

## 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



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

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、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持っています(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を主眼とした学生教育と、基礎研究の早期社会還元を使命として取り組んできています。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。

現在、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14名、社会人博士8名を輩出し、2012年度は博士課程前期6名、博士課程後期1名が在籍しています。

### 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・評価技術等の研究に取り組んでいます。

#### ①マグネタイト鉱石の被酸化性に関する基礎研究

鉄鋼産業から排出されるCO<sub>2</sub>は製鉄工程からの排出量が約75%と大きな割合を占めています。その内訳は高炉が約60%、焼結が約20%弱です。焼結工程におけるCO<sub>2</sub>の発生源は燃料

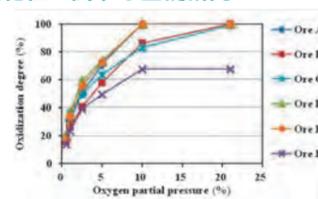


Fig. 2 Effect of O<sub>2</sub> concentration on oxidation of magnetite ores (1200°C, Air)

であるコークスです。本研究はコークスの代替として、マグネタイト鉱石の酸化熱利用に着目しました。現在までにマグネタイト鉱石の被酸化性に及ぼす影響因子を解明し、速度論的な解析を進めながら酸化メカニズムについて検討を進めています。

#### ②高Crフェライト系耐熱鋼の窒化物による析出強化

日本の二酸化炭素排出量の1/3は発電部門で発生します。これを抑制する効果が最も高いと期待されるものが火力発電プラントで多用されるフェライト系耐熱鋼の高温耐久性(クリープ特性)向上です。鉄鋼材料の高温クリープ強度は主に析出強化で達成されていると考えられています。そこで、固相窒化法を用いて、Fig.3に示すような、安定な窒化物を均一分散させ、析出強化した材料について、クリープ強化機構に関する詳細な研究を進めています。

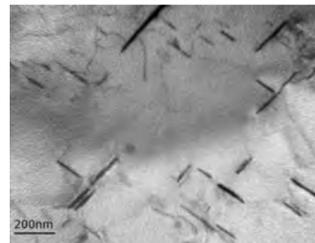


Fig. 3. Precipitated vanadium nitrides with needle shape in solid state nitrided ferritic creep resistant steel expecting the high creep deformation resistance.

#### ③高Crフェライト系耐熱鋼における析出強化機構

高温では材料の変形は均一に起こることは無く、特に粒界近傍で局所的に変形量が異なります。Fig.4はこれを直接捉えた結晶方位マップで、A-B間とC-D間の方位差は、本来一致するはずですが、C-D間の方が小さく、粒界近傍での局所変形の結果である考えられます。現在、局所変形を防止する最も有効な析出物と、

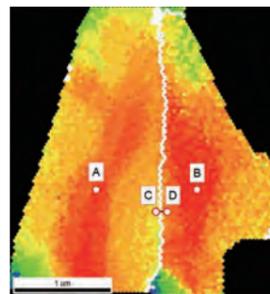


Fig. 4. Local grain mis-orientation distribution in ferritic creep resistant steel. Mis-orientations between A-B and C-D vary depending on the positions in crystal.



客員教授  
佐藤 有一  
Invited Professor  
Yuuiti Sato



客員教授  
長谷川 泰士  
Invited Professor  
Yasushi Hasegawa



客員教授  
岡崎 潤  
Invited Professor  
Jun Okazaki



客員教授  
亀井 一人  
Invited Professor  
Kazuhito Kamei

その効果について研究を進めています。

#### ④その他の研究課題

その他にも以下の研究課題に取り組んできており、本講座での研究成果は国内外の学会などの場で発信してきています。

- ・SiC単結晶の溶液成長におけるステップバンチングの制御
- ・単ロールPFC法におけるプロセスパラメータの薄帯形成に及ぼす影響

### 「プロセスエネルギー評価学」集中講義

2013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ました。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ともに、その内容は以下の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思っています。

- ・鉄鋼製造プロセスの概要と環境との関わり
- ・廃棄物と廃棄物リサイクルー法律・制度面からの解釈
- ・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
- ・製鉄プロセスを活用したリサイクル技術
- ・鉄鋼業における環境関連分析技術
- ・鉄鋼業における公害防止技術(水質)
- ・高温材料とエネルギー問題
- ・金属系エコマテリアルと製造プロセス技術
- ・先進半導体の機能と製造技術

### 業績

#### 学協会発表実績(2013年1～12月)

##### ①国内学協会

- ・日本鉄鋼協会 第166回秋季講演大会「マグネタイト鉱石の酸化性に関する評価」(市橋佑馬)
- ・日本鉄鋼協会 第165回春季講演大会「クリープ変形したフェライト系耐熱鋼溶接継手の組織変化挙動とHAZ軟化に関する一考察」(長谷川泰士)
- ・SiC及び関連半導体研究 第22回講演会「SiC溶液成長における長時間安定成長技術」(亀井一人)
- ・「凹界面成長手法を用いた溶液法4H-SiCにおける表面モフォロジー評価」(亀井一人)
- ・日本材料学会 高温強度シンポジウム「スモールパンチ試験法によるGr.92鋼溶接継手の局所クリープ特性評価」(長谷川泰士)

##### ②国際会議

- ・The 9<sup>th</sup> China Steel Conference (CSM Biennial Conference)  
「Basic Research of the Oxidizing Quality of a Magnetite ore」(市橋佑馬)
- ・7<sup>th</sup> International Conference on Advances in Materials Technology for Fossil Power Plants  
「Misorientation Change Caused by the Precipitation Strengthening through Several MX Type Precipitates in High Cr Ferritic Creep Resistant Steels」(山形遼介)
- ・7<sup>th</sup> International Conference on Advances in Materials Technology for Fossil Power Plants  
「Precipitation Strengthening by the Nitride in High Cr Containing Ferritic Creep Resistant Steels」(篠崎一平)
- ・7<sup>th</sup> International Conference on Advances in Materials Technology for Fossil Power Plants  
「The New Precipitation Strengthening Model of W Containing Advanced High Cr Ferritic Creep Resistant Steels」(長谷川泰士)
- ・International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2013.  
「Top-seeded solution growth of 4H-SiC bulk crystal using metal solvents」(亀井一人)
- ・International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2013.  
「N-type doping of 4H-SiC by the top-seeded solution growth technique」(亀井一人)
- ・International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2013.  
「Surface shape-controlled solution growth of 4H-SiC bulk crystal」(亀井一人)
- ・International Seminar on P91 and P92 in London  
「Metallurgical Type IV damage decisive factor and its microstructure modeling」(長谷川泰士)

##### 論文

- ・「High-Speed Growth of 4H-SiC Single Crystal Using Si-Cr Based Melt」Materials Science Forum, Vol.740-742 (2013) 73-76 (亀井一人)
- ・「Growth of Large Diameter 4H-SiC by TSSG Technique」Materials Science Forum, Vol.740-742 (2013) 65-68 (亀井一人)
- ・「Comparative studies on total energetics of nonequivalent hexagonal polytypes for group IV semiconductors and group III nitrides」J. of Materials Research, Vol.28 (2013), 7-16 (亀井一人)
- ・「Observation of melt puddle behavior in planar flow casting in air」J. of Alloys and Compounds, Vol.586, 15 (2013) 150 (清野龍、佐藤有一)