

## インダストリー4.0とドイツの産官学連携クラスター

林 宏美、ラクマン ベディ グンタ

### ■ 要 約 ■

1. ドイツ政府は現在、ドイツ連邦教育研究省(BMBF)および同連邦経済技術省(BMWi)の主導のもと、第4次産業革命を意味するインダストリー4.0を産官学共同戦略として推進している。
2. ドイツがインダストリー4.0を、国をあげた総力戦で推し進めようとしている背景には、経済のデジタル化が進展するなかで、ドイツがモノづくり、すなわち製造業を重視するスタンスを変えないのであれば、グローバルな競争に対抗出来る力を持ち続けるためには、製造業のイノベーションが不可欠、と捉えている点がある。イノベーションによる新たなテクノロジーの開発や新商品の導入を行う潜在性という観点では、大企業のみならず、中小企業がきわめて重要な役割を果たしている。しかしながら、ドイツの中小企業の大多数が従業員9人以下であるため、中小企業が個別にインダストリー4.0への対応をするのは困難である。
3. こうした状況下、中小企業を支援し、イノベーションを促進することを目指す施策の一つとして、連邦・州政府が軸足を置いているのが、企業や政府、研究機関が連携する産官学連携クラスターである。連邦政府は、各州に様々なクラスターの円滑な運営を側面から支援する「ゴー・クラスター・プログラム」や、イノベーションが不足する傾向にあるドイツ東部地域の底上げを目指した、「アントレプレヌーリアル・リージョン」等の施策を行っている。そうした施策にインダストリー4.0への対応をするものとして、「先端クラスター・プログラム」や中小企業のデジタル化にターゲットを絞った「ミッテルシュタント4.0ーデジタルプロセスと作業過程」支援プログラム等が追加されている。
4. インダストリー4.0をめぐるドイツの産業政策は、製造業において重要な役割を担う中小企業が各地域に分散しているドイツ国内の企業立地の事情に合致した施策と言え、地方創生が大きな課題である日本にとっても、参考となるだろう。

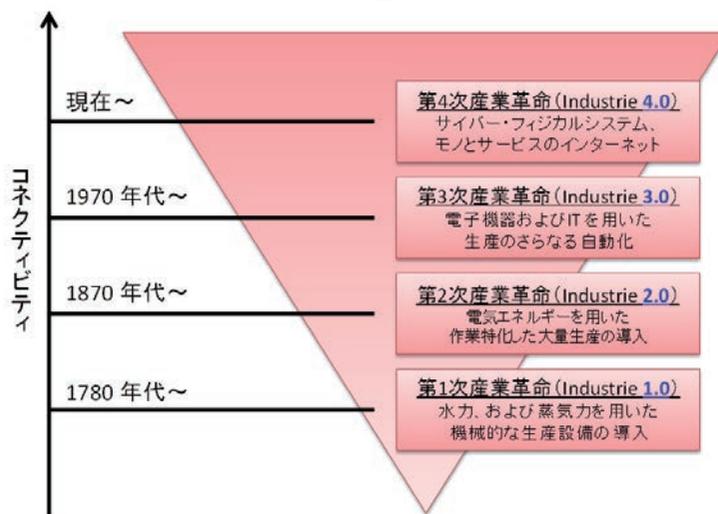
## I ドイツで提唱されたインダストリー4.0

### 1. インダストリー4.0とは

インダストリー4.0 (Industrie 4.0) は、第1～3次産業革命に続き、「第4次産業革命」(図表1)を意味し、現在ドイツ連邦政府、主にドイツ連邦教育研究省(BMBF)とドイツ連邦経済技術省(BMWi)の主導で推進されている産官学共同戦略を指す。最大の目的は、製造業における国際的な競争力の強化と企業の国内立地の維持・促進である。

インダストリー4.0の概念は、もともと2010年7月に導入されたドイツの科学技術イノベーションの基本政策「ドイツのハイテク戦略2020(Hightech-Strategie 2020 für Deutschland)<sup>1</sup>」を基に、「ハイテク戦略行動計画」に盛り込まれた10件の「未来プロジェクト(Zukunftsprojekte)」の中で取り上げられた。その後、「インダストリー4.0」は、主に製造技術革新の研究開発(R&D)を推進する大規模な産官学連携プロジェクトを指す用語として、2011年のドイツ国際産業技術見本市ハノーファー・メッセにおいて初めて公に紹介され、近年ではドイツ産業における改善活動の代表的なキャッチフレーズとなっている。インダストリー4.0は、従来からドイツが推進している効率的な資源の利用、生産の自動化、機械間の情報通信などに加えて、デジタル化、クラウド・コンピューティングやIoT(モノのインターネット)<sup>2</sup>などの最新の技術の発展と導入といった幅広い文脈で用いられている。

図表1 産業革命の各段階



(出所) ドイツ連邦経済技術省(BMWi)「Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft」より野村資本市場研究所作成

<sup>1</sup> 2014年に「新ハイテク戦略—ドイツのイノベーション(Neue Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland)」に改名。

<sup>2</sup> IoTはInternet of Things(モノのインターネット)の略称である。主にパソコン、携帯電話やサーバー等の情報・通信機器が接続されていたインターネットに、テレビ、腕時計、自動車、冷蔵庫等の様々なモノを接続し、モノ同士、または人とモノがコミュニケーションを取れるようにする仕組みを指す。

例えば、情報通信技術（ICT）・IoT の活用によって人間と機械が共存し協業できるスマート工場の構築・普及と伝統的な製造業の統合が目指されている。スマート工場とは、創造力や柔軟性を必要とする部分については人間が担い、力やスピードなどを必要とする定型化された作業部分では機械が活躍する工場を意味する。それに加え、人間と機械、機械と機械、商品と機械などの間のリアルタイムな情報共有を可能とするための「サイバー・フィジカル・システム（CPS）」技術による製造プロセスなどの高度化やクラウド技術を用いた企業間のビッグデータの共有と分析による商品の製造からリサイクル段階までのプロセス、ロジスティックス、資源利用の効率化などが主な目標である。

## 2. 経済のデジタル化の進展とインダストリー4.0

近年では、インターネットをはじめとした IT 技術の発展・活用によって、企業などが提供するサービスの質やスピードがますます向上する傾向にあり、デジタル化の動きが浸透しつつある。デジタル化が拡大するにつれて、伝統的な製造業の世界においても、デジタル化の潮流を無視し得ない状況になるなかで、ドイツが主体的にデジタル化を進める、すなわちインダストリー4.0 を推し進めることによって、製造業におけるグローバルな競争に打ち勝とうとしている。

BMWによる「インダストリー4.0 とデジタル経済（2015年4月）」報告書では、今後の中心的なテーマの1つとして挙げられたデジタル化は、将来に向けて製品及び市場を巡る競争のための重要な基礎が置かれており、社会構造を過去数十年の変化より大きく、かつより迅速に変えてしまう可能性が指摘されている。

なお、インダストリー4.0 を推進するには、当然ながら多額の投資も必要である。PwCドイツが2014年第3四半期に実施した調査によると、ドイツ企業は、2020年までに年商の平均3.3%をインダストリー4.0への対応に投資する意向を持っている<sup>3</sup>。これは年400億ユーロ以上の投資となり、ドイツ産業における設備投資の約50%を占める。投資の主な目的として、まずバリュー・チェーンのデジタル化が挙げられ、2020年までに80%程度デジタル化を進めることによって、製造プロセス、エネルギー及び資源消費の約20%の効率化が期待される。そして、年平均3.3%の効率化によって、2.6%のコスト削減が見込まれており、毎年約300億ユーロ規模の新たな売上高の創出が見込まれている。

こうした「経済と社会のデジタル化」を背景に打ち出されたインダストリー4.0は、各産業分野のネットワーク化を図り、ビッグデータの収集と分析に基づいて経済行動の効率化を目指すものと言えよう。それは、エネルギー転換、人口高齢化、労働力の高い流動性と将来の質の高い労働力の確保をはじめとした、社会的に重要とされる課題への対応にもつながる。

<sup>3</sup> PwCドイツによる「Industrie 4.0 - Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution (Industry 4.0 – Chances and Challenges of the 4<sup>th</sup> Industrial Revolution)」調査。対象は自動車、電子工業、ICT、機械製造、プロセス工業（化学、薬品、食品等）分野などの合計235社の大企業・中小企業。

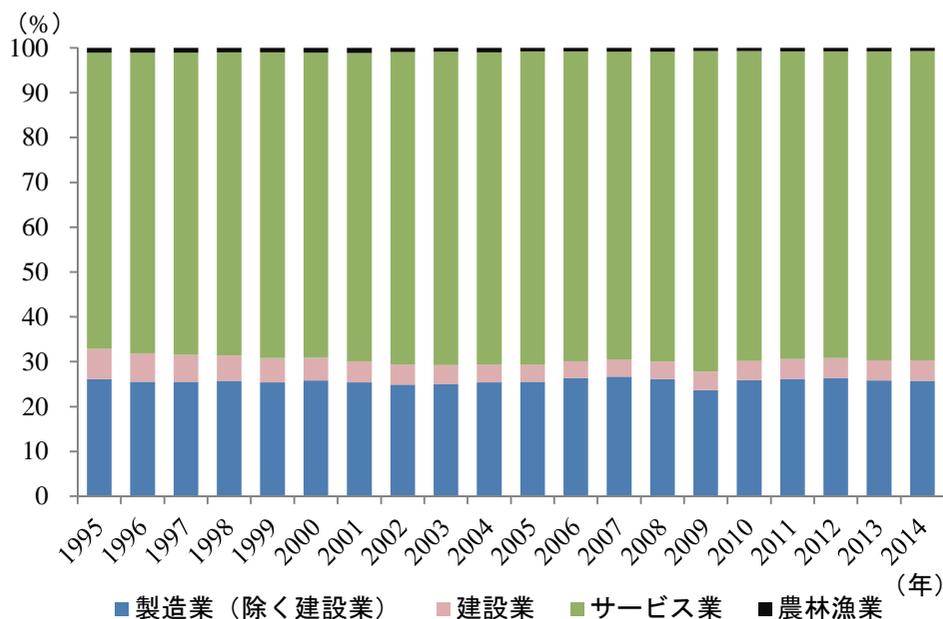
## II インダストリー4.0 推進の背景

ドイツがインダストリー4.0を、国をあげた総力戦で推し進めようとしている背景には、ドイツがモノづくり、すなわち製造業を重視するスタンスを変えないなかで、今後もグローバルな競争に対抗できる力を持ち続けるためには、製造業のイノベーションが必要、と捉えている点が挙げられる。1995年以降のドイツの名目GDPの業種別内訳をみると、建設業を除く製造業のシェアは、25%~26%の水準で安定しているうえ（図表2）、2014年における国内で生産されたモノの輸出額は、輸出総額の約4割を占めていた。とりわけ、自動車や機械製造、化学工業では約6割が輸出されていた<sup>4</sup>。

また、イノベーションによって、新たなテクノロジーを初めて採用したり、新しい商品を市場に導入したりする潜在力のある企業という観点で見ると、ドイツでは、大企業のみならず、中小企業がきわめて重要な役割を果たしている点が見逃せない。

ドイツの経営学者であるハーマン・サイモン氏によれば、ニッチ市場におけるグローバルなシェアがきわめて高く、売上高の過半を輸出している中小・中堅企業（サイモン氏は「隠れたチャンピオン」としている）の数は、ドイツが1,307社で世界第1位であり、第2位の米国（366社）との差は大きい（図表3）。

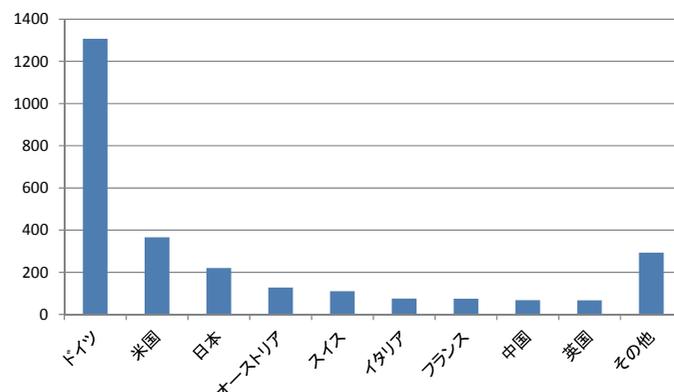
図表2 ドイツの名目GDPの業種別内訳



（出所）ドイツ連邦統計局より野村資本市場研究所作成

<sup>4</sup> ドイツ連邦経済技術省（BMW）「Fakten zum deutschen Außenhandel 2014」May 2015 及び BMW ホームページ「Exportorientierte Industrie」、  
<http://www.bmw.de/DE/Themen/Industrie/Industrienation-Deutschland/exportorientierte-industrie.html>

図表3 「隠れたチャンピオン (Hidden Champions)」数の国際比較 (2012年)



(出所) Federal Ministry of Economics and Technology “German Mittelstand: Engine of the German economy” (2013年7月) p8 より引用

中小企業全体として見ても、従業員数や売上高、グロスの付加価値をはじめとした各種指標において、ドイツ経済における中小企業の貢献度が大きい状況が窺われる(図表4)。すなわち、ドイツ全体の企業の99.2%に相当する約214万社の中小企業が、従業員数の約60.2%、グロスベースの付加価値の約47.5%を生み出している。同様に、セクター別で見ると、例えば、グロスの付加価値は、「電気、ガス、蒸気およびエアコン供給」を除き、すべてのセクターで30%超が中小企業によって生み出されているほか、13業種中9業種において中小企業が5割超の雇用を生み出している、といった状況である。

このように、国内経済で果たす役割が大きいドイツの中小企業ではあるが、大多数が従業員数9人以下の企業であることから、個々の企業ごとにインダストリー4.0への対応を専門に行う人的資源の投入は事実上困難である(図表5)。実際、インダストリー4.0は、中小企業の競争力維持・強化を目指す中小企業組合(Deutsche Mittelstands-Bund, DMB)の要望に答えている側面が大きい。

一方で、現状では、インダストリー4.0の重要性を認識していない中小企業が約80%であり、何らかの対策を講じている中小企業はわずか5%にすぎない、という調査結果もあるため<sup>5</sup>、「隠れたチャンピオン」をはじめとしたドイツの中小企業が今後ともグローバルな競争力を維持するため、様々な支援スキームが必要とされている。

また、ドイツでは、ベンチャー・キャピタルによる投資があまり浸透していないこともあり、とりわけ創業年数が浅い中小企業にとっては、資金面の困難に直面する公算も大きい。

なお、インダストリー4.0を推進する背景としては、他にも、少子高齢化の進展による労働力人口減少への対応が挙げられる。インダストリー4.0の進展を通じて一人当たり労働者の生産性を向上させることができれば、少子高齢化による労働投入量減少の影響を最小限にとどめることが可能となるからである。

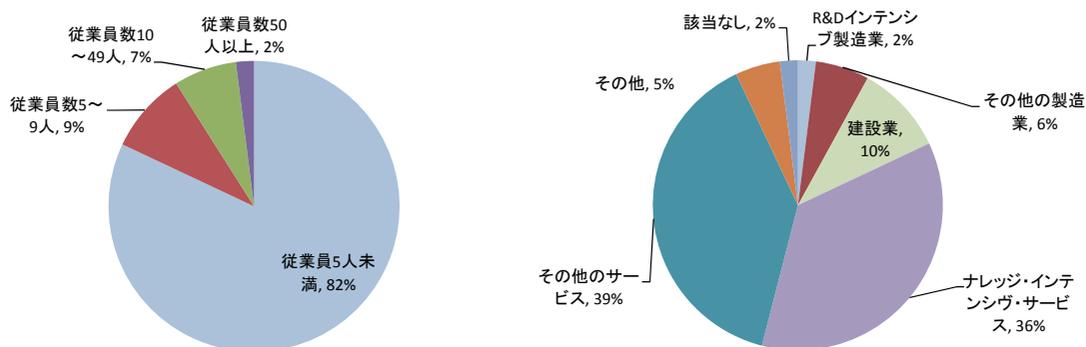
<sup>5</sup> 2015年7月に実施した現地ヒアリング調査に基づく。

図表4 ドイツの中小企業の各業種における位置づけ

		企業数		従業員数		売上高		投資をした企業数		グロス付加価値(要素費用ベース)	
		企業数	%	従業員数	%	100万€	%	企業数	%	100万€	%
全体	中小企業	2,142,073	99.3%	15,783,234	60.2%	1,866,211	33.5%	877,108	40.9%	656,330	47.5%
	大企業	15,975	0.7%	10,455,647	39.8%	3,703,573	66.5%	14,089	88.2%	726,833	52.5%
	計	<b>2,158,048</b>	<b>100%</b>	<b>26,238,882</b>	<b>100%</b>	<b>5,569,784</b>	<b>100%</b>	<b>891,196</b>	<b>41.3%</b>	<b>1,383,162</b>	<b>100%</b>
鉱業・採石業	中小企業	1,732	98.0%	26,482	38.9%	4,888	35.7%	1,192	68.8%	1,855	31.7%
	大企業	35	2.0%	41,592	61.1%	8,803	64.3%	35	100.0%	3,990	68.3%
	計	<b>1,767</b>	<b>100%</b>	<b>68,074</b>	<b>100%</b>	<b>13,692</b>	<b>100%</b>	<b>1,227</b>	<b>69.4%</b>	<b>5,845</b>	<b>100%</b>
製造業	中小企業	202,431	97.4%	3,196,848	44.8%	415,232	21.2%	137,492	67.9%	149,111	30.4%
	大企業	5,417	2.6%	3,939,086	55.2%	1,540,881	78.8%	5,217	96.3%	341,108	69.6%
	計	<b>207,847</b>	<b>100%</b>	<b>7,135,934</b>	<b>100%</b>	<b>1,956,112</b>	<b>100%</b>	<b>142,709</b>	<b>68.7%</b>	<b>490,219</b>	<b>100%</b>
電気、ガス、蒸気 およびエアコン供給	中小企業	1,268	71.4%	28,604	12.8%	16,242	3.4%	1,048	82.6%	4,238	10.0%
	大企業	509	28.6%	195,311	87.2%	466,216	96.6%	452	88.8%	37,983	90.0%
	計	<b>1,777</b>	<b>100%</b>	<b>223,915</b>	<b>100%</b>	<b>482,458</b>	<b>100%</b>	<b>1,500</b>	<b>84.4%</b>	<b>42,221</b>	<b>100%</b>
上・下水道、ごみ処理・再生	中小企業	4,699	95.9%	112,275	56.5%	25,761	51.2%	4,162	88.6%	11,609	55.2%
	大企業	199	4.1%	86,537	43.5%	24,574	48.8%	195	98.0%	9,433	44.8%
	計	<b>4,898</b>	<b>100%</b>	<b>198,812</b>	<b>100%</b>	<b>50,335</b>	<b>100%</b>	<b>4,357</b>	<b>89.0%</b>	<b>21,042</b>	<b>100%</b>
建設業	中小企業	242,813	99.9%	1,652,507	91.7%	162,613	82.4%	11,852	4.9%	64,471	86.7%
	大企業	300	0.1%	148,852	8.3%	34,673	17.6%	281	93.7%	9,918	13.3%
	計	<b>243,112</b>	<b>100%</b>	<b>1,801,359</b>	<b>100%</b>	<b>197,286</b>	<b>100%</b>	<b>12,133</b>	<b>5.0%</b>	<b>74,389</b>	<b>100%</b>
卸売、小売、自動車・バイク修理	中小企業	577,045	99.2%	4,019,000	63.6%	723,488	39.2%	220,481	38.2%	141,266	54.3%
	大企業	4,716	0.8%	2,295,875	36.4%	1,120,783	60.8%	3,881	82.3%	118,777	45.7%
	計	<b>581,762</b>	<b>100%</b>	<b>6,314,875</b>	<b>100%</b>	<b>1,844,271</b>	<b>100%</b>	<b>224,362</b>	<b>38.6%</b>	<b>260,043</b>	<b>100%</b>
運輸、倉庫	中小企業	88,731	98.9%	996,652	50.3%	99,298	38.8%	46,792	52.7%	41,034	45.4%
	大企業	973	1.1%	985,871	49.7%	156,705	61.2%	789	81.1%	49,378	54.6%
	計	<b>89,704</b>	<b>100%</b>	<b>1,982,523</b>	<b>100%</b>	<b>256,003</b>	<b>100%</b>	<b>47,581</b>	<b>53.0%</b>	<b>90,412</b>	<b>100%</b>
住宅、食品サービス	中小企業	221,850	99.8%	1,759,257	88.9%	58,003	83.8%	108,155	48.8%	27,154	84.1%
	大企業	353	0.2%	219,510	11.1%	11,251	16.2%	323	91.5%	5,145	15.9%
	計	<b>222,203</b>	<b>100%</b>	<b>1,978,766</b>	<b>100%</b>	<b>69,254</b>	<b>100%</b>	<b>108,478</b>	<b>48.8%</b>	<b>32,298</b>	<b>100%</b>
情報産業	中小企業	92,201	99.3%	575,753	55.1%	69,972	31.7%	51,703	56.1%	36,449	36.4%
	大企業	668	0.7%	469,810	44.9%	150,655	68.3%	550	82.3%	63,629	63.6%
	計	<b>92,869</b>	<b>100%</b>	<b>1,045,563</b>	<b>100%</b>	<b>220,628</b>	<b>100%</b>	<b>52,253</b>	<b>56.3%</b>	<b>100,078</b>	<b>100%</b>
不動産業	中小企業	196,639	99.9%	424,579	89.1%	74,465	73.7%	46,469	23.6%	50,670	79.8%
	大企業	192	0.1%	51,738	10.9%	26,535	26.3%	162	84.4%	12,864	20.2%
	計	<b>196,831</b>	<b>100%</b>	<b>476,317</b>	<b>100%</b>	<b>101,000</b>	<b>100%</b>	<b>46,631</b>	<b>23.7%</b>	<b>63,535</b>	<b>100%</b>
専門職、科学技術	中小企業	371,854	99.8%	1,602,384	77.0%	142,397	63.9%	176,559	47.5%	86,188	72.3%
	大企業	707	0.2%	479,129	23.0%	80,330	36.1%	611	86.4%	33,097	27.7%
	計	<b>372,561</b>	<b>100%</b>	<b>2,081,512</b>	<b>100%</b>	<b>222,727</b>	<b>100%</b>	<b>177,171</b>	<b>47.6%</b>	<b>119,285</b>	<b>100%</b>
業務支援サービス	中小企業	130,837	98.6%	1,356,522	46.9%	71,613	46.7%	67,647	51.7%	41,234	50.0%
	大企業	1,896	1.4%	1,538,142	53.1%	81,627	53.3%	1,584	83.5%	41,294	50.0%
	計	<b>132,732</b>	<b>100%</b>	<b>2,894,664</b>	<b>100%</b>	<b>153,239</b>	<b>100%</b>	<b>69,231</b>	<b>52.2%</b>	<b>82,528</b>	<b>100%</b>
コンピューター・家財道具修理	中小企業	9,974	99.9%	32,372	88.5%	2,239	80.6%	3,555	35.6%	1,050	82.9%
	大企業	10	0.1%	4,194	11.5%	540	19.4%	7	70.0%	217	17.1%
	計	<b>9,984</b>	<b>100%</b>	<b>36,566</b>	<b>100%</b>	<b>2,779</b>	<b>100%</b>	<b>3,562</b>	<b>35.7%</b>	<b>1,267</b>	<b>100%</b>

(出所) Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik 1/2014 より野村資本市場研究所作成

図表5 ドイツの中小企業の特徴(従業員人数別、業種別)



(出所) KfW" KfW SME Panel 2014"より野村資本市場研究所作成

### Ⅲ インダストリー4.0 推進に向けた産官学連携クラスターと支援策

#### 1. ドイツに根付いている産官学連携クラスター

大手企業と比べて、中小企業にとって、インダストリー4.0 への対応はより難しい。というのも、前述したように、人材面、資金面などの制約のため、中小企業には5年先、10年先のビジネスを見据えた企画を行う開発部門等が設置されていない場合がほとんどであり、インダストリー4.0、すなわち産業の統合化の重要性を認識していない企業が大多数であるからである。産業の統合化の重要性を認識できていない中小企業は、これまで取ってきた戦略や現在のビジネスネットワークで今後も成功できると考えている面もあるが、既定路線の維持は5年後に通用しなくなっているリスクも指摘されている<sup>6</sup>。

こうした状況の中で、中小企業を支援し、イノベーションを促進することを目指した施策の一つとして、連邦・州政府が軸を置いているのが、企業や政府、研究機関（大学、研究所）が連携して、様々なイノベーションを追求する産官学連携クラスターを中核にした政策である<sup>7</sup>。クラスターの運営方法や州政府の関わり方などは様々であるが、商工会議所や農業会議所、金融機関などが関与しているケースも少なくない。ドイツでは、各地域経済での産業育成の方法として、長年にわたって産官学連携クラスターが活用されてきており、クラスターは、既に様々な実績をあげてきた（図表6）。

産官学連携クラスターは、州、しかも州全体ではなく、ある地域にターゲットを絞って設立・運営されているが、こうした州レベルのクラスターが、インダストリー4.0 においても大きな成果を上げるようにするため、連邦政府が以下に見るような、様々な支援プログラムを導入している（図表7）。

#### 2. クラスター・マネジメントを支援する「ゴー・クラスター・プログラム」

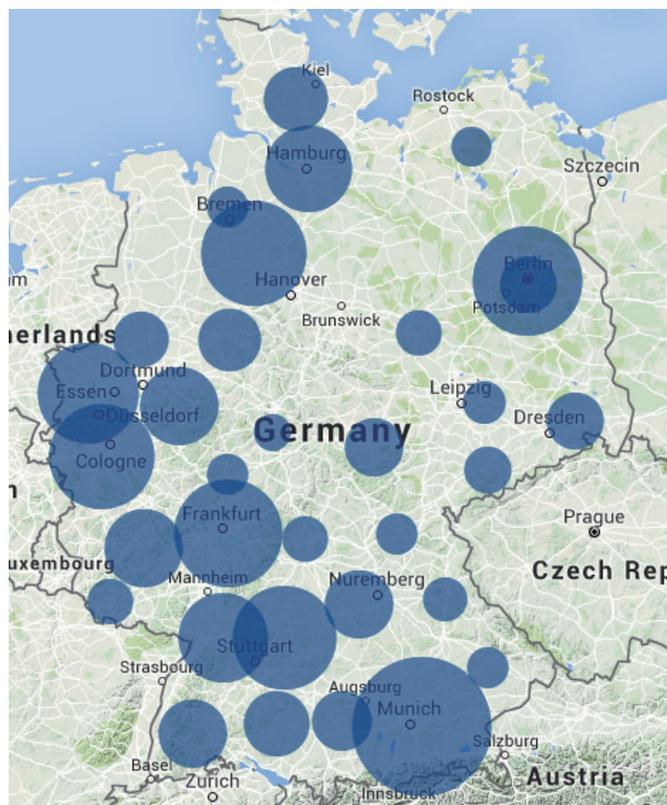
ゴー・クラスター・プログラムは、2012年にBMWが導入したイニシアティブであり、主にクラスター・マネジメントの支援を目的としている。具体的には、戦略プロセス、資金調達、参加グループの組織化、国際化などについてのセミナーや個別指導を通して、参加クラスターのマネジメントに必要な専門知識の習得などを支援するためのサポートを行っている。

ゴー・クラスター・プログラムにはドイツ各地から100のクラスターが参加している。これらのクラスターは、ドイツの様々な産業と技術力を反映し、イノベーションの先駆けとなるもの、と位置付けられている。また、100のうち9のクラスターは、5,500社以上

<sup>6</sup> 2015年7月に実施した現地ヒアリング調査に基づく。

<sup>7</sup> 一般的な産官学連携クラスターについて、詳しくは、林 宏美、ラクマン ベディ グンタ「ドイツにおける大手企業の立地分散と州の産業政策」『野村資本市場クォーターリー』2015年冬号を参照。

図表6 ドイツのクラスター地図



(注) 丸の大きさはそれぞれクラスターに加盟する企業数を示す。  
 (出所) 欧州クラスター観測所ホームページ、<http://www.clusterobservatory.eu> より野村資本市場研究所作成

図表7 連邦政府の主なクラスター支援プログラム

プログラム	予算 (百万ユーロ)	期間	内容・目的
Wachstumskerne (※)	420*	2001～	ドイツ東部の大学・研究機関の研究プロジェクトの支援
Innovationsforen (※)	37*	2001～	ドイツ東部の産官学連携プロジェクトの促進
GRW-Kooperationsnetzwerke und Clustermanagement	29***	2005～	経済的に弱い地域の経済・競争力の強化、雇用機会の創出
InnoProfile/InnoProfile-Transfer (※)	280	2006～2019	ドイツ東部の若い研究者と企業の協力の強化、技術開発研究の促進、人材育成
Wachstumskerne-Potenzial (※)	90*	2007～	ドイツ東部の大学・研究機関が有する研究・情報の地域の中小企業での活用の促進
Spitzencluster-Wettbewerb (先端クラスター・プログラム)	600	2008～2017	全国のクラスターから、公的支援の対象となるイノベーション・プロジェクトを選抜する
Spitzenforschung und Innovation in den neuen Ländern (※)	227	2009～2014	ドイツ東部の大学と研究機関を中心に、産官学連携の支援。地域の国際的に認められる研究センターへの発展
Gesundheitsregionen der Zukunft	41	2009～2016	ヘルスケアにおけるイノベーションの促進
go-cluster (ゴー・クラスター・プログラム)	4	2012～2015	クラスター・マネジメントの支援
Internationalisierung von Spitzenclustern, Zukunftsprojekten und vergleichbaren Netzwerken	120**	2015～2024	クラスターの国際的な活動の促進、他国のクラスターとの協力の強化

(注) ※東部ドイツ地域（旧東ドイツ）の州におけるイノベーションの促進を図る「アントレプレヌーリアル・リージョン・プログラム」傘下のイニシアティブ、\* 2019年までにおける予測値、\*\* 2024年までの予測値、\*\*\* BMWiの2014年末までの予算。

(出所) BMBF, BMWi 及び Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) "EFI Gutachten 2015"データより野村資本市場研究所作成

の中小企業、1,300社の大手企業、1,500の高等教育機関と研究機関が関与している「ヨーロッパ・クラスター・エクセレンス・イニシアティブ」で最高評価を得ている。参加機関の研究分野は、多岐にわたっており、バイオテクノロジー、健康・医学、運輸・モビリティ、材料技術・化学、製造・工学、航空、エネルギー・環境、情報通信、マイクロナノ・オプトテクノロジーなどが例として挙げられる<sup>8</sup>。

### 3. 中小企業のデジタル化を支える「ミッテルシュタント 4.0 コンピテンスセンターとミッテルシュタント 4.0 エージェンシー」

BMWは2015年9月21日、中小企業の支援を図る「ミッテルシュタント 4.0—デジタル製造プロセスと作業過程」支援プログラムの下で、新たな5つのミッテルシュタント 4.0 コンピテンスセンターと4つのミッテルシュタント 4.0 エージェンシーの設立予定を発表した。これらのセンターとエージェンシーの目的は、中小企業における製造プロセスやその他の作業過程のデジタル化を支援することによって、中小企業の競争力の強化とデジタル経済において新たなビジネス機会の創出を促進することである。また、全国の中小企業への網羅的な対応を可能にするため、5つのセンターを2016年に16箇所（各州に1箇所）を増やす予定となっている。

2015年9月21日現在、設立が発表されているセンターとエージェンシーは図表8のとおりである。

図表8 新ミッテルシュタント 4.0 コンピテンスセンターとミッテルシュタント 4.0 エージェンシー

ミッテルシュタント 4.0 コンピテンスセンター（2015年末～2016年初旬からスタート）		
拠点地	マネジメント	
ベルリン・ブランデンブルク	ドイツ中小企業連盟(BVMW)	
ヘッセン州、ダルムシュタット市	ダルムシュタット工科大学	
ニーダーザクセン州、ハノーファー市	ライプニッツ・ハノーファー大学	
ノルトライン＝ヴェストファーレン州、ドルトムント市	フラウンホーファー	
ラインラント＝プファルツ州、カイザーズラウテルン市	スマート工場協会 (SmartFactoryKL e.V.)	
ミッテルシュタント 4.0 エージェンシー（2015年10月からスタート）		
エージェンシー名・拠点地	専門分野・役割	マネジメント
ミッテルシュタント 4.0「クラウド」エージェンシー（シュトゥットガルト市）	中小企業のクラウド・コンピューティング・システムの導入に関する質問等への対応、クラウド技術の利用の拡大の促進など	フラウンホーファー
ミッテルシュタント 4.0「プロセス」エージェンシー（ドルトムント市）	中小企業における作業過程と資源管理のデジタル化の支援	通信と協力研究会 (FTK)
ミッテルシュタント 4.0「コミュニケーション」エージェンシー（ベルリン）	デジタル・コミュニケーション、情報管理、eラーニング、デジタル・イノベーションマネジメント等の利用を促進支援	BSPベルリン・ビジネススクール
ミッテルシュタント 4.0「コマース」エージェンシー（ケルン市）	eコマース、e決済等の技術に関する質問への対応	通商研究所 (IFH)

（出所）ドイツ連邦経済技術省（BMW）プレスリリースより野村資本市場研究所作成

<sup>8</sup> ドイツ・クラスター・プラットフォーム「go-cluster」  
<http://www.clusterplattform.de/CLUSTER/Navigation/DE/Bund/go-cluster/go-cluster.html>

産官学連携の形で中小企業を支援するそれぞれのコンピテンスセンターの管理費などは連邦政府の負担であり、5つのセンターに総計で3,000万ユーロの予算が設定されている。各センターは、BMWから支給される600万ユーロに加えて、参加機関から総計で200～300万ユーロ程度の資金が予算上必要となる見込みであるが、例えば中小企業、大学からの資金はより少なく、大企業からの資金が多いというように、提携パートナーによって金額面のばらつきがある仕組みである<sup>9</sup>。

#### 4. ドイツ東部のイノベーションを促進する「アントレプレヌーリアル・リージョン・プログラム」

アントレプレヌーリアル・リージョン (Unternehmen Region) ・プログラムは、BMBFが主導するドイツ東部のイノベーション政策である。「横断的に思考し、協力し、戦略的に計画し、そして起業家精神を持って行動する」をモットーとし、地域において幅広く活動を行っている。様々な資金援助プログラムを通して、地域連携を支援し、核となる産業を高水準及びマーケット指向のクラスターに発展させることが主な目的である。BMBFは、ドイツ東部の6州において7つの資金援助プログラムを設置しており、2019年までの間に約16.3億ユーロの研究支援予算を設定している<sup>10</sup>。

当該プログラムに基づく支援を受けているのは、100以上の研究開発プロジェクトである。助成されているプロジェクトの一事例として、地域企業5社とドレスデン工科大学の3研究所、イルメナウ工科大学による共同プロジェクト「LEANTEC」が挙げられる。LEANTECでは環境に配慮した、従来のものよりも軽量で、エネルギー効率も良い、新しい電機駆動装置の開発が進められている。開発されている技術は、エレクトロモビリティや工学の分野において将来の需要を満たしており、地域にとってのマーケティング機会となっている。

## IV 連邦政府の先端クラスター・プログラム

### 1. 連邦政府の先端クラスター・プログラムとは

主にBMBFの主導で導入されているクラスター・プログラムとしては、バイオテクノロジーのクラスターを対象とする1997～2005年のBioRegio計画に端を発するが、特に2008年に開始された「先端クラスター・コンペティション (Spitzencluster-Wettbewerb)」は、インダストリー4.0にとって不可欠な複数の重点技術分野を対象としている。

「先端クラスター・コンペティション」とは、BMBFがイノベーションを促進するため

<sup>9</sup> 2015年7月に実施した現地ヒアリング調査に基づく。

<sup>10</sup> ドイツ連邦教育研究省 (BMBF)、「Unternehmen Region」ホームページ  
<http://www.unternehmen-region.de/en/6499.php>

のハイテク戦略の一環として、2008年から2年ごとに、過去3回実施してきたプログラムである。具体的には、独立の専門家委員会の審査を基に毎回5つのクラスターを選抜し、選抜された先端クラスターに対して5年間にわたり最大4,000万ユーロの補助金（15クラスターで合計6億ユーロ）を支給するプログラムである。なお、当該プログラムでは、マッチング・ファンドの規則により、クラスターに参加する企業が補助金と同額の資金を拠出することが義務付けられている。したがって、各先端クラスターの5年間の予算は8,000万ユーロとなり、総額で最大12億ユーロ規模の投資が行われることとなる<sup>11</sup>。

2008年の第1回では38件、2010年の第2回では23件、2012年の第3回では24件の応募があり、毎回各5件が先端クラスターに選定された（図表9）。

図表9 BMBFが選抜したドイツの先端クラスター

クラスター名	州・地域	分野
<b>第1回先端クラスター（2008年9月）</b>		
バイオテクノロジー・クラスター ライン=ネッカー（BioRN）	バーデン=ヴュルテンベルク州	バイオテック、個別化医療、癌研究
クール・シリコン	ザクセン州	マイクロ・ナノテック、通信システム、センサー
有機エレクトロニクス・フォーラム	ライン=ネッカー三角 <sup>12</sup>	有機エレクトロニクス、新素材、環境に優しいエネルギー発電
航空クラスターハンブルク都市圏	ハンブルク州	航空
ソーラーバレー 中部ドイツ	ザクセン州、ザクセン=アンハルト州、テューリンゲン州	光起電技術
<b>第2回先端クラスター（2010年2月）</b>		
効率クラスター・ロジスティクス・ルール地方	ノルトライン=ヴェストファーレン州	ロジスティクス
メディカル・バレー	バイエルン州	ヘルスケア、医療技術
マイクロテック・南西ドイツ	バーデン=ヴュルテンベルク州	マイクロテック
ミュンヘン・バイオテック・クラスター	バイエルン州	バイオテック、個別化医療
ソフトウェア・クラスター	ヘッセン州、バーデン=ヴュルテンベルク州、ラインラント=プファルツ州、ザールラント州	企業アプリケーション・ソフトウェア
<b>第3回先端クラスター（2012年1月）</b>		
バイオエコノミー・クラスター	ザクセン州、ザクセン=アンハルト州	バイオマス
個別免疫介入医療クラスター（Ci3）	ヘッセン州、ラインラント=プファルツ州、バイエルン州	ヘルスケア、医療技術
南西ドイツ・エレクトロモビリティ	バーデン=ヴュルテンベルク州	代替エネルギー、燃料電池、モビリティ・ソリューションズ
インテリジェント・テクニカル・システム オストヴェストファーレンリッペ（it's OWL）	ノルトライン=ヴェストファーレン州	インテリジェント・テクニカル・システム（センサー、データ処理、ネットワーク）
MAIカーボン	バイエルン州	高性能繊維複合材料

（出所）ドイツ連邦教育研究省（BMBF）、各クラスターの資料より野村資本市場研究所作成

<sup>11</sup> ドイツ連邦教育研究省（BMBF）Press Release, 5 December 2013. <http://www.bmbf.de/de/20752.php>

<sup>12</sup> ライン=ネッカー三角（ライン=ネッカー広域連合）は、バーデン=ヴュルテンベルク州、ラインラント=プファルツ州、ヘッセン州の3州にまたがる地域である。

BMBF から先端クラスターに支給される 6 億ユーロの補助金の授与構成比は図表 10 のとおりであるが、大手企業と中小企業は合計で 6 割以上、大学・研究機関は約 3 割、その他の参加機関は 6%程度を受けることとなっている。

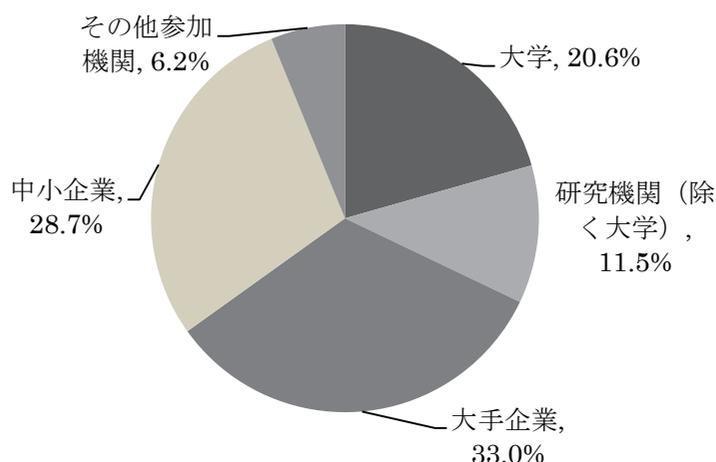
下記では、①インダストリー4.0 に焦点を当てたノルトライン＝ヴェストファーレン (NRW) 州の it's OWL (インテリジェント・テクニカル・システム オストヴェストファーレンリップペ)、②自動車、航空機等のための新素材の開発に取り組んでいるバイエルン州の MAI カーボン・クラスター、③ハイテック・センター地に位置づけられている、ヘッセン州のダルムシュタット市を拠点とするソフトウェア・クラスターという、3 つの先端クラスターを紹介する。

## 2. NRW 州の it's OWL

it's OWL という名称は、当該クラスターが力点を置いている、インフォマティクスと工学を併せた「インテリジェント (I) ・テクニカル (T) ・システム (S)」と、拠点地のオストヴェストファーレンリップペ (OWL) から構成されている。10 万社以上の中小企業がある OWL は、地域総生産が 600 億ユーロにおよぶ水準を記録するなど、NRW 州の中でも産業に強い地域の一つであり、特にメカニカル・エンジニアリング、自動車用品、電気用品、家具、プラスチック、食品加工分野に強みがある。OWL の人口は 2014 年末時点で約 203 万人であるが<sup>13</sup>、大都市圏への集約が少なく、複数の小規模都市から成り立っている地域であり、最大都市のビーレフェルト市でも、人口は約 32.5 万人である。

it's OWL は約 180 参加機関から成り立っており、大半を中小企業が占めている (図表 11)。2012～2017 年に、参加企業のニーズを踏まえた 46 の産官学連携研究開発プロジェ

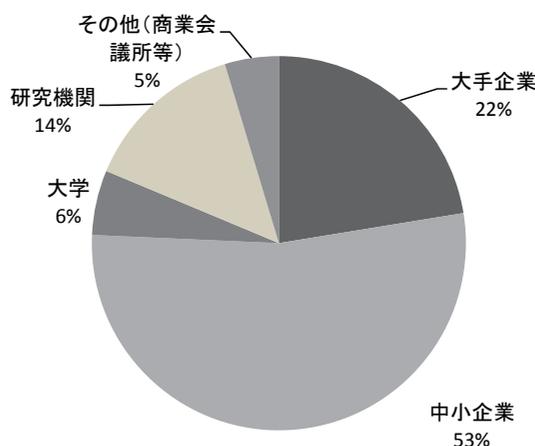
図表 10 先端クラスター補助金の授与先構成比



(出所) ドイツ連邦教育研究省 (BMBF) 「Deutschland's Spitzencluster/Germany's Leading-Edge Clusters」 (2015) より野村資本市場研究所作成

<sup>13</sup> Bezirksregierung Detmold, "Monatsbericht Ostwestfalen-Lippe", September 2015.

図表 11 it's OWL の参加機関



(注) 非加盟マーケティング・パートナー等を除く。

(出所) it's OWL 資料より野村資本市場研究所作成

クトを実施しており、そのための合計 1 億ユーロの予算が設定されている。予算の内訳は、BMBF からの補助金が 4,000 万ユーロ、参加機関が拠出した資金が 6,000 万ユーロである。資金はクラスターに一旦プール化されることがなく、直接各プロジェクトに投資される仕組みとなっている。

it's OWL の 1 年の管理・経営予算は約 65 万ユーロであり、その半分は NRW 州政府（経済省、イノベーション省）から、残りの半分は参加機関の年会費からファイナンスされている。クラスターには、主に大手企業、大学とフラウンホーファー研究機関が対象となる、年会費 12,500 ユーロまでのパートナーと、主に中小企業が対象となる、年会費 500 ユーロのアソシエイト・メンバーの 2 種類の会員が存在する<sup>14</sup>。

パートナー企業には例えばミーレ、フェニックス・コンタクト、ベッコフオートメーション、ミューラー、ハーティング等の大手企業、DMG 森精機など日本企業も含まれる。それぞれのパートナーは、クラスター傘下の大学、研究機関、中小企業と協力し、インテリジェント・テクニカル・システム分野において、インテリジェント機械、スマート工場、オートメーション等の開発プロジェクトに取り組んでいる。

現在、OWL に拠点を置いている 10 万社以上の企業のうち、依然として it's OWL がアプローチできていないところも多く残っていることから、クラスター・マネジメントはセミナー、企業訪問、または商工会議所や市政府等のパートナーを通じて、できるだけ多くの企業との接点を目指している。加えて、特に中小企業が直面している課題・問題の解決を支援する目的のテクノロジー・プラットフォームの構築を進めている。同プラットフォームは主に人間と機械のコミュニケーション、インテリジェント・ネットワーク開発といったシステムエンジニアリング分野に焦点を当てており、参加中小企業における新技術の導入を促進するための 120 程度の小プロジェクトの実施を予定している。これらの小プロジェクトは、最も基礎的なテクノロジーに焦点を当てる見通しであり、中小企業が資

<sup>14</sup> 2015 年 7 月に実施した現地ヒアリング調査に基づく。

金を支払う必要のない仕組みとなっている。主に大学と中小企業との協力プロジェクトとなり、大学から出向する専門家（博士課程の学生または主任研究員）の費用を it's OWL が州政府からの資金で賄う。

また it's OWL は、域内のみならず、国内外のネットワーク拡大も重視しており、NRW 州の経済振興公社である NRW.INVEST と協力関係にある。「Germany at its best: NRW」というプログラムの下で毎年一つの国に焦点を当て、パートナー企業の代表者とともに当該国を訪問し、民間・公的機関とのネットワーキング・イベントが実施されている。訪問する国は、毎年 NRW.INVEST によって提案される国々の中から、it's OWL の参加機関が最も関心を持っている国をクラスター・マネジメントが選択している。同プログラムを通じて、2013 年はトルコ、2014 年はポーランド、2015 年は米国でイベントが実施された。

### 3. バイエルン州の MAI カーボン・クラスター

ミュンヘン（München）、アウクスブルク（Augsburg）、インゴルシュタット（Ingolstadt）という 3 都市の頭文字からなる MAI カーボン・クラスターは、バイエルン州が注力産業としている自動車、機械、電機においてカーボンファイバー強化プラスチック（CFRP）を 21 世紀の新素材にするというビジョンを掲げている。同クラスターは、その独特な軽量性を活用して、2020 年までに大きな産業に発展させるため、製造段階から再利用（リサイクル）に至る製品のライフサイクル全体にわたって画期的なイノベーションの実現を目指している<sup>15</sup>。

クラスターは大手自動車メーカー（アウディ、BMW）、航空機製造業者（エアバス、プレミアム・エアロテック）、高等教育機関（ミュンヘン工科大学）と研究機関を主なパートナーとし、100 以上の中小企業を含むメンバーから成り立っている。

近年の活動事例として、参加企業と研究機関が主に複合材料からカーボンファイバーをリサイクルする様々な方法の開発プロジェクトが挙げられる<sup>16</sup>。軽量の複合材料は、例えば、カーボンファイバー織布とポリマー・マトリックス材のような二つの主要成分から構成されている。このような複合材料は主に航空機製造分野などで応用されているが、安定性が高く、アルミニウムよりも低密度であるため、最近では自動車産業界での利用も拡大している。

カーボンファイバーは、製造コストが高く、製造の際に大量のエネルギーを必要とするため、リサイクルをできるだけ効率的に行う必要がある。そのため、MAI カーボンは近年、量を減少させることなく、リサイクルを可能とする開発プロジェクト「MAIrecycling」を実施している。MAIrecycling は、生産廃棄物だけでなく、多様な製品への再利用に適している複雑な複合材料や再生カーボンファイバーに一連のリサイクルの流れを確立するこ

<sup>15</sup> MAI カーボン・ホームページ「Cluster Goals」、  
<http://www.mai-carbon.de/index.php/en/m-a-i-carbon/aims-of-the-cluster>

<sup>16</sup> Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. 「M.A.I. Carbon - Neues Spitzencluster im Süden Deutschlands」

とを目的とし、シーメンス、アウディ、BMW、SGC カーボン、フラウンホーファー建築物理研究所などが参加している。

また、ドイツ政府やその他多くのクラスター・メンバーの支援を得て、カーボンファイバーを現在よりも安く製造できる方法の研究も進められており、目的として特に自動車産業における使用の拡大が挙げられている。コストが高いことから、カーボンファイバーはこれまで主に高い強度と軽量化が求められるレーシングカーの本体などで使用されてきた。しかしながら、近年では、BMW がハイブリッド・スポーツカーである「i3」や「i8」シリーズでカーボンファイバーを採用する事例も見られている。MAI カーボンはカーボンファイバーの生産コストを 90%削減可能に近づいていると言われるが<sup>17</sup>、コスト削減が進めば、今後は安価な大衆車にもカーボンファイバー製の本体でより高質で丈夫、そしてより軽量の自動車の製造が期待される<sup>18</sup>。軽量化がすすみ、例えば燃料消費と CO2 排出をカットすることが可能となる。

各研究開発プロジェクトは、半分は BMBF からの補助金で、残りが参加企業からの出資でファイナンスされている。

#### 4. ヘッセン州のソフトウェア・クラスター

ソフトウェア・クラスターは、デジタル企業を対象としたソフトウェアイノベーションに取組んでおり、ヘッセン州のダルムシュタット市を主な拠点に、バーデン＝ヴュルテンベルク州、ラインラント＝プファルツ州、ザールラント州がパートナーである。同クラスターは、2007 年、数学・IT 分野において国内でトップ・クラスに位置づけられているダルムシュタット工科大学、カイザースラウテルン工科大学、カールスルーエ大学、ザールラント大学の 4 大学を中心に、それぞれの大学の卒業生が設立した企業、または勤めている企業間のネットワークで組成されたのに端を発する。現在では 200 社以上のパートナー企業に加えて、マックス・プランク研究所、フラウンホーファー研究機構やドイツ人工知能研究センター(DFKI)の 2 拠点<sup>19</sup>も参加しており、幅広い地域にわたる IT 開発研究活動を行っている(図表 12)。同地域では約 11,000 のソフトウェア会社が事業を行っており、法人向けソフトウェア分野では「欧州のシリコンバレー」と言われている。ソフトウェア業界は総計 12 万以上のスペシャリストを抱えるなど、地域における雇用機会に大きく貢献している<sup>20</sup>。

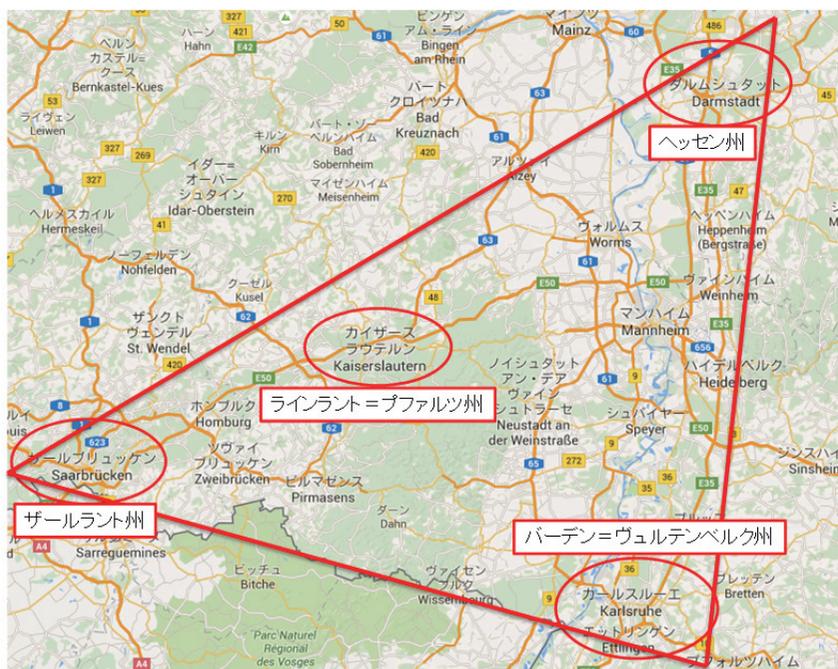
<sup>17</sup> Autoevolution, “Researchers Sponsored by BMW Claim Carbon Fiber Will Soon Be 90 Percent Cheaper”, 14 Oct. 2014.

<sup>18</sup> Automotive News Europe, “BMW-backed researchers reduce carbon-fiber production costs, bringing mass use in cars closer to reality”, 9 Oct. 2014.

<sup>19</sup> 1988 年に設立されたドイツ人工知能研究センター (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, DFKI) は、人工知能 (AI) を利用したイノベティブな商用ソフトウェア・テクノロジーの分野では、ドイツでも主導的な役割を担っているリサーチ・センターである。

<sup>20</sup> ソフトウェア・クラスター・ホームページ「The Cluster Region」、  
<http://www.software-cluster.com/en/software-cluster/the-cluster-region>

図表 12 ソフトウェア・クラスターの活動地域



(出所) ソフトウェア・クラスターの資料より野村資本市場研究所作成 (地図: Google Maps)

ソフトウェア・クラスターの主な役割は、州内外の IT 規制に関する提言、産官学連携の促進、IT コンサルティングの提供、人材育成、技術移転・新技術導入の支援、ネットワーク・イベントの開催等である。クラスター・ネットワークの体制は、それぞれの分野に特化している。例えば地域の企業の IT コンサルティング需要に応えるため、各市でクラスター参加機関からの 1,000 人以上の人材プールを活用するなど、問題の内容によって企業と IT スペシャリストを繋げる仕組みを取っている<sup>21</sup>。また、クラスター・マネジメントは産官学連携を促進するため、地域の企業のニーズに合わせた、大学・研究機関との間の開発プロジェクトの企画と実現を支援する仲介の役割を担い、各州の経済振興公社とも協力関係にある。

## V ドイツの産業政策から得られる示唆

以上を踏まえると、インダストリー4.0 をめぐるドイツの産業政策は、既存の様々なプログラムを複合的に活用しながら、インダストリー4.0 に焦点を当てた追加的なプログラムを導入するやり方である、と見ることができよう。

具体的には、州レベルを中心に長年幅広い産業において活用されてきた、産官学連携クラスターを軸にしながら、クラスターの円滑な運営を側面から支援する連邦政府の「ゴー・クラスター・プログラム」、現時点で相対的にイノベーションが不足する傾向に

<sup>21</sup> ソフトウェア・クラスター参加の Cyberforum ホームページ「Unternehmensentwicklung im CyberForum」、<http://www.cyberforum.de/angebote/fuer-gruender/>

あるドイツ東部地域（旧東ドイツ）の底上げを目指した、連邦の「アントレプレヌーリアル・リージョン・プログラム」などの支援策がある。その上で、インダストリー4.0という観点では、一定のイノベーションの条件を満たしている既存のクラスターがさらに実績をあげられるように、BMBFが「先端クラスター」に選抜したクラスターには、連邦レベルの追加的な支援を行う「先端クラスター・プログラム」や、中小企業のデジタル化、すなわちインダストリー4.0にターゲットを絞った「ミッテルシュタント 4.0—デジタル製造プロセスと作業過程」支援プログラムが導入されている。

州を中心とした産官学連携クラスターをフル活用するドイツの産業政策は、ドイツ製造業において重要な役割を担っており、イノベーションに貢献する可能性も高い中小企業が各地域に分散して存在するドイツの企業立地の事情に合致した施策と言え、地方創生が大きな課題である日本にとっても参考となる。