

地理的制約条件のない揚水発電の実現に向けた Liquid Piston CAES の開発

株式会社アイシン
先進開発部
野田幸裕

会社紹介

株式会社アイシン



【トヨタグループの一員】



設立
1965年8月31日

本社所在地
〒448-8650
愛知県刈谷市朝日町二丁目1番地
電話 (0566) 24-8441 (代表)

資本金
450億円

代表者
取締役社長 吉田 守孝

従業員数
単独 35,099人/連結 115,140人
(2024年3月31日現在)

事業内容
自動車部品、エネルギー・
住生活関連製品の製造販売

走る・曲がる・止まるを支える製品群

パワートレイン



車体



走行安全



LBS (Location Based Solutions)



アフターマーケット



モビリティ以外

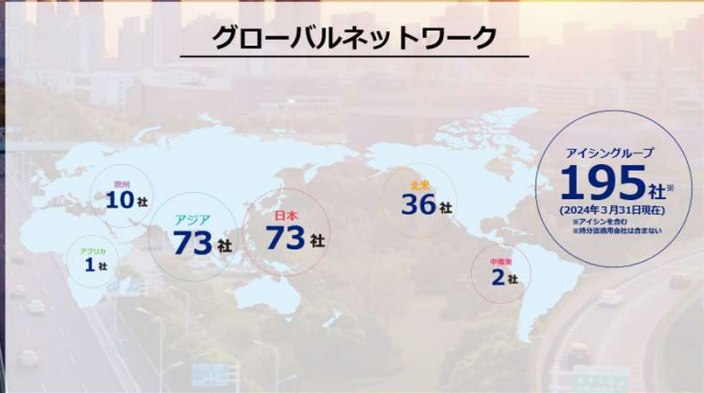
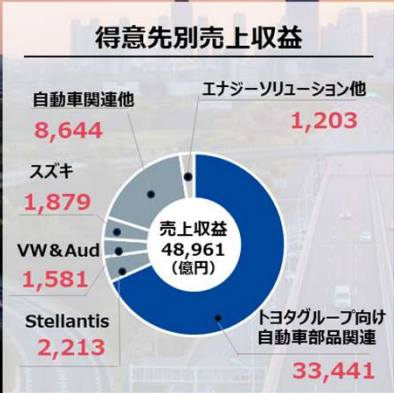
E-VC (Energy-Value Chain)



新規事業・その他



年間売上約**4.9兆円**※2024年度
国内外約**200社**のグループ会社
連結約**12万人**



DOE

低コスト,長時間エネルギー貯蔵の実現(2024/8)
Achieving the Promise of Low-Cost Long Duration Energy Storage

Department of Energy

Executive Summary

Long Duration Energy Storage (LDES) provides flexibility and reliability in a future power system. A variety of mature and nascent LDES technologies hold promise applications, but all face a significant barrier—cost. Recognizing the cost barrier, the United States Department of Energy (DOE) established the **Storage Shot** in 2021 to achieve 90% cost reduction* by 2030 for technologies that can provide 10+ hours duration of energy storage (the Storage Shot). In 2022, the **Storage Innovations (SI) 2030** initiative to develop specific and quantifiable development, and deployment pathways to achieve the Storage Shot. The initial DOE's **Energy Storage Grand Challenge**, a comprehensive, crosscutting program for the development, commercialization, and utilization of next-generation energy storage technologies and sustain American global leadership in energy storage.

This document utilizes the findings of a series of reports called the 2023 **Long Duration Shot Technology Strategy Assessments** to identify potential pathways to achieve the Storage Shot. Through combinations of innovations, or portfolios, the 2030 leveled cost (LCOS)* targets for LDES are feasible or nearly feasible for multiple technologies. An analytical breakdown of innovation portfolios for each LDES technology, see the **Strategy Assessments**.

The 10 LDES technologies described in this report and summarized in Table ES1 span four storage technology families:

- Electrochemical energy storage: flow batteries (FBs), lead-acid batteries, lithium-ion batteries (LIBs), sodium (Na) batteries, supercapacitors, and batteries
- Chemical energy storage: hydrogen storage
- Mechanical energy storage: compressed air energy storage (CAES) and pumped storage hydropower (PSH)
- Thermal energy storage (TES)

Table ES1 also includes the top three potential innovations for each technology, which are

Achieving the Promise of Low-Cost Long Duration Energy Storage

An Overview of 10 R&D Pathways from the Long Duration Storage Shot Technology Strategy Assessments

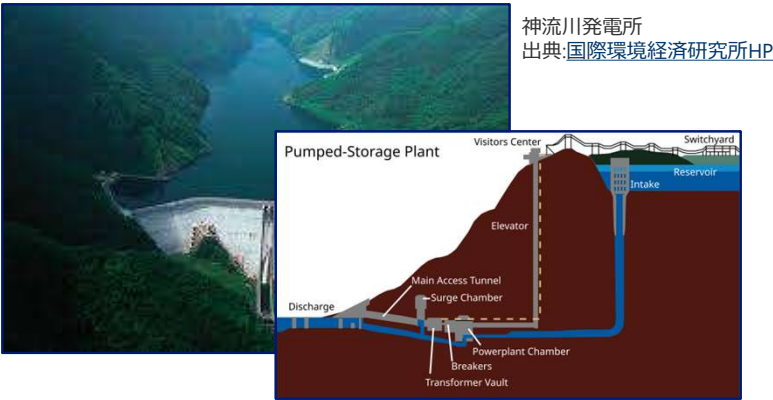
August 2024

- The 10 LDES technologies described in this report and summarized in Table ES1 span four storage technology families:
- **Electrochemical energy storage:** flow batteries (FBs), lead-acid batteries (PbAs), lithium-ion batteries (LIBs), sodium (Na) batteries, supercapacitors, and zinc (Zn) batteries
 - **Chemical energy storage:** hydrogen storage
 - **Mechanical energy storage:** compressed air energy storage (CAES) and pumped storage hydropower (PSH)
 - **Thermal energy storage (TES)**

LDES技術(機械式)として
✓ 揚水発電
✓ CAES
に注目
積極的な開発投資を実施

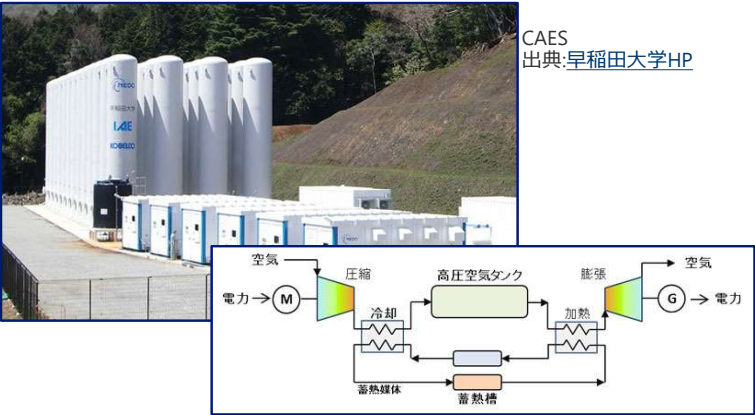
揚水発電

- 👍 Good
- 容量コスト[円/kWh]低
 - レアメタルレス
 - サイクル効率高
- 👎 Bad
- エネルギー密度小
 - 地理的制約大



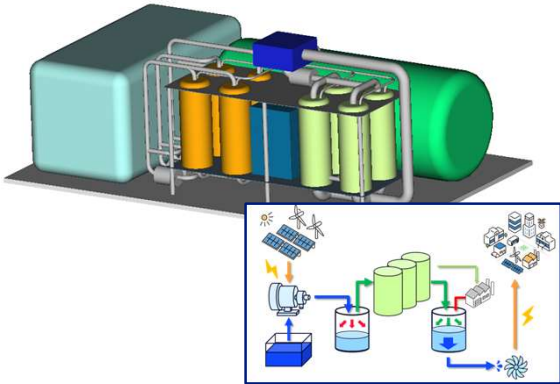
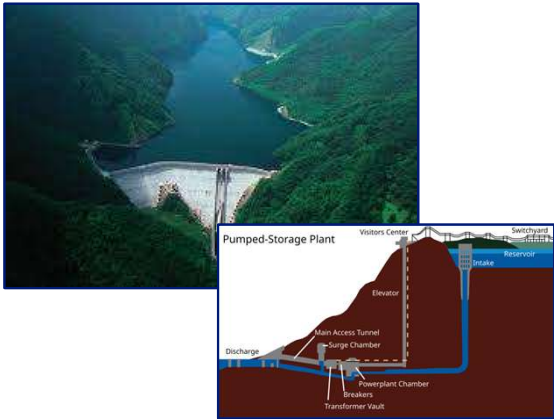
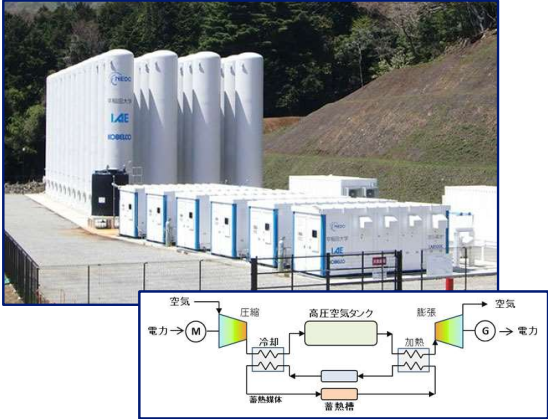
CAES

- 👍 Good
- 容量コスト[円/kWh]低
 - レアメタルレス
- 👎 Bad
- サイクル効率低
 - 熱マネジメント



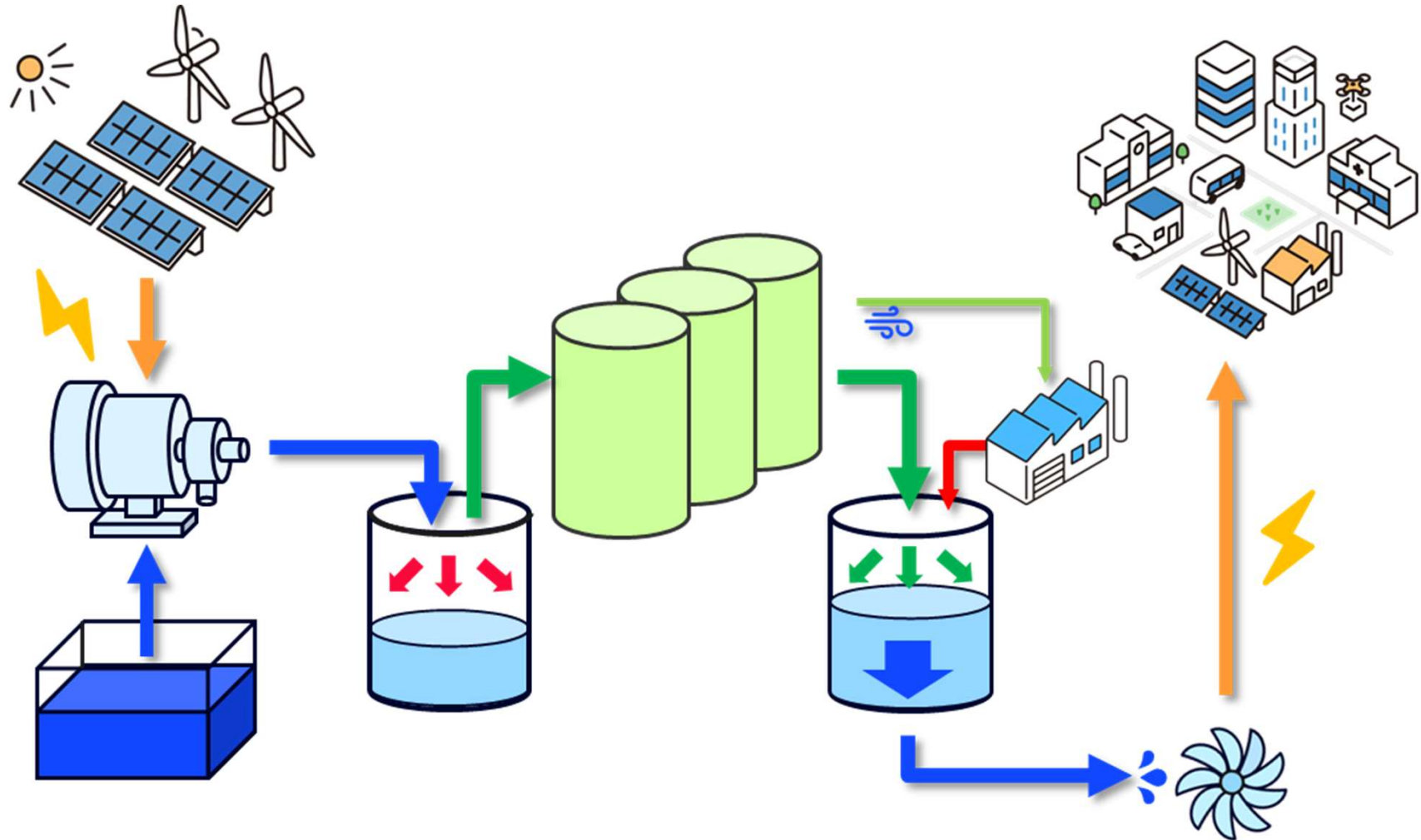
Liquid Piston CAESのご提案

Liquid Piston CAESの概要

	Liquid Piston CAES	揚水発電	CAES
			
充電手段	水ポンプ による空気圧縮	水ポンプ による揚水 エアリークによる効率悪化を改善	エアコンプレッサー による空気圧縮
エネルギー 貯蔵媒体	圧縮空気	水（位置エネルギー） 地理的制約を圧縮空気克服	圧縮空気
発電手段	水タービン	水タービン 水タービンによる高効率エネルギー回収	エアタービン

Liquid Piston CAESの概要

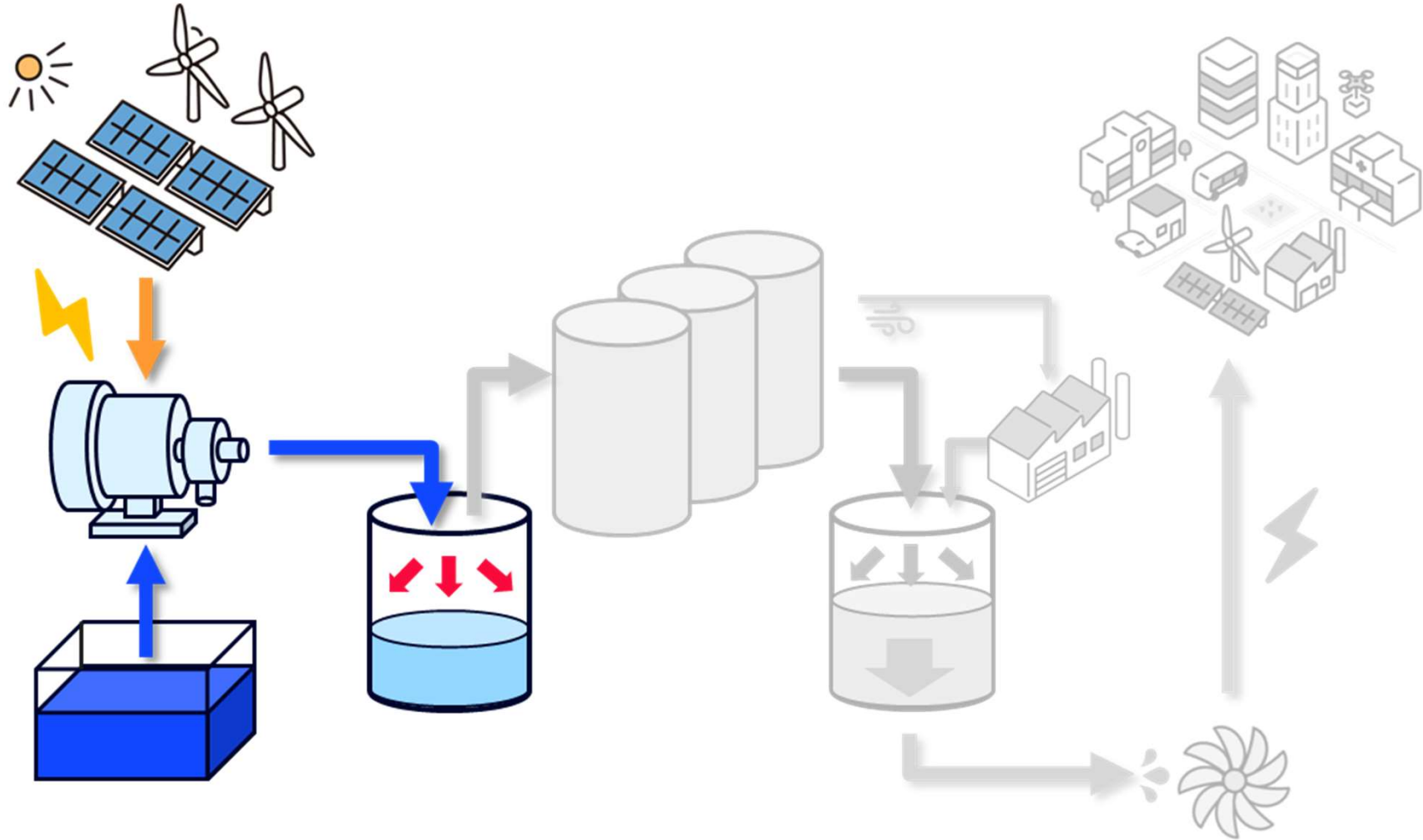
Liquid Piston CAES動作イメージ



Liquid Piston CAES動作

Liquid Piston CAESの概要

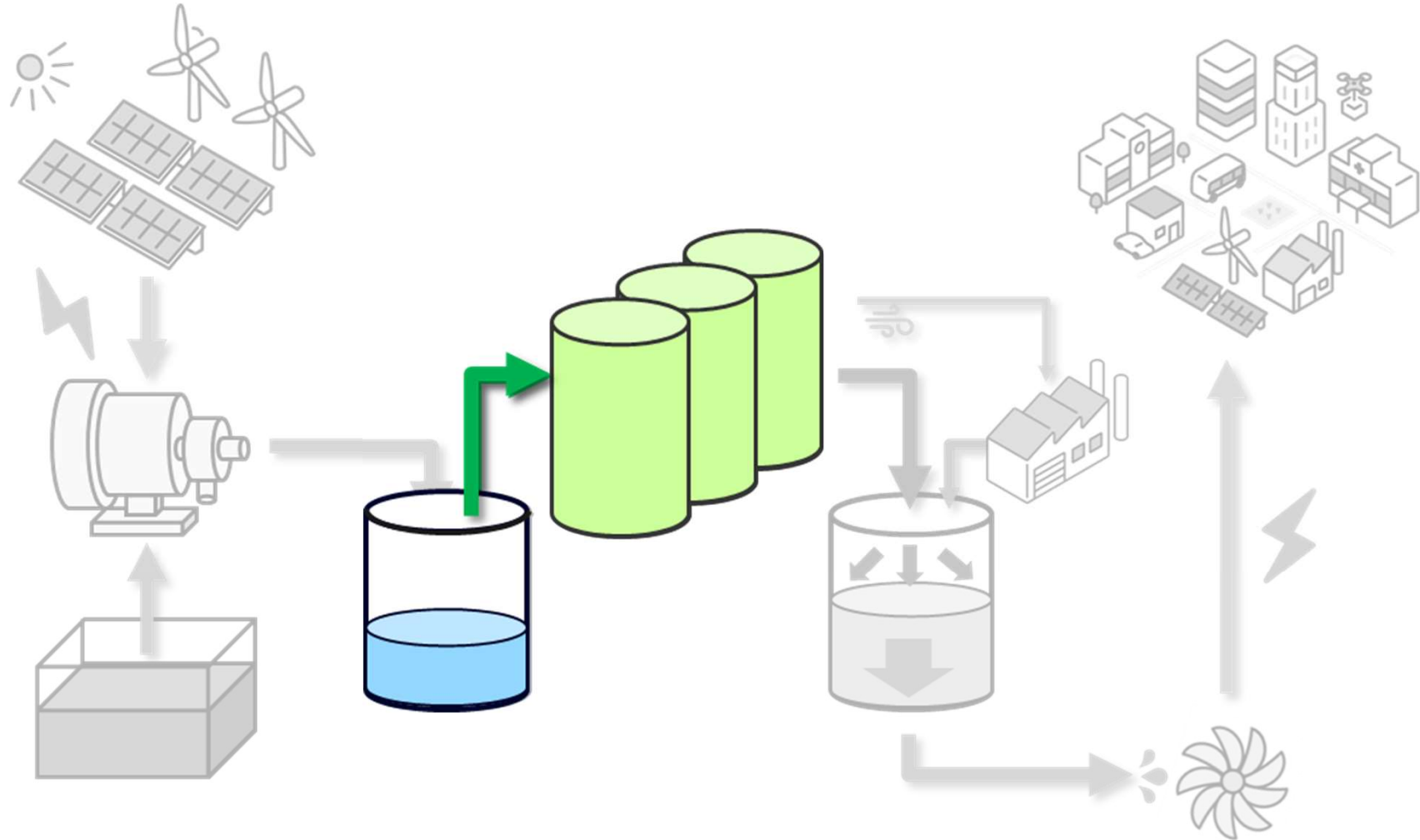
Liquid Piston CAES動作イメージ



STEP1 (エネルギー変換 電気⇒圧縮空気)
水ポンプを使って圧縮LPタンク内空気を圧縮

Liquid Piston CAESの概要

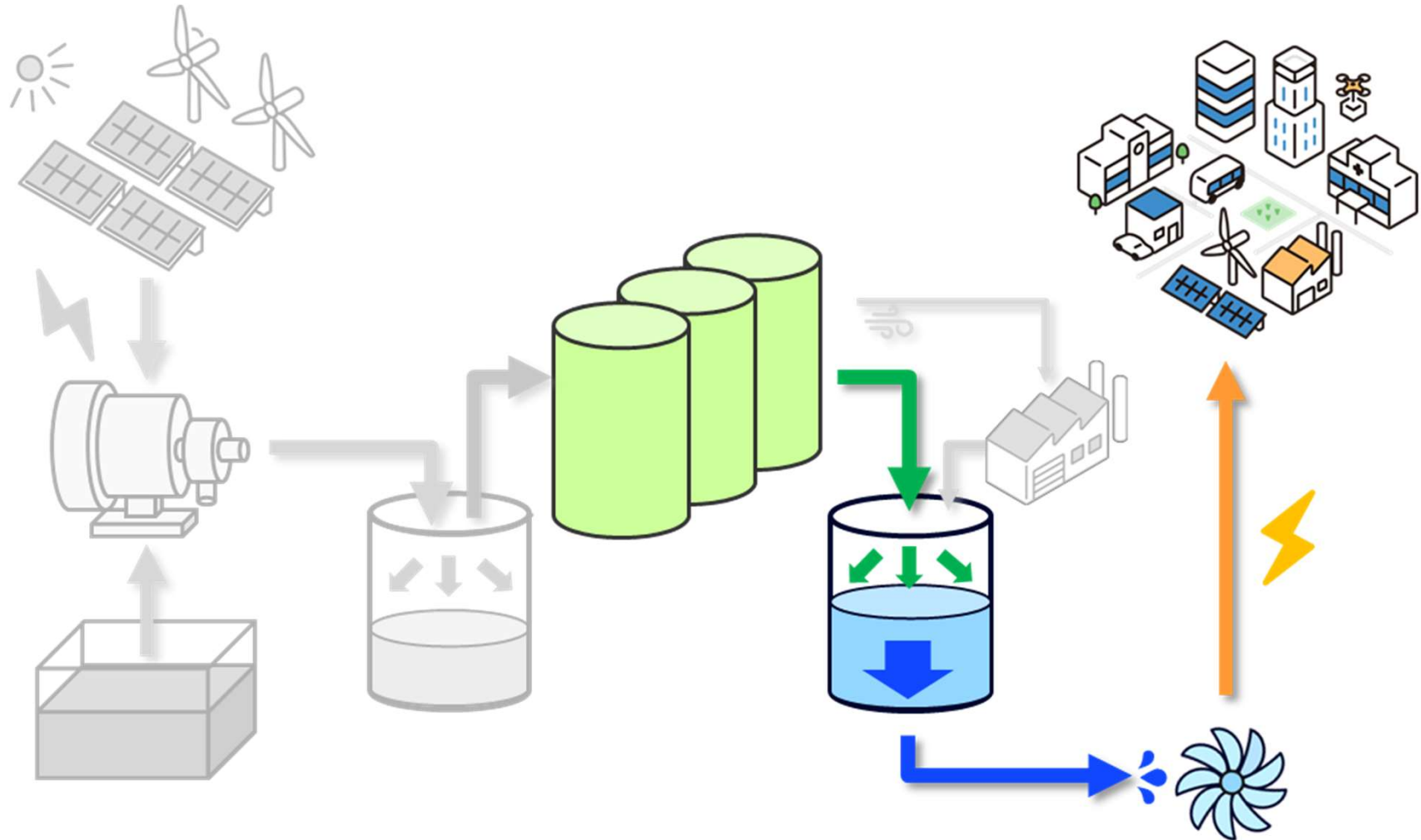
Liquid Piston CAES動作イメージ



STEP2（エネルギー貯蔵）
圧縮LPタンクで生成した圧縮空気を貯蔵タンクで貯蔵

Liquid Piston CAESの概要

Liquid Piston CAES動作イメージ

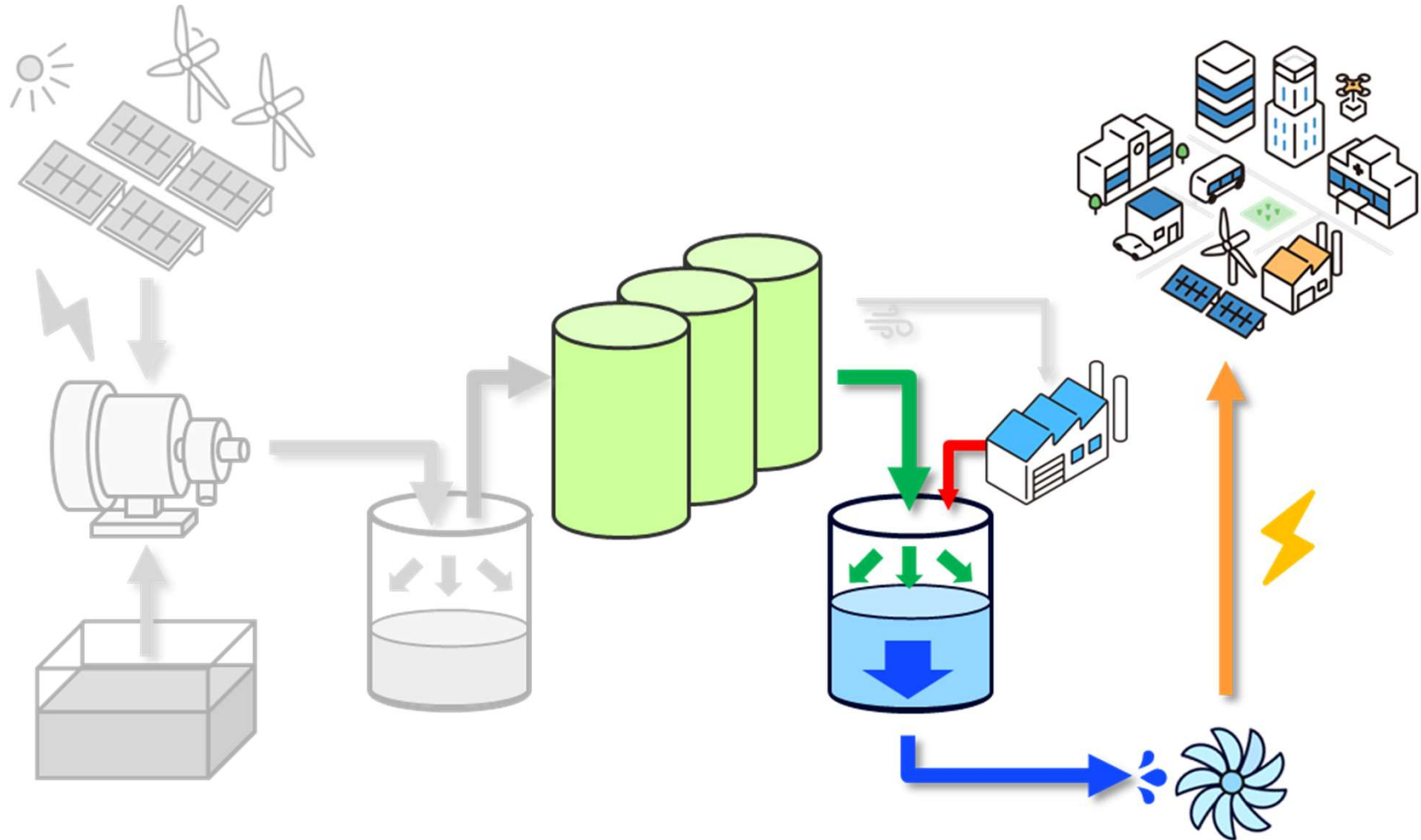


STEP3（発電）

貯蔵タンク内に貯めた圧縮空気で膨張LP内の
水を押し出し水車を回すことで発電

Liquid Piston CAESの概要

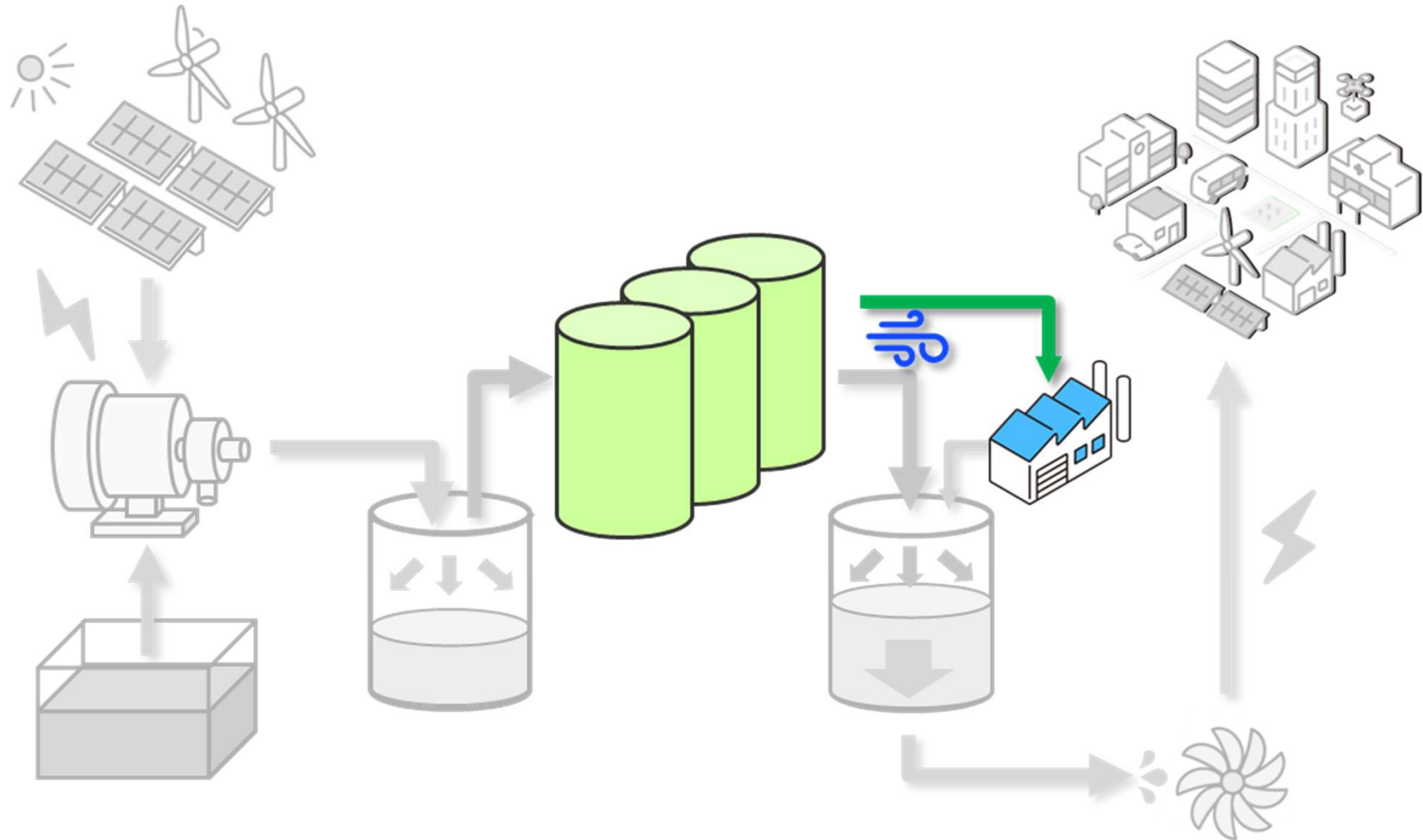
Liquid Piston CAES動作イメージ



STEP3 + α (発電)
発電時に排熱を利用することで効率向上が見込まれる

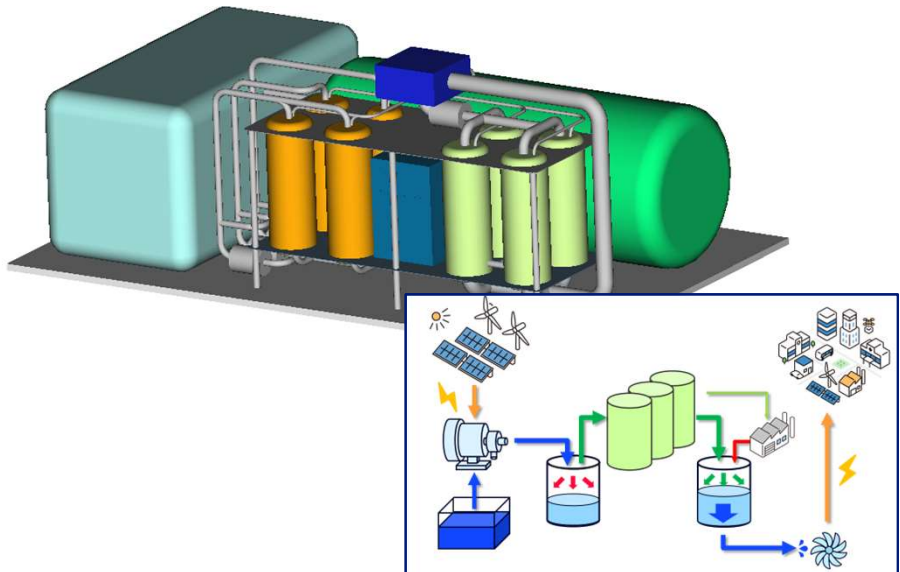
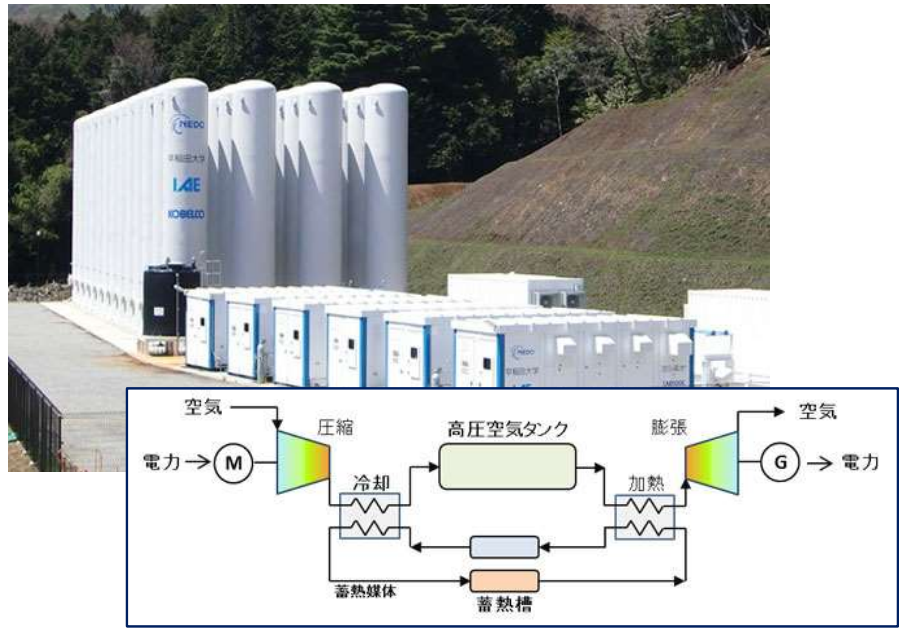
Liquid Piston CAESの概要

Liquid Piston CAES動作イメージ



Additional
圧縮空気自体の利用も可能

Liquid Piston CAESの概要

種類	Liquid Piston CAES	CAES
概念図		

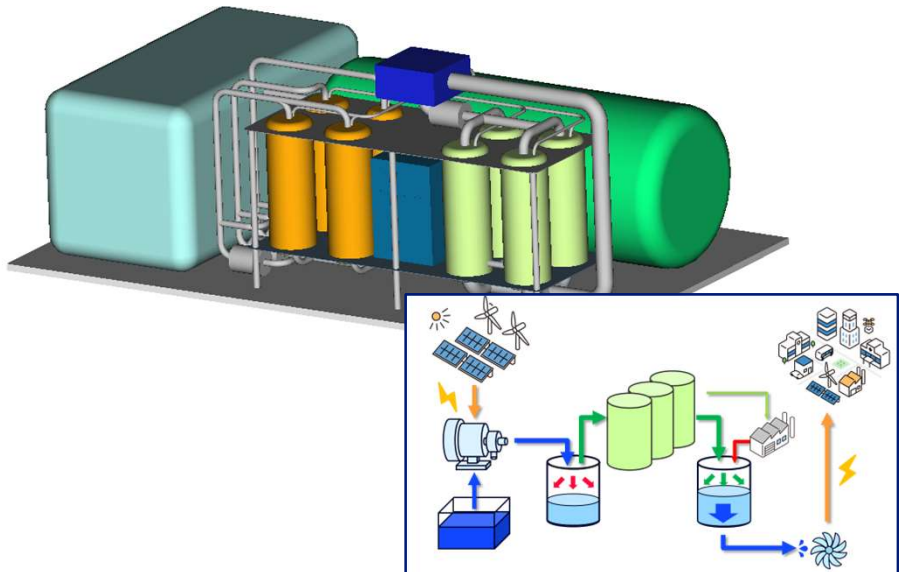
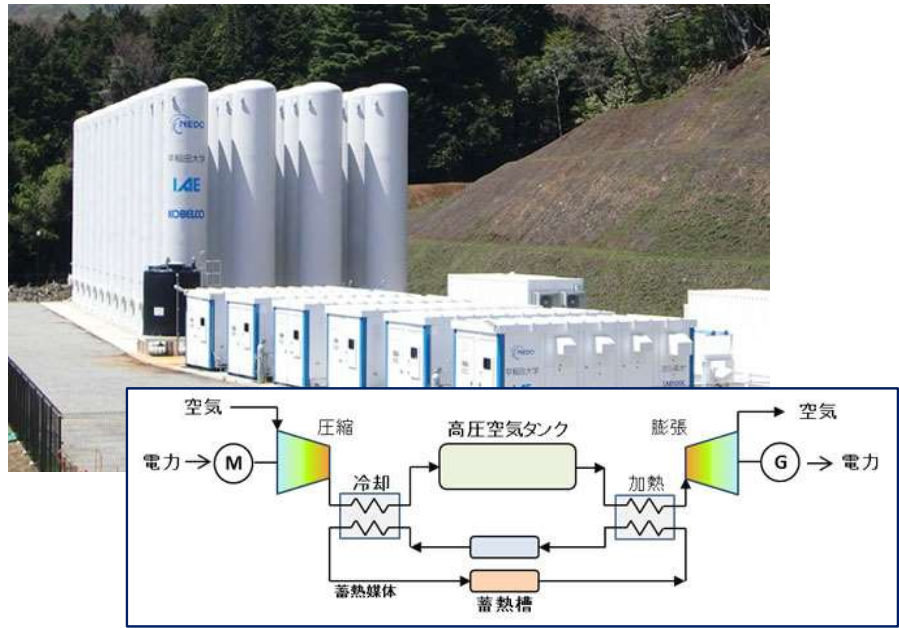
リキッドピストン化

- ✓ **水を媒体**として空気を圧縮
従来CAESで発生していたエアリークを解決
- ✓ **水タービン**(水車)による高効率エネルギー回収
専用ペルトンタービン、高効率運転制御の開発

▶ 効率実験実施



Liquid Piston CAESの概要

種類	Liquid Piston CAES	CAES
概念図		

熱マネジメント

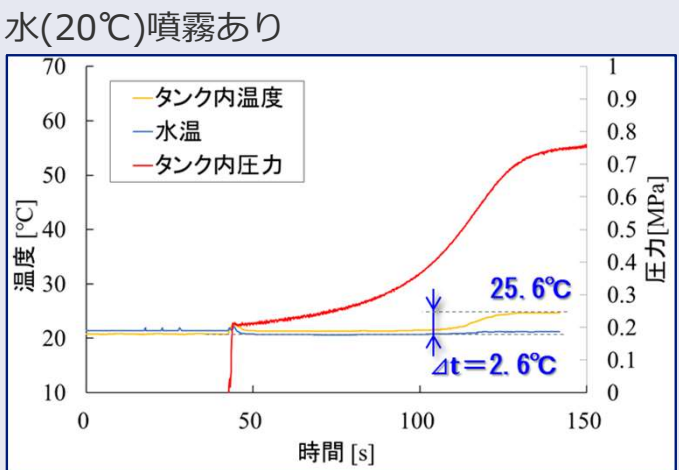
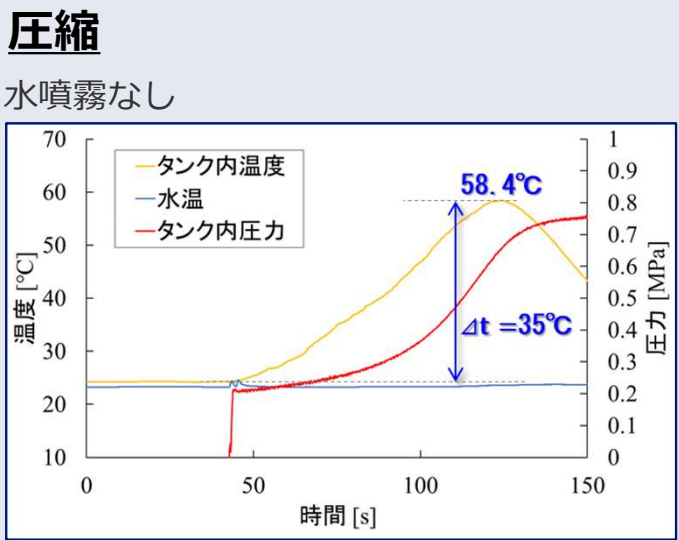
- ✓ 圧縮/膨張時のタンク内送水を**噴霧状態**で実施
水との積極的な熱交換によって、圧縮時の発熱、
膨張時の温度低下を抑制
⇒熱保存不要
 - ・蓄熱槽、周辺配管不要（原価低減可）
 - ・小型でも高効率実現

効果確認実験実施

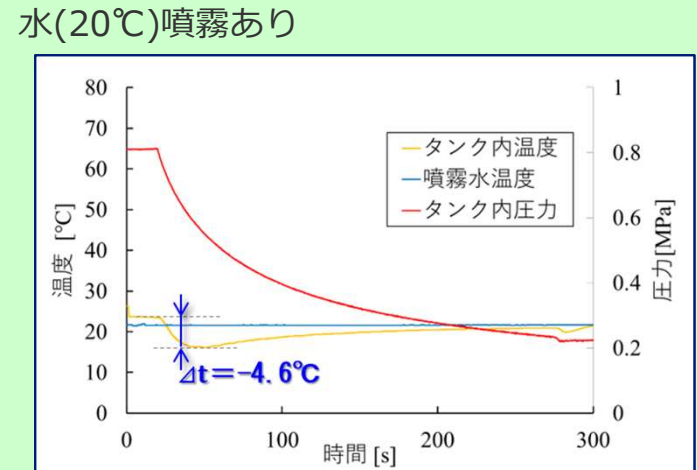
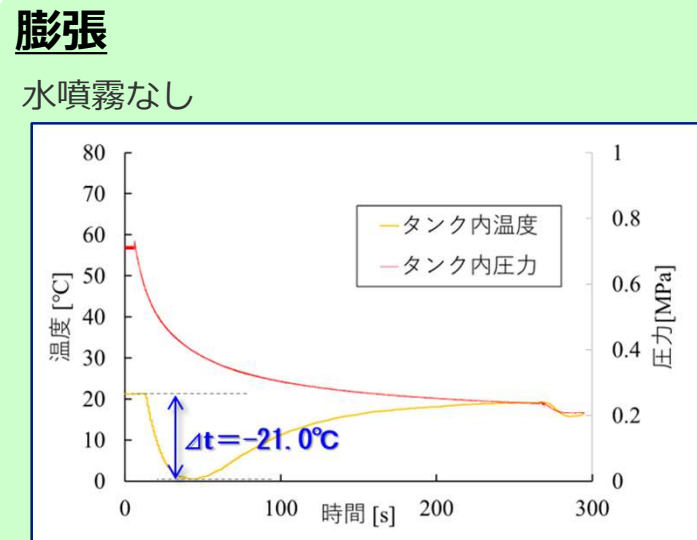


Liquid Piston CAESの概要

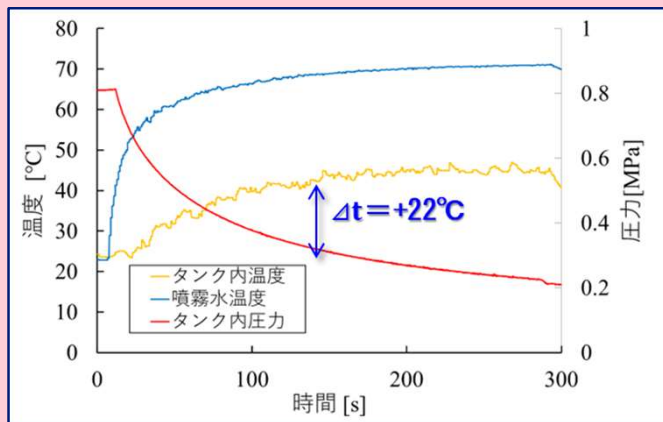
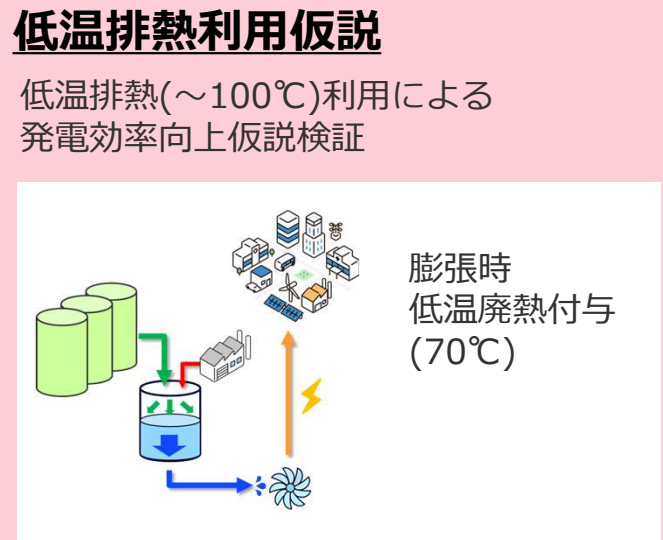
水噴霧による積極的熱交換効果検証結果



<エネルギー効率(等温変化比)>
噴霧なし: -9.2%
噴霧あり: -1.5%

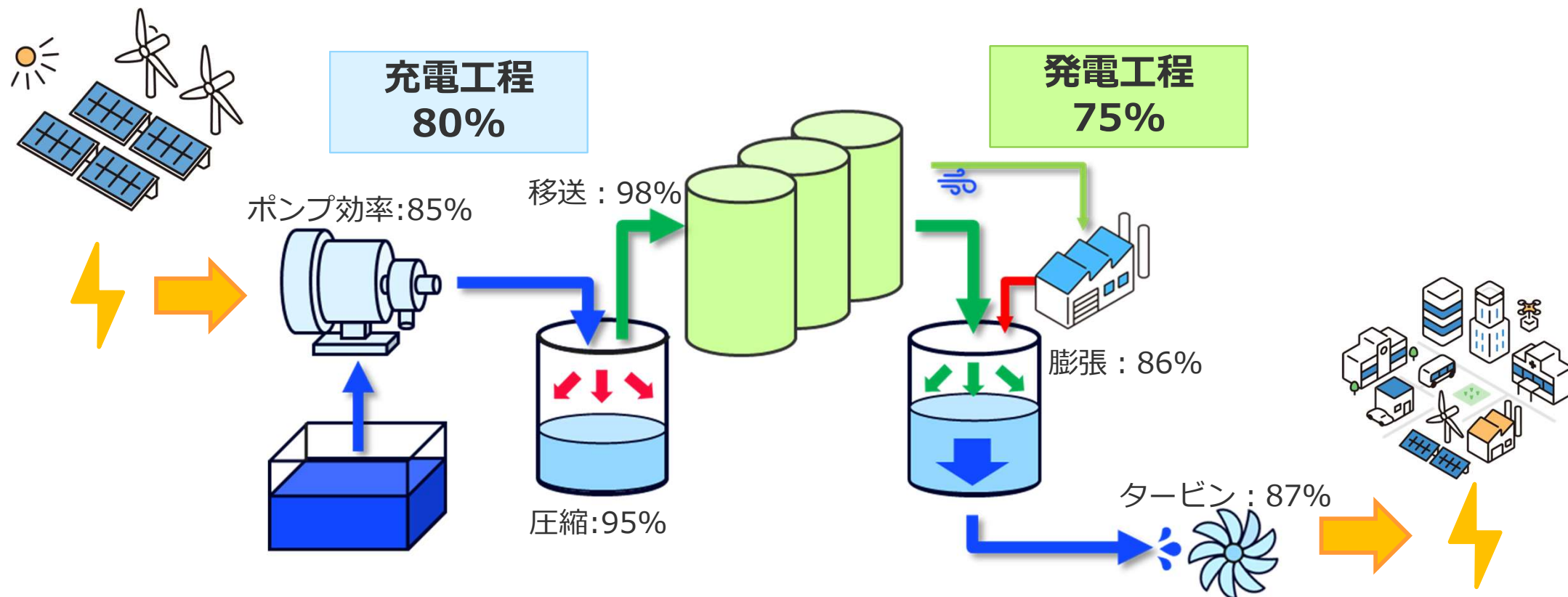


<エネルギー効率(等温変化比)>
噴霧なし: -3.5%
噴霧あり: -1.4%



<エネルギー効率(等温変化比)>
噴霧なし: -3.5%
噴霧あり: +9.3%

全体システム効率



✓ 工程毎の基礎実験より各工程でのエネルギー効率を導出

充電工程効率 : 80%

発電工程効率 : 75%

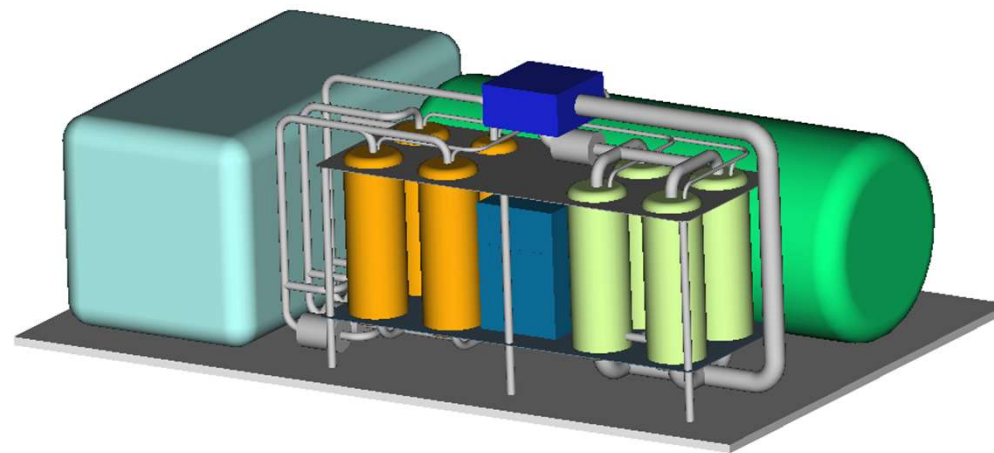
サイクル効率 : 60%

発電時低温排熱利用

発電工程効率 : 87%

サイクル効率 : 70%

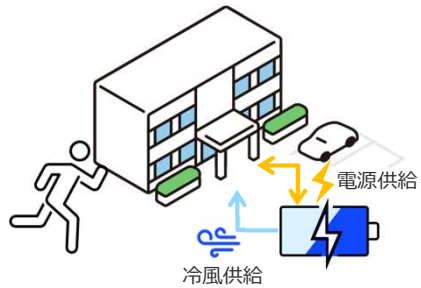
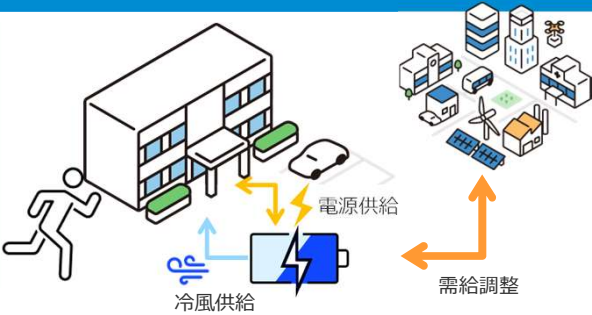
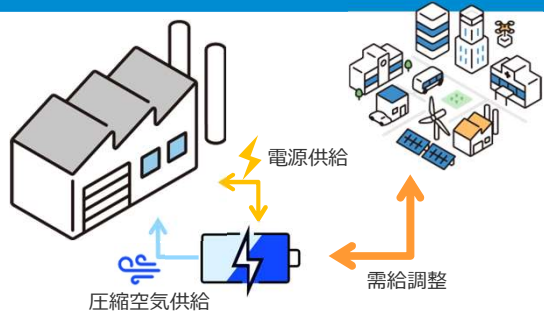
LDES向け Liquid Piston CAES システムターゲット



項目	ターゲットスペック	備考
出力[MW]	1MW	需給調整市場対応
容量[MWh]	8MWh～	
システムコストイメージ	6時間率でLiBと同等のコスト	容量が大きいほど コストメリット大
サイズ感 (8MWhの場合)	750m ² (サッカーコート1/10相当)	・高さ3mの場合 ・サッカーコート:7140m ²
効率(発電時効率)	75%	
システム寿命	40年	一部部品は定期交換要
導入時期	～2040年	LDES向け蓄エネ装置
特徴・強み	不燃、レアメタルレス、国産電池	

先行適用先（案）

LDES普及に先駆け、早期市場参入のため先行導入シナリオを検討

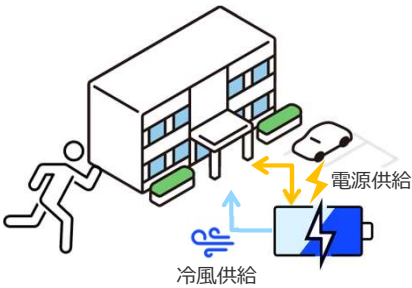
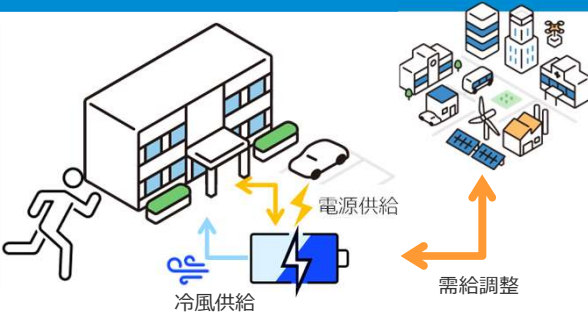
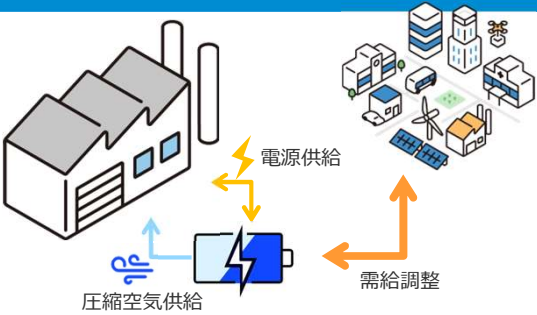
	シナリオ① 避難所(非常用電源)	シナリオ② 避難所(需給調整兼用)	シナリオ③ 廃棄物処理場
			
容量	1.5MWh 3日間分の電源確保想定	3MWh (内1MWhを需給調整市場用電源として利用)	1MWh
定格出力	100kW	1MW	1MW
市場(拠点数)	約30,000カ所	約30,000カ所	約1,000カ所

ポイント

- ✓既存の化石燃料発電機のデメリットなし
 - ・燃料劣化
 - ・動作時の騒音・排気
- ✓蓄エネ部は地下に埋設対応可能（省スペース化）
- ✓非常用電源としての利用と併せて、夏場には冷房としても活用可能（圧縮空気膨張時の温度低下を利用）

先行適用先（案）

LDES普及に先駆け、早期市場参入のため先行導入シナリオを検討

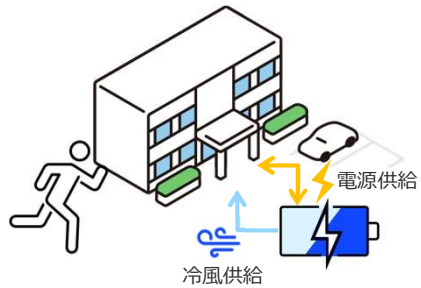
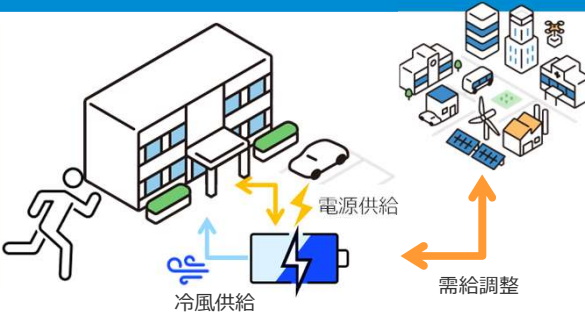
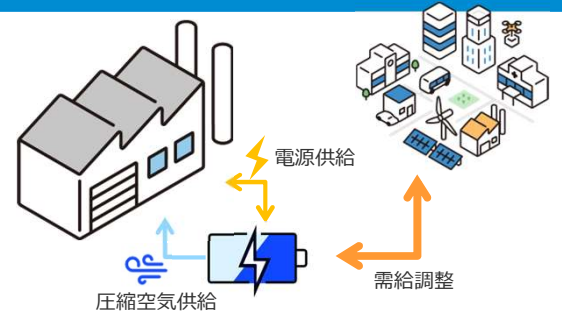
	シナリオ① 避難所(非常用電源)	シナリオ② 避難所(需給調整兼用)	シナリオ③ 廃棄物処理場
			
容量	1.5MWh 3日間分の電源確保想定	3MWh (内1MWhを需給調整市場用電源として利用)	1MWh
定格出力	100kW	1MW	1MW
市場(拠点数)	約30,000カ所	約30,000カ所	約1,000カ所

ポイント

- ✓非常用電源としての役割に加え、需給調整市場用電源としても活用
 - ・出力増強に伴いシステムが複雑化
 - ・平時は需給調整取引にて収益を上げることが可能
- 9年※での投資回収可能 ※2024年の運用実績より
- ✓避難所は地域に複数個所あるため、L/P方式CAES束ねたマイクログリッド形成可能

先行適用先（案）

LDDES普及に先駆け、早期市場参入のため先行導入シナリオを検討

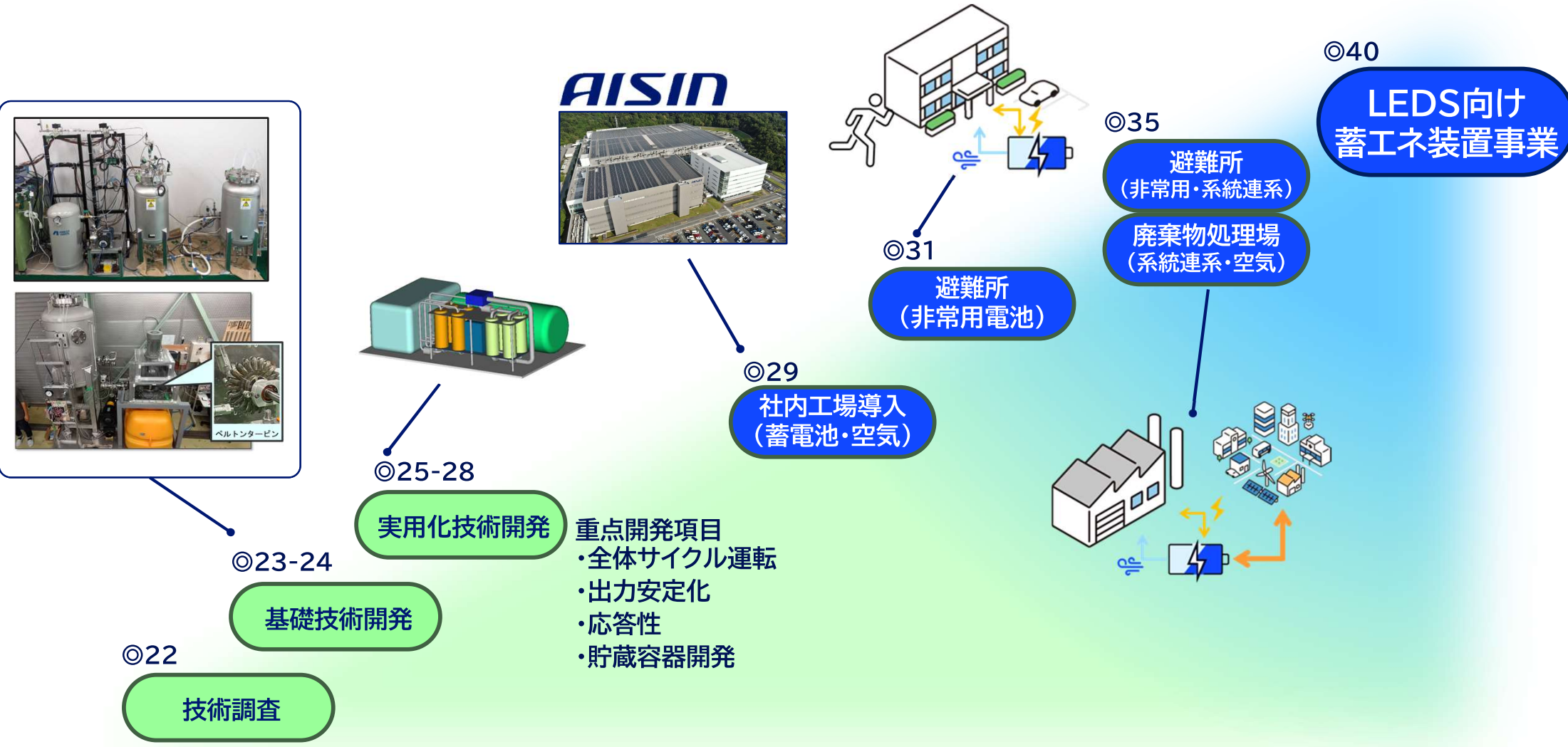
	シナリオ① 避難所(非常用電源)	シナリオ② 避難所(需給調整兼用)	シナリオ③ 廃棄物処理場
			
容量	1.5MWh 3日間分の電源確保想定	3MWh (内1MWhを需給調整市場用電源として利用)	1MWh
定格出力	100kW	1MW	1MW
市場(拠点数)	約30,000カ所	約30,000カ所	約1,000カ所

ポイント

- ✓廃棄物発電での電力を貯蔵し、需要過多時に電力供給
- ✓施設内利用がないときは需給調整取引にて収益を上げることが可能
5年※での投資回収可能 ※2024年の運用実績より
- ✓直接圧縮空気として施設内利用が可能（焼却時の空気供給、施設内動力）
- ✓焼却時に発生する熱(1 次利用後の低温排熱) を利用して発電効率向上可能

開発スケジュール

2040年のLDES向け蓄エネ装置事業に立ち上げに向けた開発スケジュール



Liquid Piston CAES の特徴

- 疑似的な揚水発電を地理的制約なく実装可能
- 容量変更の自由度が高い
貯蔵タンクの追加・削減だけで対応可能
- 不燃、希少金属レス、国産
- △ LiB比 2～3 倍の設置面積要
- △ LiB比サイクル効率 ▲20%
- × 出力増強に伴いシステムが複雑化
- × 国内稼働実績なし

