

総論：蓄熱技術とは

A Recent Status of Heat Storage Technology

亀山 秀雄*

Hideo Kameyama

1. 環境対策と蓄熱技術

日本の最終エネルギー消費は、この数年3%前後の大幅増となり、日本経済はエネルギー多消費型に戻っている。そのためエネルギー関連のCO₂総排出量は、95年時点で90年水準よりも8.3%多い3億3千2百万トンに達している。部門別では、産業部門が、94、95年で6百万トン減であるのに対して、運輸・民生部門は、計1千百万トン増加している。特に家庭部門は95年に6.5%と最近10年間の最高の伸びを示している。温暖化防止の国際公約で掲げた「2000年の一人あたりの排出量を90年レベルに安定化」という目標を実現するには、かなりの努力が必要とされている。エネルギー大口需要の産業部門はもちろんであるが、高いエネルギー消費伸び率を示している運輸・民生向けの省エネルギー機器やシステムの開発が急務である。

政府が4月にまとめた総合省エネ対策の中には、夜間電力を利用した蓄熱式冷房システムの普及も述べられている。このように蓄熱技術は、省エネルギー対策

技術、CO₂削減対策技術としての評価が強まっている。そのような中で、最近蓄熱技術を詳しくまとめた成書^{1, 2)}が相次いで出版されており、容易に技術の内容を知ることができる。現在の社会活動を維持し、快適な生活を求める国民の欲求を満たす一方で、21世紀に向けて環境への負荷を低減させ、社会と自然との調和を追求するために、蓄熱技術の果たす役割は大きいと言える。

2. 循環型社会における蓄熱技術の意義

環境低負荷社会を実現できるのは、循環型社会である。これは、物質やエネルギーを循環使用して環境への排出を最小限にすることができるシステムである³⁾。蓄熱技術は、熱エネルギーを介したエネルギー変換システムの中で、需要と供給における時間的なギャップ、量的なギャップ、質的なギャップ、距離的なギャップなどさまざまなギャップを補間する技術である。このような技術は、多様なエネルギーを循環利用する社会では、必要不可欠の存在である。

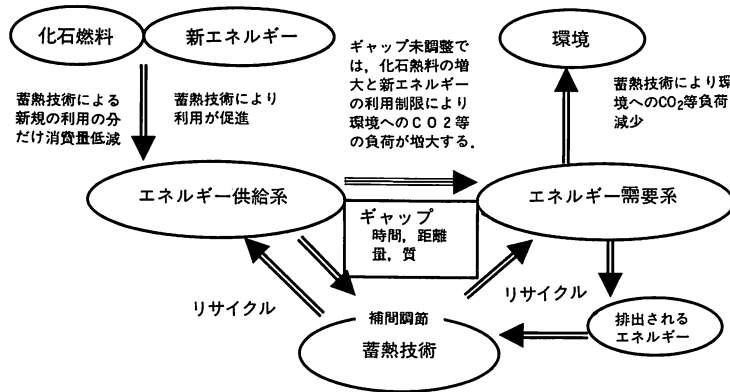


図-1 循環型社会における蓄熱技術の役割

* 東京農工大学工学部応用化学科教授
〒184 東京都小金井市中町2-24-16

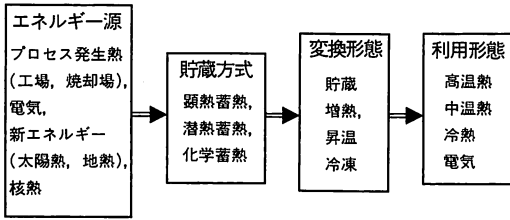


図-2 蓄熱技術の分類

図-1に循環型社会における蓄熱技術の役割を簡単に示す。環境への負荷を低減するためには、化石燃料の使用量を減らすと共にCO₂を発生しない新エネルギーの利用を促進する必要がある。そのためには、蓄熱技術によるエネルギー変換が必要である。

3. 蓄熱技術の分類

蓄熱技術をエネルギー源、貯蔵方式、変換形態、利用形態で分類すると図-2のようになる。現時点ですべてのバスの蓄熱技術が実用化している訳ではなく、研究開発段階のものが多い。実用化の例をあげると、煉瓦による熱回収、アキュムレーター、太陽熱温水器、床暖房、蓄熱式温水器、蓄熱式燃焼機、夜間電力利用の水蓄熱、吸収式ヒートポンプ、吸着式冷凍機などである。近年、冷熱利用に使用される蓄熱技術の需要が増している。

以下、項目別に蓄熱技術の概要を紹介する。

3.1 エネルギー源

エネルギー源には、プロセス排熱、電気、新エネルギーがあげられる。プロセス排熱は、図-3に示すように業種別に様々な温度レベルで出力される熱を蓄熱し再利用するものである⁴⁾。利用の実体は、工場内利用28.5%、企業外利用10.7%、廃棄60.8%との報告⁴⁾があり、蓄熱技術により今後利用が促進されることが期待される。通産省が実施しているエコ・エネプロジェクトは工場と民生との熱利用を想定したもので、新しいシステムとして成果に期待したい。近年夜間電力を昼間の冷房や暖房に利用するための蓄熱方式が普及し始めており、特に水蓄熱システムは、今後の省エネ対策における重要な技術として政府の支援のもとに推進されている。昭和61年から実施されたスーパーヒートポンプエネルギー集積システムの研究開発は、夜間電力利用を想定したプロジェクトで、化学反応を利用した蓄熱の新しい試みであった。今後は、化石燃料に依存しないエネルギー源の利用が推進されることになる

表 1 蓄熱方式と主要蓄熱材料

顕熱型	液体：水、ブライン、熱媒油、熔融塩 固体：石、砂、土壌、煉瓦、金属
潜熱型	水和塩、パラフィンワックス、脂肪酸、水、硝酸塩、水酸化物、ポリエチレン、多価アルコール
化学型	吸収系：臭化リチウム・水系、 吸着系：シリカゲル・水系、ゼオライト水系 反応系：水和反応、水酸化反応、アミンやアルコールの付加反応、金属の水素化反応、有機物の水素化反応、 包接化学物反応

が、特に新エネルギーの中で、太陽熱の利用は時間的なギャップと質的なギャップを克服するために蓄熱技術が果たす役割は大きい。

3.2 貯蔵方式

蓄熱には、顕熱蓄熱、潜熱蓄熱、化学蓄熱の3種類の方式がある。化学蓄熱は、化学反応によるもの他に、吸収熱や吸着熱を利用するものも含めている。表1に代表的な蓄熱材料と蓄熱方式の関係を示す。この中で、水や土壌による顕熱蓄熱、氷や脂肪酸による潜熱蓄熱、吸収や吸着による化学蓄熱が広く普及している。化学蓄熱はヒートポンプ機能を付与することができ、熱駆動ヒートポンプとして高温熱や冷熱発生用に使われている。

図-4は、蓄熱の性能を他のエネルギー貯蔵と規模とエネルギー密度の関係で比較したものである⁵⁾。それぞれ特徴があり、使用目的に応じた貯蔵方法を選定することになる。

3.3 変換形態

蓄熱をエネルギー変換装置と捉えると、変換形態に貯蔵、増熱、昇温、冷凍の4つの形態がある。表2に熱源と利用温度の相対的な関係を示す。貯蔵は、そのまま熱として貯蔵するもので、熱源より利用温度が下がる。増熱は、熱源が高温と低温の二つあり、低温熱源の熱を中温で取り出すため利用温度は高温より下がるが、取り出す熱量が高温熱源より多くなり増熱と言われている。昇温は、熱源の温度より取り出し温度の方が高くなるもので、ヒートポンプを構成している。冷凍も高温の熱からヒートポンプ機能で環境温度以下の冷熱を取り出すものである。

3.4 利用形態

蓄熱した後の利用形態は、高温熱利用、中温熱利用、

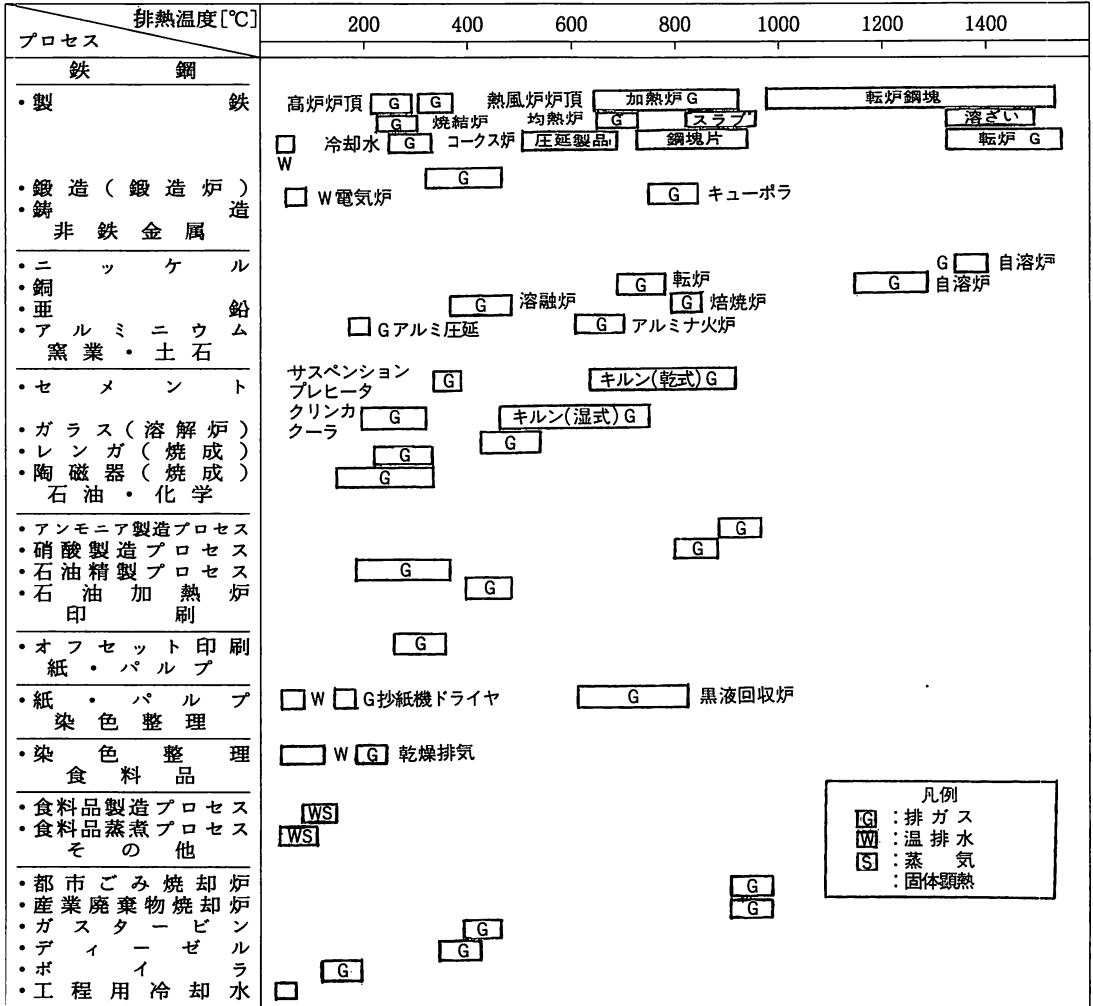


図-3 業種別の排熱温度レベルと形態⁴⁾

冷熱利用，電気利用の4つの形態がある。高温と中温の温度レベルは熱源と利用分野との関係で相対的なものである。表3に高温水や蒸気が利用できる用途を示す。これらの用途に蓄熱技術によるリサイクルされる熱が使用されれば大きな省エネルギー効果が期待できる。冷熱利用は環境温度以下での利用である。冷房や冷凍用に利用される。熱から冷熱を生み出せるのも蓄熱技術のメリットである。電気利用は、蓄熱した熱を利用して発電して電気を取り出すシステムである。

4. 蓄熱技術のエクセルギー評価

蓄熱技術は、熱エネルギーを量として貯蔵するだけでなく、より高温の熱を発生したり、環境温度以下の冷熱を発生させることができる。したがって、蓄熱技術の評価は、エンタルピー評価だけでなくエクセルギー

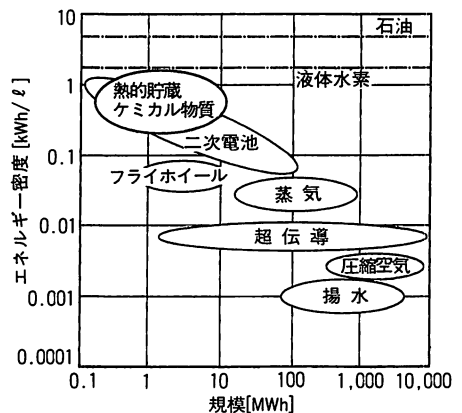
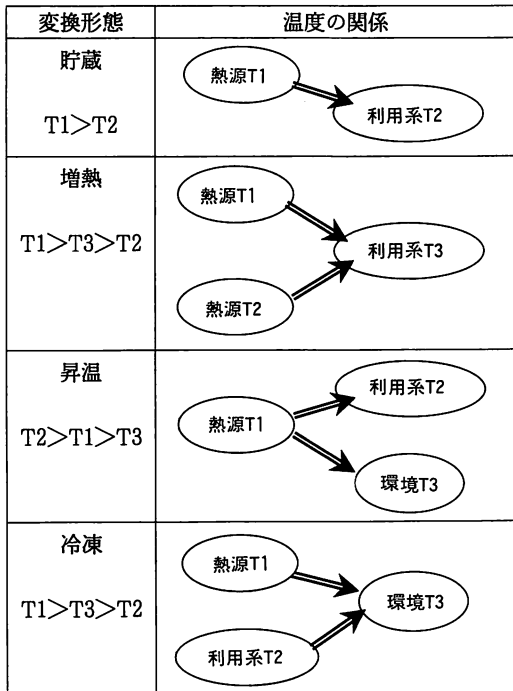


図-4 エネルギー貯蔵法の想定される規模とエネルギー密度⁵⁾

表3 高温水または蒸気の利用

温度領域	用途	利用形態
20~40℃	養魚, 解氷, 温水プール, 発酵, 施設園芸, 床暖房	温水・温風
40~60℃	家庭暖房, 施設園芸, 畜舎暖房, 給湯, 木材乾燥	温風・温水
60~80℃	工場暖房, ビルの空調給湯, 解凍, 乾燥, 洗ビン, 染色産業, 施設園芸, 食品殺菌	温水・温風
80~100℃	解凍, 干魚製造, 羊毛洗浄乾燥, 食品殺菌・乾燥	温水・熱水
100~120℃	食品・医療器具の殺菌, 乾燥, 飲料食品(ジュース等)の濃縮, 蓄留工程, 地域暖房	熱水・蒸気
120℃	地域暖房, ボイラー給水, 海上淡水化, 石油化学, ボトミング発電サイクル	熱水・蒸気

表2 熱の変換形態と温度の関係



評価を行うことが望まれる。系のエクセルギーは、環境と平衡になるまでになし得る最大仕事と定義され、これは逆に環境からその状態を得るまでに要する最小仕事の意味でもある。蓄熱技術により再利用されたエクセルギー量は、本来その状態を得るために投入すべき化石燃料の量を抑制することにつながる。また、蓄熱技術の改良においても、エクセルギー評価をすることで、エンタルピー評価では見えてこない伝熱損失、圧力損失、混合による損失などが定量的に計上され、技術の改良箇所が明確になる。さらに、蓄熱技術では、熱エネルギー、電気エネルギー、化学エネルギーなど多様なエネルギーの相互変換が行われるため、エクセルギーという工学的に意味のある共通の物差しで測ることが必要である。エクセルギーについて知りたい方は、文献6)を読まれることを勧める。

ルギーという工学的に意味のある共通の物差しで測ることが必要である。エクセルギーについて知りたい方は、文献6)を読まれることを勧める。

5. 蓄熱技術のエネルギー総合評価

蓄熱技術への評価が高まる一方で、経済性の面で導入に大きな摩擦が発生している現実もある。コストダウンや効率の向上など技術として未成熟な点は、今後の開発の成果に期待したいが、社会への環境技術の積極的な導入は、従来の経済評価では排除されることが多い。このようなマイナスを克服するためには、蓄熱技術の導入による狭義の経済性だけでなく、省エネルギー性、環境低負荷性などを踏まえた総合的な評価システムの確立が必要である。

現在の経済性優先、効率至上主義のエネルギーシステムから図-1のような柔軟性のある環境に優しいエネルギーシステムに移行させるためには、社会的な資本の投資が必要である。そのためには、現在のシステムで得られた利益の中から、新しいシステムが成長しやすいような土壌作りに投資する認識が国民全体に芽生えることを期待したい。

引用文献

- 1) 関 信弘編集;蓄熱工学1, 2 (1995) 森北出版
- 2) ㈱化学工学会 蓄熱・増熱・熱輸送技術特別研究会編;蓄熱技術—理論とその応用(1996) 信山社
- 3) 亀山秀雄, 小島紀徳; エネルギー・資源リサイクル(1996), 培風館
- 4) ヒートポンプ技術開発センター編;次世代ヒートポンプ,(1990) ㈱省エネルギーセンター
- 5) ㈱日本伝熱学会編;環境と省エネルギーのためのエネルギー新技術体系, p.327 (1996), エヌ・ティ・エス
- 6) 小島和夫; エネルギーとエントロピーの法則(1997), 培風館