

# 『低炭素化社会に向けた設備』

## 1. はじめに

ME T環境・技術委員会では、平成29年度から平成30年度に渡り、「低炭素化社会に向けた設備」をテーマとして活動を行ってきました。

近年、我が国を含む国際社会において、温室効果ガス排出削減に向けた取り組みが加速する中、建築分野においても、エネルギー消費の抑制や設備の高効率化などの低炭素化が重要な課題となっています。特に設備設計は、建築物の環境性能に大きな影響を与える要素であり、その役割は一層重要性を増しています。

こうした背景を踏まえ、設備設計の視点から、すでに実用化されている低炭素化技術に加え、将来実用化が期待される技術や研究中の技術など、幅広く調査を行いました。

## 2. 活動概要

### (1) 低炭素化技術の調査

低炭素化の技術とは、具体的にどのようなものがあるか調査を行った。

調査項目は、設備設計業務と密接に関係のある①「省エネルギー」に関する技術、②「再生可能エネルギー、創エネルギー」に関する技術に加え、将来の実用化や、今後採用の拡大が期待される③「CO2利用」に関する技術の3分項目とした。

また、調査した低炭素化技術により、どの程度のCO2の削減が図れるのかを検証した。

#### ①【省エネルギー技術】編

エネルギーの消費を抑えることにより、CO2発生を抑制する技術について、「空調・給排水設備」、「電気設備」、「建築」分野に別け、それぞれに関する事例や製品などの調査を行った。

#### ②【再生可能エネルギー、創エネルギー】編

エネルギーを作り出す段階で、CO2の発生を抑える技術として、「発電技術」（太陽光、風力、水力、地熱）、「熱利用技術」（太陽熱、地中熱、温度差熱、雪氷熱）、「バイオマス利用」に関する事例や製品等の調査を行った。

#### ③【CO2利用技術】編

発生したCO2や、大気中のCO2を消費する事によりCO2削減を図る技術について、実用化されているもの他、実験中のもの、研究段階のものなどについて調査を行った。

## 3. まとめ

今回の活動で得られた情報や知識はごくわずかではあるが、公的機関や研究者のみならず、一般機企業や教育機関などあらゆる分野、立場の人達が低炭素化に携わっている事が分かった。

また、今後の設計に生かせる技術や、近い将来実用化が期待される技術、また“未来”を感じさせるものまで、非常に興味深いものであった。

我々も建築物の低炭素化に直接係わる業務に従事する者として、意識向上の良いきっかけであったと共に、これまで以上に低炭素化を意識してゆく必要があると感じた。

本活動が地球温暖化問題について目を向けるきっかけに、或いは設計のヒントとなれば幸いである。

2019年3月 環境・技術委員会

〈環境・技術委員会〉（※平成29～30年度体制）

担当理事：吉本 健二（株明野設備研究所）

吉岡 成晃（株T・S・G）

委員長：渡辺 忍（株設備計画）

委員：今井 雅博（株空間設備コンサルタント）

宇田川 正臣（株荏原製作所）

川地 正明（因幡電機産業株）

川辺 真斗（株清和設備設計）

倉橋 宏和（テクノ矢崎株）

齋藤 尚武（株ユニ設備設計）

下田 耕作（株ピーエーシー）

天明 大知（株荏原製作所）

土肥 英晴（須賀工業株）

松根 進（高砂熱学工業株）

山本 潤司（日本ピーマック株）

山岡 貫太郎（テクノ矢崎株）

山本 廣資（有環境設備コンサルタント）

（五十音順）

1 省エネルギーによる低炭素化技術

(1)空調設備編

種別	分類		省エネ効果率(在来機種との比較)	商品名(メーカー名)等	採用事例
① 機器・製品	熱源	高効率機器(圧縮機)	34%	空冷ヒートポンプモジュールチラーユニット	ダイキン
				38%	ターボ冷凍機(インバータ)
	空調機	高効率機器(ファン)	28%	エアハンドリングユニットプラグファン	ダイキン
		全熱交換器の採用	12%		ダイキン
		空調負荷の削減率	(24%)		ダイキン
② 制御	熱源	台数制御	3%		
		変流量制御	15%		
		大温度差送水制御			
		熱源機器	0.5%	E社資料	
		冷水ポンプ(14→7)	62%	E社資料	
		冷却水ポンプ(32→38.5)	53%	E社資料	
		上記の総合	15.2%	E社資料	
	空調機	CO2制御による空調負荷削減率	(3%)		ダイキン
		外気取り入れ制御による空調負荷削減率	(5.8%)		ダイキン
		大温度差風量制御			
外気冷房					
③ その他		未利用熱利用			

1 省エネルギーによる低炭素化技術

(2) 電気設備編

種別	分類		省エネ効果率(在来機種との比較)	商品名(メーカー名)等	採用事例
機器・製品	受変電	トップランナー変圧器	電力損失:50%削減		
			変圧器効率:0.6%向上		
			三相500kVA(50Hz) 負荷率40%時		
	照明	LED照明	消費電力:47.5%削減		
			FL40×2灯 → LED(5200lm)ライトバー形		
		有機EL			
		高効率ランプ (セラミックメタルハライドランプ)	消費電力:52%削減	セラルクス(岩崎電気株)など	
	水銀灯400W →メタルハライドランプ 360W				
動力	トップランナーモータ	消費電力:4.7%削減			
		4P(50Hz)11kW			
制御	受変電	デマンド制御			
		力率制御(コンデンサ台数制御)			
	照明	DALIシステム		無線個別調光照明制御システム 「FIT LC」(NTTファシリティーズ株)	
		屋光利用			
		ブラインド制御			
		人感センサ制御			
		在室監理制御			
		適性照度制御			
	動力	インバータ制御			
その他	受変電	直流給電			
	照明	光ダクト			
	動力	最適導体サイズ設計(ECSO設計)	電力損失 :2%削減 CO2排出量:2%削減	JCS4521:電力ケーブル環境配慮電流計算((一社)日本電線工業会)	

1省エネルギーによる低炭素化技術

(3) 建築編

種 別	分 類		CO2削減量	根拠(参照先)
機 器 ・ 製 品	外壁	断熱材	高性能グラスウー	1.1 kgCo2/m2・年 <a href="https://www.isover.co.jp/products/glasswool/insulation">https://www.isover.co.jp/products/glasswool/insulation</a>
		ダブルスキン		16.0 kgCo2/m2・年 ダブルスキンを設置した場合(空調時)、年間冷暖房負荷は基準建物に対して約13%削減される。 <a href="https://www.taisei.co.jp/giken/report/01_2005_38/paper/A038_010.pdf">https://www.taisei.co.jp/giken/report/01_2005_38/paper/A038_010.pdf</a>
		ライトシェルフ		17.9 kgCo2/m2・年 ライトシェルフを設置した場合(空調時)、年間照明エネルギー量は基準建物に対して約29%削減される。 <a href="http://cae.agac.co.jp/contents/simulation_04/example04.html">http://cae.agac.co.jp/contents/simulation_04/example04.html</a>
		庇・ルーバー		1.2 kgCo2/m2・年 ZEB設計ガイドライン(中規模事務所編)p42省エネ効果より想定
		窓	Low-eガラス	
		遮熱フィルム		1.2 kgCo2/m2・年 ZEB設計ガイドライン(中規模事務所編)p42省エネ効果より想定
		気密サッシ		3.0 kgCo2/m2・年 <a href="http://www.plusone-goodliving.com/article/14673610.html">http://www.plusone-goodliving.com/article/14673610.html</a>
		エアフローウィンドウ		19.0 kgCo2/m2・年 <a href="http://www.ecoglass.jp/s_business/pamphlet/pdf/brochure14.pdf">http://www.ecoglass.jp/s_business/pamphlet/pdf/brochure14.pdf</a>
	屋上	遮熱塗料		11.4 kgCo2/m2・年 <a href="http://www.sk-kaken.co.jp/shanetsu/">http://www.sk-kaken.co.jp/shanetsu/</a>

2 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術

(1)発電技術編

種別	分類		事例			商品名(メーカー名)等		
			施設	CO2排出量 g-CO2 /kwh	CO2 削減率			
太陽光発電	太陽光発電機	水上メガソーラー	兵庫・加西市逆池 水上メガソーラー発電所	59	88%			
		道路法面メガソーラー	福岡町太陽光発電所					
		路面型太陽光発電設備	セブン-イレブン・ジャパン					
		建材一体型ソーラーパネル	サンジュール (AGC株)	38	92%			
		家庭用ソーラー発電	HIT (パナソニック株)					
風力発電	陸上風力発電所		新青山高原風力発電所 (中部電力株)	26	95%			
	洋上風力発電所	着床式	銚子沖洋上風力発電所 (東京電力ホールディングス)					
		浮体式	崎山沖2MW浮体式洋上風力発電所					
	中、小型風力発電所	(200kW以上500kW未満)	野間岬ウインドパーク発電所(九州電力株)			(陸上式1 基設置の 平均値)		
	小型風力発電所	(20kW未満)						TOMO風YG-5000 (株丸仁)
	マイクロ風力発電所	(1kW未満)						
水力発電	大規模水力発電所		東京電力ホールディングス株式会社 玉原発電所	11	98%			
	自家消費型水力発電所							
	小水力発電所	10,000kw以下(※)	東京都水道局 東村山浄水場水力発電所			(中規模ダ ム)		
	ミニ水力発電所	1,000kw以下(※)						
	マイクロ水力発電所	100kw以下(※)	松江市上下水道局 新乃白ポンプ場 小水力発電設備					株在原産業
			(※NEDOガイドブックによる分類とする)					
地熱発電	ドライスチーム方式		松川地熱発電所 東京電力パワーグリッド株	13	97%			
	フラッシュサイクル方式		八丈島地熱発電所 東京電力パワーグリッド株					
	バイナリー方式		山川バイナリー発電所 九州電力株					
	高温岩体発電		(未実用)					
	マグマ発電		(未実用)					

※1 LC-CO2排出量は、(財)電力中央研究所の研究報告「日本における発電技術のライフサイクルCO2排出量総合評価」による。

※2 CO2削減率は、「電気事業者別排出係数-平成29年度実績-環境省・経済産業省公表」より、東京電力パワーグリッド株の排出係数=0.000496t-CO2/kwhに対する割合とする。

2 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術

(2) 熱利用技術編

種別	分類		事例		商品名(メーカー名)等	
			施設	エネルギー削減率(参考)		
太陽熱	太陽熱利用	給湯	国立某介護施設への太陽熱給湯システムの導入	13%	-	
		給湯+暖房	床暖房を使用している一般住宅へ太陽集熱器を導入(ハイブリッドソーラー)	60%	-	
		冷暖房	東邦ガス津営業所へのソーラークーリングシステムの導入	12%	-	
		その他	一般住宅へパッシブソーラーの導入	30%~50% (暖房時)	-	
	太陽熱発電	フレネル型太陽熱発電システム			- ※2	- ※2
		タワー型太陽熱発電システム			- ※2	- ※2
		トラフ型太陽熱発電システム			- ※2	- ※2
		ディッシュ型太陽熱発電システム			- ※2	- ※2
地中熱利用	地中熱利用+水熱源ヒートポンプ	クローズドループ	ボアホール方式	一番町笹田ビル	49%	【地中熱探熱パイプ】 ・積水化学工業株 (エスロヒート地中熱)
			水平埋設方式	小田急線 東北沢-代田駅間	30%	・株イノアック ・クリモトポリマー株 他
		基礎杭利用方式	東京スカイツリー地区 地域冷暖房(ボアホール方式との併用)	48%	【水熱源ヒートポンプ】 ・ゼネラルヒートポンプ工業株 ・サンボット株	
	地中熱利用(地下水)+水熱源ヒートポンプ	オープンループ	石川県金沢市 映寿会みらい病院	22%	・株ディンプレックスジャパン ・株コロナ 他	
	地中熱利用+PMACシステム	クローズドループ・オープンループ				日本ピーマック株
温度差熱利用	河川水利用		箱崎地区地域熱供給システム	28%		
	海水熱利用		シーサイドももち	38%		
	下水熱利用		仙台市管路内設置型下水熱利用システム	42%	積水化学工業株 (エスロヒート下水熱)	
雪氷熱利用	雪氷熱利用		株式会社データドック新潟・長岡データセンター	38%	注)削減率は空調電気代(人件費、土地代含む)	

※1 エネルギー削減量は、各施設ごとに従来設備方式との比較算定(予想含む)となっているため参考値とする。

※2 実証実験中のため、公式なデータ数値無し

2 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術

(3) バイオマス編

種 別	分 類		事 例			商品名(メーカー名)等
			件名	エネルギー削減率	CO2削減量 ※1	
バイオマス	バイオマス熱利用	給湯+冷暖房	山口温泉きらら289 (温泉加温、給湯、暖房)	-	196 ton	木質チップボイラー(オヤマダエンジニアリング製)※
			小松市内温浴施設 (温泉加温、冷暖房)	-	180 ton	木質チップボイラー(イクロス製)
			リコー環境事業開発センターへのバイオマスボイラーの導入	18%	-	木質チップボイラー
			街の駅やまなしへバイオマスボイラーと温水焚冷温水発生機の導入	-	-	矢崎エナジーシステム
		冷暖房	福祉施設(高知県)への冷温水発生機導入	-	56 ton	矢崎エナジーシステム
		ビニルハウス用暖房	安芸市施設園芸へのペレットボイラーの導入	-	3,290 ton	木質ペレットボイラー
		プロセス加温	DIC㈱ 北陸工場 へのバイオマスボイラー設置	12.7%	2.6 ton	バイオマス蒸気ボイラー
	バイオマス発電	直接燃焼方式	津別単板協同組合バイオマスエネルギーセンターへバイオマスコージェネシステムの導入	-	69,000 t	大規模施設向け
		熱分解ガス化方式	たかのす道の駅へのバイオマス発電機導入 (FIT売電・廃熱利用)	-	-	ボルタージャパン㈱
			上野村 宿泊温泉施設へのバイオマス発電設備等の導入	-	-	村内の地産地消 ペレットストーブ、ペレットボイラ、発電
	生物学的ガス化方式		-	-		

※1 灯油の二酸化炭素排出原単位2.4895kg-CO2/L)にて算出 (地球温暖化対策の推進に関する法律施行令 参照)

3 次世代エネルギー利用技術・研究

項目	内 容	研究機関等
1 二酸化炭素をエネルギーとして利用した技術 (研究・構想)	1 ハウス栽培用CO2貯留・供給装置	フタバ産業株式会社
	2 大気中のCO2を吸収して活用するエコシステム	Carbon Engineering
	3 超臨界CO2サイクル発電システム	東芝 等
	4 二酸化炭素石油増進回収法(EOR(Enhanced Oil Recovery))	独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
	5 戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業、微細藻類由来バイオ燃料技術	NEDO、IHI、電源開発、デンソー、DIC
	6 回収CO2で石油代替製品（プラスチック）や化学原料(重曹など)を生産	三菱化学、東大、京大、富士フィルム 他
	7 バイオマス都市構想（清掃工場発生のCO2利用）	佐賀市、東芝 等
	8 CO2-SUICOM CO2と反応して硬化する特殊混和材と石炭灰を使用、セメントを硬化させる。	鹿島建設㈱、電気化学工業㈱、中国電力
	9 銅を触媒としてCO2をプラスチックへ変換	カナダ トロント大学
	10 pH勾配フローセル	ペンシルベニア州立大学
	11 人口光合成	昭和シェル石油
2 水素をエネルギーとして利用した技術 (研究・構想)	1 再生可能エネルギー由来水素利用について	株式会社イワテック、資源エネ庁
	2 人工光合成について	NEDO
	3 アンモニアを燃料にした発電に関わる一貫の実証研究地域	秋田県産業技術センター
	4 低品位炭とバイオマスをCO2フリー水素やアンモニアへ	株式会社IHI、川崎重工、昭和電工
	5 アンモニア燃料電池	京都大学等
	6 自立型水素エネルギー供給システム	福島新エネ社会構想、ハウステンボス、JRE川崎駅
	7 熱量電池（水素）コージェネレーションシステム	NEDO水素社会構築技術開発事業、東芝、昭和電工
	8 水素利用による燃料電池技術の活用：燃料電池：定置型燃料電池、燃料電池自動車（FCV）	資源エネルギー庁、新エネ機構、燃料電池実用化戦略研究会
	9 水素ガスタービン	川崎重工工業(株)
3 二酸化炭素と水素両方をエネルギーとして利用した技術(研究・構想)	1 太陽光利用で、CO2から液体燃料を作る	サンディア国立研究所
	2 水素還元を用いた低炭素製鉄プロセス技術	NEDO
	3 サバティエ反応	ポール・サバティエ
	4 CO2有効利用技術、水素とCO2でメタンガスを製造	NEDO、広島大学
	5 水素とCO2で合成液体燃料を製造	サンディア国立研究所
	6 メタン発酵ガス化発電システム	東洋エネルギーシステムズ
4 その他次世代の最先端技術 (研究・構想)	1 加圧型複合発電機（燃料電池×ガスタービン）（ハイブリッドシステム）	三菱日立パワーシステムズ、日本特殊陶業（株）
	2 3電池搭載住宅	大和ハウス、積水住宅、大阪ガス、パナソニックホームズ
	3 次世代太陽光 ① ペロブスカイト太陽電池 ② 量子ドット太陽電池 ③ 宇宙太陽光発電	①桐蔭横浜大学、東芝 他 ②東京大学 ③京都大学、上智大学 他
	4 次世代バイオマスエタノール	資源エネルギー庁
	5 超臨界地熱発電	NEDO、アイランド

メーカー名や研究機関名、国家機関名は、代表団体を記載しております。一概に、記載した団体のみが行っている内容とは限りません。

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（発電技術編）

事例名 水上メガソーラー 「兵庫・加西市逆池水上メガソーラー発電所」

事業者、製造者 京セラ TCL ソーラー合同会社

URL <https://www.tokyocentury.co.jp/>

資料 池面を利用した水上大規模太陽光発電所（メガソーラー）

発電出力 約 2.3 MW  
年間発電量 約 2,680 MWh  
パネル枚数 9,000 枚（京セラ製）



（出典：資源エネルギー庁）

（水上ソーラーの利点）

- ・パネル設置場所の造成、整地が不要。運用時の管理が容易である。
- ・水の冷却効果によるソーラーパネル高温時の発電損失の低減。

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（発電技術編）

事例名 路面型太陽光発電設備（福崎町太陽光発電所）

事業者、製造者 株式会社森口園芸土木

URL <http://www.moriguchi.co.jp/>

資料 高速道路の空間を利用した太陽光発電事業。

発電出力 約0.5 MW

年間発電量 約550 MWh

パネル枚数 2,000枚（パナソニック製）



（出典：資源エネルギー庁）

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（発電技術編）

分類・種別 太陽光発電機 路面型太陽光発電設備

事例名 セブン-イレブン千代田二番町店

事業者、製造者 セブンイレブン・ジャパン

URL

資料 駐車場の路面に、高透過性・高耐久性のあるコーティングを施した、太陽光パネルを設置する発電システム。

年間発電量（見込み） 16,145 kWh

パネル面積 201.6㎡（WATTWAY Colas 社（フランス）製）



（出典：資源エネルギー庁）

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（発電技術編）

種別・分類	太陽光発電機 建材一体型ソーラーパネル
商品名	サンジュール
事業者、製造者	AGC 株式会社
URL	<a href="https://www.agc-gk.com/bldg/products/sunjoule/">https://www.agc-gk.com/bldg/products/sunjoule/</a>

資料 太陽光発電セルとガラスを一体化し、窓ガラスや庇として使用するための発電装置。ガラスやモジュールの形状により、透明度、色などが異なる複数の製品がある。



（出典：AGC 硝子建材株）

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（発電技術編）

種別・分類	風力発電 陸上風力発電所
事例名	新青山高原風力発電所
事業者、製造者	株式会社 青山高原ウインドファーム
URL	<a href="http://www.awf.co.jp/publics/index/25/">http://www.awf.co.jp/publics/index/25/</a>
資料	<p>発電出力 : 80MW (2,000kw×40基) 年間予想発電量 : 150,000MWh (平成29年度冬季発電量: 約58,800MWh)</p>  <p>(出典：(株)青山高原ウインドファーム)</p>

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（発電技術編）

種別・分類	風力発電 洋上風力発電所 着床式
事例名	銚子沖洋上風力発電所
事業者、製造者	東京電力ホールディングス
URL	
資料	<p>発電出力 : 2.4 MW (1基) 風車規模 : (中心高さ) 80 m (直径) 126 m (2019年1月1日より商用運転を開始)</p>  <p>(出典：東京電力ホールディングス)</p>

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（発電技術編）

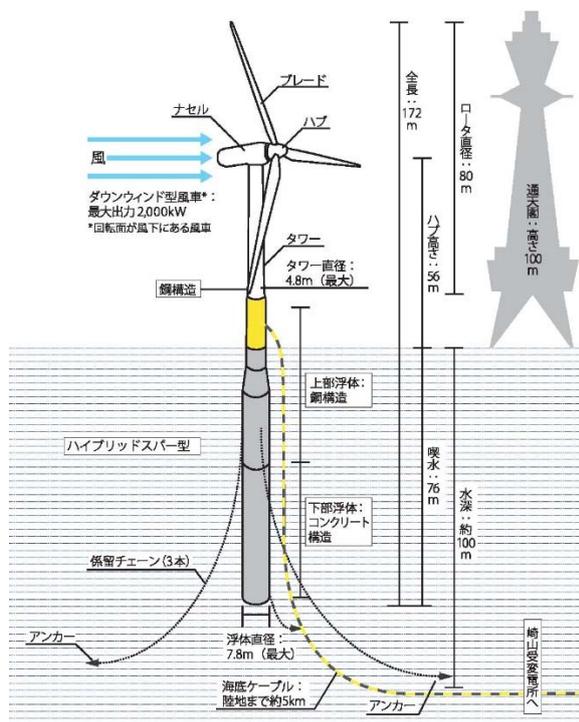
種別・分類 風力発電 洋上風力発電所

事例名 崎山沖 2MW浮体式洋上風力発電所

事業者、製造者 五島フローティングウィンドパワー

URL [https://www.toda.co.jp/solution/ecology/special/windmill\\_02.html](https://www.toda.co.jp/solution/ecology/special/windmill_02.html)

資料  
 発電出力 : 2.0 MW  
 年間発電量 (想定) 5,600 MWh  
 風車規模 : (中心高さ) 80 m (直径) 126 m



(出典: 戸田建設(株))

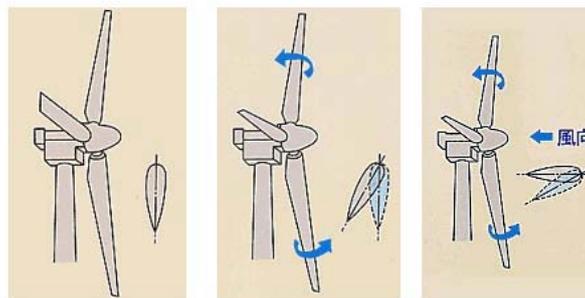
●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（発電技術編）

種別・分類	風力発電 中小型風力発電
事例名	野間岬ウィンドパーク発電所
事業者、製造者	九州電力㈱
URL	<a href="http://www.kyuden.co.jp/effort_geothermal_f_noma.html">http://www.kyuden.co.jp/effort_geothermal_f_noma.html</a>

資料

発電出力 : 300kw × 10基

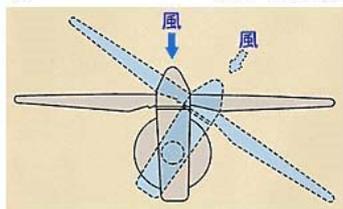
風車規模 : (タワー高さ) 30m、45m (2基)  
(直径) 30m、29m (4基)



**3.5~14.4メートル/秒** 風速14.4メートルまではプロペラの角度を一定に保ち、風速が強くなるとともに出力が増加します。

**14.4~24メートル/秒** 風速が14.4メートルを上回ると、発電機の出力を一定に保つようプロペラの角度を調整し、出力は300キロワットで安定します。

**24メートル/秒以上** プロペラの角度を変えて風を受け流し、発電を停止します。



効率的に風を受けるため プロペラの向きを変えます。

(出典：九州電力)

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（発電技術編）

種別・分類 地熱発電 ドライスチーム方式

事例名 松川地熱発電所

事業者、製造者 東北水力地熱株

URL <http://www.tepco.co.jp/hachiojima-gp/hachijo/index-j.html>

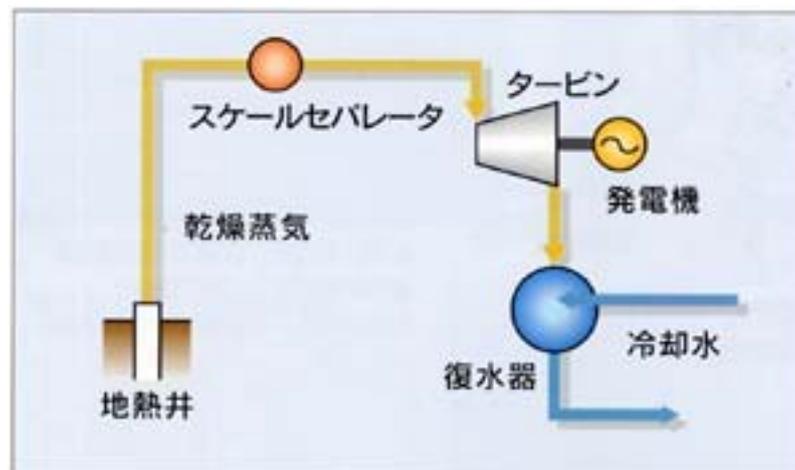
資料 発電出力 : 23.5 MW



【発電のしくみ（ドライスチーム方式）】

噴出する蒸気で直接タービンを回し発電する。蒸気中に含まれる岩片などを取除くスケールセパレータなどが必要。

熱で発生した水蒸気に熱水がほとんど含まれていない乾燥蒸気が出る場所に最適な方式。



（出典：資源エネルギー庁）

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（発電技術編）

種別・分類 地熱発電 フラッシュサイクル方式

事例名 八丈島地熱発電所

事業者、製造者 東京電力パワーグリッド

URL <http://www.tepco.co.jp/hachijojima-gp/hachijo/index-j.html>

資料  
 発電出力 : 3.3 MW  
 蒸気井深さ : 1,650 m (最深部)

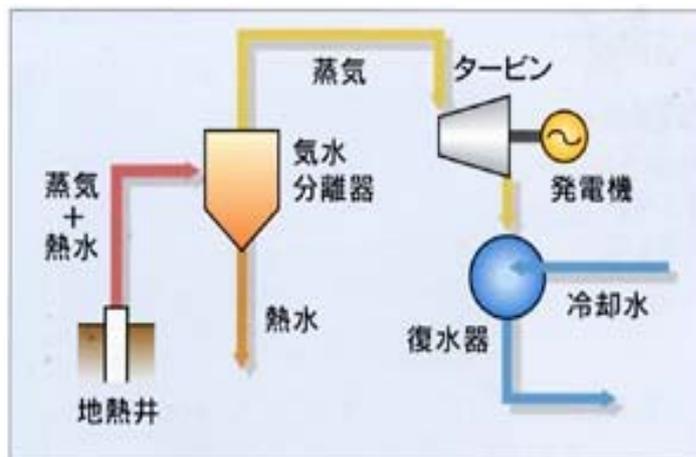
八丈島全体の電力需要は最低（深夜）約3,500 kW、最大（夏・昼間）は約11,000 kWであり、これを内燃力発電所（ディーゼル発電機、総出力11,100 kW）と地熱発電所（3,300 kW）から供給している。

地熱発電所は、最低需要分をベースとした3,300 kWを供給することにより、内燃力発電所と組み合わせて、効率的・安定的な電力供給が可能としていると共に、地熱発電所が運転することにより、発電時に発生する二酸化炭素を約4割の削減が図られている。



【発電のしくみ（シングルフラッシュ方式：八丈島地熱発電所）】

蒸気井から噴出した蒸気と熱水を気水分離器で分離し、蒸気でタービン・発電機を駆動して発電する。熱水は還元井により地中に還元している。



（出典：資源エネルギー庁）

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（発電技術編）

種別・分類 地熱発電 バイナリー方式

事例名 山川バイナリー発電所

事業者、製造者 九州電力(株)、九電みらいエネジー(株)

URL <https://www.q-mirai.co.jp/news/archives/124>

資料 発電出力 : 4.99MW



(出典：九州電力HP)

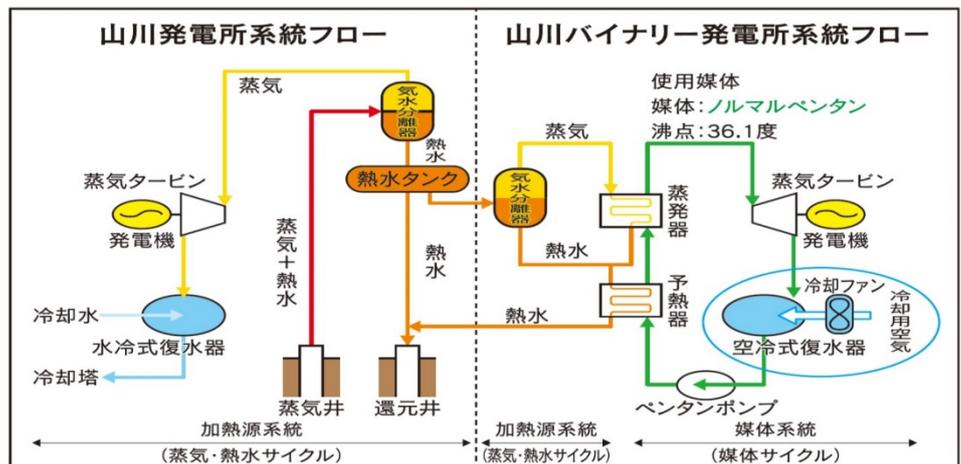
【発電のしくみ（バイナリー発電方式：山川バイナリー発電所）】

加熱源（蒸気・熱水）により沸点の低い媒体を加熱・蒸発させて、その蒸気でタービンを回す方式。

「加熱源系統」と「媒体系統」の2つの熱サイクルを利用して発電することから『バイナリーサイクル発電』と呼ばれる。

バイナリー発電では、低沸点媒体を利用することにより、媒体の加熱源に従来方式では利用できない低温の蒸気・熱水を利用することができる。

山川バイナリー発電では、山川発電所が地下に還元する熱水を加熱源として利用します。



〔出典：九州電力HPを参考〕

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

技術名 地中熱利用（エスロヒート地中熱）

製造者 積水化学工業

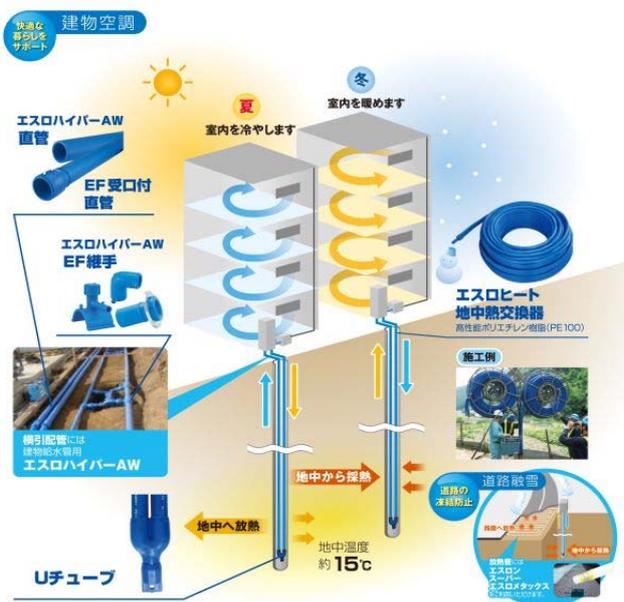
URL <https://www.eslontimes.com/system/items-view/165/>

資料 大気の温度に対して地中の温度は地下 10～15m の深さになると、年間を通して温度の変化が見られなくなる。そのため夏場は外気温度よりも地中温度が低く、冬場は外気温度よりも地中温度が高いことから、外気を用いる空冷式よりも有利となり効率的な冷暖房等が可能。

**ホール方式・基礎杭利用方式（クローズドループ）**

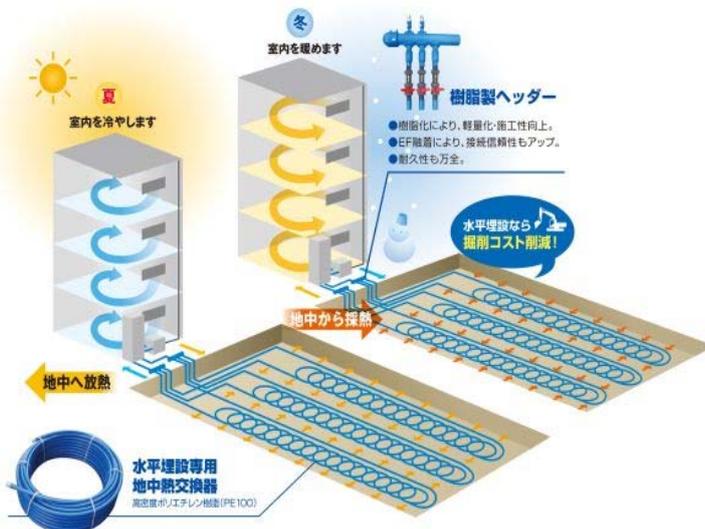
方式採用事例：一番町笹田ビル、東京スカイツリー地区地域冷暖房

地下 100m 程度の垂直に掘削された孔（ボアホール）の中に U チューブを設置し、熱交換を行う。孔の直径は 150mm 前後が多く、U チューブを 1 本（シングル）～ 2 本（ダブル）を設置後、ケイ砂などで埋め戻す。



**水平埋設方式（クローズドループ）**      方式採用事例：小田急線 東北沢～代田駅間

地下 1m～10m 程度の浅層部にトレンチ（溝）を掘り、その中に地中熱交換器を設置・埋め戻し、熱交換を行う方法。建築物の基礎下を利用して地中熱交換器を設置し、熱交換を行うことも可能。置する地中熱交換器はスパイラル状に敷設する。



●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

技術名 地中熱利用+PMAC システム

製造者 日本ピーマック株式会社

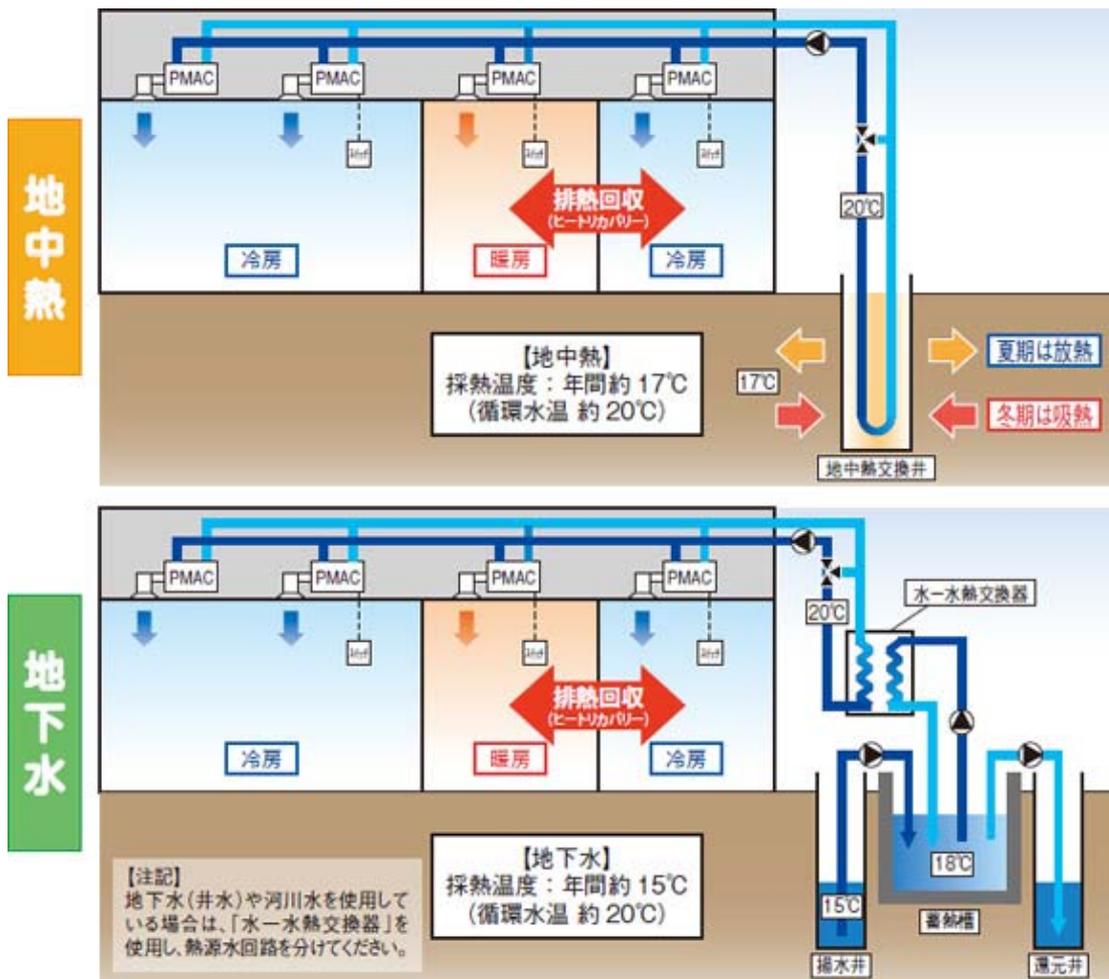
URL <https://www.pmac.co.jp/products/pmac/saisei.html>

資料

地中熱+PMAC システムの概要

冷房時は外気より低い温度、暖房時は外気より高い温度になる地中熱を有効利用することで、外気を用いる空冷式よりも有利となり効率的な冷暖房等が可能。

更に PMAC システムと組み合わせることで更に効率の良い空調が可能となる。



上図：クローズドループ

ほぼ規制なし（例外：秦野市は不可だったが→28年度に条件付で可能に変更）

下図：オープンループ

十分な地下水量が必要。取水制限がかかる地域が多数。

汲み上げた地下水が排水規制に抵触する可能性もある。

地下水の水質によっては装置や配管などの腐食が問題となるため、

地下水の利用には十分な調査が必要となる。

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 地中熱（オープンループ）-石川県金沢市映寿会みらい病院

事業者 映寿会みらい病院

URL [https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/hp\\_ts/sample\\_cool/documents/43\\_61p.pdf](https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/hp_ts/sample_cool/documents/43_61p.pdf)

資料 熱源となる地下水は、年間を通して温度がほぼ一定であるため、外気温度に左右されずに安定した出力が得られる。また、地下水温度は外気温度より夏は低く、冬は高いため、冷房または暖房を行う際には外気を用いる空冷式よりも有利となり効率的な冷暖房等が可能。

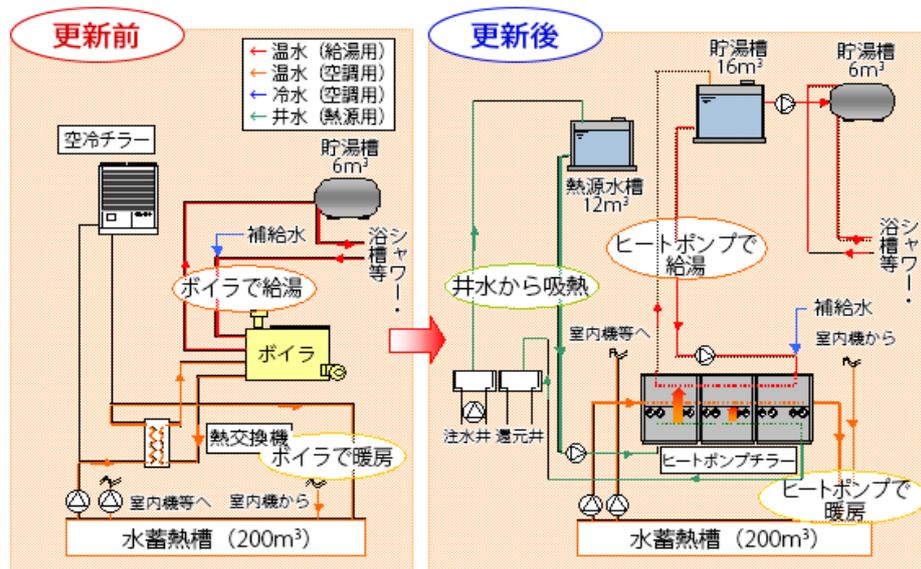
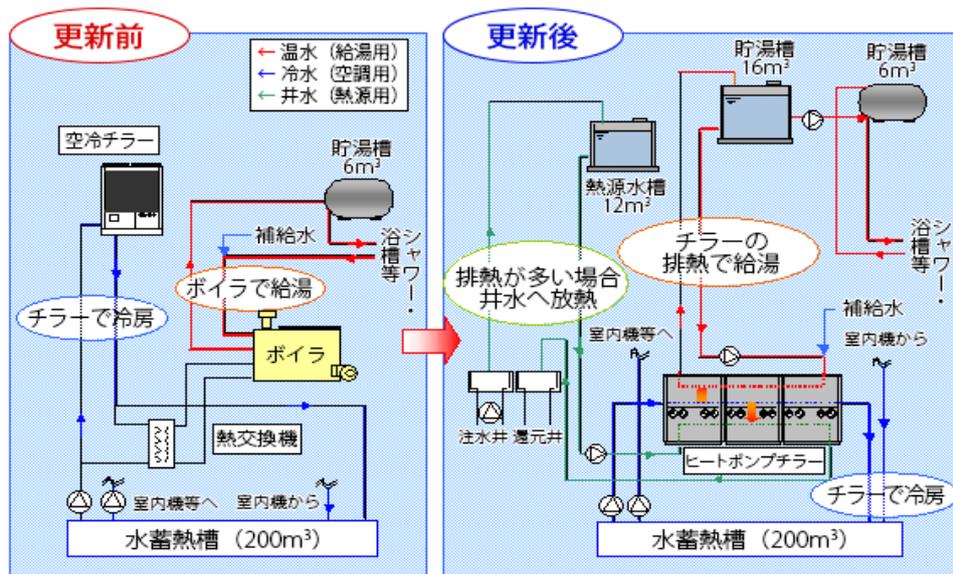
**地下水利用時の留意点**

地下水の利用については、地盤沈下や湧水が問題となり取水制限する自治体もある。また地域・地形によって地下水を十分確保できないケースや、季節によって井戸が湧水になるような地域もある。さらに地下水の水質によっては装置や配管などの腐食が問題となるため、地下水の利用には十分な調査が必要となる。

●消費エネルギー削減率：約 22%（対空冷チラー+温水ボイラーとの比較）

※ヒートポンプ蓄熱センターHP より数値を引用（2019年2月現在）

[https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/hp\\_ts/sample\\_cool/documents/43\\_61p.pdf](https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/hp_ts/sample_cool/documents/43_61p.pdf)



●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 河川水利用-箱崎地区地域熱供給システム

事業者 東京都市サービス(株)

URL <https://www.tts-kk.co.jp/dhc/hakozaki.html>

資料 東京都の公害防止対策に基づく地域冷暖房の推進地域である箱崎地区において、オフィスビルや高層住宅等を対象に、隅田川の豊富な河川水に注目して、我が国初の「河川水の持つ熱を有効活用した環境保全型地域熱供給システム」を導入。

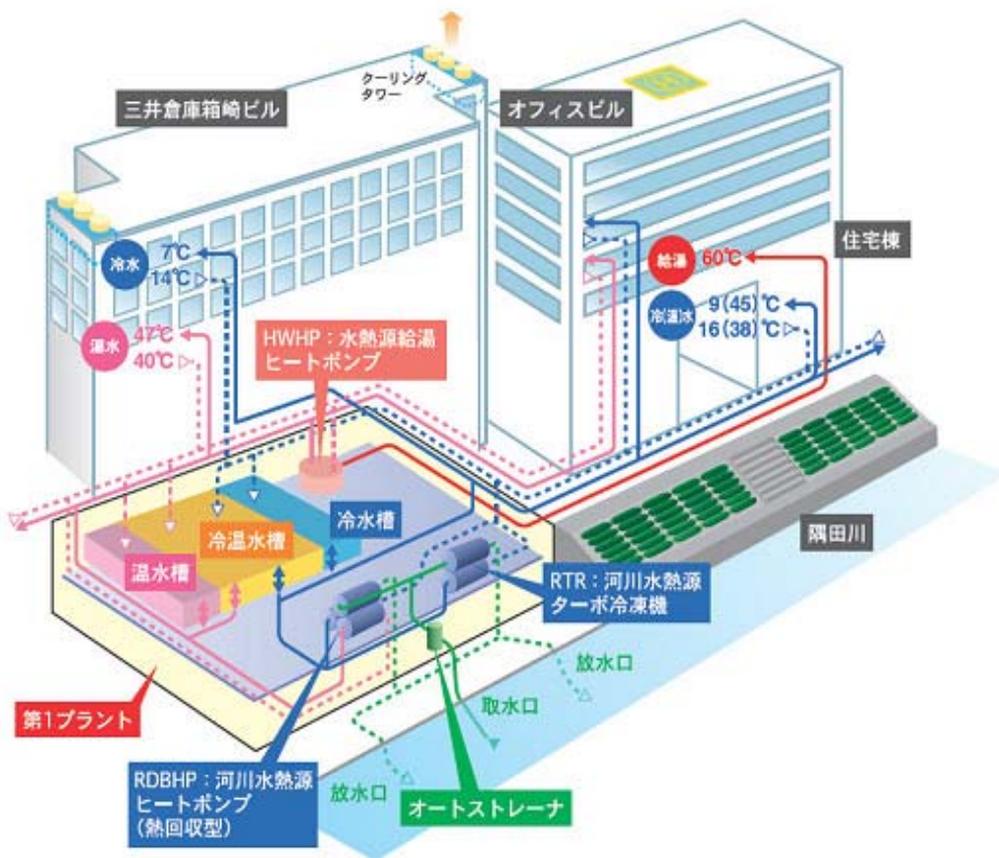
河川水温は、外気温と比べて、冬は温かく、夏は冷たい特性があり、この温度差と「蓄熱式ヒートポンプシステム」を利用した熱供給を行い、エネルギー（電気、ガスなど）消費低減やCO<sub>2</sub>削減に貢献している。

●消費エネルギー削減率：約 28%削減（空気熱源方式との比較）

●上水消費量削減率：約 95%削減（冷却塔補給水が不要となったため）

※国土交通省 HP の数値を引用（2019 年 2 月現在）

[ホーム](#) >> [政策・仕事](#) >> [国土計画](#) >> [国会等の移転ホームページ](#) >> [各種情報提供サービス](#) >> [環境とエネルギーに配慮した新都市づくりのためのホームページ](#) >> [まちづくり事例集](#) >> [先進技術システム編](#) >> [温度差エネルギー利用システム](#) (PDF 形式：46KB)



●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 海水熱利用-シーサイドももち

事業者 (株)福岡エネルギーサービス

URL <https://www.fukuoka-es.co.jp/area/momochi.html>

資料 福岡市西部のウォーターフロント開発地区であるシーサイドももち地域で、「福岡ソフトリサーチパーク」を中心とした情報・商業・文化施設及び「福岡ヤフオク！ドーム」を核としたスポーツレクリエーション施設に熱供給を行っている。

熱源設備は、未利用エネルギーである海水温度差エネルギーを活用した海水熱源ヒートポンプと氷蓄熱、水蓄熱をベースに運用している。さらに熱回収型電動ターボ冷凍機、ガス直焚吸収式冷温水機を使用。

●消費エネルギー削減率：約 38%（対ボイラー+吸収式冷凍機との比較）

●CO<sub>2</sub>排出量削減率：約 47%（対ボイラー+吸収式冷凍機との比較）

※馬場敬之 日本海水学会誌第 55 巻 4 号（2001）

「海水温度差エネルギー利用の現状と今後の展望」の数値を引用



●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 下水熱利用-管路内設置型下水熱利用システムの実証事業

事業者 仙台市、積水化学工業(株)

URL [http://www.nepc.or.jp/topics/pdf/180228/180228\\_4.pdf](http://www.nepc.or.jp/topics/pdf/180228/180228_4.pdf)

資料 下水は熱需要の多い都市部に多く存在し、外気に比べ温度変動幅が小さい安定した熱源である。下水熱を熱源に利用することで、外気を利用するよりも高い効率でヒートポンプ運転が可能（冷暖房、給湯、融雪に利用可能）。

本システムは新管敷設時に対応出来ると共に、需要が高まっている老朽管路更生システムと組み合わせることで耐震性能を付加できるなど、機能を高度化した管路として資産価値を上げることができる。

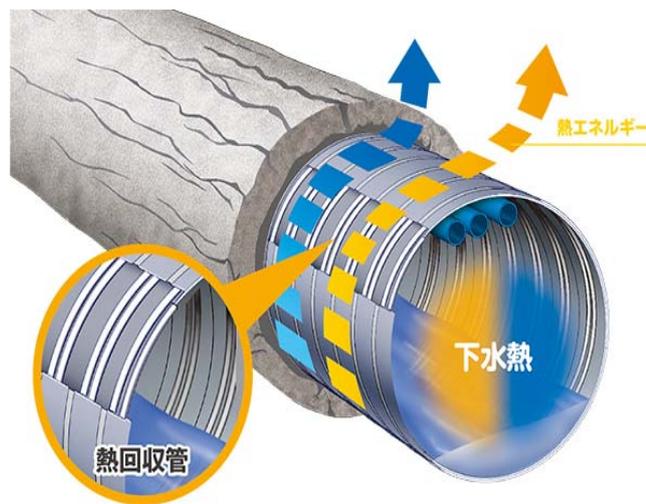
●消費エネルギー削減率：約 42%（対空冷エコキュートとの比較）

●CO<sub>2</sub>排出量削減率：約 33%（対空冷エコキュートとの比較）

※「平成 29 年度再生可能エネルギー熱利用促進フォーラム」

事業名称：管路内設置型下水熱利用システムの実証事業

事業者名：積水化学工業株式会社環境・ライフラインカンパニー 井上将男  
における資料内の数値を引用。（URL 参照）



らせん更生型（積水化学工業：エスロヒート下水熱）



管底設置型（積水化学工業：エスロヒート下水熱）

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 雪熱利用-長岡データセンター

事業者 (株)データドッグ新潟

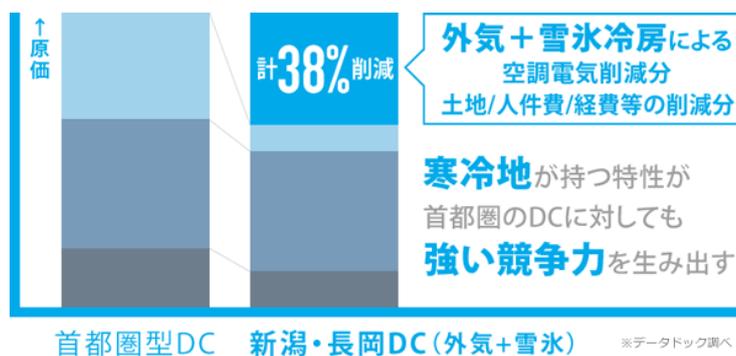
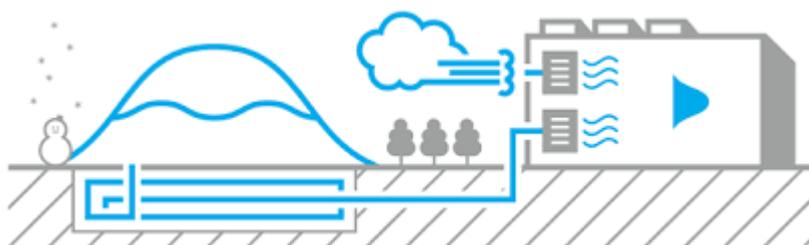
URL <https://www.datadock.co.jp/>

資料 豪雪地帯の長岡市で 3,000t の貯雪を行い、サーバールーム空調の一部（再エネ率 30%）を賄う。

対象となる建物は新築 2 階建、延床面積 5,000m<sup>2</sup>。導入される冷却システムは、データセンター向けのハイブリットシステムを適用し、電力利用率 PUE1.19（設計値）を誇る。

消費エネルギー削減率：空調電気代（人件費、土地代含む）が首都圏 DC 比で約 38%削減と予測  
※(株)データドッグ HP より数値を引用（2019 年 2 月現在）

<https://www.datadock.co.jp/column/2017/10/36.html>



●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 プロセス加温用バイオマスボイラ設置

事業者 DIC(株) 北陸工場

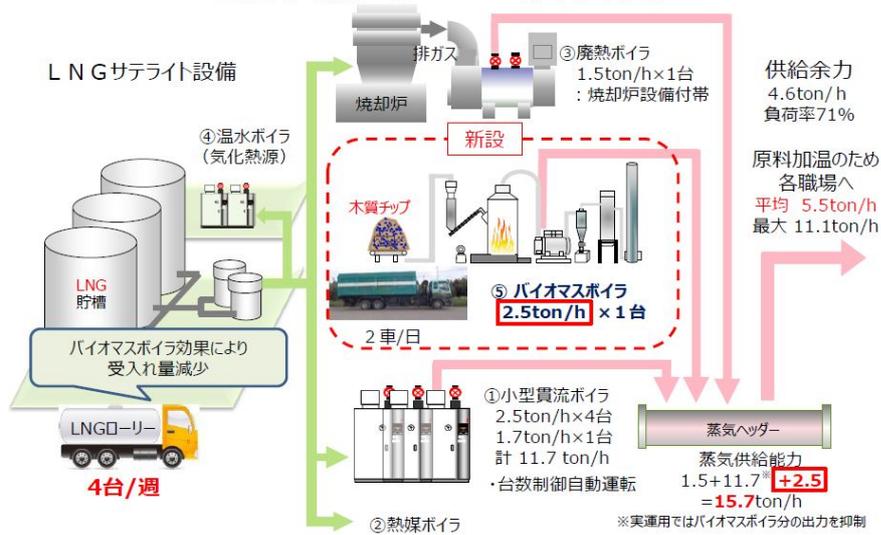
URL <http://www.dic-global.com/ja>

資料 合成樹脂を生産する北陸工場（石川県白山市）に木質チップを燃料とするバイオマスボイラ1基を新規導入し、液化天然ガスボイラの一部をこれに切り替える。

原料の加温用に小型貫流ボイラと廃熱ボイラを使用しているシステムに、バイオマスボイラを追加設置し、CO2削減を図る。



燃料・蒸気フロー（計画後）



化石燃料削減効果 12.7%（化石燃料削減量 1057.8 kL）

バイオマスの燃料は木質チップを使用。

※再生可能エネルギー熱事業者支援事業成果報告会より引用

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 東邦ガス津営業所へのソーラークーリングシステムの導入

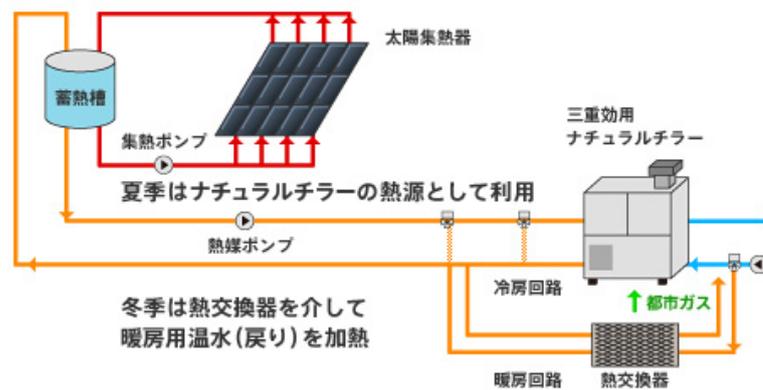
事業者 東邦ガス(株) 津営業所

URL [http://gasmotohogas.co.jp/search/equipment/air\\_conditioner/kyushu\\_4.html](http://gasmotohogas.co.jp/search/equipment/air_conditioner/kyushu_4.html)

資料 老朽化した空調設備の入れ替え工事に合わせソーラークーリングを導入し 2010 年 1 月から運転を開始されている。

太陽集熱器は 139m<sup>2</sup> 敷設しており、夏は太陽熱で作った温水をナチュラルチラーへ導入して冷水を作り、冬は暖房用温水として用いられている。

集熱器で温められた温水は一旦蓄熱槽に蓄えられ、冷房時はナチュラルチラー、暖房時は暖房用熱交換器に送られる。



太陽熱による省エネ効果は期間平均で 12%

暖房期間（1 月～4 月、11 月の一部）で 13%

冷房期間（5 月～11 月の一部）で 11%

●-●-● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 国立某介護施設への太陽熱給湯システムの導入

事業者 国立某老人保健施設

URL

資料

東京都国立市にある老人保健施設の浴場、シャワーへ使用されている給湯の予熱用として、太陽集熱器を設置した。

パネルは、2㎡のパネル5枚ユニット×8セットの計40枚を設置

施設の入所定員は146名、通所定員は80名。

集熱器で温められた熱媒の熱が熱交換器を介して一旦200L容量の蓄熱槽に蓄えられ、蓄熱層の温水が給湯器の給水に使用される。



太陽熱による省エネ効果は年平均13%

●-●-● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 床暖房を使用している一般住宅への太陽熱集熱器を導入(ハイブリッドソーラー)

事業者 チリウヒーター

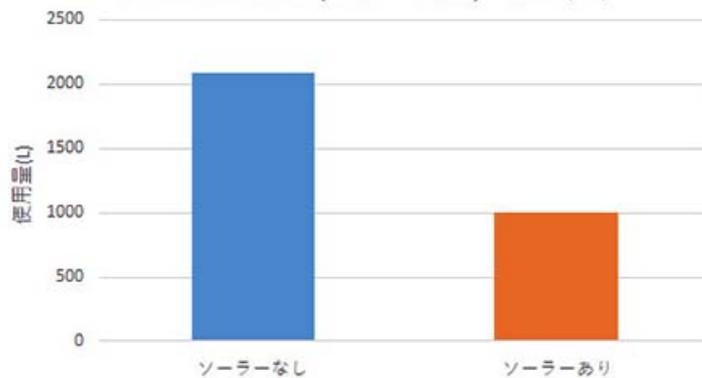
URL

資料

東京都内の一般住宅へ太陽集熱器を設置。  
建物では既に床暖房を使用しており、省エネ用太陽集熱器を追加した。



年間灯油使用量(暖房・給湯)の比較(1邸)



燃料削減量は暖房給湯合計で 60%

●-●-● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 一般住宅へパッシブソーラーの導入

事業者 OMソーラー

URL <https://omsolar.jp/>

資料

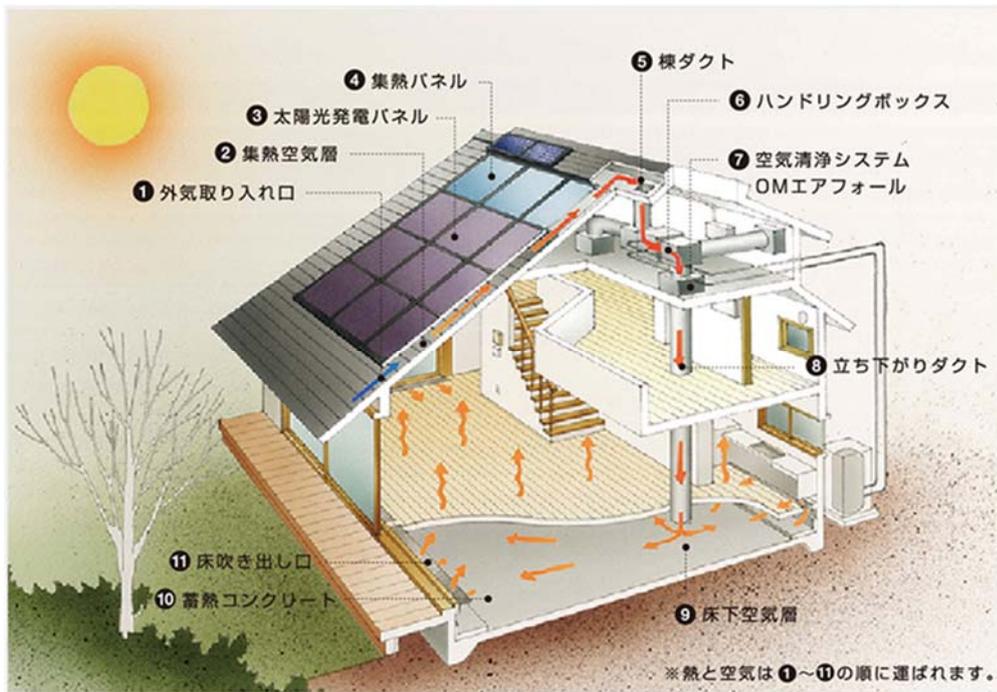
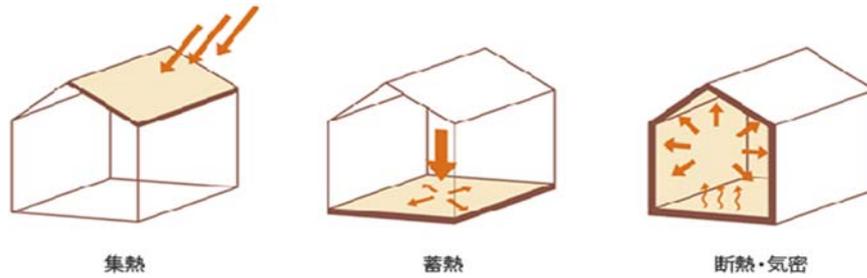
特別な装置を使わず、家のつくりや素材等を工夫して、太陽熱による暖房機能をもたせるシステム。

床や壁に蓄熱率の高い素材を用いて、昼間に蓄えた熱を夜間に放出するなどといった方法がある。

仕組みの基本

太陽で床暖房する冬の働きが基本。

太陽熱を集めて、蓄熱して、家全体を持続的に温めるといったパッシブソーラーシステムが中心。



暖房負荷の低減 年間 30～50%

冷房負荷の低減 翌日の室温上昇抑制

給湯負荷の低減 50～60℃ 300L

環境負荷の低減

●-●-● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 床暖房を使用している一般住宅への太陽熱集熱器を導入(ハイブリッドソーラー)

事業者 チリウヒーター

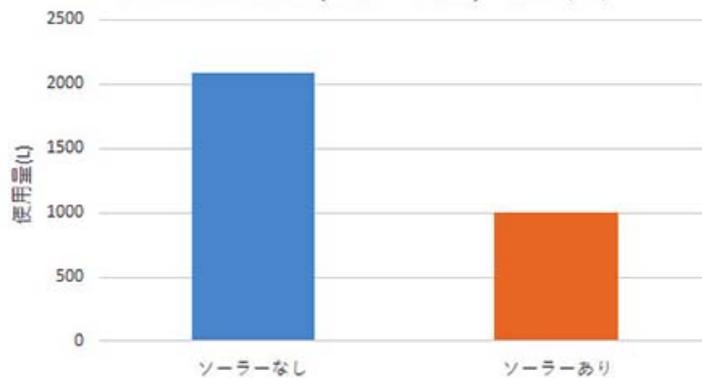
URL

資料

東京都内の一般住宅へ太陽集熱器を設置。  
建物では既に床暖房を使用しており、省エネ用太陽集熱器を追加した。



年間灯油使用量(暖房・給湯)の比較(千リットル)



燃料削減量は暖房給湯合計で 60%

●-●-● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 フレネル型太陽熱発電システム

事業者 NEDO

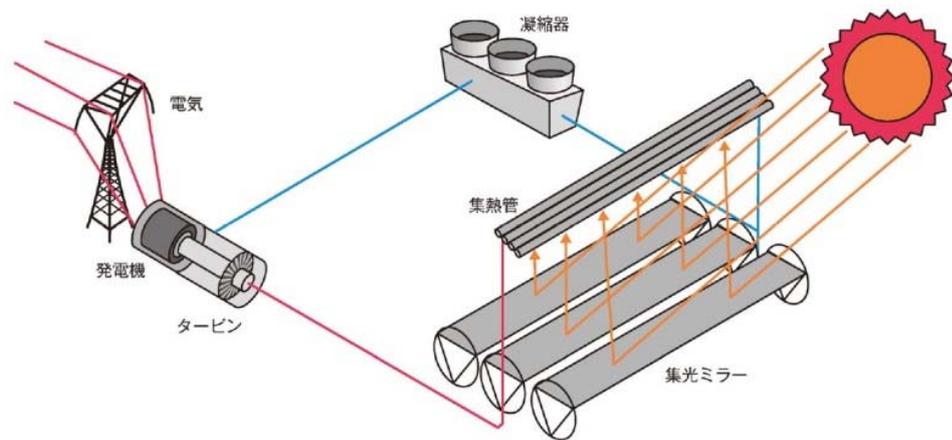
URL

資料

わずかに凹面の細長い集光ミラーの角度を少しずつ変えて並べ、数メートル上方にある集熱管に集光して、蒸気を生成する。

トラフ型と比較して集光効率が劣ることと、真空二重管のレシーバーを使用しない設備がおおいことから、現在のシステム効率は 8~10%とトラフ型より低い、しかしトラフ型の曲面集光ミラーより製造が容易でコスト削減が可能であることや、集光ミラーが風圧の影響を受けにくいなどの利点がある。

現在、発電用プラントの他、既存の火力発電所への蒸気供給などの実証実験が、米国やオーストラリアなどで行われている。



システム図



実証プラント（Liddell 太陽熱発電プラント）

出典：DESERTEC-UK ホームページ

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 タワー型太陽熱発電システム

事業者 NEDO

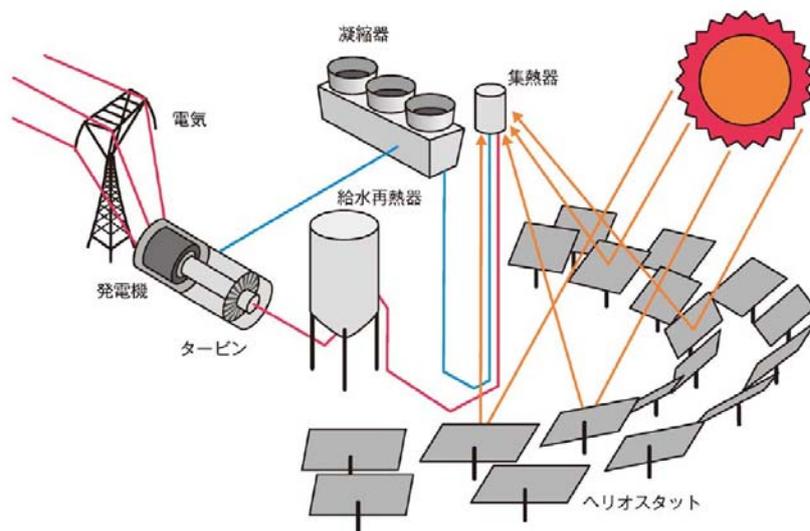
URL

資料

ヘリオスタット(Heliostats)と呼ばれる太陽追尾装置を持つ平面上の集光ミラーを多数用いて、通常はタワーの上部に置かれるレシーバー集熱器に太陽の動きを追尾しながら集光・集熱し、その熱で蒸気を生成して発電するシステム。

熱媒体として水/水蒸気や硝酸塩系溶融塩が主として用いられるが、空気を使用する動きがある。

多数のヘリオスタットからの反射光を一つのレシーバーに集めるため、トラフ型よりも集光度が高く、高温の蒸気を作り出すことができる。タービン効率を上げて、より多くの電力を得ることが可能で、システム効率は20～35%になるとみられている。



システム図



実証プラント（出典：Concentrating Solar Power）

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 トラフ型太陽熱発電システム

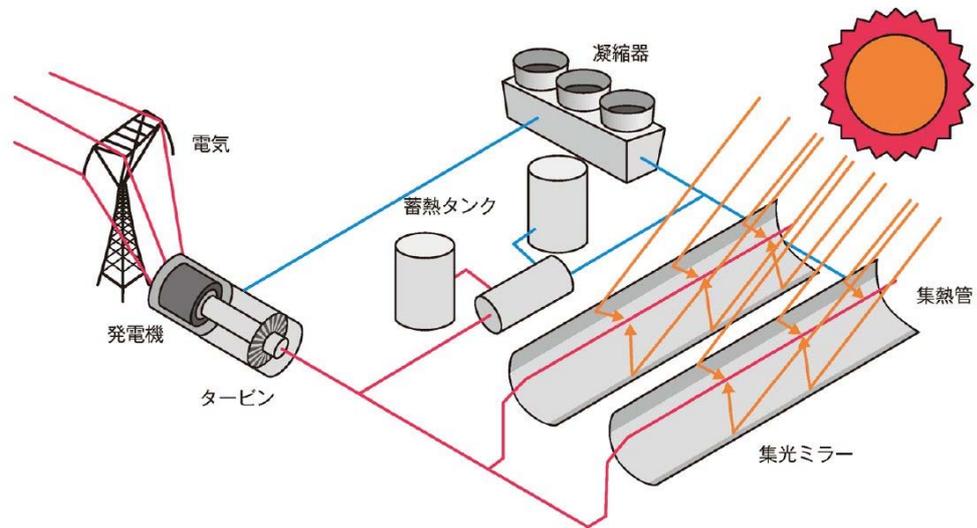
事業者 NEDO

URL

資料  
樋状に伸びた断面が放物線形状曲面の反射鏡集光ミラーを用いて集熱管に集光することによって集熱管内の熱媒を加熱し、熱交換器を介して蒸気を生成して発電するシステム。  
熱媒は約 400℃近くまで加熱された後、熱交換器に送られて蒸気を発生させる。システム効率は 15%程度

トラフ型のコレクタは、フィールド全体に広範囲にわたって配置するため、レシーバーでの熱損失が大きいことや、長い配管に熱媒体を流すための動力損失などが課題である。

高度な集光技術が不要で、構造が単純であるため、他の太陽熱発電技術と比べてシステム価格が安価であるという特徴がある。1980年代から米国カリフォルニア州において逍遥運転の実績があり、太陽熱発電の中では比較的成熟した技術である。



システム図

NEDO 再生可能エネルギー技術白書より抜粋

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 デイツシュ型太陽熱発電システム

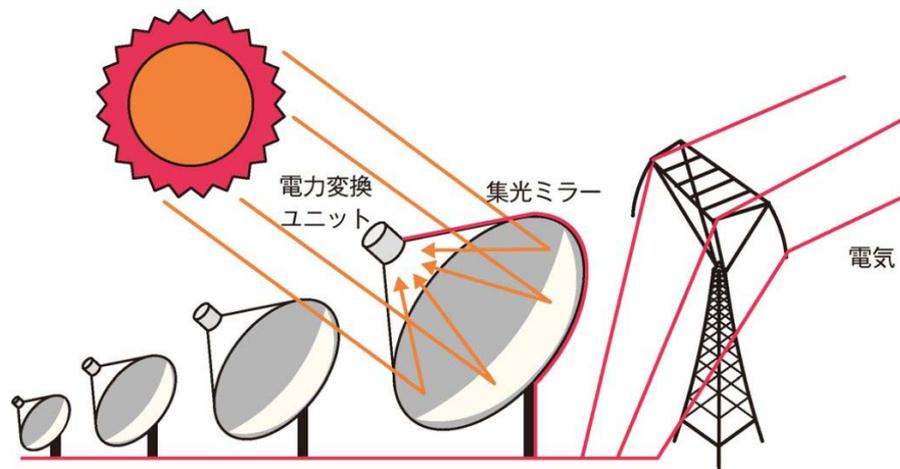
事業者 NEDO

URL

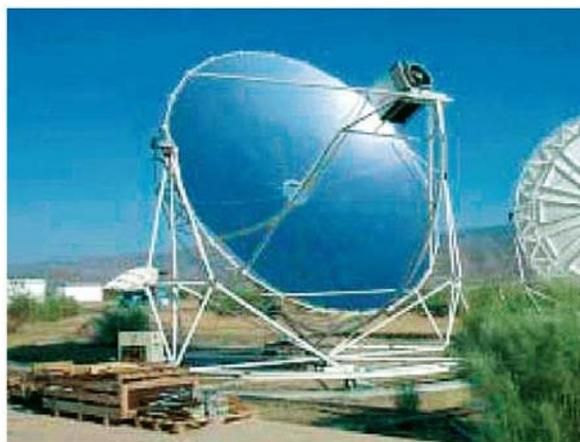
資料

放物曲面状の集光ミラーを用いて集光し、焦点部分に設置されたスターリングエンジンやマイクロタービンなどによって発電するシステム。

全体のサイズは直径 5～15m、発電出力 5～50kw と、他のシステムと比較して小規模であり、分散型発電システムとして適している。多数台をまとめて配置して MW 級の発電プラントとすることも可能である。米国の 25kw システムで発電効率 30%を記録している。米国やオーストラリアなどを中心に実証実験が進められている。



システム図



ドイツ型集光器 (出典:European Research Concentrated Solar Thermal Energy)

NEDO 再生可能エネルギー技術白書より抜粋

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 山口温泉きらら 289(温泉加温、給湯、暖房)

事業者 福島県 南会津町

URL

資料

南会津町にて、灯油ボイラーによる温泉の加温、給湯、暖房を行っている施設「山口温泉きらら 289」にチップボイラーを追加設置し、並行運転することで灯油の消費量を大幅に削減している。

国産チップボイラーは、含水率 130%まで燃焼可能な小山田エンジニアリング(株)製のチップボイラー(WB-200)を導入。

- ・出力規模：17,200Kcal/h
- ・年間稼働時間：4200 時間
- ・チップ使用料：年間 880 m<sup>3</sup>

ボイラー施設



年間 CO2 削減量 196t-CO2

出典：林野庁 木質バイオマス熱利用・熱電供給事例集

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

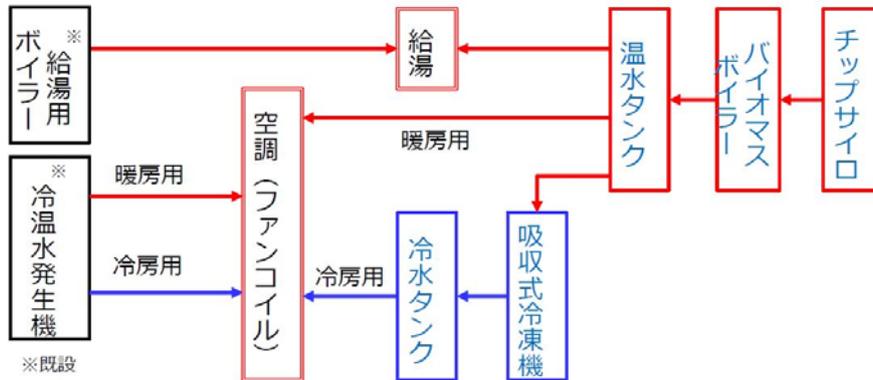
事例 リコー環境事業開発センターへの空調給湯用木質バイオマス炉設置

事業者 株式会社リコー

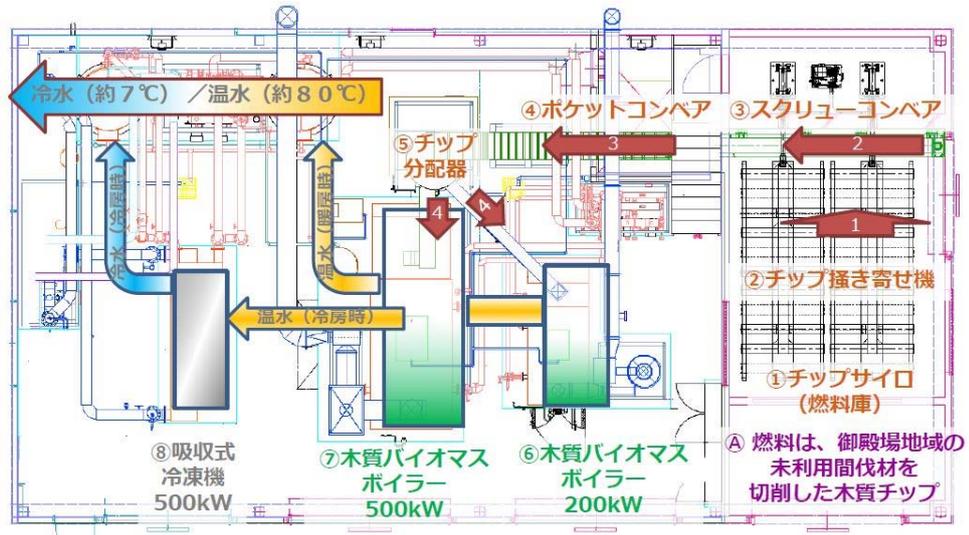
URL <https://sii.or.jp>

資料  
木質チップを燃料とするバイオマス炉を設置し、既設の冷温水発生機・給湯用ボイラーと併用してリコー環境事業開発センターの空調と給湯に使用。  
御殿場市の「森林保全と林業関係者の雇用創出の為の未利用材を活用したエネルギーの地産地消モデル」の一環として、地域の山林の未利用材を使用した木質チップを利用する需要家のトップバッターとしてバイオマス炉を導入し、市域の木質バイオマス需要を喚起。  
※経済産業省「再生可能エネルギー熱事業者支援事業」 採択事業

システムフロー



システム概要



設備導入前の化石燃料 664.3kL（原油換算）

設備導入後の化石燃料 547.0kL

化石燃料の削減量 117.3kL（削減率18%）

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

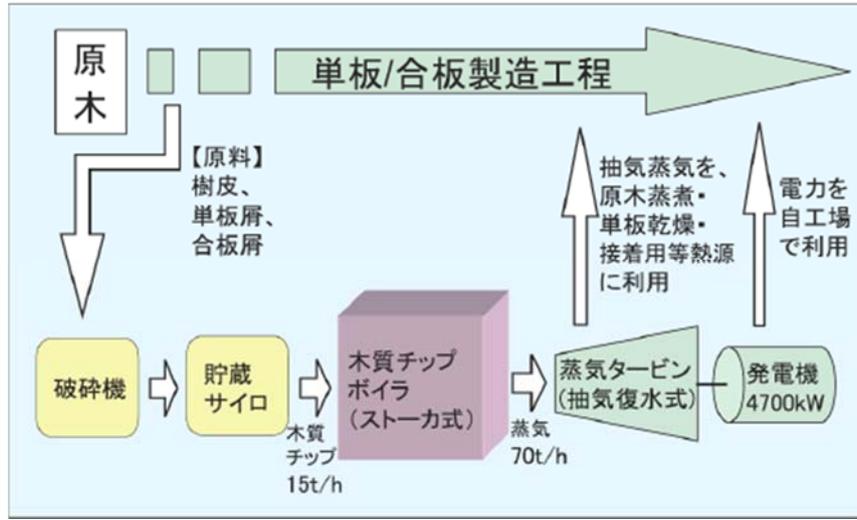
事例 津別単板協同組合がバイオエネルギーセンターへバイオスコージェネシステムの導入

事業者 丸玉木材株式会社・津別単板協同組合

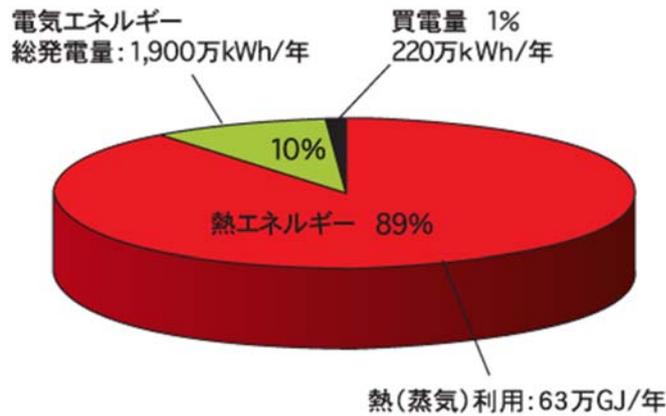
URL <https://www.nef.or.jp/award/kako/h20/p01.html>

資料 葉材を木質燃料とするバイオスコージェネ設備(バイオボイラー、蒸気タービン発電機)導入により産業廃棄物及び化石燃料を削減し、津別単板協同組合と丸玉木材の両工場の熱・電気エネルギーのほぼ全量を供給。

設備概要



エネルギー利用状況



※平成20年度グリーン電力証書(08B003)取得  
グリーン電力1,800万kWh/年を販売契約する。

CO2 削減量 69,000t-CO2

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 小松市内温浴施設への木質チップボイラーの導入

事業者 小松市

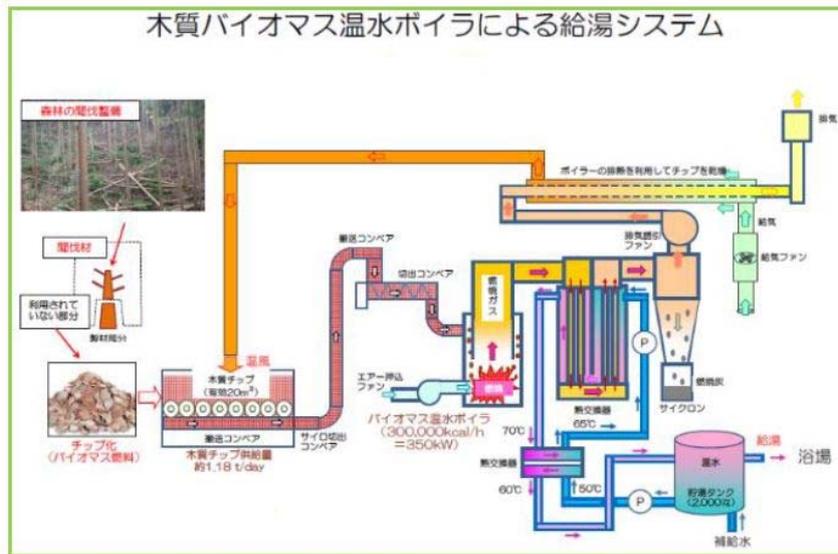
URL

資料

リニューアル整備の実施に伴って、これまでの重油ボイラーから木質バイオマス温水ボイラーをメインとした加温に転換した。

現状は木質バイオマスボイラーに依る浴場への給湯供給だが、将来的にはボイラーの廃温水を利用して冷水及び温水を園芸施設等に供給し、年間を通じた環境制御による次世代施設園芸モデルの取り組みを考えている。

設備概要



チップサイロ  
(余熱によりチップを乾燥)



木質バイオマス  
温水ボイラー

C02 削減量 180t-C02

出典：林野庁 木質バイオマス熱利用・熱電供給事例集

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

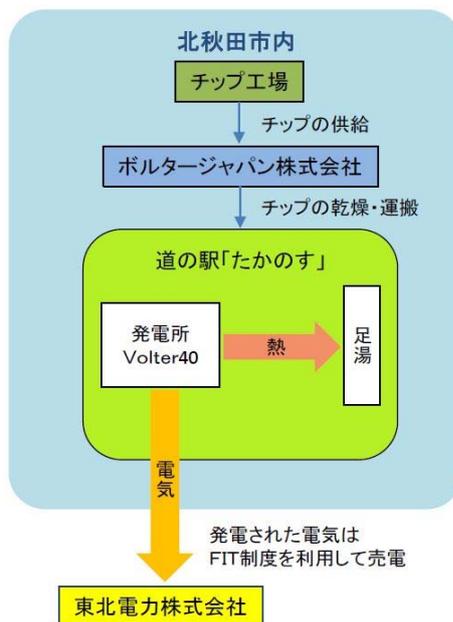
事例 たかのす道の駅へのバイオマス発電の導入

事業者 ボルタージャパン(株)

URL

資料 地域由来の森林資源を利用した小規模木質バイオマス発電及び熱利用のモデルをしてもらったため、公共性の高い道の駅に超小型バイオマス発電機(Volter40)を設置。  
道の駅「たかのす」に発電機を1基設置し、発電した電気はFITを利用して売電するとともに、供給される熱を足湯の熱源として利用している。  
本発電所で使用されている木質チップは、地域の未利用間伐材から製造されたチップを北秋田市のチップ加工業者から調達し、ボルタージャパン本社にて乾燥を行い現地へ供給している。

実施体制図



発電所



出典：林野庁 木質バイオマス熱利用・熱電供給事例集

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 上野村 温泉施設へのバイオマス発電設備等の導入

事業者 上野村

URL

資料

3か所の宿泊温泉施設等にペレットストーブを設置するとともに公共施設や村営住宅、一般住宅へ76台のペレットストーブを設置し、給湯、暖房等の熱源として活用。加えて、バイオマス発電施設により、きのこセンターへ熱電併給している。

・熱利用施設

3カ所の宿泊温泉施設へ200kwの木質ペレット用無圧缶水式温水ボイラを導入  
公共施設に13基、村営住宅に27基、一般住宅に36基のペレットストーブを導入

・熱電併給施設

発電出力180kw、熱出力270kwの熱電供給施設を設置  
ブルクハルト社製(ドイツ)の小型木質ガス化装置を設置

木質バイオマス発電施設



熱電併給装置



ガス化装置



出典：林野庁 木質バイオマス熱利用・熱電供給事例集

●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 安芸市施設園芸へのペレットボイラーの導入

事業者 安芸市ほか

URL

資料 施設園芸加温用燃料の地産地消及び二酸化炭素排出削減のため、園芸農家への木質ペレットボイラーの導入を行っている。

安芸市が、熱出力 116kw の木質ペレットボイラー 40 台を園芸農家 40 戸に無償貸付している。

導入設備



木質ペレットボイラー  
(昭和産業(株)社製)



木質ペレットボイラー  
(株相愛社製)



木質ペレットサイロ



二酸化炭素削減量 3,290t-CO2

出典：林野庁 木質バイオマス熱利用・熱電供給事例集

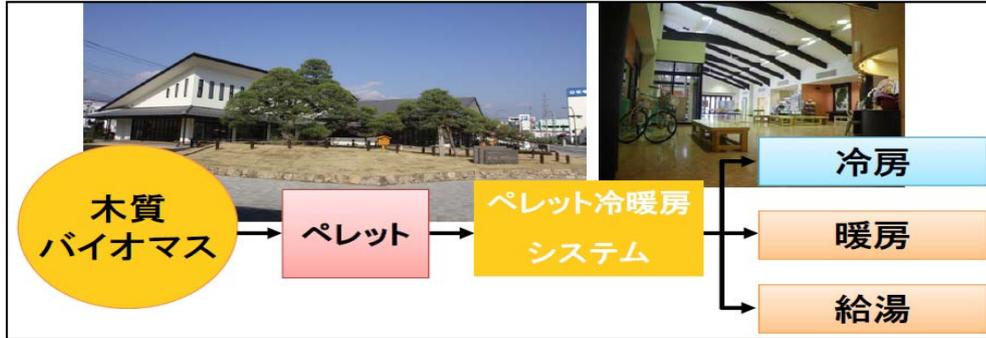
●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 街の駅やまなしへのバイオマスボイラーと温水焚冷温水発生機の導入

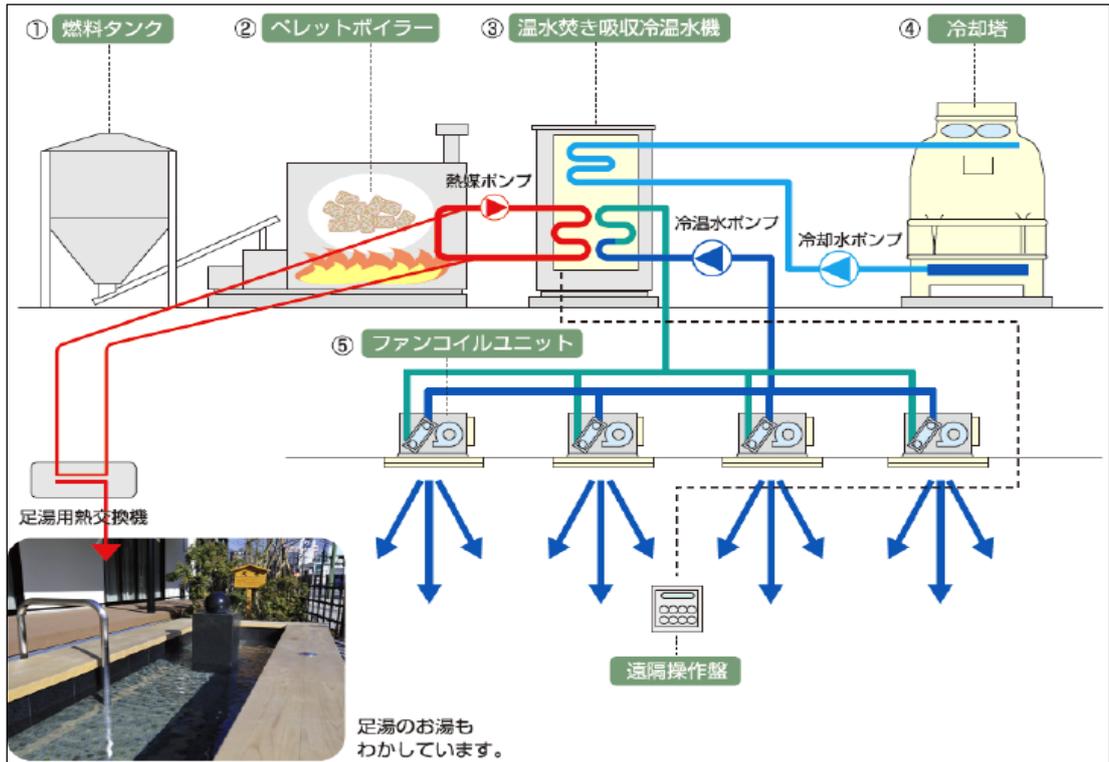
事業者 矢崎エナジーシステム(株)

URL

資料 街の駅やまなしの給湯および冷暖房施設として、木質ペレットボイラーと温水焚吸収式冷温水発生機を導入。



導入システム



●—●—● 再生可能エネルギー、創エネルギーによる低炭素化技術（再生可能エネルギー）

事例 福祉施設への冷温水発生機の導入

事業者 矢崎エナジーシステム(株)

URL

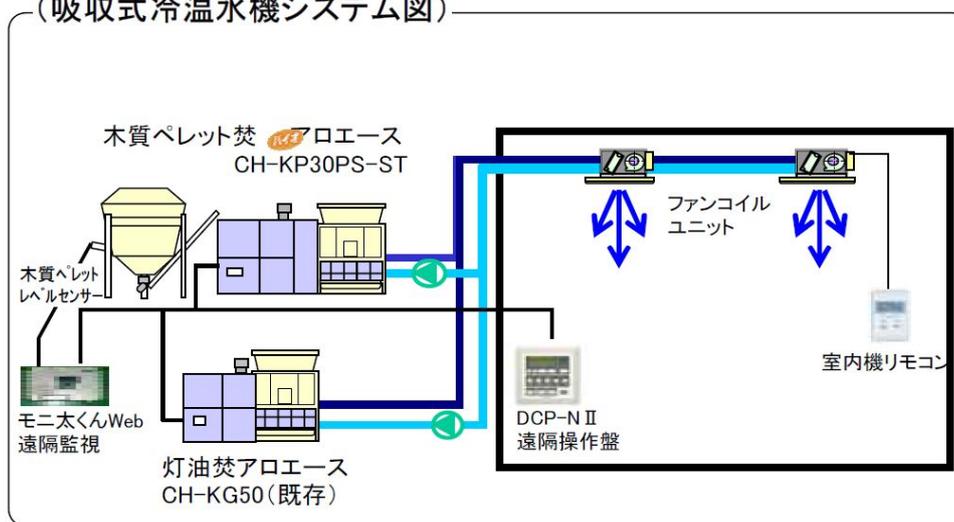
資料

高知県内某福祉施設へ、木質ペレットを燃料とした冷温水発生機と灯油焚の冷温水発生機を導入。木質ペレット焚をベースとした運転を行うことで、CO<sub>2</sub>の削減効果を高めている。

施設概要

- ・木質ペレット焚 冷温水発生機 105kw
- ・灯油焚 冷温水発生機 175kw

(吸収式冷温水機システム図)



二酸化炭素排出削減量 56.3t-CO<sub>2</sub> (試算)

1-1 二酸化炭素をエネルギーとして利用した技術

事例名 ハウス栽培用 CO<sub>2</sub> 貯留・供給装置

機関名 フタバ産業株式会社

URL 等 <http://www.futabasangyo.com/cultivation/>

資料 農業のハウス栽培では、冬場の暖房時に燃焼式暖房機を夜間に稼働させる。一方で、収穫量向上のために光合成を促進する目的や、ハウス内の CO<sub>2</sub> 不足を補う目的で、燃焼式の CO<sub>2</sub> 発生機を日中に稼働させる。

ハウス栽培用 CO<sub>2</sub> 貯留・供給装置「agleaf (アグリーフ)」は燃焼式暖房機の排ガスを浄化し、CO<sub>2</sub> のみを取り出し、貯留、再利用が可能なシステムです。もともと捨てられていた CO<sub>2</sub> を再利用するため、新たに燃料を必要とせず、大気中への CO<sub>2</sub> 排出量も削減できる環境にも配慮した製品。また、排ガス由来の CO<sub>2</sub> にもかかわらず、熱くないため、ハウス内の温度を上昇させず、局所施用が可能。

エコでクリーンな次世代型 CO<sub>2</sub> 施用を実現します。



図-1 ハウス栽培用 CO<sub>2</sub> 貯留・供給装置の外形写真

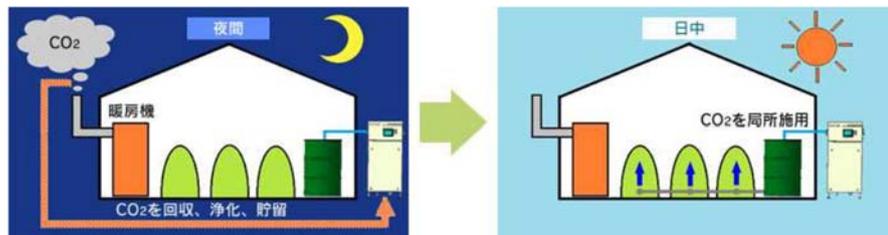


図-2 フロー図

<NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、CO浄化性能>

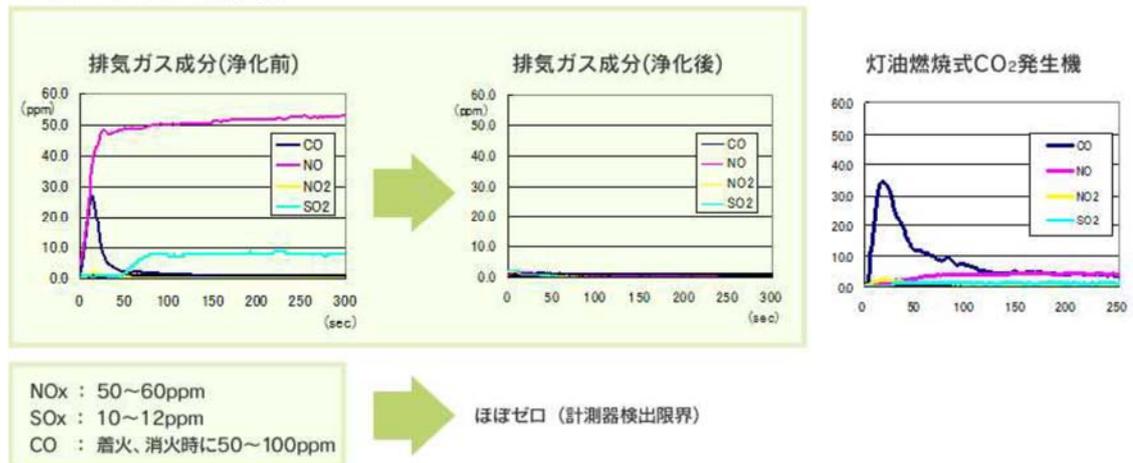


図-3 排ガス成分浄化データ

1-2 二酸化炭素をエネルギーとして利用した技術

事例名 大気中の CO2 を吸収して活用するエコシステム「Climeworks CO2 Capture Plant」

機関名 Carbon Engineering (カナダ企業)

URL 等 <http://carbonengineering.com/>

資料 大気をフィルタリングし、純度の高い CO2 を集める事で大気中の CO2 濃度を削減できる技術。その CO2 は、炭酸ガスとして販売できることや、水素と結合させることでエネルギーとしても使用可能である。

装置の構造は、各コンテナユニットに独自のファンとフィルターを搭載し、大気を取り入れると、フィルターに CO2 が吸着する。飽和したフィルターを 100℃まで加熱すると、フィルターの CO2 を高濃度 CO2 ガスとして分離できる。

このことにより、大気中の CO2 を削減し、CO2 フリーの空気を大気に開放することができる。また、フィルターはリサイクル可能で数千サイクル繰り返し使用できる。

エネルギーのほとんどを工場等の排熱を利用し、空気中の水分から淡水を生成するため、運転により過剰なエネルギーやコストがかかることはない。

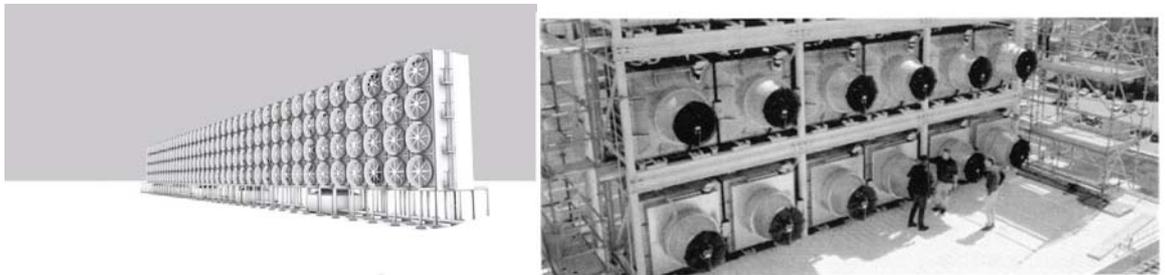


図-1 装置外形図・写真

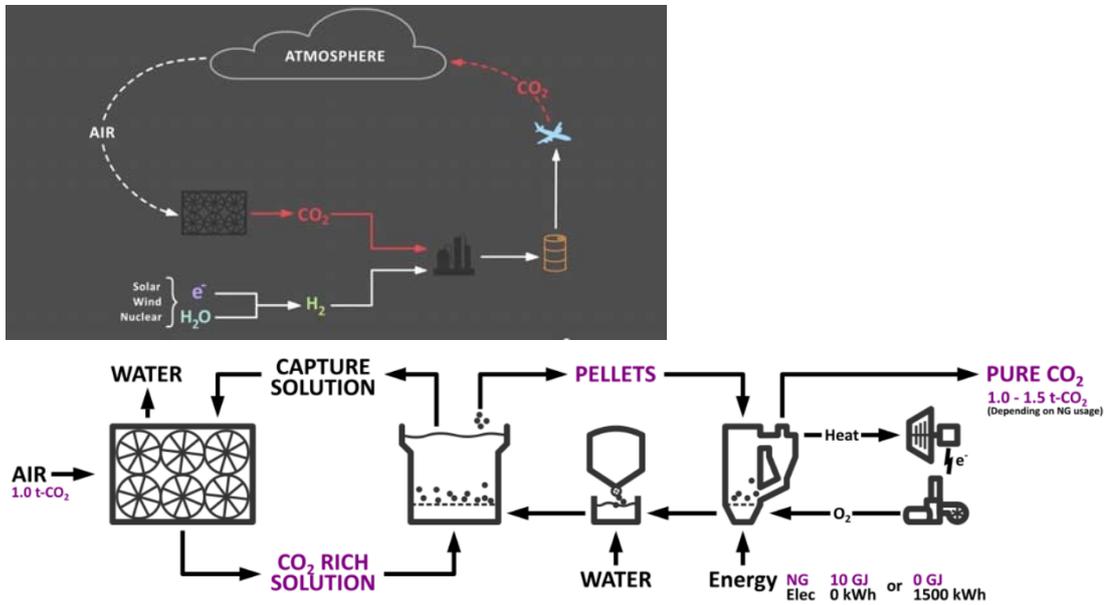


図-2 フロー図

1-3 二酸化炭素をエネルギーとして利用した技術

事例名 超臨界 CO<sub>2</sub> サイクル発電システム

機関名 東芝、ネットパワー社、シカゴブリッジアンドアイアン社、エクセロン社（共同開発）

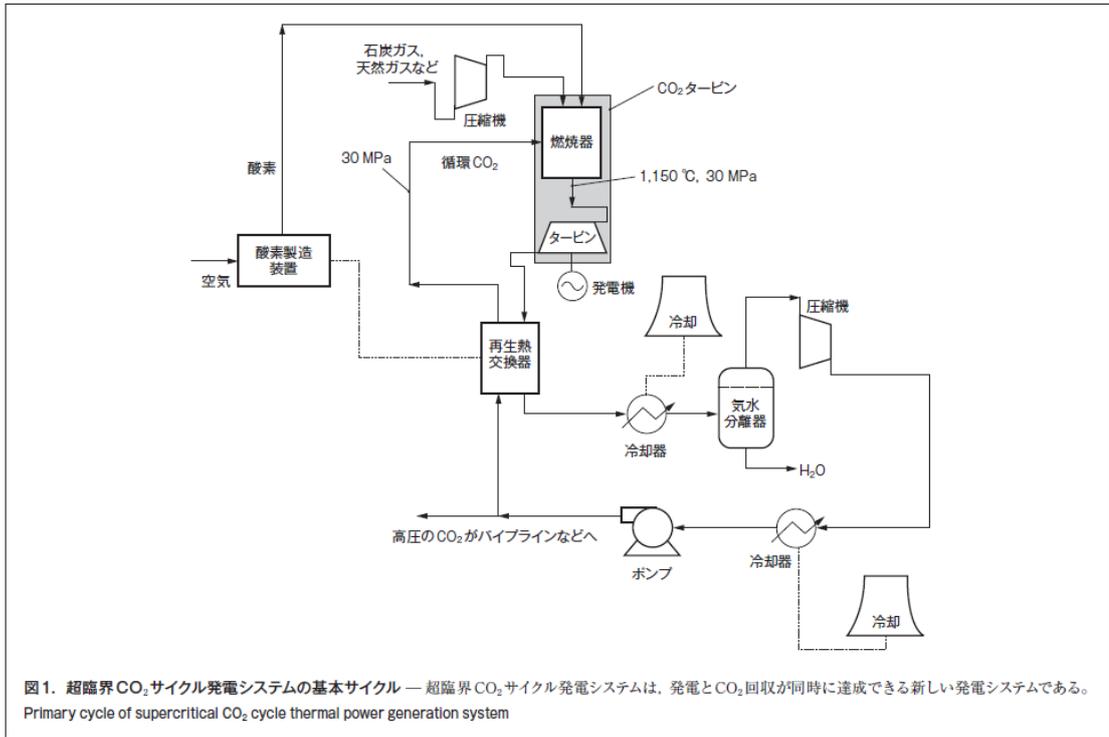
URL 等

資料

超臨界 CO<sub>2</sub> サイクル発電システムは、既存の発電システム同等の発電効率が可能であるとともに、CO<sub>2</sub> を分離して回収する設備を別に設置することなく、高純度の高圧 CO<sub>2</sub> を回収することができるシステムである。また、燃料の燃焼には空気の代わりに酸素を用いるため、燃焼による窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）も発生しない環境調和型の火力発電システムである。

このシステムは、CO<sub>2</sub>、燃料及び酸素を高圧で燃焼器に注入して燃焼させ、発生した高温高圧の燃焼ガスでタービンを回転させて発電する。タービンからの排ガス（CO<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O）は熱交換器を経て冷却され、水分が分離除去された後、高圧ポンプで圧縮される。大部分の CO<sub>2</sub> は燃焼器へ循環されるが、燃焼により発生した分の CO<sub>2</sub> は高圧かつ高純度の状態でそのまま回収することができる。

系外に回収される CO<sub>2</sub> は、純度が高くかつ十分に高圧であるため、そのままパイプラインで輸送して地上・地中などに貯留することや、EOR(Enhanced Oil Recovery)など、老朽化した油田に注入して石油増産用の CO<sub>2</sub> として再利用可能である。



#### 1-4 二酸化炭素をエネルギーとして利用した技術

事例名 二酸化炭素石油増進回収法(CO<sub>2</sub> EOR(Enhanced Oil Recovery))

機関名 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

URL 等 [http://www.jogmec.go.jp/oilgas/technology\\_004.html](http://www.jogmec.go.jp/oilgas/technology_004.html)

資料 油田の油は、岩石の中のミクロン単位のごく小さな孔に溜まっている。老朽化した油田において石油生産可能量を増加させるための技術。

油層（貯留岩層）内に炭酸ガス等を圧入する。石油に溶解し粘性を低下させてことで流動率を向上させる方法。日本では、発電所等の排気ガスからの二酸化炭素分離技術が高いため、それを圧入ガスとして使用する動きがある。

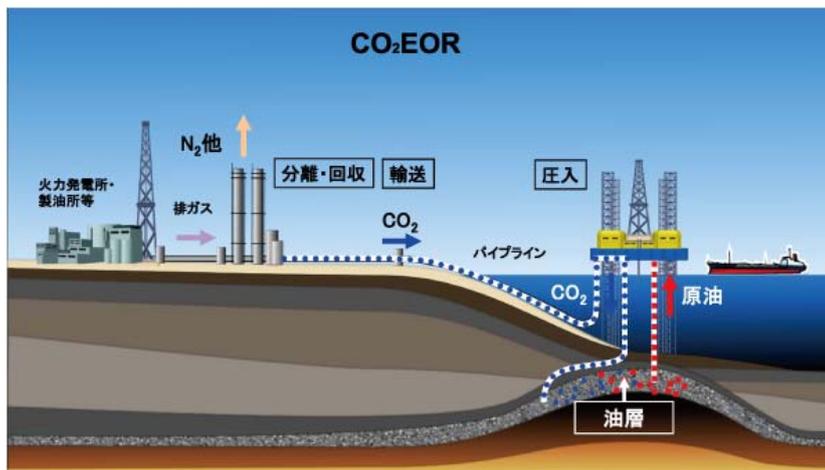


図-1 フロー図

1-5 二酸化炭素をエネルギーとして利用した技術

事例名	戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業、微細藻類由来バイオ燃料技術
機関名	NEDO、IHI、電源開発、デンソー、DIC (旧 大日本インキ)
URL 等	

資料

**[ 技術概要 ]**

- 石油製品代替として、微細藻由来バイオ燃料を使用することで、エネルギーセキュリティ、燃料多様等、CO2 排出量の削減に寄与する。

**[ 進捗状況 ]**

- IHI が炭化水素油を精製する微細藻由来バイオ燃料の技術開発を実施中である。
- 電源開発が海水で培養可能な微細藻由来バイオ燃料の技術開発を実施中。

年度	研究開発内容	関係機関
H24	海洋性緑藻の油脂生産技術の研究開発	神戸大学、大学共同利用機関法人自然科学研究機構基礎生物学研究所、DIC株式会社
H24	微細藻類の改良による高速培養と藻体濃縮の一体化方法の研究開発	(株)IHI、神戸大学、(株)ネオ・モルガン研究所
H25	高油脂生産微細藻類の大規模培養と回収および燃料化に関する研究開発	(株)デンソー、中央大学、(株)クボタ、出光興産 (株)
H25	好冷性微細藻類を活用したグリーンオイルー貫生産プロセスの構築	電源開発 (株)、日揮 (株)、東京農工大学

主要事業者	デンソー	JX日鉱日石エネルギー	IHI
事業関係者	中央大、クボタ、出光興産	ユージェナ、日立製作所、慶応大	ネオモルガン研究所、神戸大
微細藻類種	<b>シュードココミクサ</b> (シュードコリスシチス)  日本国内の温泉から発見された藻類。酸性条件下で生育可能であり、野外培養に有利。	<b>ユージェナ</b>  「ミドリムシ」の一種で、現在、健康食品として活用。将来的に、カスケード利用を前提に燃料を利用する計画。	<b>ポトリオコッカス</b>  油分(炭化水素)を体外分泌し、保持する特徴を有する藻。増殖能力の高い株を獲得済み。
目的代替油	ディーゼル	ジェット燃料	ジェット燃料
開発段階	基礎～応用研究(中期)  大型培養槽(レースウェイ型)における、藻類の試験培養を実施中(愛知県)	基礎～応用研究(初期)  大型培養槽(レースウェイ型)における、藻類の試験培養を実施中(石垣島)	基礎～応用研究(初期)  大型培養槽(スクウェア型)における、藻類の試験培養を実施中(神奈川県)
研究内容	屋外培養条件の確立、育種 ・屋外における培養条件の最適化 ・遺伝子組み換えによる育種技術の確立 ・膜系を用いた藻の低コスト回収技術開発	屋外培養条件の検討 ・屋外の培養において、夜間の藻体重量減等の新たな課題が発生 ・強光阻害防止に資する新株で検討実施中	屋外培養条件の検討、育種 ・浮上特性、大型化、多糖分泌抑制等の有用形質をもつ新株を獲得 ・藻体回収方法、油分抽出方法の改良
開発経緯(開発費)	・H23年度からNEDO事業(戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業)に参加(中央大)。 ・H25年度から2つ目のNEDO事業に参加(中央大、クボタ、出光興産)。	・H22年度からNEDO事業(戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業)に参加。 ・H24で終了後、2年間の継続研究。	・H24年度からNEDO事業(戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業)に参加。

1-6 二酸化炭素をエネルギーとして利用した技術

事例名	回収 CO2 で石油代替製品（プラスチック）や化学原料(重曹など) を生産
機関名	三菱化学、三井化学、住友化学、TOTO、富士フィルム、国際石油開発帝石、産総研、東京大学、京都大学

URL 等

資料

[ 技術概要 ]

人工光合成とは、日本のキーテクノロジーである触媒技術を活用し、太陽エネルギーを用いて、水から水素と酸素を製造し、水素と二酸化炭素（CO2）からプラスチック原料等の基幹化学品（オレフィン）を工業的に製造する技術。

[ 研究開発項目 ]

- ①光触媒の開発
  - ・光触媒の高効率化（長波長化、低欠陥化）
  - ・光触媒モジュールの設計・検証
- ②分離膜の開発
  - ・分離膜材料及び合成法の開発
  - ・分離膜モジュールの設計・検証
- ③合成触媒の開発
  - ・合成触媒・プロセス開発
  - ・小型パイロットによる検証

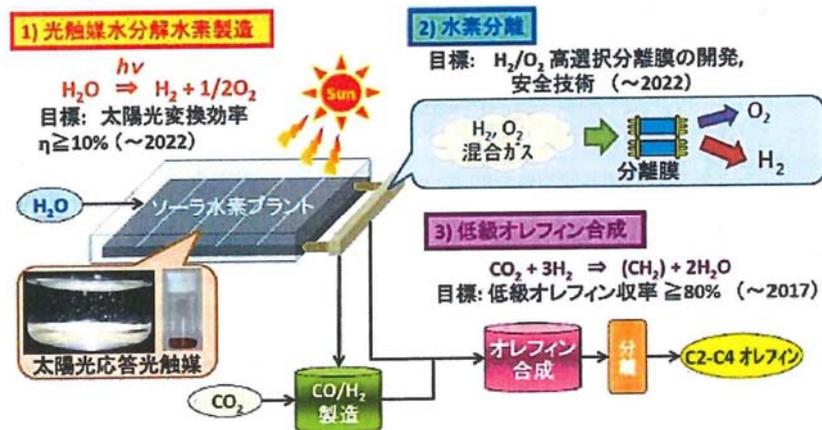
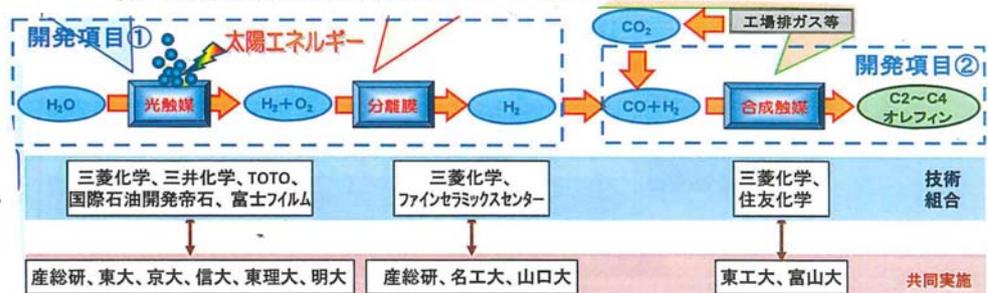


図5 人工光合成のプロセス。出典：資源エネルギー庁（三菱化学の資料をもとに作成）



①光触媒と分離膜(平成33年度末)  
 ・光触媒エネルギー変換効率: 10%  
 ・光触媒モジュール開発: フロー式、高変換効率、耐久性  
 ・分離膜モジュール開発: 水素の安全な分離、耐久性

②合成触媒(平成28年度末)  
 ・オレフィン収率(ラボレベル): 80%  
 ・小型パイロット規模でのプロセス確立

1-7 二酸化炭素をエネルギーとして利用した技術

事例名	バイオマス都市構想（清掃工場発生の CO2 利用）
機関名	佐賀市、株式会社東芝、荏原環境プラント株式会社、九州電力株式会社
URL 等	<a href="http://www.jichiro.gr.jp/jichiken_kako/report/rep_miyagi36/02/0202_yre/index.htm">http://www.jichiro.gr.jp/jichiken_kako/report/rep_miyagi36/02/0202_yre/index.htm</a>

資料

佐賀市は、暮らしから発生するごみ・排水など「廃棄物であったものがエネルギーや資源として価値を生み出しながら循環するまち」をめざすべき将来像としたバイオマス産業都市構想を策定し、2014年11月に国からバイオマス産業都市の選定を受けている。

下記に示す6つの事業化プロジェクトを立案している。

- ① 清掃工場二酸化炭素分離回収事業
- ② 木質バイオマス利活用事業
- ③ 下水浄化センターエネルギー創出事業
- ④ 微細藻類培養によるマテリアル利用及び燃料製造事業
- ⑤ 家畜排せつ物と事業系食品残さとの混合堆肥化事業
- ⑥ 事業系食品残さと有機性汚泥の混合利用事業

以下に、代表として①の二酸化炭素分離回収事業について取り上げる。

(1) 事業概要

2013年度に佐賀市、株式会社東芝、荏原環境プラント株式会社、九州電力株式会社の4者で共同研究を開始した。佐賀市清掃工場内に、日量10kgの二酸化炭素を分離回収する試験装置を設置し、また、回収した二酸化炭素で野菜を栽培する植物工場（2坪のコンテナハウス）を併設し、二酸化炭素の回収にかかるコスト評価や回収した二酸化炭素の安全性の確認。

佐賀市では、研究成果を踏まえ、実用レベルである日量10tの二酸化炭素を回収する設備の建設に着手した。回収した二酸化炭素は、佐賀市清掃工場に近接する約2haの土地に建設された株式会社アルビータの藻類培養施設へパイプラインによる供給を行っている。

アルビータは、佐賀市清掃工場から供給される二酸化炭素を活用してヘマトコッカス藻を培養し、化粧品やサプリメントなどの原料となるアスタキサンチンを抽出する事業を始められています。



↑植物工場と二酸化炭素分離回収試験装置



↑佐賀市清掃工場周辺写真

1-8 二酸化炭素をエネルギーとして利用した技術

事例名 CO2-SUICOM CO2 と反応して硬化する石炭灰（セメント代替品）

機関名 鹿島建設(株)、電気化学工業(株)、中国電力の3社による共同開発

URL 等

資料

**[ 技術概要 ]**

「CO2-SUICOM」は、一般的なコンクリートの材料（水、セメント、骨材）に加え、CO2 と反応して硬化する特殊混和材と石炭灰を使用します。これらを材料としたコンクリートをCO2 濃度の高い養生装置内にて2週間程度養生することで、水とセメントの水和反応に加え、CO2 と特殊混和材の炭酸化反応により、コンクリートが硬化します。また、コンクリート養生に発電所よりの排気ガス等を用い、その排ガスに含まれるCO2により、コンクリートの固定化を促進する。

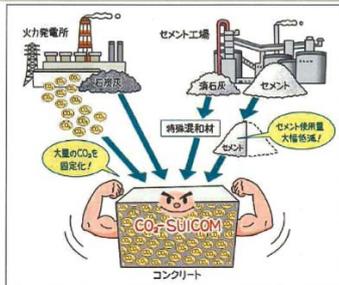
セメント使用量を削減したものの、JIS規格品と同等の品質を有するため、舗装ブロック・境界ブロック・フェンス基礎ブロックなど土木分野で使用される。また、建築分野としてはバルコニーの天井パネル部材に採用された。求められる強度は30N/mm<sup>2</sup>だったが、強度を50N/mm<sup>2</sup>にまで引き上げることに成功している。

一般的なコンクリートと「CO2-SUICOM」の違いは下表のとおり。

**一般的なコンクリートと「CO2-SUICOM」の違い**

	一般的なコンクリート	「CO2-SUICOM」
コンクリートの材料	水+セメント+骨材	水+セメント+骨材+特殊混和材+石炭灰
養生方法	水中または気中養生	火力発電所等の排ガスに含まれるCO2による養生
硬化反応	水とセメントの水和反応	水とセメントの水和反応に加え、CO2と特殊混和材の炭酸化反応

火力発電所等からの排ガス中のCO<sub>2</sub>をコンクリートに吸収させるとともに、火力発電所から排出される石炭灰を有効利用してコンクリート製造時のCO<sub>2</sub>排出量を実質ゼロ以下にする



**[ CO2 排出量の削減について ]**

特殊混和材と石炭灰の利用によってセメントの使用量を削減することにより、境界ブロックでは従来製品に比べて、製造時におけるCO2排出量を197kg/m<sup>3</sup>削減できます。また、このコンクリートは、硬化の過程で109kg/m<sup>3</sup>のCO2を吸収します。

この結果、コンクリートの材料となるセメントの製造から、コンクリートを硬化させ製品化するまでのCO2排出量を実質ゼロ以下とすることができます。

1-9 二酸化炭素をエネルギーとして利用した技術	
事例名	銅を触媒として CO2 をプラスチックへ変換
機関名	カナダ トロント大学
URL 等	<a href="https://www.sciencealert.com/scientists-plan-to-recycle-waste-carbon-dioxide-co2-into-plastic">https://www.sciencealert.com/scientists-plan-to-recycle-waste-carbon-dioxide-co2-into-plastic</a>
資料	<p>銅触媒に電力を供給し、CO2 を還元反応させることで、ポリエチレンの原料であるエチレンを生成することが可能となる技術。</p> <p>再生可能エネルギーで電力を補うことで、エコにプラスチックを生産し、CO2 を大気から取り除くことが可能になる様に研究を続けている。</p> <p>エネルギーとして利用はしていないが、CO2 を有用なものに変化させただけではなく、化学燃料からプラスチックを製造する必要性が軽減することで、CO2 の増加も防ぎ、かつ間接的にエネルギー削減を行っているという見方もできる。</p>

1-10 二酸化炭素をエネルギーとして利用した技術	
事例名	pH 勾配フローセル
機関名	ペンシルベニア州立大学
URL 等	<a href="https://japanese.engadget.com/2017/02/13/co2-200/">https://japanese.engadget.com/2017/02/13/co2-200/</a>
資料	<p>イオン交換膜で仕切った容器をそれぞれ pH の異なる 2 種類の溶液で満たした発電システム。</p> <p>陰極側には工場から排出される高濃度の CO2 を溶かした溶液（低 pH）を、陽極側には空気をくぐらせて得た高 pH 溶液を使い、その pH 勾配により電子を移動させて発電を行う。</p> <p>両溶液の pH を CO2 と空気でコントロールすることにより常に発電することが可能である。技術としては基本的には、バナジウム溶液を使う一般的なフローセル（レドックス・フロー電池）と同じ仕組み</p>

レドックス・フローセル概要図 (Wikipedia より)

## 2-1 水素をエネルギーとして利用した技術

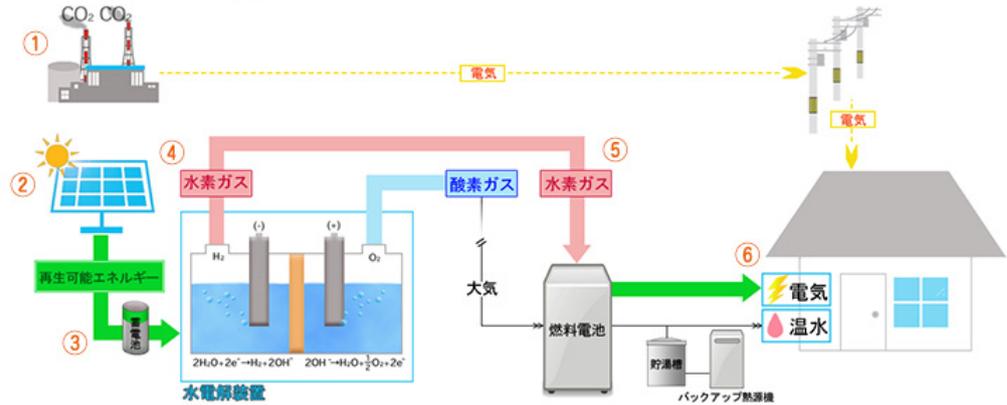
事例名 再生可能エネルギー由来水素利用について

機関名 株式会社 イワテック

URL 等 <http://www.iwatec.co.jp/services/renewable-energy/hydrogen-fuel-cell/>

資料 水電解装置により、電気分解により水素を発生させる。この電気に太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを用いることで化石燃料に頼らないCO<sub>2</sub>フリーの水素を製造できる。その水素を燃料電池に送ることで発電させる。

### 再生可能エネルギー由来水素利用 イメージ図



2-2 水素をエネルギーとして利用した技術

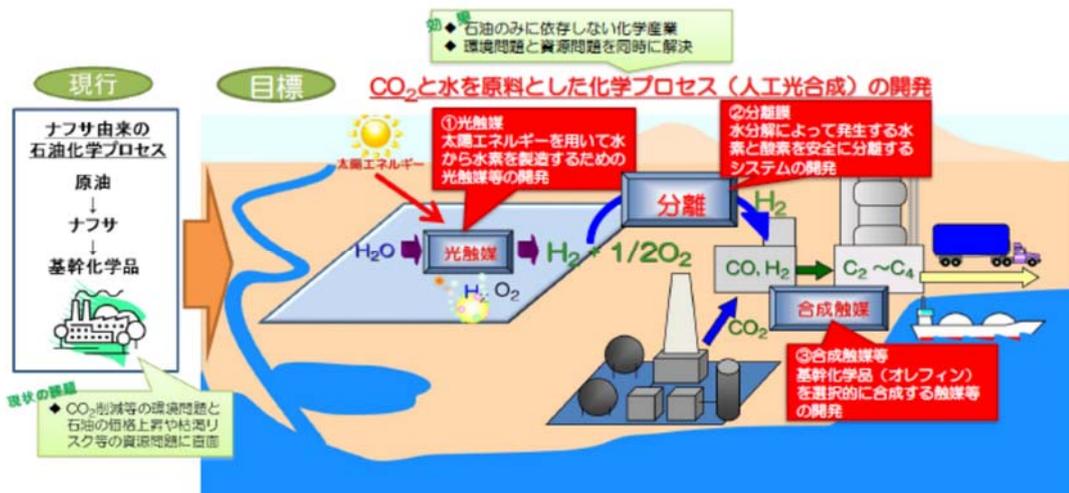
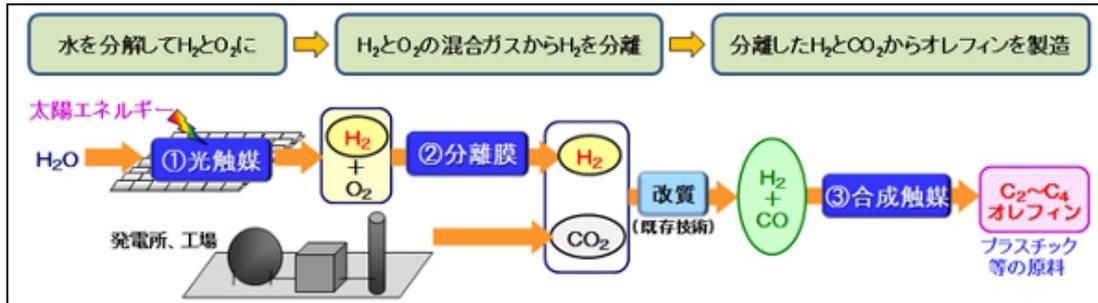
事例名 人工光合成について

機関名 NEDO：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

URL 等

資料 太陽光の下で、光触媒による水の分解で得た水素(H<sub>2</sub>)・酸素(O<sub>2</sub>)から、水素分離膜等を用いて水素を安全に分離する技術。分離した水素と、発電所等で発生した CO<sub>2</sub> を合成し、基幹化学品（プラスチック等）を生成する。

水素生成には、大規模なソーラー水素製造プラントを設ける計画である。ソーラー水素プラントによる水素への太陽光変換効率は、2022年に10%を達成目標としている。



2-3 水素をエネルギーとして利用した技術

事例名 「アンモニアを燃料にした発電に関わる一貫の実証研究地域」

機関名 秋田県産業技術センター

URL 等

資料 実施項目

1. 秋田県の自然環境を活かした再生可能エネルギーによる水素製造技術の開発と実証
  2. 水素の貯蔵・運搬技術の開発と実証→アンモニアによる水素の貯留・運搬の実証
  3. アンモニア活用による発電技術の開発と実証
  4. アンモニア活用による燃料電池を活用した地域コミュニティでの発電実証
- ※アンモニアの特性：単位体積当たり水素含有量が最大である。

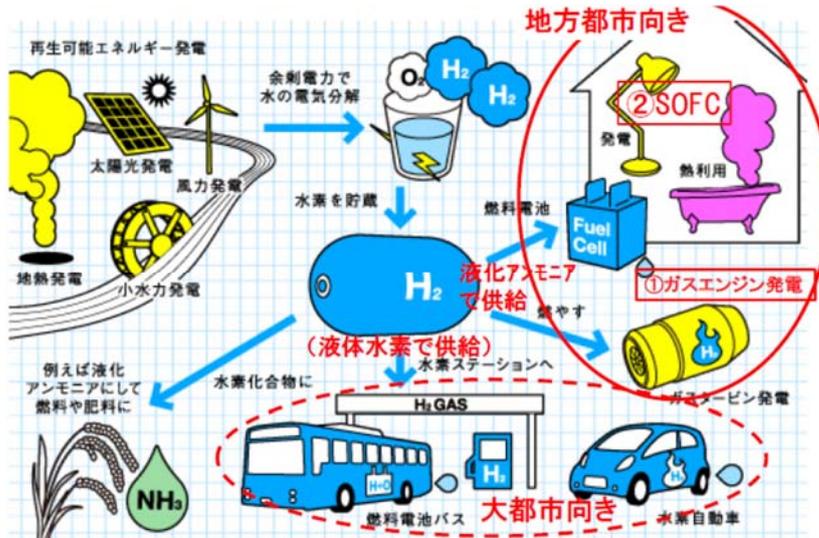


図-1 脱 CO2 水素社会のすがた

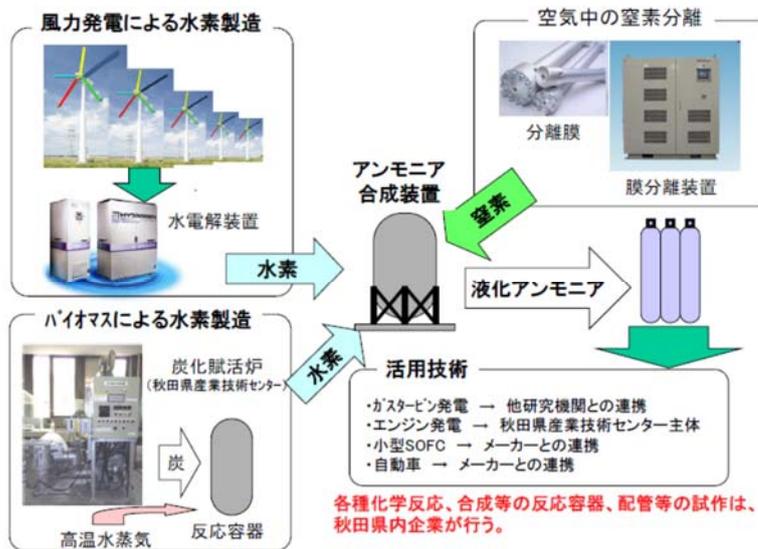


図-2 取組みのイメージ

2-4 水素をエネルギーとして利用した技術

事例名 低品位炭とバイオマスから CO2 フリー水素やアンモニアへ

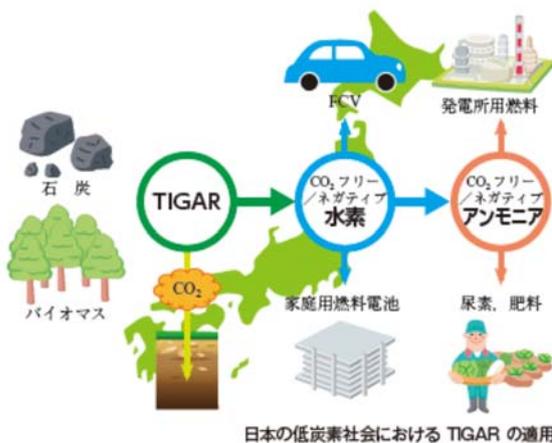
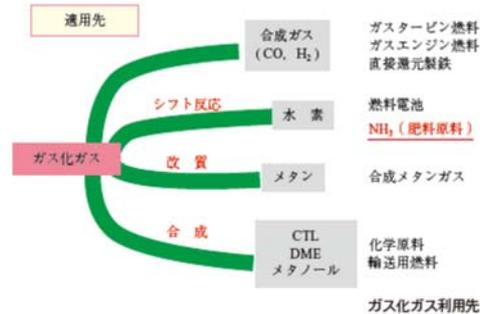
機関名 株式会社 IHI

URL 等

資料 石炭は、エネルギー源や鉄工業の原料として重要な役割を担っているが、埋蔵量の半数を占める低品位炭の利用は限定的で、有効利用技術が求められている。石炭の利用はCO2の排出を伴うが、バイオマスと共に利用することで排出量を低減することが可能である。これらを実現する「二塔式ガス化炉TIGAR」はインドネシアの実証試験を終え、商用化を目指す。

石炭やバイオマスのガス化で得られた、水素と一酸化炭素が主体のガス化ガスは、ガスタービンやガスエンジンの発電用燃料や、合成ガス反応を経て、アンモニア(肥料原料)、化学原料・輸送用燃料やSNG(Substitute Natural Gas)など多くの用途に適用できる。

現在、日本の水素は工業プロセスの副生ガスから取り出され、需要を満たしているが、将来的に低炭素社会に移行し、エネルギーキャリアとして水素やアンモニアを利用する際には、現状を上回る需要が発生する。TIGARは、バイオマスから水素やアンモニアを製造することができるため、これを水素製造設備として適用することで、低炭素社会の実現に貢献できる。バイオマスから水素を製造すると、容易にCO2フリー水素を製造することができる(CO2回収設備を併設すれば、CO2ネガティブ水素の製造も可能)ため、より付加価値の高い水素製造が可能となる。同様にCO2フリー水素の製造技術として想定されている、太陽光あるいは風力発電の余剰電気による水素製造に比べ、経済的に有利で安定供給が可能というメリットがある。



※エネルギーキャリア：液体水素やメチロヘキサン、アンモニアなど水素を多く含む物質のことで、エネルギー生産地で合成して、科学的に安定な液体として保存、運搬し、エネルギー消費地で水素を取り出すか、直接エネルギーに変換して使用する。

2-5 水素をエネルギーとして利用した技術	
事例名	アンモニア燃料電池
機関名	京都大学、ノリタケカンパニー、三井化学、トクヤマ、日本触媒、豊田自動織機
URL 等	<a href="https://www.jst.go.jp/pr/announce/20170703-2/index.html">https://www.jst.go.jp/pr/announce/20170703-2/index.html</a>
資料	<p>●アンモニアを直接燃料とした燃料電池による世界最大規模（200W クラス）の発電に成功</p> <p>従来の純水素用 SOFC に対し、アンモニア燃料に適用する各種部材を選定し、特に、アンモニアのリークを防ぐ特殊なガラス封止材を見だし、アンモニア燃料専用の新規 SOFC スタックを開発できた。</p> <p>本スタックに、直接アンモニア燃料を供給して発電を行ったところ、純水素と比較して、同等レベルの良好な発電特性を確認した。また、燃料電池の直流発電効率は 255W において 53%（LHV）が達成された。これは、アンモニアのエネルギー利用技術の大きな進展となり、CO2 フリー発電の実現が期待される。</p> <p><u>・アンモニア燃料の優位性</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 生産、輸送、貯蔵方法およびハンドリング技術が確立されている。</li> <li>2. 常温 8.5 気圧で液化するため、LPG と同じく貯蔵・輸送に優れている。</li> <li>3. 燃料電池発電中 CO2 を発生しない。</li> </ol>

## 2-6 水素をエネルギーとして利用した技術

事例名 自立型水素エネルギー供給システム

機関名 福島新エネ社会構想、東芝、ハウステンボス、JRE 川崎駅

URL 等

資料

### [ 背景・目的 ]

- ・温室効果ガス排出量の削減目標達成に不可欠な再生可能エネルギーについてはシステムの制約等から導入が進まない地域が存在。
- ・将来の再生可能エネルギー大量導入社会を見据え、蓄電池や水素等を活用することで、系統に依存せず再生可能エネルギーを電気・熱として供給できるシステム構築が必要。
- ・本事業では再生可能エネルギーを地域で最大限活用する将来像を見据え、自立型水素エネルギー供給システムの導入・活用方策の確立を目指す。

### [ 事業概要 ]

#### 【離島以外の地域】

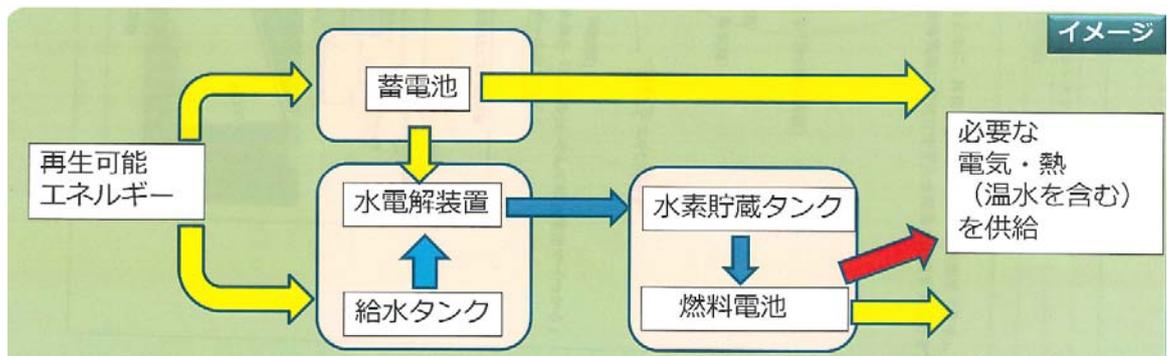
再生可能エネルギー発電設備とともに、①蓄電池、②水電解装置、③水素貯蔵タンク、④燃料電池、⑤給水タンク等を組み合わせ、再生可能エネルギー由来の電気・熱（温水を含む）をオンサイトで供給するシステムを支援（2/3）し、水素を活用して再生可能エネルギーを最大限導入・自家消費するモデルを構築する。

#### 【離島型】

再生可能エネルギー発電設備とともに、①蓄電池、②水電解装置、③水素貯蔵タンク、④燃料電池、⑤給水タンク等を組み合わせることで、離島における再生可能エネルギーの導入モデルを支援（2/3）し、水素を活用した離島への再生可能エネルギー導入モデルを構築する。

### [ 期待される効果 ]

地域の実情に応じた、水素による再生可能エネルギーの貯蔵・利用モデルが確立され、再生可能エネルギーの導入とCO2排出削減を図ることが可能となる。



## 2-7 水素をエネルギーとして利用した技術

事例名 熱量電池（水素）コージェネレーションシステム

機関名 NEDO 水素社会構築技術開発事業、東芝、昭和電工

URL 等

資料

### [ 事業概要 ]

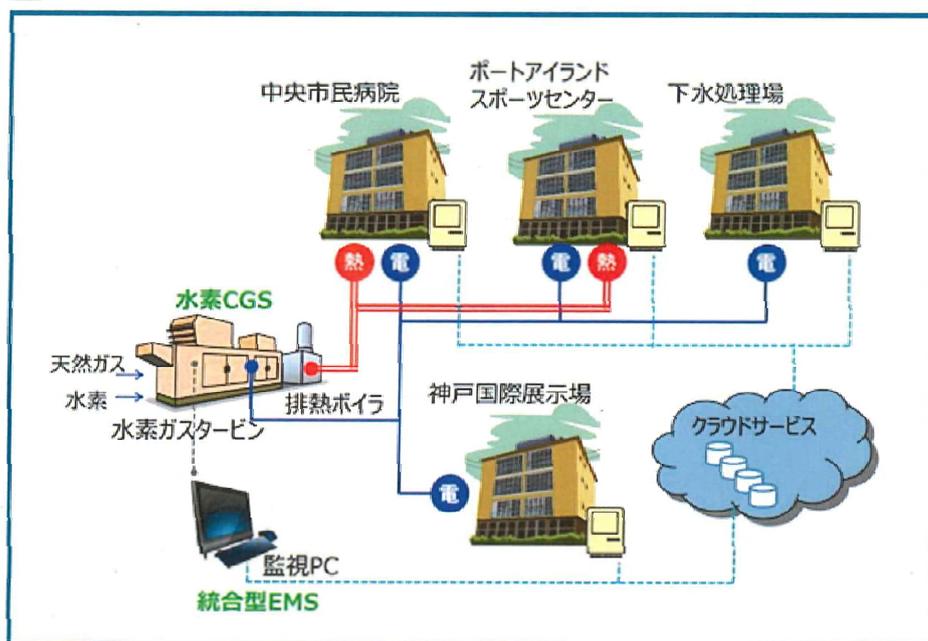
NEDO 事業において（大林組と川崎重工業が）、市街地で水素から作られた熱（蒸気）と電気を近隣の公共施設に供給するシステムの実証実験を開始した（NEDO により発表）。実証プラントは神戸ポートアイランド地域に完成しており、今後、システムの安定性や運用性について実証していく。

### [ 実証試験 ]

実証実験では、水素を燃料とする IMW 級ガスタービン発電設備（水素コージェネレーションシステム）の燃料安定性や運用性を確認する。また、この設備により発生させた熱や電気を近隣の 4 施設（ポートアイランドスポーツセンター、神戸国際展示場、下水処理場、中央市民病院）に供給することを通じて、地域コミュニティ内でのエネルギーの最適制御システムの運用を確認する。

### [ 開発状況 ]

- ・川崎重工業：水素コージェネレーションシステム（水素 CGS）の開発
- ・大林組：統合型エネルギーマネジメントシステム（統合型 EMS）の開発



実証を行うシステムのイメージ 出典：川崎重工

2-8 水素をエネルギーとして利用した技術

事例名 水素利用による燃料電池技術の活用：燃料電池：定置型燃料電池、燃料電池自動車（FCV）

機関名 資源エネルギー庁、新エネ機構、燃料電池実用化戦略研究会

URL 等

資料 [ 水素・燃料電池戦略ロードマップ ]

<フェーズ 1>水素利用の飛躍的拡大（現在～）

(1) 定置用燃料電池（エネファーム / 業務・産業用燃料電池）

- ・PEFC（固体高分子形燃料電池）
- ・SOFC（固体酸化物型燃料電池）

(2) 燃料電池自動車（FCV）・水素ステーション

・普及台数目標

目標年	国	FCV 普及目標	水素ステーション 設置目標
2020年	日本	4万台	160ヶ所
	中国	5万台	100ヶ所
	米国		51ヶ所
2025年	日本	20万台	320ヶ所
	中国	5万台	300ヶ所
	米国		100ヶ所
	独国		400ヶ所
2030年	日本	80万台	
	中国	100万台	1,000ヶ所

※新エネ・省エネ自動車ロードマップ（2016.10）

<フェーズ 2>水素発電の本格導入等（2020年代後半に実現）

- ・「水素発電検討会の報告書」（2015年3月）により具体化

<フェーズ 3>CO2フリー水素供給システムの確立（2040年頃に実現）

- ・再生可能エネルギー由来水素の利活用
  - ・再生可能エネルギー：太陽光、風力、地熱、水力、潮力
- ・「改革2020プロジェクト」や「福島新エネ社会構想」など



## 2-9 水素をエネルギーとして利用した技術

事例名 水素ガスタービン

機関名 川崎重工業(株)

URL 等 <http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1512/24/news035.html>

資料

水素と他の燃料を混合燃焼させる技術は確立しているが、水素 100%のガスタービンは確立されていない。

燃焼速度の速い水素を用いると、燃焼が不安定になる上に、燃焼温度が高温になる為、天然ガスを用いた場合と比較して約 2 倍の NO<sub>x</sub> が生成されてしまうことが問題である。開発された「水素専焼ドライ・ロー・エミッション (DLE)」を用いることによって、水素火炎は微小化し、低 NO<sub>x</sub> 性能を持つガスタービンの燃焼器を製作することを研究している。

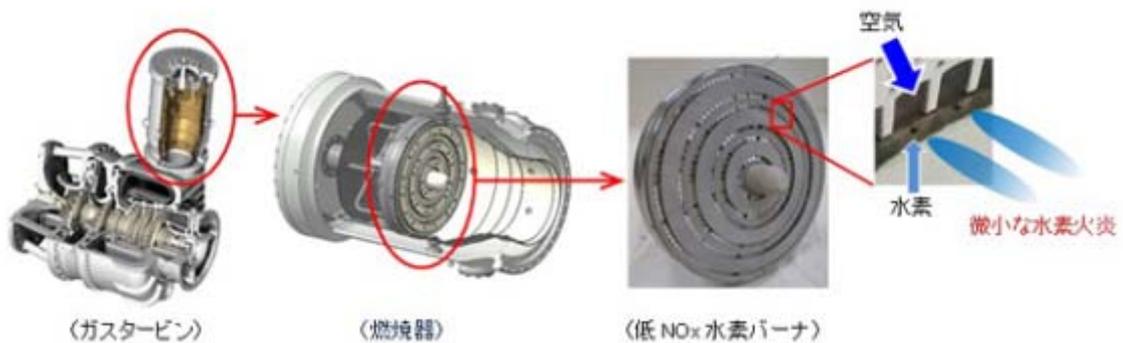
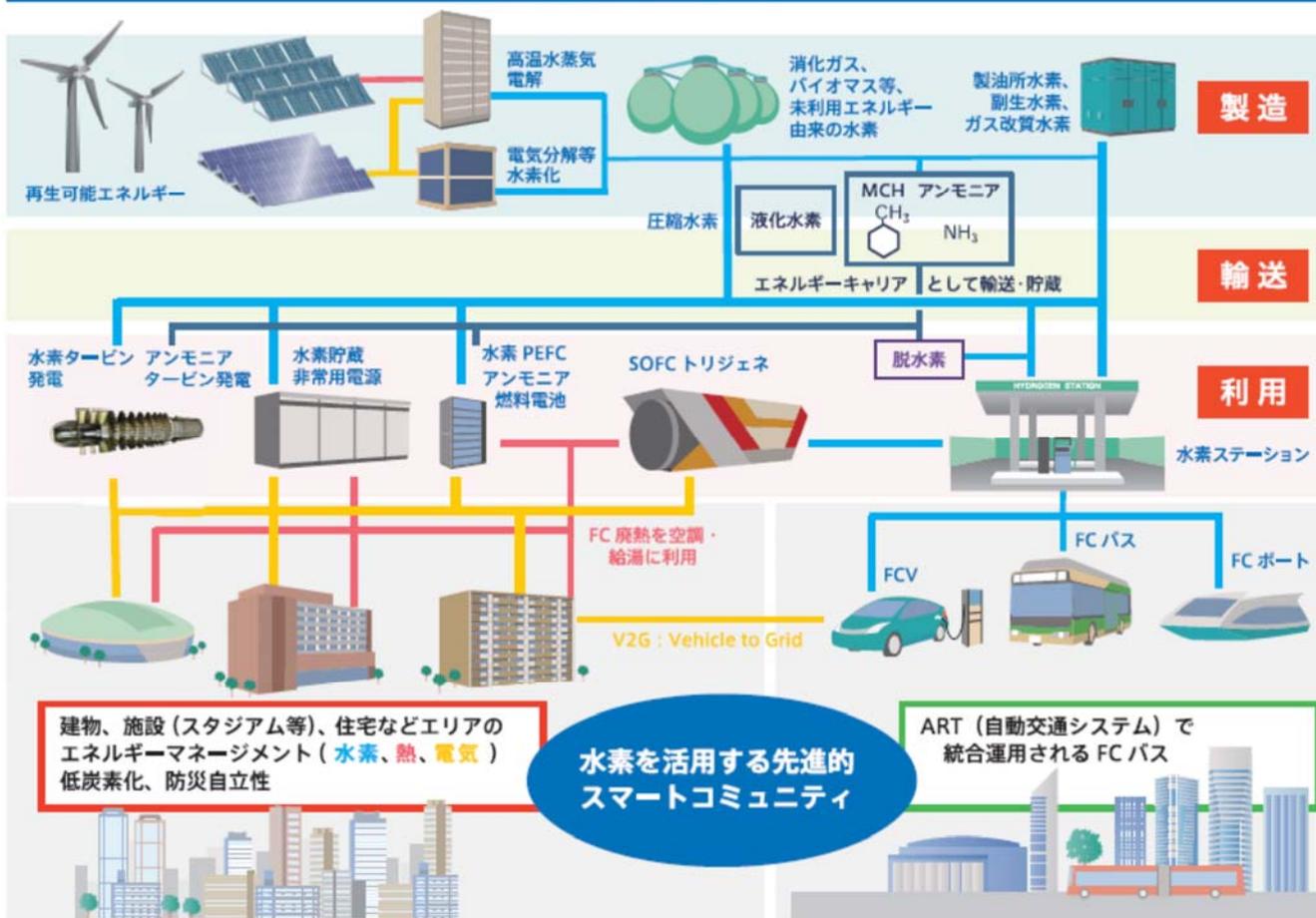


図-1 低 NO<sub>x</sub> を実現する水素専燃ガスタービン用燃焼器 (HP 内 詳細図)

ドイツ・アーヘン工科大学における水素 100%での燃焼実験では、NO<sub>x</sub> 生成量が大气汚染防止法の規制値である 84ppm を下回る、40ppm 以下に抑えられたとのこと。

# 水素社会実現を目指す基本スキーム



水素社会実現を目指す基本スキーム  
 戦略的エノベーション創造プログラム (SIP) 内閣府

3-1 二酸化炭素と水素両方をエネルギーとして利用した技術	
事例名	太陽光利用で、CO <sub>2</sub> から液体燃料を作る
機関名	サンディア国立研究所
URL 等	
資料	<p>太陽光を利用して二酸化炭素をリサイクルし、メタノールやガソリンのような燃料を生成する方法を開発。</p> <p>88m<sup>2</sup> の太陽炉が太陽光の熱をこの装置に送り込み、リングは摂氏約 1400℃に熱せられ、コバルフェライトから酸素が放出される。その後、リングは約 1100℃まで冷やされて、CO<sub>2</sub> にさらされる。すると、酸素を失ったコバルトフェライトが CO<sub>2</sub> から酸素を奪い取り、炭化水素を作る材料となる一酸化炭素が残され、それがメタノール (CH<sub>3</sub>OH) やガソリンを生成するのに利用される。</p> <p>コバルトフェライトを十分に熱する強力で効率のよいソーラーパワーシステムを作り出すという部分が、この技術を大きな規模で実施するための重大な課題。</p>

3-2 二酸化炭素と水素両方をエネルギーとして利用した技術	
事例名	水素還元を用いた低炭素製鉄プロセス技術
機関名	NEDO：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
URL 等	<a href="http://www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene_situation/006/pdf/006_011.pdf">http://www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene_situation/006/pdf/006_011.pdf</a>
資料	<p>高炉の製鉄プロセスの CO<sub>2</sub> 発生量の約 8 割を占める製鉄の還元プロセス（原料の鉄鉱石から作る工程）において、水素活用と CO<sub>2</sub> 分離・回収によって約 3 割の排出削減を可能とする技術。</p> <p>（技術の概要）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 水素を活用した鉄鉱石の還元技術（高炉水素還元技術）        コークスの一部代替として、高炉一貫製鉄所から発生する副生ガスから得た水素を還元材とする還元プロセス技術。</li> <li>2. 高炉ガスを対象とした CO<sub>2</sub> 分離・回収技術        高炉ガスから CO<sub>2</sub> を分離・回収する科学吸収液・物理吸着技術、及び未利用低温排熱有効利用技術</li> </ol> <p>現在、NEDO の水素還元活用型製鉄プロセス技術の開発事業として技術開発中。2030 年頃に実機（1 基）に本技術を導入予定。</p> <p>図-1 イメージ図</p>

3-3 二酸化炭素と水素両方をエネルギーとして利用した技術	
事例名	サバティエ反応
機関名	ポール・サバティエ
URL 等	<a href="https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B5%E3%83%90%E3%83%86%E3%82%A3%E3%82%A8%E5%8F%8D%E5%BF%9C">https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B5%E3%83%90%E3%83%86%E3%82%A3%E3%82%A8%E5%8F%8D%E5%BF%9C</a>
資料	<p>H<sub>2</sub> と CO<sub>2</sub> を高温高圧状態に置き、ニッケルを触媒としてメタンと水を生成する化学反応。</p> <p>科学実験では H<sub>2</sub>O の電気分解により O<sub>2</sub> を生成する。電気分解時に同時生成した H<sub>2</sub> は船外に投棄されている。宇宙ステーションでは、電気分解で生成した O<sub>2</sub> を乗務員が消費して CO<sub>2</sub> を発生させているが、CO<sub>2</sub> は船内の空気から分離し除去しなくてはならない。NASA は、サバティエ反応を利用し、呼気の CO<sub>2</sub> から水を回収する技法を研究中であり、この反応で生成させる CH<sub>4</sub> は投棄させるが、サバティエ反応に必要な水素の内半分は地球から持ち込む必要があり、かつ CH<sub>4</sub> として投棄されることとなる。そのため、CH<sub>4</sub> を再利用し、熱分解して H<sub>2</sub> を回収することにより、この化学反応の循環を完全に閉じたものとするのが可能である。</p> $2(\text{H}_2\text{O}) \rightarrow \text{O}_2 + 2(\text{H}_2) \rightarrow \text{呼吸} \rightarrow \text{CO}_2 + 2(\text{H}_2) + 2(\text{H}_2) (\text{持ち込み}) \rightarrow 2(\text{H}_2\text{O}) + \text{CH}_4$ $\text{CH}_4 + \text{熱} \rightarrow \text{C} + 2(\text{H}_2) (\text{持ち込みへ還元})$ <p>上記、化学反応式の通り、サバティエ反応による副産物は熱分解炭素のみとなり、乗務員は定期的に炭素を投棄することのみで生命維持が可能となる。サバティエ反応は地球外活動において、エネルギー供給とコスト削減に大きな鍵となる。月面、火星においては CH<sub>4</sub> を熱分解せず貯蔵し、水分解で得た O<sub>2</sub> と併用することにより、地球へ機関する際の燃料とすることが可能となる。</p> <p>地球上でも、工場の排水素と排熱を利用することによって、メタンのエネルギー利用や炭素の再利用等、色々な応用を行う事が可能であると考えられる。</p>

### 3-4 二酸化炭素と水素両方をエネルギーとして利用した技術

事例名 CO2 有効利用技術（メタネーション）、水素と CO2 でメタンガスを製造

機関名 NEDO、広島大学

URL 等

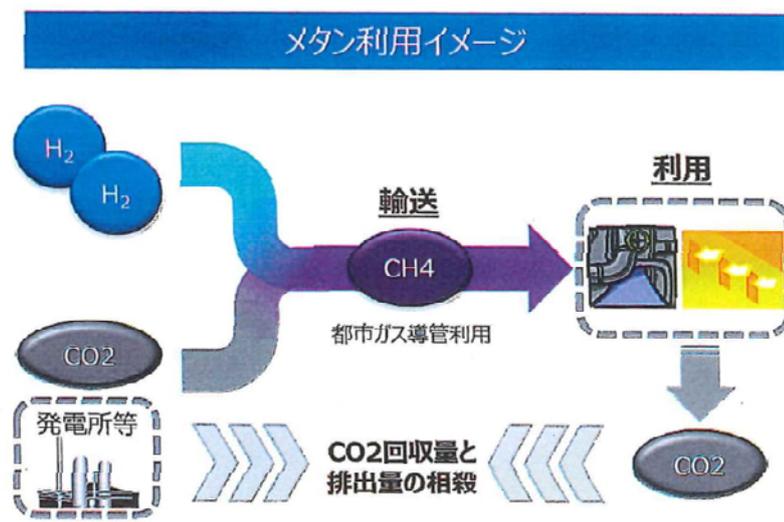
資料

#### [ 技術概要 ]

- ・メタネーションとは水素と CO2 を合成して天然ガスの主成分であるメタンを製造する技術。CO2 フリー水素と発電所等から排出される CO2 を原料として合成されたメタンでは、利用時の CO2 排出量が合成時の CO2 回収量と相殺される。
- ・メタンは天然ガス（都市ガス）の主成分。既存エネルギー供給インフラの有効活用（都市ガス導管、LNG 火力発電所や LNG タンカー等）や、熱利用の低炭素化の観点から、エネルギーキャリアとしてのメタンは大きなポテンシャルを有する。

#### [ 研究の委託先 ]

- ・エネルギー総合工学研究所、地球環境産業技術研究機構、国際石油開発商石、JFE スチール、日立造船



【出典】資源エネルギー庁作成

### 3-5 二酸化炭素と水素両方をエネルギーとして利用した技術

事例名 水素と CO2 で合成液体燃料を製造

機関名 サンディア国立研究所

URL 等

#### 資料 [ Sunshine to Petrol ]

・ニューメキシコ州にある「サンディア国立研究所」の研究チームが発見した、太陽光を利用して二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) をリサイクルし、メタノールやガソリンといった燃料を生成する技術。

#### [ 合成ディーゼル燃料 “e - ディーゼル” ]

・アウディが開発している合成ディーゼル燃料は、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) と水を高温で合成することで作り出すもので、硫黄などを排水しない他、再生可能エネルギーの余剰電力を活用することで、完全にクリーンな燃料である。

2015 年 4 月より生産に入っており、本格生産は 2018 年より。

H<sub>2</sub> : 再生可能エネルギーから発電された電力で水から水素 (H<sub>2</sub>) を取り出す。

CO<sub>2</sub> : 廃棄プロセスからのリサイクルやフィルターを使って大気より抽出する。

合成燃料 : ガソリン、ディーゼル燃料、ガス、ケロシンなど

#### ・事業体

- ・アウディ (ドイツ) ……事業主体
- ・Sunfire (ドイツ) ……エネルギーの液体保存・ガス保存
- ・Climeworks (スイス) ……高温での合成技術



### 3-6 二酸化炭素と水素両方をエネルギーとして利用した技術

事例名 メタン発酵ガス化発電システム

機関名 東洋エネルギーシステムズ

URL 等

資料 循環型社会の構築や温室効果ガス抑制に対する関心が高まる中、カーボンニュートラルな資源であるバイオマスを有効利用する技術が重要になってきている。バイオマスといっても多種多様であり、それらを利用する技術も様々である。

#### [ メタン発酵技術 ]

メタン発酵技術は、汚泥、食品残さ等の含水率が高いバイオマスからエネルギーを有効に取り出す技術であり、嫌気的条件下で嫌気性細菌の作用により、有機物からメタン (CH<sub>4</sub>) と二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を発生させる。発生させたメタンガスは、ガスエンジン・燃料電池・ボイラ等に利用し、エネルギーを高効率に回収する。

#### [ 炭化ガス化技術 ]

炭化ガス化技術はドライ系・ウェット系バイオマス・廃棄物を有効利用・資源化する手法である。有機物を低酸素状態で蒸し焼きにすることで、熱分解ガスと炭化物が得られ、これらを電力・熱などのエネルギー源として利用する。

#### [ 下水汚泥炭化技術 ]

下水汚泥を炭化燃料化した場合、下水汚泥排出元である自治体にとっては、①下水汚泥の資源化率が向上し、②汚泥処理費が低減するといったメリットがあり、炭化燃料利用先である電力会社にとっては、③新エネルギーの確保等といったメリットがある。

#### ・食品サイクル

項目	主仕様
納入先	バイオエナジー (株)
竣工年月	平成18年3月
所在地	東京都スーパーエコタウン内 (東京都大田区城南島3-4-4)
構造・建築規模	鉄骨造 地上3階地下2階
処理対象物	①事業系一般廃棄物：首都圏のホテル、スーパー、コンビニエンスストアなどから排出される食品残さ ②産業廃棄物：首都圏の食品加工工場等から排出される動植物性食料残さ
設備規模	110トン/日
処理方式	メタン発酵方式
発電設備	燃料電池 250kW ガスエンジン 250kW+500kW
発電計両量	約24,000kWh/日

#### ・木質系バイオマス

項目	主仕様
納入先	三重中央開発 (株)
竣工年月	平成17年3月
処理対象物	木材チップ
設備規模	4,000kg/h
炭化ガス化方式	間接加熱式ロータリーキルン
発電設備	抽気復水タービン 1400kW 蒸気条件 3.0MPa 300℃

#### ・下水

項目	主仕様
納入先	バイオ燃料 (株)
竣工予定	平成19年中 (予定)
所在地	砂町水再生センター東部スラッジプラント内 (東京都江東区)
処理対象物	下水汚泥 (脱水後)
下水汚泥性状	含水率約76%, 可燃分約81%
設備規模	300トン/日
炭化処理方式	間接加熱式ロータリーキルン
炭化物発熱量	3,000kcal/kg程度 (代表性状)
温室効果ガス量	CO <sub>2</sub> 換算で年間約10,000トン

4-1 その他次世代の最先端技術

事例名 加圧型複合発電機（燃料電池×ガスタービン）（ハイブリッドシステム）

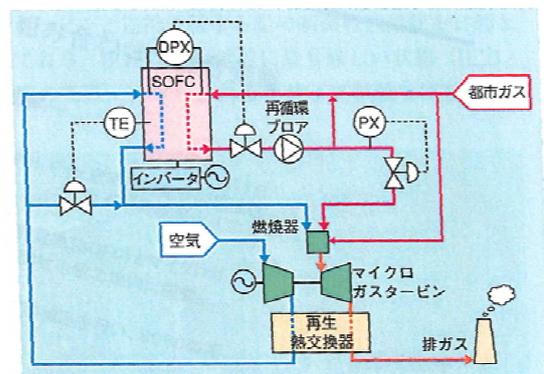
機関名 三菱日立パワーシステムズ、日本特殊陶業（株）

URL 等

資料

[ 概要 ]

これは、業務、産業用に開発された「固体酸化物形燃料電池（SOFC）」と「マイクロガスタービン（MGT）」の組み合わせによる加圧型複合発電システム（ハイブリッドシステム）であり、分散型電源やコージェネレーションシステムでのニーズが見込まれる。このハイブリッドシステムは、900℃の高温で作動するセラミックス製 SOFC と MGT の両方で発電する。SOFC 燃料側は改質器なしで都市ガスをそのまま利用し、空気側は MGT の圧縮機からの空気を利用する。SOFC 内部で都市ガスを改質して取り出す水素や一酸化炭素と空気中の酸素を反応させて直接電力を発生させる仕組みとなっている。また、加圧により電圧が増大する加圧型 SOFC の特性により発電効率が図られている。



[ SOFC : Solid Oxide Fuel Cell ]

SOFC は石炭を含む多様な燃料の使用が可能であり、従来の熱機関に比べて規模にかかわらず単体でも高い発電効率が得られるだけでなく、高温で作動することからガスタービンとの複合発電が可能となっている。

## 4-2 その他次世代の最先端技術

事例名 3 電池搭載住宅

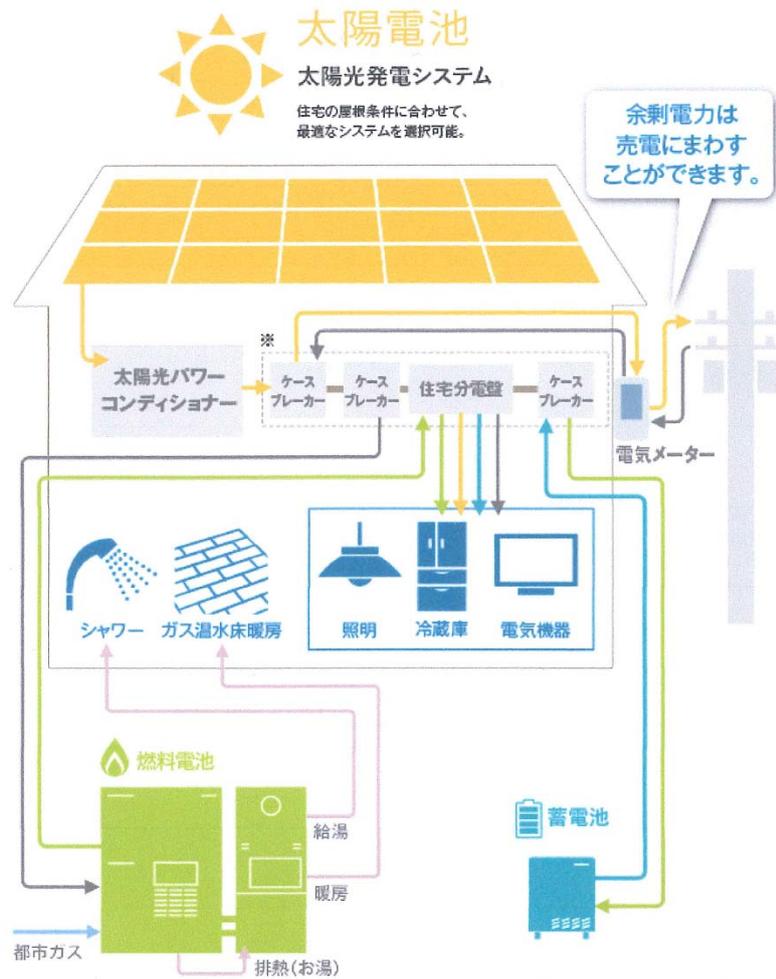
機関名 大和ハウス、積水住宅、大阪ガス、パナソニックホームズ

URL 等

資料 3 電池搭載住宅とは「太陽電池」「燃料電池」「蓄電池」の 3 電池を搭載した住宅をいい、これらのシステムを最適に運用することで“ネット・ゼロ・エネルギー・タウン”の実現を目指す計画。

- ・ 太陽電池：太陽光発電システム
- ・ 燃料電池：家庭用燃料電池コージェネレーション
- ・ 蓄電池：家庭用リチウムイオン蓄電池

このシステムを取入れた住宅と搭載しない住宅とでは年間購入電力量を 9 割程度削減できる。



#### 4-3-1 その他次世代の最先端技術

事例名 次世代太陽光発電システム ①ペロブスカイト太陽電池

機関名 桐蔭横浜大学、積水化学、東芝、NEDO

URL 等

資料

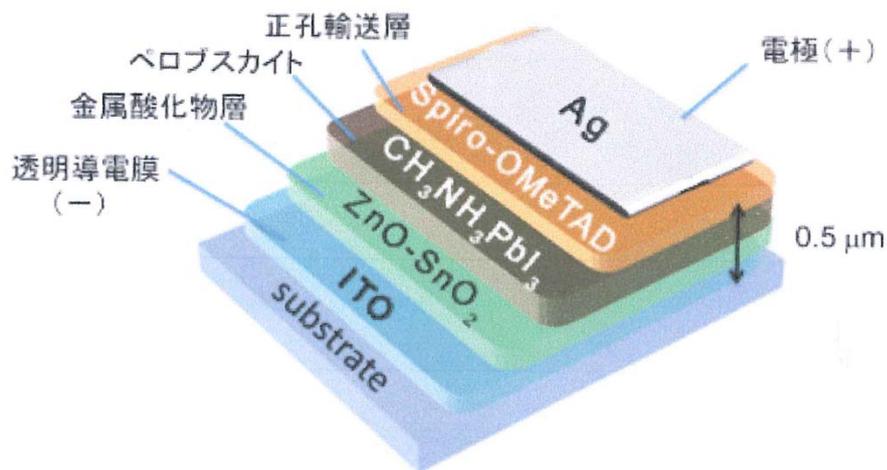
### 〔世界から注目されるペロブスカイト太陽電池〕

現在量産されている太陽電池の多くは、「シリコン系太陽電池」と「化合物系太陽電池」と呼ばれるタイプのものだ。これらの太陽電池は壊れにくく、高変換効率（高いものでは25%を達成）である一方で、材料や製造コストが比較的高いというデメリットがある。

「ペロブスカイト太陽電池」は、ペロブスカイトと呼ばれる結晶構造の材料を用いた新しいタイプの太陽電池であり、「シリコン系」や「化合物系」にも匹敵する高い交換効率を達成している。ペロブスカイト膜は、塗布（スピコート）技術で容易に作製できるため、既存の太陽電池よりも低価格になる。さらに、フレキシブルで軽量な太陽電池が実現でき、シリコン系太陽電池では困難なところにも設置することが可能になる。ペロブスカイト太陽電池の登場によって、理想的な太陽電池が実現可能になった。このことから、ペロブスカイト太陽電池は、世界で最も注目されており、太陽電池に関する世界中の論文の大半がペロブスカイト太陽電池に関するものになっている。

ペロブスカイトの特徴は、印刷物を印刷するように太陽電池をつくれることにある。たとえばオフィスビルや電車の窓、車などに塗布すれば、そこで発電できるようになる。そのためオフィスの待機電力を発電する用途や、電気自動車のようなバッテリーカーなどへの応用が期待されている。

### 低温製膜で作製するペロブスカイト太陽電池の積層構造



4-3-2 その他次世代の最先端技術

事例名 次世代太陽光発電システム ②量子ドット太陽電池

機関名 東京大学

URL 等

資料

**[ 量子ドット太陽電池 ]**

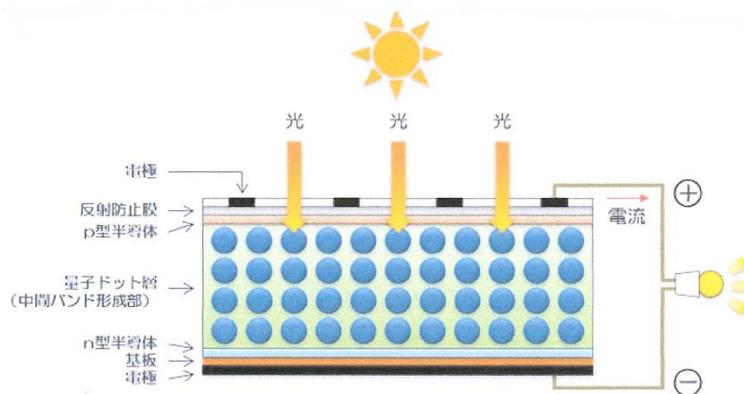
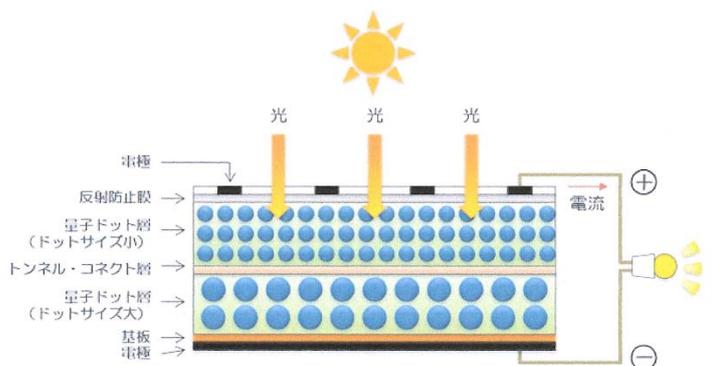
量子ドット太陽電池とはシリコン系や化合物系、有機系の太陽電池とは異なり、非常に小さな「量子ドット」と呼ばれる半導体を使って発電する太陽電池である。量子ドットは直径 10nm 程度（10 億分の 1 メートル）のサイズで半導体微結晶と呼ばれており、他の半導体にはない独特の電氣的・光学的な特徴を持っているため、他の半導体の理論的な変換効率よりも高い変換効率が得られると期待されている物質である。

他の太陽電池は異なる素材を重ね合わせてさまざまな波長の光を吸収し変換効率を高めているのに対し、量子ドット太陽電池は単一の接合素子でさまざまな波長の光を吸収することが可能で、しかも吸収率が高いところが特徴である。

また、量子ドット太陽電池の最大のメリットは、理論上で他の太陽電池よりも圧倒的に変換効率が高い。

太陽電池モジュールの種類	変換効率
多結晶シリコン型	12～16%
GaAs 太陽電池	28～44%
量子ドット太陽電池	18～75%

2020 年には変換効率 30%、2030 年には変換効率 60%を目標に研究が進められており、今最も注目されている太陽電池である。





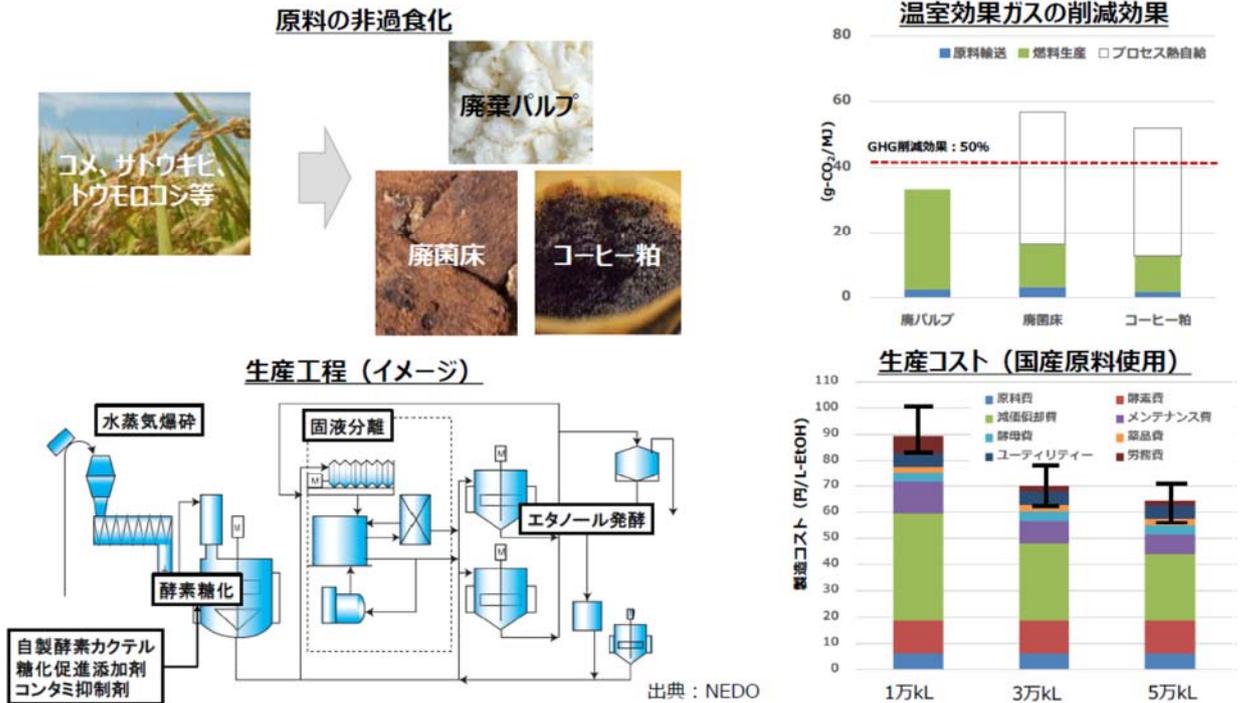
4-4 その他次世代の最先端技術

事例名 次世代バイオマスエタノール

機関名 資源エネルギー庁

URL等 [www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene\\_situation/006/pdf/006\\_011.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene_situation/006/pdf/006_011.pdf)

資料 NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）が実施している研究開発事業において、非可食原料を使用し、環境性能に優れた、国産に次世代バイオエタノールの一貫製造システムを実証中である。原料の安定確保や設備のスケールアップなどの検討を実施しており、商業生産開始を目指す動きが出てきている状況。



4-5 その他次世代の最先端技術

事例名 超臨界地熱発電

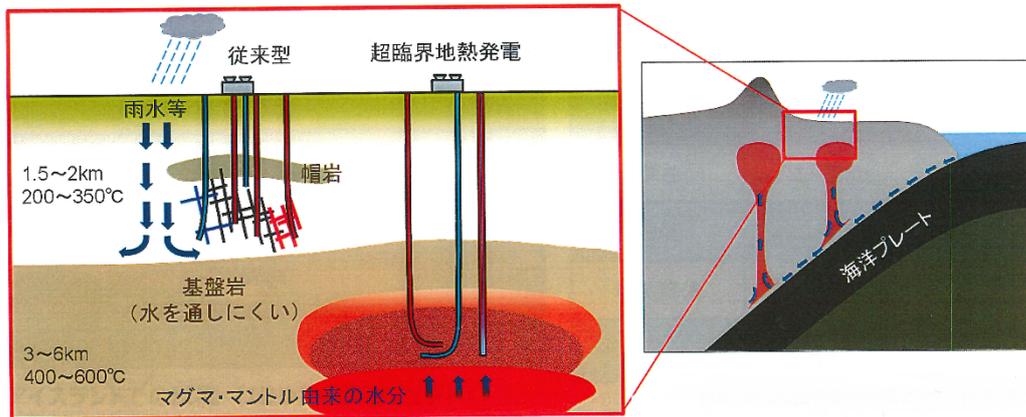
機関名 NEDO、アイスランド

URL 等

資料

[ 概要 ]

- ・古火山やカルデラの地下深く（3～6km）では、海洋プレートの沈み込みに伴い海水由来の超高温・高圧水を数%程度含んだ「超臨界岩体」が存在すると言われている。
- ・この岩体の熱エネルギーを利用するのが「超臨界地熱発電」。従来の地熱発電に比べてより大きなエネルギーを取り出すことが可能である。
- ・そこで、パリ協定に基づき、2050年までに温室効果ガス80%削減するためには、従来の地熱発電に加えて超臨界地熱発電にも取り組むことが重要となる。



出典：NEDO 技術戦略研究センター作成（2017）

[ 開発状況 ]

- ・地熱先進国であるアイスランドは、世界に先駆けて超臨界地熱資源の試掘に着手している。2017年初頭、地下4659m（427℃、340気圧）において、超臨界水の地熱資源に逢着した。
- ・我が国においては、本年度は実現可能性調査を実施。超臨界水の状態把握、熱抽出に必要な地下現象把握のためのシミュレーション、超臨界発電に必要な材料・機器の検討、経済性・環境影響・安全性等の観点から評価を行ったところである。2050年頃の実用化を目指し、引き続き、試掘の可能性を検討していく。

	従来型	超臨界
開発規模 (1基あたり)	3万kW程度	15万kW程度
深さ	1~3km	4~6km
温度	200~300℃	400~600℃
地熱流体	主に雨水起源	海水起源 (HCl, H <sub>2</sub> S等含む)
地熱貯留層	断層や破碎帯 (亀裂)	流体の存在形態 は未解明

従来型と超臨界地熱発電の比較