

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

二酸化炭素回収・貯留（CCS）の導入・普及の法的枠組みと
政策戦略に関する研究
(2-1603)

平成28年度～平成30年度

Comprehensive Research on Carbon Capture and Storage Legal Framework, Policy and Strategy

〈研究代表機関〉

明治大学

〈研究分担機関〉

九州大学

早稲田大学

東京工業大学

〈研究協力機関〉

グローバルCCSインスティテュート

2019年5月

目次

I. 成果の概要	1
1. はじめに（研究背景等）	
2. 研究開発目的	
3. 研究開発の方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた主な成果	
6. 研究成果の主な発表状況	
7. 研究者略歴	
II. 成果の詳細	17
II-1 CCSの総合政策研究 （明治大学） 要旨	
1. はじめに	
2. 研究開発目的	
3. 研究開発方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	
II-2 CCSの環境経済評価モデルの構築 （九州大学） 要旨	43
1. はじめに	
2. 研究開発目的	
3. 研究開発方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	
II-3 CCSの法・規制の枠組みの構築 （早稲田大学） 要旨	60
1. はじめに	
2. 研究開発目的	
3. 研究開発方法	

4. 結果及び考察
5. 本研究により得られた成果
6. 国際共同研究等の状況
7. 研究成果の発表状況
8. 引用文献

II-4 CCSの社会的受容性に関する研究 68

(東京工業大学)

要旨

1. はじめに
2. 研究開発目的
3. 研究開発方法
4. 結果及び考察
5. 本研究により得られた成果
6. 国際共同研究等の状況
7. 研究成果の発表状況
8. 引用文献

III. 英文Abstract 85

I. 成果の概要

課題名 2-1603 二酸化炭素回収・貯留（CCS）の導入・普及の法的枠組みと政策戦略に関する研究
 課題代表者名 柳 憲一郎（学校法人明治大学法学部教授）
 研究実施期間 平成28～30年度
 累計予算額 52,009千円
 （うち平成28年度：17,629千円、平成29年度：17,631千円、平成30年度：16,749千円）
 累計予算額は、間接経費を含む。

本研究のキーワード CCS、政策・戦略フレームワーク、法規制モデル、政策評価、費用対効果分析、社会受容性、導入シナリオ

研究体制

- （1）CCSの総合政策研究（明治大学）
- （2）CCSの環境経済評価モデルの構築（九州大学）
- （3）CCSの法・規制の枠組みの構築（早稲田大学）
- （4）CCSの社会的受容性に関する研究（東京工業大学）

研究協力機関

グローバルCCSインスティテュート

1. はじめに（研究背景等）

わが国は、平成28年に閣議決定された地球温暖化対策計画において、2050年までに80%のGHG排出削減を目指すとしており、昨年12月に採択されたパリ議定書では2020年までに26%の削減を公約した。これらの実現のためには、すべての火力発電所への二酸化炭素回収・貯留（以下「CCS」）設置及び産業用CCSの導入が必要である。一方、石炭埋蔵量が豊富なアジア域では、今後多くの石炭火力の新規設置が計画されており（IEA、2014）、GHG排出削減に向けて排出権取引等の市場メカニズムによるCCS導入の検討も進めることが必要である。これらのことから、CCSの導入・普及を行うには技術開発の確立とともに、費用便益が高く、CCSの社会的受容性が得られる法・規制及び費用負担の枠組みを開発し、関連法を含めて整備することが求められている。一方、ロンドン条約やバーゼル条約においてCCSの規定が追加されており、欧米では既にCCSの法整備、あるいは政策評価の検討に着手しており、CCSの商業化に向け、法制化が進んでいる。

このことから、わが国やアジア域でもCCSの導入・普及を促進させる経済的、社会的側面を考慮した政策評価を踏まえた法的枠組みを研究・構築することが重要課題であり、現下の環境行政ニーズでもあることから、本研究を実施するものとする。

2. 研究開発目的

本研究では、まずはCCSを実現させる適切な政策手段を研究する。その具体的な制度設計を行うため、環境経済評価モデルによるCCSの費用便益や経済的効果などの経済的側面、社会受容性などの社会的側面の研究を通じて、CCSの導入・普及を促進させる法・規制の枠組み、二国・多国間共同実施に関する枠組み、費用負担制度及び社会的受容性手法を見出す。

さらに、これらの研究成果を統合させ、CCSを実施可能とする短期、中長期のそれぞれの社会的制度・政策戦略に関する具体的な提言を行うことを目的とするものである。

3. 研究開発の方法

(1) CCSの総合政策研究

1) CCS導入・普及における課題・障壁の把握

本研究ではCCS導入・普及における課題や障壁について、IEA等が出版した最新の文献及び諸外国の法規制及びそれらの議論の比較結果に基づき、法的・経済的・社会的・環境的などの様々な側面から包括的に分析し、それらのCCSの制度的課題及び解決策に関する検討を行った。

2) CCS普及・導入の社会的制度・戦略の検討

① 諸外国及びわが国のCCS法制度構築の現状分析

CCSの政策設計を考える上で、国際的に認知されている先導的な諸外国の法規制を理解することが必須である。本研究では、諸外国の法制度評価報告書及びInternational Center for Climate Governance [ICCG]の報告書に基づき研究し、諸外国のCCS法制度及びその構築状況について分析を実施した。この理解の前提として、文献に基づき諸外国のCCSプロジェクトの現状に関し、適用技術及び導入動向の分析を実施した。また、アジア地域では今後GHG排出量が増加する傾向にあり、中国、インドのような主要な排出国ではCCSによる大幅なGHG削減が重要な役割を果たすこととなる。本研究では、法規制は整備されていないが、急進的な取組がなされている中国に着目し、中国政府文書、アジア開発銀行及び学術論文に基づき、中国のCCS法政策の諸問題・課題を分析し、わが国の状況と比較した。

CCS先進国の法規制モデルであるIEAモデル及び欧州のEU指令の法構造の比較分析を進め、CCSの包括的な法規制を研究した。さらに、IEAモデルの分析によって得られた9つに分類されるCCSに特定な必要規定ごとに、EU指令、米国、豪、独及びわが国等の法規制の比較分析を行い、現状の法規制の課題を明らかにした。また、わが国でCCSの法政策を立案する場合に必要な規定項目を分析した。

② CCSの政策手段に関する研究

CCSの社会実装に当たっては、法規制の他に経済的状況、環境影響や社会的受容性等を考慮した包括的な政策的枠組みが不可欠となる。そこで、本研究ではCCSの普及・導入段階における政策手段が諸外国でどう議論され、策定されたかを分析し、CCS導入・普及の政策手段の策定手法について研究した。また、CCSの上位計画を策定する場合に戦略的環境アセスメントが重要な役割を果たすことを明らかにした。

③ CCS普及・導入の社会的制度・戦略の検討

これまでの研究結果に基づき、CCSの普及・導入を図りながら、超長期的リスク・影響の回避や超長期的管理を行うために必要な社会的制度・戦略の枠組みを研究し、提示した。

3) CCSの便益評価手法の検討

CCSの社会実装により得られるGHG削減等の効果、及び共役便益、その他の便益についてEU指令や米国EPAの評価文書に基づき整理を行った。これらの便益と費用とを比較できるようにするため、欧州の先行事例を参考に定量的な便益評価手法の検討を行うことにより、サブテーマ3の環境経済評価モデルに反映させるものである。従って、本研究はサブテーマ2を分担する九州大学と共同で実施した。

(2) CCSの環境経済評価モデルの構築

1) 先行事例レビュー（明治大学との共同研究）

費用便益分析のフレームを構築するにあたり、海外先行事例のレビューを実施し、費用便益の基本的な考え方を検討し、その結果を環境経済評価モデルに反映している。

2) CCSの環境経済評価モデルの構築

法規制の経済評価の主要なアプローチとしては、規制や政策の是非を問う費用便益分析と規制や政策の費用効率の面で他の規制や政策と比較を行う費用対効果分析が挙げられ、本研究では費用便益分析によって「CCS実施政策が温暖化対策の選択肢となるか？」という問いについて検証した後、費用対効果分

析において「温暖化対策のポートフォリオにCCSを組み入れるべきか？」という問いをについて検証した。さらに、本研究では、CCS関連法制度における直近の課題として、現行海洋汚染防止法のCCS実施に関連する部分について新たに改正の費用がある事項について検討しており、CCS費用モデルを基にした、CCS事業のキャッシュフローの分析により、改正の実施により内部収益率（Internal Rate of Return：IRR）の変化を見ることによって、改正の正当性、必要性の分析を行った。

費用便益の内、費用推計における最大の費用項目は、CCS実施に係わる施設費用と考えられ、本研究では、発電所に設置した形でのCCS単体での費用モデルを作成し、CCS実施に直接的に関わる費用を推計した。費用モデルについては、CCSの回収、輸送、貯留、モニタリングのそれぞれの段階について初期費用と運転費用の技術パラメーターの値を設定し、20年運転する場合の平準化コストを算出した。CCS実施による主便益である。温室効果ガス排出回避による便益の推定に関しては、地球規模での長期に渡る温暖化被害回避に関する研究が必であり、莫大な研究リソースが求められるため、先行研究から米国政府（Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government）が政策評価に利用している炭素の社会コスト（Social Cost of Carbon：SCC）を利用した。CCSの実施に伴って副次的便益と考えられる大気汚染物質の排出削減については排出のベースラインを現在の国内の石炭火力発電の平均的な値として、そこからCCS付きの石炭火力では9割のSO_xおよびPMの排出削減が行われるとして削減量を推定し、人口密度や経済レベルが日本と似通っているEUにおける大気汚染物質の被害コストを乗じることにより削減便益を推定した。CCSの普及実施に係わる法制度によって普及するCCSの量を想定するためのシナリオ作成については、CCSは石炭火力発電所の設備更新に伴って、新規発電設備と共に導入されることにした。また、発電設備およびCCS設備の設置は大規模な設備の供給と工事を伴うものであることから、法制度によってCCSの普及が進むにしても、年間に設備更新できる量は制限があると考えられたため、現在利用されている古い発電所から設備更新され、最大で年間に1.5GWの程度の発電所がCCSの導入を伴って更新されるシナリオを作成した。

さらに、本研究のサブテーマ2において、CCS関連法制度における直近の課題として、現行海洋汚染防止法のCCS実施に関連する部分について新たに改正の必要がある事項について検討していることを受け、CCS費用モデルを基にした、CCS事業のキャッシュフローの分析により、改正の実施により内部収益率（Internal Rate of Return：IRR）の変化を見ることによって、改正の正当性、必要性の分析を行った。

（3） CCSの法・規制の枠組みの構築

CO₂を回収・貯留するCCSのプロセスには、調査・掘削、分離・回収、輸送・貯留、圧入、貯留、貯留後サイト管理、サイト閉鎖、などの各段階がある（探査・掘削、貯留、圧入、圧入停止、閉鎖ともいわれる）。このうち、CO₂の「貯留」方法には、地層処分と海底下処分があり、その法規制の枠組みには、規制型と公共事業型がある。

わが国には、CCSに関する現行法として、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」（以下、「海洋汚染防止法」という）が存在する。本法は、CO₂の貯留及び圧入について、海底下処分を対象とした規制型の法律となっている。わが国では、現在のところ地層処分は検討対象となっておらず、もっぱら海底下処分のみが対象となっている。

そこで、初年度目に、国内外法及び既存文献に基づきCCSの法規制の枠組みの構築にあたって問題とされる点に関し分析を行い、それらの項目を中心に諸外国法及びモデル案の比較研究を行うことにより、わが国におけるCCSの法規制の枠組みの構築に関する研究を行った。

具体的な研究方法としては以下の通りである。

- ① CCSに関する海洋汚染防止法の内容を分析すること。
- ② 海洋汚染防止法におけるCCS規制での問題点を分析し、それらを諸外国での取り組みやモデル枠組みを参考に分析すること。
- ③ 諸外国のCCS法及びIEAモデル案では、地層処分と海底下処分、規制型と公共事業型を含め、どのよ

うな法・規制が検討されているのかについて分析を行うこと。

- ④ 現在わが国においてはCCSの海底下処分を対象とした規制型の法律が存在するだけだが、CCSの地層処分の実現可能性に関し法的側面から分析を行うため、既存法ではどのように対応しうるかについて比較を行うこと。

(4) CCSの社会的受容性に関する研究

CCSの社会的受容性に関しては、関連する書籍やCCS Global Instituteの発行資料・図書に基づき、国際的な動向や関係主体の見解を把握することを行った。

また、国内については、国レベルの関連文献を通じて、これまでの政策立案の動きを整理するとともに、関連事業の動きを取りまとめた。初年度目に、全国紙5紙を対象に関連記事を抽出し、年次的な記事数の変化やテキストマイニングの手法を用いた統計解析により、記事内容の分析を通じて、これまでに記事で扱われてきた内容の変化の把握を試みた。さらに、新聞記事に現れる企業やNGO等の関係主体の見解を整理した。

CCSの社会的受容性を明らかにし、社会的受容性の向上のための協議システムを構築するため、以下の方法により研究を進めた。

まず、関連する書籍やCCS Global Instituteの発行資料・図書に基づき、国際的な動向や関係主体の見解を把握した。そして国内の動向の整理し、市民団体やNGO、企業等の主体別の見解を明らかにした。

次に、国レベルの関連文献を通じて、これまでの政策立案の動きを整理するとともに、関連事業の動きを取りまとめるため、全国紙5紙を対象に関連記事を抽出し、年次的な記事数の変化やテキストマイニングの手法を用いた統計解析により、記事の変化を把握した。さらに、新聞記事に現れる企業やNGO等の関係主体の見解を整理した。また、国内外においてこれまで行われてきたCCSに関する政策形成プロセスを調査し、特に国外における関係主体の立場の共通点と相違点を議論の段階ごとに明らかにした。

一方、CCS実証試験が行われている北海道苫小牧市に居住する地域住民を対象とした質問紙調査により、CCS実証試験の認知状況とCCSを普及する際に必要な情報や事業主体を把握するとともに、これらの結果に基づく回答者の分類と、CCSに対する自由回答を用いたテキストマイニングによる分析から、住民のCCSに対する認識を明らかにした。また、一般市民のCCSに対する認識を把握するため、WEBアンケート調査を実施し、CCSの認知状況、CCSの普及に対する認識、CCSを実施するための望ましい手続きを把握し、北海道苫小牧市の住民を対象とした質問紙調査結果と比較し、考察した。

そして、CCSに関係する地方自治体や漁業組合、NPO等を対象とした面接調査を実施し、CCSに対する認識やCCSを実施する際のスキーム、協議プロセスと各主体の関わり等について把握した。

以上から、社会的受容性を考慮した協議システムを構築した。

4. 結果及び考察

(1) CCSの総合政策研究

【制度的課題とCCS政策の戦略フレームワーク】

わが国でのCCSの導入・普及、商業化に向けた制度的課題は以下に集約されることを明らかにした。

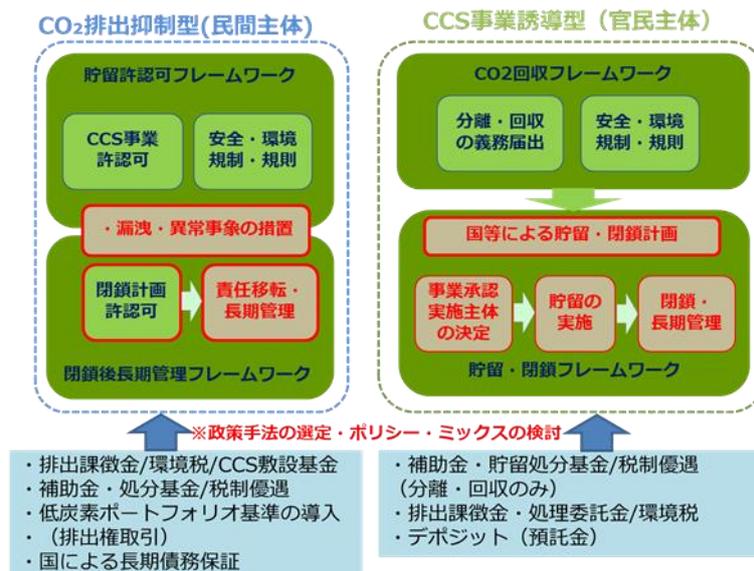
表(1) - 1 CCSの制度的課題

	CCS導入・普及政策に関する課題	CCS導入に関する課題	CCS実施に関する課題
必要になるフレームワーク	研究開発フレームワーク	開発・排出削減フレームワーク	CCS法規制フレームワーク
制度的課題	CO ₂ 貯留ポテンシャルの調査・技術信頼性の評価	CO ₂ の回収・輸送・貯留・モニタリングまでの実証を行い、CO ₂ 圧入・貯留の安全性技術の開発・実証及び漏洩リスク・環境影響の評価技術の確立	貯留及び閉鎖後管理については、監督官庁、法規制制度、事業許認可制度、長期モニタリング、コスト負担、保険・補償制度等の法規制整備
	エネルギー計画、GHG削減目標等により導入計画(両)を設定し、CCSの位置付けと重要性等を十分に説明して社会的合意形成を図る必要がある。	CCSプロジェクトの費用について、どうコスト削減を達成し、どのようなCCS開発のインセンティブを与えるべきかを検討する必要がある。	事業主体の存続期間と貯留期間は大きく異なることから、権限の委譲が必要であり、その場合の管理コストの負担、管理体制の確立させる必要がある。

本研究ではこれらの課題の解決に当たっては、わが国でCCS導入・普及を図るため、CCSの法枠組み、適切なポリシーミックスを策定し、それらが実現しうる社会的制度の構築が求められる。既存の枠組み（IEA, 2014など）やCCSの導入推進に有効な政策手法などの分析結果を踏まえ、CCSの課題・障壁を乗り越え、CCS導入・普及を促進させるためには、研究開発から普及（商業化）の各段階で必要となる政策メニューとそれを実現させる政策手法とCCS法枠組みを制度化することが必須である。諸外国のCCS法政策のほとんどは、規制手段に基づいて制度設計がなされている。一方、超長期管理における国の関与、ポリ塩化ビフェニル廃棄物に関する法令などの経験からわが国では公共の関与・公費投入によるCCS事業を想定した社会制度も可能であろう。このことから、わが国では図(1) - 1に示す通り、CO₂排出を規制することによりCCSの導入を図る排出抑制型とCCS事業誘導型の2つの策定可能なCCSの法規制・政策の枠組みモデルがわが国には適用できるであろう。

この枠組みでは、わが国の海洋汚染防止法で規定されている貯留の許可制度とともに、CCSの特定課題である「異常時の監視・措置」や「長期貯留、閉鎖、閉鎖後の長期の維持管理規定」の構築が求められ、サブテーマ3がCCSの法・規制の枠組みに関する研究を担当した。CCSの法・規制の枠組み下において、CCSの事業費用の効率化・合理化、商業化や事業規模の拡大化、CCSインフラ整備、CCSの長期の適正実施などのCCS事業推進のための政策が必要であり、適切なポリシーミックスを見出すことが極めて重要である。このポリシーミックスを策定に当たっては、各政策手段によっては制度や効果が異なることから、法規制や適用する政策手段の効果（便益）や経済的・社会的影響などを評価し、長期に亘り適正な実施が担保しながら、合理的なものとする必要がある。

このことから本研究では、第1にCCSに関する法制度・政策を費用便益分析と費用対効果分析の2つのアプローチにより評価することにより、最も効率的な制度の選定や法制度・政策の妥当性を検証し（サブテーマ2が担当）、第2にCCSの事業化に向けたステークホルダーの見解を明らかにし、CCSの長期的な管理に対する社会受容性からCCSの法政策やCCS事業の実現性を評価することとしている（サブテーマ4が担当）。



図(1) - 1 CCSの法規制・政策の枠組みモデル

【2つの法政策モデルとCCS導入シナリオ】

CCS事業を実施するための2つの法政策モデル：CO₂排出抑制型とCCS事業誘導型では実施主体がCCSのライフサイクルの各段階でことになっており、図(1) - 2に示す通り必要となる法的措置やCO₂の排出抑制手段が異なる。排出規制型では、CCS義務化あるいはGHGの排出基準などの規制手段が適用されることが妥当であろう。

CCSの法政策手段	CO2排出抑制型 ¹⁾ (※IEAモデル・CCS事業許認可制度) (民間(排出者事業者等)による貯留)		CCS事業標準型 ²⁾ (規制法令等に基づく貯留)
	排出抑制	CCS義務化	事業型による貯留
必要となる法的措置 (許認可・届出等)	【包括的CCS法によるCCS事業の許認可・閉鎖後管理】 ・CCS事業の許認可 ・サイト選定 ・分離・回収の許認可 ・圧入・貯留の許認可 ・サイト閉鎖の許認可 ・長期保証システム ・権利・責任移譲・解除規定		【CCS特別措置法による実施】 ・サイト選定の認可 ・分離・回収の義務付け・届出制度 ・特別措置法及び施行令により貯留計画の策定、貯留の実施を規定
CO2排出抑制手段	CCS義務化	-	○
	直接排出基準	○(どちらかで排出規制)	-
	炭素効率基準	-	○
	特措法等により排出抑制 ⁴⁾	-	○

注) 1) EU指令、欧米のCCS法に基づき政策シナリオを設定
2) 廃棄物処理法、ダイオキシン類対策特別措置法等に基づき政策シナリオを設定
3) 処理・処分事業形態として、公設公営、公設・長期包括委託方式、公設民営方式、民設民営方式が考えられる。
4) 同時に特定有害産業廃棄物や適正処理廃棄物の指定を行うかどうか検討する必要がある

図(1) - 2 CCS事業実施のための法政策モデル

CCS事業の法政策モデルを社会実装した場合、2030年、2050年のGHG削減目標を達成するために必要となるCCSの導入量をGHG排出シナリオに基づき試算した結果を示す(表(1) - 2)。1次リファレンスとして2015年度のGHG排出量(12.7億トン)を前提とし、2030年は日本の約束草案ベースシナリオ、2050年は日本エネルギー経済研究所が試算した排出シナリオを基に、導入量を試算した。試算に当たっては、GHG削減を達成するために各排出源に課すこととなるGHG排出基準と将来導入が想定される削減技術等を基にGHG削減量を推定し、CCSの必要導入量(排出源の付設率)を推定した。

表(1) - 2 CCS導入シナリオの試算結果

部 門	2030	2050	CCS付設率(2050)
エネルギー転換部門 GHG排出係数(単位: kg-CO ₂ /k-Wh)	0.37	0.08	60.8~71% ※シナリオによる
産業部門 GHG排出削減係数(-)	現行の排出係数	現行係数の84%	将来排出量の84%

2030年では、原子力発電の稼働や再生可能エネルギーの導入が伸びない場合、最大で石炭火力発電の35%にCCSを付設する必要がある。2050年度では、原子力発電の稼働年数で異なるが、石炭のみならず重油、天然ガス焚きの火力発電の60~70%にCCSを付設し、産業部門の排出量の約80%にCCSを装備されることが求められると推定された。この導入シナリオでは、2050年には年間5.17億トンのCCSが必要となる。RITEが推定した沿岸域で推定された貯留ポテンシャルに基づく、背斜構造の帯水層でも50年以上貯留可能であり、実現可能なシナリオであると考えられるが、現在実施されている「二酸化炭素貯留ポテンシャル調査」の結果に基づく再検討が必要であろう。

この試算で示唆された最も重要なことは、今後開発・建設が計画されている火力発電を対象にCCSの付設が必須となることである。つまり、上記で示した法政策モデルに、追加オプションとしてCCS-Ready法の策定・早期施行が必要となることを意味する。

【CCS-Readyの法構想】

CCS-Ready法は、日本では制定されていないが、英国、豪州、カナダなどで既に制定されている。CCS-Ready法は、各国で法的要件が異なっているが、主に2つの義務要件から構成される。

- ・ 施設の設置許可申請時に分離回収、輸送及び貯留技術の最適な選択肢を検討し、申請する義務
- ・ 申請の承認後、申請者が課される義務(報告義務)

これらの諸外国のCCS-Ready法の事例研究により、わが国でCCS-Ready法を制定する場合、表(1) - 3に示す法的要件・項目を挙げられ、今後早急に検討すべきである。この場合、CCS-Readyの許可申請時に事

業者に求められる評価としては以下のものが挙げられる。

- ・ 分離・回収（レトロフィット／リプレース）に関する技術的評価
- ・ 二酸化炭素輸送及び貯留に関する技術的評価
- ・ 二酸化炭素輸送及び貯留に係る環境影響・安全評価
- ・ 輸送計画の実現性評価
- ・ CCS事業の経済性の評価
- ・

表(1) - 3 CCS-Readyの法的要件・項目

1	CCSR義務化規定に関する定義
2	CCRのコンプライアンス規定
3	モニタリングに関するコンプライアンス及び技術的評価規定
4	二酸化炭素回収機材のスペースの確保に関する規定
5	二酸化炭素回収機材のレトロフィットに向けた技術的
6	二酸化炭素貯留のための沖合適地の評価規定
7	二酸化炭素輸送の技術的実現性の評価規定
8	CCSの経済的実現性の評価規定
9	二酸化炭素輸送の安全規定を示す許可書等の規定
10	義務化の評価報告書の規定
11	二酸化炭素回収機材のレトロフィット案の評価規定
12	二酸化炭素輸送及び貯留案の評価規定
13	義務化申請に関する各要件を対象とする管轄の選択

【アジアにおける法規制の共通基盤】

アジアのJCMパートナー国はわが国と同様に包括的なCCSの法規制の整備がされておらず、例えばインドネシアでは実証は特別措置で可能になっているが、CCSを普及・商業化することが不可能となっている。アジア域の法規制の課題としては、主に以下に分類される。

- ・ 法等でCO₂を廃棄、または大気汚染物質の対象として規定されていない。
- ・ 貯留サイト及びそのアクセスを含む領地・海域及び地下空間の長期占用許可の法規制が必要である。
- ・ 鉱物・油田に関する現行法の改定、もしくはCCS法の策定を行い、法的責任を規定する必要がある。
- ・ 環境影響評価法等でCCS事業が対象とされるかどうか検討する必要がある。
- ・ 域内CO₂輸送のパイプラインを敷設できるよう法改正あるいは法制定が必要となる。
- ・ CCS事業の安全・衛生・環境保全の定義を明らかにし、既存法の改正等により規定する必要がある。

包括的なCCSの法・政策を整備した国はアセアン諸国ではほとんど見当たらない。CCSの導入可能性は各国・地域の経済的・社会的・環境的状况及び貯留特性に依存しており、各国の裁量により法制度化するのが望ましい。しかしながら、CCSは許認可、超長期管理及び責任移転と高度な学理研究が必要であり、更にCCUも含めた技術の社会実装には地域開発計画や社会インフラの構造改革が伴い、革新的な環境技術の導入が必要となる。それらを包含して規定するCCS法やその実施を担保する関連法や国際的協調を1カ国では構築できない。

アジア経済共同体を欧州と比較すると、地域的な多国間協定の基本的な理解は類似するものの、国家間のレジーム枠組み（例：欧州連合や欧州委員会など）、二国・多国間協定のアプローチ、国際法体系などが異なるため、アジア域の国際協定の締結及び認識の共有化を進めるには困難が伴うことが多い。

この状況の中で、アジア域においてCCSの事業化や二国・多国間共同実施を促進させるためには、以下の視点が必要となるであろう。

まず1点目であるが、アジア域の国際法の課題の明確化が必要である。例えば、アジア域諸国の殆どがロンドン条約及び議定書に参加していないことから、貯留、CCS技術の域内基準化及び実施コード（ISO/TC265を基にしたアジアコードの策定）等を策定し、域内で実施可能とする必要がある。表(1) - 4にアジア域における貯留サイト、パイプライン等の開発に向けたインフラ整備、オーナーシップ規定などの指針の策定・導入が必要である。第3にCCSプロセスの段階的ごとに法的要件を規定した枠組み法（例えば、EU指令）を策定し、これを批准することにより、域内加盟国は地域特性を考慮した法制度化できる環境を構築することも考えられる。この場合、責任移転を含めサイト閉鎖後の維持管理に関する規定に関し域内で共通理解を図る必要がある。

最後にロンドン条約では締約国の越境移流を認めていないことから越境貯留は難しい状況である。なお、非締約国における国境等を超えて移流の可能性はある。

CCSの実施の法的整理を行う必要がある。これらの視点を満たし、域内諸国においてCCSの導入・普及を図るために必要となるCCS法政策の共通基盤を表(1) - 4に提示する。

表(1) - 4 CCS法政策の共通基盤

1	陸域・海域環境の保護・保全に関する協定を結ぶ加盟国の国際的責任の定義
2	協定国は国際法の基準を設定し、廃棄物その他の海洋における処分の規制に関する規則の責任等の詳細を明確にする
3	協定国は個々もしくは他国と共同し、廃棄物その他の海洋における処分の規則に関する全ての汚染を回避するための実施対策を講じる
4	貯留・閉鎖後の許可申請及び条件に関する規定
5	予防原則、汚染者負担原則の規定
6	利用可能な裁量な技術(RAT)導入に関する規定
7	二酸化炭素の域内輸送に関する規定
8	域内の貯留サイトの所有権及び利益の明確化
9	域内の貯留サイトまでの輸送ネットワークへのアクセス許可及び権利の明確化
10	域内の越境貯留、二酸化炭素漏洩が起きた場合の加盟国で規定する管轄の責任、是正措置、改善命令、損害賠償等の規制
11	長期責任及び責任移転に関する規制
12	国際公法による二酸化炭素の輸送・貯留、技術移転等に関する規定
13	二酸化炭素排出枠及び排出権の規定
14	財政メカニズム及び域内炭素クレジットメカニズムに関する規定

※下線は、サブテーマ3で提示した国内CCSの法規制モデルに基づき規定できる項目

(2) CCSの環境経済評価モデルの構築

費用便益分析に関しては、主便益であるCO₂排出削減便益を評価する炭素の社会コスト(social cost of carbon: SCC)の値の選択によって評価結果が異なってくることを示され、高い値を採用する場合CCS推進法規制は支持されるが、SCCの代表的値(US\$ 73/t-CO₂、2030年排出の場合)を使った評価では費用と便益の値が拮抗し便益がわずかに上回るという結果になった。米国のCCS関連政策の経済評価で比較的大きな値となった大気汚染削減便益については、日本ではCCS無しでも発電設備からの大気汚染の排出は厳しく抑えられているので、日本でCCSを実施した場合の大気汚染物質削減便益を評価しても、米国のようには大きな値とならなかった。

費用対効果分析では、先に述べたCCS費用モデルを使ってCCS付き発電所の発電コストを、プラント別評価した結果、CCSを設置した石炭火力の発電コストは、13円/kWhから22円/kWhになることが分かった。これは風力発電等の発電コストと同等であり、天候に左右されない安定電源であることを考慮すると温暖化対策電源としての費用対効果は良いと考えられる。しかし、発電コストについても将来のコスト低下の見込みや送電・蓄電設備の必要性和費用の見積もりによって異なってくる可能性がある。発電コストを基にCO₂の限界削減コストを算出すると、最小値で1670円/t-CO₂、平均値で6350円/t-CO₂、最大値で

18750円/t-CO₂となることが分かった。最小値から最大値までの値の違いは主に発電およびCCSの設備規模よるものであり、大きければ大きいほど限界削減コストが低いことが示されている。他の低炭素電源と比較してもCCSの限界削減コストは住宅太陽光発電レベルであり、比較的リーズナブルな値といえる。CCSより限界削減コストの低い電源だけで、発電ミックスを構成することは難しいと考えられることから、これにより、発電ミックスの一部としてCCSを普及させていく法制度は費用効率的にも正当化できることが示されたといえる。さらにエネルギー経済モデルであるMARKAL/TIMESモデルを用いてエネルギーポートフォリオの中でのCCSの必要性を確認しCCS導入影響を見るため、CO₂排出量制約シナリオ（2020年以降の排出量を制限したケース）において、エネルギーポートフォリオにおいてCCS導入可能容量最大ケースと最小のケースで最適化分析を行い、CCS導入可能容量最大としたケースの方が、費用が低くなる傾向になることを見出した。これらにより、CCS事業は他の温暖化対策と比べてコスト競争力があり、温暖化対策のポートフォリオにCCSを組み入れることによって総対策コストを低減できることが示されたことから、温暖化対策のポートフォリオにCCSを組み入れるべきという結論を得ることができた。また、CCSを対策ポートフォリオに組み入れる際は、火力発電と共にセメント産業や鉄鋼産業にCCSを導入することが望ましいことが示された。

現行CCS関連法制度である海洋汚染防止法の改定についての経済的評価では、CCS事業のキャッシュフローの分析によって、法改正は事業リスクの低減やモニタリング期間の限定化等によってIRRを増加させCCS事業の経済性の向上の影響をもたらすことが示された。

（3）CCSの法・規制の枠組みの構築

わが国は、CCSに関しては「部分的に規制法がある」という状態であり、現行法としては、「海洋汚染防止法（海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律）」が存在する。CCSの法・規制として、本法には6つの論点が挙げられる。①貯留サイトの選定、事業許可、②事業の実施・運営とその財務的保障、③地域住民への情報開示、地域住民の参加、④閉鎖及び閉鎖後の管理、責任の移転、⑤漏出への対応：改善命令等、⑥監視（モニタリング）である。これらの論点について、複数の諸外国から示唆を得た。その結果、1)サイト選定などについて多段階許可手続導入の検討が必要であること、2)環境影響評価における地域住民への情報開示や参加を樹実させる必要があること、3)前倒しの（財務的）保障が重要であること、4)長期管理、閉鎖の仕組みを整備する必要があること、5)責任移転の仕組みの導入と、移転についての明確な要件の設定が必要であることを、課題として指摘し、これらの課題に応える包括的CCS法が必要であるとの結論を得た。

包括的なCCS法としては、第1に、特定放射性廃棄物最終処分法を参考として、民間が事業を行う規制型スキームが考えられる。第2に、公害防止事業費事業者負担法を参考として、国・自治体が事業を行う、事業型スキームが考えられる。現行海洋汚染防止法を改正することを検討する場合には、同法は規制法である。

この点に関して3点指摘しておきたい。1つ目は、第1の規制型スキームにおいても、特定放射性廃棄物最終処分法のように、国が「機構」を設置し、機構が主導するものであり、規制だけをして事業については完全に民間に委ねる方法ではCCS事業は推進されにくいことである。この点は、規制型を導入する際にも留意すべき点である（その意味では、純粋な規制型ではなく、混合型が適当であるともいえる）。2つ目は、事業型スキームの狙いは、民間のCCS事業のリスク負担を避けることにあるが、回収、液化、一時保管の部分は、CCS特有のリスクではないため、事業者に行わせるのが適当であることである。3つ目は、福島原発事故の教訓として記憶にあたらしいところであるが、不完全な規制となることを避けるために、規制と事業推進は別の所管にすることが必要なことである。事業型スキームを採用する場合にも、この点には留意が必要である。

（4）CCSの社会的受容性に関する研究

CCSに関する政策動向や社会的反応の把握から、国際機関や各国政府、金融機関で徐々に具体的に取

生まれ、環境NGOでも条件付きでCCSの必要性を一部認める状況にあることを把握した。一方でNGOの中には、CCSの実現性がない場合には火力発電新設を容認しない立場もあり、CCSの社会的受容性に見解の幅を確認した。また国内政策ではCCSの実証事業も実施される段階にあるが、関係主体の動きが明確に表れているという状況にはないことを提示した。

新聞記事検索の結果、CCSに関連した記事は2000年代半ばから現れるようになり、2008年にピークの時期を迎えており、北海道の洞爺湖で開かれたG8（主要8か国首脳会議）において、気候変動対策の一つとしてCCSが注目を浴びたことが関連していると考えられる。その後、2010年代の前半は低調であったが、近年徐々に増加の傾向もみられた。テキストマイニング分析の結果、記事の内容を分類する軸として、第一に個別施設の事業レベルに関する内容と国内の制度的な枠組みが主として扱われている記事がみられ、第二の視点として記事内容が国連やその他の団体の国際的な枠組みに関連するものか、CCSの科学技術的な内容に重点があるものかという視点があることが考えられた。年次別の傾向として、国際的な枠組みから科学技術の個別課題、制度的枠組みから個別事業への話題に移行しつつあるが、2000年代後半に国際的な枠組みへの注目が再び増加した時期があることや、増加しつつあった個別事業に関連した記事が2010年の前半に一旦減少し制度的な枠組みに戻っていく時期があることが確認された。一方、CCS実証試験が行われている苫小牧市の事例を扱った地方紙の記事を分析により、時系列的な記事内容の変化とともに、内容の傾向としてCCS実証試験を地元への効果や期待とみる動きがある一方、安全や影響といった技術的な話題も現れてきていることを確認した。また、実証試験の計画段階から運用段階における関係主体の関与の状況を図にまとめた。

次に、CCS実証試験が行われている北海道苫小牧市の地域住民を対象とした質問紙調査から、約8割がCCS実証試験を認知しており、CCSに対する認識としては地球温暖化対策や地域へ貢献できると考えている回答者が6割超いる一方、技術的な確立はどちらともいえない回答者が4割に達し、現状の情報ではCCSの技術の判断ができないと捉えている住民が多かった。望ましい事業主体は公共が施設の建設・運営で関与することを望み、理由は経営効率と責任の所在が明確であることが明らかとなった。多変量解析による回答者の分類と自由回答を用いたテキストマイニングから、エネルギー問題への関心が高いものの、CCSへの関心が低い層が一定程度存在し、CCSをよく知っているほど、地球温暖化対策に貢献できると認識していた。またCCSを普及するべきではない、関心が低い層には「CO₂を出さない取組をするべき」「火力発電所などからCO₂を発生させないことが重要」などの意見があることが明らかとなった。

一般市民を対象としてWEBアンケート調査においても、CCSに対する認識については苫小牧市の住民と同様の傾向がみられた。

CCSに関係する自治体や組合、NPO等を対象とした面接調査から、CCSに対する認識や実施する際のスキーム、協議プロセスと各主体の関わり等について把握することで、CCSを導入する際の社会的受容性を分析した結果、現時点のCCSの実用可能性については意見が分かれるものの、自治体や業界団体、一部のNGOはCCSの将来的な必要性や可能性はあると認識しており、CCSの実施主体については民間主導や公共主導ではなく公民連携を重視しており、効率性よりも公平性への配慮を重視した評価をしていることが明らかとなった。

以上の調査から、日本における社会的受容性を考慮したCCSの協議システムとしては、政策段階から事業段階、閉鎖段階を通して、様々な関係主体が幅広く関わり、意見表明が可能である「PPP公共事業型スキーム」が望ましいことから、PPP公共事業型スキームを想定した場合の協議システム例を構築した。

5. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

わが国でこれまで研究事例や科学的知見が少ない、経済性及び社会受容性を考慮した合理的かつ実効的な法・規制及び政策パッケージの制度・立法に関する理論的論究の手法を構築した。費用対効果（便益）分析を用いた法・規制の政策評価やそれに基づいた立法行為に関する研究が欧米ではさかんに行われており、実際に社会経済的合理性のある法・規制が検討されているが、わが国では過去に費用対効果

分析や社会受容性を考慮した立法・制度論的な検討事例は殆ど見受けられないことから、環境政策研究では斬新的な研究となり科学的に価値のある成果を得た。CCS法政策によるCCS普及シナリオの費用便益分析を行うことにより、「構築したCCS法及び普及・推進政策が温暖化対策の選択肢として有効である」ことが証明された。分析結果は費用と便益の値が拮抗するため、よりコストを削減しながらCCSを実施していくべきという示唆が得られた。CCS以外の温暖化対策の費用対効果分析と比較した結果、CCS事業は他の温暖化対策と比べてコスト競争力があり、温暖化対策のポートフォリオにCCSを組み入れることによって総対策コストを低減できることが示唆された。

第2に、本研究で提示する予定のCCSの特定課題である非恒久性に関する規制を含む超長期の管理に関する法規制の枠組みや、アジア域での二国間・多国間共同実施の枠組みにより、CCSの国内法・規制や国際制度などの策定手法を確立したことにより、わが国でも立法化の可能性を示した。海洋汚染防止法や諸外国のCCS関連法を参考とした、民間が事業を行う排出抑制型スキームを提示するとともに、公害防止事業費事業者負担法やPCB廃棄物処理に関する中間貯蔵・環境安全事業株式会社法を参考として、国・自治体が事業を行う、CCS事業誘導型スキームの構想を提示した。両スキームの特徴、各スキームが法律上定めるべき事項を示したことは、今まで十分に検討されておらず、意義が大きい。

第2のCCSの法規制の検討に当たり社会的側面に関する研究では、CCSに関する政策動向や社会的反応を把握することが可能となり、新聞記事検索からCCSに関する報道の傾向と変化を把握できた。そしてCCSに対する住民の認識は十分ではなく、住民は、国・自治体等の公共が積極的に関与する実施主体を望んでおり、経営効率の良さや事業継続のリスク低減、責任の所在が明確であることを重視していることを明らかにした。ステークホルダーは、効率性よりも公平性への配慮を重視していることから、実施主体は公民連携を重視していることを明示した。これらの結果、社会的受容性を考慮したCCSの協議システムとしては、政策段階から事業段階、閉鎖段階を通して、様々な関係主体が幅広く関わり、意見表明が可能である「PPP公共事業型スキーム」が望ましく、CCS事業誘導型スキームが妥当であると示唆した。

最後に、国内外のCCSに関連する政策や技術の動向を解明し、今後導入・普及が必須であるCO₂の回収貯留技術のみならず、それを活用したクリーンな化石資源エネルギーシステムの導入に向けた総合的な短期、中長期の政策戦略を見出し、これら戦略の下、長期のCCSの導入シナリオを示した。また、これらの研究成果に基づき、CCS-Ready法の策定の必要性を示し、その枠組み（骨子）を示した。

（２）環境政策への貢献

＜行政が既に活用した成果＞

「ロンドン議定書」の国内担保法である「海洋汚染等防止法」は、海底下へのCO₂貯留を規制しており、CCSに関する国内唯一の法的枠組みである。しかしながら、同法は海洋へのCO₂の漏出可能性に着目したCCSの規制枠組みであり、分離・回収、運搬あるいはそれらの技術的要求等についても規定しておらず、包括的なものとなっていない。環境省が検討を始めている海防法の見直しにて、閉鎖後の長期管理や責任移転などの長期責任やその法的枠組みの考え方を示すことにより、見直し検討に貢献した。

また、同省では「環境配慮型CCS導入検討事業」にてCCSの実証実験を検討しているが、長期管理や長期責任の法規制に関して検討していないため、本事業で予定されている貯留方法を考慮し、CCSの法規制・政策の研究を行い、環境省と随時協議を行うことにより、本研究で得られた知見を提供することにより本事業の推進に貢献した。

＜行政が活用することが見込まれる成果＞

本研究課題の主な成果となるCCSの包括的な法・規制モデルやアジア域の法政策の共通基盤は、日本のみならずアジア域のCCSの導入・普及を法政策の側面から支援する。また、欧米では規制（排出抑制）型しか採用されていないが、国がCCS事業の実施主体となる事業誘導型の制度モデルを提示し、両者の相違、長短や法の適格性を示したことにより、今後わが国でのCCS法制度の円滑な立法化に貢献することが期待できる。具体的には、この法・規制モデルは、2020年までに策定・提出が求められている日本の長期低排出成長戦略の検討において活用されることが見込まれる。また、これからのCCS推進におい

て、CCS に関する情報プラットフォームを整備し、政策立案段階から閉鎖段階を通して、様々な関係主体が幅広く関わり、意見表明ができる「PPP 公共事業型スキーム」をイメージした協議システムの構築への活用が見込まれる。

次に、本研究で見出したCCSの法政策の策定手法を用いることにより、CCSの最適な費用分担や導入・普及政策の制度設計が可能となり、実際の環境行政においてCCSの導入戦略の策定が早期策定されることが期待される。また、現行海洋汚染防止法の海底下貯留に関連する項目の法改正の場合でも、事業リスクの低減やモニタリング期間の限定化等によって事業キャッシュフローのIRRを増加させ、CCS事業の費用効果の向上を示した成果は、当該法改正の論拠となり得る。

6. 研究成果の主な発表状況

(1) 主な誌上発表

<査読付き論文>

- 1) 柳憲一郎、小松英司、大塚直：環境科学会誌32(4)，141-152 (2019)，わが国のCCSの法政策モデルとアジア地域での 法制度・政策の共通基盤に関する研究
- 2) K. Yanagi, E. Komatsu, A. Nakamura：IAIA17 Conference Final Proceedings (2017)，The need for Strategic Environmental Assessment for Carbon Capture and Storage in Japan
- 3) 中村健太郎：明治大学法学研究論集、Vol. 48，145-160 (2017)，CCSの長期的責任の検討
- 4) 長岡篤、村山武彦：環境情報科学学術研究論文集32，203-208 (2018)，CCSに対する地域住民の認識—北海道苫小牧市における質問紙調査より—
- 5) Farabi-Asl H., K. Itaoka, A. Chapman, E. Kato, A. Kurosawa：Energy Policy (2019)，Assessing the key factors in achieving emission reduction goals in Japan using TIMES-Japan techno-economic framework.
- 6) 中村健太郎：明治大学法学研究論集、Vol. 50，63-79 (2019)，CCSの環境影響評価に係る法的課題

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、52(8)，81-91 (2016)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)に関する法政策研究 その1」
- 2) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、52(10)，73-78 (2016)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)に関する法政策研究 その2」
- 3) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、52(11)，39-45 (2016)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)に関する法政策研究 その3」
- 4) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、52(12)，77-87 (2016)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)に関する法政策研究 その4—中国におけるCCS/CCUSの取り組み」
- 5) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：明治大学法科大学院論集、Vol. 19，141-192 (2017)，
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)に関する法政策研究」
- 6) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、53(11)，52-59 (2017)
「CCSの総合政策研究」
- 7) 大塚直：環境管理、53(12)，72-79 (2017)
「CCS(炭素貯留)の法・規制の枠組みの構築—CCSに関する海洋汚染防止法の問題点を中心として」
- 8) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：明治大学法科大学院論集、Vol. 21，171-203 (2018)
「CCS輸送手段に関する検討—アイルランドを事例として」
- 9) 柳憲一郎、小松英司：環境科学会誌、30(6)，401-404 (2017)
「環境科学シンポジウム2017 脱炭素社会のための法政策形成—CCS制度構築に向けての中間成果から—」

- 10) 板岡健之：環境管理、54(1), 60-65 (2018)
「CCSの規制影響経済評価事例と日本への評価手法適用の可能性」
- 11) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、54(2), 72-76 (2018)
「スコットランド・エネルギー戦略から学ぶCCS（二酸化炭素回収・貯留）の役割」
- 12) 村山武彦：環境管理、54(3), 83-87(2018)
「CCSの社会的受容性に関する動向とメディアにおける社会的反応」
- 13) イアン ハイヴァクロフト、柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、54(5), 71-76 (2018)
「長期的責任と二酸化炭素回収・貯留」
- 14) 小松英司、柳憲一郎、中村明寛：環境アセスメント学会誌、16(2), 21-25 (2018)
「諸外国におけるCCSの動向及び長期予測・評価などのEIAの課題について」
- 15) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境アセスメント学会誌、16(2), 32-40(2018)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)とSEA」
- 16) 柳憲一郎、小松英司：環境アセスメント学会誌、16(2), 20 (2018)
「CCSの特集にあたって」
- 17) ケイト・クラウリィ、中村明寛：環境管理、54(10), 59-65 (2018)
「東アジア・太平洋地域の気候変動に関する地域リーダーシップ論—日本とオーストラリアを事例として」
- 18) ケイト・クラウリィ、中村明寛：環境管理、54(11), 67-71 (2018)
「コミュニティー再生可能エネルギー(CRE)戦略の構想—日本に向けた課題」
- 19) 柳憲一郎、小松英司、岡松暁子：環境管理、54(12), 71-75 (2018)
「アイスランド・ヘリシェイデイ 地熱発電所探訪」
- 20) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu : International Journal of Greenhouse Gas Control. (Submitted) , “Toward a Regional Approach to Climate Change Mitigation Policies: The Roles of and Barriers to Policy and Legal Framework to Expand Potential Opportunities for Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS) in the Asia Pacific Region.”
- 21) K. Yanagi, A. Nakamura, E. Komatsu : International Journal of Greenhouse Gas Control. (Submitted),
“The Importance of Designing a Comprehensive Strategic Environmental Assessment (SEA) & Environmental Impact Assessment (EIA) for Carbon Capture and Storage in Japan” .
- 22) K. Yanagi, A. Nakamura, E. Komatsu : Meiji Law Journal, Vol.26, 17-39 (2019)
“Policy Instrument Options for Commercialising Carbon Capture and Storage (CCS) in Japan”
- 23) K. Yanagi, A. Nakamura, E. Komatsu : Editing a book chapter in “Legal Aspects of Sustainable Development—Horizontal and Sectorial Policy Issues/ Editors: Mauerhofer, Volker (Ed.) (Forthcoming) “Towards a Low/ Zero Carbon Society in the Asia-Pacific region”
- 24) 大塚直：環境法研究第9号(2019)
「環境法における費用負担・実施責任—CCS立法における国の責任の在り方を中心として」
- 25) 大塚直、二見絵里子：環境法研究第9号(2019)
「EU・イギリス・ノルウェーにおける炭素回収貯留(CCS)の法規制」
- 26) 石巻実穂、大塚直：環境法研究第9号(2019)
「炭素回収貯留(CCS)事業における超長期責任—オーストラリア、カナダにおける制度」

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表（学会等）

<国際学会>

- 1) Itaoka, K., Saito A. and M. Akai : Proceedings of 13th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Lausanne, Switzerland, 2016 “Policy Parity for CCS? - Public Preference on Low Carbon Electricity”
- 2) K. Yanagi, E. Komatsu, A Nakamura : IAIA17 Conference, Montreal, Canada, 2017.
“The need for Strategic Environmental Assessment for Carbon Capture and Storage in Japan.”
- 3) K. Yanagi, E. Komatsu, A. Nakamura: Proceedings Impact Assessment and Post Management, 6TH KOREA- JAPAN-CHINA TRIPARTITE EIA CONFERENCE, Da Nang, Vietnam , 2017.
“Toward SEA Framework for Carbon Capture and Storage (CCS) in Japan.”
- 4) E. Komatsu, K. Yanagi, A. Nakamura: Proceedings Impact Assessment and Post Management, 6TH KOREA- JAPAN-CHINATRIPARTITE EIA CONFERENCE, Da Nang, Vietnam , 2017.
“A Study on Policy Strategy Addressing Long-term Environmental Liability for CCS.”
- 5) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Proceedings Impact Assessment and Post Management, 6TH KOREA- JAPAN-CHINATRIPARTITE EIA CONFERENCE, Da Nang, Vietnam , 2017.
“Policy Instrument Options for Carbon Capture and Storage (CCS) in Japan.”
- 6) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Journal of Earth Science & Climatic Change, 4th World Conference on CLIMATE CHANGE, Rome, Italy , 2017
“Toward a Legal & Policy Framework for Carbon Capture and Storage in Japan.”
- 7) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Journal of Earth Science & Climatic Change, 4th World Conference on CLIMATE CHANGE, Rome, Italy , 2017
“Optimising Ownership Scenarios for Commercialising Carbon Capture and Storage in Japan.”
- 8) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Journal of Earth Science & Climatic Change, 4th World Conference on CLIMATE CHANGE, Rome, Italy , 2017
“The key issues in optimizing policy instruments for commercializing carbon capture and storage in Japan.”
- 9) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Journal of Earth Science & Climatic Change, 4th World Conference on CLIMATE CHANGE, Rome, Italy , 2017
“of strategic environmental assessment (SEA) & environmental impact assessment (EIA) for carbon capture and storage in Japan.”
- 10) E. Komatsu, K. Yanagi, A. Nakamura: Journal of Earth Science & Climatic Change, 4th World Conference on CLIMATE CHANGE, Rome, Italy , 2017
“Development of policy strategy for carbon capture and storage: Case study based in Japan.”
- 11) Takehiko Murayama, Atsushi Nagaoka and Shigeo Nishikizawa : Annual meeting of International Association for Impact Assessment, Durban, South Africa 2018
“Social response for CCS facilities in Japan.”
- 12) K. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Asia Impact Assessment Conference (AIC), Shizuoka , Tokyo , 2018
“Strategic Environmental Assessment Framework for Carbon Capture and Storage in Japan.”
- 13) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Melbourne, Australia , 2018
“Toward a Regional Approach to Climate Change Mitigation Policies: The Roles of and

- Barriers to Policy and Legal Framework to Expand Potential Opportunities for Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS) in the Asia Pacific Region.”
- 14) K. Yanagi, A. Nakamura, E. Komatsu: 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Melbourne, Australia, 2018
“The Importance of Designing a Comprehensive Strategic Environmental Assessment (SEA) & Environmental Impact Assessment (EIA) for Carbon Capture and Storage in Japan.”
 - 15) E. Komatsu, K. Yanagi, A. Nakamura: 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Melbourne, Australia 2018
“Policy strategy and scenario for long-term CCS development in Japan.”
 - 16) K. Itaoka: : 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Melbourne, Australia 2018
“How CCS Policy and Regulations Influence the Business Risk of CCS Projects”
 - 17) T. Murayama, A. Nagaoka, S. Nishikizawa : 19th Annual meeting of International Association for Impact Assessment, Brisbane, Australia May. 2019
“Stakeholders’ attitudes and consultation for CCS.”
 - 18) E. Komatsu, K. Yanagi, A. Nakamura : 19th Annual meeting of International Association for Impact Assessment, Brisbane, Australia May. 2019
“A study on long-term liability and environmental issues.”

<国内学会>

- 1) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：第16回環境アセスメント学会(2017)
「二酸化炭素回収・貯留の戦略的アセスメントの枠組み研究」
- 2) 小松英司、柳憲一郎、中村明寛：第16回環境アセスメント学会(2017)
「二酸化炭素回収・貯留の実施における長期的な環境保全の課題とその政策」
- 3) 柳憲一郎、小松英司、板岡健之、大塚直、村山武彦：環境科学会年会(2017)
企画シンポジウム「脱炭素社会のための法政策形成—脱炭素制度構築に向けての中間成果から—」
(発表5件)
 - 3)-1 柳憲一郎：「CCS の総合政策の検討」
 - 3)-2 小松英司：「CCS の政策評価手法の検討」
 - 3)-3 板岡健之：「CCSの環境経済評価モデルの構築」
 - 3)-4 大塚直：「CCSの法・規制の枠組みの構築」
 - 3)-5 村山武彦：「CCSの社会的受容性に関する国内外の動向」
- 4) 小松英司、柳憲一郎、中村明寛：第54回水環境学会年会(2018)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)の長期的な海洋環境保全の課題とその対応」
- 5) 柳憲一郎：第31回環境工学連合講演会(招待講演)(2018)
「日本のCO₂海底下貯留の法制度のあり方」
- 6) 柳憲一郎、小松英司、板岡健之、大塚直、村山武彦：環境科学会年会(2018)
企画シンポジウム「CCS の国内法とアジア地域における共通プラットフォームの整備に向けて」
(発表5件)
 - 6)-1 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：「CCSの総合政策研究の成果」
 - 6)-2 板岡健之：「CCSの規制影響経済評価の試み」
 - 6)-3 村山武彦：「国内におけるCCS関連施設の社会的反応」
 - 6)-4 大塚直：「CCSの法・規制の枠組みの構築」
 - 6)-5 小松英司、柳憲一郎、中村明寛：「アジア域のCCS法政策のプラットフォーム」
- 7) 小松英司、柳憲一郎、中村明寛：第17回環境アセスメント学会(2018)

「二酸化炭素回収・貯留（CCS）の長期維持管理と環境影響評価手法に関する考察」

- 8) 長岡篤、村山武彦、錦澤滋雄：第17回環境アセスメント学会（2018）

「CCS（二酸化炭素回収・貯留）の社会的受容性に関する市民の認識-北海道苫小牧市を事例として-」

- 9) 柳憲一郎、大塚直、小松英司：第32回環境情報科学学術研究論文発表会（2018）

企画シンポジウム「アジア地域の持続可能な社会形成の法政策制度とその社会実装に向けてー CCSを事例としてー」（発表3件）

9)-1 柳憲一郎：「CCSの包括的な法政策」

9)-2 小松英司：「CCSの普及導入政策とシナリオ」

9)-3 大塚直：「日本におけるCCS基本法」

- 10) 小松英司、柳憲一郎、大塚直：環境科学会年会（2019）企画シンポジウム「パリ協定の気候・排出削減目標の達成に向けた世界・アジア・日本の気候政策の統合分析」

「アジア域のCCUS法政策と炭素循環システムの社会実装に関する研究」

7. 研究者略歴

研究代表者：柳 憲一郎

筑波大学大学院環境科学研究科修士課程修了、博士（法学）

現在、明治大学法学部教授・同大学院法学研究科教授併任、環境法センター長

研究分担者：

- 1) 小松 英司

筑波大学大学院生命環境科学研究科一貫性博士課程修了、博士（理学）

（独）国立環境研究所NIESフェロー、現在、明治大学環境法センター専門研究員

- 2) 板岡 健之

ウィスコンシン大学マディソン校都市地域計画学科環境自然資源計画専攻修了、

博士（工学）

現在、九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所/教授

- 3) 大塚 直

東京大学法学部卒業、現在、早稲田大学法学部・同大学院法務研究科教授併任/東京大学

大学院法学政治学研究科講師（環境法）

- 4) 村山 武彦

東京工業大学大学院理工学研究科社会工学専攻修了、福島大学行政社会学部助教授、

早稲田大学理工学部教授、現在、東京工業大学環境・社会理工学院教授

II. 成果の詳細

II-1 CCSの総合政策研究

明治大学

法学部

教授 柳 憲一郎

環境法センター

専門研究員 小松 英司

<研究協力者>

明治大学

環境法センター

専門研究員 中村 明寛

環境法センター

リサーチアシスタント 中村 健太郎

環境法センター

研究補助員 杉山 裕子

グローバルCCSインスティテュート シニア・コンサルタント Ian Havercroft

平成28～30年度累計予算額：27,502千円（うち平成28年度：7,846千円、平成29年度9,708千円、平成30年度：9,948千円）
累計予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

現在、日本におけるCCSに関する法的枠組みは、海洋への廃棄物投棄の規制を図った国際条約である「ロンドン議定書」に対応する国内担保法の「海洋汚染等防止法」だけであり、安全性や環境に配慮したCCSを推進するものではない。そのため、今後CCSの導入・普及を促進させ、さらに商業化させるための適切な政策手段や許可制度(早稲田大学)を研究し、その具体的な制度設計を行う必要がある。この具体的な制度設計には、CCSの導入・普及、商業化に向けた制度的課題を明らかにするだけでなく、環境経済評価モデルによるCCSの費用便益や経済的効果などの経済的側面(九州大学)と社会受容性などの社会的側面(東京工業大学)についても研究する必要がある。

CCSの導入・普及、商業化に向けた制度的課題とそれに必要になるフレームワークは、導入・普及政策には研究開発フレームワーク、導入には開発・排出削減フレームワーク、実施にはCCS法規制フレームワークであることが分かった。日本において、CCSの導入・普及を図るためには、CCSの法的枠組みとその適切なポリシーミックスを策定し、それらを実現させる社会的制度の構築が求められる。またこれまでの超長期管理における国の関与、ポリ塩化ビニール廃棄物に関する法令などの経験から、CCS事業を想定した社会制度の適用も考えられる。

以上の研究成果を統合した結果、CCS事業を実施するためには、CO₂排出抑制型とCCS事業誘導型のモデルを提言した。さらにCCS事業の法政策モデルを社会実装した場合、GHG削減長期目標を達成させるためには、今後開発・建設が計画されている火力発電のみならず、ほとんどの火力発電所や産業セクターにCCSの付設が必須となる。つまり、上記で示した法政策モデルに、日本では制定されていないCCS-Ready法の策定・早期施行が必要となることを意味する。

アジア域の諸国は、パリ協定の達成に向けて、財政メカニズムを踏まえたCCS導入を検討することが必須であり、CCSの法規制の現状や課題を分析した結果や提示するわが国の法政策モデルに基づき、アジア諸国でCCS導入・普及の法政策の構築を促す共通基盤を見出した。

[キーワード]

CCS, 長期管理責任, 長期政策戦略フレームワーク, 法政策モデル, アジア域の共通基盤

1. はじめに

わが国は、2050年までに 80%のGHG 排出削減を目指しており、2016年11月に発効したパリ協定を踏まえ 2020年までに 26%の削減を公約している。この実現のためには、二酸化炭素回収・貯留(以下、CCS という。)の社会実装が必要であり、今まで環境行政ではほとんど前例のない超長期管理を含めた CCS の包括的な法規制や政策の整備が喫緊の課題となっている。本研究ではIEAにより提示されたCCSの特定課題である「異常時の監視・措置」や現状では法制化されていない「長期貯留、閉鎖、閉鎖後の長期の維持管理規定」も規定したCCSの法規制・政策の枠組みモデルを提示する。2050年目標の達成には、火力発電の約70%、産業部門の約80%にCCSが実装されることを要する。この導入シナリオは実現可能なものであるが、実現に向けてCCS-Ready法の策定・早期施行が必要となることから、CCS-Ready法に必要な規定を提示する。

一方、石炭埋蔵量が豊富なアジア域では今後も多くの石炭火力の新規設置が計画されており (IEA、2014)、各国のパリ協定の達成に向けて、財政メカニズムを踏まえたCCS導入を検討することが必要となっている。このことから、アジア諸国のCCSの法規制の現状や課題を分析し、その分析結果や提示するわが国の法政策モデルに基づき、アジア諸国でCCS導入・普及の法政策の構築を促す共通基盤を見出す。

また、大規模なCCSの普及・導入には地域開発計画や社会インフラの構造改革を伴うCCS事業推進のための政策が必須である。最後に、上位計画との連携を図りつつ、CCSの導入・普及段階ごとに必要となる関連技術及びインフラの網羅的な導入を図る適切なポリシーミックス、それを実現する法的枠組みを見出すという重要な政策課題に取り組む必要があることに言及する。

2. 研究開発目的

3か年における本研究の年次別目的は、以下の通りである。

初年度は、まずCCSの実施に向けた政策課題と科学技術的知見から、CCSの政策手段の組合せと政策設計の方針について研究を行う。また並行して、欧米の手法に基づき、政策評価に必要な、わが国に適用可能な定量的な便益評価手法を検討し、モデル構築を試みる。その後適切なCCS政策手法の詳細分析を行い、その選定・導入を研究する。

2年度目では、CCSの二国・多国間共同実施や貯留に伴う諸問題の問題に対応できるよう、CCS国内法及びアジア諸国への適用性、漏洩等による越境移流の法的課題について明らかにする。それを踏まえて、アジア諸国の国内法及び二国・多国間協定や国際基準を検討し、多国間連携・共同実施の枠組みを研究する。

最終年度に、法・規制の枠組み下でのCCSの費用分担、特に閉鎖後の超長期管理の枠組みに応じた最適な負担のあり方を提示し、実施可能な費用負担制度を研究する。また、CCSを実施可能とする短期、中長期のそれぞれの社会的制度・政策戦略に関する具体的な提言を目指す。

3. 研究開発方法

(1) CCS導入・普及における課題・障壁の把握

本研究ではCCS導入・普及における課題や障壁について、IEA等が出版した最新の文献及び諸外国の法規制及びそれらの議論の比較結果に基づき、法的・経済的・社会的・環境的などの様々な側面から包括的に分析し、それらのCCSの制度的課題及び解決策に関する検討を行った。

(2) CCS普及・導入の社会的制度・戦略の研究

1) 諸外国及びわが国のCCS法制度構築の現状分析

CCSの政策設計を考える上で、国際的に認知されている先導的な諸外国の法規制を理解することが必須である。本研究では、諸外国の法制度評価報告書及びInternational Center for Climate Governance [ICCG]の報告書に基づき研究し、諸外国のCCS法制度及びその構築状況について分析を実施した。この理解の

前提として、文献に基づき諸外国のCCSプロジェクトの現状に関し、適用技術及び導入動向の分析を実施した。

CCS先進国の法規制モデルであるIEAモデル及び欧州のEU指令の法構造の比較分析を進め、CCSの包括的な法規制を研究した。さらに、IEAモデルの分析によって得られた9つに分類されるCCSに特定な必要規定ごとに、EU指令、米国、豪、独及びわが国等の法規制の比較分析を行い、現状の法規制の課題を明らかにした。また、わが国でCCSの法政策を立案する場合に必要な規定項目を分析した。

2) CCSの政策手段に関する研究

CCSの社会実装に当たっては、法規制の他に経済的状況、環境影響や社会的受容性等を考慮した包括的な政策的枠組みが不可欠となる。そこで、本研究ではCCSの普及・導入段階における政策手段が諸外国でどう議論され、策定されたかを分析し、CCS導入・普及の政策手段の策定手法について研究した。また、CCSの上位計画を策定する場合に戦略的環境アセスメントが重要な役割を果たすことを明らかにした。

3) CCS普及・導入の社会的制度・戦略の研究

上記の研究結果に基づき、CCSの普及・導入を図りながら、超長期的リスク・影響の回避や超長期的管理を行うために必要な社会的制度・戦略の枠組みを研究した。

4) CCSの便益評価手法の検討

CCSの社会実装により得られるGHG削減等の効果、及び共役便益、その他の便益についてEU指令や米国EPAの評価文書に基づき整理を行った。これらの便益と費用とを比較できるようにするため、欧州の先行事例を参考に定量的な便益評価手法の検討を行うことにより、サブテーマ3の環境経済評価モデルに反映させるものである。従って、本研究はサブテーマ2を分担する九州大学と共同で実施した。

(3) アジア域の共通基盤に関する研究

アジア地域では今後GHG排出量が増加する傾向にあり、中国、インドのような主要な排出国ではCCSによる大幅なGHG削減が重要な役割を果たすこととなる。本研究では、法規制は整備されていないが、急進的な取組がなされているアセアンに着目し、アセアン域内の諸外国の政府文書、アジア開発銀行及び学術論文に基づき、CCS法政策の諸問題・課題を分析し、わが国の状況と比較した。

アジア諸外国のCCSに関連する法規制の比較研究結果及びアジア域内の協定の文献的研究結果に基づき、アジア域でCCSを導入・普及させるために必要となる法規制・国際間協定の構築するための共通基盤を検討した。

4. 結果及び考察

(1) CCS導入・普及における課題・障害の把握

2015年12月、パリ協定では、「世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べ2°Cより十分低く保つとともに、1.5°Cに抑える努力を追求すること」、「今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出と吸収源による除去の均衡を達成するために、最新の科学に従って早期の削減を行う」などが重要項目として含まれている。その結果、CCS技術の導入・普及が、脱温暖化への有望な対応策と認識されるようになりつつある¹。気候変動に関する具体的な対応策には、政府、産業、国民による政治的、政策的、経済的、技術的な対応が必要不可欠であるが、各国のCCS技術の普及への対応は発展途上であるといえる²。CCS導入を普及させるためには、技術に関する社会やコミュニティーの理解が不可欠であり、政府、研究機関、NGO団体等による国内外への発信がその重要な役割をもつ。また、気候変動に関する政策、エネ

¹International Center for Climate Governance [ICCG]. 2016. "Advances and slowdowns in Carbon Capture and Storage technology development". ICCG Reflection No.48/May 2016.

² ENGO network on CCS. 2015. "Closing the gap on climate-Why CCS is a vital part of the solution". Dec 2015.

ルギー政策の中にCCSを明確に位置づけることが、制度化の普及・促進に欠かせないことが指摘されている³。近年の諸外国によるCCS導入動向をみると、パリ協定で採択された2°C以下への目標を達成させるためには、まずCCS技術の導入率がさらに上がることが前提となる。しかし現状からすると、その導入傾向は未だ低く、早急な対応が求められる。

また、具体的な法制度構築の課題・障壁として、CCSの社会的実装に当たっては、各国の政治的・経済的状況、環境的背景及びCCSに対する社会的受容性等を考慮した包括的な法制度の枠組みが不可欠となる。特に、同技術の導入にはエネルギー改革やインフラ整備の開発など多額の社会費用を要するため、開発・導入コストの低減削減、普及に向け適切な政策手段の選択が求められる。

そして適切な政策手段の選択には、経済的・社会的・環境的・市場的など様々な要素を配慮する必要がある。そこで本研究では、特にCCS商用化に向けた初期段階に必要とされる4つの要素を中心に議論を行った。

第1に、CCS技術の導入・普及にはインフラ整備改革と電力市場が重要となる。従って、「市場リスク」や「市場の失敗」に十分配慮した政策手段の適切な選択が必要となる。そのため、適切な選択を行うためには、必要とされた状況に適したテーマごとに適切な課題や政策オプションを分析・評価するための適切な分析要素や基準を設定しておくことが重要である⁴。

第2に、CCS導入・普及は特に新しい産業部門によるインフラ整備の開発が不可欠である。つまり電力と産業に対する個々の大規模CCSプロジェクトを促進させるためには、将来的な利益を見越したインセンティブの提供と費用削減を同時に考慮しなければならない。即ち、CCSプロジェクトの実現、特にCCSの商業化段階での初期ステージでは、「開発」と「コスト削減」を考える必要があり、大規模な技術開発にはコスト削減と明確な法制度による道筋が求められる⁵。

第3に、CCS技術システムの特徴（大規模、長期的建設によるリードタイム、資本集約性、技術開発の相関性、貯留の社会的受容性など）に配慮しつつ、異なる政策手段を活用することによりCCS技術の市場優位性を獲得することが重要である。そのためには、CCS技術を設備する火力発電所には炭素価格を回避するシステム、法的拘束力を利用したインフラ整備・CCS技術促進に向け新規発電所によるゼロエミッション化や既存施設のCCS追加設備策、市場ベースでの政策オプションとして投資資金や補助金策等の政策手段を課題に応じた社会的効率を考慮しながら選択する必要がある（社会的効率とは、例えば「有効性」、「静態的効率性」、「能動的効率性」などが挙げられる）⁶。

最後に、CCSの大規模プロジェクトを推進するためには、政策手段のミックスが必要である。この産業には、大規模投資、明示的な長期な枠組みが必要である。つまり、全てのCCS事業の各段階に適した政策手段を長期的視点で選択することが必要となってくる。また、CCS導入のニーズは国や地域により異なり、CCS技術はエネルギー起源の二酸化炭素排出の削減を行うものであり、低炭素社会の構築を目指すものである。このことを考慮すると、CCS政策を実施するとともに、再利用エネルギー資源の開発を同時に実施することが必要になってくると考えられ、CCSを考慮した適切なエネルギーミックスを見出す必要があろう⁷。また、政府や事業主体による積極的な公的資金の投入や・投資を誘導し、市場バランス及び社会・環境的配慮をしたインフラ整備、技術開発、コスト効率化を図る適切な政策手段の選択が必要であるといえる。

³ International Energy Agency [IEA] 2015. “Carbon Capture and Storage: The solution for deep emissions reductions”. France. OECD/IEA, 2015

⁴ IEA 2012. “A policy strategy for carbon capture and storage”. Information Paper. France. www.iea.org

⁵ Scottish Carbon Capture and Storage [SCCS] 2014. “Carbon Capture and Storage in the EU’s 2030 climate and energy framework”. 19th Feb 2014. www.sccs.org.uk

⁶ Finon, D 2012. *Efficiency of policy instruments for CCS deployment*. *Climate Policy*. 12(2012): 237-254.

⁷ Zero Emissions Resource Organisation [ZERO] 2013. “Policy instruments for large-scale CCS”. Norway. <http://www.zero.no/publikasjoner/policy-instruments-for-large-scale-ccs.pdf>

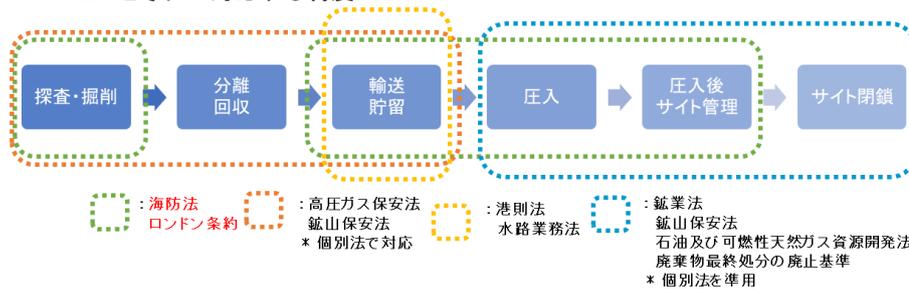
1) わが国におけるCCS法規制の現状と課題

CCSのプロセスは、探査・分離・回収、運搬、圧入・貯留、圧入後管理、閉鎖と大きく分かれる。特に重要な「圧入貯留、閉鎖及び閉鎖後」では、例えばEU指令（EU，2009）等を踏まえると以下の内容を網羅的に規定すべきであると考えられる。

- ・ 許認可プロセス確立と監督機関
- ・ CO₂漏洩のリスクアセスメント
- ・ 短長期漏えい基準と緊急災害対応
- ・ 測定、モニタリング及び検証（MMV）
- ・ 閉鎖計画の開示
- ・ 閉鎖の性能基準の設定
- ・ 財源保障と財源メカニズム
- ・ 長期保証システム（長期モニタリング・メンテナンス、異常事象に対する緊急措置及び資金措置、CO₂ credits liability）
- ・ 第三者のアクセス権と紛争処理システム
- ・ 罰則

わが国の法体系では、図(1)-1に示すようにCCSの各プロセスに対し、高圧ガス保安法、鉱山保安法、港則法、水路業務法、鉱業法、鉱山保安法、石油及び可燃性天然ガス資源開発法、一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令（廃棄物最終処分の廃止基準）を個別に適用し、CCS事業の許認可・実施するほかない。海洋貯留については、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」（以下「法」という。）及び「1972年の廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約」（以下「ロンドン条約」）の改正によって、実施可能となった。しかしながら、このような個別法の適用だけでは、図(1)-1の下表に示す通りCCSの制度的課題（IEA，2010）にすべて対応したものとは言い難く、欧米のCCSプロセスに即した短・中期、超長期管理に関する法・規制の枠組み・包括的な法制度を検討することが課題といえる。

CCSプロセスとそれに対応する制度



<p>◆全般事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. CO₂の特定 2. 所有権 3. 他の使用权・優先権との競合 4. 越境移流 5. 海洋環境保護の国際法 6. 気候変動緩和戦略の一部としてのインセンティブ付与 	<p>◆CCS特定の課題</p> <ol style="list-style-type: none"> 12. 分離回収 13. 輸送 14. 枠組みと禁止事項の範囲 15. 貯留に用いられる定義と用語 16. サイト探査・掘削の許認可 17. サイト選定と特定化の規制 	<p>◆新たなCCS規制の課題</p> <ol style="list-style-type: none"> 26. 実証における知識・経験の共有化 27. CCSReady 28. バイオマス由来資源でのCCS活用 29. EOR-CCS
<p>◆既存法規制の課題</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. 人健康の保護 8. CO₂流の成分 9. 環境影響評価の役割 10. 貯蔵サイトと輸送設備の第三者のアクセス 11. 意思決定における公衆の関与 	<ol style="list-style-type: none"> 18. 貯留の許認可 19. プロジェクト検査 20. MRV要件 21. 是正・修復措置 22. 事業期間の責任 23. 貯留サイト閉鎖の許認可 24. 閉鎖後の責任 25. 閉鎖後の管理(スチュワードシップ)に対する財政支援 	

図 (1) -1 CCSの制度的課題とわが国の法制度の現状

これらの課題の中でも、二酸化炭素貯留に係る非恒久性に関する長期的な規定は最も重要な課題の一つとされており、現状におけるわが国での長期的な責任を規定する法を概観する。

廃棄物の海洋投棄を規制する国際的枠組みであるロンドン条約及びその改正議定書（96年議定書）の国際発効（平成18年3月24日）により、同議定書に基づいて海洋投棄を検討できる品目（同議定書附属書Ⅰに定められたもの）を処分する場合には、同議定書附属書Ⅱに沿った影響評価の一連の手続きを経た上で有期限の許可を受け、環境監視を実施することが義務付けられている。わが国は、96年議定書の求める趣旨と枠組みを国内制度に十分反映するため法の改正を平成16年に行い、廃棄物等の海水への投棄については、環境大臣の許可がなければできないこととされている（平成19年4月1日施行）。96年議定書は、中長期の地球温暖化対策としてのCCSに対する国際的同意の高まりを受けて、附属書Ⅰに「二酸化炭素を隔離するための二酸化炭素の回収工程から生ずる二酸化炭素を含んだガス」を追加する改正を平成18年11月に採択し、同改正は平成19年2月10日に発効し、海洋貯留が可能となった。わが国は、同議定書附属書Ⅰの改正を踏まえ、かつ、海洋環境への悪影響を未然に防止する観点から、二酸化炭素の海底下廃棄に係る許可制度を新たに設けることとし、平成19年に法の改正を行い、「特定二酸化炭素ガス」について、許可を得た場合には、海底下廃棄の禁止から除くとした。

詳細は、「特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄の許可の申請に係る指針」（環境省、2008）で規定されている。法では、特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄について環境大臣が出す許可の期間は、最長5年とし、廃棄の継続が必要な場合には、廃棄事業者はあらかじめ許可を取得する必要がある。特定二酸化炭素ガスの圧入終了後、廃棄海域の海底下地層に二酸化炭素を貯蔵しておく行為についても環境大臣の許可を得なければならない。法では、これにより圧入終了後も適切かつ確実な維持管理／監視を担保していくこととしており、特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄を行った廃棄事業者は必然的に圧入終了後の許可取得が必要となる。監視結果を確認し、結果に基づいて監視内容を定期的に見直すため、この場合の許可の期間も最長5年としており、許可更新により更に貯蔵を継続できる仕組みとしている。許可申請にあたっては、万一の事態を想定した障害防止計画を立案し、環境大臣はこれを勧告して許可の可否を審査する。監視計画は、許可申請書の一部をなすことが定められており、環境大臣による廃棄の許可は監視計画にも立脚するものであり、海底下廃棄許可申請者には同計画に基づいて監視を着実に実施しなければならないとされている。また、法では海底下の地層からの二酸化炭素の漏出についてその可能性を検討し、万が一の漏出が生じた場合の海洋環境への影響を予測評価することが求められる。法では、これらの要求を実施できるかどうか、経理的基礎、技術的能力の説明についても義務付けている。

これらの規定により、圧入貯留、閉鎖及び閉鎖後に必要な義務は担保されるが、「貯留」及び「廃棄」は最長5年の許可であり、閉鎖後の超長期管理を考慮した規定したものとなっていない。このことから、二酸化炭素貯留の非恒久性に関する長期的な規定は今後取り組むべき最も重要な課題の一つであるといえる。

上記で議論した課題を含めてCCSの導入・普及及び実施における課題を整理すると以下となった。

【CCS導入・普及政策に関する課題】⇒研究開発フレームワーク

- ・ 日本のCO₂貯留ポテンシャルの明確化および安全性を含めての評価が必要。
- ・ 上記及びエネルギー計画、GHG削減目標・温暖化対策等により導入計画（量）を設定し、CCSの位置付けと重要性等を十分に説明して社会的合意形成を図ることが必要。

【CCS導入に関する課題】⇒開発・排出削減フレームワーク

- ・ CO₂の回収・輸送・貯留・モニタリングまでの実証を行い、CO₂圧入・貯留の安全性技術の開発・実証および漏洩リスク・環境影響の評価技術の確立が必要である。
- ・ 一貫したCCSプロジェクトの費用負担は、事業主体が負担できる限度がある。また、プロジェクトコスト削減も課題である。どのようにCCS開発のインセンティブを与えるべきか検討が必要

【CCS実施に関する課題】⇒CCS法規制フレームワーク

- ・ 実施に当たって、回収・輸送は既存法令の改正で対応できる。
- ・ 貯留については監督官庁、法規制制度、事業許認可制度、長期モニタリング、コスト負担、保険・

補償制度等の法整備を行う必要がある。

- ・ 事業主体の存続期間と貯留期間は大きく異なることから、権限の移譲が必要であり、その場合の管理コストの負担、管理体制を確立するが必要。

(2) CCS普及・導入の社会的制度・戦略の検討

1) 諸外国のCCS法制度構築の現状分析

① 諸外国のCCSプロジェクトの現状

現状の大規模な統合CCSプロジェクトは、世界全体で計画段階も含め40件の大規模な統合CCSプロジェクト (Large-scale Integrated CCS projects: LSIPs) が報告されている (表 (1) -1)。LSIPsは、以下のいずれかに該当するものを意味する。CO₂の回収、輸送及び貯留を含み、CO₂ 排出量が少なくとも80万 (年間) トンの石炭火力発電プラント、もしくは、CO₂ 排出量が少なくとも40万トンの天然ガス焚発電プラントを含む高排出施設である。これらの定義に記載された最低限のCO₂排出基準値は、商業施設や他の産業施設などから一般的に該当する数値を基に定められている。LSIPsの定義では、プロジェクトが適切な地質構造サイトへの人為的なCO₂圧入によるもの、または石油増進回収/第三次回収作業のいずれかであることを条件としている。また、EOR (Enhanced Oil Recovery) は、部分的または完全な石油貯蔵へのCO₂圧入に関し、技術的・経済的要因が含まれる場合が考えられる。EORを利用した貯留のプロジェクトは、各国のCCS 技術の普及において必要不可欠な要素であり、また商業規模のCO₂圧入開発に着実に貢献している。プロジェクト・ライフサイクル・モデルとは、CCSプロジェクトの段階を示す指標であるが、計画段階、実施段階、閉鎖段階に分かれる。計画段階は「同定 (identify)」「評価 (evaluate)」「決定 (define)」、実施段階は投資の意思決定後の「建設 (execute)」「操業 (operation)」「閉鎖 (closure)」である。閉鎖段階は閉鎖後 (post closure) である。

現在、世界では40件のLSIPsが報告されている。その全てのCO₂回収容量は、年間6,840～7,350万トンとなっている。米国やカナダが先導的にCCS導入を図ったが、EU、オーストラリア、中国などの諸外国も将来的にはCCSを導入することを政策決定していると見てよい。

表 (1) -1 LSIPs の地域、国別一覧

地域・国	計画段階			実施段階		全体数	
	同定	評価	決定	建設	操業	プロジェクトの合計数	CO ₂ 回収総容量 (万トン/年)
米国		1	1	3	7	12	30.6
カナダ				2	3	5	6.5～7
南米					1	1	0.7
EU		3	1		2	6	10.8
中東				1	1	2	1.6
オーストラリア ニュージーランド		2		1		3	6.9～11.5
中国	3	1				8	9.3
他のアジア地域		2	4			2	2
アフリカ					1	1	0
合計	3	9	6	7	15	40	68.4～73.5
CO ₂ 回収容量の 合計(万トン/年)	5	18.1～22.1	5.8	11.1～12.2	28.4		68.4～73.5

代表的な2つのLSIPsとして、2015年に運転開始されたQuest Project とUthmaniyah CO₂- EOR Demonstration Projectがある。Uthmaniyah CO₂- EOR Demonstration Project は、2015年7月にサウジアラビアで導入された。このプロジェクトは、Hayiwah NGL (天然ガス液) 回収プラントから年間約80万トンのCO₂回収容量があるとされる。もう一つのQuest Projectは、2015年11月にカナダのアルバータ州で導入された。回収容量は、年間約100万トンあり、北米では初めての深部塩水性帯水層へのCO₂貯留を目的とした大規模CCSである。

また、2016年に2つの大規模プロジェクトが商業化操業の運営開始予定となっている。その一つであ

る Illinois Industrial CCS Project（年間約100万トンのCO₂回収容量）は、米国、イリノイ州、ディケーターに設置された Arder Daniel Midlands corn-to-ethanol production（トウモロコシ原料エタノール製造）施設である。これは、米国では初の100万トン級の深部塩水帯水性層へのCO₂圧入プロジェクトである。もう1つは、Abu Dhabi Project（年間約80万トンのCO₂回収容量）である。これは、大規模なCCSプロジェクトとしては、世界初の鉄鋼業における導入である。アブダビの Emirates Steel Plantsでの直接還元製鉄方法からのCO₂回収となる。

他には、発電セクターによるLSIPsが現実化している。カナダの Boundary Dam Carbon Capture and Storage Project（CO₂回収容量：年間約100万トン）は、世界初の発電セクターでのCCS導入として、2014年10月から操業されている。もう1つは、米国、ミシシッピ州の Kemper Country Energy Facility（回収容量は年間約300万トン）では、新たに582（MW）の発電プラントが試運転されている。同プロジェクトは、2016年に開始予定とされている（GCCSI, 2015）。

また、LSIPsの他に、諸外国による数多くの試験的、実証的CCSプロジェクトを注目プロジェクト（Notable Projects: NPs）として位置づけ、注視している（表（1）-2）。NPsの定義は、LSIPsの定義、または統合したプロジェクトの要素に該当しないものを指す。しかし、それらの革新的な実証プロジェクトは、将来的な大規模CO₂回収施設の設計及び導入に必要な技術・ノウハウやCCSが環境に及ぼす影響の要素を理解することなど、価値のある情報提供が期待され、CCSの政策決定でも重要な知見を提供している。

表（1）-2 諸外国の地域・国別に分けたNPsの一覧

地域	国	Npsの合計数	地域による合計件数	諸外国の合計
北米・中南米	ブラジル	1	22件	67件
	カナダ	4		
	米国	17		
EU・中東	フランス	2	20件	
	ドイツ	3		
	アイスランド	1		
	イタリア	1		
	オランダ	2		
	ノルウェー	2		
	サウジアラビア	1		
	スペイン	2		
	スウェーデン	2		
	英国	4		
	アジア太平洋地域	オーストラリア		
	中国	9		
	インド	1		
	日本	7		
	韓国	2		
	台湾	1		

（Source: Global CCS Institute, 2016）

② 諸外国のCCS法制度構築の現状分析

諸外国におけるCCSに関する法制度は、世界的に未整備であるのが現状である。CCS実施が可能な最低限の法制度を整備しているのは、オーストラリア、カナダ、デンマーク、米国、英国など一部の国である。一方、その他は、CCS法制度の枠組みが構築されておらず、CCS技術の実用化に向けて多くの課題を残している。そのため、今後もCCS導入に向け、その法制度化に各国の強い政策コミットメントが必要であると指摘されている。アジア太平洋地域に関しては、他の地域と同様な制度化の課題を持つ一方、例外としてオーストラリアについては、連邦政府や州政府による包括的な法制度モデルが策定されていると評価されている。アジア諸国は、国内への技術導入化に向けての政府の意識や理解が高くなく、法制度構築には消極的であると指摘している。将来、IEAなどではアジアにおける化石燃料ベースのエネルギー需要が高まると予測されているが、中国やインドなどの主要なGHG排出国ではCCS導入が二酸化炭素排出削減において重要な役割を果たすことになることが確実視されている。我が国もアジア全域のCCS普及に向け、適切な制度構築と普及対策に貢献することが求められるであろう。

③ CCS 先進国の包括的な法規制の比較研究

i) IEAモデルとEU指令におけるCCSの法構造

IEAモデルとEU指令の法構造、特にCCSの特定課題である「貯留、閉鎖、閉鎖後管理」の（超）長期的管理に関する枠組み（規定・条項）の分析を行った結果、CCS法は網羅的に規定されていることが明らかになった。

CO₂の貯留に関する指令(Directive 2009/31/EC：以下、CCS指令という)は、欧州議会及び理事会で検討され、欧州の2009年6月25日、気候アクション及び再生可能エネルギーパッケージの一部として採択され⁸、2009年6月に発効した⁹。CCS指令は、「気候変動対策に向け、環境的に安全な地下貯留を実施するための法的枠組み」¹⁰である。また、「環境的に安全なCO₂の地下貯留の目的とは、環境や人の健康に悪影響を及ぼさない、リスクがない方法を利用した、恒久的なCO₂の貯留である」¹¹としている。同指令は、CCS技術の導入・普及を促進するためではなく、EU加盟国または企業がCCSプロジェクトを実施する際、それらの国や企業にこの指令に従わせることを目的としている。また、CCS指令の改正内容に含まれる環境影響評価制度(EIA)指令および産業排出指令(the Industrial Emissions Directive)等の既存の環境法は、二重規制を回避するために、CO₂回収・輸送プロセスがそれらの対象になるように修正し、配慮している¹²。これは、EUによるすべての地下層のCO₂貯留および貯留サイト工程の着手から閉鎖までの一貫した工程プロセスを含む法的枠組みであることから、助成金制度やプロポーシヨナリティの基本的な要件についても最小限の法的枠組みを提示している¹³。そのため、多くの権限を加盟国に委ねている。CCS指令は、貯留サイトの選択¹⁴、貯留候補地調査に関する許認可¹⁵、貯留サイトの許認可、モニタリング¹⁶、報告¹⁷、CO₂貯留サイトの管理¹⁸、そして稼働、閉鎖、閉鎖後の義務、国家規制当局間による権限の委譲などを包括的な法枠組みとして定めている^{19,20}。表(1)-3が分析結果)。

CCS法モデルを分析した結果、表6に示す通りCCS法制度には9つの重要な項目が明言化されている。これらの規定項目に基づき諸外国の法制度体系を分析することにより、わが国においてCCS法を立法する場合に必要な枠組み及び規定内容を導き出すことができる。

⁸ European Commission 2010. Directive 2010/75/EU on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)

⁹ European Commission 2015. Report on review of Directive 2009/31/EC on the geological storage of carbon dioxide

¹⁰ Directive 2009/31/EC, chap 1, art 1(1)

¹¹ Directive 2009/31/EC, chap1, art 1(2)

¹² European Commission 2016. A legal framework for the safe geological storage of carbon dioxide. (<http://ec.europa.eu>)

¹³ Consolidated Version of the Treaty on European Union [2012] OJ C326/13 art 5.

¹⁴ Under art 4 of the CCS Directive (n 19).

¹⁵ Under art 5 (exploration permits) and arts 6-11 (storage permits) of the CCS Directive (n 19).^[1]_{SEP}

¹⁶ Art 13 of the CCS Directive (n 19).

¹⁷ Art 14 of the CCS Directive (n 19).^[1]_{SEP}

¹⁸ 特に Art 16- 19 of the CCS Directive

¹⁹ art 18 of the CCS Directive

²⁰ European Commission 2009. CCS Directive, Directive 2009/31/ EC on the Geological storage of carbon Dioxide.

表 (1) -3 EU指令のIEAモデル構造分析結果と超長期管理規定

	EU指令	IEA Legal Modelのあてはめ	超長期管理に関する規定
サイト選定	第1条 主題および目的	6. 気候変動緩和策の一部としてCCSへのインセンティブ提供	
	第2条 適用範囲および禁止	14. 制度枠組み及び禁止事項	
	第3条 定義	1. 二酸化炭素の差別化 8. 二酸化炭素流の構成 15. 二酸化炭素貯留規制に適した定義及	
	第4条 貯留サイトの選定	2. 財産権(所有権) 17. サイト制定及び作業内容の特定化に 22. プロジェクト期間の保証・責任	
	第5条 探査許可	3. 他の事業者との競争及び優先権に関 16. サイト探査活動二関する権限	
圧入・貯留	第6条 貯留許可	14. 制度枠組み及び禁止事項	貯留・閉鎖性能基準の設定 貯留・閉鎖計画の許認可
	第7条 貯留許可の申請	5. 海洋環境の保護に関する国際法 18. 貯留作業に関する権限	貯留・閉鎖計画の許認可
	第8条 地中貯留を許可する条件	18. 貯留作業に関する権限	貯留・閉鎖計画の許認可
	第9条 地中貯留許可の内容	8. 二酸化炭素流の構成 12. 二酸化炭素の回収 13. 二酸化炭素の輸送 22. プロジェクト期間の保証・責任	貯留・閉鎖計画の許認可
	第10条 欧州委員会による貯留許	18. 貯留作業に関する権限	
	第11条 地中貯留許可の変更、見直し、更新、および撤回	7. 人への健康影響の保護 9. 環境影響評価制度の役割	貯留・閉鎖計画の許認可
	第12条 CO2流の許容基準および手続き	4. 二酸化炭素の越境移流	閉鎖性能基準の設定 長期保証システム クリアランスレベル
	第13条 モニタリング	5. 海洋環境の保護に関する国際法 20. MRVに関する要求	閉鎖性能基準の設定 長期保証システム
	第14条 報告	5. 海洋環境の保護に関する国際法	長期保証システム
	第15条 検査	5. 海洋環境の保護に関する国際法 7. 人への健康影響の保護 9. 環境影響評価制度の役割 10. 貯留サイトへ及び輸送インフラスト 19. プロジェクト検査	長期保証システム
	第16条 重大な異常、または漏洩が発生した場合の措置	5. 海洋環境の保護に関する国際法 21. 是正処置及び改善策 22. プロジェクト期間の保証・責任	長期保証システム 非恒久性事象に係る紛争処理システム
第17条 閉鎖および閉鎖後の義務	23. 貯留サイト閉鎖に関する権限 24. 閉鎖後期間の保証・責任	閉鎖計画の許認可 長期保証システム	
閉鎖後	第18条 責任の移譲	2. 財産権(所有権) 23. 貯留サイトの閉鎖に関する権限 24. 閉鎖後期間の保証・責任	長期保証システム 事業者責任期間(※) 権利・責任移譲
	第19条 財務的な保証	25. 閉鎖後管理への財政的貢献	閉鎖のための財政制度
	再審理	5. 海洋環境の保護に関する国際法 7. 人への健康影響の保護 9. 環境影響評価制度の役割 10. 貯留サイトへ及び輸送インフラストラクチャーへの第三者利用権	

(European Commission 2009; and IEA 2010を基に執筆者が作成)

ii) 諸外国及びわが国のCCS法の比較研究

CCS先進国の包括的な法制度の理解を図るため、EU-CCS指令、ドイツ、米国、オーストラリア及びわが国を対象に9つの重要項目（貯留法、貯留計画の許認可、閉鎖計画の許認可、貯留・閉鎖性能基準、長期保証システム、財源保証と財源メカニズム、非恒久性事象に係る是正措置、クリアランスレベルと責任移譲、監督機関）の規定に関して比較分析した。表(1)-4に示す通り、諸外国のCCS法制度体系及び構造を把握し、わが国のCCSを実施する際の法制度の現状が明確になった。

表 (1) -4 CCS先進国の包括的な法規制の比較研究

国	欧州 CCS指令	ドイツ	米国 U I C P プログラム	豪 OPGG法	日本：海防法等 (詳しくは9アテーマ2) 赤字が特に規定して いない項目
貯留法・ サイト	海陸域	海陸域(CO ₂ 注入量 年130万t・総計400 万以内)	陸域 EOR	海域 (海岸より3海里以遠) 陸域・沿岸貯留について は州政府の管轄となる (VIC陸域・沿岸; SA & QLD陸域)	海域
貯留計画 の許認可	貯留操業に関する要 求事項の規定があ る。 許可発行5年後、その 後10年ごとに更新	貯留操業に関する 要求事項の規定が ある。5年ごとに所 管官庁による検査	圧入後の管理期間を含む全操業 期間が有効、圧入井の要件の規 定がある。	一定の条件があり、それ を満たせば貯留が可能。 無期限であるが、5年以 上圧入が無い場合は失効	5年間 長期貯留の規定なし
閉鎖計画 の許認可	関連条項の規程に満 足した場合、管轄当 局が閉鎖を決定した 場合、閉鎖される。	関連条項の規程に 満足した場合、管 轄当局が閉鎖を決 定した場合、閉鎖 される。	廃坑、サイト閉鎖の要件の規定 がある。	一定の条件があり、それ を満たせば閉鎖可能。 閉鎖計画書を連邦大臣に 提出、承認	坑井閉鎖計画の規定 があるが、閉鎖の判 断は入っていない
貯留・閉鎖 性能基準	貯留サイトの特性把 握及び評価は基準規 定に従って行われ、 安全性・ハザード把 握、リスクアッセ スメントを要求	貯留サイトの特性 把握及び評価は基 準規定に従って行 われ、安全性・ハ ザード把握、リス クアセスメントを 要求	圧入井の建設要件があり、運転 前の検査要件がある。また、圧 入井の機械的な完全性の確保に 係る規定がある。	圧入・貯留の条件を規定 している。移動性や漏 洩、漏洩の原因となり うる影響についての経路の 評価 漏洩時に対するリスク管 理計画 長期的モニタリング及び 検証計画(計画の実 施に想定されるコス トを含む)の報告を要 求	規定あり
長期保証シ ステム	保守、モニタリン グ、管理、報告義務 を規定 是正措置を確保、事 業者からの費用回収 規定がある。	保守、モニタリン グ、管理、報告義務 を規定 是正措置を確保、 操業者負担による 行政代執行の規定	緊急時対応、是正措置、閉鎖後 モニタリング、サイト管理の財 務的責任の規定がある。	審査は特に規定なし。連 邦大臣による管理規定が ある。	計画の提出義務があ るが、5年ごとに審 査
財源保障と 財源メカニ ズム	財源保障と財源メカ ニズムの導入	貯留計画の許認可 時に財務能力の証 明が必要。責任移 転までの保証金ま たは保険が必要	是正措置、サイト管理、閉鎖及 び緊急時対応のための財務的 責任と財源を証明・維持を要 求	オペレーターによる財政 保証(責任移譲される まで)	資金確保・メカニ ズムが要検討
非恒久性事 象に係る是 正措置	是正措置を確保、事 業者からの費用回収 規定がある。	是正措置を確保、 操業者負担による 行政代執行の規定 がある。	緊急、緩和措置の規定があり、 計画書の認可が必要	事業者による措置の義務 に基づく(懲役5年)	事業者による是正措 置の義務
クリアラン スレベルと 責任移譲	封じ込めの証拠によ り永久固定が確認 された場合は移譲が 出来る。それ以外は 最低20年義務が課せ られる。	閉鎖後に最低40年 間の経過後、責任 移譲が可能	圧入後、事業者は50年間監視 義務があり、飲用地下水源に影 響しないと判断されるまで継続。 一方、法的責任の移転を規定し た連邦政府レベルの法規制は ない。貯留層の健全性、貯留CO 2の安定性の確認、貯留停止か ら一定期間の時間経過、閉鎖後 管理のための財政拠出は、各 州によって異なる。	閉鎖後、最低15年は事 業者による保証の義務があ り、貯留CO ₂ の正常な挙 動、重大リスクがないと 判断されること。	規定がない
監督機関	加盟各国管轄当局	所管官庁	米国EPA又は各州の担当部 局に申請、許可	連邦大臣	環境大臣への許可申 請

(EC 2009; Australian government 2011; EPA 2008を基に執筆者が作成)

2) CCSの有効な政策手段

大規模または商業化に向けたCCSプロジェクトを導入する上で、政策手段のミックスや適切な手段の選択は、コストの効率化、導入規模の拡大化、CCS設備を含むインフラ整備の開発に向け重要な役割を持つ。CCS技術のニーズは国や地域により異なり、エネルギー産業における大規模なインフラの構造改革には、多額な公的資金や長期的で予測可能な法制度の枠組みが必要である。したがって、政策手段の適切な選択は、その国のCCS技術の評価価値や技術普及・改革に向けた十分なコストマネージメントを

考えた場合、必要不可欠な存在となる²¹。

政策手段の中には、CCS導入の初期段階において付加価値をつけ導入促進させる役割もある。例えば、再利用エネルギーを普及政策においてその役割を果たすものとして、FIT（自然エネルギーの買い取り制度）やグリーン証書の義務化などが代表的である。また、将来商業化した二酸化炭素の回収設備には、多額の投資、長期的開発に必要なリードタイムが必要であり、CCSの実証実験後や商業化の初期段階に向けた投資を促進させるためには、電力供給事業者や化石燃料の消費事業者に対し適切な政策手段を講じることによりCCSの安定性と予測可能性を提供することは回避できない。政策手段の特性によって経済的・社会的・環境的效果は異なるため、各政策の特徴・特性を比較研究することは重要である²²。したがって、CCS技術の普及には、各国や各地域の状況やニーズに応じた法的枠組みを構築し、その枠組みの下で利用可能であり、適切かつ効率的な政策手段の選択が求められる。

本研究では、CCS技術の導入・普及に向け、初期段階に必要とされる政策手段について考察した。それぞれの政策手段はその特徴により効果が異なるため、目的、国、地域、社会、市場に適した政策手段の選択が求められることを論じた。また、ポリシーミックスによって、政策課題に対するより効果的な対応策の立案が可能となる。また、CCSには事業段階があるため、各段階、課題、場所に適した政策手段の選定が求められる。

本研究で指摘したように、我が国ではCCSの商業化に至っていない。一方、FIT、炭素税、ISOなど、初期段階に必要なまたは適用に可能な政策手段は既に制度化されているものがある。我が国のCCS商用化を実現するためには、長期的かつ明示的な法的枠組みが必要である。また、円滑な商用化を目指すために、政府や事業主体による積極的な公的資金の投入や・投資を誘導し、市場バランス及び社会・環境的配慮をしたインフラ整備、技術開発、コスト効率化を図る適切な政策手段の選択が求められている。

上述した通りCCSの法規制に適用可能な政策の枠組みについては、CCSの特性や社会的状況を考慮した適切な政策手段を選択し、その実効性を担保する法・規制の枠組みを構築する必要がある。本研究では政策評価に関しては言及しなかったが、それらの政策手段・法規制枠組みの効果・効率や必要になるコスト、及び社会的影響などを定量的に評価する規制影響評価を行うことに基づき、より適切なポリシーミックスや法・政策の枠組みを構築することが可能とともになる。また、評価結果を国民に公表し意見聴取を行うことで、説明責任を果たすことにより社会的受容性のある社会制度を築くことが可能になると考えることができる。

また、本研究では、他の有効な政策手段の一つとして、環境影響評価を検討した。CCSに関するEIA（環境影響評価制度）とSEA（戦略的環境アセス）の役割をみると、実際のCCS回収・輸送・貯留プロジェクトを行う際、いくつかの許可要項を満たす必要がある。EU CCS指令によると、商業利用による二酸化炭素回収・輸送・貯留によるアクティビティはEIAによる許可項目を満たす義務がある。したがって、EIAは提案されたCCSプロジェクトの影響評価をアセスすることを目的とした段階的な手段となる。すなわち、アセスの環境基準を基にした評価をプロジェクト実施に向けた意思決定プロセスに利用される。一方、SEAは、政策決定をするための事前且つ戦略的な補足的な手段といえる^{23,24}。現状として、CCS指令はEIAによるアセスは法的条件としているものの、SEAに関しては明確に示していない。

英国では、2050年までに1990年を基準年として80%の温室効果ガス削減を公約し、その実現に向け「気候変動法2008（the Climate Change Act 2008）を主軸として政策実施を行なっている。また、パリ協定合意による自国の目標達成に向けエネルギー・気候変動政策を抜本的見直しに取り組んでいる。エネルギー生産や効率化、また温室効果ガス緩和策として、エネルギー政策の改革とCCSの導入・普及が重要な位

²¹ Zero Emissions Resource Organisation [ZERO] 2013. “Policy instruments for large-scale CCS”. Norway.

<http://www.zero.no/publikasjoner/policy-instruments-for-large-scale-ccs.pdf>

²² Finon, D., 2012. *Efficiency of policy instruments for CCS deployment*, *Climate Policy*, 12(2): pp. 237-254.

²³ Koornneef, J., A. Faaij, and W. Turkenburg, 2009. ‘The screening and scoping of Environmental Impact Assessment and Strategic Environmental Assessment of Carbon Capture and Storage in the Netherlands’. *Environmental Impact Assessment Review*, 2008. 28(6): p. 392-414.

²⁴ Koornneef, J., et al. 2011. The environmental impact and risk assessment of CO₂ capture, transport and storage-an evaluation of the knowledge base using the DPSIR framework. *Energy Procedia*. 4:2293-2300.

置づけとした。このような背景のもとで、英国のCCSに関する国家政策に関する計画・プログラムには、SEAが義務的に実施され、継続的な改革が現在も行なわれている。したがって、CCSに関するEIA及びSEA制度は今後我が国によるCCS導入・普及において有効な政策手段の選択肢として検討する必要がある。

3) CCS 普及・導入の社会的制度・戦略の検討

i) CCS 政策の戦略フレームワーク

2) の分析結果から、我が国のCCS導入・普及を図るため、個別の政策手段の法的、経済的及び社会的合理性、有効性を評価し、適切なポリシーミックスを検討し、それを実現する社会的制度を戦略的に構築することが求められると結論付けられる。表 (1) -5はCCSの各課題に有効な政策手段であり、CCS普及・導入の社会的制度を構築するためには図 (1) -2に示すCCS政策の戦略フレームワークが必要であることを見出した。このフレームワークをCCSの大規模実施に向けて社会実装するためには、わが国の法規制及び政策、経済的・社会的状況を考慮しながら個別の政策手段及びCCS法の制度設計を行い、そのポリシーミックスの費用対効果分析を含めた規制インパクト評価（便益評価）を実施する必要がある。表 (1) -5 各課題・フレームワークにおける有効な政策手段

研究・開発段階	導入段階	普及段階(操業段階)
CCS導入・普及の上位計画への反映	固定価格買取制度(FIT)	CCS法・枠組み規制
戦略環境アセスメントの実施	排出取引制度	「CCS導入段階」の政策手段のほとんどが普及段階でも有効
CCS管理手法・マニュアルの開発	カーボン・プライス・フロア(CPF)	
開発・コスト抑制の研究開発政策	差額決済取引制度	
CCS関連技術のイノベーション政策	長期投資・融資保証	
CCS関連企業の育成	二国間・JCMメカニズム	
実証プラントの建設・実証	事業開発への補助金・助成金	
	炭素(排出)税	
	CCS付設・導入義務(CCS基金)	
	炭素排出抑制規制	
	発電・エネルギー効率基準	
	低炭素ポートフォリオ基準の導入	

※赤字：財務保証・資金メカニズムに関するオプション

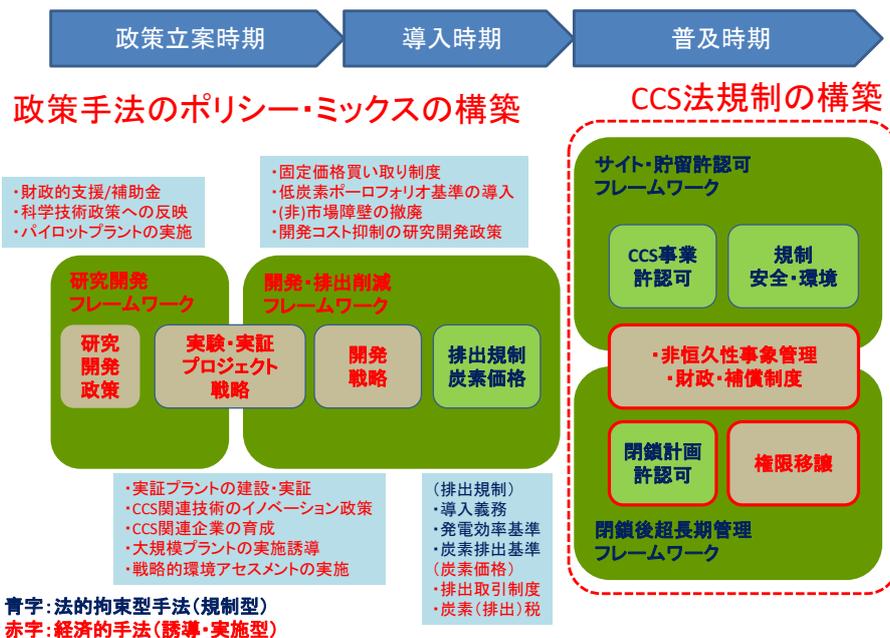


図 (1) -2 CCS政策の戦略フレームワーク

ii) 法政策モデルと CCS 導入シナリオ

EU指令を始め諸外国のCCS法政策のほとんどは、規制的手法に基づいて制度設計がなされている。一方、わが国では、ポリ塩化ビフェニル廃棄物などは「ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法」（以下、PCB特措法という。）により国が中心となり拠点的な処理施設を整備し、法で定められた期間内に保管・処理される。このような特別措置法などによる国の関与を認めるなどの経験を踏まえると、わが国では公共の関与・公費投入によるCCS事業を想定した法制度の構築も可能である。このことから、わが国では図(1)-3に示す通り、CO₂排出を規制することによりCCSの導入を図る排出抑制型と特別措置法などで国が中心となり貯留事業を推進する事業誘導型の2つの策定可能なCCSの法規制・政策の枠組みモデルが適用できると考えられる。CCSの法規制の枠組み下において、CCSの事業費用の効率化・合理化、商用化や事業規模の拡大化、CCSインフラ整備、CCSの長期の適正実施などのCCS事業推進のための政策が必要であり、CCS事業を推進させる効果のある政策手法を適切に組み合わせ、円滑にCCS事業を推進させるためのポリシーミックスを見出すことが極めて重要である。このポリシーミックスの策定に当たっては各政策手段によって制度や効果が異なることから、法規制や適用する政策手段の効果（便益）や経済的・社会的影響などを評価し、長期に亘り適正な実施を担保しながら、合理的なものとする必要がある。

この枠組みでは、わが国の海洋汚染防止法で規定されている貯留の許可制度とともに、2.1で言及した通りCCSの特定課題、特に長期責任に関連する「異常時の監視・措置」や「長期貯留、閉鎖、閉鎖後の長期の維持管理規定」の構築、法制化が求められる。これについては、サブテーマ3で言及する。

図(1)-3で示した通りCCS事業を実施するための2つの法政策モデルとして、CO₂排出抑制型とCCS事業誘導型を設定することができる。これらの2つモデルでは、排出抑制型では民間事業者が実施主体となり、一方事業誘導型では国・自治体あるいはそれによる指定機関が実施主体となることを想定している。このことから貯留の前提となるCO₂の排出抑制手段も異なり、表(1)-6に示す通り排出抑制型では排出事業者にCCSの義務化を図るか、排出基準や炭素効率基準を義務付けることによりCO₂の排出抑制を行うことになる。また、事業誘導型では特別措置法等による貯留計画に応じて対象事業所に分離・回収、一部輸送を求めることになる。この2つの法政策モデルでは、これらの実施主体の違いや排出抑制手段の違いにより必要となる法的措置が異なる。

CCS事業の法政策モデルを社会実装した場合、2030年や2050年のGHG削減目標を達成するために必要となるCCSの導入量をGHG排出シナリオに基づき試算した。1次リファレンスとして2015年度のGHG排出量（12.7億トン）を前提とし、2030年は日本の約束草案ベースシナリオ、また、2050年は日本エネルギー経済研究所等が試算した排出シナリオに基づき、導入量を試算した。試算に当たっては、GHG削減を達成するために各排出源に課すこととなるGHG排出基準と将来導入が想定される削減技術等に基づき、GHG削減量を推定し、CCSの必要導入量（排出源の付設率）を推定した結果を表(1)-7に示す。

試算結果からは、2030年では、原子力発電の稼働や再生可能エネルギーの導入が今後伸びない場合、最大で石炭火力発電の35%にCCSを付設することが必要となる。一方、2050年度では、原子力発電の稼働年数で異なるが、石炭のみならず重油、天然ガス焚きの火力発電全体の60～70%にCCSが付設され、産業部門の排出量の約80%にCCSが実装されることが求められる。この導入シナリオでは、2050年には年間5.17億トンのCO₂貯留が必要となる。過去に地球環境産業技術研究機構（RITE）が推定した沿岸域で推定された貯留ポテンシャルに基づく、背斜構造の帯水層でも50年以上貯留可能とされているが、現在実施されている「二酸化炭素貯留ポテンシャル調査事業」の結果に基づく再検討が必要であろう。

この試算で示唆される最も重要なことは、今後開発・建設が計画される火力発電及び産業・製造装置を対象にCCSの付設が必須となることである。すなわち、上記で示した法政策モデルに、追加オプションとしてCCS-Ready法の策定・早期施行が必要となることを意味する。

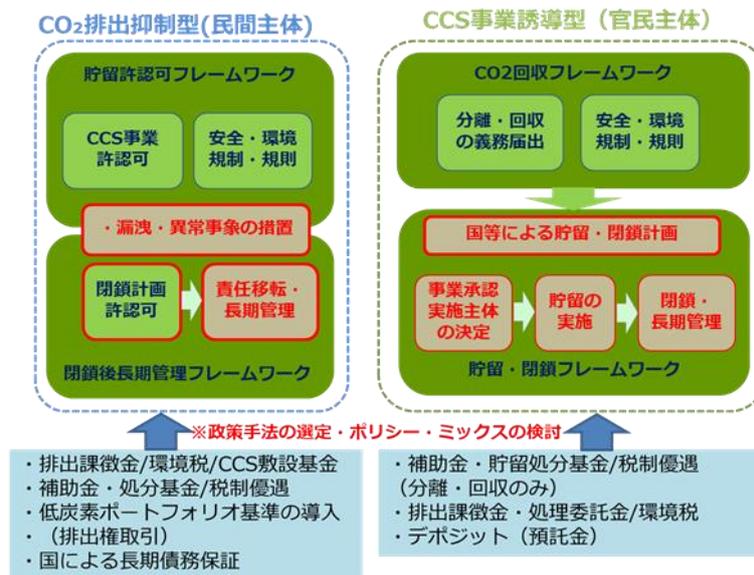


図 (1) -3 CCSの法規制・政策の枠組みモデル

表 (1) -6 CCS事業実施のための法政策モデル

CCSの法政策手段	CO2排出抑制型 ¹⁾ (※IEAモデル: CCS事業許認可制度) (民間(排出者事業者等)による貯留)		CCS事業誘導型 ²⁾ (根拠法令等に基づいた貯留) (官(公共事業)による貯留) ³⁾
	排出抑制	CCS義務化	
必要となる法的措置 (許認可・届出等)	【包括的CCS法によるCCS事業の許認可・閉鎖後管理】 ・CCS事業の許認可 ・サイト選定 ・分離・回収の許認可 ・圧入・貯留の許認可 ・サイト閉鎖の許認可 ・長期保証システム ・権利・責任移譲・解除規定		【特別措置法による実施】 ・国によるサイト選定 ・分離・回収の義務付け・届出制度 ・特別措置法及び施行令により貯留計画の策定、貯留の実施・サイト閉鎖を規定
CO2排出抑制手段	CCS義務化	-	○
	直接排出基準	○(どちらかで排出規制)	
	炭素効率基準	-	-
	特措法等により排出抑制 ⁴⁾	-	-

注)
 1): EU指令、欧米のCCS法に基づき政策シナリオを設定
 2): 廃棄物処理法、ダイオキシン類対策特別措置法等に基づき政策シナリオを設定
 3): 処理・処分事業形態として、公設公営、公設+長期包括委託方式、公設民営方式、民設民営方式が考えられる。
 4): 同時に特定有害産業廃棄物や適正処理廃棄物の指定を行うかどうか検討する必要がある

表 (1) -7 わが国のCCS導入シナリオの試算²⁵

部 門	2030	2050	CCS付設率(2050)
エネルギー転換部門 GHG排出係数(単位: kg-CO ₂ /k-Wh)	0.37	0.08	60.8~71% ※シナリオによる
産業部門 GHG排出削減係数(-)	現行の排出係数	現行係数の84%	将来排出量の84%

iii) CCS-Ready の法構想

CCS-Ready法は日本では現在制定されていないが、英国、豪州、カナダなどで既に制定されている。CCS-Ready法は、各国で法的要件が異なっているが、主に2つの法的要件からなる。

- ・ 施設の設置時の分離回収、輸送及び貯留技術の最適な選択肢の検討、及び事業者による設置許可の申請

²⁵ 本試算は、将来シナリオについては既存研究を利用した試算であり、今後精緻化する必要があることを付記する。

- ・ 許可・設置後、施設設置事業者に課される監視の履行と監督官庁への報告

これらの諸外国のCCS-Ready法を踏まえると、わが国でCCS-Ready法を制定する場合、表(1)-8に示す法的な規定が必要となり、今後早急に検討すべきである。この場合、CCS-Readyの許可申請時に事業者に求められる評価としては以下のものが挙げられる。

- (1) 分離・回収（レトロフィット／リプレイス）に関する技術的評価
- (2) 二酸化炭素輸送及び貯留に関する技術的評価
- (3) 二酸化炭素輸送及び貯留に係る環境影響・安全評価
- (4) 輸送計画の実現性評価
- (5) CCS事業の経済性の評価

表(1)-8 CCS-Ready法に必要な規定

1	CCSR義務化規定に関する定義
2	CCRのコンプライアンス規定
3	モニタリングに関するコンプライアンス及び技術的評価規定
4	二酸化炭素回収機材のスペースの確保に関する規定
5	二酸化炭素回収機材のレトロフィットに向けた技術的
6	二酸化炭素貯留のための沖合適地の評価規定
7	二酸化炭素輸送の技術的実現性の評価規定
8	CCSの経済的実現性の評価規定
9	二酸化炭素輸送の安全規定を示す許可書等の規定
10	義務化の評価報告書の規定
11	二酸化炭素回収機材のレトロフィット案の評価規定
12	二酸化炭素輸送及び貯留案の評価規定
13	義務化申請に関する各要件を対象とする管轄の選択

4) CCSの便益評価手法の検討

欧州のインパクト評価²⁶を参考に、わが国に適用可能な便益評価手法を検討し、確立した。本研究成果は、サブテーマ2のCCSの環境経済モデルに費用対便益モデルとして実装したことから、その研究成果も参照されたい。

表(1)-9 便益評価で用いられる評価法

評価手法	モデル名	開発者・評価者
エネルギーモデル	PRIMES	アテネ国立工科大学 (NTUA: National Technical University of Athens)
ソース・シンク・マッチング	Source-sink matching tool	FP6 (第6次欧州研究開発枠組計画) CASTORプロジェクト
貯留容量	Storage capacity database	FP6 (第6次欧州研究開発枠組計画) GEOCAPACITYプロジェクト
大気質モデル	POLES	International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)
大気質以外の環境影響評価手法	—	Environmental Resources Management (ERM)
適切なリスク管理戦略に関する技術情報	—	Environmental Resources Management (ERM)およびEnergy research Centre of the Netherlands (ECN)
	—	OSPAR委員会の討議ならびにその結果として2007年OSPAR委員会が採択したFRAM (Framework for Risk Management)
	—	FP6 (第6次欧州研究開発枠組計画) CO ₂ ReMoVeプロジェクト

²⁶ European Commission (2008.1.23) Commission staff working document - Accompanying document to the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the geological storage of carbon dioxide - Impact assessment

表 (1) -10 CCSによる便益評価の指標

分類	仮訳	原文	単位
経済	CCS配備に伴う追加費用	Additional costs	10億€€年
	20%のGHG削減目標を超える削減に伴う追加費用 ※シナリオ次第で削減目標を超える削減となる場合有り	Additional costs due to CO ₂ reduction exceeding the 20% GHG target	10億€€年
	発電平均コストへの影響 ・発電平均コストの上昇率	Impact on average generation costs	%
	イノベーションによる投資コストへの影響(実践学習効果) ・削減できる投資コスト(学習に伴う便益)	Possible innovation impacts on investment costs (learning-by-doing effect) ・Reduction in investment cost (learning benefit)	10億€
	輸出ポテンシャル	Export potential	10億€€年
社会	雇用への影響 ・雇用の増加数	Impact on employment	千人
	CO ₂ 回収量のEU各国の分布状況(～2030年)	Distributional effects as CO ₂ captured by 2030	Mt-CO ₂ または国数と%
	エネルギー供給の安全保障 ・電力部門の化石燃料消費量変化(石炭、石油、ガス)	Security of supply (Changes in fuel consumption in the power sector)	%
環境	偶発的なCO ₂ 漏洩に伴うリスク ・死亡者数 ・CO ₂ 漏洩量	Risks associated with accidental releases of CO ₂ ・Fatalities, ・Accidental Release of CO ₂)	人/年 Mt-CO ₂ /年
	大気汚染の影響 ・エネルギー起源のCO ₂ ・SO ₂ , NOx, PM2.5 ・健康影響 ・森林生態系への影響(臨界負荷量以上の窒素) ・森林生態系への影響(臨界負荷量以上の酸性化) ・大気汚染抑制コスト ・健康影響の損害額	Air pollution impact ・CO ₂ emissions-energy ・SO ₂ , NOx, PM2.5 ・Health impacts ・Forest ecosystems with nitrogen above critical loads ・Forest ecosystem with acidification above critical loads ・Air pollution control cost ・Monetary damage health impacts	Mt-CO ₂ k-ton life year lost km ² km ² 10億€ 10億€€年
	CCSによる廃棄物と排水の発生量 ・排水 ・固形廃棄物 ・粉じん ・灰/スラグ ・脱硫の残渣 ・硫黄 ・使用済みCO ₂ 吸収液	Waste and effluents generation of CCS ・Effluent ・Solid Waste ・Dust ・Ash/Slag ・FGD residue ・Sulphur ・Spent CO ₂ sorbents	ton ton ton ton ton ton ton
	水文学的地質と地質	Hydrogeology and Geology	—
	生物多様性と文化的影響(土地利用、景観、遺産)	Biodiversity and cultural impacts (land use, landscape, heritage)	—
	その他	貯留容量の可能性	Availability of sufficient storage capacity

(3) アジア域の共通基盤に関する研究

1) 中国

中国では、過去5年間でCCS/CCUS導入・普及に向け取組みが成されており、著しい成果を出している。その成果・貢献は、世界でも高く評価されている。中国は、世界の主要な二酸化炭素排出国の一つであり、経済発展とともに増加するエネルギー需要により将来と排出量を増加すると予測される。ポスト京都議定書であるパリ協定が締結された今、先進国のみの責任ではなく、途上国や新興国、また二酸化炭素の主要排出国として中国は地球温暖化防止の責務が求められる。中国は、経済成長、エネルギー・資源需要、主要排出国としてのGHG削減の責務など様々な国内の政策課題に取り組んでいく必要があるが、この状況の中国が掲げた2030年の温室効果ガス削減目標を達成するためにはCCS/CCUSは重要な技術の一つとなるであろう。一方、同技術の導入には様々な経済的、環境的、社会的要素を考慮せずには実現は難しく、そのためには法制度改革は必須となっていることを論じた。「第12次5カ年計画」では、

中国は試験的、実証的なCCS/CCUS導入に向け取り組んできた。最近発表された「第13次5カ年計画」では、まだ今後の具体的な施策が見えていない。「第12次5カ年計画」から継続された技術開発を維持し、どのように法制度改革、経済的支援の強化、国民の理解等などの残された多くの課題に取り組む、商業化のロードマップを実現していくのか今後の動向に注目したい。今回は中国におけるCCSの法規制・政策について論じたが、中国は包括的なCCS法が整備されていない中、計画・政策及び既存法に従い17件のCCSプロジェクトが計画・実施されている。この状況はわが国でも同様であることから、CCSの法制度改革のあり方、包括的なCCS法及びCCS-Ready政策を見出すため、日本と中国におけるCCSの法規制やCCSプロジェクトに関する比較研究を行うことは重要である。

2) 東南アジア諸国連合

包括的なCCSの法・政策を整備した国は東南アジア諸国連合（以下、アセアンという。）では見当たらない。CCSの導入可能性は各国・地域の経済的・社会的・環境的状况及び貯留特性に依存しており、各国の裁量により法制度化することが望ましい。しかしながら、上述した通りCCSは許認可、超長期管理及び責任の移管と高度な学理研究が必要であり、更に二酸化炭素回収有効利用技術（以下、CCUという。）も含めた技術の社会実装には地域開発計画や社会インフラの構造改革が伴うような革新的な環境技術の導入が必要となる。それらを包摂して規定するCCS法やその実施を担保する関連法や国際的協調等を一国で構築することは容易ではない。

アジア経済共同体と欧州連合と比較すると、地域的な多国間協定の基本的な理解は類似するものの、アジアでは欧州におけるEU法体系の統治構造がないことから、アジア域の国内法やその立法過程において認識の共有化を進めるには困難が伴うことが多い。

この状況の中で、アジア域においてCCSの事業化や二国・多国間共同実施を促進させるためには、以下の視点が必要となるであろう。

まず1点目であるが、アジア域における国際法上の課題の明確化が必要である。すなわち、アジア域諸国のほとんどがロンドン条約及び議定書を批准していないことから、貯留、CCS技術の域内基準化及び実施コード（ISO/TC265を基にしたアジアコードの策定）等を策定し、域内で実施可能とする必要がある。第2にアジア域における貯留サイト、パイプライン等の開発に向けたインフラ整備、オーナーシップ規定などの指針の策定・導入が必要である。第3にCCSプロセスの段階ごとに法的要件を規定した枠組み法（例えば、EU指令の如し）を策定し、これを批准することにより、域内加盟国は地域特性を考慮した法制度化できる環境を構築することも考えられる。この場合、責任の移管を含めサイト閉鎖後の維持管理に関する規定に関しては、域内で共通理解を図る必要がある。最後にロンドン条約では締約国の越境移流を認めていないことから、締約国間の越境貯留は難しい状況にある。しかし、アジア域では国境が接しており貯留層が複数国に跨ることから、非締約国における国境等を越えて移流を可能とするようなCCSの実施の法的整理を行う必要がある。

これらの視点を満たし、域内諸国においてCCSの導入・普及を図る法政策を法制化する場合に最低限考慮すべき規定である共通基盤を表(1)-12に提示する。表(1)-12中の下線を付けた項目は、CCSの特定課題である貯留・サイト閉鎖の許認可、長期責任及び責任移転に関する事項を規定するものであり、II-3(3)で提示するわが国の包括的CCS法と同様な規定が適用できるが、他の要件は新たに規定を設ける必要がある。項目1は、域内諸国はロンドン条約や海洋法に関する国際連合条約に加盟していない国があることからCCSの実施の前提となる海洋保全・保護に関する域内協定を規定するものである。項目2、3は、上述の通り廃棄・処分や汚染防止に関する域内共通の基準や実施コードを規定するものであり、域内で適切な実施を図るのに必須となるものである。越境移流を考慮する場合はこの規定の中で言及されることになる。項目12は、上述した第2の視点を規定するものである。最後に項目13、14は、域内全体でCCSを普及させるため必要となる域内の共同実施、排出取引に関して規定するものである。

表 (1) -11 JCMパートナー国のCCSの法整備の状況

項目	インドネシア	フィリピン	タイ	ベトナム
CO ₂ の定義	石油・ガス事業者によるCO ₂ 排出量インベントリ推計の継続的実施を要求しているが、廃棄の対象とはなっていない。	温室効果ガスとして認識されているが、汚染物質、廃棄物としては規定されていない。	“石油による副産物”としてのみ規定されている。	定義なし。
貯留サイト	いくつかの土地所有権が定義されている(自由土地保有権及び使用権):通常 の権利期間ではCCS事業を行うには短 すぎ適していない。	フィリピン国籍を持つ者のみが土地所 有権があるとされているが、外国籍の 者がリースできる場合がある。地上権 は規定されており、最長25年のリース、 許可、ライセンス、もしくは契約によ り個人の権利を得ることが許されて いる。	土地所有者からの地上権の紛争は 民法及び土地法により対応する。 一方、既存の鉱業権については適 切な法的解釈により国に権利があ るとされている。	産業利用の土地利用許可は50年であ り、最長70年まで延長できる。
法的責任 (長期的責任を含む)	法的責任は石油・ガスの産出に関する 環境規制により定義されている。	既存の環境責任基金(EGF、EMF、 MRF)はCCS事業に利用が考えられ る。既存の不法行為法及び水質浄化 法による損害賠償の内容をCCS事業 にも適用することができる。	政府管轄のNEFによって、CCSか ら生じる環境コストを充当できる。石 油法では事業廃止の負担金に対 する財政保障を規定している。	土地保有に関する法により土地所有 者が管理されている。石油・ガス共同 契約により環境費用が拠出される。
環境保護	環境影響評価法(2009)の対象事業では ない。	水浄化法などにより環境保護、水資 源の環境影響評価を要求している。	環境保護・再生法の対象ではな い。	環境保護法(2005)の対象ではない。
CO ₂ 輸送	BPMIGAS管理下にあるパイプラインは Law22/2001により規制されている。	輸送はPICCSによる許可を得る必要 がある。天然ガス等の輸送はエネル ギー省による規則が適用される。	Upstreamは石油法、Downstream はエネルギー省によって、それぞ れ規制されている。	MoITはパイプラインの設置を規制し、 MoNREはパイプラインに対する環境 基準を管轄・規制している。
安全衛生	MEMR Regulation No.300は石油及び ガスのパイプラインの作業での労働安全 を規定し、CO ₂ 輸送に適用できる。	DoLEの労働安全衛生基準がある。	エネルギー省により労働安全衛生 の規制がある。	MoLの労働安全衛生の規定だけでな く、MoITが規制する石油とガスの安全 管理にも適用できる。

表 (1) -12 CCS法政策の共通基盤

1	陸域・海域環境の保護・保全に関する協定を結ぶ加盟国の国際的責任の定義
2	協定国は国際法の基準を設定し、廃棄物その他の海洋における処分の規制に関する規則の責任等の詳細を明確にする
3	協定国は個々もしくは他国と共同し、廃棄物その他の海洋における処分の規制に関する全ての汚染を回避するための実施対策を講じる
4	貯留・閉鎖後の許可申請及び条件に関する規定
5	<u>予防原則、汚染者負担原則の規定</u>
6	<u>利用可能な裁量な技術(RAT)導入に関する規定</u>
7	二酸化炭素の域内輸送に関する規定
8	<u>域内の貯留サイトの所有権及び利益の明確化</u>
9	<u>域内の貯留サイトまでの輸送ネットワークへのアクセス許可及び権利の明確化</u>
10	域内の越境貯留、二酸化炭素漏洩が起きた場合の加盟国で規定する管轄の責任、是正措置、改善命令、損害賠償等の規制
11	<u>長期責任及び責任移転に関する規制</u>
12	国際公法による二酸化炭素の輸送・貯留、技術移転等に関する規定
13	二酸化炭素排出枠及び排出権の規定
14	<u>財政メカニズム及び域内炭素クレジットメカニズムに関する規定</u>

※下線は、サブテーマ3で提示した国内CCSの法規制モデルに基づき規定できる項目

(4) 研究のまとめと今後の課題

2°C目標を達成するにはCCS技術の導入が必須となるにもかかわらず、世界的に導入・普及が進んでいない状況となっている。CCS実用化に向けた導入・普及段階の課題として以下の点を指摘できる。第1は、CCSの特徴（大規模化、開発のリードタイム、資本集約性、貯留・閉鎖の長期的管理及びその社会的受容性など）を踏まえ、適切な政策手段を講じることによりCCS技術の市場優位性を獲得すること、第2には、CCSの大規模化に資するため、CCS推進を上位計画で明確に記述し、CCSの導入段階ごとに適した合理的な政策を長期的視点で策定すること、この2つがCCS導入・普及のためには重要な政策課題であると考えられる。これら2つの課題からいえることは、CCSの大規模導入を実現する合理的かつ費用対効果の高い政策手法を選定し、制度化することにより、市場優位性を獲得させ、CCSの特有な超長期的リスク・影響を回避させることが可能であればCCSは実現可能となろう。

また、CCSの導入・普及を可能とする社会制度を実現するため、CCSの特性や社会的状況を考慮した適切な政策手段を選択し、その実効性を担保する法規制の枠組みを構築する必要がある。それらの政策手段・法規制枠組みの効果・効率性、必要になる事業費用・行政費用、及び社会的影響などを定量的に評価することが可能な規制影響評価を実施することにより、より適切なポリシーミックスや法規制の枠組みの構築が可能となる。また、この評価結果を国民に公表し、意見聴取を行うことで、説明責任が果たされ、社会的受容性のある社会制度を築くことが可能になると期待される。

なお、本研究の今後の課題としては、CCSの環境経済評価や社会受容性の研究結果も踏まえ、定量的に各政策手法やその組合せ（シナリオ）の規制影響評価（以下、RIAという。）を行い、比較評価することにより本論文で提示した法枠組みの下でCCS導入・普及を図るための適切なポリシーミックスを精緻化することが挙げられる。この研究を行うためには、まず欧州や米国のRIAを参考に、CCSの法政策に適用可能なRIAを検討する必要がある。CCS政策の効果・便益に係る評価可能な項目の抽出を試行的に行った結果、表(1)-13に示す通り政策手段を対象とする副次効果も考慮する費用対効果分析で用いる評価指標を導出することができる。GHG削減目標の達成のためにはCCS導入が必須となることから、CCSの政策選択では合理的かつ効率的な導入・普及政策が求められるため、限界削減費用、投資コスト、CO₂回収量、貯留容量、その結果のエネルギー供給の安定化などが政策評価で優先される指標となり、これらの指標を不確実性が小さい方法で推定方法を見出す必要がある。

表 (1) -13 CCS法規制政策のRIAで用いる主な指標

分類	評価可能な費用・便益	評価単位
経済	CCS配備に伴う追加費用	円/年
	GHG削減目標に伴う追加費用	円/年
	発電平均コストの増加(率)	%, 円/k-Wh
	イノベーションによる投資コストへの影響	円
	輸出による総所得の増加	円/年
社会	雇用への影響(雇用増加数)	人
	CO ₂ 回収量の分布(~2030年)	Mt-CO ₂
	エネルギー供給の安全保障(電源構成の変化)	%
環境	CO ₂ 漏洩に伴うリスク(死亡者数、CO ₂ 漏洩量)	人/年, Mt-CO ₂ /年
	大気汚染の影響(汚染物質の削減、健康影響、汚染削減コストの抑制)	Mt-CO ₂ , k-ton, 損失余命年価値, 円/年
	CCSによる廃棄物と排水の発生量	ton/年
	水文学的地地質と地質	—
	生物多様性と文化的影響	—
貯留特性	貯留容量の可能性	Mt-CO ₂

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

わが国でこれまで研究事例や科学的知見が少ない、経済性及び社会受容性を考慮した合理的かつ実効的な法・規制及び政策パッケージの制度・立法に関する理論的論究の手法を構築した。費用対効果（便益）分析を用いた法・規制の政策評価やそれに基づいた立法行為に関する研究が欧米ではさかんに行われており、実際に社会経済的合理性のある法・規制が検討されているが、わが国では過去に費用対効果分析や社会受容性を考慮した立法・制度論的な検討事例は殆ど見受けられないことから、環境政策研究では斬新的な研究となり科学的に価値のある研究を行った。

第2に、本研究で提示する予定のCCSの特定課題である非恒久性に関する規制を含む超長期の管理に関する法規制の枠組みや、アジア域での二国間・多国間共同実施の枠組みにより、CCSの国内法・規制や国際制度などの策定手法を確立したことにより、わが国でも立法化の可能性を示した。

最後に、国内外のCCSに関連する政策や技術の動向を解明し、今後導入・普及が必須であるCO₂の回収貯留技術のみならず、それを活用したクリーンな化石資源エネルギーシステムの導入に向けた総合的な短期、中長期の政策戦略を見出し、これら戦略の下、長期のCCSの導入シナリオを示した。また、これらの研究成果に基づき、CCS-Ready法の策定の必要性を示し、その枠組み（骨子）を示した。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

「ロンドン議定書」の国内担保法である「海洋汚染等防止法」は、海底下へのCO₂貯留を規制しており、CCSに関する国内唯一の法的枠組みである。しかしながら、同法は海洋へのCO₂の漏出可能性に着目したCCSの規制枠組みであり、分離・回収、運搬あるいはそれらの技術的要求等についても規定しておらず、包括的なものとなっていない。環境省が検討を始めている海防法の見直しにて、閉鎖後の長期管理や責任移転などの長期責任やその法的枠組みの考え方を示すことにより、見直し検討に貢献した。

また、同省では「環境配慮型CCS導入検討事業」にてCCSの実証実験を検討しているが、長期管理や長期責任の法規制に関して検討していないため、本事業で予定されている貯留方法を考慮し、CCSの法規制・政策の研究を行い、環境省と随時協議を行うことにより、本研究で得られた知見を提供することにより本事業の推進に貢献した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究課題の主な成果となる「CCSの法政策の枠組み」では、CCSの包括的な法・規制モデル、及びCCSの導入・普及やアジア域での二国間・多国間共同実施を実現する政策手段や国際的な枠組みモデルの提示により、わが国のみならずアジア域のCCSの導入・普及を法政策の側面から支援することが期待できる。また、欧米ではCCS法規制は規制型しか採用されていないが、国がCCS事業の実施主体となる公共事業型の制度モデルを提示したことにより、わが国で円滑にCCSの実施が可能となる法制度が立法化されることが期待される。

大規模GHG削減技術であるCCSは温暖化対策やエネルギー計画においてその導入・普及が必須とされており、国民経済にとっても重要な技術である。本研究成果により、CCSの費用対効果（便益の一部も含む）を定量的に把握が可能となり、CCSの費用分担や最適な導入・普及政策の設計が可能となり、環境行政においてCCSの導入戦略の策定が可能となることが期待される。この戦略は温暖化対策やエネルギー計画などの上位計画に反映されることにより、GHG削減シナリオ（CCSによる削減目標）が明示され、わが国のGHG削減に大いに貢献することになる。

最後に、上記の戦略フレームワーク・法規制モデルを国際エネルギー機関、アセアン経済共同体、アジア開発銀行及び世界銀行などの国際機関に提案し、アジア域の共通基盤として適用されることにより、アジア域諸国で包括的なCCS法の策定が進むことにより、域内のGHG削減への大きな貢献が期待される。

6. 国際共同研究等の状況

1) Global CCS Institute との共同研究

- ①カウンターパート：メルボルン本部：アジア・パシフィック担当 Alex Zapantis氏
- ②連携状況：上述した専門家会合に開催協力したとともに、平成29年度以降、アジア・パシフィック域におけるCCSの法的枠組みの国際間比較、超長期管理の枠組み、CCSの政策評価に関する共同研究を推進した。
- ③国際的な位置付け：Global CCS Instituteは、世界から約80機関のメンバーが加盟しており、オーストラリア・中国・ベルギー・日本及び米国に事務所を持つ、国際的な組織であり、これまで国際エネルギー機関（IEA）やアジア開発銀行（ADB）等の国際機関に対し、積極的にCCS法制度、政策や技術協力を行っていることから、今後CCSプロジェクトの実施が期待できるアジア各国におけるCCSの法的枠組みとCCS法成立に向けた研究・活動を協働して行い、国際機関、各国に対しコミットメントしていく予定である。

2) World Resources Institute との共同研究

- ①カウンターパート：CCS Team Lead, Climate Program, Xiaoliang Yang博士
- ②連携状況：平成29年度以降、アジア、特にわが国と中国のCCSの法的枠組みの国際間比較、CCS推進のための法規制・社会制度に関する協議を行った。
- ③国際的な位置付け：World Resources Instituteは、米国ワシントンに本部を置く地球温暖化政策などの米国有数のシンクタンクであり、米国、アジア域などのCCSの法規制や資金メカニズムに関し研究を行い、CCSのガイドラインや資金メカニズムなどを提唱している。また、IEAやISOなどにおいて国際的な活動も実施している。World Resources Instituteと協働でアジア域のCCS実施に向けた国際的な枠組みに関し研究成果が得られた場合、アジアの国際機関及び諸国に成果をインプットする予定である。

3) アジア開発銀行（ADB）との協議

- ①連携状況：アジア域のCCS導入・普及のためADBでは法規制の検討を行ってきた。平成29年度以降、アジアのCCSの法的枠組みに関する本研究成果に基づき、CCS推進のための法規制・社会制度に関する協議を行った。
- ②国際的な位置付け：ADBは、CCSの実証にプロジェクトファイナンスを行いことによりにより、アジア国の貯留ポテンシャルが大きい国を対象にCCSの法規制を導入し、CCS/CCUSの普及を通じて低炭素社会化を図る戦略としている。本研究成果や過去のADBの調査研究成果に基づき、アジア域でのCCSの共通ガイドライン、法政策の共通基盤を構築し、アセアン各国にCCSの導入・普及を促進させる。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) 柳憲一郎、小松英司、大塚直：環境科学会誌32(4), 141-152 (2019), わが国のCCSの法政策モデルとアジア地域での 法制度・政策の共通基盤に関する研究
- 2) K. Yanagi, E. Komatsu, A Nakamura: IAIA17 Conference Final Proceedings (2017), The need for Strategic Environmental Assessment for Carbon Capture and Storage in Japan.
- 3) 中村健太郎：明治大学法学研究論集、Vol.48, 145-160 (2017), CCSの長期的責任の検討
- 4) 中村健太郎：明治大学法学研究論集、Vol.50, 63-79 (2019), CCSの環境影響評価に係る法的課題

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、52(8), 81-91 (2016)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)に関する法政策研究 その1」
- 2) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、52(10), 73-78 (2016)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)に関する法政策研究 その2」
- 3) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、52(11), 39-45 (2016)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)に関する法政策研究 その3」
- 4) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、52(12), 77-87 (2016)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)に関する法政策研究 その4—中国におけるCCS/CCUSの取り組み」
- 5) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：明治大学法科大学院論集、Vol.19, 141-192 (2017),
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)に関する法政策研究」
- 6) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、53(11), 52-59 (2017)
「CCSの総合政策研究」
- 7) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：明治大学法科大学院論集、Vol.21, 171-203 (2018)
「CCS輸送手段に関する検討—アイルランドを事例として」
- 8) 柳憲一郎、小松英司：環境科学会誌、30(6), 401-404 (2017)
「環境科学シンポジウム2017 脱炭素社会のための法政策形成CCS制度構築に向けての中間成果から」
- 9) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、54(2), 72-76 (2018)
「スコットランド・エネルギー戦略から学ぶCCS(二酸化炭素回収・貯留)の役割」
- 10) イアン ヘイヴァククロフト、柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境管理、54(5), 71-76 (2018)
「長期的責任と二酸化炭素回収・貯留」
- 11) 小松英司、柳憲一郎、中村明寛：環境アセスメント学会誌、16(2), 21-25 (2018)
「諸外国におけるCCSの動向及び長期予測・評価などのEIAの課題について」
- 12) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛：環境アセスメント学会誌、16(2), 32-40(2018)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)とSEA」
- 13) 柳憲一郎、小松英司：環境アセスメント学会誌、16(2), 20 (2018)
「CCSの特集にあたって」
- 14) ケイト・クラウリィ、中村明寛：環境管理、54(10), 59-65 (2018)
「東アジア・太平洋地域の気候変動に関する地域リーダーシップ論—日本とオーストラリアを事例として」
- 15) ケイト・クラウリィ、中村明寛：環境管理、54(11), 67-71 (2018)
「コミュニティー再生可能エネルギー(CRE)戦略の構想—日本に向けた課題」
- 16) 柳憲一郎、小松英司、岡松暁子：環境管理、54(12), 71-75 (2018)
「アイスランド・ヘリシェイデイ 地熱発電所探訪」
- 17) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: International Journal of Greenhouse Gas Control. (Submitted) ,
“Toward a Regional Approach to Climate Change Mitigation Policies: The Roles of and Barriers to Policy and Legal Framework to Expand Potential Opportunities for Carbon Capture, Utilisation and Storage

(CCUS) in the Asia Pacific Region.”

- 18) K. Yanagi, A. Nakamura, E. Komatsu: International Journal of Greenhouse Gas Control. (Submitted), “The Importance of Designing a Comprehensive Strategic Environmental Assessment (SEA) & Environmental Impact Assessment (EIA) for Carbon Capture and Storage in Japan”.
- 19) K. Yanagi, A. Nakamura, E. Komatsu :Meiji Law Journal, Vol.26, 17-39 (2019)
“Policy Instrument Options for Commercialising Carbon Capture and Storage (CCS) in Japan”
- 20) K. Yanagi, A. Nakamura, E. Komatsu :Editing a book chapter in “Legal Aspects of Sustainable Development-Horizontal and Sectorial Policy Issues/ Editors: Mauerhofer, Volker (Ed.) (Forthcoming)
“Towards a Low/ Zero Carbon Society in the Asia-Pacific region”

<その他誌上発表(査読なし)>

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表(学会等)

<国際学会>

- 1) K. Yanagi, E. Komatsu, A Nakamura: IAIA17 Conference, Montreal, Canada, 2017.
“The need for Strategic Environmental Assessment for Carbon Capture and Storage in Japan.”
- 2) K. Yanagi, E. Komatsu, A. Nakamura: Proceedings Impact Assessment and Post Management, 6TH KOREA- JAPAN-CHINA TRIPARTITE EIA CONFERENCE, Da Nang, Vietnam ,2017.
“Toward SEA Framework for Carbon Capture and Storage (CCS) in Japan.”
- 3) E. Komatsu, K. Yanagi, A. Nakamura: Proceedings Impact Assessment and Post Management, 6TH KOREA- JAPAN-CHINATRIPARTITE EIA CONFERENCE, Da Nang, Vietnam ,2017.
“A Study on Policy Strategy Addressing Long-term Environmental Liability for CCS.”
- 4) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Proceedings Impact Assessment and Post Management, 6TH KOREA- JAPAN-CHINATRIPARTITE EIA CONFERENCE, Da Nang, Vietnam ,2017.
“Policy Instrument Options for Carbon Capture and Storage (CCS) in Japan.”
- 5) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Journal of Earth Science & Climatic Change, 4th World Conference on CLIMATE CHANGE, Rome, Italy ,2017
“Toward a Legal & Policy Framework for Carbon Capture and Storage in Japan.”
- 6) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Journal of Earth Science & Climatic Change, 4th World Conference on CLIMATE CHANGE, Rome, Italy ,2017
“Optimising Ownership Scenarios for Commercialising Carbon Capture and Storage in Japan.”
- 7) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Journal of Earth Science & Climatic Change, 4th World Conference on CLIMATE CHANGE, Rome, Italy ,2017
“The key issues in optimizing policy instruments for commercializing carbon capture and storage in Japan.”
- 8) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Journal of Earth Science & Climatic Change, 4th World Conference on CLIMATE CHANGE, Rome, Italy ,2017
“of strategic environmental assessment (SEA) & environmental impact assessment (EIA) for carbon capture and storage in Japan.”
- 9) E. Komatsu, K. Yanagi, A. Nakamura: Journal of Earth Science & Climatic Change, 4th World Conference on CLIMATE CHANGE, Rome, Italy ,2017
“Development of policy strategy for carbon capture and storage: Case study based in Japan.”
- 10) K. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: Asia Impact Assessment Conference (AIC), Shizuoka , Tokyo ,2018
“Strategic Environmental Assessment Framework for Carbon Capture and Storage in Japan.”

- 11) A. Nakamura, K. Yanagi, E. Komatsu: 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Melbourne, Australia, 2018
“Toward a Regional Approach to Climate Change Mitigation Policies: The Roles of and Barriers to Policy and Legal Framework to Expand Potential Opportunities for Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS) in the Asia Pacific Region.”
- 12) K. Yanagi, A. Nakamura, E. Komatsu: 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Melbourne, Australia, 2018
“The Importance of Designing a Comprehensive Strategic Environmental Assessment (SEA) & Environmental Impact Assessment (EIA) for Carbon Capture and Storage in Japan.”
- 13) E. Komatsu, K. Yanagi, A. Nakamura: 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Melbourne, Australia 2018
“Policy strategy and scenario for long-term CCS development in Japan.”
- 14) E. Komatsu, K. Yanagi, A. Nakamura: 19th Annual meeting of International Association for Impact Assessment, Brisbane, Australia May. 2019
“A study on long-term liability and environmental issues.”

<国内学会>

- 1) 柳憲一郎、小松英司、中村明寛: 第16回環境アセスメント学会(2017)
「二酸化炭素回収・貯留の戦略的アセスメントの枠組み研究」
- 2) 小松英司、柳憲一郎、中村明寛: 第16回環境アセスメント学会(2017)
「二酸化炭素回収・貯留の実施における長期的な環境保全の課題とその政策」
- 3) 柳憲一郎、小松英司: 環境科学会年会(2017)
企画シンポジウム「脱炭素社会のための法政策形成—脱炭素制度構築に向けての中間成果から—」(発表2件)
 - 3)-1 柳憲一郎: 「CCS の総合政策の検討」
 - 3)-2 小松英司: 「CCS の政策評価手法の検討」
- 4) 小松英司、柳憲一郎、中村明寛: 第54回水環境学会年会(2018)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)の長期的な海洋環境保全の課題とその対応」
- 5) 柳憲一郎: 第31回環境工学連合講演会(招待講演)(2018)
「日本のCO₂海底下貯留の法制度のあり方」
- 6) 柳憲一郎、小松英司: 環境科学会年会(2018)
企画シンポジウム「CCS の国内法とアジア地域における共通プラットフォームの整備に向けて」
 - 6)-1 柳憲一郎、小松英司、中村明寛: 「CCSの総合政策研究の成果」
 - 6)-2 小松英司、柳憲一郎、中村明寛: 「アジア域のCCS法政策のプラットフォーム」
- 7) 小松英司、柳憲一郎、中村明寛: 第17回環境アセスメント学会(2018)
「二酸化炭素回収・貯留(CCS)の長期維持管理と環境影響評価手法に関する考察」
- 8) 柳憲一郎、大塚直、小松英司: 第32回環境情報科学学術研究論文発表会(2018)
企画シンポジウム「アジア地域の持続可能な社会形成の法政策制度とその社会実装に向けて—CCSを事例として—」(発表2件)
 - 8)-1 柳憲一郎: 「CCSの包括的な法政策」
 - 8)-2 小松英司: 「CCSの普及導入政策とシナリオ」
- 9) 小松英司、柳憲一郎、大塚直: 環境科学会年会(2019) 企画シンポジウム「パリ協定の気候・排出削減目標の達成に向けた世界・アジア・日本の気候政策の統合分析」
「アジア域のCCUS法政策と炭素循環システムの社会実装に関する研究」

<その他誌上発表(査読なし)>

特に記載すべき事項はない。

(3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 明治大学アカデミックフェス2018 「二酸化炭素回収・貯留(CCS)の法制度の構築」(主催:明治大学、2018年11月23日、明治大学アカデミーコモン、参加人数:約30名(学生、社会人))

本研究の概要や成果、実証試験を実施する事業者等からCCSの事業化に向けた取組みなどに関し発表を行い、CCSの導入普及の法制度等のあり方について参加者を交えて議論を行った。

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) The Quarterly Meiji, 季刊VOL.81, News & Opinion, 44-47(2019)「集中豪雨を防ぐためには、法整備が必要!?!」の特集で将来の気候緩和のためのGHG削減の必要性と大規模削減技術であるCCSの可能性について紹介した。

(6) その他

公益財団法人市村清新技術財団が人類の継続的発展のためには地球環境の保全、特に地球温暖化対策に対する研究助成を本課題の最終年度である平成30年度に公募を開始した。本研究費の研究成果により、助成開始初めての「第1回(2018年度)地球環境研究助成」(研究題目「インドネシアにおけるCCS実施法の社会実装に関する研究」研究代表:柳憲一郎明治大学教授)に採択された。

8. 引用文献

本研究の引用文献は、法律等を含んでおり注釈が必要な場合もあることから、本文中の注釈に記載した。

II-2 CCSの環境経済評価モデルの構築

国立大学法人九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所

エネルギーアナリシス部門

教授 板岡 健之

<研究協力者>

国立大学法人九州大学

博士研究員 Hadi Farabi-Asl

平成28～30年度累計予算額：9,660千円（うち平成28年度：3,960千円、平成29年度：3,200千円、平成30年度：2,500千円）

累計予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

CCSは温暖化対策の有望な選択肢と考えられているが、設置者にとっては温暖化対策のみに効果をもたらさず、コスト増の技術であるため、その推進には何らかの政策的措置が必要である。CCSはエネルギーインフラに影響を与える大規模事業であり、そのような社会に大きな影響を与える事業に関わる法規制の実施においては、事前評価を行うことが必要となっている。CCSに関わる欧米の規制影響の事前評価事例を基に、温暖化対策の便益評価の不確実性を考慮した上での、影響評価の中心となる規制影響経済評価手法の日本における適用の可能性について検討した。経済評価の主要なアプローチは、規制や政策の是非を問う費用便益分析と規制や政策の費用効率の面で他の規制や政策と比較を行う費用対効果分析が挙げられ、本研究では費用便益分析によって「CCS実施政策が温暖化対策の選択肢となるか？」という問いについて検証した後、費用対効果分析において「温暖化対策のポートフォリオにCCSを組み入れるべきか？」という問いをについて検証した。さらに、本研究では、CCS関連法制度における直近の課題として、現行海洋汚染防止法のCCS実施に関連する部分について新たに改正の費用がある事項について検討しており、CCS費用モデルを基にした、CCS事業のキャッシュフローの分析により、改正の実施により内部収益率（Internal Rate of Return：IRR）の変化を見ることによって、改正の正当性、必要性の分析を行った。

費用便益分析に関しては、主便益であるCO₂排出削減便益を評価する炭素の社会コスト（social cost of carbon）の値の選択によって評価結果が異なってくることが示され、高い値を採用する場合CCS推進法規制は支持されるが、代表的値では費用と便益の値が拮抗するという結果になった。費用対効果分析では、CCS事業は他の温暖化対策と比べてコスト競争力があり、温暖化対策のポートフォリオにCCSを組み入れることによって総対策コストを低減できることが示されたことから、温暖化対策のポートフォリオにCCSを組み入れるべきという結論を得ることができた。また、発電部門と同時にセメント産業や鉄鋼産業へのCCS導入を温暖化対策ポートフォリオに組み入れることが対策費用低減のために望ましいことが、エネルギーモデル分析によって示された。CCS事業のキャッシュフローの分析による、現行法制度の改定の経済的評価では、法改正は事業リスクの低減やモニタリング期間の限定化等によってIRRを増加させCCS事業の経済性の向上の影響をもたらすことが示された。

[キーワード]

CCS、規制影響評価、費用便益分析、費用対効果分析、キャッシュフロー分析

1. はじめに

二酸化炭素回収貯留技術（Carbon Dioxide Capture & Storage：以降CCSと呼ぶ）はIEAが温暖化対策のシナリオ分析で示しているように、温暖化対策の有望な選択肢と考えられている(International Energy Agency 2017)。CCSはそれを構成する要素技術は既に実用となっているものが多いが、温暖化対策の技術システムとしては、CO₂の生成そのものを減らそうとする再生可能エネルギー等と異なり、化石燃料の燃焼によって一旦発生したCO₂を回収し大気に放出されないように長期間隔離するという点で、新た

な考え方である。どちらかと言うと、硫黄酸化物やばいじんの排出削減のためのEnd of pipe型の大気汚染対策である脱硫装置や集塵装置の設置に近いといえる。End of pipe型の対策は、基本的にはそれらの汚染物質の排出削減のみが目的であり、設置者側にとっては単にコストのみが発生する対策である。従って、それらの大気汚染対策の推進、対策設備の設置に、法規制が必要であったように、CCSの推進には何らかの法規制、あるいは設置者にとってのデメリット（コスト増）を打ち消すインセンティブ制度が必要と考えられる。

一方、社会に大きな影響を与える法規制制度の検討・実施に当たっては、事前評価を行うことが世界的な流れとなっている。日本では、政策評価法（2002年）によって、一定以上の事業規模を有する研究開発、公共事業、政府開発援助、規制、租税特別措置の5分野について、事前評価を行うことが義務付けられている(参議院事務局企画調整室 2017)。具体的な内容については、事前評価ガイドライン（2007年）によって定められている(参議院事務局企画調整室 2017)。他の先進諸国ではこの流れはさらに進んでいる。

2. 研究開発目的

本研究では、CCSの導入・普及を促進させる法・規制の枠組みと、その具体的な制度設計の検討に資するため、CCSの環境経済評価モデルを構築し、CCSの費用便益や費用対効果等の経済的側面の評価を行うこと。具体的には、CCS法規制・政策に係わる以下の3つの問いに答えることを目的とする。

- (1) 「CCS実施政策が温暖化対策の選択肢となるか？」
- (2) 「温暖化対策のポートフォリオにCCSを組み入れるべきか？」
- (3) 「現行法制度の改定はCCSの経済性改善に寄与できるか？」

(1)はCCSに関する法規制制度の基、CCSを実施すべき選択肢とすることの是非を問うもの、(2)については、温暖化対策は複数の対策を組み合わせるべきという前提の基、費用効率性の面からCCSを対策ポートフォリオに組み入れるかどうかの是非を問うもの、(3)は本研究で提案する現行海洋汚染防止法の改正項目と案について事業経済性の面から確認を行うものである。

3. 研究開発方法

(1) 政策経済評価のアプローチの検討

法規制影響の経済評価は大きく2つのアプローチがある。一つは海外の規制影響評価（Regulatory Impact Assessment: RIA）で中心的役割を果たしている費用便益分析であり(三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 2012)、政策による費用と便益の大きさを比較して便益が上回れば政策が正当化されるというものである。直接費用便益を比較するためにはどちらも貨幣単位で評価されなければならない。もう一つのアプローチは費用対効果分析であり、目的とする効果に対しての費用効率を見るものである。温暖化対策の場合は温室効果ガス排出削減にかかる費用の少なさを見ることになる。

費用便益分析は、社会的費用を上回る社会的便益をもたらすかという問いに答えることにより、直接的に政策の意義と是非を示すことができる。CCSに適用する場合は、CCSのプロジェクトにおいて、全ての便益と費用をそれらが発生する全ての期間に渡って計上し、正味現在価値（net present value : NPV）が0を上回るかどうか、あるいは費用便益比が1を上回るかどうかを検討する必要がある。この場合、便益については温暖化被害削減の便益が主であるが、それ以外の副次的便益、例えば大気汚染削減便益等も含める。費用については、基本的にCCS実施に係る設備投資や運営に関わる費用であるが、実施によって環境影響等が発生する場合はそれを金銭化して社会的費用として計上する必要がある。

もし費用便益分析で便益が費用を上回った場合は、CCSを実施することは社会的に良いということになるが、温暖化対策の実施の観点からは、二番目のアプローチである費用対効果分析による検証が必要となる。これは温暖化対策としての費用効率の面から、他の温暖化対策との比較を行うものである。効果側の値は温暖化対策としての効果を端的に表す指標、例えば温室効果ガス（GHG）排出削減量が使われる。金銭化による不確実性の増加を避けるため効果は金銭化すべきではない。費用については、費用便

益分析と同じようにCCS実施に関わる投資・運営費用を計上するが、その他の環境影響等は通常計上しない。その代わりに、比較対象となる他の温暖化対策の費用対効果の値が必要となる。つまり、単純に目的である温暖化対策としてのGHG排出削減効果についていくら安くできるかという点で競わせる分析である。手法論としては、大気汚染削減等の副次的便益や副次的費用を金銭化して金銭単位である費用側に加えることもできるが、それによって評価の不確実性は増加する。

(2) 他国の規制影響経済評価の現状整理

1) 米国

米国では、Clean Air Actの下ではCO₂が大気汚染物質となったことにより、新規、改造、更新される発電設備に対するCO₂についての性能基準を設定することになった。これについての事前評価として2015年にRIAが実施された(United States Environmental Protection Agency 2015)。

性能基準の内容は、ベースロードを担う新規の石炭火力発電所については1,400 lb CO₂/MWh (635g-CO₂/kWh)、ミドルからベースロードを担う天然ガス火力発電所については1,000 lb CO₂/MWh (454g-CO₂/kWh)となっており、技術的にはそれぞれCCS付き(部分的回収)の超臨界微粉炭火力、天然ガスコンバインドサイクルが想定されて、2022年からの対応が必要になっている。天然ガス火力については最新の効率の良いコンバインドサイクルで達成できるものなのだが、石炭火力についてはCCS設置によるコスト増の評価が課題となる。

分析ではまず、将来の火力発電所の設置・更新を予測し、それに対して今回の性能基準規制を行った場合の影響を設置される発電所の違いといったレベルで検討している。この段階で、この時期の天然ガス価格の大幅な下落等から、ベースラインで天然ガスコンバインドサイクル発電中心に設置されるという予測となり、もともと性能基準は石炭火力の設置にのみ影響するため、規制の影響はほとんど無い(negligible)という評価となっている。この法規制は、石炭火力に対して明確な排出基準を設けることにより、発電所設置事業者の法規制に由来する不確実性を減らすことがこの規制設置のメリットとなっているが、それは費用便益評価では表れてこないものである。そこで、この影響評価では、あえて従来型の石炭火力と比較して新規基準に適合した火力発電所、即ち新規の部分的CCS付き石炭火力、あるいは天然ガス・石炭ガスの混合ガスによるIGCC、そして天然ガスコンバインドサイクルを比較して、費用便益を計算している。従って、法規制の価値を問う本来のRIAにはなっていないが、CCS付き火力発電の影響経済評価という点では参考となる。

評価対象となる主便益はCO₂の排出削減便益であり、その限界値はsocial cost of carbon (SCC:CO₂排出削減限界コスト)と呼ばれる。その評価はCO₂の大気モデルを経て様々な分野での影響を経済的に評価することが必要であり膨大な作業となるため、省庁横断のワーキンググループを設置して、既存の3つの統合評価モデルを使って、合意によって4つの値 \$13、\$41、\$62、\$120/t-CO₂、を選んでいる。その内先の3つは割引率(5%、3%、2.5%)による違いによるもので、4つめ3%の割引率における信頼区画95%での高位値となっている。

さらに副次的便益として、大気汚染物質(SO_xおよびNO_x)排出削減の便益も評価している。米国では、これらの大気汚染物質の排出基準は日本に比べて緩い一方、CO₂を回収するためには、CO₂回収装置に排ガスを入れる前にこれらの物質を減らす必要があるため、CCSを設置した火力発電所においてはこれら物質の排出削減も付随して行われることになる。大気汚染物質排出削減便益の評価も膨大な作業となるため、この評価作業では文献レビューによって2つの研究結果を選び、割引率を変えて(3%と7%)、4つの値を採用している。この手法は筆者にとってやや意外に思える。なぜなら、大気汚染物質の経済評価値は地域(人口密度や風況)によってオーダーレベルで大きく異なるため、一律に原単位方式の評価値を当てはめることは非常に大きな誤差をもたらす可能性があるからである。雇用などの経済的影響は評価対象となっているが、negligibleとして値は算出されていない。さらに、CCSの場合は回収したCO₂の一部をEOR(石油増進回収)用に売却する便益も含めている。

費用の方は、発電コストの差を費用として算出している。評価には平準化電気価格(levelized cost of electricity)が採用されている。従来型の石炭火力に比べるとCCSを付加した場合および天然ガス混合燃焼のどちらもコストが増加するが、今回の規制に対応するには天然ガス混合燃焼の方が安いということになっている。

費用便益の比較評価方法として特徴的なのは、これらの値をMWh当たりの値で算出していることで、通常のRIA

で考慮される影響対象の量を考慮した評価となっていないことである。

2) EU

EUのこの影響評価書は、CO₂の地中貯留に関するEU指令の提案に添付されたimpact assessmentである(Commission of the European Communities 2008)。提案は長期的には2050年先進国で60~80%GHG排出削減の認識と、短期的には2020年のEUにおけるGHGの20%排出削減目標達成に向けてEU内での法制度設置に関するものである。この時点ではCCSについては、EUにおける排出権取引制度(EU-ETS)の対象にも認められていなかったため、CCS実施の影響については直接的な効果も含めて、すべて外部費用となるという認識のもとに、それらを内部化する法規制の検討が目的となっている。

影響評価の直接的目的は、CCS実施を促す複数の選択肢の比較であり、評価の枠組みは費用便益分析ではなく、EUにおける2020年のGHG排出削減20%を目標とした費用対効果分析の形を取っている。ただし、評価の時間フレームは2020年を超えた2030年となっている。

一般的な費用対効果分析では、目標達成にかかる経費を比較するが、この影響評価では目標以外の様々な外部費用項目も評価しているものの、必ずしも全てを金銭化せず定量評価値として異なる単位のまま示しており、その時点で費用対効果分析というより施策目標に関わる多基準分析ということもできる。従って読者は費用効率性の面のみから政策を比較することはできず、様々な指標ごとに施策を比較することしかできない。

評価対象は2020年GHG排出20%削減を達成する施策として、Option0: CCS無し他の対策のみケース、Option1: EU-ETSにCCSを組み込むケース、Option2: EU-ETSに加えて新規火力にCCS義務化ケース(レトロフィットも含めてさらに複数の義務化ケースがある)、Option3: EU-ETSに加えてCCSに補助金10%用意するケースが検討されており、Option1をベースケースとしており、ほとんどの評価項目はその差分として値を算出している。

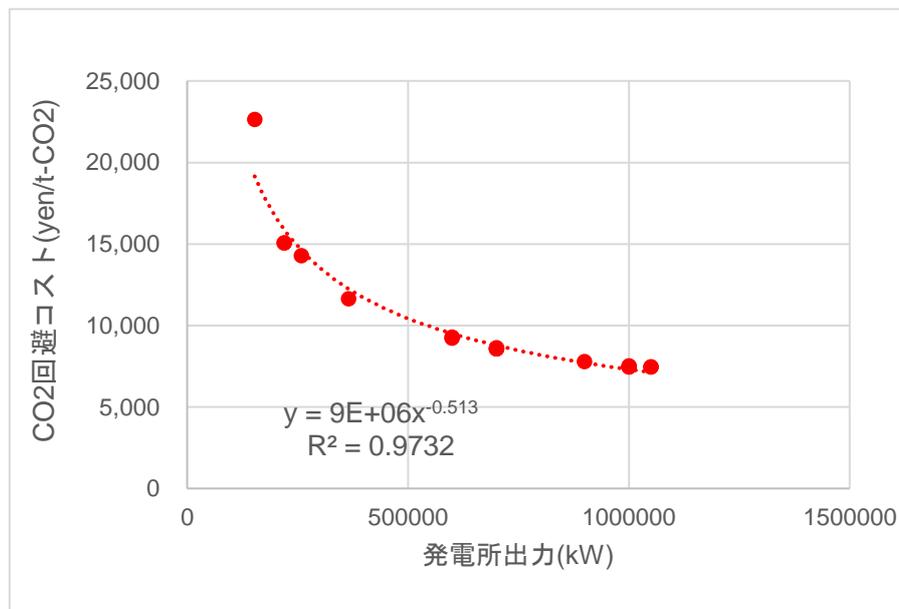
評価項目としては施策実施に関する追加費用(多くのoptionは20%削減を超えた削減をもたらすため、その部分にかかる費用も内訳として算出)(€/年)、電力価格への影響(上昇率%)、技術進歩に対する影響(規制による量産効果による技術投資節約効果含)(€/年)、雇用効果、EUメンバー国間でのCO₂回収量の偏り、エネルギーセキュリティ(化石燃料年化消費量の変化)(%)、事故によるCCSの放出による人的影響(人/年)およびCO₂放出量(Mt CO₂/年)、大気汚染対策コスト(€/年)、大気汚染影響被害コスト(€/年)となっている。評価の時間単位はすべて年単位となっている。CCSに特有なリスクとしてCO₂の漏れの事故の可能性があり、事故のリスクは天然ガスのパイプライン輸送や船舶輸送の事故のリスクから推測されており、保守的に大きなリスクが想定されているように見えるが、重大な影響を与えていない。

評価結果については、Option1(EU-ETSにCCSを組み込むケース)が、費用が少なく費用対効果に優れているように見えるが、追加的なCO₂排出削減便益を含めて貨幣価値に統合していないため、評価書としての強い示唆を読み取ることができない。

(3) 費用推定

最大の費用項目は、CCS実施に係わる施設費用と考えられる。本研究では、発電所に設置した形でのCCS単体での費用モデルを作成し、CCS実施に直接的に関わる費用を推計した。費用モデルについては、CCSの回収、輸送、貯留、モニタリングのそれぞれの段階について初期費用と運転費用の技術パラメータの値を設定し、20年運転する場合の平準化コストを算出した。CCSでは、回収等においてエネルギーペナルティと呼ばれるエネルギーが必要であり、その消費によってCO₂が発生する。本研究では、回避コスト(Avoided Cost)と呼ばれる、回収に必要なエネルギーを同じ発電所から供給するとして算出される正味CO₂削減にかかるコストを算出した。CO₂排出回避コストは、主に発電所の規模によって異なってくるため、費用モデルから算出した回避コストを基に、発電所の出力を説明変数、回避コストを被説明偏するとする回帰式(図(2)-1参照)を作成し、これを基に規模の異なる個々の発電所においてCCSを実施した時のCO₂回避コストを作成した。

CCS費用モデルの技術的な設定に関しては、回収方法については、超臨界微粉炭石炭火力発電所または天然ガス火力発電所に関しては燃焼後に回収する化学吸収法を想定した。輸送方法は、液化・タンク貯蔵による船舶輸送を想定し、海上プラットフォームからCO₂を圧入することとする。貯留深度は一律に2,000mとした。



図(2)-1 CO₂排出回避コストの推定式

(4) 便益推定

CCS実施による主便益は、CCSの目的そのものであるCO₂すなわち温室効果ガス排出回避による便益である。温暖化被害回避便益の推定に関しては、地球規模での長期に渡る温暖化被害回避に関する研究が必であり、莫大な研究リソースが求められる。ここでは先行研究事例を引用する。

米国政府 (Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government 2016)ではメタ分析と独自の分析によってCO₂排出削減の便益 (炭素の社会コスト、Social Cost of Carbon : SCC) はUS\$36/t-CO₂ (割引率3%)としている。OECD(2016)では温暖化の被害評価値の下限值としてEDR30\$/t-CO₂を示している。その一方、米国政府の分析でも2050年の値 (割引率3%)ではUS\$71/t-CO₂となっている。低い割引率を使ったStern(2007)の分析ではUS\$85/t-CO₂ (割引率0.1%)が示されている。Tol (2005)の103のSCC推計のレビューもよると、最頻値がUS\$2/t-C、中央値がUS\$14/t-C、平均値がUS\$93/t-C、95%の最大値がUS\$350/t-Cという分布が示されており、SCCの不確実性の大きさを示している。米国政府のSCCに関する検討は、正に政策評価に利用するために行われたものであり、評価に関する信頼性と公平性は高いものと考えられるため、本研究では米国政府のSCCの値をCO₂排出回避の便益評価に利用する (図(2)-1参照)。

表(2)-1 メタ分析等による炭素社会コスト（Social Cost of Carbon：SCC）の推計値

Year	5% Average	3% Average	2.5% Average	High Impact(95 th pct at 3%)
2015	\$11	\$36	\$56	\$105
2020	\$12	\$42	\$62	\$123
2025	\$14	\$46	\$68	\$138
2030	\$16	\$50	\$73	\$152
2035	\$18	\$55	\$78	\$168
2040	\$21	\$60	\$84	\$183
2045	\$23	\$64	\$89	\$197
2050	\$26	\$69	\$95	\$212

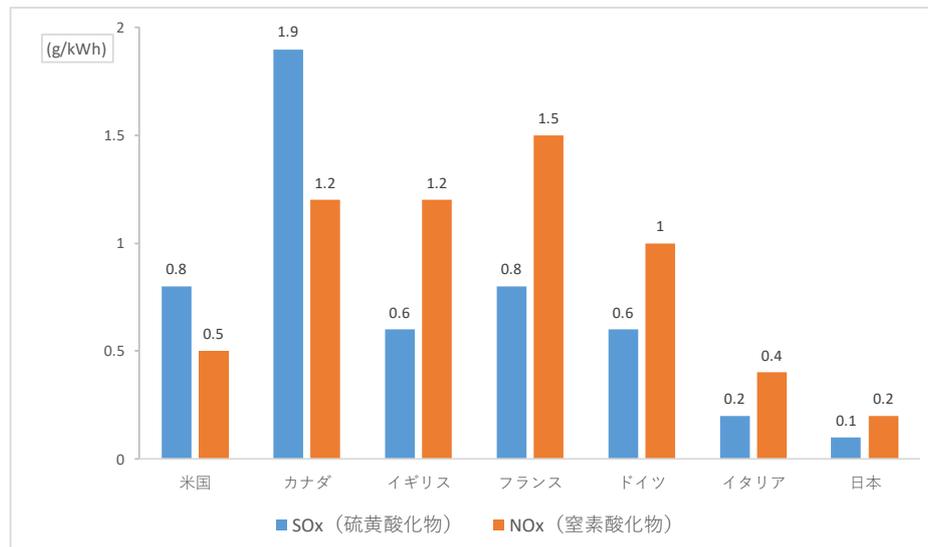
（出典）Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government (2016)

注）2030年以降の値を利用した。表頭の％は炭素社会コスト評価に利用した割引率を示す。炭素社会コストは将来の温暖化被害コストを割り引いて現在価値としたもののため、割引率が値に大きな影響をもたらす。Averageとはメタ分析の対象となった研究の平均値であることを示す。

米国の評価では比較的大きな値となった大気汚染削減便益については、日本ではCCS無しでも発電設備からの大気汚染の排出は厳しく抑えられているので（図(2)-2参照）、日本でCCSを実施した場合の大気汚染物質削減便益を評価しても、米国のように大きな値とならない可能性が高い。しかしながら、大気汚染物質の排出は人間健康面での死亡リスク影響の増加をもたらし、少ない量の削減でも、一定の便益が見込める可能性もあることから、先進国での先行事例を利用する形で評価を行う。

発電設備においてCO₂を回収する際には、回収システムの回収液を傷めないためにも、回収効率を維持するためにも、回収の対象となる排ガスからSO_xやPMはほとんどゼロレベルまで除去されてなければならない。そのため、CO₂回収設備を設置した発電所においてはSO_xやPMの排出量は、法的規制レベルをはるか超えてゼロレベルまで低減される。SO_xやPMの影響評価は、本来は排ガスの拡散分析から暴露評価を行い健康被害の経済評価を行う流れとなるが、主便益の大きさに対してそれほど大きな値の副次的便益とならないことが予想されるため、精度の高い評価は不要と考えられるため、日本と人口密度や経済レベルの近い欧州で評価が行われた値(Holland and Watkiss 2002)を利用する（図(2)-2参照）。

雇用影響に関しても、米国と同様に計上しないが、日本でのCCSを実施する場合、CO₂を船舶輸送する可能性があり、CCSを大規模に実施するは船舶輸送に関する、船舶や港湾整備を含めた事業は雇用増の影響が多きかもしれない



図(2)-2 日本と海外の石炭火力発電所における SOx および NOx の排出量

(出典) 11) 中部電力グループ アニュアルレポートによる。海外のデータはOECD StatExtracts, IEA ENERGY BALANCES 2017に基づく。日本のデータは電気事業連合会調べ。

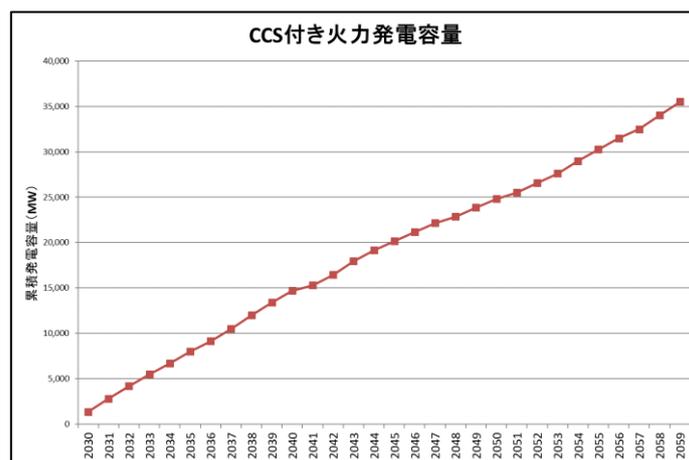
表(2)-2 石炭火力発電所からの大気汚染物質排出量と被害コスト

	単位	SOx	PM
石炭火力発電所からの排出量	g/kWh	0.1	0.05
排出量当たり被害コスト	2002 Euros/トン	5,200	14,000

出典) 石炭火力発電所からの大気汚染物質排出量の内、SOxとNOxについては電気事業連合会データベースより、PMについては推定値を採用。大気汚染排出量当たり被害コストはHolland and Watkiss (2002)におけるEU-15averageの値。

(5) CCS普及シナリオ

CCSの普及実施に係わる法制度によって普及するCCSの量を想定するには、普及シナリオを作成することが必要となる。シナリオ作成においては、CCSは石炭火力発電所の設備更新に伴って、新規発電設備と共に導入されることにした。また、発電設備およびCCS設備の設置は大規模な設備の供給と工事を伴うものであることから、法制度によってCCSの普及が進むにしても、年間に設備更新できる量は制限があると考えられたため、現在利用されている古い発電所から設備更新され、最大で年間に1.5GWの程度の発電所がCCSの導入を伴って更新されるシナリオを作成した（図(2)-3参照）。



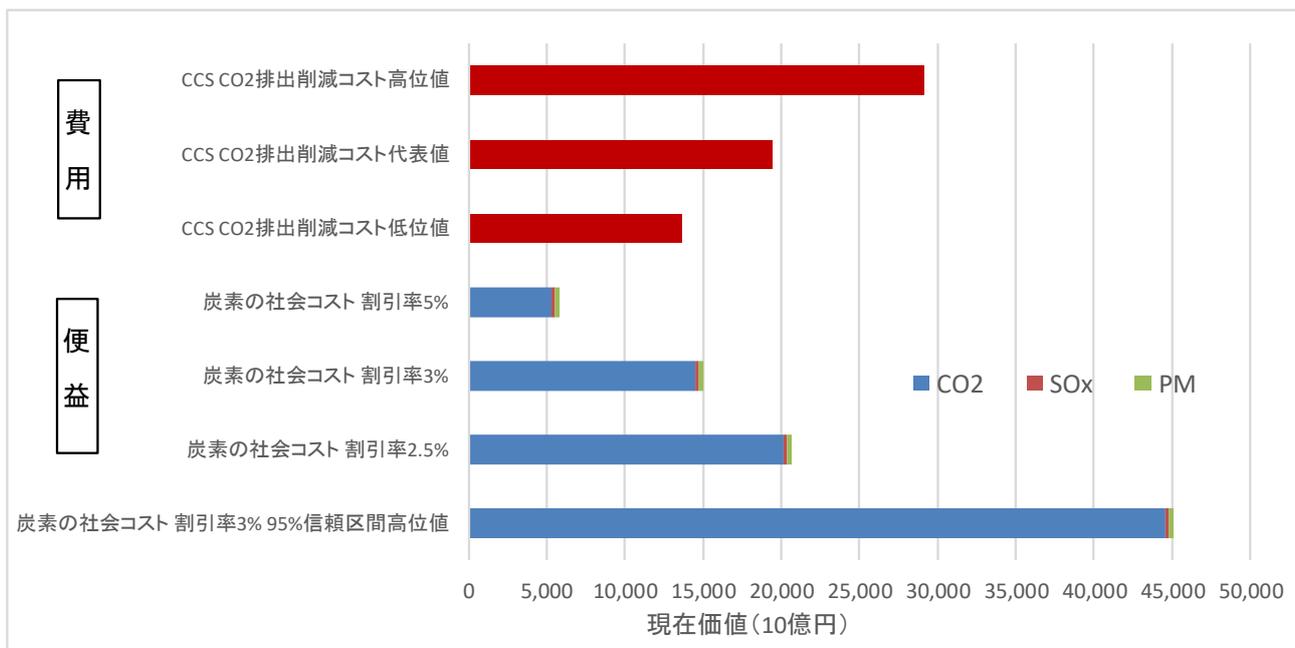
図(2)-3 法制度によって普及する CCS 付き発電所の累積設備量 (CCS 普及シナリオ)

4. 結果及び考察

(1) 費用便益分析

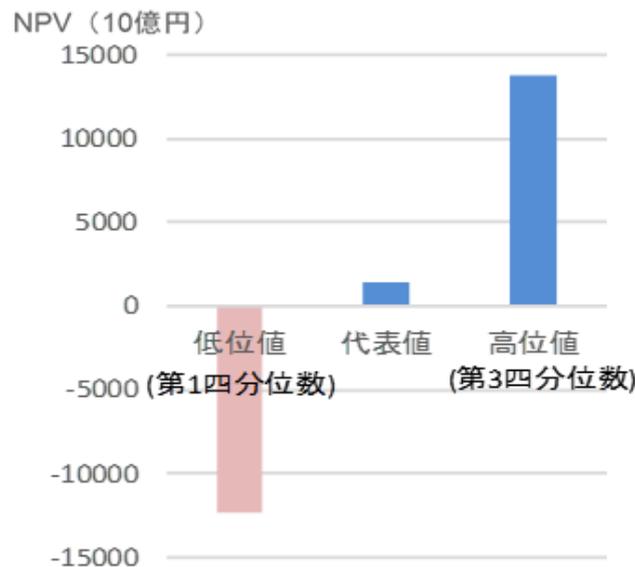
普及シナリオに沿って2030年から2050年に導入されるCCS付き発電所の費用便益を推定した結果を図(2)-4に示す。費用は前述に費用モデルに基づき算出し、主な設備コストの不確実性に基づいて高位値と低位値を算出した。便益については温室効果ガス回避便益と大気汚染物質排出削減便益を前述の手法に基づいて推定した。評価に利用する炭素の社会コストについては割引率によって異なる4つの値を使っている。これに対して大気汚染排出削減便益については一種類の評価値だけを加えている。2030年から2050年の費用便益の累積値は割引によって2030年の現在価値として表されている。CCSの便益は大半がCO₂排出回避便益であることが見て取れる（図(2)-4参照）。この図からCCSの排出削減コストが高位値の場合は、非常に高い炭素の社会コストと比較しないと、費用便益が黒字にならないことが見て取れる。反対に削減コストが低い場合は炭素の社会コストが最も小さい場合以外は黒字となる。費用と便益評価値と合わせて正味現在価値（NPV）を算出したものが図(2)-5である。CCSの費用を代表値とし、便益を割引率が2.5%の炭素の社会コストとした場合（US \$ 73/t- CO₂、2030年排出の場合）のNPVを代表値とすると、NPVが0以上となり正当化されることになる。ただし、低位値（第1四分位数）では大きく赤字であり、高位値（第3四分位数）と同程度の大きさであることから、評価結果はどちらかというグレーである考えることができる。

費用側の大きさの違いの要因について見てみると、CCSを設置する施設の規模によって費用が大きく異なっている（図(2)-6参照）。CCSを設置した発電所単体でのCO₂排出回避コストを異なる規模の発電所で見ると、現在稼働している石炭火力の規模の平均の460MWの発電所にCCSを設置した場合、CO₂排出回避コストは10700円/t- CO₂と推定されるのに対し、最大規模の1050MWの発電所ではCO₂排出回避コストは7600円/t- CO₂、最小規模の75MWの発電所ではCO₂排出回避コストは3750円/t- CO₂となる。このことから、CCS付きの発電設備を導入する際は、できるだけ大規模で設置すべきことが示唆される。



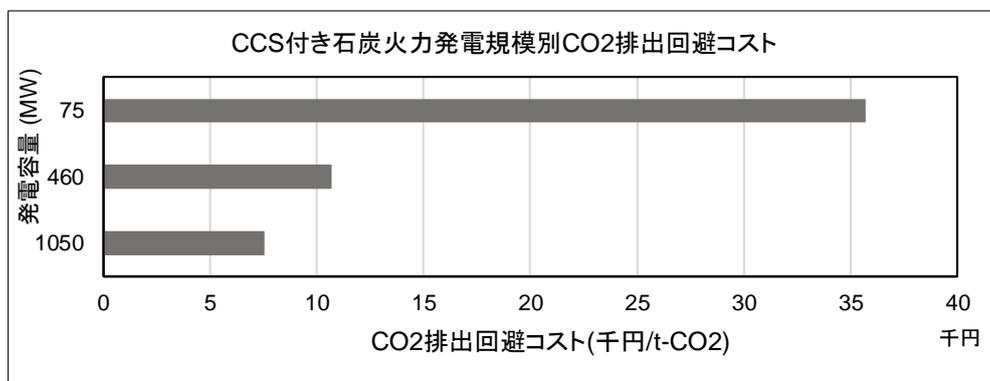
図(2)-4 CCS 法制度を基にした CCS 普及シナリオにより

2030 年から 2050 年に石炭火力発電所を CCS 付き発電に更新する場合の費用便益



図(2)-5 CCS 法制度を基にした CCS 普及シナリオにより

2030 年から 2050 年に石炭火力発電所を CCS 付き発電に更新する場合の NPV (代表値は排出コスト代表値と割引率 2.5% 炭素の社会コストを利用)

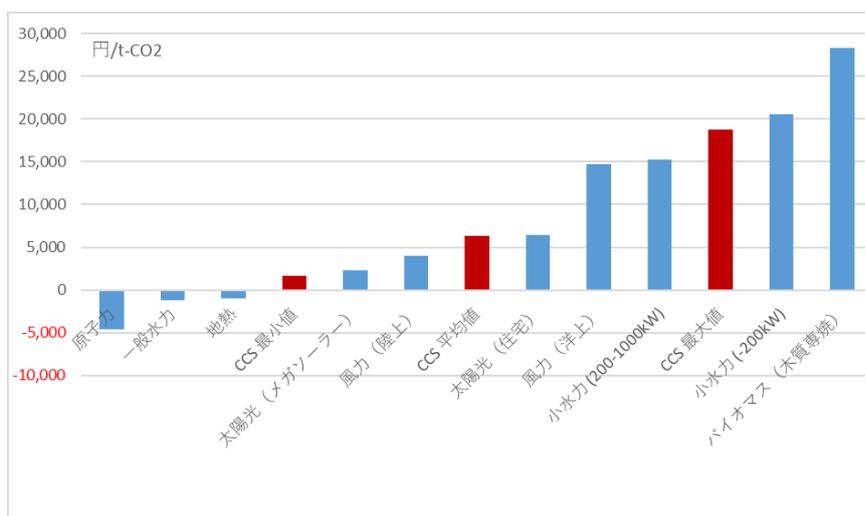


図(2)-6 発電設備容量の違いによる CCS 付き発電所単体での CO₂ 排出回避コスト

(2) 費用対効果分析：. 限界削減コスト (MAC)の比較

CCS付き発電所に加えて、他の低炭素電源の発電コストを算出し、現在の系統電力との比較によるCO₂の限界削減コストを算出し、それらを比較することによりCCSの費用効率を見ることができる。

先に述べたCCS費用モデルを使ってCCS付き発電所の発電コストを、プラント別評価した結果、CCSを設置した石炭火力の発電コストは、13円/kWhから22円/kWhになることが分かった(図(2)-7参照)。これは風力発電等の発電コストと同等であり、天候に左右されない安定電源であることを考慮すると温暖化対策電源としての費用対効果は良いと考えられる。しかし、発電コストについても将来のコスト低下の見込みや送電・蓄電設備の必要性和費用の見積もりによって異なってくる可能性がある。発電コストを基にCO₂の限界削減コストを算出すると、最小値で1670円/t-CO₂、平均値で6350円/t-CO₂、最大値で18750円/t-CO₂となることが分かった。最小値から最大値までの値の違いは主に発電およびCCSの設備規模によるものであり、大きければ大きいほど限界削減コストが低いことが示されている。他の低炭素電源と比較してもCCSの限界削減コストは住宅太陽光発電レベルであり、比較的リーズナブルな値といえる。CCSより限界削減コストの低い電源だけで、発電ミックスを構成することは難しいと考えられることから、これにより、発電ミックスの一部としてCCSを普及させていく法制度は費用効率的にも正当化できることが示されたといえる。



図(2)-7 CCS 付き石炭火力発電と他の低炭素電源の CO₂ 限界削減コスト

出典) CCS以外の発電コストは長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告

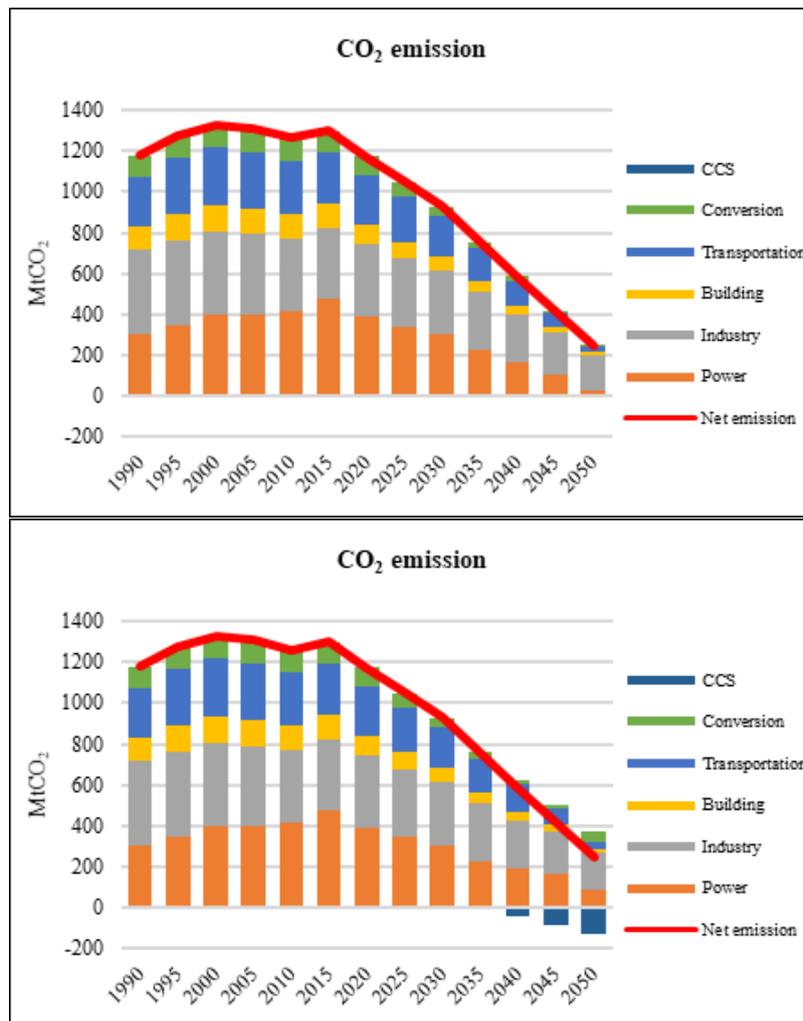
(2015) の2030年の値 (政策経費除く)、削減のベースラインは2015年の特定電気事業者の排出係数 (代替値) (環境省)、ベースラインの2015年平均発電単価11.5円/kWhは日本エネルギー経済研究所推計 (一般電気事業者及び卸電気事業者「有価証券報告書」より推計)

(3) 費用対効果分析：エネルギーモデル分析

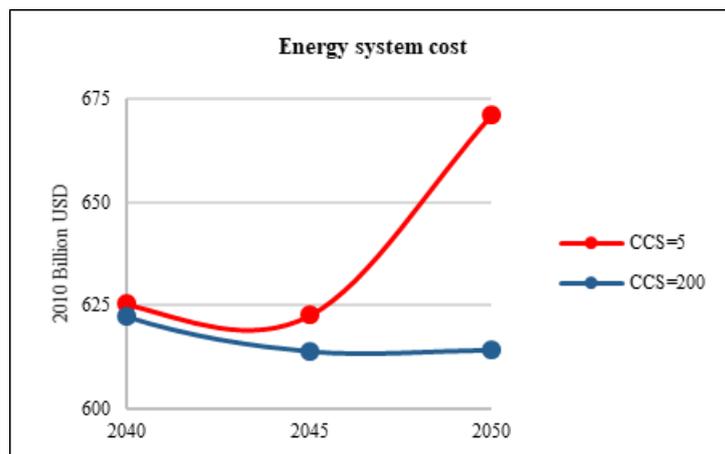
費用対効果分析は、ある目的のためにいくつかの代替的対策の選択肢がある時に、選択肢の順位付け等にもちられる。しかしながら、エネルギーシステム特に発電システムに関しては、同じ電力を供給するという目的においても、異なる役割があり (例えば、ベース電源、ミドル電源、ピーク電源といった役割)、電源ミックスといった異なる電源によるポートフォリオを組んで、発電という目的の中で、安定供給、発電費用の低減、低炭素化といった評価項目を満たしていくことが必要とされている。

ここでは、温暖化対策の発電部門ポートフォリオにCCを導入した場合の価値を、エネルギー経済モデルであるMARKAL/TIMESモデルを用いて評価し、エネルギーポートフォリオの中でのCCSの必要性を確認する。このエネルギーモデルは、目的関数をエネルギー費用とし、費用最小化を条件に最適化を行うものである。CCSは発電部門の他、産業部門の鉄鋼、セメント、石油化学部門に導入することを想定した。

CCS導入影響を見るため、CO₂排出量制約シナリオ (2020年以降の排出量を制限したケース) において、CCS導入有りのケースと無しのケースで最適化分析を行ったが、CCS導入がゼロでは実質的に解は得られず、CCS導入可能容量最大 (200Mt-CO₂) と最小 (5Mt-CO₂) で比較を行った。(図(2)-8参照)、この結果、CCS導入可能容量最大ケースの方が、費用が低くなる傾向になることを見出した (図(2)-9参照)。



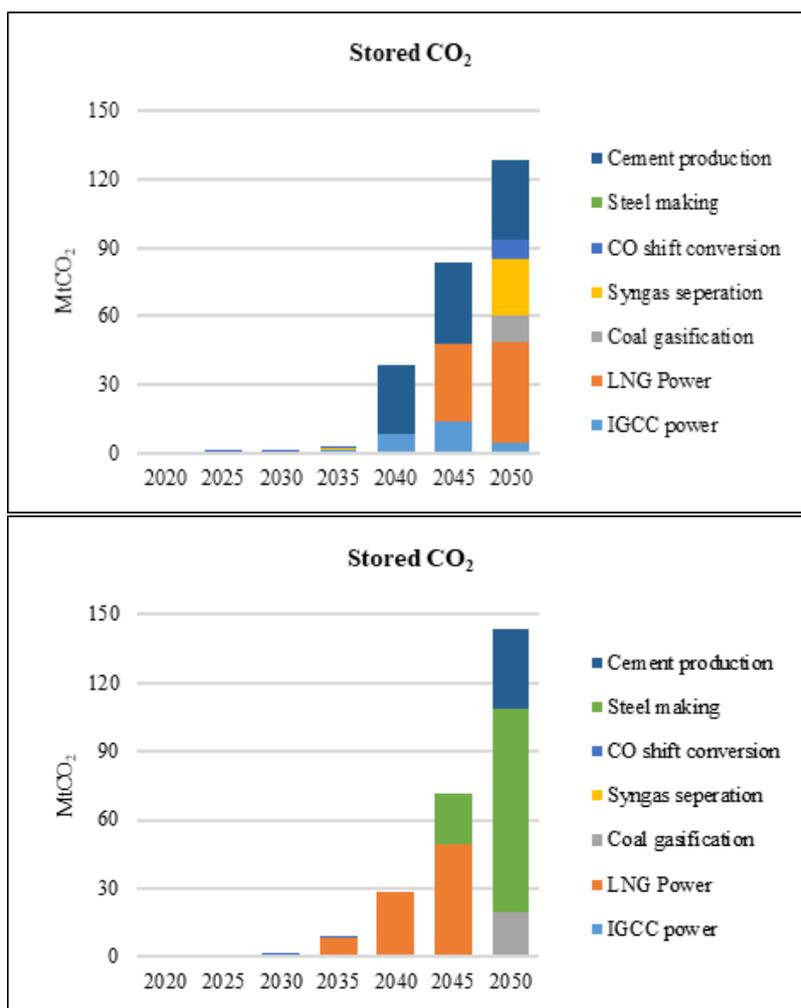
図(2)-8 エネルギー経済モデルによる費用最小のための最適化分析における、CCS導入可能容量最大ケース（下図）とCCS導入可能容量最小ケース（上図）での年間CO₂排出量とCO₂貯留量の変化



図(2)-9 エネルギー経済モデルによる費用最小のための最適化分析における、CCS導入可能容量最大ケース（青線）とCCS導入可能容量最小ケース（赤線）での年間エネルギーシステムコストの変化

CCS導入可能容量を最大とした場合のCO₂回収先を示したのが図(2)-10（上図）である。これによると、最適化計算ではCCSのためのCO₂回収は最初セメント産業と石炭火力発電（IGCC power）に導入し、その後天然ガス火力発電（LNG power）に大きく導入することが望ましいことが示された。加えて、ここまでの計算では、CO₂排出量が産業部門で最大である鉄鋼産業において電炉導入量の制限を行っていないが、鉄スクラップの利用可能量の限界などから電炉の導入にも制限がある可能性が

あり、電炉導入可能量を生産量の半分に制限した場合の最適化計算を実施した図(2)-10（下図）。この結果によると、2050年あたりにはCO₂回収を鉄鋼産業（高炉、steel makingに大きく導入されることが望ましいことが示された。



図(2)-10 エネルギー経済モデルによる費用最小のための最適化分析における CCS 導入可能容量最大ケースにおける CO₂ 回収量と回収先 (上図) と鉄鋼産業での電炉の導入可能量を制限したケースでの CO₂ 回収量と回収先 (下図)

(4) 事業キャッシュフローの分析

費用便益分析および費用対効果分析によって、CCSをエネルギーミックスの中に取り入れていくことが、評価の不確実性を考慮した上でも、および正当であることが明らかになった。法制度設計の詳細な部分に関しては、事業費用の低減に資するかどうかという視点で評価することができる。CCSに関しては、国内では既に海洋汚染防止法の改正(2007年)によって、CCSの実施の許認可が行われ、それにより法的にもCCSを実施することが可能となっている。本研究では、現行の海洋汚染防止法のCCS実施に関連する部分について新たに改正の必要がある事項について検討し改定内容を提案している。ここでは、CCS費用モデルを基にした、CCS事業のキャッシュフローの分析により、改正の実施によるPIRR (Project Internal Rate of Return: 事業内部収益率)あるいはEIRR (Equity Internal Rate of Return 自己資本内部収益率)の変化を見ることによって、改正の正当性、必要性の分析を行った。評価結果を表(2)-3にまとめる。

また、法制度の改正によるCCS事業における影響とIRRの変化を図(2)-11に示す。提案されている法改正の内、貯留サイト選定許可に関するものは、CO₂貯留における漏洩リスクを低減すると影響をもたらし、その影響は漏洩によるPIRR 0.5~8.5%低下リスクの低減と評価される。貯留サイト占用許可は、第三者のアクセス制限による事業実施の確実性向上の効果をもたらすと考えられ、借入金利1%低下によるEIRR (Equity Internal Rate of Return 自己資本内部収益率)の0.2%増加と評価される。

貯留許可期間の長期化(定期報告義務の導入)は事業継続の見通しの向上による事業非継続のリスクの低

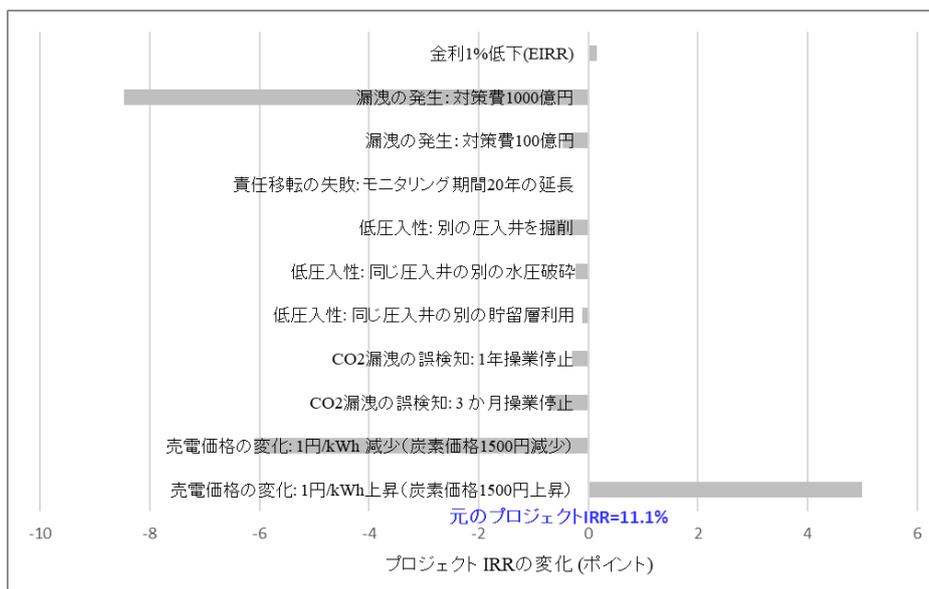
減の影響をもたらすと考えられ、借入金利1%低下によるEIRRの0.2%増加の効果と評価される。財務保証制度(拠出金制度)は事業費用の担保による事業非継続のリスクの低減の影響をもたらすと考えられ、借入金利1%低下によるEIRRの0.2%増加の効果と評価される。圧入後の是正措置の計画(漏洩時への対応を障害防止計画)は、漏洩時の対処費用の考慮による事業の確実性の向上の影響をもたらすと考えられ、その影響は漏洩によるIRR0.5~8.5%低下リスクの低減と評価される。漏洩についての基準設定(モニタリング基準)は、漏洩誤検知のリスク削減の影響をもたらし、その影響は漏洩誤検知による事業停止でのPIRR 0.1~3%低下の回避と評価される。

貯留層の閉鎖の概念の導入(閉鎖後管理計画の導入)は、モニタリング期間の限定化の影響をもたらし、その影響はモニタリング期間短縮によるPIRR 0.01%増加と評価される。貯留槽閉鎖後の管理責任の移転ができるようにすることについても、モニタリング期間の限定化の影響をもたらし、その影響はモニタリング期間短縮によるPIRR 0.01%増加と評価される。

以上をまとめると、現行海洋汚染防止法のCCS実施関連する部分の法改正の提案内容はCO2漏洩リスク等からの事業リスクの低減やモニタリング期間の限定化等によって、事業キャッシュフローのIRRを増加あるいはIRR低下のリスクを低減させ、CCS事業の経済性の向上をもたらすと考えることができる。CCS事業は新規事業であるため、CO2漏洩等による事業のリスクや、事業の長期化(事業後のモニタリング期間の長期化)は、CCSの潜在事業者にとっては、少なくとも感覚的には大きな障壁と考えられ、それらについての改善はCCSの潜在事業者の事業参入促進につながると考えられることから、CCS事業への改正は早期実施の必要性が示唆される。

表(2)-3 海洋汚染防止法の改正項目についてのCCS事業キャッシュフロー分析による評価

改正内容	定性的効果	効果の経済評価の考え方	IRRの変化
貯留サイト選定許可	リスク評価を経た貯留サイト許可による漏洩リスクの低減	CO2漏洩リスク、低CO2圧入性リスクの低減:	漏洩によるPIRR0.5~8.5%低下リスクの低減
貯留サイト占用許可	第三者のアクセス制限による、事業実施の確実性向上	事業非継続リスク減少による事業費借入金利の低下	金利1%低下により、EIRR0.2%増加
貯留許可期間の長期化(定期報告義務の導入)	事業継続の見通しの向上による事業非継続のリスクの低減	事業非継続リスク減少による事業費借入金利の低下	金利1%低下により、EIRR0.2%増加
財務保証(拠出金制度)	事業費用の担保による事業非継続のリスクの低減	事業非継続リスク減少による事業費借入金利の低下	金利1%低下により、EIRR0.2%増加
圧入後の是正措置(漏洩時への対応を障害防止計画)	漏洩時の対処費用の考慮による事業の確実性の向上	保険等利用によるCO2漏洩リスクの費用化	漏洩によるPIRR0.5~8.5%低下リスクの低減
漏洩についての基準設定(モニタリング基準)	漏洩誤検知のリスク削減	漏洩誤検知による事業停滞リスクの低減 漏洩リスクの低減	漏洩誤検知による事業停止でのPIRR0.1~3%低下の回避
閉鎖(閉鎖後管理計画の導入)	モニタリング期間の限定化	モニタリングコストの削減	モニタリング期間短縮によるPIRR0.01%増加
責任の移転	モニタリング期間の限定化	モニタリングコストの削減	モニタリング期間短縮によるPIRR0.01%増加



図(2)-11 海洋汚染防止法の改正の影響とそれによる CCS 事業キャッシュフローにおける IRR の変化

注) 金利低下の影響はEIRRの変化で評価されており、他はPIRRで評価されているため直接には比べられないが参考として表示している。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

温暖化対策は対策を進めることを前提に検討するため、温暖化対策の実施が本当に社会に貢献するかどうか即ち便益が費用を上回るかどうかは不問に付されることが多いが、CCS促進政策によるCCS普及シナリオを基に費用便益分析を行うことによって、CCS事業実施の意義を定量的に確認し便益が費用を上回るかどうかを確認することにより、「CCS実施政策が温暖化対策の選択肢となるか?」という問いに答えることができた。

問いの答えは、費用と便益の値が拮抗するためグレーであるが、この点を自覚した上で、よりコストを削減しながらCCSを実施していくべきという示唆が得られた。他の温暖化対策の比較による費用対効果分析を通じて、CCS事業は他の温暖化対策と比べてコスト競争力があり、温暖化対策のポートフォリオにCCSを組み入れることによって総対策コストを低減できることが示されたことから、「温暖化対策のポートフォリオにCCSを組み入れるべきか?」という問いに対策コスト面から、組み入れるべきと答えることができた。

さらに、温暖化対策は発電部門に目が行きがちであるが、温暖化対策ポートフォリオに発電部門と共にセメント産業や鉄鋼産業へのCCS導入をに組み入れることが対策費用低減のために望ましいことを、エネルギーモデル分析によって示すことができた。

(2) 環境政策への貢献

現行海洋汚染防止法のCCS実施関連する部分の改訂は、CCS関連法制度整備の直近の課題であることから、新たに改正の必要がある事項の改定案について、CCS費用モデルを基にしたCCS事業のキャッシュフローの分析により、改正の実施により内部収益率(Internal Rate of Return: IRR)の変化を見ることによって、改正の正当性、必要性の分析を行った。これにより、法改正は事業リスクの低減やモニタリング期間の限定化等によってIRRを増加させCCS事業の経済性の向上の影響をもたらすことを示すことができた。

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

現行海洋汚染防止法のCCS実施関連する部分の法改正は事業リスクの低減やモニタリング期間の限定化等に

よって事業キャッシュフローのIRRを増加させ、CCS事業の経済性の向上をもたらすとの分析結果は、当該法改正実施の論拠となる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) Farabi-Asl H., K. Itaoka, A. Chapman, E. Kato, A. Kurosawa, : Energy Policy,(2019),Accessing the key factors in achieving emission reduction goals in Japan using TIMES-Japan techno-economic framework.

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 板岡健之：環境管理、54(1), 60-65 (2018)
「CCSの規制影響経済評価事例と日本への評価手法適用の可能性」

<その他誌上発表(査読なし)>

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表(学会等)

- 1) K. Itaoka, A. Saito and M. Akai : Proceedings of 13th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Lausanne, Switzerland,2016
“Policy Parity for CCS? – Public Preference on Low Carbon Electricity”
- 2) 板岡健之：環境科学会年会(2017)
企画シンポジウム「脱炭素社会のための法政策形成—脱炭素制度構築に向けての中間成果から—」
「CCS の環境経済評価モデルの構築」
- 3) K. Itaoka: : 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Melbourne, Australia 2018
“How CCS Policy and Regulations Influence the Business Risk of CCS Projects”
- 4) 板岡健之：環境科学会年会(2018)
企画シンポジウム「CCS の国内法とアジア地域における共通プラットフォームの整備に向けて」
「CCS の規制影響経済評価の試み」

(3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他

特に記載すべき事項はない。

8. 引用文献

- 1) Mike Holland and Paul Watkiss (2002), Estimates of Marginal External Costs of Air Pollution in Europe, European Commission (www.ec.europa.eu); at <http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/studies2.htm>
- 2) International Energy Agency. (2017). Energy Technology Perspectives 2017. Paris, France: Author.
- 3) 参議院事務局企画調整室 (2015). 「政策評価制度の現状と課題－見直し決議から10年、その検証を踏まえて－」 『立法と調査』 No.360, pp.153-167.
- 4) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 (2012). 「平成23年度会計検査院委託業務報告書 アメリカ及びイギリスにおける費用便益分析の手法と実例に関する調査研究」
- 5) United States Environmental Protection Agency. (2015). Regulatory Impact Analysis for the Final Standards of Performance for Greenhouse Gas Emissions from New, Modified, and Reconstructed Stationary Sources: Electric Utility Generating Unites. North Carolina: Author.
- 6) Commission of the European Communities. (2008). Commission staff working document - Accompanying document to the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the geological storage of carbon dioxide - Impact assessment {COM (2008) 18 final} {SEC (2008) 55}.
- 7) Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government (2016). Technical Support Document: -Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis -Under Executive Order 12866 -
- 8) OECD. (2016). Effective Carbon Rates: Pricing CO₂ through Taxes and Emissions Trading Systems. Paris: OECD Publishing.
- 9) Stern, N. H. (2007). The economics of climate change: The Stern review. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- 10) Tol, R.S.J. (2005). The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties. Energy Policy, 33(16), 2064-2074.
- 11) 中部電力グループ アニュアルレポート 2018 (2018). https://www.chuden.co.jp/resource/corporate/csr_report_2018_18.pdf (2019年3月アクセス)
- 12) 発電コスト検証ワーキンググループ (2015). 「長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告」

II-3 CCSの法・規制の枠組みの構築

早稲田大学法学部・同大学院法務研究科
<研究協力者>

教授 大塚 直

早稲田大学大学院法学研究科

研究生 二見 絵里子

助手 石巻 実穂

平成28～30年度累計予算額：7,964千円（うち平成28年度：3,080千円、平成29年度：2,484千円、平成30年度：2,400千円）

累計予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

日本における包括的なCCS法の構想としては、民間が事業を行う、規制型スキームが考えられる一方、国・自治体が事業を行う、事業型スキームも考えられる。日本でCCSに関係する現行海洋汚染防止法の改正を考えると、本法は規制法である。

この点に関して留意すべきことは、第1の規制型スキームにおいても、特定放射性廃棄物最終処分法のように、国が「機構」を設置し、機構が主導するものであり、規制だけをして事業については完全に民間に委ねる方法ではCCS事業は推進されにくいことである。この点は、規制型を導入する際にも留意すべき点である。また、福島原発事故の教訓として記憶にあたりしいところであるが、不完全な規制となることを避けるために、規制と事業推進は別の所管にすることが必要である。事業型スキームを採用する場合にも、この点には留意が必要である。

[キーワード]

CCS、海洋汚染防止法、規制型、事業型

1. はじめに

本サブテーマは、本研究において、国内外のCCS関連法を比較研究し、わが国におけるCCSの実施に必要な法制度の構想を提示する位置づけにある。

①諸外国におけるCCSの法規制・CCSに関連する法規制を比較検討するだけでなく、②法スキームに注目し、異なる法スキームのそれぞれの特徴を検討した。これによって、CCSの性質を考慮しつつ、わが国におけるCCSの法・規制を構想した。

2. 研究開発目的

わが国におけるCCSの実施にあたっては、現在、CCSに関連しうる法規制があるにすぎない。地球温暖化対策としてCCSの重要性が認識されていることから、法規制の検討及び立法化は急務であり、本サブテーマは包括的なCCS法を提示することを目的とした。

3. 研究開発方法

文献調査により、諸外国のCCS法制度等（EU、イギリス、ノルウェー、オーストラリア、アメリカ、カナダ、IEAモデル）を比較検討し、日本への示唆を得た。日本法についてはCCSに関係する法である、海洋汚染防止法の課題を検討した上で、包括的なCCS法の構想のために、規制型スキームと事業型のスキームの両者を検討した。

4. 結果及び考察

(1) 日本におけるCCSの必要性

第5次環境基本計画及び地球温暖化対策計画に定められている、わが国の温室効果ガス(GHG)削減目

標である、2050年80%削減を達成し、さらに、パリ協定にいう、21世紀末までにGHG排出量をネットゼロにする目標を達成するためには、CCSはきわめて重要な手段である。この点は現在わが国で作成中の長期戦略（案）でも、「今世紀後半のできるだけ早期に『脱炭素社会』の実現を目指し、2050年までに80%の温室効果ガス排出削減に大胆に取り組む」という表現で確認されているところである。再生可能エネルギーの割合を100%にすることは——系統強化の限界、蓄電のコストの高さから——きわめて困難であるし、さらに——仮に21世紀末までにこれに成功したとしても——これとは別に産業部門からGHGが排出される。長期戦略案では、2030年までにCCSを実現するとしており、また、バイオマス発電で排出されたCO₂をCCS/CCUで吸収する考え方も示されている。

他方で、新增設される石炭火力発電のように今後40年以上のGHG排出をロックインする結果をもたらす場合には、現在導入される火力発電との関係でも、——アメリカの（かつての）クリーン・パワー・プラン（Clean Power Plan）のように——CCS readyを義務付けること適当であると考えられる。

そして、2030年度の中期目標との関係では、2016年3月に省エネ法の判断基準、供給高度化法の基本方針及び判断基準が改正され（同年4月施行）、発電所の効率基準及び小売の非化石電源比率の目標が導入されたが、これらを達成できない場合にCCS readyを導入することが考えられる。

（2）欧米のCCSの法規制、IEAのモデル枠組みとの比較研究

CCSに関しては、わが国は、CCSに関しては「部分的に法規制法がある」というBグループに入れられている。関係するのは、「海洋汚染防止法（海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律）」である。本法の下では、廃棄物の海底下廃棄の原則禁止（18条の7）を前提としつつ、CO₂の海底下廃棄に係る許可制度（18条の8）があり、①CO₂を海底下に廃棄しようとする者は、環境大臣の許可を受けなければならない（許可の期間は最長5年）、②許可を受けようとする者は環境影響を評価しなければならない、③許可を受けてCO₂を海底下に廃棄する者は、海洋環境の保全に支障を及ぼさないよう廃棄し、また、海洋環境を監視しなければならない、とされている。

このようなわが国の現行法に関して、CCS規制に関する先進的な法制を有する諸外国法律と比較するにあたり、主として次の6点を検討した。①貯留サイトの選定、事業許可、②事業の実施・運営とその財務的保障、③地域住民への情報開示、地域住民の参加、④閉鎖及び閉鎖後の管理、責任の移転、⑤漏れへの対応：改善命令等、⑥監視（モニタリング）である。

1) EU

EUではCCS指令が2009年に採択され、加盟国は2011年6月までに本指令を国内法化する義務を負った。本指令は、CO₂の地中貯留のための法的枠組みを設けることを目的としている。

CCS規制において取り上げるべき重要な課題の一つとして、上述の責任の移転がある。CCS指令では、特定の法的責任を事業者から加盟国の関連所轄官庁に移転できるようにした（18条1項）。欧州委員会は、貯留サイトの責任の国への移転に関し、①移転日は加盟国の裁量とする、②当該サイトの閉鎖及び廃止後、一定の期間後に移転する、③当該サイトが安全に閉鎖及び廃止され、将来の漏れいリスクが低いことが実証された時点で移転する、という3つのオプションを検討していた。指令では、オプション③を採用している。その理由として、「すべての加盟国が同じベースに基づいて確実に法的責任を受け容れるようにすることで、競争上の歪みを最小限に抑えることができる。このベースは、将来の法的責任を負う可能性は低いことが実証されていることである。このことは汚染者負担原則とも一致する。つまり、当該サイトに明らかなリスクがある限り、事業者は当該サイトに対する法的責任を負い続けるが、事業者がリスクが低いと実証した場合には、当該サイトの責任は国に移転されることになる」としている。

2) 英国

既存のエネルギー法（石油・ガス法）をもとにCCS指令を国内法化し、CCS規制を導入している。また、民事責任についてはコモンロー上の不法行為による。すなわち、責任移転後に漏れい事故が発生した場合、事業者には、EU指令における過失責任が問題とされるとともに、コモンロー上の責任を負う。

3) ノルウェー

ノルウェーでは、CCSに特化した規則案が政府によって作成され、現在はパブリックコメント中となっている。これらの規則案は主にCO₂の輸送とその海洋貯留を対象としている。CCS規制に関する現在の制度には、ノルウェーの認可制度の枠組みとなる3つの法律、すなわち、「海底における石油以外の天然資源の研究、探索、採掘に関する法律の1963年改正法」、「汚染防止及び廃棄物に関する法律の1981年改正法」、「石油活動関係法」が関係している。掘削とCO₂貯留活動の両方において認可が要求される。

4) カナダ

CCSのための法規制枠組みとしては、連邦法と州法が存在するが、特に州レベルで関連規制が進展している。アルバータ州では、2010年12月に石油ガス法の改正がなされ、CCS固有の規制が行われている。そこでは、許認可、拠出金、建設中・操業中の国の支援、閉鎖後10年の責任移転が盛り込まれている。閉鎖後の管理基金を予め準備しておくことがアルバータ州法の特色となっている。

5) オーストラリア

①連邦法（3海里以沖の沖合）、②州法（陸域及び3海里までの沖合）、③コモンローという3タイプの法制度が存在する。連邦法には、免責の規定がある点に特色がある。責任移転後の事業者の過失責任の規定はないが、コモンロー上、意図的な損害発生の場合には責任を負うと考えられる。

これら諸外国法の分析から上記6つの論点について、以下のように分析した。

第1に、貯留サイト選定許可と占用許可（許可期間は長くする）を追加することが求められる。また、現行法には省令も含め存在しないが、海洋環境を考慮した探査掘削の評価制度の導入が求められる。さらに、（従来からある）廃棄の許可（18条の8、18条の9）の期間は（貯蔵しておく行為についても）5年であり、これを長期化することが考えられる。

第2に、事業の実施・運営の問題としては、2つの問題がある。まず、財務保障として、圧入完了までの運転資金、圧入完了後一定期間のモニタリング等管理費用、それ以降の超長期にわたる管理費用、漏出時対応費用、が必要となる。これには、a 許可のとき何を要求するか、b 事業者が許可時に想定していた資金力を失った（例、破産）場合に備えて何を用意しておくか（基金、保険）、という2つの観点からの検討が必要となる。もう一つは、圧入後の是正措置に関する計画での対応が必要となる。

第3に、地域住民への情報開示、地域住民の参加については、貯留に関する地域住民への情報開示、貯留が続く限りでのモニタリングの継続（ただし、固化するなど安定した場合には不要となりうる。また、頻度は検討を要する）が必要となる。現行法には、公衆関与が規定されていないという問題点がある。

第4に、閉鎖及び閉鎖後の管理について、現行法下では、事業実施計画に閉鎖の判断は入っていないが、閉鎖の申請、閉鎖の承認、閉鎖後の管理の制度を導入すべきであると考えられる。閉鎖後の管理費用のための積立金制度も求められる。

また、（国への）責任の移転の検討が重要である。海外では、圧入完了後、一定要件（年数、事業の予測可能性と関連）を満たした場合に、管理責任を国や国が指定する第三者機関に移転する制度となっている。汚染者負担原則に反するともいえるが、責任の移転をする理由は、1）貯留サイトの超長期の安定的継続的な管理・監視が必要なため、企業は存続不能となること、すなわち企業の倒産に対する対処する必要があること、2）民間企業にインセンティブを与える必要があること、にある。一定の条件の下での国への責任の移転は、必須であると考えられる。その上で責任移転のための要件についての検討が必要となるが、①閉鎖後であること、②サイトの恒久的かつ完全に封じ込めが行われていること、③財務的な義務が満たされていること、④（サイトの封じ込めが完了後に）圧入施設が撤去されていること、⑤責任移転後のモニタリング費用が確保されていること（例えば、EUのように30年は必要とする

かが問題となる)などが検討されるべきである。また、(第5点とも関連するが)責任移転後においても、前事業者に過失があった場合は、(責任移転後であっても)費用を回収できるとする(クローバックの制度の導入)かどうか問題となるが、導入されるべきであろう。

第5に、漏出への対応として、是正措置について、事業者からは明確化が要請される。また、漏出によって発生する損害に対する民事責任については、無過失責任とすべきかどうか(さらに、無過失責任とする場合には、責任限度を設けるか)が問題となる。この検討には、無過失責任に基づく損害賠償の規定を有する、鉱業法、大気汚染防止法、水質汚濁防止法、原子力損害賠償法との比較が必要となるが、CCSに関しては、(発生しうる)損害の大きさおよびリスクの程度に鑑みると、無過失責任とする必要は高くないと考えられる(したがって、責任の限度についても考慮は必要ないことになる)。さらに、漏出によるCO₂排出の(例えば、炭素税の)負担を誰が負うかも問題となるが、この点については、排出事業者がCCSに関連して費用負担をしていれば、再度の負担を求めることは困難であり、貯留事業者(ないし機構)が負担すべきであると考えられる。

なお、現行法は一切認めないが、漏出についての基準設定の要請もある。漏出等異常事態に対応するために準備すべき事項としては、①保安管理体制の整備、②保安統括者等の選任、③施設が危険な状態になったときの措置及びその訓練方法の策定があげられよう。

第6に、監視については、現行法では、許可取得者による排出海域の汚染状況の監視(10条の9)、汚染状況の監視に関する計画を提出(18条の8第3号)がある。CO₂は一切漏出しなことが前提とされている(18条の9第1号)。監視、漏出への対応、資金、保険をセットで考える必要があることには注意を要する。

これらを要約すると、1)サイト選定などについて多段階許可が必要であること、2)環境影響評価の扱いにおける地域住民への情報開示や参加を拡充すること、3)前倒しの財務的保障が重要であること、4)長期管理、閉鎖の仕組みを整備する必要があること、5)責任移転の仕組みの導入と、そのための明確な要件の設定が必要であることを、海洋汚染防止法の在り方に関する検討課題として指摘した。

なお、CCSに関しては、①陸域処分の可能性はないか、②CO₂分離回収・輸送の規制はどうするか、という点も問題となるが、①については可能性はありうるが、利害関係人が多数となるため、本研究では対象としていない。②については、海洋汚染防止法の問題とはならないが、高压ガス保安法等で対処することが考えられる。

(3) 包括的CCS法の構想

包括的なCCS法としては、第1に、わが国の海洋汚染防止法や諸外国のCCS関連法を参考として、民間が事業を行う規制型スキームが考えられる。第2に、公害防止事業費事業者負担法やPCB廃棄物処理に関する中間貯蔵・環境安全事業株式会社法を参考として、国・自治体が事業を行う、事業型スキームが考えられる。

この点に関して2点指摘しておきたい。1つめは、事業型スキームの狙いの一つは、民間のCCS事業のリスク負担を避けることにあるが、(規制型であっても、事業型であっても)回収、液化、一時保管の部分は、CCS特有のリスクではないため、事業者に行わせるのが適当であることである。2つ目は、福島原発事故の教訓として記憶にあたりしいところであるが、不完全な規制となることを避けるために、規制と事業推進は別の所管にすることが必要なことである。事業型スキームを採用する場合にも、この点には留意が必要である。

1) 2つのスキームの特徴

① 規制型スキームの特徴

規制型スキームの長所として、i)行政が対応するよりも機動性が高いとも見られること、ii)石炭火力発電とCCSを結合するように、温暖化対策のための規制とセットの対応が可能であること、iii)最も自然であり、諸外国にもこの方法しか現存しないこと、が挙げられる、その一方で、短所として、i)欧米で

も進んでおらず、事業者はリスクが大きすぎてCCSを実施しにくく、実際にはEOR(Enhanced Oil Recovery石油増進回収)としてCCSが行われているにすぎないこと、ii)民間事業の場合、撤退の自由、事業譲渡の自由、倒産の可能性を考慮する必要があることを指摘できる。

② 事業型スキームの特徴

これにたいして、公害防止事業費事業者負担法や、PCB廃棄物処理に関する中間貯蔵・環境安全事業株式会社法を参照しつつ、CCSについても、行政が公共事業として行うことも考えられる。規制型であると、欧米でも進まず、事業者はリスクが大きすぎてCCSを実施しにくいものに対して、事業型には次のような長所がある。i)事業型の方が、日本全体から貯留適合地を調査し、総合的な対応をすることが可能となる面がある。ii) 事業者は（多額の投資が必要であり、事業のリスクも高いことから）リーダーシップを発揮する者がいないとCCS事業は進まないと考えられる。すなわち、資金調達の能力、周辺住民への信頼、長期間の管理が求められるが、これらの点では、行政の方が適合していると言えよう。そして、iii)（上述したように）事業者から国に責任を移転することが考えられるのであるが、そもそも国に責任が移転するか否か、いつするのかについては、不確実性がある。事業者は、責任移転までの管理の必要があり、30年以上のリスクを負い、要件を満たさなければ責任は移転されない。これに対し、事業型であれば責任移転について考慮の必要がない。途中で責任主体を変えることに先例がないことからすれば、法制的にも責任移転については、ハードルは高く、その意味でも事業型の導入は一考に値すると考えられる。iv)温暖化対策との関係では、国は、国際的に約束をしたNDCの目標の達成のために、CCSについても積極的に関与する必要性は高いと考えられる。

なお、事業型においても、PPPの観点から、事業の実施の費用を排出事業者から徴収をすることになるが、その際、CO₂の排出量に応じて徴収するのが適当であり、一種の炭素税と同等の機能を有するであろう。CCSの総額は選定費用、貯留費用、モニタリング費用等を含み、CCSの費用が炭素税の税率を決める可能性も生ずる。

その一方で、事業型の短所として、事業を効率的に実施できるか、事業にかかる費用を100%徴収できるか（PPPとの関係）という点が挙げられる。

2) 各スキームにおいて必要な項目等

①規制型スキーム

規制型スキームとしては、以下のような項目について法律上定める必要がある。

- i) 法律の目的、
- ii) 基本方針の策定では、a) 国・排出者・貯留事業者の役割、b) 特定二酸化炭素ガスの貯留に関する基本事項、c) 貯留サイト候補の選定に関する事項、d) CCSの技術開発に関する事項、
- iii) 貯留サイトの選定、事業についての許可には、a) 貯留候補地の選定計画と環境影響評価、b) 貯留対象となるCO₂の発生量及び分離回収方法に関する事項、c) 貯留方法、圧入・貯留を行う時期及び回収・貯留量及び必要な貯留施設の規模及び能力、d) 貯留されたCO₂の長期管理計画、
- iv) 事業の実施・運営とその財務的保障、
- v) 事業実施状況の報告では、a) 貯留計画実施に関する事項、b) モニタリング結果、c) 異常事象の発生等の報告、d) 検証・検査
- vi) 地域住民への情報開示、地域住民の参加
- vii) 閉鎖及び閉鎖後の管理、責任の移転、移転後なお事業者が責任を負う場合
- viii) 貯留処分施設の保護
- ix) 監督官庁による監視・是正命令
- x) 漏洩防止体制の確保

規制型スキームの特有の項目としては、1) 事業についての許可、2) 事業の実施運営についての財務的保障、3) 責任の移転があげられる。

③ 事業型スキーム

事業型スキームの場合、法律上定められるべき項目は、規制型の場合とそれほど異ならないが、特有の項目として、1) 負担金の徴収及び費用負担計画の策定、2) 資金管理法人があげられる。すなわち、費用負担の仕組みの主体の点は、規制型スキームとの相違点である。一方、1) 事業についての許可、2) 事業の実施運営についての財務的保障、3) 責任の移転に関する規定は必要でなくなると考えられる。

事業型スキームについて2点指摘しておきたい。第1は、費用負担の方法について、汚染者負担（原因者負担）原則に従うことが考えられるが、その場合でも、公害防止事業費事業者負担法（3条）を参照しつつ、①CCSが義務となっている主体については人的公用負担とし、CCSが義務となっていない主体については、CCS事業を行う主体との契約による方法と、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（11条）、公害健康被害補償等に関する法律を参照しつつ、②より一般的にCO₂排出量に応じて負担金を徴収する方法があり、いずれを採用するかを検討しなければならないことである。CCS事業の場合、CO₂排出に関連する者が多く、関係者が多数に及ぶことから、②の方が適当であると考えられる。第2は、事業型スキームにおいても、事業実施の専門性が期待されること、（福島原発事故の教訓として記憶に新しいように）規制と事業推進は別の主体が扱うべきことに鑑みると、行政自体がCCS事業を実施できるわけではなく、CCSに関して貯留地を選定し貯留を実施するため、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律にあるような認可法人である「機構」の設置は必須といえることである。すなわち、CCS事業を行う主体として、法律に基づく機構を設置（「CCS整備機構」）が求められる。同法は、「機構」について解散を制限しており（71条）、CCS事業についても同様の規定が必要となろう。

3) 事業型スキームの留意点

こうして、1) ②にあげた事情から、事業型スキームの導入が必要であり、具体的には、国の管理責任を認めつつ、事業の実施は認可法人に行わせる事業型スキームを採用し、その上で、汚染者負担原則の観点から、CO₂排出事業者からの費用徴収は確実にを行うというスキームが最も望ましいと考えられる。さらに、3点ほど指摘しておきたい。

第1は、費用負担をさせる者の範囲は、石炭火力発電事業者に限るか、CO₂排出事業者一般とするか、である。これについては、暫定的に、前者に限る過渡的措置をとることはありうるが、最終的には、CO₂排出事業者一般とすべきであろう。ただ、一般といっても、当該炭素貯留するCO₂の排出量に応じた費用負担をすることになる。

第2は、他方で炭素税ないし排出枠取引の仕組みを導入した場合、このCCS事業のための費用負担の仕組みと一部重複する可能性があることである。具体的には、CCSを実施する者については、（当該排出量の分について）炭素税が減額され、排出枠の購入が不要とすることが適当であろう。

第3に、事業者が炭素貯留を行い、炭素税を免れることとする場合には、炭素を排出しないのと同等の効果を得る必要があるため、貯留の実施は、炭素税免除の年度と同じ時期かそれと近い時期に行われる必要があると考えられる

なお、規制型スキームをとる場合においても、事業型のスキームをとる場合においても、CCS事業の推進にあたって、欧州における排出量取引制度や炭素税のようなカーボンプライシングの制度によるインセンティブの付与が前提となることを明記しておきたい。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

わが国にはCCS規制に関連する海洋汚染防止法しか存在しないが、今後のCCS法の構築にあたっては、1) サイト選定などについて多段階許可が必要であること、2) 環境影響評価の扱いにおける地域住民への情報開示や参加を拡充すること、3) 前倒しの財務的保障が重要であること、4) 長期管理、閉鎖の仕組

みを整備する必要があること、5) 責任移転の仕組みの導入と、そのための明確な要件の設定が必要であることを、海洋汚染防止法の在り方に関する検討課題として指摘した。

この検討に基づき、包括的CCS法の構想を行ったが、海洋汚染防止法や諸外国のCCS関連法を参考とした、民間が事業を行う規制型スキームの構想のみに留めなかった。もう一つのスキームとして、公害防止事業費事業者負担法やPCB廃棄物処理に関する中間貯蔵・環境安全事業株式会社法を参考として、国・自治体が事業を行う、事業型スキームの構想を示した。両スキームの特徴、各スキームが法律上定めるべき事項を示したことは、今まで十分に検討されておらず、意義が大きいと考えられる。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

環境省に関連する検討会において、本研究で得た知見を大塚が発言して議論に活用し、貢献した。具体的には中央環境審議会地球環境部会、電源低炭素化方策検討会で発言したほか、環境省水・大気環境局水環境課海洋環境室における海底下のCCS貯留に関する法的検討作業に関与させていただく際に、インプットした。

<行政が活用することが見込まれる成果>

包括的CCS法の構想として、規制型スキームの長所・短所、事業型スキームの長所・短所を示し、両者の相違を示したことは、環境省における今後の議論で活用されると考える。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) 柳憲一郎、小松英司、大塚直：環境科学会誌32(4), 141-152 (2019),
「わが国のCCSの法政策モデルとアジア地域での法制度・政策の共通基盤に関する研究」

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 大塚直：環境管理、53(12), 72-79 (2017)
「CCS(炭素貯留)の法・規制の枠組みの構築—CCSに関する海洋汚染防止法の問題点を中心として」
- 2) 大塚直：環境法研究第9号(2019)
「環境法における費用負担・実施責任—炭素回収貯留(CCS)立法における国の責任の在り方を中心として」
- 3) 大塚直、二見絵里子：環境法研究第9号(2019)
「EU・イギリス・ノルウェーにおける炭素回収貯留(CCS)の法規制」
- 4) 石巻実穂、大塚直：環境法研究第9号(2019)
「炭素回収貯留(CCS)事業における超長期責任—オーストラリア及びカナダの法制度—」

<その他誌上発表(査読なし)>

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表(学会等)

- 1) 大塚直：環境科学会年会(2017)
企画シンポジウム「脱炭素社会のための法政策形成—脱炭素制度構築に向けての中間成果から—」

「CCSの法・規制の枠組みの構築」

2) 大塚直：環境科学会年会(2018)

企画シンポジウム「CCSの国内法とアジア地域における共通プラットフォームの整備に向けて」
「CCSの法・規制の枠組みの構築」

3) Tadashi Otsuka, “Construction of the Framework of Laws and Regulations of CCS in Japan”, 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, (October 2018)

4) 大塚直：第32回環境情報科学学術研究論文発表会 (2018)

企画シンポジウム「アジア地域の持続可能な社会形成の法政策制度とその社会実装に向けて－CCSを事例として－」
「日本におけるCCS基本法」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

明治大学アカデミックフェス2018 「二酸化炭素回収・貯留（CCS）の法制度の構築」（主催：明治大学、2018年11月23日、明治大学アカデミーコモン、参加人数：約30名（学生、社会人））

本研究の概要や成果、実証試験を実施する事業者等からCCSの事業化に向けた取組みなどに関し発表を行い、CCSの導入普及の法制度等のあり方について参加者を交えて議論を行った。

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

- 1) IEA (2014) Carbon Capture and Storage: Legal and Regulatory Review, OECD/IEA, Paris.
- 2) European Commission (2009) Directive 2009/31/EC on the Geological storage of carbon Dioxide.
- 3) IMO (2007) International Maritime Organisation. Report of the 30th Meeting of the Scientific Group of the London Convention. LC/SG 30/14. 25 July 2007. Annex 3.
- 4) IEA (2010) Carbon Capture and Storage: Model Regulatory Framework, OECD/IEA, Paris
http://www.iea.org/ccs/legal/model_framework.pdf. Cited12, April 2012.
- 5) USEPA (2011) Federal Requirements Under the Underground Injection Control (UIC) Program for Carbon Dioxide (CO₂) Geologic Sequestration (GS) Wells Final Rule,
<https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OW-2008-0390-0395>.
- 6) Australian Minister for Resources and Energy (2011), Offshore Petroleum and Greenhouse Gas Storage (Greenhouse Gas Injection and Storage) Regulations 2011, Select Legislative Instrument 2011 No. 107.

II-4 CCSの社会的受容性に関する研究

国立大学法人東京工業大学 環境・社会理工学院 <研究協力者>	教授	村山 武彦
国立大学法人東京工業大学 環境・社会理工学院	准教授	錦澤 滋雄
	特別研究員	長岡 篤

平成28～30年度累計予算額：6,883千円（うち平成28年度：2,743千円、平成29年度：2,239千円、平成30年度：1,901千円）
累計予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

CCSの社会的受容性を明らかにするため、CCSに関する政策動向や社会的反応の整理をした上で、CCSに対する住民の認識をアンケート調査により把握するとともに、CCSに対する関係主体の意識を把握し、社会的受容性を考慮した制度のあり方と協議システムを開発することを目的とした。

まず、CCSに関する政策動向や社会的反応の把握から、国際機関や各国政府、金融機関で徐々に具体的に取組まれ、環境NGOでも条件付きでCCSの必要性を一部認める状況にあることを把握した。一方でNGOの中には、CCSの実現性がない場合には火力発電新設を容認しない立場もあり、CCSの社会的受容性に見解の幅を確認した。また国内政策ではCCSの実証事業も実施される段階にあるが、関係主体の動きが明確に表れているという状況にはないことを提示した。

新聞記事検索の結果、CCSに関連した記事は2000年代半ばから現れるようになり、2008年にピークの時期を迎えており、北海道の洞爺湖で開かれたG8(主要8か国首脳会議)において、気候変動対策の一つとしてCCSが注目を浴びたことが関連していると考えられる。その後、2010年代の前半は低調であったが、近年徐々に増加の傾向もみられた。テキストマイニング分析の結果、記事の内容を分類する軸として、第一に個別施設の事業レベルに関する内容と国内の制度的な枠組みが主として扱われている記事がみられ、第二の視点として記事内容が国連やその他の団体の国際的な枠組みに関連するものか、CCSの科学技術的な内容に重点があるものかという視点があることが考えられた。年次別の傾向として、国際的な枠組みから科学技術の個別課題、制度的枠組みから個別事業への話題に移行しつつあるが、2000年代後半に国際的な枠組みへの注目が再び増加した時期があることや、増加しつつあった個別事業に関連した記事が2010年の前半に一旦減少し制度的な枠組みに戻っていく時期があることが確認された。一方、CCS実証試験が行われている苫小牧市の事例を扱った地方紙の記事を分析により、時系列的な記事内容の変化とともに、内容の傾向としてCCS実証試験を地元への効果や期待とみる動きがある一方、安全や影響といった技術的な話題も現れてきていることを確認した。また、実証試験の計画段階から運用段階における関係主体の関与の状況を図にまとめた。

次に、CCS実証試験が行われている苫小牧市の地域住民を対象とした質問紙調査から、約8割がCCS実証試験を認知しており、CCSに対する認識としては地球温暖化対策や地域へ貢献できると考えている回答者が6割超える一方、技術的な確立はどちらともいえない回答者が4割おり、望ましい事業主体は公共が施設の建設・運営で関与することを望み、理由は経営効率と責任の所在が明確であることが明らかとなった。回答者の分類から、エネルギー問題への関心が高いものの、CCSへの関心が低い層が一定程度存在し、CCSをよく知っているほど、地球温暖化対策に貢献できると認識していた。またCCSを普及するべきではない、関心が低い層には「CO₂を出さない取組をするべき」「火力発電所などからCO₂を発生させないことが重要」などの意見がみられた。

一般市民を対象としてWEBアンケート調査においても、CCSに対する認識については苫小牧市の住民と同様の傾向がみられた。

CCSに関係する自治体や組合、NPO等を対象とした面接調査から、CCSに対する認識や実施する際のスキーム、協議プロセスと各主体の関わり等について把握し、CCSを導入する際の社会的受容性を分析した結果、現時点のCCSの実用可能性については意見が分かれるものの、自治体や業界団体、一部のNGOはCCSの将来的

な必要性や可能性はあると認識しており、CCS の実施主体については民間主導や公共主導ではなく公民連携を重視しており、効率性よりも公平性への配慮を重視した評価していることが明らかとなった。

以上から、日本における社会的受容性を考慮したCCSの協議システムとしては、政策段階から事業段階、閉鎖段階を通して、様々な関係主体が幅広く関わり、意見表明が可能である「PPP公共事業型スキーム」が望ましいことから、PPP公共事業型スキームを想定した場合の協議システム例を示した。

[キーワード]

二酸化炭素（CO₂）、社会的受容性、住民参加、ステークホルダー

1. はじめに

脱炭素社会に向けて CCS が方策の一つとして注目されており、国外では 1990 年代から徐々に取り組みが進み、事業化も進展している。一方、国内では実証試験やポテンシャル調査が進められているが、事業化にいたる事例は限定的である。CCS を進めるためには、政策動向や社会的反応を整理し、地域住民や関係主体などステークホルダーの CCS に対する認識を把握することが重要であり、その上で社会的受容性の要因や個別事業の協議のあり方、CCS を実施する際のスキーム、協議プロセスと各主体の関わり等を検討することが今後の事業化に向けて求められる。

そこでサブテーマ4では、以下の課題設定を行った。

○政策動向や社会的反応の整理

- ・CCS に関する国内外の政策動向の把握
- ・CCS を扱った新聞記事の統計的分析(全国、地域)

○CCS 事業に対する関係主体の意識の把握

- ・CCS 実証試験が行われている北海道苫小牧市の地域住民を対象とした質問紙調査
- ・一般市民を対象とした WEB アンケート調査
- ・他の関係主体への面接調査(NGO、行政、漁協等)

○社会的受容性を考慮した制度のあり方と協議システムの検討

2. 研究開発目的

日本における CCS の実施を目指して、CCS の社会的受容性を考慮した制度のあり方と協議システムを構築することを目的とする。

3. 研究開発方法

以下の方法により、CCS の社会的受容性を考慮した制度のあり方と協議システムを開発する。

(1) CCS の社会的受容性に関する国内外の動向把握

関連する書籍や CCS Global Institute の発行資料・図書に基づき、国際的な動向や関係主体の見解を把握する。そして国内の動向の整理し、市民団体や NGO、企業等の主体別の見解を明らかにする。

(2) CCS を扱った新聞記事の統計的分析

国レベルの関連文献を通じて、これまでの政策立案の動きを整理するとともに、関連事業の動きを取りまとめるため、全国紙5紙を対象に関連記事を抽出し、年次的な記事数の変化やテキストマイニングの手法を用いた統計解析により、記事の変化を把握する。さらに、新聞記事に現れる企業や NGO 等の関係主体の見解を整理する。また、国内外においてこれまで行われてきた CCS に関する政策形成プロセスを調査し、特に国外における関係主体の立場の共通点と相違点を議論の段階ごとに明らかにする。欧米を対象としたこれら分析結果と比較することにより、国内における CCS の政策形成の特徴を明らかにする。

(3) 北海道苫小牧市の住民を対象とした質問紙調査による CCS に対する認識把握

CCS 実証試験が行われている苫小牧市に居住する地域住民を対象とした質問紙調査により、CCS 実証試験の認知状況と CCS を普及する際に必要な情報や事業主体を把握するとともに、これらの結果に基づく回答者の分類と、CCS に対する自由回答を用いたテキストマイニングによる分析から、住民の CCS に対する認識を明らかにする。

(4) 一般市民を対象とした WEB アンケート調査による CCS に対する認識把握

一般市民の CCS に対する認識を把握するため、WEB アンケート調査を実施し、CCS の認知状況、CCS の普及に対する認識、CCS を実施するための望ましい手続きを把握し、北海道苫小牧市の住民を対象とした質問紙調査結果と比較し、考察する。

(5) 関係主体への面接調査による CCS の社会的受容性分析

CCS に関係する地方自治体や漁業組合、NPO 等を対象とした面接調査を実施し、CCS に対する認識や CCS を実施する際のスキーム、協議プロセスと各主体の関わり等について把握する。

(6) CCS の社会的受容性を考慮した協議システムの提示

(1)～(5)の調査を踏まえ、社会的受容性を考慮した協議システムを構築する。

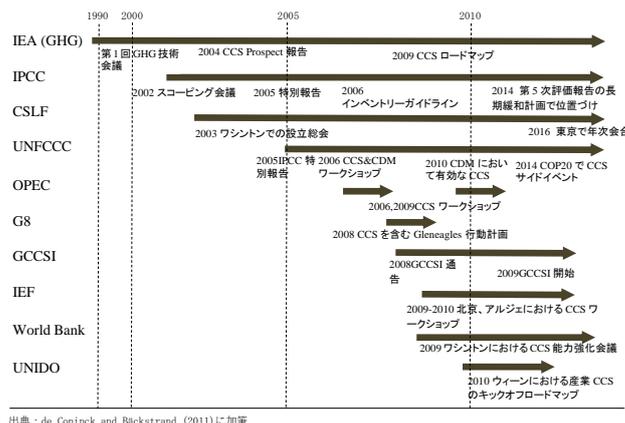
4. 結果及び考察

(1) CCSの社会的受容性に関する国内外の動向把握

1) 国際的な動向

2000 年以前は、CCS は他の温暖化対策と比較して際立った存在とはいえ、研究開発のための資金提供も大きくなされていない。2000 年代に入り、ノルウェー、イギリス、オランダ、ドイツ、デンマークなどの欧州諸国におけるエネルギー、環境、財務の関係官庁によって、CCS が評価され始める。この時期に、エネルギー政策や気候変動政策の中に、CCS が盛り込まれるようになっていく。2005 年に、イギリス・スコットランドの **Gleneagles** で開かれた先進 8 か国首脳会議(G8)において、イギリスのブレア首相は、CCS を国際的に取り組むべき課題として取り上げ、実証試験のための施設のためのコンペを 2007 年 11 月に行うことを公表している。

こうした国ごとの取り組みとともに、国連の関係機関などにおいても CCS に関する取り組みが進んでいる。図(4)-1 は、1990 年代以降の主な機関・組織の動きを示したものである。この分野で中心的な役割を果たしている国際エネルギー機関(IEA)は、1990 年代から CCS の技術に関する会議を開いており、2009 年には CCS 技術に関するロードマップをまとめた。こうした国際的な取り組みは、各国の動きも具体化させており、米国やノルウェーでは、この時期の関連予算の規模の拡大が確認されている。金融機関では、世界銀行及びアジア開発銀行(ADB)が CCS 要素を含む明確なクリーンエネルギープログラムを設けている。ADB は、非常に強力な「チャイナプログラム」を策定し、CCS と CCS Ready の両方の要素を用いて積極的にプロジェクトに資金を提供している。一方、世界銀



図(4)-1 国際関係機関等における CCS に関連した取り組み

行は、Eskom 南アフリカ Kusile プロジェクトの資金援助に関与している。これらの開発系金融機関に対しては、融資政策を再検討するよう特に環境 NGO からの圧力が増している。

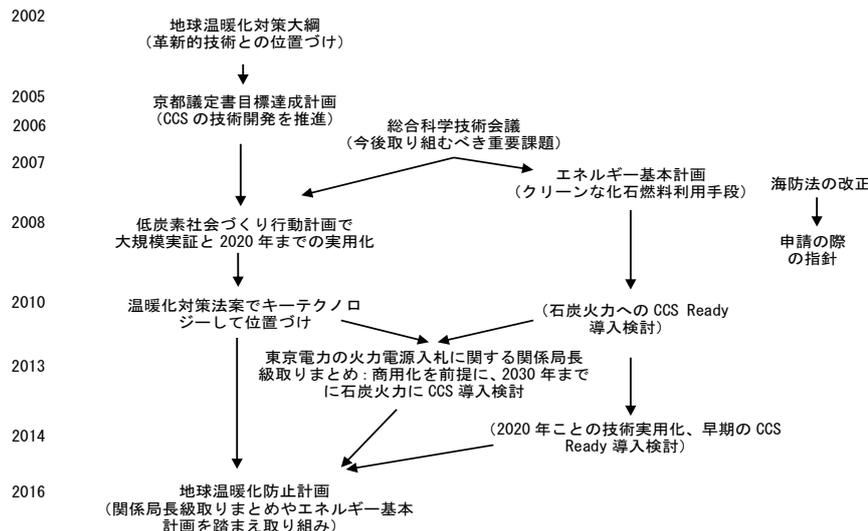
商業銀行及び他の金融機関は、気候及び広範囲な持続可能性の問題に対するより適切な対応への選択肢を検討している。BNP パリバ、クレディ・アグリコル、F&C Asset Management、HSBC、及びスタンダードチャータード銀行など数多くのヨーロッパの主要な金融機関は、2011年に発行された新しい石炭火力発電所への資金供給についてのガイドランスノートの中で、CCS Ready が石炭火力発電の開発に重要であり、敷設の物理的可能性や資金限について確認する必要性を強調した。

一方、NGO では Bellona、ZERO など一部の有力な団体が CCS を支持するのに対し、大部分の環境 NGO は慎重な態度をとっている。世界自然保護基金（WWF）の報告書「回収を逃れること：英国の電力部門は二酸化炭素回収貯留（CCS）の準備が整っているか？」では、環境 NGO の多くの懸念を代表している。すなわち、政府が Capture Ready の石炭火力発電所の建設許可を決定した場合、それが敷地レイアウト、技術、輸送、貯留、及び事業計画についての基準を満たしていることを確認する必要がある。最も重要なこととして、完全な CCS が少なくとも 2020 年までに導入される必要を義務づけなければならない、としている。

2) 国内の動向の整理

政策レベルでは、2004年に地球環境産業技術研究機構（RITE）が CO₂ 固定化・有効利用分野の技術戦略マップを発表し、翌 2005 年には閣議決定によって京都議定書目標達成計画が策定され、基盤的政策の中に CCS が位置づけられた。また、2006 年には、国の総合科学技術会議が決定した分野別推進戦略の中で、今後 5 年間に政府が取り組むべき重要な課題の中に CCS を盛り込んだ。2007 年には、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（海防法）が改正され、特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄が環境大臣の許可制となった。さらに、同年に改定されたエネルギー基本計画では、化石燃料の安定供給確保やクリーンな化石燃料の利用等の手段の 1 つとして CCS が位置づけられている。2008 年に閣議決定がなされた低炭素社会づくり行動計画では、2009 年度以降早期に大規模実証に着手し、2020 年までの実用化を目指すことが明記された。また、同年に策定された Cool Earth—エネルギー革新技术計画では、重点的に取り組むべきエネルギー革新技术として位置づけられた。一方、環境省が同年に定めた特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄の許可の申請に係る指針の中で、海洋汚染防止法で許可申請時に要求される文書及び記載される事項が明記されている。

2010 年に閣議決定されたエネルギー基本計画では、CCS のような地球環境と調和した石炭利用技術の確立や、今後計画される石炭火力の新増設の際の CCS Ready の導入の検討を明示された。また、同年の地球温暖化対策基本法案では、CCS は地球温暖化緩和のためのキーテクノロジーとして位置づけられている。2014 年に閣議決定されたエネルギー基本計画では、2020 年頃の CCS 技術の実用化を目指した研究開発や、CCS の商用化の目途等も考慮しつつできるだけ早期の CCS Ready 導入に向けた検討を行うなど、環境負荷の一層の低減に配慮した石炭火力発電の導入を進めると明記された。また、同年には環境省・経済産業省連携委託事業の形で二酸化炭素貯留適地調査が始まり、国内の周辺水域で、広域調査及び詳細調査を実施して、CO₂ の海底下貯留に適した地点を抽出が始まっている。また、環境省委託による環境配慮型 CCS 実証事業では、環境配慮型の CO₂ 分離回収設備を建設し、CO₂ 吸収液からの有害化学物質の放出抑制技術の実証、石炭火力発電での CO₂ 分離回収が発電効率に与える影響等の評価を行った。2016 年に閣議決定された地球温暖化対策計画では、2030 年以降を見据えて、CCS については、東京電力の火力電源入札に関する関係局長級会議取りまとめやエネルギー基本計画等を踏まえて取り組むと明記されている。これらの動きを、図(4)-2 にまとめた。



図(4)-2 国内の関連政策の流れ

3) 主体別の見解

市民団体や NGO については、世界自然保護基金など一部の団体が「石炭火力の排出ガスから二酸化炭素 (CO₂) を分離・回収し地下に埋める炭素回収・貯留 (CCS) に一定の役割を認める。石炭利用を進めないと原子力への依存が高まるというのが一つの理由。使用済み燃料や廃棄物の処分法が未解決で『持続可能な技術』と見なしていない」とする一方、別の団体では「EOR で増産される石油の消費を考えれば、排出は増える可能性がある」と主張する意見や、グリーンピースでは商業化に懸念ありと CCS に反対し 50 年ごろには 100% 再生可能エネルギーが可能と主張している。

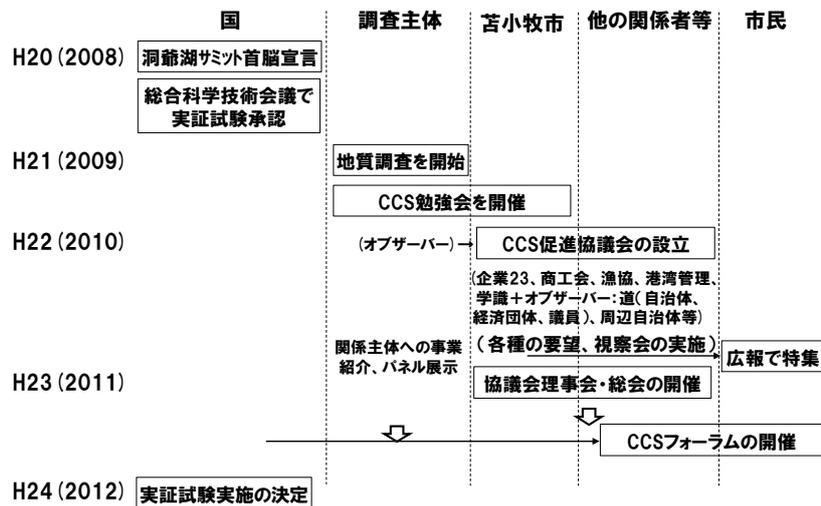
一方、企業については、日本経済新聞が主要企業を対象に実施した「第 13 回環境経営度調査」で、発電所や工場から CO₂ を回収し海底や地下に貯留する「CCS」への関心が高いことが分かった。最も注目する環境技術の一つに挙げた企業は全体の 29% で、電気自動車と同じだった。また、2010 年の第 16 回国連気候変動枠組条約締約国会議 (COP16) で、クリーン開発メカニズム (CDM) に CCS を条件付きで加えることに合意したことが追い風となり、CO₂ の回収・地下貯留 (CCS) も 23.2% と企業の関心は高かった。また、具体的な調査や実証試験の動きについては、2003 年に新潟県長岡市において貯留のみの実証試験が 2005 年まで行われた。また、CO₂ の大規模排出源の製鉄所、火力発電所などが集中している九州北部に位置する北九州市若松区において、CCS 施設の立地に向けた地質調査が始まっている。

(2) CCSを扱った新聞記事の統計的分析

1) 全国紙を対象とした新聞記事の年次傾向

これまでの新聞記事の扱いと時期的なトレンドを把握するため、全国紙 5 紙 (朝日、産経、日経、毎日、読売) 及び 5 紙の記事を統合させたものについて、2000 年 1 月 1 日～2017 年 1 月 13 日の記事を対象に内容の傾向を把握した。CCS に関連した記事は 2000 年代半ばから現れるようになり、2008 年にピークの時期を迎えている。これは、この時期に北海道の洞爺湖で開かれた G8 (主要 8 か国首脳会議) において、気候変動対策の一つとして CCS が注目を浴びたことが関連していると考えられる。その後、2010 年代の前半は低調であったが、近年徐々に増加の傾向もみられる。記事の中で CCS が中心的なテーマとして扱われている年は全体の半数弱であるが、近年は実証試験の関連でまとめられている記事が徐々に増加していると考えられる。

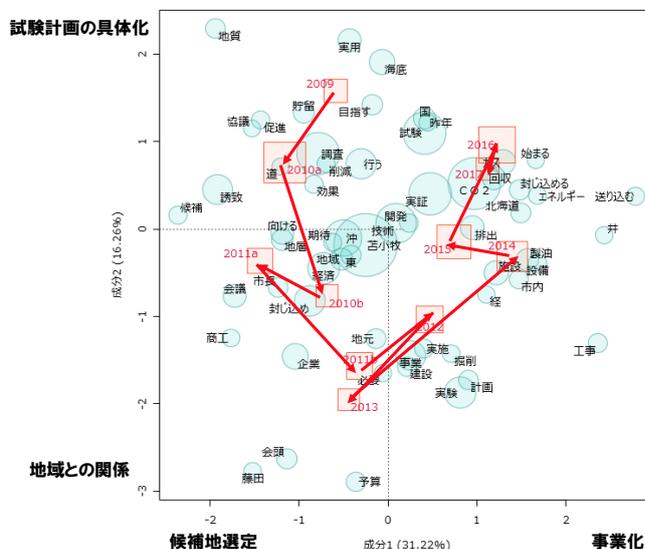
また、テキストマイニングの手法を用いて記事内容を統計的に分析した結果の一つとして、2006 年から 2016 年までの記事内容を、図(4)-3 に示した。この間の記事の内容を分類する軸として、第一に個別施設の事業レベルに関する内容が主として扱われている記事と国内の制度的な枠組みが主として扱われ



図(4)-5 苫小牧の事例における実施決定までのプロセス

(3) 苫小牧市のCCS実証試験事例における実施決定までのプロセス

苫小牧市でCCS実証試験が実施決定にいたるまでのプロセスを図(4)-5 に示す。2008年に北海道の洞爺湖で開かれたG8（洞爺湖サミット）における首脳宣言の翌年には、調査主体により地質調査が開始



図(4)-4 テキストマイニングの分析結果に基づく北海道新聞の記事内容の年次推移

されCCS勉強会が開催されている。そして2010年には企業23社や商工会、漁協、港湾管理、学識経験者等により「CCS促進協議会」が設立され、関係主体への事業紹介やパネル展示、視察会等が実施され、市民には広報で周知されている。その後、2011年にCCSフォーラムの開催の後、2012年に実証試験実施が決定された。

(4) 北海道苫小牧市の住民を対象とした質問紙調査によるCCSに対する認識把握

1) 質問紙調査の概要

CCS 実証試験が行われている北海道苫小牧市民を対象とした質問紙調査により、CCS 実証試験の認知状況と認識の変化、CCS の望ましい事業主体を把握し、CCS の社会的受容性に関する市民の認識を明らかにした。質問紙調査の対象者は、NTT 東日本が 2017 年 8 月に発行した電話帳「ハローページ」を基に作成されている「電話帳データベース」から無作為に抽出した苫小牧市民 3,000 人に、質問紙調査票

を2018年1月に郵送、締切を1月末として実施した。回収数は872通、有効回収率は29.6%であった。質問項目は、エネルギー問題の認識、CCS実証試験の認知状況、望ましい手続き、事業主体等の計29問とした。

2) 回答者の属性

回答者の属性を表(4)-2に示す。男性が9割、年代は60代以上が8割、苫小牧市での居住年数は20年以上が9割を超えている。職業は、無職が5割であり次いで正規の会社員・団体職員が2割弱であった。世帯構成は夫婦が7割弱、親子が2割であった。なお、平成27年国勢調査による苫小牧市の一般世帯の世帯主は男性が75%、女性が25%、60代以上の世帯主は男性が31%、女性が13%の合計44%である。

3) 苫小牧市の CCS 実証試験の認知状況

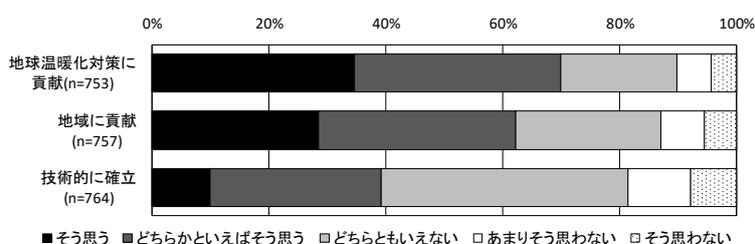
苫小牧市で行われている CCS 実証試験の認知状況を尋ねたところ、「よく知っていた」は146人(17%)、「ある程度知っていた」は360人(43%)、「聞いたことはあった」は182人(22%)であり、約8割の住民が認知していた。「全く知らなかった」は157人(19%)であった。

CCS 実証試験を認知していた回答者688人(「よく知っていた」「ある程度知っていた」「聞いたことはあった」回答の合計)を対象に、CCS 実証試験を知ったきっかけを複数回答で尋ねた。「よく知っていた」は、テレビ報道や新聞報道といったマスメディアが5割を占めるとともに、苫小牧市役所の展示モニターや説明会・講演会への参加、現地見学会への参加が、他の認知状況と比較して多い。「ある程度知っていた」「聞いたことはあった」は、マスメディアが7割近くを占め、苫小牧市等が行っている取組による認知は少ない。このうち「聞いたことはあった」の1割は、「人から聞いた」であった。このことから、様々な媒体を通じて CCS 実証試験を認知したほど認知度が高いことがわかる。

CCS 実証試験を実施して良かったことを複数回答で尋ねた。「強い関心を持つようになった」は、「地球温暖化対策に貢献できた」と「新しい技術を知ることができた」が各3割であり、積極的に CCS 実証試験を評価している。一方、「少し関心を持つようになった」「変わらない」は、「新しい技術を知ることができた」、「地球温暖化対策に関心が高まった」の順に多く、回答者の知識・関心の高まりにとどまっている。

4) 普及に対する認識と望ましい事業主体

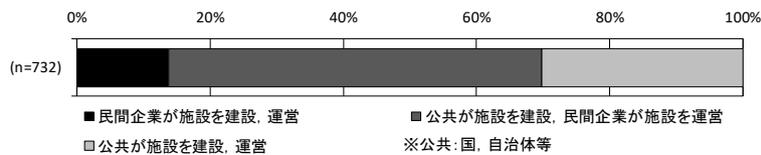
回答者全員に、CCS が地球温暖化対策や地域に貢献するか、また技術的に確立していると思うかそれぞれ尋ねた(図(4)-6)。地球温暖化対策や地域への貢献は「そう思う」「どちらかといえばそう思う」の合計が7割弱となり前向きに捉えている。一方、技術的な確立は「どちらともいえない」が4割を超え最も多く、現状の情報では CCS の技術の判断ができないと捉えている住民が多い。



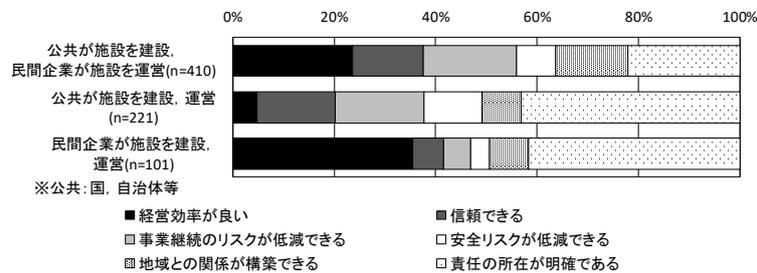
図(4)-6 CCS に対する認識

CCS を実施するのに望ましいと考える事業主体は、「公共が施設を建設、民間企業が施設を運営」が最も多く半数を超え、次いで「公共が施設を建設、運営」が3割であった(図(4)-7)。その理由を複数回答で尋ね、望ましい事業主体別に図(4)-8に示す。「公共が施設を建設、民間企業が施設を運営」は、経営効率が良い、責任の所在が明確である、事業継続のリスクが回避できるが各2割前後である。「公

共が施設を建設、運営」は、責任の所在が明確であるが4割を超え最も多い。「民間企業が施設を建設、運営」は、責任の所在が明確であるが4割を超え、次いで経営効率が良いが3割弱であった。



図(4-7) 望ましい CCS の事業主体



図(4-8) 望ましい CCS の事業主体別の理由 (複数回答)

このことから、望ましい CCS の事業主体は、国・自治体等の公共が積極的に関与することを望んでおり、主な理由としては経営効率の良さと責任の所在が明確であることを重視していると考えられる。

5) エネルギー及び CCS に対する認識の違いによる回答者の分類

エネルギーや CCS に対する認識の違いにより回答者を分類するため、CCS 実証試験の認知状況、CCS の地球温暖化や地域への貢献、普及に対する認識等の 5 段階または 4 段階の順序尺度の質問 10 項目を用い、これらの質問に全て回答した 633 人を対象に主成分分析を行った。表(4)-1 に主成分分析結果を示す。第 1 成分は全ての項目がプラスであることから、CCS を含む地球温暖化対策への関心度と解釈した。第 2 成分はエネルギー問題への関心、再生可能エネルギーへの関心、地球温暖化への関心等がプラス、CCS に関係する項目がマイナスであることから、プラスの方向がエネルギー問題への関心度、マイナス方向が CCS への関心度と解釈した。第 3 成分は公共の関わり方を意味していると考えられる。

この第 1 成分と第 2 成分を用いて Ward 法によるクラスター分析を行い、回答者を 4 グループに分類した。表(4)-2 に各グループの概要を、図(4)-9 に主成分得点による回答者の散布図と 4 グループの重心及び標準偏差の範囲を示す。各グループの分布状況から、Group1 は地球温暖化対策への関心層 (203 人、32%)、Group2 はエネルギー問題への関心層 (195 人、31%)、Group3 は中間層 (199 人、31%)、Group4 はエネルギー問題への無関心層 (36 人、6%) とした。このうち Group4 には、エネルギー問題には関心がないものの今回の調査で CCS を認知し、CCS が有効だと考えるようになった回答者が含まれる。

このことから、CCS を含む地球温暖化対策に関心がある層が 3 割いる (Group1) 一方、エネルギー問題への関心はあるものの CCS への関心は高くない層も 3 割いる (Group2) ことが明らかとなった。

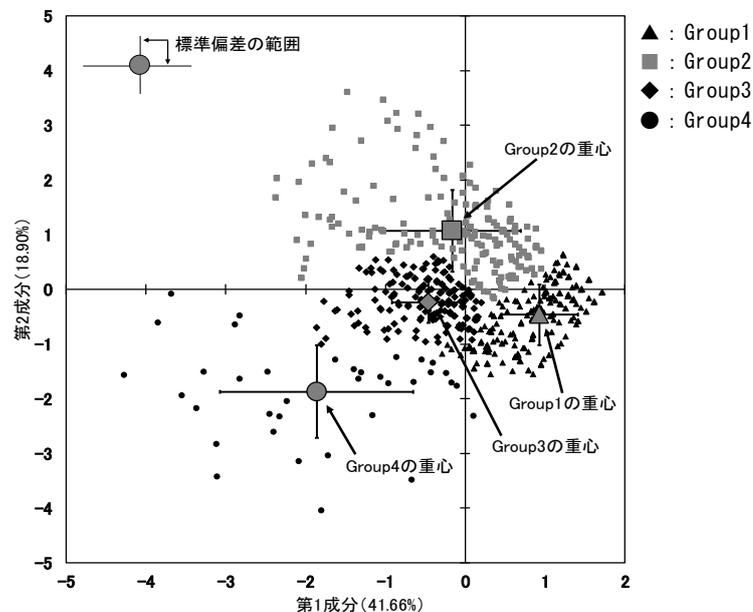
したがって、Group2 や Group4 から、エネルギー問題や地球温暖化対策における CCS の位置づけを明確に示すとともに、CCS 実証試験の進捗に応じたさらなる情報提供が必要だといえる。

表(4)-1 主成分分析結果

	主成分		
	第1成分	第2成分	第3成分
CCSの地球温暖化対策への貢献	.773	-.437	-.109
CCSの地域への貢献	.751	-.472	-.111
地球温暖化への関心	.710	.548	-.127
日本国内でのCCSの普及	.708	-.477	-.054
エネルギー問題への関心	.705	.579	-.124
再生可能エネルギーへの関心	.701	.519	.014
CCSの技術的な確立	.680	-.461	-.107
CCSの施設計画策定プロセスへの参加	.492	.138	.440
苫小牧市内のCCS実証試験の認知度	.407	.332	-.177
CCSの長期的な管理に対する、公共の関わり方	.375	-.053	.806
固有値	4.17	1.890	.945
寄与率	41.66	18.90	9.45
累積寄与率	41.66	60.56	70.00

表(4)-2 各グループの概要

Group	Group1:地球温暖化対策への関心層		Group2:エネルギー問題への関心層		Group3:中間層		Group4:エネルギー問題への無関心層	
	回答者数	203人(32%)	195人(31%)	199人(31%)	36人(6%)	第1成分	第2成分	第1成分
各成分	第1成分	第2成分	第1成分	第2成分	第1成分	第2成分	第1成分	第2成分
平均	0.93	-0.47	-0.16	1.07	-0.46	-0.23	-1.86	-1.87
標準偏差	0.48	0.56	0.85	0.75	0.45	0.38	1.21	0.85



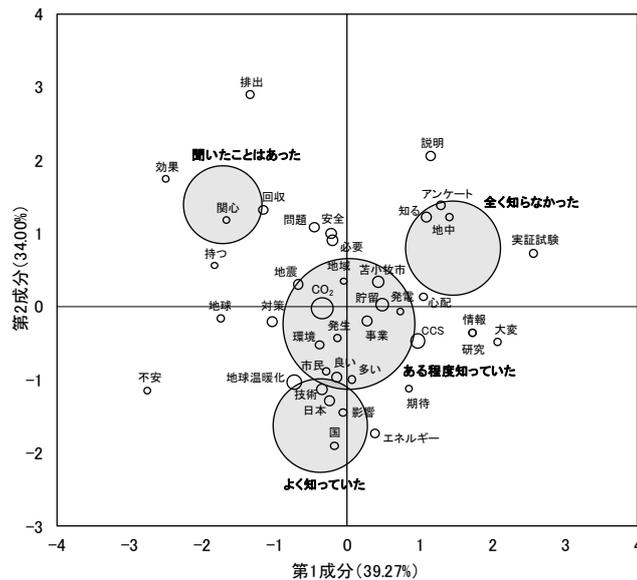
図(4)-9 主成分得点による散布図

6) 自由回答を用いたテキストマイニングによる CCS の認識分析

CCS 全般に関する意見・要望を尋ねたところ、162 人から回答が得られた。これらを用いて、テキストマイニングの分析ソフトである KH Coder により、CCS に対する認識を分析した。

表(4)-3 に出現回数 8 回以上の頻出語上位 40 語を示す。CO₂、CCS、地球温暖化、貯留、苫小牧市、技術といった語が多く、次いで必要、安全、事業、知るといった語が多いことから、苫小牧市における CCS 実証試験は地球温暖化対策として必要だと考えるとともに、安全に対する関心が高いことがわかる。さらに対策、地震、問題等の語が多いことから、特に CCS の地震対策が問題ではないかと考えていることが窺える。

これらの頻出語上位 40 語を用いて、頻出語間の関係を明らかにするため対応分析を行った(図(4)-10)。分析では、外部変数として苫小牧市の CCS 実証試験の認知状況を用いた。その結果、第 1 成分は寄与率



図(4)-10 対応分析による CCS 実証試験の認知状況と頻出語の関係
 39.27%で、プラス方向が CCS 実証試験の認知、マイナス方向が CCS への不安と解釈した。第 2 成分は寄与率 34.00%で、プラス方向が CCS の効果、マイナス方向は CCS の政策における位置づけと解釈した。

CCS 実証試験の認知状況別にみると、「よく知っていた」は、日本や国、エネルギー、技術、地球温暖化といった言葉の近くにプロットされており、CCS を日本の地球温暖化対策として期待していることがわかる。「ある程度知っていた」は、苫小牧市、CO₂、貯留、事業、環境、地震、発生といった言葉の近くにプロットされており、苫小牧市で行われている CCS 実証試験を CO₂ の貯留事業として認識しているものの、環境面や地震発生時の安全性に課題があるのではないかと考えている。「聞いたことはあった」は、関心、回収、持つ、効果の近くにプロットされており、CO₂ の回収ができるのであれば、積極的に進めてほしいという意見がある一方、CO₂ の回収よりも CO₂ の発生そのものを抑えることが必要ではないかという意見も複数みられた。「全く知らなかった」は、アンケート、地中、知る、心配といった言葉の近くにプロットされており、CCS 実証試験をこの質問紙調査で初めて知ったことから試験内容を心配しており、もっと情報提供が必要で詳しく知りたいと考えていることが窺える。

(4) 一般市民を対象としてWEBアンケート調査によるCCSに対する認識把握

1) WEB アンケート調査の概要

エネルギー・環境問題に対して強い関心がある 1,000 人を対象に、モニター会社に登録されている WEB アンケート調査を実施した。調査期間は 2019 年 2 月 1 日～2 月 25 日である。質問項目は、CCS の認知状況、CCS の普及に対する認識、望ましい手続き、望ましい事業主体等の計 18 問とし、北海道苫小牧

表(4)-3 自由回答における頻出語上位 40 語 (出現回数 8 回以上)

抽出語	出現回数	出現率	抽出語	出現回数	出現率	抽出語	出現回数	出現率	抽出語	出現回数	出現率
CO ₂	72	44.4%	対策	17	10.5%	排出	12	7.4%	情報	10	6.2%
CCS	34	21.0%	地震	17	10.5%	影響	11	6.8%	大変	10	6.2%
地球温暖化	33	20.4%	問題	17	10.5%	国	11	6.8%	地中	10	6.2%
貯留	27	16.7%	良い	17	10.5%	実証試験	11	6.8%	期待	9	5.6%
苫小牧市	21	13.0%	日本	16	9.9%	心配	11	6.8%	効果	9	5.6%
技術	20	12.3%	説明	15	9.3%	多い	11	6.8%	発電	9	5.6%
必要	19	11.7%	エネルギー	14	8.6%	地球	11	6.8%	関心	8	4.9%
安全	18	11.1%	回収	14	8.6%	発生	11	6.8%	持つ	8	4.9%
事業	18	11.1%	アンケート	13	8.0%	研究	10	6.2%	地域	8	4.9%
知る	18	11.1%	環境	13	8.0%	市民	10	6.2%	不安	8	4.9%

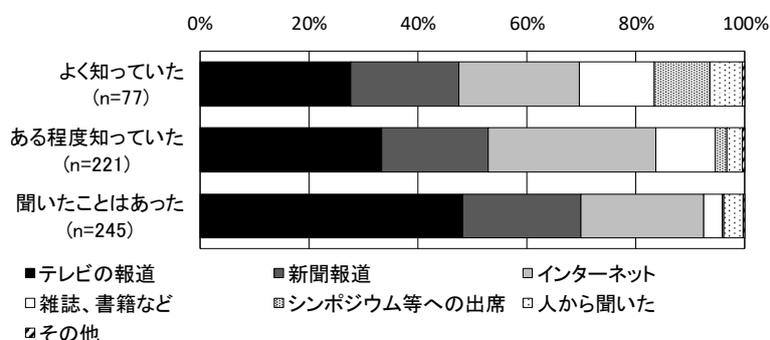
注:出現率は回答者数に対する割合。頻出語のうち、思う、考える、行うは除外して集計。

市の住民を対象とした質問紙調査結果と比較し、考察する。なお、予め回答者の性別と年代で均等に割付、回答を依頼した。

2) CCS の認知状況

CCS の認知状況を尋ねたところ、「よく知っていた」は 77 人 (8%)、「ある程度知っていた」は 221 人 (22%)、「聞いたことはあった」は 245 人 (25%) であり、約 5 割が CCS を認知していた。「全く知らなかった」は 457 人 (46%) であった。苫小牧市の住民を対象とした CCS 実証試験の認知状況と比べると低い。

CCS を認知していた回答者 543 人（「よく知っていた」「ある程度知っていた」「聞いたことはあつ

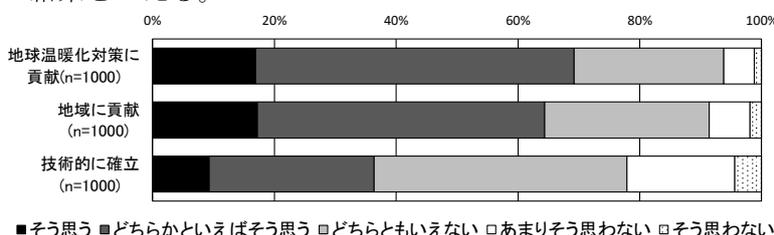


図(4)-11 CCS の認知状況別の知ったきっかけ (複数回答)

た」回答の合計)を対象に、CCS を知ったきっかけを複数回答で尋ねた結果を認知状況別に図(4)-11 に示す。よく知っていた人ほど、テレビ報道や新聞報道といったマスメディアとともに、インターネットや雑誌、書籍など様々な媒体を通して CCS を認知したことがわかる。

3) CCS の普及に対する認識

CCS が地球温暖化対策や地域に貢献するか、また技術的に確立していると思うかそれぞれ尋ねた (図(4)-12)。地球温暖化対策や地域への貢献は「そう思う」「どちらかといえばそう思う」の合計が 7 割弱となり前向きに捉えている。一方、技術的な確立は「どちらともいえない」が 4 割を超え最も多く、現状の情報では CCS の技術の判断ができないと捉えている住民が多い。苫小牧市の住民を対象とした質問紙調査とほぼ同様の結果といえる。



図(4)-12 CCS に対する認識

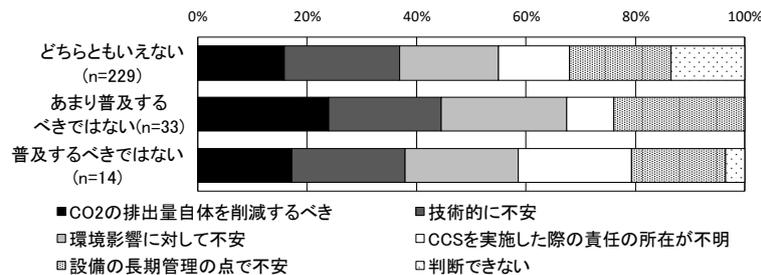
4) 日本での CCS の普及意向

日本での CCS の普及意向を尋ねた。「普及した方が良い」「どちらかというと言普及した方が良い」の合計が約 7 割となり、「あまり普及するべきではない」「普及するべきではない」の合計は 4%とわずかであった。一方、「どちらともいえない」が約 2 割となり、現状では判断がつかないと考えている層も一定割合あり、苫小牧市の住民を対象とした質問紙調査とほぼ同様の結果といえる。

「普及した方が良い」「どちらかというと言普及した方が良い」の回答者に、理由を尋ねた。「地球温暖化対策に貢献できる」が 6 割弱、「地域活性化に貢献できる」が次に多い。

「どちらともいえない」「あまり普及するべきではない」「普及するべきではない」の回答者に、理

由を尋ねた（図(4)-13）。「どちらともいえない」では「技術的に不安」が、「あまり普及するべきではない」では「CO₂の排出量自体を削減するべき」「設備の長期管理の点で不安」が、「普及するべきではない」では「技術的に不安」「環境影響に対して不安」「CCSを実施した際の責任の所在が不明」が高い割合となった。

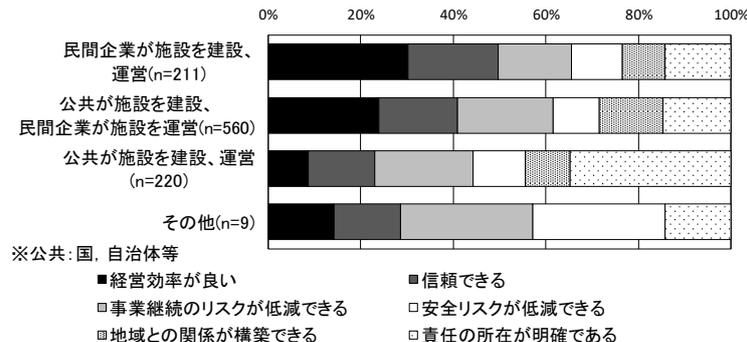


図(4)-13 CCSを普及するべきではない理由

5) 望ましい事業主体

CCSを実施するのに望ましいと考える事業主体は、「公共が施設を建設、民間企業が施設を運営」が最も多く約6割近くとなり、「民間企業が施設を建設、運営」「公共が施設を建設、運営」とがそれぞれ約2割であった。

次に、望ましい事業主体の理由を複数回答で尋ねた結果を図(4)-14に示す。「民間企業が施設を建設、運営」は、経営効率が良いが3割と最も多く、次いで信頼できるが2割であった。「公共が施設を建設、民間企業が施設を運営」は、経営効率が良いと事業継続のリスクが低減できるが各2割超が多い。「公共が施設を建設、運営」は、責任の所在が明確であるが4割弱と最も多く、次いで事業継続のリスクが低減できるが2割であった。これらから、望ましい事業主体とその理由は、苫小牧市の住民を対象とした質問紙調査とほぼ同様の結果といえる。



図(4)-14 望ましい CCS の事業主体別の理由（複数回答）

(5) 関係主体への面接調査による CCS の社会的受容性分析

CCSに関係する自治体や組合、NPO等を対象とした面接調査を実施し、CCSに対する認識や実施する際のスキーム、協議プロセスと各主体の関わり等について把握した。面接調査でお聞きした項目は、CCS全般に対する認識、苫小牧市で行われている CCS 実証試験について、CCS の実施スキームについて、CCS の普及までの協議プロセスについて、CCS の実施主体について等である。

これらについて表(4)-4の評価項目を設定し評価を行った。そして、因子分析と数量化Ⅲ類を用い、CCSを導入する際の社会的受容性を分析した。

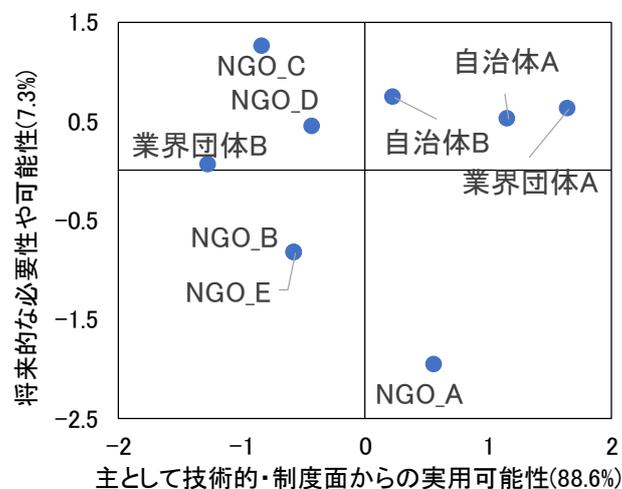
表(4)-4 面接調査における関係主体の CCS に対する評価項目

ヒアリング調査対象団体	NGO・NPO団体: 5団体 業界団体: 2団体 地方自治体: 2団体
CCSに対する認識	CCS全般への賛否、法制度面からの可能性、技術面からの可能性、将来のCCSの必要性、将来のCCSへの関わり方 ⇒5段階で評価 苫小牧市実証試験への関わり、苫小牧市実証試験への関心 ⇒4段階で評価
CCSの協議プロセス	初めから全てのステークホルダー(SH)が参加、または、後からステークホルダー(SH)が参加 ⇒どちらかで評価
CCS施設の実施主体	計画段階、建設段階、運営・管理段階、閉鎖後の長期的な設備維持について ⇒公共、民間、公共+民間の3種類で評価
団体分類	NPO・NGO、業界団体、自治体の3種類に分類

1) 因子分析による CCS の受容性評価

CCS に対する認識のうち、CCS 全般への賛否、法制度面からの可能性、技術面からの可能性、将来の CCS の必要性、将来の CCS への関わり方を用いて因子分析を実施した（図(4)-15、因子抽出法: 主因子法、回転法: Kaiser の正規化を伴うバリマックス法）。

その結果、現時点の実用可能性は意見が分かれるものの、自治体や業界団体、一部の NGO は CCS の将来的な必要性や可能性はあると認識しているといえる。

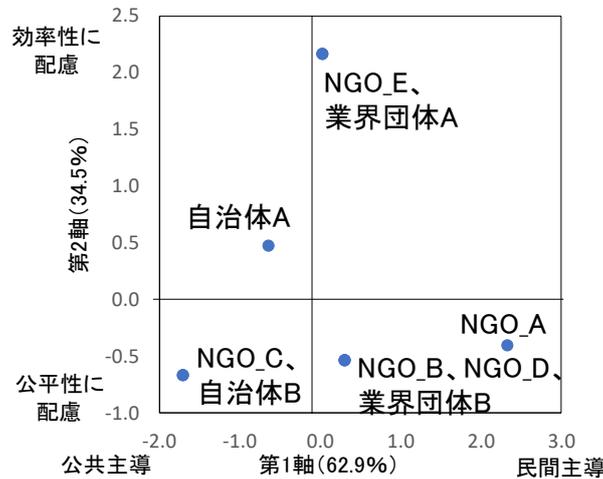


図(4)-15 因子分析による CCS の受容性評価

2) 数量化Ⅲ類による実施主体のあり方に関する評価

CCS 事業の実施段階別にみた主体の関わり方の結果を用いて、数量化Ⅲ類により調査実施主体の見解の傾向を分類した（図(4)-16）。

その結果、民間主導や公共主導ではなく公民連携を重視しており、効率性よりも公平性への配慮を重視した評価であるといえる。



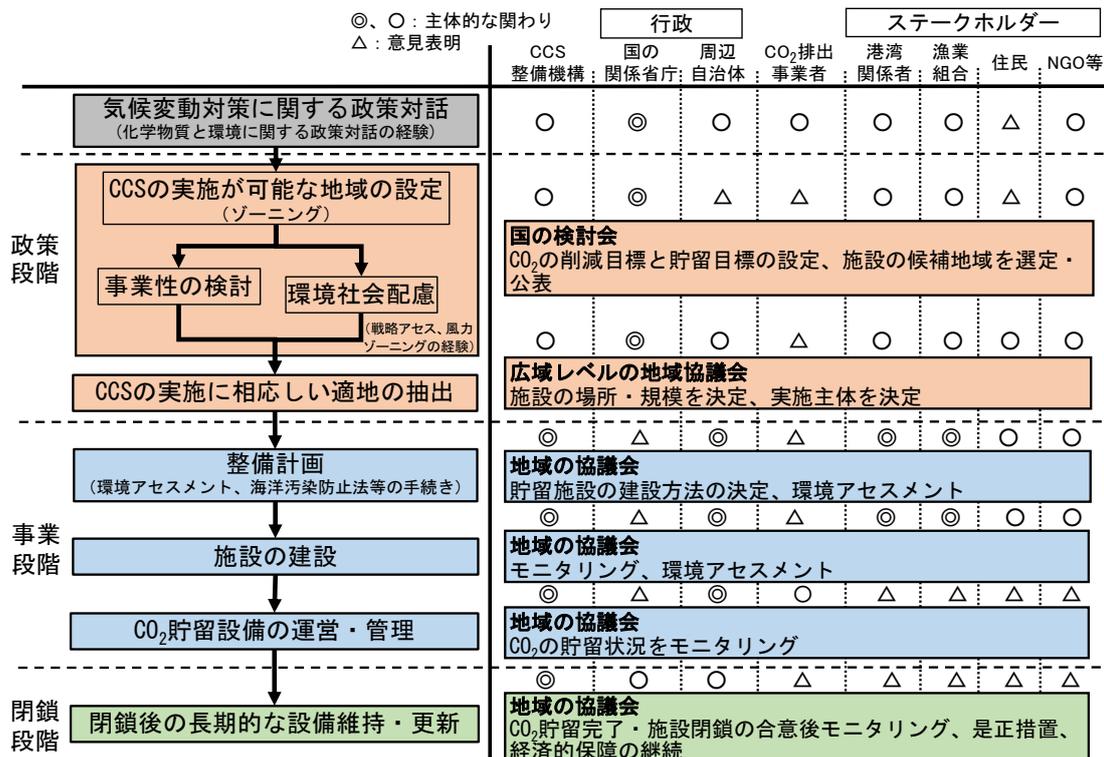
図(4)-16 数量化Ⅲ類による実施主体のあり方に関する評価

(6) 協議システムの提示

以上の地域住民への質問紙調査、WEB アンケート調査、関係主体への面接調査等を踏まえると、日本における社会的受容性を考慮した CCS の協議システムとしては、政策段階から事業段階、閉鎖段階を通して、様々な関係主体が幅広く関わり、意見表明が可能である「PPP 公共事業型スキーム」が望ましいと考えられる。PPP 公共事業型スキームを想定した場合の協議システム例を図(4)-17 に示す。

はじめに、様々な主体が参加した気候変動対策に関する政策対話が必要であり、この中で CCS に関する議論も行うことを想定する。ここでは、化学物質と環境に関する政策対話の経験を活かせると考えられる。

政策段階では、CCS の実施が可能な地域の設定、ゾーニングを行い、事業性の検討を進めながら、環境社会配慮の検討を行う。そして、CCS の実施に相応しい適地の抽出を行う。環境社会配慮では、戦略アセスや風力ゾーニングの経験が活かす。政策段階は国の検討会と、広域レベルの地域協議会で議論を行う。



図(4)-17 PPP 公共事業型スキームを想定した場合の協議システム例

事業段階では、整備計画、施設の建設、CO₂貯留設備の運営・管理となる。ここでは、地域の協議会で議論し、環境アセスメント、CO₂の貯留状況のモニタリングを行う。

CO₂の貯留が完了した閉鎖段階では、長期的な設備の維持・更新が必要になる。ここでも地域の協議会で議論し、モニタリングを行いながら、必要に応じて是正措置や経済的保障を継続していく。

全体としては、政策段階までは国の関係省庁が中心となって適地の抽出を行い、事業段階以降は PPP として設立を想定する「CCS 整備機構」が事業を進めていくことが考えられる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究から、CCSに関する政策動向や社会的反応を把握することができ、新聞記事検索からCCSに関する報道の傾向と変化を把握できた。そしてCCSに対する住民の認識は十分ではなく、住民は、国・自治体等の公共が積極的に関与する実施主体を望んでおり、理由としては経営効率の良さや事業継続のリスク低減、責任の所在が明確であることを重視していることを明らかにすることができた。また自治体や業界団体、一部のNGOは、CCSの実施主体は公民連携を重視しており、理由としては効率性よりも公平性への配慮を重視していることが明らかとなった。そして、日本における社会的受容性を考慮したCCSの協議システムとしては、政策段階から事業段階、閉鎖段階を通して、様々な関係主体が幅広く関わり、意見表明が可能である「PPP公共事業型スキーム」が望ましいことを示すことができた。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

日本において CCS を実施するためには、まず CCS 関連の情報プラットフォームの整備が必要であり、CCS に関する情報が政府内や関連企業等の様々な箇所に分散していることから、国内の現状や今後の動向等に関連した情報を収集し、様々な立場の主体がアクセス可能なプラットフォームを構築することが必要であることを示した。将来、CCS の実施が想定される地域の住民や関係主体に対して、CCS に関する情報提供の実施や説明の場を設けることにより、CCS に対する認識を深めるとともに、早い段階からの様々な意見交換が必要であることを示した。

今後、日本において社会的受容性の向上を踏まえた CCS を実施するためには、国内の関係主体における見解が十分に顕在化していない時期から、意見交換が行えるような政策対話の場（ラウンドテーブル）を設置し、正確で最新の情報をベースに政策形成に役立つような場を設定した上で、政策段階から事業段階、閉鎖段階を通して、様々な関係主体が幅広く関わり、意見表明が可能である「PPP 公共事業型スキーム」の協議システムが必要であることを示した。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 長岡篤、村山武彦：環境情報科学学術研究論文集32，203-208 (2018), CCSに対する地域住民の認識－北海道苫小牧市における質問紙調査より－

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 村山武彦:環境管理、54(3), 83-87(2018)
「CCSの社会的受容性に関する動向とメディアにおける社会的反応」

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) 村山武彦：環境科学会2017年会(2017)
「CCSの社会的受容性に関する国内外の動向」
- 2) Takehiko Murayama, Atsushi Nagaoka and Shigeo Nishikizawa： Annual meeting of International Association for Impact Assessment, Durban, South Africa 2018
“Social response for CCS facilities in Japan.”
- 3) 村山武彦、錦澤滋雄、長岡篤：環境科学会2018年会(2018)
「国内におけるCCS関連施設の社会的反応」
- 4) 長岡篤、村山武彦、錦澤滋雄：環境アセスメント学会2018年度研究発表会、147-148（2018）
「CCS（二酸化炭素回収・貯留）の社会的受容性に関する市民の認識－北海道苫小牧市を事例として－」
- 5) T. Murayama, A. Nagaoka, S. Nishikizawa：19th Annual meeting of International Association for Impact Assessment, Brisbane, Australia May.2019
“Stakeholders' attitudes and consultation for CCS.”

(3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他

特に記載すべき事項はない。

8. 引用文献

- 1) Heleen de Coninck and Karin Bäckstrand (2011) "An international relations perspective on the global politics of carbon dioxide capture and storage", *Global Environmental Change*, 21(2), 368-378
- 2) Simon Shackley and Benjamin Evar (2012) "Up and down with CCS: the issue-attention cycle and the political dynamics of decarbonisation", in *The social dynamics of Carbon Capture and Storage* (Markusson, Shackley and Evar (eds.)), Routledge, pp.149-171

III. 英文Abstract

Comprehensive Research on Carbon Capture and Storage Legal Framework, Policy and Strategy

Principal Investigator: Kenichiro YANAGI

Institution: Meiji University

1-1 Kanda-Surugadai, Chiyoda-City, Tokyo 101-8301, JAPAN

Tel: +81-3-3296-2682/+81-3-3296-1866

E-mail: k_yanagi@kisc.meiji.ac.jp

Cooperated by: Kyushu University, Waseda University, Tokyo Institute of Technology

[Abstract]

Key Words: CCS, Long-term management, Policy and legal framework, Cost-effectiveness analysis, Public acceptance.

Japan accepted the ‘Paris Agreement’ with the proposed target. Most of developed countries that adopted the regulatory scheme have developed EOR but not genuine CCS.

This study is to research findings on key issues regarding the roles and barriers for a policy and legal framework for CCS in Japan as well as in Asian region, and also to propose two model of policy and legal framework in Japan while considering the possibilities of achieving a common understanding and basis regarding the implementation of CCS laws and policies in the Asian region.

In response to meeting the domestic targets, creating an opportunity for deploying CCS technology at the commercial scale is one of the urgent actions for the state. However, there has yet to be a comprehensive policy and legal framework for CCS in Japan. In this regard, this study aims at providing the Japanese government with a strategy policy vision and a comprehensive legislative and regulatory framework in considering economic and social aspects. This results in supporting further policy and legal development on commercialised CCS deployment in Japan. We have considered two potential legal frameworks, which are ‘a regulatory model’ and ‘a public-work model’. A regulatory model focuses on ‘command-and control’ for CCS activities, thus the purpose of the model will focus on how a CCS law restricts CCS operators and their CCS activities. On the other hand, a public-work model considers on a join approach to operating CCS projects between operators and state.

As one of the key findings of this study, our cost-effective analysis showed that the public-work model could potentially reduce the cost of emission reduction technology portfolio compared to the regulatory model. It also suggests that CCS deployment should be applied for the large emission sources such as coal-fired plants. Furthermore, our social research on public acceptance of CCS found that the positive effect on regional economy was expected at the planning stage. The results indicated that the public-work model for stakeholders in Japan seems to be more preferable than the regulatory model, especially for the issues of long-term liability and operational efficiency.

Throughout this study, we have concluded that the public-work model could be applicable to a future policy and legal framework for commercialising CCS in Japan. This study has also proposed a range of potential policy and legal options, especially for the mid and long-term national targets and the long-term management for CCS activities.