

日本鉱物科学会応用鉱物科学賞

平成24年度日本鉱物科学会応用鉱物科学賞第6回受賞者

木村 正雄 (非会員)

(新日鐵住金(株) 先端技術研究所 解析科学研究所)
(現: 高エネルギー加速器研究機構、物質構造科学研究所)

受賞題目:「鉱物構造の動的変化過程の観察技術の開発と鉄鋼関連材料製造プロセスへの展開」



日本の経済発展を持続しさらに新しい領域に進展させるため、社会基盤材料である鉄鋼関連材料には、強度・加工性・耐食性・機能性など現状の実現レベルを大幅に改善する高度な要求が課されている。これらの目標を達成するためには、新素材の開発など注目度の高い新素材の開発研究に加えて、素材製造現場で機能

する製造プロセスを最適化していく必要がある。特に今般、製造プロセスに必要な資源(鉄鉱石、石炭、添加元素として用いる鉱物資源)およびエネルギーが劣質化・枯渇化・高騰という非常に厳しい環境にあることを鑑みると、次世代の鉄鋼関連材料の製造プロセスの再構築は、限られた天然資源を最大限有効活用して、社会基盤インフラに必須の鉄鋼材料を供給するという社会的使命を果たすためのキープポイントであると考えられる。

鉄鋼関連材料が製造されるプロセス環境は、広い温度域(-50℃~1500℃)および各種ガス雰囲気など多岐にわたる。このような多様なプロセス環境で実現される素材および材料の構造変化を正しく理解し制御することが、上記の課題解決には肝要である。しかし原料となる鉄鉱石はもちろん、高温プロセスや腐食環境で生じる生成物および多様な種類の複雑酸化物の変化等を、実プロセス環境下で、「その場&動的観察」する試みは、その方法や解析の開発の問題により、それほど多くはなかった。木村氏は、鉄鋼関連材料の製造プロセスを新たな次元に進化させるためには、鉄鋼製造にかかわる多様かつ複雑な酸化物鉱物の構造変化を動的に追尾し、その反応メカニズムを理解することが不可欠であるという信念のもと、最先端の放射光技術を活用して、反応のキープとなる鉱物の原子構造単位の変化を“その場&動的観察”する、オリジナルな観察法の研究開発に成功した。さらに木村氏は、独自に開発した方法論によって得られた知見を特許・学会・論文等で広く公表することにより、放射光源を用いた鉱物構造の動的変化過程の追従が、鉄鋼をはじめ本邦の社会基盤材料の製造現場に有用な情報を与えることができたことを発信してきた(参考資料の論文リスト、特許リスト、参照)。

その代表的なものを以下にあげる。

(1) 高耐候性鋼の研究開発:

めっきや塗装等の表面処理を施すことなく、屋外にて100年以上メンテナンスフリーで使用可能な鋼材(Ni-Cr-X系)の開発を行った。具体的には、湿潤の繰り返し環境サイクルの中で“金属/液体界面での反応に伴うゲーサイト、レピドクロサイトおよびアカガネアイトなどの鉱物相の生成をその場観察する手法”の開発を行い、大気腐食反応メカニズムをナノレベルで解明している。さらに、着実な実験的研究成果に基づき、「FeO₆八面体ネットワークの制御による耐食性の制御(さびをもつてさびを制す)」という新しい原理を提唱し(日本金属学会 論文賞(物性部門) 2003)、環境負荷を低減しつつ耐食性を向上させる新技術を実現化した功績は注目に値する。

(2) 資源の劣質化に対応した製鉄プロセスの開発:

1500℃まで昇温可能な高温反応セルと二次元検出器からなる新たなX線回折装置を考案、さらにレーザー顕微鏡と組み合わせる独創的なアプローチにより、“液相焼結反応に伴う構造と組織の両方の変化を秒単位でその場&動的観察する観察技術”の研究開発を行った。そして、CaO-Fe₂O₃-Al₂O₃-SiO₂系の高温酸化物融体から多元系カルシウムフェライトが生成するメカニズムを鉱物学的視点から解明し、実プロセスに反映するための「CCT(continuous

cooling transformation)焼結法」を提案している。この技術開発によって、今後劣質化することが明らかである鉄鉱石鉱物資源を積極的に活用するための制御指針を示すことに成功した。

(3) ペロブスカイト酸化物系(Pd/Sr-Fe-O)の排ガス浄化触媒の開発:

排ガス浄化用の三元触媒(酸化還元触媒)に必須とされている担持貴金属(Pd, Pt および Rh)の量を70%以上削減して同等の特性を有する触媒の開発を行った。本技術は、粒子界面構造を制御した複合酸化物(ペロブスカイト型 SrFeO_{3-x}+層状ペロブスカイト型 Sr₄Fe₆O_{13-x}+マグネトプランバイト型 SrFe₂O_{10-x})を貴金属の担体酸化物として用いることにより、貴金属量の大幅削減に成功したものである。この新技術は、木村氏が高エネルギー加速器研究機構(KEK)・放射光実験施設(PF)と共同開発した、“高温でガス雰囲気短時間で変化する redox サイクルの中で、酸化物の酸素欠陥と置換貴金属元素の価数揺動変化を数10msの時間分解能でその場観察する方法論”を駆使して、「ペロブスカイト型複合酸化物中の酸素の出入りとPdクラスターの生成が自発的かつ同期しながら進行する」という反応プロセスの解明に成功したことによって実現できたといっても過言ではない。

(4) Y系酸化物超伝導体の研究開発:

同化合物のペロブスカイト型構造という特徴を活かして、部分融体からの急冷と結晶成長核からの結晶成長熟処理を組み合わせた新たなバルク材料作製プロセス(QMG[®]: Quench & Melt Growth)の開発に携わった。QMG法の開発には、cmオーダーの材料を構成するペロブスカイト相がどのような方位関係で分布しているかを非破壊・迅速・高精度で評価することが必要であり、木村氏は、微小X線を用いた“結晶方位マッピング法”と集合組織測定による定量法を組み合わせた手法の開発に成功している。

このように、木村氏は、複雑酸化物鉱物の構造変化を様々な実プロセス環境下で「その場&動的観察」する技術の開発を積極的に行い、鉱物学的研究アプローチが最先端の材料/プロセス開発に大きな力を発揮することを証明しており、応用鉱物学分野において顕著な業績を上げている。加えて、四半世紀以上にわたり、KEK/PF, SPring-8 および NSLS などの内外の放射光施設を用いた研究に取り組み成果をあげてきたことは、近年の民間企業の放射光の積極利用の機運に少なからず貢献していることも評価できる。木村氏は、熊本大学・吉朝グループ、NIMS・田中グループ、東北大学・早稲田グループをはじめ、様々な分野の研究者と共同で、鉱物学的な研究視点を基盤に独創的な研究成果を着実にあげており、今後のさらなる発展も期待できる。

以上の業績により、木村正雄氏を平成24年度日本鉱物科学会応用鉱物科学賞の候補者として推薦いたします。

木村 正雄氏の略歴:

昭和60年 3月 京都大学工学部工業化学科卒業

昭和62年 3月 京都大学工学研究科工業化学科専攻修士課程修了

昭和62年 4月 新日本製鐵(株)入社技術開発本部第一技術研究所 勤務

平成 5年 3月 博士(工学) (京都大学工業化学科専攻)

平成 5年 6月 米国ノースウエスタン大学客員研究員

(平成7年まで)

平成 7年 6月 技術開発本部先端技術研究所 勤務

平成 8年 京都大学原子エネルギー研究所非常勤講師(1年間)

平成13年 文部科学省物質・材料研究機構客員研究官(1年間)

平成17年 東京工業大学応用セラミックス研究所非常勤講師 (1年間)

平成19年 //

平成24年10月 新日本製鐵(株)と住友金属(株)が合併して新日鐵住金(株)同社 技術開発本部 先端技術研究所 上席主幹研究員

平成25年4月 高エネルギー加速器研究機構、物質構造科学研究所 客員教授

平成25年10月 高エネルギー加速器研究機構、物質構造科学研究所 教授

現在に至る

木村 正雄氏の主な業績：

主要論文：

1. M. Kimura, M. Tanaka, H. Horiuchi, M. Morita, M. Matsuo, H. Morikawa, and K. Sawano: A New Domain Structure in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ Prepared by the Quench and Melt Growth (QMG) Process *Physica C*, 174 (1991) 263-272.
2. M. Kimura, H. Kihira, N. Ohta, M. Hashimoto, and T. Senuma: Control of $\text{Fe}(\text{O},\text{OH})_6$ nano-network structures of rust for high atmospheric-corrosion resistance *Corros. Sci.*, 47 (2005) 2477-2491.
3. M. Saito, S. Suzuki, M. Kimura, T. Suzuki, H. Kihira, and Y. Waseda: Quantitative characterization of the atomic-scale structure of oxyhydroxides in rusts formed on steel surfaces *Materials Characterization*, 55 (2005) 288-297.
4. M. Kimura, N. Ohta, and H. Kihira: State of Chlorides in Rusts Formed on 3 mass% Ni-added Weathering Steel *ECS Transactions*, 16 (2009) 63-69.
5. M. Kaneko, M. Kimura, and K. Tokuno: Effects of titanium carbide (TiC) and anodizing voltages on discoloration resistance of colored-titanium sheets *Corr. Sci.*, 52 (2010) 1889-1896.
6. H. Kihira and M. Kimura: Advancements of Weathering Steel Technologies in Japan *Corrosion (NACE International)*, 67 (2010) 09500201-09500213.
7. Y. Uemura, Y. Inada, M. Kimura, K. Bando, A. Yagishita, Y. Iwasawa, and M. Nomura: Time resolved In situ QXAFS and DXAFS studies on the formation and oxidation mechanism of Palladium-Zinc Nanoparticles *J Chemi*, 52 (2010) 1889-1896.
8. M. Kimura, Y. Niwa, K. Uemura, T. Nagai, Y. Inada, M. Nomura: In situ and simultaneous observation of Palladium Redox and Oxygen Storage/Release in Pd/Sr-Fe-O Perovskite Catalysts using Dispersive XAFS *Materials Transactions*, 54 (2013) 246-254.
9. M. Kimura, and R. Muraio: In situ and real-time observation of calcium-ferrites formation in the $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$ system using quick X-ray diffraction and confocal laser microscope and first "continuous cooling transformation (CCT)" concept for sintering *ISIJ International*, (2013) submitted.

著書

1. M. Kimura, T. Mizoguchi, H. Kihira, and M. Kaneko: Various scale Analyses to Create Functioning Corrosion Products Chap.11(p.245-272.), in *Characterization of Corrosion Products on Steel Surfaces*, edited by Y. Waseda and S. Suzuki (Springer, 2006).

主要出願特許：

1. 木村正雄, 高山透, 酸化物原料の評価方法、酸化物原料および製造方法, 特願2011-193653, (2011).
2. 木村正雄, 金子道郎, 徳野清則, 可視光応答性を有し、光触媒活性に優れた酸化チタン系材料, 特願2010-266891, (2010).
3. 田中智仁, 田中幸基, 木村正雄, 莊司浩雅, 小倉豊史, 酸化物の構造評価方法, 特願2010-168227, (2010).
4. K. Uemura, T. Nagai, M. Kimura, and W. Ito, Catalyst carrier for exhaust gas purification, process for production thereof, exhaust gas purification catalyst, and honeycomb catalyst structure for exhaust gas purification, WO Patent 2,010,103,669, (2010).
5. 木村正雄, 高山透, 焼結鋳解析方法, 特願2009-287691, (2009).
6. 上村賢一, 木村正雄, 伊藤渉, 山田紀子, 片山真吾, 粒子状物質燃焼触媒及びディーゼル・パーティキュレート・フィルター, 特願2009-208319, (2009).
7. 木村正雄, 金子道郎, チタンの大気環境中における耐変色性の評価方法, 特願2009-198281, (2009).
8. 上村賢一, 永井徹, 木村正雄, 伊藤渉, 山田紀子, 片山真吾, 排ガス浄化用触媒担体、排ガス浄化触媒、及び排ガス浄化触媒ハニカム構造体, 特願2009-143517, (2009).
9. 上村賢一, 永井徹, 木村正雄, 伊藤渉, 片山真吾, ディーゼル排ガス酸化触媒及びディーゼル排ガス酸化触媒ハニカム構造体, 特願2009-140695, (2009).
10. 木村正雄 紀平寛, 耐候性鋼の耐候性評価方法, 特願2009-008817, (2009).