

終 了 報 告 書

S I P (戦略的イノベーション創造プログラム)

課題名「エネルギーキャリア」

研究開発テーマ名「CO₂フリー水素利用アンモニア製造・

貯蔵・輸送関連技術の開発」

研究題目「①CO₂フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討」

「②米国におけるCO₂フリーアンモニア製造・供給の検討」

研究開発期間：平成29年11月1日～平成31年3月31日
研究担当者：村尾 亮一
所属研究機関：三菱商事株式会社

目次

1. 本研究の目的	1
1-1. 本研究開発構想の背景	
1-2. 研究開発期間内に取り組む課題	
(1) CO ₂ フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討	
(2) 米国における CO ₂ フリーアンモニア製造・供給の検討	
2. 研究開発目標とマイルストーン	3
2-1. 研究開発期間終了時の研究開発目標	
(1) CO ₂ フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討	
(2) 米国における CO ₂ フリーアンモニア製造・供給の検討	
2-2. 研究開発計画	
(1) CO ₂ フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討	
(2) 米国における CO ₂ フリーアンモニア製造・供給の検討	
3. 研究開発実施内容	4
3-1. CO ₂ フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討	
(1) 国内アンモニア受入・配送システムの現状整理	
(2) 国内受入・配送に関する検証前提の策定	
(3) 国内受入・配送システムの検証	
3-2. 米国における CO ₂ フリーアンモニア製造・供給の検討	
(1) 米国において検討を行う背景	
(2) プラント検討前提条件	
(3) コスト試算前提条件	
(4) コスト試算結果	
(5) 米国 CO ₂ EOR 市場調査	
3-3. まとめ	
(1) CO ₂ フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討	
(2) 米国における CO ₂ フリーアンモニア製造・供給の検討	
3-4. 今後の課題	
(1) CO ₂ フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討	
(2) 米国における CO ₂ フリーアンモニア製造・供給の検討	
4. 外部発表実績	14
5. 特許出願実績	14
6. 参考文献	15

図表一覧

- 図 1 : エネルギーキャリアとしてのアンモニアのチェーン
- 図 2 : 国内アンモニア受入・配送システムの現状
- 図 3 : アンモニア冷凍品受入タンク
- 図 4 : LP ガス輸入基地分布図
- 図 5 : アンモニア直送+ハブタンク構想
- 図 6 : Denbury 社 CO₂ パイプライン網
- 図 7 : Petra Nova プロジェクト概念図
- 図 8 : プラント立地候補地
- 図 9 : 米国 CO₂ 供給ソース、CO₂ EOR オペレーション纏め
- 図 10 : 米国 CO₂ EOR 供給ソース地域分布

- 表 1 : アンモニア輸送形態
- 表 2 : 国内冷凍品受入タンク
- 表 3 : 韓国冷凍品受入タンク
- 表 4 : 台湾冷凍品受入タンク
- 表 5 : 接岸可能規模の調査
- 表 6 : プラント検討前提条件の主要項目
- 表 7 : コスト試算前提条件

1. 本研究の目的

1-1. 本研究開発構想の背景

世界のエネルギー消費量は、将来的な人口増加や生活水準の向上により大幅な増大が見込まれている。一次エネルギーとして従来の化石燃料（石油・石炭・天然ガス）への依存が続く場合には、CO₂発生量の増加とそれに伴う地球温暖化、さらにはこれに起因する各種被害の増加が懸念されている。こうした課題を回避するためにはCO₂排出量の削減が急務であり、再生可能エネルギー（太陽光・太陽熱・風力など）やCarbon Dioxide Capture and Storage（CCS）の導入が必要とされている。

再生可能エネルギーによる発電の導入拡大がCO₂排出量削減策として期待されているが、地域的な偏在が大きな課題の一つである。世界的に偏在の大きな再生可能エネルギーを国内で利用するためには、海外の適地で再生可能エネルギーを化学物質に変換し日本に輸送して利用する、「エネルギーキャリア」の導入が必須となる。再生可能エネルギーを水素やアンモニアなどのエネルギーキャリアへ転換することで、電力では困難な長距離輸送と長期貯蔵が可能になる。これにより、地域偏在の克服だけでなく、需給変動に合わせた再生可能エネルギーの供給システムが実現できる。

一方で、再生可能エネルギーからエネルギーキャリアの製造を実現するためには、再生可能エネルギーからの発電コストの削減のみならず、水電解や熱化学法などによる水素転換、さらにはアンモニアや有機ハイドライドといったエネルギーキャリアへの転換のための技術の確立、低コスト化が必須となる。

これに対して、石油・石炭・天然ガスに代表される化石燃料は、エネルギー源として安価であり、大量に消費されているためCO₂の大量排出の元凶となっている。今後、CO₂排出量削減のためには、発電の更なる高効率化あるいはCCSとの組み合わせが求められる。しかし、国内での大規模CCSの普及によるCO₂排出量削減は難しいと考えられるため、海外で化石燃料を原料として水素やアンモニアといったエネルギーキャリアへの変換を行い、その際に発生するCO₂をCCSあるいはCO₂を用いた石油増進回収（CO₂-EOR）によって処理し、CO₂排出量を削減するスキームが想定される。こうしたスキームは、技術面・コスト面でのハードルが比較的安く、前述の再生可能エネルギー利用に比べて早期の商業化が期待できる。

現在、水素を輸送するためのエネルギーキャリアの候補として、アンモニア、有機ハイドライド、液化水素が検討されている。この中でも、アンモニアは、質量水素密度が17.8mass%と非常に高い。また、アンモニアは、常圧で-33℃以下に冷却、あるいは20℃で0.86MPa以上に加圧することで容易に液化できるため、輸送が容易である。現状でも、年間約1280万トンのアンモニアが貿易で世界を流通しており、液化アンモニアの製造・輸送・取扱技術は商業規模ですでに確立されている。

水素キャリアとしてのアンモニア利用（アンモニアからの脱水素）は技術開発と検証が必要。まずはアンモニアの直接利用を前提に「規模感ある消費」を創出し、競争力ある「運搬・貯蔵」システムを構築する。「規模感ある消費」は石炭火力との混焼による発電であり、エネルギー政策上石炭を含めたエネルギーミックスが必要との現実的要請にも合致する。

再生可能エネルギーや化石燃料を水素源としたCO₂フリー水素を用いたエネルギーチェーンのイメージを図1に示す。本研究ではサプライチェーン並びにそのコスト検討をする。

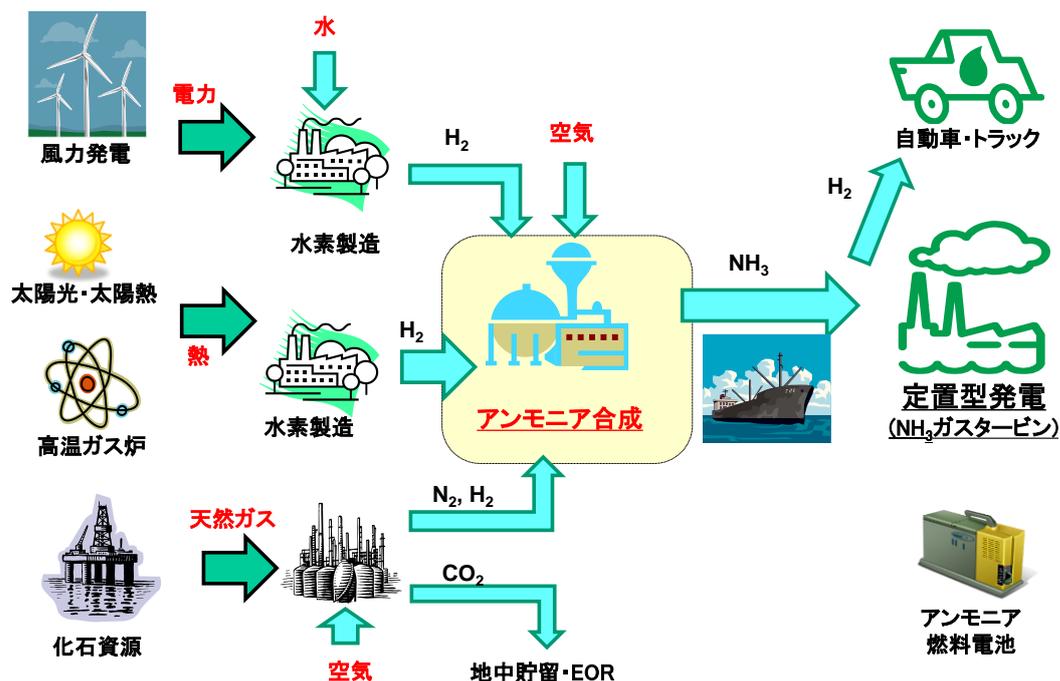


図1 エネルギーキャリアとしてのアンモニアのチェーン

1) 「アンモニアの需給および輸入価格の現状について」, 日本エネルギー経済研究所, 2015

1-2. 研究開発期間内に取り組む課題

(1) CO₂ フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討

海外からの CO₂ フリーアンモニアサプライチェーンにおいて、大規模発電用燃料としてアンモニアが使用される場合、既存の国内受入・配送設備容量では対応できず、新たなインフラの構築が必要となる。そこで、導入初期から大規模適用までの長期的な観点で、国内受入・配送設備導入のあり方を検討する。

具体的には、製造した CO₂ フリーアンモニアの貯蔵・輸送に関し、既存のアンモニア輸送技術を公開情報ベースで調査するとともに、国内受入から消費場所までの具体的なケースを想定した受入・貯蔵・輸送システムの前提案策定及びそのコストと設営時間軸の見積りを行う。

調査に当たっては、既存の国内受入から各発電所のアンモニア受入設備の余力を確認し、必要な設備増強内容の検討や概略のコスト評価を具体的な発電所を選定して実施する。

(2) 米国における CO₂ フリーアンモニア製造・供給の検討

既存の商業プロセスである Haber-Bosch 法では、原料である天然ガスの改質工程で高圧の水素・窒素混合ガスを製造する際に、排出される煙道ガス中に大量の CO₂ が含まれ、また、混合ガス合成工程においても大量の CO₂ が発生している。そこで、Haber-Bosch 法でのアンモニア製造に、CO₂

の回収システムを組み合わせることによって、CO₂フリーアンモニアを製造すること並びに、その本邦向け供給について検討を行う。本テーマでは、最終的な絵姿として、再生可能エネルギー由来のCO₂フリー水素を利用したアンモニア合成を検討しているが、短中期的な絵姿として本検討にも取り組んでいく。

具体的には、米国にてEOR向けにCO₂を供給しCO₂エミッションフリーとしたアンモニアプラントを建設する場合の具体案策定、及びそのアンモニアの本邦向け供給コストの概算評価を実施する。

2. 研究開発目標とマイルストーン

2-1. 研究開発期間終了時の研究開発目標

(1) CO₂フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討

想定するアンモニア使用場所（火力発電所）の既存受け入れ設備、国内受入、配送状況の確認、及び、受け入れ設備の具体案の策定と、コスト見積もり完了を目標とする。

(2) 米国におけるCO₂フリーアンモニア製造・供給の検討

CO₂フリーアンモニアプラントを建設する場合の具体案策定及び、本邦向け供給コストの概算評価完了を目標とする

2-2. 研究開発計画

(1) CO₂フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討

製造したCO₂フリーアンモニアの貯蔵・輸送に関し、既存のアンモニア輸送技術の調査（公開情報ベース）、具体的なケース（国内受入から消費場所まで）を想定した受入・貯蔵・輸送システムの前提案を策定し、そのコストと設営時間軸の見積りを行う。既存の国内受入から各発電所のアンモニア受入設備の余力を確認し、必要な設備増強内容について、概略のコスト評価を実施する。

・ マイルストーン：

想定するアンモニア使用場所（火力発電所）の既存受け入れ設備、国内受入、配送状況の確認及び、想定ケースに基づいた受け入れ設備の具体案の策定及び、コスト見積もり完了

(2) 米国におけるCO₂フリーアンモニア製造・供給の検討

CO₂フリーアンモニアプラントの検討前提策定、立地候補選定、EOR向けCO₂販売の経済性・蓋然性判断、原料ガス調達具体案策定、Finance組成案策定、運送体制策定などを行い、本邦向け供給コスト概算評価を実施する。

・ マイルストーン：

CO₂フリーアンモニアプラントを建設する場合の具体案策定及び、本邦向け供給コスト概算評価完了

3. 研究実施内容

3-1. CO2 フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討

(1) 国内アンモニア受入・配送システムの現状整理

・アンモニアは常温常圧下では気体（ガス）である為、大きく分けて下表の3形態にて液化し運搬されている。それぞれの形態により受入・運搬・出荷設備の設計が異なる。アンモニアはLPG・VCM等の他のガス系カーゴと同型の物流設備が基として使用されるが、殊アンモニアに関しては金属腐食性を持つ為、焼鈍などの特殊加工を追加で施す必要あり、設備投資コストの高額化/運賃の高額化並びに、設備のアンモニア専用化が進む傾向にある。

表1：アンモニア輸送形態

輸送形態	圧力	温度	ロット	輸送方法
冷凍品	常圧	摂氏-33.3度	15,000トン以上	大型船
中圧品	約3~4kg/cm ²	摂氏±0度	200トン~1,000トン	小型船
高压品	~18kg/cm ²	常温	10トン前後	ローリー・ パイプライン

・国内のアンモニア受入・配送システムについて、現状を以下の通り整理した。国内メーカー4社（宇部興産、三井化学、昭和電工、日産化学）は、中圧品を内航船（1千トン以下）、高压品をローリー（約10トン）、ポンプ等の荷姿により小口配送を行っている。一方で、国際品（冷凍品）は大型船（15千トン〜）で輸送され、国内4か所（三菱ケミカル/黒崎、住友化学/新居浜、旭化成/水島、東レ/名古屋）及び韓国（南海化学/Yeosu）の輸入タンク（15~54千トン）にて一次受入された後、中圧・高压品となり内航船やローリー等により二次転送が行われる。

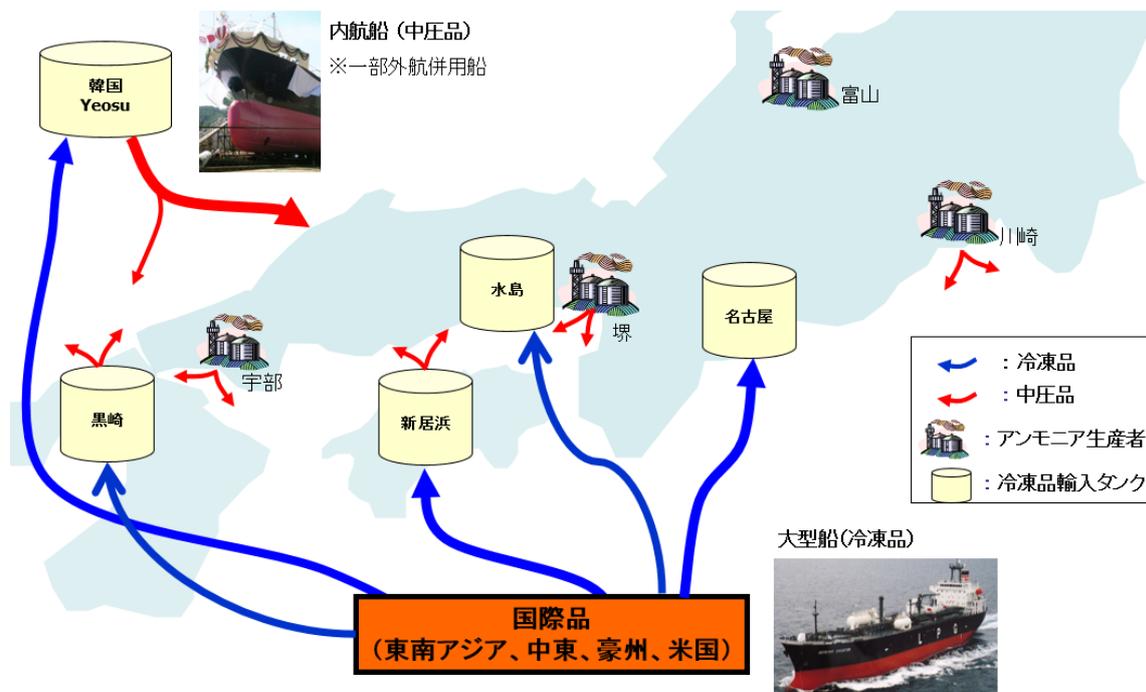


図2：国内アンモニア受入・配送システムの現状

・日本国内及び韓国・台湾の冷凍品受入タンクについて表 2~4 に纏めた。日本は過去国内でアンモニアを製造していたメーカーが、誘導品向けの自消費の中間貯蔵タンク及び外販貯蔵用途として構えていたタンクを、アンモニア生産停止時に残った誘導品向け原料調達の為冷凍品アンモニアの受入タンクに用途を切り替え構えた経緯があり、タンク容量が比較的小さく、また栈橋も小さい。韓国・台湾も過去国内にアンモニアメーカーがおり停止した経緯があるが、以後誘導品増設も行われた際に大型の冷凍タンクを追加で構え比較的大規模設備で輸入を行っている。

表 2：国内冷凍品受入タンク

場所	輸入量	タンク容量	ロット	受入回数
A	90KT	24KT	9KT	10回/年
B	25KT	25KT	9KT	3回/年
C	25KT	15KT	5KT	5回/年
D	50KT	15KT	7KT	7回/年

表 3：韓国冷凍品受入タンク

場所	輸入量	タンク容量	ロット	受入回数
E	500KT	54KT	25KT	20回/年
F	600KT	89KT	23.5KT	26回/年

表 4：台湾冷凍品受入タンク

場所	輸入量	タンク容量	ロット	受入回数
G	280KT	40KT	25KT	11回/年
H	520KT	40KT	25KT	21回/年

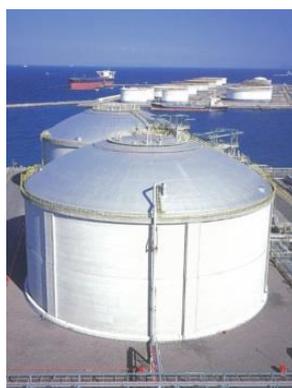


図 3：アンモニア冷凍品受入タンク

・燃料としてのアンモニア使用が想定される既存石炭火力発電所では、現在は脱硝用途としてアンモニアを使用しており、概ね小型（約 1 千トン未満）の受入設備を保有し、内航船やローリー等による小口配送・納入（約 10～数百トンロット）が行われている。

表 5：接岸可能規模の調査

ユーザー	発電所	船型		
		Handy 約 15,000MT	MGC 約 23,500～ 25,000MT	LGC 約 40,000MT
A	A-1	○	○	○
B	B-1	○	○	○
	B-2	○	○	○
C	C-1	○	○	△
D	D-1	○	○	○
E	E-1	○	○	○
	E-2	×	×	×
	E-3	×	×	×
F	F-1	×	×	×
	F-2	○	○	○
	F-3	○	○	○
	F-4	○	○	○
	F-5	○	○	○

※接岸可能規模（○：可、△：追加工事必要、×：不可）

※バース仕様（LOA, Draft を参照）並びに Beam の情報から着棧できる船型を選定

・本テーマ内でのエネルギー経済研究所（以下、IEEJ）による研究（「CCS・EOR 技術を軸とした CO2 フリーアンモニアの事業性評価」）との整合性を揃えるべく、本研究にて各ユーザーとの打合せを通じて得た、想定されるアンモニアの燃料利用に際する導入時間軸・規模・地域分布等の見解を IEEJ と共有した。また、併せて、IEEJ によるアンモニア混焼導入シナリオに対して、当方見解をコメントし、検証前提の擦り合わせを行った。その結果、日本全国での受入・配送システムの検証前提を「直送+ハブタンク構想」とすることとした。

（3）国内受入・配送システムの検証

・国内受入・配送システムの概要を下図に示す。国内 3 ヶ所にハブタンク（輸入基地 / 一次ターミナル）を設置し VLGC 船（5 万トン級）にて輸入、ハブタンク経由 Handy 船（1.5 万トン）にて各ユーザーへの二次転送を行う。導入初期は LGC 船にて、ユーザーへの直接輸送を行う。国内 3 ヶ所のハブ港を拠点とする輸送形態のメリットは以下。

- ①船舶遅延リスクや発電所側のタンク容量の最小化（ハブで吸収）
- ②内航船利用による発電所の受入設備の制約の緩和（利用可能な発電所数の拡大）
（タンク用地、棧橋のサイズ・港の水深/浚渫の頻度）
- ③2050 年を見通した外航船の更なる大型化の検討可能性（5 万トン級→10 万トン級）

- ④内航船の効率的利用による、外航船の更なる効率的利用
- ⑤中長期的には、アンモニアの共同配送方式への展開が可能



図 5 : アンモニア直送+ハブタンク構想

・2030年におけるアンモニア使用量を3.5百万トンと想定した場合の、直送+ハブタンク構想でのアンモニア物流費の試算結果は約\$66/MT（外航輸入+貯蔵+国内二次転送）となった。試算前提詳細はIEEJ 終了報告書をご参照。

3-2. 米国におけるCO₂フリーアンモニア製造・供給の検討

(1) 米国において検討を行う背景

・米国は豊富な原料天然ガス埋蔵量に加え全国にパイプライン網が整備されている、また、天然ガス市場（Henry Hub）が存在し、原料の安定調達並びに原料コストの透明性が担保され易い。また、CO₂パイプライン網が存在し、商業ベースでCO₂ EORが行われており、CO₂販売の蓋然性が高いと考えられる（詳細は（5）にて後述）。

・Nutrien社（世界最大の肥料会社）のGeismerプラント（在ルイジアナ州）では、アンモニア合成工程で発生する高純度のCO₂を尿素用に自家消費した後、余剰CO₂をDenbury社（CO₂パイプラインを所有するEOR油田・ガス田開発会社）のパイプラインを通じEOR向けに供給・販売している。商業ベースでCO₂フリーアンモニアを製造している企業であり、本研究の一つのモデルケースとして参考となる。下図は、Denbury社の米国ガルフでのオペレーションマップで、マップ右下に“PCS Nitrogen（Nutrien社の旧社名）”がCO₂サプライソースとして記載がある。

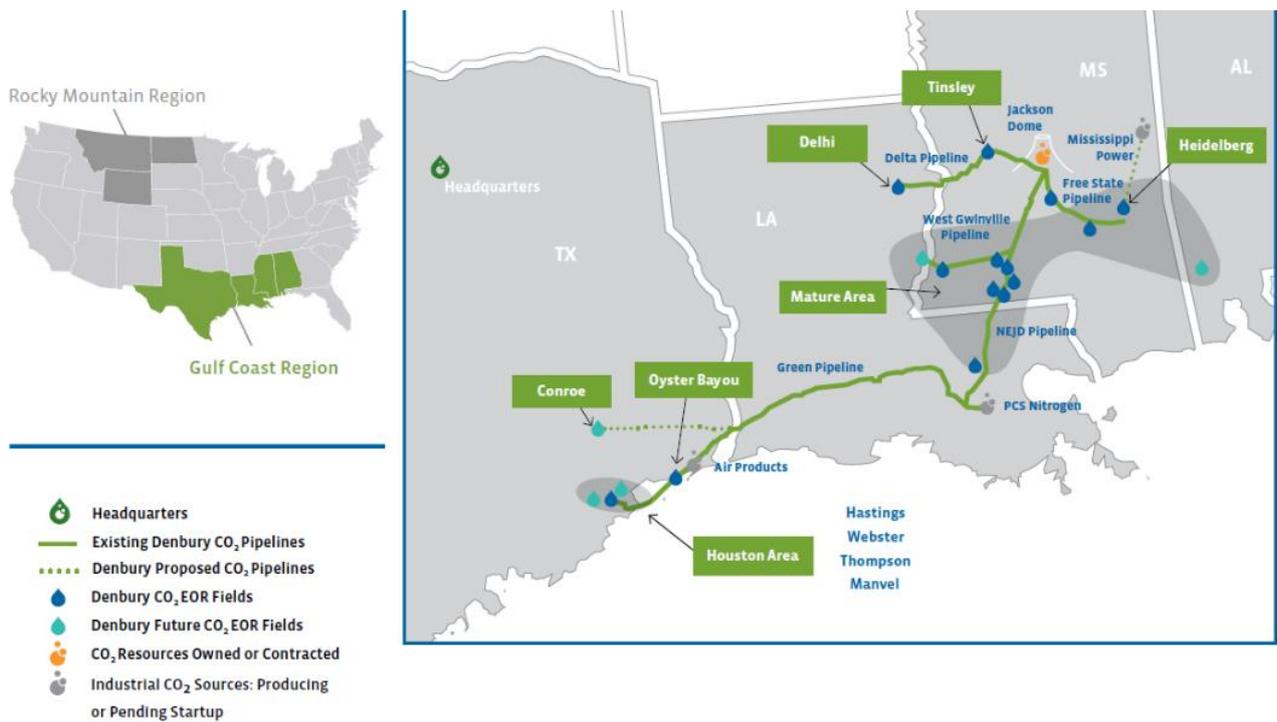


図 6 : Denbury 社 CO₂ パイプライン網³⁾

3) Denbury 社 website (<https://www.denbury.com/operations/operations-overview/default.aspx>) より抜粋

・テキサス州の Petra Nova プロジェクトでは、NRG Energy 社が保有する W.A.パリッシュ石炭火力発電所から排出される燃焼排ガスから CO₂ を回収し、CO₂ パイプラインを通じ南西約 130km に所在するウェスト・ランチ油田で CO₂ EOR を行うことで、老朽化した同油田の生産量を日量 300→12,000 バレルに増加させ、且つ、大気放出される CO₂ 年間約 160 万トンの削減を目指している。日本からは、JXTG が 2014 年に本プロジェクトへ参画し、2016 年 12 月末より CO₂ 回収プラントが稼働開始している。本プロジェクトも燃焼排ガス中から低濃度の CO₂ を分離・回収し、CO₂ EOR 向けに供給する一つのモデルケースとして参考となる。

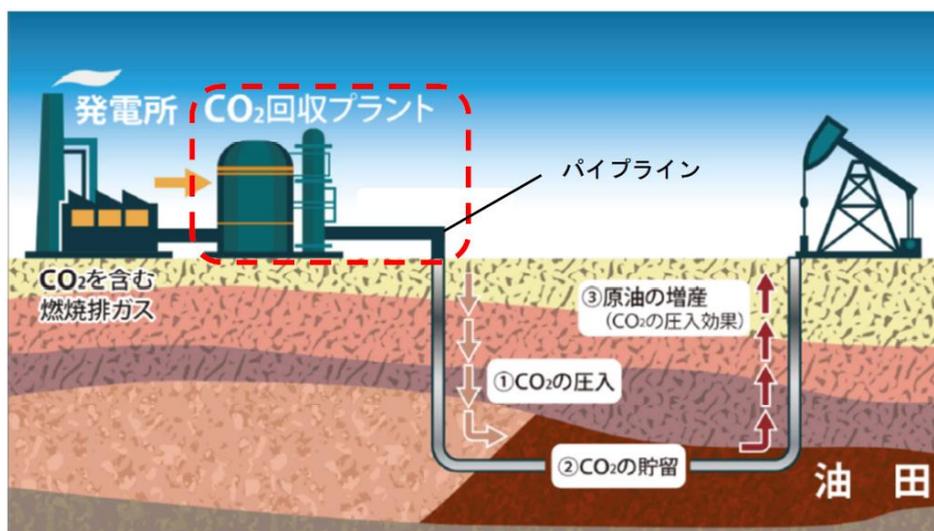


図 7 : Petra Nova プロジェクト概念図⁴⁾

4) JXTG ホールディング website (https://www.hd.jxtg-group.co.jp/ir/irrelease/jx/pdf/20170110_01_01_6006009.pdf) より抜粋

(2) プラント検討前提条件

・米国における CO2 フリーアンモニア製造・供給に際する、プラント検討前提条件の主要項目を、下表に纏める。詳細は日揮終了報告書をご参照。

表 6：プラント検討前提条件の主要項目

項目	詳細
立地	Geismer
生産能力	3,300MTPD。1トレーン
稼働時間	8,000時間/年
CO2回収率	プロセス：全量、排ガス：90%。合計：>95%
天然ガス調達	プラントBLで天然ガスグリッド (SONAT or TETCO) へ接続
CO2パイプライン	プラントBLでDenbury社CO2パイプラインへ接続
出荷	隣接するミシシッピ川より出荷



図 8：プラント立地候補地⁵⁾

5) Google map より抜粋

(3) コスト試算前提条件

・日揮からの CO2 フリーアンモニア製造プラントの CAPEX、OPEX 等試算結果を基に、下表の前提条件に基づきコスト試算を実施した。前提条件の内、米国・サウジ・カタールの 3 ヶ所 (三菱商事・IEEJ・丸紅株式会社が、夫々各地に於けるコスト試算を実施) で共通項目は、事前に擦り合わせ同一の前提を置くこととしている。

表 7：コスト試算前提条件

項目	前提
アンモニア生産量	1,100,000MT/ yr. (3,300MTPD)
CO2回収量	2,100,000MT/ yr.
天然ガス価格	\$3/MMBtu
CO2クレジット	\$20/MT-CO2 (EOR)
EPC期間	4年
運転期間	20年
借入金利	5%
返済期間	20年
D/E比率	60/40
減価償却	15年定額
法人税率	25%
E-IRR	7%
フレート	VLGCでの輸送

(4) コスト試算結果

・前提条件に基づき算出した米国 CO2 フリーアンモニアの日本着 (CFR Japan) コストは、IEEJ が推定している\$350/MT 程度に収まる可能性があるとの検討結果となった。IEEJ の推定については、IEEJ 終了報告書をご参照。

・コストの変動要因として、天然ガス価格が±\$1/MMBtu 変動することにより、コストは±約\$37/MT 変動する。また、CO2 クレジットが±\$1/MT-CO2 変動することにより、コストが±約\$1.9/MT 変動する。CO2 回収をプロセスガスからのみ (排ガスは回収せず) に限定した場合には、コストは約\$20/MT 減少する。

・比較的低炭素で同じ天然ガス由来燃料の LNG は、日本着コストはアンモニア換算で約\$200～250/MT の水準。これは、天然ガスを直接-162℃に冷却して液化する LNG に比し、天然ガスを化学的に (エネルギーを消費して) 加工し炭素 (CO2) を除いた形で-33℃で液化するアンモニアは、加工に消費しているエネルギー見合いの経済性が劣後するため。アンモニアの燃料使用実現に際しては、この経済性の溝を埋め合わせる政策支援 (補助金乃至は CO2 チャージ) の設計・導入が必要となる。

(5) 米国 CO2 EOR 市場調査

・EOR 向け CO2 供給の経済性及び蓋然性を確認すべく、市場調査会社を比較検討した上で当該分野に最も知見を有す IHS 社を選定・起用し、米国に於ける CO2 EOR 市場規模・状況等について、以下項目の調査を実施した。調査結果の一部を以下に記す。

- ① EOR 市場状況
- ② 将来の CO2 市場予測
- ③ CO2 EOR 企業の活動状況
- ④ CO2 フリーアンモニア工場推奨立地
- ⑤ CO2 EOR 関連政策・規制

・米国では過去約 40 年間に亘り CO2 EOR が実施されており、2016 年時点で約 145 の CO2 EOR プロジェクトが稼働しており、0.3MMbbl/day の原油が生産されている。米国 CO2 EOR 市場は、Permian / Gulf Coast(GC) / Rocky Mountain / Midcontinent の主要 4 地区に分布し、これらの地区合計で米国市場の約 90%を占める。2016 年時点の CO2 供給量は約 76Mil MT/年あり、内、天然ソースが 54Mil MT/年 (72%)、人工ソース (排ガス、化学工業等由来) が 22Mil MT/年 (28%) を占める。両ソースからの CO2 回収可能量は合計 33.5Tcf (≒32 年間分) あるが、天然ソースの供給能力は減少傾向にあり、人工ソース開拓への要求が高まっている。

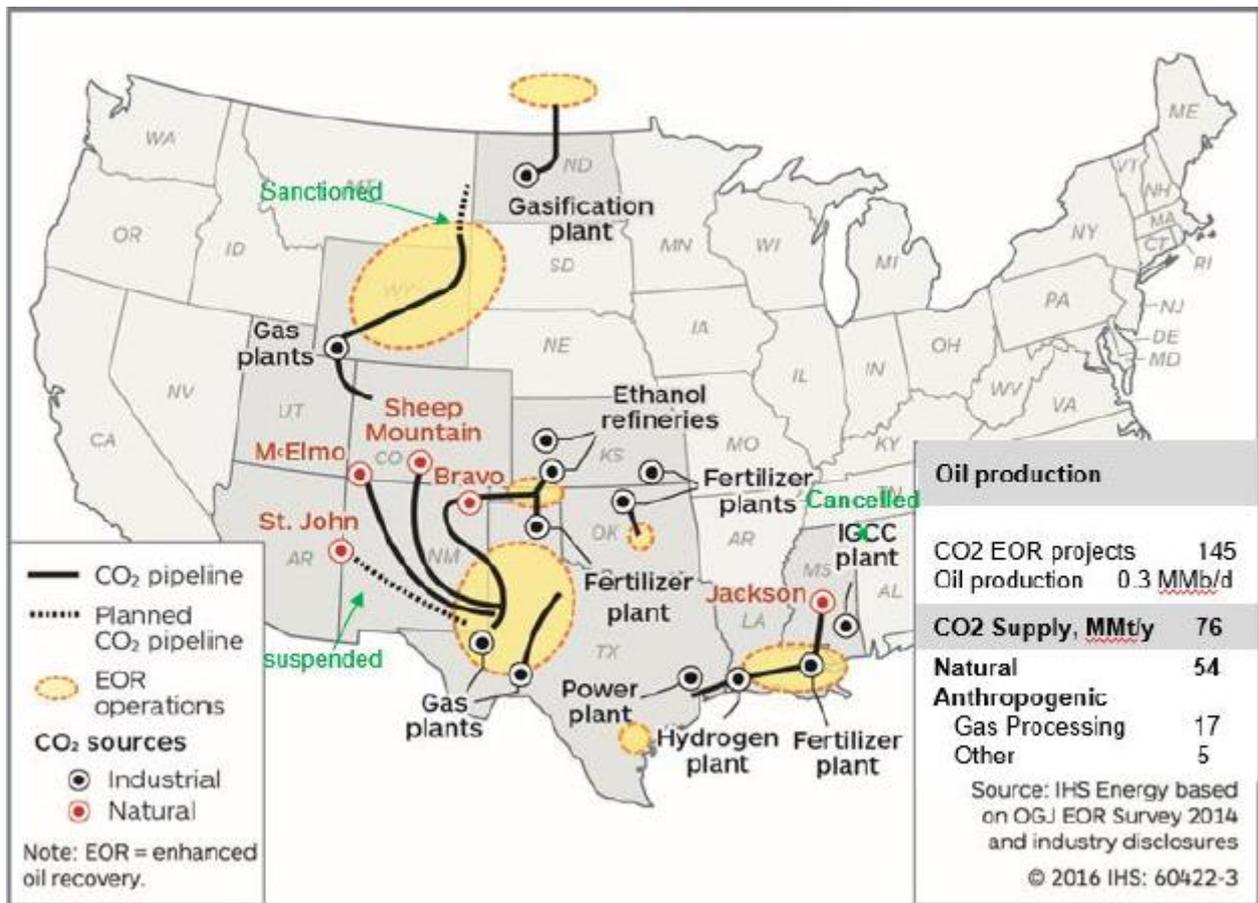


図 9：米国 CO2 供給ソース、CO2 EOR オペレーション纏め⁶⁾

6) “Assessment of CO2 EOR Market Potential from a Prospective Green Ammonia Plant”, IHS markit Inc., 2018

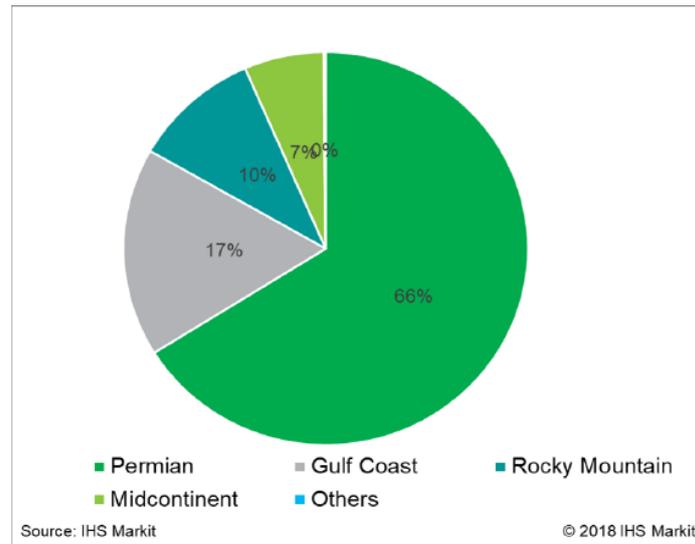


図 10：米国 CO2 EOR 供給ソース地域分布⁶⁾

6) “Assessment of CO2 EOR Market Potential from a Prospective Green Ammonia Plant”, IHS markit Inc., 2018

・Permian 地区は中期的な CO2 潜在需要（約 36-53Mil MT/年）に対し、現時点の潜在供給量は約 2Mil MT/年であり、今後サプライソースが大きく不足し CO2 供給ソースのニーズが生じる見込み。他方 GC 地区は中期的な潜在需要（約 12-19Mil MT/年）に対し、現時点の潜在供給量は約 10Mil MT/年で、Permian 地区と比し相対的には CO2 供給に対してのニーズは少ない。但し、GC 地区での潜在供給量は LA 州のアンモニアプラント 6 件（CF Industry 社等）からの今後の CO2 回収が全て実現する前提。

・CO2 供給面からは上述記載の通り Permian 地区の余力があるが、一方で、本邦向け輸出を前提としたロジ面に於いては内陸部の Permian 地区は優位性を失い、GC / Midcontinent 地区が優位となり、GC / Midcontinent 地区での製造・輸出がコスト競争力を有す。本検討の前提と置いた Geismer は GC 地区に所在し、本邦向け CO2 フリーアンモニアの輸出に適当な立地と考えられる。

3-3. まとめ

(1) CO2 フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討

- ・アンモニアの輸送形態並びに、国内アンモニア受入・配送システムの現状を整理。参考として LPG の国内受入・配送システムを調査。
- ・燃料としてのアンモニア潜在ユーザー各社より、夫々の石炭火力発電プラント現状並びに、アンモニア混焼を想定した場合の課題等を聴取。本チーム内でアンモニア混焼導入シナリオを検証する IEEJ とも協議の上、大規模発電用燃料としてのアンモニア使用時に於ける国内受入・配送に関する検証前提（「直送+ハブタンク構想」）を策定。
- ・当該ハブタンク構想に基づき、国内受入・配送システムの具体案を策定し、コスト試算並びに導入の時間軸につき検討を行った。

(2) 米国における CO2 フリーアンモニア製造・供給の検討

- ・米国では、豊富な原料天然ガスの埋蔵量に因る安定調達と、市場からの調達によるコストの透明性が担保され易く、また、CO2 EOR インフラが存在ことから、CO2 販売の蓋然性が高いと考えられる。
- ・日揮によるプラント検討前提条件に基づく米国での CO2 フリーアンモニアプラント見積りを基に、CO2 フリーアンモニアの日本着コストを試算し、\$350/MT 程度に収まる水準となった。
- ・米国での EOR 向け CO2 供給の経済性及び蓋然性を確認すべく、IHS 社を選定・起用し、CO2 EOR 市場規模・状況等について、調査を実施した。

3-4. 今後の課題

(1) CO2 フリーアンモニアの国内受入・配送システム検討

- ・現在アンモニア輸送の最大船型は LGC 船 (4 万トン級) だが、LPG 輸送で使用されている VLGC 船 (5 万トン級) を適用し、ロジスティクスコストの更なるコストダウンを図る。
- ・国内受入のハブタンク構想を具体化する為に、VLGC 船を受入可能な港湾の具体的な選定を進めると共に、ハブタンク構想の検討推進母体の組成が必要となる。

(2) 米国における CO2 フリーアンモニア製造・供給の検討

- ・アンモニアプラントの更なる大型化により、規模の経済を追求し、更なる製造コストダウンを図る。
- ・アンモニア燃料導入を推進する為の、インセンティブ (補助金乃至は CO2 チャージ) の設計・導入。
- ・想定されるアンモニアプラントの立地における、CO2 EOR 事業とのリンケージを構築する。

4. 外部発表実績

(1) 論文発表

<査読付き> 0 件

<査読なし (総説等含む)> 0 件

(2) 学会、展示会等発表

<招待講演> 国内 0 件、海外 0 件

<口頭発表> 国内 0 件、海外 0 件

<ポスター発表> 国内 0 件、海外 0 件

<展示会、ワークショップ、シンポジウム等> 国内 0 件、海外 0 件

(3) プレス発表

なし

(4) マスメディア等取材による公表

なし

5. 特許出願実績

なし

6. 参考文献

- 1) 「アンモニアの需給および輸入価格の現状について」, 日本エネルギー経済研究所、2015
- 2) 「LP ガス流通関連資料」, 日本 LP ガス協会、2017
- 3) Denbury 社 website (<https://www.denbury.com/operations/operations-overview/default.aspx>)
- 4) JXTG ホールディング website
(https://www.hd.jxtg-group.co.jp/ir/irrelease/jx/pdf/20170110_01_01_6006009.pdf)
- 5) Google map
- 6) “Assessment of CO2 EOR Market Potential from a Prospective Green Ammonia Plant”, IHS markit Inc., 2018