

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の設立と同時に、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。4コースマテ群に属します。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、規則正しい日常を送ることで、心身共に健全な生活を基本に置いています。教育のスタンスとして、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おります。

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20名、社会人博士8名を輩出し、2014年度は博士課程前期5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蓄積技術に基づき、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。

①SiC単結晶の溶融成長におけるステップバンチングの制御

Si面上に成長したSiC単結晶では、ステップの蛇行が形成された。結晶表面のステップ高さやテラス幅からSi面上の結晶表面は、ステップエッジでの拡散エネルギー障壁(Ehrlich-Schwoebel (ES) barrier)が高く、Bales-Zangwill(BZ)不安定が起こりやすい傾向が生じていることがわかった。

C面上に成長したSiC単結晶では、ステップバンチングが進行していることから、ES-barrierが低いことが示された。温度勾配を上げるほど、Si面上に成長した結晶では表面形態が安定化したのに対して、C面上に成長した結晶は表面形態の不安定となり、結晶極性によって温度勾配の影響が異なるという新たな知見が得られた。さらに、従来の多くの知見ではC面を結晶成長に使用した方が望ましいとされていたが、本研究のAFM観察より得られたRmsの結果より、C面上に成長した結晶よりSi面に成長した結晶の方が、表面荒れが抑えられるということが示され、Si面を利用した結晶成長の可能性を示した。

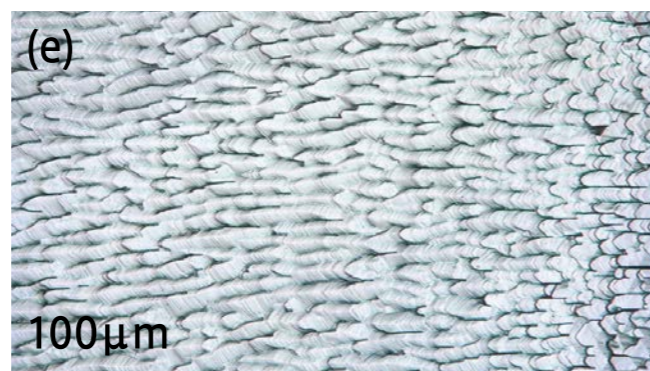


Fig.2 4^{off}-axis 4H-SiC(0001)Si-face Surface image



客員教授
佐藤 有一
Invited Professor
Yuuiti Sato

客員教授
岡崎 潤
Invited Professor
Jun Okazaki

客員教授
亀井 一人
Invited Professor
Kazuhito Kamei

②単ロールPFC法における薄帯ロール面の形成機構に関する研究

単ロールPFC法はアモルファス合金薄帯のための製造プロセスで、工業的にもプロパー化されているが、更なるプロセスの改善が求められている。本研究では薄帯ロール面性状改善(特に、エアポケットの形成抑制)を目的に、このロール面形成機構の解明に挑戦した。その結果、新たなエアポケットの形成機構を明らかにして、従来のロール面形成機構を覆す機構を構築するに至った。つまり、凝固開始点はパドル(ノズルと冷却ロール間にできる湯だまり)の下流側にシフトしており、薄帯ロール面はこの凝固開始点に至るまでの未凝固領域で起こる現象に支配されるという機構である。さらに、この未凝固領域で起こる最たる現象は、冷却ロール回転で巻き込まれた空気の影響により形成されるエアポケットで、ロール面性状改善のためにはこのエアポケット形成を抑制すれば良いことを示し、ロール面改善のための各種プロセスパラメータの最適化指針を提示することができた。

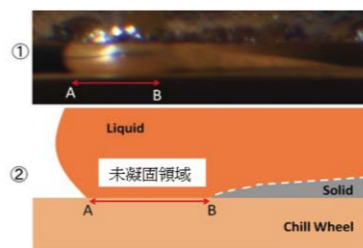


Fig.3. New model of ribbon surface formation

「プロセスエネルギー評価学」集中講義

2014年度も例年通り10月~11月にかけて、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・環境の現状と取り組みに関する実践的理解を深めることができたと自負しています。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
- 鉄鉱石・石炭資源の現状と今後
- 鉄鋼業における資源利用技術
- 廃棄物と廃棄物リサイクルー法律・制度面からの解釈
- 鉄鋼業における公害防止技術(水質)
- 鉄鋼業における環境関連分析技術
- 金属系エコマテリアルと製造プロセス技術
- 製鉄プロセスを活用したリサイクル技術
- 先進半導体の機能と製造技術

「環境材料評価学特論」集中講義

2年に一度開催される博士課程の学生を対象とした講義で、2014年度は当連携講座が担当させてもらった。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とし、各種環境材料として具備すべき特性や、環境材料の評価解析技術、更には環境材料開発に駆使しているシミュレーション技術について講義した。具体的な講義題目は下記の通りである。

- 洋上風力製造プロセスの概要と環境との関わり
- ワイドギャップ半導体材料とグリーン・テクノロジー
- 化石エネルギーによる発電技術と環境問題
- 鉄鋼材料評価における最先端解析技術
- 鉄鋼業における環境関連分析技術
- 計算材料学と環境材料設計
- 計算化学を活用した環境問題への取り組み

業績

学協会発表実績(2014年1~12月)

①国内学協会

- 応用物理学会 第61回春季講演会「オフ基盤上での4H-SiC溶融成長におけるステップバンチングと結晶極性」(遠藤奨太)
- 日本金属学会 第155回秋季講演大会「単ロールPFC法におけるロール表面速度の薄帯ロール面性状に及ぼす影響」(佐々木良)
- 応用物理学会先進パワー半導体分科会研究会 「オフ基盤上での4H-SiC溶融成長におけるステップバンチングと温度勾配の関係性」(遠藤奨太)

②国際会議

- ECSCRM2014(European Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2014) 「Effects of crystalline polarity and temperature gradient on step bunching behaviour of off-axis 4H-SiC solution growth」(遠藤奨太)
- 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit 「Influence of wheel surface velocity on wheel side surface quality of amorphous ribbon in Planar Flow Casting」(佐々木良)