

報 告

カーボンニュートラル施策推進のためのリスク検討フレーム



令和8年（2026年）9月25日

日 本 学 術 会 議

総合工学委員会・機械工学委員会合同
工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会

この報告は、日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議

総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会

委員長	辻 佳子	(連携会員)	東京大学環境安全研究センター教授
副委員長	宮崎 恵子	(第三部会員)	一般財団法人日本舶用品検定協会調査研究部専任部長(国際担当)
幹事	柴山 悦哉	(連携会員)	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構理事
幹事	西田 佳史	(連携会員)	東京科学大学工学院機械系教授
	越塚 誠一	(第三部会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	遠藤 薫	(連携会員)	学習院大学名誉教授
	大倉 典子	(連携会員)	環太平洋大学国際経済経営学部特任教授／芝浦工業大学名誉教授
	小野 恭子	(連携会員)	国立研究開発法人産業技術総合研究所研究戦略本部サーキュラーテクノロジー実装研究センター副研究センター長
	鎌田 実	(連携会員)	一般財団法人日本自動車研究所代表理事／研究所長／東京大学名誉教授
	蒲池みゆき	(連携会員)	工学院大学副学長／情報学部教授
	神里 達博	(連携会員)	千葉大学大学院国際学術研究院教授
	上條 正義	(連携会員)	信州大学繊維学部教授
	庄司 裕子	(連携会員)	中央大学理工学術院教授
	須田 義大	(連携会員)	東京工科大学片柳研究所長／教授／東京大学名誉教授
	丹下 健	(連携会員)	国立研究開発法人森林研究・整備機構理事長
	野口 和彦	(連携会員)	横浜国立大学 IMS 次世代工学システムの安全科学研究ユニット客員教授
	平尾 雅彦	(連携会員)	東京大学名誉教授
	藤井 健吉	(連携会員)	花王株式会社研究開発部門研究主幹／研究戦略・企画部部長
	松尾亜紀子	(連携会員)	慶應義塾大学理工学部教授
	水野 毅	(連携会員)	埼玉大学名誉教授
	宮崎久美子	(連携会員)	東京工業大学(現 東京科学大学)名誉教授
	持丸 正明	(連携会員)	国立研究開発法人産業技術総合研究所情報・人間工学領域フェロー
	岸田 伸幸	(連携会員(特任))	開志創造大学大学院事業創造研究科教授
	澁谷 忠弘	(連携会員(特任))	横浜国立大学総合学術高等研究院教授

本報告の作成に当たり、以下の方々に御協力いただいた。

遠藤 明	国立研究開発法人産業技術総合研究所執行役員材料・化学領域長
佐々木義純	住友化学株式会社スペシャルアドバイザー
進藤 秀夫	一般社団法人日本化学工業協会専務理事
富永 賢一	東洋エンジニアリング株式会社常務執行役員 CTO
中谷 隼	東京大学大学院工学系研究科准教授
新美雄太郎	三井住友信託銀行株式会社サステナブルビジネス部調査役
半田 繁	一般社団法人日本化学工業協会常務理事
藤井 宏行	一般社団法人日本化学工業協会技術部部長
藤井 実	国立研究開発法人国立環境研究所社会システム領域システムイノベーション研究室室長

本報告の作成に当たり、以下の職員が事務及び調査を担当した。

事務	新田 浩史	参事官（審議第二担当）
	渡邊英一郎	参事官（審議第二担当）（令和8年7月から）
	角田美知子	参事官（審議第二担当）付参事官補佐
	富岡千香子	参事官（審議第二担当）付審議専門職付
調査	辻 政俊	上席学術調査員

要 旨

1 作成の背景

気候変動の緩和は、全世界共通の喫緊の課題である。人類社会の持続的な発展と将来世代への責任を果たすため、国、企業、研究機関、地域社会、個人を含むあらゆる主体が温室効果ガス排出削減に向けた取組を進めることが求められている。しかしながら、温室効果ガス排出を実質的にゼロとするカーボンニュートラルの実現は、個別施策の積み重ねによって達成されるものではない。エネルギー供給、炭素資源供給、資源循環、産業構造、社会インフラ、地域社会、消費行動等を含む社会システム全体の変革を伴うものであり、多様な主体による長期的かつ継続的な意思決定が必要となる。速やかな施策実現のためには、施策実施の障害となるようなリスク事象が発生してから対策を検討する事後的なマネジメントではなく、立案時からの事前的なリスクマネジメントが必要であり、さらに施策の中止や遅延のみならず、施策相互の影響や社会全体への波及を見据え、立案段階から多様なステークホルダーがリスクを共有し、意思決定に反映することが求められている。

2 現状及び問題点

一方で、カーボンニュートラルのような産業システムや社会システムの変革には多様な課題が存在する。土地利用や生態系への影響、重要鉱物資源への依存、バイオマス利用における土地利用競合、リサイクル高度化に伴うエネルギー消費増加、回収炭素資源の品質変動、これらの仕組みを支える社会インフラや制度、地域社会における安心感の醸成等の技術的・環境的・社会的課題が挙げられる。

さらに、カーボンニュートラル施策が社会に定着するためには、技術的成立性だけではなく、経済的成立性、制度的成立性、社会的成立性、人的成立性を合わせた5つの側面の成立性が満たされる必要がある。すなわち、必要な技術が実現できることに加え、事業として継続可能な経済性を有すること、関連制度や規制と整合すること、社会や地域から安心感を持って受容されること、さらに施策を担う人材や組織能力が確保されることが求められる。これらの成立条件が満たされない場合、施策は期待した効果を発揮できず、導入の遅延や中断を招く可能性があり、ひいては気候変動緩和という目標を達成できない重大なリスクとなる。

現状では、個別の製品や製造システムの安全リスクや経済リスクをマネジメントする仕組みは存在するが、カーボンニュートラル施策に求められる包括的で俯瞰的なリスクを事前に把握する基盤は存在しない。

3 報告の内容

本報告の目的は、施策推進の障害を抽出することではなく、カーボンニュートラル施策の成立条件を体系的に確認し、多様な主体が共通認識の下で意思決定を行うためのリスク検討フレームを提示することにある。特に、施策の立案段階からリスクを共有し、事後的な対応ではなく、事前に対策を検討するフィードフォワード型の意思決定を支援する。

(1) リスク検討フレームの要件

カーボンニュートラル施策推進を目指すリスク検討フレームには、前述の5つの側面の成立性を横断的に確認するとともに、施策の推進を阻害する可能性があるリスク、施策目標が達成できない場合のリスク、施策を推進し実現することに伴うリスクを体系的に特定できることが求められる。

(2) リスク検討フレーム

カーボンニュートラル施策の立案・推進に関わるリスクを3つに分類した。これらの3つのリスク分類に対して、リスク検討フレームでは具体的にリスク項目を列挙し、リスク検討を支援する。

第1に、「施策の推進を阻害する可能性があるリスク」である。このリスクとその原因を把握することにより、施策実施に先立って阻害要因を緩和又は排除するための対策を検討することができる。

第2に、「施策目標が達成できない場合のリスク」である。1つの施策が実現できないことによる影響は、広く産業や社会に及ぶ。施策の目標の適切性や重要性を実施者のみならず影響を受けるステークホルダーが共有し、資源配分的意思決定や他の施策と比較しての優先順位の検討に資することができる。

第3に、「施策を推進し実現することに伴うリスク」である。カーボンニュートラル施策は気候変動緩和を目的とするが、その実現過程や実現後において、気候変動以外の新たな影響を生じる可能性がある。施策の持続可能性を確保するためには、このような副次的影響についてもあらかじめ検討する必要がある。

これら3つの類型を体系的に整理することにより、施策の成立条件、施策間の相互依存性及び社会全体への影響を俯瞰的に把握することを可能とする。

(3) リスク検討フレームの活用

リスク検討フレームを活用したリスクマネジメントのために次のような手順を提案した。

- ① リスクマネジメント体制の構築
- ② リスクマネジメントの前提の明確化
- ③ 検討すべきリスク項目とステークホルダーの特定

リスク検討フレームに加え、時間的な進展に伴う包括的リスク検討のために社会実装に向けた5つの側面に関わる5つの成熟度レベル（XR L）の利用を提案した。リスクの原因となったり、影響を受けたりするステークホルダーの特定のために、ステークホルダー・マップの作成とリスク・ステークホルダー対応マトリクスの利用を提案した。

これらの提案に基づいて、実際に炭素自立シナリオやプラスチック循環を対象としたカーボンニュートラル施策を立案している実務者チームによる実践的検討を行った。従来は個別に議論されていた技術、資源、制度、社会受容性、人材等の課題を統合的に整理し、多様なステークホルダーとの関係の中で可視化できることが、今回対象とした化

学産業におけるプラスチック資源循環システムという 1 産業分野の 1 事例において確認された。今後は多様な分野の異なる施策での適用を行い、その結果を蓄積し、継続的にリスク検討フレームとその活用方法を改善する必要がある。本フレームは完成形ではなく、多様な主体による適用と実践を通じて、継続的に改善・発展させていくことが重要である。

施策の中止や遅延のみならず、施策相互の影響や社会全体への波及を見据え、立案段階から多様なステークホルダーがリスクを共有し、意思決定に反映することが求められている。本フレームは、特定されたリスクの評価や対応策検討・実施について具体的な手法を提示するものではないが、施策の成立条件とステークホルダー間の関係性を議論する共通言語となるものである。

本フレームが、国、自治体、企業、研究機関、金融機関、地域社会等、多様な主体の共通言語として活用され、カーボンニュートラル施策の円滑かつ効果的な推進に資することを期待する。

目 次

1	はじめに.....	1
2	カーボンニュートラル施策推進におけるリスク検討フレームの意義.....	4
	(1) カーボンニュートラル施策立案及び推進の現状と問題点.....	4
	(2) カーボンニュートラル施策推進のためのリスク検討フレームの役割.....	5
	(3) リスク検討フレームの要件.....	6
3	リスク検討フレーム.....	7
	(1) 施策の推進を阻害する可能性があるリスク.....	7
	① 社会的合意の課題.....	7
	② 産業移行の課題.....	7
	③ 需要側の選択の課題.....	8
	④ 気候変動緩和効果に関する課題.....	8
	(2) 施策目標が達成できない場合のリスク.....	9
	① 地球温暖化の進展に伴うリスク.....	9
	② CN施策未達成に伴う社会・経済・政策上のリスク.....	9
	(3) 施策を推進し実現することに伴うリスク.....	10
	① 産業への影響.....	10
	② 資源・エネルギーに関するリスク.....	10
	③ ハード・トゥ・アベイト産業への影響.....	11
	④ 気候変動以外への影響.....	12
	⑤ 生活への影響.....	12
	⑥ 国・地域への影響.....	13
	⑦ 国際的リスク.....	13
4	リスク検討フレームの活用.....	14
	(1) 本リスク検討フレームの活用方法.....	14
	① リスクマネジメント体制の構築.....	15
	② リスクマネジメントの前提の明確化.....	15
	③ 検討すべきリスク項目の特定.....	15
	④ ステークホルダーの特定.....	17
	(2) 実務者によるリスク検討事例.....	19
	① 検討経緯.....	19
	② フレームを利用したリスクの抽出.....	20
	(3) リスク評価と対策検討に向けた課題.....	23
5	報告のまとめ.....	25
	<参考文献>.....	27
	<参考資料1> 審議経過.....	30
	<参考資料2> 安全工学シンポジウム開催.....	32

1 はじめに

気候変動の緩和は、全世界共通の喫緊の課題である。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、人間活動が主として温室効果ガス（GHG）の排出を通じて地球温暖化を引き起こしてきたことには疑う余地がないとしており、世界平均気温上昇を産業革命前から1.5℃以内に抑えるためには、2050年代初頭までにカーボンニュートラル（CN：GHG排出量を正味ゼロとする状態）を達成する必要があることを示している[1][2]。人類社会の持続的な発展と将来世代への責任を果たすため、国、企業、研究機関、地域社会、個人を含むあらゆる主体がGHG排出削減に向けた取組を進めることが求められている。

近年、CNに向けた取組は、単なる環境政策の枠組みを超え、エネルギー政策、産業政策、安全保障政策、資源循環政策等と密接に関係するようになってきている。欧州連合（EU）による炭素国境調整措置（CBAM）の導入[3]、米国の一部の州における大規模な脱炭素産業支援政策、中国をはじめとする各国のエネルギー転換投資等、世界各国は脱炭素化と産業競争力の確保を同時に目指している。また、近年の地政学的緊張の高まりやエネルギー・資源価格の変動は、エネルギー安全保障や資源確保の重要性を改めて浮き彫りにしている。環境政策に関する学術研究の立場からも現状は岐路にあるとの認識について複数の論考が示されている[4]。脱炭素化はもはや環境保全のみを目的とする施策ではなく、社会・経済システム全体の持続可能性を左右する重要課題となっている。

日本においても、グリーントランスフォーメーション（GX）推進戦略[5]の下で、再生可能エネルギー導入、水素・アンモニア利用等の取組に加え、金属やプラスチックの資源循環、バイオマス利用、カーボンリサイクル技術の開発等が進められている。特に化学産業や素材産業においては、エネルギーの脱炭素化だけではなく、化石資源由来の炭素資源を持続可能な循環炭素資源へ転換することが求められている。社会はエネルギーだけでなく、プラスチック、化学品、建材等、多様な炭素含有製品によって支えられており、CN社会の実現には化学・素材産業に留まらず、炭素含有製品のサプライチェーン全体が連携し、炭素そのものを社会の中で循環利用しながら必要量を安定的に確保する仕組みが不可欠である。すなわち、再生可能エネルギーへの転換とともに、循環可能な炭素資源を基盤とする「炭素自立型社会」への移行が求められている[6]。

日本学術会議においても、循環経済を活かし自然再興と調和する炭素中立社会への移行に関する検討委員会から提言「気候危機に対処するための産官学民の総力の結集－循環経済を活かし自然再興と調和する炭素中立社会への転換－」が公表され、循環経済や自然再興との統合的推進の重要性が指摘されている[7]。

しかしながら、CNの実現は、単一技術の導入や個別施策の積み重ねによって達成されるものではない。エネルギー供給、炭素資源供給、資源循環、産業構造、社会インフラ、地域社会、消費行動等を含む社会システム全体の変革を伴うものであり、多様な主体による長期的かつ継続的な意思決定が必要となる。本報告においては、このようなCNの実現

を目的とする国や自治体による行政施策、産業¹における技術・製品・サービス²開発や新技術導入・業界内や異業種連携、大学や研究機関等による研究開発や人材育成、学会等学術団体によるルールや提言の策定、金融機関等による投資、地域社会の連携、NPO等による提言・啓発等、すべての活動をカーボンニュートラル施策（以下、CN施策）と呼ぶ。

一方で、このようなCN施策による社会システムの変革には多様な課題が存在する。例えば、再生可能エネルギー導入に伴う土地利用や生態系への影響、重要鉱物資源への依存、バイオマス利用における土地利用競合、リサイクル高度化に伴うエネルギー消費増加、回収炭素資源の品質変動、これらの仕組みを支える社会インフラや制度、地域社会における安心感の醸成[8]等の技術的・環境的・社会的課題が挙げられる。

さらに、CN施策が社会に定着するためには、技術的成立性だけではなく、経済的成立性、制度的成立性、社会的成立性、人的成立性を合わせた5つの側面の成立性が満たされる必要がある。すなわち、必要な技術が実現できることに加え、事業として継続可能な経済性を有すること、関連制度や規制と整合すること、社会や地域から受容されること、さらに施策を担う人材や組織能力が確保されることが求められる。これらの成立条件が満たされない場合、施策は期待した効果を発揮できず、導入の遅延や中断を招く可能性がある。

また、CN施策の多くは研究開発から社会実装、設備更新、廃棄に至るまで長いライフサイクルを有し、その影響は広範な地域や産業に及ぶ。さらに、エネルギーシステムと炭素循環システムは相互に密接に関連しており、1つの施策の選択が他の施策の成立性や有効性に影響を与える。そのため、問題発生後に対応する事後的なフィードバック型の取組だけでは十分ではなく、施策の企画・設計段階から成立条件とそれを阻害するリスク³を体系的に把握し、多様な主体が共有しながら事前に意思決定を行うフィードフォワード型のアプローチが求められる。

CN施策の成否は、政策立案者、事業者、研究者、金融機関、地域住民、消費者等の多様なステークホルダーの判断と協力によって決まる。各主体は異なる価値観や評価軸を有しているため、施策推進に当たっては個別分野の専門知識のみならず、多様な主体が共通の視点で課題、不確実性及び機会を議論できる枠組みが必要である。

総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会では、2020年に「工学システムの社会安全目標の新体系」についての提言[9]、2023年に「工学システムに対する「安心感」の醸成」についての見解[8]を発出している。しかし、CN施策は工学システムに限定されず、また事故や災害以外の多様なリスクが想定されるため、第25期より、CN社会への移行に関わる多様な主体の意思決定を支援することを目的として、施策推進に伴うリスクを体系的に検討するためのフレームについて議論を進めてきた。また、公益社団法人化学工学会地域連携カーボンニュートラル推進委員会（C

¹ 産業とは、エネルギー産業や製造業にとどまらず、すべての産業セクターを含む

² 製品・サービスとは、工業製品にとどまらず、農林水産業の産出物、運輸業による輸送、サービス業による無形の価値提供などを広く含む

³ リスクには様々な定義があるが、本報告においてはCN施策に関する好ましくない影響やその発生の可能性を広くリスクと呼ぶ

N推進委員会)との連携の下[10]、炭素自立シナリオやプラスチック循環を対象とした実践的検討を通じて、その有効性を検証してきた。

本報告で提示するリスク検討フレームは、単にリスクを抽出するためのツールではない。CN施策の可否を規定する5つの側面の成立性を体系的に確認し、多様な主体が共通認識の下で意思決定を行うための基盤を提供することを目的とする。

2 カーボンニュートラル施策推進におけるリスク検討フレームの意義

(1) カーボンニュートラル施策立案及び推進の現状と問題点

CN施策は、エネルギー供給、資源循環、産業構造、地域社会及び消費行動を含む社会システム全体の変革を伴う。このため、施策の評価や意思決定においては、個別技術や個別事業の成立性だけでなく、施策全体の成立条件を俯瞰的かつ体系的に検討することが重要となる。本報告では、技術、経済、制度、社会及び人材に関わる5つの側面の成立性の観点から、施策推進に伴うリスクを整理するためのフレームを提案する。

国のCN施策としては、2050年炭素中立を目指すことを2020年に宣言し、2025年2月には2040年度の排出量を2013年度から73%削減という目標（NDC：国が決定する貢献）を国連に提出した[11]。この目標に向けて地球温暖化対策計画が策定され、エネルギー転換、産業・業務・運輸等の省エネや脱炭素化、地域・くらしの脱炭素化、横断的取組としてのカーボンプライシングや循環経済への移行、吸収源確保、世界への貢献等の施策が示されている。

産業界においても、2025年3月に日本経済団体連合会がカーボンニュートラル行動計画を公表し、その中で2050年CN実現に向けたビジョン及び2023年度までの実績に基づくフォローアップを示している[12]。この計画には、産業界毎の行動計画も示されている。

個々の企業においても、GHGプロトコル⁴[13][14]に基づいて企業のバリューチェーン全体のGHG排出量を算定・開示し、その削減のための事業計画や技術開発を進めている。

学会や大学、研究機関、民間団体においても多くのCNシナリオの提言がなされている[6][15][16][17][18][19]。

しかしながら、CN施策では、技術成熟度（TRL：Technology Readiness Level）が低い技術の開発と利用、国外の資源や製品が必須となる技術利用、社会実装の事例がない施策、経済性や社会受容性が未知の施策、気候変動緩和効果の定量的な算定が不十分な施策等、施策自体の実現の遅れや失敗可能性がある。加えて、立案される施策は、政策領域、産業領域、事業領域毎の個別の施策であることが多く、施策間の依存や排他等の相互作用、人材や資金、土地、資源等のリソースの不足や競合等についての俯瞰的な検討が不足しているものも少なくない。例えば、CN実現における重要な施策の1つである再生可能エネルギーの主力電源化は、コスト上昇等の経済性や環境影響を含めた立地、デジタルトランスフォーメーション（DX）施策やAI向けデータセンター拡大による需要増加、発電・送電・受電の不整合、海外製品依存、計画から設置、保守、廃

⁴ GHGプロトコルは、世界資源研究所（WRI）、持続可能な開発のための経済人会議（WBCSD）が設立したGHGプロトコルイニシアチブが策定した事業者のサプライチェーン全体からのGHG排出量を算定するための国際基準である。事業者が直接排出したGHGを「スコープ1」、他事業者から供給されたエネルギー使用により排出したGHGを「スコープ2」、その他の事業活動にかかわるサプライチェーン全体からのGHG排出を「スコープ3」の3つのスコープに区分されている。

棄までのマネジメント人材の不足等、実現には多くの不確実性がある。そして、再生可能エネルギー主力電源化施策の推進と成否は、すべての産業分野のCN施策やDX施策等に影響を与える。

このように、CN施策の成否は、5つの側面の成立性によって規定される。CN施策推進の障壁となるリスクは、これら5つの成立条件のすべてを充足する過程に存在する。また、あるCN施策の推進とその成否は、CNを目的としない施策を含めた他の施策推進のリスクとなりうる。しかし現状では、これらの成立条件を体系的かつ俯瞰的に検討するための共通的な枠組みが十分に整備されているとは言い難い。その結果、個別主体の視野に基づく限定的なリスク検討に留まったり、問題発生後に対応する事後的な取組に依存したりする場合も少なくない。

(2) カーボンニュートラル施策推進のためのリスク検討フレームの役割

前述のようにCN施策推進には多様な形態のリスクが想定されるため、施策の速やかな実現のためには、施策の実施主体が立案時や実施時にできる限り早くリスクを俯瞰的に把握し、推進の障壁となる前に排除・緩和することが求められる。

一般的な製品安全や製造現場での安全対策では、リスクを考慮すべきシステム範囲が限定的であり、これまでの知見に基づいて実施者や設計者自らがリスク事象を把握し、リスクの発生確率や発生時の被害程度を定量し、対策を取ることが可能な事象も多い。それでもリチウムイオン電池使用製品廃棄処理時の発火問題のように、社会実装からの時間が短く、普及が急速な技術では技術導入による大きな便益と製品ライフサイクルにわたるリスクとのトレードオフの検討が不十分な事例も少なくない[20][21]。さらにCN施策では、対象とするシステムが広範かつ複雑であり、多数の主体が関与するため、単一の主体のみで網羅的なリスク分析を行うことは困難である。

リスク管理における国際的な標準化指針であるISO31000[22]では、あらゆる種類のリスクのマネジメントを行うための共通の取組方法が示されている。この中で、リスク分析には、不確かさ、リスク源、結果、起こりやすさ、事象、シナリオ、管理策及び管理策の有効性の詳細な検討が含まれることが定義されており、また、1つの事象が複数の原因及び結果を持ち、複数の目的に影響を与えることがあることも記載されている。この考え方をCN施策に適用すると、施策を適切に立案・実施するためには、その影響をリスクという観点から体系的に検討する必要がある。

CN施策では、考慮すべきシステム範囲が格段に広く、適切な立案と速やかな実施・実現のためにはリスク分析と対策が不可欠である一方で、施策の実施主体だけでは網羅的な分析や対策ができない。本報告で提示するリスク検討フレームは、施策の実施主体が個別施策に内在するリスクを抽出するためだけのものではない。5つの側面の成立性という観点から施策の成立条件を体系的に確認し、多様なステークホルダーが共通認識の下で議論を行うための共通基盤として機能することを目的とする。

(3) リスク検討フレームの要件

このような役割を果たすために、リスク検討フレームは多様な施策に内在するリスクや外部の施策や状況から引き起こされるリスクを広範に、かつ体系的に提示する必要がある。そして、リスクマネジメントを行う施策主体が俯瞰的に施策に関連するリスク項目を抽出できる構成であることが必要である。そのために、CN施策推進に関するリスクを以下の3つの観点から整理する。

第1に、「施策の推進を阻害する可能性があるリスク」である。これは技術、経済、制度、社会、人材の5つの側面の成立条件が満たされないことにより、CN施策推進の継続が困難となるリスクである。このリスクとその原因を把握することにより、施策実施に先立って阻害要因を緩和又は排除するための対策を検討することができる。

第2に、「施策目標が達成できない場合のリスク」である。検討対象のCN施策が目標を達成できないことによる影響は、当該CN施策実施者のみならず広く産業や社会に及ぶことがある。当該CN施策が実現されることを想定して実施される他の施策の実施にも影響を及ぼすリスクがある。その帰結として、社会全体で気候変動の緩和ができないことによって引き起こされる地球環境や人間社会、生態系等に影響を及ぼすリスクまで想定される。このようなリスクを特定することは、施策の目標の適切性や重要性を実施者のみならず影響を受ける他の施策実施者を含むステークホルダーが共有し、資源配分の意思決定や他の施策と比較しての優先順位の検討に資することができる。

なお、施策を実施しないことによって、技術イノベーションの機会を失う、新たな市場創出の機会を失う、国際競争力を失う等の産業機会や経済機会を逸失するリスクが存在するが、CN施策としてではなく、産業施策としての議論であるため対象外とした。

第3に、「施策を推進し実現することに伴うリスク」である。CN施策はGHG排出量をネットゼロとし、その結果として気候変動緩和を目的とするが、その実現過程や実現後において、気候変動に対する好ましい影響とは独立した、土地利用、生物多様性、資源利用、地域社会、産業活動、消費生活等に対する新たな影響を生じる可能性がある。施策の持続可能性を確保するためには、このような副次的影響についてもあらかじめ検討する必要がある。

したがって、CN施策推進を目指すリスク検討フレームには、5つの側面の成立性を横断的に確認するとともに、施策の推進阻害原因となるリスク、目標が達成できない場合のリスク、施策を推進し実現することに伴うリスクを体系的に分析できることが求められる。

なお、リスク検討フレーム及びその活用方法は、CN施策の実施内容や主体によって変わりうるものである。今後の多様な主体の検討によって、フレームの改善や活用事例の集積が必要である。

3 リスク検討フレーム

CN施策は、技術開発、社会実装、制度整備、社会受容、及び人材育成の各段階において多様な不確実性を伴う。第2章で述べたように施策の成立条件を体系的に確認する観点から、リスク検討フレームは、リスクを3つの類型「施策の推進を阻害する可能性があるリスク」、「施策目標が達成できない場合のリスク」及び「施策を推進し実現することに伴うリスク」に整理する。

以下では、これら3つの類型に沿ってリスクを整理する。第1の類型については主として施策の成立条件の観点から、第2、第3の類型については主として影響を受ける対象の観点から整理する。なお、個々のリスク事象は複数の成立条件や主体に関連する場合があるため、多様な主体によるリスクの網羅的把握を目的として整理を行った。

(1) 施策の推進を阻害する可能性があるリスク

① 社会的合意の課題

ア 気候変動に関する認識不足

気候変動に関する科学的知見の認識不足により、CN施策の重要性、優先性、研究開発や投資、社会や産業転換の判断ができない。

イ 各主体の立場や利害の相違

経済的発展段階や想定される気候変動の影響、CN施策による利害や優先順位の相違がある主体間では施策実施に合意・協調できない。

ここで主体には、個人、企業、産業分野、行政組織、地域、国家、社会全体等が包括的に含まれる。

② 産業移行の課題

ア 企業の施策や検討の不備

施策立案時の検討不足、投資不足により、施策遂行ができない。下記のような課題により事業者の施策遂行が中断する。

イ 施策実装コストの増大

施策実装に伴う技術、企業経営、産業構造、社会生活の転換コストの増大によって、実装が進まない。

ウ 社会技術として対応すべきリスクの残存

実施者が施策実装や関連するサービス・事業転換を目指しても、人材や資源等のリソース不足や社会制度未転換、ユーザーの新規サービス・製品の不受容、既存サービス・製品の継続ニーズ等、社会技術として対応すべきリスクが残存する。

エ システムライフサイクルの課題

施策を実現するシステムの技術開発、システム設計、システム構築、システム運用、システム管理、システム廃止までのライフサイクル（以下、システムライフサイクル）が適切に進まない。ここでは例えば以下のような課題がある。

・技術開発において目標とする機能が達成できない。

- ・システム設計において要求される要素技術が存在しない。
- ・システム構築において要求される要素装置が存在しない。
- ・システム運用において安定性や安全性、信頼性が確保できない。
- ・システム管理において不具合の検出ができない、保守ができない。
- ・システム廃棄の方法が確立していない。
- ・システムライフサイクルの遂行を可能とする人材が不足する。
- ・システムを構築・運用する事業者が存立できない。

オ 製品ライフサイクルの課題

CN施策を実現する製品やサービスに必要な資源やエネルギーの入手から素材・製品生産やサービスの提供、使用、廃棄までのライフサイクル（以下、製品ライフサイクル）が適切に運用されない。ここでは例えば以下のような課題がある。

- ・必要な資源・素材・エネルギーが調達できない。
- ・素材・製品生産やサービス提供において有害物質や危険な廃棄物が発生する。
- ・製品やサービスの使用において安定性や安全性が確保できない。
- ・製品の廃棄・リサイクル方法が確立していない。
- ・製品やサービスが使用者に受容されない。
- ・ライフサイクル内の物流において安全に保管・輸送できない。
- ・製品ライフサイクル全体でのGHG排出量が既存技術より削減できない。
- ・ライフサイクルコストが既存技術に対して著しく上昇する。

③ 需要側の選択の課題

ア 既存製品・サービス利用の継続・CN施策による新製品・サービスの不選択

経済性や使い勝手、情報不足、消費者の非合理的行動等の理由により、新技術による製品・サービスが選択されない。

イ 選択の意義の認識不足や無力感

製品・サービスの地球環境への影響を認識できない、あるいは個人が地球環境を意識して行動を変化させても効果が小さいという無力感から、新技術による製品・サービスが選択されない。

④ 気候変動緩和効果に関する課題

ア 気候変動緩和に必要なCN施策の実現時期と内容の検討が不十分

- ・各分野の実施マイルストーンの設定が不十分である。
- ・CN施策の気候変動緩和効果の検討が間違っている。
- ・製品・サービスのライフサイクルとしての検討が不十分である。

イ 気候変動緩和に対して、CN施策の寄与の検討が不十分

- ・立案したCN施策自体は成功したが、その施策の実施だけでは、気候変動が食い止められない可能性がある。
- ・個別の施策実施を見ているため、俯瞰的な全体最適が実現できない可能性がある。

(2) 施策目標が達成できない場合のリスク

① 地球温暖化の進展に伴うリスク

CN施策が実現できない、あるいは実現できた場合でもそのGHG排出量削減効果が期待通りではなく、地球温暖化が進行し、その帰結としての気候変動が人間社会や生態系の大きなリスクであることは科学的に明らかである[1][2]。ここではこのリスクについての具体的列挙は割愛するが、リスク検討においては以下の指摘に留意する必要がある。

ア 非気候要因によるリスク

人為起源の非気候要因（例えば、天然資源の持続不可能な利用、生息地の分断、及び汚染物質による生態系の損害等の環境・生態系への負荷、人口増加、都市化、経済的格差等の社会経済的要因）が現在の生態系の気候変動に対する脆弱性を悪化させている。

イ リスクの偏在

人間の脆弱性は、地域や自治体の行政及び国の政府、コミュニティ、民間部門によるインフラや基本的サービスの提供能力が最も低いところに、将来的にも集中し続ける。

ウ 国境を越えたリスク

極端な気象と気候は、サプライチェーン、市場、及び天然資源の流れを通じ、国境を越えて経済的・社会的影響を引き起こしており、水、エネルギー及び食品の部門をまたいで国境を越えたリスクが増大すると予測される。

② CN施策未達成に伴う社会・経済・政策上のリスク

CN施策が実現できない場合には、地球温暖化の進展そのものによる影響に加え、国際的な協調体制、政策運営、産業活動及び社会生活にも様々な影響を及ぼす可能性がある。これらは気候変動の直接的な影響とは異なるが、CN施策の成否に伴って生じる重要な社会的リスクである。

ア 国際協調枠組みの混乱

CN施策が目標どおり実現できなかった状況で、CN施策進展や国力の差異等によって国際協調が混乱する可能性がある。

イ 政策枠組みの混乱

CN施策が目標どおり実現できなかった状況で、次の環境政策や経済政策、エネルギー政策、技術政策が混乱する可能性がある。

ウ 産業構造の混乱

CN施策が目標どおり実現できなかった状況で、事業環境の変化に伴う継続可能性が低下する可能性がある。

エ 社会生活の混乱

CN施策が目標どおり実現できなかった状況で、生活スタイル変化や生活コストの上昇、生活の快適性や満足感の低下等の影響がある。

(3) 施策を推進し実現することに伴うリスク

① 産業への影響

ア 事業者・事業分野間格差の拡大

CN施策に対応し展開できる事業者・事業分野とできない事業者・事業分野間で格差が拡大する可能性がある。

イ 必要とされる人材の変化

既存人材で、CN施策に関わる事業を運営したり、技術を開発することが困難になったり、CN施策で求められる人材が獲得できなかったり、移行期における既存技術を使用した製品・サービスやそれを支えるシステムの運営・保守に関わる人材が不足する可能性がある。

ウ 資金・投資の流れの変化

新たな産業・技術システムの参画により、投資の流れが急激に大きく変化し、CN施策に対応する事業の資金が不足したり、過度に集中する可能性がある。事業形態や製品・サービスが変化するために、既存事業投資の回収を行えない可能性がある。

エ 地域格差の発生

CN施策に関わる知的財産を押さえ新たな産業を育成できた地域・国、CN施策の遂行に求められる地理的条件を満たす地域・国と、そうでない地域・国と格差が発生する可能性がある。

② 資源・エネルギーに関するリスク

ア 供給の不足や不安定

- ・資源・水素等の新たなエネルギーキャリア・再生可能エネルギーの生産・輸送設備が不足したり、生産地の偏在や気候条件により不安定な供給になったりする可能性がある。
- ・新技術を用いたシステムに様々な問題が発生し、必要な量を安定的に供給できない可能性がある。
- ・供給される資源・エネルギーの質が安定しない可能性がある。

イ コストの変化

産業コストは、増加する可能性も減少する可能性もあるが、ここでは、リスクを好ましくない影響と捉えているので、増大の視点でまとめている。

- ・新システムに必要な原材料の確保が難しくなり、コストが増大する可能性がある。
- ・新システムが予定通りの稼働ができずに、コストが増大する可能性がある。
- ・新システムに付帯する送電・蓄電・輸送・貯蔵システムの設置、バックアップ設備の確保によるコストが増大する可能性がある。

- ・事業の小規模化によってスケールメリットが失われ、ネットワークメンテナンスや効率化に支障を来す可能性がある。
- ・重要技術の特許を他国・他企業に取得され、その知的財産使用に費用が発生する可能性がある。

ウ 技術への影響

- ・持続可能な炭素資源・水素等の新たなエネルギーキャリア・再生可能エネルギー等の生産・供給の安定化システムの技術開発、安全性、設置場所、コスト等に課題が発生する可能性がある。
- ・新技術のシステムの安全性の問題が発生する可能性がある。
- ・新システムの運用に専門的技術や熟練が必要となり、そのシステムの設置や運用に課題が発生したり、継続できなかつたりする可能性がある。

エ 既存技術の衰退

- ・新システムへの移行期に火力発電や石油化学等の既存技術及びその運転・保守技術が衰退する可能性がある。

オ 資金不足・事業継続の問題

- ・投資が不足したり、事業が安定化しなかつたり同業者との競争に勝てないことで、事業が継続できなくなる可能性がある。

カ システムライフサイクル・製品ライフサイクルの視点でのリスク

- ・第3章(1)②で記したシステムライフサイクル及び製品ライフサイクルに関する課題は、CN施策が実現した状況下でのシステム維持においても課題として発生することがある。

③ ハード・トゥ・アベイト産業⁵への影響

ア 業況の悪化

- ・石炭・石油・天然ガス等化石資源の生産・供給が縮小することによる価格高騰の可能性がある。
- ・炭素や化石資源を使用した製品やサービスの需要が減少する可能性がある。
- ・製品販売・サービスが不振に陥ったり、人材が集められなくなったりする可能性がある。
- ・安全投資が減少し安全性に問題が発生する可能性がある。
- ・上流や下流の関連産業、CN施策への転換に成功した産業にも影響が生じる可能性がある。

イ 新たな製造プロセスの課題

⁵ ハード・トゥ・アベイト産業とは、石炭や石油など炭素を多く含む化石資源を原燃料として使用し、電化が困難で、既存技術ではGHG排出削減が困難な産業を指す。例えば、鉄鋼、化学、セメント、紙・パルプ、航空、海運などの産業が該当する。

- ・ GHGを排出しない、あるいは大幅に削減できる新たな生産技術の開発、原材料転換、あるいは設備投資や新たな原材料調達、安全性、労働生産性、品質、コスト等の問題が発生する可能性がある。
- ・ 炭素循環システムの構築や運用に必要な技術や資金が不足したり、関係者との協調ができなかったり、コストの高騰によって循環システムが成立しなくなる可能性がある。

ウ 他施策への影響

- ・ ハード・トゥ・アベイト産業への影響が、他産業や経済全体に影響を及ぼす場合がある。

④ 気候変動以外への影響

ア 自然環境への影響

自然環境や、生態系、景観等に好ましくない影響を与える可能性がある。

イ 地域資源への影響

土地利用や水資源等の地域資源の枯渇・競合の問題を起こす可能性がある。

ウ 社会・生活への影響

生活環境が変化して、生活や社会活動に好ましくない影響を与える可能性がある。

エ 文化への影響

製品・サービスの変化や選択肢の減少等により、文化に好ましくない影響を与える可能性がある。

オ 新たな環境・健康・安全への影響

新たな製品・サービスの廃棄段階を含むライフサイクル全体や含有物質によって環境・健康・安全に好ましくない影響を与える可能性がある。

⑤ 生活への影響

ア 選択肢の変化

新たな製品・サービスの展開と既存製品・サービスの廃止によって生活スタイルの選択肢に影響をもたらす可能性がある。

イ 生活費の変化

新たな製品サービスの展開と既存製品サービスの廃止によって生活費に影響をもたらす可能性がある。新製品サービスへの切り替えのコストや手間がかかる可能性もある。

ウ 生活の快適性・満足感の変化

新たな製品サービスの展開と既存製品サービスの廃止によって生活の快適性や満足感に影響をもたらす可能性がある。

エ CNへ貢献している実感の変化

CN施策の成功に対する充実感の反面、快適性や満足感が得られず、CN施策受容性や参加に変化が起きる可能性がある。

⑥ 国・地域への影響

ア 経済・産業への影響

CN施策の進捗により、国・地域の制度・経済・産業・生活に影響をもたらす可能性がある。

イ 影響の差異の発生

地理的、経済的状況等の差異により CN施策の効果に差異が出る可能性がある。

ウ 国間、地域間格差の拡大

地理的、経済的状況等の差異により、経済格差や産業競争力格差が拡大する可能性がある。

⑦ 国際的リスク

ア 特定の国への依存

CN施策の進展状況で、資源確保や知的財産等で、特定の国への依存が強まる可能性がある。

イ 国際競争の激化

CN施策の主導権争いや資源や市場確保に関して競争が激化する可能性がある。

(1) 本リスク検討フレームの活用方法

本リスク検討フレーム活用の全体像を図1に示す。まず、①にて説明する施策マネジメント体制の中にリスクマネジメント体制を構築し、施策マネジメントとリスクマネジメントが協働して継続的に意思決定に反映できる体制とする。その上で、②にて説明するようにリスクマネジメントの前提条件を明確化する。第3章に示したリスク検討フレーム構造を参照しながら、③にて説明する施策の時間的進捗を示すXRLロードマップによって、第3章(1)に述べた推進阻害となるリスクを特定し、④にて説明するステークホルダーとその関係性を示すステークホルダー・マップを用いて原因となるステークホルダーを特定する。同様にステークホルダー・マップやシステムライフサイクル情報、他の施策情報から第3章(2)に述べた施策の遅延や中止による影響、あるいは第3章(3)に述べた施策の推進や実現による影響と、その影響を受けるステークホルダーを特定する。その結果を④にて説明するリスク・ステークホルダー対応マトリクスとして整理し、リスク評価及び対応策検討・実施へ展開する。

図1 リスク検討フレームを活用したCN施策のリスクマネジメントの全体像
(リスク評価及び対応策検討・実施は施策によって進め方が異なるため、本報告では具体的な手法として提示していない)

以下に、リスクマネジメント実施の要点を整理する。

① リスクマネジメント体制の構築

個々の施策のリスクマネジメントを実施するためには、施策を熟知し、リスクの原因と影響を受ける事象、さらにリスクの評価及び対策を検討できる専門知識をもったチームを構成し、意思決定者とリスクに関わる情報を共有できるリスクマネジメントを実施する必要がある。

検討すべきリスクの中には、国際情勢や政策変更、自然災害により発生するリスクのように、個別のマネジメント主体では、その発生を防ぐことが難しいリスクも含まれる。また、対象となるCN施策が実現できても、気候変動やその他の環境問題が解決できない可能性もある。これらのリスクの存在は認識し、対策を検討しておく必要があるので、リスクマネジメント体制においてもそのような知識が得られることが望ましい。

リスクマネジメント実施の間においても、必要に応じて、リスクの原因となる、あるいは影響を受けるステークホルダーが参加するサブチームの設置によるリスク項目の共有やリスク回避の検討、リスクマネジメントや施策に関わる専門家の参画によるマネジメントのレビュー、国際関係や環境学等の体制外の専門家への調査を行うことも必要である。

② リスクマネジメントの前提の明確化

リスク検討を始めるにあたって、迅速かつ的確な意思決定に反映するために以下の事項を議論し、明確にしておく必要がある。

- ・ マネジメントの対象となる施策の目標
- ・ 達成時期や実施期間
- ・ システムライフサイクルの範囲
- ・ リスク検討の結果を意思決定に活用する主体（例えば、行政における首長、企業における経営者、技術開発プロジェクトリーダー等）
- ・ リスクマネジメントにおける情報管理

以下の③④は、その後続くリスク評価、対応策の検討・実施と並行して継続的に実施し、施策やリスク対策の進捗に応じて繰り返す必要がある。

③ 検討すべきリスク項目の特定

構築したリスクマネジメント体制において、リスク検討フレームを参考にして、対象とする施策において検討すべきリスク項目とそれに関わるステークホルダーを特定する。本節では、リスク項目の特定について議論するが、次節④ステークホルダーの特定と並行して実施することが望ましい。

リスク項目としては、第3章のフレームの分類に応じて、以下のように検討を行う。

1) 「施策の推進を阻害する可能性があるリスク」 第3章(1)

立案から実施のすべてのフェーズを通して、施策遂行上の障害となるリスク項目を特定する。同時に、特定されたリスク項目に関わるステークホルダーを明確にする。

2) 「施策目標が達成できない場合のリスク」 第3章(2)

立案フェーズでは、施策の目標達成の必要性和実施者、産業、社会への役割を明確にする。実施フェーズでは、施策達成の遅延、計画変更、中止の判断が必要な場合に、影響を受けるステークホルダーとリスク項目を特定する。

3) 「施策を推進し実現することに伴うリスク」 第3章(3)

立案から実施までの移行期間及び実施後を含むすべてのフェーズを通して、施策の推進中や目標を達成した後に影響を受けるステークホルダーとリスク項目を特定する。

CN施策では、再生可能エネルギー・水素・アンモニア・(原料としての) 二酸化炭素・バイオマス・(再利用可能な資源としての) 廃棄物等、他の施策がその供給可能性を前提に進めている素材やエネルギー、社会インフラが少なくない。また、異なる施策が同じ資源・エネルギーを調達する場合に制約や競合が発生しうる。

リスク項目の特定には、第3章に示したフレームを参照しつつ、第2章で議論したように5つの側面の成立性という視点が必要である。そのために、X Readiness Level (XRL) の考え方を援用し、施策の時間的進捗におけるリスクを検討することが有効である。XRLは、内閣府第3期戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) で取り入れられた成熟度レベルの考え方であり、表1に示すように、施策の成立性に関わる5つの側面のそれぞれに対応する成熟度として、従来から技術開発水準の評価指標として用いられていた技術成熟度 Technology Readiness Level (TRL) に加え、ビジネス成熟度 (BRL)、ガバナンス成熟度 (GRL)、社会成熟度 (SRL)、人材成熟度 (HRL) を評価指標としている[23]。TRL以外の成熟度レベルを評価指標に加える考え方は、米国エネルギー省が提案する Adoption Readiness Level (ARL: 採用成熟度)⁶[24]等多くの提案があり、社会技術への適用の検討も行われている[25]。本報告では、成立性の5つの側面に対応させて施策の時間的進捗を検討できる点からXRLを採用した。

図1の全体像においては、施策成立条件やその時間的推進計画は施策マネジメントの中で議論し、XRLロードマップ(参考文献[23]に例が示されている)として作成され、また進捗管理されていると想定している。リスクマネジメントにおいては、このXRLロードマップと進捗管理情報を共有する。

⁶ ARLは、価値提案、市場受容性、リソース成熟性、事業許諾の4つの側面で評価を行う。XRLと同様な項目を含むが、投資、インフラ、人材がリソースに含まれるなどXRLとは分類が異なる。

表1 社会実装に向けた5つの成熟度レベル

(S I P資料[23]を参考に再構成した)

技術成熟度レベル：TRL Technology Readiness Level	技術が社会の技術要求水準に達するまでの段階
ビジネス成熟度レベル：BRL Business Readiness Level	事業が安定して成立するまでの段階
ガバナンス成熟度レベル：GRL Governance Readiness Level	制度や規制が完備するまでの段階
社会成熟度レベル：SRL Social Readiness Level	社会受容性が高まり、一定の普及水準に達する段階
人材成熟度レベル：HRL Human Resources Readiness Level	社会実装に必要な人的資源の育成と活用の段階

CN施策では、TRLの向上は不可欠である。しかし、TRLの進捗が順調であっても経済環境、政策動向、社会インフラとしてのシステム安全、地域や市民、NPOの協力や社会受容性、そして施策実施に必要な人材の確保等、一要因からシステムライフサイクル全体への波及が大きなシステムック・リスクとなることが想定される。さらに、異なる施策間のXRL進捗の時間的不整合に起因するリスクも想定される。このため、XRLの各成熟度の進捗を施策遂行の評価指標として捉えるだけではなく、施策の時間的進捗におけるリスクを抽出するツールと捉えた包括的なリスク検討が求められる。個別の施策のXRL進捗の想定から前記1)「施策の推進を阻害する可能性があるリスク」の特定ができる。加えて、異なる施策のXRL進捗の検討と総合し、相互の時間軸を含む依存関係を検討することによって、2)「施策目標が達成できない場合のリスク」、3)「施策を推進し実現することに伴うリスク」についても特定ができる。

④ ステークホルダーの特定

ステークホルダーの特定と異なるステークホルダー間の関係の理解、特定されたリスクとステークホルダーの関係の検討にはステークホルダー・マップやリスク・ステークホルダー対応マトリクスを作成し、可視化することが有効である。いずれも標準的なプロジェクトマネジメント手法として広く活用されている可視化手法を参考にしている[26]。

ステークホルダー・マップは、対象とする施策に関係するステークホルダーを列挙し、ステークホルダー間の物質やサービス、金銭、人材の流れ、政策等の関係を図示したものである。ビジネスモデルの分析や改善でもしばしば活用される。また、社会

学の分野において社会と人間の関係の分析手法として提案されているアクターネットワーク理論[27]と類似する手法である。

CN施策として二酸化炭素回収・利用の実施（CCU：Carbon dioxide Capture and Utilization）を例としたステークホルダー・マップの作成例を図2に示す。施策が実現できない原因となるステークホルダーとリスク（例えば、水素製造事業者の社会実装が遅れ調達ができない、金融機関が融資を行わない）、施策が実現できない結果として影響を受けるステークホルダーとリスク（例えば、CO₂排出事業者が想定したCO₂の受け入れ先がなくなる）、実現する結果として影響を受けるステークホルダーとリスク等が検討できる。

ステークホルダー・マップは、リスク検討において更新されるものである。特にリスク分類の2)や3)の検討においては、施策の遅延・中止・推進によって影響を受けるステークホルダー範囲が広がることが想定される。例えば、図2における「従来製品製造事業者」は、施策推進の障壁としてCCU実施事業者のリスク原因となり、施策推進・実現の結果として自身が事業縮小影響を受けるリスクがある。このような関係を共有することで、従来製品製造事業者が新規事業立案に活用する等、すべてのステークホルダーによるリスク対応策の検討を可能にする。

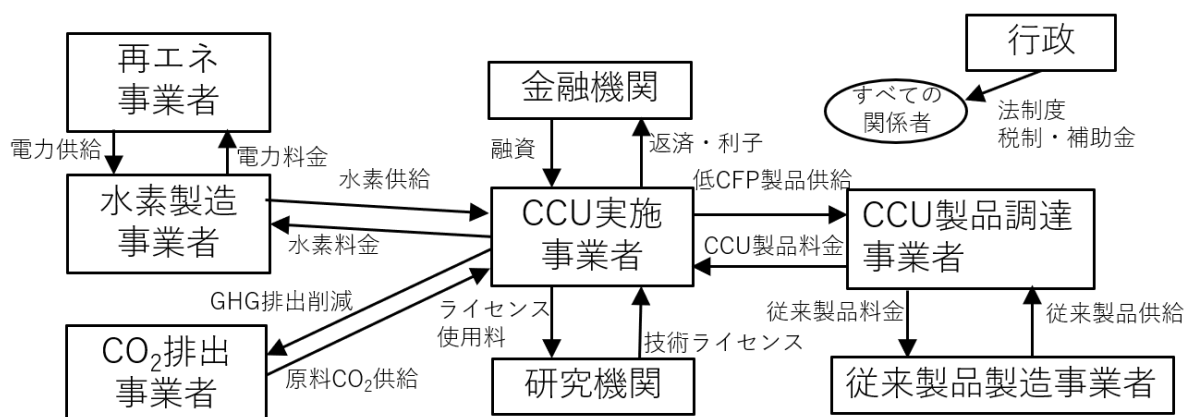


図2 二酸化炭素回収・利用（CCU）のステークホルダー・マップ例
(マップの概念を示すための例示である)

リスク・ステークホルダー対応マトリクスの活用によってリスクの原因となる、あるいは影響を受けるステークホルダーを検討できる。

第3章(1)の「施策の推進を阻害する可能性があるリスク」についてのリスク・ステークホルダー対応マトリクスの構造例(部分)を表2に示す。マトリクスの行は第3章で示したフレームのリスク項目を示し、列には、例のように一般的な名称を列挙することから始め、ステークホルダー・マップ作成と並行しながら特定されたステークホルダーをより具体的に列挙しながら分析することもできる。このマトリクス上で、リスクがあると判断される項目とその原因となる、あるいは影響を受けるステークホルダーとの交差要素をマークしたり、具体的なリスク事象を記述することでリスクの特

定を行うことができる。ここでは施策の推進を阻害する可能性があるリスクについて例示しているが、施策目標が達成できない場合のリスクや施策を推進し実現することに伴うリスクについても同様なリスク・ステークホルダー対応マトリクスを作成することも有効である。

表2 「施策の推進を阻害する可能性があるリスク」についての
リスク・ステークホルダー対応マトリクスの構造例(部分)

リスク項目		原因となる ステークホルダー	国際 関係	行政		事業者				研究 開発	市民	...
				国	地域	エネル ギー	製造	物流	...			...
① 社会的合 意の課題	1) 気候変動に関する認識不足											
	2) 各主体の立場や利害の相違											
② 産業移行 の課題	1) 企業の施策や検討の不備											
	2) 施策実装コストの増大											
	3) 社会技術として対応すべき リスクの残存											
	⋮											
③ 需要側の 選択の課 題	1) 既存製品利用の継続・CN 施策による新製品の不選択											
	2) 選択の意義の認識や無力感											
⋮	⋮											

(2) 実務者によるリスク検討事例

① 検討経緯

第3章で示したリスク検討フレーム及び前項(1)①で示した活用方法は、工学システムのリスクを広く検討してきた分科会内で議論し、安全工学シンポジウムにおいて一般参加者や関係する専門家との討議を経て構築したが、実務者による活用可能性の検証が必要との意見もあった。

公益社団法人化学工学会CN推進委員会では、学会として具体的なCN施策を策定し、社会に提言を行っている[6]。実務者による活用可能性の検証のために同委員会と連携し「カーボンニュートラル施策推進のためのリスク検討フレームワーキンググループ」(以下WG)を設置した[10]。メンバーは分科会メンバー3名を中心に、前項(1)①「リスクマネジメント体制の構築」に準拠し、CN推進委員会の提言の1つであるプラスチック資源循環システムに関わるステークホルダーを加えた12名である。内訳は、化学企業所属1名、プラントエンジニアリング企業所属1名、化学業界団体所属3名、金融機関所属1名、国立研究機関所属2名、大学研究者4名であり、CN推進委員会や化学工学会会員以外からも招聘した。

まず、前項(1)②「リスクマネジメントの前提の明確化」に従い、以下を合意した上で検討を進めた。

- 1) 検討対象CN施策として、CN推進委員会が立案した化学産業における炭素自立ビジョン[6]の中で化石資源に代わる炭素資源として取り上げられているプラス

チック・木質バイオマス・回収 CO₂ の中から、すでに複数の化学企業が技術開発を進めているプラスチックを取り上げる。すなわち、プラスチック資源循環システムがシステム範囲となる。

- 2) 化学産業として 2050 年に CN を達成する。すなわち、2025 年から 2050 年までの期間を想定する。
- 3) プラスチック材料を生産する化学産業の視点に立ち、その経営層がプラスチックリサイクルの事業化、社会実装を行う際意思決定の場でのリスク検討とする。

② フレームを利用したリスクの抽出

まず、WG メンバー各自が、第 3 章に示したリスク検討フレームを参照して、プラスチックリサイクル施策についてリスクを抽出した。このとき、表 2 のようなリスク・ステークホルダー対応マトリクスを作成し、リスクがあると判断される項目とその原因となるあるいは影響を受けるステークホルダーの該当部をマークし、その説明を付記する作業を行った。

このようにして抽出されたリスクを WG において討議し、プラスチックに関わるマテリアルフローをベースに図 3 に示すステークホルダー・マップを作成した。これによってステークホルダーとその意思決定項目を可視化し、どのステークホルダーの意思決定が、どのようなリスク事象の原因となるか、あるいはどのリスクがどのようなステークホルダーの意思決定に影響を及ぼすかを可視化した。なお、このステークホルダー・マップの作成においては、最初からシステム範囲やステークホルダーを特定することはしない。単純な構造から始め、リスク抽出と並行する討議によってステークホルダーやリスク項目を追加・統合したり、フロー構造を修正したりすることによって、WG におけるシステム範囲やステークホルダーの粒度・位置付けに対する理解を共通化する役割も持つ。

このような可視化図によって、ステークホルダーの連関とリスクの関係が WG メンバーにおいて共有された。さらにリスク事象の回避のために実施者が対策を実施できるか、協調すべきステークホルダー、さらに回避あるいは緩和方法の議論が可能となる。

施策によっては、ステークホルダー・マップはマテリアルフローベースではなく、資金フローや役務関係等をベースとして示すことも考えられる。図 3 においても、行政、金融、学術等フロー上では示すことができない重要なステークホルダーが存在する。この上に抽出されたリスク事象をマップに重ねて示したのが図 4 である。このマップから、化学企業の視点で、自社内で回避できるリスク、他者との連携が回避に必要となるリスク、発生すると施策遂行が困難になるリスク等をリスク群として整理ができる。ここから、リスクの重要度を評価・特定し、施策マネジメントと情報を共有し、回避・緩和策の検討・実施に進む。WG では、従来事業と比べてステークホルダー関係が複雑で、従来のようなハザードと発生確率の掛け算という定量化手法が適用

しがたいこと、政策や消費の影響を強く受けること等の指摘があったが、リスクの定量化や対応策の検討は今後の課題である。

この事例に対するWGでの一連の作業と討議によって、リスク検討フレームとその活用について、以下の点が確認できた。

- 1) リスク検討フレームとリスク・ステークホルダー対応マトリクスはリスク抽出に有益であった。また提示したフレームの網羅性は高いと評価された。一方で、リサイクル手法によるリスク項目の違いは明確にできず、技術選択等の意思決定では技術ごとの要求事項等の詳細化が求められる。
- 2) WGメンバーの専門性により、抽出されるリスクには差異があり、異なる専門性を持つメンバーの参画が重要である。例えば、化学企業・エンジニアリング企業は化学プロセスの設計からプラント建設・運転については経験があるが、廃棄物としてのプラスチックについては知見が少なく、プラスチックリサイクル分野の学術専門家の知見が有益であった。
- 3) マテリアルフローベースのステークホルダー・マップは、プラスチックリサイクルという事例については有効であったが、フローに含まれない政策決定者や金融、学術、社会が関わるリスクは適切に可視化できなかった。マップの作成方法について異なる事例による体系化の必要性が指摘された。
- 4) 可視化によって、従来業務や専門分野と関連性が小さいステークホルダーの重要性が認識できた。例えば、製品の下流であった消費者行動が自身の原料調達に与える影響が認識できた。さらにリサイクル制度専門家によって制度上のリスク原因が提示され、共有できた。

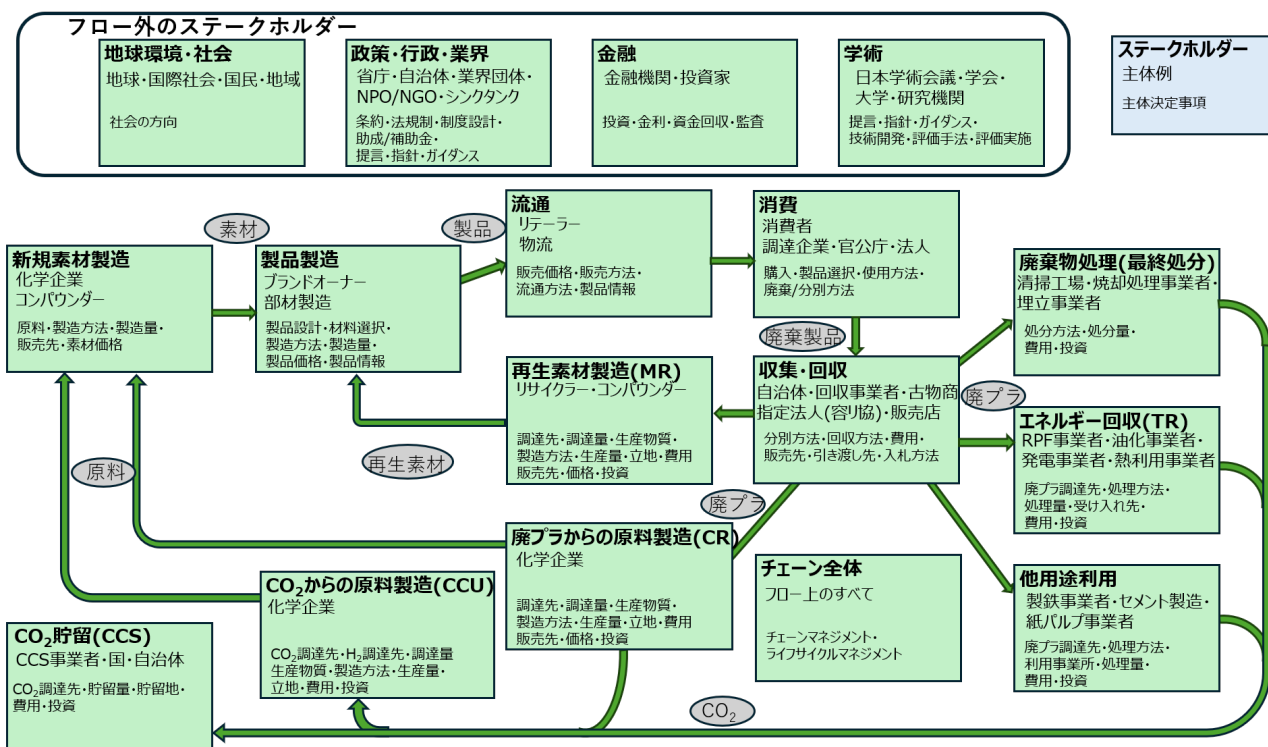


図3 プラスチックリサイクルに関わるマテリアルフローをベースに作成したステークホルダー・マップ

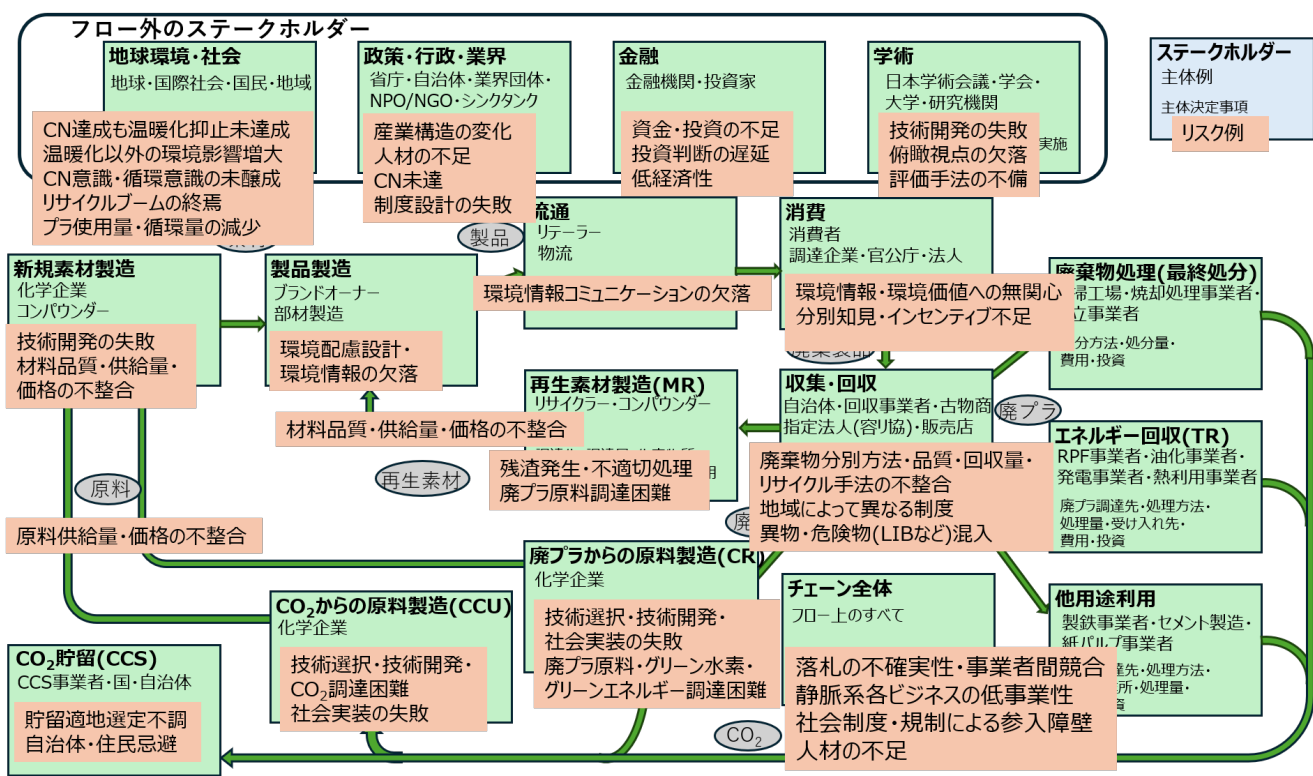


図4 プラスチックリサイクルに関わるステークホルダー・マップ上で特定されたリスク項目例

(3) リスク評価と対策検討に向けた課題

前節(2)で示した実務者によるリスク検討では、リスク検討フレームを活用することにより、従来は個別に議論されていた技術、資源、制度、社会受容性、人材等の課題を統合的に整理し、多様なステークホルダーとの関係の中で可視化できることが、今回対象とした化学産業におけるプラスチック資源循環システムという1産業分野の1事例において確認された。今後は多様な分野の異なる施策での適用を行い、その結果を蓄積し、継続的にリスク検討フレームとその活用方法を改善する必要がある。例えば、国や自治体等の政策立案者は、規制緩和施策、補助金や税制等の経済施策等が対象となるが、その施策の影響を受ける主体の多くが民間事業者や地域であり、民間事業者が実施する施策や地域への影響を第3章(2)及び(3)を活用して検討する必要がある。加えて、第3章(1)に挙げた民間事業者における施策推進を阻害するリスクを認知し、政策でリスクを緩和する施策検討も必要とされる。産業や金融機関の施策では、第3章(1)に挙げた施策推進を阻害するリスクの回避・緩和が重要となるが、従来と同様の技術的及び経済的成立性に関わるリスクにとどまらず、制度的、社会的及び人的成立性について表1に挙げた5つの成熟度によるリスク検討が欠かせない。第3章(2)の活用によって、実施主体内部のリスク事象による施策実施遅延や中止が外部の施策に与える影響を認識することも必要である。特に、CN施策として活用が期待される再生可能エネルギーやグリーン水素、バイオマス、廃棄物を利用する施策では、産業間や地域社会の連携施策の立案も求められる。第4章(2)で紹介したCN推進委員会は、周南コンビナートの脱炭素施策の推進のための産学官民連携組織[28]に参画し、同地域のCNロードマップ策定を議論している。その成果は、参画企業社員とその家族、省庁や市の職員、市民、地元高専生、研究者らが参加するシンポジウムで共有している[29]。このような場合は、域内産業構造の変化に対する地域社会のステークホルダーによる受容性の違いを相互に理解し、リスクを低減する活動となっている。教育研究機関においては、技術成熟度に関わるリスクを把握すると共に、社会実装を視野に入れ、産業等と協調して5つの成熟度にかかわるリスクを包括的に共有することが求められる。特に人的成立性に関わるリスクを回避する役割を認識する必要がある。

このように、CN施策に伴うリスクは、技術、経済、制度、社会及び人材に関わる多様な要因が相互に影響しながら発現する。そのため、個別技術や個別主体を対象とした従来のリスク検討だけでは十分ではなく、施策全体の成立条件とステークホルダー間の関係性を踏まえた包括的な分析と評価が求められる。特に、政策変更、市場動向、国際情勢、社会受容性、人材確保等に関わるリスクは定量化が難しく、また複数のリスクが連鎖的又は同時に発生することによって施策全体へ影響を及ぼす可能性がある。本フレームは、特定されたリスクの評価や対応策の検討について具体的な手法を提示するものではないが、施策の成立条件とステークホルダー間の関係性を分析し、議論する共通言語となるものである。

したがって、今後はリスク検討フレームを活用した事例の蓄積を進めるとともに、リスクの重要度評価手法、ステークホルダー間でのリスク共有手法、対策の優先順位付け

手法等について検討を進める必要がある。また、本フレームが国、自治体、企業、研究機関、金融機関、地域社会など多様な主体の共通言語として活用され、主体や施策分野ごとにフレームの詳細化を行ったり、活用手法をガイドライン等として具体化したりすることも望まれる。本フレームは、そのような評価及び意思決定の基盤として機能し、カーボンニュートラル施策の円滑かつ効果的な推進に資することを期待する。

5 報告のまとめ

気候変動は、地球全体の持続可能性に対する脅威であり、その緩和のためにCNを達成し、さらにGHG排出量を負にすることが必須である。その危機意識の共有の下で、国、企業、研究機関、地域社会等、多様な主体が様々な施策を立案し推進している。一方で、CN施策は、エネルギーシステム、資源循環システム、産業構造及び社会システムの変革を伴うため、その推進過程及び実現後において、環境、健康、経済及び社会に対する様々な影響や不確実性が生じる可能性がある。

このようなリスクが事後的に明らかになることは、その対策のために施策推進の中止や遅延につながる。このためには、CN施策の立案時からリスク検討を行い、事前的にリスクを把握し、その原因となる、あるいは影響を受けるステークホルダーを特定し、速やかに対策をとることがCNの早期の実現につながる。

加えて、CNの実現には、エネルギー転換のみならず、資源循環、産業構造の変革、社会システムの再構築を含む長期的かつ広範な取組が必要であり、個別技術の開発や導入だけでなく、経済性、制度整備、社会受容性、人材確保等、多様な成立条件を満たすことが求められる。現状のCN施策の検討では、個別技術や個別分野ごとの議論が中心であり、施策間の相互依存性や社会全体への影響、さらには施策推進を阻害する要因や実現後に生じる新たな課題を俯瞰的に検討するための共通的な枠組みは十分に整備されているとはいえない。

本報告では、CN施策に関わるリスクを、「施策の推進を阻害する可能性があるリスク」、「施策目標が達成できない場合のリスク」、「施策を推進し実現することに伴うリスク」の3つに分類し、それらを技術、経済、制度、社会及び人材に関わる5つの側面の成立性の観点から体系的に検討するためのリスク検討フレームを提示した。また、ステークホルダー・マップやリスク・ステークホルダー対応マトリクス等の活用方法を示し、多様な主体による実践的なリスク検討の考え方を整理した。

本フレームの目的は、リスクを網羅的に列举し、個別施策のリスク項目の特定を支援することだけではなく、CN施策の成立条件を体系的に確認し、多様なステークホルダーが共通認識の下で議論を行うための基盤を提供するものである。また、施策推進の障害を抽出することを目的とするものではなく、施策の成立条件を早期に把握し、多様な主体が共有することによって、CN施策の円滑かつ効果的な実施を支援することに意義がある。特に、施策の立案段階からリスクを共有し、事後的な対応ではなく、事前に対策を検討するフィードフォワード型の意思決定を支援することに意義がある。

今後、国、自治体、企業、研究機関、金融機関、地域社会、NPO等、多様な主体において、本フレームを活用したリスク検討とステークホルダー間、及び施策間での対話が進むことを期待する。また、実際の活用事例や社会情勢の変化を踏まえながら、継続的な改善と発展が図られることが望まれる。さらに、本報告には含まれないリスクの定量的評価や対策検討における優先順位決定、具体的な対策の考え方等の知見の蓄積と体系化が必要である。体系化においては、個別にリスク評価や社会的合意のための検討や施策が進めら

れ、かつ社会・産業からの関心も大きい原子力技術[30]、再生可能エネルギー技術[31][32]、水素・アンモニア等の新規エネルギーキャリア利用の技術[29]等の連携が求められる。

CN施策の推進においては、温室効果ガス排出削減効果のみを評価軸とするのではなく、その成立条件と社会的影響を俯瞰的に検討し、多様な主体がリスクと機会を共有しながら意思決定を行うことが重要である。本報告で示したリスク検討フレームが、そのための共通言語として活用され、持続可能でレジリエントなCN社会の実現に寄与することを期待する。

<参考文献>

- [1] IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) (2021-2023) Sixth Assessment Report
<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>
- [2] IPCC 第6次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約(文科省、経産省、気象庁、環境省暫定訳)、2024年11月
<https://www.env.go.jp/content/000265059.pdf>
- [3] European Commission (2023-2026) Carbon Border Adjustment Mechanism -The EU' s environmental policy tool for fair carbon emissions pricing
https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/first-circular-economy-action-plan_en
- [4] 環境経済・政策学会、環境論壇「岐路に立つグローバル化と環境政策」掲載論文17報、19巻1号、2026年3月31日、26-111
https://www.jstage.jst.go.jp/browse/reeps/19/0/_contents/-char/ja
- [5] 経済産業省、GX2040ビジョン ～脱炭素成長型経済構造移行推進戦略 改訂～、2025年2月
<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218004/20250218004-1.pdf>
- [6] 公益社団法人化学工学会地域連携カーボンニュートラル推進委員会、カーボンインディペンデンス(炭素自立)ビジョン3.0:CO₂排出削減が困難な産業の循環経済への変革
<https://www.cn.scej.org/wp-content/uploads/2025/09/Carbon-Independence-Vision-3.0-1.pdf>
- [7] 日本学術会議、提言「気候危機に対処するための産官学民の総力の結集ー循環経済を活かし自然再興と調和する炭素中立社会への転換ー」、2025年10月27日
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-26-t393-2.pdf>
- [8] 日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会、見解「工学システムに対する「安心感」の醸成」、2023年9月27日
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-25-k230926-3.pdf>
- [9] 日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会、提言「工学システムの社会安全目標の新体系」、2020年8月28日
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t293-5.pdf>
- [10] 公益社団法人化学工学会地域連携カーボンニュートラル推進委員会リスク検討フレームワーキング
https://www.cn.scej.org/activity/working/risk_consideration_framework/
- [11] 環境省、日本のNDC(国が決定する貢献)、2025年2月18日
<https://www.env.go.jp/content/000291804.pdf>

- [12] 日本経済団体連合会、経団連カーボンニュートラル行動計画、2025 年 3 月 30 日
<https://www.keidanren.or.jp/policy/2025/087.html>
- [13] World Resources Institute and World Business Council for Sustainability、温室効果ガス(GHG)プロトコル 事業者排出量算定報告基準改訂版（日本語版）、2005 年 3 月
<https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/corporaterevised-edition-japanese.pdf>
- [14] World Resources Institute and World Business Council for Sustainability、企業のバリューチェーン（スコープ 3）算定と報告の標準 -GHGプロトコル 企業の算定・報告基準の補遺-（環境省日本語訳）、2011 年 9 月
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/Scope3_Guideline.pdf
- [15] JST 低炭素社会実現のための社会シナリオ研究事業、カーボンニュートラル：明るく豊かな社会か暗く貧しい社会か、2025 年 3 月
https://www.cn-scenario.rcast.u-tokyo.ac.jp/wp-content/uploads/2025/04/2025-0300-JST_暫定版シナリオ報告書-2025-04_修正.pdf
- [16] Akito Ozawa, Tsamara Tsani, Yuki Kudoh, Japan's pathways to achieve carbon neutrality by 2050 - Scenario analysis using an energy modeling methodology, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 169, November 2022, 112943
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112943>
- [17] 地球環境産業技術研究機構、カーボンニュートラルに向けたトランジションロードマップの策定（2025 年度版）、2026 年 4 月 10 日
<https://www.rite.or.jp/system/global-warming-ouyou/download-data/FY2025sectorroadmap.pdf>
- [18] 自然エネルギー財団、自然エネルギーによるエネルギー転換シナリオ（第 1 版改訂版）、2024 年 12 月 24 日
https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REI_2040senario_rev-edition_20241224.pdf
- [19] 東京大学 未来戦略 L C A 連携研究機構、種々の制約を未然に回避しセクター間の対立を考慮した 2050 年のネットゼロに移行した日本、2026 年 2 月
<https://utlca.box.com/shared/static/capkk7zy2i4p94mf4r1xn58lrhy0ikji.pdf>
- [20] 国立環境研究所、自治体の不燃系廃棄物処理施設および小型家電リサイクル施設におけるリチウムイオン電池に起因した発火・火災対策に関する技術資料 ―リチウムイオン電池起因の発火・火災対策ガイドライン―、2024 年 10 月
https://www-cycle.nies.go.jp/jp/report/pdf/2024_LIB_ignition_guideline.pdf
- [21] Atsushi Terazono, Masahiro Oguchi, Hiroyuki Akiyama, Hiromitsu Tomozawa, Toru Hagiwara, Jo Nakayama, Ignition and fire-related incidents caused by

- lithium-ion batteries in waste treatment facilities in Japan and countermeasures, Resources, Conservation and Recycling, Volume 202, March 2024, 107398
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107398>
- [22] International Organization for Standardization (2018), ISO 31000:2018 – Risk management – Guidelines
- [23] 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局、次期戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の検討状況について、2022 年 9 月
https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/taskforce/smartbousai_3/siryo5.pdf
- [24] U. S. Department of Energy, Adoption Readiness Levels (ARL) Framework
<https://www.energy.gov/technologycommercialization/adoption-readiness-levels-arl-framework>, 2026 年 8 月 26 日参照
- [25] Steve Griffiths, Joao M. Uratani, Dilar Al Kez, Aoife M. Foley, Vanessa Chan, Aligning sociotechnical systems perspectives and adoption readiness levels to accelerate clean energy adoption, Nature Reviews Clean Technology, Volume 2, March 2026, 231-244
<https://doi.org/10.1038/s44359-026-00146-5>
- [26] Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 8th edition, January 13, 2026
- [27] ブリュノ ラトゥール (伊藤嘉高訳)、社会的なものを組み直す: アクターネットワーク理論入門、法政大学出版局、2019 年 1 月 11 日
- [28] 周南コンビナート脱炭素推進協議会、周南コンビナートの脱炭素を産・学・官・民で共創する
<https://sicdpc.com/>
- [29] 周南コンビナート脱炭素推進協議会シンポジウム、周南から発信する未来のカーボンニュートラル社会、2026 年 4 月 27 日
https://sicdpc.com/activity/event/2026/0314_report/
- [30] 日本学術会議総合工学委員会原子力安全に関する分科会、提言「原子力安全規制の課題とあるべき姿」、2020 年 6 月 30 日
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t290-6.pdf>
- [31] 日本学術会議総合工学委員会エネルギーと科学技術に関する分科会、提言「長期の温室効果ガス大幅排出削減に向けたイノベーションの加速」、2020 年 5 月 12 日
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t289-1.pdf>
- [32] 日本学術会議総合工学委員会エネルギーと科学技術に関する分科会、見解「活動的縁辺域における持続可能な洋上風力発電開発に向けて – 海底地質リスク評価の重要性 –」、2023 年 9 月 22 日
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-25-k230922-5.pdf>

＜参考資料１＞ 審議経過

総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会における審議経過

2024 年 1 月 29 日 第 1 回分科会

役員の選出、活動方針について

2024 年 2 月 26 日 第 2 回分科会

安全工学シンポジウムについて

2024 年 10 月 1 日 第 3 回分科会

第 26 期活動計画について

2024 年 11 月 1 日～11 月 11 日 第 4 回分科会

分科会委員の追加について

2025 年 2 月 16 日 第 5 回分科会

意思の表出骨子の内容について、安全工学シンポジウムについて

2025 年 4 月 28 日 第 6 回分科会

意思の表出申出書の内容及び「見解」骨子について、安全工学シンポジウムについて

2025 年 10 月 11 日 第 7 回分科会

「見解」案について

2026 年 1 月 6 日 第 8 回分科会

「見解」案について

2026 年 1 月 12 日 第 9 回分科会

「見解」案について

2026 年 7 月 5 日 第 10 回分科会

「見解」案について

2026 年 8 月 24 日 第 11 回分科会

「見解」案について

2026 年 9 月 21 日 第 12 回分科会

「報告」案について

CN 施策推進のためのリスク検討フレームの活用方法については、公益社団法人化学工学会地域連携 CN 推進委員会 CN 施策推進のためのリスク検討フレーム WG にて審議した。

2025 年 1 月 18 日 第 1 回 WG

日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同「工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会」が取りまとめた記録「カーボンニュートラル施策推進のための影響検討フレームの構築」（2023 年 9 月）の骨子について説明を行った。

2025 年 2 月 7 日 第 2 回 WG

施策立案者としてフレーム活用の可能性について議論し、公益社団法人化学工学会地域連携 CN 推進委員会が立案している施策のうち、プラスチックリサイクルを事例とし

て、各 WG 委員が化学産業の視点からリスク検討フレームの適用を検討することを決定した。

2025 年 3 月 3 日 第 3 回 WG

各 WG 委員がフレームを適用した結果について報告し、フレームの適用可能性を議論した。

2025 年 4 月 22 日 第 4 回 WG

前回に引き続き、各 WG 委員がフレームを適用した結果について報告し、フレームの適用可能性を議論した。

2025 年 5 月 20 日 第 5 回 WG

各 WG 委員がフレームを適用し、抽出されたリスクを整理し、リスク影響を受けるステークホルダーとリスク原因となるステークホルダーを明確にする必要性を確認した。

6 月 26 日に開催する安全工学シンポジウム 2025（主催：日本学術会議）における企画セッション「カーボンニュートラル施策のリスク検討フレームープラスチックリサイクル施策を例としてー」における議論に協力した。

2025 年 6 月 19 日 第 6 回 WG

プラスチックフローに沿って影響を受けるステークホルダー、原因となるステークホルダーを整理し、抽出したリスクを含めて可視化することを検討した。

安全工学シンポジウム 2025 開催内容について協力した。

2025 年 8 月 8 日 第 7 回 WG

6 月 26 日に開催した安全工学シンポジウム 2025 における企画セッションの開催結果を分科会委員より報告し、これまでの検討で不足している点について検討を加えた。

プラスチックフローに沿って可視化したリスクについて、その意義を議論した。

2025 年 9 月 2 日 第 8 回 WG

プラスチックフローに沿って可視化したリスクについて、その意義と活用の可能性について議論した。

＜参考資料２＞ 安全工学シンポジウム開催

安全に関する学際的なシンポジウムとして日本学術会議主催で 40 年以上にわたり継続して実施されている。

（１） 安全工学シンポジウム 2024

1. 開催日時 令和 6 年（2024 年） 6 月 26 日（水）～6 月 28 日（金） 9:30～17:00

2. 開催形式

主催：日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会

共催：安全工学会、他 32 学協会

3. 開催場所等

日本学術会議講堂、会議室 5-A(1)、6-A((1)(2))、6-C((1)(2))+ZOOM によるハイブリッド開催。4 つの平行セッションで、すべての会場でハイブリッド開催。

4. テーマ

「カーボンニュートラル施策のリスク検討フレーム –プラスチック資源循環を例として–」

5. 開催趣旨：

令和 6 年（2024 年）度は、「技術・社会の変化と安全工学のパラダイムシフト」のテーマのもと開催する。異分野間での安全に対する取組の差異、あるいは共通する理念について有意義な意見交換が期待でき、日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会で進めている「カーボンニュートラルリスク検討フレーム構築」の検討成果について広く一般への発表がなされるとともに、多分野の専門家からの意見集約を行う。

6. 概要：

CN 施策の影響には、施策の主目的にもなっている地球温暖化対策の成否から、産業への影響や、生活の利便性への影響まで多様である。このような社会に大きな変革を与える技術施策を考える際は、その施策の完遂を妨げる可能性やその施策がもたらす社会への多様な影響を事前に検討しておく必要がある。本セッションでは、CN 施策のリスク検討フレームについて概観し、化学工業の CN を題材としたリスク視点の一整理、産業の CN 施策がプラスチック資源循環に与える影響、CN 化に伴うリスクを踏まえたプラスチックの廃棄と製造方法、の講演のあと、体系的に整理した CN 施策において検討すべきリスク項目の適用について議論した。

（２） 安全工学シンポジウム 2025

1. 開催日時 令和 7 年（2025 年） 6 月 25 日（水）～6 月 27 日（金） 9:40～17:00

2. 開催形式

主催：日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会

共催：一般社団法人日本原子力学会、他 31 学協会

3. 開催場所等

日本学術会議講堂、会議室 5-A(1)、6-A((1)(2))、6-C((1)(2))+ZOOM によるハイブリッド開催。4つのパラレルセッションで、すべての会場でハイブリッド開催。

4. テーマ

「カーボンニュートラル施策のリスク検討フレーム –プラスチックリサイクル施策を例として–」

5. 開催趣旨：

令和7年（2025 年）度は、「社会と工学で共創する安全」のテーマのもと開催する。異分野間での安全に対する取組の差異、あるいは共通する理念について有意義な意見交換が期待でき、日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会で進めている「カーボンニュートラルリスク検討フレーム構築」の検討成果について広く一般への発表がなされるとともに、多分野の専門家からの意見集約を行う。

6. 概要：

CN施策の影響には、施策の主目的にもなっている地球温暖化対策の成否から、産業への影響や、生活の利便性への影響まで多様である。このような社会に大きな変革を与える技術施策を考える際は、その施策の完遂を妨げる可能性やその施策がもたらす社会への多様な影響を事前に検討しておく必要がある。本セッションでは、循環型産業への転換によるカーボンインディペンデンスの実現について概要し、化学産業におけるプラスチックリサイクルのリスクと社会実装、プラスチック汚染と他の環境問題とのトレードオフ、の講演のあと、体系的に整理したCN施策において検討すべきリスク項目の適用について議論した。