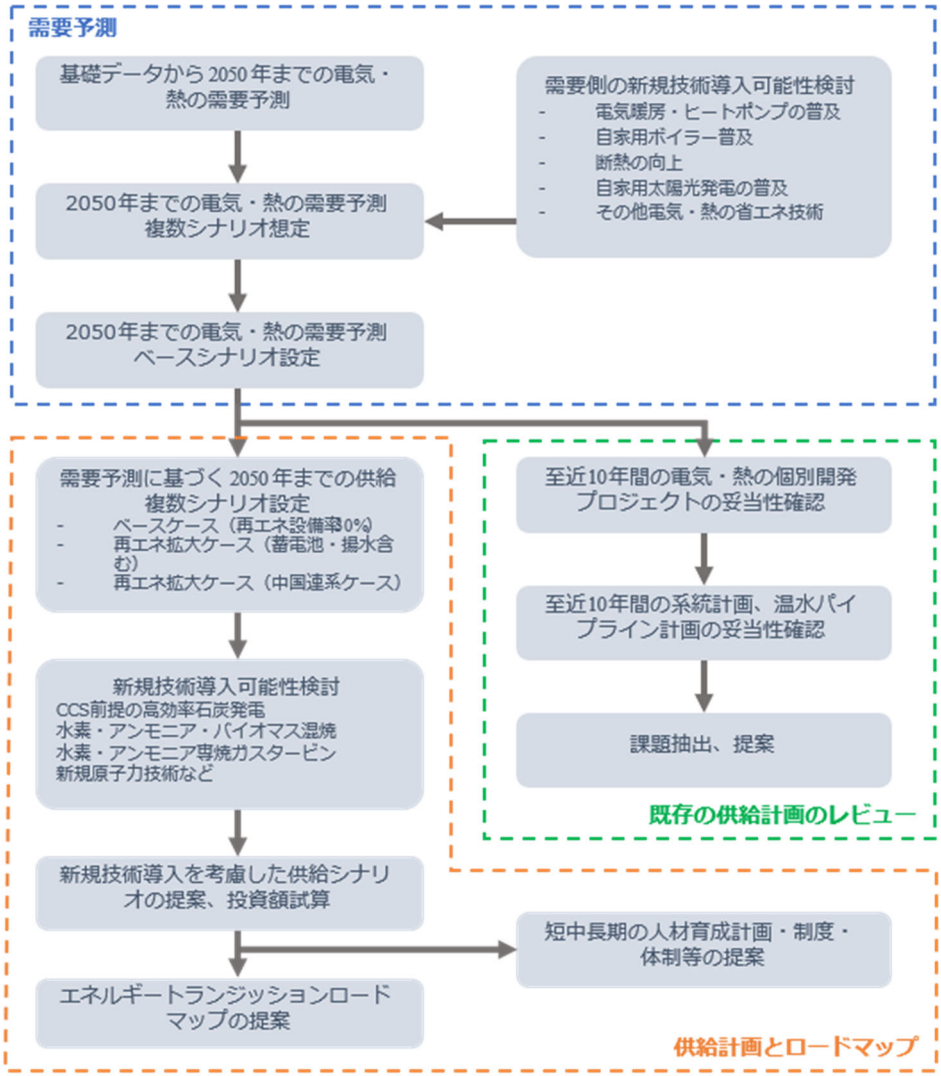
第6章　エネルギー・トランジションロードマップとアクションプラン

6.1　エネルギー・トランジションロードマップの作成方針

モンゴルのエネルギー・トランジションロードマップの作成に向けて、2 段階の分析作業を展開する。第 1 段階では、同国の一次エネルギー需要と最終エネルギー需要を下図のエネルギー需給モデルの作業実施概要に示す方法で実施する。モンゴルもしくは他ドナーの既存文献などを参考にマクロ経済シナリオをモンゴルの実績エネルギーデータ（エネルギーバランス表など）に基づき構築し、エネルギー需要分析を行う。また、同データをエネルギー需給モデルの転換部門に入力し、同国の一次エネルギー供給を 2050 年まで推計し、CO_2 排出量を算出することで BAU ケースを作成する。第 2 段階では、カーボンニュートラルに向けた複数のシナリオを検討し、2050 年までにモンゴルのカーボンニュートラルを達成するための方向性を提示する。



出典：調査団作成

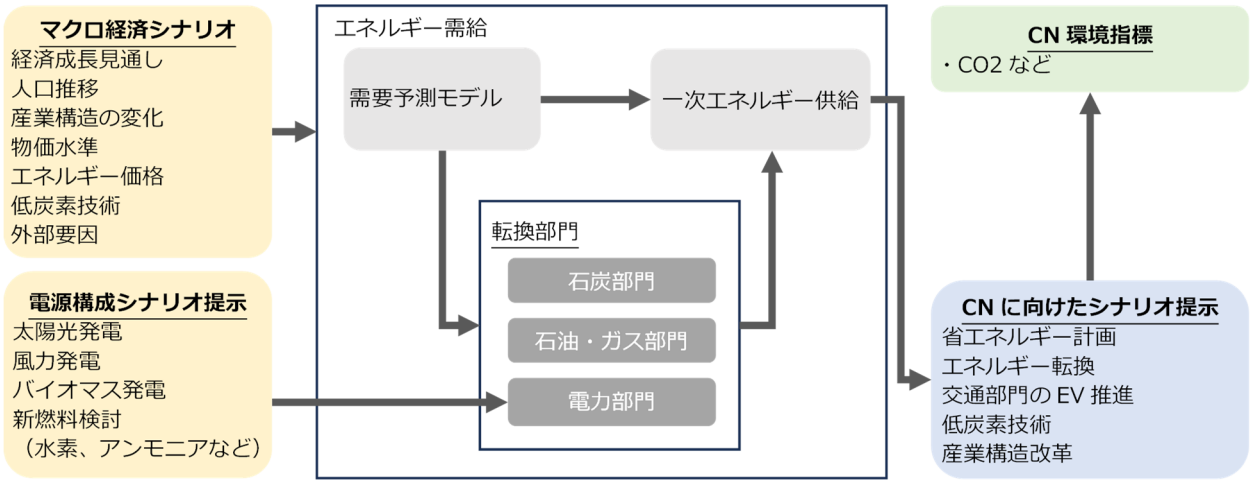
図 6-1　需要想定、供給計画、ロードマップ作成の業務フロー

6.2 エネルギー需給構造の予測

6.2.1 エネルギー需要予測

(1) モデルの概要と BAU 設定

本エネルギー需要モデル分析は、計量経済モデルを用いた。このモデル分析は、Simple-E[53]というソフトを用いた統合型の計量経済シミュレーションシステムである。モデルの全体像は、下図に示すように、「マクロ経済シナリオ」、「需要予測モデル」、「電源構成シナリオ」、「一次エネルギー供給」、「CN に向けたシナリオ」から構成される。この統合型計量経済分析モデルは、マクロ経済の関連指標とエネルギー需要との相互関係を比較的容易に検証ができ、今後のエネルギー需要の変化を経済活動の動向を基にして説明することができる。



出典：調査団作成

図 6-2　エネルギー需給モデルの作業実施概要

上記のエネルギー需給モデルのスキームを導入し、具体的なモデルの基本シナリオ（BAU）を構築するために以下の前提を置く。

- ADB、IEA の「World energy balance 2023」（1990～2022）、ERC などのデータをプラットフォームに、モンゴル政府が発表した関連データで補足し、2050 年までのエネルギー需要予測モデルを構築する。
- BAU では、現状のエネルギー需要構造のままで 2050 年までに展開するシナリオとし、現状の政府による改善取組などの効果は考慮しない。
- エネルギー部門の CO_2 排出量は、気候変動枠組条約（UNFCCC）が提示したガイ

[53] Simple-E は、日本で開発された計量経済分析ツールを統合型シミュレーションシステムである。このツールは、データ準備からモデル構築、シミュレーション(予測)までのプロセス全体をサポートしている。Simple-E は、Microsoft Excel のアドインアプリケーションとして作成され、Excel のネイティブなスプレッドシート機能をフルに活用している。同時に、データ入力、モデル構築、テスト、予測、シミュレーションのプロセスを統合し、Excel の関数機能を統合・制御することで通常の最小二乗法(OLS)、自己回帰、非線形など様々な推定オプションを提供する。

ドライン（2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories）に基づいて算出する。

(2) モデルの規模、推定期間、データ収集

本統合型計量経済モデルの推定期間は、2023 年から 2050 年までの 27 年間である。モデルは、61 の推計式と 265 の定義式、計 326 の計算式から成り立っており、連立方程式でモデルの中で計算される。実績データでは、経済、人口、価格などマクロ指標データと電力部門のデータが 1990～2023 年まで、その他エネルギー関連データは 2000～2022 年までを用いた。

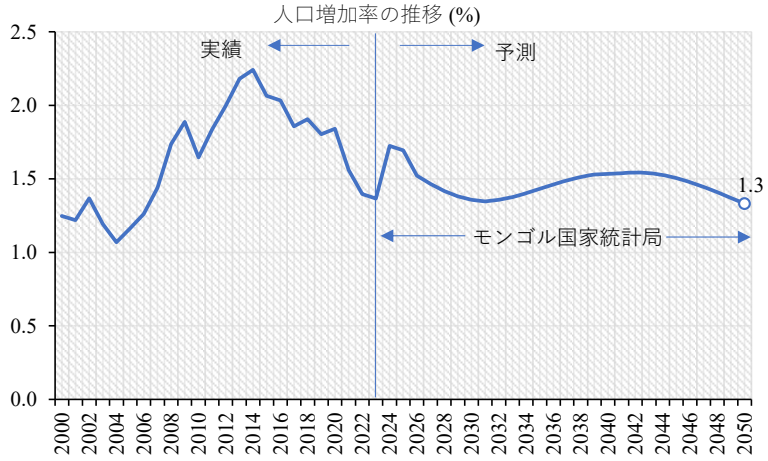
モンゴルのマクロ経済の実績データは、ADB、IMF、国家統計局（National Statistics Office of Mongolia）、国連統計部門 （United Nations Statistics Division：UNSTAT）から、エネルギー部門の実績データでは、IEA、ERC、ERIA などのデータを用いた。

(3) 前提条件

1) 人口

モンゴルの国家統計局の統計によると、同国の人口は 2023 年末で 339.7 万人である。同国の人口は 2000～2023 年まで年平均 1.57%で増加した。モンゴルの人口増加率は、体制転換という大きな歴史的・政治的要因と、それに付随する経済的・社会的要因によって、過去 23 年間は基本的に人口増加率の変動は不安定である。

国家統計局は 2050 年まで長期的な人口予測を推計している。本モデルでは同局が推計した 2023～2050 年までの人口推計結果を外生変数として予測モデルに用いた。その詳細を下図に示す。同人口推計結果によると、2023～2050 年まで年平均 1.4%で増え、2050 年総人口数は 500.4 万人となる。

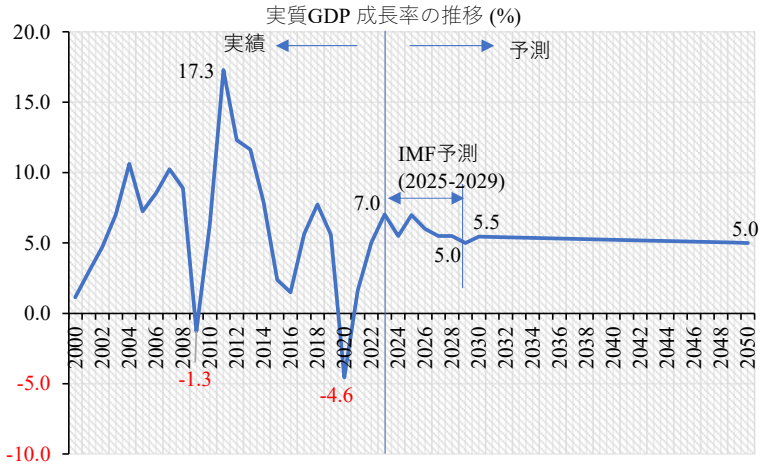


出典：National Statistics Office of Mongolia

図 6-3　人口増加率の推移（2000-2050）

2) 経済成長

2000 年以降モンゴルの経済は、2008 年のリーマンショック、2014 年の政治不安と 2020 年の COVID-19 の影響で、経済成長に大きくダメージを与えた。それ以外の年は高い経済成長を提示しているものの、インフレ率が高い水準で推移しているため、安定した経済発展は同国にとって重要な課題である。今回の推計に当たって、2023～2029 年までの短期経済成長率は、IMF（2024 年 4 月発表）が推計した結果を採用し、2030 年から 2050 年までの期間は 5.5%から 5.0%に低減すると仮定した[54]。下図は各年の経済成長率の推移を示す。



出典：2000-2023: ADB, Key indicators for Asia and the Pacific 2023.
2024: IMF
2025-2029: IMF Projection, April 2024.
2030-2050:予測値（潜在 GDP）

図 6-4　経済成長率の推移（2000-2050）

6.2.2 エネルギー供給計画

(1) 最終需要予測に対応した熱供給システムと電力供給システムの BAU 想定の基本的考え方

モンゴルの主要発電所は石炭を燃料とした熱併給発電所（CHP）である。CHP は厳しい冬季の暖房用途として熱の供給が第一であり、副産物として電気を造っている。そのため、発電所といっても実は熱供給が主たる役目であり、計画にあたっては必要熱供給需要の値から従属的に電力供給量が決まる。（基本的な考え方：熱供給が可能な CHP 等で電力供給が不足する場合は RE で対応）

このように BAU 算定にあたっては、熱需要は CHP からすべて供給され、同時に CHP から供給される電力は熱供給と電力供給の想定比率から求めることとした。次いで、残りの電力供給は RE（水力、太陽光 PV、風力）により供給されることとした。（HOB については、今後、電力需要は熱需要より高まるため、ET という長期レンジで考えた場合、すべて CHP

[54] モンゴル政府が 2020 年 5 月に発表した国家戦略である「長期ビジョン 2050」によれば、同国の長期的開発計画では、「経済の多角化と工業化を通じて、消費国から製造国へ、輸入国から輸出国への大変貌を遂げる」、そして「1 人当たり GDP を 2030 年に 1 万 2,000 米ドル、2050 年には 2030 年の 3 倍、約 3 万 8,000 米ドルへ増額する」との具体的な政策目標を掲げている。この目標を達成するために、今後の経済成長率は 5～6%を維持すると示している。

となるように想定とした。）

なお、既存のディーゼル発電は規模も小さく既存の技術で ET 化が可能なので、2030 年までに RE に置き換わるとした。また、既存水力発電量については厳しめとし、過去 10 年間で最少となった 2023 年の値とした。新規の VRE の想定としては、太陽光と風力はどちらも高いポテンシャルを有しており、それぞれの発電量比率は決め難いため、それぞれ 50%と仮定して算出した。

他国からの電力輸入量は政府方針[55]に従い 2030 年までに零となるように想定した。

新規水力については、エネルギー省の情報ならびに要請にもとづき Erdeneburen 水力（90 MW, 366 GWh/年, 2029 年運転開始）、Baidrag 水力（30 MW, 58.9 GWh/年, 2029 年運転開始）、Egiin 水力（315 MW, 606 GWh/年 2033 年運転開始）、可変速揚水(100 MW, 2031 年運転開始)を織り込んだ。なお、補足として、BAU の設定に他の水力開発案件を入れていない理由は以下のとおりである。

一般的には、水力発電所の建設には大規模な土木工事が伴うため工事期間が長く、また、土地や地点の制約や水利権等の問題もあるため計画は遅れがちであり、モンゴルの水力のポテンシャルは大きくなく 1.7GW である。一方、太陽光発電と風力発電の工事期間は水力に比較し非常に短く、特に太陽光については 1、2 年程度の工期であり、モンゴルの太陽光のポテンシャルは 2,200GW、風力のポテンシャルは 1,100GW、合計で 3,300GW も存在する。もちろん、水力を否定しているわけではなく、地道に水力の開発は進めていくべきと考えるが、当エネルギー・トランジションの BAU においては、VRE のポテンシャルは水力の約 2 千倍もあり、工期も短いため、非常に追加性の高い VRE を優先開発電源として設定した。

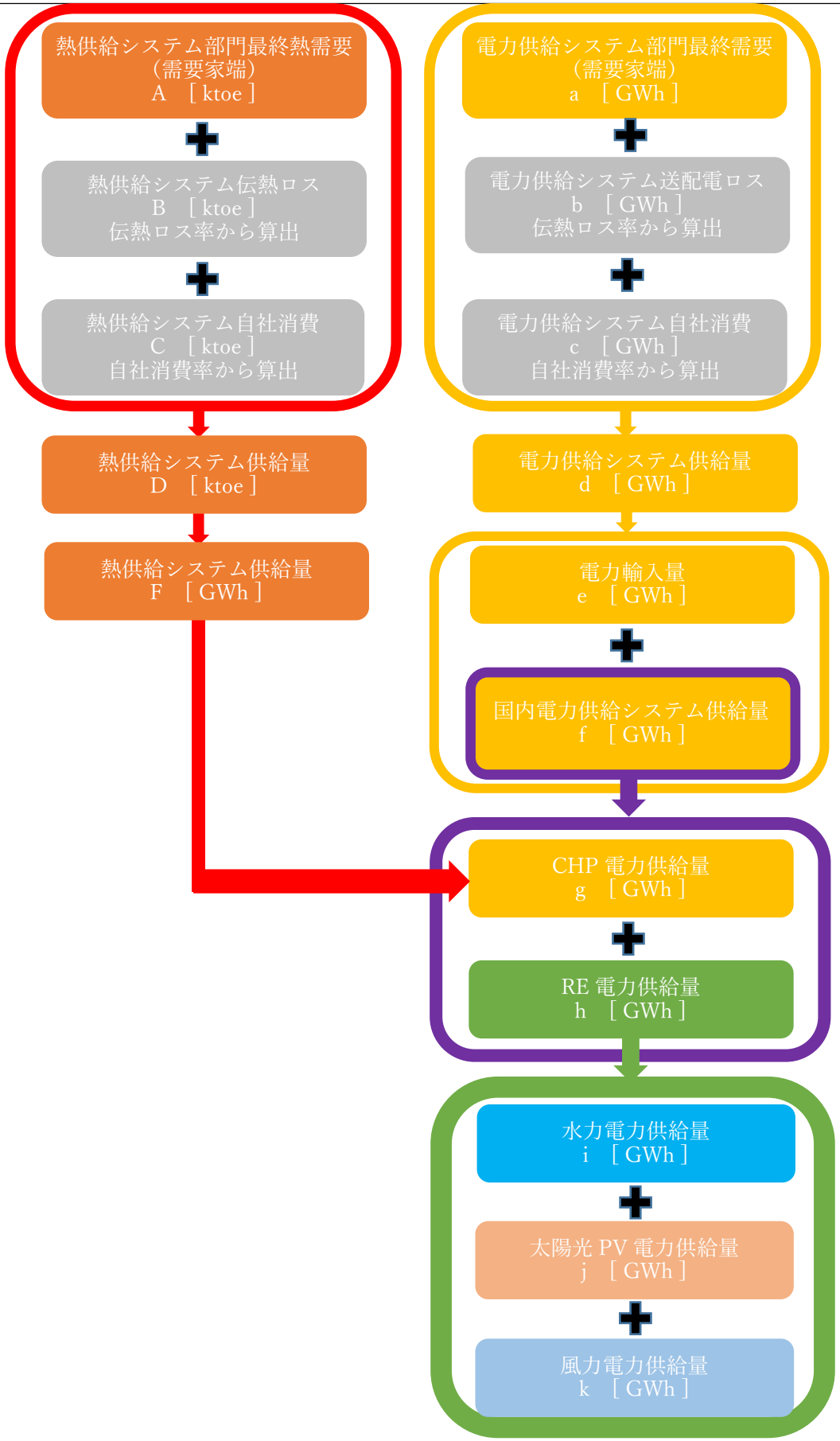
(2) 熱供給システムと電力供給システムの BAU 供給量想定のための検討条件

熱供給量と電力供給量は最終熱需要想定値および最終電力需要想定値から、それぞれの伝送ロス率、（想定）自社消費[56]率（想定）をもとに算出した。ただし、RE の電力自社消費はゼロとし電力自社消費量はすべて化石燃料電源にて自己消費されるものとした。

BAU 供給量想定のための手順を図 6-5、検討条件を表 6-1 に示す。

[55] 2025 年 3 月第 3 回目現地調査時に国家エネルギー改革委員会の委員から聴取した政府方針

[56] プラント所内の設備で消費される電力ならびにプラント全般における放熱による利用できない廃棄熱エネルギー



出典：調査団作成

図 6-5　BAU 供給量想定の手順

表 6-1　BAU 供給量想定のための検討条件

No.	分類	項目名	単位	検討条件
1	熱	年間熱供給システム部門最終熱需要（需要家端）	ktoe	6.2.3 にて算出された想定値
2	熱	年間熱供給システム伝熱ロス率	%	4% （2013-2022 年実績値平均値）
3	熱	年間熱供給システム自社消費率	%	10% （2020-2022 年実績値平均値）
4	熱	瀝青炭消費の占有率 瀝青炭/ (褐炭+瀝青炭)	—	0.35 （2022 年の実績値）
5	電力	年間電力供給システム部門最終電力需要（需要家端）	GWh	6.2.3 にて算出された想定値
6	電力	年間電力供給システム送配電ロス率	%	12% （2021-2023 年実績値平均）
7	電力	年間電力供給システム自社消費率(化石燃料)	%	14% （2014-2023 年実績値平均値）
8	電力	年間電力輸入量	GWh	2026 年まで 2,427 GWh（2023 年実績並み） 2030 年までに零（政府方針を反映）
9	電力	熱量―電力量単位変換	GWh	1 ktoe = 11.63 GWh
10	電力	CHP (Coal)の熱と電力供給の年間比率	—	過去の実績から 30（電気）／70（熱）＝0.428571
11	電力	年間ディーゼル発電供給量	GWh	2027～2030 年までに零と仮定
12	電力	年間水力発電供給量（既設）	GWh	48 GWh （厳しめとし、過去 10 年間で最少となった 2023 年の値）
13	電力	太陽光と風力の発電量の占有率 太陽光／(太陽光＋風力） 風力／(太陽光＋風力）	—	0.5 と仮定 0.5 と仮定

出典：調査団作成

(3)　電力供給システムの BAU 発電設備量想定のための検討条件

各発電種別の設備の利用率を想定し、種別ごとの電力供給量（GWh）から発電設置容量（MW)を算出した。

モンゴルのグリッドコードの 1.2.51 および 17.3.1 に記載されているように、検討条件を以下のように設定した。

太陽光 PV 対応用 BESS の出力（MW）は太陽光 PV 設置容量（MW）に 0.2 を乗じた値を BESS の設置出力（MW）とした。

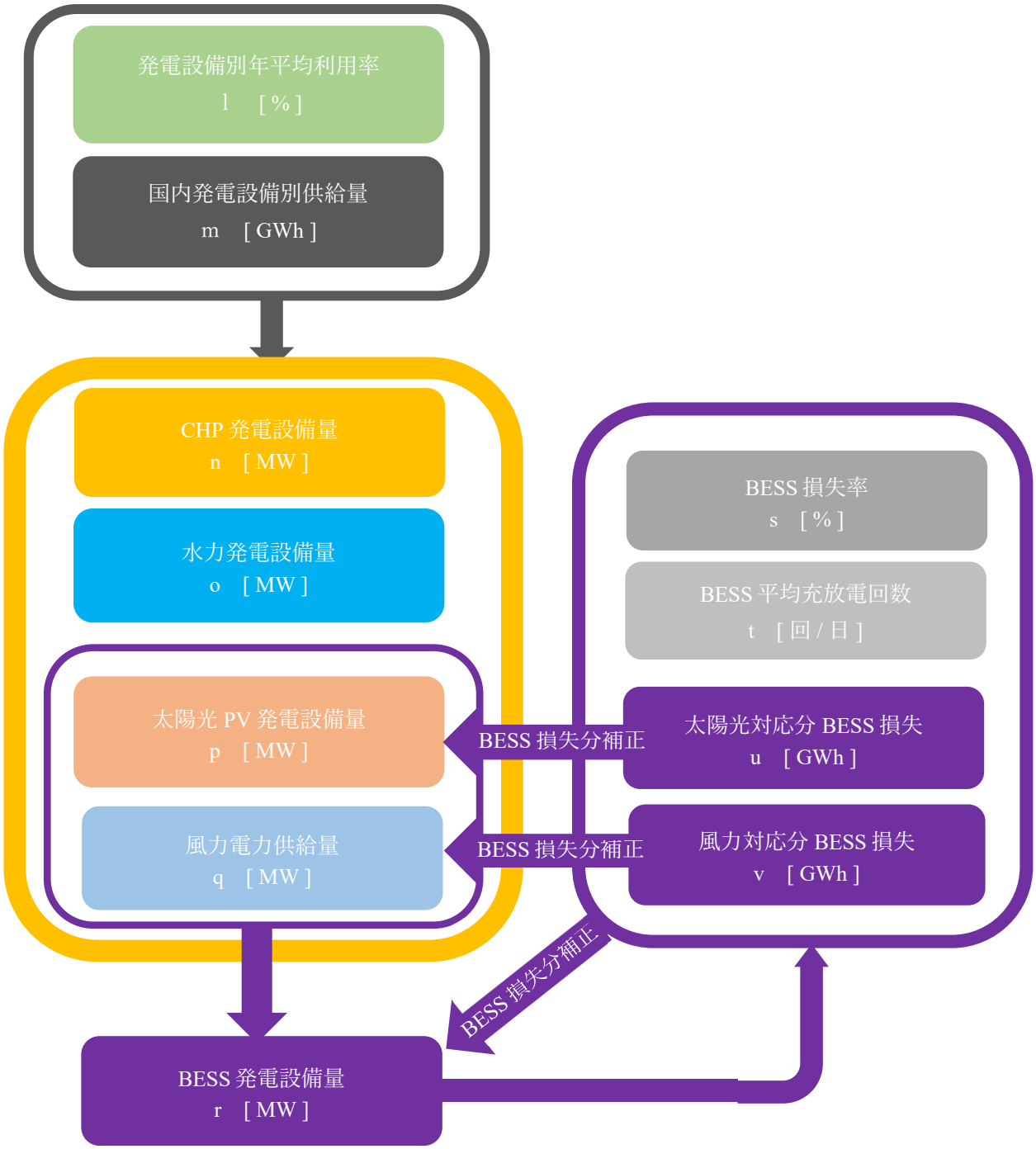
風力対応用 BESS の出力（MW）は風力設置容量（MW）に 0.4 を乗じた値を BESS の設置出力（MW）とした。

なお、両者ともに充放電時間容量（Hour）は 4 時間と規定されている。

BESS の電力損失分を補うように太陽光 PV と風力の設置容量（MW）の補正を行った。

最後に、BESS の電力損失分を補うように BESS 設置出力（MW）の補正を行った。

BAU 発電設備量想定のための手順を図 6-6、検討条件を表 6-2 に示す。



出典：調査団作成

図 6-6　BAU 発電設備量想定の手順

表 6-2　BAU 発電設備量想定のための検討条件

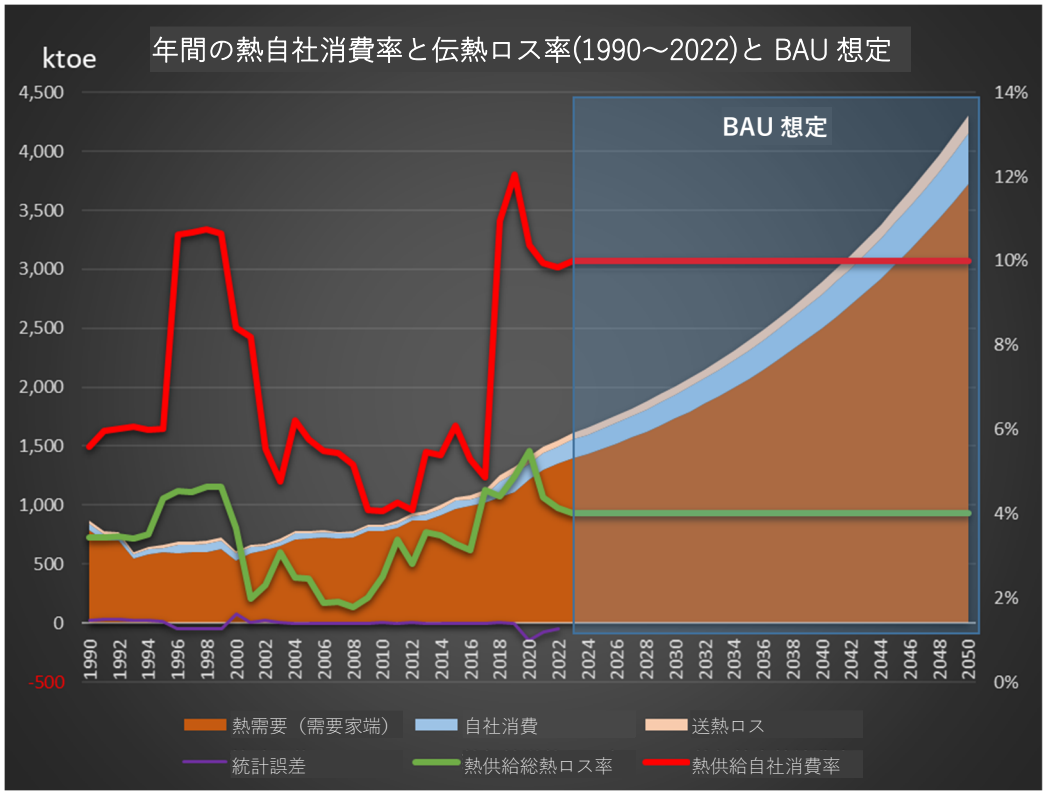
No.	項目名	単位	検討条件
1	発電種別年平均利用率 石炭 CHP	%	60% （2023 年実績 64%に対し多少余裕をもって想定）
2	発電種別年平均利用率 水力（既存）	%	21.1% （2023 年実績並み）
3	発電種別年平均利用率 太陽光 PV	%	20.0% （2023 年実績並み）
4	発電種別年平均利用率 風力	%	39.1% （2023 年実績並み）
5	BESS の電力損失率	%	20% （一般的な値）
6	BESS の一日あたりの充放電回数	回／日	1.0 （仮定）

出典：調査団作成

(4)　熱供給システムの BAU 供給量想定

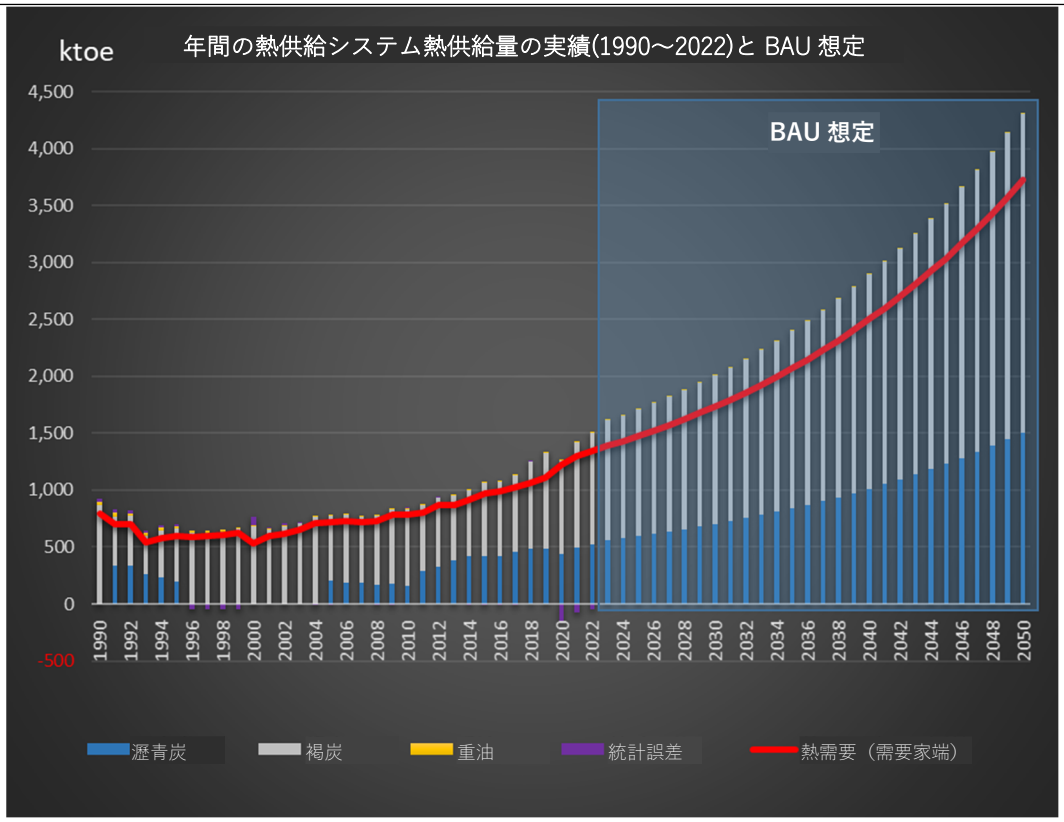
2050 年までの熱供給システムの熱自社消費率と伝熱ロス率の実績と BAU 予想を図 6-7 に示す。

また、熱供給システムの熱供給量の実績と BAU 想定を図 6-8、熱供給バランス表を表 6-3 に示す。



出典：調査団作成

図 6-7　年間の熱自社消費率と伝熱ロス率の実績と BAU 想定



出典：調査団作成

図 6-8　年間の熱供給システム熱供給量の実績と BAU 想定

表 6-3　熱供給バランス表

単位：ktoe	2022 実績	2030	2035	2040	2045	2050
熱供給量合計	1,505	2,007	2,397	2,892	3,515	4,307
瀝青炭	527 (35%)	702 (35%)	839 (35%)	1,012 (35%)	1,230 (35%)	1,507 (35%)
褐炭	977 (65%)	1,304 (65%)	1,558 (65%)	1,879 (65%)	2,284 (65%)	2,799 (65%)
重油	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)
自社消費	148 (10%)	201 (10%)	240 (10%)	289 (10%)	352 (10%)	431 (10%)
送熱ロス	56 (4%)	72 (4%)	86 (4%)	104 (4%)	127 (4%)	155 (4%)
統計誤差	-46	0	0	0	0	0
熱需要（需要家端）	1,348 (90%)	1,734 (86%)	2,071 (86%)	2,498 (86%)	3,037 (86%)	3,721 (86%)

出典：調査団作成

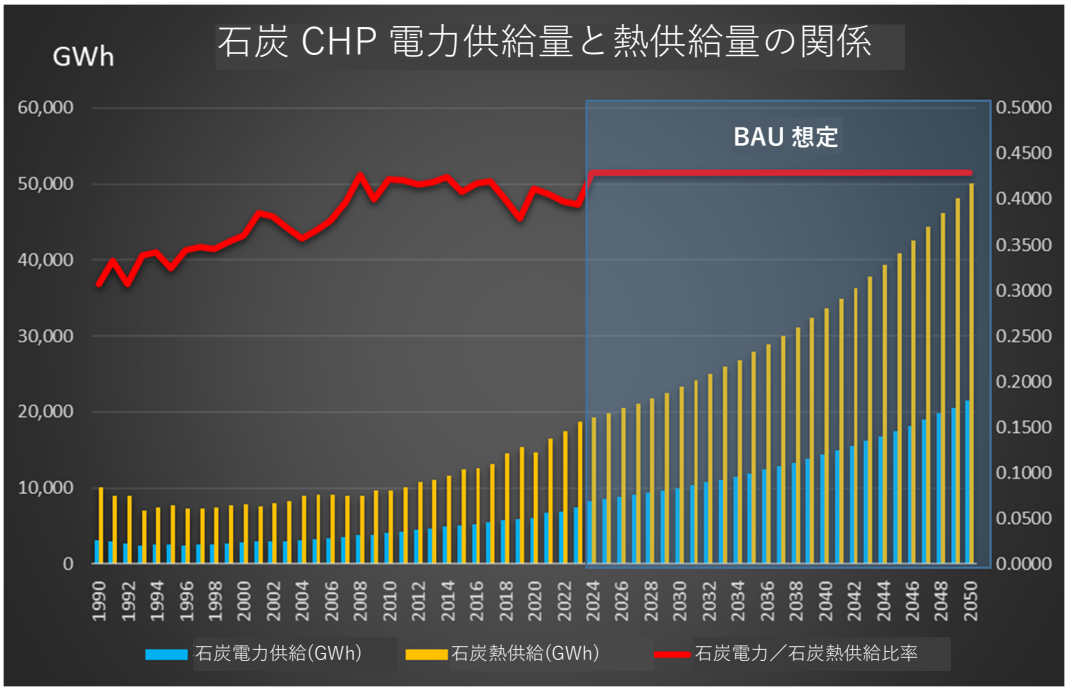
(5)　電力供給システムの BAU 供給量想定

石炭 CHP の電力供給量と熱供給量の関係を図 6-9 に示す。2050 年までの電力供給システム電力自社消費率と送配電ロス率の実績と BAU 想定を図 6-10 に示す。

また、電力供給システムの発電端発電量、輸入、需要の実績と BAU 想定を図 6-11 に示す。

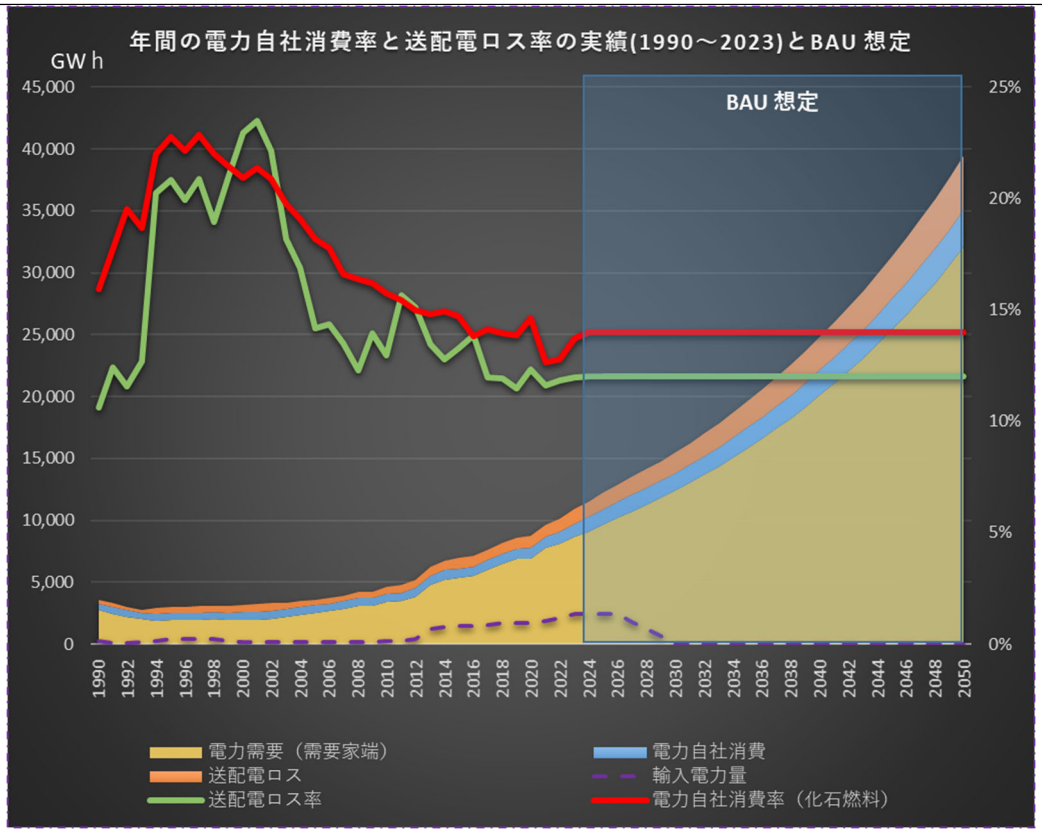
電力供給バランス表は表 6-4、構成比は図 6-12、構成比率表は表 6-5 のとおりである。

2023 年と 2050 年のエネルギーベース（GWh）での供給構成比を比較すると、2023 年の石炭 CHP の構成比は 67.6%から 2050 年には 54.5%となり、13.1 ポイント減少となる。輸入については 22.2%から 0%へと 22.2 ポイント減少、太陽光については 1.8%から 20.9%へと 19.1 ポイント増加、風力については 4.9%から 20.9%へと 19.1 ポイント増加する。RE 比率は 7.1%から 45.5%へと 38.4 ポイント増加となる。



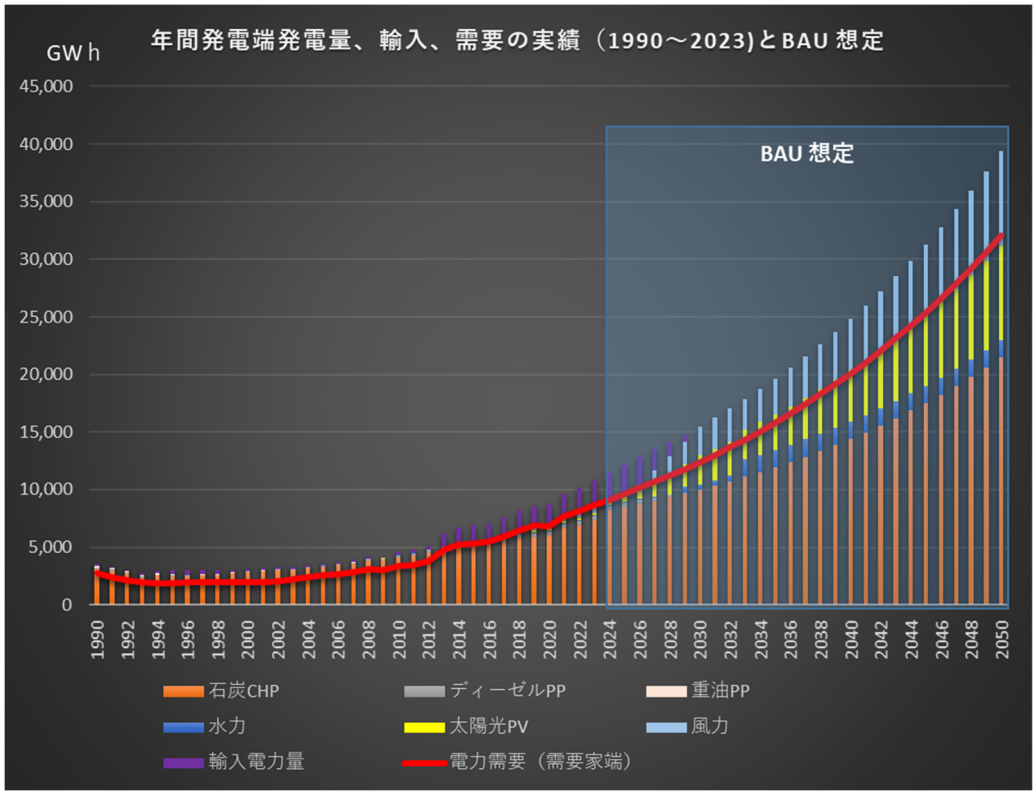
出典：調査団作成

図 6-9　石炭 CHP の電力供給量と熱供給量の関係と BAU 想定



出典：調査団作成

図 6-10　年間の電力自社消費率と送配電ロス率の実績と BAU 想定



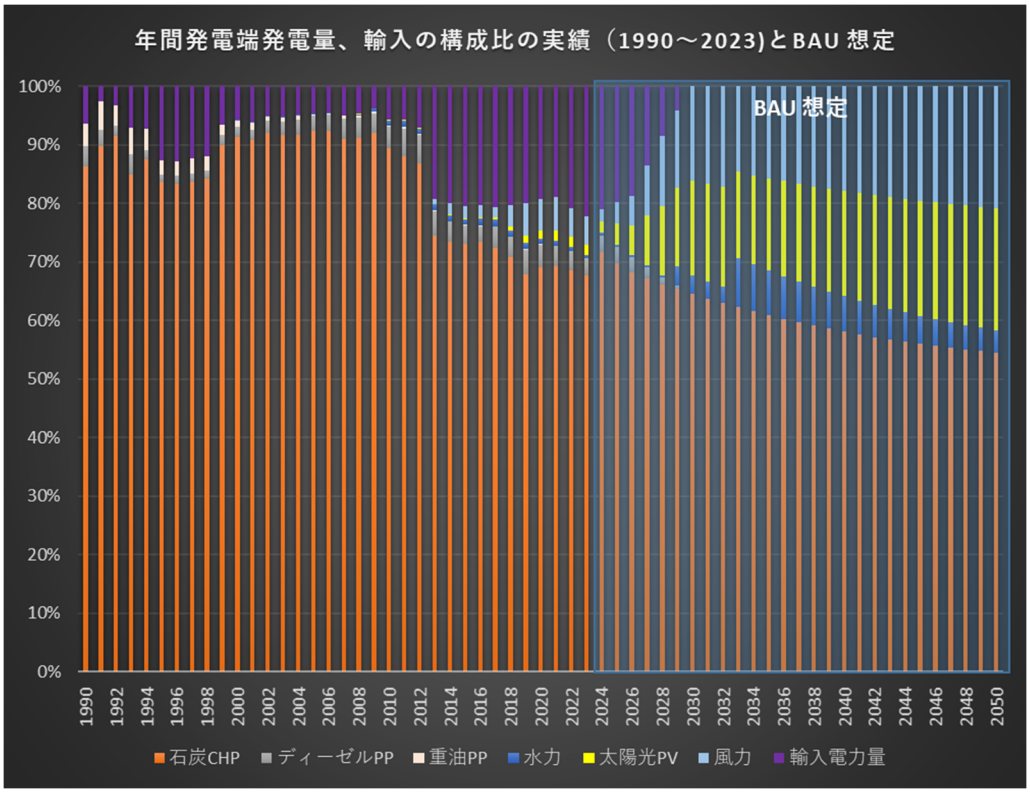
出典：調査団作成

図 6-11　年間の発電端発電量、輸入、需要の実績と BAU 想定

表 6-4　電力供給バランス表（エネルギーベース）　BAU 想定

単位　GWh	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
国内発電端計	8,483	15,480	19,624	24,822	31,300	39,415
石炭 CHP	7,377	9,996	11,943	14,408	17,516	21,462
ディーゼル PP	334	0	0	0	0	0
重油 PP	0	0	0	0	0	0
水力	48	473	1,504	1,504	1,504	1,504
太陽光 PV	193	2,505	3,088	4,455	6,140	8,225
風力	532	2,505	3,088	4,455	6,140	8,225
輸入電力量	2,427	0	0	0	0	0
合計電力供給量	10,910	15,480	19,624	24,822	31,300	39,415
電力自社消費	1,059	1,399	1,672	2,017	2,452	3,005
送配電ロス	1,179	1,690	2,154	2,737	3,462	4,369
電力需要（需要家端）	8,672	12,390	15,798	20,068	25,386	32,041
合計電力消費量	10,910	15,480	19,624	24,822	31,300	39,415
電力自社消費率（化石燃料）	13.7%	14.0%	14.0%	14.0%	14.0%	14.0%
送配電ロス率	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 6-12　年間の発電端発電量、輸入の構成比の実績と BAU 想定

表 6-5　電力供給種別構成比（エネルギーベース）　BAU 想定

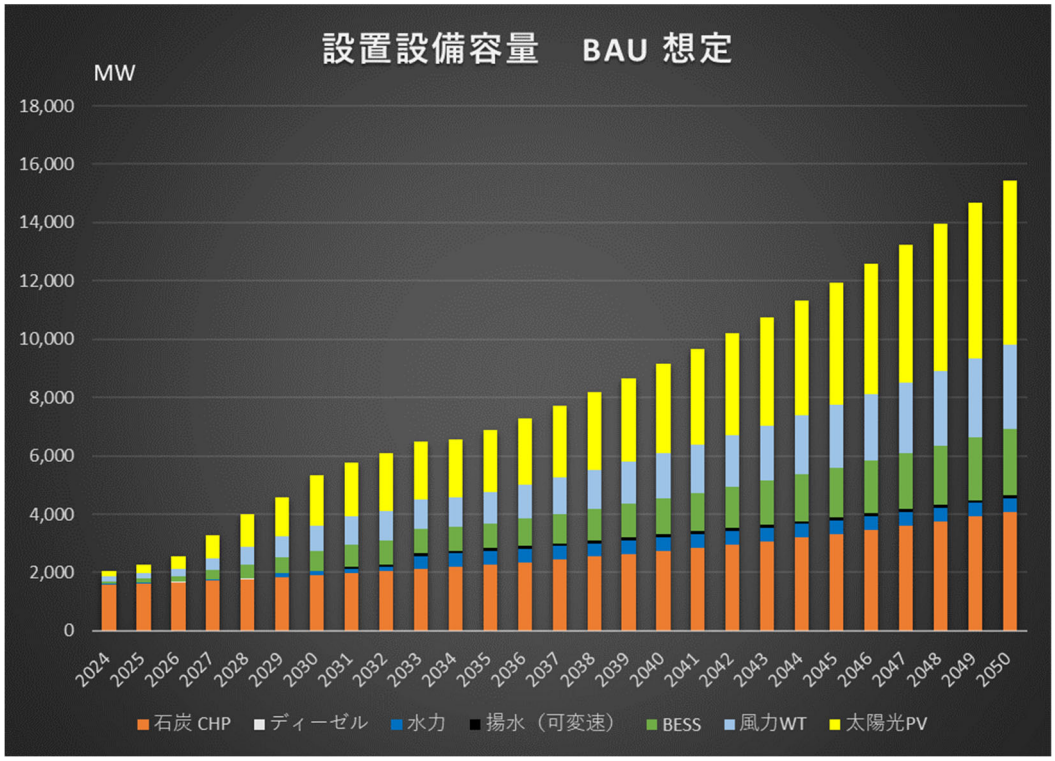
	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
国内発電端計	77.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
石炭 CHP	67.6%	64.6%	60.9%	58.0%	56.0%	54.5%
ディーゼル PP	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
重油 PP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
水力	0.4%	3.1%	7.7%	6.1%	4.8%	3.8%
太陽光 PV	1.8%	16.2%	15.7%	17.9%	19.6%	20.9%
風力	4.9%	16.2%	15.7%	17.9%	19.6%	20.9%
輸入電力量	22.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

出典：調査団作成

(6)　電力供給システムの BAU 電源設備量予想

電源設備量（MW）および構成比の BAU 想定は図 6-13、図 6-14、表 6-6、表 6-7 となる。

2023 年と 2050 年の国内電源設備容量（MW）の構成比を比較すると、2023 年の石炭 CHP の構成比は 76.2%から 2050 年には 26.5%となり、49.7 ポイント減少となる。太陽光については 8.2%から 36.5%へと 28.3 ポイント増加、風力については 9.0%から 18.6%へと 9.6 ポイント増加、揚水（可変速）については 0%から 0.6%へと 0.6 ポイント増加、BESS については 4.7%から 14.8%へと 10.1 ポイント増加する。揚水、BESS も含めた RE 比率は 23.4%から 73.5%へと 50.1 ポイント増加となる。



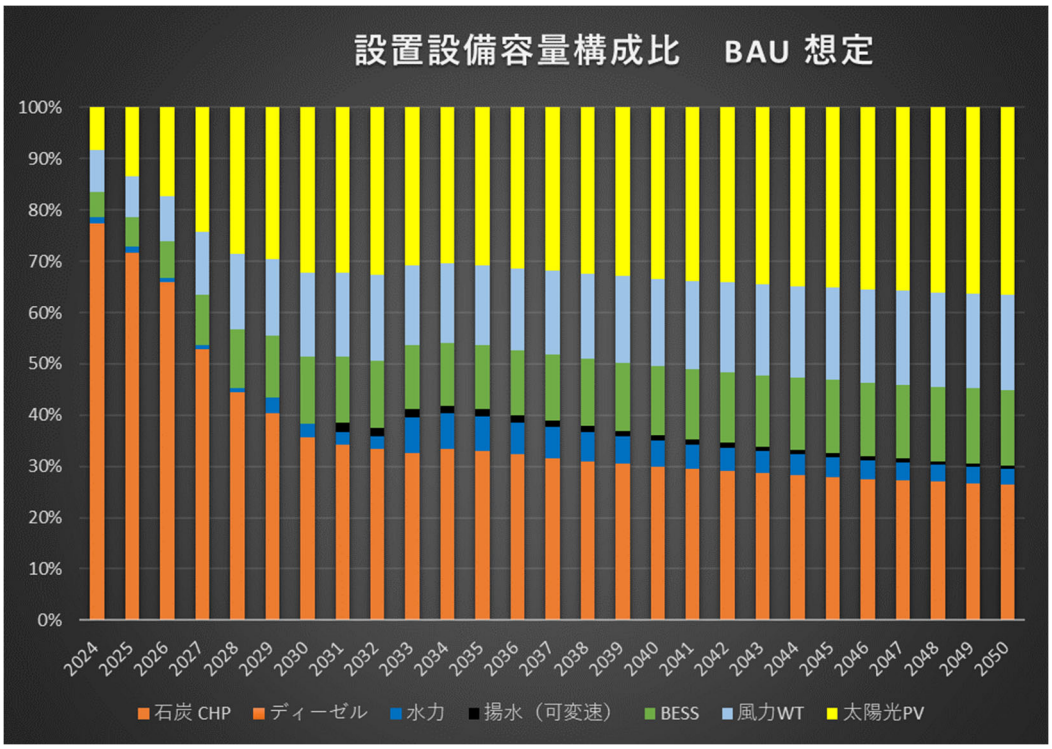
出典：調査団作成

図 6-13　電源設備容量の BAU 想定

表 6-6　電源設備容量の BAU 想定

単位　MW	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	1,314	1,902	2,272	2,741	3,333	4,083
ディーゼル	7	0	0	0	0	0
水力	26	146	461	461	461	461
太陽光 PV	141	1,716	2,115	3,051	4,205	5,633
風力	155	877	1,081	1,559	2,149	2,878
揚水（可変速）	0	0	100	100	100	100
BESS	81	694	855	1,234	1,701	2,278
設備量合計	1,724	5,334	6,885	9,146	11,948	15,434

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 6-14　電源設備容量構成比の BAU 想定

表 6-7　電源設備容量構成比の BAU 想定

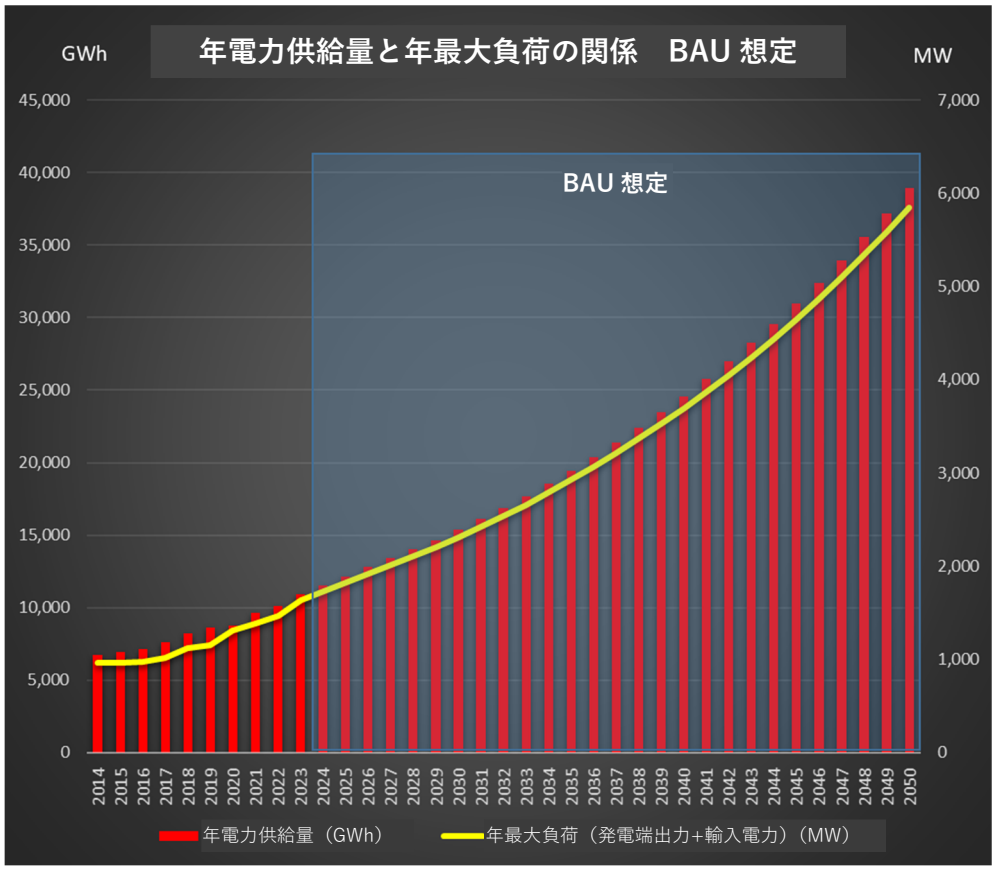
	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	76.2%	35.7%	33.0%	30.0%	27.9%	26.5%
ディーゼル	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
水力	1.5%	2.7%	6.7%	5.0%	3.9%	3.0%
太陽光 PV	8.2%	32.2%	30.7%	33.4%	35.2%	36.5%
風力	9.0%	16.4%	15.7%	17.0%	18.0%	18.6%
揚水（可変速）	0.0%	0.0%	1.5%	1.1%	0.8%	0.6%
BESS	4.7%	13.0%	12.4%	13.5%	14.2%	14.8%
設備量合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出典：調査団作成

(7) 電力供給システムの供給予備力

電力供給システムの供給予備力を検討する前に年最大負荷（発電端出力＋輸入電力）（MW）を想定する必要がある。年電力供給量（GWh）と年最大負荷（発電端出力＋輸入電力）（MW）は図 6-15 のように相関関係にあることから、実績の需要率から想定される需要率を定め、これにもとづき年最大負荷の想定を行った。

2014 年から 2023 年の需要率は表 6-8 のとおりである。2020 年と 2023 年の需要率が最も小さく 76.1%である。需要率が小さいほど最大負荷が大きくなり、設備計画面において厳しめの条件となるので、図 6-16 に示すように BAU の需要率は最も低い 2023 年水準程度の 76%と設定した。



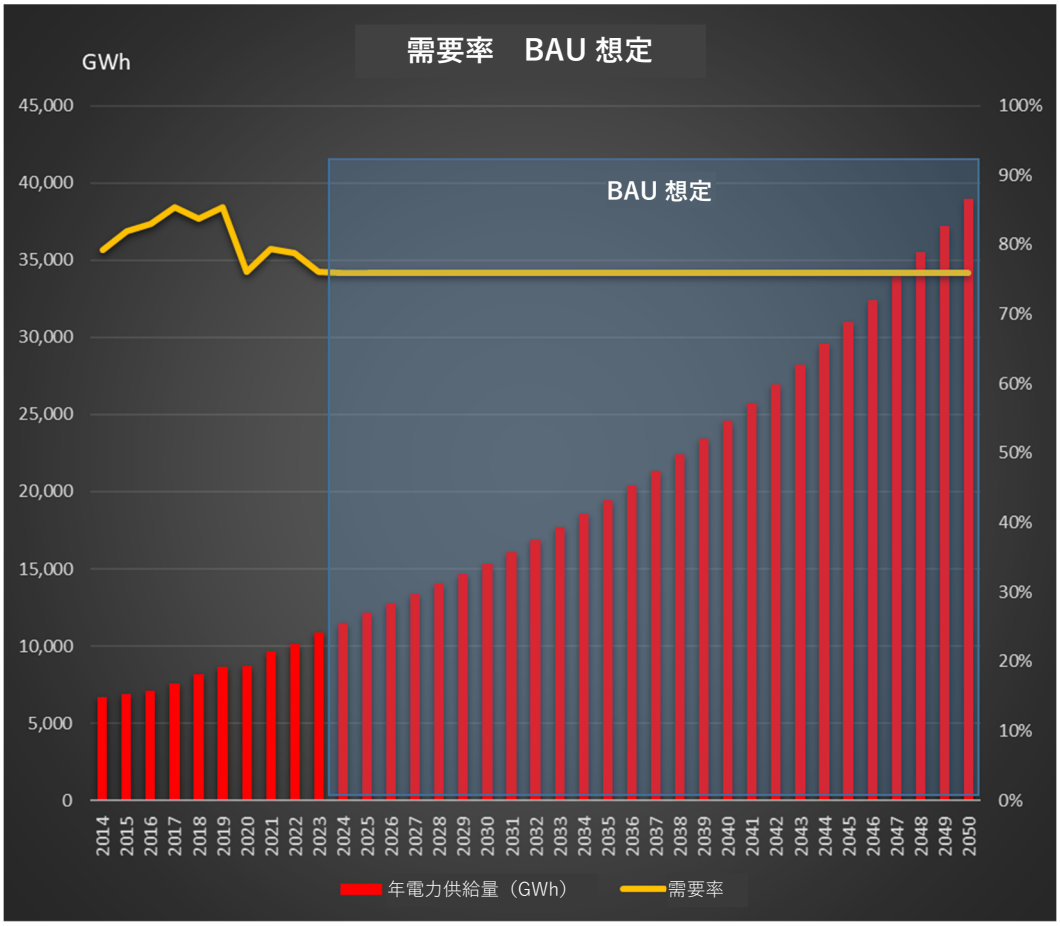
出典：調査団作成

図 6-15　年電力供給量（GWh）と年最大負荷（MW）との関係

表 6-8　需要率の実績

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
年電力供給量（GWh）	6,725	6,930	7,113	7,602	8,200	8,622	8,755	9,648	10,142	10,910
年最大負荷（発電端出力＋輸入電力）（MW）	969	965	975	1,016	1,117	1,153	1,309	1,387	1,469	1,636
電力輸入（MW）※上記に含まれる	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明	294
需要率	79.2%	82.0%	83.1%	85.4%	83.8%	85.4%	76.1%	79.4%	78.8%	76.1%

注　：年最大負荷値は NDC 資料に基づく
出典：調査団作成



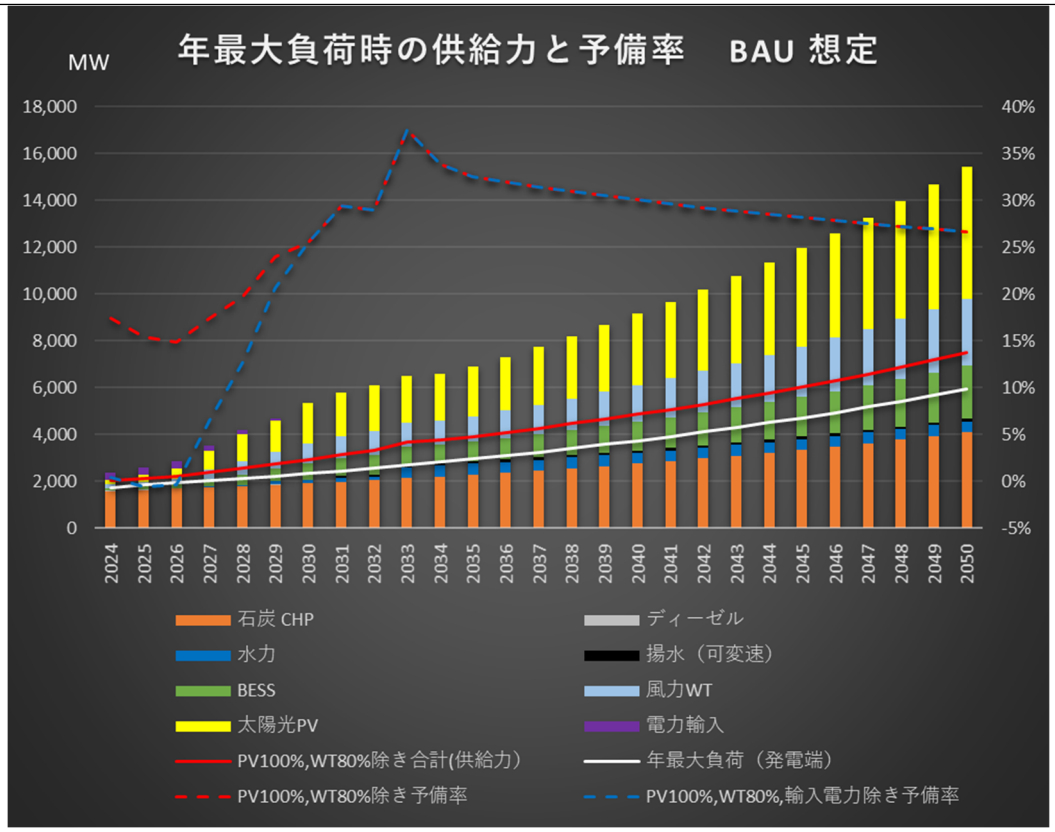
出典：調査団作成

図 6-16　需要率の BAU 想定

供給力については、NDC の算定と同様に太陽光 PV は供給力に織り込まない、風力は 20%を織り込む、BESS は織り込むこととした。なお、モンゴル政府は輸入電力を 2030 年までに取りやめる意向も持っているため、2030 年までの輸入電力を織り込まない場合の予備率も参考に算定した。なお、輸入電力は送電線の容量上限があることから、2023 年実績並みから 2030 年までに漸減していくものとした。

供給予備率の計算結果を図 6-17、表 6-9 に示す。

2023 年と 2050 年の供給予備率を比較すると、水力および風力の開発が寄与し 2023 年の太陽光 PV100%、風力 WT80%を除く予備力は 7.2%から 2050 年には 26.6%へと 19.4 ポイント増加する。一般的には、10%程度が適正な予備力である。なお、輸入電力を除く場合の予備力は 2023 年では-10.8%から 2050 年には 26.6%へと 37.4 ポイント増加する。



出典：調査団作成

図 6-17　年最大負荷時の供給力（MW）と予備率　BAU 想定

表 6-9　年最大負荷時の供給力（MW）と予備率　BAU 想定

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	1,314	1,902	2,272	2,741	3,333	4,083
ディーゼル	7	0	0	0	0	0
水力	26	146	461	461	461	461
太陽光 PV	141	1,716	2,115	3,051	4,205	5,633
風力	155	877	1,081	1,559	2,149	2,878
揚水（可変速）	0	0	100	100	100	100
BESS	81	694	855	1,234	1,701	2,278
設備量合計	1,724	5,334	6,885	9,146	11,948	15,434
電力輸入	294	0	0	0	0	0
合計	2,018	5,334	6,885	9,146	11,948	15,434
PV100%,WT80%除き合計(供給力)	1,753	2,917	3,905	4,848	6,024	7,498
年最大負荷（発電端）	1,636	2,325	2,948	3,728	4,701	5,920
PV100%,WT80%除き予備率	7.2%	25.5%	32.5%	30.0%	28.1%	26.6%
PV100%,WT80%,輸入電力除き予備率	-10.8%	25.5%	32.5%	30.0%	28.1%	26.6%

出典：調査団作成

6.2.3 エネルギー需給構造の BAU 予測

(1) マクロ経済の予測結果

マクロ経済モデルの予測結果を下表に示す。前提条件で述べたように、ここでは 2023 年から 2029 年までの経済成長率は IMF の予測、2030 年から 2050 年までは国家戦略「長期ビジョン 2050」の中に提示した長期開発政策方針により経済成長率は 5.5%から 5.0%までに低減する。産業構造は実績構造に沿って予測し、2050 年までの構造変化を示している。個別の産業を見ると、2023 年のサービス業と鉱業のシェアはそれぞれ 24.8%と 23.0%を占めており、両部門の GDP は約半分近く占めている。両部門のシェアは 2050 年までにそれぞれ 0.4 と 2.9 ポイント拡大し、鉱業は GDP に最も寄与する部門となる。製造業は 2023 年の 9.0%から 2050 年の 10.7%に拡大するが、製造業による GDP への寄与度は依然として低い。

表 6-10 マクロ経済の推計結果（1990～2050 年）

	単位	実績					予測			年平均増加率(%)	
		1990	2000	2010	2020	2023	2030	2040	2050	1990/2023	2023/2050
実質 GDP	10 億 MNT	7,586	7,521	14,092	26,655	30,454	44,910	75,481	124,154	4.3	5.3
GDP 成長率	%	-3.2	1.1	6.4	-4.6	7.0	5.5	5.2	5.0		
産業構成											
農林水産業	%	12.5	27.4	11.7	13.0	13.0	12.2	11.3	10.6		
鉱業	%	12.5	10.8	21.5	23.3	23.0	24.0	25.0	25.9		
製造業	%	23.0	9.2	9.1	10.1	9.0	9.4	10.0	10.7		
建設業	%	5.7	2.2	2.6	3.7	3.3	3.3	3.3	3.3		
運輸・倉庫	%	9.8	7.6	6.9	3.8	4.7	4.6	4.4	4.3		
サービス業	%	28.0	21.8	27.1	23.9	24.8	24.9	25.1	25.2		
公共	%	8.5	21.0	21.0	22.3	22.2	21.6	20.8	20.0		
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

出典：2000-2023: ADB, Key indicators for Asia and the Pacific 2023.
2024-2029: IMF Projection, April 2024.
2030-2050:調査団作成

人口については、国家統計局の推計結果を基づいて、ADB 統計データで補足し、都市と農村の人口、世帯数を推計した。結果を下表に示す。モンゴルの人口は 2023 年から 2050 年まで年平均 1.4%で増加し、2050 年の人口は 500.4 万人に達する。1990 年頃の農村人口は 43.0%と高い比率を占めていたが、都市化が進むことで農村人口の比率は 2023 年の 27.0%、さらに 2050 年の 20.1%に縮小する。経済発展によって農村人口が都市へ移転する都市化傾向は、世帯数から見てもはっきりしている。2023 年の都市世帯数は 68 万世帯から 2050 年の 117 万世帯に増加、年平均 2.0%で増加している。

表 6-11 人口の推計結果（1990～2050 年）

	単位	実績					予測			年平均増加率(%)	
		1990	2000	2010	2020	2023	2030	2040	2050	1990/2023	2023/2050
人口	万人	215.3	237.5	265.4	325.3	339.7	376.7	433.3	500.4	1.4	1.4
人口伸び率	%	5.4	2.7	1.2	1.8	0.8	1.3	1.5	1.4		
都市人口	万人	122.7	136.1	191.1	231.6	248.0	282.9	336.9	399.9	2.2	1.8
農村人口	万人	92.7	101.3	74.3	93.7	91.7	93.8	96.5	100.5	-0.0	0.3
都市人口比率	%	57.0	57.3	72.0	71.2	73.0	75.1	77.7	79.9		
農村人口比率	%	43.0	42.7	28.0	28.8	27.0	24.9	22.3	20.1		
世帯数：都市	万世帯	24	30	46	61	68	79	97	117	3.2	2.0
農村	万世帯	20	25	28	30	31	33	35	38	1.3	0.9

出典：調査団作成

(2) 最終エネルギー需要予測（BAU）

1) 最終エネルギー部門別

最終エネルギー需要の部門別の予測を下表にまとめた。モンゴルの最終エネルギー需要量は、2022 年の 4,550 ktoe (石油換算 1,000 トン)から年平均 3.8%で増加し、2050 年には 12,949ktoe に達する。その内、産業部門（鉱業を含む）は 2050 年までに最大のエネルギー需要部門となり、最終エネルギー需要量に占めるシェアが 31.4%である。2050 年の構成をみると、家庭 22.5%、運輸 22.4%、業務 14.1%、農林水産 1.3%となっている。産業部門では、特に鉱業が占めるシェアが大きい。

特筆するのは、2 点ある。一点目として、業務用エネルギー需要は熱供給しか計上されていない。現在の統計データでは、業務用電力が産業の中に合計されているため、それを分けることができない。二点目として、その他不明のエネルギー需要が約 1 割を占めている。その他不明という統計は、多くの発展途上国のエネルギー統計台帳の特徴であり、統計データ収集体系が未整備であることが原因となって、分類の振り分けが明確でないエネルギー需要である。この現象は、統計データ収集体系の向上により、徐々に本来分類されているはずの部門に戻されていく。モンゴルの場合、2023 年その他不明セクターに消費されているエネルギーは主に石炭（70.8%）と電力（18.0%）である。

表 6-12 最終エネルギー部門別のエネルギー需要予測（BAU、2000～2050 年）

	単位	実績				予測			年平均増加率 (%)	
		2000	2010	2020	2022	2030	2040	2050	2000/2022	2022/2050
産業	ktoe	472	848	1,358	1,439	1,915	2,801	4,066	5.2	3.8
運輸	ktoe	321	478	934	1,017	1,543	2,308	2,899	5.4	3.8
家庭	ktoe	426	870	958	998	1,359	2,005	2,918	3.9	3.9
業務	ktoe	144	206	406	494	699	1,114	1,823	5.8	4.8
農林水産	ktoe	27	62	107	103	119	140	163	6.3	1.6
その他不明	ktoe	73	207	398	499	663	864	1,081	9.1	2.8
非エネルギー	ktoe	2	3	0	0	0	0	0	-100.0	
合計	ktoe	1,465	2,674	4,161	4,550	6,297	9,233	12,949	5.3	3.8
構成比 (%)										
産業	%	32.2	31.7	32.6	31.6	30.4	30.3	31.4		
運輸	%	21.9	17.9	22.4	22.4	24.5	25.0	22.4		
家庭	%	29.1	32.5	23.0	21.9	21.6	21.7	22.5		
業務	%	9.8	7.7	9.8	10.9	11.1	12.1	14.1		
農林水産	%	1.8	2.3	2.6	2.3	1.9	1.5	1.3		
その他不明	%	5.0	7.7	9.6	11.0	10.5	9.4	8.3		
非エネルギー	%	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

出典：調査団作成

2) エネルギー源別

最終部門のエネルギー源別需要の推計結果を下表にまとめた。最終部門のエネルギー源別需要をみると、2022 年から 2050 年の期間においての大きな変化はバイオマスの縮小と電化率の拡大と予測した。2050 年の各エネルギー源のシェアを見ると、石油 31.8%（ガソリン 13.7%、ジェット燃料 0.1%、ディーゼル 18.0%)、熱 28.7%、電力 21.3%、石炭 17.7%（コークス 0.3%)、バイオマス 0.4%となっている。その他の特徴は、以下のようにまとめられる。

- 石炭需要量は推計期間において年平均 3.8%で増加し、2050 年最終エネルギー需要

に占める比率は 17.4%となり、2022 年の 17.3%に比べ 0.1 ポイント増加した。石炭消費量の半数は家庭部門（50.5%）に消費されており、産業部門 15.5%、その他不明 33.9%となっている。

- 電力と熱の需要は最も重要なエネルギー供給源である。今後の電化率が拡大していくに従って、2022 年から 2050 年の期間における電力需要量は年平均 5.0%で増加し、2050 年には 2,755ktoe に達し、最終エネルギー需要に占める比率は 2022 年の 15.3%から 2050 年の 21.3%までに拡大する。2050 年の熱需要のシェア（28.7%）を入れると熱電需要量のシェアは 50.0%に達する。
- 輸送部門では、ディーゼル、ガソリン、ジェット燃料が主に消費されている。ディーゼルでは、2022 年の 901ktoe から 2050 年の 2,332ktoe までに年平均 3.5%で増加し、ガソリンでは、2022 年の 728ktoe から 2050 年の 1,775ktoe までに年平均 3.2%で増加した。モンゴル政府の政策誘導で、わずかに EV 乗用車（2030 年目標：30,000 台）が導入され、予測モデルではこの電力需要が計上されている。
- バイオマスは主に家庭部門で消費されている。家庭（主に農村）では伝統バイオマスが主なエネルギー供給源であるが、多くの農村地域では農業・畜産業の廃棄物を燃料として有効利用している。本モデルの推計では、バイオマス需要は 2022 年の 46ktoe から、2050 年の 48ktoe に微増した。

表 6-13　最終エネルギー部門のエネルギー源別需要予測（BAU、2000～2050 年）

	単位	実績				予測			年平均増加率 (%)	
		2000	2010	2020	2022	2030	2040	2050	2000/2022	2022/2050
石炭	ktoe	286	650	708	788	1,077	1,592	2,248	4.7	3.8
コークス	ktoe	0	71	17	28	33	37	41		1.4
ガソリン	ktoe	250	305	627	728	982	1,496	1,775	5.0	3.2
ジェット燃料	ktoe	0	0	1	2	16	17	17		7.9
ディーゼル	ktoe	149	458	942	901	1,330	1,807	2,332	8.5	3.5
潤滑油	ktoe	2	3	0	0	0	0	0	-100.0	
バイオマス	ktoe	67	94	46	46	47	48	48	-1.7	0.2
木炭	ktoe	16	22	13	13	14	15	15	-0.9	0.6
電力	ktoe	164	290	586	696	1,065	1,726	2,755	6.8	5.0
熱	ktoe	530	782	1,219	1,348	1,733	2,496	3,717	4.3	3.7
合計	ktoe	1,464	2,675	4,159	4,550	6,297	9,233	12,949	5.3	3.8
構成比 (%)										
石炭	%	19.5	24.3	17.0	17.3	17.1	17.2	17.4		
コークス	%	0.0	2.7	0.4	0.6	0.5	0.4	0.3		
ガソリン	%	17.1	11.4	15.1	16.0	15.6	16.2	13.7		
ジェット燃料	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.1		
ディーゼル	%	10.2	17.1	22.6	19.8	21.1	19.6	18.0		
潤滑油	%	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
バイオマス	%	4.6	3.5	1.1	1.0	0.7	0.5	0.4		
木炭	%	1.1	0.8	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1		
電力	%	11.2	10.8	14.1	15.3	16.9	18.7	21.3		
熱	%	36.2	29.2	29.3	29.6	27.5	27.0	28.7		
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

出典：調査団作成

(3)　一次エネルギー供給（BAU）

下表にモンゴルの 2000 年から 2050 年までの一次エネルギー供給量を示す。一次エネルギー供給は、2022 年の 6,492ktoe から 2050 年の 18,854ktoe へ年平均 3.9%で増加する。2022～2050 年予測期間の平均エネルギー弾性値は 0.73 である。一次エネルギー消費の GDP 原単位は、2022 年の 213toe/Billion MNT から 2050 年の 152toe/ Billion MNT へ低減し、約 28.7%改善される。その他主な特徴は、以下の通りである。

- 2050 年の一次エネルギー供給の構成比をみると、石炭 69.2%、石油 21.8%、再エネ 8.7%で、化石燃料への依存率は 91.3%である。
- 石炭消費量は、2022 年の 4,366ktoe から 2050 年の 13,042ktoe まで年平均 4.0%で増加する。石炭消費量は約 8 割が熱電併給の発電所に供給し、最終部門では全体の 2 割弱である。
- 石油消費は主に運輸部門のガソリンとディーゼルであり、そして産業部門のディーゼル消費である。少量のジェット燃料需要は存在しているが、その数量はわずかである。農業部門も少ないながらディーゼルが消費されている。
- 再エネの比率は、2022 年の 2.5%から 2050 年の 8.7%に拡大している。2050 年では太陽光発電と風力発電がそれぞれ 4.1%を寄与しているが、水力とバイオマス発電の比率はわずかである。

表 6-14　一次エネルギー供給予測（BAU、2000～2050 年）

	単位	実績				予測			年平均増加率 (%)	
		2000	2010	2020	2022	2030	2040	2050	2000/2022	2022/2050
石炭	ktoe	1,817	2,806	3,874	4,366	6,105	8,839	13,042	4.1	4.0
コークス	ktoe	0	103	25	40	47	53	59		1.4
石油	ktoe	434	830	1,698	1,742	2,316	3,308	4,115	6.5	3.1
水力	ktoe	0	3	7	5	4	4	4		-0.7
太陽光	ktoe	0	1	10	16	234	446	770		14.8
風力	ktoe	0	0	41	44	234	446	770		10.8
バイオマス	ktoe	132	182	98	98	89	92	94	-1.3	-0.1
輸入電力	ktoe	13	21	141	179	0	0	0	12.7	-100.0
合計	ktoe	2,397	3,946	5,895	6,492	9,028	13,187	18,854	4.6	3.9
構成比 (%)										
石炭	%	75.8	71.1	65.7	67.3	67.6	67.0	69.2		
コークス	%	0.0	2.6	0.4	0.6	0.5	0.4	0.3		
石油	%	18.1	21.0	28.8	26.8	25.7	25.1	21.8		
再生可能	%	5.5	4.7	2.6	2.5	6.2	7.5	8.7		
水力	%	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0		
太陽光	%	0.0	0.0	0.2	0.2	2.6	3.4	4.1		
風力	%	0.0	0.0	0.7	0.7	2.6	3.4	4.1		
バイオマス	%	5.5	4.6	1.7	1.5	1.0	0.7	0.5		
輸入電力	%	0.5	0.5	2.4	2.8	0.0	0.0	0.0		
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

出典：調査団作成

(4)　温室効果ガス（CO_2 換算）排出量の推計結果（BAU）

上記の一次エネルギー供給予測結果に基づき、モンゴルのエネルギー部門による温室効果ガス（二酸化炭素換算トン）の排出量を下表に示す。エネルギー部門の化石燃料由来の温室効果ガス排出量は、2022 年の 2,389.8 万 t-CO_2 から年平均 3.8%で増加し、2050 年には 6,779.3 万 t-CO_2 に達する。モンゴルのエネルギー消費は主に石炭に依存している構造により、2022 年石炭による CO_2 排出量は全体の 81.7%（0.3%はコークスである）で、石油は 18.3%であった。モンゴルのエネルギー需要は、経済成長が続くに従って増加し続けるため、2050 年までに化石燃料への依存度は依然と高い水準が続いている。

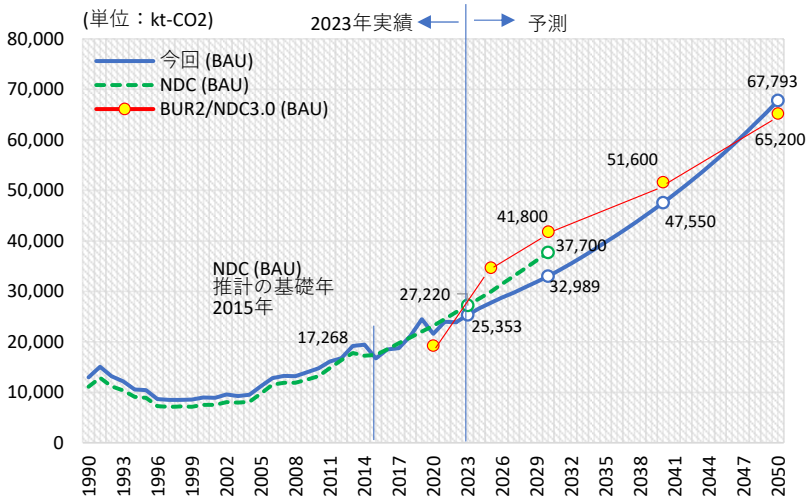
表 6-15　エネルギー部門の CO_2 排出量の推計結果（BAU、2000～2050 年）

	単位	実績				予測			年平均増加率 (%)	
		2000	2010	2020	2022	2030	2040	2050	2000/2022	2022/2050
石炭	kt-CO_2	7,683	11,866	16,382	18,462	25,816	37,377	55,150	4.1	4.0
コークス	kt-CO_2	0	408	99	158	185	212	234		1.4
石油	kt-CO_2	1,298	2,511	5,127	5,277	6,987	9,962	12,409	6.6	3.1
合計	kt-CO_2	8,982	14,785	21,608	23,898	32,989	47,550	67,793	4.5	3.8
構成比 (%)										
石炭	%	85.5	80.3	75.8	77.3	78.3	78.6	81.4		
コークス	%	0.0	2.8	0.5	0.7	0.6	0.4	0.3		
石油	%	14.5	17.0	23.7	22.1	21.2	20.9	18.3		
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

出典：調査団作成

一方、モンゴル政府が 2016 年 9 月 21 日に UNFCCC に提出した NDCs（National Determined Contributions）によれば、2030 年までエネルギー部門による CO_2 排出量は BAU ケースで 3,770 万 t-CO_2 と示している。2023 年 11 月 15 日に UNFCCC に提出した最新の第 2 回隔年更新報告書（Biennial Update Report、BUR2）と 2025 年 9 月 24 日に提出した NDC 3.0[57]では、2030 年の BAU 数値は 4,180 万 t-CO_2 に修正され、2040 年は 5,160 万 t-CO_2、2050 年は 6,520 万 t-CO_2 で提示した。

本事業の BAU ケースでは、2023～2046 年までの CO_2 排出量は NDCs と BUR2/NDC3.0 の BAU ケースよりやや低いが、2047～2050 年では本事業の推計結果の方がやや高くなり、逆転した。推計結果の差異は主に用いる実績統計データの期間が異なることによるものである。NDCs の推計に用いる実績データは 2014 年まで、BUR2/NDC 3.0 は 2020 年までの実績データを用いた。本事業では 2022 年の実績データを用いて推計し、COVID-19 の影響を受けてエネルギー需要が減少することを明確に示している。



出典：調査団作成

図 6-18　NDC、BUR2/NDC3.0 と本事業推計の CO_2 排出量との比較（1990～2050 年）

[57] 2025 年 9 月 24 日に UNFCCC に提出した NDC 3.0 は、BUR2 の BAU ケースを維持し、新しい BAU の算出は行われなかった。Mongolia NDC 3.0, ページ 7 に参照する。
https://unfccc.int/sites/default/files/2025-09/Mongolia%20NDC3_0%20under%20UNFCCC_PA%20FINAL.pdf

6.3 最終エネルギー消費予測の作成

6.3.1 産業部門の低炭素化・省エネポテンシャル

(1) 産業低炭素化・省エネシナリオにおけるエネルギー・トランジションの方針

産業部門の省エネシナリオを算出するにあたり、動向調査で得られた内容から既存の政府や自治体、他ドナーなどの取組に整合することに配慮しつつ、さらに長期的な視座として2050 年までを概観するエネルギー・トランジションとしての方針を下記の 3 点に集約させて設定した。

1) 鉱業における率先した電化・CN 燃料化の取組と他産業への普及

モンゴル経済の 97%を占める中小企業では中長期目線での対策が財務上も日々の操業上も困難である一方、エネルギー消費量および資本力の大きい鉱業は産業界でも脱炭素化の取組が最も進めやすい環境にある。したがい、電化・CN 燃料化の取組を率先して進めることで他産業の脱炭素化の牽引・貢献を誘発することがモンゴル経済全体の脱炭素化実現に対し重要である。これは、例えば鉱山機械は建設用機械と同様のものが多く、鉱山機械電化の潮流はエネルギー消費が比較的大きい建設業にも波及することが考えられる。さらに、CN 燃料の普及は最終的に農業などにおけるディーゼル利用などにも影響を与える可能性があり、ひいては運輸など他部門への波及も考えられ、電化・CN 燃料化の取組の波及効果が高いと言える。

2) 政府による脱炭素に向けた制度・体制構築

鉱業の電化や CN 燃料化を進めるうえで、電力供給の確立・安定化が重要となる。このため、送電網の拡張や電源導入およびその補助など、電化を促進するためのインフラの提供が求められる。さらに、その後の供給電源の脱炭素化に伴い、産業全体における GHG 排出削減が見込まれる。

制度面ではカーボンクレジットや省エネ市場構築などの制度的支援が重要であり、省エネ市場構築により産業の国際的な競争力向上にも貢献し、カーボンクレジットは市場に脱炭素に向かわせる潮流を形成する。2050 年になお残る GHG についてはカーボンクレジット市場が機能していれば産業全体での CN 化が見通せるようになる。また、CN に向けて中小企業の脱炭素化は自立的には困難であることから、炭素税などによる奨励と税源獲得、それを踏まえた脱炭素化インセンティブ制度などでの支援が必要となる。

3) 他産業における省エネの推進

エネルギー多消費型産業における省エネ設備導入、個別中小企業における断熱対策を進めることが重要となる。エネルギー多消費産業としては確認できる限り鉄鋼・化学・セメントがあるが、これら産業に特化した省エネ技術の導入を推進する。とくに今後の産業多様化・高付加価値化に伴って新たな製造業が興る場合には、同様にそのプロセス独自の省エネ設備導入を推進していく。また、個別中小企業においては地域熱供給に繋がりつつも断

熱の行き届いていない施設で製造を行っていることがあり、この断熱化による熱エネルギー損失を低減することが大きな対策となる。

(2) 低炭素化・省エネステップ

上記にて提示した3方針に従い、低炭素化・省エネステップを下図にて整理した。鉱業における脱炭素化を 2050 年までに実施することで、電化や CN 燃料利用の普及が他産業に広がることを企図するが、他産業におけるカーボンクレジットなどを利用しない脱炭素化の実現は2050年を超えることが予想される。

対象分類	対策	年度		
		現在～2030	～2040	～2050
鉱業	電化・効率化・省エネ			
	CN 燃料利用			
政府取組	発電所・送電網の整備			
	カーボンクレジット等脱炭素化制度構築			
	断熱を含む省エネ市場創出			
他産業	エネルギー多消費産業省エネ			
	各種企業建物の断熱化			
	電化・CN 燃料の普及			実現の可能性

：改善プロジェクト等の実施期間
出典：調査団作成

図 6-19　産業の炭素化・省エネステップ

(3) 低炭素化・省エネポテンシャルシナリオの設定

主な産業分類ごとの低炭素化・省エネポテンシャルシナリオを下表のとおり作成した。なお、2027 年までに 150 万トン/年の製油所の運用が始まるとされているが、事業の不確実性や生産品の需要側での利用量・形態の予測が困難であることを踏まえ、本シナリオでは考慮しないものとする。したがい、実際の石油製品普及が行われた段階でシナリオの見直しが必要となることに留意する。

また、表に記載している主要鉱山の脱炭素化計画における数値目標は下記のとおりであり、2050年においても供給側の脱炭素化が実現しない限りはカーボンクレジットなしでの CN はないものと設定した。

2025 年：CO_2 排出量 30%削減（2018 年比）
2030 年：同 50%削減
2050 年：同 100%削減を達成。ただし、CO_2 排出削減(77%)＋REC/カーボンクレジット（23%）排出権購入でネット・ゼロを実現する。

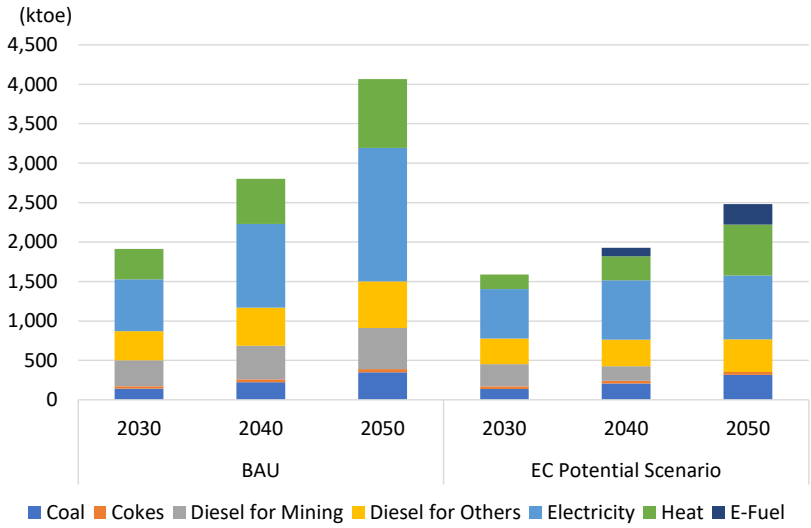
表 6-16　低炭素化・省エネポテンシャルシナリオの設定

分類	エネルギー形態	省エネ・低炭素化ポテンシャルシナリオ（BAU ケースからの変化）	根拠・理由
鉱業	石炭	✓ 電化により 2050 年までに電気に全て切り替わる	✓ 主要鉱山の脱炭素化計画を参照
	コークス	✓ コークスの利用は現状および将来的にないものとする。	
	ディーゼル	✓ 電化により 2050 年までに 45%が電気に切り替わる ✓ 効率化により 2050 年までに 5%減とする ✓ CN 燃料（PTL により生産）導入により 2030 年から 2050 年までに 50%が CN 燃料に切り替わる	✓ 主要鉱山の脱炭素化計画を参照 ✓ 本邦の低燃費型建設機械は CO_2 排出削減率が 10%以上であることなどから効率化数値を保守的に勘案
	電気	✓ 自前の再エネ等導入により、2030 年から 2050 年までに 73.5%減とする。	✓ 主要鉱山の脱炭素化計画を参照。 ✓ Umnugobi の鉱山電力需要が全体の約 47%であり、太陽光の適地であることから自前の再エネ・蓄電池導入で全電力を賄うものとした。 ✓ その他の地域（53%）においては日中分（半日）の電力を自前で賄うものとした。
	熱	✓ 電化により 2030 年から 2050 年までに電気に全て切り替わる	✓ 主要鉱山の脱炭素化計画を参照 ✓ 坑道の暖房などが想定されるため、電気で代替可能とした。
重工業	石炭、ディーゼル	✓ 生産プロセス効率化、省エネ設備導入により 2040 年までに 30%減とする	✓ 生産活動に利用されると想定し、統計上アクセスできる日本のエネルギー消費効率のうち、最も省エネが進んだ 1970-1985 年のエネルギー消費効率約 30%削減の実績を最大値として採用
	コークス	✓ 省エネ設備導入により 2050 年までに 15%減とする。	✓ 還元剤用途 50%、エネルギー供給用途 50%と想定し、エネルギー供給用途のうちさらに 30%が省エネ機器導入により削減されるとする（上記の日本のエネルギー消費効率実績と同様）
	電気	✓ 省エネ設備導入により 2040 年までに 30%減とする。	✓ 主に鉄鋼業（電炉）における利用を想定し、日本の主要鉄鋼会社の CO_2 削減目標（2013-2030 年で 30%減）を勘案
	熱	✓ 建物断熱化により 2040 年までに 45%減とする	✓ 所内暖房と想定し、その他産業の建物断熱化に準ずる
その他産業	石炭	✓ 断熱化、省エネ設備導入により 2040 年までに 37.5%減	✓ 50%を所内暖房用、50%を生産活動用と想定し、所内暖房は断熱により 45%削減、生産活動は 30%が省エネ機器導入により削減されるとする
	コークス	✓ コークスの利用は現状および将来的にないものとする。	
	ディーゼル	✓ 生産プロセス効率化、省エネ設備導入により 2040 年までに 30%減とする	✓ 生産活動に利用されると想定し、日本の 1970-1985 年のエネルギー消費効率約 30%削減の実績を最大値として採用
	電気	✓ 生産プロセス効率化、省エネ設備導入により 2040 年までに 30%減とする ✓ 自前の再エネ導入により 2040 年までに 30%減とする。	✓ 生産活動に利用されると想定し、日本の 1970-1985 年のエネルギー消費効率約 30%削減の実績を最大値として採用 ✓ 工場視察事例において敷地面積全体での再エネ導入で最大 30%の電力需要を賄えるとする報告を参照
	熱	✓ 建物断熱化により 2040 年までに 45%減とする	✓ 調査した工場では冬場でも 50%の熱が断熱化で削減できるとしているが、詳細かつ保守的な検討がされている民生の削減率に準じる。

出典：調査団作成

(4) 低炭素化・省エネポテンシャルシナリオにおける産業エネルギー消費量予測の算定

BAU ケースをもとに上記までの低炭素化・省エネポテンシャルシナリオを反映した産業エネルギー消費量予測を行った。なお、当該の計算においては IAEA の現状・予測数値から各産業分類における石炭・コークス・ディーゼル・電気・熱の利用量を算出する必要がある。このため、それぞれの消費量については IAEA データの最新値である 2022 年を基準とし、「STATISTICS ON ENERGY PERFORMANCE 2023（ENERGY REGULATORY COMMISSION）」や National Statistics Office in Mongolia などの情報から産業分類別総エネルギー消費量や指定事業者のエネルギー消費量といった情報を参照して按分・算出した。なお、各種統計で産業分類の記載についてバラつきがあり、統一性・整合性をもった解析ができなかったため、本試算についてはより詳細かつ一貫性を持った産業のエネルギー統計の確立が今後の課題となることに留意する。



出典：調査団作成

図 6-20　低炭素化・省エネポテンシャルシナリオを反映した産業エネルギー消費予測

6.3.2 運輸部門の低炭素化・省エネポテンシャル

(1) 運輸部門のエネルギー・トランジションの方針

IEA の World Energy Statistics and Balances によると、2022 年のモンゴルでのエネルギー消費のうち 22.4%が運輸部門で消費されており、これは産業部門の 31.6%に次いで 2 番目の消費量である。CO_2 の排出量も 2022 年のモンゴル全体の排出量の 12.8%熱電供給部門の 65.1%に次ぐ 2 番目の排出量である。このように、モンゴルにおける運輸分野の低炭素化・省エネは大きな課題となっている。現状でのモンゴルにおける各輸送分野の現状を踏まえ、主要なエネルギー消費源となっている道路運輸、鉄道、航空部門におけるエネルギー・トランジションの方向性を検討した。

1) 道路運輸

道路運輸では車両の技術検査合格台数が 2018 年から 2024 年で 56.8%増加しており、今後も増加することが見込まれるなど交通需要が上昇することが予想される。自動車で消費されるエネルギーは運輸分野の 71%を占めており、エネルギー・トランジションを実現していくにあたっては、自動車のエネルギー・トランジションを如何に実現していくかが最も大きな課題である。その方向性としては個別の車両について短期的には HV の普及促進、長期的には EV や FCV、水素自動車の普及促進など、グリーン電力やグリーン水素が供給されることを前提として、運行時の環境負荷の低い車両に展開していく必要がある。現状、モンゴルでは EV の導入計画について道路運輸省が導入を進める計画を発表しているが、EV への置き換えは限定的である。

また FCV については、FC トラック（水素燃料電池トラック）や FC バス（水素燃料電池バス）など主に長距離輸送の車両で活用していくことが想定されるが、現状 FCV に関する導入計画は存在しない。

特に大きな排出源となっている貨物部門では車齢の高い車両が依然として多く使用されており、政府は都市部の大気汚染対策として、輸入車に対する排ガス基準適合証明を求めている。今後 Euro6 相当に基準が引き上げられる可能性はあるものの、EV などゼロエミッション車へ置き換えは限定的となっている。

また特に交通需要が大きく深刻な交通渋滞が社会課題となっている UB 市では、流入する車両の急増に対して、道路交通網の供給が追いついていないことがあげられる。UB 市の人口は都市化の進展や地方からの人口流入を背景として急増し交通需要も応じて増加している一方、道路交通網の整備が追いついておらず渋滞が頻発し移動時間が長くなる大きな要因となっている。そのため公共交通へのモーダルシフトが急務であり、メトロや BRT をはじめとするマストランジットシステムを早期に整備していく必要性が高い。

2) 鉄道運輸

鉄道運輸ではモンゴル鉄道が路線の計画・建設を進めているなど今後も交通需要が増加することが見込まれる。エネルギー・トランジションの方向性として鉄道の電化があげられる。

モンゴルは現状全線が非電化区間であり、他国の鉄道網と比較してもエネルギー効率が低い状況である。また将来的な電化の意向はあるものの、整備に向けた具体的な計画はまだ無い。そのため、より早い段階で電化を実現するための具体的な整備計画の策定が必要となる。また電化にあたっては、従来の内燃力火力による電力ではなく、再エネを主体としたグリーン電力による供給力を増やしていく必要があり、電化の計画と合わせた、再エネ開発を同時に進める必要がある。

鉄道の電化については路線によっては輸送需要が高くなく採算性が十分に見込めない支線などが存在することが考えられ、こういった路線では燃料電池車の導入も考えられる。

前項にも記載しているが交通需要に供給が追いついていない現状では、すでに検討が進め

られている UB 市でのメトロや BRT、トラム、ケーブルカーといったマストランジットシステムの整備の必要性も高い。

3) 航空運輸

航空運輸では今後も交通需要の増加が見込まれる。エネルギー・トランジションの方向性としては、ICAO（国際民間航空機関、International Civil Aviation Organization）の方策で示されている様に長距離路線においては、SAF への転換が有望とされているところ、EU では ReFuelEU Aviation という規制を導入し、航空燃料供給者に対して一定比率以上の SAF を混合することを義務付け、2030 年までに SAF の使用率を 6%、2050 年までに 70%に引き上げることを目指すなど航空燃料の SAF 導入は国際的な取り組みとなっている。なお、モンゴル国は ICAO に加盟しており ICAO の方針に従って CO_2 の排出量を削減する方針である。

CAAM はこれらの趨勢を捉え、SAF の製造に関する調査を実施している。CAAM の話では、国内の再生可能エネルギー等のポテンシャルを活用し、航空燃料にかかる輸入依存を解消していくために SAF の国内製造について可能性を検討していくとのことであった。また、フラッグ・キャリアである MIAT モンゴル航空は 2023 年から Open Air Lines のサービスを通じて、運行時間を短くするなど省エネルギーにかかる 28 のベストプラクティスの取組による実証を行っている。これには、運行効率改善として飛行経路の最適化や離着陸の効率化、地上走行の効率化といったエネルギー消費量の削減取り組みを目的としており、これ以外には高度な航空交通管理システムの導入などがあげられる。

また機体についても各国で技術開発が行われているところであるが、短中距離の路線では電動飛行機や燃料電池飛行機といった新技術の導入によるエネルギー・トランジションが考えられる。

(2) 運輸分野ごとの省エネ、エネルギー・トランジションステップ

以上をふまえてモンゴルの運輸部門エネルギー・トランジションのステップを下表に示す。各分野で現時点に計画されているものについては黒字、エネルギー・トランジションを図るために調査団で検討した施策を赤字で記載した。時期についてはヒアリングをベースにしつつも、赤字で記載した調査団で検討した施策については 2050 年のエネルギー・トランジション達成するために時期を設定した。

表 6-17　運輸分野のエネルギー・トランジションに向けた方向性

年度		2025	2030	2035	2040	2045	2050
道路運輸	化石燃料車の EV、FCV、水素自動車の転換推進	2026_EV2 万台	2030_EV13 万台 2030_乗用車・トラック・バスの EV および FCV への段階的移行を開始				乗用車・トラック・バスの EV および FCV への転換完了
	UB 市 BRT の導入	2026_着工	2030_開業				
鉄道運輸	UB 鉄道の電化		2030_南部にて電化事業開始		2040_北部にて電化事業開始		2050_電化事業完了
	MN 鉄道の電化			2035_電化事業開始		2045_電化事業完了	
	民間鉄道の電化			2035_電化事業開始		2045_電化事業完了	
	UB 市メトロ導入	～2025_FS・設計 2026 以降_着工予定	2030_開業				
	UB 市トラム導入	2025_1 号線・2 号線着工	2027_2 号線開業 2028_1 号線開業				
航空運輸	SAF 導入		2030_SAF 導入 6%	2035_SAF 導入 20%	2040_SAF 導入 34%	2045_SAF 導入 42%	2050_ SAF 導入 70% SAF で航空運輸全体の 55%CO_2 削減
	技術革新（電動化、水素利用等の導入）					新技術で 21% CO_2 削減寄与	
	運航改善		2030_運航改善で 5%CO_2 削減寄与	2035_運航改善で 11%CO_2 削減寄与			
その他	UB 市ケーブルカーの導入	2024_1 号線着工 2025_2 号線着工	2026_1 号線開業 2027_2 号線開業				

出典：調査団作成

(3) 運輸分野別の低炭素化・省エネポテンシャルの設定

道路運輸の省エネ・エネルギー転換のメニューとして「UB 市 BRT の導入」、「化石燃料車の HV、EV、FCV、水素自動車の転換推進」があげられる。「UB 市 BRT 導入」は乗用車の走行台数、走行距離の削減に寄与する。「HV、EV、FCV、水素自動車の導入推進」は走行する乗用車やバスなどを短期的には HV の普及促進、長期的には EV や FCV、水素自動車の普及促進により段階的に化石燃料の消費量を削減し将来的には化石燃料の使用をないものとする。置き換えられた EV や FCV で消費する電気や水素については再エネ由来のものとすることで道路運輸分野でのエネルギー・トランジションを達成する。

鉄道運輸のエネルギー転換の省エネ・エネルギー転換のメニューとして「UB 市メトロの導入」、「UB 市トラムの導入」、「道路貨物の鉄道輸送への転換」があげられる。これらはマストランジットの導入や輸送方法の転換により道路運輸をエネルギー効率の良い鉄道運輸に転換することで省エネを達成する。

航空運輸のエネルギー転換の省エネ・エネルギー転換のメニューとして「SAF の導入」、「技術革新」、「運航改善」があげられる。「SAF の導入」では段階的に航空燃料に占める SAF の割合を増やし 2050 年には 70%を SAF とし、航空運輸全体 CO_2 排出量の 55%の削減、「技術革新」は革新的な航空技術の採用により CO_2 排出量の 21%の削減、「運航改善」は合理的な航空運営により CO_2 排出量の 11%の削減に寄与する。

その他運輸での省エネ・エネルギー転換のメニューとして「UB 市ケーブルカーの導入」があげられる。ケーブルカーの導入で乗用車やバスなどの交通量を削減し省エネに寄与する。また、ケーブルカーで消費する電力を再エネ由来のものとすることで ET を達成する。

表 6-18 運輸分野別の低炭素化・省エネポテンシャルの設定

分野	省エネ・ETされる分野	取組	低炭素化・省エネポテンシャル
道路旅客	鉄道旅客	UB 市 BRT の導入	✓ BRT の導入で乗用車の交通量を削減する。
道路運輸	道路運輸全体	化石燃料車から HV、EV、FCV、水素自動車への転換推進	✓ 短期的には HV の割合を増やしていく。 ✓ 段階的にガソリン車を削減し 2050 年には全てのガソリン車が EV、FCV、水素自動車に転換する。 ✓ 消費する電気、水素を再エネ由来のものとすることで道路運輸での ET を達成する。
鉄道旅客	道路運輸全体	UB 市メトロの導入	✓ メトロの導入で乗用車やバスなどの交通量を削減する。
	道路旅客	UB 市トラムの導入	✓ トラムの導入で乗用車やバスなどの交通量を削減する。
鉄道貨物	道路貨物	道路貨物の鉄道輸送への転換	✓ エネルギー効率指標の良い鉄道貨物への転換を促進する。
鉄道運輸全体	鉄道運輸全体	鉄道の電化	✓ 鉄道で消費する電力を再エネ由来のものとすることで ET を達成する。
航空運輸全体	航空運輸全体	SAF の導入	✓ 2050 年に航空燃料の 70%を SAF に置き換え、航空運輸全体の CO_2 排出量の 55%の削減に寄与する。
		技術革新	✓ 2050 年には CO_2 排出量の 21%の削減に寄与。
		運航改善	✓ 2050 年には CO_2 排出量の 11%の削減に寄与。
その他	道路旅客	UB 市ケーブルカーの導入	✓ ケーブルカーの導入で乗用車やバスなどの交通量を削減する。 ✓ ケーブルカーで消費する電力を再エネ由来のものとすることで ET を達成する。

出典：調査団作成

メニューごとに推定したエネルギー転換量を下表に示す。

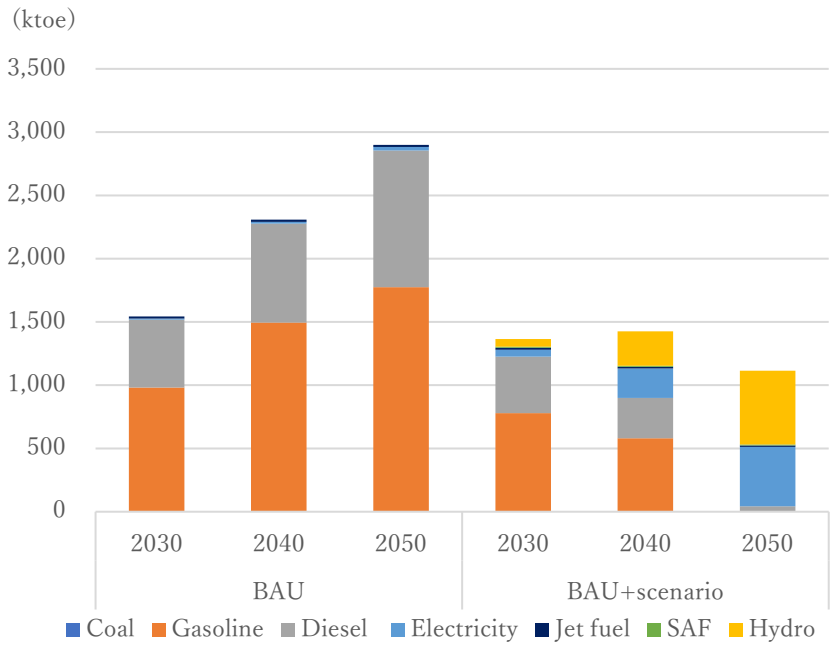
表 6-19　運輸分野別のエネルギー転換量

分野	取組	転換されるエネルギー量（GJ）
道路運輸	化石燃料車から HV、EV、FCV、水素自動車への転換推進	86,722,702
	UB 市 BRT の導入	197,723
	貨物車両の鉄道輸送への転換	
鉄道運輸	鉄道の電化	5,994,743
	UB 市メトロの導入	121,197
	UB 市トラムの導入	1,415,898
航空運輸	SAF の導入	0
	技術革新	147,280
	運航改善	77,147
その他運輸	UB 市ケーブルカーの導入	483

出典：調査団作成

(4)　低炭素化・省エネポテンシャルシナリオにおける運輸分野のエネルギー消費量予測の算定

BAU ケースをもとに上記までの低炭素化・省エネポテンシャルシナリオを反映した運輸分野のエネルギー消費量予測を行った。結果を下記に示す。



出典：調査団作成

図 6-21　低炭素化・省エネポテンシャルシナリオを反映した運輸分野のエネルギー消費予測

6.3.3 民生部門の低炭素化・省エネポテンシャル

(1) 民生低炭素化・省エネシナリオにおけるエネルギー・トランジションの方針

民生部門の省エネ・低炭素化シナリオを算出するにあたり、動向調査で得られた内容から既存の政府や自治体、他ドナーなどの取組に整合することに配慮しつつ、さらに長期的な視座として 2050 年までを概観するエネルギー・トランジションとしての方針を下記の 3 点に集約させて設定した。

1) 省エネ・創エネの継続的な推進

建物断熱化は GIZ や EU の支援などで大規模な既存建築の改修が行われており、本取組は今後も継続的に進むと考えられる。また、現状政府や UB 市ではグリーンビルディング認証の建築物を増大させていくことを謳っており、課題分析で示したとおり新規建築物への省エネ性能規制などについてもその延長で実現してくることが予想される。また、グリーンビルディングの取組と ZEB/ZEH の普及については相反するものではなく協調も可能である点を踏まえ、ZEB/ZEH の創エネ的側面も将来的に実現していくことを見込む。

2) 政府主導・率先型の開発

現状調査で示した通り、断熱材などの一部の省エネ製品については性能が良く安価なものが評価される良好な市場が構築されつつあるが、地中熱ヒートポンプや断熱窓、その他省エネ設備などについては良好な市場形成が進んでおらず、建築業者などの関係者にとってもアクセス性が制限されている状況である。こうした市場が形成されていない技術の導入にあたっては先んじて政府庁舎に導入したり、規制を段階的にかけていき市場の健全な成長を促進する手法が効果的である。本エネルギー・トランジションの方向性では、こうした政府主導・率先型の取組が民間の技術アクセス性を改善する効果を前提とし、新規技術導入対象は公共建築物を起点とするものとした。

3) 暖房における石炭利用からの脱却・電化

現状調査で述べた通り石炭ストーブの利用については、排煙による都市の大気汚染に大きく影響していることから、その利用を縮小・脱却することが急務である。一方、火事や一酸化炭素中毒などの危険性から取り扱う人員が男性もしくは大人などに限定されていることが現状調査から推察され、それゆえにシングルマザー世帯などとくに社会的に脆弱な生活・生計に負の影響を与えていることも把握された。こうした世帯などにも広く普及しつつ、大気汚染を現象させる対策としては電気ストーブへの転換が最も効果的であることが考えられるため、最終的には 2050 年において石炭ストーブの利用は無くなり、全て電気ストーブに転換する方針とした。

(2) 対象建物ごとの低炭素化・省エネステップ

上記にて提示した 3 方針に従い、対象建物ごとの省エネステップを下図にて整理した。新規の建築物においては、法制度の施工や支援策の実施により比較的変化が早く見込まれるのに対し、既存建築物では断熱施工が難しく建物更新時期での改修となるためタイミングをコントロールできないことから実施を新規建築への対策より後に配し、またプロジェクト期間についても新規建築を超えるものとしている。

対象分類	対策	年度		
		現在～2030	～2040	～2050
公共ビル	新規建築物の断熱化			
	既存建築物の断熱化			
	太陽光発電・BIPV・蓄電池の導入			
	地中熱ヒートポンプの導入			
商業ビル	新規建築物の断熱化			
	既存建築物の断熱化			
	太陽光発電・BIPV・蓄電池の導入			
	地中熱ヒートポンプの導入			
集合住宅	新規建築物の断熱化			
	既存建築物の断熱化			
	太陽光発電・BIPV・蓄電池の導入			
	地中熱ヒートポンプの導入			
戸建て住宅	新規建築物の断熱化			
	既存建築物の断熱化			
	改良燃料・石炭有効利用			
	暖房機器の電化			
ゲル	新規ゲルの断熱化			
	既存ゲルの断熱化			
	改良燃料・石炭有効利用			
	暖房機器の電化			

●━●：改善プロジェクト等の実施期間
出典：調査団作成

図 6-22　対象建物ごとの省エネステップ

(3) エネルギー形態別低炭素化・省エネポテンシャルの設定

各種技術の低炭素化・省エネポテンシャルを既存文献の省エネ効果などを参考に、下記の 2 表のとおり設定した。

表 6-20　各種技術の低炭素化・省エネポテンシャル

省エネ技術	削減対象	削減率
新規建築物の断熱化	暖房エネルギー消費量	45%
既存建築物の断熱化	暖房エネルギー消費量	45%
太陽光発電・BIPV・蓄電池の導入	電気エネルギー消費量	25%

地中熱ヒートポンプの導入	暖房エネルギー消費量	25%
暖房機器の電化	石炭利用量	電気使用量に転化
新規ゲルの断熱化	暖房エネルギー消費量	25%
既存ゲルの断熱化	暖房エネルギー消費量	25%
改良燃料・石炭有効利用	石炭利用量	20%（バイオマスに移行）

出典：調査団作成

表 6-21　低炭素化・省エネポテンシャルの設定根拠

省エネ技術	設定根拠
建築物の断熱化	✓ 本邦の ZEB 設計ガイドラインにおいては ZEB Ready 達成のための省エネルギー化により基準一次エネルギー消費量からの 50%削減が提唱されている。 ✓ 一方でモンゴルの建物改修実証では断熱のみで約 42%~58%の省エネが実現できており、その半数以上が 50%を下回っていたことから安全側として 45%（90%の実証施設で達成）を採用した[58]。
太陽光発電・BIPV・蓄電池の導入	✓ 本邦の ZEB 設計ガイドラインにおいては Nearly ZEB 達成のため、ZEB Ready に対して省エネルギーの促進および創エネルギーにより基準一次エネルギー消費量からの 75%削減が提唱されている。 ✓ 本邦ではそのうち 50%が ZEB Ready による省エネルギーによるものであることを踏まえ、BIPV の普及も考慮して創エネルギーを 25%と設定した。
地中熱ヒートポンプの導入	✓ 既設となる都市部の改修では用地上設置が困難であるため、新築を対象とする。 ✓ 最も普及の進むノルウェーで 4 世帯に 1 台[59]程度導入されているため、25%が普及するものとした。 ✓ なお、ゼネラルヒートポンプ工業の事例により COP2.97 が達成されていることから、熱量の 1/3 が電力量に転化されるものとした。
暖房機器の電化	✓ 電気ヒーターを導入することで石炭利用分のエネルギーが電力量に転化されるものとした。
ゲルの断熱化	✓ 研究によっては断熱により 70%の熱負荷が削減される実証結果[60]も報告されているが、最も実用に近い UNDP が開発したゲル用断熱材を含め商用化が現状されていない。 ✓ また、UNDP のゲル用断熱材ではゲルの床断熱が考慮されていなかったことから、かなり保守的な数値として既存建物断熱の半分程度である 25%の省エネルギー化を見込むものとした。
改良燃料・石炭有効利用	✓ 大気汚染対策としてバイオマス 20%が混入した改良燃料が開発されており、まだ普及はしていないものの、将来的に普及率が 100%となるものとした。

出典：調査団作成

対象建物ごとの低炭素化・省エネステップと上記の各種技術の低炭素化・省エネポテンシャルをもとに、低炭素化・省エネポテンシャルシナリオを下図のとおり作成した。なお、既存の収集データにおいては公共ビル・商業ビル・集合住宅のエネルギー消費量をそれぞ

[58] ENERGY EFFICIENCY IN THE BUILDING SECTOR FOR A MORE SUSTAINABLE MONGOLIA(GIZ 他)
[59] https://www.jraia.or.jp/webmagazine/detail.html?n=470&g=683
[60] モンゴルの伝統的移動住居の断熱性改善手法の開発（PUREV ら）

れで算定することは困難であったため、対策が同様であることも踏まえ、下記ではこれらをひとまとめとしてシナリオを設定している。

表 6-22　低炭素化・省エネポテンシャルシナリオの設定

分類	エネルギー形態	低炭素化・省エネポテンシャルシナリオ
公共ビル・商業ビル・集合住宅	石炭	✓ 石炭の利用は現状および将来的にないものとする。
	電気	✓ BAU ケース 2022 年分（既存統計最新年）を 2050 年までかけて均等に削減し、最終的に 25%減とする
	熱	✓ BAU ケース 2022 年分（既存統計最新年）を 2050 年までかけて均等に削減し、最終的に 45%減とする ✓ BAU ケース 2031 年以降増加分は一律 45%削減する。 ✓ BAU ケース 2031 年以降は新築の熱増加分から上記の削減分を除いた数値の 50%を削減する。また、その削減値の 1/3 を電気利用に移行する
戸建て住宅	石炭	✓ BAUケース2030年分を2050年までかけて均等に削減し、最終的に45%減とする ✓ BAU ケース 2033 年以降増加分は一律 45%削減する。 ✓ BAUケース2024年から2050年までかけて均等に削減し、最終的に20%削減する（改良燃料）
	電気	✓ BAU ケース 2035 年分を 2050 年までかけて均等に電気消費量に転換する ✓ BAU ケース 2035 年以降の石炭増加分はすべて電気に転換する
	熱	✓ 熱の利用は現状および将来的にないものとする。
ゲル	石炭	✓ BAUケース2024年分を2050年までかけて均等に削減し、最終的に25%減とする ✓ BAU ケース 2026 年以降増加分は一律 25%削減する。 ✓ バイオマス（糞）や木炭の消費量はゲルの石炭消費量に含めるものとする。 ✓ BAUケース2024年から2050年までかけて均等に削減し、最終的に20%削減する（改良燃料）
	電気	✓ BAU ケース 2032 年分石炭消費量を 2050 年までかけて均等に電気消費量に転換する ✓ BAU ケース 2032 年以降の石炭消費量増加分はすべて電気に転換する
	熱	✓ 熱の利用は現状および将来的にないものとする。

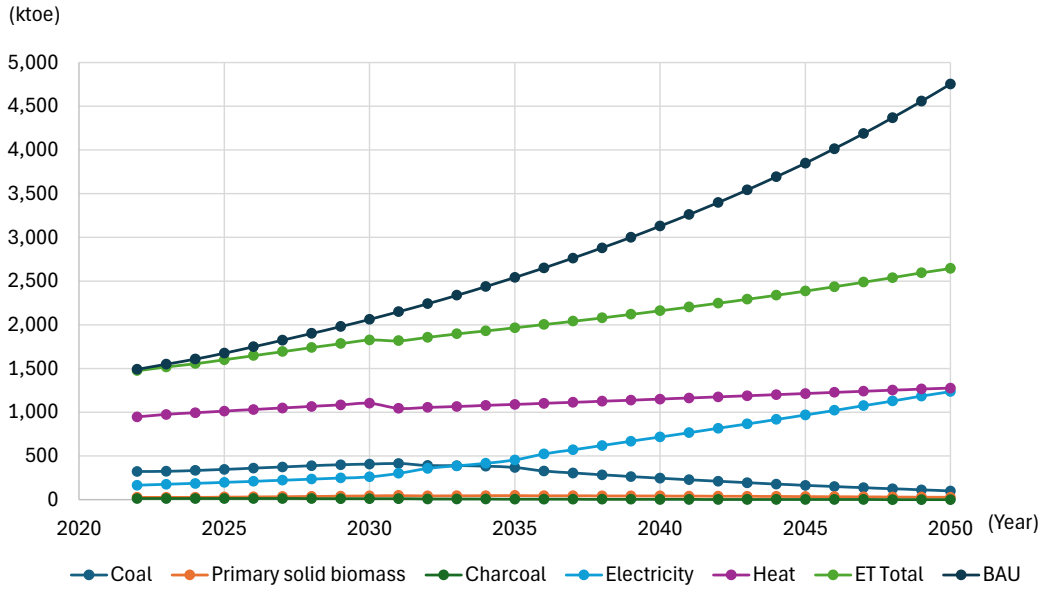
出典：調査団作成

(4)　低炭素化・省エネポテンシャルシナリオにおける民生エネルギー消費量予測の算定

BAU ケースをもとに上記までの低炭素化・省エネポテンシャルシナリオを反映した民生エネルギー消費量予測を行った。なお、当該の計算においては IAEA の現状・予測数値から各建物における石炭・電気・熱の利用量を算出する必要がある。このため、それぞれの全体の消費量の基準については IAEA データの最新値である 2022 年を基準とし、「STATISTICS ON ENERGY PERFORMANCE 2022（ENERGY REGULATORY COMMISSION）」 や「Mongolian Statistical Yearbook 2022(National Statistics Office in Mongolia)」、「Low Energy Efficiency Action Plan Ulaanbaatar（Ulaanbaatar City）」、「Mongolia‘s Energy Efficiency Indicators

2019（ERIA）」に記載されているエネルギー形態別消費量や建築物別の平均エネルギー消費量、各種エネルギー購入世帯数、ゲル地区等の場所別世帯数といった情報をもとにエネルギー使用比率を算定し、同割合によって按分した。一方、例えば「Mongolia's Energy Efficiency Indicators 2019（ERIA）」では最新情報が 2015 年であるなど、2022 年のデータが得られないものもある。このため、本試算については最新データの収集を伴う精度向上が今後の課題となることに留意する。

低炭素化・省エネポテンシャルシナリオを反映した民生エネルギー消費量予測では 2050 年に 2,645ktoe のエネルギー消費量となり、BAU ケース（4,755ktoe）の約 44%減という結果となった。なお、このうち 94ktoe（約 2%）は再エネによる需要側での発電・供給によるものとなっている。



出典：調査団作成

図 6-23　低炭素化・省エネポテンシャルシナリオを反映した民生エネルギー消費予測

6.3.4 低炭素化・省エネポテンシャルを見込んだ最終エネルギー需要予測

(1) 省エネルギー実施後の最終エネルギー需要予測

1) 最終部門別

2050 年の推計結果では BAU に対して S-B では、最終部門の合計エネルギー需要が 43.8%減である。各部門別では、削減幅が最も大きいのは業務部門で、65.0%減を示し、運輸部門は 61.8%減、産業部門は 39.0%減、家庭部門は 38.1%減となっている。農林水産部門についてはエネルギー需要量が高くないため、現地点では対策をとっていない。その他不明部門についてはエネルギー利用形態が把握できないため、有効な対策が取れず、現地点では対応していないが、これからの調査により新たな対策を講じる必要がある。

表 6-23 省エネルギー実施後の最終エネルギー需要予測（2022～2050 年）

	単位	2022	2030		2040		2050		2050
		BAU	BAU	S-B	BAU	S-B	BAU	S-B	BAU/S-B
産業	ktoe	1,439	1,915	1,587	2,801	1,926	4,066	2,481	-39.0
運輸	ktoe	1,017	1,543	1,363	2,308	1,418	2,899	1,107	-61.8
家庭	ktoe	998	1,359	1,226	2,005	1,470	2,918	1,805	-38.1
業務	ktoe	494	699	601	1,114	567	1,823	637	-65.0
農林水産	ktoe	103	119	119	140	140	163	163	0.0
その他不明	ktoe	499	663	663	864	864	1,081	1,081	0.0
合計	ktoe	4,550	6,297	5,560	9,233	6,385	12,949	7,274	-43.8
シェア（%）									
産業	%	31.6	30.4	28.6	30.3	30.2	31.4	34.1	
運輸	%	22.4	24.5	24.5	25.0	22.2	22.4	15.2	
家庭	%	21.9	21.6	22.0	21.7	23.0	22.5	24.8	
業務	%	10.9	11.1	10.8	12.1	8.9	14.1	8.8	
農林水産	%	2.3	1.9	2.1	1.5	2.2	1.3	2.2	
その他不明	%	11.0	10.5	11.9	9.4	13.5	8.3	14.9	
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

出典：調査団作成

2) 最終部門エネルギー源別

最終部門のエネルギー源別を見ると、化石燃料のシェアが大幅に削減され、新規導入のクリーンエネルギーでは水素、SAF、合成燃料などが導入され、エネルギー供給源が多様化されている。特徴的なのは、2050 年時点のガソリン、ジェット燃料、ディーゼル需要は BAU に対して S-B ではそれぞれ 100%減、82.3%減、74.5%減である。一方、同年の電力需要はやや 0.5%増で、電化率が 21.3%から 38.1%に高められた。2050 年におけるクリーンエネルギーの比率は、合成燃料 3.6%、水素 8.0%、SAF0.1%など CO_2 排出しないエネルギーのシェアが拡大している。

表 6-24　低炭素化・省エネルギー実施後の最終エネルギー源別の需要予測（2022～2050 年）

	単位	2022	2030		2040		2050		2050
		BAU	BAU	S-B	BAU	S-B	BAU	S-B	BAU/S-B
石炭	ktoe	788	1,077	1,019	1,592	1,074	2,248	1,180	-47.5
コークス	ktoe	28	33	31	37	34	41	35	-15.0
ガソリン	ktoe	728	982	778	1,496	578	1,775	0	-100.0
ｼﾞｪｯﾄ燃料	ktoe	2	16	14	17	7	17	3	-82.3
ディーゼル	ktoe	901	1,330	1,153	1,807	958	2,332	594	-74.5
バイオマス	ktoe	46	47	62	48	61	48	47	-3.1
木炭	ktoe	13	14	12	15	4	15	1	-90.7
電力	ktoe	696	1,065	1,070	1,726	1,881	2,755	2,768	0.5
熱供給	ktoe	1,348	1,733	1,351	2,496	1,400	3,717	1,792	-51.8
水素	ktoe	0	0	61	0	274	0	585	
SAF	ktoe	0	0	8	0	8	0	8	
合成燃料	ktoe	0	0	0	0	106	0	260	
合計	ktoe	4,550	6,297	5,560	9,233	6,385	12,949	7,274	-43.8
シェア（%）									
石炭	%	17.9	17.6	18.9	17.7	17.3	17.7	16.7	
石油	%	35.8	37.0	35.0	35.9	24.2	31.8	8.2	
バイオマス	%	1.0	1.0	1.3	0.7	1.0	0.5	0.7	
電力	%	0.3	16.9	19.2	18.7	29.5	21.3	38.1	
熱供給	%	15.3	27.5	24.3	27.0	21.9	28.7	24.6	
水素	%	29.6	0.0	1.1	0.0	4.3	0.0	8.0	
SAF	%	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	
合成燃料	%	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	3.6	
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

出典：調査団作成

(2)　省エネルギー実施後の産業部門のエネルギー需要予測

上記までに記述した産業部門の省エネルギー対策に基づいて、BAU と S-B の予測結果を下表に示す。同対策によれば、2050 年産業部門のエネルギー需要は BAU に対して S-B が 39.0%減で 2,481 ktoe である。対策の焦点はディーゼルを合成燃料（再エネの電力により）に転換し、熱供給は電力へ転移させることである。2050 年の推計結果では、ディーゼル需要は 62.8%で、熱供給は 26.1%減で大幅に削減された。一方、再エネ由来の合成燃料は、ディーゼル需要を取って代わって、産業部門全体のエネルギー需要に 10.5%のシェアを占めている。

表 6-25　低炭素化・省エネルギー実施後の産業部門のエネルギー需要予測（2022～2050 年）

	単位	2022	2030		2040		2050		2050
		BAU	BAU	S-B	BAU	S-B	BAU	S-B	BAU/S-B
石炭	ktoe	102	142	139	223	208	349	317	-9.2
コークス	ktoe	28	33	31	37	34	41	35	-15.0
ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ	ktoe	541	696	608	908	523	1,112	414	-62.8
電力	ktoe	432	657	627	1,061	752	1,692	811	-52.0
熱供給	ktoe	335	386	183	571	302	872	644	-26.1
合成燃料	ktoe	0	0	0	0	106	0	260	
合計	ktoe	1,438	1,915	1,587	2,801	1,926	4,066	2,481	-39.0
シェア（%）									
石炭	%	7.1	7.4	8.7	8.0	10.8	8.6	12.8	
コークス	%	1.9	1.7	2.0	1.3	1.8	1.0	1.4	
ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ	%	37.6	36.4	38.3	32.4	27.1	27.4	16.7	
電力	%	30.0	34.3	39.5	37.9	39.1	41.6	32.7	
熱供給	%	23.3	20.2	11.5	20.4	15.7	21.4	25.9	
合成燃料	%	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	10.5	
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

出典：調査団作成

(3)　省エネルギー実施後の運輸部門のエネルギー需要予測

輸送部門における BAU に対する S-B の予測結果を下表に示す。2050 年の予測結果を見ると、同部門のエネルギー需要は BAU に対して S-B が 61.8%減を示した。大胆なエネルギー転換政策により、エネルギー削減の幅は大きく、エネルギー構成は大幅に変わっている。特にガソリン需要は電気に、ディーゼル需要は水素に、ジェット燃料需要は SAF にすべて転換される。2050 年 S-B のエネルギー構成をみると、ガソリン 0%、水素 52.9%、電力 42.5%、SAF0.8%となり、BAU に対してより少ない CO_2 排出となっている。

表 6-26　低炭素化・省エネルギー実施後の運輸部門のエネルギー需要予測（2022～2050 年）

	単位	2022	2030		2040		2050		2050
		BAU	BAU	S-B	BAU	S-B	BAU	S-B	BAU/S-B
石炭	ktoe	10	0	0	0	0	0	0	
ガソリン	ktoe	728	982	778	1,496	578	1,775	0	-100.0
ｼﾞｪｯﾄ燃料	ktoe	2	16	14	17	7	17	3	-82.3
ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ	ktoe	277	537	447	781	317	1,080	40	-96.3
電力	ktoe	0	8	54	15	233	27	470	1,645.5
水素	ktoe	0	0	61	0	274	0	585	
SAF	ktoe	0	0	8	0	8	0	8	
合計	ktoe	1,017	1,543	1,363	2,308	1,418	2,899	1,107	-61.8
シェア（%）									
石炭	%	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
ガソリン	%	71.6	63.6	57.1	64.8	40.8	61.2	0.0	
ｼﾞｪｯﾄ燃料	%	0.2	1.1	1.1	0.7	0.5	0.6	0.3	
ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ	%	27.2	34.8	32.8	33.8	22.3	37.3	3.6	
電力	%	0.0	0.5	4.0	0.6	16.5	0.9	42.5	
水素	%	0.0	0.0	4.5	0.0	19.3	0.0	52.9	
SAF	%	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6	0.0	0.8	
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

出典：調査団作成

(4) 省エネルギー実施後の民生部門のエネルギー需要予測

1) 家庭部門

民生部門の低炭素化・省エネポテンシャル分析によれば、家庭部門の省エネルギー対策は電力と熱供給の利用効率向上を中心行い、石炭、伝統バイオマス（農業廃棄物、薪など）、木炭などのエネルギー需要は電力に転換させる。2050 年の予測結果を見ると、BAU に対して、S-B では石炭、伝統バイオマス、木炭の需要は徐々に電力に転換し、最終的に利用されなくなる。その代わりに、電力需要は 57.2%増で大幅に拡大し、同年の電化率は 68.5%に達する。熱供給は熱効率向上により、2050 年の BAU に対して S-B は 53.8%減で 438 ktoe に縮小した。家庭部門全体的に、2050 年の BAU に対して S-B のエネルギー需要は 38.1%減で 1,806 ktoe となる。

表 6-27 低炭素化・省エネルギー実施後の家庭部門のエネルギー需要予測（2022～2050 年）

	単位	2022	2030		2040		2050		2050
		BAU	BAU	S-B	BAU	S-B	BAU	S-B	BAU/S-B
石炭	ktoe	322	461	407	750	246	1,136	100	-91.2
ﾊﾞｲｵﾏｽ	ktoe	28	29	44	30	43	30	29	-5.0
木炭	ktoe	13	14	12	15	4	15	1	-90.7
電力	ktoe	167	273	261	473	718	787	1,238	57.2
熱供給	ktoe	468	582	501	739	459	949	438	-53.8
合計	ktoe	998	1,359	1,225	2,005	1,470	2,918	1,806	-38.1
シェア（%）									
石炭	%	32.3	34.0	33.2	37.4	16.7	38.9	5.5	
ﾊﾞｲｵﾏｽ	%	2.8	2.1	3.6	1.5	2.9	1.0	1.6	
木炭	%	1.3	1.0	0.9	0.7	0.3	0.5	0.1	
電力	%	16.7	20.1	21.3	23.6	48.8	27.0	68.5	
熱供給	%	46.9	42.9	40.9	36.8	31.2	32.5	24.3	
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

出典：調査団作成

2) 業務部門

モンゴルの実績エネルギー統計では、業務用エネルギー消費は熱供給だけしか計上されていない。業務用電力では家庭部門にまとめられており、家庭と業務に分かれていない。6.3.3 節に分析した業務用の熱供給に対する省エネルギーポテンシャルに基づいて S-B 推計した結果を下記の表と図に示す。業務用熱供給は、熱効率向上対策と電力へ転換などにより 2050 年の S-B では、BAU に対して 65.0%の削減を示した。

表 6-28　低炭素化・省エネルギー実施後の業務部門のエネルギー需要予測（2022～2050 年）

	単位	2022	2030		2040		2050		2050
		BAU	BAU	S	BAU	S	BAU	S	BAU/S
電力	ktoe	0	0	0	0	0	0	0	
熱供給	ktoe	494	699	601	1,114	567	1,823	637	-65.0
合計	ktoe	494	699	601	1,114	567	1,823	637	-65.0
シェア（%）									
電力	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
熱供給	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

出典：調査団作成

(5)　省エネルギー実施後の農林水産部門のエネルギー需要予測

2022 年の実績によると、農林水産部門のエネルギー消費量は最終部門の僅か 2.3%を占めている。ディーゼルは主なエネルギー源として消費され、全体 80.1%を占めている。ディーゼルの消費実態はさらに確認する必要があるが、主に農業トラクターに使われると考えられる。現地点の予測結果では、この部門の省エネルギーポテンシャルは考慮していないが、農業トラクターの燃料転換はこれから調査に従って検討に入る。

ディーゼル以外のエネルギー消費は電力、熱供給、バイオマスなどが統計されているが、いずれも消費量が僅かで、主に畜産業に消費されている。

表 6-29　省エネルギー実施後の農林水産部門のエネルギー需要予測（2022～2050 年）

	単位	2022	2030		2040		2050		2050
		BAU	BAU	S	BAU	S	BAU	S	BAU/S
石炭	ktoe	1	0	0	0	0	0	0	
ディーゼル	ktoe	82	97	97	118	118	140	140	0.0
バイオマス	ktoe	5	5	5	5	5	5	5	0.0
電力	ktoe	7	8	8	9	9	10	10	0.0
熱供給	ktoe	7	8	8	8	8	8	8	0.0
合計	ktoe	102	119	119	140	140	163	163	0.0
シェア（%）									
石炭	%	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
ディーゼル	%	80.1	81.9	81.9	84.1	84.1	85.9	85.9	
バイオマス	%	4.9	4.2	4.2	3.6	3.6	3.1	3.1	
電力	%	7.2	7.0	7.0	6.5	6.5	6.0	6.0	
熱供給	%	6.8	6.8	6.8	5.8	5.8	5.0	5.0	
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

出典：調査団作成

(6)　省エネルギー実施後のその他不明部門のエネルギー需要予測

モンゴルのエネルギーバランス表の中にその他不明部門が記載されている。多くの国の経済発展過程で統計システムが完備する前に分類が確認できないエネルギー消費量をこの部門に振り分ける。この部門の統計は、統計システムの完備に従い、徐々にバランス表から消えていくことが想定される。

2022 年の実績を見ると、その他不明部門のエネルギー消費量の 70.8%は石炭であり、18.0%は電力で、残りは熱供給 8.6%、バイオマス 2.6%である。同部門の 2050 年までのエネルギー需要予測は実績データのトレンドに沿って予測を行った。この部門のエネルギー利用形態

は確認できず、省エネルギー対策が取れないため、現地点では 2050 年までの予測結果を現状維持した。

表 6-30　省エネルギー実施後のその他不明部門のエネルギー需要予測（2022～2050 年）

	単位	2022	2030		2040		2050		2050
		BAU	BAU	S	BAU	S	BAU	S	BAU/S
石炭	ktoe	353	473	473	620	620	763	763	0.0
バイオマス	ktoe	13	13	13	13	13	13	13	0.0
電力	ktoe	90	120	120	168	168	239	239	0.0
熱供給	ktoe	43	58	58	64	64	66	66	0.0
合計	ktoe	499	663	663	864	864	1,081	1,081	0.0
シェア（%）									
石炭	%	70.8	71.3	71.3	71.7	71.7	70.6	70.6	
バイオマス	%	2.6	2.0	2.0	1.5	1.5	1.2	1.2	
電力	%	18.0	18.0	18.0	19.4	19.4	22.1	22.1	
熱供給	%	8.6	8.7	8.7	7.4	7.4	6.1	6.1	
合計	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

出典：調査団作成

6.4　エネルギー・トランジション供給シナリオの作成

6.4.1　シナリオの設定

BAU ケースをベースラインとした熱・電力供給シナリオを設定する。各シナリオに共通した前提条件として、MOE や NDC からのコメントを踏まえ、以下のシナリオを決めることとする。

モンゴルについてエネルギー・トランジションを考える際には、熱供給と電力供給のエネルギー・トランジションを別々に考えるのではなく、電力と熱供給をセットで考えることが重要である。したがって、現在の熱源である石炭 CHP による熱供給をどのようにトランジションしていくのかということを電力のトランジションを検討する前に検討しておく必要がある。

具体的には、石炭 CHP による熱供給をどのような一次エネルギーによる供給に転換するのかというシナリオを先に決めることが肝要である。

(1)　供給側シナリオ方針

単に電力供給を考えるだけであれば、VRE の潜在力の高い[61]南ゴビ砂漠で VRE を大量に開発すればよい。ただし、問題は都市部への熱供給をどうするかであって、VRE からは直接の熱供給は困難である。

なお、5 章において表 5-18 にて各技術・方策の導入レベルと評価を行っており、これから 2050 年までに都市への熱供給も可能な設備として原子力、水素が考えられる。

したがって、モンゴルにおけるエネルギー・トランジションの供給シナリオは BAU で算出した石炭 CHP による熱供給システムをターゲットとして以下を検討シナリオとする方針と

[61] エネルギー省の資料によれば、太陽光 PV の潜在力は 2,200GW、風力では 1,100GW。両者合計では、3,300GW。

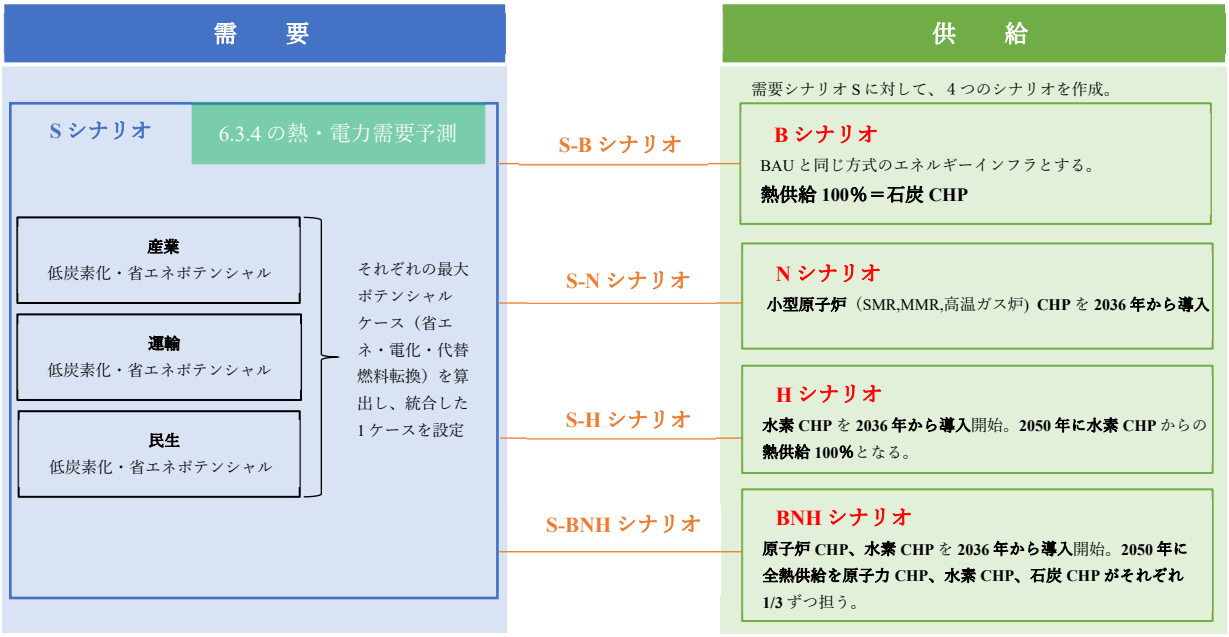
する。

A) 石炭 CHP からグリーン水素系への転換
B) 石炭 CHP から原子力系への転換
C) 石炭 CHP、グリーン水素、原子力の均等構造（それぞれの熱供給配分は 1/3 とする）

上記の設定の意図としては、多数のシナリオをいくつも検討することはできないという理由の他に、まずは、単純化した A,B を設定することで効果が見えやすくなり、その上で、組み合わせ案として C を設定した方が全体としての比較評価が容易になるであろうと考えたからである。

6.4.2 シナリオ別供給構造

図 6-24 に示す 4 つのシナリオについて検討を行った。なお、不足する電力は、BAU 同様に太陽光と風力（配分はそれぞれ 50%）により供給されるものとした。



出典：調査団作成

図 6-24　熱・電力供給システムの ET 検討シナリオ

原子力 CHP、水素 CHP の年間電力出力量（GWh）ならびに設備量（MW）の算出に必要な定数は表 6-31 に示すように想定した。

No.3 の水素 CHP の発電熱効率は石炭 CHP ならびに原子力 CHP よりも高いことから、熱と電力供給の年間比率は石炭 CHP ならびに原子力 CHP の約 1.6 倍となる。

表 6-31　原子力 CHP、水素 CHP の年間電力量（GWh）と設備量(MW)を算出するために必要な定数

No.	分類	項目	原子力 CHP	水素 CHP
1	熱	年間熱供給システム自社消費率	10% 石炭 CHP と同値	10% 石炭 CHP と同値

2	電力	年間電力供給システム自社消費率	14% 石炭 CHP と同値	10.8%
3	電力	CHPの熱と電力供給の年間比率	30（電気）／70（熱）＝ 0.428571 石炭CHPと同値	40（電気）／60（熱）＝ 0.666667
4	電力	年平均利用率	60% 石炭CHPと同値	60% 石炭CHPと同値

出典：調査団作成

また、水素 CHP に必要な水素製造量、水素製造のために必要な電力量の算出に使用する定数は表 6-32 のとおり想定した。

表 6-32　水素 CHP に必要な水素製造量、水素製造のために必要な電力量の算出に使用する定数

No.	項目	定数
1	水素 1 資源単位(Nm^3)当たりの熱エネルギー変換係数	2.5843×10^{-7} ktoe / Nm^3
2	取り出せる（熱＋電力）エネルギー生成効率	85%
3	水素 1 資源単位(Nm^3)を製造するために必要な電力量	4.9 kWh / Nm^3

出典：調査団作成

仮に VRE の発電量を 1 GWh と仮定した場合に水素 CHP からの熱と電力の供給量は以下のとおりとなる。

自社消費分を除いた熱供給量は 0.02421 ktoe (0.28154 GWh)、電力供給量は 0.18603 GWh となる。つまり、VRE 電源から見たエネルギー変換効率は熱供給 28.2%、電力供給 18.6%、総合で 46.8%となる。

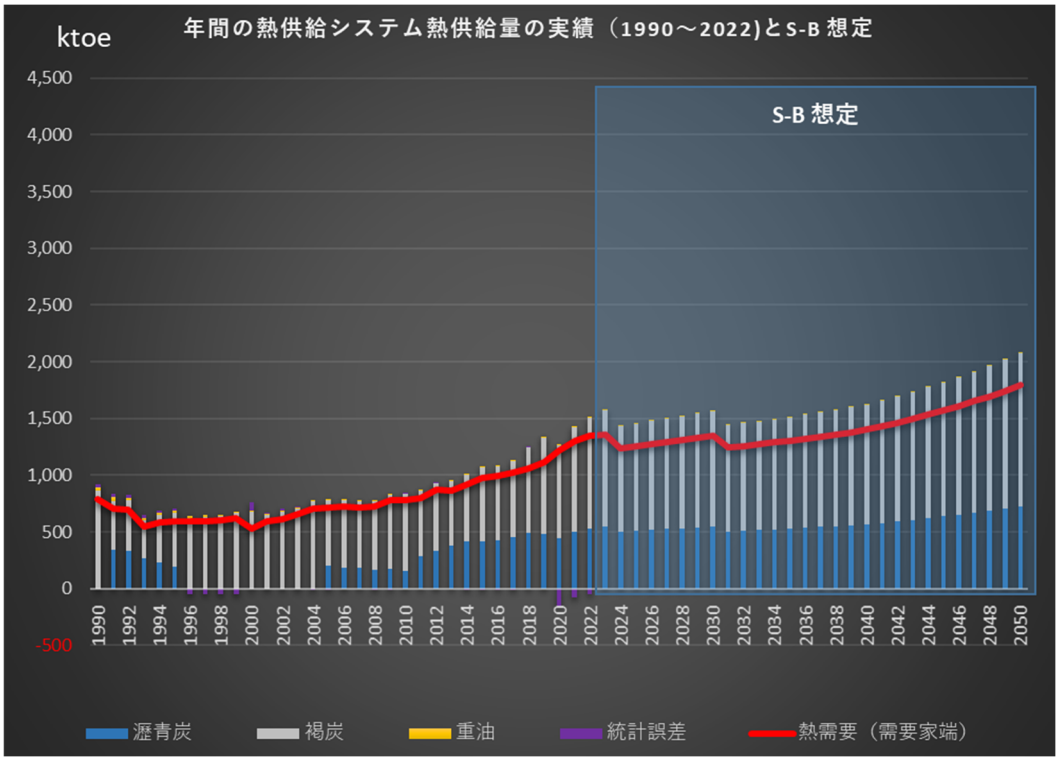
- VRE 発電量　1 GWh から生成される水素　204,082 Nm^3
- VRE 生成水素から取り出せるエネルギー　0.04483 ktoe　(0.52137 GWh)
- VRE 生成水素からの CHP 供給熱量　0.02690 ktoe　(0.31282 GWh)
- VRE 生成水素からの CHP 供給電力量　0.20855 GWh
- VRE 生成水素からの CHP 供給熱量（自社消費分除き）　0.02421 ktoe　(0.28154 GWh)
- VRE 生成水素からの CHP 供給電力量（自社消費分除き）　0.18603 GWh

(1) S-B シナリオ

熱需要想定が BAU と異なるだけで、熱供給システムへは、BAU と同じく石炭 CHP から100%供給されるシナリオである。

1) 熱供給システム（S-B シナリオ）計算結果

S-B シナリオにおける熱供給システムの熱供給量の計算結果を図 6-25、表 6-33 に示す。



出典：調査団作成

図 6-25　年間の熱供給システム熱供給量の実績（1990～2022)と S-B シナリオ

表 6-33　熱供給バランス表　S-B シナリオ

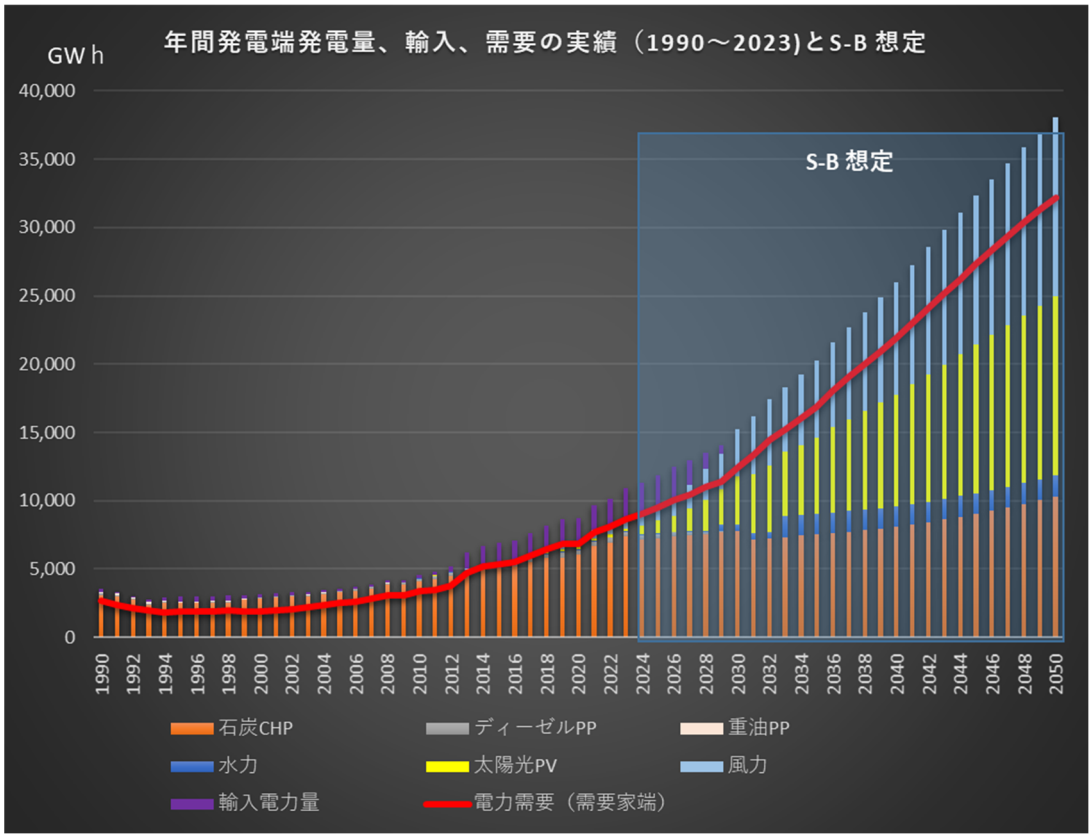
単位：ktoe	2022 実績	2030	2035	2040	2045	2050
熱供給量合計	1,505	1,564	1,512	1,620	1,818	2,074
瀝青炭	527 (35%)	547 (35%)	529 (35%)	567 (35%)	636 (35%)	726 (35%)
褐炭	977 (65%)	1,016 (65%)	982 (65%)	1,053 (65%)	1,181 (65%)	1,347 (65%)
重油	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)
自社消費	148 (10%)	156 (10%)	151 (10%)	162 (10%)	182 (10%)	207 (10%)
送熱ロス	56 (4%)	56 (4%)	54 (4%)	58 (4%)	65 (4%)	75 (4%)
統計誤差	-46	0	0	0	0	0
熱需要（需要家端）	1,348 (90%	1,351 86%	1,306 (86%)	1,400 (86%)	1,570 (86%)	1,792 (86%)

出典：調査団作成

2) 電力供給システム計算結果　S-B シナリオ

電力供給システムの S-B シナリオにおける発電量計算結果を図 6-26、表 6-34 に示す。エネルギーベースでの構成比は図 6-27、表 6-35 となる。

また、電源設備量（MW）は図 6-28、表 6-36 となる。設備量構成比は図 6-29、表 6-37 となる。年最大負荷時の供給力（MW）と予備率は図 6-30、表 6-38 のとおりである。



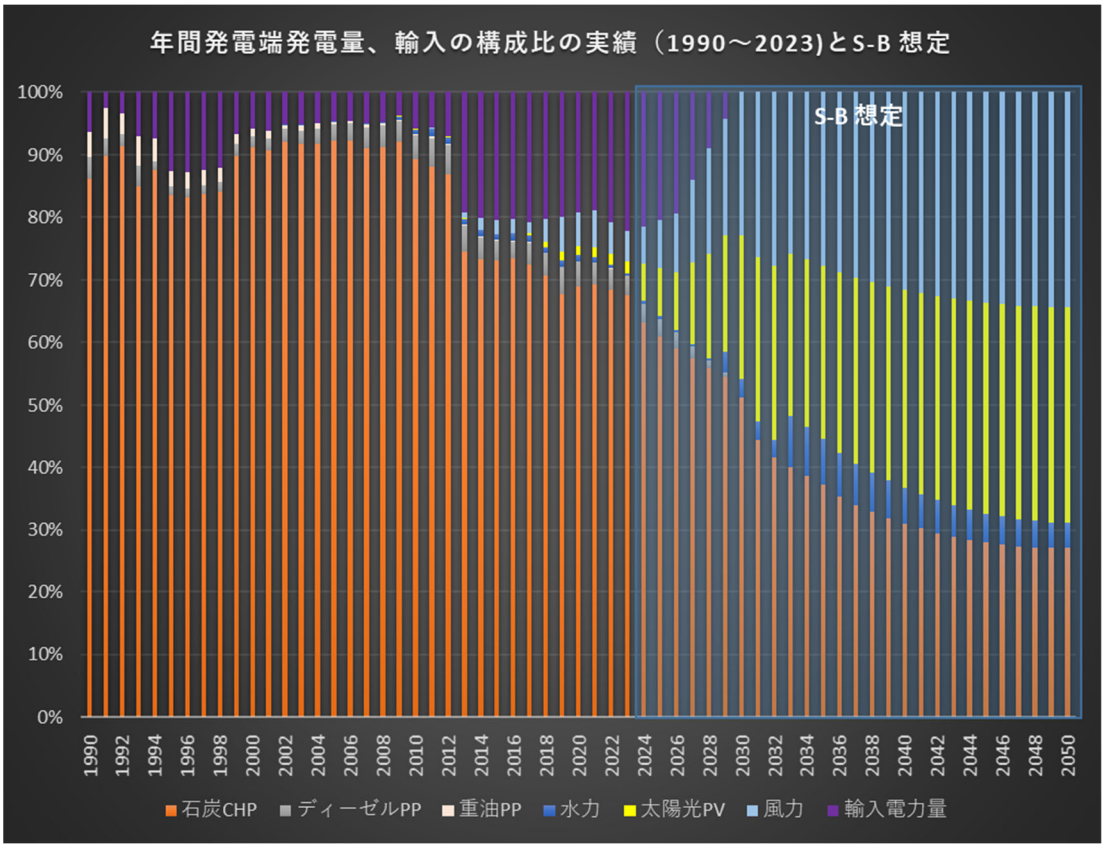
出典：調査団作成

図 6-26　年間の発電端発電量、輸入、需要の実績と S-B シナリオ

表 6-34　電力供給バランス表（エネルギーベース）　S-B シナリオ

単位　GWh	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
国内発電端計	8,483	15,234	20,224	25,984	32,315	38,031
石炭 CHP	7,377	7,789	7,529	8,072	9,054	10,333
ディーゼル PP	334	0	0	0	0	0
重油 PP	0	0	0	0	0	0
水力	48	473	1,504	1,504	1,504	1,504
太陽光 PV	193	3,486	5,596	8,204	10,878	13,097
風力	532	3,486	5,596	8,204	10,878	13,097
輸入電力量	2,427	0	0	0	0	0
合計電力供給量	10,910	15,234	20,224	25,984	32,315	38,031
電力自社消費	1,059	1,090	1,054	1,130	1,268	1,447
送配電ロス	1,179	1,697	2,300	2,983	3,726	4,390
電力需要（需要家端）	8,672	12,447	16,870	21,872	27,322	32,194
合計電力消費量	10,910	15,234	20,224	25,984	32,315	38,031
電力自社消費率（化石燃料）	13.7%	14.0%	14.0%	14.0%	14.0%	14.0%
送配電ロス率	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%

出典：調査団作成



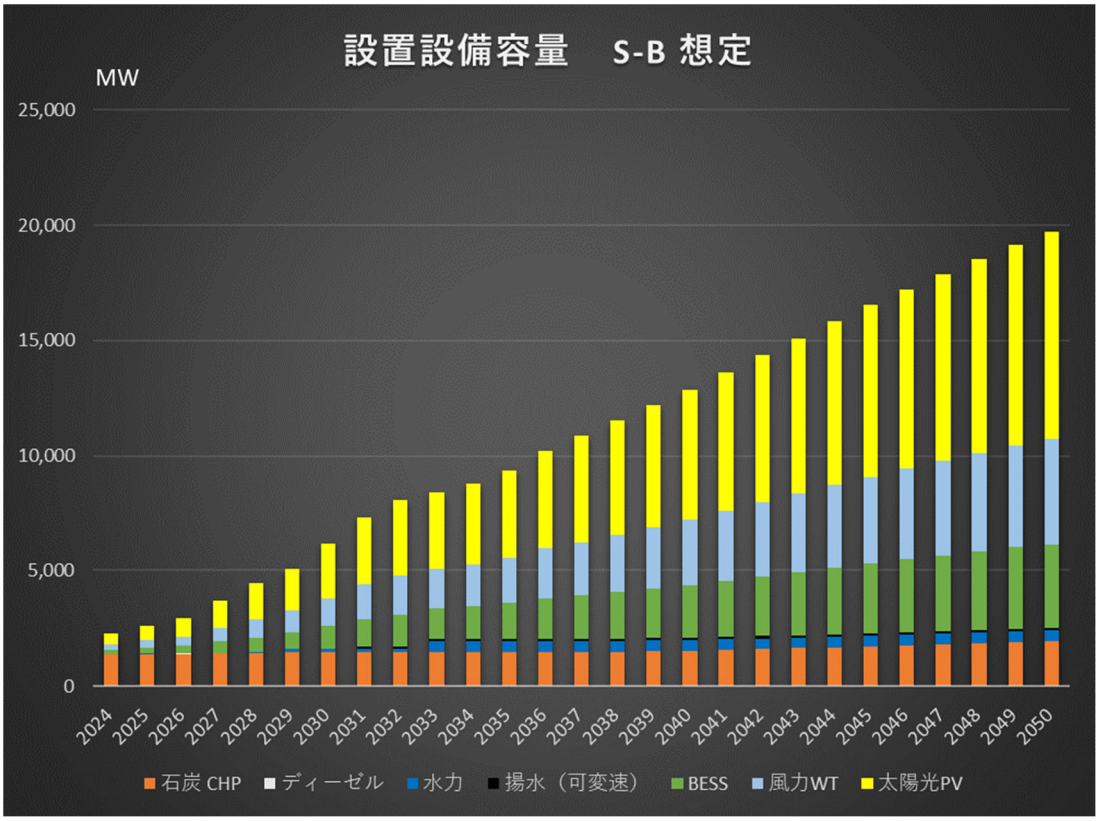
出典：調査団作成

図 6-27　年間の発電端発電量、輸入の構成比の実績と S-B シナリオ

表 6-35　電力供給種別構成比（エネルギーベース）　S-B シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
国内発電端計	77.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
石炭 CHP	67.6%	51.1%	37.2%	31.1%	28.0%	27.2%
ディーゼル PP	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
重油 PP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
水力	0.4%	3.1%	7.4%	5.8%	4.7%	4.0%
太陽光 PV	1.8%	22.9%	27.7%	31.6%	33.7%	34.4%
風力	4.9%	22.9%	27.7%	31.6%	33.7%	34.4%
輸入電力量	22.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

出典：調査団作成



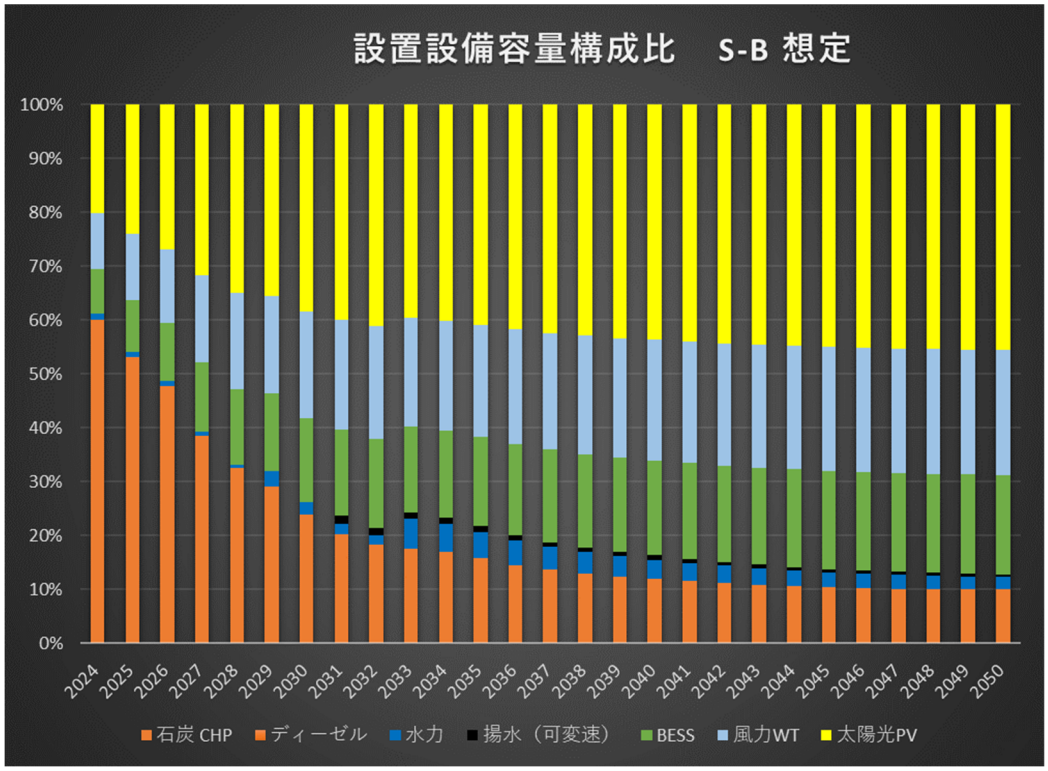
出典：調査団作成

図 6-28　電源設備容量　S-B シナリオ

表 6-36　電源設備容量　S-B シナリオ

単位　MW	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	1,314	1,482	1,482	881	412	0
原子力 CHP	0	0	0	656	1,311	1,967
ディーゼル	7	0	0	0	0	0
水力	26	146	461	461	461	461
太陽光 PV	141	2,388	3,833	5,618	7,450	8,969
風力	155	1,220	1,958	2,870	3,806	4,583
揚水（可変速）	0	0	100	100	100	100
BESS	81	966	1,550	2,272	3,012	3,627
設備量合計	1,724	6,201	9,383	12,858	16,553	19,706

出典：調査団作成



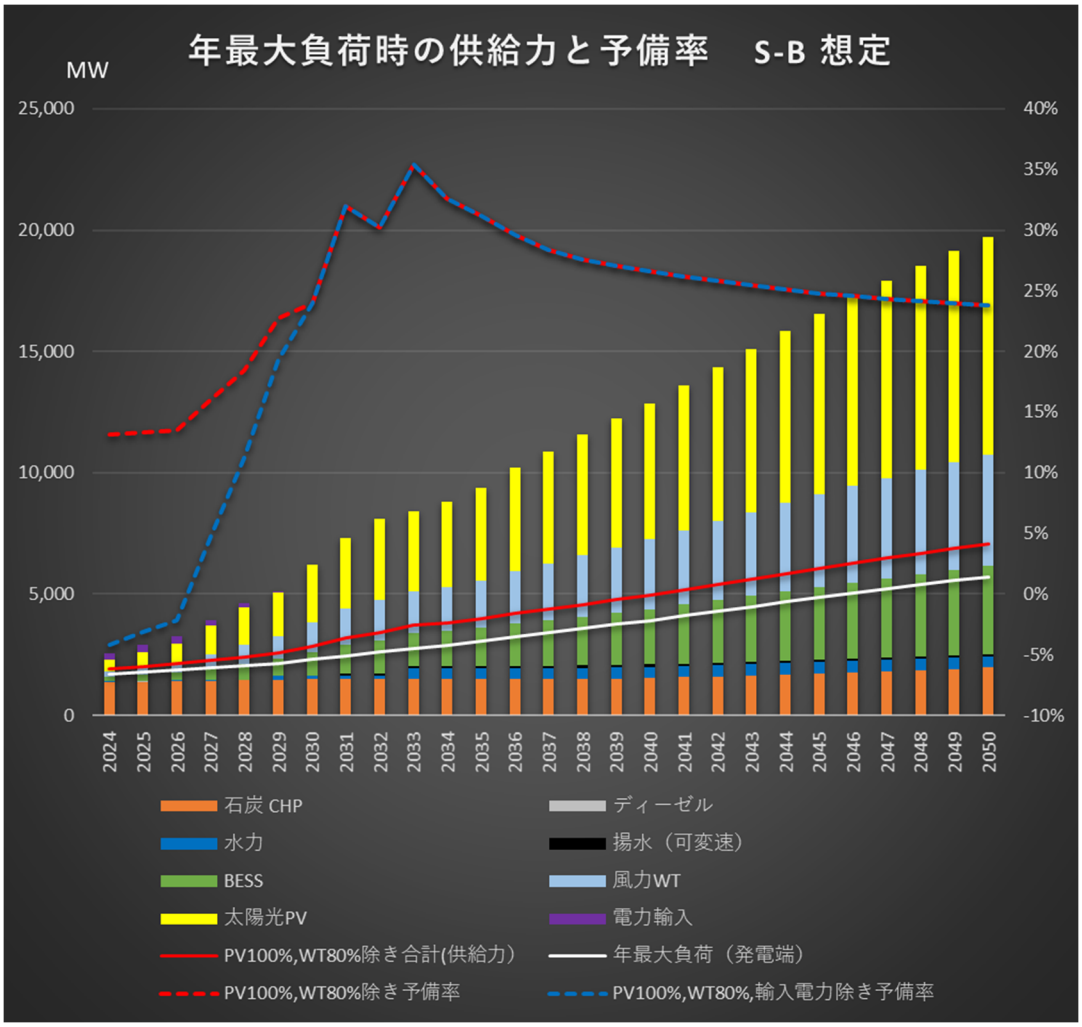
出典：調査団作成

図 6-29　電源設備容量構成比　S-B シナリオ

表 6-37　電源設備容量構成比　S-B シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	76.2%	23.9%	15.8%	11.9%	10.4%	10.0%
ディーゼル	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
水力	1.5%	2.4%	4.9%	3.6%	2.8%	2.3%
太陽光 PV	8.2%	38.5%	40.8%	43.7%	45.0%	45.5%
風力	9.0%	19.7%	20.9%	22.3%	23.0%	23.3%
揚水（可変速）	0.0%	0.0%	1.1%	0.8%	0.6%	0.5%
BESS	4.7%	15.6%	16.5%	17.7%	18.2%	18.4%
設備量合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 6-30　年最大負荷時の供給力（MW）と予備率　S-B シナリオ

表 6-38　年最大負荷時の供給力（MW）と予備率　S-B シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	1,314	1,482	1,482	1,536	1,723	1,966
ディーゼル	7	0	0	0	0	0
水力	26	146	461	461	461	461
太陽光 PV	141	2,388	3,833	5,619	7,451	8,971
風力	155	1,220	1,958	2,871	3,807	4,583
揚水（可変速）	0	0	100	100	100	100
BESS	81	966	1,550	2,272	3,013	3,627
設備量合計	1,724	6,201	9,383	12,860	16,554	19,708
電力輸入	294	0	0	0	0	0
合計	2,018	6,201	9,383	12,860	16,554	19,708
PV100%,WT80%除き合計（供給力）	1,753	2,837	3,984	4,943	6,058	7,071
年最大負荷（発電端）	1,636	2,288	3,038	3,903	4,854	5,712
PV100%,WT80%除き予備率	7.2%	24.0%	31.2%	26.7%	24.8%	23.8%
PV100%,WT80%,輸入電力除き予備率	-10.8%	24.0%	31.2%	26.7%	24.8%	23.8%

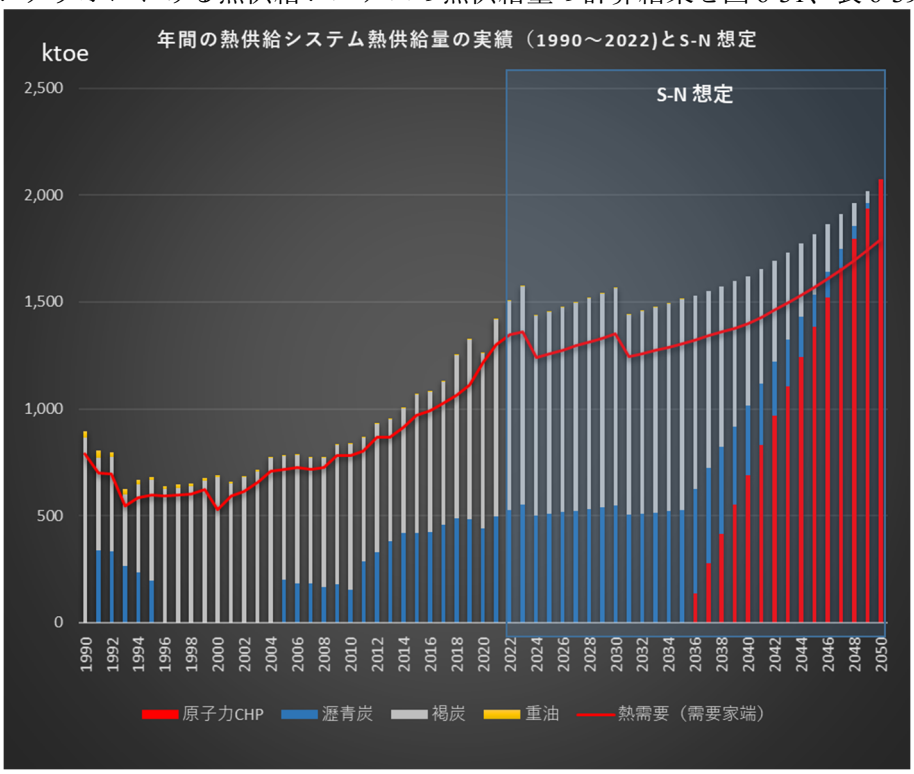
出典：調査団作成

(2) S-N シナリオ

熱供給システムへは、小型原子炉（SMR、MMR,高温ガス炉）CHP を 2036 年から導入を開始し、2050 年には原子力 CHP からの熱供給が 100%となるシナリオである。

1) 熱供給システム（S-N シナリオ）計算結果

S-N シナリオにおける熱供給システムの熱供給量の計算結果を図 6-31、表 6-39 に示す。



出典：調査団作成

図 6-31　年間の熱供給システム熱供給量の実績（1990～2022）と S-N シナリオ

表 6-39　熱供給バランス表　S-N シナリオ

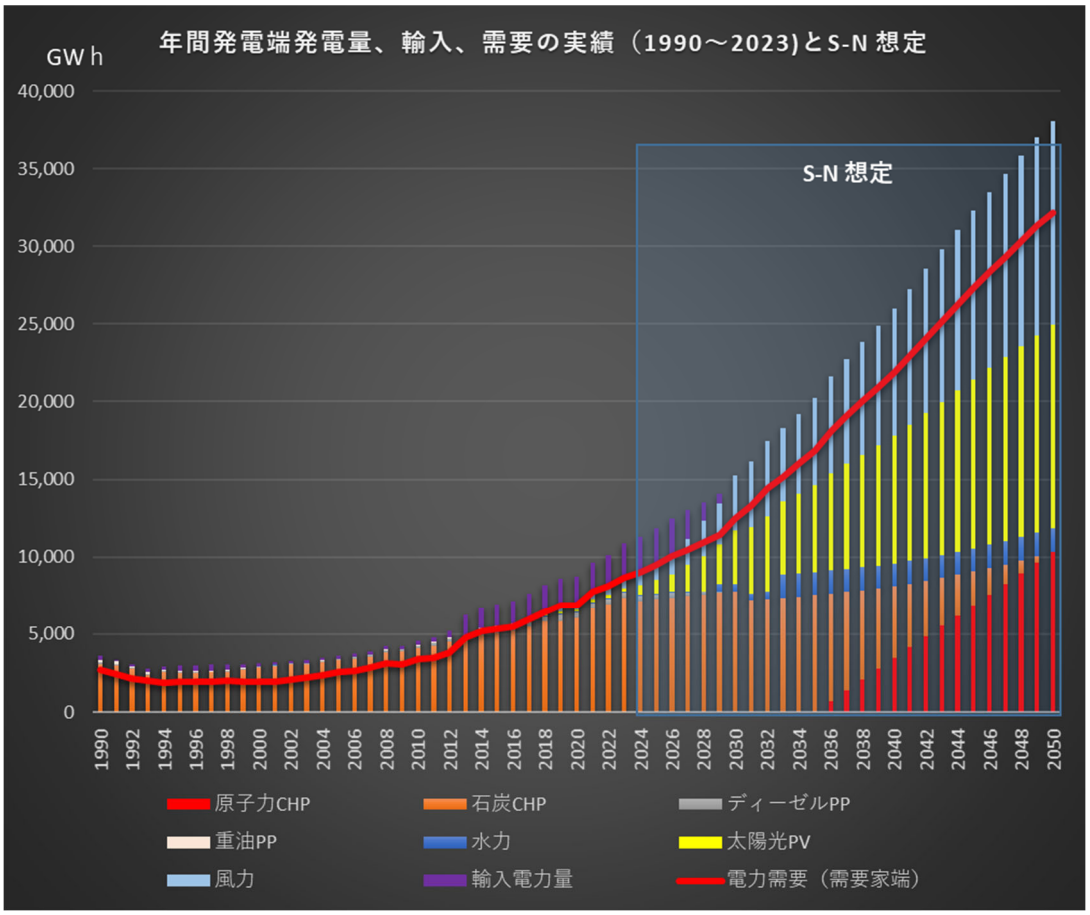
単位：ktoe	2022 実績	2030	2035	2040	2045	2050
熱供給量合計	1,505	1,564	1,512	1,620	1,818	2,074
瀝青炭	527 (35%)	547 (35%)	529 (35%)	325 (20%)	152 (8%)	0 (0%)
褐炭	977 (65%)	1,016 (65%)	982 (65%)	604 (37%)	283 (16%)	0 (0%)
重油	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
原子力 CHP	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	691 (43%)	1,383 (76%)	2,074 (100%)
自社消費	148 (10%)	156 (10%)	151 (10%)	162 (10%)	182 (10%)	207 (10%)
送熱ロス	56 (4%)	56 (4%)	54 (4%)	58 (4%)	65 (4%)	75 (4%)
統計誤差	-46	0	0	0	0	0
熱需要（需要家端）	1,348 (90%)	1,351 86%	1,306 (86%)	1,400 (86%)	1,570 (86%)	1,792 (86%)

出典：調査団作成

2) 電力供給システム計算結果　S-N シナリオ

電力供給システムの S-N シナリオにおける発電量計算結果を図 6-32、表 6-40 に示す。エネルギーベースでの構成比は図 6-33、表 6-41 となる。

また、電源設備量（MW）は図 6-34、表 6-42 となる。設備量構成比は図 6-35、表 6-43 となる。年最大負荷時の供給力（MW）と予備率は図 6-36、表 6-44 のとおりである。



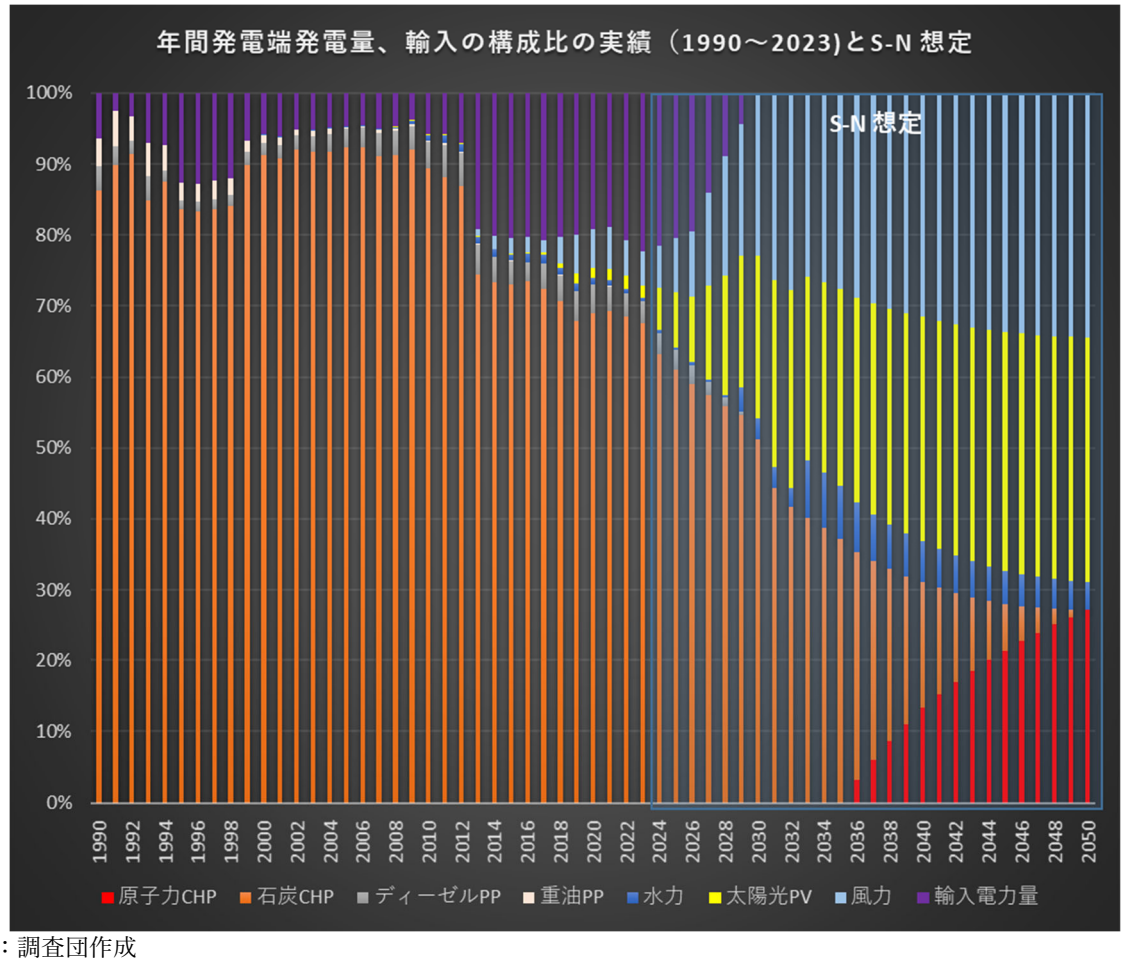
出典：調査団作成

図 6-32　年間の発電端発電量、輸入、需要の実績と S-N シナリオ

表 6-40　電力供給バランス表（エネルギーベース）　S-N シナリオ

単位　GWh	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
国内発電端計	8,483	15,234	20,224	25,984	32,315	38,031
石炭 CHP	7,377	7,789	7,529	4,631	2,167	0
ディーゼル PP	334	0	0	0	0	0
重油 PP	0	0	0	0	0	0
水力	48	473	1,504	1,504	1,504	1,504
太陽光 PV	193	3,486	5,596	8,202	10,876	13,095
風力	532	3,486	5,596	8,202	10,876	13,095
原子力 CHP	0	0	0	3,446	6,892	10,338
輸入電力量	2,427	0	0	0	0	0
合計電力供給量	10,910	15,234	20,224	25,984	32,315	38,031
電力自社消費	1,059	1,090	1,054	1,130	1,268	1,447
送配電ロス	1,179	1,697	2,300	2,983	3,726	4,390
電力需要（需要家端）	8,672	12,447	16,870	21,872	27,322	32,194
合計電力消費量	10,910	15,234	20,224	25,984	32,315	38,031
電力自社消費率（化石燃料・原子力）	13.7%	14.0%	14.0%	14.0%	14.0%	14.0%
送配電ロス率	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%

出典：調査団作成



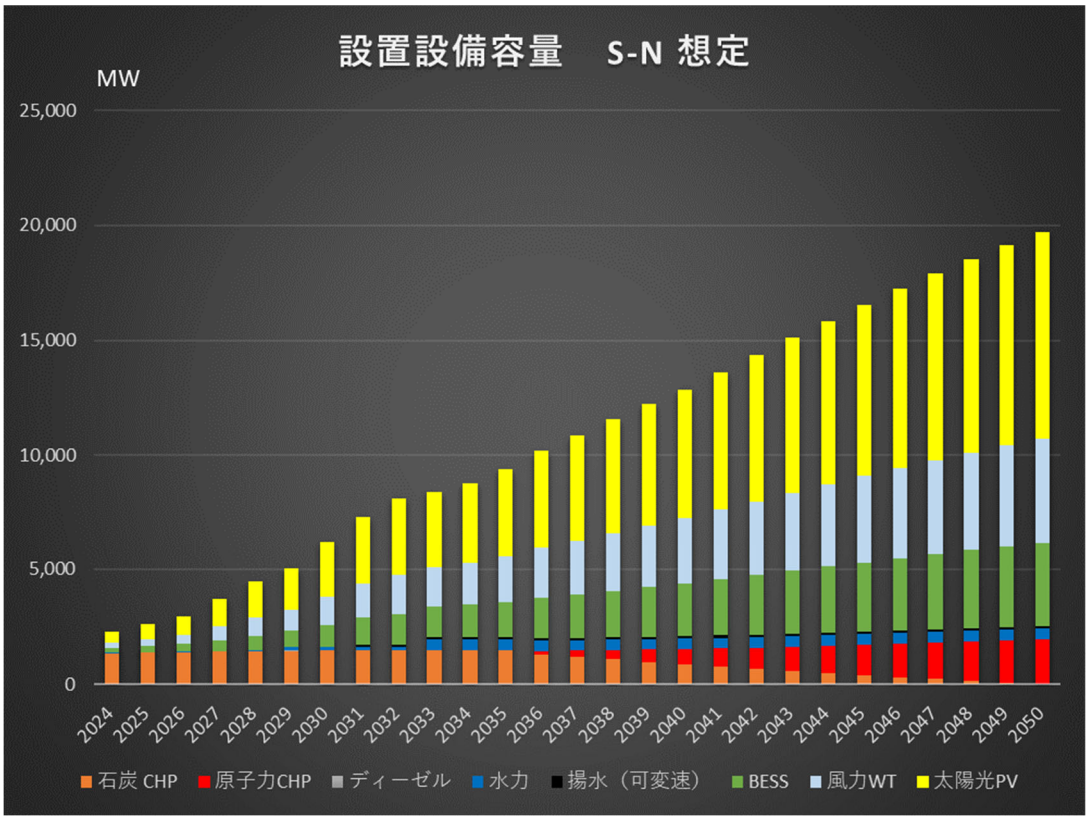
出典：調査団作成

図 6-33　年間の発電端発電量、輸入の構成比の実績と S-N シナリオ

表 6-41　電力供給種別構成比（エネルギーベース）　S-N シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
国内発電端計	77.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
石炭 CHP	67.6%	51.1%	37.2%	17.8%	6.7%	0.0%
ディーゼル PP	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
重油 PP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
水力	0.4%	3.1%	7.4%	5.8%	4.7%	4.0%
太陽光 PV	1.8%	22.9%	27.7%	31.6%	33.7%	34.4%
風力	4.9%	22.9%	27.7%	31.6%	33.7%	34.4%
原子力 CHP	0.0%	0.0%	0.0%	13.3%	21.3%	27.2%
輸入電力量	22.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

出典：調査団作成



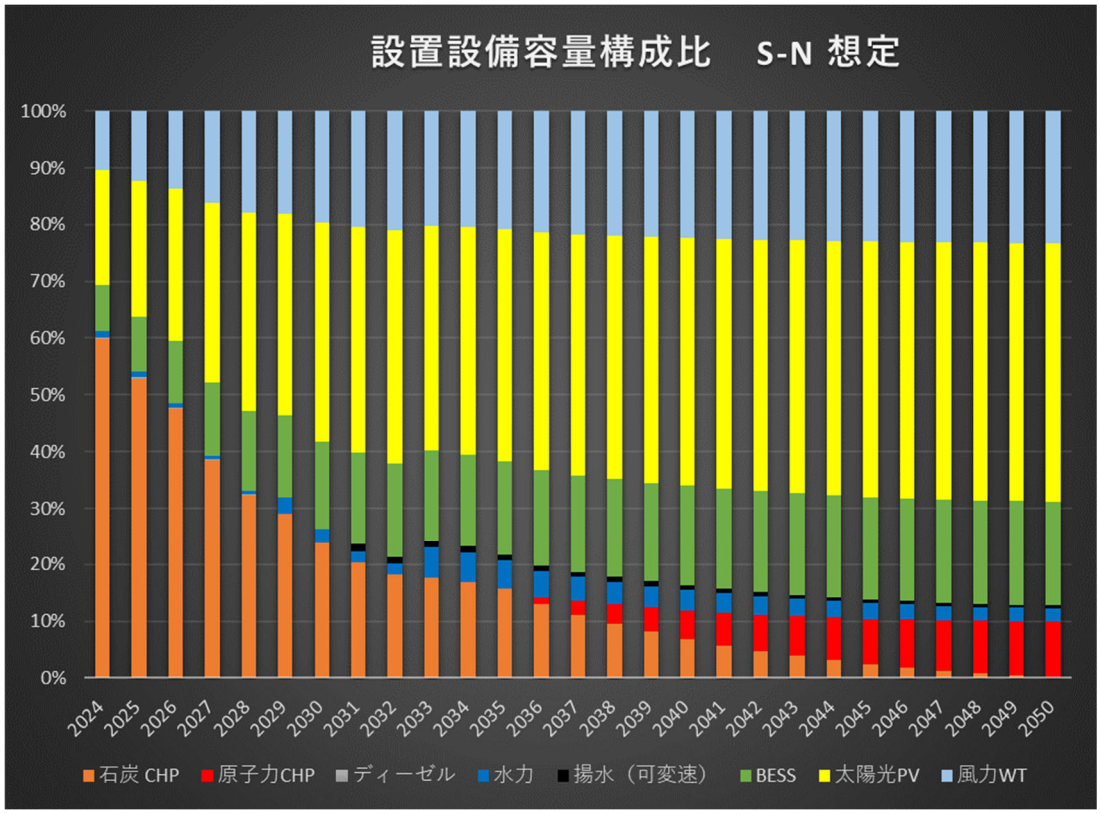
出典：調査団作成

図 6-34　電源設備容量　S-N シナリオ

表 6-42　電源設備容量　S-N シナリオ

単位　MW	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	1,314	1,482	1,482	881	412	0
原子力 CHP	0	0	0	656	1,311	1,967
ディーゼル	7	0	0	0	0	0
水力	26	146	461	461	461	461
太陽光 PV	141	2,388	3,833	5,618	7,450	8,969
風力	155	1,220	1,958	2,870	3,806	4,583
揚水（可変速）	0	0	100	100	100	100
BESS	81	966	1,550	2,272	3,012	3,627
設備量合計	1,724	6,201	9,383	12,858	16,553	19,706

出典：調査団作成



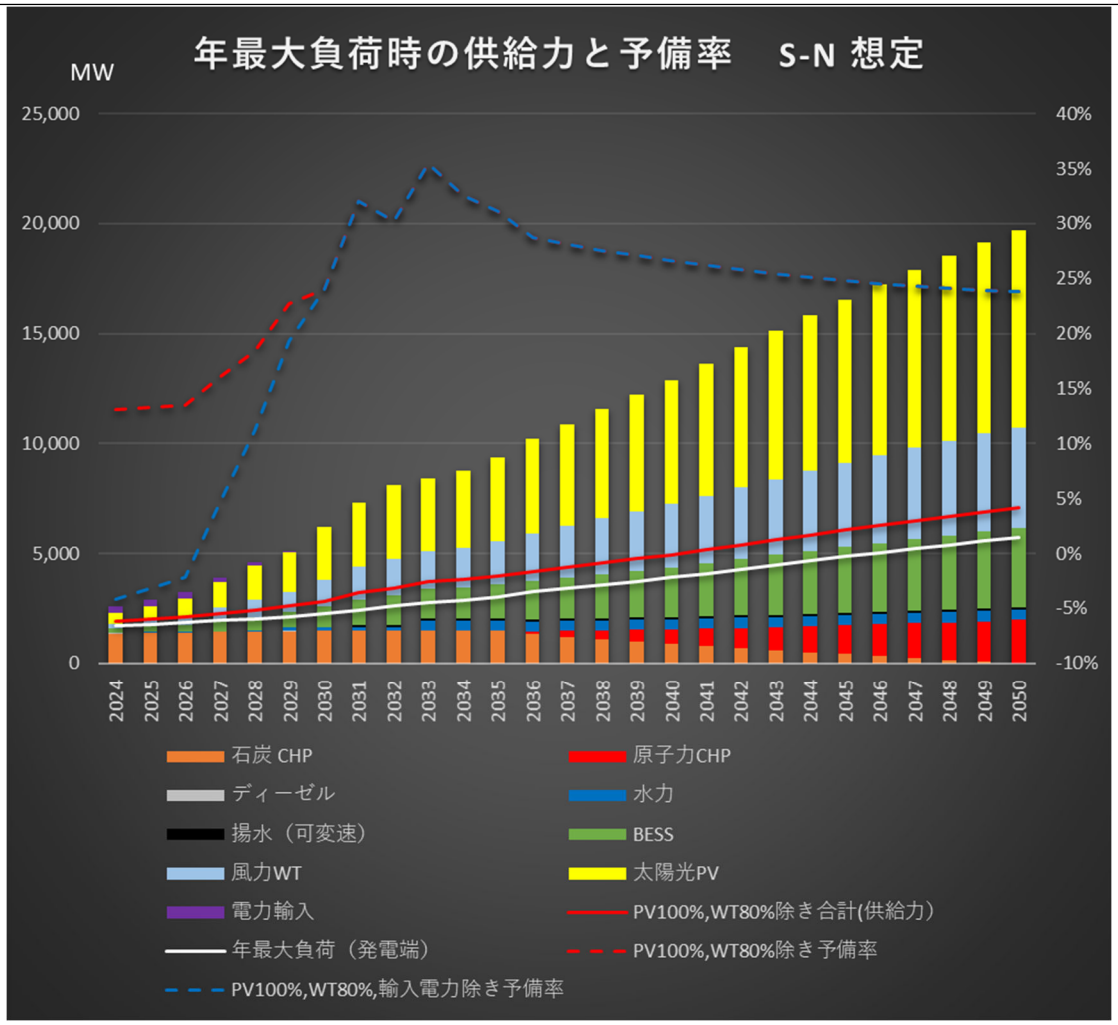
出典：調査団作成

図 6-35　電源設備容量構成比　S-N シナリオ

表 6-43　電源設備容量構成比　S-N シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	76.2%	23.9%	15.8%	6.9%	2.5%	0.0%
原子力 CHP	0.0%	0.0%	0.0%	5.1%	7.9%	10.0%
ディーゼル	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
水力	1.5%	2.4%	4.9%	3.6%	2.8%	2.3%
太陽光 PV	8.2%	38.5%	40.8%	43.7%	45.0%	45.5%
風力	9.0%	19.7%	20.9%	22.3%	23.0%	23.3%
揚水（可変速）	0.0%	0.0%	1.1%	0.8%	0.6%	0.5%
BESS	4.7%	15.6%	16.5%	17.7%	18.2%	18.4%
設備量合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 6-36　年最大負荷時の供給力（MW）と予備率　S-N シナリオ

表 6-44　年最大負荷時の供給力（MW）と予備率　S-N シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	1,314	1,482	1,482	881	412	0
原子力 CHP	0	0	0	656	1,311	1,967
ディーゼル	7	0	0	0	0	0
水力	26	146	461	461	461	461
太陽光 PV	141	2,388	3,833	5,618	7,450	8,969
風力	155	1,220	1,958	2,870	3,806	4,583
揚水（可変速）	0	0	100	100	100	100
BESS	81	966	1,550	2,272	3,012	3,627
設備量合計	1,724	6,201	9,383	12,858	16,553	19,706
電力輸入	294	0	0	0	0	0
合計	2,018	6,201	9,383	12,858	16,553	19,706
PV100%,WT80%除き合計（供給力）	1,753	2,837	3,984	4,944	6,058	7,071
年最大負荷（発電端）	1,636	2,288	3,038	3,903	4,854	5,712
PV100%,WT80%除き予備率	7.2%	24.0%	31.2%	26.7%	24.8%	23.8%
PV100%,WT80%,輸入電力除き予備率	-10.8%	24.0%	31.2%	26.7%	24.8%	23.8%

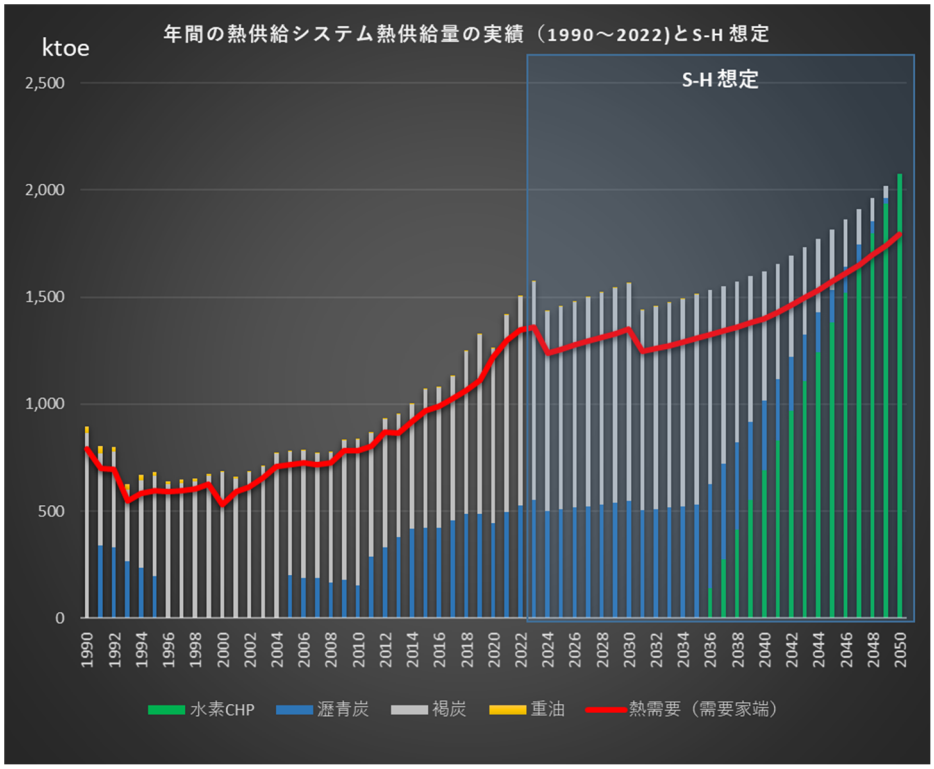
出典：調査団作成

(3) S-H シナリオ

熱供給システムへは、水素 CHP を 2036 年から導入を開始し、2050 年には水素 CHP からの熱供給が 100%となるシナリオである。

1) 熱供給システム（S-H シナリオ）計算結果

S-H シナリオにおける熱供給システムの熱供給量の計算結果を図 6-37、表 6-45 に示す。



出典：調査団作成

図 6-37　年間の熱供給システム熱供給量の実績（1990～2022）と S-H シナリオ

表 6-45　熱供給バランス表　S-H シナリオ

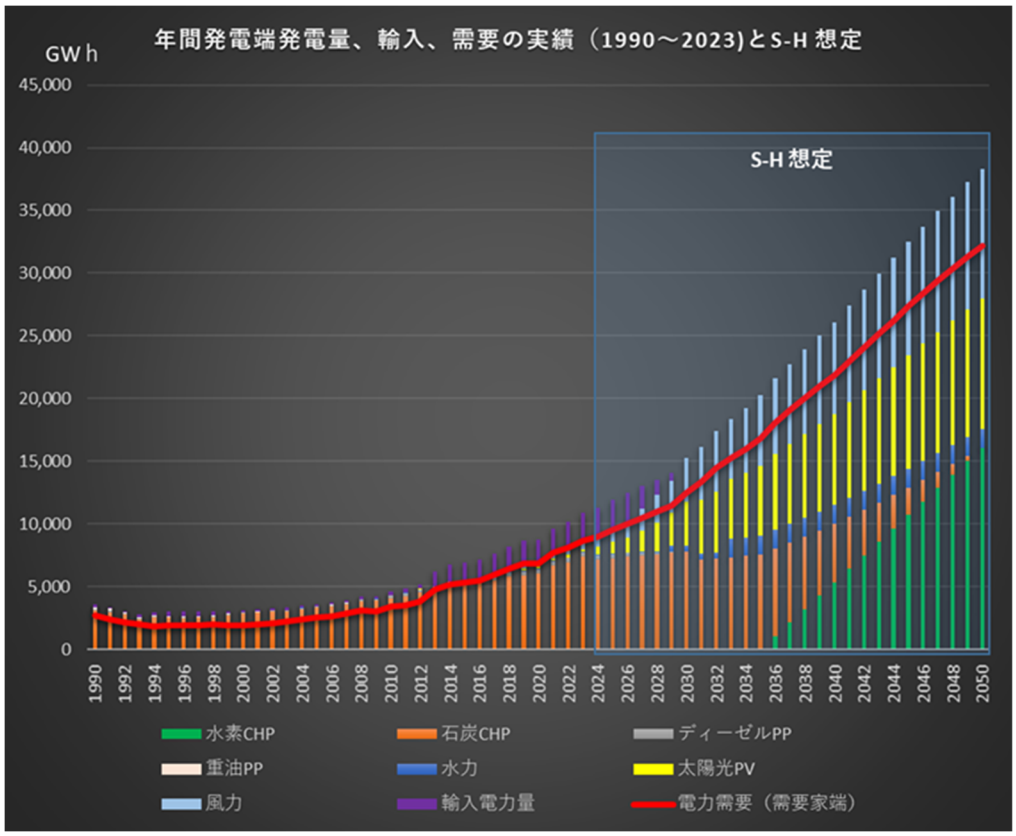
単位：ktoe	2022 実績	2030	2035	2040	2045	2050
熱供給量合計	1,505	1,564	1,512	1,620	1,818	2,074
瀝青炭	527 (35%)	547 (35%)	529 (35%)	325 (20%)	152 (8%)	0 (0%)
褐炭	977 (65%)	1,016 (65%)	982 (65%)	604 (37%)	283 (16%)	0 (0%)
重油	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
水素 CHP	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	691 (43%)	1,383 (76%)	2,074 (100%)
自社消費	148 (10%)	156 (10%)	151 (10%)	162 (10%)	182 (10%)	207 (10%)
送熱ロス	56 (4%)	56 (4%)	54 (4%)	58 (4%)	65 (4%)	75 (4%)
統計誤差	-46	0	0	0	0	0
熱需要（需要家端）	1,348 (90%)	1,351 86%	1,306 (86%)	1,400 (86%)	1,570 (86%)	1,792 (86%)

出典：調査団作成

2) 電力供給システム計算結果　S-H シナリオ

電力供給システムの S-H シナリオにおける発電量計算結果を図 6-38、表 6-46 に示す。エネルギーベースでの構成比は図 6-39、表 6-47 のとおりである。

また、電源設備量（MW）は図 6-40、表 6-48 のとおりである。設備量構成比は図 6-41、表 6-49 のとおりである。年最大負荷時の供給力（MW）と予備率は図 6-42、表 6-50 のとおりである。



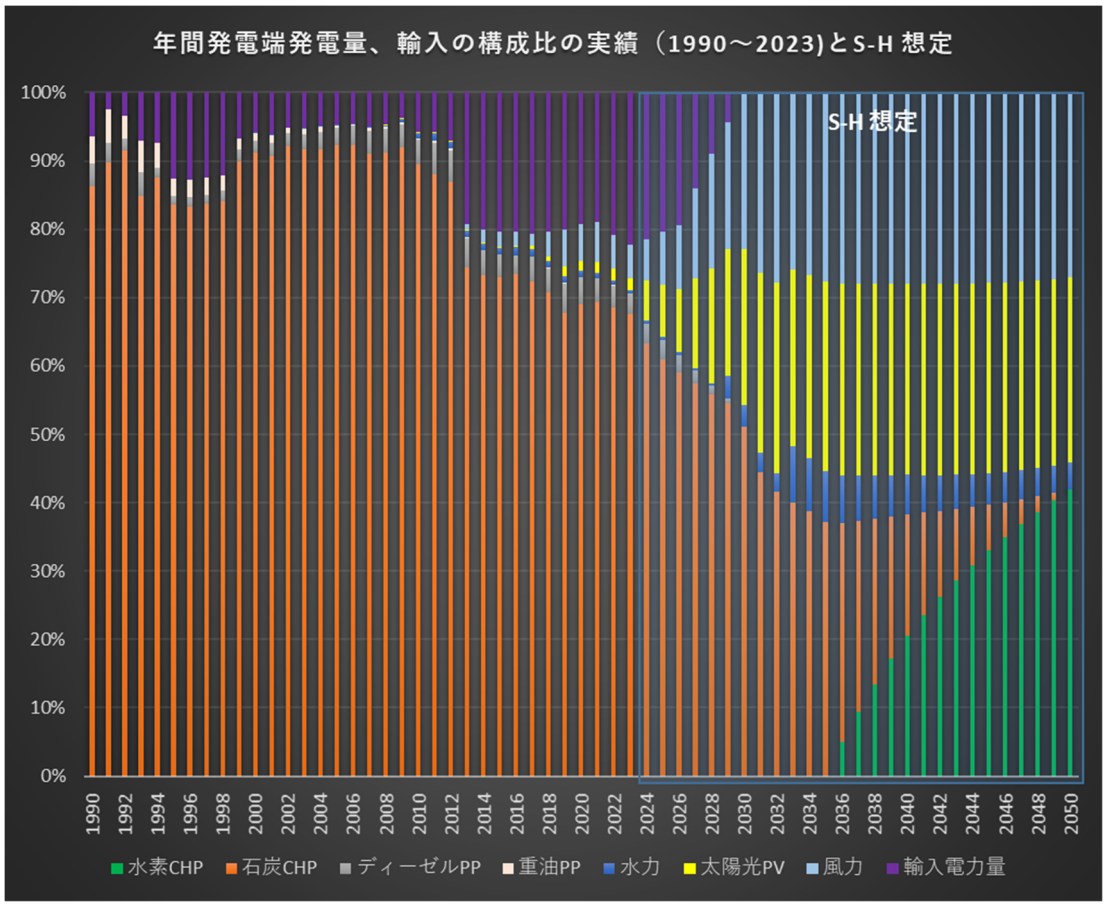
出典：調査団作成

図 6-38　年間の発電端発電量、輸入、需要の実績と S-H シナリオ

表 6-46　電力供給バランス表（エネルギーベース）　S-H シナリオ

単位　GWh	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
国内発電端計	8,483	15,234	20,224	26,082	32,508	38,321
石炭 CHP	7,377	7,789	7,529	4,631	2,167	0
ディーゼル PP	334	0	0	0	0	0
重油 PP	0	0	0	0	0	0
水力	48	473	1,504	1,504	1,504	1,504
太陽光 PV	193	3,486	5,596	7,293	9,058	10,368
風力	532	3,486	5,596	7,293	9,058	10,368
水素 CHP	0	0	0	5,360	10,720	16,081
輸入電力量	2,427	0	0	0	0	0
合計電力供給量	10,910	15,234	20,224	26,082	32,508	38,321
電力自社消費	1,059	1,090	1,054	1,227	1,461	1,737
送配電ロス	1,179	1,697	2,300	2,983	3,726	4,390
電力需要（需要家端）	8,672	12,447	16,870	21,872	27,322	32,194
合計電力消費量	10,910	15,234	20,224	26,082	32,508	38,321
電力自社消費率（化石燃料・水素）	13.7%	14.0%	14.0%	14.0%	14.0%	14.0%
送配電ロス率	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%

出典：調査団作成



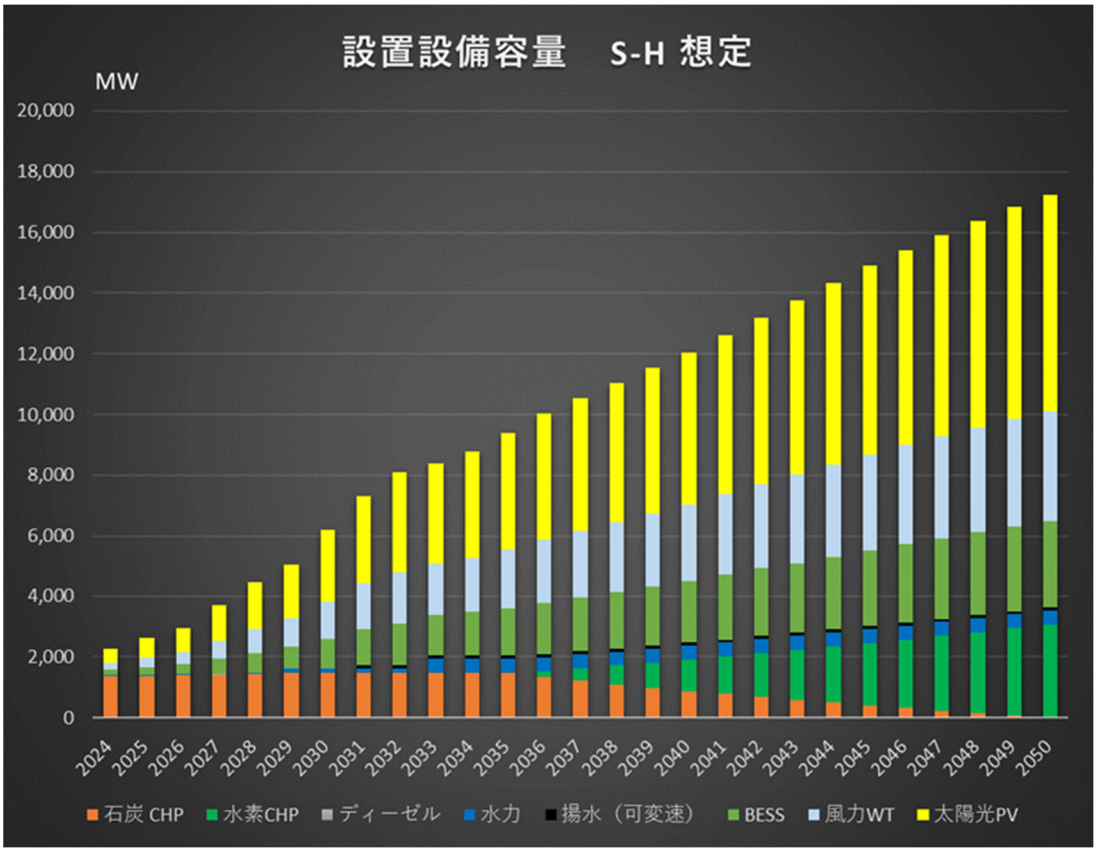
出典：調査団作成

図 6-39　年間の発電端発電量、輸入の構成比の実績と S-H シナリオ

表 6-47　電力供給種別構成比（エネルギーベース）　S-H シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
国内発電端計	77.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
石炭 CHP	67.6%	51.1%	37.2%	17.8%	6.7%	0.0%
ディーゼル PP	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
重油 PP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
水力	0.4%	3.1%	7.4%	5.8%	4.6%	3.9%
太陽光 PV	1.8%	22.9%	27.7%	28.0%	27.9%	27.1%
風力	4.9%	22.9%	27.7%	28.0%	27.9%	27.1%
水素 CHP	0.0%	0.0%	0.0%	20.6%	33.0%	42.0%
輸入電力量	22.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

出典：調査団作成



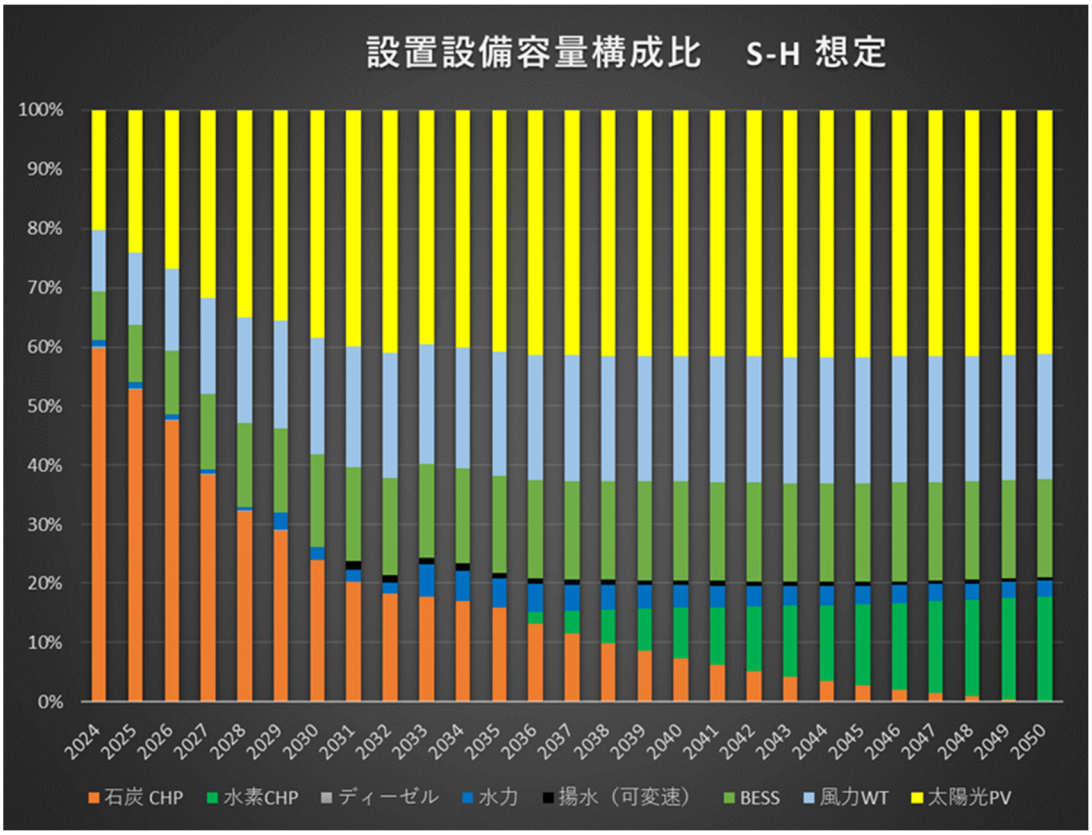
出典：調査団作成

図 6-40　電源設備容量　S-H シナリオ

表 6-48　電源設備容量　S-H シナリオ

単位　MW	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	1,314	1,482	1,482	881	412	0
水素 CHP	0	0	0	1,020	2,040	3,059
ディーゼル	7	0	0	0	0	0
水力	26	146	461	461	461	461
太陽光 PV	141	2,388	3,833	4,995	6,204	7,101
風力	155	1,220	1,958	2,552	3,170	3,628
揚水（可変速）	0	0	100	100	100	100
BESS	81	966	1,550	2,020	2,509	2,872
設備量合計	1,724	6,201	9,383	12,030	14,896	17,222

出典：調査団作成



出典：調査団作成

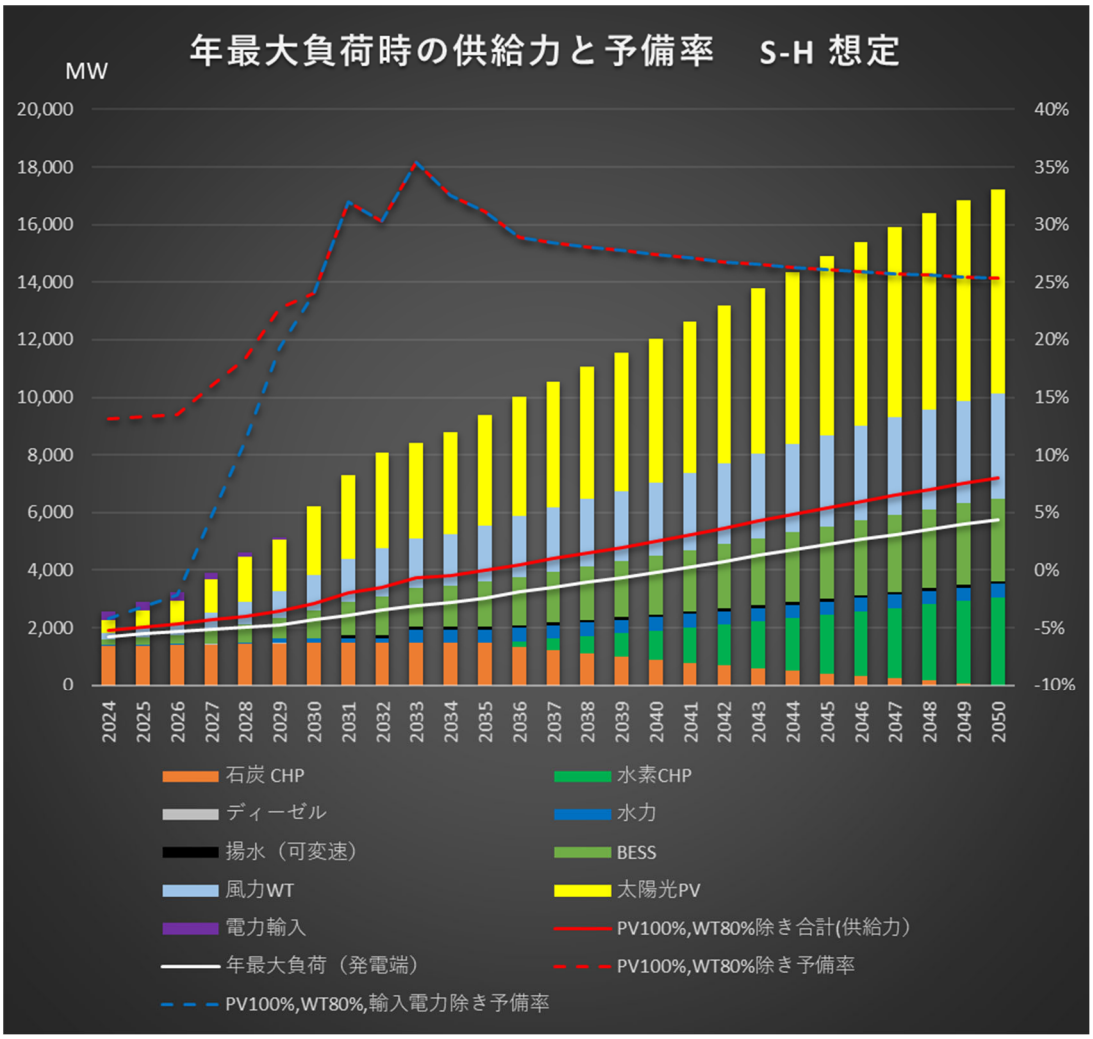
図 6-41　電源設備容量構成比　S-H シナリオ

表 6-49　電源設備容量構成比　S-H シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	76.2%	23.9%	15.8%	7.3%	2.8%	0.0%
水素 CHP	0.0%	0.0%	0.0%	8.5%	13.7%	17.8%
ディーゼル	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
水力	1.5%	2.4%	4.9%	3.8%	3.1%	2.7%
太陽光 PV	8.2%	38.5%	40.8%	41.5%	41.7%	41.2%
風力	9.0%	19.7%	20.9%	21.2%	21.3%	21.1%

揚水（可変速）	0.0%	0.0%	1.1%	0.8%	0.7%	0.6%
BESS	4.7%	15.6%	16.5%	16.8%	16.8%	16.7%
設備量合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 6-42　年最大負荷時の供給力（MW）と予備率　S-H シナリオ

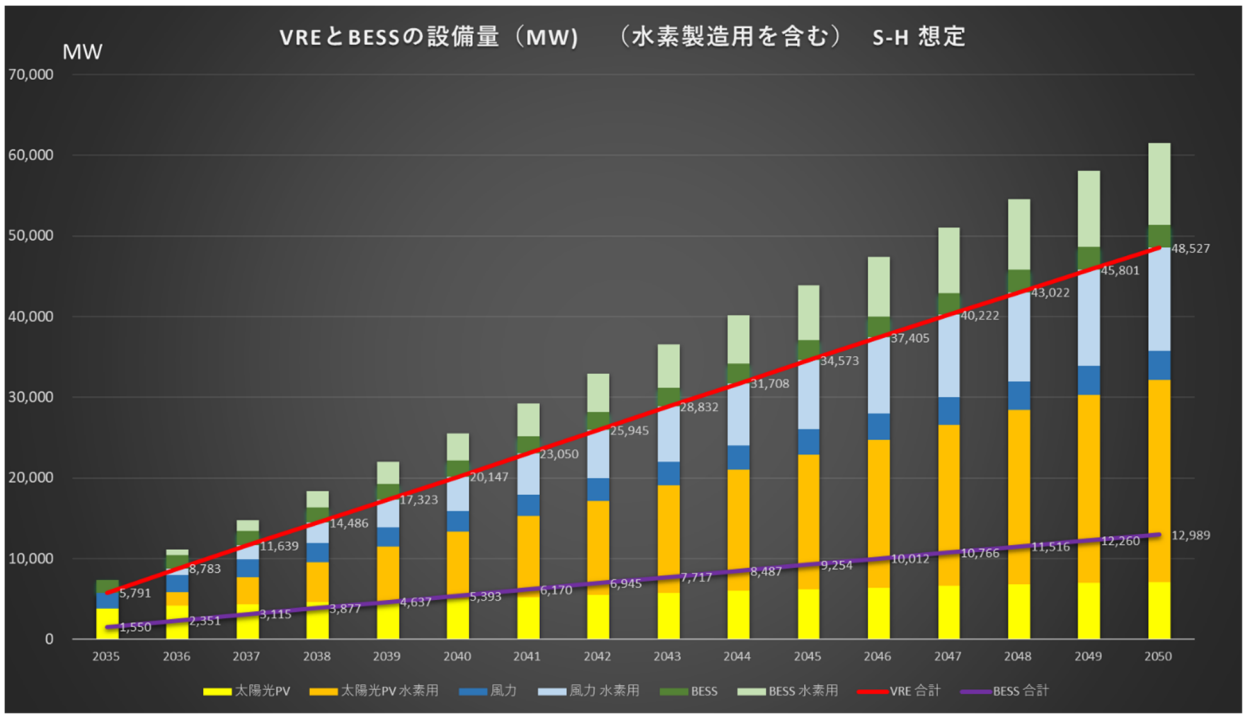
表 6-50　年最大負荷時の供給力（MW）と予備率　S-H シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	1,314	1,482	1,482	881	412	0
水素 CHP	0	0	0	1,020	2,040	3,059
ディーゼル	7	0	0	0	0	0
水力	26	146	461	461	461	461
太陽光 PV	141	2,388	3,833	4,995	6,204	7,101
風力	155	1,220	1,958	2,552	3,170	3,628
揚水（可変速）	0	0	100	100	100	100
BESS	81	966	1,550	2,020	2,509	2,872
設備量合計	1,724	6,201	9,383	12,030	14,896	17,222
電力輸入	294	0	0	0	0	0
合計	2,018	6,201	9,383	12,030	14,896	17,222

PV100%,WT80%除き合計（供給力）	1,753	2,837	3,984	4,992	6,156	7,218
年最大負荷（発電端）	1,636	2,288	3,038	3,918	4,883	5,756
PV100%,WT80%除き予備率	7.2%	24.0%	31.2%	27.4%	26.1%	25.4%
PV100%,WT80%,輸入電力除き予備率	-10.8%	24.0%	31.2%	27.4%	26.1%	25.4%

出典：調査団作成

水素 CHP の水素を製造するために必要な VRE（太陽光 PV+風力）および BESS も加えた設備量全体は図 6-43、表 6-51 のとおりである。



出典：調査団作成

図 6-43　水素 CHP 用水素製造用途の VRE と BESS を含めた全体の設備量　S-H シナリオ

表 6-51　水素 CHP 用水素製造用途の VRE と BESS を含めた全体の設備量　S-H シナリオ

単位：MW	2023	2030	2035	2040	2045	2050
太陽光 PV	141	2,388	3,833	4,995	6,204	7,101
太陽光 PV　水素製造用途	0	0	0	8,335	16,671	25,006
風力	155	1,220	1,958	2,552	3,170	3,628
風力　水素製造用途	0	0	0	4,264	8,527	12,791
VRE（太陽光 PV+風力）	296	3,608	5,791	20,147	34,573	48,527
BESS（MW）	81	966	1,550	2,020	2,509	2,872
BESS（MW）　水素製造用途	0	0	0	3,373	6,745	10,118
BESS 計	81	966	1,550	5,393	9,254	12,989

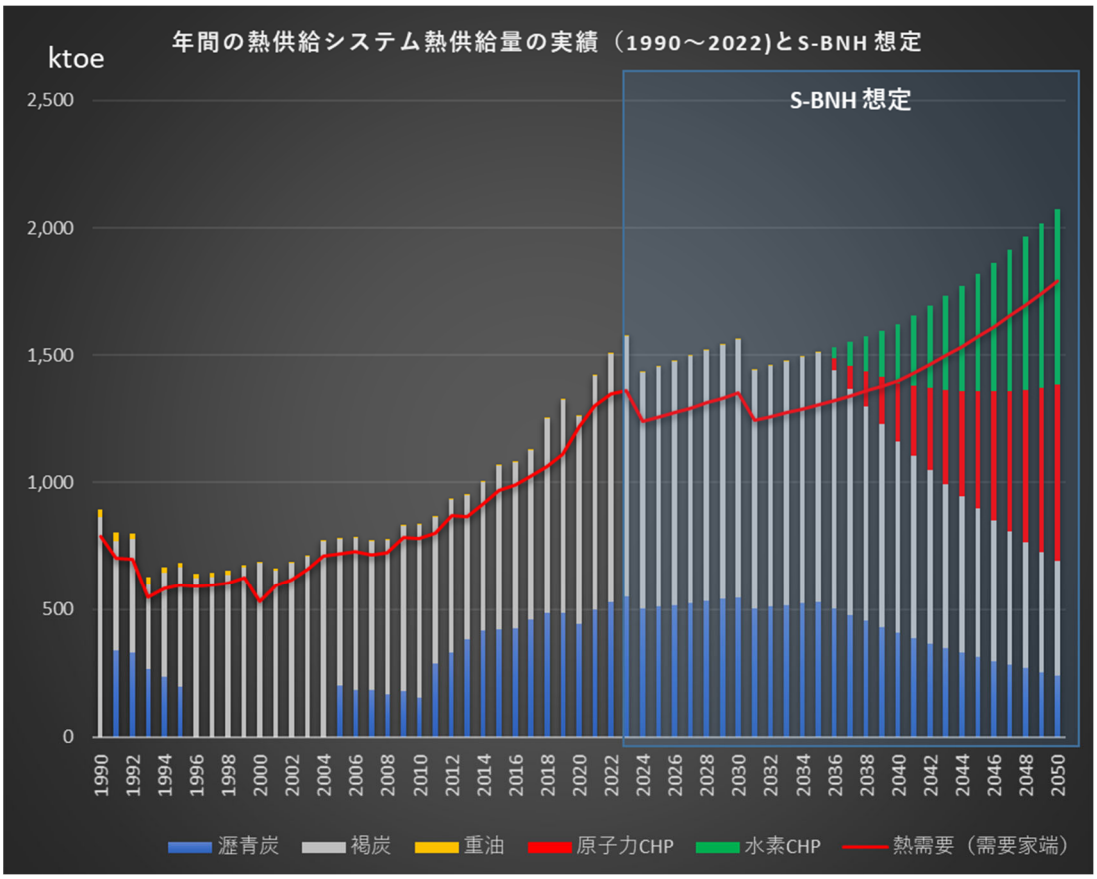
出典：調査団作成

(4)　S-BNH シナリオ

熱供給システムへは、原子力 CHP、水素 CHP を 2036 年から導入開始し、2050 年には原子力 CHP、水素 CHP、石炭 CHP のそれぞれが全体の熱供給の 1/3 を担うシナリオである。

1) 熱供給システム（S-BNH シナリオ）計算結果

S-BNH シナリオにおける熱供給システムの熱供給量の計算結果を図 6-44、表 6-52 に示す。



出典：調査団作成

図 6-44　年間の熱供給システム熱供給量の実績（1990～2022）と S-BNH シナリオ

表 6-52　熱供給バランス表　S-BNH シナリオ

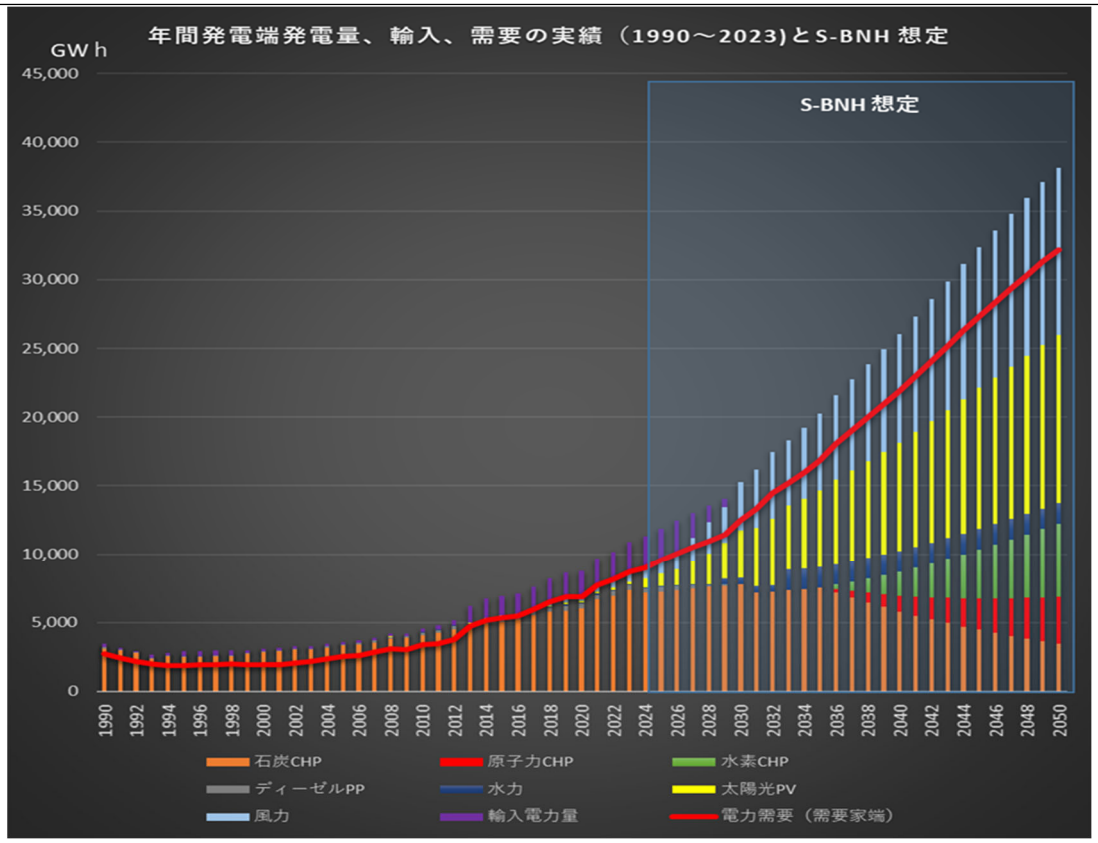
単位：ktoe	2022 実績	2030	2035	2040	2045	2050
熱供給量合計	1,505	1,564	1,512	1,620	1,818	2,074
瀝青炭	527 (35%)	547 (35%)	529 (35%)	406 (25%)	314 (17%)	242 (12%)
褐炭	977 (65%)	1,016 (65%)	982 (65%)	753 (47%)	583 (32%)	449 (22%)
重油	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
原子力 CHP	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	230 (14%)	461 (25%)	691 (33%)
水素 CHP	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	230 (14%)	461 (25%)	691 (33%)
自社消費	148 (10%)	156 (10%)	151 (10%)	162 (10%)	182 (10%)	207 (10%)
送熱ロス	56 (4%)	56 (4%)	54 (4%)	58 (4%)	65 (4%)	75 (4%)
統計誤差	-46	0	0	0	0	0
熱需要（需要家端）	1,348 (90%)	1,351 86%	1,306 (86%)	1,400 (86%)	1,570 (86%)	1,792 (86%)

出典：調査団作成

2)　電力供給システム計算結果　S-BNH シナリオ

電力供給システムの S-BNH シナリオにおける発電量計算結果を図 6-45、表 6-53 に示す。エネルギーベースでの構成比は図 6-46、表 6-54 のとおりである。

また、電源設備量（MW）は図 6-47、表 6-55 のとおりである。設備量構成比は図 6-48、表 6-56 となる。年最大負荷時の供給力（MW）と予備率は図 6-49、表 6-57 のとおりである。



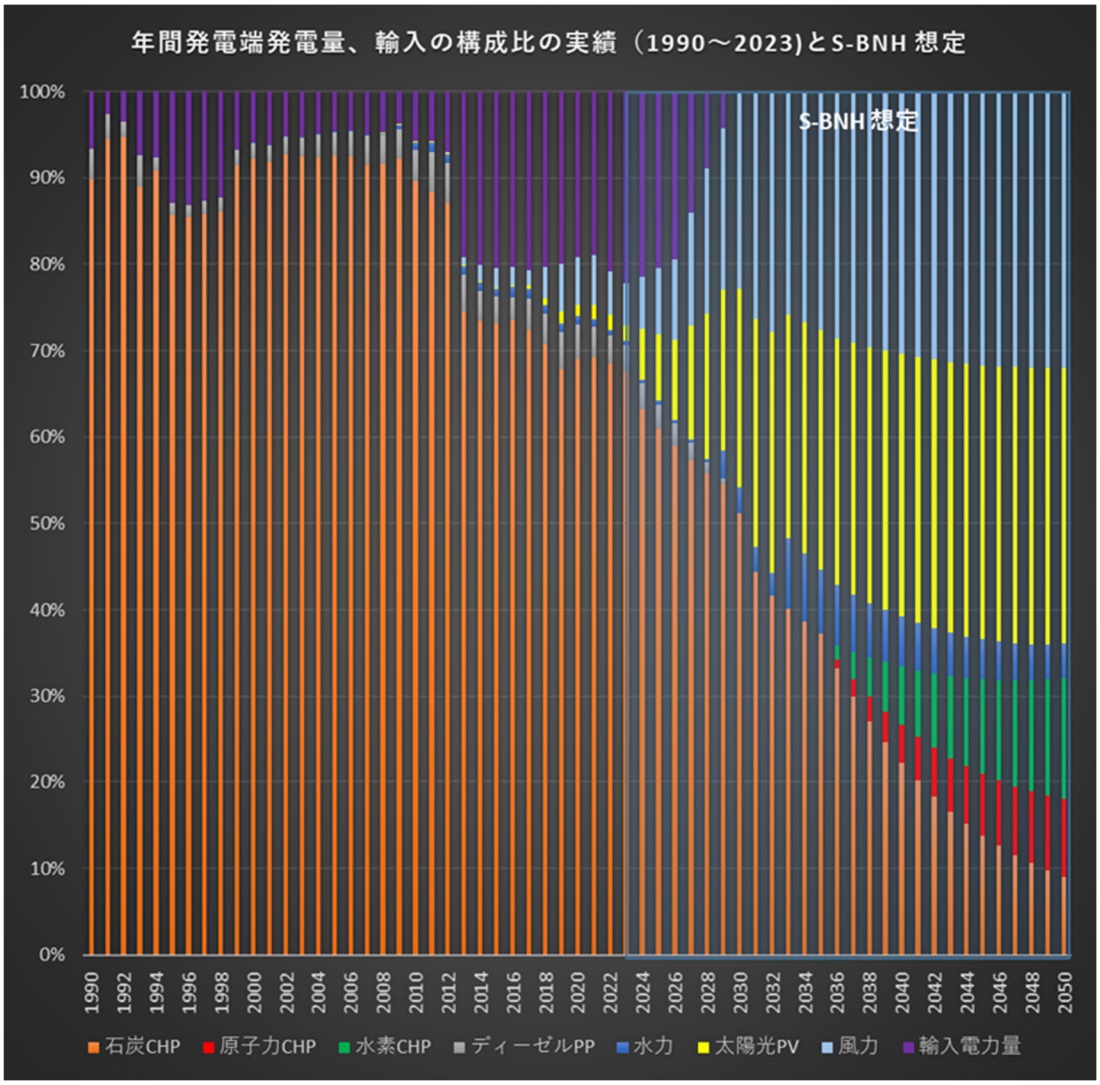
出典：調査団作成

図 6-45　年間の発電端発電量、輸入、需要の実績と S-BNH シナリオ

表 6-53　電力供給バランス表（エネルギーベース）　S-BNH シナリオ

単位　GWh	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
国内発電端計	8,483	15,234	20,224	26,017	32,380	38,128
石炭 CHP	7,377	7,789	7,529	5,776	4,467	3,446
ディーゼル PP	334	0	0	0	0	0
重油 PP	0	0	0	0	0	0
水力	48	473	1,504	1,504	1,504	1,504
太陽光 PV	193	3,486	5,596	7,901	10,269	12,186
風力	532	3,486	5,596	7,901	10,269	12,186
原子力 CHP	0	0	0	1,149	2,297	3,446
水素 CHP	0	0	0	1,787	3,573	5,360
輸入電力量	2,427	0	0	0	0	0
合計電力供給量	10,910	15,234	20,224	26,017	32,380	38,128
電力自社消費	1,059	1,090	1,054	1,162	1,333	1,544
送配電ロス	1,179	1,697	2,300	2,983	3,726	4,390
電力需要（需要家端）	8,672	12,447	16,870	21,872	27,322	32,194
合計電力消費量	10,910	15,234	20,224	26,017	32,380	38,128
電力自社消費率（化石燃料・原子力・水素）	13.7%	14.0%	14.0%	14.0%	14.0%	14.0%
送配電ロス率	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%

出典：調査団作成



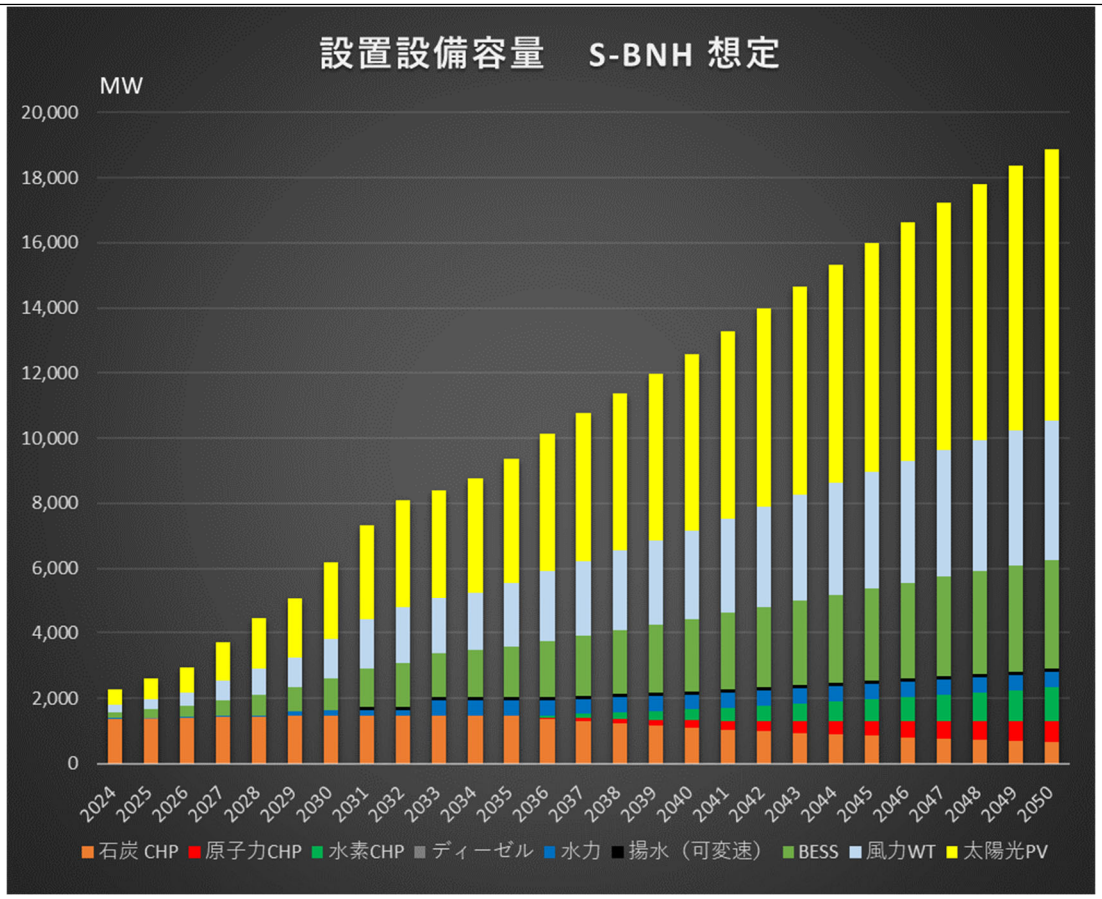
出典：調査団作成

図 6-46　年間の発電端発電量、輸入の構成比の実績と S-BNH シナリオ

表 6-54　電力供給種別構成比（エネルギーベース）　S-BNH シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
国内発電端計	77.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
石炭 CHP	67.6%	51.1%	37.2%	22.2%	13.8%	9.0%
ディーゼル PP	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
重油 PP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
水力	0.4%	3.1%	7.4%	5.8%	4.6%	3.9%
太陽光 PV	1.8%	22.9%	27.7%	30.4%	31.7%	32.0%
風力	4.9%	22.9%	27.7%	30.4%	31.7%	32.0%
原子力 CHP	0.0%	0.0%	0.0%	4.4%	7.1%	9.0%
水素 CHP	0.0%	0.0%	0.0%	6.9%	11.0%	14.1%
輸入電力量	22.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

出典：調査団作成



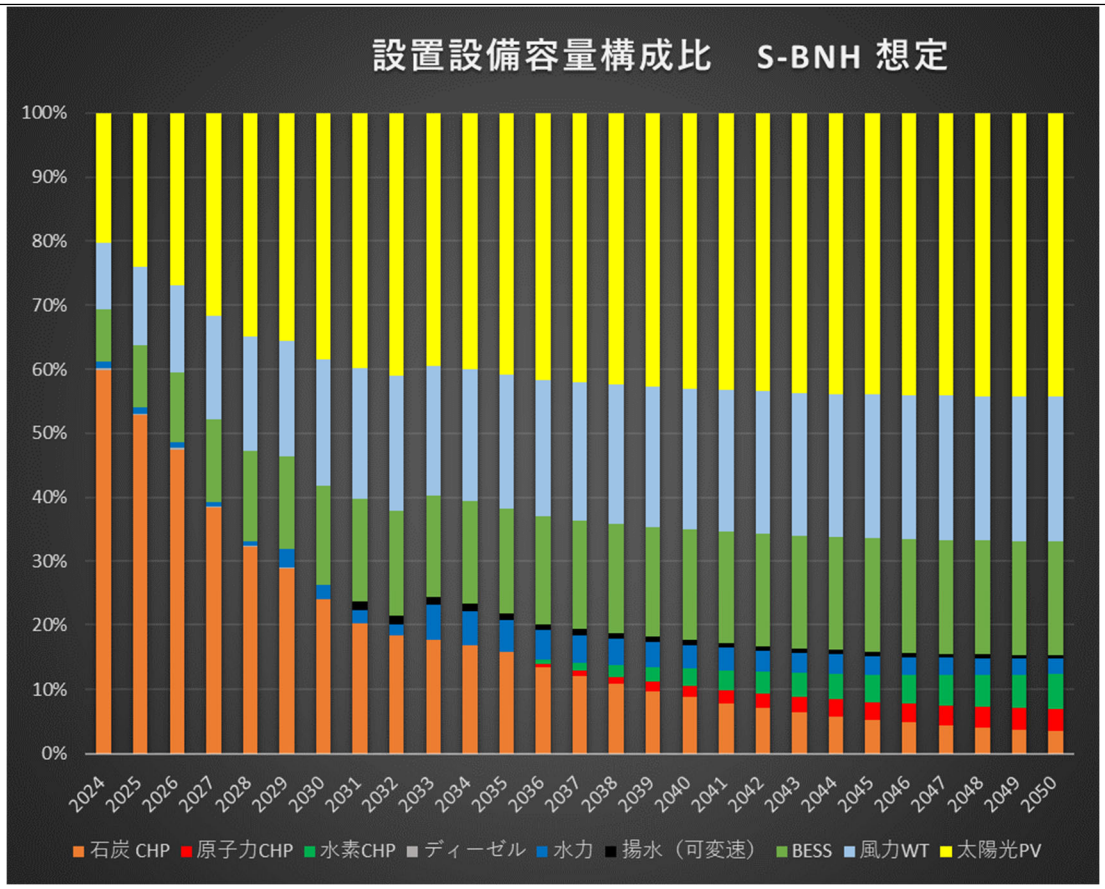
出典：調査団作成

図 6-47　電源設備容量　S-BNH シナリオ

表 6-55　電源設備容量　S-BNH シナリオ

単位　MW	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	1,314	1,482	1,482	1,099	850	656
原子力 CHP	0	0	0	219	437	656
水素 CHP	0	0	0	340	680	1,020
ディーゼル	7	0	0	0	0	0
水力	26	146	461	461	461	461
太陽光 PV	141	2,388	3,833	5,411	7,034	8,347
風力	155	1,220	1,958	2,765	3,594	4,265
揚水（可変速）	0	0	100	100	100	100
BESS	81	966	1,550	2,188	2,844	3,375
設備量合計	1,724	6,201	9,383	12,583	16,000	18,878

出典：調査団作成



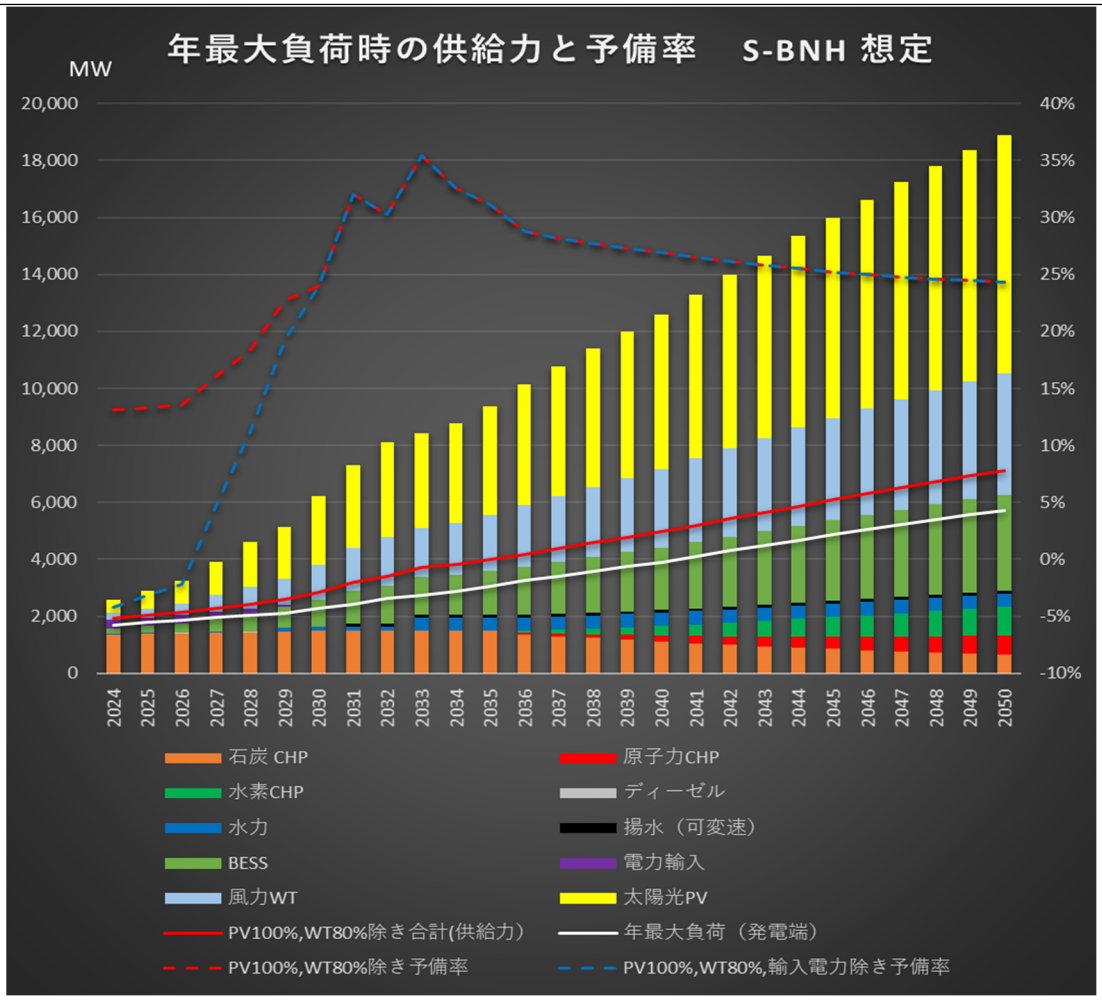
出典：調査団作成

図 6-48　電源設備容量構成比　S-BNH シナリオ

表 6-56　電源設備容量構成比　S-BNH シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	76.2%	23.9%	15.8%	8.7%	5.3%	3.5%
原子力 CHP	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	2.7%	3.5%
水素 CHP	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	4.2%	5.4%
ディーゼル	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
水力	1.5%	2.4%	4.9%	3.7%	2.9%	2.4%
太陽光 PV	8.2%	38.5%	40.8%	43.0%	44.0%	44.2%
風力	9.0%	19.7%	20.9%	22.0%	22.5%	22.6%
揚水（可変速）	0.0%	0.0%	1.1%	0.8%	0.6%	0.5%
BESS	4.7%	15.6%	16.5%	17.4%	17.8%	17.9%
設備量合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出典：調査団作成



出典：調査団作成

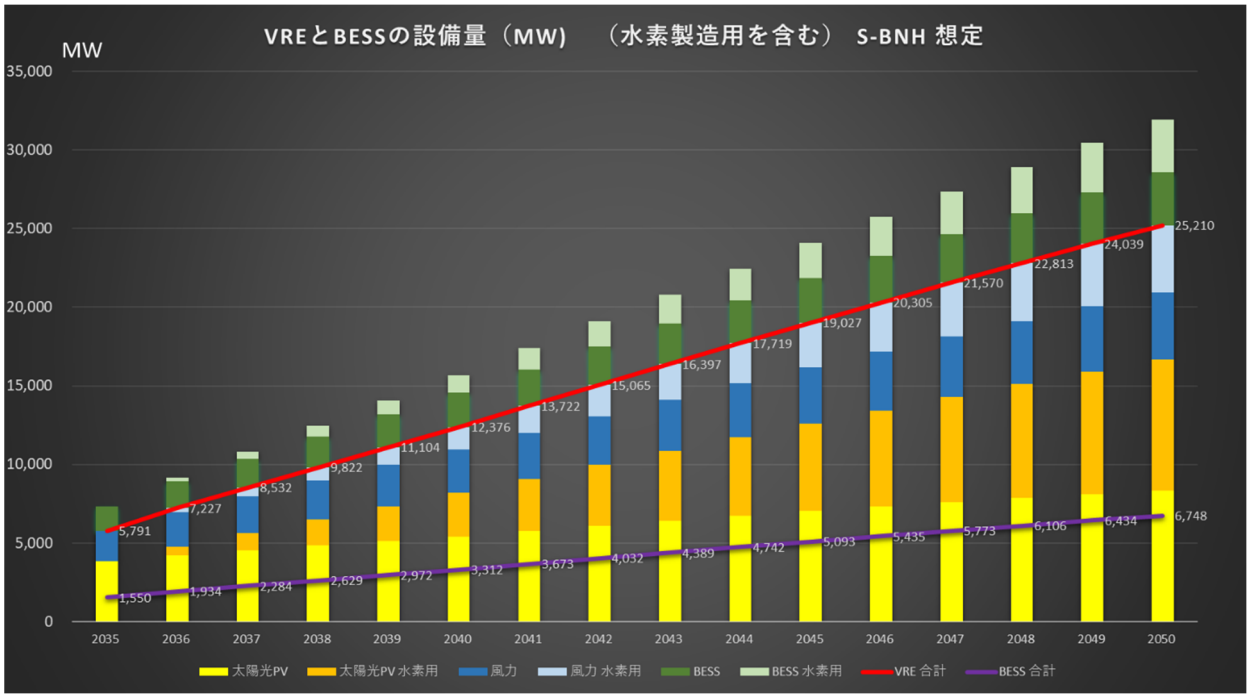
図 6-49　年最大負荷時の供給力（MW）と予備率　S-BNH シナリオ

表 6-57　年最大負荷時の供給力（MW）と予備率　S-BNH シナリオ

	2023 実績	2030	2035	2040	2045	2050
石炭 CHP	1,314	1,482	1,482	1,099	850	656
原子力 CHP				219	437	656
水素 CHP	0	0	0	340	680	1,020
ディーゼル	7	0	0	0	0	0
水力	26	146	461	461	461	461
太陽光 PV	141	2,388	3,833	5,411	7,034	8,347
風力	155	1,220	1,958	2,765	3,594	4,265
揚水（可変速）	0	0	100	100	100	100
BESS	81	966	1,550	2,188	2,844	3,375
設備量合計	1,724	6,201	9,383	12,583	16,000	18,878
電力輸入	294	0	0	0	0	0
合計	2,018	6,201	9,383	12,583	16,000	18,878
PV100%,WT80%除き合計（供給力）	1,753	2,837	3,984	4,960	6,091	7,120
年最大負荷（発電端）	1,636	2,288	3,038	3,908	4,864	5,727
PV100%,WT80%除き予備率	7.2%	24.0%	31.2%	26.9%	25.2%	24.3%
PV100%,WT80%,輸入電力除き予備率	-10.8%	24.0%	31.2%	26.9%	25.2%	24.3%

出典：調査団作成

水素 CHP の水素を製造するために必要な VRE（太陽光 PV+風力）および BESS も加えた設備量全体は図 6-50、表 6-58 のとおりである。



出典：調査団作成

図 6-50　水素 CHP 用水素製造用途の VRE と BESS を含めた全体の設備量　BNH シナリオ

表 6-58　水素 CHP 用水素製造用途の VRE と BESS を含めた全体の設備量　BNH シナリオ

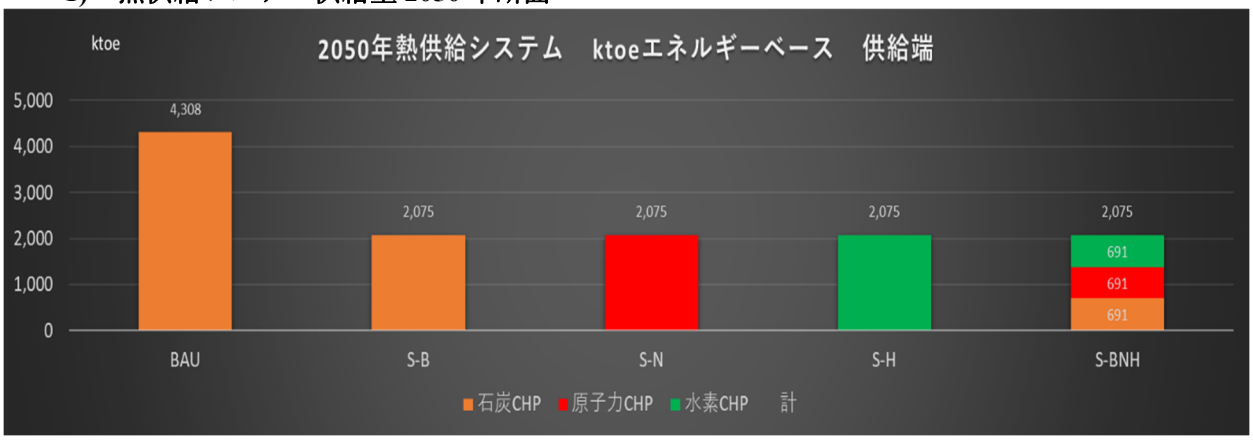
単位：MW	2023	2030	2035	2040	2045	2050
太陽光 PV	141	2,388	3,833	5,411	7,034	8,347
太陽光 PV　水素製造用途	0	0	0	2,778	5,557	8,335
風力	155	1,220	1,958	2,765	3,594	4,265
風力　水素製造用途	0	0	0	1,421	2,842	4,264
VRE（太陽光 PV+風力）	296	3,608	5,791	12,376	19,027	25,210
BESS（MW）	81	966	1,550	2,188	2,844	3,375
BESS（MW）　水素製造用途	0	0	0	1,124	2,248	3,373
BESS 計	81	966	1,550	3,312	5,093	6,748

出典：調査団作成

(5) 2050 年における各シナリオの比較

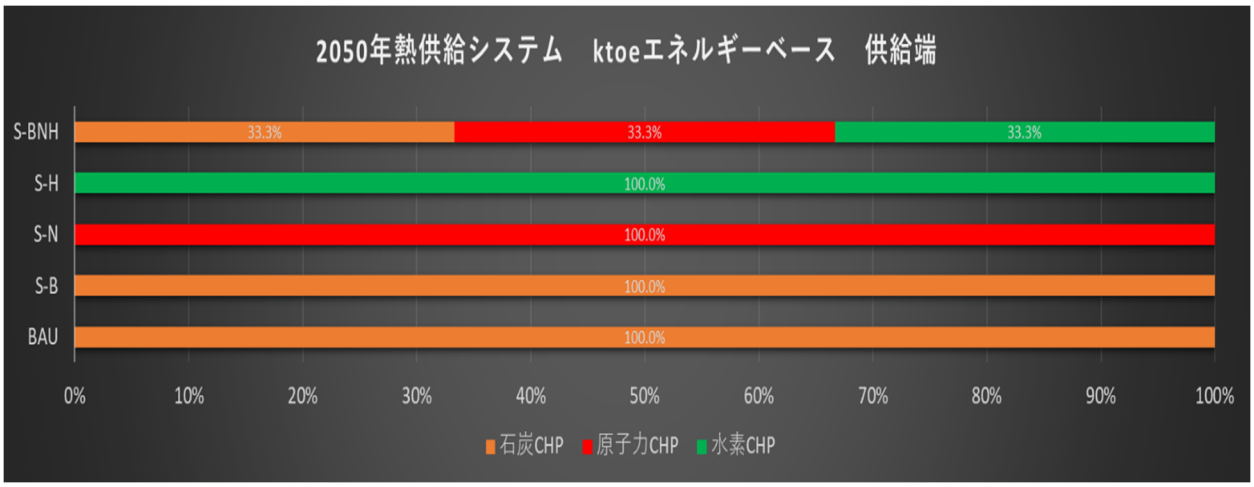
2050 年断面の各シナリオの比較を行った。（図 6-51、図 6-52、図 6-53、図 6-54、図 6-55、図 6-56、図 6-57、表 6-59）

1) 熱供給システム供給量 2050 年断面



出典：調査団作成

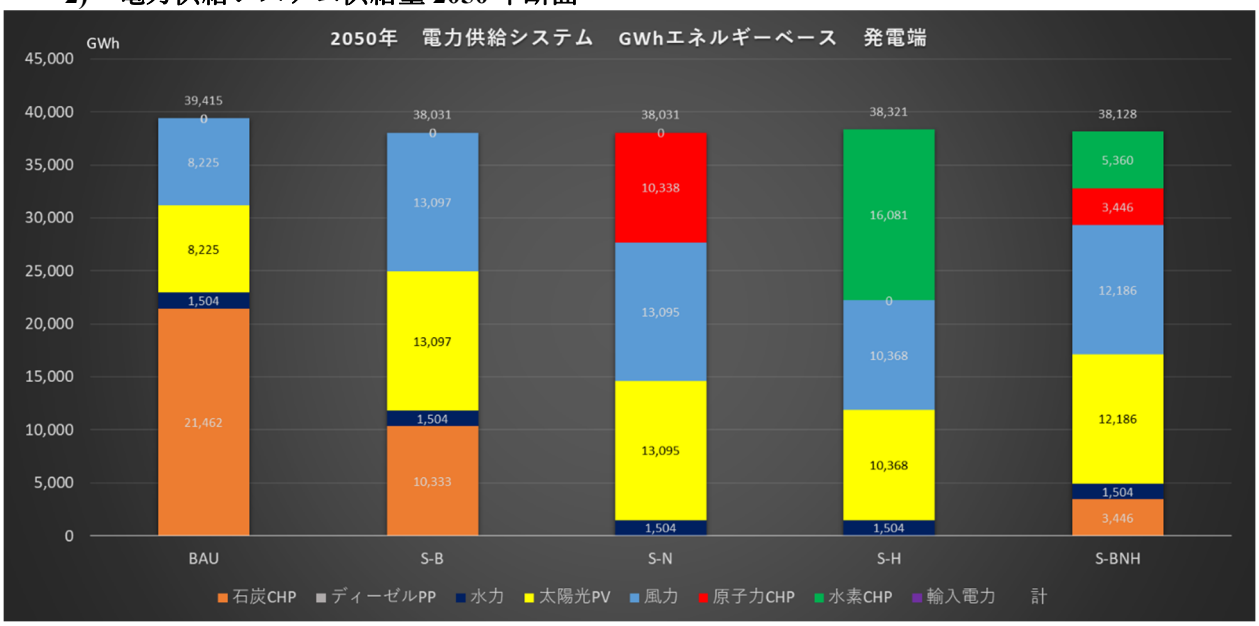
図 6-51　2050 年熱供給システム　ktoe エネルギーベース　熱供給量　供給端



出典：調査団作成

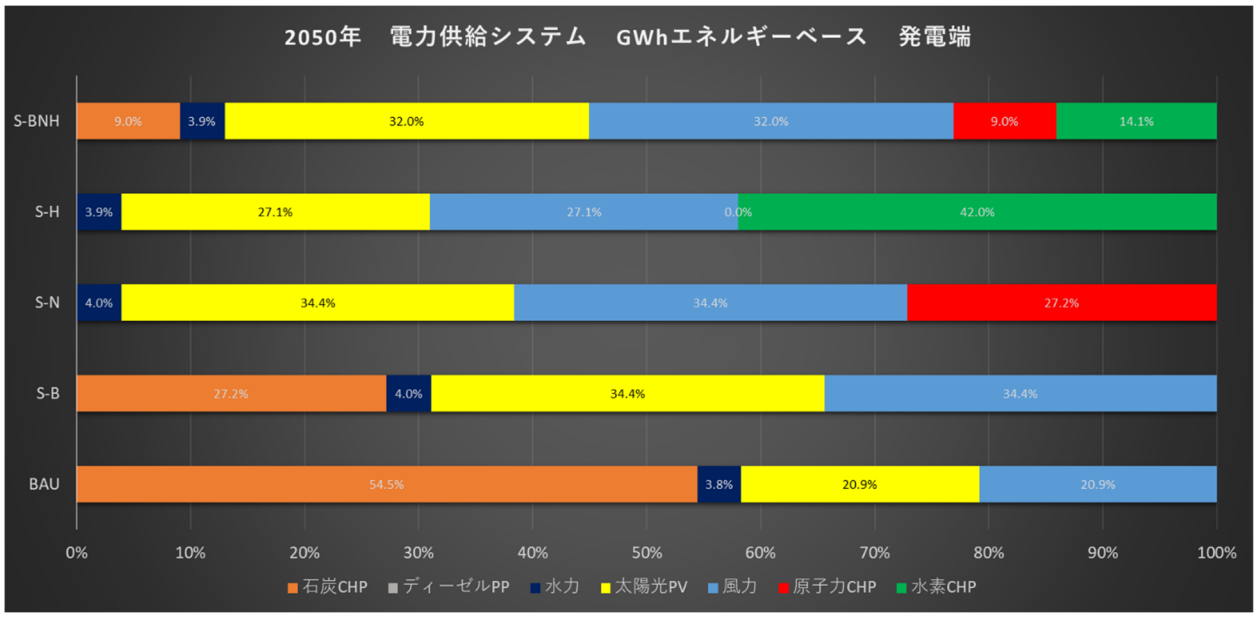
図 6-52　2050 年熱供給システム　ktoe エネルギーベース　熱供給量　構成比　供給端

2) 電力供給システム供給量 2050 年断面



出典：調査団作成

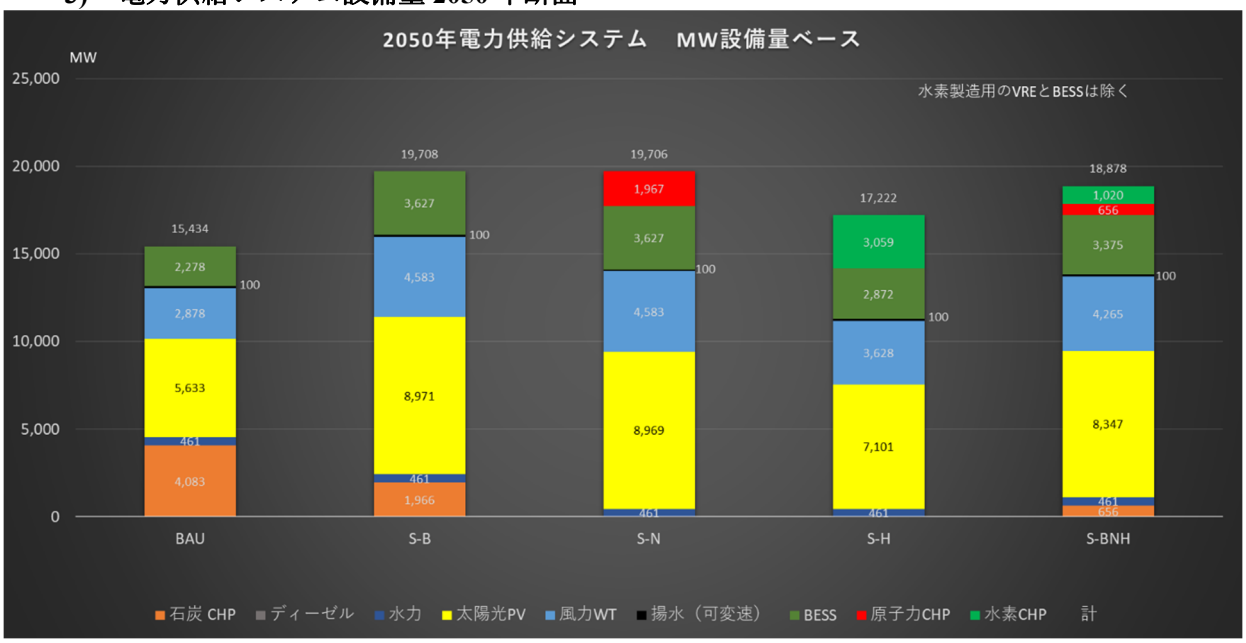
図 6-53 2050 年断面の電力供給システム GWh エネルギーベース 電力供給量 発電端



出典：調査団作成

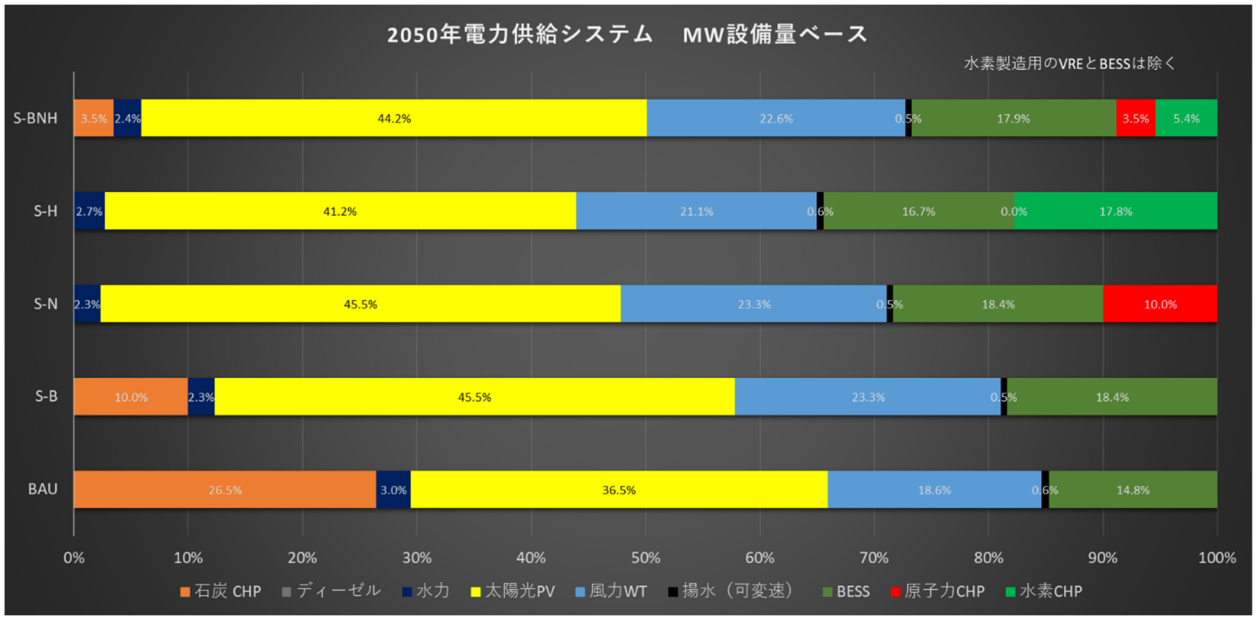
図 6-54 2050 年断面の電力供給システム GWh エネルギーベース 電力供給量 構成比 発電端

3) 電力供給システム設備量 2050 年断面



出典：調査団作成

図 6-55　2050 年電力供給システム　MW 設備量ベース　設備量



出典：調査団作成

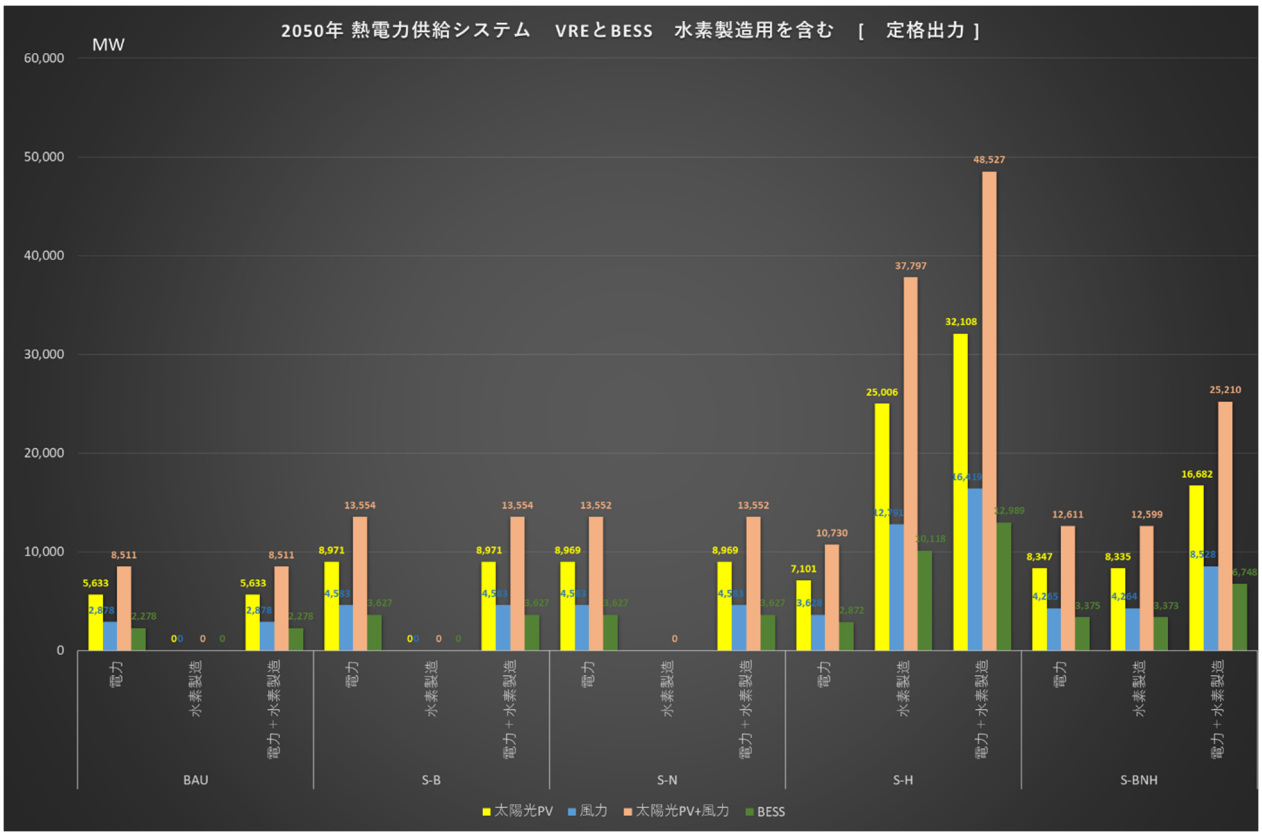
図 6-56　2050 年電力供給システム　MW 設備量ベース　設備量　構成比

4) 熱電力供給システム VRE、BESS 設備量（水素 CHP 用水素製造用途を含む）2050 年断面

2050 年断面の水素 CHP 用水素製造用途を含む VRE と BESS の設備量を図 6-57、表 6-59 に示す。

S-H シナリオの水素 CHP 用水素製造用の VRE および BESS の設備量は、電力供給用の**約 3.5 倍**もの設備量が必要となる。

一方、**S-BNH** シナリオの水素 CHP 用水素製造用の VRE および BESS の設備量は、電力供給用と**同程度**の設備量が必要となる。



出典：調査団作成

図 6-57　2050 年の熱電力供給システムの VRE と BESS 設備量（MW）　水素製造用を含む

表 6-59　2050 年の熱電力供給システムの VRE と BESS 設備量（MW）　水素製造用を含む

[MW]	BAU			S-B			S-N			S-H			S-BNH		
	電力	水素製造	電力＋水素製造	電力	水素製造	電力＋水素製造	電力	水素製造	電力＋水素製造	電力	水素製造	電力＋水素製造	電力	水素製造	電力＋水素製造
太陽光 PV	5,633	0	5,633	8,971	0	8,971	8,969	0	8,969	7,101	25,006	32,108	8,347	8,335	16,682
風力	2,878	0	2,878	4,583	0	4,583	4,583	0	4,583	3,628	12,791	16,419	4,265	4,264	8,528
太陽光 PV+風力	8,511	0	8,511	13,554	0	13,554	13,552	0	13,552	10,730	37,797	48,527	12,611	12,599	25,210
BESS	2,278	0	2,278	3,627	0	3,627	3,627	0	3,627	2,872	10,118	12,989	3,375	3,373	6,748

出典：調査団作成

6.5 シナリオ別の CO_2 排出量の比較

6.4 節に作成された各エネルギー・トランジション供給シナリオをエネルギー需給モデルに反映し、CO_2 排出量の推計を行い、その結果を表 6-60 と図 6-58 に示す。CO_2 排出量において、BAU（6,779 万トン CO_2）に対して、S-B が 57.1%減、S-N が 89.5%減、S-H が 89.5%減、S-BNH が 78.7%減となる。

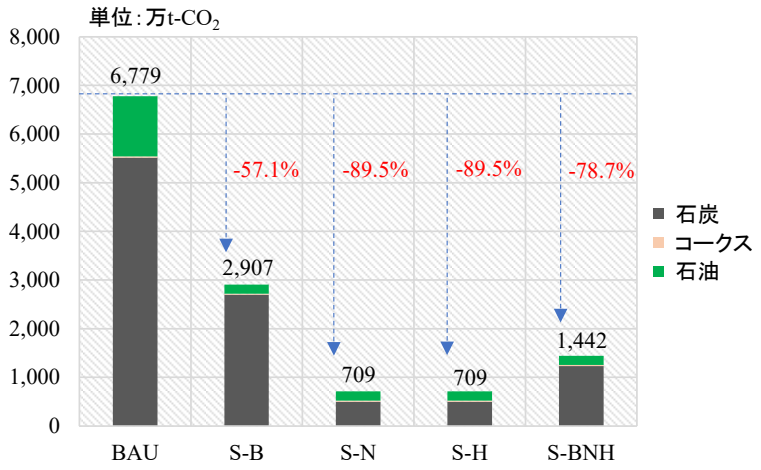
S-N と S-H では、発電部門における CO_2 排出量はほぼゼロとなり、この 2 ケースの CO_2 排出量は主に産業部門の石炭消費と輸送部門の石油消費の活動によって排出される。S-BNH では、一部の石炭火力発電を維持し、原子力発電と水素発電を平行に推進するケースである。電源多様化による安定供給を確保しながら、CO_2 排出量を大幅に削減することに着目している。

供給シナリオに示されているように、導入する技術により CO_2 排出量の削減効果が大きく異なる。但し、CO_2 排出量は各シナリオの優劣を評価する唯一の指標ではなく、各シナリオの技術の導入可能性、投資コスト、エネルギー供給源の確保など、最適な組み合わせを算出することが重要である。

表 6-60　シナリオ別・エネルギー源別の CO_2 排出量の比較（2050 年）

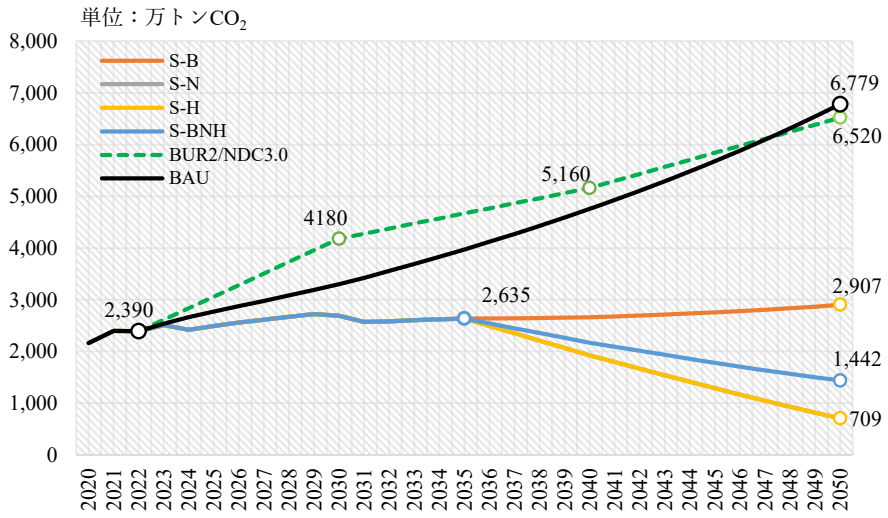
	2050年（単位：万トンCO_2）					BAUに対してCO_2排出削減率（%）			
	BAU	S-B	S-N	S-H	S-BNH	S-B/BAU	S-N/BAU	S-H/BAU	S-BNH/BAU
石炭	5,515	2,697	499	499	1,232	-51.1	-91.0	-91.0	-77.7
コークス	23	23	23	23	23	0.0	0.0	0.0	0.0
石油	1,241	187	187	187	187	-85.0	-85.0	-85.0	-85.0
合計	6,779	2,907	709	709	1,442	-57.1	-89.5	-89.5	-78.7

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 6-58　シナリオ別・エネルギー源別の CO_2 排出量削減の比較（2050 年）



注　：S-N は S-H と線が重複している。
出典：調査団作成

図 6-59　各シナリオの CO_2 排出量の推移（2020～2050 年）

6.6　シナリオ別投資額と生産原価

設備投資額や原価を算出するにあたって、Danish Model を用いて、送配電（太陽光、風力、水素製造設備、原子力などを含む）と最終エネルギー利用時の設備投資額と生産原価を算出する。Danish Model はデンマークの Danish 研究所が開発したモデルで日本をはじめ多くの国で利用されている。

Danish Model はエネルギーの CN を予測するために開発されたモデルで、再生可能エネルギー、環境配慮、経済的効果など総合的評価に重点を置いている点に特徴がある。本分析では Danish Model を使いモンゴルでのエネルギー価格を前提に設備投資や生産原価計算をおこなう。

6.6.1　前提条件と計算方法

(1)　前提条件

投資額と生産原価を算出する際には、以下の 4 つの条件を前提とする。

- 一般的な設備投資計算では主要設備と付帯設備を対象に行う。具体的には、これら設備と土地、建物、備品、運搬車両、ソフトウェアなどであるが、これらのすべてを考慮することには限界があるため、ここでの太陽光、風力、石炭 CHP、天然ガス CHP、水素製造設備、原子力などの設備を対象にする。
- 海外から設備を導入すると販売元の技術者が現地へ数年間常駐することが多く、その際の技術料は設備費用に含む。
- 今回は設備の導入に伴って発生する設備運搬費、支払い金利、土地、建物、用役設備費、管理建物費などは含まれていない。
- 以上の前提で 2025 年を基準に 2026 年から 2050 年までの設備別の設備投資額と消

費燃料を含んだ生産原価計算をおこなう。

(2) 投資資金と生産原価の計算方法

今回の設備投資資金の計算としては Danish Model の LCOE（平均単位コスト:$/MWh）の内、本分析では「単位設備費用（USD/MWh)」として以下の計算式を使用する。

単位設備費用（USD/MWh）=（資本費＋保守費＋その他費用）÷発電量（MWh）

また、生産原価計算は以下の項目で計算される。

単年生産原価＝減価償却費＋運転維持費＋燃料費＋その他費用

※燃料費には設備に応じて石炭・石油・天然ガス・バイオ・水素などが含まれる。

※その他費用にはシナリオに CCS などが設定されたときに投資額が設定される。

6.6.2 シナリオ別設備投資額

各シナリオ別に 2026 年から 2050 年の各 5 年間の設備投資額は以下のとおりである。

表 6-61 BAU の設備投資額

BAU 電力設備投資

Tech Area	Technologies	Capital Investment Unit: Million USD					
		26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
太陽光 PV	シリコン系 PV	1,817	475	856	946	1,114	5,351
風力発電	風力	1,044	286	646	767	912	3,654
水力	ダム式水力	761	2,057				2,818
石炭火力	瀝青炭 CHP	591	763	954	1,189	1,488	4,984
蓄電池	電力調整用	20	5	12	14	17	69
送電線	220kV 600km	366	85	200	246	304	1,201
合計	BAU 投資合計	4,598	4,471	2,668	3,162	3,835	18,733

出典：調査団作成

BAU 最終エネルギー利用に必要な設備投資

Tech Area	Technologies	Capital Investment Unit: Million USD					
		26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
石炭＆石炭製品	電力以外の石炭需要	218	252	277	307	349	1,404
	石炭製品	3	3	2	2	2	12
石油製品	Gasoline	98	97	79	57	32	363
	Jet fuel	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.5
	Diesel	72	63	64	67	70	337
木質エネルギー	Solid biomass	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.11
	Charcoal	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.10
電気利用	産業民生の電気利用	86	112	148	193	253	793
熱利用	産業と民生の熱利用	57	78	104	138	183	560
合計		535	606	674	763	890	3,469

出典：調査団作成

BAU の合計設備投資額

BAU の必要な設備投資額	Capital Investment Unit: Million USD					
	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
電力設備投資	4,598	4,471	2,668	3,162	3,835	18,733
最終エネルギー需要に必要な設備投資	535	606	674	763	890	3,469
DSM に必要な設備投資	274	893	1,749	2,852	4,213	9,980
合計	5,407	5,970	5,091	6,777	8,938	32,182

出典：調査団作成

表 6-62　S-B の設備投資額

S-B 電力設備投資

Tech Area	Technologies	Capital Investment Unit: Million USD					
		26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
太陽光 PV	シリコン系 PV	2,264	1,539	1,635	1,502	1,185	8,124
風力（大規模）	電力事業者風力	1,350	1,033	1,232	1,217	971	5,803
蓄電池	電力調整電池	25	20	23	23	18	109
水力	ダム式水力	761	2,057	0	0	0	2,818
	揚水水力		780	0	0	0	780
火力	発電＋CHP	215	0	110	376	482	1,182
バイオ発電	バイオマス（pellett）	164	0	0	0	0	164
	廃棄物バイオ	62	0	0	0	0	62
送電線	220kV 600km	509	308	381	391	324	1,913
合計		5,350	5,737	3,381	3,507	2,980	20,955

出典：調査団作成

S-B 最終エネルギー利用に必要な設備投資

Tech Area	Technologies	Capital Investment Unit: Million USD					
		26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
石炭と石炭製品	発電以外の石炭需要	320	134	0	78	132	663
	石炭製品	3.2	2.4	1.8	1.2	0.8	9.0
石油製品	Gasoline	23	0	0	0	0	23
	Diesel	32	0	0	0	0	32
木質エネルギー	Solid biomass	0.66	0.17	0.00	0.00	0.00	1.00
水素	水素用風力発電	234	328	413	480	530	1,985
	水素用太陽光発電	392	488	548	593	647	2,668
	アルカリ水電気分解	91	132	165	191	211	789
電気利用	産業民生の電気利用	92	146	174	199	187	797
熱利用	産業と民生の熱利用	21	8	3	43	59	135
SAF	航空燃料	10.8	0.2	0.1	0.0	0.0	11.0
E-fuel	E-Fuel 用風力発電		256	311	360	403	1,330
	E-fuel 用太陽光発電		380	413	445	492	1,730
	E-Fuel		58	69	77	84	288
合計		1,218	1,933	2,096	2,468	2,745	10,461

出典：調査団作成

S-B の合計設備投資額

S-B の必要な設備投資額	Capital Investment Unit: Million USD					
	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
電力設備投資	5,350	5,737	3,381	3,507	2,980	20,955
最終エネルギー需要に必要な設備投資	1,218	1,933	2,096	2,468	2,745	10,461

DSM に必要な投資や費用	253	731	1,268	1,828	2,398	6,478
合計	6,821	8,401	6,745	7,803	8,123	37,894

出典：調査団作成

表 6-63　S-N の設備投資額

S-N 電力設備投資

Tech Area	Technologies	Capital Investment Unit: Million USD					
		26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
太陽光 PV	シリコン系 PV	2,264	1,539	1,634	1,502	1,185	8,123
風力発電	電力事業者風力	1,350	1,033	1,231	1,217	971	5,802
蓄電池	電力調整電池	25	20	23	23	18	109
原子力	SMR			2,567	2,438	1,986	6,991
	CHP			111	111	105	328
水力	ダム式水力	761	2,057				2,818
	揚水水力		780				780
火力	瀝青炭 CHP	215					215
バイオ発電	pellet 発電	164					164
	廃棄物発電	62					62
送電線	220kV 600km		509	308	381	391	1,589
合計		4,841	5,938	5,875	5,672	4,655	26,980

出典：調査団作成

S-N 最終エネルギー利用に必要な設備投資

Tech Area	Technologies	Capital Investment Unit: Million USD					
		26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
石炭と石炭製品	発電以外の石炭需要	320	134		78	132	663
	石炭製品	3	2	2	1	1	9
石油製品	Gasoline	23					23
	Diesel	32					32
木質エネルギー	Solid biomass	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	1.0
水素	水素用風力発電	233.6	328	413	480	530	1,985
	水素用太陽光発電	391.7	488	548	593	647	2,668
	アルカリ水電気分解	91	132	165	191	211	789
電気利用	産業民生の電気利用	92	146	174	199	187	797
熱利用	産業と民生の熱利用	21	8	3	43	59	135
SAF	航空機燃料	11					11
E-fuel	E-Fuel 用風力発電		256	311	360	403	1,330
	E-fuel 用太陽光発電		380	413	445	492	1,730
	E-fuel		58	69	77	84	288
合計	投資合計	1,218	1,933	2,096	2,468	2,745	10,461

出典：調査団作成

S-N の合計設備投資額

S-N の必要な設備投資額	Capital Investment Unit: Million USD					
	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
電力設備投資	4,841	5,938	5,875	5,672	4,655	26,980
最終エネルギー需要に必要な設備投資	1,218	1,933	2,096	2,468	2,745	10,461
DSM に必要な投資や費用	253	731	1,268	1,828	2,398	6,478
合計	6,312	8,602	9,239	9,968	9,798	43,919

出典：調査団作成

表 6-64　S-H の設備投資額

S-H 電力設備投資

Tech Area	Technologies	Capital Investment Unit: Million USD					
		26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
太陽光 PV	シリコン系 PV	2,264	1,539	1,064	991	700	6,557
風力発電	電力事業者風力	1,350	1,033	802	803	573	4,561
蓄電池	電力調整電池	25	20	15	15	11	86
水素発電	水素用太陽光			7,627	6,835	6,502	20,964
	水素用風力			5,756	5,543	5,330	16,628
	水素用 BESS			108	103	98	309
	純水			422	422	422	1,265
	用水輸送費			208	0	0	208
	水素パイプライン			1991	0	0	1991
水素発電	水素 CHP			5,522	5,432	5,342	16,296
水力	ダム式水力	761	2,057	0	0	0	2,818
	揚水水力	0	849	0	0	0	849
火力	瀝青炭 CHP	215	0	0	0	0	215
バイオ発電	Pellet 発電	164	0	0	0	0	164
	廃棄物発電	62	0	0	0	0	62
送電線	220kV 600km	509	308	248	258	191	1,514
合計		5,350	5,806	23,763	20,401	19,167	74,487

出典：調査団作成

S-H 最終エネルギー利用に必要な設備投資

Tech Area	Technologies	Capital Investment Unit: Million USD					
		26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
石炭と石炭製品	発電以外の石炭需要	320	134		78	132	663
	石炭製品	3	2	2	1	1	9
石油製品	Gasoline	23					23
	Diesel	32					32
木質エネルギー	Solid biomass	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	1.0
水素	水素用風力発電	233.6	328	413	480	530	1,985
	水素用太陽光発電	391.7	488	548	593	647	2,668
	アルカリ水電気分解	91	132	165	191	211	789
電気利用	産業民生の電気利用	92	146	174	199	187	797
熱利用	産業と民生の熱利用	21	8	3	43	59	135
SAF	航空機燃料	11					11
E-fuel	E-Fuel 用風力発電		256	311	360	403	1,330
	E-fuel 用太陽光発電		380	413	445	492	1,730
	E-fuel		58	69	77	84	288
合計	投資合計	1,218	1,933	2,096	2,468	2,745	10,461

出典：調査団作成

S-H の合計設備投資額

S-H の必要な投資額	Capital Investment Unit: Million USD					
	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
電力設備投資	5,350	5,806	23,763	20,401	19,167	74,487
最終エネルギー需要に必要な設備投資	1,218	1,933	2,096	2,468	2,745	10,461
DSM に必要な投資額	253	731	1,268	1,828	2,398	6,478
合計	6,821	8,470	27,127	24,697	24,310	91,426

出典：調査団作成

表 6-65　S-BNH の設備投資額

S-BNH 電力設備投資

Tech Area	Technologies	Capital Investment Unit: Million USD					
		26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
太陽光 PV	シリコン系 PV	2,264	1,539	1,445	1,330	1,024	7,601
風力発電	電力事業者風力	1,350	1,033	1,089	1,078	838	5,388
蓄電池	電力調整電池	25	20	21	20	15	101
水素発電	水素用太陽光			2,542	2,278	2,167	6,988
	水素用風力			1,919	1,848	1,777	5,543
	水素用 BESS			36	34	33	103
	純水			112	112	112	337
	用水輸送費			23	23	23	69
	水素パイプライン			348	348	348	1044
	水素 CHP			1,841	1,811	1,781	5,432
水力	ダム式水力	761	2,057	0	0	0	2,818
	揚水水力	0	849	0	0	0	849
原子力 CHP	SMR（100MW＊ｎ）			1,100	697	662	2,459
	CHP			37	37	37	111
火力	瀝青炭 CHP	215	0	0	0	0	215
バイオ発電	Pellet 発電	164	0	0	0	0	164
	廃棄物発電	62	0	0	0	0	62
送電線	220kV 600km	509	308	337	346	280	1,780
合計	投資合計	5,350	5,806	10,849	9,962	9,097	41,065

出典：調査団作成

S-BNH 最終エネルギー利用に必要な設備投資

Tech Area	Technologies	Capital Investment Unit: Million USD					
		26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
石炭と石炭製品	発電以外の石炭需要	320	134		78	132	663
	石炭製品	3	2	2	1	1	9
石油製品	Gasoline	23					23
	Diesel	32					32
木質エネルギー	Solid biomass	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	1.0
水素	水素用風力発電	233.6	328	413	480	530	1,985
	水素用太陽光発電	391.7	488	548	593	647	2,668
	アルカリ水電気分解	91	132	165	191	211	789
電気利用	産業民生の電気利用	92	146	174	199	187	797
熱利用	産業と民生の熱利用	21	8	3	43	59	135
SAF	航空機燃料	11					11
E-fuel	E-Fuel 用風力発電		256	311	360	403	1,330
	E-fuel 用太陽光発電		380	413	445	492	1,730
	E-fuel		58	69	77	84	288
合計	投資合計	1,218	1,933	2,096	2,468	2,745	10,461

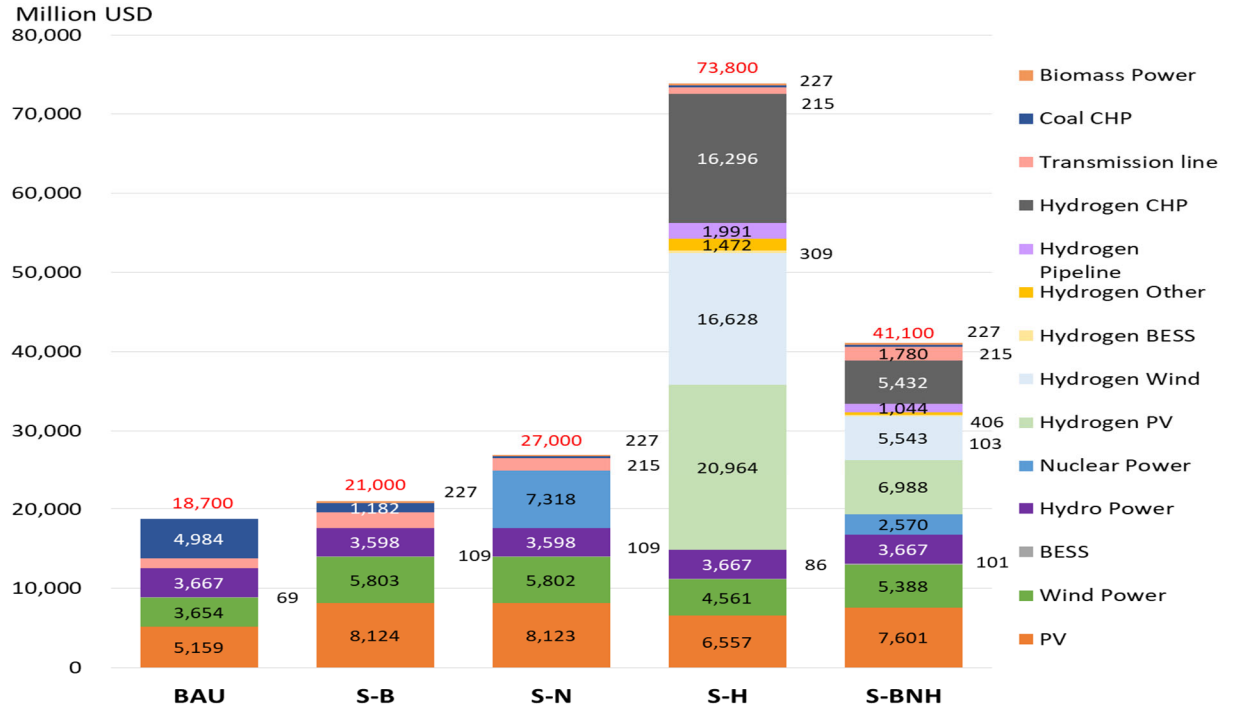
出典：調査団作成

S-BNH の合計設備投資額

S-BNH の必要な投資額	Capital Investment Unit: Million USD					
	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Total
電力設備投資	5,350	5,806	10,849	9,962	9,097	41,100
最終エネルギー需要に必要な設備投資	1,218	1,933	2,096	2,468	2,745	10,461
DSM に必要な投資額	253	731	1,268	1,828	2,398	6,478
合計	6,821	8,470	14,213	14,258	14,240	58,039

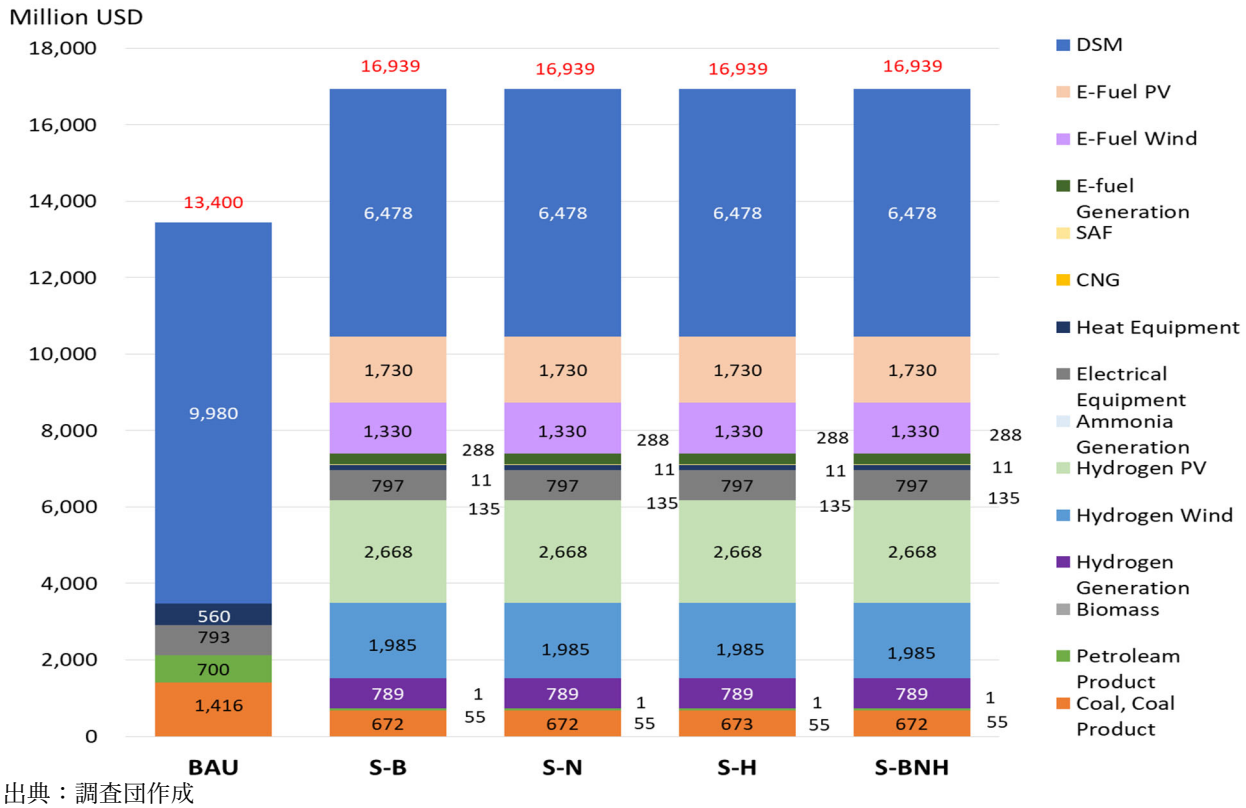
出典：調査団作成

以上の結果をシナリオ別に 2026 年から 2050 年の設備投資額をグラフにすると以下のとおりである。



出典：調査団作成

図 6-60　各シナリオにおける概算累計投資額



出典：調査団作成

図 6-61　シナリオ別の最終エネルギー利用の設備投資額

6.6.3 シナリオ別の 2026 年から 2050 年の生産原価

表 6-66 シナリオ別生産原価

BAU 生産原価(5 年間ごと) Unit: million USD

	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	合計
電力発電原価	4,239	5,557	6,542	7,888	9,601	33,827
最終エネルギー利用の原価	12,979	15,567	17,875	19,924	21,680	88,025
DSM に必要な投資や費用	274	893	1,749	2,852	4,213	9,980
生産原価	17,492	22,017	26,166	30,664	35,494	131,832

出典：調査団作成

S-B 生産原価(5 年間ごと) Unit: million USD

	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	合計
電力発電原価	4,105	5,344	6,026	7,035	8,112	30,623
最終エネルギー利用の原価	11,586	12,320	12,170	11,633	11,023	58,733
DSM に必要な投資や費用	253	731	1,268	1,828	2,398	6,478
生産原価	15,944	18,395	19,464	20,496	21,533	95,834

出典：調査団作成

S-N 生産原価(5 年間ごと) Unit: million USD

	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	合計
電力原価	4,105	5,344	7,350	8,070	10,748	35,617
最終エネルギー利用の原価	11,586	12,320	12,170	11,633	11,023	58,733
DSM に必要な投資や費用	253	731	1,268	1,828	2,398	6,478
生産原価	15,944	18,395	20,788	21,531	24,169	100,828

出典：調査団作成

S-H 生産原価(5 年間ごと) Unit: million USD

	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	合計
電力原価	4,109	5,369	11,770	15,226	18,783	55,257
最終エネルギー利用の原価	11,586	12,320	12,170	11,633	11,023	58,733
DSM に必要な投資や費用	253	731	1,268	1,828	2,398	6,478
生産原価	15,948	18,420	25,208	28,687	32,204	120,468

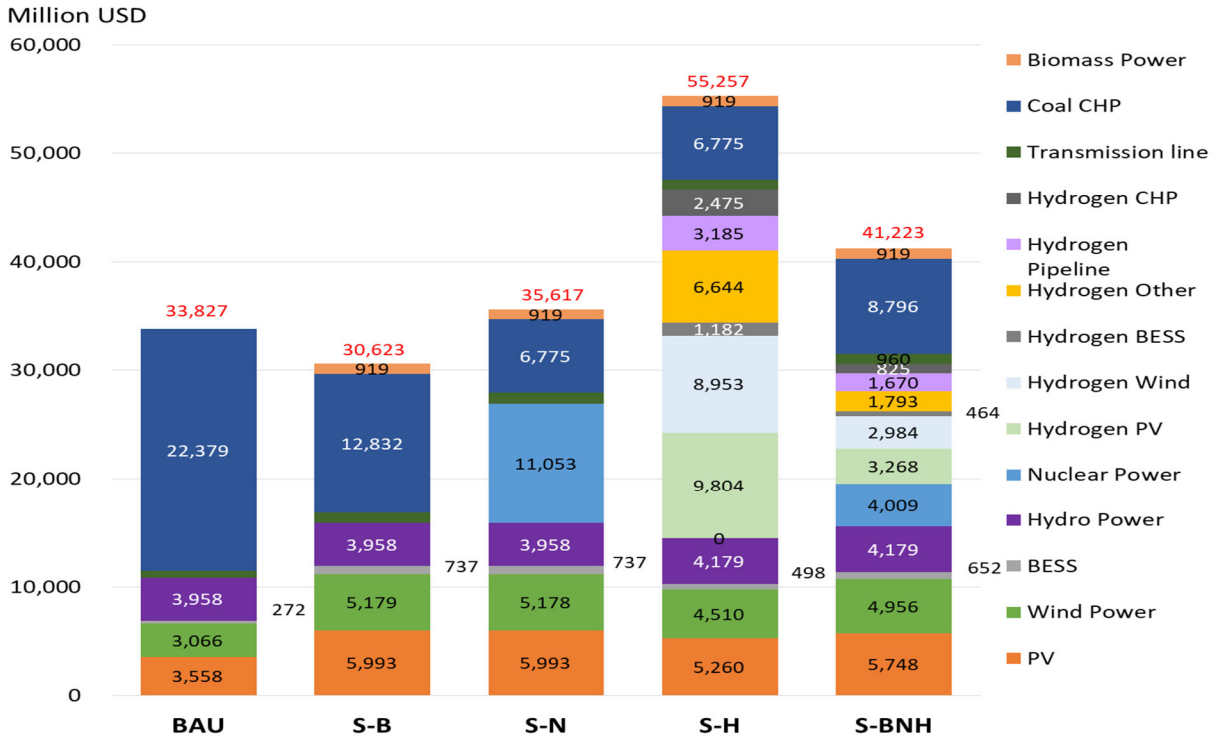
出典：調査団作成

S-BNH 生産原価(5 年間ごと) Unit: million USD

	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	合計
電力原価	4,109	5,373	8,667	10,300	12,775	41,223
最終エネルギー利用の原価	11,586	12,320	12,170	11,633	11,023	58,733
DSM に必要な投資や費用	253	731	1,268	1,828	2,398	6,478
生産原価	15,948	18,424	22,105	23,761	26,196	106,434

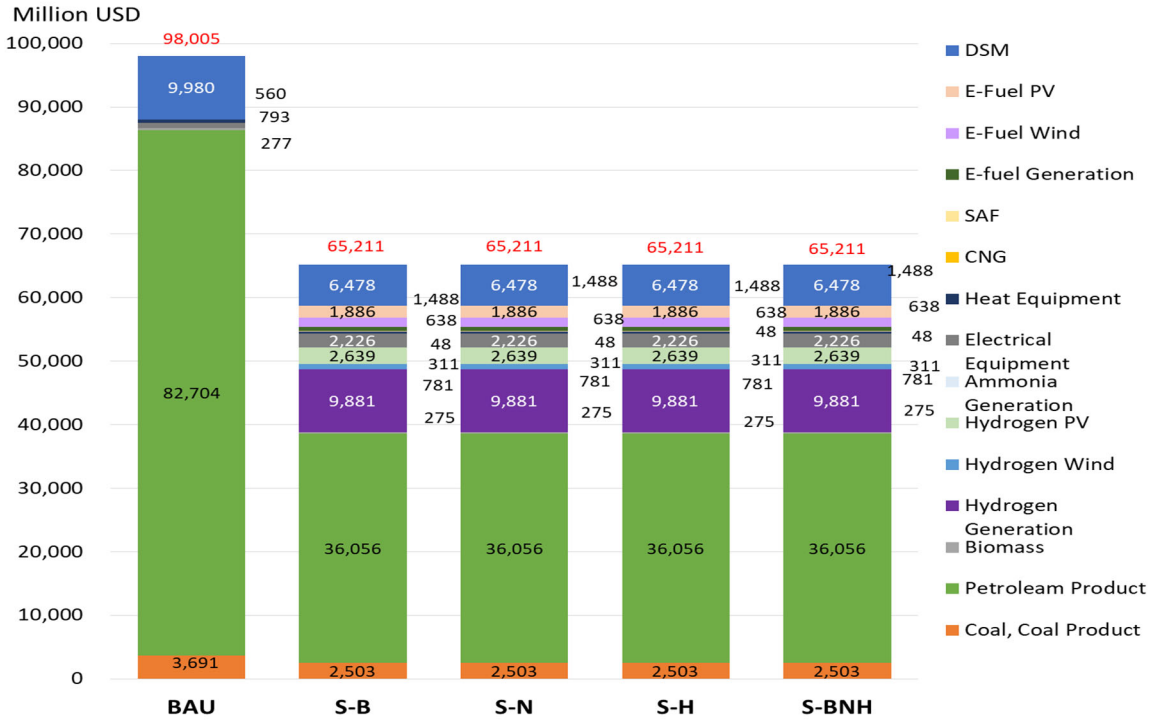
出典：調査団作成

シナリオ別の原価のグラフを以下に示す。



出典：調査団作成

図 6-62　シナリオ別送発生産電原価



出典：調査団作成

図 6-63　シナリオ別の最終エネルギー利用の生産原価

6.6.4　設備投資と原価の分析

＜設備投資＞

- 各シナリオでは、電力投資に関しては S-H のシナリオが極端に多額の投資額が必

要となっている。BAU に対して S-B は 1.12 倍、S-N は 1.44 倍、S-H は 3.9 倍、S-BNH は 2.2 倍である。

- 最終エネルギー利用に必要な設備投資は、「BAU」と「その他のシナリオ」の 2 種類が提案されているが、BAU 以外のシナリオでは BAU よりも 3.0 倍ほど高くなっている。これは新エネルギーである水素、SAF、E-fuel などが生産・利用されるためである。
- DSM（Demand Side Management）の省エネルギー活動に必要な投資や費用は BAU ケースが最も高く、新エネルギーの活用が提案されている S-B、S-N、S-H、S-BNH シナリオでは省エネルギー投資は BAU の 65%程度である。
- BAU の合計設備投資額と S-B を比較すると S-B が 5.7 billion USD 高額である。これは石炭 CHP の能力増強を抑えて太陽光や風力の導入を増やしたためである。
- S-N の 2050 年までの合計設備投資額は S-B よりも 6 billion USD 高額であるが、これは原子力発電を導入するためである。
- S-H の 2050 年までの合計設備投資額が S-N よりも 47 billion USD 高額であるのは、大量の太陽光や風力を導入して水素発電 CHP を行うためである。
- S-BNH の 2050 年までの合計設備投資額が S-N よりも約 14 billion USD 高額であるのは、S-BNH では原発に加え水素発電 CHP を行うためである。

＜生産原価＞

- BAU の生産原価よりも S-B の生産原価の方が高いのは S-B は水素、SAF、E-Fuel などを導入しているためである。
- 仮に BAU の石炭 CHP に CCS を導入すると、そのコストで石炭火力発電コストは 2 倍のコストになる。BAU の総原価は S-B、S-N、S-H、S-BNH の生産原価とほとんど同じである。
- S-H で太陽光や風力からの水素の生産を減らせば、S-H の生産原価は S-N よりは安価になる。
- 原子力発電の原単価は 6US cent から 7US cent/kWh であるのに対して、太陽光や風力は蓄電池を装着した場合には 4US cent から 6US cent/kWh となり、原子力発電の原単価とほぼ同額になる。

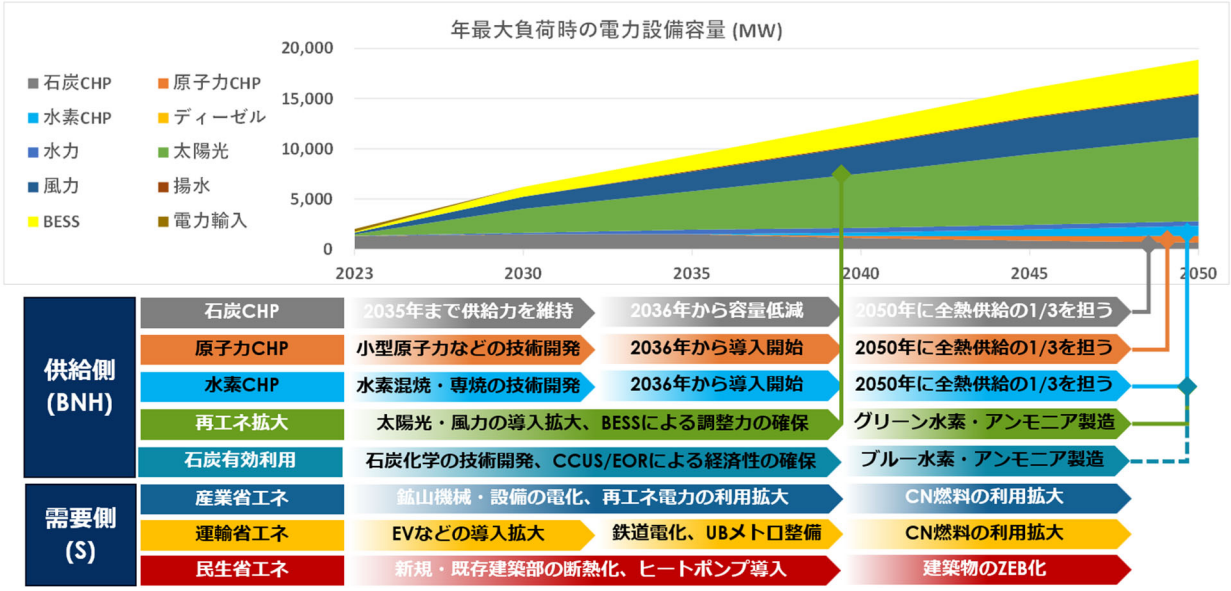
6.7 エネルギー・トランジションロードマップの提案

上記までのケーススタディをもとに、下記の理由により S-BNH シナリオを採用することが最も現実的であると考えられた。また、S-BNH シナリオの概要を下図に示す。

- 安定的なエネルギー・トランジション：本シナリオは他すべてのシナリオの可能性を排除せず、エネルギー部門のトランジション政策の進行が可能となっている。とくにエネルギー脱炭素化関連の将来的な採用技術候補（原子力・水素・RE など）は開発進捗で日々変化している。この点、どれか一つでも選択肢から排除して政策を進めると、その技術の採用が大きく遅れるというリスクを本シナリオはカバーしている。ただし、技術動向の把握を踏まえた継続的なロードマップの見直

しは必要である。

- 化石燃料利用の継続：モンゴルは石炭を含む鉱山産業と需要側での石炭利用に大きく依存した社会構造となっており、この化石燃料の利用を削減することは重要である。一方、石炭は厳冬期の熱源の獲得において貧困層などの社会的に脆弱な集団におけるライフラインになっている面があるなど、経済・環境面だけで評価できない部分もある。したがって、石炭などの化石燃料利用は 2050 年においても需要側（主に民生・産業）、供給側において少し残るものとしたが、それぞれのシナリオと比較して経済・社会・環境のバランスから現実的な着地点となっていると評価する。
- 2050 ネットゼロエミッション達成への貢献：最終的に排出量はゼロとはならないが、森林吸収や CCUS などによる吸収源対策を加味することでネットゼロエミッションの達成を現実的に視野に入れることが可能である。これを現実的に NDC や将来目標に反映していくには、吸収源の量的確保策についても併せて考慮する必要がある。



出典：調査団作成

図 6-64　S-BNH シナリオの概要

6.8　アクションプラン

S-BNH シナリオを想定したアクションプランを下記に示す。なお、アクションプランは中長期と短中期に分けた課題と対応のポイントをエネルギーセクター内の各部門および人材育成について述べる形式とし、開始から 10 年後の 2035 年までを短中期として設定している。

表 6-67　アクションプラン

期間	アクションプラン
短中期（2035 年ま	● エネルギー・トランジションに向けて、**政府をあげた統一的な取組が必要**である。そのために、関係省庁との認識共有・合意も踏まえた**公式のロードマップ**

で）の取組	**を策定**し、それを踏まえたそれぞれの**関係主体が有する計画へのロードマップ内容の反映**や各主体において詳細なアクションプランの作成を実施する。 ● 需要側での課題と対応 ● 産業部門は、目下のエネルギー利用量の増大を緩和するため断熱を含む**省エネ市場の活性化**を促進し、鉱山電化のための**発電所・送電網の整備**を重点的に行う。また、**鉱山電化**や**各種産業の省エネ BAT（Best Available Technologies:利用可能な最良の技術）導入**を進めるため、**インセンティブ制度の構築**を推進する。 ● 運輸部門：道路の旅客運輸は**公共交通へのモーダルシフト**を早期に進めるために **BRT・メトロ・LRT・ケーブルカー**等の**マストランジットシステムの整備**を推進、車両の **HV（PHEV を含む）・EV・FCV へ普及促進**する。鉄道運輸では**早期の電化実現**、貨物運輸は**道路運輸から鉄道貨物への移行**を推進する。航空運輸では**運航改善、SAF の導入**を推進する。 ● 民生部門は、他ドナーが遂行する既存建築物の断熱化プロジェクトの継続・拡大を行いつつ、**新築建築物の断熱化を制度化・施行**し、とくに**公共ビルでの率先した断熱性能向上**に取り組む。また、バイオマスが混入した**改良燃料の普及**を促進し、ウランバートルなどの大気汚染に対しても対策を行う。 ● 供給（電力、熱）部門は、①**小型原子力 CHP** の建設(2036 年運転開始目途)、及びこれに向けた**国際機関との調整**ならびに準備調査の早期実施、②需要地における**水素製造・水素 CHP** 建設(2036 年運転開始目途)、送電計画を含む**水素製造用 VRE 地点**の早期確定と建設、③**バイオマス、CBM、一般水力、及び地熱エネルギーの地域熱供給システムへの活用**等、短・中期的に脱炭素・CO_2 削減に資する技術の見極めと開発、④送電・水素パイプライン計画を含む**南ゴビ地域の VRE 大量開発**を実施する。なお本ロードマップシナリオとは別に、既設火力の熱効率向上に資する評価システムの導入等の取組や、現状の熱供給システムの効率向上策の検討など、CO_2 削減のために即時的な効果のある諸策を進めることが重要と考えられる。 ● 資源などについては進捗によってロードマップの変更に大きく寄与する。一方で新規資源の利用可能性を検討し続けること自体が将来のエネルギー安定供給に対して重要であるため、ロードマップのシナリオとは別に下記の取組を進めることが重要である。 ➢ 大気汚染対策及びガス発電に向けた CO_2 削減を伴う**褐炭資源**を活用した**石炭ガス化**支援 ➢ CO_2 削減対策としての CO_2 を用いた **EOR 及び ECBM の F/S 実施**と**パイロットプラント**構築 ➢ **オイルシェール、シェールガス**等の**非在来型資源開発の F/S 実施**と**パイロットプラント**構築 ➢ **産業廃棄物、下水処理廃棄物、バイオマス**等の燃料化による**発電所混焼、HOB への燃料転換**推進 ● 人材育成については、モンゴル人学生、技術者、研究者の**日本派遣と日本人教員の受入れ**、両国間の**共同研究の推進**や指導教員の連携による**キャリア支援**を通じて人材の往還を促進し、**国際頭脳循環の基盤**を整備。
中長期（2050 年まで）の課題と対応のポ	● 2050 年に向けては、温室効果ガス排出の **44%**以上を占め、今後の開発により増加も予想されるエネルギー分野の取組が重要。 ✓ 石炭に依存した社会・経済構造を持つモンゴルの地勢を踏まえてもその実現は容易ではなく、産業界、消費者、政府など国民各層が総力を挙げた取り組みが

イント	必要。 ● 需要側の課題と対応 ✓ 産業部門は、鉱業での継続的な電化と CN 燃料利用が進むよう **CN 燃料製造事業創出**を推進する。また、**カーボンクレジット制度の構築・利用促進**を行うことで**全産業**が**鉱業の電化・CN 燃料化および脱炭素化制度の波及効果**を得られるよう取組を深化する。 ✓ 運輸部門は、道路運輸は車両の**電動化・水素化の普及を促進**する。鉄道運輸では**全線の電化あるいは燃料電池車への転換を実現。**航空運輸では航空燃料の**SAF の使用率引き上げ、新技術導入**に取り組む。 ✓ 民生部門は、短中期での公共ビルの断熱化取組を基に商業ビル・戸建て住宅の断熱化に波及させ**電化暖房機器に切り替えられるエネルギー消費形態**を実現する。また、**地中熱ヒートポンプ**を導入するための**法整備・市場の形成**に取り組む。 ● 供給（電力、熱）部門は、①**小型原子力 CHP** 及び**水素 CHP** の継続的建設、②送電・水素パイプライン計画を含む**南ゴビ地域の VRE** の継続的建設を段階的に展開する。 ● 将来的な資源や炭素貯蔵・利用などについては、エネルギーの地産地消を基本とし、短中期の取組結果を踏まえて、①**石炭ガス化による SNG、メタノール、DME、水素製造の商業化**、②石炭利用時の CO_2 削減対策としての **EOR、ECBM の商業化**による増量、③**非在来型エネルギー資源（CBM、シェールガス等）の商業生産**を実現する。 ● これらを可能にするための人材育成については、日本での留学・共同研究を通じて育成された**帰国人材の活用**、モンゴルにおける**大学内の学際的教育の推進**、産官学および省庁間の連携の強化により**国際頭脳循環の構築**を図り、エネルギー・トランジションを担う**中核人材を継続的に育成する体制**を確立。

出典：調査団作成

なお、上記の下線部について具体的に進めるにあたり、進め方の一例を下記に示す。箇条書きとなっているものについては、全て並行して進める必要があることを示すが、調査団としてモンゴル政府側で比較的取り組みやすいものを上から順に記載している。

表 6-68　進め方の一例

対応内容	政府における進め方の例
公式のロードマップを策定	省庁横断の WG を CO_2 削減・需要側・供給側・資源・人材育成などのテーマに分けて組成し、NGO・学識・産業界などの参加も促して意見を収集し、今回策定したロードマップを産官学および市民からオーソライズされたものとして省庁または政府で最終承認をする。
断熱を含む省エネ市場の活性化	✓　熱料金のメーター設置などの従量課金の強化 ✓　断熱等省エネ製品またはその生産企業へのインセンティブ制度（補助金、税制優遇など）の実施 ✓　建物省エネ基準の策定およびその義務化、監査強化 ✓　電力・熱料金の向上

鉱山電化や各種産業の省エネBAT導入を進めるため、インセンティブ制度等の構築	✓ 省エネ優良取組企業表彰制度 ✓ 各産業に適用できるBATの調査・整理・公開 ✓ 省エネ診断の普及促進のための省エネセンターの開設 ✓ EV・EVチャージャー導入補助金・税制優遇の設置 ✓ ベンチマーキング制度、MEPS制度の導入
HV（PHEVを含む）・EV・FCVへ普及促進	✓ 車両登録・ナンバープレート優遇 ✓ 税制優遇・関税減免の導入・強化 ✓ 公共機関・政府車両のEV化推進 ✓ EV用充電スタンド、FCV用水素ステーションの整備 ✓ 購入補助金・インセンティブ制度の導入
鉄道運輸での早期の電化実現	✓ 電化実現に向けた方針とロードマップの策定 ✓ 優先的に事業を行う区間の選定 ✓ 電化方式の決定・インフラ設計の標準化 ✓ 人材育成と保守体制の整備
貨物運輸の道路貨物から鉄道貨物への移行	✓ 割安な運賃設定による鉄道輸送の料金競争力強化 ✓ 複線化の推進など鉄道インフラの近代化・容量増強 ✓ 貨物駅の増設など物流ハブ・積替え拠点の整備 ✓ 長距離輸送に鉄道利用を義務化など規制・インセンティブ制度の導入
航空運輸では運航改善、SAFの導入	✓ 航路短縮、最適高度・速度の設定、地上待機時間削減、などの運航効率の最適化 ✓ 航空機の更新・改修による燃費の改善 ✓ SAF混合比率の義務化などSAFの導入促進 ✓ 自国内製造に向けた取り組みの強化
新築建築物の断熱化を制度化・施行	✓ 建物省エネ計算ツールの開発・公開・利用促進 ✓ 政府による建物省エネラベリング制度の導入 ✓ 省エネ建築購入における住宅ローンの金利軽減制度導入（上記ラベリング制度などと関連させる） ✓ 建物省エネ基準の策定およびその義務化、監査強化
公共ビルでの率先した断熱性能向上	✓ 建築物省エネ技術リスト・ガイドラインの調査・整理・公開 ✓ 政府による公共向け建物省エネラベリング制度の導入 ✓ 省エネラベリング等に基づく地方自治体への設備導入補助制度導入 ✓ 公共建築物の省エネ基準義務化
小型原子力CHPの建設（2036年運転開始目途）、及びこれに向けた国際機関との調整ならびに準備調査	✓ モンゴル国の基本的なエネルギー方針への原子力の明確な位置付け ✓ 主体的に原子力政策を推進する政府機関、原子力発電所建設・運転維持管理を行う組織、及び導入する原子力技術の妥当性を判断できる組織の設立

	✓ 関連する法律および基準類の整備 ✓ 導入する原子力技術、発電所立地候補地域の選定と地域社会との綿密な調整 ✓ これらを実施するために必要な人材の育成推進
水素製造・水素 CHP 建設（2036 年運転開始目途）	✓ モンゴル国への導入に適した水素製造・水素 CHP 技術の選定 ✓ 水素製造のための水の確保（別地点からの水道管による供給、現地取水等）を踏まえた水素製造拠点の選定 ✓ 熱需要地近傍の水素 CHP 拠点の選定 ✓ 水素 CHP からの需要家向け熱供給温水パイプライン、需要家向け電力供給送電網の整備
水素製造用 VRE 地点の早期確定と建設	✓ 水素製造用 VRE 建設、及び早期実現のための VRE 地点から水素製造拠点までの送電線建設の同時計画
水素パイプライン計画	✓ コストを踏まえた、水素パイプラインの仕様選定等適切な輸送方法と安全を確保したルートの検討
その他	✓ 水素 CHP による電熱供給体制を実現するために、一元的に検討・推進する組織の整備と必要な人材育成の推進
バイオマス、CBM や一般水力等、短・中期的に脱炭素・CO_2 削減に資する技術の見極めと開発	✓ 国内各地域においてある程度の優位性や可能性を持つ、脱炭素・CO_2 削減に資する技術の再確認と抽出 ✓ 抽出した技術の当該地域における適合性・発展性の検討 ✓ 実現可能性の高い技術と開発地点、開発主体の選定、及び開発の推進
褐炭資源を活用した石炭ガス化支援	✓ 民間企業で実施のパイロットプロジェクトへのインセンティブ制度の導入（JCM などの既存スキームの利活用奨励を含む） ✓ 政府で率先した褐炭石炭ガス化技術の実証 ✓ 上記の実証などに基づくガイドラインや技術リストの作成・公開 ✓ カーボンプライシング制度の制定
EOR 及び ECBM の F/S 実施とパイロットプラント構築	✓ 民間企業で実施のパイロットプロジェクトへのインセンティブ制度の導入（JCM などの既存スキームの利活用奨励を含む） ✓ 政府で率先した EOR 及び ECBM 技術の F/S、実証
オイルシェール、シェールガス等の非在来型資源開発の F/S 実施とパイロットプラント構築	✓ 採掘技術の進歩とガス構成の種類の調査・整理・公開 ✓ 政府で率先したプレ F/S の実施 ✓ 民間企業で実施のパイロットプロジェクトへのインセンティブ制度の導入

産業廃棄物、下水処理廃棄物、バイオマス等の燃料化による発電所混焼、HOB への燃料転換推進	✓ バイオマス賦存量・賦存場所・混焼技術の調査・整理 ✓ バイオマス利活用ガイドラインの策定および公開 ✓ バイオマス混焼によるインセンティブ制度（補助金、税制優遇など）の導入 ✓ 民間企業で実施のパイロットプロジェクトへのインセンティブ制度の導入（JCM などの既存スキームの利活用奨励を含む） ✓ 政府で率先したバイオマス混焼技術の実証
人材育成	下記の方策の推進に向けて、教育省を中心に関係省庁と連携し、制度的枠組みの整備および関係機関間の調整・支援を行う。 ✓ モンゴル人学生、技術者、研究者の日本派遣および日本人教員の受入れ ✓ 両国間の共同研究の推進 ✓ 指導教員の連携によるキャリア支援 ✓ 帰国人材の活用・定着に向けた仕組み整備

出典：調査団作成

第7章　中長期人材育成ニーズ

7.1　モンゴルにおける人材育成の現状と課題

本節では、モンゴルにおける理工学系人材育成の現状と、それを取り巻く教育制度や政策的課題について整理する。

7.1.1　モンゴルの理工学系高等教育の現状と制度的背景

(1)　主要大学の教育体制とプログラム

モンゴルの高等教育は 4 段階（ディプロマ、学士、修士、博士）で構成されており、88 の高等教育機関が存在している（2020/21 年度）。その内訳は大学 37 校（42.1%）、研究所 45 校（51.1%）、カレッジ 3 校（3.4%）、海外大学分校 3 校（3.4%）で構成されている[62]。

モンゴルにおける主要な高等教育機関としては、モンゴル国立大学とモンゴル科学技術大学がある。モンゴル国立大学は、6 つの学部、2 つの分校、3 つの国立研究所、および複数の研究センターを擁し、学士課程から博士課程まで教育を提供している。また、同大学は自然科学、人文科学、社会科学、経済学など、幅広い分野で教育・研究を展開する総合大学であり、118 のカリキュラムが組織されているモンゴルを代表する教育・研究拠点で、現在の学生数は 21,600 人である[63]。

モンゴル科学技術大学は、11 の学部、4 つの分校、複数の技術・工学系研究所および研究センターを擁し、技術・工学教育および研究に特化している。モンゴル科学技術大学はモンゴル国立大学よりも多くの学部を要し、183 のカリキュラムを提供しており、現在の学生数は 14,368 人である[64]。

(2)　学生数および分野別の進学傾向

OECD 加盟国の高等教育機関（大学、短期大学、大学院など）に在籍する学生に占める工学・技術系を専攻する学生の割合は、2022 年時点で 13.9%である[65]。そのほか、近隣の中所得国であるウズベキスタンは 21.7%（2021）、カザフスタンは 18.5%（2020）、キルギスは 11.3%（2024）となっている[66]。一方、モンゴルでは、2021/2022 年度の高等教育機関に在籍する学生数は 148,954 人であり、その内、工学、製造、建設系の学科を専攻する学生の割合は 12.8%で、OECD 加盟国の平均、カザフスタン、ウズベキスタンより低い水準である一方、キルギスよりは高い水準となっている。モンゴルの高等教育においては、工学、製造、建設を学ぶ学生のうち 73.1%にあたる 13,966 人が工学系を専攻しており、主に 5 分野に分類さ

[62] Ministry of Education and Science of Mongolia. (2021). Statistics of the Higher Education Sector 2020-2021 Academic Year. Retrieved from https://en.moe.gov.mn/post/65490.
[63] 大学公式ウェブサイト（https://portal.num.edu.mn/en/）に記載された数値（2025 年 4 月閲覧）。
[64] 大学公式ウェブサイト（https://must.edu.mn/en/）に記載された数値（2025 年 4 月閲覧）。
[65] OECD Data Explorer より 2022 年時点での高等教育在籍者の中で、工学、製造、建設分野を専攻している学生の割合抽出。
[66] UNESCO Institute for Statistics（https://databrowser.uis.unesco.org/）より抽出された数値（2025 年 6 月閲覧）

れる。中でも、電気・エネルギー分野の学生数が多い。

表 7-1　工学系高等教育の分野別学生数

分野	学生数（人）
電気・エネルギー	4,925
土木・産業建築	3,725
建設・都市計画	1,819
機械・金属製造	1,788
鉱業	1,709
合計	13,966

出典：Gerelmaa Baljinnyam ほか (2022) [67]

分野別のディプロマと学士レベルの学生数と修士と博士レベルの学生数の比率の比較では、電気エンジニア分野はディプロマ・学士課程の学生が多く在籍しているが、修士・博士課程への進学者が少ない。これは、産業界が即戦力としての学士レベルの技術者を必要としていることを示唆している。一方、電力供給分野ではディプロマ・学士課程の学生の割合は他の分野に比較して少ないが、修士・博士課程への進学割合が比較的高い。これは、エネルギー分野の高度化や持続可能な電力供給を支えるために、高度技術者や研究者の需要が存在している可能性を示唆していると考えられる。

表 7-2　工学系高等教育の教育段階別学生数

分野	ディプロマと学士	修士と博士	比率
環境保護技術	1,392 人	77 人	5.5%
電気エンジニア(Electrical Engineer)	9,612 人	97 人	1.0%
電力供給(Power Supply)	409 人	34 人	8.3%
機械工学	1,988 人	23 人	1.2%
食品工学	3,023 人	0 人	0.0%
鉱山開発技術	3,912 人	602 人	15.4%
鉱物濃縮技術	1,702 人	131 人	7.7%
土地管理（計画・地籍）	2,150 人	1,080 人	50.2%
建築	6,008 人	188 人	3.1%
建設工学	15,186 人	176 人	1.2%
合計	45,382 人	2,408 人	5.3%

出典：Gerelmaa Baljinnyam ほか (2022)[67]

また、上表のとおり、モンゴルの工学技術分野の修士・博士課程の割合は 5.3%である一方、OECD 加盟国の平均は工学、製造、建築分野において学生全体の修士課程は 11.3%であり、博士課程は 16.7%であった。この数値の差は、モンゴルにおいて修士・博士課程への進学が著しく低いことを示しており、高度技術者・研究者が不足しているという課題を示している。

[67] Gerelmaa Baljinnyam ほか (2022),Current Situation and Prospects of Higher Education of Engineering and Technology in Mongolia

(3) 教育の質と産業界からのニーズのギャップ

高等教育の質や実務的スキル育成に対する産業界の要望は過去 10 年間で変化はなく、さらなる質の向上と実務重視の教育が求められていると考えられる。モンゴル国「工学系高等教育情報収集・確認調査」報告書（2013）では、モンゴルの高等教育の質の面について、産業界から「理論だけでなく実際に産業界で有用な実務的な教育、海外の大学と遜色のない国際レベルの教育をしてほしい」との声があがっているとの報告があった。同様に、世界銀行（2023）[68]によれば、大企業、成長企業、輸出企業、イノベーティブな取組をする現代的な企業（Modern Enterprises）からは、スキル不足が事業運営における重大な障害となっていることが指摘されている。これらの現代的な企業は、モンゴル全体としては少数派であるものの、モンゴル経済の成長や近代化にとって極めて重要な役割を担っており、労働力のスキル不足はその発展を妨げる要因となる可能性があることが確認された。

(4) 高等教育政策の方向性と工学分野の位置づけ

モンゴルの高等教育政策は、労働市場の需要に対応するため、技術職業教育訓練（TVET）の強化を主軸として進められてきたと考えられる。

たとえば、「Vision 2050」では、高等教育における工学分野についての具体的で政策的な取組についての記載は見られないものの、労働市場の需要に対応するために、技術職業教育訓練（TVET）の強化が重視されている。

教育・科学省の「教育セクター中期開発計画」（2021 年～2030 年）では、TVET を国際水準に引き上げるため、官民パートナーシップや部門間の調整の強化が掲げられている。その一環として、有資格のエンジニアや技術者のレベルと同等の教育者の育成が目指されている。

また、教育・科学省（2020 年）の政策文書[69]において、TVET と高等教育の両方で、市場の需要により関連性の高い教育を提供するために、教育機関と民間企業とのパートナーシップの強化の必要性を示しているが、工学分野について具体的な方針は示されていない。

エネルギー・トランジションを推進するためには、高度な専門性を持つ人材の育成が不可欠である。しかし、現行の政策や教育体制には、そのための明確な戦略や枠組みが不十分であると考えられる。

7.1.2 人材育成に関する現場実態と制度的課題の整理

本調査は、モンゴルにおけるエネルギー・トランジションの促進を目指した人材育成のロードマップを作成することを目的としている。そのため、日本帰国留学生の会（JUGAMO）向けアンケート調査、モンゴル人留学生を受け入れている日本の大学、モンゴル人材を活用している日本企業、さらにモンゴル国内の大学、高等専門学校（高専）、政

[68] World Bank（2023）Skills Demand in Mongolia Main Findings of the Skills Module of the Barometer Survey 2022
[69] Government of Mongolia. (2020). Towards Mongolia’s Long-Term Development Policy Vision 2050: Advancing Education Equity, Efficiency, and Outcomes. Retrieved from https://en.moe.gov.mn.

府関係機関の関係者などから情報を収集した。調査で得られた知見とともに、モンゴルにおける教育機関の体制や理工学系の教育の現状を踏まえ、日本との連携による人材育成のモデルの構築とその推進体制について検討を行った。なお、これらの情報は各組織の公式見解ではなく、参考意見として提供されたものである。

(1) 人材育成を取り巻く実態と課題

1) 日本におけるモンゴル人留学生の受け入れの現状や課題

両国の大学教員より、モンゴル人留学生を受け入れにあたり、留学前の段階で日本とモンゴル間で指導教官が留学生を交え綿密な留学計画を立てることの重要性が確認された。特に「モンゴル工学系高等教育支援事業」（M-JEED）の共同研究プログラムでは、事前の調整により帰国後に研究成果が活用されている例もある。さらに、M-JEED 事業開始当初と比較して、帰国した留学生がモンゴルの大学教員として活躍するようになったことで、日本留学中に構築した人的ネットワークが活用され、後続の留学者にとっても事前調整が円滑に進められる環境が形成されつつある。一方、事前に研究室や指導教員間の調整を十分に行わずに留学した場合、以下のような課題が報告されている。

- 情報提供の不足:日本側の留学制度や研究内容に関する情報が英語で十分に提供されず、キャリアパスを考慮した学科や研究テーマの選択が難しい。
- キャリアパスの不明確さ:留学生自身が留学後のキャリアプランを明確にしていない、または検討が不十分なため、帰国後の就職機会が限られる。
- 研究内容の不適合:日本での研究テーマがモンゴルのニーズに合致せず、帰国後にその成果を実用化するのが困難な場合がある。

これらの課題は、全てのモンゴル人留学生に共通するものではないが、情報収集やキャリア計画が不足している学生にとって、留学の成果を発揮する上で障害となる場合がある。

また、本調査で実施した日本帰国留学生の会（JUGAMO）向けアンケート調査（2024 年実施）[70]によると、修士・博士課程のモンゴル人留学生 9 名のうち、研究テーマを「自身の関心」に基づいて選んだ者は 4 名、「日本の指導教官の勧め」に従って決定した者は 5 名であった。この結果から、モンゴル側の教員が研究テーマの選定に関与しているケースは限られており、またモンゴルと日本の教員による事前の連携や調整が必ずしも十分とは言えない状況も一部に見られることが示唆された。研究テーマがモンゴルの社会的・技術的ニーズと乖離した場合、帰国後にその知見を活用できないリスクが高まるため、留学前からのテーマ設定やキャリア支援において、両国の教員間の協働体制を強化する必要がある。

[70] JUGAMO（日本帰国留学生の会）は、日本への留学経験を有するモンゴル人を中心としたネットワーク団体であり、2024 年時点で約 2,400 名の会員を擁している。本調査では、JUGAMO のネットワークを活用し、日本留学経験者の実態把握を目的として、2024 年の「令和ナイト 2024」パーティーにおいてアンケート調査を実施した。調査は当日、参加者に紙で配布・回収する形式で行い、計 35 名（日本語学校 2 名、専門学校 1 名、高専 6 名、学士 17 名、修士 8 名、博士 1 名）の有効回答を得た。なお、本イベントは 2024 年に帰国した留学生を JUGAMO に迎え入れることを目的としており、回答者の多くが帰国後間もない若年層で構成されていた。よって、本アンケート結果は JUGAMO 全体の傾向を代表するものではないが、近年の留学経験や支援スキームの利用実態を理解する上で、重要な補足的資料と位置づけられる。また、JUGAMO 会長・前会長へのヒアリング結果も分析の参考とした。

加えて、モンゴルを含む途上国からの留学生を受け入れるにあたり、日本の大学の学科や研究室が提供する多様かつ先進的な教育内容が、途上国の現状のニーズに十分適応できていない場合があることも課題として指摘されている。さらに、留学生の受け入れや事務手続きに関して、日本の大学教員に大きな責任と負担が集中している現状や、大学・大学院における英語で学べる環境の整備が依然として不十分である点も、改善が求められる点である。今後、モンゴルのエネルギー・トランジション分野で日本留学を希望する人材が増加することを見越し、こうした課題に体系的かつ包括的に対応する必要がある。

2) 海外で教育を受けた人材の海外流出とその要因

モンゴル政府の労働・社会保障省（2024）[71]によると、2020 年の人口・住宅国勢調査において、海外在住のモンゴル国籍保持者は 122,301 人と報告されており、これは 2010 年と比較して 14.2%増加している。海外在住者は総人口の 3.7%から 3.9%を占め、これは世界平均（約 3.6%）に近い水準である。また、海外在住者のうち、10 人中 9 人が労働年齢層に該当し、30 歳以上の割合が増加していることが示されている。特に、2010 年時点で学生であった者が留学先に留まり続ける傾向が見られ、さらに 0 歳から 14 歳までの子供の数は約 2 倍に増加している。これは、留学や自営業のために長期間海外に居住する家族が増加していることが要因とされる。また、モンゴル側関係者からは、日本の民間企業で実践的な知識を学びたい、もしくは学ばせたいという声も聞かれた。これらの状況を踏まえると、国外で働くことへの関心は引き続き高い状態が続くと考えられ、対策が講じられない場合、2035 年までに移住者数は 206,600 人に達し、2020 年比で 68.9%増加するとの予測が示されている。

日本企業で働くモンゴル人材および日本へ人材を送り出すモンゴルの高専へのインタビューに基づき、人材がモンゴルに帰国せず海外に留まる理由が以下とおり挙げられた。

- 賃金や生活環境の格差[72]：日本で働くモンゴル人にとって、日本での就労はモンゴル国内での賃金と比較して非常に高い収入を得る機会となる。モンゴルに帰国後、現地の生活環境や賃金水準に戻ることを懸念するケースがあり、帰国のハードルが高くなる。
- 日本で得た知識・技術のモンゴルでの活用の難しさ：日本で習得した知識や技術が、モンゴルの現地環境や社会的ニーズに必ずしも適しているとは限らず、帰国後にそれらを十分に活かせる場や制度が整っていないことが、帰国をためらう一因となっている。

[71] モンゴル政府労働・社会保障省（2024）Labour market of Mongolia: Mid-term demand and supply forecasting study report

[72] 賃金格差について、モンゴルの高専の関係者の話では、モンゴルの平均賃金は上昇しており、今後もこの傾向が続くのであれば、留学後に日本で就職した者、モンゴルで高専や大学を卒業後に日本で就職した人材の一定層はモンゴルに帰国してくるであろうとのこと。実際、Mongolian National News Agency（https://www.montsame.mn/jp/read/340442）は社会保険総局の従業員一人当たりの平均月給について報道しており、2023 年第 4 四半期には従業員一人当たりの平均月給は 223 万 5,400MNT（約 10 万 2,000 円）となり、これは 2015 年比 2.8 倍とのことであった。ただし、インフレに伴い実質賃金は停滞しているとの報告もある。

3) 学士課程の留学生とのネットワークの希薄化

日本の大学教員からは、研究室でより密接に意思疎通を図る修士・博士課程の留学生に比べ、学士課程の留学生が帰国後に人的ネットワークが希薄になり、教員によるキャリアのフォローアップが難しいとの指摘が聞かれた。

4) 学生の研究基礎力の不足とその背景

日本の留学生を受け入れる大学教員やモンゴルの大学教員より、日本の修士課程へ留学する一部のモンゴル人留学生は、研究能力（特に実践的経験）が不足していることを確認した。モンゴルの学士課程では卒業要件として論文作成が必須とされていないことから[73]、研究の基礎能力を習得する機会が限られているという指摘もあった。このような背景から、大学院進学を希望する学生を対象に、研究能力を段階的に習得できる仕組みの構築が必要である。

(2) 人材育成を支える制度・連携・環境整備の現状と課題

1) 日本人教員の派遣と拠点形成の動向

M-JEED や国立高等専門学校機構のスキームを通じて、日本からモンゴルの大学や高専に教員を派遣した関係機関および受入れ側の大学と高専の関係者によれば、日本人教員によるモンゴルでの出張講義などの短期派遣は、モンゴルにおける人材育成の機会を効率的に提供できるだけでなく、派遣された教員自身の経験蓄積にも寄与するとの声が聞かれた。

現在、日本からモンゴルへ教員を派遣している大学や高専の情報は以下のとおり。また、一部の大学は既にモンゴルに拠点を開設し、さまざまな取り組みを実施している。

表 7-3 日本人教員を派遣している例

組織名・事業名	概要
モンゴル工学系高等教育支援事業（M-JEED）	・ツイニング・プログラムを実施するため、日本側の大学でコンソーシアムが構成されており、同コンソーシアムの協力として、モンゴルの大学の教員の指導能力改善支援、カリキュラム・シラバス改善などのために教員が派遣された。 ・モンゴル科学技術大学およびモンゴル国立大学と共同研究プログラムを実施しており、日本側からは 40 の大学および研究機関が参加している。同プログラムの中で、研究者をモンゴルの大学に招聘し、研究活動などを実施した。
国立高等専門学校機構	2016 年に UB にリエゾンオフィスを開所し、モンゴルの高専教育へのアドバイスや日本の大学、高専、企業との連携強化を図っている。同機構の取り組みの中で、日本の高専の教員が、モンゴルの高専を訪問し、授業を行う取り組みを実施している。

出典：調査団作成

日本政府の文部科学省「海外の大学との大学間交流協定（令和 3 年度実績)」によれば、モンゴルの大学と協定を結ぶ大学は 139 校あり、その内、理系の大学は 51 校あった。また、モンゴルに拠点を設置する大学は 14 校ある。さらに、その内大半の大学の協定には、協定の内容に教員・研究者の派遣、研修、その他の交流が含まれている。

[73] Clause 3.6.2 and 4.12.2 of Degree No. A/203Approbal of revised Academic Policies and Procedures of the National University of Mongolia, issued by the President of The National University of Mongolia (June 2015)

表 7-4　モンゴルの大学と協定を結ぶ日本の大学

区分		国立	公立	私立	合計
モンゴルの大学と協定を結ぶ大学（文系・理系を含む全分野）		53 校	11 校	75 校	139 校
	理系の学部を有する大学	30 校	0 校	21 校	51 校
	協定の内容に教員・研究者の派遣、研修、その他の交流が含まれる大学	27 校	0 校	20 校	47 校
モンゴルに拠点を設置している大学		10 校	0 校	4 校	14 校

出典：文部科学省の資料[74]より調査団が作成

また下表のとおり、13 校はさまざまな取り組みを行っているが、「日本語教育（a)」「学校教育（b)」「日本人研究者の現地支援（h)」と「モンゴルの教育・研究事情に関する情報収集（i)」は多くの大学で実施されている。一方、「日本人職員の海外研修（f)」「留学生ネットワークの維持（e)」「現地の研究者の招聘を目指した募集活動（g)」は実施大学が少なく、限定的な活動と言える。「日本人職員の海外研修（f)」については本項にて、「留学生ネットワークの維持（e)」については 7.2.3 モンゴル側の体制整備にて、そして「現地の研究者の招聘を目指した募集活動（g)」については 7.2.1 アウトバウンド（モンゴルから日本へ）による人材育成にて言及する。

表 7-5　モンゴルに拠点を持つ日本の大学とその取り組み

区分	大学名	主体組織	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
国	帯広畜産大学	帯広畜産大学モンゴルオフィス					○			○		
国	東北大学	東北大学大学院歯学研究科リエゾンオフィス			○				○		○	○
国	秋田大学	秋田大学モンゴル事務所			○	○	○			○		
国	山形大学	山形大学ウランバートル海外拠点	○	○	○		○				○	○
国	東京大学	東京大学生物多様性生態系再生研究拠点								○	○	
国	長岡技術科学大学	MUST-NUT オフィス				○				○	○	○
国	名古屋大学	名古屋大学サテライトキャンパス・モンゴル		○	○	○	○	○			○	○
国	京都工芸繊維大学	国際学術交流クラブモンゴル連絡事務所					○					○
国	広島大学	広島大学モンゴル研究センター			○	○	○			○	○	○
国	徳島大学	モンゴル国立医科大学徳島大学オフィス									○	
私	千葉科学大学	モンゴル交流センター			○	○				○	○	○
私	桜美林大学	桜美林大学ウランバートル事務所				○	○			○	○	○
私	岡山理科大学	モンゴル交流センター			○	○				○	○	○
私	倉敷芸術科学大学	モンゴル交流センター			○	○				○	○	○

注　：a 現地における日本語教育の提供、b 学校教育の提供、c 留学生の受入を目指した募集活動、d 学生の留学・インターンシップに伴う現地での支援、e 帰国した留学生、外国人研究者とのネットワークの維持・構築、f 職員の海外研修、g 現地の研究者の招聘を目指した募集活動、h 我が国の研究者が現地で行う研究のサポート、i 現地の教育・研究事情に関する情報の収集、j 大学の海外における広報活動

出典：文部科学省資料をもとに調査団作成

[74] 文部科学省. (2023). 海外の大学との大学間交流協定、海外における拠点に関する調査結果. https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/shitu/1287263.htm.

2) 学際的教育・研究体制の未整備

モンゴルにおけるエネルギー・トランジション推進においては、技術革新だけでなく、政策や法制度の整備や社会的な合意形成の確保など多面的な課題への対応が求められる。これらの課題は、工学的アプローチだけでは解決が難しく、法学や経済学との学際的連携が不可欠である。また、モンゴルでは省庁間の連携や産業界と行政機関の協働体制が脆弱と言われており、制度設計や戦略的計画の面でも課題がある。このような背景から、エネルギー・トランジションとその人材育成を一体的に進めるためには、分野を超えた統合的な教育・研究体制の構築が必要である。

加えて、モンゴルの研究者を対象に実施したアンケート調査（2025 年実施）では、今後求められる人材像として、データ解析や AI など学際的かつ先進的な取組を担える人材や、水素の貯蔵・輸送、HVDC 送電、エネルギー政策分析など特定分野に精通した人材である。とりわけ、政策・計画策定を担える人材の不足が指摘されており、環境やエネルギー・トランジションに取組む授業を資金面・税金面で支える制度設計を主導できる政策立案者の育成が求められている。モンゴルでは大学における分野横断的な教育・研究連携の強化と、高度専門分野の人材育成を両立することが今後の課題といえる。

3) 産官学連携体制の未整備

エネルギー・トランジションのような多部門が関与する分野においては、大学、企業、政府機関が一体的に協働する必要があるが、モンゴルにおいては、政府主導による「産官学連携」の枠組みや政策は整備されておらず、体系的な取組みは進んでいないことを確認した。

しかし、モンゴルの大学教員によれば、再エネ分野において、政府より大学への補助金が提供されない中[75]で、発電所を運営する民間企業が研究資金を提供し、大学が研究を行い、送電網を維持管理する公共企業（官）が施設の提供や技術支援を行うといった協働の試みを行っていることを確認した。このような形態は、モンゴル特有の産官学連携の萌芽とも言える。

4) 省庁間連携の不備と制度設計上の課題

政府機関への調査により、複数の省庁が関与する必要がある課題について、省庁間の連携が十分に取れていない可能性があることが確認された。エネルギー・トランジションには、再エネの普及、化石燃料の削減、エネルギー効率化など多岐にわたる施策が含まれ、それぞれ異なる行政機関の所掌に関わる。このような施策を効果的に実行するには、各省庁が明確な役割を果たしつつ、相互に密接に連携する体制の構築が不可欠である。

[75] 2013 年に実施された「モンゴル国工学系高等教育情報収集・確認調査最終報告書」では、大学の予算のうち、政府予算は固定費（人件費や福利厚生費等）のみ賄われており、大学を運営する費用の多くは授業で賄われているとの記載がある。第二次現地調査時においても、大学関係者より同様の説明があるため、政府から研究の予算は支給されていない模様。一方、在モンゴル日本国大使館およびモンゴル科学アカデミーによれば、2024 年 7 月の省庁再編でモンゴルの経済成長を支援するため、研究開発の主管は教育省から経済開発省に移管されているとのこと。

また、エネルギー・トランジションを推進するためには、技術、環境、政策等の多様な分野に対応可能な人材の確保・育成が不可欠であるが、省庁間の連携の不備は、人材育成においても課題を生じさせる可能性がある。したがって、人材育成を含めた政策全体の実効性を高めるためにも、省庁間の連携強化は喫緊の課題である。

7.2 国際頭脳循環に基づく人材育成システムの枠組みの必要性

モンゴルと日本の協力を基盤に、エネルギー・トランジション分野における持続可能な人材育成の枠組みが必要と考えられる。この枠組みにおいては、研究者、技術者および行政官の育成を中心に据え、人材が国境を越え往来し、互いの国で知識や経験を活かせる「国際頭脳循環」の考え方に基づき、その実現を支える仕組みとしている。

国際頭脳循環の目的は、国境を超えた人材の移動を通じて知識や技術を共有し、各国の経済成長やイノベーションを促進することにある。特に発展途上国においては、人材が先進国で得た高度な専門知識や技術を持ち帰ることで、国内の人材育成や産業発展に貢献することが期待されている。また、先進国においても、多様な視点や専門知識を取り入れることで新しい発想が生まれ、競争力を強化することが可能となる。こうした国際頭脳循環の仕組みを戦略的に活用し、途上国・先進国の双方にとって持続可能な発展を実現するためには、政府、学術機関、研究者、産業界などの幅広い協力が不可欠である。

日本政府は令和 5 年 6 月に閣議決定した「開発協力大綱」でも、大学・研究機関等との連携を促進し、開発途上国の開発課題への新しい解決策の創出や、学生および研究者の交流、共同研究を通じた国際頭脳循環の促進が掲げられている。また、日本の近代化や経済発展等の経験を活かし、開発途上国の科学技術力の向上を図る取組みの強化も示されている。なお、JICA では、国際頭脳循環について、途上国と本邦大学等の間で教員・学生が双方向に移動し、共同研究、人材育成、社会実装などの互恵的な協働が持続的に行われる状態と定義している。

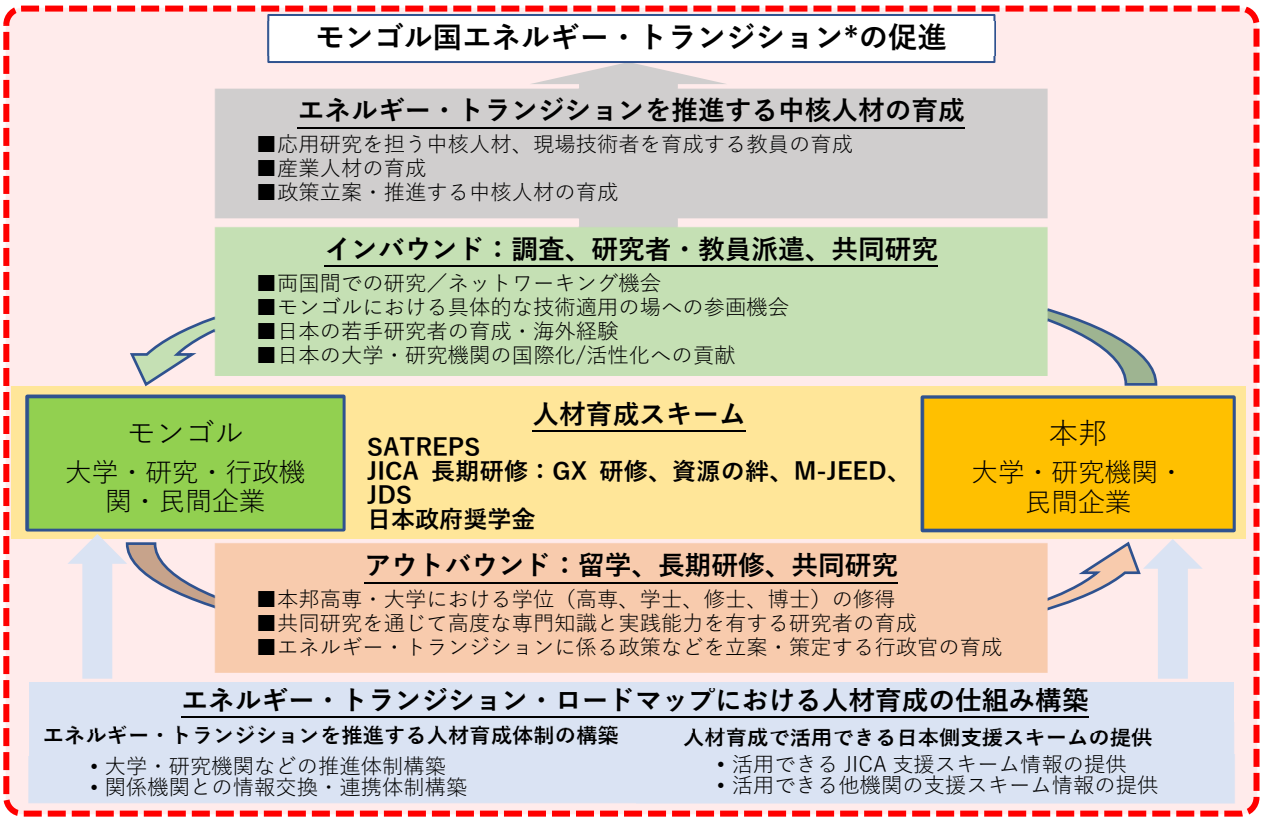
前節では、情報収集に基づいて現状や課題を明らかにした。これらの課題に対応するため、国際頭脳循環の 4 つの構成要素基づき具体的な方策を検討し、持続可能な人材循環システムの構築に資する仕組みで整理した。

表 7-6　国際頭脳循環の構成要素

要素	概要
アウトバウンド	モンゴルから教員・研究者・学生が日本に来訪し、日本の教育・研究資源を活用して学ぶ機会を提供する取り組み。
インバウンド	日本の教員、研究者や学生がモンゴルへ派遣され、短期または長期の研究活動や教育活動を通じて現地協力を実施する取り組み。
モンゴル側の体制整備	モンゴルの拠点大学や研究機関の能力強化、教育・研究インフラの整備、現地での資金調達能力の向上を含む取り組み。
日本側の体制整備	日本側の大学間の連携体制や国際共同研究の枠組みの構築、日本国内の研究拠点の魅力向上などを目指した取り組み。

出典：調査団作成

以下の図は、国際頭脳循環の構成要素を示したものである。



出典：JICA 資料[76]を基に調査団作成

図 7-1　頭脳循環図

7.2.1　アウトバウンド（モンゴルから日本へ）による人材育成

国際頭脳循環におけるアウトバウンドとは、自国の高度人材や研究者を海外に送り出し、国際的な研究環境で経験を積むことで、知識や技術を習得し、帰国後に国造りに還元させる仕組みである。なお、頭脳流出（Brain Drain）とは異なり、循環的な人材の育成や活用を前提とする。具体的には、以下のような形態が含まれる。

- 大学院生や若手研究者の留学：学位取得を目的とした長期留学や、協定に基づく短期留学プログラムに参加する。
- 研究者の海外派遣：モンゴルの研究機関に所属したまま、海外で研究活動を実施する。
- 国際共同研究への参画：海外の研究機関との共同研究に参加する。

アウトバウンドの促進は、自国の研究者の研究能力を向上し、国際性を高め、グローバルな研究ネットワークへの参入を促す戦略として重要である。

(1)　両国の教員による留学計画の調整

日本とモンゴルの教員による留学計画の事前調整を含め、日本の大学での学びを通じて、

[76] JICA グローバル・アジェンダ No.8 教育 クラスター事業戦略「拠点大学強化クラスター」

帰国後に成果を活用できる人材育成の仕組みを構築することである。特に、モンゴル国内の大学や研究機関において新たな知見や技術の創出に取り組み、教育や研究を通じて人材育成を担う「研究人材」と、現場でエネルギープロジェクトの推進や技術的課題解決を担う「実務人材」の双方を対象に、留学前から帰国後までを見据えた一貫した育成支援体制が必要である。

なお、本調査で実施した JUGAMO 向けアンケート調査（2024 年実施）によると、修士・博士課程のモンゴル人留学生 9 名のうち、研究テーマを「自身の関心」に基づき選んだ者は 4 名、「日本の指導教官の勧め」に従った者は 5 名であった。この結果から、モンゴル側教員の関与や、モンゴルと日本双方の教員による共同的なテーマ設定は限定的であることがうかがえる。

短期的には、既存の共同研究プログラムなどを通じて、留学前の調整、キャリア形成支援、情報共有を強化することで、留学の効果を最大化させる。中長期的には、制度化された継続的な支援体制のもと、時系列に応じた多層的な育成モデルを構築し、日本とモンゴルの連携をより強固なものとすることが求められる。

以下に、留学から帰国後の活用に向けた主な取り組みを整理した。

表 7-7　モンゴル人留学生の留学・帰国後活用に向けた取り組み一覧

対応策	内容	実施時期
両国の指導教官による留学・研究・キャリア支援の一体的実施	モンゴルと日本の指導教官が連携して留学計画を策定し、エネルギー・トランジションロードマップを前提とした研究テーマの設定と、個別のキャリアプランの策定を一体的に実施。これにより、留学中の活動が帰国後の実用化・定着に結びつくよう支援する。	短期～長期
実務ルートと研究ルートの設置	モンゴルのエネルギー・トランジションを担う人材育成のため、2 つの専門的キャリアルートを設置する。 研究ルート：モンゴル国内の研究機関や大学で活躍するため、学術的な研究能力や論文執筆スキルを磨くルートの設置。 実務ルート：エネルギープロジェクトの現場で活躍する人材を育成するため、プロジェクト管理や技術実装に特化した教育を受けるルートの設置。	中期～長期

出典：調査団作成

(2)　日本で育成された人材の帰国促進と活用

日本で育成された人材が、モンゴルのエネルギー・トランジション分野で持続的に活躍するためには、単に人材を育成するだけでなく、帰国してその知識や技術を活用できる環境の整備が不可欠である。

しかし、賃金水準や生活環境など、両国間に依然として大きな経済・社会のギャップが存在する中で、日本に留まる人材の帰国を促進することは短期的には容易ではない。そのため、現実的な対応としては、帰国を前提とした制度設計や支援スキームを通じて、帰国に対するインセンティブを高めることが求められる。とりわけ、奨学金制度の設計は、帰国を促進し、モンゴル国内での就職・定着を後押しする重要な手段となる。以下に、日本およびモンゴル双方で取り組むべき具体策を示す。

表 7-8　日本で育成された人材のモンゴルへの還流を促進する奨学金制度

対応策	概要	実施時期
政府による奨学金制度	留学後の帰国・就職を条件とした政府奨学金制度の導入・継続を検討する。モンゴル政府と日本政府の連携のもと、モンゴル国内で一定期間働くことを条件に、海外留学のための奨学金を支給する仕組みである。具体的には、日本の円借款によって実施されている「工学系高等教育支援事業」など、既存制度の継続と改善が想定される。	短期～中期
民間企業提携型奨学金制度[77]	モンゴル国内のエネルギー・トランジション分野に従事する民間企業がスポンサーとなり、日本の大学や大学院で特定分野を学ぶ学生を支援する奨学金を提供。帰国後は、スポンサー企業で一定期間働くことを義務付ける。加えて、モンゴル政府が補助金や税制優遇などを通じて企業の負担軽減を図ることで、制度の安定的な運営と民間の積極的な参画を促す。	中期～長期

出典：調査団作成

(3)　帰国留学生と日本の大学の関係強化

エネルギー・トランジション分野において、持続的な人材の循環を実現するためには、日本で育成されたモンゴル人留学生が、帰国後も日本の大学や指導教官と継続的な関係を保ち、知識・経験の共有を図る体制作りが重要である。これは、帰国留学生個人のキャリア形成を支援するのみならず、日本留学の意義や魅力を次世代へ伝える役割も果たす。

とりわけ、エネルギー・トランジションのような専門性の高い分野においては、単なる交流にとどまらず、専門ネットワークを通じた継続的な学術・実務の連携が重要である。こうしたネットワークを基盤とし、両国間でエネルギー・トランジションを促進する研究課題や共同研究の提案が可能となり、大学間連携などの協働の機会が生まれることが期待される。

本調査では日本とモンゴル双方の連携強化を図るため、フォローアップ体制の整備や帰国者ネットワークの構築、人材発掘支援など、具体的な取り組みを以下のとおり構築した。

表 7-9　帰国後のフォローアップと人材循環を促進する支援策

対応策	概要	実施時期
フォローアップ体制の構築	・帰国者のキャリア形成や研究活動の進展を継続的に把握するため、年 1～2 回のオンライン面談や進捗レポートの提出などのモニタリング体制を導入する。 ・帰国者報告会を開催し、日本の大学や指導教官と成果や課題を共有する機会を提供する。さらに、帰国後の課題や支援ニーズを把握するためのアンケート調査を実施し、支援策の改善に役立てる。	短期～長期
ネットワーク形成と現地活動支援	・モンゴル国内においてエネルギー・トランジション分野に特化した帰国者ネットワークを構築し、専門人材同士の連携を促進する。 ・日本の大学が主導し、帰国者と現地関係者による現地ワークショップを定期的に開催し、教育・研究・政策提言・技術導入といった具体的な課題の共有と解決策の検討を行う。 ・日本の大学と連携した継続的な活動支援（活動拠点の設置・運営なども含む）。	短期～長期
次世代支援と人材発掘	・帰国者が、日本への留学を希望するモンゴル人学生に対して情報提供を行い、留学生活や進路選択への理解を深める支援を担う。	短期～長期

[77] モンゴル国立大学やモンゴル科学技術大学の教員によれば、モンゴルでは近年、企業が学生に対して奨学金を提供し、卒業後にその企業で働くことを条件とする奨学金制度が広がっている。

対応策	概要	実施時期
	・新規留学生向けのオリエンテーションを実施し、学習・生活面での準備をサポートする。 ・エネルギー・トランジションを担う中核人材候補を発掘し、適切な研修・教育を通じて能力を育成する。	

出典：調査団作成

7.2.2 インバウンド（日本からモンゴルへ）による人材育成

国際頭脳循環におけるインバウンドとは、海外から高度人材や研究者を「国内に迎え入れる」ことを指す。具体的には、研究者や専門家、留学生などが自国の研究機関、大学、企業などで活動することで、知識や技術が自国に流入し、国内の科学技術や産業の発展に貢献することを目的としている。具体的には、以下のような形態が含まれる。

- 海外研究者・教員の招聘：国内の研究機関や大学で一定期間の授業や研究活動を行うための招聘。
- 留学生の受け入れ：学位取得を目的とした長期留学や短期プログラムへの参加を支援。
- 国際共同研究の実施：海外の研究機関や企業と連携し、国内で共同プロジェクトを推進。

インバウンドの促進は、国内の研究環境に新たな視点や技術を導入し、知識の流入を活性化させるだけでなく、国際協力やネットワークの拡大を通じて国内の科学技術や産業の国際競争力を高める重要な戦略とされている。

(1) 日本人教員の派遣

本調査の目的は、モンゴルにおけるエネルギー・トランジションを支援するため、日本の研究者や教育者などがモンゴルを訪問し、知識・技術の移転を通じた人材育成の仕組みを構築することである。

短中期的には、日本からの派遣を通じて、現地の教育・研究支援および技術移転を強化し、エネルギー・トランジションを推進する専門性の高い中核人材の育成が必要である。一方、中長期的には、高度専門人材に加え、現場で実務を担う中堅人材の育成も視野に入れ、持続可能な人材基盤を構築することが求められる。

表 7-10　モンゴルにおける教育・研究・技術支援に関する人材派遣の対応策

対応策	概要	実施時期
教育支援型派遣	日本の大学や高専の教員がモンゴルの大学・研究機関・高専で集中講義やワークショップを実施し、学生・若手研究者に実践的な知識を提供する。さらに教材の開発やシラバスの改善を通じてカリキュラムの高度化を図る。日本人教員はモンゴルの現地教員に対して教育・研究指導方法を伝えることで、現地教育の自立的な高度化を支援する。	短期～中期
研究支援型派遣	日本人研究者がモンゴルに長期滞在し、現地の研究者や学生と共同研究を行い、エネルギー・トランジションに関する技術や知識を移転する。また、共同研究を通じて、持続的な研究協力体制の構築も目指す。	短期～長期
技術実装支援型派遣	日本の専門家や技術者がモンゴルのエネルギー関連機関や企業に派遣され、現場でのプロジェクト遂行能力や技術の適用を支援する。また、民	中期～長期

対応策	概要	実施時期
	間でも日本とモンゴルの企業間連携を通じ、設備導入、技術研修、運用サポートを行い、現場の技術力を強化する。	

出典：調査団作成

(2) 日・モンゴル間の共同研究の枠組みと展望

インバウンドによる共同研究は、日本とモンゴルの相互協力を深化させる重要な枠組みである。特に、日本で研究が難しい分野やモンゴルの特有のコンテンツを共同研究の対象とすることで、日本の研究者の関心を高めることが、日本が持つ技術力や研究ノウハウをモンゴルの実情に応用するための基盤形成につながる。本調査では、今後の共同研究分野の検討に向けた参考情報を得ることを目的とし、モンゴルの研究者及び教員を対象に、エネルギー・トランジションに関連する研究分野についてアンケート調査を実施し、優先技術や関連技術などの情報を収集した。

表 7-11　アンケート調査の概要

調査方法	オンラインアンケート方式により、複数の設問（関連する研究テーマ、研究課題・ニーズなど）について回答を依頼。
回答者の基本属性	• モンゴル国立大学 6 人、モンゴル科学技術大学 14 人、モンゴル科学アカデミー1 名、水素協会 1 名、鉄道大学 1 人の合計 23 人より回答を回収（2025 年 9 月 25 日時点） • （複数の肩書を併せ持つ回答者もいるため延べ人数となる）大学の准教授 7 人、上級講師 7 人と中堅層が多く、教授も 2 人含まれる。研究機関の研究者が 2 人、博士課程学生も 4 人参加しており、将来の専門人材育成に携わる若手の視点も得られている。また技術専門員や研究補助員といった実務支援職の回答も得られた。 • （複数の専門分野を併せ持つ回答者もいるため延べ人数となる）分野別では、発電所（火力・水力・原子力・再生可能エネルギー等）に関わる回答者が 23 人中 19 名と多数を占める。次いで、エネルギー政策・制度設計に携わる回答者が 14 人、蓄電・需給調整（スマートグリッド等）が 11 人、送電・配電・変電が 9 人であった。
推奨技術への関心について	【需要側の関心技術】 需要側では省エネ・効率化技術とともに、水素インフラや新燃料、カーボンプライシングへの関心が広く存在している。 • 最も関心が多かったのは「各種省エネ機器導入」で 17 人が言及。「断熱技術」（11 人）、「ヒートポンプ技術」（10 人、地中熱ヒートポンプも同数）も頻出。 • 「カーボンクレジット」（12 人）や「炭素税」（8 人）など、気候変動対策の経済手法にも関心が集まった。 • 「水素ステーション」（10 人）や「インスタントハウス／3D プリント住宅」（9 人）など、新エネルギーインフラに関する技術やモンゴル固有の課題に対応する技術も挙げられた。 • その他、少数ながら「鉱山電化」（4 人）、「カーボンニュートラル（CN）燃料製造」（8 人）への言及もあった。 【供給側の関心技術】 供給側では、水素、再エネ、蓄電、地熱・揚水、次世代発電技術への関心が幅広い。 • 研究者より最も関心が多かったのは「水素利用関連技術」で 13 人が言及し、水素エネルギーへの関心が高いことが伺える。 • 次いで「揚水発電」と「地熱発電」が各 11 人と、再生可能エネルギー由来の安定供給技術への注目も大きい。 • 新興技術として「ペロブスカイト太陽光電池」（8 人）、「核融合」（8 人）、「小型（マイクロ）原子力」（7 人）も複数の回答で挙がっている。 • 「VRE に起因する周波数変動を抑制するための蓄電池」（8 人）や、「インターコ

	ネクテッド・ミニグリッド」（8 人）などの系統対策も重視されている。 • 「バイオマス専焼火力発電所・廃棄物発電・CFB の新設」も 7 人が関心を示している。 【カーボンリサイクルの技術】 CO_2 の回収・貯留および再利用にかかわる技術全般への関心が高く、中でも合成メタンや CCS といった比較的実用化が見えてきた技術に多くの関心が集まっている。 • 最多は「再生可能エネルギー由来メタン製造」（12 人）で、「CCS（Carbon Capture and Storage）」も 11 人と多く、「CO_2 分離・回収技術」（10 人）と合わせて二酸化炭素の回収・貯蔵に対する関心が強い。 • 「CO_2 を利用した温室農業」（8 人）は、回収された CO_2 の有効利用技術として注目されている。 • 「バイオ技術を活用した燃料・資源化」（5 人）、「CO_2 固定コンクリート」（4 人）、「EOR（石油増進回収）」（3 人）も挙げられている。
推奨技術に関連する研究について	本調査にて回答が得られた推奨技術に関連する現在の研究内容である。 • 再生可能エネルギーと熱利用（太陽熱・蓄熱など） • 低炭素・新技術分野（水素、廃棄物利用など） • 原子力先端技術 • カーボンリサイクル技術（CO_2回収・利用など） • エネルギー計画・政策分野 • エネルギーシステム・機器（ヒートポンプ、分散電源など） 一方、「水素利用技術」や「CCS」は多くの関心が示されたが、研究中と回答した例は少数であった。この結果は、回答者が必ずしも研究内容を詳細に開示しなかった可能性や、設備投資・研究環境の制約、人材・予算不足といった要因が影響していると推測される。
産学連携や共同研究のニーズ	以下の分野にて、学際的連携と産学官協力の強化が強く求められている。 • 共同研究テーマとしては「再エネ大量導入時の系統安定化に向けた産学共同の研究テーマ」「再エネ利用技術を軸とした共同研究」などが希望として回答された。 • 工学研究者と法学研究者の協働による法制度研究や、ICT 分野との共同研究によるスマートグリッド・デジタル技術活用など、分野横断的な取り組みの必要性が指摘された。 • 人材育成を目的とした学生・若手専門家の共同研究参加や、産業界の主体的参加を求める声もあり、エネルギー転換実現には大学・企業・行政の三者協力体制の構築が重要であることが示された。
研究者視点から見た産業分野における人材育成	制度設計、現場技術から先端分野まで幅広い人材育成が課題とされたが、以下の産業分野にて人材育成が求められている。 • 暖房・換気や地域暖房システムなどモンゴルの現場ニーズに実務的専門技術者 • 水素エネルギーや小型原子炉といった新技術に対応できる人材 • モンゴル特有の寒冷地エネルギーや住宅問題、新興技術導入への対応力を備えた人材

出典：調査団作成

モンゴルにおけるエネルギー・トランジションを促進する人材育成に向け、回答者の意見を踏まえて整理した主な視点を以下に示す。第一に、水素、再エネ、蓄電・系統安定化、カーボンリサイクル、小型原子炉など重点分野の専門人材育成を強化し、大学カリキュラム整備、研究資金配分、国際頭脳循環のアイデアに基づく人材交流を推進する必要がある。第二に、政策立案、ICT の活用やデータ分析に通じた学際的・実践的な人材育成のため、モンゴル国内においても産官学連携型プログラムなどの導入が有効である。第三に、研究開発や技術の実証に産業界の積極的な参画を促し、企業における研修、OJT や企業との共同研究の実施、大学内においても企業の協力による専門講座開設など現場志向の育成を進める必要がある。最後に、学生や技術者に対する啓発活動、国内外の専門家ネットワーク活用など、長期的かつ包括的な人材育成戦略を展開する必要がある。

2025 年 10 月に実施したワークショップを通じた個別面談（エネルギー省、ERC、都市計画・建設・住宅整備省、モンゴル国立大学等）の結果、省エネ分野ではモンゴルの関係機関から、省エネ分野に関する具体的かつ実務的な支援ニーズが示された。モンゴルでは 2015 年に省エネルギー法が制定され、一定規模以上のエネルギー消費事業者に対するエネルギーの管理報告及び監査制度が導入されたところであるが、10 年間の運用を通じた課題や改善点への対応、COVID-19 以降に実施した電力タリフの値上げによる省エネに対する市場ニーズの高まりなどに鑑みて、省エネの更なる促進に向けた制度や基準整備・運用に向けた人材開発への支援に対して期待が寄せられた。具体的には、省エネ政策・枠組みの強化として、産業分野でのエネルギー効率基準（ベンチマーキング）および実施機関としての省エネセンターの設立および実務者育成、インセンティブ・資金調達メカニズムに対する日本の経験や知見の移転、また民生分野では、建物省エネ基準の導入や省エネガイドライン策定、性能認証制度など、省エネにかかる基盤整備と実務者の育成の両面に対して要望があった。また、スマートメータや ESCO サービス[78]といった新たな技術・ビジネスモデルの普及も重要な政策的課題として挙げられた。これらの取り組みを実現するためには、単なる制度や基準整備のみでなく、それらを実務的に運用できる技術者および行政担当者の育成が必要であり、モンゴルの関係機関による持続性のある取り組みとしていくための基盤づくりおよび能力向上が不可欠となる。

7.2.3 モンゴル側の体制整備

モンゴルにおけるエネルギー・トランジションを推進するためには、国内の教育機関、産官学の連携、省庁間の協力を強化し、多分野にわたる包括的な体制を整備することが重要である。本項では、学際的教育の導入、プレマスターコースの設置、産官学連携の促進、省庁間連携の強化を通じて、持続可能な人材育成および政策実現を目指す具体的な方向性を示す。

(1) 大学内における学際的連携の推進

エネルギー・トランジションを進めていくためには、工学的な技術導入の視点だけでは不十分であり、制度設計や経済的インセンティブの構築、関係者間の合意形成といった多面的な課題への対応が不可欠である。こうした課題に取り組むには、法学・経済学・工学といった異なる分野を横断する学際的な知見を統合した教育体制の構築が求められる。このような教育を通じて、単に技術を扱うだけではなく、それを制度や社会に適切に実装し、実効性あるエネルギー政策を形成・運用できる高度専門人材の計画的な育成が可能となる。

こうした学際的アプローチの重要性は、実際の法制度形成の実例からも確認できる。たとえば、日本では、エネルギー関連の法令・規制等は、経済産業省を中心に関連する業界団体や民間企業と協働し、有識者や学識経験者の意見も取り入れながら進められてきた。一方、モンゴルでは、大学教員が直接的に法案起草に関わる機会が多く、大学と法制度形成の接点がより密接であることを確認した。

実際、モンゴル国立大学法学部「ビジネス経済法センター」が政府機関より法制度の草案作りを委託されている事例や、名古屋大学との連携により設立された「モンゴル日本法教

[78] ESCO サービスは、省エネルギー改修にかかる全ての経費を光熱水費の削減分で賄うサービスのこと。

育研究センター」の卒業生が、名古屋大学に留学し修士・博士課程を修了した後、モンゴル国立大学で教員として活動しながら、法案起草に携わっている事例も確認されている。

このような背景のもと、モンゴル国立大学工学部においても、従来の工学部中心の教育枠組みを超えた学際的な教育連携の必要性が教員間で共有されつつあり、体制整備に向けた検討が始まっている。

さらに、東京科学大学など[79]が研究する Management of Technology（技術経営、以下 MOT）の概念は、こうしたエネルギー・トランジション推進において有効なフレームワークを提供する。MOT は、技術革新や科学的知見を、社会政策や産業戦略を結びつけることを目的とする学際的アプローチであり、技術と制度を橋渡しする手法として注目されている。この考え方をモンゴルの高等教育に応用することで、単なる技術者の育成にとどまらず、制度整備や政策形成に貢献できる高度専門人材の育成が可能となる。

以下に、こうした学際的連携を踏まえた人材育成に関する具体的な対応策を示す。

表 7-12　学際的アプローチによる人材育成・政策連携の推進策

対応策	概要	実施時期
学際的教育プログラムの試行導入	エネルギー・トランジションを推進するため、工学に法学や経済学の視点を加えた学際的教育プログラムを試行的に導入する。関係する学部の教員および学生たちに学際的連携の重要性をあらかじめ啓発し、工学部生が他学部の授業を聴講できる学内聴講制度を整備し、学生の関心と学習効果をモニタリングするほか、工学部内にエネルギー法や契約法などの基礎講座を開設する。加えて、国内外の法学専門家を招聘し、法的課題を扱うワークショップを開催する。	短期
学際的カリキュラムの正式導入と体制整備	試行を踏まえて、工学・法学・経済学を統合した学部横断プログラムを大学等に導入し、MOT（技術経営）アプローチも取り入れた体系的な教育体制を構築することで、大学がエネルギー・トランジションの担い手を育成すると同時に、政策実装に向けた法整備や制度構築にも寄与できるような教育・研究体制の構築が期待される。	中期～長期
共同研究体制の強化と政策提言	学際的教育と並行して、政策提言機関や他国の大学・研究機関と連携し、共同研究を通じて工学と他分野の学問の融合を進める。研究成果をもとに政策・制度・環境整備に貢献し、モンゴルにおけるエネルギー・トランジション推進の基盤を形成する。	中期～長期

出典：調査団作成

(2)　研究室配属制度の導入

モンゴルにおけるエネルギー・トランジションを推進する人材の育成においては、大学院進学を目指す段階から、研究活動に必要な基礎スキルを早期に修得できる体制の整備が重要である。

日本の大学で広く実施されている研究室配属制度は、教員のもとで学生が日常的に研究活動に従事しながら、ゼミやディスカッション、文献レビュー、学会発表などを通じて研究者としての基礎を実践的に身につけていく。モンゴルでも大学や教員の裁量で柔軟に運営できる仕組みとして研究室制度を整備することが期待される。

[79] MOT を日本に普及させるための活動を推進する技術経営系専門職大学院協議会は、東京科学大学、日本工業大学、東京農工大学、早稲田大学、関西学院大学、山口大学などで構成されている。

そのため、学士課程の後期に教員の研究室に学生を配属する「研究室配属制度」の試行的な導入などが求められる[80]。同制度の下では、学生は研究室での実地的な学びを通じて、研究方法論、アカデミックライティング、発表スキル、専門知識などを体系的に修得できる。

中長期的には、この制度を大学の正式な教育プロセスとして制度化し、大学院進学を希望する学生にとっての標準的な準備段階として位置づけ、持続可能な運用体制を構築していくことが求められる。

表 7-13　研究基礎力の強化に向けた研究室配属制度の導入

対応策	概要	実施時期
研究室配属制度の導入と試行実施	修士課程で必要とされる研究基礎能力を早期に身につけることを目的に、学生を教員の研究室に配属する制度を試行的に導入する。配属対象は学士課程の後期または修了後の学生とし、研究方法論、アカデミックライティング、発表スキル、エネルギー分野の基礎知識などを実地の活動を通じて習得させる。	短期
研究室配属制度の定着と制度化	試行導入の成果を評価し、大学の制度としてモンゴル版の研究室配属制度を正式に導入する。大学院進学を目指す学生にとっての標準的な準備ステップと位置づけ、制度の持続的な運用と全学的な展開を図る。	中期～長期

出典：調査団作成

(3)　産官学の連携の推進

エネルギー・トランジションを推進するためには、技術の開発や制度整備に加えて、それらを現場で実行に移す実践的な連携体制が必要である。特に、民間企業（産）、大学・研究機関（学）、政府（官）が連携し、それぞれの強みを活かしながら協働する「産官学連携」は、知識と資源を有機的に結びつけ、社会実装を加速させる上で不可欠な仕組みと言える。

日本の文部科学省によれば、「知識社会」の到来に伴い、産・学・官の 3 者は連携への動機を高め、それぞれ以下の役割を担う。

- **産業界**：グローバリゼーションや IT 進展を背景に、技術シーズ創出や研究開発、人材育成を重視し、技術開発や実証実験を担う。
- **学界（大学等）**：産業界のニーズに応じた実践的人材育成や社会的課題解決に加え、基礎研究・評価、共同研究、生涯学習への対応を担う。
- **官界（政府・公的機関）**：国家レベルでのイノベーションシステム構築や研究成果の活用支援、地域では大学の技術シーズを活かした起業支援や新産業創出の政策支援を担う。

産学官がそれぞれの役割を果たしつつ連携することで、「知識社会」におけるイノベーションと社会発展が推進される[81]。

日本の事例としては、日本のエネルギー・トランジション分野においては、「産官学連携による自律型資源循環システム強靭化促進事業」や「水素社会実現に向けた取り組み」が確認できる。例えば、「産官学連携による自律型資源循環システム強靭化促進事業[82]」は、経

[80] モンゴル科学技術大学では、既に有志の教員および学生によって研究室配属制度に準ずる取り組みが実施されており、修士課程進学を希望する大学 4 年生が教員の研究室に席を置き、専門知識やアカデミックライティングなどを学んでいる。
[81] 文部科学省 https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu8/toushin/attach/1332039.htm
[82] 一般社団法人低炭素投資促進機構 https://www.teitanso.or.jp/skgshigen/

済産業省が 2024 年度に実施予定の事業であり、GX（グリーン・トランスフォーメーション）実現に向けた取り組みの一環である。「サーキュラーパートナーズ[83]」という産官学のパートナーシップの枠組みを活用し、新たな資源循環市場の創出に向けた、脱炭素と経済成長を両立する取組を支援するものである。なお、サーキュラーパートナーズも、経済産業省が 2023 年に立ち上げたサーキュラーエコノミーに関する産官学パートナーシップであり、2024 年 10 月時点で約 520 の企業、大学やその他の団体が参加しており、産官学連携の好例と言える。

モンゴルにおいても、エネルギー・トランジションの推進に向けて産官学連携を実現することは重要である。とりわけ、民間企業が主導し、政府（官）および大学・研究機関（学）との協働体制を構築することが重要である。企業の資金力や迅速な意思決定、そして市場ニーズに基づく実行力を活かすことで、短期的な成果の創出と中長期的なイノベーション・エコシステムの形成が期待される。特に、エネルギー・トランジション分野における具体的な課題に対応した事業、あるいは既に進行中の取り組みに対して、政府や大学との連携を戦略的に進めることが求められる。

表 7-14　産官学連携プロジェクトの実施

対応策	概要	実施時期
産官学連携パイロットプロジェクトの実施	エネルギー・トランジションに資する事業エリアにおいて、民間企業が推進役を担い、政府や大学との協議をリードできるプロジェクトを選定し、共同研究や試験事業を実施する。また、その成果を政府や大学と共有する。	短期～中期

出典：調査団作成

(4)　省庁間の連携推進

エネルギー・トランジションは、単なる技術導入や産業振興にとどまらず、社会構造の変化、環境保全、人材育成といった複合的な課題を伴う国家的プロジェクトである。そのため、単一の省庁で完結するものではなく、関係する複数の省庁が横断的に連携し、制度設計・政策実行・人材育成を一体的に推進する体制の構築が不可欠である。

例えば、政策全体の統括と調整には内閣府や首相府が中心的な役割を果たすべきであり、エネルギー産業の育成には経済や産業分野の省庁が、排出削減目標や環境影響の評価は環境分野の省庁が、それぞれの専門性を生かして参画する必要がある。また、教育・研究や職業訓練を所管する省庁は、エネルギー政策を担う省庁と連携し、エネルギー政策や実務に即したカリキュラム整備や研究支援を推進することが求められる。また、政策の財源確保と配分には財政当局の関与も欠かせない。

このように他分野にわたる政策課題に対応するためには、省庁間の役割を明確にしつつ、連携を制度化する調整メカニズムの整備が重要となる。特に、政策の企画立案、制度設計、実行体制の構築といった一連のプロセスにおいて、関係省庁が相互補完的に機能する仕組みが求められる。

また人材育成の観点からも、省庁間の連携は不可欠である。特にエネルギー政策の策定と実行を担う行政官や大学教員は、法学・経済学・工学などの分野を横断した学際的知識と、省庁横断的な施策構造への理解が求められる。

以下に、省庁間の連携体制の構築と、それを支える政策実行基盤の整備に向けた具体的な対応策を示す。

[83] サーキュラーパートナーズ会員一覧 https://www.cps.go.jp/member-list

表 7-15　横断的連携による政策・人材・財政体制の整備方針

対応策	概要	実施時期
政策調整体制の構築	エネルギー・トランジションを包括的に推進するため、関係機関が横断的に連携するための調整メカニズムを整備する。調整のための会合やワーキンググループの設置、役割分担の明確化を通じて連携を制度化する。	短期
行政官・専門人材育成のための連携強化	エネルギー政策を担う行政官や大学教員に求められる学際的知識・実務能力の習得を支援するため、関係省庁と大学・研究機関が連携し、専門的な教育・研修プログラムを整備・実施する。	短期
省庁横断的な予算制度の導入	関係機関が共同で事業を企画・実施できるようにするため、分野横断的な予算枠や財政調整の仕組みを検討・整備する。これにより、柔軟かつ機動的な政策実行を可能にする。	短期

出典：調査団作成

7.2.4　日本側の体制整備

モンゴルのエネルギー・トランジションを担う人材を育成し、国際的な頭脳循環を実現していくためには、日本側の受け入れ体制の整備と支援リソースの有効活用が不可欠である。日本の大学や関係機関が、モンゴルの高等教育機関や行政と連携し、継続的かつ戦略的な協力体制を築くことで、専門人材の育成と国際連携の質を高めることが求められる。

日本側では、文部科学省は世界トップレベル研究拠点プログラムや戦略的国際共同研究プログラムなど様々なプログラムを実施し、JICA は拠点大学強化クラスター事業に加え、JICA グローバル・アジェンダや各種スキーム（例：開発大学院連携プログラム、JICA チェア、SATREPS、海外協力隊等）を通じて国際頭脳循環を推進してきた。

これらの制度や支援を効果的に活用することで、モンゴルとの協力関係をより実効的なものとすることが可能である。人材育成を着実に進めるためには、早期段階での情報提供、留学生の受け入れ体制の整備、知識と技術の共有を可能にするプラットフォーム構築が鍵となる。

以下では、モンゴルのエネルギー・トランジションを支える人材育成に向けた日本側の支援リソースや、留学生受け入れ体制の課題と解決策について具体的に述べる。

(1)　人材育成を支える日本側支援スキームの紹介

日本側にモンゴルのエネルギー・トランジションを推進するための人材育成に活用できるさまざまなスキームを確認することができた。たとえば、M-JEED を通じてツイニング・プログラムの幹事校を実施していた長岡技術科学大学は、2024 年 3 月にモンゴル科学技術大学とツイニング・プログラムに関する協定書を締結し[84]、同学と独自にプログラムを継続するとのこと。

実際に、JUGAMO 向けに実施したアンケート（2024 年実施、回答者 35 名）では、文部科学省の日本政府奨学金（計 9 名、うち学士 5 名、修士以上 4 名）または M-JEED（計 11 名、うち学士 9 名、修士以上 2 名）のいずれかを利用して日本に留学した者が過半数を占めていた（計 20 名）。この結果は、回答者の属性に基づくものであり、JUGAMO 会員全体の傾向を

[84] https://www.nagaokaut.ac.jp/shincyaku/202403/22.html

示すものではないが、少なくとも本アンケートに回答した層においては、公的留学支援制度の利用が日本留学の主要な経路の一つとなっていることが確認された。

以下に示す表では、文部科学省および JICA のスキームについて記載する。

表 7-16　日本が提供する支援スキームの例

実施主体・プログラム名	概要
実施主体：文部科学省 プログラム名：日本政府（文部科学省）奨学金留学生	本制度は、海外から優秀な留学生を受け入れることにより、国際交流・友好親善の促進および諸外国の人材育成に資するとともに、日本における大学等の国際化の進展、それを通じた教育研究力の向上、ひいては社会全体の国際化・活性化に貢献し、日本と世界の発展に寄与することを目的とする留学制度。募集分野は日本の大学院で受け入れ可能な全ての分野。
実施主体：JICA プログラム名：GX 人材育成プログラム	途上国自らが、自国の脱炭素に向けた社会変容シナリオを立案、実現していくための中核人材を育成する。具体的にはエネルギー分野担当省、シンクタンクや電力事業体の人材を我が国大学院（修士課程）に招き、エネルギー政策史、トランジション経済モデル分析、電力事業体経営を学ぶことを目的としている。 なお、前節で記載したモンゴル国立大学「ビジネス経済法センター」の研究者はさまざまな分野でモンゴルの法制度づくりに貢献をしており、本プログラムの有力な対象者の候補となりえる。
実施主体：国立研究開発法人科学技術振興機構、国立研究開発法人日本医療研究開発機構、及び JICA プログラム名：地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)	科学技術の向上や地球規模課題の解決、イノベーション創出を目指し、国際共同研究を通じて途上国の研究能力向上と持続可能な活動体制を構築する。SATREPS では、既に高度な技術を持つ研究員がカウンターパートとなり、長期外国人研究員は日本の修士課程・博士課程に参加することが想定されている。
実施主体：JICA プログラム名：人材育成奨学計画（The Project for Human Resource Development Scholarship：通称 JDS）	対象国において将来指導者層となることが期待される優秀な若手行政官等を日本の大学院に留学生として受け入れ、帰国後は、社会・経済開発計画の立案・実施において、留学中に得た専門知識を有する人材として活躍すること、またひいては日本の良き理解者として両国友好関係の基盤の拡大と強化に貢献することを目的としている。
実施主体：JICA プログラム名：モンゴル工学系高等教育支援事業（M-JEED）	モンゴル科学技術大学およびモンゴル国立大学が、本事業の対象機関となり、本邦高専・大学への学位留学や、本邦大学との共同研究を支援する。本事業での新規留学生の受入は終了しているが、現在、「モンゴル国実践的教育機会を通じた工学系人材育成に係る情報収集・確認調査」（実施期間：2024 年 4 月～2026 年 9 月）が実施中。本調査によって、産業振興を牽引する工学系人材育成、特に実践的技術習得に関する JICA の支援アプローチが検討される。対象機関は、主に 4 年制大学と高専を想定。

出典：文部科学省、JICA

(2)　留学生の受け入れ体制

モンゴル人留学生を指導してきた大学教員によれば、日本の大学や研究機関はモンゴルの研究ニーズに対応できる幅広い研究分野を有しており、モンゴル人留学生の受け入れ体制も整っているとのことだった。また、今後もモンゴル人留学生や教員の育成に対し高い関心を持ち続けており、さらに大学によっては留学生用の寮の提供、チューターによる生活支援、日本語学習のサポート制度が整備されていることを確認した。加えて、今後もモンゴル人留学生や教員の育成に対する高い関心が維持されている。

一方で、より持続的かつ効果的な受け入れ体制を構築するためには、留学希望者の準備段

階から、留学希望者の応募支援、受け入れと育成に向けた体制強化、および人材育成プラットフォームの設立について検討を行う必要がある。

モンゴルと日本の間で、留学希望者・大学・研究機関・企業が連携し、持続可能な人材育成・交流のエコシステムを形成することで、専門人材の育成と知的連携のさらなる強化が期待される。

表 7-17　留学生支援と日本側受け入れ体制強化に向けた連携対応策

対応策	概要	実施時期
学生の留学前の支援体制整備	・英語による留学制度・奨学金・研究分野紹介などの情報を集約したオンラインプラットフォームを提供。 ・地方在住者や国外在住モンゴル人も参加できるオンライン説明会を定期開催し、情報格差を解消する。	短期～中期
留学生受け入れ体制の強化	・モンゴル・日本の大学間で事前に研究室・指導教員のマッチングを行い、教育内容がモンゴルなどの途上国のニーズに適応するよう調整する。 ・教員の負担軽減のため、生活支援・事務支援業務を専門スタッフや国際交流オフィス、またはコンサルタントに委託し、教育・研究活動への集中を促進する。 ・英語対応環境の整備も並行して進める。	短期～中期
専門人材育成プラットフォームの構築	・モンゴルと日本の大学・研究者・学生・企業が参加する持続可能な人材育成プラットフォームを設立し、共同研究、交流プログラム、技術・知識の共有を通じてエコシステムを形成する。	短期～長期

出典：調査団作成

7.3　人材育成のロードマップ

7.3.1　技術のライフサイクルに基づく人材育成の整理

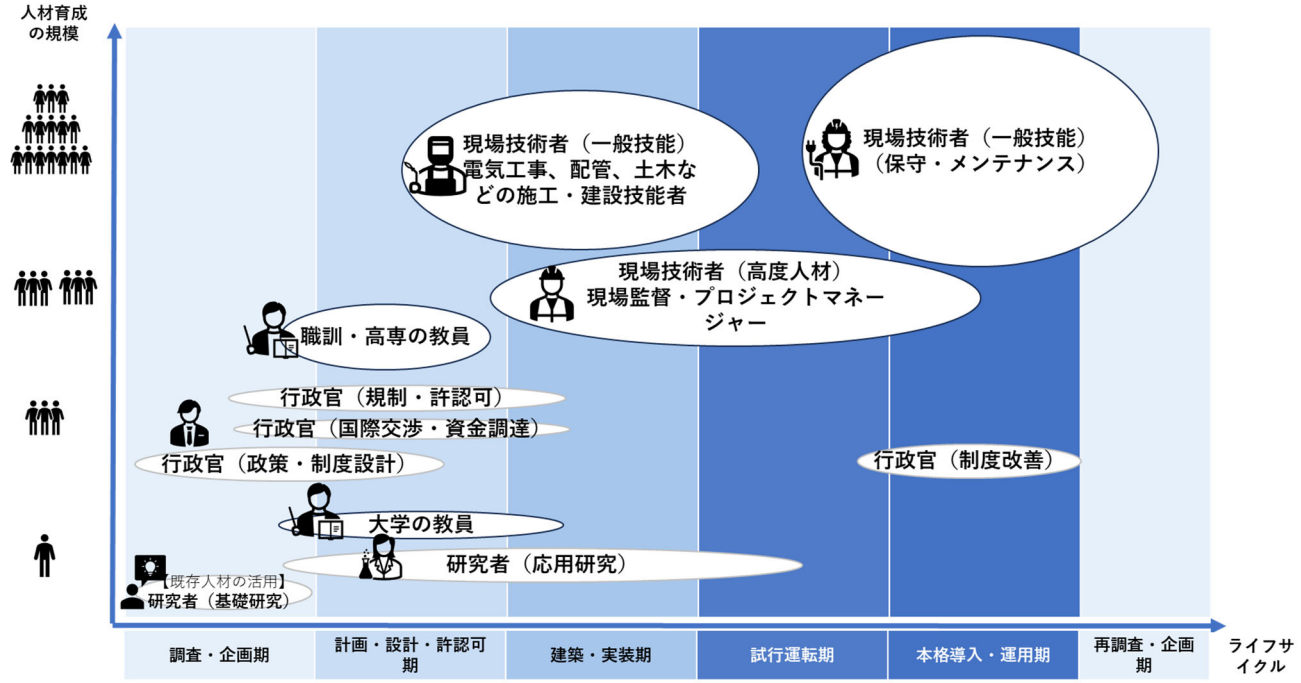
エネルギーやインフラなどの新技術を社会に導入・展開していく際には、人材育成の体系的アプローチが必要となる。その前提として、新技術導入のライフサイクルにおける各段階（フェーズ）の特性を整理し、それぞれの段階で求められる人材像および教育体制について検討が必要である。下表は、新技術が社会に実装されていく過程において優先的に育成すべき人材層とその教育支援体制の方向性を示した。

表 7-18　技術導入のライフサイクルに応じた人材育成と教育体制

フェーズ	概要	育成すべき人材像と教育支援体制
調査・企画	技術導入の必要性や方向性を検討し、政策・制度・技術の可能性を調査・企画する初期段階。	• エネルギー政策、制度設計に対応できる研究者・行政官を育成するために学際的教育（工学・法学・経済）を導入する。 • 大学教員や研究者に対しても、新技術領域に対応する教育・研究能力を養成する。
計画・設計・許認可期	技術や制度の詳細設計を行い、法的・制度的な認可や予算確保などの準備を進める段階。	• 大学・高専・職業訓練校の教員には、さまざまな現場技術者を育成するための教材開発やカリキュラム設計、研修機会を提供する。
建築・実装期	インフラ整備や設備導入など、技術やシステムを実際に構築・導入する実行フェーズ。	• 高専や職業訓練校などの教育機関を整備し、多くの技術者を実践的に育成できる体制を全国に広げる。
試行実施	導入した技術やシステムを限定的に稼働させ、性能や課題を確認・改善する検証段階。	• 研究者や高度な技術者には、実証プロジェクトや OJT（現場研修）を通じた応用力を育てる機会を用意する。 • 産学官が連携して技術者に対し試行的な実習や訓練を行い、本格的な運用フェーズへの移行を円滑に進める。 • 保守・運用を担う技術者向けに、継続学習や再教育の仕組みを整える。
本格導入・運用	本格運用を開始し、対象地域・組織への展開や利用促進を進める段階。	• 大学・高専・職業訓練校における教員の継続的な育成を進め、人材育成の仕組みを自立的に運用できるようにする。 • 行政機関や大学では、制度や技術の見直し、新たな分野への転換に対応できる人材を再教育する。
再調査・企画期（次世代化・改善・更新・廃止）	技術の老朽化や制度変化を見据え、次世代化・再利用・廃止を含む将来計画を再構築する段階。	• 行政官、大学の研究者や教員は、新たな領域に対応した教育プログラムを再設計する。

出典：国土交通省『新技術導入の手引き（2020 年）』をもとに一部改変・調査団作成。

新技術を導入・普及するライフサイクルにおいて必要とされる人材の種類と育成の規模感を、行政官、研究者・教員、現場技術者（高度人材・一般技能者）などの層ごとに整理し、下図に示した。ただし、本図はあくまで一般的な新技術導入モデルに基づく概略であり、実際の人材育成ニーズは技術特性や導入規模によって大きく異なる。たとえば、送電線や水素パイプラインのように広範な現場作業を伴う技術では、保守・施工を担う一般技能技術者が多数必要とされる一方で、小型モジュール炉（SMR）のように運用の自動化が進んだ技術では、必要な現場人材の数は比較的少なくなる場合もある。



出典：調査団作成

図 7-2　技術導入のライフサイクルに対応した人材育成の全体像の例

7.3.2　エネルギー・トランジションを支える人材像と人材育成戦略

(1)　技術導入に対応した人材像と役割の整理

本調査においては多様な技術が挙げられたが、アクションプランで提案されたた供給部門の技術（小型原子力熱電供給プラント（小型原子力 CHP)、水素熱電供給プラント（水素 CHP)、送電・水素パイプライン計画を含む VRE 等の導入）に焦点を当て、これらの技術導入を支える人材像を、行政官、研究者・教員、現場技術者（高度人材／一般技能）の 4 類型に区分し、それぞれの主な役割と求められる能力・人物像を整理している。

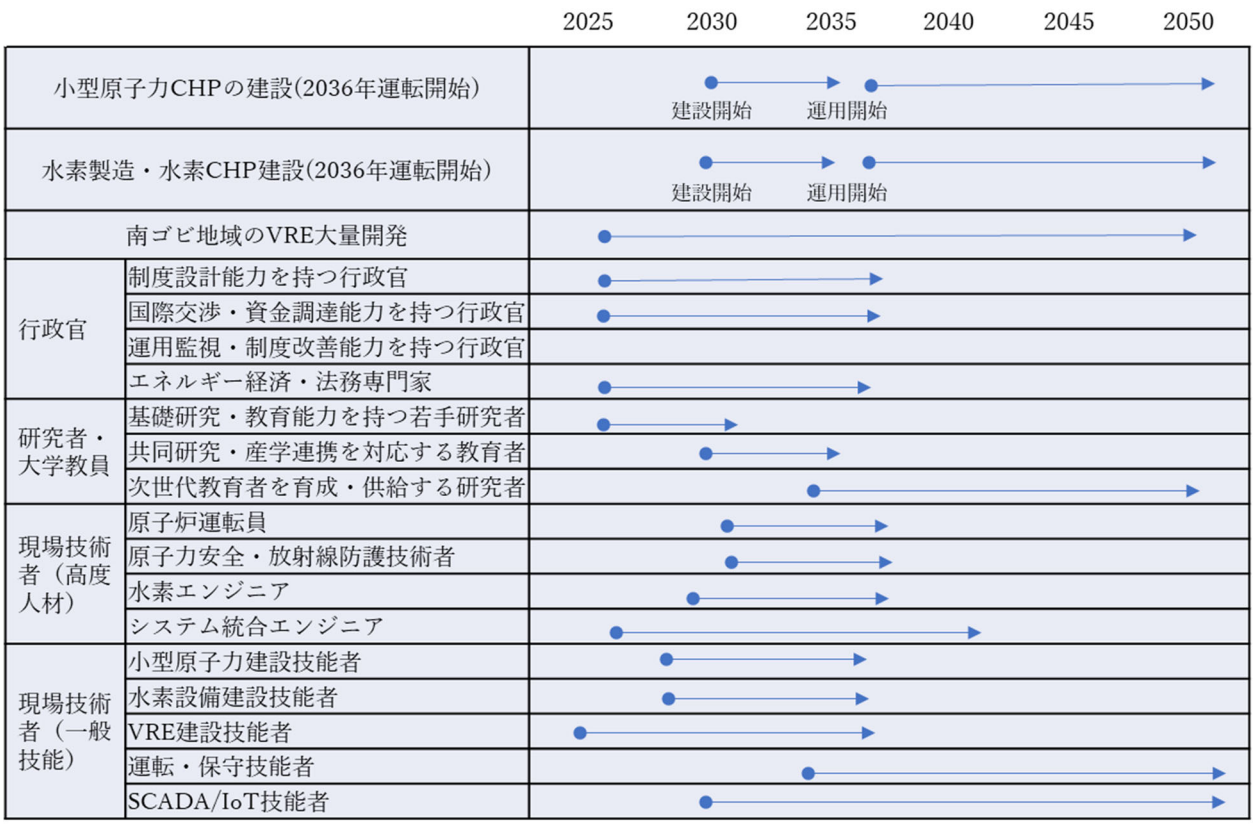
表 7-19　エネルギー・トランジション（供給部門）を支える人材の役割及び具体像

人材	主な役割	概要・主な具体的な人材像
行政官	制度設計、国際交渉、運用監視、経済・法務専門家など	制度設計や国際交渉を担う政策人材。エネルギーミックス最適化、安全規制、料金制度設計の能力を持ち、原子力・水素分野の国際条約対応や国際機関との交渉、国際金融機関や投資家との資金調達を担う人材。 - 制度設計能力を持つ行政官：エネルギーミックスの最適化、安全規制、料金制度を設計する政策立案の専門人材。 - 国際交渉・資金調達能力を持つ行政官：IAEA や国際協力枠組みとの交渉、国際金融機関や民間投資家からの資金調達を担う人材。 - 運用監視・制度改善能力を持つ行政官：運転開始後の制度運用を監視し、規制強化や制度改善を進める実務型の人材。 - エネルギー経済・法務専門家：投資採算性評価、電力市場設計、国際契約・法制度の整備を担う専門人材。
研究者・教員	技術開発、共同研究、応用研究、人材育成	技術開発と教育を担う研究・教育人材。SMR や水素技術、再エネ統合の研究を推進するとともに、産学連携や国際共同研究を展開し、大学教育を通じて次世代を育成する人材。 - 基礎研究・教育能力を持つ若手研究者：博士課程などで基礎・応用研究を行い、研究者・教育者としての素養を培う人材。 - 国際共同研究・産学連携に対応できる研究者：応用研究や国際共同研究、産学連携に対応できる研究力を兼ね備えた人材。 - 次世代教育者・研究者を育成し供給する教育者：博士修了者を大学・研究機関・企業に送り込み、次世代研究者、教育者、実務家を育成する役割を担う人材。
現場技術者（高度人材）	原子炉運転、水素エンジニア、システム統合	運転・安全管理・統合制御を担う高度な専門資格と豊富な実務経験を備えた人材。 - 原子炉運転員：小型原子力 CHP の運転管理、安全操作を担う人材。 - 原子力安全・放射線取扱技術者：防護・緊急時対応に特化した人材。 - 水素エンジニア：製造・貯蔵・輸送から CHP 運転を担う技術者。 - システム統合エンジニア：VRE・CHP・パイプライン統合運用するシステム設計・管理人材。 ※そのほか、熱エネルギーエンジニア、電力系統技術者、化学プロセスエンジニア（触媒技術含む）、高圧ガス・水素等の保安責任者、制御システム・セキュリティエンジニア、メンテナンス・フィールドエンジニアなどの育成も求められる。
現場技術者（一般技能）	建設施工、保守・運用、SCADA 操作	施工・保守・運用を担う技能資格や職業訓練に基づき現場を支える人材。 - 小型原子力 CHP 建設技能者：CHP 建設に必要な溶接・配管・電気施工の技能を持つ人材。 - 水素設備建設技能者：水素配管や電解槽設置、CHP 建設を担う人材。 - VRE 施工技能者：再エネ発電所建設（土木・電気系統接続）を担う人材。 - 運転・保守技能者：発電所・水素設備の定期点検、緊急対応を担う人材。 - SCADA/IoT 技能者：デジタル監視・遠隔制御システムを操作する人材。

出典：調査団作成

(2)　人材育成の短期・中期・長期ロードマップ

下図は、エネルギー・トランジションを支える多様な人材の育成時期を示したロードマップである。行政官、研究者・大学教員、現場技術者（高度人材・一般技能）といった区分ごとに育成の流れを体系的に整理し、各人材について重点的に育成すべき時期を示している。



出典：調査団作成

図 7-3　エネルギー分野における人材育成ロードマップ（2025–2050）

第8章　各種イベントの実施

8.1　第 1 回本邦招聘

8.1.1　目的

下記の目的のもと、第一回本邦招聘を 2025 年 1 月に実施した。

- エネルギーセクターにおけるエネルギー・トランジションの実現に資する政策や技術について理解を深める。
- エネルギー・トランジション分野における今後の両国相互協力を実現するために必要な人的ネットワークの形成を図る。
- モンゴルのエネルギー・トランジションと脱炭素化に向けたニーズや課題に対して適用可能性のある本邦技術に関する知見を共有する。

8.1.2　日程

詳細日程は下記の通りである。

表 8-1　第一回本邦招聘の詳細日程

日付	時刻	訪問先	対応者	場所
1/19(日)		来日（UB→成田）		
1/20(月)	10:30~11:30	【表敬】原子力国際協力センター（原子力の導入を円滑に行うための人材育成や法制度整備に関する取り組み等の紹介、意見交換）	JICC	東京 二番町
	14:30~15:00	【表敬】駐日モンゴル国大使館（JICA による基礎調査の活動等の紹介、意見交換）	大使館	東京 神山町
	16:00~17:00	【表敬】日本原子力研究開発機構東京事務所（JICA による技術協力の活動等の紹介、意見交換）	JAEA	東京 内幸町
1/21(火)	9:00~11:00	【講義】東京科学大学ゼロカーボンエネルギー研究所（分散型原子力システムの研究成果等の紹介、意見交換）	東科大	東京 大岡山
	13:00~14:30	【講義】東京電力パワーグリッド㈱（再エネ導入拡大対策等の紹介、意見交換）	PG 東電	東京 内幸町
	15:00~16:00	【表敬】資源エネルギー庁国際課（日本のエネルギー政策・脱炭素実現に向けた対応、AZEC 等の資源・エネルギー分野の対外政策についての紹介、意見交換） 【表敬】資源エネルギー庁原子力政策課	METI 資エ庁	東京 霞が関
1/22(水)	~14:30	移動（羽田→新千歳）		北海道
	14:30~16:30	【表敬】北海道庁（石炭地下ガス化に関する現場実験等の紹介）	北海道	北海道 札幌市
1/23(木)	9:30~11:30	【講義・視察】㈱北海道熱供給公社中央エネルギーセンター（省エネ・環境対策等の紹介、視察）	北海道熱供給公社	北海道 札幌市
	13:30~15:00	【講義】室蘭工業大学（石炭地下ガス化に関する現場実験等の紹介）	室工大	北海道 札幌市

1/24(金)	9:00～11:00	【講義・視察】北海道電力ネットワーク㈱ 中央給電指令所（再エネ導入拡大対策、大型蓄電システム実証試験、制度整備等の紹介、意見交換）	北電	北海道 札幌市
	13:30～15:30	【視察】日本 CCS 調査㈱ 苫小牧 CCS 実証試験センター（CCS 大規模実証試験等の紹介、視察）	JCCS	苫小牧市
1/25(土)		札幌市内視察		札幌市
1/26(日)		移動（新千歳→羽田）		東京
1/27(月)	9:30～11:30	【講義】JICA 調査団（モンゴル国の ET ロードマップ・アクションプランのたたき台の説明、協議）	JICA 調査団	東京 神田錦町
	14:00～15:30	【視察】城山発電所（わが国初の大規模純揚水式発電所の運用方法等の紹介、視察）	神奈川県企業庁	神奈川県 相模原市
1/28(火)	10:00～11:20	【講義】東京スイソミル（東京都における水素事業の取り組み）	東京都	東京 潮見
	14:00～16:00	JICA ラップアップ（意見交換）	JICA	東京 二番町
1/29(水)		帰国（成田→UB）		

出典：調査団作成

8.1.3 参加者

第一回本邦招聘の参加者は下記の通りである。

表 8-2 第一回本邦招聘参加者一覧

	氏名	所属・役職
1	D.Dashnyam	首相顧問（産業政策担当）
2	O. Khuyagtsogt	エネルギー省金融投資局長
3	G.Erkhembayar	エネルギー省契約・法務局長
4	Yo. Enkhtuya	エネルギー省政策計画局シニアアナリスト
5	E. Tuvshinchuluun	ERC 長官
6	G.Baljinnyam	ナショナルディスパッチセンター　CEO
7	Ch.Elbegsaikhan	Baganuur 工業パーク　社長
8	M.Baldorj	政策計画局　職員（ロジ担当）
9	M.Manlaijav	原子力委員会　事務局長

注　：全日程において A.Amarbayar 氏（モンゴル国立大学教授）が通訳を行った。
E.Tuvshinchuluun 氏（ERC 長官）はモンゴル国内における急用のため、滞在期間を 1 日短縮
出典：調査団作成

8.2 Simple-E 研修

8.2.1 目的

本研修は、エネルギー省（MOE）との協力のもと、本業務で作成したエネルギー・トランジションロードマップの精度を向上するため、同ロードマップの算出に用いた分析ソフト「Simple-E」とロードマップの数値情報を用いて関連機関に基本的な分析理論・エネルギー需要予測手法・ソフトウェア操作方法を学習する機会を提供した。

現在開示されているモンゴルのエネルギー関連統計データへのアクセス等に係る制約で、構築した本事業のモデル分析は精度が十分なものとなっていないことが懸念された。このため、研修は需要予測モデルのノウハウをモンゴル関連機関への共有をきっかけに関心を引き付けることで、さらなる詳細な情報が寄せられることを主眼に実施した。結果として、UB 配電会社や NDC などが本研修に直接参加することにより、新たな統計データが共有され、本事業の分析結果の向上とモンゴル側の能力開発という点において大きな相乗効果が得られた。

8.2.2 日程

詳細日程は下記の通りである。

日付：2025 年 6 月 19 日～6 月 20 日（2 日間）

場所：エネルギー省（MOE）、セミナールーム

表 8-3 「Simple-E」ワークショップの詳細日程

日付	時刻	活動内容	講演者/対応者	時間
2025 年 6 月 19 日（木）	9:30～10:00	登録		30 分
	10:00～10:05	開会挨拶	JICA 調査団団長 西畑昭史	5 分
	10:05～10:10	開会挨拶	エネルギー省（MOE）	5 分
	10:10～10:20	調査概要の紹介	JICA 調査団団長 西畑昭史	10 分
	10:20～12:00	エネルギー需要予測方法論の概論	JICA 調査団員 Chew Chong Siang	100 分
	12:00～13:30	昼休み		90 分
	13:30～16:30	エネルギー需要予測モデルによるシミュレーション (1/3)	JICA 調査団員 Chew Chong Siang	180 分
2025 年 6 月 20 日（金）	9:30～10:00	登録		30 分
	10:00～12:00	エネルギー需要予測モデルによるシミュレーション (2/3)	JICA 調査団員 Chew Chong Siang	120 分
	12:00～13:30	昼休み		90 分
	13:30～16:30	エネルギー需要予測モデルによるシミュレーション (3/3)	JICA 調査団員 Chew Chong Siang	180 分
	16:30～16:40	閉会挨拶	エネルギー省 (MOE)	10 分

			Puntsagbaljir. B 氏	

同時通訳：Amarbayar 氏、Munkhbayar 氏
出典：調査団作成

8.2.3 参加者

参加者は下記の通りである。

2025 年 6 月 19 日（木）：合計 24 名

2025 年 6 月 20 日（金）：合計 22 名

表 8-4 「Simple-E」ワークショップの参加者一覧

参加者		参加機関	6月19日	6月20日
1	Munkhchuluun.B	エネルギー省（MOE）	○	
2	Puntsagbaljir.B		○	○
3	Altanzul.N		○	
4	Namkhaitseren.M	エネルギー規制委員会（ERC）	○	○
5	Zolbayar.B	国家送電会社（SOJC）	○	
6	Batbold.B		○	○
7	Enkhmandakh.N	ウランバートル会社（SOJC）	○	
8	Battuvshin.G			○
9	Dambiikhorol.D		○	○
10	Battsetseg.U		○	○
11	Enkhtsetseg.S		○	○
12	Nyambayar.D		○	
13	Chinsetgel.B	モンゴルエネルギー経済研究所（MEEI）	○	○
14	Myagmarbaatar.D		○	○
15	Erdenechimeg.A	中央給電指令所（NDC）	○	○
16	Oyun-Erdene.T		○	○
17	Oyundari.S		○	○
18	Bat-Orgil.O		○	○
19	Tsolmon.M	モンゴル科学技術大学（MUST）		○
20	Tsolmon.Kh		○	○
21	Davaatseren.D		○	
22	Oyun-Erdene.M		○	○
23	Munkhtuya.E		○	
24	Amarbayar.A	モンゴル国立大学（NUM）	○	
25	Purevdalai.E			○
26	Erdene-Ochir.E		○	○
27	Baljinnyam.B	ウランバートル熱配給会社（SOJC）	○	○
28	Bat-Erdene.B			○
29	Amangelid.Kh			○
30	Bayamjargal	原子力エネルギー委員会		○
		合計	24	22

出典：調査団作成

8.3 ビジネスツアー

8.3.1 目的

ロードマップで推奨される技術に重点を置き、日本の新技術の紹介によって、以下を実現することを目的とする。

①本邦企業によるシーズの発掘
②モンゴルにおける本邦企業の技術・サービス展開に向けたビジネスマッチング

8.3.2 日程

2025 年 10 月 12 日から 17 日の渡航日を除く実質 4 日間の日程で参加者の保有する本邦技術のモンゴルでの展開にあたりキーとなるモンゴル関係機関を参加者の自薦もしくは調査団等からの他薦をもとに決定し、各社で訪問を行った。具体例として、ウランバートル市役所や環境省等の訪問を実施した。

8.3.3 参加者

参加者については、本業務にて策定しているエネルギー・トランジションロードマップにおけるインパクトが比較的大きな本邦技術を保有する民間企業の関係者とした。なお、当該企業および関係者は、業界団体等を経由した公募および推薦に基づき選定した。結果として、民間企業 4 社から各 1 名ずつの計 4 名が参加した。

8.4 ワークショップ

8.4.1 目的

以下をテーマとした講演を実施し、その内容を踏まえて、日本からモンゴルへの支援の在り方に関する意見交換を実施することを目的とする。

① 本案件における調査結果：エネルギー・トランジションロードマップ、アクションプラン（JICA 調査団）
② 調査結果に関連する特定テーマ（本邦関係者）（※特定テーマとして、1）原子力人材育成、2）石炭高度利用、3）省エネルギー政策、を取り上げた）

8.4.2 日程

詳細日程は下記の通りである。

表 8-5 詳細日程（原子力人材育成）

日付	時刻	訪問先
10/19(日)		入国（日本→UB）
10/20(月)	8:30～9:30	JICA ブリーフィング

	12:00～13:00	表敬訪問：大使館
10/21(火)	9:00～13:00	基調講演
	14:30～17:00	原子力委員会（NEA)
10/22(水)	9:00～13:00	モンゴル国立大学（NUM)
	15:00～16:00	MJEED 事務局、JICA モンゴル事務所
10/23(木)	9:00～13:00	モンゴル科学技術大学（MUST)
	15:00～16:00	ラップアップ
10/24(金)		帰国（UB→日本）

出典：調査団作成

表 8-6　詳細日程（石炭高度利用）

日付	時刻	訪問先
10/19(日)		入国（日本→UB）
10/20(月)	8:30～9:30	JICA ブリーフィング
	12:00～13:00	表敬訪問：大使館
10/21(火)	9:00～13:00	基調講演
	14:30～16:00	モンゴル科学技術大学（MUST）
	16:00～16:30	New Orient Mongolia Co., Ltd
10/22(水)	9:30～14:00	Buuruljuult（露天掘り炭鉱）
	16:00～17:30	モンゴル国立大学（NUM)
10/23(木)	10:00～12:00	Erdenes ITP LLC
	14:00～16:30	MAK HQ
	17:00～18:00	ラップアップ
10/24(金)		帰国（UB→日本）

出典：調査団作成

表 8-7　詳細日程（省エネルギー政策）

日付	時刻	訪問先
10/19(日)		入国（日本→UB）
10/20(月)	8:30～9:30	JICA ブリーフィング
	12:00～13:00	表敬訪問：大使館
10/21(火)	9:00～13:00	基調講演
	14:30～16:30	エネルギー規制委員会（ERC)
10/22(水)	9:00～12:00	モンゴル国立大学（NUM)
	14:00～16:30	Ministry of Energy（エネルギー省）
10/23(木)	9:00～12:00	モンゴル科学技術大学（MUST)
	13:30～15:30	都市計画・建設・住宅整備省
	16:00～17:00	ラップアップ
10/24(金)		帰国（UB→日本）

出典：調査団作成

8.4.3　参加者

参加者は下記の通りである。

表 8-8　ワークショップの参加者一覧

	組織	所属・役職	氏名
1	国立大学法人東京科学大学	総合研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所 教授	小原 徹
2	国立大学法人東京科学大学	総合研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所 教授	相樂 洋
3	国立大学法人室蘭工業大学	大学院工学研究科 寄附講座「未利用資源エネルギー工学講座」 特任教授	板倉 賢一
4	大日本ダイヤコンサルタント株式会社	新領域事業部 環境エネルギー部 部長	向後 高明
5	一般財団法人省エネルギーセンター	国際協力本部 国際ビジネス協力センター 国際技術専門家	山本 克彦

出典：調査団作成

8.5　セミナー

8.5.1　目的

本調査においてモンゴル側の意見を複数回聴取・反映して作成したエネルギー・トランジションロードマップとアクションプランについて、その発表を主目的としたセミナーを実施した。また、上記を補強し、モンゴル側に総合的な理解醸成を促すため、本調査で把握された課題のうちロードマップの策定に大きく関連する内容としてエネルギー統計データとマクロ経済シナリオに基づくエネルギー需給モデル構築およびそのためのエネルギー統計の在り方について講義を行った。加えて、ロードマップの提言の一つであるゴビ地域における大規模再生可能エネルギー源の開発と都市部での利用のため、計画的な送電システムの開発が必要であることから、電力システムのビジョンについても講義を実施した。

8.5.2　日程

詳細日程は下記の通りである。

日付：2025 年 12 月 17 日

場所：エネルギー省（MOE）、セミナールーム

表 8-9　セミナーの詳細日程

Time	Agenda	Speaker	Duration
9:30- 10:00	Registration		30 min
10:00- 10:10	Opening Remarks	**Mr. Kousuke Shida** Japan International Cooperation Agency (JICA)	10 min
10:10- 10:50	Outcome of the Survey: Roadmap and Action Plan for the Energy Transition	**Mr. Akifumi Nishihata** JICA Survey Team	40 min

10:50-11:30	Energy Supply and Demand Forecast and Energy Statistics for Mongolia	**Dr. Chew Chong Siang** JICA Survey Team	40 min
11:30-11:40	Break		10 min
11:40-12:20	Power Transmission Planning for the Large-Scale Introduction of Renewable Energy	**Mr. Hidekazu Takase** JICA Survey Team	40 min
12:20-12:30	Feedback and Closing Remarks	**Mr. G.Enkhtuvshin** Ministry of Energy (MOE)	10 min

出典：調査団作成

8.5.3 参加者

資料共有対象および当日参加者は下記の通りである。

表 8-10　セミナーの資料共有対象および参加者一覧

No	Name	Organization	Position
1	Enkhtuvshin	MOE	Head of division
2	Ariunbold		Senior expert
3	Tselmuun		Specialist
4	Tushigbat		Expert
5	Gerelt-Od		Senior specialist
6	Altansukh		Senior specialist
7	Oyundavaa		Specialist
8	Jargalmaa		Expert
9	Badarguun		Specialist
10	Namjiljav		Specialist
11	Enkhbaatar		PIU engineer
12	Nyamtsetseg		PIU advisor
13	Enkhtuya		Senior expert
14	Khishigdemberel		RE-Engineer
15	Onon	NDC	Engineer
16	Uurtsolmon		Engineer
17	Tuguldur		Economist
18	Enkhbayasgalan		Engineer
19	Munkh-Erdene		Engineer
20	Gantamir		Engineer
21	Enkhbayasgalan		Engineer
22	Enkhtuvshin	MEEI	Scientific secretary
23	Tsolmon	MUST	Senior lecturer
24	Tuvshinbayar		Senior lecturer
25	Bekhbat		Teacher
26	Davaakhuu		Scientific secretary
27	Enkhsaikhan		Professor
28	Nyam		Senior lecturer

29	Turmandakh	NUM	Professor
30	Tuvshin	URECA LLC	Project director
31	Erdenebayar	MMS	Business development
32	Bekhbat	MUST*	Professor
33	Nominbileg	ERC	
34	Ganbold	ADB	Expert

出典：調査団作成

8.6 第 2 回本邦招聘

8.6.1 目的

下記の目的のもと、第二回本邦招聘を 2026 年 1 月に実施した。

- 本調査で作成されるモンゴル国のエネルギー・トランジションに向けたロードマップ・アクションプラン案について議論いただく。
- 日本のエネルギー・環境分野における今後の脱炭素化に向けた政策面での取り組みや民間セクターが有する先進的な技術・知見の中で、モンゴル国における適用が今後期待されるものに関する理解を深めていただく。
- 今後の協力の可能性を探るため、モンゴル側と日本側のそれぞれの関係者の関係構築を促進する。

8.6.2 日程

詳細日程は下記の通りである。

表 8-11　第 2 回本邦招聘の詳細日程

日付	時刻	訪問先	対応者	場所
1/25(日)		来日（UB→成田）		
1/26(月)	10:00~12:00	【講義】エネルギー・トランジションロードマップ案	JICA 調査団	東京 神保町
	14:00~16:00	【講義】日本エネルギー経済研究所（日本の原子力政策の紹介、意見交換）	IEEJ	東京 二番町
1/27(火)	10:00~12:00	【見学】東京電力パワーグリッド㈱中央給電指令所（日本の送電・系統調整における再エネ導入拡大対策等の紹介、意見交換）	TEPCO PG	東京 内幸町
	14:00~16:00	【講義】省エネルギーセンター（日本の省エネルギー政策・省エネ実現に向けた対応等の紹介、意見交換）	ECCJ	東京 芝浦
1/28(水)	13:30~15:30	【講義・視察】高砂熱学イノベーションセンター（サスティナブル建築(ZEB)事例やグリーン水素製造・利用事例等の紹介、視察）	高砂熱学工業㈱	茨城県 つくば
1/29(木)	10:00~12:30	【講義】日本エネルギー経済研究所（エネルギー統計データ収集、エネルギーバランス表作成方法）	IEEJ	東京 勝どき

	14:00~16:00	【講義・視察】日本卸電力取引所（日本の電力自由化、電力市場等の紹介、意見交換）	JEPX	東京 芝浦
1/30(金)	10:00~11:00	【表敬】資源エネルギー庁（エネルギー基本計画など）	METI 資エ庁	東京 霞が関
	14:00~16:00	【意見交換】JICA ラップアップ	JICA	東京 二番町
1/31(土)		帰国（成田→UB）		

出典：調査団作成

8.6.3 参加者

第二回本邦招聘の参加者は下記の通りである。

表 8-12 第二回本邦招聘参加者一覧

	氏名	所属・役職
1	M. ENKHTSETSEG	モンゴル国大国家会議 大国家会議議員
2	K. ERDENECHULUUN	Enkhtsetseg 国会議員付 エネルギー顧問
3	D. OYUNDARI	Enkhtsetseg 国会議員付 エネルギー顧問
4	B. ENKHJARGAL	Deputy Prime Minister's Office シニアエクスパート
5	P. TOVUUDORJ	Ministry of Energy 政策・計画局長
6	Y. ENKHTUYA	Ministry of Energy 政策計画局シニアエクスパート
7	G. TULGA	Ministry of Energy 政策計画局シニア職員
8	L. MUNKHJARGAL	Ministry of Energy 政策計画対外関係協力課長
9	L. ZAYA	Energy Regulatory Commission 省エネ課シニア職員
10	N. BATBAYAR	Energy Regulatory Commission ライセンス局職員
11	S. TSENDBAYAR	National Dispatch Center 技術・モニタリング課モニタリングエンジニア
12	E. TUGULDUR	National Dispatch Center 取引エコノミスト
13	G. MANLAIJAV	Nuclear Energy Commission 事務局長
14	A. TURSUKH	Nuclear Research Center of National University of Mongolia モンゴル国立大学核物理研究センター、研究員

注 ：全日程において A.Amarbayar 氏（モンゴル国立大学教授）が通訳を行った。
出典：調査団作成

第9章　提言

9.1　モンゴルへの提言

オフナー・フレルスフ大統領が 2022 年の COP27 において、”by 2050, we are setting the goal of zeroing the gap between greenhouse gas emissions and absorption.”と述べた通り、2050 年までのモンゴルにおけるネットゼロエミッションの達成が世界的にも注目されている。

その中でもエネルギー・トランジションは、購買力平価 GDP あたりの CO_2 排出量が全世界で 2 番目に多く（1 番目はトルクメニスタン）、化石燃料に依存するエネルギー構成となっているモンゴルにおいては、最も重要な課題の一つと考えられる。これは、発電される電力の約 9 割が石炭火力発電由来であり、寒冷なモンゴルの気候ゆえの最終エネルギー消費全体の約 6 割を占める暖房熱需要など、社会・経済・環境といった幾多の側面が複雑に関連したモンゴル特有の課題がその背景にある。

本調査は、上記の状況を踏まえつつ、2050 年のカーボンニュートラルを目指してモンゴルでエネルギー・トランジションの対象となる分野について情報収集・分析を行い、モンゴルのエネルギー事情を踏まえた、安価なエネルギー供給と低炭素化がベストバランスで両立された将来の協力を行うための協力方針について、検討・提案を行うことを目的として実施された。第 6 章に示している本ロードマップは、将来的な脱炭素化技術としての原子力・水素などの発電・熱供給方法の可能性を示しつつ、将来にわたってのエネルギー需要増加を低減するための断熱やエネルギー高効率化など、すなわち省エネの取組といった着実に実施可能な技術の利用を基礎に据えている。また、ロードマップ自体の根底として存在する CBM や石油・バイオマスなどの国産資源についても石炭の代替燃料としての利用可能性を模索したものである。加えて、エネルギー・トランジションを進める人材育成にも焦点を当てている。

本エネルギー・トランジションロードマップが示すように、エネルギー・トランジションは、エネルギー需要・供給・資源といった側面での省庁連携に留まらず、専門人材の育成・資金も含めた産官学の総力を結集しなければ実現は容易ではない。さらに、時々刻々と変化する技術や世界情勢を的確に反映しながらロードマップが修正・改善されていくことも必要であり、そのための分野横断的な体制づくりが早急に求められることを強調したい。願わくば、本エネルギー・トランジションロードマップの内容がモンゴルにおける円滑な体制づくりに寄与すること、さらにはアクションプランの内容がモンゴルのカーボンニュートラル達成に向けた一歩を踏み出すきっかけとなることを期待する。

9.2　協力可能性が高い案件

下表に本業務を通じて特定された今後の協力可能性が高い案件について以下に検討・整理した。なお、このうちエネルギー・トランジションロードマップ遂行への影響度・緊急度や本調査で実施した各種イベントで得られた関係者からの意見などを総合的に踏まえ、以下の背景・理由を踏まえてとくに優先できる案件を下表に取り上げた。

気候変動対策において、省エネルギーおよび再生可能エネルギーは、脱炭素化を図る上で、両輪をなすものと言える。そのため、中央・南ゴビ地域を中心に再エネ電源を大規模に導入すること、かつそれを消費地に輸送するための電力系統を整備・拡充するためのソフト・ハード面の対策の優先度は高い。また、冬季の熱需要がモンゴルのエネルギー起源 CO_2 排出量の大半を占める現状を踏まえると、建物の断熱性能を高めるなどの省エネ対策が喫緊の課題であり、省エネにかかる法整備とともに、それを実施する機関の能力向上が強く求められる。

副次的に発生する CO_2 を CCS などによって適正に処理することで実質的に CO_2 排出量を極めて低く抑えた水素として製造されるブルー水素の大元となる石炭は、グリーン水素の大元となる再エネとともにモンゴルにおいて豊富に存在し、かつ脱炭素化を図る上でも貴重な天然資源である。これらの資源を有効に利用しながら、社会経済開発およびエネルギー・トランジションを両立させる手段となる水素製造・利用にかかる案件の優先度も高い。

石炭を燃料とする単一的な熱供給手段に依存する現状を踏まえると、モンゴル国としてのエネルギー安定保障上の脆弱性を克服するためのエネルギーミックスの構築が重要であり、その一翼を担い得るのが原子力である。既に、モンゴルは国際原子力機関（IAEA）ほかと連携しつつ、ウラン精製や新型原子炉の推進にかかる計画を有しているが、熱供給ゆえに都市部近傍に原子力発電所を設置する可能性が高い地勢を鑑みると、原子力安全利用にかかる知識の醸成・経験を有する人材の育成は長期継続的に求められる重要事項である。

表 9-1　再エネ導入拡大に向けた開発計画能力向上

プロジェクト名	再エネ導入拡大に向けた開発計画能力向上
実施機関	エネルギー省、NDC、NPTG、MEEI
ロードマップ上の時期	短期
プロジェクト概要	再エネ導入拡大や既存の系統設備の O&M 能力向上を目的として実施してきた JICA の「再生可能エネルギー導入拡大に向けた電力系統安定化プロジェクト（2025）」に関して、本調査の結果を踏まえ、補完・拡張する形で提案するもの。 具体的には、計画に重点を置き、需要想定の手法の改善、500kV を含む送変電事業計画に関わる能力向上、RTDS の計算処理数を拡張してより広域をシミュレーションできるような能力を向上されること、その他モンゴルにとっての新技術の導入支援を行うものを提案する。 **1. 需要想定モデルの能力向上のための環境整備 (MEEI)** ❑ 統計データの整備に関わる基本方針の検討 ❑ 産業・運輸・民生分野（業務・家庭）の持続可能なエネルギー統計収集の形式の検討 ❑ 産業・運輸・民生分野（業務・家庭）のエネルギー消費実態調査 ❑ 統計データ分析の能力開発 ❑ 上記データを前提とした電力需要想定のモデル手法の開発 ❑ 統計データ収集制度の改善への提言 **2. 主要系統の計画能力向上(NPTG)** ❑ 再エネを含めた電源計画の確認とシナリオ検討 ❑ 上記シナリオに対する系統計画の妥当性の検討（Power Factory による）。交流送電系統の安定化のための機器（STATCOM、Synchronous Condenser、SVC など）も含める。 ❑ モンゴルの送電網を全国で連結する場合のケーススタディ。

	❑ 主要な送電線・変電所のプレ FS（ルート選定、サイト選定、概略設計、概略コスト積算、主な機器の仕様提案等）と現地踏査（※超高圧送電線 1 か所、直流送電線 1 か所（交直変換器含む)、デジタル変電所 1 か所程度を想定） ❑ NPTG 変電所に併設される太陽光発電設備の実施可能性調査（1 か所想定） **3. RTDS による系統運用能力向上 (NDC、NPTG)** ❑ （増設される RTDS を念頭に）RTDS による模擬範囲の拡大支援 ❑ RTDS による系統事故模擬ケースの作成及び対応 **4. その他の再エネ導入可能性検討 (MOE)** ❑ バイオマス燃料を活用した火力発電設備の改造・設置の可能性調査 ❑ グリーン水素等再エネ技術の状況紹介
場所	モンゴル
関連計画・ドナー支援等	ADB がエネルギーマスタープランを実施中。
JICA 支援のアイデア	技術協力プロジェクト
本邦技術活用可能性	超高圧送変電設備、調相設備、バイオマス流動床、水素 GT など。
想定プロジェクト期間	3 年程度

出典：調査団作成

表 9-2　産業・民生分野省エネ能力向上

プロジェクト名	産業・民生分野省エネ能力向上
実施時期	短期
実施機関	都市計画・建設住宅整備省、エネルギー省、Energy regulatory commission、自然環境・気候変動省、ウランバートル市（その他支援/団体：モンゴル国立大学、モンゴル科学技術大学、Green Building Council、Passive House Institute NPO）
プロジェクト概要	モンゴルの関係省庁等との面談を通じて省エネ分野における具体的・実務的な支援ニーズが明確に示された。モンゴルでは 2015 年に制定された省エネルギー法の 10 年間の運用課題や、Covid-19 以降の電力料金引き上げによる省エネ需要の高まりを背景に、省エネ促進に向けた制度・基準整備と人材育成への期待が高まっている。 特に、産業分野ではエネルギー効率基準（ベンチマーキング）の導入、省エネセンター設立および実務者育成、促進のためのインセンティブや資金調達メカニズムに関する日本の知見の共有が求められた。民生分野では、建物省エネ基準や省エネガイドライン、性能認証制度の整備と、それを担う実務者育成への要望があった。また、スマートメータや ESCO サービスなど新技術・ビジネスモデルの普及も重要課題として挙げられた。 これらを持続的に実現するためには、制度整備のみならず技術者や行政担当者の能力強化を含む基盤づくりが必要である。したがい、産業および民生（業務、住宅）部門における省エネルギー促進によるエネルギー効率の改善に向けて、包括的な省エネルギー促進政策・制度検討、実施機関の設立、必要な専門人材の能力開発を実施する。: **1. 省エネルギー政策・枠組みの強化** ❑ エネルギー管理制度のレビューと改善案の提案 ❑ 産業別のエネルギー効率基準（ベンチマーキング）の策定 ❑ 省エネルギー診断士の資格制度と人材育成 ❑ 建物省エネ基準（Building Energy code）とガイドラインの策定 ❑ 建物のエネルギー性能ラベリングと認証制度 ❑ 省エネルギーセンター設立支援（エネルギー管理/監査、省エネ診断等の人材育成や技術展示、ZEB ショーケース） ❑ 産業セクターの省エネ支援（省エネ診断士および ESCO 制度の促進策の検討）

	❑ 普及インセンティブ、資金調達メカニズム（グリーンファイナンス）の強化施策の検討 ❑ 建物のエネルギーシミュレーションツールの開発 ❑ ZEB/ZEH 実証 **2. 熱供給の効率改善と脱炭素化** ❑ 熱供給事業の効率改善（ヒートロス、スマートメータ設置、エネルギーマネジメントシステムを通じた管理・改善） ❑ 熱の脱炭素化実証（CHP の石炭の焚き減らし）
場所	モンゴル
関連計画・ドナー支援等	2021 Plan to reduce greenhouse gas emissions in the construction and urban developments 、豆炭ストーブからガスストーブへの転換 GIZ が集合住宅の断熱化を実施中。
JICA 支援のアイデア	研修（人材育成）、技術協力プロジェクトなど
本邦技術活用可能性	省エネ建材（ガラス、断熱材）、省エネ設備（HVAC、インバータ）、再エネ（BIPV、ペロブスカイト、太陽熱、地中熱ヒートポンプ）、ZEB/ZEH、コジェネレーション、スマートメーター、エコキュート、DSM
想定プロジェクト期間	3 年程度

出典：調査団作成

表 9-3　水素基本戦略策定支援

プロジェクト名	水素基本戦略策定支援
実施時期	中長期
実施機関	エネルギー輸出・再エネ投資委員会、エネルギー省、自然環境・気候変動省、水資源庁、国家水資源評議会（NWC）、産業・鉱物資源省、都市計画・建設住宅整備省、道路運輸省
プロジェクト概要	エネルギー・トランジションロードマップが示すとおり、水素の製造・利用は電力源・熱源・動力源の脱炭素化に向けた重要課題となっている。また、水素製造に必要な水資源については、国内需給の把握や隣国との調整方針の明確化が、水素社会を内外と協調して推進するうえで欠かせない。本プロジェクトでは、水素利用の可能性と制約を体系的に調査し、国家的な基本戦略として整理することで、モンゴルの水素社会の将来像づくりを支援する。さらに、有望な製造・利用技術の実証を進めることで、実現可能性を具体的に高め、低炭素社会への移行とエネルギー安全保障、地域経済のレジリエンス強化に寄与することを目指す。 **1．水素基本戦略策定** 水素製造・利用ポテンシャルを包括的に調査し、水素基本戦略を提示する。これに併せて水素利活用ガイドラインなどの面で能力開発を行う。: ❑ 水の資源量、既存の需要量の調査（水使用量、水利用、水資源管理能力強化の提案） ❑ 将来的な水素需要および水素製造に必要となる水需要量の推計 ❑ 水素サプライチェーンの検討 ❑ 再生可能エネルギーポテンシャル調査 ❑ ファイナンス検討 ❑ 支援制度の検討 ❑ 水素利活用ガイドライン、保安基準の策定 ❑ 水素基本戦略の作成 **2. 水素燃料利用コジェネパイロットプロジェクト**

	南ゴビ地域に位置する地方都市において、再生可能エネルギーを利用した水素製造および水素燃料を使用するコジェネレーションプラントの導入検討し、パイロットプランを策定する。 ❑ 電力・熱需要調査、収益性分析 ❑ パイロットプラン策定 ❑ 水素製造技術（水電解装置）導入パイロットプロジェクトおよびその実施・モニタリング ❑ コジェネレーションプラント導入パイロットプロジェクトおよびその実施・モニタリング（本技術の確立状況に応じて実施を検討）
場所	モンゴル
関連計画・ドナー支援等	一般社団法人海外環境協力センターが令和 5 年度 水素等新技術導入事業（環境省）を実施。
JICA 支援のアイデア	開発計画調査型技術協力/技術協力プロジェクト、有償・無償技術協力（実証）
本邦技術活用可能性	本邦水素基本戦略、水素技術全般
想定プロジェクト期間	5 年程度

出典：調査団作成

表 9-4　原子力導入基盤整備に向けた人材育成

プロジェクト名	原子力導入基盤整備に向けた人材育成
実施機関	原子力委員会、エネルギー省、モンゴル科学技術大学（MUST）、モンゴル国立大学（NUM）、教育省
ロードマップ上の時期	短期～長期
プロジェクト概要	将来的な原子力発電導入に必要な、政策・制度・規制をリード出来る科学的知見を有する技術系行政官の育成を支援する。直近ではウラン鉱山の開発が計画されていることから、放射線・放射物質管理などの分野についての専門家養成のため、既往の GX 長期研修への参加拡大を行う。また、原子力分野を対象とした課題別研修が開始された際には、そこに継続的な参加を行う。
場所	ウランバートル、日本国内
関連計画・ドナー支援等	
JICA 支援のアイデア	研修
本邦技術活用可能性	
想定プロジェクト期間	5 年

出典：調査団作成

その他を含めたプロジェクト群全体については、下表のとおりであり、上記の優先案件は太字で示している。ここでは、上記の優先案以外について続く表でそれぞれ詳細を整理した。

表 9-5　協力可能性が高い案件（概要リスト）

分野		エネルギー・トランジション関連プロジェクト
1.全体		1. 政府版エネルギー・トランジションロードマップ策定支援 **2. 再エネ導入拡大に向けた開発計画能力向上** **3. 水素基本戦略策定支援** 4. 電力セクターガバナンス能力向上
2.需要側	産業	1. 産業エネルギー管理能力向上
	運輸	1. ウランバートル LRT 開発
	民生	1. ZEB/ZEH および地中熱ヒートポンプ導入促進

		2. ZEB 導入実証 3. 持続可能定住型ゲル実証
	横断型	**1. 産業・民生分野省エネ能力向上**
3.供給側		1. 廃棄物発電運営管理・次期導入に向けた事業環境改善 2. 次期廃棄物発電導入
4.資源		1. EOR, EGR パイロットプラント実施に向けたプレ F/S 2. シェールガス、シェールオイル開発に向けたプレ F/S 3. メタネーションプレ F/S 4. バイオマス利用詳細調査
5.人材育成		**1. 原子力導入基盤整備に向けた人材育成**

出典：調査団作成

表 9-6　政府版エネルギー・トランジションロードマップ策定支援

プロジェクト名	1-2 政府版エネルギー・トランジションロードマップ策定支援
実施機関	エネルギー輸出・再エネ投資委員会、エネルギー省、自然環境・気候変動省、産業・鉱物資源省、都市計画・建設住宅整備省、道路運輸省、原子力委員会
ロードマップ上の時期	短期
プロジェクト概要	「モンゴル国エネルギー・トランジション促進に係る情報収集・確認調査」で草案されたエネルギー・トランジションロードマップおよびアクションプランについて、関係省庁との連携確立・能力強化を行いながらモンゴル政府案の作成を支援する。: ❑ ロードマップ策定体制の構築 ❑ 需要側（産業・運輸・民生）の省エネ・低炭素化ポテンシャルおよび対策の分析・精査 ❑ 供給側の電源計画等精査 ❑ 資源関連データの分析・精査 ❑ 人材育成方針の分析・精査 ❑ 経済・財務分析、財政的・制度的スキーム検討 ❑ エネルギー・トランジションロードマップおよびアクションプランに関する関係者間での合意の形成 ❑ 関係者のロードマップ実行能力向上
場所	モンゴル（ウランバートル）
関連計画・ドナー支援等	WB が供給に関する将来案を策定
JICA 支援のアイデア	開発計画調査型技術協力、人材育成支援など
本邦技術活用可能性	ロードマップ推計能力、その他ロードマップに示される各種本邦技術
想定プロジェクト期間	3 年程度

出典：調査団作成

表 9-7　電力セクターガバナンス能力向上

プロジェクト名	電力セクターガバナンス能力向上
実施時期	短中期
実施機関	エネルギー省、ERC、NDC、NPTG
プロジェクト概要	モンゴル電力セクターの効率的な事業の実施に向けてセクターガバナンスを改変する動きがあり、第 2 回招へい（2026 年 1 月実施）において要望があったものをとりまとめた。これらの活動を支援するための研修および議論のファシリテーションを行う。 **1. 電力市場形成支援** ❑ 日本側からの知見提供：日本を含めた海外諸国の電力市場の現状と課題分析 ❑ 研修メンバー内での議論：モンゴルにおける電力市場の考え方の整理 **2. 電力セクターのガバナンス強化のための支援** ❑ 研修メンバー内での議論：上記で検討した電力市場の形に応じた電力セクターの

	組織のあり方の議論 **3. 電気料金の方針** ❑ 日本側からの知見提供：日本を含む世界各国の電気料金比較分析 ❑ 研修メンバー内での議論：モンゴルにおける電気料金のあり方の考え方整理
場所	日本
関連計画・ドナー支援等	-
JICA 支援のアイデア	国別研修など
本邦技術活用可能性	特になし
想定プロジェクト期間	-

出典：調査団作成

表 9-8　産業エネルギー管理能力向上

プロジェクト名	産業エネルギー管理能力向上
実施時期	短中期
実施機関	産業・鉱物資源省、都市計画・建設住宅整備省、エネルギー輸出・再エネ投資委員会、エネルギー省、自然環境・気候変動省
プロジェクト概要	産業部門におけるエネルギー・トランジションに資する取組としてエネルギー管理制度の改善、普及政策・制度検討、能力開発を実施する。: ❑ エネルギー管理制度および実施の改善 ❑ ベンチマーキング制度、カーボンクレジット等導入支援 ❑ インセンティブ制度 ❑ 産業 CN アクションプラン作成
場所	モンゴル（ウランバートル）
関連計画・ドナー支援等	
JICA 支援のアイデア	開発計画調査型技術協力、人材育成支援、協力準備調査など
本邦技術活用可能性	各種本邦産業省エネ制度
想定プロジェクト期間	2-3 年程度

出典：調査団作成

表 9-9　ウランバート LRT 開発

プロジェクト名	ウランバート LRT 開発
実施時期	中長期
実施機関	ウランバートル市
プロジェクト概要	本プロジェクトは、モンゴル国の首都ウランバートル市における深刻な交通渋滞と大気汚染の問題に対応し、モンゴル全体のエネルギー・トランジションを推進することを目的としている。ウランバートル市で計画されている LRT（Light Rail Transit）整備を技術的・制度的・運用面から支援し、都市の持続可能性と国全体の脱炭素化に貢献する。: ❑ 導入技術の調査・選定 ❑ 基本設計 ❑ 導入・施工監理（発注者支援） ❑ 運営・運行管理・維持管理・モニタリングマニュアル作成および能力向上
場所	ウランバートル
関連計画・ドナー支援等	ウランバートル市 LRT 計画
JICA 支援のアイデア	FS 調査、協力準備調査、有償資金協力（円借款）、人材育成支援など
本邦技術活用可能性	既存の LRT 技術

想定プロジェクト期間	5-10 年程度

出典：調査団作成

表 9-10　ZEB/ZEH および地中熱ヒートポンプ導入促進

プロジェクト名	2-1 ZEB/ZEH および地中熱ヒートポンプ導入促進
実施機関	都市計画・建設住宅整備省、エネルギー輸出・再エネ投資委員会、エネルギー省、自然環境・気候変動省
ロードマップ上の時期	短期
プロジェクト概要	民生家庭部門・民生業務部門におけるエネルギー・トランジションに資する取組として ZEB/ZEH や地中熱ヒートポンプの普及政策・制度検討、能力開発を実施する。: ❑ ZEB/ZEH 推進ロードマップ、ガイドラインの策定 ❑ ヒートポンプ技術基準・政策枠組みの策定、地中熱ポテンシャルマップ作成（仮） ❑ ZEB/ZEH 導入可能性調査 ❑ ZEB/ZEH および地中熱ヒートポンプの導入促進・普及啓発のための能力開発 ❑ インセンティブ制度の検討
場所	モンゴル（ウランバートル）
関連計画・ドナー支援等	2021 Plan to reduce greenhouse gas emissions in the construction and urban developments GIZ が集合住宅の断熱化を実施中。
JICA 支援のアイデア	協力準備調査、開発計画調査型技術協力、人材育成支援など
本邦技術活用可能性	ZEB/ZEH、地中熱ヒートポンプ
想定プロジェクト期間	2 年程度

出典：調査団作成

表 9-11　ZEB 導入実証

プロジェクト名	ZEB 導入実証
実施時期	中長期
実施機関	都市計画・建設住宅整備省、エネルギー輸出・再エネ投資委員会、エネルギー省、自然環境・気候変動省
プロジェクト概要	民生家庭部門・民生業務部門におけるエネルギー・トランジションに資する取組として主に公共施設を対象に ZEB 導入の実証を行い、その結果を踏まえた普及政策・制度検討、能力開発を実施する。: ❑ 候補地選定（新設・既設改修） ❑ 導入技術検討（寒冷地向け地中熱 HP、壁面等設置ペロブスカイトを含む） ❑ 基本設計・詳細設計 ❑ 発注支援・設計・施工監理 ❑ 運用管理マニュアルの作成 ❑ 普及啓発・ファイナンス検討・インセンティブ制度への提言
場所	モンゴル
関連計画・ドナー支援等	2021 Plan to reduce greenhouse gas emissions in the construction and urban developments GIZ が集合住宅の断熱化を実施中。
JICA 支援のアイデア	FS 調査、協力準備調査、無償資金協力、有償資金協力（円借款）など
本邦技術活用可能性	ZEB/ZEH、地中熱ヒートポンプ
想定プロジェクト期間	2 年程度（導入・実証を含む場合 5 年程度）
備考	ペロブスカイト太陽光発電技術の実証試験等については、国内における耐久性確認終了後に、海外への技術流出防止に考慮しつつ実施する必要がある

出典：調査団作成

表 9-12　持続可能定住型ゲル実証

プロジェクト名	持続可能定住型ゲル実証
実施時期	短中期
実施機関	都市計画・建設住宅整備省、エネルギー輸出・再エネ投資委員会、エネルギー省、自然環境・気候変動省
プロジェクト概要	民生家庭部門・民生業務部門におけるエネルギー・トランジションおよび、ウランバートルにおける大気汚染低減に資する取組としてインスタントハウスや3D プリンタハウスの導入・実証を行い、普及拡大策に反映する。: ❑ 候補地（ゲル地区）・対象選定 ❑ 導入技術検討（インスタントハウス・ 3D プリンタ住宅） ❑ 基本設計・詳細設計 ❑ 発注支援・設計・施工監理 ❑ 効果測定 ❑ 普及啓発・ファイナンス検討・インセンティブ制度への提言
場所	モンゴル
関連計画・ドナー支援等	CHIP Project (UNICEF)、“Supporting Renewable Energy Transition in Ger Districts for Increased Livelihood Benefits” Project (UNDP)
JICA 支援のアイデア	FS 調査、協力準備調査、無償資金協力、有償資金協力（円借款）など
本邦技術活用可能性	インスタントハウス・ 3D プリンタ住宅
想定プロジェクト期間	3 年程度

出典：調査団作成

表 9-13　廃棄物発電運営管理・次期導入に向けた事業環境改善

プロジェクト名	廃棄物発電運営管理・次期導入に向けた事業環境改善
実施時期	短中期
実施機関	自然環境・気候変動省、エネルギー省、地方自治体、NDC
プロジェクト概要	廃棄物発電の導入に関し、適切な導入・運営が行われるよう国政府および地方都市自治体の能力強化を実施する。 ❑ ウランバートル市の廃棄物処理能力向上（ごみ質調査、ごみ量データ整備、廃棄物行政運営効率化等） ❑ ウランバートル市、自然環境・気候変動省の廃棄物発電に関する知識の醸成 ❑ ウランバートル市のこれまでの廃棄物発電事業に関する教訓の抽出 ❑ ダルハン市などの次期廃棄物発電事業に関する導入可能性調査、PFI/PPP 手法などへの提言・都市自治体能力強化 ❑ 上記の教訓を踏まえた全国の廃棄物発電導入計画に関する提言、資金スキームに関する提言
場所	モンゴル、地方都市（ウランバートル、ダルハン等）
関連計画・ドナー支援等	自然環境・気候変動省は 2028 年までにはモンゴルを 6 地域に分けてそれぞれで 7MW 程度の廃棄物発電を導入する計画を策定中。 ウランバートル市 Moringiin Davaa 最終処分場においてモンゴル初の WtE が導入される見通しであり、中国企業が導入する予定。
JICA 支援のアイデア	FS 調査、協力準備調査、技術協力プロジェクト、人材育成支援、有償資金協力（円借款）など
本邦技術活用可能性	WtE（廃棄物発電）
想定プロジェクト期間	3 年程度

出典：調査団作成

表 9-14　次期廃棄物発電導入

プロジェクト名	次期廃棄物発電導入
実施時期	短中期
実施機関	自然環境・気候変動省、エネルギー省、地方自治体、NDC
プロジェクト概要	廃棄物発電の導入に関する支援を実施する。 ❑ 発注スキーム・評価選定手法・発注仕様書策定支援 ❑ 当該自治体の廃棄物発電に関する能力強化 ❑ 運営管理モニタリング能力強化 事業兼無償スキームを利用の場合 ❑ 廃棄物発電導入・運営管理
場所	モンゴル、地方都市（ウランバートル、ダルハン等）
関連計画・ドナー支援等	自然環境・気候変動省は 2028 年までにはモンゴルを 6 地域に分けてそれぞれで 7MW 程度の廃棄物発電を導入する計画を策定中。 ウランバートル市 Moringiin Davaa 最終処分場においてモンゴル初の WtE が導入される見通しであり、中国企業が導入する予定。
JICA 支援のアイデア	技術協力プロジェクト（トランザクションアドバイザリー）、事業権無償、有償資金協力（円借款）など
本邦技術活用可能性	WtE（廃棄物発電）
想定プロジェクト期間	3 年程度

出典：調査団作成

表 9-15　EOR, EGR(ECBM)パイロットプラント実施に向けたプレ F/S

プロジェクト名	4-1 EOR, EGR パイロットプラント実施に向けたプレ F/S
実施機関	鉱物資源・石油庁(MRPAM)
ロードマップ上の時期	短期
プロジェクト概要	カーボンニュートラル社会の実現に向け、CO_2 圧入・貯留技術を核としたネットゼロ達成へ貢献する取り組みとして、特定地域における EOR, EGR パイロットプラント実施に向けた CO_2 圧入効果を調査する。: ❑ 貯留層調査（地質・構造解釈・貯留層特性評価）、地質・貯留層モデリング ❑ 流体（原油、ガス、水）性状分析・評価 ❑ 生産データ分析 ❑ 貯留層シミュレーションを用いた増油・増ガス効果算定 ❑ パイロットテスト計画作成
場所	稼行油田：Matad 村 Dornod 県、Khalkha Gol 村, Dornod 県 試掘 CBM：Umnugovi（南ゴビ県）
関連計画・ドナー支援等	EOR に関しては中国が検討したことがあると聞いているが、詳細は不明。EGR に関しては豪州が CBM 開発に関して鉱物資源・石油庁に支援し、現在 Jade Gas Holdings 社が Erdenes Mongol 国営公社の子会社である Erdenes Methane と合弁会社を設立し、モンゴルで CBM の探査に取り組んでいる。この他に 2 社が試験削孔を実施中だが、CBM の EGR については情報なし。 本邦企業が 2024 年 8 月にプルタミナ、PEP、JOGMEC と締結したインドネシア・スコワティ油田における複数坑井間の CO_2 圧入試験の実施に係る共同スタディ契約に基づき、スコワティ油田で複数坑井間における CO_2 の圧入を実施し、CO_2-EOR（Enhanced Oil Recovery）および CO_2 貯留効果の検証を実施中。
JICA 支援のアイデア	技術協力プロジェクト、F/S 調査、民間連携事業（協力準備調査（海外投融資））
本邦技術活用可能性	地質・貯留層モデリング技術、EOR/EGR による増油増ガス効果算定技術。

想定プロジェクト期間	2 年程度

出典：調査団作成

表 9-16　シェールガス、シェールオイル開発に向けたプレ F/S

プロジェクト名	4-2 シェールガス、シェールオイル開発に向けたプレ F/S
実施機関	鉱物資源・石油庁(MRPAM)
ロードマップ上の時期	短期
プロジェクト概要	石炭や在来型石油・天然ガス開発から非在来型エネルギー転換へ貢献する取り組みとして、特定地域のシェールガス、シェールオイル開発に向けた技術検討を実施する。: ❑ 貯留層調査（地質・構造解釈・岩石物性評価） ❑ 流体（原油、ガス、水）性状分析・評価、コア試料分析 ❑ フラクチャリング適正調査 ❑ 掘削・仕上げ技術検討 フラクチャリング設計と効果算定
場所	候補地 1: ウランバートル市の東南東 45km。 候補地 2: ウランバートル市の南 330km。
事業ステータス	アイデア 背景：UB 市は大気汚染対策で石炭の改良燃料からガスへの転換を試行している。当初は輸入 LPG で進めているが、国産燃料への移行が望まれている。石炭ガス化も検討されているが、CO_2 対策は未解決である。地産地消の原則からシェールガス、シェールオイル開発の可能性について関心が高い。
関連計画・ドナー支援等	モンゴル民間会社の MAK 社、UGS LLC が所有の鉱区にて基礎調査を実施した。ドナー支援の情報なし。 本邦企業が下記を実施した。 シェールガス：2013 年～2021 年、カナダのブリティッシュ・コロンビア州北東部ノース・モントニー地域において、シェールガスの開発・生産を行うプロジェクトに参画。 シェールオイル：2012 年より、米国テキサス州南部のイーグルフォード層を対象に、マラソンオイル社ほか米社とともに軽質原油、NGL、天然ガス開発を実施中。
JICA 支援のアイデア	技術協力プロジェクト、F/S 調査、民間連携事業（協力準備調査（海外投融資））
本邦技術活用可能性	水平性掘削、フラクチャリング設計（アナロジー適用）
想定プロジェクト期間	2 年程度

出典：調査団作成

表 9-17　メタネーションプレ F/S

プロジェクト名	メタネーションプレ F/S
実施機関	エネルギー省、自然環境・気候変動省、鉱物資源・石油庁(MRPAM)
ロードマップ上の時期	Pre F/S は短期だが、Bankable F/S、プラント建設は中期となる。
プロジェクト概要	モンゴルは無尽蔵にある石炭資源を今後とも長期に利用せざるを得ない状況にあり、それに伴い CO_2 削減が課題となっている。一方、冬場の石炭燃焼による大気汚染問題は最大課題の一つになっており、石炭からガスへの転換が対策の一つとなっている。ガスには輸入を前提とした LPG、天然ガス等が検討されているが、中・長期の社会実装を目指して国産資源を用い、CO_2 削減となるメタネーション技術によるメタン製造を提案する。 メタネーションは、水素（H_2）と二酸化炭素（CO_2）を触媒反応させてメタン（CH_4）を合成する技術で、モンゴルでは再生可能エネルギーによりグリーン水素を製造し、火力発電所からの CO_2 によるメタネーションにより、メタンを民生エネルギーとして

	供給することになる。 この技術は先進国では都市ガスなどに使われるメタンを代替する「合成メタン」や「e-メタン」を生成でき、これにより都市ガスの脱炭素化が可能になるので、現在商業化に向け実証段階にある。本格的普及に向けメタネーションは脱炭素化を実現するために必要となる中核的技術の一つとして期待され、日本政府は同技術を「カーボンリサイクル（CO_2 の再利用)」の有望な技術の一つとして位置付けており、2030 年以降における脱炭素社会実現の柱の一つとしている。 既設石炭火力発電所の排ガスから分離回収した CO_2 と、再生可能エネルギーからの水電解グリーン水素を原料とした合成メタンを製造するメタネーションプラントを建設することにより、民生エネルギー転換に向けたクリーン燃料供給と CO_2 排出削減を実現するためのプレ F/S を行う。 ❑ CO_2 分離回収技術、水素製造技術、メタネーション技術の選定 ❑ メタネーションプラントの立地、設備検討 ❑ 合成メタンの輸送方法、サプライチェーンの検討 ❑ メタネーション事業の経済性、CO_2 削減効果の算定
場所	UB 市近郊の石炭火力発電所（例として Buuruljuut 発電所、Baganuur 発電所（予定))
事業ステータス	アイデア
関連計画・ドナー支援等	❑ 2020-2021 年度に NEDO 事業で JCOAL とカナデビア（旧、日立造船）が共同で「中国におけるメタネーション技術の導入可能性調査」を実施 ❑ サバティエメタネーションは、2030 年度の合成メタン（e-メタン）商用化を目指して、NEDO 事業で INPEX と大阪ガスが共同実証中。
JICA 支援のアイデア	技術協力プロジェクト、FS 調査、民間連携事業（協力準備調査（海外投融資))
本邦技術活用可能性	CO_2 分離回収技術（化学吸収法)、水素製造技術（水電解法)、メタネーション技術（サバティエ法）は本邦技術の活用が可能
想定プロジェクト期間	Pre F/S: 2 年、Bankable F/S: 3 年、プラント建設：3 年

出典：調査団作成

表 9-18　バイオマス利用詳細調査

プロジェクト名	バイオマス利用詳細調査
実施機関	食料・農牧業・軽工業省、エネルギー省、自然環境・気候変動省
ロードマップ上の時期	短期
プロジェクト概要	混焼により石炭消費量を減らし CO_2 削減を目指す短期の現実的な方法としてはモンゴルにはバイオマスしかない。一般にはモンゴルにはバイオマスが少なく、利用対象にはならないと思われているが、調査により UB 市の 350km 以内には約 270 万トンのバイオマスの入手が可能であることが分かった。その中で約 80%が乾燥動物糞である。この収集方法を遊牧民、畜産業者を対象に収集コスト、収集方法、運搬費用等の詳細を調査し、バイオマス加工技術検討、発電所の混焼、民生用燃料化までのコスト試算をし、CO_2 削減に向けた社会実装への一助としたい。
場所	UB 市 350km 以内での未利用木材、農業廃棄物、乾燥動物糞、下水処理スラッジを対象とする。
関連計画・ドナー支援等	
JICA 支援のアイデア	技術協力プロジェクト、FS 調査
本邦技術活用可能性	バイオマス炭化技術、ペレット化技術
想定プロジェクト期間	2 年

出典：調査団作成

9.3 JICA への提言

今後もモンゴルの CN2050 およびエネルギー・トランジションに向けた継続的な協力を提案する。上記までに述べた協力可能性が高い案件は、本報告書に記載されたエネルギー・トランジションロードマップの実現可能性を高めるために必要と考えられるプロジェクトを時期別にまとめている。これを参考に今後の協力支援の拡充が望まれる。

本調査を経てモンゴルにおいてエネルギー・トランジションを進めるうえでの最も大きな課題はモンゴル側での体制整備にあると考えられる。とくにオフナー・フレルスフ大統領が 2022 年の COP27 で 2050 年までのネットゼロエミッションを宣言してからというもの、それにコミットするための具体的な計画・道筋はモンゴル政府から示されていない。この点、エネルギーより上位の段階・概念として温室効果ガス排出削減対策としての GX（グリーン・トランスフォーメーション）を推進する点に協力を行うことも考慮すべきであるが、エネルギー・トランジションから進めるのか、GX から進めるのか、どちらの方向性においても体制の整備が早急に求められる。ここで言う体制整備とは、モンゴル政府の政策アジェンダにカーボンニュートラルを確実に位置づけ、それをもとに関連省庁に対策推進の権限移譲（役割分担）を行うことで、政府・省庁のオーナーシップを醸成することである。本調査ではエネルギー省がエネルギー・トランジションを主として推進していくことが望ましい旨を関係省庁等から聴取し、またエネルギー省もその推進にはモチベーションを持っていることが協働の中で推察された。しかしながら、このような明文化されていない関係性では抜本的かつ超長期の取組を必要とするエネルギー・トランジションを具体的に実施していくことは困難があると見込まれる。なぜなら、エネルギー・トランジションの主となる供給側の脱炭素化と需要側の省エネ・脱炭素化は一種のトレードオフの関係となっており、極論で言えば多額の予算や労力をエネルギー省にのみ投入して供給側の脱炭素化だけを行ったとしてもカーボンニュートラルの達成が有り得てしまうためである。しかし、脱炭素の文脈において需要側の断熱・高効率機器導入・再エネ普及による省エネは、系統や温水配管ネットワークの拡大を抑制し、社会コストを減らすだけでなく、需要側個別の脆弱性改善の観点からも利点がある。こうした需要・供給側双方の対策をバランスよく調整するには、省庁横断的にエネルギー・トランジションを管轄する組織もしくはポジションが規定されている必要がある。こうした省庁横断での連携を推進するメカニズムを整えることが肝要であるものの、それ自体を待つ事においても政局の安定しないモンゴルでは時間を要し、結果としてエネルギー・トランジションに必要な時間を縮小することも考えられる。これに対しては、モンゴル政府と技術協力などを行う際に、C/P へのそうした権限の付与などを RD で規定することなどが対策としてあげられる。例えばエネルギー・トランジションにおいてはエネルギー省を議長とする省庁横断 WG を設置し、そこでの議論を経て策定となる旨を提案するなど、ドナーとして利用可能な介入行為を最大限効果的に行うことが重要である。本ロードマップで示した水素・原子力・CCS などの技術は取組が長期に亘る性質を持ち、それゆえに準備期間の確保が必要となる。このため、モンゴル側の体制整備を待つよりも、体制の形成も含まれたプロジェクトの組成を行い、机上での計算に加えて、現実の一歩を踏み出すことを優先していかれたい。

体制整備の観点で加える形となるが、エネルギー・トランジションは民間企業単体での取

組では完結しないということも添えたい。例えば太陽光をより普及するためにFITが制度として導入され、市場の発展性が希望的観測となり更なる太陽光パネルへの投資が進むことで低コスト化が実現したように、新技術の普及は制度の支援がなければ確立しない。むろん、政府が特定の民間企業にのみ介入しすぎることも市場原理を害するため問題である。他方で民間の自由市場のみを指向し、官民連携・政府介入を控える姿勢がモンゴルでも観察されたため、政府・民間企業が一丸となって技術導入を進める体制づくりにも留意すべきである。

また、エネルギー分野の取組については引き続き技術開発・普及の状況を確認しながらの適切な協力・支援プロジェクトの組成が求められる。エネルギー分野における今後の課題として、将来技術の不確実性がある。これについてモンゴルでの具体例を示すとヒートポンプと地域熱供給があるが、本調査ではヒートポンプの方が熱源として効率的であることを述べたが、例えば温水配管の熱損失を減らすことで極低温においてはヒートポンプの効率を凌駕することもありうる。他方で、極低温においても COP を保ったヒートポンプの技術革新が先んずることも将来的に考えられる。このため、長期的な計画においては逐次の技術革新を把握しつつ、適切な時期に対象技術を見直しつつ支援を行っていくことが重要である。

以上の提言がモンゴルの持続可能な発展のみならず、モンゴル・日本の恒久的な信頼関係構築やそれによる双方のグリーンな経済発展の一助となれば幸いである。