

研究開発の俯瞰報告書

# 俯瞰の前提（2023年）

— 現下の国際情勢と「科学と社会」 —

# 俯瞰の前提 (2023年) - 現下の国際情勢と「科学と社会」 -

科学技術と現代社会は密接不可分な関係にあり、相互に影響を及ぼし合っている。科学技術イノベーション政策や研究開発戦略を検討する上では、この関係性を常に意識することが求められる。本稿「俯瞰の前提」においては、科学技術を俯瞰するにあたり、その前提として理解・共有すべき、「現下の国際情勢」と、それを踏まえた「科学と社会」との関係に係る問題意識を整理した。

2020年に発生した新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の世界的大流行 (以下、コロナパンデミック) は世界に大きな衝撃を与え、世界経済はいまだにその影響から回復し切れていない。加えて、近年の米中覇権争いの激化や2022年2月のロシアによるウクライナへの武力行使 (以下、ウクライナ侵攻という) は、世界的な分断を加速させるとともに、グローバルサウスといった国々の台頭など地政学的構造の大きな変化をもたらした。また、サプライチェーンや安全保障などに対する関心を大きく惹起させるなど、現下の国際情勢は経済、政治、軍事など広範な領域において極めて流動的かつ不透明な状況を呈している。

科学技術の急速な発展が現代社会に大きな変化をもたらすと同時に、社会の側からも科学技術に多くの要請がなされる時代を迎えている現在、科学と社会との関係を適切に踏まえておくことは極めて重要である。一方、必ずしもこの認識が科学者、技術者の間で日常的に共有されているわけではない。

本稿においては、非常に広範な観点が含まれる「科学と社会」について、以下の3つの階層に整理したうえで、科学技術を俯瞰するにあたって必要となる「科学と社会」の視座を記述している。

- ・最も基層的な部分として、「科学」に対する考え方の変遷
- ・「科学と社会」における具体的な諸問題
- ・科学と政策

なお、科学と政策については、「研究開発の俯瞰報告書 日本の科学技術・イノベーション政策の動向 (2023年)」を参照されたい。

## 目次

---

<b>1</b>	<b>現下の国際情勢</b> .....	<b>1</b>
	(1) 総論 - グローバリズムの行方 - .....	1
	(2) 地政学的な変化 - 米中覇権争い、ウクライナ侵攻 - .....	1
	① 米中覇権争い.....	1
	② ウクライナ侵攻.....	3
	③ 地政学的な変化と世界の情勢.....	4
	(3) 世界経済・社会の動向 .....	7
	(4) コロナパンデミック.....	10
	(5) 地球温暖化.....	11
	(6) 日本の立場に関する補足.....	12
<b>2</b>	<b>「科学と社会」</b> .....	<b>13</b>
	(1) 科学自身の変遷 (哲学・歴史).....	13
	(2) 科学と社会の諸問題 .....	16
	① 科学及び科学者の責任の問題.....	16
	② 一国における科学と政府・市民の問題.....	17
	③ 一国における科学と産業界・企業の問題.....	18
	④ 科学と国際政治・安全保障の問題.....	20
	(3) 分野ごとの「科学と社会」.....	21
	① 環境・エネルギー分野.....	22
	② システム・情報科学技術分野.....	22
	③ ナノテクノロジー・材料分野.....	23
	④ ライフサイエンス・臨床医学分野.....	25

# 1 | 現下の国際情勢

## (1) 総論 - グローバリズムの行方 -

19世紀前半に確立されたグローバリズムの3規範（民主主義、市場原理、科学技術）は、20世紀の終わりになってソビエト連邦の崩壊、ロシア、周辺国、東欧諸国の民主主義及び市場原理の導入、さらに中国の改革開放政策等によって、文字通り全地球的な規範となった。米国の政治経済学者フランシス・フクヤマは「歴史の終わり」を著したほどであった。それが今日の米中対立、ロシアによるウクライナ侵攻に至った経緯は理解しておく必要がある。こうした地政学的な変化のほかにも、グローバリズムの3規範に影響を与えてきた世界的な潮流がある。それは、世界の毎年の総生産（国ごとで言えばGDP）を唯一の指標としてきた考え方で解決のできない、SDGsに代表される人類的課題などに対する価値観の変化である。この背景には、「発展性」「豊かさ」だけでなく、「持続性」「包摂性（取り残さない）」「強靱性（レジリエンス）」「説明可能性」などの諸概念が重要視されてきたことがある。具体的問題の一つである「格差」は、国家間の格差や従来からの南北問題の側面だけでなく同一国内の格差にも関心が高まっている。さらに移民問題もこの文意の中で考えられるべきであろう。

また、人類に突きつけられた問題としての地球温暖化やコロナパンデミックに対する具体的対応方針も、上記3規範に多大な影響を与えている。すなわち、地政学・国際政治、経済問題を含む人類の社会的課題、コロナパンデミック及び地球温暖化の4つの大きな問題を理解することが、現下の国際情勢を整理することになり、グローバリズムの行方を考える際の重要な要素と考えられる。

## (2) 地政学的な変化 - 米中覇権争い、ウクライナ侵攻 -

### ① 米中覇権争い

中国の改革開放政策は1978年に鄧小平によって開始され、経済特区の設置、人民公社の解体、対外開放政策などを行った。1987年ごろからの民主化要求（頂点は1989年天安門事件）を押さえつけながら政治的安定を優先させ、1992年の南巡講話によって改革開放を再加速させた。当初予定していた政治改革を遅らせて経済発展に専心した形であった。1978年から1991年までの実質成長率は年平均9.3%、1992年から2001年までは平均10.4%という驚異的成長を記録した<sup>1</sup>。2001年には中国は世界貿易機関（WTO）へ加盟し、文字通り国際経済社会の重要なプレーヤーとなった。この時、西側諸国には中国の加盟に対して時期尚早との意見もあったが、米国はグローバルな市場世界に参入させることにより中国は徐々に民主化せざるを得なくなる、という思惑で加盟を後押しした。2010年には日本を抜いてGDP世界第2位となり経済拡大を続けた。これまで、鄧小平が掲げたいわゆる「韜光養晦<sup>2</sup>」政策により国際ルールに従うことを標榜していた中国は、2012年の習近平の総書記就任以降、徐々に海洋進出や対外経済進出など覇権的な動きを強めた。

1 IMFデータによる

2 1990年代に鄧小平が掲げた、「外には能力を隠し、内に力を蓄える」という外交政策のスローガン

米国は、トランプ前大統領時代から、中国の不正な方法による海外での技術入手に対する疑念や、国家と企業の関係が西側のそれとは異なっていることなどの認識を強め、中国批判が超党派のものとなっていった。トランプ前大統領は、「中国を市場経済に抱き取ることで中国が民主主義を取り入れるだろうという目論見は外れた」としてこれまでの対中政策を転換した。一例を挙げると、2020年ポンペオ前國務長官は「ファーウェイの背後には中国共産党の存在があり、無垢な通信機器の企業としてではなく、安全保障への脅威として対応する必要がある」とした<sup>3</sup>。バイデン大統領は、半導体のサプライチェーン構築に関して、日米の協力を確認するなど（2022年5月）、日米台韓による連携強化を志向している。また、バイデン政権の主導により、インド太平洋地域で影響力を増す中国に対抗する新たな経済圏構想として、インド太平洋経済枠組み（IPEF）を発足させた（2023年3月現在、14カ国が参加）。

2022年11月、米国ではバイデン政権への信任投票でもある中間選挙が行われ、与党民主党の善戦により議会上院の多数派を維持した。一方、下院の多数派は共和党となり、バイデン政権は、議会のねじれ構造の中で今後難しい政権運営を求められることになった。共和党が苦戦した理由の一つに過激なトランプ主義に対する無党派層の嫌悪があったと言われており、この結果は2年後の大統領選挙にも影響を与える可能性がある。

バイデン大統領は、中国は「専制主義国家」「軍事上・経済上の唯一の競争相手」であり、対立局面と協調局面があるとの認識を示した<sup>4</sup>。対立する局面として、新疆ウイグル自治区の人権問題、香港・台湾・南シナ海での現状変更の試みやどう喝、サイバー攻撃を含む知的財産や先端技術の不正入手などを挙げている。協調課題としては、地球温暖化やコロナパンデミックを挙げている。ただし、後述するように、パンデミック問題では中国の対応に一部不満を表明した。バイデン大統領のトランプ前大統領との大きな違いは、一国による対決ではなく特に欧州との戦線統一を重要視したことで、比較的対中融和的であったEUを対中脅威論での認識統一に成功したことと言えるだろう。また、比較的人権問題に触れることの少なかったトランプ前大統領に対し、これを正面から取り上げたことでも違いがある。

これに対し中国は、「民主主義には国ごとの特色がある、米国の対中政策は健全な競争環境を損なうものである」というのが基本的立場である。またコロナパンデミックでは、発生国としての説明責任を果たしていないとする議論には猛反発するとともに、ゼロコロナ政策を標榜するあまり、一時「西側民主主義は新型コロナウイルスのまん延に無力である」との論陣を張ったこともあった（その後、民主主義には国ごとのやり方がある、という表現に戻っている）。

経済・技術問題に加え、コロナパンデミックやウクライナ侵攻への対応で、米国・西側諸国との対決姿勢が長期化し、構造的なものになれば新冷戦といった言葉で表現される状況も懸念される現状にある。2022年6月末の北大西洋条約機構（NATO）の首脳会議では、新しい戦略概念において「中国は体制上の挑戦を突きつけている」と初めて位置づけた。

中国では、2022年10月に開催された中国共産党第20回全国代表大会において、習総書記が異例の3期目入りを決めるとともに、指導部の大半を側近で固めた人事を発表し、長期政権への基盤を一段と強固にした。「小康社会（ややゆとりのある社会）」の達成を実績として挙げた上で、21世紀半ばまでに社会主義現代化強国を築くという長期戦略を打ち出した。一方で、消費の低迷や長引く不動産不況など経済の立て直し、人口減少や少子化などの構造的な課題が顕在化しつつある。2023年3月、習総書記は全国人民代表大会において全会一致により国家主席に再選された。

3 <https://2017-2021.state.gov/the-united-states-protects-national-security-and-the-integrity-of-5g-networks/index.html>（2023年6月12日閲覧）

4 <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/03/03/interim-national-security-strategic-guidance/>（2023年6月12日閲覧）

台湾問題については、2022年8月の米国ペロシ下院議長の訪台に対し、中国は台湾周辺での軍事演習を拡大させ、危機感が増している。米国では、2023会計年度の国防予算の大枠を定める国防権限法において、5年間で最大100億ドルの台湾軍事支援予算が確保された。中国は、「祖国統一の大業を揺るぐことなく推進する」「内政問題であり、平和的統一を目指す、決して武力行使の放棄を約束しない」「祖国の完全統一は必ず実現しなければならず、必ず実現できる」(党大会活動報告)としており、台湾をめぐる状況も一層緊迫しつつある。

2022年11月、バイデン大統領と習国家主席との初の対面による首脳会談が行われた。両首脳による3時間にわたる会談において、人権問題、台湾問題を含む広範囲な意見交換を行うとともに、衝突を避けるための両国間の対話を継続することとした。

## ② ウクライナ侵攻

2022年2月24日、かねて米国などから警戒されていたとおり、ロシアがウクライナに武力行使した。国際的に承認された独立国家に対する武力行使(ロシアのいう特別軍事作戦)であり、正当化の理由はないが3つの事柄を振り返っておきたい。第1はキーフルーシ以来の歴史、第2はソビエト連邦の崩壊とNATOの動き、第3はソビエト連邦崩壊後のウクライナの現代史である。

第1はキーフルーシ以来の歴史である。9世紀に興り、13世紀にモンゴルから侵攻されるまで栄えたキーフルーシ(キーフ大公国)はスラブ民族の国であり、ロシア、ウクライナ、ベラルーシの淵源とされる。ソビエト連邦を構成していた他の共和国よりこの3国は互いに歴史的関係性が深いと認識されている。

第2のソビエト連邦の崩壊とNATOの動きは以下のとおりである。1988年から1991年にかけてソビエト連邦内部での分裂が起き、1991年12月にソビエト連邦は完全に崩壊し、最終的に15の独立国が生まれた(バルト3国はエストニアが1988年に独立を宣言しているが、ソビエト連邦存続中の1991年9月に3国とも独立が認められている。同年12月8日にロシア、ウクライナ、ベラルーシにより互いの独立と独立国家共同体(CIS)の創設が決まった)。その後1994年にウクライナ、ベラルーシ、カザフスタンの核放棄に対し、ロシア、米国、英国が安全を保障する覚書を結んだ(ブダペスト覚書)。

NATOは、もともと第二次世界大戦以降の欧州の秩序維持として「米国を引き込み、ロシアを締め出し、ドイツを抑え込む」ことを目的として作られた軍事同盟であったが、ソビエト連邦崩壊時16カ国であったNATO加盟国は、現在30カ国になっている。これはソビエト連邦崩壊後、NATOの役割を周辺含む地域紛争の解決にまで広げ、ロシアの軍事力におびえる旧東欧諸国やバルト3国からの加盟申請を受け入れ、東方に拡大してきたことによる(1999年にチェコ、ハンガリー、ポーランド、2004年にはバルト3国、ブルガリアなどがそれぞれ加盟)。ロシアはこれに対し再三反対を唱えてきたが、NATO側は、加盟は当該国の主権による判断としてきた。2008年のNATO首脳会議に参加したプーチン大統領は、ロシアと隣接するウクライナとジョージアのNATO加盟に強く反対し、NATOがロシア国境に接することはロシアの安全保障への直接的な脅威とみなされる旨発言している。なお、同年にはジョージアとロシアの間でジョージア紛争が勃発している。

第3はソビエト連邦崩壊後のウクライナの現代史についてである。ウクライナ国内は親欧派と親ロシア派の綱引きが続いていた。2004年、ヤヌーコビッチ(親ロシア派)とユスチェンコ(親欧派)の大統領選挙をめぐる争いで、西側とロシアの報道が対立した。ユスチェンコの再投票勝利でオレンジ革命が成立したが、政権は2年で瓦解し、2010年にはヤヌーコビッチが大統領になった。その後、2014年2月に親ロシア政策を批判する親欧派の市民によるデモなどにより、ヤヌーコビッチは国外へ亡命した(マイダン革命)。これを受けてウクライナ東部で親ロシア派による自治の動き(4月)やクリミア編入(3月)が起こった。

当初ロシアが狙った短期間でのウクライナ制圧やキーウ陥落は、ウクライナ軍の抵抗と西側諸国の武器供与で成功せず、また一時ロシア軍制圧下にあった南部及び東部においても、2022年9月から10月にかけて東

部のハリキウ州の大部分、11月には南部のヘルソンを奪還するなど反転攻勢をかけた。これに対してロシアは10月、予備役約30万人の部分動員を行うとともに、ウクライナ東部のドネツク州とルハンシク州、南東部ザポリージャ州及び南部ヘルソン州で強行した住民投票の結果を受け、これら4州を一方的に編入することを宣言した。また、ミサイルやドローンを用いた攻撃により、多くの非軍事施設、特に電力施設などの重要インフラを破壊している。米国をはじめNATO諸国は、第三次世界大戦に突入することを避けるため、直接戦闘行為に参加せず、航空機や長距離射程砲以外の武器、並びに情報活動の成果をウクライナに供与していたが、2023年に入り、戦車の供与や、ポーランドなど一部NATO加盟国からは戦闘機の供与が発表された。戦況に大きな影響を及ぼしうるこれらの武器の供与は、今後の重要な論点になると考えられる。

また、G7やEU諸国はロシアに対して経済制裁を課しており、ロシアはこれに対抗措置をとっている。西側の経済制裁やロシアのエネルギー制裁は現在進行中であり、特にロシアの兵器製造や欧州各国のエネルギー安全保障に重大な影響を与えているが、その行方を見極めにはなお時間を要する。経済制裁に反対している中国や、自国の安全保障を優先してロシアからの化石燃料や食料の輸入を続行する国が多いことにも注意が必要である。

ウクライナを支援する米国は、与党民主党が中間選挙で議会上院の多数派を維持しており、支援の縮小など大きなスタンスの変更は当面考えにくい。2023年2月20日には、バイデン大統領が首都キーウを電撃訪問し、継続的な支援を表明した。一方ロシアは、3月の中口首脳会談において両国の戦略的協力関係を確認するなど、西側諸国によるロシアの孤立化の目論見は必ずしもうまくいっていない。侵攻から1年がたつが、戦況は一進一退の状況で、長期化の様相を呈している。

ウクライナ侵攻の投げかけているテーマは非常に多く、また深刻である。第1に、核による脅しが成立していること、第2には国連、特に安全保障理事会がウクライナ侵攻に対して無力であったこと、第3にリアルな軍事戦と情報戦がハイブリッドになっていること、また特にフェイクニュースの意図的拡散や無理に自己を正当化するような論理を主張していること、第4にエネルギーや食料価格を通じて当事者ではない世界中の国に影響を及ぼしていることなどである。

このウクライナ侵攻の先行きを予測することはまだ難しい。ロシアの戦闘継続能力がそれほどないと予測する向きもあるが、この立場に立っても楽観論だけを生み出さない。言うまでもなく核の存在である。フランスのマクロン大統領は、外交的な和平に向けてロシアに屈辱を与えてはならないと発言している。もし中国がロシアに対する肩入れを続行しても、相互依存関係が深い現在の世界経済ではかつての冷戦時代と同じ状況が出現することはないにせよ、あちこちに複雑な抜け穴のある新冷戦的な事態が長引く可能性は排除できない。

ウクライナ侵攻に係る各国の対応や世界に与える影響については、次の項で論じたい。

### ③ 地政学的な変化と世界の情勢

ここ3年ほどで発生した新型コロナウイルス感染症への対応、米中経済技術覇権をめぐる争い、ウクライナ侵攻をめぐる地政学的な変化は、現在進行中のものである。そして、冷戦時代と異なるのは、この情勢と当事者を審判するものとしての第三国の対応がカギを握っている。

米中の経済技術覇権をめぐる争いの最中に発生したコロナパンデミックは、その対立を先鋭化させた一方で、科学的究明などに関しては米中間で一定の連携が保たれており、地球環境問題と同様に「ここでは争わない」という自制が双方にあるようにも見える。今後、今回の新型コロナウイルス発生の原因究明や初期対応における課題などを検証した上で、このような危機的な状況が将来発生した際にも米中はじめ各国による円滑な連携・協力が可能な関係を構築することが望まれる。

コロナパンデミックの項で述べるが、コロナパンデミックによる経済的影響については、地政学というよりは輸送手段の途絶や数量の確保などでサプライチェーンに問題が生じたという側面が大きかったと言える。

ここで、ウクライナ侵攻に対する国際世論について把握しておきたい。まず、侵攻直後の2022年3月2日の国連総会緊急特別会合で、ウクライナ侵攻に対する即時無条件の軍の撤退、ロシア東部の独立承認の撤回を求める決議に対して141カ国が賛成、ベラルーシ、シリア、北朝鮮など5カ国が反対、中国、インドなど35カ国が棄権した。侵攻前の米国の情報公開もあり圧倒的多数が賛成した一方、中国、インド、ベトナム、南アフリカ、パキスタンなどが棄権している（反対、棄権した国の人口は世界人口の半数を上回る）。10月12日に採択されたロシアのウクライナ4州編入に対する非難決議においても、143カ国が賛成したものの、5カ国が反対、35カ国が棄権しており、基本的な構造は変わっていない。このような中、ウクライナ侵攻に対してはあからさまな非難を示していなかった中国、インドも、その長期化に伴いそのスタンスを微妙に変化させている。2022年9月に行われたプーチン大統領と習国家主席との会談で、プーチン大統領は「中国の疑問と懸念」を理解していると発言している。また、インドのモディ首相はプーチン大統領に対して、「今は戦争の時代ではない」との懸念を表明している。

2022年11月、G20サミットが開催され、ジョコ大統領はウクライナ侵攻を念頭に、戦争の終結と結束を呼びかけた。首脳宣言がとりまとめられたものの、ウクライナ侵攻を非難する欧米や日本とともに、ロシアへの経済制裁に賛同しないロシアや新興国などの両方の立場が併記された。この文言はアジア太平洋経済協力（APEC）首脳会議での首脳宣言においても踏襲され、ウクライナ情勢への対応の難しさが改めて示された。2023年3月にインドを議長国として開催されたG20外相会合では、ロシア、中国の反対により共同声明の採択が見送られた。

西側諸国を中心に、金融制裁、輸出規制、輸入規制、資産凍結、最恵国待遇取り消しなどロシアへの経済制裁が行われ、また米国が主導する対ロシア輸出規制の枠組みには2022年4月現在、37カ国が参加している。一方、ロシアが2022年3月に示した非友好国リスト<sup>5</sup>は48の国と地域に上り、それらの国への対抗措置をおこなっている。6月23日には、BRICS首脳会議において、ロシアに対する経済制裁を行う欧米の対立軸として、ロシア、中国が多くのアジア、アフリカ、中南米諸国などに対して経済制裁反対への協調を呼びかけるなど、第三国に対する働きかけを強めている。ロシアの経済制裁に積極的でない国が多いのは、ロシアの報復を恐れている、自国がロシアのエネルギー・食料あるいは兵器を必要としている、欧米のグローバリズム支配に反対している、ロシア擁護の中国に配慮している、などが考えられ、この問題が極めて複雑であることを表している。なお、中国はかねてから国連の票を意識していることで知られる。香港に関する国連人権理事会も2020年以降常に中国支持が不支持を上回っている。また、中国だけでなくロシアも近年、アフリカ、中南米に対する関与を強化している。

加えて注目しておきたいのは、EUやNATOにみられる欧州の結束である。スウェーデンやフィンランドは長年の軍事的中立に決別しNATOに加盟申請中である。移民問題などで揺れていたEUも、ロシアからの化石燃料輸入規制について立場の違いが浮かび上がったが結束を強化し、ウクライナやモルドバのEU加盟を受け入れる方向で検討している。また、スイスがロシア制裁に名を連ねたことも注目されている。

トルコはウクライナの食料輸出などでロシア、ウクライナ間の仲介を果たす独自の動きをしている。他方、スウェーデンのNATO加盟については、スウェーデン在住クルド人の一部引き渡しを条件とするなどの外交攻勢をかけている

アジアでは、北朝鮮のロシアへの弾薬売却、イランによるロシアへのドローン供与や上海協力機構への正式加盟の動きがある。インドは、日米豪印戦略対話（QUAD）に参加しながら、ロシアからの原油輸入を増加させており、ロシアの極東軍事演習（2022年9月）に中国、モンゴル、ミャンマーなどとともに参加して

5 <https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/03/9291311bb98a5ff2.html> (2023年6月12日閲覧)

いる。また、9月の拡大石油輸出国機構（OPEC）会合で10月からの原油生産量の減産をサウジアラビアが受け入れたこともロシアの影響があると言える。

日本にとって非常に重要な東南アジア諸国連合（ASEAN）諸国の動向を概観する。ベトナムは3月2日の国連での非難決議に棄権、4月7日の国連人権理事会におけるロシアの理事国資格停止に関する国連総会決議には、フィリピンとミャンマーが賛成、ベトナムとラオスが反対していて残りは棄権した。決議自体は93カ国の賛成で可決されたが、ASEANは実に8カ国が棄権、または反対した。また、10月12日のウクライナ4州編入に対する非難決議では、ベトナムとタイが棄権している。シンガポールはロシアの非友好国リストに掲載されている。

米国が中国・ロシアと緊張関係にある中、北朝鮮によるミサイル発射をはじめとする挑発的行動がエスカレートしている。加えて、北朝鮮はロシアによるウクライナ侵攻に関連した国連の非難決議に反対票を投じるなど、ロシアとの関係を強化する意図を有しており、極東の安全保障に直結する問題として注意が必要である。

当面の国際情勢は以上のような状況だが、短期的な経済、外交関係の底流に流れるグローバリズムの3規範である民主主義、市場原理、科学技術についても触れておきたい。

米国のバイデン大統領は中国に対して「専制主義」という言葉を用いたが、「民主主義」に対する言葉として使うのなら「民主主義」の定義の食い違いを理解することが必要である。中国は孫文の三民主義を引き継いでいると考えており、国によって民主主義の形は様々だと主張している。北朝鮮も朝鮮民主主義人民共和国であり、ロシアもソビエト連邦崩壊の後、民主主義と市場原理を受け入れて再出発したことになっている。「武力による一方的な現状変更」は分かりやすいが、「民主主義」を対立軸に据えるなら再定義が必要になってきたと言える。例えば、「民主主義」の要件として、「国の最高指導者の在任期限が決められており、変更されないこと」「報道の自由、言論の自由が保証されていること」「司法が独立していること」などが考えられる。しかし、このすべてを満たす民主主義国家はそう多くない可能性もあり、規範という意味ではより深い議論が必要である。

市場原理は激しい地政学的変化によって大きな歪みを受けている。最大の要因は、ウクライナ侵攻とロシアに対する経済制裁によるものである。軍事に関わる機微物資の輸出に留まらず、制裁に参加する国がロシアからの化石燃料の購入を極力控えようとしている中、それらの物資は中国やインドなどの制裁に反対している国に流れており、これらの国々による緩い形での貿易圏が形成される兆しがある。食料については、戦争そのものの影響がより大きく、ウクライナやロシア産小麦の黒海からの積み出しが再開されても量的に少ないことは、世界の食料需給に甚大な影響を与えている。また、ロシアへの金融制裁や制裁国資本の引き上げなども起こっている。中国のファーウェイに対する安全保障の観点からの予防的判断よりも、軍事行動に対する制裁による影響は広範で迅速である。中国における政府と企業の特権的な関係性についての問題提起に関しては、西側諸国の批判が多いにもかかわらず、これらを調整すべきWTOは十分な力を有しているとは言えない。ただ、こうした政策決定によるものと、コロナパンデミックの際の主として物流ネックによるサプライチェーンの分断とは意味合いが異なることに注意が必要である。2022年春には、中国のゼロコロナ政策により、上海港の物流が停滞し多大な影響が発生した。

中国やロシアとの地政学的な変化が、西側諸国に起こっていた新自由主義からの脱却の動きを覆い隠しているように見えるが、この動きは極めて重要である。新自由主義からの脱却の流れには、「地球環境問題」や「格差の問題」への対応策が、市場原理だけでなく政府の政策出動の必要性を強く印象付けたことが深く関係している。

科学技術については「(2) 科学と社会」において改めて検討する。地政学の変化は機微技術の移転に関して様々な規制を現出させるが、科学技術が安全保障上の重要な力と認識されれば、科学研究そのものに対する国際的なオープン性に影響を与えかねず、科学技術の在り方にも大きな影響を与える。

### (3) 世界経済・社会の動向

2021年の世界経済の規模（GDPの合計）は97.1兆ドル、うち米国23.0兆ドル（23.7%）、EU 17.2兆ドル（17.7%）、中国17.7兆ドル（18.3%）、日本4.9兆ドル（5.1%）となっている。ちなみにインド3.2兆ドル（3.3%）、ロシア1.8兆ドル（1.8%）である<sup>6</sup>（図1）。

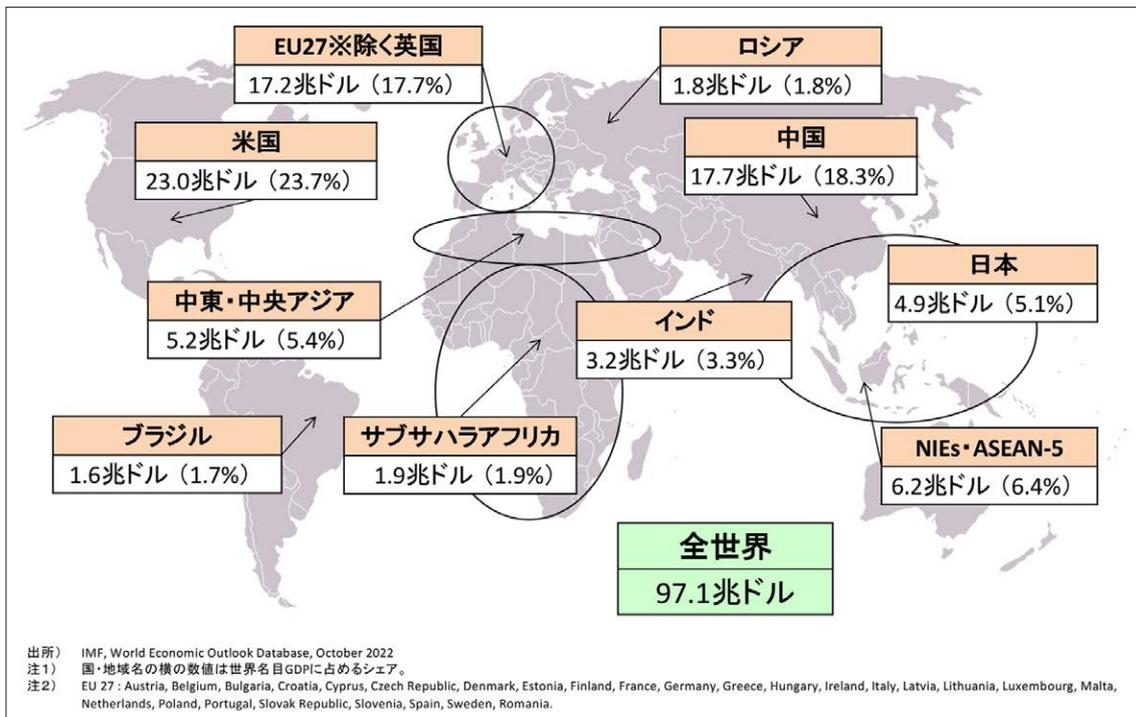


図1 世界経済の規模（GDPの合計）(2021年)

世界経済はコロナパンデミックから回復しつつあるものの（2021年の世界経済成長率は実質6.0%<sup>6</sup>）、中国のゼロコロナ政策や、ロシアによるウクライナ侵攻に端を発するエネルギー・食料価格の高騰、制裁の影響によって既に急激なブレーキがかかっている（2022年の世界経済成長率は実質3.4%<sup>7</sup>、図2）。

6 IMF, World Economic Outlook Database, October 2022

7 IMF 世界経済見通し（2023年1月）

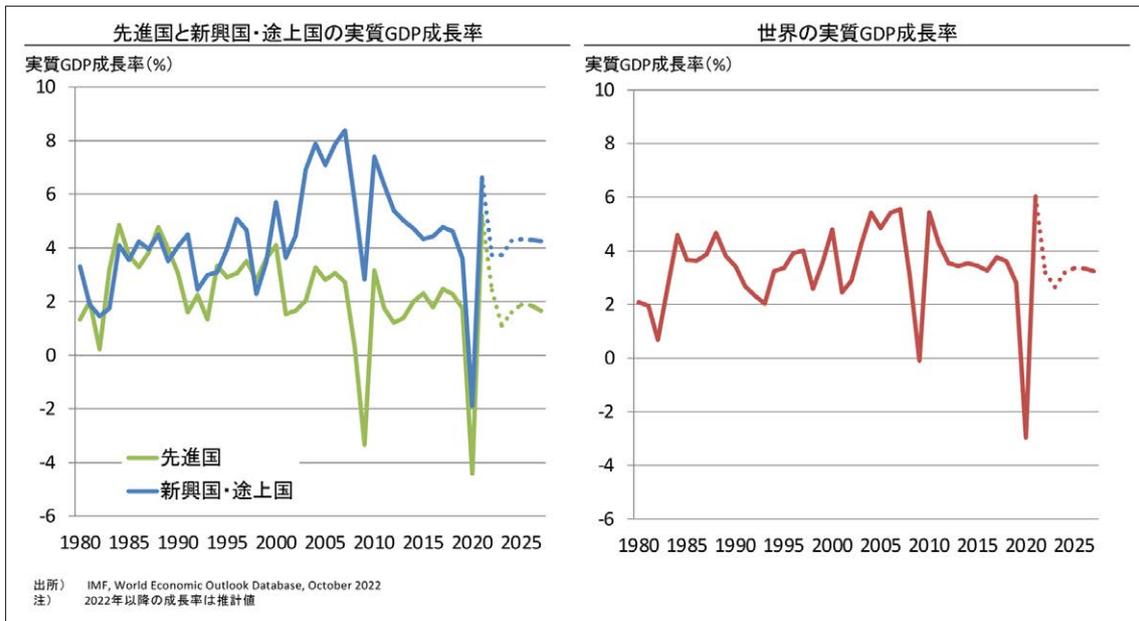


図2 実質GDP成長率

原油価格は、最も有力な指標であるWTIで見ると、ウクライナ侵攻の影響により2022年7月に110ドル台で推移していたが、2023年3月1日現在77ドル前後である（図3）。一時高騰していた原油価格は世界的な景気減速懸念を受けて下落傾向にあるが、ウクライナ侵攻に加えて、米国の金融政策など不確定要素が多く、先行きは不透明である。小麦をはじめとした食料価格も、ウクライナからの輸出に劇的改善がなければ価格の下方硬直性が強い可能性がある。もともと、世界経済は新型コロナウイルス感染症対策としての各国政府の財政支出を背景とした潜在的なカネ余りの状況に加えて、エネルギーや食料の供給側にボトルネックが生じたことから、世界的にインフレ傾向となるのは自然である。欧米ではインフレ対策のための金利引き上げによりその効果が出始めているものの、金利の高止まりが長期化することなどにより、予想以上の需要の減退を招く恐れは十分にある。



図3 原油の市場価格推移 (WTI)

世界経済を、その年のモノやサービスの生産額で表すGDP統計が世界経済の指標として使われてきて久しいが、今世紀の初め頃からこうした経済指標だけでなく、現在の状態の「質」を表す重要性が指摘されている。現在そのような指標の開発も試みられているが標準になるようなものには至っていない。このような「質」に対する問題意識として、一つは精神的な幸福度が重要という方向であり、さらに、世界銀行など国際機関で用いられたことを契機として、持続性、包摂性（格差問題を含む）、強靱性、説明性などの概念が重要視されている。こうした価値観の大きな変化を象徴する一つが人類的課題としてのSDGsであるが、これは南北問題の色彩が強かった従来のMDGsと異なり、人類共通の課題として設定されているところに意味がある。これを実質的に進めていくためには分野ごとに難しい課題があるが、新たな価値観のもとに科学技術とビジネスモデル（市場原理の有効利用）が手を携えて解決を図ることが肝要である。企業行動を環境、社会、ガバナンスの観点からチェックして優良企業に資金が流入するように設計したESG投資は、ビジネス界の行動そのものを変えつつあり大きなイノベーションと考えることができる。

社会の価値観の変化により、人種、性、年齢などの平等を希求する運動や国境を越えた格差の問題に関心が高まっている。格差については「機会の均等」や「結果の均等」のような議論だけでなく、少数の富裕層による富の独占にも関心が高まっている。消費の構造は先進国では「モノ」から「コト」「サービス」という流れが続いているが、途上国ではコロナパンデミック、ウクライナ侵攻などで必需品（モノ）の流通が滞っており、世界全体ではモノの供給がまだら模様になっている。また、地球と人間は別々な存在ではなく相互依存関係にあることを強調するプラネタリーヘルスという概念が注目されている。全ての生命の存立基盤である地球との関係性を意識しながら、科学的エビデンスに基づいて、人間の営みや社会経済システムを考えることの重要性が指摘されている。

現在の国際社会のトピックスとして情報化、医療・健康、軍事・安全保障について考えたい。さらにこの2-3年での大きなトピックスであるコロナパンデミック、地球温暖化については次節以降で取り上げる。

情報化の革命的な進展は、ビッグデータの蓄積と情報処理速度の爆発的向上によるものだが、あらゆる学問分野だけでなく実際の人類の生活そのものを大規模に変革し続けている。個人情報ポータビリティの問題は主としてEUが議論をリードしたが、米国、日本においては、それぞれの社会の特質に合わせた議論が行われている。しかし、こういったセキュリティやプライバシー問題は、社会やそれを構成する個人の価値観に大きく依存するものであり、事実、中国などでは他の国々とは全く違った方向の監視社会が築かれている。国際的な個人情報の取り扱いに対しては今後も試行錯誤が続き、またGoogle、Appleなどの巨大プラットフォームと国家の間には、市民の個人情報の扱いをめぐる一定の緊張関係が続くものと思われる。ロシアのウクライナ侵攻については、軍事戦と情報戦のハイブリッドということが早くから指摘されており、第三国の市民や組織までその心情に応じて参戦が可能という事態になっている。国際的なルールができていないだけに思わぬ事態の出現も考えられる。また、フェイク情報の問題も情報化の進展に伴い拡散速度や浸透度が高まり、メディアに応じた対策が必要な状況となっている。

軍事と安全保障の議論も様変わりしている。国連安全保障理事会の常任理事国であるロシアによる武力の行使は、核問題の取り扱い、国連の機能、各国の軍備や軍事同盟の拡大などの問題を一挙に現実的課題としてクローズアップさせた。特に欧州における安全保障環境は激変し、また中国の海洋進出や北朝鮮のミサイル実験などアジアでの緊張も高まっており、アジア各国にとっても安全保障の議論が優先課題となっている。

医療・健康問題に関する人類の関心は、コロナパンデミックを通じてさらに高まっており、感染症対策だけでなく、がん、高齢者医療、生殖医療、精神医療などの分野でも科学技術への期待が大きい。一方、この分野は、国家（社会）や個人における倫理的、経済的側面を常に意識しながら推進することが必要である。また、特に日本においては、医療データの利活用やオンライン診療、電子カルテの導入など、この分野におけるDX化の遅れが指摘されており、大きな課題となっている。

## (4) コロナパンデミック

2019年12月に中国湖北省武漢市において初めて確認された新型コロナウイルス感染症は、瞬く間に世界に拡散し、世界保健機関（WHO）は2020年1月に「国際的に懸念される公衆衛生上の緊急事態」、3月には「パンデミック」を宣言した。その後、新型コロナウイルスはアルファ株、デルタ株、オミクロン株と変異を繰り返しながら現在に至っている<sup>8</sup>。

感染症によるこれほどのパンデミックは、1918年から1920年のスペイン風邪以来で、当時より交通・物流手段が格段に発達した現代においては甚大な影響に見舞われた。多くの変異株が現れたが、その中でもデルタ株（2020年10月インドで初確認）は従来株より感染力、重症化率がともに高かったとされている。次いで流行したのはオミクロン株（2021年11月南アフリカで初確認）で、デルタ株より感染力はさらに高いが重症化率は低いとされている。世界経済は甚大な影響を受け、2020年の世界の経済成長率は実質3.0%に下落した。2021年は主として西側諸国がウィズコロナ政策を採用したために実質6.0%の上昇を果たしている<sup>6</sup>。この政策が採用された背景には、米国、ドイツなどでいち早くメッセンジャーRNA型ワクチンの開発に成功したことがある（米国ファイザー、米国モデルナ：2020年12月承認）。また、英国アストラゼネカが開発したウイルスベクターワクチンなど、別のモダリティによるワクチンがロシア、インドなどで開発された。

このコロナパンデミックについての国際的協力体制については、今後の検証が必要だが、科学技術分野については、中国の従来株の遺伝子解析の素早い公表が米国等のメッセンジャーRNA型ワクチン開発に結びついたことが端的に示すように、概ね協力体制は確保されていたと評価できる。マスクやその他の医療品、ワクチンなどの売買や援助などに関して、政治的な思惑があったにせよ、その程度は目に余るほどのものではなかった。ただし、先進国と途上国間のワクチンの接種スピードに大きな差があったことはWHOが指摘したとおりである。なお、依然として、中国での発生経緯や発生後の中国の初期対応、WHOの中国過剰配慮などが存在するという声もある。

また、国際的な人的交流や物流の停滞が、地政学的関係に全く影響を与えなかったとは言えない。むしろ新型コロナウイルス感染症への対応策に関して、私権を著しく制限する中国の政策が西側民主主義国のそれと大きく異なることから、2020年4月、駐フランス中国大使館が「西側民主主義体制では新型コロナウイルス感染症のまん延を抑えられない」という趣旨の発表をして「戦狼外交」の典型とみなされたことがあった。台湾やニュージーランドも島国という利点や検査政策、情報政策を駆使してゼロコロナを目指していた。多くの国では経済を回すことの重要性和防疫の間で難しいかじ取りを余儀なくされたが、オミクロン株の重症化率がデルタ株に比べ低いことが明らかになるにつれ、台湾、ニュージーランドを含めてウィズコロナ政策が支配的になっていった。中国は2022年11月の感染拡大に際しても、行動制限などを伴う厳格なゼロコロナ政策で対応したが、これに反発する市民による抗議活動が北京、上海を含む中国各地で発生し、12月初めには全土で行動制限が全面的に解除されるなどゼロコロナ政策は事実上終了した。

新型コロナウイルスは未知のウイルスであったことから、科学的事実が解明される前から政策判断を求めら

<sup>8</sup> 2023年3月1日現在の世界の累計感染者数は、7億5864万人、死者686万人（米国1億202万人・111万人、インド4469万人・53.1万人、ブラジル3704万人・69.9万人、フランス3852万人・16.1万人、ドイツ3818万人・16.9万人、英国2439万人・20.8万人、韓国3053万人・3.4万人、イタリア2560万人・18.8万人、ロシア2229万人・39.6万人、トルコ1701万人・10.1万人、…日本3321万人・7.2万人、…中国（除く香港）9904万人・12.0万人）となっている。

出典：<https://ourworldindata.org/covid-cases>

れ、そのトランスサイエンスの領域をどうコントロールするかが各国政府にとって重要な課題となった。政治家、それに助言する専門家、医療制度ないし医療現場関係者、国民の4つのステークホルダーそれぞれの立場を踏まえた危機管理体制の構築が求められている（日本における危機対応時の検査、DX化を含めた医療体制の整備、司令塔の説得力ある説明と助言専門家の自由な議論などについては、新型コロナウイルス感染症対応に関する有識者会議（座長：永井良三自治医科大学学長）報告書<sup>9</sup>や永井氏による政府の新型コロナウイルスパンデミック対策に関する意見書<sup>10</sup>を参照）。

経済面では、人流、物流の停滞は随所でサプライチェーンの寸断を招き、その対応として供給源の多様化やコストの上昇を余儀なくされた商品、企業も多かった。現在、サプライチェーンの強靱化が世界中の政府、企業で検討されている。各国は、雇用・失業者対策を中心とした大規模な財政出動を実施し、これにより世界経済は大きな混乱を免れたが、一方で世界的インフレの一因ともなっている。

## (5) 地球温暖化

地球温暖化の経緯と最近のトピックスについて簡単に振り返っておきたい。地球温暖化はその影響の規模や影響の及ぶ期間などを考えると、地球環境問題の中でも最も喫緊な課題であり、現在では学術界だけでなく政界、国際世論もようやくこの問題に対する認識を共有しつつある。1970年代に地球温暖化がアカデミアで広く議論され始め、1985年にオーストリアのフィラハで開催された地球温暖化に関する国際会議で、二酸化炭素による温暖化が大きく取り上げられた。1988年には国連環境計画（UNEP）と世界気象機関（WMO）により、特に科学的側面を重視する「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」が発足し、1992年国連総会で採択された「気候変動枠組み条約」が1994年に発効した。この締約国の会議がCOPであり、京都議定書を採択したCOP3（1997年）、現在の枠組みであるパリ協定を採択したCOP21（2015年）が特に重要である。2021年11月のCOP26では、世界平均気温の上昇を産業革命以前の1.5℃以内へ抑制すること、排出削減対策が講じられていない石炭火力発電を段階的に縮小する努力を加速すること、すべての締約国による2030年までの排出目標を必要に応じて再検討・強化することなどを決めている。米国も2021年2月にパリ協定に復帰し、地球温暖化の科学的事実と対策の必要性は、世界的な共通認識になった。

この間には、マイナスの要因として先進国と途上国の責任と今後の役割をめぐる議論の紛糾や、大企業による研究成果の隠蔽、クライメートゲート事件（2009年）<sup>11</sup>などによる科学的研究への疑念、さらに米国トランプ前大統領など科学的根拠を疑う影響力のある政治家の登場などがあった。プラスの要因では、中国が環境政策を激変させ、現在では2060年までではあるがカーボンニュートラルを目標に掲げたこと、グレタ・トゥーンベリ氏などによる市民運動が国際的に大きく広がったことなどが挙げられる。

近年では、地球温暖化の影響とみられる気象災害、台風・サイクロンなどの巨大化、大雨・洪水の頻発、気温の上昇・熱波、海水温の上昇による生態系の変化、乾燥による大規模な森林火災などが世界各地で発生している。森林火災はそれ自体で二酸化炭素を発生させるだけでなく、吸収する植物自体への災害となり

9 [https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/coronavirus\\_yushiki/pdf/corona\\_kadai.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/coronavirus_yushiki/pdf/corona_kadai.pdf)（2023年6月12日閲覧）

10 <https://www.covid19-jma-medical-expert-meeting.jp/topic/7352>（2023年6月12日閲覧）

11 2009年11月、英国のイーストアングリア大学の電子メールが流出し、その内容から科学者の不正が疑われる事態に発展した。事件後の独立調査委員会の調査は、科学的な不正は無かったと結論づけた。

二重の意味を持っている。こうした肌身に迫った異常気象が国際世論となって地球温暖化問題の優先順位を上げていることは間違いないと思われる。COP26では、パリ協定における2°C上昇を1.5°Cに引き下げることが実質的に合意された。また、2021年、2022年のIPCC第6次報告書では、二酸化炭素が最近の異常気象の直接的な原因であるという科学的根拠が例証されている。

現在の最大の問題は、ウクライナ侵攻とそれに対する経済制裁がエネルギー消費に与える影響である。エネルギー源別の需給が各国で変化してきており、これによる石炭火力発電の復活などについて、「地球温暖化問題の優先性が損なわれている」という指摘がなされている。2022年11月にエジプトで開催されたCOP27においては、気候変動により生じた発展途上国の「損失と被害」に対する支援基金を創設することで合意したものの、COP26で、実質的に合意されていた「1.5°C目標」達成に向けた具体策については、大きな進展は見られなかった。このように、科学的な確信はここ数年で深まったが、目標をどのように達成するかというプロセスについては描き切れていない。

## (6) 日本の立場に関する補足

日本は、地政学立場から、G7の構成員という立場から、グローバリズムの3規範に対する擁護者の立場から、米国と安全保障に関する日米同盟を有する立場から、また武力による現状変更を許さない、という立場から、発言・行動している。中国とロシアの結びつきが深まることは新たな冷戦構造を生み出しかねない。この観点から、アジアに位置する日本としては特に中国に対して対話を維持することが極めて大切な課題である。

国内的には、財政赤字の問題と少子高齢化・人口減少問題が最大の危機的問題である。(軍事のみならず食料・エネルギーの)安全保障の確保、科学技術力の強化、教育水準の上昇、産業競争力の強化など、すべてこの2つの問題と関係があり、それなくしては抜本的な政策立案は難しい。

総じて日本の「満たされた平和な先進国」という立場は、誇っていた経済力、科学技術力という観点から見ても、安穩としていられない現状にあることを再認識する必要があると思われる。そのために従来苦手であった原発問題や個人情報問題など価値観や優先順位に触れるような問題についても、より広範、建設的な議論が行われるような土壌を作っていくかなくてはいけないのではないかと。

## 2 | 「科学と社会」

科学と社会の関係を適切に踏まえておくことは、科学技術の動向を俯瞰する上で肝要である。科学技術の急速な発展が現代社会に大きな変化をもたらしており、それに伴い、社会の側からも科学技術に多くの要請がなされる時代になっている。本稿においては、研究開発の俯瞰報告書を作成するにあたって必要と思われる「科学と社会」の視座を記述する。

非常に広範な観点が含まれる「科学と社会」について、ここでは3つの階層に整理する。最も基層的な部分には「科学」に対する考え方の変遷があり、これらは科学哲学や科学史といった学問分野と関係する。この領域において、今日の科学が置かれている状況を俯瞰的に理解することがまず必要であり、これを「科学自身の変遷（哲学・歴史）」とする。加えて、この上に具体的な「科学と社会の諸問題」及び「科学と政策」との関係性を位置づけた。なお、「科学と政策」はその実践性から「研究開発の俯瞰報告書 日本の科学技術・イノベーション政策の動向（2023年）」を参照されたい。

### (1) 科学自身の変遷（哲学・歴史）

歴史上、古代オリエント、古代インド、古代中国をはじめとする様々な文明圏において自然界の現象に対する知識や経験が蓄積されていったが、これらを理論的・体系的に捉えた「科学」の淵源は、BC6世紀にギリシャ、イオニア地方に起こった自然哲学に求めることができる。彼らは万物の根源（アルケー）を考察した。その後、BC4世紀にギリシャ哲学の集大成者であるアリストテレスは、学問を大きく自然学と実践学に分け、自然学は観察による論理性をその方法とした。中世の神学優位の時代を経て、いわゆる第一次科学革命が起こったのは、バターフィールドによると1543年のコペルニクスの「天体の回転について」から、1687年のニュートンによる「プリンキピア」までとされている。第一次科学革命はルネサンスとの関連や、当時のローマカトリックの言動から、後述のようにキリスト教との関連も議論されている。また、デカルトによる物心二元論の考え方は、外界の物の把握のための数字を重要視することで大きな影響を与えた（「方法序説」1637年）。ただし、Scienceという言葉は18世紀になって初めて科学という意味で使われるようになった比較的新しい概念（言葉）であることに注意したい。さらに、19世紀には第二次科学革命が起こる。科学者という職業（Scientist）が成立し、ピアレビュー、ジャーナル、学会などの制度化、大学の自治が進展した。大学で科学が教えられるようになったことが背景だが、さらにその遠因として、産業革命を担った市民層が科学のパトロンとして登場してきたことがある。また、19世紀初頭に創設されたベルリン大学は、学問の自由、教育と研究の一体化などの観点で、近代大学の始まりとされている。

その後、20世紀に入り、第二次世界大戦前に科学と技術の融合が進み、戦争中には科学と技術の融合はより強化された。米国をはじめ各国では、軍事研究に科学者が動員されるようになった。第二次世界大戦後の科学研究に関し、米国では、戦時中の国家による統制を廃し、研究の自由を確保した上で、戦後の平和時にも国家（政府）による支援が継続されるという大きな流れが作られた（ブッシュ「科学—この限りなきフロンティア」（1945年））。このようにして、国家主導によるプロジェクト達成型の研究開発が開始されるなど科学の体制化が進んでいった。

その上で現代は、「科学研究と技術開発の融合した発展」が「社会システム」の一部となった時代（注：野家啓一による）ということができる。

以上、大きな流れを見てきたが、宗教（キリスト教）や民主主義、市場原理との関係を付言しておく。科学は宗教の手に握られていた真実を人間の側に奪権したという旧来の解釈も意味があるが、他方ではキリスト教を含めた一神教においては、「自然は神の被造物」であり、「神の御業（みわざ）」を知るために、「利益を度外視して科学が成立した」という見方も提起されるなど複合的な視座から議論されていることに注意しなければならない（中国は四大発明など技術革新の歴史を持つが、ついに科学に昇華しえなかったのは、常に利益や利便との関係を断ち切れなかったために技術の発展にとどまったとする考え方がある）。その後の17世紀後半からの「啓蒙の時代」に至り、聖書の記述と整合しない科学の成果を巡って宗教と科学の緊張／対立関係が目立つようになる。

また、科学技術の歴史的生成過程は、欧州における民主主義や市場原理の発展と密接に関係しており、科学技術への信頼は、これらの諸規範の担い手である市民（共同体の束縛から離れた個人）との関係の中で捉えることが重要である。従って、科学技術と社会の関係を考えることは、現代のグローバリズムへの考察を行う上で欠かすことができない。例えば、余剰生産物を蓄積することによって生まれた「資本の原始的蓄積」は貨幣の流通、マニファクチャラーズとの関係し、結果として封建共同体の解体につながる。これは、自立した個人、都市の隆盛を生む。余剰生産物の流通は自由な市場の有効性を認知させ、利益の追求を社会善とする概念を確立する。さらに、これらの自立した個人（都市に出れば市民）は産業資本家に転化し、絶対王権と結びつき封建制を駆逐する。百科全書成立の過程で明らかになった技術の重視は、市民社会の経済的基盤となる。自立した個人は産業発展の担い手（産業資本家）となり科学技術の利用（典型的には英国における産業革命）の場を与える。市民勢力が台頭し、自由権や財産権（資本主義の法的基礎）を保障する近代国家の成立に至る（典型的にはフランス革命）。このように、民主主義、市場原理、科学技術はその発生と成長に深い結びつきがあり、重要な社会規範としてグローバルに展開していった。この規範が欧州社会で完全な意味で成立したのは19世紀の前半である。

この流れに対する批判としては、1960年代あたりからポストモダン（近代の超克）ということが言われ始めた。全般的な価値観の再検討が進んだ中で、現代の科学が人類に幸福をもたらしているのか、デカルト以降の合理主義の考え方、すなわち「分割して数学的に事象を処理する」という方法論が全体像を把握するのに最も良い方法なのか、などの近代主義（モダニズム）が依拠する合理主義、進歩主義などの価値観を批判する議論が出てきた。

1968年のソルボンヌ大学の「デカルトを殺せ」という落書きからこの近代全般への批判が始まったと象徴的に書かれることがあるが、それを待つまでもなく、デカルトの考え方に対しパスカルが「幾何学の精神」だけでなく「繊細な精神」も重要だとする考え方を示した。ヴィーコはクリティカ（論理に基づく真偽の重視）だけに頼るのではなくトピカ（伝統に基づく論点の重視）をそれに先立って学ぶことが重要だと述べ、ベルクソンは精緻な部分の分析はそれを再構成したとき全体の認識を必ずしも進めるものではないとの考え方を示した。さらには、ギリシャ時代に戻って、アリストテレスのフロネシスの位置づけの再評価も引き続き行われている。また、鈴木大拙の禅の西洋への紹介など東洋の仏教、儒教などのものの捉え方を参考にする動きもある。これらはすべてある意味で近代科学思想への警鐘であり常に視野に置くべきものである。

さらに、急速に進歩する科学技術の中で、個人のレベルで「怖れ」に似た感情が科学観に影響を与えており、社会としてこの「怖れ」をどのように克服しようとするか、ということが「科学と社会」の一面をより複雑にさせている。産業革命時の自動織機の打ちこわしから、こうした流れはあると考えられるが、第二次世界大戦後で見ると原子力の利用を巡る議論に始まった。それに続き、胚細胞やゲノム管理などの生命工学の分野への恐怖、そして近年では来るべき人工知能、ビッグデータなどの情報科学分野の科学技術進歩が不安感を醸成している。これらの問題は、「生物と人工物」「現実と仮想」「自己と非自己」の境界を曖昧にすると感じてい

るからである。

個人が不安に感じているのは、「生命の尊厳に侵犯が起こる」というヒューマニティそのものから、プライバシーの問題などの「被管理感」、職業を奪われるなどの「不利益感」など広範にわたる「疎外感」であり、それが科学技術の進歩により「不幸になる」「恐ろしい」などの感情を惹起していることに注意すべきである。ヒューマニティの問題では、科学技術の圧倒的進歩は近代の「個人が個人各々の運命を決める」というような人間中心教・人間中心主義（ユヴァル・ノア・ハラリ「ホモ・デウス」）の時代が終わり、科学に決定を委ねたり、人間体内に科学の成果を取り入れようとするような「人間の将来の姿の自己規定（ポストヒューマニティ）」の問題がすでに学問として意識されていることにも注目したい。

ヒューマニティの問題だけでなく、科学技術の急速な進歩は「社会そのもの」に対しても大きな変化をもたらしている、またもたらそうとしている。利便性や富を生むイノベーションを加速する、という良い面だけではなく、例えば科学技術の知見や手段を持たない者が差別されるような「格差」や「支配」を助長するのではないか、などの問題提起がある。社会との関わりでの問題提起は戦後、原子力技術、生命工学、情報科学などで行われてきたが、中でも人工知能、ビッグデータ、IoTなどの情報科学の進展は、貨幣や市場概念そのものの変化、個人の情報支配を巡る国家主権の関わりなど広範な問題を惹起する可能性がある。これらは、いったん技術進歩が社会に取り込まれて普及し始めると、問題が顕在化してもそれを止めるルールや手段がないという事態になりやすく、あらかじめ、発生しうる問題を想定することの重要性が高まっている。いずれにせよ、社会が科学に、科学が社会に与える影響のマグニチュードが違ってきており、「科学観」「社会観」「人間観」が同時に相互侵犯的にしかも大規模に変化していることに注意すべきである。

このような問題意識や感じ方を受けて、また「ポストモダンの科学」という考え方が現実には作り上げられなかった中で、現代の科学はどのような方向に向かっているのであろうか。それは、自然科学者だけで問題を解決するのではなく、人文・社会科学とも広く連携して物事を考えようということであった。つまり、科学そのものの変革というよりは、諸科学間の連携・協働や融合を図ろうとする動きであった。当初は自然科学による予期せぬ社会的影響への対応や、研究開発過程での自然科学では対応できない部分への人文・社会科学への要請として始められた。しかし、現代では、現代の課題そのものが自然科学、人文・社会科学を総動員しないと設定できないものであり、その解決も同様に総動員が要請される、と理解されている。1999年に「科学と科学知識の利用に関する世界宣言（ブダペスト宣言）」が発出されたが、これは知識、平和、開発、社会の4つのための科学という立場を確認したものである。

2013年のビルヌウス宣言では、人文・社会科学者がイノベーションや技術開発についても主体的な役割を果たすべきだと指摘している。これはEUの研究・イノベーション戦略であるHorizon 2020に大きな影響を与えた。さらに国際的な学術界の動きとして、国際科学会議（ICSU）と国際社会科学協議会（ISSC）の統合が成立したことなどはその好例である。これらの動きは、科学というものが「人類の幸福のためにあるべき」であり、「問題解決的であるべき」とする現代の時代認識を反映している。日本においても2020年に科学技術基本法を改正し、その適用範囲に人文・社会科学が含まれることを明確化するとともに、自然科学と人文・社会科学の協働による課題解決は総合知として位置づけられた。課題解決やイノベーションの観点からは、学術知に加えて世間知、ビジネス知、ローカル・ナレッジとの協働も重要である。

また、最近のデータ駆動型科学研究の進展を帰納的方法への偏重と捉えて、論理的（演繹的）であるべきはずのこれまでの科学のあり方そのものを変えることになっているのではないかと、という問題意識を持つ科学者もいる。

さらに、コロナパンデミックやロシアによるウクライナ侵攻は、科学のあり方に関して様々な問題提起を行うことになるだろう。その諸相については「現下の国際情勢」で述べたとおりであり、次の節においても背景となっている。

## (2) 科学と社会の諸問題

19世紀の第二次科学革命で科学者・研究者という職業が成立し、それが封建制の社会ではなく市民社会の中で実現したこと、そして、20世紀の二度の世界大戦を経て国家が科学の大きなスポンサーになったことは前の節で指摘したが、これは「科学と社会の諸問題」を考える上で決定的に重要である。科学は科学者・研究者だけではなく、市民、国家（政府）、企業（産業）を始めとしたステークホルダーグループ、あるいは社会全体に対して緊密な利害関係にあり、研究開発やその応用は単に科学者・研究者の知的好奇心だけではなく、社会全体との協働作業だという概念を作ってきた。これを踏まえ、「科学と社会の諸問題」を以下の視点から概観する。

一つ目は、科学及び科学者が社会全体に対して有する責任という観点であり、その中にはルールや研究インテグリティの問題が含まれる。

二つ目は、一国における科学と政府・市民の問題である。これはその国の持つ価値観や社会的な土壌・風土と関係する（民主主義と関係が深い）。

三つ目は、科学と産業界・企業との問題である。これはビジネスモデルやイノベーションエコシステムといった問題に関連する（市場原理と関係が深い）。

四つ目は、科学と国際政治・安全保障との関連である。

### ① 科学及び科学者の責任の問題

「技術」と社会の問題は、商品・サービスの製造者と顧客の関係に集約される場合が多く、考え方に一定のルールが作られやすいが、「科学」の場合はどうだろうか。科学は自由な知的好奇心が出発点であるが、研究に税金が投入されるようになり、また社会が予期せぬ結果も導きうることを踏まえ、科学及び科学者の責任について科学者・研究者自身はどのように考えてきたのだろうか。原子爆弾を作ることにつながった核物理学者の苦悩と社会への呼びかけであるラッセル・アインシュタイン宣言（1955年）から問題提起が始まった、と考えられるだろう。当時、科学に善用と悪用の二つの道があり（デュアルユース）、悪用につながる科学や技術に対するけん制ということが言われたが、近年は民生技術と軍事技術との区分は以前にも増して困難となっている。

原子力に続いて、「アシロマ会議」（1975年）において生命科学の進展に伴う研究開発の規制の必要性が議論され、遺伝子組換え技術の管理の枠組みを提案するとともに、生命科学者の行動基準を設定した。この試みは「あらかじめ研究開発を研究者サイドから自主規制しそれを社会に問うた」ということで画期的である。今日、ほとんどの学会で研究者の倫理規定や行動基準が作られるようになったが、どの学会にも通用するような道徳基準が書かれていることも多く、実際の自主規制になっていない、との指摘もある。加えて、起草者の意図が正確に後代に伝わるのか、新しい発見で考え方を変えるときの手続きはどうなっているのか、などの懸念もある。

ELSI（倫理的・法的・社会的課題）という考え方はこうした中で生まれた。自然科学や技術の発展に伴う倫理的、法的、社会的課題に対して、あらかじめ予算的にも知識的にも対応策を検討しておこうというもので、ヒトゲノム解析の分野で有効に機能し、今日では自然科学研究・技術開発全般に使われる言葉になっている。この意味で、ELSIは優れて科学者・研究者目線から生まれた概念であるが、これに対してヨーロッパで浸透しているRRI（責任ある研究・イノベーション）は多様な社会のステークホルダーの目線を科学に向けているものである。

もう一つ、研究インテグリティという問題がある。研究の意図やプロセスに問題がある場合で、個人の場合には社会的、名譽的、経済的利益を優先して研究ルールに背いて不正を持ち込むことがある。こうした行為はもちろん許容されるべきではないが、同時にそうした不正を生んだ背景に科学コミュニティの風土や政策によってつくられた制度が関係していないかということも検討すべきだろう。なお、近年の国際関係・安全保障環境の変化を受けて、科学研究に対する外国からの不当な影響の排除まで対象を広げて、研究の健全性・公正性を確保しようとする考え方が国際的に共有されつつある。安全保障環境の変化が科学に与える影響については「④ 科学と国際政治・安全保障の問題」において改めて考えたい。

近年のオープンサイエンスの潮流にあって、査読前段階の研究成果の発信・共有のシステムとしてプレプリントが注目されている。成果公開の迅速性や研究実績の先取権確保、またオープンなアクセス性を有するプレプリントは、査読による質保証がなされるものの公開までに時間を要し、またジャーナル購読者の間でのみ共有されるジャーナル論文と相補的な機能として発展してきた。新型コロナウイルス感染症関連研究に関して、最新の研究成果の一刻も早い発信や共有が求められる中、プレプリントが大きな役割を果たした。一方、関連研究のプレプリントが社会的に大きく取り上げられた後に撤回されるなど、その質保証や社会との科学技術コミュニケーションの観点での課題が提起された。研究サイクルが短期化し、また国際競争が激化する中、現代の知の生産・共有プロセスがいかにあるべきか、研究インテグリティや、研究者コミュニティと社会との関わりなど多様な観点での議論が求められている。

また、職業科学者ではない一般の市民によって行われる科学的活動、いわゆるシチズンサイエンスが広がりつつある。市民が科学研究の担い手となることは、多様な視点や価値、アイデアの反映や、従来にない規模での調査の実施などにより、科学研究の可能性を大きく広げることとなる。また科学研究への参画を通じた市民の科学研究への理解や支持の広がりという観点からも重要である。シチズンサイエンスの課題として、研究倫理や質保証などの科学研究としての規範や基準を守るための仕組みや、資金面を含む基盤の整備が求められている。

## ② 一国における科学と政府・市民の問題

「科学と社会」の問題の議論を広範に振り返るには、本来学術的な科学と社会との関係の解釈の歴史を遡るべきであるが、ここでは詳細に立ち入るのではなく、科学への社会からの「期待」と「怖れ」の増大という大きな流れのみを確認しておきたい。

第二次世界大戦後、科学と技術の融合が進むにつれて、研究開発には政府の支援がますます必須となっていく。政府の支援は市民の税金によって成り立つため、科学、政府、市民の関係が深くなり、また科学者は科学の問題であってもステークホルダーである政府や市民との対話が求められることは必然である。さらに、生み出された科学技術による生活への影響が（良い／悪いを含めて）甚大であれば、その関係をどのようにコントロールするかが大きな問題になってくることもまた自然の流れである。

一国の中のステークホルダーとして重要なのは、民主主義の世界においては科学と政府・市民の関係である。これは当該国の価値観や社会的な土壌と無関係ではいられないからである。この政府・市民と科学との関係を考える際に「科学に問うことはできるが、科学だけでは答えることのできない問題」、すなわちワインバーグによるトランスサイエンスの問題提起（1972年）から考えてみると分かりやすい。トランスサイエンス問題とは、科学的知見は提示できても市民（国民）の価値判断を正確に理解していなければ科学に関連する政策の正しい決定はできないというものである。環境問題や公衆衛生問題は典型的なトランスサイエンス問題であり、また原子力発電所の安全性の問題なども含まれる。これらは科学的知識とその社会の価値観の双方が把握されていなければ決定できない政策課題である。2020年から始まったコロナパンデミックへの対応については、

今後、実施された政策や対応の経緯を十分に分析し、時代の教訓として残すことが必要である。特に、科学的知見が完全ではなく、科学的推論に頼らざるを得ない時期に政策決定が必要であったことをどう考えるか、政策担当者と専門家やその融合組織の機能や役割分担が市民（国民）に十分理解されていたか、などの論点は特に重要と考えられる。トランスサイエンス問題は政府と科学の問題として理解されたが、これは煎じ詰めれば価値と事実の問題とも捉えられる。

その上で、政府に対して、政府の意思決定に市民（国民）の意向が十分に反映されているのか、というような問いもなされ続けてきた。すなわち、「科学と政治」の問題は必然的に「科学と市民」の問題でもある。科学と市民の問題について、市民側の科学リテラシーや、科学側の社会リテラシーなどを絶えず考慮しながら議論すべきということは早くから認識されている。1960年代には米国ではテクノロジーアセスメントの考え方が生まれ、1980年代にはデンマークで市民参加型のテクノロジーアセスメントも始まった。その他、現在に至るまで、コンセンサス会議、市民フォーラム、シナリオワークショップなど様々な試みが行われている。また、シチズンサイエンスの広がりに見られるように、科学における市民の役割が増大し、これまでの科学と市民との関係性が変化しつつあることにも注目すべきである。

科学と市民間のコミュニケーションのあり方は、その国の科学観を含めた政治・社会状況によるが、民主主義体制の国々においては、科学技術の発展の方向性に対する市民の発言力を強化しようという方向で一致している。ただ、一国における科学技術政策のあり方には、当該国の社会的・思潮的側面が大きく関係する。多くの国で最も重要な分野は、科学技術に大きく依存する安全保障（軍事含む）と社会保障（特に医療）である。これらに対する市民（国民）の考え方は、政治や社会で十分議論され、また成熟していることが必要で、それが科学技術政策に適切に反映されることが重要である。

これに関連して価値観・社会的な土壌について付言しておきたい。一国の価値観・社会的な土壌にはその国の歴史や文化の背景があり、国によって特色があるのは当然である。我が国は、論理的に突き詰めた価値観を持つことを嫌う傾向があり、このことは社会の分裂を顕在化させない、未来の選択に対して幅が広がる、などの利点もある。一方、プライバシーの取り扱いに対しては法的整備などの努力は続けられているが、国民の価値観に統一感がなく、これが科学技術の進展に障害になっているとの指摘もある。こういったことは死生観と移植医学の進展の関係などにも言われている。価値観と科学技術との関係を意識の俎上に載せていくことが重要である。

次に、気を付けなければならないのは、科学と政府・市民の関係を緊密化させることは重要だが、これは「すべての科学の研究開発が短中期的な政府・市民の要望から成り立つべきだ」ということを意味していない。知的好奇心のままに研究開発を行うことと目的を設定して研究開発を行うことはどちらも重要であり、そのポートフォリオをどう決めるかはまた別の政策課題である。

最後に、科学技術は「(1) 科学自身の変遷（哲学・歴史）」で見たように、民主主義、市場原理とともに市民を担い手として発達してきた概念である。本項の記述はこれを前提にしており、例えば専制的な体制の国では科学技術予算やその用途に関する市民の監視が事実上困難で、これが今日の国際情勢を難しくしている。

### ③ 一国における科学と産業界・企業の問題

一国における科学と政治・市民の問題を考えることが科学と民主主義の関係を考えることであるとすれば、科学と産業界・企業の問題は、科学と市場原理について考えることと言っても良いだろう。また、科学技術の振興やイノベーションの創出の観点では、大学や国・地方自治体などの公的研究機関に加えて、企業などの産業界やNPO法人も大きな役割が想定される。

基礎研究は国の資金も使って知的な好奇心主導型の大学を中心とした研究機関で、応用研究は直接社会の役に立つような研究を民間企業による採算ベースで、という基本的な考え方は第二次世界大戦後の米国で始まったもので、これは現代においても当てはまる部分がある。しかし、当該国のイノベーションが促進されるためにはこうしたリア的な考え方だけでなく、イノベーションを生む社会的な土壌を生態系と考えて、その中で様々なステークホルダーと様々な機能を持ったプレイヤーがどのように役割を果たしながら活躍できるかということを考えることが必要である。この意味において、イノベーションエコシステムはまさしく生態系であり、文化的背景や当事者の精神的姿勢とも関係して形成されていくものである。従って外国の成功例をそのまま導入しても十分には機能しない。

イノベーションが（科学）技術革新と同義ではないこと、しかしながら科学技術がイノベーションの重要な要素となることが多い、という関係についてはようやく認識が定着してきた。イノベーションの成立には、欲求（何を望んでいるのか）とそれに対する能力（何ができるか）が必要である。能力は一つには科学技術の力であり、もう一つは経済的にあるいは社会的に成り立たせる力であると考えられることができる。GDPの成長のうち、労働と資本の投入量の伸び率では説明できない、生産性の向上などの部分（全要素生産性の伸び率）においては、科学技術の進展とビジネスモデルの革新が二大要素であることは良く知られている。

こうした欲求と能力を様々な組み合わせで推進していく上では、政策当局や大学・研究機関だけでなく民間企業も重要な役割を担っている。

民間企業、特に世界の大企業において大きな価値の変革が進行中である。リーマンショックの頃までは、事業の短期的利益を絶対的な評価指標として株主に対する利益還元を何よりも重要視する考え方であったが、最近ではCSV（Creating Shared Value 共通価値の創造）、すなわち企業のステークホルダーを株主だけでなく、従業員、取引先はもとより社会そのものや地球にまで拡大して考えようというものに変わってきた。本業が社会価値の創出につながっていれば長期的には利益を最大化でき、その結果企業そのものを持続的な存在にしていこうという思想である。これを具体化していく手段として、すでにESG投資が存在感を増し、またその計測方法などにも様々な改善が提案される時代となっている。

こうした大きな流れの中に日本企業もある。しかし、現在の日本企業が有する科学技術に関わる特有な問題についても指摘しておきたい。

第1に企業の研究開発力の低下である。日本企業が技術革新や製品開発をリードしている分野が減少している、と指摘されている。これはオープンイノベーションの時代では自前の研究開発力の充実に必ずしもこだわらなくても良い、というような見方が一部の経営者にあることと関係しているかもしれない。この背景には、基礎研究の軽視（オープンイノベーションによる基礎研究の大学依存や企業研究の応用側／短期的視点の重視）、設備投資における老朽設備や既存システムの維持・更新の重視など新製品・サービスの開発に対する視点が弱いこと、さらには研究開発戦略や技術力を収益につなげる技術経営戦略の問題などが考えられる。

第2にオープンイノベーションという状況を有効に利用できるのは、自社の無形資産を適切に活用し、社外の科学技術資産にアクセスできることが必要であるが、多くの企業が無形資産の活用には長じていない。

第3にDXで後れをとったことと関係があるが、ビジネスモデルの革新が過去に比べて日本発であることが少なくなったことである。1990年頃までの日本は、コンビニにおけるITを使った死に筋商品の排除、建築現場でのジャストインタイムの資材納入、宅配便システムの改善、企画・生産・物流・販売一体型アパレルの出現など世界の注目を集めていた。しかしその後は日本発のビジネスモデルの革新は少なくなり、またGoogle、Apple、amazon.comなどの巨大プラットフォーマーも日本企業ではない。

第4に製造技術の優越性、工学的優位の喪失である。破壊的な科学技術の革新はもちろん重要であるが、日本の圧倒的な強みであった製造技術の優秀さ、部品の完璧さが喪失しつつある。これは優秀な中小企業の承継問題と関係がある。これらの事象がなぜ起こったのか、という問題は非常に深刻である。各職種で前世

代より劣ることを容認しているような風潮が続いているとの指摘もあり、正確な分析と早急な対策が必要である。これらの問題に加えて、製造基盤の海外移転、少子高齢化による若年人口の減少などの構造的な要因が考えられるが、より重要なのは価値観や社会的土壌との関係性であり、突き詰めて言うとアントレプレナーシップの減退とでもいうべきことだからである。ただ、以前に比べるとスタートアップを目指す風土は醸成されつつあり、目指す人材が増えていることも報告されている。

以上を踏まえ、日本のイノベーションエコシステムの問題に立ち返りたい。すでに触れたようにイノベーションは様々なステークホルダー、様々な科学技術やビジネス知識、そしてアントレプレナーシップを有する人材なしには成し遂げられないものである。日本のイノベーションが停滞しているのは、日本のイノベーションエコシステムが弱体化しているからであり、デザインし直さなければならない。その際に特に重要なのは産学官のコミュニケーションである。ただでさえ人的な流動性がこの3つの領域間で少ない日本は、産学官の間に溝を作ってはならない。また、個々のプロジェクト自体に助成するだけでなく、起業家や起業を志す研究者などにインキュベーション能力を含むビジネス知を提供するなど、人材に対する支援がエコシステム自体の生成につながるのではないか。

#### ④ 科学と国際政治・安全保障の問題

科学技術がグローバルな規範となったのは、「(1) 科学自身の変遷 (哲学・歴史)」や「②一国の中の科学と政治・市民」で触れたように、科学技術が民主主義や市場原理と並んで「封建共同体から独立した市民」の価値基準として認識されたからである。3つの規範の密接さは18世紀からの産業革命や19世紀の第二次科学革命による科学界の成立を考えると明らかである。しかし、民意が科学技術政策に直接反映されない専制主義的国家 (旧共産圏諸国など) では、軍事関連の科学技術に優先的に予算が配分されて成果を上げることがしばしば見られる。これを予測するかのように、ブッシュは「科学—その限りなきフロンティア」(1945年)の中で、科学 (並びに科学への国家の関与) なくして専制に対抗して我々の自由を護持することはできない、とすら言っている。そしてそれを現実感あるものにしたのが1957年のスプートニクショックである。

第二次世界大戦後の国際秩序は、構造的に大きく変化してきた。東西対立の激化による冷戦期を経て、ソビエト連邦の崩壊による冷戦終結、中国の改革開放などによりグローバル化が進展した。近年では、経済大国となった中国の覇権主義的な行動が顕在化するとともに、米中間の緊張が高まった。このような中、2022年にはロシアによるウクライナ侵攻が起こった。

戦後の国際秩序の構造的な変化にあって、科学技術のあり方は安全保障との関係において常に対応を迫られてきた。冷戦期には、自由主義諸国から共産圏諸国への軍事技術や戦略物資の輸出は、対共産圏輸出統制委員会の枠組みにより、規制もしくは禁止する措置が講じられていたし、米中覇権争いにおいては、米国が中国による科学技術成果の不正入手を批判し、また中国の特定の情報技術製品を締め出すなどの対応がとられている。大きく変容する国際情勢にあって、安全保障と科学技術との関係は、米中覇権争い、ウクライナ侵攻を経て新たな局面に入っており、以下に述べるように極めて難しい側面を有している。

第1に科学と技術の問題である。軍事技術や機微物資に関して中国やロシアに対する規制的措置などを講じることは可能だが、科学研究における交流についてはどうするか、という問題がある。情報科学技術などの分野では科学と技術の境界性は曖昧になってきており、これを切り分けることは困難である。

第2に安全保障における軍事と経済の問題である。経済安全保障は、もともとエネルギー・食糧分野の関係官界・業界では基本的な概念だったが、特に技術を含む米中経済摩擦が顕在化し、政策課題として大きく取り上げられるようになった。経済安全保障に関する議論が活発になされているが、本来、安全保障に関し

ては経済、外交、軍事など多角的な見地から大局観のある認識、政策が必要である。安全保障全般に対する科学技術研究の立ち位置をどう考えるべきなのか、改めて真剣な議論が必要とされている。

第3に、科学研究のオープン性の確保と安全保障との関係である。オープンな研究システムの不当な利用により、研究システムの健全性・公正性が毀損され、技術流出等による国家安全保障への悪影響にもつながることが懸念されており、このようなリスクへの対応は「研究セキュリティ」と呼ばれている。研究セキュリティの対策としては、国による安全保障貿易管理、出入国管理等の規制や、研究機関における知的財産の管理、サイバーセキュリティ対策等のリスクマネジメントなど、総合的な対策が必要と考えられる。これらの対策の一環として、既述した「研究インテグリティ」について、利益相反に重点を置いた対応の強化が重要であることが国際的に認識され、対応が進みつつある。研究セキュリティの実効性を高めていくためには、具体的な事例分析を積み重ねていくことが必要である。

第4に、G7を始めとする西側の民主主義国家、ロシアや中国などの権威主義国家のみならず、インド、インドネシア、ブラジル、南アフリカ、サウジアラビアなどの新興国やグローバルサウスと呼ばれている国々の「科学技術政策と安全保障政策」についての情報収集・分析並びにこれに基づく行動が重要である。現在、世界の大勢がロシアのウクライナ侵攻を非難しているとはいえ、欧米の経済制裁に賛成している国はそこまで多くない状況において、第三国が現状の国際情勢をどう判断し、自らの安全保障と科学技術の問題をどう捉えているかという観点は非常に重要である。この第三国による審判は、冷戦期とは全く異なった重みを持つことだけは間違いないと思われる。

第5に、フェイクの問題に対して、科学技術の観点からの対応策を検討することも重要である。事実→解釈→修辭のどの段階で歪みが起きているのか、人文・社会科学、自然科学を総動員して議論できる地平を創ることが重要ではないだろうか。また、これは我が国のインテリジェンス体制をどうするか、という問題に直結していることも付言しておきたい。

一方、近年注目されている分野に「宇宙」がある。宇宙空間を利用した観測や通信・放送等は日常生活に不可欠なものとなり、すでに従来の官主導から官民共創の時代を迎えている。また、安全保障における宇宙空間の重要性は著しく増大しており、加えて、近年は衛星数の増加に伴う宇宙空間の混雑化、スペースデブリの増加などの問題も指摘されている。宇宙空間の利用技術への依存度がますます高まる中、宇宙空間の持続的かつ安定的な利用の確保の観点から、関係国との信頼醸成、国際的なルール作りなどに早急に対応していく必要がある。

いずれにせよ、外部環境が大きく変化している真ただ中において、状況や解釈の変化は今後とも大いにありうるが、ありうる事態に対して「科学技術の立ち位置」のシミュレーションを行っておくことが重要と考える。

### (3) 分野ごとの「科学と社会」

ここまで、科学の歴史的変遷、科学に対する考え方やその役割の変化、今日の科学が置かれている状況などについて概観してきた。また、科学と社会との関係やその相互作用について、科学と市民、国家、企業などのステークホルダーとの関係性に着目して考察してきた。ここでは、環境・エネルギー、システム・情報科学技術、ナノテクノロジー・材料及びライフサイエンス・臨床医学の各分野における「科学と社会」の主な論点について取り上げる。これらは、いずれも人々の暮らしや社会に大きな影響を与え、また今後克服すべき社会課題の解決にも大きな役割を果たすことが期待されており、それゆえ社会と多様な接点を有する分野である。詳細は各分野の俯瞰報告書に掲載している。

## ① 環境・エネルギー分野

環境・エネルギー分野は、科学と社会に関する課題が多い。2021年に公表された国連気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書第1作業部会報告書（気候変動2021：自然科学的根拠）で、「人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない」と明記された。温暖化が人間の影響による可能性は、これまでの報告書では何%以上という確率表現が用いられてきたが、断定的表現に変わり、そのインパクトが話題を集めた。温暖化の確からしさを検証する議論は決着し、今後の中心課題は、温暖化に対する「適応」、その影響を弱めるための「緩和」で、それらのアクションや科学的検証に移るべきだというメッセージとも読める。2022年の第27回気候変動枠組条約締約国会議（COP27）では「損失と損害」基金の設置が決定した。負担額などの詳細は今後の交渉であり、各国の事情を背景に困難が予想されるが、適応の文脈では基金の設置そのものは進展といえる。東証プライム市場では2022年から上場企業のTCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース）提言に沿った開示が実質的に義務化された。TCFDには、温室効果ガス（GHG）排出量だけでなく、健全な水循環や廃棄物に関する項目などもある。同年、東証でJクレジット（GHG排出削減量や吸収量）取引を行うカーボン・クレジット市場の実証も開始された。

生物多様性・生態系サービスに関する2020年までの国際目標だった愛知目標の後継として、2022年の生物多様性条約（CBD）第15回締約国会議（COP15）で昆明・モントリオール生物多様性枠組が採択された。2030年までに陸と海の30%の自然を保全するなど、23の目標が設定されている。これを契機に、自然と共生する世界に向けた政策や統合的研究の推進が期待される。これに先立つ2021年、英国政府が「生物多様性の経済学（通称：ダスグプタ・レビュー）」を公表した。経済活動は有限な地球の自然資本とつながっているが、人間はそれを切り離れた考え（外部不経済）を選んできた。人間の間違ひは外部不経済そのものよりも、むしろ外部不経済であるかのように実践してきたことだと指摘し、話題となった。同年に生物多様性版TCFDとも言われるTNFD（自然関連財務情報開示タスクフォース）が設立され、検討や協議が進められている。

この数年の原油、天然ガス等の国際エネルギー市場の不安定化は著しい。コロナパンデミックに伴う需要蒸発による供給過剰、その後の需要急回復などによる価格高騰という極端な変動下に、さらにロシアのウクライナ侵攻に端を発した国際エネルギー秩序の再編・転換が起きている。エネルギーは市民生活や経済活動に必要不可欠だが、市場安定期には水や空気のようにとらえられ、社会の関心が薄くなる。エネルギー資源に乏しい我が国にとって、安全“Safety”を大前提とした安定供給“Energy Security”、価格“Economic Efficiency”、環境“Environment”全ての要素の同時達成“S+3E”が至上課題だと再認識する機会になった。再生可能エネルギー普及やエネルギー高効率利用による自給率向上はもとより、再編が進む国際エネルギー市場下での短中期、2050年のカーボンニュートラルという長期、その間のエネルギーポートフォリオの移行期、いずれもS+3Eが欠かせない。これをいびつな形で満たす姿は持続可能ではない。また、単一の解も見当たらない。国際的な相互関係下での我が国のエネルギーポートフォリオ形成、その基礎付けとなる研究開発戦略及び取組の推進が引き続き重要である。

## ② システム・情報科学技術分野

システム・情報科学技術は「科学と社会」の最先端の分野である。AI、IoT、ビッグデータなど、各領域は人間の社会、経済、政治行動を全般的に変革するような影響を与えている。また、他の学問分野の飛躍的発展のインフラともなっているので、「科学と社会」の問題の中でも最も議論が多い分野である。

AIの分野では、AIは、さまざまな社会的な価値を向上する技術であるという意見の一方で、将来、人類

にとって深刻な脅威となるのではないかという危惧を持っている人たちが少なからずいる。この問題は短期の研究開発をしている人と中長期の技術展望を持っている人で危機感に若干の温度差があるが、「深刻な脅威となりうる」と感じている人の視点で、人間存在に対する哲学的、倫理的考察を絶えず続けていくことが重要であろう。この分野の倫理、哲学的研究は当然、地域文化による影響は否めないの、日本においても独自に研究を進めていくことが重要である。

近年、社会のデジタル化が進む中で重要性が高まっている問題が情報のトラストである。SNSを使った個人への誹謗中傷やフェイク情報による選挙、国民投票などへの介入や誘導など、情報が個人や組織、国家の意思決定・合意形成に与える影響は拡大し続けている。「旧来のトラスト」は、顔が見える人間関係や人々の間のルールに支えられたが、デジタル化の進展につれてバーチャルな空間にも人間関係が広がり、そこでは情報が信頼のより所となり情報の影響力が高まっている。不信・警戒を過度に持つことなく幅広い人間関係を作り、デジタル化によるさまざまな可能性・恩恵がより広がるようなデジタル社会を実現するものがトラストであり、デジタル社会におけるトラストの仕組みを構築することが重要となっている。また、安心・安全なデジタル社会を実現するうえでは、人・社会への情報攻撃をセキュリティにより守ることも必要となる。フェイク情報やSNSなどによる人の認知を狙った攻撃が増加しており、人の認知（コグニティブ）を守るコグニティブセキュリティの研究も望まれている。

また、コロナパンデミックでは、接触回避のためにパーソナルデータを活用するにあたり、そのプライバシー保護への懸念と感染症対策の効果の間で価値の相克が発生した。その原因を探っていくと、必ずしも科学技術的観点の課題だけではなく社会的課題も存在していることが明らかになった。例えば、パーソナルデータの利活用に踏み込み感染症の拡大防止に一定程度成功した国・地域では、過去の経験を踏まえた備えや国民の政府に対する高い信頼等が背景にあり、加えて政府は国民の理解を得る努力を最大限に行っていた。わが国においてパーソナルデータの利活用を進めるためには、利活用に対する国民の態度を理解するとともに、社会における合意を形成することが必要である。また、その際に政策の実施主体である政府と国民との信頼関係／トラストの構築が必要であり、そのためには国民が何を問題視しているのか、また政府に何を求めているのかなどの点について明らかにすることが不可欠である。社会のデジタル化を推進する際には、日本人の国民性を意識して推進しなければならない。

システム・情報科学技術は経済安全保障にも密接に関連する。経済活動はグローバル化しており、わが国の経済も、さまざまな国や企業に依存している。新型コロナウイルス感染症への対応、米中経済対立やウクライナ侵攻をめぐる地政学的な変化は、わが国にも大きな影響を及ぼしており、サプライチェーンやインフラ施設、重要技術の重要性が再認識されている。また、データが経済発展の源泉となる中で、わが国は自国のデータの多くを海外プラットフォーマーのデータセンターに保管している。ビッグデータは社会問題の分析やマーケティングにも必要とされ、AIの観点では学習や分析に用いるビッグデータが競争力の源泉となる。近年、学習データとモデルは超大規模化しており、大量の学習データをいかに確保するかがAIモデルの開発競争を左右する状況となっている。今後、経済安全保障の観点からも、サプライチェーンやインフラ施設、重要技術の確保に加えて、データを守る取り組みを国益としていかに推進していくかについても議論が必要である。

### ③ ナノテクノロジー・材料分野

ナノテクノロジー・材料分野は、その応用を通じて幅広い社会との接点を有している。その中で、古くから存在し、かつ、今なお重要なトピックスは、化学物質の人や環境に対する安全性問題である。工業化が進む中で、工業排出物や廃棄物が環境を汚染し生物相へ影響を与えたり、人に健康被害をもたらしたりすること

は、程度の差はあれ近代化を果たしたほぼすべての国で起こってきた。また、そうした問題が広く認知され社会課題となることで、工業排出物に関する適切な規制・コントロールがなされるようになっていくのも各国共通である。ここで問題となるのは、環境や人体への影響が必ずしもすぐには表れないことである。使いやすく安価で性能劣化もほとんどない理想の断熱材と見なされていたアスベストや、毒性がなく不燃性の最良の冷媒とされていたフロンなどの、人体や環境への害が明らかになったのは、何十年も使用され続けた後であった。このような経験を経て、21世紀以降、EUのRoHS指令などを契機に、国ごとの個別の規制・ルールに頼るのではなく、国際的枠組みとして化学物質の使用を制限する動きがみられるようになり、環境や人への害が甚大化する前に適切に対処していく枠組みが作られていった。

ところが、初期のRoHSで指定された鉛、カドミウム、水銀といった元素として使用を制限すれば良い材料とは異なり、ナノ物質においてはそのナノ構造をとったことによる特有の機能が発現する。原料や組成だけでは、その影響を事前にはかり知ることができず、基本的にはすべてのナノ材料の安全性を科学的に評価する必要がある。さらに、ナノマテリアルが他の材料と共存することで新たな害を生じる可能性もあるため、最終的な消費者製品としての評価が求められる。ナノマテリアルのすべての製品形態について、すべての他の要因との組み合わせの元で、短期的な毒性から長期毒性に至るまでの評価を行ってから上市するのは明らかに現実的ではない。こうした評価に必要な、時間・資金・設備をどこが負担すべきかといった現実的な問題から、リスク評価手法や管理手法の確立、医学・疫学的評価、社会とのコミュニケーションと合意形成のあり方といった、責任ある研究・イノベーション (RRI) 視点からの多様な課題が存在する。

別の重要なトピックスとして、米中対立、ロシアのウクライナ侵攻、コロナパンデミックによるサプライチェーンの混乱を経て、産業のグローバル化への信頼が著しく毀損したことがある。この分野においても、21世紀以降特に顕著となった傾向は、工業の役割分担や国際分業の徹底化による経済合理性の追求である。生産地の最適化に経済原理を極端に働かせた結果として、特定分野の製品のほとんどが世界の中の限られた国、地域で製造される状態となった中で起きたサプライチェーンの混乱は、世界中を委縮させるのに十分な衝撃であった。各国は、最重要課題として、供給元が限られていて将来チョークポイントとなりうる資源や工業製品のリストアップや、対応策の検討を行っている。特に、生産がアジアに偏っている先端半導体やリチウムイオン電池の製造に関して、欧州、米国共に、国内での製造や研究開発能力の拡充に着手している。

半導体に関しては、10年ほど前に最先端ロジック開発競争から撤退した日本も、国内研究開発拠点や製造会社の設立、台湾メーカーの国内誘致、人材育成拠点の設立等の施策を次々と打ち出し、全方位的な強化の姿勢を見せている。このような動きは、供給元が限られる希少資源への対応として、資源循環の観点からも行われてきたが、国際情勢の急速な変化により、経済安全保障の旗印の下で、先鋭化されてきたものである。

また、この分野の横断的課題として、基礎研究に関する国際協力や人材交流がある。特に材料分野など、初期の基礎研究段階では国際的な協力体制が敷かれている場合が多いが、昨今の安全保障や経済安全保障を重視する流れの中で、アカデミアにおける国際協力がブレーキがかかるケースも見られ始めている。最新のICT機器においては民生用と軍事用の差がないものもあり、最先端の民生品が軍事に転用される例が散見されることから、基礎研究段階でさえも情報流出を懸念する動きがそうした例である。指数関数的な性能向上が当たり前のAIや先端半導体に比べると、材料分野の技術の進化は緩やかであり、学術的色彩が強い基礎研究段階ではオープンな研究環境が望ましいことは自明であるが、時として前述の二次電池や希少金属対応の技術などは国家戦略の要となる場合もあり、研究のオープン化の範囲や運用原則を作ることは一筋縄ではいかない難行である。それぞれの国が、人類全体の発展と国勢維持のバランスを取りながら、同時に各陣営の協調も行っていかなければならない複雑な最適化問題を解くことを強いられている。

国内研究機関にとって、多様なアイデアを創出するうえで、また日本人研究者に刺激を与えるうえでも、多

様な技術的、文化的背景を持った海外の研究者は重要である。また基礎研究段階における国際的な共同研究は、成果創出の観点から非常に重要である。そのうえで、顕在化する経済安全保障問題に対応するために重要なことは、適切な開示と秘匿に関するルールと運用方法を作りあげ、「開き過ぎず、閉じ過ぎない」適切な基準を共有することである。

#### ④ ライフサイエンス・臨床医学分野

ライフサイエンス・臨床医学分野では、ビッグデータを活用したデータ駆動型の研究開発が急速に発展している。特に、健康・医療の領域では、医療データを利用して、創薬や治療につなげようという動きが盛んであり、がんや難病におけるゲノム医療など、個別化医療が進展しつつある。同時に、個人情報保護や解析結果の取り扱いなど倫理面の課題が顕在化しており、国内外で検討が進められている。国内では、個人情報保護法や次世代医療基盤法が施行され、これをベースにした、よりよい制度の検討が行われている。また、欧州では、欧州全体で使えるデータベース (European Health Data Space) が構築され、医療に関する研究が進められている。

近年、世界的に大きな社会課題となっている気候変動に対しても、持続可能な社会を実現するためにライフサイエンス分野の研究開発の貢献が期待されている。特に、温室効果ガス排出量の1/4程度を占める、農業・畜産分野での対応が強く求められている。例えば、牛のゲップによるメタン排出など食料生産の過程自体が温暖化に影響を及ぼしているとして、欧米を中心に肉類の消費削減が呼びかけられている。このような動きを受けて、オランダ政府は2022年6月に人間活動による反応性窒素 (アンモニアなど) の大気への排出量を2030年までに国全体で半減するという目標を打ち出した。これを達成するためには、畜産農家は、家畜の排泄物由来のアンモニア排出量を7割削減するよう求められており、科学技術による解決が期待される。

また、医療分野においては、遺伝子治療や細胞治療を中心に1億円/人を超える高額医療が登場している。世界各国は高齢化の影響により社会保障費の支出が増大しており、限られた医療資源をいかにバランスよく分配するかに関する検討は待ったなしの状況である。

最後に、先端科学技術の社会実装に関して、ゲノム編集技術の社会受容過程から見てきた観点について触れたい。新しい農作物などの作出に大きな威力を発揮するゲノム編集技術であるが、この技術を用いて作られた農作物などの扱いは、国によって法規制が分かれている。日本では、ゲノム編集技術を遺伝子組換え技術と区別し、他の生物由来の遺伝子 (外来遺伝子) などが残っていないことが確認されれば、遺伝子組換え生物の規制対象外としている。米国、南米諸国、オーストラリアでもほぼ同様の解釈であるが、欧州司法裁判所では、原則としてゲノム編集技術を遺伝子組換え技術として取り扱う裁定がなされている。このような中、2021年5月に世界初のゲノム編集トマトの苗が、配布を希望した日本の家庭に届いた。これまで遺伝子組換え農作物の開発者や販売会社は、農家、消費者団体、マスコミなどに説明を行って来たが、消費者に受け入れられず、定着しなかった。そこで、今回のトマトの開発と生産、販売を行ったベンチャーは、農家で収穫したものをスーパーに卸すという流通経路ではなく、農家と消費者を兼ねている家庭菜園の人たちに苗を配るというルートを採用した。SNS (交流サイト) が新しいメディアとなっている時代に、オンライン上で栽培情報を共有し、収穫物に関するイベントを開催するなど、さまざまな情報発信が行われている。時代に即した、科学技術の社会受容のあり方の一つであろう。

## 作成メンバー

藤山 知彦	上席フェロー	
川名 晋史	特任フェロー	
関根 仁博	参事役	
浅野 佳那	フェロー	
魚住 まどか	フェロー	
尾崎 翔	フェロー	
小山田 和仁	フェロー	
加納 寛之	フェロー	
木村 康則	上席フェロー	
島津 博基	フェロー	
鈴木 和泉	フェロー	
戸田 智美	フェロー	
沼澤 修平	フェロー	
花田 文子	フェロー	
濱田 志穂	フェロー	
福井 章人	フェロー	
松村 郷史	フェロー	
眞子 隆志	フェロー	
山本 里枝子	フェロー	
吉田 裕美	フェロー	(2023年3月)

## 研究開発の俯瞰報告書

CRDS-FY2022-FR-08

# 俯瞰の前提（2023年）

— 現下の国際情勢と「科学と社会」 —

令和 5 年 6 月 June 2023

ISBN 978-4-88890-868-9

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

〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's 五番町

電話 03-5214-7481

E-mail crds@jst.go.jp

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

本書は著作権法等によって著作権が保護された著作物です。  
著作権法で認められた場合を除き、本書の全部又は一部を許可無く複写・複製することを禁じます。  
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。  
なお、本報告書の参考文献としてインターネット上の情報が掲載されている場合には、本報告書の発行日の1ヶ月前の日付で入手しているものです。  
上記日付以降の情報の更新は行わないものとします。

This publication is protected by copyright law and international treaties.  
No part of this publication may be copied or reproduced in any form or by any means without permission of JST, except to the extent permitted by applicable law.  
Any quotations must be appropriately acknowledged.  
If you wish to copy, reproduce, display or otherwise use this publication, please contact crds@jst.go.jp.  
Please note that all web references in this report were last checked one month prior to publication.  
CRDS is not responsible for any changes in content after this date.

FOR THE FUTURE OF  
SCIENCE AND  
SOCIETY



CRDS

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

