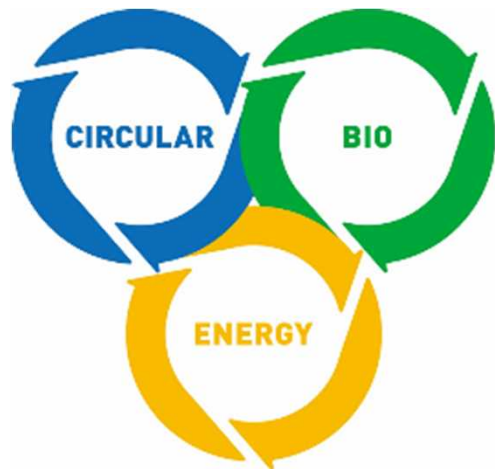


TSCトレンド

再生可能エネルギー時代における 資源獲得競争

-ドイツのリチウムイオン電池政策を例に-



海外技術情報ユニット

技術戦略研究センター（TSC）

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

©NEDO 2022

■ 目次

- はじめに
- 1. 化石資源エネルギーの資源獲得競争から自然エネルギー転換装置・蓄電池の資源獲得競争へ
- 2. ドイツ リチウムイオン電池政策
- 3. まとめ

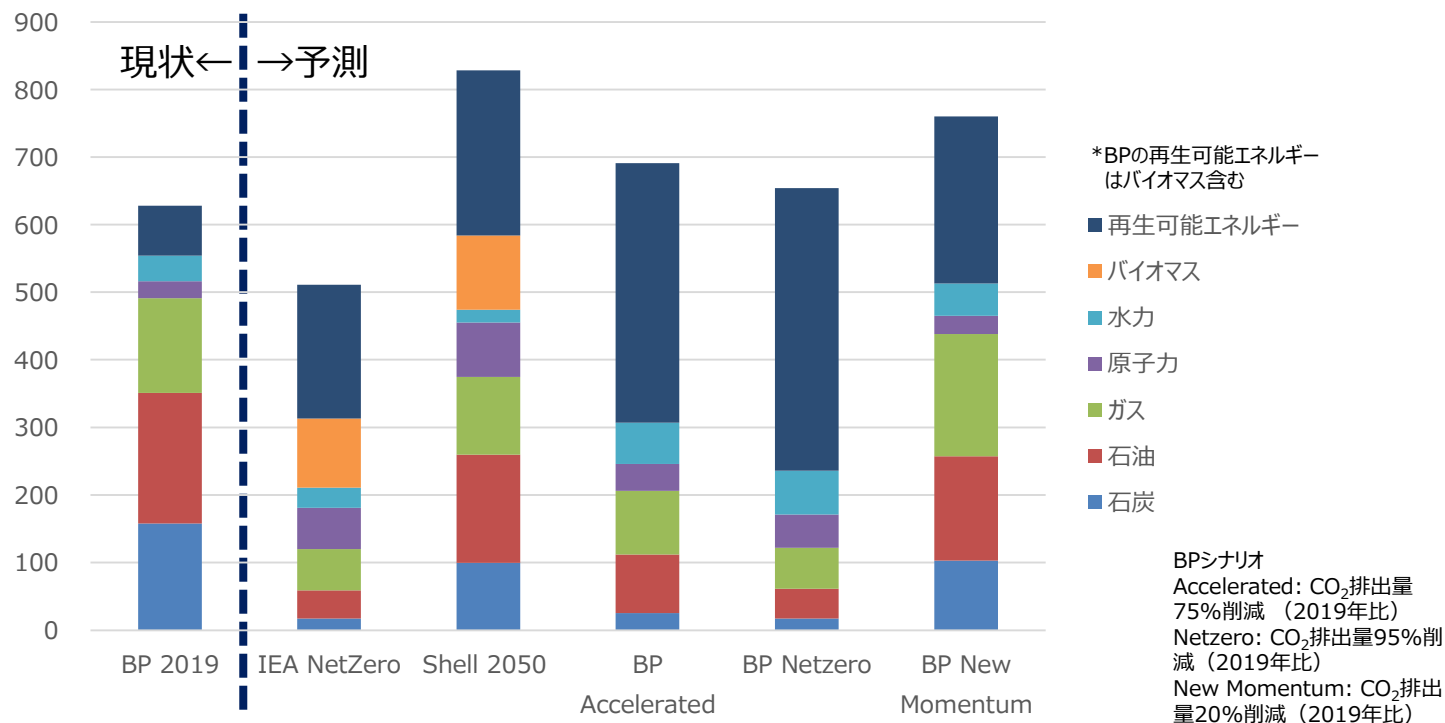
- 化石資源エネルギーは局在しているが、再生可能エネルギーは地球上に遍在する自然エネルギーをエネルギー源としている。再生可能エネルギーの割合が増加すれば、化石資源エネルギーを前提とした既存のエネルギー獲得戦略も変化していくと考えられる。
- 自然エネルギーというのは、利用可能な形に転換する必要がある。例えば、太陽の光エネルギーから直接電気をつくる太陽光発電や、風の力を利用し風車を回転させてその風車の回転エネルギーから電気をつくり出す風力発電機がそれに当たる。加えて、自然エネルギーは自然条件に左右される不安定性を備えている変動性再生可能エネルギーであることから、蓄電池などによる補完が必要不可欠である。
- これらの「自然エネルギー転換装置（以下、自然エネ転換装置）」やその不安定性を補完する蓄電池を製造するためには、レアアースなどの希少材料を含めた原材料が必要となるが、これらは化石資源エネルギー同様に局在している。そのため、自然エネ転換装置および蓄電池を製造することを計画する国々にとっては、これら資源をどのように獲得していくかということが新たな課題となると考えられる。
- そこで、再生可能エネルギーの主要電源化に邁進し、なおかつ不安定な出力の自然エネルギーの補完として必要不可欠である蓄電池、とりわけEVの要諦でもあるリチウムイオン電池の国内サプライチェーン構築も計画しているドイツのリチウムイオン電池製造に関する政策を取り上げ、同国の再生可能エネルギー時代の資源獲得競争への対応を報告する。

1. 化石資源エネルギーの資源獲得競争から
自然エネルギー転換装置・蓄電池の資源獲得競争へ

IEA、Shell、BPが発表したシナリオでは、一次エネルギー需要に占める再生可能エネルギーの割合は2050年に大幅に増加すると予測している（一方、化石資源エネルギーも3割～5割残ると予測している）。

一次エネルギー需要2050予測シナリオ比較

単位：EJ



- 再生可能エネルギーの増加は、自然エネルギー転換装置や蓄電池製造など新たな産業創出といった面からも大きな期待が持たれている。
 - 自然エネルギー転換装置やリチウムイオン電池でも、製造から撤去まで、新たな産業が創出されていくことが予想される。
 - また、エネルギー貯蔵できる蓄電池の特徴を活かし、今後普及していくであろうEVに搭載される蓄電池を利用した再生可能エネルギー時代の新たな電力システムの構築も予想されている。

NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第2版（2014） p.8

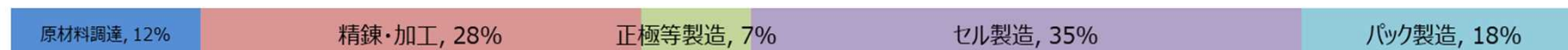
太陽光、風力、バイオマス等の再生可能エネルギーの導入拡大は、エネルギー源の多様化によるエネルギー安全保障の強化や、低炭素社会の創出に加え、新しいエネルギー関連の産業創出・雇用拡大の観点から重要であり、地域活性化に寄与することも期待されている。

→**新しいエネルギー関連産業の創出**

洋上風力発電機 -製造から撤去まで コスト内訳-



リチウムイオン電池 -製造工程 コスト内訳-



再生可能エネルギー分野におけるこれまでの関心

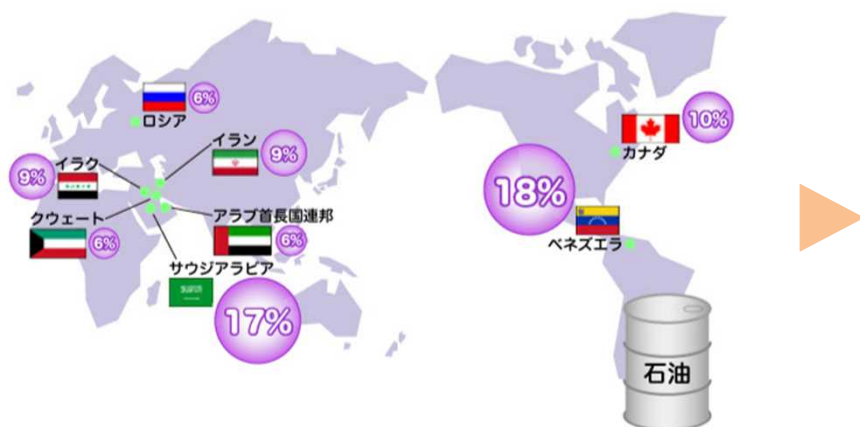
■ 一般的な議論において、再生可能エネルギー分野における関心の多くは、技術開発、市場形成、シナリオ分析、デマンドレスポンスなどが占める。

Googleで「再生可能エネルギー」「本」で検索した結果 (2022年1月10日)

<p>エネルギー産業の2050年 Utility3.0へのゲームチェンジ</p> <p>¥1,870 Amazon公式サイト 送料無料</p>	<p>再生可能エネルギーが社会を変えるー</p> <p>¥2,200 Amazon公式サイト 送料無料</p>	<p>持続可能な地域活性化と里山里海の保全</p> <p>¥4,400 Amazon公式サイト 送料無料</p>	<p>再生可能エネルギーの社会化ー社会的</p> <p>¥2,640 Amazon公式サイト 送料無料</p>	<p>再生可能エネルギー100%時代の到来</p> <p>¥1,540 Amazon公式サイト 送料無料</p>	<p>再生可能エネルギーがわかる(日経文庫)</p> <p>¥1,520 Amazon公式サイト</p>	<p>再生可能エネルギー一番わかる(し)</p> <p>¥2,068 Amazon公式サイト 送料無料</p>	<p>原発と建築家</p> <p>¥2,200 Amazon公式サイト 送料無料</p>	<p>再生可能エネルギーと環境問題 ためさ</p> <p>¥1,760 Amazon公式サイト 送料無料</p>	<p>エネルギー・シフト: 再生可能エネ</p> <p>¥2,500 Amazon公式サイト 送料無料</p>	<p>世界の再生可能エネルギーと電力システム</p> <p>¥1,540 Amazon公式サイト 送料無料</p>
<p>トコトンやさしい再生可能エネルギーの本</p> <p>amazon.co.jp</p>	<p>再生可能エネルギー100%時代の到来</p> <p>amazon.co.jp</p>	<p>再生可能エネルギーの本</p> <p>amazon.co.jp</p>	<p>再生可能エネルギー図鑑</p> <p>amazon.co.jp</p>	<p>再生可能エネルギーをもちこむ</p> <p>amazon.co.jp</p>	<p>エネルギー400年史</p> <p>honto.jp</p>	<p>再生可能エネルギーをもちこむ</p> <p>amazon.co.jp</p>	<p>再生可能エネルギーの大研究</p> <p>books.rakuten.co.jp</p>	<p>再生可能エネルギーが一番わかる</p> <p>amazon.co.jp</p>	<p>再生可能エネルギーの本</p> <p>kosho.or.jp</p>	<p>再生可能エネルギーの本</p> <p>amazon.co.jp</p>
<p>再生可能エネルギーと環境問題</p> <p>neowing.co.jp</p>	<p>世界の再生可能エネルギーと電力システム</p> <p>neowing.co.jp</p>	<p>再生可能エネルギーの先遣団</p> <p>books.rakuten.co.jp</p>	<p>再生可能エネルギーがわかる</p> <p>nikkeibook.nikkeibp.co.jp</p>	<p>知らろ！再生可能エネルギー</p> <p>honto.jp</p>	<p>台湾の再生可能エネルギー産業の振り返りと今後の展望2021年2月号</p> <p>primes.jp</p>	<p>再生可能エネルギーの真実</p> <p>books.rakuten.co.jp</p>	<p>再生可能エネルギーの真実</p> <p>amazon.co.jp</p>	<p>再生可能エネルギー政策</p> <p>kosho.or.jp</p>	<p>世界の再生可能エネルギーと電力システム(全集)</p> <p>kinokuniya.co.jp</p>	<p>世界の再生可能エネルギーと電力システム(全集)</p> <p>kinokuniya.co.jp</p>

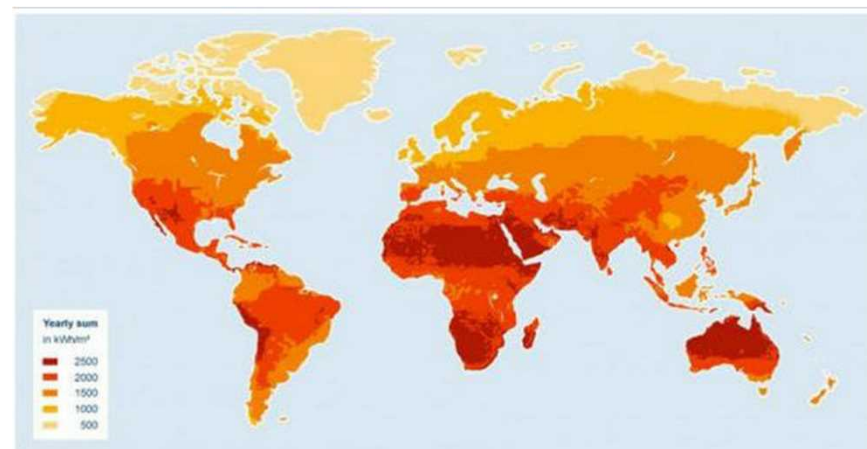
- 化石資源エネルギーの時代は、その局在性のために、エネルギー自給といった課題は、資源国（例えば中東）との向き合い方に絞られていたといえる。
 - 油田開発への非資源国の投資による資源の局在性を経済的に解消しようとする動きや、シェール革命による新資源国の誕生、埋蔵量の増加によるエネルギー単価の変動といった新たな課題もエネルギーの国際関係という点で近年登場してきている。
- 他方、再生可能エネルギーのエネルギー源となる自然エネルギーが（多少の濃淡はあれど）遍在している（自然エネルギーは「無尽蔵」）ために、再生可能エネルギー分野では国際関係といった視点での議論はまだ少ない。
 - 日射量や平均風速の大きな値を持つ地域が有利になることは十分に想定される。

石油：局在している



出典：中国電力HP

太陽光：濃淡はあれど遍在している



出典：ResearchGate

- 自然エネルギーはそのままでは使うことができず、利用可能な状態に転換する必要がある。
 - 自然エネ転換装置、自然エネルギーの不安定性を補完する蓄電池などが必須となる。特にEV用蓄電池は、エネルギー貯蔵として活用されることも期待されており、再生可能エネルギー時代には必要不可欠である。
- 自然エネ転換装置である太陽光パネル・風力発電機等や、蓄電池を製造するための原材料は「無尽蔵」ではない。



【風力発電機のネオジム必要量】

例えば

- ・グリーン成長戦略では2040年における洋上風力発電の導入目標は30~45GW（浮体式含む）*
- ・3.5MWの洋上風力発電1基は2,000kgの永久磁石（うち、ネオジムは600kg）が必要**（0.171t-Nd/MW風力発電）
- ・今後2040年までに必要なネオジムの量は、
5,143~7,714t（= 30~45GW×0.171t-Nd/MW）

※日本国内におけるネオジムの需要は、参考資料p.28を参照

* 出典：経済産業省 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（2021）

**出典：外務省調査月報 2010/No.3 レア金属/レアアースの戦略性と安全保障

- 自然エネルギー転換装置および蓄電池製造に必要な原材料には、局在しているものが多数ある。
- また、経済的な観点から原材料資源国による生産調整も考えられる一方、2011年に中国がレアアースの輸出禁止を実施したように、政策的な問題により供給が途絶えるリスクを抱えている。

※中国の原材料に関する動向は参考資料p.29、30を参照

自然エネルギー転換装置・蓄電池の原材料（EU定義）の主要生産国およびその埋蔵量

【リチウム】

国	生産量 (t)		埋蔵量 (t)
	2019	2020	
オーストラリア	45,000	40,000	4,700,000
チリ	19,300	18,000	9,200,000
中国	10,800	14,000	1,500,000
アルゼンチン	6,300	6,200	1,900,000
ブラジル	2,400	1,900	95,000

【コバルト】

国	生産量 (t)		埋蔵量 (t)
	2019	2020	
コンゴ(民)	100,000	95,000	36,000
ロシア	6,300	6,300	250,000
オーストラリア	5,740	5,700	1,400,000
フィリピン	5,100	4,700	260,000
キューバ	3,800	3,600	500,000

【黒鉛】

国	生産量 (t)		埋蔵量 (t)
	2019	2020	
中国	700,000	650,000	73,000,000
モザンビーク	107,000	120,000	25,000,000
ブラジル	96,000	95,000	70,000,000
マダガスカル	48,000	47,000	26,000,000
インド	35,000	34,000	8,000,000

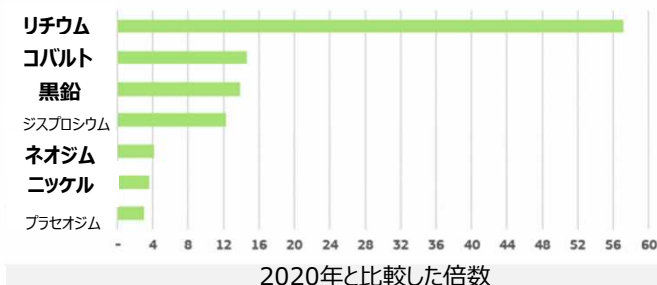
【ニッケル】

国	生産量 (t)		埋蔵量 (t)
	2019	2020	
インドネシア	853,000	760,000	21,000,000
フィリピン	323,000	320,000	4,800,000
ロシア	279,000	280,000	6,900,000
ニューカレドニア	208,000	200,000	NA
カナダ	181,000	140,000	2,800,000

【レアアース*】

国	生産量 (t)		埋蔵量 (t)
	2019	2020	
中国	132,000	140,000	44,000,000
米国	28,000	38,000	1,500,000
ミャンマー	25,000	30,000	NA
オーストラリア	20,000	17,000	4,100,000
マダガスカル	4,000	8,000	NA

【EU域内における2050年原材料需要予測】



*レアアースとは、31鉱種あるレアメタルの一種で、17種類の元素（希土類）の総称：スカンジウム、イットリウム、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム

- 資源アクセス／供給状況により、重要な原材料＝クリティカルマテリアルは国ごとに異なる一方、共通する重要原材料も多く、今後、自然エネ転換装置および蓄電池の製造を計画する各国による資源獲得競争が予想される。

リチウムイオン電池、燃料電池、洋上風カタービン、太陽光パネルの原材料

リチウムイオン電池原材料	燃料電池原材料	洋上風カタービン原材料	太陽光パネル原材料
Co, Li, C (graphite), Nb, Ni, Mn, Si, Cu, Ti, Iron ore, Al, P, F (fluorspar), Sn	Ag, Al, Au, B, C (graphite), Co, Cu, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pt, Pd, Ru, Rh, REEs*, Si, Sr, Ti, V, Zr, limestone (Ca), feldspar, kaolin, soda ash (Na), potash (K)	Al, B, Cr, Cu, Dy, Iron ore, Pb, Mn, Mo, Nd, Ni, Nb, Pr	Al, B, Cd, Cu, Ga, Ge, In, Fe, Pb, Mo, Ni, Se, Si, Ag, Te, Sn, Zn

緑字は日本が定めるクリティカルマテリアル、青字はEUが定めるクリティカルマテリアル、赤字は日本、EUとも定めるクリティカルマテリアル
 *REEs : rare earth elements

出典：Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU、経済産業省資料を基に
 NEDO技術戦略研究センター作成（2022）

日本のレアメタルの定義（経済産業省鉱業審議会）

地球上の存在量が稀であるか、技術的・経済的な理由で抽出困難な金属のうち、工業需要が現に存在する（今後見込まれる）ため、安定供給の確保が政策的に重要であるもの。

EUのクリティカルマテリアルの定義（CRM Alliance）

- ・They have a significant economic importance for key sectors in the European economy, such as consumer electronics, environmental technologies, automotive, aerospace, defence, health and steel.
- ・They have a high-supply risk due to the very-high import dependence and high level of concentration of set critical raw materials in particular countries.
- ・There is a lack of (viable) substitutes, due to the very unique and reliable properties of these materials for existing, as well as future applications.

- 各国・地域はクリティカルマテリアルを特定し、獲得戦略を掲げ始めている。
- 原材料調達は、再生可能エネルギー時代のエネルギー獲得戦略の課題になりうる。

各国・地域の原材料政策とその方向性

	中国	米国	EU	フランス	ドイツ	英国
主な原材料政策	<ul style="list-style-type: none"> ・国務院「希土業界の持続的かつ健全な発展に関する若干の意見」(2011) ・「希土管理条例(意見募集稿)」(2021) 	<ul style="list-style-type: none"> ・重要鉱物リストの発表(2018) ・安全で信頼できる重要鉱物の供給に向けた連邦政府戦略(2019) 	<ul style="list-style-type: none"> ・Raw Materials Initiative(2008) ・原材料に関するアクションプラン(2020) ・欧州原材料連合設立(2020) 	<ul style="list-style-type: none"> ・「フランス2030」内で原材料獲の方向性に言及(2021年10月に発表) ・Varin報告(2022年1月) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ドイツ政府原材料戦略(2010) ・ドイツ資源戦略(2020年1月) 	なし
方向性	<p>「希土管理条例」により、生産管理、輸入管理、輸出管理(国内における規制)、および反外国制裁法により輸出規制(国外への規制適用)など、管理体制の強化を進めている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・中国に依存しない多様化したサプライチェーンの構築を目指す。 ・米国内原材料産業の再育成、米国内鉱石の中国輸出抑制。 ・回収・リサイクルの強化。 	<ul style="list-style-type: none"> ①レジリエント・バリューチェーン構築 ②循環、持続可能、イノベーション(代替原料の開発) ③EU国内採掘強化 ④供給源(第三国)の多様化 	<p>地理的に局在する原材料に関し、リサイクル強化:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・化学酵素リサイクルの仏プレイヤーの育成 ・希少金属のリサイクル工場の国内設置 	<p>原材料の調達は、輸入、国内採掘、リサイクリングによって獲得する。また、省資源のための加工技術開発を強化する。</p>	<p>原材料の回収・リサイクルに関する研究開発は実施されている(例:2021年UKRIが原材料再利用研究ハブ設置)。</p>

- 再生可能エネルギーの普及は、自然エネルギーを利用可能なエネルギーに転換するための装置および蓄電池製造の需要を増やすことから、新たなビジネスチャンスにつながる。
- 一方で、クリティカルマテリアルの確保という新たな資源獲得に関する課題も浮上する。
- そのため、化石資源エネルギーを前提とした既存のエネルギー安全保障は、再生可能エネルギー時代には新たなエネルギー確保策へ変化する。
 - 自然エネ装置や蓄電池を製造するならば、原材料となるクリティカルマテリアルの確保が必要となる。

【再生可能エネルギーの普及】

【新たなビジネスチャンス】

自然エネルギー転換装置・蓄電池製造関連ビジネス

【新たな資源獲得に関する課題】

クリティカルマテリアルの出現、原材料調達



既存のエネルギー安全保障からの転換

2. ドイツ リチウムイオン電池政策

- ドイツは、再生可能エネルギーの普及にあたり、EV等のビジネスチャンス獲得とクリティカルマテリアル調達課題への対応を模索している。
- 再生可能エネルギー普及の意義としては、持続的エネルギー供給とエネルギー自給率の向上を挙げている。

ドイツにおける再生可能エネルギー導入拡大の意義と背景

出典：平成25年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討委託業務報告書（環境省）

① 持続的エネルギー供給

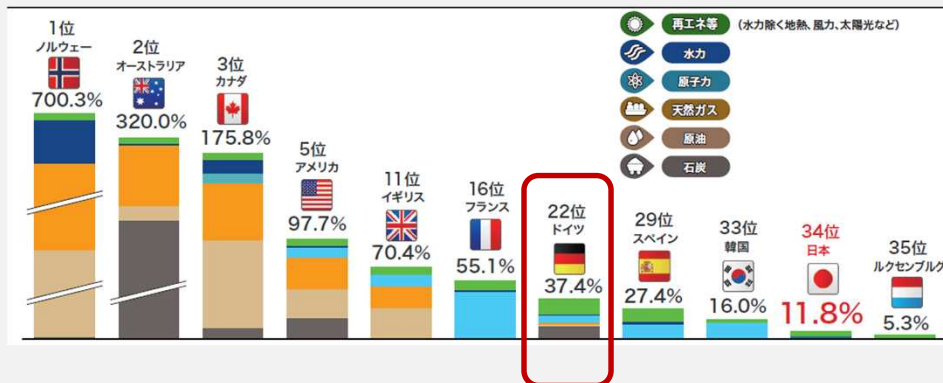
（背景）・持続的エネルギー供給は、政治的に非常に重要な課題。

・新興国のエネルギー需要拡大に伴う化石燃料価格上昇リスクへの対応を講じないことは政治的に無責任。

② エネルギー自給率向上

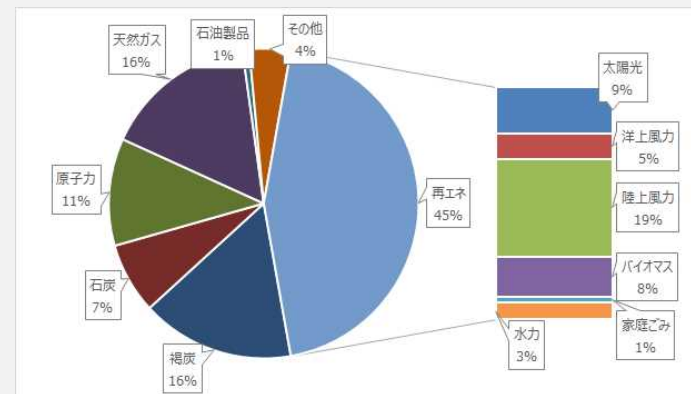
（背景）・従来、政治的に不安定な国からの一次エネルギー輸入に依存し脆弱な体制だったことから、燃料輸入依存からの脱却のために自給率を上げることを重視するように変化。

主要国の一次エネルギー自給率比較（2018年）



出典：資源エネルギー庁HP
（赤囲みはNEDO技術戦略研究センター加筆）

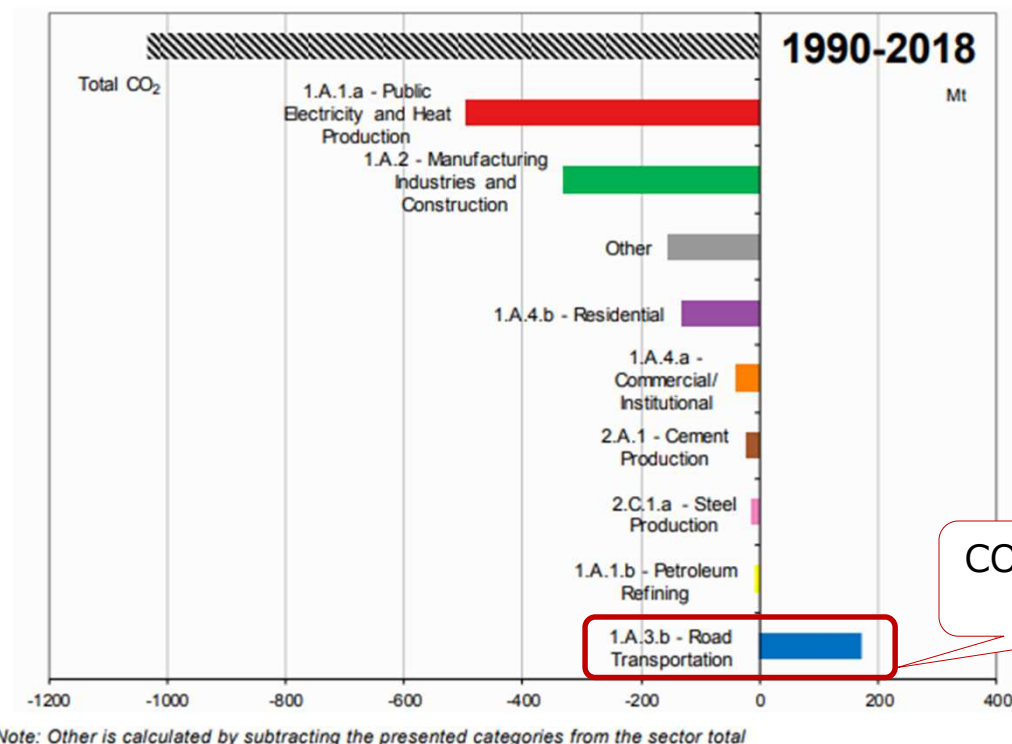
ドイツのエネルギー源別発電割合（2020年）



出典：ドレスデン情報ファイルを基に
NEDO技術戦略研究センター作成（2022）

- ドイツはEUとともに2050年カーボン・ニュートラル達成を目指している。
- CO₂排出が減少しない輸送部門に対し、EUは2035年にはゼロエミッション車のみ販売可能とした（事実上のEV化）。
- 自動車産業が国家の根幹を成すドイツにとって、EVへの産業構造の転換は必須となる。

EUにおけるセクター別CO₂排出量の変化（1990-2018）



CO₂排出が減少しない
陸上輸送部門

- 産業転換にあたり、EVの中核でもあり、自然エネルギーの不安定性補完およびエネルギー貯蔵手段として再生可能エネルギー時代に重要視されるリチウムイオン電池のサプライチェーン構築を、官民協力の下に進めている。
 - 2020年にドイツ政府は資源戦略を改定。資源獲得源を国内外探査、国内採掘、リサイクルとした。

・自動車産業は国の根幹（GDPの1/10を自動車産業が占める*）

*ドイツ貿易・投資振興機関

・カーボン・ニュートラルを目指し、自動車産業も完全電動化を次々と発表するなど、構造転換中。

- Volkswagen：2030年までにEV比率を50%
- BMW：2030年までにEV比率をほぼ50%
- Mercedes-Benz：2025年以降販売の新型車は全てEV

・2020年、EV化促進を背景に、政府が資源戦略を改定。

- 2010年に策定した資源戦略を2020年に改定。安定した資源調達のため、国内外探査、国内採掘、リサイクルを強化する。また、省資源のための加工技術開発も強化する。



【ドイツ資源戦略】（2010年、2020年改定）

中国がレアメタルの輸出を大幅に制限したことを背景に、妥当な価格で資源を確保することを目指し、2010年にドイツ政府は資源戦略を策定した。EV化や再生可能エネルギー拡大を背景に資源需要に大きな変化が起きたことから、2020年1月には、同戦略を改定した。資源の有限性の課題も出てきていることから、国内資源採掘・省資源加工技術・リサイクル技術の強化を明記している。

- ドイツのリチウム埋蔵量（2021年時点）は、欧州内では最も多く、270万トン。国外へもリチウム獲得のために進出している。
 - 独ACI Systems Alemaniaがボリビアのリチウム鉱山開発権を2019年に獲得。
 - BMWはオーストラリア産のリチウムを中国Gangfengを通じて供給を受けることを発表。
 - チリのアタカマ湖のリチウムに対し、VW・BASF・Daimler・Fairphone連合およびGIZ*の官民連合が獲得を模索中。

*GIZ：ドイツ国際協力公社

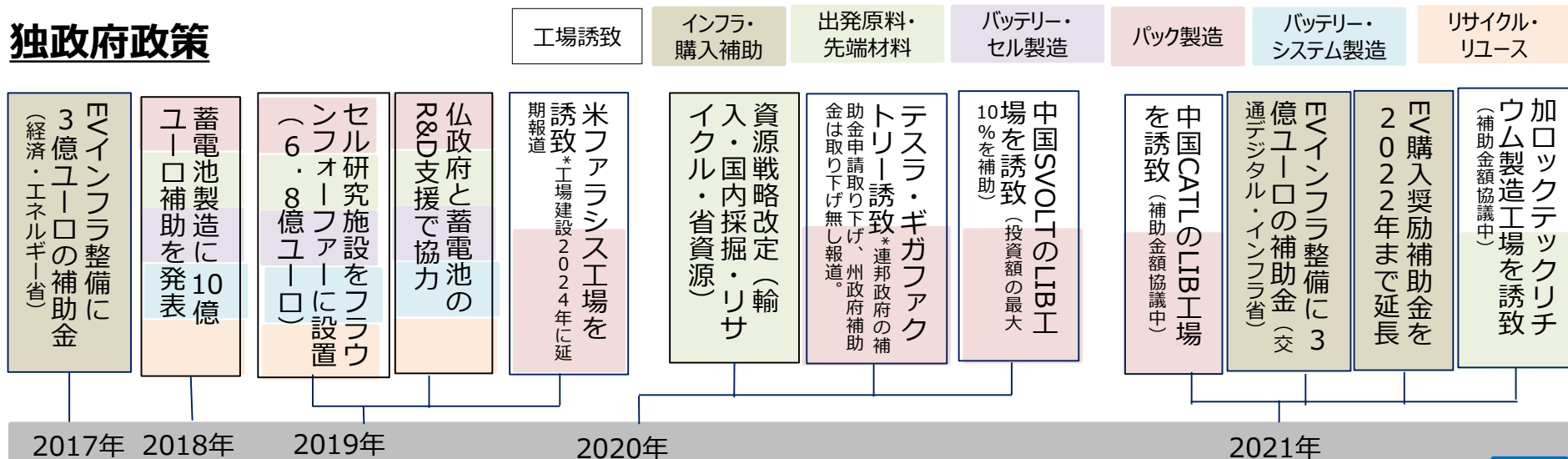
リチウムの国別生産量・埋蔵量

国	生産量 (t)		埋蔵量 (t)
	(2019)	(2020)	
米国	withhold	Withhold	7,900,000
アルゼンチン	6,300	6,200	1,930,000
ボリビア	-	-	21,000,000
オーストラリア	45,000	40,000	6,400,000
ブラジル	2,400	1,900	95,000
カナダ	200	-	2,900,000
チリ	19,300	18,000	9,600,000
中国	10,800	14,000	5,100,000
ポルトガル	900	900	60,000
ドイツ	-	-	2,700,000
チェコ	-	-	1,300,000
セルビア	-	-	1,200,000
オーストリア、フィンランド	-	-	50,000

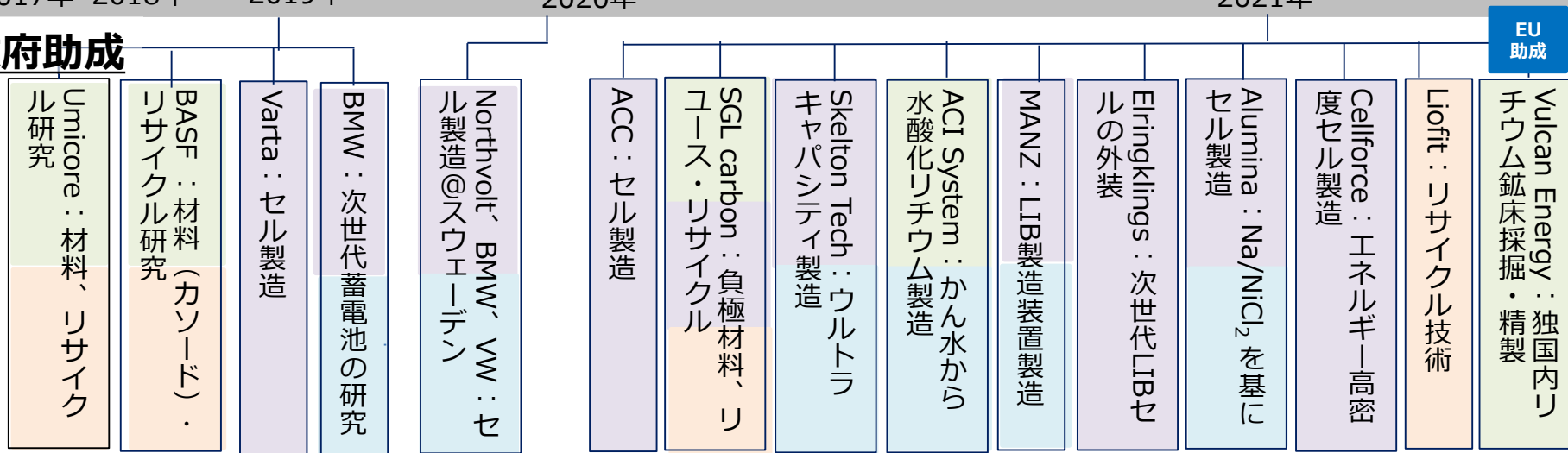
ドイツのリチウムイオン電池（LIB）に関する政策

■ リチウムイオン電池のサプライチェーンを国内で完成させることを目指し、原料→セル製造→パック製造→バッテリー・システム製造や、リサイクル・リユースによる循環構築に支援を行っている。また、海外企業の工場誘致を積極的に行い、リチウムイオン電池を確実に確保しつつ、同時に化石資源エネルギー関連の労働力を再生可能エネルギー関連労働力へ転換している。

独政府政策



政府助成



- S&P Global Market Intelligence（同社調査および企業発表の数値をソースとしている）によれば、ドイツのリチウムイオン電池製造能力は2025年には中国に次いで世界二位と予想されている。

国別リチウムイオン電池製造能力予想

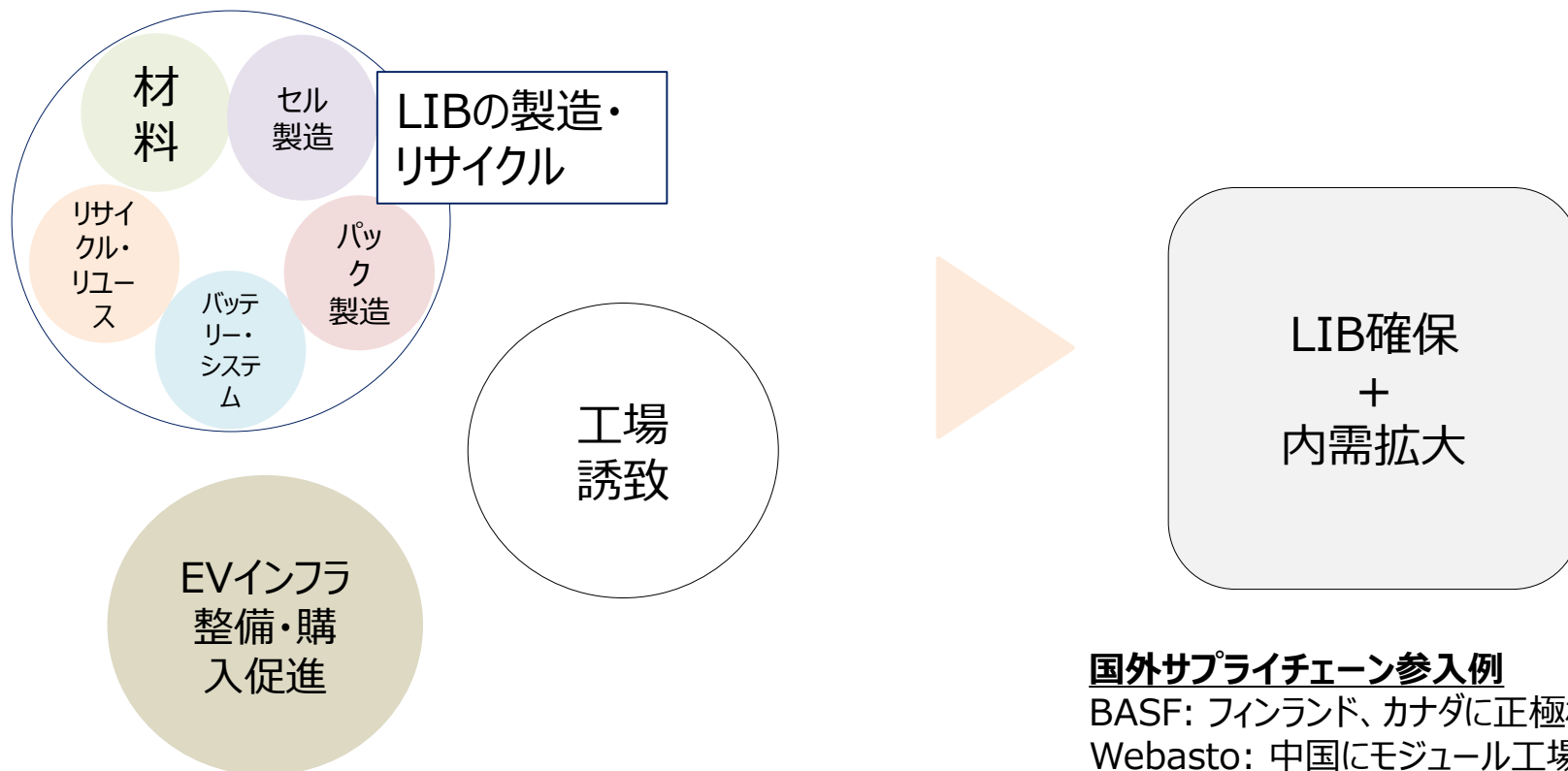
単位：GWh

		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
中国		260	268	350	558	718	884	944	944
ドイツ		0	0	0	11	52	83	128	164
ドイツ内訳	Farasis（米中）	0	0	0	0	2	6	6	6
	Tesla（米）	0	0	0	10	40	60	80	100
	SVOLT（中）	0	0	0	0	0	3	12	12
	CATL（中）	0	0	0	1	10	14	14	14
	Northvolt zwei（瑞独）	0	0	0	0	0	0	8	16
	Saft（仏）	0	0	0	0	0	0	8	16
米国		27	37	42	44	51	76	91	91

出典：S&P Global Market Intelligenceを基にNEDO技術戦略研究センター作成（2022）

2025年ドイツのリチウムイオン電池製造能力が164GWh。EV車の電池容量の平均が60kWh/台と仮定すると、2025年にドイツは273万台/年（=164GW÷60kW）分のリチウムイオン電池製造が可能な計算となる。2021年のドイツ国内における車両生産台数は260万台（ドイツ自動車工業会）。

- ドイツ政府は、リチウム鉱床などの資源開発・材料開発→セル製造→パック製造→バッテリー・システム製造、またリサイクル・リユースというサプライチェーンを国内で構築し、海外への過度な依存を避けている。（※ドイツのリチウムイオン電池製造企業例は参考資料p.31を参照）
 - 外国企業の工場誘致は、外国企業が原材料獲得も代行するので、材料獲得の一助となる。
- 民間企業は国内と国外でサプライチェーンに参入することで、内需拡大への貢献と国外市場参入を実現している。



- EUが2020年に公表し、2022年1月から開始する予定の電池規則案。リサイクル材料の価格がバージン材料よりも高額なことから、市場原理に任せておくと電池資源リサイクル市場が構築されない恐れがある。そのため、政策主導により市場構築を目指す。*2022年4月1日現在引き続き審議中。

※EUのリチウムイオン電池に関する動向は、参考資料p.32、33を参照

EU電池規則案：EV電池のリサイクルに関する欧州委員会提案内容

リサイクル由来材料含有義務	コバルト、鉛、リチウム、ニッケルに関し、各原材料のリサイクル由来分の含有量／最低含有率を記載した技術文書の添付を義務付ける。 2027年1月1日：各リサイクル由来材料の含有量について記載義務適用開始 2030年1月1日：各原材料のリサイクル由来材料について、以下の最低含有率適用開始 コバルト：12%、鉛：85%、リチウム：4%、ニッケル：4% 2035年1月1日：各原材料のリサイクル由来材料について、以下の最低含有率適用開始 コバルト：20%、鉛：85%、リチウム：10%、ニッケル：12%
リサイクル処理	リチウムを基本材料とする電池に関し、以下のリサイクル率を義務付ける。 2025年1月1日以降：電池重量の65%をリサイクル処理に回す 2030年1月1日以降：電池重量の70%をリサイクル処理に回す
材料回収	リサイクル処理に関し、以下の材料回収率を義務付ける。 2026年1月1日以降：コバルト90%、銅90%、鉛90%、リチウム35%、ニッケル90% 2030年1月1日以降：コバルト95%、銅95%、鉛95%、リチウム70%、ニッケル95%
関連した電池データ 想定	バッテリー・マネジメント・システム (BMS) バッテリーの性能や寿命状況に関するデータは、EV電池所有者や第三者がアクセス可能な形式でEV電池に搭載する。 2026年1月1日適用開始
	バッテリー・パスポート EV蓄電池はバッテリー・パスポート（電子記録）を搭載し、その識別子をEV電池本体に記入する。 2026年1月1日適用開始

■ ドイツの再生可能エネルギーに対する対応は

- ① 新たなビジネスチャンス：リチウムイオン電池製造の国内サプライチェーン構築・国外サプライチェーン参入
- ② 新たな資源獲得に関する課題：国内の資源採掘を進めると同時に、国外へも引き続き資源獲得を強化、またリサイクルも強化していくことで原材料を確実に確保。

【再生可能エネルギーの普及】
リチウムイオン電池政策

【新たなビジネスチャンス】
自然エネルギー転換装置製造ビジネス
国内サプライチェーン構築、
国外サプライチェーン参入

【新たな資源獲得に関する課題】
クリティカルマテリアルの出現、原材料調達
↓
既存のエネルギー安全保障からの転換
国内資源採掘強化、
国外からの資源調達、
リサイクル

- 「現代的経済安全保障の論点」 鈴木一人（『外交』 Vol.68 Jul./Aug. 2021 p.18）
「サプライチェーンの経済安全保障はあらゆるものを国内で生産することを意味せず、外国に依存することが安全保障上のリスクとなるような物資に関して、その国内生産を奨励する、あるいは戦略産業を維持するためのコストよりも、国内生産することによって得られるベネフィットの方が上回る、という状況がなければならない。」
- ドイツのリチウムイオン電池政策では・・・
外国に依存することが安全保障上のリスクとなるようなリチウムイオン電池に関し、同製造産業のサプライチェーンを国内で構築・維持するために払うコストよりも、国内でサプライチェーンを構築・維持することにより得られる経済的・社会的ベネフィットの方が上回るという状況であるとの政策的判断が取られたと考えられる。

【国内でサプライチェーンを構築・維持することによって得られるベネフィット】

- ・いつ起こるか分からない原材料調達リスク回避
- ・内需拡大
- ・化石資源エネルギー産業労働力のグリーン産業への転換

【国内でサプライチェーンを構築・維持するために払うコスト】

- ・国内資源採掘・環境コスト
- ・研究開発コスト
- ・労働力コスト

3. まとめ

- 再生可能エネルギー時代に入ったことで、既存のエネルギー資源獲得競争から一部は解放される。
- 再生可能エネルギーは自然エネルギー転換装置およびその不安定性を補完する蓄電池が必要となることから、その製造のためのサプライチェーンが形成されつつあり、新たなビジネスチャンスが広がっている。
- 他方、装置製造に必要な原材料が局在していることから新たな資源獲得競争が発生し始めている。
- ドイツは再生可能エネルギーに関する新たなビジネスチャンスへの対応として、国内にリチウムイオン電池のサプライチェーンを構築し、内需拡大、労働力のグリーン産業への移行を後押ししている。
- 新たな資源獲得競争への対応としては、国内の資源採掘（外国企業誘致による間接的資源獲得代行含む）を進めると同時に、国外へも引き続き資源獲得を強化し、またリサイクルも強化している。
- なお、2050年でも一次エネルギー需要において化石燃料は3～5割を占めると予測されている。換言すると、化石燃料の資源獲得競争は継続され、さらにリチウムやレアアースといった自然エネ転換装置および蓄電池製造のための資源獲得競争も加わることになる。これまでは産油国との資源外交が中心であったが、これからは自然エネ転換装置および蓄電池製造に関わる原材料資源国という新たな資源国が台頭することになり、「資源獲得競争」はより複雑になっていくと考えられる。
- ドイツの資源から産業・社会までの全てを包括的に政策を組み立てていくという手法は示唆に富んでいる。

参考資料

■ ネオジムの日本国内における需要は2017年時点で4,400トン。

【レアアースの日本国内における需要動向】

単位：REOt

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	17/16比	構成比
需要	イットリウム	1,670	580	1,500	1,300	800	680	720	770	820	900	110%	5.0%
	ユウロビウム	44	18	35	30	20	17	16	14	13	12	92%	0.1%
	ランタン	3,300	2,450	3,850	3,200	2,000	2,000	1,980	2,240	1,980	2,090	106%	11.5%
	セリウム	16,100	9,300	11,500	7,200	5,200	4,200	5,100	5,000	5,800	6,450	111%	35.6%
	ミッシュメタル ^{※1}	2,800	3,200	3,200	2,950	3,350	3,350	3,350	3,250	3,500	3,350	96%	18.5%
	サマリウム	100	70	80	80	80	80	80	80	80	80	100%	0.4%
	ジジム+ネオジム ^{※2}	7,000	4,200	5,500	5,500	2,500	2,300	2,400	3,500	4,000	4,400	110%	24.3%
	その他希土 ^{※3}	1,050	700	1,000	820	520	570	609	558	613	830	135%	4.6%
需要合計		32,064	20,518	26,665	21,080	14,470	13,197	14,255	15,412	16,806	18,112	108%	100.0%

出典：新金属協会

※新金属協会会員以外の需要を考慮。

※1 ミッシュメタルのみ純分t(金属量t)で電池用需要を含む。

※2 ネオジム、ジジム(NdとPr混合物)を含んだ合計値。

※3 その他の希土類は、フッ化希土、酸化プラセオジウム、酸化ガドリニウム、酸化ジスプロシウム、酸化テルビウム等の数量。

出典：JOGMEC「鉱物資源マテリアルフロー 2018」8.レアアース（REE）
（赤囲みはNEDO技術戦略研究センター加筆）

- 中国では、原材料関連企業統合の動きがある。
- 企業が乱立し統制が取れておらず「資源を経済利益に転換できていない」状況、との中国国内における指摘に対する対応といえる。

2021年12月23日、中国の6大レアアース生産企業のなかの3社が合併し、新たな国策企業「中国稀土集団」が発足

出典：東洋経済オンライン

前掲「外務省調査月報」より

今後の傾向を見通す前提として、中国国内的には、「資源的メリットが十分に経済メリットに転換できていない」として、同状況の改善に向けた更なる努力の必要性が指摘されている（2010年6月8日に開催された院士大会における中国科学院長春応用化学研究所の倪嘉纘氏の指摘。）ことに留意が必要であろう。

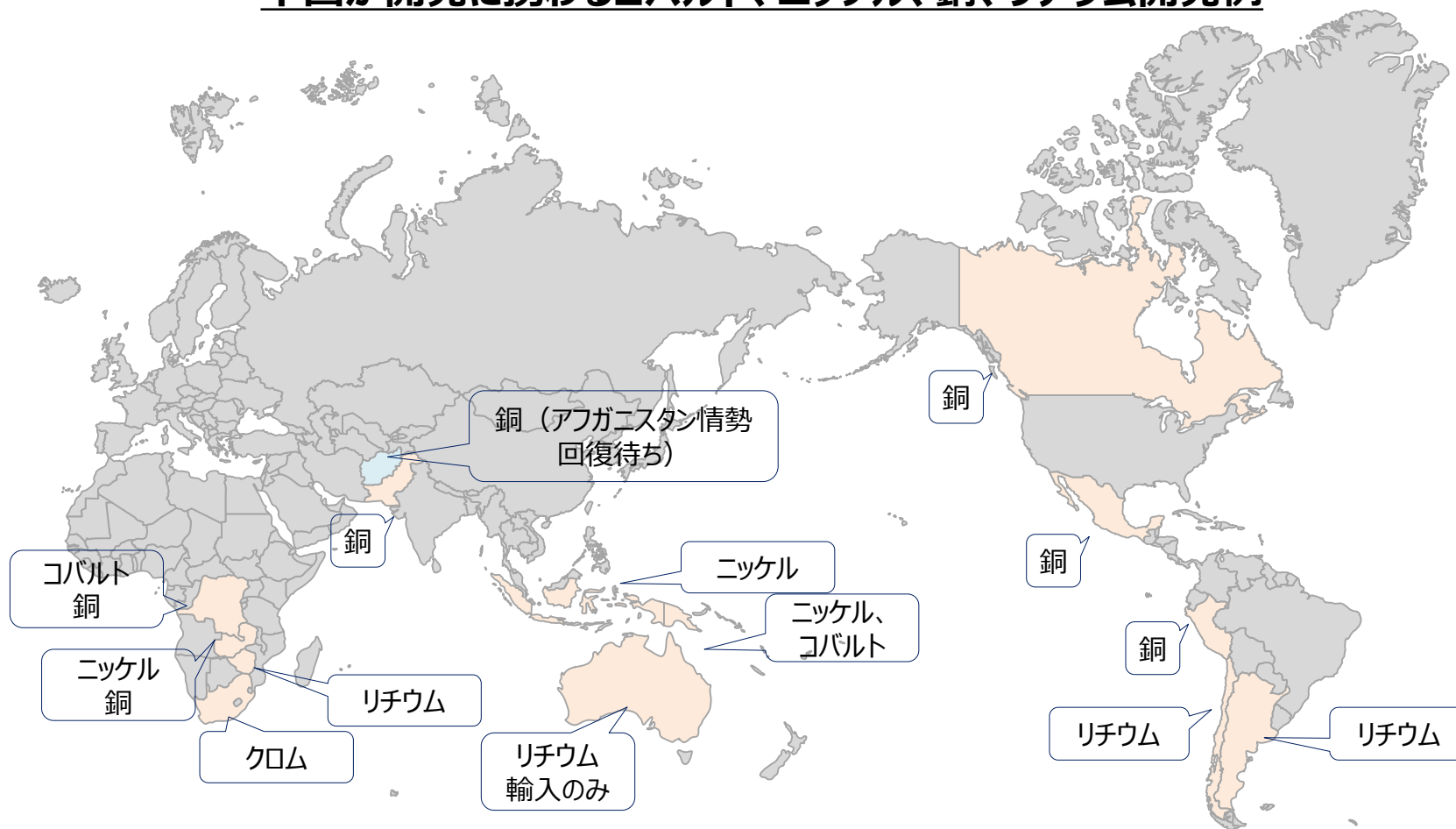
【背景】

希少な戦略的資源でありかつ国際市場占有割合が高いにも関わらず、国内関係企業が多数分立、統制がとれておらず、国際需要に大きく左右されやすいといったジレンマも生じており、2008年以降価格の下落が生じている素材もある。関連企業の統合を進める動きも見られるが、必ずしも売り手市場で推移しない状況に対する保護的な傾向ととらえられよう。

なお、上記指摘については、“China Cuts Rare Earth Export Quota 72%, May Spark Trade Dispute With U.S.”, Bloomberg News, July 9, 2010 記事においても、中国稀土学会（The Chinese Society of Rare Earths: CSRE）会長Liu Aisheng もこれまでの安価な輸出が本来の利益を伴っていない旨主張している。

中国は、同国内の開発だけではなく、国外の採掘も強化中。

中国が開発に携わるコバルト、ニッケル、銅、リチウム開発例



出典：各種資料を基にNEDO技術戦略研究センター作成（2022）

(参考) ドイツリチウムイオン電池製造企業例

研究開発

電池材料・部品

セル生産

バッテリー生産

OEM

原材料・リサイクル 陽極 負極 セパレーター 電解質 部品

生産技術・自動化 セル生産

生産技術・自動化 バッテリー生産

Abbildung 1: Mitglieder des Kompetenznetzwerks KLIB.



■ 需要が大幅増となるリチウム等、EU域内に存在する資源の採掘・加工を強化する。

【EUの原材料に関するこれまでの動き】

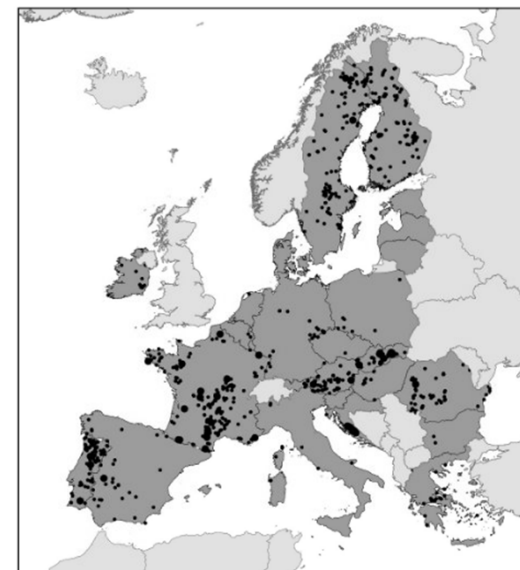
2011	第1回Critical Raw Material (CRM) リストの公表
2014	第2回CRMリストの公表
2017	第3回CRMリストの公表
2018	欧州委員会、CRMのサーキュラー・エコノミー化に関する報告書発表
2019	JRC、廃棄物からCRM採掘に関する報告書発表
2020	第4回CRMリストの公表
2020	欧州委員会、戦略的分野・技術のための原材料レポート（2050カーボン・ニュートラルを前提にした必要原材料量・サプライ・リスクの確定）公表
2020	European Raw Materials Alliance発足（最優先はレアアースと永久磁石）

【2020年発表 アクションプラン】

- ① **2025年までに**EU域内での原材料採掘、加工プロジェクトをongoingにする。
特に、石炭生産地域、中・東欧地域の脱石炭移行国を中心に採掘を強化する。（⇒石炭採掘の雇用を原材料採掘に置換させる）
- ② Horizon Europeで採掘・加工技術開発支援、原材料代替・リサイクル支援

【EU域内におけるCRMポテンシャル】

【EU域内リチウム採掘PJ】



- ① フィンランド、Rapasaari (5万t)
- ② ポルトガル、Savannah(27万t)
- ③ ドイツ、Upper Rhin Valley (270万t)
- ④ セルビア (120万t)→2022年1月取り消し発表
- ⑤ オーストリア (FS中) (5万t)

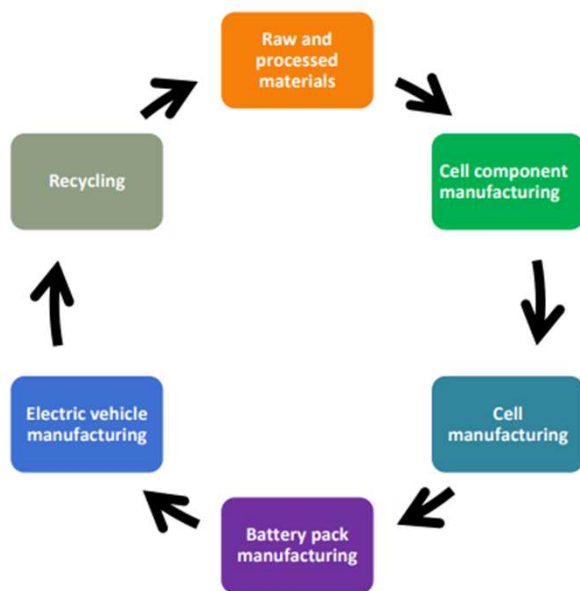
【EU域内における2050年原材料需要予測】



Data provided by EuroGeoSurveys combined with other EU data sources

- EUが進める欧州バッテリー・アライアンス：EU域内で蓄電池のサプライチェーンを完結することを目的として、2017年に設立された。
- EUは、2020年12月に電池材料のリサイクルを義務付ける規則（EU電池規則）を発表した。リサイクルされた材料＝次の電池材料とすることを目指す。
- 外国企業が欧州域内で製造した蓄電池も欧州で利用されることで「欧州製」となり、域内でのリサイクル対象となる。EUの循環に入れ込むことで原材料を間接的に確保することにもつながる。

欧州バッテリー・アライアンスの活動



出典：欧州委員会HP

【欧州バッテリー・アライアンス概要】

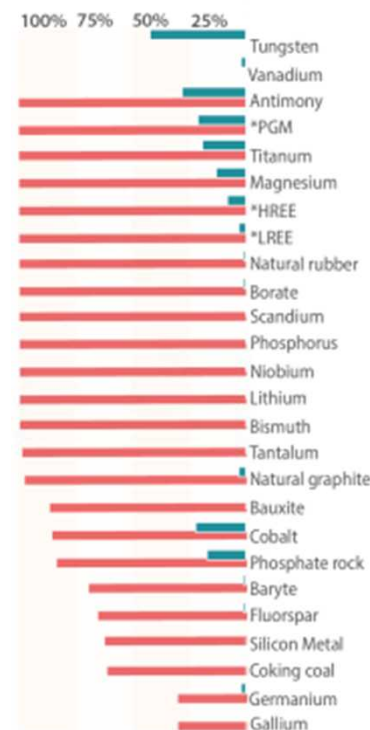
・設立：2017年

・目的：EU域内でバッテリーの原材料調達→製造→リサイクルの全てのサプライチェーンを構築すること。

・市場規模：2025年以降のEUバッテリー市場規模は2,500億ユーロと予測。

・原材料調達強化のためのアクションプラン：EU域内の資源採掘マップ作成、技術革新、資源輸入強化のための貿易政策利用。

原材料需要に対する供給方法割合 (赤：輸入、緑：リサイクル)



出典：欧州議会資料

スライド	書誌	URL/ページ
17	BMW Group, ELECTRIFY YOU.	https://www.bmwgroup.com/en/electromobility.html
17	Mercedes-Benz Group, Mercedes-Benz Strategy Update: electric drive	https://group.mercedes-benz.com/company/strategy/mercedes-benz-strategy-update-electric-drive.html
18	アメリカ地質調査所、USGS Mineral Commodity Summaries 2021	https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf
18	ACI SYSTEMS ALEMANIA, STRATEGIC PARTNER FOR LITHIUM EXTRACTION IN BOLIVIA	https://www.acisa.de/
18	Reuters、焦点：ボリビアのリチウム争奪戦、ドイツが中国押しのけ勝利	https://jp.reuters.com/article/bolivia-lithium-germany-idJPKCN1P00XM
18	BMW Group, Securing raw material supplies for battery cells: BMW Group signs supply contract with Ganfeng for sustainable lithium from mines in Australia	https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0303684EN/securing-raw-material-supplies-for-battery-cells-bmw-group-signs-supply-contract-with-ganfeng-for-sustainable-lithium-from-mines-in-australia?language=en
18	Volkswagern, Volkswagen Group, BASF, Daimler AG and Fairphone start partnership for sustainable Lithium mining in Chile	https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/volkswagen-group-basf-daimler-ag-and-fairphone-start-partnership-for-sustainable-lithium-mining-in-chile-7245
19	欧州委員会、State aid: Commission green-lights German green cars infrastructure	https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_17_266
19	Reuters, Germany has set aside 1 billion euros to support battery cell production: minister	https://www.reuters.com/article/us-europe-batteries-germany-idUSKCN1N0DXF
19	Reuters, Germany to fund research facility for EV battery technology	https://www.reuters.com/article/us-germany-batteries-idUSKCN1PHINT
19	Fraunhofer Research Institution for Battery Cell Production FFB	https://www.forschungsfertigung-batterie.zelle.fraunhofer.de/en.html
19	Fraunhofer, Development of the Fraunhofer Research Institution for Battery Cell Production FFB in Munster, Germany	https://www.forschungsfertigung-batterie.zelle.fraunhofer.de/en/project.html
19	ドイツ連邦経済・エネルギー省、German-French declaration on Battery Cell Production	https://www.bmwi.de/Redaktion/FR/Downloads/G/german-french-declaration-on-battery-cell-production.pdf?_blob=publicationFile&v=2
19	ドイツ貿易・投資振興機関、MARKETS	https://www.gtai.de/resource/blob/655212/08df3fe31b1f8a7436049e6187cd384/Markets-Germany_Issue-2-21_gtai_210601.pdf
19	electrive.com, Farasis to locate battery plant in Saxony-Anhalt	https://www.electrive.com/2019/05/09/farasis-energy-plans-battery-plant-in-germany/
19	Farasis, Farasis Energy Europe	https://guene-fraktion-lisa.de/fileadmin/images/veranstaltungen/201111_5.Klimawerkstatt/20200928_Landtag_Magdeburg.pdf
19	Batteries News, Farasis, rethinking battery factory plans in Germany	https://batteriesnews.com/farasis-battery-factory-plans-germany/
19	ドイツ連邦経済エネルギー省、Raw materials - indispensable for Germany's industrial future	https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Dossier/raw-materials-and-resources.html
19	ドイツ連邦経済エネルギー省、The German Government's raw materials strategy	https://oes.de/pdf/rohstoffstrategie%20bundesregierung%20englisch.pdf
19	electrive.com, Tesla signs land purchase contract for Gigafactory 4	https://www.electrive.com/2020/01/20/tesla-signs-land-purchase-contract-for-gigafactory-4/
19	electrive.com, Tesla gets green light to prep battery plant at Giga Berlin	https://www.electrive.com/2021/01/21/tesla-gets-green-light-for-battery-plant-preparation-at-giga-berlin/
19	Reuters, Tesla decides against state aid for German battery plant as Musk opposes subsidies	https://www.reuters.com/business/autos-transportation/tesla-withdrew-state-funding-application-german-battery-plant-economy-ministry-2021-11-26/
19	DER TAGESSPIEGEL, Bundesregierung will Tesla-Batteriezellwerk mit 1,14 Milliarden Euro fordern	https://www.tagesspiegel.de/berlin/coup-fuer-gigafactory-in-gruenheide-bei-berlin-bundesregierung-will-tesla-batteriezellwerk-mit-1-14-milliarden-euro-foerdern/27582386.html
19	HT Auto, Tesla withdrew state funding application fro German battery factory	https://auto.hindustantimes.com/auto/news/tesla-withdrew-state-funding-application-for-german-battery-factory-41637925111620.html
19	TESMANIAN, Tesla Gigafactory 4 Berlin Promised €280M Funding From Brandenburg, Says Minister	https://www.tesmanian.com/blogs/tesmanian-blog/tesla-gigafactory-4-berlin-promised-280m-funding-from-brandenburg-says-minister
19	Reuters, China's SVOLT aims to make battery cells in Europe from 2023	https://jp.reuters.com/article/us-autoshow-frankfurt-svolt/chinas-svolt-aims-to-make-battery-cells-in-europe-from-2023-idUSKCN1VV1MM
19	electrive.com, SVOLT to build German battery factory in Saarland	https://www.electrive.com/2020/11/17/svolt-to-build-24-gwh-battery-factory-in-german-saarland/
19	SVOLT, SVOLT IN SAARLAND	https://svolt-eu.com/en/q-and-a/
19	World Construction Network, SVOLT invests 2bn to build two battery production sites in Germany	https://www.worldconstructionnetwork.com/news/svolt-invests-2bn-to-build-two-battery-production-sites-in-germany
19	BEST Battery Briefing, Germany coughs up cash to host CATL gigafactory	https://www.bestmag.co.uk/germany-coughs-cash-host-catl-gigafactory/
19	NIKKEI Asia, China's CATL hikes investment with \$2bn German battery plant	https://asia.nikkei.com/Business/China-tech/China-s-CATL-hikes-investment-with-2bn-German-battery-plant
19	electrive.com, CATL launches personnel recruitment in Germany	https://www.electrive.com/2021/11/25/catl-launches-personnel-recruitment-in-germany/
19	get to text.com, Billions are being invested: the Chinese rely on German batteries	https://gettotext.com/billions-are-being-invested-the-chinese-rely-on-german-batteries/
19	ドイツ連邦経済・エネルギー省、Regulatory environment and incentives for using electric vehicles and developing a charging infrastructure	https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Artikel/Industry/regulatory-environment-and-incentives-for-using-electric-vehicles.html
19	ドイツ連邦交通デジタル・インフラ省、Wallbox-Forderung erneut verlängert	https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/076-scheuer-wallbox-foerderung-verlaengert.html
19	ドイツ連邦経済・エネルギー省、Ein Jahr Innovationsprämie für E-Autos: Rekordabrufzahlen	https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/07/20210708-ein-jahr-innovationspraemie-fuer-e-autos-rekordabrufzahlen.html
19	IPCEI Batteries	https://www.ipcei-batteries.eu/
19	ドイツ連邦経済・エネルギー省、IPCEIs in der Batteriezellfertigung	https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/I/Infopapier-ipcei-batteriezellfertigung.pdf?_blob=publicationFile&v=4
19	ドイツ連邦経済・エネルギー省、Batterien "made in Germany"- ein Beitrag zu nachhaltigem Wachstum und Klimafreundlicher Mobilität	https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/batteriezellfertigung.html



技術戦略研究センターレポート
TSC Foresight 短信

再生可能エネルギー時代における資源獲得競争 -ドイツのリチウムイオン電池政策を例に-

2022年 4月 発行

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
 技術戦略研究センター (TSC)

- センター長 岸本 喜久雄
- センター次長 飯村 亜紀子
- 海外技術情報ユニット
 - ユニット長 飯村 亜紀子
 - 研究員 山田 芙美

- ・本資料に掲載されている全てのドキュメント、画像等の著作権は、特に記載されているものを除き、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター（以下、NEDO TSCという。）に帰属します。
- ・本資料の内容の全部又は一部について、私的使用又は引用等著作権法上認められた行為として、適宜の方法により出所を明示することにより、引用・転載複製を行うことが出来ます。
 ただし、NEDO TSC以外の出典元が明記されている場合は、それぞれの著作権者が定める条件に従ってご利用下さい。
- ・本資料に掲載されている著作物を商業目的で複製する場合は、予め下記お問い合わせ宛にご連絡下さい。
 商業目的で複製とは、直接収益を得ることを目的に著作物を複製して販売すること等を指します。
- ・本資料の全部又は一部について、NEDO TSCに無断で改変を行うことはできません。
- ・本資料に関する問い合わせ先：
 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
 技術戦略研究センター
 電話 044-520-5150 E-Mail: tsc-unit@ml.nedo.go.jp