2025 年度冬期
グラデュエーションペーパー
予稿

題目
大規模脱炭素プロジェクトにおける撤退要因の探求

技術経営論文	ビジネス企画提案

学籍番号	8824242	氏名	松末優一

教　員	
主査	井上悟志教授
審査委員 担当	藏地弘史教授

東京理科大学大学院 経営学研究科 技術経営専攻

「　大規模脱炭素プロジェクトの撤退要因　」

目次

1. → はじめに ..... → 3
   1.1. → パリ協定と我が国の脱炭素政策 ..... → 3
   1.2. → 企業の脱炭素に取り組む意義 ..... → 4
   1.3. → 脱炭素に期待される水素・アンモニア ..... → 4
   1.4. → 撤退事例 ..... → 6
   1.5. → 欧州における脱炭素政策の揺らぎ ..... → 7
2. → 問題意識・背景 ..... → 8
   2.1. → 撤退した理由の不可解さ ..... → 8
   2.2. → 大規模脱炭素プロジェクトの固有性 ..... → 9
3. → 問い ..... → 13
   3.1. → エネルギーとはなにか ..... → 13
   3.2. → 大規模脱炭素プロジェクトとは何か ..... → 15
   3.3. → 大規模脱炭素プロジェクトの価値の源泉は何か ..... → 15
   3.4. → 脱炭素の価値は時間の経過と共に揺らいでいるのではないか ..... → 16
   3.5. → 撤退要因を定量的に解することは可能なのか ..... → 17
4. → 先行研究 ..... → 18
   4.1. → 先行研究の方針 ..... → 18
   4.2. → 失敗の本質 ..... → 18
   4.3. → マクロプロジェクトの成功と失敗 ..... → 20
   4.4. → Gone with the Wind: Is this the End for Wind Energy? ..... → 21
5. → 仮説 ..... → 21
   5.1. → MCDA を用いて大規模脱炭素プロジェクト撤退要因を明らかにできる ..... → 21
6. → 検証事例・検証方法 ..... → 22
   6.1. → CQH2 プロジェクト ..... → 22
   6.2. → MCDA ..... → 25
7. → 検証結果 ..... → 28
   7.1. → アンケートによる価値の重み ..... → 28
   7.2. → MCDA スコア ..... → 29
8. → 考察 ..... → 30
   8.1. → 大規模脱炭素プロジェクトは代替性が低い ..... → 30
   8.2. → 脱炭素の価値が時間と共に変動した ..... → 31
   8.3. → 撤退判断は評価基準の変動がもたらした帰結 ..... → 32
9. → まとめ ..... → 33
10. → 引用文献 ..... → 35

1. はじめに

パリ協定は、気温上昇を 2℃未満に抑えることを基本目標とし、1.5℃目標の努力を追求すること、さらに 21 世紀後半に実質排出ゼロを達成することを各国に求めている。山崎 [1]は「気候変動対策は政策論争から技術開発へとフェーズが移ったと言えるだろう.」と述べており、確かに 2020 年頃からは「カーボンニュートラル」や「脱炭素」をキーワードとして、各企業が大規模脱炭素プロジェクトの検討を開始し、実行に移されている。日本政府は 2023 年 2 月に化石燃料中心の産業構造をクリーンエネルギー中心の産業構造に移行させるべく、GX（グリーントランスフォーメーション）を推進しており、GX 経済移行債を活用した 20 兆円規模の投資促進策を検討している。GX 経済移行債は段階的なカーボンプライシング（排出量取引・化石燃料賦課金）を財源として、2029 年より償還される予定であり、企業は脱炭素に早期に取り組むほど将来の負担が軽くなる仕組みが導入される見込みだ。 [2]加えて、山崎 [1]は「「気候変動対策はもはや社会貢献ではなく自己の存続のために必要」という当事者意識のパラダイムシフトが起きていることが示唆された」とも述べており、企業にとって脱炭素に関する取り組む意義は増している。

一方で、2024 年に入り大規模脱炭素プロジェクトの撤退が相次いで報道され、「採算性の欠如」「政策支援の変動」「地域住民の反対」といった複数の定性的な理由により撤退したものと説明されている。[3]

本研究においては、これら撤退した大規模脱炭素プロジェクトを事例として、プロジェクトのフェーズにおける評価基準の影響度の定量的な評価を試みる。大規模脱炭素プロジェクトの評価基準の影響度を計ることにより、企業が重要視する基準を把握すると共に、脱炭素プロジェクトの固有性を明らかとし、撤退に至った理由を定量的に解明することを目的とする。

2. 研究の問いと意義

本研究が立てる中心的な問いは、以下の三点である。

1. 大規模脱炭素プロジェクトの価値の源泉は何か。
2. 脱炭素の価値は、時間の経過とともに揺らいでいるのではないか。
3. 複数存在する撤退要因を統合し、定量的に解釈することは可能か。

大規模脱炭素プロジェクトは、単に経済性のみで評価されるものではなく、技術実現性、環境影響性、社会制度整合性といった複数の目的・価値を内包している。そのため、どれか一つの基準だけを取り出して「失敗」や「撤退」を説明することは難しい。むしろ、複数の基準がどのようなバランスで変動し、その結果としてプロジェクトの成立性がどのように損なわれていくのかを、構造的に捉える必要がある。

本研究の意義は、撤退した大規模脱炭素プロジェクトを対象に、多基準意思決定分析（MCDA）を用いて定量的に評価することで、脱炭素の社会的価値が時間とともにどのように変動しうるのか、その一端を明らかにする点にある。特に、プロジェクトが成立するための条件として、「経済性」「技術実現性」「環境影響性」「社会制度整合性」という四つの評価基準が、相互補完ではなく独立した成立条件として機能しているという仮説を検証することで、大規模脱炭素プロジェクトの固有の脆弱性を浮き彫りにすることを目指す。

3. 調査対象および研究方法

3.1 調査対象および使用データ

本研究では、「数千億円以上の投資規模」「国家戦略への位置づけ」「国内外の連携」「CO_2排出削減への貢献」を満たす事業を大規模脱炭素プロジェクトと定義し、研究対象とした。具体的には、豪州にて計画されていた Central Queensland Hydrogen Project（以後、「CQ-H2」と呼ぶ）を調査の事例対象として選定した。CQH2 プロジェクトは豪州・クイーンズランド州で再生可能エネルギー由来のグリーン水素を大規模に製造し、液化して日本やシンガポールへ輸出することを目指していた。総事業費としては当初約 1.2 兆円と見込まれていたが、その後 1.4 兆円規模へと膨張した。2021 年から FS（実現可能性調査）を開始し、2022 年に FS が完了、2023 年 5 月に FEED（基本設計）へと移行していた。しかし、2025 年にコスト増大や州政府の支援撤退によりプロジェクトの中止が発表された。

使用データとしては、Stanwell [4]にて作成された Feasibility Study Report を主に参照すると共に、Australia's National Hydrogen Strategy [5]や、ARENA [6]などの豪州政府情報なども情報ソースとして利用した。

3.2 研究方法

本研究においては、事例におけるプロジェクトの時間軸を定点的に Multi-Criteria Decision Analysis（以後、「MCDA」と呼ぶ）を用いて、分析を行うことにより、プロジェクトの FS 完了時点（2022 年時点）と撤退の意思決定が成された時点（2025 年時点）で統合スコアがどのように変化したのかの確認を行う。図 1

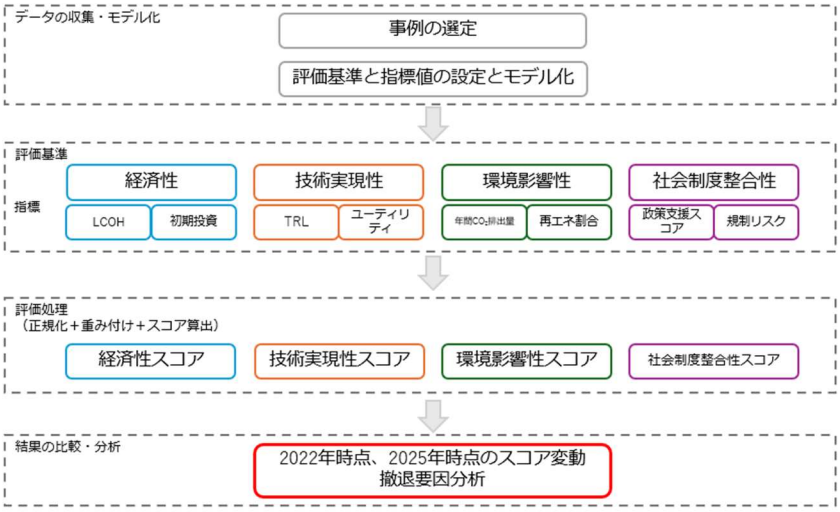

図 1：本研究の MCDA モデル

MCDA は合理的な意思決定を支援するために、複数のトレードオフ関係にある選択肢間を体系的に評価するための分析手法 [7]であり、特にエネルギー分野などにおける経済性と環境性などのトレードオフ関係をスコアとして可視化する際に用いられている。Md. Sahabuddin et al. [8]はエネルギー業界において、持続可能性が注目されていることに触れ、MCDA を用いて電源に関する評価を行っており、持続可能性を評価するために様々な MCDA 手法が用いられていると言及している。

本研究では、まず評価基準として、「経済性」、「技術実現性」、「環境影響性」、「社会制度整合性」を設定した。これら 4 つの評価基準のそれぞれの下位に複数の指標を設定し、各指標を 5 段階スケールでスコアを算出した。スコアの算出においては、2022 年を 5 段階評価の中心を取り 3 と設定し、2025 年にかけて起きた代表的な出来事により、プロジェクトへのポジティブな影響を与えた場合はより高いスコアを付け、ネガティブな影響を与えたものについては、低いスコアを付けた。そして、各指標におけるスコアとアンケートにより収集した重みを加重し、加重値を算出した。重みについては、水素関連プロジェクトの従事者 9 名を対象にアンケート調査を実施し、それぞれの指標及びに基準間の相対的重要度について、AHP（Analytic Hierarchy Process）を用いて算出した。これにより、実務経験に基づく複数の専門家による各基準間の相対的重要度について、妥当性の高い重み付けを行うことができた。

「経済性」においては LCOH（Levelized Cost of Hydrogen）、初期投資、ランニングコスト、投資回収年数の 4 つの指標を設定し、Stanwell [4]から指標値を抽出した。また、Stanwell [4]は 2022 年の発行であったため、2025 年時点における数値として、レポート内のシナリオ分析から最も悪化シナリオをベースに算出を行った。投資回収年数を試算には、水素の需要側の受け入れられうる価格が必要だったため、参照情報として ENEOS 水素 [9]の価格を用いて投資回収年数の試算を行った。表 1

「技術実現性」については、TRL、ユーティリティ、現地設置容易性の 3 つの指標値を設定した。TRL は Stanwell [4]より主要機器を抽出し、加えて各機器におけるメーカーの発表資料などを参照にし、各機器における TRL の算出を行った。また、2022 年と 2025 年の時間経過により、技術開発に進展が見られ、同時に他で行われているプロジェクトを参照することにより、TRL の変化量も明らかとなった。ユーティリティについては、プラントを運営するのに必要な 5 つのユーティリティの供給難易度の評価を行う。現地設置容易性についても同様に評価を行った。表 1

「環境影響性」については、指標値としてプロジェクト実施時による年間 CO_2 排出量削減量、再エネ割合、水資源消費量、生態系インパクトを設定した。表 2

「社会制度整合性」については、政策支援、規制リスク、地域受容性、ガバナンス体制、金融支援度を設定した。表 2

評価処理には、MCDA の代表的手法のうち、加重和モデル（WSM）と加重積モデル（WPM）を採用した。WSM は各指標スコアに重みを乗じて合計することで統合スコアを算出する手法であり、WPM は各指標スコアを重み付きで乗算することで、基準間のバランス崩壊に敏感な評価を可能とする手法である。

評価基準	指標値
経済性	LCOH
	初期投資
	ランニングコスト
	投資回収年数
技術実現性	TRL
	ユーティリティ
	現地設置容易性

表 1：評価基準及び指標

評価基準	指標値
環境影響性	年間 CO_2 削減量
	再エネ割合
	水資源消費量
	生態系インパクト
社会制度整合性	政策支援
	規制リスク
	地域受容性
	ガバナンス体制
	金融支援度

表 2：評価基準及び指標

4. 研究結果

4.1 統合スコア

本研究の過程において複数の水素関連プロジェクトの従事者にアンケートを取得した結果、「経済性」が他の基準と比べて 1.46~2.36 倍の重要度を持つことが明らかとなり、プロジェクトにおいて「経済性」の重視されていることが確認できた。一方で、基準間における突出した偏りは認められず、いずれの基準も一定の必要性を持つことが示された。

本研究の結果、CQH2 プロジェクトの 2022 年と 2025 年における統合スコアを比較すると、合計値は、3.000 から 2.934 へとわずかに減少したことが確認できた。これは、「技術実現性」のスコアが若干改善するも、「経済性」及び「社会制度整合性」のスコアが減少しており、重みの高い評価基準の影響により合計値が減少している。一方で、乗算値は 1.76×10^{-6} から 3.66×10^{-7} へと変動しており、乗算値が大幅に減少していることを確認した。これは 2022 年から 2025 年にかけて「経済性」と「社会制度整合性」の評価基準の積のスコアが極端に減ったことに起因しており、プロジェクトの全体としての価値の偏りが大きくなっていることを示している。表 3

本研究の結果により、2022 年から 2025 年にかけて技術の進捗により「技術実現性」が改善する一方で、その他の「経済性」や「社会制度整合性」といった基準が悪化したことによりプロジェクトが撤退へと決断されたことが推定される。

		2022			2025						
評価基準	指標	スコア	重み	加重値	スコア	重み	加重値	状況	重み	2022　評価基準スコア	2025　評価基準スコア
経済性	LCOH	3	0.570744694	1.712234082	3	0.570744694	1.712234082	同一			
	初期投資	3	0.193993048	0.581979143	2	0.193993048	0.387986095	悪化			
	ランニングコスト	3	0.149560534	0.448681603	2	0.149560534	0.299121069	悪化			
	投資回収年数	3	0.085701724	0.257105172	4	0.085701724	0.342806896	改善			
			SUM	**3**		**SUM**	**2.742148142**	**悪化**	**0.378975527**	**1.136926581**	**1.039207037**
			Product	**0.114952821**		**Product**	**0.06812019**	**悪化**	**0.378975527**	**0.043564306**	**0.025815885**
技術実現性	TRL	3	0.533615491	1.600846473	3	0.533615491	1.600846473	同一			
	ユーティリティ	3	0.271100522	0.813301567	4	0.271100522	1.084402089	改善			
	現地設置容易性	3	0.195283987	0.585851961	4	0.195283987	0.781135948	改善			
			SUM	**3.000000001**		**SUM**	**3.46638451**	**改善**	**0.201964681**	**0.605894043**	**0.700087242**
			Product	**0.762762231**		**Product**	**1.356021744**	**改善**	**0.201964681**	**0.154051031**	**0.273868499**
環境影響性	年間CO_2削減量	3	0.299835294	0.899505881	3	0.299835294	0.899505881	同一			
	電力由来負荷	3	0.062330289	0.186990868	3	0.062330289	0.186990868	同一			
	水資源消費量	3	0.134823011	0.404469033	3	0.134823011	0.404469033	同一			
	生態系インパクト	3	0.503011406	1.509034218	3	0.503011406	1.509034218	同一			
			SUM	**3**		**SUM**	**3**	**同一**	**0.25898759**	**0.77696277**	**0.77696277**
			Product	**0.102661775**		**Product**	**0.102661775**	**同一**	**0.25898759**	**0.026588126**	**0.026588126**
社会制度整合性	政策支援	3	0.266714436	0.800143307	1	0.266714436	0.266714436	悪化			
	規制リスク	3	0.175423033	0.526269098	4	0.175423033	0.70169213	改善			
	地域受容性	3	0.255211996	0.765635988	3	0.255211996	0.765635988	同一			
	ガバナンス体制	3	0.191787876	0.575363629	4	0.191787876	0.767151506	改善			
	金融支援度	3	0.110862659	0.332587978	1	0.110862659	0.110862659	悪化			
			SUM	**3**		**SUM**	**2.612056719**	**悪化**	**0.160072201**	**0.480216603**	**0.418117668**
			Product	**0.061694569**		**Product**	**0.012186582**	**悪化**	**0.160072201**	**0.009875585**	**0.001950733**
									合計値	**3.0000**	**2.934374717**
									乗算値	**1.76216E-06**	**3.66703E-07**

表 3：統合スコアの算出結果

4.2 撤退要因の推定

報道および関係者へのヒアリングによれば、CQH2 プロジェクトの撤退理由として、①豪州政府の政権交代による支援の不透明化、②実現可能性調査において想定以上に高い水素生産コストが判明したこと、③当初見込んでいたオフテイカーの撤退、などが挙げられている。本研究の MCDA 結果は、これらの要因が「経済性」と「社会制度整合性」のスコアを大きく押し下げたことと整合的である。技術面では、電解装置や液化技術の TRL 向上などにより「技術実現性」は一定程度改善していたと考えられる。しかし、コスト上昇や政策支援の不透明化、オフテイカーの確度低下といった要因が「経済性」と「社会制度整合性」を大きく毀損し、その結果として、プロジェクト全体の成立性が乗算的に崩壊したと推定される。

5. 考察とまとめ

本研究の結果は、大規模脱炭素プロジェクトが「経済性」「技術実現性」「環境影響性」「社会制度整合性」という四つの評価基準を、いずれも一定水準で満たすことを前提として成立していることを示唆する。これらの基準は相互補完的に機能するわけではなく、いずれか一つが成立条件を下回った場合、他の基準によって補うことはできない。特に、WPM による乗算評価は、この「非補完性」を定量的に可視化するうえで有効であった。

通常の LNG プロジェクトのように、長年の市場経験や確立されたサプライチェーン、複数の調達先、成熟した制度環境といった「代替性」が豊富なプロジェクトでは、特定の基準が一時的に悪化しても、他の手段によって基準を維持・補完することが可能である。例えば、特定の供給源のコストが上昇しても、他の供給源への切り替えや契約条件の見直しなどにより、全体としての経済性を維持しうる。

しかし、CQ-H2 のような大規模脱炭素プロジェクトでは、技術・制度・市場のいずれもが未成熟であり、ネガティブな影響に対する代替手段が極めて限られている。そのため、一度いずれかの評価基準が崩れると、他の基準で補完することができず、プロジェクト全体が脆弱性を露呈しやすい構造にある。これは、単に「リスクが高い」という一般的な表現では捉えきれない、脱炭素プロジェクト固有の構造的特徴をもつ。

6. 引用文献

[1] 山崎大、他[1], “世界はなぜ脱炭素に向けて舵を切ったのか？,” *水分・水資源学会誌,* 第 巻 35, 第 3, pp. 202-232, 2022.

[2] 経済産業省, “産業の GX に向けた資金供給の在り方について②,” 2022. [オンライン]. Available: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/industry_gx/pdf/002_03_00.pdf. [アクセス日: 14 8 2025].

[3] 日本経済新聞社, “関電､豪州･グリーン水素製造事業から撤退　採算見込めず,” 日本経済新聞社, 15 11 2024. [オンライン]. Available: https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUF215KC0R21C24A0000000/. [アクセス日: 14 8 2025].

[4] S. C. Limited, “Central Queensland Hydrogen Project　Feasibility Study Report,” Stanwell, 2022.

[5] A. Goverment, “Australia’s National Hydrogen Strategy,” Australia Government, 2 10 2024. [オンライン]. Available: https://www.dcceew.gov.au/energy/publications/australias-national-hydrogen-strategy. [アクセス日: 14 8 2025].

[6] A. Government, “Central Queensland Hydrogen (CQ-H2) Project FEED study,” 4 2 2025. [オンライン]. Available: https://arena.gov.au/projects/central-queensland-hydrogen-cq-h2-project-feed-study/. [アクセス日: 14 8 2025].

[7] P. B. S. H. Petrissa Eckle, “Final report on Multi Criteria Decision Analysis(MCDA), revised,” SECURE Security of Energy Considering its Uncertainty, Ris and Economic implications, 2011.

[8] I. K. Md. Sahabuddin, “ Multi-criteria decision analysis methods for energy sector's

sustainability assessment: Robustness analysis through criteria weight change,” *Sustainable Energy Technologies and Assessments Volume 47,* 2021.

[9] ENEOS 株式会社, “ENEOS 水素の価格改定について,” 6 2 2024. [オンライン]. Available: https://www.eneos.co.jp/information/upload_pdf/20240206_01_01_0906370.pdf. [アクセス日: 26 9 2025].