

エネルギー貯蔵



東京電力横須賀火力発電所

エネルギーの基本特性

エネルギーは、供給源としての化石燃料などの**一次エネルギー**から、その利用に適した電力などの**二次エネルギー**に**変換**して使われる

その変換の過程で各種の形態のエネルギー**貯蔵**と**移送**が図られている

エネルギー貯蔵の目的:

1. 供給と需要の時間的な差異の調整(負荷の平準化)
2. 輸送設備との受け渡し
3. 自然エネルギーの最適利用
4. 非常時のための備蓄
5. たとえば、電気と熱の並行利用 など

エネルギー貯蔵の方法:

1. 力学的方法 — 位置、圧縮ガス、慣性力
2. 化学的方法 — 化石燃料、電池、化学的変換
3. 電気的方法 — 電池、超電導、コンデンサ
4. 熱的方法 — 温水、水、氷、蓄熱材(溶融塩など)

エネルギー貯蔵での留意事項:

- 貯蔵中の損失を最小限に抑える — 熱のリーク、電気のリーク、機械式の抵抗損失(風損など)
- 貯蔵する際の損失低減 — 揚水効率、製氷効率、水素液化
- 非常用のエネルギーの迅速応答 — 瞬停対応
- 使用時の十分な容量 — 電池、吸蔵水素の放出容量
- 事故防止 — オイル流出、ガス爆発(水素、石油ガス)

関連業界団体

NEDO、ヒートポンプ・蓄熱センター、JHFC(水素・燃料電池実証プロジェクト)、(財)新エネルギー財団、
(社)電池工業会、(有限責任中間法人)JBRC(小型電池のリサイクル)、
石油連盟、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構/JOGMEC(2005年石油公団廃止後国家備蓄の統合管理を担当)、日本LPガス協会

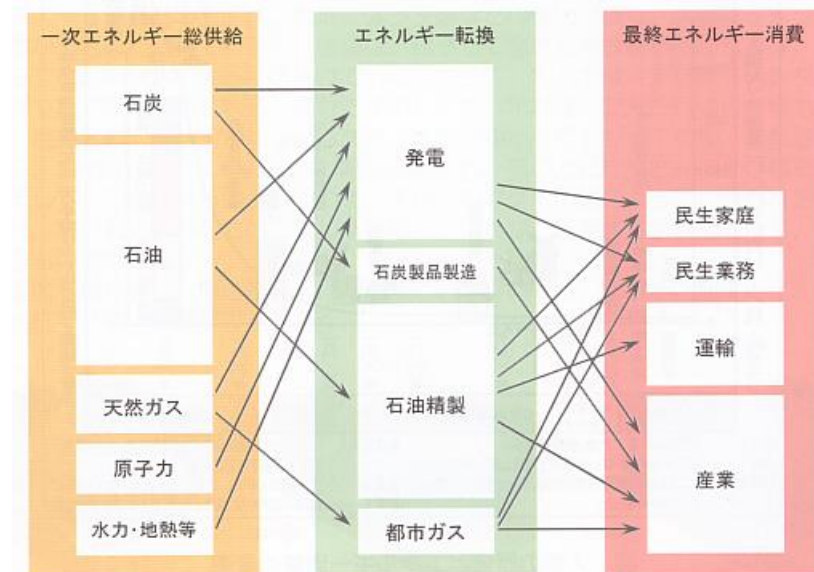


図31-1 エネルギーフローの図 (NEDO)

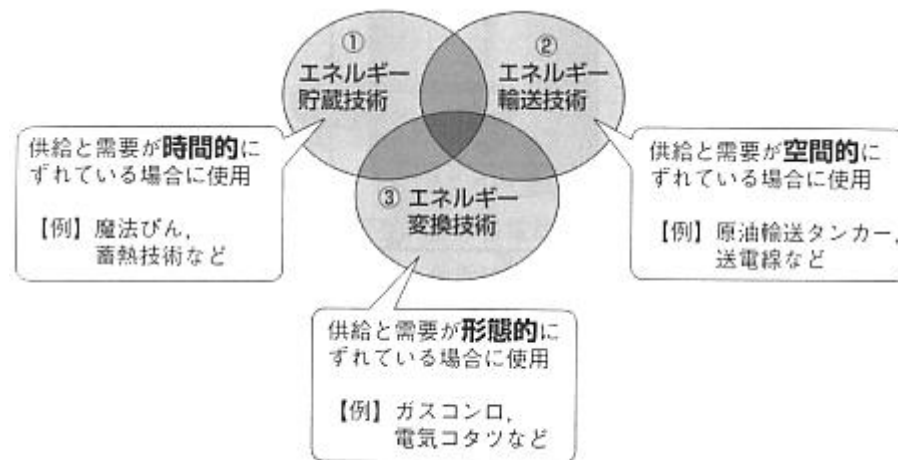


図31-2 エネルギー有効利用の模式図(わかりやすい蓄熱の技術)

化石燃料

石油・石油ガスの備蓄: 備蓄事業は、国の直轄事業である国家備蓄と、民間石油会社等が法律により義務付けられて実施している民間備蓄の2本立て

国家備蓄、民間備蓄を合わせて**石油**約8,700万klー約190日分(2012年11月現在)の使用量相当、万一石油の輸入が途絶えた場合でも現在と同様の生活が190日間継続できる。**石油ガス**は3,090千トンー93日分相当の備蓄が進捗中(※ 2012年11月末/JOGMEC)

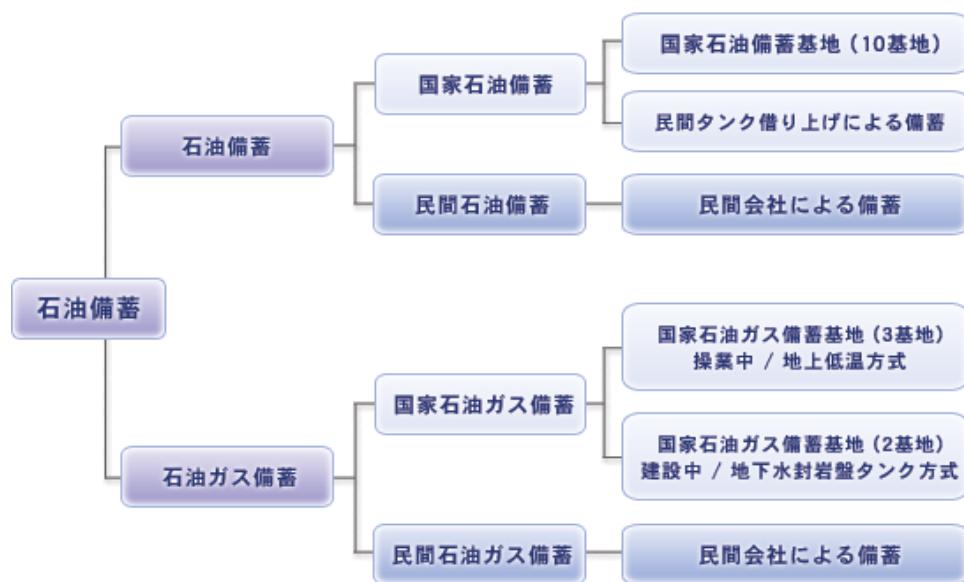


図31-3 石油・石油ガス備蓄の体系 (JOGMEC)



図31-4 国家備蓄石油・石油ガスの場所別数量 (国家備蓄基地10カ所、民間借り上げタンク17ヶ所) (JOGMEC)

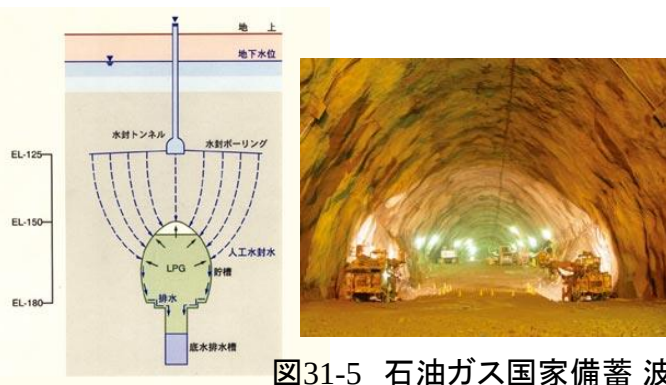


図31-5 石油ガス国家備蓄 波方基地 (地下150mにおけるLPG水封式岩盤貯槽)

LNGは揮発し易いので長期備蓄には不適

LNGタンク: 巨大な魔法瓶のような金属製二重殻構造。内槽には超低温に強い9%ニッケル特殊鋼。二重殻の間には、保冷材(パーライト)と不燃性の窒素ガスを封入(九州エル・エヌ・ジー)



図31-6 LNGタンクの構造

水素エネルギー

水素：燃料電池、自動車・航空機などの将来の燃料として有望視されるエネルギー

各種貯蔵法

1. 液化水素法：水素を -235°C で液化して、体積を1気圧水素ガスの1/800にして貯蔵。液化効率の向上、ボイルオフ(蒸発)の低減が課題
2. 圧縮水素法：自動車の燃料として70MPa(約700気圧)での貯蔵が目標。自動車用で120リッター(5kg)タンクの重量が290kgとなり、軽量化が必要
3. 水素吸蔵合金：チタン、ジルコニウム、マグネシウム系などの合金に水素を吸蔵させる。体積で1000倍の水素ガスを吸蔵できる。水素5kgのタンクで250kgと重い、自動車用燃料タンクとして最有力
4. 合金ハイドライド：金属と水素を結合させて貯蔵。燃料電池などにボロハイドライドなどが有望。水素吸蔵合金と区別しない場合もある。小型となるが、リサイクルは難しい
5. 有機ハイドライド：ベンゼン、ナフタレン、トルエンなどの芳香族有機化合物に白金触媒で水素と共有結合させて貯蔵。水素放出のとき加熱が必要
6. カーボンナノチューブ(CNT)：CNTを液体窒素で冷却して水素を吸着。CNTのコストが高く、実用性は現時点で不明

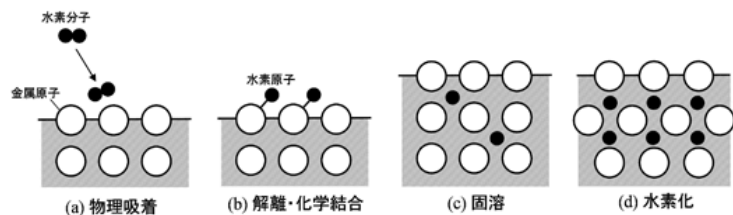


図31-8 水素吸蔵合金 (日本製鋼所)



図31-10 Ti-Cr-Mn合金を使ったトヨタ自動車の水素貯蔵タンク (80kgのタンク1本に2Kg以上の水素を貯蔵。350気圧で水素を充填)

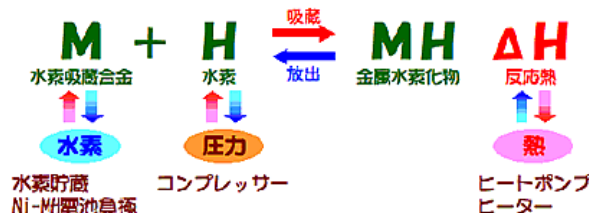


図31-7 水素吸蔵合金が水素を吸蔵・放出 (東北大学)

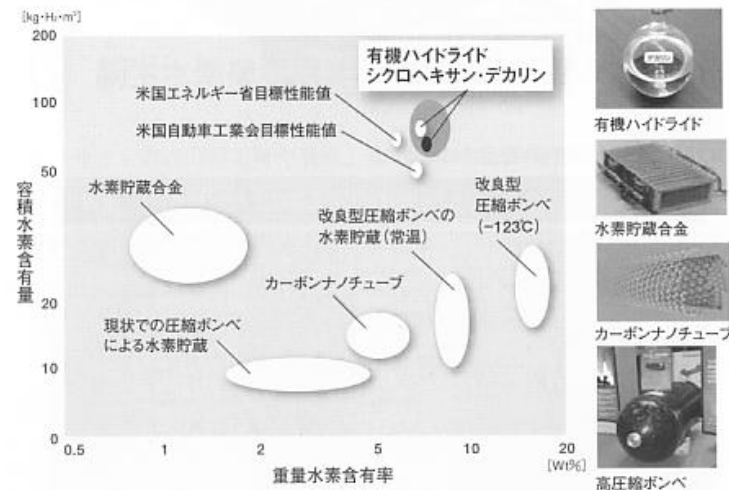


図31-9 各種の水素貯蔵材料と貯蔵性能比較 ④

表31-1 水素貯蔵・輸送性の比較 ④

水素貯蔵・輸送方式	大量輸送	長距離輸送	インフラ整備	車載
高圧水素	△	○	×	○
液化水素	○	△	×	△
水素吸蔵合金	×	×	×	△
無機ハイドライド(アラネート)	×	△	×	×
(水素化ホウ素錯化合物)	△	△	×	△
有機ハイドライド	○	○	○	○

位置エネルギー

揚水発電: 夜間などの電力消費の少ない時間帯に、他の原子力発電所などの余剰電力の供給を受け、下部貯水池(下池)から上部貯水池(上池)へ水をくみ上げておき、ピーク時に発電する水力発電。 発電電力/揚水電力の効率は約70%

日本の揚水発電所:

総数-45 総発電電力-約3000万kw (建設中を含む)

世界最大級- 長野県南相木(みなみあいき)(神流川) 282万kw

世界最大の有効落差- 山梨県上日川(かみひかわ)
(葛野川/かずのかわ) 714m、160万kw

世界初の海水揚水発電所- 沖縄本島北部やんばる海水揚水
発電所 3万kw 有効落差136m 2004年運転開始

大規模な発電所の建設スタートは1960年代。当初
は上池の自流を使用する混合揚水式、1970年代
に入って地点の制約の少ない純揚水式が多くなり、
同時に高落差化が進んだ

近年、可変速度揚水発電システムが開発され、夜
間周波数調整に対応

機能上の特徴

1. 発電開始、最大出力発揮まで短時間、
2. 効率、電力量、設備寿命の点で優れた電力貯蔵方式

建設上の特徴

1. 発電所や水圧管路は地下に建設される、
2. 巨大地下空洞となる発電所について、空洞周辺岩盤のゆるみを抑えるとともに空洞内への岩盤崩落を防止する技術、
3. 水圧管路について、長大な急傾斜斜坑を安全に掘削する技術

揚水ポンプの種類(主発電水車との関係): 1. 別置き、 2. タンデム、 3. 可逆

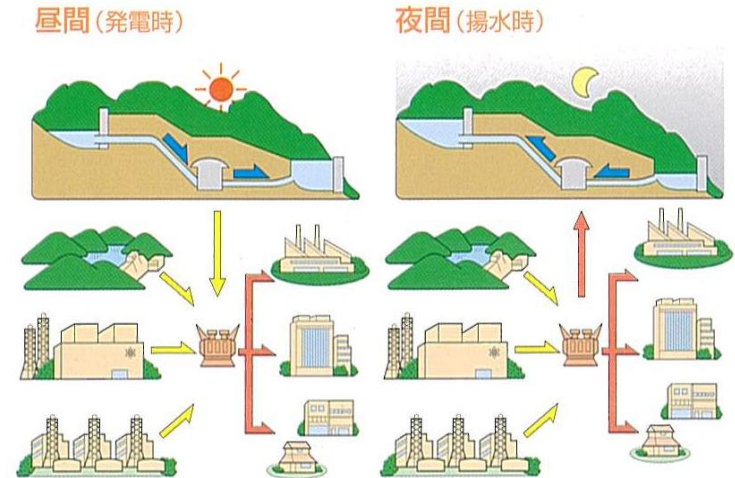


図31-11 揚水発電所
(東京電力)



図31-13 やんばる海水揚水発電所(上池)

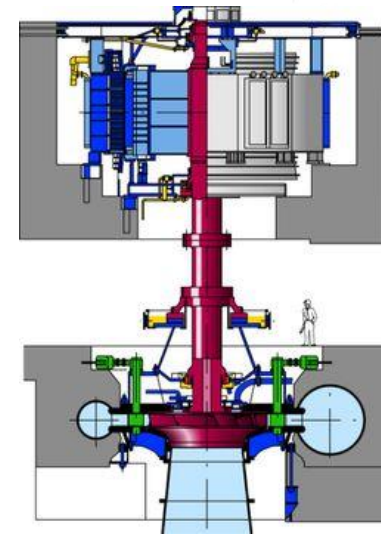


図31-12 可逆式揚水機
(Wikipedia)

超電導電力貯蔵

超電導応用による電力貯蔵: 超電導軸受を適用した**フライホイール電力貯蔵装置**と、**SMES** (Superconducting Magnetic Energy Storage)といわれる**超電導電力貯蔵装置**とがある。(現在、実用化を目指してNEDO中心で開発中)

超電導フライホイール: 超電導技術を応用した回転損失の少ない軸受で、慣性力の大きいフライホイール(はずみ車)を回転させ、電気エネルギーを運動エネルギーとして貯蔵する。フライホイールと、フライホイールを支えるための軸受や、電力を出し入れするための発電電動機などから構成される

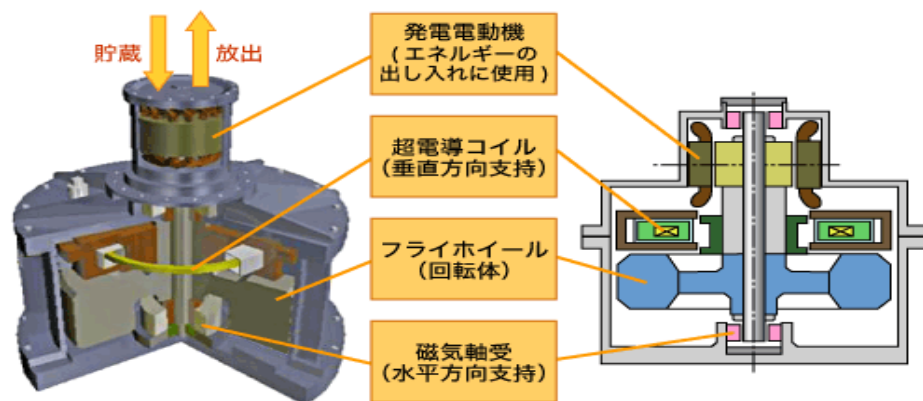


図31-16 超電導フライホイール電力貯蔵装置概念図 (NEDO)

SMES: 超電導の電気抵抗がゼロという特性を活かして、電気を超電導コイルに磁気エネルギーとして貯蔵。電気を直接貯蔵することで、高い貯蔵効率で大電力を素早く供給することができる。超電導コイルを冷却する冷却システム、冷却された超電導コイルを保存するクライオスタット(魔法瓶)および交直変換器から構成される。電気抵抗ゼロのため、超電導コイルに一度電気を流して永久電流スイッチを閉じれば(閉回路)、永久的に直流電流が流れ電力を蓄えることができる

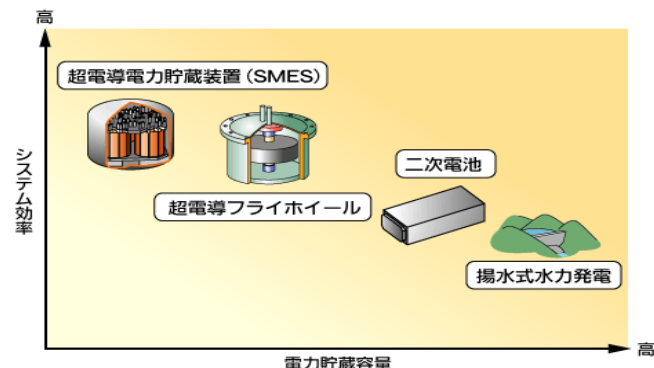


図31-14 各電力貯蔵技術の比較 (NEDO)



図31-15 各電力貯蔵技術の特長 (NEDO)

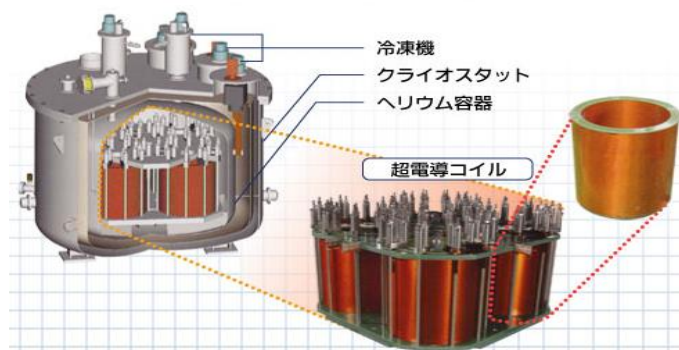


図31-17 SMES本体 (NEDO)

電池

電池

一次電池:使いきりの電池(充電できない電池)

二次電池:充電して繰り返し使用できる(専用の充電器が必要)

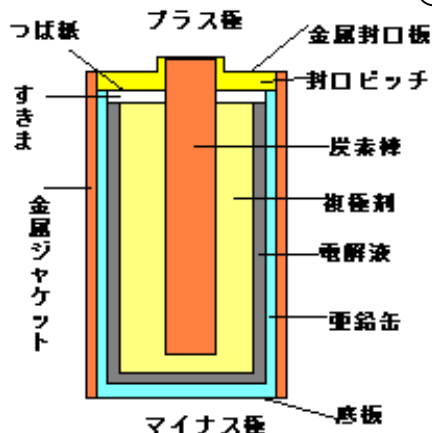


図31-18 電池の仕組み(エムケイ電気)

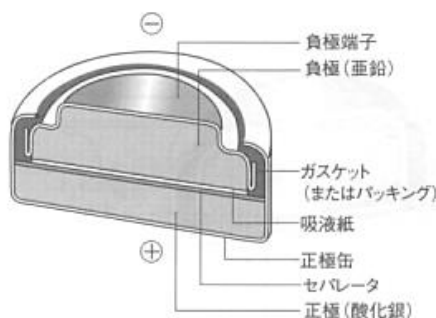


図4-10 酸化銀電池の断面図

図31-19 ボタン電池の例 ⑥

電池利用上の注意ポイント:

1. 複数使用の場合同一種類の電池を使う — 電流特性、電圧
2. 使用機器に適した種類の電池を選ぶ — 電流容量
3. 使用推奨期限をチェック — 特性の確実性
4. 保管場所 — 高温多湿、直射日光を避ける
5. 捨て方に注意 — 使い切ってから処分
6. 充電式電池の過充電、過放電防止 — 寿命

ボタン電池:ボタン型形状の小型乾電池。通常の乾電池に比べ容量は小さい。構造的にはリチウム電池、マンガン電池、酸化銀電池、空気亜鉛電池、水銀電池などがある。時計、カメラ、電卓などに使用

乾電池はIEC(International Electrotechnical Commission)国際規格(JISもIEC相当)によっているので、日本製電気製品に外国の電池も使用可能

電池を使い切るやり方:CDラジカセ、ヘッドホンステレオで使えなくなったもの→懐中電灯に使用→リモコン、置時計に使用

表31-2 電池の分類

化学電池	一次電池	乾電池	マンガン乾電池
			アルカリ乾電池
			ニッケル系一次電池
			リチウム電池
		ボタン電池	アルカリボタン電池
			酸化銀電池
			空気亜鉛電池
	二次電池	小型二次電池	ニカド電池
			ニッケル水素電池
			リチウムイオン電池
			小型制御弁式鉛蓄電池
			鉛蓄電池
			アルカリ蓄電池
燃料電池			
物理電池	太陽電池		

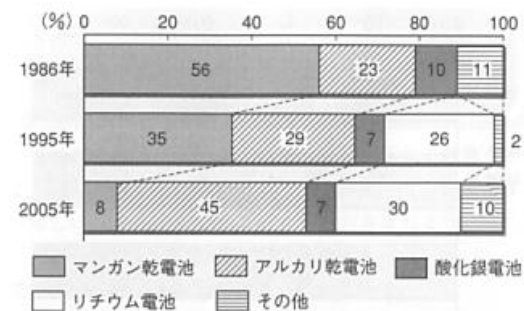


図31-20 一次電池の種類別比率の推移 ⑥

二次電池

表31-3 代表的な二次電池

種 類	＋極	－極	電解質	電 圧	記 事
鉛蓄電池	二酸化銀	海綿状鉛	希硫酸	2V	短時間で大電流の放電が可能。安価。自動車用
ニカド電池	水酸化Ni	水酸化Cd	水酸化K水溶液	1.2V	モータなどの大出力用向き
リチウムイオン電池	Li金属	金属Li	炭酸エチレン	3.6V	エネルギー密度が高い。ノートパソコン、電動自転車
ナトリウム硫黄電池 (NAS)	硫黄	Na	ベータアルミナ固体	約2V	鉛蓄電池に比べ体積・重量は1/3。大規模電力貯蔵用

NAS電池電力貯蔵システム: 電力を貯蔵し必要ときにバッテリーとして電力を供給する大型電力貯蔵装置。東京電力、日本ガイシの共同開発。

- 大容量が可能
- コンパクト体積、重量が鉛蓄電池の1/3
- 排煙・振動がなく、低騒音
- 多彩な機能ーピークカット、ピークシフトによる負荷平準化機能、停電時の非常用電源機能、瞬低対策機能など

現状、瞬停対策、自律運転兼用、非常電源兼用、負荷平準化などで1000kw～12000kwのものが設置されている



図31-21 二次電池の体系図 (電池工業会)

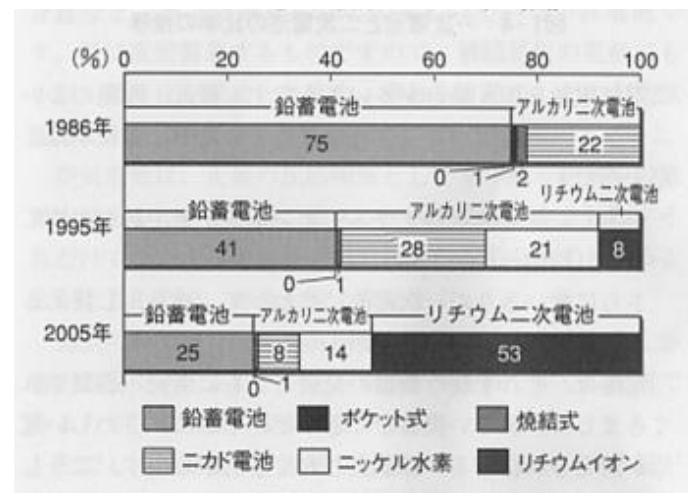


図31-22 二次電池の種類別比率の推移 ⑥

キャパシタ

キャパシタ: 日本語ではコンデンサと呼ぶ(英語のCondenserは濃縮器、液化凝縮器の意味が一般的)。この中で大容量蓄電に使われるのが「**電気二重層キャパシタ**」

特長:

1. 短時間で充電
2. 大電流で充放電でき、高出力
3. 充放電を繰り返しての寿命が長い

欠点:

蓄電容量は同一サイズのリチウムイオン電池の1/10以下

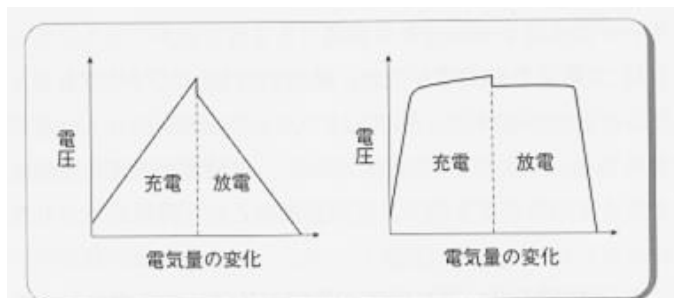


図31-24 キャパシタ(左)と電池(右)の充放電と電圧 ⑧

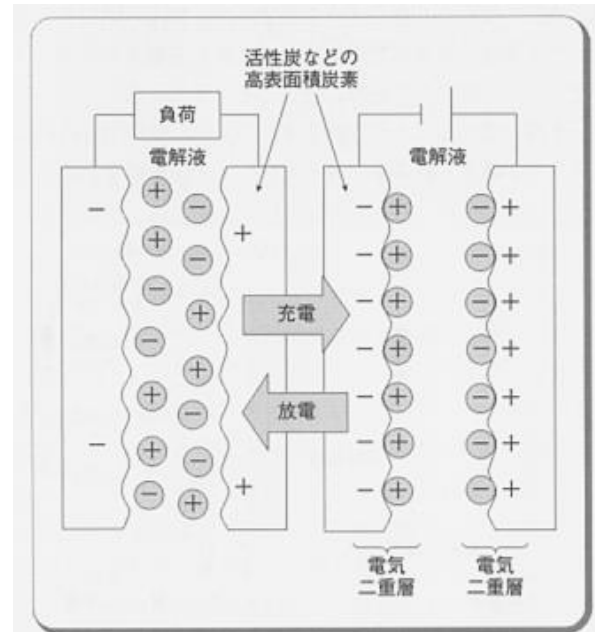


図31-23 電気二重層キャパシタの原理 ⑧

用途:

1. 電子機器のメモリーや時計回路における電池交換時の**バックアップ電源**、
2. ハイブリッド自動車や**電気自動車**の電源(ホンダ燃料電池車FCXのエネルギー貯蔵デバイス)、
3. 電力貯蔵用(**UPS**)、
4. コピー機の**急速立ち上げ用電源**、
5. 鉄道用の電車でも実験的に電源として使用して起動力約2%の電力を確保。明電舎では旅客用電車に大容量コンデンサを搭載して、ブレーキ時には運動エネルギーから充電し、**加速時にはそれを再利用する電力貯蔵装置**を開発

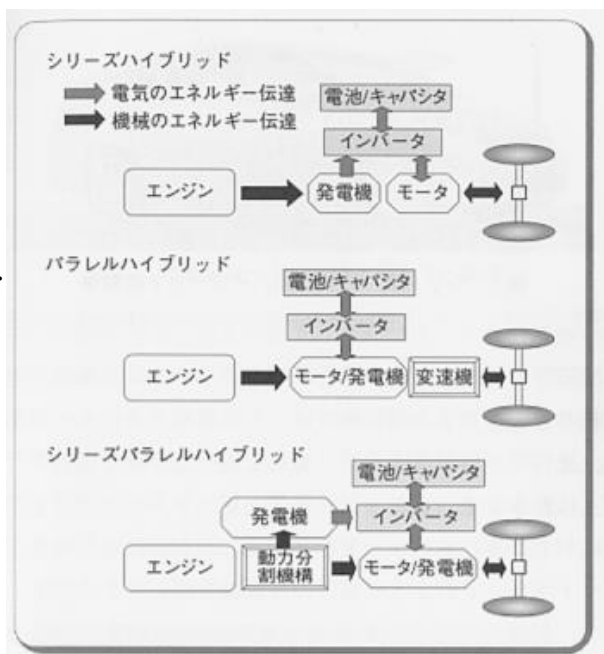


図31-25 ハイブリッド自動車の仕組み ⑧



図31-26 瞬時電圧低下補償装置の例(ニチコン)



図31-27 二重層キャパシタの例 ⑧

蓄熱・冷熱

氷蓄熱: 雪や氷、人工凍土を冷熱源として冷気や冷水を夏季に利用

化学蓄熱(ケミカルヒートポンプ): 物質の可逆的な化学反応熱を利用した蓄熱、またその蓄熱システム。希釈・融解熱(ケミカルヒートポンプ)、脱水/水和反応熱(水酸化カルシウムなど)、混合物の結晶/分離反応熱、金属水素化物の吸蔵/放出過程における吸放熱などが試みられている。大規模空調システム対象としては未だ実用化されていない

深夜電力利用蓄熱: 夜間の安価な電力で水を加熱し温水槽に貯え給湯として使用。集光式太陽熱発電では溶融塩に蓄熱する方法もある



図31-28 米穀低温貯留乾燥調整施設(北海道沼田町、NEDO)

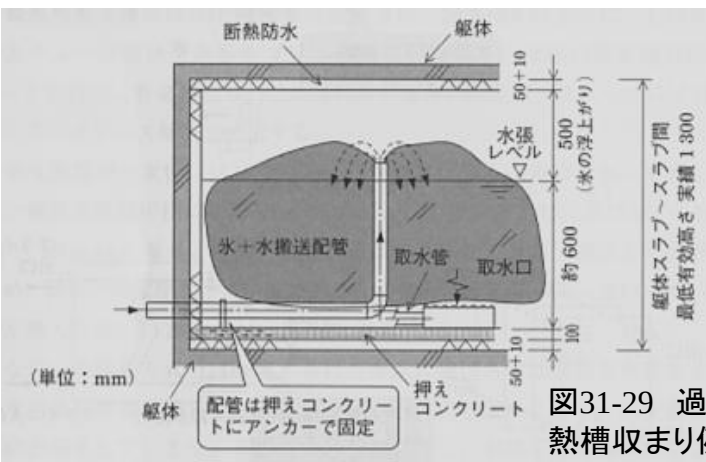


図31-29 過冷却氷蓄熱システムの氷蓄熱槽収まり例 (わかりやすい蓄熱の技術)

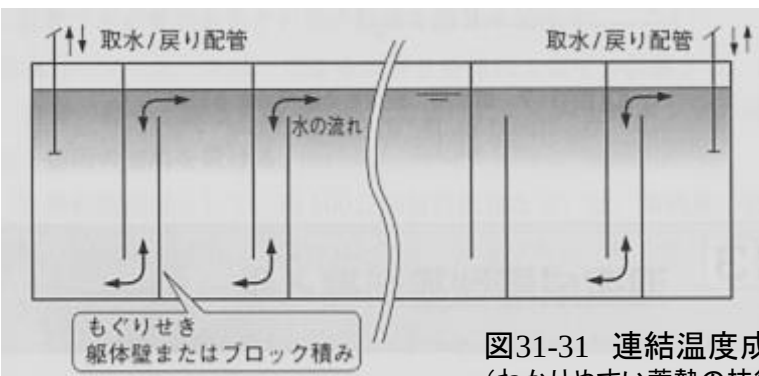


図31-31 連結温度成層型蓄熱槽 (わかりやすい蓄熱の技術)

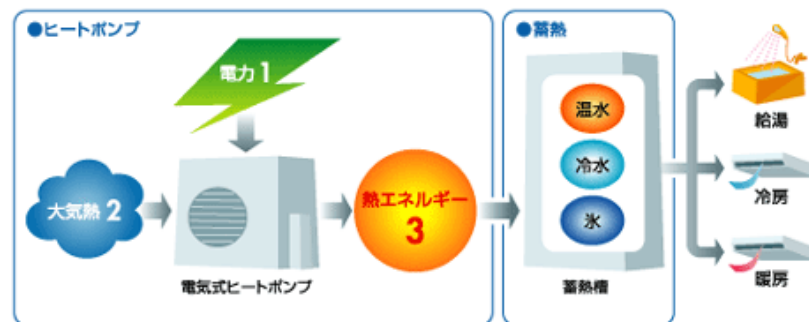
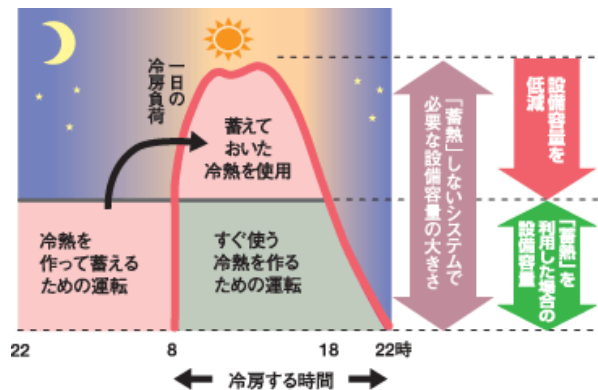


図31-30 ヒートポンプ空調システム (ヒートポンプ蓄熱センター)

圧縮空気ほか

その他のエネルギー貯蔵装置・設備: ●CAES、●RDF、●貯炭場(△)、●核燃料棒(△)、●貯木場、●中小事業所の軽油タンク(△)、●輸送機関(自動車、航空機、船舶)の燃料タンク など
(△印は消費量に応じて蓄え、長期保存はしないもの)

CAES-G/T発電: 夜間や休日の余剰電力で空気を圧縮して岩盤内空洞に貯蔵しておき、ピーク時に取り出して燃料とともに燃焼させ、ガスタービン発電に利用。スウェーデンなどでは実用化をしている。電力負荷への追従性に優れる。通常ではガスタービンのタービン出力は自己の圧縮機駆動に一部消費されて、外部出力は目減りするが、CAESでは圧縮機が電動機で駆動されるので発電用としてピーク時大出力が得られる

(CAES-G/T=Compressed Air Energy Storage Gas Turbine)

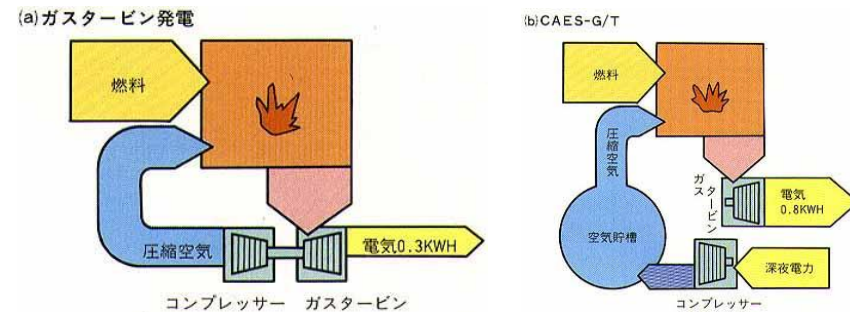


図31-32 ガスタービン発電とCAES-G/Tの比較
(新エネルギー財団)

400MW級の発電で、40～60気圧、数十万m³の空間が必要。電力中央研究所では神岡鉱山内で水没していた旧坑道を利用してトンネル形式の実験用貯槽空洞を建設し、約19気圧の地下水圧相当の圧力で水封試験を実施している(幅3.2m、高さ3.2m、長さ51m)

廃棄物固形燃料(ごみ固形燃料、RDF): 家庭で捨てられる生ゴミやプラスチックゴミなどの廃棄物を固形燃料にしたもの。特徴は貯留性、輸送性、燃焼性(発熱量は16,000～20,000kJ/kg—軽油の約1/2.5)

(RDF= Refuse Derived Fuel)

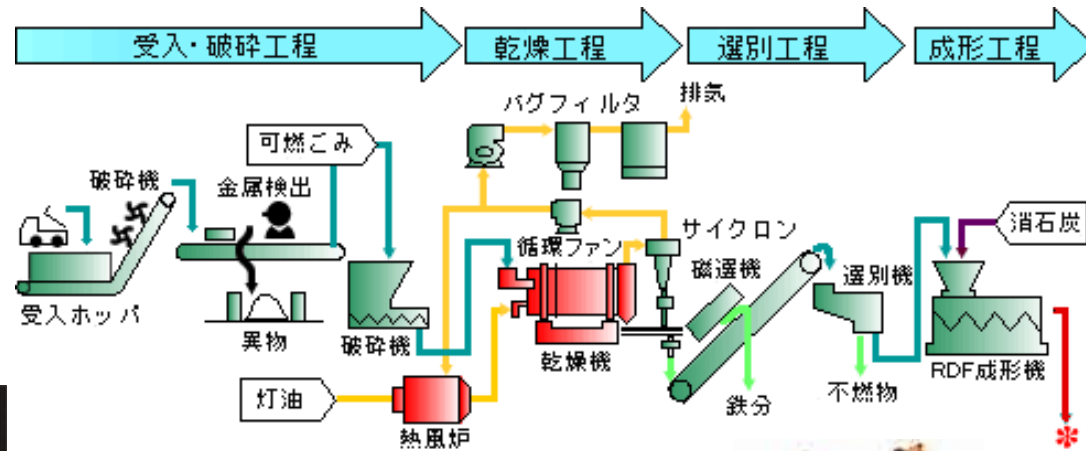


図31-33 RDF製造システムと製品
(バブコック日立)



図31-34 貯炭場(敦賀発電所)



図31-35 核燃料ペレットと燃料被覆管



課 題

電池のリサイクル	小形充電式電池のリサイクルは、「資源の有効な利用の促進に関する法律」(略称『資源有効利用促進法』2001年施行)に基づき、その回収・再資源化が義務づけられている。充電式電池には、主な材料としてNiやCd、Co、Pbなど希少な資源が使われている
燃料貯蔵設備の防災	地上の石油タンクでは地震などでの流出対策としてタンク周辺に防油堤を設置する。液体水素では高圧ガス取締法の対象となるが、電気品の防爆対策のほか宇宙ロケット発射基地では周辺の隔離スペースを確保する
水素貯蔵	水素を低温または高圧で貯蔵する場合、タンク材料の低温脆性、水素脆化の問題を解決しなければならない。液化貯蔵のためには-253℃まで冷却するため水素エネルギーの20%を消費、ボイルオフで1%/月の消耗も考慮しなければならず、燃料電池(PEFC)の燃料保管としては対策が必要
テロ対策	大規模のエネルギー貯蔵設備はテロ攻撃などの標的になりうる。保安施設、監視設備、隔離、防災など貯蔵エネルギーの種類・特性に応じたリスクマネジメントが求められる



キーワード

図31-36 二次電池リサイクルマークとリサイクル箱

石油備蓄法	2002年1月、「石油業法」に代わって石油備蓄法(石油の備蓄の確保等に関する法律)が施行された。日本への石油の供給が不足する事態が生じた場合に石油の安定的な供給を確保して国民生活の安定と国民経済の円滑な運営に資することを目的とする。政府単独で価格政策のための放出はできず、国際エネルギー機関(IEA)の枠組みの中で協調して対応する
水素液化	水素の液化温度は大気圧で20K(-253℃)であり、その液化のためには圧縮と冷却(放熱)を多段に涉って繰り返す必要がある。水素ガス圧縮機にはターボ式、スクリュー式、ターボスクリューのハイブリッド式などが使われる。シールや軸受の耐久性、液化動力の低減などが課題
ボイルオフガス	LNG、液体水素など極低温液体燃料保管のタンクは多層断熱構造として周辺大気の影響の侵入を極力防止するが、完全な断熱は不可能で、液化燃料は少しずつ蒸発気化する。この「ボイルオフガス」は付属の再液化装置で元に戻すが、燃料需要があるときはガス化したものを優先的に消費する(LNGタンカーなど)
電池の日	11月11日ー漢字の11は十ー極のイメージ。バッテリーの日は12月12日ー野球のBATTERY(投手と捕手)のポジション番号が「1」と「2」であることから