

レビュー

環境と特殊鋳型システムの技術動向



特殊鋳型研究会 三宅秀和*

Technical Review of Foundry Environment and Self-Hardening Molding System

Hidekazu Miyake

はじめに

上記研究会活動の一環として、国内外から、1995年～1998年(4年間)における環境と特殊鋳型システムの技術動向に関する文献調査を行った。

主な対象文献は、鋳造工学・素形材・JACTニュース・Trans. AFS・Foundry・Modern Casting・Foundry Trade Journal・Giesserei・その他(国際鋳物会議・工学会支部報・全国講演大会・講習会資料・会社報など)である。

文献調査項目並びに担当委員は、環境：伊豆井省三(高岡鋳造)、熱硬化性樹脂鋳型：大和田芳郎(日立化成)、有機自硬化性樹脂鋳型：関根新一(群栄ボーデン)、ガス自硬化性樹脂鋳型：高田雅直(神戸理化学)、消失模型鋳型：北澤幸廣(メタルスファンドリイ)、人工砂：松本義典(エム・シー礦産)、塗型剤：黒川豊(ツチヨシ)、砂再生：伊予田吉次(新東工業)で、各委員の協力によりまとめられたものである。なお、文献は各調査項目ごとに掲載し、著者は筆頭著者名のみとし、文献名は次のように略した。

JACTニュース→JACT, Modern Casting→Mod. Cast, 日本鋳造工学会全国講演大会講演概要集→鋳工・講演概要集, 日本鋳物協会全国講演大会講演概要集→鋳物・講演概要集, 日本鋳造技術協会講演要旨→鋳造技術・講演要旨。

1. 環境

「環境管理・産廃利用」：クリーンファンドリーの概念に関して、国内外で一層の関心の高まりを見せ、鋳造工学会誌は特集号「鋳造工学と環境」を組んでいる。その中で堀¹⁾は総論を寄せ、素形材産業の中で鋳造がとくに高いエネルギー及び資源の消費量を占めることから、地球環境マネジメントシステムとして「ISO 14001」の理解と構築が緊急の課題であると指摘している。

また、そのISO 14001の啓蒙活動が国内外で盛んに見られる。例えば、齊藤²⁾は、日本鋳造工学会主催の技術講習会で解説し、さらに山田³⁾は、特殊鋼工場での取得活動事例を報告している。D. Scrimshire⁴⁾は英国で、J. Helber⁵⁾らはドイツで同様に紹介したが、後者には

同国内で優勢な「エコ監査報告」との違いに言及している。

「鋳造を取巻く環境問題」：Q. Kwan⁶⁾らが排ガス、塵砂、スラグなどを減ずる技術、処理法の基本的理解と情報流通による対策費の低減について報告し、鉄系鋳物の汚染物発生工程、各種固形廃棄物の危険性及び主要な環境法令・規制について解説。環境優良工場として通産大臣表彰の業績を持つ木村⁷⁾は経営者の信念を披れきし、集じん率95%では不十分で99%以上が必要との認識で、これはまさに「ゼロエミッション」の先駆けといえる。

環境保護、対策費用と工場従業員数との関係がドイツから報告されている。H. P. Durkes⁸⁾は公式統計に基づき、空気浄化も砂再生もともに中小工場にとって不利につくと分析している。まさに環境は安全・品質問題と不即不離の関係にある。

D. L. Holie⁹⁾のステンレス鋼鋳物工場の実状報告では、さらに新人教育・厚生などと有機的に組合せることが効果的であるとした。一方、J. P. Stevenson¹⁰⁾は鋳造品の品質・信頼性の向上が原価低減・公害防止につながるとして、鋳造不良品の処置に伴うエネルギー消費や、鋳造品が組込まれる製品への影響にまで目を向ける必要性を説いている。

「環境改善のためのプロセス改良及び設備開発」：スイスの法律に適合するモデル工場を想定し、H. Grafら¹¹⁾が現実のデータを基にエネルギー消費、環境へのエミッション及びイミッション量を算出、特に大気汚染については地形から来る風や気象の影響を勘案するなど詳細に検討した。

T. Dexter¹²⁾は、資材購入法から仕上げに至る全工程にわたって、Laiterら¹³⁾は、砂粘結剤について開発状況を報告している。P. G. Ramsell¹⁴⁾は、英国におけるアルミニウム鋳物工業の伸長に触れ、製造に伴う溶解エネルギー消費、メタルロス、廃棄物量などを明らかにし、改善の必要性を述べている。煙がもたらす損害は健康のみならず財産にも及ぶ、との警告が発せられ、その対策として、セラミックフィルタの取付けやセラミックシェル溶媒ベースをアルコールから水に替えるなどの実施例¹⁵⁾を紹介している。

「排気処理規制と対策」：M. Morency¹⁶⁾が排出物について正確で詳細な情報が法規制上の問題回避のみならず規

制上乗せに際して極めて貴重なツールとなり、工場のコスト削減に直結することを、アーク炉COガス排出量の過大評価等の事例を挙げて報告している。

改正大気浄化法(1990年)(CAAA 1990)による鑄物工場の排気処理規制について、米国環境保護局及び州関係機関により、規制との関連¹⁷⁾が解説された。D. L. Holic¹⁸⁾が95年のAFS環境担当者会議について報告を寄せている。鑄造工場のホルムアルデヒドとベンゼンの発生量が測定され、規制値をクリアできること、排出ガスの測定法や量を調査するためのパイロット工場が設営されることなどを報じている。96年の同会議では、N. Horwedel¹⁹⁾によって銅合金鑄物の3工場における鉛排出基準クリアのための実施策が報告されている。

A. Bishop²⁰⁾が、米国の1990年環境規制法(EPA90)を解説し、実例として乾式フィルタ方式を紹介している。G. Mueller²¹⁾が大型ディーゼルエンジン鑄物(重量100t)工場の屋内空気の制御技術について報告し、床付近から排気装置に至る層流によって換気効率が高められることを煙で可視化している。

M. Allen²²⁾がパルスジェット集じん機を効果的かつ経済的に稼働させるポイントについて実地の成功例を基に、使用ゲージ、ダクト配管、フィルタ選定などについて報告している。また、M. Johnson²³⁾はひだ付きの糸状ポリエステル繊維フィルタについて、その有効性を詳述している。同じくB. Williams²⁴⁾は、ポリエステル繊維製のバグフィルタを使ったキューボラ排ガス制御について報告している。R. Gottschling²⁵⁾によって、回転型湿式分離機によるプロセスガスの浄化法がキューボラ、電気炉に採用され、その特徴、洗浄水の処理、分離機の構造、分離曲線等が詳述された。その結果、フードはできるだけ発じん源の近くに設けたいとしている。

その他として、高柳²⁶⁾は回転、走行、昇降などと組み合わせて集じんしている例を紹介している。また、森下²⁷⁾は興味深いフード形状を提案し、上方及び側方の外付け式フードについて、横風、発煙速度、フード設置高さ等の諸条件を変えて吸煙の可否を観察し、提案形状が優れていることを確認している。

「特殊鑄型と環境」：C. S. Chan²⁸⁾は、15年に及ぶ鑄鋼工場の臭気公害取組みを報告している。その結果、湿式スクラップの採用や脱臭率90%移動式炭素吸収装置の考案に加え、植栽・花壇の設置による軽減策が講じられた。C. J. McNerlin²⁹⁾は、鑄造工場の臭気について包括的に報告し、発生源、代替プロセス及び技術的コントロール法について述べている。精油から造った化学的中和剤を試験適用してフラン鑄型注湯工程及びアミンコールドボックス鑄型造型工程における妥当性を検討している。

ポーランドのW. SolarSKI³⁰⁾は、熔融金属と化学分析による鑄物砂の新しい有害性評価法を示し、これによって鑄物砂の他にバインダ類や添加物も評価できることを明らかにしている。一方では、三宅³¹⁾が消失模型鑄造法

の熱分解ガスの処理について研究し、共重合体発泡模型の熱分解ガスに対する麦飯石及び活性炭による吸着処理の可能性を示唆している。

「廃棄物の用途開発」：梅津³²⁾が2次資源処理法について、製錬技術におけるその伸展と我が国の法規制を解説し、鑄造関係の廃棄物処理についても分別の重要性を力説している。M. Stevenson³³⁾は、投棄廃砂に対して英国では96年から重量税がかけられるようになり、投棄、埋立、新砂購入を含む砂関連費を勘案すると投棄を減らすことが得策と報告し、各種化学粘結砂の再生方式を紹介している。

「粉じん・ダスト・廃棄物処理」：米國ペンシルヴェニア州鑄物協会が残余(!)物の用途開発に取組んでいる。J. B. Echard³⁴⁾は、毒性浸出試験を行い飲料水基準に照らして評価した結果を報告している。さらにR. W. Regan³⁵⁾の報告では州立大環境汚染研究所他と共同して有効利用の促進を図るための機関を設立した。J. Winterhalter³⁶⁾鑄物工業は内部循環によって再利用しているが、まだ10~50%(対良品重量)の残余物が出るものと述べている。これを減らすために適切な循環管理と残余物の利用戦略が確立されねばならないとして、鑄物砂、粉じん、スラッジ等について管理法と再利用法を提案している。

M. McBarron³⁷⁾が英国の鑄造開発センターが企業支援の下で、鑄造工場から出る埋立廃棄物を最大40%まで削減する目標で中小企業でも実用化できる技術開発の研究を行っていると中間報告。鑄造廃砂は埋立や再生に供するよりも再利用がコスト低減につく、としてセメント、コンクリート、アスファルトの骨材利用などが提案されている。

S. Javed³⁸⁾は実験室において各種の強度評価を行い、鉄分を磁気によって除去した鑄鉄鑄物工場の廃砂の土木利用を考えている。市川³⁹⁾は、使用側の観点からセメント原料として備えるべき条件を説いている。

J. A. Dunkelberger⁴⁰⁾及び佐藤⁴¹⁾が園芸用土としての活用について報告している。W. Tilch⁴²⁾は、鑄物工場から発生するダストの量及び環境特性値等について改正環境保護法(ドイツ)に基づいて解説し、対象工程別の発生量及び非鉄金属や有機物を含むダストの有害性について説明している。小林⁴³⁾、堀川⁴⁴⁾がダストを整粒、焼結して得られる多孔質体の特徴を生かした用途開発事例を報告している。G. Steinbauer⁴⁵⁾は、鑄造工場の粉じんをキューボラ燃料及び鉄源として活用する技術的可能性について論じている。T. Nieoff⁴⁶⁾は自社のキューボラでこれを実証した。吹込みに芯部にノズルを持つ酸素天然ガスバーナを用い、生産性や品質に対する悪影響は見られなかった。J. D. Sharp⁴⁷⁾⁴⁸⁾は、鑄鉄鑄物工場のダストをペレット化して鉄分を回収する試みについて2編を報告している。多数の工場のダストについて、鉄含有量及びサイズを調査した結果、製鉄原料としての使用を断念した。キューボラにおける実操業での試験で好成績を収めたと報告。廃棄費に見合う以上の鉄還元率が期待できるとしている。倉井⁴⁹⁾は、鑄物スラッグの利用について、乾燥・摩砕処理

鉄分を回収したスラッグを路盤材、セメント原料として用いることを報告している。

「コンピュータ支援」：鑄造工場の環境汚染抑止を支援するエキスパートシステムのひな形が開発された。規制値をより適切にクリアするための役立つ手段の第一歩が踏み出された、とG. P. Moynihan⁵⁰⁾らが報告している。武鎗⁵¹⁾は市販の熱流体解析ソフトを用いた気流シミュレーションが鑄造工場の粉じん環境改善工事の立案に十分に使えることを報告している。また、越智⁵²⁾は、騒音対策として音の距離減衰及び透過損失を考慮に入れたコンピュータシミュレーションが効果的に使えることを報告し、手段はコンクリート囲い、吸音材張りの遮音壁の適用など日常的であるが、多数音源に対する問題の短期解決には活用が期待されると述べている。

文 献

- 1) 堀井：鑄工 69(1997)982, 2) 斎藤：鑄造工学会技術講習会テキスト(1997)7, 3) 山田：鑄工 69(1997)1020, 4) D. Scrimshire : Foundryman 90(1997)10, 5) J. Helber et al. : Giesserei 84(1997)9, 6) Q. Kwan et al. : Foundry M & T 123(1995)1139, 7) 木村：鑄工 69(1997)1015, 8) H. P. Durkes : Giesserei 84(1997)16, 9) D. L. Holic : Mod. Cast. 86(1996)1044, 10) J. P. Stevenson : Foundryman 90(1997)72, 11) H. Graf et al. : Foundryman 91(1998)82, 12) T. Dexter : Foundry Trade J. 171(1997)3531, 242, 13) Laiter et al. : Mod. Cast. 87(1997)1033, 14) P. G. Ramsell : Foundryman, 91(1998)132, 15) Foundry Trade J. 172(1998)3549, 505, 16) M. Morency : Mod. Cast. 87(1997)1041, 17) AFS 大気品質委員会(10E) Mod. Cast. 85(1995)2, 52, 18) D. L. Holic et al. : Mod. Cast. 85(1995)8, 42, 19) N. Horwedel et al. : Mod. Cast., 86(1996)1041, 20) A. Bishop : Foundryman 90(1997)438, 21) G. Mueller : VDI Ber. 1936(1997)93, 22) M. Allen : Trans. AFS 106(1998)111, 23) M. Johnson : Trans. AFS 106(1998)107, 24) B. Williams : Foundryman 89(1996)17, 25) R. Gottschling : Giesserei 83(1996)7, 26) 高柳, ほか：鑄工 69(1997)1050, 27) 森下, ほか：新東技報 18(1998)36, 28) C. S. Chan : Trans. AFS 105(1997)317, 29) C. G. McNerlin et al. : Trans. AFS 105(1997)199, 30) W. SolarSKI et al. : Przegl. Odelew 47/7/8(1997)234, 31) 三宅, ほか：鑄工 69(1997)841, 32) 梅津：鑄造工学会技術講習会テキスト(1997)1, 33) M. Stevenson : Foundry Trade J. Int. 170(1996)580, 34) J. B. Echard et al. : Trans. AFS 103(1995)463, 35) R. W. Regan et al. : Mod. Cast. 87(1997)8, 45, 36) J. Winterhalter et al. : Giesserei 85(1998)27, 37) M. McBarron et al. : Foundryman 91(1998)257, 38) S. Javed et al. : Trans. Res. Rec. 1486(1995)109, 39) 市川：鑄造工学会技術講習会テキスト(1997)25, 40) J. A. Dunkelberger et al. : Trans. AFS 105(1997)305, 41) 佐藤, ほか：山形県園芸試験場年報(1997)16, 42) W. Tilch : Giesserei Erfahrungen 421(1998)19, 43) 小林, ほか：鑄工 69(1997)1038, 44) 堀川, ほか：北海道工試報告書(1996)23, 45) G. Steinbauer et al. : Giesserei 82(1995)315, 46) T.

Nieoff et al. : Foundry M & T 125(1997)2, 49, 47) J. D. Sharp : Foundryman 91(1998)52, 48) J. D. Sharp : Foundryman 91(1998)351, 49) 倉井, ほか：鑄工 69(1997)1045, 50) G. P. Moynihan et al. : Trans. AFS 106(1998)119, 51) 武鎗, ほか：鑄工 69(1997)1054, 52) 越智, ほか：新東技報 17(1997)94

2. 熱硬化性樹脂鑄型

「シェルモールド法及びその他」：P. R. Carey¹⁾はシェルモールド法の発展の経緯について述べ、北米の鑄物工場における同法の利用状況やレジンコートサンドの製造法、造型条件等について解説している。

また、P. R. Carey²⁾は、ホットボックス法の基本原理と触媒、樹脂について述べ、操業で考慮すべき事項を説明。さらに、ウォームボックス法と油中子法の作業形態についても紹介している。関³⁾はノブロック型フェノール樹脂の分子量とレジンコートサンドの特性について検討。高強度を目的とするときは低分子量でオルソ結合率の低い方が良く、硬化速度を目的とするときはオルソ結合率の高い方が良いことを報告している。神谷⁴⁾は、中子用レジンコートサンドの粘結剤に熱分解温度の低いアクリル樹脂を採用して、自動車エンジン部品への適用例を報告している。

「無塗型化について」：半田⁵⁾は、シェル鑄型の特徴を述べ、鑄型の無塗型化を目的としたレジンコートサンドの評価結果とミッションケースへの適用例を紹介している。また、山口⁶⁾は、同様に無塗型化を目的にシェルモールド中子最適造型工法の確立に取組み、砂詰まりの改善による効果を報告している。その他、前田⁷⁾はレーザ焼結法を利用した砂型造型への適用例を報告している。装置はCO₂レーザ、ガルバノミラ、造型プラットフォーム、砂供給及び制御コンローラから構成され、造型にはシェル砂もしくはジルコン砂を用い中子造型への適用例を示している。

文 献

- 1) P. R. Carey et al. : JACT 475(1996)15309, 2) P. R. Carey : JACT 480(1996)15593, 3) 関, ほか：JACT 488(1997)16033, 4) 神谷, ほか：鑄工・講演概要集 131(1997)89, 5) 半田, ほか：鑄造技術・講演要旨(1996)1, 6) 山口, ほか：鑄工 69(1997)960, 7) 前田, ほか：鑄工・講演概要集 132(1998)43

3. 有機自硬性樹脂鑄型

「環境規制への対応と技術改善」：D. Baker¹⁾は、環境への義務・鑄物用粘結剤として、現在有用されている造型用砂の粘結硬化法の環境規制への対応と技術改善及び新しい粘結法の展望を述べている。その中で鑄物工場における放出物質の監視の要点、VOC規制値の現況等を述べ、改良の進んだ粘結剤フェノールウレタン及びフェノリックエステル硬化(ECP)を使用した操業の現状を解説している。

とくにECP操業における11の放出の化合物に関するVOCの測定値を求め規制値内のレベルであることを確認した。また、ECP操業での砂の再生について、環境を考慮した技術並びに将来環境規制値に即した二酸化炭素・フェノリック系粘結剤を用いた方法など新しい技術を紹介した。笹川⁹⁾は、「都市型鑄物工場の技術改善の研究」でクリーン化を目指した造型技術として、人工砂(セラビーズ)を用いたアルカリフェノール鑄型の最適な造型条件を鑄型の圧縮強さ、表面安定度の観点から求め、前記鑄型で鑄造品を製作して外観、鑄肌、寸法精度を調査している。

さらに、シェイクアウトマシンによる型ばらし工程での粉じん濃度を測定すると前記鑄型はフラン鑄型より粉じん発生が少なく、鑄造品(FC250)も品質的に問題がないことを明らかにしている。W. A. Gorby³⁾がエステル硬化フェノール粘結剤がひけ不良を減らす事例について記述し、大型(2.3t~130t)の炭素鋼の鑄鋼工場で、高価なクロマイト砂の代わりに、けい砂に標記粘結剤を用いた場合に生じた、ひけ不良の対策を報告している。また、ECPより熱伝導の良いECP-2を開発し、鑄込み後の鑄型各部の温度の経時変化、鑄型の熱伝導とひけとの関係、2次元凝固シミュレーション、超音波によるひけの確認などの調査結果を報告している。

「新方式の自硬性砂」: M. K. Muralidhara⁹⁾は、結合剤にデキストリン、硬化剤に三酸化クロムを用いた砂を紹介。その特性を他の自硬性砂等数種の鑄型砂と比較し、基礎的特性を次のように明らかにしている。結合剤3%、硬化剤1.5%を含む場合は50 kgf/cm²の圧縮強さを得る。脆さは糖みつ添加のセメント砂と同程度で6%である。型ばらし性は非常に優れている。ねずみ鑄鉄の鑄放しの表面粗さは110 μmで良好である。材料は入手が容易で砂処理費は安価である。

「鑄物砂粘結法-フランノーベークの総合的評価」: P. R. Carey⁵⁾は、フランノーベーク粘結剤(FNB)を構成する反応性フラン系樹脂及び酸触媒の種類を、その特性及び機能などについて説明している。さらに、触媒添加順序とその影響について述べ、硬化挙動に及ぼす要因として塗型、砂温、砂の種類、強熱減量などを解説。また、FNB粘結砂の鑄造性と型ばらし性及び砂再生性について述べ、今後のフラン樹脂について考察している。さらに、自硬性鑄型のハンドリングについて述べ、ホルムアルデヒド暴露に関する各種定義を紹介するとともに、FNBの利点と欠点を明らかにしている。

「ブロー自硬性鑄型」: P. R. Carey⁵⁾は、フェノール自硬性粘結剤(PNB)に使用するフェノール樹脂の代表的特性並びに造型作業、環境、骨材及び砂再生に関する注意事項について述べ、強熱減量の確認、温度管理の重要性及びフラン樹脂不足への対応の必要性を指摘している。また、ブロー自硬性BNB鑄型造型法について紹介し、自硬性砂をブローするためのこつを含めた技術について説明している。さらに、自硬性とその他の造型法とを比較してBNB

の利点を指摘し、プロセス差異について考察している。

J. A. Otte⁷⁾は、フェノールウレタン・ノーベーク砂を使用する鑄物工場のプロセス制御について報告し、フェノールウレタン・ノーベーク砂を使用する際の鍵となるプロセス変数を取上げて考察し、それらをいかに制御するかを述べている。かぎとなる変数、1) 素材である砂、バインダ並びに添加物、2) 砂及びバインダ温度、3) 混練効率、4) 振動、吹き込みなどによる充てん、5) 塗型などである。さらに砂の試験方法、微粉並びにフェノールウレタンバインダの化学について言及している。

「発生ガスの挙動」: 二宮⁸⁾は、鑄造時に有機鑄型から発生する成分について報告している。フラン鑄型、ペブセット鑄型及び消失模型鑄型について、鑄造時に発生するガスなどの挙動を調査。各鑄型にSCS-2相当ステンレス鋼、FC-150相当鑄鉄及びAC3相当のAl合金を鑄込み、燃焼ガスを30 minごとに3回採取し、ガスクロマトグラフによる分析結果から、同一鑄型での経時変化は認められず、ペブセット鑄型で最も多種類の低分子脂肪酸が発生していることを明らかにした。また、鑄込温度の高いほどガス発生量の増加する傾向が認められ、環境を害さないエポキシ・アクリル系バインダシステムによる生産の改善を紹介している。M. S. Sheridan⁹⁾は、遊離硬化プロセスを使用した新しいバインダシステムを開発した。このプロセスによる生産性は向上し、鑄造時の煙の発生が大幅に減少すること。アルミニウム鑄物のシェイクアウト、樹脂のwipe off並びに離型性が大きく改良され、引張強さと耐湿性が改良されて中子成型性が向上したと報告している。

T. Francois¹⁰⁾は、化学的粘結砂、衛生と作業条件、環境への障害について報告し、有機化合物などを粘結剤とする鑄物砂の処理における衛生上、環境面の障害に関する知見を述べている。さらに、作業条件から生ずる障害に関して、ガス抜き作業等で放出ホルムアルデヒドの許容値、職業病の認定などの問題、環境への障害の問題を大気放出、廃棄物に関する法規、鑄物砂中のフェノール量の規制値などを重点に解説している。また粘結剤及び結合砂などに含まれる金属元素、硝酸塩、及び塩素イオン等の潜在汚染物質に関する実体を明らかにしている。

文 献

- 1) D. Baker: Met. Cast Surf. Finish, 43 (1997) 28, 2) 笹川, ほか: 埼玉工業実務概要平成8年度, (1996) 37, 3) W. A. Gorby: Mod. Cast. 85 (1995) 33, 4) M. K. Muralidhara: Indian Foundry J. 41 (1995) 3, 5) P. R. Carey et al.: Jpn. Assoc. Cast Technol. 474 (1996) 15 259, 6) P. R. Carey et al.: Foundry M & T 123 (1995) 46, 7) J. A. J. R. Otte: Trans. AFS 105 (1997) 153, 8) 二宮, ほか: 鑄工・講演概要集 128 (1996) 102, 9) M. S. Sheridan et al.: Trans. AFS 105 (1997) 105, 10) T. Francois et al.: Fonderie Fondeur Aujourd'hui. 145 (1995) 25

Finish 41 9/10 (1995) 42, 44, 6) 鑄型及び中子製作に関する協作業グループT30の第4次報告: Foundryman 88 (1995) 8, 269, 280, 7) 白石: JACT 458 (1995) 14 351

5. 消失模型鑄型

「一般的展望」: 消失模型鑄造法は、一時期ほどその採用に積極さはみられず、適用が見直されている例も少なくない。しかし、多くの潜在的な利点を秘めた魅力的なプロセスであることに変わりはなく、相変わらず多くの研究や新しい事例が報告されているので、目が離せない。General MotorsやFord Motorに代表されるように、最もこのプロセスの採用が進んでいるアメリカにおいてさえも同じような傾向がみられ、M. J. Lessiter¹⁾によると、1995年に北米の126社の鑄造専門業者がロストフォーム生産を可能であるとしているにもかかわらず、実際に専門的に生産しているのは30社であるとしている。しかし、技術知識の蓄積・増大と市場の認知が進んできている例として、活気のある6社のロストフォーム鑄造業者(3社のアルミニウム鑄物、3社の鑄鉄工場)を詳しく紹介し、一方専門業者の拡大があることを報告している。また、未発達部分のある工法なので問題点がない訳ではないが、当初のつまづきがかなり克服されている現状を捕え、今後拡大するプロセスと位置づけている。

General MotorsのMassenaでは、1996年に10 500 tのロストフォーム鑄物を出荷し、10年間で300万個のシリンドラヘッドを生産した。また、多くの新規採用企業やVolkswagenのアルミニウム・ブロックへの採用計画も紹介している。BMWの新型エンジンのシリンドラヘッドへの適用も掲載しており、金型の低圧鑄造からロストフォームへ転換する新たな段階の例として、また、自動車メーカーのこのプロセスに対する自信として注目されている。この新しいBMWの6気筒エンジンは、BMWのG. Schmidtらによって詳しく紹介されている。過剰な期待から異常とも思える一時期の研究が冷め、このプロセスの優位性を冷静に見つめ評価と研究を進め、生産適用していく新たな段階に入ってきている。

「原料樹脂」: 鉄鑄物で、主に原料樹脂の分解に起因するとされる残さやカーボン・ピックアップについて、PMMA(ポリメチルメタクリレート)とPS(ポリスチレン)の共重合ポリマや複合ポリマが研究され、これらの欠陥がかなり改善¹⁾されてきている。加藤³⁾や林⁴⁾によっても新しい材料の開発や提案と効果が報告されている。J. Easwaran⁵⁾は、ポリスチレン樹脂の分子量が鑄物品質に与える影響を研究し、分子量分布の制御の必要性を述べている。山本⁶⁾は、PSとPMMAの共重合比率の異なる模型によって鑄鋼のカーボン・ピックアップについて研究し、PMMAの重合比率が増すほど加炭が少なくなることを見事に明らかにしている。木口⁷⁾は、油圧部品について残さ欠陥を研究し、片状黒鉛、CV鑄鉄、球状黒鉛鑄鉄の順に

4. ガス自硬性樹脂鑄型

「最近の動向」: 図¹⁾は、キーノートレクチャーとして日本鑄造工学会の特殊鑄型研究部会の研究内容を中心に自硬性、熱硬化性、ガス硬化性などに細分化した造型法の開発、実用化の現状について述べ、有機CO₂型法やVRH法の普及拡大を予測している。さらに、環境管理と経済性の観点から、廃棄物の削減と、砂再生装置の開発研究が重要課題となっていることを強調している。田口²⁾は生型造型法、シェルモールド法及びガス硬化鑄型法に使用される金型の製作方法の現状と今後の技術動向について、その課題と併せて紹介している。G. Valli³⁾は、ガス硬化鑄型への柔軟な対応として、小物の鑄物を製造する工場向けに特別に設計されたガス硬化鑄型の半自動ラインの利点を記述している。すなわち、Foundry and Technical Liaison社(英国)が設計し製作したガス硬化鑄型の製造ラインを設置し、ラインが高度に機械化されて鑄物品質が向上し、段取り回数が低減したことを報告している。

「試験」: A. D. Busby⁴⁾は、AFSなどの標準砂試験手順は有用であるが、誤った判断を招くこともあり得ることを指摘している。化学結合砂を対象とし、ふるい分けによる粒度測定、pH測定などによる砂表面汚染確認、自硬・ガス硬化・熱硬化による鑄型強度測定の実験手順について、さらに可使時間などの測定手順について考察し、鑄型強度試験に及ぼす試験条件の影響について報告した。

「生産技術」: Foseco⁵⁾は、アルカリフェノール樹脂系について、鑄型・中子へのガス硬化の最適条件、及び適用砂の条件並びにガス硬化の条件のガス圧、湿度、送入時間等を管理する具体的管理値を示唆するとともに、この樹脂はオリピン砂以外の砂には適用が可能で、最良と思われる市販の粘結剤の種類を示している。また、鑄型及び中子製作に関する協作業グループT30の第4次報告の中で気相硬化法⁶⁾が示された。すなわち、フェノールウレタン・コールドボックス法、けい酸ナトリウムCO₂硬化法、エポキシ樹脂SO₂硬化法、フェノール樹脂鑄型、ラジカル法など、各ガス硬化法の基本原理、化学反応、砂、粘結剤、混合組成及び混合装置、鑄型及び中子への適用手順、及び砂回収について解説している。

白石⁷⁾は、従来のガス硬化造型法の諸問題を解決するプロセスとして、英国フォセコ社が特許を持つエコロテック法を紹介している。この方法の利点、使用する樹脂の種類と性状、硬化機構、通ガス上の留意点、鑄型強度と保存性並びに熱潤での鑄型特性、VRH法による硬化、ギ酸メチル法による硬化、ガッシングプレートによる通ガス、水ガラス法との併用などについて報告している。

文 献

- 1) 図: 鑄工・講演概要集 133 (1998) 129, 2) 田口: 素材 40 (1999) 6, 21, 26, 3) G. Valli: Fonderia 47 11/12 (1998) 54 57, 4) A. D. Busby et al.: Foundryman 90 (1997) 2, 37, 46, 47, 48, 5) Foseco: Met. Cast. Surf.

残さの発生量が增大するなど同じ鑄鉄でも材質により異なることを報告している。小林ら⁹⁾は、元湯のCE値が共晶組成に近づくとか加炭されにくくなると述べている。

The Babcock & Wilcox Co. は、フラスコ内を高減圧にして、低炭素ステンレス鋼の加炭を規格内に抑える製法のUS特許を取得している。

「材質改善」: 模型の消失のための吸熱による指向性凝固の利点が強調される反面、これが湯境等の欠陥などの原因にもなり、また、あくまで砂型による重力鑄造であることに起因する結晶サイズやマイクロポロシティ、引張強さなど機械的性質の問題が、とくにアルミニウム等の軽合金への適用において問題視されている。

この問題の解決法として1991年のAFSのEPC ConferenceでJ. ThomasやB. McMellonらによって鑄造後の凝固過程で加圧システムを併用するCASTYRAL Processが紹介された。その後、ドイツのAlbert Handtmann社などが新たな実用化に向けて進めている。J. Light¹⁰⁾はこのCASTYRAL Processの利点や欠点、機械的性質やポロシティの従来法との比較並びに環境保護への寄与などについて報告している。

O. I. Shinskyら¹¹⁾も、重力鑄造によるロストフォーム法の利点・欠点を考慮に入れて、高圧力制御下における方法を提案している。これらの工法は、消失模型鑄造法の適用分野を広げる方策として期待される。頃安ら¹²⁾¹³⁾は、けい砂に替わる充てん材としてショットやジルコン砂を採用あげアルミ鑄物の熱伝導や凝固時間を研究している。

湯境欠陥などの問題については、湯流れを把握して方案により解決することが基本であり、荻野ら¹⁴⁾は湯流れ測定器により薄肉排水集合管の鉄鑄物での実施例を報告している。M. J. Lessiterの報告¹⁾においても方案決定システムの必要性が強調されている。C. W. Hirtら¹⁵⁾は、溶湯充填と凝固に関する問題を解くため、欠陥予測ができる消失模型鑄造のシミュレーションモデルを開発した。関連技術のさらなる研究と応用が期待される。J. Bast¹⁶⁾は、消失模型鑄造がニアネットシェイプを満足させるものであるが、溶湯の注入による鑄造欠陥が多いことに対して、これを解決するモデルを調査し、低圧鑄造によるロストフォーム鑄造法を紹介している。

General Motors¹⁷⁾は、エンジンブロック鑄物の製造においてシリンドラ部分とそのほかの部分に設けた別の湯道からそれぞれ別材質を注湯して一体の鑄物を形成する方法を開発し、新しい材質制御方法を示唆している。

「寸法精度とプロセス制御」: M. J. Lessiter¹⁸⁾は、砂の種類(けい砂、クロマイト砂、SiC、ムライト砂、カーボン砂)、粒度、温度が寸法精度に及ぼす影響について、Mercury Marineの研究データなどを引用して詳述し、その管理の重要性を強調している。併せて、プロセス制御の重要なものとして塗型の管理、模型の精度、砂充てんコンパクションを挙げ、これらの要件及び測定装置や管理方法について述べている。M. J. Lessiter¹⁹⁾は、最近のロス

トフォーム技術は以前とは同じではないとしてその新しい技術の詳細を整理している。塗型の要件や通気度測定などの装置と管理の重要性、エアゲージによる模型の寸法測定と管理、水平割成形機と減圧による低水分成形による安定成形、低接着量による接着と装置、コンパクションについては水平のクランプ式振動機の優位性、フラスコ内の砂の移動と模型の設置方法、低膨張の合成ムライト砂の優位性などについて多くの事例を詳しく紹介している。

H. Littletonら^{20)~22)}は高精度ロストフォーム鑄造のプロセス制御について詳述している。その第1報ではエアゲージによる模型寸法の測定管理法を紹介し、シリンドラヘッド模型の膨張と収縮量について報告。第2報では、鑄物の精度や健全性に対する塗型の特性と管理の重要性を述べ、模型分解によるガス状と液状生成物に対し通気度と吸収能力の関連を明らかにし、欠陥低減の管理の必要性と測定装置を紹介。第3報では、振動について横型及び縦型振動機のフラスコ内における砂の流れ、ひずみ測定方法、フラスコ内の砂密度の測定、鑄物の精度などについて報告している。

三宅ら²³⁾は、塗型の通気度及び強さの新しい測定方法を報告している。G. H. Kocan²⁴⁾は、塗型の通気度の品質管理への組入れが容易な方法として、従来の砂通気度試験器を使用する方法を示している。池永ら²⁵⁾は、円運動を適用した振動テーブルを研究し、簡便で安定した振動と優れた充てん性が得られると報告している。また、山本ら²⁶⁾は、深い横穴やアンダカット部のある模型の砂充てんに垂直面円運動振動が有効であることを確認し、また、砂充てんとともに方案の選定の重要性を明らかにしている。

「環境問題」: 非常に大まかであるが有機鑄型や生型の場合、有機物の添加量は鉄鑄物重量対比2~6%程度あるいはそれ以上であるのに対し、消失模型鑄造法は0.3%程度であり、ばら砂の使用とともに環境対策上も有力視されているところである。さらに、発生ガス対策として、三宅ら²⁷⁾は、PS/PMMA共重合模型の発生ガスについて、麦飯石及び活性炭による吸着処理対策の可能性を確認し、併せて減圧を用いる方法ではこの吸着方法の適用が容易であることを報告した。M. J. Lessiter¹⁹⁾は、ばら砂といえどもけい砂においては、破砕されて微粉が発生することから合成ムライト砂などの低破砕性の造型媒体に移行していくことが有効であるとして、Mercury Marineの実例をあげて報告している。

「国内の主な事例報告」: 館野ら²⁸⁾は、自動車部品デフケースの生型から消失模型鑄造への転換において、製造条件の設定の取組み、方案歩留りの向上とドリル加工の廃止の効果を得たことを報告した。福島製鋼²⁹⁾は、ショットプラスト用の耐摩耗部品の生型からの転換とその効果を記述している。谷³⁰⁾は、普通の鑄造法では困難なチェーンリングの製造に消失模型鑄造法を適用し、高品質で低コストの事例を報告している。春原³¹⁾は、デファレンシャルギアほか4部品について、模型の成形、接着・組立、塗

型及び鑄造の量産自動化技術の詳細について説明している。さらに、春原ら³²⁾は、ターボチャージャの軸受けの製造についても詳細に報告している。荻野ら¹⁴⁾による薄肉排水管の軽量化の事例は前述したところであるが、同社の勝木³³⁾は、大口径薄肉パイプ形状の鑄物についても湯流れ解析からの方策や変形防止方法など新たな展開を報告。越中ら³⁴⁾³⁵⁾は、重量約2tの大型鑄物について消失模型鑄造法の適用例を報告し、振動制御技術、発生ガス吸引などの対策法と実用化を述べている。北川鉄工所³⁶⁾は、高Cr鉄鋼並びに高Mn鋼の耐摩耗材料の開発に際し、組織の微細化、均一化の目的でジルコン砂を用いた消失模型鑄造を適用し、その成果を報告している。

「その他」: M. C. Flemingsら³⁷⁾は、1996年に日本と欧州の先端鑄造技術標準の訪問調査結果を報告し、消失模型鑄造については米国が優位としている。P. A. Stroom³⁸⁾は中国におけるディーゼルエンジン用鉄製シリンドラヘッドへの適用事例を、S. N. Pathak³⁹⁾は、インドの生産実績などを報告しており、前述した欧米以外にも、徐々に採用が増えてきている。

G. Sanders⁴⁰⁾は、ロストフォーム鑄造法への実施にかかわって、新技術を生産に導入するうえでプログラムマネジメント技術の重要性を強調している。J. H. Hunter⁴¹⁾は現在の北米のロストフォーム市場調査から、1997年出荷量(140700t)に比較して2000年には83%増の256800tになると予測している。また、2007年にはアルミニウム鑄物の29%が、2009年には鉄鑄物(FC, FCD)の15%がロストフォームで生産されると予測。スチールでは、加炭の問題があるので9%に留まるとしている。

文献

- 1) M. J. Lessiter: Mod. Cast. 87(1997)4, 28, 2) G. Schmidt et al.: Fortsch. Ber. VDI Reihe, 12, 348, Bd. 2(1998)49, 3) 加藤, ほか: 鑄工・講演概要集 132(1998)10, 4) 林, ほか: 鑄工・講演概要集 132(1998)12, 5) J. Easwaran: Trans. Am. Foundrymen Soc. 103(1995)647, 6) 山本, ほか: 鑄物・講演概要集 126(1995)41, 7) 木口, ほか: 鑄物・講演概要集 126(1995)41, 8) 小林, ほか: 鑄物・講演概要集 128(1996)113, 9) The Babcock & Wilcox Co.: U. S. Patent No. 5429172 Jul 4(1995), 10) J. Light et al.: Giesserei 85(1998)9, 38, 11) O. I. Shinsky et al.: World Foundry Congr. 62(1996)31, 1-31-10, 12) 頃安, ほか: 鑄工 68(1996)307, 13) 頃安, ほか: 鑄工 68(1996)949, 14) 荻野, ほか: Kubota Tech. Rep. 30(1995)59, 15) C. W. Hirt et al.: Model Cast Weld Adv. Solidif. Process(1998)51, 16) J. Bast: Foundry Trade J. 171(1997)446, 17) ジェネラルモーターズ(米国)特公平7-32948(出願1990.12.4), 18) M. J. Lessiter: Mod. Cast. 86(1996)1, 345, 19) M. J. Lessiter: Mod. Cast. 87(1997)4, 32, 20) H. Littleton et al.: Foundry M & T 124(1996)12, 37, 21) H. Littleton et al.: Foundry M & T 125(1997)2, 41, 43, 22) H. Littleton et al.: Foundry M & T 125(1997)3, 34, 23) 三宅, ほか: 関大技苑 90(1997)25, 24) G. H. Kocan: Trans. AFS 104

(1996)565, 25) 池永, ほか: 鑄工 68(1996)760, 26) 山本, ほか: 鑄工 69(1997)589, 27) 三宅, ほか: 鑄工 69(1997)841, 28) 館野, ほか: 鑄工 68(1996)85, 29) 福島: 素形材 37(1996)1, 16, 30) 谷: 鑄鋼と鍛鋼 501(1996)20, 31) 春原: 素形材 37(1996)12, 1, 32) 春原, ほか: JACT 492(1997)19, 239, 33) 勝木: 鑄工・講演概要集 132(1998)23, 34) 越中, ほか: 鑄工・講演概要集 131(1997)25, 35) 虹柱: 素形材 38(1997)1, 17, 36) 北川鉄工所: 素形材 38(1997)1, 18, 37) M. C. Flemings et al.: Mod. Cast. 86(1996)12, 26, 38) P. A. Stroom: Foundry M & T 123(1995)4, 30, 32, 39) S. K. Pathak et al.: Indian Foundry J. 43(1997)7, 22, 40) G. Sanders: Tech. Pap. Soc. Manuf. Eng. (1997)6, 41) J. H. Hunter: Mod. Cast. 88(1998)9, 50

6. 人工砂

「高機能人工砂の開発」: 千田¹⁾らは、鑄造工場から発生するダストのうち、シェル砂再生工程から発生するシェル系ダストにアルミナを加え、造粒・焼成することにより鑄物砂として使用可能な人工砂を製造できることを確認している。この人工砂は、熱膨張率が小さい高機能人工砂であるので、熱膨張率による中子折れ不良の低減や鑄物の付加価値の向上にも有効であることを報告している。

「耐火物材料としての可能性」: 平田²⁾らは、ムライト質ピーズの特性と耐火物材料としての可能性を報告している。ムライト質ピーズはAl₂O₃量約61wt%, SiO₂量約32wt%の緻密なムライト質多結晶体であり、球状焼結体の特徴から流動性と充填性に優れていること、鑄物砂としては、膨張特性、耐破砕性、耐摩耗性及び耐衝撃性に優れ、幅広い分野で使用されていること。また、流し込み材にムライト質ピーズを使用した場合の耐火物原料としての特性を調査した結果、不定形耐火物の流動促進剤としての効果を確認している。

「新しいセラミック鑄型材料」: 安川³⁾らは、現在使用中の鑄物砂の使用量及び廃砂の低減などを目的とした新砂プロセス用にセラミックボール(CB)を開発。粒度が1~2mm及び0.6~1.2mmの2種類のCBと、輸入けい砂を供試材とし、JACT法による常温での破砕試験や通気度測定から、いずれのCBとも、破砕率が輸入けい砂に比べて極めて小さく、通気度も格段に高く、開発したCBの優れた特性を明らかにしている。松原⁴⁾は、フリーマントルけい砂とセラピーズの混合比を0~100%に変えて、JACT鑄物砂破砕性試験を実施し、けい砂の破砕挙動について考察。供試材の化学組成、粒度分布、充てん度、通気度及び耐火度などの特性から破砕率推移及び破砕時間別の粒度分布を示した。その結果、セラピーズ比率の増加に伴ってけい砂の破砕率が低下することを指摘し、従来危くされていたセラピーズ添加によるけい砂の破砕について問題がないことを記述している。磯村⁵⁾は、原料はムライトで、粒子形状は球状。シャープな粒度分布が、良好な通気性を保証し、鑄型解体も容易で効率的。造粒時には球形であっ

でも、焼結時にはリング状になる問題、焼成時の融着防止のアルミナ微粒子がコンパクト状になる問題、焼成炉におけるクリンカ発生など多くの技術課題を克服して、粒度が揃い、耐火度の高い理想的なセラミック鑄物砂を開発した。

松原⁹⁾らは、セラビーズと輸入けい砂、国内けい砂、クロマイト砂及びジルコン砂など、鑄物砂としての基本的な機械的強度について、破砕性試験により検討している。試験ではJACT法及びロータリクレマ使用法により、常温及び1300℃ばく熱破砕性を比較し、リクレマ使用法では、ばく熱による通気度や粒度などの特性の変化を調査した結果、セラビーズはほとんど破砕せず、リサイクル性に富み作業環境の改善に有効であることを報告している。戸田⁷⁾らは一般的な鑄物砂に比べて粒子径が大きく、耐破砕性の高い鑄型用骨材としてのセラミックボールの開発の経緯を、設計及び製造工程により紹介している。粒度分布、耐火度及び破砕性などの特性を、けい砂及びセラビーズと比較し、従来との分離・回収が容易で、粉じんや廃棄物の発生量が少ないなどの利点を指摘している。さらに、抗压強度、表面安定性、通気度などによりアルカリフェノール樹脂とフラン樹脂の造型性を比較し、高い通気性及び流動性などの特性を活用した利用方法について述べている。松原⁹⁾らは、耐熱性の要求される鑄型や中子には、クロマイト砂やジルコン砂のような高価な鑄型材料が使われるが、これでも十分でない鑄造工業界の要請に応じて、日本のNaigai Ceramics社が新たに開発したセラミック鑄型材料を紹介している。

文 献

- 1) 千田, ほか: Toyota Tech. Rev. 451 (1995) 104, 2)
- 平田, ほか: 耐火物 491 (1997) 25, 3)
- 安川, ほか: 鑄物・講演概要集 126 (1995) 39, 4)
- 松原: JACT 486 (1997) 15 938, 5)
- 磯村: パウンダリー 11 (1995) 7, 27, 6)
- 松原, ほか: JACT 460 (1995) 14 467, 7)
- 戸田, ほか: 鑄工 68 (1996) 607, 8)
- 松原: Giesserei 84 (1997) 9, 33

7. 塗型剤

「塗型剤とその適用」: 塗型メーカー5社によるそれぞれの塗型剤の特徴、品質管理法、鑄造への適用例及び塗型と鑄造不良の関係等が詳述されている。

九里¹⁰⁾は塗型剤の概要を、その目的とこれを構成する各種基材や溶剤などの性質、適用鑄型別の塗型剤の性質、及び関連法規を含む使用上の要点について述べている。その中で、塗型による鑄造欠陥防止の観点から、その効果の顕著な適用事例として、球状黒鉛鑄鉄・パーミキュラ鑄鉄用、差込み防止用、ベイング防止用、浸炭・浸炭防止用、消失模型用、及び遠心鑄造用の各塗型剤について紹介している。岡本²⁾は塗型剤を水性と油性に分類してその性能を比較し、塗型剤の構成について具体的配合成分を例示して説明している。すなわち、塗型剤が具備すべき機能として、溶湯と塗型界面での反応がなく、塗型膜が熱間には融せず、熱分解ガス量及び窒素含有量が少なく、フラン樹脂から発

生するS系ガスの捕そく能があることを挙げ、これらの性能に関連した欠陥とその対策について考察している。仲村⁹⁾は塗型剤を構成する耐火物(骨材)、溶剤及び粘性調整剤に必要な特性について、その関連する鑄造工程での要因と併せて述べている。代表的な塗型剤を、生型用、シェルモールド中子用、コールドボックス中子用、自硬性鑄型用、消失模型用のそれぞれについて、その適用例を含めて紹介している。田中⁴⁾は鑄物の表面平滑度改善を重点目標としたAl合金用塗型剤及び大肉厚鑄物の焼付き防止を重視した下塗り用水溶性焼結防止剤について紹介している。林⁵⁾はシェルモールド中子にもコールドボックス(CB)中子にも使用可能な水性塗型剤を開発した。その開発の要点として塗型によるCB中子の強度劣化の解決を挙げ、CB鑄型の曲げ強さに及ぼす水、有機粘結剤及び添加剤の影響を実験により確認し、曲げ強さ低下の機構及び作業時間の影響などについて検討している。高田⁵⁾は消失模型鑄造法用塗型剤の諸特性とその適用例について紹介し、塗型剤に必要な通気性、塗型膜の曲げ強さ、付着性、塗型の乾燥などの基本的特性と、その評価及び管理方法並びに塗型作業上の注意点を示すとともに、鑄型の崩壊、湯回り不良、残さ及びガス欠陥などの鑄造欠陥について、原因とその対策例を示している。

「消失模型用塗型剤の評価法」: 三宅⁷⁾は、オフィス式通気度試験法及び3点抗折試験法による消失模型用塗型剤の評価法を開発し、測定データはリアルタイムでコンピュータに取り込まれ、通気度では微少な内圧の変化、抗折試験では破断までの時間と変形が読みとれることを明らかにしている。また、G. H. Kocan⁹⁾は、生型用の通気度試験器を種々の塗型剤に対して適用した結果を報告した。

「塗型の進歩と品質管理」: P. Siddy⁹⁾は、鑄造業界の要望に応えた塗型剤の進歩について、塗型剤溶剤、塗型方法、鑄造プロセスと塗型のタイプ、塗型剤の形態、梱包の形態及び塗型の乾燥法について概説している。塗型の品質管理について、W. D. Scott¹⁰⁾は、アルコール性ジルコン塗型を例に、購入時の品質確認、塗型混練装置と管理方法及びスプレ時の空気巻き込み防止管理等を述べ、塗型濃度測定のための比重測定法、その管理法及び濃度の微調整についても論じている。

「塗型の納入形態」: M. Weber¹¹⁾は、新開発の濃縮塗型剤システムを紹介し、従来品は粉末、ペースト及び液体であり、新開発の濃縮塗型剤の輸送は再利用可能なポリエレン袋であり、使用に当たっては特殊な混合機が必要であること。しかしこの濃縮塗型剤では、輸送や混合のコストが削減されることなどを説明している。

文 献

- 1) 久里, ほか: JACT 470 (1996) 15 020, 2)
- 岡本: JACT 470 (1996) 15 031, 3)
- 仲村, ほか: JACT 471 (1996) 15 079, 4)
- 林, ほか: JACT 471 (1996) 15 087, 5)
- 高田: JACT 472 (1996) 15 137, 6)
- 田中, ほか: JACT 473 (1996) 15 191, 7)
- G. H. Kocan: Trans. AFS

- 104 (1996) 565, 8)
- 三宅, ほか: 技苑 90 (1997) 25, 9)
- P. Siddy: Foundry Trade J. 172 (1998) 3 543, 235, 10)
- W. D. Scott et. al.: Mod. Cast. 88 (1998) 5, 41, 11)
- M. Weber: Giesserei 85 (1998) 8, 73

8. 砂再生

「展望」: 伊豆井¹⁾は、1993, 94年の内外文献に基づいて、熱硬化性鑄型、有機系自硬性鑄型、無機及び有機系ガス硬化性鑄型、人工砂、塗型剤、砂再生及び環境関連文献についての展望を紹介している。

また、R. H. Toeniskoetter²⁾は砂、粘土及び樹脂粘結剤、その相互作用、結合理論、砂の再生及び鑄物品質との関係及び有機系砂の再生について、25年間の回顧レビューを報告している。

「生砂再生」: 巴³⁾がベントナイト混合砂再生用の3段階処理装置について述べ、未活性のベントナイトと炭じんを分離する第1段階、残留ベントナイトのばい焼と有機成分の燃焼を行う第2段階、ばい焼ベントナイトの皮膜を処理する第3段階の機能を、それぞれその工程図などにより紹介している。さらに、KGT, 3段階再生プラントのプロセスについて装置の構造を含めて説明し、再生段階における試料採取データ、再生砂のコストを示して、その有効性を明らかにしている。阪口⁴⁾は生型研究会の活動紹介の中で、集じん微粉の回収生砂性質に及ぼす影響など砂再生と資源環境に関する研究について紹介している。

また、Rob Hodges of Orthos Projects社⁵⁾は生型砂調製プラントの設計に関しての記述の中に、エキスパートシステムによる砂の管理、環境規制に適応した集じん及び再生機能などについて紹介している。D. J. Couture⁶⁾は中子製造時の過剰生型砂として廃棄されてきたものの再利用に取組んだ結果を報告している。

「自硬性砂再生」: M. R. Stancliffe⁷⁾は、英国における化学粘結砂の再生の現状に触れて、その再生率の低い理由を解析している。Mackie's Belfast 鑄造工場では⁸⁾、ノーベーク砂再生システムの特長、砂再生の現状と再生システムの最適化について紹介している。この中で、砂再生システムを最適化し、粘結剤の化学的性質を理解するための指針を提示し、砂の再利用量を最高にする解決策の提供を試みている。すなわち、各化学粘結砂システムのアトリッシュン再生及び熱再生に伴う窒素や硫黄の累積と、その解決策、使用粘結剤及び触媒への留意事項などについて述べ、砂を最大限再利用するためには、砂の特性、残留物汚染及び累積率の制御が必要であることを明らかにしている。

その他、自硬性砂再生関係の文献として、砂粘結剤システム VII 酸触媒 PNB 及び吹込みノーベーク⁹⁾、砂粘結剤方式 VI シェル法¹⁰⁾、鑄物砂/粘結剤/鑄物砂処理/中子製¹¹⁾、環境対応型コールドボックスバインディング¹²⁾及び鑄物砂粘結法・第10回フェノールウレタン・アミンコールドボックス法¹³⁾などに関する報告がある。

「ばい焼再生」: Triplex Alloy社¹⁴⁾は Darlston 工場

での鑄物砂処理として、化学的に粘結した鑄物砂の熱的再生の試験を行ない、設備は1年で償却できることを示している。M. D. Malone¹⁵⁾はフェノール系エステル硬化ノーベークサンドの加熱再生技術の開発経緯と再生システムの紹介し、アルカリとシリカの反応を抑える添加剤を加えることで、再生機の稼働が上がるのと同時に購入砂と廃棄砂の量が減り、砂費が減少することを報告している。そのほか、ばい焼再生関係の文献として、I. Lennard¹⁶⁾は何が良好な砂を作るか、IMF社の製作した3種の熱再生処理装置の特徴と構成¹⁷⁾など、さらにはエステル硬化フェノール結合砂の加熱再生の実施例¹⁸⁾などがある。

「ばい焼再生装置」: 松川¹⁹⁾は、熱交換器を備えた省エネルギー型の流動ばい焼炉の概要及び操業条件について述べ、廃熱回収と同時に、流動層の温度の均一化により温度範囲の狭い生型砂処理の大型化も可能であることを説明している。また、菅野²⁰⁾は自己燃焼法による再生処理について紹介している。

「機械再生装置」: 米北²¹⁾はアルカリフェノール再生機として開発したサンドシャイナSCM型の機械の外形図、再生機ロータ部及び流動層の構造の紹介並びにその適用例について紹介している。渋谷²²⁾は、開発した圧密研磨再生処理機の生型砂への適用と経済的効果について述べている。小林²³⁾は、ロータリクレマによる鑄物砂再生システムとその特性を紹介している。増野²⁴⁾は、新型機械式砂再生装置による再生方式の選択と課題及び機械の構造並びに試験例を説明している。このように、機械再生については数社で再生方式とその特長及び再生砂の性状・品質についての報告があるが、日本企業の例のみであり、外国企業の実施例の紹介はない。

「再生砂の管理」: 鑄物砂の環境に及ぼす影響を確定する方法や、環境技術改善実施計画活動の紹介²⁵⁾がなされている。砂/粘結剤/調砂/造型/中子製作などの鑄造プロセスの紹介²⁶⁾、環境対策実施方法を改善するための指針²⁷⁾及び鑄造工場の残さの環境への影響を確定する方法²⁸⁾として、ベンシルベニアの有効利用の取り組みを報告している。

「再生砂使用例」: Cosworth Eng.社²⁹⁾が精密砂型鑄造法としての自社のプロセスの詳細を紹介している。P. L. Philbin³⁰⁾³¹⁾は再生砂の特性、再生試験、装置の運転費など9社の鑄物工場での各方式の実績を示している。

さらに、生砂や化学粘結砂の湿式再生法、機械的方法及び加熱法について、設備費・環境対策などを説明している。M. Lenahan³²⁾は、使用済み鑄物砂を何をするかと題して、最も有益な利用法の選択には適正な設問による評価が有効であることなどを示している。T. Dexter³³⁾は、鑄物工場の廃棄物発生インパクトを減らす手段について報告。

「有効利用」: 生型ラインや砂再生装置からの発生ダストを多孔質セラミック化する方³⁴⁾、使用済み砂によるれんがへの応用例³⁵⁾及び廃棄物の流動性盛土への利用の検討³⁶⁾などを報告している。さらにF. Kopp³⁷⁾は、カリ

フォルニアのWaterman鑄物工場では、廃棄物をその源においてなくする方法の確立及び廃棄物の資源化という目標を立て、1989年以降、廃棄物処理費用をゼロにしている。例えば、集じんダストをキュボラに吹込み、微細ミスト冷却により排水を調節したり、スラグ、古砂などの処理、研削砥石屑のフェロシリコンへの代用などを挙げている。軍次ら³⁸⁾はJ式有機砂簡易小型ばい焼再生炉の概要を紹介し、再生砂の性状を、強熱減量、粒度分布、砂粒子表面の観察結果から報告している。その他、鑄物砂の温室栽培用砂への適用性の検討³⁹⁾、各種の古砂再生方法の比較と使用実施例や再利用の有効利用方法⁴⁰⁾についても述べている。

「新しい再生方法」：砂再生の新しい視界³⁵⁾と題して再生方法の紹介並びに鑄物砂の低温再生方法⁴¹⁾の紹介がある。この鑄物砂の低温再生方法とは、N₂ガスを触媒として砂を低温化し、低温再生の有効性を3つの見方から論じ、再生の主要系統図、機構及び設備、熱交換システムを解説している。

文 献

- 1) 伊豆井：鑄工 68 (1996) 440, 2) R. H. Toeniskoetter : Trans. AFS 103 (1995) 477, 3) 巴：JACT 464 (1995) 14 701, 4) 坂口：鑄工 68 (1996) 807, 5) Rob Hodges of Orthos Projects : Foundry Trade J. 172 (1998) 326, 6) D. J. Couture et. al. : Trans. AFS 103 (1995) 783, 7) M. R. Stancliffe : Foundryman 90 (1997) 261, 8) Mackie's Belfast foundry : Foundryman 91 (1998) 254, 9) P. R. Carey et. al. : Foundry M & T 123 (1995) 9, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 10) P. R. Carey et. al. : Foundry M & T 123 (1995) 58, 62, 68, 74, 11) Foundry M & T 123 (1995) 1, 1, 3, 12) 加藤：JACT 503 (1998) 16 826, 13) P. R. Carey et. al. : JACT 479 (1996) 15 539, 14) Triplex Alloy : Foundry Trade J. 1 (1995) 9, 15) M. D. Nalone : Mod. Cast. 87 (1997) 8, 39, 16) I. Lennard : Foundry Trade J. 172 (1998) 316, 17) IMF : Foundry Trade J. 171 (1997) 166, 18) M. D. Malone et. al. : Trans. AFS 105 (1997) 119, 19) 松川, ほか : JACT 461 (1995) 14 529, 20) 菅野, ほか : 鑄工・講演概要集 130 (1997) 89, 21) 米北 : JACT 464 (1995) 14 689, 22) 渋谷, ほか : JACT 463 (1995) 14 635, 23) 小林, ほか : JACT 462 (1995) 14 577, 24) 増野 : JACT 461 (1995) 14 519, 25) J. Lagemann et. al. : Giesserei 83 (1996) 15, 26) Foundry M & T 124 (1996) D. 3, 5, 8, 10, 11, 13, 16, 18, 20, 21, 27) ETBPP : Foundry Trade J. suppl (1995) S. 8, 28) J. B. Echard et. al. : Trans. AFS 103 (1995) 463, 29) Cosworth Eng. : Foundryman 88 (1995) 4, 113, 30) M. L. Philbin : Mod. Cast. 86 (1996) 8, 22, 31) M. L. Philbin : Mod. Cast. 85 (1995) 8, 25, 32) M. Lenahan : Foundry M & T 126 (1998) 12, 32, 34, 36, 49, 33) T. Dexter : Foundry Trade J. 171 (1997) 242, 34) 自動車鑄物技セ : 素形材 37 (1996) 1, 29, 35) C. MCCOMBE : Foundryman 88 (1995) 3, 77, 36) K. Stern : Foundry M & T 123 (1995) 9, 78, 80, 82, 84, 86, 37) F. Copp : Foundry Trade J. 171 (1997) 239, 38) 軍次, ほか : JACT 462 (1995) 14 589, 39) J. A. Dunkeberger et. al. : Trans. AFS 105 (1997) 305, 40) H. M. Ulfers et. al. : Trans. AFS 104 (1996) 717, 41) W. L. Tordff et. al. : Mod. Cast. 88 (1998) 8, 35

おわりに：

- (1) 環境に関しては、「環境管理・産廃利用」、「鑄造を取巻く環境問題」、「環境改善のためのプロセス改良及び設備開発」、「排気処理規制と対策」、「特殊鑄型と環境」、「廃棄物の用途開発」、「粉じん・ダスト・廃棄物処理」及び「コンピュータ支援」に分類して、52件の文献を紹介した。
- (2) 熱硬化性樹脂鑄型に関しては、「シェルモールド法及びその他」及び「無塗型化について」に分類して、7件の文献を紹介した。
- (3) 有機自硬性樹脂鑄型に関しては、「環境規制への対応と技術改善」、「新方式の自硬性砂」、「鑄物砂粘結法-フランノーベークの総合的評価」、「ブロー自硬性鑄型」及び「発生ガスの挙動」に分類して、10件の文献を紹介した。
- (4) ガス自硬性樹脂鑄型に関しては、「最近の動向」、「試験」及び「生産技術」に分類して、7件の文献を紹介した。
- (5) 消失模型鑄型に関しては、「一般的展望」、「原料樹脂」、「材質改善」、「寸法精度とプロセス制御」、「環境問題」、「国内の主な事例報告」及び「その他」に分類して、41件の文献を紹介した。
- (6) 人工砂に関しては、「高機能人工砂の開発」、「耐火物材料としての可能性」及び「新しいセラミック鑄型材料」に分類して、8件の文献を紹介した。
- (7) 塗型剤に関しては、「塗型剤とその適用」、「消失模型用塗型剤」、「塗型の進歩と品質管理」及び「塗型の納入形態」に分類して、11件の文献を紹介した。
- (8) 砂再生に関しては、「展望」、「生砂再生」、「自硬性砂再生」、「ばい焼再生」、「ばい焼再生装置」、「再生砂の管理」、「再生砂使用例」、「有効利用」及び「新しい再生方法」に分類して、41件の文献を紹介した。