

2023年11月
調査国際部

ドイツにおける製油所のエネルギー転換動向

- ◇2045年ネットゼロ政策を掲げるドイツでは、現時点の一次エネルギー需要は石油、天然ガス、石炭が約8割を占めており、原発停止も影響し化石資源は引き続きエネルギーの中核である。
- ◇欧州で最大の原油処理能力を有するドイツでは、2022年2月からのロシアのウクライナ侵攻による原油調達の影響を受けつつも、すべての製油所が原油輸送の代替手段を確保し稼働を続けている。
- ◇国家水素戦略に基づき、国内全製油所において、EUやドイツ政府の開発資金を活用し、プラント施設や製品のGHG削減を図るために化石由来の水素からグリーン水素への転換、次世代液体燃料として期待されているe-fuelの製造拠点化を目指すプロジェクトが立ち上がっている。
- ◇ロシア産原油を専用に処理していたドイツ東部のPCK Schwedt製油所では、ドイツ政府管理の下、ネットゼロを目指した製油所大転換プロジェクトの構想が提示された。

1. はじめに

ドイツでは、ロシアのウクライナ侵攻を契機とするエネルギー危機や輸出産業の停滞の影響により、2023年の経済は主要七カ国G7の中で唯一マイナス成長が予想されるという厳しい社会情勢にあるが、2045年までに温室効果ガス（GHG）の排出量をネットゼロにするという野心的目標に向けた動きは全産業で継続している。

2020年7月8日に欧州委員会が発表した「欧州水素戦略」に1か月先行し、2020年6月10日、ドイツは

自国の水素戦略を発表し、国を挙げてグリーン水素製造を推進するとした。さらに、本年7月26日には、国家水素戦略の初の改定を閣議決定した。

今回の改定により、研究・実証から大規模生産へという、グリーン水素市場立ち上げの段階へ進めるため、2030年に向けた新たな政府支援プロジェクトが動き始める。

グリーン水素を原料とした輸送用燃料については、欧州委員会での2035年に内燃機関自動車の新規販売を禁止する法案でe-fuel利用に関して厳しい制約が課された状況となっているが、持続可能な航空燃料（SAF）としてのeSAFの導入義務化は確定したため、ドイツの製油所では、陸上及び航空用e-fuel製造に向けたプロジェクトに取り組んでいる。

1. はじめに
2. ドイツのエネルギー需要
3. 国内製油所の原油処理能力
4. 国内製油所の水素関連プロジェクト
5. おわりに

2. ドイツのエネルギー需要

ドイツの一次エネルギー需要を図1に、また、石油需要の内訳を図2に示した。

ドイツ政府は、2045年のネットゼロに向けて、化石資源からの脱却と原子力発電所の廃止、再生可能エネルギーによるエネルギー転換を政策として掲げているが、2022年の化石資源への依存率は8割近くを占めており、前年と比較すると原発への依存が低下した分、化石資源需要が増加する結果となった。

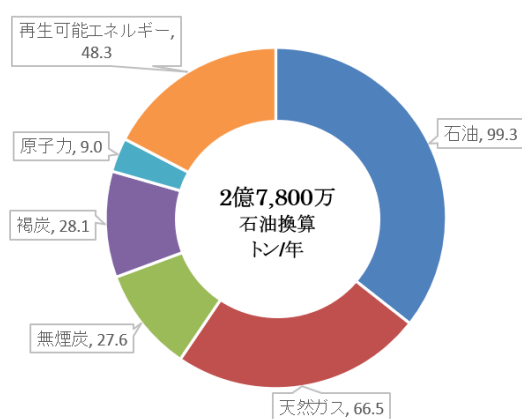


図1 2022年一次エネルギー構成

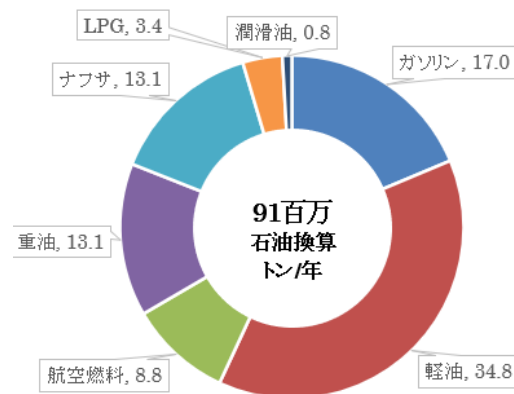


図2 2022年石油製品需要

(数字は需要量、百万石油換算トン/年)

出所：AGEB 「Energy Consumption in Germany in 2022」¹

また、図3に示すように、IEAが公表したドイツにおける2022年の陸上内燃機関車向け燃料需要分析では、化石由来の軽油やガソリンが93.3%を占め、バイオ燃料は5.9%に留まっている。

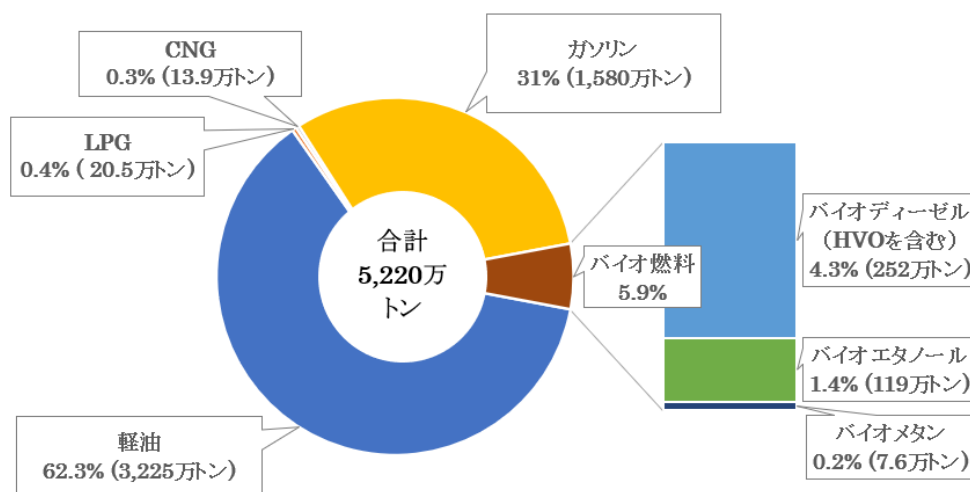


図3 2022年自動車燃料需要シェア (括弧内は需要量)

出所：IEA-AMF²

¹ https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/07/AGEB_Jahresbericht2022_20230630_engl.pdf

² https://iea-amf.org/content/publications/country_reports/germany

3. 国内製油所の原油処理能力

ドイツ国内で輸送用燃料を製造している製油所は図4に示す11カ所であり、原油処理能力は年間1億90万トン（約2百万bpd）と欧州の国別では最大規模である。

ドイツ北部で海洋に面した一部の製油所以外は内陸に立地しているためパイプラインで原油の調達を図っており、製油所間の長距離パイプラインネットワークも整備されている。

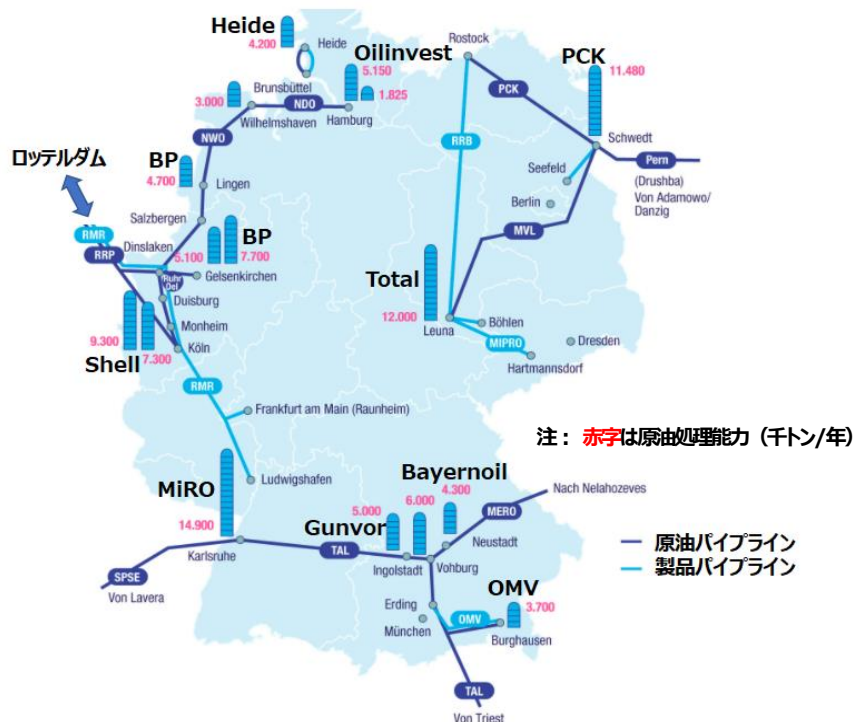


図4 ドイツの製油所マップ

出所: ドイツ en2x (2023年1月1日時点)を基に作成

ドイツ国内の製油所はすべて海外資本が保有しており、11製油所のうち、表1に示す3製油所は欧米石油大手や欧州独立系石油会社およびロシアの石油大手 Rosneft の複数の資本で構成されている。

表1 複数資本の石油会社

石油会社	製油所	資本構成
Bayernoil	Bayernoil	Varo Energy (51.43%), Eni (20%), Rosneft (28.57%)
MiRO	Karlsruhe	Shell (32.25%), ExxonMobil (25%), Rosneft (24%), Phillips 66 (18.75%)
PCK	Schwedt	Rosneft (91.67%), Eni(8.33%)

出所: 各社発表資料

ロシア Rosneft はウクライナ危機前まではドイツ国内石油産業への出資を積極的に行っており、2021年11月17日、ロシアに最も近い PCK Schwedt 製油所(23万bpd)の Shell 保有株を購入し、持株比率が

54.17% から 91.67%に拡大した。

同社は、それまでに MiRO 製油所 (31 万 bpd)の 24%、Bayernoil (20.6 万 bpd)の 28.57%の株式を保有していたため、2021 年末にはドイツ第 2 位の原油処理能力を確保することとなった。

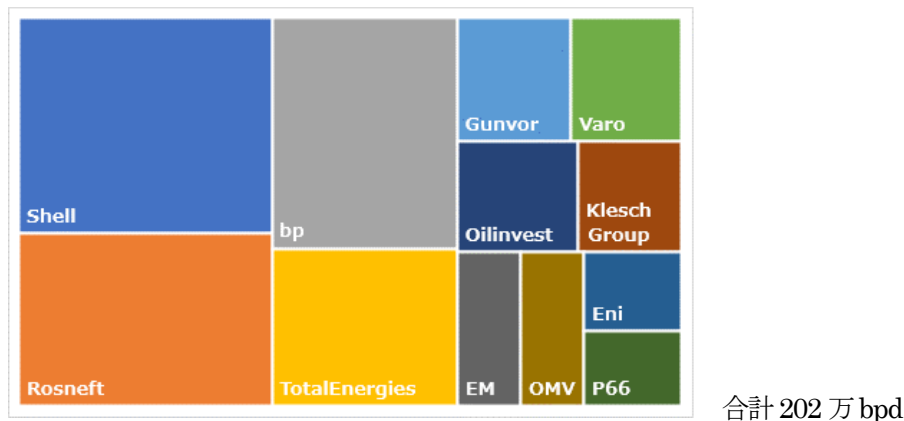


図 5 ドイツの出資比率別各社原油処理能力

出所：ドイツ en2x 情報を基に作成

ロシアのウクライナ侵攻後、ロシア産原油の調達を停止することへの対応のため、2022 年 9 月 16 日、ドイツ連邦経済・気候保護省 (BMWK) は、製油所への安定した原油供給の維持のため、エネルギー安全保障法第 17 条 (Energiesicherungsgesetz, EnSiG) に基づき、PCK 株式を保有する Rosneft Deutschland GmbH (RDG) 及びその関連会社 RN Refining & Marketing GmbH (RNRM) の受託管理をドイツ連邦ネットワーク庁⁴に命じた。

この法令根拠により、PCK に加え Rosneft の資本が一部入っている MiRO 製油所と Bayernoil 製油所、ドイツ国内パイプライン会社に対しても、受託管理者である連邦ネットワーク庁は、エネルギー部門における安全保障上の重要性に応じて、事業を継続させるための措置を講じることができる。

また、受託管理は、一定の条件の下で延長することができるとされており、2023 年 9 月 8 日付けの命令で 2024 年 3 月 10 日まで延長されている⁵。

4. 国内製油所の水素関連プロジェクト

現在、ドイツ国内 11 製油所すべてにおいて、水素関連のプロジェクトが進行又は計画中である。

これらプロジェクトはや欧州政府やドイツ政府の資金を活用している。

³ <https://en2x.de/positionen/raffinerien-und-produktion/>

⁴ 総務省 学術雑誌『情報通信政策研究』:ドイツ連邦ネットワーク庁 (Bundesnetzagentur)
https://www.soumu.go.jp/main_content/000851761.pdf

⁵ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/09/20230908-bundesregierung-verlaengert-treuhandverwaltung-der-rosneft-deutschland.html>

表 2 ドイツ国内製油所の水素及び e-fuel 製造プロジェクト

No.	石油会社	対象製油所	参画プロジェクト名	概要
1	bp	Lingen (リンゲン)	Lingen Green Hydrogen	グリーン水素製造・利用
2	bp	Gelsenkirchen (ゲルゼンキルヘン)	GetH2	グリーン水素製造・利用
3	Shell	Rheinland (ラインラント)	Refhyne I & II	eメタノール・eSAF
4	TotalEnergies	Leuna (ロイナ)	LeunaPower2Fuels	eメタノール
5	OMV	Burghausen (ブルクハウゼン)	M2SAF	e-SAF
6	Bayernoil	Bayernoil (バイエルンオイル)	BayH2 Synergy Fuels	グリーン水素製造・利用
7	Gunvor	Ingolstadt (インゴルシュタット)	Synergy Fuels	グリーン水素製造・利用
8	Oilinvest	Holborn (ホルボーン)	Humburg Green Hydrogen Hub	グリーン水素利用
9	Klesch	Heide (ハイデ)	Westkuste 100 HySCALE 100 KEROSyn 100	グリーン水素製造・利用、e-fuel
10	MiRO	Karlsruhe (カールスルーエ)	REF4FU	e-fuel
11	PCK	Schwedt (シュヴェット)	未決定	グリーン水素・利用、e-fuel

出所: 各社報道を基に作成

以下、表 2 に記載の製油所を欧州の大手石油会社と独立系石油会社に分け、現在進行中又は計画されている水素及び e-fuel 製造プロジェクトの概要を記す。

(1) 欧州石油大手の製油所のプロジェクト

・bp (Lingen、Gelsenkirchen) 製油所 (No.1, 2)

Lingen 製油所を含めた「Lingen Green Hydrogen」プロジェクトは EU の IPCEI (欧州の重要な関心のあ
るプロジェクト) 資金の獲得が決定し、今後、デンマークの風力発電会社 Ørsted と協力して、50MW のグ
リーン水素施設を 2024 年に稼働開始するとしている。

また、Lingen では、大手電力会社 RWE と Jülich Research Center (ユーリッヒ研究センター) と共
同で、下水汚泥バイオマス資源をベースとした再生可能な合成燃料 (eメタノール、フィッシャー・ト
ロプシユ製品) の製造のための実証化に向けた研究も進めている。

Gelsenkirchen 周辺では、グリーン水素ネットワークプロジェクト「Get-H2」⁶として、RWE 等を中心としたコ
ンソーシアムが立ち上がっており、2025 年に 100MW 電解槽の稼働開始を目標としている。このプロジェクト
により、bp の両製油所は水素ネットワークにより接続される計画となっている。このプロジェクトでも EU の
IPCEI 資金が活用される。

・Shell Rheinland 製油所 (No.3)

⁶ https://www.get-h2.de/wp-content/uploads/geth2-nukleus_presentation_221031.pdf

既報 JPEC レポート⁷に記載したように、将来の eSAF 製造に向け、2024 年に製油所への 100MW 電解槽の導入に向けた Refhyne II プロジェクトが進められている。

•TotalEnergies Luena 製油所 (No.4)

同製油所は、2021 年に、電解槽メーカー Sunfire、Fraunhofer (フ라운ホーファー) 研究機構と協力して、「e-CO₂ Me」プロジェクトの立ち上げを発表し、SOEC 電解槽(1 MW)により e メタノール製造の検討を行った。

この検討成果を基に、同社を含めたコンソーシアムが立ち上がり、商業化に向けた「LeunaPower2Fuels」⁸ プロジェクトが開始となった。計画では、10 年後までに Leuna 製油所で Methanol-to-Jet 技術により、年間最大 12 万トンの eSAF を製造する目標を掲げている。

•OMV Burghausen 製油所 (No.5)

隣国オーストリア政府の資本が入った同製油所は、連邦デジタル・交通省(BMDV)の開発資金 310 万ユーロを獲得し、2 年半の「M2SAF (Methanol-to-SAF)」⁹プロジェクトを 2022 年 8 月に開始した。

コンソーシアムメンバーには、ドイツ大手触媒メーカー BASF、アルカリ電解槽メーカー Thyssenkrupp に加え、ドイツ航空宇宙センター(DLR)等が参画している。

(2) 独立系製油所のプロジェクト

•Gunvor Ingolstadt 製油所 (No.7)

スイスに本社を置く多国籍のエネルギー取引会社 Gunvor がオランダとドイツに保有する 2 製油所の一つである。2023 年 3 月に連邦デジタル・交通省(BMDV)の新規合成燃料プロジェクト「Synergy Fuels」¹⁰に、近隣の Bayernoil 製油所と共に採択され、ドイツ南部の製油所での e-fuel 製造に関する検討を開始した。

4 年間の研究に政府資金 1,360 万ユーロが投じられ、ミュンヘン工科大学やスイスの化学メーカー Clariant、Fraunhofer 研究機構等が参画している。

プロジェクトでは、e-fuel およびバイオ燃料の生産における革新的なプロセスを研究し、炭素強度が低くエネルギー効率の高い新しい製油所のコンセプトの提案に取り組むとしている。

•Oilinvest Holborn 製油所 (No.8)

オランダ資本 Oilinvest グループが欧州に保有する 3 製油所の一つである。

2021 年 1 月、日本から三菱重工業も参画し、ハンブルク港湾を中心とした「Hamburg Hydrogen Hub」¹¹

⁷ https://www.peci.or.jp/wp-content/uploads/2021/12/JPEC_report_No.211201.pdf

⁸ <https://hypower-mitteldeutschland.com/projekte/leunapower2fuels/>

⁹ <https://www.omv.com/en/news/221116-consortium-formed-for-developing-new-process-technology-to-produce-sustainable-aviation-fuel>

¹⁰ <https://gunvor-raffinerie-ingolstadt.de/hypipe-bavaria-h2-cluster-ingolstadt-erfolgreicher-abschluss-der-konzept-entwicklung-einer-wasserstoffinfrastruktur-fuer-die-region-ingolstadt-4963726/>

¹¹

プロジェクトが立ち上がった。ここで製造されるグリーン水素は同地域にある Holborn 製油所や化学工場に供給されることとなっており、同製油所では化石由来水素の代替に利用する計画である。

本プロジェクトは 2022 年 8 月に、EU の IPCEI 資金 5 億ユーロを獲得しており、事業化に向けた建設が進められている。

・Klesch Heide 製油所 (No.9)

スイス・ジュネーブを本拠地とする投資会社 Klesch グループが保有する Heide 製油所は、Shell が 2010 年まで保有していたドイツ北部に位置する独立系製油所である。

製油所での低炭素燃料製造を目指したドイツで最大規模の産業クラスターのプロジェクトとして、既報の JPEC レポート¹²でも紹介した。

3 つのプロジェクトで構成され、いずれもドイツ連邦政府や州政府、EU の IPCEI の資金提供を受けている。

- ①Westkuste100: 洋上風力発電によるグリーン水素製造プロジェクト
- ②HySCALE100: 回収 CO₂ を利用した大規模 e メタノール合成プロジェクト
- ③KEROSyN100: 持続可能な航空燃料(eSAF)製造プロジェクト

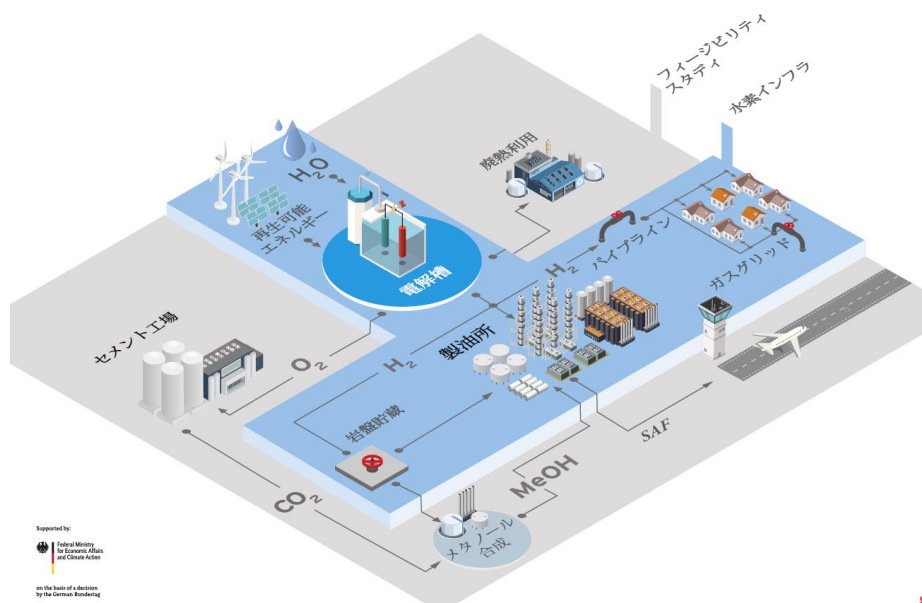


図 6 Heide 製油所で進行中の3プロジェクトにおける周辺企業との連携

出所: ドイツ連邦経済・気候保護省 (BMWK) (2023 年8月更新) をもとに作成
eSAF を含めた e-fuel の製造に関わるコスト評価や LCA 評価の基礎検討は終了しており、今後の商業生産に向け準備が進められている。本年 9 月のドイツ全国航空会議では、Robert Habeck 副首相が同製油所

https://www.energyforum.in/fileadmin/user_upload/india/media_elements/Presentations/20230322_HPA_HPC_Workshop/20230322_PPT_HPC_HPA.pdf

¹² https://www.peci.or.jp/wp-content/uploads/2021/12/JPEC_report_No.211201.pdf

は eSAF 製造の重要拠点の一つであると挨拶の中で述べたと報じられており¹³、ドイツ国内で特に注目の製油所となっている。

(3) 複数資本で構成される製油所のプロジェクト

・Bayernoil 製油所 (No.6)

Gunvor Ingolstadt 製油所と同時に、2023 年 3 月に連邦デジタル・交通省 (BMDV) の「Synergy Fuels」プロジェクトに採択され、e-fuel 製造に関する検討を開始した。

加えて、同製油所はドイツ南部バイエルン州でのグリーン水素供給インフラ構築に向けた「BayH2」¹⁴プロジェクトにも参画し、グリーン水素の製造・利用の具体化を進めるとしている。

・MiRO Karlsruhe 製油所 (No.10)

カールスルーエ工科大学 (Karlsruher Institut für Technologie, KIT) は地元製油所での e-fuel 製造を目指したグリーン製油所構想を基に、2019 年から 2022 年にかけて、「reFuels – Rethinking Fuels」¹⁵プロジェクトを実施した。その後継プロジェクトとして、2023 年 5 月より「REF4FU (Refineries for Future)」¹⁶として、政府資金 740 万ユーロによる 3 年間の研究を開始した。

このプロジェクトは国内の研究機関や企業とコンソーシアムを形成しており、KIT からスピナウトした FT 合成技術を核としたエンジニアリング会社 INERATEC も参画している。海運から航空、大型貨物輸送まで、輸送部門全体の燃料を生産するために、再生可能な原材料に適合した未来志向の製油所に関する研究を行うとしている。

・PCK Schwedt 製油所 (No.11)

ロシア産原油の精製に特化していた同製油所は、ロシアのウクライナ侵攻を契機にロシア産原油の調達が可能になるとの見直しから、閉鎖するとの話が一時出たが、現状はロシア Rosneft の資本をドイツ政府が保有する形となり、原油調達体制を見直しての操業が行われている。

政府は、PCK とドイツ風力発電会社 ENERTRAG に製油所のあり方検討を指示し、本年 5 月に検討結果が報道陣に公表された¹⁷。

HyPE+ (Hydrogen by PCK and ENERTRAG) と称したスタディでは、製油所を再生可能エネルギーを利用したグリーン水素と合成燃料の製造拠点に転換することを提案し、表 6 の転換ロードマップを提示した。

¹³ https://www.linkedin.com/posts/en2x_scholz-nlk23-flugkraftstoffen-activity-7112015337415401473-PRVS?utm_source=share&utm_medium=member_ios

¹⁴ https://bayh2.de/wp-content/uploads/BayH2_Infobroschu%CC%88re.pdf

¹⁵ https://www.itas.kit.edu/english/projects_sche19_reful.php

¹⁶ https://www.kit.edu/kit/english/pi_2023_034_renewable-fuels-from-green-refineries.php

¹⁷ <https://enertrag.com/presse/detail/pck-raffinerie-schwedt-und-enertrag-stellen-transformationspfad-vor>

表 3 PCK Schwedt 製油所の転換計画案

年	マイルストーン
2027	400MW の電解槽を設置し、年間 3 万トンのグリーン水素を製造し、製油所の脱炭素化を実施
2030	年間 16 万トンのグリーン水素製造を実現、その後年間 24 万トンまで拡大
2045	同製油所がグリーン水素を調達し、eSAF、eメタノールおよび高付加価値化学品を年間 200 万トン、バイオディーゼル、バイオエタノールおよびバイオメタン製造を年間 100 万トン製造 電力供給能力を 6~10 TWh 整備 地域暖房の供給網を整備

出所: PCK and ENERTRAG¹⁸

今回のスタディでは、製油所を再生可能エネルギー中心の拠点に転換するには、2030 年までに 150 億ユーロの費用がかかると推計した。このうち水素製造、合成燃料および高価値化学品製造のためのプラントの建設には 50 億ユーロが必要と見込んだ。

ドイツ東部の燃料製造拠点として、ロシア依存から脱却を図る同製油所の改革は、ドイツの製油所の新たな姿を牽引する先行事例になる可能性もある。

4. おわりに

ドイツ製油所でのグリーン水素の利用や e-fuel 製造に関わるプロジェクトの進捗状況を整理した。

ロシア産原油に依存していたドイツの製油所は、政府が牽引するネットゼロ政策への対応と脱ロシア産原油の対応に追われており、製油所転換の重要度は増している。

2023 年 9 月 4 日、ミュンヘンで開催された連邦デジタル・交通省主催の e-fuel 国際会議においても、旧ドイツ石油連盟 MWV の後継団体である en2x (燃料・エネルギー産業協会) は、「気候変動への取り組みを強調する同省のイニシアチブを歓迎する。必要な投資を可能にするための適切な枠組みや条件を整えることが、ますます急務となっている。」と政府の支援を強く訴えた。

このような欧州最大のエネルギー消費国であるドイツにおける石油産業の事業転換の動きに注目し、わが国の石油産業の今後のあり方の議論に資する情報収集に引き続き取り組んでいく。

(問い合わせ先)

一般財団法人石油エネルギー技術センター 調査国際部 jrepo-0@pecj.or.jp

本調査は、一般財団法人石油エネルギー技術センター (JPEC) が資源エネルギー庁からの委託により実施しているものです。無断転載、複製を禁止します。

Copyright 2023 Japan Petroleum Energy Center all rights reserved

¹⁸ https://www.youtube.com/watch?v=m_5s9MZX_4A