

オフライン熱供給システム普及へ向けて
～都市に賦存する未利用排熱の有効活用～

コンサルタント 山田 心治

1.はじめに

熱供給方式は、一般的に、蒸気もしくは温水を熱媒体とし、供給地点から需要家へ敷設された配管を通じて供給する「オンライン方式」が主流である。しかし、近年、蓄熱材をコンテナ等で輸送することにより、配管敷設を必要としない「オフライン方式」が欧米などで実用化され、日本でもその導入に向けた検討が多くなされるようになってきている

本稿では、まずオフライン熱供給システムが期待される社会的背景について述べる。さらに、オフライン熱供給システムをいくつかの方式に分類し、導入事例についてレビューする。さらに、オフライン熱供給システムの普及へ向けたシナリオについて考察する。

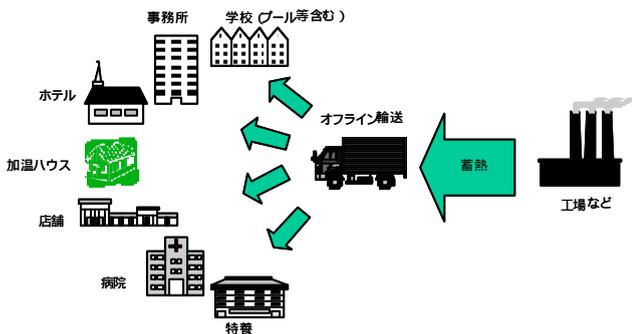


図1 オフライン熱供給システムのイメージ
(出所:参考資料1より作成)

2. 社会的背景

(1).CO2 削減の喫緊性

2008年の京都議定書第一約束期間を2年後に控え、温室効果ガス排出量を削減することが国家的喫緊の課題となっている。

工場等産業部門は、依然として世界トップレベルのエネルギー利用効率を誇っており、CO2排出削減へ向けた恒常的努力を続けている。しかし、個別企業・事業所単位、すなわち「個」の対策では、もはや限界を迎えており、工場間・産業間が垣根を越え複数主体が連携する

「面」・「ネットワーク」の対策」が期待されている¹。

(2).大量に賦存する未利用排熱

全国の工場等における既存炉や自家発電プラントなどにおいては、使われないまま捨てられてしまっている大量の未利用廃熱が賦存している。

(財)省エネルギーセンターが実施した工場群の排熱実態調査によると、全国の工場等から発生する未利用の廃熱は年間で1,138,383TJに達している。大量の未利用廃熱を賦存している産業として、電力業281,483TJ、化学業261,805TJ、鉄鋼業185,115TJ、清掃業97,636TJなどがあり、これら4つ産業だけで年間約826,039TJの廃熱を発生している。これを重油換算すると約2,113万KL、CO2換算(2.77kg-CO2/L)で5,851万t-CO2に相当する²。

これら未利用廃熱を有効に活用することによる省エネルギーと温室効果ガス排出削減の効果は、非常に大きいと考えられている。

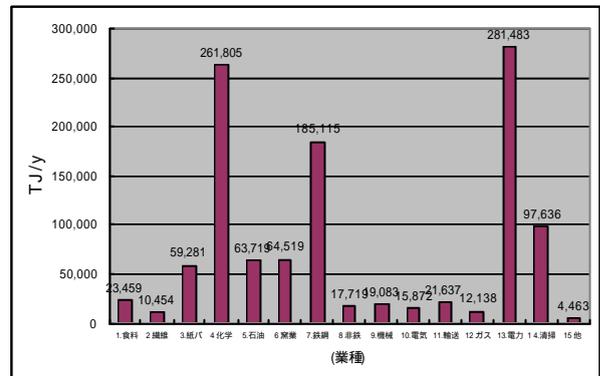


図2 業種別全国排熱量

(出所: (財)ECCJ「工場群の排熱実態調査研究要約集」より作成)

(3).オフライン熱供給システムへの期待

CO2削減へ向けて、都市に賦存する未利用廃熱を活用することの有効性は、以前から認識されていた。しかし、需要者-供給者間に存在する距離的及び時間的ギャップ等の問題から、これらの廃熱は有効活用することが出来なかった。オフライン熱供給システムは、これらギャップを埋める技術であり、未利用エネルギーを複数主体間で効率的に融通することを可能にする技術である。

¹ 内閣府「京都議定書目標達成計画」より

² 熱量換算:39.1MJ/?、CO2排出量換算:2.77kg-CO2/?として算出

配管敷設の必要が無いため、インフラ整備コストを大幅に削減できることに加え、需要家の熱利用用途や利用量によって最適な蓄熱材を選択することが出来など、需要家の要求に応じ柔軟な熱供給が可能である。

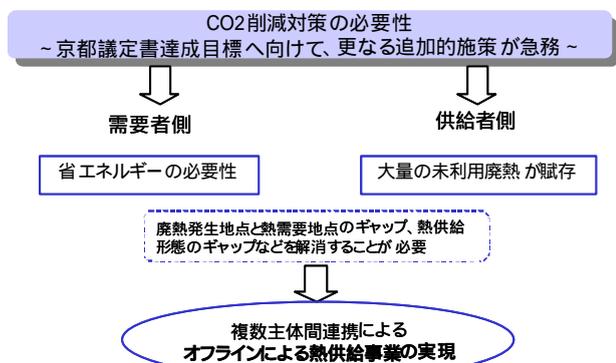


図3 オフライン熱供給システムが期待される社会的背景

3. 水による顕熱方式と潜熱蓄熱材による潜熱方式

(1)蓄熱方式による分類

オフライン熱供給システムは、利用する蓄熱材の種類によって大きく2つの方式に分類することが出来る。

水を蓄熱媒体とする「顕熱方式」

温水によるオフライン熱供給

潜熱蓄熱材を蓄熱媒体とする「潜熱方式」

潜熱蓄熱材によるオフライン熱供給

顕熱蓄熱は、相変化を伴わず物質の温度を変化させた時の熱量を蓄熱するもので、潜熱蓄熱とは、温度変化を伴わず相変化の時の熱量を利用して蓄熱するものである。

(2)温水によるオフライン熱供給

水は安全で経済性にも優れており、そのままの熱媒体として利用できるため、100 以下の蓄熱に対しては最も一般的に用いられている。

温水による顕熱輸送は、ローリーに温水を入れて運び、需要家側の保温タンクに温水を供給して空の状態に戻る「温水供給システム」とコンテナで温水を運び、需要家側施設において使用済みの冷えた水の入ったコンテナと入れ替えて持ち帰る「コンテナ入れ替えシステム」の2つに分類することが出来る³。

特に、前者の「温水供給システム」は、需要家側において給湯などで使用した後に排水するため、帰りは空で戻ることができ、ガソリン代の軽減につながる。また、需要家では水道代の削減になる等、水の利点を最大限に生かすことができ、水の付加価値追求の観点からも非常

³ 資源エネルギー庁「地域における工場等廃熱の高度活用に関する実現可能性に関する調査」より

に有望である。

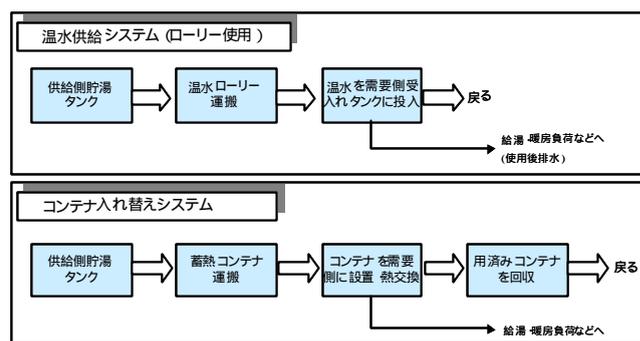


図4 温水供給システムとコンテナ入れ替えシステム (出所:参考資料1より作成)

(主な利点)

蓄熱媒体として水を用いることによって、以下のようなメリットがある。

- 安全性...化学的に安定しており安全且つ無害なため、利用用途が広い
- 親和性...各プロセスの仕組みが比較的容易であり、既存の給湯システムとの親和性が高い
- 拡張性...入手が容易であるため、将来的へ向けて拡張性及び普及可能性が高い

(普及へ向けた課題)

温水によるオフライン熱供給は、上記のような利点を生かすことによって、一台のローリーによって、多くの需要家へ配って回ることが出来、将来的に非常に有望なシステムである。

しかし、現在までのところ、国内において温水によるオフライン熱供給の事例は無い。このシステム実現のためには、安値且つ大量の水を確保することが最大の課題となっている。熱供給事業者の水の確保を容易にするため、水質及び水質関連法規制を検討する必要があると思われる⁴。

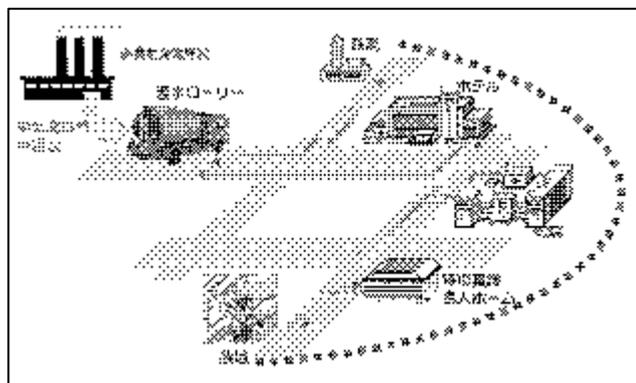


図5 温水供給システムとコンテナ入れ替えシステム (出所:参考資料3)

⁴ 水質に関する規制は、地域ごとに異なる

(2). 潜熱蓄熱材を蓄熱媒体とする「潜熱方式」

潜熱蓄熱材による潜熱方式は、酢酸ナトリウム等の潜熱蓄熱材をコンテナに充填し、トラックなどにより輸送する方式である。

輸送した熱を、需要者側において放熱することにより、熱供給する。主な潜熱蓄熱材の種類と物性を表1に示す。

表1 潜熱蓄熱材の種類と物性⁵

物質名	融点 (℃)	蓄熱量		比熱容量 (J/g・℃)	比重	価格 (円/kg)	特徴	用途
		(MJ/m ³)	(kJ/kg)					
MgCl ₂ 6H ₂ O (塩化マグネシウム)	117	270	172	2.8	1.57	55	冷熱供給も可能	暖房・冷房・給湯
CH ₃ COONa 3H ₂ O (酢酸ナトリウム)	58	391	264	3.1	1.48	200	蓄熱量が高い	暖房・給湯
Na ₂ SO ₄ 10H ₂ O (硫酸ナトリウム)	32.4	366	251	2.9	1.46	60	融点低い	暖房・給湯
CaCl ₂ 6H ₂ O (塩化カルシウム)	29.9	328	192	2.1	1.71	48	融点低い	ヒートポンプ熱源
CH ₃ CO (エリスリトール)	118	465	314	不明	1.48	600	蓄熱量・融点が高いがコスト高	暖房・冷房・給湯

(出所:参考資料1より作成)

(主な利点)

蓄熱材によって、蓄熱密度や放熱温度、コストが異なるため、需要家の熱利用用途や利用量によって最適なものを選択することが可能である。

例えば、水とは異なり、100以上の熱も蓄熱することが出来るため、需要者側において吸収式冷凍機等を稼働させることにより冷熱供給することなどが可能となる。

(普及へ向けた課題)

蓄熱材コストが若干高めであり、及びコンテナに要する広い敷地が必要なことが普及へ向けた課題となる。また潜熱蓄熱材によっては、「道路法」、「道路交通法」、「道路運送車両法」、「消防法」など輸送に係る関係法令に関しても検討する必要性が生じる。

(事例紹介)

ここでは、オフライン熱供給システムの導入事例として、三機工業の「トランスヒートコンテナ・システム」を紹介する。

「トランスヒートコンテナ・システム」は、三機工業(株)と(株)栗本鐵工所が2003年11月にドイツから技術導入したものであり、発生する低温廃熱(200以下)を酢酸ナトリウム、水酸化バリウム、塩化マグネシウムなどの潜熱蓄熱材(PCM: Phase Change Material)に効率よく回収・貯蔵し、コンテナ車で運搬して離れた施設の熱エネルギーとして供給する技術である。

東京都下水道局と東京下水道エネルギー(株)、三機工業(株)の3者はノウハウ+フィールド提供型共同研究として、トランスヒートコンテナ・システムによる取り組んでいる。本実証試験では、清瀬水再生センターの廃熱を酢酸ナトリウムによる潜熱蓄熱材に蓄熱し、トランスヒートコンテナに充填し、約2.5km離れた清瀬市民体育館まで運び、暖房用熱源として利用している。



図6 トランスヒートコンテナ外観

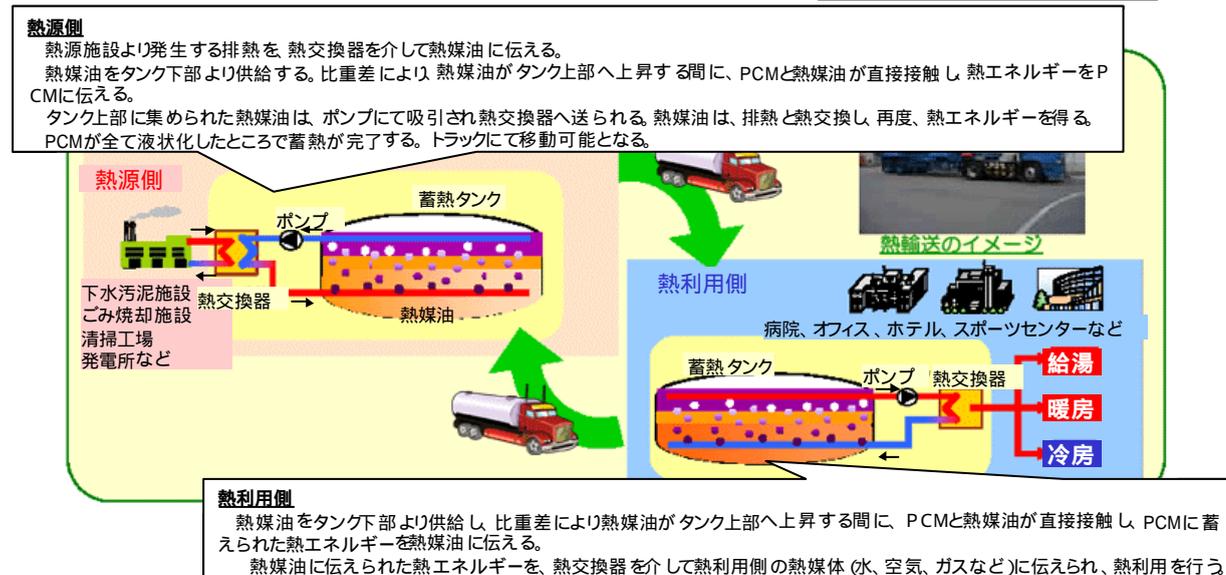


図7 トランスヒートコンテナシステム概要

(出所:三機工業のHP)

⁵ 価格は物質自体の市場価格

(4)長所/短所の取りまとめ

水による顕熱方式と潜熱蓄熱材による潜熱方式に長所/短所を表2に取りまとめた。

表2 2つの方式の長所/短所

	長所	短所
水による顕熱方式	蓄熱材に関して システム全体に関して ・蓄熱、放熱に時間を要さないため、一日当たりの輸送回数を増やすことが可能である。 ・構造が単純なため、安価で構築可能である。 ・排熱+水の供給事業であるため、需要家の水道コスト削減になる。	比較的蓄熱容量が小さい 温度レベルが一定ではない 冷房需要には向かない
潜熱蓄熱材による潜熱方式	蓄熱材に関して システム全体に関して ・蓄熱容量の大きい蓄熱材の選択が可能である ・定温度の熱エネルギーが得られる ・融解・凝固を半永久的に繰り返し使用可能である ・熱源温度や利用先での利用温度などの条件により、最適システムを選択可能である	潜熱蓄熱材の価格がやや高価である 熱媒体を使用し熱交換を行うため、熱ロスが発生する。 熱媒体として熱媒油等が必要となる。 廃棄時に産業廃棄物として扱われる 熱源側、熱利用側、それぞれに熱交換設備が必要であり、広い敷地が必要となる システム構築に初期コストがかかる

(出所:参考資料1より作成)

4. 地域のヒートバランス調整機能として

オフライン熱供給システムは、蓄熱材など技術要素の統合的發展により実現したシステムのイノベーションである。このイノベーションにより、従来では大気へ放熱するなどして、捨てられていた未利用廃熱の有効活用が可能となったことにより、新たなビジネスチャンスが次々と創出されている⁶。

ここでは、熱供給ビジネスの一つの事業形態として、地域におけるヒートバランス調整役としての、オフライン熱供給事業者を提案する。

(地域におけるヒートバランス調整役)

オフライン熱供給事業者は地域におけるヒートバランスの調整役として役目を担っている。清掃工場や下水処理場といった廃熱発生施設(熱源保有施設)における未利用廃熱賦存量と近隣施設の熱需要のバランス分析から、オフライン熱供給事業に最適なサイトを選定し事業を実施することによって、地域における省エネルギー化に寄与する。

(設備投資の考え方)

オフライン熱供給事業者は、オフライン熱供給設備一式の資金調達から、設計・建設・維持管理・運営を引き受ける。この場合、熱源施設の新規建設時・更新時であれば、それら設備投資額の一部として熱供給設備費用の組込や、設備会社や建設会社等からの出資により、付帯設備としてオフライン熱供給設備を建設することが考え

られる。(注:設備の所有権や引渡しのタイミングは、ケースにより考える。)

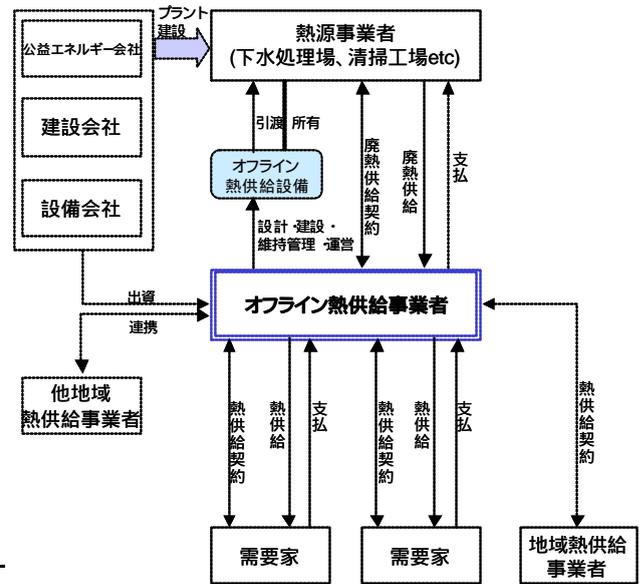


図8 オフライン熱供給による事業スキームイメージ

都市に賦存する未利用廃熱の有効活用に寄与するオフライン熱供給に関連するビジネスは未だ黎明期である。オフライン熱供給の普及に従い、都市の熱管理や交通管理の手法についても新たな指針が必要とされている。

従って今後、社会システム全体としてこの技術を含めていくべきか、検討する必要があると思われる。

【参考資料】

- 1 資源エネルギー庁 平成 16 年度地域における工場等廃熱の高度活用に関する実現可能性調査 2005.3
- 2 (財)ECCJ 「工場群の排熱実態調査研究要約集」
- 3 経済産業省産業政策局 廃棄物発電廃熱のオフライン方式による熱供給の PFI 事業化マニュアル 2006.3
- 4 三機工業 HP
http://www.sanki.co.jp/news/press/contents_69.html
- 5 (財)エンジニアリング振興協会 平成 17 年度民間資金活用等経済政策推進 併設型熱供給施設における PFI 導入可能性事業 2006.3
- 6 花木啓祐 都市環境論 2004.5

⁶経済産業省産業政策局は、「廃棄物発電廃熱のオフライン方式による熱供給の PFI 事業化マニュアル」の中で、PFI 事業スキームによるオフライン熱供給実施へ向けた手順を整理している