

鉄鋼製造技術を通して、資源・エネルギー問題に貢献する

Development of new steelmaking technology contributing to the sustainable society

Steel products are made using iron ore as the main raw material. After these products have been used, they are scrapped and once again returned to iron material. In this way, iron, which is a basic material for daily life, can be reused time and time again, varying its form; thus, it is kind to the environment. At the same time, steelmaking process needs a large amount of energy and resources and it exerts a large influence on the environment. Then, it is necessary to reduce the impact on the environment at all stages, from the purchase of raw materials and equipment, manufacturing, technological development, transportation of products, to their use, recycling and disposal. Based on such backgrounds, in our course teaching and research will be undertaken to develop new techniques related to the synthesis of various environmentally adaptable materials, especially metallic materials. Our mission is to develop novel material synthesis processes, which allow us to establish sustainable industries and social systems that utilize the environmentally adaptable-type materials.

連携講座 (新日鐵住金) について

本連携講座は、2003年の環境科学研究科設立と同時に、環境適合材料創製学分野の教育と研究を行うことを目的として開設されました。地球環境学コースに属します。鉄鋼メーカー(千葉県富津市)の技術開発部門内に開設されるという他の講座にはない特徴を有しています (Fig.1)。

この特徴を最大限に活かし、実用を意識した環境技術・プロセス技術の習得に主眼を置いた学生教育と、基礎研究の早期社会還元を使命として取り組んでいます。また、大学と鉄鋼メーカーとの活発な人的交流・研究機器の共同利用を通じて環境に適合した材料・プロセスに関するプロジェクト型共同研究提案を目指しています。

学生は富津市にある会社の独身寮で生活し、日夜、企業の人達と直接触れ合う環境にあります。規則正しい日常を送ることで、心身共に健全な生活とすることを基本に置いています。優れた発想や正しい判断力は健全な精神から生まれ、教育や研究には重要な姿勢であると考えられます。さらに、受け身で研究をせず、常に自分で道を開いていく研究者を目指すことをモットーにしています。

本連携講座では、新日鐵住金に所属する3名の研究者が教員となり、これまで、修士学生22名、社会人博士8名を輩出し、2015年度は修士学生4名(2年生3名、1年生1名)が在籍しています。



Fig.1 Nippon Steel & Sumitomo Metal R&E Center located In Futtsu, Chiba.

連携講座 (新日鐵住金) の主な研究課題

本連携講座では、鉄鋼メーカーで長年培われた技術に基づき、省エネ高効率プロセスやマテリアルの設計・評価技術、環境負荷軽減を実現するための材料設計・プロセス等の研究に取り組んでいます。下記に主な研究を紹介します。

① 焼結過程におけるCaO源の同化挙動に関する研究
現在、鉄鉱石資源の低品位化が加速し、焼結の歩留や生産性の低下が懸念されている。一般的な対応例として、(a) 燃料であるコークス添加量増加、(b) 溶剤となるCaO源増加等が挙げられるが、これらの増加は焼結鉱の品質低下やCO₂排出量増加に繋がる。本研究では、産地の異なる数種石灰石の焼結反応性(同化性)について基礎的な実験、解析を進めている。Fig.2に石灰石とFe₂O₃の同化実験結果を示した。石灰石(LsB,LsD)を各温度でクエンチした後のCa分布から、実験終了時の1100°Cにおける同化状態が大きく異なることが分かる。この要因として石灰石中不純物(脈石)が影響していることを明らかにしている。さらに、脱CO₂も石灰石によっては焼結過程で初期融液が生成した後も進行することを、TG分析や加熱試験のin-situ観察により明らかにした。今後はCaO源の最適使用法提言に繋げていきたい。

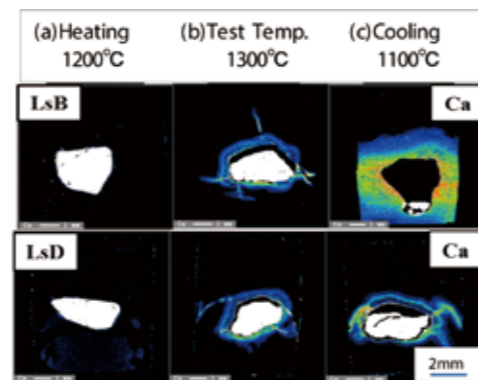


Fig.2 Ca element distribution after assimilation test by EPMA analysis.



客員教授 佐藤 有一 Professor Yuichi Sato
客員教授 岡崎 潤 Professor Jun Okazaki
客員教授 楠 一彦 Professor Kazuhiko Kusunoki

② SiC 単結晶成長における溶液ドリフトと結晶形態

SiC 溶液成長法は高品質結晶を得る手法として注目されている。しかし、オフ基板上的成長では、ステップのパンチング(東化)や蛇行を起こし、マクロ欠陥を生じやすい問題がある。そこで、本研究では成長表面形態の改善を目的として、特に溶液流動に注目した研究を行った。実験では、ステップに対して平行な溶液流れを付与する新しい流動様式を提案し、溶液流動が結晶形態に及ぼす影響を調べた。その結果、従来の流動様式と比較して、ステップの蛇行が抑えられること、平均二乗粗さ(RMS)が小さくなることが分かった (Fig.3)。これら結晶表面形態の安定化効果は、ステップ平行流れによって成長界面における溶質濃度分布が均一化したためと考えられる。また、本流動様式において長時間成長を行い、これまで報告されていない厚いオフ結晶(380 μm厚)の育成に成功した。本研究成果は、流動条件の最適化によりオフ基板上へのSiCバルク結晶成長が可能であることを示している。

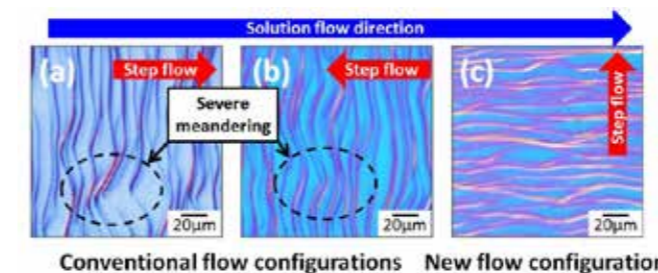


Fig.3 Nomarski images of grown crystal surface in (a) parallel flow, (b) anti-parallel flow and (c) step parallel flow.

③ 単ロール PFC 法でのロール材質の薄帯形成機構に及ぼす影響

本法で得られる薄帯の表面性状改善を目的に、ロール材質の薄帯形成に及ぼす影響を調査した。実験に用いたロールの材質は、Cu-Cr、Cu-Be、Fe、ジュラルミン、Agメッキ Cu-Crの5種類とした。はじめに、得られる薄帯の板厚について調べたところ、Fig4に示した通りの結果となった。つまり、ロール材質の熱伝導率が高いほど、薄帯板厚が厚くなるのがわかった。次に、薄帯のロール面側の表面性状を調べた結果、Feロールの場合が最も性状良好で、エアポケットと呼ばれる空気を巻込むことで形成される窪み状の欠陥がほぼ皆無であることがわかった。铸造時の溶融合金の挙動を観察することで溶融合金とロール間の伝熱抵抗の程度を評価できるが、Feロールで最も伝熱抵抗が低く、このエアポケットが皆無であったことが伝熱抵抗を低下させた理由であると考えられる。今後は、このFeロールの薄帯表面性状への改善効果を活かしつつ、厚い薄帯の製造を可能とするロール材質について追及する予定である。

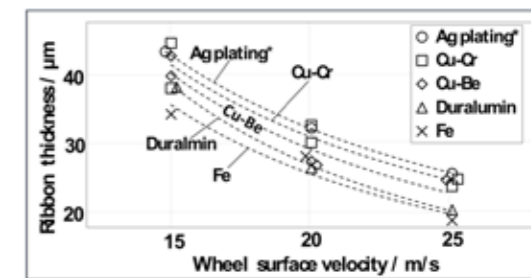


Fig.4 Relationship between surface velocity and ribbon thickness.

「プロセスエネルギー評価学」集中講義

2015年度も例年通り11月に、本連携講座の特徴を活かして、連携講座教授陣に加え学外から専門技術者を非常勤講師として招聘し、集中講義を実施した。この講義では、産業の第一線で活躍している技術者からの生の声を学生に伝えることができると共に、その内容は以下に示すように法令からリサイクルまで多岐にわたり、鉄鋼製造プロセスを主としたエネルギー・環境の現状と実践的取り組みについて理解を深めてもらえたと考える。具体的な講義題目は下記の通りである。

- ・鉄鋼製造プロセスの概要と環境との関わり(導入)
- ・鉄鋼業における資源利用技術
- ・鉄鋼業における環境関連分析技術
- ・廃棄物と廃棄物リサイクル-法律・制度面からの解釈
- ・製鉄プロセスを活用したリサイクル技術
- ・鉄鉱石・石炭資源の現状と今後
- ・金属系エコマテリアルと製造プロセス技術
- ・鉄鋼業における公害防止技術(水質)
- ・先進半導体の機能と製造技術

業績

学協会発表実績(2015年1~12月)

- ① 国内学協会
 - ・日本鉄鋼協会 第169回春季講演大会 「焼結過程におけるCaO源の同化挙動」(船田千城) 学生ポスターセッション 優秀賞受賞
 - ・日本鉄鋼協会第170回秋季講演大会 「石灰石の同化性に及ぼす脈石の影響」(船田千城)
 - ・応用物理学会 第62回応用物理学会春季学術講演会 「SiC単結晶成長における溶液ドリフトと結晶形態」(加藤貴士)
 - ・応用物理学会 先進パワー半導体分科会第2回講演会 「4H-SiCオフ基板での溶液成長における溶液流動の影響と結晶形態」(加藤貴士)
 - ・日本金属学会 H27年秋期講演大会 「単ロールPFC法におけるロール材質の薄帯形成に及ぼす影響」(野戸大河)

- ② 国際会議
 - ・Association for Iron & Steel Technology 2015 「Assimilation behavior of CaO source in the sintering process」(船田千城)
 - ・ISMANAM2015 (International Symposium on Metastable, Amorphous and Nanostructured Materials) 「Effect of wheel material on amorphous ribbon formation in Planar Flow Casting」(野戸大河)
 - ・ICSCRM2015 (International Conference on Silicon Carbide and Related Materials) 「Effect of solution drift on crystalline morphology in the solution growth of off-axis 4H-SiC crystals」(加藤貴士)