

## SICORP 日本－中国 (MOST)

### 「エネルギー利用の高効率化」領域

#### 事後評価結果

#### 1. 共同研究課題名

「鉄鋼業における中低温廃熱の高効率回収・利用に関する研究開発」

#### 2. 日本－相手国 研究代表者名 (研究機関名・職名は研究期間終了時点):

|          |                                    |
|----------|------------------------------------|
| 日本側研究代表者 | 坂上 英一 (株式会社 東芝・主幹)                 |
| 中国側研究代表者 | Guo-Dong Jiang (西安陕鼓动力股份有限公司・技術総監) |

#### 3. 研究実施概要

近年、エネルギー資源節約と地球温暖化への関心が高まっている。製鉄業は産業の中でも多くのエネルギーを必要とし、そのうち中国は世界の 50%の生産量を占めることから、エネルギーの高効率利用は中国のみならず日本にとっても非常に重要な課題である。本プロジェクトは、製鉄所などの排ガスの熱を高効率で回収・再利用する有機ランキンサイクル (ORC) 発電システムを対象とし、省エネルギーと CO<sub>2</sub> 排出低減に貢献することを目指した。日本側は主に適正作動媒体の選定およびその物性調査、それに応じたオーガニックランキンサイクル条件の最適化を担当し、中国側は主に熱回収装置やタービンなどの機器の基礎設計と検証を担当した。

中国製鉄所の廃熱をエネルギー源として回収して発電する有機ランキンサイクル (ORC) システムを設計・提案するため、中低温廃熱を回収するための ORC 媒体について検討した。最近の環境トレンドを重視し、地球温暖化係数が低くかつ不燃の ORC 媒体としてハイドロフルオロオレフィン系の 2 つの媒体 (HFO-1233zd(E) および HFO-1336mzz(Z)) を選択するに至り、これまで不明であった多くの物性値の計測・分析を行った。得られた物性値を基に物性を数式モデル化するため、それらの媒体の状態方程式を新たに提示した。それらの結果を用いてサイクル効率を求めたところ、既存媒体よりも高い効率を得られることを明らかにした。それらの ORC 媒体は製鉄所だけでなく他の廃熱源や地熱など多くの応用分野があることから、本プロジェクトが提案したシステムは、今後幅広い展開が期待できる。また今回選択した媒体は、冷凍サイクルや断熱材などの機能材料にも使われる可能性が高く、本プロジェクトで計測・分析した高精度データは、ORC 以外の他分野のシステム開発や機能材料製造システムの構築への貢献も期待できる。但し、プロセス全体が実証されるには至っていない。

## 4. 事後評価結果

### 4-1 研究の達成状況及び得られた研究成果

(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

中低温廃熱を回収するための ORC 媒体の性能を検討し、ハイドロフルオロオレフィン系の 2 つの媒体 (HFO-1233zd(E) および HFO-1336mzz(Z)) を提案できたことは、製鉄所などの排ガスの熱を高効率で回収・再利用するといった当初の技術目標を達成した成果といえる。今回新たに作製した高温・高圧対応の装置を用い、臨界点付近の高精度な物性データを解析し、選択した媒体の状態方程式(物性の数式モデル)を開発している。それらの測定データと状態方程式をもとに ORC システムを設計し、サイクル効率が既存媒体よりも高い効率を得ることが実証できたことは、一定の成果が得られていると評価できる。

日中共同研究で、中国側が実証試験を担当したことの意義はあるが、中国側製鉄所の発電試験機不具合により当初の目標であった実証には至らなかった。そのため、実証設備の詳細や熱回収効率コスト、操作上の知見が示されなかったことは残念である。なお、日本では、燃結炉廃ガスにおいて 150°C 脱硫、脱硝、脱塵が試みられているが、それが ORC 設置に対してどう影響するかも重要であり、今後の検討が必要と考える。

論文、特許取得、口頭発表については、それぞれの研究チームが成果をあげていると評価される。発表された国際・国内論文について日本側と中国側の共著はなく日本側単著で 3 報に留まっていることは、本共同研究が日中両国の企業が中心となって実施された事情と思われる。一方、特許出願は日本側から 2 件、中国側から 2 件が出願されており、研究成果を事業化に結びつけるための積極的な取組がなされていると評価できる。学会発表においては共同発表 1 件、日本側 12 件の報告を行っている。日本側と中国側双方の出張日は 3 年間でのべ 200 人・日に至るなど、日中間の協力も極めて良好であった。事実、中国側が試作した装置から ORC 媒体がリークするという問題が発生した際には、日中が協力して短時間に解決するに至っている。中国側の事情により当初予定していたプロセス全体の実証ができなかった点はあるものの、それを補う形で実用化を目指した日中共同研究が実施されており、当初の目標に照らして十分な研究成果が得られていると評価される。

### 4-2 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、わが国の科学技術力強化への貢献

今回開発した ORC 媒体は、気候変動枠組条約第 17 回締約国会議 (COP17) 及び京都議定書第 7 回締約国会合 (CMP7) 等の規制媒体に置き代わりうる候補として期待できる。また、ORC 媒体として HFO-1336mzz(Z) を用いた状態方程式は、冷媒物性に

関する標準熱物性データベースであるREFPROP(米国国立標準技術研究所(NIST)発行の熱物性計算ソフトウェア。冷凍空調分野で標準的な熱物性データベースとなっている。)に新規収録され、公開される予定となっている。このことから、本プロジェクトで選定したORC媒体は、冷凍サイクルや断熱材などの機能材料にも使われる可能を秘めている。また、開発された状態方程式が活用されることで、より精度の高いシステム開発や機能材料製造システムの構築に繋がることが期待できる。それらの状況を鑑み、今回得られた研究成果については、さらに日本の技術社会へのインパクトを明示し、その達成状況を常に意識しておく必要があると思われる。