

企画調査グループ



グループリーダー・
主席研究員

堀尾 容康

【コアメンバー】

サブリーダー・主席研究員

サブリーダー

主席研究員

主席研究員

研究管理チームリーダー

国際標準化チームリーダー・副主席研究員

副主席研究員

副主席研究員

調査役・主任研究員

主幹・主任研究員

野村 眞

主幹・研究員

面屋 大輔

中村 哲

主幹

倉中 聡

高木 正人

東井 隆行

箕浦 靖明

青木 好範

出口 哲也

内村 泰三

金星 春夫

清水 淳一

企画調査グループにおける調査活動概要

1. 地球環境と経済の両立

企画調査グループは、i) RITEがもつ研究ポテンシャルを活かした新規研究課題の探索と提案・実施、ii) IPCC(気候変動に関する政府間パネル)に関する政府支援やISO(国際標準機関)等国際機関との連携、iii) RITE技術の普及啓発、iv) 産業連携による技術の実用化といった役割を持ち、研究グループ・センターとともに、地球環境と経済の両立を目指した政策支援や研究開発、イノベーション創出の取り組みを進めている。

1.1. 国際的議論の高まり

2018年は、地球環境問題に関し重要なイベントが相次いで実施された。IPCC第47回総会(パリ・3月)、および48回総会(仁川・10月)が開催され、パリ協定下で実施される気候変動対策の進捗確認に関する議論(パリ)、1.5℃特別報告書の公表(仁川)などが行われ、また、一年を通じ、「タラノア対話」により政府・自治体・企業などから地球温暖化ガスの排出削減に関する取り組み情報が集められ、12月にポーランド・カトビツェで開催されたCOP24における議論の土台となった。RITEは、この中で報告書執筆者会合への専門家派遣、国内連絡会やシンポジウム開催などを通じて温暖化対策の枠組みづくりに貢献した。

1.2. RITEの使命

国際的議論の高まりとともに、「地球環境と経済の両立」は、工業国・途上国共通の目標としての認識が高まっている。1990年、RITEはこの使命の下に設立され、コスト負担や非効率化を抑え、持続的成長を促すようなイノベーションを革新的な環境技術開発(図1)を通じて実現することを目的としている。

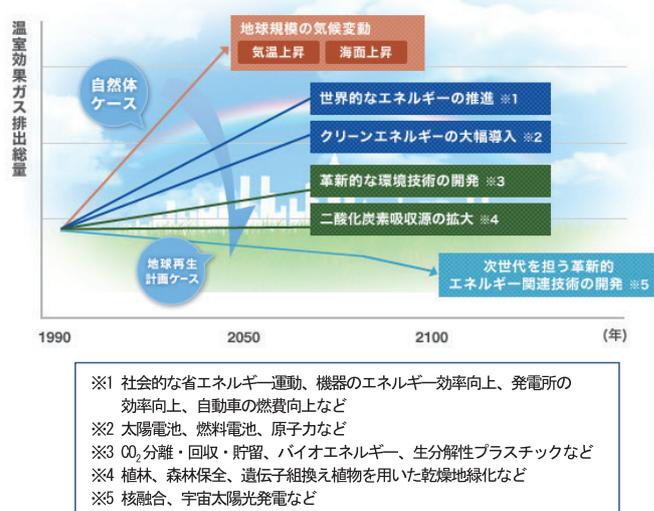


図1 RITEの使命(地球環境と経済の両立)

2. 経済発展と地球環境

パリ協定の発効（2016年）を踏まえ、地球の平均気温上昇（全球平均気温上昇）を産業革命前の水準に比べて2℃未満に抑えるには、今世紀末の2100年までには温室効果ガスの人為的起源排出と吸収を均衡させることが求められており、脱炭素・ゼロエミッションに向けた機運が世界的に高まっている。地球環境問題の本質的な解決のためには国内の排出削減はもとより、新興国・途上国を含めた世界全体の温室効果ガス的大幅削減を進めることが急務である。

2.1. 四半世紀の各国経済発展と温室効果ガス

1990年は、我が国で地球温暖化防止計画が策定されるなどの取組みが本格化した時期である。その後の四半世紀（1990-2015年）で、世界人口は53億人から73億人（1.4倍）に、世界GDP合計は27兆\$¹から116兆\$¹（4.3倍）に拡大した。これらの変化の中心は、中国、インド、ブラジル、インドネシア等の東南アジア地域、ナイジェリア等のアフリカ地域の途上国、新興国である。この間、世界貿易総額（輸出）では、3.6兆\$²から19.0兆\$²（5.3倍）に増加し国際間の取引が急速に拡大した。

世界全体の温室効果ガスのうち燃焼によるCO₂排出は、年間205億tから323億t（1.6倍）へと拡大した。

工業化国が歩んできた大量生産・大量消費を基調とする化石資源大量消費の道を新興国・途上国が進むとエネルギー安全保障や地球温暖化の問題がさらに拡大する。また、国際貿易取引や国境を超えた情報処理の拡大、代替生産等により、工業化国のエネルギー需要の一部が新興国・途上国にも移転していると指摘されている。各国それぞれの経済状況や社会的優先課題の違いがある中で、温室効果ガスの排出削減を国際間で協力して進め、共通の目標である豊かさの追求＝経済発展を妨げずに同時に温暖化対策を進めていく必要がある。

2.2. イノベーション創出に向けて

新しいテクノロジーがエネルギー需給をどのように変化させ、温室効果ガス排出に影響を与えていくか。また、新しい社会や経済、生活のイメージは何かを不断に予測していく必要がある。こういった革新的テクノロジーによるイノベーションについて、国際連携、人材育成、知的財産、産学連携といった各分野における当グループの諸活動について次節より説明する。

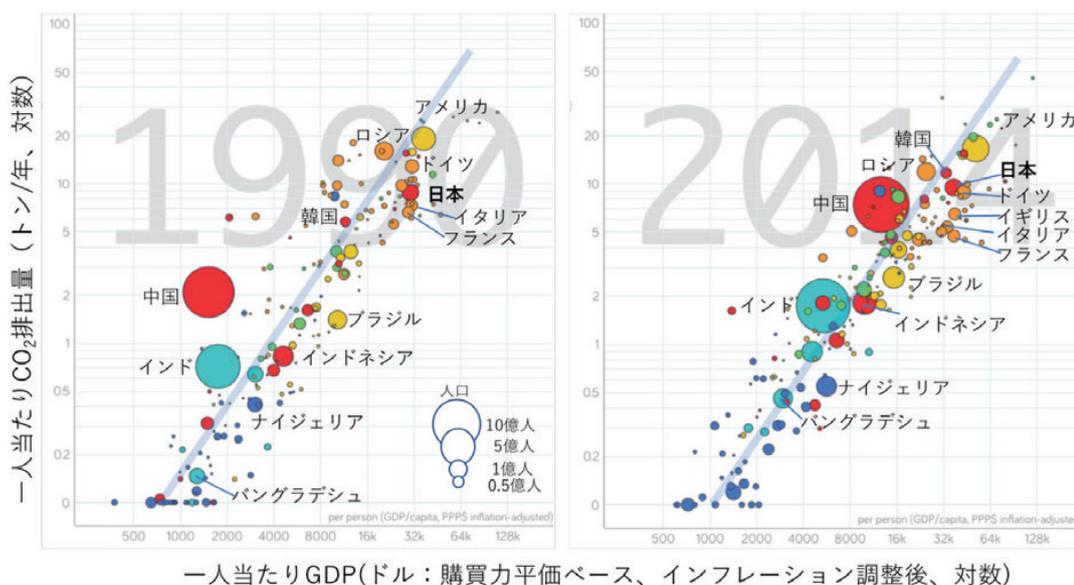


図2 世界80カ国の人口一人当たりGDPとCO₂排出（1990-2014）

3. ゼロエミッション・テクノロジーの探索

CO₂の人為的吸収として多くの期待が集められている技術の1つとしてバイオマスを伐採し、燃焼エネルギーを得、同時に発生するガスを処理して地中貯留するBECCS (Bio-energy with Carbon dioxide Capture and Storage)と呼ばれる対策がある。一方、その大規模な実施は土地利用転換や植生への影響など様々な課題が多く、むしろその他のCO₂発生源対策が必要となる。

RITEでは、組織内に「CO₂ゼロエミッション検討チーム」を設け、電力、運輸、産業といった部門別の対策について調査研究を行なった。

3.1. 部門別アプローチ

世界的人為的CO₂排出量は、発電41%、運輸25%、産業（鉄鋼、セメント、化学等）20%、の3部門だけで全体の86%を占める。このことから、i) 電力部門：再生可能エネルギー（太陽光・風力）、ii) 運輸部門：電化とゼロエミッション電力、バイオ燃料、iii) 産業部門：鉄鋼におけるゼロエミッション水素利用など化石燃料を用いない生産方法とCCS (CO₂貯留) /CCU (CO₂回収・利用) の可能性について、諸外国の事例や最新の技術開発動向に基づいて検討を行なった。

3.2. 例：産業部門（製鉄）のゼロエミッション

ここではエネルギー・CO₂集約型であり、基幹産業の1つである製鉄を例に検討成果を紹介する。

製鉄における主要原料は、鉄鉱石と石炭（石炭から

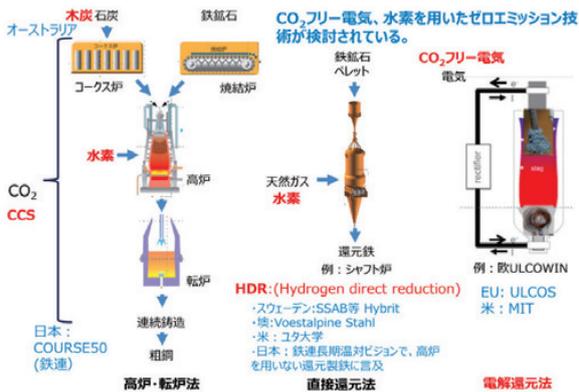
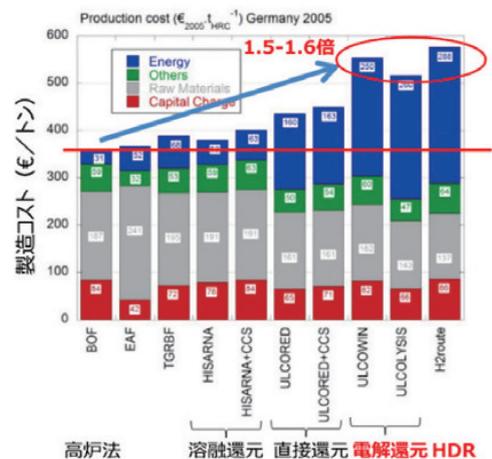


図3 産業のゼロエミッション化技術（鉄鋼）

製造したコークス）であり、これを高炉下部から熱風を送ることにより、コークス燃焼により発生したCO（一酸化炭素）ガスを用いて2千°Cの高温下で鉄鉱石を還元し、溶銑として取り出すものである（図3左）。これを、再生可能エネルギー等から得られたカーボンフリー水素/電力によって置き換えたものが、それぞれHDR (Hydrogen Direct Reduction:直接還元法)、電解還元法であり（図3中・右）、各国政府・鉄鋼業が開発を進めている。

一方、これには再生可能エネルギーからの比較的高価な電力等が用いられるため、コストは1.5-1.6倍程度となる（図4）。新しい製造法に必要な電力は17,270 TWhとなり、これは2016年世界電力需要22,000 TWhの7割に相当する（図5）。これは、ゼロエミッションの実現には大量（かつ安価）のCO₂フリー水素もしくは電力の技術的・政策的実現を示唆している。



出典：” Iron production by electrochemical reduction of its oxide for high CO₂ mitigation”, EU Law and Publication 2016に加筆

図4 ゼロエミッション化技術のコスト（鉄鋼）

部門	製品量 Gt/年	必要電力量 TWh	必要水素量 万トン/年	備考
鉄鋼	粗鋼1.7	4,420		電解還元：2.6MWh/t-steel (IEA2017)
		6,120	12,750	HDR：75kg-H ₂ /t-DRI 電炉分等 0.8 MWh/t-steel (水電解の場合 3.6MWh/t-steel) (IEA2017)
セメント	ポルトランドセメント 4.2	3,600		電氣：0.86MWh/t-セメント 熟：8300GJ/t-セメント (IEA2017)
化学	アンモニア 0.18	1,730		電氣：9.6MWh/t-アンモニア (IEA2017)
	エチレン 0.12	2,400	5,172	水素 0.431t/t 内閣府系エネルギー研究会2018 (水電解 2.0MWh/t) (IEA2017)
	プロピレン 0.09	3,420	3,879	水素 0.431t/t 内閣府系エネルギー研究会2018 (水電解 3.8MWh/t) (IEA2017)
合計		15,570		(鉄鋼が電解還元の場合、HDRの場合は17,270)

図5 ゼロエミッションに必要なCO₂フリー水素（世界）

4. 国際連携の推進

4.1. IPCC（気候変動に関する政府間パネル）

IPCCは、人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に国連環境計画（UNEP）と世界気象機関（WMO）により設立された。ここでは、地球温暖化に関する科学的知見を収集・評価し、温暖化予測（第1作業部会）、影響と適応（第2作業部会）、緩和策（第3作業部会）からなる報告書の作成を行なっている。

IPCCでは世界の科学者による論文や観測データ等に基づき、推薦で選ばれた専門家が取りまとめを行っており、科学的分析に加え、社会経済への影響、気候変動を抑制する対策など多角的な検討が行われている。また、この成果は、各国の政策にも科学的根拠を与えるため、ここからの報告書は国際交渉にも高い影響力を持つと考えられている。

RITEでは、緩和策（第3作業部会）の国内支援事務局を担い、研究開発・調査と政策を結びつける役割を担っている（図6）。現在、IPCCでは2022年に向けて次の第6次評価サイクル（AR6）を開始しており、2018年にはその執筆者の選定が行われた。RITEはここでも、情報収集・分析・報告・助言等を通じて支援を行なっている。

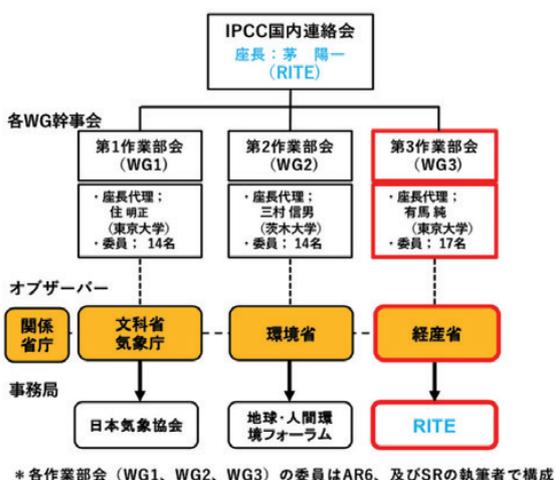


図6 IPCC国内連絡会とRITE

4.2. ISO（国際標準機関）

ISOは、各国の162標準化団体で構成される組織であり、国家間に共通な標準規格を提供し、世界貿易を促進している。ISOの標準を使用することで、安全・信頼性が高く、質の高い製品・サービスの提供が可能である。

二酸化炭素回収・貯留（CCS）は、CO₂の大気中への排出量削減効果が大いこと等から、地球温暖化対策の重要な選択肢の一つであり、すでに諸外国では、多くの実証試験、商業規模でのCCS事業も実施され、国際連携が進められるとともに、標準に関する枠組みが求められている。CCSの国際標準化によって、安全と環境面で、国際的に合意された知見に沿っていることが保証されるため、安全で適切なCCSの普及に貢献することが可能である。

RITEでは、ISO/TC265（CO₂の回収、輸送、貯留）を中心とした国内審議団体であり、WG1（回収）の事務局を担当している。これらの活動を通じ、CCS分野における設計、建設、操業、環境計画とマネジメント、リスクマネジメント、定量化、モニタリングと検証および関連活動の円滑な実施を国際標準化を通じて実施している（図7）。

2018年にはRITEなど日本主導で発電所における燃焼後CO₂回収性能の測定、評価、報告方法に関する国際標準を出版した（ISO27919-1）。

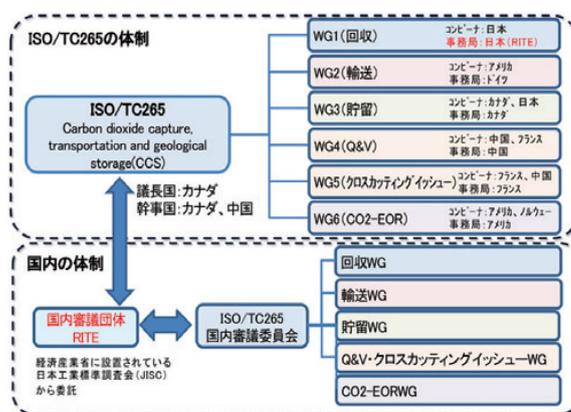


図7 ISO/TC265の各ワーキングと国内支援体制とRITE

5. 人材と知財、産学連携

5.1. 人材育成

<小中高高校生> 地球温暖化問題に関する次世代への教育が重要であり、RITEでは、i)小中高生を対象に研究所施設を用いた校外学習の受け入れ、ii)職員等が教材・機材とともに学校を訪問する出前授業要請への対応を進めている。こういった人材育成への要請は年々高まりを見せており、2018年は延べ419人の小中高高校生に対する授業やワークショップを開催した。例えば、RITEが取り組む研究の中からCCS技術を取り上げ、地球温暖化メカニズムを知識として説明し、主要温暖化ガスであるCO₂を地中に貯留しても粘土層（遮蔽層）によって漏洩の可能性が低いこと、CO₂が気体・固体だけではなく、液体になる様子を実験・ワークショップで実際に確認し、さらに考察と意見交換を通じて理解を深めるといった学習サイクルに基づく活動を実施している（図8a）。

<大学・大学院生> 次代の研究や技術を支える人材育成の一環として大学・大学院との教育連携を進め、RITE研究者の教授等への兼務を行うとともに、大学院生を中心とした若手人材の研究現場への受け入れを行い、大学における教育と研究所における研究指導を展開している（図8b）。例えば、奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス領域の大学連携研究室をRITEに設置し、単なる技術開発だけでなく、グローバルな生産・消費システムの理解の上に、植物を原料とし、バイオマスを有効に利用した再生可能資源による循環型および低炭素社会実現を目指した研究と教育を進めている。

5.2. 知財と産学連携

RITEは、研究開発、調査研究等で得られた成果について、特許、ノウハウ等の知的財産権を戦略的かつ効率的に取得・管理し、さらに積極的な活用を行うことにより、地球環境の保全に資する産業技術の進歩向上を図ることとしている。

2018年末時点で、RITEが保有する特許は、国内権利129件（うち企業にライセンス中14件）、外国権利65件（同、15件）である。

発明の認定、国内および外国への特許出願、審査請求、特許権維持等といった組織的知財経営を推進するため、RITEでは「特許等審議委員会」を設置し、知財専門家を配した広報・産学連携チームによる運営を行なっている（図9）。

学術研究全般の発展のため、早い段階での論文等発表により、世界の公共財産としての知識を高めることに加え、研究者の発明を特許により権利化し、チャレンジ意欲ある企業等に実施権を与えて産業化を加速するなど研究機関として公益と産業化によるイノベーションをバランスを取りながら研究開発推進が可能となる。

さらに知財化は、企業等との連携機会を産み、適切な情報管理と契約に基づき、さらなる知財を生み出すという好循環を期待することができる。また、国際標準（本章4.2など）との連携など、標準を支えるために関連技術を利用可能とするための知財化という側面も期待されている。RITEでは、こういった知財の持つ多様な機能に着目し、市場や他の研究開発動向なども踏まえつつ、戦略的に知財化を推進している。

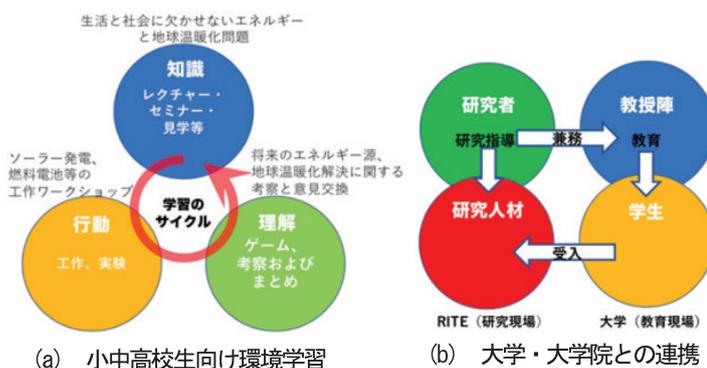


図8 RITEにおける人材育成

6. おわりに

国際社会の関心は、イノベーションによる地球温暖化対策に集まりつつある。すでに作業が開始されているIPCC第6次評価サイクル（AR6）では、「イノベーション、技術開発と移転」という章が新たに設けられ、i) イノベーションを通じた持続的成長とパリ協定の達成、ii) イノベーションを創出するシステムと政策、iii) 国際的パートナーシップ、iv) 変化とイノベーションを促すための環境、v) 新たな破壊的テクノロジー、などに関する検証が深められる予定である。それは、旧技術が新技術に置き換わることによる部分的改善の積み重ねではなく、新しい社会と生活の実現により、豊かさや地球環境が両立するといった新しい視点が追加されたことを意味する。

当グループでは、RITEの中において革新的テクノロジーについての調査を行うとともに、国際連携を推進し、人材や知財の育成、産学連携などイノベーション創出に必要な課題についても取り組むことを通じ、RITEの使命でもある「地球環境と経済の両立」の達成に貢献する。

参考文献

- 1) RITE, "RITEの役割：地球環境と経済の両立を目指して" (<http://www.rite.or.jp/about/>) .
- 2) OECD, "Air and climate: Greenhouse gas emissions by source", OECD Environment Statistics(database <https://doi.org/10.1787/data-00594-en.>)(2019).
- 3) Gapminder Tools (<https://www.gapminder.org>).
- 4) IEA, "CO₂ Emissions from Fuel Combustion", IEA data service subscriptions(2018).
- 5) IPCC, "AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014" (2014).
- 6) IPCC, "Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5 °C approved by governments" (2018).
- 7) IPCC, "" (2018).
- 8) Grubler A, Wilson C, Bento N, Boza-Kiss B, Krey V, McCollum D, Rao N, Riahi K, et al. (2018). A low energy demand scenario for meeting the 1.5 °C target and sustainable development goals without negative emission technologies. Nature Energy 3: 517-525.
- 9) Copeland, B and Taylor, S Trade and Environment: Theory and Evidence, Princeton University Press(2003).
- 10) Pearson, C Economics and the Global Environment, Cambridge University Press(2000).
- 11) 石川城太・奥野正寛・清野一治『国際相互依存下の環境政策』「地球環境保護 への制度設計」東京大学出版会（2005） .
- 12) 小川紘一「オープン＆クローズ戦略（増補版）」翔泳社（2014） .
- 13) 文部科学省 科学技術・学術政策局「産学官連携・知的財産政策の現状（科学技術・学術審議会）」（2013） .
- 14) 経済産業省「平成29年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2018）」（2018） .
- 15) 環境省「平成30年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書」（2018） .

1 GDP, current prices (Purchasing power parity; billions of international dollars)

2 Merchandise exports (annual, Million US dollar)

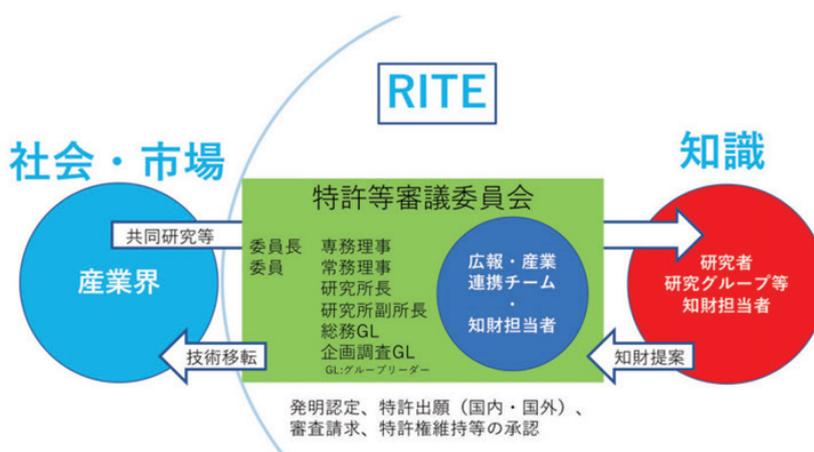


図9 知財戦略と産学連携の推進