

山形県酒田・庄内エリアにおける 地域カーボンサイクル産業構築への カーボンマネジメント事業の先行モデル確立に向けた政策支援の提言書

2025 年 11 月 27 日

カーボンサイクルイノベーションコンソーシアム（CCI コンソーシアム）2024

目次

1. 背景
2. 持続可能な炭素循環産業の創出に向けた検討
3. 事業モデルの提示と収支試算の結果
4. 課題の整理
5. 解決策の提案
6. 期待される効果と今後の展望
7. おわりに

1. 背景

(1) カーボンニュートラルの実現に向けた二酸化炭素回収有効利用（CCU）の位置づけ

2050 年のカーボンニュートラル実現に向けて世界各国で温室効果ガスの排出削減が加速している。日本においても「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定され、産業およびエネルギーの両面から脱炭素化が強力に推進されているⁱ。

各分野では、省エネルギー化や再生可能エネルギーの導入、電化・水素化など、多様な手段による CO₂ 排出削減の取り組みが進行中であるが、これらの手段のみでは削減に限界があり、今後も一定量の CO₂ 排出が避けられない、電力産業、鉄鋼業、化学工業、セメント製造業などの産業分野も存在する。

こうした分野の脱炭素化を進めるためには、排出される CO₂ を貯留する「CCS (Carbon dioxide Capture and Storage)」や、CO₂ を有価物として素材や燃料源として再利用する「CCU (Carbon dioxide Capture and Utilization)」の導入が有望視されている。なかでも CCU は、単なる CO₂ の貯留・固定にとどまらず、排出された CO₂ を資源として利用する「カーボンリサイクル」の概念を内包しており、経済産業省もこれを産業政策と脱炭素化政策の両立を図る上で重要な選択肢と位置付けているⁱⁱ。(注 1)

(注 1) 本稿では、CO₂ の再利用という観点で「CCU」と「カーボンリサイクル」は実質的に同義と捉え、国際的にも一般的に用いられている「CCU」に表記を統一する。

(2) 化石資源依存からの脱却に向けた持続的な炭素源への転換

さらに、2050 年カーボンニュートラル実現に向けては、温室効果ガス排出の主要因である化石資源依存からの脱却が求められている。さらに、将来的には、化石資源の供給量そのものも減少する可能性が高い。国際エネルギー機関（以下「IEA」）の報告によれば、世界の化石燃料全体の需要は 2030 年までにピークを迎え、その後減少に転じると予測されているⁱⁱⁱ。

化石資源の供給量が減少すれば、エネルギー源の転換にとどまらず、プラスチック、合成繊維、合成肥料といった、化石資源を原料とする日常生活を支える素材産業全体の変革が求められる。このような状況において、持続可能な社会の実現には、化石資源に代わる持続可能な炭素源として、二酸化炭素 (CO₂) やバイオマスを積極的に活用することが重要な課題となっている。具体的には、素材の原料を化石資源から、発電所や工場等から排出される CO₂ や、地域に賦存する農林水産由来のバイオマスへと転換する取り組みが進んでいる。これらの炭素源を原料とした肥料、化学品、燃料などの生産技術も進展しており、地域内での持続的な炭素循環の実現に向けた筋道が見えつつある。最終的には、地域資源を最大限に活用した自律的かつ持続可能な産業構造への転換が求められる。

2. 持続可能な炭素循環産業の創出に向けた検討

(1) コンソーシアムの設立趣旨

このような問題意識を踏まえ、「農林水産業×素材産業地域における持続可能な炭素循環産業の創出」を目的として、株式会社日本総合研究所（以下「日本総研」）が主催者、国立大学法人京都大学・京大オリジナル株式会社（京都大学の事業子会社）が推進機関として、複数の企業および地方公共団体とともに産官学連携による「CCI（Carbon Cycle Innovation）コンソーシアム（以下、「CCI コンソーシアム」）」を2023年に設立した。

CCI コンソーシアムでは、地域で発生するCO₂・バイオマスを資源として活用し、それらから素材を製造し、循環的に利用する一連のサプライチェーンに基づく事業構造を「地域カーボンサイクル産業」と定義し、その確立に向けた検討を行ってきた。この産業構造は、①炭素資源（CO₂・バイオマス）の供給、②それらを原料とした素材の製造・販売、③当該素材の利用、④使用後に発生する廃棄バイオマスや排出CO₂の再資源化、という一連の事業群で構成される。これらを地域内で連携させ、一体的なサプライチェーンとして機能させる点が特徴である。

(2) モデル地域の選定

2024年度の活動においては、早期事業化の適性が高い山形県酒田・庄内エリアに焦点を当て、いち早く事業化までの道筋をつけるための検討を行ってきた^{iv}。（注2）

山形県酒田・庄内エリアは、豊富なバイオマス資源やCO₂排出源、再生可能エネルギー基盤、強固な産官学連携体制など、産業成立に必要な要素が揃っており、先行的な実証フィールドとしての適性が高い地域である。資源面では、自然由来のバイオマスやCO₂が豊富に存在し、特に酒田港には山形県産材を主原料とするバイオマス発電所が立地している。産業面では、環境配慮型コンクリート製造を担う事業者が存在し、技術成熟度の高いCCU技術の実装が可能である。さらに、今後洋上風力発電所の整備が進む見通しであり、CO₂由来の化学品製造に必要な再生可能エネルギーやグリーン水素の供給基盤の構築も期待される。また、地方公共団体も産業創出と脱炭素化に積極的であり、「酒田港脱炭素化推進協議会」において地域企業と連携し、港湾脱炭素化に向けた計画の策定と推進が進められている。

山形県酒田・庄内エリアでの早期事業化およびモデル構築は、実装過程において直面する課題とその対応策を通じて、他地域への応用可能な知見を蓄積し得る点において重要な意義を持つ。その理由は、山形県酒田・庄内エリアが有する要素は、全国に点在する「農林水産業×素材産業地域」においても一定程度共通して存在するためである。バイオマスは地域差こそあるが、多くの地域で調達可能であり、CO₂も全国各地の発電所や工場から排出されている。また、環境配慮型コンクリートの実績や洋上風力由来エネルギーとの連携も、他地域での展開が見込まれる。こうした取り組みは、全国的な波及効果を見据えた実践的モデルとして、カーボンサイクル産業の構築を目指す他地域にとって、有益な示唆を提供することが期待される。

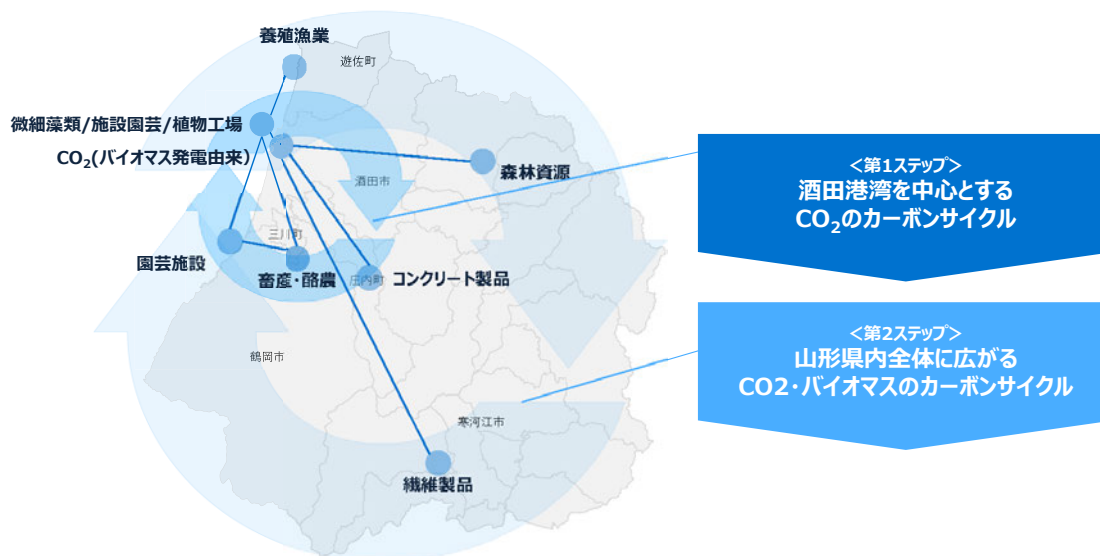
（注2）本稿において「山形県酒田・庄内エリア」とは、酒田市・鶴岡市・庄内町・遊佐町・三川町を含む、庄内平野を中心とした地域を指す。

3. 事業モデルの提示と収支試算の結果

(1) モデル地域での検討スコープ

地域内で発生する炭素源は CO₂ とバイオマスの 2 つの形態が存在するが、CCI コンソーシアムでは、検討の初期段階においては資源の供給源が明確であり、脱炭素化に向けた利用および固定化の要求が強い CO₂ に焦点を当てる方針とした（図表 1）。そのうえで、CO₂ を原料とする素材に対する需要と供給をつなぐサプライチェーンの早期実現に向けた検討を優先的に進めてきた。CO₂ を原料とした地域カーボンサイクル産業が成り立つためには、以下のプレーヤーが一体的なサプライチェーンを構築することが不可欠である（図表 2、図表 3）。

（図表 1） 地域カーボンサイクル産業構築に向けたステップ

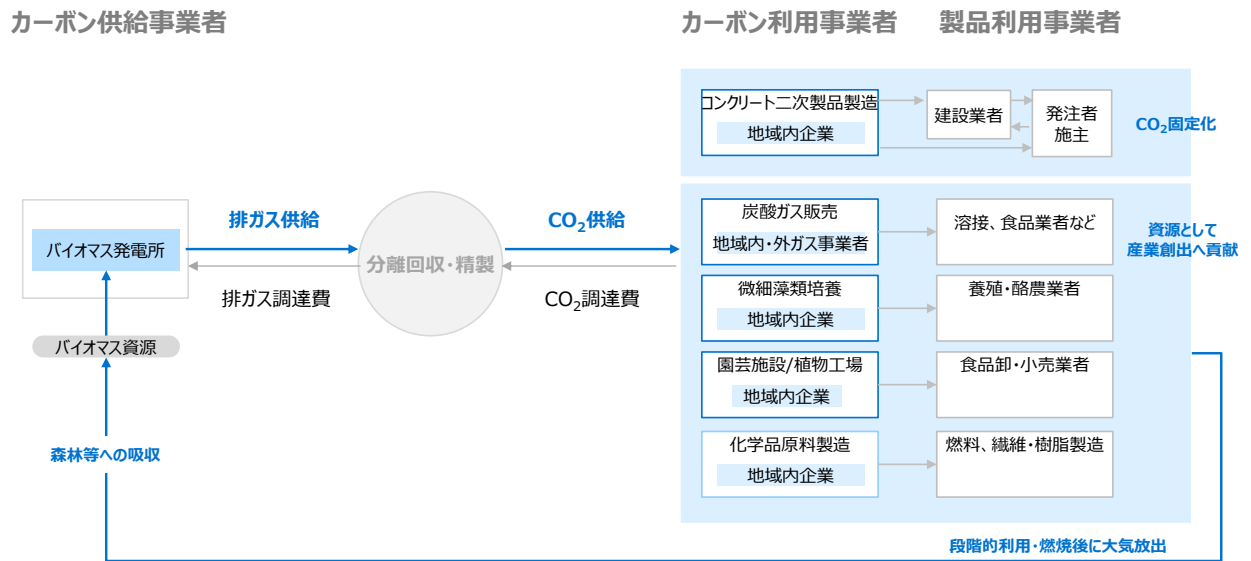


（資料）日本総合研究所作成

（図表 2） 地域カーボンサイクル産業のプレーヤー

カーボン供給事業者	CO ₂ を含む排ガスを販売する事業者
カーボン利用事業者	CO ₂ を仕入れて素材を作り、販売する事業者
製品利用事業者	CO ₂ 由来素材を仕入れて利用する事業者

(図表 3) 地域カーボンサイクル産業の全体像



(資料) 日本総合研究所作成

(2) 農林水産業地帯における「カーボンマネジメント事業」の位置づけ

農林水産業地帯における地域カーボンサイクル産業の成立には、CO₂の分離回収・精製、分配輸送、需給調整、需要家の開拓・誘致、などの複数の機能が必要となる。CCI コンソーシアムでは、これらの機能を統合し、地域カーボンサイクル産業全体のサプライチェーンを効率化する役割を担う事業を「カーボンマネジメント事業」と定義し、その事業採算性の検討を山形県酒田・庄内エリアを対象として行ってきた。カーボンマネジメント事業者の機能及び担い手候補を、図表4及び図表5に示す。

とくに農林水産業地帯では、2つの点から「カーボンマネジメント事業」の必要性が高いと考えられる。1点目は、農林水産業地帯では、CO₂の需要家が、小規模・多品種であり、分散しているためである。初期のCO₂利用者候補として、農業分野の園芸施設や植物工場、漁業の餌料用の微細藻類培養、土木・建設分野のコンクリート二次製品への固定、工業・食品分野の炭酸ガス製品などが想定され、当面は、小規模・多品種かつ分散したCO₂利用者への供給体制を整える必要がある。2点目は、農林水産業地帯においてCO₂利用者候補を新たに誘致する必要があるためである。中長期的には、CO₂を化学品（燃料・樹脂）へ変換する事業も取り込みうるが、こうした事業を行う企業は現時点では農林水産業地帯に立地していない可能性も高い。化石資源の利用を前提とした既存のコンビナートでの素材産業から、持続的な炭素源を循環利用する産業への転換のために、新たな産業集積のデザイン及び企業誘致も求められる。

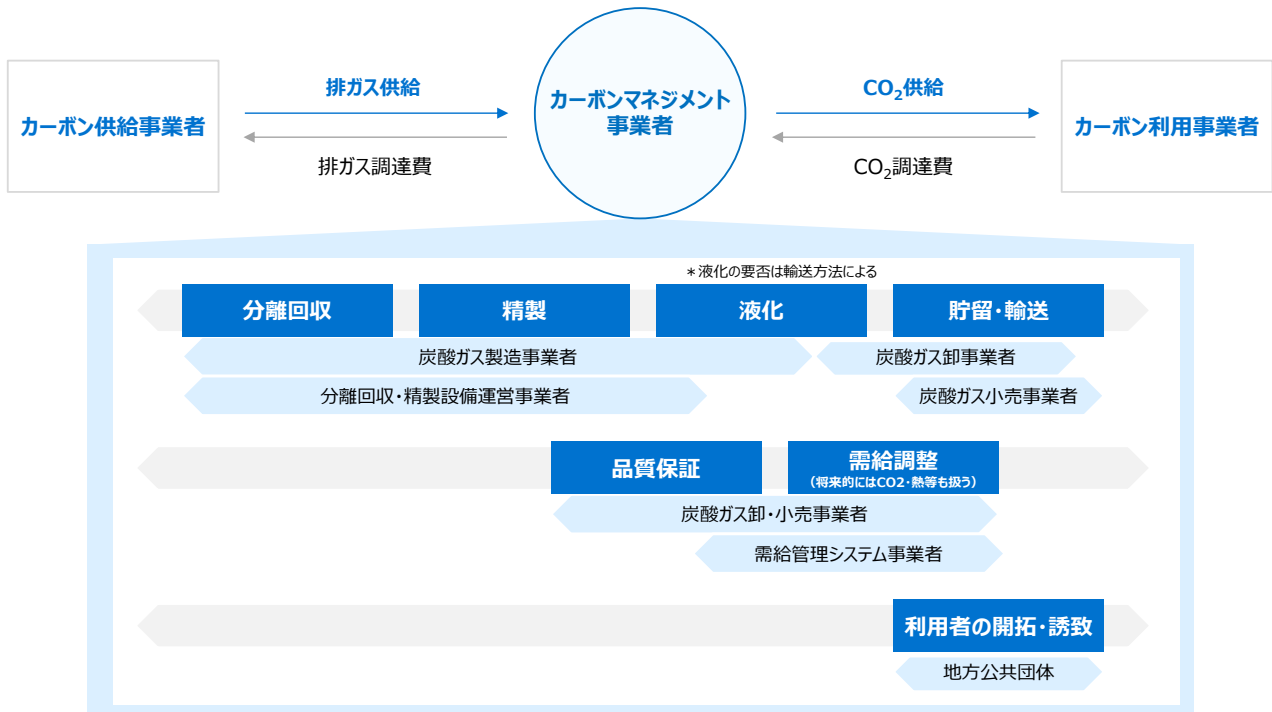
こうした多様な需要と将来的な展開に対応するには、まずカーボンマネジメント事業の採算性を確保し、地域内でのCO₂利活用を安定的に支える体制を構築することが、取り組みの出発点として不可欠である。

(図表 4) カーボンマネジメント事業者の機能

機能	農林水産業地帯において各機能が必要な理由
分離回収	カーボン供給者は発電所・工場・清掃工場などであることが多く、これらの排ガス中の CO ₂ 濃度（15～20％）や純度を高める必要があるため。
精製	
液化	カーボン利用者が小規模・多品種であり、立地的にも分散しているため。また、CO ₂ の用途に応じて、濃度や輸送距離が異なるため、用途毎の経済合理的な輸送方法の選択が必要である。 （液化の要否は、距離や輸送方法によって異なる。）
貯留・輸送	
品質保証	カーボンの濃度、純度に応じて、適合可能な規格が異なるため。
需給調整	カーボン利用者の種類に応じて、求める量・品質・価格が異なるため。
利用者の開拓・誘致	カーボン利用者が小規模であるため、利用量を積み上げるため。

(資料) 日本総合研究所作成

(図表 5) カーボンマネジメント事業者の機能及び担い手候補



(資料) 日本総合研究所作成

(3) モデル地域における前提条件

山形県酒田・庄内エリアにおいて「バイオマス発電所由来の 15～20%の CO₂ 濃度の排ガスのうち、0.3 万 t-CO₂/年規模を分離回収して利用する」という前提を置いた。この濃度帯は、全国の農林水産業地帯に立地する発電所や工場でも一般的であり、他地域にも展開可能なモデルと位置づけられる。また、規模は、山形県酒田・庄内エリアにおける 2030 年時点の需要量ポテンシャルの試算結果を踏まえて設定した。初期の用途としては、園芸施設、植物工場、微細藻類培養、コンクリート製品、炭酸ガス製品などが想定される。地域ごとに若干の差はあるものの、いずれの地域でも需要の用途やそれぞれの規模は概ね同程度と見込まれる。

また、高濃度かつ一定規模以上の CO₂ を含む排ガスが生じる施設は、石油精製や製鉄などの大型プラ

ントに限られ、主に工業地帯に集中している。農林水産業地帯では、こうした施設は限定的であり、醸造所などが排出源となりうるが、その規模は小さく季節や時間変動も大きいため、安定供給源としては扱いにくいと判断した。

(4) 収支試算の結果

CO₂排ガスの濃度を15～20%から、工業用・食品用として一般的な99.5%以上にまで高めるには^(注3)、20～30億円規模の分離回収・精製設備が必要となる。さらに、地域内に分散する需要先へ供給するためには、10～20億円規模の液化設備や輸送手段（ボンベ車・タンクローリー等）の整備も必要である。これらの設備投資額を考慮した場合、減価償却費は約10万円/t-CO₂以上に達し、人件費・材料費・保守点検費などのランニングコストを加えると、供給単価は12万円/t-CO₂を超えると見込まれる。

一方で、現在の液化炭酸ガスの市場単価は約5万円/t-CO₂にとどまる。この大きな価格差の要因は、既存の炭酸ガス市場では、CO₂の分離回収設備の減価償却費やランニングコストが、炭酸ガスの原価に含まれていないという構造にある。既存市場では、多くの場合、炭酸ガス製品の原料は、アンモニア合成工業プロセス、製鉄プロセス、重油脱硫用水素プロセスなどの副生ガスであり、各プロセスからCO₂の分離回収コスト（分離回収設備費の減価償却費も含む）は、主生成物の原価に含まれているためである。

このような構造のもと、炭酸ガスの単価差があるため、カーボンマネジメント事業者が、市場単価で炭酸ガスを販売した場合、原価が販売単価を上回り、当面は事業採算が成り立たない可能性が高いと考えられる。したがって、公共的な支援措置、カーボンプライシングなどによる価値の内部化、あるいは高付加価値用途への展開など、複合的な対策による採算性向上の道を検討する必要がある。

なお、経済産業省が2023年6月に公表した「カーボンリサイクルロードマップ」においては、現状（2023年時点）のCO₂分離回収コストとして約0.4～0.6万円/t-CO₂が示されているⁱⁱ。一方、上述の通り、山形県酒田・庄内エリアのような農林水産業地帯において、第一歩目として、需要が見込まれる0.3万t/年規模で設備を新設する条件下では、CO₂分離回収コストが12万円/t-CO₂を超える可能性が高い。この乖離は、「カーボンリサイクルロードマップ」における試算条件（分離回収規模、排ガス濃度・純度、主生成物原価への転嫁有無など）と、本レポートにおける前提条件の違いによるものと考えられる。

現状、供給単価が市場価格を大きく上回る背景にあるコスト構造と主な要因は、以下の3点にまとめられる。炭酸ガス単価に着目することで、カーボンマネジメント事業者の事業採算性が成り立つために必要な設備投資や単価差補填の形での支援額が明確になるため、炭酸ガス単価に着目した。

- (a) 分離・精製に必要な設備投資：既存の市場では、アンモニア合成や製鉄などの副生成物として排出されるCO₂が利用されており、その分離回収コストは主製品のコストに含まれている。一方、農林水産業地帯では新たに排ガスからCO₂を分離・精製する必要があるため、そのために20～30億円規模の設備投資が求められる。
- (b) 液化と輸送のための追加投資：農林水産業地帯では需要先が地域内に分散しており、パイプラインのような効率的な供給手段が使えない。したがって、液化設備（10～20億円）や、ボンベトラック・タンクローリーによる輸送手段が不可欠である。気体のまま輸送することも可能だが、液体

に比べて体積が約 500 倍となり輸送効率が著しく低下する。そのため、一定距離以上の輸送では液化設備の導入により、トータルコストを抑えられる可能性が高い。

- (c) 運用にかかるランニングコスト：分離・精製・液化設備の運転には、電力・熱・人件費・点検費用などの継続的なコストがかかる。特に、高圧ガス製造保安責任者の配置など、専門的な人材の確保も必要となる。

(注 3) 日本規格協会グループ「JIS K 1106:1990 液化二酸化炭素（液化炭酸ガス）Liquid carbon dioxide」、「日本液炭「炭酸ガスの品質と規格」(<https://www.n-eco.co.jp/CO2/qualitystandards/>、2025 年 4 月 25 日閲覧)、神鋼エアーテック株式会社「二酸化炭素（炭酸ガス・液化炭酸ガス・CO₂・carbon dioxide・CAS:124-38-9）」(https://shinko-airtech.com/gasliquid_CO2.html、2025 年 4 月 25 日閲覧)、株式会社レゾナック・ガスプロダクツ「炭酸ガス」

(https://www.rgp.resonac.com/products/industrial_gas/carbonic_acid_gas.index.html、2025 年 4 月 25 日閲覧) を基にして、既存の炭酸ガス産業において一般的に工業用・食品用規格で用いられている濃度とした。

4. 課題の整理

収支試算結果を踏まえ、以下の 3 つの課題及び、それぞれの解決可能性を整理した（図表 6）。

【課題 1】低コスト化を実現する分離回収技術の開発

CO₂を低コストで分離回収できる技術の開発が重要である。現在、各企業や大学が技術開発を進めているが、イニシャルコストやランニングコストが実用的なレベルまで低減するには時間を要するため、研究開発や事業化の長期ロードマップをステークホルダー間で共有することが必要となる。

【課題 2】設備投資を抑制する産業構造の設計

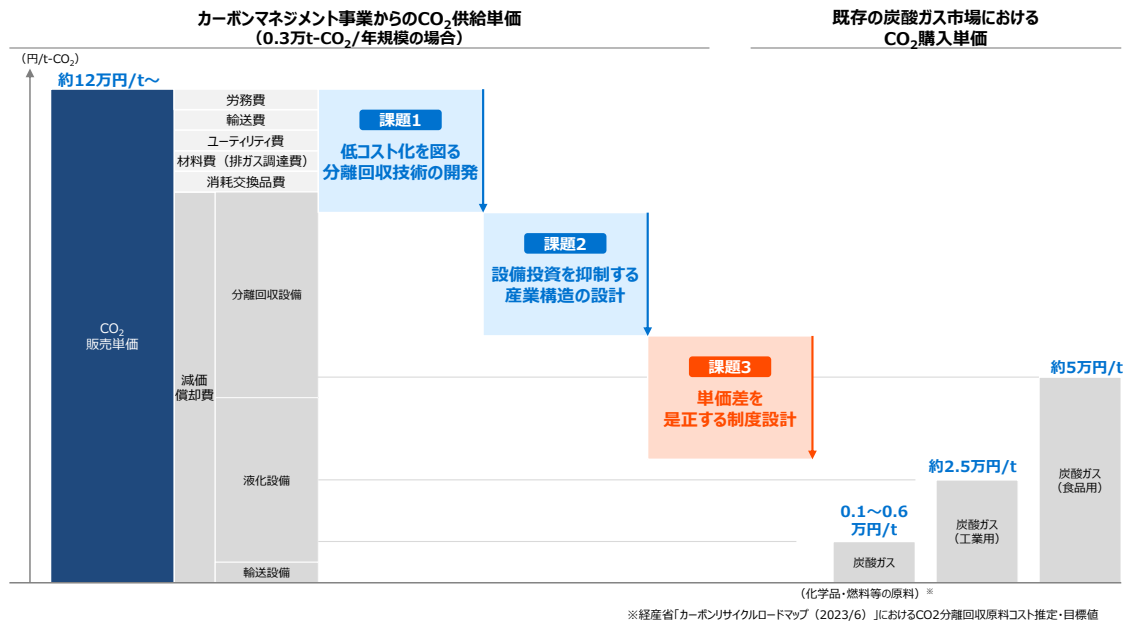
必要十分な濃度の炭酸ガスをパイプラインで輸送するコンパクトな産業集積の設計や、スケールメリットを効かせるための需要規模の拡大（大規模需要家の獲得など）が求められる。また、農林水産業地帯に分散して存在する需要家への供給には、高濃度・液化状態での遠隔地への供給が必要となり、液化設備（10～20 億円）やボンベトラック・タンクローリーへの追加投資が必要となる。

【課題 3】単価差を是正する制度設計

最後に必要なのは、カーボンマネジメント事業者が供給する炭酸ガスの単価を市場価格に近づける仕組みの設計である。公共支援による補填、カーボンプライシングによる価値の内部化、利用用途の高付加価値化など、多角的な制度設計が求められる。

課題 1、課題 2 が解決され、CO₂供給単価を低減させるには時間を要することが予想されるため、次章では、モデル地域での早期の事業化に向けて重要となる課題 3 に対する解決策を提案する。

(図表 6) カーボンマネジメント事業からの CO₂ 供給単価に対する課題



(資料) 日本総合研究所作成

5. 解決策の提案

小規模でも軌道に乗る仕組みを構築することを目的に、第3の課題である「供給される炭酸ガス単価を市場単価と同水準以下に抑える仕組み」への具体的な対応策として、2つの施策を提案する。これら2つの施策では、政府からの補助額を最小限に抑え、市場価格への円滑な移行を促すことに重点を置く。

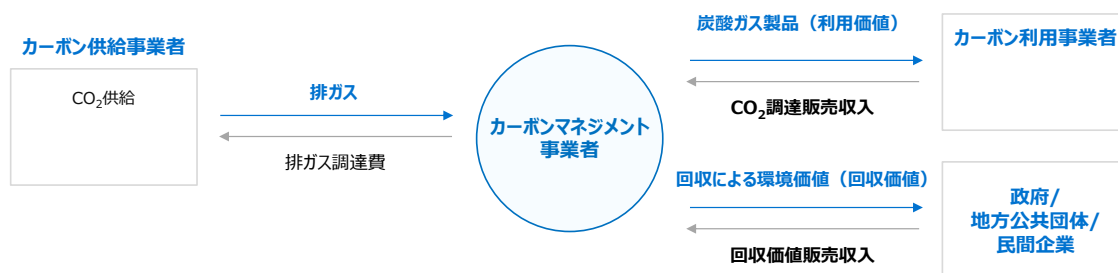
- (1) 施策1：CO₂の複合的な価値に基づく販売モデルの構築
- (2) 施策2：政府による早期の事業化を図る政策支援の提案

(1) 施策1：CO₂の複合的な価値に基づく販売モデルの構築

カーボンマネジメント事業を「炭酸ガス製品としての利用価値(CO₂の炭酸ガス製品としての有用性に基づく産業用途での価値)^(注4) + 排ガスからのCO₂回収価値(CO₂排出源から生じる排ガス中のCO₂を直接大気放出せずに、分離回収して得たCO₂であるという属性による価値)^(注5)」の2つを創出・販売する事業と捉える策である(図表7)。「炭酸ガス製品としての利用価値」は、CO₂の産業用途における有用性に基づく既存市場での価値、「排ガスからのCO₂回収価値」は、大気放出せずに分離回収したCO₂であること自体がもつ環境的価値を指す。この2つの価値のうち、まずは既存の炭酸ガス市場との価格差が小さい用途(例：植物工場やコンクリート製品)から導入を進める。そこに対して、回収価値によって価格差を段階的に補填する形で、事業の成立を目指すものである。

この有用性を確認するために、まずそれぞれの価値に対応する市場価格の見通しを確認する。

(図表 7) カーボンマネジメント事業者による炭酸ガス製品としての利用価値と
排ガスからの CO₂ 回収価値を対象とした事業モデル



(資料) 日本総合研究所作成

(注 4)「炭酸ガス製品の利用価値」: CO₂の炭酸ガス製品として、食品・飲料への添加用ガス、溶接用ガス、農業分野での作物成長促進用ガス、ドライアイスの原料、化学品・燃料の原料などでの有用性に基づく産業用途での価値と定義する。

(注 5)「排ガスからの CO₂ 回収価値」: 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 (以下「SHK 制度」) における算定方法検討会で検討している、CO₂ 排出源から生じる排ガス中の CO₂ を、直接大気放出せずに、分離・回収して得られた CO₂ であるという属性の価値と定義する。回収価値の証明単位では、「排ガスから分離回収して得られた CO₂」という属性を証明するものであり、CO₂ 排出削減価値 (排出量算定時に CCS・CCU による排出削減量に相当する量を減算できる価値 (t-CO₂/年などの単位が用いられる)) までは有さない。CO₂ 回収価値の証明と、当該 CO₂ が長期間の固定や製品原料としての利用により CO₂ 排出量を削減する用途で用いられたことの証明を組み合わせることで、CO₂ 排出削減価値として扱うことが出来る方向で、SHK 制度における算定方法検討会において検討されている。CO₂ を CCS や鉱物化・炭酸塩化により長期間固定する場合には長期固定された CO₂ 量が、CO₂ を製品の原料として利用される場合には回避された化石燃料使用に伴う CO₂ 排出量が、CO₂ 排出削減価値 (t-CO₂/年) となる。

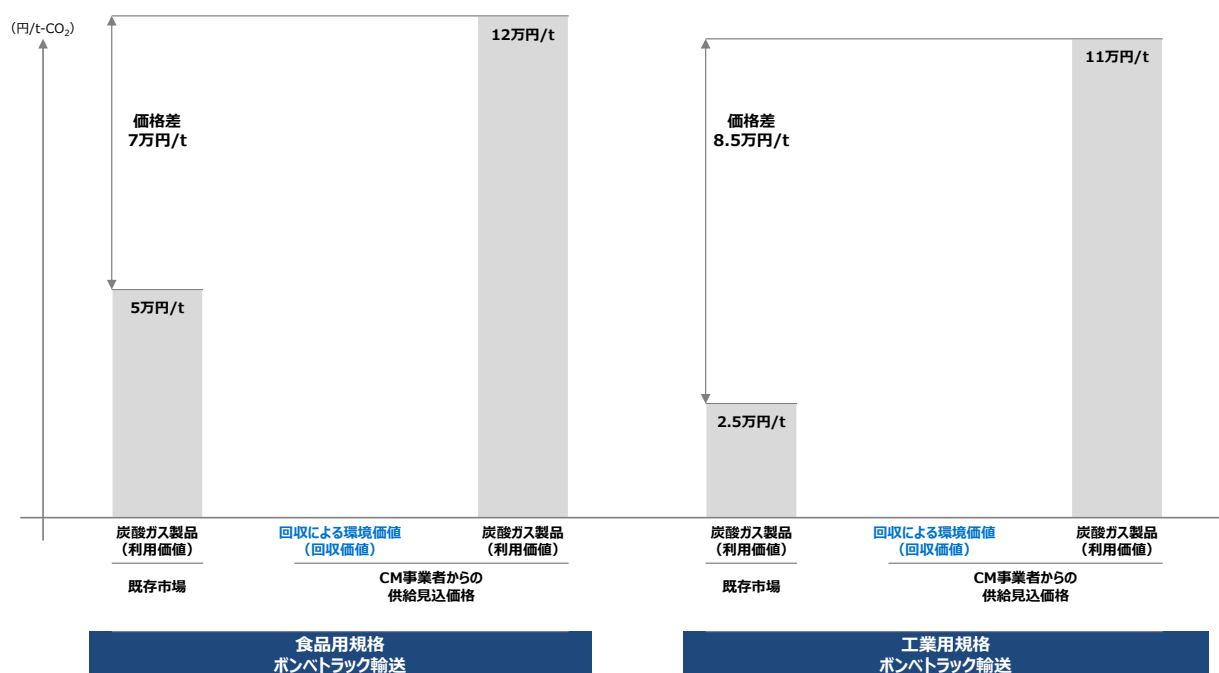
(A) 炭酸ガス製品としての利用価値の単価見直し

カーボンマネジメント事業者から供給される、分離回収・精製・液化後の炭酸ガス単価として、「3 (4) 収支試算の結果」で言及した、12 万円/t-CO₂ を検討の前提とした。この供給単価は、CCI コンソーシアム 2024 における机上調査および関係企業へのヒアリングに基づき、「3 (3) モデル地域における前提条件」のもとで試算したものである。

他方で、炭酸ガス製品の市場単価 (分離回収設備・液化後) は規格や用途によって異なるため、カーボンマネジメント事業者から供給される炭酸ガスとの価格差も異なる (図表 8)。また、CO₂ を資源として利用する各技術の実用化段階を踏まえると、現実的には、以下の順で地域内に需要が生み出されると想定される。ここでは、既存の炭酸ガス製品市場において、供給側では一般的に食品用規格を前提として製造されている実態を踏まえ、カーボンマネジメント事業者による製造コストも規格による変動はないものとした。

- (a) 食品用規格 (植物工場・園芸施設への施用、微細藻類培養用)
- (b) 環境配慮型コンクリート用
- (c) 工業用規格 (溶接等)
- (d) 化学品・燃料の原料 (メタン、メタノール等)

(図表 8) 炭酸ガス製品の用途別の市場価格との価格差
(炭酸ガス製品の利用価値のみ)



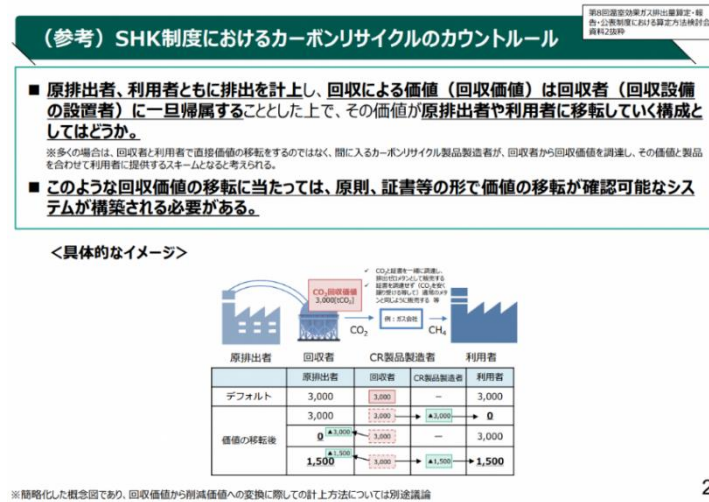
(資料) 日本総合研究所作成

(B) 排ガスからの CO₂ 回収価値の単価見通し

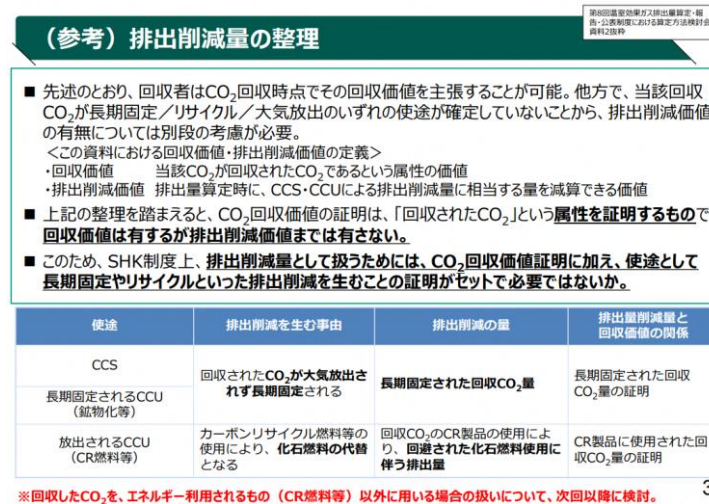
環境省では、図表 9 の通り、温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度（以下、「SHK 制度」）におけるカーボンリサイクルのカウントルールとして、回収価値（円/t-CO₂）を CO₂ 分離回収した主体（本稿では、カーボンマネジメント事業者）に一旦帰属させ、その価値を証書等の形で、原排出者（本稿では、カーボン供給者）、利用者（本稿では、カーボン利用者）に移転していくことができる仕組みを採用する方向で検討を進めている^v。排ガスからの CO₂ 回収価値は、CO₂ 分離回収に関するデータ（回収した CO₂ の量、回収した者、回収日、回収地点、CO₂ 発生由来など）を取得し、証明を得るものである。

この制度が導入されれば、カーボンマネジメント事業者は、自らに一旦帰属した回収価値を、民間企業（上流・下流の事業者を含む）や政府・地方公共団体に販売することで、新たな収入源を得ることが可能になると期待される。今後は、この排ガスからの CO₂ 回収価値の価格がどのように推移するかを見極めることが、事業成立の鍵となる。なお、本試算では、排ガスからの CO₂ 回収価値を SHK 制度上の総量削減分として適用する想定としたが、CCUS の扱いについては制度整備が進行中のため、今後の動向を注視する必要がある。

(図表 9) SHK 制度におけるカーボンリサイクルのカウントルール



2



3

(資料) 環境省「資料3：CCS及びCCUの扱いについて（案）」(令和6年6月開催の温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算定方法検討会資料) p2,3

(a) 日本国内の環境価値価格の実態

まず、2025年における日本における炭素価格は、約0.2～0.6万円/t-CO₂である。実際、東京証券取引所が運営するカーボン・クレジット市場におけるJクレジット等の取引実績では、2023年10月11日から2025年3月31日の加重平均価格は以下の通りである。

- ・ Jクレジット（省エネルギー）：約0.2万円/t-CO₂
- ・ Jクレジット（再生可能エネルギー）：約0.4万円/t-CO₂
- ・ Jクレジット（森林）：約0.6万円/t-CO₂

今後、国内の炭素価格は上昇する可能性が高い。2026年から本格稼働するグリーントランスフォーメーション排出量取引制度（以下「GX-ETS」）における適格クレジットとしてのJクレジットの需要増加と、2028年からのCO₂排出量に応じた化石燃料賦課金制度によるカーボンオフセットによるJクレジットの需要増加を受けて、炭素価格は増加すると考えられる。GX-ETSは、2026年度から本格稼働し、Jクレジットなどのカーボン・クレジットがGX-ETSの「適格クレジット」として活用される計画である。また、日本政府は、2050年カーボンニュートラル実現に向けて「成長志向型カーボンプライシング」を

段階的に導入する方針を示しており、2028 年度からは、化石燃料の輸入事業者等を対象に、CO₂排出量に応じて化石燃料賦課金（炭素賦課金）を徴収する制度を正式に導入する予定である。

(b) 国際的な環境価値の推移予測

IEA の「World Energy Outlook 2024」^{vi}において、各国が公表する目標の達成に必要な制度・規制を行う場合を想定した Announced Pledges Scenario では、炭素価格は以下のように推計されている。

- 2030 年：約 2.0 万円/t-CO₂ (135 米ドル/t-CO₂)
- 2040 年：約 2.6 万円/t-CO₂ (175 米ドル/t-CO₂)
- 2050 年：約 3.0 万円/t-CO₂ (200 米ドル/t-CO₂)

他方、世界全体で 2050 年ネットゼロ達成を共通目標とし、それに必要な制度・規制を講じると想定した Net Zero Emissions by 2050 Scenario では、炭素価格は次のように予測されている。

- 2030 年：約 2.1 万円/t-CO₂ (140 米ドル/t-CO₂)
- 2040 年：約 3.0 万円/t-CO₂ (205 米ドル/t-CO₂)
- 2050 年：約 3.7 万円/t-CO₂ (250 米ドル/t-CO₂)

また、BloombergNEF（以下「BNEF」）の「Global Carbon Market Outlook 2024」では複数のシナリオが提示されている。

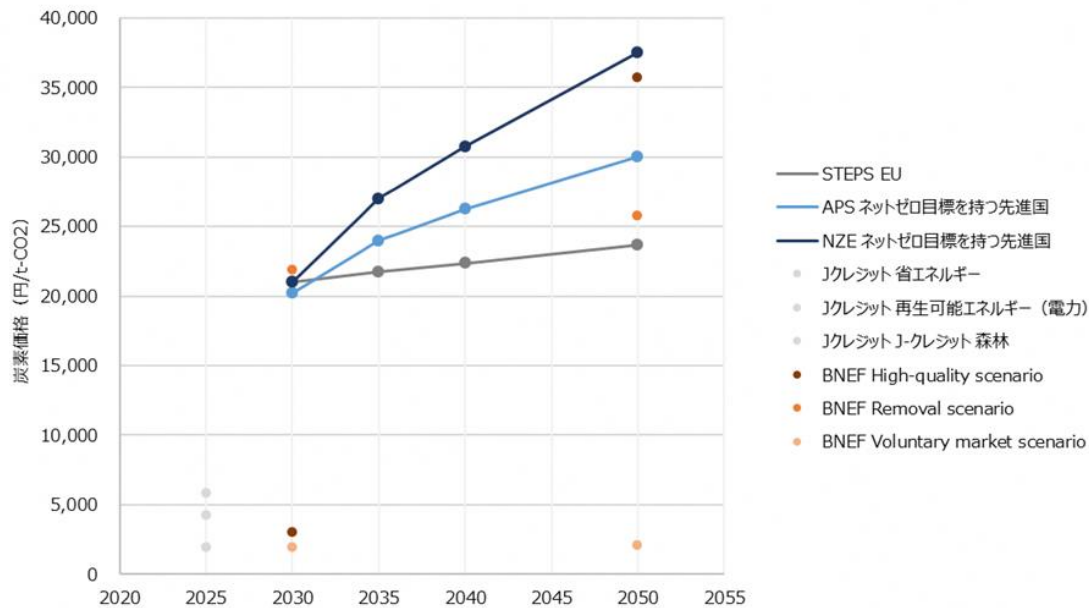
<High-quality scenario>

- 2030 年：約 0.3 万円/t-CO₂
- 2050 年：約 3.6 万円/t-CO₂

<Removal scenario>

- 2030 年：約 2.1 万円/t-CO₂
- 2050 年：約 2.6 万円/t-CO₂

(図表 10) 炭素価格の推移予測



(資料) International Energy Agency 「World Energy Outlook 2024」 (<https://www.iea.org/events/world-energy-outlook-2024>)、BloombergNEF 「Global Carbon Market Outlook 2024」 (<https://about.bnef.com/blog/global-carbon-market-outlook-2024/>)、日本取引所グループ「市場開設 (2023 年 10 月 11 日) 以降の売買状況」 (<https://www.jpx.co.jp/equities/carbon-credit/daily/index.html>、2025 年 4 月 25 日閲覧) をもとに日本総合研究所作成

各シナリオにおける炭素価格の推移を、図表 10 に示す。いずれのシナリオにおいても、炭素価格は 2030 年から 2050 年にかけて上昇する傾向が示されている。これらの国際的な見通しを踏まえると、「2050 年カーボンニュートラル」を掲げる日本においても、必要な制度・規制を整備する場合には、Announced Pledges Scenario または Net Zero Emissions by 2050 Scenario と同程度の価格水準で推移する可能性が高い。

そこで、本検討では、図表 11 の考え方にに基づき、仮に日本の炭素価格が以下のように推移すると仮定した。この環境価値単価を前提とした場合、カーボンマネジメント事業者は、排ガスから分離回収した CO₂ の「回収価値」を民間企業 (上流・下流の事業者を含む) や政府・地方公共団体に販売することで、以下の収入を得ることが可能となる。

- 2030 年：1.0 万円/t-CO₂
- 2040 年：3.0 万円/t-CO₂
- 2050 年：3.7 万円/t-CO₂

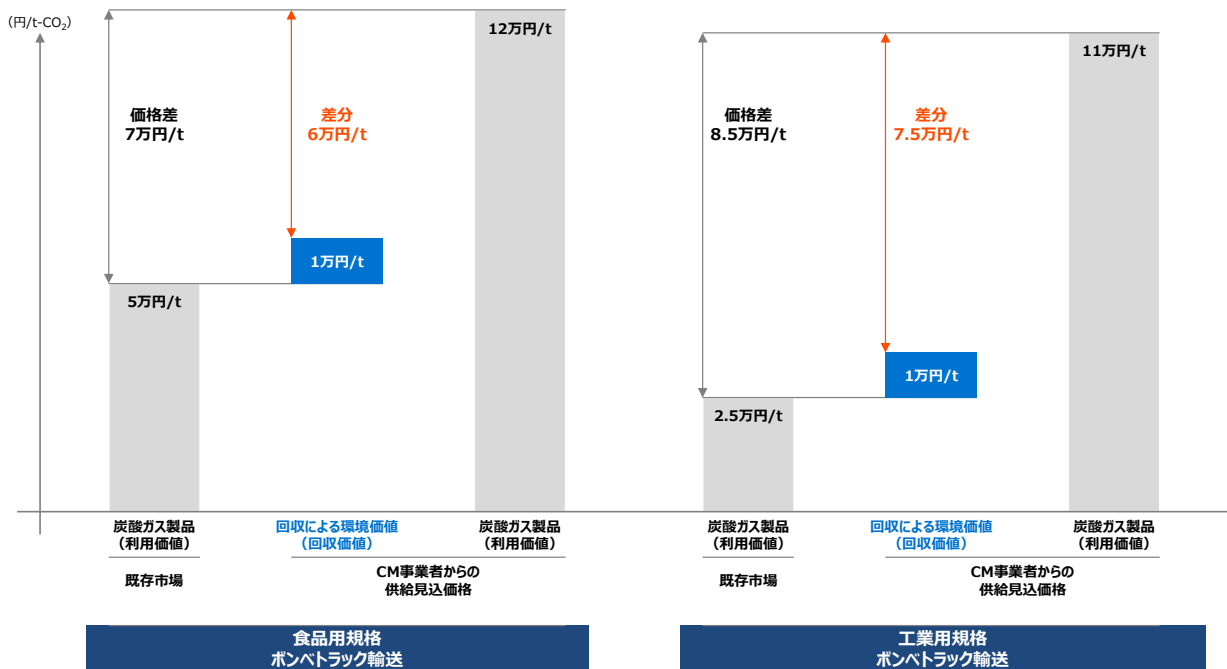
ただし、図表 12 に示すように、現行の炭酸ガス製品単価との差 (= 供給単価 12 万円/t-CO₂ に対して市場単価 5 万円/t-CO₂) は約 7 万円であり、仮に IEA の 1.5°C シナリオ水準で環境価値を販売したとしても、この価格差を埋めることは困難であると考えられる。

(図表 11) 排ガスからの CO₂回収価値の単価設定の考え方

2030 年	2030 年に向けて、2026 年以降に GX-ETS の本格稼働や化石燃料賦課金制度の導入により炭素価格が増加すると考えられるが、2025 年現在の J クレジット価格が約 0.5 万円程度であることを踏まえると、IEA の Announced Pledges Scenario、Net Zero Emissions by 2050 Scenario の予測値である約 2.0～2.1 万円/t-CO₂ までは上昇しない可能性が高いため、1.0 万円/t-CO₂ と設定した。
2040 年	IEA の Net Zero Emissions by 2050 Scenario に沿い、約 3.0 万円/t-CO₂ (205 米ドル/t-CO₂) まで上昇すると仮定。
2050 年	IEA の Net Zero Emissions by 2050 Scenario に沿い、約 3.7 万円/t-CO₂ (250 米ドル/t-CO₂) まで上昇すると仮定。

(資料) International Energy Agency「World Energy Outlook 2024」(<https://www.iea.org/events/world-energy-outlook-2024>)、BloombergNEF「Global Carbon Market Outlook 2024」(<https://about.bnef.com/blog/global-carbon-market-outlook-2024/>)、日本取引所グループ「市場開設(2023 年 10 月 11 日)以降の売買状況」(<https://www.jpx.co.jp/equities/carbon-credit/daily/index.html>、2025 年 4 月 25 日閲覧)をもとに日本総合研究所作成

(図表 12) 炭酸ガスの用途別の市場価格との価格差(炭酸ガスの利用価値+環境価値)



(資料) 日本総合研究所作成

(C) 本施策の効果見通し

長期的には、「製造工程の効率化に伴うコスト低減」と「炭素価格の上昇による回収価値販売の収入増加」の両側面から、一定程度は価格差が埋まっていくと考えられる。関係各社へのヒアリング結果を踏まえると、「製造工程の効率化に伴うコスト低減」により、従来品の 1.3~1.5 倍水準の価格まで低減できる可能性がある。一方で、残りの 0.3~0.5 倍の価格増加分は、「炭素価格の上昇による回収価値販売の収入増加」で埋め合わせる必要がある。回収価値の価格は、世界及び日本国内でのどれだけ強い規制がかかるかに応じて変化するが、2025 年の現時点で「世界全体で 2050 年ネットゼロを達成することを共通目標」としていない現状を踏まえると、少なくとも 2030 年頃までは、回収価値を積み上げても、炭酸ガス製品の市場価格との価格差は埋まらない可能性が高いと考えられる。そのため、初期には、施策 2 で提案する政府による早期の事業成立を促す仕組みと同時で進行させることが望ましい。

(2) 施策 2：政府による早期の事業化を図る政策支援の提案

カーボンマネジメント事業の早期立ち上げを実現するためには、市場メカニズムだけに委ねるのではなく、政策的支援によって、事業立ち上げ期の費用負担と投資回収の不確実性を緩和し、民間投資を後押しする仕組みが重要である。施策 2 では、そのための二つの政策支援として、(A) 段階的な価格差補填及び、(B) 設備導入補助を提案する。

(A) は当面のコスト差を埋めながら需要側を育成するアプローチ、(B) は設備投資段階から事業採算性の改善と投資誘発を図るアプローチである。以下では、両施策の実行方法、効果、課題を整理し、実効性ある政策パッケージとして提示する。

(A) 段階的な価格差補填

1 つ目は、カーボンマネジメント事業を先行的に確立できる可能性のある山形県酒田・庄内エリアで、政府が当該地域の事業者から環境価値（排ガス由来の CO₂）を、市場価格より高く買い取る制度を設けるアプローチである。初期投資や運営コストを補填しつつ、事業採算性の確保と、全国展開に向けたモデル構築を同時に実現することを目指すものである。

実行方法

施策 1 で述べたように、カーボンマネジメント事業者が、排ガスからの CO₂ 回収価値を民間企業又は政府・地方公共団体に対して販売した場合においても、炭酸ガス製品の市場価格との価格差を埋め合わせることは難しいと考えられる。そこで、政府が炭酸ガス製品の既存市場価格との価格差が小さい用途から段階的にその価格差を埋めるように、カーボンマネジメント事業者から、回収価値を市場価格よりも高額で買い取る仕組みを提案する。具体的には、図表 13 の場合、市場価格との差分が相対的に小さい食品用規格を初期支援の対象とし、政府がこの用途の炭酸ガスに対して、市場価格（約 1 万円/t-CO₂）よりも高い価格で回収価値を買い取るのである。例えば、政府が 1 トンあたり 5 万円で買い取れば、価格差 4 万円を補填でき、カーボンマネジメント事業者の供給単価（約 12 万円/t-CO₂）に近づく。

食品用規格は、工業用規格などと比べて市場価格との差が小さいため、補填にかかる財政負担も抑えられる。また、このような段階的補填によって、将来的には市場価格との価格差が自然に縮小していくことが期待される。CO₂ 利用量の増加に伴う分離回収のスケールメリットによる供給単価の低下や、炭素価格

（環境価値）の上昇による回収価値の販売価格の上昇が予想されるためである。

政府がカーボンマネジメント事業者から、回収価値を市場価格よりも高額で買い取る仕組みを採用することにより、市場価格への円滑な移行が期待できる。この際、炭酸ガス製品の市場価格との価格差は、図表 14 のような CO₂ の利用量の増加に伴う分離回収規模拡大による炭酸ガス製品単価の低下、および環境価値の市場価格の増加によって、縮小していくと考えられる。

本検討では、環境価値の単価を以下のように仮定した。また、炭酸ガス製品の販売価格は、2030 年から 2039 年の間、5 万円/t-CO₂ で一定であると仮定する。

- 2030 年：1.0 万円/t-CO₂
 - 2030 年：2.6 万円/t-CO₂
- （2030 年～2040 年の間は、毎年同じ割合で増加する）

この前提に基づけば、価格差補填は 2030 年から 2039 年の 10 年間で、総額約 16 億円規模（15.8 億円）になると見込まれる（図表 15）。この支援策により、初期段階では市場の早期立ち上げが期待でき、中長期的には政府支援に依存しない自立的な市場形成への移行が可能となる。

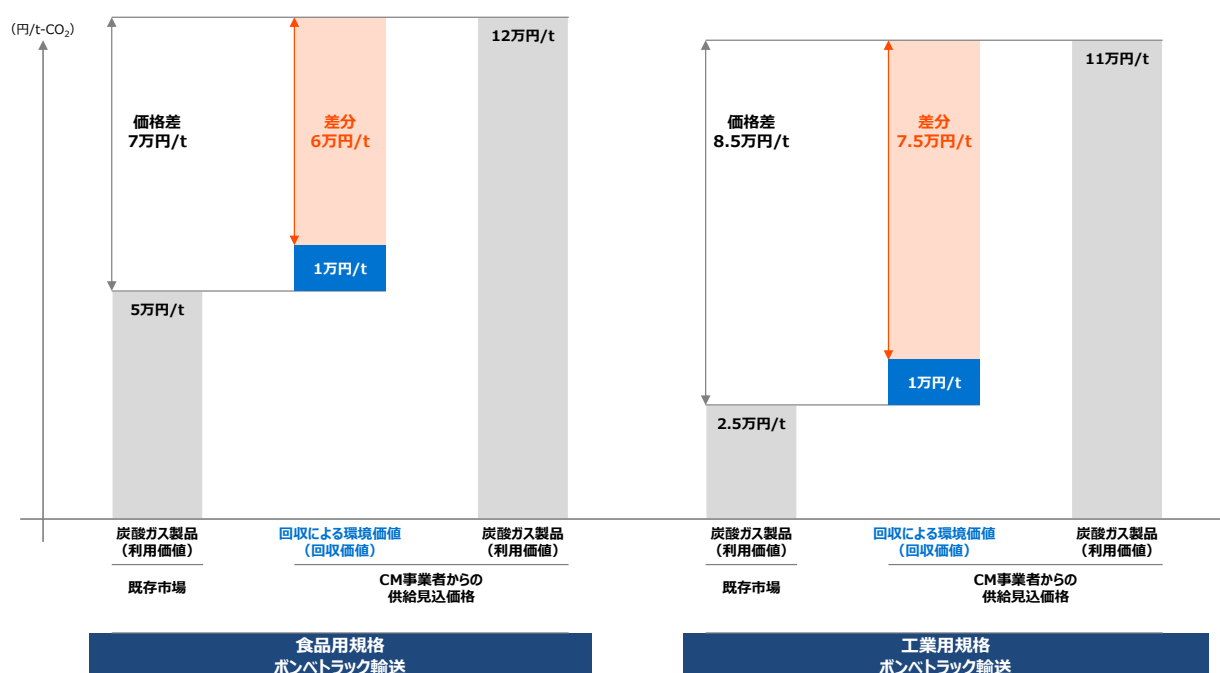
【試算式】

（2030 年から 2039 年までの補填額累積）

$$= \text{〔価格差（万円/t-CO}_2\text{）〕} \times \text{〔年間供給量（0.3 万 t）〕}$$

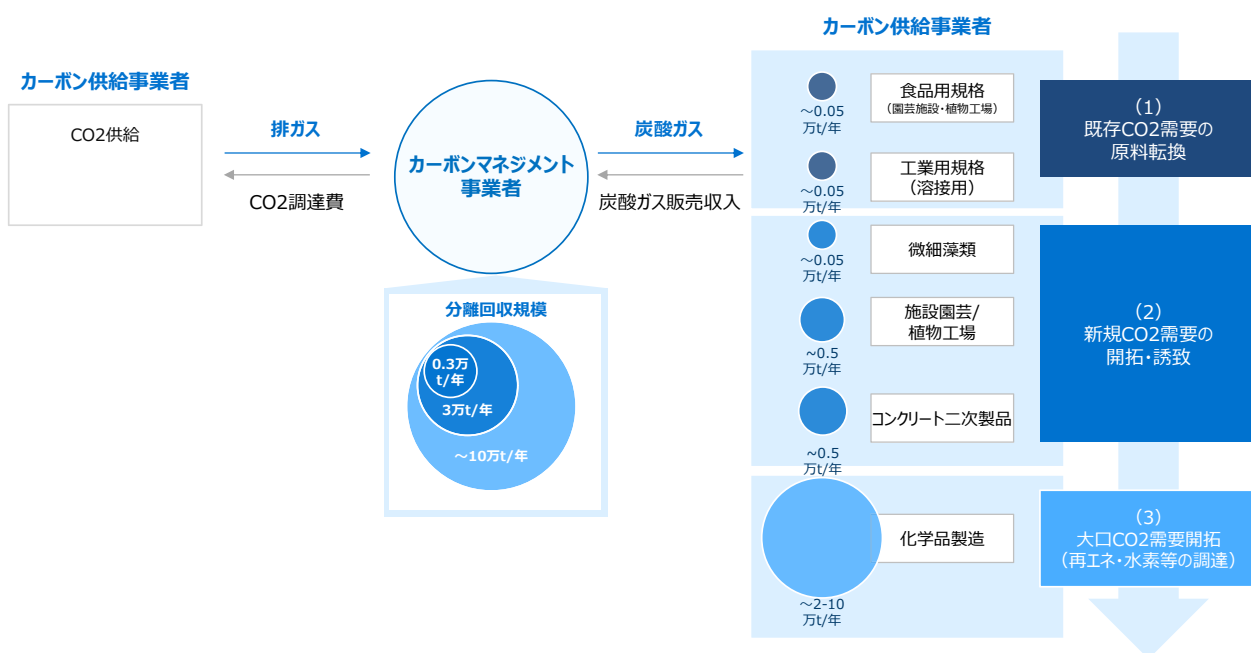
$$= 15.8 \text{ 億円}$$

（図表 13） 用途別の市場価格との価格補填のための環境価値の買取価格
（炭酸ガスの利用価値＋環境価値）



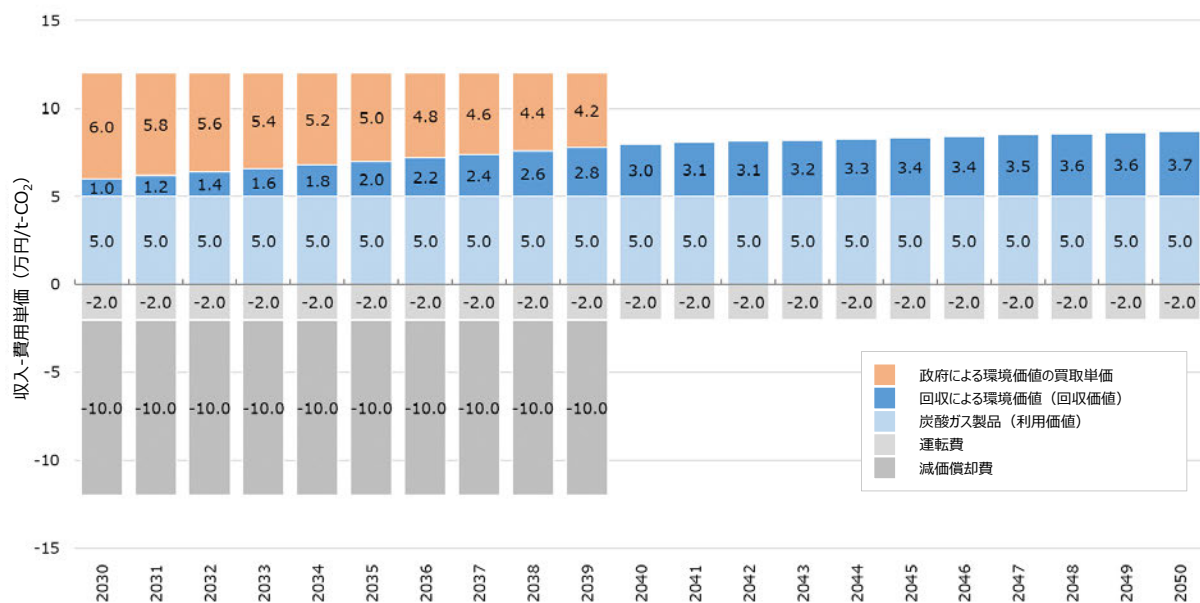
（資料）日本総合研究所作成

(図表 14) CO₂利用量の増加に伴うカーボンマネジメント事業者による分離回収規模拡大



(資料) 日本総合研究所作成

(図表 15) 政府によるカーボンマネジメント事業者からの回収価値の買取額総額



(資料) 日本総合研究所作成

(注 6)「運搬費」「減価償却費」は、類似事例や既存炭酸ガス市場をもとに日本総合研究所にて試算した値を用いた。減価償却費は、分離回収設備、液化設備、輸送設備への設備投資額を、償却期間を 10 年として試算した。

(注 7)「炭酸ガス製品 (利用価値)」の販売価格は、食品用規格の炭酸ガスを、5 万円/t-CO₂ で一定であると仮定した。

(注 8)「排ガスからの CO₂回収価値」の単価は、図表 10 の考え方に基づき、2030 年から 2040 年まで、2040 年から 2050 年までの期間、毎年一定の割合で増加すると仮定する。

(注 9)「政府による環境価値の買取単価」は、運搬費と減価償却費の総額と、炭酸ガス製品としての利用価値と排ガスからの CO₂回収価値との差額とした。なお、各種設備の償却期間である 2030 年から 2039 年までの 10 年間を対象とすると仮定した。

期待される効果

短期的には、小規模先行モデルの採算確保と地域サプライチェーンの早期確立、需要家の着実な獲得という効果が見込まれる。中長期的には、CO₂利用量の拡大に伴う単位コストの逡減、環境価値取引の成熟、ならびに価格補填の段階的縮小を通じて、政府支援に依存しない自立的な市場形成が視野に入る。

実行に向けた課題

一方で、本アプローチを実行するにあたり、以下の点が課題となると考えられる。

(1) GX 政策との整合性の確保

価格差を 100%補助する本アプローチは、民間事業者の効率化努力を要しない仕組みである。一方、経済産業省等において推進する「成長志向型カーボンプライシング構想」では民間事業者の主体的な投資判断が重視されているため、同構想との整合性を確保する制度設計が必要である。

(2) 検討事項の単純化

値差支援の制度化にあたり、値差支援単価・適用期間・環境価値の推移見通しや、カーボンリサイクル製品の対象範囲・期間等などの検討要素が多数発生する。実行可能な制度とするためには、制度設計の複雑性を軽減し、検討事項を単純化することが必要である。

(3) 値差補填とカーボンクレジット収入の併用

価格差を 100%補填する場合、追加性の要件を満たさないため、カーボンクレジット収入との併用ができない可能性が高いため、値差補填からクレジット収益への移行タイミングを精緻に設計することが求められる。実行力を持たせるには、こうした制度設計の複雑化を回避することが必要である。

(B) 設備導入補助

二つ目は、CO₂分離回収・精製・液化・輸送などに係る設備投資の一部を補助するものである。本アプローチは、(A) 値差支援で整理した CO₂ 単価差に着目した支援金額を参考値としながら、以下の課題に配慮する方法として、一つの選択肢となり得る。

- 部分補助とすることで、民間事業者が設備投資後の運営リスクを負担する構造となるため、民間事業者による効率化努力を促す政策と整合する。
- 対象設備と補助率を明確に定義することで、制度化に踏み込みやすい。
- 初期投資負担を軽減するが、運営段階では民間が自らコスト回収を図る必要があり、追加性が保たれやすいため、カーボンクレジット収入を活用する余地が残り、二重支援の問題が発生しにくい。

実行方法

補助対象は、CO₂分離回収設備、精製設備、液化設備、輸送設備（ボンベ車・タンクローリー等）など、サプライチェーン全体を構成する設備群（総額約 50 億円規模、「3（4）収支試算の結果」を参照）とする。これらは CO₂の分離・精製から輸送・利用までを一貫して行う基幹インフラであり、単一設備ではなくサプライチェーン全体として整備する必要がある。補助率は 1/2～2/3 などを上限とし、民間企業が 1/3～1/2 を自己負担する設計とすることで、事業者の自立的な経営努力と投資判断を促すことができる。

この前提に基づくと、政府が設備投資総額の 1/2～2/3 を負担した場合の補助金額は、約 25～33 億円規模となる。この金額は、(A) で試算した値差支援総額（10 年間累計約 16 億円）に比べて一時的に大きく見えるが、用途別補填を段階的に調整する値差支援とは異なり、本アプローチでは行政コストを抑えながら政策実行を加速できるため、財政効率性と実行可能性を両立できると考えられる。

期待される効果

本アプローチの実施により、設備導入補助によって初期投資負担が軽減され、事業採算の損益分岐点到達時期が前倒しされることで、民間事業者の参入と早期の採算成立が促される。また、補助後の運営段階では民間が自らコスト回収を行うため、クレジット発行に求められる追加性が担保される構造となり、設備稼働後には CO₂の回収・活用により創出された環境価値を市場で取引できるようになる。これにより、事業の自立化と民間市場での成長が見込まれる。

6. 期待される効果と今後の展望

(1) 小規模先行モデルの戦略的意義と役割

本提言で提示した施策を山形県酒田・庄内エリアにおいて実行し、年 0.3 万 t-CO₂規模の CO₂回収・利用事業を先行的に構築することには、次のような戦略的意義がある。

第一に、中核となるカーボンマネジメント事業者が、CO₂の分離回収から需給調整、供給先との調整等を含む事業運営ノウハウを蓄積できる点である。CO₂の地産地消を可能にする本格的な地域インフラは、現段階では全国的に未整備であり、小規模からでも実行可能なスキームの構築が喫緊の課題である。

第二に、地域内の実需者との連携による具体的な利用実績の確保は、今後のスケールアップに不可欠である。初期段階では採算性よりもノウハウと信頼性の蓄積を優先し、事業計画の精度を高めることで、事業者や投融資家の意思決定を促すことが現実的かつ有効である。結果として、年 3 万 t-CO₂規模など、より大規模な事業展開への基盤を構築することが可能となる。

第三に、スケール拡大により、設備投資に対する減価償却費や輸送・運転コストの逓減効果が発現する。これにより、CO₂供給単価は現在の 12 万円/t-CO₂水準から食品用・工業用規格などの既存市場価格帯（3～5 万円/t-CO₂程度）に近づき、自立的な事業継続が視野に入る可能性が高い。ただし、化学品・燃料などの低価格用途（1 万円/t-CO₂以下）ではさらなる技術革新と支援策が必要であり、事業フェーズに応じた段階的・選択的な補助政策が不可欠である。

(2) 地域モデル構築における山形県酒田・庄内エリアの優位性

山形県酒田・庄内エリアは、カーボンマネジメントの地域モデルを構築するうえで、以下の優位性を備えている。

- 地方公共団体（山形県・酒田市）と地元企業による協働体制の基盤がある
- 農業・畜産業・森林資源を背景とした豊富なバイオマス資源がある
- 東北有数のコンクリート二次製品製造拠点としての素材産業基盤がある
- 植物工場や園芸施設などの初期の CO₂需要先が分散的に存在する
- CO₂分離回収や化学品・燃料分野での利用時に必要となる再生可能エネルギーが豊富にある
- 酒田港港湾脱炭素化推進計画においてグリーン水素の供給拠点として整備する方針が示されている

既に同エリアでは、2025 年 3 月に開業した商業施設「いろは蔵パーク」でカーボンリサイクル製品（CO₂吸収型コンクリート等）が採用される等の事例も現れており、地域需要の具体化と実績の積み上げが進んでいる。

山形県酒田・庄内エリアは、上記の優位性を持ちながら、農林水産業地帯と素材産業地域が近接するという全国に共通する地理的構造を有しており、本地域での成功事例は他地域への波及可能性が高い。したがって、全国の同様地域における「地域カーボンサイクル産業」構築のロールモデルとなり得る。

(3) 地域経済・地方公共団体への効果

本提言の実現により、山形県や酒田市をはじめとする地方公共団体にとって、以下のような効果が期待される。

- 新産業創出：カーボンマネジメント事業を核とした地域循環型産業が形成される
- 環境価値の地域内循環：CO₂排出抑制に対する価値を地域内で捕捉・分配できる
- 財源多角化：地域で創出した環境価値（回収価値）を外部（国内外）に販売し、新たな歳入の可能性を確保できる
- 政策実装と経済成長の両立：地域の脱炭素化目標を産業政策と連動させることで持続可能な地域成長へつなげる

7. おわりに

地域カーボンサイクル産業を実現するためには、カーボンマネジメント事業者が供給する炭酸ガスの単価を市場価格に近づける仕組みの設計が必要である。本書で提案した施策を実行することで、早期の事業立ち上げと、政府支援に依存しない自立的な市場形成への移行が可能となる。

山形県酒田・庄内エリアでの先行的な取組は、CO₂を地域資源として循環利用する実践的な経済モデルを示すものであり、日本全体の脱炭素戦略にも大きく寄与する。今後、全国での地域カーボンサイクル産業の展開に向けて、より一層踏み込んだ政策と環境整備を期待したい。

以上

CCI コンソーシアム 2024 の体制

○主催

株式会社日本総合研究所

○推進機関

国立大学法人京都大学

京大オリジナル株式会社

○会員

＜民間企業＞（民間会員・協力会員、各五十音順）

住友重機械工業株式会社（民間会員）

日本製紙株式会社（民間会員）

横河電機株式会社（民間会員）

株式会社イービス藻類産業研究所（協力会員）

一般社団法人カーボンリサイクルファンド（協力会員）

サミット酒田パワー株式会社（協力会員）

東邦アセチレン株式会社（協力会員）

東洋エンジニアリング株式会社（協力会員）

B.A.U.M. Consult Japan 株式会社（協力会員）

株式会社三井住友銀行（協力会員）

株式会社三井住友フィナンシャルグループ（協力会員）

ライジング株式会社（協力会員）

ほか

＜地方公共団体＞

酒田市（協力会員）

山形県企業局（協力会員）

山口県（協力会員）

ほか

※なお、本提言内容は、CCI コンソーシアム 2024 会員による検討結果であり、各会員の公式見解を示すものではありません。

参考文献

- i 内閣官房等 [2021]. 「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」 (2021 年 6 月)
- ii 経済産業省 [2023]. 「カーボンリサイクルロードマップ」. (2023 年 6 月)
- iii International Energy Agency 「World Energy Outlook 2024」 (<https://www.iea.org/events/world-energy-outlook-2024>)
- iv 株式会社日本総合研究所・国立大学法人京都大学・京大オリジナル株式会社 [2024]. 「地産地消の『カーボンサイクル素材産業モデル』構築を開始～山形県酒田・庄内エリア、宮城県石巻・岩沼エリアでの実装を目指す～」 2024 年 9 月
- v 環境省 [2024]. 「温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算定方法検討会 資料 3 : CCS 及び CCU の扱いについて (案)」 (2024 年 6 月)
- vi International Energy Agency 「World Energy Outlook 2024」 (<https://www.iea.org/events/world-energy-outlook-2024>)