鉄鋼環境研究における社会鉄鋼工学部会の貢献

原 茂太¹⁾・足立 芳寛²⁾・友田 陽^{3)*}・中村 崇⁴⁾・雀部 實⁵⁾・
長坂 徹也⁶⁾・山本 高郁⁷⁾・醍醐 市朗⁸⁾・中島 謙一⁹⁾

Contribution of the ISIJ Social Engineering Division to Environmental Issues in Steel Research

Shigeta HARA, Yoshihiro ADACHI, Yo TOMOTA, Takashi NAKAMURA, Minoru SASABE,
Tetsuya NAGASAKA, Takaiku YAMAMOTO, Ichiro DAIGO and Kenichi NAKAJIMA

Synopsis : Various activities performed by the ISIJ social engineering division from 1995 to present is briefly summarized focusing on its contribution to environmental researches in steel science and engineering. Totally 10 forums including the young scientist forum and 8 research-projects in this division made extremely fruitful works. From 2010, this division has merged with another tentative division, "Environment and Energy division" to start a new division named "environmental, energy and social engineering, where environmental issues have been discussed more extensively.

Key words: environment; recycle; iron and steel; energy; material flow; social engineering.

1. はじめに

近年、環境問題は局所的な汚染に留まらず、地球温暖化、オゾン層破壊、生物多様性への影響、有害物質を含む廃棄物の越境移動など、地球規模的な問題として、日本国内を含めて国際社会において議論が行われている。日本の鉄鋼業においては、環境問題の改善に向けた技術的・社会的貢献に加えて日本鉄鋼協会の活動等を通じて、学術的な貢献がなされてきた。このような社会的背景と鉄鋼分野への学術的な期待の高まりを受けて、日本鉄鋼協会はその組織、運営方法等を抜本的に見直し、1995年4月に、学会部門の強化、新設を伴う再編成を行った^{1,2)}。その時に学会部門に設置された5つの部会のひとつが社会鉄鋼工学部会であった(他は高温プロセス部会、計測・制御・システム部会、創形創質工学部会と材料の組織と特性部会であり、後に評価・分析・解析部会が設置された)。社会鉄鋼工学部会の発足にあたって、活動方針として、『過去・現在・未来を通して、「鉄鋼産業」あるいは「金属素形材産業」と「社会」との関わりを重視する視点から、鉄鋼グローバルエコ

ロジー、鉄鋼開発経済、鉄鋼社会動態、鉄鋼資源循環システム、鉄鋼産業リソース、鉄鋼関連工学、鉄鋼法工学の対象領域および現象に関わる各種問題について、学習、調査、分析、統括、提言を行い、その成果を日本鉄鋼協会会員はじめ広く社会に提示する。併せて、必要に応じて提言の実践母体となり、「豊かで安定した社会」の実現を目指して積極的に発言し行動する技術者・研究者集団を組織する』が掲げられた²⁾。

一方、この時期は、第3回気候変動枠組条約締約国会議(地球温暖化防止京都会議：COP3)における京都議定書の採択(1997年)や循環型社会形成推進基本法の公布(2000年)など、環境問題の解決に向けて社会的にも大きな転換を迎えた時期であった。環境関連の時代背景とともに、社会鉄鋼工学部会におけるフォーラムと研究会の活動概要をFig.1に示した。また、鉄鋼協会内に保存されている社会鉄鋼工学部会開催のシンポジウム資料のリストをTable 1にまとめた。なお、環境・エネルギーに関する研究の外部発信とさらなる強化を目的として、2004年度からは部会横断型(1年毎更新)の環境・エネルギー部会が始まったが、

平成25年10月8日受付 平成25年10月28日受理 (Received on Oct. 8, 2013 ; Accepted on Oct. 28, 2013)

- 1) 大阪大学名誉教授 (Professor Emeritus, Osaka University, 4-37-25 Nanpeidai Takatsuki Osaka 569-1042)
- 2) 機械振興協会 (Japan Society for the Promotion of Machine Industry)
- 3) 茨城大学大学院理工学研究科 (Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University)
- 4) 東北大学多元物質科学研究所 (Institute of Multidisciplinary Research for Advance Materials, Tohoku University)
- 5) 千葉工業大学名誉教授 (Professor Emeritus, Chiba Institute of Technology)
- 6) 東北大学大学院工学研究科 (Graduate School of Engineering, Tohoku University)
- 7) 大阪大学大学院工学研究科 (Graduate School of Engineering, Osaka University)
- 8) 東京大学大学院工学系研究科 (Graduate School of Engineering, University of Tokyo)
- 9) 国立環境研究所資源循環物研究センター (National Institute for Environment Studies)

* Corresponding author : E-mail : tomota@mx.ibaraki.ac.jp (4-12-1 Nakanarusawa Hitachi Ibaraki 316-8511)

DOI : <http://dx.doi.org/10.2355/tetsutohagane.100.728>

Fig. 1. Outline of activities of the ISIJ Social Steel Engineering Division.

2010年度に両部会は合流して、現在の環境・エネルギー・社会工学部会が発足した。

本稿では、環境問題に関連した時代背景とその時代に求められた環境技術に対する社会鉄鋼工学部会の活動と貢献を中心に、広く部会活動全体を振り返ることにより、今後の発展への糧とすることを目的とする。(友田陽・中島謙一 記)

2. 台頭する環境問題に対する鉄鋼業の新しい対応 (1995-2000)

2・1 社会鉄鋼工学部会の発足

当時、日本鉄鋼業の直面する大きな課題の一つは、鉄鋼製品の輸出に伴う日米間の貿易摩擦であり、他の一つは、1997年12月京都開催の第三回気候変動枠組条約締結国会議(地球温暖化防止京都会議, COP3)で定められた温室効果ガスの排出基準に関する京都議定書に対する、国内CO₂排出量の約12%を占める鉄鋼業の対応であった。鉄鋼輸出に関わる日米貿易摩擦は、すでに1960年代後半から顕在化していたが、米国と自主規制協定(1969.1から1971.8)を結ぶことで一時棚上げされた。1971年自主協定が失効すると、ダンピング摘発処置をチラつかせて、独禁法を回避する輸入制限方式に切り替えられ、日米間では市場秩序維持協定(OMA: Orderly Marketing Agreement)が締結された。1978年になると、カーター政権は、単に輸入規制を強化するのみではなく、鉄鋼価格の上昇によるインフレの招来を懸念して、「トリガー価格制度」(TPM: Trigger Pricing Mechanism)を設けた。数量規制でなくダンピング防止の観点から価格規制へと転換したのである。トリガー価格制度は、1982年に廃止されたが、1984年になると新興工業国

からの鉄鋼輸入が25%まで増大したことから、米国政府は数量規制制度に回帰し、日本、韓国、ブラジル、EC等鉄鋼輸出国との二次にわたる自主規制協定(VRA: Voluntary Restraint Agreement)を締結した。この措置は1992年まで続いた。その後、米国は数量制限から関税引き上げ措置に軸足を移した。1998年になると、米国の輸入鋼材の割合は40%に近づき、この措置による鋼材価格の高騰は、米国のユーザーにも打撃を与え反発を呼ぶようになった。その間、1995年には、世界貿易機構(WTO: The World Trade Organization)が発足して、米国通商法301条に基づく一方的処置が実質禁止となり、当時のクリントン政権は、米国通商法201条によるセーフガードに回帰した。その結果として、1998年の米国鉄鋼業界と鉄鋼労働組合による日本製熱延鋼板のダンピング訴訟を皮切りに、ステンレス鋼線材、ステンレス鋼板、継目無鋼管、ブリキなど多くの日本製鋼製品が、アンチ・ダンピング(AD: Anti-Dumping)訴訟に直面することになった。なお、1999年には、米国商務省(DOC: Department of Commerce)と国際貿易委員会(ITC: International Trade Commission)は、熱延鋼板のAD訴訟に対してクロ判定を下している。

一方、COP3を巡る環境問題に目を向けると、わが国の鉄鋼業は1974年に始まるオイルショックに対応して、徹底的に省エネルギーのための技術開発を行った。その結果、1985年においては、オイルショック以前に比べて、既に20%の省エネを達成しており、京都議定書に盛られた1990年を基準年とする多量の温室効果ガス削減に対応することが困難な状況にあった。なお、1996年12月に日本鉄鋼連盟は、2010年度のエネルギー消費量を1990年度に対し11.5%削減(1億トン生産ベース、廃プラスチック等の有効利用分1.5%を含む)する自主行動計画を目標として掲げていた。

Table 1. List of symposiums organized by the ISIJ Social Engineering Division.

Date of publication	Title of symposium	Code
1996. 3. 1	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment (3) -Steel Technology Transfer -	1008491
1996. 9. 1	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment - New Materials, Ecobalance and CO ₂ Emission -	1008494
1996. 9. 2	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment (1)	1008373
1997. 2.28	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment (4) - New Materials, Ecobalance and CO ₂ Emission -	1008383
1997. 2.28	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment (2) - Steel Technology Transfer to Oversea -	1008382
1997. 3. 1	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment (5) - Human Resources for Science Engineering Oriented Age -	1008492
1997.11.30	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment (6) - Ability of Japanese Steel Industry to Climate Change -	1008386
1998. 3.30	Present and Future Situation of Ecoprocess for Steel Sheet	1008432
1998. 3.30	A History of Iron in Michinoku (Tohoku) Area	2002059
1998. 4. 3	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment (7) - Material Flow System, Ecology, Environment, Energy and Society -	1008387
1998. 9.29	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment (8) - History of Steel Making in Western Japan -	1008389
1998.12. 8	Environment and Pyrometallurgy	2002064
1999. 2. 8	Core Competences of the Japanese Steel Industry	1008518
1999. 3.31	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment (9) - Environmental Recycle and Steel Industry -	1998396
1999.11.20	Wast (Garbage) Incineration Plant and Pyro-metallurgy	1008428
1999.11.21	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment (10) - Iron Culture in Japan Sea Coast Area -	1008402
2000.10.1	Towards Harmony of Human Being, Society and Environment (12) - Iron Culture in Central Honshu Island -	1008412
2000.10.2	Human Resource in Engineering Field in Japanese Steel Industry	1008413
2001. 3.29	Human Being and Iron: Nakazawa Morito Memorial Symposium	1008422
2001. 3.30	Promotion of Steelmaking Slag Use	1008418
2001. 5.22	Interim Report: Steelmaking Slag Utilization as a Nutritional Source for CO ₂ Fixation with Marine Phytoplankton Multiplication	1008468
2001. 6.15	Introduction to Reduction Technology of Iron-Sand in the Japanese Middle Ages	1008426
2001. 9.23	Iron Culture in Kyushu: In Memory of Modern Steel Making 100th Anniversary	1008532
2001. 9.24	Steel Industry and Environment/Recycle: Towards New Industrial System	1008534
2001.12.20	Memorial Symposium on 100th Anniversary of Modern Steel Making in Japan	1007429
2002. 3.30	Towards Promotion of Steelmaking Slag Utilization	1008538
2002. 6. 1	Qualities and Properties of Japanese Traditional Iron and Steel	2002014
2002. 7.27	A History of Iron - Its Technology and Culture (1) -	2002015
2002. 9.25	Failed Process - Learn from the Failures -	1008755
2002.11. 1	Technology of Iron and Steel and Culture in Kinki Area	1007437
2002.11. 2	LCA Evaluation on Recycling Technology of Plastics	1008759
2002.11. 4	Recycling System and Technology for Automobile	1007755
2003. 2. 8	Present and Future Situation of Steelmaking Remains Survey	2002016
2003. 3.29	Towards Promotion of Steelmaking Slag Use (2)	1008541
2003. 7.29	Steelmaking Slag Utilization as a Nutritional Source for CO ₂ Fixation with Marine Phytoplankton Multiplication	1007451
2003.10.11	Iron Culture in Northern Japan	1007455
2003.10.11	Recycle Related Laws in Japan and Oversea Countries	1007473
2003.12. 5	A History of Tataru Ironmaking Technology in the middle Ages	1007453
2004.11. 4	Failed Process - Learn from the Failures -	1007755
2004. 3.31	Towards Enlargement of Steel Slag Utilization	1007462

Table 1. continued.

Date of publication	Title of symposium	Code
2004. 4. 1	Role of Materials Engineering for Resources Productivity	1008563
2004. 9.28	Rediscovery: Historical Iron Culture and Technology in Michinoku Area	1007752
2005. 1.29	Analysis and Evaluation on Iron Remains (Products)	2002013
2005. 2.28	Estimation of Steel Scrap Characters	1007708
2005. 3.30	University/Industry Collaboration and Technology Transfer after Reorganization of National Universities	2002011
2005. 4. 1	Current Status of Natural Resources and Energy Supply in Japan	1007724
2005. 4.16	Iron - Human Being, Tools and Technology (1) -	2002040
2005. 9.29	Traditional Japanese Ironmaking Technology (Tatara) in Chugoku Area	1007709
2005.10.11	Material Recycling and LCA	1007753
2006. 2. 4	Steel Industry Remains in Western Europa	2002017
2006. 3.23	University/Industry Collaboration - Current Status and Expectation -	2002020
2006. 3.21	Progress in Waste Pyro-Treatment	1007722
2006. 4.15	Iron - Human Being, Tools and Technology (2) - Legends of Smithery Technology and their Genealogy	2002018
2006. 9.17	Environmental Evaluation and Activities in Steel Industry	1007679
2006. 9.17	Traditional Japanese Ironmaking Technology (Tatara) in Hokuriku Area	1007710
2006. 9.17	Use of Steels in Automobiles	1007713
2007. 3.28	Materials Strategy Model Based on Natural Resources and Environment	1007707
2007. 3.29	Innovation as a Key Technology of Steel Research	1007704
2007. 9.20	A History of Ironmaking Technology in Cyubu Area	1007711
2007.11.10	Iron - Human Being, Tools and Technology (3) -	2002041
2008. 2.29	Dynamic Modeling for Cyclic Use of Steel and Reduction Potential of Environmental Impacts	1007702
2008. 3.28	Union of Dissimilar Fields: Learn from Success Examples	2002012
2008. 9.23	A History of Steel Making Technology from Ancient to Middle Age in Kyusyu Area	1007712
2008. 9.24	Material Vision 2100	1007705
2008.11. 8	Iron -Human Being, Tools and Technology (4) -	2002043
2009. 2.27	How to Increase the Level of Safety ?	1007721
2009. 5.23	A History of Iron - Its Technology and Culture (2) -	2002044
2009. 7.25	A History of Iron - Its Technology and Culture (3) -	2002046
2009. 9.15	Recommendation toward New Cooperation between Academy and Steel Industry	2002021
2009.11.28	A History of Iron - Its Technology and Culture (4) -	2002045
2010. 2. 6	A History of Iron - Its Technology and Culture (5) -	2002047
2010. 3.29	Improvement of Marine Ecology using Steelmaking Slag	1007737

このような背景のもと、1995年4月に発足した社会鉄鋼工学部会では、鉄鋼業の社会に果たしてきた役割、また未来社会において鉄鋼業の果たすべき役割を議論する場とし、大同工大（現在、大同大学）・中島部会長、東大・山本副部会長および立教大・松井副部会長の体制のもとで「人間・社会・環境との調和を求めて」を表題とするシンポジウムを開催すること、また社会鉄鋼工学部会の調査・研究分野を決める次のような4つのフォーラム（A：鉄鋼の技術と社会動

態（東大・児玉座長）、B：鉄鋼資源循環システムとエコロジー（阪大・原座長）、C：鉄鋼産業のリソース・マネジメント（立教大・松井座長）、D：鉄鋼法工学（佐賀大・西田座長）を設置することが決められた。また、1997年度からはフォーラムE「前近代における鉄の歴史」（自主フォーラム（東大・館座長））が新たに設置されて活動を開始した。社会鉄鋼工学部会は、その第一期（1995-1997）においては、鉄鋼と社会と接点で起こる様々な問題を5つのフォーラム

Table 2. Themes in International Conference Steel and Society-Steel Industry for Sustainable Society (ICSS2000).

Session and topics
Energy and Steel Industry
- Efficient use of Energy
Environmental Control in the Steel Making Process
- New Procedure to Produce Iron and Steel
- Life-Cycle Analysis of Steel Products
- CO ₂ Reduction Assisted in Relation to Iron Ore Pre-treatment or Reduction
- Present and Future Situation of CO ₂ Emission
- Proposal to Reduction of CO ₂ Emission
- Various Environment Technologies in Steelmaking Process
- Dioxin
- Municipal Solid Waste Treatment
Waste as Resources
- Dust treatment
- By-products Processing
- Minimization of Slag Formation
Life-Cycle Design of Steel Products
- Steel as Ecomaterials
Core Competence of Steel Companies
- Core Competence of Japanese Steel Companies
- Industries Integration
- Steel Industry and Community
Technology Management
- Technology management
- University / Industry Collaboration
Human Resource Management / Development
- Philosophy of Environment
- Education
Research for the Future Program
- New Resources and Recycling in Iron and Steelmaking
- Solution of Social Problems with Iron and Steelmaking Processes

に分かれて議論を深めて行くこととなる。

この第一期の活動を総括すると、数回のシンポジウムを通して、社会鉄鋼工学の対象分野・研究分野を明確化したことにある。また、フォーラムBの活動から鉄鋼業の持つ環境・リサイクル技術の他産業分野への展開、さらには、鉄鋼スラグの用途拡大（海洋開発への利用、セメント分野への展開、プレハブ構造物材への展開）等の方向が打ち出された。加えて特記すべきは、1997年に設置されたフォーラムE企画の秋季講演大会（地方開催）におけるシンポジウムが一般公開され、鉄鋼協会会員外でも参加を可能にしたことから活性化し、社会鉄鋼工学部会の目玉行事となったことである。

2・2 環境関連国際会議（ICSS2000）の開催

第二期（1998-2000年）は、第一期で取り上げられた論点の深化と調査研究が進展した時期に当たる。その成果は、調査報告書（フォーラムA）「日本鉄鋼業のコア・コンピテンス」（1999.2）、調査報告書（フォーラムC）「わが国の製鉄業の技術系ヒューマンリソースに関する調査報告書」（2000.10）、および調査報告書（フォーラムD）「国内外におけるリサイクル関連法規の調査」などに収められている

（Table 1 参照）。なお、フォーラムDについては、2年間にわたる活動成果を調査研究書にまとめて休止した。

国際社会への社会鉄鋼工学研究成果発信を目的とした「International Conference on Steel and Society -Steel Industry for Sustainable Society-（ICSS2000）」（2000年、大阪大学）では、欧州、中国、日本、米国の代表を交えて活発な議論が行われた³⁾。この会議では、国際鉄鋼連盟（IISI：International Iron and Steel Institute）Christmas 事務局長の言葉にもある『環境調和型社会における鉄の役割』の議論を目的としており、その会議のテーマは、社会鉄鋼工学の対象領域の広さを反映して、技術開発、ライフサイクルアセスメント（LCA：Life Cycle Assessment）、システム設計、環境哲学・教育など非常に多岐に渡った。この会議のトピックスをTable 2に示す。このように、ICSS2000で取り上げられた話題は、京都議定書で示された削減目標に対する鉄鋼業の取り組みとしての省エネルギー・省資源技術、CO₂排出の抑制技術などに加えて、社会鉄鋼工学部会における6年間の討議を踏まえた、鉄鋼業における固有技術の他分野への転用、鉄鋼業における人材育成／活用、鉄鋼業の環境哲学など、従来の鉄鋼国際会議のスコープを越えた人類社会のための鉄鋼業との視点が強く発信された。加えて、「我が国初の一貫製鉄所操業開始100年記念公開シンポジウム」（2001年、九州産業大学）にて、鉄の文化と歴史に関する議論を経て、21世紀の日本鉄鋼業の展望に関するパネル討論を実施した。この討論内容は、同年12月鉄鋼協会より出版されている⁴⁾。（原茂太 記）

3. 温暖化防止の発展と循環型社会の黎明期（2001-2002）

3・1 温暖化防止の発展期

第三期（2001-2002年）は、世界的な環境問題の具現化を背景に、各国において持続可能な社会・持続可能な発展への関心が急速に高まると共に、日本においても環境省が2001年1月に発足した時期であった。

気候変動においては、2001年7月のCOP6再開会合において、京都議定書の運用ルールの中核的要素が合意（ボン合意）され、同年11月のCOP7において、具体的な運用細則を定める文書が正式採択された（マラケシュ合意）。この2001年は、気候変動の対策を世界が合意して実行に移すための鍵となる年であったと言えよう。また、2001年には、気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）による第三次評価報告書⁵⁾が公表されている。

この時期には、先述のICSS2000においても議論されたライフサイクルアセスメント（LCA）を用い、鉄鋼製品の社会における省エネルギー貢献が推計された。2000年を対象とした評価では、鉄鋼製品は、原油換算543万klもの省

エネ効果を達成したと公表された⁶⁾。鉄鋼業においては、1996年の日本鉄鋼連盟の環境自主行動計画においても、①鉄鋼生産工程における省エネルギーへの取り組みや、②革新的技術開発への取り組みだけでなく、③高機能な鉄鋼材による社会での省エネルギーへの貢献を3つの柱の1つと位置付けて取り組んだ。それと期を同じくして、その取り組みの成果を評価するための手法としてのライフサイクルアセスメント(LCA)において、基本的な手法論のみではなく、システム境界を拡張した評価手法等の新たな評価手法が発展した時期でもあった。これは、2003年10月に実施されたシンポジウム「素材リサイクルとLCA」において結実している(Table 1参照)。

3・2 循環型社会の黎明期

2000年は政府により「循環型社会元年」と位置付けられ、循環型社会形成推進基本法を制定(2000年)するなど、循環型社会の構築に向けた社会の転換期を迎えた。1992年にブラジルのリオ・デ・ジャネイロで開催された国連環境開発会議(UNCED: United Nations Conference on Environment and Development)(通称: 地球サミット)から10年目の節目の2002年には、持続可能な開発に関する世界首脳会議(ヨハネスブルグ・サミット)が開催された。そこで採択された実施計画に基づいて、各国が策定する持続可能な生産・消費形態への転換を加速するための10年間の枠組みとして、同法の第15条の規定に基づき2003年に第1次循環基本計画が定められた。さらに、2001年には、OECDにおいて、拡大生産者責任(EPR: Extended Producer Responsibility)のガイダンスが出版されており、日本においても、EPRの概念を取り込んだ個別物品の特性に応じた各リサイクル法が制定されてきた。2000年に容器包装リサイクル法が完全施行され、2001年には家電リサイクル法と食品リサイクル法が、2002年には建設リサイクル法が施行されてきた。また、施行は2005年からとなるが、2002年には、自動車リサイクル法も公布された。気候変動とは異なり、国際合意ではなく国内政策により推進される資源循環では、この2年間の間に、多くの法が制定されるとともに、実行に移されてきた。

このような時代背景の中、社会鉄鋼工学部会では資源循環に関する多彩なシンポジウムを実施した。2001年3月、2002年3月には、それぞれ「鉄鋼スラグ利用拡大に関するシンポジウム」、「鉄鋼スラグの用途拡大に向けて～スラグ利用プレハブ構造研究会中間報告～」を実施した(Table 1参照)。リサイクルに関するシンポジウムでは、2001年9月と2002年11月にそれぞれ「鉄鋼業と環境・リサイクル～新産業システム開発に向けて」、「自動車のリサイクル～システムから技術まで」と題したシンポジウムを開催した。前者では、鉄鋼業において容器包装リサイクル法により回収される廃プラスチックの利用等が進む中、新たな産業システムの必要性に触れたものでもあった。後者の自動車

のリサイクルは、現在でも引き続き研究が進められている課題であるが、当時、第1回の廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクルワーキンググループ・中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会自動車リサイクル専門委員会合同会議が開催されたタイミングでもあり、自動車リサイクルに対する鉄鋼業の役割も大きいことから重要なシンポジウムとなった。

3・3 その他の環境問題

1999年にダイオキシン類対策措置法が施行され、2001年には、ダイオキシン類関係公害防止管理者等国家試験が実施される等、おおよその対策が実施された時代であった。そのため、2001年までの講演大会においてダイオキシン関連のセッションが続き、2001年9月の講演大会には「素材プロセスに係るダイオキシン類対策の動向と技術」と題したシンポジウムを開催した。

循環型社会にも関連するが、資源面での環境負荷という意味も含め、2001年春の講演大会では、鉄鉱石の関与物質総量に関する発表⁷⁾が見られるなど、今でも議論が続いている資源問題に関して、研究が進み始めた時代でもあった。

また、2002年には国立大学が法人化され、大学と産業界の新しい連携のあり方を検討すべくフォーラムF「産学連携」の活動が始まった。(足立芳寛・醍醐市朗 記)

4. 循環型社会の構築に向けた挑戦(2003-2004)

4・1 環境調和に向けた鉄鋼科学技術の戦略ロードマップの作成

循環型社会形成推進基本法を含めた各種の法律・制度の制定を経て、第1次循環型社会形成基本計画が策定(2003年)されると共に、政府・企業等の多方面において、社会の持続可能性の向上や循環型社会の構築に向けた取り組みが活発化するなか、社会鉄鋼工学分野の研究活動も活発化した。この時期には、重点化が必要な技術の明確化と共に中期的な展望を示すために、鉄鋼科学技術に関する戦略的ロードマップの作成が求められ、社会鉄鋼工学部会では、上記の社会的な背景を見据えた上で、以下の3本柱の技術テーマからなる2015年までの戦略ロードマップ⁸⁾を作成した。

- I. クリーンエネルギー社会への貢献(製鉄インフラ・パイプロ利用の水素エネルギー製造、副生ガス発電の高度効率化、未利用エネルギーの回収・利用技術、クリーンエネルギー・燃料等の高効率製造)
- II. CO₂排出抑制・削減への貢献(鉄鋼技術、副産物を活用したCO₂分離・固定化技術、製鉄プロセスにおける抜本的CO₂削減技術、製鉄プラントを核としたエネルギーコンビナートの構想)
- III. 資源循環型社会構築への貢献(製鉄所を核とした資源循環コンビナート形成、産業間の資源循環促進技術の開発、産業間環境調和への貢献)

現在・過去・未来を通して、鉄鋼産業あるいは広く素材産業と社会の関わりに着目した研究・調査・分析・討論・情報交流等の活動を精力的に行った。フォーラムAでは、循環型社会における鋼材マテリアルフローについて、Bでは異業種間プロセス連携による資源循環システム化に関する調査・研究や産業間リンクのためのマテリアルフローと環境技術について、関連研究会や学協会と連携した活動を展開した。フォーラムEは、北方世界の鉄文化（2003年10月）、再発見、みちのくの鉄文化と技術（2004年10月）のシンポジウム開催に加えて、「近世たたら製鉄の歴史（雀部實・館充・寺島慶一編：丸善プラネット（株））」⁹⁾や「たたら日本古来の製鉄（天辰正義・岡原正明・香月節子著：JFE21世紀財団）」¹⁰⁾を出版するなど、特長的な活動を展開し、フォーラムFは2004年3月に「国立大学法人化と産学連携」、2005年3月に「法人化以後の産学連携と技術移転」と題するタイムリーなシンポジウムを開いた（Table 1参照）。これら既存のフォーラムに加えて、社会的な要請の高まりに伴い「安全・安心な社会構築」に向けたフォーラムG（産総研・辛島座長）が2004年度から活動を開始した。

4・2 鉄スクラップおよび副産物等のリサイクルの促進に向けて

副産物である鉄鋼スラグの利用拡大を目指して、水熱反応を利用した建築用プレハブ構造材への適用に関する検討を進めた（「都市基盤整備のためのスラグ利用プレハブ構造材」研究会（福井工大・原主査：2000-2004））。本技術に関しては、一定の評価が得られたものの、実用化に向けた検討を含めて研究開発の継続の重要性が指摘された。この技術に関しては、製鉄プラントからの未利用排熱やCO₂と水熱反応を利用した建築用プレハブ構造材（壁材床材外装材等）の研究開発（「水熱合成利用による鉄鋼プロセス副生物の利材化」研究会（阪大・田中主査））において継続的な検討が進められた。

さらに、鉄スクラップのリサイクル促進に向けて、ライフサイクルアセスメント（LCA）や物質フロー分析（MFA）を活用した環境調和型の鉄鋼循環システムの検討を実施した。これらの成果は、後述の論文誌「鉄と鋼」の社会鉄鋼工学会特集号¹¹⁾を通して広く社会に発信されると共に、鉄スクラップ利用の最適化に向けた研究（「循環型社会構築のための鉄スクラップ資源利用における環境負荷最小化モデルの構築」研究会（東大・松野主査））としてさらなる検討が進められた。

4・3 社会鉄鋼工学分野の若手研究者の育成と「鉄と鋼」特集号の発刊

第四期の活動を通して特記すべきは、持続可能な社会や循環型社会構築への関心の高まりを背景とする関連フォーラムおよび研究会による活動の活性化である。上述の活動に加えて、社会鉄鋼工学分野の若手研究者の育成を目的に、ヤングサイエンティストフォーラム（YSF）「持続可能な社会への挑戦」（東大・醍醐主査）が組織され、持続

可能な社会の実現に向けて、所属や身分（会員・非会員）を問わず、材料工学、建築・土木工学、経済学など多種多様な専門性を有する若手研究者による議論が活発化した。

2005年には、論文誌「鉄と鋼」の特集号として「社会鉄鋼工学会特集号：鉄の技術と文化および循環型社会」を発行した¹¹⁾。「鉄の歴史と文化」および「循環型社会という切り口ながらも繊細な問題である地球環境問題」をテーマとする編集企画を危ぶむ声も多かったが、社会鉄鋼工学分野の研究者らを中心として、「鉄鋼業と循環型社会」に関する研究報告が20編（LCA、マテリアルフロー、リサイクル技術、エコマテリアル、環境問題に関するレビュー1件、論文16件、技術資料1件、寄せ書き2件）、フォーラムEを中心とした研究者達による「鉄の歴史—その技術と文化—」が19編（鉄の歴史、たたら製鉄関連、鉄鋼関連遺産の分析に関するレビュー2件、論文16件、技術資料1件）も集まった。環境問題に関して、鉄スクラップの需給動向の解析¹²⁾や鉄スクラップのリサイクルに伴う環境負荷削減効果などに関する議論を含めて不純物としての銅の濃化による影響解析¹³⁾など、きわめて充実した241頁の記念すべき特集号になった。特に、鉄スクラップのリサイクルに伴う不純物成分としての銅の濃化の影響解析に関する研究¹⁴⁾は、鉄資源循環が抱える問題の1つを明示しており、研究会としての活動に繋がる貴重な成果であった。また、この頃の素材製造プロセスにおける環境・エネルギー対策に関して、Akiyama and Nagasakaにより「材料工学分野の環境技術の動向」が環境・エネルギー部会の活動も含めてまとめられている¹⁵⁾。（友田陽 記）

5. 京都議定書の発効と素材戦略（2005-2006）

5・1 気候変動に関する京都議定書の発効

この時期に、気候変動に関する京都議定書が発効した。わが国の鉄鋼業は、電力を除けば産業部門で最大のCO₂の排出を行っており、その現状は現在も変わらない。鉄鋼の単位重量当たりで見ると我が国がもっとも少ないエネルギーかつCO₂排出量で鉄鋼製品を製造していることは明らかであるが、一般市民や環境NGOの方々の一部は、ともかく絶対量が多いので、低減することを主張する傾向があった。極端な意見としてわが国で鉄鋼を製造する必要はないなどの暴論も出された。また、この年、5部会横断型の新しい「エネルギー・環境部会（1年毎更新の時限付）」が設置されることになり、それにより社会鉄鋼工学会内の体制も若干の変更が行われた。

このような状況でますます社会鉄鋼工学会の重要性が認識されたのではないと思われる。このような動きは当然予想されていたので、粛々と前年（2004年）度に作成されたロードマップに従い、活動を行った。その中で従来のフォーラムA, B, E, F, Gに加え、フォーラムH：歴史を

変える転換技術（東工大・永田座長）が新設され、新たに活動を開始した。本フォーラムは従来高温プロセス部会として活動してきたが、内容がより社会的なものになるということで、社会鉄鋼工学部会に迎えることになった。できるだけ社会鉄鋼工学部会の内容に合わせるということで、環境技術のアジア展開に関するネットワーク形成なども視野に入れ、活動を進めた。

その他の大きな社会的動きとして自動車リサイクル法が完全施行された時期であり、鉄鋼業の自動車リサイクル法への貢献が認識された。それは、単に鉄鋼スクラップの利用のみならず、鉄鋼業におけるASR (Automobile Shredder Residue) の処理や一部鉄鋼メーカー子会社による自動車解体業への進出として形に表れてきた。その流れに沿って、社会鉄鋼工学部会も協賛し、鉄鋼協会交流委員会主催の自動車リサイクルに関するシンポジウムが開催され、多くの参加者があった。さらに前述したように環境・エネルギー部会が発足したこともあり、「鉄鋼業を中心とした資源・エネルギー循環型社会構築におけるボトルネック」と題するセミナー等も開催した。その後も社会鉄鋼工学部会は、環境・エネルギー部会と連携を深めることとなった。

5・2 「循環型社会構築のための鉄スクラップ資源利用における環境負荷最少化モデル構築」研究会および「水熱合成による製鉄プロセスの利材化」研究会の活動

この二つの研究会は、友田部会長の期に発足し、2007年に終了した。2005-2006はちょうど活動の最盛期にあたり、また、中間評価も行われた。それぞれ、社会鉄鋼工学部会内部での評価委員会において比較的良好な中間評価結果を得た。「循環型社会構築のための鉄スクラップ資源利用における環境負荷最少化モデル構築」研究会は「着実に蓄積データの信頼性を高めると同時に精緻化しているのが最大の強みで、それらを基盤にしたモデルによるシミュレーションの説得力が増してきている。比較的短期間の中で、実験や調査を並行して実施して、多方面からの検討が進んでおり高く評価できる。解析ツールを開発し、データ解析が進められ、鉄スクラップの動向が定量的に把握できるようになったことは大きな成果である。特にスクラップ量の変化、その不純元素量について将来予測ができれば有用なものとなるので、このままのペースで続けて欲しい。」等の評価を受け、次年度以降スタートした研究会「マテリアルビジョン2100」に繋がった。「水熱合成による製鉄プロセスの利材化」研究会は「スラグから機能性建材を創製するため、水熱反応の特徴を活かすために、種々の実験の創意工夫が見られ、予定通り進んでおり、多くのアプリケーションが見える点は評価に値する。特にMgOが媒体となってスラグの利材化が可能となるメカニズム、そしてその利用先として建材原料を検討されている点は高く評価できる。一部の項目に進捗の遅れが見えるが、全体的によい成果が挙がっており、一部は予想より進んでいる。」と前向きの評

価を行った。

これらの研究会は、当然であるが、当時の社会鉄鋼工学部会の大きな目標であった循環型社会構築のための鉄鋼産業の貢献に繋がるものである。

5・3 素材戦略モデル開発の検討

この時期、鉄鋼産業とCO₂排出の問題が大きく取り上げられ、将来の素材、特に自動車やその他の輸送機器素材のあり方について世界的に検討が始められていた。このテーマは大きくて社会鉄鋼工学部会のみで扱えるテーマではないが、部会としてもなんとか貢献しようとして、将来の素材の在り方についての検討を始めた。この場合、鉄鋼素材がベースであるが、すべての素材を含んだ検討を行うのがポイントであった。

具体的な活動として2006年にNEDOから調査費を受託し、プロジェクトの推進につなげる活動を行った。このメンバーのほとんどが次年度からスタートしたマテリアルビジョン2100に参加した。また、この活動の中の一つとしてNEDO調査研究「資源と環境を考慮した素材戦略モデル開発に関する調査」素材の特徴と代替性の考え方に関するワークショップを2007年2月19日に東北大学多元物質科学研究所で開催した。以下にワークショップのプログラムを記す。

素材の特徴と代替性の考え方に関するワークショップ

＊趣旨説明と材料の歴史的変遷：

中村 崇・東北大学多元物質科学研究所

＊鉄鋼材料とアルミニウム材料の特徴：

長井 寿・(独) 物質・材料研究機構

＊プラスチック材料の特徴：

西田 耕治・三菱化学ポリマーソリューションセンター

＊セメント産業を取り巻く状況：

佐藤 利幸・住友大阪セメント株式会社

＊材料の適正と代替性に関する自由討議：

コメンテーター 東京大学名誉教授・増子 昇；東京大学人工物工学研究センター・稲葉 敦；日立製作所環境本部環境推進センター・平野 学；東北大学大学院環境科学研究科・石田 秀輝

これらの活動は、まさにこれからの鉄鋼材料の在り方を模索していくうえで大変有意義な情報収集に繋がったと思われる。これらの課題は、その後資源の供給制約の問題も加わり、重要性が増した。(中村 崇 記)

6. 歴史を変える転換技術（温故知新）をめざして（2007-2008）

6・1 歴史を変える転換技術研究フォーラムの設立

資源利用と環境問題に関連した世界的な動向として、経済成長に伴う世界的な資源利用と環境劣化の拡大を背景に、国連環境計画 (UNEP) では、持続可能な資源管理の

科学的推進力として International Resource Panel が設立された。また、2007年の世界金融危機、2008年のリーマンショック等、各国の資源利用とも密接に関係する世界経済にも大きな変化が生じた時期である。

このような社会情勢を背景に、日本を含むアジア各国の鉄鋼技術のあり方を研究し、地球環境を考慮した持続可能な社会に資する鉄鋼技術のあり方を明らかにすることを目的として、新たに「歴史を変える転換技術研究フォーラム」が設立された。この研究フォーラムの前身は、2002年に高温プロセス部会傘下の研究会として発足した「失敗プロセス研究会」であった。研究会の目的は、成功した技術例だけを研究するのではなく実用化に至らなかった技術についても研究し、技術変化に関する法則性の存在を探究することであった。2004年に「歴史を変える転換技術研究会」と改称した後、前述のように2005年に社会鉄鋼工学部会に転属した。社会鉄鋼工学部会としては8番目のフォーラムだったので通称がフォーラムHとなった。鉄の歴史に関するフォーラムとしてすでにフォーラムEが活動しており、それとの違いはどこにあるのかと言う疑問も出された。フォーラムEが、前近代およびそれ以前の鉄の技術と文化に関することを主たる研究テーマとするのに対して、フォーラムHは現代史の範疇に入る鉄鋼技術の研究を中心として扱う事がひとつの特徴となっていた。これらの活動の一環として、2013年には東芸大・永田主査を実行委員長とする International Conference on the Beginnings and the Use of Metals and Alloys (BUMA 8) が奈良で開催された。

6・2 鉄の歴史—その技術と文化—研究フォーラムの充実

鉄鋼協会における鉄の歴史あるいは鉄鋼科学・技術の変遷に関する研究は、1969年10月に実炉を復元して行われた「たたら製鉄復元実験」や1973年に開設された「鉄鋼科学・技術史委員会」の研究が特筆される。また、この時期には講演大会において鉄鋼科学・技術史に関するセッションが設けられている。1980年代末頃には鉄鋼科学・技術史委員会は終了し、講演大会でも歴史に関する研究発表がみられなくなった。日本におけるそのような事情の中で、海外、特にドイツ鉄鋼協会 (VDEh: Verein Deutscher Eisenhuettenleute) やスウェーデン鉄鋼協会 (Jernkontoret) は歴史委員会をきちんと継続させており、日本においても鉄の歴史に関する研究の重要性を指摘する会員は多かった。このような情勢の中でフォーラムEの設立は時宜にかなったものであった。フォーラム初代座長の館充東大名誉教授の的確なご指導もあって、構成メンバー数が年々増加していった。メンバーには鉄鋼に関する技術者や研究者だけでなく、歴史学、考古学、民俗学などの専門家が加わり、ユニークな研究集団に育っていった。

このフォーラムEの成果には、毎年開催される公開研究発表会のほか、「現代語訳 鉄山必用記事」(丸善 2000年)⁹⁾、「近世たたら製鉄の歴史」(丸善プラネット 2003年)¹⁰⁾、「た

たら日本古来の製鉄 (JFE21世紀財団 2004年)」¹⁶⁾、「復刻・解説版 古来の砂鉄製錬法」(慶友社 2007年)¹⁷⁾、「中国の青銅と鉄の歴史」(慶友社 2011年)¹⁸⁾、の出版物がある。このうち「近世たたら製鉄の歴史」は文科省科学研究費平成12年度研究成果公開促進費の援助を受けた。また、前述のように「鉄と鋼」で特集号¹¹⁾を組むことができた(なお、フォーラムEおよびHは2012年に社会鉄鋼工学部会を離れて、鉄鋼プレゼンス委員会の傘下に入って活動を続けている。)

6・3 安全・快適なシステム構築研究における学会部門と生産技術部門の研究協力関係の構築

2004年に発足したフォーラムGは、人間と機械系の関係を労働安全衛生マネジメントシステムの観点から研究することを目的にしていた。当時、労働安全衛生マネジメントシステムの国際規格化制定の動きが無視できないような状況になりつつあった。これに対する取り組みとして、「国際性を視野に入れた鉄鋼版マネジメントシステム構築のための基礎的研究」を行うことが計画された。これには研究者サイドだけでなくマネジメント実務担当者の参加も必要になったので、本協会の生産技術部門からの参加もお願いした。しかし、鉄鋼連盟内でも労働安全の標準化に対する取り組みが始まっていた。しかも研究を加速させなければならぬ時期がリーマンショックに重なり、各社の実務担当者を鉄鋼連盟、鉄鋼協会の両方に振り向けることは難しいものとなっていた。協会前会長をはじめ、生産技術部門長、協会専務理事の強いサポートがあったにもかかわらず、残念ながらフォーラムGが希望するような研究体制を築くことはできなかった。(雀部實 記)

7. 社会鉄鋼工学部会から環境・エネルギー・社会工学部会発足へ (2009-2013)

7・1 新部会 (環境・エネルギー・社会工学部会) 発足の準備

2009年度は社会鉄鋼工学部会としての最後の活動年である。最後の1年では、フォーラムE (鉄の歴史、その技術と文化)、フォーラムF (産学連携)、フォーラムG (安全・快適なシステム構築)、フォーラムH (歴史を変える転換技術)、フォーラムI (鉄鋼産業の環境貢献) の活動を粛々と進めると共に、マテリアルビジョン2100研究会 (工学院大・稲葉主査) の中間評価、秋季講演大会では若手フォーラムシンポジウム「鉄鋼技術・科学と環境教育」(東大・醍醐主査) の開催等を行った。このような普段通りの部会活動を行う傍ら、社会鉄鋼工学部会と環境・エネルギー工学部会の発展的統合を目指した準備活動を行った。社会鉄鋼工学部会および環境・エネルギー工学部会は、鉄鋼製造本業の周辺に存在する学術的、技術的課題を対象とするため、課題内容の重複、参画メンバー (特に企業側) の負担、成果発表の場および人材の分散等が発足当時から問題になって

いた。そこで環境対応技術と情報、更に鉄鋼関連の歴史と文化および周辺技術について、鉄鋼協会が有する貴重な人材と知識をより効率的に活用するため、両部会の統合と改編を図ろうという機運が高まった。当時は環境問題に対する鉄鋼業の役割の重要性が強く意識された頃であり、今考えると、両部会の統合はごく自然な流れではなかったかと思われる。その後、両部会の部会長および運営委員間による意見交換、統合趣旨の取り纏め、学会部門会議、理事会への報告と承認等を経て、社会鉄鋼工学部会は14年間の活動の後に、その姿を変えることになった。

7・2 環境・エネルギー・社会工学部会の新たなスタートと今後の展開

鉄鋼協会内で、部会フォーラム活動の活性化を狙いとして、「フォーラムは、テーマを決めて原則3年毎に活動内容を見直すこと(2009年度第3回理事会)」の具体化が検討され始めていた。これはフォーラム期間を設定することによって、テーマを一つ一つ仕上げ、次なる新たなテーマを発掘、設定して学術部会の活性化を図ろうとするものである。とはいえ、こう言った「縦串」的な考え方では、収まらない「横串」的なテーマも存在する。「鉄の技術と歴史フォーラム」と「新時代の安全マネジメントフォーラム」がそれに当てはまるため、フォーラムの方々と事務局、および部会長とで1年に及ぶ討議、検討を行った結果、2012年度から、この二つは総合企画の下で活動を行うこととなった。

初年(2010)度は、グリーンエネルギー、資源循環、グリーンマテリアル、新時代の安全マネジメント、鉄と技術と歴史の5フォーラムでスタートし、後に上述の2フォーラムが総合企画に移行し、2012年10月から新たに鉄鋼スラグ新機能フォーラムが加わった。これらに加えて、若手フォーラム(東大・醍醐主査)を新たに立ち上げた。研究会としては、「グリーン製鉄」と「マテリアルビジョン2100」に加えて、炭素循環製鉄研究会(東工大・加藤主査)および素材産業から見た自動車リサイクル研究会(東北大・松八重主査)を提案した(これらは、後に正式に採択された)。これらのフォーラムと研究会が重要な研究活動組織として新部会の黎明期を底支えしていくのである。現在(2013年度)活動中の4フォーラムおよび2研究会の状況は以下のとおりである。

①「グリーンエネルギーフォーラム(東工大・加藤座長)：

「製鉄プロセスのCO₂排出低減のため、あらゆるグリーンエネルギーの可能性とその有効利用技術を幅広く検討する場を提供する。」

グリーンエネルギーとは、CO₂の排出を伴わないエネルギーを意味し、主に水素を指すが、同じ水素でも化石燃料から製造する水素は、必ずCO₂の生成を伴うため、ブラック水素またはグレー水素と言われる。本フォーラムでは、出来る限りグリーン水素を製造すべく活動している。この

グリーン水素をいかに製造するか、そしてこれをいかに利用するかが課題である。目標は鉄鋼の廃熱および排出物を利用してグリーン水素を作る、得られた水素を製鉄に利用することはもちろん、他産業との連携の上に広範なグリーンエネルギーの製造と利用を地球規模で考えるものである。2010年度春季講演大会では、シンポジウム「グリーン水素製造プロセスと燃料電池を開催した。また、7月に化学工学会 エネルギー部会との 合同夏季セミナー「CO₂の削減・回収・貯留技術の最先端を開催、秋季講演大会では、シンポジウム「マグネシウムとエネルギー」を主催した。この年、東工大・加藤准教授の提案した「炭素循環製鉄研究会」が採択され、2011年3月から活動を開始している。2011年度からは、フォーラム座長を京大・柏谷座長に交替し、春季講演大会で講演会「エネルギーの有効利用とCO₂削減」を開催した。2012年度は、継続の「グリーンエネルギー製鉄研究会(柏谷主査)」の最終年度で、最終報告会、成果報告書およびISIJ Internationalの特集号¹⁹⁾の出版等を行い、それらの成果は、鉄鋼の学術、技術の共同研究に対する功績を認められて山岡賞を賞された。

②資源循環フォーラム(岡山大・加藤座長)：

「21世紀の新たな循環型社会の実現に向けて、素材資源利用戦略構築を基に、鉄鋼業副産物および社会の廃棄物の高度利用技術を追求する。」

電炉ダスト等の鉄鋼ダストの循環利用の高度化・促進に関する研究は、引き続き長坂教授のもとで活発な活動が行われており、シンポジウム「電炉ダスト処理(2012)」が実施された。また、引き続き山本教授のもと、行われている高温乾式冶金法に基づく金属資源循環に関して、シンポジウム「パイロリサイクル」が、2012年春季大会、東京、大阪において行われた。これを契機に更に発展してシンポジウム「パイロリサイクル2」が2012年秋季講演大会において開催された。また、松八重主査のもと、討論会「素材産業からみた自動車リサイクル(2012)」、シンポジウム「鉄鋼合金元素の有効活用を志向した自動車リサイクルにおける素材産業の役割(2012)」が若手研究者を中心に活発な活動と成果を上げている。さらに、今後のリン資源の枯渇に対応したタイムリーなシンポジウム「リン資源戦略(H25春)」が長坂教授のもと、開催された。これを受けて、フォーラム内に「Pリサイクル研究準備会(中本主査)」を発足させ、将来の発展を目指している。

③グリーンマテリアルフォーラム(東北大・武藤座長)：

「環境負荷低減のための材料特性向上、合金元素制約のもとでの材料設計指針の創出を基軸に、分野を横断した議論の場を提供する。」

フォーラムで掲げている活動目標は、環境負荷低減のための材料特性向上、合金元素制約のもとでの材料設計指針の創出を基軸に、分野を横断した議論の場を提供することである。ここでの議論を通じて、次世代環境調和型鋼材の

基本指針となる原理の獲得を目指す。2011年春季講演大会では、環境負荷低減のための材料特性向上、合金元素制約のもとでの鉄鋼材料の新しい材料設計指針の創出を視野に、分野を横断した議論を行うことを目的としてシンポジウム「資源・環境制約下における鉄鋼材料開発」を企画したが、震災のため開催は秋季講演大会となった。主題は、鉄鋼材料の開発に際して、「資源・環境制約」のもと、具体的な解決策は容易ではないが、挑戦すべき課題は、(1) 合金元素制約のもと組織制御の概念を広く組み入れた材料設計、(2) 低環境負荷かつ高性能化を求められる鉄鋼材料開発、(3) 有害物質フリープロセスへの転換に集約できると考えた。次年度は、「表面改質」に関する議論を設定した。合金元素制約の下での鉄鋼材料開発の方向性として、表面改質は非常に有望な技術とはいえ、省資源でありながら飛躍的な特性向上を期待できる反面、改質層の薄さは耐久性に関する不安要因でもあった。しかし、近年、このような旧来の概念を払拭する新しい表面改質技術が精力的に研究されている。そこで、各分野の最前線で活躍されている方々に講演を頂き、鉄鋼材料の「表面」を主題に「高機能化と環境調和のための鋼材表面改質技術」として討論を行った。3年目となる2013年度は、「次世代エネルギー」を切り口に、鉄鋼材料開発を見直してみることにした。鉄鋼材料は、エネルギー資源の掘削や輸送、さらには発電プラント用材料として不可欠であり、現代社会を支える重要な素材である。このため、浪費型消費社会から、持続可能な資源循環型社会への移行という大きな流れを背景とする長期ビジョンのもと、高品質化や新鋼材の開発がなされてきた。しかし、特に近年、新エネルギーへのシフトや既存発電システムの高効率化などの動きが非常に活発になってきている。そこで、エネルギー問題・政策や鉄鋼材料開発の最前線で活躍されている方々に、「エネルギーシフトと高効率転換に向けた鉄鋼材料研究の最前線」として講演して頂き、エネルギーと鉄鋼材料との関わりに関し活発な討論を行った。

④鉄鋼スラグ新機能フォーラム（東大・森田座長）

2010年10月に、新たな鉄鋼スラグの用途開拓を促進する目的で同フォーラムが設立された。特に、海域の環境修復や農業への活用に視点をあて、シンポジウム・セミナー等の学会・広報活動を行うことを目的としており、2013年9月末で3年を迎える。2011年春季講演大会時にキックオフのシンポジウム「製鋼スラグの新機能探索と海洋環境での利用技術開発」を行う予定であったが、震災で中止となり、同年秋季講演大会時に産発プロジェクト「海洋環境での製鋼スラグの利用技術開発」の中間報告会を兼ねて開催した。同シンポジウムでは、震災で被災した農地へのスラグ利用が紹介され、その後のフォーラム活動の短期的課題として震災復興へのスラグ活用促進に重点を置ききかけとなった。かねてより含鉄資材・特殊肥料・普通肥料（鉍

滓ケイ酸質肥料・鉍滓リン酸質肥料・副産石灰肥料）として僅かしか農業利用されていない転炉スラグの普及促進を念頭に、2012年1月25日、盛岡にて「転炉スラグの有効利用に関する東北農業試験研究機関と日本鉄鋼協会スラグ新機能フォーラムとの情報交換会」を開催し、東北各県の主に植物病理学を専門とする農業研究者と本フォーラムの運営委員メンバーが、研究成果や情報の交換を行った。また翌日にフォーラム関係者が、相馬市、南相馬市の被災農地を視察し、「JAそうま」を表敬訪問し、スラグによる除塩効果、復興状況の調査、意見交換を行った。

第2回の情報交換会は、2012年7月に木更津市にて行われ、翌日には出席した農業研究者のスラグへの理解を深める企画として新日本製鐵（株）君津製鉄所でスラグ処理場の見学会が開催された。第3回情報交換会は、平成25年6月に弘前にて開催され、翌日には弘前市内の試験圃場等の見学、同スラグを採用した現地農場視察が行われ、転炉スラグの効能が体感されるとともに、普及への課題抽出の機会となった。

一方、セミナー・シンポジウム活動では、2012年12月に仙台にて、災地の早期復興を図ることを目的として「震災からの復興資材・産業再生資材セミナー ～復旧復興資材・産業再生資材としての鉄鋼スラグ製品～」(経済産業省主催)を共催し、策定された鉄鋼スラグ活用指針案や事例策が公表された。

また、2013年3月に、多くのスラグメーカー、ユーザーを対象に、産発プロジェクト「海洋環境での製鋼スラグの利用技術開発」の報告会を兼ねて、シンポジウム「製鋼スラグの震災復興への活用と農地・海洋環境での利用技術開発」を行った。農地・海洋環境での製鋼スラグ利用技術開発の最近の研究成果が報告されるとともに、土木資材や津波被災農地の除塩剤としての震災復興への活用事例が紹介され、有意義なシンポジウムとなった。講演大会での活動としては、2013年秋季講演大会にて予告セッション「鉄鋼スラグの新機能と用途開拓」を行った。

*グリーンエネルギー製鉄研究会(2008年度北大・柏谷主査；2009-2010年度東大・月橋主査；2011年度京大・柏谷主査)：

製鉄プロセスにおいて積極的に水素を利用することによってCO₂を削減することを目的に、(1) グリーン水素の製造(鉄鋼廃熱およびCOGの利用、バイオマス、原子力エネルギーの利用)に関する研究、調査、(2) 高炉への水素の吹込み限界と問題点の研究、(3) 2050年を目指した水素製鉄プロセスの提案、などによって総合的にCO₂削減効果を検討している。

*マテリアルビジョン2100研究会(工学院大・稲葉主査)：

今後2050～2100年へ向けた素材のあるべき姿、向かうべき方向について、特に、鉄鋼材料において、資源・製造・使用・廃棄(リサイクル)の各工程における、「地球温暖化

抑制」や「循環型社会の構築」の観点から、その位置付けと他素材（アルミニウム、高分子素材など）との比較評価、開発や制度での向かうべき方向性に対する指針を与えることを目標に研究活動を展開している。

7・3 震災復興に向けたアクションプランへの対応

日本鉄鋼協会として、2011年3月11日の東日本大地震に纏わる震災復興への協力のため、「震災復興に向けたアクションプラン」の公募がなされた。震災自体が未曾有のレベルであったことに加えて、福島原子力発電所事故による放射性汚染物質の拡散は更に問題を大きくしている。この大量な放射線汚染物質を処理したり、保管したりする最大の課題は、マスの圧倒的な存在である。放射線物質のみを抽出、濃縮できれば、その処理や保管は飛躍的に前進するものと考えた。従来、鉄-ネオジム磁石廃材のリサイクル方法として検討していた「硫酸性温泉紅藻」による金属分離方法が適用できれば、環境にやさしい除染技術が開発できるとの判断から、「紅藻類を用いた放射線物質濃縮」を本部会から提案し、採用された。判断の理由は、「硫酸性温泉紅藻」の比類ない耐性と機能を勘案した結果で、放射能を始めとした過酷な環境耐性と機能、および将来の展開の可能性であった。

現在、2年目計画を推進中で、放射性セシウム、ストロンチウムを吸収することを確認し、セシウム等を吸収した「紅藻」と土壌との分離技術にも新たな技術の適用可能性が広がっている。実験もピーカー規模から、併行して水槽サイズのスケールアップ試験を実施中である。2014年度（最終3年目）は、基礎研究として放射性物質の分離下限の見極めと、現地（福島）で実放射性汚染物質を用いた試験を実施するとともに、実用化のためのフィージビリティスタディを行う予定である。（長坂徹也・山本高郁 記）

8. おわりに

本稿は、歴代の部会長に当時の部会活動に関するまとめを作成してもらい、中島と友田が編集したものである。地球環境問題は幅広い内容を包含しているので、安全性や歴史等の研究活動も環境と無縁ではない。これまでの部会活動における「鉄鋼に関わる環境問題への取り組み」を強調しながら部会全体の長年の活動を整理した。新しく始まった環境・エネルギー・社会工学部会は、参画される方々の活発な活動とともに、近年の世界的な環境変化とも相まって、その縦糸的存在としても、また、それ自体としても、そ

の影響力は大きく増している。この傾向は、今後益々、加速度的に増すものと想定され、日本鉄鋼業のみならず、全世界に貢献するものと考えられる。

謝辞

最後に、上記のように活発に展開された部会の活動を熱心にサポートして下さった日本鉄鋼協会事務局担当者の植田紀代子氏（1995-1997）、為田郁代氏（1998-2000）、大島孝子氏（2001-2002）、龍淳子氏（2003-2008）および亀井千春氏（2009-現在）に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) T.Miyoshi: *Tetsu-to-Hagané*, **79**(1993), N804.
- 2) Y.Umakoshi: *Tetsu-to-Hagané*, **80**(1994), N577.
- 3) International Conference Steel and Society-Steel Industry for Sustainable Society (ICSS2000), ISIJ, Tokyo, (2000).
- 4) Proc. of Symposium on the 100 memorial year after the start of modern iron making in Japan, ISIJ, (2001).
- 5) IPCC, 2001: Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ed. by R.T.Watson, and the Core Writing Team. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, (2001), 398.
- 6) Y.Ogawa, H.Kudo, K.Ohta, Y.Ohki and K.Saito: JEEJ: (2002) <http://enen.iej.or.jp/data/pdf/462.pdf> (accessed on Sept.26, 2013).
- 7) K.Ijima, K.Halada, K.Yagi, N.Katagiri and T.Ohkura: *CAMP-ISIJ*, **14**(2001), No.1, 231.
- 8) ISIJ Social Engineering Division: *Bull. Iron Steel Inst. Jpn.*, **8**(2003), 555.
- 9) M.Tate: Introduction to iron-sand reduction technology in Japanese middle age, Maruzen, Tokyo, (2000).
- 10) M.Sasabe, M.Tate and K.Terashima: A history of Tataru furnace technology, Maruzen Planet, Tokyo, (2003).
- 11) Y.Tomota *et al.*: Special issue on Learn from the Past and Aim for a New Stage, *Tetsu-to-Hagané*, **91**(2005), 1.
- 12) S.Hayasha, W.Tamaki and Y.Tomota: *Tetsu-to-Hagané*, **91**(2005), 141.
- 13) F.Taki, M.Mori, T.Oda, N.Takamatsu and G.Yoshida: *Tetsu-to-Hagané*, **91**(2005), 135.
- 14) Y.Matsuno, I.Daigo and Y.Adachi: *Tetsu-to-Hagané*, **91**(2005), 127.
- 15) T.Akiyama and T.Nagasaka: *Mat. Technol.*, **74**(2004), 1113.
- 16) M.Amatatsu, M.Okahara and S.Katsuki: An illustrated iron-sand reduction technology in Japanese pre-modern age, The foundation of JFE 21 century, Tokyo, (2004).
- 17) M.Tate, Y.Anazawa, Y.Amatatsu, T.Inazumi, M.Sasabe, K.Satoh, K.Terashima and T.Tsuchiko: Revised and explained edition of Introduction to iron-sand reduction technology in Japanese middle age, Keiyuh-sha, Tokyo, (2007).
- 18) Edited by K.Jofun and translated by M.Tate: A history of bronze and iron in China, Keiyuh-sha, Tokyo, (2011).
- 19) Y.Kashiwara *et al.*: Special issue on green energy ironmaking and steelmaking, *ISIJ Int.*, **52**(2012), 1383.