

アジア研究共同体の時代
－世界の燃料電池・太陽電池の共著分析から－
Detecting the valley of international academic collaboration in renewable energy

坂田一郎¹・佐々木一²・梶川裕矢³

要旨

今日、気候変動問題等の環境問題の解決と経済成長とを両立させるイノベーションモデルが求められている。この面で最も期待されている技術の一つがバイオマス、風力、燃料電池、太陽電池等の再生可能エネルギーである。再生可能エネルギーの研究は実用化までに多額の研究開発投資と多様な要素技術の組み合わせとを必要とすることから、多くの場合、一つの国や機関だけでは、技術の完成に必要な全ての能力は持ち得ない。開発を早急に、かつ、効率的に進めるためには、国際的な科学技術協力の手法が有効である。実際に、OECD や APEC 等の国際的な場でそのための政策が論議されている。

知識の生産量が急速に拡大し、また、知識の生産に参加する国や機関が増加する中で、世界的な研究推進や研究協力の構図は見えにくくなっている。知識の構図が把握できないと、国際協力に関する科学技術政策の立案も困難である。我々は、再生可能エネルギーのなかで太陽電池と燃料電池という2つの技術領域に関して、6万8千件の論文情報をもとに、研究能力と国際的な研究協力の情報を含む世界研究マップを構築した。また、国際研究協力について、地理的な視点からの詳細な分析を行うとともに、2つの技術領域に関し、協力ネットワークの構造について比較検討を行った。

その結果、研究協力に関して、アジア地域内に協力の「谷間」があることが明らかになった。また、既存の太い協力関係の背景には、地理的、文化的、言語的な要因以外に、国際的な共同研究プログラム、組織間の研究協力協定、知の結合の機会、太い人的な関係の存在があることが判明した。

再生エネルギーの開発・導入による気候変動問題への対応を加速し、また、アジアが世界の再生可能エネルギーの開発をリードするためには、アジア地域内の研究協力の谷間を埋めることが欠かせない。国際共同研究プログラムの創設、研究機関同士の研究協力協定の締結促進、知の結合を行うネットワークの形成、信頼関係の形成に至る太い人的交流の促進が政策誘導の選択肢となりうる。

地球環境問題の重要性とアジアの研究能力の飛躍的向上を踏まえ、これら政策を推進する「アジア研究共同体(Asia Research Area)」の形成を提言する。

1. はじめに

今日、気候変動問題等の環境問題の解決と経済成長とを両立させるイノベーションモデルが求められている[1]。その中心と位置づけられているのが効率的でコストの低い再生可能エネルギーの開発と普及である。各国政府は、固定価格買取制度や新エネルギー機器の導入補助金のような普及にインセンティブを与える制度導入を急ぎ、また、先端研究に対する助成措置を拡大している。そうした社会からの要請や政策を受けて、学術レベルでも再生可能エネルギーに関する研究は加速しており、論文数は急増している[例えば、2,3]。

気候変動問題は世界共通の課題であり、解決に必要な先端技術と当該技術を利用した製品の市場は世界中に分散している。一方、現代の技術はますます複雑になっており、また、実用化までには幅広い知識を必要とするため、一つの国又は研究機関で、技術の完成に必要な知識全てを開発し保有することは多くの場合困難である。課題を早期に解決するためには、各国ごとの努力に加え、この分野において高い水準の科学技術力を持つ主要国間での科学技術協力が有効である。また、先行研究においては、高いレベルの研究協力は、論文の生産性と正の相関を持つことが知られており[4,5,9]、

¹ 東京大学政策ビジョン研究センター教授、兼工学系研究科教授

² 東京大学政策ビジョン研究センター特任研究員

³ 東京大学工学系研究科総合研究機構イノベーション政策研究センター特任講師

単に不足する知識を補うだけでなく、研究協力は、研究の質や効率を高めることになる。

実際、OECD や APEC のような国際的な場において、研究・技術協力への気運は高まっている。具体的な動きとして、例えば、日本の NEDO は 8 カ国の研究開発助成機関と連携をして国際共同研究を支援する(parallel funding)するプログラムを用意しており、また、太陽光発電の国際共同実証プロジェクトを 10 カ国と協力して展開をしている。

再生可能エネルギーに関する学術研究については、近年、日米欧に加え、アジア諸国の能力向上が目立っている。この背景には、特に、中国、インド、シンガポール、韓国において、世界レベルの大学(World-class universities)を育成すべく大胆な投資を行うとともに、海外の有力大学で教育を受けた博士達を中核的な研究者として自国へと呼び戻している政策[6]が影響しているものと考えられる。このような再生可能エネルギーに関する学術研究の地政学的な構造変化について、客観的なデータを元に検証を行った先行研究や、特に、アジアにおけるダイナミックな変化に焦点をあてて、国際協力の構造を明らかにした研究は少ない。

そこで、本ペーパーでは、第一の目的として、再生可能エネルギーに関する学術研究について、客観的なデータを用いて、世界的な研究能力の分布と国境を超えた協力関係の双方を鳥瞰しマップを作成する。これは国際的な科学技術協力政策を立案する知識基盤となる。本ペーパーの目的の第二は、その俯瞰マップを用いて、国際協力の谷間の存在位置を具体的に特定することである。第三は、太い国際協力関係の背景にあり、それを創り出していると考えられる諸要素、例えば国際研究助成、組織間協定、人的関係を抽出することで、谷間に橋を架けるために有効な政策を議論することである。

手法としては書誌情報分析(bibliometric approach)を用いる。研究能力の指標としては国や研究機関ごとの論文数を用い、国際協力の存在を示す指標としては、国際的な共著論文—2つ以上の国の機関に属する科学者が著者となっている論文の数を用いる。

共著(Co-authorship)を研究協力の量的指標として用いた研究は多数、存在する[パイオニア的研究として7,8]。また、国際的な協力関係を測る指標としても用いられている[9-13]。特にEUを対象とした研究が多い。この要因として、Katz と Martin[14]は、共著を研究協力の指標に用いる手法には、検証可能性、統計的有意性、データの入手可能性、計測の用意性という面で、優位性があるとしている。一方で、この手法は完全なものとは言えない。Karts と Martin はその課題についても子細に検討を行っている。例えば、協力を行いつつも成果の発表は別々に行っているような事例は共同として補足することが出来ない。また逆に、実際、協力をほとんど行っていないが社会的な関係や知名度を重視して共著に入れるといった場合が存在する。こうしたバイアスが存在することに留意しておく必要がある。

どの単位で協力の主体を捉えるかについては、国の他、組織[15]、研究者個人[16]の3種類が存在する。本ペーパーでは、国又は研究組織を単位として分析を行う。また先行研究では、書誌情報分析に基づき、協力の背景にある要素、例えば、言語、文化、地理的な距離、国境、歴史、政治、経済的事実等を挙げている[9,10,11,13,17]。本ペーパーでは、限定的ではあるが、主に論文中の書誌情報に基づき国際共同を創り出している要因について考察を行いたい。

本ペーパーで対象とする学術領域は、燃料電池と太陽電池の2つである。両者は近年、成長著しい新技術であり、多くの国において、気候変動問題解決の切り札として期待されている。先行研究では、研究内容がどの程度基礎的かどうか[8]、必要とする研究資金の規模、大型の実験設備が必要かどうか[10,13]という要素が研究協力の頻度に影響するとしている。比較的近い技術的な性格を持ち、かつ論文数や参加機関数も近い技術を取り上げることで、そうした要因を排除しつつ、国際協力の構造について比較を行う。

2. 研究手法

第1ステップとして、トムソンロイター社が提供している学術論文データベース Science Citation Index (SCI)および Social Science Citation Index(SSCI)を利用し、1945年から2009までを対象期間として、書誌情報に"fuel cell*"を含む論文、"photovoltaic cell*"又は"solar cell*"を含む論文群を抽出した。そして、これらをそれぞれ燃料電池、太陽電池に関する論文である定義した。更に、論文中に著者情報が含まれるデータ、33,136件(燃料電池)、35,322件(太陽電池)をデータセットとした。ただし

書誌情報の収集は、2009年9月に行っている。このデータセットから、論文の出版年、著者達の所属機関、機関の所属国の情報を抽出する。機関数は、燃料電池が6,492、太陽電池が6,660である。また、機関の所属国情報に、当該国が属する大陸の情報（ヨーロッパ、アジア、北アメリカ、南アメリカ、オセアニア）を付与する。以上を本研究における分析対象とする。

第2ステップとして、二種類のデータ構造を作成する。一つ目は、「研究能力データ」である。これは、機関別または国別に論文数を計算したものである。二つ目は「共著データ」である。著者達の所属機関の情報をもとに、すべての共著の組み合わせを計算する。例えば、異なる4つの機関に属する著者達によって書かれた1本の論文は、6組の共著関係を含むと計算される。さらに、異なる国の機関を含む共著の場合、これを国際共著と定義する。著者の記載順序による重み付けは行わない。

第3ステップとして、研究機関をノードとし、共著をリンクとして、研究ネットワーク図として可視化を行う。ここでは、視認性の問題から、研究機関を国ごとにまとめて国単位でマップを作成している。更に、国際共著の多い機関の組み合わせの抽出と大陸単位での国際共著の数の計算を行った。

3. 分析結果

最初に、上位五カ国の論文出版数の推移と国際共著率の推移を図1-1及び1-2に示した。両分野に共通しているには、論文出版数上位4カ国は、米国・中国・日本・ドイツの4カ国である。ただし、順位には入れ替わりはある。また、特に中国の論文数の急速な増加が見られる。国際共著率ではドイツが極めて高く、日本は低い。

一方で、両分野の相違点として、論文数第5位に、燃料電池分野では韓国、太陽電池分野ではインドが現れる。また、太陽電池では、インドにおける国際共著率の急速な上昇が目立っている。

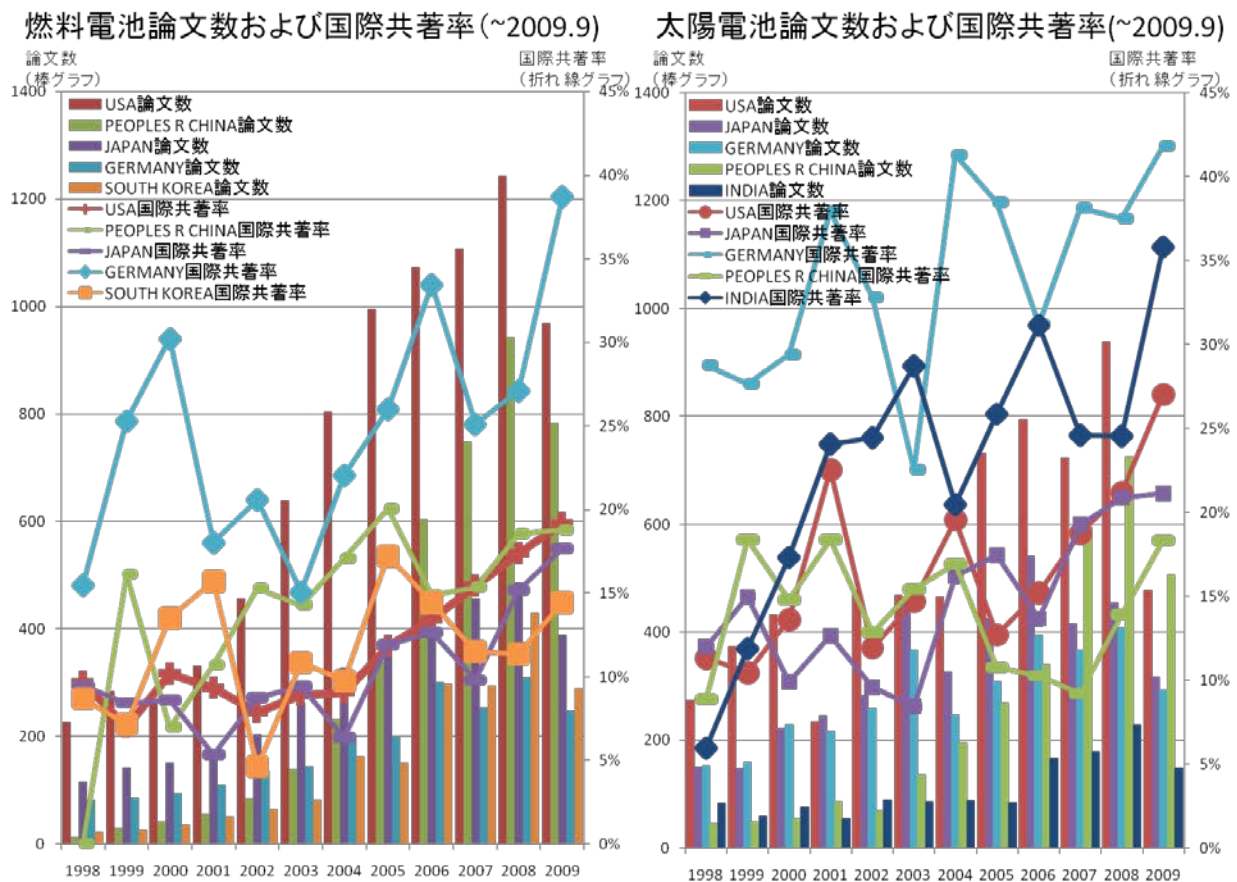


図 1-1,1-2 : 論文数・共著率推移

次に研究能力と国際共著関係の情報をもとに、国際共同研究ネットワークを図 2-1、2-2 として示した。研究機関を国単位で集約してノードとし、当該国に所属する機関の研究者が著者に入っている論文数の情報をノードのサイズとして表している。また、共著関係にある機関が所属する国同士をリンクとし、国間の共著の数をリンク太さとして示している。

両分野とも、北アメリカ、アジア、欧州の3大陸の研究能力等がバランスした構造となっており、類似したマップとなっている。一方、両者の主な違いとして3点指摘できる。第1は、太陽電池の方が、共著に参加している国の数が多いことである。具体的には、アジアとアフリカの参加国が多い。次に、北米と欧州のバランスである。太陽光の方が、相対的に欧州の存在感が大きい。最後にアジアと他大陸の結びつきであるが、燃料電池の方が北アメリカとの結びつきが強い。燃料電池の方が相対的に北アメリカの研究能力が高いことがより強い吸引力として働いているものと考えられる。

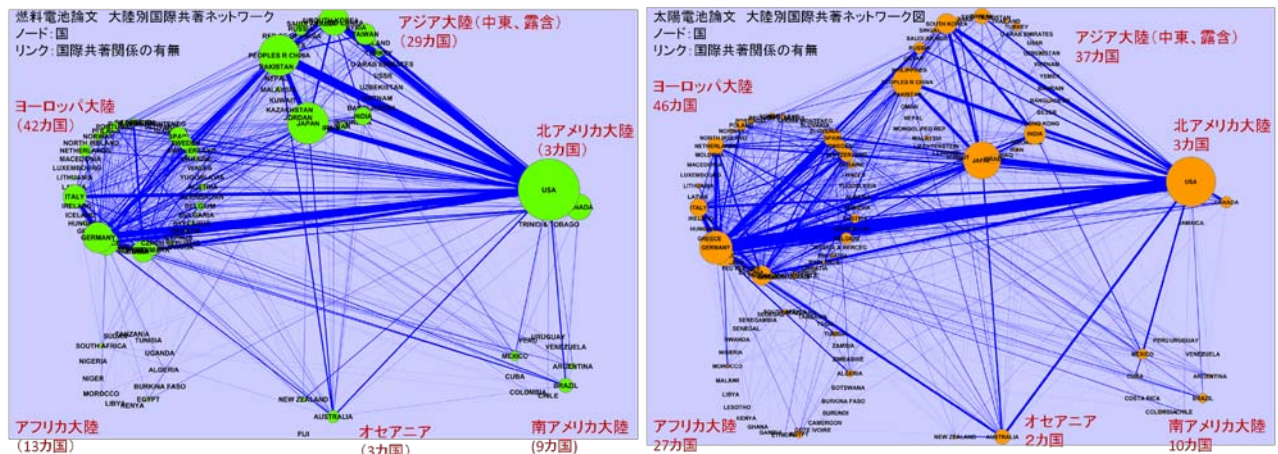


図 2-1,2-2 世界の研究俯瞰マップ

次に、大陸別にみた共著の数を表 1-1,1-2 として示した。いずれの分野においても欧州域内での国際共著関係の多さが突出していることがわかる。特に太陽電池分野では、欧州内の国際共著数は、第2位である欧州-アジアの2.5倍以上となっており、欧州内におけるネットワークが非常に協力であることがわかる。一方でアジア地域内での国際共著数は、いずれの分野においても、アジアと欧州又はアメリカとの連携と比較して、大幅に少ない。太陽電池では、アフリカの研究能力は高くないにもかかわらず、欧州とアフリカとの共著が334件も存在するのは興味深い。

表 1-1,1-2 大陸別共著数上位組み合わせ

| 燃料電池国際共著数上位国組合せ10 | | | 太陽電池国際共著数上位国組合せ10 | | |
|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
| 大陸分類1 | 国際共著数 | 大陸分類2 | 大陸分類1 | 国際共著数 | 大陸分類2 |
| ヨーロッパ | 2276 | ヨーロッパ | ヨーロッパ | 4174 | ヨーロッパ |
| アジア | 1328 | 北アメリカ | ヨーロッパ | 1752 | アジア |
| ヨーロッパ | 1221 | 北アメリカ | 北アメリカ | 1434 | ヨーロッパ |
| アジア | 1169 | ヨーロッパ | 北アメリカ | 960 | アジア |
| アジア | 685 | アジア | アジア | 848 | アジア |
| ヨーロッパ | 232 | 南アメリカ | ヨーロッパ | 334 | アフリカ |
| 北アメリカ | 230 | 北アメリカ | ヨーロッパ | 317 | 南アメリカ |
| アジア | 142 | オセアニア | オセアニア | 228 | ヨーロッパ |
| オセアニア | 137 | ヨーロッパ | オセアニア | 149 | アジア |
| 南アメリカ | 123 | 北アメリカ | オセアニア | 113 | 北アメリカ |

最後に、機関単位で、共著論文数が上位の組み合わせを抽出した。共著の多い組み合わせは、いづ

れの分野でも圧倒的に同じ国の機関同士である。

| 機関名1 | 所属国1 | 共著数 | 機関名2 | 所属国2 |
|-------------------------------------|-----------------|-----|---------------------------------|-----------------|
| JILIN UNIV | PEOPLES R CHINA | 67 | HARBIN INST TECHNOL | PEOPLES R CHINA |
| HARBIN INST TECHNOL | PEOPLES R CHINA | 53 | ACAD SINICA | PEOPLES R CHINA |
| JILIN UNIV | PEOPLES R CHINA | 52 | ACAD SINICA | PEOPLES R CHINA |
| CSIC | SPAIN | 40 | CIEMAT | SPAIN |
| NANJING NORMAL UNIV | PEOPLES R CHINA | 38 | CHINESE ACAD SCI | PEOPLES R CHINA |
| YONSEI UNIV | SOUTH KOREA | 33 | KOREA INST SCI & TECHNOL | SOUTH KOREA |
| SEOUL NATL UNIV | SOUTH KOREA | 29 | KOREA INST SCI & TECHNOL | SOUTH KOREA |
| NATL RES COUNCIL CANADA | CANADA | 28 | SIMON FRASER UNIV | CANADA |
| NATL INST ADV IND SCI & TECHNOL | JAPAN | 27 | NAGOYA UNIV | JAPAN |
| CHINESE ACAD SCI | PEOPLES R CHINA | 27 | DALIAN UNIV TECHNOL | PEOPLES R CHINA |
| NATL RES COUNCIL CANADA | CANADA | 27 | UNIV BRITISH COLUMBIA | CANADA |
| NATL UNIV SINGAPORE | SINGAPORE | 25 | INST MAT RES & ENGN | SINGAPORE |
| INDIAN INST SCI | INDIA | 23 | CENT ELECTROCHEM RES INST | INDIA |
| CHINESE ACAD SCI | PEOPLES R CHINA | 22 | JILIN UNIV | PEOPLES R CHINA |
| FINE CERAM RES ASSOC | JAPAN | 21 | NATL INST ADV IND SCI & TECHNOL | JAPAN |
| UNIV HELSINKI | FINLAND | 20 | HELSINKI UNIV TECHNOL | FINLAND |
| UNIV LAVAL | CANADA | 20 | NATL RES COUNCIL CANADA | CANADA |
| CHINESE ACAD SCI | PEOPLES R CHINA | 19 | TSING HUA UNIV | PEOPLES R CHINA |
| KOREA INST SCI & TECHNOL | SOUTH KOREA | 19 | KOREA UNIV | SOUTH KOREA |
| VIRGINIA POLYTECH INST & STATE UNIV | USA | 19 | LOS ALAMOS NATL LAB | USA |
| NATL TAIWAN UNIV | TAIWAN | 18 | HUAFAN UNIV | TAIWAN |
| OAK RIDGE NATL LAB | USA | 18 | UNIV TENNESSEE | USA |
| NATL INST MAT SCI | JAPAN | 18 | UNIV QUEENSLAND | AUSTRALIA |
| RUSSIAN ACAD SCI | RUSSIA | 18 | MOSCOW MV LOMONOSOV STATE UNIV | RUSSIA |
| CSIC | SPAIN | 17 | UNIV LA LAGUNA | SPAIN |
| SUN YAT SEN UNIV | PEOPLES R CHINA | 16 | CHINESE ACAD SCI | PEOPLES R CHINA |
| UNIV AVEIRO | PORTUGAL | 16 | BELARUSSIAN STATE UNIV | BYELARUS |
| KOREA INST ENERGY RES | SOUTH KOREA | 15 | YONSEI UNIV | SOUTH KOREA |
| HARBIN NORMAL UNIV | PEOPLES R CHINA | 15 | NANJING NORMAL UNIV | PEOPLES R CHINA |
| SUN YAT SEN UNIV | PEOPLES R CHINA | 15 | CHONGQING UNIV | PEOPLES R CHINA |

表 2-1 共同研究論文数 上位 30 機関 (燃料電池)

| 機関名1B | 所属国1 | 共著数 | 機関名2 | 所属国2 |
|---|-----------------|-----|-----------------------------------|-----------------|
| CHUBU UNIV | JAPAN | 40 | NAGOYA INST TECHNOL | JAPAN |
| EINDHOVEN UNIV TECHNOL | NETHERLANDS | 37 | DUTCH POLYMER INST | NETHERLANDS |
| LINKOPING UNIV | SWEDEN | 35 | CHALMERS UNIV TECHNOL | SWEDEN |
| NATL TAIWAN UNIV | TAIWAN | 31 | ACAD SINICA | TAIWAN |
| ST PETERSBURG STATE TECH UNIV | RUSSIA | 28 | RUSSIAN ACAD SCI | RUSSIA |
| PEKING UNIV | PEOPLES R CHINA | 28 | CHINESE ACAD SCI | PEOPLES R CHINA |
| FRAUNHOFER INST SOLAR ENERGY SYST | GERMANY | 27 | UNIV NEW S WALES | AUSTRALIA |
| EINDHOVEN UNIV TECHNOL | NETHERLANDS | 26 | UNIV GRONINGEN | NETHERLANDS |
| CNRS | FRANCE | 26 | UNIV STRASBOURG 1 | FRANCE |
| NATL RENEWABLE ENERGY LAB | USA | 25 | FRAUNHOFER INST SOLAR ENERGY SYST | GERMANY |
| FRAUNHOFER INST SOLAR ENERGY SYST | GERMANY | 25 | FREIBURG MAT RES CTR | GERMANY |
| UNIV NEW S WALES | AUSTRALIA | 24 | NATL RENEWABLE ENERGY LAB | USA |
| JOHANNES KEPLER UNIV | AUSTRIA | 24 | UNIV GRONINGEN | NETHERLANDS |
| NATL RENEWABLE ENERGY LAB | USA | 24 | COLORADO SCH MINES | USA |
| HASSELT UNIV | BELGIUM | 22 | IMEC | BELGIUM |
| NATL RENEWABLE ENERGY LAB | USA | 22 | UNIV COLORADO | USA |
| UNIV PARIS 06 | FRANCE | 21 | UNIV PARIS 11 | FRANCE |
| UNIV CALIF BERKELEY | USA | 20 | LAWRENCE BERKELEY NATL LAB | USA |
| KATHOLIEKE UNIV LEUVEN | BELGIUM | 20 | IMEC VZW | BELGIUM |
| NASA | USA | 19 | OHIO AEROSP INST | USA |
| DEF LAB | INDIA | 19 | JAI NARAIN VYAS UNIV | INDIA |
| HANYANG UNIV | SOUTH KOREA | 19 | KOREA INST SCI & TECHNOL | SOUTH KOREA |
| SFA INC | USA | 19 | USN | USA |
| KANAZAWA UNIV | JAPAN | 19 | NIPPON SHOKUBAI CO LTD | JAPAN |
| IND TECHNOL RES INST | TAIWAN | 19 | NATL TAIWAN UNIV | TAIWAN |
| JAPAN SCI & TECHNOL AGCY | JAPAN | 18 | UNIV TOKYO | JAPAN |
| SHIZUOKA UNIV | JAPAN | 18 | INST FUNDAMENTAL STUDIES | SRI LANKA |
| UNIV LONDON IMPERIAL COLL SCI TECHNOL & MED | ENGLAND | 18 | UNIV SHEFFIELD | ENGLAND |
| JILIN UNIV | PEOPLES R CHINA | 18 | CHINESE ACAD SCI | PEOPLES R CHINA |
| HAHN MEITNER INST BERLIN GMBH | GERMANY | 18 | FREE UNIV BERLIN | GERMANY |

表 2-2 共同研究論文数 上位 30 機関 (太陽電池)

また、強力な研究能力を持つ機関同士の研究協力が多く、燃料電池では中国の機関同士の共著が目立つ。国籍が異なる機関同士の組み合わせは、燃料電池では上位 30 組中 2 件 (Japan-Australia, Portugal-Byelarus)、太陽電池では 5 件 (Germany-Australia, USA-Germany, Australia-USA, Australia-Netherlands, Japan-Sri Lanka) にすぎない (表 2 中赤字)。相対的にみて、太陽電池の方が、太い国際協力関係を持つ機関の組み合わせが多いといえる。

4. 考察

再生可能エネルギーの分野において、論文数の急増及び国際共著比率の上昇が確認された。世界的な知の集積がより広い協力を伴いつつ進展しているといえる。論文数急増の背景には政策的な資金投入の拡大があることが明らかである。各国における代表的な政策としては、Advanced Energy Initiative (アメリカ)、Solar America Initiative (アメリカ)、Framework Program (FP5 & FP6, EU)、Intelligent Energy-Europe (EU)、クールアース 50 (日本)、PV Vision 12 (韓国)、再生可能エネルギー中期発展計画 (中国)、the National Solar Mission (インド) がある。社会の要請から政策が生まれ、それが知の集積を後押しし、集積が更に社会的関心と呼び込むという「イノベーションサイクル」が生まれている典型的な分野と言えよう。

太陽電池と燃料電池とを比べると、太陽電池の方がアジア及びアフリカの研究機関が多い。電力インフラの整っていない地域に低コストで普及させることが可能であり、日射量の多い地域 (例えばアフリカ、インド) で高い能力を発揮するという太陽電池の技術特性が研究能力の分布に影響していることが明確である。インドの例では、技術的特性と研究との橋渡し役をしているのは政策である。

共著の構造については、太陽電池、燃料電池ともに、国内及び地理的に近い関係にある機関同士の共著が多いことが確認された。このことは、機関間の共著に、物理的な距離、文化、言語が影響しているとした先行研究 [9, 10, 11, 13, 17] と一致するものである。また、強力な研究能力を持つ機関同士の共著が多いことが示された。この要因として考えられるのは、Bozeman と Corley [16] が指摘する共著のモチベーションのうち、専門性や実験設備へのアクセス、プレステージの獲得、暗黙知が学習、生産性の向上である。

また、特に、太陽電池について、欧州内の機関間での共著が非常に多いことが明らかとなった。これには、EU 域内での研究協力の支援を行う EU の第 5 次及び 6 次フレームワークプログラム (FP5, FP6) が、太陽電池分野に最も多くの比率の資金を投入してきたことと、PV European Research Area Network のような知識ネットワークの存在という政策要因が影響している可能性が高い。

研究協力の背景を更に詳細に知るため、図 2-1, 2-2 の中で国際共著の最も多い組み合わせに着目して、その内容を調査した。燃料電池分野において国際共著となる機関の組み合わせの最上位は、日本の「National Institute For Materials Science」とオーストラリアの「University of Queensland」である (18 共著、共著数の組み合わせ全体で 27 位)。両機関は 2001 年に協力協定 (MOU, Memorandum of Understanding) の締結をしており、これは National Institute For Materials Science にとっての MOU 第一号である。また、18 論文全てが、Fuel Cell Materials Center の Nano-ionics Materials Group に所属する 2 名、PhD. Toshiyuki MORI (National Institute For Materials Science) と PhD. John Drennan (University of Queensland) のを必ず含む共著論文であることが確認できた。一方、太陽電池において国際共著となる機関の組み合わせの最上位は、ドイツの「Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems」とオーストラリアの「University of New South Wales」である (27 共著、全体で第 7 位)。両機関の共著の多くは「Solar cell efficiency tables」シリーズである。これは、セルやモジュールなどの変換効率に関する世界公式記録である。知識の結合の機会が共著を創り出しているといえよう。なお、この枠組みには、近年、2 機関以外にも、米国の「National Renewable Energy Laboratory」や日本の「National Institute of Advanced Industrial Science and Technology」という各国を代表する機関が参画している。

一方、世界の研究協力マップのなかで、アジア地域内に谷間 (valley) が存在することが明らかとなった。アジア地域の研究機関は、近年、急速に研究能力を高めているにもかかわらず、域内での協力は他の地域と比べて明らかに薄い。このため、研究能力のポテンシャルが眠っていると言える。本ペー

パーから明らかとなった協力を促進する要素は、EUのフレームワークプログラムのような国際研究共同プログラムの創設、知を集約するネットワークの創設、研究機関間の協力協定の締結促進、強い人的関係の形成の4点である。谷間を埋める政策手法として、少なくともこれら4点は選択肢と考え得る。

5. 結論と政策的インプリケーション

本ペーパーでは、再生可能エネルギーに属する2つの重要技術に関する研究能力と研究協力の俯瞰マップを構築した。両分野、それぞれ100カ国以上の国々と6,000以上の研究機関が学術研究に関わっており、世界規模の巨大な知的ネットワークが形成されている。俯瞰マップから、研究能力については、政策投入と技術の市場特性の影響が大きく、研究協力については、物理的な距離、国や機関の研究能力、研究協力プログラム等の政策投入の影響が大きいことが見えてきた。

また、アジアの研究能力が拡大し、北米、欧州、アジアの3極構造が形成されている一方、世界の研究協力ネットワークの中で、アジア地域内に協力の谷間(valley)があることが明らかになった。

本ペーパーで特定された研究協力を促す政策は、EUのフレームワークプログラムのような国際研究共同プログラムの創設、知を集約するネットワークの創設、研究機関間の協力協定の締結促進、強い人的関係の形成の4点である。谷間を埋める政策を考える際には、少なくともこれら4点を選択肢として考慮する必要がある。APECやERIAの枠組みや組織を活用しつつ、このような政策を推進する「アジア研究共同体」(Asia Research Area)の創設を提案したい

一方、我が国としても、中国、韓国、シンガポール、インドとの関係では、従来のような技術移転に偏った協力アプローチを転換する必要がある。これら国々の科学技術能力の向上を直視するとともに、基礎研究とマザープラントは日本に残し、量産は次第にアジアに移転するといった単線的なモデルに固執しない姿勢も必要であろう。アジア研究共同体の時代の到来している。よりフラットな協力と複雑な協働関係を志向することを提案したい。

なお、本ペーパーは、政策ビジョン研究センター等の組織的な見解ではなく、著者らの責任によるものである。

(参考文献)

- [1]OECD, "OECD Green Growth Strategy- Beyond the crisis," Discussion Paper for the Consultation with the OECD Liaison Committee, Nov.2009.
- [2]N.Shibata, Y.Kajikawa and I.Sakata, "Extracting the commercialization gap between science and technology -Case study of solar cell," Technological Forecasting and Social Change, 2010, in press
- [3] N.Shibata, Y.Kajikawa and I.Sakata, "Assessing the gap between science and technology: case study of secondary batteries," Journal of Intellectual Property Association of Japan, vol.6, no.3, pp 5-11, 2010.
- [4]S.M.Lawani, "Some bibliometric correlates of quality in scientific research," Scientometrics, vol.9, pp.13-25, 1986.
- [5]M.L.Pao, "Co-authorship and productivity," Proceedings of the American Society for Information Science, vol.17, pp.279-289, 1980.
- [6]C.L.Richard, "Top of the class, the rise of Asia's Universities," Foreign Affairs, vol.89 no.3, pp.63-75, 2010.
- [7]M.Smith, "The trend toward multiple authorship in psychology," American Psychologist, vol.13, pp.596-599. 1958.
- [8]J.D.Frame and M.P.Carpenter, "International research collaboration," Social Studies of Science vol.9, pp.481-497, 1979.

- [9]F.Narin, K.Stevens, and E.S.Whitlow, "Scientific co-operation in Europe and the citation of multinationally authored papers," *Scientometrics*, vol.21 no.3, pp.313-323, 1991.
- [10]H.F.Moed, R.E.de Bruin, A.J.Nederhof and R.J.W.Tijssen, "International scientific co-operation and awareness within the European Community: Problems and Perspectives," *Scientometrics*, vol.21, no.3, pp.291-311, 1991.
- [11]W.Glänzel, "National characteristics in international scientific co-authorship relations," *Scientometrics*, vol.51, no.1, pp.69-115, 2001.
- [12]B.Stefaniak, "International co-operation in science and in social sciences as reflected in multinational papers indexed in SCI and SSCI," *Scientometrics*, vol.52, no.2, pp.193-210, 2001.
- [13]J.Hoekman, K.Frenken and R.J.W.Tijssen, "Research Collaboration at a distance: Changing spatial patterns of scientific collaboration within Europe," *Research Policy*, vol.39, pp.662-673, 2010.
- [14]J.S.Katz and B.R.Martin, "What is research collaboration?," *Research Policy*, vol.26, pp.1-18, 1997.
- [15]P.C.Boardman and E.Corley, "University research centers and the composition of research collaborations," *Research Policy*, vol.37, pp.900-913, 2008.
- [16]B. Bozeman and E.Corley, "Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital," *Research Policy*, vol.33, pp.599-616, 2004.
- [17]T.Schott, "International influence in science: Beyond center and periphery," *Social Science Research*, vol.17, pp.219-238, 1988.

<別添> 「燃料電池・太陽電池の世界研究機関ランキング」

(1) 燃料電池 論文数上位30機関 (全6,492機関中)

| 機関名 | 所属国 | 論文数 |
|-------------------------------------|-----------------|-----|
| CHINESE ACAD SCI | PEOPLES R CHINA | 929 |
| PENN STATE UNIV | USA | 407 |
| NATL INST ADV IND SCI & TECHNOL | JAPAN | 376 |
| HARBIN INST TECHNOL | PEOPLES R CHINA | 274 |
| NANYANG TECHNOL UNIV | SINGAPORE | 256 |
| PACIFIC NW NATL LAB | USA | 239 |
| UNIV CONNECTICUT | USA | 214 |
| SHANGHAI JIAO TONG UNIV | PEOPLES R CHINA | 212 |
| GEORGIA INST TECHNOL | USA | 210 |
| UNIV ILLINOIS | USA | 206 |
| TSING HUA UNIV | PEOPLES R CHINA | 196 |
| UNIV MICHIGAN | USA | 185 |
| ARGONNE NATL LAB | USA | 180 |
| UNIV S CAROLINA | USA | 174 |
| UNIV CALIF BERKELEY | USA | 159 |
| YONSEI UNIV | SOUTH KOREA | 156 |
| VIRGINIA POLYTECH INST & STATE UNIV | USA | 146 |
| YUAN ZE UNIV | TAIWAN | 143 |
| UNIV TEXAS | USA | 137 |
| CASE WESTERN RESERVE UNIV | USA | 137 |
| UNIV PENN | USA | 132 |
| MIT | USA | 124 |
| LOS ALAMOS NATL LAB | USA | 124 |
| TSINGHUA UNIV | PEOPLES R CHINA | 121 |
| HONG KONG UNIV SCI & TECHNOL | PEOPLES R CHINA | 117 |
| OAK RIDGE NATL LAB | USA | 114 |
| UNIV CALIF DAVIS | USA | 112 |
| COLORADO SCH MINES | USA | 110 |
| TEXAS A&M UNIV | USA | 108 |
| UNIV WATERLOO | CANADA | 107 |

(備考)

当該機関に所属している研究者の論文数 (他機関との共著も含む)。論文の著者順位によるウエイト付けは行っていない。

(2) 太陽電池 上位30機関 (全6,660機関中)

| 機関名 | 所属国 | 論文数 |
|--|---------------|-------|
| CHINESE ACAD SCI | PEOPLES CHINA | R 838 |
| NATL RENEWABLE ENERGY LAB | USA | 828 |
| OSAKA UNIV | JAPAN | 468 |
| HAHN MEITNER INST BERLIN GMBH | GERMANY | 439 |
| UNIV NEW S WALES | AUSTRALIA | 428 |
| NATL INST ADV IND SCI & TECHNOL | JAPAN | 355 |
| FRAUNHOFER INST SOLAR ENERGY SYST | GERMANY | 324 |
| UNIV STUTTGART | GERMANY | 281 |
| UNIV LONDON IMPERIAL COLL SCI TECHNOL & MED | ENGLAND | 270 |
| CNRS | FRANCE | 269 |
| INDIAN INST TECHNOL | INDIA | 256 |
| TOKYO INST TECHNOL | JAPAN | 248 |
| RUSSIAN ACAD SCI | RUSSIA | 236 |
| EINDHOVEN UNIV TECHNOL | NETHERLANDS | 221 |
| NATL TAIWAN UNIV | TAIWAN | 216 |
| KFA JULICH GMBH | GERMANY | 209 |
| SWISS FED INST TECHNOL | SWITZERLAND | 203 |
| KYOTO UNIV | JAPAN | 203 |
| UNIV UTRECHT | NETHERLANDS | 202 |
| CNR | ITALY | 197 |
| UNIV POLITECN MADRID | SPAIN | 194 |
| ECOLE POLYTECH FED LAUSANNE | SWITZERLAND | 193 |
| DELFT UNIV TECHNOL | NETHERLANDS | 192 |
| NAGOYA INST TECHNOL | JAPAN | 190 |
| UNIV CALIF BERKELEY | USA | 186 |
| NANKAI UNIV | PEOPLES CHINA | R 185 |
| UNIV TOKYO | JAPAN | 183 |
| TOHOKU UNIV | JAPAN | 171 |
| PENN STATE UNIV | USA | 170 |
| UNIV CAMBRIDGE | ENGLAND | 168 |

(備考)

当該機関に所属している研究者の論文数 (他機関との共著も含む)。論文の著者順位によるウエイト付けは行っていない。