

ドイツの研究力の構造

永野 博

ながの ひろし
慶應義塾大学理工学部訪問教授

ドイツは日本と並んで、戦後の発展の中で研究開発を重視し、科学技術の振興を国の重要施策としてきた。そのため、論文をはじめとする指標をみると、日本と同様の発展をしてきた。しかし、近年、日本はドイツから大幅に引き離されつつある。例えば、世界で優れた論文といわれる被引用数上位10%の論文(図1参照)をみると、1980年代後半には日本とドイツは約6%台でほとんど同じであったが、2012年にはドイツが11.1%、日本は5.2%と倍以上に差が開いてしまった。研究開発費総額はドイツのほうが日本の3分の2程度であるにもかかわらずである。

日本とドイツ、あるいは日本人とドイツ人は似ているところがあるといわれる。しかし、違いも大きい。根底にある違いは、ドイツでは社会全体が個人々から構成されているというか、個人々の人格がベースとなっていゆる西欧社会が成立してきたという点にあるのではないだろうか。そして西欧で現在の市民社会を作り上げた集団の一つが科学者たちであり、例えば天文学者が宗教界に反抗して地動説を展開したことも結果としてそのような動きにつながった。もう一つの集団は技能、技術をもつ人々であり、彼らは専門家としての組合を作り、市民社会の発展を支えてきた。本稿では、このような点を中心にドイツの強靱な研究活動の由縁を探求してみたい。

Structure of German research strengths
Hiroshi NAGANO

社会の一角を占める科学者、技術者

科学者が近代社会の構築の一翼を担ってきたことによるのか、ドイツでは街を歩くと科学者の名前をつけた通りが結構ある。私の住んでいたミュンヘンでは、アインシュタイン通り、ライプニッツ通り、マックス・プランク通り、ロベルト・コッホ通りなどがあつた。王室、政治家、文筆家の名前もあるので、それらの人と同じように受け入れられているということだろう。

技術者は技術者でやはり主要な社会構成員となっている。ドイツでは大学に行かない若者は手に職をつけなくてはならない。一般的には18歳前後の3年程度、週の半分は学校、半分は企業で見習いとして働くことになる。この3年間、企業での労働に対し、生徒を受け入れた企業が給与を支払うことになる。15歳の右も左もわからない生徒が見習いに3年間来ることに對して、利益を追求する企業がなぜお金を払えるのかと聞いたところ、3年間をトータルとしてみれば収支はあうという計算はあるとしても、その前提として社会は将来を担う若い世代を育てる責務があるのでそうなっているという答えが戻ってきた。大学教育が無料ということは知っていたが、数年にわたる職業訓練の際の給与を企業が負担するという考えが今でも生きているのがドイツである。

改めてみると、ドイツのシステム、例えば、理論(学校での教育)と実践(企業での職業訓練)という二重教育システム、フンボルト理念による教育と研

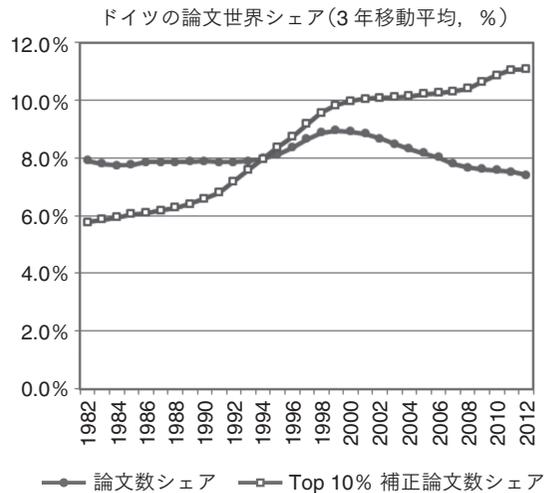
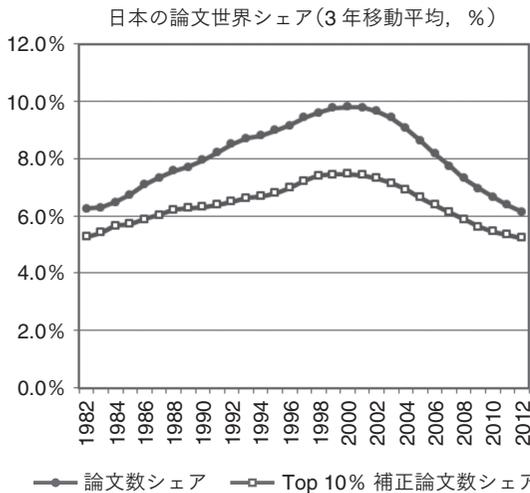


図1—日本とドイツの論文世界シェア

(注1) Article, Reviewを分析対象とし、整数カウント法により分析。

(注2) Top 10% 補正論文数とは、被引用回数が各年各分野で上位10%に入る論文の抽出後、実数で論文数の1/10となるように補正を加えた論文数を指す。詳細は、文献1の本編2-2(7) Top 10% 補正論文数の計算方法を参照のこと。

(注3) 3年移動平均値である。例えば、2012年値は2011、2012、2013年の平均値である。

トムソン・ロイター社 Web of Science XML (SCIE, 2014年末バージョン)をもとに、科学技術・学術政策研究所が集計。

出典：文献1より作成。

究の一体化、日本の高等専門学校(高専)の大学・大学院版のような専門大学など、どれをとってもドイツがそのアイデアにおいて発祥の地、あるいはその発展の一端を担ってきている。ドイツでは教授(Prof.)、博士(Dr.)などは名前の一部のように扱われており、私ははじめ、これは自らの肩書を自慢しているのかと思ったが、どうも見ていると、一つの任務をこなすことができることを表示するものであり、同時に、できなければいけない責任をも明示しているような気配を感じるようになった。

地方分権で成り立つ政治システム

このようにドイツにおいては科学、科学者、技術、技術者の社会における確かな居場所のあることがわかるが、ドイツの研究環境を考えるうえでは、地方の自治という政治のシステムも度外視できない。ドイツの政治システムは特にフランスのそれと比べるとわかりやすいが、大変に地方分権である。

ドイツは連邦制であり、連邦憲法で連邦の権限を書かない限りは州の権限になる。例えば教育の

権限はすべて州にあり、連邦はほとんど出る幕がない。研究も基本的には州の権限である。連邦政府がもともと専有する権限は、外交、通貨、防衛など少ない。これはそもそも現在ドイツと呼ばれる地域では封建諸侯、王国、自治都市などが併存し、1871年によくプロシアのウィルヘルム皇帝のもとで地方分権をベースとしたドイツ帝国を築くことになったという歴史的背景がある。その後、第一次世界大戦を経てワイマル共和国となり、やはり地方分権的な国家形態をとっていた。ナチスが政権をとった1933年から敗戦の1945年までは全体主義的であったが、敗戦後、米国、英国、フランス、ソビエト連邦の4カ国に占領され、現在の連邦政府が形成される以前にそれぞれの占領地域で既に別々の行政活動が再スタートしていたため、新たにできた連邦政府においても当然のように地方分権を基盤とした政治・行政システムができあがった。

この結果、ドイツの地方色の豊かさは文化、社会生活のみならず産業においても各地の伝統に根づいたものが生きており、本当の田舎町というところどころに世界をまたにかけて活躍する中堅企

業が散在している。昨冬に訪ねたノルトライン・ウェストファーレン州(州都デュッセルドルフ)のフェルル(Verl)という人口2万5000人の小さな町にも世界で名の通ったPC制御メーカーのベッコフ社、中堅クラスのキッチンメーカーとして世界中に輸出をしているノビア社などが居を構えている。当然のことながら連邦教育研究省の推進する産学連携施策の最重要プログラムは地域での産学公連携を支援する先端クラスタープログラムである。

大学間格差の少ないドイツ

では大学のレベルはどうかと考えると、ドイツといっても実態は16の州がそれぞれ各州の大学を支援するシステムのため、全体をトータルした論文の数、質は高いとしても、大学ランキングの上位には入ってこない。スイスのチューリッヒにあるスイス連邦工科大学(ETH)がドイツ語圏の大学では世界一であると、スイス人が自慢する由縁である。ではランキングには入ってこないのに、質の高い論文が多いのはなぜであろうか。

ドイツではマックス・プランク科学振興協会の研究所などの公的研究機関の存在が質の高い研究

活動の一端を担っていることは事実であるが、大学も7割程度の論文を出している。日本とドイツの大学発の論文については面白い分析がある。科学技術・学術政策研究所が2014年12月に発表した「研究論文に着目した日本とドイツの大学システムの定量的比較分析」である²。分析対象を2002年から2011年の10年間での総論文数が1000本以上の大学(ドイツは68大学、日本は128大学)について世界における上位10%論文の多い順に大学を並べていくと図2のようになる。

日本の場合トップ大学(東京大学)は450本、ドイツのトップ大学(ミュンヘン大学)は270本で東京大学のほうが圧倒的に多いが、日本の場合、2位以下が急激に論文数を減らし、5校目ではドイツの大学のほうが多くなる。さらに日本では50本以上を出す大学は11校しかないのに対して、ドイツでは37校もある。ドイツでは日本のような急激な大学間の格差がみられず、どの大学もそれなりの本数の優れた論文を出している。

同じことを1位の大学を基準とした際の上位10%論文数の相対値分布で見ると、日本では10位の大学はトップ大学の10%程度であるの対

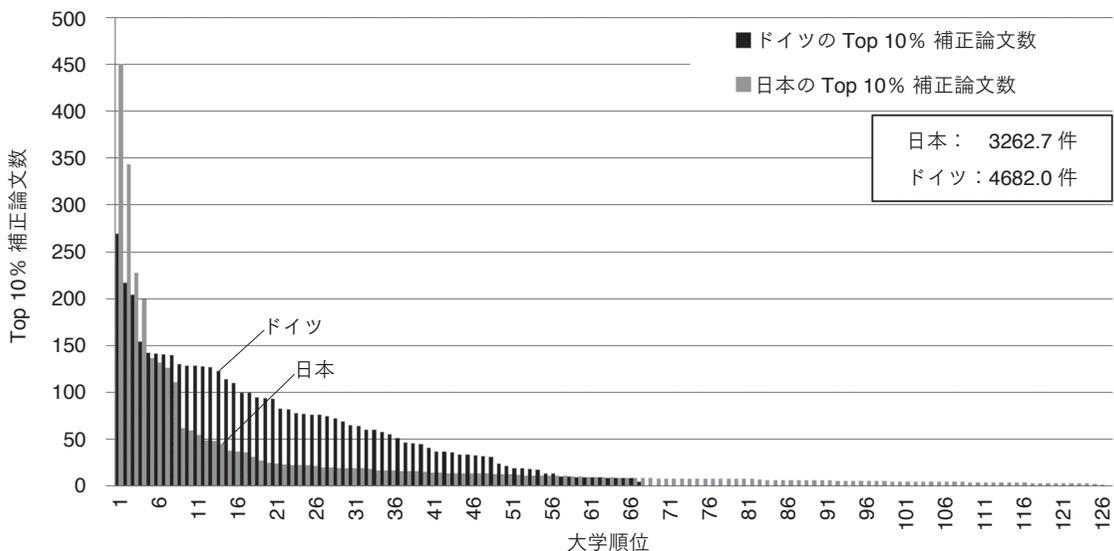


図2—日本とドイツの大学システムにおける研究活動の質的規模の分布 (Top 10% 補正論文数)

(注) 分数カウント法による集計。2007～2011年の平均論文数である。ドイツの分析対象大学は、2002～2011年の10年間での総論文数が1000本以上の大学(公立大学67、私立大学1)の68大学である。日本の分析対象大学は、2002～2011年の10年間での総論文数が1000本以上の大学(国立大学63、公立大学13、私立大学52)の128大学である。

トムソン・ロイター社 Web of Science (SCIE, CPCI-S) をもとに、科学技術・学術政策研究所にて集計。

出典：文献2より作成。

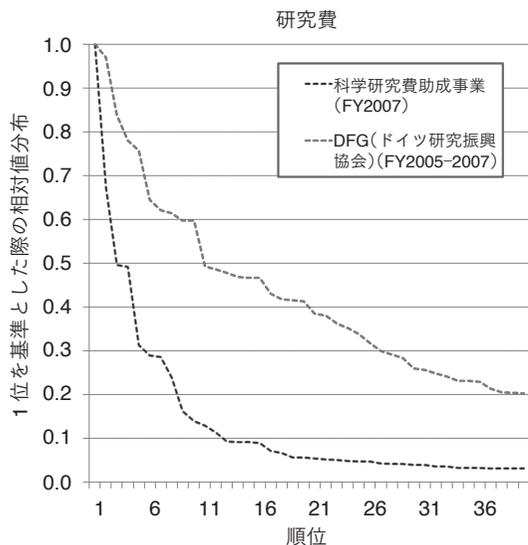


図3—日本とドイツの大学システムにおける研究費の分布
 (注)論文数および Top 10% 補正論文数：分数カウント法による集計。トムソン・ロイター社 Web of Science(SCIE, CPCI-S)をもとに、科学技術・学術政策研究所にて集計。科学研究費助成事業：研究機関別配分状況一覧より研究者が所属する研究機関別採択件数・配分額一覧(2007(平成 19)年度新規採択+継続分)を用いて集計。なお、2007 年度科学研究費のうち、「奨励研究」を除く研究課題(新規採択+継続分)の当初配分について分類したものである。
 出典：文献 2 より作成。

してドイツの 10 位の大学は 50% 近くの論文を出している。これは研究費の配分額でも同じで、トップ大学を 1 とした場合に、日本の科学研究費助成事業、ドイツのドイツ研究振興協会の研究費が各大学にどの程度配分されているかをみると、日本では研究費がトップ大学にしかいていないのに対して、ドイツでは比較的フラットになっていて大学間の差があまりなく、ほとんどの大学が同じ土俵の上で競争している(図 3 参照)。これも、ドイツでは 16 の州がそれぞれ独立して大学を運営していることと無縁ではない。

ちなみにドイツの大学は各州に分散しているため規模も中程度であり大学ランキングにはなじみがないように思われるが、タイムズ社(THE)による 2017 年世界大学ランキングによると 100 位以内 9 校(日本は 2 校)、200 位以内 22 校(同 2 校)、400 位以内 37 校(同 8 校)となっていて、ここでも日本はドイツに大きな差をつけられている。連邦政府の支援もあり、各大学のレベルも向上しつつある

ことが読み取れる。

● ファンディングシステムの特徴

ではドイツの研究風土を一言でいうとどんな感じであろうか。個人の尊重、また、地方分権がベースの国家構造から成り立つドイツの研究風土は、自主、自律による自治といってもいいのではないだろうか。ドイツ全体の研究組織で主要なものをみると大きく 4 つの組織がある。まず日本学術振興会に相当するドイツ研究振興協会があり、大学の研究者に対する支援を行っている。次に研究実施機関として、基礎研究を推進するマックス・プランク科学振興協会、応用研究、すなわち企業との共同研究などを推進するフラウンホーファー応用研究促進協会があり、このほか、宇宙、エネルギー、医療などの国家的事業を遂行するためのヘルムホルツ協会ドイツ研究センターがある。

ファンディング機関であるドイツ研究振興協会(以下、「DFG」と略称)はドイツの大学研究者に対する研究費支援機関である。資金は特別なプログラムを除くと、連邦政府と州政府が 50 : 50 の割合で分担している。そういう意味では国家的機関であるが、運営の仕方は日本とまったく異なる。この協会の会長を選出する最高意思決定機関は会員総会であるが、会員は高等教育機関と研究機関の代表のみから構成され、そもそも政府の声を反映する仕組みになっていない。日本学術振興会や科学技術振興機構の理事長を文部科学大臣が任命するのと比べてみると、発想が正反対ともいえ、DFG はまさに学者による自治機関といっても過言ではない。

もう一つ、DFG の非常に特徴的なシステムとしてレビューー選定システムがある。DFG に対する研究費申請書の審査は 3 段階にわたって行われる。第 1 段階は各申請書を DFG の選んだ数多くの評価者が行う。第 3 段階は DFG 内のいわばフォーマルな決定のための委員会である。第 2 段階は第 1 段階の審査を評価し、必要な意見を出すとともに、第 1 段階の評価者が適切と認められない場合は DFG に対して差し替えを要求す

ることができる。

注目に値するのは第2段階の評価者の選定方法である。研究領域を400程度にわけ、それぞれの領域における候補者をドイツ国内で働いているすべての博士研究者が投票権をもって投票するというシステムである。これは4年に1度行われており、誇張かもしれないがドイツ最大の民主主義的手続きなどとも呼ばれている。ここでは事務局であるDFGの意向はまったく入る余地がない。このようにしてドイツの研究費配分システムは、学者の自治を貫徹するとともに、その透明性を図り、学者が責任を担うため第二次評価者のすべてを博士研究者による選挙で選ぶというシステムを取り入れている。いわずもがなであるが、DFGでの合言葉は、とにかくエクセレンス！ということである。

研究機関における自治

さてドイツの基礎研究機関というとマックス・プランク科学振興協会(以下「MPG」と略称)がその総本山といえよう。ドイツ内外に69の研究所、職員2万2000人、うち研究要員1万3000人を抱え、ノーベル賞も戦後だけで18人を輩出している。ここでの印象深い言葉は、ミュンヘン近郊ガルヒングにあるMPG宇宙物理学研究所の日本人所長小松英一郎氏の次の言葉だ。「連邦政府と州政府は、MPGに対してプロジェクトファンディングなどによる第三者資金の調達を求めている。MPG本部も各研究所に対し、外部資金の調達を強制することはないし、もしどうしても研究資金が不足しているということであれば、その調達や調整は本部の仕事であって所長の職務ではない。所長は研究に集中するよう言われている。自分たちの活動に対する政府やMPG本部からの「信頼」を感じている」。日本や米国との差を目の当たりにし、MPGでの待遇の良さに泣きそうになったとのことである。これは小松所長が秀でているためかもしれないが、いずれにしろ所長といながら行政的業務に忙殺されることなく、研究に専念できるとのことであった。

MPGの一つの特徴に若手研究者の養成がある。1969年より導入されているグループリーダー任用制度によると、博士号取得後数年の若手研究者を、途中で評価はあるものの9年間雇用し、毎年35万ユーロ(約4300万円)を支給することによりグループを設けて最先端の研究に携わらせ、チームの運営能力をもった若手研究者をできるだけ早く独立させることを目的としている。毎年約20名を採用し、全体では120名程度のグループリーダーが在籍している。9年間の終了後は15%がMPGに残り、ドイツで教授になる人が35%、他国で教授になる人が35%、他の研究所でポストを得る人が15%ということである。

この制度での驚きは、そのユニーク性にもあるが、制度ができて50年になるのに同じシステムが継続されていることである。日本では普通のこととなっている、毎年、予算要求の開始前に省庁が出す新政策というようなこととドイツは無縁であり、継続性がドイツを特徴づけている。この若手研究者任用制度はその後、1999年にファンディング機関であるDFGにおいてエミー・ネーター・プログラムとして大学での若手研究者を対象としたプログラムが導入されるきっかけとなった。さらに2007年からは欧州連合(EU)の欧州研究会議(ERC)においてやはり同様なプログラムが実現し、いまや欧州の若手研究者全体が裨益しているといっても過言ではない。このEUの若手研究者支援には欧州で研究しようとする日本の研究者も恩恵をこうむっている。

そのMPGを10年間率いたグルス前総裁(現沖縄科学技術大学院大学学長)に任期中に成し遂げたことで一番重要なのは何かと聞いたところ、国際化との答えだったので、国際的に有名なMPGがなぜ国際化なのかと再度聞いたところ、近年ようやくハーバード大学などと研究者の獲得競争をしても勝てるようになったという答えがかえってきた。

応用研究を行う研究開発機関では

それでは応用研究を標榜し、大学と企業の間の橋渡しを任務としているフラウンホーファー応用

研究促進協会(以下フラウンホーファー協会)の場合はどうだろうか。フラウンホーファー協会も全国に69カ所の研究所、職員2万4000人を擁する大規模な機関である。大学教授が所長となり、企業との橋渡しを任務としている。フラウンホーファー協会の予算の3分の1程度を占める政府からの基盤的経費は、企業との契約額に応じて決定されるという企業対応優先の公的研究機関である。企業との成約が少なくなると政府からの運営費も縮小し、研究所閉鎖の危機に陥る。しかし、企業との間で一定規模の契約さえしていれば研究所は所長がまったく自立して運営することができ、政府はおろか、本部からも研究についての指示はないという、やはり自治が支配する世界である。フラウンホーファー協会のトータルの予算規模、人員は毎年成長を続け、ドイツ内外で産学連携における成功モデルとされ、米国、英国、フランス、北欧などの国々では、研究組織の新設、再編の際に現実に参考にされている。日本でも一時、産業技術総合研究所においてフラウンホーファー協会のモデルが議論されていたが、どうなったのか興味深い。

なおドイツでも国家として進めなければならないテーマについては、航空宇宙研究所、電子・シンクロトロン研究所、エネルギー研究を主体とするユーリッヒ研究所やカールスルーエ研究所などの研究所がある。トータルで職員数3万8000人を擁するこれらの大規模な18の研究所は、一体となってヘルムホルツ協会ドイツ研究センターを構成している。ヘルムホルツ協会における研究開発のテーマはある意味、トップダウンであるが、研究内容自体は研究者が主体的に決めている。

● 研究機関の長の役割

それではこれらの研究機構のトップを務める方々の仕事は何であろうか。日本だと毎年の予算獲得が最大課題といってもよいので、マックス・プランク協会総裁の仕事で一番大事なのは何かと現総裁のシュトラットマン氏に聞いたところ、研究機関の自治を守ることというのが答えであった。

やはり科学研究には研究者の自治が最も基本的なことであるとの認識であった。それでは、この10年以上ずっと続いている予算増加を実現するために政治家や行政府との交渉はなかつたのかと聞いたところ、連邦議会(下院)総選挙前に各政党と十分に話をし、選挙後に連立政権を組む政党間で新政権としての取組を交渉する際に研究資金のことを入れてもらうことが最も重要な任務であるとのことであった。例えば毎年予算を3%アップするということが政党間で決まれば、担当官庁も応援に回ってくれるし、これまでの事例では実現している。しかし、前回の連邦議会選挙後の政党間協議では、ドイツ全体の研究開発投資を3.5%にしようという合意がされていたにもかかわらず、最終的には公表された連立協定では削除されてしまったという事例もあり、次回も努力しなければいけないということであった。

● イノベーション政策で何を支援しているか。

日本でもイノベーションの推進を目的とした政策が打ち出されているが、イノベーションの定義は別として、どのような施策がとられているかをみれば、何がイノベーションにとって不可欠なものと政府が考えているかを想像することができる。ドイツ連邦政府における最もよく知られているイノベーションを掲げた政策は2005年にスタートし、少なくとも2020年までは継続する「研究・イノベーション協約」である。

ドイツでは前述したようにほとんどの主権が州政府にあるので、大事な仕事は16ある州政府と協力しない限りできない。この連邦政府と16の州政府との合意は協約と呼ばれており、協約の成立には相当な政治力が必要である。2005年という年は、現在のドイツ連邦共和国首相メルケル氏が政権に就いた年である。ではこのイノベーション協約の内容は何であろうか。それは実に簡単で、これまで記した、ドイツ研究振興協会、マックス・プランク科学振興協会、フラウンホーファー応用研究促進協会、ヘルムホルツ協会に対する連

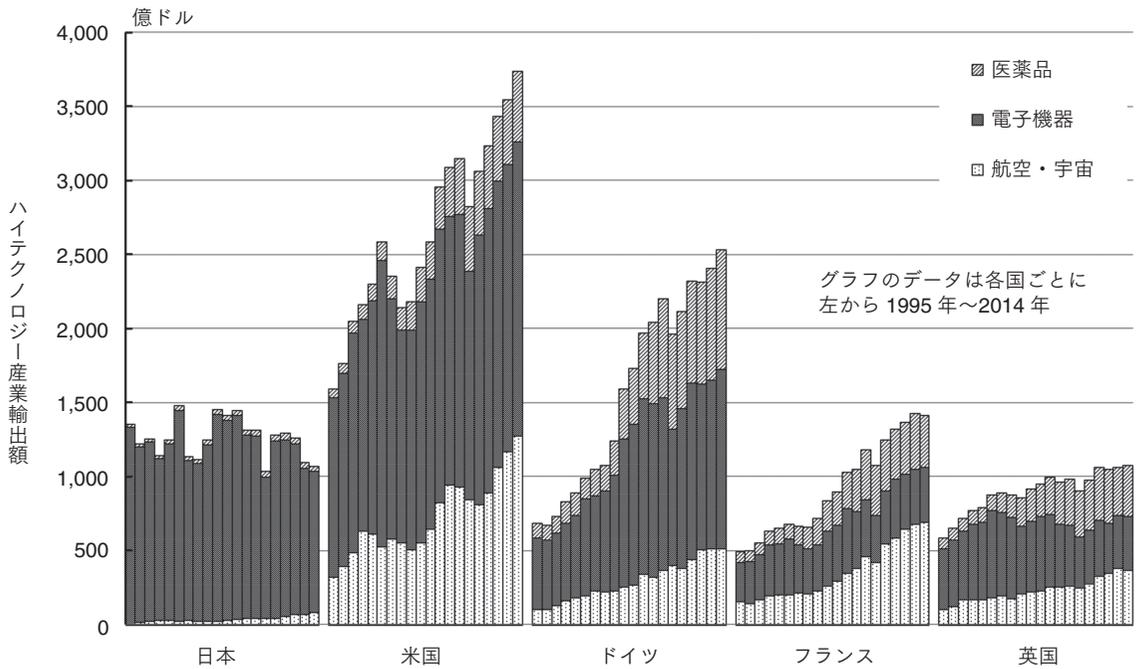


図4—主要国におけるハイテクノロジー産業輸出額の推移
出典：文献3より作成。

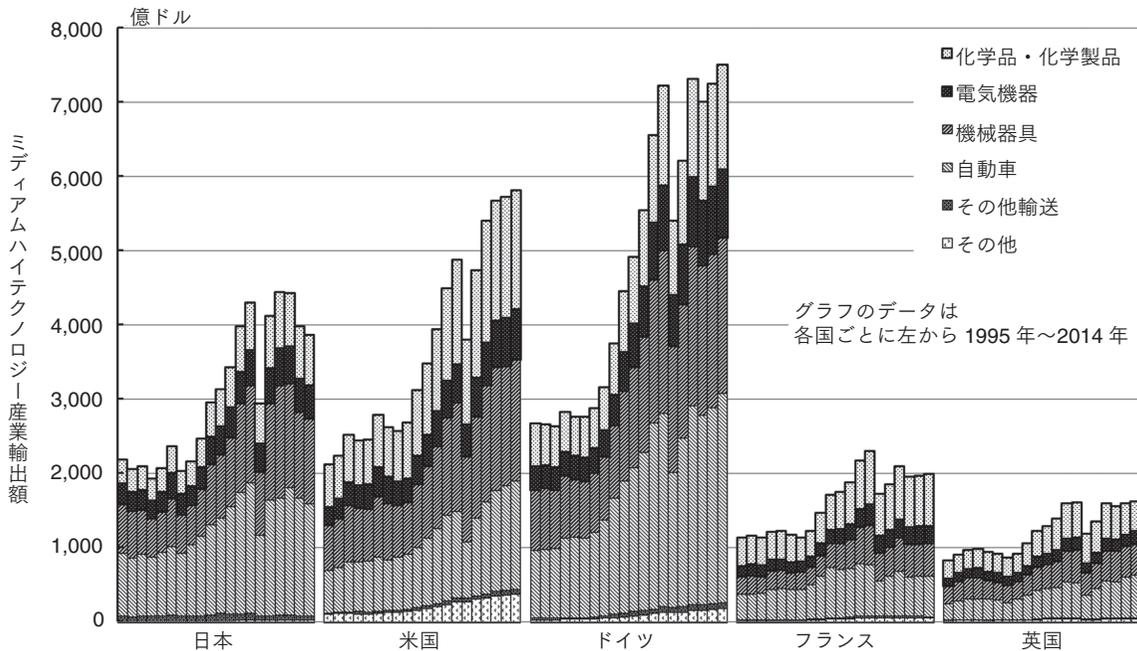


図5—主要国におけるミディアムハイテクノロジー産業輸出額の推移
出典：文献3より作成。

邦政府および州政府からの予算を第1期(2005～2010年)では毎年3%，第2期(2011～2015年)では毎年5%ずつ増加するというものである。研究機

関側ではこの期間，毎年の予算増加が約束されているので安定的に研究を進めたり，人事を遂行することができる。第3期(2016～2020年)では州側の

予算がひっ迫してきたこともあるのか、毎年3%ずつ増加することは同じであるが、すべてを連邦政府が拠出することに変更し、現在に至っている。

イノベーションを掲げた最も重要な施策がこのような内容であるということは、基礎研究の成果がないとイノベーションは起きないということ为国全体として共有していることを示している。冒頭では論文での躍進ぶりを紹介したが、OECDの作成する統計でハイテク産業(航空・宇宙、電子機器、医薬品)やミディウムハイテク産業(化学品・化学製品、電気機器、機械器具、自動車など)の輸出額をみると、15年前は日本とドイツでそれほど差があったわけではないが、現在のドイツの躍進ぶりには驚かされる(図4、図5参照)。特に自動車や機械製品を主体とするミディウムハイテク産業の輸出においては日本はおろか、米国も抜き、世界を圧倒している。このあたりが、基礎研究を支援することにより、イノベーションにもつながっているというドイツの自信に通じるところがあるのかもしれない。

継続性と信頼

なぜドイツの研究力が高いのかという点を以上を全体としてみると、ドイツでは科学技術関係者と政治・行政の関係が、それぞれの立脚する社会での立場を踏まえた上での連携・協力関係にあることがわかる。どういう立場かという点、科学の世界は科学者の自治に任せ、政治・行政はそれを外から応援する、また、政府としてしなければいけないテーマがあれば、それは別途、推進機関なり政府のプログラムを作って実施するというものである。

このことは、科学者が社会の中で一定の地位を築いていて、それ以外の部門と対等に交渉し、そこから相互に相応の結果を導きだすことができるということを示している。その前提としては、科学、知識に対する国民の信頼があるということもいえる。ドイツでは例えば原子力をどうするかというような個別の問題については賛否両論があって争いになることがあるが、科学や技術そのものに対しては信頼が強い。このため政策や推進プロ

グラムについて数年ごとに変わるということはなく、継続性があり、一定期間を過ぎた後、評価をして、評価に基づきさらに発展させるというスタイルがとられている。

これらは自らシステムを設計、実施してきたことによる自信にも裏づけられているものと思われる。若手研究者支援の仕方、フラウンフォーファーモデルのように、研究環境、研究支援システムにおいてはドイツで生まれ、ドイツ以外に発展していているものもある。ドイツは一見地味ではあるが、ドイツにふさわしいシステムを時間をかけて考案し、それを広めていくことにより、いまのような強靱な研究活動の行われる土壌を作ってきたものと思われる。

文献

- 1—阪彩香・伊神正貴: 科学研究のベンチマーキング 2015, 科学技術・学術政策研究所 調査資料-239(2015)
- 2—阪彩香・他: 研究論文に着目した日本とドイツの大学システムの定量的比較分析, 科学技術・学術政策研究所 調査資料-233(2014)
- 3—科学技術・学術政策研究所: 科学技術指標 2016, 科学技術・学術政策研究所 調査資料-251(2016)

永野 博 ながの ひろし

慶應義塾大学で工学部と法学部を卒業。在学中、西ドイツのアーヘン工科大学に聴講生として在学。科学技術庁に入り、ミュンヘン大学へ留学、ボンの大使館で科学技術担当を担当。その後、文部科学省国際統括官、科学技術政策研究所長、科学技術振興機構理事、政策研究大学院大学教授、2011年より2016年末までOECDグローバルサイエンスフォーラム議長を務めた。現在、米国科学振興協会(AAAS)フェロー、日本工学アカデミー専務理事。著書:『世界が競う次世代リーダーの養成』(近代科学社、2013年)、『ドイツに学ぶ科学技術政策』(近代科学社、2016年)