

4 . 調査研究・成果利用

4.1 はじめに

本プロジェクトを真に資源循環型社会の構築に資する研究として推進していくためには、単に技術的課題に関する基礎研究のみならず、社会的背景や時代の要請、回生材資源の動向、材料創製産業の状況、エンドユーザーの要求、現行の技術、課題などを十分に把握した上での取り組みが重要となることが、研究評価調査委員会などで助言された。それを受けて、本プロジェクトでは、回生材資源として想定しているスクラップ鉄中の不純物の動向、鉄回生プロセスを構築した場合のエネルギー、環境負荷、コストの調査を行うとともに、国内の素材メーカー、装置産業、エンドユーザーへのヒアリング、海外の鉄鋼製造技術の動向の調査などを行った。

また、研究成果を広く内外に周知するために、ワークショップ開催のみならず、電子媒体などでの配信、意見交換などが重要との助言を受け、早期からプロジェクト用ホームページの開設、研究成果などを関係者各位に配信するためのEメールニュースの発刊を行った。

本章では、これら調査活動、成果利用について概括する。

4.2 スクラップ鉄中不純物の動向調査

[1] 調査研究の目的

近年、循環型社会構築への意識の高まりに伴い、鉄スクラップのリサイクルについても見直しが一層強く求められており、超鉄鋼研究センターでミレニアムプロジェクト「リサイクル鉄の超鉄鋼化研究」が行われ、混ざってくる不純物を積極的に利用して再生材の高性能化を図るための挑戦をしている。

この研究を進めるに当たり、スクラップ中の不純物の状況を把握することは不可欠であり、本調査においては、平成 14、15 年度に渡り、鉄屑処理工場から各種スクラップの提供を受けその成分分析を行い、スクラップ中の不純物含有率の現状について精度を高め、且つ時系列的に明らかにすることを目的とした。

[2] 調査研究成果の目標

2.1 鉄スクラップの不純物含有率調査の全体

平成 14、15 年度の連続した調査を行ったが、特に平成 15 年度では、平成 14 年度に対し、以下のように調査範囲を拡大し普遍的なデータとした。

(1) スクラップの収集地域の拡大

関東地区（平成 14 年度） 関東地区、関西地区、中部地区（平成 15 年度）

(2) スクラップの分析成分の拡大

P、S、Cu、Sn の 4 成分（平成 14 年度） P、S、Cu、Sn、Ni、Cr の 6 成分（平成 15 年度）

(3) プレス/A（自動車ボディー）の不純物含有率のデータ信頼性の拡大

プレス/A（平成 14 年度） プレス/サイロ（平成 15 年度）

2.2 鉄スクラップの不純物含有率の実分析

収集した鉄スクラップからドリルにより切粉を採取し、化学分析を行った。

[3] 鉄スクラップの不純物含有率の実分析結果

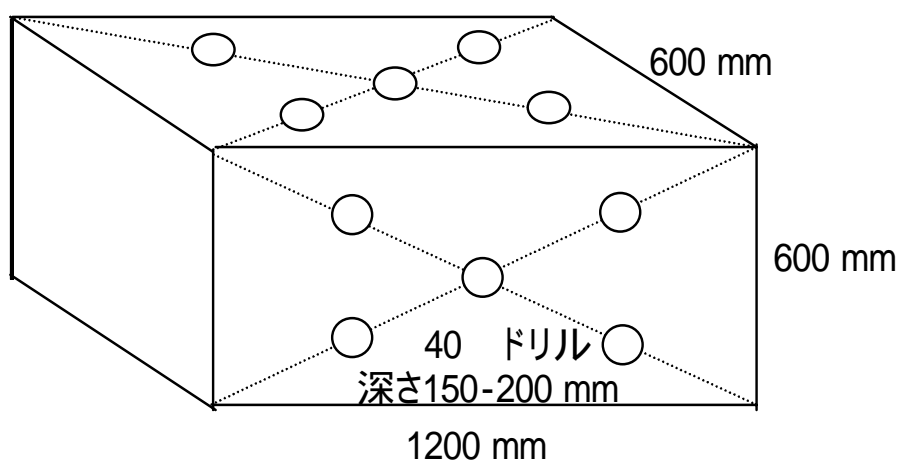
3.1 鉄スクラップの収集状況

関東地区においては、関東地区にある鉄屑処理工場の数箇所（同じ工場でも 6 種類の品種 / 等級の鉄スクラップが集まるとは限らないので）をトラックで訪問し、6 種類の品種 / 等級の鉄スクラップを収集した。また、関西地区・中部地区においては、各地区にある 3 箇所ずつの鉄屑処理工場数を訪問し、収集する鉄スクラップを指定し、それらの鉄スクラップを送付することで、収集を行った。

品種 / 等級	関東地区		関西地区		中部地区	
	個/ 箇所	箇所	個/ 箇所	箇所	個/ 箇所	箇所
ハビ- / H2(形鋼)	3	1	3	1	3	1
ハビ- / H2(丸鋼)	3	1	3	1	3	1
プレス / サイロ(自動車ボディー)	1	1		0		0
プレス / CS(飲料缶)	3	1		0		0
シュレッダ- / AS(自動車ボディー)	3	1	3	1	3	1
新断 / プレス A(表面処理無し薄鋼板 で酸化無し) or B(表面処理薄鋼板)	3	1		0		0

3.2 鉄スクラップの化学分析

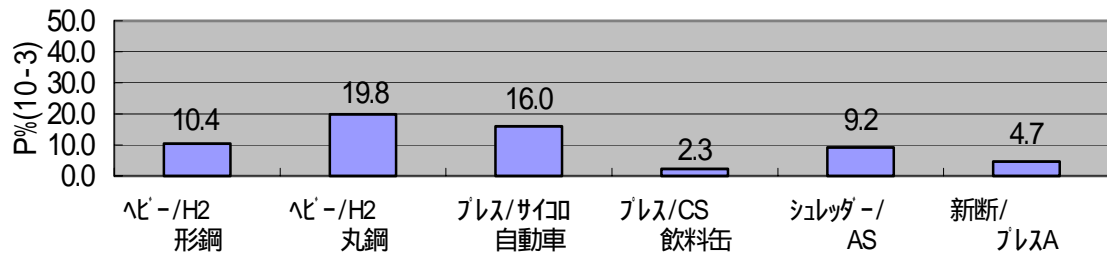
各スクラップの錆びや塗料を研磨により除いた後に、ドリルにより切り粉を採取し、鉄スクラップの不純物含有率(P、S、Cu、Sn、Ni、Crの6元素)の実分析を行った。尚、プレス / サイロ(自動車ボディー)については、サイロスクラップ(重量約500kg)を自動車解体業者から購入し、長手方向の4面において対角線の1/2と1/4の5箇所/面 x 4面 = 20箇所、40 mm のドリルでそれぞれの箇所に深さ150~200 mmの孔を明け、切り粉を集め、その切り粉の全量(約15 kg)を溶解し、冷やした後に再びドリルにより切り粉を採取し、鉄スクラップの不純物含有率(P、S、Cu、Sn、Ni、Crの6元素)の実分析(化学分析)を行った。



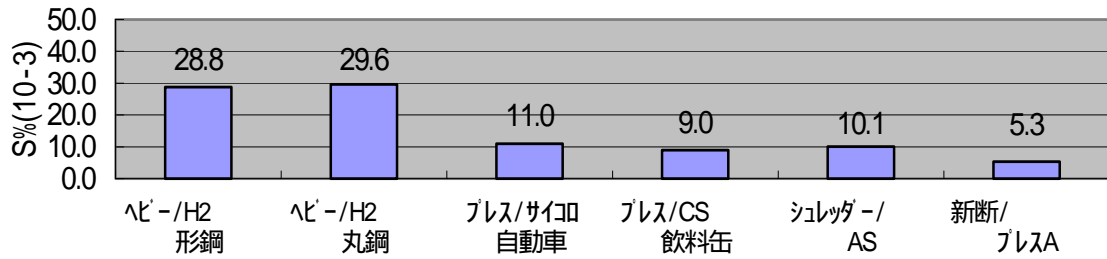
3.3 鉄スクラップ不純物含有率の実分析結果のまとめ

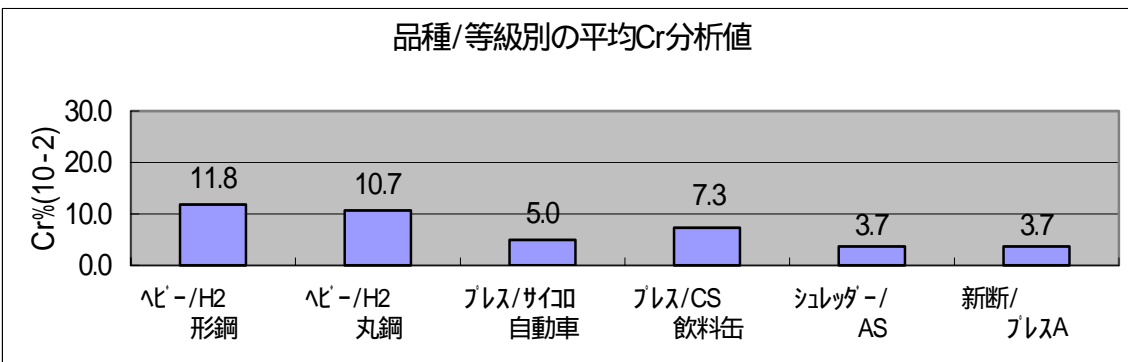
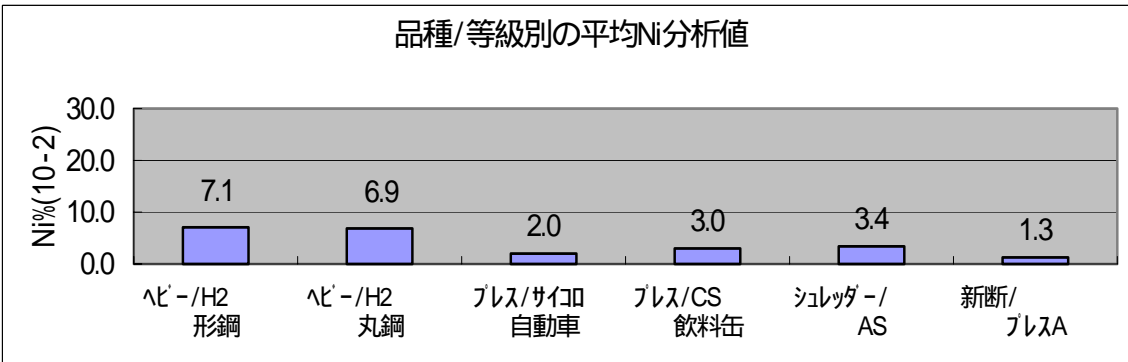
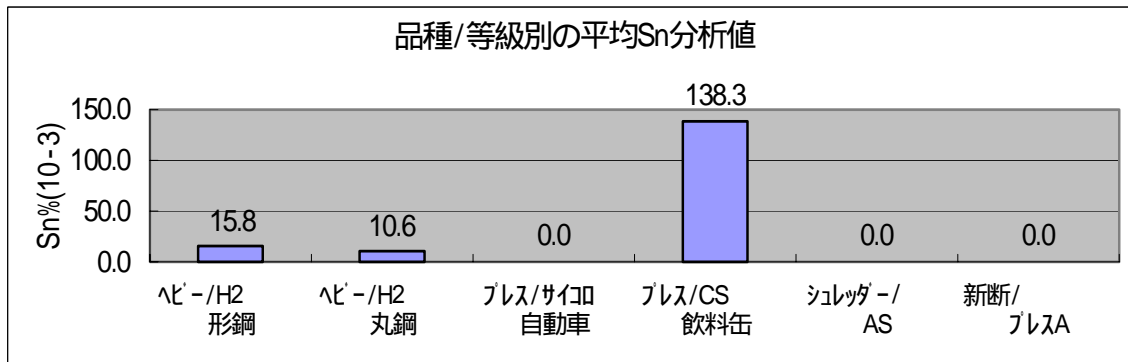
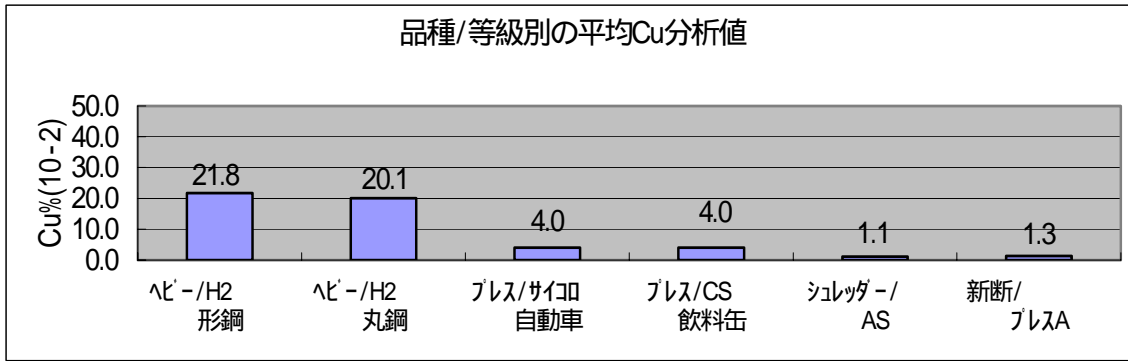
品種/ 等級	詳細 品種	分析 個数	分析値 (Wt%) の平均値					
			P	S	Cu	Sn	Ni	Cr
ハビ- /H2	形 鋼 屑	9	0.0104	0.0288	0.218	0.0158	0.071	0.118
ハビ- /H2	丸 鋼 屑	9	0.0198	0.0296	0.201	0.0106	0.069	0.107
プレス /サイロ	自 動 車 ボ デ ィ ー	1	0.016	0.011	0.04	0	0.02	0.05
プレス /CS	飲 料 缶 屑	3	0.0023	0.009	0.04	0.1383	0.03	0.073
シュレツ ター /AS	自 動 車 ボ デ ィ ー	9	0.0092	0.0101	0.011	0	0.034	0.037
新断 /プレス A	薄 板 屑	3	0.0047	0.0053	0.013	0	0.013	0.037

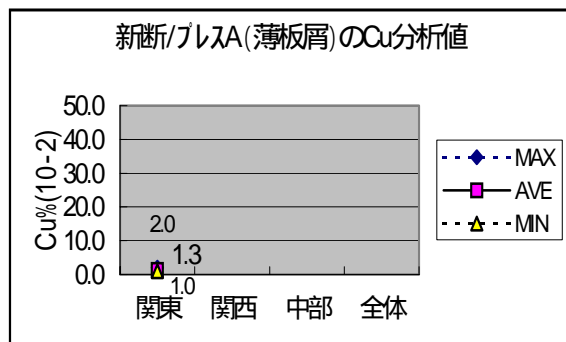
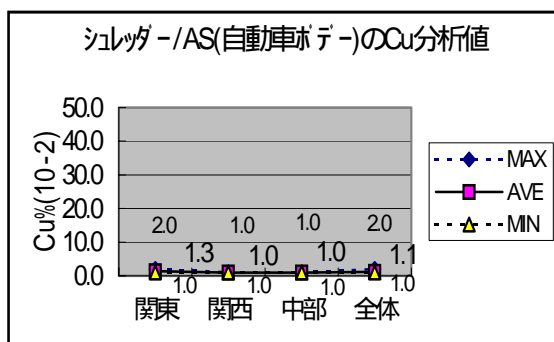
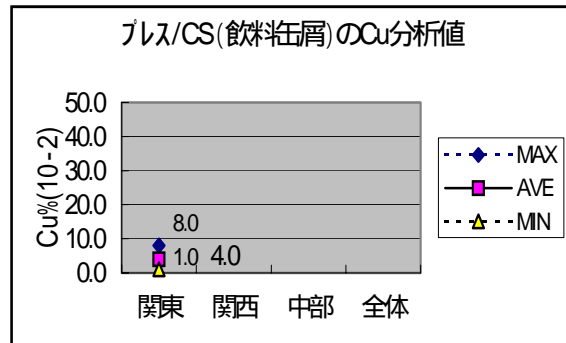
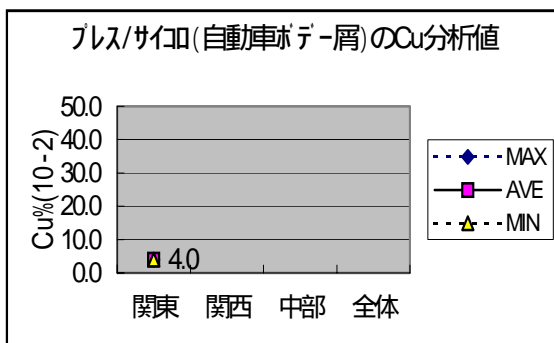
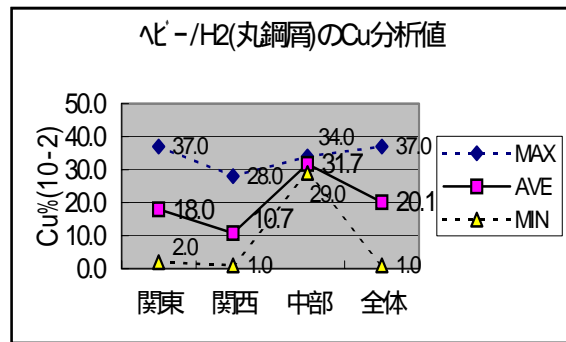
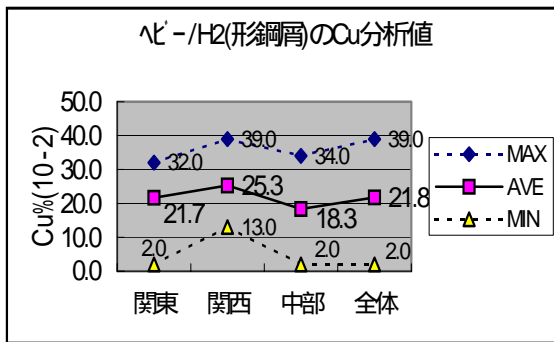
品種/等級別の平均P分析値



品種/等級別の平均S分析値







平成 15 年度の調査においては、スクラップの収集地域の拡大により、平成 14 年度に行った関東地区地以外に、関西地区と中部地区からもスクラップを収集し実分析を行った。区毎の特徴が現れる可能性が考えられたが、全体的に見ると大きな差は出ていないようである。スクラップのある品種 / 等級である地区が高い値を示している場合もあれば、他の品種 / 等級では他の地区で高い値を示している場合が見られる。

平成 15 年度の調査においては、スクラップの分析成分の拡大により、平成 14 年度に行った P、S、Cu、Sn の 4 成分以外に、Ni、Cr の 2 成分についても全てのスクラップにおいて実分析を行った。この調査により、各品種 / 等級毎の Ni、Cr の成分レベルを把握することができた。また、平均の Ni、Cr 値でみると、▲ビ-/H2 (形鋼屑、丸鋼屑) は他の品種 / 等級に比べ、少し高い値を示した。また Cr 値において、プレス / CS (飲料缶屑) は

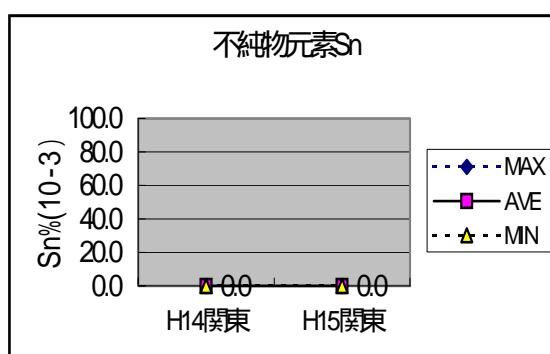
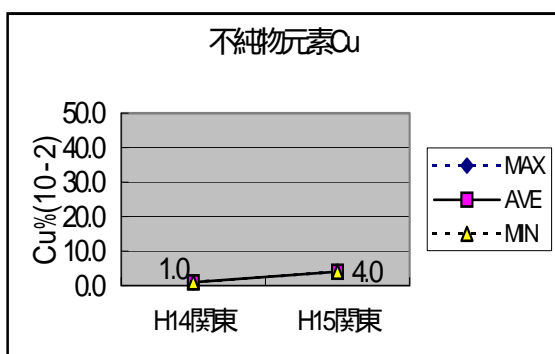
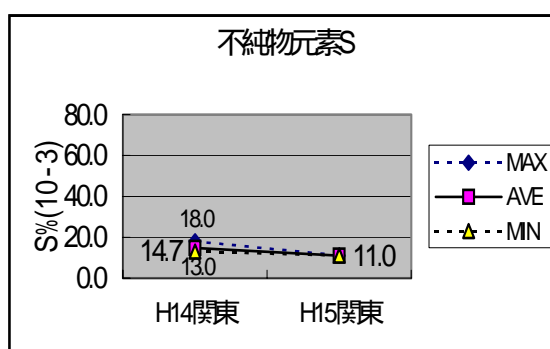
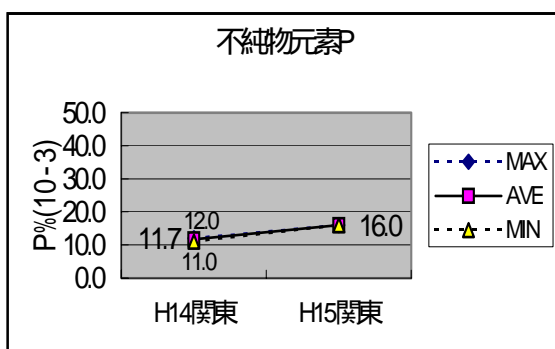
ベ- / H2 ほどではないが、それに次いで高い値を示した。また、今回の調査においては、プレス / A (自動車ボディー) の不純物含有率のデータ信頼性の拡大を図る目的で、プレス / サイコ (自動車ボディー屑、1個、約 500kg) の 20 箇所ドリルで孔を明け、その切り粉を全て溶解し、その塊から再びドリルにて切り粉を採取し実分析を行った。このやり方によって、スクラップの Cu 値を求めることができるかを見た。

[4] 平成 14 年度、15 年度鉄スクラップ不純物含有率の時系列的推移

4.1 鉄スクラップ不純物含有率の時系列的推移のまとめ

プレス / A (自動車ボディー) の不純物含有率の時系列的推移

品 種 / 等級	詳細 品 種	採取 場 所		分析値 (Wt%)			
				P	S	Cu	Sn
プレス/ A	自動車 ボ ディー	H14 年度 関東	MAX	0.012	0.018	0.01	0
			AVE	0.0117	0.0147	0.01	0
			MIN	0.011	0.013	0.01	0
		H15 年度 関東	MAX	0.016	0.011	0.04	0
			AVE	0.016	0.011	0.04	0
			MIN	0.016	0.011	0.04	0



注：平成 14 年度のデータは、自動車ボディのプレスしたものの中、どちらかと言うとボディの鉄板からの切り粉の分析値である。平成 15 年度のデータ数は N=1 であるが、サイロスクラップの 20 箇所からの切り粉を溶解した塊の分析値である。

各品種 / 等級毎の各成分の時系列的推移を全体的に見た時、大きな変化は現れていない。この中で、プレス / CS (飲料缶屑) の Sn 値のみが、平成 15 年度のデータで平成 14 年度に比べ非常に大きな値を示した。近年では、飲料缶用などに TFS (Tin free steel) の使用が普及しつつあり、「錫メッキ鋼板」の使用割合が低下してきていることを考慮すると、平成 15 年度の調査で収集した飲料缶屑で高い Sn 値を示したことは、「錫メッキ鋼板」が未だ使用され、収集した 3 個のスクラップのうち 2 個が、「錫メッキ鋼板」を使用したものであったと言える。

4.2 プレス / A (自動車ボディ屑) の Cu 値の推移

今回の調査では、サイロスクラップを使用して実分析を行った。その Cu 値の結果は以下である。

	Cu%(10-2)平均値	
	平成 14 年度	平成 15 年度 (サイロスクラップ)
プレス / A (自動車ボディ屑)	1.0	4.0

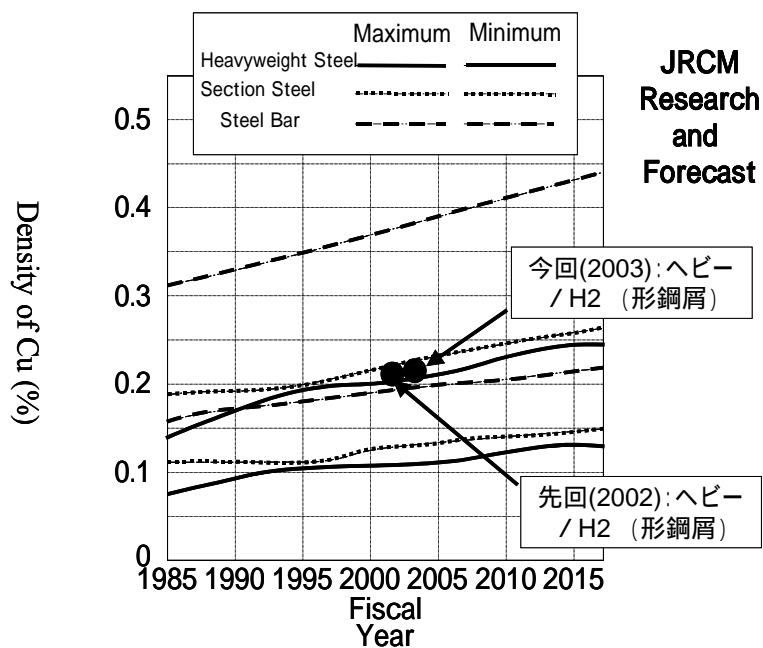
参考として、シュレッダー/AS(自動車ボディー屑)と新断/プレスA(薄板屑)のCu値も以下に示す。

	Cu%(10-2)平均値	
	平成14年度	平成15年度 (サイロスクラップ)
シュレッダー/AS (自動車ボディー屑)	1.7	1.1
新断/プレスA(薄板屑)	1.0	1.3

以上より、今回の調査でサイロスクラップを使用して実分析を行った結果として、今回の調査のCu値は平成14年度のCu値および同じような品種/等級のスクラップのCu値に対し高い値を示している。

一方、財団法人 金属系材料研究開発センター (JRCM) は、「平成15年度環境問題対策調査等委託費(自動車リサイクルに係る処理技術等の調査)」で、使用済み自動車で通常の解体作業を行いモーターやハーネス類を除去したサイロスクラップを、電気炉を持つ製鉄会社の協力を得て溶解し、サイロスクラップのCu値を求めている。その結果でのCu値は、今回調査のCu値の約10倍となっている。

また、JRCMがまとめたスクラップ中のCu濃度の年度推移に本報告データをプロットすると次のグラフに示すように、MaximumからMinimumの幅の中で、Maximum側に傾向の相関性が認められ、今後のスクラップ中のCu増加における将来予測の妥当性が推定される。



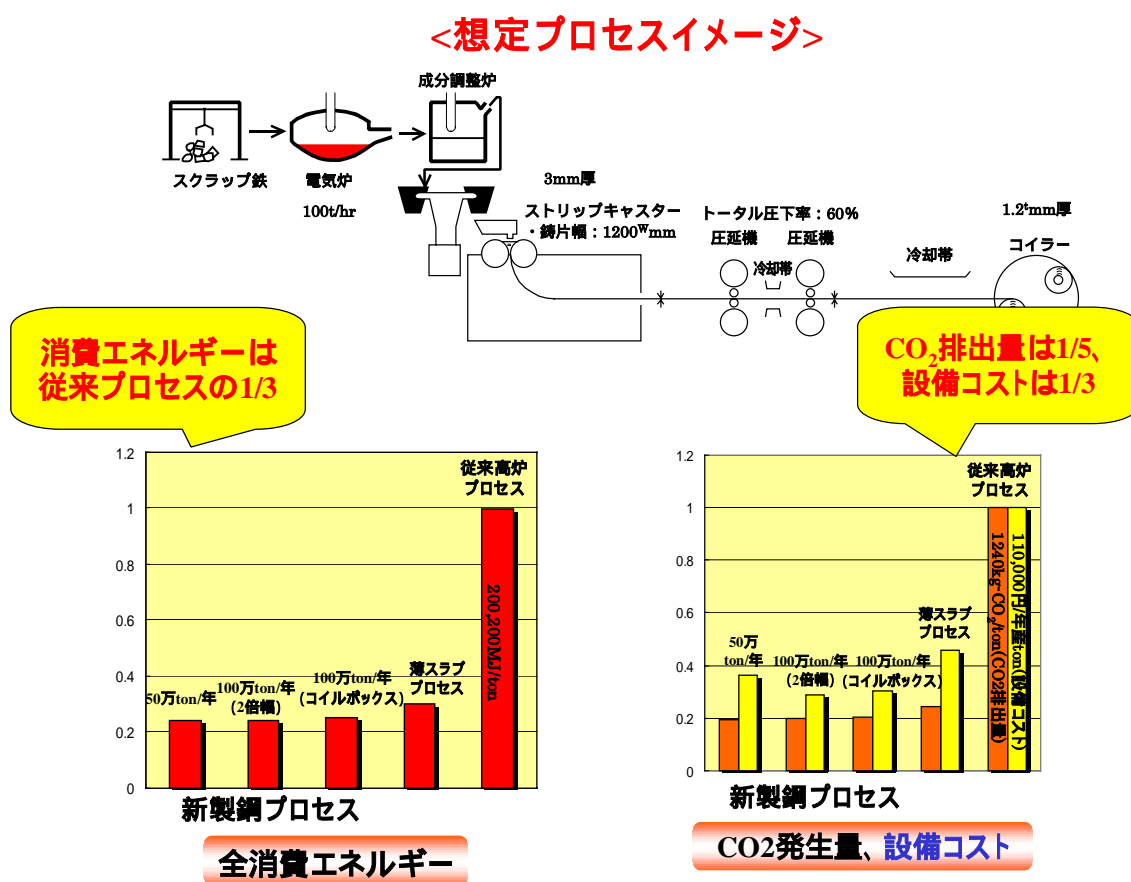
[5] まとめ

- 1) 地域ごとの比較では、全体的に見ると大きな差は出ていない。
- 2) スクラップのある品種 / 等級で、ある地域が高い値を示しており、他の品種 / 等級では他の地域が高い値を示している。
- 3) 各品種 / 等級毎の各成分の平成 14、15 年度時系列的推移を全体的に見た時、大きな変化は現れていない。
- 4) 平成 15 年度の調査ではスクラップの分析成分の拡大により、平成 14 年度に行った P、S、Cu、Sn の 4 成分以外に、Ni、Cr の 2 成分についても全てのスクラップにおいて実分析を行い、品種別 / 等級毎の Ni、Cr レベルを把握することができた。
- 5) 平均の Ni、Cr 値で見ると $\text{H}^{\circ} - / \text{H}2$ (形鋼屑、丸鋼屑) は他の品種 / 等級に比べ、高い値を示した。
- 6) Cr 値においてプレス / CS (飲料缶屑) は $\text{H}^{\circ} - / \text{H}2$ ほどではないが、それに次いで高い値を示した。
- 7) JRCM がまとめたスクラップ中の Cu 濃度の推移予測に対し、本データとの傾向の相関性が認められ、将来予測の妥当性が確認された。

4.3 薄板材製造プロセスの調査・解析

本プロジェクトでは、不純物を有効利用することを念頭に、従来よりも急速な凝固、冷却が可能である薄スラブプロセスやストリップキャストプロセスの適用を、一つの実施方法の案として考えている。

そこで、鉄回生プロセスの一つとして、薄スラブプロセスやストリップキャストプロセスを用いてリサイクル鉄製造プロセスを構築した場合の経済性、エネルギー消費、環境負荷としてCO₂排出量の試算、調査、評価を行った。



既存技術との比較を行った結果、上記の図のように、想定プロセス（電炉、ストリップキャストプロセス）は消費エネルギー、CO₂排出量、設備コストともに 従来プロセス（高炉、スラブ圧延プロセス）より小さく、循環型社会構築の上で妥当性があることがわかった。

4.4 国内企業訪問

本プロジェクトを推進するにあたり、国内素材製造プロセス技術の動向、現状を把握し、適切な技術要素研究課題を抽出するために、国内各社を訪問し、見学、プロジェクトの説明、意見交換などをさせていただいた。

訪問日時	訪問先	目的
2002.2.6	住友金属工業 総合技術研究所	NIMS におけるプロジェクト研究の説明 圧延試験機、溶解鑄造試験場の見学 共同研究へ向けての説明、討論
2002.2.17	王子製鉄 群馬工場	平鋼製造プロセスの見学 平鋼材質の検討 クロス圧延効果の説明
2002.2.20	株式会社 中山製鋼所	NFG(Nakayama-Fine-Grain 鋼)創製の新熱延 ミルなどの見学 NIMS における超鉄鋼・微細粒鋼研究の紹介
2002.2.21	住友金属 関西製造所	部品産業の現場製造と材料技術の調査 NIMS における鉄鋼研究活動の PR
2002.2.28	大同特殊鋼 知多工場	スクラップ原料を実使用している特殊鋼工場の 見学 NIMS 成果の開示報告
2002.3.1	愛知製鋼株式会社	知多工場内の棒線圧延工場、鍛造工場の見学 NIMS における超鉄鋼・微細粒鋼研究の紹介
2002.3.7	上越マテリアル	連続鑄造および部品製作の工程を見学 銅合金のリサイクル問題を主に技術討議 NIMS のプロジェクト研究紹介 PR
2002.3.8	株式会社 住友金属直江津	ステンレス鋼製造プロセス（ほぼ全工程）の 見学 NIMS におけるプロジェクト研究の説明
2002.3.11	トヨタ自動車株式会社	NIMS におけるプロジェクト研究の説明及び 情報交換

		自動車製造ラインの見学
2004.3.3	住友金属株式会社	連铸設備の見学
2004.5.20	王子製鉄株式会社	原料配合から圧延にいたる一貫製造ライン見学
2004.7.8	株式会社日本製鋼所	鍛造技術及び大型鍛造製品に関する調査と見学
2004.10.6	鈴木金属工業株式会社	細線製造工程見学
2004.10.28	住友金属株式会社	凝固研究交流会
2004.12.9	大同特殊鋼株式会社	知多線材圧延工場の見学
2004.12.13	株式会社中山製鋼所	棒線ライン工場見学

各材料についての原料管理、素材、部材の創製プロセス、工夫された技術、検討している課題などに触れさせていただき、プロジェクト研究の各段階における研究課題抽出に反映させていただいた。また、共通する検討課題などについて、現在も交流をさせていただいている。

4.5 海外調査

海外の鉄製造プロセスの現状を調査するために、米国、ドイツを訪問し、ミニミルメーカーや、大学、研究機関においてヒアリングを行った。本調査活動の報告を以下に記す。

4.5.1 米国ミニミル調査

[1]Nucor 全体の概観

米国一位の大鉄鋼製造であり、年間売上\$41 億以上を誇る。Nucor 全体の年間鉄鋼生産量は 1200 万 t であり、米国最大のリサイクル業者として、1300 万 t/年のリサイクル材を消費する。従業員は 9800 人以上であり、14 箇所で操業を行っている。場所は Indiana、Arkansas、South Carolina、Alabama 他、多々米国内に広がっている。製造鋼材は炭素鋼、合金鋼、棒、薄板、厚板等である。

会社の前身は Olds mobile と Reo Motor Cars を創立した自動車製造会社 Ransom E. Olds であり、幾多の変遷を経て会社 Olds は the Nuclear Corporation of America になった。Nuclear Corporation は 1950 年代と 1960 年代の原子力関係機器、電気機器メーカーとなった。1964 年に倒産に直面し、社長に F Kenneth Iverson を、副社長に Samuel Siegel を迎えた。その後、薄スラブ鑄造の革新が起こり、Nucor は西ドイツで開発した技術を商品化する最初の「ミニミル」となった。

[2]NUCOR/Hertford(Danieli:102 ~ 152mmCaster,Plate)

場所:1505 River Road, Cofield, North Carolina 27922

訪問日:3/17/04 Wed.

a)歴史

1998 年 6 月 Hertford County, North Carolina における新製鉄所建設計画を発表し、Nucor において重機械、鉄道、船舶、屋形船、精製[鍊]所タンク用の、厚板鋼製造の最初の製鉄所となった。2000 年 10 月に鑄造・圧延開始し、操業開始から製造に成功し、高級鋼飯の製造を続けている。

b)従業員数

400 人の従業員で労働条件として、2 交代制、12 時間/日労働、2 日労働 - 2 日休日の繰り返しを行っている。

c)年間生産量

120 万 t(Home Page から)。

d)製品

製造品は厚板の 40-70kg 級のものであり、組織はフェライト、ベイナイト、用途は橋梁、自動車、貯蔵タンク(低圧)、建築用(40-50mmt、60kg/mm²)、クレーンビーム等である。x70-x80(将来のラインパイプ鋼材開発のターゲット)は国内向けであり、テキサス等に出荷されている。国内においては、ベセレヘム高炉メーカーと競争し、36 インチ大径管は高炉、小径管は Nucor の棲み分けを行っている。

e)CC(ContinuousCaster)設備関係技術

電気炉 1 基あたり、250t、LF2 基であり、各々170t の 1 キャスティングラインをもち、年産 100 万トンであり、大変効率的な操業を行っている。LF(LadleFumace)中の温度は約 1600 である。温度は全て華氏で表しており、この場合、2900F°と表示されている。電気炉で CaO、酸素で精錬し、LF では Al で脱酸する。20%は Si-Mn 脱酸を行う。

CC は Danieli 製 150mm(6inch)厚、漏斗状の鑄型であり、1 スtrand、2 タンディッシュ、2 ターレットである。スラブは酸素ジェットで溶断する。1 基のリバースロールで今回は 11 パス、95mm(3.75inch)まで落としていた。5 mm(2 inch)まで落とすことができるということである。

創製したスラブは、再加熱して圧延する。特に、モールドパウダーは伝熱が低いことが重要である。

CC 設備はもともとインゴットとしていいものを作れるような炭素濃度で設定されていたので、思想をかえないと薄スラブ鑄造には難しい。組織制御はプロセス制御+マイクロアロイで行い、熱延制御因子が少ないため、マイクロアロイ依存度が高い。これにより、高 Cu 材でも表層割れが無い。尚、冷却により AIN の生成を促進し、このピン止め効果により、微細化に寄与する。但し、いずれも組織観察例が無い。

f)鉄源・スクラップ問題

フェロ使用割合は総生産量の 1/10000 弱である(日本各製鉄所では 1/10000 が標準)。

鉄源は 90%以上がスクラップ鉄であり、還元鉄も鉄源として使用し、Armco などより入手する。また、NIMS から報告したスクラップ内の Cu 量が、年が経つに連れ増加する傾向は、米国でも同じとのことである。今後、Cu 対応が大きな問題となると考えているとのことである。

g)技術課題

米国内で Integrated Mill が今後存続するのは難しいとのことである。理由は、コークス処理炉の公害、CO₂発生量の問題に対して、米国国民は高炉の存続を許容しないであろうことによる。

h)その他

通常のコイル工場と異なり、必ずしも近くにユーザーがいる訳ではない。ここは150mm厚中心であり、用途が大きく、50mm厚の薄板コイルとは状況が異なる。

[3]NUCOR/Hickman Hot Coil(SMS-CSP)

場所:7301ECountryRoad142,Blytheville,AR72315

訪問日:3/18/04 Thurs.

a)歴史

歴史は古く、1992年創設で、1992年より製造を開始している。スクラップ年間使用量は200万tで、ミシシッピ川の優位な位置に占め、米国内の種々の地域に、船、トラックで商品を配送している。1999年に冷延設備を導入し、Pickled & Oiled, Cold Rolled Full HardandFully Processed, and Hot Dipped Galvanizedを製造材のリストに追加している。

b)従業員数

550人の従業員で、労使関係については、訪問当日は、社長がコックになり、ランチ時間に社員にハンバーグ、ホットドッグを焼き、serveしていた。定期的にこうした社長と社員の交流があるとのことである。

c)年間生産量

120万t(HomePageから)。

d)製品

熱延、冷延、表面処理鋼板が中心で、NucorHickmanの圧延ミルでは.060-0.625インチ(0.15-1.59cm)厚、幅36-64インチ(91.4-162.5cm)の熱延鋼板を供給可能である。薄板熱間圧延材、冷間圧延材、燐酸処理冷間圧延焼鈍材、hot-dipgalvanized材を製造している。

50mm厚スラブから5-8mm熱延材に仕上げている(参考:クアラールンプールにあるCSPでは1.2mm熱延材を対象)。

プロパンボンベ材料(5mm厚)、熱延、冷延、めっき鋼板も対象であり、最大板厚は16mm、Gradeは80X、Lowerstrengthensteelsでは55X-levelである。C量範囲は0.05C,0.3Cであり、用途はPowertrain(自動車の変速機構部分)等である。表面性状の問題から、自動車用外板製造はしていない(ただし、スクールバス外板はあり)が、家電用鋼板も用途となっている。製品比率では55%がHR,10%がCR,10%がPickletreated、25%がGalvanizingとなっている。

e)CC 設備関係技術

Funnel 方式の薄スラブ CC であり、50mm(2inch)での鑄造を行い、正に TSC(Thin Slab Casting)そのものである。電気炉 2 基、LF 3 基、キャスト 2 ラインを有する。LF(Ladle Furnace)では、Al 脱酸、合金調整を行う。CC は Vertical Bending 方式であり、従来型 CC が機端で凝固するのと大違いである。2nd ラインはトンネル炉がある。0.015%P まで精錬し、S はシングル ppm から分析限界以下まで落としている。

f)スクラップ問題

Cu 問題については銑鉄で薄め、希薄化するが、コスト高に繋がる。Cu の問題は表面性状が中心のため、高 Cu だと表面割れの問題が出るが、現在の設備では、対応可能である。DRI(還元鉄)も使用している。

Galvanealing の経験は無いため、これに対し、Cu の問題があるかどうかは不明である。

P は問題としていなく、製品中の P 濃度は 0.008%程度であり、銑鉄中には 0.3%P 存在する。また、酸素ブローイングで脱 P が可能である。スクラップと銑鉄を混合した 0.05 ~ 0.08%P レベルを精錬により 0.008 ~ 0.015%P に低減している。

S は Ca ワイヤフィーディングにより 0.003%S に低減する。

冷延の後は、表面割れは抑制することが必要である。

g)技術課題

DP(DualPhase)鋼は 60kg/mm² 級までは開発済みである。TRIP(Transformation-Induced Plasticity)鋼製造プロセスが今後の課題である。低 C 材では中心偏析問題は無い。0.04C 材では実視でも偏析は無い。0.07C 材でわずかに偏析が有る。

h)その他

Nucor の Environmental Policy は COTTON(Compliance、Objectives、Technology、Teamwork、Oppotunities、Nucor)であり、工場がある地域が CottonBand と呼ばれる綿花栽培の農業地域であり、そこから、この名前が付けられたと考えられる。因みに、労働者の大半は cowboy が農民ということであり、工場の周囲は農地または牧草地のみであり、レストランとかコンビニも見当たらない。

また、Nucor/HickmanPolicy は Customer Focused、Quality Driven、EnvironmentallyResponsible である。

[4]NUCOR/Yamato H-shape, Rods&Wire (SMS-ConcastJumbobeam)

場所:5929 East State High mm y 18, Armorel, Arkansas 72310

訪問日:3/18/04 Thurs.

a)歴史

Nucor-Yamato は 1987 年に日本の姫路市に本拠地をもつ電炉会社である Yamato Kogyo Company と提携を結び発足した。提携の目標は中断面、広幅ビームを製造するミニミルを操業することである。Blytheville,Arkansas にあるミルで 1987 年より製造開始した。オリジナルの設計鉄鋼製造量 65 万 t/年であり、1988 年に最初の wide-flangebeam を出荷し、現在まで、操業を継続している。従来技術より、よりニアネットに近い beamblank 製造の特殊連続鑄造技術を有している。1972 より Yamato が製造を開始し、16 年間、beam blankcasting を行っている。また、台湾、韓国においても操業している。1988 年より Nucor が製造開始している。

b)従業員数

従業員は 800 人以上である。

c)年間生産量

250 万 t(HomePage から)。

d)製品

H 型鋼中心であるが、Z チャンネルや、アングルも取り扱う。

e)CC 設備関係技術

鑄型は H 型形状であり、H 型に熱間圧延する。連続鑄造後、熱間圧延まで相変態は無い。電気炉は 24h 操業であり、電気代は昼夜で一緒である。電気炉 2 基、LF 2 基(各 120t)、キャスト 2 ラインを有する。電気炉は交流アーク式であり、一時期直流アークが流行ったが、炉底部に電極が必要など、構造が煩雑になるので、最近ではまた交流式がでてきている。初めはアークから原料スクラップにアークを飛ばす形で加熱して行き、横から酸素を吹く。酸素だらけの状態。溶解していき、スラグが出てきたらカーボン粉を入れる。CO 生成反応によりスラグがフォーミングし、アークが submerge して安定操業、酸化精錬となる。

脱りんはほとんどここでなされる。120t の LF では、脱酸、成分調整。ライム入れて Ar 吹きで脱硫(20ppm レベル、極低ではない)する。

beamblank の鑄型、モールドは Ni-Cr メッキであり、この形の鑄型は日本にはない。日本、特に日本の高炉メーカーでは、圧延技術が進んでいるため、スラブから H 型に仕上げているが、米国では、鑄型がすでに beamblank 型である。

No.1cast は SMS 製、No.2cast は住金・住重製である。H 型鋼の最後、垂直を出すときに、人が見ながら、エッジングミルで立てて垂直を出す。ロールで矯正しようとするすると割れるそうである。

ロールをタンデム型にしないため、フィニッシングロールが長くなっている。H 型鋼サイズは最大で 10.2cm 厚 x66cm 高さであり、ローカルハイウェイ用の用途がある。内質や、鑄込みで問題になることはほとんどなく、形状、表面、曲げの問題が多い。

f)スクラップ問題

鋼材中 Cu 量は 0.35-0.45% であり、0.50%Cu だと問題である。Ni を添加し、Intermetallics とし、無害化する。Beam に対しては OK である。Sheet に対しては許容不可である。近年、スクラップの値上がりが著しく、以前はトンあたり原料 1 万円、加工 1 万円弱ですんでいたのが、今は原料 2 万円の時代となった。加工で、10 円、20 円をがんばって減らしてみても、焼け石に水の状態となっている。

[5]所感

厚板は簡潔プロセスに徹し、薄板は高度制御しているという印象である。厚板はきわめて簡潔なプロセス(加速冷却設備なし)で、40-70kg/mm² 級を製造している。スラブ厚は 150 ~ 50mm であり、薄板製造(スクラップ材—薄スラブ連続鑄造—保温炉—熱延)としては、一貫製鉄プロセスの技術そのものといった印象が強く、今後、高炉—連鑄(厚スラブ)—熱延プロセスとの競合の可能性が高いと感じられた。

薄スラブプロセスに対し、Nb は高強度化、高靱性化に利点がある。同時に、同じ強度レベルで低 C 化が可能であるので溶接性確保にも利点がある。今回の訪問に関しては、相手方の対応が大変友好的で、技術的に微妙な問題についても、踏み込んで回答していただいた感がある。このように、仔細な事項まで見学させてもらったことに大変感謝している。

4.5.2 ドイツ部品化プロセスに関する調査

[概要]

ドイツ国デュッセルドルフ市、マックスプランク研究所(MPIE)、ドイツ鉄鋼協会(VDEh)、鉄鋼研究所(BFI)及びアーヘン市のアーヘン工科大学塑性加工研究所(IBF)、鉄鋼冶金研究所(IEHK)における平成 16 年 2 月 25 日から平成 16 年 3 月 4 日までのドイツの鉄鋼研究の現状と部品化プロセスに関する調査結果を取りまとめ報告する。

[機関名]

ドイツ国デュッセルドルフ市:マックスプランク鉄鋼研究所(MPIE)、
ドイツ鉄鋼協会(VDEh)
鉄鋼研究所(BFI)
同国アーヘン市:塑性加工研究所(IBF)
鉄鋼冶金研究所(IEHK)

[調査目的]

ドイツの鉄鋼研究の現状と部品化プロセスに関する調査

[滞在期間]

2004/2/25-2004/3/4

[得られた成果]

[1] ドイツ国マックスプランク鉄鋼研究所(MPIE)

a) 研究所の概要:

MPIE は、MaxPlanck Society(MPG)と Steel Institute(VDEh)が各 50%資金を折半して成り立っており、研究予算は直接ではなく、間接的に産業界から充てられる。5グループに分けられ、研究者 80 名、技術者 35 名、管理部門などを含めて総勢 170 名のスタッフで構成されている。研究は基礎研究が中心であり、Microstructure から Mechanical Properties を含めて素材の特性向上を中心に研究されている。新しい合金鋼の開発や組織創製だけでなく、得られた組織と機械的性質・耐食性・表面性状の問題へも積極的に取り組んでいる。2002 年に新しい実験施設の工事が始まり、2005 年に完成予定である。

b) 会合の内容:

MPIE で行われている超微細粒鋼の概要を説明され、得られた組織と特性、さらには細粒鋼の機械的特性を紹介された。また、ヨーロッパの超鉄鋼プロジェクトについても概要を紹介された。

MPIE で行われている耐熱鋼の研究を紹介された。long term での研究が必要だが、short term の研究が求められているが故に、加速試験を行うことでの Microstructure の問題点について言及された。

c) 主なポイント

Microstructure Controll と Mechanical Propeties は一緒に研究を進めていくべきであり、特に成形性の観点から見た MicrostructureControll も重要である。これらを相互関連させて発展させていく体制が必要である。

研究は基礎研究を主体としている。大型サンプルなどの試作は 50%出資している鉄鋼協会の BFI で行う。ストリップキャストリングなどの研究も行っているようだが、クローズドの色彩が強く見学させてもらえなかった。環境負荷低減を中心とした研究スタイルにはなっていない。

実際の研究のマンパワーはポスドクやドクター候補生である。プロジェクトに応じてグループリーダーがポスドクを雇うシステムとなっている。

[2]ドイツ国ドイツ鉄鋼協会(VDEh)と鉄鋼研究所(BFI)

a)研究所の概要:

挨拶と BFI 全体の概要説明。BFI は、135 名のスタッフで構成されており、70 人以上が研究者・技術者である。研究は、今後の鉄製造プロセスに適応できる低環境負荷プロセス、CSP プロセスに代表される次世代高効率鉄製造プロセス、リサイクル鉄利用などである。パイロットプラントを中心とした研究スタイルであり、研究資金の多くは鉄鋼メーカーから直接 BFI へ。高炉プロセス、電炉プロセスの何れにおいても上工程(溶解/凝固工程)における流れのシミュレーションが盛んであり、常に数値解析結果を実験と比較している。

ラボツアーは熱間・冷間小型大型圧延機、超音波探傷装置、残留応力除去圧延システム、H 型鋼圧延シミュレータ、ストリップキャストリングをイメージした水モデル装置が対象であった。VDEh における材料技術と試験技術を中心に紹介された。研究だけでなく、人材育成及び調査も活発に取り組んでいる。特に、若者に対して鉄鋼全般に興味を引くことを目的とし、欧州の主要 11 カ国が参加している鉄鋼のイメージキャンペーン活動が紹介された。各国が資金を分担し(総額 44000 ユーロ/年)、宣伝カーを走らせ、ビデオやパンフレットなどを学生に無料配布している。

b)主なポイント

生産設備を念頭にした研究スタイルであり、基礎はマックスプランク鉄鋼研究所に任せ、industrial plant engineering は BFI が担当している。鉄鋼材料の創製、部品成形などにおける数値シミュレーションの役割について尋ねたところ、今後の研究において基礎だけでなく生産設備レベルでも数値シミュレーションの役割はきわめて重要であるという回答であった。BFI 自身が数値シミュレーションを担当している場合もあるが、多くは大学や研究所に任せている。スクラップ鉄の利用という観点でなく、高炉、電炉プロセス何れにおいても CO₂ 削減にかなりの労力が費やされている。CSP プロセスに代表される薄スラブプロセスやストリップキャストリングそのものの設備については見学できない。

人材育成・環境問題にもかなりの重点を置いている。また、人材育成前に優秀な学生が鉄鋼材料研究に来ないことはヨーロッパ全体が危機に感じており、鉄鋼キャンペーンはその現れである。環境問題では、CO₂ が特に重要であり、排出量削減に向けた研究に重点が置かれている。

[3]ドイツ国アーヘン工科大学塑性加工研究所(IBF)

a)研究所の概要:

IBF 全体の概要紹介があった。38 名の研究者(3 名が外国人)、25 人のアーヘン工科大学の学生、20 名の技術スタッフによって構成されている。6 つのグループ(1.Casting&Forming Gr. 2.HotForming Gr., 3.Cold Forming Gr., 4.Computer Application Gr., 5.Optimization Lab. Gr., 6.Material Data Microstructure Modeling Gr)に分

けられており、各グループリーダー以下4、5名のスタッフで構成されている。

b)会合の内容:

Hot Forming グループの研究紹介があった。特に、複雑形状部品を鍛造で成形した結果を紹介された。MaterialData&MicrostructureModeling グループを紹介された。また、材料の持つ応力ひずみ曲線取得の問題点や数値モデリングの数例を紹介された。

ラボツアーは圧縮試験用加工熱処理シミュレータ、複雑形状創製鍛造システム、型鍛造プレス機、ショットピーニング装置、プラスチック用リングローリング機、鉄用リングローリング機、各種マニピレータが対象であった。

c)主なポイント

全てのグループにおいて、数値解析をフル活用し、さらには検証のためプラスチックや蠟(ロウ)の加工に対応した小型シミュレータを開発し、新しい発想の具現化に対して最高レベルの環境を整えている。組織創製も研究しているが、主要な任務は部品化製造プロセスの単純化を目指した自動車用鍛造部品の成形技術確立と言える。圧延工程でも最終部品をターゲットにした技術を目指している。板材供給と言う観点でなく、最終部品を念頭にした技術の発展をしており、エンドユーザーである自動車メーカーと密接な関係で成り立っていることが窺える。材料創製の観点では強さを感じなかったが、所有する装置や人材育成方針、さらにはこれまでの成形技術の歴史からすると、いつでも新材料創製のための塑性加工技術への研究は可能と思える。

今回の訪問は初めてであったが、今後互いに発行している NEWS の送付を約束した。そして、互いに主催する WS での講演や相互交流について理解を得た。

[4]ドイツ国アーヘン工科大学鉄鋼冶金研究所(IEHK)

a)会合の内容:

IEHK 全体の概要紹介があった。環境問題を中心とした鉄鋼製造プロセスを言及された。

特に、ヨーロッパにおいて二酸化炭素削減問題ではかなりの悩みの種であることを説明された。ラボツアーは浮遊溶解装置、高速引張り試験機、大型疲労試験機、シミュレーショングループルーム、円柱圧縮試験機が対象であった。

プロセスシミュレーションでは、オーステナイト/フェライト変態、機械的性質ではCTOD 試験でのき裂の進展問題、成形性では深絞り成形をシミュレーションで行っていることを紹介された。常に実験とのコラボレーションで研究を遂行していると説明された。IBF における Cold Forming グループの研究を紹介された。特に、通常の圧延には見られないユニークな冷延プロセスを紹介された。最終部品をターゲットにした圧延プロセスであり、実際に自動車部品に適用されている。

b)主なポイント

ここ最近、ドイツの研究の多くは、Short term(3年間)主体である。Long termの研究を行いたい予算獲得のためには Short termの研究にならざるを得ない。新しいプロセスなどの研究に着手できない悩みがある。IEHKでは主に有限要素解析コードとして ABAQUS を利用している。欧州における標準的なコードであり、共同研究などの際にデータの共有ができると説明された。確かに欧州での ABAQUS 使用者は多い。

通常の圧延は、フラットな板を創製し、その後裁断、部品成形するプロセスとなる。彼らは、最終製品がわかっているのであれば、その部品を最短プロセスで作る手法を考えており、圧延の段階から部品成形を念頭にした加工プロセスを行っている。非常に賢い加工方法であるが、プロセスの複雑さから制御が難しいはずだが、彼らの持っている装置や経験が全てを可能にさせていると感じる。

アーヘン工科大学には複数の研究所が存在しており、研究所間で常に意見交換をしている。IEHKは鉄鋼材料の上工程プロセス中心、IBFは金属材料の成形プロセスである。ただ、互いの研究所に同じような研究をしているグループもあり、全てが上手く共存しているとは言えない。

シミュレーションの役割は、プロセスの最適化や実験で取得できないパラメータの変化把握である。彼らが使用する数値解析コードはサーバーも含めて前日に訪問した IBF と共有しており、アーヘン工科大学での研究所と言う利点を活かしている。

[5]所感

4つの研究機関を回って明白になった、感じた点を以下に箇条書きにする。

- ・ドイツの大学や研究機関が、常に新しい発想と技術を取り込んで鉄鋼技術のさらなる競争力強化のために注力している様子には目をみはるものがある。
- ・予算獲得に必死の様子が伺える。政府は3年研究(Short term)を推進しているが、研究所は最低でも5年研究(Long term)を望んでいる。新しい発想を活かすには、提案、装置開発、実証をするためには5年以上必要であるという意見は全ての研究所が言っていたことである。しかし、そのような環境でもユニークな手法に取り組んでいる姿は見習う点がある。
- ・シミュレーションの役割は、基礎研究だけでなく、生産設備に関わる研究においても非常に重要であるという認識。特に、幹部が積極的に数値解析を重要視していると感じた。Directorが行う研究所の紹介には必ずユニークな装置とシミュレーションの結果を示していた。このような幹部の考えは、少なくとも日本よりは進んでいる。
- ・超微細粒に関する研究に関しては、かなり日本が先行している。欧州の微細粒のプロジェクトは本年6月に終了するようだが、7月以降については定かでないようである。きっと、続けるような感じがしたが。
- ・各研究所で共通していたが、グループリーダーはかなり若い(30代後半)。研究そのものはポスドクや博士候補生が担当し、グループリーダーは予算獲得や研究動向を調査してい

る。このシステムには良し悪しがあるが、予算がなければポストクが雇えない環境からすると、新しい研究スタイルへのチャレンジや研究結果の伝承も非常に難しい環境にあるだろう。

- ・ストリップキャストニングについては、クローズドな研究及び他研究機関との連携のため、今回見学させてもらえなかったのが残念だが、スクラップ鉄に対応した究極のプロセスであることは世界共通である。クローズドという点でも日本に限らず、同じ状況だが、塑性加工を専門とする IBF のような研究所が、ティッセンと一緒にストリップキャストニングの研究をしていると思うと、様々な視点で物事を捉える点では優位といえる。
- ・基礎研究とは何かということを感じた調査であった。アーヘンの2つの研究所は大学の研究所という点から研究の多くが基礎研究と感ずることができたが、デュッセルドルフでは基礎研究というものは極一部である。
- ・エンドユーザーとの密接な関係が必要と感じた。ただし、密接過ぎると基礎研究が置き去りにされる。近視眼的な研究に陥りやすい。
- ・予算さえ気にしなければ、ユニークなアイデアを具現化できる環境は日本よりも整備されている。圧延技術のほとんどがドイツ生まれであることが今回の訪問で理解できた。今後、過去の技術が継承されるシステムになっているかどうかはキーとなるはずである。人材育成という問題点で、ドイツと日本は共通している。

4.5.3 海外調査まとめ

- 米国： ミニミルを中心にスクラップ鉄利用プロセスの先進国。
リサイクル鋼適用範囲の適切な選択、生産性、操業の安定性の向上、
鑄造技術などリサイクル阻害要因の抑制努力は学ぶ点多い。
鑄造まま組織の研究の重要性を認識。
- ドイツ： 官学を挙げて連携した鉄鋼研究を実施。
環境問題から CO₂ 削減に対する意識が高く、
薄スラブプロセス研究が盛ん。
製鉄機械開発でも一歩リード。
- (アジア： 現在高炉プロセスによる大量生産を誇る中国も
近い将来リサイクル問題を視野に入れた取り組みの提唱が必要。
韓国も高炉、電炉がバランスよく発展。)

4.6 研究成果の発信

本プロジェクトでは、研究概要、コンセプト、活動内容、成果などを発信して、情報交換するためのホームページや、Eメールニュースの配信を、プロジェクト早期から行ってきた。ホームページでは、研究内容、設備、活動などの紹介がなされ、本プロジェクトが概括できるとともに、種々の質問などをいただいたり、回答したりといった相互意見交換ができ、双方向メディアの役割を果たしている。Eメールニュースは、「ミレニアム・つくば便り」の愛称で、毎月1回、研究成果やワークショップの案内などをお送りしており、配信メンバー各位のご理解をいただいている。近年、配信を希望される方も増え、今後も形を変えて継続する予定である。

【ホームページ】

http://www.nims.go.jp/millennium/mail_news/mail_news.html



■ 研究内容 ■ 設備 ■ 活動 ■ 調査 ■ 研究成果 ■ E-mail News ■ メンバー ■ リンク

更新日: March 28, 2005

- * [最終報告会--4/25/2005--案内](#)
- * [最新 E-mail News---3/28/2005](#)
- * [更新履歴](#)

[English](#)

目的： 資源循環型社会の構築に向け、強度に優れた高品質のリサイクル鉄製造技術を確立し、現行技術で得られる材料の強度 1.5 倍化を達成する。

鉄鋼のリサイクル過程に不可避免的に混入する不純物を除去せず利用し、精製段階と使用段階での環境負荷低減を同時に達成する。

内容：

- * 自動車用部材等を想定した、上工程(溶解、脱酸、凝固プロセス)から下工程(加工熱処理プロセス)までの不純物含有板材・棒材の創製条件の検討
- * 不純物含有鋼の組織評価および変形挙動の解明
- * 有識者によるピアレビューと関連情報フォローアップのための調査

期間： 平成 12 年～16 年 (第 I 期 平成 12-13 年/第 II 期 平成 14 年-16 年)

本プロジェクトは、日本政府のミレニアムプロジェクト、[物質・材料研究機構（機構）](#)の“重点研究開発領域”研究、機構 [超鉄鋼研究センター](#)の 3 大プロジェクトのひとつです。

[E-mail: millennium@nims.go.jp](mailto:e-mail-millennium@nims.go.jp)

Copyright: 2002 Millennium Relevant Project: Creation of Ultra-Steel from Steel Scrap

[\[研究内容/設備/活動/調査/研究成果/E-mail News/メンバー/リンク\]](#)

【Eメールニュース配信タイトル一覧】

http://www.nims.go.jp/millennium/mail_news/mail_news.html

2005年

- 3月 「平成16年度ミレニアムワークショップ開催報告・プロジェクト最終報告会開催案内」
- 2月 「溶接部の漏洩磁束深傷試験に及ぼすHAZの影響」
- 1月 「超微細フェライト-セメンタイト鋼の高速引張変形挙動」

2004年

- 12月 「超鉄鋼研究センター 技術開発チームの紹介 Part.2」
- 11月 「鉄鋼プロセス技術の現状と課題 リサイクル鉄利用プロセス技術の新たな展開・提案を目指して」 ワークショップ開催のお知らせ
- 11月 "Phase Transformation Behavior in the Rapidly Cooled C-Mn Steels"
- 10月 「ドイツの鉄鋼研究の現状と商品化プロセスに関する調査」
- 9月 「米国ミニミル調査 (Nucor訪問)」
- 8月 「超鉄鋼研究センター 技術開発チームの紹介 Part.1」
- 7月 「鋼中不純物を利用した急凝固プロセス」
- 6月 「第8回超鉄鋼ワークショップの開催案内」
- 5月 「スクラップ原料で35mm厚の超微細粒鋼板の試作に世界で初めて成功」
- 4月 "Study on Deformation Microstructure of Hot Compressed Ni-30Fe Alloy"
- 3月 「低炭素鋼の異なる組織における有効結晶粒径とDBTTの関係」
- 2月 「脱酸生成物中不純物の熱力学」
- 1月 「鑄造 粒径の支配因子」

2003年

- 12月 「Mn偏析を利用する組織制御の可能性」
- 11月 「ストリップキャスト低炭素鋼材の集合組織と塑性異方性」 (English)
- 10月 "Precipitation of Copper Sulfide in Strip Casting Steel Containing High Phosphorous" (English)
- 9月 「せん断付与加工による組織制御の可能性への探求」
- 8月 「超微細フェライト-セメンタイト鋼の静的引張特性」
- 7月 「第7回超鉄鋼ワークショップでのミレニアムセッション」
- 6月 「鋼板表面の高精度探傷法の開発」
- 5月 「組織制御溶解装置機能改善について」
- 4月 「凝固と加工熱処理の組み合わせ」から「形質同時設計学」へ

- 今年度の研究の方向性について -

- 3月 「自動車材料技術の将来展望 - エネルギー・環境・安全問題の克服に向けて」
ワークショップ報告
- 2月 第1回ワークショップ報告
- 1月 ナノスケールの局所領域における変形挙動を解析する基礎技術の開発

2002年

- 12月 古きをたずねて -凝固 粒の正体を探る-
- 11月 超微細フェライト・パーライト鋼の高速変形挙動
- 10月 中・高炭素化による高強度超微細粒鋼の創製
- 9月 低炭素鋼におけるフェライト単相ラメラ組織の創製
- 8月 改良オースフォームによる高疲労強度マルテンサイト鋼の創製
- 7月 0.1mass%低炭素鋼-100mm 厚さ連铸スラブ材の微細フェライト組織の形成
- 6月 低炭素鋼のシャルピー衝撃特性に対するクロスロール圧延による ND 面に平行な {100}面の配列崩れ効果
- 5月 第1期の研究報告と第2期の研究体制のご報告
- 4月 ワークショップ開催報告および研究責任者からのご挨拶
- 3月 高不純物鋼と平衡する脱酸生成物中不純物の熱力学
- 2月 切削屑を直接固化成形して素材を上回る材料に再生するプロセス
- 1月 アルミニウムを含有した鑄鉄の可能性

2001年

- 12月 フェライト・パーライト鋼の応力
-ひずみ曲線におよぼす温度、ひずみ速度とフェライト粒径の影響
- 11月 温間加工した低炭素鋼の転位密度に及ぼすリン添加の影響
- 10月 全方向のきずを検出する漏洩磁束探傷試験
- 9月 リンと結晶粒微細化
- 8月 21世紀に19世紀のアイデアを
- 7月 凝固に始まる超鉄鋼づくり