



# インパクトを追求する社会を支える 「責任ある研究とイノベーション」

～第二次量子革命が引き寄せた新たなガバナンス構築の波～



[www.pwc.com/jp](http://www.pwc.com/jp)



## 目次

はじめに	3
第1章 倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) と責任ある研究とイノベーション (RRI)	4
科学技術政策への倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) の導入	4
責任ある研究とイノベーション (RRI) の登場	4
第2章 量子技術を例としたRRIの実践	7
STEP 1：量子技術に関するELSIの発見	8
STEP 2：量子技術に関するELSIへの対処	9
第3章 RRIガバナンスを実践するための政府・アカデミア・産業界の役割	10
日本の量子技術政策	10
提案1：規制のありかた	10
提案2：ELSI/RRI人材育成	12
提案3：パブリックエンゲージメント	12
おわりに	13





## はじめに

世界的な感染症パンデミックにより変化を迫られた日常生活は、デジタル技術の急速な普及により新たな利便性様式を獲得しました。新興技術（エマージングテクノロジー）は今後、「経済的価値の追求」と、国際的な経済社会の課題を解決しつつ人々がデザインする望ましい未来を実現する「社会的価値の創出」の両立を可能にする重要な要素としてその進歩を加速させると予想されます。

量子技術は未来社会のゲームチェンジャーとして注目され、世界的に公的な政策的投資が増加している新興技術の1つです。量子コンピュータの実装によりこれまで扱っていたできなかった膨大な量のデータを解析することが可能になると期待されています。また量子センシング技術は、高感度で小型の医療機器開発や高精度な環境計測を実現すると予想されています。一方で、量子コンピュータは現在最も堅牢とされる暗号の解読を可能にします。また、多くの量子技術は軍事的な二次利用が可能とされるなど、社会への負の影響も指摘されています。さらに、量子技術の研究開発はインフラに依存せざるを得ず、かつ研究・開発費が高騰するという特徴があり、テクノロジーへのアクセスの可否が企業、国、地域の間で無視できない経済格差を生むであろうと予想されています。加えて量子技術の知的財産に係る国際競争は既に地政学的な国家間の力学バランスを刺激しています。

第二次量子革命<sup>1</sup>が経済・社会にもたらす正・負の影響はともに、これまでの科学技術よりも大きなものです。量子特有の物理的性質故に原理が複雑で直観的には理解し難いため、私たちの多くは量子技術のもたらす成果のみをインパクトとして受け入れることになるでしょう。したがって、量子技術によるインパクトの創出に係る研究者や企業などの関係者は、研究開発が萌芽的な段階から、技術革新の実行のあり方や意図しない影響が生じた際の対処法について、意思決定を慎重かつ透明な形で進めていく必要があるのです。そして今、欧州を中心に、競争原理を働かせつつも、説明性や透明性を担保し、地域や社会、地球環境を考慮した新しいイノベーション・プロセス・ガバナンスの必要性に関する議論が活発化しています。

本稿では、量子技術開発への公的な政策的投資の拡大により注目されている「責任ある研究とイノベーション (RRI)」という考え方についてその重要性を紹介するとともに、国際的なイノベーションガバナンスの変革に適応していくために政府機関、アカデミア機関、民間企業、およびエンドユーザーが実践すべき行動について「量子技術分野」を例に解きます。

1 「第一次量子革命」とは、20世紀前半に量子力学が確立され、物理学の基礎が大きく変わったことを指します。この革命により、トランジスタやレーザーの開発が可能となり、それが後のコンピュータ、電気通信、衛星ナビゲーション、スマートフォンなどの技術の基盤となりました。「第二次量子革命」は、現在進行中の技術革新であり、原子、光子、電子などの単一量子オブジェクトを直接検出・操作する技術を指します。これにより、量子センシング、安全な量子通信、量子コンピューティング、量子シミュレーションなど、実際のアプリケーションで量子システムを応用できるレベルにまで技術が発展しています。



# 1

## 倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) と責任ある研究とイノベーション (RRI)

### 科学技術政策への倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) の導入

日本の科学技術政策においてしばしば用いられる「ELSI」という表現は、「倫理的・法的・社会的課題／含意 (Ethical, Legal and Social Issues／Implications)」の頭文字をとった言葉です。実質的には、新興科学技術を研究開発して社会へと実装するという一連のプロセスのどこかで生じ得る、技術的課題以外のあらゆる課題を含む表現として使用されています<sup>2</sup>。

1990年に米国で開始されたヒトゲノム計画において技術的課題以外の課題を扱う研究プログラムとして「ELSI研究プログラム」が正式に誕生し、研究予算の一部がELSI研究へと割り当てられたことを機に、ELSI研究が世界で広がり始めました。米国で2008年に成立した遺伝子情報差別禁止法はその成果の1つとして有名です。1994年には欧州連合 (EU) においても「ELSA (Ethical, Legal and Social Aspects)」という表現が公的研究助成プログラムに採用されています<sup>3</sup>。

### 責任ある研究とイノベーション (RRI) の登場

こうしたELSI / ELSA研究に対しては視野が狭いという批判があったこともあり、EUにおいて2010年代に「責任ある研究とイノベーション (Responsible Research and Innovation)」(以下、RRI) という新たな枠組みが提示されました。現在もEUの研究開発投資のベースに置かれているRRIの考え方を簡単にまとめると、市民を含む多様なアクターが共通の価値観を共有しつつ、透明性のある方法で、相互に応答しながら科学技術の研究開発や社会実装を進めていく、というものです<sup>4</sup>。

RRIは、大きく2つのアプローチから解釈することができます<sup>5</sup>。1つ目のアプローチは、取り組むべき内容に関わるものです。EUは、公的助成の対象となる研究内容を明示するため「ジェンダー」「科学教育」「エンゲージメント」「オープンアクセス」「倫理」という5つの「キー」を採用しました(図表1)。ただし、これらは優先度の高い倫理的・法的・社会的課題というだけで、従来のELSI研究のアプローチでもおむね採用されてきたものです。

2 大阪大学, 2020, ELSIとは, [https://elsi.osaka-u.ac.jp/what\\_elsi](https://elsi.osaka-u.ac.jp/what_elsi), (閲覧日: 2024年8月20日)

3 神里達博, ELSIの誕生—その前史と展開—, 電子情報通信学会 基礎・境界サイエティ Fundamentals Review, 2021, 15巻, 4号, p. 318-332

4 von Schomberg, R. ed., 2011, Introduction: Towards Responsible Research and Innovation in the Information and Communication Technologies and Security Technologies Fields, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/60153e8a-0fe9-4911-a7f4-1b530967ef10>, (閲覧日: 2024年8月20日)

5 榎本啄社, 2024, RRI概念の発展小史—ELSIとの繋がりから理解する, ELSI NOTE, 45.

図表1：取り組むべき内容としてのキー

ジェンダー	オープンアクセス
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 集団、意思決定機関、研究開発におけるジェンダーバランスを常に考慮し、成果の質と社会的妥当性を向上させる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 科学情報へのアクセシビリティとその所有権の問題に取り組む</li> </ul>
科学教育	倫理
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 国民がR&amp;I (Research and Innovation) の議論に参加できるよう、知識と技能をよりよく身につけるための教育プロセスを強化する</li> <li>• 研究者の数を増やす</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 容認できない研究や研究慣行を防止する</li> <li>• 科学技術の倫理的受容性に焦点を当てる</li> </ul>
エンゲージメント	発展：ガバナンス
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 社会の価値観や需要へと成果を落とし込むため、全アクターがプロセス全体を通じて協力する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 以下を満たすガバナンスを構築する</li> <li>① 予測不可能な発展に対して堅牢で適応可能</li> <li>② R&amp;Iにおける既存の慣行と整合的</li> <li>③ 全アクター間で責任と説明責任を共有</li> <li>④ これらを実際に促進するための手段を提供</li> </ul>

出所：榎本啄社, 2024, RRI概念の発展小史—— ELSIとの繋がりから理解する, ELSI NOTE, 45.

一方、従来のELSI研究とRRIの異なる点として重要なのが、2つ目のアプローチであるELSIに取り組む際の態度です。「先見性」「省察性」「包摂性」「応答可能性」という4つの「次元」が、RRIを説明する際によく取り上げられます（図表2）<sup>6</sup>。

5つのキーが具体性を持つアクションラインであるのに対して、4つの次元はRRIの理念を捉えるためのフレームワークとして語られています。

図表2：取り組む際の態度としての次元

先見性	包摂性
プロセスに新たな視点を取り入れて、社会的に頑健なアジェンダをデザインできるよう、さまざまな可能性を考え抜く	プロセス全体に多様なステークホルダーを参加させて、知識や視点の源を多様化させる
省察性	応答可能性
自らの倫理的・政治的・社会的な前提を考え、科学技術・イノベーションのプロセスにおける自身の責任について反省する	研究・イノベーションのプロセスを公共の価値観に従って柔軟に修正する力を持つ

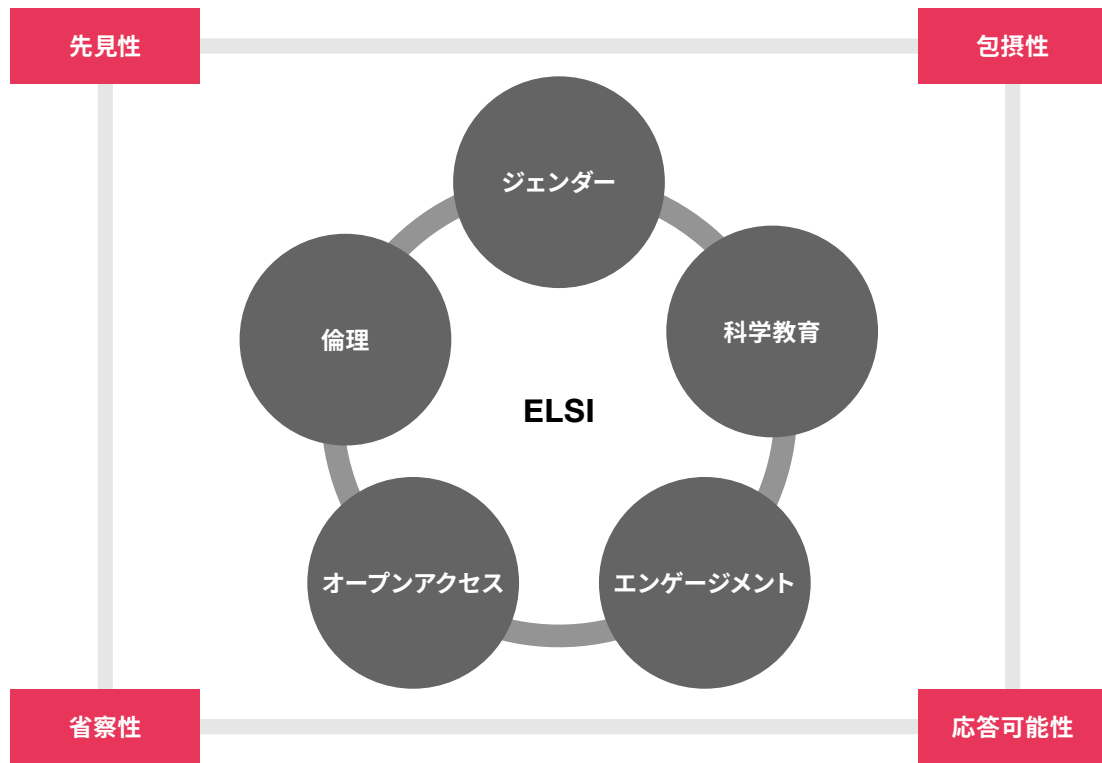
出所：榎本啄社, 2024, RRI概念の発展小史—— ELSIとの繋がりから理解する, ELSI NOTE, 45.

6 Stilgoe, J., Owen, R., Macnaghten, P., 2013, Developing a framework for responsible innovation, Research Policy, 4(9), 1568-1580

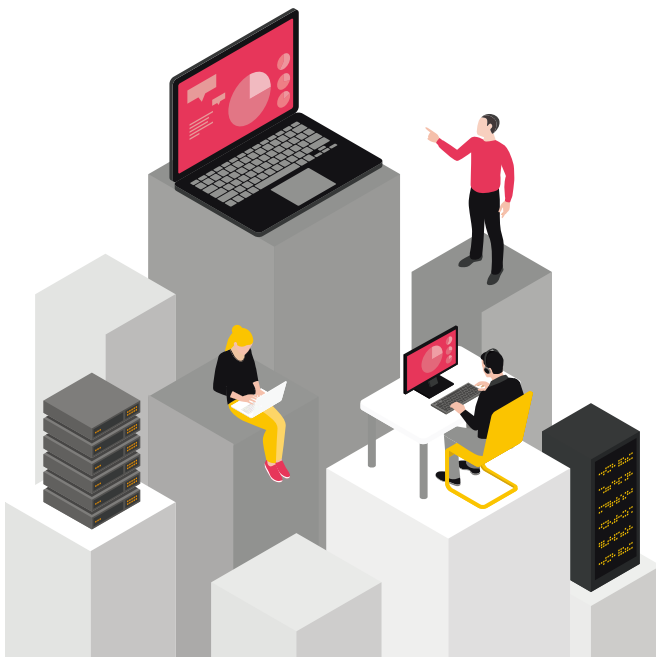
まとめると、RRIとは、研究開始から社会実装までの科学技術のライフサイクル全体において4つの次元として示されている態度をもって、5つのキーを中心とした課題群(ELSI)を総合的に検討する活動です(図表3)。こうした態度でELSIへと取り組もうとするとき、ステークホルダーは自ずと持続可能な社会の構築へと参加することになります。

なぜならば、RRIは単にELSIへと向き合うだけでなく、同時に、社会が健全に機能し発展し続けることを念頭に置いて行動することも求めているためです。したがって、ELSIへの対処と経済活動を両輪とするRRIアプローチは、社会的・環境的インパクトを追求する社会と非常に相性が良いと言えるのです。

図表3：RRIの全体像



出所：榎本啄社, 2024, RRI概念の発展小史——ELSIとの繋がりから理解する, ELSI NOTE, 45.







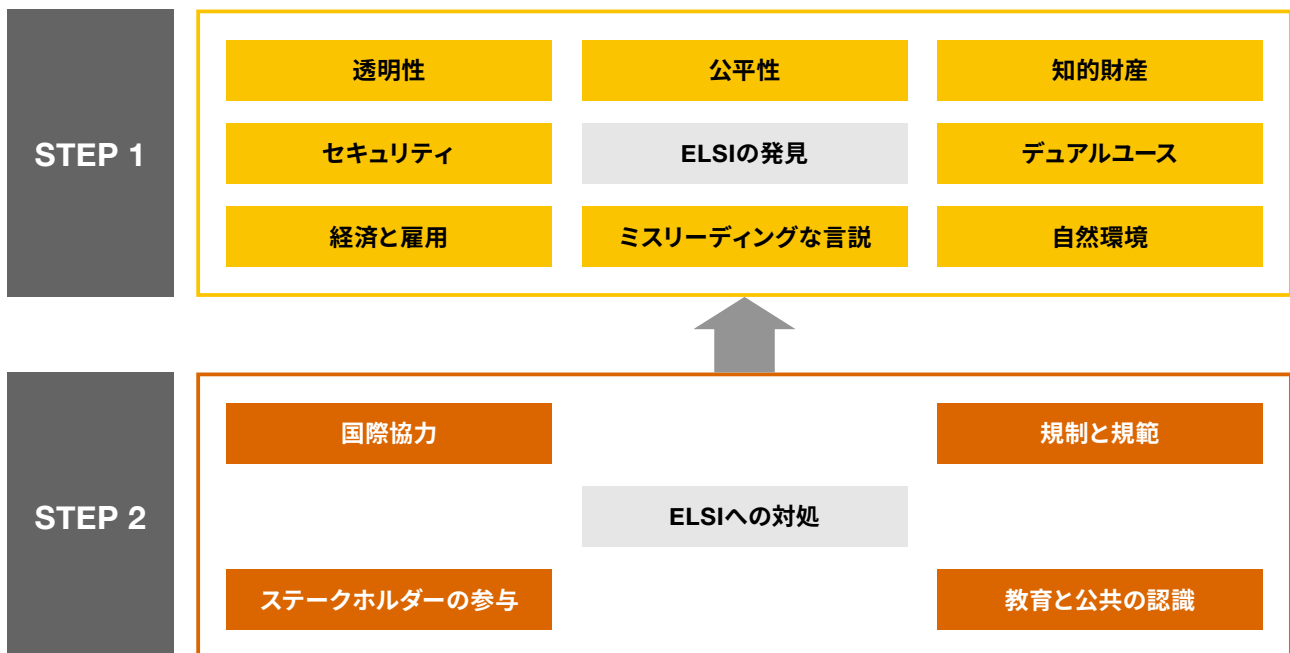
## 2

# 量子技術を例としたRRIの実践

責任ある研究とイノベーション（RRI）には、特定の態度をもって課題へと取り組もうという共通の理念はありますが、どんな分野にも当てはまる定型のアプローチが存在しているわけではありません。そのため、対象となる分野固有の特性を加味して、何が課題であるかをしっかりと認識し、それ

にあわせて柔軟にアプローチしていく必要があります<sup>7</sup>。そこで本章では、量子技術分野における基本的な倫理的・法的・社会的課題（ELSI）と、責任ある方法でそれらに対処するための枠組みを整理します（図表4）<sup>8</sup>。

図表4：量子技術のELSIとその対処法



出所：榎本啄社・長門裕介・岸本充生, 2024, 量子技術のELSIを探る：文献レビュー, ELSI NOTE, 38

7 Ten Holter, C., Inglesant, P., and Jirotko, M., 2021, Reading the road: challenges and opportunities on the path to responsible innovation in quantum computing, Technology Analysis & Strategic Management, 35(7), 844–856

8 榎本啄社・長門裕介・岸本充生, 2024, 量子技術のELSIを探る：文献レビュー, ELSI NOTE, 38

## STEP 1：量子技術に関するELSIの発見

第1章で述べた5つのキー課題に対処するためには、まず、量子技術分野においてどのようなELSIがあるのかを見据える必要があります。

### 透明性

1つ目のELSIは「透明性」に関する課題です。量子計算はそのプロセスが不透明であり、ブラックボックス化しているという指摘があります。これは、量子計算特有の性質によって計算プロセスの追跡が困難であったり、結果が予測しづらかったりすることに起因します。こうした不透明さは、予想外の結果が生じた際に責任をどこに帰属させるかが分からないといった重大な倫理的問題へと繋がります。

### 公平性

2つ目のELSIは「公平性」に関する課題です。量子技術が社会実装される、とりわけ初期の段階においては、技術は希少で高額なためにアクセスが制限される可能性が指摘されています。技術へのアクセスの不公平さは、既存の貧富や健康格差をさらに拡大させ、分配に関する不公平さも悪化させる要因となります。

### 知的財産

3つ目のELSIは「知的財産」に関する課題です。知的財産権は科学技術の健全な発展を促すためのものですが、現行の法制度を量子技術へとそのまま適用すると、イノベーションを阻害するほどの過剰な保護に繋がってしまう危険性があります。その結果、「公平性」にも悪影響を及ぼす可能性があります。

### セキュリティ

4つ目のELSIは「セキュリティ」に関する課題です。量子計算技術は既存の暗号体系を脆弱化する力を持っており、インターネット通信や国家安全保障の観点で既に重大な問題が提起されています。対策としてポスト量子システムへの移行<sup>9</sup>が考えられるものの、これを社会へと普及させるには長い時間を要します。量子技術によって可能になる量子鍵配布は比較的高い安全性を実現しますが、コストやインフラ整備に関する課題が指摘されています。

### デュアルユース

5つ目のELSIは「デュアルユース」に関する課題です。量子技術は他の新興技術と同様に、軍事目的で利用することも可能です。例えば、量子暗号解析や量子鍵配布による安全な通信、精密な位置決定、高精度な量子センシング機能は、軍事能力を大幅に向上させます。

### 経済と雇用

6つ目のELSIは「経済と雇用」に関する課題です。量子技術によって促進される自動化や効率化は、例えば医療、金融、物流、製造といった多くの産業に新たなビジネスチャンスを提供し、新しいスキルを持った人材の需要を大幅に高めます。その一方で、変化に対応できない企業や労働者は市場競争において取り残されるリスクもあることに注意が必要です。

### 自然環境

7つ目のELSIは「自然環境」に関する課題です。量子技術によって促進される自動化や効率化は、消費エネルギー量を削減したり、気候変動の監視や汚染の検出をより効果的に行うことへと繋がるポジティブな側面を持ちます。しかし一方で、量子コンピュータをはじめとする量子技術の稼働には膨大なエネルギー消費が伴います。さらに、量子技術の研究開発には高度な設備や材料が必要であり、それらの生産、維持、廃棄に高い環境コストを要するというネガティブな側面があります。

### ミスリーディングな言説

8つ目のELSIは「ミスリーディングな言説」に関する課題です。量子技術の可能性や利益、安全性について誇張された情報の広がり、技術への過剰な期待を生みます。これは短期的には投資を促進しますが、中長期的には現実とのギャップにより量子技術の信頼を損なうことに繋がります。また、量子技術に関する科学的根拠のない主張が科学的な体裁を装ったうえでなされる「疑似科学」の問題も無視できません。こうしたミスリーディングな言説は、量子技術の健全な研究開発と公衆の理解に悪影響を及ぼします。

以上が、量子技術に関する現時点で考えられているELSIの典型例です。ただし、ELSIはこれで全てというわけではありません。応用分野ごとに何が課題であるかを考え続ける必要があります。

<sup>9</sup> 量子コンピュータによる攻撃に耐えることができる、次世代の安全な情報システムのこと。「量子セキュア」や「耐量子」とも呼ばれます。このシステム自体は量子技術ではなく、古典的なコンピュータ上で動作します。



## STEP 2：量子技術に関するELSIへの対処

ELSIを認識できたら、次はそれらにどう対処するか、そして何を行うべきかを考えます。

### 国際協力

量子技術の研究開発に必要とされる高度な専門性を持つ人材や豊富な資源、そしてプロトコルやインターフェースの互換性の確保は、国際的に協力することをもって担保されます。また、国際的な協力関係を維持することは、オープンな研究開発環境を押し進めることにも繋がります。

### ステークホルダーの参与

量子技術は基盤的技術であり、あらゆる人がステークホルダーと言えます。量子技術を円滑かつ持続可能な状態で社会へ浸透させるためには、量子技術を扱う産学官のメンバーだけでなく、一般市民も含め、多様なステークホルダーを巻き込むことが不可欠です。これにより、透明性と社会からの信頼を確保できます。

### 規制と規範

法的拘束力を伴う「規制」は、しばしば、健全な研究開発と社会実装に必要とされています。一方で、量子技術は研究開発の進展が早く、またその未来が予測しづらいため、規制だけでは対応速度や手続きの面から適切ではないことがあります。そこで、社会的合意や慣習に基づく非公的なルールである「規範」が重要です。両者は二者択一ではなく、例えばある程度の期間にわたって有効に機能する規制枠組みを採用しつつ、ある程度柔軟に変更可能な規範を中身に取り入れたアジャイルなガバナンスのありかたが有効な手段として考えられます。

### 教育と公共の認識

量子技術についての適切な教育プログラムを整備することは、高度な専門性を備えたいわゆる「量子人材」の確保や一般市民を含むステークホルダーの知識の底上げといった、量子技術の社会受容にとって不可欠な問題の解決に繋がります。これは必ずしも技術面だけに特化しているものに限られず、倫理学や経済学をはじめとした人文社会科学系の要素を取り入れることも含まれます。

こうした対処法を組み合わせ、慎重かつ透明性を持って、ステークホルダーが協力しながらイノベーションに係る意思決定を進めていくことが求められています。





### 3

## RRIガバナンスを実践するための 政府・アカデミア・産業界の役割

### 日本の量子技術政策

量子技術は今、世界中で重要視されているホットな話題です。日本においても、全ての科学技術イノベーションに影響する最先端の基盤技術として「AI」「バイオ」と並んで「量子技術」が挙げられており、その重要性が分かります<sup>10</sup>。本章では、ELSIの実践を日本に浸透させていくために、政府・アカデミア・産業界の各関係者が具体的に何をすれば良いかについて、いくつかの提案を行います。

日本の量子技術政策では、「倫理的・法的・社会的課題 (ELSI)」や「責任ある研究とイノベーション (RRI)」に関する記述としては、私たちが目指すべき未来社会やそれを実現するための戦略を述べた『量子未来社会ビジョン』に次のように書かれています<sup>11</sup>。

「量子技術を社会で新たに活用するに当たり生じる制度面や倫理面、社会受容面等の課題に対応するため、技術の社会実装・発展段階に応じて、自然科学のみならず、人文・社会科学も含めた「総合知」を活用しながら取組を進める」

### 提案1：規制のありかた

規制は、しばしば「課す」か「課さない」という二分法で議論されます。例えば、規制はイノベーションを阻害するものとして反対されがち一方で、ビジネス環境の不確実性を減らすことにもなるためにむしろ規制を課してくれたほうが望ましいという声もあります。しかし、規制によるアプ

これに対して、具体的な取り組みとして記載されているのは、第2章で挙げた数あるELSI論点のうち知財管理や経済安全保障、そしてアウトリーチについてだけです。さらにこれらの課題への対処についても、これまでのELSI / RRI研究の知見が十分に反映されているとは言えません。例えばアウトリーチについては、依然として科学技術をわかりやすく伝えることだけに主眼を置いた提案が中心で、「有識者である専門家から十分な知識を持たない一般市民へ向けた一方向的な知識の伝達」が想定されています。

しかし、時代の流れとともに、求められるものは変化しています。そこで、社会的・環境的インパクトを追求する社会において、日本が量子技術に関する優位性をグローバルな視点で、かつ透明性を持って獲得するために、政府・アカデミア・産業界の各関係者が実践すべき3項目を提案します。

ローチは実際にはさまざま、その強さは「全て禁止」と「何も制限しない」の間でグラデーションをなしています。もし規制当局が量子技術の動向についてタイムリーかつ効果的に対応できれば、イノベーションや良い競争を加速させるような適切な規制を設計することもできるのです。

10 内閣府, 2020, 『量子技術イノベーション戦略』, <https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/ryoushisenryaku.pdf>, (閲覧日: 2024年8月20日)

11 内閣府, 2022, 『量子未来社会ビジョン～量子技術により目指すべき未来社会ビジョンとその実現に向けた戦略～』, [https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/ryoshimirai\\_220422.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/ryoshimirai_220422.pdf), (閲覧日: 2024年8月20日)

一方で、量子技術のような新興技術の発展速度は著しいため、国が主催する審議会等で議論を交わしている間にも状況が変わってしまい、規制が意図した通りに機能しないことがあります。また、最先端の研究開発が行われている実際の現場の事情を全て拾い上げるのも、現実的ではありません。このように、新興技術に対する規制については、国によるトップダウン的な導入に限界があります。

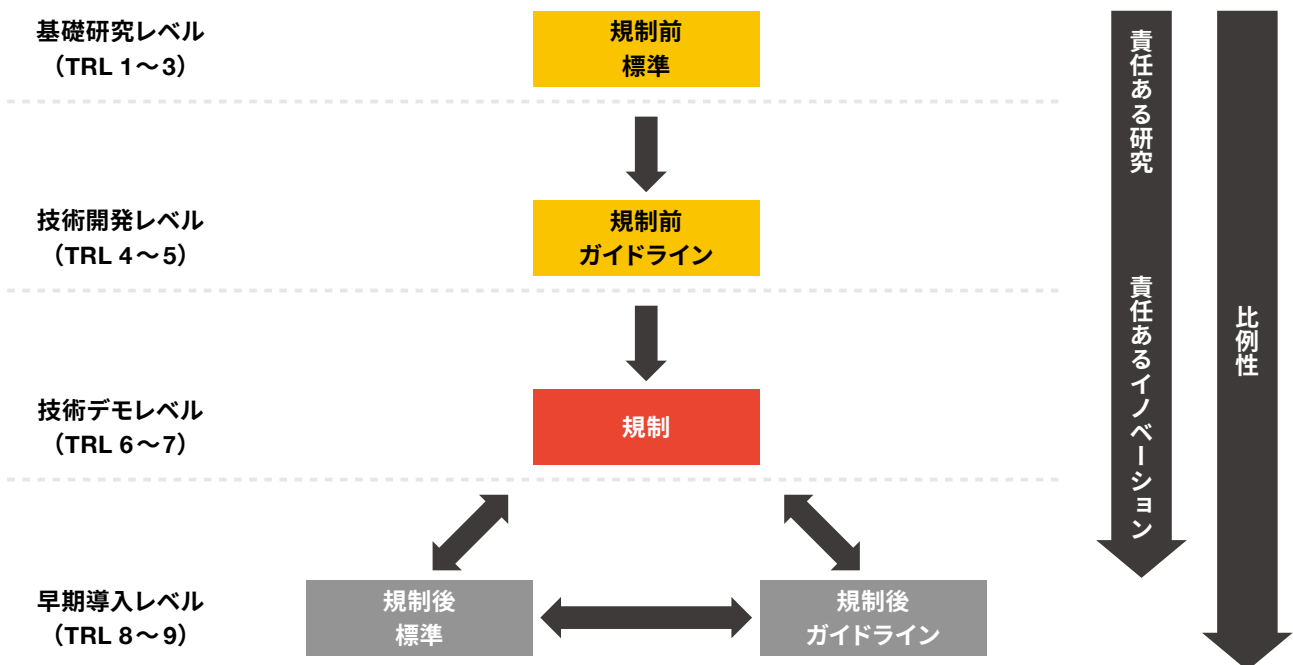
これを解決するためには、規制としての外側の枠組みだけを国が用意し、その具体的な中身については研究開発の現場や産業界側が主体的に関わり、フレキシブルに設計する、という手法が有効です。これは、現場で採用されている慣習がデファクトスタンダードになるのを待て、という意味ではありません。さまざまなステークホルダーが先を見据えながら包摂的に関わり、現場で得られた経験を自己反省的に取り入れつつアジャイルに課題へと対応する態度こそが、急速に発展する量子技術のガバナンスにとって重要だということです。

この新たな時代のテクノロジーガバナンスは、ステークホルダーが受け身にならず主体的かつ透明な形でポリシーメイキングへと関わることを求めている点で、これまでよりも難易度が高いと言えます。しかし、研究開発の現場で起こっているローカルな背景や事情を踏まえつつ、急速に発展する新興技術へとタイムリーかつ効果的に向き合うためには、

利益相反に気を付けながら、産学官それぞれのステークホルダーがアジャイルなアプローチで規制を作り上げる場に関わる必要があります。官から与えられるのを待つのではなく、最先端の知識を持つ民間主導の「レスポンシブルロビイング」が求められているのです。

では、具体的にどうすればこれを実現できるのでしょうか。例えば、英国政府が新興技術の規制改革について助言を行うために設置した独立の専門委員会である「規制ホライズン委員会」は、「技術成熟度 (Technology Readiness Level : TRL)」を規制デザインのための指標として使うことを提案しています<sup>12</sup>。TRLとは、新興技術の研究開発がどの程度進んでいるかを評価するための指標の1つです。まず、対象となる技術が「基礎研究レベル」から「技術開発レベル」といった段階にあるときには法的拘束力のある規制は適用せず、産業界等が主導する、法的拘束力のない標準やガイドラインなどを利用します。これによって、急速な発展にもフレキシブルに対応することができます。その後、「技術デモレベル」に達すると、法的拘束力のある規制を順次適用していきます。そして「早期導入レベル」の段階へ進むと、ステークホルダーが規制を遵守しやすいような標準・ガイドラインを作成し、規制へとアジャイルな方法で反映していきます (図表5)。

図表5：技術成熟度に応じた規制



出所：榎本啄社, in press, (日本語訳) 規制ホライズン委員会「量子応用を規制する」, ELSI NOTE (原著: Regulatory Horizons Council, 2024, Regulating Quantum Technology Applications)

12 榎本啄社, 2024, イギリス規制ホライズン委員会, 量子技術応用を規制する (日本語訳), ELSI NOTE 48.



こうしたアプローチを実現するためには、研究開発の現状と見込みについての適切な判断、すなわち研究開発現場からの定期的なフィードバックが必要不可欠です。したがって、規制当局がタイムリーかつ効果的なガバナンスを行うた

めには、研究開発と政策立案の間をつなぐ人材、すなわち「規制デザイン人材」が民間と政府の双方において必要だと言えます。

## 提案2：ELSI/RRI人材育成

量子技術に関する人材育成といえば、量子技術の研究開発を担う人材に対する専門的なトレーニングを行うことがまっさきに思い浮かぶでしょう。こうした「研究人材」や「産業化を担う専門人材」の育成は日本の戦略文書に当然記載されています。しかし、量子のような新興技術の研究・開発・実装においてはそのプロセス全体、すなわち上流から下流まで全てにわたりELSI/RRIの観点を組み込むという考え方が必要になってきます。そのため、量子技術のELSI的な側面を担う人材、つまり「ELSI/RRI人材」を、産学官のそれぞれが主体的に育成することが求められます。

世界経済フォーラムではELSI人材育成を主眼とした研修を提供しているほか、英国やオランダのようなELSI/RRI先進国でも政策文書においてその重要性が繰り返し指摘されています<sup>13</sup>。これらは何も、量子技術についてほとんど理解がないのに、倫理や法に関する知識だけを身に付けた人材

をプロジェクトに入れるという提案ではありません。そうではなく、量子技術に関する基本的なトレーニングを受けながらも、量子技術のELSIを認識し、責任ある方法でELSIへと取り組み、その成果をステークホルダーへと還元できるようなトレーニングを同時に受けた人材を育成することを求めているのです。そのためには、人文社会科学系の要素を組み入れた体系的なトレーニングプログラムの整備に、ますます人的・金銭的リソースを割いていく必要があるでしょう。

こうした「ELSI/RRI人材」の育成は、先に述べた「規制デザイン人材」の実現にも直結します。レスポンシブルロビイングの起点である産業界やアカデミア側、そしてそのロビイングの受け手となる政府側の双方でELSI/RRI人材が育ち協力し合えば、今ある研究開発と政策立案のギャップが次第に埋まっていくことが期待できます。

## 提案3：パブリックエンゲージメント

「パブリックエンゲージメント」についてもまた、日本の戦略文書には明示的に記載されていません。専門家以外のステークホルダーを研究開発に幅広く巻き込むことで、新興技術の研究開発や社会実装が遅れると考える人もいるかもしれませんが、多様なステークホルダーの意見やニーズを考慮し、社会からの量子技術に対する期待を過大でも過小でもなく適切なものとしながら透明性や社会からの信頼を確保することは、量子技術のスムーズかつ持続可能な社会受容を促進します。これは巨額の公的資金を投入することに対する説明責任を果たすことにも繋がります。「ELSIやRRIでは重要視されているから」という理由で仕方なく取り組むのではなく、産学官、とりわけ産業界にとって、主体的に取り組む価値のあることなのだと認識すべきです。

パブリックエンゲージメントを実現するためには、一般市民にも気軽にアクセスできる講座やワークショップなどを通して、基礎的な理解を促す取り組みを整備する必要があります。産学官問わず、生涯学習やリカレント教育などの仕組みをうまく活用する方法が考えられます。また、英国では2017

年に公開対話（パブリックダイアログ）イベントが行われ、一般市民が抱く期待や懸念、要望などが掘り下げられました。日本においても同様のイベントの実施が期待されます。現状のアウトリーチは専門家から一般市民へと向けた一方的なものばかりが想定されていますが、パブリックダイアログのような双方向的な対話の実践や、そうした実践を適切に評価できるような仕組みが求められています。

こうした取り組みの効果は、一般市民による社会受容の促進だけに限りません。これをきっかけとして、今は低くともまっている女性研究者比率の改善や、これまで当該業界に所属していなかった属性を持つ人々の新たな参加も期待できます。多様性それ自体が望ましいことですが、加えてジェンダーダイバーシティをはじめとした「多様性（Diversity）によるイノベーション」が起こる可能性も高まります<sup>14</sup>。このように、パブリックエンゲージメントの取り組みは「仕方なく守らなければならない厄介な義務」ではなく、社会受容やイノベーションの可能性を高める「攻め」の側面を持っていると言えます。

13 榎本啄杜・長門裕介・岸本充生, 2024, RRIを量子技術領域へ適用する：政策レビュー, ELSI NOTE, 38

14 Stanford University, 2024, What is Gendered Innovations?, <https://genderedinnovations.stanford.edu/what-is-gendered-innovations.html>, (閲覧日：2024年8月20日)

# おわりに

本稿では、第二次量子革命が引き起こす社会的な変革に対して、責任ある研究とイノベーション (RRI) を導入することの重要性について考察してきました。

量子技術は社会にポジティブな利益をもたらす一方で、ネガティブな影響もまた引き起こす可能性があります。そのため、量子技術の研究開発・社会実装のプロセス全体において、多様なステークホルダーが関与し、透明性のある包摂的なガバナンスを行うことが求められます。本稿で紹介したように、RRIという考え方は、多様なステークホルダーが共通の価値観を持ち、相互に応答しながらイノベーションを進めていくという理念を持ちます。グローバルにインパクトを追求する社会の広がりを受けて、日本においても、こうしたことを踏まえたガバナンスの枠組みが今後ますます重要になるでしょう。

本稿で提示した提言が、政府・アカデミア・産業界の各関係者にとって、今後の取り組みを自分事として検討する上での一助となれば幸いです。

## ■ 執筆者紹介

### PwCコンサルティング合同会社

PwCコンサルティング合同会社は、経営戦略の策定から実行まで総合的なコンサルティングサービスを提供しています。PwCグローバルネットワークと連携しながら、クライアントが直面する複雑で困難な経営課題の解決に取り組み、グローバル市場で競争力を高めることを支援します。

### 国立大学法人大阪大学 社会技術共創研究センター

榎本啄也 特任研究員（常勤）

岸本充生 教授・センター長



# お問い合わせ先

**PwC Japanグループ**

<https://www.pwc.com/jp/ja/contact.html>



**[www.pwc.com/jp](https://www.pwc.com/jp)**

PwC Japanグループは、日本におけるPwCグローバルネットワークのメンバーファームおよびそれらの関連会社（PwC Japan有限責任監査法人、PwCコンサルティング合同会社、PwCアドバイザリー合同会社、PwC税理士法人、PwC弁護士法人を含む）の総称です。各法人は独立した別法人として事業を行っています。複雑化・多様化する企業の経営課題に対し、PwC Japanグループでは、監査およびブローダーアシュアランスサービス、コンサルティング、ディールアドバイザリー、税務、そして法務における卓越した専門性を結集し、それらを有機的に協働させる体制を整えています。また、公認会計士、税理士、弁護士、その他専門スタッフ約12,700人を擁するプロフェッショナル・サービス・ネットワークとして、クライアントニーズにより的確に対応したサービスの提供に努めています。PwCは、社会における信頼を構築し、重要な課題を解決することをPurpose（存在意義）としています。私たちは、世界151カ国に及ぶグローバルネットワークに約364,000人のスタッフを擁し、高品質な監査、税務、アドバイザリーサービスを提供しています。詳細は[www.pwc.com](https://www.pwc.com)をご覧ください。

発行年月：2024年11月 管理番号：I202409-08

©2024 PwC. All rights reserved.

PwC refers to the PwC network member firms and/or their specified subsidiaries in Japan, and may sometimes refer to the PwC network. Each of such firms and subsidiaries is a separate legal entity. Please see [www.pwc.com/structure](https://www.pwc.com/structure) for further details.

This content is for general information purposes only, and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.