

## 鑄造技術検討会 事業報告

近藤義大\*, 樋尾勝也\*

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

Yoshihiro KONDO and Katsuya HIO

#### 1. はじめに

三重県内ものづくり企業の競争力の強化や新たな付加価値の創出につなげるため、平成 29 年度より産学官が連携する研究会を設置し、その下にテーマ別の特定課題検討会を設置・開催している。その中で、地域資源研究会に位置づけられる鑄造技術検討会は、銑鉄鑄物産業をはじめとした鑄造関連分野における、鑄造に関する技術情報の提供、情報交換及びニーズ収集を行い、企業の方々と一緒に技術力を高めていくことを目的としている。令和 2 年度は三重県内鑄造企業における溶湯添加剤の使用状況の調査と、オンラインでの検討会を実施したので報告する。

#### 2. 三重県内鑄造企業の溶湯添加剤使用状況調査

##### 2.1 目的

近年、多段階的に接種することにより鑄鉄組織を改良し、より高品質な鑄物を製造する技術や、溶湯熱分析による炉前試験で鑄鉄の溶湯性状を迅速かつ正確に把握する手法に関する研究が多数発表されている。これらの技術が県内鑄造企業にどの程度浸透しているかを把握するため、また県内鑄造企業が他社の動向を把握することで自社の操業におけるヒントとなるよう、県内鑄造企業を対象として溶湯添加剤や炉前試験の現状についてアンケート調査を行った。本事業報告では、調査結果の概要を報告する。

#### 2.2 アンケート調査概要

アンケート調査の概要を表 1 に示す。

表 1 アンケート調査概要

調査期間	令和 2 年 8 月 17 日 ～令和 2 年 9 月 11 日
調査方法	メール, FAX, 電話による聞き取り
依頼企業数	三重県内鑄造企業 31 社 (国外工場を含む)
回答企業数	25 社 (回答率 81%)

#### 2.3 FC 版結果概要

FC (ねずみ鑄鉄) 版の回答企業数は 21 社だった。図 1 に接種溶湯量、元湯に対する接種剤の添加量、接種の回数を示す。接種溶湯量は 100 kg 未満とこまめにしている回答がみられた。元湯に対する接種剤の添加量は 0.2 % 以上～0.3 % 未満が半数以上を占めた。接種の回数は 1 回のみが約 8 割と、後述する FCD 版よりも少ない傾向が見られ、2 回以上は全体の 14 % と少数であった。また、キュボラ操業の企業からは、普段は接種していないという回答もあった。

図 2 に示す接種のタイミングは、「取鍋へのあけ換え時」が大半を占めたが、少数事例として「元湯溶け落ち前」や「鑄型への注湯直前」も複数見られた。

図 3 に示す接種剤の種類は、Fe-Si 系および Fe-Si-Ca-Ba 系で大半を占め、次に C (黒鉛) 系が多かった。ほか、回答数は少ないが様々な元素の接種剤が見られ、使用されている接種剤の種類は多かった。

\* 金属研究室

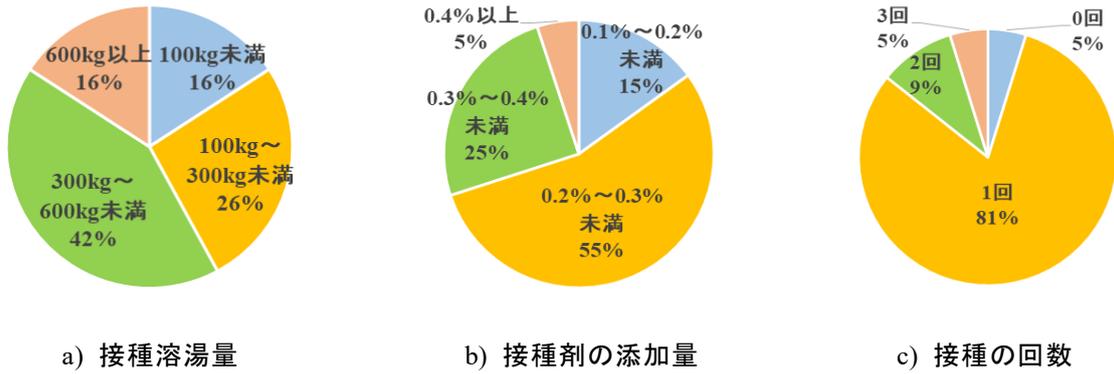


図 1 接種条件—FC 版

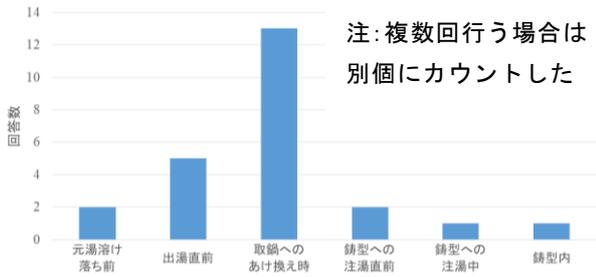


図 2 接種のタイミング—FC 版



図 3 接種剤の種類—FC 版

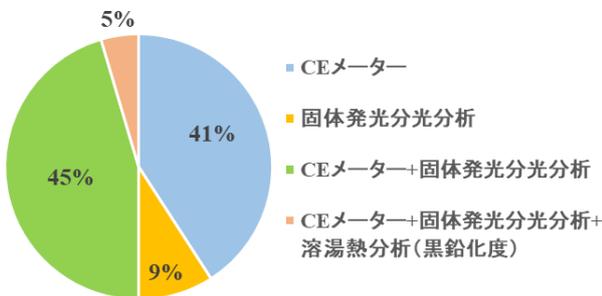


図 4 実施している溶湯分析—FC 版

図 4 に示す実施している溶湯分析（炉前試験）は、CE メーターのみの企業が約 4 割とやや多かった。これは、FCD と異なり、Mg の管理をしな

くてよいからだと考えられる。溶湯熱分析により黒鉛化度を測定している企業は 5 %と少数だった。

図 5 に示す技術的な課題は、引け巢の次にチルがあり、これらが FC で多発する欠陥であることが分かる。ほか、ノロかみ、ピンホール欠陥が多いが、これらは同時に報告があるケースが多い（6 社）ので、推測にはなるが、溶湯添加剤の溶け残りがスラグ化してかみこまれ、これに溶湯中の C 等が反応してガス化しピンホールが発生している可能性が考えられる。また、FCD よりも溶湯の最高温度が低く保持時間も短いことが考えられるので、溶湯中に溶解したガスが十分に放出されず、ピンホール化しやすい可能性も考えられる。

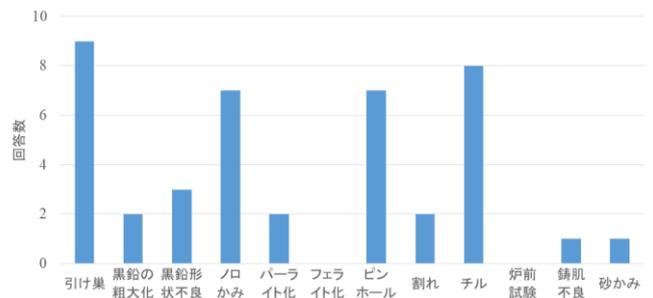


図 5 技術的な課題—FC 版

## 2.4 FCD 版結果概要

FCD（球状黒鉛鑄鉄）版の回答企業数は 19 社だった。図 6 に球状化溶湯量、元湯に対する球状化剤の添加量、球状化剤中の Mg 量、元湯に対する Mg 添加量を示す。球状化溶湯量は 2/3 の企業で 300 kg～600 kg 未満となり、100 kg 未満の小規模な操業の回答はなかった。元湯に対する球状化剤の添加量は 1.2 %未満から 1.5 %以上まで回答が分

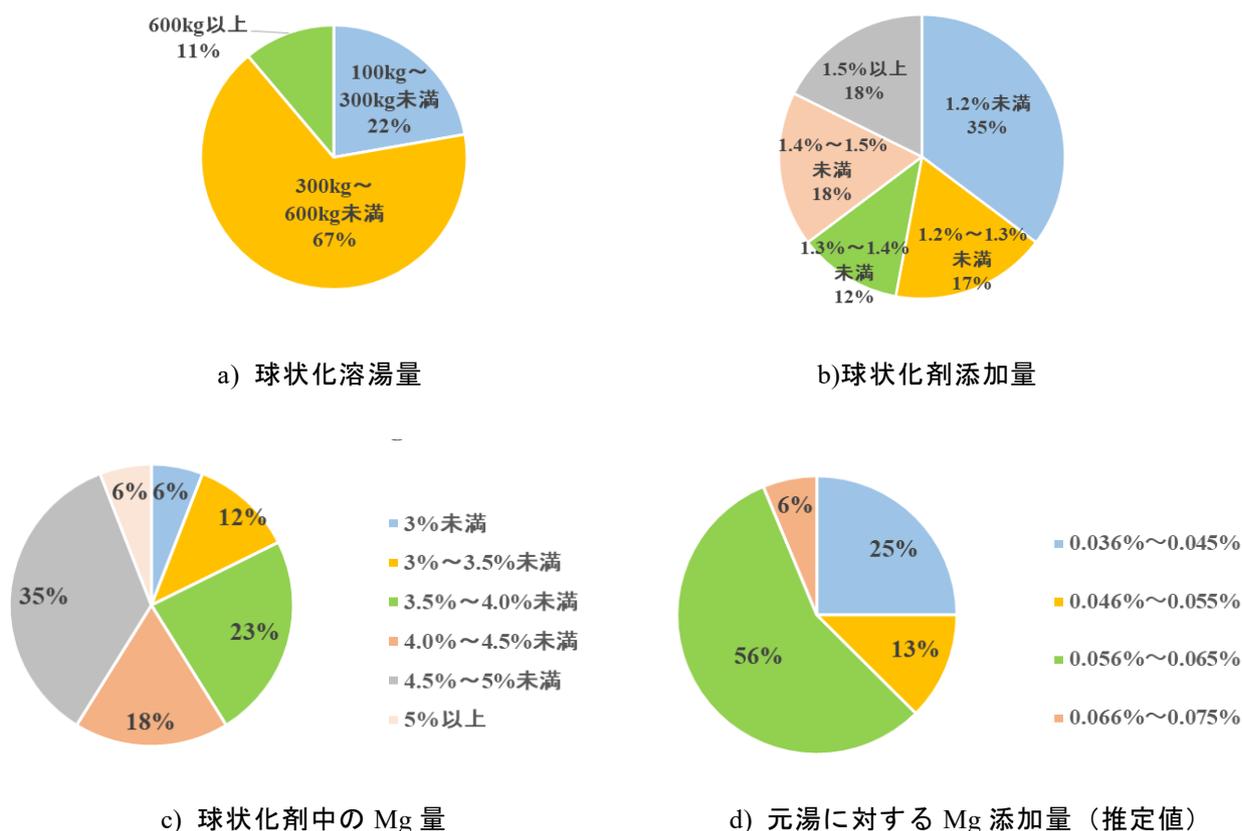


図 6 球状化条件－FCD 版

かれた。また、球状化剤中の Mg 量は 3 % 未満の低 Mg 品から 5 % 以上の高 Mg 品まで幅広く使われていることがわかった。これらから推測される元湯に対する Mg の添加量は、約半数の企業で 0.056 %～0.065 % 程度になると見込まれるが、1/4 の企業は 0.045 % 以下と比較的低めに設定して操業していることが推測された。Mg の添加量が多すぎると球状化反応が爆発的になるため危険なうえ、脱酸脱硫が過剰なためチルの発生を促進してしまうが、Mg の添加量が低すぎるとそもそも黒

鉛が丸くならない（球状化不良）ため、各社の鑄造ラインに最も合った球状化剤の添加量を把握することが重要である。

図 7 に接種の回数と接種剤の添加量を、図 8 に接種のタイミングを示す。接種の回数は、約半数で「球状化と同時」もしくは「取鍋へのあけ換え時」のみの 1 回だが、約半数で 2 回以上であり、FC 版よりも多段階的に接種する回答が多かった。接種剤の添加量は FC 版と同様に 0.2 %～0.3 % 未満が半数以上を占めた。接種のタイミングは、

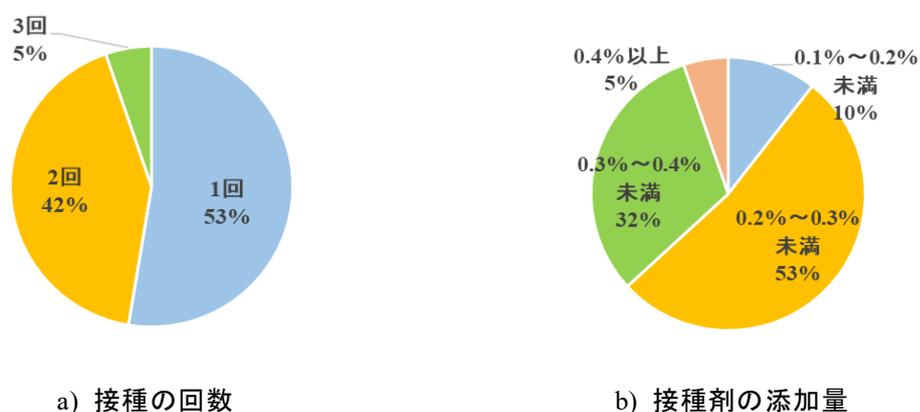


図 7 接種条件－FCD 版

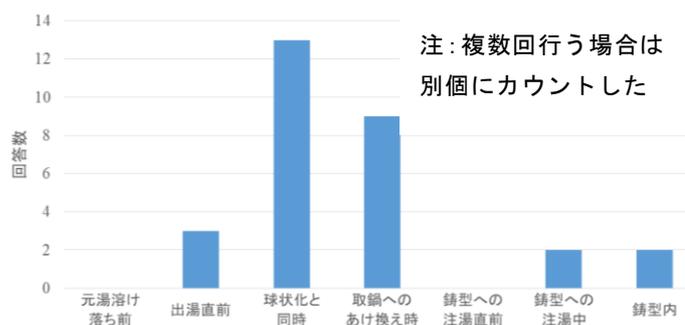


図 8 接種のタイミング—FCD 版

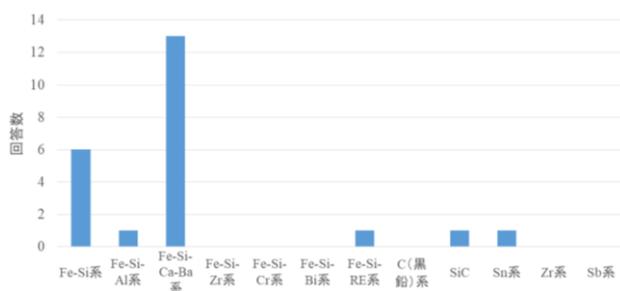


図 9 接種剤の種類—FCD 版

「球状化と同時」と「取鍋へのあけ換え時」が大多数を占め、少数事例として「出湯直前」や「注湯中」、「鑄型内」があったが、これらはいずれも 2 回以上接種する場合に限り見られた。

図 9 に示す接種剤の種類は、圧倒的多数の企業で Fe-Si 系あるいは Fe-Si-Ca-Ba 系が使用されていた。また、少数事例として、SiC や Sn 系も見られたが、近年デンドライト微細化により著しい黒鉛粒数増加効果があるとされ注目されている Zr 系の使用事例は確認されなかった。

図 10 に示す実施している溶湯分析（炉前試験）は、CE メーターを所有している企業が約 9 割、発光分光分析器を所有している企業が約 75 % であ

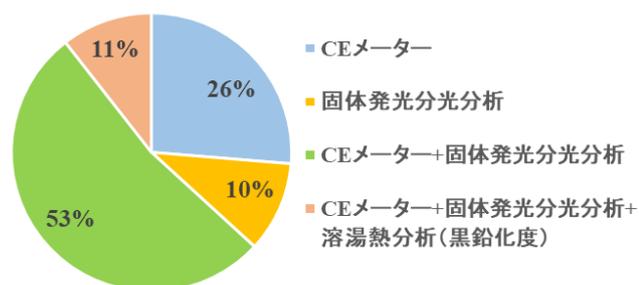


図 10 実施している溶湯分析—FCD 版

り、全体の約 2/3 の企業がその両方を所有していた。また、CE メーターを用いた熱分析として、黒鉛化度を測定している企業は約 1 割あったが、近年学会等で報告されている引け性パラメータ  $\theta$ （凝固潜熱放出）を測定している企業は 1 社もなかった。

図 11 に示す技術的な課題は、引け巣が大半を占め、次に球状化不良となり、FCD の特徴的な欠陥が上位を占めた。次にピンホール、ノロかみと続いた。また、少数ではあるが、原材料に起因する問題からかパーライト化やフェライト化の報告もあった。

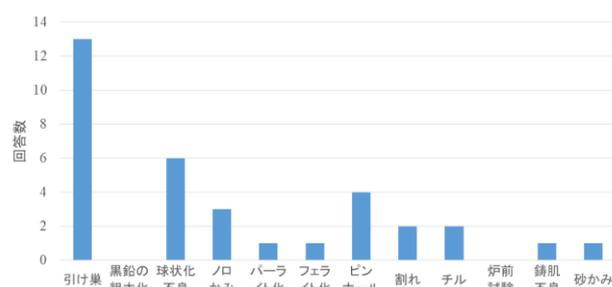


図 11 技術的な課題—FCD 版

### 3. 検討会の開催

表 2 に令和 2 年度に開催した検討会の概要を示す。第 9 回検討会はオンライン会議方式で行った。溶湯添加剤の有効活用により、高品質な鑄物を製造することをテーマに検討した。ニューアロイ株式会社の岩田透氏には「接種，球状化処理と溶湯性状について」と題し、事前に参加者から出してもらっていた質問へ回答する形で、接種や欠陥対策について幅広く講演していただいた。球状黒鉛鑄鉄においては Zr 系接種剤で著しい黒鉛化度および黒鉛粒数の増加効果があることについて説明がされた。次に、当室職員から、前章に掲載した溶湯添加剤の使用状況調査結果と、シェルカップ熱分析で球状黒鉛鑄鉄の溶湯性状を安定して測定するための方法について説明した。

### 4. まとめ

本検討会を通して、県内鑄造企業の溶湯添加剤の使用状況の確認や、溶湯添加剤の有効利用について検討することができた。令和 3 年度以降も最新の技術動向や企業ニーズを把握することによ

り、県内企業との共同研究などの企業支援に努める。

**謝辞**

溶湯添加剤使用状況調査にあたり、アンケートにご協力いただきました鑄造企業の皆様に深く感謝いたします。

**表 2 令和 2 年度に開催した鑄造技術検討会**

検討会	開催日	開催方法	内容	参加者数
第 9 回 鑄造技術 検討会	令和 3 年 1 月 26 日	オンライ ン会議	<ul style="list-style-type: none"> <li>・接種，球状化处理と溶湯性状について</li> <li>ニューアロイ株式会社 代表取締役社長 岩田 透 氏</li> <li>・三重県内鑄造企業の溶湯添加剤使用状況およびシェ ルカップ熱分析による球状黒鉛鑄鉄溶湯性状測定方 法について</li> <li>三重県工業研究所金属研究室 主任研究員 近藤義大</li> </ul>	13 名