

鑄造機械産業ビジョン

報告書

平成 18 年 11 月

日本鑄造機械工業会

序 文

このたび経済産業省の主唱で「素形材ビジョン」が策定され、素形材産業に関わる全ての業界にその各々の個別ビジョン策定の指示が下った。日本鑄造機械工業会もこの指示を真剣に受け止めて、2006年7月26日に正会員・賛助会員9社で構成する「ビジョン策定委員会」を発足させ、直ちに策定作業に入った。

作業の手法は、鑄造工程を分類して策定委員9社がその各々を担当した。およそ3週間に1回の頻度で計5回の策定委員会会議を開催し、各々それまでの作業進捗を発表し、討議し合った。10年後の各々のビジョンである。作業を始めてみると、我々の思索と議論は、いつも「この国のものづくり」、そして「ものづくり人材」という根源的な地点に還り、そしてさらに「このままで中国やインドに打ち勝って行けるだろうか？」という強烈な危機感が策定作業をより真剣なものにして、その進捗にドライブをかけた。

中国やインドを初めとするアジアの諸国の経済発展とモータリゼーションの進展は、否応なしに我々の10年後の展望をアジア全体に拡げる。一国内での垂直的な生産分業体制を脱皮して、自動車産業をはじめとする多くの鑄物ユーザーは、戦略的に多国間で水平的に生産や技術開発の分業体制を構築している。この事実はまた、日本の鑄物メーカーも戦略的にその生産基地を選択することを意味している。しかし、日本の鑄物メーカー、即ち我々の客先がどこに生産基地を置こうとも、グローバルに競争に打ち勝とうと思えば、必然的に独自の技術戦略・製品戦略を自らに問うことに繋がる。我々はそれを高品質・高性能・高精度・安全・環境保護と捉えた。ここに各々が集積した鑄造工程別の設備・機械の10年後のビジョンもこれらのポイントをふまえて、技術的な展望を明確にして、その実現の為の「ワークプラン」を自らに課しているのである。「素形材ビジョン」では、商習慣の変更などにも言及しているが、我々は鑄造業界への貢献と共栄という観点から、展望に向けての明確な技術志向を抽出することに焦点を絞った。

また発展途上国のみならず、ドイツ、フランスそしてイタリア等の先進諸国に於いても見られるごとく、多くの国では素形材産業を国家戦略的にとらえて、様々な切り口で政府よりの指導と援助を実施している。本策定書も「ものづくり」や「人材」、そして「新技術開発」という観点に立ち、「官・民の提携」を提言した。

鑄造機械産業の10年後のビジョンは、こうして今や明確に描き出された。我々は、その実現に向かって直ちに行動を開始する。

5回にわたる策定委員会会議に毎回ご出席頂き、その都度貴重なアドバイスと指針を賜った経済産業省製造産業局素形材産業室の課長補佐南澤正孝様および係長佐藤朗様に、我々は厚くお礼を申し上げます次第である。

平成18年11月
日本鑄造機械工業会
鑄造機械産業ビジョン策定委員長
岡田 民雄

鑄造機械産業ビジョン策定委員会

会 長	矢野 武	新東工業(株)
委 員 長	岡田 民雄	日本ルツボ(株)
WG リーダー	富貴原 信	新東工業(株)
サブリーダー	橋本 邦弘	新東工業(株)
委 員	米北 洋一	太洋マシナリー(株)
委 員	村田 康博	(株)ナニワ炉機研究所
委 員	久保田和雄	三明機工(株)
委 員	青木 正博	東久(株)
委 員	重光 碩	日本ルツボ(株)
委 員	門井 憲秀	JFE メカニカル(株)
オブザーバ	南澤 正孝	経済産業省
オブザーバ	佐藤 朗	経済産業省
オブザーバ	林 静男	富士電機サーモシステム(株)
オブザーバ	長井 明	日本アイリッヒ(株)
オブザーバ	中井 宏明	日本アイリッヒ(株)
事 務 局	安武 昭彦	日本鑄造機械工業会

目 次

1 . 鑄造機械産業のビジョン-----	1
1-1. 鑄造機械産業のビジョン策定について-----	1
1-2. 鑄造機械産業ビジョン - 1 -----	1
1-3. 鑄造機械産業ビジョン - 2-----	2
1-4. ビジョンを支える5本の柱-----	2
1-5. アクションプラン-----	3
2 . 鑄造設備産業が目指すべき方向性-----	5
2-1. 我が国の鑄造機械産業と設備の現況-----	5
2-2. 世界の鑄造機械産業の現況-----	5
2-3. 鑄造設備エンジニアリングの価値-----	6
2-4. 環境への貢献-----	7
2-5. 日本ブランドの世界展開-----	7
2-6. 設備安定稼動への取組み-----	9
2-7. 鑄造機械業界の技術力と発言力の向上-----	9
2-8. 人材育成と情報収集-----	10
2-9. 安全に対する取組み-----	10
3 . 各分野別のビジョン-----	11
3 - 1. 生型造型設備のビジョン-----	11
3 - 1 - 1 枠付造型設備-----	11
3 - 1 - 2 無枠造型設備-----	19
3 - 1 - 3 砂処理設備-----	22
3 - 1 - 4 後処理設備-----	24
3 - 1 - 5 中子造型設備-----	26
3 - 2. 自硬性鑄型設備のビジョン-----	28
3 - 3. 溶解関連設備のビジョン-----	33
3 - 3 - 1 キュポラ・ガスファーネス-----	33
3 - 3 - 2 誘導電気炉-----	34
3 - 3 - 3 アルミ合金用溶解・保持炉-----	40
3 - 4. 表面仕上げ設備のビジョン-----	41
3 - 5. その他の自動化を指向する設備-----	45
4 . おわりに-----	49

1. 鋳造機械産業のビジョン

1-1. 鋳造機械産業のビジョン策定について

2006年5月に策定された「素形材産業ビジョン」をうけて、素形材生産を支える鋳造機械産業のビジョンを策定した。策定に当たっては、ビジョン - 1として、10年後の日本はどうなっているか?、10年後の鋳造産業はいかなる与件を持つか?の二つについての展望を明確に持ち、ビジョン - 2として、中小の鋳物メーカーをその大半の客先とする鋳造機械産業の10年後はどうあるべきか?を問うた。

ビジョン - 1は思索の出発点であり、ビジョン - 2はその到達点である。その間の道程を鋳造工程別に細分化された各鋳造機械メーカーが当該ビジョン策定委員会のメンバーとして各々現状を省み、到達点での必要条件とその実現の為のアクションプランを策定した。本策定書はその集積である。言うまでもなく、我が国は成熟した自由主義経済の国であり、日々の企業活動・経済活動はミクロ的には各企業の自由行動と責任の範囲である。しかしながら今回のビジョン策定は、経済産業省の或る種のいわば危機感の発露であり、故に本策定書も各企業の自助努力のみではなく、マクロ的な「官・民の提携」もビジョンを支える骨格の一つとして提唱するものである。

折しも、日本の鋳造産業がその大半を依って立つ日米欧の自動車産業が、アジアで技術・生産の両面で世界の三極の一つになろうとしている。故に中国とインドを含めたアジアでの10年後の日本の鋳造産業の位置、鋳造機械産業の位置を問わなければならない。また、いかに機械化、ロボット化を両者が必然的に進めようとも、「ものづくり」は人間が主体である。従って冶金・機械工学のみならず、教育・文化という人文・社会科学までも我々の思考は拡がるのである。

1-2. 鋳造機械産業ビジョン - 1

A. 10年後の日本：

出生率が1.25人を割った。少子高齢化は更に進み、労働人口（'06年で67百万人）は減少する。

従って内需の伸びは鈍化し、輸出依存率は拡大せざるを得ない。

製造業のシェアは更に低下する。

アジア諸国の経済成長は依然持続。特に中国・インドの巨大なモータリゼーションが経済を牽引する。

自動車産業を頂点にアジアで製造業の水平分業体制が進化する。

アジアでの企業活動はボーダーレスとなり、競争は更に激化する。

B. 10年後の鋳造産業の与件：

少子高齢化が進み、かつ現場作業を厭う傾向が進み、従って現場作業者は高齢化・

国際化が進む。

従って、熟練工とエンジニアリング人材が慢性的に不足し、製造やメンテナンスの技術・ノウハウの伝承がとぎれる。

国際競争は激化する。

鋳物ユーザーからは、高品質・高性能・コスト低減が常に要求される。

国内のみでなく、国際的に鋳物メーカーより高度な安全・環境規制が課せられる。

日本国内の鋳物生産量は、国際化の流れの中で緩やかに減少し、更に燃料電池・モーター駆動等の自動車の技術革新によっては大きな減少も予想される。一方、中国、インド等ではインフラ整備を目的にした鋳物需要量の伸びも予想され、世界全体の鋳物生産量は増加していく。

1-3. 鋳造機械産業ビジョン - 2

10年後の鋳造機械産業のビジョンとして、我々は下記を描いた。

「日本並びに、いまだ成長過程にあるアジアで水平分業体制をとる鋳物メーカーと鋳物ユーザーのニーズを先取りして技術開発を進めながら、鋳物製品に高品質をもたらし、鋳造工程上の革新を生み出す高機能設備・システム・プロセスを供給し、情報の発信基地となり、日本ブランドの恒久的な地位を確立している。」

1-4. ビジョンを支える5本の柱

上述のビジョン - 2を支える要素は何であろうか。本策定書では下記の5本の柱を必要不可欠と考える。

10年後のビジョンに向けた各企業の高品質・高性能・高精密という技術志向での開発努力。 自社努力と共に、同業・異業種との技術連携が求められる。また、国等よりの研究開発助成金制度も活用したいが、制度の手続き・報告の大幅な簡素化を望みたい。

ものづくり人材の育成。 これは、その企画出発点を初等教育に求めなければならない。いわば国家プロジェクトとして位置付けられるべきであり、官の主導が強く望まれる。しかし、一方民間の企業の団結により推進する方策も忘れてはならない。

) 鋳造機械工業界ならびに鋳造業界の統一意志と関連各企業の寄付金による「鋳造工学育英基金」の設立。この育英基金は一定の考課に従い、大学や高等専門学校のエンジニアリングを含めた鋳造工学専攻学生に学資の一部として付与される。

) 官指導による「鋳造産業マイスター制度」の採用。「つくり」と共にメンテエンジニアリングの担い手も含める。企業は、その応分の待遇制度も確立

せねばならない。

-) 大学や高等専門学校学生の「鑄造技術者インターン制度」の取り入れ。専攻研究課題、卒業論文の作成機会に応用する。各企業の受け入れ体制の確立も必要。

知的財産権・ブランドの具備と防衛。 事業活動の視野をアジア全体に置くときに、各企業の特許戦略は極めて重要な位置を占める。

パブリシティの積極推進。 欧米諸国や中国で開かれる展示会を訪れるたびに、我が国の展示会の規模とその内容、そして来場者数の貧弱さを省みて暗澹とした気持ちを抱く。日本の鑄造およびその関連産業は大同団結して、この日本でアジア最大規模の、日・米・欧・亜そして露よりの多くの来場者を呼び込める魅力ある展示会・技術学術発表会を一日も早く開催実現しなければならない。その実現のためには、官の主導による鑄造関連業界各団体の大同団結が先ず必須である。その中で、実行委員会を立ち上げて財源確保を含めた開催計画案の策定を急がねばならない。

適正利潤の収受。 10年後およびその道程には高性能、高品質、高精度および高度な安全・環境対策が求められ、当然ながら各企業は技術開発・製品開発に励まなければならない。関連各企業は、これらの開発コストを十分に吸収できる利益の収受が必要である。我が国の商習慣を省みると、客先群への理解を求めていく必要がある。

1-5. アクションプラン

本ビジョン策定書は、鑄造工程別に分類担当する各個別企業のビジョンと共に、各々の詳細なアクションプランを掲げている。下記は、上述のマクロスコピックなビジョンへの到達道程のアクションプランとして提唱するものである。

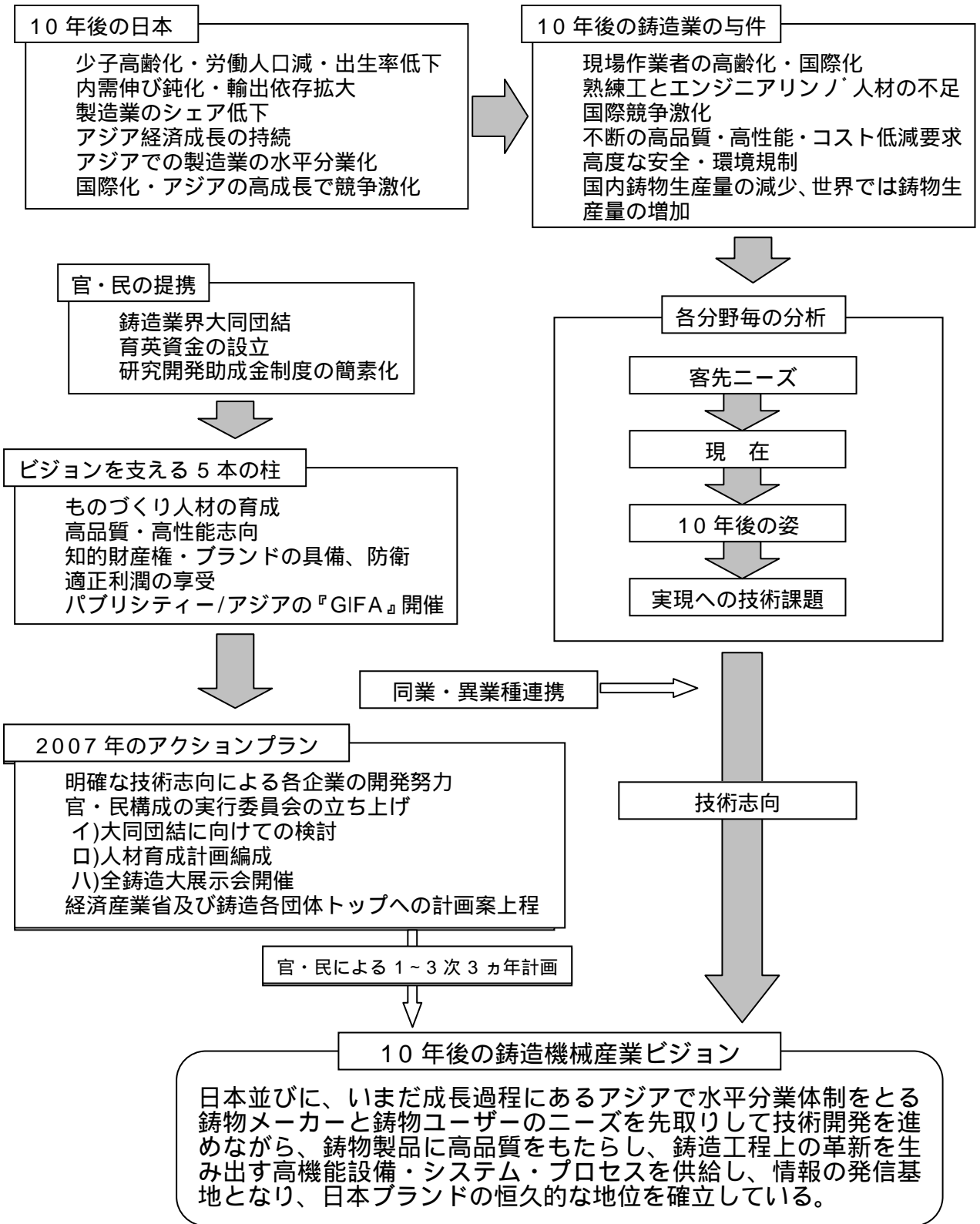
2007年のアクションプラン

- i) 明確な技術志向による各企業の開発努力の開始
- ii) 官・民構成の実行委員会の立ち上げ
 - イ) 鑄造業界各団体の大同団結に向けて
 - ロ) ものづくり人材育成計画編成-育英基金設立、マイスター制度、インターン制度
 - ハ) 全鑄造大展示会開催を目指して
- iii) 経済産業省および鑄造各団体トップへの計画案上程

官・民による第1～3次3ヶ年計画実施

2007年のアクションプランを上記のごとく推し進めて、経済産業省と鑄造各団体トップへその結論を上程し、決裁を受ければ、残りの9年間でローリングを重ねながら第1～3次3ヶ年計画を推進する。

図 1-1 鑄造機械産業ビジョン



2.

2. 鋳造機械産業の目指すべき方向性

2-1. 我が国の鋳造機械産業と設備の現況

鋳物産業の機械化を支える国内の鋳造機械の出荷額は、平成 17 年は凡そ 210 億円(ダイカストマシンを除く、素形材センター統計)であり、市場規模は大きいとは言えない。また、鋳造機械メーカーの多くは従業員 100 名以下の中小企業であるが、これらの企業も鋳造設備以外の分野に進出するなど多角化を進めており、国内の鋳造機械産業の基盤は決して強くない。しかし、規模は小さいものの、それぞれが技術的に優れた機械を鋳物メーカーに提供しているのも国内鋳造機械メーカーの特徴でも有る。また、現在では世界的にも少なくなっている、一社でほとんど全ての鋳造機械を供給できるメーカーも依然存続しており、開発にも意欲的に取り組んでいることから、新しい発想の開発が行われる土壌がある。

国内の鋳造工場では、既に生砂造型設備を中心に多くの工程で機械化・自動化が進められており、現在最も近代化が遅れているのは、自硬性鋳造(所謂『手込め鋳造』)および、鋳仕上げと言われている。これらの分野では、依然として作業者に頼った工程が多く、特にワークの形状やサイズが定まらないことが機械化を困難にしている。また、典型的な 3K 職場といわれる鋳造工場のクリーン化が叫ばれて久しいが、個々の環境設備は進歩しているものの、汚れた職場環境のイメージを刷新するには至っていない。

一方、鋳造機械の海外展開という観点では、日系鋳物メーカーの海外進出と海外での工場建設に併せて、設備の輸出も拡大している。地域的には中国、東南アジア地区が主体であるが、設備納入先の大多数は日系企業であり、地元の鋳物メーカーへの展開はまだ進んでいない。尚、国内の鋳造機械メーカーの海外進出は、海外への製造拠点や販売会社の設立などのかたちで進められており、最近では、日系進出企業への対応の必要性から活動が活発化している。また、一部のメーカーでは、米国・欧州・南米などにも拠点を設立し、日系以外のローカルの鋳物メーカーへの機械販売も進められている。

2-2. 世界の鋳造機械産業の現況

鋳造機械の発展は、欧州・米国・日本の鋳造設備メーカーが担ってきており、現在でも主要な機械メーカーはこの地域に分布している。なかでも、欧州は鋳造機械においては、常に世界をリードする地域であり、特にドイツ、イタリアには多くの鋳造関連設備メーカーが集中している。しかしながら、かつてトップブランドを誇り業界を代表してきた大手メーカーの多くが買収や合併によってその実体を失っており、鋳造機械メーカーの企業としての安定度には大きな不安を生じている。また、東西の壁の崩壊以来長く続く欧州の経済低迷の中で、各メーカーの活動は必ずしも活発ではなく、欧州内よりもむしろ中国・インドなどアジア地域や南米などでの活動が目立ってきている。欧州設備メーカーの商品は、一般に信頼性において高く評価されており、日本でも 1980 年代後半から 1990 年頃のバブル期には、一時的なブームを呼んだが、上記のごとく欧州企業の存続自体が不安定な状況から、サービスに

対する不満が大きく、また日本の鋳物メーカーの要求するきめ細かな対応が不十分であったことも原因となって、継続的なブームとはならなかった。現在、欧州系のメーカーで日本法人を設立し活発な活動を行っているのは数社に限定されている。

一方、米国には、1950年～1970年代の自動車産業発展期に鋳造機械の自動化を後押しした大手設備メーカーが存在した。しかし、長期的投資効果を重視しない米国の鋳物工場では、大型で先進的な鋳造機械を導入する機運は急速に減退し、自動車産業の低迷と相まって鋳造機械産業の活力も低下している。従って、大手の設備メーカーも数を減らしており、商品開発にも消極的で、20年以上昔の機械がそのままの形で販売されていることが珍しくない。かつては日本国内の鋳物メーカーでも米国製機械が導入された時期があったが、昨今ではほとんど姿を消しており、既存の機械も老朽化が進んでいる。尚、米国や欧州では、鋳造工場の建設に当り、設備メーカーではなくエンジニアリング専門の企業がゼネコンとして建設・設備導入の一切を請け負う例が多く見られ、これを生業とするエンジニアリング会社も存続している。

さて、アジアにおいては、特に鋳物生産量の伸長の著しい中国の鋳造機械メーカーが数も多く、活動も活発であるが、その製品のほとんどは外国製品の模倣であり、品質も大きく劣っている。しかし、その安価な製造コストから、一部の有力な鋳造機械メーカーでは、外国の鋳造機械メーカーとの合併や技術提携を進めており、中国のみならず東南アジア地域にも活動の領域を拡げている。日系鋳物メーカーの中国での工場建設や企業活動も、これら中国メーカーの存在なしには語れなくなっているが、一方では、技術提携や技術導入に際しての知的財産権の保護の観点で、多くの問題を抱えている。

2-3. 鋳造設備エンジニアリングの価値

かつて鋳造設備計画は、自動車メーカーの生産効率化、自動化のニーズに従って、ユーザーの主導で行われてきた。従って、設備仕様やレイアウトを決めるのはユーザーの役割であり、ユーザーの鋳造技術者の意見や経験が重要な位置を占めていた。しかし、大手自動車メーカーが鋳物生産の子会社移管を進める中で、これら技術者の数は激減し、工場計画能力を持つユーザーは極めて少なくなっている。このような現状の中で、鋳造機械メーカーのエンジニアリング能力はその存在価値を高めており、工場コンセプトの構築からフィジビリティスタディー、設備能力やレイアウトの決定など多岐に亘って提案が求められるに到っている。しかし、国内の設備ユーザーは、これらの作業を機械設計の付随作業と捉えており、工場建設が中止となっても、このようなエンジニアリングに対する対価が支払われる例は非常に少ない。設備ユーザー側の技術者が少なくなっている現状においては、鋳造機械メーカー側のこれらの費用負担が大きくなる傾向がある。

設備メーカーとしては、一定の範囲を超えるエンジニアリングに対する対価請求の土壌とガイドラインを作り、メーカーが安心してユーザーの設備計画に参加できる環境を創出することが重要となる。

尚、米国・欧州のエンジニアリング專業会社は、機械製造をほとんど行わずエンジニアリング業務に特化しており、設備は外部の専門メーカーから購入して納入するのが一般的で、エンジニアリング対価請求の習慣も根付いている。

2-4. 環境への貢献

鑄造工場が典型的な3K 職場として取り沙汰されるようになって久しい。確かに鑄造工場においては、粉塵、騒音、振動、臭気、暑熱、砂こぼれ、有害ガス、産業廃棄物など様々な環境阻害要因が内在しており、これらの対策は、作業環境改善のみならず、自然環境や居住環境の保全のためにも重要である。また、鑄造産業は、莫大な熱エネルギーとCO²を放出するエネルギー消費型の産業であり、特に、溶解に要するエネルギーの最少化や、熱エネルギーの回収・利用技術の開発は、鑄造工場の重要な課題となっている。とはいえ、一般に国内の鑄物工場は欧州・米国の工場と比較しても環境に対する意識が非常に高く、工場のクリーン化レベルも低くない。

環境改善の対策としては、粉塵に対してはフードと粉塵捕集技術の高度化、騒音・振動については振動機からの脱却や防音設備の普及、臭気・有害ガスについては環境に優しい鑄造プロセスへの変更と脱臭設備の普及、暑熱に対しては工場内の環境分割と効率的な空調、砂こぼれに対しては清掃の容易化とこぼれ原因の排除、産業廃棄物については、ゼロエミッションに向けてのスラグや砂・粉塵の再利用が進められなければならない。尚、環境対策は、鑄造設備メーカーだけで解決できるものではなく、鑄物メーカーや他の産業との継続的な協調が必要である。また、いかなる設備においても、メンテナンスが良好に維持されなければ環境の維持も困難であることは言うまでもない。

一方、熱エネルギー利用については、既存の技術のなかにも、キュポラの廃熱回収・再利用技術が紹介されているが、普及についてはまだ初歩の段階である。また、鑄物の冷却段階で発する低温廃熱については、回収・利用は全く進んでいない。100 以下の比較的低温の空気や水等からエネルギーを回収し、電気エネルギー等の再利用可能な形に変換する技術開発が待たれる。

2-5. 日本ブランドの世界展開

国内設備メーカーの製品や技術を海外に紹介し、販売を拡大する手段として種々の展示会が利用されている。鑄造機械に関する国際展示会は、定期・非定期に数多く開催されているが、規模においてはGIFA(ドイツで4年に一度)、AFS(米国で3年に1回)、メタルチャイナ(中国で2年に1回)の3展示会が他の展示会を圧倒している。国内でも鑄造工学会の講演大会の併設展示会や工業炉協会が主催する国際展示会(サーモテック)が開催されているが、これは国内メーカーの展示に限られていたり、分野が限定的である。尚、GIFA とメタルチャイナにおいては、鑄造機械だけでなく鑄物メーカーの展示も多く、鑄物ユーザーの来訪も視野に入れている。

一般に、展示会においては、鑄造機械と鑄材メーカーの展示が主体であり、大手のメーカーは、それぞれが自社製品をアピールする工夫を凝らしているが、ドイツ、米国、イタリアの3カ国については、業界団体が主体となって、展示ブースの確保、レイアウトやブースデザインの統一などの便宜を図っており、中小の設備メーカーの参加を後押ししている。これは、言わばドイツブランド、米国ブランド、イタリアブランドをイメージするものであり、中小メーカーのイメージアップにもつながっている。一方、日本の鑄造設備メーカーは、前記のような組織的展示は行っておらず、各企業が孤軍奮闘しているのが実態である。中小メーカーが海外へ自社商品や技術を紹介するためのハードルを低くするには、業界団体や政府およびその外郭団体の支援が不可欠である。また、展示会に併せて開催される技術発表会や講演会などの行事においても、国単位で発表枠を確保することで、集客や手続きの面での便宜を図ることが、国際市場での日本の鑄造設備メーカーのイメージアップと競争力確保の面で重要な戦略となる。日本の鑄造産業は生産量的には中国などに大きく水を開けられた状況ではあるが、鑄物品質の面では、依然としてアジアだけでなく世界のトップレベルであることは衆目の一致するところである。その意味では、アジア最大の展示会が日本ではなく中国で開催されているという事実に対して分析を行い、鑄造産業においても鑄造機械産業においても技術と品質の発露の場としての日本での展示会を世界に認知させるべく、各企業・政府・業界団体が一体となって日本ブランドの地位向上に取り組む必要がある。尚、日本での大規模展示会開催は、世界最高品質の鑄物を生産している日本鑄造産業の誇りをかけ、政府の支援を得ながら、日本鑄造機械工業会だけでなく鑄造関連各団体や日本鑄造工学会の共催ならびに近隣諸国の協賛を得て行う必要があり、量だけでなく品質・環境・安全など将来的テーマを掲げたものにするのが重要である。

表 2-1 主要展示会と規模

展示会名	開催地	出展コマ数	入場者数
GIFA	ドイツ	840	約 10 万人
METAL CHINA	中国	910	約 2 万人
CASTEXPO	米国	470	約 1 万人

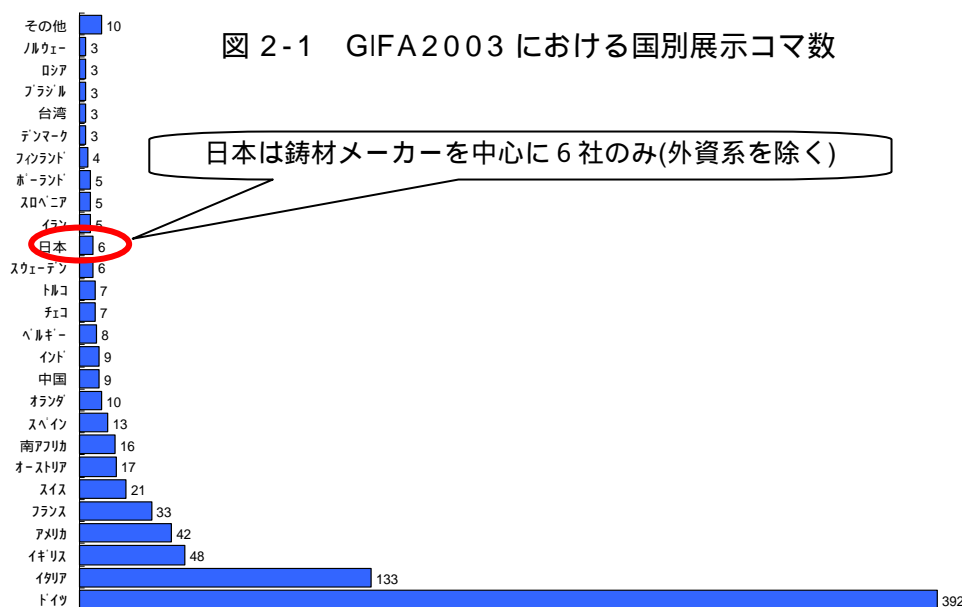


表 2-2 主要展示会スケジュール

	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28
GIFA											
AFS											
METAL CHINA											
アジア鋳物会議											

鋳機工業会ブース開設

コンソーシアム参加

独自大型展示会の開催

2-6. 設備安定稼働への取組み

鋳造設備は、鋳物の高品質化や生産のフレキシビリティ化の流れのなかで、機能的・制御的にも高度なものとなっている。しかし、一方で設備ユーザー側には高度な設備を十分に使いこなす技量にも、人材にも限りが見られ、高度な設備が却って稼働率を低下させたり、品質安定化につながらない事例も見られるようになってきている。これは最新鋭の設備の導入が相次いでいる中国ローカル企業において、依然鋳物品質の向上が見られない現実とも類似している。従って、鋳造設備メーカーにおいても安定稼働を実現するため、設備納入後のユーザーのフォローに追われている例が見られる。

設備に対する高度化ニーズが益々高まる中、設備メーカーとしては国内外でのサービスの充実が求められている。このサービスとは、部品販売だけでなく、設備メンテナンスや設備診断、ひいては鋳物づくりへのアドバイスや工場改善提案をも含む広範囲なものとなると予想されるが、設備ユーザー側にはこれらサービスはメーカーが無償で行うものとの既成概念があり、メーカー側の負担は増す一方である。従って、これらサービスに対する有償化を検討する必要がある。また、サービスの一環として、設備の能力を十分に引き出せる使い方や保全方法に関するハンドブックの作成や教育の充実を目指していくことが必要となる。

2-7. 鋳造機械業界の技術力と発言力の向上

鋳造機械業界は、前述のように非常に限定された小規模の業界であるが、一方では素形材産業の高度化を下支えする重要な産業であると位置づけられる。しかし、個々の企業規模が小さく工業会などの業界団体としての体力も強くないことから、素形材業界における十分な発言力も有していない。更に、各企業は小さな市場の中で一部は競合関係にあり、共通の利益を追求する環境に乏しい。また、開発においても、統一したテーマで共同研究を行うことはほとんど行われていない。このような状況下で、鋳造機械業界は、今まで以上に鋳造業界とのつながりを強め、鋳造業界のニーズを鋳造設備業界が実現し、また、鋳造業界は鋳造設備業界に対して各種の情報提供を行っていくといった共存共栄の関係を築く必要がある。

一方、鋳造機械メーカー間においては、それぞれの得意分野での技術の深耕を進めながら、企業間の情報交換を密にしなければならない。鋳造工場の工程は、機械加工工場などには見られないほど分業化が顕著であるが、それぞれの工程の能力やコンセプトが一致して初めて効率的な工場となり得るのであり、各工程を担う企業間での意思の疎通は、鋳物づくりの効

率化にも重大な影響をあたえている。従って、鑄造機械メーカー間では、競争を超えた協業が更に推進されねばならない。

2-8. 人材育成と情報収集

鑄造における熟練工の高度な技術は、かつては優秀な若手人材によって長年に亘って引き継がれてきた。また先端技術分野の発展も、大学や研究所の専門家と大手鑄物メーカーがそれぞれの専門分野で担ってきた。しかし、産業界での製造業のシェアが下がる中で、鑄物の市民権は低下の一途をたどり、3K 職場といわれる職場環境イメージも手伝ってこれら研究開発や現場熟練技術を担う優秀な若手人材の獲得は困難を極めている。一方、設備に対しては、鑄物の品質や生産性への要求から高度な制御技術や機械技術を駆使した設備が要求されているが、ユーザー側の設備利用技術や保全技術は相対的には低下しているのが実情である。政府はものづくりの中核人材育成プロジェクトをスタートさせているが、鑄造機械業界としても、設備を使う側を意識した機械利用技術の教育と相互情報交換のプログラムをスタートする必要がある。また、若手研究者育成のためには、鑄造に関わる研究者の支援施策、例えば育英資金の設立などを計画する必要があるだろう。更に、鑄造中核人材育成プロジェクトとの連携を行う中で、鑄造設備の観点からのカリキュラムを提案していくことも有効と考えられる。一方、情報収集の意味では国内に限らず、海外との人的交流も重要である。これには、官・民一体となった取組みが必要であり、鑄造関係各団体との大同団結が必須である。

2-9. 安全に対する取組み

鑄造機械の安全については、昭和 62 年度に『造型機械の安全通則及び安全基準』が、また昭和 63 年度には『砂処理機械の安全通則及び安全基準』が(社)日本機械工業協会および日本鑄造機械工業会によって編纂されたが、その後、鑄造機械のユーザーにおいても独自の社内安全規格が制定されるなど安全に対する意識も変化しており、また内容も厳しいものが要求されるようになっている。一方、製造物責任法(PL 法)の制定によりメーカー対しては無過失責任が問えるようになっており、メーカーの社会的責任は確実に重くなっている。更に、地震を想定した鑄造機械とりわけ砂処理等の構造物や甚大な災害が予想される溶解設備に対する設計基準は明確になっておらず、未だ各メーカーの判断に任されている。鑄造機械工業会としては、今一度現状の安全通則及び安全基準の見直しを行い、より安全な鑄造設備の提供に努めねばならない。また、機械操作の安全については、制御プログラムの中に安全操業に関するガイダンスが表示されるなど、取扱説明書では徹底できない事項に対する対策も求められる。

3. 各分野別のビジョン

鑄造機械における技術的な課題は、鑄造工場の改善課題そのものであり、特に自動化、省力化、品質向上、稼働率向上、環境改善といった課題においては大きな役割を担っている。これらの技術課題は下記の如く整理される。

自動化・省力化に寄与する技術

鑄物のコスト低減に寄与する技術

鑄物の付加価値向上(軽量化、薄肉化、高精度化等)に寄与する技術

鑄物の不良低減に寄与する技術

生産効率を改善する技術

鑄造工場の作業環境をクリーン化し、かつ安全を確保する技術

CO²発生量や廃棄物を削減し地球環境保全に寄与する技術

生産現場の情報ネットワーク化技術

また、技術開発の視点としては、ダウンサイジングとシンプル化、スリム化が命題であり、これは省メンテナンス、稼働率向上にもつながっている。以下に、鑄造設備の各分野において、今後取り組むべき方向を示す。

3-1. 生造型設備のビジョン

3-1-1. 枠付造型設備

枠付造型設備は、鑄鉄を中心にした量産設備として最も広範囲かつ多くの生産を担っている。この領域は鑄造設備の中では最も自動化、省力化が進んでおり、大手鑄物メーカーでは、造型だけでなく、中子収めや注湯といった従来は手作業が主体となっていた工程でも自動機を導入し、省人化のみならず品質の安定化まで図っている。生砂造型法は、型材料のリサイクルが容易に行える点で特に量産の場合には低コストな鑄物づくりを実現しているが、一方では、鑄型強度に限界があるため高度な鑄物品質を維持するためには様々な困難さも抱えている。その中で枠付の造型システムは鑄型強度を枠の使用で補助すると共に、様々な造型法に対するフレキシビリティを具備していることから自動車関係の鑄物生産には欠かせぬものとなっている。しかし、量産設備としては設置面積が大きく、工場が大型化する傾向も見られ、投資額の観点から中小鑄物メーカーにはややハードルの高い設備とも言える。尚、世界的に見ると、枠付生砂造型設備は特に品質を重視する欧州・日本に多く見られ、小規模の投資で、迅速なリターンを志向する米国では無枠生砂造型設備の設備が多い。

枠付造型設備が抱えている将来的課題は、下記の通り分類される。

品質課題

➤ 高品位な鑄物づくりのための方向性

鑄物の付加価値向上のためには、より模型に忠実であること、薄肉かつ軽量であること、複雑な形状が一体で鑄造できること、鑄肌が美しく美観に優れていることなどが求められる。これに対し、造型機においては生砂の性質を最大限に引き出す

ことのできる造型法が必要となる。枠付造型機は、常にこの目標達成のために開発が進められてきており、今後も更に強固で均一な鑄型を得るために新たな造型法の開発が求められている。また、一方で寸法精度の向上を目指した鑄型材料の変更も一部で進められているが、特に熱膨張の少ない人工砂の採用が検討されると予想される。

➤ 不良撲滅のための方向性

鑄型造型に関わる素材不良には、型落ち不良、寸法不良、異物噛み込み不良、ガス欠陥などが挙げられるが、この解決には模型、砂、方案等の見地からの対策が必要である。造型設備においては、造型法の高度化を図ることで、型落ちや異物噛み込みの少ない健全な鑄物を得ることがなによりも肝要であるが、湯口カッターの性能向上による砂巻き込みの防止やガス穴あけ装置の設置によるピンホール欠陥などの防止も課題となる。

コスト課題

➤ 歩留り向上のための方向性

溶湯歩留りを向上させることは、鑄物のコスト低減を実現する最も効果的な方法である。一般に溶湯歩留りは、鑄鉄の場合で 60-70%程度、ダクタイルの場合で 50-60%程度とされているが、これを改善するためには 鑄型強度の向上による型張りの防止、浮力対策として重り方式からクランプ方式への変更、砂型プレスキャストのような生型を利用した画期的鑄造法の採用。鑄型強度の均一化による込め数を増加、方案変更による直接的に方案部重量を低減、注湯精度の向上による湯口カップの最小化、等々の方法が考えられる。

➤ 省エネ・省資源のための方向性

前述の『歩留り向上』は省エネにも大きな効果をもたらす。また、造型設備の駆動源の省エネ対策としては、アクチュエータの最適化がテーマとなる。従来は、空圧・油圧が駆動源の中心であったが、近年では電動化が盛んである。常時ポンプやコンプレッサーを稼働させねばならない空圧・油圧に比べ、アクチュエータの作動時のみ動力を供給する電動方式は省エネに効果的であり、特にサーボ化を組み合わせた方法については、今後もニーズが増大すると見られる。一方油圧方式は、大出力や高速の設備では依然効率的なシステムであるが、作動時の必要出力や仕事量に応じた油圧回路の最適化を行うことで省エネを実現できる可能性がある。

その他、砂の使用量を最少化する技術として、鑄型高さを自動制御する方法が紹介されているが、更に、鑄型高さを広範囲に選択できる機構とすることによって、枠付造型法でも更に砂要求量を最少化できる可能性が有る。

➤ 投資最少化のための方向性

国土の狭い日本国内においては、投資最少化のために、最少のスペースで最大の効果を得ることが求められる。また、既存の設備を利用しながら、目的とする装置の

みに限定して更新することも求められる。これら要求の実現のためには、装置のダウンサイジングが必要となり、一方でピットレス設備によって土建費用を圧縮することも有効である。また、装置そのものを小型化するだけでなく、冷却ラインなどの階層化によって空間の有効利用を図る技術の普及も必要となろう。

環境課題

▶ 作業環境を改善し、優良な人材確保を進めるための方向性

生砂造型設備(枠付)においては、かつて普及したジョルト・スクイズ法の場合には90～100dBといった騒音を発生させていた。この造型法は現在でも広く使われているが、工場内だけでなく近隣の住環境にも影響を与える例が少なくない。昨今では、等価騒音が80dBを下回った静粛な造型法も普及し始めているが未だ十分とは云えない。一方、粉塵対策としては、ばらし場集塵、注湯場集塵、冷却ライン集塵が主体となる。最も発塵の多い場所であるばらし部は集塵が必須であるが、フードの効率化と集塵風量の最適化により必要十分な性能を見極める必要がある。また、注湯場集塵、冷却ライン集塵を行う例は依然少数であり、効率的なフード設計によって集塵風量を最少化することが実現すれば、普及が進むと考えられる。

生産のフレキシビリティへの課題

▶ 多種・少量生産に対応できる設備

多種・少量生産は、品質管理上からみても避けられない生産形態であり、現在では、ほとんどすべての鋳物工場がこの形態を採っている。この生産形態を実現するためには、生砂造型設備においては、模型を頻繁にしかもラインを停止させることなく交換するシステムの構築が必要である。また、これに応じて湯口成形、ガス抜き穴成形、中子収め、注湯、冷却時間なども自由に選択でき、かつ連動できるシステムの構築が課題となる。特に近年は材質上のニーズから、冷却時間のフレックス化の要求が高まっており、冷却ラインを多数装備する例が増えている。尚、ラックビルとスタッカークレーンの活用で、冷却時間の自由度を持たせる方法も普及が予想される。

▶ リードタイム短縮できるシステムの構築

1個流し生産システムは在庫量を削減しリードタイムを短縮する上で重要な視点である。しかし、実際の生砂造型設備のほとんどは依然として量産志向で構築されている。将来的には、鋳型ストックを最少化し、造型ラインの工程をセル式ユニットに分割することで、生産量の変動や仕掛品の変動に柔軟に対応できるシステムの開発が待たれる。

▶ 鋳鉄以外の材質にも対応できる造型システム

一般に、生砂枠付造型設備は、自動車部品や機械部品を主とした量産志向の鋳鉄系鋳物用に利用されてきた。しかし、鋳鋼やアルミなどでは従来の自動機では対応できない特殊な工程を必要としている例が少なくない。特に2サンド(肌砂適用)、発熱スリーブ採用などは、自動機では実現が難しい。これらの工程については、手作業を許

容した造型工程を考慮する必要がある。従来では、手作業の介在する造型機は、何十年も前に使われていた旧式の機械がほとんどであるが、これら工場の高品質化、近代化のためには、最新の造型法を採用しながら、一方で旧来の手法が適用できる造型システムの普及が必要である。

安定稼動への課題

➤ 可動率を向上のための視点

設備の可動率を維持・向上させるためには、先ず工場計画時点での設備能力バランスを最適化する必要がある。バランスが崩れればボトルネックが発生し、本来各装置が持っている能力を十分発揮できない。その上で、各装置が異常を発信する能力を持っているか否かが問われる。たとえ故障無く稼動しているように見えても、不良を作り続ける場合もある。それを防止するためには、機械の運転状況を常時モニターし、装置の異常を見えるようにする機能を備えていく必要がある。また、メンテナンスを容易にしていく工夫も重要である。一方で長寿命材質の開発や保全情報システムの普及も進められなければならない。

ICT(情報コミュニケーション技術)

➤ 情報の共有化と利用を進めるための広範囲な ICT 活用

IT の活用は、大手の鋳物メーカーでは進められているものの、中小の鋳物メーカーではほとんど導入されていない。これは、IT システムそのものが難解で、専門の技術者がユーザー側に不足していたことも一因と考えられる。情報技術が一方から双方向の ICT の時代に入った現在、情報は収集・表示から利用の時代に移らねばならない。その意味で、メーカーとユーザーがネットワークでつながれ、ユーザーがメーカーのサービスを瞬時に受けられる体制づくりが求められる。また、ユーザーの設備上のトラブルをメーカー側でモニターすることで、メーカーがユーザーの稼動支援を行うことも必要となろう。

自動化・省力化への課題

➤ 自動化により、省人化を果たし、品質安定化を実現するための方向性

前述の通り、枠付造型設備における自動化・省力化は、自動注湯機の普及もあって鋳物工場では最も進んでいるが、多種・少量生産のニーズの中で品質に大きく関わっているのが中子収めである。エンジンプロックやシリンダヘッドなどの専用ラインでは、自動の中子セッターが導入されている例も少なくないが、汎用ラインにおいては形状や位置のバリエーションにフレキシブルに追従できる装置は登場していない。形状認識を駆使したロボットの実用化が期待される。

➤ 省力化により、3K 作業を軽減するための方向性

中子収めは、人手で行う場合にもきつい作業であり、重量が増せばより一層重労働となる。また、中子収めに時間を要すれば、場合によってはライン可動率の低下にもつながる。自動化には距離があるものの、これら作業をアシストする補助機構が

登場すれば、重筋作業から開放されるばかりでなく、安定稼動にもつながると考えられる。

表 3-1 生型枠付造型設備のビジョン

分類	ニーズ	現状の実力	将来目標	普及すべき技術	将来像	実現時期
品質	鋳型転写性	転写精度 ± 0.2mm	転写精度 ± 0.1 mm	<ul style="list-style-type: none"> 均一・高強度鋳型技術 高圧スクイズ パターンスクイズ エアレーション砂入れ 	<ul style="list-style-type: none"> 高強度鋳型造型新技術 湯回りアシスト技術 	~ 2011 年 長期
	鋳物寸法精度	CT 8 ~ 9	CT 6 ~ 7	<ul style="list-style-type: none"> 均一・高強度鋳型技術 ショックレス鋳型搬送 高強度金枠 低熱膨張砂=人工砂 	<ul style="list-style-type: none"> 注湯流制御の高度化 肌砂自動投入装置 	~ 2011 年
	薄肉鋳物	3.5mm	2.5mm	<ul style="list-style-type: none"> 均一・高強度鋳型技術 枠合せ精度維持 	<ul style="list-style-type: none"> 造型時湯口成形技術 	
	鋳物軽量化		5%低減	<ul style="list-style-type: none"> 均一・高強度鋳型技術 重り式からクランプ式へ 		
	複雑形状鋳物	抜き勾配 0.5°	抜き勾配 0.2°	<ul style="list-style-type: none"> エアレーション砂入れ 高抜型精度技術=レベリング 		
	鋳肌美観			<ul style="list-style-type: none"> 砂細粒化 2 サンド 		
	ガス欠陥低減			<ul style="list-style-type: none"> 汎用ガス穴あけ装置 		
コスト	歩留り向上	50%(FCD)	60%(FCD)	<ul style="list-style-type: none"> 均一・高強度鋳型技術による 込め数アップ 仕切中子による込め数アップ 押し湯最少化(注湯精度) 抜き勾配最少化 自動注湯機採用 	<ul style="list-style-type: none"> 砂型プレスキャストینگ 高強度鋳型造型新技術 注湯精度の高度化 	~ 2011 年 ~ 2011 年 ~ 2011 年
	省エネ・省資源		- 20%	<ul style="list-style-type: none"> スピルサンド最少化 離型剤最少化 油圧動力最少化 電動化・サーボ化 油圧シリンダと回路の最適化 	<ul style="list-style-type: none"> 低温廃熱利用技術 小型サーボシリンダ 	長期
	設備投資削減			<ul style="list-style-type: none"> 造型機のダウンサイジング 駆動源の空・油圧化 ピットの最少化 プレハブ配管・配線(工期短縮) 	<ul style="list-style-type: none"> ダウンサイジング 	随時

分類	ニーズ	現状の実力	将来目標	普及すべき技術	将来像	実現時期
環境	粉塵対策		第一管理区分 実現	<ul style="list-style-type: none"> ・ 局所フードの最適化 ・ 注湯・冷却フード設置 ・ 湿態系ダクトへの熱風吹込み 	<ul style="list-style-type: none"> ・ バラシ部ダクトレス集塵 	~2011年
	砂こぼれ対策	砂こぼれ多い	砂こぼれゼロ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 密閉式砂入れ造型 ・ セントラルクリーナ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高度パワーアシスト装置 	~2011年
	騒音・振動対策	等価騒音 85dB	等価騒音 80dB	<ul style="list-style-type: none"> ・ ジョルトレス造型機 ・ 油圧小型化 ・ 防音フード設置 ・ 振動機を使わないシステム 	<ul style="list-style-type: none"> ・ フード用防音材料開発 ・ ライン搬送低騒音化 	長期
	暑熱対策		暑熱からの解放	<ul style="list-style-type: none"> ・ 工場内環境分割 ・ 自動注湯機採用 ・ 冷却ラインへのフード設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低温廃熱利用技術 	
	作業環境改善	3K 職場	明るく、汚れない 重筋作業のない安全な 職場	<ul style="list-style-type: none"> ・ 工場内環境分割 ・ 十分な採光と照明 ・ パワーアシストの採用 		
生産の フレキシ ビリティ	多種・少量生産 短リードタイム	段取り替え停止多い	段取り替え停止ゼロ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 模型交換自動化 ・ 中子・模型ラックとの連動 ・ 中子収めの自動化 ・ ガス穴あけ自動化 ・ 1個流し生産システム ・ 中子・模型ラックとの連動 ・ 砂入れ時手作業可造型機 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 枠内冷却ラック採用 (多種冷却時間対応) ・ 汎用中子収め装置 ・ セル式鋳造設備 	~2011年 長期
安定稼働	可動率向上	機械可動率 90%	機械可動率 95%	<ul style="list-style-type: none"> ・ 銻ばり除去装置採用 ・ 電動化・サーボ化 ・ 自動給油採用 ・ 予防保全システム採用 ・ 設備稼働支援システム採用 ・ 造型機情報解析システム採用 ・ 消耗部品長寿命化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ セラミック等の採用拡大 ・ 設備保全性改善 ・ 故障診断の高度化 	~2011年 随時 ~2011年

分類	ニーズ	現状の実力	将来目標	普及すべき技術	将来像	実現時期
ICT化	情報共有化と利用	情報は人が頼り	ユーザーとメーカーの情報の共有化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生産管理システム ・ 枠内情報管理システム ・ 故障表示システム ・ 保全情報管理システム ・ 設備遠隔監視システム ・ サイクルタイム解析システム ・ 造型機情報解析システム 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 安全ソフト ・ 操作盤上でのシーケンス表示 ・ 上位生産管理との連携 ・ 通信による設備診断 	~2011年 ~2011年 ~2011年
自動化 省力化	品質安定のための自動化 重筋作業からの解放		造型ライン省人化	<ul style="list-style-type: none"> ・ ガス穴あけロボット ・ 型交換と型ラックとの自動連携 ・ 中子収め装置 ・ 自動素材取り出し装置 ・ 自動注湯装置 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 汎用中子収め装置 ・ 高度パワーアシスト装置 ・ メンテナンスフリーへの挑戦 	~2011年 ~2011年 随時

3-1-2. 無枠造型設備

鑄造工場（ユーザ）の営業戦略は、第一に受注量の増大のための「需要分野の開拓」、第二に中国、韓国などの安価でしかも鑄造技術の急上昇による高品質鑄物に対して、これと競合可能な販売価格に対応できる「製造原価の低減」、第三に「高品質鑄物の生産性の向上」と言われている。このユーザの営業戦略に寄与できる造型設備を提供することが設備メーカーの使命である。

無枠式造型機

無枠式造型機はその設備費用が枠付の設備と比較して安価であること、またランニングコスト・メンテナンスコストが大幅に低く抑えられることもあり、国内・米国及び東アジア・アセアン諸国にて広く普及している。その中で無枠式造型機に今後とも多くの技術開発が期待されている。

品質面では、より一層の鑄型強度の均一化・シマ高製品の充填性向上（ $H/d=2.0$ ）、高精度な離型と枠合せを実現する新充填機構の開発が必要である。コスト面で寄与する技術開発として、枠内寸法を最大限に活用するために枠周囲の砂付きを最小限にする必要がある。これは、歩留り向上に大いに貢献する。また、現状は砂の充填が悪い狭隘部に中子が使用される場合が多いが、充填の改善により中子レス鑄物の実現可能となる。現状造型速度を遅らせているものに、中子入れ時間が長いという問題がある。この中子入れのスピード化を計るためには中子セッターの開発（一部では実用化）が必要であり、さらには無人化を計る必要もある。

次に今まで無枠式造型機では困難であった分野への開拓について述べたい。無枠式造型機ではこれまで鑄型寸法に限界があると言われていた。現状では最大鑄型寸法は900mm×700mmほどである。鑄型寸法のさらなる大型化（例：1200mm×1000mm）が可能になれば、その高い生産性で自硬性分野にも進出できる。また、無枠式造型機はパターンが主にマッチプレート方式であるが、スタンダードパターンを取り入れることができれば枠付造型の分野へも進出ができ、まだまだ半自動で手作業の多い小規模な枠付造型の製品を全自動にて生産できる可能性もある。

環境面では、バイブレータの消音化・排気の消音化・油圧ポンプの低騒音化をさらに充実させて造型時の等価騒音を75dB以下としたい。また、鑄物工場では砂こぼれによる環境悪化に著しいものがある。無枠式造型機はその構造から砂こぼれ即ちスピルサンドが他造型機に比して少ないと言われているが、まだまだ皆無とは言えない。スピルサンドを極力排出しない構造を開発して新規設備の大きな負担となるスピルサンド回収用のコンベアおよびその設置スペースとなるピットを無くさなければならない。次に、造型機まわりの環境を悪くしているのが離型剤の飛散である。造型機周辺を汚すばかりかその必要以上の噴霧は経済的に全く無駄なものとなっていた。現在では噴霧対象となるマッチプレートが金枠内に収まった状態で離型剤を噴霧させる枠内噴霧装置が開発されており、離型剤の使用を大幅に減らしている（40%低減）。そし

てさらに噴霧精度を向上させてその低減を計りたい。

操作性では、中子入れが多い・頻繁な型交換がある・造型条件の入力が複雑という問題がある。それを解決するには、中子入れの自動化・型交換の自動化およびシステム化・造型条件のワンタッチ入力が必要となるが、現状では中子セッター・パターンオンライン化システム・湯口棒の自動位置替え装置などが開発されているものの完全な中子セット自動化・新入力システムの完成には到っておらず、早期開発が待たれる。

安全性では、まだまだ壊れてからの故障対応が多い。予防保全は徹底される必要があり、消耗品の交換時期は的確に把握されているべきである。また、的確なメンテナンス情報を得るために、そしてスピーディに故障復旧を行うためにはメーカーとユーザーとを通信を媒体として直接繋ぐ遠隔メンテナンスを発展させるべきである。

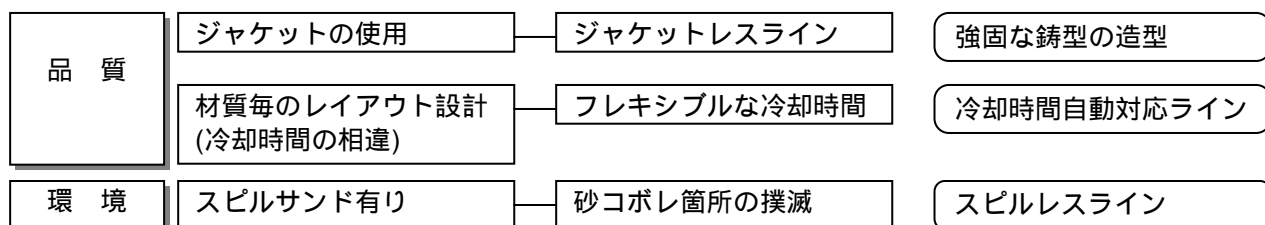
無枠造型ライン

造型機と共に造型ラインの進歩が重要である。現状の造型ラインではジャケットおよび重りで上下の鋳型を固定している。しかし、十分に強固な鋳型を成形すればジャケットを無くせる可能性がある。造型ライン上で多数使用されているジャケットが無くなれば、ライン構造はより簡略なものとなりイニシャルコストが下がるばかりか、ラインスピードがより速くなりメンテナンスにも寄与できる。また、造型ラインの重要な要素に鋳物の枠内冷却時間がある。これは、鋳物の材質・重量・形状によりさまざまに変わるものであるが、この冷却時間の変更にフレキシブルに対応できる無駄の無い冷却時間自動対応ラインの開発が必要である。

図 3-1. 生型無枠造型機のビジョン

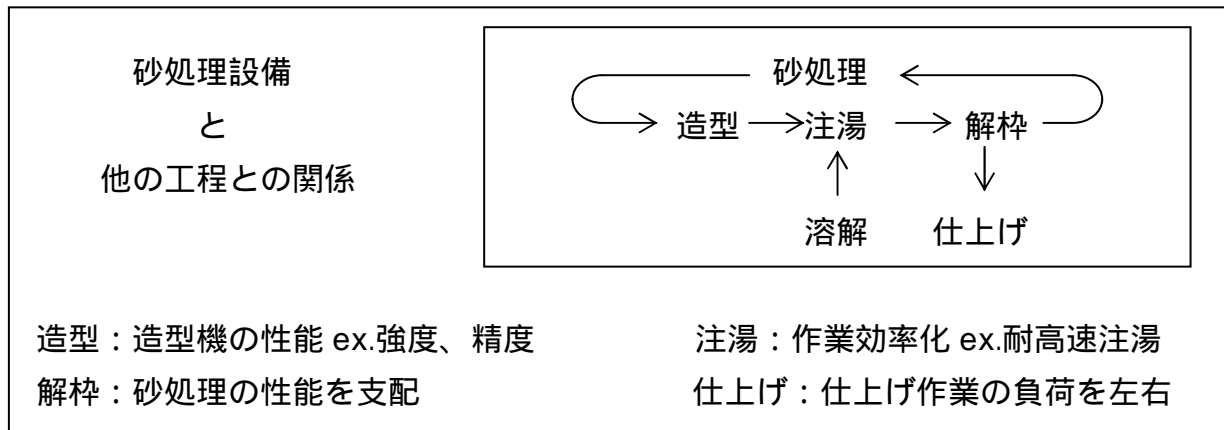


図 3-2. 生型無枠造型ラインのビジョン



3-1-3. 砂処理設備

鑄型使用鑄造法の約60%を占める生型造型法において、鑄物のより複雑な形状と高度な寸法精度や不良の無い品質を実現する為に砂処理設備では常に安定した高品質の生型砂が求められる、しかし、生型砂は連続した工程の中でリサイクル使用されるツールであるので回収された生型砂の性状を完全に掌握することは現在のシステムでは不可能である、そしてこのことが生型砂の性能の安定を欠く最大の要因となっている。



上図のように、従来の砂回収方法では鑄型砂を連続混在回収しタンクに貯蔵するため造型条件や注湯条件の違いが引き起こす砂性状の変化を混練時に捉え調整することができない、そして、混練工程では回収砂の性状変化を無視して一定の混練条件で処理することになる、その結果、造型条件や注湯条件の違いによる回収砂性状の変化が混練砂の性能のばらつきを作る、「原料」の性状が不明なままで安定した「製品」を作る事は不可能であるように、回収砂の性状が不明なままでは安定した混練砂を供給することはできない。

砂処理設備の10年後のためには、鑄造工程全体をトータル的に解析し工程間の関係を明確にすることが課題となる、たとえば、「砂性状 ex.湿態特性、シリカプログラム」に他工程の情報「金型情報 ex.サンドメタル比、中子比」「注湯情報 ex.温度、速度」「解枠情報 ex.温度、水分」などを加えこれらの要素を関連づけて解析しその結果を混練条件の設定値として使い、また、問題発生時はその因果関係を鑄造設備全体の中で明確にし必要な修正を最短で行い、且つ、集約されたデータを統計的手法で解析し継続的な砂性状の変化を管理することが必須となる。別表に、最大課題である「品質」に「環境」「コスト」を加えて生型砂処理設備の現状と10年後のビジョンを記述する。

表 3-2 砂処理設備のビジョン

課題	項目	現状	目標	将来像
品質	制御要素	混在制御	鑄型情報に合わせた設定	前後設備の要素を関連付け 鑄造設備全体を統合制御する 各設備 = 砂処理・鑄造・溶解・注湯・解砕を一連の設備として統合制御
	温度	加水冷却 or 減圧冷却	減圧混練の普及 コスト、簡素化	
	水分	自動計測 = フィードバック添加	他要素との連動制御の高度化	
	異物除去	鉄片・鉄粉・5mm+	分離精度の向上	
	配合	重量計量 = 定量添加	砂性状に合わせた設定	
	コンパクトビリティー	自動計測 水分制御	精度の向上	
	ダスト・新砂	予測制御	砂疲労度の解析	
	評価方法	後追い解析	不良との因果関係の明確化	砂組成オンライン測定
	湿態特性	手動 or 自動	自動データ採取と一括管理	混練前の回収砂の組成 = 全粘土分・活性粘土分・オーリックスを毎回測定
	シリカプログラム	系外測定	砂組成オンライン測定	
	鑄物不良	推測	因果関係の明確化	
	プロセス	混在制御	工程保証	一枠バラシー枠混練
	回収	焼け砂分離	枠上焼け砂分離	連続・混在搬送で失われた鑄型情報・注湯情報を一枠処理で保存し混連条件設定値として活用
	搬送	搬送過程での平準化	個別搬送	
貯蔵	砂量の確保/砂疲労の軽減	down sizing		
混練	2重混練	減圧混練の普及		
環境	環境	3K	環境保護と安全衛生の万全化	革新的生産技術開発の 場になる作業環境 砂こぼれ・発塵・騒音の抜本的対策に加え危険作業を強いられる突発を防ぐ予知メンテナンス・状態監視システムの構築
	発塵	集塵機・局所集塵	性能の向上と維持	
	騒音	低騒音モーター	基準強化	
	飛散	密閉構造と自動回収	完全自動回収と監視システム	
	保全	異常検知・定期点検	突発の消滅・予知メンテナンス	
	安全	カバー・安全装置・安全構造	基準強化	
コスト	コスト	オーダーメイド	レイアウトの標準化	モジュール化 砂処理の各工程 = 異物分離・加水/冷却・配合計量・混練をパッケージとして完成
	主要機械	標準化	効率化と小型化	
	制御	受注生産	80%の標準化	
	レイアウト	経済設計レイアウト	レイアウトの標準化	
	据付工事	現地施工	搬入・位置出し・接続のみ現地	
	性能保証	現地試運転	出荷前の工程保証試運転	
	稼働率	生産量に依存	工程の追加・削除の自由化	

3-1-4. 後処理設備

鋳型ばらしから製品冷却、堰折りに到る後処理設備における課題は、環境対策、製品冷却の効率化と製品ダメージ(割れ・欠け、打痕)対策に集約できる。

鋳型ばらし工程(製品と砂の分離)

従来最も一般的に用いられてきたシェイクアウト方式は、砂分離効率を優先すれば、製品ダメージが増加し、製品のダメージを抑えれば、砂持ち出しが増加するというジレンマを抱えていた。一方、クーリングドラム方式は、砂分離と製品冷却が小さなスペースで効率的に行える一方で製品のダメージを抑え込むことが困難である。また、一時ブームとなった振動ドラムは、クーリングドラムより更に小さなスペースで製品冷却を効率的に行うが、砂が熱くなりすぎることと、偏った冷却による製品亀裂の可能性など問題を抱えている。近年では、これら自動の砂分離方法に頼らず、敢えて人手(マニピュレータなど)を加えることで製品ダメージを回避する例が多く見られる。これは、打痕に対する鋳物ユーザーの規格が厳しくなっていることと呼応している。シェイクアウトのような強振動に頼らず、冷却後の鋳型を減圧状態に置き、素材近傍部との圧力差で鋳型を崩壊させる方法が開発されているが、実用化のためにはなおいくつかの課題を解決する必要がある。その他の方法として、鋳型を素材と共に一度冷却用のパレットもしくはコンテナに移し替え、外部から振動を与えて砂分離を行う方法があるが、素材から分離された砂をパレットやコンテナから回収する方法については一考の必要がある。尚、クーリングドラム方式でも大口径かつ低速回転型のドラムの場合には、製品ダメージが少なく良好な砂分離を示すので、今後普及の可能性はある。

製品冷却工程

前記のクーリングドラム方式は、特に小物製品の場合にはダメージも少なく効率的な冷却が行え、将来的にも採用は増えると見られる。しかし、今後は大物製品のダメージ防止や一個流しシステムの必要性から、パレットを利用した冷却システムの普及も予想される。この場合には、設置スペースを出来るだけコンパクトにする冷却効率化の考え方が必要である。この方法としては、トンネル式フードと強制送風を併用した風冷方式、ディッピングやスプレーによる水冷方式があるが、素材表面の砂を出来る限り除去することが肝要であり、そのための砂落とし装置や専用ショットブラストの併用が必要である。一方、冷却スペースの最小化や冷却時間の多様化に対応する方法として、冷却ラック方式の採用も今後検討されると予想される。

堰折り、仕分け工程

堰折りは依然人手が主流の重筋作業で、鋳物工場の作業の中でも最も劣悪な環境下で行われている。ハンマーでの堰折作業の多くは、油圧式の堰折装置に取って代ってはいるが、自動化には素材形状の限定が必要で汎用ラインには現実的ではない。将来的には、素材の形状認識などにより自動的に堰の位置を認識し、自動堰折りに連結で

きる技術開発が望まれる。尚、少数だが、素材側に湯道等で共通の方案部を設け、ハンドリングを容易にすることで自動化を図った例がある。歩留りや方案設計の自由度を犠牲にする必要はあるが、有効な方法と言える。

表 3-3 後処理設備のビジョン

分類	ニーズ	現状の実力	将来目標	普及すべき技術	将来像	実現時期
品質	不良撲滅	打痕不良多い	打痕不良ゼロ	<ul style="list-style-type: none"> ・シェイクアウト廃止 ・低速回転クーリングドラム ・自動素材取り出し採用 ・製品搬送落差低減 ・パレット冷却採用 ・マニピュレータ採用 	<ul style="list-style-type: none"> ・砂分離機開発 打痕レス用 	~ 2011年 ~ 2016年
環境	省エネ・省資源		高速冷却の実現	<ul style="list-style-type: none"> ・風洞式冷却ライン ・冷却工程での注水 ・集塵の最適化 	<ul style="list-style-type: none"> ・低温廃熱利用技術 	長期
	騒音振動	等価騒音 85dB	等価騒音 80dB	<ul style="list-style-type: none"> ・振動機利用の限定 ・防音フード設置 ・シェイクアウトにエアライド(防振) ・振動機基礎分割 	<ul style="list-style-type: none"> ・フード用防音材料開発 ・振動機レスシステム開発 	
	作業環境改善	3K 職場	明るく、汚れない重筋作業のない安全な職場	<ul style="list-style-type: none"> ・パワーアシストの採用 ・自動錆仕上げ装置の採用 	<ul style="list-style-type: none"> ・高度パワーアシスト装置 	~ 2011年 長期
生産形態	多種・少量生産 短リードタイム	ロット生産	1個流し生産	<ul style="list-style-type: none"> ・冷却ラックの適用 ・パレット式冷却システムの採用 		

3-1-5. 中子造型設備

中子造型プロセスは、国内ではシェルモールド法とコールドボックス法が主体である。(下表参照)シェルモールド法は、砂の制約が少なく、乾体のため充填性に優れており、また、中子の保存が容易なため最も広範囲に利用されているが、熱を利用するため金型歪が発生しやすく精度には劣る。また、崩壊性が悪く、臭気や毒性ガスの問題もある。更に、砂の再生には焙焼が必要で、省エネの観点では問題を残している。一方、コールドボックス法は、常温で成形するため精度の高い中子が得られ、造型サイクルも早い。アミン毒性ガスを利用しなければならないことと、吸湿性が高いことから、中子をストックする場合には強度低下を招き易いなどの欠点もある。また、ガス欠陥が発生しやすいので塗型や穴あけなど対策を講ずる必要がある。更に、シェルモールド法と同様に崩壊性が悪いので、砂分離には強振動を与える必要がある。いずれのプロセスも有機バインダーを使用するため、CO²発生が多いことも欠点といえる。このような欠点を補うべく現在様々なバインダーが開発されているが、その方向性としては、下記が考えられる。

無機バインダーの採用でCO²の発生量を抑制する

金型温度を下げることで中子の高精度化を狙う

毒性の少ないバインダーを採用する


崩壊性の良いバインダーを採用する

全ての面で問題を解決できるバインダーは未だ登場していないが、臭気が少なく崩壊性や再生性に優れた澱粉系バインダーやホルムアルデヒドを発生させないプロセスの実用化が待たれる。

中子造型機については、シンプル・スリム化のニーズに対応できるダウンサイジングが必要であり、今後、中子仕上げの省人化、自動化に対応するために、多数個取り方式から一個取りへの転換が進むと考えられる。また、シェルモールド造型機においては、ガス加熱もしくは電気ヒータ加熱方式が、一般的であるが、よりエネルギーロスの少ない加熱方式の登場が待たれる。一方、ブロー方式の造型機に関しては、ブローエアーの圧損を低減し、空気使用量の少ないブローヘッドの普及が必要である。また、成形プロセスによっては、ブロー以外にもインジェクションに近い方式も考案されており、実用化が待たれる。

一方、中子造型は臭気の発生が多い作業場であり、効率の良い脱臭システムの開発・普及が必要となろう。

表 3-4 シェルモールド法とコールドボックス法の比較と今後の方向性

	プロセス	シェルモールド	コールドボックス	今後の方向性
基本特性	バインダ	フェノール+ハチマクレンテラミン	フェノール+ポリウリアネート	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 無機バインダー 澱粉系バインダー プロテイン系バインダー 他 </div> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 易崩壊性 寸法精度向上 CO²発生抑制 毒性の少ないプロセス </div>
	造型砂	乾態砂	湿態砂	
	材料保管	レジコンテットサント	砂とバインダー別々	
中子特性	充填性	乾態ブロー	湿態ブロー	
	バリ	× 300 で型歪が大	常温で型歪なし	
	寸法精度	× 300 で型歪が大	常温で型歪なし	
	砂の選択	限定なし	ほぼ限定なし	
	常温強度	1.2%	2.0%	
	造型サイクル			
	中子保存	問題なし	× 吸湿で強度低下	
	中子重量	反転廃砂で軽量化	× 中実で重い	
	砂・バインダ使用	反転廃砂で削減	× 多い	
	離型性	離型剤塗布少ない	しみつき多い	
鑄物性状	ガス欠陥	ほぼ問題なし	× ガス発生多い	
	中子崩壊性	強振動+熱 要	× 強振動+熱 要	
環 境	臭気・毒性	× フェノール臭、ホルムアルデヒド	× アミンガス	
	引火性		第4種引火物	
	砂再生	× 焙焼再生 要	乾式再生も可	
	排水処理	不要	不要	
	消費エネルギー	× 型加熱必要	型加熱不要	

3 - 2. 自硬性鋳型設備のビジョン

自硬性鋳型造型は、一般には生型造型『機械込め』と対比して、『手込め』とよばれているように、中大物・多種少量生産の鋳物を主としているが、ワークや鋳枠のサイズが多種類あり機械化・自動化の遅れている分野である。また、中小の専門鋳造メーカーが多いのも特徴の一つである。自硬性鋳型設備の中では、砂処理関係はほぼ機械化され、工場によっては無人操業も可能となっているが、鋳枠を伴う造型工程（型抜き・中子収め・型被せを含む）・鋳仕上げ工程（解枠を含む）は多様なサイズのものを扱うことになるため、機械化するコストと生産量が見合わず、一部を除いてはもっぱら土間・クレーンなどの汎用搬送設備に依存しているのが現状である。全般的な問題点や近年の傾向を以下に列記する。

クレーン操作など、安全に留意しなければならない点が多い。

注湯場・バラシ場など、近年は環境面も改善された部分も多いが、集塵フードなどコスト・作業性・スペースなど機械化への制約が多い。

作業を外国人労働者に頼っている部分が多い。（3Kで若手日本人が集まらない）

塗型は品質上重要な工程であるが、自動化からは縁遠く、かつ設備メーカーが力を入れていない分野である。

工作機械の鋳物などでは、多種多量の中子を必要とし、中子を作ること、中子を収めることも大変な作業となっている。また木型(主型)・中子芯箱の保管、管理も大変である。このようなことを踏まえ立体倉庫を利用するのも一つの方法である。

脱木型鋳物という意味で、金型を中心に1回きりの発泡模型を使用するフルモールドを目指す鋳造工場が増えている。この場合CAD・CAMによる発泡ブロックの削出技術・設備など従来の鋳造をこえたノウハウが必要となる。また、消失模型鋳造法も特定の鋳物製品を除いては、期待された割には普及が進んでいない。その原因として(1)金型製作コスト(2)鋳造技術の未確立(3)技術者の数が少ないなどがあり、その結果生産立ち上がりに時間がかかるなどの問題が考えられる。また、欧米と異なり日本のカーメーカーは砂型の中では生型志向が強いのも一因である。

近年欧州技術の「無枠自硬性鋳型ライン」・・・反転や型被せ等のハンドリングがある程度自動化されたラインが数ライン日本においても稼働している。ある範囲の鋳枠サイズの制約の中で生産量が確保できれば、好ましい方向といえる。

アルミ鋳物・マグネ鋳物等の生産が増加してきているが、従来の山砂を使用する職人が少なくなる中で、生産性の向上を目指して自硬性鋳型の採用が増えている。

また各種アルミ金型鋳造法の、試作工程としての自硬性鋳型の採用も増えている。

廃棄物対策、鋳物品質改善として、人工砂を採用するケースが増えている。

- a) アルカリプロセスでは珪砂の再生歩留 92%を人工砂により 98%まで向上。
- b) 鋳鋼のクロマイト砂やジルコン砂の代用。
- c) アルミなどで金型並みの鋳肌を得るための細かい砂(8号相当)。

将来を見据え、諸外国に対抗できる自硬性鋳型鋳物は下記のように思われる。

鋳鉄分野では工作機械鋳物を中心として中子の多い薄肉ダクタイル鋳鉄鋳物

- ・ 鋳造方案 - 専業中小鋳造メーカー支援体勢の整備
- ・ 正確な中子入れ自動化
- ・ 鋳仕上げの合理化と汎用検査機

アルミの分野では中大物鋳物や金型鋳造で量産前の試作鋳物

- ・ 金型並み鋳肌を得るための骨材とプロセスの選択
- ・ それらを支える混練装置・再生装置の開発

以上のことを踏まえ10年後の姿として

1. 雑多な枠サイズに対応できる搬送の自動化...立体倉庫のスタッカークレーンの利用など。
2. 中子入れ...中子が正確に収まっているかが、寸法精度に大きく影響する。キッチリ中子を入れることのできる治具、または最低限でも中子入れを正確に楽に作業できるテーブルなどの開発と普及。
3. 鋳仕上げ...バリの少ないプロセス、中子砂の取り出し易いプロセスや砂の開発が望まれる。
4. 検査...最近の鋳物はロケータの上にセットされて機械加工されるケースが非常に多い。CAD データと画像処理技術を応用しての汎用検査機械が望まれる。
5. 安全・環境の整備
 - ・ 混練ミストを無くし、ミキサー清掃を短時間で行う方法の確立
 - ・ 塗型 水性の塗型が益々普及すると思われるが、塗型乾燥の合理化
 - ・ 注湯場所・冷却場所の環境改善
 - ・ 安全な配湯・注湯方法
 - ・ 解枠場の環境改善
6. 人工砂など骨材の選択
 - ・ 廃棄物対策、鋳肌の向上、無塗型対策、中子の崩壊性の向上などコストに見合う有効利用方法が確立される。
7. 樹脂・硬化剤の改善
 - ・ 環境にやさしい樹脂などの開発とその使用方法の確立。
 - ・ 気温・硬化時間に応じた硬化剤の組み合わせなどが実用化されているが、原材料コストも含めて、もっと安価な方法...例えば1種類の硬化剤を水混合で制御するなど。
8. 他のプロセスの検討
 - ・ フルモールド...手込め(木型)鋳物と比べて鋳肌の悪さが課題だが、脱木型は魅力。
 - ・ 消失模型鋳造...品質の安定が課題(特に変形、塗型の巻き込み欠陥)だが、中物・中量生産には最適。
 - ・ 凍結鋳型...実用化が始まったばかりであるが、鋳物形状によってはメリット大きい。

表 3-5 自硬性鋳型設備の工程別ビジョン

工程		仕事の内容	主要な機械	人の作業	問題点	将来像
造型	造型	段取り		模型のセット、枠のセット (クレーン操作)	安全、重筋	手込めラインは量産ライン同様に暗黙知が解明され標準化が進み、特に仕上げ工程においてロボット化、自動化が進展して生産性が向上。
		混練	連続ミキサ	ミキサの操作 (ミキサ先端を手で持ち移動)	臭気・ホコリ	(鋳造方案・不良などの支援)
		砂の充填	振動テーブル	足踏み、ランマ操作 砂ならし、砂かき	重筋、騒音 重筋	
	硬化					ミキサー清掃の簡易化
	型抜き	ハンドリング	反転型抜機	クレーン操作	安全、重筋	クレーンを使用せず、安全かつ生産性の良い搬送方法の確立。
	硬化	時間	ローコンベヤ (RC)			立体倉庫、スタッカークレーンなどの利用
	塗型	塗型	ぶっ掛け塗型機	塗型機の操作、ハケ塗り	臭気・ホコリ	安価な反転機械、治具の開発、普及 PR
塗型乾燥	乾燥	乾燥炉	着火		水性塗型の使用と乾燥の合理化	
中子造型	混練・充填・型バラシ・塗型乾燥	バッチミキサ				人手作業時の中子入れの姿勢改善のための機械
中子入れ	ハンドリング		クレーン操作	安全、重筋		
型被せ 枠クランプ	ハンドリング		クレーン操作 ボルト、コッタ、湯口セット	安全、重筋		
注湯	注湯	トリベ搬送	ローラコンベヤ,台車	クレーン操作	安全、重筋	合理的方法の普及 PR
	冷却	注湯 時間	ローラコンベヤ,台車		熱気・臭気 ホコリ	
	解枠	枠・製品の搬送 枠・砂・製品分離	シェイカー シェイカーフード	クレーン操作	安全、重筋 熱気・臭気 ホコリ	合理的方法の普及 PR

工程	仕事の内容	主要な機械	人の作業	問題点	将来像
鋳仕上げ	堰折、バリ取り ショット、検査				バリの無いプロセスや崩壊性の良い中子の作り方 安価な汎用検査機械の開発
砂処理	砂の粉碎 篩、MG 異物取り	サンドクラッシャ パイプ・スクリーン、MG セパレータ			合理的方法の普及 PR 砂・プロセスに応じた再生方法の進化
	再生 砂冷却	再生機 サンドクーラ			
	砂貯蔵 砂の搬送	サンドビン BC BE、SC、OC 空気輸送			
その他材料等	各種の砂(珪砂、クロマイト、ジルコン) 人工砂(セラビーズ、サンパール) 樹脂・硬化剤(フラン、アルカリレゾール) 塗型材 木型、芯取り		保管スペースなど		合理的方法の普及 PR 崩壊性よい、鋳肌よい、廃棄物削減など
他の鋳造方法の検討	フルモールド法、消失模型鋳造法、冷凍鋳型など				鋳物にあった鋳造法の選択

(注記) BC: ベルトコンベヤ、BE: バケットエレベータ、SC: スクリューコンベヤ、OC: 振動コンベヤ

表 3-6 各種造型法の比較

鑄造法	型	モールド 中子	枠 作業	塗型	砂 鑄型保持	鑄枠サイズ	混練	造型
生型	金型・樹脂型・木型	中空 あり	cope/drag (上/下) 造型-型抜-被せ	湯 - なし - 砂	粘土系 粘土	ほぼ定形	ミル アジテータ	造型機
自硬性鑄型	主として木型	中空 あり	cope/drag (上/下) 造型-型抜-被せ	湯 - 塗型 - 砂	樹脂系 樹脂	雑多	ミキサ	(振動テーブル) ノケアップ、1G以下
フルモールド	発泡模型	発泡模型 なし	cope/drag (上/下) 造型-被せ-造型	湯(模型) - 塗型 - 砂	樹脂系 樹脂	雑多	ミキサ	(振動テーブル) ノケアップ、1G以下
消失模型(無減圧)	発泡模型	発泡模型 なし	flask 造型	湯(模型) - 塗型 - 砂	乾燥砂 充填	ほぼ定形	なし	(振動テーブル) ノケアップ、1G以下
消失模型(減圧)	発泡模型	発泡模型 なし	flask 造型	湯(模型) - 塗型 - 砂 - フィルム	乾燥砂 充填+真空	ほぼ定形	なし	(振動テーブル) ノケアップ、1G以下
Vプロセス	主として金型	中空 あり	cope/drag 造型-型抜-被せ	湯 - フィルム - 塗 型 - 砂 - フィルム	乾燥砂 真空	ほぼ定形	なし	(振動テーブル) ノケアップ、1G以下
中国 セミロスト・プロセス	主として金型	中空 なし	WAX型作成 - シェルコ ティング - 脱漏 - 簡易焼 成	湯 - なし - シェル	水ガラス系 シェル	雑多	?	人海戦術
冷凍鑄型	主として木型	中空 あり	cope/drag (上/下) 造型-冷凍-型抜-被せ	湯 - 塗型 - 砂	乾燥砂 水+凍結	雑多	ミキサ	砂+水+冷凍

3-3. 溶解関連設備のビジョン

現状の鑄鉄溶解炉としては、キュポラと誘導電気炉が主として使用されている。一方、近年ガスファーネス（ガスシャフト炉、ロータリーファーネス）の開発も進んでいる。

鑄鉄溶解炉における現状の問題は、技術者及び技能者の不足から次世代への人材の確保、コークス価格の高騰や自動車鋼板の質的变化に伴う鑄物製品の品質安定と向上、生産量増大の対策などの課題を抱えている。鑄鉄鑄物の製造に関する環境の変化を展望して将来の鑄鉄溶解の方向性を記述する。

3-3-1 キュポラ・ガスファーネス

キュポラ

鑄鉄溶解プロセスにおいて、キュポラ溶解が最適であることは、理論的にも現場でも実証されている。しかし、操業が難しい、環境対策が大変、などの問題が先行しキュポラの持つ利点が消されつつある。また、エネルギー（熱源）、原材料（鉄源）などの問題が深刻化する時代に備え、設備費、溶解費ともに最も経済的に効果が高い炉であって、還元、精錬が出来る炉内反応を持っているキュポラ溶解の見直し時代になると想定し、現状の諸問題とアクションプランを添付一覧の通り提言する。

ガスファーネス

ガスファーネスは、溶解エネルギーを「電気・コークス」から「天然ガス・酸素」へ置換する炉として開発され、ほぼ、目標を達成し実用化されている。

更なる実用化促進には、エネルギーの供給コストの改善、溶解温度の改善、耐火物の改善、操業方法の改善など、トータル的な技術の見直しによって、これからの鑄鉄溶解に適した炉になることを期待する。

省エネルギー

一般にキュポラは、燃料としてコークスを使用し、コークスの燃焼熱によって、鉄材を溶解する装置である。しかし、実際にはコークスの燃焼のすべてが溶解に使用されているわけではなく、多くを大気に放散しているのが現状である。

標準的な熱風キュポラでは、82.5%がコークスの発熱を占め、10.6%が熱風顕熱で残りが酸化熱となる。その入熱に対して出熱は、溶解保有熱として43.9%、熱風回収として10.6%、冷却水その他18.5%、それ以外が廃熱として27.1%を無駄に放散している。

最近では、この廃熱を温水・温風・蒸気に置換し、コンプレッサーエアーや電気エネルギーを生成することが可能となり、既に一部の国内工場では稼働を開始している。

今後、このようなエネルギー置換による省エネルギー事業が支援され、多くの鑄物工場で導入されることが期待される。

3-3-2 誘導電気炉

誘導炉はその使い勝手の良さに加えダクタイルに代表される高級鋳鉄鋳物に簡単に適用できることから普及が進んだ。そしてCO²発生量の少ない溶解法であることとコークスの高騰から中小鋳物メーカーを中心に急速に熱源転換が進みつつある。

しかし、ここ数年の急激な周囲環境変化に伴って、溶解プロセスにも新たな課題が発生している。

1) 誘導炉における現状技術課題

原材料の変化に対応した諸問題

自動車鋼板屑に代表されるスクラップは、表面処理鋼板の増大と高張力鋼への転換が進むにつれ鋳鉄鋳物用材料としては困った問題が生じはじめている。これらのスクラップに含まれる微量元素は鋳鉄にとっては不純物となり、鋳造品質に悪影響を及ぼし始めている。溶解材料の劣化と、昨今の原材料高騰問題とは今後改善されていくとは考えられず、その溶解材料中の不純物の増大による鋳造品質への悪影響が無視できないばかりか、誘導炉耐火物に対する影響も多大になりつつある。

先には、表面処理鋼板に含まれる亜鉛の増大が耐火物中への浸透を生じ、湯もれ検知器の誤作動に至る問題がクローズアップされた。これは脱亜鉛対策炉としての技術開発が進み、一定の成果をみるところまでは来たが、昨今では特に、B, Mn, Ti, Alなどの不純物影響が顕著になり始めている。これらは鋳造欠陥を生じさせるばかりか、耐火物にとってはスラグラインを侵食させ耐火物寿命を縮めたり、出湯後の耐火物表面にチタン含有の硬いノロを付着させ、再溶解時に異常発熱をもたらして耐火物にダメージを与えることとなる。誘導炉は電気エネルギーでの溶解プロセスであるところから、精錬機能は有しておらず、これらの材料に起因する不純物を直接的に除去できない。

本問題は徐々にではあるが現場で発生してきており、このまま放置しておくことができない喫緊の課題である。不純物除去機能付誘導炉あるいはキューポラの精錬効果と電気加熱のよさを複合させたデュプレックス溶解システムなどの新しい溶解法の開発とB, Mn, Ti, Alなどの不純物に影響されにくい安価な耐火物開発が望まれるところである。

安全性の確保と安全技術基準化

誘導電気炉はわずか100～150mmの耐火物をはさんで1500℃近くの溶湯と、電気エネルギーを供給する水冷コイルが相対峙している設備構造である。このため、耐火物の安定性なくして成り立たない設備であるし、耐火物の異常溶損などがおきると重大災害に陥りやすい。そのため、耐火物を安定化させる炉体構造技術、亜鉛などの浸透がおきにくい新型炉、湯ざしのキャッチセンサーの標準装備、対地震対策構造設計などの安全配慮を施すことが重要である。海外メーカーの炉は炉は炉、耐火物はユーザー側がユーザー責任の基に実施、地震強度は日本固有のものという、基本的安全設計に疑問を投げかけざるを得ないような設計思想のところも散見される。

この安全設計を重視した日本ブランド誘導炉の創出と安全技術基準化が緊急課題で

あると考える。鑄造機械の安全化報告書としてはS 62 年度 (社)日本機械工業連合会、日本鑄造機械工業会が基準化を図ったものがあるが、砂処理設備のみに限られたものであり、一番安全性に留意を払はなければならない溶解部・加熱部に対しては依然として各メーカー任せになっている。また、地震災害の多いわが国においては耐震強度についても十分な配慮をしなくてはならないが、これもメーカー任せとなっている。

安全性を確保した省エネ技術開発、CO₂ 排出量の低減

一方、省エネルギー性に目を向けると、誘導電気炉は相当に省エネが進んだ機種であるが、耐火物厚さ 10%減にて 20%の省エネが図れる素地がある。しかし、その安全性を確保した耐火物、安全確保策は現状ではない。溶湯の連続測温技術とライニング状態監視による過昇温防止、棚吊防止による安全性増大が出来ない限り、どんな耐火物を開発しても採用には至らないであろう。今までもこれらの研究を進めてきたが、現状技術では上部に材料が乗っていても内部の真温が測定できるようなセンシング技術は創出されてはいない。耐火物薄肉化と安全性の確保 (亜鉛浸透のない、熱衝撃性にすぐれた、スラグラインの溶損のない、安価な耐火物の開発と、連続的溶湯温度センシング技術開発、耐火物炉内状況自己診断機能及び湯ざしによる安全性確保) という一見相矛盾するような安全性向上を盛り込んだ技術開発ができてこそ大きな効果が期待できる。

また、炉の操炉運転状況次第ではランニングエネルギーはかなり違うことが知られているが、現状ではユーザー任せの感がある。最適消費エネルギー状態を維持する熟練工オペレーションマスターや、溶解後出湯までのエネルギーロスをも最小にする造型機とのリンクなどIT利用技術の応用展開は今後の課題である。これらのソフト技術戦略は中小個々のユーザーではとても対応できるどころではなく、ユーザー主導の産学官一体の取り組みが必要であろう。これにより日本の鑄造に供する溶解エネルギーが1割ほど低減できる素地がある。

更には、50～60 で排出される低温冷却水からの熱回収には手がついていない。低温排熱回収技術が完成すれば、これも溶解エネルギーとしてみると1割ほど低減できる素地がある。

環境問題への課題

誘導電気炉の普及で3K職場に代表されていた鑄造工場もかなりの職場環境改善がすすんできた。そして、さらにきれいなクリーンファクトリーとできる技術状況下にはあるが、費用対コスト問題で集塵に対する普及度合いはリングフード止まりとなっている。

騒音問題的には更なる騒音低減の要求はあるが、現状では 85～95 dB レベルであり、低騒音技術開発も求められている。

廃棄物対策においては一部の大手を除くと各企業独自では廃棄物(耐火物)対策はほとんど進んでいない。

エネルギー供給側の問題としては、わが国の電源系統の信頼性は高いが、容量の増大につれ、系統に対する高調波の流出は社会問題を引き起こす。安価な高調波発生レスイ

ンバータの開発が望まれている。

いずれも、開発、導入に対しては相当な費用発生が伴うものであり、製品価格への転嫁が難しい状況下、安価な鋳物の国際調達といった状況下においては、特に中小になるほどに一企業では解決しがたい問題である。若者に魅力のある職場創出のためにも、国の助成措置が望まれるところである。

2)誘導炉を使用いただくユーザー側の課題【 人 】

誘導電気炉に限らず、素形材一般的問題であろうが、設備供給メーカー側の危惧として、ユーザー側に設備を熟知した熟練技術者、保全マンや設備計画のできる技術者がいなくなってきたり、なんでもメーカー任せになってきている状況が昨今目につきはじめている。定年を迎えた熟練者は海外へ、若手は 3K を嫌がり、中小では素形材の分る人材の確保・採用が思うようにならない時代に直面している。何をどうしたら危ないのかを知らないで使っているケース、電気の「で」の字を知らない人が使うケースが増えているし、また初めて誘導電気炉を導入するような場合には、鋳物品質の面倒をみられる鋳造技術者の不在が目につく。

中小向け溶解アドバイザー、設備計画人材派遣、安全・保全指導などのネットワーク創出や電気主任技術者制度の素形材版などの検討が、素形材人材教育とともに必要であろう。人づくりに対する、業界・ユーザー/メーカー/国の支援プロを機能させていく必要性がある。

3)誘導加熱業界の課題

誘導炉・誘導加熱業界は非常にニッチな市場の中に、中小メーカーがしのぎを削る国情である。各メーカーは其々が得意とする機種群、顧客を保有し、ある程度の棲み分け状態にはあるが、ユーザー側からのコストダウン要請に加え材料高騰の影響をかぶり、損益率は微々たる現況である。現状は景気の波に後押しされ、各社とも物量的に入っているおかげで損益均衡しているのが現状であるが、過去の歴史から見ても、この業界は産業界の好、不況に大きく左右され、さらに、設備の償却年数の長さとも相まって不況時への備えが脆弱である。技術力は各社ともユニークな物をもっているものの、大きな開発課題への投資が出来ない体質の結果、海外メーカーからの M&A に狙われやすいともいえる。

一方、誘導炉・誘導加熱はものづくり現場での中核設備でもあり、これらの装置がトラブルと下工程はすべてストップしてしまう。また、素形材分野における技術革新、生産革新に重要な位置を占めている。素形材産業を育成しようとしたとき、これらを担う設備産業界の発展なくしては成り立たないものであることを改めて示しておきたい。

方法には色々であろうが、日本ブランドの技術標準開発の仕組み、国の主導でのユーザー・メーカーの枠をこえたコンソシアムによる技術開発、税法上の優遇対策などが考えられる。

必要な開発要素などを次表にまとめる。

表 3-7 キュボラ・ガスファーンエスのビジョン

項目	課題	現状	目標	将来像
熱源 エネルギー	コークス	30～40%国内産コークス 60～70%中国産コークスを使用	鋳物コークス以外の有効利用	鋳物コークスに代替補助する燃料を使用 劣質なコークス、無煙炭、木質バイオマス、天然ガスなどを熱源に使用できる溶解炉の開発
	省エネ	冷風キュボラが20% 低温熱風(300～400)キュボラ70% 高温熱風(500～650)キュボラ10%が操業	熱風キュボラ化	安価で安定した高温熱風発生装置の開発及び熱風キュボラ
	廃熱回収	冷風キュボラで40% 熱風キュボラで25%の廃熱を大気放熱	有効廃熱の全量利用	鋳物工場の中の最大の熱源保有ショップである溶解設備の熱源を、最大限に回収利用できる設備導入の促進
鉄源 (原材料)	スクラップ	溶解用最適スクラップの量的減少・質的低下	粗悪原材料の使用	粗悪スクラップでの溶解技術の確立 還元プロセスを組み込んだ老廃スクラップや鉄系ダストなどのリサイクル系溶解設備の有効活用
ライニング	耐火物	小型キュボラ : 定型耐火物 中型キュボラ : 定型耐火物・吹き付け材 大型キュボラ : 不定形耐火物	適材適所での最適使用	高炉レベルの連続稼働キュボラへの実現 近年長期連続操業可能な耐火物が確立しており、更なる長期操業(高炉レベル)の稼働が実現できる新たな技術の開発
	築炉	人海戦術	省力化+確実築炉	定型耐火物の築炉技術保有する技術者ならびに作業者が不足している。その代替技術で経験不足の技術者ならびに作業者での確実な築炉作業の実現化
環境	ばい煙	キュボラ集塵のみの保有工場 : 70% (+ 炉頂集塵の保有工場 : 10%) (+ 炉前集塵の保有工場 : 10%) (+ 材装集塵の保有工場 : 10%)	溶解ショップのクリーン化	キュボラ設備の工場が、キュボラ排ガス集塵、炉頂集塵、炉前集塵、材装集塵の最適設置によって、クリーンなイメージのモノづくりを実現
	騒音	原料ホッパーヤード落下音 : 100dB以上 原料計量時の払い出し音 : 100dB以上 投入バケットへの払い出し音 : 100dB以上 キュボラ炉頂払い出し音 : 100dB以上	溶解建屋と材装建屋の分離	発生源は基本的に材装ショップのため、建物での分離を推奨する。プラス効果として遮音壁と集塵補足フード兼ねて集塵補足を行う
IT技術	操炉システム	小型調節計での分散システム : 90% PLCでの集中システム : 5% 専用WSでの集中システム : 5%	操作性の易しい対話型システム	中小企業では、大掛かりなシステムを導入することが困難なため、安価で最小限の操炉システムを確立し、「勘」による操業方案でなくデータによる操炉の確立し、安全で安定した操業システムの実現
	管理システム	現地サイドに閉ざされた管理システム	遠隔支援システム	全鋳物工場の共通課題として技術継承が挙げられるが人員削減などの直面する経営環境から非常に困難な状況になっており、その支援プログラム的一端として遠隔で常時接続の回線(インターネット)を利用して、操炉支援・トラブル支援・諸問題を遠隔で管理

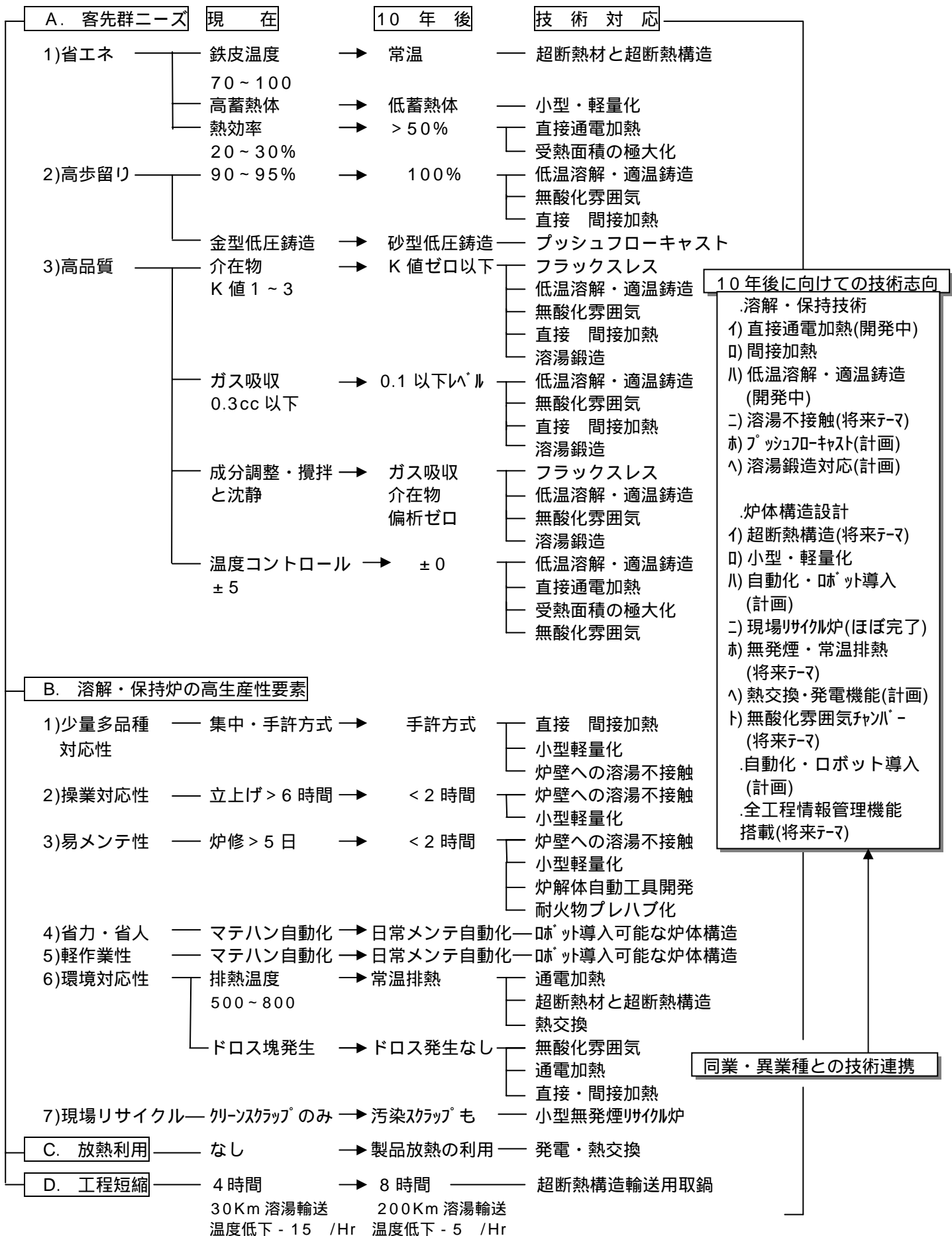
表 3-8 誘導電気炉のビジョン

一般的問題点	現状課題	現状の技術課題	将来像	必要施策 (国への要望)
原材料高騰と材料の劣化	1) 鑄造品質 (材料に起因する問題)	<ul style="list-style-type: none"> 溶解材料中の不純物の増大による鑄造品品質への悪影響が出始めている。(特に、Mn, Ti など) 脱亜鉛対策炉は開発できたが、その他の不純物に対しては出来ていない。 耐火物寿命に対する問題(ノロの付着、スラグラインの侵食など) 	<ul style="list-style-type: none"> 不純物除去機能付誘導炉やあるいはキューボラの精錬効果と電気加熱のよさを複合させたデュープレックス溶解システムなどの新しい溶解法の開発が必要 Mn, Ti などの不純物によるノロの付着、スラグラインの侵食など影響を受けない耐火物の開発 	<p>開発助成、産学官での取り組み</p> <p>鑄造工学会との協働</p>
安全技術基準はメーカー任せ	2) 安全性確保と安全技術基準化	<ul style="list-style-type: none"> 上記問題から益々耐火物への問題が大きくなるが安全設計基準はない。メーカー個々の対応。 海外では耐火物はユーザーが対処すべきとしているところもある。 	<ul style="list-style-type: none"> 安全設計ガイドラインまたは安全技術基準の作成と遵守 	<p>〃</p> <p>〃</p>
エネルギー高騰 CO2 排出量の低減 (省エネ)	3) 安全性を確保した更なる省エネ技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 電気炉は相当省エネが進んだ機種である。更なる省エネには耐火物厚さ 10% 減にて 20% の省エネが図れるが、その安全性を確保した耐火物、安全確保策はない。 連続測温技術とライニング状態監視による過昇温防止、棚吊防止による安全性増大の研究を進めてきたが、現状技術では上部に材料が乗っていても内部の真温が測定できるようなセンシング技術はない 	<ul style="list-style-type: none"> 耐火物薄肉化と安全性の確保 (亜鉛浸透のない、安価な、熱衝撃性にすぐれた、スラグラインの溶損のない、スラグの付着しにくい耐火物があったら省エネが進む) 連続測温技術開発と 耐火物炉内状況自己診断機能 	<p>〃</p> <p>〃</p>
	4) IT による省エネ	<ul style="list-style-type: none"> 運転状況でランニングエネルギーはかなり違うことが知られているが、現状では炉体ハード側の効率を上げることに省エネの目が向いている。 	<ul style="list-style-type: none"> 最適消費エネルギー状態にもっていく 熟練工オペレーションマスター 溶解後出湯までのエネルギーロス 造型機とのリンク 	<p>〃</p> <p>〃</p>
	5) 熱回収	<ul style="list-style-type: none"> 50 ~ 60 で排出される低温冷却水からの熱回収が課題 	<ul style="list-style-type: none"> 低温排熱回収技術の完成 	<p>〃</p>

一般的問題点	現状課題	現状の技術課題	将来像	必要施策 (国への要望)
環境問題	6) 環境対応技術	<ul style="list-style-type: none"> コストをかければ相当きれいなクリーンファンドライーとできる素地はあるが費用対コストで普及はリングフードどまりとなっている。 更なる騒音低減の要求はあるが、現状では85~95dB レベル 各企業独自では廃棄物(耐火物)対策はほとんど進んでいない 電源に対する高調波の流出 	<ul style="list-style-type: none"> 安価な集塵方式の開発 低騒音型誘導炉の開発 耐火物リサイクル機構の必要性 高調波発生レス安価なインバータの開発 	導入費助成、税金減免など "
人の問題 <ul style="list-style-type: none"> 設備・保全技術者がいなくなってきた 	人	<ul style="list-style-type: none"> 何をどうしたら危ないかを知らないで使っている。電気のでの字を知らない人が使うようになってきている。 設備を熟知した熟練技術者、保全マンが顧客にいなくなってきた。なんでもメーカー任せになってきている。 素形材教育の欠如 定年を迎えた熟練者は海外へ 中小では素形材をわかった人材の採用困難 	<ul style="list-style-type: none"> 中小向けネットワーク 溶解アドバイザーなどの活躍 人づくりに対する、業界/メーカー/官の支援プロが機能している 	仕組み創出 素形材教育機関の設立
業 界	業 界	<ul style="list-style-type: none"> 中小がしのぎを削る日本の国情 大きな開発課題への開発投資が出来ない業界体質。 	日本発世界にむけた技術標準 開発の仕組み、国の関与 大学/ユーザーとの一体化	

3-3-3. アルミ合金用溶解・保持炉

図 3-2. アルミ合金用溶解・保持炉(DC、LP を含む)のビジョン



3-4. 表面仕上げ設備

3-4-1 表面仕上げ(ショットブラスト)の現況

鑄造設備の中で、ショットブラストは最終に近い工程で使用されているが、鑄造品そのものが、従来の大量生産から多品種少量生産、高品質へと変わっており、今後もこの傾向はさらに助長される見込みである。取り扱う鑄造品の変化は大きいものの、ショットブラスト設備の基本ハード部分は従来技術の延長線上にあり、大きな変化はない。

鑄造設備全体で考えると、鑄造プロセス、表面仕上げ、機械加工の工程で、どのプロセスで処理することが最適か、それぞれのプロセス単独では解決できない状態になりつつある。今後については、鑄造品に求められる品質(精度・表面粗度、光沢等)がより厳しくなることが想定され、製品に至るそれぞれの最適な工程を検討する総合的なエンジニアリングが必要となってくる。

3-4-2 品質について

現状では、大量処理での疵・打痕の発生、仕上げが不均一等の課題をかかえているが、同時大量処理に起因するもので、今後の方向としては、品質優先で多種少量を処理できるショットブラストが要求される。処理後の製品に求められる品質は、従来の砂除去だけではなく、「磨く」、「冷却」するという、新たな要求も増えると想定される。設備の品質では、習熟した作業者が世代交代でいなくなり、だれにでも操作できる設備が求められ、見える操作画面、聞こえる操作案内等が盛り込まれる。

3-4-3 環境への配慮

少子高齢化は今後も続く見込みであり、3Kといわれる現場に設置されるショットブラストは、従来の習熟したオペレータから、誰でも使える設備として取り扱われる。特に作業者の安全に対する要求は絶対的なもので、ショットの飛散に代表される危険要因は完全に排除した設備が望まれる。また、公害防止の観点からも、従来は許容されていた作業環境に対してより改善要求が強くなり、オペレータに対する振動・粉塵・飛散等の防止、更には近隣への公害防止等作業者にも、環境にもやさしい設備が望まれてくる。廃棄物削減の観点からは、ショットブラストから排出される砂・ダストの有効利用の要求が強まるため、分離技術の開発が望まれると同時に、有効利用のための用途開発が必要である。

3-4-5 コスト

設備メーカーは自社設備のコストを管理しているが、ユーザーとしては、土木・建築・電気全てが導入費用である。したがって、設置にかかる総費用を削減するためのピットレス、電源接続もコンセント方式等レイアウト変更に対応できる設備が必要とされる。

省エネの観点からは、大容量のショットを投射する方法から、製品形状に適した柔軟な対応が出来る設備が必要とされてくる。必要な部位に必要な投射を行うことで、電力・消耗品・投射材の摩耗を防止し、ランニングコストを削減できる省エネマシンの開発が望まれる。

3-4-6 IT化

ショットブラスト本体へのIT技術の採用は、設備本体部分と設備外部への情報発信に分けられる。設備本体については、ビジュアル機能を盛り込んだ操作性の向上、未熟練操作者に

対する対話性能、寿命予測機能等の組み込みは前述のとおりである。設備外部への情報発信としては、設備稼働状況、寿命予測、異常発生時の処理、復旧方法を集中的に管理できる「Machine Anywhere」が導入されるであろう。

熟練作業者が不在で、設備保全を持たないユーザーが多くなり、設備を最適な状態に管理することが困難な状況を迎える。一方、インターネット回線の通信速度はますます高速になり、診断技術も高度化しており、この技術の組み合わせでユーザーの期待に添える設備になる。

表 3-9 表面仕上げ設備のビジョン

課題	分類	現 状	目 標	アクションプラン
品質	製品品質	大量処理での疵・打痕 仕上がり不均 混在製品処理の仕上がり	再処理・疵のない仕上がり 多種少量対応	小型小ロット対応マシンの開発 小ロット処理 無駄打ち防止 形状認識・ 位置・角度認識 狙い打ち } 形状認識技術開発
	設備品質	稼働率(突発故障がある) 再処理比率が高い 小ロット対応	イ-ジ-ハンドリングマシン	イ-ジ-ハンドリングマシンの開発 取説(聞こえる) ビジュアル化(見える・聞こえる) 操作 S/W 類の大型化
		熟練オペレータが必要	だれでも運転・操作 高齢者・女性	
環境	作業者	騒音 高熱 粉塵 振動 臭気 廃棄物 弱者への配慮 (作業者の高齢化、女性) 安全装備必要	作業者安全最優先 低騒音 悪環境からの解放	低騒音設備の開発 (80dBA 以下) 低振動設備の開発 安全装具不要のマシン開発 高齢者・女性
	外部環境	騒音 高熱 粉塵 振動 臭気 VOC 廃棄物が多い	無公害設備 外部排出物の無公害化	無災害・無公害マシンの開発 防音・防振・防熱 Spot 集塵技術 ゼロエミッション設備の開発 廃棄物の有効リサイクル方法 集塵ダスト有効利用方法 砂再生率向上方法

課題	分類	現 状	目 標	アクションプラン
環境	安全	3K 作業 粉塵爆発 火災 安全 オペレータ保 護 外部飛散 ばかヨケ	明るく、作業者にやさしい環境	3K レス機械の開発 クリーン補修 不燃設備の開発 本質安全設備の開発
コスト	設備費用	土木・建築・受電 _____ マシンサイズ _____ 現地工事期間が長い	ダウンサイジング 設置費用の最少化 (土木・建築・受電) 現場では機器設置のみ	マイルアウト変更への柔軟な設備開発 設備のユニット化 ピットレス機械 設備のエット化・出荷前検査の充実 イージーマンテナンス
	操業費用	消耗品点数が多い 補修費が多い 定期交換部品 小修理 中修理 大修理 高効率機器の使用が少ない	故障停止の最少化 省エネ(CO ² 削減)に優れた機械	カセット交換システム 誰でも交換ユニット 高効率機器(モータ)の促進案制定 モータ インバータ サーボ機器
I T	設備情報	設備情報が不十分 余寿命診断 故障警報 機器稼働診断	予知診断システムの確立 オンラインモニタリング	『Machine Anywhere』の実現 集中監視体制の確立 インテリジェントマシン 設備稼働状況診断 故障診断 設備無人化
	製品処理情報	処理数、ロット No 等の管理	製品処理情報	製品処理管理システムの構築
その他	新技術情報	業界内部での技術	最先端技術の導入	技術情報の交流

3-5. その他の自動化を指向する設備

1) 鑄造自動化設備から見た鑄造業の将来を下記の通り予測する。

鑄鉄分野

国内鑄造業の崩壊は有り得ない

鑄造生産量・生産額は飽和状態なるもゼロとなることは全く有り得ない

製品のQ（品質） C（コスト） D（納期）がますます厳しくなる

アルミ分野

素形材としてのアルミは永遠に続く

製品のQ（品質） C（コスト） D（納期）がますます厳しくなる

取り組み姿勢

独自の製品を持つ企業は、更にその技術を高め勝ち残って行く。ユーザーが何を求め、その生産における最終の価値をどこで見出して行けるか、常に同体で考えて歩んでゆく姿勢が必要である。

中小鑄物業界においては特にアジアの安い労働力で生産された製品コストに勝てる自動化を目指さなければならない。特に仕上げ工程において専用機化、ロボット化を推進し、生産性の向上に勤めなければならないと考える。また、原料の自動供給に於いても更に使いやすさを追及して、精密な切り出しの技術を磨いてゆかなければならない。その為に、提案型のメーカー（パートナー）として、更に技術研鑽しなければならない。

取り組む課題

アジアの競合に勝る販売価格にする為に

堰折機、バリ取り機（ロボット化された汎用タイプ）、自動注湯機の開発を推進し、コスト低減に努め、可能な限りの鑄造作業を行える標準的なロボット化（パワーアシスト含む）を実施し、また画像処理化により製品の自動検査システムを開発し省力化等を強力に推進する必要がある。尚、24時間連続稼動可能な生産設備の構築が不可欠である。

3D化・シミュレーション

製品の寸法検査や機械加工の自動化の省力化を計る為に3D CADによる設計に取り組む。また3Dにより製品並びにプラントの事前シミュレーションで質の高い、完成度の高い装置を垂直立ち上げできるような設計手法に変えてゆく。また3Dにより設計されることにより製品の解析が容易に行え、品質向上が期待できる。

生産管理によるQ・C・Dの推進

金型温度管理、製品条件管理を自動化し品質のばらつきを減少させる。

鑄造技術をデジタル化し誰がやっても同じ品質の製品が作れるよう仕組み作りを行う。

受注増に向けて鑄物製品のアプリケーションを考える。

鑄物の用途を考え、鑄物業者の受注増に向けて支援をする。

人材教育に力をいれ、技術のレベルアップを図る。

物づくりは人づくり。人の力を磨く事ですぐれた技術を追求する。

工場の職場環境の悪さ故に人の確保が困難

作業環境の改善、粉じん、騒音、臭い、熱等の工場環境全般にわたり働き易い環境改善を行なう。

鑄造自動化設備のビジョン

客先のニーズを確実に捉え、真に望む製品を提供し、アジアにおける競争力を中小企業が持てるような日本ブランドを供給してゆかなければならない。その為には各技術を持ったメーカーの大同団結が必要である。

2)自動注湯機

無枠式造型機ライン用の自動注湯機は 10 数年前より開発されてきている。当初は注湯作業のかかえる暑熱・注湯時の発煙から作業者を守る目的で遠隔操作のものが主流を占めてきた。しかしながら、最近ではそれに加えてその導入目的が、鑄物の品質向上・歩留り向上・生産性向上をめざすものとなっている。ゆえに、適正な注湯速度・適正な注湯高さ・より高精度な計量・スピーディな取鍋交換・湯温低下防止などが求められている。その要求に応えるために注湯機本体の軽量化およびコンパクト化を計り、さらには完全に無人化された新注湯システムを開発してゆかねばならない。

表3-10 その他の自動化を指向する設備のビジョン

課 題		現状及び問題点	装置の将来像
鑄鉄分野			
1	バリ取り（大物の合わせバリ） 大物・多品種少量 ケーシング等 （ポンプ・工作機械 Bed・FR）	人によるグラインダー仕上 粉塵・飛散 一個取り有り	自動化（無人化） カメラ（画像処理）によるバリ検出 自動バリ取り
2	大きい堰の溶断 （製品と堰の分離）	人手	自動化・ロボット化 製品形状に添った分離
3	素形材検査（小物少量品） 加工前（鑄放し、ショット後） 製品の引巢・身食い、砂噛み （ロット中1個でも全ロット返品） 中子（砂・Shell）の残り	人手・目視検査 大勢の作業者必要・品質のバラつき 人手・手作業・目視検査 品質	自動化 自動化
4	ベラー材の切り出し Min . 300 ~ Max . 600	リフマグで供給	自動計量・個数管理
5	注湯機 湯回り、ノロカミ、砂カミ対策 歩留り向上 省力化 設備費用低減 湯玉飛散対策 注湯時のヒューム除去	配湯 注湯機へ湯供給 注湯 （スラグ除去・接種（自動有）） 適正な注湯速度、注湯高さ 計量の高精度化 容易な取鍋交換・無人化 既設ラインの流用 安定した流量調整と湯切り ヒュームレス注湯	遠心鑄造の様な自動注湯ライン化 （注湯後全て自動化を目指す） 新注湯システムの開発 注湯機の軽量化 無人注湯機の開発 小型集塵システムの開発
6	電炉湯温測定（連続）	人手により毎回浸漬式温度計使用（安価） 表面ノロ取り	ノロを透過して連続測定可能な装置 炉壁に何らかの測定の仕組
7	アプリケーション	鉄瓶・鉄鍋 鉄分摂取	健康に寄与
8	汚れの全く無い鑄物工場	汚い・粉塵・臭い・危ない・騒音	砂・離型材・中子を使用しない工場 消臭・カーボン使用しない 低騒音環境

課 題		現状及び問題点	装置の将来像
アルミ分野			
1	金型温度管理システム	ダイカスト用金型の温度により、製品の出来不出来が大きく変化。現状、スプレイ、金型冷却水管理による、金型温度管理の為、経験値、データにて、間接管理	金型温度管理を無人化 サーモ画像処理装置にてリアルタイムに温度測定し、冷却水及びスプレーを自動で制御し
2	給湯装置	機械式給湯装置。ダイカストマシン射出部への給湯時のこぼれ、湯のすくう時に不純物（酸化物）も同時にすくう、製品への影響が大きく左右する	給湯装置をロボット 正確な奇跡での給湯を行い、ダイカストマシン射出部への湯こぼれを最小化 ロボット化による、不純物処理
3	ピン折れチェックユニット	ダイカスト金型において、鋳抜き用ピン（素材加工用した穴用）が多数取付けられているが鋳込み工程（鋳造工程）において、そのピンが折れ、製品に付着することがある。ピン折れ後の、製品は全て、不良品になってしまい、その不具合防止の為、オフラインで、オペレータが、1本1本の抜き取り検査を行っている。	鋳抜き用ピンの脱落確認装置 ピンチェック装置を、2次仕上げ装置内に設ける。 不良品の次工程流失防止。 製品の6面の、面単位での、確認装置は既開発済。 各々のピン単位での、確認装置の開発
4	製品検査	ダイカスト製品の、鋳込み工程（鋳造工程）において、金型、射出条件により、製品の肉圧に変化が生じる。その変化を確認する為に、抜き打ちで、接触式3次元測定器により、製品肉厚寸法検査している。	正確に製品の良不良の自動可否判別装置 医学で使用している、MRI（核磁気共鳴画像法）方式等を、転用し、製品肉厚断面を非接触で解析
5	バリ取りの自動化	ダイカスト製品の、鋳込み工程（鋳造工程）において、金型合わせ面、湯口部、ランナー等の不要部の切断及びバリ取りが必要。現在、大手メーカーの大量製品においては、徐々に、自動バリトリが普及しはじめているが、他はほとんどが、オペレータによる、手作業でのバリトリが主流。	画像処理、レーザー測定器を流用した標準パッケージ開発 金型合わせ面、湯口部、ランナー等の不要部の切断及び自動バリ取りの汎用化
6	パレタイズ	ダイカスト製品の、パレット等への、積載（パレタイズ）は、ほとんどがオペレータによる、手作業が主流。大型（20kg以上）の製品も多く、作業者に、過酷な労働を強いている。	パレタイズの画像処理装置による、ロボット化 製品の、パレット等への積載を自動化し作業者の過酷な労働を軽減
7	製品の条件管理	ダイカスト製品の、品質管理、特に不良品の市場流失が、問題になっている。その為、製品のトレーサビリティが必要。	湯量、射出圧、型温度、外気条件等のデータをパソコンで管理。 製品にはデータがわかる様刻印、市場クレームの防止、早期解決の為に、トレーサビリティ可能な対処。

4. おわりに

当工業会では、経済産業省の素形材産業ビジョンに対応し、その具現化の一翼を担うため「鑄造機械産業ビジョン策定委員会」を組織し、熱心に取り組んできた。そもそも鑄造機械産業界は、そのお客様である鑄造業界のものづくりのパートナーとして、皆様のお役に立つための『ツール』や『技術』を提供していくのが使命であり、単独で発展できる産業ではない。我々はこれを肝に命じ、今後も鑄造業界の要請にこたえるべく開発を推進し、鑄造工場のさらなる近代化のため、鑄造業界とのパートナーシップを育んでいかなばならない。従って、両者の協同関係は、共に発展するために何よりも重要であり、相互の情報交換や協働の出来る環境づくりを、更に推進しなければならない。また、両産業はいずれも中小企業が大多数を占めており、その意味で国のリーダーシップと有形無形の支援を望むものである。

ここに作成された『鑄造機械産業ビジョン』は、当然のことながら、今後このビジョンに向けてアクションプランを作成し、それを実行していくことが重要である。また、将来の方向性を示すに留まっている多くの課題については、アクションプランへの展開につなぐ継続的取り組みが必要である。当工業会としては定期的なフォローアップを行い、真に成果のある活動として、このビジョンを結実させることを期したい。

平成 18 年 11 月
日本鑄造機械工業会
会長
矢野 武