

次世代製造業にみる地域イノベーションの在り方 —先進国の「ITとモノづくりの融合」戦略が目指すもの—

調査部 主任研究員 野村 敦子

目 次

1. はじめに
2. IT融合の進展と地域イノベーション
 - (1) イノベーションの考え方の変化
 - (2) 進展するITと産業の融合
 - (3) 次世代の製造業への取り組み
 - (4) 融合の基盤としての産業クラスター
3. ドイツにおける次世代製造業への取り組み
 - (1) インダストリー4.0
 - (2) インダストリー4.0の実装を担う産業クラスター
 - (3) 地域イノベーションを促進する結節点機能
4. イギリスにおける次世代製造業への取り組み
 - (1) ハイ・バリュー・マニュファクチャリング
 - (2) 産学連携の触媒としてのカタパルト・センター
 - (3) 地域イノベーション・システムへの組込み
5. アメリカの次世代製造業への取り組み
 - (1) アドバンスド・マニュファクチャリング
 - (2) 産学官連携の結節点IMI/NNMI
 - (3) IMIの基盤となる産業クラスター
6. わが国への示唆
 - (1) 明確なイノベーション政策の方向性
 - (2) 地域イノベーションに落とし込むためのフレームワーク
 - (3) 産学官連携の結節点機能
 - (4) わが国が学ぶべき点
7. おわりに

要 約

1. 近年、既存産業とITとの融合により、分野横断的な新技術や新産業を創出しようとする取り組みが活発化している。そのなかでもとくに注目されているのが、ITとモノづくりの融合であり、ドイツの「インダストリー4.0」をはじめ、各国で次世代製造業の実現に向けたプロジェクトが進められている。IT融合は、「システム思考」や「収斂技術」など新しいイノベーションの考え方がベースになっており、既存産業との融合は生産性の向上のみならず、新たな付加価値やビジネスモデルの創出に繋がると期待されている。また、IT融合を進めるに当たり、産学官連携や異業種連携の重要性が一段と高まっており、その基盤として産業集積や産業クラスターが一定の役割を果たすものと考えられる。
2. 製造業のIT融合を通じた競争力の強化は、地域経済や雇用へのインパクトも大きく、先進国の国家イノベーション政策の重要課題とされている。そこで、各国の次世代製造業への取り組みをみると、ドイツでは「インダストリー4.0（第四次産業革命）」の取り組みが進められており、①個別大量生産（マス・カスタマイゼーション）による付加価値の高い製品の生産・輸出と、②生産技術（インダストリー4.0を構成する機械・装置）の海外生産拠点への輸出というデュアル戦略が取られている。インダストリー4.0は国家政策であるものの、戦略の具体的な実行・実装の場として地域の産業クラスターが選定されており、その代表が「it's OWL」である。インダストリー4.0の実現のためには多様な主体の協業が不可欠であり、it's OWLでは地域のクラスター・マネジメント組織やフラウンホーファー研究機構が産学官連携の結節点機能を発揮している。
3. イギリスでは、製造業の復権に向け、国家イノベーション政策として「ハイ・バリュー・マニュファクチャリング（HVM、高価値製造）」が推進されている。製造業の製造工程に焦点を当てるドイツのインダストリー4.0と異なり、次世代製造業の基盤となる技術群を広く包含したイノベーション戦略である。そして、フラウンホーファー研究機構をモデルとして各地にカタパルト・センターが設置されており、地域クラスターの中核としてHVM戦略の具体的な実行を担っている。イギリス政府は、HVMばかりでなく、他の先端分野についても産学官連携の橋渡し機関としてカタパルト・センターの設置を進めており、2030年までに30分野に増やす計画である。また、各地のカタパルト・センターは、LEPs（地域企業パートナーシップ）と協力して、地域の中堅・中小企業のイノベーションの取り組みをサポートしており、一定の成果を挙げている。
4. アメリカでは、製造業の再生・革新イニシアティブとして、大統領のリーダーシップのもと「アドバンスト・マニュファクチャリング（先進製造）・イニシアティブ」が進められている。アドバンスト・マニュファクチャリングとは、革新的な技術を製品の進化や製造プロセスに活用しようとする取り組みである。具体的には、産学官連携の強化によりミッシング・ミドルを克服するため、その基盤となる製造イノベーション機関（IMI）を全米各地に設立するとともに、IMIの全国ネットワークの構築（NNMI）が進められている。IMIは、アドバンスト・マニュファクチャリングの基盤技術のうち特定分野に特化した研究センターであり、公募により選定される。IMIは、アドバンスト・マニュファクチャリングに取り組む地域クラスターの中核として機能し、地域の多様なステークホルダーの参画

のもと、研究開発と商業化の橋渡しならびに地域の中小企業やベンチャー企業の支援を行うこととされている。

5. ドイツ、イギリス、アメリカの次世代製造業戦略の共通点として、①国がイノベーション政策について明確なビジョンと戦略を設定し、これを、②地域イノベーションに落とし込むためのフレームワークが存在していることが挙げられる。さらには、取り組みの基盤となる地域のクラスターに、③多様なステークホルダーを結び付ける結節点が存在し、産学官連携の要として機能している。
6. 一方、わが国でも同様の取り組みが進められているものの、それぞれの施策を有機的に連携させるためのフレームワークの具体像が見えてこないのが実情である。海外の事例を参考に、わが国でも、第1に、国が次世代製造業の実現に向けたロードマップを産業界と共同で策定するとともに、政策実行プロセスを実践の場としての地域に落とし込むフレームワーク作りに取り組むべきと考えられる。第2に、クラスター政策を地域の特色ある産業の活性化を図ることのみにとどめるのではなく、国のイノベーション政策に戦略的に組み込み、ナショナル・イノベーション・システムを構成する要素として位置づけるべきである。第3に、実効性の高い結節点機能が求められる。すなわち、単に公的研究機関を橋渡し機関に衣替えするのではなく、海外の結節点機関の①地域との協働、②組織の自立、③ネットワークの形成、④人材の育成・交流、といった特徴を十分に踏まえて、制度の設計を図る必要がある。

1. はじめに

近年、ドイツの「インダストリー4.0」やアメリカの「アドバンスト・マニュファクチャリング（先進製造）」など、製造工程にITをはじめとする知識基盤技術（Knowledge-based Technologies）を導入した次世代製造業の在り方が提唱され、注目されている。わが国でこれらの取り組みは「スマート工場」や「製造業の高度化」といった文脈で論じられることが多い。しかし、もう一つの重要な側面として、国のイノベーション戦略であると同時に地域の産業クラスターに立脚した地域イノベーション戦略でもあり、既存産業と知識基盤技術の融合による産業集積の高度化・高付加価値化ということがある。

わが国でも、日本版インダストリー4.0の検討が進められている。その実現に向けては、個々の企業の工場、あるいは業界単位のスマート化というレベルを超え、大企業から中小企業・ベンチャー企業、地方自治体や大学・研究機関まで巻き込んだ産業集積とITの融合による高度化、ひいてはわが国産業・社会システムの変革が目指すべき目標であると考えられる。

本稿では、イノベーションにおける新しい潮流をクラスターという地域の基盤を通じていかに国際競争力の強化に繋げるかという視点から、現在世界中で取り組みが進められている次世代製造業について分析を試みる。

具体的には、第2章で製造業とIT融合の進展の背景にある近年のイノベーションの方向性と、実践の場としての産業集積・クラスターの位置付けについて整理する。第3章から第5章で、海外の具体的な事例として、ドイツの「イノベーション4.0」、イギリスの「ハイ・バリュー・マニュファクチャリング」、アメリカの「アドバンスト・マニュファクチャリング」をそれぞれ取り上げ、各国の次世代製造業戦略を概観するとともに、次世代製造業という国のイノベーション政策を地域クラスターの高度化に繋げるために、どのような工夫や仕組みが施されているのか、鍵となる施策はなにか、などについて検討する。最後に第6章でまとめとして、海外事例から得られるわが国への示唆を考察する。

2. IT融合の進展と地域イノベーション

従来、製造業におけるイノベーションといえば、「技術革新」という言葉に代表されるように、個別の技術や製品の高度化が追求されてきた。しかしながら、最近の傾向として、イノベーションの概念の「新結合」（シュンペータ [1912]）が改めて見直されるようになっており、様々な要素を新たな方法や組み合わせで結合することによる、新たな付加価値の創出やビジネスモデルの変革に焦点が当てられるようになっている。次世代製造業への取り組みも、ITとモノづくりの新結合の一環として捉えることができよう。

そこで、次世代製造業の背景にあるイノベーションの考え方の変化やIT融合の動向、地域政策との融合など、最近のイノベーションの潮流について整理すると、以下の通りである。

(1) イノベーションの考え方の変化

既存産業にITを融合しようとする動きが顕在化してきた背景として、イノベーションにおいて「システム思考（Systems Thinking）」や「収斂技術（CTs：Converging Technologies）」など「新結合」に通じる考え方が改めて重視されるようになってきていることが挙げられる。

第1に、「システム思考 (Systems Thinking)」とは、問題解決などの対象を個々の要素のみで部分的に考えるのではなく、全体を俯瞰し、構造をもったシステム (注1) として要素間の関係性などを体系的に捉え、問題解決を行おうとする考え方を指す。「木を見て、森を見る」ともたとえられる。すなわち、単一の技術の発明にとどまらず、その恩恵を広く社会が享受できるようにするために、複数の要素と要素を結び付けるシステムの構築が必要とされるのであり、多様な叡智、技術、産業等を適切に組み合わせ、イノベーションを生み出していくことが一段と重要になっている (注2)。日本経済団体連合会は、「今日の社会のあらゆる課題は複雑に連鎖している。IoTの時代となり様々なものがつながるなか、世界の資源、自然災害、都市人口問題、高齢化問題等の様々な課題の連鎖を俯瞰した『システム思考』が、極めて重要となっている」と指摘している (注3)。デジタル化、ネットワーク化が進み、あらゆるものがインターネットを通じて繋がる時代であるからこそ、なおさら、対象全体を包括的に捉えるシステム思考が重要な意味を持つ。

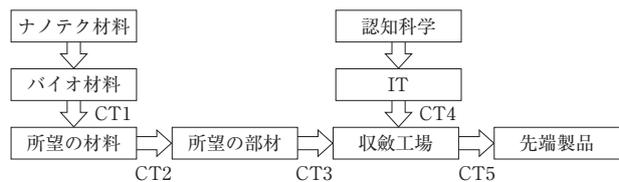
もう一つのキーワードは、科学技術の分野における「Converging Technologies (CTs: 収斂技術、統合技術) (注4)」である。すなわち、今日の社会的なニーズや課題の解決に当たり、細分化された狭い技術領域では対応が困難であり、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、IT、認知科学 (この4領域を総称してNBICとしている) といった基盤となる先端技術を融合 (CTs) する必要があるとの認識が高まっている (図表1)。CTsとは、システム思考的に問題解決の対象の全体を俯瞰しながら、多様な技術・知識を組み合わせ、社会的な便益に繋げていくものと換言してもいいであろう。アメリカでは、2000年初頭より国立科学財団 (NSF) などが「Converging Technologies」を提唱しており、出口を見据えたニーズ指向型・課題解決型のイノベーション政策が推進されている。EUでもアメリカの動きに追随する形で、2003年より課題解決に結び付く技術開発としてCTsへの取り組みが検討されており、分野横断的な新技術、新産業の創出が目指されている。なお、EUでは技術による広範囲の課題解決の土台を築く技術としてITやバイオテクノロジー、ナノテクノロジー、認知科学ならびに人文社会科学を「広領域技術 (Enabling Technologies)」と位置づけている (注5)。

一方、わが国は要素技術への偏重、科学技術・学問分野の縦割りや細分化、基礎研究と応用研究の断絶などが課題であり、システム思考やCTsといった世界の潮流に乗り遅れていることが指摘されている。こうしたわが国の対応の遅れは、国際競争力の低下に表れている (注6)。

(2) 進展するITと産業の融合

このように、イノベーションにおいて「システム思考」や「CTs」など、部分最適から全体最適を目指す傾向が強まるなか、多様な技術や製品、産業、社会システムをITにより結び付け、製品・サービ

(図表1) 収斂技術の考え方 (アメリカの場合)

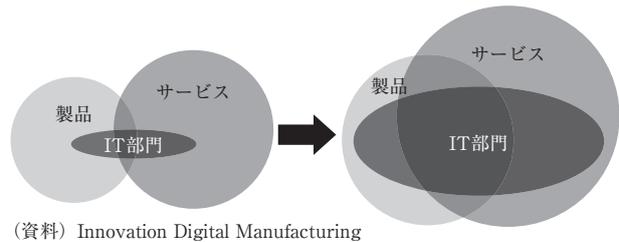


(資料) 日本学術会議 機械工学委員会 生産科学分科会「資源循環型ものづくりを実現するための学術的指針—地球温暖化対策を主対象に—」(2011年8月8日)

(注) CT: Converging Technology

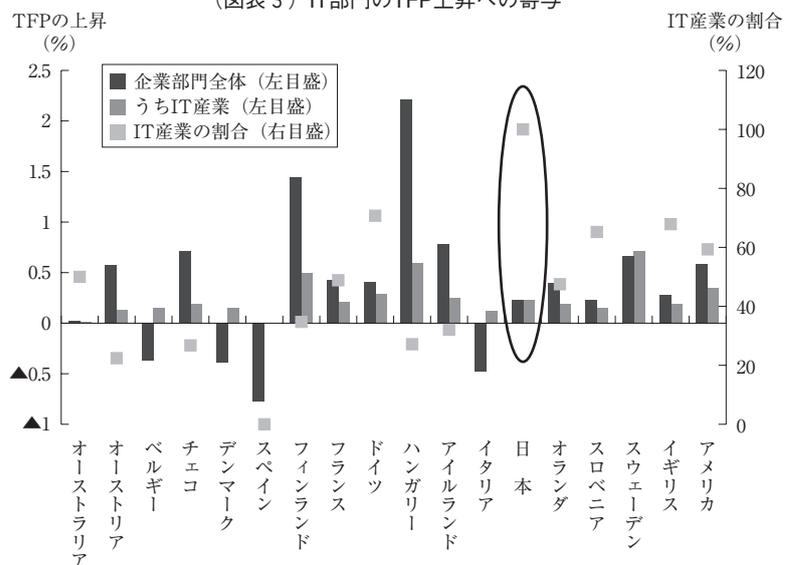
スの高機能化のみならず、いままでにない新たな産業の創出、社会的な課題の解決などを図ろうとする「IT融合」が活発化している（図表2）。例えば、自動車産業ではソフトウェアが新車開発コストにおいて一段と重要な部分を占めるようになってきている（注7）。世界最大の家電の見本市であるコンシューマー・エレクトロニクス・ショー（CES）の2015年の展示において、最大の注目はスマート・カーであり、ITと自動車の二大産業の融合が着実に進んでいる。あるいは、エネルギーの分野では通信ネットワークと電力ネットワークを融合させたスマートグリッドにより、電力の需給コントロールを効率的に行い、電力消費の平準化やコストの低減、最適なエネルギーミックスなどを実現させようとの取り組みが進められている。

（図表2）ITと産業の融合の拡大



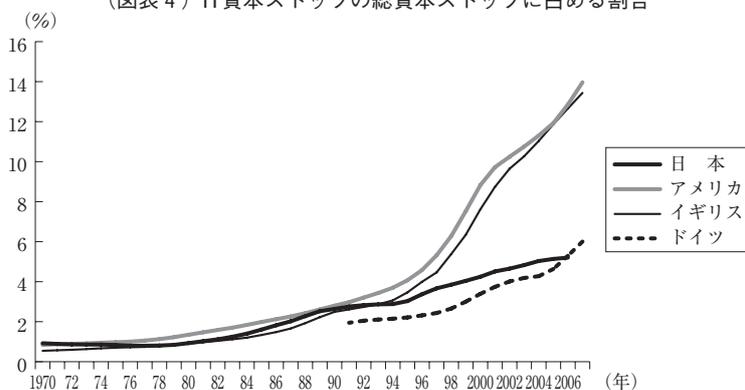
様々な産業分野でIT融合が進められている背景として、一つには、ITの導入が生産性の向上をもたらし、経済成長に寄与するとの考えがある。アメリカでは1995年以降TFP（全要素生産性、注8）が上昇しているが、主に流通業やサービス業などいわゆるIT利用産業にITが導入・活用され、効率化や合理化が進んだことでTFPが上昇し、堅調な経済成長が生み出された。一方、わが国の経済成長が減速している主因として、TFPの上昇率が低迷していることが指摘できる。なかでも、TFPの上昇に寄与しているのはIT産業のみであり、IT産業以外でTFPが伸びていないことが問題といえる（図表3）。わが国は、そもそもIT投資の対GDP比率やIT資本蓄積（図表4）が他の先進国に比べ低い水準にあることに加え、非IT

（図表3）IT部門のTFP上昇への寄与



（資料）Vincenzo Spiezia “ICT investments and productivity: Measuring the contribution of ICTS to growth” OECD Journal:Economic Studies, Vol. 2012/1, January 2013

（図表4）IT資本ストックの総資本ストックに占める割合



（資料）EU KLEMS

部門のIT化が遅れており、さらにはIT投資をTFP上昇に結び付ける人材育成や組織改革など無形資産（あるいは知識資産）への投資が少なかったことが、TFP低迷をもたらしたものと考えられる（注9）。このため、わが国ではとくに非IT部門のIT導入、活用、融合による生産性の向上が重要な課題とされている。

もう一つには、IT融合が新たな価値やビジネスを創出するという期待である。製造業ばかりでなく、サービス業、農業、医療など様々な産業でITの導入・活用により新たなビジネスモデルが生み出されたり、ITを触媒とした複数の産業間の連携により新たな産業が登場するなどしている。例えば、農業分野の「植物工場」（光源、温度、湿度、CO₂濃度などの育成環境のITによる管理・制御）や、医療・ヘルスケア分野の「医療ロボットシステム」（手術ロボットや介護補助ロボットなど）など新たな産業の創出、あるいはメカトロニクスやバイオインフォマティクスのような技術の融合などがある。さらにいえば、ITの導入と活用は、従来縦割りであった産業分野の融合や産業構造の変革、ひいては社会システムの変革をもたらすことが期待されている。

(3) 次世代の製造業への取り組み

既存産業とIT融合の取り組みのなかでも、最近とくに焦点が当てられているのが、製造業である。ドイツの「インダストリー4.0」やアメリカの「インダストリアル・インターネット・コンソーシアム（IIC）」などがその代表であり、インターネット・オブ・シングス（IoT：Internet of Things、モノのインターネット）やセンシング、ロボティクス、AI（Artificial Intelligence、人工知能）、クラウド、ビッグデータ解析など次世代ITの活用による新たな製造業の在り方が提唱されている。

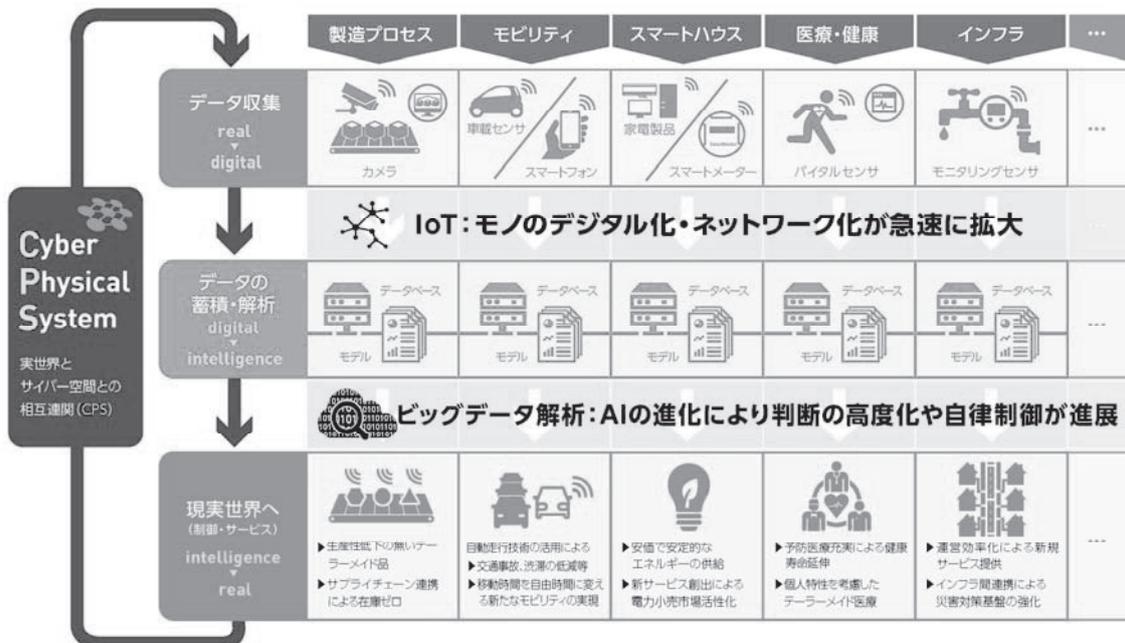
製造業の生産現場ではすでに、コンピュータやロボットの導入による生産の自動化やERP、CAD/CAMなどのIT化が進められている。もっとも、それらはサプライ・チェーン全体でみれば製造工程の一部分へのIT導入であり、主に既存の生産現場における効率化の追求にとどまっていた。それが、上記のイニシアティブではサプライ・チェーン全体を俯瞰しながら、次世代ITの技術の活用とネットワーク化を進め、単なる生産の効率化を超えた生産現場の革新、ひいては製造業の在り方そのものの変革を目指そうとしている。

加えて、これらの取り組みでは「サイバー・フィジカル・システム（CPS：Cyber Physical System）」がキーテクノロジーとされている。すなわち、実世界（フィジカル）にある製造装置や製品、部品、人などにセンサーなどを取り付けて情報を収集し、サイバー空間のコンピュータに蓄積・ビッグデータ解析して現場にフィードバックし、今までにない新たな価値や効率的な運用などを実現しようというものである（図表5）。こうした実世界とサイバー空間の融合は、製造業のみならず交通やエネルギー、医療、都市空間など様々な領域で活用可能であり、各国のイノベーション戦略における重点取組分野の一つとされている。

なお、IT融合についても、IT関連の個々の技術や製品単体のイノベーション（発明）ではなく、ITを取り入れたシステムをどのように構築していくか、その構成要素のネットワーク化や融合により、いかに全体最適を追求していくかというイノベーション（変革）が重視されている。そして、例えばインダストリー4.0についても、ITと製造業の融合によるスマート工場の実現、スマート工場間ネットワー

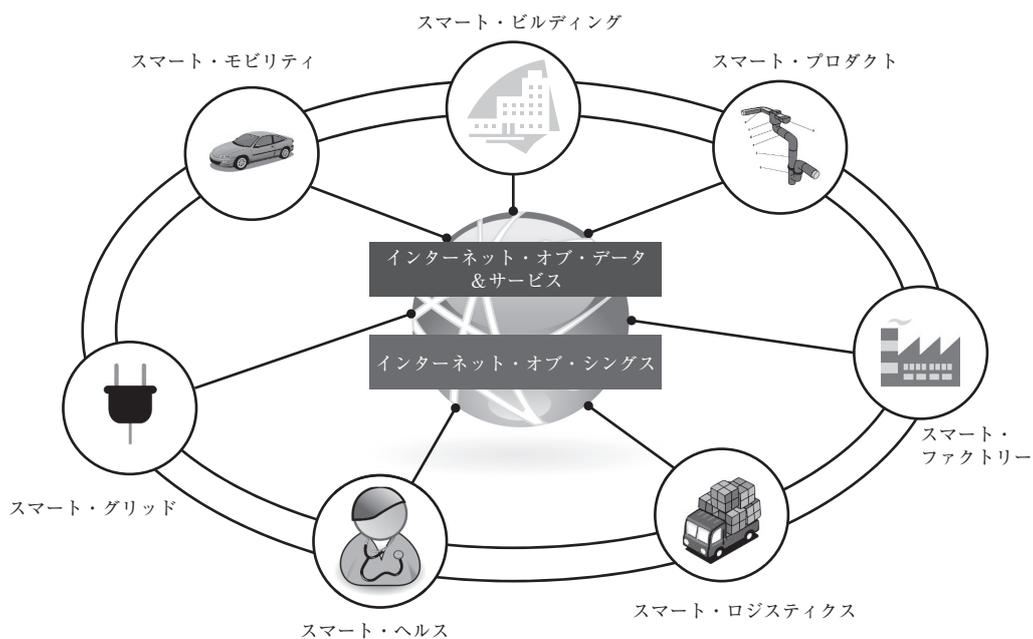
クの構築にとどまらず、スマート・モビリティ、スマート・ロジスティクス、スマート・グリッド、スマート・シティなどとともにスマートな産業社会を構成していく要素となることが想定されている(図表6)。

(図表5) サイバー・フィジカル・システム(CPS)の概要



(資料) 産業構造審議会 商務流通情報分科会 情報経済小委員会中間取りまとめ「CPSによるデータ駆動型社会の到来を見据えた変革」(2015年5月)

(図表6) CPSによる産業・社会システムの変革



(資料) it's OWL Clustermanagement GmbH "On the road to Industry 4.0: Solutions from the Leading-Edge Cluster it's OWL (Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe)"

(4) 融合の基盤としての産業クラスター

ITと産業の融合を通じたイノベーションの追求が目指されるなか、産学官連携や異業種連携の重要性が一段と高まっている。業界や専門領域の枠組みを越え、異なる研究分野や技術分野、産業分野の融合による新たなシステムの構築や全体最適化の追求にあたっては、産学官の多様なプレイヤーの協業による「オープン・イノベーション」が不可欠なためである。

さらには、こうした産学官の多様な連携を促進する触媒・プラットフォームが必要とされ、産業集積や産業クラスターが重要な役割を果たすことになると考えられる。先行研究によれば、イノベーションを創出するにあたり、知識のスピルオーバーや企業間の競争と協業が促進されるような地理的な近接性が主要な要件の一つとされている（注10）。この観点から、「特定分野における関連企業、専門性の高い供給業者、サービス提供者、関連業界に属する企業、関連機関（大学、企画団体、業界団体など）が地理的に集中」（ポーター [1999]）するクラスターは、イノベーションの基盤ともいえる。大企業や大学・研究機関ばかりでなくベンチャー企業の持つ斬新なアイデアや技術の活用、基礎研究から応用研究への橋渡しや社会への実装、イノベーションの成果の中小企業への移転などで、様々なプレイヤーの協業・連携が必要とされ、それらの要素を包含する産業集積やクラスターがその共通基盤（プラットフォーム）として機能する。

一方、産業集積や産業クラスターにおいても、地域イノベーションの促進に当たり、システム思考的に取り組むことが不可欠になっている。従来のがが国の産業集積は、企業城下町に代表される特定産業の大企業を頂点とする垂直統合型の構造が中心であった。しかしながら、単一業界の枠組みのなかでは、生産工程の改良や品質の向上といったプロセス・イノベーションにとどまることになり、時代の要請に対応できずに競争力を喪失することになりかねない。新たな価値やビジネスモデルを創出する産業クラスターとして発展するためには、産業集積の諸要素の多様性と厚み、オープン化が必要とされ（注11）、分野横断的に多様な資源やアイデアを束ね、新たな組み合わせや手法を発見するシステム思考的なアプローチが必要とされる。IT融合を進めるに当たってもシステム思考的に取り組む必要があり、IT融合の動きを既存の産業集積に取り込むことで、その高度化や競争力強化など地域クラスターへの発展に結び付けていくことが可能と考えられる。

（注1）科学技術振興機構によれば、「システムとはある目的を達成するために機能要素を適切に結び付けた複合体」である（「システム構築による重要課題の解決にむけて～システム科学技術の推進方策に関する戦略提言～」）。

（注2）この点について、例えばエジソンが白熱電球の発明にとどまらず、電力供給システムの構築により、多くの家庭やオフィスがその恩恵を享受できるように環境整備を図ったことが示唆に富む（木村英紀編著『世界を動かす技術志向』講談社刊による）。

（注3）日本経済団体連合会「未来創造に資する『科学技術イノベーション基本計画』への進化を求める～第5期科学技術基本計画の策定に向けた第2次提言～」（2015年3月）

（注4）「Converging Technologies」の定義は様々であるが、伊藤 [2007] によれば、NSFの報告書では「特定の目的を達成するために2つ以上の異種の科学や技術を収斂（convergence）する技術」であり、かつ、「他の技術に影響を与えてシステム全体を劇的に変化させるという、“メタ技術”の一種」である、としている（伊藤裕子「イノベーションをもたらすと期待されるConverging Technologies推進の政策動向」科学技術・学術政策研究所『科学技術動向』2007年2月）。

（注5）Alfred Nordmann「欧州社会の未来を築く収斂技術 Converging Technologies-Shaping the Future of European Societies」欧州委員会2004年度報告書（ナノネット調査研究紹介、北村孝雄訳）

（注6）小川 [2014] によれば、アメリカではグーグルやアップルなどが、デジタル化やネットワーク化と、これによるライフスタイルや社会環境の変化などを踏まえ、システム思考に裏打ちされたビジネスモデルを開発して、世界の市場を席巻している。

これに対し、わが国はIT・エレクトロニクス分野を中心に多くの要素技術を創出してきたものの、近年、これらの技術を活用した製品の世界シェアは短期間のうちに下落する傾向にある。DRAMメモリーや液晶パネル、太陽光電池パネルなどで、当初わが国はトップシェアを確保したものの、瞬く間に新興国に追随・追い越される結果となっている。要素技術力だけを高めても収益確保は困難となっており、要素技術を用いた製品や部品（パーツ）の先のビジネスモデル全体の構築（システム）までの俯瞰や、異分野の融合による新たな価値の創造（例えば製造とサービスの融合）が求められているものである（小川絏一『オープン&クローズ戦略—本企業再興の条件』翔泳社、2014年2月）。

（注7）OECD [2013]。

（注8）実質経済成長率は、成長会計の手法を用いて分解すると、労働投入量伸び率、資本投入量伸び率、全要素生産性（TFP：Total Factor Productivity）の伸びから構成される。TFPは、労働や資本の投入の増加による寄与では説明できない残差とされ、量的要素以外の質的要素、具体的には技術進歩や資本・労働の質的向上、効率性の向上、産業の新陳代謝（低生産性部門から高生産性部門への資源配分の移転）等がある。労働力人口や資本の量的拡大が見込めない環境下では、TFPの伸びの維持・拡大が重要となる（経済産業省「通商白書2013」などによる）。

（注9）深尾京司、権 赫旭「日本経済再生の原動力を求めて」在日米商工会議所（2010年11月）、宮川努「アベノミクスと生産性向上」日本生産性本部（2013年7月）などによる。

（注10）代表的な先行研究としては、マーシャル [1890]、ジェイコブズ [1969]、ポーター [1999]、サクセニアン [1995] などがあるが、わが国でも経済地理学の分野などで、イノベーションにおける地理的接近性の重要性が指摘されている。

（注11）この点については、ボストン・ルート128の垂直統合・中央集権型の産業クラスターとシリコンバレーの水平分業・オープンネットワーク型の産業クラスターについて論じたアナリー・サクセニアンの『現代の二都物語—なぜシリコンバレーは復活し、ボストン・ルート128は沈んだか—』（大前研一訳、講談社、1995年1月）が詳しい。

3. ドイツにおける次世代製造業への取り組み

近年のITの発展・普及とともに、産業や社会システムへのIT導入による変革への取り組みが進められつつあるが、その背景やIT融合の動向について前章で整理した。なかでも、製造業のIT融合を通じた競争力の強化は、地域経済や雇用へのインパクトも大きく、先進各国の国家イノベーション政策の重要課題とされているほか、その実践の場として地域クラスターを位置付けることで、地域イノベーションを促進することも視野に入れられている。そこで、ドイツ、イギリス、アメリカにおける次世代製造業への取り組みを取り上げ（図表7）、わが国にとって参考となる事項を抽出する。

（図表7）先進各国の次世代製造業戦略

イニシアティブ名称	Industrie 4.0 (第4次産業革命)	High Value Manufacturing (高価値製造)	Advanced Manufacturing (先進製造)
国	ドイツ	イギリス	アメリカ
年	2010年	2010年(概念は2006年)	2011年
目的	「ハイテク戦略2020」で打ち出された国家イニシアティブ。IoT等の導入により、生産工程の効率化・自動化といったスマート工場の実現のみならず、スマート工場間、異業種間、モノやサービスの連携により、モノづくりの在り方を根底から変革。	HVM(高価値製造)とは最先端技術知識と専門知識を応用した製品や生産プロセス、関連サービスを創造し、提供する産業。カタパルト・センターにより、大学等に集積する高度な技術・知識の産業界への移転を促し、多様な製造業を支援、研究成果の迅速な商業化を目指す。	オバマ政権が推進している製造業の再生・革新イニシアティブ。革新的な技術を製品の進化や製造プロセスに活用しようとするもの。既存の製品の新たな製造方法と先進的な技術から生まれた新製品の製造の両者を含む。
具体的内容	①すべての製品は製造に必要なデータを装備、②製造工程のすべての機械がネットワークにつながり自立的に動作、③生産状況に応じて機械、プロセスが適宜最適化 ⇒製造工程の高度化ならびに製品の高付加価値化を図るもの。	先進成型、先進製造、プロセスイノベーション、複合材料等の七つの既存の研究センターを高価値製造業分野のHVMカタパルト・センターとして1つに統合。個々の企業や大学だけでは投資できないような最新研究設備を整備。	①情報、自動化、コンピュータによる計算、ソフトウェア、センシング、ネットワーク等の先端技術の利用と結合に支えられ、②物理学、生命科学により実現した最先端材料や新たな機能(例えばナノテクノロジー、化学、生物学)を利用した一連の活動。
重点分野	サイバー・フィジカル・システム応用分野：エネルギー、モビリティ、ヘルスケア、エンジニアリング	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	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
実施状況等	先端クラスターの「it's OWL」でスマートファクトリーのモデル構築・運用実証	グラスゴー(ストラックライド大)、南ヨークシャー(シェフィールド大)等7拠点到カタパルト・センター設置	シカゴ、デトロイト等5カ所(45カ所まで拡大予定)に実行拠点として製造イノベーション研究所設置

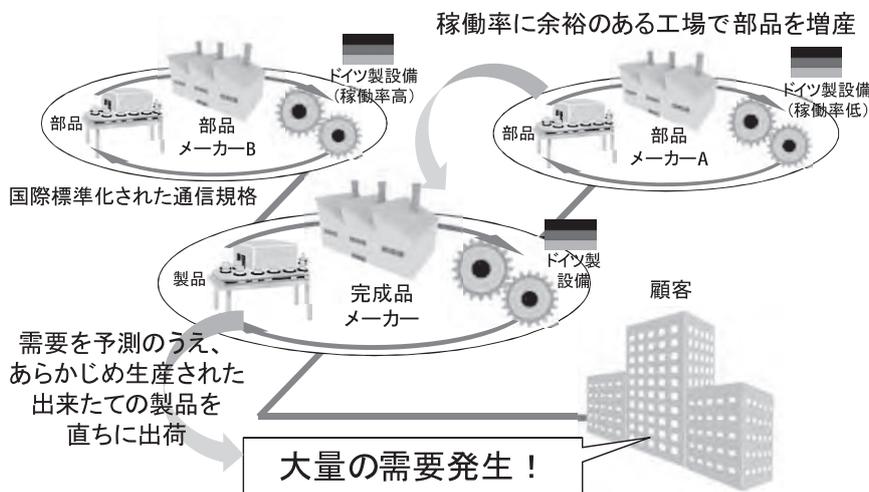
(資料) 科学技術振興機構、日本機械工業連合会等資料を基に日本総合研究所作成

(1) インダストリー4.0

ドイツでは、連邦政府の包括的かつ省庁横断的なイノベーション政策として、2006年に「ハイテク戦略」が策定された。2010年に後継の政策として「ハイテク戦略2020」（2015年まで）が発表され、健康・栄養、コミュニケーション、安全、気候・エネルギー、モビリティが重要分野として選定された。そのアクションプランとして11の未来プロジェクト（その後10のプロジェクトに変更）が策定されたが、そのうちの 하나가「インダストリー4.0（Industrie 4.0）」である。2014年8月の「新ハイテク戦略」においても、インダストリー4.0は継続して未来プロジェクトに取り上げられている。

インダストリー4.0は「第四次産業革命」とも称され、IoTをはじめとした最先端のテクノロジーと製造業との融合により究極のスマート工場を目指そうとする産学官共同の取り組みである。主要なコンセプトとしては、工場のあらゆる生産設備、部品、製品等にセンサーを搭載してネットワークでつなぎ（=IoT）、機器同士あるいは部品・製品と機器が互いに情報をやり取りし合い、自律的に協調動作して自動生産を行うというものである（図表8）。さらには、研究開発部門やサプライヤー、物流システム、販売店などともネットワークで結ばれ、センサーから得られるビッグデータを活用し、その時々状況（原材料・部品の調達状況、顧客からの要望、製造装置の不具合の有無、天候や周囲の環境など）に応じて、無駄のない安定的な調達、効率的な輸送、市場動向に応じた生産、省エネルギー・省資源なども実現しようとしている。

(図表8) インダストリー4.0が目指す自律生産のイメージ



(資料) 経済産業省「第7回日本の『稼ぐ力』創出研究会」資料（2014年10月）

その目的は、一義的にはドイツの製造業の競争力強化である。少子高齢化に伴う労働力の不足、賃金の上昇、新興国の台頭、環境問題・エネルギー問題への対応など、ドイツの製造業を取り巻く環境は厳しいものとなっている。加えて、アメリカなどのIT産業がモノづくりの分野への参入を窺っている状況にあり、製品や製造工程の標準化などでアメリカのIT企業に主導権を奪われてしまうことになれば、ドイツの製造業の競争力が失われることになりかねないとの危機感もある。そこで、①インダストリー

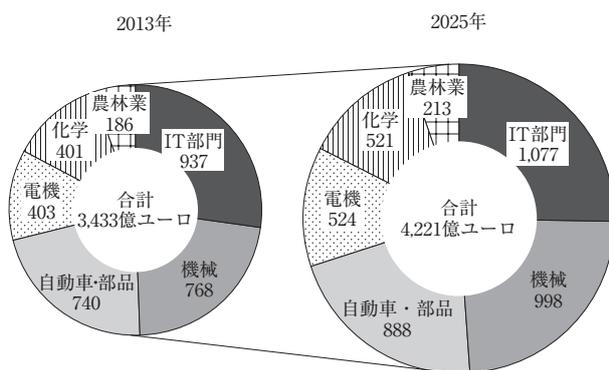
4.0による個別大量生産（マス・カスタマイゼーション）の実現により、付加価値の高い競争力のある製品を生産し、ドイツ国内の生産拠点を維持、②たとえ生産拠点が海外に移転した場合にも、インダストリー4.0を構成する機械・装置をモジュール化・ブラックボックス化して海外の生産拠点に輸出することにより、ドイツの製造業の競争力を維持、という「製品」と「製造工程」の両面で競争力を高めることを狙っている（デュアル戦略）。加えて、ドイツの製造業が世界的に競争力を有していることに比べ、IT産業はアメリカの後塵を拝している。そこで、インダストリー4.0による製造業へのIoT導入を契機として、ドイツ国内のIT産業の成長を後押しすることも視野に入れられている。

2011年末には、関連業界団体（ドイツ機械工業連盟、ドイツIT・通信・ニューメディア産業連合会、ドイツ電機・電子工業連盟）を中心にインダストリー4.0プラットフォームが結成された。プラットフォームは、インダストリー4.0にかかる活動の運営、戦略の決定、各ワーキング・グループの設立、ならびに作業の進捗管理等を行っている。

インダストリー4.0の特色として、①標準化を通じた中小企業への技術移転、②「考える工場」に対応可能な人材の育成、③それらを通じた地域クラスターの競争力向上、が挙げられる。インダストリー4.0の成果をドイツ産業全体の競争力強化に繋げるためには、これを支える中堅・中小企業の参画が不可欠である。このため、円滑な技術移転に必要な技術の標準化と、開発された技術を使いこなすことができる人材の育成（注12）が目指されている。また、生産現場がインダストリー4.0に移行すると、労働者の働き方もこれまでとは変わってくるため、実現にあたっては労働組合の協力が必要不可欠であり、インダストリー4.0推進の重要なパートナーとなっている。

なお、インダストリー4.0の実現により、ドイツの主要産業の粗付加価値は2013年の3,433億ユーロから2025年に4,221億ユーロに増大するとの予測があるほか、製造業にコスト削減や雇用の拡大などの効果をもたらすとの試算が示されている（図表9、図表10）。

（図表9）インダストリー 4.0の経済効果



（資料）Fraunhofer IAO、BITKOM

（図表10）インダストリー4.0がドイツの製造業に与えるインパクト（5～10年後の予測）

コストの削減	年間900億～1,500億ユーロのコスト削減 <ul style="list-style-type: none"> 加工費の15～25% （加工費=生産コスト-原材料費） 生産コストの5～8%
市場の拡大	年間200～400億ユーロの売り上げ拡大 <ul style="list-style-type: none"> GDPの約1%
雇用の拡大	製造業の雇用者数が39万人増加 <ul style="list-style-type: none"> 2015年の製造業の雇用者数の6%
投資の拡大	10年間で2,500億ユーロの新たな投資 <ul style="list-style-type: none"> 製造業の売上高合計（10年分）の1～1.5%

（資料）Boston Consulting Group

（2）インダストリー4.0の実装を担う産業クラスター

ドイツのイノベーション戦略は、クラスター政策と密接な関係がある。ドイツは、公的研究機関や大学のみならず、企業も地方に分散しており、各地域の伝統的な産業に根差した企業の集積が形成されて

いる（注13）。ドイツの応用研究機関であるフラウンホーファー研究機構によれば、大学・研究機関と企業、投資家等の地理的な近接性はイノベーション促進の重要な要素の一つであり、集積はネットワーク形成へと繋がり、新たなビジネスのアイデアや新たな産業を創出する基盤となる。とりわけ、知識基盤産業において、地域のクラスターが果たす役割は大きいと考えられる。そこで、ドイツ政府は、地域の産業集積における産学官の連携を促進することでイノベーションの創出を活発化させ、「強い産業分野をさらに強く」し、当該地域を世界でもトップクラスの産業クラスターにすることを目指している（注14）。

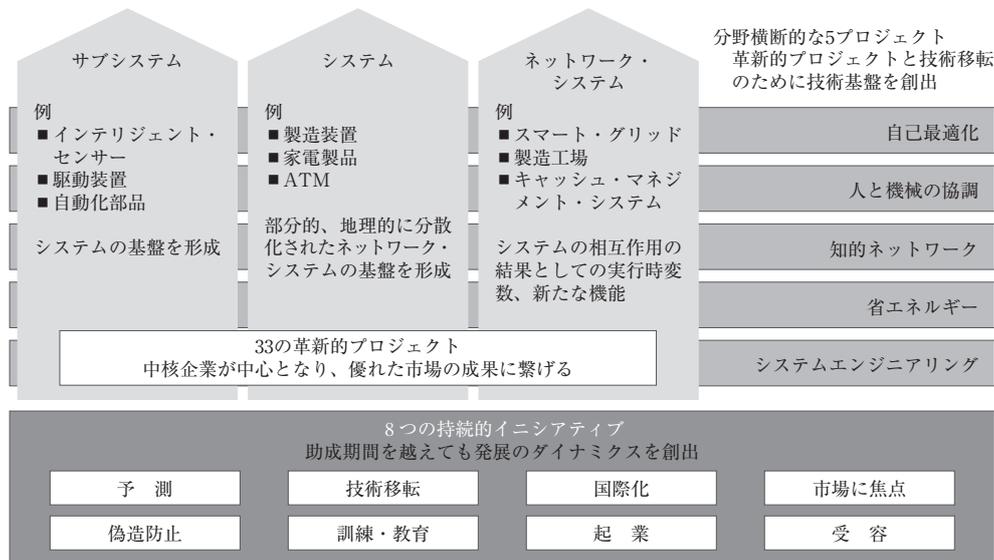
インダストリー4.0においても、ハイテク戦略2020のもと、国レベルで戦略策定や技術開発、標準化作業等の統括を行う「インダストリー4.0プラットフォーム」が組織されたが、実際の技術開発や運用については地域クラスターに落とし込まれている。

インダストリー4.0の実装の場であり、国のイノベーション政策の実践の場として機能する地域クラスターの代表格ともいえるのが、ノルトライン・ヴェストファーレン州の「it's OWL (Intelligent Technology Systems OstWestfalenLippe)」である（注15）。地域内には、家族経営の中堅・中小企業が多いことから、それらの競争力の向上に向け、従来のメカトロニック・システムをITとエンジニアリングを融合させたインテリジェントな技術システム（注16）に発展させることを目指し、it's OWLクラスターが組成された。it's OWLの基盤であるオスト・ヴェストファーレン・リップペ (OstWestfalenLippe) は、もともと機械工業、電機・電子機器、自動車部品の集積地であり、国内でも有数の研究機関が複数あるなど、インダストリー4.0の実装に適した地域といえる。こうしたクラスター組成の背景と連邦政府のハイテク戦略におけるインダストリー4.0推進の方針とが合致し、2012年にit's OWLは連邦教育研究省の「先端クラスター競争プログラム」に選定され、5年間に40百万ユーロの補助金（同時に企業26社からの60百万ユーロの拠出によるマッチング・ファンド）を受けることとなった。同クラスターには、企業や大学・研究機関、コンサルティング会社、業界団体など174の企業・機関が参加して、46の業界横断的な応用研究プロジェクト（5年間で合計1億ユーロの規模）に取り組んでいる。it's OWLは、2014年1月に連邦経済省からドイツで最も革新的な5地域の一つとして表彰されたほか、EUの「ヨーロッパ・エクセレンス・イニシアティブ (ECEI)」（注17）でもゴールドラベルと高い評価を得ている。

it's OWLではインダストリー4.0にかかわるセンサーや自動化部品などシステムの基礎となるサブシステム、製造装置や家電製品などネットワークの基盤となるシステム、スマートグリッドや製造工場などネットワークで結ばれたシステムの各分野について、自己最適化、人と機械の協調、知的ネットワーク、省エネルギー、システム・エンジニアリングといった分野横断的な課題に取り組んでいる（図表11）。これらのテーマについて、参加企業が主体となって、スマート・プロダクツやスマート・ファクトリー、スマート・ロジスティクスプロジェクトが進められている。

it's OWLはこうした研究開発の基盤と同時に、地域の中堅・中小企業への技術移転を進めるプラットフォームとしての役割を担っている。前述の通り、it's OWLの企業の多くは中堅・中小企業であり、クラスターで研究開発されるインダストリー4.0関連の技術に強い関心を持っているものの、自らイノベーション・プロジェクトに参加できるほどの金銭的・人力的な余裕や技術ノウハウがない。そこで、

(図表11) it's OWLが取り組むインダストリー 4.0プロジェクト



(資料) it's OWL Clustermanagement GmbH "On the road to Industry 4.0: Solutions from the Leading-Edge Cluster it's OWL (Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe)"

it's OWLでは、中堅・中小企業がクラスターで開発されたインダストリー4.0に関する手法や工程、ツールなどにアクセスでき、自社の事業にそれらの活用を可能とすることを目的として、持続的技術移転イニシアティブを推進している。技術移転のための主要な取り組みは、知識共有グループと移転プロジェクトである。前者は、研究セクターと産業セクターの間で継続的に知識の交換を行うもので、多様な技術の利用と効果に関する知識を企業に提供する展示会やワークショップなどが開催されている。後者は後段階の技術移転プログラムであり、自社のターゲットや技術的課題などが明らかになった中小企業に対して個別にコンサルテーションを行うものである。クラスター・マネジメント組織は、120の技術移転プロジェクトの開発・実行を計画している（注18）。

it's OWLでは、戦略目標として、5年間に8万人の雇用を維持するとともに、新規雇用1万人、新規設立企業50社、新設研究所5カ所、新規雇用の研究者500名、4学部新設/年間入学者数500名という目標を掲げている。すでに6,500人の新規雇用、五つの新設研究所を生み出しているほか、中小企業との40の技術移転プロジェクトに資金が提供されている（注19）。

(3) 地域イノベーションを促進する結節点機能

ドイツで地域におけるイノベーションを推進し、産学官連携の結節点として機能している組織としては、A. クラスター・マネジメント組織、B. フラウンホーファー研究機構（FhG：Fraunhofer Gesellschaft）が挙げられる。これらの結節点が機能することにより、C. 大学と企業の物理的・心理的近接性が生まれ、産学官連携が活発化し、基礎研究から事業化への橋渡しが円滑に行われている。

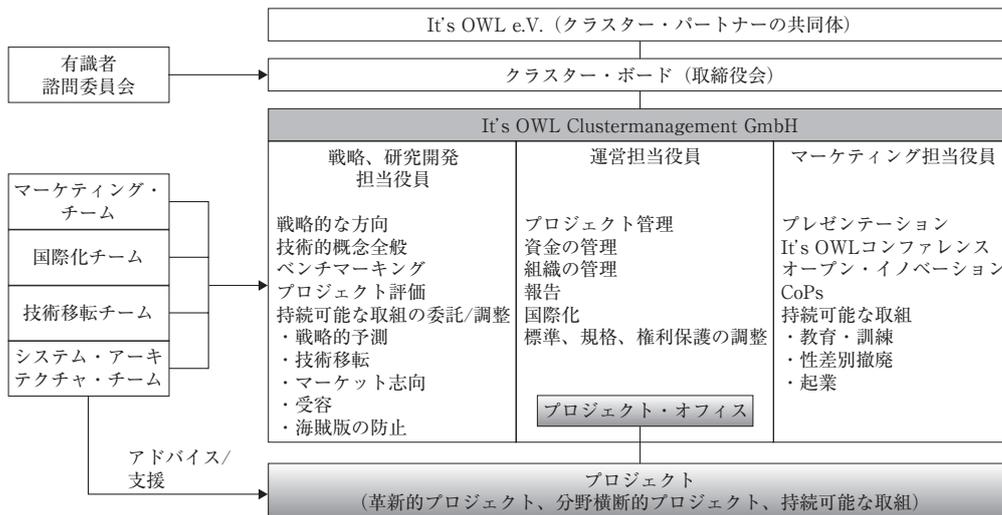
A. クラスター・マネジメント組織

クラスター・マネジメント組織とは、クラスターの参加者を取りまとめ、戦略の策定やプロジェクト

の実行・管理、参加者間あるいはクラスター間のネットワーキング、マーケティングやコンサルティング等の運営を担う中核機関である。it's OWLを例に挙げると、もともとは地元の有志が異なる業種と一緒に地域経済発展のために何かできないかということで、2004年に商工会議所を中心に、地域の緩い連携を担う非営利団体「it's OWL e.V」が設立されたことが、クラスター・マネジメント組織の始まりである（注20）。これが、現在のクラスター・マネジメント会社「it's OWL Clustermanagement GmbH」の基盤となった。

it's OWL Clustermanagement GmbH は、it's OWL e.Vと州政府がそれぞれ50%ずつ出資して設立され、クラスターの戦略策定やプロジェクトの決定・進捗の管理、成果の公表など、クラスター全体の管理・運営に従事している。クラスター・マネジメント会社の統括組織としてクラスター・ボードがあり、地域の中堅企業や大学の代表など18名からなる。また、技術面から助言・支援する組織として科学諮問委員会があり、4名の著名な科学者が委員に就任している。そのほか、企業や研究機関・大学、業界団体の専門家による国際化チームやマーケティング・チーム、システム・アーキテクチャ・チーム、技術移転チームがあり、異なるプロジェクト間のコーディネートや、クラスターの参加者がインダストリー4.0関連のプロジェクトの成果を効果的に活用できるようにコンサルティングやマーケティング、技術移転などのサービスを提供している（図表12）。シーメンス出身のコーダー氏がクラスター・マネジメントの実質的な責任者かつ専従役員であり、同氏のリーダーシップのもと、クラスターのミッションと参加にあたってのルールが明確化されており、参加各社が共通の目標に向かって協働する原動力となっている（注21）。

(図表12) it's OWLの組織構造



(資料) Günter Korder “Advanced manufacturing & ICT-Third public hearing on advanced manufacturing” July 2014

B. フラウンホーファー研究機構

ドイツでは、大学・研究機関における基礎研究と産業界における商業化の橋渡し役として、フラウンホーファー研究機構の存在が大きい。it's OWLには、フラウンホーファー研究機構傘下の3研究所、オ

プトエレクトロニクス・システム技術・画像処理研究所・産業オートメーション研究センター (IOSB-INA)、エレクトロ・ナノシステム研究所 (ENAS)、センサー技術研究所 (IPT) が参加している。

フラウンホーファー研究機構は、ドイツの公的研究機関のなかでも応用研究に特化した研究機関であり、ドイツ各地に66の研究所（傘下の研究施設も含めると約120の拠点）を有している（図表13）。各研究所は生産技術やITからバイオ、ヘルスケア、素材、セキュリティ・防衛まで多様な研究領域をカバーしており、当該地域に専門の研究所がない場合にも、フラウンホーファーのネットワークのなかから、当該地域に必要な技術等の研究を行っている研究所にアクセスすることが可能である。場合によっては、地域クラスターの要請により、当該地域の大学内に支部を設置するなど、柔軟な対応がなされている。it's OWLについても、もともとフラウンホーファーの研究所がなかったものの分室が設置され、IOSB-INAは初めて専門大学内に設置された研究センターである（注22）。

（図表13）ドイツの公的研究機関等の概要

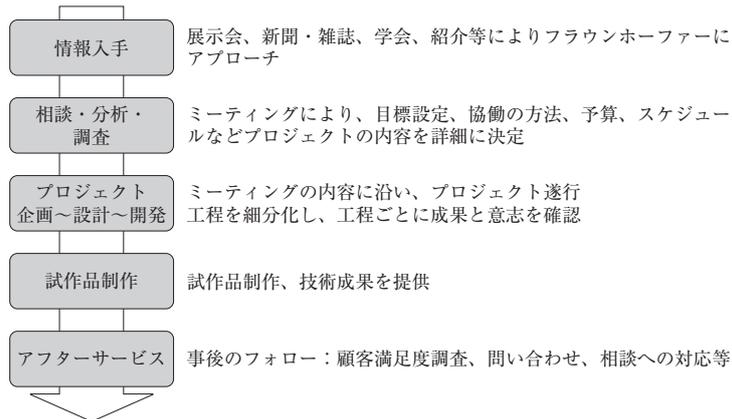
	マックス・プランク協会 (MPG)	ヘルムホルツ協会 (HGF)	ライプニッツ学術連合 (WGL)	フラウンホーファー研究機構 (FhG)	シュタインバイス財団
概要	大学で十分に取扱われていない革新的領域の基礎研究	ドイツ最大の研究機関、傘下に世界有数の研究センター	国家レベルの重要な課題への取り組み	欧州最大の応用研究機関	技術移転、研究開発、ノウハウ提供
研究分野	自然科学 生命科学 人文科学 社会科学	エネルギー、地球・環境、健康、運輸・宇宙、キータクノロジー、材料構造	人文科学、社会科学、経済学、空間科学、生命科学、数学、自然科学、工学、環境学など	健康・環境、安全・セキュリティ、モビリティ・交通、生産・サービス供給、コミュニケーション・知識、エネルギー・資源	中小企業への技術コンサルティング、経営コンサルティング
研究所数	82カ所	18カ所	89カ所	66カ所	1,006カ所（ドイツ内外の移転センター）
職員数	約17,000人 （うち5,470人が研究者、4,500人が奨学生、客員研究員）	約36,000人 （うち12,000人以上が研究者・技術者、7,400人が客員研究員）	17,200人 （うち8,200人が研究者）	約23,000人 （うち科学者・技術者・事務員が約16,000人、学生が約7,200人）	約6,000人 （大学教授の兼業717人、常勤雇用者1,744人、契約従業者3,691人）
年間予算	約15億ユーロ	約38億ユーロ	約14億ユーロ	約20億ユーロ	14億ユーロ
予算構成	連邦政府38.9% 州政府38.9% その他22.2%	3分の2が公的資金（連邦：州＝9：1）、残り30%は各センターの公的研究機関や民間企業との契約による	連邦政府38.7% 州政府38.7% その他22.6%	外部資金約7割（企業から約4割、公的プロジェクト約3割）、残り3割が基盤助成（連邦：州＝9：1）	
その他	ノーベル賞受賞者17人輩出 海外の研究機関と国際研究プロジェクト	各センターには大型設備や装置など最先端のインフラ整備	傘下の研究所は学問的・組織的に独立研究インフラや各種サービスを提供	組織内に強力なマーケティング機能を有し、技術動向や産業界のニーズを的確に把握	研究センターは工科大学や総合大学に併設

（資料）ドイツ科学・イノベーションフォーラム東京ならびに各機関のホームページを基に日本総合研究所作成

フラウンホーファー研究機構のポリシー・コミッティは、連邦政府と州政府の代表、フラウンホーファー本部の取締役会から構成され、国と地方の双方の意見を反映させる仕組みが取られている。その予算の3分の1が民間企業からの受託研究費（いわゆる3分の1ルール（注23）、残りは国・地方政府からの補助金と公的部門からの研究委託等）で占められており、各研究所が強力なマーケティング機能を有しているなど、企業のニーズに沿った研究開発が進められている。とりわけ、資金面や人員、技術ノウハウ等の不足により単独で研究開発に取り組むのが難しい中小企業にとって、フラウンホーファー研究機構が提供するサービスは、アイデア・シーズの商業化の可能性を拓くものとして重要な位置づけにある。フラウンホーファーの研究所は、コンサルティングから技術開発、設計、生産までのバリュー

ー・チェーン全体をカバーしており、企業と相談しながら製品化を進めるなど、総合的かつきめ細かなサービスを提供している（図表14）。また、産業界の経験もある地元大学の教授が各研究所の所長を兼任しており、大学院生やポストドクが研究所で企業との産学連携に従事するなど、人材流動のハブとしても機能している。

（図表14）フラウンホーファーの研究所との委託研究のプロセス



（資料）岩本晃一「『地域経済の発展』に成功したドイツ地方都市；日本への示唆」経済産業研究所 BBLセミナープレゼンテーション資料（2013年9月26日）、フラウンホーファー研究機構ホームページ等を参考に作成

C. 大学と企業の近接性

こうしたクラスター・マネジメント組織や公的研究機関が、産官学連携の要として結節点機能を発揮しており、it's OWLでは大学・研究機関と企業が緊密な連携のもと、共同で研究開発に取り組んでいる。例えば、パーダーボルン大学には地元の著名なコンピュータ会社創業者のハインツ・ニクスドルフの名前を冠した研究所（ハインツ・ニクスドルフ・インスティテュート）があり、クラスター・マネジメント会社のit's OWL Clustermanagement GmbH、フラウンホーファーIPTは同研究所と同じ敷地内に所在している。加えて、同研究所長のガウゼマイヤー教授は、12年間の産業界の経験ののち大学教授となった人物で、it's OWLのクラスター・ボードの議長、フラウンホーファーIPTの所長も兼任している。オストヴェストファーレン・リップペ専門大学（Hochschule Ostwestfalen-Lippe）にも企業の寄付による研究棟があり、同大学の教授が大学のインダストリアルIT研究所（inIT：Institute Industrial IT）とフラウンホーファーIOSB-INAの所長を兼任している。

このように、ドイツの他の地域同様にit's OWLでは大学と研究機関、企業が物理的に近接しており、研究者や技術者が頻繁に行き交うなどフェイス・トゥ・フェイスでの人的交流が活発である。その結果、大学から研究機関を通して企業へ、あるいは中堅企業から中小企業へと技術移転が促進されている（注24）。

（注12）インダストリー4.0においては、産学官と労働組合の協力も重要なテーマとされている。そこで、インダストリー4.0のプラットフォームには、政府（教育研究省、経済エネルギー省、内務省）、産業界・団体（企業のほか、ドイツ機械工業連盟、ドイツIT・通信・ニューメディア産業連合会、ドイツ電気・電子工業連盟の各業界団体）、アカデミア（大学、研究機関、学会）のほか労働組合も参加している。そして、製造工程にIoTを導入することにより労働者を排除するのではなく、労働者は従来の単純労働から脱し、新しい生産体制に見合った能力の向上に取り組み、質が高くやりがいのある労働内容にシフトすること

が目指されている。連邦労働社会省 (BMAS) は、2015年4月に「労働4.0 (Arbeiten 4.0)」を立ち上げ、デジタル時代における労働の在り方について議論を開始した。2016年末までに成果を発表し、制度整備に繋げる予定である (労働政策研究・研修機構「インダストリー4.0と労働の未来」などによる)。

(注13) 澤田朋子「科学技術・イノベーション動向報告 ドイツ編 (2014年)」海外調査報告書、科学技術振興機構、2015年3月。

(注14) 永野博「ドイツの産学連携と研究推進機関の役割」産学連携ジャーナル (2014年)、フュロップ・ラルフ「ドイツ・バイオクラスターにみる地域イノベーション戦略」日本政策投資銀行 (2006年4月)、バイエルン州駐日代表部資料などによる。

(注15) そのほか、バーデン・ヴュルテンベルグ州の“Allianz Industrie 4.0”がある。

(注16) it's OWL中核企業の一つ、ハーティング社によると、インテリジェント・テクニカル・システムは、機械学、電気・電子工学、制御工学、ソフトウェア技術、新素材等の密接な相互作用に基づいたもので、さらには情報技術ばかりでなく、非技術系の分野である認知科学や神経生物学、言語学など生体システムにおける知覚や動作、認知にかかわる機能を技術システムに統合し、適応性が高く、頑強、主体的でユーザーフレンドリーなシステムであるという (ハーティング・テクノロジー・ニュースレター「tec.News 22」)。

(注17) ヨーロッパクラスター分析事務局 (ESCA: European Secretariat for Cluster Analysis) が、クラスター・マネジメントの評価基準を策定、これに従いクラスター・マネジメント機関を審査、各機関のマネジメント能力の到達度に応じてブロンズ、シルバー、ゴールドの三段階で評価。

(注18) “Cluster Collaboration and Business Support Tools to Facilitate Entrepreneurship, Cross-sectoral Collaboration and Growth” European Cluster Observatory Report, September 2014.

(注19) European Commission “Report from the Workshop on Innovation in Digital Manufacturing” February 2015.

(注20) 科学技術振興機構・澤田朋子氏へのインタビューによる。

(注21) 加えて、ドイツではクラスターを評価する基準も明確化されており、it's OWLの先端クラスター競争プログラムの場合には選定から2年を経過した時点で中間評価がなされ、支援継続にかかる審査が行われる。成果を挙げていないクラスターは支援が打ち切られる可能性もあり、こうした評価・審査がクラスター間の競争を促進し、目標を達成しよう (あるいは成果が見込めそうにない研究開発は早めに撤退を行う) とするインセンティブ効果が生まれる。

(注22) フラウンホーファー研究機構では、専門大学内への応用研究センター設置や協力プログラム (Fachhochschule) により、専門大学 (Universities of Applied sciences) との協力関係を推進する方針である。

(注23) 産業界との契約金額は、公的な助成金に連動する仕組みであるものの、産業界からの収入に依存しすぎたり、特定企業色が強まることを回避するために、産業界との契約金額が55%以上となった場合、ならびに25%以下となった場合には、補助金はその10%相当分となる。

(注24) inITとフラウンホーファー-ISOB-INAの共同研究の成果として、生産設備を監視するスマート・ウォッチなどが開発されている。

4. イギリスにおける次世代製造業への取り組み

(1) ハイ・バリュー・マニュファクチャリング

リーマンショックによる世界金融危機で、イギリス経済は大きな打撃を受け、これが産業政策やイノベーション政策の転換点となった。イギリス政府は、金融業界を中心とするサービス業への過度の依存が一因であったとして、今後の経済成長の維持や国際競争力の確保のためには、経済のリバランス、すなわち、製造業の再生ならびにイノベーションの促進が必要との認識を高めた。その一方で、イギリスは多数のノーベル賞受賞者を輩出するなど、科学技術の研究では世界トップクラスにあるにもかかわらず、その成果が産業レベルでは十分に活用されていない。それというのも、産業界の研究開発費への支出が相対的に小さく、基礎研究と商業化の橋渡しが十分ではないことがある。製造業の再生にあたり、これらの課題をいかに解決するかが重要な政策テーマとされた。

こうした現状認識のもと、政府の技術戦略委員会 (Technology Strategy Board、2014年より通称名としてInnovate UKを使用) は、ケンブリッジ大学の製造技術研究所 (IfM: Institute for Manufacturing) に調査研究を委託し、2012年2月に“A landscape for the future of high value manufacturing in the UK”を発表した。その内容は、15年から20年後を見据え、「ハイ・バリュー・マニュファクチャリング (High Value Manufacturing=高価値製造業、以下HVM)」の具体像とカギとなる技術群、障害、有望

市場などを特定するとともに、世界の製造業のなかでイギリスが競争力を維持し発展するために政府と企業が取るべき戦略について提言したものである（注25）。

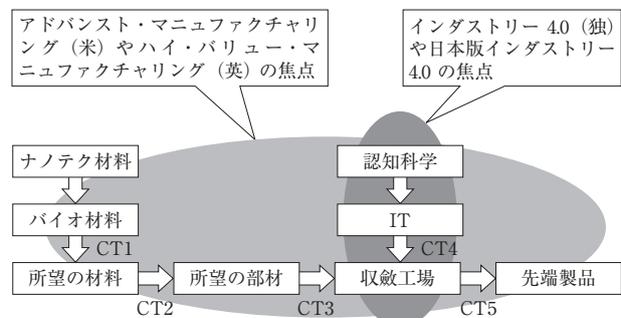
これに続いて、2013年10月に政府科学庁（Government Office for Science）がフォーサイト・レポートとして「製造業の将来（The Future of Manufacturing）」を発表した。2050年における製造業の将来像を展望し、製造業の変化の原動力の特定・分析、課題と機会の抽出を行い、製造業が数十年先まで成長と耐性（レジリエンス）を維持するために必要とされる施策について提言している。同報告書では、政府や企業の戦略の立案・遂行に当たり、バリュー・チェーン全体まで見通したシステム思考の必要性についても触れている。

これら報告書をもとに、イギリス政府はHVMの振興に向けた諸施策を立案・遂行している。ちなみにHVMとは、「High Value Manufacturing Strategy 2012-2015」によれば、最先端の技術的知識や専門知識を活用して、イギリスに持続的成長と高い経済的価値をもたらす可能性が高い製品、製造工程、ならびに関連サービスを創造する産業セクターで、研究開発からリサイクルまでの広範な活動を含んでいる。そして、競争力の鍵となる22の技術・能力を五つの戦略テーマ（①省資源・省エネルギー、②製造工程、③材料の集積、④製造システム、⑤ビジネスモデル）に分類して、HVMの競争力を高めるために重点的な投資を行う科学・技術インフラの明確化が図られている。

イギリスのHVM構想は、ドイツのインダストリー4.0やアメリカのインダストリアル・インターネット・コンソーシアムのように、製造業の製造工程に焦点を当てる戦略と異なり、次世代製造業の基盤となる技術群を広く包含した内容となっており、製造業とITの融合によるスマート・ファクトリーの構築を目指すことは明確には謳われていないものの（図表15）、産学官連携のもと、HVMの実現に必要な基盤となる技術や人材の開発に注力する方針である。

HVMに関する戦略の具体的な実行を担うのは、地域の研究開発拠点かつネットワーク拠点であるカタパルト・センターである。そこで、以下では、カタパルト・センターについて論じていく。

（図表15）ドイツと米英の次世代製造業戦略の重点取組分野の比較



（資料）日本学術会議 機械工学委員会 生産科学分科会「資源循環型ものづくりを実現するための学術的指針—地球温暖化対策を主対象に—」（2011年8月8日）を一部加筆修正

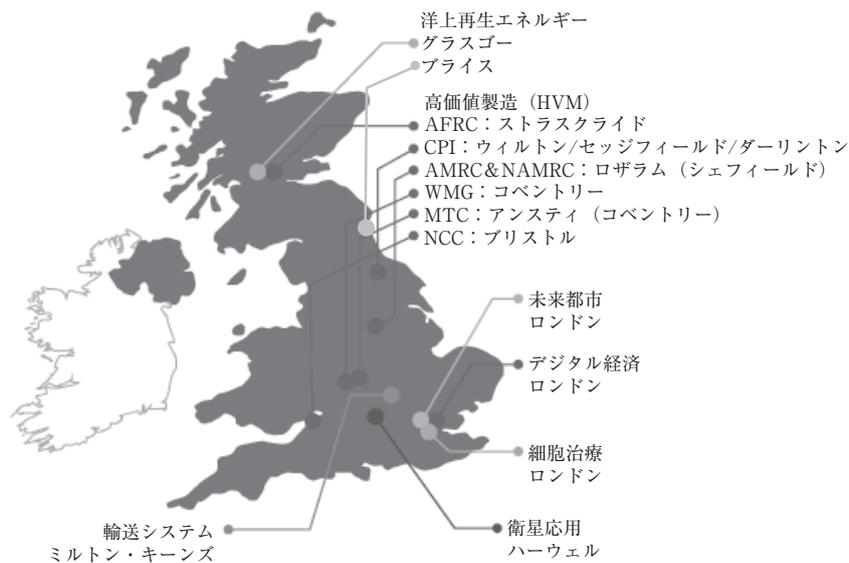
（2）産学連携の触媒としてのカタパルト・センター

カタパルト・センター（Catapult Centre）とは、官民が出資する非営利のイノベーション機関であり、産学官連携のための結節点である。すなわち、産業界とアカデミア、研究機関、政府の間をつなぎ、イギリスの最高峰の科学者や企業、技術者等が協働するプラットフォームとして、イノベーションの促進や研究成果の商業化、サプライ・チェーンの構築等を支援する役割を果たす。2010年に発表されたハウザー・レポート（注26）やダイソン・レポート（注27）で、イギリスは世界でもトップクラスの科学研究基盤を有するにもかかわらず、大学における基礎研究と企業における商業化の間の橋渡し機能が不在

であり、両社を繋ぐイノベーション機関のネットワークを構築する必要性が指摘された。この提言を受け、同年9月にTSB（現Innorate UK）はドイツのフラウンホーファー研究機構をモデルとして、4年間で2億ポンドの予算を投じ、全国に順次カタパルト・センターを設立していく計画を発表した。

カタパルトの設立の基準として、①年間数十億ポンドの規模の世界市場が見込まれる分野、②イギリスが世界をリードしている研究分野、③イギリスの産業界が技術開発の能力を有し、研究投資の増加を利用して、バリュー・チェーンで大きなシェアを獲得でき、イギリスに活動が根付く分野、④グローバル企業の知識集約活動をイギリスに誘致し、しっかりとつなぎとめるとともに、イギリスに富の創造を持続的にもたらす分野、⑤国の戦略的優先事項と密接に関連する分野、が挙げられている。この基準のもと、高付加価値製造、細胞治療、洋上再生エネルギー、人口衛星応用、デジタル、未来都市、輸送システムの7分野が選定・設立され、2015年4月には新たに個別化医療（Precision Medicine）、エネルギー・システムが設立され、7月には10カ所目となる医療技術（Medicines Technologies）カタパルトの設立が発表された（図表16）。政府は、2030年までにカタパルト・センターを30分野にまで増やす計画である。

（図表16）イギリスのカタパルト・ネットワーク



（資料）HM Treasury and Department for Business Innovation & Skills “Our plan for growth: science and innovation” December 2014

カタパルト・センターは、アカデミアと産業界のギャップを埋める橋渡し機関として、とくに商業化に近い段階の研究開発を行い、革新的なアイデアを製品やサービスに具現化することを後押しする。また、ベンチャー企業や中小企業が単独では入手が難しい最先端の研究データや情報、最新鋭の機器・設備、トップクラスの専門家へのアクセス、各種資金調達方法の紹介、大企業とのオープン・イノベーションの機会なども提供している。

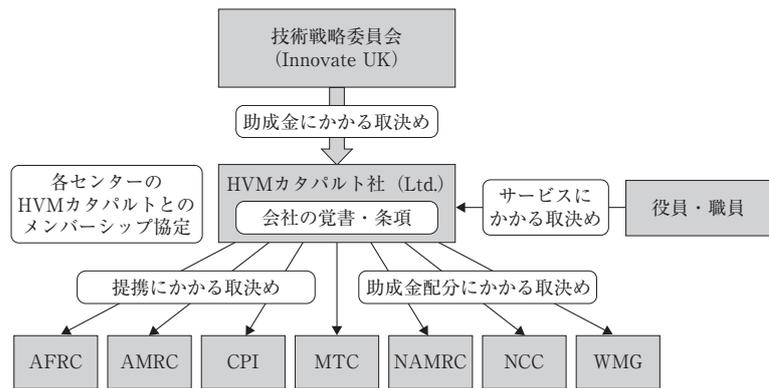
カタパルト・センターによるアカデミアと産業界の橋渡しや資金の供給を通じ、イノベーションへの取り組みのリスク軽減、商業化の加速化、雇用創出ならびに経済成長の実現、イギリスの技能と知識の

高度化ならびに国際競争力の強化などを目指している。

カタパルト・センターは、それぞれ独立した保証有限会社（CLG：Company Limited by guarantee（注28））として設立されており、日々の運営に責任を持つ経営管理チームを含むボード（取締役会）が設置されている。カタパルト・センターは、Innovate UKのもとネットワークを構成している。その一つHVMカタパルトは、傘下に7つの研究所があり、素材から組み立て加工までをカバーしており、これら7つの研究所のネットワークを統括するコンソーシアムとしてHVMカタパルト（HVM Catapult Ltd.）がある（図表17）。

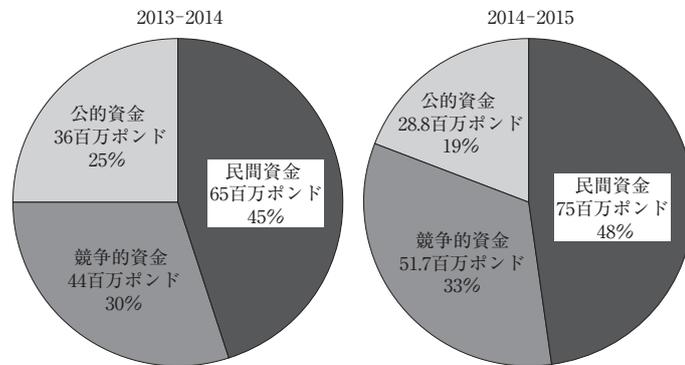
なお、各カタパルト・センターの予算は、ドイツのフラウンホーファー研究機構に倣い、3分の1ルールのもと、①政府からの助成金、②民間からの委託研究による資金、③その他官民からの競争的プロジェクト資金の獲得など、が各3分の1ずつで構成されている。2014/15年度における実際の予算は、①助成金19%（28.8百万ポンド）、②民間からの収入48%（75百万ポンド）、③競争的資金33%（51.7百万ポンド）であった（図表18）。今後5年間の投資規模は官民合計で14億ポンドを見込む。なお、HVMカタパルトの実績は図表19の通りである。

（図表17）HVMカタパルトの構造



（資料） Bill Ion “High Value Manufacturing Catapult-In Operation”

（図表18）HVMカタパルトの資金調達の内訳



（資料） Dick Elsy “High Value Manufacturing Catapult” 2 July 2015

（図表19）HVMカタパルトの実績

内容	2013-2014	2014-2015
収入の割合（公的対民間）	1ポンドにつき3.90ポンド	1ポンドにつき4.36ポンド（目標は1ポンドにつき7ポンド）
支援先企業	1,515社	1,514社（うち中小企業629社）
プロジェクト数	1,012件	1,259件
収入合計	224百万ポンド	218百万ポンド
中小企業のアクセスによる収入	60百万ポンド	110百万ポンド
スタッフ数	約1,250名	1,577名
経済効果		資金調達107百万ポンド ⇒研究開発投資290百万ポンドを引き出す ⇒16億ポンドの付加価値をもたらす（1ポンドにつき15ポンドの経済効果）
将来予測		今後5年で60億ポンドの付加価値の見込み

（資料） Dick Elsy “High Value Manufacturing Catapult” 2 July 2015等を参考に日本総合研究所作成

(3) 地域イノベーション・システムへの組み込み

イギリス政府の科学イノベーション政策は、①エクセレンス（優位性を達成することの重要性）、②アジリティ（新たな機会の獲得にあたり迅速な対応と機敏性の発揮が必要不可欠）、③コラボレーション（領域、セクター、機関間ならびに人・国同士の高度な協働への対応と促進の必要性）、④プレイス（人や組織が相互に近接＜関係性や空間的＞することにより利益を得る「場」の重要性を認識する必要）、⑤オープンネス（開放性と世界へのかかわりに対する現代の要請）を5原則としている（注29）。そして、HVMに関しても、質の高いエンジニアや科学者を雇用でき、新たな製品や製造工程等の開発が行われる大学や研究機関が近くに所在する地域の産業集積（クラスター）の存在が不可欠であり、地域イノベーション・システムに組み込む必要性が指摘されている（注30）。

イギリスには、各地域に自動車や航空・宇宙、バイオなど特定の産業の集積が形成されており、当該地域に所在する大学は地元の産業に関連した分野の研究開発を得意としているものが多い。カタパルト・センターについても、各地域に強みのある産業や技術資源があるとの観点から、主に各地域の大学の既存の研究所を再編する形で設置されている。

例えば、HVMカタパルト傘下の七つの研究所（センター）の一つである先進製造研究センター（AMRC：Advanced Manufacturing Research Centre）は、シェフィールド大学に拠点を置いている。シェフィールドは、鉄鋼業や金属加工業で発展してきた地域であり、シェフィールド大学は金属や工学分野に強みを持ち、大企業や地元製造業者などとの産学連携に積極的に取り組んでいる。シェフィールド大学は、2001年に地方政府の支援のもとボーイング社と共同でAMRCを設立した。AMRCは、70社を超えるパートナー企業の参画のもと、航空宇宙産業向けの高度な機械加工や複合材料、組み立て、デザインなどの製造技術に関する研究を実施しており、現在は航空宇宙関連ばかりでなく、船舶、自動車、原子力、医学等の分野の製造技術の研究開発に取り組んでいる。2011年にAMRCは、HVMカタパルトを構成するセンターの一つとして承認された。

HVMカタパルト傘下の他のセンターやHVM以外のカタパルトも、地域クラスターの核として産学連携による革新的な研究開発を進めている大学の研究所を主な基盤としている（図表20）。製造業は様々な技術の集合により成り立っているといえるが、各カタパルト・センターはHVMの根幹を成す技術分野で世界でもトップクラスの研究所であり、HVMカタパルトを核にそれらをネットワーク化することにより資源や情報、人材等を共有し、HVMのサプライ・チェーンを構築する仕組みとしている（図表21）。

カタパルト・センターは、イギリス各地に所在する39のLEPs（Local Enterprise Partnerships、地域企業パートナーシップ）（注31）と協力して、地域の中堅・中小企業のイノベーションの取り組みをサポートしている。また、LEPsの前身のRDAs（Regional Development Agencies、地域開発公社）のシステムは、国レベルのコーディネーション機能の欠落があったという反省から、カタパルト・センターは、そのネットワークを通じて特定分野の技術の空間的なコーディネーションを改善する役割を担っている（注32）。

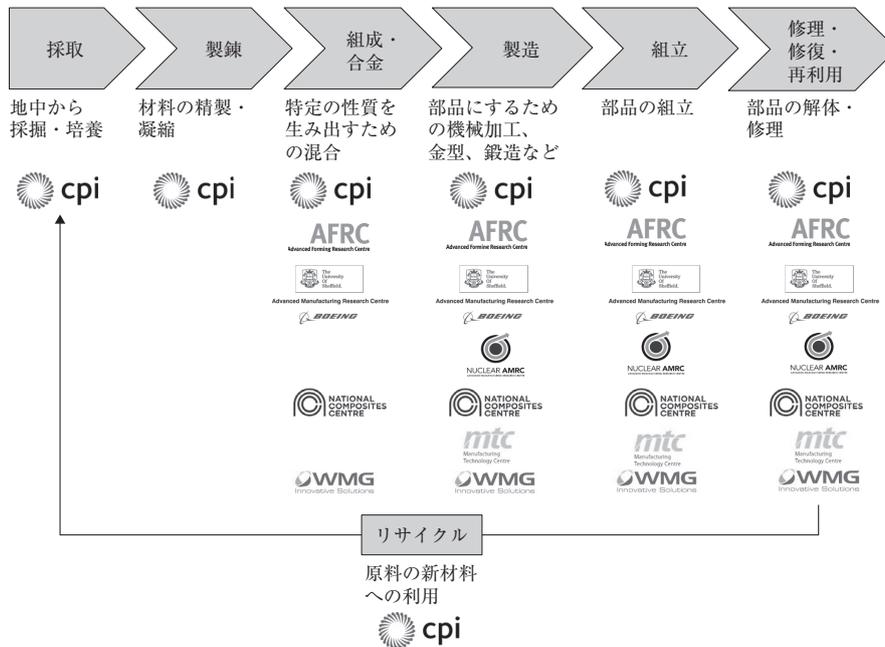
カタパルト・センターによる地域クラスターならびにクラスター内の中小企業に対する支援は、一定の成果を挙げつつある。シェフィールド大学がボーイングと共同で設立したAMRCは新たな施設の建

(図表20) HVMカタパルト・センターの概要

センター名	地域	参加機関等	研究分野
高機能成形研究センター (AFRC)	グラスゴー	ストラスクライド大学、スコットランド政府、ロールス・ロイス、ボーイングの共同事業	金型寿命改善、鍛造、残留応力、熱処理、材料特性評価、超塑性合金成形、インクリメンタルシート成形等
先進製造研究センター (AMRC)	ロザラム	シェフィールド大学、ボーイング社が共同設立した研究所をベースに約70社が参画	先端機械加工・材料研究、高性能機械加工、先端構造試験、ハイブリッド・金属複合材料、高価値組立、設計・試作等
プロセス・イノベーション・センター (CPI)	ウィルトン・セッジフィールド	(政府のセンター・オブ・エクセレンス (COE) の一つとして設立)	プリンタブルエレクトロニクス、工業バイオテクノロジー・バイオ精製、生物製剤、製剤・フレキシブル生産等
製造技術センター (MTC)	アンステイ (コベントリー)	バーミンガム大学、ノッティンガム大学、ラフバラ大学、企業および地域開発公社との共同事業	知的オートメーション、先進工具・治具、エレクトロニクス製造、ネットシェイプ・積層造形、高品位製造、非伝統的機械加工、計測学・NTD、製造情報、製造シミュレーション等
複合材料センター (NCC)	ブリストル	地域開発公社の支援を受けてブリストル大学内に設置されているが、インベリアル・カレッジ、マンチェスター大学、シェフィールド大学、クランフィールド大学とも共同研究、GKNやロールス・ロイスも参加	先端複合材料用途の設計・分析・シミュレーション、製造・工程開発・最適化、試作・検証、製造・検査・試験等
原子力先進製造研究センター (NAMRC)	シェフィールド	政府および産業界の支援を受けたマンチェスター大学、シェフィールド大学の共同事業、アレバ、ウェスティングハウス、ロールス・ロイスをはじめ23社が参画	民生用原子炉部品の製造、大規模溶接・被覆、革新的な機械加工・工具最適化、先進計測を用いたロボットによる機械加工、エネルギー要素のニアネットシェイプ製造等
ウォーリック製造グループ (WMG)	南コベントリー	ウォーリック大学内に設置、自動車産業を中心に産業界との共同研究に30年の歴史を持つ	軽量構造のモデリング・製作・特性評価、自動車部品の設計、バッテリー特性評価・開発、電気・ハイブリッド駆動のモデリングと検証、技術の軽量・可視化等

(資料) “HVM Catapult Business Plan Summary 2013-2014”、山田直「英国技術戦略委員会によるイノベーション促進策<カタパルト・ネットワーク>」レポート—英国大学事情—2012年8月号、を基に日本総合研究所作成

(図表21) HVMカタパルト・ネットワークのサプライ・チェーン



(資料) World Economics & Development “High Value Manufacturing (HVM) Catapult Profile” (原典: HVM Catapult Business Plan)

設を計画しており、コンサルティング会社の試算によれば1,800の新規雇用を創出し、地元経済に72.4百万ポンドの経済効果をもたらすとしている。シェフィールド・ビジネス・パークにおいて成功すれば、先進製造のイノベーション区域の発展に触媒として機能し、さらに多くのリーディング企業を同地域に集積させ、高価値製造の世界的な拠点となる（注33）。

また、デジタル・カタパルト・センターでは、LEPsの出資により地域のカタパルト・センター（ローカル・カタパルト）を設立する動きも出てきている。

もっとも、イギリスの多くの産業クラスターは、本来の意味でのクラスターというよりも、同一産業に属する企業の集積、すなわち産業集積にとどまっている。カタパルト・センターの役割の一つとして、産業集積を本来の意味でのクラスターに高度化させることがあると断言している。

（注25）なお、イギリスにおけるHVMの概念は、IfMが2006年に“Defining High Value Manufacturing”で提唱したのが最初である。

（注26）ケンブリッジの著名起業家であるハーマン・ハウザーが委員長として取りまとめ、当時の労働党政権に提出された報告書“The Current and Future Role of Technology & Innovation Centres in the UK”（2010年3月）。

（注27）掃除機で有名な発明家・起業家であるジェームス・ダイソン氏が中心となって取りまとめ、当時野党の保守党に提出された報告書“Ingenuous Britain: Making the UK the Leading High Tech Exporter in Europe”（2010年3月）。

（注28）社会的目的を持った企業（社会的企業）の設立形態の一つ。

（注29）駐日イギリス大使館エリザベス・ホグベン科学技術部部長へのインタビューならびにHM Treasury and Department for Business Innovation & Skills “Our plan for growth: science and innovation” December 2014.による。

（注30）Professor Steve Fothergill & Dr Tony Gore “The implications for employment of the shift to high-value manufacturing” Government Office for Science, October 2013.

（注31）国土交通省「英国の国土政策の概要」によれば、Local Enterprise Partnerships (LEPs) は、Regional Development Agency (RDA、地域開発公社)の廃止にともない、地域経済開発を進めるために、Budget2010において設置方針が示された。LEPsの委員会メンバーの半数以上は民間セクターとするビジネス主導の官民学連携とされている。2014年現在、39のLEPsが承認されており、イングランド全域をカバーする形となっている。一部のLEPsは圏域が重複している。LEPsは地域成長基金 (Regional Growth Fund) などの競争的資金の獲得や、基礎自治体がLocal Planを策定するにあたっての協力も行っている。また、2014-2020年EU構造基金の管理主体ともなっている。(http://www.mlitt.go.jp/kokudokeikaku/international/spw/general/uk/)

LEPsの前身のRDAs (Regional Development Agencies、地域開発公社)が、イノベーションによる地域経済の活性化の観点から、1999年の「クラスター・アクション・プラン」のもとクラスター形成に取り組んできた経緯にあり、LEPsも地域の大学とともに、地域の戦略的パートナーとして、地域経済の発展に向けた新産業の創出やベンチャー企業の育成等を支援している。LEPsは、中小企業が単独ではアクセスが難しい政府の助成金やEUの基金を調達し、地域のイノベーションへの活動に資金を供給している。

（注32）Geoff Mason and Max Nathan “Rethinking industrial policy design in the UK: foreign ideas and lessons, home-grown programmes and initiatives” LLAKES Research Paper 48, Centre for Learning and Life Chances in Knowledge Economies and Societies, August 2014.

（注33）AMRCニュースによる。(http://www.amrc.co.uk/news/the-next-phase-of-the-advanced-manufacturing-research-centre/) 同ニュースによれば、AMRCの所在するクラスターは、従来のサイエンスパークなどと異なり、先端産業や研究所、インキュベータが集積するばかりでなく、住みやすく、徒歩通勤、自転車通勤、交通の便が良いなど、人々が集積するような暮らしやすい都市づくりも行っている。

5. アメリカの次世代製造業への取り組み

(1) アドバンスド・マニュファクチャリング

アドバンスド・マニュファクチャリング (Advanced Manufacturing、先進製造) とは、2011年よりオバマ政権が推進している製造業の再生・革新イニシアティブである。2011年6月に大統領科学技術諮問委員会 (PCAST: President’s Council of Advisors on Science and Technology) と大統領イノベーション技術諮問委員会 (PITAC: President’s Innovation and Technology Advisory Committee) が、

「アドバンスト・マニュファクチャリングにおけるリーダーシップの確保 (Ensuring Leadership in Advanced Manufacturing)」を発表し、アメリカがローテク分野のみならずハイテク分野においても製造業におけるリーダーシップならびに研究開発基盤を失いつつあるとして、国内における強力なアドバンスト・マニュファクチャリング部門の育成に向け、官民の連携と投資の促進、税制等の環境整備、人材育成の必要性を指摘した。そして、全政府を挙げて「アメリカの未来のためのアドバンスト・マニュファクチャリング・イニシアティブ (Advanced Manufacturing Initiative for America's future)」に取り組むとともに、税制の改善、教育・訓練の支援を実施すべきとの提言がなされた。これを受け、2011年6月にオバマ大統領は「アドバンスト・マニュファクチャリング・パートナーシップ (AMP: Advanced Manufacturing Partnership)」の立ち上げを発表した。

なお、アドバンスト・マニュファクチャリングの政府ポータルサイト (manufacturing.gov) によれば、アドバンスト・マニュファクチャリングとは革新的な技術を製品の進化や製造プロセスに活用しようとする取り組みで、①情報、自動化、コンピュータ計算、ソフトウェア、センシング、ネットワーク等々の先端技術の利用と結合に基づき、②物理学や生物科学 (例えばナノテクノロジー、化学、生物学) により実現した最先端材料や新たな機能、を利用した一連の活動を指す。既存の製品の新たな製造方法と先進的な技術から生まれた新製品の製造の両者を含む。

AMPは、アドバンスト・マニュファクチャリングの研究開発への投資の増大、ならびに産学官連携を通じたイノベーションを促進し、製造業の国際競争力強化と雇用の創出を図ろうとする産学官共同の取り組みである。AMPは、2012年7月に「アドバンスト・マニュファクチャリングにおける競争優位の確保に関する大統領あて報告書 (Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing)」を発表した。同報告書は、科学、技術、イノベーションへの投資を促進し、アドバンスト・マニュファクチャリングの競争力を強化するためには、①イノベーションの実現、②人材の供給ルートの確保、③ビジネス環境の改善、の3本柱に官民協働で取り組む必要があるとし、16項目にわたる提言を提示した (図表22)。そのうちの 하나가、後述する各地域への製造イノベーション機関の設立 (IMI: Institute for Manufacturing Innovation) とネットワーク構築

(図表22) Advanced Manufacturing Partnershipの提言

三本柱	提言
イノベーションの実現	1. 国家アドバンスト・マニュファクチャリング戦略の策定 2. 最先端技術への研究開発資金配分の増加 3. 製造イノベーション機関 (IMI) の全米ネットワーク (NNMI) の構築 4. アドバンスト・マニュファクチャリングの研究における産業界と大学の協業の強化 5. アドバンスト・マニュファクチャリングの技術の商業化のためのしっかりとした環境の醸成 6. 全米アドバンスト・マニュファクチャリング・ポータルの創設
人材の供給ルートの確保	7. 製造業に対する国民の誤解の修正 8. 退役軍人の人材プールの活用 9. コミュニティ・カレッジ・レベルの教育への投資 10. 技能証明・認定を提供するパートナーシップの創設 11. アドバンスト・マニュファクチャリングに関する大学プログラムの強化 12. 全米製造奨学金制度・インターンシップ制度の開始
ビジネス環境の改善	13. 税制改革の遂行 14. 規制政策の簡素化 15. 貿易政策の改善 16. エネルギー政策の更新

(資料) President's Council of Advisors on Science and Technology "Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing" July 2012

(NNMI : National Network for Manufacturing Innovation) である。

2013年9月には、第二ステージとしてAMP2.0 (Advanced Manufacturing Partnership 2.0) が組成された。AMP2.0は、2014年10月に「アメリカのアドバンスド・マニュファクチャリングの加速 (Accelerating U.S. Advanced Manufacturing)」を発表し、国家戦略の策定と優先分野の明示、諮問コンソーシアムの創設など、12の取り組むべき施策を提言した。これを受け、オバマ大統領は「さらなるアメリカ製造業強化のための新たな行動 (New Actions to Further Strengthen U.S. Manufacturing)」を発表した。この施策には、アメリカの競争力強化に重要と考えられる新技術に対する3億ドル超の投資、国立研究所などの最先端設備への製造業者アクセスによるイノベーションの誘発、実習制度への1億ドルの助成 (競争的プログラム) による効果的な労働力開発戦略の拡大、サプライ・チェーンにおける革新的小規模事業者支援のための新たなツールの開始 (製造業拡充パートナーシップ) と5年間の初期投資 (競争的プログラム)、などが盛り込まれている。

なお、アメリカにおけるインダストリー4.0と類似のプロジェクトとしては、GEとインテルを中心とした「インダストリアル・インターネット・コンソーシアム」やインテルを中心とした「オープン・インターコネクト・コンソーシアム」、クアルコムを中心とした「オールシーン・アライアンス」、グーグルを中心とした「スレッド・グループ」など、民間における取り組みが複数立ち上がっている (図表23)。このため、アドバンスド・マニュファクチャリングは、ドイツ政府のように製造業とITの融合 (インダストリー4.0) に焦点を当てた標準化や事業化への直接の関与というよりも、製造業の競争力強化と民間の取り組みを後押しするための大学・研究機関と企業、政府の協働の基盤整備を企図したものと捉えることが出来よう。

(図表23) アメリカにおけるIoT取り組み動向

名称	設立/発表	中心メンバー	主な活動内容	参加企業
インダストリアル・インターネット・コンソーシアム (IIC)	2014年3月	GE、インテル、IBM、AT&T、シスコシステムズ	産業分野向けIoT活用 IoT関連技術の標準化 IoT活用のテストベッドとユースケースづくり	26カ国200社超 (主な日本企業は富士電機、富士フイルム、富士通、日立製作所、三菱電機、NEC、東芝、トヨタなど)
オールシーン・アライアンス	2013年12月	クアルコム リナックス・ファウンデーション	家庭向けIoT活用 家電製品やモバイル機器等の相互接続・管理、相互運用	180社以上 (プレミアムメンバー：キヤノン、エレクトロラックス、マイクロソフト、パナソニック、フィリップス、シャープ、ソニーなど13社)
オープン・インターコネクト・コンソーシアム	2014年7月	インテル IICがリエゾン・メンバー	産業分野向けIoT活用 IoTに関連する機器の規格と認証を策定	約80社 (ダイヤモンドメンバー：インテル、シスコシステムズ、サムスン電子、GEソフトウェア、メディアテック)
スレッド・グループ	2014年7月	ネストラボ (グーグル)	スマートホーム向け無線ネットワーク・プロトコルの策定	160社以上 (創設メンバー：ARM、サムスン電子、ビッグ・アス・ファンズ、シリコン・ラボ、エール・セキュリティ、フリースケール・セミコンダクター)
ホーム・キット	2014年6月	アップル	家庭内の機器、照明、設備等をiOSで操作できるホームオートメーション機能	当初発表の提携先：ハネウェル、ハイアール、フィリップス、テキサス・インスツルメンツ、iHomeなど17社

(資料) 各コンソーシアムホームページ、報道発表資料等を参考に日本総合研究所作成

(2) 産学官連携の結節点IMI/NNMI

AMPの報告書には、アメリカの製造業復活のためには、産学官連携の強化によりミッシング・ミドル (政府や大学による基礎研究と民間部門の間のギャップ、デスバレー) を克服しなければならず、そ

のためには産学官連携の結節点となる製造イノベーション機関（IMI：Institute for Manufacturing Innovation）を全米各地に設立するとともに、それらのネットワークの構築（National Network of Manufacturing Innovation：NNMI）が必要との指摘がなされた。これを受け、オバマ大統領は2012年7月に「アメリカ製造業の再生計画（The President's Plan to Revitalize American Manufacturing）」を発表し、総額10億ドルの拠出により、全国に15の製造イノベーション機関を設立するとともに、IMIをリンクさせたネットワークを構築する計画を打ち出した。その後、2015年度予算教書で、IMIの目標とする拠点数は45カ所に増えた。2012年末には、IMIで必要とされる機能や運営方法等を検証するために、パイロット・プログラムとしてオハイオ州ヤングスタウンに「国家積層造形機関（National Additive Manufacturing Institute：NAMII、現America Makes）」が設立された。IMIは、ドイツのフ라운ホーファー研究機構やアメリカのセマテック（半導体製造技術研究組合、官民共同コンソーシアム）をモデルとしたものとされる。

NNMIプログラムは、国防総省、エネルギー省、商務省の国立標準技術研究所（NIST）、NASA、アメリカ国立科学財団、教育省などが参画する先進製造国家プログラム局（Advanced Manufacturing National Program Office：AMNPO）により運営される。2013年1月に国家科学技術会議（National Science and Technology Council：NSTC）とAMNPOが発表した「NNMIの初期設計（National Network for Manufacturing Innovation: a Preliminary Design）」（注34）によれば、IMIの設立にあたっては、公募によりAMNPOが運営する評価プロセスを通じて選定される。評価基準としては、アメリカの製造業にとって重要性が高い分野であり、イノベーションばかりでなく雇用創出や経済成長にも寄与することなどとされている（注35）。なお、各機関の重点分野は連邦政府があらかじめ定めるのではなく、応募した各機関自身が決めることとされている。

IMIに対し、連邦政府からは70百万ドル～120百万ドルが拠出されるとともに、民間からも同額以上の資金拠出が求められる。助成期間は5～7年が想定されており、その後はメンバーからの会費や知的財産権のライセンス、委託研究、その他サービスなどからの収入により自立することが求められている。

IMIの具体的な活動としては、新技術の商業化に向けての応用研究・開発・実証プロジェクト、教育と訓練、サプライ・チェーンの機能強化と統合のための革新的手法と実践の開発、地域の中小企業やベンチャー企業の支援（施設インフラの貸与や技術移転等）とされている。IMIは、それぞれ専門分野を有し独自の研究開発を行うものの、その研究開発や商業化の成果は必要に応じて、NNMIの技術移転や知識移転を通じて他のIMIも共有することになる。

(3) IMIの基盤となる産業クラスター

2012年2月に、NSTCは「先進製造のための国家戦略計画（National Strategic Plan for Advanced Manufacturing）」を発表し、①アドバンスト・マニュファクチャリングへの投資の加速、とくに政府の機能や施設の効果的な活用促進による中小企業の投資、②アドバンスト・マニュファクチャリングに必要なとされるスキルを持つ労働力の育成と拡大、③アドバンスト・マニュファクチャリングの技術への投資と展開を加速させるための国・地方における産学官連携の創出・支援、④連邦政府によるアドバンスト・マニュファクチャリングへの投資の最適化、⑤アドバンスト・マニュファクチャリングの研究開

発に対する官民の投資の増大、の五つの戦略目標を示した。このうち、③の政府・産業界・アカデミアの連携を促進するに当たって、地域の産業クラスターを基盤とすることが有効であることが指摘されている。

そこで、IMIについても、アドバンスド・マニュファクチャリングに取り組む地域クラスターの中核として機能し、地域の多様なステークホルダーの参画のもと、基礎・応用研究（発見・発明）と商業化の橋渡し、ならびに地域の中小企業やベンチャー企業への施設インフラの貸与や技術移転などを行うことが企図されている。また、他の地域のIMIと全米規模のネットワーク（NNMI）を構築することにより、知的所有権や委託研究、指標、ベストプラクティスなどを共有し、機能や知識をお互いに補完することが可能である。

オバマ大統領は、IMIは「産業界と大学、政府機関を結びつけ、国際競争から取り残されている地域コミュニティを高度な技術職の中心地にする」として、IMIを当初の計画の3倍の45カ所設置する目標を掲げている（注36）。また、ブリツカー商務長官は、「NNMI 構想の基本的な考えは、全米各地にイノベーション・エコシステムを構築することである。これら地域センターでは、産業界とアカデミア（大企業から小規模サプライヤー、主要な研究機関からコミュニティ・カレッジまでを含む）が画期的な技術進歩を共同で創出し、企業単体というよりも地域の製造基盤全体に利益をもたらす」としている（注37）。

IMIは現在、各地の教育機関や企業、研究機関、業界団体ならびに連邦政府・地方政府等の参画のもと、全米の7カ所に設立されている（図表24）。そのうち、最初に設立されたオハイオ州ヤングスタウンの「America Makes」は、民間企業、大学・研究機関、非営利団体等の参加が当初の65機関から142機関へと拡大し、3Dプリンターによる医療機器などの研究開発や人材育成、教育機関への3Dプリンタ

（図表24）アメリカのIMIの設置概要

研究所名	重点分野	設立母体／連邦政府	所在地	予算規模	稼働開始
America Makes (National Additive Manufacturing Institute : NAMI)	3D製造技術	国立防衛製造・機械加工センター／国防総省	オハイオ州ヤングスタウン	連邦政府50万ドル その他 39万ドル	2012年8月
Digital Manufacturing and Design Innovation Institute : DMDII	統合的デジタル設計・製造	UIラボ／国防総省	イリノイ州シカゴ	連邦政府70万ドル その他 106万ドル	2014年2月
Lightweight Innovations for Tomorrow : LIFT	軽量金属技術	EWI／国防総省	ミシガン州デトロイト	連邦政府70万ドル その他 78万ドル	2014年2月
Power America	広バンドギャップ半導体	ノースカロライナ州立大学／エネルギー省	ノースカロライナ州ローリー	連邦政府70万ドル その他 70万ドル	2015年1月
Institute of Advanced Composites Manufacturing Innovation : IACMI	先端繊維強化高分子複合体	テネシー大学ノックスビル校／エネルギー省	テネシー州ノックスビル	連邦政府70万ドル その他 180万ドル	2015年1月
Integrated Photonics Institute for Manufacturing Innovation : IP-IMI	インテグレイテッド・フォトニクス	ニューヨーク州立大学研究財団／国防総省	ニューヨーク州ロチェスター	連邦政府110万ドル その他 502万ドル	2015年7月
Flexible Hybrid Electronics Manufacturing Innovation Institute : FHEMI	フレキシブル・ハイブリッド・エレクトロニクス	フレックステック・アライアンス／国防総省	カリフォルニア州サンノゼ	連邦政府75万ドル その他 108万ドル	2015年8月
Clean Energy Manufacturing Innovation Institute on Smart Manufacturing	スマート製造技術	未定／エネルギー省	未定	連邦政府70万ドル	未定
Revolutionary Fibers and Textiles Manufacturing Innovation Institute : RFT-MII	革新的繊維・繊維製品製造	未定／国防総省	未定	連邦政府75万ドル	未定

（資料） <http://www.manufacturing.gov/>（2015年10月6日現在）

（注） 予算の「その他」は、主に民間企業と州政府のマッチング・ファンド。

一導入などで成果を挙げている。連邦政府によるNNMIを中心とした次世代製造業への取り組みは、旧来の産業クラスターを新たなハイテク産業の集積地へと変化させているという指摘もある（注38）。

（注34）2012年4月よりAMNPOは「crowd source」と呼ぶ全国からの意見収集や各地域のワークショップ開催による議論、ならびにパイロットのIMI（NAMII）設置・運営で得た経験をNNMIの設計に反映させている。

（注35）具体的には、①アメリカの製造業にとって重大な必要性または好機のある分野に焦点を当てている、②活動内容が、初期段階にある研究や技術の商業的応用・製品化への移行を目標としている、③製造技術の開発や商業化への有意な影響をもたらし、広範な利用、雇用創出、経済的な効果につながる、④人材、設備、参加主体等当該計画を支える資源がある、⑤連邦政府機関以外からの共同出資があるとともに、政府の出資が終わっても計画の持続可能性が高い、⑥適切な財務計画がある、⑦中小企業や地域のステークホルダーとのかかわりが深い、⑧共用設備の利用が盛り込まれている、⑨教育や人材育成への関与と専門性がある、⑩産業界の一定の関与があり、新たな参加者に対しても開放され、適切なガバナンスや管理モデルがある、⑪アメリカの製造業を進歩させることができる機関である、などが挙げられている。

（注36）“Remarks by the President on Jobs for the Middle Class” The White House, Office of the Press Secretary, 30 July 2013

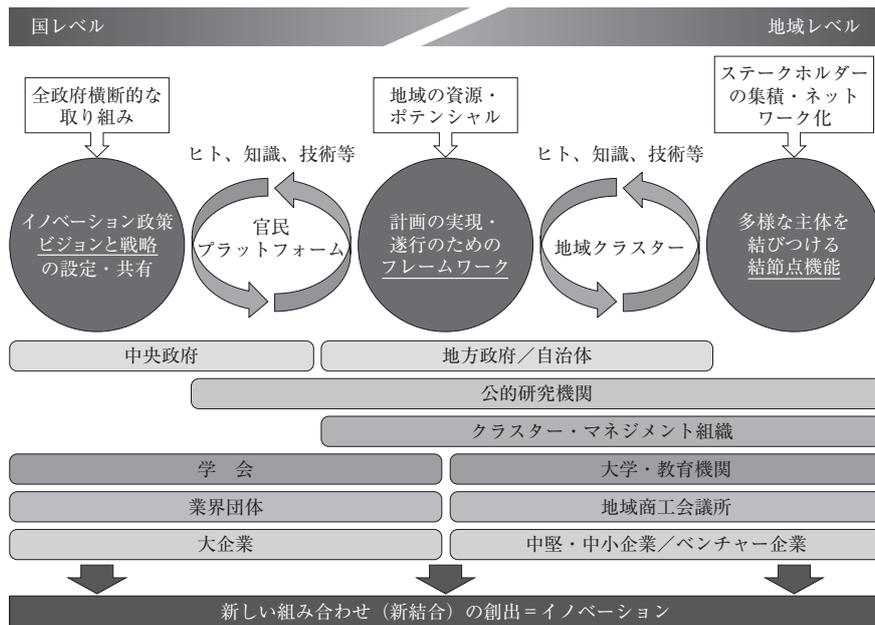
（注37）“U.S. Secretary of Commerce Penny Pritzker Delivers Remarks at The Big M Event” June 10 2014

（注38）八山幸司「米国における『ものづくりとIT』に関する取り組みの現状」によれば、「例えば、自動車産業を中心とするデトロイトでは、自動車システムの高度化や新しい製造業の確立のためにソフトウェア開発を中心とした産業が生まれつつある。（中略）鉄鋼の町として栄えたピッツバーグもハイテク産業が根付き始めており、ベンチャー企業を育てるためのエコシステムなども構築されつつある。」（JETRO/IPA New Yorkニューヨークだより2015年6月）

6. わが国への示唆

前章までドイツ、イギリス、アメリカにおける次世代製造業への取り組みをそれぞれ見てきた。その共通点として、①国がイノベーション政策について明確なビジョンと戦略を設定し、これを、②地域イノベーションに落とし込むためのフレームワークが存在していることが挙げられる。さらには、取り組みの基盤となる地域のクラスターに、③多様なステークホルダーを結び付ける結節点が存在し、産学官連携の要として機能している（図表25）。

（図表25）次世代製造業におけるイノベーション戦略実行のためのフレームワーク



（資料）日本総合研究所作成

これらの国々の次世代製造業の取り組みはまだ緒に就いたばかりであり、具体的な成果は明らかではない。しかしながら、こうした枠組みはわが国における次世代製造業の実現のみならず、アカデミア（大学・研究機関）の科学的な発見・発明等の新たな知を経済的・社会的価値に転換させていくイノベーションへの取り組み全般において、参考になると考えられる。そこで、上記3点についてわが国との比較検討を行い、わが国が取り組むべき課題について考察する。

(1) 明確なイノベーション政策の方向性

海外事例で取り上げたドイツ、イギリス、アメリカでは、次世代製造業は国のイノベーション戦略における重点政策の一つとして位置付けられているが、その政策の特徴として、①ビジョンやターゲットが明確化されていること、②長期的な戦略目標のもと出口志向の取り組みであること、③民間の主體的な関与があること、が挙げられる。

第1に、イノベーション政策のビジョンやターゲットについて、ドイツの「インダストリー4.0」やアメリカの「アドバンスド・マニュファクチャリング」、イギリスの「ハイ・バリュー・マニュファクチャリング」など、わかりやすい「キャッチフレーズ」とともに明確化されていることが挙げられる。これにより、i) 国と地域、アカデミアと産業界が当該イノベーション戦略の目標とする成果や解決すべき課題などを共有し、省庁横断的、分野横断的な産学官連携の取り組みが進めやすい環境が醸成されるとともに、ii) 海外に対しても、新たなイノベーションをキャッチフレーズとともに積極的にアピールすることで注目度を高め、企業や研究者、技術者、資金などの資源を呼び込むことに繋がっている。

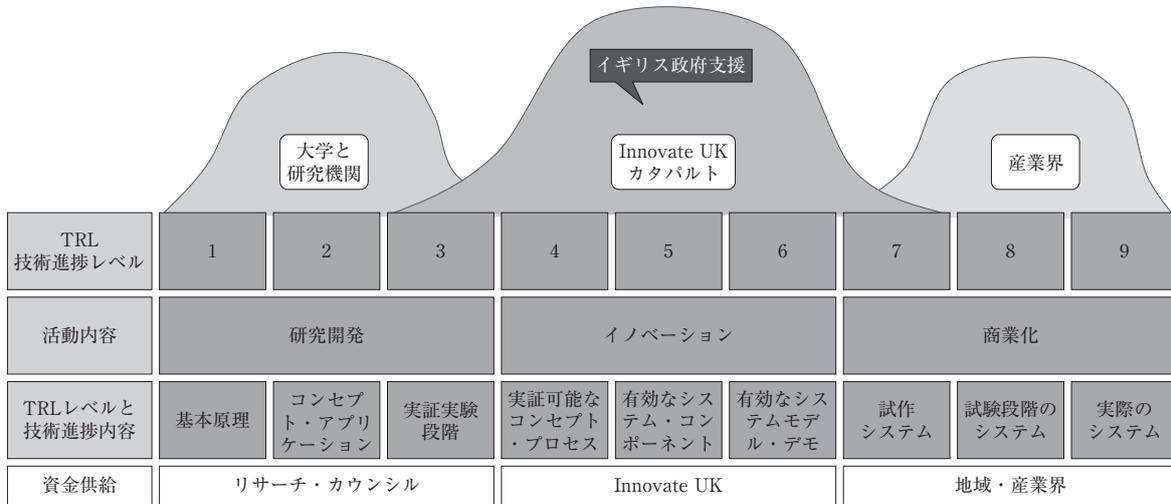
次世代製造業のようなIT融合によるイノベーションは、従来の大企業単独の技術開発だけでは対応が困難であり、大学や研究機関、中小企業・ベンチャー企業、商工会議所、行政など多様なステークホルダーを巻き込み、一つの方向に資源を結集させることが不可欠である。そのためにも、政府が明確なビジョンと達成すべき目標、課題解決のためのロードマップ等を具体的に提示し、システム思考的な取り組みを進めていく必要がある。

第2に、次世代製造業などのイノベーション政策は科学技術政策と産業政策を連結させて経済的・社会的価値を生むためのものとして位置付けられており、長期的な視点のもと「出口志向」の取り組みが進められている。ドイツのインダストリー4.0は、2035年の実現を目指した具体的なロードマップが描かれている。イギリスのHVMでは、BISのフォーサイト・プロジェクトのもと、2050年における製造業の将来像と、産学官それぞれが取るべきアクションプランが提示されている。これらの国々では、イノベーション政策が「出口志向」、すなわち科学的成果の社会や産業への還元が目的であることから、政府による支援はとくに基礎研究と商業化の間の「死の谷」を克服するための仕組みづくりに焦点が当てられている（図表26）。

また各国では、イノベーション政策は経済政策や社会政策につながるものと捉えられており、大統領や首相のリーダーシップのもと、政府の科学技術担当機関のみならず、経済、教育、研究、雇用、地方等を担当する機関の参画による省庁横断的な対応がなされている。

第3に、ドイツのインダストリー4.0プラットフォームやアメリカのAMPなど、民間主体の推進組織が組成されており、民間の意見の反映や実現に向けた具体策と工程表の検討、進捗状況を管理する場が

(図表26) イギリスのデスバレー克服のための橋渡し機関



(資料) 日本機械工業連合会「平成26年度世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究」(2015年3月)をHVMカタパルト資料を基に一部加筆修正

(注) TRL (技術進歩レベル) はNASAが開発した「研究開発から商業化」に至るレベルを指標化したもの。

設けられている。例えば、ドイツのインダストリー4.0プラットフォームは、もともとインダストリー4.0の基盤技術開発にかかわる異業種の業界団体(ドイツIT・通信・ニューメディア産業連合会: BITKOM、ドイツ機械工業連盟: VDMA、ドイツ電気・電子工業連盟: ZVEI)を中心に組成されたものであるが、検討が進むにつれ、インダストリー4.0の影響が及ぶことになる幅広い関係者を巻き込むことが必要になり、政財界や労働組合、学術機関、研究機関、各種団体などを包含した組織へと発展している。イギリスにおいても、ハーマン・ハウザー氏やジェームス・ダイソン氏など、著名な起業家を委員長に据えた科学技術に関する報告書が作成され、具体的な政策に活用されているなど、民間の意見を政府が吸い上げ反映させるシステムがある。

加えて、これらの国々では次世代製造業にかかる研究開発について政府から一定の補助金が拠出されているものの、基本的にはマッチング・ファンドとされており、民間の資金拠出の呼び水にするとともに、民間の主体的な関与を促進することが企図されている。

PCASTは大統領に宛てたアドバンスド・マニュファクチャリングに関する報告書で、「我々は、特定の企業や産業に政府が投資するような産業政策が解決策であるとは考えていない。それよりも、新たな技術や取り組みを支援することでアメリカのリーダーシップを確かなものとし、製造業において質の高い雇用の基盤を国民にもたらすことになる首尾一貫したイノベーション政策こそがアメリカには必要であると、我々は確信している」としている(注39)。

(2) 地域イノベーションに落とし込むためのフレームワーク

次世代製造業の基盤技術の開発に向けたキーワードは、「オープン・イノベーション」といえる。事例で取り上げた各国では、多様な主体の協働によるオープン・イノベーションを促進するために、基盤技術プラットフォームを組織化し、機能させるための制度的なフレームワークが構築されている。すな

わち、国のイノベーション政策と地域のイノベーション政策が分断されているのではなく、国のイノベーション政策の実際の運営・管理を担う官民の推進組織（インダストリー4.0プラットフォームやAMP）が組成されるとともに、実行の母体として地域クラスターが位置づけられ、産学官の様々なプレイヤーの参画ならびに連携を促すための仕組みが構築されている（注40、図表27）。そして、地域のクラスターを次世代製造業戦略実行の受け皿として機能させることで、①地域の特色を有する既存産業をIT融合により成長分野に転換させるとともに、②ベンチャー企業の創出や中小企業への知識や技術の移転によりクラスター全体の底上げを図る狙いがある。

（図表27）次世代製造業推進のための組織的な対応

	ドイツ	イギリス	アメリカ
政府内の横断的推進組織	国家ITサミット（Nationale IT gipfel） 首相のリーダーシップのもと、連邦教育研究省（BMBF）、連邦経済エネルギー省（BMWi）が主導	Innovate UK 首相のリーダーシップのもと、ビジネスイノベーション技能省（BIS）が主導（分野に応じて各担当省庁と連携）	AMNPO（Advanced Manufacturing National Program Office） 大統領のリーダーシップのもと、商務省、国防総省、エネルギー省が主導
官民プラットフォーム	インダストリー4.0プラットフォーム	HVMカタパルト	AMP（Advanced Manufacturing Partnership）
ネットワーキング機能	フラウンホーファー研究機構 クラスター・ミーティング	HVMカタパルト カタパルト・ネットワーク	NNMI（National Network for Manufacturing Innovation）
イノベーション実施の受け皿	地域クラスター（it's OWLなど）	地域クラスター	地域クラスター
結節点機能	クラスター・マネジメント会社 フラウンホーファー研究所・分室	各カタパルト・センター LEPs	製造イノベーション機関（IMI）

（資料）日本総合研究所作成

第1に、次世代製造業の取り組みでは、製造工程のデジタル化・スマート化による個別製造業の競争力の強化ばかりでなく、サプライチェーン・バリューチェーン全体の付加価値と競争力を向上させ、生産拠点を国内（地域）に回帰（Reshoring）・維持（Retaining）することが目標の一つとされている。この点で、クラスターは同一業種の企業ばかりでなく、サプライヤーや関連企業、支援組織、金融機関、大学・研究機関、公的機関などサプライ・チェーンやバリュー・チェーンを構成する主体を包含するものであり、製造業に限らずIT融合による産業高度化の基盤となる。また、クラスターは企業や産業の集積に加え、技術が集積するプラットフォームでもあり、技術や科学の融合の基盤ともなる。例えば、イギリスのケンブリッジはITクラスターとバイオ・クラスターが物理的に近接して存在しており、双方の融合により先端医療機器の産業が生み出されている。次世代製造業への取り組みを契機として、新たな産業の創造を誘発する効果も期待される。

第2に、製造業は多くの中小企業から成り立っているものの、これら中小企業のすべてが次世代製造業に必ずしも主導的に取り組んでいるわけではない。例えば、ドイツ国内の中小企業（従業員100～499人）の44%がインダストリー4.0について「聞いたことがない」、31%は「聞いたことはあるが具体的な取り組みは考えていない」と回答しており（注41）、インダストリー4.0の実現に向けて、これら中小企業をいかに巻き込むかが課題である。こうした中小企業に対し、次世代製造業に関する認知度を高め、標準化を通じた技術移転や知識移転を行う基盤としてもクラスターの役割は重要である。

なお、ドイツやアメリカの事例では、次世代製造業の基盤技術開発の受け皿となる地域クラスターは、

基本的に競争的な選抜方法により選定されている。イギリスのカタパルト・センター（クラスターに所在）は競争的な方法で選抜されたものではないものの、国際的に著名な大学や研究機関が所在し、競争力のある企業の一定の集積がある重要な地域が選ばれている（注42）。加えて、これらのクラスターはグローバル化も視野に入れており、研究開発・技術開発の成果の海外市場への展開（外なるグローバル化）とともに、外国企業の誘致を通じた先端企業のさらなる集積とイノベーションの促進（内なるグローバル化）が目指されている。

(3) 産学官連携の結節点機能

各国の次世代製造業の取り組みのなかで、最も重視されているのが、クラスターにおける産学官連携の結節点機能といえる。すなわち、クラスター内のメンバーの取りまとめやプロジェクトの運営・管理等を担うマネジメント組織のほか、橋渡し機能を有する応用研究機関（ドイツのフラウンホーファー研究所と、それに倣ったイギリスのカタパルト・センターやアメリカのIMI）が設置されている。これら応用研究機関は、イノベーション・バリアやイノベーション・ギャップを克服し、大学や研究機関における基礎研究を企業における事業化に結び付ける役割を果たしている。応用研究機関の結節点機能の特徴としては、①地域との協働、②組織の自立、③ネットワークの形成、④人材の育成・交流、が挙げられる（図表28）。

第1に、結節点となる応用研究機関は、地域のクラスターの中核として位置付けられている（注43）。

(図表28) 各国の結節点となる応用研究機関

機関名	フラウンホーファー研究機構 (Fraunhofer-Gesellschaft)	カタパルト・センター (Catapult Centre)	製造イノベーション研究所 (Institutes for Manufacturing Innovation)
国	ドイツ	イギリス	アメリカ
設立(事業開始)	1949年(本部ミュンヘン)	2011年～	2012年～
設立目的	ドイツ経済復興を目的として設立された非政府非営利団体	Innovate UK(技術戦略委員会:TSB)によるプログラム	オバマ大統領のイニシアティブ
活動内容	ヨーロッパ最大の応用研究機関 ①民間企業や公共機関向けに社会全体の利益となることを目的とした実用的な応用研究推進 ②イノベーションや新たなソリューションの開発を通じたドイツならびにヨーロッパの競争力の強化 ③研究、産業、企業間の人材流動促進	大学と企業のギャップを埋め、先端分野の共同研究を促進するため、各地に技術・イノベーションセンター(Catapult)を設置、センター間のネットワークを構築(高付加価値製造、細胞治療、オフショア再生エネルギー、人工衛星応用、コネクテッド・デジタル・エコノミー、未来都市、輸送システムの7分野、2015年にエネルギーシステム、精密医療追加)	大学・政府機関(基礎研究)と民間企業(応用・製品開発)のギャップを埋め、技術移転を促進するため、産学官を結集し、製造業イノベーション研究所を全国に設置、ネットワーク化(NNMI: National Network for Manufacturing Innovation)
地域への展開	ドイツ国内に66の研究所	主に地域クラスターの中核大学に設置	45カ所設置計画
予算等	年間20億ユーロ:委託研究7割(民間企業37%、政府・公的機関35%)、交付金3割(連邦政府9割、州政府1割) 民間企業からの委託が増えると連動して補助金が増える仕組み	4年間で2億ポンドの予算 機関助成・官民協力プロジェクト・民間受託、それぞれ1/3を目指す	予算10億ドル 連邦政府から5～7年間の資金提供の後、独自収入による自立化が求められる
人材育成等	23,000人のスタッフ(平均在職期間7年、毎年800人が他組織へ移動) 各研究所所長は地元大学の教授を兼任(デュアル・アポイントメント) 博士課程の学生・ポストドクを受け入れ(6,400人)、企業とのプロジェクトに従事(キャリアパス)	ESPRC(工学・物理科学研究会議)と共同で民間企業に勤務しながら博士号取得を支援するプログラムを提供	地域のコミュニティー・カレッジが、製造業が必要とする高付加価値人材を供給(企業がカリキュラムに関与)、IMIが育成。 2012～2015年予算20億ドル

(資料) 科学技術振興機構、日本機械工業連合会等資料を参考に日本総合研究所作成

各国の事例を見ると、地域の特色ある産業・技術分野について強みを持つ大学を基盤として設置されているケースが多く、地元の有力企業が中核メンバーとして参画しており、地域のステークホルダーが協議、協働する場となっている。また、わが国に多い大学と大企業の線的なパートナーシップにとどまらず、中堅・中小企業やベンチャー企業などもプロジェクトのメンバーとなっているなど、面的な広がりを持っている点も特徴である。

第2に、これら機関は国からも一定の財政支援を受けているものの、民間などから同額程度の資金の拠出がなされ、組織の自立が図られている。フラウンホーファーの各研究所は、政府・地方政府からの基盤助成、民間からの研究委託、公的プロジェクトからの収入をそれぞれ3分の1ずつとする「3分の1ルール」とされている。イギリスのカタパルト・センターは、フラウンホーファーをモデルとして、同様に3分の1ルールを導入している。IMIは、予算の半分以上を民間からの拠出とするマッチング・ファンドの方式をとっている。いずれも、こうした応用研究機関が公的資金に依存せず自立的な運営・活動を可能とするとともに、民間企業や市場のニーズを吸い上げ、大学や研究機関におけるシーズを社会や産業の発展に寄与するイノベーションへと結び付けることを企図したものである。

第3に、それぞれの応用研究機関はクラスター内で活動するにとどまらず、クラスター外にネットワークが構築され、必要に応じて連携ができるように設計されている。フラウンホーファー研究機構はドイツ国内に66カ所の研究所を有している。HVMカタパルトは傘下に専門分野を持つ七つの研究所を有しているほか、他の先端領域の応用研究を行うカタパルトが設置されている。IMIはNNMIの全国ネットワークの構成要素となっており、将来的には全国に45カ所のIMIが設置され、ネットワークを形成する計画である。そして、それぞれの研究所が専門の領域に特化して研究開発を行いながらも、ネットワークを通じて他の研究所のベストプラクティスや知識、技術等を共有できる仕組みとなっている。

第4に、それぞれの応用研究機関はクラスター内の各ステークホルダーをネットワーク化する結節点であるばかりでなく、人材の育成ならびに交流のプラットフォームともなっている。例えば、フラウンホーファー研究機構の各研究所は、産業界の経験がある地元大学の教授が所長を兼任している。そして、研究者についても、大学院生など若手人材がフラウンホーファーの研究所において研究成果の実用化プロジェクトに従事（5年程度の期限付き雇用）し、産業界との協働などの経験を積んでいる。この結果、優秀な人材が大学の研究室内だけにとどまらず、産業界でも通用する人材として育成され、民間企業に就職したり、スピントアウトして起業家となるなどしている。フラウンホーファー研究機構のアンニュアルレポートによれば、毎年800人の研究者が民間企業や他の研究機関・大学等に異動している。大学と企業、研究機関間の人材の流動性の高さや密接なコミュニケーションが円滑な産学連携に繋がっている。

(4) わが国が学ぶべき点

わが国においても、次世代製造業の基盤整備に向け、ロボット革命イニシアティブ協議会やインダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ (IVI) が組成され、検討が進められている（このほかCPS推進協議会を2015年中に設立予定）。一方で、これまで産学官連携を推進しながらも十分に機能しなかったことから、ドイツのフラウンホーファー研究機構に倣い、公的研究機関に橋渡し機能を持たせることが検討されている。もっとも、それぞれの施策を有機的に連携させるためのフレームワーク

の具体像が見えてこないのが実情である。

先に述べたように、海外事例では国のイノベーション政策の柱である「次世代製造業」、具体的な施策実行の受け皿である「地域クラスター」、地域内外のステークホルダーやさまざまな資源を結び付ける「結節点機能」がそれぞれ連動して「イノベーションの成果を産業や社会、地域に還元する」という明確な目標の達成に向けて動いている（前掲図表25）。わが国においても、海外の先進的な事例に倣い、こうしたイノベーション・システムのフレームワークをいかに構築するかが問われているといえよう。具体的には、以下の3点が指摘できる。

第1に、国が次世代製造業の実現に向けたロードマップを産業界と共同で策定するとともに、政策実行プロセスを実践の場としての地域に落とし込むフレームワーク作りに取り組むべきと考えられる。高度成長期におけるターゲット政策のように、特定産業や企業に集中して補助金を供給する手法は競争を歪めることとなり、健全なイノベーションの促進にあたって望ましくないことは当然である。しかしながら、Systems ThinkingやConverging Technologiesなど新しいイノベーションの潮流を踏まえ、わが国製造業の具体的な将来像を見据えた議論を徹底的に行い、産学官でその将来像（ビジョン）を共有し、イノベーションの出口を明確にしつつ、着実に一つひとつの課題の解決に取り組んでいく必要があると考えられる。

海外事例で挙げた各国は、国家政策としてイノベーションならびに次世代製造業の在り方について官民で議論し、社会との徹底的な対話も踏まえ、方向性や課題解決の優先順位等を明確にしながら、次世代製造業戦略を推進している。わが国においても、総合科学技術会議が総合科学技術・イノベーション会議に改編され、国のイノベーション政策の司令塔としての機能を発揮することが期待されている。もともと、司令塔機能の設置ばかりでは不十分といえ、ここで打ち出された科学技術イノベーション政策が産業政策や地域政策と連動する仕組みや、研究開発の成果の社会や産業への実装に向けたルールづくり（注44）が不可欠である。国が、産業界やアカデミア、地方自治体とともに、こうしたフレームワーク作りにも取り組んでいく必要がある。

第2に、クラスター政策を地域の特色ある産業の活性化を図ることのみにとどめるのではなく、国のイノベーション政策に戦略的に組み込み、ナショナル・イノベーション・システムを構成する要素として位置づけるべきである。そもそも、ドイツやアメリカは連邦制国家であり、イギリスも地方分権が進んでいるなど、地域主導的なクラスターを形成する土壌があり、わが国と単純に比較することはできない。しかしながら、地域イノベーションを国の競争力強化に繋げようとする諸外国の取り組みは、わが国も倣うべき点が多い。

諸外国では、全国一律に同じ施策が導入されているのではなく、各地域の特性に合わせた産業クラスターが形成されている。そして、各地域でボトムアップ的に形成されたクラスターを国の支援プログラムの対象として採択する際には、競争的選抜とされている。例えば、ドイツの先端クラスター競争プログラムやアメリカのIMI公募制度などは、地域のクラスター間の競争を促し、強みを持つ産業とそれを支える一定の企業や研究機関の集積など、より優れた研究基盤が存在するクラスターをイノベーション政策の実践の場として選定している。クラスター間の競争があるからこそ、各地方自治体は地域の大学や研究機関、中核企業、業界団体等と協力して、先端的なイノベーションの場として国に選定されるべ

く、地域独自のイノベーション戦略を策定し、クラスターの高度化に取り組んでいる。

また、イノベーション政策の具体的な実行や産業・社会への実装、とりわけ本稿の中心テーマであるITと産業の融合にあたっては、規制の見直しが必要な場合も多く、規制の在り方について具体的に検討する場としても、地域クラスターは有用である。

一方、わが国の地域イノベーション政策の多くが国によるトップダウンの政策のもと実施され、地域の創意工夫が発揮されず、その結果、一部を除き地域クラスターとは呼べない産業集積が多い（注45、図表29）。また、国のイノベーション政策の実施主体は、大企業によるコンソーシアムが中心となっており（注46）、IoTによる製造業の高度化の検討においても、現段階は「つながる工場」実現のための標準化に焦点が当てられている。今後、個別企業の製造工程の高度化にとどまることなく、クラスター内の中堅・中小企業への技術移転を含めた産業集積の底上げを図り、クラスターとしての発展へと結び付けていく仕組みを検討していくことが求められている。そのためにも、地方自治体や商工会議所、大学、中核企業など地域主導によるボトムアップのイノベーションへの取り組みを、国のイノベーション政策にリンクさせていく視点が必要である。

（図表29）わが国の産業集積と先進国のクラスターの比較

	クラスターの形成	運営組織	資金拠出	アカデミアとの連携	海外との連携
海外事例	地域の特色ある産業を母体、異業種の融合を視野	自治体、アカデミア、商工会議所、中核企業（大企業、中堅企業）の参画によるマネジメント会社設立、産学に通じるキーマンの存在	マッチング・ファンド（民間が半分以上負担）	地域の研究大学や研究機関の積極的な関与、人材交流	グローバル市場への展開、海外からの企業の呼び込みも視野
日本	国の重点分野に沿った個別産業に焦点	関係省庁や自治体による協議会等の組成、官庁や自治体の出向者による運営	政府からの補助金	人的な交流が不活発	国際連携の覚書締結や見本市への出展等一部を除きグローバル化は不活発

（資料）日本総合研究所作成

第3に、諸外国の取り組みを参考に、実効性の高い結節点機能の設置・強化に取り組むべきである。各国の応用研究機関は国のプロジェクトとして位置付けられているものの、各研究センターは地域の大学や研究機関などを基盤として、地域が特色を有する産業や関連する技術に特化している。すなわち、国からのトップダウンで設置された研究所というよりも、地域からのボトムアップによる取り組みが地域の優れた研究基盤として国のプロジェクトに採択されたものであることは十分に考慮すべきである。

関西経済連合会の「ものづくり産業報告書」によれば、産学官連携の橋渡し機能を持つ機関としては国立研究開発法人、公設試験研究機関、産業支援機関などがあるが、それらが連携するにしても、「現時点では個別に企業の支援活動を実施している傾向が強く、また相互協力に関して府県域の壁が存在するなど、必ずしも支援機関同士が連携するシステムが構築されているわけではない」ことが指摘されている。また、地域のイノベーションを支援する機関としては、規模も十分ではない（図表30）。こうした応用研究

（図表30）公的研究機関の比較

	フラウンホーファー研究機構	産業技術総合研究所
職員数	約23,000人（2015年3月）	約5,100人（2014年4月）
年間予算（2013年度）	2,400億円（20億ユーロ）	940億円（収入）
研究拠点（国内）	66研究所（本部ミュンヘン）	10カ所（本部つくば市）

（資料）関西経済連合会「ものづくり産業研究会報告書」2015年7月28日

機関が橋渡し機能を発揮するためには、前章で述べた結節点機能の①地域との協働、②組織の自立、③ネットワークの形成、④人材の育成・交流、が重要である。単に、公的研究機関等を衣替えしただけでは、期待される成果は望めないであろう。

なお、わが国で研究開発を行う中小企業は全産業の2%、製造業では10%を占め、研究開発支出の8割が民間の大企業によるものという調査結果がある（総務省「科学技術研究調査報告書」2013年版）。また、政府の研究開発投資は大学や研究開発法人に供給される一方で、企業は自社投資で完結しており、企業研究費の政府負担率ならびに大学や研究開発法人の研究費の企業負担率が、海外主要国よりも低い。さらには、大学と企業、研究開発法人間の研究人材の流動性も低い。こうしたことを背景に、日本における産学連携の活動は十分に機能してこなかったものと考えられる。産学官やセクター間の壁を低くし、人材の流動化の基盤として、また硬直化した研究開発費の流れを変える受け皿としても、結節点の機能が期待される。

(注39) President's Council of Advisors on Science and Technology "Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing" June 2011.

(注40) ポーターによれば、クラスターは特定のセクターや業種に偏らず、製造業やサービス業も含む広範な企業やサプライヤー、支援サービス、インフラ、研究機関等を包含しており、クラスター内で専門的な人材や知識、インフラなどにも効率的にアクセスでき、生産性やイノベーションを牽引するとしている。(Michael E. Porter "Clusters and Economic Policy: Aligning Public Policy with the New Economics of Competition" ISC White Paper, Harvard Business School, November 2007) また、ドイツでは、「ネットワーク・クラスターの形成なくして研究開発は成立しない」との考えが定着しているという（経済産業省（委託先・日本貿易振興機構）「平成25年度 産業技術調査事業（持続可能な発展のためのイノベーション政策に関する調査）調査報告書」2014年2月）。

(注41) ゼバスティアン・シュミット「ドイツ-Industrie4.0の波に乗れ」ジェトロセンサー2015年10月号、日本貿易振興機構。

(注42) この点について、BISのヴィンス・ケープル大臣によれば、「前政権下では、60を超える技術センターに資金を供給したが、広く浅くとなり、イギリスが強みを持つ分野（ナノテクなど）において十分な効果が得られなかった」（経済産業省「平成22年度産業技術調査事業（海外技術動向調査）カントリー・レポート」）。そこで、カタパルト・センターについては、イギリスが技術的に主導権を確保できる分野や商業的な可能性のある分野を重視して、重点的かつ集中的に、長期的な視野から資金供給を行っていく方針とされている。

(注43) 小竹暢高によれば、「FhG（フラウンホーファー研究機構）は国際的な研究ブランドであるが、公的セクターにおける新技術支援のネットワークであるナショナル・イノベーション・システムと、地域レベルにおけるエージェント・システムが連動したモデルである。受託型の研究プロジェクトが中心で開発段階に近い競争的研究を得意としており、インスティテュートごとに研究分野を特定しインフラを整備している」（「イノベーション支援組織とマネジメント・システム—ドイツ・フラウンホーファー協会とベルギーimecの事例から—」名古屋工業大学、2011年10月）。

(注44) とくに、次世代製造業への取り組みについては、基盤技術が多岐にわたるとともに、関係する主体も多様であり、競争領域と協調領域の設定や、これを踏まえた標準化による中小企業への技術移転を進めるためのルール作りが重要である。

(注45) Class van der Linde [2003] は、世界49カ国773のクラスターについて調査し、非競争的なクラスターは競争的なクラスターに比べ、政府の影響力がより重要な役割を果たしていると結論づけている（The Demography of Clusters—Findings from the Cluster Meta-Study）。実際に、ドイツにおいても1990年代から2000年初めにかけて、バイオ産業が成長分野ということで政府がバイオ・クラスターの振興に取り組んだところ、各地域がこぞって応募し、国も数次にわたり様々な政策を打ち立ててほとんどの地域を対象としたことから支援が分散され、結局多くのクラスターが失敗に終わったという経緯がある。

(注46) 経済同友会「民間主導型イノベーションを加速させるための23の方策—産学官の効果的な連携を目指して—」2014年2月27日。

7. おわりに

わが国においても、モノづくりとITの融合やフラウンホーファー研究機構に倣った橋渡し機関など、ドイツやイギリス、アメリカと同様の施策の検討が行われている。しかしながら、それらは個別の課題

解決にとどまり、その先の達成すべき目標である国のイノベーション政策の地域経済への波及や、IT融合による労働の質の変化、これに対応する人材の育成などにまで議論が深められていないように思われる。

一方、地方創生戦略において、地域におけるイノベーション・エコシステムの形成が必要と指摘されているものの、具体的な施策のなかで、ナショナル・イノベーション・システムとの連動やナショナル・イノベーション・システムの構成要素としての地域のエコシステムが明確に位置付けられているわけではない。地方創生は、地域経済のみならず、人口減少や社会保障問題など広い領域をカバーしており、地域イノベーションの議論は埋没してしまいがちなためと考えられる。また、科学技術基本計画においても大企業と大学の共同実証実験などを通じたイノベーションの取り組みが中心とされており、地域クラスターやベンチャー企業との連携の仕組みづくりまで十分に考慮されていない。

このように、わが国のイノベーションをめぐる一連の政策は、それぞれのテーマごとに閉じられた議論となっており、結果として資金の供給や新しい機関の設置などの表層的な取り組みに終始している。イノベーションへの取り組みにおいては、どうしても個々の技術の開発に集中しがちで、本来達成すべき目標が見落とされる「木を見て森を見ず」という結果になりかねない。海外の事例から学ぶべき点は、省庁横断的・分野横断的な議論が重ねられ、イノベーションの成果が広く享受されるための仕組みづくりや、これを受け入れる産業・社会システム全体のデザインなど、「木を見て森も見る」取り組みが同時に進められているところである。わが国においても、モノづくりとITの融合を通じて産業構造の改革や地域の産業集積の高度化をいかに進めていくか、官民で共有できるビジョンの策定や実行のためのフレームワークの策定など、広い視野からの制度設計が求められる。

なお、本稿では、次世代製造業を軸に地域のイノベーションの在り方に焦点を当ててきたため、もう一つの重要な課題である労働の質的变化や、それに伴う人材育成の在り方については十分な検討ができなかった。これらのテーマについては、今後のさらなる研究課題としたい。

(2015. 10. 19)

参考文献

- ・アナリー・サクセニアン著、大前研一訳 [1995]. 『現代の二都物語—なぜシリコンバレーは復活し、ボストン・ルート128は沈んだか—』講談社、1995年1月
- ・伊藤裕子 [2007]. 「イノベーションをもたらすと期待されるConverging Technologies推進の政策動向」科学技術・学術政策研究所『科学技術動向』2007年2月
- ・小川絃一 [2014]. 『オープン&クローズ戦略—日本企業再興の条件』翔泳社、2014年2月
- ・川野俊充 [2015]. 「ドイツのモノづくり政策Industrie4.0が狙う製造業の標準化戦略」日本ロボット学会誌Vol.33 No.5、日本ロボット学会、2015年6月
- ・木村英紀編著 [2015]. 『世界を動かす技術思考』講談社、2015年5月
- ・科学技術振興機構・研究開発戦略センター [2015a]. 「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」科学技術振興機構、2015年3月

- ・ 科学技術振興機構・研究開発戦略センター [2015b]. 「戦略プロポーザル 産学共創ソーシャルイノベーションの深化に向けて」 科学技術振興機構、2015年3月
- ・ 科学技術振興機構・研究開発戦略センター [2011]. 「システム構築による重要課題の解決にむけて～システム科学技術の推進方策に関する戦略提言～」 科学技術振興機構、2011年3月
- ・ 経済産業省（委託調査先・三菱UFJリサーチ&コンサルティング） [2015]. 「素材産業を担う若手人材の輩出・育成に関する調査報告書」 2015年3月
- ・ 経済産業省（委託調査先・日本貿易振興機構） [2014]. 「平成25年度 産業技術調査事業（持続可能な発展のためのイノベーション政策に関する調査） 調査報告書」 2014年2月
- ・ 小林俊雄 [2015]. 「インダストリー4.0を牽引する産業クラスター『It's OWL』」 ドイツ経済・政治動向（8月号）、三菱東京UFJ銀行、2015年7月
- ・ 澤田朋子 [2015]. 「科学技術・イノベーション動向報告～ドイツ～」 科学技術振興機構、2015年3月
- ・ 清水誠 [2015]. 「IoTによる製造業の変革 ドイツで進むIndustrie4.0の取り組み」 今月のトピックス No.238-10、日本政策投資銀行、2015年8月
- ・ ゼバスティアン・シュミット [2015]. 「ドイツ—Industrie4.0の波に乗れ」 ジェトロセンサー2015年10月号、日本貿易振興機構
- ・ 新山 康夫 [2013]. 「米国で再び注目を浴びる製造業」 平和研所内会議報告（概要）、世界平和研究所、2013年3月
- ・ 西尾好司 [2015]. 「製造業の将来—何が語られているのか？—」 研究レポートNo.426、富士通総研・経済研究所、2015年6月
- ・ 山口修弘 [2015]. 「ドイツの「ものづくり」とIndustrie 4.0」 ドイツ三井物産、2015年9月
- ・ 日経ビジネス [2015]. 「まるわかりインダストリー4.0 第4次産業革命」 日経BPムック、日経BP社、2015年5月
- ・ 日本機械工業連合会 [2015]. 「平成26年度 世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究」、2015年3月
- ・ 日本経済団体連合会 [2015]. 「未来創造に資する『科学技術イノベーション基本計画』への進化を求め～第5期科学技術基本計画の策定に向けた第2次提言～」 2015年3月
- ・ 深尾京司、権 赫旭 [2010]. 「日本経済再生の原動力を求めて」 在日米商工会議所、2010年11月
- ・ 藤田誠 [2011]. 「産業クラスター研究の動向と課題」 早稲田商学第429号、2011年9月
- ・ 細谷祐二 [2009]. 「集積とイノベーションの経済分析—実証分析のサーベイとそのクラスター政策への含意—」 産業立地2009年7月号、2009年9月号、日本立地センター
- ・ 細谷祐二 [2008]. 「ジェイコブズの都市論」 2008年11月号、日本立地センター
- ・ 宮川努 [2013]. 「アベノミクスと生産性向上」 日本生産性本部、2013年7月
- ・ 八山幸司 [2015]. 「英国における『ものづくりとIT』に関する取り組みの現状」 JETRO/IPA New York ニューヨークだより、2015年6月
- ・ Department for Business, Innovation & Skills [2015]. “Strengthening UK manufacturing supply chains: An action plan for government and industry” February 2015.

-
- European Commission [2015]. “Report from the Workshop on Innovation in Digital Manufacturing” February 2015.
 - Geoff Mason and Max Nathan [2014]. “Rethinking industrial policy design in the UK: foreign ideas and lessons, home-grown programmes and initiatives” LLAKES Research Paper 48, Centre for Learning and Life Chances in Knowledge Economies and Societies, July 2014.
 - Georgia Siora [2015]. “High Value Manufacturing Catapult: Pathways to Impact” WECD Warwick Economics & Development June 2015.
 - Government Office for Science [2013]. “The future of manufacturing: A new era of opportunity and challenge for the UK” October 2013.
 - HM Treasury and Department for Business Innovation & Skills [2014]. “Our plan for growth: science and innovation” December 2014.
 - Michael E. Porter [2007]. “Clusters and Economic Policy: Aligning Public Policy with the New Economics of Competition” ISC White Paper, Harvard Business School, November 2007.
 - National Science and Technology Council [2013]. Advanced Manufacturing National Program Office “National Network for Manufacturing Innovation: a Preliminary Design” January 2013.
 - National Science and Technology Council [2012]. “National Strategic Plan for Advanced Manufacturing” February 2012.
 - OECD [2014]. “Challenges and Opportunities for Innovation through Technology: The Convergence of Technologies” 2014.
 - OECD [2013]. “Innovation-driven Growth in Regions: The Role of Smart Specialisation” 2013.
 - President’s Council of Advisors on Science and Technology [2011]. “Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing” June 2011.
 - President’s Council of Advisors on Science and Technology [2012]. “Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing: AMP Steering Committee Report” July 2012.
 - President’s Council of Advisors on Science and Technology [2014]. “Accelerating U.S. Advanced Manufacturing: AMP2.0 Steering Committee Report” October 2014.
 - Professor Steve Fothergill & Dr Tony Gore [2013]. “The implications for employment of the shift to high-value manufacturing” Government Office for Science, October 2013.
 - Technology Strategy Board [2012]. “High Value Manufacturing Strategy 2012-2015” May 2012.
 - it’s OWLホームページ (<http://www.its-owl.com/home/>)
 - HVMカタパルト・ホームページ (<https://hvm.catapult.org.uk/>)
 - manufacturing.govホームページ (<http://www.manufacturing.gov/welcome.html>)