

(案)

提言

材料工学から見たものづくり人材育成の 課題と展望



平成29年（2017年）〇月〇日

日本学術会議

材料工学委員会

材料工学将来展開分科会

この提言は、日本学術会議材料工学委員会材料工学将来展開分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議材料工学委員会材料工学将来展開分科会

委員長	中嶋 英雄	(第三部会員)	公益財団法人 若狭湾エネルギー研究センター所長、 大阪大学名誉教授
副委員長	小関 敏彦	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
幹 事	乾 晴行	(連携会員)	京都大学大学院工学研究科教授
幹 事	須山 章子	(連携会員)	株式会社東芝エネルギーシステムソリューション社電 力・社会システム技術開発センター主査
	吉田 豊信	(第三部会員)	東京大学名誉教授
	荒木 稚子	(連携会員)	埼玉大学大学院理工学研究科准教授
	大貫 惣明	(連携会員)	北海道大学名誉教授
	岡田 益男	(連携会員)	東北大学未来科学技術共同研究センター客員教授、 東北大学名誉教授
	田中 敏宏	(連携会員)	大阪大学大学院工学研究科長
	津崎 兼彰	(連携会員)	九州大学大学院工学研究院教授
	長井 寿	(連携会員)	独立行政法人物質・材料研究機構構造材料研究拠点長
	長坂 徹也	(連携会員)	東北大学大学院工学研究科教授
	中野 裕美	(連携会員)	豊橋技術科学大学教育研究基盤センター教授
	塙 隆夫	(連携会員)	東京医科歯科大学生体材料工学研究所教授
	東 健司	(連携会員)	大阪府立大学工学研究科教授
	前田 正史	(連携会員)	東京大学生産技術研究所教授
	松原英一郎	(連携会員)	京都大学大学院工学研究科教授
	森田 一樹	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	山口 周	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	山本 雅彦	(連携会員)	大阪大学名誉教授

本提言の作成にあたり、以下の方々に御協力いただいた。

土井美和子	(第三部会員)	国立研究開発法人情報通信研究機構監事
馬越 佑吉	(連携会員)	第 20～21 期日本学術会議会員、大阪大学名誉教授
市川 宏		公益財団法人特殊無機材料研究所理事
長部 良治		埼玉県立大宮高等学校教諭
中川 幸也		極東貿易((株)顧問、株式会社 IHI 元副社長
矢野友三郎		一般社団法人日本ファインセラミックス協会専務理事

吉田 信也

奈良女子大学教授

本提言の作成にあたり、以下の職員が事務及び調査を担当した。

事務 石井 康彦 参事官（審議第二担当）

松宮 志麻 参事官（審議第二担当）付補佐

西川 美雪 参事官（審議第二担当）付審議専門職付（平成 29 年 3 月まで）

宮本 直子 参事官（審議第二担当）付審議専門職（平成 29 年 4 月から）

1 作成の背景

現代社会の進化と発展はものづくりから始まったと言っても過言ではない。材料工学はその「ものづくり」の基盤となる要素であり物質の仕組みを「かたち」にしていく学問である。その「ものづくり産業」は国内雇用や貿易立国日本を支えてきた我が国の基幹産業である。しかしながら、新興国企業の躍進や製品のコモディティ化によって現場力の強みに根差した日本のものづくり産業の国際競争力の低下が懸念されている。このような事態に対処して我が国の国民経済が基幹的な産業である製造業の発展を通して今後とも健全に発展していくためには「ものづくり」に関する能力を尊重する社会的気運を醸成し、ものづくりの積極的な振興と人材育成を図ることが不可欠である。第 23 期日本学術会議材料工学委員会では「材料工学将来展開分科会」を設置して、材料に関する産業および材料工学の将来を発展させるためには人材育成こそ最も重要な課題であると認識し、現状の課題と将来展望の検討を行い本提言を取りまとめた。

2 現状及び問題点

日本の技術力は世界を牽引する高いレベルにあるが、それを事業化する製品企画やマーケティングと言ったビジネスモデル構想力には弱みがある。素材の製品化に関しても同様のことが言える。日本の素材開発レベルは極めて高く、これまで多数の優れた特性を有する素材が開発されてきた。しかしながら、日本で開発された優れた素材が我が国の最終製品やシステム産業に直接反映されるのは限定的であり、欧米の製造業に利用されることが多々見受けられる。日本の製品企画の弱さは産業構造に起因するとも考えられるが、それと共に我が国のものづくり産業に関わる人材の、製品の設計構想を立案できる能力の低さに由来するものと考えられる。そのためには日本のものづくり産学連携のあり方や人材育成、大学におけるものづくり教育と人材育成、将来の優秀な人材確保のために初等・中等教育課程における材料工学の啓発活動や女子学生、女性研究者のものづくりへの積極的進出を増進させることが求められる。

3 提言の内容

(1) ものづくり人材育成のための産学連携の改革

日本のものづくり産業における製品構想力を増強したり日本発の優れた素材を積極的に製品化するためには、大学と企業における産学連携のあり方を根本的に見直し、それに伴う人材を育成することが求められる。素材産業・大学・研究機関と素材のユーザーである製造企業とがコンソーシアムを形成することによって社会や市場、カスタマーの要求する製品化を効率よく実現させるべきである。それによって開発された素材が製品という利益を獲得することができ経済効果を創出させることができる。そのための人材育成には大学における起業化教育やアントレプレナーシップ人材育成に対する教育プログラムを積極的に実践していくべきである。併せて、知的財産や国際

標準化を重視した教育プログラムの格段の充実化がなされるべきである。

(2) 大学の材料工学における人材育成

材料分野の変化・拡がりに対応したものづくり人材育成を進めるために産学一体となった材料工学分野の人材育成に関する教育カリキュラムやポリシーの見直しを行うべきである。我が国の材料工学の研究開発レベルは世界のトップクラスにあるにも関わらず中・高校生に認知度が低い。材料工学分野を志向する学生の数の増加、多様性の増加を実現するために、初等中等教育と高等教育をつなぐものづくり教育・人材育成の議論の場の設立や育成プログラムの策定が必要である。さらに、材料工学分野を志向する大学院生、留学生を増やすための経済的支援の強化が重要である。卓越した学生に対する国の支援に加え、プロジェクトによる直接雇用や、外部資金の間接経費措置率を高めて大学独自の支援ができるような制度整備が必要である。

(3) 中・高校における材料工学分野の知識の普及と啓発活動

工業分野の持続的発展・成長のための優秀な人材の確保には、中・高校生に対する材料工学分野の知識の普及と啓発に関する活動が重要である。中でも中・高校生にとっては進路選択に必要な受験科目となる主要な理科教科で興味が持たれる新規な物質・材料を紹介したり、材料工学における「ものづくり」が主要教科とどう係わりを持つかなどの情報を教科書の囲い込み記事、副読本、新設される理数系科目「理数探求」を通して興味を喚起できるように提供することが重要である。材料工学分野の認知度の低さを考えれば、広報活動の積極的展開が重要であることは言うまでもないが、進路選択に関して本人以外に保護者や中・高校教員に対しても「材料工学」の認知度を高めるための長期戦略を関連学協会と企業の連携の下に行うべきである。

(4) 材料工学分野における女子学生、女性研究者・技術者の増加策と女性活躍を定着させるための方策

女子学生が材料工学分野やものづくり産業に興味を持ち進路選択し活躍させるようにするには、材料工学分野の正確な情報を発信し、生徒や保護者等へロールモデルを提示すべきである。材料工学分野の就業率を増加させ「女性活躍」を社会的に定着させるためには、女性研究者・技術者の積極登用とキャリアパス不安の解消が大切であり、家庭(育児、介護含む)と仕事の両立のための柔軟な勤務形態や職場環境の整備が求められる。さらに、ライフイベント中の女性研究者・技術者の評価の透明化によるキャリア形成の確保、理系女性研究者・技術者のネットワーク化やメンターシップ制度の環境整備が必要である。また、女性研究者・技術者の採用・登用時の年齢による差別の排除やライフイベント後の女性研究者・技術者の研究助成金応募に対する年齢制限の条件の緩和を行うべきである。

目 次

1	はじめに.....	1
2	産業界におけるものづくり人材育成.....	1
	(1) 産業界におけるものづくり人材育成の現状.....	1
	(2) ものづくり人材育成に関する産学連携の課題と対策.....	3
3	大学における材料工学分野の教育と人材育成.....	5
	(1) 大学における材料工学分野の教育の現状.....	5
	(2) 大学の材料工学分野の教育による人材育成.....	7
4	中・高校における材料工学の知識の普及と啓発活動.....	9
	(1) 中・高校における材料工学分野の認識に関する現状解析.....	9
	① 中・高校において材料工学を連想させる学習教科は存在しない現状.....	9
	② 大学工学部において材料を名称に持つ学科が限定的である現状.....	10
	③ 中・高校生生の保護者および教員の材料工学の認知度の低さ.....	10
	(2) 中・高校における材料工学分野の知識の普及と啓発から見た人材育成.....	11
5	材料工学分野における女子学生、女性研究者・技術者の増加策.....	12
	(1) 材料工学分野における女子学生、女性研究者・技術者の現状解析.....	12
	① なぜ女子学生が材料工学分野を進路選択しないのか？.....	12
	② なぜ材料工学分野に就職しないのか？.....	13
	③ なぜ材料工学分野では女性研究者の継続勤務が難しいのか？.....	14
	(2) 材料工学分野の女性研究者・技術者増加のための人材育成.....	15
6	提言.....	17
	(1) ものづくり人材育成のための産学連携の改革.....	17
	(2) 大学の材料工学における人材育成.....	17
	(3) 中・高校における材料工学分野の知識の普及.....	18
	(4) 関連学協会と企業の連携による中・高校生に対する啓発活動.....	18
	(5) 材料工学分野における女子学生、女性研究者・技術者の増加策.....	18
	(6) 女性活躍を社会的に定着させるための方策.....	18
	＜参考文献＞.....	20
	＜参考資料1＞材料工学委員会材料工学将来展開分科会 審議経過.....	22
	＜参考資料2＞シンポジウム開催経過.....	24

1 はじめに

現代社会の進化と発展はものづくりから始まったと言っても過言ではない。材料工学はその「ものづくり」の基盤となる要素であり、原子や分子といったミクロから日常生活レベルのマクロサイズまでの広範な視野に立って物質の仕組みを「かたち」にしていける学問である。その「ものづくり産業」は国内雇用や貿易立国日本を支えてきた我が国の基幹産業である。かつて「ジャパン・アズ・ナンバーワン」と言われ1960年代から80年代にかけて我が国のものづくり企業は画期的な新製品を次々と開発し、自動車や家電を始めとした日本製品は、その高い品質と性能に支えられ、世界市場を制するほどの競争力を有し、国内生産は拡大し、輸出を伸長させ、ものづくり産業は我が国の大きな原動力になった。しかし、1990年代以降、我が国の経済がバブル崩壊後の長い低迷から脱却できずにいる中、中国、韓国をはじめとする新興国企業の躍進や、製品のコモディティ化¹によって、我が国が得意としてきた高品質・高機能に支えられた競争力に陰りが見えてきた。これに対して、欧米諸国では政府主導の下で産学一体となった技術開発を推進したことによってものづくりが大きく発展した。このように日本の科学技術の国際的地位の低下は明らかであり、それに対する産業と教育の両面からの対応は喫緊の課題である。

このような事態に対処して我が国の国民経済が国の基幹的な産業である製造業の発展を通して今後とも健全に発展していくためには「ものづくり」に関する能力を尊重する社会的気運を醸成しつつ、ものづくりの積極的な振興を図ることが不可欠である。このものづくり基盤技術を強化するには大学および企業の将来人材育成のためにも「智のつながり」の体系化が必要であり、ものづくり基盤技術の産学連携に基づく人材育成教育の基本コンセプトの確立が望まれる。

第23期日本学術会議材料工学委員会では「材料工学将来展開分科会」を設置して、ものづくり産業および材料工学の将来を発展させるためには人材育成こそ最も重要な課題であると認識し、現状の課題と将来展望の検討を行うこととした。本分科会では、ものづくり人材育成に関する産学連携のあり方、大学におけるものづくり人材育成、中・高校における材料工学分野の知識の普及と啓発から見た人材育成、材料工学分野における女子学生、女性研究者・技術者のための人材育成等の事項について調査審議を行い、本提言を取りまとめた。

2 産業界におけるものづくり人材育成

(1) 産業界におけるものづくり人材育成の現状

「ものづくり」とは通常は製造業やそこで使われる技術、人々のことを指す大和言葉である。純作業での製造ではなく、特に職人などの手による高度な製造の場合の「職人の匠の技」と言った狭い定義に用いられることが多かった[1]。しかしながら、本来ものづくりとは日本の現場で実際に使われる用法に近いもので、すなわち、設計論、生産管

¹ 一般商品化。競合する製品同士の機能や品質面の差が無くなってしまうこと。

理論、経済学などに基づく広義な概念であり、生産現場のみならず開発現場や販売現場も包含するものである。この「ものづくり」とは媒体つまりモノに設計情報、つまり設計者の思いを作り込むことを指し、媒体が有形であれば製造業になる。物的生産性、製造品質、生産リードタイム、歩留まりと言った現場力では自動車、造船、家電、鉄鋼などの多くの貿易財の業種において日本の優位現場は常に世界最高の水準にありジャパン・アズ・ナンバーワンと言われた1980年代も今もあまり変わらない。1980年代、物的生産性は高い日本の現場では単位コストや価格でも有利に立てていた。ところが、1990年代には新興国を含めたグローバル競争の時代に入り、低賃金の中国をはじめとする新興国諸国が競争相手に加わってきた。技術競争力ではなく、このような価格競争力で日本は劣勢に立たされることになり、日本国内の工場が中国などに移転するケースが続出した。しかし、2010年代に入ると新興国の「ルイスの転換点」²が訪れ、賃金高騰が始まったことによってハンディキャップが縮小し日本の有力現場には一縷の光明が見えてきた。

一方で、日本のものづくりには弱みがある。所謂ガラパゴス携帯³などを例に、確かに日本の技術力は世界トップレベルであるが、それを事業化するマーケティングや製品企画と言ったビジネスモデル構想力には弱みがある。製品をアーキテクチャー（設計構想）で分類すると、モジュラー型（組み合わせ型）とインテグラル型（擦り合わせ型）に分けられる。モジュラー型は機能と構造が独立して設計されている。例えば、パソコンシステムのような製品であり、パソコンとプリンター、プロジェクターが各々独立した機能を持ちインターフェースを共有することによってメーカーが違ってもつなげて使用できる製品である。これに対してインテグラル型の代表は乗用車で燃費の向上や快適な乗り心地のためにサスペンション、車体、エンジン、タイヤなどあらゆるパーツを擦り合わせて設計する必要がある[2]。後者は日本のものづくりの得意分野である。今後、モジュラー型設計思想による製品化の飛躍的な拡大が予想されることを考えれば、長期的には現在は苦手傾向のモジュラー型製品を積極的に生産し得る高度な分業型の組織能力も国内で構築していく必要がある。そのためには、従来の固定概念に囚われない自由な発想に基づいた製品化実現への強い意志と周辺関連製品製造企業への連携やそれらの企業とのコンソーシアムの形成および国際標準化の重要性の認識が必要とされる。

日本のものづくりは製品の付加価値を高めることが弱く、マーケティングや製品企画が諸外国に比べて弱い。素材の製品化に関しても同様のことが言える。材料工学分野は、グローバル化の中でも日本の強みの一つと考えられ、日本の素材開発のレベルは極めて高く、これまでに多数の優れた特性を有する素材が開発されてきた。通常、素材をそのまま実用に供することはなく、加工成形したものが機器や構造物内に組み

² 社会が工業化する過程で、工業化の進展に伴い転換点を超えると、賃金の上昇や労働力不足により経済成長が鈍化する。英国の経済学者アーサー・ルイスが提唱した概念。

³ ガラパゴス化した携帯電話。日本独自の市場で特殊な多機能化が進んだフィーチャーホンなどの携帯電話を指す。日本の第2世代携帯電話は独自の通信方式を採用したため、ネット接続、カメラ、電子マネーなど最先端の機能を持ちながら、海外市場では通用しなかった。最近になって、アップルの「iPhone」など高機能のスマートフォンが日本市場にも進出。国際競争力に乏しい日本のケータイは「脱ガラパゴス化」を迫られている。

込まれて製品という完成品になる。前者を担うのは素材産業であり、後者は製造業に委ねられる。しかしながら、現状では日本の優れた素材が国内の製造業に利用される機会は限定的で、米国をはじめとする欧米の製造業の部材に供されるケースが少ない。最終製品によってこそ大きな収益が挙げられることを考えると、日本で開発・製造された素材であっても最終的な利潤は欧米の製造業にもたらされてしまう傾向が強い。つまり、日本で開発された成果によってむしろ国外の企業に利をもたらしことになってしまい、より多くの利益が得られる最終製品やサービスの市場では我が国が苦戦を強いられていることも否めない。すなわち、我が国の高品質・高性能な材料・部品やそれらの製造プロセス技術が、我が国の最終製品やシステム産業の利益に有効な形で反映されていないことが、現状の大きな問題であろう。実際に米国・欧州・新興国では、我が国の強みである材料・部品やそれらの製造プロセス技術を利用して、競争力のある製品・システム等を販売し、多くの利益を得ている。例えば、セラミックスを、日本で開発された炭化ケイ素繊維素材で強化することで高温に耐えられる航空機エンジンが米国で実用化[3]されたり、日本のファインセラミックスが米国の航空機部材に供されたり、日本で開発された生体材料素材が欧米の医療器具に使われた例を挙げることができる。

このように、日本で開発された優れた素材が我が国の最終製品やシステム産業に直接反映されていないのは、前述のごとく日本の製品企画の弱さに由来していると考えられる。それに対して諸外国、特に米国では積極的な製品への応用を実現させ成功させている。このような製品企画力の弱さは我が国の産業構造上の問題とそれに伴う人材育成のあり方に問題があると考えられる。製品の設計構想を立案できる能力、つまり社会、市場やカスタマーの欲するニーズを敏感に察知して対処できる能力を備えた人材が必要である。そのためには狭い領域のみに精通した人材ではなく、ものづくりに対する自由な発想に基づいた斬新なアイディアの創出力や挑戦的構想力に富む人材の育成こそが望まれる。

(2) ものづくり人材育成に関する産学連携の課題と対策

まず、日本の産学連携と言えば「大学と企業の共同研究やライセンス」を意味することが一般的である。一方、米国で産学連携と言えば、「大学発ベンチャーの起業とそうした企業がトレードセール、あるいは上場していくためのエコシステム⁴における産と学の連携」を意味することが一般的である[4]。その源泉はシリコンバレーを中心としたベンチャービジネスにあり米国の基幹産業の発展に多大の貢献を果たしている[5, 6, 7]。図1には新製品市場におけるベンチャー起業の活動の貢献度を国別に示

⁴ 複数の企業によって構築された、製品やサービスを取り巻く共通の収益環境。具体的には、ある特定のスマートフォンを中心に、アプリケーションソフト、電子マネー、イヤホンや充電器などの関連製品が、つながりをもつ全企業に収益をもたらす環境を構築している例などが挙げられる。

したデータであるが、日本は高収入国（先進国）では残念ながら最下位である[8]。日本の産学連携をステップアップさせるにはベンチャー起業化を推進するべきとの見方もある。しかしながら、我が国で米国式のベンチャー起業化を短期間で導入し実現させていくのは容易ではない。日本では依然として多くが終身雇用制であり、安定を志向した社会構造になっており、創造的破壊を良しとする風潮に至っていない。さらにベンチャー起業を支援するためのベンチャーキャピタル⁵などの投資会社が十分に機能していないという一因もある。以上のような我が国の社会構造や国民性を考慮すれば、欧米並みにベンチャー起業化が普及するには多くの時間を要すると考えられる。

ここで、本題に立ち戻ることにする。我が国で開発された素材が我が国の製造業に十分に生かされず製品化に至らないケースが多く見受けられる。これにはいくつかの要因が考えられる。①1つは新素材を受け入れる、例えば航空機や宇宙産業のような産業が育っていないという我が国の産業構造に起因していることであり、②2つ目は我が国の素材企業とユーザー企業（製造業）との連携が不十分であることも一因に挙げられる。①に関しては我が国も本格的な航空機製造を目指す企業の動きもあるので、近い将来解決されることを期待したい。②に関しては早急に対策を講じることができる可能性があると考えられる。素材企業や大学・研究機関は高機能性素材の開発や量産化に長じているが、その先の製品化まで見渡すことができない。一方、自動車、航空機、電子機器、機械メーカーなどのユーザー企業はアセンブリすることに長けていても新素材の潜在的機能を十分に熟知できないであろう。つまり、両業種のコミュニケーション不足の結果として製品化に至らないと考えるならば、これらがコンソーシアムを形成してうまく連携することによってこの問題を解決することができると考えられる（素材—ユーザー連携）。

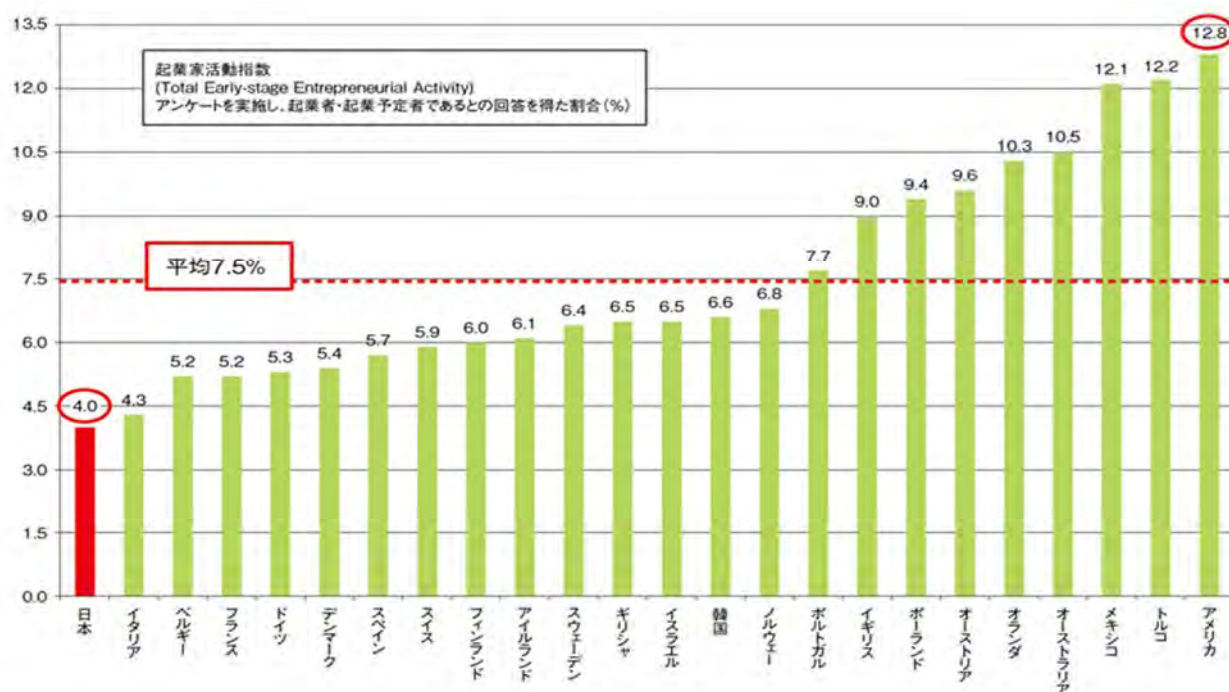
我が国は1970～1980年代に同業者メーカーがコンソーシアムを組んで成功した事例が存在する。その一例が超LSI技術共同研究組合⁶である。これには巨額の政府資金が投入され日本企業の半導体技術および産業に飛躍的な発展がもたらされた。ここでは、同業者のコンソーシアムではなく素材企業とユーザー製造企業が（異業種）コンソーシアムを形成することによって我が国で開発されたより多くの新素材を自国の製品化に結び付けることができると期待される。その際、政府資金の援助も実現を加速する上で不可欠である。この場合、素材産業をバックアップする大学、研究機関、製造業をサポートする大学、研究機関も参画することによってオールジャパン体制の下で効率よく推進を図っていくべきである。ニーズの規模によっては小規模の小回りの利くコンソーシアムの組織化も可能であろう。この過程で、ものづくりのための人材育成が図られることが期待できる。ものを製品化することは社会、市場やカスタマー

⁵ ハイリターンを狙ったアグレッシブな投資を行う投資会社（投資ファンド）のこと。主に高い成長率を有する未上場企業に対して投資を行い、資金を投下すると同時に経営コンサルティングを行い、投資先企業の価値向上を図る。担当者が取締役会等にも参加し、経営陣に対して多岐にわたる指導を行う。

⁶ 超LSI技術共同研究組合には日本の主要企業7社が参画してコンピューター用LSIの開発を行い、これが日本の半導体産業の興隆につながった。しかしながらその後、大口径化ウェーハの国際標準化を事業戦略として上手く利用できなかったことが2000年以降の日本半導体産業停滞の大きな原因の一つになった。

のニーズを満足させる目的を実現させることであり、ベンチャー起業家精神と相通じるところがある。このようにして育成された人材がベンチャー起業化に進むという波及効果も期待される。

ところで、大学や大学院における起業化教育は実際の起業だけを想定したものではなく、社会人へと進む学生の視野拡大や資質向上の一策と位置付けることができる。このような位置付けの下で大学あるいは大学院での起業化教育やアントレプレナーシップ⁷人材育成に対する学術的価値を十分に認識し起業化教育の意義および目的をより明確にすべきである。具体的には、大学あるいは大学院におけるベンチャー起業化教育には、①起業態度を形成するための教育と②起業態度をもつ学生を起業活動に導くための教育を行う教育プログラムを実践していくことが重要である。併せて、知的財産や国際標準化を重視した教育プログラムの格段の充実化が望まれる。



資料：平成24年度 起業家精神に関する調査(GEM) (調査対象国の内OECD主要国を掲載。2011年、2012年のうち直近の数値を使用)

図1 新製品市場におけるベンチャー起業の活動の貢献度[8]

3 大学における材料工学分野の教育と人材育成

(1) 大学における材料工学分野の教育の現状

大学の材料工学分野では、1990年代から、それまでの金属工学を中心とした教育研究からセラミックスや半導体、高分子材料も含む多様な材料に対応するカリキュラムへの改革や講座の改編に取り組んできた。また、それに伴って学科名や専攻名の変更や学科・専攻のカバーする研究範囲の拡大も進んできた。この潮流は欧米からスタートしたもの

⁷ 企業家精神。新しい事業の創造意欲に燃え、高いリスクに果敢に挑む姿勢。

で、情報通信分野の拡大、それに伴うエレクトロニクス材料や様々な機能性材料の開発、それらのプロセスの開発、さらに医療・生体用の高分子材料や構造用や機能用の新たな炭素系材料などの開発など、材料の広がりに対応するもので、大学の教育において、それらの基盤となる物理や化学、材料各論などの講義群が、従来の金属工学を中心とした講義群に加えられ、カリキュラムの改革が進められた。また世界的なエネルギーや環境の危機やそれに対する材料からの対応に関わる講義や、計算材料科学の講義群も加えられた。同時に材料系学科・専攻の教員も多様な分野の研究者から構成されるようになってきた。ここで学ぶ学生は、様々な材料に対応する基礎科学と、その応用となる様々な材料をカバーする各論を学び、さらにそれらと他の工学分野や産業分野、環境や資源、エネルギーとの関連までも俯瞰的に学ぶメリットがある。このような材料工学の変化に対応して、材料工学委員会材料工学将来展開分科会では、平成 26 年度に「大学教育の分野別質保証のため教育課程編成上の参照基準 材料工学分野」の審議結果をとりまとめ [9]、材料工学の定義と固有の特性を明確にし、材料工学を学ぶ学生が身につけることを目指すべき基本的な素養を提案した。またそれらの学習方法や学修成果の評価方法にも言及している。

しかしその一方で、限られた時間内に従来より広い専門科目をカバーせざるをえないため、個々の科目では従前の深さが維持できていない、あるいは従前にあった科目が整理統合されるという課題も生じてきた。学習の「広く・浅く」の傾向は、それまで金属系の学生を多く採用してきた多くの企業から指摘されており、今後のカリキュラム改革の効果の検証の中で検討する必要がある。また教員の研究分野の多様化に伴い、多くの大学で鉄鋼をはじめとした日本の基幹産業に関連する教員や講座の減少や消滅などの問題も生じてきた。また、学科専攻内の教員、研究者相互の研究の議論もこれまでと比べ共通性や関連性が希薄になり、ゆえに大学院の学生間の研究の議論も研究室内や限られた研究室間になりつつあるという問題も指摘されている。

材料工学分野の学科や専攻に入学あるいは進学する学生数は一時的なものを除けば、必ずしも伸びているとはいえず、全体に横ばいあるいは減少の傾向であり、個々の分野を見れば減少している。これには後述のように、初等・中等教育における理科離れの傾向や物理の履修者の激減に加えて、現状、理科の教員と工学との関わりが薄く、物理や化学で物質を教えても、それが材料になり様々な工学や産業の基盤になるという教育には至らず、当然ながらその講義を受ける生徒には材料や材料科学・材料工学の認知も関心も醸成されないという背景がある。この点についてはこの後の項で更に議論する。さらに多様な材料分野の教育研究の中には、応用物理や応用化学の教育や研究と競合している領域も多く、学術の境界が少なくとも学生にとっては区別が付きにくい中で、材料工学だけを選択するというわけではない。むしろ言葉として「物理」や「化学」の方が「材料」や「マテリアル」より馴染みがあり、それゆえ領域の社会的な重要性の割に、材料工学の学生数が横ばい、あるいは減少傾向の結果になっているのではないかと考え

られる。また材料工学の高度化に伴い、大学院での研究教育を通じた人材育成が、より重要になるが、材料工学の大学院入学の競争率も横ばいか下降傾向であり、博士の進学率も同様である。またその中で、女子学生の比率は、他の工学分野同様で低位である。

(2) 大学の材料工学分野の教育による人材育成

こういった傾向に対し、大学の材料系の学科・専攻では、パンフレット・ガイドブックの作成や学科公開やオープンキャンパスの開催と共に、入学直後の学生を対象に、材料を学ぶことの意義や科学としての面白さ、産業や社会への適用の重要性などの講義を開講し、材料分野の認知度を上げ材料工学を選択する学生を獲得しようとしてきた。また、材料工学を選択し学ぶ学生向けには、材料工学の基礎のみならず、学外から講師を招き産業界での事例を紹介する講義を開講する中で、教室での学びが社会でどのように役立つかを認識させるなど、基礎から応用までの体系を意識したカリキュラムの設計が進められると共に、演習や学生実験、インターンシップや内外の学協会講演大会への参加、卒業論文や修士論文研究などと併せた教育と育成を進めている。これと連動して、学協会や産業界も材料分野の人材の獲得や育成に対して大学および学生に対して様々な協力や支援を進めており、講演大会における学生ポスターセッションや学生表彰、学生向けセミナーの開催、見学やインターンシップの支援、講演・講義のための企業幹部の派遣など、様々なプログラムが行われている。このような各大学の材料系学科、専攻の取り組みや、それに対する材料系の学協会や産業界の協力・支援は評価できるものであり、また、全国の材料系学科、専攻の集まりである全国大学材料関係教室協議会において、それらの成果の紹介や情報交換を通して更なる向上が図られている。

しかしながら、このような努力にもかかわらず、大学における材料工学分野の人材の確保には不安が残り、人材育成には依然、課題が残されている。この外的な要因としては、20 世紀末から今世紀に入り世界で急速に進むグローバル化、ならびに、国内における少子化が挙げられる。例えば 20 世紀には先進各国がそれぞれ基幹産業として持っていた鉄鋼も 20 世紀末から世界的な買収と統合が進み、この 20 年間で業界の構成が大きく変化した。また半導体や太陽電池用のシリコンも急速にコモディティ化が進み、かつて日本の独壇場だった産業は、台湾や韓国などと競合になっている。様々な素材を使った製品が世界のサプライチェーン⁸の中で作られ、世界規模の中で材料の社会実装や最適化が進められている。このような動きの中で技術や産業の動向を俯瞰し求められる材料やそれによる技術インパクト、経済や資源、環境に与える影響などを考えることが出来る基盤を持つ人材を産業界とともに育成する必要があるだろう。それが、ものづくりの基盤として材料工学分野が強い日本の産業競争力の源泉として極めて重要である。そのために大学での教育では、産業界との連携に加え、材料工学以外の様々な工学分野、更に社会科学分野との連携した広い視野の醸成が必要であり、メジャー／マイナー制度や副指導教員制度の活用、アントレプレナー教育なども検討すべきである。さらに、次代

⁸ 製造業において、原材料調達・生産管理・物流・販売までを一つの連続したシステムとして捉えたときの名称。

を担う高度人材の育成を目差し文科省が検討を進める卓越大学院（仮称）では、こういった視点から、産業界や様々な機関と連携した大学院の教育・育成を検討すべきである。また、こういった急激な世界の動きを大学側の教員がどれくらい把握できているかは、教員の研究分野や産学連携への関わりの程度、意識によって差があると思われるが、少なくとも教育の中では、基礎・基盤の教育を担保・強化しつつも、世界の動きとの関連性を教えることは「工学」教育の中では重要であるので、そういった認識を教員側は共有する必要がある。

他方、日本の少子化は今後ますます深刻であり、その減少基調の中で日本の科学技術や産業を支える人材を奪い合うのはどの分野にとっても得策でなく、特に初等中等教育であり認知されない一方で工学的に重要な材料工学分野にとっては大きな悩みと言わざるをえない。進むべき専門分野を考える段階の高校生や大学初年次の学生に、材料工学分野の重要性やこれからの拡がりのアピールとともに、この分野の人材育成の明確なポリシーやキャリアパスなど丁寧な説明も重要であろう。今後、人材育成のポリシーやキャリアパスについては産業界とともに検討していく必要もある。また、女子学生や外国人学生をより多く惹き付けること、初等・中等教育の中で工学的な教育や体験を与えることによる工学に対する関心の醸成、なども重要である。特に、少子化の中で、優秀な外国人学生を大学院に受け入れることは、高度人材を増やすためにも重要である。そのためには、奨学金の措置された特別プログラムをはじめとする留学生への経済的支援、個々の教員の卓越した研究成果の海外へのPR、海外からの大学院応募手続きの国際標準化などが有効であるが、加えて、産業界と連携して、留学生が日本で学んだ後に日本国内で就職できる可能性が拡大すれば、優秀な外国人学生を日本に惹き付ける大きなインセンティブとなる。

また、内的な要因としては、先述のように材料分野の急速な拡大による教育研究の変化、その中で材料工学科の教員構成の変化や研究分野の多様化、それに対応する材料系学科・専攻の運営、さらに今後の材料分野の人材としてどのような人材を受け入れ、育成するかのアドミッションポリシー、カリキュラムポリシー、ディプロマポリシー⁹の再検討など、いずれの大学でも継続している課題も多い。産業界は入社する材料系の学生に対して材料の基礎と同時に材料の各論や応用についての理解も期待しているが、様々な材料分野に対応してどこまで深く教育できるか、更に材料間の関係・比較や、資源・環境との関係、産業界や社会への適用などをどこまでカバーできるか、それらの学習を基に、学士、修士、博士の各段階の研究を通して、材料工学の理解を深め、材料の設計や評価、解析、ものづくりの工夫をどれだけ経験できるか、限られた大学教育の時間の中でカリキュラムや論文研究の時間の確保には課題が多い。大学単独でなく、先行する初等中等教育や大学後の産業界との協力・連携して、相補的に材料工学の理解や関心、体験などを付加するプログラムなどによって大学の枠を超えた育成を検討するとともに、教育研究の修了生の質の保証につながる仕組みの検討が必要であろう。

⁹ 学位授与の方針。学位授与の判断のための基本的な考え方として、修了要件や、育成する人材に修得を期待する能力などを示したものの。

我が国の大学における研究者や技術者の育成には、これまでアカデミックフリーダムの考え方もあり、大学教育が十分に産業界のニーズに応える人材を育成できているわけでもなく、産業界も大学に対して求める人材像を明確に提示しているわけでもないという点が問題であった。しかし知を集めて社会課題を解決し、よりよい社会に向けた新たな価値創造や産業創出を可能にするためには、大学と産業界とが意思疎通を高めお互いの問題意識を共有しながら人材を育てなければならない。

このような背景と現状の分析から、材料工学分野の大学における人材育成に関しては、今後の改善・改革に向けて以下を提言する。

- 1) 材料分野の変化・拡がりに対応した人材育成を進めるための産学一体となった材料工学分野の人材育成に関する議論を行い、材料工学の基礎教育の維持と合わせて、その議論を踏まえた大学における教育カリキュラムやポリシーの見直しを行うべきである。
- 2) 材料工学分野を志向する学生の数の増加、多様性の増加を実現するために、従来、連続性の議論が少なかった初等中等教育と高等教育をつなぐ材料工学教育や人材育成を議論する場を設定したり人材育成プログラムを策定することが必要である。
- 3) 材料工学分野を志向する大学院生、留学生を増やすための経済的支援の強化が重要である。卓越した学生に対する国の支援に加え、プロジェクトによる直接雇用や、外部資金の間接経費措置率を高めて大学独自の支援ができるような制度整備が必要である。

4 中・高校における材料工学の知識の普及と啓発活動

(1) 中・高校における材料工学分野の認識に関する現状解析

多くの工業高校には建築、土木、電気、機械などの学科があるものの材料工学という名称の学科を持つ工業高校は非常に少なく、中・高校における理科の学習教科にも材料工学に直接関連するものがないため、材料工学は中・高校生にとって馴染みのある工学分野の一つとは言い難い。中・高生を対象に行った直近のアンケート[10]でも、明らかに材料工学分野の認知度は低いのが現状である。この理由として主に以下の3項目が挙げられる。

- 1) 中・高校における学習教科に「材料工学」を連想させるものがない。
- 2) 大学入学試験において工学部の学科選択で「材料」を含む名称の学科をもつ大学の数は限られている。
- 3) 中・高校生の保護者や教員にも「材料工学」の認知度はかなり低い。

以下、順に現状のデータを示しながら、これらの理由を解明する。

① 中・高校において材料工学を連想させる学習教科は存在しない現状

中・高校における主要な理科教科は、物理、化学、生物、地学などであり、これらの理科教科から「材料工学」を直接、連想することはほぼ不可能である。中・高校生にとっては進路選択に必要な受験科目の勉強が最も重要であり、このことが理科の履

修において「材料工学」の一端に触れることすら困難にしている。中・高校生を対象に行った直近のアンケート[10]では、物理の教科書から材料工学を連想できないが、例えば、カーボンナノチューブやフラーレンなどに関する記述を通して化学の教科書から材料工学を連想できると回答する中・高校生が一定数いる。また、多くの中・高校生は、教科書のコラムや囲い込み記事に関心が高い。従って、理科の主要教科、特に化学や物理の教科書のコラムや囲い込み記事を通して、新規な物質・材料を中・高校生の知識の延長で捕らえさせたり、材料工学における「ものづくり」が主要教科のある記述とどのように関連するかが理解できるような、最新の正確な情報を中・高校生に提供することが、材料工学分野の認知度を向上させるために効果的であると考えられる。

② 大学工学部において材料を名称に持つ学科が限定的である現状

中・高校生を対象に行ったアンケート[11]によると、工学部を受験する時に選択学科名として、機械、電気、土木、建築のように材料工学を思いつかない高校生が大半である。多くの工業高校には建築、土木、電気、機械などの学科があるものの材料工学という名称の学科を持つ工業高校は非常に少ないという現実もある。しかし、それだけではなく、工学部を持つすべての大学に材料工学に関連した学科があるわけではなく、受験生からすれば成績に応じた大学選択がし難い分野であると言わざるを得ない。更に、大学院重点化[11]以降、大学院には材料工学に関連した専攻の名称が残るものの、学部は大学科制のため大学受験における学科選択で「材料」を含む学科名を残す大学の数は限られている。このような事情から、受験生にとっても材料工学分野の認知度は低く、材料研究の初歩やその面白さを中・高校生にも分かりやすく解説するブルーバック、モノグラムのような一般啓発書の出版、各大学において材料工学関連の専攻を紹介するパンフレット・ガイドブックの作成、オープンキャンパスの開催だけでなく、中・高校に出向いて出張講義や講演会を行うなど、最新の成果を含めて材料工学分野に興味を抱かせる最新の正確な情報を中・高校生に積極的に提供することが、材料工学分野の認知度を向上させるために効果的であると考えられる。

③ 中・高校生の保護者および教員の材料工学の認知度の低さ

材料工学に関連した企業にはいわゆる大企業も多く、誰もが知る企業名の会社も多い。しかし、それらの企業が材料工学に関連した企業であると認識する中・高校生、その保護者や中・高校教員は案外少ない。これは、材料工学分野に関連する企業の多くは素材産業であり、電気工学分野におけるコンピュータや機械工学分野における自動車のような身近な最終製品の形で認識できないためである。図2に示すように、進路選択に関して本人以外に保護者（特に母親）、進路指導の教員から影響を受けたと答える高校生が60%近くに上る[12]ことを考えれば、中・高校生だけでなく、その保護者や中・高校教員に対しても「材料工学」の認知度を高める努力が必要である。中・高校の理科教員にはあまり工学部出身者がいない事実を考えれば、進路指導で工学部、

特に材料工学分野に関する情報が受験生に正確に伝わっていない可能性も十分に考えられる。このような事情から、先述のオープンキャンパスや出張講義、講演会などは中・高校生だけを対象とするのではなく、その保護者や中・高校教員をも対象として行い、材料工学分野に興味を抱かせる最新の正確な情報を積極的に提供することが材料工学分野の認知度の向上には必要と考えられる。特に材料工学分野がどのように産業と係わっているかの理解を向上させるには、中・高校生、その保護者、中・高校教員のすべてを同時に対象とした工場見学の開催などが大変有効と考えられ、この実現のためには関連学協会と企業の連携が重要となる。

以上の現状解析から見えてきた中・高校における材料工学分野の知識の普及と啓発のための主な対策を、以下のように提言する。

- 1) 理科の主要教科、特に化学や物理の教科書や副読本の編纂への積極的関与。
- 2) 広報活動（ブルーバックス、モノグラムなど一般啓発書の出版、パンフレット・ガイドブックの作成、オープンキャンパス開催、出張講義や講演会）の積極的展開。
- 3) 中・高校生、その保護者、中・高校教員のすべてを同時に対象とした工場見学の開催。



図2 進路選択に影響を与えた人[12]

(2) 中・高校における材料工学分野の知識の普及と啓発から見た人材育成

我が国の発展・成長には工業分野の持続的発展・成長は不可欠であり、そのためには材料工学分野においても優秀な人材の確保と人材育成は非常に重要である。優秀な人材の確保には、中・高校生に対する材料工学分野の知識の普及と啓発に関する活動は大変重要な意味を成す。高校において新設される理数系の科目「理数探求」[13, 14]は特に注目に値する。この科目は平成34年度に新設予定で、大学入試センター試験に代わって平成32年度から創設される大学入学希望者学力評価テスト（仮称）に出題が

見込まれている。受験科目となるため中・高校生にとっては重要な教科の一つとなる。「理数探求」は自ら課題を設定し、創意工夫のもと実験・観察を行い、成果をもとに多面的に議論・思考する力を評価するとされており、座学としての物理、化学よりも材料工学分野と深く関連する側面を持っている。この新設される理数系科目「理数探求」の教科書や副読本を材料工学分野を中心に編纂することは、材料工学分野の啓蒙を通して優秀な人材の確保にも重要と考えられ、積極的な関与が重要と考えられる。また、この実現のためには関連学協会が中心となり、各大学との連携のもと推進することが肝要である。

5 材料工学分野における女子学生、女性研究者・技術者の増加策

(1) 材料工学分野における女子学生、女性研究者・技術者の現状解析

我が国の女性研究者比率は、OECD 加盟国最下位の 14.7%である[15]。専攻分野別に見た大学等の研究本務者に占める女性の割合では、平成 27 年度は、薬学・看護学等の分野では女性が半数以上を占めるのに対し、工学分野は 10.0%、理学は 14.1%と、いずれもかなり低いのが現状である[14]。材料工学分野に女性研究者・技術者が少ない理由は、主に以下の 3 項目が挙げられる。

- 1) 女子学生が材料工学分野を進路選択しない、または選択しにくい。
- 2) 材料工学分野に進学しても、材料工学系の職種には就職しない、または就職しにくい。
- 3) 就職しても、材料工学分野では女性研究者・技術者が継続勤務しない、または継続しにくい。

従って、これらの理由を解明し、課題を改善すれば、材料工学分野の女性研究者・技術者を増加することができる。順に現状のデータを示しながら、理由を解明する。

① なぜ女子学生が材料工学分野を進路選択しないのか？

最近の日本の大学の女性比率(学部)は、平成 27 年度は 47.4%と高いが[16]、工学分野の女性比率の伸びは高くはない。専攻分野別女性学生比率を比較すると、工学分野(学部)は最低の 13.6%で、次いで理学 26.8%、一方、農学では約半数の 44.4%で、薬学・看護学では 67.0%と半数以上を占めている。偏差値の高い大学に行くほど女性比率は低くなる傾向にあり、京都大学の工学部を例に挙げると、女性比率(学部生)(27 年 5 月 1 日)は 8.9%と、全国平均よりも低く[17]、材料科学コースを選択する女子学生は 2%と(2012 年～2014 年データ)さらに少なくなる。進路選択をしない理由として、中学校・高校の教員以外にも、保護者や兄弟姉妹の意見が進路選択に少なからず影響を与えている(図 3)[18]。また、子供が高校以上に進学した時に進んでほしい専攻分野として、男性には理系進学を 55.8%の親が希望しているのに対し、女性には 27%と低く、男性は理系、女性は文系という固定概念に影響を受けているということが報告されている[19]。この理由として、理系女性研究者のロールモデルが少なく、キャリアパスが見えないという要因が考えられる。実際に、身近なロールモデルである大

学の女性教員は23.2%で、さらに上位職、特に工学部教授に占める女性比率が顕著に低い[16]。近年では身近なロールモデルを通して理系に興味を促す取り組みは、各大学や企業でも行われている。進路選択時に、材料工学分野の魅力やキャリアパスについて、最新の正確な情報を、生徒ばかりでなく、教員や保護者にも提供することが、材料工学分野に女子学生を増やすために効果的である。

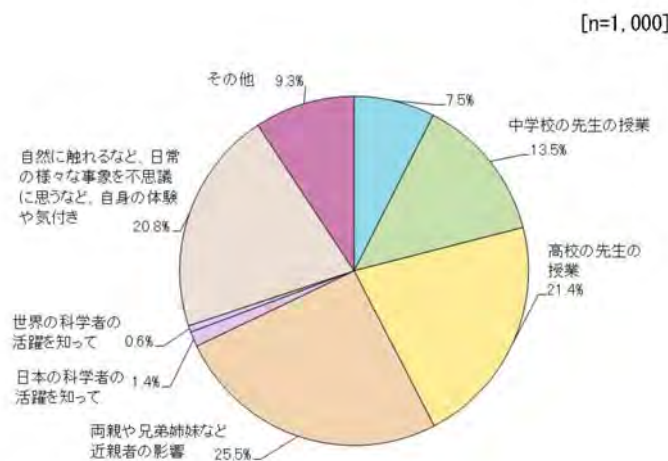


図3 理系進路を選択した理由 [18]

② なぜ材料工学分野に就職しないのか？

理・工・農学分野の就職動向を示すデータの中に、平成5年と平成25年を比較すると、近年では第三次産業も含めた人材輩出の多様化が報告されている[16]。理系(理・農学分野)に進学しても必ずしも専門分野を生かすような分野には就職をせず、事務・販売・サービス業への就職の動向は、男女問わず見られている。女性については、先にも述べているように、キャリアパスが見えない不安から、せっかく材料工学を学んでも、理系の企業、研究所等に進まないことが推測される。女性研究者比率は、産官学で比較すると、企業の女性研究者比率が最も低い8.2%で、この傾向は英国やフランス、ドイツなどでも同様の傾向を示している[15]。これらの理由として、女性研究者や技術者が少ない企業では、女性が出産・育児を経ても就業できるための環境が十分に整っていないことや、女性の採用に消極的であることが考えられる。しかし、女性の企業への参画は、開発にも好影響を与えている。「女性が開発したヒット商品10選[20]」に見られるように、女性ならではの視点や発想力から、多くのヒット商品が生まれ、経済産業省による「ダイバーシティ経営企業100選」でも、女性参画による多くの成功事例が紹介されている。このため、材料工学分野でも、今後女性の積極登用が望まれる。女性の積極登用(ポジティブアクション¹⁰)に対し、2003年に「2030：社会のあらゆる分野で20年までに指導的地位に女性が占める割合を30%程度」にする

¹⁰ 働く事や仕事に対する意欲の高い女性を積極的に登用し、能力を発揮してもらおうという企業の自主的な取り組み、それら制度のことを言う。

目標値が設定された。第3期科学技術基本計画で、女性研究者の採用目標を自然科学系全体で25%とし、第4期では、さらに30%まで高めることをめざし、各団体で取り組みを促進している。具体的には、理学系20%、工学系15%、農学系30%の早期達成及び、歯学・薬学系合わせて30%の達成を掲げている。現在は、まだ目標値に届いていないが、2015年8月に、女性活躍推進法が時限立法として制定されたことから、企業等での女性の登用率やポジティブアクションが加速することを期待したい。

③ なぜ材料工学分野では女性研究者の継続勤務が難しいのか？

女性研究者・技術者の継続勤務の困難理由として、第一に挙げられるのが、「家庭と仕事の両立」である[21]。日本では、欧米に比べて男性の長時間労働が常態化し、それにより、男性の家事・育児時間が短いことが報告されている[22]。従って、女性が結婚後に仕事を継続する場合、男性の力を借りずに、家事や育児との両立をする必要がある。科学技術系専門職のアンケート結果では、男性に比べて、女性の既婚率や子供の数が低い傾向を示している[21]。この理由として、第一にキャリアと育児を両立できないことが挙げられている。実際、材料工学分野の職場では、研究成果を挙げるためには、長時間の労働(研究)が必要な場合もあり、妊娠中や育児中の女性研究者・技術者にとっては、家庭と仕事の両立が難しい。最近では、小学生以下の児童を育児中の女性については、短時間勤務制度を取り入れている企業や大学も多くなっている。ただし、この短時間労働期間中の業績が、マイナスにならないような透明性の高い評価システムを取り入れることが必要である。また、キャリアアップのためには、女性研究者・技術者が単身赴任をする場合も想定される。しかし、ライフイベント中や介護中の女性には、男性と同等の勤務条件でのキャリアアップではなく、家庭と仕事を両立できるための支援や制度整備が必要になる。さらに、材料工学分野のように女性比率の少ない分野では、女性研究者や女性管理職が孤立しないようなネットワーク化やメンターシップ制度も必要になる。管理職に関して、主要国についてのデータがある(図4)[23]。日本の女性就業率は43.2%で、欧米と比べて大差がないが、管理職比率は12.5%であり、米国の43.4%と比較すると著しく低い。この理由として、長く続いてきた男性社会風土が女性の管理職を好まない。一方で、女性側でも管理職になると家庭と仕事を両立できないもしくは、職場環境が整っていないため、積極的には管理職を希望しない場合がある。これらの2点が主な理由として挙げられる。

以上より、①～③の現状解析から見てきた材料工学分野の女性研究者・技術者比率増加のための主な対策を、以下に提言する。

- 1) 生徒や保護者等へのロールモデルの提示と材料工学分野の正確な情報発信による母数増加
- 2) 女性研究者・技術者の積極登用とキャリアパス不安の解消による材料工学分野の就業率増加
- 3) 家庭(育児、介護含む)と仕事の両立のための柔軟な勤務形態や、職場環境整備等

による就業継続増加

- 4) ライフイベント中の女性研究者・技術者の評価の透明化によるキャリア形成の確保
- 5) 理系女性研究者・技術者のネットワーク化やメンターシップ制度の環境整備（次節の提言のところで述べる）

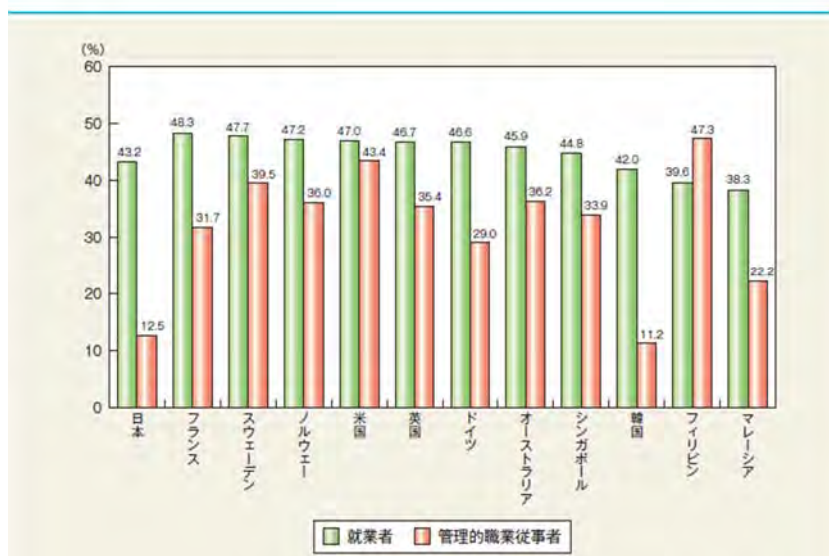


図4 主要国の就業者数に対する女性管理職比率[23]

(2) 材料工学分野の女性研究者・技術者増加のための人材育成

加速化するグローバル化社会に向け、ダイバーシティ¹¹化社会(多様化)の構築が求められている。ダイバーシティ社会は、異なる性質を尊重して受容する環境を築くことで、コミュニケーションが円滑になるだけでなく、新たな価値を創造する可能性を高めることができる社会である。この社会形成においては、個々の違いを認める許容力や、個人力と責任力を有する人材育成が必要になる。

ここでは人材育成について、材料工学分野の女性研究者・技術者増加の観点から以下の5項目を提言し、個々について説明する。

- 1) 女性研究者・技術者向けのキャリア形成支援やリーダーシップ研修
- 2) 出産・育児後や中途退職した女性研究者・技術者の復帰支援研修
- 3) 女性研究者・技術者の採用・登用時の年齢による差別の排除

¹¹ 多様な人材を積極的に活用しようという考え方のこと。

- 4) ライフイベント後の女性研究者・技術者の研究助成金応募に対する年齢制限の条件の緩和
- 5) 全研究者・技術者や管理職向けのダイバーシティマネジメント研修

まず、1) 項で、女性研究者・技術者向けに、キャリア形成支援やリーダーシップ研修による人材育成を提言する。ロールモデルの少ない材料工学分野では、キャリアデザインの不安感を払拭させる人材育成研修は、女性研究者・技術者の増加が期待できる。材料工学分野は、学問分野が多岐にわたり、そのため、大学で広い学問領域を身に着けた研究者・技術者を、受け入れる側も広い分野（部門・領域）で採用して、キャリアを形成するための人材育成が望まれる。材料工学分野は、他分野に比べて女性比率が低いため、少ない女性研究者が孤立しないようなメンターシップ制度と連携した人材育成も必要である。次に、2) 項で、ライフイベント後や、家庭の事情等で中途退職した女性研究者・技術者のための復帰支援研修を提言する。材料工学分野では、日進月歩で進化する最先端材料の研究継続をするために、基礎学問領域の分野に比べてライフイベント中の女性研究者のキャリアロスの不安が大きく、これにより勤務継続の断念につながっていると考えられる。従って、復帰支援プログラムによる支援により、休業中のキャリアロス不安が解消され、継続勤務につながる。また、一時家庭の事情等で退職を余儀なくされた優秀な女性研究者・技術者の復帰も期待できる。女性研究者・技術者の復帰については、受け入れ側が、採用時に年齢枠を設けずに、積極的に採用するということが前提となる。雇用対策法により、労働者の募集・採用時に年齢制限をつけることは原則として禁止されているが、復帰する女性研究者・技術者の活躍を促進するために、3) 項に、採用時の年齢による差別をしないことをあらためて提言する。このことは4) 項にも関連するが、研究助成金においても、ライフイベント後の女性研究者・技術者については年齢制限に関する条件を緩和することを提言する。研究助成金には、年齢制限がついていることが多く、子育てが一段落後に研究に取り組もうとする場合、女性研究者・技術者は若手研究者向けの研究助成金には応募しにくい年齢になっている場合が多い。材料工学分野では、研究継続、キャリア形成、人材育成のためにも、研究助成金の獲得は必要である。多様な人材の登用と人材育成のために、職場風土・環境もきちんと整備する必要がある。男性比率の高い傾向が長く続いている職場では、現状のままで問題ないという意識をもつ男性研究者・技術者が多いことも、女性比率低下につながっている。そのため、5) 項で、ダイバーシティマネジメント研修のSD研修、FD研修による義務付けを提言する。「女性研究者・技術者比率増加の必要性」が周知されれば、女性の積極登用が加速すると思われる。世界的に見ても、女性役員比率の高い企業のほうが、経営指標が高い傾向を示しているように[24]、女性の参画が職場活性化に有効であり、女性の積極登用に向け、ダイバーシティ社会（組織）がもたらす有効性を広く情報提供する必要がある。女性研究者・技術者が増加すれば、ニーズに合わせて、ライフイベント中の女性研究者支援、職場環境、労働環境等が整備され、これによりロールモデルが増

加する。多くのロールモデルの活躍により、キャリアデザインがイメージしやすくなると、材料工学分野の女子学生比率は増加するという相乗効果が期待できる。

最後に、この章では、材料工学分野における女性研究者・技術者増加のための人材育成について提言をしたが、女性活躍の場面には、男性も女性活躍の中で成長し、さらに女性も成長し、それにより「女性活躍」が社会的に定着していくと考える。

6 提言

「ものづくり産業」は国内雇用や貿易立国日本を支えてきた我が国の基幹産業である。しかしながら、新興国企業の躍進や製品のコモディティ化によって現場力の強みに根差した日本のものづくり産業の国際競争力の低下が懸念されている。このような事態に対処して我が国の国民経済が基幹的な産業である製造業の発展を通して今後とも健全に発展していくためには「ものづくり」に関する能力を尊重する社会的気運を醸成し、ものづくりの積極的な振興と人材育成を図ることが不可欠である。それには日本のものづくり産学連携のあり方や人材育成、大学におけるものづくり教育と人材育成、将来の優秀な人材確保のために初等・中等教育課程における材料工学の啓発活動や女子学生、女性研究者のものづくりへの積極的進出を増進させることが求められる。

本提言では、材料工学から見たものづくり人材育成の課題と展望に関して、以下の6項目を提言する。

(1) ものづくり人材育成のための産学連携の改革

日本のものづくり産業における製品構想力を増強したり日本発の優れた素材を積極的に製品化するためには、大学と企業における産学連携のあり方を根本的に見直し、それに伴う人材を育成することが求められる。素材産業・大学・研究機関と素材のユーザーである製造企業とがコンソーシアムを形成することによって社会や市場、カスタマーの要求する製品化を効率よく実現させるべきである。それによって開発された素材が製品という利益を獲得することができ経済効果を創出させることができる。そのための人材育成には大学における起業化教育やアントレプレナーシップ人材育成に対する学術的価値を十分に認識し起業化教育の意義および目的をより明確にした教育プログラムを実践していくべきである。併せて、知的財産や国際標準化を重視した教育プログラムの格段の充実化がなされるべきである。

(2) 大学の材料工学における人材育成

材料分野の変化・拡がりに対応したものづくり人材育成を進めるために産学一体となった材料工学分野の人材育成に関する教育カリキュラムやポリシーの見直しを行うべきである。我が国の材料工学の研究開発レベルは世界のトップクラスにあるにも関わらず中・高校生に認知度が低い。材料工学分野を志向する学生の数の増加、多様性の増加を実現するために、初等中等教育と高等教育をつなぐものづくり教育・人材育成の議論の場の設立や育成プログラムの策定が必要である。さらに、材料工学分野を志向する大

学院生、留学生を増やすための経済的支援の強化が重要である。卓越した学生に対する国の支援に加え、プロジェクトによる直接雇用や、外部資金の間接経費措置率を高めて大学独自の支援ができるような制度整備が必要である。

(3) 中・高校における材料工学分野の知識の普及

我が国の発展・成長には工業分野の持続的発展・成長は不可欠であり、そのためには材料工学分野においても優秀な人材の確保と人材育成は非常に重要である。優秀な人材の確保には、中・高校生に対する材料工学分野の知識の普及と啓発に関する活動は大変重要な意味を成す。中でも、中・高校生にとっては進路選択に必要な受験科目となる主要な理科教科で興味を持たれる新規な物質・材料を紹介したり、材料工学における「ものづくり」が主要教科とどう係わりを持つかなどの情報を教科書の囲い込み記事、副読本を通して興味を喚起できるように中・高校生に提供することが重要と考えられる。特に注目すべきは、高校において新設される理数系の科目「理数探求」である。この新設される理数系科目「理数探求」の教科書や副読本を材料工学分野を中心に編纂することは、材料工学分野の啓蒙を通して優秀な人材の確保する上で極めて重要である。

(4) 関連学協会と企業の連携による中・高校生に対する啓発活動

材料工学分野の認知度に低さを考えれば、広報活動（ブルーボックスやモノグラムのような一般啓発書の出版、パンフレット・ガイドブックの作成、オープンキャンパス開催、出張講義や講演会）の積極的展開が重要であることは言うまでもないが、進路選択に関して本人以外に保護者や中・高校教員に対しても「材料工学」の認知度を高める努力が必要で、中・高校生、その保護者、中・高校教員のすべてを同時に対象とした工場見学の開催は、当該産業分野を進路選択肢として認知させるために重要である。この実現に関連学協会と企業の連携の下に長期戦略に基づく行動をすべきである。

(5) 材料工学分野における女子学生、女性研究者・技術者の増加策

女子学生が材料工学分野に興味を持ち進路選択し活躍させるようにするには、材料工学分野の正確な情報を発信し、生徒や保護者等へロールモデルを提示すべきである。多岐にわたる材料工学分野では女性の能力が生かせる分野が多いという特徴を周知させることが重要である。材料工学分野の就業率を増加させるには、女性研究者・技術者の積極登用とキャリアパス不安の解消が大切であり、家庭(育児、介護含む)と仕事の両立のための柔軟な勤務形態や職場環境の整備が求められる。さらに、ライフイベント中の女性研究者・技術者の評価の透明化によるキャリア形成の確保、理系女性研究者・技術者のネットワーク化やメンターシップ制度の環境整備が必要である。

(6) 女性活躍を社会的に定着させるための方策

加速化するグローバル化社会に向け、ダイバーシティ化社会の構築が求められている。「女性活躍」を社会的に定着させるためには、女性研究者・技術者向けのキャリア形成

支援やリーダーシップ研修、日進月歩で進化する材料工学分野では、出産・育児後や中途退職した女性研究者・技術者の復帰支援研修などを積極的に行うべきである。少ない比率の女性研究者・技術者の活躍できる場を創出し、職場風土・環境をきちんと整備することが最も重要であり、全研究者・技術者や管理職向けのダイバーシティマネジメント研修を推進する必要がある。また、女性研究者・技術者の採用・登用時の年齢による差別の排除やライフイベント後の女性研究者・技術者の研究助成金応募に対する年齢制限の条件の緩和を行うべきである。

＜参考文献＞

- [1]フリー百科事典「ウィキペディア(Wikipedia)」、ものづくり
- [2]一般社団法人ものづくり改善ネットワーク、「ものづくり考」、(2016)
- [3]日本生まれの新素材を採用、次世代航空機エンジン「LEAP」-GE Reports Japan,
<http://gereports.jp/post/94704456459/leap>
- [4]みずほ産業調査、Vol. 45, No. 2 (2014)、「産学連携によるイノベーション創出の背景分析」https://www.mizuhobank.co.jp/corporate/bizinfo/industry/sangyou/pdf/1045_01_05.pdf
- [5]中川幸也、日本学術会議材料工学委員会材料工学将来展開分科会講演資料、(2016年4月27日)
- [6]中嶋英雄、まてりあ(日本金属学会会報)、vol. 55 (2016), 273.
- [7]加藤剛太 監修、「日本復活の鍵 起業工学」富山房インターナショナル(2016)
- [8]経済産業省、2015年版ものづくり白書
- [9]報告「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 材料工学分野」(2014年9月1日)日本学術会議材料工学委員会材料工学将来展開分科会
- [10]吉田信也、日本学術会議材料工学委員会材料工学将来展開分科会講演資料、(2016年7月)
- [11]理工系学科の悲喜交々、週間ダイヤモンド2014年10月18日号(ダイヤモンド社)。
- [12]「進路選択に関する意識調査」に関する報告(2015年春実施)、寺内かえで、吉田信也、小路田泰直(奈良女子大学、2016年)。
- [13]数理探求(仮称)に関する資料、文部科学省教育課程部会(2015年11月)数学高等学校の数学・理科にわたる探求的科目の在り方に関する特別チーム。
- [14]高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の在り方に関する特別チーム(第2回)における主な意見、文部科学省HP:
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/070/siryo/attach/1367996.htm
- [15]総務省「平成27年科学技術研究調査報告」
- [16]文部科学省「学校基本調査」平成27年度
- [17]京都大学ホームページ:
http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/about/public/issue/ku_profile/documents/2015/12.pdf
- [18]日本ロレアルによる「理系女子学生の満足度に関する意識調査」(平成23年6月)
- [19]学研教育総合研究所 小学生白書web版(平成24年7月調査)
- [20]日本経済新聞web版(2013年6月25日)
- [21]男女共同参画学協会連絡会「第3回科学技術系専門職の男女共同参画実態調査」(平成25年)
- [22]総務省「社会生活基本調査」(平成23年)
- [23]総務省労働力調査(基本集計)」(平成27年) 独立行政法人労働政策研究・研修機構

「データブック国際労働比較 2014」

[24] Catalyst 「The Bottom Line : Corporate Performance and Women's Representation on Boards」 (2007)

＜参考資料 1＞材料工学委員会材料工学将来展開分科会 審議経過

平成 26 年

10 月 3 日 材料工学委員会（第 1 回）

- 委員長の選出、副委員長・幹事の指名
- 分科会の設置について

平成 27 年

4 月 20 日 材料工学将来展開分科会（第 1 回）

- 委員長の選出、副委員長の指名
- 分科会の進め方について意見交換

6 月 23 日 材料工学将来展開分科会（第 2 回）

- 幹事の指名
- 材料工学分野の女性研究者・学生を増やす検討
- 人材育成と教育
- シンポジウム開催計画について審議

10 月 19 日 材料工学将来展開分科会（第 3 回）

- 矢野友三郎 日本ファインセラミックス協会・専務理事から「世界をリードする日本のファインセラミックス産業」について講演
- 質疑応答と意見交換

12 月 4 日 材料工学将来展開分科会（第 4 回）

- 市川 宏 公益財団法人特殊無機材料研究所・理事から「炭化ケイ素繊維ニカロン・ハイニカロンの開発経過」について講演
- 土井美和子 国立研究開発法人情報通信研究機構・監事、日本学術会議第 3 部副委員長から「男女共同参画分科会の活動」について講演
- 質疑応答と意見交換

平成 28 年

4 月 27 日 材料工学将来展開分科会（第 5 回）

- 中川幸也 株式会社 IHI 顧問（元副社長）から「日本版 Ecosystem のために」について講演
- 質疑応答と意見交換

7 月 25 日 材料工学将来展開分科会（第 6 回）

- 長部良治 埼玉県立大宮高等学校教諭から「生徒に対するアンケート結果」について講演

- 吉田信也 奈良女子大学教授から「高校における材料工学の知識の普及と啓蒙活動」について講演
- 質疑応答と意見交換

10月20日 材料工学将来展開分科会（第7回）

- 提言書案「材料工学から見たものづくり人材育成の課題と展望」のとりまとめについて

平成29年

4月22日 材料工学将来展開分科会（第8回）

- 提言書案「材料工学から見たものづくり人材育成の課題と展望」のとりまとめについて・承認

○月○日 日本学術会議幹事会（第○回）

- 提言「材料工学から見たものづくり人材育成の課題と展望」について承認

＜参考資料２＞シンポジウム開催経過

本テーマに関する下記の公開シンポジウムを開催することにした。

平成 29 年度 日本学術会議公開シンポジウム

「材料工学から見たものづくり人材育成の課題と展望」

趣意

我が国のものづくり技術は国際的に強いと言われ、特に、信頼性の高い製品を効率的に作り出す技術に秀でている。一方で、製造業は製品の付加価値の多様化や社会の要求に合わせて事業の体質を変換させつつあり産業を支えてきた製造技術もハードウェアだけではなくソフトウェアも包含した技術にシフトすべきである。このイノベーションの実現に既存の産業構造が対応できなくなり国際競争力も低下しつつある。我が国のものづくり産業を強化発展させるためには、産学連携によるイノベーションの創出と人材育成が求められる。そのためには、ものづくりのための産学連携、大学・高校におけるものづくり・材料工学の教育を強化すると共に、女子学生、女性研究者のものづくり・材料工学への進出を促進することが喫緊の重要な課題となっている。本シンポジウムではこれらのものづくり人材育成の課題と展望を討論し、我が国のものづくりの将来の発展に資することを目指したい。

開催日時：平成 29 年 4 月 22 日（土）13:00～17:20

開催場所：日本学術会議講堂

プログラム

●開会の挨拶

日本学術会議会員・将来展開分科会委員長・公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター所長 中嶋 英雄

文部科学省 高等教育局専門教育課 課長補佐 辻 直人

●大学における人材育成の課題

芝浦工業大学学長 村上 雅人

●素材開発・製造業における人材育成の課題

極東貿易((株)顧問、(株) IHI 元副社長 中川 幸也

●高校における材料工学の知識の普及と啓発活動 –アンケート結果を基にして–

奈良女子大学教授 吉田 信也

●ポジティブ・アクションの実効性

日本学術会議連携会員・京都大学名誉教 戸部 博

●材料工学における女子学生、女性研究者・技術者の人材育成

日本学術会議連携会員・豊橋技術科学大学教授 中野 裕美

●総合討論司会

日本学術会議連携会員・物質材料研究機構特命研究員 長井 寿

●閉会の挨拶

日本本学術会議会員・東京大学名誉教授 吉田 豊信

●総合司会

日本学術会議連携会員・東京大学教授 小関 敏彦

主 催：日本学術会議材料工学委員会材料工学将来展開分科会

共 催：一般社団法人日本鉄鋼協会、公益社団法人日本金属学会、公益社団法人
日本セラミックス協会、一般社団法人軽金属学会、日本銅学会、一般社団
法人資源・素材学会、一般社団法人塑性加工学会、公益社団法人材料学
会、公益社団法人日本バイオマテリアル学会、一般社団法人日本 MRS、一般
社団法人溶接学会、公益社団法人日本鑄造工学会、粉体工学会、全国大学
材料関係教室協議会、一般財団法人金属系材料研究開発センター

後 援：東京都教育委員会

シンポジウム参加者： 110名

提言等の提出チェックシート

このチェックシートは、日本学術会議において意思の表出（提言・報告・回答、以下「提言等」という）の査読を円滑に行い、提言等（案）の作成者、査読者、事務局等の労力を最終的に軽減するためのものです。

提言等（案）の作成者は提出の際に以下の項目をチェックし、提言等（案）に添えて査読時に提出してください。

	項目	チェック
1. 表題	表題と内容は一致している。	1. はい 2. いいえ
2. 論理展開 1	どのような現状があり、何が問題であるかが十分に記述されている。	1. はい 2. いいえ
3. 論理展開 2	特に提言については、政策等への実現に向けて、具体的な行政等の担当部局を想定している（例：文部科学省研究振興局等）。	1. 部局名： 文部科学省＊ 2. 特に無い
4. 読みやすさ 1	本文は 20 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。※図表を含む	1. はい 2. いいえ
5. 読みやすさ 2	専門家でなくとも、十分理解できる内容であり、文章としてよく練られている。	1. はい 2. いいえ
6. 要旨	要旨は、要旨のみでも独立した文章として読めるものであり 2 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。	1. はい 2. いいえ
7. エビデンス	記述・主張を裏付けるデータ、出典、参考文献をすべて掲載している。	1. はい 2. いいえ
8. 適切な引用	いわゆる「コピペ」（出典を示さないで引用を行うこと）や、内容をゆがめた引用等を行わず、適切な引用を行っている。	1. はい 2. いいえ
9. 既出の提言等との関係	日本学術会議の既出の関連提言等を踏まえ、議論を展開している。	1. はい 2. いいえ
10. 利益誘導	利益誘導と誤解されることのない内容である。	1. はい 2. いいえ
11. 委員会等の趣旨整合	委員会・分科会の設置趣旨と整合している。	1. はい 2. いいえ

提言先は文部科学省ですが、人材育成に最も近い省内部署は今後調査します。
要旨は、要旨のみでも独立した文章として読めるものです。2 ページを越えていますが、査読結果の指摘を受けて長さを調整させていただきます。

記入者（委員会等名・氏名）：材料工学委員会材料工学将来展開分科会 委員長
・ 中嶋英雄

参考： 日本学術会議会長メッセージ、「提言等の円滑な審議のために」（2014 年 5 月 30 日）。

<http://www.scj.go.jp/ja/head/pdf/140530.pdf>