

## 日本伝熱学会特定推進研究課題報告書

*Report of Specific Promotion Researches in Heat Transfer Society of Japan*

特定推進研究企画委員会

花村 克悟 (委員長・東京工業大学)

高田 保之 (九州大学)

*Specific Promotion Research Planning Committee*

*Katsunori Hanamura (Chairperson, Tokyo Inst. Tech.)*

*Yasuyuki TAKATA (Kyushu University)*

### 1. はじめに

特定推進研究企画委員会は 2012 年に日本伝熱学会に設置され、我が国の抱える科学技術的課題への対応や今後の発展に寄与すると考えられる研究開発課題を選定し、課題ごとに研究グループを設置して検討を進めていただいています。現在までに特定推進研究課題として 10 件の課題が選定されています。このたび「次世代鉄鋼材料創製技術の研究」(主査: 高田保之(九州大学), 門出政則(佐賀大学))の課題につきまして最終報告が提出されました。報告書作成に向けて 5 年あまりにわたってご尽力いただきました委員各位に心より敬意を表します。以下にこの課題のエグゼクティブサマリーを記載し、会員の皆様に検討結果の概要をご紹介します。

なお、過去に終了した課題

(<http://www.htsj.or.jp/announcement/1010.html>)

も含め、報告書の詳細につきましては、それぞれの主査までお問い合わせください。

### 2. 「次世代鉄鋼材料創製技術の研究」

HTSJ-FY2017-06

主査 高田保之 (H27.10-H29.9, 九州大学),

門出政則 (H25.10-H27.9, 佐賀大学)

幹事 永井二郎 (福井大学), 芹澤良洋 (日本製鉄)

[takata@mech.kyushu-u.ac.jp](mailto:takata@mech.kyushu-u.ac.jp)

本研究の目的は、金属組成学分野と冷却分野の研究者が相互連携することによって冷却材料の結晶成長を制御し、必要な工業製品を効率的に製造することであり、具体的には、鉄鋼業における材料組織制御技術の抜本的向上により、製品レベルを大きく飛躍させることである。そのためには、高温材料を急速冷却するときの金属組織の変態や

結晶の成長を正確に理解した冷却技術の開発が必要である。

本研究では冷却プロセスに潜む未解決の問題の一つである、高温面の濡れ開始のメカニズムを中心に、多方面からの研究を行った。金属組織・塑性加工分野の研究者との情報交換による技術課題の抽出を行った。金属組織・塑性加工分野の研究者との対話で改めて認識したことは、最終的な金属組織を決定づける冷却速度を支配するものは、高温面における「固液の濡れ」であり、濡れ開始のメカニズムを解明することの重要性である。表面科学・熱科学・金属組織学等を横断する階層複合型熱移動現象の理解と制御のための新しい学理として図 1 に示すような「マルチフィジクス熱制御科学」として位置づけ、重要な研究課題として、①高温面の噴霧/直接(沸騰)冷却時の「濡れ性」に対する表面および各種流体因子の影響、②沸騰現象が内在する階層構造の物理シミュレーション技術の構築を抽出した。

これに対して伝熱研究者側が実施した主な研究内容は、(1)高温面の濡れを決定する因子の特定、(2)濡れ開始時の現象研究、(3)固液界面の冷却を考慮した連成熱伝導解析、である。(1)では、鋼材の表面酸化を制御しながら噴霧冷却試験を実施し、酸化膜(スケール)の厚みと急冷開始点(MHF 点)との関係を調べた。その結果、酸化膜が厚くなると MHF 点が高温化することを定量的に把握し、液体と酸化膜表面が接触した際の固体内熱伝導と表面熱伝達の連成現象として説明することができた。

また、酸化膜の熱拡散率をレーザーフラッシュ法で、比熱を TG-DSC で高い温度範囲まで測定することにより、半無限固体の非定常熱伝導問題の解から計算される液体と酸化層の接触

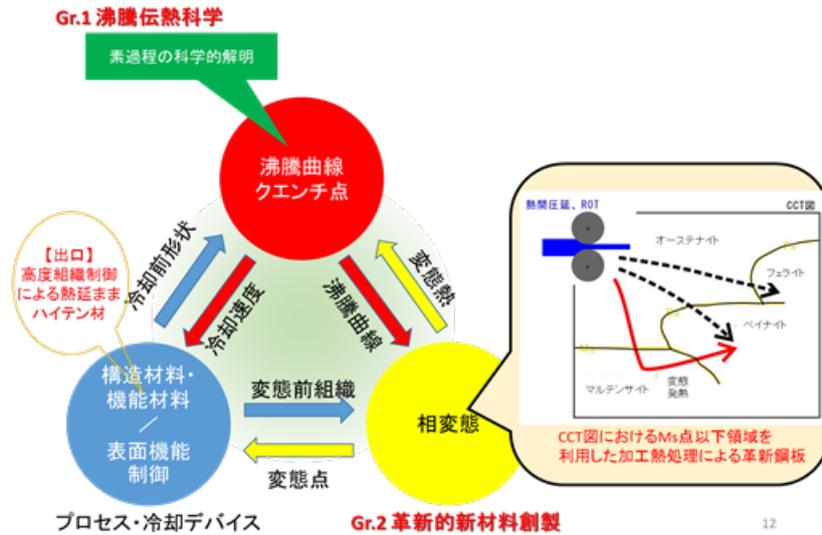


図1 革新的材料創製のためのマルチフィジックス熱制御科学の構築.

時の界面温度が熱力学的過熱限界温度に近い値になるということが明らかになった。

(2)においては、800℃レベルの高温の中空円筒鋼材を回転させながらラミナー冷却実験を実施することで、実際のランナウトテーブルでの冷却に近い状態で、表面温度の計測と濡れ開始現象を観察した。この結果、周期的に冷却水が衝突する場合の鋼材の表面温度の時間変化を初めて計測するとともに、濡れ開始温度に及ぼす冷却水温および流量の影響を把握することができた。

(3)においては、ラミナー冷却に対してPLIC-VOF法とLevel Set法を併用した3次元数値シミュレーションを実施し、実機に近い条件での

熱間圧延後の鋼材の温度履歴を忠実に再現することに成功した。

本特定推進研究で、未解決の問題がすべて解明された訳ではないが、得られた新たな知見は確実に解明への大きな前進であると位置づけることができる。

なお、本特定推進研究のテーマは、2019年度のNEDO先導研究プログラム「熱制御科学による革新的省エネ材料創製プロセスの研究開発」(代表柳本潤(東大))に採択され、現在、研究開発を実施中である。