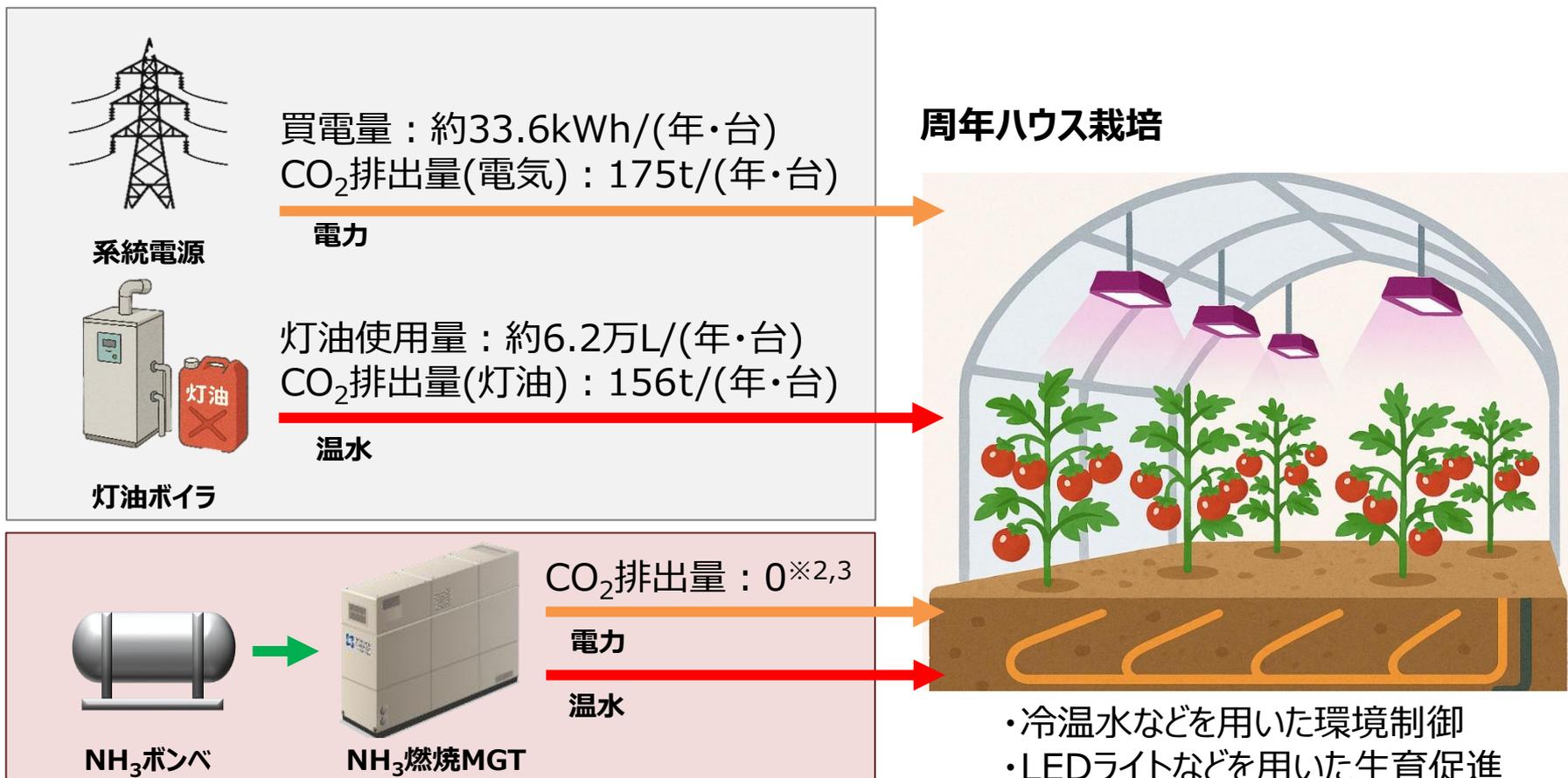
営農型太陽光発電所のイメージ(ワラビ生産)

# 3. CO<sub>2</sub>削減効果

## ■ 本実証で得られたMGT1台あたりの年間CO<sub>2</sub>削減量

発電中のCO<sub>2</sub>削減率100%※1

→年間6,730時間※2,3運転すると330トン超のCO<sub>2</sub>削減が可能



※1：実証結果から推定した運転時間

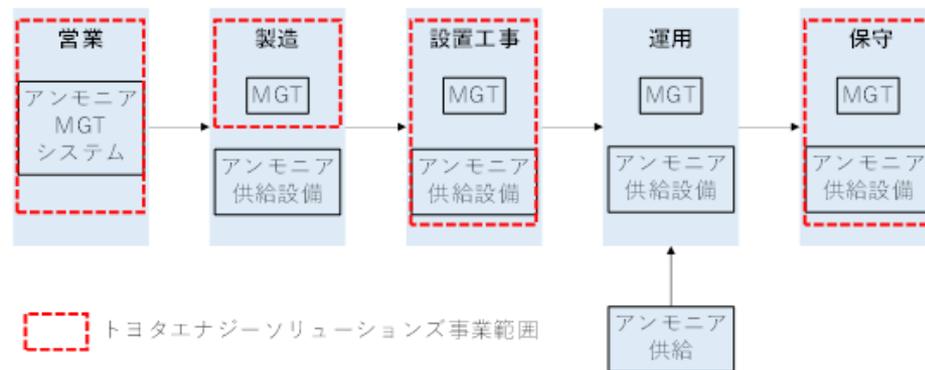
※2：グリーンアンモニア利用時

※3：起動時(約27分/回)を除く

# 4. 事業化の取組み①

## ■ 事業化の体制

販売開始当初は営業活動、MGT製造、設置工事、保守をトヨタエナジーソリューションズが担当  
⇒販売拡大後は設置工事、保守を協力会社へ一部移管



## ■ 事業拡大シナリオ



◆ 気体アンモニアMGT実証

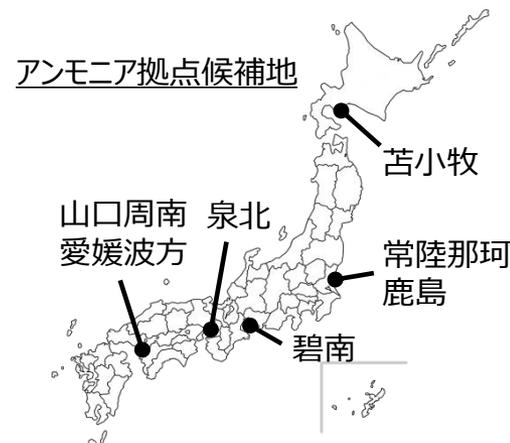


- ◆ 液体アンモニアMGT 開発・実証  
→液体アンモニア専焼 定格運転(50kW)達成
- ◆ 気体アンモニアMGT 販売開始(2023年度)
- ◆ 普及に向けた 営業活動推進
- ◆ モデル事業立案・推進

⇒ 継続活動中

- ◆ 液体アンモニアMGT 開発完了
- ◆ アンモニア起動可能な MGT開発 (単一燃料化)

- ◆ アンモニア輸入本格化
- ◆ アンモニア拠点付近を中心に MGT販売を加速

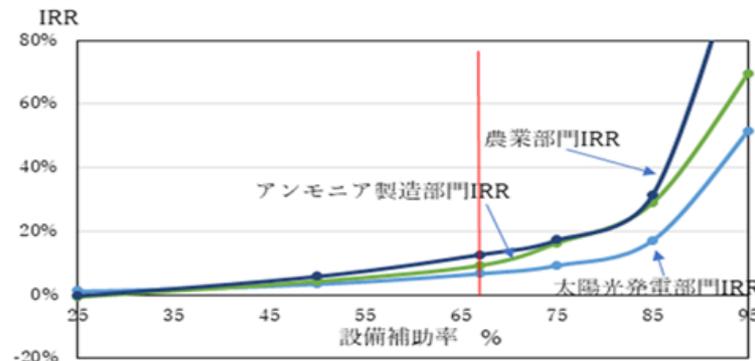


# 4. 事業化の取組み②

## ■ 普及に向けたモデル事業

再エネを活用したグリーンアンモニア製造から周年農業までの一気通貫事業(A1~A3の結果)に加え、地域貢献可能な観光事業を加えたモデル事業を立案し、事業採算性を検討

- ◆ 事業別の年間損益を試算し、IRR(内部収益率)を評価  
⇒ 商用化初期には1/2以上の補助が必要



設備補助率とIRRの関係

## ◆ 今後の取組み

1. 地方自治体との連携
2. 詳細設計(FEED)の実施
3. NH<sub>3</sub>製造設備の技術革新と市場価格動向を鑑みたコスト低減
4. 低廉な再エネ電力の採用

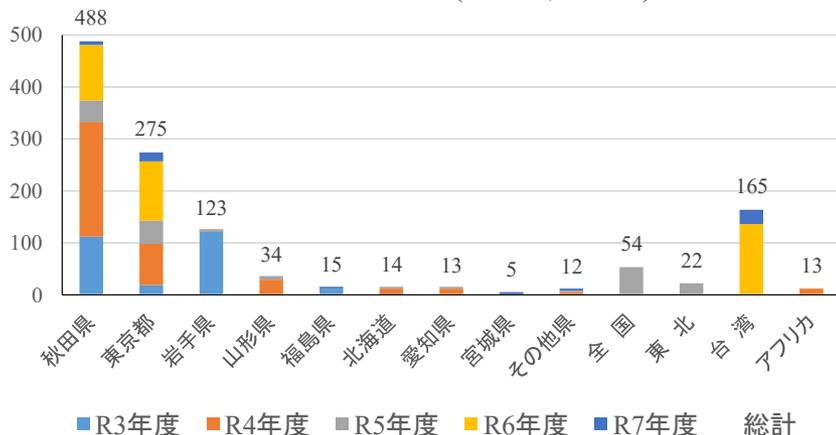


モデル事業の概念図

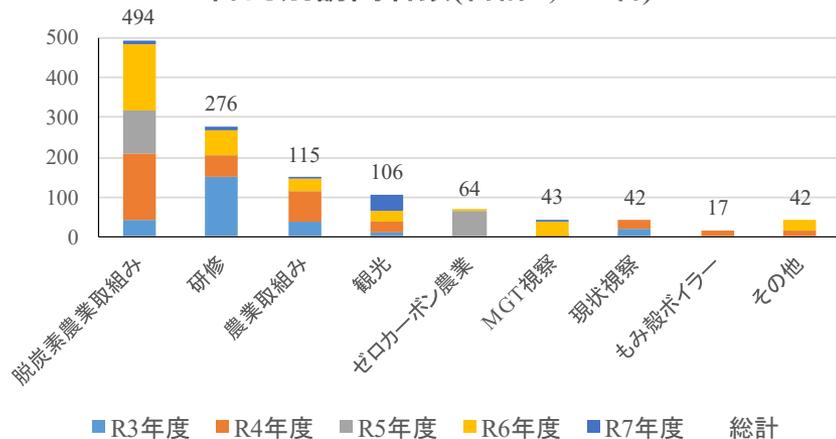
## ■ 実証地視察・見学者の実績

実証開始から2025年8月までに実証圃場に直接訪問・視察された方は**1,233名**  
分野：大学、放送局、行政、NPO、MGT導入検討会社、農業関係、旅行会社など

地域別訪問者数(合計1,233名)



目的別訪問者数(合計1,233名)



視察者への説明(2022年9月)



実証地見学者用説明パネル

## ■カーボンニュートラル・アンモニア勉強会

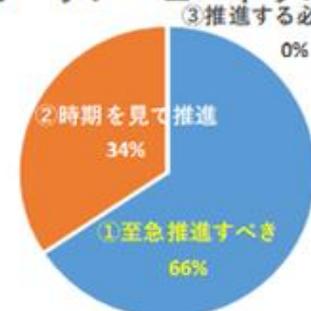
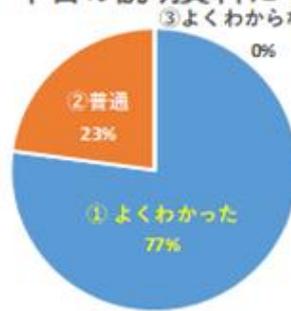
勉強会を行い、事業化に向けて参加者の皆様と意見交換を実施

- ・日時 : 2025年1月14日(火)
- ・場所 : 秋田地方総合庁舎
- ・内容 : カーボンニュートラルの動向、実証事業実施状況説明、今後の事業展開など
- ・参加者 : 合計41名  
(行政、アンモニア取扱会社など)

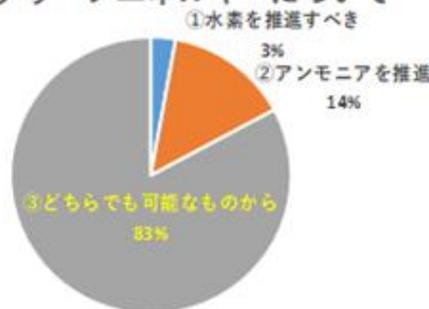


勉強会の様子

(1) 本日の説明資料について (2) カーボンニュートラルについて



(3) クリーンエネルギーについて



(4) モデル事業について



勉強会後のアンケート結果

## ■その他の発表・表彰(抜粋)

- ・2023年11月2日 : 「水素・アンモニアに関するトヨタエナジーソリューションズの取組みについて」  
秋田水素コンソーシアム、令和5年度講演会、畦上修
- ・2024年1月30日 : 「ゼロエミッション農業・地域サプライチェーンによるGXの実現」  
秋田県SDGsアワード表彰、高橋浩行、塩谷俊之
- ・2025年5月20日 : 「アンモニアを燃料とするマイクロガスタービンコージェネレーションの活用」  
日本ガスタービン学会誌Vol.53、NO.3、壺岐典彦ほか