

## 鑄造技術高度化研究会 事業報告

赤田英里\*, 森 康暢\*

### Annual Report of Meeting for the Study on Advancement of Casting Technology

Eri AKADA and Yasunobu MORI

#### 1. はじめに

三重県では、平成 29 年度に産学官が連携する「みえ産学官技術連携研究会」を設置し、研究会事業を通じて県内ものづくり企業の競争力強化や新たな付加価値を創出する支援を行っている。

三重県工業研究所金属研究室では鑄造技術高度化研究会を運営し、県内金属素材関連企業の課題発掘や、地域の主要産業である鑄造業に関連した技術情報の提供、共同研究や技術支援に取り組んだ。本報告では、令和 6 年度に実施した研究会の取組内容について報告する。

#### 2. 鑄造技術高度化研究会の開催

今年度開催した研究会及び取組の概要を表 1 に示す。セミナー形式で実施した令和 6 年度第 2 回鑄造技術高度化研究会では、本年度導入した「真空紫外 ICP 発光分光分析装置」の活用方法の紹介と、2 人の外部講師による機器分析を用いた金属部材の品質保証についての情報提供を行った。

#### 3. 分析機器を活用した鑄鉄の生産性向上に関する取組

鑄造はリサイクル性に優れた製造プロセスであり、原材料の多くにプレス屑や切粉などのスクラップを用いている。鉄鋼材料の高強度・高機能化に伴い、特殊な元素を含むハイテン鋼や高級鋼板の使用量が増加しており、それらの元素が不純物としてスクラップに含まれると、リサイクル性に影響を及ぼすことがある<sup>1)</sup>。例えば、自動車の構

造部材として使用されるハイテン鋼は、軽量化と安全性を両立するため化学組成が調整され、マンガン(Mn)、ホウ素(B)が添加されている。このほかにも、クロム(Cr)、ニッケル(Ni)、バナジウム(V)、モリブデン(Mo)など、様々な元素が添加された鉄鋼材料も増加している。このため、スクラップの化学組成を把握することは、鑄鉄製造において品質維持のための重要な観点となっている。

そこで本事業では、鑄造原料として使用されているスクラップの化学成分を把握するため鑄造企業 3 社から 23 点のスクラップをサンプリングし、各分析機器を用いて含有元素の定量分析および定性分析を行った。使用した分析機器と分析法および対象元素を表 2 に示す。

サンプリング時にスクラップの排出元に関する情報を聴取することで、排出産業別に分析結果を整理した。その結果、自動車関連業から排出されたスクラップは、Mn の含有率が高い傾向があり、最大 2.4 mass%含まれることが分かった。産業機械関連業から排出されたスクラップは、Mn、Cr、アルミニウム(Al)、リン(P)、B の含有率が高い傾向が見られた。また、その他産業から排出されたスクラップは微量元素が少ないことが分かった。排出産業別の各スクラップに含まれる特徴的な元素及び含有量を表 3 にまとめる。

これらの元素のうち、Mn や Cr はいずれも鑄鉄中のシリコン(Si)や炭素(C)より酸化し難い元素であるため<sup>2)</sup>、スラグなどを用いた溶湯からの除去が難しい。このため、Mn は硫黄(S)の添加による無害化<sup>3)</sup>、Cr はスクラップの選別や銑鉄を用いた希釈などによる対応が必要であることが報告され

\* 金属研究室

ている<sup>3)</sup>。いずれの元素も鑄鉄の黒鉛化を阻害し、チル化傾向を促進するため、鑄鉄の品質低下につながりやすい。また、MnはPやCrとの共存により、球状黒鉛鑄鉄（FCD）の延性を大きく損なう例も報告されている<sup>4)</sup>。

Alは溶湯への水素ガス吸収を促進し、ピンホール欠陥の発生を助長することが報告されている<sup>3,5)</sup>。鑄鉄中のAl量が0.03~0.07%と微量の含有でピンホールが発生する報告例もある<sup>5)</sup>。

BはFCDにおいて硬さの低下に関する報告例がある<sup>1)</sup>。例えば7ppmの微量Bによるブルズアイ組織の生成と硬さの低減が報告されている<sup>6)</sup>。

このように、スクラップに含まれるMn、Cr、Al、P、B等の微量元素は鑄造において欠陥の発生や強度低下などの影響を及ぼす可能性があり、製品の高品質化に向けては、スクラップの化学組成を把握したうえで鑄造に用いることが重要であるといえる。

#### 4. おわりに

鑄造技術高度化研究会では、県内鑄造企業の現状について、鑄鉄の原材料であるスクラップの化学成分に着目した調査を行った。今後は本事業で得られたスクラップの化学組成に関するデータを活用し、県内鑄造企業の生産性向上に繋げる。

#### 参考文献

- 1) 菅野利猛：“スチールスクラップ中の不純物元素とその除去技術”，鑄造工学，89，p085-092 (2017)
- 2) 中江秀雄：“不純物元素除去の考え方”，鑄造工学，79，p451-458 (2007)
- 3) 張博：“汚染元素の挙動とその対策”，鑄造工学，79，p442-450 (2007)
- 4) 小綿利憲，堀江 皓，平塚貞人：“高マンガン鋼スクラップをリサイクルした球状黒鉛鑄鉄の機械的性質”，鑄造工学，79，p481-486 (2007)
- 5) 藤川貴朗，村川 悟，金森陽一，河合 真：“鑄鉄溶湯の鑄造特性に及ぼすトランプエレメントの影響”，三重県工業研究所研究報告，24，p30-37 (2000)
- 6) 新垣雄太，梅原弘道，吉田 明，岡内曠爾：“キューポラ溶解における脱ボロン技術”，鑄造工学，79，p472-475 (2007)

#### 謝辞

本研究は公益財団法人JKAによる2024年度公設工業試験研究所等における機械設備拡充補助事業で導入された「真空紫外ICP発光分光分析装置」を活用し実施しました。ここに記して感謝の意を示します。

表1 令和6年度に開催した研究会事業の概要

検討会 / 取組	開催日	場所	内容	参加者数 / 企業数
第1回 鑄造技術高度化 研究会	令和6 年4月 18日	金属研究室 (個別開催)	・令和5年度に実施した技術支援結果における課題についての検討 ・令和6年度共同研究実施に向けての検討	7名
令和6年度 (第2回) 鑄造技術高度化 研究会	令和7 年1月 30日	金属研究室	【話題提供】 ・機器分析を活用した鑄鉄の生産性向上に関する取組 (三重県工業研究所金属研究室 赤田英里) ・ICP発光分光分析を用いた金属材料の元素分析について (株式会社日立ハイテクサイエンス 添田直希氏) ・電子顕微鏡を用いた金属部材の品質保証について (株式会社日立ハイテク 中部支店 坪井秀樹氏) 【分析機器の実演】 ・真空紫外ICP発光分光分析装置 ・熱電子型SEM/EDX	18名
分析機器を活用した鑄鉄の生産性向上に関する取組	令和6 年6月 ～12 月	参加企業	・事前打ち合わせ ・サンプリング ・分析の実施および分析結果報告	3社

表 2 分析機器と分析法および対象元素

分析機器	分析法	対象元素
真空紫外 ICP 発光分析装置	ICP 法 (検量線法・定量分析)	ホウ素(B), マンガン(Mn), クロム(Cr)
炭素硫黄同時分析装置	燃焼-赤外線吸収法 (検量線法・定量分析)	炭素(C), 硫黄(S)
波長分散型蛍光 X 線分析装置	ファンダメンタル・ パラメータ法 (定性分析)	ホウ素(B) ～ ウラン(U)

表 3 各スクラップの特徴的な元素

排出産業	特徴的な元素
自動車関連業	Mn ( < 2.4 mass%)
産業機械関連業	Mn ( < 2.0 mass%), Cr ( < 0.26 mass%), Al ( < 0.30 mass%), P ( < 0.15 mass%), B ( < 35 mass ppm)