

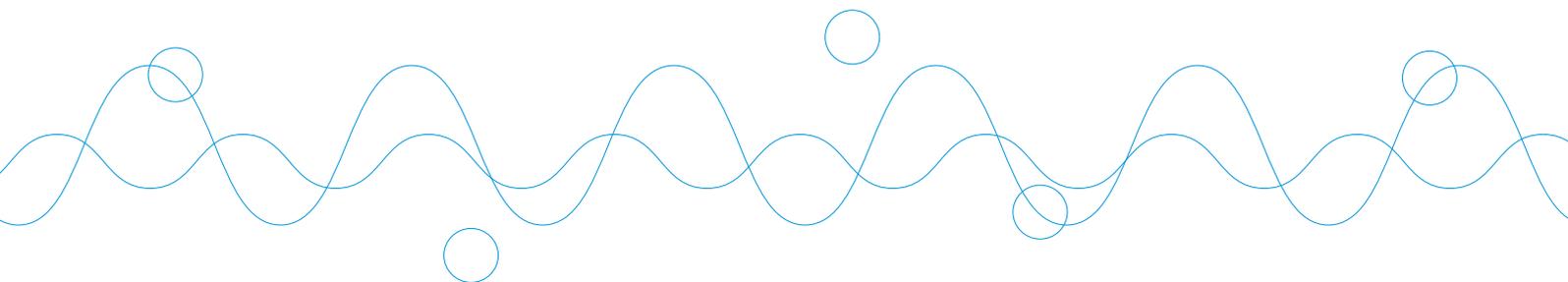
CRDS-FY2014-CR-02

ATTAAT A AAGA C CTA ACT CTCAGACC  
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT  
CTCGCC AATTAATA  
TTAATC A AAGA C CTA ACT CTCAGACC  
AAT A TCTATAAGA CTCTAAC  
TGA C CTA ACT CTCAGACC

## G-TeC報告書

# 主要国における次世代製造技術の研究 開発に係る政策動向

0101 000111 0101 00001  
001101 0001 0000110  
0101 11  
0101 000111 0101 00001  
001101 0001 0000110  
0101 11  
00110 11111100 00010101 011



独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター  
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

研究開発戦略センター（CRDS）は、国の科学技術イノベーション政策に関する調査、分析、提案を中立的な立場に立つて行う公的シンクタンクの一つで、文部科学省を主務省とする独立行政法人科学技術振興機構（JST）に属しています。

CRDSは、科学技術分野全体像の把握（俯瞰）、社会的期待の分析、国内外の動向調査や国際比較を踏まえて、さまざまな分野の専門家や政策立案者との対話を通じて、「戦略プロポーザル」を作成します。

「戦略プロポーザル」は、今後国として重点的に取り組むべき研究開発の戦略や、科学技術イノベーション政策上の重要課題についての提案をまとめたものとして、政策立案者や関連研究者へ配布し、広く公表します。

公的な科学技術研究は、個々の研究領域の振興だけでなく、それらの統合によって社会的な期待に応えることが重要です。「戦略プロポーザル」が国の政策立案に活用され、科学技術イノベーションの実現や社会的な課題の解決に寄与することを期待しています。

さらに詳細は、下記ウェブサイトをご覧ください。  
<http://www.jst.go.jp/crds/>

## はじめに

### (1) 本調査の位置づけ

JST 研究開発戦略センターでは毎年、G-TeC (Global Technology Comparison) と称し、重要な科学技術動向に焦点を当て、各国・地域の状況分析を行う調査を実施している。本調査を通じて、日本のポジションを確認し、今後取るべき戦略の立案に貢献することをミッションとしている。今回、次世代製造技術をテーマとした調査を行った。

次世代製造技術をテーマとして選んだ背景には、欧米各国において、次世代製造業に係るビジョンが次々と打ち出されていることがある。情報通信技術の進展や経済活動のボーダレス化により、今日世界的に製造業が変貌しつつある。このような中、自国の産業基盤や雇用確保のため、製造業の重要性が見直され、各国が製造業強化策を打ち出している。とりわけ、米国のオバマ大統領が打ち出した先進製造イニシアチブと、ドイツのインダストリー4.0 は、我が国の多くの製造企業が注目している。製造の分野では両国に後れを取っている英国においても、次世代製造業に係るビジョン・政策が打ち出されている。EU においては、欧米の各国に先駆けて将来の製造業のあり方についての議論が進められてきた経緯がある。そして、中国も次世代を見据えた製造業戦略が近々打ち出される予定である。

このような中、我が国においても次世代ものづくりのビジョンが必要との考えから、CRDS では、2014 年 4 月に次世代ものづくりに関する横断グループを立ち上げ、第五期科学技術基本計画をはじめとする各種政策への提言を目指した検討活動を行っているところである。海外動向ユニットでは、この動きと連動して諸外国の次世代製造技術に係る政策動向の調査を行ってきた。本報告書は、その調査活動の結果をとりまとめたものである。本報告書における調査結果が、我が国の次世代ものづくりに係る政策立案の一助となれば幸いである。

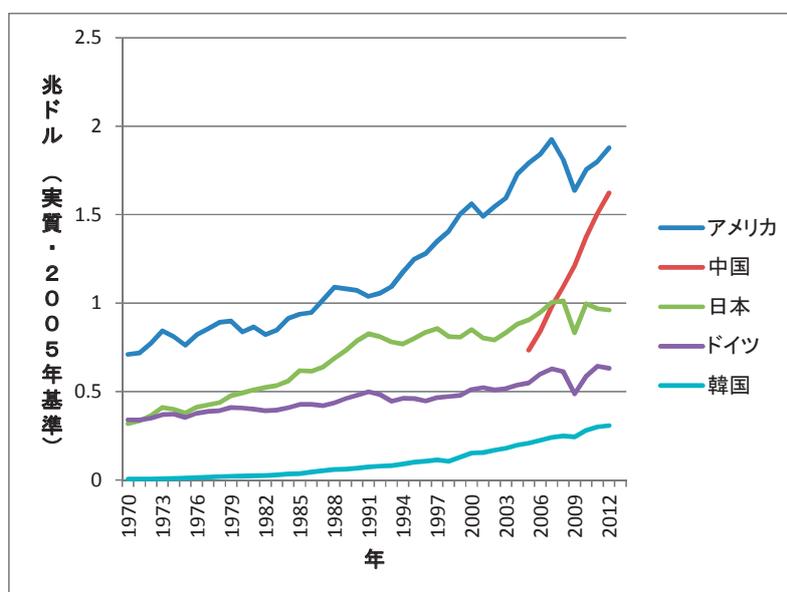
## (2) 本調査の背景～ものづくりの変容～

諸外国の政策動向を理解するためには、グローバル化や技術革新により、いまものづくりがどのように変容しつつあるのかを把握する必要がある。ここでは、その概況について述べる。

## ① 製造プロセスのグローバル化

主要国における製造業の生産高（実質値）の推移をみると、図1に示す通り、中国の躍進が目覚ましい。名目値での生産高は、2010年に米国を抜き、世界1位となった<sup>1</sup>。その生産力は、徐々に高付加価値製品へと拡大しており、米国やドイツが次世代製造業に係る政策を打ち出すこととなった背景の一つとなっている。

図1：主要国における製造業の生産高（実質）推移（2012年の上位五カ国）



(出典：国際連合)

新興国の工業化が進むと、中間所得層が増え、製造業にとっての販売先となる市場が拡大する。生産がグローバル化するとともに、市場もグローバル化が進んでいる。市場のグローバル化が進むと、市場の近くで製造するばかりでなく、研究開発等の機能も市場の側で行う動きが徐々にひろがっている。

以上の様な背景から、近年の製造プロセスは多くの場合、一国で完結ものではなく、グローバルに広がったサプライチェーン上で分業する体制が構築されている。このような現状を意識し、サプライチェーンをどのように管理するか、自国の技術・ノウハウを新興国

<sup>1</sup> 図1では経年比較が可能な実質値を用いたため、中国の値が米国を下回っている点に留意されたい。

に流出させないための方策は何か、という点が、製造戦略の一つの焦点となっている。

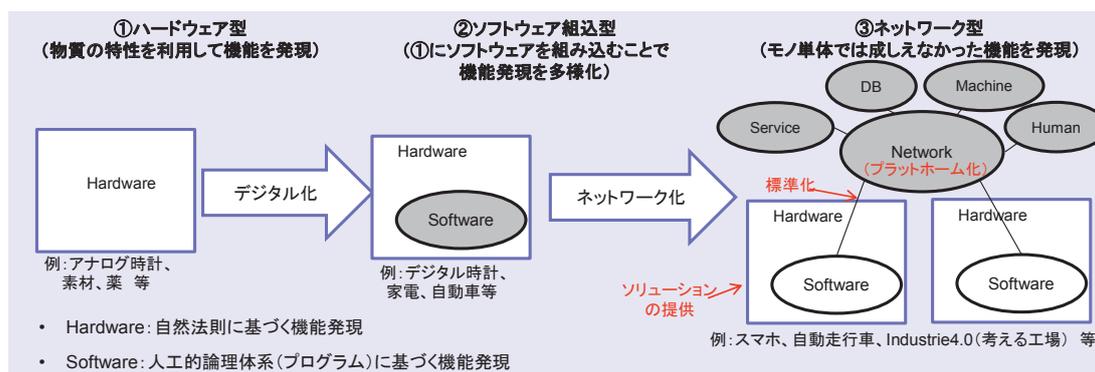
## ② プロダクトの多様化

近年の ICT の発展により、製造プロセスや、プロダクトそのものが、変容している。このようすをあらわしたのが、図 2 である。元来、プロダクトは、原材料等を加工することにより、一定の機能を満たすことを目的に製造されてきた (図 2 の①)。そこに、デジタル化によりプロダクトにソフトウェアが組み込まれるようになったことで、一つのモノがより多くの機能を発現できるようになった (図 2 の②)。この変化により、例えばアナログ時計のような、すり合わせを要する技術から、デジタル時計のように、モジュール化された部品の組み合わせで製造がしやすいプロダクトへと、ものづくりの対象が多様化している。モジュール化により、組み合わせでものづくりができるようになると、新興国がものづくりに参入しやすくなるため、コモディティ化が進行しやすくなる。家電、パソコン等がその代表例である。

さらに、近年の動きとして注目されるのは、ネットワーク化の進展である。例えば IoT (モノのインターネット) のように、デジタル化したモノをネットワークで繋ぐ技術が普及しつつある。これにより、モノとモノとがネットワークを介して連携し、より多様な機能を発現できるようになってきている (図 2 の③)。

このような変化が起きる中で、サービス業を含む多様なプレイヤーが台頭している。従来は、自動車といった完成品メーカーがものづくりのエコシステムを支配していたが、モノがネットワークで繋がる中、スマートフォンでは、検索エンジンや OS 開発を担う Google が図 2 の③のネットワークの中心でプラットフォーム化を担う者として、ものづくりのエコシステムを支配する動きも見られる。

図 2 : プロダクトの 3 分類



(出典: JST/CRDS 次世代ものづくり～プラットフォームと基盤技術の統合化戦略～ 2014.12)

## (3) 諸外国の政策概要

これまでに述べた様な環境変化がある中、諸外国で策定された次世代製造に係る戦略・施策の概略を下図にとりまとめる。

表1：諸外国の次世代製造業に係る戦略・プログラム等

	ビジョン・戦略	主な推進プログラム・拠点等	予算
米国 (拠点型)	<b>先進製造パートナーシップ(AMP)</b> ・オバマ大統領のイニシアチブで実施 ・技術ブレークスルーのためのプラットフォーム提供、先進製造技術ロードマップ作成、中小企業が使用可能な施設整備等を実施 ・重点4領域:安全保障、先端材料、次世代ロボティクス、製造プロセス・エネルギーの効率使用	<b>米国製造イノベーションネットワーク(NNMI)</b> ・AMPの中核をなすプログラム ・45の製造イノベーション研究所(IMI)設置(2012～) ・America Makes(金属付加製造技術)で試行 ・パワエレ、軽量・新金属、デジタル製造・設計、先進複合材料の拠点を採択済	1拠点:50-70百万USD/5年
ドイツ (原則、プロジェクト型)	<b>ハイテク戦略(Industrie 4.0)</b> ・ハイテク戦略(2011-2014)の1重点領域の位置づけ ・CPSでネットワーク化された考える工場 ・国内製造基盤強化と製造システム輸出双方を見据えたデュアル戦略	<b>インダストリー4.0(2011-)</b> ・次世代製造業研究 ・Autonomik für Industrie4.0 ・Smartfactory KL(研究拠点:ドイツ人工知能研究所が主体)	総額:2億ユーロ/3年 加えて、下記プログラムを実施。 ・先端クラスター(2億ユーロ/件) ・Autonomik für Industrie4.0 (5,000万-3億ユーロ/1件)
イギリス (拠点型)	<b>未来の製造業</b> Foresightの一環として以下を提唱。 ①作って売ってだけではない「ものづくり」 ②顧客ニーズへの敏感な対応 ③新たな市場機会の顕在化 ④持続可能な発展 ⑤質の高い労働力ニーズ増大	<b>カタパルト(高価値製造)(2011-)</b> ・カタパルト・プログラムの1つとして、高価値製造を実施。BIS傘下のInnovate UK(旧TSB)が管理・運営。 ・先進成型、先進製造、プロセスイノベーション、複合材料等の7つの既存の研究センターを高価値製造業分野のカタパルト・センターとして1つに統合	総額:1.4億ポンド/6年 (ただし、Innovate UKにおける高価値製造全体に対する2014年度予算は7,200万ポンド)
EU (プロジェクト型)	<b>Manufactureの戦略的研究アジェンダ</b> ・高付加価値の新しい製品・サービスや新しいビジネスモデルの創出 ・新しい製造工学・科学の創出 ・研究・教育インフラの整備 等	<b>Horizon2020(2014-20): Factories of Future</b> (以下6領域) ①先進的な製造プロセス ②応用性のありスマートな製造システム ③ヴァーチャル化され、資源高効率な工場 ④連携可能で移動可能性の高い企業活動 ⑤人間中心の製造 ⑥消費者の意に沿った製造	総額:11億5千万ユーロ/7年 ・民間が実施する場合は、プロジェクト総額の7割を支給。
中国	<b>中国製造 2025(策定中)</b> ・中国政府が現在策定中の次世代製造産業戦略 ・工業化と情報化の高度な融合が鍵。ネットワーク化、デジタル化、知能化技術の開発・利用、インターネットとの融合を重視	・ハイテク産業振興プログラム(863計画)や、国家自然科学基金等の既存のファンディングスキームの中での支援 ・中国科学院における研究開発拠点の設置 等	

米国では、製造機能が国内になくなると、雇用が確保できないばかりでなく、米国が得意とし特化してきたR&D、デザイン、サービスも徐々に新興国に移行してしまうとの危機意識が高まる中、オバマ大統領のイニシアチブにより先進製造を強化する一連の政策が開発されている。特に重要な施策として、全米製造イノベーション・ネットワーク(NNMI: National Network for Manufacturing Innovation)プログラムがある。本プログラムは、全国的な先進製造ネットワーク及びパートナーシップを構築し研究開発の重点化を行い、新たなツール・技術・施設を利用可能とすること目的に金属付加製造(3Dプリンタ)、パワーエレクトロニクス、軽量金属材料、デジタル設計・製造等の先進製造技術を対象に産学のコンソーシアム組織、製造革新機構(IMI: Institutes of Manufacturing Innovation)の設置を行い、技術の普及・拡散に努めている。2014年10月にはPCASTよりNNMIの取り組みを補完する製造センターオブエクセレンスの設置が提案されるなど、先進製造イノベーション加速に向けた取り組みを強化している。

ドイツでは、ハイテク戦略の一環として、Cyber Physical System(CPS)でネットワーク化された「考える工場」の実現を目指すプロジェクト「インダストリー4.0」を実施している。このプロジェクトは、機械、自動車、化学製品等の輸出競争力のある製品の輸出強

化と、工作機械の輸出大国としてのスマートファクトリーの生産技術そのものを輸出する二段階の戦略（デュアル戦略）に基づき実施されている。このための基盤技術として、米・日に次いで第3位の規模の生産額を誇る組み込みシステムを重視したCPSを軸に、スマートファクトリー、ITセキュリティ、クラウド・コンピューティング、通信基盤等の革新的な生産技術、プロセスの研究開発を強化している。

イギリスでは、Innovate UK（2014年夏以降の通称。以前の名称は技術戦略審議会（TSB：Technology Strategy Board））が特定の技術分野において世界レベルの技術・イノベーション拠点となるよう、技術イノベーションのための産学連携の場としてカタパルト・センターの設置を進めている。その最初の取り組みとして2011年10月に高価値製造業（High Value Manufacturing）のカタパルト・センターが設立された。ここでは、既存の7つの製造関連の研究・技術センターを統合し、個々の企業や大学だけでは投資できない最新の研究設備を整備すること等により、多様な製造業（医薬品・バイオテクノロジー、食物・飲料、ヘルスケア、航空機、自動車、エネルギー、化学、電子等）を幅広く支援し、研究成果の迅速な商業化を目指している。

EUでは、2004年にManufutureという製造分野の戦略策定を目的とした産学官連携型の組織が立ち上げられ、2006年に戦略提言を出している。その内容は、新興国との競争、技術ライフサイクルの短期化、環境問題などを前提に、高付加価値の新しい製品・サービスや新しいビジネスモデルの創出、新しい製造工学・科学の創出、世界レベルの製造業創出のための研究・教育インフラの転換、といった課題について産業分野横断的に取り組むべきというものである。このManufutureで策定された戦略提言を受け、2008年、「欧州『未来の工場』研究協会（EFFRA：European Factories of Future Research Association）」が設立された。EFFRAは、Manufutureの戦略に基づき研究開発ロードマップを策定し、それに従いEU枠組みプログラムであるHorizon2020のファンディングも実施している。

中国では、次世代製造業に向けたビジョンとして中国製造2025を現在策定中である。2006年からの国の中長期の科学技術の発展を見据えた、国家中長期科学技術計画綱要（2006-2020）では、先端技術の一つとして、先進製造技術が指定された。また、科学技術と産業との隘路解消のため、大型航空機をはじめとする16の重大特定プロジェクトに着手した。2011年開始の第12次五ヵ年計画では、これを一歩進め、省エネ・環境産業、肺炎疫設備製造業等の戦略的新興産業を推進する方針を打ち出している。

より詳細な情報については本文を参照されたい。



## 目 次

はじめに

1. 米国	1
2. ドイツ	17
3. 英国	41
4. EU	59
5. 中国	79



## 1. 米国

昨今の情報通信技術の発展は、製造業の世界も大きく変えようとしている。米グーグルはインターネットサービス事業者であるが、近年、世界最先端を走る製造業者にとって脅威となりつつある。これから運転情報を収集分析し自動運転を行うドライバーレスカーが実用化され普及すれば、自動車業界に大きな影響を与えるだろう。そして米ゼネラル・エレクトリック（GE）は、インダストリアル・インターネットを提唱しており、航空機のエンジンにセンサーを取り付け、データを収集・分析することにより、燃費効率を追求している。さらに2014年3月にはGE、AT&T、シスコシステムズ、IBM、インテルがIoTの標準団体であるインダストリアル・インターネット・コンソーシアムを立ち上げた。すでに加盟機関数は140を超え、業界標準の獲得やサービスの導入におけるコストの削減などの効果が期待されている。

このように情報通信技術の発展が製造業全体に大きな変革をもたらしつつあるといえ、米国では消費者に近い川下の領域で民間主導による活動が活性化している。オバマ政権としては、米国から中国などの新興国へのオフショアリングが進んだことで、工場とともにR&Dやデザイン、サービス分野も流出してしまい、米国の優位性が保てなくなるのではないかという危機感に加えて、シェールガスの採掘技術の革新によるエネルギー調達コストの低下という追い風の中、米国内への製造業回帰を重視する先進製造パートナーシップ（AMP<sup>1</sup>）により川上の領域もおさえ、米国製造業の競争力の強化を図ろうとしている。

そこで本章ではオバマ政権による先進製造業活性化のための施策を中心に考察する。

### 1.1 米国製造業をとりまく現状

経済のグローバル化の影響により、米国製造業は海外に工場を設立し、国内の空洞化が進んできたが、その一方で、近年、新興国では経済成長により賃金が上昇し、新興国への進出が製造業にとって必ずしも最適な戦略とは言えない状況になりつつあるといえる。さらに米国ではシェールガスの採掘技術の革新にともないエネルギー自給率が高まっており、その結果、製造業のエネルギー調達コストが下がり、米国内へ製造業が回帰しやすい環境が整いつつある。米国内に製造業が回帰すれば、雇用の創出や競争力の強化につながるだろう。本節では米国製造業をとりまく米国の現状や、シェールガスの産出量増加の影響について整理する。

#### 1.1.1 米国の経済状況と指標

はじめに米国の製造業をとりまく、米国経済の現状を整理する。

<sup>1</sup> Advanced Manufacturing Partnership

(1)経済指標<sup>2</sup>

米国の実質 GDP 成長率は 2008 年のリーマンショック後に落ち込んだものの(2009 年: -2.8%)、徐々に回復傾向を見せ、2013 年には 2.2%の成長率を示している。年平均失業率もリーマンショック後には 10%近くまで増加傾向を見せたものの、2013 年には 7.4%まで減少している。

図表 1-1 米国の経済指標

(単位:100 万米ドル)

	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
実質 GDP 成長率	-0.3%	-2.8%	2.5%	1.6%	2.3%	2.2%
名目 GDP 総額	14,718,600	14,418,700	14,964,400	15,517,900	16,163,200	16,768,100
年平均失業率	5.8	9.3	9.6	8.9	8.1	7.4
経常収支	-686,641	-380,792	-443,930	-459,344	-460,749	-400,254
輸出額	1,308,795	1,070,331	1,290,273	1,499,240	1,561,689	1,592,784
輸入額	2,141,287	1,580,025	1,938,950	2,239,886	2,303,785	2,294,453

出典:ジェトロウェブサイト

(2)輸出統計 (国、地域別)<sup>3</sup>

国別に見れば、地理的に距離の近い NAFTA (カナダ・メキシコ) への輸出額が多く (構成比 33.4%)、中国・韓国を含めた東アジア (19.6%)、フランス・ドイツ・英国等を含めた欧州 (EU28 : 16.6%) が続いている。米国の日本に対する輸出の構成比については、2013 年は 4.1%となっている。

図表 1-2 米国の輸出統計 (国、地域別)

(単位:100 万米ドル)

	2013 年	
	金額	構成比
欧州(EU28)	262,151	16.6%
フランス	31,745	2.0%
ドイツ	47,362	3.0%
英国	47,353	3.0%
NAFTA	527,689	33.4%
カナダ	301,610	19.1%
メキシコ	226,079	14.3%
日本	65,206	4.1%
東アジア	310,251	19.6%
中国	121,736	7.7%
韓国	41,715	2.6%
合計(その他含む)	1,579,593	

出典:ジェトロウェブサイト

<sup>2</sup> JETRO 米国基礎情報・統計 [http://www.jetro.go.jp/world/n\\_america/us/stat\\_01/](http://www.jetro.go.jp/world/n_america/us/stat_01/)<sup>3</sup> JETRO 米国基礎情報・統計 [http://www.jetro.go.jp/world/n\\_america/us/stat\\_02/](http://www.jetro.go.jp/world/n_america/us/stat_02/)

(3)輸出統計(品目別)<sup>4</sup>

品目別では、民間航空機・半導体等を含む資本財の割合が大きく(構成比 33.8%)、次いで工業用原材料(構成比 32.2%)、消費財(構成比 12.0%)の順で続いている。

図表 1-3 米国の輸出統計(品目別)

(単位:100 万米ドル)

	2012 年		2013 年	
	金額	金額	金額	構成比
資本財	527,243	534,205		33.8%
民間航空機	45,372	53,693		3.4%
半導体	42,072	42,592		2.7%
工業用原材料	501,170	509,313		32.2%
消費財	181,656	189,090		12.0%

出典:ジェトロウェブサイト

## 1.1.2 シェールガスの産出量増加

米国ではシェールガスの採掘技術の革新により、2000 年代中盤以降、シェールガスの産出量が増加しており、2040 年頃には米国のエネルギー生産において主要な地位を占めることが予想されている(図 1-4 参照)。

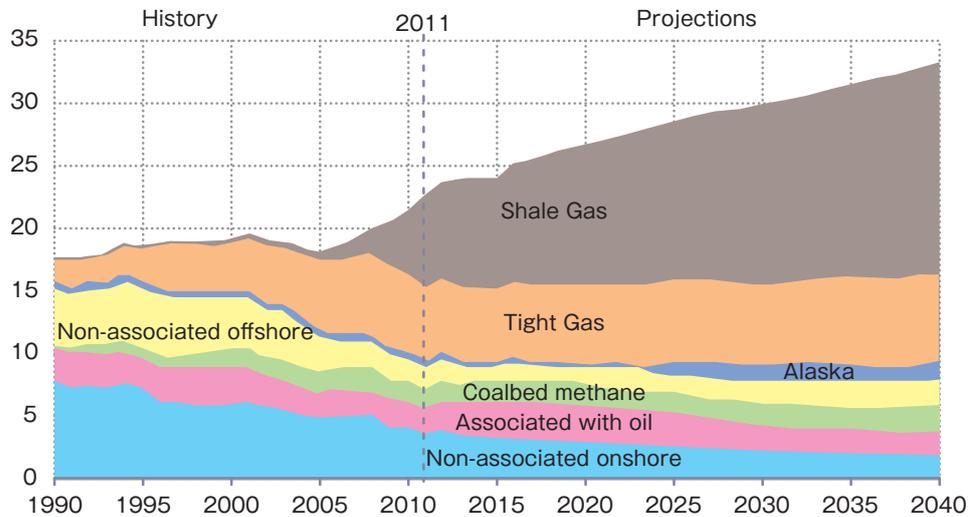
今後のシェールガスの産出量に関しては、原油価格が急激に下落するような事態になれば、シェールガスの開発が停滞し、産出量に影響を与える恐れがあるものの長期的に見れば、仮にシェールガスの産出量が減少すれば、供給量が減少した結果として価格が上昇するという形でバランスを取っていく可能性が高い。よってエネルギー価格自体が下落することは、米国の製造業にとってはプラスの効果をもたらすといえる。<sup>5</sup>

米国経済への影響としては、シェールガスの産出量増加がもたらすエネルギー調達コストの低下により、米国内で生産された製品が国際的競争力を持つようになり、製品の輸出増加による経済成長や雇用創出につながるであろう。エネルギー調達という視点からすれば、海外に進出していた製造業が米国内に回帰する環境が整いつつあるといえる。さらにシェールガスは米国内で採掘可能なため、エネルギーに関して中東諸国への依存度が低下することからエネルギー安全保障にも資するといえよう。

<sup>4</sup> JETRO 米国基礎情報・統計 [http://www.jetro.go.jp/world/n\\_america/us/stat\\_03/](http://www.jetro.go.jp/world/n_america/us/stat_03/)<sup>5</sup> JST・CRDS 調査結果(2014 年 12 月米国調査)

図表 1-4 米国乾性天然ガス生産

(縦軸：兆立方フィート)

出典：EIA, Annual Energy Outlook 2013 Early Release<sup>6</sup>

ちなみに2014年5月の大統領経済諮問委員会による新しい報告書「持続的経済成長への方針としての包括的エネルギー戦略 (THE ALL-OF-THE-ABOVE ENERGY STRATEGY AS A PATH TO SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH)」によれば、米国では石油や天然ガスに加え、風力や太陽光発電のような再生可能エネルギーから電力を生み出している。これは持続的な経済発展やエネルギーの安全保障の面で米国にとって利益があり、エネルギーセクターにおける炭素放出を削減することで気候変動のような課題への取り組みにつながっている。まさに米国エネルギーセクターは重要な変換点を迎えているといえる。オバマ大統領は包括的エネルギー戦略によってこのような流れを支えており、戦略目標として①経済成長や雇用創出の支援、②エネルギー安全保障の向上、③低炭素エネルギー技術の展開とクリーンエネルギーの将来に向けた基礎の構築をあげている。<sup>7</sup>

## 1.2 次世代製造研究開発に関連する施策

### 1.2.1 競争力強化に向けてのイノベーション関連施策

近年の米国の競争力強化のための施策としては、民間企業や大学の経験者が中心となり、2004年に競争力評議会 (COC) の「パルミサーノ・レポート (Innovate America)」、2005年に全米科学アカデミー (NAS) の「オーガスティン・レポート (Rising Above the Gathering Storm)」<sup>8</sup>が公表され、2007年に「米国競争力法 (The America COMPETES Act)」が策定された。「米国イ

<sup>6</sup> [http://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski\\_12052012.pdf](http://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski_12052012.pdf)  
<http://energy.gov/fe/science-innovation/oil-gas-research/shale-gas-rd>

<sup>7</sup> <http://www.whitehouse.gov/blog/2014/05/29/new-report-all-above-energy-strategy-path-sustainable-economic-growth>  
[http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/aota\\_energy\\_strategy\\_as\\_a\\_path\\_to\\_sustainable\\_economic\\_growth.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/aota_energy_strategy_as_a_path_to_sustainable_economic_growth.pdf)

<sup>8</sup> [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=11463#toc](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11463#toc)

5年後の2010年にフォローアップ報告書が発表([http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=12999](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12999))

「イノベーション戦略」<sup>9</sup>は、2009年9月に公表後2011年2月に改訂されており、将来の経済成長や国際競争力強化におけるイノベーション能力、持続的成長と質の高い雇用の創出に言及している。<sup>10</sup>

2014年7月に発表された「2016年度予算科学技術優先事項覚書」<sup>11</sup>では、多省庁にまたがる優先分野として、①先進製造業・未来の産業②クリーンエネルギー③地球観測④気候変動⑤情報技術⑥生物学・神経科学イノベーション⑦国家安全保障⑧政策形成・管理の8つが挙げられている。<sup>12</sup> 2015年度の重点項目に引き続き、先進製造業が取り上げられており、オバマ政権は先進製造業を重視する姿勢を見せている。

## 1.2.2 先進製造技術の研究開発強化施策<sup>13</sup>

### (1) 先進製造パートナーシップ (AMP)<sup>14</sup>

それでは「2016年度予算科学技術優先事項覚書」の優先分野としてあげられた先進製造分野ではどのような施策が実施されているのであろうか。大統領科学技術諮問委員会 (PCAST) による2014年10月の報告書「米国先進製造の加速 (ACCELERATING U.S. ADVANCED MANUFACTURING)」に基づき、オバマ政権の先進製造分野での施策の経緯や内容を整理する。

PCASTと大統領イノベーション・技術諮問委員会 (PITAC) が2011年6月に発行した報告書「先進製造における米国のリーダーシップの確保 (Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing)」では、先進製造での米国のリーダーシップ復活のための戦略やそれに向けた勧告を説明している。

この報告書に基づき、2011年、オバマ大統領は産業界、大学、連邦政府などを結びつける国家的な取り組みである先進製造パートナーシップ (AMP) を立ち上げた。その目的は米国内で質の高い雇用の創出し、米国の国際競争力を高めることができるような新しい技術を特定することであった。

AMP運営委員会は、先進製造におけるリーダーシップを確保するために、①イノベーションの実現、②豊富な人材の確保、③ビジネス環境の改善という3つの柱を特定した。

そして2012年7月の「先進製造業における国内競争的優位性獲得に関する大統領への報告書」におけるAMPの2012年の勧告は、これら3つの柱と密接に整合するものであった。AMPは、先進製造技術への連邦政府の投資に対する評価、優先順位の策定を重視し、全米製造イノベーションネットワーク (NNMI) を含めた官民連携を推奨しており、影響力が大きな先進技術やその開発、インフラの整備、労働力の開発を包含した協力体制を求めている。さらに国内における先

<sup>9</sup> <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/uploads/InnovationStrategy.pdf>

<sup>10</sup> <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/uploads/InnovationStrategy.pdf>  
JST CRDS, “主要国の研究開発戦略 (2014年)”, P31

<sup>11</sup> <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/m-14-11.pdf>

米国では、毎年の科学技術関連予算における投資の優先順位は、行政管理予算局 (OMB)・科学技術政策局 (OSTP) の共同覚書で大まかな方針が示されており、研究開発予算を計上する各省庁は、覚書に沿った予算案の作成が求められている。

<sup>12</sup> 1省庁のものは重要でも入っていない。

<sup>13</sup> [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20\\_report\\_final.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20_report_final.pdf)

<sup>14</sup> [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20\\_report\\_final.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20_report_final.pdf)

進製造への民間投資の増加を目的とした行政措置も推奨している。

米国の製造部門の回復基調などを背景に、再認可された AMP2.0 は 2013 年 9 月、AMP の第 2 フェーズを招集し、PCAST により、前述の 2012 年の報告書に基づき、米国の製造業におけるイノベーションを改善し持続させることができるような、具体的で明確な目標のもと実施可能な勧告の策定が求められた。AMP2.0 は、産業界や大学、組合労働者、政府機関との協力を積極的に実施し、先進製造に関して、国だけでなく、州、地域レベルでも、政府と民間組織が持続的にかかわることができるよう推奨している。

### (2) 全米製造イノベーションネットワーク (NNMI)<sup>15</sup>

AMP は第 1 回目の報告書で、官民による共同研究を促進するために NNMI の設立を求めている。その目的は、後期段階にある技術に関して、大規模で分野横断的な課題に取り組むことである。AMP は、先進複合材、デジタル製造、軽量金属など重要な製造技術に焦点をあてた製造研究所の設立という今までの政権の方向性を支持しており、さらなる製造研究所の設立も予定している。

AMP は、製造イノベーション機構 (IMIs) の利害関係者の投資利益を保証するような、NNMI のガバナンスの進展を求めている。このガバナンスは、ネットワークのガバナンスと機構のテーマ選択の双方を含むような書面による明確な指針を通じて確立する必要がある。さらに NNMI の将来の複数のシナリオも反映させなければならない。

### (3) 製造イノベーション機構 (IMIs)

製造イノベーション機構 (IMIs) としては、2015 年 1 月現在、①America Makes (付加製造技術 (3D プリンティング))、②Power America (パワーエレクトロニクス (WBG 半導体))、③LIFT (軽量金属材料)、④DMDII (デジタル製造・設計)、⑤IACMI (先進複合材料製造) があげられる。今後の見通しとしては、⑥Flexible Hybrid Electronics Manufacturing Innovation Institute (FHE-MII)、⑦Integrated Photonics Institute for Manufacturing Innovation (IP-IMI)、⑧Clean Energy Manufacturing Innovation Institute on Smart Manufacturing が続くものと見込まれている。<sup>16</sup>

<sup>15</sup> [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20\\_report\\_final.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20_report_final.pdf)  
NNMI : National Network for Manufacturing Innovation

<sup>16</sup> <http://www.manufacturing.gov/welcome.html>  
IMIs : Institutes for Manufacturing Innovation

図表 1-5 製造イノベーション研究所 (IMIs) の設置状況

名称	分野	主導官庁	発表 時期	設立場所
America Makes	付加製造技術(3D プリ ンティング)	国防総省	2012.8	オハイオ州 ヤングスタウン
Power America	パワーエレクトロニクス	エネルギー省	2014.1	ノースカロライナ州 ローリー
LIFT (Lightweight Innovations for Tomorrow)	軽量金属材料	国防総省	2014.2	ミシガン州 デトロイト
DMDII (Digital Manufacturing & Design Innovation Institute)	デジタル製造・設計	国防総省	2014.2	イリノイ州 シカゴ
IACMI (Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation)	先進複合材料製造	エネルギー省	2015.1	テネシー州ノックスビ ル

### 1.2.3 推進体制(施策の実施機関)<sup>17</sup>

米国国立標準技術研究所 (NIST) は、NASA、NSF、商務省、国防総省、教育省、エネルギー省を含む省庁間のチームである先進製造国家プロジェクト事務局 (AMNPO) を管轄し、新しい機構の創設のための、開かれた、競争的な選抜プロセスを運営している。省庁間のオフィスは、①製造イノベーションに焦点を当てた産業界主導の官民連携の実現、米国大学との連携、②省庁間の連携や情報共有を促進するための先進製造イニシアティブ全体をデザインしそれを実行する責任を負っている。米国製造業における技術移転を促進し、企業が新技術の生産拡大における技術的課題解決を支援する。

### 1.2.4 重点課題(重点研究開発技術)<sup>18</sup>

2014年に、AMP2.0は、米国にとって重要な3つの新たな技術に焦点をあてた国家製造技術戦略の策定プロセスを試験的に実施した。3つの技術とは、①製造のための高度センサー・制御・プラットフォーム、②視覚化・インフォマティクス・デジタル製造、③先進材料製造であった。

ちなみに、先進製造は広く定義されており、製造業は、基金属から航空宇宙、電子工学に至るまで、先進製造の構成要素、技術、プロセス、技能、および戦略に左右されるようになってきている。今後も競争力を維持するには、グローバル化や変化をもたらす課題に対応するために、製造業は継続的に変化しつづけなければならない。

<sup>17</sup> [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20\\_report\\_final.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20_report_final.pdf)  
<http://www.manufacturing.gov/nmmandnist.html>  
<http://manufacturing.gov/amnpo.html>

<sup>18</sup> [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20\\_report\\_final.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20_report_final.pdf)

### 1.3 製造イノベーション機構(IMIs)の概況

前節で述べた 5 つの製造イノベーション機構 (IMIs) の概況はどのようなものであろうか。本節では 5 拠点についてその概要、設立経緯、推進体制、現状、期待される成果などについて整理する。

#### 1.3.1 America Makes (付加製造(3Dプリンティング))

##### (1)概要

America Makes はオハイオ州ヤングスタウンにあり、対象領域は付加製造である。2012年8月に立ち上げられた。設立組織は National Center for Defense Manufacturing and Machining (NCDMM) であり、国防総省が協力している。立ち上げ段階でのファンドは、連邦ファンドが 5000 万ドル、マッチングファンドが 3900 万ドルである。<sup>19</sup>

##### (2)設立経緯

America Makes は、付加製造技術 (3D プリンティング) を発展させ、国家の製造セクターに移転を加速し、米国製造業の競争力を高めるために、他の全米製造イノベーションネットワーク (NNMI) における機構の 1 つとして 2012年8月に設立された。<sup>20</sup>

##### (3)推進体制

America Makes の設立組織である National Center for Defense Manufacturing and Machining (NCDMM)により運営されており、国防総省が協力している。<sup>21</sup>

##### (4)技術課題<sup>22</sup>

2013年8月に公表された第2次公募の採用プロジェクトとしては、「3D プリンティングの多機能性：航空宇宙への応用に向けた付加製造 (3D Printing Multi-Functionality : AM for Aerospace Applications)」、「付加製造による金属部品の自動仕上げ (Automatic Finishing of Metal AM Parts to Achieve Required Tolerances & Surface Finishes)」などがあげられている。

##### (5)現状

America Makes は全米から集まった 100 以上の企業、非営利組織、研究機構、政府省庁からなる広範なネットワークである。<sup>23</sup>

具体的にはロッキード・マーティン社との連携があげられる。America Makes とロッキード・マーティン社は 2013年11月7日、付加製造技術 (3D プリンティング) でのパートナーシップの強化に合意している。ロッキード・マーティン社は設立当初からの連携メンバーであり、メンバーシップを Lead 段階 (レベルは上から Lead、Full、Supporting の 3 種類) にアップグレー

<sup>19</sup> <http://www.manufacturing.gov/docs/Institutes-Summary.pdf>

<sup>20</sup> <https://americamakes.us/about/overview>

<sup>21</sup> <https://americamakes.us/about/overview>

<sup>22</sup> <https://americamakes.us/engage/projects>

<sup>23</sup> <https://americamakes.us/about/overview>

どし、2013年以降5年間にわたり250万ドルを提供する約束をしている。<sup>24</sup>

#### (6)期待される成果

今後期待される成果としては、①付加製造情報や研究の開かれた情報交換に対する高度な協同インフラの促進、②効率的で柔軟な付加製造技術の開発、評価、展開の促進、③適応性のある一流の労働力を開発するための付加製造技術における教育や訓練を提供する教育機関や企業との関わり、④中小企業や初期ステージの企業（スタートアップ）に焦点をあて、米国企業と現存する公的、民間、もしくはビジネスインキュベーターなどをつなぎ、まとめることである。<sup>25</sup>

### 1.3.2 Power America（パワーエレクトロニクス(WBG 半導体)）

#### (1)概要

Power America はノースカロライナ州ローリーにあり、対象領域はワイドバンドギャップ(WBG)半導体である。2014年1月15日に立ち上げられた。設立組織はノースカロライナ州立大学であり、エネルギー省が協力している。立ち上げ段階でのファンドは、連邦ファンドが7000万ドル、マッチングファンドも7000万ドルである。<sup>26</sup>

#### (2)設立経緯

2014年1月15日、オバマ大統領はノースカロライナ州に次世代パワーエレクトロニクスイノベーション研究機構（現 Power America）を立ち上げると発表した。この機構は既存のシリコンベースの半導体の代わりに、価格競争力のある高効率・高出力の電子チップや機器の開発に焦点をあてており、これによりモーターや消費家電、送電網に欠かせない機器をより小さく、速く、効率よく動かせるようになるとの内容が発表された。<sup>27</sup>

#### (3)推進体制<sup>28</sup>

運営の仕組みとしては、メンバーシップ委員会は政府・企業・大学からそれぞれ3名ずつで構成されている。執行委員会(エグゼクティブ委員会)では、ノースカロライナ州立大学(NCSU)が委員長を務めるが、DOE、DODなどのメンバーも入っている。DOEとの間には Cooperative Agreement が締結されており、計画、管理運営の各段階で DOE の関与がある。

#### (4)技術課題

Power America では、3つの領域が技術課題として挙げられている。①基板サイズとコストに関しては、GaN（窒化ガリウム）と SiC（炭化ケイ素）ウェハーが進歩する一方で、大径ウェハーの生産コストを削減する必要がある点、②デバイスデザインとコストに関しては、高温に

<sup>24</sup> <https://americamakes.us/news-events/press-releases/item/425-merica-makes-and-lockheed-martin-strengten-partnership>

<sup>25</sup> <https://americamakes.us/about/mission>

<sup>26</sup> <http://www.manufacturing.gov/docs/Institutes-Summary.pdf>

<sup>27</sup> <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/01/15/president-obama-announces-new-public-private-manufacturing-innovation-in>

<sup>28</sup> JST・CRDS の調査（2014年12月）による。

耐える必要があり、製造可能性と費用負担可能性を考慮した上での商業化の促進が必要であること、③システムの統合化に関しては、大きく複雑なシステムは WBG デバイスの統合のために再デザインされなければならない点などがあげられている。<sup>29</sup>

### (5)現状<sup>30</sup>

スマートグリッドでは、データプライバシー、サイバーセキュリティの 2 つが大きな課題ではあるが、Power America の活動は、ハードウェアに集中している。

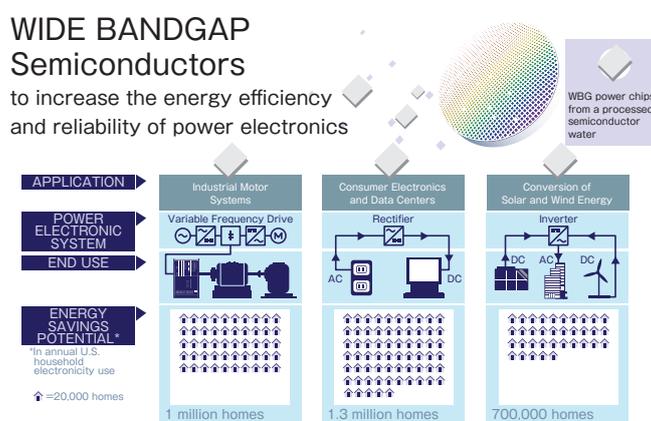
連携先としては、業界のいくつかの著名企業を含む 180 のパートナーを構築している。クリー、ABB、TOSHIBA、シスコ、トヨタ、3M、サムソン、ジョンソンアンドジョンソン、P&G、ダウなどが含まれている。

### (6)期待される成果<sup>31</sup>

Power America の目的は①雇用、②デバイスのコスト低減、③教育であり、従来のシリコン由来のパワーエレクトロニクスではなく、より小さく、高速に動作し、エネルギー変換効率の良いワイドバンドギャップ半導体 (WBG) を研究開発することであり、コスト面で優位でかつ大規模生産を可能にするような先進製造プロセスを発展があげられている。

ワイドバンドギャップ半導体の機能としては、シリコンベースのデバイスの 150°C に比べて 300°C 以上でも機能し、10 倍の高電圧に対応可能なことがあげられる。ワイドバンドギャップ半導体の効果としては、直流から交流への電気変換におけるロス削減である。風力発電などでは、50%の電力ロス削減が目標である。ワイドバンドギャップインバーターは直流から交流へ電気を変換するものである。これからは、再生可能エネルギーの多くは直流発電であり、交流直流変換が非常に重要なテクノロジーになる。電気自動車では、ワイドバンドギャップ材料は充電時における電気ロスを 66%カットすることが今後の目標である。

図表 1-6 ワイドバンドギャップ半導体<sup>32</sup>



出典：<http://energy.gov/eere/amo/power-america>

<sup>29</sup> [http://manufacturing.gov/docs/wide\\_bandgap\\_semiconductors.pdf](http://manufacturing.gov/docs/wide_bandgap_semiconductors.pdf)

<sup>30</sup> JST・CRDS の調査 (2014 年 12 月) による。

<sup>31</sup> JST・CRDS の調査 (2014 年 12 月) による。

<sup>32</sup> <http://energy.gov/eere/amo/power-america>

### 1.3.3 LIFT（軽量金属材料）<sup>33</sup>

#### (1)概要

LIFT (Lightweight Innovations for Tomorrow) はミシガン州デトロイトにあり、対象領域は軽量技術である。2014年2月25日に立ち上げられた。設立組織はEWIであり、国防総省が協力している。立ち上げ段階でのファンドは、連邦ファンドが7000万ドルであり、マッチングファンドが7800万ドルである。<sup>34</sup>

#### (2)設立経緯

American Lightweight Materials Manufacturing Innovation Institute (ALMMII)は、米国海軍の Office of Naval Research により出された Lightweight and Modern Metals Manufacturing Innovation (LM3I) solicitation のもと、米国国防総省主導の競争的プロセスを通じて選ばれた。ALMMII は、最先端の製造技術を開発や採用を加速するための地域のハブを作るための連邦のイニシアティブである NNMI におけるファンディング機構の一つである。<sup>35</sup>

#### (3)推進体制（および予算規模）

設立組織はEWIであり、国防総省が協力している。立ち上げ段階でのファンドは、連邦ファンドが7000万ドルであり、マッチングファンドが7800万ドルであり、ファンディングパートナーは、EWI、オハイオ州立大学、ミシガン大学である。<sup>36</sup>

LIFT はALMMII により運営されており、先進軽量材料製造技術を開発・展開し、労働力を準備するための教育や訓練プログラムを行うための官民の連携である。<sup>37</sup>

#### (4)技術課題

Lift（軽量・新金属製造）では、技術開発の6つの柱として、①溶融加工、②粉末加工、③熱機械加工、④新規/敏捷加工、⑤コーティング、⑥合成と組立をあげている。横断テーマとしては、①統合化計算材料工学（ICME）、②デザイン、③ライフサイクル分析、④コストモデリング、⑤サプライチェーンなどがあげられている。<sup>38</sup>

#### (5)現状

LIFT はOEM、サプライヤー、中小企業、大学、研究機構、教育、労働力開発組織などから成り立っている。このコンソーシアムは本来地域のものであるが、国中の企業、大学、非営利研究機構などを巻き込むことにより、国全体のための組織となっている。<sup>39</sup>

<sup>33</sup> <http://lift.technology/> Lightweight Innovations for Tomorrow

<sup>34</sup> <http://www.manufacturing.gov/docs/Institutes-Summary.pdf>

<sup>35</sup> <http://lift.technology/about/>

<sup>36</sup> <http://lift.technology/>

<sup>37</sup> <http://lift.technology/about/>

<sup>38</sup> <http://lift.technology/technology-development/>

<sup>39</sup> <http://lift.technology/about/partners/>

## (6)期待される成果

自動車や航空宇宙、地上車両、船、鉄道だけでなく防衛製造産業においても、乗り物が軽量になればそれだけパフォーマンスがよく、燃費もよくなり、低コストで環境にも配慮できる。LIFTではこのような目的の実現を目指す。<sup>40</sup>

### 1.3.4 DMDII(デジタル製造・設計)<sup>41</sup>

#### (1)概要

DMDII (Digital Manufacturing & Design Innovation Institute)はイリノイ州シカゴにあり、対象領域は統合されたデジタルデザイン製造である。2014年2月に立ち上げられた。設立組織はUI Labsであり、国防総省が協力している。立ち上げ段階でのファンドは連邦ファンド7000万ドル、マッチングファンド1億600万ドルである。<sup>42</sup>

#### (2)設立経緯

デジタル製造は、製品や製造プロセスにおけるシミュレーション、3次元(3D)視覚化などの様々な連携ツールから構成される統合されたコンピューターベースシステムである。製造時間とコストを削減し、米国のサプライチェーン能力を強化し、国防総省へのコスト獲得を削減するための最先端のデジタル技術を応用するために立ち上げられた。<sup>43</sup>

#### (3)推進体制(および予算規模)

設立組織はUI Labsであり、国防総省が協力している。UI LABSは、DMDIIをたちあげるために、40以上の産業パートナー、30以上の大学、政府、地域のパートナー、さらに500以上の支援企業や組織をまとめた。

#### (4)技術課題

DMDII(デジタル製造・設計)では、プロジェクトコールとして、①サイバーセキュリティ、②スマート工場の可視化、③知能機械に必要なデータコミュニケーション<sup>44</sup>、④仕事場の増加するリアリティとウェアラブルコンピューティング<sup>45</sup>、⑤システムデザイン、⑥サイバーフィジカル製造などがあげられている。<sup>46</sup>

#### (5)現状

設立パートナーには、GE、P&G、ロッキード・マーティン、シーメンス、ボーイング、マ

<sup>40</sup> <http://lift.technology/>

<sup>41</sup> Digital Manufacturing & Design Innovation Institute

<sup>42</sup> <http://www.manufacturing.gov/docs/Institutes-Summary.pdf>

<sup>43</sup> <http://static1.squarespace.com/static/542f0ec4e4b005969e6056ad/t/545912bbe4b0e384f27f67f9/1415123643786/DMDII+Fact+Sheet.pdf>

<sup>44</sup> COMMUNICATION STANDARDS FOR IM (Intelligent Machines)

<sup>45</sup> SHOP FLOOR AUGMENTED REALITY

<sup>46</sup> <http://dmdii.uilabs.org/>

マイクロソフトなどが含まれている。<sup>47</sup>

#### (6)期待される成果

今後期待される成果としては、デジタル製造技術の開発やデモンストレーションにより、これらの技術を展開し商業化することがあげられる。<sup>48</sup>

### 1.3.5 IACMI(先進複合材料製造)<sup>49</sup>

#### (1)概要

IACMI (Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation)はテネシー州ノックスビルにあり、対象領域は先進ファイバー強化ポリマー合成物である。2015年1月に立ち上げられた。設立組織はノックスビルにあるテネシー大学であり、エネルギー省が協力している。立ち上げの段階でのファンドは連邦ファンド7000万ドル、マッチングファンドは1億8000万ドルである。<sup>50</sup>

#### (2)設立経緯

2015年1月、オバマ大統領はテネシー州ノックスビルに新しい製造イノベーションハブの設立を公表した。

#### (3)推進体制

エネルギー省やノックスビルのテネシー大学が主導する122の企業、非営利団体、大学のコンソーシアムが機構の立ちあげに関与している。

#### (4)技術課題

先進複合材料の先端研究に焦点をあてており、先進ファイバー強化ポリマー複合材料(強いファイバーとかたいプラスチックを合わせたもの)は、スチールより軽くて強く、先進複合材料は現在、人工衛星や高級車のような高価な応用のために使われている。経済的な課題を解決することで、燃費のよい軽量車、より軽く長い風車の羽根、天然ガス燃料車のための高圧タンク、より軽く効率的な産業設備を含む広範囲の製品に向けた使用が可能になる。自動車では、パフォーマンスや安全性に妥協することなく、先進複合材料を利用することで乗用車の重量を50パーセント削減し燃費の約35%向上させることを目指している。

#### (5)期待される成果

今後期待される成果としては、先進複合材料のための低コスト、高速、効率的な製造、プロセ

<sup>47</sup> <http://static1.squarespace.com/static/542f0ec4e4b005969e6056ad/t/545912bbe4b0e384f27f67f9/1415123643786/DMDII+Fact+Sheet.pdf>

<sup>48</sup> <http://static1.squarespace.com/static/542f0ec4e4b005969e6056ad/t/545912bbe4b0e384f27f67f9/1415123643786/DMDII+Fact+Sheet.pdf>

<sup>49</sup> <http://energy.gov/eere/amo/institute-advanced-composites-manufacturing-innovation>  
<http://iacmi.org/> Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation

<sup>50</sup> <http://www.manufacturing.gov/docs/Institutes-Summary.pdf>

スのリサイクルの開発、先進複合材料の全体の製造コストの削減、複合材料を作るためのエネルギー使用量の削減、複合材料のリサイクル率の増加などがあげられる。

## 1.4 考察

昨今の情報通信技術の発展は社会全体に大きな影響を与え、特に製造業の未来を変える可能性を秘めている。特にグーグルやGEのような米国の民間企業は、消費者に近い川下の領域での活動を活性化している。シリコンバレーにある情報系企業が製造業にとって脅威となりつつある。そのような状況の中で、オバマ政権は川上の領域も押さえ米国の競争力を強化するとともに、米国内への製造業の回帰や雇用の創出を狙い、先進製造パートナーシップ（AMP）を実施してきた。本章ではその施策内容を述べてきたが、次世代製造研究開発における施策の特徴をひとつあげるとすれば、それは民間の活用ではないだろうか。

むしろこれはオバマ政権ではなく米国の科学技術政策全般においていえる特徴といえるだろう。例えば2004年の競争力評議会（COC）の「パルミサーノ・レポート」や2005年の全米科学アカデミー（NAS）の「オーガスティン・レポート」の策定では産業界や学界を含めた民間の意見が重視されており、オバマ政権も大学や産業界の専門家による大統領科学技術諮問委員会（PCAST）の報告書を重視している。

また施策を実施する際にも民間の力を活用している。AMPの共同議長は、ダウ・ケミカルCEOとMIT学長であり、NNMIの目的は、研究室の中に眠っている製造業のルールを変え得る技術を産業にフィードバックし、広く米国企業に拡散させることで米国製造業の競争力を高めることである。米国は民間企業に革新的な技術を拡散させることで優位性の確保を目指している。

IMIsの拠点に関しては、America Makesでは、2013年11月America Makesとロッキード・マーティンが付加製造技術（3Dプリンティング）におけるイノベーションをリードするためにパートナーシップを強化することで合意しており、ベンチャー企業だけでなく大企業との連携も進んでいる。Power Americaでも多くの民間企業と連携しており、他の機構でも民間企業との連携が重視されている。

このようにグーグルやアマゾン、GEのような米国の民間企業が川下領域での活動を活性化する中、オバマ政権は先進製造パートナーシップ（AMP）により川上の領域も押さえることにより競争力の強化を狙ってきたが、そこにも産学官連携による民間企業の活用による競争力強化という姿勢が見えている。製造技術については、我が国には依然として伝統的に優れた中小企業のものづくり力があるが、大学やベンチャー企業が中心となって新しい技術の開発を積極的に進め市場を開拓していく米国との国情の違いを更に分析することも、今後の我が国の次世代製造技術の強化を考える上で重要と思われる。いずれにせよ、米国の先進製造は民間を中心に発展し、主導的な立場を取り続ける可能性が高く、今後も注視していく必要があるといえる。

## 1.5 参考資料

### ■ Advanced Manufacturing Portal

<http://www.manufacturing.gov/welcome.html>

<http://www.manufacturing.gov/nmmandnist.html>

<http://www.manufacturing.gov/docs/Institutes-Summary.pdf>

### ■ America Makes

<https://americamakes.us/about/overview>

<https://americamakes.us/engage/projects>

<https://americamakes.us/news-events/press-releases/item/425-merica-makes-and-lockheed-martin-strengten-partnership>

<https://americamakes.us/about/mission>

### ■ AMNPO

<http://manufacturing.gov/amnpo.html>

### ■ Digital Manufacturing & Design Innovation Institute (DMDII)

<http://dmdii.uilabs.org/>

<http://static1.squarespace.com/static/542f0ec4e4b005969e6056ad/t/545912bbe4b0e384f27f67f9/1415123643786/DMDII+Fact+Sheet.pdf>

### ■ DOE (米国エネルギー省), “INSTITUTE FOR ADVANCED COMPOSITES MANUFACTURING INNOVATION”

<http://energy.gov/eere/amo/institute-advanced-composites-manufacturing-innovation>

### ■ DOE (米国エネルギー省), “Office of Fossil Energy, “Shale Gas R&D”

<http://energy.gov/fe/science-innovation/oil-gas-research/shale-gas-rd>

### ■ DOE (米国エネルギー省), “Wide Bandgap Semiconductors: Pursuing the Promise”

[http://manufacturing.gov/docs/wide\\_bandgap\\_semiconductors.pdf](http://manufacturing.gov/docs/wide_bandgap_semiconductors.pdf)

<http://energy.gov/eere/amo/power-america>

### ■ Evans, P. C. and M, Annunziata “Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines”

[http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial\\_Internet.pdf](http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf)

### ■ IACMI (Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation)

<http://iacmi.org/>

### ■ JETRO, “米国基礎情報・統計”

[http://www.jetro.go.jp/world/n\\_america/us/stat\\_01/](http://www.jetro.go.jp/world/n_america/us/stat_01/)

[http://www.jetro.go.jp/world/n\\_america/us/stat\\_02/](http://www.jetro.go.jp/world/n_america/us/stat_02/)

[http://www.jetro.go.jp/world/n\\_america/us/stat\\_03/](http://www.jetro.go.jp/world/n_america/us/stat_03/)

### ■ JST CRDS “主要国の研究開発戦略 (2014)”

### ■ Lightweight Innovations for Tomorrow (LIFT)

<http://lift.technology/>

<http://lift.technology/about/>

<http://lift.technology/technology-development/>

<http://lift.technology/about/partners/>

- **National Economic Council, Council of Economic Advisers, and Office of Science and Technology Policy, “A STRATEGY FOR AMERICAN INNOVATION”**

<http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/uploads/InnovationStrategy.pdf>

- **Office of Management and Budget & Office of Science and echnology Policy, “2016年度予算科学技術優先事項覚書”**

<http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/m-14-11.pdf>

- **President’s Council of Advisors on Science and Technology, “ACCELERATING U.S. ADVANCED MANUFACTURING”**

[http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20\\_report\\_final.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20_report_final.pdf)

- **President Obama Announces New Public-Private Manufacturing Innovation Institute**

<http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/01/15/president-obama-announces-new-public-private-manufacturing-innovation-in>

- **U.S. Energy Information Administration, “Annual Energy Outlook 2013”**

[http://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski\\_12052012.pdf](http://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski_12052012.pdf)

- **White House, “包括的エネルギー戦略（The All-of-the-Above Energy Strategy as a Path to Sustainable Economic Growth）”**

<http://www.whitehouse.gov/blog/2014/05/29/new-report-all-above-energy-strategy-path-sustainable-economic-growth>

[http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/aota\\_energy\\_strategy\\_as\\_a\\_path\\_to\\_sustainable\\_economic\\_growth.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/aota_energy_strategy_as_a_path_to_sustainable_economic_growth.pdf)

## 2. ドイツ

日本と同じく、20世紀後半の世界のものづくりをリードしてきたドイツが推進する次世代製造技術とは何か、を論じるために本稿では、ドイツ製造業の概況、製造業デジタル化に取り組む連邦政府の政策、研究開発が実施されている拠点とクラスターについて紹介する。とりわけ世界が注目するドイツの製造業高度化を目指すアクションプラン、Industrie4.0(インダストリー4.0)について詳しく記述していきたい。

### 2.1 ドイツ製造業の概要

ドイツの産業構造の基礎は1920年代に築かれたといわれている。自動車産業を中心に、製造業の強い経済は、GDPの約20%を製造業が占めている。うち、6割超が輸出されており、ものを作って貿易をするというのがドイツの経済の基本的なモデルとなっている。ものづくりに根差した経済という側面だけを見ると、我が国と似ているが、輸出額が大きく異なっている。但し、ドイツの輸出の約60%はEU域内向けであり、共通の通貨をもつEU諸国へのものの移動は、日本のそれと単純な比較は意味がない。

とはいえ、世界がグローバル化し、情報の流れが早まっている現代、ドイツも第三次産業の割合が年々増している。GDPの70%に近いサービス業とものづくりの統合化についての議論が活発になってきている。また、他の先進国と同様に高齢化が進んで、近い将来労働人口が減少することは明らかであり、特に熟練した労働者が減ることに対する危機意識は、製造業に立脚している日本同様、非常に強い。デジタル化が進む世の中で、若い人材の育成や職業訓練については、もともと職業教育で名高いドイツでも大きな課題である。さらに、これまで中国を始めとしたアジア諸国や南アメリカ諸国では組立てを中心とした単純で工数の多い作業を担っていたが、徐々に技術力、イノベーション力をつけてきており、今後、工業先進国の脅威となりかねない。とりわけ中国に対する危機感もドイツでも強い。中国の改革開放が進む過程で、ドイツは中国をマーケットとして重視してきた。また、現地生産のための技術移転を積極的に進めてきたが、現在そのいき過ぎに対する反省もあって、中国への対抗策を真剣に検討する時期にきていると認識されている。

今後もブランドとしての”made in Germany”を維持するために、安い人件費と大量生産による低コスト製品に対抗するためにも、付加価値の高いハイテク製品を作り続けなければならない。そのために、ドイツ政府は2011年にアクションプラン Industrie4.0<sup>1</sup>(インダストリー4.0)を発表した。まずは次項で、このアクションプランが作られた背景を述べ、次章で政策の具体的な内容を記述する。

#### 2.1.1 製造業の位置づけ

自動車を始めとして、工作機械、化学といった製造業は、これまでドイツ国内の雇用を生み出してきた。こうした産業を支えてきたのがドイツの工学教育であり、マイスター制度<sup>2</sup>、デュア

<sup>1</sup> Industrieは英語Industryのドイツ語訳。ドイツ政府は”Industrie4.0”を新しいコンセプトとしてグローバルに認知してもらうために英訳せずIndustrieとしてそのまま表記している。そのため同報告書でもその例に倣う。

<sup>2</sup> 中等教育を終えた後、職工として企業に所属し、その一方で職業学校に通い熟練工の試験を受ける。熟練工になった後も複数年の研鑽を積んだ後で、職人(マイスター)を受験し、その資格を得る。現在のドイツでは41のマイ

ル教育<sup>3</sup>といったドイツ特有の教育制度でもある。しかしながら 70 年代のオイルショック、80 年代のマルク高や人件費の高騰を原因とし、生産拠点としてのドイツの地位が危うくなってきた。大企業の一部が繊維産業を皮切りに、自動車産業までもがマーケットに近い現地生産を推進し、ドイツ国内の失業率は徐々に上がり始めた<sup>4</sup>。さらに、伝統的なマイスター制度や大学教育は、米国などと比べても資格取得や卒業までに長い時間がかかり、ICT のようにめまぐるしく進化発展する分野の人材育成が、産業界の需要に追いつかない状況が生まれ始めたのである。このような環境の中、歴史的な大イベントが起こる。ベルリンの壁崩壊（1989 年）とそれに続く東西ドイツの再統一（1990 年）である。

### (1) 1990 年代の低迷期「ドイツ病」

東西ドイツ再統一の熱狂は長く続かず、1992 年には景気が後退して不況が始まった。旧東ドイツ地域への公的資金の投入が連邦政府の財政を圧迫しただけでなく、同時期に一気に民主化した旧東欧諸国で急増した対外直接投資によって製品輸入が増大した。こうして 90 年代後半には、旧東ドイツ地域は大規模な財政投融資に関わらず失業率が上がり続け、一部の州では 20%を超えるようになった。社会保険、年金、税金と構造的な問題を抱えながら、改革が中々先に進まない「改革渋滞」と呼ばれる時期が続いた。発言権の強い労働組合を背景に雇用者の権利が守られる一方で、企業の経営は困難になり、ドイツ全体で失業者は 600 万人を超え、10%代に高止まりしていた。米国で始まった IT 革命や金融取引で台頭する欧州の小国を尻目に、ドイツでは産業構造の変革が遅れ、鉄鋼や化学といったこれまでドイツを支えてきた重厚長大産業が低迷した。

### (2) 2000 年代の景気回復と現在

16 年の長きにわたって政権の座にあったキリスト教民主同盟 (CDU: コール首相) に代わって、1998 年の総選挙で第一党となったのが、社会民主党 (SPD: シュレーダー首相) だった<sup>5</sup>。シュレーダー首相は、失業率を低下させることを政策の第一目標にした。2003 年に「アジェンダ 2010<sup>6</sup>」という名の大改革、労働コストを減らすために、社会保障サービスを大幅に削減する改革に踏み切った。年金の支給開始を 65 歳から 67 歳に引き上げ、物価スライドをなくしたり、人口の減少に合わせて、年金額の伸びを抑制するシステムを導入した。最も大きかったのは失業保険であり、この一連の改革にはフォルクスワーゲン社取締役だったハーツ (Peter Hartz) を委員長に任命し、失業保険を生活保護と同じ水準とするなど抜本的な改革を断行した。2005 年の総選挙で、メルケル首相率いる CDU が政権与党に返り咲いた頃から、ドイツ経済は持ち直し、徐々に回復した。2005 年に 11.2% に達した失業率は底を打ち、リーマンショック後の景気後退で一時期上昇に転じたものの、現在は 5% ほどに低下している。こうして雇用の流動化を促した結果、格差が拡がり貧困層は増えたという批判はあるが、一定の成功は収めたものといえる。

スター業種がある。

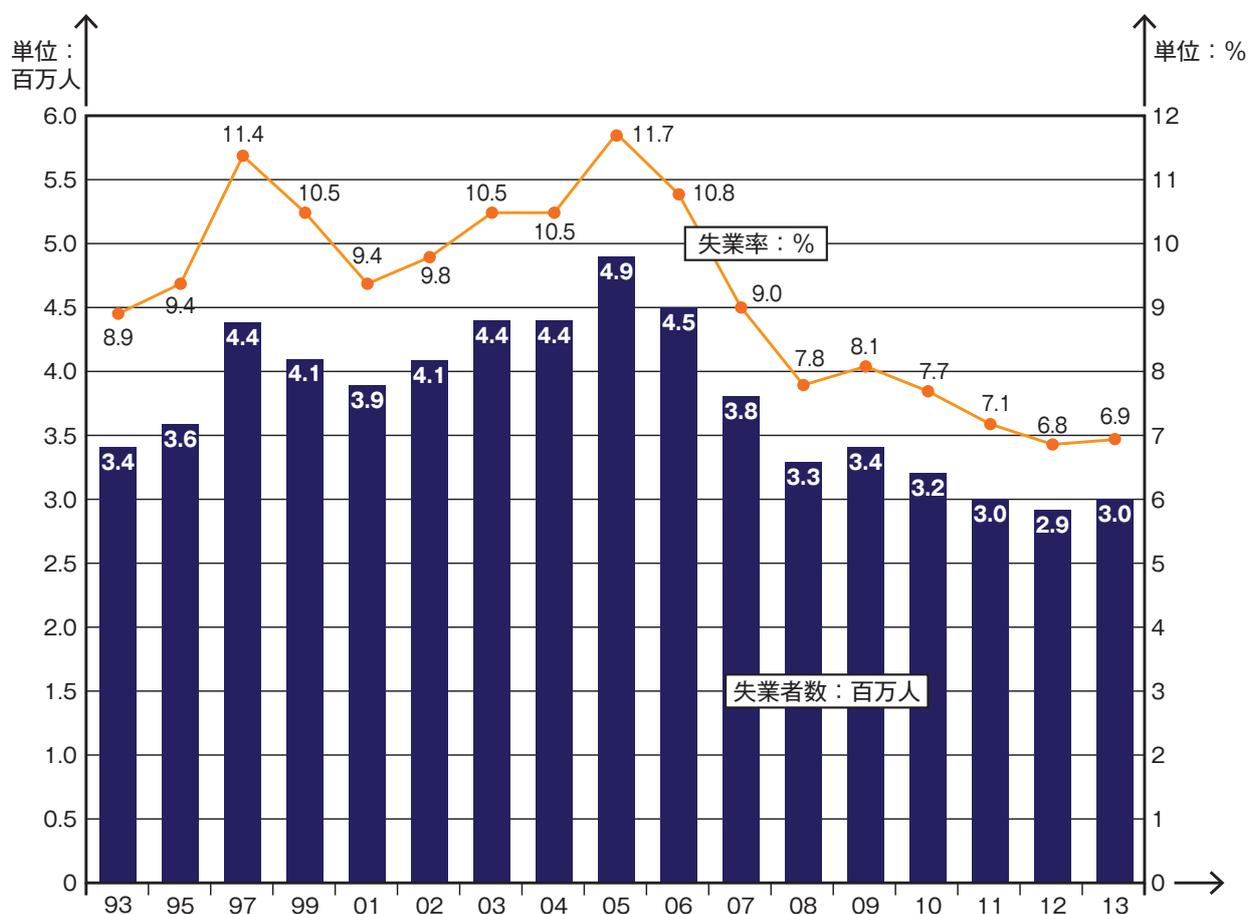
<sup>3</sup> ドイツ語圏 (スイスやオーストリア) に特有の制度で、教育と職業訓練を同時に進めるシステム。最終的にはマイスターの資格取得を目指すものであるが、現在では専門大学 (Fachhochschule) と企業での研修を並行して受けるシステムなども混在し、職人だけでなく、管理部門の人材も同様の制度で育成している。

<sup>4</sup> 労働政策研究・研修機構 [http://www.jil.go.jp/institute/reports/2004/documents/L-7\\_03\\_02.pdf](http://www.jil.go.jp/institute/reports/2004/documents/L-7_03_02.pdf)

<sup>5</sup> SPD と緑の党 (90 Die Grünen) の連立政権。

<sup>6</sup> アジェンダ 2010 という政策の名称は、2000 年の EU リスボン戦略、「知識社会に向けた教育・訓練、より積極的な雇用政策、社会保障制度改革・社会的排除の解消を 2010 年までに達成することを目指した戦略」に依拠する。

図表 2-1 ドイツの失業者数と失業率の推移(1993-2013年)



出典：ドイツ連邦雇用庁(Bundesagentur für Arbeit :BA)より

2008年のリーマンショックからも比較的早く立ち直ったドイツは、2010年のユーロ危機でも指導的立場で事態の收拾に臨んだ。

## 2.1.2 指標で見るドイツの経済

### (1) 経済指標<sup>7</sup>

2004年頃の失業率は年平均で10%を超える状態であったが、現在は5%台に回復した。2008年のリーマンショック後に落ち込んだGDPも1年で持ち直した。現状、やや成長率は鈍っているが、景況感は悪くない。

<sup>7</sup> EU統計局 (EUROSTAT) <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

図表 2-2 ドイツの経済指標の推移

(単位:100 万ユーロ)

	2004 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
実質 GDP 成長率	1.2%	-5.1%	4.0%	3.3%	0.7%	0.4%
名目 GDP 総額	2,195,700	2,374,200	2,495,000	2,609,900	2,666,400	2,737,600
輸出額	731,479	803,012	949,629	1,058,897	1,093,630	1,093,788
輸入額	575,401	664,143	795,666	901,487	905,378	895,175

出典:ジエトロウェブサイト

## (2) 輸出統計(国、地域別)

EU 域内への輸出が 6 割に迫る。国別に見れば、米国、中国への輸出が多い。

図表 2-3 ドイツの輸出統計(国、地域別)

(単位:100 万ユーロ)

	2013 年	
	金額	構成比
EU27	621,097	56.8%
アジア・大洋州	151,157	13.8%
中国	67,025	6.1%
日本	17,125	1.6%
北米 (NAFTA)	106,176	9.7%
米国	88,375	8.1%
合計(その他含む)	1,093,811	100%

## (3) 輸出統計(品目別)

品目別では、機械、輸送機器の輸出が多い。

図表 2-4 ドイツの輸出統計(品目別)

(単位:100 万ユーロ)

	2012 年	2013 年	
	金額	金額	構成比
機械および輸送用機器	528,945	521,524	47.7%
道路走行車両	183,026	181,924	16.6%
乗用車	114,136	111,828	10.2%
自動車部品	45,505	47,065	4.3%
電気機器	80,040	80,522	7.4%
その他一般工業用機械類	78,522	79,117	7.2%
化学製品	170,950	172,299	15.8%
医薬品	56,031	56,826	5.2%
原料別製品	142,635	138,054	12.6%
鉄鋼	27,423	24,684	2.3%
非鉄金属	22,569	20,971	1.9%
雑製品	109,795	110,763	10.1%
計測・制御機器	36,230	36,942	3.4%
その他	143,443	151,170	13.9%
合計	1,095,766	1,093,811	100%

出典:ジェトロウェブサイト

## 2.2 Industrie4.0(インダストリー4.0)とは

インダストリー4.0とは、ドイツ科学技術イノベーション基本政策「ハイテク戦略 2020」(後述)の「未来プロジェクト」という名の2025年頃に達成を目標にしているアクションプランの一つである。同アクションプランでドイツ政府は、インダストリー4.0と名付けた高度な製造技術の研究開発を掲げ、産官学一体の大規模プロジェクトを推進している。インダストリー4.0はもののインターネット(Internet of Things: IoT)や生産の自動化(Factory Automation)技術を駆使し、工場内外のモノやサービスと連携することで、今までにない価値や、新しいビジネスモデルの創出を狙った次世代製造業のコンセプトである。現代の製造業が直面している課題は、主に生産性、スピード、柔軟性であり、インダストリー4.0を実現することによってこれらを克服し、このための技術開発や産業構造の変化を推進する。インダストリー4.0の実現には、製品設計や生産設備設計、生産、メンテナンスに至るバリューチェーン全体を網羅した、多種多様なICT基盤が必要になる。

### 2.2.1 政策策定の経緯

ドイツで初めて制定された科学技術イノベーション基本政策の「ハイテク戦略」は、個人、企業、社会が継続的にイノベーションを興すことができるような環境を整備することを目的に2006年に発表された。ドイツの技術革新能力を維持し、産業拠点としての地位を確固たるものにするため、2007年から2010年にかけて17の技術分野と関連する横断的な活動に146億ユーロを投入した。その後、2010年に第二次となる「ハイテク戦略 2020<sup>8</sup>」が制定され、更なるアカデミア、産業界、政府の連携強化を推進している。先の戦略と異なる部分は、社会的課題、グローバルな問題の解決を図るために数々の施策やプロジェクトを実施するという、ニーズ型の政策になっている点である。「ハイテク戦略 2020」で抽出された重点分野は、環境・エネルギー、健康・食糧、輸送、安全、通信の5つで、同分野のさまざまな課題の解決のために10項目の「未来プロジェクト」というアクションプランが2011年までに順次発表された。そのうちのひとつがインダストリー4.0である。

ハイテク戦略 2020の未来プロジェクトは発表当初(2010年)、11項目あった。うち「ITを活用した省エネ」と「未来の労働形態・組織」が統合され、10番目のアクションプランとして2011年11月に可決の運びになった。これに先立つ2011年1月に連邦教育研究相の諮問機関である研究連盟 経済・科学(Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft)に作業部会が発足<sup>9</sup>。アクションプランの策定を受けて、研究連盟とドイツ工学アカデミー(acatech)が合同の検討部会を作り、年明けて2012年1月から12月まで、実施勧告提言を作成することになった。同部会の会長は2名体制となっており、1名は産業界代表としてボッシュ社副社長のダイス博士<sup>10</sup>、もう1名はドイツ工学アカデミー会長のカーガーマン教授<sup>11</sup>である。

未来プロジェクト インダストリー4.0が策定される以前から、ハイテク戦略の枠組みの中では情報・通信および製造技術の分野が重点化され、複数のファンディングプログラムが実施されていた。教育研究

<sup>8</sup> 2011~2014年の予算見込み：84億€

<sup>9</sup> ワーキンググループ 通信(Kommunikation)

<sup>10</sup> Robert Bosch GmbH Dr. Siegfried Dais

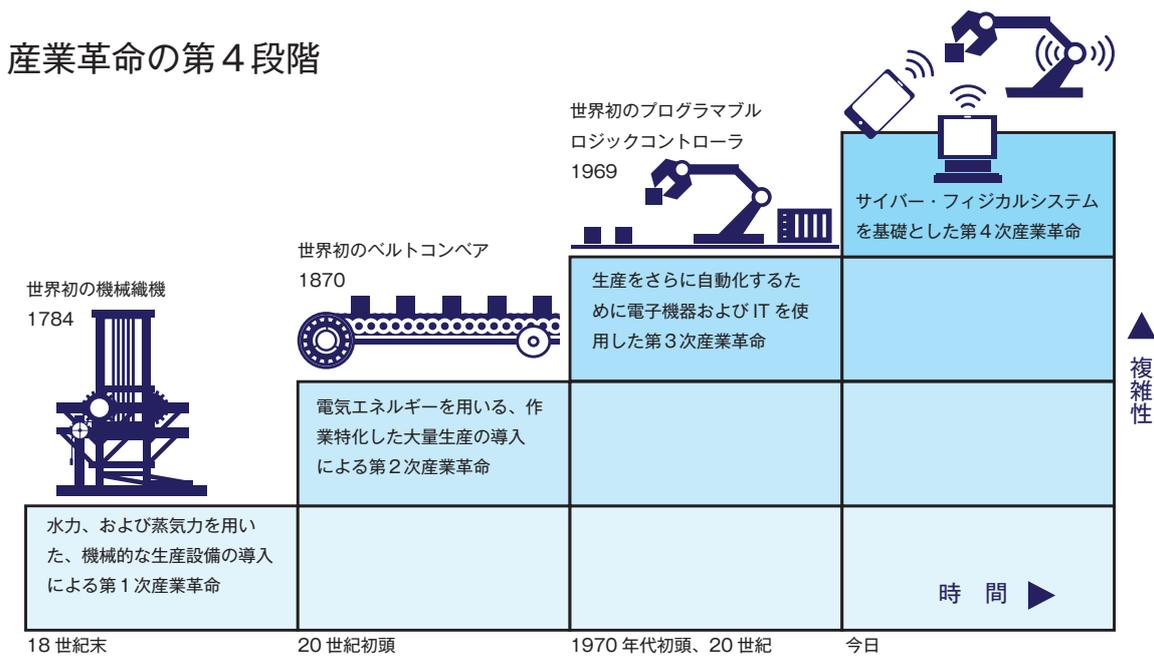
<sup>11</sup> Prof. Dr. Hennig Karger mann (元 SAP AG 取締役)

省（BMBF）傘下では、SPE<sup>12</sup>、SemProM<sup>13</sup>、経済エネルギー省系（BMW<sub>i</sub>）主管による、NextGenerationMedia<sup>14</sup>、Autonomik<sup>15</sup>などである。また、2011年から助成が始まった両省共同のファンディングプロジェクトICT2020は、助成総額も大きい大規模なファンディングである。インダストリー4.0は政策としては新しいものの、ドイツ国内では次世代の製造技術に関する研究開発が推進されてきたのである。

### 2.2.2 Industrie4.0(インダストリー4.0)の定義

インダストリー4.0とは、第四次産業革命の意である。第一次革命は18世紀の蒸気機関による機械的な生産設備の導入、第二次産業革命は19世紀後半の電気による大量生産を指すことは議論を待たない。第三次以降は専門家によって定義が分かれるが、ドイツ政府の見解は、70年代のコンピューターによる生産の制御との見解を示している。そして、現在人類は第四次産業革命の端緒に立つと位置づけ、ドイツは其中でイニシアティブを取ることを目指している。

図表 2-5 産業革命の各段階



出典： Industrie4.0 プラットフォーム実施勧告提言書 2013

情報通信技術と生産技術を統合するのがインダストリー4.0のコンセプトであり、ドイツの強みである機械、設備に関する技術とシステム開発や埋め込みソフト開発の能力を活かし、生産の

<sup>12</sup> Software Platform Embedded Systems 2020(2009-2012)

<sup>13</sup> Innovation alliance digital products memories(2008-2011)

<sup>14</sup> NextGenerationMedia – New Technology & Ubiquitas Computing (2007-2011)

<sup>15</sup> AUTONOMIK: 自律的なシミュレーションシステムに基づいたシステム (2011- 2013)

デジタル化でスマートファクトリを実現しようというものである。狭義には、この強みを活かし、新しい世代のものづくりを先導するための施策をインダストリー4.0と呼んでいる。しかし現在は、情報系、製造系、通信系の他、輸送、材料などさまざまな産業分野や、大学、研究機関および連邦・州政府や欧州の一部へとコンセプトが広がり、参加者が増えてきていることから単なる政策の枠を超え、新たな製造業のコンセプトとして定義する場合もある。

「次世代の製造業への変換のためにはドイツはデュアル戦略を追求していく」と、研究連盟とドイツ工学アカデミーによる実施勧告提言<sup>16</sup>に記述されている。デュアル戦略とは、1 つにドイツの機械、設備産業が今後も世界市場で主導的な地位を維持するために、情報通信技術と伝統的な製造業を帰結的に統合し、知識集約的な技術のサプライヤーになること。一方で、サイバーフィジカルシステム(CPS)<sup>17</sup>技術を生産現場にいち早く実現して高効率な生産を行い、生産拠点としてのドイツを確固たるものとして自動車を始めとした製品を世界に向けて輸出していくことの2つを同時に達成するものである。

主導的な生産技術提供者としての視点では、世界第三位の機械輸出力と、情報工学、ソフトウェア開発力を連携させることで、革新的な飛躍が可能であるとしている。これらを実現するためには、既に存在する技術とCPSを組み合わせ、改良を行い、自動化技術やシステム最適化における革新を推進し、新しい時代の価値創造ネットワークに向けたビジネスモデルを作り出し、製品とサービスを結び付けること、を目標とする。

生産拠点としての成功の鍵は、複数の製造拠点や工場内の各部門をネットワーク化し、企業の境界を越えた協力体制を構築することであるとしている。さらに、生産だけではなく、デザイン、部品や素材の調達、プログラム、輸送、メンテナンスまで価値創造ネットワークや製品ライフサイクル(PLC)までを網羅した、論理的で一貫したデジタル化が必須である。新規に形成される価値創造ネットワークに、今日すでに地球規模で活躍しているグローバル企業とドイツ国内でニッチな市場を支えている中小企業を統合することが、産業構造にバランスをもたらし、ものづくり国家としての本質的な強さにつながっていくとしている。

### 2.2.3 推進体制

インダストリー4.0の推進のため、インダストリー4.0プラットフォームという産学官の戦略策定委員会が組織され、2013年4月に発足した。本部をフランクフルト置き、事務局を産業系3団体(BITOKOM、VDMA、ZVEI<sup>18</sup>)が務めている。事務局では、8つの優先開発分野を特定、ワークグループ(WG)を設定し研究開発のロードマップ作成を行っている。

- ① 情報ネットワークの標準化と参照アーキテクチャ
- ② 複雑なシステムの管理
- ③ 広域ブロードバンドインフラ

<sup>16</sup> Industrie4.0 実施勧告提言

[http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Material\\_fuer\\_Sonderseiten/Industrie\\_4.0/Final\\_report\\_Industrie\\_4.0\\_accessible.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf)

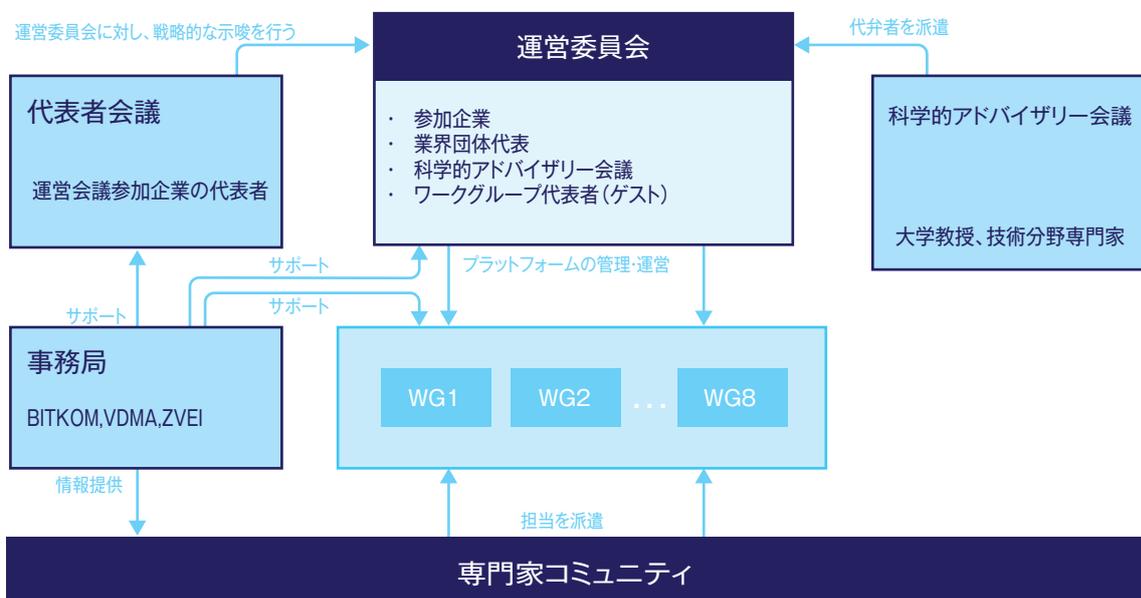
<sup>17</sup> バーチャル名情報と物理的な実世界を結びつけ、モノとモノのコミュニケーションや相互作用を可能にするネットワークを構築するテクノロジー

<sup>18</sup> ドイツ IT・通信・ニューメディア産業連合会 (BITOKOM)、ドイツ機械工業連盟 (VDMA)、ドイツ電気・電子工業連盟 (ZVEI)

- ④ ネットワークセキュリティ
- ⑤ デジタル産業時代の労働組織と働き方
- ⑥ 人材育成と継続的な専門教育
- ⑦ 法的な基本条件、規制
- ⑧ 資源の効率的な利用

この中で、①の情報ネットワークの標準化と参照アーキテクチャWGから、2014年4月にロードマップが発表されている。プラットフォームの組織は下図のようになっている。

図表 2-6 インダストリー4.0 プラットフォーム体制図



出典： Industrie4.0 プラットフォーム実施勧告提言書 2013

プラットフォームの中心になるのは運営委員会で、戦略策定や作業の進捗確認を行う。代表者会議および科学的アドバイザリー会議は、それぞれの専門的な知識や戦略的な助言を行っている。運営委員会のメンバーは次の表の通りである。

図表 2-7 インダストリー4.0 プラットフォーム運営委員会 メンバー表

企業・団体名	業界	役職	氏名
ABB AG	重電	研究開発部長	Christoph Winterhalter
Hewlett Packard GmbH	コンピューター	事業開発担当	Johannes Diemer
Bosch Rexroth AG	産業機械	インダストリー4.0 担当	Olaf Klemm

<b>IBM Deutschland GmbH</b>	ソフトウェア	ソフトウェア営業部長	Friedrich Vollmar
<b>Deutsche Telekom AG</b>	通信	広報部長	Thomas Schiemann
<b>Infineon Technologies AG</b>	半導体	副社長	Dr. Thomas Kaufmann
<b>FESTO AG &amp; Co. KG</b>	産業機械	メカトロニクス部長	Bernd Kärcher
<b>PHOENIX CONTACT Electronics GmbH</b>	電子モジュール	システム部長	Hans-Jürgen Koch
<b>TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH</b>	産業機械	システム開発部長	Klaus Bauer
<b>WITTENSTEIN AG</b>	産業機械	副社長	Dr. Bernd Schimpf
<b>Robert Bosch Industrietreuhand KG</b>	自動車部品	副社長	Dr. Siegfried Dais
<b>SAP Deutschland AG &amp; Co. KG</b>	ソフトウェア	製造・自動車部門	Dr. Daniel Holz
<b>Siemens AG</b>	産業機械	研究開発部長	Dr. Wolfgang Heuring
<b>ThyssenKrupp AG</b>	鉄鋼・工業製品	技術開発部長	Dr.-Ing. Reinhold Achatz
<b>VDMA</b>	産業団体		Rainer Glatz
<b>BITKOM</b>	産業団体		Wolfgang Dorst
<b>ZVEI</b>	産業団体		Dr. Bernhard Diegner
<b>Technische Universität Darmstadt</b>	大学	教授	Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl

#### 2.2.4 重点課題

インダストリー4.0の推進において、対象とする技術分野は次の図の通り。とりわけ、組み込みシステム CPS とスマートファクトリの2分野の研究開発が優先されており、上記の各プロジェクトでは、この分野のイノベーションが期待されている。

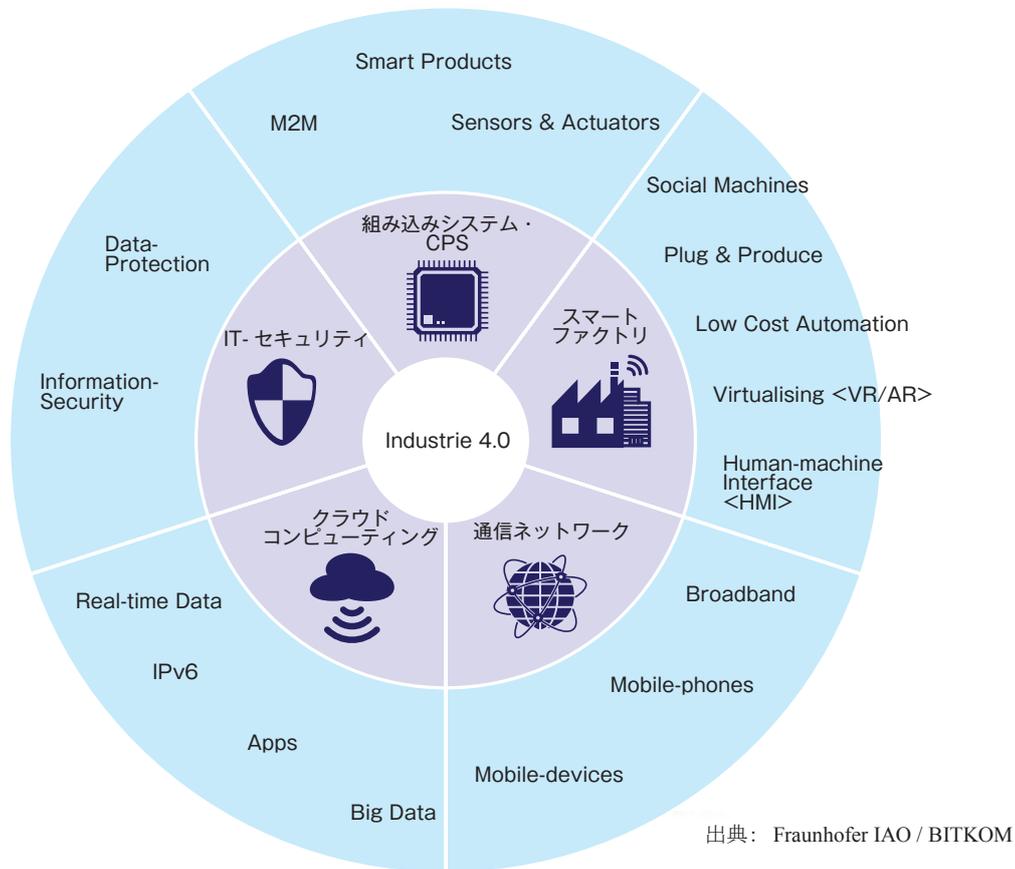
CPSは既に自動車のナビゲーションシステムなどで実用化されている。ネットワークに接続されたナビゲーションソフトウェアによってリアルな道路状況からモバイルデータトラフィックの渋滞情報を用いて、走行をアシストするルート案内をする技術などだ。他の例としては、航空電子工学や鉄道技術の分野での運行支援や交通管制システムに応用されている。これを生産の現場で実現しようというのがインダストリー4.0の主要テーマの一つである。工場におけるCPSの実装はビジネスモデルや競争のバランスを破壊的に変える可能性を持っているとし、CPSに基づいた新しいサービスの提供は、革命的なアプリケーション、新たなバリューチェーンを作り出し、自動車、エネルギーや機械などのドイツの強みである産業の大変革をもたらすと考えられている。CPSの技術的な要件は、モバイルインターネッ

ト・アクセスとアクセシビリティ。自律的な生産システムを結合するためのネットワークと、最適なセンサーや高度なアクチュエータ技術の革新のために研究開発がなされている。これによって分散型の制御が可能になる。

CPSと両輪を為すのがスマートファクトリ領域の研究である。操作性、機器のインターフェースを改善し、人と機械のインターフェースに関する技術、機械と機械が自律的に強調し特別なプログラムを必要としない連携を可能にする技術(Plug&Produce)の研究推進である。

この2領域以外はインダストリー4.0のインフラストラクチャという考え方で、多くのプログラム、プロジェクトは組み込みシステムとスマートファクトリの研究に集中している。

図表 2-8 インダストリー4.0 研究開発領域



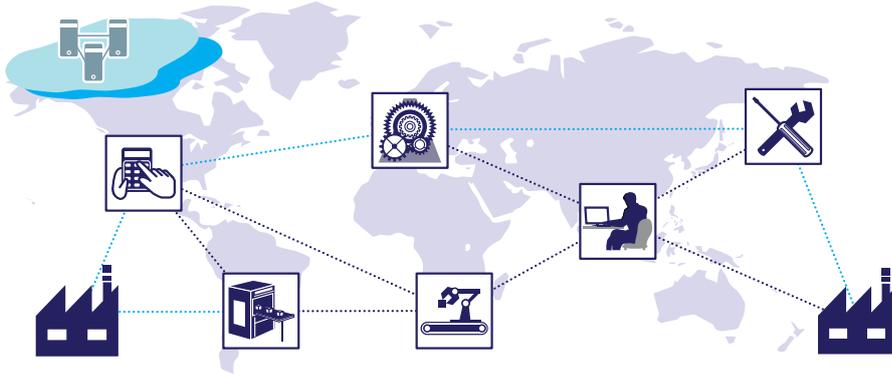
これら個別の技術開発の他、政府や関連団体が特に力を入れて取り組んでいる分野や研究課題を以下に示す。

(1) 水平方向の統合をベースとする価値創造ネットワークの構築

スマートファクトリにおいては、人間、機械、資源が社会ネットワークにおけるように、知識を相互に有

する。スマートファクトリで生産されたスマートプロダクトは、いつ製造されて、どのようなパラメータで自分を加工し、どこに納入すべきかなど能動的に製造プロセスを支援する。デザインからメンテナンスに至る様々な生産のリソースにおいて、材料、エネルギー、情報の流れを IT でつなぎ、立案システム、制御システムを含むことである。

図表 2-9 バリューチェーンの水平方向の統合

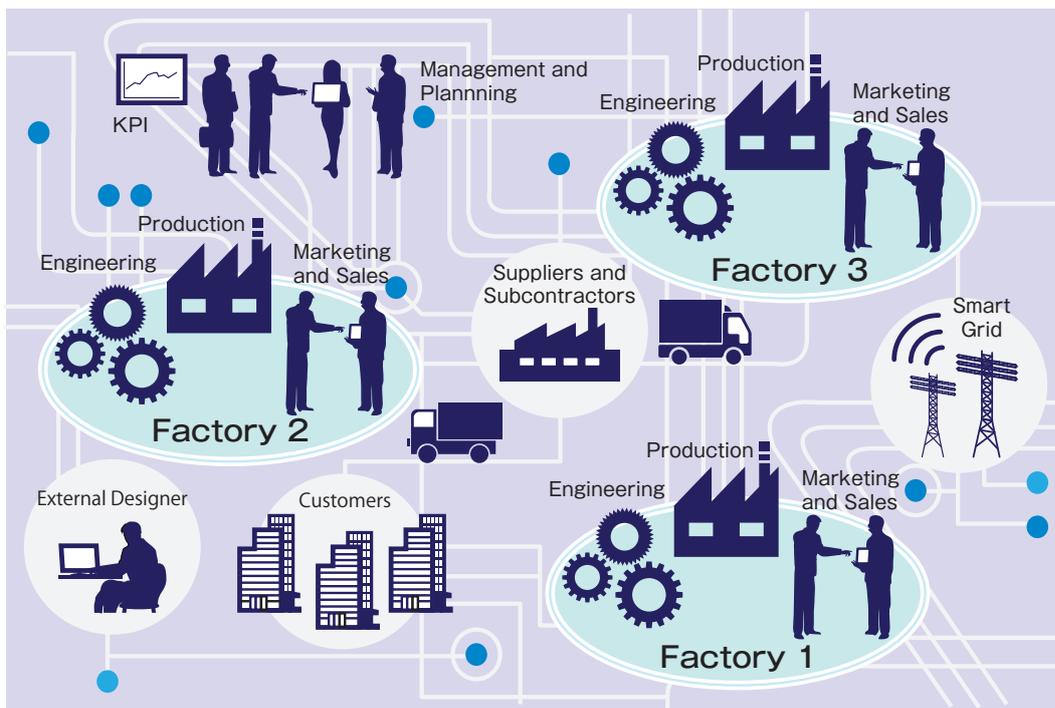


出典： Industrie4.0 プラットフォーム実施勧告提言書 2013

(2) 生産システムの一貫したデジタル化

スマートファクトリは将来的に単体で存在するのではなく、スマートモビリティ、スマートロジスティック、スマートグリッド、スマートシティと、未来の統合型インフラの重要な構成要素と成る。

図表 2-10 つながる工場のイメージ

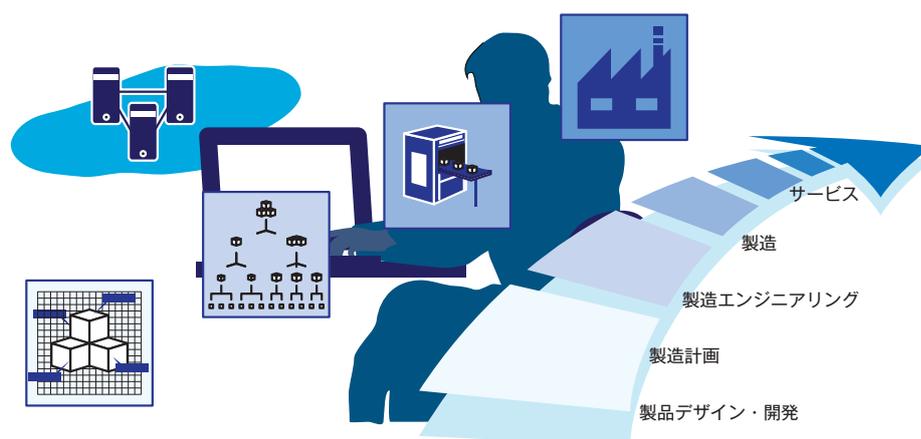


出典： Industrie4.0 プラットフォーム実施勧告提言書 2013

### (3) 工場内、企業内の垂直方向における柔軟なシステム構築

企業内の、能動者レベル、受容者レベル、制御レベル、生産指導レベル、企業マネジメントレベルにおける各段階の多様な IT システムを統合することを指す。これらのレベルが相互にリアルタイムに情報交換を行えるようになれば、発注内容や仕様の変更に限りなく柔軟に対応できるようになり、目指す個別化生産が可能になるというわけだ。

図表 2-11 生産段階における垂直方向の統合



出典： Industrie4.0 プラットフォーム実施勧告提言書 2013

## 2.2.5 横断的課題

### (1) 標準化

インダストリー4.0 プラットフォームの WG1は、「情報ネットワークの標準化と参照アーキテクチャ」に関する取組を担当している。工場内の通信規格の標準化を急ぎ、生産工程で異なる機械を繋ぐ際の無駄を排除することが目的である。その狙いの一つは、国際競争に打ち勝つためのインダストリー4.0 というチームにドイツ国内の中小企業が参加しやすい条件を整えることであるといえる。工場の設備や、人材の確保にあたっては、次世代＝つまり現時点で存在しない製造方法に先行的に投資するにはリスクが大きい。国内の総企業数の 95%以上を占める中小企業を呼び込み、参加を促すためにも規格の統一が急務である。また、今後ドイツの次世代ものづくりのコンセプトを EU 諸国に拡大していくためにも、標準を作っておくという戦略は重要であり、ドイツがイニシアティブをとる形で、自動化技術の標準化に向けて、2014年7月に国際電気標準会議(IEC)<sup>19</sup>に、インダストリー4.0の戦略グループを設置するなどしている。ドイツ電気技術委員会(DKE)<sup>20</sup>が2013年末にロードマップ Ver.1.0を発表した。国際標準(IEC、ISO)、欧州標準(CENELEC)との連携を重視国内業界団体の専門知識を生かし、積極的に国際標準団体へ働きかけるとし、システム関連の手順と領域をまたがるコンセプトに重点を置いている。

<sup>19</sup> 国際電気標準会議 (IEC) <http://www.iec.ch/>

<sup>20</sup> ドイツ電気技術委員会 (DKE) <http://www.vde.com/en/>

図表 2-12 ドイツ電気技術委員会による標準化テーマ領域

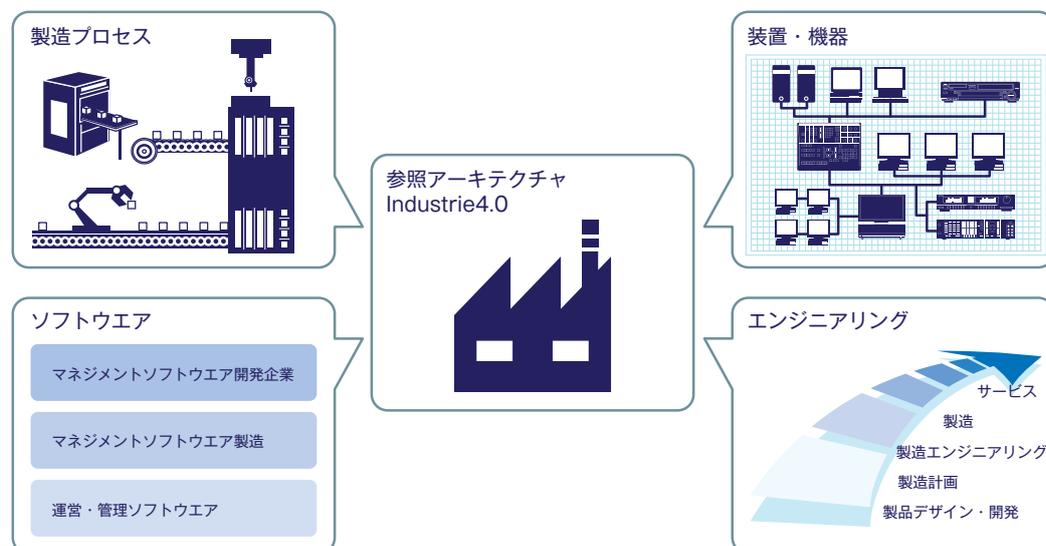
標準化テーマ領域	
1	System architecture
2	Use Cases
3	Fundamentals
4	Non-functional properties
5	Reference models of the technical systems and process
6	Reference models of the instrumentation and control functions
7	Reference models of the technical and organizational process
8	Reference models of the functions and roles of human beings in Industrie4.0
9	Development
10	Engineering
11	Standard libraries
12	Technologies and solutions

出典：ドイツ電気技術委員会 (DKE) ロードマップ Ver.1.0(2013 年)

このほか、DKE はドイツ標準協会 (DIN) と協力して、情報技術にと電気工学分野について調整委員会を設置し、協力して標準化を進めている。

一方、参照アーキテクチャとは、工場内の製造プロセスの統合、装置や機器の連携、デザインからサービスに至る各レベルのエンジニアリング (プロダクトライフサイクルマネジメント: PLM) における互換性、マネジメントと工場管理のシステムのインテグレーションを指す。技術的な表現や実用段階の規則を総称して参照アーキテクチャと呼び、ソフトウェアおよび関連するサービスに搭載し利用可能とするものを示す。

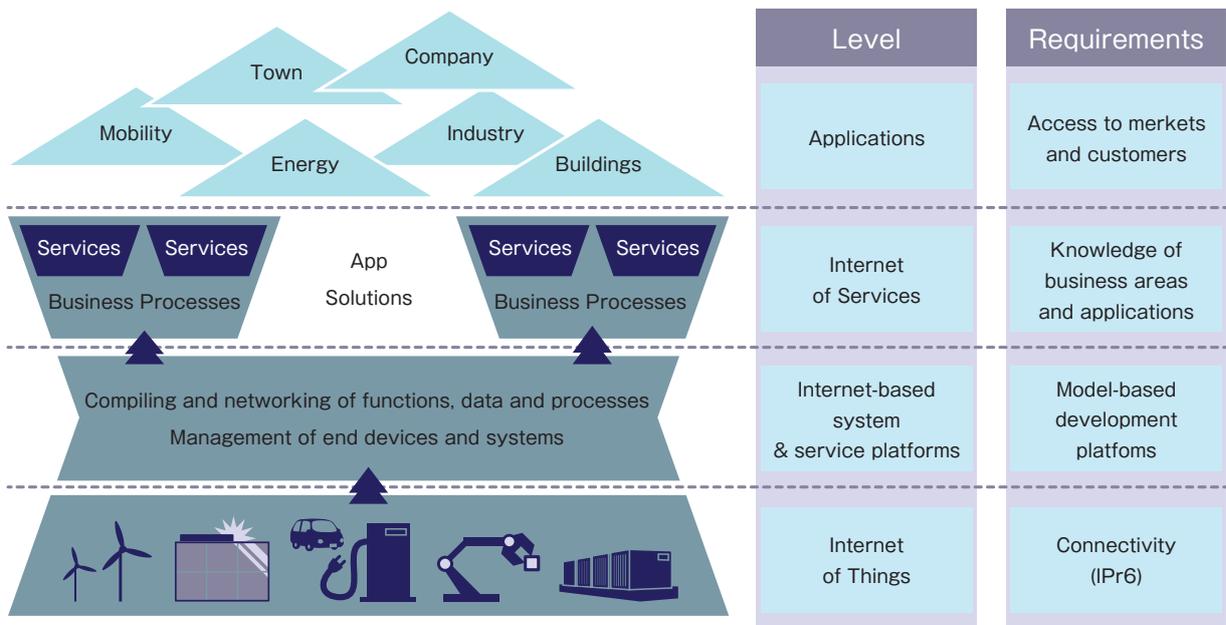
図表 2-13 参照アーキテクチャ概念図



出典：Industrie4.0 プラットフォーム実施勧告提言書 2013

なかでも、工場のマネジメントと運営管理ソフトウェアの統合は、現在隣り合うレベルでしか相互の対話不可能でピラミッド型の生産でしかないものが、分散型で複雑な情報の交換が可能になるものとして実現が急がれている。

図表 2-14 階層別参照モデル



出典： Industrie4.0 プラットフォーム実施勧告提言書 2013

(2) 複雑なシステムのモデル化

先述のインダストリー4.0 プラットフォームが出した実施勧告提言には、製品とその生産システムは、機能の追加、製品のオリジナル性、供給における流動性の増加、組織の統廃合の増加、企業間の連携進化に伴って複雑化していると記されている。増加した複雑性を管理する手段としてモデル化をインダストリー4.0 の重要要素として位置付けている。モデル化によるシミュレーションで、生産現場でのエラーの早期発見、要件の早期検証、対策の向上によってリスクの軽減が可能になる。設計者の知識によって構築された計画と、現実世界の因果関係と現象を示すリアルな情報をすり合わせることで技術の効率改善を図るのである。同提言に示された応用例では、次々に起こるプロセスシミュレーションを行うことで、生産に必要なサプライヤーの代替を分析選定し、シームレスな生産を可能にできることが挙げられる。例えば予測もできない環境要件や世界情勢の変化(不可抗力)によって、生産現場では短期的に何度もサプライヤーの交代が起こっている。インダストリー4.0 が実現すると、こうした事象をシミュレーションすることにより克服し、生産の停止を防ぐことが期待される。実際に、ドイツのソフトウェア開発企業では類似のシステムを開発し、販売を開始しており、高性能のソフトウェアによる生産現場改善が現実段階にきている。

### (3) 安全とセキュリティ

製品と生産技術にとって、2つの安全の観点が必要である。人や環境に危険が及ぶことなく(安全性: Safety)、設備や製品自体、特にそれに含まれるデータや知的所有権を、悪用や無断アクセスから防護しなければならない(セキュリティ: Security)。安全性の問題はこれまでも、生産技術設備の設置やその製品では重要で、この種のシステムの製造・運用に関する多くの規格や標準によって規制されている。1960年代末に機械や電子機器に情報技術が最初に導入されてから、生産において安全要件は一段と高まってきた。安全性の要素である機能安全性の検証がますます複雑化する一方で、徐々にセキュリティも問題として認知されるようになった。しかし、セキュリティの実現は進捗が遅く、わずかに一部が解決されているにすぎない。インダストリー4.0ではCPSに依拠した生産システムが、高度なネットワークのコンポーネントとなりリアルタイムに情報交換が実施されると期待されている。従って、次のセキュリティ対策が成功した場合に限りインダストリー4.0の達成が可能である。

- ▶ 設計段階からのセキュリティ機能の実装
- ▶ 生産プロセス全体安全の確保

極めて重要なのは、第一に、システムが正確に機能することにより担保される機能安全性が、さまざまなセキュリティ対策(暗号法又は認証法)の影響で、上手く動かなくなる問題の解決である。さらに、その逆の影響として、特定のシステムのために構築された安全上重要な機能がシステム全体の安全性を脅かすことを防ぐことである。

### (4) 人材育成と労働

インダストリー4.0では、生産リソースとプロセスを状況に応じて制御、調整する能力が労働者に求められる。労働者は、トラブル処理や煩雑なルーチンワークから免除されることで、創造的で価値創出のための労働に集中できるようになるとされている。さらに、労働内容や条件が柔軟になることで、人材の流動性や個人の能力に合った職の確保が期待されている。ただし、新たな仮想作業環境の要件は、作業能力の維持と確保の問題も包含している。技術的統合が進むほど、柔軟性を要求され、仮想と経験世界との間の緊張が高まり、広がることが予想される。作業プロセスの電子化/仮想化が進んで、行動能力の喪失、自己行為からの離脱経験が生じるかもしれない。このような関係の中では、職場組織、継続教育活動、技術/ソフトウェア・アーキテクチャが相互に調整され、「一体で」集中して展開される社会技術的設計がなされる必要があるとしている。

ITの専門資格も、インダストリー4.0によって根本的に変化することが予測される。想定される応用領域の多様性から、教育の標準化には限界がある。デジタル経済の要件を教育に取り入れるには、製造産業との対話がますます重要で、企業と大学が密接な関係を築いていかなければならない。自然科学とエンジニアリングだけでなく、マネジメントやプロジェクト管理のような広範な専門知識にさらに取り組むことも必要との認識である。

#### 2.2.6 ロードマップ

未来プロジェクトインダストリー4.0は2020年から2025年ぐらいに実現することを目標に実施されてい

る。BMBF が出した、「”Industrie4.0”将来像<sup>21)</sup>」によると、インダストリー4.0 が計画通り実施され、生産のデジタル化が進めば、2025 年には中国、米国を抜いて、輸出世界一になっていると書かれている。2014 年 4 月にインダストリー4.0 プラットフォームが出した、それぞれの研究領域に関する白書<sup>22)</sup>によると、前項の 3 要素の実現に向けたタイムフレームを設定している。

図表 2-15 インダストリー4.0 実現に向けたロードマップ



出典：Industrie4.0 プラットフォーム Whitepaper2014

## 2.2.7 期待される成果

### (1) 製造業に与える影響

前章で述べた様々な課題を克服し、基盤となる技術の研究開発が段階的ではなるが、順調に進んだという前提で、2025 年ドイツ製造業は以下の目標を達成できるとされている<sup>23)</sup>。

#### ➤ 個別化生産

低コストで消費者個別のリクエストに応えられる環境が整備される。このためには、生産プロセスの標準化、モジュール化、デジタル化、ネットワーク化および自動化が 5 つの鍵である。個別化生産では、工場や生産拠点の分散および 1 つの機械や設備で多様な生産が可能となる。センサーによってリアルタイムにデータを捉え、物理的な生産や物流のプロセスに対応し、デジタルネットワークによって相互につ

<sup>21)</sup> [http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild\\_Industrie\\_40.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf) (2012 年/ドイツ語)

<sup>22)</sup> Industrie4.0 Whitepaper FuE Themen (2014 年/ドイツ語)

[http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Whitepaper\\_Forschung%20Stand%203.%20April%202014\\_0.pdf](http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Whitepaper_Forschung%20Stand%203.%20April%202014_0.pdf)

<sup>23)</sup> [http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild\\_Industrie\\_40.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf) (2012 年/ドイツ語)

ながるサービスであるCPSによって低コストで個別化生産が実現し、多くの産業分野に応用できるとしている。

▶ 省資源

工業国では、生産部門が電気エネルギーの大規模顧客である。電気料金はコストに直接的に影響することから、産業界は消費を抑えたり、代替策を講じたり、様々な努力を行っている。とりわけ、原材料を含むエネルギー資源管理が最重要課題となる。CPSによる工場の管理によって、生産プロセスと機械、設備の稼働を効率化することが可能になる。例えば、工場は週末などに休止している間も速やかな生産再開のために電源が入った状態になっており、エネルギー全消費量の12%に上っている。こうした状態をスマート工場では克服できるようになる。また、不良品の防止や設備故障の回避も材料やエネルギー消費低減になる。

▶ 労働の高度化

自律的に学ぶ機械、考える工場によって労働者の作業は容易に効率的になる。また、熟練した高齢の労働者を補助する機能を備えることで、彼らのノウハウを長期にわたり工場に備えることが可能になる。企業内では機械だけでなく人のつながりも密になり、情報交換や知識の共有が可能となる。生産の拠点が分散化するに伴い、高度技術者を複数の工場でシェアすることも現実のものとなる。

(2) 社会、経済にあたえる影響

▶ 中小起業支援 - 技術移転と人材育成

参照アーキテクチャ、データベース、モジュール化したコンポーネントによって相互運用の可能性や、システムの互換性が高まることで魅力的なビジネスエコシステムの構築が可能となる。複数の工場が企業の枠を超えてネットワーク化されることで、真にオープンで公平なイノベーションが期待される。また、迅速なイノベーションの実現にはアイデアから市場投入まで一貫して行うことが求められ、さらに産学連携の重要性が増す。生産現場からのフィードバックがリアルタイムになり、また研究の場が生産に近いところで行われる中で、若い労働力、高度な技術者の育成も同時に行える環境が創出される。

▶ 国際競争力の強化

国内の産業で国際競争力のある分野をさらに伸ばす、ことはハイテク戦略の主要な目標である。総輸出額の60%が製造業であるという事実から、ドイツが製造業の国際競争力を強化したいと考えているのは想像に難くない。インダストリー4.0によって、省資源で、高付加価値の製品を作ることが可能になれば自ずと製造業の国際競争力は高まる。また、世界の生産技術とプロセスをドイツの標準で占めることができれば、長期的にドイツの技術に対する依存度を高めることができる。現在はスマートファクトリに限定した研究開発だが、今後バリューチェーンの設計からリサイクルまでインダストリー4.0のコンセプトを広げることができれば、さらにドイツの競争力は増すことが考えられる。

## 2.3 Industrie4.0(インダストリー4.0)で実施されている代表的なプロジェクト

ハイテク戦略では、イノベーション創出のために産学の共同研究開発、複数の企業が参加するコンソーシアムなどのモデルが推進されている。インダストリー4.0の実現には、製造、機械工業、情報工学、法学、経営学、社会学など、幅広い領域の専門家の意見を取り入れ、プラットフォームの8つの各作業部会では、各々が包括的な研究開発ロードマップ策定を行っている。インダストリー4.0コミュニティにおいて、活発な議論と情報交換が行われ様々なプロジェクトおよび関連するサブプロジェクトが実施されている。

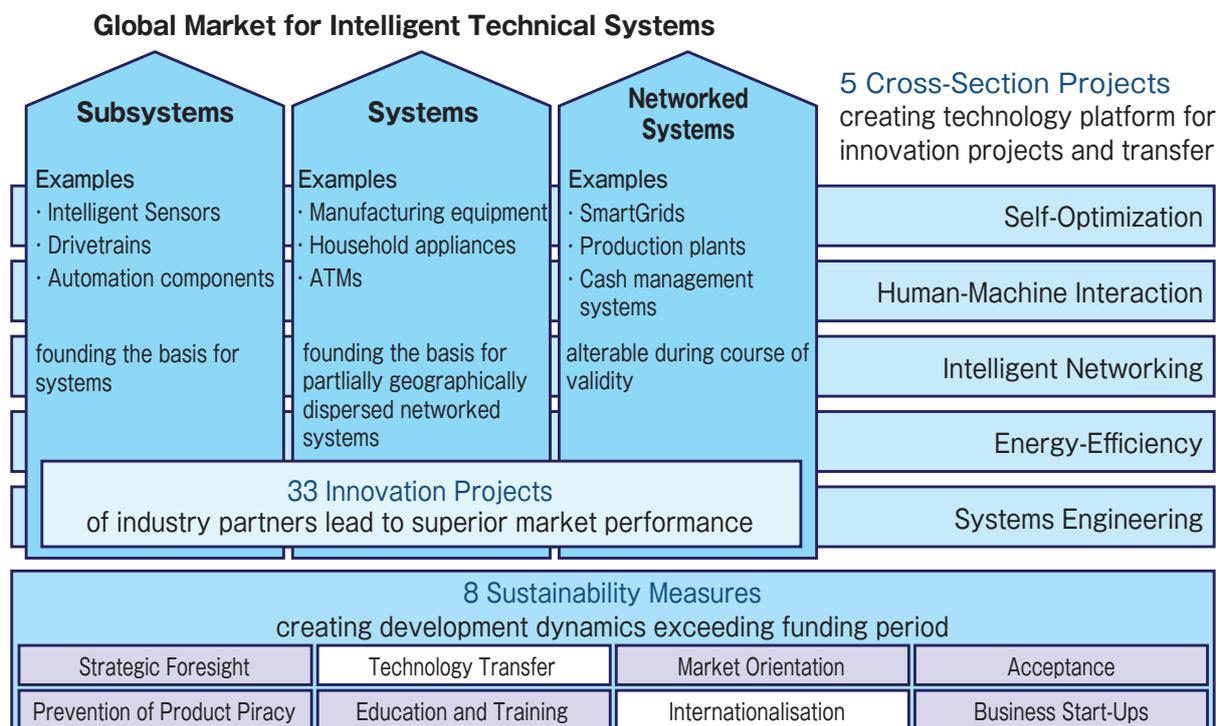
### 2.3.1 先端クラスター競争プログラム<sup>24</sup> it's OWL

連邦政府のクラスタープログラム「先端クラスター競争<sup>25</sup>」に採択されたのが、ノルトライン・ヴェストファーレン(NRW)州パダーボルン市の it's OWL (Intelligent Technical Systems Ost-Westfalen Lippe) である。主な研究のテーマは、「考える工場」スマートファクトリのモデル運用、Plug and Produce でまさにインダストリー4.0の研究開発領域と重なっている。基礎的な研究開発の中心になっているのは、同地域にあるパダーボルン大学、オストヴェストファーレンリッペ大学、ビーレフェルド大学、フラウンホーファー研究センターなど17の大学、研究機関である。地元の参加企業は2種類あって、第一グループは研究資金を出資し、実際の開発コンソーシアムを構成する企業(22社)、第二グループは賛助会員の会費を納め、技術移転プロジェクトに参加している主に中小企業(約80社)である。5つの基礎的な横断プロジェクトは、自動化技術、ヒューマンマシンインターフェース(HMI)、スマートネットワーク、資源の高効率化、システムエンジニアリングの研究を行っている。企業による前競争的なプロジェクト(イノベーションプロジェクト)では、それぞれの企業が属する産業分野でのテーマ毎に、実際の生産現場に近いところで研究開発が実施されている。

<sup>24</sup> <http://www.bmbf.de/en/20741.php>

<sup>25</sup> ハイテク戦略下、産学連携の最重要政策である先端クラスター競争プログラム。2007年から3回にわたる採択ラウンドで合計15のクラスターが選定された。国際的な競争力をもつ産業分野を育成し、イノベーションを創出することを目標に、分野の指定なく選ばれている。助成期間は5年間で、助成額は連邦政府から計4,000万ユーロ(5年間/件)、参加している企業から同額以上の出資を必要としたマッチングファンド。主管はBMBF。

図表 2-16 it's OWL プロジェクト構成



出典： it's OWL Mr. Korder プレゼン資料

### 2.3.2 次世代生産技術研究 (Forschung für Produktion von morgen)<sup>26</sup>

1995年から1999年に実施された助成プログラムProduktion2000の成果に上乗せする形で計画されたのが次世代生産技術研究で、BMBFが主管している。次の4項目をテーマに様々なプロジェクトが進行している。

- 市場動向の調査と戦略的な生産計画
- 製造技術と設備
- 製造業における新しい企業間協力の体系
- 人間と企業の改革への適応性

一部2012年から、多くが2013年からスタートしたマッチングファンドで、4年間総額7,800万ユーロのプログラム(内、BMBFの助成額は4,300万ユーロ)となっており、2016年まで17のプロジェクトが実施される。

### 2.3.3 産業ロボット・M2M研究 (Autonomik für Industrie4.0)<sup>27</sup>

AutonomikはBMWが主管の製造技術の研究開発プロジェクトで、2010年から2013年まで実施された、主に中小企業を対象にした「Autonomik 自律的なシミュレーションシステムに基づいたシステム<sup>28</sup>」の後継プロジェクト。2014年にスタートした第二弾は、14のコンソーシアムが構築され、より実践に近いテーマで研究開

<sup>26</sup> [http://www.produktionsforschung.de/UCM01\\_000370](http://www.produktionsforschung.de/UCM01_000370) (ドイツ語)

<sup>27</sup> <http://www.autonomik40.de/> (ドイツ語)

<sup>28</sup> <http://www.autonomik.de/en/index.php>

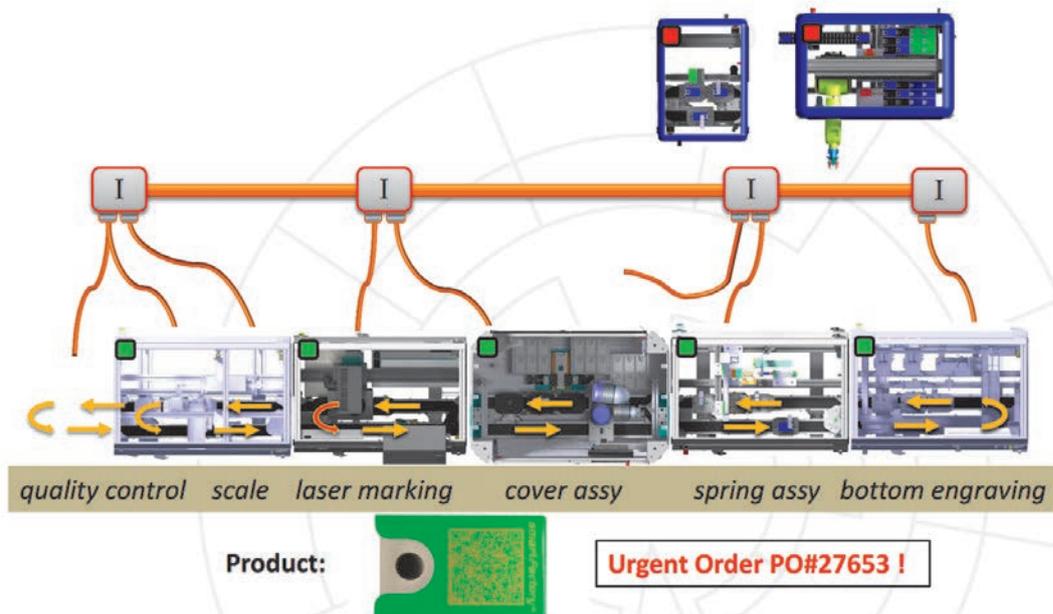
発が行われる。助成額は、3年間で1件当たり4,000万ユーロがBMWから支払われる。このプログラムもコンソーシアムに参加する企業の負担も義務付けられており、25%-50%の資金が産業界から拠出される。主なプロジェクトとしては、ロボットオペレーティングシステム(ROS)の研究開発で自動車メーカーのBMW AGが参加している”ReApp”や、工場内移動手段の研究で、運転手不要の移動車両、”FTF out of the box”などがある。

### 2.3.4 スマートファクトリ パイロット工場 (Smart Factory KL)<sup>29</sup>

2005年に技術イニシアティブとしてドイツ西部の都市、カイザースラウテルン(KL)に設立されたスマートファクトリKLは、生産ラインの自動化と通信技術の統合を目指し研究開発を行う、欧州唯一の特定の企業に依存しないデモ工場である。創立に携わった企業および研究機関は、BASF社、ドイツ人工知能研究センター、KSB社、ペッパー+フックス社、プロミネント社、カイザースラウテルン工科大学とジーメンス社である。2012年からは、インダストリー4.0の取組開始を受けて、未来のスマートファクトリ実現に向けた技術移転と実践的な研究を核に様々な実証プロジェクトを行っている。運用は、会員企業の出資、連邦、州政府の助成、スポンサー企業の拠出に依っている。

複数の工作機械メーカーの生産モジュールや異なるプログラム言語で構築されたシステムを統合して、シームレスな生産を行う、という研究が中心となっている。インダストリー4.0で推奨されている優先技術と多くがオーバーラップすることや、インダストリー4.0にプラットフォームに参加している企業が、スマートファクトリKLにも名を連ねていることで、両者の取組には重なる部分が多い。特徴的なのは、スマートファクトリKLで生み出された新たな技術や特許などは、会員企業にオープンにされており、中小企業の参加を促す意味でも非常に大きな貢献をしている。

図表 2-17 スマートファクトリ 異なるメーカーの機械を連結して生産するデモ機概念図



出典： Smartfactory-KL Prof. Zühlke プレゼン資料

<sup>29</sup> <http://www.smartfactory-kl.de/>

## 2.4 考察

果たしてドイツのインダストリー4.0は成功するのだろうか？

2011年にスタートしたアクションプランとしてのインダストリー4.0は今のところ世界的な注目を浴びながら進捗しているといえる。その理由は、第一に産学官が一体となって取り組み、メルケル首相自らがトップセールスを行うまさに「ドイツ株式会社」的な雰囲気を含み備えていることだ。政府は、標準化への準備や中小企業の研究開発支援などイノベーション環境の整備を担い、産業界は生産の効率化、低コスト化に向けて研究開発投資積極的に行っている。アカデミアも工科大学や専門大学を中心に様々な国家プロジェクトに参加し、基盤的な技術への貢献をしている。ドイツの公的研究機関で、応用研究に特化したフラウンホーファー応用研究促進協会(FhG)<sup>30</sup>が、産業界とアカデミアの橋渡し機関として機能している。さらに、ドイツでは労働組合<sup>31</sup>がインダストリー4.0に賛成の立場を取っており、文字通りドイツという国が一企業であるかのように展開している。

第二に、同政策は明確なビジョンをもっていることが上げられる。市場のリーダーとして競争力のある産業拠点として付加価値の高い製品をドイツで生産し輸出すること、主導的サプライヤーとして工作機械と必要なモジュールを輸出し、世界の工場の製造技術を主導する2段の戦略を示していることだ。2025年頃を目標と遠すぎず近すぎない展望で、産業界のやる気を引き出していると言える。

第三に、やはり製造業の底力があることである。隠れたチャンピオンとして知られる、ニッチトップが多いドイツの創造的中小企業<sup>32</sup>がドイツの経済を牽引している。研究開発費の絶対額が多い世界の上場企業1,000社の研究開発投資は平均して売上高の3.6%である一方、ドイツの隠れたチャンピオンは、売上高の5.9%を研究開発に費やしているという。こうしたイノベティブな中小企業がドイツには2,000社あまりあると言われている<sup>33</sup>。また、自動車などの消費財に比べあまり知名度はないが、ドイツはソフトウェアの開発でも世界的に強く、組み込みシステムでは米国、日本について世界第3位である。特に産業向け組み込みシステムのシェアはさらに高い<sup>34</sup>。従来型のものづくりとソフトウェアの開発の両方の能力を含み備えたドイツは、モノとサービスのインターネットの世界で一歩先を行っていると言っても過言ではない。

第四に、人間の働き方がインダストリー4.0によってどう変わるかという議論が、基盤技術の研究開発と同時並行で行われていることである。ここに、ドイツ社会に大きな影響力を持つ労働組合がIndustrie4.0の推進に賛成している理由がある。労働力も重要な資源ととらえ、この資源を省くだけでなく合理的に使い、またその役割をさらに進化させるという理念である。

最後に、EUの存在も大きい。2014年時点では、あまりドイツとEUの製造業に関する政策やファンディングに連携は見られないが、ドイツが標準化を急ぐのもEUの市場が念頭にあるからだ。第7次研究枠組み計画(FP7:2007-2013)では、シーメンス社が主導したIoT@Workでは、Plug&Playコンセプトの開発を進めてきたし、総額24億ユーロの技術プラットフォームARTEMISに含まれる8つのサブプログラムには「オートメーションによる製造・生産」および「サイバー/フィジカル/システム」が含まれていた。さら

<sup>30</sup> フラウンホーファー応用研究促進協会 <http://www.fraunhofer.de/en.html>

<sup>31</sup> ドイツ労働総同盟(DGB)

<sup>32</sup> 中小企業の定義は日本と違い、従業員500名未満、売上高5,000万ユーロ/年以下の企業を指す。

<sup>33</sup> グローバルビジネスの隠れたチャンピオン ハーマン・サイモン著 2009年

<sup>34</sup> National Roadmap Embedded Systems ドイツ電気・電子工業連盟(ZVEI)

に 12 億ユーロ規模のファンディング、官民パートナーシップ (PPP) でも ICT によるスマート製造分野で毎年プロジェクトを公募している。その中で、SAP 社主導の ActionPlanT プロジェクトがマニュファクチャリング Ver.2.0<sup>35</sup>を出し、Horizon2020 (2014-2020)における研究推進のたたき台として活用される。

EU の先進製造技術の研究開発動向については 4 章を参照。

一方で、2025 年頃のドイツ製造業がどういう姿になっているか、なり得るかという問いに答えるのは容易ではない。技術的な側面からいえば、セキュリティ対策と情報保護がロードマップ通り進むか否かが一つの鍵になると思われる。一つの製品がマーケットで成功すると、常に製品侵害の攻撃にさらされる。世界的な競争の中で、高所得国の知的所有権 (IP) 保護が重要である。簡単に複製できるソフトウェアやコンフィギュレーションでは、企業・製品ノウハウの模倣も増えてきている。インダストリー4.0 の場合、価値創造ネットワークでの企業間協力が大幅に増えるので、IP 保護がさらに重要である。技術面でも、企業法、競争法のレベルでも、企業にとって重要な知的所有権を喪失しないで、いかにプラットフォーム内で企業秘密と透明性を保証できるかという問題を解決しなければならない。また、ネットワークのセキュリティ対策も大きな矛盾を含んだ、ユーザーフレンドリーなセキュリティ・ソリューションでなければならないのだ。プロセスとアプリケーションは、一般的にユーザーフレンドリーでなければセキュリティは確保される。しかし、工場内、工場間がネットワークでつながる以上、最初の設計からエンジニアリング、運用・保守に至るまで、ユーザーの要請に合わせ、ユーザーフレンドリーなインターフェースで、アプリケーションの実行を保証するセキュリティ・ソリューションを開発しなければならない。

前述のロードマップにあるとおり、標準化の次は IT セキュリティ技術の開発推進の段階に進むと予想される。このフェーズの進展度合いによって、ドイツインダストリー4.0 の成功の可否は左右されるだろう。ほかにプラットフォームとの競争という側面も大きなポイントである。Google や Amazon といった米国の情報サービスビジネスが伝統的なものづくりを大きく変え始めているという危機感がドイツにはある。このまま Google や Amazon 型のすべての情報がクラウド側に蓄積し、自動車を含め、個々の製品が単なるデザインされた箱という役割になるというシナリオが現実のものになってしまうとしたら、ドイツや日本といった伝統的なハード産業を得意としている国にとっては死活問題である。つまりドイツがインダストリー4.0 を世界に先駆け、積極的に推進している理由はここにある。データをすべてクラウドに持たせるのではなく、ハードの側、特にものを作る工作機械の側に残し、この工作機械が生産をコントロールするという図式を標準とすることが大きな戦略なのである。

<sup>35</sup> [http://cordis.europa.eu/fp7/ict/micro-nanosystems/docs/fof-evaluators/actionplan-vision\\_en.pdf](http://cordis.europa.eu/fp7/ict/micro-nanosystems/docs/fof-evaluators/actionplan-vision_en.pdf)

## 2.5 参考資料

- 労働政策研究・研修機構

[http://www.jil.go.jp/institute/reports/2004/documents/L-7\\_03\\_02.pdf](http://www.jil.go.jp/institute/reports/2004/documents/L-7_03_02.pdf)

- EU 統計局 (EUROSTAT)

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

- Industrie4.0 実施勧告提言

[http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Material\\_fuer\\_Sonderseiten/Industrie\\_4.0/Final\\_report\\_\\_Industrie\\_4.0\\_accessible.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf)

- acatech 提言 Cyber-Physical Systems 2011

[http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/POSITION\\_CPS\\_NEU\\_WEB\\_120130\\_final.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/POSITION_CPS_NEU_WEB_120130_final.pdf)

- 連邦教育研究省 Industrie4.0 未来予想図

[http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild\\_Industrie\\_40.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf) (2012 年)

- Industrie4.0 Whitepaper FuE Themen (2014 年)

<http://www.plattform-i40.de>

- Autonomik for Industrie4.0

<http://www.autonomik40.de/>

- Smartfactory KL

<http://www.smartfactory-kl.de/>

- グローバルビジネスの隠れたチャンピオン ハーマン・サイモン著 2009 年

- National Roadmap Embedded Systems ドイツ電気・電子工業連盟 (ZVEI)

- JETRO 日本貿易振興機構

<http://www.jetro.go.jp/indexj.html>

- Handelsblatt

[www.handelsblatt.com/](http://www.handelsblatt.com/)

## 3. 英国

英国における次世代製造業を支援する取組は、2008年の金融危機後に本格的に発表・実施されてきた。人材育成及び拠点整備と並行して、政府が最も力を入れているのが、製造業分野における研究開発の推進である。産学連携の拠点となるべく、既存の7研究所を統合して2011年に開所した高価値製造カタパルト・センターでは、研究成果の迅速な商業化が目指されている。学術界に目を転じると、例えばケンブリッジ大学・製造業研究所は、技術開発、政策研究、教育システムの研究といった、製造業に関する多様なアプローチをアンダー・ワン・ルーフで実施しており、このような学術界の取組も注目に値する。

### 3.1 英国製造業の概要

英国では、2008年のリーマンショック後に、それまでプラス成長だった実質GDPがマイナスに落ち込んだ。2009年には-0.8%、2009年には-5.2%のマイナス成長となり、英国経済は大きな打撃を受けた。このリーマンショックによる金融危機を受け、金融を中心としたサービス業だけでは国際競争力を維持することが難しいと考えた英国政府は、18世紀に始まる産業革命時代に栄華を誇った製造業も英国経済の礎とすべく再注力し、製造業による国際競争力の盛り返しを模索し始めた。このような背景には、製造業を中心に景気を改善したいという政府の切実な意向があったと考えられる。

#### 3.1.1 製造業の位置づけ

英国の製造業は、第二次世界大戦後から現在に至るまで大きな変化を遂げてきた。1970年代の経済停滞を経て、サッチャー政権の発足により、1980年代は英国製造業にとって一大試練と変革の10年として位置づけられている。サッチャー首相の自由市場政策において、国営企業の民営化が図られ、国際競争に生き残れない企業は倒産していったため、伝統的な産業部門の多くは衰退した。同時に、英国への外国資本の進出が促されたことにより、英国は製造業分野の主導権を外国資本に任せることとなった。現在、英国の製造業の多くが外国資本であるという点は、日本と英国を比べた場合の大きな相違点と言える。

英国経済では長期に亘り金融サービス業が成長し、その一方で、かつてはGDPの20%程度の水準にあった製造業の国内シェアは、2010年には約10%にまで低下した。これと並行して、製造業の海外生産移転が促進された。こうして、1960年代には900万人もあった英国製造業における雇用は、2014年現在で約260万人まで減少したのである。

#### 3.1.2 英国製造業の特徴と傾向

英国の製造業の特徴と傾向については、第1に、製造業と一口に言っても内実は多様で、宇宙航空、製薬、化学、飲食料品、と幅広く、会社の規模、形態も様々であることが挙げられる。第

2に、従業員20名以下の小企業・零細企業が製造業全体の87%を占めているため、製造業分野の研究開発費の大部分は大企業によるところが大きい。例えば、250名以上の従業員を抱える企業だけで粗付加価値（GVA）の88%を生み出しており、また、トップ10の企業による研究開発が製造業全体の3分の1を占めている。第3に、先述したとおり、他の先進諸国と比較すると、製造業の英国経済におけるシェアは近年急速に低下しており、他方でサービス部門の成長は著しい。これは米国やフランスのような主要国とも共通する傾向であり、このような「脱産業化（とサービス化）」は、英国においては、製造業部門における従業員削減を他の諸外国よりも早いスピードで断行する形で現れた。第4に、英国製造業の国際競争力は相対的に低下している。1980年には7.2%であった世界の製造業輸出における英国のシェアは、2012年には2.9%にまで低下した。この低下の理由は、製造業分野の研究開発において特に新製品に対する投資が低い、また、設備投資支出が低い水準にあるといった要因とも関連している。第5に、とはいえ、英国には優良な個人企業も多く、幾つかの重要な側面では製造業は相対的に高い業績を上げている。例えば生産性という観点から見れば、英国製造業は主要な欧州諸国と比べて好調である。また、世界における英国の製造業輸出のシェアが低下したとはいえ、輸出に占める製造業の割合は逆に増えている。1991年には3割程度の割合だったのが、2011年には約半分<sup>1</sup>にまで達した。

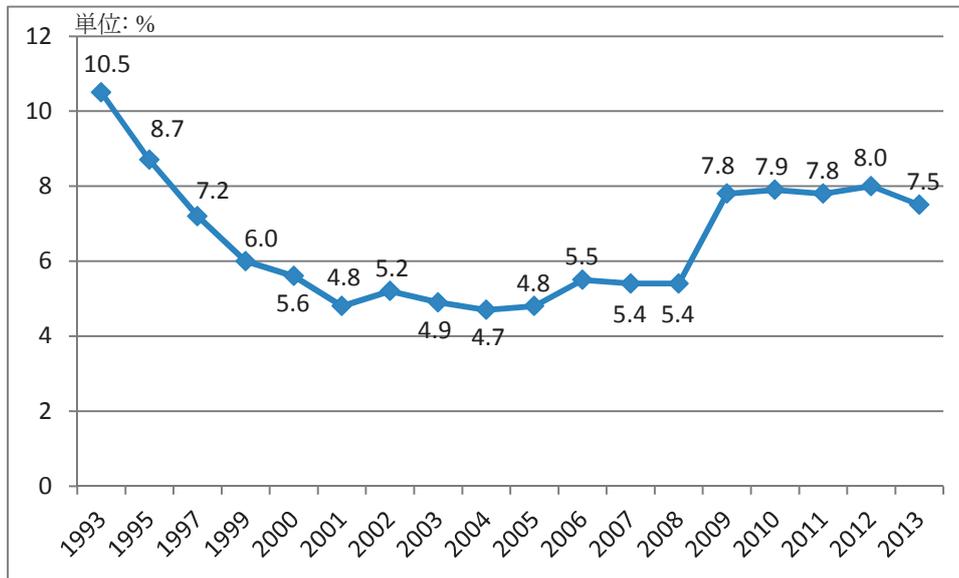
### 3.1.3 製造業への回帰

2008年の金融危機は、英国政府の製造業に対する政策の大きな転換点となった。政府は、金融サービスに偏った経済を見直し、製造業を優遇することで経済の再バランス化を推進しようとする方針を打ち出した。この背景には、英国の製造業が金融危機の煽りを受けて若干落ち込んだもののすぐに持ち直したこと、また、成長率はやや鈍いとはいえ、安定した生産性を維持しており、堅調さがある等の理由があったのではないかと考えられる。こうして、経済成長、特に輸出と生産性の拡大において製造業は重要な役割を担う産業であるとの認識が改めて持たれることとなった。実際、英国の製造業は輸出の約5割を占めており、また、企業の研究開発の4分の3が製造業分野で実施されていることから、英国の長期的な成長及びレジリエンスへの貢献という点において、必要不可欠なものであるとの期待が高まっている。

しかし、生産拠点がほぼ海外に移ってしまった製造業において、一度失ったものを取り戻そうとするのは非常に困難を伴う取組である。2000年以降は5%程度を安定して推移していた英国の失業率は、2008年以後悪化し、現在に至るまで7%強が維持されている（図表3-1）。また、英国の経常収支は慢性的に赤字であることから明らかなように、景気は依然として跛行状態にあると言えるだろう。

<sup>1</sup> フォーサイト・プロジェクト「製造業の将来（The Future of Manufacturing）」：  
<https://www.gov.uk/government/publications/future-of-manufacturing>

図表 3-1 英国の失業率の推移（1993-2013 年）

出典：World Bank, World Development Indicators<sup>2</sup>

製造業を取り巻くこうした厳しい現状のなか、製造業の活性化を通じた経済成長促進への期待とともに、製造業による国際競争力の回復に向けて、英国政府は近年、次世代製造業支援に向けた政策や取組を発表・実施してきた。以下では、まず前提知識として英国経済を概説した後、実際に展開されてきた政策や取組について紹介することとする。

### 3.1.4 指標で見る英国の経済

#### (1) 経済指標

2013年の英国経済は、特に民間最終消費支出の増加が成長を牽引し、実質GDP成長率は前年比1.4%増の1.7%となった。平均3%を誇っていたリーマンショック以前の水準にはまだ達していないが、回復の兆しがみえる。ただ、リーマンショック後も失業率は年平均で約8%を維持しており、以前の4%台には改善していない。

英国は輸入超による貿易収支赤字が続いており、経常収支は慢性的に赤字である。ただ、2013年は貿易赤字幅が過去10年で2番目に少ない数値となり、今後は、非貨幣用金や自動車を含む道路走行車両の輸出増加を足掛かりに、輸出額のさらなる拡大が期待されている。

<sup>2</sup> <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

図表 3-2 主要経済指標の推移

(単位: 100 万ドル)

	2004 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
実質 GDP 成長率	3.2%	-5.2%	1.7%	1.1%	0.3%	1.7%
名目 GDP 総額	2,220,821	2,208,003	2,295,524	2,462,484	2,461,768	2,521,379
年平均失業率	4.7%	7.5%	7.8%	8.1%	7.9%	7.6%
経常収支	-46,064	-27,387	-68,551	-31,219	-94,238	-113,663
輸出額	346,871	353,833	415,559	505,891	472,816	541,883
輸入額	469,791	517,586	590,526	676,225	690,596	654,311

出典: ジェトロウェブサイト

図表 3-3 GDP 産業別構成内訳 (名目)

(単位: 100 万ポンド)

部門	2004 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
農林水産業	9,588	7,391	9,053	9,438	9,060	9,183
鉱工業	180,564	189,574	201,901	205,210	201,870	204,149
うち、製造業	133,006	131,912	138,152	140,542	139,077	139,851
建設業	74,744	82,566	83,866	86,789	83,215	86,358
サービス業	211,599	233,969	241,824	247,518	251,458	262,994
情報通信業	76,743	82,240	84,257	88,034	90,479	93,765
金融・保険業	78,597	137,399	126,690	116,358	109,715	110,510
国内総生産	1,212,968	1,417,359	1,485,615	1,536,937	1,558,415	1,612,828

出典: ジェトロウェブサイト

### 3.2 英国の次世代製造業における政策動向

英国では産業の基本戦略として、ビジネス・イノベーション・技能省 (BIS)<sup>3</sup>から「産業戦略 (2012 年<sup>4</sup>及び 2014 年<sup>5</sup>)」が発表されている。同戦略では、現時点で英国が強い分野、今後支援が必要とされる重要かつ有望な分野、また、優先的に技術開発が促進される分野が取り上げられているが、この中に、英国製造業の主力を占める自動車、航空宇宙、建設といった産業が含まれている。

製造業に関して近年発表された英国政府の政策や取組は主として、①製造業のビジョン・戦略、②次世代製造業に関する研究開発の推進、③製造拠点のさらなる整備、④人材育成 (若者の製造業でのキャリア促進)、⑤製造業サプライチェーンの強化、の 5 点に収斂される。

<sup>3</sup> BIS: Department for Business, Innovation & Skills。英国の科学技術・イノベーションの主要所管省である。

<sup>4</sup> Industrial Strategy: UK Sector Analysis:

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/34607/12-1140-industrial-strategy-uk-sector-analysis.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/34607/12-1140-industrial-strategy-uk-sector-analysis.pdf)

<sup>5</sup> Industrial strategy: Government and industry in partnership, Progress Report:

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/306854/bis-14-707-industrial-strategy-progress-report.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/306854/bis-14-707-industrial-strategy-progress-report.pdf)

### 3.2.1 未来の製造業ビジョン

英国政府は、次世代製造業のための具体的ビジョンを、フォーサイト・プロジェクト「製造業の将来 (The Future of Manufacturing)」の中で明確にしている。

フォーサイト・プロジェクト「製造業の将来」は、世界的なトレンドや課題を調査し、将来の不確実性に対してレジリエンスを備えるため、政府、産業界、学术界、その他のグループがそれぞれ起こすべきアクションを決定している。同プロジェクトの主たる目的は、新しい産業や技術の出現、競争の激化、製品やサービスに対する需要の変化を考慮して、2050年を見据えた英国の製造部門の長期的な重要課題を分析し、英国の製造業の発展と回復のためにどのような政策ニーズがあるのかを提言することにある。

同プロジェクトには、計300人もの有識者及び多様なステークホルダーが参画し、25か国に及ぶ国際的な事例も参照された。多分野にわたる学术界と産業界からの著名な専門家から構成される Lead Expert Group (LEG)が、政府科学局 (GO-Science)<sup>6</sup>のフォーサイトチームと協力して、エビデンスベースによるプロジェクトを主導すると同時に、BISのヴィンス・ケーブル大臣を議長とする High Level Stakeholder Group (HLSG)では、産業界のリーダーたちが同プロジェクトに対して戦略的インプットも行った。専門家による研究成果や、英国内外でのワークショップによるインプット、また将来のシナリオ等を用いて、プロジェクトは遂行された。

同プロジェクトにより、従来はばらばらな形で発表されてきた英国製造業に対する将来的な戦略がひとつにまとめ上げられ、製造業が具体的にどのように経済成長及びレジリエンスに貢献しうるのかに関して明確な目標が示された。2012年1月に開始された同プロジェクトは約2年かけて実施され、2013年10月、その最終成果は250頁に及ぶ報告書「製造業の将来：英国のための機会と挑戦の新たな時代 (Future of manufacturing: a new era of opportunity and challenge for the UK)」として発表された<sup>7</sup>。

報告書では、未来の製造業ビジョンとして、①従来型の「作って売る」という製造業ではなく、サービス・再生産（製造を中心とするバリューチェーン全体）を重視、②より速く、より敏感に顧客のニーズに対応、③新たな市場の機会の顕在化、④持続可能な発展、⑤質の高い労働力へのニーズ増大、の5つを提唱している。

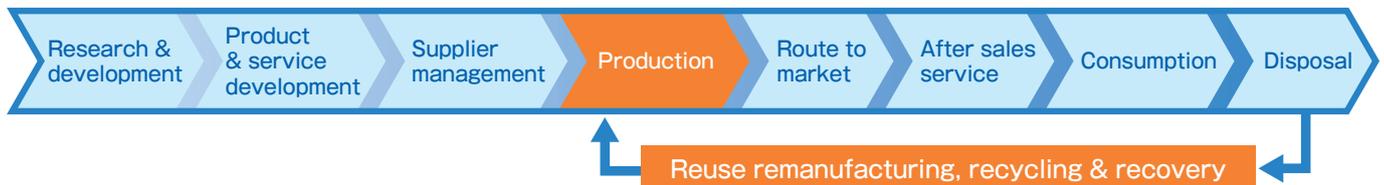
①では、従来伝統的に行われてきた「作る」という単純な製造だけでなく、サービス・再生産の重要性を加味し、一連の工程の中で生まれる諸価値（追加利潤）を包含するようなバリューチェーン全体を考える必要性が指摘されている（図表3-4）。例えば、2007年には100名以上の従業員を抱える英国企業の24%が製品に関連したサービスから価値（利益）を得ていたのに対し、2011年にはその割合は39%に増えた。この事実からも明らかのように、サービス部門の成長は製造プロセスにおいて無視できないものになっている。このバリューチェーン・モデルでは、アフターサービスの重要性（例えば、ロールスロイス社の2009年の売上の49%がアフターサー

<sup>6</sup> 政府科学局 (GO-Science: Government Office for Science) は、政府首席科学顧問 (GCSA) の支援を行うほか、傘下にフォーサイト部門を有し、英国の科学技術政策全般の調査・推進活動を行っている。省庁横断のグローバル科学イノベーションフォーラム事務局等も擁する。GO-Science は BIS 内に置かれているが、行政手続き上そうになっているだけで、全く独立した組織である。

<sup>7</sup> フォーサイト・プロジェクト「製造業の将来 (The Future of Manufacturing)」：  
<https://www.gov.uk/government/publications/future-of-manufacturing>

ビス製品による)、ファブレスメーカーとして技術ノウハウを売ることによる利益獲得、再生産技術による劣化した製品の再生や改良が強調されている。

図表 3-4 製造業バリューチェーン・モデル



②では、要望に応じてカスタマイズ製品を低コストで生産すること、技術革新によりこれまで製造不可能であったデザインを実現すること、さらに、バリューチェーンをデジタル（ICT）で繋ぐことが指摘されている。付加製造技術のように、製造業の付加価値化や競争力強化にとって特に重要と見なされている技術とその想定され得るインパクトについては以下のとおりである（図表 3-5）。

図表 3-5 将来の製造業にとって重要な技術リスト

普及する主要技術 (Pervasive Technology)	将来的に想定され得るインパクト
ICT	モデリングやシミュレーションが設計プロセスに統合されることで、新たなデータ・ストリームのもとで複雑な製造プロセスが可能となる。
センサー	製品をインターネットに繋ぐといった、多様なセンサーを技術ネットワークに統合することで、製造業部門に革新をもたらす。製品から新しく得られるデータが新たなサービスを可能にし、故障する前に自己診断できるような製品開発につながる。
先進機能材料	英国が強みをもつ新材料が市場に大量に浸透することになる。反応性の高いナノ粒子、軽量複合材料、自己修復材料、カーボンナノチューブ等がこれら新材料に含まれる。
バイオテクノロジー	様々なバイオ製品が、各産業のバイオロジー分野において一層活用されることになる。疾患治療の新戦略構築、オーダーメイド薬品のベッドサイド製造、オーダーメイドの臓器造形、栄養強化食品、持続可能な燃料や化学製品等へのポテンシャルがある。
持続可能な／ グリーンな技術	より少ない資源で製造する技術、クリーンなエネルギー技術、環境に配慮した製造を実現する技術が利用されるようになる。逆に、有害物質の利用は最小限化される。

二次技術 (Secondary Technology)	将来的に想定され得るインパクト
ビッグ・データ、 知識ベースのオートメーション	ビジネスやソーシャルメディアにおいて、また、モノのインターネットにより得られた情報がデータのさらなる活用を促す。結果的には、顧客の嗜好を理解し、個人の好みに合わせた製品作りを企業が行うことを可能にする。
モノのインターネット	モノのインターネットは、ビジネス最適化、資源管理、エネルギー最小化、遠隔医療の観点から、重要なインパクトを与える可能性がある。工場及び製造プロセスでは、すべて中央のネットワークを経由して繋がることになる。新製品にはセンサーが内蔵され、(情報収集に主体的に関わる) 自律的な存在となる。
先進・自動ロボティクス	自律型/半自律型走行車の開発が、コンピュータビジョン、センサー(レーダーやGPSを含む)、遠隔制御アルゴリズムのさらなる開発を促すことになる。3D 次元測定とビジョンが状況に適応して人間のジェスチャーを感知できるようになる。
(3D プリンタ等の) 付加製造技術	付加製造技術は、製造業が製品を製造する方法に対し重大なインパクトを与えると予想されており、次の5点を可能にする本質的な「ツール」となる。つまり、①無駄を省いて最適化されたデザインの実現、②可能な限り軽量化を目指した製品の開発、③削減対象となるスペア部品の在庫確保、④製造場所のフレキシビリティの確保、④顧客に応じたオーダーメイドの製品の提供、⑤顧客自身の手による製品製造の実現、⑤新たな組成傾斜の製品やカスタマイズ製品の実現、である。
クラウド・ コンピューティング	コンピュータによる製造実行システム(MES)は、製品プロセスの多重要素をリアルタイムで制御できるようになる。生産性の向上、サプライチェーンや顧客の管理等を実現する。
モバイル・ インターネット	スマートフォン及び同様のデバイスは、サプライチェーン、資産、メンテナンス、製造を管理するためのユビキタスな汎用ツールとして位置づけられる。それにより、特定のターゲットに向けた広告、遠隔医療、オーダーメイド製品が実現可能となる。(ネットワークに)繋がった技術として、電池技術、低エネルギー・ディスプレイ、ユーザー・インターフェース、電子機器の超小型化、プラスチック・エレクトロニクスが挙げられる。

③の新たな市場の顕在化においては、BRICs や NEXT11<sup>8</sup>の台頭によりグローバル市場が拡大する一方で、英国の経済力は相対的に低下しているとの現状を踏まえて、英国の製造業が世界で

<sup>8</sup> バングラディッシュ、エジプト、インドネシア、イラン、メキシコ、ナイジェリア、パキスタン、フィリピン、トルコ、韓国、ベトナムの11か国を指す。

戦うために、英国製造業の国内回帰（reshoring / onshoring）の動きが最近のひとつの傾向としてあるとの指摘がなされている。この理由として、従来のような安価な労働力が海外で手に入りにくくなったこと、輸送コストが高まっていること、高品質の商品に対する需要があること、そして、研究開発と製造が同じ場所で行われることの利点が重視されていること等が挙げられた。

実際、政府内にはポータルサイト「Reshore UK」<sup>9</sup>が設けられ、特に中小企業の英国国内での事業展開を支持するためのワン・ストップ・サービスの実現が図られている。ただ、この国内回帰の傾向が主流になるほどまだ多くの事例はなく、現時点では例えば、模型メーカーの Hornby plc や衣料品・家庭用雑貨・食品等を販売する小売業者のマークス&スペンサーといった中小規模企業が生産拠点の一部を英国国内に戻しているといった程度である。

④の持続可能な発展では、都市の発展や人口増加に伴う必要な資源の増加、気候変動やグローバル・サプライチェーンの脆弱性等の課題があるなか、製造業における資源の有効利用、再生産、リサイクル、そして循環型ビジネスモデルの必要性が説かれている。

最後に、⑤の質の高い労働力へのニーズ拡大とは、高い技術を持った労働者の必要性、高齢者が活躍する可能性の拡大、STEM 教育の重要性、技術と商売のハイブリッド・スキルを身に付けた労働者の育成といった内容を含んでいる。

これら 5 つの将来ビジョンを基に、英国政府は将来的に、①製造業をバリューチェーン全体の中で捉え、製造及びそのプロセスで創造される価値を測るための新たな基準を設け、②産業ごとの具体的な要求に応じた支援やアプローチを行い、③政府の力を強化するために、製造業局（Office for Manufacturing）を設置するとの方針を明確に定めている。この製造業局は、製造業に関連した産業政策の効率性を定期的に評価し、海外のベストプラクティスの国内政策への取り込みを検討し、また、政府横断的な調整を行う場合に助言することを主たる機能としている。

### 3.2.2 次世代製造業に関する研究開発の推進

2011 年度には製造業における研究開発推進のための投資策も幾つか発表された。その中でも最も重要な政策を以下紹介する。

#### (1) 高価値製造カタパルト・センター<sup>10</sup>

カタパルト・プログラム<sup>11</sup>とは、特定の技術分野において世界をリードする技術・イノベーションの拠点構築を目指したプログラムで、これらの拠点を産学連携の場として、企業や科学者、エンジニアが協力して最終段階に近い研究開発を行うことが意図されている。また、最終的にはアイデアを新たな製品やサービスに転換することが期待されている。特定される分野は、英国が学術的かつ産業的に強みを有する技術か、或いはそれら技術応用にフォーカスするものである。それにより、ビジネスや研究イノベーションのクリティカルマスを創出することが目指されている。

<sup>9</sup> <https://www.gov.uk/reshore-uk>

<sup>10</sup> Catapult – High Value Manufacturing: <https://hvm.catapult.org.uk/>

<sup>11</sup> Catapult centres: <https://www.catapult.org.uk/>

同プログラムの管理・運営は、Innovate UK<sup>12</sup>（2014年夏から用いられている通称、以前の名称は「技術戦略審議会」）によって行われている。Innovate UKは、日本で言えば、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）に相当する機関である。

プログラムに基づき研究開発拠点となるセンターの設立が行われ、その最初の事例として高価値製造（High Value Manufacturing）のカタパルト・センターが2011年10月に開所した。以来、現在までに以下の7分野のカタパルト・センターが設置され、2013年中に全センターが稼働を開始した。2015年中にさらに2セクター（エネルギーシステム、精密医療）が措置予定である。

- ・高価値製造業
- ・細胞療法
- ・海上再生可能エネルギー
- ・衛星応用
- ・コネクテッド・デジタルエコノミー
- ・未来都市
- ・輸送システム

高価値製造カタパルトには、6年間で1.4億ポンドを超える政府投資が予定されており、既存の7つの製造関連の研究・技術センター（先進成型、先進製造、プロセスイノベーション、製造技術、複合材料、原子力先進製造、ウォーリック製造グループ）を統合し、個々の企業や大学だけでは投資できないような最新の研究設備を整備することを目指す。それにより、多様な製造業（医薬品・バイオテクノロジー、食物・飲料、ヘルスケア、航空機、自動車、エネルギー、化学、電子等）を幅広く支援し、研究成果の迅速な商業化を図ろうとしている。

例えば、ウォーリック大学の研究所であるウォーリック製造グループ<sup>13</sup>は、ウォーリック大学大学院工学研究科を中心に、医学研究科、コンピュータサイエンス研究科等が参画して1980年に設立された研究センターで、予算の半分以上が産業界からの出資で賄われている。同センターの主たる活動は、大学に集積する高度な技術・知識の産業界に移転することにある。

2014年12月に科学・イノベーションの新戦略としてBISから発表された「成長計画：科学とイノベーション」<sup>14</sup>では、今後5年間（2016-2021年）において、6,100万ポンドが高価値製造カタパルト・センター支援のために措置される予定である。また、イノベーションを推進し、次世代の技術製品を開発する「国立製剤センター（National Formulation Centre）」を新設するため、2,800万ポンドの追加投資を行うことも明らかとなった。

2015年2月にBISから発表された行動計画「英国製造業サプライチェーンの強化」<sup>15</sup>には、2011年からの5年間で高価値製造カタパルトを通じて製造業分野に2.8億ポンド強の政府投資がなされ、

<sup>12</sup> Innovate UK: <https://www.gov.uk/government/organisations/innovate-uk>

<sup>13</sup> Warwick Manufacturing Group: <https://hvm.catapult.org.uk/wmg>

<sup>14</sup> Our plan for growth: science and innovations:

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/387780/PU1719\\_HMT\\_Science\\_.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/387780/PU1719_HMT_Science_.pdf)

<sup>15</sup> Strengthening UK manufacturing supply chains: an action plan for government and industry:

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/407071/bis-15-6-strengthening-uk-manufacturing-supply-chains-action-plan.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/407071/bis-15-6-strengthening-uk-manufacturing-supply-chains-action-plan.pdf)

この1年間に、1,500を超える民間セクターが1,000以上のプロジェクトを高価値製造カタパルト・センターにおいて協働で行ってきた旨指摘されている。

こうして、高価値製造分野のカタパルト・センターの運営を最初に開始したこと、また現在、同カタパルト・センターを通じて多くの製造業関連プロジェクトが実施されていることから、経済の成長を目指す英国政府の製造業への期待は依然として大きいことがうかがえる。製造業は、後述する人材育成とあわせて、次世代の英国経済を担う重要分野の1つと言えるだろう。

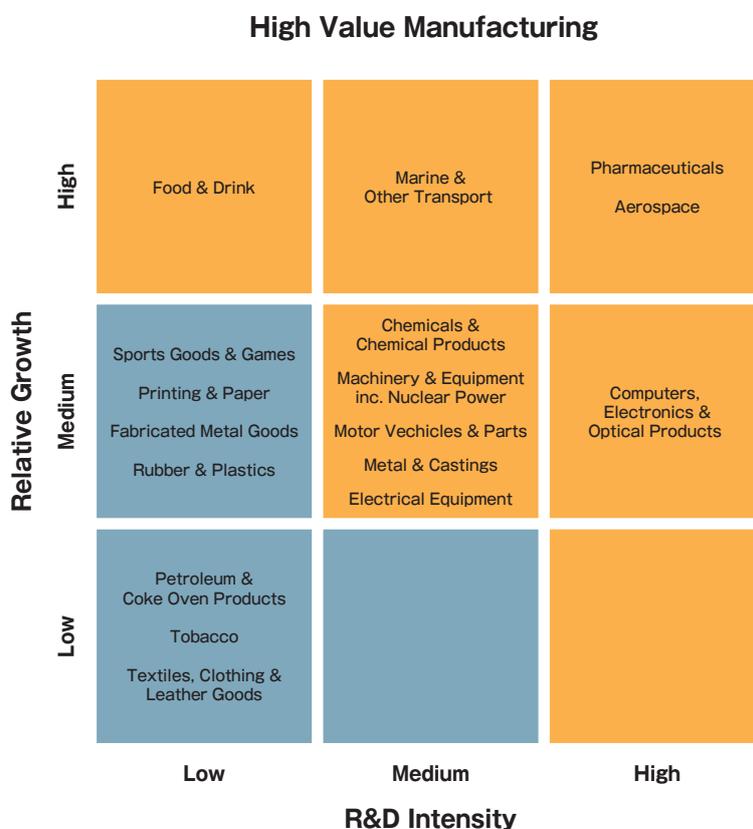
Innovate UK は、イノベーションを通じた成長の期待が高い主要優先15分野の1つに高価値製造業を含めており、また、高価値製造業、デジタル経済、宇宙応用、資源効率性を4能力領域（competence areas）として設定している。とりわけ高価値製造業に関しては、技術（の成果）を市場に結び付け、製造業の高価値要素に焦点を当てることで、英国の産業界と世界の競争相手との差別化を図ることを目指している。

また、Innovate UK による「2012-2015 年期の高価値製造業戦略」<sup>16</sup>では、①高価値製造業のイノベーションを促すための直接投資額を倍増し、年間約5,000万ポンドにまで引き上げ、②最も魅力的な技術、及び、英国がグローバル市場において重要なプレイヤーとなり得るような市場の様々なセクターへの投資を集中して行い、③22の製造業能力（manufacturing competencies）（図表3-6）を用いて投資先の選択を行うことが示されている。

<sup>16</sup> High Value Manufacturing Strategy 2012-2015:

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/362294/High\\_Value\\_Manufacturing\\_Strategy\\_2012-15.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/362294/High_Value_Manufacturing_Strategy_2012-15.pdf)

図表 3-6 ポテンシャルの高い魅力的な産業セクターの分類



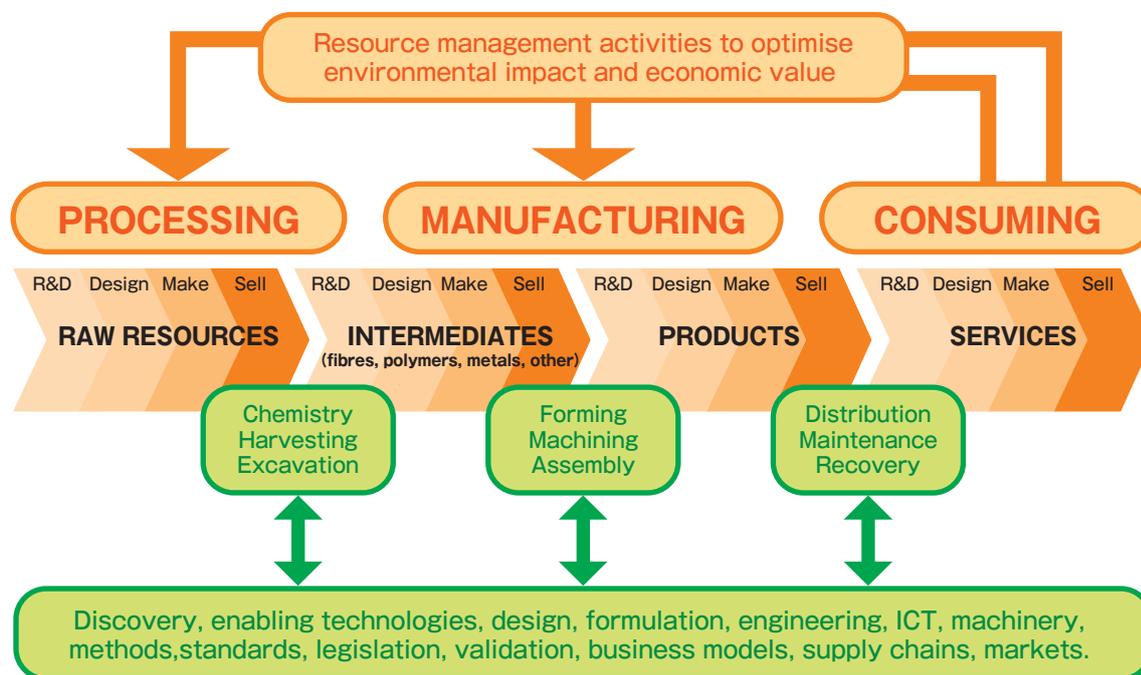
Innovate UK の「高価値製造業プログラムのアクションプラン(2014-2015年)」<sup>17</sup>では、Innovate UK における高価値製造全体に対する 2014 年度予算で 7,200 万ポンドの措置が予定されている。内訳は、前述の高価値製造業のカタパルト・プログラムに 3,000 万ポンド、他の研究会議と共同で取り組んでいる産業バイオテクノロジー・カタリスト (Industrial Biotechnology Catalyst) プログラムに 1,500 万ポンド、産業界や研究コミュニティが共同で R&D プロジェクトに従事するのを支援する共同研究開発 (Collaborative R&D) プログラムに 2,300 万ポンド等である。

Innovate UK が目指す持続可能な高価値製造業のモデルとは、先に述べたフォーサイト・プロジェクトや後述するケンブリッジ大学・製造業研究所 (IfM) の製造業に対する捉え方と同様、単なる「ものづくり」から「プロセス」や「サービス」を含むバリューチェーン全体を想定し得るものである (図表 3-7)。

<sup>17</sup> High-value manufacturing action plan 2014 to 2015:

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/365766/High\\_value\\_manufacturing\\_-\\_action\\_plan\\_2014-15.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/365766/High_value_manufacturing_-_action_plan_2014-15.pdf)

図表 3-7 持続可能な高価値製造業のモデル



## (2) ケンブリッジ大学・製造業研究所 (IfM)

ケンブリッジ大学工学部内に 1998 年に設立された製造業研究所 (Institute for Manufacturing: IfM)<sup>18</sup>は、年間 600-700 万ポンドの予算規模を持ち、約 230 名のスタッフと研究員、及び 100 名程度の学生が在籍している。財源は主として、以下の 3 種類から成り立っている。

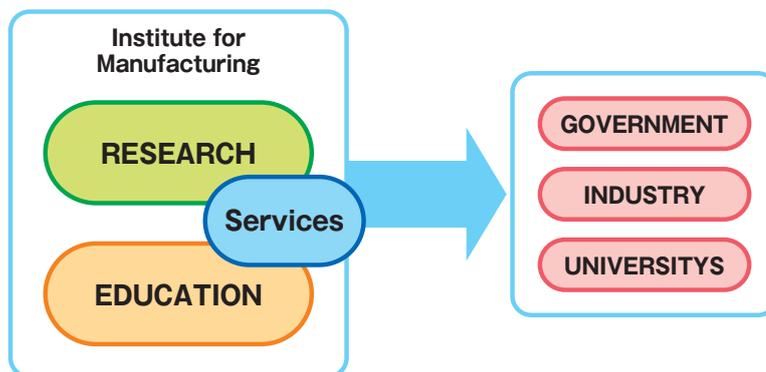
- ・ケンブリッジ大学から配賦される運営費 (教育)
- ・公的ファンディング機関 (主として工学・物理科学研究会議 (EPSRC)) からの競争的資金
- ・産業界との連携 (マッチングファンド)

上記以外の財源としては、企業へのコンサルティングサービスからの収入も挙げられる。IfM のコンセプトは、①研究と教育の統合的な推進を図り、②産業界との密なコミュニケーション・連携をとり、③経営、科学技術・政策の知見を融合して、産業界の様々な課題解決に貢献し、政府の製造業政策への提言を行うことである。実際、IfM 所長のマイク・グレゴリー教授は、Innovate UK の高価値製造業戦略やフォーサイト・プロジェクト「製造業の将来」の策定に有識者の一人として参画してきた。

IfM の活動は、研究、教育、サービスの 3 つに大別される (図表 3-8)。研究に関しては、IfM が抽出した 11 の技術開発テーマに基づく研究開発や政策研究等が実施されている (図 3-9)。このように、IfM では、技術開発、政策研究、教育システムの研究等、製造業に関する多様なアプローチをアンダー・ワン・ルーフで実施している。

<sup>18</sup> Institute for Manufacturing: <http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/>

図表 3-8 IfM の活動領域



図表 3-9 IfM の研究活動

<p><b>【技術開発テーマ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Design Management</li> <li>• Distributed Information &amp; Automation Laboratory</li> <li>• Fluids in Advanced Manufacturing</li> <li>• Industrial Photonics</li> <li>• Industrial Sustainability</li> <li>• Inkjet Research</li> <li>• International Manufacturing</li> <li>• NanoManufacturing</li> <li>• Strategy and Performance</li> <li>• Technology Enterprise</li> <li>• Technology Management</li> </ul>	<p><b>【政策研究関連】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Centre for Science, Technology &amp; Innovation Policy (CSTI) 科学技術イノベーションを推進するための政策研究ユニット。ポリシー・メーカーへの提言を目的とする。</li> </ul> <p><b>【コンソーシアムへの参加】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EPSRC Centre for Industrial Sustainability</li> <li>• Cambridge Service Alliance</li> <li>• Smart Infrastructure</li> </ul> <p><b>【教育システムの研究】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manufacturing Industry Education Research 教育における製造業の課題を研究。</li> </ul>
--	---

IfM 下にある科学技術イノベーション政策センター (CSTI)<sup>19</sup>は、製造業政策や科学技術政策に基づき、フォーカスすべき業界に関する提言をポリシー・メーカーに行うことを主たる目的としている。CSTI では恒常的に、技術、製造システム、産業界の構造の特性に関する分析、また、個々の技術の即応能力、技術移転、産業界の変化等に関する分析も行っている。研究テーマをより具体的に見てみると、技術戦略、製造業戦略、産業政策、中間施設、国レベル/地方レベルの成長、といった項目がある。

### 3.2.3 製造業の拠点整備

製造業分野のイメージ改善策として、2011年11月には、「Make it in Great Britain (英国で製造しよう)」キャンペーンが開始された。これは、「英国では製造業が衰退して何も製造していない」

<sup>19</sup> Centre for Science, Technology & Innovation Policy (CSTI): <http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/research/csti/>

という誤ったイメージを払拭しようとするキャンペーンである。その一環として、将来が期待される最先端の市場化前製品や製法を見つけ出し、2012年に開催されたロンドン五輪に合わせた展示会で発表した。

英国政府は、海外企業の製造拠点の誘致推進にも積極的である。製造拠点の誘致は雇用の創出に直結するため、経済的のみならず社会的安定のためにも重要な政策である。実際、自動車産業に代表されるように、英国に生産拠点を有し、特に最先端の技術を必要とする製品を製造し、欧州市場への足掛かりにしようと考えている海外企業は少なくない。例えば自動車産業では、日産が、電気自動車リーフとリチウムイオンバッテリーの量産を欧州で初めて英国で行っている。英国経済は慢性的な貿易赤字であるが、自動車を含む道路走行車両は、例えば2013年度の輸出を見ても前年比8.8%増となっており、堅調な輸出を維持している。英国内の自動車生産台数は2013年に159万台となり、うち乗用車が約150万台である。最も生産台数が多いのは30%強を占める日産自動車で、続いてランドローバー（英国の自動車メーカー）が20%強、トヨタ自動車が約12%を占めている。他にも、鉄道車両に関しては、2013年11月に、日立製作所が北東イングランドのニュートン・エイクリフにおいて鉄道車両の生産拠点の建設に着手したことを明らかにした。これは、純粋に英国内向けの受注に対応するためのものだが、建設費は約8,200万ポンドで、現在、2016年の生産開始を目指して建設が進められている。

### 3.2.4 製造業における人材育成

英国政府は、製造業への就業を軽視する伝統的な風潮を打破し、若い世代を製造業に引き入れ多くのエンジニアを育成しようとする取り組みにも着手してきた。2011年に開始された「See Inside Manufacturing」プログラムがその代表例である。これは、自動車産業が中心となり、企業見学や就業体験などを通じて、若者に「製造業の内部を見て＝See Inside Manufacturing」もらい、製造業やエンジニアリングの仕事について理解を深め、やりがいのある仕事として関心を高めて製造業でのキャリアを目指してもらおうというキャンペーンである。2011年10月には、自動車産業に含まれる40社以上が、同キャンペーンのため各社の拠点に地元学生を招いたイベントが100以上も英国中で開催された。

### 3.2.5 製造業サプライチェーンの強化

2011年12月には英国の先進製造業サプライチェーン向上のため、1.25億ポンドの資金を投入することが決定された。この「先進製造業サプライチェーン・イニシアチブ」は、自動車や航空機等の既存産業のみならず、英国が世界的にリードできる可能性の高い再生可能エネルギーや低炭素技術の分野においても、英国の製造業が世界市場においてサプライヤーとして重要な役割を果たせるよう支援するものである。

2015年2月には、BISから行動計画「英国製造業サプライチェーンの強化」が発表された。同行動計画では、サプライチェーン強化のため、製造業部門全体の共通課題として、イノベーション、技術、資金援助へのアクセス、中小企業の能力強化、サプライチェーン全体における協業業務の強化、レジリエントなサプライチェーンの構築の6点が掲げられている。例えばイノベー

ションに関連した具体的な施策では、EUの「ホライズン 2020」を利用する形での製造技術開発の促進と新たな欧州市場の獲得や、高価値製造カタパルトを通じた中小企業サプライヤーの育成と増加、彼らによる研究開発プロジェクトへの支援等が打ち出されている。

### 3.3 事例

英国における高価値製造に関する研究開発プロジェクトは、先に言及したカタパルトの研究センターを中心に幅広く展開されている。

#### 3.3.1 高価値製造カタパルト・センターにおける研究プロジェクト

2011年に設立された高価値製造カタパルト・センターでは、これまで1,500社の企業が参画する形で研究開発が進められてきた。企業との保秘契約のため、公表できない研究プロジェクトもあるが、可能なものはウェブ上にて一般公開されている。

高価値製造カタパルト・センターを構成する7研究所のひとつである製造技術センター (MTC)<sup>20</sup>では、産業規模に応じた新技術の開発やデモンストレーションを行うべく、質の高い環境を提供することにより、低いリスク環境の中でメーカーが革新的な新技術やプロセスを開発できるまたとない機会を与えている。MTCは、素晴らしいアイデアを産業界に移転して、英国の製造業を再建することを目指す。一連の製造プロセスの中でも高価値製造セクターにとって特に価値のあると考えられる以下の10分野がフォーカスされている。

- ・知的オートメーション
- ・先進的な（材料の）取り付け・備え付け
- ・エレクトロニクス製造業
- ・ネットシェイプと付加製造技術
- ・高品質・高信頼性製品の製造
- ・非従来型の機械加工
- ・コンピュータ工学（モデリングとシミュレーション）
- ・計量学と非破壊的検査（NDT）
- ・製造業におけるインフォマティクス
- ・製造時のシミュレーション

企業はMTCの主要研究プログラムに参加することで恩恵を受ける。同プログラムにおいて、企業は協働で一連の革新的プロジェクトを行っている。例えば、「先進的な（材料の）取り付け・備え付け」に関連するテーマでは、ロールスロイス社、エアバス及びその他の企業が参加して、プロジェクト「内蔵センサー・フィージビリティ・スタディ（The Embedded Sensing Feasibility Study）」が実施されている。ただし、参加する資格があるのは、MTCのメンバーとなっている企業（70社強）に限定される。

<sup>20</sup> MTC: Manufacturing Technology Centre: <http://www.the-mtc.org/>

この内蔵センサー・プロジェクトの目的は、参画した製造業企業が、製造プロセスの最適化・制御、時間短縮、及び起こり得るエラーの防止を実現できるよう、製造プロセスの様々な要素をリアルタイムで制御・自動応答等できるようなハイテクで高性能な備え付け（smart fixture）を開発することにある。

プロジェクトは2段階に分けて実施される。第1段階では、センサー技術に十分精通していないエンジニアが、使用すべき正しいセンサーを選定・決定できるようサポートし、第2段階に入ると、様々なアプリケーションや環境を考慮したセンサー設置の実演が行われる。

このように、MTCでは上記10分野ごとに特化したプロジェクトが企業と協働で実施されている。

### 3.3.2 IfM の CSTI の活動事例

CSTIは、2013年3月に発表された「英国航空宇宙戦略」<sup>21</sup>の策定に大きく貢献した。戦略を検討する手法は、体系的分析方法（Systematic Analysis Strategy）と呼ばれている（図表3-10）。これは、世界的なトレンド、将来的な競争力、課題を解決する能力という3つの視座から、航空宇宙分野における戦略アクションを定めつつ、同時に、非公開の形で有識者によるワークショップを開催し、そこでの議論の内容を戦略策定にフィードバックさせるというものである。ワークショップ開催に際しては、IfM及びCSTIが有識者の人選を行うが、その選定作業がアウトプットの質を左右するため非常に重要となってくる。

図表 3-10 体系的分析手法



<sup>21</sup> Lifting off: implementing the strategic vision for UK aerospace:

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/142625/Lifting\\_off\\_implementing\\_the\\_strategic\\_vision\\_for\\_UK\\_aerospace.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/142625/Lifting_off_implementing_the_strategic_vision_for_UK_aerospace.pdf)

### 3.4 考察

英国の製造業は、19世紀半ばからの第二次産業革命以降、技術教育の遅れ等の理由により、その技術力は衰退し、降下の一途をたどった。しかし現在、産業によっては競争力を維持しているものや、回復しているものもある。例えば、医薬品産業、自動車産業、航空機産業、軍需産業等、GDPに対する付加価値が高いハイテク産業において、英国は存在感を示している。本章で見てきたように、リーマンショック後、英国政府は製造業を長期的な経済回復のチャンスとしてとらえ、成長戦略に活用しようという試みを本格的に開始した。その一環として、海外に生産拠点を移してしまった製造業の国内回帰といった動きも出始めている。

世界的潮流をみると、現在は、製造技術のデジタル化によって第三の産業革命が進みつつあるとの指摘もあり、製造業は、3Dプリンタ等を用いた付加製造技術による開発・試作・製造プロセスの革新の可能性も含め、よりスマートでフレキシブルなものづくりに移行していくことが予測される。英国においても、将来の製造業を支える重要技術として、ICT、センサー、モノのインターネット、付加製造技術、クラウド・コンピューティング等が認識されており、製造における生産拠点や製品・サービスのあり方、顧客との関係について、グローバルなトレンドも見据えながら、英国政府は製造業に係る政策を立案し実施していこうとしている。

しかし現実には、英国では輸入超による貿易収支赤字が続き、経常収支も依然として赤字のままである。製造業が英国の長期的な経済成長を支えるに足る産業となるためには、製造業分野に対する政府投資の増加、国内の拠点整備に加えて、グローバルな舞台における英国製造業の競争力や影響力を高めるため付加価値のある製品をどのように作り上げ、そのネットワークをどう構築するのかという点についても検討する必要がある、道のりはまだ遠いように思われる。加えて、英国には製造業を軽視する伝統的な考えからなかなか抜けきらない側面もある。政府や大学が主導する様々な政策や取組が実を結び、実際に製造業時代の再到来となるのかどうかについては、今後注視していく必要があるだろう。

### 3.5 参考資料

- ビジネス・イノベーション・技能省 (BIS)

<https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-business-innovation-skills>

- 政府科学局 (GO-Science)

<https://www.gov.uk/government/organisations/government-office-for-science>

- カタパルト・プロジェクト

<https://www.catapult.org.uk/>

- 高価値製造カタパルト・センター

<https://hvm.catapult.org.uk/>

- ケンブリッジ大学・製造業研究所

<http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/>

- 科学・イノベーション新戦略「成長計画：科学とイノベーション」

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/387780/PU1719\\_HMT\\_Scie](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/387780/PU1719_HMT_Scie)

nce\_.pdf

- 「製造業の将来」フォーサイト・プロジェクト

<https://www.gov.uk/government/publications/future-of-manufacturing>

- EU 統計局 (EUROSTAT)

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

- World Bank, , World Development Indicators

<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

## 4. EU

本章では、EU における次世代製造技術の研究開発に関する取り組みについて述べる。具体的には、2004年に設立された Manufuture による戦略策定、2008年に設立された Factories of the Future PPP を通じてのロードマップ策定・ファンディングの検討を中心に、EU の次世代製造技術の研究開発施策の特徴に迫る。

なお、EU においては、次世代製造技術やそれを活用した製造業を指す言葉として、先進製造 (Advanced Manufacturing) という言葉が用いられている。以降、先進製造に用語を統一する。

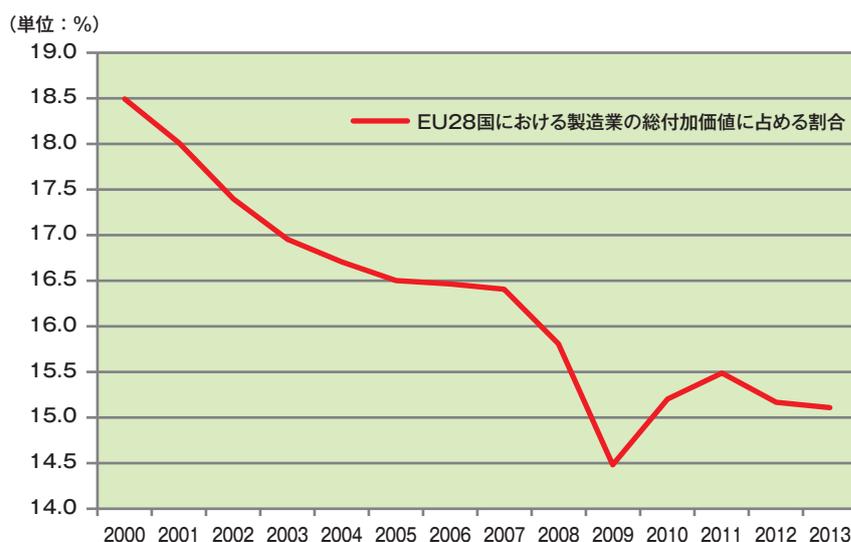
### 4.1 先進製造分野の研究開発政策の背景

#### 4.1.1 欧州の製造業の概況

##### (1) EU 総体としての製造業の位置づけ

欧州委員会によると、2012年には、製造業は7兆ユーロを売り上げ、3,000万人の雇用を生み出していた。また、製造業は1兆7,600億ユーロの付加価値を生み出しており、それは金融部門を除いた産業全体の26%を占めていた。しかし、2000年以降、欧州の生み出した付加価値に占める製造業の割合は、低下の傾向をたどっている。2000年当初には18.5%を占めていた製造業の割合は、2009年には14.5%まで落ち込み、その後回復に転じたものの2013年現在では15%を占めているに過ぎない。この間、製造業分野で380万人の雇用が失われている。製造業による付加価値の推移を示したものが以下の図である。

図表 4-1 EU28 国における製造業の総付加価値に占める割合

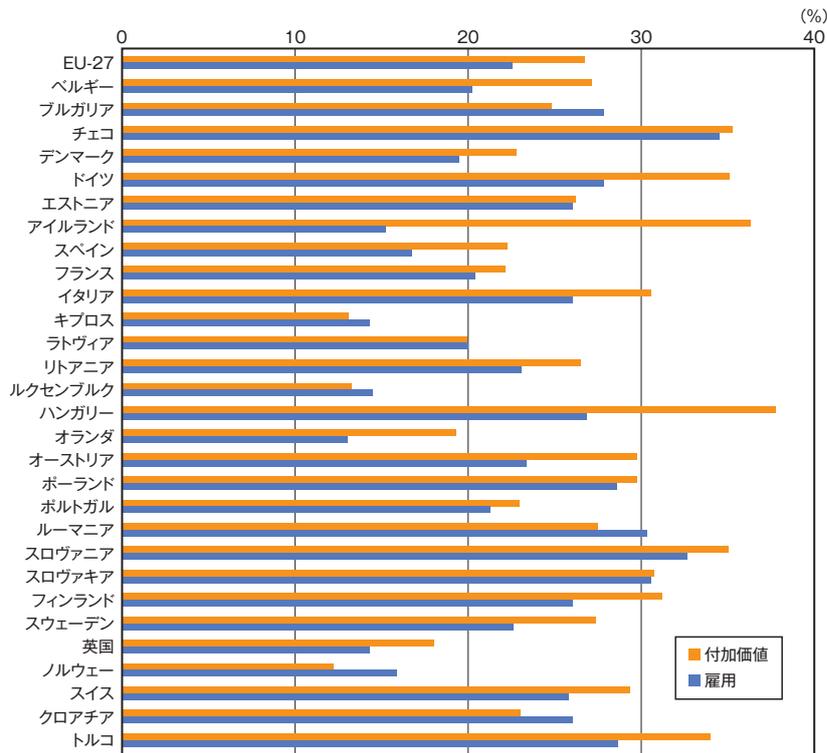


出典：Advancing Manufacturing Advancing Europe

## (2) EU メンバー国の製造業の状況

他方、EU メンバー国における製造業の重要性はまちまちである。EU のメンバー国と準メンバー国について製造業による付加価値と雇用を整理した Eurostat の 2010 年のデータによると、製造業の重要性が相対的に高いのは、チェコ、ドイツ、アイルランド、イタリア、ハンガリー、スロベニア、スロバキア、フィンランドなどである。また、準メンバー国も含めると、スイス、トルコにおいても製造業の重要性が相対的に高いことがわかる。

図表 4-2 金融業を除いた産業における製造業による付加価値・雇用 (EU27、2010 年)



(1) キリシャとマルタのデータは利用不能  
 (2) トルコは2009年の値  
 (3) クロアチアは、現在はEUのメンバー国

出典: Eurostat

なお、上記棒グラフは金融業を除いた産業における製造業の重要性について整理したものであるため、付加価値の占める割合は、上記折れ線グラフの値とは一致しない。

また後にみるように、製造業の重要性が相対的に高い国が先進製造技術の研究開発にかかる EU の取り組みに活発に参加しているかという点、必ずしもそうではない。

## (3) 経済指標

では、上述の製造業の背景としての経済状況はどのようになっているか。指標を用いて紹介する。ジェトロの統計により実質 GDP を見ると、2008 年のリーマンショック後、2009 年には大きな下落が見られる。この時期は、経済危機を受けて研究開発・イノベーションの面でも経済的な貢献が強く主張された時期と重なり、後に述べる先進製造分野の官民連携組織 (PPP) もこの時期に設立された。その後一時的に

成長基調に乗ったものの、その後再び成長率は鈍化している。この間の失業率は10%前後で推移しており、近年は悪化が見られている。特に若者の失業率の高さは、多くの国で社会問題となっている。経常収支は2011年まで赤字が続いていたが、12年以降黒字に転じている。輸出額については順調な増加を続けている。以上のような状況を示したのが、下記の図表4-3である。

図表 4-3 欧州 28 カ国の主要経済指標の推移

(単位は100万ユーロ)

	2004年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
実質 GDP 成長率	2.6%	-4.5%	2.0%	1.6%	-0.4%	0.1%
名目 GDP 総額*	10,658,018	11,815,747	12,337,154	12,711,207	12,959,736	13,068,601
年平均失業率	9.3%	8.9%	9.6%	9.6%	10.4%	10.8%
経常収支*	-33,716	-82,482	-66,823	-34,762	72,457	14,2558
輸出額*	945,185	1,093,962	1,353,195	1,554,252	1,683,088	1,737,022
輸入額*	1,027,392	1,235,636	1,532,089	1,728,314	1,798,576	1,682,390

出典: ジェトロウェブサイト

#### 4.1.2 先進製造業の構築に向けての方針

上記のような状況を踏まえた上で、欧州委員会の企業・産業総局は、2012年に、EUのGDPに占める製造業の割合を2020年までに20%に高めるという目標を掲げた<sup>1</sup>。続いて2013年にはタスクフォースを立ち上げ、環境負荷の小さい先進製造技術・競争力のある製造業という観点から短期的に取り組むべき課題を整理している<sup>2</sup>。また、2014年に開始されたEUの新しい研究開発・イノベーションの枠組みプログラムであるHorizon 2020の公募文書は「製造業は欧州の全ての雇用のうち20%(3,000万人以上)を生み出している」という状況を指摘したうえで、「製造業は欧州に富や雇用、高い生活水準を生み出す潜在力をもつ。その潜在力を発揮させるには、コスト削減競争ではなく、高付加価値化の競争に取り組むべきである。そのための研究開発を進めることが重要である」とした<sup>3</sup>。

つまり、環境負荷の低減という条件のもと、今後のEUの繁栄のために製造業の競争力強化を重要な課題とするとともに、競争力強化に向けて製造業の高付加価値化を基本方針としている。さらに、そのための研究開発を進めるという姿勢も示している。

<sup>1</sup> European Commission, 2012, A Stronger European Industry for Growth and Economic Recovery, COM (2012) 582,

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0582:FIN:EN:PDF>

<sup>2</sup> European Commission, 2014, Advancing Manufacturing Advancing Europe – Report of the Task Force on Advanced Manufacturing for Clean Production, SWD(2014) 120

<sup>3</sup> European Commission, 2013, Work Programme 2014 – 2015,

[http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014\\_2015/main/h2020-wp1415-leit-nmp\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/main/h2020-wp1415-leit-nmp_en.pdf)

## 4.2 先進製造技術の研究開発に関連する施策

欧州委員会による先進製造技術の研究開発の取り組みは、FP7や Horizon 2020などの、研究開発の枠組みプログラムの一部として推進される。そこで、本項ではFP7や Horizon 2020 の上位政策を概観したうえで、2007-2013 年の間に実施された FP7における取り組みについて検討し、2014-2020 年をカバーする Horizon 2020 においてどのようなテーマに基づいてどのような研究開発が行われようとしているかについて検討する。また、これらの公募テーマの背景には官民連携組織により策定されたロードマップがある。それに EU として取り組むべき研究開発の戦略が反映されていると考えるため、併せてロードマップの紹介も行う。

### 4.2.1 科学技術関連基本政策・施策

欧州の科学技術イノベーション政策の構造は、最上位の政策として「成長戦略」である Europe 2020 があり、その下に科学技術・イノベーションの領域を担う政策・施策である FP7、Horizon 2020 などの「枠組みプログラム」があり、さらに FP7、Horizon 2020 を細分化した「プログラム」があるという階層になっている。

最上位の政策である Europe 2020 は、欧州の成長を推進するために7つのフラッグシップイニシアチブを掲げる。そのうちの一つであるイノベーションユニオンを主に担う役割をもった政策・施策が FP7 や Horizon 2020 などの枠組みプログラムである。

最新の Horizon 2020 においては、3本の柱(卓越した科学、産業リーダーシップ、社会的課題への対応)のうちの産業リーダーシップの区分で、先進製造は5つのブレークスルー技術(KETs: Key Enabling Technologies)のうちの一つとして位置づけられている。7年間で約11億ユーロが配分される予定で、これは Horizon 2020 の全体予算の約1.4%に相当する。

そのような枠組みのもと、先進製造分野の研究開発プログラムが設定され、そのもとで具体的な公募が行われる。

### 4.2.2 FP7における研究開発プログラム

#### (1) FP7における公募テーマ

欧州委員会によると、FP7のもとでは先進製造技術の研究開発に関連した公募が2009～12年の4回にわたり、計38テーマ(NMP(ナノ・材料・製造)分野で27テーマ、ICT分野で9テーマ)のもとに行われた。先進製造にフォーカスした研究開発は、「Factories of the Future (FoF)」という目印がついた一連の公募プログラムにより推進された。

各年に行われた公募の概要は以下のとおりである。各年ともにナノ・材料・製造の領域を中心とした公募が行われるとともに、一部 ICT の領域での公募が行われた。また、公募の種類は共同プロジェクトと研究支援・ネットワークングに分かれ、共同プロジェクトは研究フェイズのもの、実証フェイズのものが含まれていた。

図表 4-4 FP7 下における先進製造分野の公募タイトル一覧

2009 年	
区分	公募タイトル
ナノ・ 材料・ 製造	適応制御のための、接続するだけで使えるコンポーネント
	小規模生産のためのサプライチェーン
	インテリジェントかつ拡張性のあるプラットフォームおよび装置のためのマイクロ・ナノスケールの機構
ICT	スマート工場:アジャイル製造・エコ製造のための ICT
2010 年	
区分	公募タイトル
ナノ・ 材料・ 製造	エコ工場:より清潔で資源効率の高い製造
	携帯型の機械および制御システムのオープン・アーキテクチャ
	ポストプロダクションおよび支援的プロセスのためのオートメーションロボット
	健康的でエコで安全な消費者製品のための製造プロセスに向けてのハイテク
	ゼロ欠陥製造業に向けて
	ナノ位相のコンポーネントおよびコーティングのための製造チェーン
ICT	バーチャルな工場・企業
	デジタル工場:製造デザインおよび製品のライフサイクルマネジメント
2011 年	
区分	公募タイトル
ナノ・ 材料・ 製造	最適化したエネルギー消費およびほぼゼロエミッションの製造プロセスのための適応制御システムおよび計測・制御装置
	製造装置の、持続可能で予測に基づいたメンテナンスのための方法論およびツール
	柔軟性のあるシステムインテグレーションのためのインテリジェントな製造機器および接続するだけで使える装置
	ハイパフォーマンスな(効率的で頑健で正確な)製造技術
	高品質な 3D のマイクロ部品のための高精度製造技術
	工場レベルを前提とした製造計画や統合的な製造シミュレーションのための知識ベースのツールおよび方法論
	鑄造・成型のための革新的な技術
ICT	スマートな工場:エネルギーを意識したアジャイルな製造およびカスタマイズ
	新しい ICT 製品のための製造ソリューション

2012年

区分	公募タイトル
ナノ・ 材料・ 製造	工場レベルでの再生原料のよりよい使用
	統合的な工場デザインを前提としたモジュール型装置の革新的な再利用
	未来の職場：新しい人間中心の製造現場
	製造業における社会的な持続可能性を実現する革新的な方法
	個別化された製品・サービスおよびそれらの製造プロセスの革新的なデザイン
	ローカルで柔軟性の高い製造手法を活用した個別化製品のためのミニ工場
	新しい人間・ロボット協働を前提とした先進工場における新しいハイブリッド製造システム
	製造システムのリノベーションおよび修理のための革新的な戦略
	グローバル市場における技術ベースのビジネス手法のための先進的なコンセプト
	化合物または人口合成材料から成る製品のための製造プロセス
極小スケールのコンポーネントの製造	
ICT	ロボティクスとシミュレーションのための応用実験
	センサー・レーザーを基盤とした応用機器のための装置評価

出典：FP7の各年のWork Programmeをもとに著者作成

以上の公募テーマを概観すると、製造プロセスにおけるエネルギー効率や材料効率を高める技術、適応制御やオートメーションに向けた ICT やロボティクス技術、製造システムのモジュール化により接続するだけで製造が可能になるシステムの構築、3D プリンティングや高精度製造技術、再生材料などの活用技術、といった点に重点が置かれる傾向が見られる。すなわち、次項で紹介するロードマップの4つの優先事項に対応した公募がバランスよく配分されていることが分かる。

## (2) 公募の背景にあるロードマップ

これらの取り組みは、“Strategic Multi-Annual Roadmap 2010-2013<sup>4</sup>”により示された4つの優先領域にしたがっている。①持続可能な製造業、②ICT を活用したインテリジェントな製造業、③ハイパフォーマンスな製造業、④製造活動を通じての新材料の活用、の4つである。

①は、経済成長をもたらす収益性を確保するという経済的な持続可能性を前提としつつも、製造プロセスにおけるエネルギー消費削減などを通じ、環境的にも持続可能な製造業を構築しようとするものである。②は、製造プロセスをビジネスモデルに組み込みやすくするとともに、製造スピードの迅速化などを図るために ICT を活用しようとする取り組みである。③は、3D プリンタ技術や高精度製造を中心とした技術開発を進めるものである。④は、個別化され、より環境負荷の小さい製品の製造のために、より機能的で軽量かつ環境負荷の小さい材料の活用を進めるものである。

製造業の高付加価値が求められる中で、経済的・環境的な面での付加価値を生み出す方策が練

<sup>4</sup> European Commission, 2010, Factories of the Future PPP Strategic Multi-Annual Roadmap

られている。

### (3) 採択された研究プロジェクトの概要

上述の公募により、151 のプロジェクトが生まれている。プロジェクトの規模は、200 万ユーロから 1,300 万ユーロ程度で、500 万ユーロ程度のプロジェクトが典型的である。通常この金額の全てが欧州委員会から拠出されるわけではなく、30～50%程度はプロジェクト参加者側が負担する。また、プロジェクト期間は通常 2～4 年程度である。

### (4) 取り組みに対する評価

FoF を含む産学官連携に関する FP7 時の取り組みに対しては、その活動を評価するレポートが公表されている<sup>5</sup>。それによると、研究開発プロジェクトの社会的な成果を評価するのは時期尚早としながらも、作成されたロードマップに対する研究開発プロジェクトのカバー率（FoF では 100%）や、中小企業の参加の面で成果が上がったとされている。

また、今後への提案として、①PPP（官民連携組織）の長期的な存続に向けて、そのガバナンスモデルを確定すること、②Horizon 2020 においては、より十分な資金を配分しつつ PPP のモデルの適用範囲を拡大すること、③PPP は Horizon 2020 の一般的なルールに従いつつも、より柔軟な運用が可能な方法を取り入れること、④PPP は、（研究開発ではなく）よりイノベーション段階の活動（市場環境化での実証など）にフォーカスすべきこと、⑤中小企業へのプロモーションをより充実させること、が挙げられている。

## 4.2.3 Horizon 2020 における研究開発プログラム

Horizon 2020 は 7 年間の枠組プログラムであるが、その公募テーマ（ワークプログラム）は 2 年ごとに公開される。本稿の執筆時点で明らかになっている公募テーマは 2014/15 年のもののみであるため、ここではこの 2 年分の公募テーマについて検討する。

### (1) 2014-15 年の公募テーマ

表 1 は、2014/15 年に行われる、Factories of Future のカテゴリに属する公募テーマの一覧である。

<sup>5</sup> European Commission, 2013, Final Assessment of the Research PPPs in the Recovery Plan  
[http://ec.europa.eu/research/evaluations/pdf/archive/other\\_reports\\_studies\\_and\\_documents/research\\_ppps.pdf](http://ec.europa.eu/research/evaluations/pdf/archive/other_reports_studies_and_documents/research_ppps.pdf)

図表 4-5 Horizon 2020 の先進製造分野の公募テーマ(2014/15 年)

2014 年

区分	公募タイトル
産業リーダーシップ内の、ナノテク・先進材料・バイオテクノロジー・先進製造	製造プロセスの最適化
	効率的な材料利用による複合構造・形状の製造過程
	製造業企業のエネルギー・その他資源の効率性
	労働者にとって魅力的なスマート工場の開発
	製造インテリジェンスを用いた革新的な製品・サービスデザイン
	安全かつ動的な多次元人間・ロボット連携システムのための共生的な人間とロボットの連携
	EFFRA PPP のプロジェクトのインパクトを増すための補助的な活動

2015 年

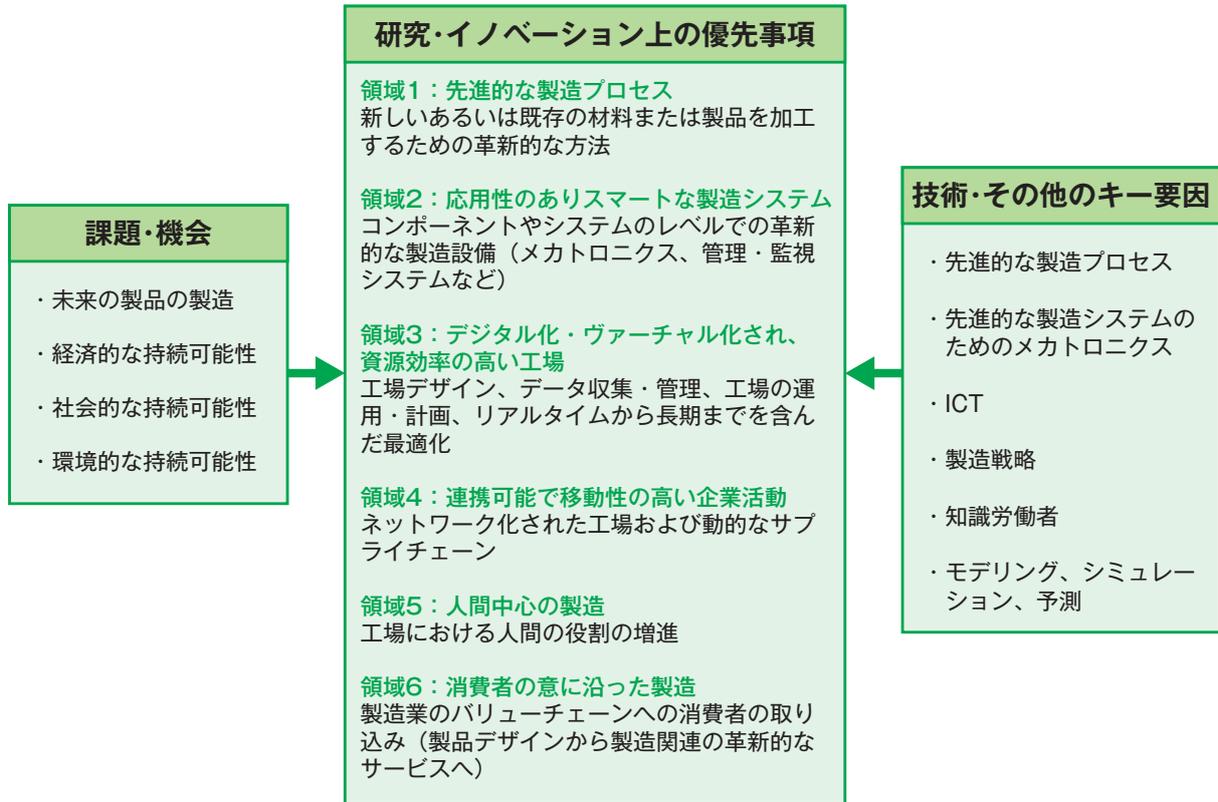
区分	公募タイトル
産業リーダーシップ内の、ナノテク・先進材料・バイオテクノロジー・先進製造	ICT を活用したモデリング、シミュレーション、分析、予測技術
	製造中小企業のための ICT イノベーション (I4MS)
	個別化された製品のためのカスタムメイドな部品の製造
	機械やロボットの迅速な再構成のための統合ツールにもとづいた柔軟な製造システム
	先進・複合材料のための、先進的な連結・組み立て技術
	持続可能な製品ライフサイクルマネジメントのためのリユーズ・リマニュファクチャリング技術
	製造機器及びプロセスの統合的なデザイン・管理

出典: Horizon 2020 の各年の Work Programme をもとに著者作成

## (2) 公募の背景にあるロードマップ

上述の公募テーマの背景には、前項で述べたロードマップの次のバージョンのロードマップが存在し、Horizon 2020 の期間である 2014 年から 2020 年までを対象としている。そのロードマップの中心的な考え方は、以下の図に集約されている。

図表 4-6 先進製造分野の研究開発ロードマップ(2014-2020)



出典: Factories of the Future Multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020

すなわち、未来の製品の製造という課題や経済的・社会的・環境的な持続可能性を確保するという課題を捉えたうえで、それに向かうための技術や技術外の鍵となる要因を整理している。そのうえで、製造プロセスの改善(領域 1、2)、デジタル技術を用いた工場間の接続(領域 3、4)、製造における資源効率の向上(領域 3)、働く人にとって魅力的な工場の建設(領域 5)、消費者の意見を取り込んだ製造の仕組みの構築(領域 6)といったテーマについて研究を行うべきとされている。

第一次のロードマップと比較すると、基本的なコンセプトの深化が見られる。製造業の持続可能性、ICTを活用したインテリジェントな製造業、新材料の活用といった点を重視しつつ、FP7 時の公募においてもしばしば見られた工場のネットワーク化を促進する試みが優先事項として明示されたとともに、人間中心の製造や消費者の意に沿った製造といったコンセプトが優先事項に加えられている。

(3) 研究開発により期待される成果

欧州委員会が取り組もうとする先進製造の取り組みは、製造業を高付加価値化することを目的としたものであることは既に述べた。ここで付加されようとしている価値としては、個々の消費者のニーズに合った製品・サービス、工場働く人にとっての魅力、先進国で製造を行う際のネックの一つになる(相対的に高価な)エネルギー利用の低減、より環境配慮型の製造業、といったものがあると考えられる。経済的に高付加価値な製品・サービスを開発し、労働者の視点から見て高付加価値な労働環境を提供し、資源効率・環境負荷の面で高付加価値な製造プロセスを構築しようとしている。

### 4.3 研究開発プログラムの推進体制

前項で検討した FP7 のプロジェクトや Horizon 2020 における公募テーマは、戦略やロードマップに基づいて決定されていた。そして、EU における先進製造技術の研究開発施策の推進にあたっては、欧州委員会、官民の連携組織という 2 種類のアクターが登場した。ここでは、それらのアクターの関係について整理しつつ、ロードマップに従い公募が行われる背景にある仕組みについて述べる。

#### 4.3.1 欧州委員会と官民連携組織(PPP)の役割

欧州委員会の役割は、大きく二つある。第一に、FP7 や Horizon 2020 などの研究開発の枠組みプログラムを策定・推進することである。先進製造技術の研究開発にかかる EU による公募は、全て欧州委員会により管理されている。すなわち、公募プログラムの作成、選考方法の決定、資金配分などの一連の作業は、欧州委員会の責任のもと行われる。具体的には研究・イノベーション総局 (DG-RTD) とコミュニケーション・ネットワークコンテンツと技術総局 (DG-CONNECT) とが担当をしている。

欧州委員会の第二の役割は、官民連携組織である Factories of the Future PPP (以下、FoF PPP) において、官側の代表になるということである。民側の代表である EFFRA (European Factories of the Future Research Association) とともに、欧州の枠組みプログラムにおいて先進製造技術の研究開発に関してどのような公募を行うべきかを検討する役割を担う。

他方、官民連携組織の役割は、参加メンバーのコミットメントに基づき、先進製造分野の研究開発戦略およびロードマップを策定することである。その過程では、国をまたいだ官民組織間のやり取りがある。このようなやり取りは、その後欧州の枠組みプログラムへの応募を行うコンソーシアムの形成に資すると考えられる。したがって、官民連携組織の役割には、そのようなコンソーシアム形成のプラットフォームという側面もあるといえる。

#### 4.3.2 先進製造分野を担う FoF PPP

##### (1) FoF PPP の設立に至った背景

EU レベルにおいて新たな製造業の構築に向けた研究開発の戦略について検討が開始されたのは、2002～2003 年ころであったと考えられる。検討を経て、2004 年に Manufuture という ETP (European Technology Platform: 戦略策定を目的とした産学官連携型の組織) が立ち上げられた。Manufuture は、2004 年 11 月に "Manufuture A Vision for 2020" を公表している。この文書では、産業の転換を可能にし、高付加価値な雇用の確保と創出を行い、世界の製造業のアウトプットのシェアを最大化することを可能にする研究・イノベーションに基づいた欧州製造業の戦略を立案し実行する必要性を指摘している。その中心は新しい製造業を生み出すことであり、これまでの土地・労働・資本により成り立っていた製造業から、知識と資本により成り立つ製造業への転換が必要であるとする。

この時点での検討を踏まえつつ、その後 2006 年に初めての戦略提言を行っている。そこでは、新興国との競争、技術ライフサイクルの短期化、環境問題などを前提に、高付加価値の新しい製品・サービスや新しいビジネスモデルの創出、新しい製造工学・科学の創出、世界レベルの製造業創出のための研究・教育インフラの転換、といった課題について産業分野横断的に取り組むべ

きだとしている<sup>6</sup>。

このような戦略策定の取り組みが認められた結果、また 2008 年のリーマンショックに端を発した欧州の経済危機への対応策（Economic Recovery Plan）の一環として、Manufuture を中心とし、戦略策定に加えファンディングの機能も具備する FoF PPP の設立に至った。

#### (2) FoF PPP の組織体制

FoF の官側の代表は欧州委員会から派遣された官僚であるが、民側は EFFRA という組織により運営されている。ここでは EFFRA の組織体制を紹介する。

EFFRA はブリュッセルに恒常的な事務局（3人体制）を置きつつ、不定期に開催される意思決定機関である取締役会がある。取締役会は 18 名の企業家・研究者・研究支援者などから成っており、メンバーは以下のとおりである。

所属先の国籍は、ドイツが 4 人、イタリア・スペイン・ポルトガルが各 2 人、オランダ・ギリシャ・英国・スロベニア・ベルギー・フランス・スウェーデンが各 1 人となっている。

<sup>6</sup> Manufuture, 2006, MANUFUTURE Strategic Research Agenda

図表 4-7 EFFRA の取締役会メンバー

氏名	役割	所属先	役職	所属先属性	所属先国籍
Mr. Maurizio Gattiglio	議長	Prima Industrie	Executive Vice-President	企業	イタリア
Mr. Dietmar Goericke	副議長	VDMA	Research Director	業界団体	ドイツ
Dr. Egbert-Jan Sol	副議長	TNO	CTO at the science and industry division	研究機関	オランダ
Mr. Adrian Harris	会計	ORGALIME	Director General	業界団体	なし(ベルギーに拠点)
Mr. Eduardo Beltrán	メンバー	Mondragon Corporation	Innovation and Technology Director	共同組合	スペイン
Dr. Rikardo Bueno	メンバー	Tecnalia	Director for the Research Programmes Area	企業	スペイン
Prof. George Chryssolouris	メンバー	University of Patras	Professor	大学	ギリシャ
Prof. Heinrich Flegel	メンバー	Daimler	Member of the Supervisory Board	企業	ドイツ
Dr. Bernd Korves	メンバー	Siemens Corporate Research and Technology	Department Head and Global Technology Field Leader	企業	ドイツ
Mr. Edward Lambourne	メンバー	Delcam	Technical Director	企業	英国
Dr. Massimo Mattucci	メンバー	Comau Group,	Responsible for newbusiness development and the promotion of research and development projects	企業	イタリア
Mr. Joaquim Menezes	メンバー	IBEROMOLDES Group	Co-founder	企業	ポルトガル
Dr. Blaz Nardin	メンバー	Gorenje Orodjarna	General Manager	企業	スロベニア
Mr. Jos Pinte	メンバー	AGORIA	Director of Mechanical Engineering	業界団体	ベルギー
Dr. Peter Post	メンバー	FESTO	Responsible for global and innovation management strategy	企業	ドイツ
Mr. Daniel Richet	メンバー	CETIM	Director for Development	研究機関	フランス
Ms. Eva Wigren	メンバー	Teknikföretagen	Head of Industrial Development	業界団体	スウェーデン
Dr. José Carlos Caldeira	メンバー	INESC Porto	Director	技術移転機関	ポルトガル

出典：EFFRA ウェブサイトをもとに著者作成

## (3) EFFRA のメンバーシップ

EFFRA のメンバーは、55 の企業、64 の研究機関・大学から成る。また、準メンバーとして 7 機関が登録されている。メンバーになることで、①EFFRA が作成するロードマップの策定に参加することができる、②メンバーだけを対象としたワークショップに参加できるなど、ネットワーキングの機会が広がる、③メンバー自身が行うイベント情報などを、メンバーコミュニティに対し周知してもらうことができる、④EFFRA が所有するデータベースにアクセスすることが

できる、といった特典を得ることができる。

ただし、EFFRA のメンバーになっていければ枠組みプログラムの FoF 関連のプログラムに応募できないというわけではない。実際に、FP7 時には EFFRA のメンバー外の者が採択者の 6～7 割程度を占めていた。

メンバーになるためには、カテゴリごとに定められた年会費を払う必要がある。5,000 人以上の大企業・大規模研究機関が 10,000 ユーロから始まり、最も小規模な 250 人未満の中小企業・研究機関は 1,250 ユーロを支払う必要がある。また、業界団体と大学は、その規模にかかわらず 2,500 ユーロを支払う必要がある。いずれにしてもメンバーに加わるための費用の額は、研究開発の原資となるような大規模なものではない。

#### (4) FoF PPP による研究開発推進の手法

FoF PPP による研究開発は、上述のとおりロードマップにより行われている。ただし、EFFRA が作成したロードマップに対しては、必ずしも欧州の枠組みプログラムからの資金が得られることは保証されていない。EFFRA は、自身が作成したロードマップが枠組みプログラムの公募によりどの程度の割合で網羅されたかを重視しつつ活動を行っている。FP7 時の活動の評価レポートによると、EFFRA の第一次のロードマップは、FP7 の公募により 100% 網羅されたと言われている。

他方、FoF に関する枠組みプログラムでの公募に参加した研究者は、通常の枠組みプログラムのルールに従い資金配分を受けることになる。すなわち、企業部門の参加者である場合は、研究開発費の最大 70% までしか欧州委員会からの資金を得ることはできず、残りは自ら資金を担保する必要性が生じる。このような資金配分の仕組みを通じ、枠組みプログラムは、その予算よりも大規模な活動を展開している。

### 4.3.3 産学官の連携を促進する仕組み

以上が FoF PPP にかかる産学官連携の仕組みであるが、その背景には一つの分野に限られない広範な産学官連携の枠組みが存在する。ここでは、その仕組みについて述べることにより、FoF PPP の取り組みの位置づけを確認する。

#### (1) 欧州の政策立案主体の問題意識と対応策

2000 年当時、欧州では研究開発費の対 GDP 比の低さが問題されていた。欧州平均が 1.9% であったのに対し、米国は 2.7%、日本は 3% であった。その差の内訳をみると、たとえば米国との差の 84% が企業による投資の差に起因していた。この状況が、研究開発の成果を製品やサービスに転化する能力の不足に結びついていると考えられた。2000 年のリスボン戦略に基づき 2002 年に設定された「EU の研究開発投資を GDP 比で 3% に引き上げる」というバルセロナ目標の背景には、「企業による研究開発を促進しなくてはならない」という問題意識があった。

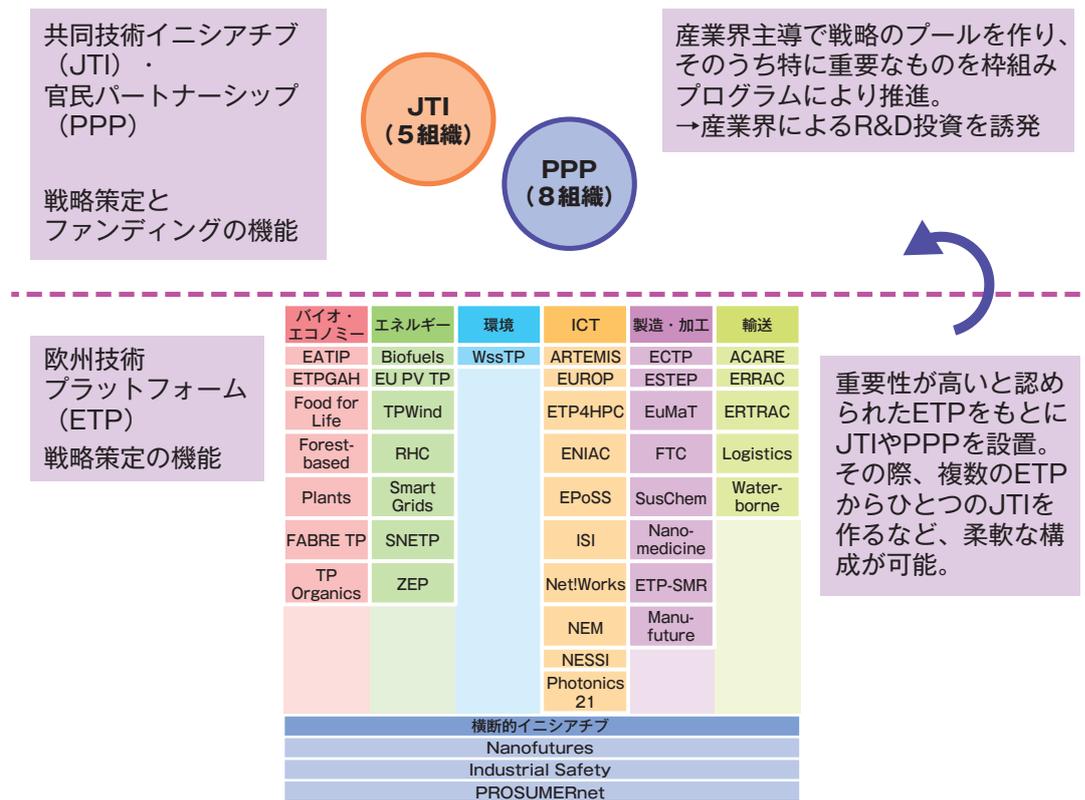
そのための重要な施策のひとつが、欧州技術プラットフォーム (ETP: European Technology Platform) の設置であった。ETP とは、特定の技術分野についての研究開発戦略の策定を担う産官連携の組織で

ある。すなわち、欧州委員会は共通の課題に取り組む主体にそれぞれの分野で必要な研究戦略を作らせ、一定の条件を満たした活動には資金的な支援を行うという仕組みを構築した。上述の **Manufuture** は、この ETP のうちの一組織である。

さらに、欧州委員会が特に重要であると認めた ETP をもとにして、戦略策定の機能に加えファンディング機能も担う共同技術イニシアチブ (JTI: Joint Technology Initiatives) や官民パートナーシップ (PPP: Public to Private Partnerships) を設置する道も用意した。長期的なコミットメントと成果に応じて支援の幅を広げる仕組みを構築したのである。最初の JTI が設立されてから 7 年目の現在、5 の JTI と 8 の PPP が存在し、Horizon 2020 の期間中に政府部門からは約 140 億ユーロが支出される<sup>7</sup>。また、民間部門からはそれ以上の額が出資される<sup>8</sup>。企業からのコミットメントが得られた産学官連携プログラムが育っている<sup>9</sup>。なお、上述の FoF PPP は、PPP のうちの一組織である。

以上のような仕組みをまとめたものが図 4-8 である。

図表 4-8 欧州の産学官連携組織の仕組み



出典：ETPウェブサイト

すなわち、先進製造技術の研究開発にかかる産学官連携の取り組みは、それ以外の多くの産学官

<sup>7</sup> 欧州委員会ウェブサイト：

[http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-14-289\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-14-289_en.htm)

[http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-13-1159\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-1159_en.htm)

<sup>8</sup> JTI においては企業からの金銭出資が求められるものの、PPP においては人材などの出資も許容されている。

<sup>9</sup> ただし、OECD の統計によれば、2012 年の EU28 の総研究費の対 GDP 比は 2.0% であり、バルセロナ目標の達成には至っていない。なお、2000 年当時の加盟国である EU15 の総研究費の対 GDP 比は 2012 年現在で 2.1% である。

連携の取り組みと同じ類型に属する取り組みの一つであると位置づけられる。

#### 4.4 Horizon 2020 の施策(先進製造分野の欧州イノベーション技術機構(EIT)の設立)

Horizon 2020 においては、上述の取り組みに加え、欧州イノベーション技術機構 (European Institution of Innovation and Technology: 以下、EIT) と呼ばれる産学官の連携組織の枠組みに、先進製造に関する組織が追加される予定である。2016 年の公募により追加される組織は、欧州の様々な地域に拠点を設け、それらをつなぎつつイノベーション人材の教育や研究に取り組む。

この組織により先進製造技術の研究開発がどのように進展するかは不明である。ただし、既存の EIT について検討することで、若干の推測を行うことはできる。

たとえば ICT 分野の EIT では、欧州に 6 つの拠点(ロンドン、パリ、トリノ、アイントホーフェン、ベルリン、ストックホルム、ヘルシンキ)を設け、それらをまたいだ教育プログラムを提供している。これらの拠点で学ぶ学生は、たとえば修士課程の 1 年次をパリで過ごし、2 年次をベルリンで過ごすといった形で学位を取得することができる。また、ベルリンの拠点では、研究開発のみならず、そのマネジメントの能力を磨くための教育プログラム(実際にファンドを獲得し、プロジェクトを運営する方式)も行われている。

研究開発の側面では、テストベッドやデモでの実績や標準化策定への参加を重視するなど、より企業活動に近い分野での活動が行われているという特徴がある。

先進製造分野の EIT においても、PPP などの取り組みで推進される研究開発と並行する形で、将来的にそのような取り組みを推進する人材が育成されるものと思われる。その際は PPP に参加する大学などに拠点が作られ、FoF のプロジェクトと密接な連携を取りながらの教育が行われることも考えられる。すなわち、FoF がそのロードマップにしたがった研究開発に重点を置くのに対し、EIT は将来を担う人材育成に力点が置かれると推測される。両者は相互補完的な関係を築き上げるものと思われる。

#### 4.5 事例(FP7 時の注目すべきプロジェクト)

ここまでは先進製造分野の施策について中心に述べてきたが、ここでは、その施策に基づいて進められた具体的なプロジェクトについて紹介する。

##### (1) KAP(Knowledge, awareness, and prediction of man, machine, material, and method in manufacturing)

KAP は、第一次の公募に採択されたプロジェクトのうち最も規模の大きいプロジェクトである。このプロジェクトでは、ドイツ SAP 社の研究者による統括のもと、ドイツ 3 機関、スペイン 3 機関、フランス・ギリシャ・アイルランド・イタリア・スウェーデン、英国の各 1 機関が参加し、14 機関のコンソーシアムのもと研究開発が進められた。研究開発のテーマは、製造プロセスにおける環境負荷の低減を実現するため、工場の作業現場から得られた情報を解析し、製造のパフォーマンスを可視化する仕組みを構築することであった。

その結果、製造プロセスにおける廃棄物量が 5%削減されるとともに、出荷までの時間が 10%削減されることが見込まれている。

## (2) e-Custom

e-Custom とは、マスカスタマイゼーションのためのウェブをベースとしたコラボレーションシステムを開発するプロジェクトである。大量生産とマスカスタマイゼーションのギャップを埋め、製品デザインの初期段階から消費者の声を反映し、付加価値を高めたカスタマイズ商品の製造手法の構築を目的とする。コンソーシアムは、ギリシャのパトラス大学をリーダーに、ドイツ 3 機関、スペイン・イタリア 2 機関、フランス・英国 1 機関ずつの 10 機関から成っていた。

具体的には、①新製品のデザイン段階に顧客を取り込むためのウェブベースのユーザー親和性の高いツール、②無償でオープンソースなソフトウェアを用いたウェブブラウザベースの先進的な仮想現実・拡張現実の可視化システム、③素早く、低コスト、かつエコな方法で個別化された製品の製造を行うためのウェブベースの意思決定支援システム、④シミュレーションに基づいた指標を用いたサプライチェーンの設定による環境フットプリントを評価するシステム、を実現するソフトウェアモジュールの開発に成功した。

その結果、消費者の声を反映させた生産の提携を構築する一方、エネルギーコストを 5-10%、輸送コストを最大 20%、個別化製品のデザイン時間を最大 15%、納期を 15-20%削減した。

## (3) Femtoprint

Femtoprint とは、マイクロ、ナノスケールのシステムのためのフェムト秒( $10^{-15}$  秒)レーザープリンタを開発・応用するプロジェクトである。これにより、マイクロシステムの製造のために、大規模なインフラが必要となる状況を回避することのできる新しい製造手法を提供することを目的とする。

また、この技術は、光学・光学機械デバイスやラボオンチップ装置(微小チップ上で自動化された検査測定機器)などへの応用可能性を秘める。さらに、このプリンタを用いることで、中小企業に対し比較的安価で迅速なプロトタイピングのためのツールを提供することにより、マイクロシステムにおけるイノベーションを促進させることができると考えられる。

コンソーシアムは、オランダのアイントホーフェン技術大学をリーダーに、スイス 3 機関、ドイツ・フランス 2 機関、英国 1 機関ずつの 9 機関から成っていた。

このプロジェクトにより、透明なガラスを用いたアクチュエータなど、フェムトプリンタを用いたデモンストレーションを行った。また、プロトタイプ的小型プリンタを開発するのみならず、2 つの特許出願を行うとともに、市場化にむけてスピノフによる会社設立にも取り組んでいる。

以上の具体的なプロジェクトに見られる特徴は、いずれも 10 機関程度の国際的なコンソーシアムにより推進されていることである。また、上述のロードマップのもと、実際のビジネスの場に応用可能な技術開発が進められている。これらプロジェクト自体は競争化段階前の活動を対象としているが、その成果をもとに具体的なビジネスに結びつける活動が進められている。

## 4.6 考察—EU とメンバー国の取り組みの関係

### 4.6.1 メンバー国のプログラムと似通った公募テーマ

ここまで、EU の先進製造に関する研究開発の取り組みの特徴について検討してきた。これをより明確

にするには、EU メンバー国の取り組みとの関係の中で位置づけることが有用である。

たとえば、英国は2011年に1.25億ポンドを投入する先進製造業サプライチェーン・イニシアチブを立ち上げ、既存産業のみならず、英国が世界的にリードできる可能性の高い再生可能エネルギーや低炭素技術の分野への支援を行う<sup>10</sup>。また、ドイツは2011年に産学共同のアクションプランである Industrie 4.0 を公表し、サイバーフィジカルシステムを活用しつつ、ドイツの強みを生かした研究開発を進めようとしている<sup>11</sup>。メンバー国による取り組みには、その国の産業競争力を強化するという目的のもと、戦略領域と位置づけた産業分野における取り組みを推進するという特徴がある。

これらの国々で取り込まれるテーマは、FoFの公募テーマにも類似する。たとえば、FoFの公募テーマにおいても持続可能性は重要なテーマに掲げられており、英国の取り組みとも通じる。また、部品などのフィジカルな領域に属する物から発せられる情報をサイバー空間により管理するサイバーフィジカルを用い製造プロセスを改善する取り組みも重視されており、これはドイツの Industrie 4.0 において中心的に進められているテーマと似通っている。

メンバー国の取り組みもEUの取り組みも、先進製造技術として重要なテーマを定め、その領域のもと行われる研究開発に対し資金を配分するという基本的な構造は変わらない。また、EFFRAにおけるインタビューによると、EFFRAのロードマップを作成するにあたり、各国の取り組みとの調整はなされないとのことであった。したがって、公募テーマに表れる特徴が、メンバー国のそれとEUのそれとで似通っていても不思議ではない。

他方、FoFの活動においては製造業の特定の領域に偏らない研究開発の推進が明言されており、この点で自国の強みを生かすことにフォーカスをする各国の取り組みとは一線を画すると考えられる。

#### 4.6.2 一部の国に偏った運営・参加

製造業の特定の領域には偏らないことを原則としつつも、運営・参加者の偏りが取り組みの偏りにつながる可能性も考えられる。既に見たように、FoF PPPの運営を担う組織であるEFFRAの取締役会においては、ドイツ企業の出身者が目立った。ここでは、FP7による公募への参加状況をみることで、研究開発の推進がどのような国を中心として行われているのかを確認する。

以下の図は、Factories of Future (FoF) : 未来の工場、Energy-efficient Building (EeB) : エネルギー効率の高い建物、European Green Cars (GC) : 欧州グリーン・カーという3つのPPPに関連したFP7の公募に対し、メンバー国や準メンバー国がどの程度参加したか（それぞれの国の研究者が欧州委員会からどれほどの資金を獲得したか）、を示すグラフである。

それによると、FoFの公募への参加は、ドイツが突出して高い。それにイタリア、スペイン、英国が続く、さらにはフランスとスイスが同等の水準にある。これら7カ国のみで、全体の80%以上を占めていることがわかる。

なお、このような参加の状況は、FP7プログラム全体の傾向に概ね沿ったものである。FP7全体においても、EU15(2003年12月31日時点での加盟国)が参加者の大部分を占めており、EU12(2004年以降の加盟国。なお、28カ国目の加盟国であるクロアチアのEU加盟は2013

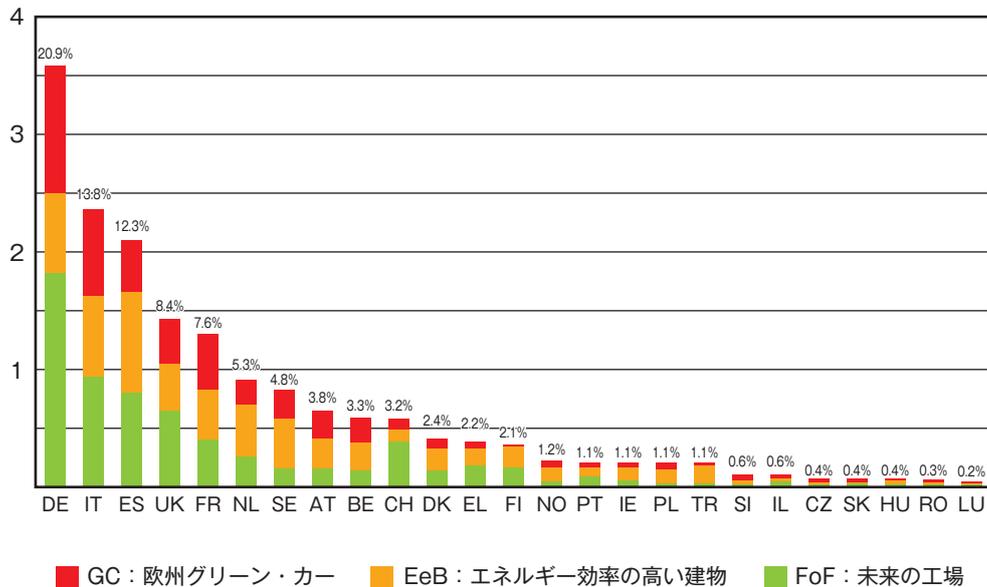
<sup>10</sup>津田憂子、次世代製造技術の研究開発：英国の事例、第29回研究技術計画学会要旨集、2014年

<sup>11</sup>澤田朋子、次世代製造技術の研究開発：ドイツの事例、第29回研究技術計画学会要旨集、2014年

年 7 月のことであり、FP7 への参加対象とはならない) の参加は相対的に活発ではない。ただし、先進製造の分野においては、準メンバーであるスイスの参加が目立つという特徴がある。

図表 4-9 3 つの PPP への各国の参加状況

(単位：億ユーロ)



出典：Final Assessment of the Research PPPs in the Recovery Plan

ロードマップ策定メンバーの占有率やプロジェクト参加メンバーへの占有率は、プログラムそのものの推進の方向性に強い影響を与えられとされる。ロードマップ策定メンバーの主張は、そのメンバーの活動環境の影響を受けるとともに、参加メンバーは自身の事業を効果的に推進するという観点から公募に参加すると考えられるからである。すなわち、EU レベルで先進製造技術の研究開発を進める取り組みだとはいつても、実質的にはドイツを中心とした上位 7 カ国が重視する施策が優先的に進められやすい構造になっているものと思われる。

#### 4.6.3 PPP を中心とした推進体制

他方で、「多国間のコンソーシアムを組み、それにより戦略やロードマップの策定を行う。さらに、策定されたロードマップに従いファンディングを行う。」という仕組みの構築は、一国には真似のできないものである。一国のイニシアチブでは実現困難な仕組みづくりに対し EU が枠組みを用意し、共通する取り組みに対する欧州全体での協働を可能にしている。これは、PPP の取り組みを評価する指標においても、各国の企業を動機づけ、PPP の活動に参加させることが重視されていることから伺われる。

このような欧州の取り組みは、相対的に活発ではないと言われる企業による研究開発を促進しようという意図の下に推進されていると考えられる。すなわち、企業を中心とした業界団体としての PPP に戦略策定やロードマップの作成を任せるとともに、原則としてそれらに基づいたファンディングが行われている。また、ファンディング時には必要な研究開発費の全てを欧州委員会が負担するのではなく、参加する企業自身による負担も求める。このような仕組みにより、各

国の企業の動機を高めるとともに、EUによる配分資金に対するレバレッジ効果（EUの投資以上の規模の研究開発が行われるという効果）を生み出している。

#### 4.6.4 EUによる施策の位置づけ

以上を踏まえると、先進製造技術の研究開発におけるEUレベルでの取り組みとは、メンバー国政府や企業だけに任せていては進まない領域を中心に、各国の取り組みの基盤を提供するという観点から補完的に行われる取り組みだといえる。ただし、そのような原則をもちつつも、発言権の強い国のアジェンダが取り組みに反映される可能性がある。

すなわち、EUの取り組みの位置づけは、以下に集約される。

- ・製造業の特定の領域に偏らず、多くの領域に共通する取り組みが推進される。
- ・運営側、参加側ともにメンバーの国籍の偏りが見られるため、特定の国のアジェンダが反映されやすい可能性がある。
- ・国際的な産学官の連携を推進する仕組みが背景にあり、その推進こそがEUの取り組みを特徴づけている。

#### 4.7 まとめ—EUによる取り組みの特徴

EUの先進製造技術の研究開発としては、製造業による付加価値を高めるため、①新たな製品・サービスの開発、②働く人にとっての魅力向上、③エネルギー効率の向上と環境負荷の低減に重点を置いた研究開発が進められようとしていた。また、その推進体制としては、産業界を巻き込んだ戦略立案・ファンディングの仕組みが存在した。そして、これらの取り組みが各国の個別の取り組みを補完する位置づけにあった。さらに、全体の背景として、産学連携の取り組みを成長させようとする、EUの長期的な取り組みが見てとれた。

EUには、戦略立案に特化したETPが41あるとともに、JTIやPPPというファンディングの仕組みもある。そして、EFFRAをはじめとする先進製造技術の研究開発の取り組みはその中に位置づけられる。

EUの取り組みの特徴は、このようなエコシステムを構築することに力点が置かれていることではないか。①真にその問題にコミットする集団の問題意識を吸い上げる仕組みの構築、②①の成果に応じて支援の幅を広げるという形での企業の動機づけ、③多様な戦略策定主体のプールをつくり、長期的視点からその成長を支援する政策の推進、といったことを通じて、欧州レベルでの活動を促進しようとしている。先進製造技術の研究開発の取り組みの背景には、メンバー国において研究に取り組むプレイヤーを動機づけ、かつ連携させる仕組みの構築と運営という、EUの産学官連携戦略があった。

EUと日本が前提とする条件は異なるため、ここで得られた知見を日本に当てはめることは難しい。ただし、ある問題に対してコミットした集団の問題意識を吸い上げる仕組みの構築や長期的な活動を支援するといった基本的な方向性を考えるうえでは、本章で述べた方法の背景にある考え方が参考になるのではないか。

#### 4.8 参考資料

- 研究開発戦略センター、科学技術・イノベーション動向報告 EU 編、2014 年
- 澤田朋子、次世代製造技術の研究開発：ドイツの事例、第 29 回研究技術計画学会要旨集、2014 年
- 津田憂子、次世代製造技術の研究開発：英国の事例、第 29 回研究技術計画学会要旨集、2014 年
- EFFRA, 2012, Overview of the Factories of the Future Projects PROGRESS THROUGH PARTNERSHIP,  
[http://www.effra.eu/attachments/article/371/EFFRA%20Projects%20Brochure\\_2012\\_C.pdf](http://www.effra.eu/attachments/article/371/EFFRA%20Projects%20Brochure_2012_C.pdf)
- EFFRA, 2010, Overview of FP7-funded projects under the first call DEVELOPING TECHNOLOGIES FOR ‘FACTORIES OF THE FUTURE’,  
<http://www.effra.eu/attachments/article/123/101209%20EFFRA%20Projects%20brochure%20FINAL-%20ALL.pdf>
- EFFRA 冊子,  
<http://effra.eu/attachments/article/129/EFFRA%20Brochure%20%28E-Version%29.pdf>
- European Commission, 2014, Advancing Manufacturing Advancing Europe – Report of the Task Force on Advanced Manufacturing for Clean Production, SWD(2014) 120
- European Commission, 2013, Final Assessment of the Research PPPs in the Recovery Plan  
[http://ec.europa.eu/research/evaluations/pdf/archive/other\\_reports\\_studies\\_and\\_documents/research\\_ppps.pdf](http://ec.europa.eu/research/evaluations/pdf/archive/other_reports_studies_and_documents/research_ppps.pdf)
- European Commission, 2013, Work Programme 2014 – 2015,  
[http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014\\_2015/main/h2020-wp1415-leit-nmp\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/main/h2020-wp1415-leit-nmp_en.pdf)
- European Commission, 2012, A Stronger European Industry for Growth and Economic Recovery, COM (2012) 582,  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0582:FIN:EN:PDF>
- European Commission, 2013, Factories of the Future Multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020
- European Commission, 2010, Factories of the Future PPP Strategic Multi-Annual Roadmap
- Manufuture, 2006, MANUFUTURE Strategic Research Agenda
- European Commission, 2013, Factories of the Future: Multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020

## 5. 中国

本章では、中国における次世代製造技術の研究開発に関する取り組みについて述べる。具体的には、次世代製造業に向けたビジョンとして、現在策定中である「中国製造 2025」及びアカデミア発の 2050 年に向けたロードマップについて、現在実施中の政策としては、「国家中長期科学技術発展計画綱要（2006-2020 年）」及び「第 12 次五ヵ年計画（2011-2015 年）」を中心に取り上げる。

なお、中国では、次世代製造技術やそれを活用した製造業を指す言葉として、先進製造という言葉が用いられている。以降、先進製造に用語を統一する。

### 5.1 中国製造業の概要

中国の近代的製造業の基盤は、1953 年以降に構築されはじめた。その後、1953～1978 年の「製造業基盤形成期」、1978～1989 年の「地域的な改革開放政策実験期」、1992～2002 年の「全面的な改革開放政策実施期」、及び 2002 年以降の「WTO 加盟による世界市場進出期」に分けられる。

中国では、1992 年 1 月に中国国家最高指導者の鄧小平氏が南部を視察し、各地での改革開放の加速を呼びかけた「南巡講話」をきっかけに、外国の資金と技術を導入し、市場経済化、グローバル化が進み、現在の経済成長期につながっている。2001 年の WTO 加盟を経た後も、経済成長が続いており、中国の製品は世界中に輸出されるようになってきた。

この時期の特徴として、低い人件費、安価な生産原材料と中国政府の優遇政策などが中国の強みとなっている点が挙げられる。一方、短期的な経済成長のみに注目し、先進国で淘汰された古い技術や設備を導入したり、環境負荷の高い工場を誘致したため、環境やエネルギー面の課題が大きい。そして、急速な経済成長に伴う人件費の上昇も、中国製造業を悩ませる新たな課題である。更に、2010 年以降になって、恵まれた環境で育てられた「90 後」<sup>1</sup>は製造業のブルーカラー労働に対する意欲が極めて低く、「若い世代の製造業離れ」問題と合わせて、如何にして製造業の労働力を確保するかが大きな課題になってきた。

#### 5.1.1 製造業の位置づけ

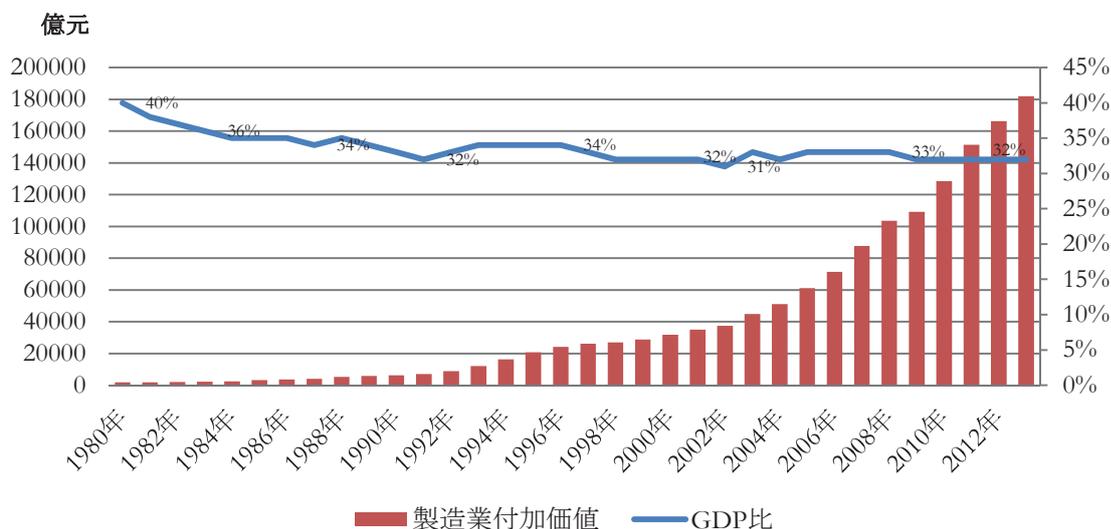
製造業は中国経済の最も重要な柱であり、輸出においても極めて重要な産業である。その成長に大いに拍車をかけたのは、1992 年からの改革開放政策の全面的推進、2001 年の WTO 加盟による世界市場への進出が考えられる。改革開放政策の直後に GDP の 40%を占めた製造業の付加価値は、33 年間のサービス業の発展に伴い、対 GDP 比で 32%まで下がりつつある（図表 5-1）が、依然として GDP の三割以上を占めている。

製造業輸出額が全体の輸出額に占める割合は、1985 年には 26%しかすぎなかったが、その後の五

<sup>1</sup> 1990 年以降に生まれた世代を指す用語である。

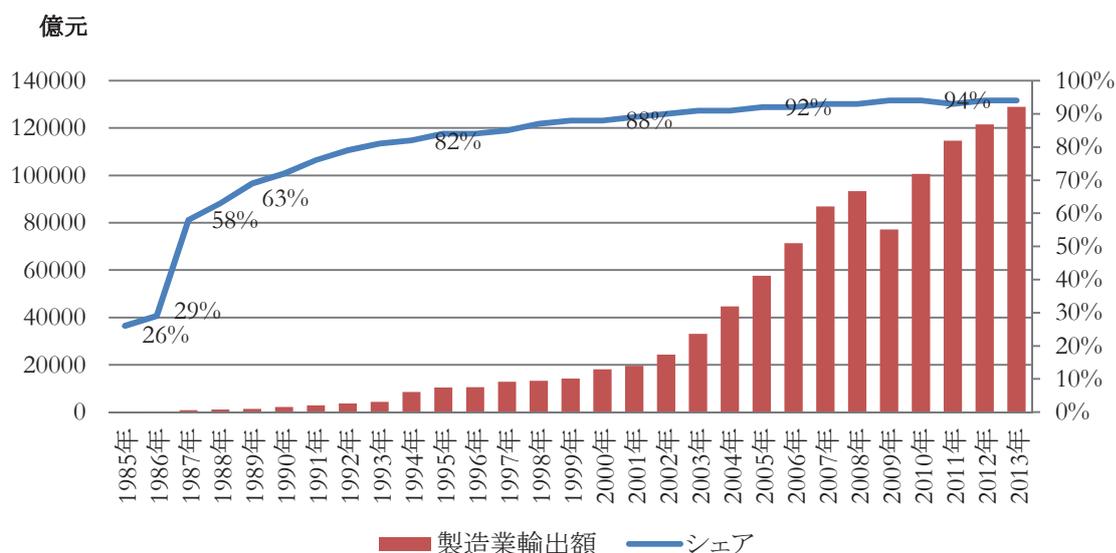
年間で急増し、最終的に2013年には94%になっている。1980年代には、中国政府は「市場を持って技術と交換する」戦略を打ち出し、輸出商品を農産品や石油など一次製品から工業製品に切り替えたとの見方が強い。

図表 5-1 中国製造業付加価値（各目値）と対 GDP 比<sup>2</sup>（1980～2013 年）



出典：中国国家统计局及び World Bank の統計データ

図表 5-2 製造業輸出額と輸出額シェア（1985～2013 年）



出典：中国国家统计局及び World Bank の統計データ

<sup>2</sup> GDP データは中国国家统计局の統計データを抽出し、製造業付加価値対 GDP 比は World Bank の統計データを抽出した。中国製造業付加価値は「中国 GDP×製造業付加価値対 GDP 比」によって計算されたものである。

### 5.1.2 特徴的な分野と動向

2000年代後半、中国は「世界の工場」に加えて「世界の市場」にもなり、中国の主な産業はこの過程で世界有数のサプライヤーになってきた。また、中国で大きなシェアを確保しながら、世界市場に進出する大手民間企業も現われてきた。例えば、携帯端末産業（北京小米科技（シャオミ）、電子デバイス産業（レノボ、ファーウェイ（Huawei））、工作機械（大連機床グループ（DMTG））、建設機械産業（三一重工）などが挙げられる。

近年、中国は特許申請件数が世界一となり、国際特許のランキング上位に中国企業が顔を出すようになってきた。民間企業の活発な参入と激しい競争を背景に生産システムやビジネスモデルでも独自のスタイルを確立しつつあり、外国企業はこれを無視できなくなっている。

更に、宇宙技術、スパコン技術及び高速鉄道システムが国有企業によって技術開発が行われ、すでに強い国際競争力を持つようになった。大型航空機製造にも力を注いでおり、その成果が期待されている。

### 5.1.3 課題

中国は2008年以降、輸出総額が5年間連続で世界第一位となり、第二位のドイツとの差が拡大しつつある。「Made in China」がすでに世界各国の日常生活に浸透しており、「製造大国<sup>3</sup>」という名を手に入れたものの、国内では外資からの技術導入への依存度が高く、あるいは製造プロセスにおける高い環境負荷、低いエネルギー効率と生産技術力、人件費の上昇といった課題を抱えている。

そして近年、1990年以降に比較的豊かな環境で育てられ、大学進学率の高い世代（通称、90後）が就職の時期を迎えた。しかし、この若い世代の人々は製造業への憧れがないため、労働力人口が減っていないにもかかわらず、特定の地域において製造業の労働力不足が発生している。

また、産業技術力においては、大半の企業がドイツのインダストリー4.0で言うところの第2次産業革命レベルの電気エネルギーによる大量生産を行っている状況にあり、情報技術を駆使した生産自動化のような第3次産業革命レベルに達していない。中国は「製造強国」となるまでには距離がある。

更に、2008年のリーマンショックの後、欧米先進国は製造業の重要性を再認識し、独自の次世代製造技術に関する政策を打ち出し、最新のICT技術や材料技術などを融合し、製造業強化を支援している。中国は上述のように国内固有の課題を抱えながら、いかにして次世代製造技術の舞台で先進国と競争するのか考えていかなければならない。このためのイノベーションが求められている。

## 5.2 中国の経済状況と指標

改革開放政策の実施に伴い、中国の名目GDP成長率は1980年から平均で10%以上を維持し

<sup>3</sup> 中国語の表現には、「製造大国」と「製造強国」があるが、前者は生産量を強調する用語で、後者は技術や製品の品質を強調する用語である。

てきた。2000年以降2007年の14.2%がピークであり、その後4年間は9%台を維持し、近年に更に7%台までに下がってきた。

中国の名目GDP総額は2010年に日本を抜き、世界第二位の経済大国になった。一方、13.6億（2013年）の人口を抱え、一人あたりの平均収入はまだ低いままである。他方、都市部の収入は農村部の3倍もあり、格差がまだ大きい。

図表 5-3 中国の経済活動人口と失業率（1978～2013年）



出典：中国統計年鑑各年

経済活動人口<sup>4</sup>は、2013年には1978年と比較して3億人近く増加したものの、近年増加率が低化している。一方、国家統計局によれば2014年の労働力人口<sup>5</sup>が前年比で371万人減少し、労働人口が三年間連続で減少している。中国は人口大国にもかかわらず、労働力不足の問題がますます深刻化している。

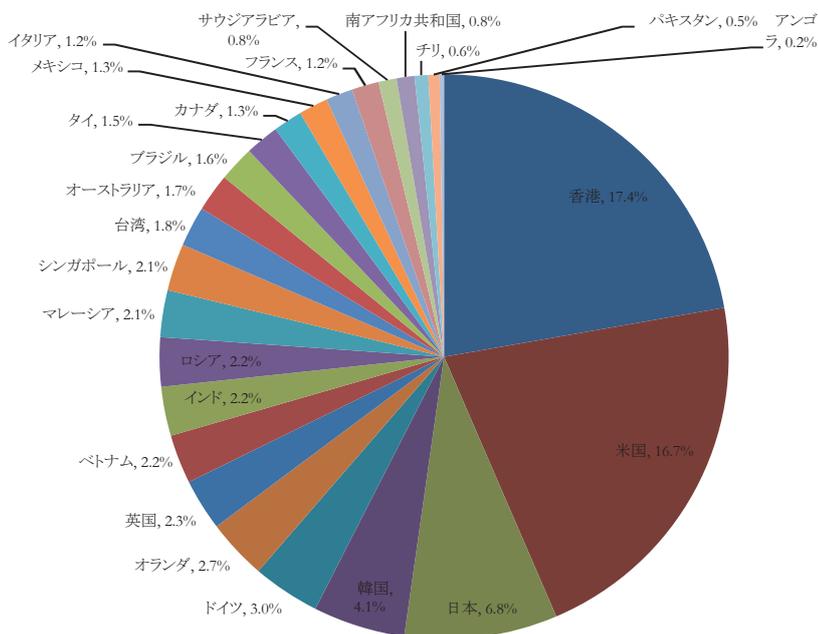
失業率においては、1990年代の改革開放政策の拡大と加速に伴い、国有企業の経営不振や倒産、及び農業人口の都市への流れにより、失業率は2003年にピークを迎えた。それ以後、労働力の供給と需要のバランスが取れるようになり、失業率は4%台に安定している。

図表 5-4、図表 5-5 に示す通り、中国の輸出先の国・地域の構成比においては、上位5カ国が輸出額の6割を占め、とりわけ米国と香港への依存度が極めて高いといえよう。品目別の輸出においては、一次製品の割合が比較的 low、工業製品は95%以上を占め、そのうち、主力品目は「機械・輸送設備（47.0%）」「雑製品（26.3%）」「紡績製品、ゴム製品、鉱産物製品（16.3%）」となっており、2013年の伸び率（2012年比）は8%という高水準であった。

<sup>4</sup> 15歳以上、実際に経済活動に参加している人口を指し、就業人口と失業人口の和である。

<sup>5</sup> 15-64歳という年齢層で労働する能力と意思を持つ者の数という。

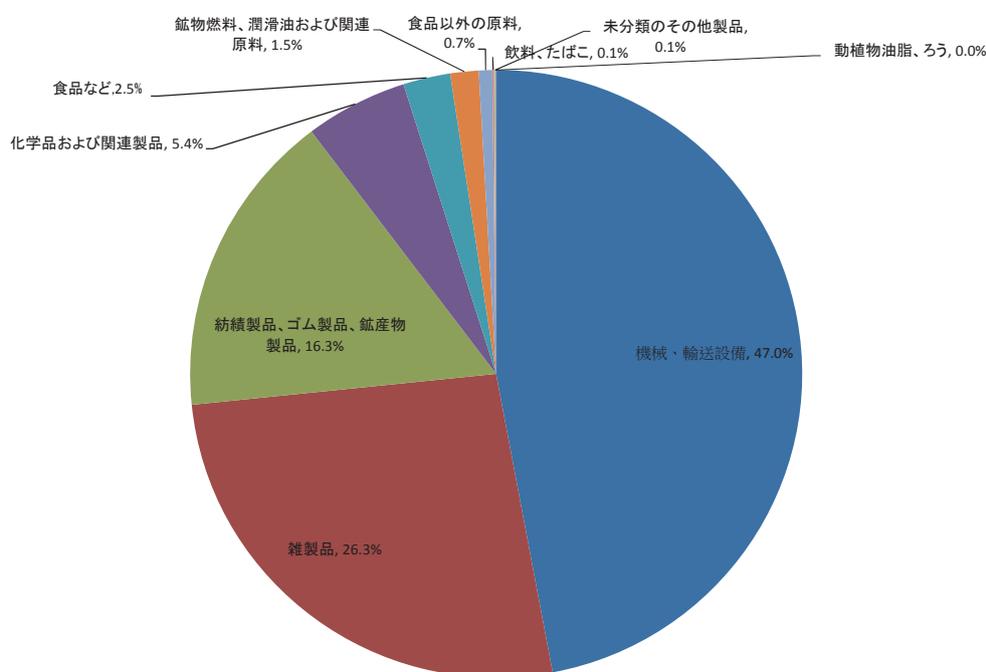
図表 5-4 中国輸出統計 (2013年、国・地域別構成比)



出典：ジェトロウェブサイト

図表 5-5 中国輸出統計 (2013年、品目別)

単位：(百万ドル)



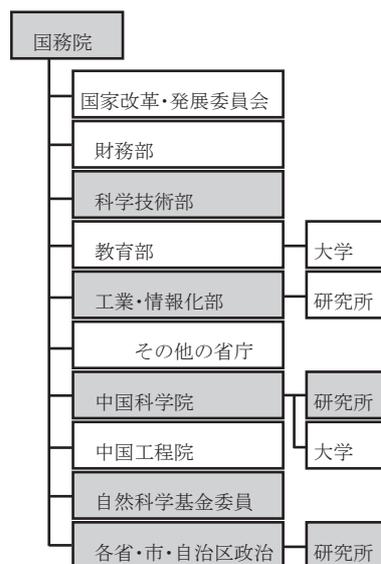
出典：ジェトロウェブサイト

### 5.3 中国の次世代製造技術に関連する施策

中国における研究開発の推進に係る主な政府機関は、「国務院」「科学技術部」「国家自然科学基金委員会」「中国科学院」「工業・情報化部」「各省・市・自治区の公立研究所」等となっている。

ここでは、次世代製造業に向けたビジョンについて、現在検討中のものも含め紹介するとともに、既の実施されている政策、プログラムについて紹介する。

図表 5-6 中国科学技術行政図



出典：中国政府

#### 5.3.1 次世代製造業に向けたビジョン

中国では現在、工業・情報化部が中心となり、次世代製造業に向けたビジョンを策定している途中である。本節では、そこで検討されている内容を紹介するとともに、アカデミア発のビジョンとして策定された、中国科学院の研究開発ロードマップを紹介する。

##### (1) 中国製造 2025（工業・情報化部）

2014年1月に、中国工程院（CAE）の「製造強国戦略プロジェクト」のメンバーが、中国国務院馬凱副総理に、「中国製造（Made in China）」構想を提案し、高く評価された。その後、馬凱副総理が中国工業・情報化部(MIIT)、中国工程院（CAE）と関係省庁に、中国版の次世代製造技術戦略である「中国製造 2025」戦略を策定する指示を出した。「中国製造 2025」（中国製造 10ヶ年計画）を通じて製造大国が製造強国になることを目指す。これを、ネットワーク化、デジタル化、知能化等の技術を開発、利用し、工業化と情報化を高度に融合させること等で実現する方針を打ち出している。ここでは、後述する重大特定プロジェクト等に指定されているハイエンド装置、集積回路や、航空産業に加え、インターネットと製造業との融合を促進する行動計画の策

定等が内容として盛り込まれている。

図表 5-7 中国製造業 10 年計画（中国製造 2025）

策定機関：工業・情報化部、国家発展改革委員会、科学技術部、国有資産監督管理委員会				
目標	製造大国から製造強国への転換 <ul style="list-style-type: none"> <li>・Efficiency 生産プロセスとシステム効率化による生産技術の効率化</li> <li>・Energy/Emission Reduction エネルギー効率の向上と排出量削減</li> <li>・Ergonomic Engineering 人間工学知識を利用し、ヒトと機械の創造的協働を実現</li> </ul>			
方針	工業化と情報化の高度な融合：ネットワーク化・デジタル化・知能化等の技術を開発・利用 <ul style="list-style-type: none"> <li>・生産要素駆動型→イノベーション駆動型</li> <li>・労働コスト競争優位性→高品質・高効率競争優位性（知能化）</li> <li>・生産型製造業→サービス型製造業</li> <li>・高環境負荷製造→グリーン製造（低環境負荷製造）</li> </ul> 財政による利息補助、減価償却加速化等による在来産業の技術改良促進 過剰生産能力の改組や、M&A を通じた競争力強化支援			
重点施策	<table border="0"> <tr> <td>「インターネット+」行動計画策定 モバイルインターネット、クラウドコンピューティング、ビッグデータ、モノのインターネット等の製造業との融合促進</td> <td>重大特定プロジェクトの実施  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ハイエンド装置</li> <li>・新素材</li> <li>・航空エンジン</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・集積回路</li> <li>・バイオ医薬品</li> <li>・ガスタービン 等</li> </ul> </td> </tr> </table>	「インターネット+」行動計画策定 モバイルインターネット、クラウドコンピューティング、ビッグデータ、モノのインターネット等の製造業との融合促進	重大特定プロジェクトの実施 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ハイエンド装置</li> <li>・新素材</li> <li>・航空エンジン</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集積回路</li> <li>・バイオ医薬品</li> <li>・ガスタービン 等</li> </ul>
「インターネット+」行動計画策定 モバイルインターネット、クラウドコンピューティング、ビッグデータ、モノのインターネット等の製造業との融合促進	重大特定プロジェクトの実施 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ハイエンド装置</li> <li>・新素材</li> <li>・航空エンジン</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集積回路</li> <li>・バイオ医薬品</li> <li>・ガスタービン 等</li> </ul>		

出典：政府活動報告（2015年3月）、張淑麗（2014）、朱森第（2014）

現時点で、戦略の草案は関連省庁、産業界及び研究機関の専門家の中で議論されている段階であり、2015年に発表される見通しである。

## (2) 中国科学院による 2050 年に向けた研究開発のロードマップ

中国科学院は国内最大の研究機関であり、科学技術分野での基礎的な研究活動に留まらず、応用分野なども含めた国全体の競争力の強化にも資する活動を行っている。

2009年、中国科学院は「2050年に向けた研究開発のロードマップ」を公表した。一般に、先進製造においては製造機器と情報通信の融合が求められるが、そのような観点からこのロードマップでは「ユビキタスネットワーク技術」と「グリーン製造技術」を重要な要素技術と位置づけている。これらの技術が発展すれば、製造プロセスや製品デザインだけでなく、企業の意思決定や顧客との関係の改善にも寄与する可能性があるとしている。

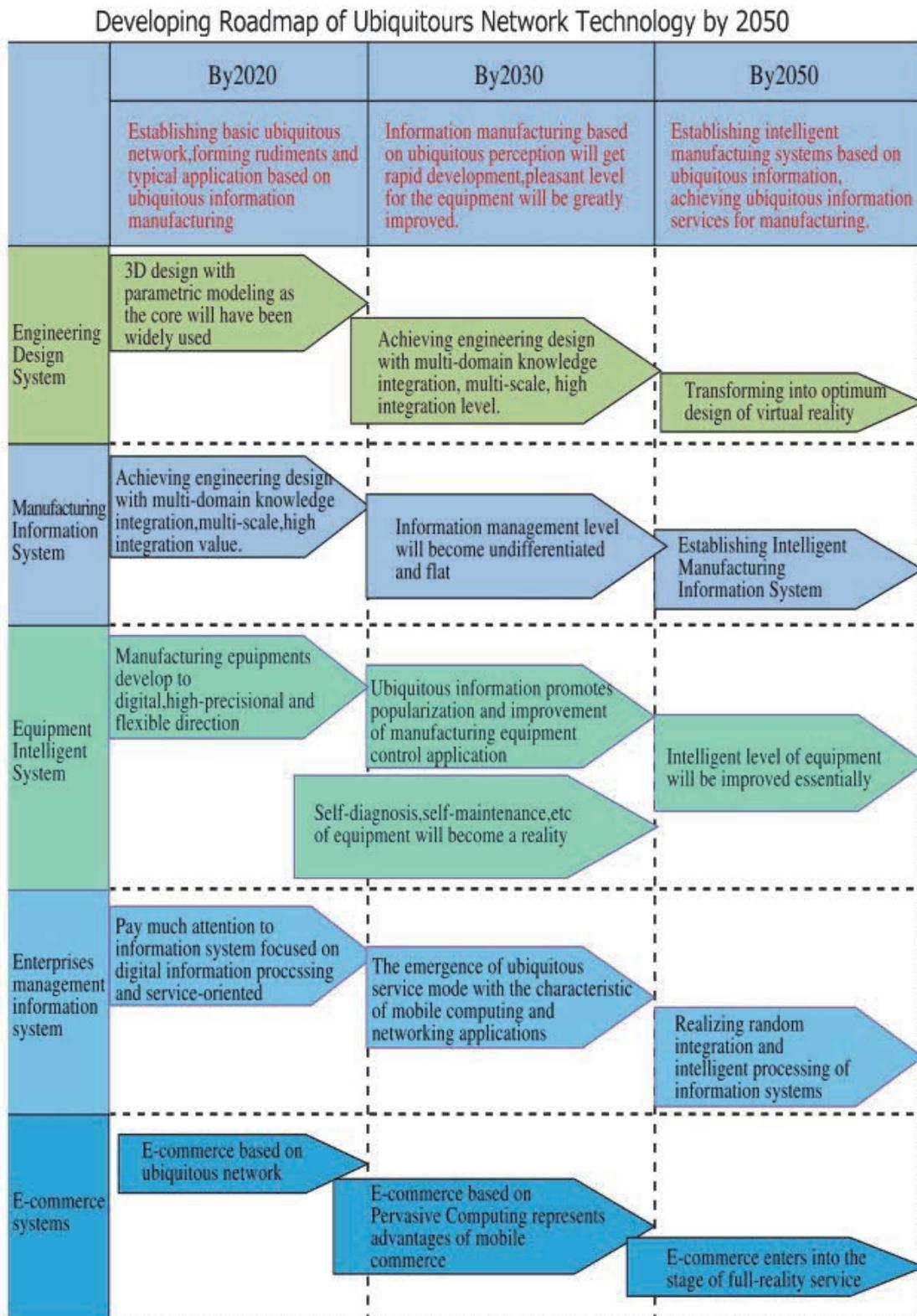
中国科学院では、RFID技術、センサーネットワーク技術、MEMSなどの発展を背景に、「ユビキタスネットワーク・テクノロジー」は先進製造の重要な要素技術の一つと考えている。そして中国科学院は、「ユビキタスネットワーク・テクノロジー」の構成要素として「製品デザインシステム」「製造情報技術システム」「企業マネジメント情報技術システム」「インテリジェント

装置製造システム」「電子商取引システム」を位置づけている。

さらに製造にかかる環境への負荷を削減する観点から、「グリーン製造技術」の重要な要素技術として「グリーン資源転換プロセス」「新エネルギー代替技術」「分散型グリーン製造技術」を位置づけている。

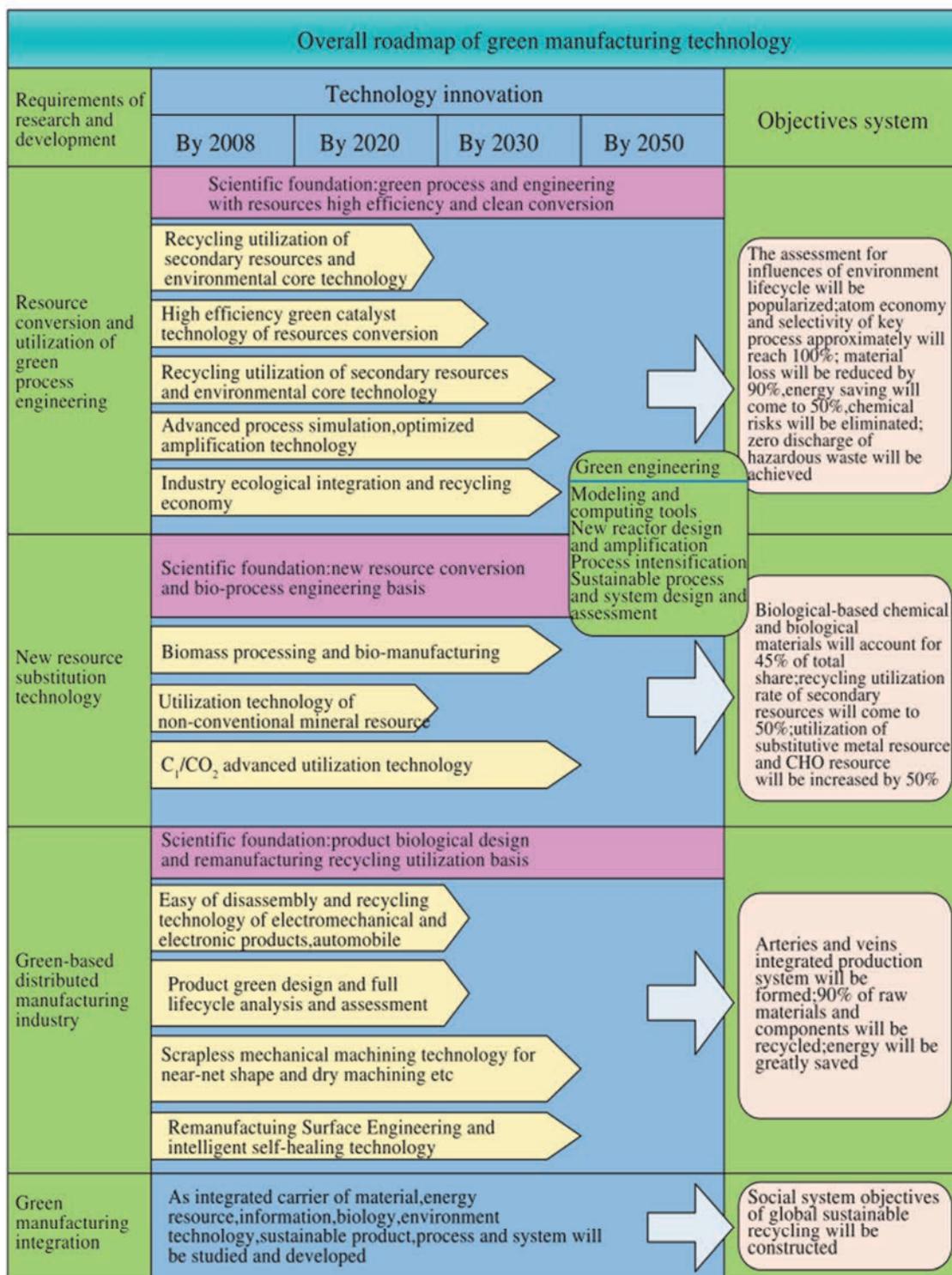
グローバル化、情報化、インテリジェント製造などが進展する中で、「ユビキタスネットワーク・テクノロジー」と「グリーン製造技術」が今後どのような進化を目指すのか、中国科学院が作成した「ユビキタスネットワーク技術（図表 8）」と「グリーン製造技術（図表 9）」に関して 2020 年、2030 年、2050 年の三段階に分けたロードマップを示す。

図表 5-8 ユビキタスネットワーク技術ロードマップ



出典：Advanced Manufacturing Technology in China：A Roadmap to 2050

図表 5-9 グリーン製造技術ロードマップ



出典：Advanced Manufacturing Technology in China：A Roadmap to 2050

### 5.3.2 先進製造技術の研究開発に係る政策

現在、中国において実施されている先進製造技術の研究開発について述べられた政策としては、中国の研究開発全般について15年間の長期的な方針を示した、「国家中長期科学・技術発展規画綱要（2006-2020年）」がある。また、より具体的な施策については、5年ごとに策定される「五カ年計画」に記述されている。本節では、先進製造技術に関する研究開発の方針について紹介する。

#### (1) 「国家中長期科学・技術発展規画綱要（2006-2020年）」（国務院）

2005年末に公表された、科学技術政策の基本方針を示した「国家中長期科学・技術発展規画綱要（2006-2020年）」（以下、「科学技術中長期計画」）には、将来的に新しい市場のニーズを見据え、新しい産業を育成する際の基盤技術である「先端技術」の1つとして、先進製造技術が指定されている。

「科学技術中長期計画」には、国力の総合的な向上や、現在の中国にとっての技術的空白領域を埋めることを目的として16の重大特定プロジェクトを指定すると同時に、将来の新しい市場のニーズを見据え、新しい産業を育成する際の基盤技術である「先端技術」を指定した。先進製造技術は先端技術の一つであり、「情報技術との融合」「極限製造<sup>6</sup>」「グリーン製造」という方向性が決められ、極限製造技術、次世代ロボット技術<sup>7</sup>、重要製品や大型設備の寿命予測技術が重点分野とされている。詳細な技術分野は、図表5-10に記載する。

図表 5-10 「科学技術中長期計画」における先進製造技術の方向性と技術分野

方向性	情報技術との融合	
	極限製造	
	グリーン製造	
技術分野	極限製造技術	ナノ・マイクロ電気機械システム
		ナノ・マイクロ製造技術
		超精密製造
		巨大システム製造
		強磁場による設計、製造およびモニタリング技術
	次世代ロボット技術	スマート制御および応用システム
	重要製品や大型設備の寿命予測技術	部品構成成分・成形加工による寿命への影響
		知識ベースの成形プロセスの自動モデリング
		製造プロセスのオンラインモニタリングおよび検査技術
		部品の寿命予測技術
	重大製品、複雑システムおよび大型施設の安定性、安全性、寿命の予測技術	

出典：科学技術中長期計画

<sup>6</sup> 極限製造とは、高温や低温、強磁場など極端的条件において、きわめて複雑な性能を持つ巨大な又は微少な部品・システムを生産することを意味する。例えば、マイクロ電気機械システム、マイクロ・ナノシステム、超精密・微細加工技術など。

<sup>7</sup> 構造化されていない環境で人類に特定のサービスを提供するロボット、例えば、警備ロボットや医療ロボットなど。

## (2) 「国民経済・社会発展第12次五カ年計画（2011-2015年）」（中国共産党第十七次大会）

前述のように、中国経済は著しい経済成長を遂げた一方、中国の成長は大量の資源投入によって支えられており、環境への負荷も大きい。持続的な成長のために、既存の生産技術の高度化と資源節約型かつ環境への負荷の低い経済成長モデルに転換せざるを得なくなっている。中国政府がこの問題についてすでに認識し、外資の技術導入戦略から技術の自主的開発へのシフトを図り、2005年末に科学技術基本政策である「科学技術中長期計画」を打ち出している。8の先端技術分野を中長期的に推進することで、産業の高度化を目指す方針である。

また、金融危機以来の景気低迷を懸念した先進国は、新たな産業へ舵を切ることによる景気回復政策として、米国は2008年11月にグリーンニューディール政策を打ち出し、日本は2010年6月にグリーンイノベーションによる環境・エネルギー大国戦略を含む新成長戦略を打ち出している。中国は世界金融危機に直面し成長率が急減したことを背景に、中長期の産業高度化目標に従い、短期間で景気回復することを目標に掲げた、2010年10月「中国国民経済・社会発展 第12次五カ年計画綱要（以下、経済・社会12.5計画）」を公表した。そこでは「科学技術中長期計画」における8の先端技術をベースに、資源・エネルギーの消費量が低く、経済成長に貢献し雇用を生み出す産業を7つ抽出して、改めて産業高度化を推進する方針を打ち出した。これが戦略的新興産業である。

図表 5-11 「科学技術中長期計画」と「経済・社会12.5計画」の関連性

科学技術中長期計画（2006～2020年）	経済・社会の12.5計画（2011～2015年）
目標：産業高度化	短期的目標：景気回復 長期的目標：戦略的新興産業の育成による、産業高度化
先端技術分野： ① 情報技術 ② バイオ技術 ③ 先進製造技術 ④ 海洋技術 ⑤ レーザー技術 ⑥ 宇宙技術 ⑦ 先進エネルギー技術 ⑧ 新材料技術	戦略的新興産業： ① 省エネ・環境産業 ② 次世代情報産業 ③ バイオ産業 ④ ハイエンド装備製造業 ⑤ 新エネルギー産業 ⑥ 新材料産業 ⑦ 新エネルギー自動車産業

出典：「科学技術中長期計画」及び「経済・社会12.5計画」

「科学技術中長期計画」の先端技術分野と関連性が少ない「省エネ・環境産業」「新エネルギー自動車産業」が新規に戦略的新興産業に指定され、「新エネルギー産業」を加えられたことで、環境負荷の低い産業戦略を目指すことが明確になりつつある。「経済・社会 12.5 計画」では、この7つの産業が GDP に占める割合を 2015 年には 8%、2020 年には 15%にまで上昇させることが目標として設定されている。

図表 5-12 戦略的新興産業戦略の実施段階

期間	2011～2015 年	2016～2020 年	2021～2030 年
GDP に占める割合	5%以下→8%	8%→15%	
重点	戦略的新興産業： 7つ産業抽出  ①省エネ・環境産業 ②次世代情報産業 ③バイオ産業 ④ハイエンド装備製造業 ⑤新エネルギー産業 ⑥新材料産業 ⑦新エネルギー自動車産業	イノベーション力 個別分野を、世界レベルへ  ・中核な技術を把握 ・国際的影響力を有する大企業 イノベーション力を有する 中小企業 ・整備されたバリューチェーン ・戦略的新興産業クラスターの形成	イノベーション力 世界の先進レベルへ

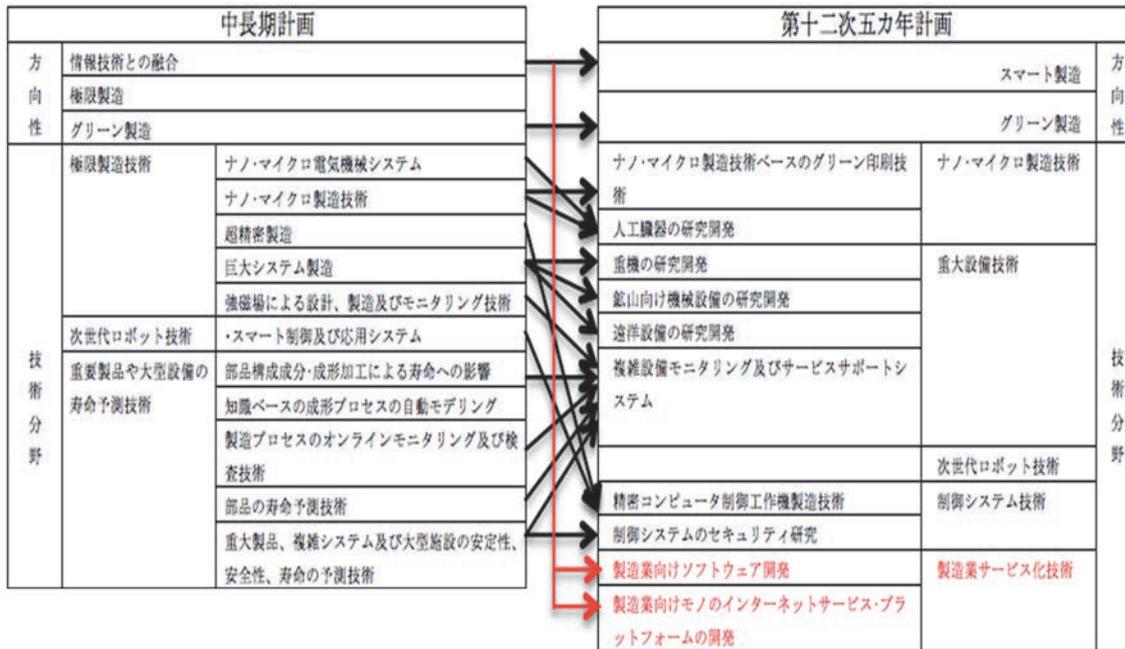
出典：経済・社会 12.5 計画

### (3) 「国家第 12 次科学技術発展五カ年計画（2011-2015 年）」（科学技術部）

2008 年リーマンショック以来、欧米や日本は自国の産業の優位性を強める姿勢を示してきた。中国政府も中期的に産業構造の調整が必要と考え、2011 年 7 月に中国科学技術部が「科学技術中長期計画」の二期目の実施策として、「国家第 12 次科学技術発展五カ年計画（以下、「科学技術 12.5 計画」）」を打ち出した。先進製造技術は「先端技術」という位置づけは変わらないが、方向性はグリーン製造とインテリジェント製造<sup>8</sup>に絞られている。また、5つの最優先課題と 10の重点技術が指定されている。

<sup>8</sup> IM Intelligent Manufacturing、自動的に環境の変化や生産プロセスの調整に適応し、オペレーターから最小限の管理と援助で多種多様な製品を生産する製造方式のことである。

図表 5-13 「科学技術中長期計画」及び「科学技術 12.5 計画」における先進製造技術分野とその変遷



出典：「科学技術中長期計画」及び「科学技術 12.5 計画」

図表 5-13 の通り、「科学技術中長期計画」の技術分野は分化や統合の結果、「科学技術 12.5 計画」よりも技術分野が明確になっている。ただし、次世代ロボット技術の具体的研究分野においては、「科学技術 12.5 計画」には言及されていなかった。また、「科学技術 12.5 計画」には「情報技術との融合」という表現が消えたが、その代わりに「インテリジェント製造」という表現が使われている。

### 5.3.3 研究開発プログラム

中国中央政府の研究基金としては、主として科学技術部の「ハイテク発展計画（863 計画）」と国家自然科学基金委員会（NSFC）の先進製造技術の競争的資金があげられる。2008 年から 2014 年までの間、科学技術部は「863 計画」で 2 億 550 万元（約 46 億円）を投入した。特筆すべき点としては、「863 計画」の資金を受け取るには、研究者が競争的資金と同額の研究資金を自前で用意しなければならないという点であり、つまり、研究資金総額が倍の 5.1 億元（約 92 億円）になるわけである。一方、NSFC は 2015 年までに 2180 万元（約 3.8 億円）しか投入しなかったが、2014 年に国家航天局の傘下にある中国航天科学技術グループとの協議で、これからの 2 年間で宇宙向けの先進製造技術に 1.5 億元（約 27 億円）を投入する予定である。これは、先進製造に関する競争的資金の 35.2%を占め、宇宙技術分野をリードすることが目的といえる。

図表 5-14 863 計画及び NSFC が拠出する先進製造に関する競争的資金

研究資金機関	プロジェクト名	総額	期間
科学技術部 863 計画	介護型ロボット技術	2200 万元 (約 4 億円)	2008 年 12 月 - 2010 年 10 月
	埋め込み型人工心臓技術	500 万元 (約 9 千万円)	2009 年 9 月 - 2010 年 12 月
	MEMS 部品設計、製造及び応用技術	8800 万元 (約 15.9 億円)	2011 年 1 月 - 2013 年 12 月
	高性能四足型ロボット技術	4500 万元 (約 8.1 億円)	2011 年 1 月 - 2013 年 12 月
	オートメーション向け無線技術 (WIA)	4500 万元 (約 8.1 億円)	2011 年 1 月 - 2014 年 12 月
	クラウド・マニュファクチャリング向けプラットフォーム技術	5000 万元 (約 9 億円)	2011 年 1 月 - 2013 年 12 月
国家自然科学基金委員会 (NSFC)	先進的工作機械のマルチボディのダイナミクスと制御技術	1040 万元 (約 1.9 億円)	2011 年 - 2014 年
	新型オプトエレクトロニクス材料の精密研磨加工技術	1040 万元 (約 1.9 億円)	2011 年 - 2014 年
	(宇宙局と共同出資) 宇宙技術向け先進製造技術	1.5 億元 (約 27 億円)	2015 年 - 2017 年

出典：863 計画公式サイトと NSFC 公式サイト

### 5.3.4 研究開発拠点

先に述べた、中国科学院のロードマップに合わせて、中国科学院は製造技術レベルが高い地域の地方政府と連携し、先進製造技術向けの研究機関を多く設立した。例えば、西部大開発の中心地である重慶に「インテリジェント製造技術研究所（研究者約 100 名）」、重工業が密集する東北地域に「東北先進製造と材料・大型設備研究地域センター（研究者 4755 名）<sup>9</sup>」「ハルビン産業技術イノベーションセンター」、華東工業地域に「寧波先進製造技術研究所（研究者 130 名）」「合肥先進製造技術研究所（研究者 255 名）」「常州先進製造技術研究開発センター（研究者 500 名余り）」が設置されている。また、吉林省長春市に「光学システム先進製造技術重点実験室」を設置し、全国各地での先進製造技術を推進をしている。

## 5.4 その他の動き

2011 年 4 月にドイツが発表した「インダストリー 4.0」戦略は中国でも注目を集めており、中国の製造業のあり方について盛んに議論されるようになった。2014 年 10 月、李克強総理がドイツを訪問した際に、メルケル首相と「インダストリー 4.0」におけるドイツとの協力を含める「中独アクションプラン」を発表した。具体的には、両国の企業が中心となり、「インダストリー 4.0」を両国における標準化協力委員会のアジェンダにする。そして、両政府は協力のフレームワークを構築し、支援策を策定する。また、工業・情報化部(MIIT)、中国科学技術部 (MOST)、独連邦経済・エネルギー省 (BMWi)、独連邦教育研究省 (BMBF) の間でダイアログを設置することなどが合意された。

先進製造への産業界からの参加は今まであまり進んでいなかったが、2014 年 10 月の「中独アクションプラン」の発表が中国においても先進製造技術への注目が集めるきっかけとなった様子がうかがえる。

<sup>9</sup> 東北地域にある中国科学院 5 つの研究所から構成されたバーチャル研究センターのため、研究者数は合計となる。

## 5.5 参考資料

- 金泽. “The Future Is Now : 如何了结并布局工业 4.0?” 华尔街见闻. 2014 年 12 月 1 日. 2014 年 2 月 20 日.
- 朱森第. “我国先进制造技术的进展和展望.” The Advisory Committee for State Informatization(ACSI) <http://www.acsi.gov.cn/WebSite/ACSI/UpFile/File731.pdf>.
- 朱森第. “信息时代的制造业思维.” 先进制造业, 2014 年 11 月: 20-22.
- 朱森第. “提升创新能力, 加快先进制造业发展.” 先进制造业, 2014 年 7 月: 18-20.
- 周少丹、岡山純子. 先進製造技術の研究開発: 中国の事例. 第 29 回研究・技術計画学会年次学術大会, 2014 年 10 月.
- 蘇波. “大力发展先进制造业, 推进中国制造业由大到强.” 先进制造业, 2014 年 7 月: 10 -11.
- 中国科学技術部. 国家第十二次科学と技術發展計画. 中国科学技術部, 2011 年 7 月 4 日.
- 中国共産党中央委員会. “中華人民共和国国民經濟と社会發展第十一次五カ年規画綱要.” 第十次全国代表 第四回会議. 2006 年.
- 中国国務院. 国家中長期科学と技術發展規画綱要 2006~2020 年. 中国国務院, 2005 年 12 月 31 日.
- 严鹏. 近 50 余年中国近代机械制造业史研究述评. Huazhong Normal University Journal of Postgraduates, 2011 年 3 月.
- 张淑丽. “聚焦德国工业 4.0 推进中国制造业转型升级.” 先进制造业, 2014 年 9 月: 48-52.
- 杨乐乐、韩婷婷、李承辉. 我国机械制造业的历史、现状和发展前景. Journal of Henan Science and Technology, 2013 年 8 月.
- 赵刚. 美国先进制造业伙伴计划及对中国的影响. Authoritative Forum, 2012 年 1 月.
- 陆琦. “中国工程院院长周济谈“中国制造 2025”战略: 积极面对智能制造为主导的新工业革命.” 中国科学报, 2014 年 12 月 8 日: [http://www.weibo.com/kexuebao?noscale\\_head=1#\\_0](http://www.weibo.com/kexuebao?noscale_head=1#_0).

World Bank 統計資料

中国国家統計局資料

中国統計年鑑

ジェトロ統計資料

執筆担当者

全体統括	JST/CRDS	フェロー	岡山 純子
米国	JST/CRDS	フェロー	樋口 壮人
ドイツ	JST/CRDS	フェロー	澤田 朋子
英国	JST/CRDS	フェロー	津田 憂子
EU	JST/CRDS	フェロー	山下 泉
中国	JST/CRDS	フェロー	周 少丹
企画・編集	JST/CRDS	フェロー	澤田 朋子
監修	JST/CRDS	特任フェロー	丸山 剛司

※お問い合わせ等は下記ユニットまでお願いします。

CRDS-FY2014-CR-02

**G-TeC 報告書**

**主要国における次世代製造技術の研究開発に係る政策動向**

平成 27 年 3 月 March 2015

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター 海外動向ユニット  
Overseas Research Unit  
Center for Research and Development Strategy  
Japan Science and Technology Agency

---

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町

電 話 03-5214-7481

<http://www.jst.go.jp/crds/>

@2015 JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission. Application should be sent to [crds@jst.go.jp](mailto:crds@jst.go.jp). Any quotations must be appropriately acknowledged.

---



ATTAATC A AAGA C CTA ACT CTAGACC  
CT CTCGCC AATTAATA  
TAA TAATC

ISBN978-4-88890-438-4

TTGCAATTGGA CCCC  
AATTCC AAAA GGCCTTAA CCTAC  
ATAAGA CTCTAACT CTCGCC  
AA TAATC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT CTAAT A TCTAT  
CTCGCC AATTAATA

ATTAATC A AAGA C CTA ACT CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT  
CTCGCC AATTAATA

TTAATC A AAGA C CTA ACT CTCAGACC

AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

ATTAATC A AAGA C CT  
GA C CTA ACT CTCAGACC

0011 1110 000

00 11 001010 1

0011 1110 000

0100 11100 11100 101010000111

001100 110010

0001 0011 11110 000101

