

「新技術・事業開拓」戦略

カーボンニュートラル社会の実現に向けた TOYOの付加価値とアプローチ

2022年12月12日

東洋エンジニアリング株式会社

次世代技術開拓部・カーボンニュートラル事業推進本部

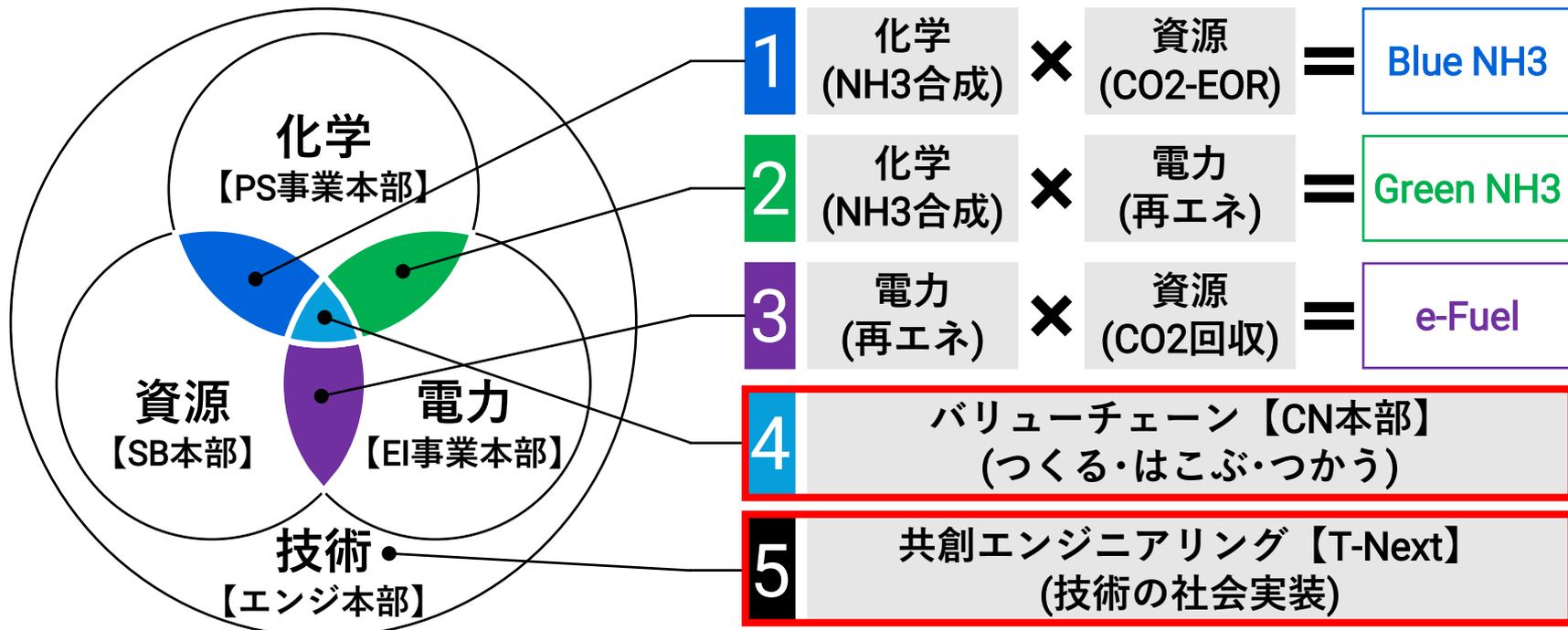


はじめに(1/3)：中期経営計画における『新技術・事業開拓』戦略の位置付け 事業の構想段階から共創し、CN領域の新しい収益源を創出



はじめに(2/3)：T-Next*1とCN本部*2のミッション

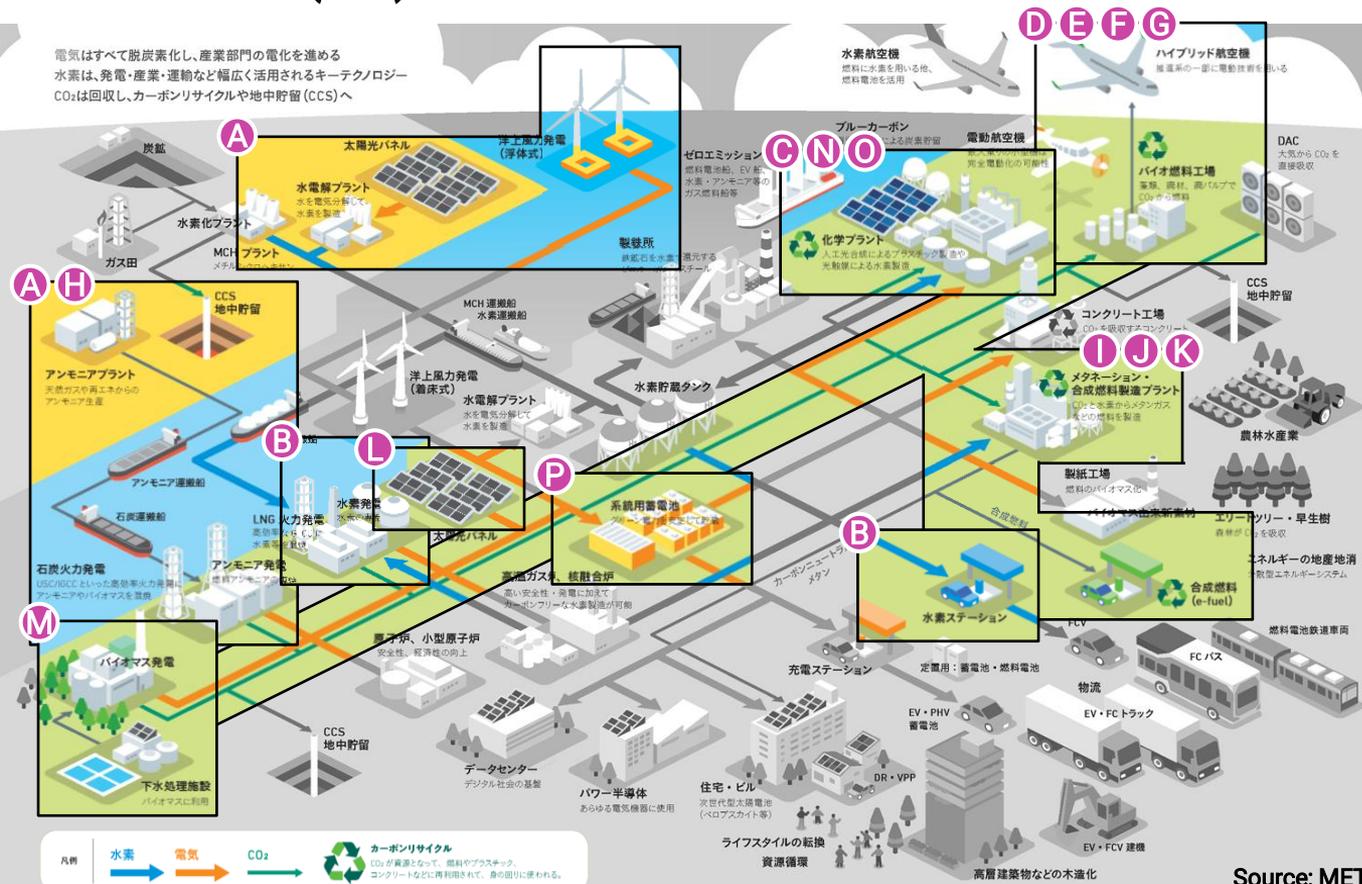
既存組織の枠を超えた技術/事業を目利きし、社会実装する



*1 次世代技術開拓部 *2 カーボンニュートラル事業推進本部

はじめに(3/3) : TOYO's Activities for Carbon Neutral Society

電気はすべて脱炭素化し、産業部門の電化を進める
 水素は、発電・産業・運輸など幅広く活用されるキーテクノロジー
 CO₂は回収し、カーボンサイクルや地中貯留(CCS)へ



- Clean NH₃ / H₂
 - A** Blue / Green NH₃
 - B** NH₃ Cracking
 - C** Artificial Photosynthesis
- SAF
 - D** Gasification/FT
 - E** Alcohol to Jet
 - F** Power to Liquid
 - G** Bioethanol
- CCUS
 - H** CO₂-EOR / CCS
 - I** g-Methanol®
 - J** e-Fuel
 - K** Methanation
- Renewable Energy
 - L** Solar Power
 - M** Biomass Power
- Energy Saving / Recycling
 - N** SUPERHIDIC® / HERO
 - O** Feedstock / Recycled PET
 - P** Redox Flow Battery

凡例
 水素 → 電気 → CO₂ →
 カーボンサイクル
 CO₂が資源となって、燃料やプラスチック、コンクリートなどに再利用されて、身の回りに使われる。

Source: METI

本日の内容

1. 燃料アンモニア・水素事業の開拓状況

A) 市場の見通し

B) TOYOの特長と事業開拓アプローチ

C) 燃料アンモニア製造事業の進捗

D) 国内アンモニア受入基地+クラッキング(水素)事業の進捗

E) 需要創出に関する取組み (例：GI基金 ナフサ分解炉高度化)

2. 廃プラ油化事業の開拓状況

インベストメントハイライト

A) 超長期の成長市場

石炭火力+船用+水素キャリア(ガス火力/FCV等)で2070年に約10億トン/年

B) 圧倒的な実績

86基のアンモニアプラント・48基超のアンモニアタンクプロジェクトを推進

C) 燃料バリューチェーン事業への進出

EPC+共同出資によるインカム/キャピタルゲインを追求(収益構造の強化)

D) 国内受入インフラの整備

まずアンモニアで商流/インフラを整備、その後水素用途へ拡張(長期利用)

E) 自ら新たな需要の創出

ナフサ分解炉燃転の実証を2030年迄に実施。アジア潜在需要1億トン/年～

本日の内容

1. 燃料アンモニア・水素事業の開拓状況

A) 市場の見通し

B) TOYOの特長と事業開拓アプローチ

C) 燃料アンモニア製造事業の進捗

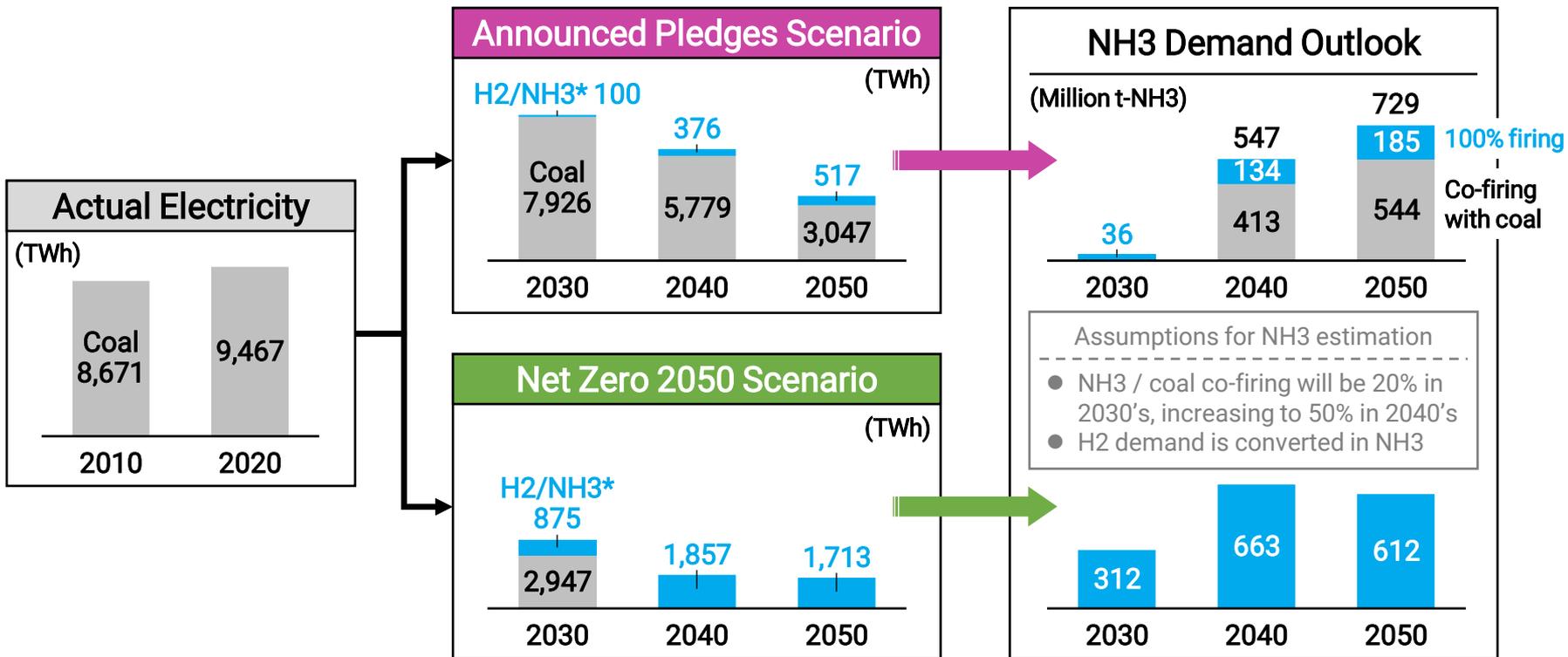
D) 国内アンモニア受入基地+クラッキング(水素)事業の進捗

E) 需要創出に関する取組み (例：GI基金 ナフサ分解炉高度化)

2. 廃プラ油化事業の開拓状況

Coal-Fired Power Generation Outlook (World)

Fuel NH3 demand is expected to increase not only in Japan



Source: IEA "World Energy Outlook 2021"

* H2/NH3 = 100% full conversion only, not including co-firing with natural gas or coal

Shipping Fuel Outlook

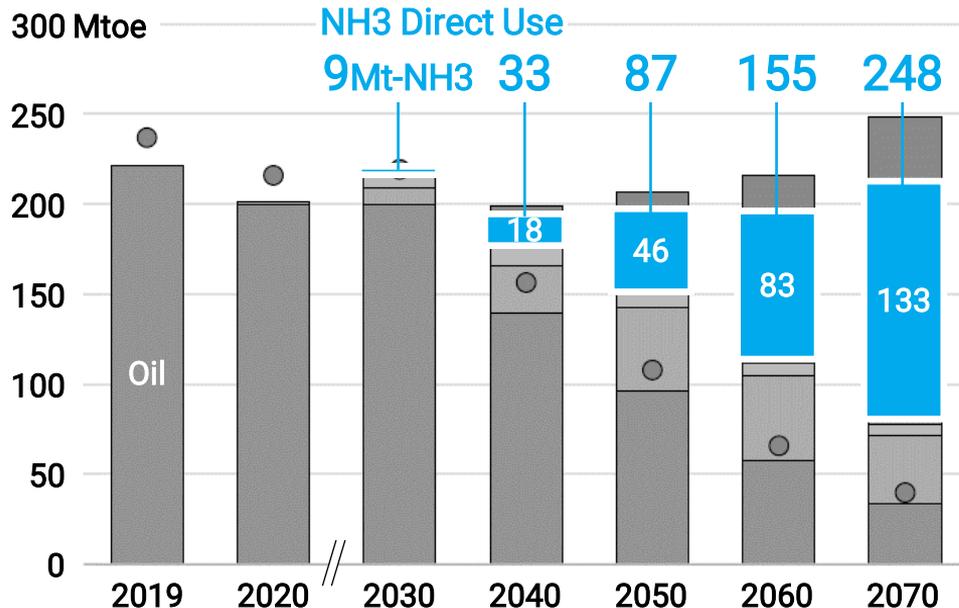
Fuel NH3 is the mainstream for decarbonizing ships

NH3-fueled Ships

Under development for commercialization in the late 2020's



NH3 Demand Outlook for Shipping Fuel



水素キャリアの比較

水素密度、輸送・貯蔵技術成熟度、コスト面でNH3が優位

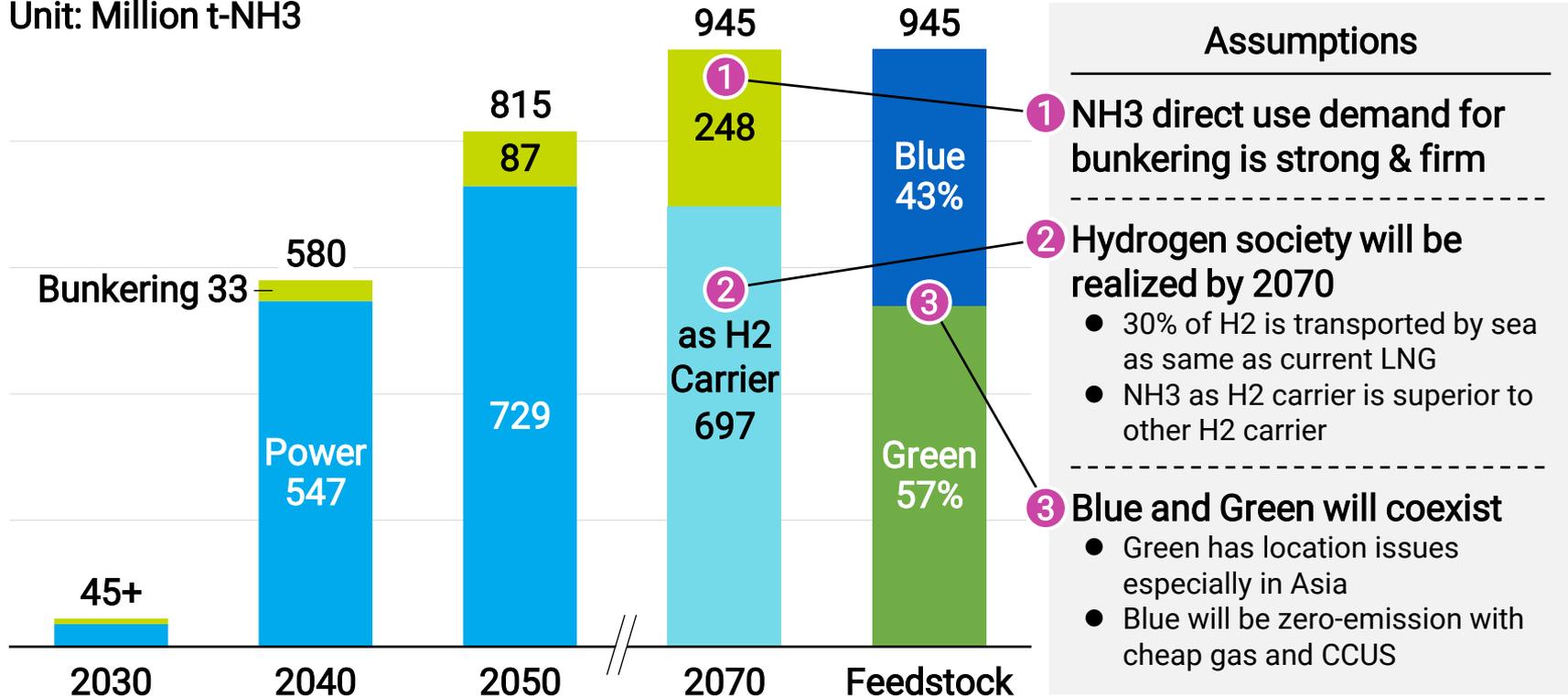
	NH3 (Direct Use)	H2 Carrier		
		NH3	Liquefied H2	MCH
Heating Value	GOOD 9.41 MJ/Nm3	EXCELLENT 10.88 MJ/Nm3	EXCELLENT 10.88 MJ/Nm3	EXCELLENT 10.88 MJ/Nm3
Condition in Transportation	PROVEN -33 deg. C	PROVEN -33 deg. C	UNDER DEVELOPMENT -253 deg. C	PROVEN Normal Temp.
Efficiency in Transportation	HIGH 121 kg-H2/m3	HIGH 121 kg-H2/m3	MIDDLE 70.6 kg-H2/m3	LOW 47.3 kg-H2/m3
Cost to Japan ¹	LOWEST	LOW Approx. 5.5 USD/kg-H2	HIGH Approx. 7 USD/kg-H2	MIDDLE Approx. 6 USD/kg-H2

1: Cost of delivering hydrogen or ammonia produced via electrolysis from Australia to an industrial customer in Japan in 2030, IEA "The Future of Hydrogen"

Long-term Fuel NH3 Demand Outlook

NH3 demand will expand to about 1 billion tons by 2070

Unit: Million t-NH3



Source: TOYO Analysis based on IEA reports

本日の内容

1. 燃料アンモニア・水素事業の開拓状況

A) 市場の見通し

B) TOYOの特長と事業開拓アプローチ

C) 燃料アンモニア製造事業の進捗

D) 国内アンモニア受入基地+クラッキング(水素)事業の進捗

E) 需要創出に関する取組み (例：GI基金 ナフサ分解炉高度化)

2. 廃プラ油化事業の開拓状況

TOYOの特長

クリーン燃料NH3の社会実装に貢献する事業パートナー

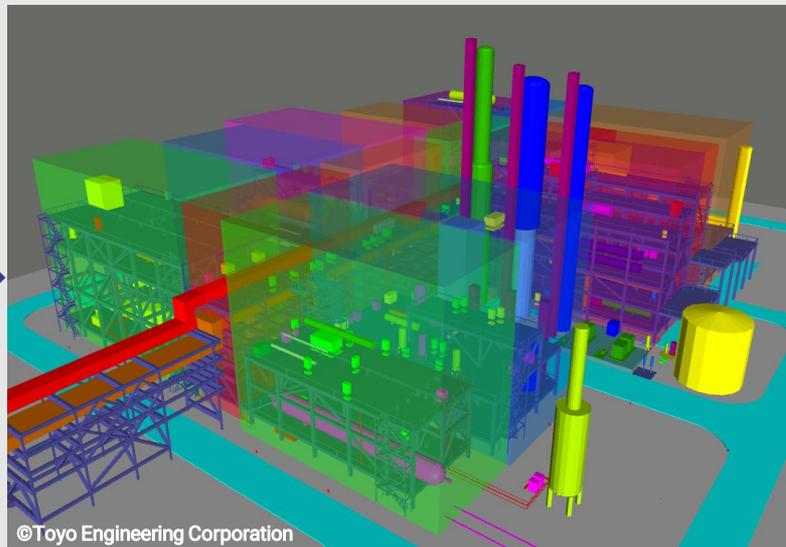
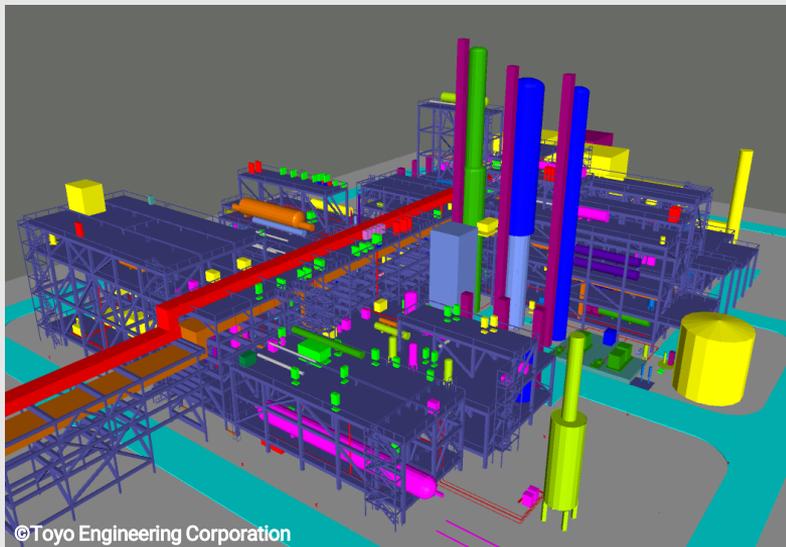
Global Leading Engineering Partner	Deep Experienced NH3 Professional	Decarbonization Engineering Pioneer
 <p>Total HO Manpower 5,700</p>	 <p>NH3 Plant Projects 86</p>	 <p>RE Plant Projects 1.4GW</p>
 <p>Overseas Manpower 75%</p>	 <p>NH3 Tank Projects 48+</p>	 <p>CO2-EOR / CCS Since 80's</p>

MISSION : Engineering for Sustainable Growth of the Global Community

BLUE NH3 Cost Reduction Approach

Developed 3D model & BOQ for 3,000MTPD modularization

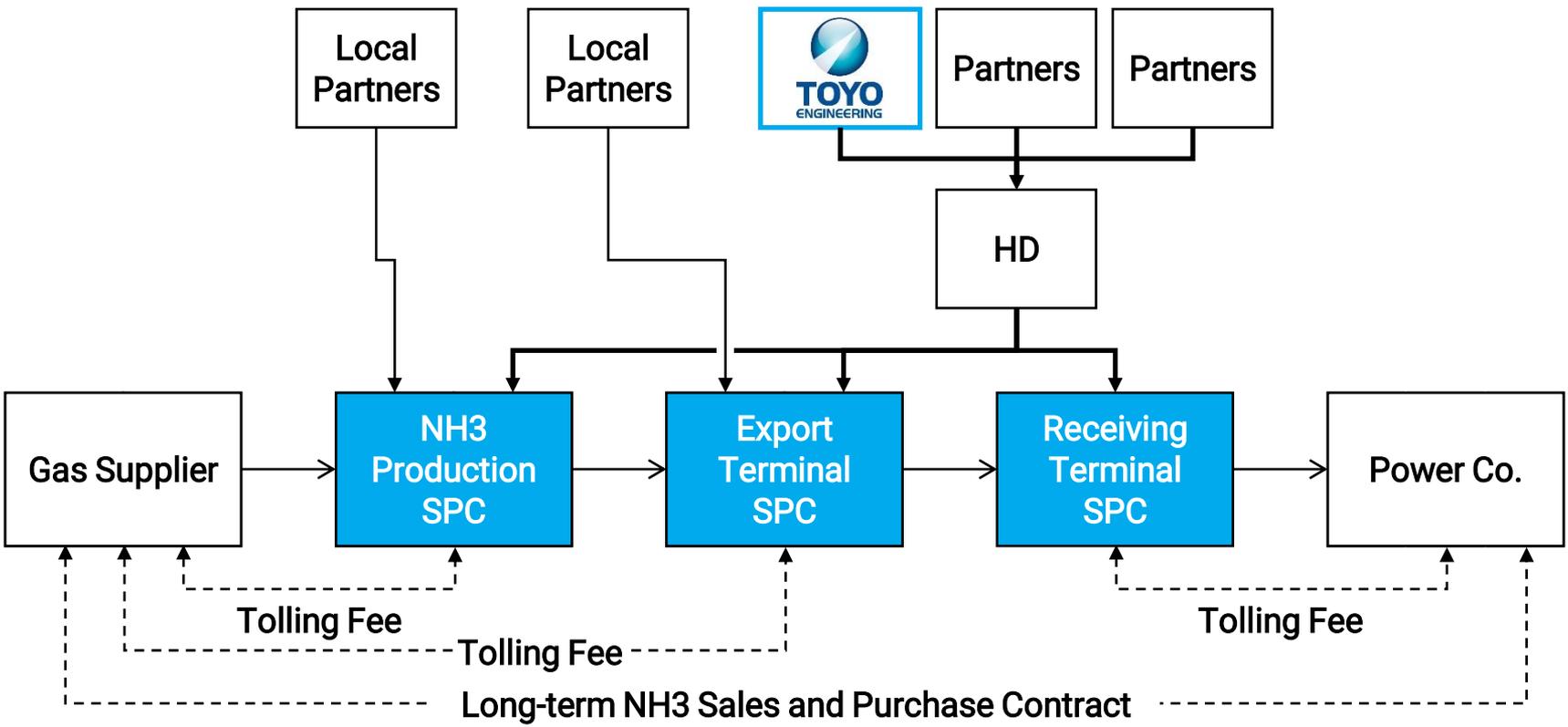
3,000MTPD NH3 module



Evaluated design of 6,000 MTPD NH3 plant, and become ready for FEED

Structure (Example)

TOYO will co-invest in receiving terminal as owner's Eng'g



本日の内容

1. 燃料アンモニア・水素事業の開拓状況

A) 市場の見通し

B) TOYOの特長と事業開拓アプローチ

C) 燃料アンモニア製造事業の進捗

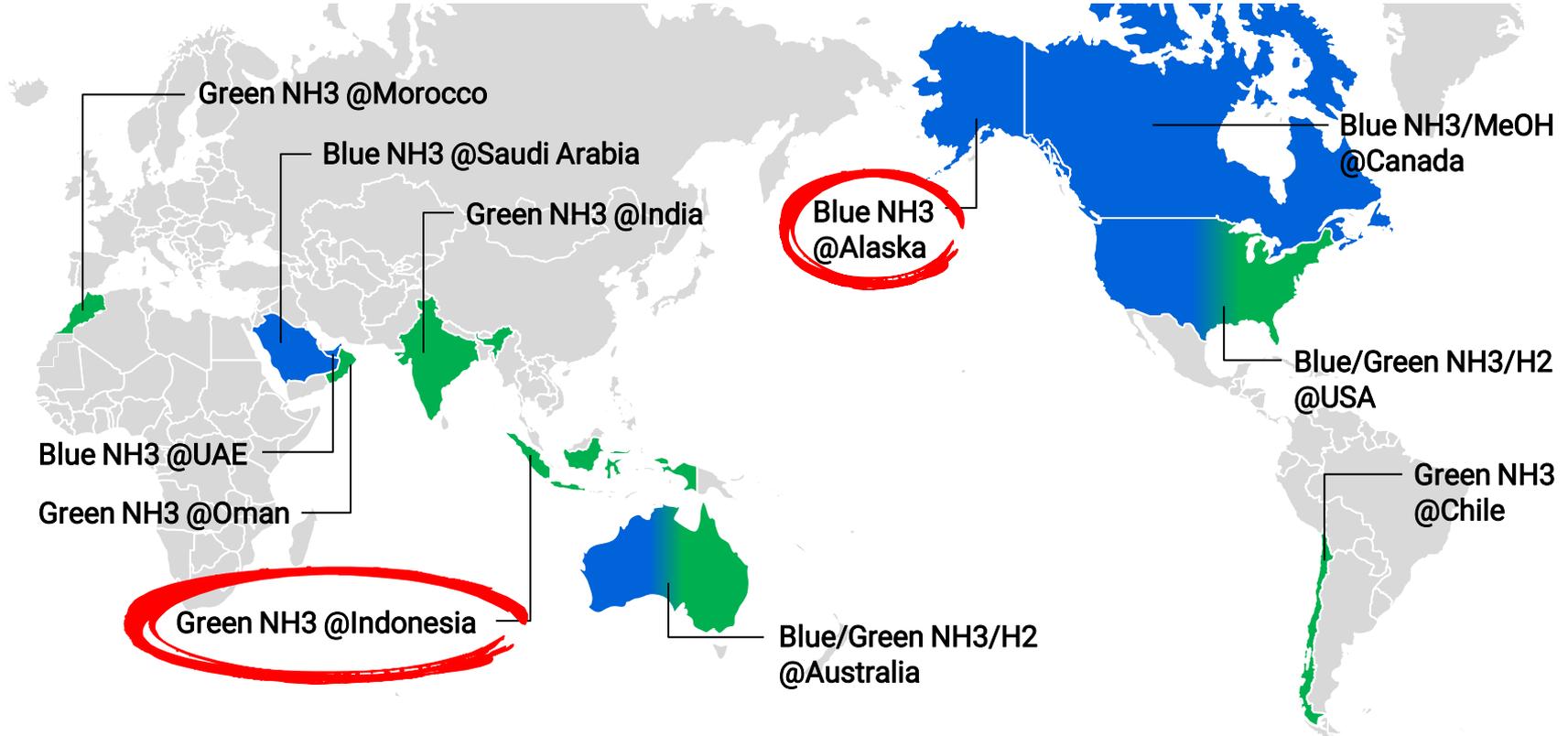
D) 国内アンモニア受入基地＋クラッキング(水素)事業の進捗

E) 需要創出に関する取組み (例：GI基金 ナフサ分解炉高度化)

2. 廃プラ油化事業の開拓状況

TOYO's Ongoing H₂/NH₃ Projects

Developing 30+ projects with various partners worldwide



TOYO, PIHC and PIM have signed collaboration agreement of the feasibility study for Green NH3 production in Indonesia



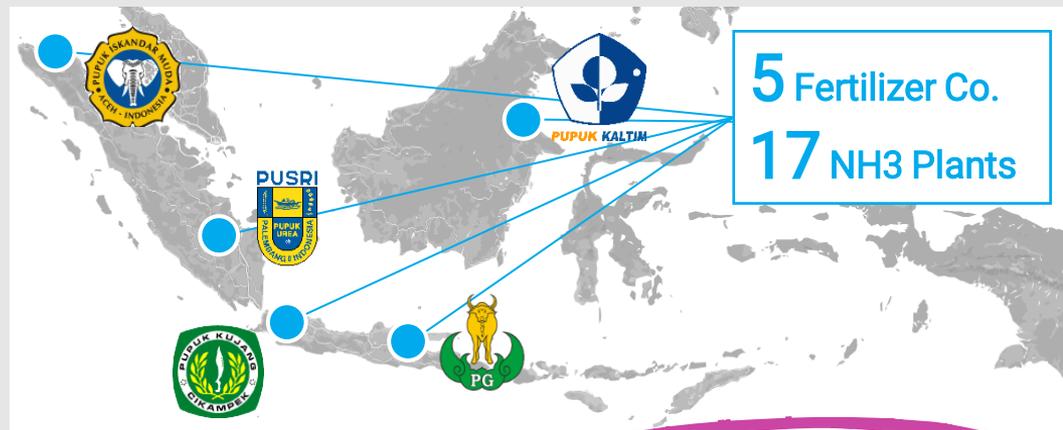
Integrated world-class agrochemicals and food company

 **1970**
Established

 **100%**
State-Owned

 **USD 5.3Bn**
Income

NH3 Plant Location



Production Capacity **7.3 mil tpa** **UNUSED Capacity 1.2 mil tpa**

▶ Now, transforming into a sustainable energy company

Unique Points of the Project

Make PIHC's existing assets value up for carbon neutrality

QUICK

Utilize PIHC's existing facilities

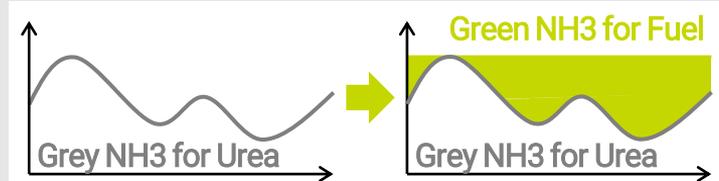
- Add electrolyzers on NH3 plants
- Get RE electricity from the grid



ECONOMIC

Minimize CAPEX and OPEX

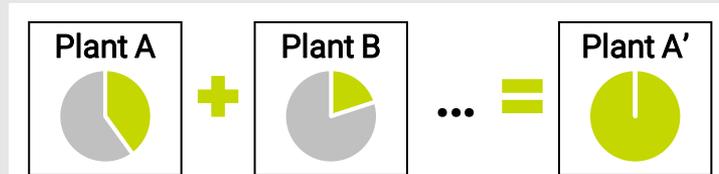
- Utilize unused NH3 capacities
- Level out NH3 annual production



LARGE

Swap "green" value with other plants

- Earn "RE & Green NH3 Certificate"
- Aggregate green NH3 virtually



アラスカBlue NH3事業

アラスカガス開発公社・Hilcorp・三菱商事とMOUを締結

LEADING ENERGY ORGANIZATIONS TO COLLABORATE ON COOK INLET AMMONIA PRODUCTION AND CARBON SEQUESTRATION ASSESSMENT

ANCHORAGE, AK (Oct. 4) – Today, the Alaska Gasline Development Corporation (AGDC) announced an agreement between leading energy organizations to assess the potential to produce zero-carbon ammonia in the Cook Inlet region of Southcentral Alaska.

The parties – AGDC, Mitsubishi Corporation, TOYO Engineering Corporation and Hilcorp Alaska – have signed a memorandum of understanding to evaluate the commercial feasibility of utilizing North Slope natural gas delivered to Southcentral Alaska via the Alaska LNG Project to produce carbon-free ammonia. The carbon dioxide generated from this process is able to be captured and sequestered in secure underground geologic formations, and Alaska’s Cook Inlet basin has been identified by scientists as having world-class carbon sequestration potential. This assessment project will further define Cook Inlet’s sequestration potential and the economics for producing clean ammonia alongside LNG in Alaska.

Ammonia emits no carbon dioxide when burned to produce energy, is rich in hydrogen, and is easier to transport than hydrogen. Ammonia is central to the zero-carbon energy strategies of nations across the Pacific Rim, including goals by [Japan](#) and [Korea](#) to become carbon neutral by 2050. Japan plans to grow ammonia use in energy production to three million tons per year by 2030, up from zero today.

In addition to Cook Inlet’s carbon sequestration capabilities, the parties factored other unique Alaska advantages into the decision to initiate the ammonia assessment. Round-trip tanker transport from Alaska to key Asian markets is more than 12,000 miles shorter than from the U.S. Gulf Coast, reducing costs and shipping emissions. Alaska delivered a 45-year record of success exporting LNG to Asia.

アラスカ州知事とも面談 Blue NH3事業開発で 協力していくことを確認



本日の内容

1. 燃料アンモニア・水素事業の開拓状況

A) 市場の見通し

B) TOYOの特長と事業開拓アプローチ

C) 燃料アンモニア製造事業の進捗

D) 国内アンモニア受入基地+クラッキング(水素)事業の進捗

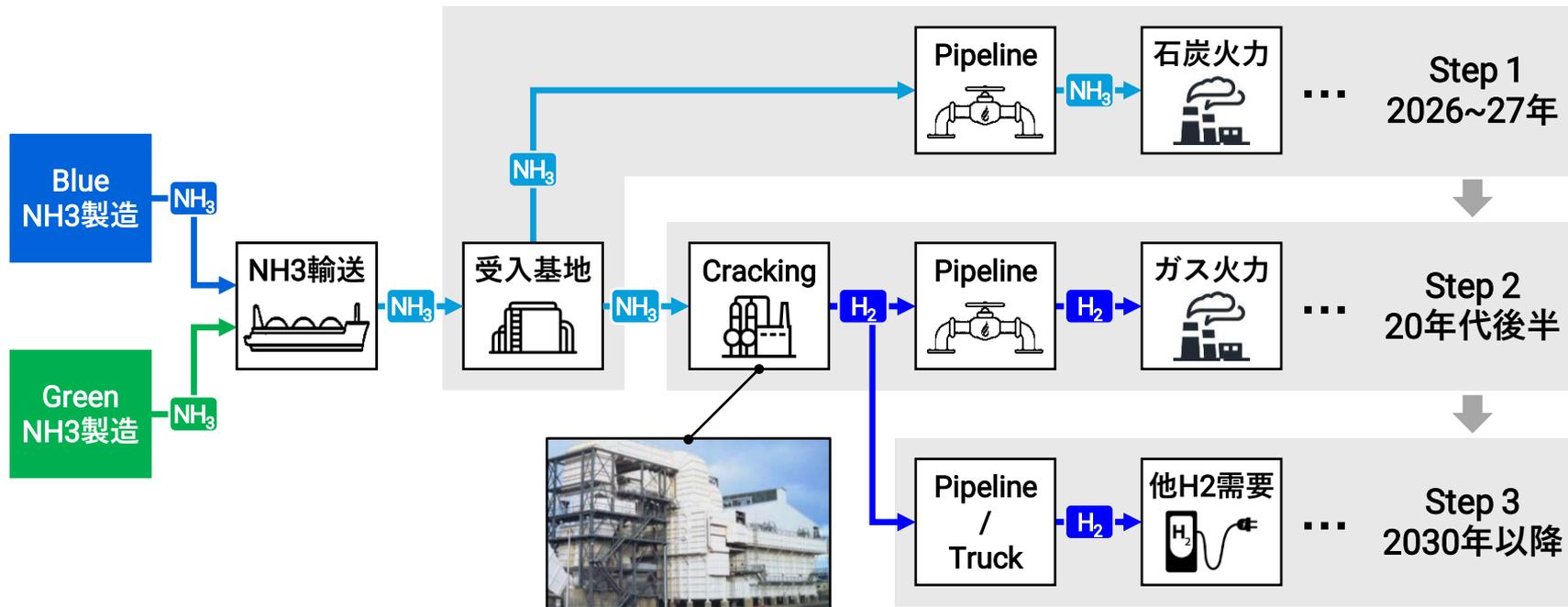
E) 需要創出に関する取組み (例：GI基金 ナフサ分解炉高度化)

2. 廃プラ油化事業の開拓状況

国内NH3受入基地 (1/2)：インフラ整備ステップ

まずNH3で商流/インフラを整備、その後H2用途へと拡張

社会実装時期



国内NH3受入基地 (2/2) : Feasibility Study内容(例)

ニーズ/制約/関連技術・法令を踏まえOPEX・CAPEXを最適化

インプット / ディスカッション(例)

NH3利用計画

- GHG削減目標
- 混焼対象設備
- 混焼率
- 電力需要
- 季節変動
- 周辺ユーザー需要等

NH3貯蔵設備要求

- 安全在庫
- バックアップ方針
- 共同保有の可能性等

制約の有無/度合

- 利用可能敷地
- 着岸可能船型等

NH3調達計画

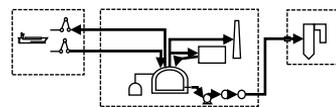
- NH3供給地
- 輸送ルート/航海日数
- 共同調達の可能性等

関連技術開発の動向

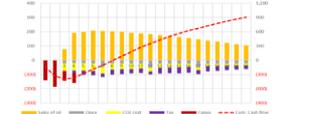
関連法令の動向

アウトプット(例)

Block Flow Diagram



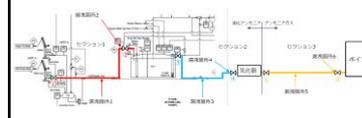
OPEX・CAPEX概算



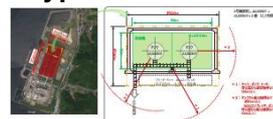
機器Short Specification

Item	Spec	Unit	Quantity	Material	Remarks
Compressor	10000	kg	1	SS304	
Storage Tank	10000	kg	1	SS304	
Heat Exchanger	10000	kg	1	SS304	
Valve	10000	kg	1	SS304	
Pipe	10000	kg	1	SS304	

漏洩時の拡散解析/対策



Typical Plot Plan



実装に向けた課題整理

Item	Spec	Unit	Quantity	Material	Remarks
Compressor	10000	kg	1	SS304	
Storage Tank	10000	kg	1	SS304	
Heat Exchanger	10000	kg	1	SS304	
Valve	10000	kg	1	SS304	
Pipe	10000	kg	1	SS304	

クリーン燃料アンモニア協会(CFAA)における活動

CFAAの理事会員として、官民を挙げた社会実装に貢献



CLEAN FUEL AMMONIA ASSOCIATION

(理事会員13社)



MITSUI & CO.



パブリックアクセプタンスの形成に向けて

リスクの定義と妥当性、対応について丁寧な説明が必要

Q：そもそもNH3とは？危険なのではないか？

- **健康障害**：毒劇法では3段階中最も低い「劇物」に分類。厚労省の安全データシートでは、急性毒性について5段階中下から2番目の「区分4：吸入すると有害」に分類
- **取扱実績**：専門家による適切な管理下で取り扱われる必要があるものの、19世紀初頭から使用されており、工業分野での取り扱い経験は豊富に蓄積
- **メリット**：直接燃料(石炭火力混焼/専焼やバンカリング)として使えることに加え、水素エネルギー密度が大きく経済的な水素キャリアとしても有望

Q：従来の化学用(少量)とは異なる燃料用(大量)である点を踏まえても安全なのか？

- NH3のまま市井に出ることはなく、専門家の下で管理・運用
 - 燃料用NH3は海外から受入基地を通して大量に輸入される想定
 - 受入後は石炭火力混焼や、H2転換後にパイプライン/トラックで輸送
- CFAAにて2021年度に既存の規制や国際動向について整理し、必要な標準化を検討
 - タンク：高圧ガス保安法・電気事業法等におけるLNG貯槽指針のアンモニア版が必要
 - その他設備：設計段階での漏洩防止と、運用・保守段階での迅速な検知・対応が必須
 - リスク評価：災害シナリオと判定基準の両方を「合理的な範囲」で設定する必要

本日の内容

1. 燃料アンモニア・水素事業の開拓状況

A) 市場の見通し

B) TOYOの特長と事業開拓アプローチ

C) 燃料アンモニア製造事業の進捗

D) 国内アンモニア受入基地＋クラッキング(水素)事業の進捗

E) 需要創出に関する取組み (例：GI基金 ナフサ分解炉高度化)

2. 廃プラ油化事業の開拓状況

石油化学産業のエネルギー消費のうち日本のナフサ分解炉をターゲットとして選定

セグメント分析

燃料アンモニアへの転換が進みやすく、且つ、潜在需要の規模が大きい
日本のナフサ分解炉をターゲットに選定

- 再エネの電力価格が安価な地域では電化が進むと想定
- 一方日本は、再エネが高コストである上に地理的制約もあるため、電炉よりも燃料アンモニアが主流となると想定

石油化学産業の熱源別×地域別の燃料アンモニア転換の親和性

		欧州	中東 アフリカ	北米 南米	アジア	日本
大 ↑ 熱源の規模 ↓ 小	ナフサ分解炉	電化	電化	電化	NH3	NH3
	精製系	電化	電化	電化	NH3	NH3
	反応系	電化	電化	電化	NH3	NH3
	圧縮系	電化	電化	電化	NH3	NH3
	輸送系	電化	電化	電化	NH3	NH3

ターゲットの概要

日本のナフサ分解炉用の燃料アンモニアの潜在需要は年間約**800万トン**

- エチレンプラント生産能力1トンあたり必要となる燃料アンモニア：1.34トン(100%専焼ベース)【①】
 - エチレンプラントの生産能力：616万トン(定修考慮ベース)【②】
 - 燃料アンモニア年間需要：①×②=825万トン
- ※ 2050年までに全ての分解炉の燃料がアンモニア転換される想定

TOYOの目標シェア：先行者として**50%超のシェア(2050年)**

【参考】日本のエチレンプラントの生産能力(定修考慮ベース)※五十音順
 Source:石油化学工業協会

出光興産	99.7	東燃化学	49.1
ENEOS	40.4	丸善石油化学	48.0
大阪石油化学	45.5	三井化学	55.3
京葉エチレン	69.0	三菱ケミカル	48.5
昭和電工	61.8	三菱ケミカ旭化成エレン	49.6
東ソー	49.3	合計	616.2

【参考】アジアの潜在需要は年間約**1億トン**～
 (=2022年のエチレンプラント生産能力約7,600万トン※×1.34トン)
 ※経済産業省 世界の石油化学製品の今後の需給動向(総論)

燃料アンモニアの製造～ナフサ分解炉の燃転まで バリューチェーンを統合した事業を創出/拡大

社会・顧客に対する提供価値

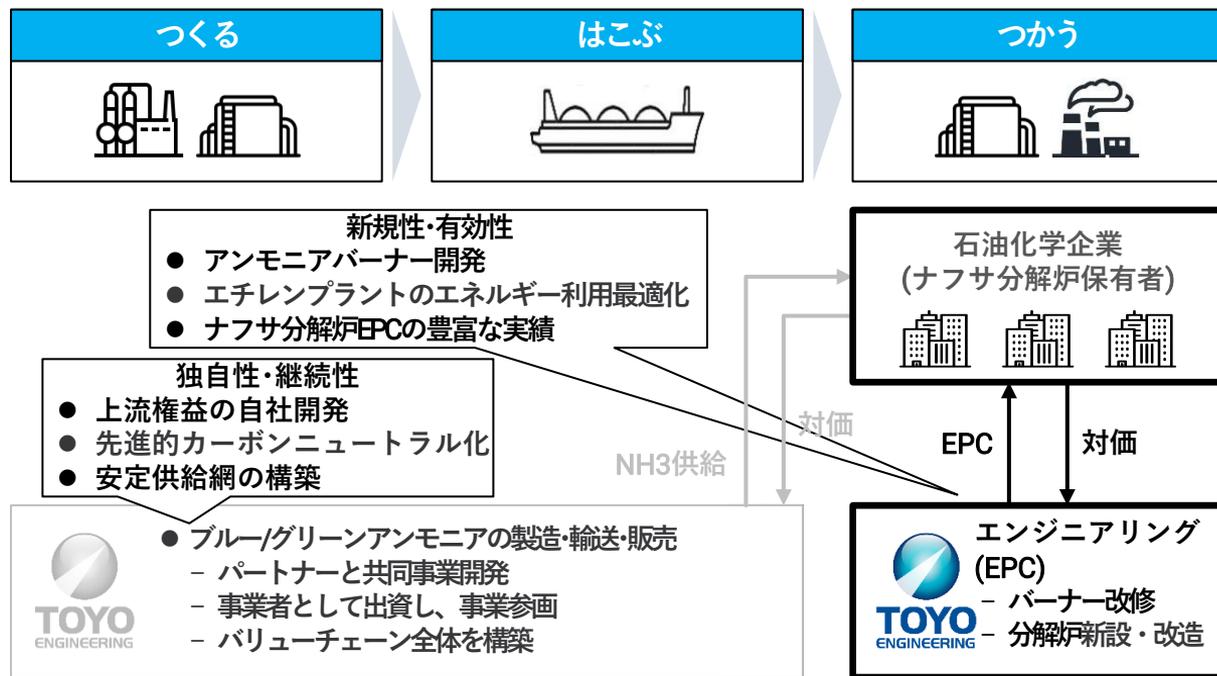
ビジネスモデルの概要と研究開発計画の関係性

ナフサ分解炉の脱炭素化 及び 経済性の両立

- CO2削減目標：
2050年までにゼロ
- カーボンプライシングを考慮した
エチレン製造コスト：
現行化石燃料と同等を実現

【参考】カーボンプライシングの見通し
(Source: IEA)

- 2025年： 75 USD/ton
- 2030年： 130 USD/ton
- 2040年： 205 USD/ton
- 2050年： 250 USD/ton



再掲：インベストメントハイライト

A) 超長期の成長市場

石炭火力＋船用＋水素キャリア(ガス火力/FCV等)で2070年に約10億トン/年

B) 圧倒的な実績

86基のアンモニアプラント・48基超のアンモニアタンクプロジェクトを推進

C) 燃料バリューチェーン事業への進出

EPC＋共同出資によるインカム/キャピタルゲインを追求(収益構造の強化)

D) 国内受入インフラの整備

まずアンモニアで商流/インフラを整備、その後水素用途へ拡張(長期利用)

E) 自ら新たな需要の創出

ナフサ分解炉燃転の実証を2030年迄に実施。アジア潜在需要1億トン/年～

本日の内容

1. 燃料アンモニア・水素事業の開拓状況

A) 市場の見通し

B) TOYOの特長と事業開拓アプローチ

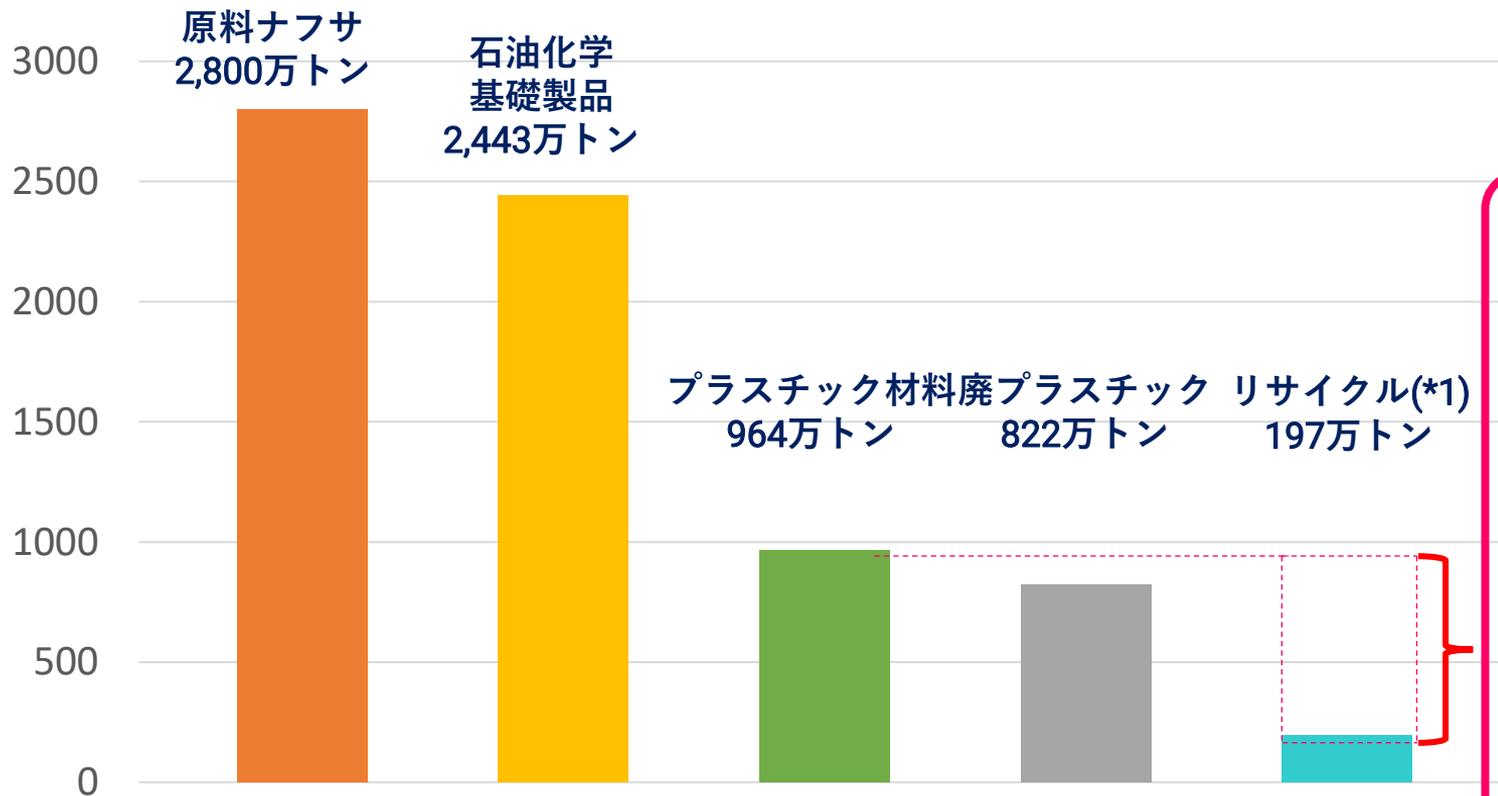
C) 燃料アンモニア製造事業の進捗

D) 国内アンモニア受入基地+クラッキング(水素)事業の進捗

E) 需要創出に関する取組み (例：GI基金 ナフサ分解炉高度化)

2. 廃プラ油化事業の開拓状況

我が国のプラスチックのマスバランス



964-197=767万
 トンがリサイクルすべき量。
 リサイクル量が増えると結果的に原料ナフサ消費が減って、副生オフガス(メタン)、副生燃料油、芳香族(ガソリン基材)等の副生炭化水素を削減できる。

<*1：マテリアルリサイクル及びケミカルリサイクル>

廃プラ循環：ファーストワンマイルと油化プラント規模



技術課題

課題2：油化プラント大型化
熱分解装置の大型化技術確立

社会システム課題

課題1：ファーストワンマイル
個別廃プラの収集社会システム

タイにて混合廃プラ油化技術の共同開発を開始（[2022年1月プレスリリース](#)）



- ✓ 石油化学プラントの設計、建設で培った技術力・経験
- ✓ 上流・下流工程のシステム構築、全体最適化



- ✓ 既設実証プラントの性能向上
- ✓ 商業規模へのスケールアップ
- ✓ エチレンプラント・ポリマープラントとの最適化により、
廃プラ由来プラスチックの生産能力増強



- ✓ SCGケミカルズの他の工場への展開および外販



<写真：廃プラ油化実証プラント>

- タイ・ラヨン県 SCGケミカルズ 石油化学工場内
- 処理量：4,000 トン/年（プロダクトベース）
- 2021年1月完成 運転開始



TOYO
ENGINEERING

Your Success, Our Pride.

Appendix

論点① タンクの漏洩対策

敷地面積が小さくても設置可能なPCタンクが有望視される

漏らさない

- 二重殻構造の採用
- 耐震設計(全壊回避)
- 防液堤の設置



万一漏れても影響を最小化

- 安全距離(L)の確保
 - $L = C \cdot \sqrt[3]{KW}$ ※
 - C: 地下/地上式できる係数
 - K: 流体により決まる係数
 - W: 貯蔵量
 - 但し現行法は「火災」を想定。「人的被害」の観点で見直しの可能性
- 散水設備の設置

タンクの種類	金属二重殻式タンク	PC/Prestressed Concreteタンク
構造		
防液堤	要	不要



40,000tタンク×1基の場合の計算例		
離隔距離	101.6m	101.6m
防液堤高	5.7m	—
敷地面積	24,000m ²	13,000m ²

論点② タンク以外の漏洩対策(1/2)

設計段階及び運用・保守段階それぞれ対策を施し漏洩を防止

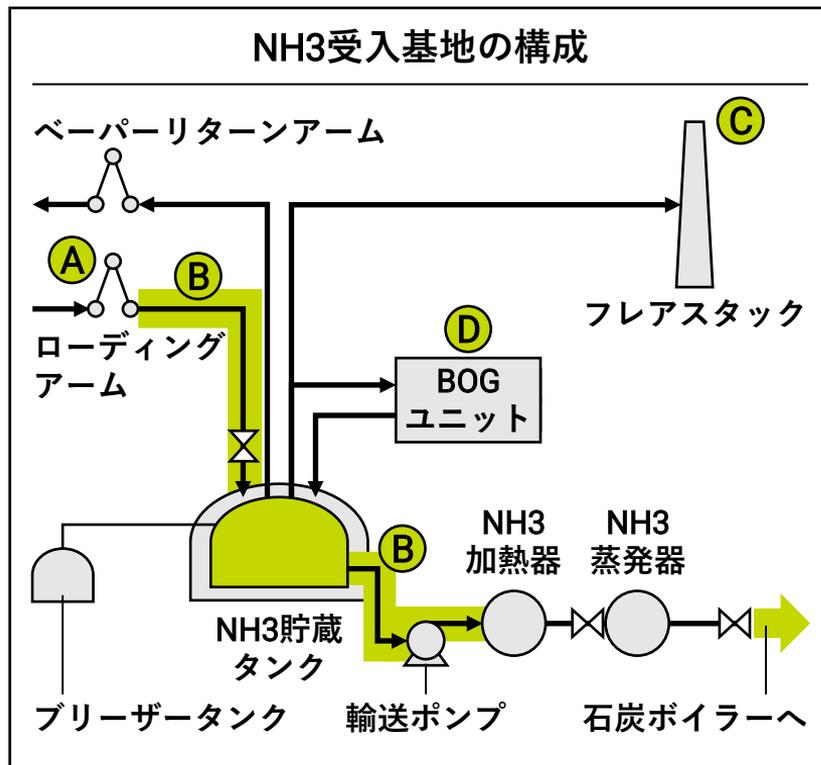
設計

- (A) ローディングアーム：ERS¹の設置
- (B) 配管：
 - SCC²対策(材料選定・残留応力除去)
 - フランジ接手の最少化
 - ドレン・ベント管のフレアへの接続
- (C) フレアスタック：安全弁からの放出
- (D) BOG³ユニット：信頼性確保(台数・電源)



運用・保守

- (E) 配管・機器共通：
 - SCCの発生有無を確認する検査
 - 外面腐食防止としてのCUI⁴対策と管理(各種ガイドライン準拠)



論点② タンク以外の漏洩対策(2/2)

万一漏れた場合を想定して、影響を最小化しておく

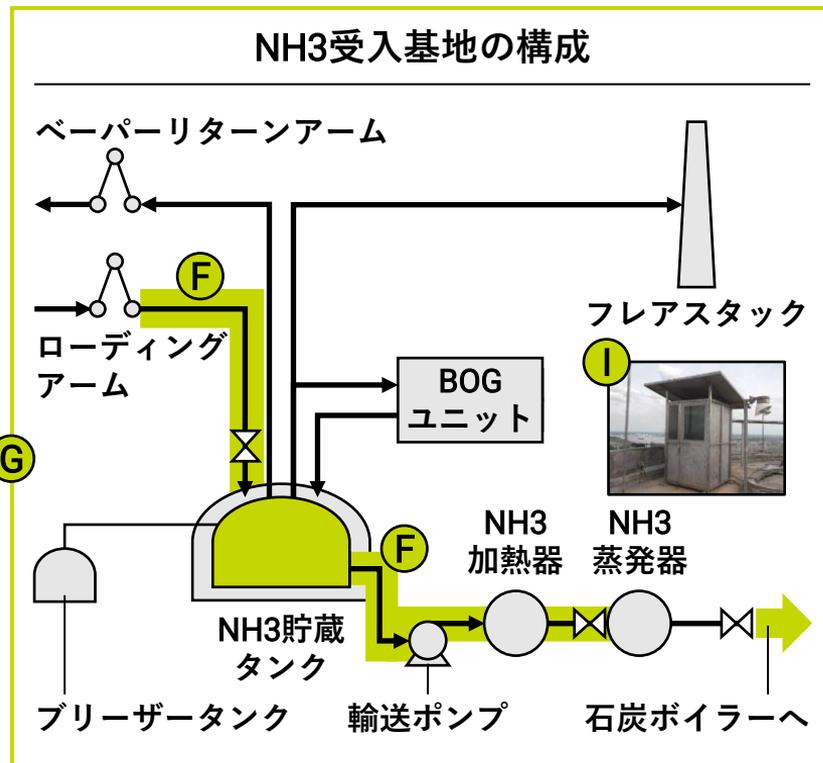
設計

- F** 配管長の短小化(可能な範囲)
 - バース～タンク間配管
 - タンク～蒸発器間配管
- G** 主要な漏洩源と敷地境界間の十分な離隔距離の確保
- H** 検出器による漏洩の早期検知
- I** Evacuation Roomの設置



運用・保守

- J** 空気呼吸器及び防毒マスクの設置
- K** 漏洩時のガス蒸気の制御
(スプレー散水放水の使用)



参考：光ファイバーを活用した漏洩検知システム

DTS¹ Systemの活用により漏洩エリアの迅速な特定が可能

1 : Distributed Temperature Sensing

広範囲且つ迅速にNH₃の漏洩検知が可能となるシステム

- 配管に光ファイバーを添わせて設置
- 光ファイバーを活用して温度変化(低下)を検知
→ 液化NH₃の温度はマイナス33度
- 最大およそ30kmに亘り1m毎の漏洩の監視が可能

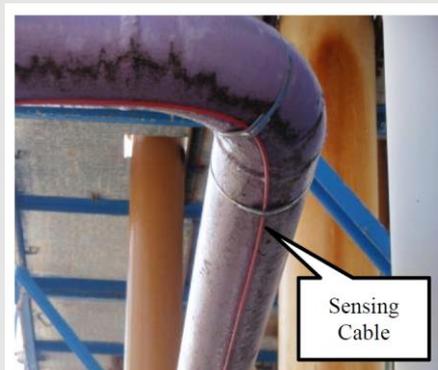


Figure 2: Red cable installation under pipe

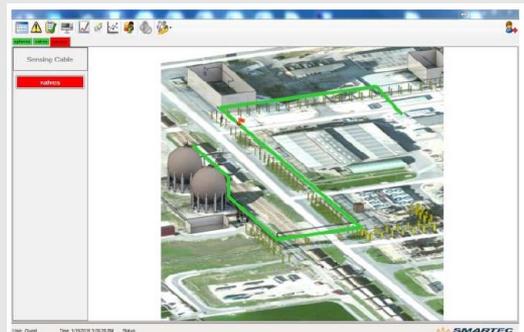


Figure 3: Example of user interface showing location of event, e.g. leak detection

DTS Systemの導入例

プラント	国	導入年	長さ
Yara Revenna	Italy	2006	5km
Yara Le Havre	France	2010	10km
Yara Montoir	France	2013	2km
Yara Pardies	France	2013	1.5km
Yara Ambes	France	2014	2km
Borealis Grandpuits	France	2013	2.5km
Borealis Ottmarsheim	France	2010	0.4km

Source : Inaudi D., Walder R., Todd Roberts, 2016, "Field Experience from Fiber Optic Ammonia and LNG Leak Detection Systems Installations", 61st Annual Safety in Ammonia Plants and Related Facilities Symposium.

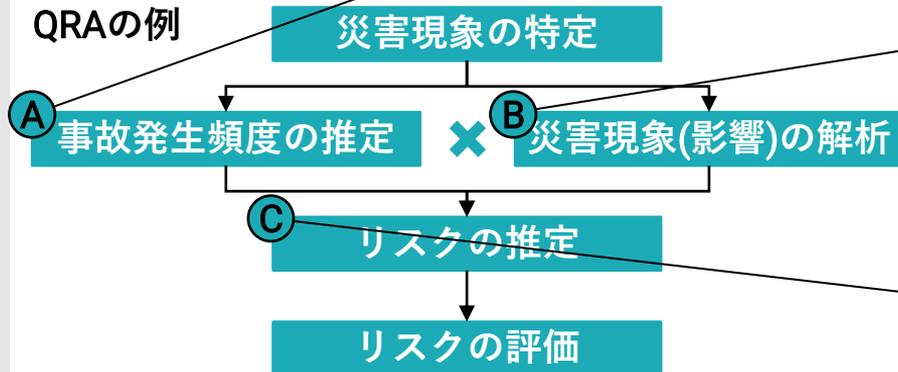
論点③ リスク評価

事故の「発生頻度」×「影響」からリスクを定量的推定→評価

定性・定量評価を基に適切な安全対策を適用(下記は例)

- HAZID : Hazard Identification
- HAZOP/LOPA : Hazard and Operability / Layers of Protection Analysis
- SIL : Safety Integrity Level
- RAM : Reliability, Availability and Maintainability
- QRA : Quantitative Risk Assessment

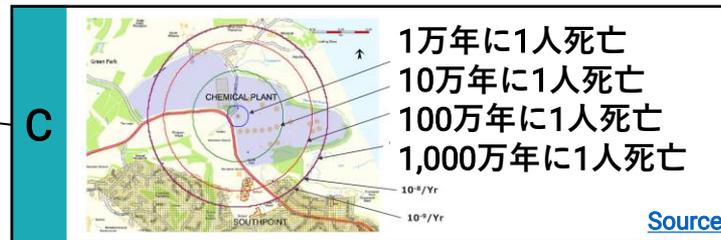
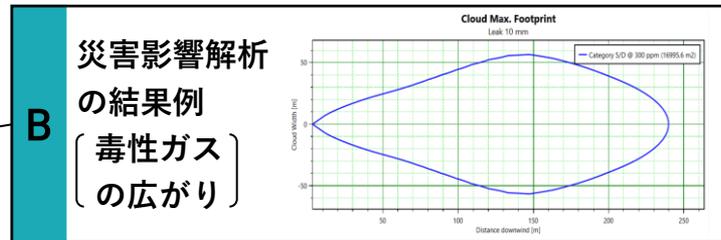
QRAの例



ITEM FAILURE RATES Source

Failure rates (per m per y) for pipework diameter (mm)

Hole size	0 - 49	50 - 149	150 - 299	300 - 499	500 - 1000
3 mm diameter	1×10^{-6}	2×10^{-6}			
4 mm diameter			1×10^{-6}	8×10^{-7}	7×10^{-7}
25 mm diameter	5×10^{-6}	1×10^{-6}	7×10^{-7}	5×10^{-7}	4×10^{-7}
1/3 pipework diameter			4×10^{-7}	2×10^{-7}	1×10^{-7}
Guillotine	1×10^{-6}	5×10^{-7}	2×10^{-7}	7×10^{-8}	4×10^{-8}





東洋エンジニアリング株式会社

URL <https://www.toyo-eng.com>

【お問い合わせ】

〒275-0024 千葉県習志野市茜浜 2-8-1

広報・IR部長 白石 義文

電話 047-454-1681

E-mail ir@toyo-eng.com

本資料に記載されている見通しや業績予想などのうち、歴史的事実でないものは現在入手可能な情報から得た当社の経営陣の判断にもとづき作成しております。実際の業績は、当社の事業領域を取り巻く国内および海外の経済・金融情勢等、様々な重要な要素により、これら業績見通しとは異なる結果となりうる事をご承知おきください。