



Title	潜熱蓄熱輸送による鉄鋼・化学コプロダクションの可能性調査
Author(s)	能村, 貴宏; 沖中, 憲之; 秋山, 友宏
Description	会議情報 主催: 社団法人 日本エネルギー学会 後援: 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 会議名: 第18回日本エネルギー学会大会 開催地: 札幌コンベンションセンター 開催日: 2009/07/30 - 2009/07/31
Citation	日本エネルギー学会大会講演要旨集, 18, 350-351 https://doi.org/10.20550/jietaikaioushi.18.0_350
Issue Date	2009-07-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/77568
Type	conference paper
File Information	energy 18 350-351.pdf



6-3-3 潜熱蓄熱輸送による鉄鋼・化学コプロダクションの可能性調査

(北海道大) ○能村貴宏, 沖中憲之, 秋山友宏

Coproduction System of Steel and Chemicals Using Latent-Heat Transportation

○Takahiro Nomura, Noriyuki Okinaka, Tomohiro Akiyama, (Hokkaido University)

SYNOPSIS

This paper describes the feasibility of the latent heat transportation system using Phase Change Material (PCM) to recover waste heat at high temperature over 300°C in the steelworks and to supply it to distillation tower of BTX. Candidates of PCM for the system were determined experimentally. Moreover, the proposed system was theoretically analyzed from three viewpoints—energy requirement, exergy loss and CO₂ emissions and compared to the conventional heat supply system under reasonable assumptions. As a result, binary eutectic mixtures of NaOH-Na₂CO₃ was the best PCM candidate for the system from phase change point, latent heat and cost. The system analysis shows comparing the latent heat transportation system using binary eutectic mixtures of NaOH-Na₂CO₃ as PCM with the conventional system without heat recovery, the proposed system has only 8.6% in energy requirement, 37.5% in exergy loss and 19.7% in CO₂ emission. The results appealed a new possibility of heat transportation between different industries using PCM for high temperature application.

1. 諸言 製鉄所では熱間圧延プロセス等から 300°C 超の廃熱が多量に発生している。一方化学プラントでは BTX 製造の際、蒸留や設備の保温等に必要な 250°C 程度の熱を得るために化石燃料を多量に消費している。したがって製鉄所における廃熱を回収し、化学プラントにおける熱源として利用することが出来れば、大幅な省エネルギーが達成される。しかし、両者の間には時間的、空間的なミスマッチが存在するためこれは容易ではなく、このミスマッチを埋める熱の回収法、貯蔵法及び輸送法の確立が切望されている。そこで本研究では、潜熱蓄熱材料（相変化物質；Phase Change Material；PCM）に着目し、製鉄所廃熱を PCM に貯蔵し、化学プラントへとオフライン輸送する潜熱蓄熱輸送システム¹⁾を提案した。Fig. 1 はその概念図を示す。本システムによりエネルギー多消費産業である鉄鋼と化学でのコプロダクションによる革新的な省エネルギーと二酸化炭素排出量削減が期待できる。本研究では、その効果をシステム解析により検討するとともに、水酸化物、塩化物、硝酸塩を中心に適用可能な PCM の熱物性調査を行った。

2. 高温 PCM の熱物性調査 融点が 300°C 付近の水酸化物、塩化物、硝酸塩、硫酸塩またはそれらの混合物を中心に、示差熱分析装置と示差走査熱分析装置にて熱重量変化、融点、凝固点及び潜熱量の測定

を行った。測定の際には溶融塩の腐食性を考慮し、アルミナ開放パンを使用した。また、本提案プロセスでは輸送重量の削減及び高速熱交換のため、PCM と熱媒油を直接接触させて熱交換を行う直接接触熱交換方式を想定している。よって適用可能 PCM の条件として PCM と熱媒油の化学的安定性が求められる。そこで、ステンレスの密封パンに PCM と熱媒油（Neo-SK1400、綜研テクニクス）を混合させ、長時間溶融状態を保った後に熱分析を行うことで、その安定性を調査した。

3. システム評価 本システムの効果を明らかにするため、投入エネルギー、エクセルギー損失及び CO₂ 排出削減量の観点からシステム評価を行った。また、

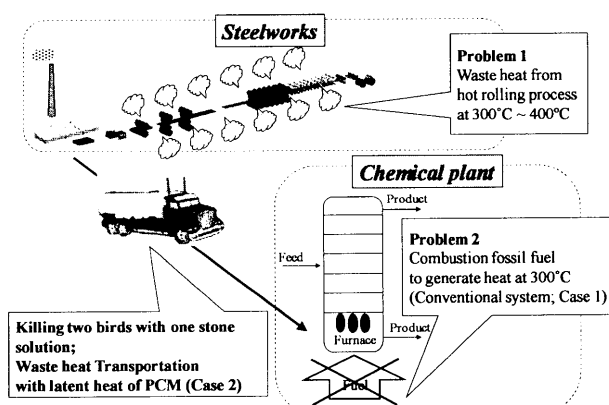


Fig. 1 Schematic diagram of latent heat transportation system.

従来の化石燃料燃焼型熱供給システムについても同様の評価を行い、提案プロセスと比較した。Fig. 2 はそれぞれのプロセスシステムフロー図を示す。従来システム(Case 1)では化石燃料としてコークス炉ガス(COG)を仮定した。一方、潜熱蓄熱輸送システム(Case 2)では、廃熱源として熱間圧延工場内の加熱炉廃熱を想定し、廃熱温度 400 °C、輸送先熱媒油供給温度 250 °C、室温 25°C、コンテナ重量 24t (PCM17.5t、熱媒油 2.5t)、輸送距離 10km と仮定した。エンタルピー、エクセルギーは以下の式で計算した。

(A) 物質のエンタルピー

$$H = mC_p(T - T_0)$$

(B) PCM のエンタルピー

$$H_{PCM} = m_{PCM}C_{p,PCM,L}(T - T_m) + m_{PCM}Q_L + m_{PCM}C_{p,PCM,S}(T_m - T_0)$$

(C) 物質の熱エクセルギー

$$\varepsilon = mC_p \left\{ T - T_0 - T_0 \ln \left(\frac{T}{T_0} \right) \right\}$$

(m; 質量、C_p; 比熱、T; 温度、T₀; 環境温度、T_m; 融点、Q_L; 潜熱)

Table 1 は化石燃料、電力のエンタルピーとエクセルギー及び、二酸化炭素排出量換算係数¹⁾を示す。

4. 結果と考察 高温 PCM 候補の熱物性調査の結果、水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの共晶組成であ

る 82.1wt%NaOH-17.9%Na₂CO₃ は相変化温度が適当 (融点/凝固点; 285 ± 1°C) かつ過冷却も無く、潜熱量 (潜熱量; 252kJ/kg) も十分高い値を示した。さらに、Fig. 2 は熱媒油との化学的安定性を調査した結果を示す。500h 熔融状態を保った後も熱物性値にほとんど変化がなく、両者は化学的に安定であった。よって、82.1 wt%NaOH-17.9wt%Na₂CO₃ は本システムに適用可能かつ最適な PCM であることがわかった。Fig. 3 はシステム解析の結果を示す。Case 2 では熱物性調査の結果を鑑みて、PCM として 82.1 wt%NaOH-17.9wt%Na₂CO₃ を仮定した。その結果、Case 1 (化石燃料燃焼型) と比較して、投入エネルギー量、エクセルギー損失量及び二酸化炭素排出量はそれぞれ 91.4%、62.5%、80.3%削減可能であった。

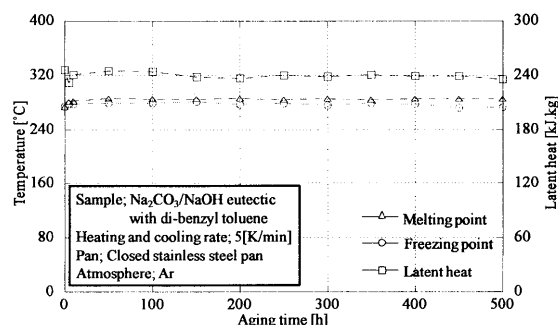


Fig. 3 Changes in melting point, freezing point and latent heat during aging.

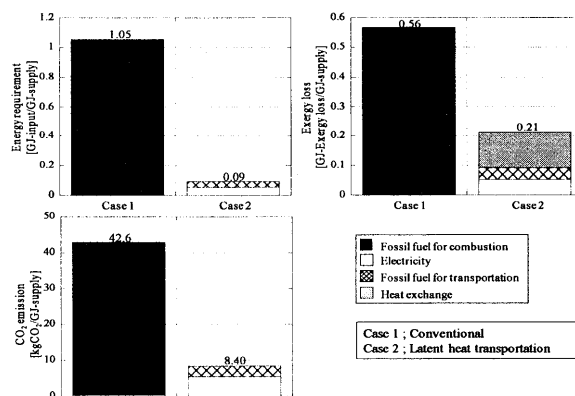


Fig. 4 Energy requirement, exergy loss and CO₂ emission for different cases.

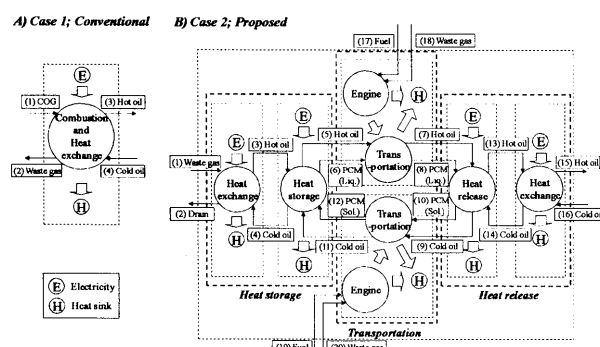


Fig. 2 A) Process system diagram of the conventional and proposed systems.

Table 1. Enthalpy, exergy and conversion factor of the CO₂ emission of fossil fuel and electricity

	Enthalpy	Exergy	Conversion factor
Diesel oil	38.2MJ/L	37.7MJ/L*	0.0686kg-CO ₂ /MJ
COG**	21.1MJ/Nm ³	19.8MJ/Nm ³ *	0.0403kg-CO ₂ /MJ
Electricity	-	-	0.378kg-CO ₂ /kWh

*Calculated by Rant's equation

**Coke Oven Gas (H₂/N₂/CH₄/CO/CO₂)

4. 結言 1) 82.1 wt%NaOH-17.9wt%Na₂CO₃ (融点 286°C、潜熱量 252kJ/kg) は潜熱が大きく、熱媒油との化学的安定性に優れ、潜熱蓄熱輸送システムに適用可能な PCM であった。2) 提案システムは既存の化石燃料燃焼型システムに比べ、投入エネルギー量、エクセルギー損失量及び二酸化炭素排出量はそれぞれ 91.4%、62.5%、80.3%削減可能であった。

参考文献

1) A. Kaizawa et al., "Technical feasibility of waste heat transportation system using phase change material from industry to city", ISIJ Int. 2008; 4; 540-548.