

小型モジュール炉の社会実装を支援 する社会総合リスク情報基盤

成果報告会説明資料

横浜国立大学

研究代表者：澁谷忠弘

SMRの社会実装における要件

1. カーボンニュートラル施策に資するエネルギー要件を満足すること

① 社会受容性の獲得

- ここでいう社会受容性とは、市民のみならず行政、産業等のすべてのステークホルダーの受容性

2. 他のエネルギーシステムに対して、社会実装に関する相対的優位性を有していること

① 新エネルギーシステムを相対的に比較できるフレームが必要

- 影響を評価する指標をリスクとして整理
- 評価するリスクの分析前提の明確化

② 各評価項目を総合的に評価する構造があること










社会受容性を評価するリスク基準・指標の要件

- エネルギーシステムの社会実装要件を多様な視点で体系的に評価すべき事項を整理
 - 各エネルギーシステムの社会実装の課題を整理し、その対応の検討に資する
 - **SMRの社会実装の為に確保すべき利点と対処すべき課題の明確化**
- 設定した評価大項目（第1階層）
 - 社会活動・生活のインフラとして重要な安定供給の視点
 - エネルギーシステムの地球温暖化対応の視点
 - エネルギーを供給する産業としての成立性・継続性の視点
 - 地域に与える雇用・安全等の視点
 - 科学技術イノベーション、経済、他の環境等の多様な事項への影響の視点
- 設定した評価中・小項目
 - 中項目（第2階層） 17個
 - 小項目（第3階層） 38個

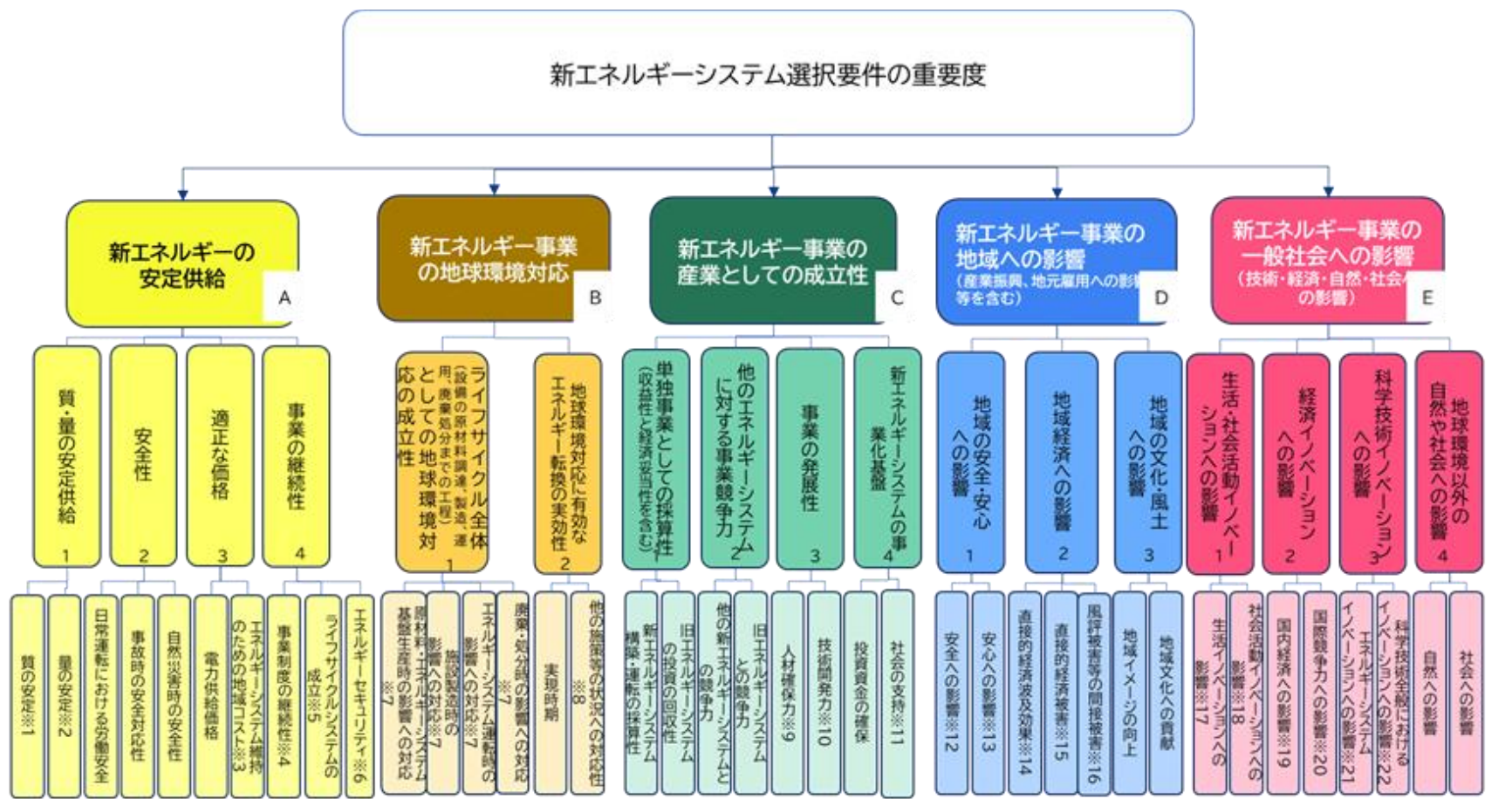
評価フレームの目的と特徴

- 評価すべきリスクの受容基準をリスク基準として設定
 - リスク基準は、算定したリスクと比較し、その受容性を判断する必要がある事項を設定
 - リスク基準は、新エネルギーシステムに共通な事項を設定し、原子力に適用するリスク基準を評価内容がわかりやすい表現で設定
 - リスク基準と比較するリスクの分析条件を設定
- リスク基準と比較するリスク指標を設定
 - 原子力の評価リスクは、SMRと革新炉で共通の指標とする
- 定量的なリスク基準の設定とリスク評価のために必要な調査事項を整理
- フレームの現状
 - 全体としてのリスク表現を調整
 - 大項目毎に検討した結果を全体フレームとして過不足が無い状況に整理中

年度計画

	R4	R5	R6
SMRに対して未整備となっているリスク情報基盤の整理と深化(澁谷) ①各分野のリスク情報の再整理 ②SMR評価に必要なリスク情報の精査 ③リスク情報の高度化			
社会総合リスクを考慮した包括的なシナリオ想定と影響予測手法の開発（野口+具） ①エネルギーシステムとしての要件整理とリスク指標の体系化 ②リスク指標毎のリスク特定とシナリオ抽出 ③リスク分析，評価手法指針開発			
SMRに対する社会総合リスク評価の試行（全員） ①検討対象とするSMRのモデル策定 ②SMRのリスク分析の実施 ③SMRの社会受容の視点からみた課題及び対応案の整理			

エネルギーシステムとしての要件整理と リスク指標の体系化



※1 電圧や周波数の安定性等
 ※2 発電原材料の供給、環境変化等における供給量の変化、事故時の復旧性、規制、定期点検による供給停止等における供給における安定性
 ※3 事故対応や地域防災を含むコスト
 ※4 推進政策、規制等
 ※5 原材料確保～廃棄処分の一連のサイクルが成立していること
 ※6 エネルギーセキュリティ

※7 地球環境対応として、CO2排出量削減や水等の環境資源の保護
 ※8 他の施策とは：国際状況変動や政策・規制・生活・経済視点の要求、技術開発遅れなどの対応施策

※9 新規人材や教育による人材の確保
 ※10 大学・研究機関や企業の研究開発力
 ※11 政府・投資家・市民などの支持

※12 安全とは、事故、自然災害、テロ攻撃等に関連して、地域住民の生命・生活・地域環境に及ぼす被害で大きいリスクがないこと
 ※13 安心とは、事故、自然災害、テロ攻撃等に関連して、地域住民の生命・生活・地域環境に及ぼす不安がなく、信頼性があること
 ※14 システム建設・運用時に与える経済効果
 ※15 事故時に地域産業に与える影響がないこと
 ※16 立地地域に関連する、日常や事故時の風評等による被害がないこと

※17 エネルギーシステムの変化が生活にもたらす直接的間接的影響
 ※18 エネルギーシステムの質化が社会活動等にもたらす直接的間接的影響
 ※19 国内の産業や消費への影響
 ※20 国内外の日本企業の競争力への影響
 ※21 エネルギーシステムそのものの機能や多様性による貢献
 ※22 エネルギーに関連した科学技術の発展への貢献

重要度分析結果

- 全ての回答者グループにとって、安定供給の重要度が高い
- インフラ事業従事者（電気・ガス・水道業）では、安定供給とともに産業成立性の重要性が相対的に高くなった（R4成果はEnergy Reportで採択済）
- 原子力システムに特化した調査（R5）では、
 - 地球環境対応の重要度が上昇（安定供給と同程度）
 - 安全性への要求が相対的に高くなる傾向（成果は現在国際雑誌へ採択済）
- 各項目の重みの定量評価に関する妥当性確認は、R6実施

具体的な評価をするためのリスク指標

- 原子力と再生エネルギーシステムが比較可能なフレームを構築
- 各項目について、リスク基準及びそれぞれについて定量評価に必要な項目を抽出
 - 安定供給の視点（20項目）
 - 地球温暖化対応の視点（23項目）
 - 産業としての成立性・継続性の視点（16項目）
 - 地域に与える雇用・安全等の視点（26項目）
 - 多様な事項への影響の視点（27項目）
- 上記リスク基準と比較するためのリスク指標を設定

SMRのリスク分析

- SMR社会実装リスクに対する評価基準を以下の3つの視点に分けて評価する手法を開発。
 - カーボンニュートラル（CN）施策自体の推進リスク
 - カーボンニュートラル施策推進の中で、再生エネルギーと比較して、原子力システムを選択してもらうための検討すべきリスク
 - 原子力システムの中でSMRを選択してもらうために検討すべきリスク

SMRを検討する際のリスクカテゴリ

リスク カテゴリ	CN推進 リスク	原子力リ スク	SMR リ スク	カテゴリの特徴
1	中～高	中～高	中～高	CN施策自体の推進に障害があり、エネルギー 施策全体の推進策の強化が必要
2	中～高	中～高	低	SMRが最も推進される要件
3	中～高	低	低	SMRを含めた原子力が推進される要件
4	低	中～高	中～高	原子力として解決すべき要件
5	低	中～高	低	SMRを選択すれば原子力が受入れられる要件
6	低	低	中～高	SMR特有の課題

再生可能エネルギーの推進リスク

起りやすさ評価基準	SMRの選択を妨げる可能性	影響の大きさの評価基準	SMR選択に与える好ましくない影響
5	ほぼ確実	5	大きな障害となるレベル
4	かなり高い	4	推進を妨げるレベル
3	可能性がある	3	一定の影響があるレベル
2	状況によって発生する可能性がある	2	大きな状況の変化がない限り影響は少ない
1	可能性は小さい	1	影響は少ない

再生エネルギーと比較して、原子力システムを選択してもらうための検討すべきリスク

起りやすさ評価基準	SMRの選択を妨げる可能性
5	ほぼ確実
4	かなり高い
3	可能性がある
2	状況によって発生する可能性がある
1	可能性は小さい

影響の大きさの評価基準	SMR選択に与える好ましくない影響
5	社会全体が原子力システムに反対するレベル
4	原子力システムの選択に対し立地地域で反対が大きくなるレベル
3	原子力システムの選択の問題が指摘されるレベル
2	原子力システムの選択に一部に反対意見がある
1	原子力システムの選択に影響がない

原子力システムの中でSMRを選択してもらうために検討すべきリスク

起りやすさ評価基準	SMRの選択を妨げる可能性
5	ほぼ確実
4	かなり高い
3	可能性がある
2	状況によって発生する可能性がある
1	可能性は小さい

影響の大きさの評価基準	SMR選択に与える好ましくない影響
5	社会全体がSMRシステムに反対するレベル
4	SMRの選択に対し事業者が選択しなくなるレベル
3	SMRの選択の問題が指摘されるレベル
2	SMRの選択に一部に反対意見がある
1	SMRの選択に影響がない

安全問題が原因で地元が受入れないリスク

	リスク要素	再エネリスク	原子力リスク	SMRリスク
1) 地域に影響をもたらす事故の発生自体が受入れられない	起りやすさ	2	1～2	1～2
	影響	1～2	5	3～4
2) 事故が発生した際の避難計画が受入れられない	起りやすさ	2	2～4	1～3
	影響	1	3～4	2～3

リスク評価の説明

- ①再生エネルギー自体の事故の影響は限定的だが、設置場所の土砂崩れ等の自然災害を誘発する可能性もあり、影響を1～2と評価した。事故の発生確率は、豪雨等の影響も考慮して2と設定した。
- ②既存の原子力システムの大規模事故は、地域に対する影響は甚大で5と評価した。起りやすさは、現在の安全性も考慮して1から2とした。
- ③SMRの影響に関しては、フィルターベントが健全な場合は、屋内退避までの避難の可能性に留まり3の影響で良いが、現在の原子力防災においては、UPZにおいても一時移転施策が必要と認識されている場合が多く、その状況も考え4まで拡大する可能性がある。

安全問題が原因で地元が受入れないリスク

	リスク要素	再エネリスク	原子力リスク	SMRリスク
1) 地域に影響をもたらす事故の発生自体が受入れられない	起りやすさ	2	1～2	1～2
	影響	1～2	5	3～4
2) 事故が発生した際の避難計画が受入れられない	起りやすさ	2	2～4	1～3
	影響	1	3～4	2～3

リスク評価の説明

このリスクを構成する要素としては、以下の事項がある。

①計画自体が受入れられない

- ・避難に必要な人数の多さが考慮されていない
- ・避難人の状況の多様性が考慮されていない
- ・避難の手段が十分ではない
- ・避難に必要な時間が少なすぎる
- ・避難時の状況の悪化が考慮されていない

②実効性に問題がある

- ・行政の準備が不十分
- ・市民の準備が不十分

型式承認方式が受け入れられないリスク

リスク要素	再エネリ スク	原子力リ スク	SMRリ スク
起りやすさ	1	1	5
影響	4	1	4

リスク評価の説明

型式承認は、SMRを効率的に実装するためには、キーとなるリスク事項である。

従って、型式承認が得られないと、SMRが個別審査となり、費用や導入期間が嵩みSMR導入に多大な影響をもたらす。

影響評価：4 SMRの安全性が重要な判断要件として認識出来れば、実装する可能性もあるために、5より低い影響とした

起りやすさ評価：5 行政の課題が残る また 日本メーカーの状況も勘案

結論 (1/2)

- 原子力システムとしてSMRについては、他の脱炭素エネルギーシステムと比較して、安全性に対する要求は高い。容量の小さいSMRは、緊急時計画区域を敷地内に設定することも可能であるため、既存の軽水炉と比較しても優位性がある。日本のように新規立地に制約が高い条件では、既存の軽水炉と併設することも選択肢として存在し、SMRが有効となる可能性は高い。ただし、現行の軽水炉と同様、複数の軽水炉のドミノ効果を考慮する必要がある。
- 人口減少社会である日本では、産業成立性の観点から技術者の獲得がボトルネックとなるため、モジュール化による建設コストを節約できるSMRは有効な選択肢となり得る。一方、耐震性を考慮した型式認証のあり方や、これまでとは異なる型式認証をベースとする規制対応のあり方が導入障壁となる。事業者の投資を呼び込むためには、社会制度の改革が急務である。

結論 (2/2)

- 経産省のロードマップでは、SMRの実装は2040年以降が見込まれるが、カーボンニュートラルの実現目標である2050年には間に合わない可能性がある。環境対応の視点から、社会実装の遅延はボトルネックとなる可能性がある。
- 炭素エネルギーとしてSMRを推進するため、社会全体の脱炭素エネルギー転換への切迫性が重要な要素となる。すなわち、エネルギーシステムに社会が求める要件として、環境対応の視点の重要性を高める対策が有効となる。

本研究開発で開発した手法を一般化した「脱炭素エネルギーのリスクフレームガイド」を作成した（附属書参照）。