

平成17年度中小企業庁委託調査

我が国重要産業の競争力強化に向けた熱処理技術
及び
金型技術の高度化の方向性等に係る基礎調査

報告書

平成18年3月

MRI 株式会社 三菱総合研究所

目 次

はじめに	1
熱処理技術指針策定委員会 委員名簿	2
金型技術指針策定委員会 委員名簿	3
1. 調査の概要	4
1.1 調査の背景と目的	4
1.2 調査の内容と方法	5
2. 熱処理加工業及び熱処理加工技術の現状と動向	7
2.1 熱処理加工業の特徴・位置づけと競争力	7
2.2 川下産業と熱処理加工技術との関係	18
3. 川下産業のニーズと熱処理加工技術の開発課題	21
3.1 熱処理加工技術に対する川下産業からのニーズ	21
3.2 熱処理加工業に求められる技術開発課題	24
4. 熱処理技術開発指針（ガイドライン）	25
4.1 熱処理技術開発課題の方向性	25
4.2 具体的な技術開発事例	36
4.3 留意すべき点	41
5. 金型製造業及び金型技術の現状と動向	48
5.1 金型製造業の特徴・位置づけと競争力	48
5.2 川下産業と金型技術との関係	57
6. 川下産業のニーズと金型技術の開発課題	61
6.1 金型技術に対する川下産業からのニーズ	61
6.2 金型製造業に求められる技術開発課題	63
7. 金型技術開発指針（ガイドライン）	64
7.1 金型技術開発課題の方向性	64
7.2 具体的な技術開発事例	72
7.3 留意すべき点	77

はじめに

経済産業省では、新産業創造戦略を掲げ、「燃料電池」、「情報家電」、「ロボット」といった重要産業分野の競争力の維持・強化に向けた取組を推進している。これら重要産業分野の競争力は、高度な技術・技能を持つ川上の中小企業の存在が重要な要素となっていることから、中小企業の競争力を高めることが求められている。

従来、中小企業では、系列的な取引関係のもと、納入先である川下産業（ユーザー企業）のニーズに対応した技術開発や生産を行ってきたが、国際競争の激化と市場の成熟を背景に、川下産業による取引関係の多様化、取引先の選別等が進められた結果、今後の市場の要請を把握・確信しにくい状態となっており、意欲と能力を持ちつつも、効果的・効率的な技術開発ができない状況が生じてきている。

本事業では、こうした状況を踏まえ、川上の中小企業と川下企業との間のいわゆる「情報の非対称性」を解消し、中小企業による川下企業のニーズに応えた技術開発、川下企業による中小企業の技術を活かした製品開発の活性化等に資するため、電気・電子機器産業や自動車産業等の我が国の基幹産業を支える重要な産業技術である熱処理技術及び金型技術を取り上げ、

- ・ 熱処理加工業者及び金型製造業者における熱処理技術及び金型技術に関する技術開発シーズ
 - ・ 川下産業における熱処理技術及び金型技術に関する技術開発ニーズ
- を調査・把握した上で、我が国経済を牽引していく産業分野の競争力を高める上で必要な熱処理技術及び金型技術に関する技術指針案を策定した。

なお、本調査の遂行に当たっては、有識者等からなる「熱処理技術指針策定委員会（委員長：柴田浩司東京大学名誉教授）」及び「金型技術指針策定委員会（委員長：福井雅彦東京工科大学教授）」を設置し、数多くの示唆を頂いた。また、インタビュー調査を実施し、様々な情報の提供を受けた。関係した各位に厚く御礼申し上げたい。

平成18年3月

株式会社三菱総合研究所

熱処理技術指針策定委員会 委員名簿

- 委員長 柴田 浩司 東京大学 名誉教授
- 委員 今田 守彦 中外炉工業株式会社 開発センター センター長
- 岩本 成郎 日本金属熱処理工業会 会長
(株式会社マルテック 代表取締役社長)
- 奥村 望 株式会社デンソー 材料技術部 第3材料技術室
主幹 次長格
- 鈴木 健司 株式会社オーネックス 常勤監査役
- 関矢 英士 東芝プラントシステム株式会社 ファシリティサービ
ス部エネルギー合理化グループ
(社団法人日本技術士会 機械部会長)
- 守屋 悟 日産自動車株式会社 パワートレイン生産技術本部
成形技術部 鑄造技術グループ 課長
- 山方 三郎 オリエンタルエンジニアリング株式会社
取締役 相談役

(敬称略・50音順)

金型技術指針策定委員会 委員名簿

委員長 福井 雅彦	東京工科大学 教授（型技術協会 会長）
委員 鹿志村一男	株式会社牧野フライス製作所 加工技術本部長 （兼）金型加工技術センター長
金沢 賢治	株式会社オギハラ 生産技術部 技監
斉藤 栄司	大阪経済大学 経済学部長 教授
中里 栄	社団法人日本金型工業会 常務理事
羽田 政弘	キヤノン株式会社 生産本部 金型技術センター 所長
久田 修義 （代理：森下 忠晃）	トヨタ自動車株式会社 常務役員 トヨタ自動車株式会社 スタンピングツール部長）
広瀬 洋吉	立松モールド工業株式会社 取締役相談役

（敬称略・50音順）

1. 調査の概要

1.1 調査の背景と目的

現在、経済産業省では、新産業創造戦略を掲げ、「燃料電池」、「情報家電」、「ロボット」といった重要産業分野の競争力の維持・強化に向けた取組を推進している。これら重要産業分野の競争力は、高度な技術・技能を持つ川上の中小企業の存在が重要な要素となっていることから、これら中小企業の競争力を高めることが求められている。

従来、中小企業では、系列的な取引関係（所謂系列関係）のもと、川下産業（ユーザー企業）のニーズに対応した技術開発や生産を行ってきたが、国際競争の激化と市場の成熟を背景に、取引関係の多様化、取引先の選別等が進められた結果、川上中小企業側が、今後の市場の要請を把握・確信しにくい状態となっており、意欲と能力を持ちつつも、効果的・効率的な技術開発ができない状況が生じてきている。

本調査では、こうした状況を踏まえ、川上の中小企業と川下企業との間のいわゆる「情報の非対称性」を解消し、中小企業による川下企業のニーズに応えた技術開発、川下企業による中小企業の技術を活かした製品開発の活性化等に資するため、電気・電子機器産業や自動車産業等をはじめとした我が国の幅広い基幹産業を支える重要な産業技術である熱処理技術及び金型技術における

- ・ 我が国の現状把握（競争力の国際比較と強み・弱み分析等）
- ・ 事業者側における技術開発シーズ
- ・ 川下産業における技術開発ニーズ

を調査・把握し、さらに技術の高度化を阻害している要因についても、次のような視点、つまり、

- ・ 技術革新を担う人材の問題
- ・ 技術革新のための資金・設備の不足
- ・ 技術体系の未構築
- ・ 産学連携、企業間連携の不足
- ・ 取引慣行・知財保護の問題
- ・ 国の保護、育成等の施策の欠如の有無

から調査・把握した。

これらを踏まえて、我が国経済を牽引していく産業分野の競争力を高める上で必要な技術指針案を策定した。

1.2 調査の内容と方法

(1) 技術シーズ・ニーズ調査

事業者における技術シーズの調査

事業者の業界団体である日本金属熱処理工業会及び社団法人日本金型工業会の協力を得て、新産業創造戦略の重点分野である燃料電池、情報家電、ロボット、健康・福祉、環境・エネルギー等の分野を中心に、技術シーズを抽出した。

その上で、学識経験者に対するヒアリング調査を行い、

- ・ 当該技術の特徴・用途
- ・ 当該技術が関連する産業とその市場動向
- ・ 当該技術の現在の技術水準と技術開発動向

等の情報を収集・整理した。

川下産業における技術に関する技術開発ニーズの調査

川下産業（ユーザー企業）における熱処理技術及び金型技術分野に関する技術開発ニーズを調査するため、ユーザー企業に該当する川下の産業分野（自動車、電気・電子機器等）の業界団体や主要企業を対象としたヒアリング調査を行い、

- ・ 川下産業（ユーザー企業）が求める技術の方向性・レベル
- ・ で収集・整理した技術開発シーズに対する意見

等の情報を収集・整理した。

(2) 技術の高度化の阻害要因の調査

技術の高度化を阻害している要因を次のような観点から調査するため、当該技術のユーザー企業に該当する川下の産業分野（自動車、電気・電子機器等）の業界団体や主要企業を対象としたヒアリング調査を行った。

- ・ 技術革新を担う人材の問題
- ・ 技術革新のための資金・設備の不足
- ・ 技術体系の未構築
- ・ 産学連携、企業間連携の不足
- ・ 取引慣行・知財保護の問題
- ・ 国の保護、育成等の施策の欠如の有無

(3) 熱処理技術及び金型技術に関する指針案の策定、提言

(1)(2)の調査結果を踏まえ、我が国経済を牽引していく産業分野の

競争力を高める上で必要な当該技術に関する技術指針案を策定、併せてその技術革新、競争力強化を阻害すると思われる事項を精査し改善に向けての提言をまとめた。

策定にあたっては、中小企業（熱処理技術及び金型技術分野の事業者）、ユーザー企業（自動車、電気・電子機器）、学識経験者等から構成される技術指針策定委員会を設置し、同委員会の指導・助言を得た。また技術指針案については、ユーザー企業の業界団体（自動車、電気・電子機器等）に対して提示・意見を聴取した上で内容の精査を行った。

2. 熱処理加工業及び熱処理加工技術の現状と動向

2.1 熱処理加工業の特徴・位置づけと競争力

(1) 熱処理加工業の特徴・我が国における位置づけ 産業界における位置づけ

熱プロセスの中心部を占める金属材料等の熱処理技術と熱プロセスの達成に必要な工業炉技術等を含めて熱処理技術と総称している。熱処理とは、金属材料に加熱、冷却の熱的操作を加えることにより、耐久性、耐磨耗性、耐疲労性さらには、耐食性、耐熱性などを与えることをいい、その種類としては、焼ならし、焼なまし、焼入れ、焼戻し、浸炭焼入れ、高周波焼入れ、窒化などがある。

自動車、家電、建機、軸受け、工具等、わが国を代表する工業製品の部品製造を始め、金属製品、輸送機、機械器具、精密機械、電気機械など殆どの工業領域にわたる工業製品生産は熱加工工程、熱処理工程を経て最終製品化されており、金属熱処理加工業はもの作りの基幹産業である。

熱処理加工業の規模

従業員数は、1.3万人（製造業の従業員総数に占める割合は約0.15%）、1事業所あたりの従業員数10人未満の事業所が全体の約45%、50人未満が91%を占める（平成15年度『工業統計』より）。

図表2.1-1 「金属熱処理加工業」従業者規模別統計

	事業所数	従業者数 (人)	常用労働者年間月平均(従業者29人以下は除く) (人)	現金給与総額 (百万円)	原材料使用額等 (百万円)	製造品出荷額等 (百万円)	生産額(従業者29人以下は除く) (百万円)	付加価値額(従業者29人以下は粗付加価値額) (百万円)
金属熱処理業	677	13,291	7,146	61,937	88,273	238,840	148,586	137,921
1～3人	109	247		628	826	2,463		4,095
4～9	200	1,242		5,138	4,744	16,846		11,183
10～19	150	2,130		9,512	7,430	29,783		21,289
20～29	97	2,408		10,922	12,116	42,051		28,510
30～49	64	2,519	2,479	12,422	17,857	47,654	48,144	26,788
50～99	42	x	x	x	x	x	x	x
100～199	14	1,700	1,658	8,321	12,837	32,018	32,133	16,967
200～299	1	x	x	x	x	x	x	x

出所)平成15年度『工業統計/経済産業省』より作成

金属熱処理加工業の業態

金属熱処理加工業は、元請け、下請け、孫請けの多層構造をとり、中小企業ないし零細企業がほとんどを占める業界となっており、その多くが顧客依存型産業ということが出来る。とりわけ、金属熱処理加工業の特殊性として、営業範囲は納品輸送の関係から半径 50 km以内が多く、自動車等の川下産業の周辺に集積している（金属熱処理加工業の日本国内における地域ごとの主な取引を行っている川下産業は以下のとおり）。また、採算性の良い大量生産品は自動車、電子部品メーカー等で熱処理が行われて内製されていることもあり、我が国の熱処理加工業界は、高度な熱処理を必要とするものや小ロット品、短納期品の受注対応が必要になっている状況である。

北海道：自動車関連

東北：自動車関連

関東：自動車関連、産業機械関連

中部：自動車関連、工作機械関連、建設機械関連

近畿：製鋼関連、船舶関連、建設機械関連

中国：自動車関連、電子機器関連

四国：自動車関連、工作機械関連、建設機械関連、船舶関連

九州：自動車関連、産業機械関連、金型関連、農業・建設機械関連、電子機器関連

生産動向

1) 金属熱処理加工業の生産動向

平成 15 年までの動向をみた場合、金属熱処理加工業の製造品出荷額は、平成 12 年から平成 14 年まで出荷額が減少し、平成 15 年には出荷額が上向いた。また、事業所数及び従業者数は平成 11 年から平成 15 年まで減少傾向にある。

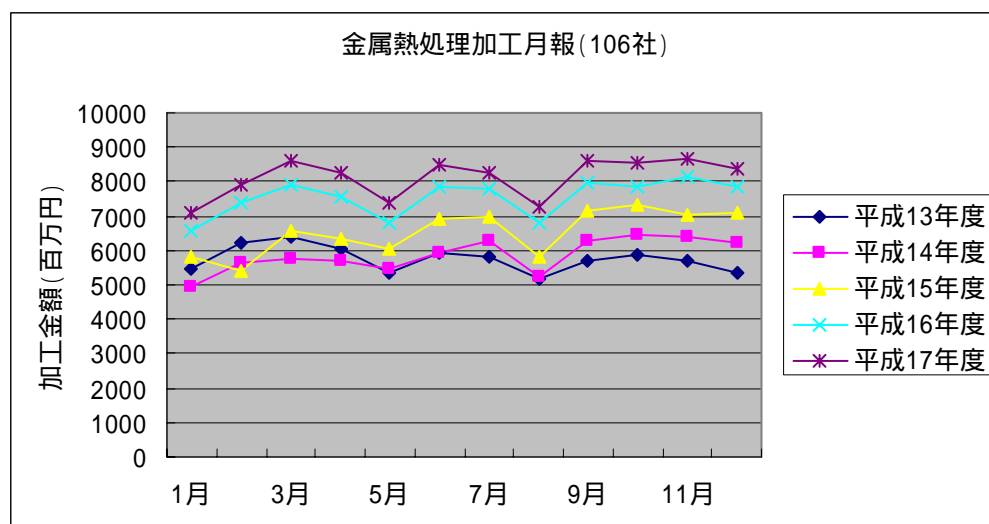
また、金属熱処理加工業を対象とした金属熱処理加工月報によると、平成 15 年以降金属熱処理による加工金額は途切れることなく前年を上回っており、平成 17 年 12 月には 44 ヶ月連続で前年を上回る結果となった。

図表 2.1 - 2 金属熱処理加工業の規模

	事業所数	従業者数 (人)	現金給与総額 (百万円)	原材料使用額等 (百万円)	製造品出荷額等 (百万円)
H.11	764	13,552	65,621	89,589	238,937
H.12	753	13,552	65,049	93,221	248,081
H.13	726	13,778	65,274	96,341	247,931
H.14	717	13,427	61,755	88,860	232,198
H.15	677	13,291	61,937	88,273	238,840

出所) 平成 11 年 - 平成 15 年度『工業統計/経済産業省』より作成

図表 2.1 - 3 金属熱処理加工金額の推移

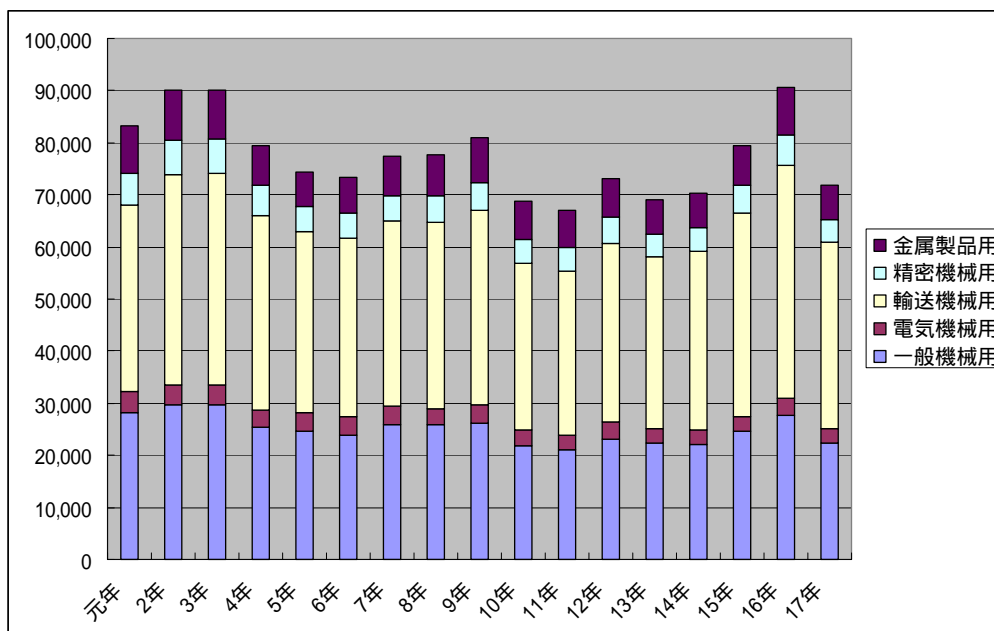


出所) 金属熱処理加工月報による

2) 用途別の生産動向

用途別にみた場合、輸送機械向けが最も比率が高く平成 16 年で 49.4%を占め、次いで一般機械用 30.6%、金属製品用 10.1%、精密機械用 6.3%となっている。輸送機械用は従来から最も構成比が高いが、その比率は年々高まっている。逆に一般機械用、精密機械用の構成比は低下している。

図表 2 . 1 - 4 用途別の金属熱処理加工金額の推移（単位：百万円）



出所) 金属熱処理加工月報による (平成 17 年は 9 月までの数値)

3) 加工種別の生産動向

加工種別にみた場合、金属熱処理加工量は平成 14 年頃まで減少傾向にあったが、平成 15 年以降増加しており、加工金額と同様の推移を示している。

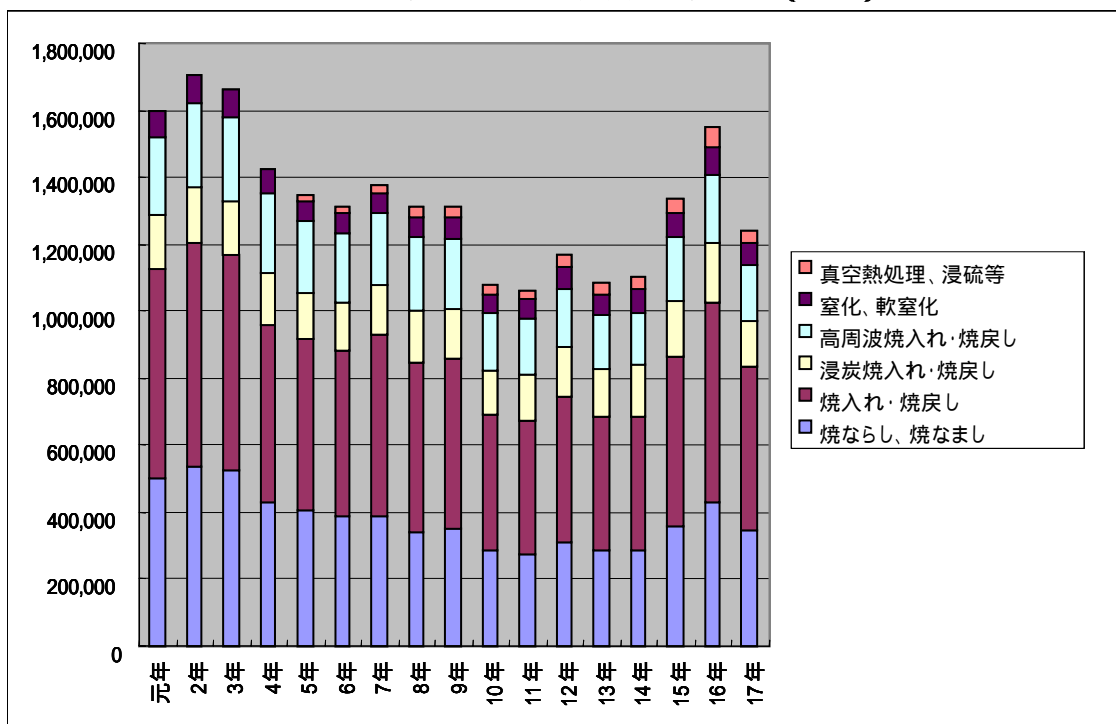
平成 16 年の加工量では、焼入れ・焼戻しが 38.6%、焼ならし、焼なましが 27.7%でこの 2 種で全体のほぼ 2 / 3 を占める。次いで、高周波焼入れ・焼戻しが 13.3%、浸炭焼入れ・焼戻しが 11.5%、窒化、軟窒化が 5.4%、真空熱処理、浸硫等が 3.6%となっている。

一方、平成 16 年の加工種別に金額構成比でみた場合、焼入れ・焼戻しが 26.3%、浸炭焼入れ・焼戻しが 26.2%で、この 2 種で半分を超える。さらに、高周波焼入れ・焼戻しと窒化、軟窒化が 13.6%、真空熱処理、浸硫等が 11.0%、焼ならし、焼なましが 9.3%という構成比になっている。

以上のことは、加工種別に単価が大きく異なっていることを示している。実際、加工種別の 1 トンあたり生産単価は、平成 16 年で平均約 5.8 万円であるが、最も高い真空熱処理、浸硫等では 19.4 万円、最も安い焼ならし、焼なましでは 2 万円程度となっている。

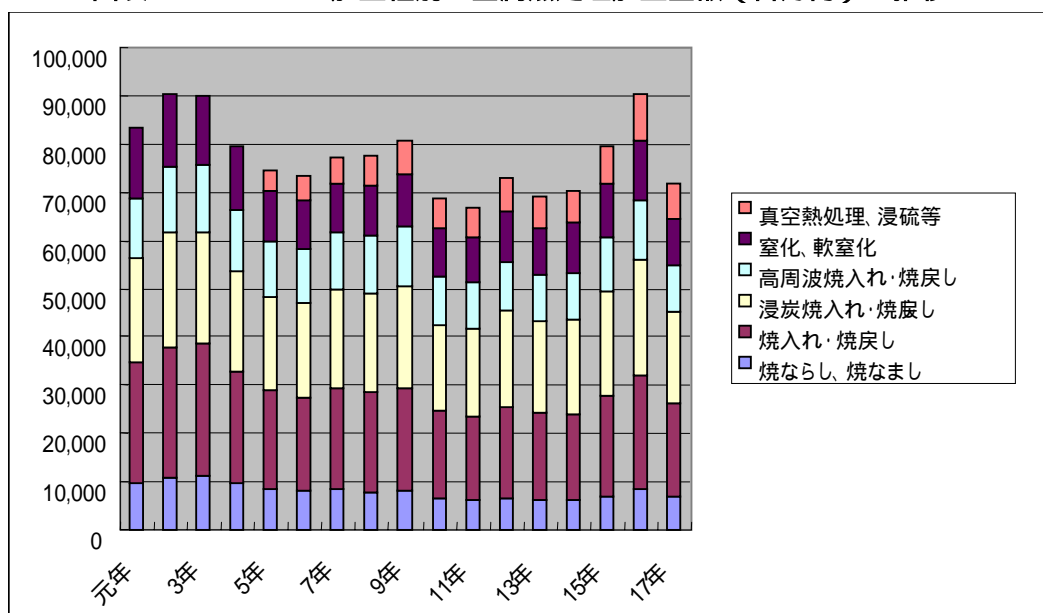
単価は、平成 15 年以降、全体として低下する傾向がみられる。ただし、真空熱処理、浸硫等は逆に単価が上がる傾向にある。

図表 2 . 1 - 5 加工種別の金属熱処理加工量（トン）の推移



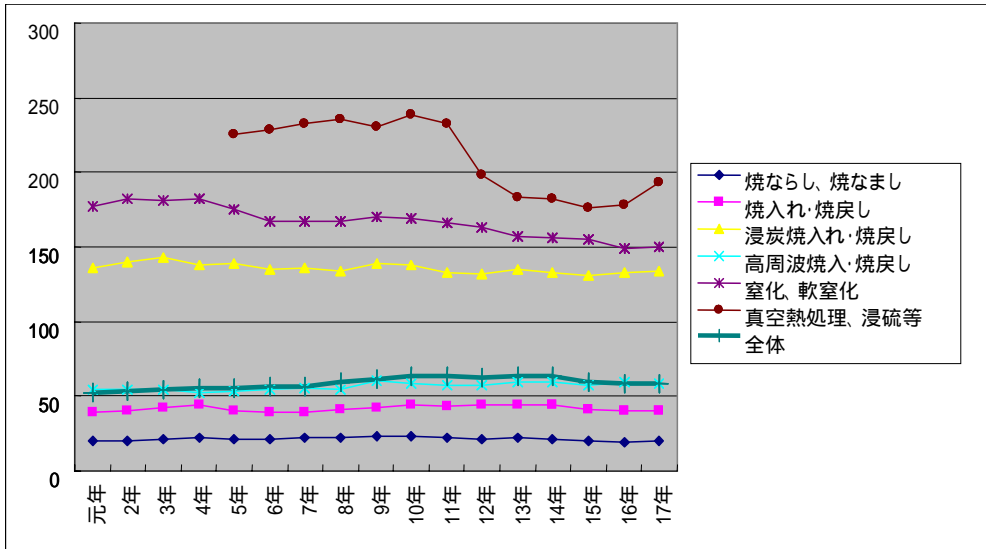
出所) 金属熱処理加工月報による (平成 17 年は 9 月までの数値)

図表 2 . 1 - 6 加工種別の金属熱処理加工金額（百万円）の推移



出所) 金属熱処理加工月報による (平成 17 年は 9 月までの数値)

図表 2.1 - 7 加工種別の金属熱処理加工単価の推移（千円/トン）

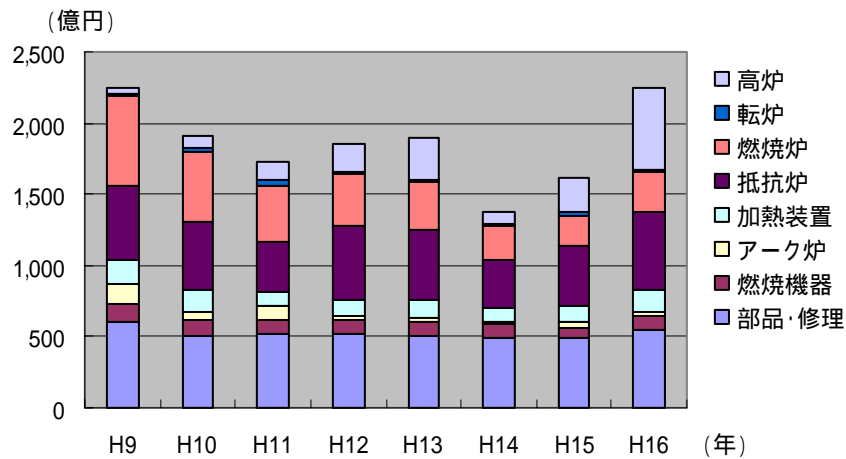


出所) 金属熱処理加工月報による

4) 工業炉の生産動向

金属熱処理加工業に密接な関係のある工業炉業界の売上は 2002 年に大きく減少したが、近年は大きな増加傾向にある。

図表 2.1 - 8 日本工業炉協会会員企業売上高推移



出所) 日本工業炉協会ホームページ

経営面

経営面について原価構成比をみると、製造業平均値と比較して間接費が高く、販売費がかなり低いのが分かる。間接費については、炉設備に伴う燃料、修繕費コストが高いことに起因しており、販売費については下請け的な受注加工が多いために、営業経費がかかっていないことが起因していると考えられる。

図表 2. 1 - 9 製造業と金属熱処理加工業の原価構成比

原価費目		製造業平均 (%)	金属熱処理業 (%)
直接費		66.6	59.0
	直接材料費	40.2	31.6
	買入部品費	3.2	2.0
	外注工賃	9.6	8.7
	直接労務費	12.0	15.3
間接費		15.3	27.7
	間接材料費	1.0	1.4
	修繕費	0.9	2.0
	水道光熱費	1.0	1.8
	重油等燃料費	0.8	4.5
販売費		8.4	4.2
	販売員給与手当	2.4	1.2
	支払運賃	2.5	1.7
	荷造費	0.4	0.4
	広告・宣伝費	0.5	0.1
管理費		9.7	9.2
	事務員給与手当	2.3	3.0
	従業員教育費	0.0	0.0
	研究開発費	0.2	0.1

出所：中小企業庁『平成 15 年度 中小企業の原価指標』より作成

(注意：経営内容が健全な「健全企業」を対象)

(2) 熱処理加工業の競争力

我が国の金属熱処理加工業は、リードタイム、コスト、精度等、ユーザー側（川下産業）の要求に高いレベルで対応することにより、我が国製造業の国際競争力向上に寄与し、同時に自らの国際競争力も保ってきた。

熱処理技術の革新は、川下企業の技術発展に依存する面も強いが、金属熱処理加工業の熱処理品質に及ぼす作業レベルの高さは健在である。また、熱処理設備の自動化は欧米からも注目されており、海外部品メーカーが我が国への進出を促進する結果となっている。また、日本で開発された熱処理品質を数値化するシミュレーションソフト¹は米国で高い評価を得ている。

熱処理加工では、部品の形状を変えることなく完成品として輸出されている

¹ COSMAP、QUESS、GRANTAS など

ため、直接的な評価は困難であるが、完成品の故障の少なさ、信頼性の高さから品質として競争力は高いと言える。

また、熱処理炉等の工業炉を含めた国際競争力の要因（強み、弱み）として、具体的に以下があげられる。

強み

- ・ 品質、技術力、納期、生産能力等の強みがあるとともに、良質な鉄鋼材料等が調達できる点や川下企業との関係等の金属熱処理加工業を取り囲む環境にも強みがある。
- ・ 高度な技能を持つ熟練者が存在しており、様々なニーズに迅速な対応することなどができる。
- ・ 一部の製品は前後処理プロセスを連続化・インライン化して生産性を高めるなど技術革新によりさらに技術力が高められている。
（例：ステンレス鋼板の光輝焼鈍やフラット・パネル・ディスプレイ（FPD）の一連の熱処理設備²など国際的にトップシェアを獲得）

弱み

- ・ コストと人材面が弱みである。
- ・ コスト面ではグローバル化の進展とアジア諸国をはじめとすると企業の技術力向上により競争が一層激しくなると考えられる。
- ・ 人材面は匠の世界で高齢化が進み、若手人材育成に難がある。また、大学の関連講座の減少傾向が著しく、優秀な人材が集まりにくい。
- ・ 工業炉においても海外市場に於ける競争力は価格面で極めて不利になってきており、品質と信頼性の高さから技術評価において優位に立つも価格評価で敗退するケースが少なくない。また、輸出等では、現地の設備に対する考え方の違いがトラブルの原因となり、採算性の悪化を招いているケースもある。
- ・ 海外市場に於ける価格競争の激化から、資材の調達を海外にシフトするケースが増えてきているが、トラブル（品質の問題）のリスクはかなり高い。
- ・ また、全般的に情報収集力・発信力が弱く、特に海外については言葉の壁が大きい。

²大型基板用焼成炉、連続封着装置、真空排気封入封着装置、研究開発用真空加熱装置など

我が国の熱処理加工業の競争力の今後の見通し

近年、我が国の熱処理加工業は、自動車メーカー等のユーザー企業の中国などへの生産拠点の移転及び、中国を初めとするアジア諸国の技術力向上などの産業構造の変化を背景として、厳しい競争環境となりつつある。そのため、熾烈な国際競争を展開している自動車メーカー等からのコスト、精度、納期などに関する厳しい要求への対応が、今後の熱処理加工業の競争力を左右する。また、これまでの系列的な取引関係が薄れ、取引関係のメッシュ化も進んでいることから、独自の技術や経営手法を持つことも重要となってくる。

例えば、自動車関連の海外進出は、最初に収益の上がる組立が現地化され、次に比較的品質レベルを確保しやすい加工、最後に型、材料、熱処理、設備等ハードルの高い素形材の順番で現地化されるのが一般的である。

アジア地区における自動車生産量の伸びに対して、部品現調化率の向上が進められ、熱処理部品も現地生産化されつつあるが、現在のところ海外口-カル企業の熱処理技術力では国内と同一の品質を得ることが困難なため、自動車企業の内製またはCKD(Complete Knock Down)あるいは先行進出した日系熱処理専門メーカーにて処理を委託しているという状況となっている。

自動車メーカー等の現地調達比率は今後も増加していくことが予想され、海外口-カル企業の技術力向上や技術力を有する企業の進出も増えることから、国内需要は減少する可能性がある。そのため、我が国の熱処理加工業の国際競争力が高いうちに、次の産業構造を見据え、世界をリードするような技術開発などの取組を今にも増して行っていく必要がある。

海外進出を検討するのであれば、現地サプライヤーとのジョイントベンチャー体制を取るなどリスクを抑えながらの進出が効果的と考えられる。また、加工工程等を持つことで、ユニット受注への対応やコスト低減を促進できる可能性がある。

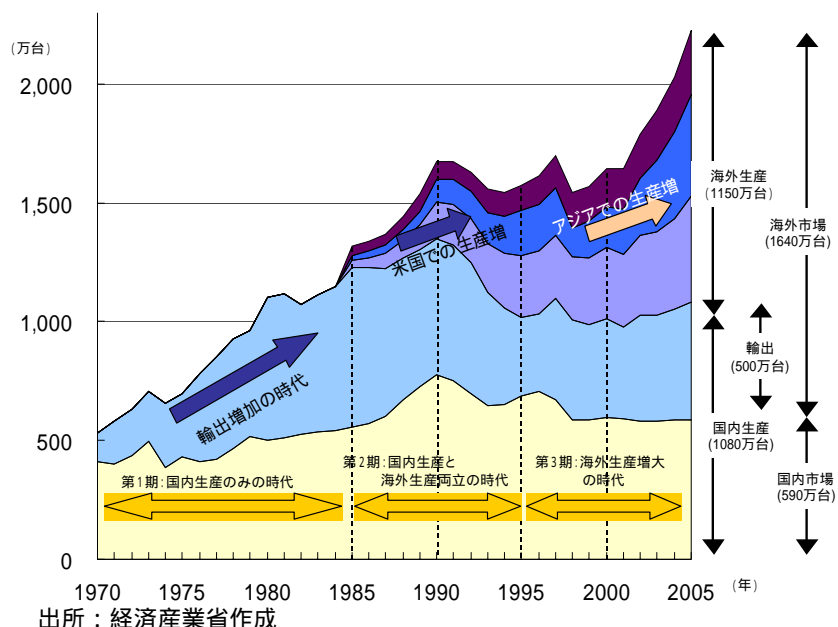
さらに、今後の我が国の経済発展を支えることが期待される次世代自動車やロボットなどの新産業におけるニーズへの積極的な対応が、新たな市場の創出や国際競争力の向上につながるようになると考えられる。

なお、今後の競争力を維持する上で懸念される点としては、大学、公的工業試験所等が熱処理技術をリードする力が弱く、熱処理に関する学術研究と基盤技術が乖離してきていることや工業炉に関して権威ある米国の業界誌 Industrial Heating には我が国からの掲載記事は殆どないことなどがあげられる。このため、産官学が戦略を共有するなどの取組が必要である。

また、金型については大学講座を新たに設置する動きもあるが、熱処理

については必ずしもそうではない。熱処理は金型に対しても重要な技術であるため、産学連携や教育・人材育成、業界のPR、行政的支援等を行っていく必要があると考えられる。

図表 2.1 - 10 自動車の生産台数推移



諸外国の動向と国際競争力への影響

欧州は、以下のような技術分野について強みを有する。

- ・ 高圧ガス冷却技術
高圧ガス規制の緩さはあるにしても、環境問題（焼入油不要による洗浄不要）を考慮した開発はかなり進み、かなりの熱処理装置が稼働している。ガス圧は 30～40 バールといわれ、窒素、ヘリウムを用いている。
- ・ 表面改質、コーティング技術
CVD、PVD といった気相めっきをはじめ、表面潤滑膜の開発は活発である。
- ・ プラズマ利用技術
プラズマ窒化、プラズマ浸炭の開発、実用化が進んでいる。ただし、プラズマ窒化の実用化レベルは日本のほうが高い。
- ・ 真空浸炭
真空浸炭の開発、実用化はかなり進んでおり、実稼働台数は日本より

かなり多い。ただし、雰囲気制御の視点では日本のほうが進んでいる。

・窒化

塩浴室化、ガス軟窒化、プラズマ窒化等の研究開発レベルは高い。

他にシミュレーション技術も強く、熱処理、表面改質等を研究する専門研究所があることも欧州の特徴といえる。

また、短期的には韓国、中長期的には中国、インドが人材育成、日本からの企業進出と技術移転、鋼材の品質向上、電力状況やインフラ整備の進展、自動化やコンピュータ化による設備投資の重要性の増加といった要因により、かなりの脅威になる可能性がある。

中国については以下のような動向がある。

- ・熱処理技術をものづくりの基盤技術であると位置づけており、自国の技術の遅れは十分認識し、熱処理技術を特別技術に指定
- ・上海交通大学、北京大学等を中心に、熱処理技術の研究開発に注力
- ・中国熱処理工業会、中国熱処理技術協会が中心となって、熱処理専門会社の経理、品質管理者向けに定期的に海外（日本、欧州、アメリカ）の新技术、動向等について会議を開催
- ・民間企業を中心にして、大学、公的研究所が連携して、研究設備、解析測定機械装置導入に積極的に予算をつけている
- ・中国の熱処理専門企業は 2,500～3,000 社ある
- ・現状の技術レベルは低く、2万台あるといわれる熱処理設備の多くは古い設備で雰囲気制御をせず、品質を度外視した操業をしているが、新しい設備や技術導入に積極的な企業も増加

最近 Bodycote という会社が台頭してきている。本社は英国にあるがヨーロッパ、北米はじめアジアにも進出がめざましく、独自の熱処理を一括して供給する。

現状日本の自動車業界は部品熱処理を自社開発技術もしくはそこから発展した国内技術で行っているため、日本の金属熱処理加工業界にとっての脅威にはなっていないが、世界的な市場性や WTO/TBT（Technical Barriers to Trade）協定からの要求により国際基準、規格化により川上業界がこれを採用せざるを得ない状況になる可能性も大きい。独自技術の ISO 化など対抗処置の検討を始める必要がある。

我が国競争力維持、強化のための方策

1) コスト低減

- ・省力設備を更に導入にして、人件費の削減を図る
- ・自動化、省人化、ロボットによる治具セット、解体化、品質検査の合理化（自動化、非破壊検査化）熱処理時間短縮、環境問題も考慮した省エネ等でのコスト低減化
- ・部品の設計段階から顧客と一緒に取組むことによる合理化、低コスト化

2) 差別化、高付加価値化

- ・金属熱処理技術の高度化
- ・熱処理技術に限らず材料全般、生産技術力等を持ち併せて顧客に対してコンサルできる力の確保
- ・JIS 規格より精度を上げる（実際そうになっているため競争力は強い）

3) 企業間、産学官連携支援

- ・コスト低減、技術開発、人材育成のために営業提携や技術提携など、新たな産業構造を見据えた事業体制の構築

4) 人材育成、教育

- ・大学、工業高等専門学校、工業高校、公的研究所、公的技術訓練所等と連携した教育強化

5) 国等の政策的支援

- ・基盤技術への支援
- ・中小企業を対象としたものづくりの基盤技術の指針やロードマップの提示と支援

6) その他

- ・人材確保、技術移転抑制
- ・次世代自動車やロボットなどの新産業におけるニーズへの積極的な対応

2.2 川下産業と熱処理加工技術との関係

我が国の金属熱処理加工業の用途先は、「自動車」が5割、次いで「一般機械」が3割で、この2業界で8割を占める。

今後は、これら川下産業からのニーズに対応するとともに、市場の拡大が見込まれる燃料電池、情報家電、ロボットなどの新産業創造戦略に掲げられている先進的な新産業分野において、我が国の金属熱処理加工業の強み（リードタイム、コスト、精度等）を強化しつつ、新たなニーズへ対応（低歪化、新材料への対応など）をしていくことが求められることになり、各川下産業と熱処理技術との関係を図表 2.2-1 にまとめる。

新産業分野においては、情報家電の一部を除き、未だ市場が未成熟な状態で、各国が熾烈な競争を繰り広げている状況にあり、大手企業による市場形成のための先行的な技術開発と並行して、金属熱処理加工業においても技術の高度化・高付加価値化を進め、重要な部品供給の担い手たる地位を確立していかなければならない。

図表 2.2-1 産業分野ごとの川下産業と熱処理技術との関係

< 自動車 >

熱処理技術と自動車との関係

部位		要求される機能	対応する熱処理技術
エンジン部品	クランクシャフト、ピストンピン、エンジンバルブ、カムシャフト、ギア、チェーン、ベアリング	軽量化、高強度、高耐久性、耐摩耗性、低歪化	高周波焼入れ、浸炭、浸炭焼入れ、窒化、レーザー焼入れ、PVD、CVD
車体・部品	シャシ・フレーム、ヒンジ	軽量化、高強度、高耐久性	浸炭、高周波焼入れ、窒化、
懸架、制動部品	サスペンション	軽量化、高強度、高耐久性	高周波焼入れ、焼入れ
駆動部品	ミッション、ギア、ドライブシャフト、ジョイント、プロペラシャフト	軽量化、高強度、高耐久性、耐摩耗性、低歪化	焼ならし、焼なまし、焼入れ 高周波焼入れ、浸炭、窒化

< 建設機械、工作機械 >

熱処理技術と建設機械、工作機械との関係

部位		要求される機能	対応する熱処理技術
エンジン部	クランクシャフト、カムシャフト	高強度化、高耐久性化、低歪化 耐摩耗性	高周波焼入れ、窒化、浸炭、
モーター部	シリンダー	高強度化、高耐久性化、低歪化 耐摩耗性	高周波焼入れ、浸炭焼入れ

駆動部	旋回輪	高強度化、高耐久性化、 低歪化 耐摩耗性	高周波焼入れ
	ギア、軸、軸受け	高強度化、高耐久性化、 低歪化、耐摩耗性	浸炭、高周波焼入れ
	履帯・履板・リンク	高強度化、高耐久性化、 耐摩耗性	高周波焼入れ 浸炭
	ガイドレール	高精度化、高強度化、 高耐久性、耐摩耗性	レーザー焼入れ、高周波焼入れ
機能部	ショベル、ハンマー、 フォーク、ローラー、 ドリル、カッター等	高強度化、高耐久性化、 耐摩耗性	焼入れ
	バイス	高強度化、高耐久性化、 低歪化	レーザー焼入れ、窒化
土台部	ベッド	高強度化、高耐久性化、 耐摩耗性	焼入れ

< 情報家電 >

熱処理技術と情報家電との関係

部位		要求される機能	対応する熱処理技術
機器内部品	ねじ、ボルト、ナット、 留め金、ギア、筐体、 ヒンジ	高精度化、高強度化	焼入れ、浸炭、窒化
モーター	磁石、ギア、軸、軸受け	高精度化、高強度化、 低歪化	焼入れ、浸炭、窒化
半導体製造装置の 駆動部	ギア、軸、軸受け	高精度化、潤滑油レス 化、低歪化	焼入れ、浸炭、窒化、PVD、 CVD

< ロボット >

熱処理技術とロボットとの関係

部位		要求される機能	対応する熱処理技術
表面部材・骨格用構造部材		高強度化	焼入れ、浸炭、窒化
駆動部部材 駆動用構造部材 マニピュレータ	ギア、軸、軸受け、ア クチュエーター	高精度化、軽量化、高 強度化、	焼入れ、浸炭、窒化、PVD、 CVD
燃料電池	セパレータ	高精度化、高耐久性、 低歪化	焼入れ、セラミック熱処理

3. 川下産業のニーズと熱処理加工技術の開発課題

3.1 熱処理加工技術に対する川下産業からのニーズ

顧客である川下産業の競争力の向上・維持に貢献するとともに、金属熱処理加工業として成長していくには、川下産業のニーズを的確に把握し、これまでに培ってきた技術力を最大限に活用するとともに、顧客のニーズに応えた技術開発に努めることが求められる。

ここでは、今後、成長が望まれる重点産業分野等に該当する川下産業のニーズと金属熱処理加工技術の開発課題を全般的ニーズの抽出、個別主要分野のニーズにそって概観する。

(1) 全般

全ての川下産業共通のニーズとして、熱処理加工技術に対して以下のようなものが挙げられる。

- ・コスト低減技術（一例として毎年5%程度値引き要求がある）
- ・品質向上（ゼロディストーション、ばらつき低減、高精度、清浄度向上による外観品質、全数保証、低級材料を用いながら高級材料と同等の品質を確保、低変形による後工程削減）
- ・新材料への対応（チタン等の軽量化素材、高強度新材料適合熱処理）
- ・高信頼性の処理技術、管理・検査技術（ソフト、ハード面）
- ・微小部品に関する熱処理技術
- ・個々のユーザー仕様、個々のユーザー規格への対応
- ・エネルギー低減技術
- ・環境対応技術自動車

(2) 自動車

自動車に対する燃費規制、排ガス規制などの環境規制は逐次強化されており、自動車産業では、環境対応が企業の競争力を大きく左右する状況となっている。このため、既存内燃エンジンの効率向上、ハイブリッドシステムの効率向上、燃料電池のコスト削減、バッテリー、モーター、昇圧用インバータ、その他電子部品の効率向上などが必要となる。またITS 技術やセンサーを用いてエアバッグを自動的に作動させる技術等では、電子部品の超小型化が必要となる。

金属熱処理加工業においては、これら自動車等川下産業の開発ニーズを踏まえ、高性能化（軽量化、低騒音化等）、ハイブリッド自動車、燃料

電池自動車といった、自動車産業の技術シフトに伴う使用材料の変化に対応した熱処理技術と設備技術を開発する必要があり、あわせて自動車に課せられた省エネルギー・省資源、環境対応への要請に寄与することも重要である。

具体的には、以下のような技術開発が金属熱処理加工業に求められている。

- ・ 変速機関連
CVT(無段変速機) 多段変速化が進み、ギアやプーリーの熱処理需要が増加
- ・ ハイブリッド自動車
次世代ハイブリッド自動車用の小型高トルクモーター向け変速機の熱処理(現在の2~3倍程度の高回転数でも動力伝達ギアの耐久性を確保する熱処理技術)
- ・ 燃費改善のための軽量化、高強度化
軽量化のための薄肉化のための熱処理、ギア摩擦を低減させるための熱処理や表面処理、直噴燃焼システムによる高燃料圧力での耐摩耗性向上、耐久性向上のための熱処理、ハードコーティング等
- ・ ディーゼル自動車
低コスト、環境適合といったことから見直される可能性があるが、燃料噴射圧が大幅に高まり、既存の熱処理技術で対応できない場合には、セラミックスコーティング等の技術が必要になっており、今後更に増加すると思われる。
- ・ サスペンション
コーナーでの高度な姿勢制御の利用が増加しているが、多段のギアが必要で、熱処理需要の増加につながる可能性がある。
なお、長期的には、燃料電池車や自動車の開発、普及が進むことにより、トランスミッションやエンジン等に関する熱処理需要が減少する可能性があるが、モーターの導入が増加することにより磁石を生産するための熱処理需要が増加することが見込まれる。このため、我が国金属熱処理加工業は長期的な変化を視野に入れながら、高付加価値化、他用途での事業拡大に取り組んでいく必要がある。

(3) 建設機械、工作機械

建設機械についても自動車と同様に、省エネ、環境性能向上が求められるが、それに加えて低騒音化も重要な課題である。そのためには、低歪化による熱処理での対応が求められる。

また、工作機械も含めてポンプやモーターに用いられる摺動部品の騒音が問題であり、熱処理技術による対応が望まれている。

工作機械では、回転速度の高速化が進み、既存素材で対応できない場合は、アルミニウムやチタン、特殊鋼などの素材による対応も行われており、それにとまなう熱処理技術の構築が求められている。

(4) 情報家電、IT

情報家電は、一部の製品への導入から実用化の段階に移行しつつあるが、さらなる展開のためには、情報家電の基盤となる次世代半導体技術、液晶パネルや音声認識・センサーデバイスなどの入出力デバイスの低消費電力・高機能化技術、大容量コンテンツを扱うことを可能とする光ストレージ・光ネットワーク技術、組み込みソフトウェアなどの技術開発が求められている。

金属熱処理加工業には、これら開発状況に対応するため、小型部品や複雑形状に対応する広範囲・高精度の温度・時間・雰囲気・磁場等の多元計測を可能とする技術、新たな機能や軽量・小型化を可能にする技術が求められる。

また、金属熱処理加工業は広義の意味での表面改質技術でもあるが、その一つとして、半導体製造装置の駆動部は耐磨耗対策として潤滑油の塗布が行われるが、潤滑油はクリーンルーム内を汚染する可能性があるため、潤滑油のかわりに摩擦係数が小さい DLC (Diamond-Like-Carbon) 膜³が採用されてきている。このように、金属熱処理加工によって従来からの問題解決と新たな価値の創造が求められている。

(5) ロボット

ロボット分野では、高度な知能ソフトウェアやネットワーク技術、分散システム技術、センシング技術などの情報通信技術の活用によるロボットの更なる高度化と活用範囲の拡大が求められている。また今後、需要の増加が見込まれるサービスロボット(清掃、警備、介護等に使用されるロボット)は、安全性、信頼性、利便性に係る技術的な要求が、従来の産業用ロボットに比べて格段に高いことから、要素技術の高度化が必要であるとともに、ロボットの電源としてマイクロ燃料電池の実現も望まれる。

現在、金属熱処理加工業に対しては、小型部品や複雑形状に対応する広範囲・高精度の温度・時間・雰囲気・磁場等の多元計測を可能とする技術、

³ 膜の厚さは 2~5 ミクロン。硬さは Hmv1500~2000。

軽量・小型化を可能にする技術が求められる。

現在具体的な適用はないが、駆動部の耐磨耗対策として表面改質処理、DLC 膜の活用が出てくると考えられる。

(6) その他

医療分野では、その組成が 100%炭素の DLC (Diamond Like Carbon) は人体の肘、膝等の潤滑性向上、改善策として活用した実験が進められているとされる。生体材料への利用は、生体適合性、安全性の視点も必要であり、実用化にはある程度時間がかかると考えられる。

また、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械、金属製品等の高度化の要求に伴って、部品の強度や耐久性等の向上及び高精度化を図っていく必要がある。また、低コスト化、短納期化の要求への対応や循環型社会構築のためにリサイクル性等、環境への配慮も必要となる。

3.2 熱処理加工業に求められる技術開発課題

金属熱処理加工は、成形された製品・部品の性能を最大限に発揮するような素材の改質を行う重要なプロセスを担っており、素形材産業全般にわたって重要な加工である。同時に、常に「高精度」「短納期」「低コスト」への対応が求められている。

これらの期待と要求に対して、金属熱処理加工業が達成かつ熾烈な競争、昨今の環境への対応を推進・実現するためには、今後 3.1 で取り上げた川下産業からのニーズ及び金属熱処理加工業が取り組むべき共通的な技術を精査し、実行・実現することが重要である。

4．熱処理技術開発指針（ガイドライン）

金属熱処理産業が更なる発展を遂げるためには、各熱処理加工業者が川下産業のニーズを的確に把握し、これまでに培ってきた技術力を最大限に発揮するとともに、新たな技術開発に努めることが求められる。

3．においては、主要な製品出荷先である「自動車」、「建設機械、工作機械」等に加え、新産業分野として今後成長が見込まれる「情報家電」、「ロボット」分野を中心とする川下産業のニーズを把握した。本項においては、これらのニーズと金属熱処理加工業が取り組むべき技術開発課題を精査し、加工法等の技術向上を中心に整理した「高度化・高付加価値化」、ITによる技術向上を中心に整理した「IT化」及び環境面への対応を中心に整理した「環境配慮」の3つに分類し、技術開発の方向性や具体的な技術開発課題例を示す。

4．1 熱処理技術開発課題の方向性

（1）高度化・高付加価値化

日本の金属熱処理加工技術は、バルク処理から表面改質、加熱・冷却を組み合わせた組織制御技術、さらにそれらを複合化した熱処理といった形で技術が進展してきた。

今後は、これまでの技術のさらなる高度化を図るとともに、新素材への対応、高精度の組織制御による新機能創成及び新加工方法の開発などを進めることにより、金属熱処理加工技術の高度化、高付加価値化につながると考えられる。

（技術開発の方向性）

- ・ 歪み予測、歪み抑制
- ・ 熱処理の複合化
- ・ 前後工程との連携
- ・ 装置の高度化
- ・ 冷却技術
- ・ 新材料対応
- ・ 新加工法の導入

< 歪み予測、歪み抑制 >

熱処理加工は金属材料に加熱・冷却の熱的操作を加えることにより、耐久性、耐摩耗性、耐疲労性などを与えるが、その熱的操作時に製品の歪みが発生する。

この歪みを予測、抑制・制御することは熱処理加工において非常に重要な課題となっている。特に製品の高精度化、微細化が進展する際は歪みを制御することは非常に重要となる。このため、歪み予測技術や歪み抑制技術を高度化していくことが必要である。

効果があるものに○印（以下同）

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
ゼロディストーションを目指す超低歪技術	歪みを極力抑制・制御する熱処理技術	○		○
シミュレーション技術	熱処理時の歪みを予測する技術	○	○	○

< 熱処理の複合化 >

ユーザー企業から品質、低コスト化、短納期が求められることから、効率的な熱処理加工を行っていく必要がある。また、自動車や産業機械・工作機械の高度化に伴って、より高度な部材や材料の使用が求められてくるとともに、ロボット等の新たな産業分野や医療分野等においては、新しい部材や材料の適用が求められる可能性が高い。このため、数種類の熱処理技術を組み合わせた複合熱処理技術や他の技術との複合加工技術を開発することにより、効率的な熱処理加工の実現と、新部材・新材料に対応していく必要がある。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
複合熱処理技術	窒化、浸炭、高周波熱処理等の複数の熱処理加工技術による複合加工技術	○	○	
表面皮膜処理との複合技術	めっきやセラミックスコーティング等の表面皮膜技術と熱処理加工との複合加工技術	○	○	
材料、鍛造、圧延等の他技術との複合技術	材料、鍛造、圧延等の他技術と熱処理加工との組合せによる複合加工技術	○		

< 前後工程との連携 >

品質の高度化、短納期などが求められることから、熱処理加工前後にどのような工程があるかを考慮して、ある製品の生産プロセス全体の最適化に資する熱処理加工を行っていくことが有効となる。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
前後の工程を考慮した熱処理技術	熱処理加工前後でどのような加工が行われるかを考慮して、前後の工程に適した熱処理を行う技術	○		○
インライン化技術	前後工程を含めて熱処理工程を連続化、自動化し、短時間化、省力化などを図る技術	○	○	
歪み低減熱処理技術	前後工程を踏まえながら、全工程での歪低減を行うための熱処理技術	○		
結晶粒粗大化防止熱処理技術	結晶粒が粗大化して素材の均一性が失われないようにする熱処理技術	○		

< 装置の高度化 >

熱処理を行うにあたって、ガスや温度等を意図するままに制御することは製品の品質化を図る上で非常に重要である。このため、雰囲気ガス制御技術や温度制御技術等の高度化といった、装置の高度化を行っていく必要がある。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
雰囲気制御技術	雰囲気炉において、炉内雰囲気ガスを所期の組成に維持する技術	○		
混合ガス関連技術	雰囲気ガスの混合技術、混合比の検討、使用後のガス処理技術及びその関連技術	○		
真空度向上技術	真空熱処理炉の真空度を向上させる技術	○		
炉内温度制御技術	熱処理炉内の温度分布を均一もしくは任意の温度分布に制御する技術	○		
高周波焼入れの温度制御技術	高周波による誘導加熱によって焼入れる時の温度制御を行う技術	○		

< 冷却技術 >

熱処理加工技術は、熱処理後の冷却方法が金属の性質等を左右する非常に重要な工程となる。空冷、水冷、油冷、ガス冷等、様々な冷却材と冷却制御により冷却が行われているが、高品質、低コスト化、短納期化に対応するために、一層の冷却時間の短時間化や低コスト化を図っていく必要がある。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
冷却材開発	冷却に用いる材料の開発	○	○	○
冷却制御技術	冷却を制御する技術	○	○	○

< 新材料対応 >

軽量、高強度等のニーズに対応するアルミ、チタン、ステンレス等の新材料の使用が増してきているが、より求められる部品性能（耐久性、耐摩耗性、耐疲労性等）を実現するためには、熱処理加工による改質も有効であると考えられる。このため、新材料に対応した熱処理加工技術を開発し、熱処理加工適用分野の拡大を図っていくことが必要である。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
アルミ、チタン、ステンレス等の新材料への熱処理技術	アルミ、チタン、ステンレス等の新材料の材料改質を行うための熱処理技術	○		

< 新加工法の導入 >

新しい加工方法を積極的に導入し、熱処理技術の新しい価値を提案していくことが重要である。現在の、低コスト化の要求を鑑みれば、熱処理加工による材料改質によって、安価な材料の高強度化・高品質化が可能となれば、ユーザー企業は材料コストの低減を図ることが可能となるとともに、材料の選択肢が広がり、材料調達リスクを分散することを可能とすることが考えられる。

また、従来の熱処理加工時間が短縮されれば、短納期・低コスト化が可能となるため、高速熱処理加工技術の開発が望まれる。さらに、清浄な真空化かつ高温で浸炭できる真空浸炭等、生産性が高く脚光を浴びている技術についても、出来るだけ早く実用化を図っていく必要がある。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
安価な材料の高強度化・高品質化技術	安価な材料の改質により高強度化・高品質化を行う技術		○	
高速熱処理加工技術	従来よりも熱処理時間を短縮する熱処理技術		○	○
真空浸炭技術	真空炉で浸炭加工を行う技術	○		

(2) IT化

ユーザー企業からのコスト、精度、納期に対する厳しい要求に応え、同時に収益性を向上させるためには、IT導入によるプロセスイノベーションの実現による競争力の強化が必要不可欠である。

また、シミュレーション技術の開発については、素形材分野における新技術開発が抱える問題を解決するための重要な手段になり得るものである。新技術の試行をシミュレーションに置き換えることにより、不必要な実験を省くことができれば技術開発の経費削減が図れる。

熱処理プロセスのシミュレーション、検証技術の開発は、品質安定性と生産性向上、省資源・省エネルギー化に貢献する。

(技術開発の方向性)

- ・技能のデジタル化
- ・シミュレーション技術
- ・データベース構築
- ・FA (Factory Automation) 化

<技能のデジタル化>

金属熱処理加工業において、焼入れ条件や治具設計などに多くの技能・ノウハウが必要となる。しかしながら、熟練技能者の高齢化が進展していく中で、指導する人材が不足している、人材育成を行う時間がないとの理由などから、技能・ノウハウ等の伝承がうまく行われているとはいえない状況である。

また、金属熱処理加工業において人に依存する部分を減らすことで、短納期・低コストへの要求対応や、労働負荷の減少が可能となることから、技能のデジタル化を推進していくことは必要である。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
勘と経験に頼らない焼入れ条件、治具の最適化	勘と経験から設定される焼入れ条件や治具等について、自動化できるようにする技術や学術的な検証	○	○	○
センサー、計測機器を活用したデジタル化技術	センサー、計測機器を活用して、技能的な解決法をデジタル化する技術	○	○	○
非破壊検査技術	X線等を利用して熱処理後の検査を非破壊で行う技術	○	○	

<シミュレーション技術>

短納期、低コスト化、高精度化が求められていることから、出来る限り起こり得る不良現象を未然に抑制する必要性が高まっている。また、シミュレーション技術によって試行回数等を削減できることから、短納期・低コスト化に対応していくためにも、今後シミュレーション技術の高度化が必要である。

シミュレーション技術は現象解析による人材育成に資することからも、技術の高度化が求められるところである。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
加熱・冷却シミュレーション技術	加熱時と冷却時の熱伝導等をシミュレーションする技術	○	○	○
歪み発生・残留応力発生シミュレーション技術	熱処理加工時の条件と被加工品の歪みや残留応力を検証するシミュレーション技術	○	○	○
量産加工シミュレーション技術	連続炉等を利用した熱処理加工の量産性を評価するシミュレーション技術	○	○	

<データベース構築>

短納期への対応として効率的に熱処理特性の把握や素材成分や特性の把握を行い、トライ回数を減少させるためにも、データベースを構築していく必要がある。データベースを充実することによって、シミュレーションの精度向上も見込まれることや、技能の伝承にも資することから、積極的にデータベースを構築していくことが望まれる。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
熱処理特性を体系的にまとめるデータベース技術	熱処理特性を体系的にまとめてデータベースの構築	○	○	○
素材成分・特性データベース技術	素材の成分や特性に関するデータベースの構築	○	○	○

< FA 化 >

熱処理加工工程において、被熱処理加工品を手作業によって治具に置く等、現在手作業に依存している工程を自動化することができれば、我が国金属熱処理加工業の競争力が向上すると考えられる。また、熱処理、生産管理、設備管理の情報を統合化することができれば、効率的な生産活動管理ができる。このため、熱処理加工業の総合的な自動化・情報化を進めていくことにより、短納期、低コストが可能となる事業を図っていくことが必要である。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
効率的な生産を可能とする 熱処理工程の FA 化技術	熱処理技術、生産管理技術、設備技術等の情報を統合化するとともに、手作業で行われている作業工程をロボット等で自動化し、熱処理工程の総合的な FA (Factory Automation) 化を進める技術		○	○

(3) 環境配慮

世界的な経済発展とエネルギー消費増大に伴い、環境配慮に取り組む必要性は増している。熱処理技術に対しても例外ではなく、省資源・省エネルギー及び環境負荷低減に資する技術に取り組んでいく必要がある。

(技術開発の方向性)

- ・ 添加物の減少・リサイクル性の配慮
- ・ 塩素系溶剤からの転換
- ・ 低温短時間処理化
- ・ 熱処理炉の省エネ化
- ・ 環境負荷評価
- ・ 現場環境の改善

< 添加物の減少・リサイクル性の配慮 >

材料に求められる機能（軽量化と高強度の同時実現等）が増していることから、材料へ添加物が加えられることや、複合材等の利用が増している。しかしながら、添加物が加えられた金属や複合材はリサイクルに適していないという面がある。このため、環境配慮の観点から、リサイクル性を見据えた生産活動が必要であり、高度な熱処理技術を確立することによって、リサイクルしやすい材料状態で様々なニーズを実現していくことが必要である。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
材料への添加物を減少させる高度熱処理技術	少ない添加物で材料に求められる機能を実現する熱処理技術	○		
熱処理技術の高度化によるリサイクル性の高い材料の用途拡大	リサイクル性の高い材料で求められる機能を実現する熱処理技術	○		

< 塩素系溶剤からの転換 >

加熱後の冷却として油冷を行った場合は、被加工製品から脱脂する必要があり、塩素系溶剤は環境負荷が高い。このため、環境配慮の観点から、環境負荷の少ない溶剤の適用可能技術等を開発し、塩素系溶剤から転換していくことが必要である。また、溶剤を使わないことが最も望ましいため、溶剤レスを可能とする技術開発も重要である。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
真空脱脂洗浄装置を用いた炭化水素系溶剤への転換等の洗浄技術	塩素系有機溶剤に替わる炭化水素系真空脱脂洗浄システムによる洗浄技術	○		
溶剤レス化を可能とする技術	溶剤を使わないで脱脂することを可能とする技術		○	○
(加圧)ガス冷却技術	真空処理における冷却速度向上のために導入された技術で、6～40 パールの気圧中で冷却する			

< 低温短時間処理化 >

熱処理加工のエネルギー消費を抑えるために、低温もしくは短時間で熱処理を行っていく必要がある。窒化処理は処理温度が低いものの、処理に時間がかかるなどの欠点もあるため、処理時間を短縮していくことが望まれる。また、金属の結晶構造が変化する温度である A1 変態点以下でも浸炭処理することが可能となる処理技術が実用化されれば、一層の省エネルギー化が推進される。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
窒化技術	鋼の表面層に窒素を拡散させ、表面層を硬化する操作。処理方法には、アンモニア分解ガスによるガス窒化及び青酸塩による液体窒化がある	○	○	
軟窒化技術	被加工品に窒素又は炭素及び窒素を拡散させ、対摩耗性、対疲れ性などを向上させる熱処理。塩浴軟窒化、ガス軟窒化などがある。	○	○	
A1 変態点以下での浸炭処理	A1 変態点以下で、歪や変形を少なく、高品質、経済性を得るための浸炭処理	○	○	

< 熱処理炉の省エネ化 >

省エネルギーに対応するために、加熱源の効率化、熱を無駄にしない・効率的に使うといったことが重要である。このため、高性能工業炉の活用や加熱源の効率化、炉壁の高断熱性の確保や廃熱利用の技術を高度化し、熱処理炉の省エネ化を図っていく必要がある。また、ガス浸炭等の加工用ガスについても、環境負荷の少ないガスへの転換を図っていくことが望ましい。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
高性能工業炉を活用した省エネ燃焼炉技術	高温燃焼用空気を応用した燃焼技術の採用により大幅に省エネルギー化する高性能工業炉を活用した省エネ燃焼炉技術	○	○	
加熱源の効率化技術	電気、ガス等の燃料からの熱変換率を高めた効率的な加熱源技術	○	○	
炉壁の高断熱技術	炉壁からの放熱を抑制する高断熱技術	○	○	
廃熱利用技術	廃熱を有効利用して消費エネルギーを低減させる技術	○	○	
省エネ熱処理治具技術	効率的な熱流路の確保等、省エネを実現するための治具技術	○	○	
低環境負荷ガスへの転換技術	ガス浸炭等の加工用ガスの低環境負荷ガスへの転換技術	○	○	

< 環境負荷評価 >

熱処理プロセス、工業炉等の実施、製作・使用・廃棄の設備生涯にわたる LCA（ライフサイクルアセスメント）はまだ着手されておらず、いかに環境負荷を減らし、かつ、トータルコストを下げる手法を検討していくことは地球環境を守るという観点からも重要となる。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
LCAによる環境負荷評価の推進及び総合環境負荷低減技術	LCAによるプロセス・設備等の設計から廃棄までのトータルの環境負荷を評価及び低減する技術	○		

< 現場環境の改善 >

コジェネレーションの設置により、工場内で1次エネルギーの効率的な利用や省エネ設備の積極的な導入による省エネルギー化が必要である。また、現場環境や作業時の安全性を向上させ、従業員が安心して快適に作業を行えるようにすることで、生産性の向上や事故の防止を図っていく必要がある。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
コジェネレーションや省エネ設備導入による工場全体のエネルギー効率利用技術	ひとつのエネルギーから複数のエネルギー（電気・熱など）を取り出すシステムであるコジェネレーションや省エネ設備導入により、エネルギーの有効利用や省エネ化を図る技術	○		
現場全体の環境改善技術	油等の汚れ防止や工業炉等の放射熱等の抑制等の職場環境を向上させる技術	○		
安全性向上のための標準化技術	熱処理加工時の工業炉等の標準安全技術・基準の確立	○		

技術開発の方向性と方向性に対応した技術開発課題例を一覧として、図表4.1-1にまとめる。

図表4.1-1 技術開発の方向性と方向性に対応した技術課題例

技術開発の方向性		方向性に対応した技術課題例
高度化・高付加価値化	歪み予測、歪み抑制	ゼロディストーションを目指す超低歪技術 シミュレーション技術
	熱処理の複合化	複合熱処理技術 表面皮膜処理との複合技術 材料、鍛造、圧延等の他技術との複合技術

	前後工程との連携	前後の工程を考慮した熱処理技術 インライン化技術 歪み低減熱処理技術 結晶粒粗大化防止熱処理技術
	装置の高度化	雰囲気制御技術 混合ガス関連技術 真空度向上技術 炉内温度制御技術 高周波焼入れの温度制御技術
	冷却技術	冷却材開発 冷却制御技術
	新材料対応	アルミ、チタン、ステンレス等の新材料への熱処理技術(真空浸炭等によるチタン、ステンレス、アルミの表面硬化技術)
	新加工法の導入	安価な材料の高強度化・高品質化技術 高速熱処理加工技術 真空浸炭技術
IT化	技能のデジタル化	勘と経験に頼らない焼入れ条件、治具の最適化技術 センサー、計測機器を活用したデジタル化技術 非破壊検査技術
	シミュレーション技術	加熱・冷却シミュレーション技術 歪み発生・残留応力発生シミュレーション技術 量産加工シミュレーション技術
	データベース構築	熱処理特性を体系的にまとめるデータベース技術 素材成分・特性データベース技術
	FA化	効率的な生産を可能とする熱処理工程のFA化技術(処理技術、生産管理技術、設備管理技術)
環境配慮	添加物の減少・リサイクル性の配慮	材料への添加物を減少させる高度熱処理技術、熱処理技術の高度化によるリサイクル性の高い材料の用途拡大

塩素系溶剤からの 転換	真空脱脂洗浄装置を用いた炭化水素系溶剤への転換など洗浄剤転換技術 溶剤レス化を可能とする技術 (加圧)ガス冷却技術
低温短時間処理化	窒化技術 軟窒化技術 A1 変態点以下での浸炭(復炭)処理
熱処理炉の省エネ 化	高性能工業炉を活用した省エネ燃焼炉技術 加熱源の効率化技術 炉壁の高断熱技術 廃熱利用技術 省エネ熱処理治具化技術 低環境負荷ガスへの転換技術
環境負荷評価	LCA による環境負荷評価の推進及び総合環境負荷低減技術
現場環境改善	コジェネレーションや省エネ設備導入による工場全体のエネルギー効率利用技術 現場全体の環境改善技術 安全性向上のための標準化技術

4.2 具体的な技術開発事例

4.1 に示した技術開発課題の方向性に対応する具体的な技術開発事例及び将来目標例を以下に示す。

(1) 高度化・高付加価値化

(歪み抑制、冷却技術)

精度、品質向上に寄与する技術(冷却制御技術の高度化等)

概要 : 低歪化は、ユーザーニーズも大きく、後工程の簡素化にも有効である。高圧ガスクエンチ、オルタネイトクエッチャント等の冷却技術を含めて無変形熱処理技術を目指す。

将来目標例 : 材料応力、機械加工残留応力を事前除去した状態で、5年後の目

標歪率 50%低減

(熱処理の複合化)

高強度化に寄与する技術

概要 : 機械部品、工具、金型においては、寿命延長、使用環境の変化等の視点から、耐摩耗性、高強度化が求められている。現在でも窒化TiAlCN - DLCの複合化は進んでいるが、まだまだ問題はある。冷間、アルミダイキャスト等の金型については効果が出ているが、熱間金型に有効な膜はまだ出てこない。熱処理による表面改質、熱処理技術の組み合わせ等による高強度化を実現する。

将来目標例：金型や動力伝達部品、新規用途への採用増加、熱間金型の寿命向上2倍

複合熱処理技術の開発と新加工法の導入

概要 : 窒化、浸炭、高周波、PVD、CVD、コーティング等従来の熱処理技術を組み合わせて最適化し、無潤滑化、超低摩擦化を図り、金型や自動車等の動力伝達部品に広く適用する。受託処理業でもサーモメカニカルトリートメントを取り込む。

将来目標例：無潤滑化、超低摩擦化実現、顧客との信頼関係を深め部品一括受注を達成する

(前後工程との連携)

前後工程とのコラボレーション化

概要 : 顧客との連携等により、熱処理とその前後を含む製造工程全体を見据え、プロセスの合理化や省エネ化、低コスト化を実現。

将来目標例：熱処理の前後工程を把握し、最適な熱処理を実現

(新材料対応)

真空浸炭によるチタン、ステンレスの表面硬化

概要 : 真空浸炭の実用化により、従来のガス浸炭では困難、不可能とされてきたチタン、ステンレスの浸炭による表面硬化が可能になってきた。チタン、ステンレスに対する表面硬化等の熱処理技術開発を行い、航空宇宙関連機器や人体対応機器等への用途拡大を図る。

将来目標例：5年後に熱処理製品の売上の5%達成

アルミニウムの表面硬化

概要：アルミニウムの表面硬化はかなり困難であり、純アルミ、合金アルミへの窒素拡散、窒素化合物を生成させることは至難の技である。しかし、車両の軽量化という視点から、この開発は欠かせないテーマである。

将来目標例：5年後に硬化層深さ5ミクロン、硬さHmv1000UP

(新加工法の導入)

熱処理時間の短縮に寄与する技術(真空浸炭技術の解明、制御)

概要：熱処理時間を大幅に短縮できる真空浸炭について、メカニズムの解明とともに、材料、雰囲気制御、高性能工業炉の開発、プラズマ浸炭や表面改質技術の向上等を図る。設備業者、自動車会社等のユーザー企業との協力が必要と考えられる。

将来目標例：高温浸炭の実用化 従来のガス浸炭時間の60%削減化

(2) IT化

(技能のデジタル化)

勘と経験に頼らない焼入条件、治具等の最適化

概要：加工材料ごとに正確な焼入方法、時間、歪予測等熱処理特性の事前検討を行い、勘と経験に頼らない条件設定の自動化、治具設計、治具最適化、省エネ熱処理方法開発への利用等を実現する。

将来目標例：材質、浸炭深さ、形状を入力することにより処理条件が示されるソフトは既に稼働している。これに治具最適セット、最適省エネ条件等を考慮したソフトを完成する。

(シミュレーション、データベース)

シミュレーション技術の高度化、熱処理技術データベースの充実

概要：熱処理による特性、変形等の予測を行い、試作・開発期間の短縮化、

費用削減、ゼロテイストーション技術の実現、クエンチ最適化等を実現する。同時に、新材料に関するデータベース等も充実させ、予測、実態との高い相関を実現させる。

将来目標例：将来的に実態を 90%程度予測可能にする、人材育成・教育への活用

(FA化)

浸炭および窒化等における雰囲気制御技術の高度化

概要：熱処理完成品の非破壊検査の開発は急務である。超音波硬さ計の安定性、そしてその認定等、浸炭深さ自動測定装置はFA化を加速する。真空浸炭の安定した雰囲気制御システムが開発されれば、ガス浸炭から真空浸炭へ大きく切り替わる。また、窒化雰囲気制御システムの開発も急務である。

プラント全般のFA化、非破壊検査化を行うとともに、浸炭では酸素センサーに代わるセンサーの開発、窒化ではアンモニア測定に代わる自動雰囲気制御法開発を実施。

なお、コスト対策、人手不足対策として工場のFA化は大事であるが、反面自動化の進みすぎで作業者の熱処理知識、不具合処理、究明意識が低下する現実があり、この対応策もあわせて考える必要がある。

将来目標例：浸炭硬化層深さおよび窒化硬化層深さのばらつき 30%削減

(3) 環境配慮

(添加物減少・リサイクル性の配慮)

添加物減少とリサイクルの推進

概要：熱処理を工夫することで材料の組織(ミクロ構造)を制御し、材料への添加物を減少させる。また、リサイクルしやすい材料の熱処理を確立する。

将来目標例：材料のリサイクル化促進(複合材料はリサイクルに不適)

(低温短時間処理化)

A1 変態点以下での浸炭(復炭)処理

概要 : 炭化物を核にして外から供給されてくる炭素と結合して復炭される。

将来目標例 : 実用例の増加

真空浸炭、高温浸炭の実用化

概要 : 材料メーカー、自動車メーカーとの連携を図りながら、真空浸炭、高温浸炭の実用化を図る。

将来目標例 : 5年後の目標、真空浸炭炉の占有率5%、浸炭時間の60%の短縮化

(熱処理炉の省エネ化)

熱処理炉のエネルギー消費低減、二酸化炭素排出削減

概要 : 熱処理炉の炉壁の高断熱化、加熱源の高効率化、低温熱処理技術開発、ガス冷却技術の改善、廃熱の有効利用、コージェネレーション導入等により、エネルギー消費低減、二酸化炭素排出削減を実現する。

将来目標例 : 2010年までにエネルギー消費20%減、2012年までに全ての燃焼炉の高性能工業炉化

ガス浸炭用ガスの転換

概要 : ガス浸炭用のガスについて、より環境負荷が小さいガスへの転換を実現する。

将来目標例 : プロパンから天然ガス(メタン)へ転換し、CO₂削減、変成炉スペースを削減する。

(職場環境の改善)

職場環境改善、環境負荷低減

概要 : 溶剤の必要のない浸炭防止剤開発、真空脱脂洗浄装置導入による炭化水素系溶剤への切り替え等により、塩素系溶剤の使用を削減する。また、油焼入れをなくす、排ガスの出ない加熱方法を導入する、燃焼炎を発生させないこと等で職場環境改善と環境負荷低減を実現する。

将来目標例 : 2012年までに塩素系溶剤の使用全面禁止

4.3 留意すべき点

金属熱処理加工業が継続的に技術開発を行っていけるような環境を確保していくため、「取引慣行」「知的財産保護」「設備投資の促進」「人材問題」「研究開発」について留意すべき点をまとめた。

(1) 取引慣行の適正化による健全な経営の確立

系列的な取引関係が薄れ、取引関係の多様化が進む中で、金属熱処理加工業は様々な競合関係の中で発展を遂げていく必要がある。しかしながら、系列的な取引が中心であった日本では、近年では減少傾向にあると言われているものの、依然として契約を締結しないもしくは、あいまいな内容で契約を締結して受発注を行う取引慣行がある。

結果として、ユーザー企業との間で以下のような問題が発生する可能性がある。

- ・ 熱処理代の総額のみでの契約で、単価設定が不透明であったり、
 図面以上の実測重量の熱処理が必要になる場合がある
- ・ ユーザー企業から生産計画が出されず、納期が不明確で仕事待ち
 の状態を強いられる

そのため、ユーザー企業と対等な立場で交渉できる明確な契約の締結を進めていくことが重要となる。

取引慣行の適正化による健全な経営の確立を目指して、以下のような課題と対応策が考えられる。

契約の適正化

金属熱処理加工業においては、以下のような点で契約条件があいま
だったり、適正でないと言われる事例がある。

- ・ 工程を細分化したコスト計算がされておらず、単価契約がラフである
- ・ ロット数によりコストが変動するが、少ロットでも量産ロットと同じ
 価格で受注を要求される場合や、ロット数が不明確なまま契約し
 たりするケースがある
- ・ ユーザー企業から十分なリードタイムがなく発注され、金属熱処理
 加工業者が生産計画を立てにくい
- ・ 輸送費の負担がルール化されていない
- ・ 不良が出た場合の責任の所在が不明確

金属熱処理加工業者においては、契約条件を事前に可能な限り明確化するとともに、原価管理を厳密に行い、コスト変動要因を明確にすることなどで、ユーザー企業に対して、適正な契約条件と価格設定を働きかけることが必要と考えられる。

正当な対価の要求

金属熱処理加工業においては、原材料や燃料などのコストの上昇、為替レートの変動が、ユーザー企業に対する価格に反映されない場合があるとされる。

また、業界の取引慣行として、重量で単価を算出するケースが多いが、実際は製品によって大きく加工単価が異なる。このため、一部の金属熱処理加工業者では、ユーザー企業に対して単位時間当たりの熱処理単価による時間取引での価格交渉を行い認められた例がある。

金属熱処理加工業者がユーザー企業にデータに基づいて交渉を行うことなどで、双方が合意できる適正な価格水準を設定することが望まれる。

金属熱処理加工業者とユーザーの情報交換の場の設定

金属熱処理加工業者とユーザー企業の間には、一貫受注をした商社や自動車部品メーカー、素形材加工メーカーなどの中間業者が存在している場合が多い。そのため、金属熱処理加工業者にはユーザー企業の声が伝わらず熱処理前後の工程がわかりにくい一方、ユーザー企業は金属熱処理加工業者の状況や保有する新技術を把握しにくいといった面がある。

そのため、最終ユーザーが金属熱処理加工業者と技術的打合せを行う場を持つ、設計の段階から金属熱処理加工業者を入れて検討する、熱処理前後の工程等の情報開示を行うといったことが望まれる。

新たな規格の検討

金属熱処理加工においては、JIS規格への対応は必要条件であり、ユーザー企業別の特別規格への対応が常識化している。個別ユーザー企業の特別規格への対応は品質的な確実性は高いもののコスト増加につながるため、コスト削減のためには標準化できる部分があるかについて、金属熱処理加工業界とユーザー企業業界等が検討を行うことも1つの方策として考えられる。

また、ユーザー企業から金属熱処理加工業者に対して、事業のグローバル化への対応、品質管理プロセス重視の観点から、品質マネジメントシステムの国際規格である ISO9000 への対応が要求される場合も多い。中小企業が中心である金属熱処理加工業にとってはコスト的に対応が難しい場合もあるが、金属熱処理加工業における品質マネジメントの確立やユーザー企業の製品に関するトータルの品質マネジメントに貢献するためにも、ISO9000 の積極的な取得を検討していく必要がある。

なお、英国には熱処理のパーツを提供している企業が存在する。規格化、標準化を進めることで、受託による金属熱処理加工のみでなく、熱処理パーツを提供する事業形態も生じる可能性がある。

(2) 知的財産の戦略的な活用

金属熱処理加工に関する特許は、鉄鋼素材メーカー、次に重機械、電機、自動車メーカー等のユーザー企業が取得するケースが多く、熱処理炉メーカーや金属熱処理加工業者が取得する場合はさほど多くない。

この背景には、熱処理に係る特許はソフト主体であり、金属熱処理加工業者が工法等を開発した場合はブラックボックス化して外部へ出さないことでノウハウとして守ることが有効であること、特許侵害の証明が難しいこと、ユーザー企業との間で作業管理記録も出している特許化を行いにくいことなどがあるとされる。

また、中小企業が多い金属熱処理加工業者が特許を取得し、それを自社の事業に活用するにあたっては、技術開発以外に、人材、知識、資金、顧客との関係などの課題があると考えられる。

しかし、金属熱処理加工業者の中には、自社で開発した技術の特許化して優位性を構築し、事業のグローバル展開に生かしている企業もある。欧米企業では東南アジア諸国への特許出願が増加しているとされ、海外事業展開にあたって、効果的な特許戦略が必要になっている。

系列的な取引関係が薄れて新規の顧客と取引を開始したり、海外へ事業展開を行ったりするにあたり、金属熱処理加工業者が独自で特許を取得し、活用する意味は増している。大手企業の中には自社の熱処理に係る特許をライセンスアウトする場合もあり、それを導入し活用するということもあり得る。

金属熱処理加工業者においては自社の技術、ノウハウなどの知的財産を経営資源として活用することの重要性を認識し、技術特性、顧客、事業展開国などに応じて、自社に適した戦略を検討、遂行することが必要である。

また、ユーザー企業との間でも権利関係を明確にし、ノウハウの授受を

行ったり、必要に応じて共同で特許を出願したりすることも考えられる。

国や自治体による特許申請や維持の費用軽減、特許取得企業の税制優遇策、弁理士などの人材活用などの支援策もかなりあり、それを活用することも有効と考えられる。

(3) 設備投資と設備の有効利用の促進

金属熱処理加工は、設備に依存するところが多い。

多くの場合、新規の設備の方が生産性が高く、高度化する顧客ニーズに対応することも可能となり、金属熱処理加工業者においては積極的な設備投資を行えるだけの資金力、受注力をもつことが必要となる。

一方で、洗浄工程の価格は加工代に入っておらず、その費用を価格に上乗せできないという面もあり、環境問題に対応するための炭化水素系溶剤対応の真空脱脂洗浄装置等を導入する場合、熱処理プロセスに必要な浸炭炉に近い金額を用意する必要がある⁴。

環境問題への対応、新たな熱処理設備の導入などのコスト増加要因については、金属熱処理加工業者とユーザー企業との間で客観的な根拠とデータに基づき、価格に転嫁できるかの検討を行うことも必要と考えられる。また、ユーザー企業との間では、海外事業展開に関わる情報交換を行い、合理的な設備投資計画を立てることも重要である。

新たな設備投資が難しい場合、熱処理加工事業者間などで一貫受注、営業連携を行い、各々企業の強みを生かして特定の熱処理加工は特定の企業に集中させ、設備稼働率を向上させることも1つの方策といえる。

なお、現在、焼入れ冷却技術としては油が主流であるが、新しい技術開発として、ヨーロッパでは高圧ガス冷却、アメリカでは大量の水を用いた冷却(Intensive Quenching ; IQ プロセス)、日本では油を用いた超振動焼入れ法の開発が進められている。この中で、高圧ガス冷却技術が日本に導入されつつあるが、欧米と比較して高圧ガス規制で極めて導入が困難との意見がある。

国際的に競争力のある日本独自の技術開発を進めるとともに、欧米に比して不利な環境にある技術開発を行う場やインフラ、制度の整備を進めることの必要性も検討すべきと考えられる。

(4) 人材問題

金属熱処理加工業の競争力は、人材に支えられている面が多いが、教育機関での若手人材育成、金属熱処理加工企業における若手人材の採用・

⁴ 1台 3000万円以上。

育成と技能伝承に問題がある。

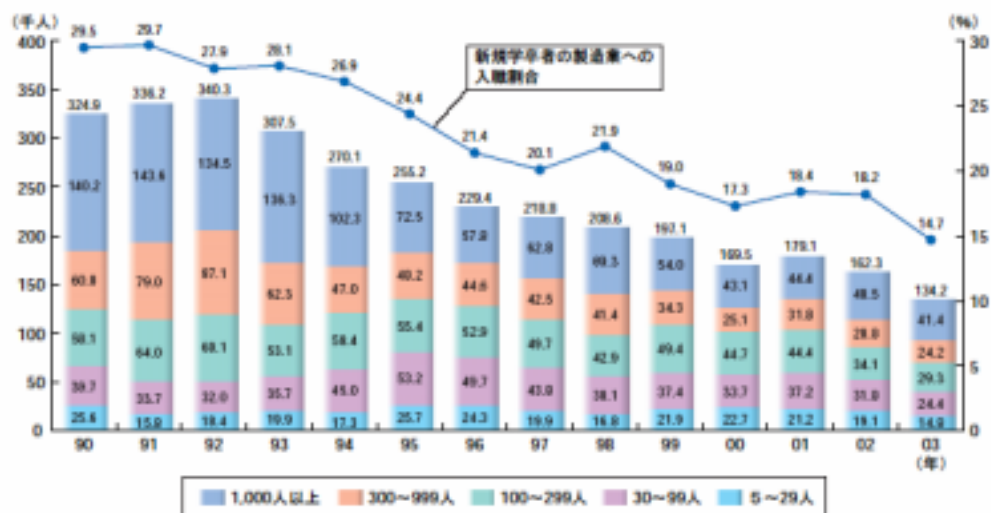
熱処理はものづくりの基盤技術であり、自動車、工作機械など多くの産業で利用されているが、その役割と具体像についてアピールできておらず、熱処理のもつ魅力が十分に伝わっていない可能性がある。結果として、金属熱処理加工業に人材が集まりにくい状況となっており、人材不足の影響によって熱処理加工業の将来的な発展が妨げられてしまう可能性がある。

図4.3-1に示すように、製造業全体でも新規学卒入職者数が減少しており、このような現実を前提とする必要がある。人材減少に対し、設備の自動化、業務効率化とともに、匠の知識と技能を適切に伝承する方策が必要である。

現在のところ、金属熱処理加工業においては、定年退職者の再雇用契約等で大きな問題になっていないが、将来の人材不足と技能の伝承は、大きな問題となる可能性が高い。

今後、持続的な競争力の維持のためには、従来型の企業内OJTに止まらず、積極的・効果的な教育システムの導入、書面やITの活用等を図るなど、人材育成、技能継承に向けた取組みを加速させなければならない。

図表4.3-1 製造業における新規学卒入職者数と製造業への入職割合の推移



備考：「新規学卒者の製造業への入職割合」算出に使用している調査産業計については、91年から建設業を含んでいる。
資料：厚生労働省「雇用動向調査」

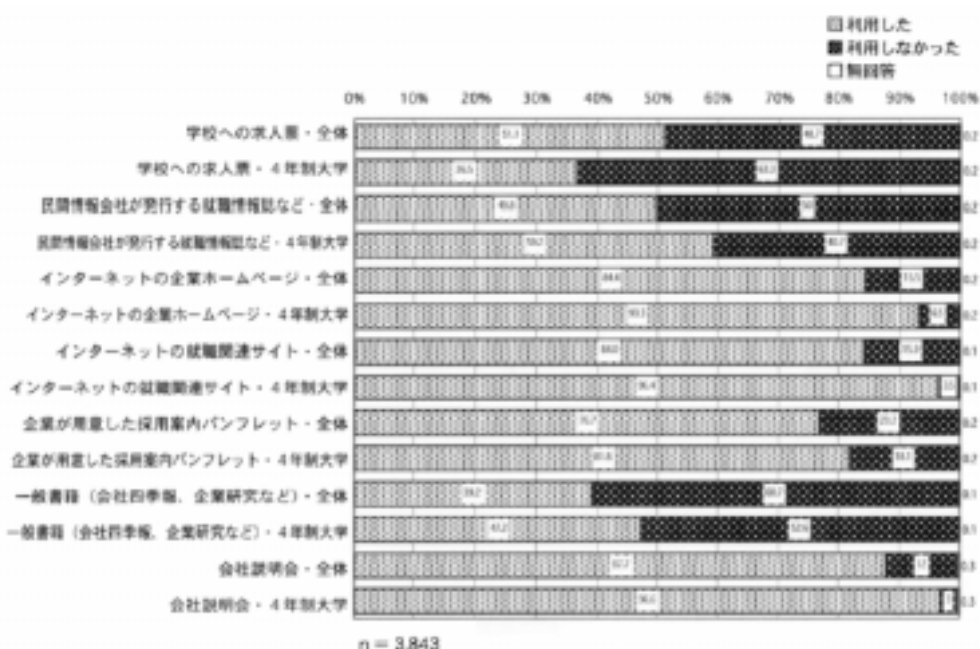
出所：経済産業省 ものづくり白書（2005年版）

金属熱処理加工業者においては新しい工場（現場）のあり方の提案や、金属熱処理加工業に関する広報の工夫、若手人材が魅力を感じるインセンティブの確保が必要と考えられる。金属熱処理に係る講習においても、企

業内での人材評価につながる技能検定制度と連動させることで、多くの人材を集めている事例がある。

図表 4.3-2 に示すように、就職活動の情報源としては、「インターネット」や「会社説明会」が主に活用されており、誰にでも手軽に入手できる形での情報提供や企業を知ってもらう機会の設定など、企業の存在を積極的にアピールしていくことが重要である。

図表 4.3-2 就職活動の情報源



出所：(財)社会経済生産本部 働くことの意識調査（平成 16 年度）

また、熱処理に係る人材面の課題解決においては、熱処理に関する人材育成を行う教育機関の充実、金属熱処理加工業に対して技術支援や情報提供を行う公的機関の指導、役割が不可欠である。

金属熱処理の技能伝承においては、知識と技能の組み合わせが必要である。知識面においては、大学や公的機関によるセミナーや技術指導による支援を受ける他、暗黙知の形式知化を可能にする適切なテキストの開発も有効であり、この点でも大学や公的機関との協力を進めることが必要と考えられる。また、技能伝承においては、企業における OJT 以外に、金属熱処理加工業の OB 人材を活用した伝承の場の設定なども有効と考えられる。

(5) ユーザー企業との連携、産学連携などによる研究開発の促進

我が国の金属熱処理加工業は、世界でも高い技術力を有しており、熱処理技術のフロントランナーであるため、自ら技術の高度化の方向性を模索

し、その方向性を目指したより高度な技術開発を行う必要がある。そのため、セミナーや展示会等においてユーザーニーズ等の情報収集を積極的に行っていく必要がある。

また、基礎研究や基盤技術開発については、産学連携で大学と共同研究を行うことも有効と考えられる。実際、金属熱処理加工業者においては産学連携については積極的に行いたいというニーズが強く、技術リソースの獲得、研究開発期間の短縮、費用対効果の向上などにつながるとみられている。大学や公的機関においても、研究シーズを具体的な製品としての実用化や、製品開発の支援技術として役立てたいというニーズは大きく、そのための産学連携制度の改革も進んでいる。産学連携のための公的研究助成事業やマッチングファンドを活用することも、金属熱処理加工業の研究開発促進のための方策となり得る。

5 . 金型製造業及び金型技術の現状と動向

5 . 1 金型製造業の特徴・位置づけと競争力

(1) 金型製造業の特徴・我が国における位置づけ

産業界における位置づけ

金型は、材料の塑性または流動性の性質を利用して材料を成形加工し、製品を得るための主として金属材料を用いて作成した型を総称し、プレス用、鍛造用、鋳造用、ダイカスト用、プラスチック用、ガラス用、ゴム用等がある。

例えば、自動車のボディは金属板をプレス金型を用いてプレス成形によって作られたものであり、携帯電話の筐体などの樹脂製品はプラスチック材料を金型によって射出成形することで作られたものである。このように金型は金属、プラスチック、ゴム、ガラス等の素材を目的とする製品に成形加工するために用いられており、自動車、電気・通信、産業機械等、幅広い工業製品を下支えする重要な役割を果たしている。また、金型の品質が製品の良否を決定づけるものであり、金型は製品の生みの親（マザーツール）などと言われている。

業界構造

自動車、電子部品等の大手製造業者においては、金型技術を自社内の製造プロセスに有し、自ら金型製造を行っているところ⁵があるものの、我が国の金型製造業は、その多くが受託加工を行う中小規模の事業者から構成される。工業統計による金型製造業者は1万2,000事業所前後で推移してきたが、ここ数年は減少傾向にある。1事業所あたりの従業員数は10人以下の事業所が全体の約78%、20人以下の事業所が全体の約90%を占める中小企業性の高い業界である。

⁵ 金型生産全体の内製化率は2割強（経済産業省機械統計による。）

図表 5.1-1 金型製造業の事業所の推移

	事業所数 (所)	従業員数 (人)	10名以下の 事業所比%	20名以下の 事業所比%
平成7年	12,455	105,906	81.3	91.5
平成8年	12,038	108,485	80.4	91.0
平成9年	11,965	108,876	79.5	90.4
平成10年	12,953	115,820	80.2	90.7
平成11年	11,994	111,997	79.7	90.3
平成12年	12,125	113,206	80.4	90.6
平成13年	11,330	107,612	78.6	90.0
平成14年	11,352	103,563	79.6	90.5
平成15年	10,686	103,812	78.2	89.7

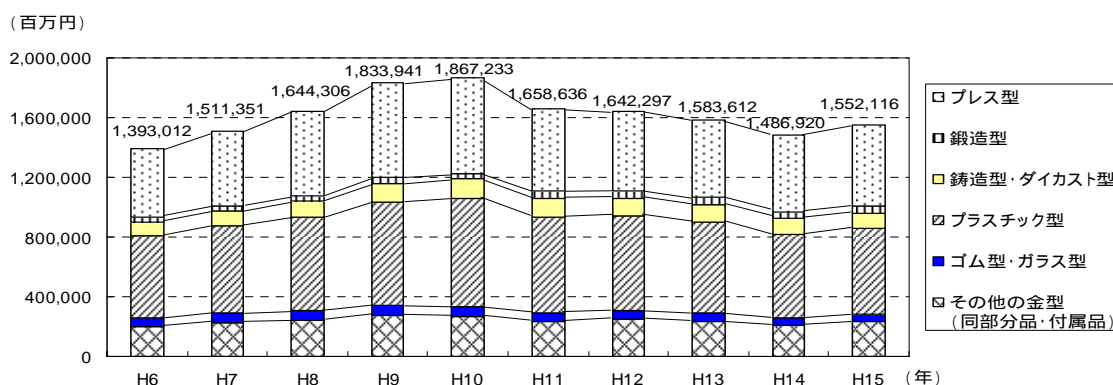
出所：工業統計（産業編）経済産業省

生産動向と需要先

我が国の金型製造業の生産高は、工業統計によるとピークであった平成10年の約1,867,233億円から減少傾向にあったが、平成15年になって増加に転じている。型別にみると、金属プレス型とプラスチック型で全体の70%以上を占め、金型製造業の需要先である自動車産業と電機・電子産業の需要に対応している。（図表5.1-2、1-3参照）

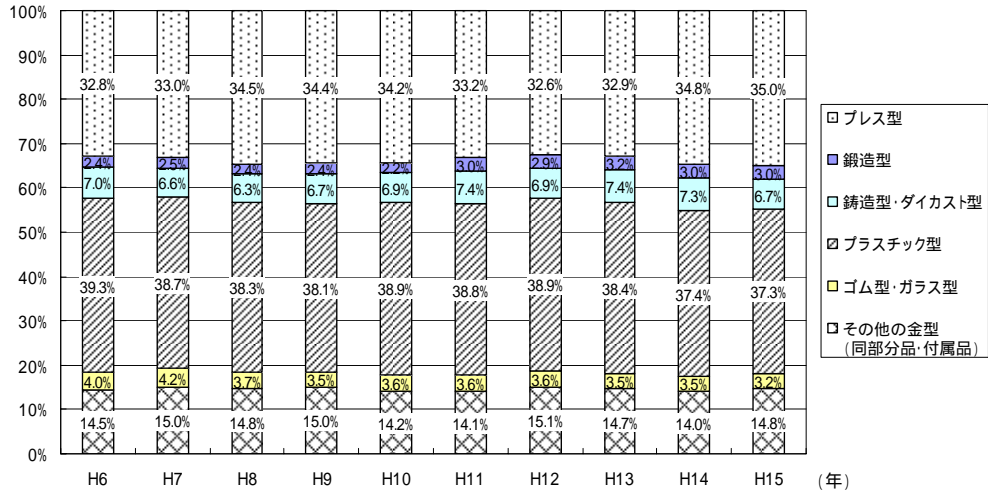
産業研究所の調査（複数回答）による我が国の金型製造業からの製品出荷先は、「自動車・二輪」が8割弱、「電子・通信」、「家電」（図表5.1-4参照）が3割強あり、金型製造業は、自動車産業と電気・電子産業との関連が強いといえる。

図表 5.1-2 金型生産実績（金額）



出所：「工業統計（従業員3名以下の事業者は含まない）」経済産業省

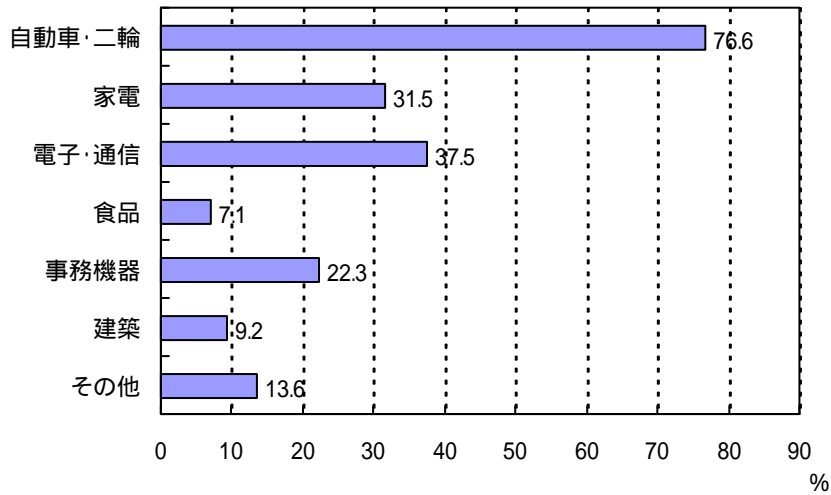
図表 5 . 1 - 3 型別金型生産割合



出所：「工業統計（従業員 3 名以下の事業者は含まない）」経済産業省

図表 5 . 1 - 4 金型の主要顧客

主要顧客 複数回答,N=184



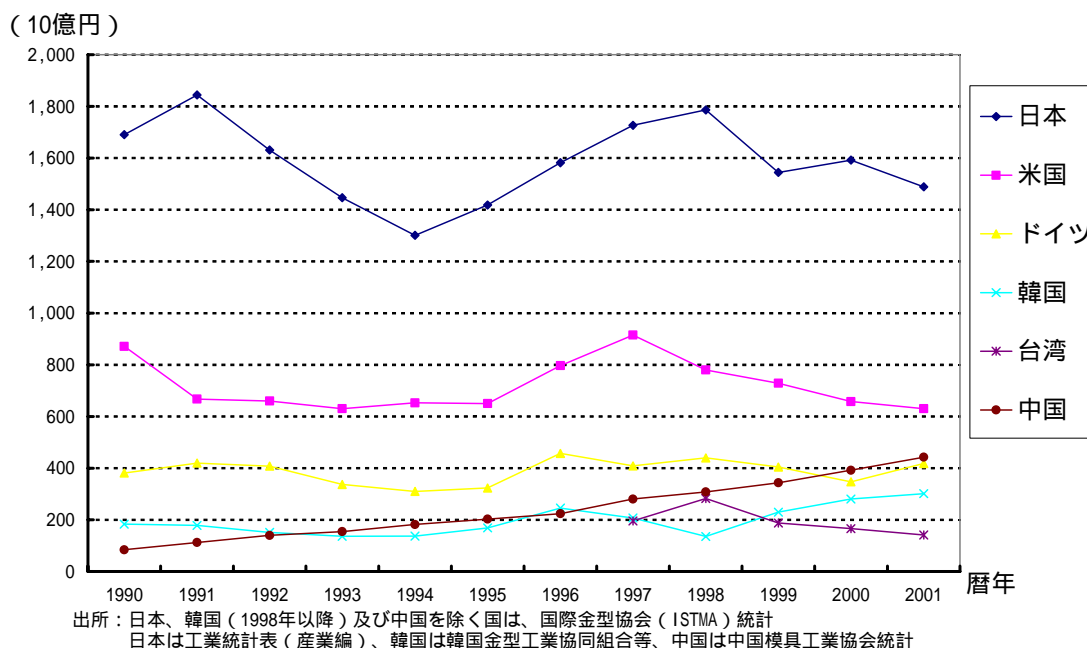
出所：「金型製造業の技術力の内外比較に関する調査研究」（平成 17 年 4 月（財）産業研究所）

(2) 金型製造業の競争力

金型技術は CAD/CAM/CAE、工作機械、切削工具、加工技術、計測技術、材料技術等幅広い技術に支えられており、その修得すべき技術知識は多岐にわたる。これら金型製造に必要な技術は日本が世界のトップクラスにあり、国際的な技術競争力は依然として保持しており、ISTMA（国際金型協会：International Special Tooling & Machining Association）等の統計においても、世界での金型出荷額において我が国は世界一となっている（図表5.1-5）しかしながら、製造コストの安価な海外メーカーの台頭により徐々にその強みが薄れてきていることも事実である。

実際、今回金型製造業者等へのアンケートを行った結果でも、多くの企業はアジア系金型製造業者の技術力の向上を予想している。さらに、ユーザー企業の海外での製品加工の拡大と機械加工精度の向上に伴い、高度な金型設計技術や解析技術などにより、熟練を要する高度なトライ（試し打ち）補正技能を求めない製品の金型製造は現地化が進んでいくものと思われる。

図表5.1-5 国・地域別の金型出荷額の推移



強み

金型製造業の強みは高い技術力に裏付けされた高品質と信頼性の高さにある。これは、ユーザー要求に対する対応力の高さでもある。我が国ではユーザー企業からの製品データが線図（2次元図面）あるいは面データ（3次元図面）で支給されるケースが多い。しかし、線図のような不完全なデ

ータ支給にも十分に対応できる金型製造業者が多く、摺り合わせ能力が高い。このことから、製品設計の段階からユーザー企業と共同開発するデザイン・インの形式も増加している。また、設計どおりに作成したとしても実際にトライをしようと思うように製品が成形されないことがあり、多くの補正作業が必要となる。その修正作業には多くの技能が必要となり、我が国はその高度な技能を有している点で強みがある。

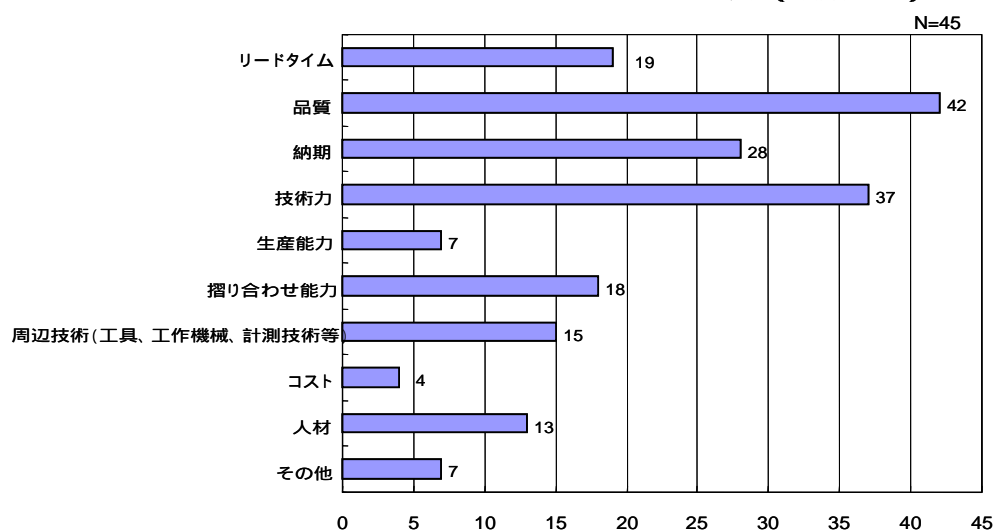
さらに、金型製造を支える CAD/CAM/CAE、材料、工作機械、切削工具などのレベルが高いことも我が国の金型製造業の強みの一因となっている。

このように、我が国の金型製造業は高い技術力を有しているとともに、関連産業が非常に充実していることから、短納期、高品質、高信頼性を実現し、高い競争力を確保している。

以上、金型製造業の強みについて、下記のようにまとめる。

- ・ 金型用 CAD/CAM/CAE システムの利用、応用技術力がある
- ・ NC 工作機械の進化とその利用技術がある
- ・ トライ、補正及び検査を行える技術レベルの高い技能集団がいる
- ・ 厳しい顧客のニーズに対応できる技術改善力がある
- ・ 同業者間の情報交換や負荷補完により短納期、高品質、高信頼性を確保できる力がある
- ・ 度重なる設計変更への対応力と迅速性に優れている
- ・ トータル品質（精度、成型サイクル性能、耐久性、メンテナンス対応性）が高く、トータルのコストとしては安い

図表 5 . 1 - 6 我が国の金型製造業の強み（複数回答）



出所：MRI アンケート調査結果より（2006年1月）

弱み

加工速度の向上や加工精度の向上は金型製造における機械依存度を高めることになり、金型製造における加工条件等のノウハウが工作機械などの機械に盛り込まれることに繋がってきている。これは機械を買えば、どの国でも一定以上の金型が製造できることを意味しており、日本の高い切削技術が機械を通じて海外に流出することに繋がるとともに、切削技術全般がわかる技術者、技能者が少なくなるなどの現象も起きている。

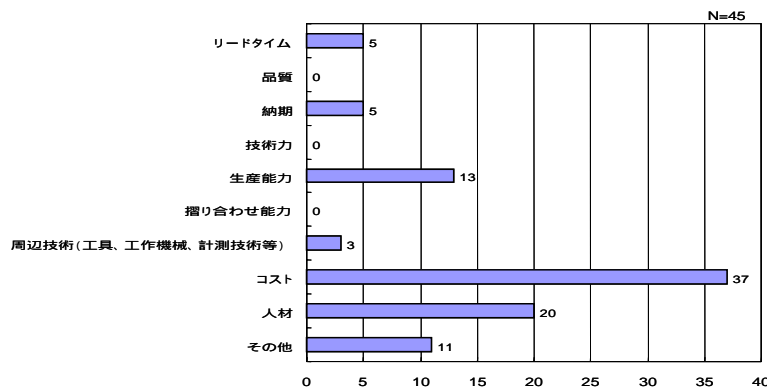
また、ユーザー企業の海外移転に伴って、日本国内でのユーザー企業の減少（空洞化）、現地調達、内製化が強まり、我が国の金型製造業者への発注が減少する傾向もある。これは金型製造業者の海外進出を促す要因にもなっているが、中小企業が多い業界であるため、そのリスクは非常に高いものとなる。さらに、海外金型製造業者の技術力向上に伴って、国際的な低価格競争も進展しており、従来のような系列的なユーザー企業との関係が崩れつつある。

これらの結果、我が国金型製造業はアジア系金型メーカーと比較して技術力では優っているが、イニシャルのコスト競争力の面では劣ることになり、また、厳しい価格競争による収益低下が設備投資を減少させ、設備面での優位性が失われつつある。（図表5.1-7参照）

以上、金型製造業の弱みについて、下記にまとめる。

- ・ 機械依存度の増加が技術流出や技術者 / 技能者の能力低下に繋がりがつつある
- ・ ユーザー企業の海外移転より、国内ユーザー企業が減少しつつある
- ・ ユーザー企業の海外移転に伴い、金型製造業者がリスクの高い海外進出を余儀なくされる
- ・ 価格競争による収益低下が設備投資を減少させ、設備面での優位性を失いつつある

図表5.1-7 我が国の金型製造業の弱み（複数回答）



出所：MRI アンケート調査結果より（2006年1月）

金型製造業の競争力の今後の見通し

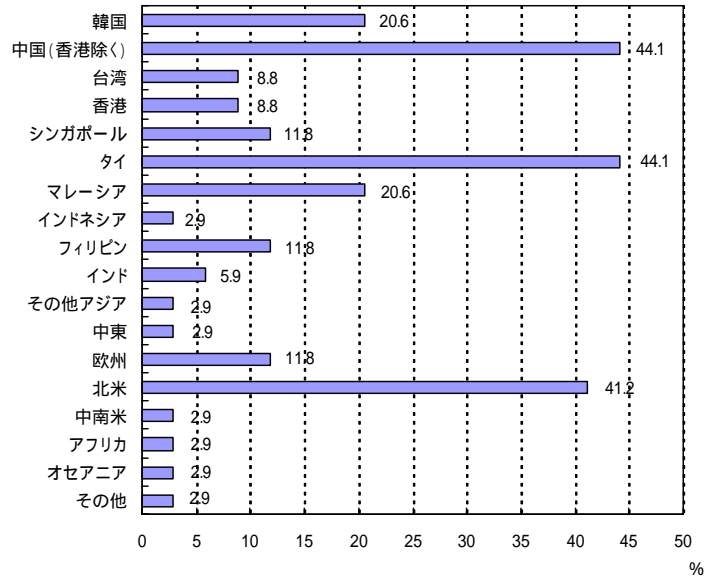
図表5.1-8に示すように、海外進出先としては、中国、タイ、北米が多く、進出形態としては金型製作工場が多くなっている。また、海外とのかかわりとしては、金型輸出及びなしが多くなっていることから、多くの企業は国内生産向けを受注しているか、海外向けを間接的に受注している可能性が高いと考えられる。

図表5.1-9、5.1-10に示したように自動車、家電の国内生産は横ばいとなっているのに対し、アジア諸国をはじめとする海外では近年生産が大きく伸びている。また、海外生産拠点においては、現地調達も進みつつある状況であるとともに、海外企業の技術力も向上してきている。現在のところは、海外金型製造業者では十分な技術力を持ちえていないことや、納期が守られないこと、良質な鋼材が得られないことなどから現地に進出している日系企業及び我が国の金型製造業者へ金型が発注されているところである。

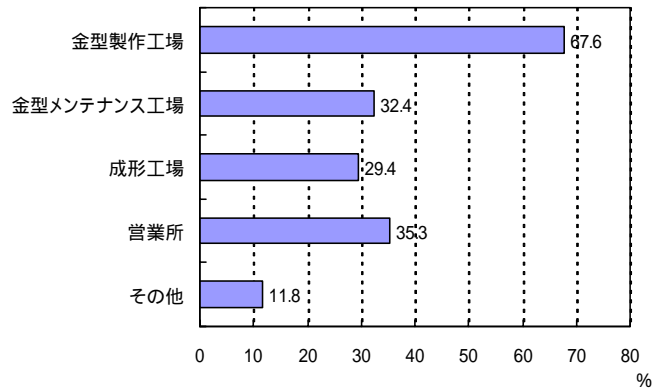
今後は金型の高度化（高付加価値の金型）を図り、海外金型製造業者にはできない、また海外現地生産でできない新しい金型の開発を実施し、我が国の金型製造業の優位性を確保する必要がある。すなわち、原価構造上、人件費の高い日本で作る価値を模索しなければならない。また、海外金型メーカーとの競争が厳しくなる中、国内の需要をしっかりと確保しつつ、伸び行く海外需要をいかに獲得していくかが重要となってくることから、同業者のグループ化やネットワークを形成し、営業体制の再構築など、新たな経営体制を構築していくことが必要である。

図表 5 . 1 - 8 金型製造業の海外進出関連動向

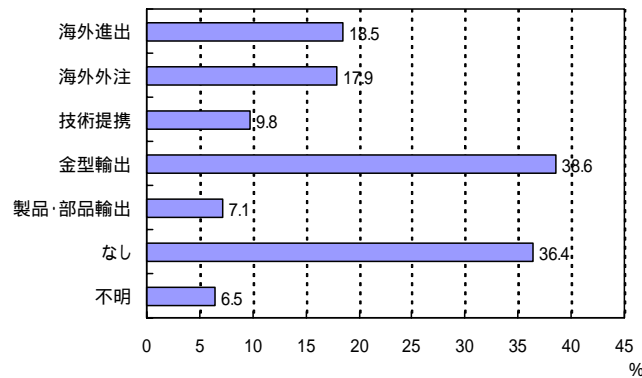
海外進出を行った企業の海外進出先 複数回答,N=34



海外進出を行った企業の海外進出の形態 複数回答,N=34

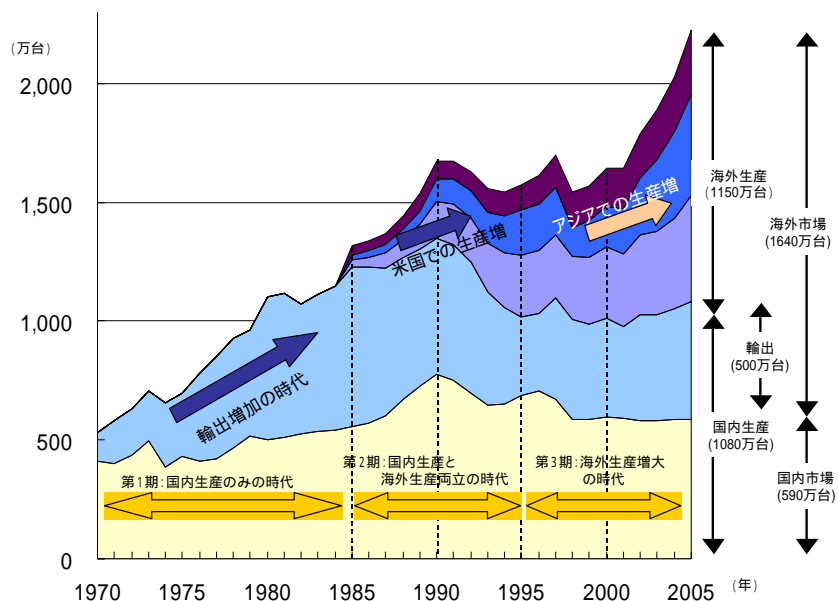


海外とのかかわり 複数回答,N=184



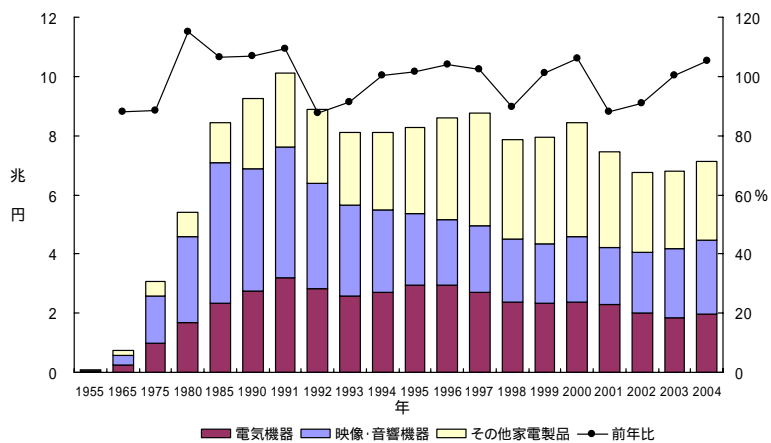
出所：「金型製造業の技術力の内外比較に関する調査研究」(平成 17 年 4 月(財)産業研究所)

図表5.1-9 自動車の生産台数推

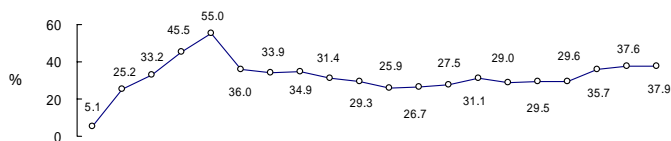


出所：経済産業省作成

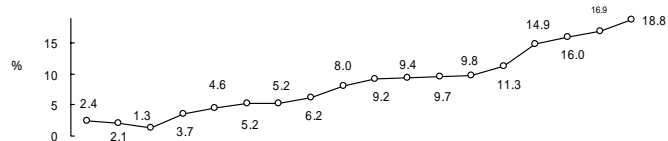
図表5.1-10 家電製品の生産額推移



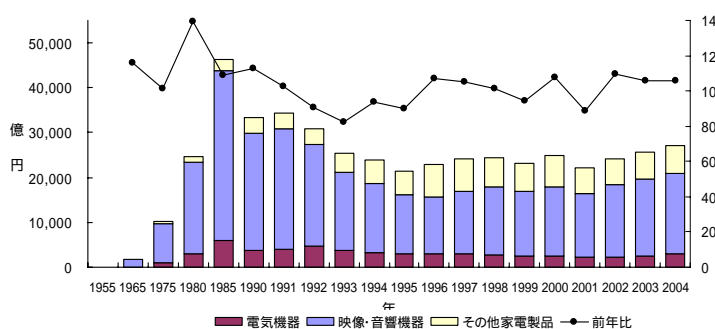
図表 5.1 - 1.1 生産額に対する輸出比率の推移



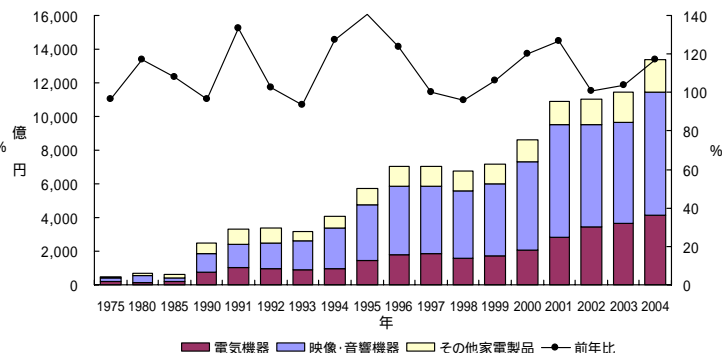
図表 5.1 - 1.2 国内出荷額に対する輸入比率の推移



図表 5.1 - 1.3 家電製品の輸出額の推移



図表 5.1 - 1.4 家電製品の輸入額の推移



5.2 川下産業と金型技術との関係

我が国の金型製造業は前述の様に「自動車」等の川下産業のニーズへの対応とともに、市場の拡大が見込まれる燃料電池、情報家電、ロボットなどの新産業創造戦略に掲げられている先進的な新産業分野において、我が国の金型製造業の強み（リードタイム、精度等）を強化しつつ、新たなニーズへ対応（微細・精密化、高機能化、新材料への対応）していくことが求められることになる。（各産業分野における川下産業と金型技術との関係を図表 5.2 - 1 に示す。）

自動車や電気・通信をはじめとした我が国の川下産業は、我が国の強みでもあるブランド力、性能、信頼性、安全性などの面で、十分な国際競争力を有し、今後も需要の拡大が期待されている。

しかしながら、これら産業の競争力を支える金型製造業においては、ユーザー企業からのコスト、精度、納期などに関する厳しい要求への対応及びユーザー企業の海外生産の進展などから、「利益なき繁忙」「限られたパイの奪い合い」といった状況となっている。

一方、新産業分野においては、情報家電の一部を除き、未だ市場が未成熟な状態であり、各国が熾烈な競争を繰り広げている状況にある。

これらの産業分野においては、川下産業による市場形成のための先行的な技術開発・製品開発と並行して、金型製造業においても技術の高度化・高付加価値化を進め、重要な部品供給の担い手たる地位を確立していかなければならない。

また、川下産業の製品開発等のニーズが大きく作用する金型製造業では、川下産業との密接な関係が技術開発にとって重要である。デザイン・インにみられるような川下・川上間の密度の高い交流による迅速な技術開発と、そこで得られた技術の利用・普及に対する相互の理解が重要となる。

図表 5 . 2 - 1 産業分野ごとの川下産業と金型技術との関係

<自動車>

金型技術と自動車との関係

部位		要求される機能	成形技術
エンジン部品	シリンダーヘッド、シリンダーブロック、ピストン、マニユホールド、オイルパン、燃料タンク、ガスケット、インジェクターノズル	軽量化、複雑形状、高強度、高耐久性	ダイカスト プレス加工 鍛造 鋳造
車体・部品	ボディ、シャシ・フレーム、ラジエター・グリル、マフラー、ヒンジ、ペダル、パーキングブレーキレバー、ハンガービーム、ウィンドガラス、バンパー、ミラー、エンブレム、インストルメントパネル、	軽量化、複雑形状、高強度、高耐久性	プレス加工 射出成形
懸架、制動部品	サスペンション、パーキングブレーキレバー、ブレーキペダル、ブレーキ	軽量化、複雑形状、高強度、高耐久性	プレス加工 射出成形 鍛造 鋳造
駆動部品	クラッチハウジング、ディファレンシャル、スプロケット、クラッチハブ、ギア、ホイール、タイヤ	軽量化、複雑形状、高強度、高耐久性	プレス加工 射出成形 ダイカスト 粉末冶金 鍛造 鋳造

電気、電装部品	スイッチ、ヘッドランプ、ルームランプ、リアランプ、オーディオ、センサー、ワイパー	複雑形状、高精度化、高耐久性	射出成形 プレス加工 粉末冶金
---------	------------------------------------------	----------------	-----------------------

< 情報家電 >

金属プレス技術と情報家電との関係

部位		要求される機能	成形技術
半導体・電子部品	リードフレーム FD センターハブ、シャッター、ケース	微細化、精密化、高精度化	プレス加工 射出成形
機器内部品	金具、筐体、各種スイッチ、リレー、端子、コネクタ、駆動用歯車、ボタン電池ケース、電極、ギア	微細化、精密化、高精度化、複雑形状	プレス加工 ダイカスト 射出成形
ハードディスク CD、MD、DVD	HDD サスペンション ジンバル、マウントプレート、レンズピックアップサスペンション、ケース、軸受、針	微細化、精密化、高精度化	プレス加工 射出成形 粉末冶金
モーター	コアプレート、ケース、軸受	微細・高精度化 自動積層	プレス加工 粉末冶金
外装・インターフェイス	ボディ、ボタン、ディスプレイ	高精度化、複雑形状化、大型化	射出成形

< 燃料電池 >

金型技術と燃料電池との関係

部位	要求される機能	成形技術
セパレータ	微細化、精密化、高精度化、高耐久性	プレス加工
外装	高耐久性、複雑形状、高精度化	プレス加工 射出成形

< ロボット >

金型技術とロボットとの関係

部位		要求される機能	成形技術
表面部材・骨格用構造部材		微細化、精密化、高精度化、対人安全性	プレス加工 射出成形
駆動部部材 駆動用構造部材 マニピュレータ	アクチュエーター、各種センサー、移動機構	微細化、精密化、高精度化	プレス加工 射出成形 粉末冶金

半導体・電子部品	センサー関連小物部品	微細化、精密化、高精度化	プレス加工 射出成形
燃料電池	セパレータ	微細化、精密化、高精度化、高耐久性	プレス加工
インターフェイス	ディスプレイ、ボタン	高精度化、複雑形状化、高耐久性	射出成形

6．川下産業のニーズと金型技術の開発課題

6．1 金型技術に対する川下産業からのニーズ

顧客である川下産業の競争力の向上・維持に貢献するとともに、金型製造業として成長していくには、各事業者では、川下産業のニーズを的確に把握し、これまでに培ってきた技術力を最大限に活用するとともに、顧客のニーズに応えた技術開発に努めることが求められる。

ここでは、今後、成長が望まれる重点産業分野等に該当する川下産業のニーズと金型技術の開発課題を概観する。

(1) 自動車

現在、我が国をはじめ各国では自動車に対する燃費規制、排ガス規制などの環境規制は逐次強化されており、自動車産業では、環境対応が企業の競争力を大きく左右する状況となっている。このため、エンジンの効率向上、燃料電池のコスト削減、ハイブリッドシステムの効率向上、バッテリー、モーター、昇圧用インバータ、その他電子部品の効率向上などが必要となる。また ITS 技術やセンサーを用いてエアバッグを自動的に作動させる技術等では、電子部品の超小型化が必要となる。また、近年ではリサイクル性等への配慮も必要となってくる。

金型製造業には、軽量化、衝突安全性の向上のための、ハイテン（高張力鋼）材、アルミ材の利用が高まることが予想されるため、これらに対応した新しい型材の開発、塑性加工技術、高速・高精度加工成形技術等の開発が要求される。

また、デザインの変化により、ボディ形状の複雑化やヘッドライトの大型化・複雑形状化など、高精度な加工が求められる。車内においても車内環境向上のための質感の向上や装備の増加などにより、これまで以上に多様な形状や素材に対応することが求められる。

(2) 情報家電

情報家電は、実用化の段階に移行しつつあるが、さらなる展開のためには、情報家電の基盤となる次世代半導体技術、液晶パネルなどのディスプレイ、音声認識やセンサーデバイスなどの入出力デバイスの低消費電力・高機能化技術、大容量コンテンツを扱うことを可能とする光ストレージ・光ネットワーク技術、組み込みソフトウェアなどの技術開発が求められている。また、近年ではリサイクル性等、環境への配慮も必要となっ

いる。

金型製造業には、小型化への対応と大型化への対応が求められる。小型化への対応としては、半導体や電子部品のリードフレームやハードディスクなどの精密部品など、高精度な加工が要求される。また、大型化への対応としては、FPD（フラットパネルディスプレイ）の需要が増加と大型化の進展に伴い射出成形時に発生する問題も多く、成形シミュレーションなどの高度化とそれらを活用した効率的な金型生産が求められている。

（３）燃料電池

燃料電池は、近年、市場化に向けて大きく進展しているが、本格的な普及に向けては、低コスト化（白金などの使用量削減に向けた代替材料の開発、大量生産に向けたシステム・技術の開発など）、長寿命化、性能向上（エネルギー効率、信頼性など）などの課題克服が必要である。

金型製造業には、このため、燃料電池用セパレータ製造のための新たな方策の模索に加え、難加工材であるチタンと硬質ステンレス向けの金型技術の確立が求められている。

（４）ロボット

ロボット分野では、高度な知能ソフトウェアやネットワーク技術、分散システム技術、センシング技術などの情報通信技術の活用によるロボットの更なる高度化と活用範囲の拡大が求められている。また今後、需要の増加が見込まれるサービスロボット（清掃、警備、介護等に使用されるロボット）は、安全性、信頼性、利便性に係る技術的な要求が、従来の産業用ロボットに比べて格段に高いことから、要素技術の高度化が必要である。

ロボットは多くの技術の集大成であるとともに、新たな価値が想像されることが期待され多様なアイデアの基に作成されることが予想されることから、金型製造業には先に指摘した難加工材向けの金型技術の確立や超微細加工技術の確立をはじめ、人間の皮膚と類似した新素材の樹脂やゴムなどを成形するための金型技術、様々な動きを可能とする関節のような複雑形状を成形するための金型技術などが求められる。

（５）その他

金属、プラスチック、ゴム、ガラス等を材料とした製品の高度化や低コスト化、短納期化の要求に伴って、生産工程の高度化や効率化を図っていくことが重要である。また、循環型社会構築のために、リサイクル性等、環境への配慮も必要となっている。

以上の川下産業ニーズに加えて、共通的なニーズとしては以下の4点が挙げられる。

- ・高精度スーパーエンブラ対応（耐久、精度）金型技術の確立
- ・ロット対応金型技術（生産量に対応した型づくり）
- ・複合新素材の精密金型技術（鉄、非鉄+樹脂、紙、ゴム）の確立
- ・型製作完了即、量産可能な型づくり（リードタイムの短縮）

6.2 金型製造業に求められる技術開発課題

金型技術はCAD/CAM/CAE、工作機械、工具、加工技術（機械加工、プレス加工など）、計測技術、材料技術等幅広い要素技術から構成される総合的な技術であり、個々の技術開発とそれらの統合化による技術開発が重要である。同時に、常に「高精度・ハイサイクル化」、「短納期化」、「低コスト化」への対応が求められる。

これらの期待と要求に対して、金型製造業が技術課題を達成かつ、昨今の熾烈な競争環境への対応を推進・実現するためには、今後、6.1で取り上げた川下産業からのニーズ及び金型製造業が取り組むべき共通的な技術を精査し、実行・実現することが重要である。

7. 金型技術開発指針（ガイドライン）

金型製造業が更なる発展をとげるためには、各金型製造業が川下産業のニーズを的確に把握し、これまで培ってきた技術力を最大限に発揮するとともに、顧客ニーズに対応する新たな技術開発に努めることが求められる。

6. においては、主要な製品出荷先である「自動車」、「情報家電」等に加え、新産業分野として今後成長が見込まれる「燃料電池」、「ロボット」分野を中心とする川下産業のニーズを把握した。本項においては、これらのニーズと金型製造業が取り組むべき技術開発課題を精査し、加工法等の技術向上を中心に整理した「高度化・高付加価値化」、ITの活用による技術向上を中心に整理した「IT化」及び環境面への対応を中心に整理した「環境配慮」の3つに分類し、技術開発の方向性や具体的な技術開発課題例を示す。

7. 1 金型技術開発課題の方向性

（1）高度化・高付加価値化

日本の金型技術は、NC工作機械、放電加工機など先端的な製造機械をいち早く導入し、顧客の要望する精密加工、短納期に対応してきた。しかし、アジア諸国の技術水準が進歩する中で、日本の金型技術は、更なる高度化・高付加価値化を進め、多様化する新素材への対応と高精度から超精度へと発展を遂げ、コスト面での国際競争力をカバーする必要がある。

また、現在の産業構造では、金型企業は短納期の要求をこなすために安全な設計しかできない状況である。さらに、規模の小さい企業が多い金型製造業では一企業が独自で研究開発するには限界があるため、産学連携や企業間連携などの工夫が必要となる。

（技術開発の方向性）

- ・ 金型技術の高度化
- ・ 加工技術の高度化
- ・ 仕上げ自動化、仕上げレス化
- ・ 計測技術の高度化
- ・ 新素材、新製造技術
- ・ モデリング

< 金型技術の高度化 >

生産ラインで用いられる金型は、常に被加工品の品質の向上、短納期化、低コスト化が求められるため、高精度化・微細化、ハイサイクル化、難加工材等へ対応していく必要がある。また、複数工程の同時処理や、被加工品の磨きを自動化もしくは削減することが可能となれば、工程数削減による短納期化、低コスト化が可能となり、金型の耐久性向上により低コスト化が図れることから、それらに対応した技術開発を行っていくことも重要である。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
高精度・微細成形金型技術	高精度・微細、3次元複雑形状等の成形を可能とする技術	○		
ハイサイクル成形金型技術	温度制御等の工夫により、高速成形が可能な金型技術		○	○
難加工材成形技術	高張力鋼板、アルミ、マグネシウムをはじめとする難加工材を加工する金型技術	○		
複数工程同時処理金型技術	従来は2工程以上にわたって加工していたものを1工程に短縮する等の金型技術		○	○
磨きレス化金型技術	被加工品の磨き処理を不要もしくは自動化する金型技術		○	○
金型の耐久性向上技術	金型の耐久性を向上させるような表面処理技術や金型材料技術		○	

< 加工技術の高度化 >

セット製品の生産までのリードタイムを極力短縮するためには、金型を製造する時間を短縮する必要がある。時間短縮のためには、鋼材を削る速度を上げ、磨き加工を低減するべく高精度化が必要である。また、多軸加工が可能となれば、複雑な形状を自動で加工することが可能となり、複合加工が可能となれば放電加工と切削加工等を同一機械で加工することが可能となりことから、金型製造時間が短縮できると考えられる。

さらに、表面処理技術や熱処理技術により、金型の耐久性向上や成形時の被加工品の高精度を図っていくことが必要である。

加工機械の工具性能・耐久性の向上等も金型の高度化や低コスト化を可能とすることから、技術向上が求められる。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
高精度・微細加工技術	高精度・微細に所望の形状に加工する技術	○		
高速加工技術	高速に所望の形状に加工する技術		○	○
多軸加工技術	複雑形状を機械で自動的に加工する技術		○	○

工具性能・耐久性向上技術	たがね等の手工具やドリル、ワイヤ等の機械工具の性能・耐久性向上技術		○	○
高精度補正技術	機械加工時の精度を維持するための精度補正技術		○	○
複合加工機械技術	放電加工と切削加工等の複数加工を同一の機械で加工する技術		○	
表面処理技術	金型の耐久性を向上や、被加工品と金型の摩擦低減や離形性を向上させる技術	○		
熱処理技術	耐久性向上等を目的として、金型鋼材の改質を行う熱処理技術	○		

< 仕上げ自動化、仕上げレス化 >

短納期、低コスト化が一層求められていることから、出来る限りの工程削減と人件費削減が求められる。そのため、バリ取りや表面磨きに関して可能な限り削減もしくは自動化することが求められる。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
拳動解析技術	成形時の拳動を解析し、バリ等の不要部分発生を抑制する	○	○	
機械磨き技術	磨きを自動化する技術		○	○

< 計測技術の高度化 >

計測技術は高精度の金型加工や成形を行うために必須な技術であり、加工もしくは成形する精度と同等以上の精度で計測する技術が必要である。被成形品の形状によって金型形状が複雑化するため、複雑な形状も計測できるようになることが必要となる。また、短納期化に対応して高速・高精度で計測できるようにすることが必要となるほか、安定した成形を実現するために、金型の上下クリアランス等も計測できるようにしていくことが望まれる。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
高精度計測技術	ナノオーダーを計測する技術	○		
高速計測技術	高速で正確に計測する技術		○	○
複雑形状計測技術	複雑な3次元形状を計測する技術	○	○	○
無接触計測技術	金型の内部等を無接触で計測する技術		○	○
クリアランス計測技術	雄型と雌型のクリアランスを計測する技術	○		

<新素材、新製造技術>

高張力鋼板等を成形するためには、金型にも高価な高強度鋼材が必要になる等、被成形材の高度化に対応して金型に求められる機能も増してくるとともに、出来る限りの低コスト化が要求される。このため、新たな素材や製造方法を導入・開発することにより、積極的に高度化材料を成形できる金型技術を開発していくことが必要である。

また、製品サイクルの短期化等から、焼結等の技術を用いて効率的な金型製作を行う技術や試作品や少量品を成形するための簡易金型を作成する技術を開発していくことも必要である。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
新材料技術	金型の低コスト化、高機能化を可能とするような新材料技術	○	○	
焼結等を用いた新製造技術	焼結等の技術を利用して効率的に金型を製造する技術		○	○
簡易金型製造技術	試作品や少量品を成形するための簡易金型を製造する技術		○	○

<モデリング>

成形加工品をモデリングし、製品の完成のイメージを具体化できることは、金型製造業者と金型発注者の認識を共有するために有効な手段であるため、ますます必要性が増してくる。

しかしながら、金型の製造にはモデリングデータがそのまま活用できないことが多く、成形時の公差や抜き勾配を考慮した対応が望まれる。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
RP(Rapid Prototyping) 技術	成形加工品をモデリングする技術	○	○	○

(2) IT化

海外企業との競争や熟練技能者の減少等に対応するためには、CAD/CAM/CAE システム等を活用し、非熟練技能者の生産性を向上させることが重要となる。しかし、これだけでは顧客ニーズに十分に対応することはできないため、熟練設計者や熟練技能者が体得した技能やノウハウを利用できるシ

ステムも必要となる。

(技術開発の方向性)

- ・技能のデジタル化
- ・シミュレーション
- ・データベース構築
- ・金型の知能化
- ・情報統合化

<技能のデジタル化>

金型製造業において、金型の良否の判定、的確な修正方法や加工条件、優れた加工技術などに多くの技能・ノウハウが必要となる。しかしながら、熟練技能者の高齢化が進展していく中で、指導する人材が不足している、人材育成を行う時間がないとの理由などから、技能・ノウハウ等の伝承がうまく行われていないといえない状況である。

また、金型製造業において人に依存する部分を減らすことで、短納期・低コストへの要求対応や、労働負荷の減少が可能となることが期待される。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
技能・暗黙知の形式知化技術	技能や暗黙知を形式知化することによって、体系的な技術整理や加工等の自動化を図る技術	○	○	○
自動工程設計システム技術	工程、工具選択、使用順、加工条件等を自動で設計する技術	○	○	○

<シミュレーション>

金型製造期間の短縮、試作費用の削減を実現するためには、無駄な金型設計やトライを抑制し、効率的な金型製造を行う必要がある。そのため、金型の加工条件、工程及び成形時のシミュレーションを行い、金型製造の最適化と不具合発生抑制を図ることが重要である。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
加工シミュレーション技術	金型製造のための加工をシミュレーションして最適な加工条件を検討する技術	○	○	○
工程シミュレーション技術	金型製造の工程をシミュレーションして最適な工程設計を行う技術	○	○	○
成形シミュレーション技術	成形時のシミュレーションにより不良状況等を予め予測する技術	○	○	○

最適プロセス評価・再構築 技術	金型製造に係るトータルプロセスをシミュレーションする技術	○	○	○
--------------------	------------------------------	---	---	---

< データベース構築 >

金型製造期間の短縮、試作費用の削減を実現するためには、基礎となる材料特性や加工特性をはじめとして、過去の設計、加工、成形データを蓄積・活用することにより、効率的な設計・加工やトライ回数の低減を行っていくことが非常に重要となる。そのため、より効率的にデータを参照できるようにするために、データベースの構築が必要である。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
設計データベース技術	金型の設計に関するデータベースの構築	○	○	○
加工データベース技術	鋼材の加工に関するデータベースの構築	○	○	○
材料データベース技術	金型及び被成形材の材料特性に関するデータベースの構築	○	○	○
成形データベース技術	成形に関するデータベースの構築	○	○	○

< 金型の知能化 >

プレス機、射出成形機等といった成形機器や金型の変形（たわみなど）、動作ゆらぎなどによって成形品の不良を発生することがあることから、不良発生を抑制するために、センサー等を活用して不良減少の感知及び解析と、その不良現象を自動補正する技術が必要であり、特に高精度化や微細化を図っていく上では、重要になると考えられる。成形機器や金型の動作の安定化及び自動補正により安定的に品質を保つことが可能となれば、これまで以上に高品質・低コストが実現できることになる。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
センサー等を活用した不良 現象感知技術	金型の状態をモニタリングし、不良発生状態の感知、把握をする技 術	○	○	○
不良現象の自動補正技術	不良現象を自動的に補正して、歩留りを向上させる技術	○	○	○
金型の温度計測技術	成形時の金型温度をインラインで高精度計測できる技術	○		

< 情報統合化 >

金型製造全体を効率化して短納期・低コスト化を図るために、リアルタイム工程管理技術や遠隔操作・自動加工技術が必要である。また、企業間でのデータ交換や設備共用を可能とする企業間ネットワークを構築する技術を開発することにより、金型製造業及び生産活動全体の効率化を図ることが望まれる。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
リアルタイム工程管理技術	効率的な設備稼働や受発注を実現するリアルタイム工程管理技術		○	○
企業間ネットワーク技術	企業間でのデータ交換や設備共用を可能とするネットワーク技術		○	○
遠隔操作技術、自動加工技術	機器間や工程間をデータでつなぎ、遠隔操作や自動加工を可能とする技術		○	○

(3) 環境配慮

金型製造時に排出される削り粉などの廃材を抑制することや金型の耐久性を向上させることで、省資源化や環境負荷の低減を図る。また、金型製造時の騒音や振動、金型を用いて成形する際の騒音や振動を抑制し、職場環境の向上と周辺環境との調和を図ることが重要である。

(技術開発の方向性)

- ・省資源化
- ・周辺環境配慮

< 省資源化 >

金型製造時に排出される削り粉などの廃材を抑制することや金型の耐久性を向上させることで、省資源化や環境負荷の低減を図ることが重要である。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
レーザー加工等の新たな加工技術	レーザー加工等の省資源化に資する新たな加工技術		○	○
耐久性向上技術	表面処理等を施すことによる金型の耐久性向上技術	○	○	

< 周辺環境配慮 >

切削等を中心に、騒音、振動は物理的にやむを得ない問題でもあるが、金型

製造時の騒音や振動、金型を用いて成形する際の騒音や振動を抑制し、職場環境の向上と周辺環境との調和を図ることが重要である。

技術開発課題例	技術の説明	効果		
		品質	コスト	納期
騒音抑制技術	金型製造時や成形時に発生する騒音や振動を抑制する技術		○	○

技術開発の方向性と方向性に対応した技術開発課題例を一覧として、図表7.1-1にまとめる。

図表7.1-1 技術開発の方向性と方向性に対応した技術課題例

技術開発の方向性		技術開発課題例
高度化・高付加価値化	金型の高度化	高精度・微細成形金型技術 ハイサイクル成形金型技術 難加工材成形技術 複数工程同時処理金型技術 磨きレス化金型技術 金型の耐久性向上技術
	加工技術の高度化	高精度・微細加工技術 高速加工技術 多軸加工技術 工具性能・耐久性向上技術 高精度補正技術 複合加工機械技術 表面処理技術 熱処理技術
	仕上げ自動化、仕上げレス化	挙動解析技術 機械磨き技術
	計測技術の高度化	高精度計測技術 高速測定技術 複雑形状計測技術 無接触測定技術 クリアランス計測技術
	新素材、新製造技術	新材料技術 焼結等を用いた新製造技術

		簡易金型製造技術
	モデリング	RP (Rapid Prototyping) 技術
IT 化	技能のデジタル化	技能・暗黙知の形式知化技術 自動工程設計システム技術 (工程、工具選択、使用順、加工条件など)
	シミュレーション	加工シミュレーション技術 工程シミュレーション技術 成形シミュレーション技術 最適プロセス評価・再構築技術
	データベース構築	設計データベース技術 加工データベース技術 材料データベース技術 成形データベース技術
	金型の知能化	センサー等を活用した不良減少検知技術 不良現象の自動補正技術 金型の温度計測技術
	情報統合化	リアルタイム工程管理技術 企業間ネットワーク技術 遠隔操作技術、自動加工化技術
環境配慮	省資源化	レーザー加工等の新たな加工技術 耐久性向上技術
	周辺環境配慮	騒音抑制技術

7.2 具体的な技術開発事例

7.1 に示した技術開発課題の方向性に対応する具体的な技術開発事例及び将来目標例を以下に示す。

(1) 高度化・高付加価値化

(金型の高度化)

自由曲面光学素子型の技術開発

概要 : 光通信、DVD などに代表されるオプトエレクトロニクス製品は今後とも広く利用されるようになる。代表的な光学素子であるレンズの性能は応用製品の性能を左右するばかりでなく、応用製品の軽薄短小に

も寄与する。この分野にもプレス成型品が出てきているが、自由曲面までを磨きレスで製造するには至っていない。自由曲面光学素子の磨きレスプレス成型品は応用分野のコストを下げるものと期待される。

将来目標例：磨きレスの実現、手磨きレスの実現（機械磨き）

（金型の高度化）

軽量化材料に代表される難加工材のプレス成形材料への対応技術の開発

概要：自動車部品を中心とした軽量化指向によって、成形材料として、高張力鋼板やアルミニウムなどの難加工材の使用が急増している。これらの動向に対応できる「金型・材料・プレス機械などの加工技術」が一体となった技術開発が望まれる。

- A. プレス成形での形状凍結技術の確立と型寿命の向上
- B. 低コスト化、薄肉化と剛性確保

将来目標例：A. 生産準備での早期品質合格の実現と量産品質の安定化
B. 一般冷間加工での成形

（金型技術の高度化、加工技術の高度化）

ナノオーダー金型技術（プレス）

概要：MEMS（マイクロマシン）は長い R&D の時代から実用化の時代に入り、自動車のエアバック用加速度センサー、インクジェットプリンタ用ノズルなどに利用されるようになってきている。これらマイクロオーダーの部品を成型するためには、金型にナノオーダーの精度が要求される。MEMSに限らず、ナノは次世代の技術であり、金型もこれら新技術への対応が必要となる。

将来目標例：ナノオーダー超精密抜き加工（プレス）

（加工技術の高度化、仕上げ自動化、仕上げレス化）

超高速送り機構等の開発

概要：生産性向上のための高速化、高精度化が可能な超高速送り機構による更なる高精度化と高能率化の達成。

将来目標例：超高速5軸マシン、超高速複合マシンの開発

切削送り速度：数十 m/min 100m/min
バック方向、位置決め精度：1 μm 0.1μm

(計測技術の高度化)

上下クリアランス(ギャップ)の3次元自動測定等の測定技術の開発

概要：プレス成形品の品質に影響を与える重要な数値のひとつであるが、現在は正確な測定方法が確立されていない。同測定によってプレス成形品の品質不良に対するプレス型の修正が容易になり、コスト低減、工期短縮に繋がる。

このためには、実測値とCADデータを活用した測定技術開発、ナノオーダー精度(1 μm ~ 0.1μm オーダー)の無接触測定技術などが必要となる。

将来目標例：10μ程度の測定精度確保と測定速度の向上もしくは連続多点高速測定技術の開発

(2) IT化

(技能のデジタル化、データベース)

金型製造技術や技能をデータベースとしたエキスパートシステムの開発

概要：金型の良否の判定、修正方法の的確な指示、的確な加工条件、優れた加工技術などは限られた熟練技能者が有している。熟練工の老齢化やリストラによる退職などで、これら重要な技能の継承が危うくなっている。これら技能の継承や暗黙知の形式知化は人材育成と並んで日本の金型産業にとって重要課題である。

将来目標例：データベースのあり方や蓄積・検索方法の明確化。型設計DB、型製作DBなどの目的別の構築(切削加工を例にしたとき、荒加工、中仕上げ加工での工程設計(工具選択、使用順、加工条件など)が自動で行えるシステム)

(シミュレーション)

■ 最適製造プロセスを評価・再構築するシステムの開発

概要：金型製作期間の短縮、試作費用の削減などが求められている中で、無駄な型製作やトライの積み重ねによるエネルギーロスを削減し、熟練技能者の減少に伴う技能の伝承を補う必要がある。エキスパートシ

システムによる工程設計を自動で行なうとともに、品質、歩留まり、生産性等を評価し、その結果をフィードバックすることにより最適な工程設計を行なうシステムの開発が必要である。

将来目標例：自動工程設計システム、最適性評価ソフトの開発

（金型技術の高度化、金型の知能化）

■ 知能化金型の設計・製作技術

概要：成形プロセスでの各種不良現象を感知するセンサーを組み込み、あるいは非接触で検知し、結果をプレス機械にフィードバックすることによりプレス加工の高精度化を図る技術。複合金型による一工程での複合加工も実現する。

将来目標例：金型内部に組み込むセンサー及び測定装置または高精度非接触センサーの開発と及び現象解明手法の向上

（3）環境配慮

（省資源化、周辺環境配慮）

騒音・振動の少ない成形のできる金型開発

概要：環境配慮は加工設備と合わせて考えるべきであり、切削を中心にした加工では、騒音、振動は物理的にやむを得ない問題でもある。レーザー加工など別な加工法を開発する必要もあるが、金型動的現象（振動によるかじり）の影響による騒音及び低耐久型の開発も視野に入れておくべきものと考えられる。

将来目標例：実測とシミュレーションを活用した最適金型構造開発

その他にプレス加工時の安全性、操作性、メンテナンス等を考慮した最適な金型構造の開発

（省資源化、周辺環境配慮）

成型品の試し打ちの削減ができる金型開発

概要：同一金型を使用して異なった色のプラスチック成形をすることが多くなっている。特に大型の成型品を製造するユーザーにとって、色変えの際の試し打ちの回数を削減することは廃棄物削減の観点からも、重要なニーズになっている。こうした事に対応するため、金型メーカー

ーにおいて、プラスチック素材の流れを最適化させる設計、金型・付属部品の温度制御、材料の投入量制御等の機能を金型に付加する等により、色変え・樹脂替えの容易化、色換えの際の試し打ちの回数を削減させることが課題となっている。

将来目標例：成型品の試し打ち回数の削減ができる金型の開発

7.3 留意すべき点

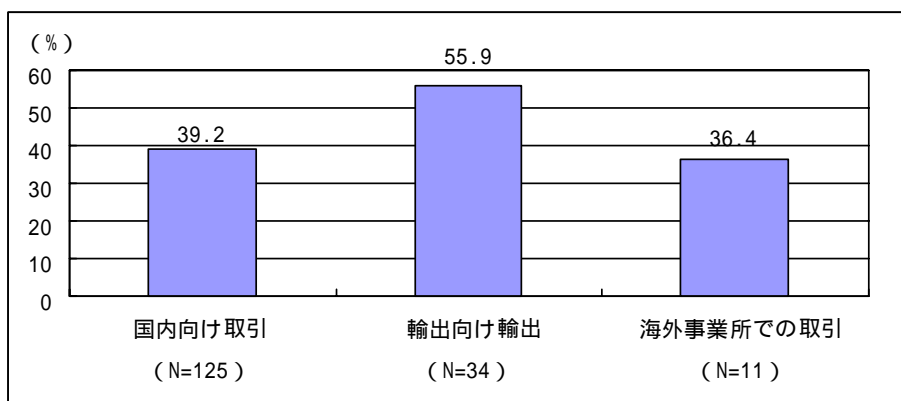
金型製造業が継続的に技術開発を行っていけるような環境を確保していくため、「知的財産保護」「設備投資の促進」「取引慣行」「人材問題」「研究開発」について留意すべき点をまとめた。

(1) 知的財産保護と戦略的活用

金型製造事業者が単独で特許を取得することは稀であり、ユーザー企業が金型技術に関する特許を取得するケースの方が多いとされている。これは、中小企業が多い金型製造業では特許に関わる専門の人材がいないこと、知的財産保護の組織的活動ができないこと、海外でも取得する場合は特許を取得・維持する資金の問題、さらには特許公開後に特許の侵害状況を把握できず、他社にノウハウのヒントを与えるだけになる懸念があることによるものである。以上の背景から、中小企業が多い金型製造事業者は特許を取得する場合には単独ではなく、特許取得ノウハウを有する大手ユーザー企業との共願方式も有効である。特許の取得あるいは技術のブラックボックス化のいずれの手段を用いるにしても、金型製造事業者においては自社の技術、ノウハウなどの知的財産を経営資源として活用することの重要性を認識し、技術特性、顧客、事業展開国などに応じて、自社に適した戦略を検討、遂行することが必要である。

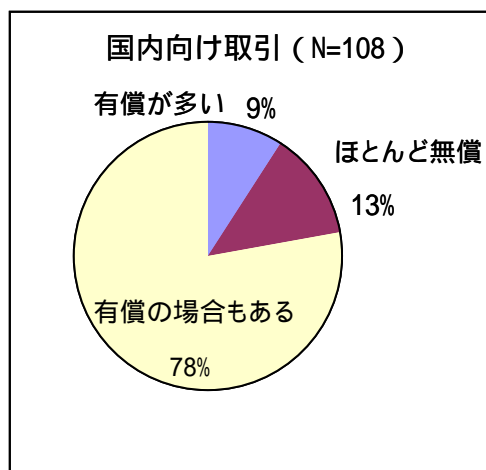
近年の金型技術に関わる知的財産問題として金型図面の意図しない流出がある。金型をユーザー企業が保有し、メンテナンス等のために金型製造事業者は図面をユーザー企業に提供するケースがあり、図表7.3-1は取引先(形態)による図面データの要求状況を示したものである。国内向けでは、約39%の事業者が取引の半数以上で図面の要求があると回答している。海外向けではさらに多く、約56%の事業者が取引の半数以上で図面の要求があるとしている。しかし、図面データの提供に対する対価では日本国内向けのケースでは図表7.3-2にみるように「ほとんど無償」のケースは13%に留まっており、有償の割合が高くなっている。さらに、金型図面流出防止指針策定の前時点でのヒアリング調査では、意図せざる流出が約50%存在することが確認されたが、指針策定後は意図せざる流出の割合が低下しており、指針策定の効果が出たといえる。しかしながら、金型図面にはノウハウが含まれているので、金型図面を社外に出す際には、今後も引き続き細心の注意を払う必要がある。

図表 7.3 - 1 図面データの要求状況（取引先の 50%以上から要求されている割合）



出所：「鍛造・金型産業の取引慣行の国際比較」((財)機械振興協会 経済研究所)
2006年3月

図表 7.3 - 2 図面データの対価支払い状況



出所：前掲

【金型図面流出防止指針 遵守状況調査結果（意図せざる流出の割合）】

- ・ 指針策定時（H14年7月）：約 50%
- ・ 第1回調査（H15年3月）：10.0%
- ・ 第2回調査（H15年10月）：7.7%
- ・ 第3回調査（H16年10月）：5.6%

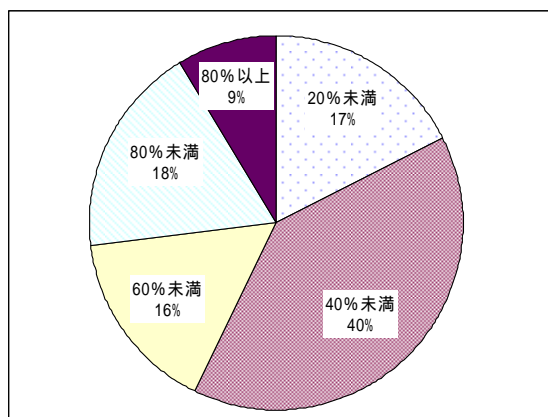
(2) 取引慣行

金型製造業はユーザー企業からの個別の仕様書に基づいて生産されると

いう典型的な受注型産業である。日本の受注型産業の多くは下請生産システムという独特の取引慣行に従ってきた。下請けシステムは受注型企業が特定のユーザーと長期継続的取引関係を結び、そのユーザー企業に売上高の過半を依存するものである。このような系列的な取引関係が薄れ、取引関係の多様化が進みつつあるといわれているが、下記のアンケート結果にみるように全売上高に占める最大取引先の平均は46%であり、1社が50%以上とする企業は34.9%にも上る。また、最大取引先の売上高割合の変化も増加が減少を上回っており、主要取引先への依存度は依然として高いことがわかる。

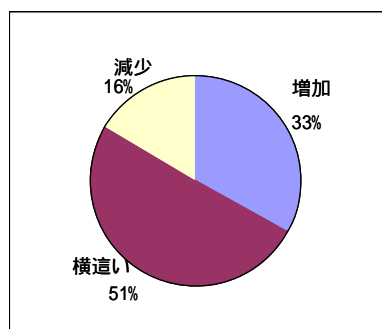
以下では、顧客との取引関係において重要なポイントなる契約と支払いに関する現状と課題及び対応策について述べる。

図表 7.3-3 全売上高に占める最大取引先の割合 (N=126)



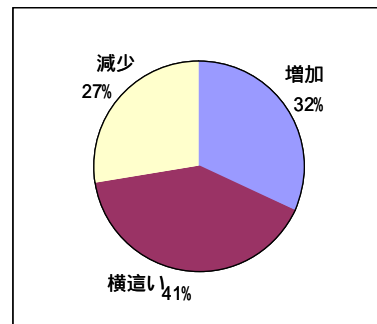
出所：「鍛造・金型産業の取引慣行の国際比較」((財)機械振興協会 経済研究所)
2006年3月

図表 7.3-4 顧客数の変化 (N=133)
(3年前との比較)



出所：前掲

図表 7.3-5 最大取引先の売上高割合 (N=135)
(3年前との比較)



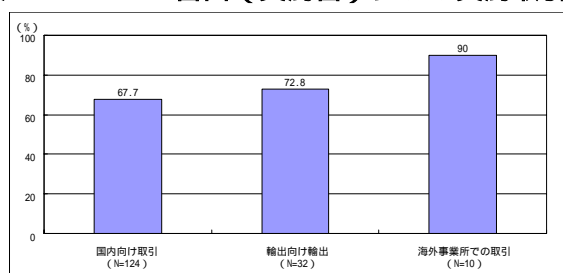
契約に関する問題

日本の金型製造業の90%以上は従業員が20人以下の中小企業であり、その取引先も大部分は中小部品メーカーである。このような場合、契約書を交わして取引せず、通常は指示書や発注仕様書のような書類で取引されているといわれている。また、大手ユーザー企業との取引においても、系列的な取引が中心であった日本では、従来から厳格な契約内容を締結せずに受発注を行う取引慣行がある。

図表7.3-6は国内外での取引における書面（契約書）による契約割合を示したものである。同調査によると、国内向けでは平均で約68%であるが、海外向けは平均約73%、海外事業所では平均約90%となっている。書面による契約割合は高まっているとされているが、依然として国内向け取引においては3件に1件が未だ契約書のない取引が行われている状況である。さらに、大手ユーザー企業と契約書を結ぶ場合においても大手ユーザー企業が用意した契約書となり、金型製造事業者にとっては必ずしも公平な契約内容とはならないケースがある。例えば、ユーザー企業の都合で設計変更された場合の損失補填のあり方や品質保証に関する不良率に対する相互認識の齟齬等について、契約書に明確に記されていないケースもある。また、材料や副資材の異常な高騰などに対する契約条項の欠落がある場合は、コストに占める材料費の割合が大きい金型製造業者にとっては大きな負担となる。このような契約形態は金型製造事業者の財務体力や技術開発力を弱め、長期的にはユーザー企業に影響を及ぼすものとなる。

我が国のユーザー企業が海外の金型製造業者（我が国の金型製造業者の海外事業所を含む）と取引する時はほとんど契約書を結んでいることから、日本における取引においても契約書の締結とともに、想定される事項に関する取り決めを明確にしておく必要がある。このためには金型製造事業者だけでなく、ユーザー企業においても取引における契約書の重要性の認識とその遵守を促すことが必要となる。

図表7.3-6 書面（契約書）による契約取引の割合



出所：前掲

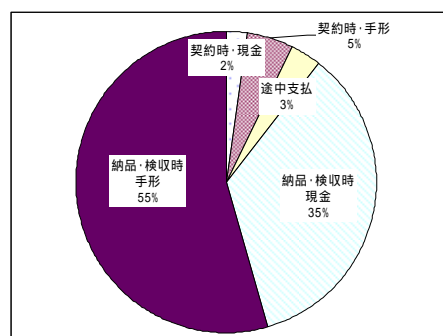
また、発注時におけるユーザー企業と金型製造業者との知識の差も問題になりつつある。これは、ユーザー企業側（川下産業設計担当者や購買担当者）に金型について知見を有する者が少なくなっていることに起因している。ユーザー企業側がコストだけに着眼し、実際にはプレスや射出成形等で生産することができないような図面で発注されるような例がみられる。この結果、金型製造業者側で、金型製作の過程で設計変更に対応する等のコストが必要となり、生産効率の悪化に繋がっている。金型メーカーの人材育成とともに、ユーザー企業における金型に関する知見獲得の場の提供なども重要となる。

支払いに関する問題

一般的に欧米では発注時に3～5割支払い、アジアでは発注時に3割支払いといわれている。しかし、「鍛造・金型産業の取引慣行の国際比較」（財）機会振興協会 経済研究所 2006年3月によると、我が国では検収後一括、手形支払いの支払い形態が国内取引では約9割と多く、資金回収までに時間がかかるこのような支払い形態は金型事業者の財務体質を弱めるものとなる。特に、自動車用プレス金型では、製作に時間がかかり受注から納品・検収までの時間が長いことや、原材料費の占める割合が高いなどキャッシュフローが苦しいという問題がある。

我が国のユーザー企業が海外の金型製造業者と取引する際は、欧米企業と同じく発注時、中間時、検収後という形での分割、かつ現金支払いが多く行われていると言われている。すなわち、我が国のユーザー企業は国内と海外では異なる取引形態を取っていることになる。取引相手によって取引形態を異にすることは当該企業への信頼性を損なうことにもなりかねないものであり、先の契約形態を含めた適正な取引形態に改めていくことが必要である。

図表7.3-7 支払時期別の支払方法の構成比



出所：前掲

(3) 設備投資の促進

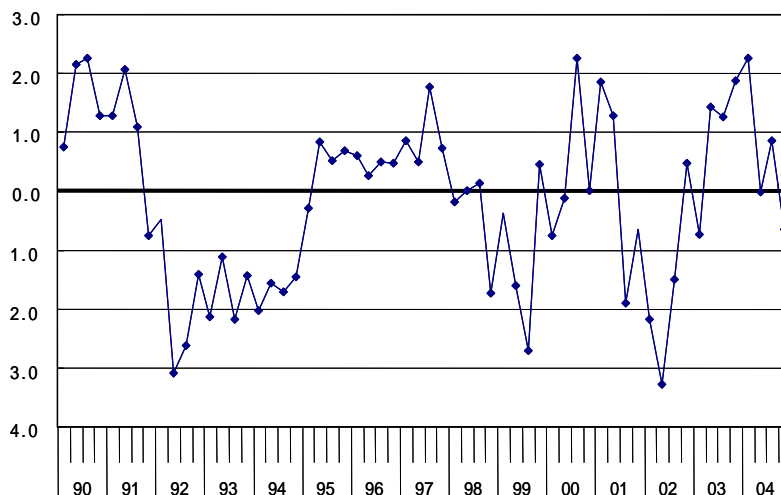
金型製造は、設備に依存するところが大きいこと、新興のアジア諸国の金型製造業が比較的新しい設備を導入していることなどを鑑みると、日本の金型製造業も自社の設備を必要に応じて更新、あるいは新規導入を図り、さらなる高度化を可能とすることが望まれる。

中小企業の設備投資は図表7.3-8にみるように2002年から徐々に回復し、2003年以降は回復度合いを強めている。また、中小企業の主要な資金調達手段である銀行借入における銀行の貸し出し態度判断DI⁶の推移を見ても1997年からの金融システム不安前の水準に戻りつつあり、金融仲介機能の低下による設備投資の下押し効果は弱まっていると言える。設備投資に対するニーズがある金型製造事業者における設備投資を一層促進するためには、税制や融資措置等の方策を検討していくことも有効であると考えられる。

本調査において実施したアンケートでは、70%以上の事業者が設備投資を促進するための税制、融資措置があれば設備投資を積極的に推進すると回答している。望まれている措置は法定償却期間の短縮化、残存価値5%の撤廃による代替設備購入のための自己資金化、低利・長期の政策融資等が挙げられている。

図表7.3-8 設備投資動向(前年同期比寄与度): 中小企業製造業

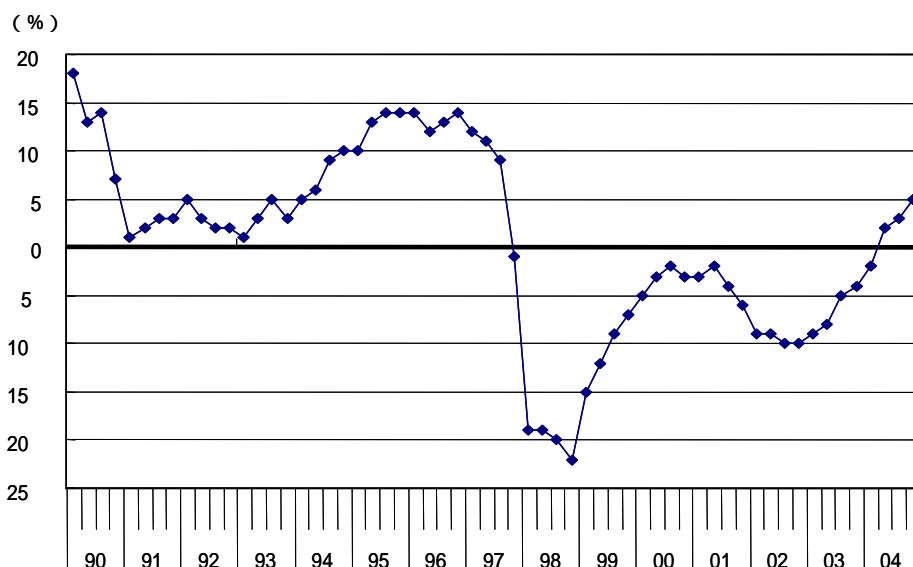
(前年同期比、%)



出所: 中小企業白書(2005年版)

⁶ 金融機関の貸出態度判断DI = 「良い」 - 「悪い」

図表7.3-9 金融機関の貸し出し態度判断DIの推移(中小企業)



出所：前掲

(4) 人材問題

金型産業の競争力は、人材に支えられている面が大きく、競争力の維持のためには、持続的な若手人材の確保や技能伝承をスムーズに行える仕組みづくりが必要となる。

若手人材の確保

厚生労働省「雇用管理調査」(2004年)によると新規の学校卒業者を採用内定した企業の割合は、規模が小さい企業ほど低くなっている。また、中小企業と大企業とでは情報の発信力に差があるため新卒者は中小企業よりも大企業での就業を希望することが多い。(株)リクルートワークス研究所「ワークス大卒求人倍率調査(2005年卒)」(2004年)によると従業員規模が1,000人以上の企業の求人倍率が0.56倍に対し1,000人未満の企業では2.53倍となっている。中小企業が新卒者を採用しようとする大企業や他の中小企業と競合してしまうため、優秀な新卒者を採用するのは困難であると考えられる。経営資源の乏しい一般的な中小企業にとっては、新卒者の採用はかなり限定的に実施されているのが実情と言えそうである。

金型製造事業者も例外ではなく、今回のアンケート調査においても30%近い企業が若手人材の確保が容易でないとしている。さらに、若手人材の質の低下や早期退職などの問題もある。

この根源は素形材産業の重要性に対する社会一般の認識が低いことにある。そのため、我が国の製造業を支えるサポーターインダストリの重要性を喧伝することからはじめる必要がある。教育機関においても、当該

素形材産業を含むものづくり全般に対する扱いが衰微することがあれば、我が国にとって大きな損失である。これは後述する人材育成にも直結する問題でもある。

技能伝承

技能系人材について最大の課題は、従業員の高齢化や工場の海外移転等に伴う熟練技能の継承問題であろう。「2007年問題」といわれるように、間もなく団塊世代（1947年～1949年生まれ）がいつせいに60歳定年年齢を迎えるため、この問題は差し迫った危機となっている。具体的には、「技能・ノウハウ等伝承に時間がかかり円滑に進まない」、「意欲のある若年・中堅層の確保が難しい」といった意見がある。技能のデジタル化等の取組みが一部で行なわれている。全ての技能をデジタル化することは不可能であるが、より一層の対応が必要である。金型技術の中で、デジタル化できる部分は究極までデジタル化し、効率的に伝承することが求められる。一方で、人に蓄積された技能で形式知化できない部分については、後継者を育成するなど、的確に伝承していく仕組み作りが必要である。

IT人材

2次元CADから3次元CADへの転換、工作機械のNC化率の向上など金型を製造するために必要となる設備はより高度化してきている。今後も技能のデジタル化や設計のデジタル化等のIT化が進展するものと考えられ、設備の高度化に対応できる人材の需要が増えることは十分に考えられ、対応できる人材の育成が急務である。

金型製造に関わるIT化への対応だけでなく、営業や事務処理に関わるIT化も重要となってきている。インターネットなどの情報通信技術の進展は、短時間に地域を越えた取引や作業が可能となってきており、情報通信を利用することによって海外需要の獲得や新たなビジネススタイルを構築できる可能性がある。このように金型製造事業者においては、経営から金型製造までの各業務工程において、益々IT化への対応が必要となり、これらに対応できる人材の確保も必要となる。

一方、ユーザー企業側（川下産業設計担当者や購買担当者）に金型について知見を有する者が少なくなっているとの指摘もあり、コストだけに着眼し、実際にはプレスや射出成形で生産することができないような図面で発注されるような例がみられる。この結果、金型メーカー側で、金型製作の過程で設計変更に対応する等のコストが必要となり、生産効率の悪化に繋がっている。金型製造業者の人材育成とともに、ユーザー企業における

金型に関する知見獲得の場の提供なども重要となる。

図表 7.3 - 10 新規学卒者の製造業への入職者数推移



備考：「新規学卒者の製造業への入職割合」算出に使用している調査データについては、21年から速報値を含んでいる。
資料：厚生労働省「雇用動向調査」

(5) 研究開発

製品の高度化・多様化によって、単独企業で研究開発を行っていくことは困難になってきており、ユーザー企業、大学等と連携し進めていくことが必要である。

金型技術の基礎的な研究やデータ収集については、大学の研究室との連携が有効であり、また研究を通して、学生に対し金型製造業界に興味を持たせる効果も期待できる。例えば、東京工科大学では自動車用の一次部品メーカーとファインブランキングプレス加工（精密剪断）メーカーとの間に入り、それぞれが得意とする技術を活かしながら、従来工法よりも効率良く部品を生産できるシステムの開発を行っている。このようなケースでは大学では基礎研究はもちろん、次のモデルの開発、CAD/CAM の使い方の指導などを担当している。また、金型製造から金型鑄造にまで事業を拡大した企業へは新しい材料での製品作りの指導を行っている。

新製品・新分野の開発ニーズについては、ユーザー企業側が所有していることから、ユーザー企業との連携が重要であるが、金型製造業者からも自社の技術を基にした提案を積極的に行い、潜在的なニーズを研究開発に結び付けることも重要である。自動車用プレス金型製造業者ではユーザー企業の成形工程の減少を目的として、工法の改善に適した金型作りを共同で開発した例や後工程を省略できる金型開発などをやはりユーザー企業と共同で開発した例がある。

このように、ユーザー企業の開発部門との連携は、新しい金型関連技術の獲得以外にも、人的ネットワークの形成、将来的な受注の可能性拡大、将来ニーズの把握などに効果があると考えられる。