

令和 4 年度補正
現地社会課題対応型
インフラ・システム海外展開支援事業

ウクライナ国
熱電併給近代化に向けた
情報収集・要望確認・復興計画事業

報告書

2024 年 2 月

日本工営エナジーソリューションズ株式会社
住友商事株式会社

目次

第1章 調査の背景	1-1
1.1 調査の背景・経緯	1-1
1.2 調査の目的と対象地域	1-1
1.3 調査団と調査工程	1-3
第2章 ウクライナの概況	2-1
2.1 社会・経済の概要	2-1
2.2 地理と気候	2-3
第3章 ウクライナエネルギーセクター調査	3-1
3.1 ウクライナエネルギーセクター方針	3-1
3.2 ウクライナエネルギーセクター調査	3-14
3.3 ウクライナ熱電併給セクター概況	3-29
第4章 関連法制度	4-1
4.1 ウクライナの法制度の概要	4-1
4.2 热電事業に係る法規制	4-3
4.3 热電併給所の建設に係る法規制	4-7
第5章 本邦技術を活用した協力対象事業候補検討	5-1
5.1 本邦技術を活用した協力対象事業	5-1
5.2 対象既設热電併給設備	5-4
5.3 対象既設热電併給設備更新検討	5-5
5.4 地域热電併給復興計画(マスターplan)	5-61
5.5 新エネルギー・次世代エネルギー適用検討	5-71
5.6 事業実施枠組みの検討	5-77
第6章 結論	6-1
6.1 ウクライナ支援における热電併給設備近代化の意義	6-1
6.2 今後の我が国の支援に向けての課題	6-2

図リスト

図 1-1 調査団の構成.....	1-3
図 1-2 調査工程.....	1-4
図 3-1 2050 年電力需要見通し (TWh)	3-3
図 3-2 2050 年電力需要内訳 (GW).....	3-4
図 3-3 2050 年における発電設備予測設置容量 (GW).....	3-4
図 3-4 2021 年における電力および熱供給の化石燃料/CO ₂ ニュートラルの割合.....	3-5
図 3-5 2021 年初と 2023 年 4 月 30 日時点の発電容量と操作可能容量 (GW).....	3-7
図 3-6 ESU2035 における一次エネルギー総供給量 (TPES) と輸入シェア率の推計(2050 年まで)	3-11
図 3-7 一次エネルギー総供給量における国家戦略シナリオと基準シナリオの差.....	3-12
図 3-8 発電量と再生可能エネルギー由来の電力シェアの推移	3-12
図 3-9 基準シナリオにおける発電量と再生可能エネルギー由来の電力シェアの推移	3-13
図 3-10 部門別年間電力消費量 (GWh)	3-14
図 3-11 電源別年間発電電力量 (GWh).....	3-15
図 3-12 電源別総電力設備容量 (%).....	3-16
図 3-13 電源別発電設備容量 (%).....	3-16
図 3-14 年間電力需要予測 (GWh)	3-17
図 3-15 ウクライナの天然ガス産業.....	3-20
図 3-16 ウクライナのガス消費バランス	3-21
図 3-17 ウクライナの電力供給体制 (2019 年 7 月まで).....	3-22
図 3-18 ウクライナの燃料産業及び電力産業構造(左 : 電力取引市場制移行前 右 : 移行後)	3-24
図 3-19 ENTSO-E の領域	3-29
図 3-20 燃料別年間熱供給量 (Tcal)	3-30
図 3-21 設備別熱供給設備容量 (Gcal/hr)	3-30
図 3-22 ウクライナの熱供給事業者と政府の関係	3-31
図 3-23 ウクライナの熱供給事業関係の組織関係図	3-32
図 3-24 热供給事業の悪循環模式図	3-35
図 3-25 2018 年における熱供給事業における「実態コスト」	3-36
図 3-26 ウクライナの天然ガス燃料資源量	3-37
図 3-27 ウクライナの天然ガス生産量	3-38
図 3-28 用途別天然ガス需要の推移	3-39
図 3-29 ウクライナ国内のガスピープライン	3-40
図 3-30 ウクライナの天然ガス供給バランス	3-41
図 3-31 ウクライナのガス輸入相手国と相手会社数	3-41
図 3-32 ウクライナの LNG 供給計画 (2019 年時点)	3-43
図 3-33 Kyiv 市熱電供給近代化プロジェクトの対象位置	3-45
図 3-34 Kyiv CHP-5,CHP-6 全景	3-46
図 3-35 Kharkiv 市熱電供給近代化プロジェクトの対象位置	3-47
図 3-36 DemoUkrainaDH の対象位置	3-50
図 5-1	5-5
図 5-2	5-6
図 5-3	5-7
図 5-4	5-8
図 5-5	5-9
図 5-6	5-10
図 5-7	5-11
図 5-8	5-13
図 5-9	5-14
図 5-10	5-14

図 5-11	5-15
図 5-12	5-16
図 5-13	5-18
図 5-14	5-19
図 5-15	5-19
図 5-16	5-20
図 5-17	5-21
図 5-18	5-23
図 5-19	5-24
図 5-20	5-24
図 5-21	5-25
図 5-22	5-27
図 5-23	5-28
図 5-24	5-28
図 5-25	5-29
図 5-26	5-30
図 5-27	5-31
図 5-28	5-32
図 5-29	5-34
図 5-30	5-36
図 5-31	5-38
図 5-32	5-39
図 5-33	5-39
図 5-34	5-40
図 5-35	5-41
図 5-36	5-42
図 5-37	5-43
図 5-38	5-43
図 5-39	5-45
図 5-40	5-46
図 5-41	5-47
図 5-42	5-47
図 5-43	5-48
図 5-44	5-49
図 5-45	5-50
図 5-46 推奨するシステムの基本構成図	5-55
図 5-47 推奨する電気系統システムの基本構成図	5-56
図 5-48 標準的な既設システム構成図	5-62
図 5-49 標準的なシステムへの復興計画適用例(1段階)	5-67
図 5-50 標準的なシステムへの復興計画適用例(2段階目)	5-68
図 5-51	5-70
図 5-52 広義の新エネルギー	5-71
図 5-53 水素及びアンモニア燃焼ガスタービンの開発スケジュール(MHI)	5-73
図 5-54 再生可能エネルギーを活用したアンモニア生成施設	5-74
図 5-55 歐州水素バックボーンイニシアチブによる水素パイプラインの整備計画	5-76
図 5-56 CEHC の整備計画	5-76
図 5-57 事業実施までの資金活用の選択肢と道筋	5-78
図 5-58 ウクライナの銀行貸出金利	5-79
図 5-59 NEXI のバイヤーズクレジットのスキーム	5-80

図 5-60 NEXI のバンクローンのスキーム	5-81
図 5-61 ウクライナにおいて JICA 資金を活用した事業枠組み例.....	5-81
図 5-62 ウクライナにおいて JBIC 資金を活用した事業枠組み例	5-82
図 5-63 JICA 資金を利用した時の事業工程案 (Naftogaz Teplo 傘下の CHP)	5-83
図 5-64 JICA 資金を利用した時の事業工程案 (Kharkivski Teplovi Merezhi 傘下の CHP).....	5-83
図 5-65 JBIC 資金を利用した時の事業工程案 (Naftogaz Teplo 傘下の CHP)	5-84
図 5-66 JBIC 資金を利用した時の事業工程案 (Kharkivski Teplovi Merezhi 傘下の CHP).....	5-84

表リスト

表 1-1 3 社運営中 CHP 一覧 (2024 年時点).....	1-3
表 1-2 調査団の構成と担当業務.....	1-4
表 2-1 ウクライナの基礎情報.....	2-1
表 2-2 ウクライナと我が国との来歴.....	2-1
表 2-3 ウクライナの政治体制.....	2-2
表 2-4 ウクライナの経済指標.....	2-2
表 3-1 ESU 2050 の概要	3-2
表 3-2 ESU 2035 で掲げている 2035 年までの達成目標	3-9
表 3-3 ESU 2035 のモデリングの前提条件、入力	3-10
表 3-4 ウクライナのエネルギー関連省庁、機関.....	3-18
表 3-5 ウクライナの天然ガス採掘ライセンスの許諾を受けている会社.....	3-21
表 3-6 ウクライナの熱供給能力 (2020 年)	3-25
表 3-7 ウクライナのエネルギー産業の国有株比率	3-26
表 3-8 EC が EU 加盟国に求めるアンバンドリング	3-27
表 3-9 ENTSO-E の概要	3-28
表 3-10 热エネルギーおよび水道供給の商用計量法の概要	3-32
表 3-11 改正住居並びに共同体サービス法 2017 年版の思想	3-34
表 3-12 ウクライナの天然ガスの安定供給上の課題と解決策	3-42
表 3-13 热供給にかかる諸外国並びに国際協力機関による助力).....	3-43
表 3-14 Kyiv 市熱電供給近代化プロジェクトの実施内容	3-45
表 3-15 Kharkiv 市熱電供給近代化プロジェクトの実施内容	3-47
表 3-16 DemoUkrainaDH に申請されたプロジェクトの概要	3-50
表 4-1 ウクライナの行政機関 (2024 年 1 月時点).....	4-1
表 4-2 ウクライナの法・規制の種類	4-2
表 4-3 ウクライナのエネルギー並びにインフラ建設にかかる基準、標準	4-2
表 4-4 热供給事業法の概要	4-3
表 4-5 热と電気の複合生産並びにその潜在エネルギーの使用の合理化に係る法の概要	4-6
表 4-6 ウクライナの主な環境管理制度	4-7
表 4-7 環境規制値 (NOx)	4-10
表 4-8	4-10
表 4-9 ウクライナにおける EIA の概要	4-11
表 4-10 EIA の記載事項 (DBN A. 2.2-1-2021).....	4-12
表 4-11 環境法制下で求められるプロジェクト遂行に必要な許認可、文書	4-13
表 5-1 新インフラ戦略を通して本邦政府が達成すべき目的	5-1
表 5-2	5-4
表 5-3	5-6
表 5-4	5-12
表 5-5	5-16
表 5-6	5-22
表 5-7	5-26

表 5-8	5-30
表 5-9	5-33
表 5-10	5-37
表 5-11.....	5-42
表 5-12	5-45
表 5-13	5-49
表 5-14 ガスタービンの種類.....	5-51
表 5-15 ガスタービン排熱の利用方法.....	5-52
表 5-16	5-52
表 5-17 CHP での近代化のニーズの整理	5-52
表 5-18 既設との取合いの検討.....	5-54
表 5-19	5-57
表 5-20	5-58
表 5-21 近代化で導入する主要な機器の種類.....	5-59
表 5-22 日本側が提供するべき包括的な機器、サービス	5-64
表 5-23	5-69
表 5-24 ウクライナの地域熱供給所における新エネルギーの適用の検討	5-72
表 5-25 CEHC の計画諸元	5-77
表 5-26 適用の可能性のある本邦の開発援助機関の資金	5-78
表 5-27 JICA の円借款の利率(低・中所得国向けの標準例、2024 年 1 月時点*1).....	5-79
表 5-28 本調査後に必要な調査項目例	5-84
表 6-1 近代化を通して期待される効果.....	6-2
表 6-2 ウクライナ全体での潜在需要規模並びに波及効果.....	6-2

略語表

略語	英文名称	和文名称
CAPEX	Capital Expenditure	資本的支出
CCS	Carbon dioxide Capture and Storage	二酸化炭素回収・貯留
CHP	Combined Heat & Power	熱電併給システム
CO ₂	Carbon Dioxide	二酸化炭素
DCFTA	Deep and Comprehensive Free Trade Areas	深化した包括的自由貿易協定
DEA	Drug Enforcement Administration	デジタル・ユーロ協会
DIW Berlin	German Institute for Economic Research	ドイツ経済研究所
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development	欧州復興開発銀行
EC	European Committee	欧州委員会
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity	欧州送電システム事業者ネットワーク
EU	European Union	欧州連合
EUS 2035	Energy Strategy of Ukraine until 2035	ウクライナエネルギー戦略 2035
GCAP	Green City Action Plan	グリーンシティ行動計画
GE	General Electric Co.	ゼネラル・エレクトリック
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GT	Gas Turbine	ガスタービン
GTCC	Gas Turbine Combined Cycle	ガスタービンコンバインドサイクル
HRSG	Heat Recovery Steam Generator	排熱回収ボイラ
IAEA	International Atomic Energy Agency	国際原子力機構
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IPS	Interconnected Power System of Ukraine	ウクライナ統合電力システム
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LNG	Liquified Natural Gas	液化天然ガス
MCTID	Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development	共同体・領土・産業基盤開発省
ME	Ministry of Energy	エネルギー省
MEPNR	Ministry of Environmental Protection and Natural Resources	環境保護天然資源省
METI	Ministry of Energy, Trade and Industry, Japan	経済産業省
MOF	Ministry of Finance	財務省
NEURC	National Energy and Utilities Regulatory Commission	国家エネルギー・ユーティリティ規制委員会
NOx	Nitrogen Oxide	窒素酸化物
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
OPEX	Operation Expenditure	運用維持費
OSCE	Organization for Security and Co-operation in Europe	欧州安全保障協力機構
PM	Particle Matter	煤塵
SEIA	State Environmental Investment Agency	国家環境投資機構
SOx	Sulphur Oxide	硫黄酸化物
SSGMRU	State Service of Geology and Mineral Resource of	ウクライナ地質調査所

	Ukraine	
UHF	Ukraine Humanitarian Fund	ウクライナ人道基金
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNOPS	United Nations Office for Project Services	国連プロジェクトサービス機関
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
WEM	Wholesale Electricity Market	卸売電力市場
WHRU	Waste Heat Recovery Unit	排熱回収装置

単位及び通貨

略語標記	意味
Gcal	ギガカロリー(カロリーの10億倍)
Gcal/h	ギガカロリーパーাー(1時間当たりギガカロリー)
GW	ギガワット(ワットの10億倍)
JPY	日本円
kV	キロボルト(ボルトの1千倍)
kW	キロワット(ワットの1千倍)
MW	メガワット(ワットの百万倍)
MWh	メガワットアワー(ワットアワーの百万倍)
Tcal	テラカロリー(カロリーの1兆倍)
TWh	テラワットアワー(ワットアワーの1兆倍)
USD	米国ドル
UAH	ウクライナフリヴニヤ
Wh	ワットアワー(1ワットの電力を1時間使用した時のエネルギー)

都市及び会社の名称

英文名称	和文名称	発音
Dnipro	ドニプロ市	ドニプロ
Kharkiv	哈尔キウ市	ハルキウ
Kharkiv Teplovi Merezhi	哈尔キウ熱会社	ハルキウテプロヴィメレツイ
Kherson	ヘルソン市	ヘルソン
Kryvyi Rih	クルィヴィーイ・リフ市	クルィヴィーイ・リフ
Kyiv	キーウ市	キーウ
Kyiv Teplo Energo	キーウ熱電会社	キーウテプロエネルゴ
Lviv	リヴィウ市	リヴィウ
Mykolaiv	ミコライウ市	ミコライウ
Naftogaz	国営ガス公社	ナフトガス
Naftogaz Teplo	ナフトガス熱会社	ナフトガステプロ
Odesa	オデーサ市	オデーサ
Severodonetsk	セヴェロドネツク市	セヴェロドネツク
Ukrenergo	ウクライナ国営電力会社	ウクルエネルゴ

第1章 調査の背景

1.1 調査の背景・経緯

ウクライナ国(以下、ウクライナ)は、1991年のソビエト連邦の崩壊に伴い独立、新たな国家となった。その後、2014年2月の新政府発足及び同年6月のポロシェンコ大統領就任以降、ウクライナは欧州統合路線を推進し、EUとの連合協定署名を実現した。同協定は2014年11月に発効(経済部分のみ、正式発効は2017年9月)し、2016年1月からはEU・ウクライナ間でDCFTA(深化した包括的自由貿易協定)も暫定的に適用が開始された。

一方で、ロシアによるクリミア「併合」及び東部情勢の不安定化によりロシアとの関係は急速に悪化し、2014年9月5日、同月19日及び2015年2月12日、ウクライナ・ロシア・欧州安全保障協力機構(OSCE)により停戦・政治解決を目指すミンスク議定書が署名されたが、2022年2月24日、ロシア大統領はウクライナによる「ジェノサイドに晒されてきた人々の保護」を目的と主張し、ロシアによる侵攻が開始された。同年10月10日には、ロシア軍によるエネルギーインフラに関しての攻撃が激化しており、市民生活において欠くことができない地域熱電併給システムにおいても相当な被害が想定されている。将来の戦後においてウクライナ市民が平和の配当を享受するために、市民生活に必要なインフラの復興計画の検討を開始することは有意義なことであると思慮される。

また、今回のロシアによるウクライナ侵攻は、力による一方的な現状変更の試みであり、欧州のみならずアジアを含む国際秩序の根幹を揺るがす行為、かつ、明白な国際法違反であり、断じて許容できるものではない。我が国自身の安全保障にも関わる事案であり、我が国として、国際秩序を守り抜くため、ウクライナおよびG7を中心とする国際社会と連携、結束して行動していくためにもウクライナの戦後復興を支援するための調査、計画を検討することの意義は大きい。

1.2 調査の目的と対象地域

1.2.1 調査の目的

前項に記述した調査の背景・経緯を踏まえ、本事業では将来的な円借款事業などの案件形成を目的とした、情報収集・復興計画・要望確認の実施、および本邦技術を適用した案件形成の検討を行う。また、検討を行うにあたり留意すべき課題を以下に記載する。

(1) 設備の老朽化による効率および信頼性の低下

2016年報告のJICA案件「ウクライナ国 エネルギーセクター情報収集・確認調査」によると、熱電併給所を含む多くの発電設備において、老朽化が著しく、耐用年数が過ぎた非効率な設備が多数存在することによるエネルギー利用効率の低さ、信頼性の低下が顕著となっている。そのため、各国の支援の基に、改修計画が実行されているが

十分ではない。したがって、改修や新規建設などによる大規模な热電併給システムの更新を実施するための計画と実行性が課題となっている。

(2) ロシア軍の攻撃による設備の被害

2022年10月以降のロシア軍のエネルギーインフラ関連への攻撃により、電力インフラが大きな被害を受けているとの報道がある¹。2023年2月26日の日本経済新聞社記事によると、2023年1月以降電力インフラへの攻撃の主要な標的が変電所から発電所へ変わったと伝えている。これには、熱電併給所が含まれているため、ロシア侵攻が終戦を迎えた後、ウクライナの一般市民が平和の配当を享受するために基本的かつ重要な電力と熱を安定して供給するための熱電併給所の復興計画とその実現が課題となっている。

(3) 復興のための開発ニーズ

ロシア侵攻での戦時下においては、国連を含めた、欧米ドナーは、軍事および人道支援を中心に展開されており、我が国のように、平和的かつ中長期的な開発援助を行う国・機関が必要である。特に、我が国ではインフラ全般的に多数の企業が高い技術を有しており、本邦の先進的な技術を活用し、ウクライナでの復興のための開発ニーズに適切に対応し、適合されることが必要で課題である。

上記の課題解決のため、本事業では老朽化やロシア侵攻による被害が想定されている低効率で信頼性の低くなった熱電併給システムに代わり、高効率で環境負荷改善に貢献する本邦最新技術のガスタービンを適用した熱電併給所による案件候補の開発を目指す。

1.2.2 調査対象地域

熱電併給所を運営している会社に対して本事業概要を説明したところ、本事業を踏まえた将来的な協力について、積極的なサポートを表明するレターを受領した。したがって、本事業では、以下の3社が運営する熱電併給所(CHP)がある地域を中心に調査を行う。

- キーウテプロエネルゴ (Kyiv Tepro Energo) : Kyiv(キーウ)市が運営する電力会社
- ハルキウテプロヴィメレツィ (Kharkivski Teplovi Merezhi) : Kharkiv(ハルキウ)市が運営する電力会社
- ナフトガステプロ (Naftogaz Teplo) : 国営企業ナフトガス (Naftogaz)の子会社

上記の3社が2024年時点で運営している CHP を以下の表 1-1 に示す。
詳細は、5.2.1 項に記載する。

表 1-1 3 社運営中 CHP 一覧 (2024 年時点)

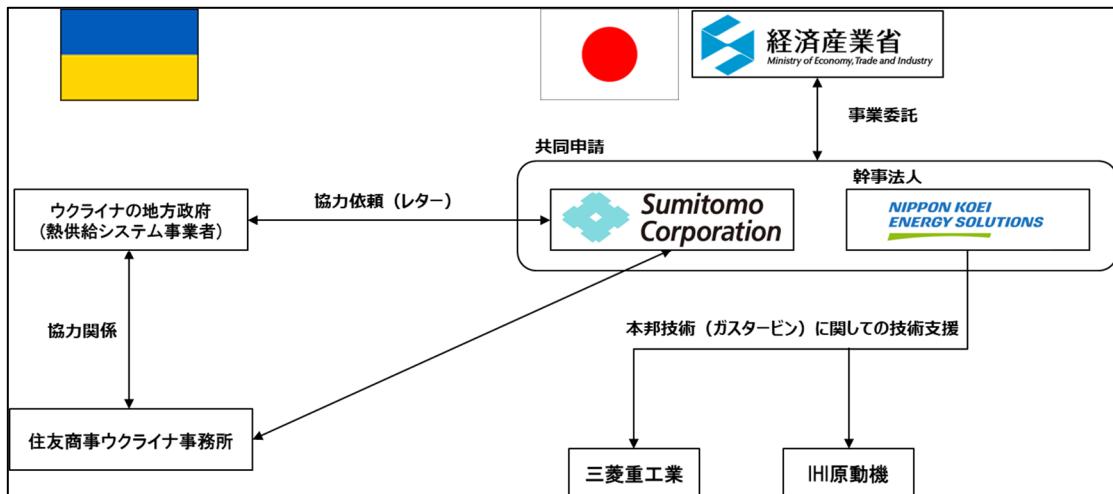
Naftogaz Teplo	Kharkivski Teplovi Merezhi	Kyiv Tepro Energo
Odessa CHP		
Kherson CHP		
Mykolaiv CHP		
Dniprovska CHP	Kherson CHP-3	
Kryvyi Rih CHP	Kherson CHP-4	
Severodonetsk CHP *1		
Novorozdilska CHP		
Novoyavorivska CHP		
		Kyivska CHP-5 Kyivska CHP-6

*1: Severodonetsk CHP は現時点ではロシア占領下にあり、情報入手困難なため、本調査の対象外とした
出典: 調査団により作成。

1.3 調査団と調査工程

1.3.1 調査団の構成

本事業における調査団員の構成を図 1-1 に担当業務を以下の表 1-2 に示す。



調査団により作成。

図 1-1 調査団の構成

表 1-2 調査団の構成と担当業務

日本工営エナジーソリューションズ	住友商事
	担当業務
<ul style="list-style-type: none"> 復興計画／事業化検討: 各ドナーの動向調査、事業スキームの検討 熱電併給システム： ボイラを含めた熱電併給システム全体の調査検討 熱電併給所(機械)： 熱電併給所(CHP)の機械関連、主にタービン、排熱回収機器の代替案等の検討 熱電併給所(電気)： 熱電併給所(CHP)の電気関連、主に発電機、変圧器代替案等の検討 熱電併給所運用計画： O&M、監視制御に関する運用計画の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 現地情報収集： ウクライナ現地事務所を通じた情報収集 案件形成に向けたスキーム検討： 各ドナーの動向調査、事業スキームの検討

日本工営エナジーソリューションズ株式会社は、2023年10月に日本工営株式会社から分社化して設立された会社である。本調査受託時は日本工営株式会社が契約しているが、日本工営エナジーソリューションズが調査にかかる義務と権利を継承している。調査にかかわった要員はすべて日本工営株式会社から日本工営エナジーソリューションズに移籍している。

出典：調査団により作成。

1.3.2 調査工程

本事業における調査工程を以下の図 1-2 に示す。



出典：調査団により作成。

図 1-2 調査工程

第2章 ウクライナの概況

2.1 社会・経済の概要

2.1.1 一般情報

(1) 基礎情報

ウクライナの基礎情報を表 2-1 に示す。

表 2-1 ウクライナの基礎情報

項目	内容
面積	60 万 3,700 平方キロメートル(日本の約 1.6 倍)
人口	4,159 万人(除: クリミア)*1
首都	キエフ (Kyiv)
民族	ウクライナ人(77.8%)、ロシア人(17.3%)、ベラルーシ人(0.6%)、モルドバ人、クリミア・タール人、ユダヤ人等*2
言語	ウクライナ語(国家語)、その他ロシア語
宗教	ウクライナ正教及び東方カトリック教会。その他、ローマ・カトリック教、イスラム教(スンニ派)、ユダヤ教等。

*1: ウクライナ国家統計局(State Statistics Service of Ukraine, Derzhstat), 2021 年による。

*2: 国勢調査, 2001 年による。

出典: 調査団により作成。

(2) わが国との関連性

ウクライナと我が国との来歴を表 2-2 に示す。

表 2-2 ウクライナと我が国との来歴

年月日	内容
1991 年 12 月 28 日	国家承認日
1992 年 1 月 26 日	外交関係開設日
1993 年 1 月 20 日	在ウクライナ日本大使館開館

出典: 調査団により作成。

2.1.2 政治体制

ウクライナの政治体制を表 2-3 に示す。

表 2-3 ウクライナの政治体制

項目	内容
政体	共和制
元首	ヴォロディミル・ゼレンスキー大統領(2019年5月~)
首相	デニス・シュミハリ首相(2020年3月~)
議会	(1) ウクライナ最高会議(定数450名、任期5年) (2) 議長: ルスラン・ステファンチュク(2021年10月~) (3) 国民奉仕者党による単独与党

出典: 調査団により作成。

2.1.3 経済指標

ウクライナの経済指標を表 2-4 に示す。

表 2-4 ウクライナの経済指標

項目	内容
GDP	1,605 億ドル
一人当たり GDP	4,534 ドル
GDP 成長率	-29.1%
物価上昇率	20.2%
失業率	9.8%

出典: 2022 年 World Bank データに基づき調査団により作成。

2.1.4 社会情勢

1.1 節に記載の通り、2022 年 2 月下旬より、ロシアの侵攻を受け、電力インフラ設備も被害を受けている。ウクライナ全土ではロシアによる軍事侵攻開始直後から戦時戒厳令が敷かれている。現在までの同侵攻による市民の死者は少なくとも 10,058 人(2023 年 12 月 11 日: 国連)で、世界各地のウクライナ難民の総数は 634 万 300 人(2024 年 1 月 3 日: UNHCR)とされている。

2.2 地理と気候

2.2.1 地理

ウクライナの国土の半分は平野で、北部にはポリッシャ湿地、東部にはドネツク丘陵、西部にカルパチア山脈から続く高地がある。中央部及び南部の平野は、肥沃な黒土に被われており、小麦などの耕作地が広がり、ロシア帝政時代から「欧洲の穀倉地帯」と呼ばれている。南部のクリミア半島は比較的温暖で、第二次世界大戦末期のヤルタ会談の舞台となったヤルタは有名な保養地である。ドニプロ川は、ヴォルガ、ドナウに次ぐヨーロッパ第3の大河で、ウクライナの水道水、水力発電に利用されるだけでなく、水上交通の大動脈となっている。²

2.2.2 気候

北部及び西部は冷帯湿潤大陸性気候で比較的降水量が多く、南東部は乾燥したステップ気候、クリミア半島は比較的温暖な温暖湿潤気候である。南部では、給水制限を伴う深刻な水不足に見舞われることもある。雨量は最も多いカルパチア地方で年間1,200～1,600mm、最も少ない東部で300mmである。³

² 在ウクライナ日本大使館ウェブサイト

³ 在ウクライナ日本大使館ウェブサイト

第3章 ウクライナエネルギーセクター調査

3.1 ウクライナエネルギーセクター方針

3.1.1 エネルギー戦略

政府は 2017 年 8 月、エネルギー部門における一連の改革の一環として新たな「ウクライナエネルギー戦略 2035」(ESU 2035: Energy Strategy of Ukraine until 2035)を閣議決定した。この戦略は「安全保障、エネルギー効率、競争力、EU エネルギーとの統合」を掲げエネルギー部門の変革戦略として構想され、経済のエネルギー集約度の低減、投資の活性化、エネルギー自給率の増加、エネルギー効率の改善、エネルギー分野の EU との統合を目的としていた。

また、2035 年までの電源構成については、原子力をエネルギーミックスの主要な電源として、約 50% を維持し、再生可能エネルギーを 25%、水力発電を 13%、残り 12% を化石燃料発電とした。

しかしながら、ESU 2035 には実施のロードマップや監視のメカニズム等構造的な弱点があること、また EU の脱炭素への加速などを踏まえ、戦略の改訂が求められていた。

これを受け、より一層 EU と統合した、より近代的で、安全で、分散化し、かつクリーンなエネルギーを構築することを目標とした「ウクライナエネルギー戦略 2050」(ESU 2050: Energy Strategy of Ukraine until 2050)を策定し、2023 年 5 月政府はこれを承認した。⁴

ESU 2050 の概要を表 3-1 に示す。この戦略によりウクライナは 2050 年までにエネルギー分野におけるカーボンニュートラルを達成することを想定している。

また、エネルギー省は 2023 年 3 月にエネルギー安全保障のため 2035 年までに再生可能エネルギーによる発電の割合を 50% に増やし、残りの 50% を原子力発電で構成することを目指すと公表している。なお、開戦前の 2021 年末時点での発電量の割合は、原子力発電 55% (86 TWh)、石炭発電 24% (37 TWh)、ガス発電 6% (10 TWh)、再生可能エネルギー発電 15 % (22 TWh) と報告されている。

⁴ ウクライナ国エネルギー省ウェブサイト： Ukraine is an energy hub in Europe. Government approves Energy Strategy until 2050 | Ministry of Energy of Ukraine (mev.gov.ua)

表 3-1 ESU 2050 の概要

項目	内容
目的	EU グリーンディールの目標を反映し、エネルギー政策の形成と実施に対する統合的アプローチの原則に基づいておりウクライナ経済の持続可能な発展のための条件の創出。
着眼点	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ロシア連邦の対ウクライナ全面戦争の結果、エネルギー安全保障の役割強化とエネルギーシステムの回復力の強化。 ✓ ウクライナ IPS (Interconnected Power System of Ukraine) の欧州送電システム事業者ネットワーク (ENTSO-E)への加盟とウクライナのエネルギーシステムの汎欧州システムへの統合の深化。 ✓ 最新技術の利用可能性(特に、エネルギー目的での水素の製造と使用、小型モジュール式原子炉、エネルギー貯蔵施設など)、エネルギー分野の技術変化、世界的な動向と革新的なソリューション、とウクライナが公約した EU 基準を遵守する環境安全要件。 ✓ 国際公約であるエネルギー効率と再生可能エネルギー源の利用、GHG 排出量の削減など。 ✓ エネルギー供給の持続可能性と信頼性を向上させるため、全国各地で発電を分散化する。

出典:ウクライナエネルギー省ウェブサイトに基づき調査団により作成。

3.1.2 ウクライナ復興計画

ウクライナの復興に向けて、さまざまな国、団体、企業による協議、提案などが行われている。この中で、2023年6月英國とウクライナ政府がロンドンで共催した「ウクライナ復興会議」(Ukraine Recovery Conference 2023)、並びに国連開発計画(United Nations Development Programme。以下、UNDP)と世界銀行(World Bank。以下、WB)にて作成した「ウクライナエネルギー被害評価2022」(the Ukraine Energy Damage Assessment 2022)に基づき UNDP が技術分析を行い 2023 年に公表された「ウクライナエネルギー部門のグリーン移行に向けて」(Towards a Green Transition of the Energy Sector in Ukraine)に基づく復興計画を以下に整理する。

(1) ウクライナ復興会議

本会議は、2023年6月、59カ国の大蔵、団体、企業、その他の代表者がロンドンに集まり、ロシアによる侵略を受けたウクライナの復興と近代的で、グリーンで強靭な長期経済への国際的社内の支援・取り組みを議論するために開催された。

この会議においてエネルギー部門における「持続可能な回復のための電力システム」についてウクライナからは以下のようない報告があった。

a) エネルギー部門の根本的な変革

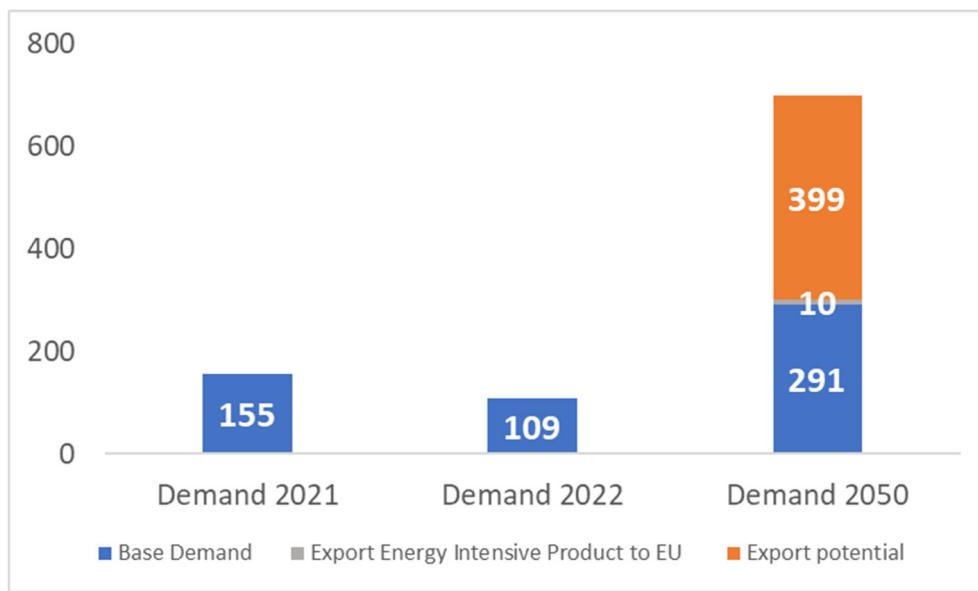
ウクライナにとってEUのエネルギー部門の変革はカーボンニュートラル経済の発展に大きなチャンスをもたらすとして、対象とする項目を以下のように挙げている。

- ロシアのエネルギー資源の代替
- グリーンスチール
- グリーン肥料
- 水素の製造と利用
- 再生可能エネルギーによる発電割合の増加
- 蓄電システム開発
- 暖房と輸送の電化
- 供給の多様化

b) 2050年の電力需要見通し

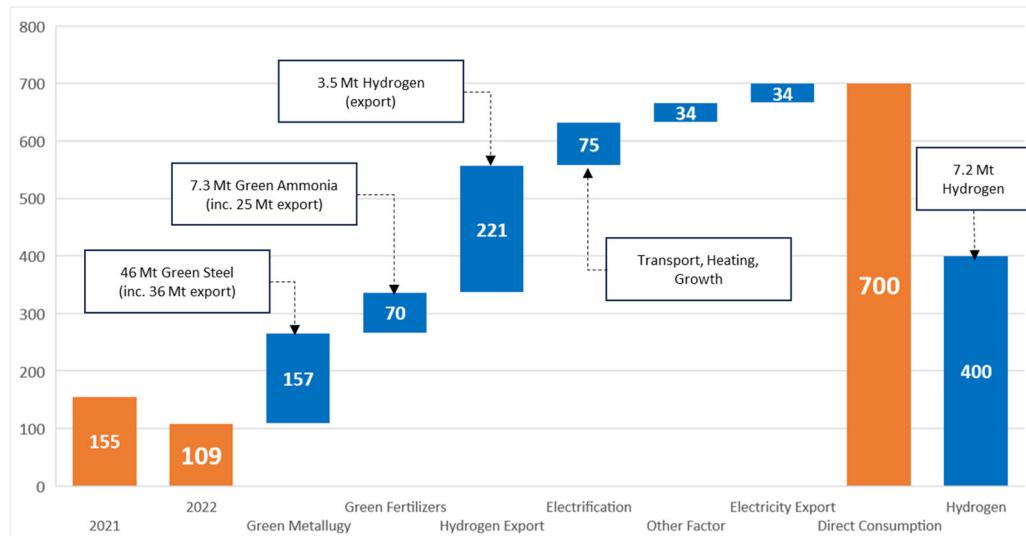
本会議でウクライナより示された2050年の電力需要見通しを図3-1に示す。

2021年および2022年の電力需要は、それぞれ155 TWh、109 TWhであるが、ベースラインの復興と成長計画によると、291 TWhになると見通している。また、エネルギー計画により、水素製造などさまざまな成長産業を育成し、2050年には合計需要は700 TWhに拡大すると見通している。700 TWhの内訳を図3-2に示す。



出典：“Power System for a Sustainable Recovery”/Energy Sector in Ukraine Recovery Conference in 2023 を調査団により整理・作成

図3-1 2050年電力需要見通し(TWh)

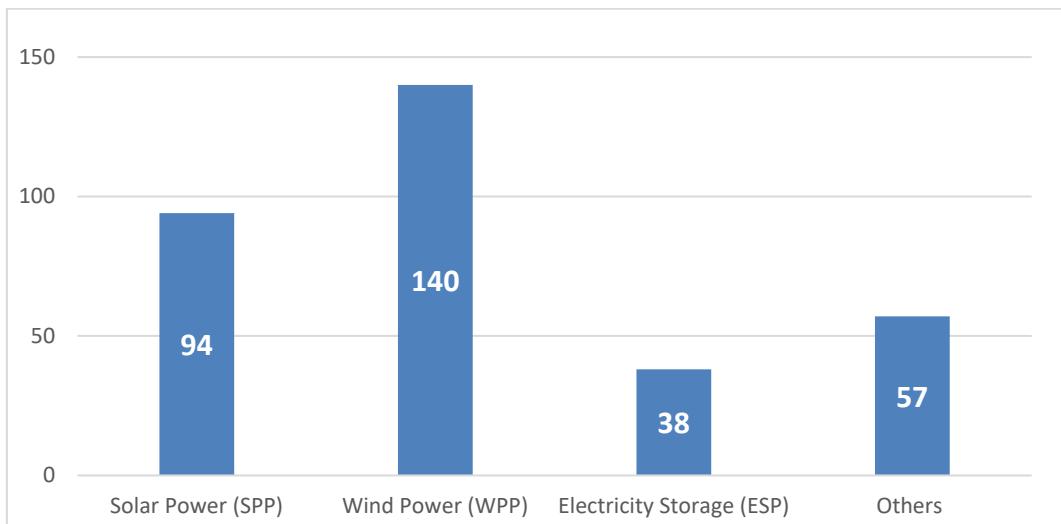


出典: “Power System for a Sustainable Recovery”/Energy Sector in Ukraine Recovery Conference in 2023 を調査団により整理・作成

図 3-2 2050 年電力需要内訳 (GW)

c) 2050 年における発電設備予測設置容量

2050 年までに 100 % カーボンフリーの電源構成とし、エネルギー部門でカーボンニュートラルを目指す計画としている。なお、石炭火力発電設備は 2035 年までに完全廃止するとしている。予測された設置容量を図 3-3 に示す。



出典: “Power System for a Sustainable Recovery”/Energy Sector in Ukraine Recovery Conference in 2023 を調査団により整理・作成

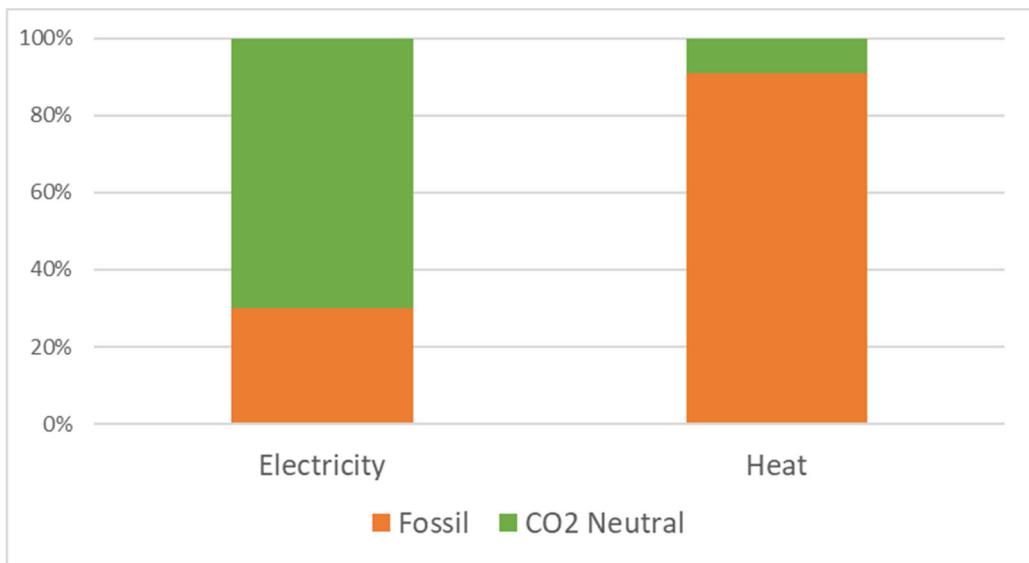
図 3-3 2050 年における発電設備予測設置容量 (GW)

d) 热供給の現状と課題

热供給に関しては、ウクライナで特にバイオマスを中心とした再生可能エネルギーを活用したCHPの事業を行っているUKRTEPLOから以下の現在の問題点が指摘された。

- 発電に関しては約70%が脱炭素化されているが、热供給に関しては脱炭素が進んでいない。図3-4を参照。
- 热供給の料金と実態費用との価格差があり、Naftogazは特別な義務により安価なガスを販売せざるを得ない状況。
- エネルギー効率も低く、多くの家庭での必要以上(約3倍)に消費している。
- 2022年のこの分野への国家支援と補償は、総額35億ユーロ以上を要している。

これらの現状に対して、安価なガスに対する国家支援をやめ適正な市場価格とすること、およびバイオマスの活用、エネルギー効率改善と節約等の実施を提言している。2021年における電力および热供給の化石燃料とCO₂ニュートラルの割合を以下の図3-4に示す。



出典: Energy Sector in Ukraine Recovery Conference in 2023を調査団により整理・作成

図3-4 2021年における電力および热供給の化石燃料/CO₂ニュートラルの割合

e) ウクライナのエネルギー分野支援に関する G7+ グループ⁵の声明⁶

本会議において「ウクライナのエネルギー分野支援に関する G7+ グループ」は「ウクライナのエネルギー・システムの持続可能な復旧・復興のためのグリーン・エネルギー・パートナーシップ」に関する声明を外相レベルで発出した。

本声明は、G7+として、ウクライナのエネルギー・システムの維持、安定化、次の冬に向けた取組を引き続き支援し、より近代的で、安全で、分散化し、ネットゼロの将来にかなったクリーン・エネルギー・システムを構築するというウクライナの目標を支援することにコミットすることを示している。本声明の主旨は以下のとおりである。

- 本声明の中で、G7+ グループは、今後以下の目標を掲げ、クリーン・エナジー・パートナーシップを発展、深化させるためウクライナと協議する。
- 適用可能な欧州連合の中核的なエネルギー分野関連法令 (EU アキ⁷) の採択を加速し、エネルギー市場の効率性を高め、EU 市場と統合する。
- 低炭素のエネルギー源の生産と利用を拡大する。
- カーボンニュートラルを加速させるために、ウクライナの発電における排出削減対策が講じられていない石炭の使用のフェーズアウトに向けた取組において、公正な移行原則を実施しつつ、ウクライナのエネルギー・システムの信頼性と競争力を改善する電力容量を拡大する。
- 強靭性を高め、効率性を向上させるため、エネルギーインフラを世界最高水準にアップグレードする。

以下を可能とする環境整備を通じて、革新的な技術面及び金融面の解決策を得る。

このグループは、ウクライナ経済の再生及び長期的な成長に貢献する、強靭で、効率的で、より分散化されたスマートなエネルギー・システムに向けた連携した支援を提供する、既存のドナーによる手段を活用することに焦点を当てる。本取り組みは、ウクライナのエネルギー復興をウクライナの EU 加盟への道と EU の気候変動エネルギー政策にしっかりと繋げることを目指す。本パートナーシップは、G7+ メンバーとウクライナとの間の既存の二国間エネルギー・パートナーシップを補完し、グリーンな復旧における地方行政の関与と強化の重要性を認識する。このパートナーシップ・グループの活動は、ウクライナ復興ドナー調整プラットフォーム (MDCP) によるより広い取組を支援する。

⁵ G7+ウクライナエネルギー調整グループは、2022年11月に設立され、ウクライナのエネルギーインフラの復旧、回復、防衛を支援するためのメカニズムを備え、ドナー間の調整と結集を行う。このグループのメンバーは以下の通り：ブルガリア、カナダ、チェコ、エストニア、フランス、ドイツ、イタリア、日本ラトビア、リトアニア、ポーランド、ノルウェー、ルーマニア、スロバキア、スウェーデン、ウクライナ、英国、米国および EU (欧州連合)、エネルギー共同体事務局、世界銀行グループ、EBRD (欧州復興開発銀行)、UNDP (国連開発計画)。

⁶ 外務省 HP : https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press7_000058.html

⁷ EU アキとは、共同体の基本条約から規則、指令、判例法等の全ての蓄積された EU 法体系の総称のこと。
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/eu/keyword.html>

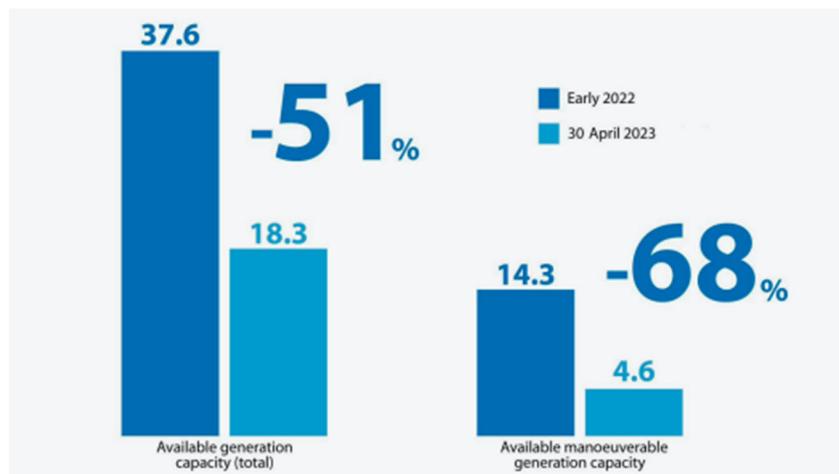
これを可能にするため、ウクライナ政府は、ウクライナの復旧・復興における民間部門の役割を支援する、重要な改革を加速させることにコミットする。これには、電力・ガス市場のさらなる自由化を通じた独占の防止、国営エネルギー企業におけるOECDに準拠したコーポレート・ガバナンスの確保、公共サービスの義務を段階的に廃止し、それを脆弱なエネルギー消費者への社会的支援に置き換えることによる関税及び補助金改革の前進、EUの省エネ基準の採用及びエネルギー規制機関の独立性の強化が含まれるが、これに限定されない。

(2) ウクライナエネルギー部門のグリーン移行に向けて

a) 2023年時点での損害

ロシア攻撃を受け、ウクライナの電力システムは極めて脆弱になっており、発電容量は、2023年4月30日時点で37.6GWから18.3GWへと半分以下に減少した。系統内の操作容量が最も影響を受け、主に火力発電所で14.3GWから4.6GWへと68パーセント減少した。図3-5参照。

CHPの能力も重大な損害を受け、利用可能なCHPの発電容量は2021年末時点の2.9GWから2023年4月末時点で1.4GWに減少した。損傷した容量は1.4GW(48.3%)に達し、0.1GW(3.4%)がロシアの一時軍事支配下にある領域内に残っている。



出典: UNDP: Towards a Green Transition of the Energy Sector in Ukraine

図3-5 2021年初と2023年4月30日時点の発電容量と操作可能容量(GW)

b) 中期エネルギー戦略に沿った即時対応

政府は、中期エネルギー戦略として 2023 年 4 月国家エネルギー戦略 (The National Energy Strategy of Ukraine) を承認した。この戦略は発電能力の適切性の報告と相関し、持続可能な開発目標とも一致している。また、政府は以下の目標⁸を示している。

- エネルギー安全保障と独立性：発電容量を 1,080 億 kWh から 1,760 億 kWh へ増加およびエネルギー不足から正味 90 億 kWh の移行
- グリーンへの移行と分散化：カーボンニュートラルな発電容量開発と更なる EU 調和による部分達成。少なくとも定格容量の 80%を 15 分で達成制御可能な設備 1.4 GW の新設およびバイオ資源活用の発電設備の新設。
- 即時対応については、上記のエネルギー戦略を確保することは不可欠であると共に、以下の主要重点分野も含まれる。
- 電源の全国分散化と電源システムの分散化
- 近代的で運用性 (maneuvering) が高く、環境にやさしい発電設備の導入による電力システムの操作能力強化
- 再生可能エネルギーの増加
- CO₂削減公約に従った石炭焚き発電設備の削減・廃止
- 原子力利用効率向上させる更なる機会の探求

現在、都市とその周辺が主な電力消費地となっている。一方、ウクライナの人口の約 70%が都市部に住んでおり、大量の電力、熱・水供給、下水システムが必要であるが、それらが比較的狭いエリアに集中している。

特に IPS は特定の地域に発電設備が集中し、他の地域に大規模な消費を抱える中央集中型である。その結果、今回のロシアの侵攻において火力発電所や CHP のベースラインに対する被害の割合が 71.5%と高く、中央集中型の脆弱性が露呈し最大の被害が生じている。

また、この中央集中型が送電網の運用性に重大な問題を引き起こし、再生可能エネルギー増加への障壁となっている。

今後の対策には、原子力発電の大きな割合と再生可能エネルギー増加の必要性を考慮すると電力カシステムの追加運用能力が必要となる。さらに、既存の火力発電能力のかなりの部分は、戦前、時代遅れで非効率な設備のため、使用不能または緊急状態にある。

したがって、容量は少ないが、より多くの数の機動性の高い発電設備を新設し、全土に分散化させる必要がある。これにはバイオマスや蓄電池システムも含まれる。

⁸ 3.1.1 項に記載の ESU 2050 と若干相違があるが、報告書の通り記載した。

c) エネルギー部門の復興と即時対応のための分散化における技術影響

当該のエネルギー戦略の策定において UNDP は、国際的な経験による調査とともに重点都市の代表者、ウクルエネルギー (NPC Ukrrenergo)、地域配電会社と協議を実施した。これによりエネルギー部門の復興と即時対応への解決において以下基準を満たす必要があることが示された。

- 手頃な価格の燃料
- 最速の起動と定格到達時間
- 最大能力での長期運転
- 徹底した運用性
- 高エネルギー効率
- 安全性
- 十分な集中化
- 環境へのやさしさ
- 常時使用能力
- 「ピーク」モードへの対応性

その結果、UNDP は最も効果的な解決策はガスタービンとガスエンジン、特にガスタービンは発電の分散化に貢献すると結論を出している。

3.1.3 電源開発計画

前項で述べた、「ウクライナエネルギー戦略 2035」の改訂版である ESU2050 では、2050 年までの達成目標などは公表されているものの、詳細について公表されていない。従って本項目では、ESU2035 を基準としたエネルギー収支予測結果を基に記載する。ESU 2035 で掲げている 2035 年までの達成目標を表 3-2 に示す。

表 3-2 ESU 2035 で掲げている 2035 年までの達成目標

項目	内容
エネルギー使用合理化	2016 年から 2035 年までに GDP のエネルギー集約度を半減。
再生可能エネルギーの導入促進	一次エネルギー総供給量に占める再生可能エネルギーの割合を 2035 年までに 25% 以上にする(水力発電、熱エネルギー(蒸気、温水)を含む)
原子力の維持	原子力発電による発電のシェア(約 50%)を維持
欧州環境基準の遵守	大規模火力発電における産業排出指令(IED) ⁹ の遵守

出典: ESU 2035 に基づき調査団にて作成

⁹ 産業排出指令(Industrial Emissions Directive)の略、EU 諸国で適用される基準であり、メタン、窒素酸化物などの汚染物質の環境への排出を抑制するために、物質ごとの排出基準値が定められている

ESU2035 では、これらの目標達成をするために、高度な技術的決定、多額の投資、法律の整備、経済の構造変化が必須としている。また、長期的な経済発展の予測を行うため、近隣の諸外国を含めた専門家たちの協力を得て、エネルギー収支予測モデリングツールを開発こととした。

それに伴い、デンマークの援助の下に、ESU2035 の実現を主目的としたプロジェクトである「ウクライナの長期エネルギー モデルと予測: ESU2035 のための実行計画」("Long-term Energy Modelling and Forecasting in Ukraine: Scenarios for the Action Plan of Energy Strategy of Ukraine until 2035")が実施された。当該のプロジェクトでは、エネルギー モデリングツールとシナリオ分析の実践の適用を通じて、2035 年までのウクライナの新エネルギー戦略(ESU2035)の実現に向けた支援を行っている。¹⁰

ESU 2035 のモデリングの前提条件、入力を表 3-3 に示す。また、エネルギー 収支予測 モデリングツールを利用して予測した、ESU2035 における一次エネルギー 総供給量(TPES)と輸入シェア率の推計を図 3-6 に示す。

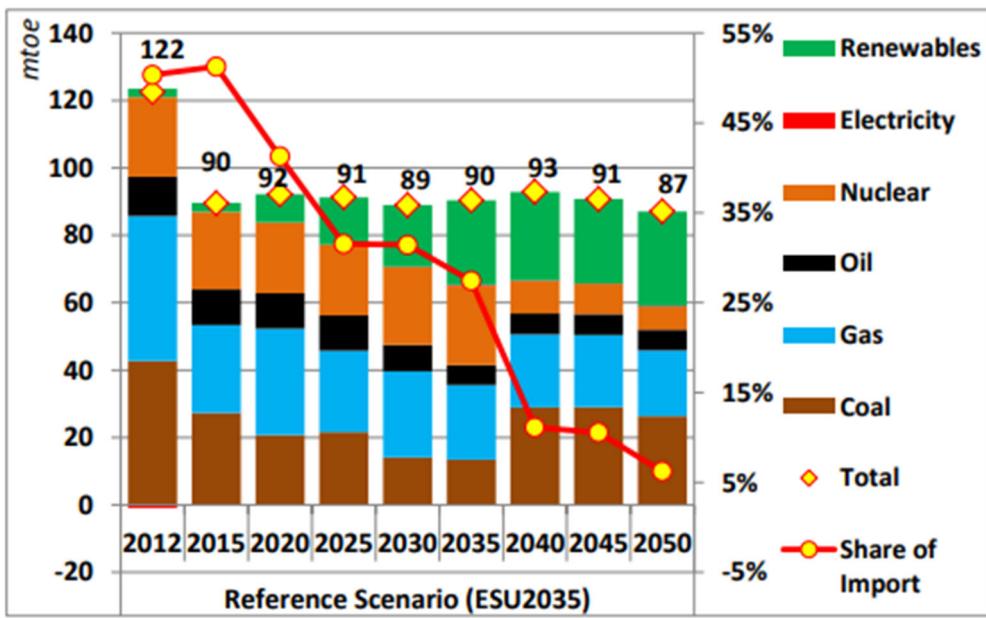
表 3-3 ESU 2035 のモデリングの前提条件、入力

項目	内容
前提条件	無条件の主権回復が行われることを前提。
入力	エネルギー石炭産業省、経済省、環境省、総務省、地域開発省、建設・住宅・公共サービス、省エネルギー省、発電量、供給会社等からの情報提供 ウクライナ国内の熱電供給事業者(Energoatom、Ukrenergo、DTEK、Naftogazなど)からの情報提供
	IEA(特に ETP、E-Tech-DS)、DIW Berlin、IAEA、OECD、DEA ¹¹ などのデータ(有望なエネルギー技術とその技術的および経済的特性を特定するために使用) 専門団体(ウクライナバイオエネルギー協会、ウクライナ風力エネルギー協会、ウクライナ再生可能エネルギー源協会など)からの情報提供
	他のヨーロッパ諸国の需要構造を参照(最終用途部門の需要構造のモデルとして)
	ウクライナ経済予測研究所、国際金融、格付け機関、その他の組織(国際通貨基金、世界銀行、スタンダード&プアーズなど)のデータ、および経済省のデータに基づく長期的なマクロ経済開発指標
	主要エネルギー資源価格の見通し(世界銀行資料に基づく)
	ウクライナの人口動態の予測データ(ウクライナ国立科学アカデミー人口統計社会研究所および国連経済社会局のデータに基づく)
	GHG(温室効果ガス)排出係数 人為起源に関する国別インベントリデータに基づくウクライナにおける GHG の発生源からの排出と吸収源による除去

出典: ESU 2035 に基づき調査団にて作成

¹⁰ 新エネルギー戦略プロジェクト概要資料: [long_term_energy_modelling_and_forecasting_in_ukraine_english.pdf \(dtu.dk\)](http://long_term_energy_modelling_and_forecasting_in_ukraine_english.pdf)

¹¹ IAEA(国際エネルギー機関)、ETP(欧州技術プラットフォーム)、E-Tech-DS(エネルギー技術データソース)、DIW Berlin(ドイツ経済研究所)、IAEA(国際原子力機関)、OECD(経済協力開発機構)、DEA(デジタル・ユーロ協会)



棒グラフは一次エネルギー総供給量を示し左軸、線グラフは輸入の割合を示し右軸。

1Mtoe:石油換算で約 100 万トン

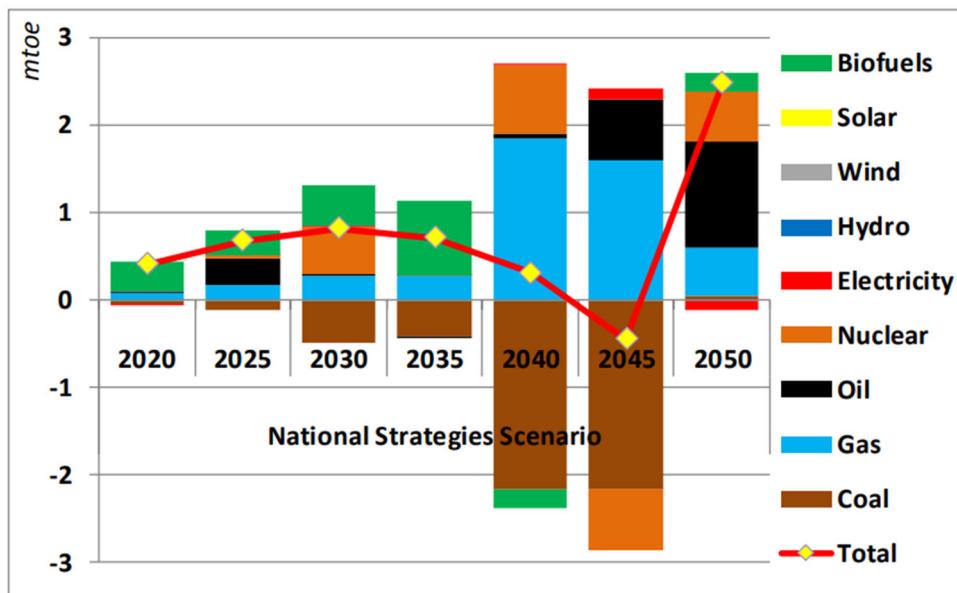
出典 : Long-term Energy Modelling and Forecasting in Ukraine: Scenarios for the Action Plan of Energy Strategy of Ukraine until 2035

図 3-6 ESU2035 における一次エネルギー総供給量(TPES)と輸入シェア率の推計(2050 年まで)

予測された推移により、ESU2035 では一次エネルギー総供給量について、以下の基準シナリオ(Reference Scenario)を想定している。

- 2035 年までに一次エネルギー総供給量あたりの再生可能エネルギー(棒グラフ上の”Renewables”)が占める割合は、ESU2035 の目標(全体の約 25%以上)は達成される。
- 予測期間を通じて一次エネルギー供給量は 2015 年の水準を維持する。
- 経済が回復し成長したとしても、一次エネルギー総供給量は、予測期間を通じて 2012 年の水準を超えることは難しい
- 全体を占める輸入量のシェアは 2050 年までには約 5%まで減少する

ESU2035 では、図 3-6 の一次エネルギー総供給量の推移と輸入シェア率の推移を基準シナリオとして、現行の環境対策を継続的に更新した場合を想定した国家戦力シナリオ(National Strategies Scenario)を策定している。一次エネルギー総供給量の推移に関しては、大きな差はないが大きな構造の変化が起きると予想されている。以下の図 3-7 に、環境対策を継続的に更新した場合を想定したシナリオと基準シナリオの違いを示す。



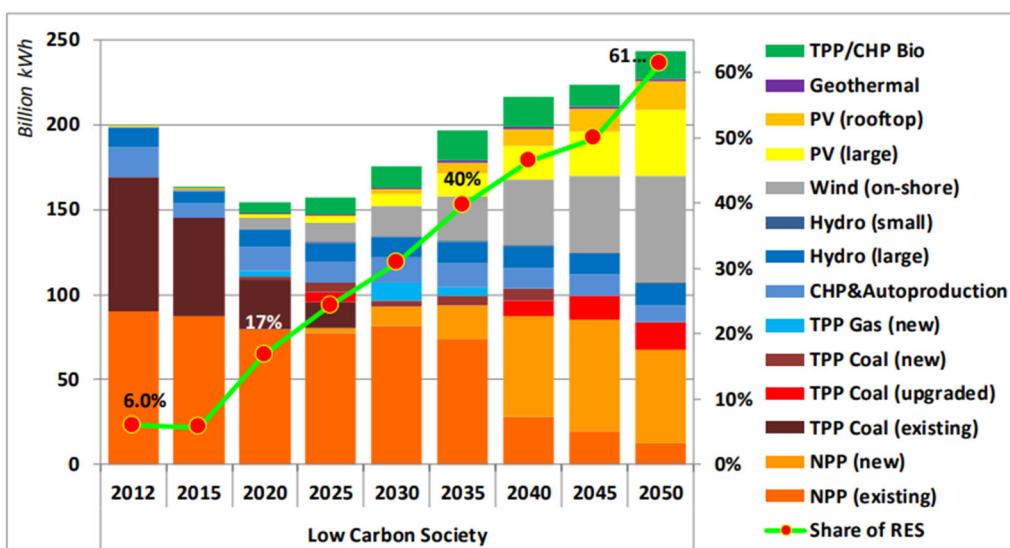
0mtoeより上の棒: 国家戦略シナリオと基準シナリオを比較した際の供給量の増加量

(0mtoeより下の棒: 国家戦略シナリオと基準シナリオを比較した際の供給量の減少量

出典: Long-term Energy Modelling and Forecasting in Ukraine: Scenarios for the Action Plan of Energy Strategy of Ukraine until 2035

図 3-7 一次エネルギー総供給量における国家戦略シナリオと基準シナリオの差

上記の図 3-7 から、一次エネルギー総供給量における石炭の割合は 2035 年以降、ガスや石油、再生可能エネルギーなどに置き換わっていくことが分かる。国家戦略を継続して更新した場合の、2050 年までの発電量の推移と再生可能エネルギーによる発電量の割合を図 3-8 に示す。



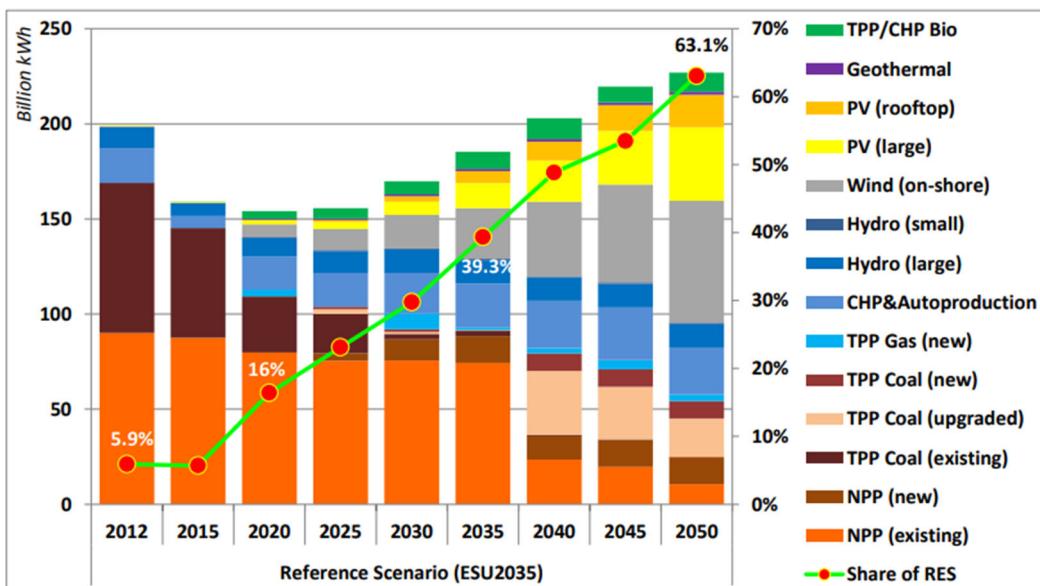
棒グラフは発電量の推移を示し左軸、線グラフは再生可能エネルギーによる発電量の割合を示し右軸。

出典: Long-term Energy Modelling and Forecasting in Ukraine: Scenarios for the Action Plan of Energy Strategy of Ukraine until 2035

図 3-8 発電量と再生可能エネルギー由来の電力シェアの推移

予測された推移により、ESU2035 では 2050 年までの発電量推移に基づくシナリオとして、以下を想定している。

- ESU2035 の実施により、化石燃料由来の発電所の技術更新、再生可能エネルギーによる発電量が増加する事から、GHG 排出を大幅に削減することができる。
- 2035 年頃には再生可能エネルギーが占める割合は約 40% になり、2050 年までには、60% を超える可能性がある。
- 2035 年以降、環境政策が継続的に更新されない限り石炭火力による発電量は増加傾向にある(図 3-9)



出典：Long-term Energy Modelling and Forecasting in Ukraine: Scenarios for the Action Plan of Energy Strategy of Ukraine until 2035

図 3-9 基準シナリオにおける発電量と再生可能エネルギー由來の電力シェアの推移

本項で参照したシナリオは 2016 年から 2035 年までの、脱炭素化に向けた政策が継続的に更新されることを前提としており、実際ウクライナでは ESU2050 として、2050 年までの目標を掲げ、ESU2035 が更新されている。仮に 2035 年以降、政策が継続的に更新されず、再生可能エネルギーの利用可能量が不足すれば、上記図 3-9 の基準シナリオの様に火力発電を使わざるを得なくなり、原子力発電の廃止と火力発電の増加によって、GHG 排出量が再び増加する可能性がある。

3.2 ウクライナエネルギーセンター調査

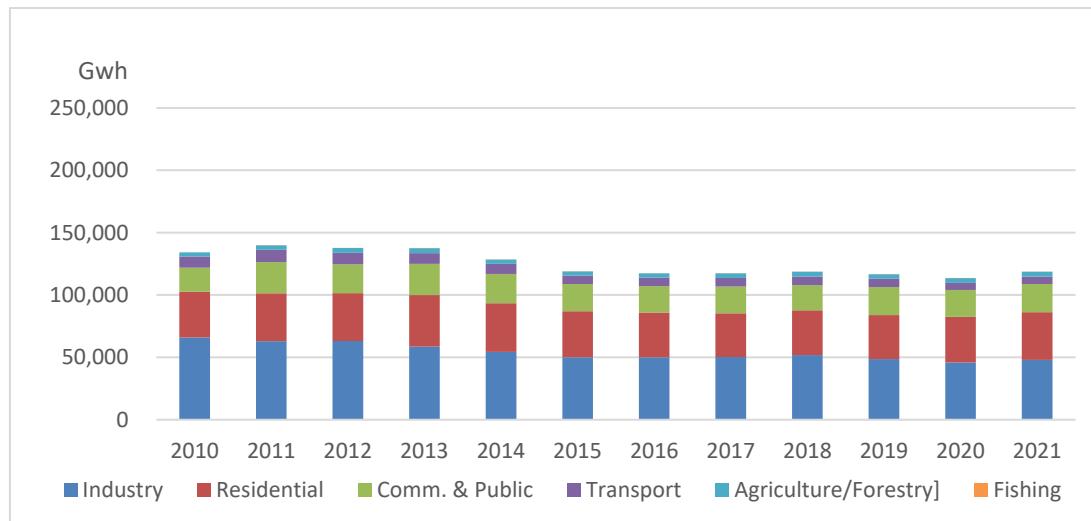
3.2.1 電力需給状況

(1) 部門別年間電力消費量

IEA の統計資料 (Key Energy Statistics, 2021)によるウクライナの部門別年間電力消費量を図 3-10 示す。2022 年 2 月ロシアの侵攻以降の統計データが公表されていないので、本 IEA の総計データを平常時として考察する。

年間電力消費量は、2011 年の 140 TWh をピークに徐々に減少し、2016 年以降は 117~118 TWh 程度で推移している。

部門別では、工業部門が 2010 年には約 50%を占めていたが、その後減少し 2021 年には約 40%となっている。一方、住宅部門および公共設備での消費量が増加傾向にあり、それぞれ 2010 年の 27%、14%から 2021 年 32%、19%に伸びている。



出典: IEA : Key Energy Statistics, 2021 を調査団にて整理・作成

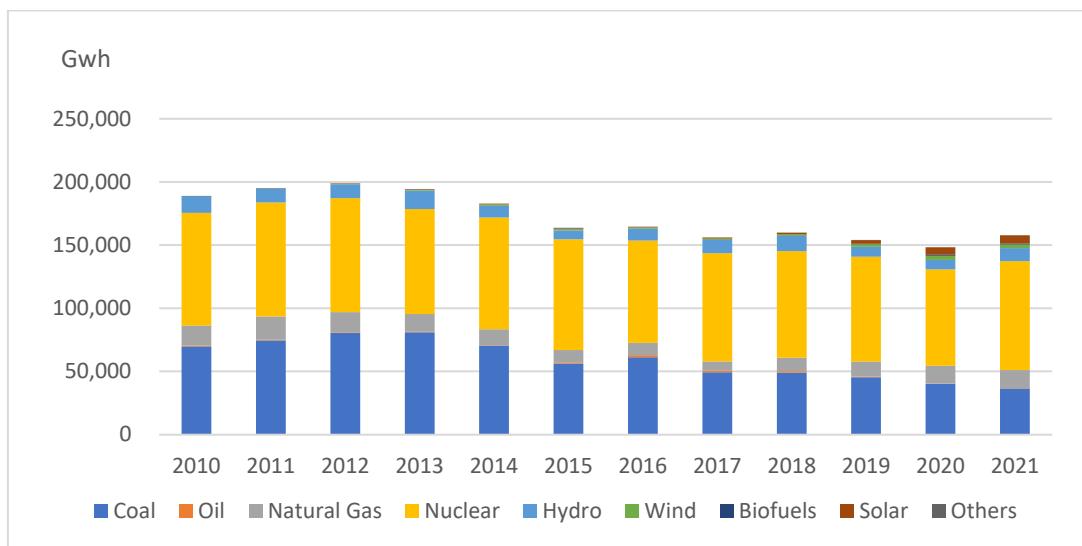
図 3-10 部門別年間電力消費量 (GWh)

(2) 年間発電電力量と電源構成

前項と同様に、IEA の統計資料 (Key Energy Statistics, 2021)によるウクライナの電源別年間発電電力量を図 3-11 に示す。電源別年間発電電力量も 2022 年 2 月ロシアの侵攻以降の統計データが公表されていないので、本 IEA の総計データを平常時として考察する。

年間発電電力量は、2012 年の約 199 TWh をピークに徐々に減少し、2017 年以降は 160 TWh を下回り、大きな増減がなく推移している。2021 年の年間発電量は、約 158 TWh と報告されている。

電源別の発電電力量は、ピークであった2012年は、石炭が約40%、天然ガスが約8%、原子力が約45%の構成割合で、化石燃料が約半分を占めていた。2021年は化石燃料、特に石炭による発電が減少し、石炭が約23%、天然ガスが約9%である。一方、原子力は約55%に増加、更に風力 約2%、太陽光 約4%と再生可能エネルギーが増加の傾向にある。

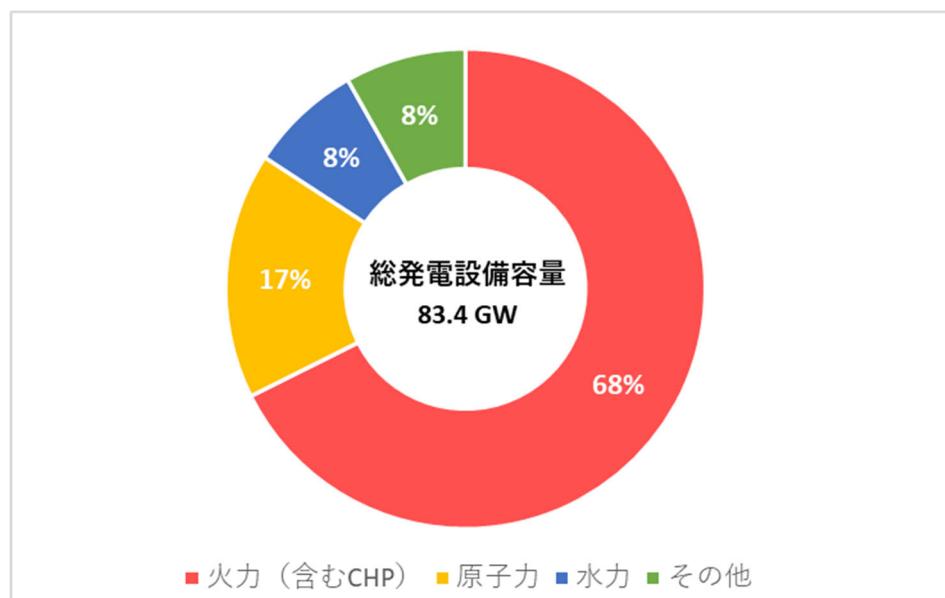


出典: IEA : Key Energy Statistics, 2021 を調査団にて整理・作成

図 3-11 電源別年間発電電力量 (GWh)

ウクライナ国家統計局 (State Statistics Service of Ukraine) から、2019年および2020年時点での電力設備容量 (Installed Electrical Power) を発電所 (Power Plant) および CHP、原子力および水力等の分類で公表されている。2020年の公表値を図 3-12 に示す。

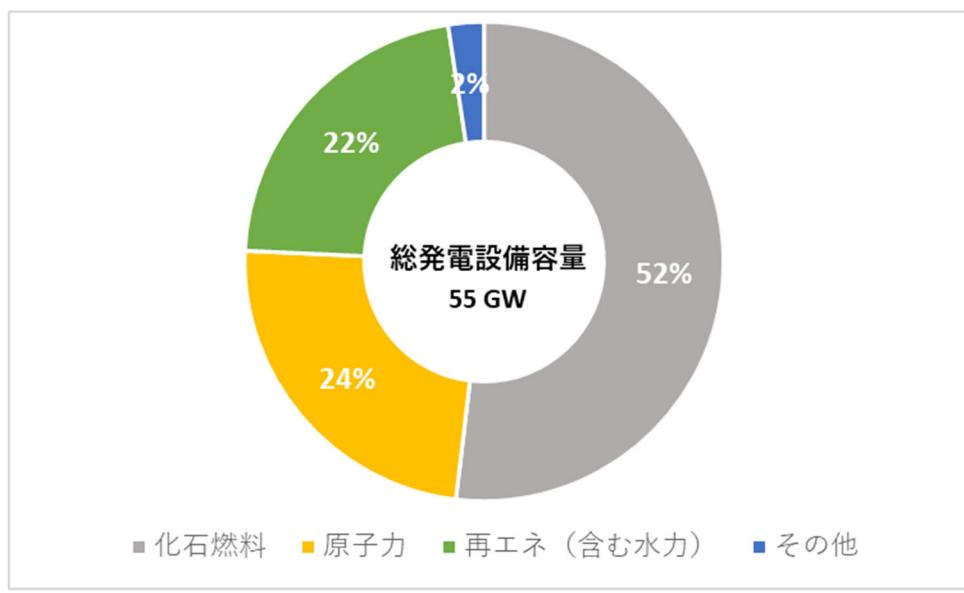
これに示す通り、総電力設備容量は、83.4 GW であり、その内訳は CHP を含めた火力発電設備が、68% (56.4 GW)、原子力 17% (13.8 GW)、水力 8% (6.3 GW) となっている。



出典: ウクライナ国家統計局 (State Statistics Service of Ukraine。Derzhstat)の資料を調査団にて整理・作成

図 3-12 電源別総電力設備容量 (%)

一方、米国エネルギー情報局 (US Energy Information Administration)によると 2020 年の時点で総発電設備容量は、55 GW とされ、図 3-13 に示す通りうち化石燃料による発電設備は、52% (28.5 GW)、次いで原子力が 24% (13.1 GW)、水力を含む再生可能エネルギーが 22% (12.0 GW) と報告されている。



出典: US Energy Information Administration の資料を調査団にて整理・作成

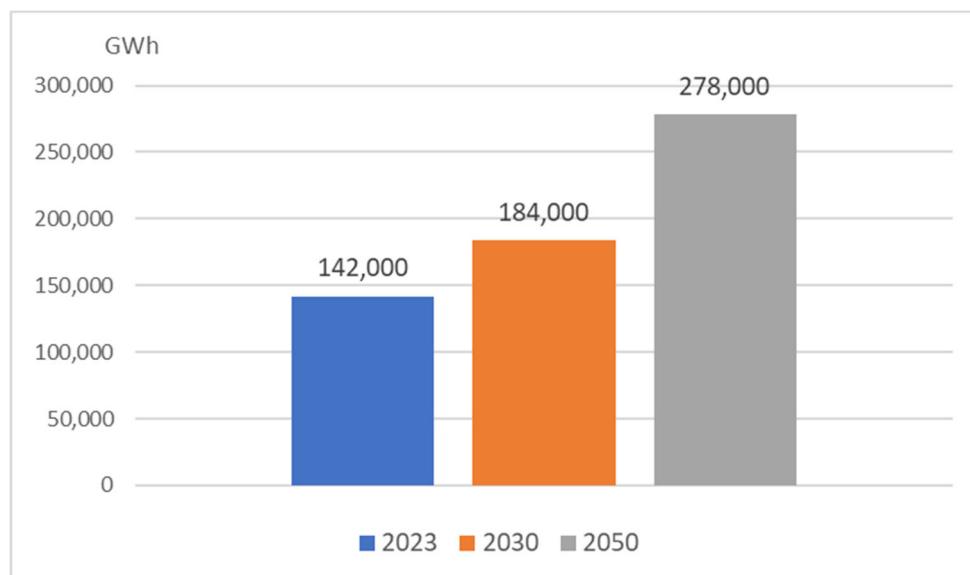
図 3-13 電源別発電設備容量 (%)

(3) 電力損失

電力損失については WB が IEA のデータを基に、電力送配電損失として公表しているが、最新は 2014 年までである。これによると 2010 年から 2014 年の損失値は 11% 台で推移している。一方、ウクライナ国家統計局が電力損失量を公表しているが、この値から算出される電力損失は、2019 年、2020 年、それぞれ 10.2%、8.5% である。

3.2.2 電力需要予測

電力需要については、エネルギー戦略 2035 あるいは同 2050 にも明記されていないが、ロシアの侵攻中の 2022 年 7 月に「戦争結果からのウクライナの回復のための国家評議会」(The National Council for the Recovery of Ukraine from the Consequence of the War)にて策定された「ウクライナ復興計画案」(Draft Ukraine Recovery Plan)に複数のシナリオによる IPS における年間電力需要予測が示されている。図 3-14 に現状に伴う RS (Reference Scenario)を示す。これによると、2050 年には 278,000 GWh と予測されており、この数値が前述の 2023 年 6 月英国とウクライナ政府がロンドンで共催した「ウクライナ復興会議」(Ukraine Recovery Conference 2023)で示されたベース電源 291,000 GWh のもとになっていると推察される。



出典: Draft Ukraine Recovery Plan/The National Council for the Recovery of Ukraine from the Consequence of the War の資料を調査団にて整理・作成

図 3-14 年間電力需要予測 (GWh)

3.2.3 エネルギー事業体制

(1) 行政体制

ウクライナの最終的なエネルギー政策の決定機関は閣僚会議 (Cabinet of Ministers) であり、政策の調整や国営エネルギー企業の監督をしている。エネルギー政策は高度に政

治的な問題であり、政策決定プロセスには議会及び大統領が関与する。エネルギー政策に関する省庁、機関を表 3-4 に示す。

多くの政府系機関が近年改組されている。エネルギー石炭鉱物省 (Ministry of Energy and Coal Mining Industry)は 2022 年にエネルギー省に改組された。地方開発・建設・住居・公共サービス省 (Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services)は 2022 年 12 月に共同体・領土・産業基盤開発省に改組された。環境天然資源省 (Ministry of Economy and Natural Resources)は 2020 年 5 月に環境保護天然資源省に改組された。一連の改組を通じて、環境天然資源省で扱っていた、エネルギー資源と鉱物の探査・生産ライセンス、並びに、生産分与契約に関する権限が、同省の傘下のウクライナ地質調査所に移管されている。

表 3-4 ウクライナのエネルギー関連省庁、機関

省庁・機関	役割・所掌
エネルギー省 ¹² (Ministry of Energy)	✓ エネルギーに関する国家政策の形成と実施。 ✓ 燃料とエネルギー資源の省エネ、再エネ、電気、熱供給の国家政策の形成と実施。 ✓ 入札の実施、落札者の承認、生産分与契約の締結。
共同体・領土・産業基盤開発省 ¹³ (Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine)	✓ 地方レベルの政策、プログラム策定。 ✓ 熱供給事業を管轄。
ウクライナ地質調査所 ¹⁴ (The State Service of Geology and Mineral Resources of Ukraine)	✓ すべてのエネルギー資源と鉱物の探査・生産ライセンスを発行。 ✓ 履行を監督し、全国で地質学的評価。
環境保護天然資源省 ¹⁵ (Ministry of Environmental Protection and Natural Resources)	✓ 気候変動政策。
国家環境投資機構 (State Environmental Investment Agency)	✓ 京都議定書及び UNFCCC Convention で規定された対策を実施。
財務省 (Ministry of Finance)	✓ エネルギー関連税制。
国家エネルギー・ユーティリティ規制委員会 (National Energy and Utilities Regulatory Commission)	✓ 天然ガス・電力市場及び熱供給部門の独立規制機関。

出典: 調査団にて作成

¹² エネルギー石炭鉱物省が 2020 年 5 月に改組された。

¹³ 地方開発・建設・住居・公共サービス省が 2022 年 12 月に改組された。

¹⁴ Ukrainian Geological Survey とも記載される。

¹⁵ 環境天然資源省が 2022 年 12 月に改組された。

(2) 天然ガス産業

国内で上流開発を行うライセンスはウクライナ地質調査所が発行しており、2020 年末時点では 542 ライセンスとなっている。¹⁶このうち、生産量が多いのは国営 Naftogaz の子会社である UGV (Naftogaz の 100% 出資) 及び Ukrnafta (Naftogaz 50%+1 株出資) である。Ukrnafta が生産した天然ガスはすべてアンモニア製造用に供給される。ウクライナの天然ガス採掘ライセンスの許諾を受けている会社を表 3-5 に示す。

天然ガス輸入は自由化されており、実際に民間企業 DTEK なども輸入をしているがその取扱量はわずかであり、大部分は Naftogaz による。

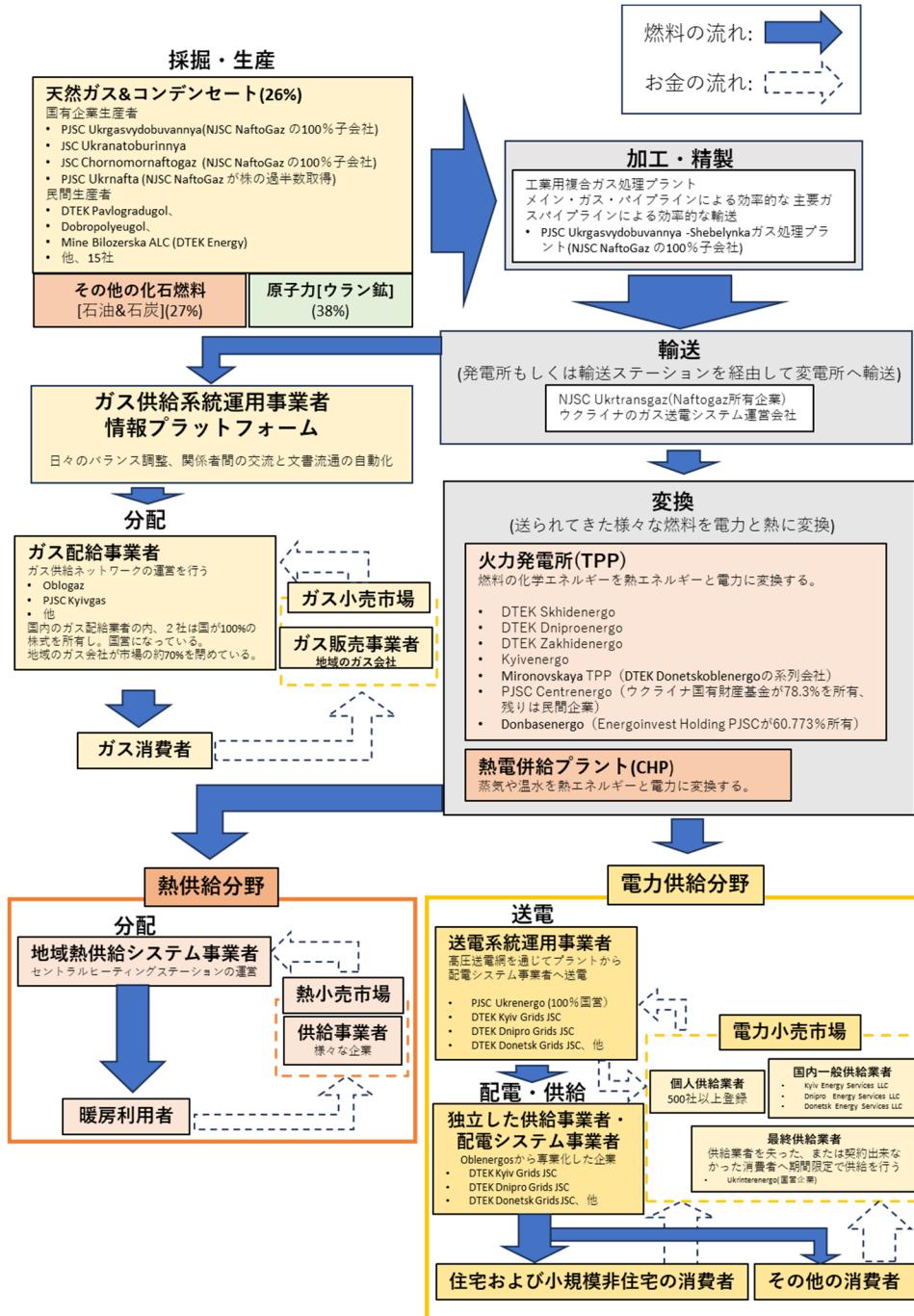
国内生産あるいは輸入された天然ガスは、Naftogaz 子会社の Ukrtransgaz が高圧導管で輸送する。Ukrtransgaz は地下貯蔵設備を所有し、運用している。産業用の大口消費者向けには、Ukrtransgaz から高圧で直接供給をする場合もある。

各都市には地域供給会社として Gazmerezhi があり、低圧導管を用いて最終消費者にガスの供給、販売をしている。過去の一時期は、地域供給会社として Oblgaz があり、当初は Oblgaz 株式の多くを Naftogaz が保有していたが、それが民間に売却され、ガス分配分野では Naftogaz の資本が少なくなっていた。しかし、2023 年 10 月に、ガス分配分野の構造が変更され、Naftogaz 傘下の Gazmerezhi がウクライナのほぼ全土で地域供給をするようになった。これはロシア侵攻によるガス分配網の復旧を目的としている模様である。戦争終了後に、再び Oblgaz に運営権が移転されるかは 2024 年 1 月時点では明らかとなっていない。¹⁷

かつてのクリミア自治共和国は上述とは別の独自の供給構造であったが、2014 年のロシアによる東部地域支配以降は管理、管轄ができていない。天然ガス産業の構造を以下の図 3-15 に、ウクライナのガス消費バランスを図 3-16 に示す。

¹⁶ ウクライナ石油・ガス業界ガイド 2021, エネルギー省

¹⁷ <https://www.naftogaz.com/en/news/received-licenses-for-gas-distribution-six-regions>



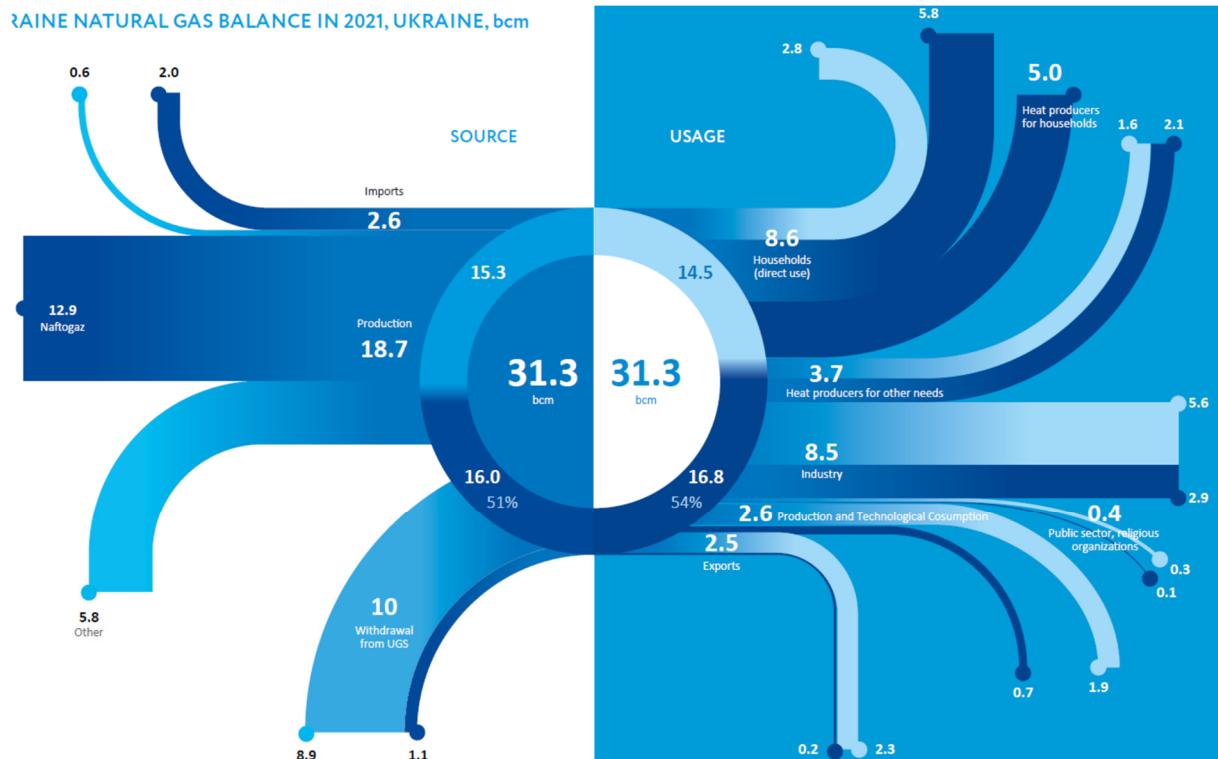
出典: Snapshot of Ukraine 'Energy Sector: Institutions, Governance and Policy Framework' より調査団作成

図 3-15 ウクライナの天然ガス産業

表 3-5 ウクライナの天然ガス採掘ライセンスの許諾を受けている会社

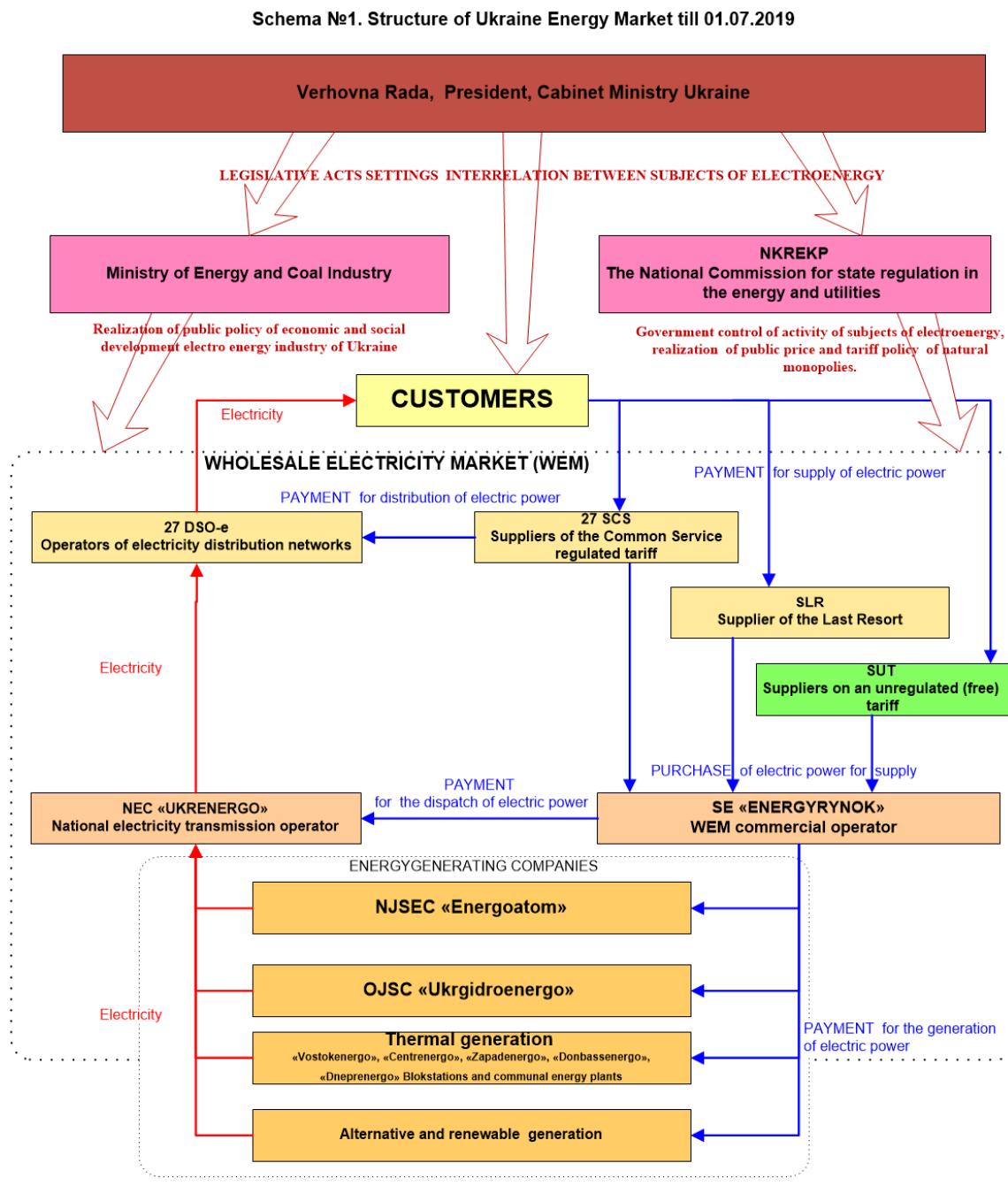
No.	社名(グループ)	ライセンス数	採掘面積(km ²)	埋蔵量(Bil. m ³)	生産量(Bil. m ³)
1	UGV (Naftogaz Group)	206	19,260	502.6	14.230
2	Ukrnafta (Naftogaz Group)	82	1,742	189.4	1.125
3	Naftogaz of Ukraine	39	29,825	0.2	0
4	Diloretio Group	30	3,955	2.0	0.769
5	Geo Alliance Group	15	3,629	2.7	0.203
6	Nadra of Ukraine	10	2,574	0.2	0.004
7	Zasyadko Mine	9	1,904	0	0
8	Zakhidnadraserivis	7	1,774	0	0.204
9	DTEK Oil&Gas	6	1,152	13.4	1.845
10	PPC (JKX O&G)	6	404	1.5	0.239
11	KUB-GAS	6	824	0.6	0.104
12	Cub Energy	6	708	0	0.034
13	Plast	5	695	1.5	0.018
14	Smart Energy Holding	5	451	0.5	0.401
15	Mizhrechionalna gas company	5	1,221	0	0
16	Goryzonty Group (MND)	4	160	0.2	0.004
17	Arab Energy Alliance UA	2	181	0.6	0.011
18	Nadra Geoinvest	2	93	0.3	0.102
19	UNB	1	34	6.1	0.725
20	Energy 95	1	61	0.9	0.050
21	Cadogan Petroleum	1	12	0	0.001
22	Nadra Oleska PSA (Nadra of Ukraine)	1	7,886	0	0
23	Nadra Yuzivska PSA (Naftogaz Group)	1	6,324	0	0
24	Others	92	9,861	19.3	0.161
	Total	542	94,734	741.9	20.230

出典: ウクライナ石油・ガス業界ガイド 2021, エネルギー省



(3) 電力産業

ウクライナの電力供給体制は、イギリスのプール指示を参考として、1996年に卸電力市場(Wholesale Electricity Market。以下、WEM)が導入され2019年7月まで運用され、その後に電力取引市場制に移行した。2019年7月までのウクライナの電力供給体制を図3-17に示す。



出典: Ukrrenergoexport ウェブサイト “Model of the energy market of Ukraine until 01.07.2019” 2023年1月11日閲覧
(<https://www.ukrenergoexport.com/en/node/49>)

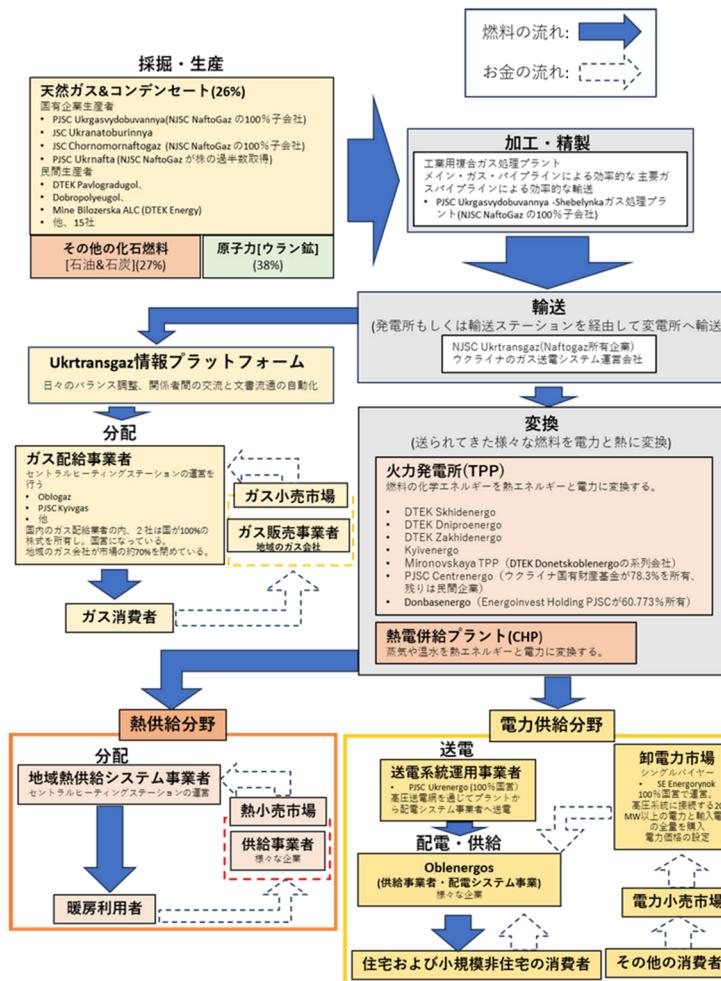
図3-17 ウクライナの電力供給体制(2019年7月まで)

この体制の下では、大統領および閣僚会議により定められる国家経済・産業政策に基づき、MEがインフラ開発計画の立案及び実施を、国家エネルギー・ユーティリティ規制委員会 (National Energy and Utilities Regulatory Commission。以下、NEURC)が単一の電力卸売市場である WEM に対する料金規制や許認可を担当する。

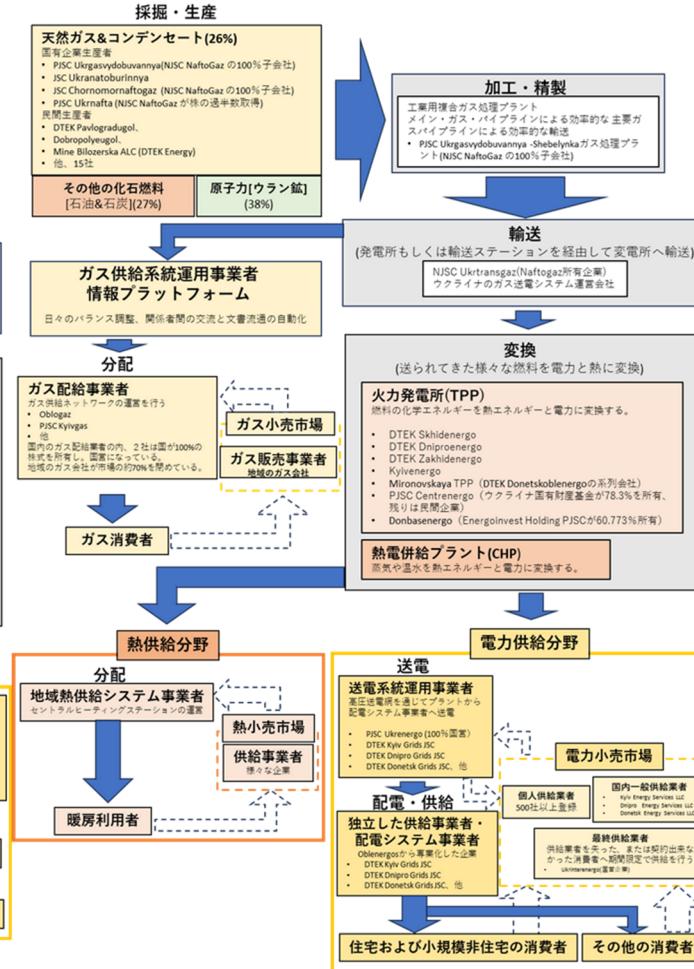
WEM における電力購入者は国営の Energorynok のみであり、また国営の Ukrrenergo が電圧階級 220 kV 以上 750 kV 以下の基幹送電系統を一括して保有・運用している。また、原子力 (Eenrgoatom)、水力 (Ukrhydroenergo)、5 大火力 (Centrenergo を含む国営 2 社、民間 1 社、官民 JV2 社) の発電会社や小規模発電事業者はいずれも Ukrrenergo に対して送電する。送電部門は一部例外を除いて Ukrrenergo の独占であり、同社はクリミア地域を除く 7 つの送電システムを運営している。発電会社から受電した電力を、基幹送電系 (IPS)を通じて、各州及び特別市に 1 つずつある国内 42 の配電会社 (Oblenergo) に送電し、各配電会社は各需要家に対して電力供給を行う。発電会社のうち原子力や水力は国営であるが、発電会社は DTEK 等の民間企業が参入しており、国営である Centrenergo 及び Donbasenergo についても民営化される予定である。

一方、高圧系統に接続する 20 MW 以上の電力と輸入電力は、Energorynok が全量を買い取るというシングルバイヤー制度の元、Energorynok が買い取る電力価格は規制されているが、火力発電による電力は入札によって買い取る。Energorynok が買い取った電力は規制料金で地方配電会社及び独立系の小売事業者に売られ、最終消費者に販売される。配電会社は原則として許認可を受けた約款に基づく契約を需要家と締結し電力料金を徴収することになっているが、独立系事業者は、日間・週間・月間の需要が均等である等の所定の条件を満たした需要家に対し、一般約款とは異なる料金での提供が認められている。需要家から電力料金を支払うとともに発電会社に対しては売電料金の支払いを行う。なお、独立系事業者の一つである Ukrrenergoexport はウクライナ国内の規制対象外需要家への売電に加え、国外の需要家に対する売電も行うことが認められている。国内の燃料産業及び電力産業の構造を以下の図 3-18 に示す。

ウクライナ国 热電併給近代化に向けた情報収集・要望確認・復興計画事業
移行前のウクライナのエネルギー部門の構造



移行後のウクライナのエネルギー部門の構造



出典: Snapshot of Ukraine 'Energy Sector: Institutions, Governance and Policy Framework' より調査団作成

図 3-18 ウクライナの燃料産業及び電力産業構造(左: 電力取引市場制移行前 右: 移行後)

(4) 热供給産業

热供給事業の大部分は地方自治体が行っている。例外として、Kyiv 市は所有する設備の運営を民間主体の Kyivenergo に委託している。热供給の事業許可を受けているのは 243 社で、これらで市場のおよそ 98%を占めている。

ウクライナの热供給能力を表 3-6 に示す。地域热供給の热源としては地域热供給システム、CHP が主であり、次いで火力発電所、原子力発電所などがある。

表 3-6 ウクライナの热供給能力 (2020 年)

热源	設備数(施設)	生産能力(Gcal/h)	热生産量(Gcal)
火力発電所	15	4,207	1,125,000
CHP	30	29,896	25,517,000
原子力発電所	4	2,596	1,387,000
地域热供給システム(热発生機器、ボイラハウス)	33,312	70,485	52,954,000
その他機器	645	6,200	7,971,000
計	-	113,384	88,954,000

出典: Statistical year Book of Ukraine 2020

地域热供給システム 33,312 基のうち、热生産能力が 3,000 Gcal/h 未満の小規模ボイラが 28,563 基と全体の 85.7%を占め、3,000-20,000 Gal/h が 3,839 基で全体の 11.9%、20,000-100,000 Gal/h が 708 基で全体の 2.1%、100,000 Gcal/h 超のボイラが 202 基で全体の 0.7%である。

集中型热供給システムのパイプラインの長さは 2010 年時点では 37,300 km である。このうち、地域热供給システムのパイプラインの長さは 33,800 km であり、都市部が 30,900 km、地方部が 2,900 km となっている。多くのパイプラインには热損失を管理する手法が採られておらず、配送パイプラインの 70%は物理的に状況が悪化しており、热输送時の损失は 30%以上であると推定されているが、正確な情报はつかめていない。これは、热の输送、配送、及び最终消费段階においてメーターが设置されていないことによる。

多くの地域热供給システムは老朽化しており、集中热供給システムは温度を適切に調整するシステムが设置されていない。このことは热损失をさらに 10-15%增加させることになると推定されている。

(5) 民営化

ウクライナが独立した当時には、ほぼすべてのエネルギー産業の企业は国営であった。原子力、水力発電を除いて、民間への譲渡が進められている。

ロシアとの紛争により民営化が遅れ気味あることが懸念されていたが、2016 年にも民営化率を高める政策を打ち出され、民営化が進んでいる。

ウクライナのエネルギー産業の国有株比率を表 3-7 に示す。

表 3-7 ウクライナのエネルギー産業の国有株比率

事業分野	会社名	国有株比率
水力発電	Ukrhydroenergo	100%
	Dnister Pumped-Storage Power Station *1	87.5%
火力発電	Centrenergo	78.3%
	DTEK Westenergy *2*3	0%
	DTEK Dniproenergo *2	0%
	Kyivenergo	0%
	DTEK Skhidenergo *2	0%
	Donbasenergo *4	25%
配電	Vinnytsiaoblenergo	0%
	Volynoblenergo	0%
	Zakarpattiaoblenergo	0%
	Dniprooblenergo	0%
	Khmelnitskoblenergo	0%
	Krymenergo	0%
	Mykolaivoblenergo	0%
	Chernivtsioblenergo	0%
	Donetskoblenergo	0%
	Kharkivoblenergo	0%
	Zaporizhiaoblenergo	0%
	Luhanskoblenergo	0%
	Ternopiloblenergo	0%
	Cherkasyoblenergo	0%

*1: 2024年1月時点で新しい情報が見つからなかったので、ウクライナ国エネルギーセクター情報収集・確認調査
ファイナル・レポート2016年JICAに拠った。

*2: DTEK Westenergy, DTEK Zakhidenergo, DTEK Skhidenergoについては、DTEK社の年報“DTEK Energy B.V. Annual report”に基づく。

*3: DTEK Westenergyは、以前はDTEK Zakhidenergoであった。

*4: Donbasenergoは、2013年2月報道で、85.77%の株式持ち分のうち、60.77%を民間に売却し、25%は留保
(retain)とされており、以後に続報が無いために、25%としている。

出典: 表中の各社のウェブサイト内の情報に基づき、調査団にて作成

(6) 分業制への圧力

EUでは、欧州委員会(European Committee。以下、EC)が1996年、2003年、2009年に3段階の欧州電力指令とガス指令(以下「エネルギーパッケージ」という)を発出し、それを受けた各国は電力・ガス市場の自由化、及び垂直一貫型企業の分割などを推進した。また、欧州委員会は、環境への適合や再エネ導入の拡大を目的として、2008年及び2014年に、それぞれ2020年、2030年のGHG削減・省エネ達成・再エネ導入率の枠組みを提示し、各国はそれを踏まえた再エネ支援策等を整備するなど、制度面で事業環境が大きく変化してきた。¹⁸

エネルギーパッケージの2009年版において、ガス・電力供給での生産者と輸送者が同一であってはならないという分離(unbundling。以下、アンバンドリング)を要求している。ガスについては、2009年版パッケージが引き続き有効であるが、電力は、2019年に「すべてのヨーロッパのためのクリーンエネルギーパッケージ」(Clean energy for all Europeans package)の一部として新たな電力市場規則が採用された。これは、域内エネルギー市場の機能を改善し、特定の構造的問題を解決することを目的とした、第3次

¹⁸ 資源エネルギー省ウェブサイト「平成28年度エネルギーに関する年次報告」(エネルギー白書2017) HTML版,
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2017html/1-3-1.html>

エネルギーパッケージとして知られる EU エネルギー市場法をさらに改善するものである。¹⁹

電力のアンバンドリングは、エネルギーの供給と発電を送電網の運用から分離することである。ある企業が送電網を運営し、同時に発電または販売する場合、競合他社のインフラへのアクセスを妨害する要因ともなりかねない。これにより、市場での公正な競争が妨げられ、消費者の価格が高くなる可能性がある。アンバンドリングは、個々の EU 加盟国好みに応じて、表 3-8 に示した 3 つの方法のいずれかで行う必要がある。

表 3-8 EC が EU 加盟国に求めるアンバンドリング

種別	内容
所有権のアンバンドリング	すべての総合エネルギー会社は、ガスと電気のネットワークを売却する。この場合、供給会社または生産会社は、過半数の株式を保有したり、送電システムオペレーターの作業に干渉したりすることはできない。
独立したシステム オペレーター	エネルギー供給会社は、ガスまたは送電ネットワークを正式に所有することができるが、グリッドの運用、保守、および投資全体を独立した会社に任せせる必要がある。
独立した送電システム オペレーター	エネルギー供給会社は、ガスまたは電気ネットワークを所有および運営できるが、子会社を通じて行う必要がある。すべての重要な決定は、親会社から独立して行われなければならない。

出典: 欧州委員会ウェブサイト “Third energy package” の内容に基づき、調査団にて作成

上記の流れを受けて、ガスについては、法に基づきアンバンドリングが完了している。エネルギー共同体条約および EU との連合協定に基づくウクライナの国際義務を遵守するべく、「天然ガス市場に関する法律」(On Natural Gas Market, April 9, 2015 No. 329-VIII)で定義された天然ガス輸送活動の分離に関する要件を満たすため LLC Gas TSO が 2019 年 2 月に設立された。LLC Gas TSO of Ukraine は、JSC Ukrtransgaz の一部門を母体として資産と人員を移管させたものである。2020 年 1 月をもって、完全に Naftogaz グループから独立し、その資産を国営会社 JSC Mahistralni Gazoprovody Ukrainy (MGU) に譲渡した。ウクライナは、ロシア産ガスをヨーロッパに配送するための新たな長期契約を結ぶとともに、輸送活動を行って消費者にガスを配送する新会社の設立を計画している。さらに 2023 年 10 月に ME に全株式を譲渡している。²⁰

(7) 欧州電力系統との連系

欧州電力系統は、欧州送電システム事業者ネットワーク (Europe Network of Transmission System Operator for Electricity。以下、ENTSO-E) によって、ほぼ全域が連系している。

ENTSO-E は、2009 年に発足し、2024 年 1 月現在では、36 カ国の 40 電力系統運営事業者が加盟している。ENTSO-E の概要を表 3-9 に示す。ENTSO-E は、EU 法に基づき活動し、欧州域内で電力市場の最適化を進めることとなっている。安全で持続可能であるとともに、炭素中立についても配慮している。

¹⁹ 欧州委員会ウェブサイト “Third energy package” , https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation/third-energy-package_en

²⁰ GTSOU ウェブサイト “History” <https://tsoua.com/en/about-us/history/>

長年にわたり、国境を越えた交換を促進し、欧州域内エネルギー市場 (Internal Energy Market。以下、IEM) に関するさまざまなオブジェクトや関係者を効率的かつ確実に識別するために、ENTSO-E 内(共通情報モデル専門家グループの下)でコーディングスキームが開発、管理、維持されてきた。これはエネルギー識別コーディング (Energy Identification Coding。以下、EIC) スキームとして知られており、標準化された電子データ交換の調和と実装のために ENTSO-E によって承認されている。2024 年 1 月時点で、約 600 のコードが EIC として承認されている。²¹

ENTSO-E の領域を図 3-19 に示す。ウクライナも ENTSO-E に加盟している。ウクライナは 2017 年から ENTSO-E への加盟の準備を進めていた。ENTSO-E は、ウクレネルゴとモルドバによる緊急同期の緊急要請を受けて、欧洲大陸電力システム (Continental European Power System) とウクライナとモルドバの電力システムとの試験的同期を 2022 年 3 月 16 日に開始した。さらに、ウクライナとルーマニア間の相互接続において、ウクライナ/モルドバ電力システムとの商業電力融通の開始は 6 月 30 日に開始された。その後、2024 年 1 月 1 日付けで Ukrrenergo は ENTSO-E の 40 番目の正式な加盟社となった。²²

表 3-9 ENTSO-E の概要

項目	概要
使命 (Mission)	✓ 再生可能エネルギー源と新興技術から生成された電力の統合を可能にしながら、全欧州レベルであらゆる時間枠で相互接続された電力システムのセキュリティと、欧州の相互接続された電力市場の最適な機能と発展を確保する。
展望 (Vision)	✓ 安全で持続可能かつ手頃な価格のシステムを構築 ✓ 予想される量の再生可能エネルギーを統合することにより、ヨーロッパが 2050 年までに最初の気候中立大陸になることを可能にする中心的な役割を果たし、それによってヨーロッパの社会をグリーンディールに到達するための不可欠な貢献を提供 ✓ 気候変動に中立なヨーロッパの姿についての包括的なロードマップを提供
義務 (Task)	✓ 安全なシステムと市場運営、および再生可能エネルギーの統合を保証するための標準、ネットワーク コード、プラットフォーム、ツールの開発と実装。 ✓ さまざまな期間におけるシステムの適切性の評価。 ✓ ヨーロッパレベルでのインフラストラクチャーの計画と開発の調整（10 年間のネットワーク開発計画、TYNDP）。 ✓ TSO の研究、開発、技術革新活動の調整。 ✓ 市場参加者との透明性のあるデータ共有を可能にするプラットフォームの開発。

出典: ENTSO-E ウェブサイト “ENTSO-E Mission Statement” の内容に基づき、調査団にて作成

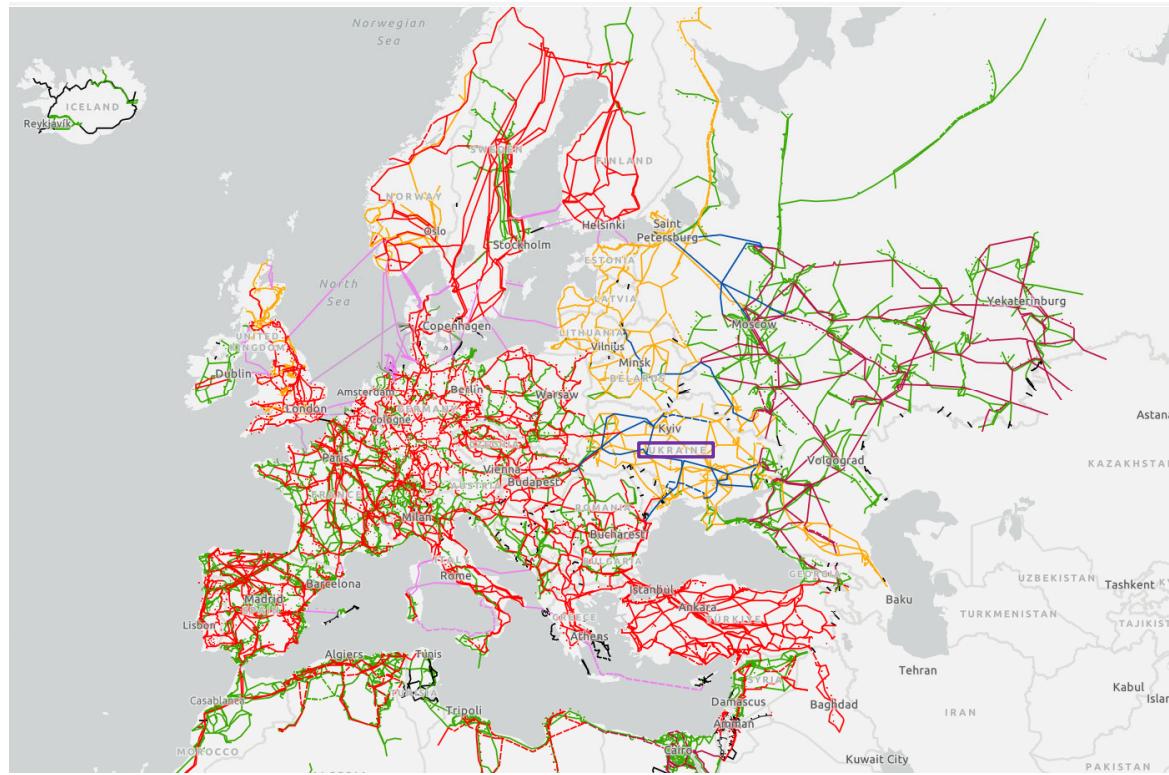
²¹ ENTSO-E ウェブサイト <https://www.entsoe.eu/data/energy-identification-codes-eic/>

²² 以下の一連の ENTSO-E ウェブサイト内のプレスリリースによる。

<https://www.entsoe.eu/news/2022/03/16/continental-europe-successful-synchronisation-with-ukraine-and-moldova-power-systems/>

<https://www.entsoe.eu/news/2022/06/28/commercial-exchanges-of-electricity-with-ukraine-moldova-to-start-on-30-june/>

<https://www.entsoe.eu/news/2023/12/14/ukrainian-transmission-system-operator-npc-ukrenergo-joins-entso-e-as-new-member/>



表示した範囲の北と南にも送電線があるが、本報告書との関りが軽微であるので省略した。

ウクライナの国名は紫太線で囲んでいる。当該の書き込みは、調査団で付した。

出典: ENTSO-E ウェブサイト <https://www.entsoe.eu/data/map/>

図 3-19 ENTSO-E の領域

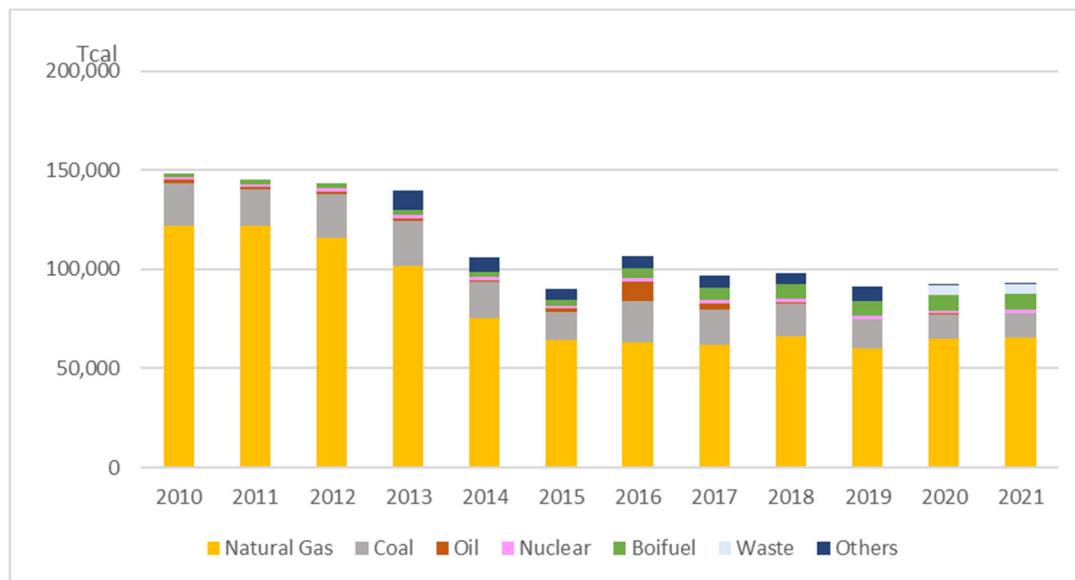
3.3 ウクライナ熱電併給セクター概況

3.3.1 熱供給狀況

寒冷地であるウクライナは、経済的にも社会的にも熱供給は重要なインフラとして機能しており、旧ソ連時代から整備が進められてきた。

とりわけ熱電供給設備は、エネルギー使用の合理化の観点から重要な施設としてみなされてきていたが、2022年2月のロシア侵攻や電力市場の自由化などもあり、地域への電力供給力を強化するための分散型電源、再生可能エネルギーなどの出力変動を補償するための電源などのニーズに答えることができる施設として位置づけが一層高まっているところである。

燃料別年間熱供給量を図3-20に示す。2000年代初頭の年間熱供給は、180,000Tcalであったが、徐々に減少し2015年以降は100,000Tcalを下回る状況で推移している。この減少傾向の主な理由は、DHのサービスの悪さからネットワークから切り離しや建物のエネルギー効率向上と言われている。2010年時点では、天然ガスが82%、石炭が14%、バイオマスが1.4%であったが、2021年はそれぞれ70%、13%、8.4%と化石燃料が減少し、バイオマスなど燃料の多様化傾向がみられる。しかしながら、依然多くを天然ガスに依存している。

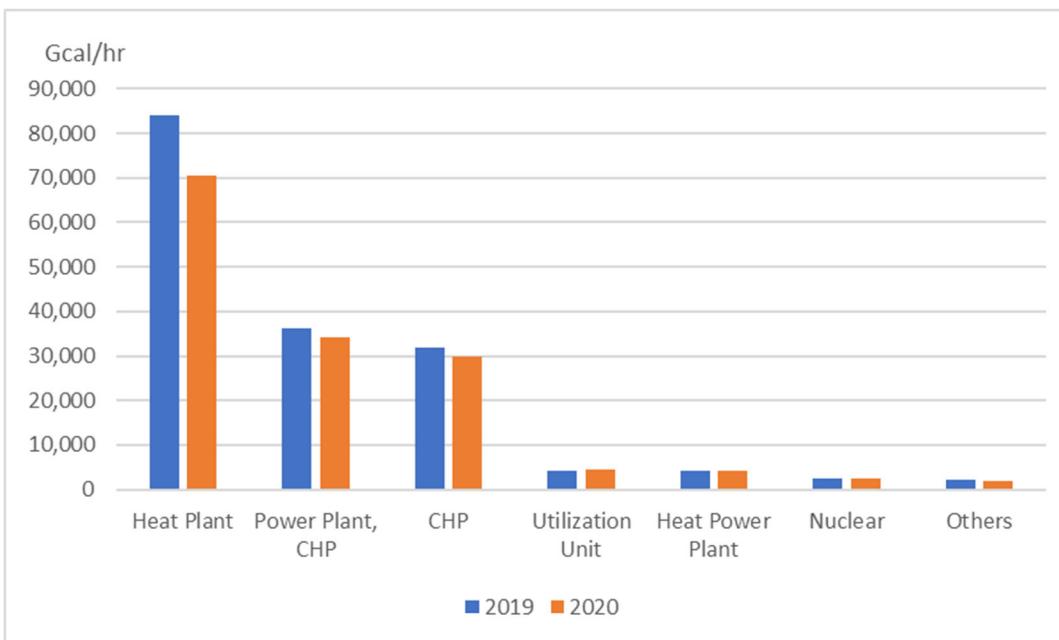


出典: IEA : Key Energy Statistics, 2021 を調査団にて整理・作成

図 3-20 燃料別年間熱供給量 (Tcal)

ウクライナ国家統計局が公表している設備別熱供給設備容量を図 3-21 に示す。

熱供給単独の設備が約 50 %を占め、発電設備からの熱供給、熱電併給設備がそれぞれ約 20 %を占め、これらで 90 %を占めている。



出典: ウクライナ国家統計局 (State Statistics Service of Ukraine。Derzhstat)の資料を調査団にて整理・作成

図 3-21 設備別熱供給設備容量 (Gcal/hr)

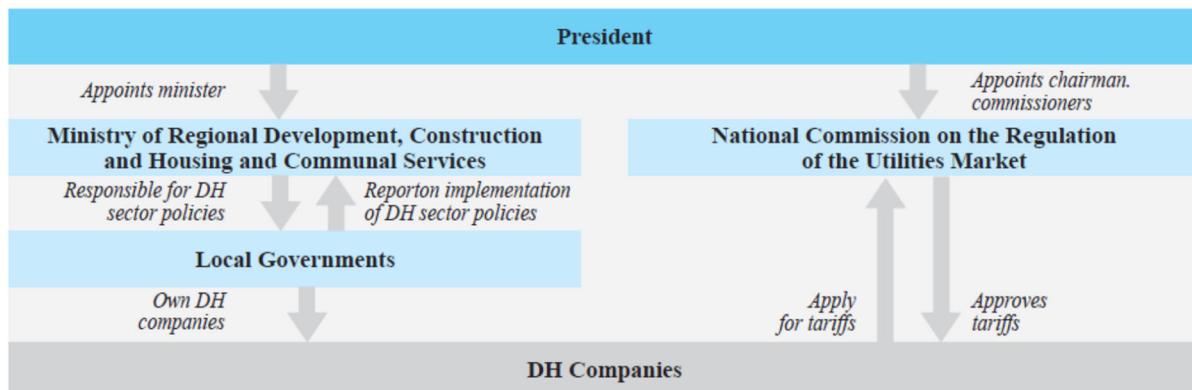
後述のとおり、熱供給をする地域熱供給の設備は、耐用年数を大幅に過ぎた設備が多数存在している。こらは、非効率かつエネルギー損失も大きい設備・システムになっている。併せて熱料金は低価格に設定 (Public Service Obligation)され補助金を受けるものの、多くの事業者は、十分はコスト回収ができず、設備更新などへの新たな投資ができない状態が続いている。

3.3.2 地域熱電併給事業体制

(1) 地方政府による運営

ウクライナの地域熱供給は 2005 年に制定された熱供給事業法 (The law of Ukraine “On Heat Supply”, No. 2633-IV, 2005)により規制されている。

図 3-22 にウクライナの熱供給事業者と政府の関係を示す。熱供給事業者は、地方開発・建設・住居・公共サービス省 (Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services。以下、MRDCHCS)は熱供給セクターの政策について地方政府に示し、地方政府は熱供給の実施の状況を MRDCHCS に報告する。地方政府は MRDBH から認可 (License)を取得したうえで、熱供給会社を所有する。熱供給会社は、NEURC へ熱供給料金を申請し、許可を受けることが義務付けられている。

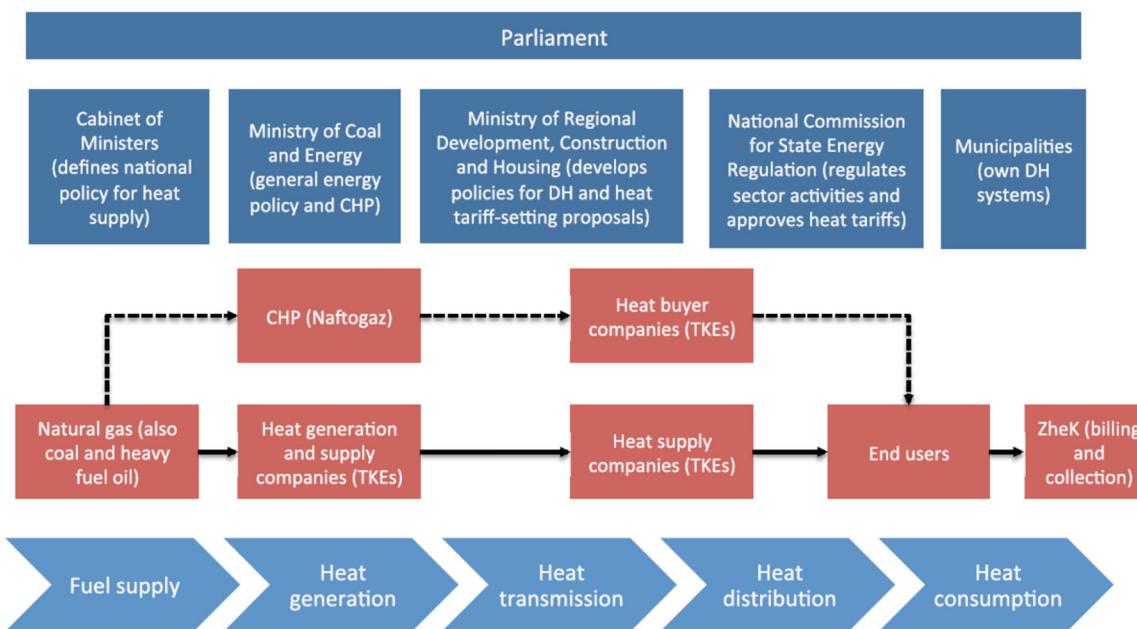


原典のままを転記している。National Commission on the Regulation of the Utilities Market は、 National Energy and Utilities Regulatory Commission と読み替える。

出典: Modernization of the District Heating Systems in Ukraine: Heat Metering and Consumption-Based Billing, 2012, World Bank

図 3-22 ウクライナの熱供給事業者と政府の関係

ウクライナの地域熱供給事業関係の組織体制を図 3-23 に示す。事業主体は、地方政府が所有する TKEs (Teplokomunenerhos)と呼ばれる地域熱供給会社で、全国に 1,600 社以上あるとされており、集中型 地域熱供給サービスはウクライナの家庭の 37%に提供されている。この会社は、自社で製造した熱のほかに、CHP プラントや他の熱供給プラントからの熱を購入して、最終的に消費者に供給する。そして、多くの場合、公共サービス会社である ZhEKs が料金徴収業務を行っている。



原典のままを転記している。National Commission for State Energy Regulation は、 National Energy and Utilities Regulatory Commission と読み替える。

出典: Unlocking the Potential for Private Sector Participate in District Heating, 2014, IFC

図 3-23 ウクライナの熱供給事業関係の組織関係図

(2) 従量料金制度の導入

ウクライナでは 2017 年に、熱エネルギーおよび水道供給の商用計量法 (The law of Ukraine “On Commercial Metering of Heat Energy and Water Supply”, No. 2119-VIII, 2017) を制定した。同法の目的は、すべての建物が、熱エネルギー、温水、冷水(飲料)水の計量装置を備え、消費者がこれらの資源を経済的に消費する動機づけを提供することである。²³熱エネルギーおよび水道供給の商用計量法の概要を表 3-10 に示す。

従来、集合住宅の各所有者は、各戸の計量に従って共用サービスの料金を支払い、集合住宅の外の共用設備の状態には関心が無かった。アパートに向かう途上での水と熱エネルギーの損失は、実際には供給会社の責任であった。一方、建物の内部の供給網と建物の外皮は、集合住宅の共同所有者、つまり集合住宅とその中の非居住施設の所有者の共用設備に属する。熱と水道の供給会社は、水漏れを止めるために地下室の損傷したパイプを修理したり、熱を節約するために建物の壁を断熱したりすることはできず、また、その権限もなかった。²⁴

本法は、建物の入口に計量設備を設置し、共用部の熱エネルギーと水の量は、建物の共同所有者等の消費者が支払うという原則を確立した。

表 3-10 热エネルギーおよび水道供給の商用計量法の概要

項目	概要
基本原理	✓ 「従量課金」

²³ USAID ウェブサイト内記事 New Law “On Housing and Communal Services”: Why and What Changes 2024 年 1 月 5 日閲覧 (<https://merp.org.ua/us/80-articles-eng/1018-new-law-on-housing-and-communal-services-why-and-what-changes.html>)

²⁴ USAID ウェブサイト内記事 New Law “On Housing and Communal Services”: Why and What Changes 2024 年 1 月 5 日閲覧 (<https://merp.org.ua/us/80-articles-eng/1018-new-law-on-housing-and-communal-services-why-and-what-changes.html>)

principle		熱エネルギーであれ、水であれ、集合住宅の敷地内のその合理的な使用と節約の責任は、共有者にある。
建物レベルメータ	計量器の設置	✓地域暖房および給水ネットワークに接続されているすべての建物に、それぞれ熱エネルギーと水道の商用計量装置（いわゆる「建物レベル」メーター）を設置する。
	設置の範囲と期限	✓すべての建物（住宅および非住宅）の熱エネルギー - 法律の制定日（2018年8月2日）から1年以内 ✓非住宅用建物の温水および飲料水 - 法律の制定日（2018年8月2日）から1年以内 ✓- 住宅用の温水および飲料水 - 法律の制定日（2019年8月2日）から2年以内。
	設置の義務者	✓外部公共事業ネットワーク（ほとんどの場合、熱供給および給水事業体）の運営者が、建物レベルの計量装置を設置する義務を負う。その際、事業者は建物の所有者（共有者）に計量装置を設置する意図とその設置費用について通知しなければならない。 ✓ただし、建物の所有者（共有者）が独自に商業用メーターユニットを設置する希望する場合には、建物の所有者が自ら設置することを妨げない模様。
	費用負担	✓建物の所有者が負担。（公共ネットワーク事業者が設置した場合も、料金に上乗せされる形で最終的に負担）
アパートレベルメータ	計量器の設置	✓地域暖房および給水ネットワークに接続されている建物内のすべての施設、および自律的な熱供給およびまたは給水（独自のボイラハウス、井戸）を備えた建物内のすべての施設に、熱エネルギーと水の分配計量装置（いわゆる「アパートレベル」メーター）を設置する。
	建物内での使用量の分配	✓建物レベルの計量装置に基づき、公共サービスの消費量は建物内の消費者間で分配される。 ✓建物レベルのメーターに従って、建物の共用部における消費量（例えば、熱エネルギーの場合は共用エリアの暖房、芝生への水やりなど）控除する。 ✓残高をアパートレベルのメーターの測定値に基づき按分して消費者に分配されます。 ✓敷地の一部にメーターが設置されていない場合、アパートレベルのメーターを設置している人はメーターに応じてのみ料金を支払い、建物レベルのメーターの測定値とアパートレベルのメーターの測定値の合計との差額は、アパートレベルのメーターの測定値に基づいて按分される。 ✓非従量制の消費者は、アパートレベルのメーターの測定値に従って支払うよりも請求は高額になる。
	情報提供の種類と範囲	✓当該月の熱エネルギーと水の消費量（別の敷地と建物全体の両方）、および関連する計量ユニットの測定値、または適用された推定消費量または平均消費量。 ✓サービスの支払いに関する債務（ある場合）を含む、消費された公共サービスに対する消費者との和解の状況、この債務が発生した期間、その額の計算に関するデータ、特権/補助金（付与/任命の場合）。 ✓事業者がサービスしている領域範囲内で、類似用途の建物の他の消費者における平均消費額および平均支払額（建物のクラス別の内訳も含む）。 ✓建物のエネルギー効率を改善するために考えられる対策に関する推奨事項、対象となる州およびエネルギー効率改善のためのその他のプログラムに関する情報、連絡先情報および追加情報を入手するための手順。 ✓過去3年間の月々の公共サービス利用額に関する情報。 ✓過去2年間の日次、週次、月次および年次の公共サービス消費量に関する情報（計測ユニットがそのような情報を取得できる場合）。

出典: USAID ウェブサイト内記事 Law of Ukraine “On Commercial Metering of Heat Energy and Water Supply”: Contents, Reality and Speculations 2024年1月5日閲覧 (<https://merp.org.ua/us/for-media/80-articles-eng/1009-law-of-ukraine-on-commercial-metering-of-heat-energy-and-water-supply-contents-reality-and-speculations.html>) を整理

(3) 競争原理の導入

前項に述べた熱エネルギーおよび水道供給の商用計量法の条項は、2004年に制定された住居並びに共同体サービス法 (The law of Ukraine “On Housing and Communal Services”, No. 1875-IV, 2004)を改正することなく完全に適用できない。同法は、消費者および住宅および公共サービスの提供者の権利と義務を定義し、各種サービスおよびその料金の支払手続きについて規定している。そのため、改正住居並びに共同体サービス法2017年版が発布された。改正住居並びに共同体サービス法2017年版の思想を表3-11に示す。

表 3-11 改正住居並びに共同体サービス法 2017 年版の思想

項目	概要
非独占化	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 供給側の非独占化として、競争原理の下で、適切な品質で住居並びに共同体サービスを提供する意欲のある新規事業者のために市場を開放する。 ✓ 需要側の非独占化として、住居並びに共同体サービスの提供者の変更、選択約款など、消費者に代替選択のための効果的な仕組みを提供する。
料金規制緩和	<ul style="list-style-type: none"> ✓ サービス料金を選択約款で定めることを可能にするべく料金に関する国家規定の拒否
透明性確保	<ul style="list-style-type: none"> ✓ サービスのための料金表から特定の要素を控除することを通して従来の規制料金体系下にあっても料金表の透明性を確保する。 ✓ サービスの 100% 計測と消費者による計測情報へのアクセスの確保を通じて、サービス料金の計算の透明性と公平性を確保する。

出典: USAID ウェブサイト内記事 New Law “On Housing and Communal Services”: Why and What Changes 2024年1月5日閲覧 (<https://merp.org.ua/us/80-articles-eng/1018-new-law-on-housing-and-communal-services-why-and-what-changes.html>) を整理

(4) 地域熱供給事業の状況

地域熱供給事業はウクライナのエネルギー部門で重要な役割を負っている。現在、熱供給事業者は、1,600社以上あり、65,000人以上の雇用があると報告されている。熱供給サービスは、ウクライナの家庭の37%に提供されており、都市部の住宅費と光熱費の約20%以上を占めると推定されている。

前述のとおり熱供給の燃料源は、徐々に減少傾向にあるものの依然、化石燃料への依存が高く、2021年のガスと石炭を合わせて80%を超える割合を占めている。この消費量は国内で使用される総エネルギーの10% (天然ガス使用量の20%以上)を超えるとされている。

本来は、熱供給事業はエネルギーを節約し、エネルギーの安全保障を高め、環境の持続可能性を強化し、さらに経済競争力を向上されることが期待できる事業であるが、現状のウクライナの熱供給事業は多くを無駄にし、技術、財務、制度、運営などのあらゆる面で大きな課題を抱えている。

現状の熱供給システムは、西ヨーロッパと比較して過剰な発電容量を備える設計となっているとともに多くの設備(60%とも言われている)は設計寿命を超え低効率およびエネルギー損失を助長している。このような状況でサービス品質の低下や建物のエネルギー効率向上などにより、顧客離反が増加し、さらなる過剰容量が増加し、大幅な非効率とコスト増加につながった。顧客減少から修繕資金の調達も困難となり、顧客離反と事業業績悪化の悪循環状況から脱出できていない。(図3-24)

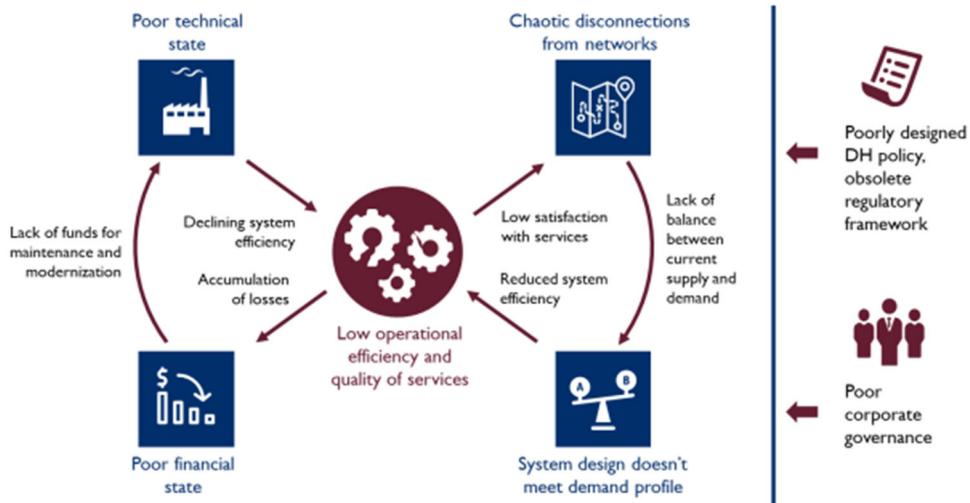


Figure 1. Vicious circle of district heating

Source: IEA, 2004. *Coming in from the Cold: Improving District Heating Policy in Transition Economies*, World Bank, 2019. *Setting the agenda for further district heating reform in Ukraine, expert analysis*.

出典: USAID : White Paper on Transforming District Heating in Ukraine: Assessment and Recommendations, Update Aug. 07,2020 の資料を調査団にて整理・作成

図 3-24 热供給事業の悪循環模式図

現在の熱供給事業は、多額の営業損失と未払い債務を抱えている。現状の料金枠組みは市場環境や激化する競争環境に適応しておらず、また料金調整や改定も進んでおらず、未払い債務が累積している。2018 年における熱供給事業における「実態コスト」を以下の図 3-25 に示す。

2018 年における熱供給事業者の顧客から料金回収は 400 億 UAH であり、州からの公共料金補助金が、100 億 UAH 補填され、熱電事業者の回収金額は合計 500 億 UAH である。しかしながら、未払いの顧客分が 55 億 UAH、ガス会社への負債（支払い滞納）や地方自治体による資本注入などとして 42 億 UAH のキャッシュフローの差が存在している。したがい、これを加味すると 600 億 UAH が必要となる。このコストが熱供給事業者の総運転コストである。さらに、公共サービス義務制度上の価格 (PSO 価格) とガス会社の提供する市場価格の差に 200 億 UAH あるとされる。

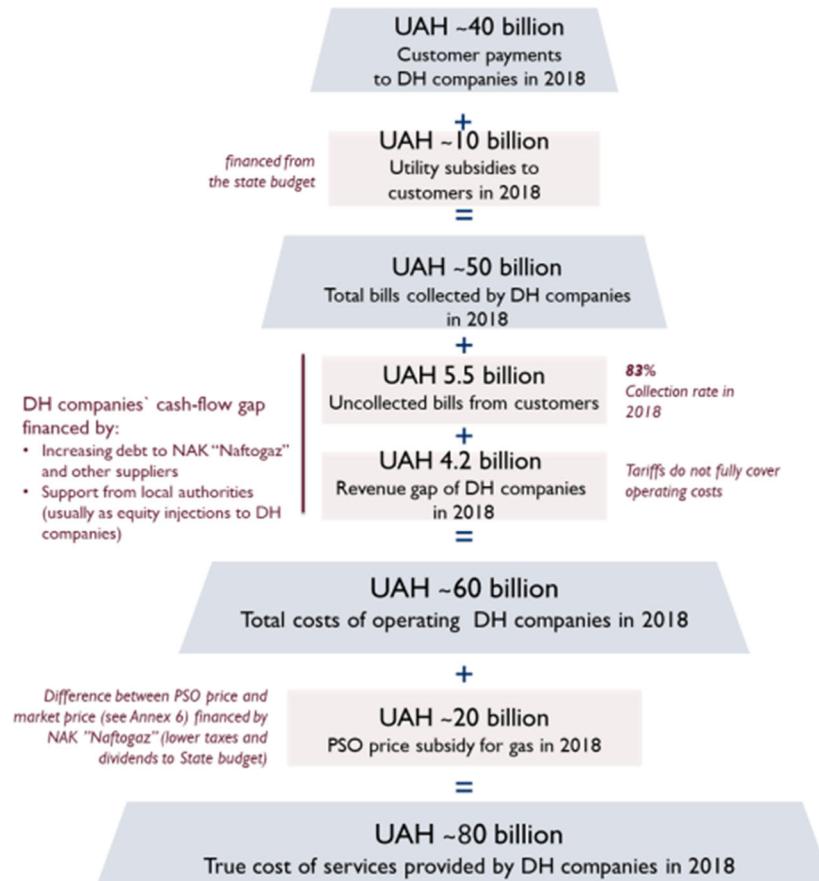


Figure. 2 Estimating the “true cost” of DH and hot water supply services in 2018

Source: Ukrstat, MinRegion, expert analysis.

出典: USAID : White Paper on Transforming District Heating in Ukraine: Assessment and Recommendations, Update Aug. 07,2020 の資料を調査団にて整理・作成

図 3-25 2018年における熱供給事業における「実態コスト」

本調査の対象である Naftogaz Teplo は、2019年に閣僚会議にて技術・運営・財政面で問題を抱える Novyi Rozdi と Novoyavorivsk CHP の管理事業に任命され、冬季の運転見通しの立たなかった両 CHP を無事運転にこぎつけた。しかしながら以降も両 CHP は営業損失が続き、2021年においても、純営業損失は 1.28 億 UAH となっている。

さらに、2021年本調査対象である 6か所の CHP の所有権が Naftogaz Teplo に譲渡され、難しい舵取りに直面している。

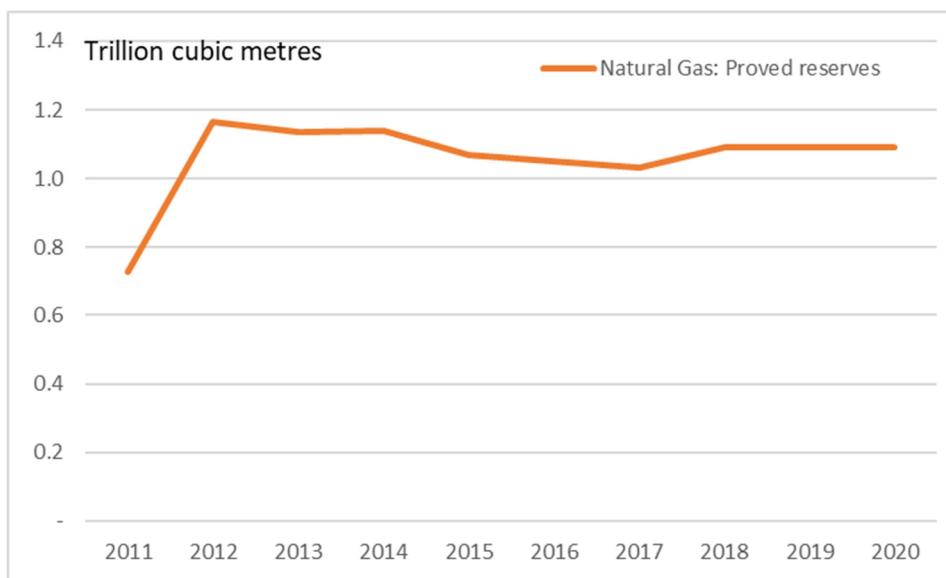
この状況からの脱却には政府、自治体、事業者を含め包括的かつ綿密に計画された構造改革と必要な投資が欠かせない。

3.3.3 ガス供給

(1) ウクライナの天然ガス資源

ウクライナの天然ガス資源を図 3-26 に、天然ガス生産量を図 3-27 に示す

ウクライナの天然ガス確認埋蔵量は、2012 年以降ほぼ一定で、約 1.1 兆 m³である。これは、世界の埋蔵量の 0.6%に相当し、第 23 位であるが、欧州／ユーラシアの中ではロシア、ノルウェーに次いで第 3 位である。ウクライナのガス田は東部、中東部、クリミア半島、黒海、西部に賦存する。²⁵ウクライナの天然ガス生産量は、ロシアによるクリミア占拠前には、200 億 m³/年であったが、2015 年以降は 18.7 – 19.7 億 m³/年に推移し、2022 年はロシア侵攻により 17.5 億 m³/年(前年比 7%程度減)になったと推定されている。

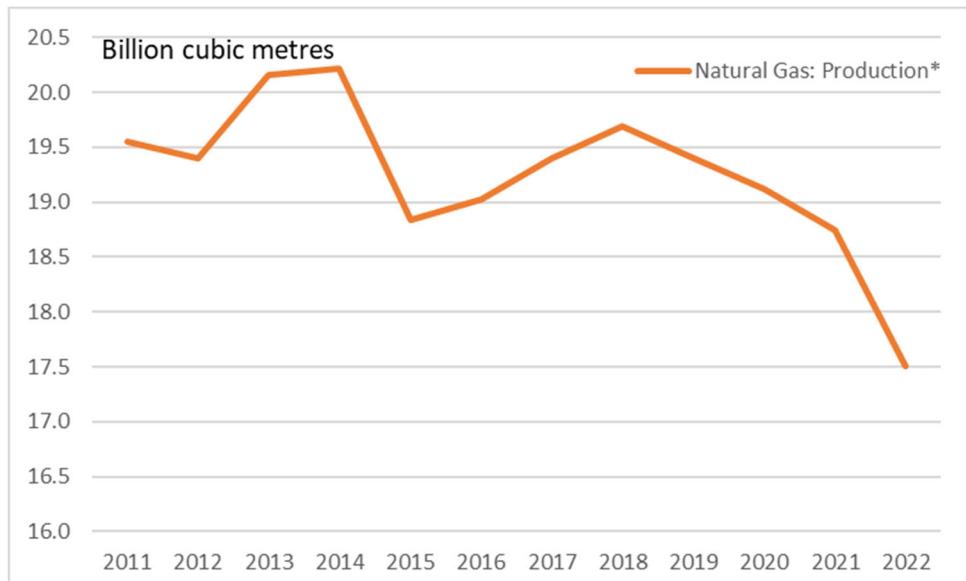


出典: 2023 年世界エネルギー統計(Statistical Review of World Energy 2023), 72th Edition, 2023, Energy Institute²⁶

図 3-26 ウクライナの天然ガス燃料資源量

²⁵ Statistical Review of World Energy, 2023, Energy Institute

²⁶ 2022 年まで長年、British Petroleum (BP)が世界のエネルギー統計を公表していたが、2023 年版より、Energy Institute が引き継いだ。



出典: 2023年世界エネルギー統計(Statistical Review of World Energy 2023), 72th Edition, 2023, Energy Institute²⁷

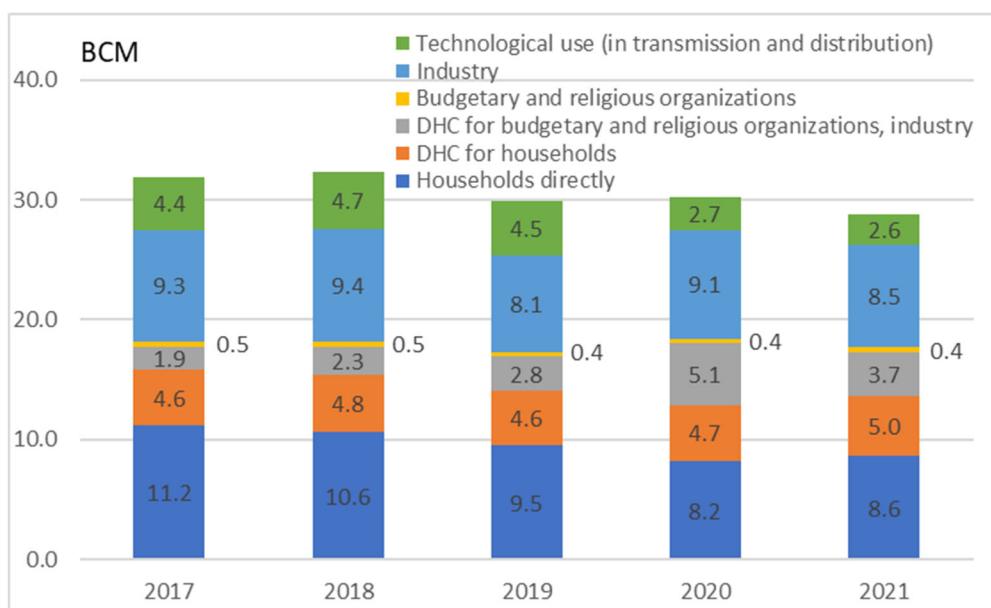
図 3-27 ウクライナの天然ガス生産量

²⁷ 2022年まで長年、British Petroleum (BP)が世界のエネルギー統計を公表していたが、2023年版より、Energy Institute が引き継いだ。

(2) ウクライナの天然ガスの用途別需要

ウクライナの用途別天然ガス需要の推移を図 3-28 に示す。

ウクライナでは、もっとも多いガス用途は家庭での直接利用 (Households directly) であるが、近年低下傾向にあり、2021 年は約 9 BCM であった。次に多いのは工業向け (Industry) であり、余り増減なく 8~10 BCM 程度である次に家庭向けの熱供給で、余り増減なく 5.0 BCM 程度となる。



DHC: District Heating Companies。DHC は heat producer と表現されている年もある。

2017~2019 年までは翌年版の、2020 並びに 2021 年は 2021 年版の Annual report の数字を採用している。

2021 年については、後述の図 3-30 とは整合されていない。

出典: Naftogaz Annual Report の各年の数字を調査団にて整理。

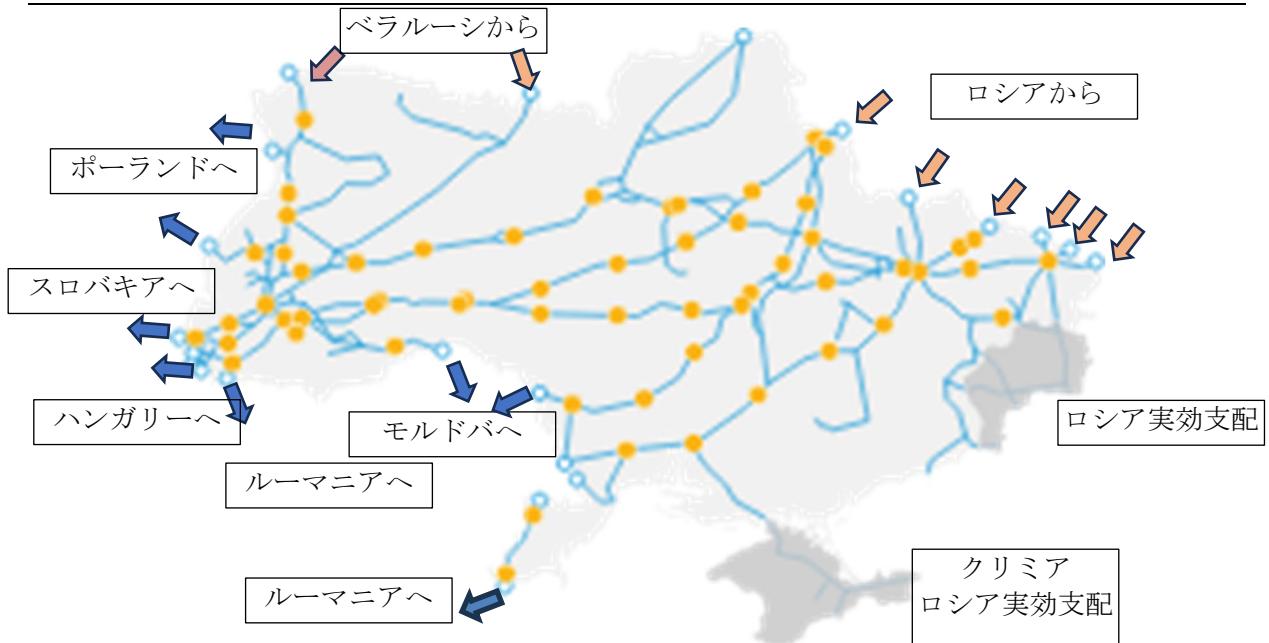
図 3-28 用途別天然ガス需要の推移

(3) 天然ガス輸送

ウクライナ国内のガスピープラインを図 3-29 に示す。

ウクライナを経由して、ロシアからヨーロッパにガスが送られている。

2011 年にノルドストリームが運転開始したことから、以前に比べてウクライナを経由するガス量は減少している。ヨーロッパの天然ガス需要は、2011 年まで減少傾向であったが、近年は増加傾向である。



出典: ガス輸送システム運営会社ウェブサイト Gas Transmission System Operator of Ukraine, Limited Liability Company, [Головна - Transmission System Operator of Ukraine \(tsoua.com\)](http://tsoua.com)

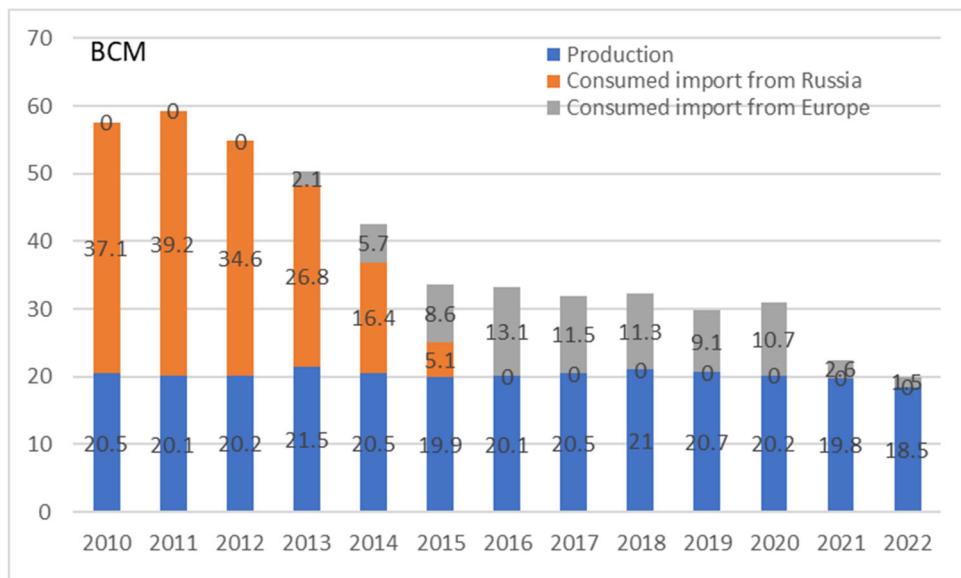
図 3-29 ウクライナ国内のガスパイプライン

(4) 天然ガスの供給バランス

天然ガスの供給バランスを図 3-30 に示す。1990 年代初頭、ウクライナは消費量で欧州のトップ 3 に入り、ほぼ 119 BCM (Billion Cubic Meter。10 億立方メートル) という歴史的な高水準に達した。過去 30 年間で、ガス消費量は 3 分の 2 に減少し、ロシアや中央アジア市場の活発な発展に伴いガス田が枯渇したため、ウクライナはガス消費量を減らしてきた。2015 年以前、ウクライナへのガスの主な供給者はロシア連邦であった。2015 年、ウクライナは価格高騰を理由にロシアのガスプロムからの天然ガス購入を全面的に拒否した。それ以来、ガスはもっぱら西ヨーロッパから輸入されている。²⁸

ガス輸入相手国と相手会社数を図 3-31 に示す。2015 年以降のウクライナのガスの輸入相手国はスロバキアが主であり、概ね 10 BCM 程度を輸入している。次いで、ハンガリー、ポーランドと続く。ロシア連邦からのガスを代替するため、ウクライナの「天然ガス市場に関する法律」が 2015 年 10 月 1 日に施行され、輸入プロセスを多様化し、外国の供給業者の数を増やし、ウクライナに自由なガス市場を開く機会となった。その結果、2015 年年から 5 年間で供給業者数は 14 社から 68 社(486%)増加し、82 社となつた。

²⁸ Ukraine Oil & Gas Industry Guide 2021, MoE

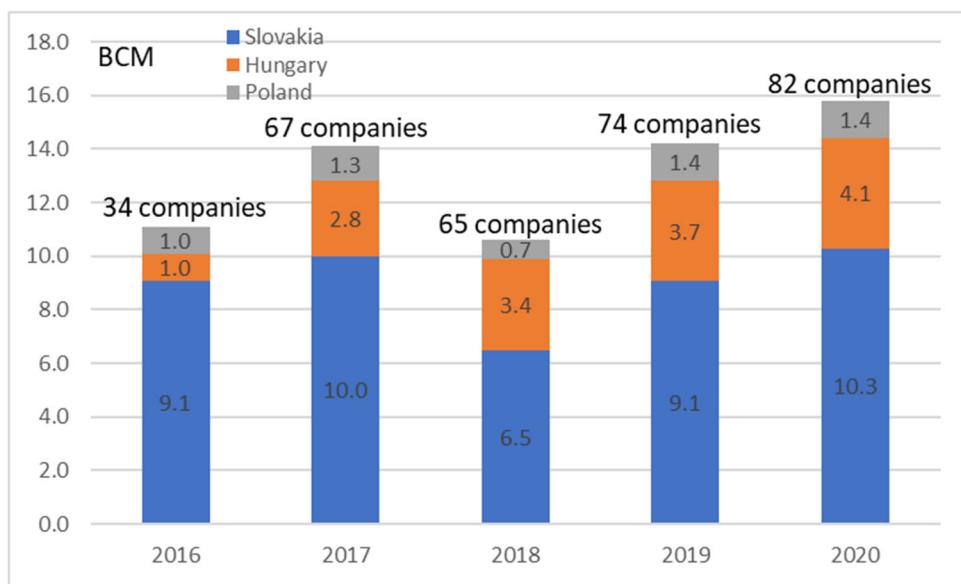


BCM: Billion Cubic Meter

ただし、2021年と22年は、東方研究センター-(The Centre for Eastern Studies)ウェブサイト “Ukraine: how the gas sector performed in 2022”<https://www.osw.waw.pl/en/publikacje/analyses/2023-01-12/ukraine-how-gas-sector-performed-2022>²⁹

出典: Ukraine Oil & Gas Industry Guide 2021, MoE

図 3-30 ウクライナの天然ガス供給バランス



BCM: Billion Cubic Meter

出典: Ukraine Oil & Gas Industry Guide 2021, MoE

図 3-31 ウクライナのガス輸入相手国と相手会社数

²⁹ 2022 年まで長年、British Petroleum (BP)が世界のエネルギー統計を公表していたが、2023 年版より、Energy Institute が引き継いだ。

(5) 天然ガスの安定供給上の課題と解決策

天然ガスの安定供給上の課題と解決策を表 3-12 示す。

世界的に豊富な天然ガスを誇り、ヨーロッパに天然ガスを供給しているロシアに面しており、従来であればそのガス供給網により安定した供給が期待されたが、2014 年のクリミア半島支配以降、両国の関係は悪化している。

国内の天然ガスの生産の安定、天然ガスの使用効率の向上、天然ガス輸入相手国の分散化が求められる。しかし、国内の天然ガスの生産の安定については、資金的な課題が大きいことから、液化天然ガス (Liquified Natural Gas。以下、LNG) の活用などを視野に入れる必要がある。なお、LNG の輸入については、黒海沿岸で LNG を受け入れる場合にはトルコのボスポラス海峡を通行する必要があるが、トルコ政府はこれに難色を示していると言われる。そのため、中央アジアの天然ガスをジョージア経由で液化するか、ポーランドで受け入れた LNG をパイプラインで輸入するなどの対応が必要になる恐れがある。

LNG の活用が進む場合には、現時点の天然ガスの性状と異なる恐れがあるために、ガスタービンの導入に当たっては、Naftogaz の天然ガスの供給計画を確認して、設計に反映することが求められる。

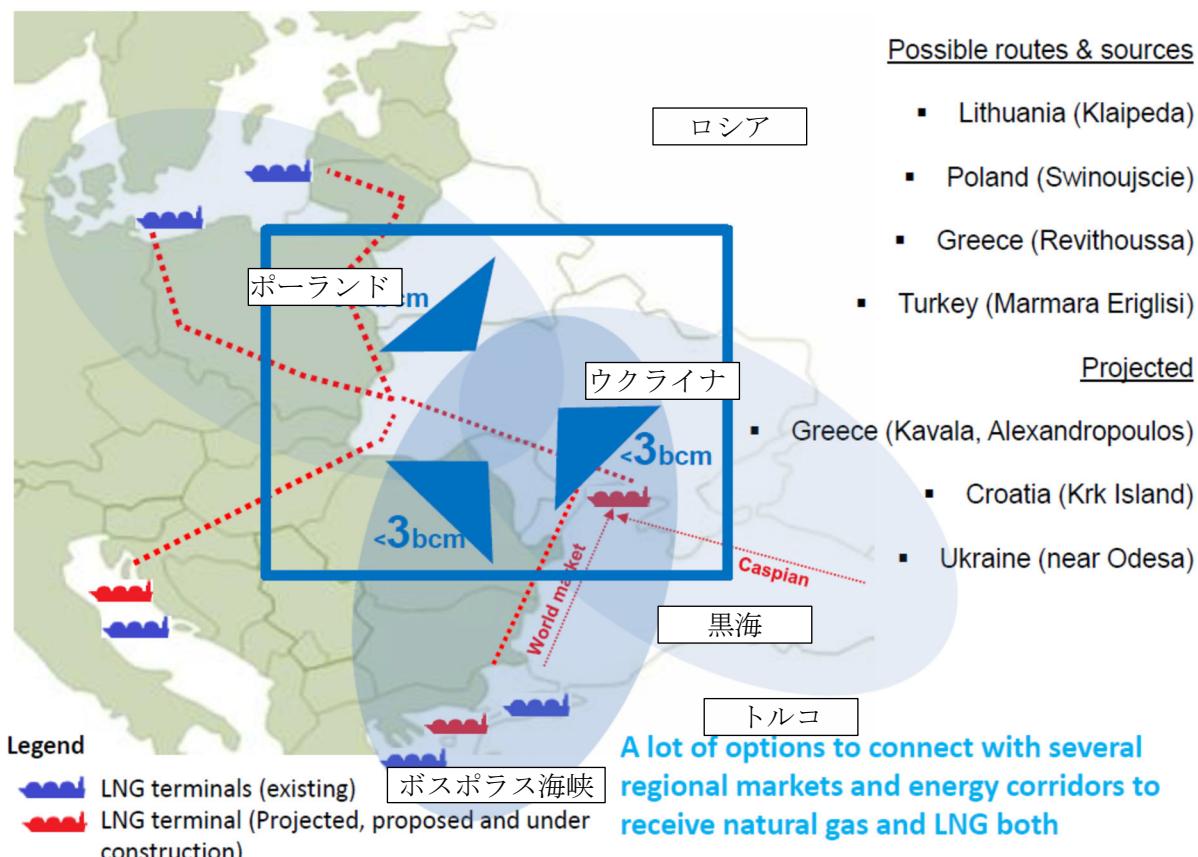
ガスタービンの導入自体は、地域熱供給に求められている効率向上の要請に答えるものとなり、ウクライナの天然ガス安定供給に寄与するものとなる。以下の図 3-32 に 2019 年時点でのウクライナの燃料供給計画を示す。

表 3-12 ウクライナの天然ガスの安定供給上の課題と解決策

課題	解決策
国内天然ガスの生産の安定	<ul style="list-style-type: none"> Naftogaz の卸価格と小売価格の引上げ。 ロイヤリティを含む資源開発関連税の見直しと、各種規制を含む投資関連制度の透明性や予見可能性の向上。
効率向上	<ul style="list-style-type: none"> 既に取組まれているガス価格の引き上げとメーターの設置。 省エネの必要性を訴え行動に移すための広報、教育および支援。
天然ガス輸入相手国の分散化	<ul style="list-style-type: none"> スロバキアやポーランドからのパイplineによる逆送や液化天然ガス LNG 輸入。既に、2019 年に接続の改造をして、欧州側から輸入できるようになっていく。

出典: 既往資料に基づき調査団にて整理³⁰

³⁰ ウクライナ国エネルギーセンター情報収集・確認調査ファイナル・レポート 2016 年 JICA の記載内容を整理し、2023 年 12 月の状況で補足している。



出典: LNG prospects in Ukraine and Eastern Partnership, power point material on 3rd Workshop of regional sub-sectoral networking group on LNG markets, 2019年9月, Naftogaz

図 3-32 ウクライナの LNG 供給計画 (2019 年時点)

3.3.4 諸外国並びに国際協力機関による助力

(1) 概況

ウクライナでは、熱供給は市民生活を維持する上で重要なインフラであることから、諸外国並びに国際協力機関の関心が高い。2022年のロシアによるウクライナ侵攻以前にも、熱供給分野への各国の協力機関の関心は高く、さらにウクライナの復興援助の目玉になることが想定される。

デスクトップ調査で確認できる熱供給に関する諸外国及び国際協力機関の援助を表3-13に整理した。また、その概要について、以降の項に整理した。

表 3-13 热供給にかかる諸外国並びに国際協力機関による助力)

No.	援助機関	概要	段階
1	EBRD	Kyiv の熱電併給プラントの近代化	融資決定 (2021 年)
2	WB	Kharkiv の熱電併給プラントの近代化	融資決定 (2014 年)
3	USAID	緊急復旧用の需要家側のガスタービン	無償供与 (2023 年)
4	UNOSDP	緊急復旧用の需要家側の発電機、ボイラハウス	無償供与 (2023 年)
5	Sida	ウクライナ各地の地域熱供給の脱炭素化実証	基金 (2011 年より)

No.は便宜上付したもので、各プロジェクトの優劣、実施順番、規模を示したものではない。

出典:調査団にて整理

(2) Kyiv 市の热供給の近代化 (EBRD による借款)

欧洲復興開発銀行 (European Bank for Reconstruction and Development。以下、EBRD) は、Kyiv 市の热供給の近代化を助力している。

このプロジェクトは、Kyiv 市に暖房・给湯を提供する Kyiv Teplo Energo(キーウテプロエネルゴ)へ 1 億 4,000 万ユーロを融資し、既存の热電併給プラントおよび特定のボイラハウスの近代化、热供給中央指令並びに監視システムの設置をするものである。Kyiv 市と Kyiv Teplo Energo の共同融資として、2,600 万ユーロが支出される。設置される設備は、EU 産業排出指令 (EU Industrial Emissions Directive)を遵守する。³¹

この近代化を通して、エネルギーと資源の効率向上のみならず、住宅および非住宅の顧客に対する暖房と給湯の品質と信頼性も向上する。年間当たりに 193,000 トン以上の CO₂ と 25,000 立方メートル以上の水を節約することになる。³²

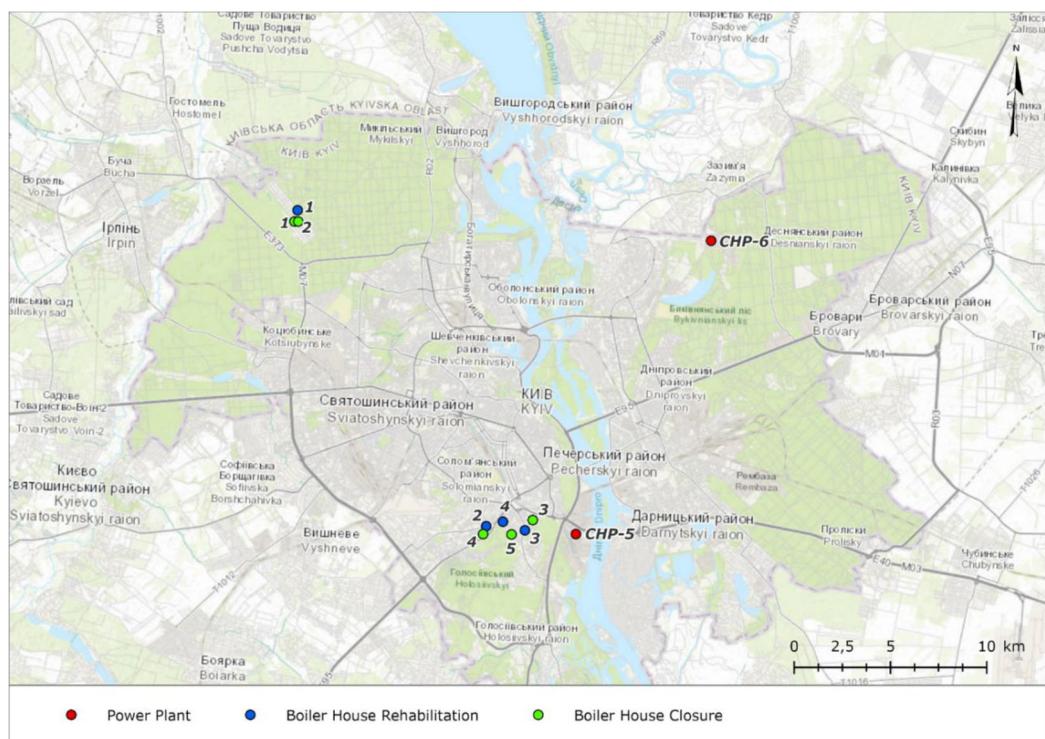
このプロジェクトは Kyiv のグリーンシティ行動計画 (Green City Action Plan。以下、GCAP)の一部となる。Kyiv 市は現在、脱炭素化と持続可能性を促進する包括的な投資プログラムを開発中である。この計画は、Kyiv が 2019 年に参加した持続可能な都市開発プログラムである EBRD グリーンシティ・イニシアチブに基づいて、都市環境と人々の生活を改善するという Kyiv 市の取り組みの一環である。

GCAP の開発と地域暖房システムの近代化の実現可能性調査に対して、スウェーデン政府から 70 万ユーロの補助金で支援されている。さらに、米国国際開発庁 (United States Agency for International Development。以下、USAID) は、国際財務報告基準に準拠した Kyiv Teplo Energo の 3 回の財務監査とプロジェクトに必要な設計文書の作成に資金を提供した。

EBRD による Kyiv 市の热供給の近代化では、CHP へのガスタービンの導入は含まれていない。以下の表 3-14 に Kyiv 市热電供給近代化プロジェクトの実施内容と、図 3-33 にプロジェクトの対象プラント位置、Kyiv CHP-5、CHP-6 の全景を図 3-34 に示す。

³¹ EBRD ウェブサイト 2021 年 9 月 2 日記事，“EBRD helps upgrade Kyiv district heating system”，
<https://www.usaid.gov/ukraine/fact-sheets/jun-22-2023-energy-security>

³² EBRD ウェブサイト 2021 年 9 月 2 日記事，“EBRD helps upgrade Kyiv district heating system”，
<https://www.usaid.gov/ukraine/fact-sheets/jun-22-2023-energy-security>



出典: Document of the European Bank "Ukraine GRCF2 W2 Kyiv District Heating Project, 2021年6月, EBRD

図3-33 Kyiv市熱電供給近代化プロジェクトの対象位置

表3-14 Kyiv市熱電供給近代化プロジェクトの実施内容

No.	項目	概要
1	第6CHPにおけるCHP設備の調達、据付、試運転	ガス焚CHPプラント
2	第6CHPにおけるCHP設備の調達、据付、試運転	20 000m ³ の熱貯湯槽
3	第5CHPにおけるCHP設備の調達、据付、試運転	排熱回収装置
4	ボイラ基地大規模改修(Boiler House 1)	リスナ通り 28 のガス焚ボイラの大規模改修
	ボイラ基地大規模改修(Boiler House 2)	ナウキ通り 31 のガス焚ボイラの大規模改修
	ボイラ基地大規模改修(Boiler House 3)	ワスリキウスカ通り 8B のガス焚ボイラの大規模改修
	ボイラ基地大規模改修(Boiler House 4)	ゴロシイウスカ通り 19 のガス焚ボイラの大規模改修
	ボイラ基地大規模改修(Boiler House closure 1)	マクシメンコ通り 28 のガス焚ボイラの取壊しと閉鎖
5	ボイラ基地大規模改修(Boiler House closure 2)	ユンケロワ通り 28 のガス焚ボイラの取壊しと閉鎖
	ボイラ基地大規模改修(Boiler House closure 3)	ストレセギヒネショッセ 37 のガス焚ボイラの取壊しと閉鎖
	ボイラ基地大規模改修(Boiler House closure 4)	ブノワ 4 のガス焚ボイラの取壊しと閉鎖
	ボイラ基地大規模改修(Boiler House closure 5)	ドブリイシュリア 64 のガス焚ボイラの取壊しと閉鎖
5	SCADAの調達、据付、試運転	SCADAシステム

出典: Kyiv District Heating Project Environmental and Social Assessment: Nontechnical Summary, Kyivteploenergo



左: Kyiv CHP-6、右:Kyiv CHP-5

出典: Document of the European Bank "Ukraine GRCF2 W2 Kyiv District Heating Project, 2021年6月, EBRD

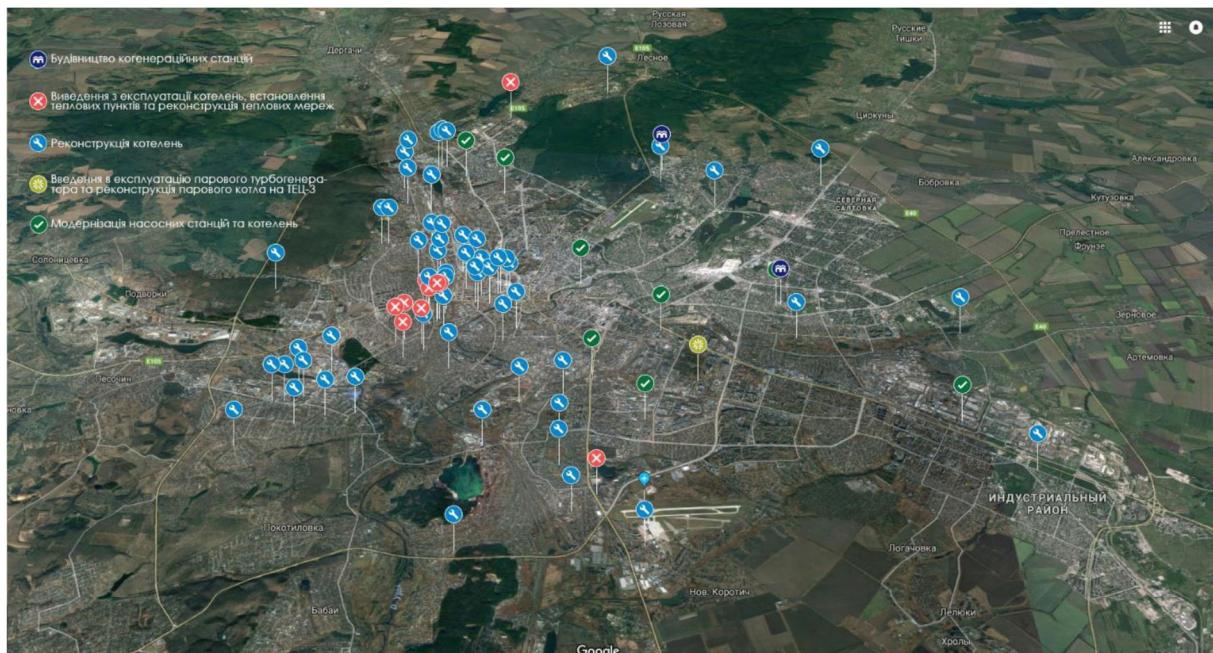
図 3-34 Kyiv CHP-5,CHP-6 全景

(3) Kharkiv 市の热供給の近代化(WBによる借款)

WBは、Kharkiv市の热供給の近代化を助力している。

このプロジェクトは、Kharkiv市に暖房・给湯を提供するハルキウテプロメレツィ(Kharkiv Teplovi Merezhi)へ1.07億USDを融资し、既存の热電併給プラントおよび特定のボイラハウスの近代化をするものである。³³

WBによるKharkiv市の热供給の近代化では、CHPへのガスタービンの導入は含まれていないと考えられる。以下の表3-15にKyiv市热電供給近代化プロジェクトの実施内容と、図3-35にプロジェクトの対象プラント位置を示す。



- - reconstruction of 58 boiler houses;
- ✖ - decommissioning of 12 boiler houses, installation of heat individual heating stations and reconstruction of heating networks;
- - construction of 2 cogeneration plants;
- - modernization of the pump stations and boiler-houses with reconstruction of distribution facilities 6 kV, replacement of pumpsets and installation of frequency converters for electric motors of pumps;
- - commissioning of steam turbo generator and reconstruction of steam boiler at CHP-3.

出典：“Ukraine District Heating Energy Efficiency Project”，2018年，WB

図3-35 Kharkiv市热電供給近代化プロジェクトの対象位置

表3-15 Kharkiv市热電供給近代化プロジェクトの実施内容

No.	項目	概要
1	2か所のCHPの建設	2か所の小規模コジェネレーション
2	老朽化したボイラハウスの撤去	12か所のボイラハウスの撤去
3	58か所のボイラハウスの再建	58か所のボイラハウスの撤去、新設(うち18か所は移設を伴う)。ただし、7か所は接続回路の変更も実施、9か所は熱計量器の設置も実施する。
4	CHP-3の蒸気タービンと蒸気ボイラの試運転	24 MWの蒸気タービン1基の更新

³³

5	ポンプ所とボイラハウスの近代化	合計 7か所のポンプ所もしくはボイラハウスのインバータ化
---	-----------------	------------------------------

出典：“Ukraine District Heating Energy Efficiency Project”，2018年，WBの内容を調査案にて整理

(4) 緊急復旧用のガスタービンの供与 (USAIDによる供与)

2023年2月 USAID はウクライナのエネルギー安全保障の強化のため、ゼネラル・エレクトリック (General Electric)。以下、GE 製の移動式ガスタービン発電所をウクライナ政府に提供した。この移動式発電所の総出力容量は約 28MW で、これは少なくとも 10 万世帯に同等の電力に相当する。これは、ウクライナが家庭、病院、学校、重要インフラ提供者、その他の機関への電力供給を増やすのに役立つことが期待されている。³⁴

USAID はすでにウクライナ全土の 22 の州に 1,700 台以上の発電機を納入しており、さらに多くの発電機が納入される予定である。これらの発電機も、重要な民間インフラに対するロシア連邦の攻撃によって電力が遮断された場合に、学校、病院、国内避難民の宿泊施設、地域暖房会社、水道システムの電気と暖房を確保することが期待されている。³⁵

ウクライナ全土の家庭、病院、学校、企業に暖房を供給するために必要なパイプやその他の機器の修理とメンテナンスを支援するべく 5,500 万 USD を供与しており、最大 700 万人のウクライナ人に裨益するとみられている。³⁶

(5) 热供給の安定性強化 (UNOPSによる供与)

UNOPS はインフラ建設、調達、プロジェクト・マネジメント事業を通じて持続可能な開発を実現する国連機関である。³⁷

2022 年 11 月時点で、ウクライナ政府は、同国のエネルギーインフラの最大 40% が破壊されたとしている。ウクライナ全土の地域では、インフラの障害により、エネルギーと暖房の供給が途絶えた。これをうけ、2023年初頭、UNOPS は、ウクライナのコミュニティのニーズを支援する緊急対応プロジェクトの一環として、ウクライナの 13 の地域に 300 台以上の発電機を届けるのを支援した。UHF の資金提供を受けたこれらの発電機は、地域暖房や医療施設に電力を供給し、停電時には暖房や必要不可欠な公共サービスへのアクセスを提供している。³⁸

その後、2023 年 1 月に 13 基の移動式ボイラハウスがコミュニティに引き渡され、2 月上旬に 280 台の発電機が納入された。その他、ミコライウでは、シェルター、孤児院、

³⁴ UNDP ウェブサイト 2023 年 2 月 7 日記事，“USAID Delivers Mobile Gas Turbine Power Plant to Ukraine to Meet Electricity Needs”，<https://www.usaid.gov/news-information/press-releases/feb-07-2023-usaid-delivers-mobile-gas-turbine-power-plant-ukraine-meet-electricity-needs>

³⁵ UNDP ウェブサイト 2023 年 2 月 7 日記事，“USAID Delivers Mobile Gas Turbine Power Plant to Ukraine to Meet Electricity Needs”，<https://www.usaid.gov/news-information/press-releases/feb-07-2023-usaid-delivers-mobile-gas-turbine-power-plant-ukraine-meet-electricity-needs>

³⁶ UNDP ウェブサイト 2023 年 2 月 7 日記事，“USAID Delivers Mobile Gas Turbine Power Plant to Ukraine to Meet Electricity Needs”，<https://www.usaid.gov/news-information/press-releases/feb-07-2023-usaid-delivers-mobile-gas-turbine-power-plant-ukraine-meet-electricity-needs>

³⁷ UNOPS ウェブサイト “UNOPS とは”，<https://japan.unops.org/mission-vision-purpose>

³⁸ UNOPS ウェブサイト “STRENGTHENING STABILITY OF HEATING SUPPLY FOR THE PEOPLE OF UKRAINE”，<https://www.unops.org/news-and-stories/stories/strengthening-stability-of-heating-supply-for-ukraine-population>

地域センターに電力を供給できる小型の発電機や、産業機器の電源として使用できる大型の発電機など、351台の発電機が4事業者に納入された。³⁹

2023年4月には、Kharkiv市とその周辺地域に、84台の大型発電機が、24の病院、33の幼稚園、106の学校を含む地域暖房、給水、住宅メンテナンス、医療および教育施設に信頼性の高い電力供給を提供するため、30以上の事業者に納入された。⁴⁰

UNOPSの一連の発表には、もっぱら熱の需要家側への援助であり、CHPへの援助は含まれていない。

(6) ウクライナ各地の地域熱供給の脱炭素化実証プログラム (Sidaによる基金)

ウクライナ地域熱供給実証(以下、DemoUkraineDH)プログラムは、ノルウェーのグリーンバンク(Green Bank)であるNEFCOとスウェーデンが、スウェーデン国際協力開発庁(Sweden International Cooperation Development Agency。以下、Sida)を通じて、ウクライナ地域開発・建設・地方経済省(当時。Ministry of Regional Development, Construction and Municipal Economy)の協力を得て、2011年に設立した基金である。DemoUkraineDHは、東ヨーロッパのエネルギー効率と環境パートナーシップ(E5P)基金によって支援されている。⁴¹

グリーンバンクとは、気候変動問題に対処する新技術や取り組みへの投資を促進する金融機関のことである。

DemoUkraineDHは北欧の地域熱暖房技術の導入を支援するものである。この最先端技術は、北欧の過酷な運用条件で時間をかけて検証され、エネルギー効率の向上、運用コストの削減、高品質の地域暖房サービスにつながったとされている。導入するべき技術並びに基本原則は、技術声明(Technology statement)として明示されている。これらの原則は、実証プロジェクトの選択時、技術仕様の設計と準備、調達プロセス、プロジェクトの実施時に適用される。⁴²

プロジェクトは申請方式であり、資金を使った改修に关心のある地域熱供給会社がDemoUkraineDHに申請をし、審査を経た上で、資金が貸与される。資金は返済の必要がある。2019年に新規の申請を停止している。⁴³

スウェーデンは総額1,000万ユーロの支援を提供しており、そのうち600万ユーロは基金に直接投資され、400万ユーロはプログラム実施中の技術支援に割り当てられ、自治体が最良の形でプロジェクトを準備できるよう支援している。⁴⁴

³⁹ UNOPS ウェブサイト “SECURING ACCESS TO ELECTRICITY AND HEATING FOR COMMUNITIES IN UKRAINE”, <https://www.unops.org/news-and-stories/news/securing-access-to-electricity-and-heating-for-communities-in-ukraine>

⁴⁰ UNOPS ウェブサイト “SUPPORTING THE WINTERIZATION RESPONSE IN UKRAINE”, <https://www.unops.org/news-and-stories/news/supporting-the-winterization-response-in-ukraine>

⁴¹ DemoUkraineDH ウェブサイト “Financiers and consultants”, <https://dh-ukraine.nefco.int/demoukrainedh/financiers-and-consultants/>

⁴² DemoUkraineDH ウェブサイト “Technology requirements and design principles”, <https://dh-ukraine.nefco.int/demoukrainedh/technology-requirements-and-design-principles/>

⁴³ DemoUkraineDH ウェブサイト “Project process”, <https://dh-ukraine.nefco.int/demoukrainedh/project-process/>

⁴⁴ スウェーデン大使館ウェブサイト “Sweden will scale up support for the development of district heating in Ukraine”, <https://www.swedenabroad.se/es/embajada/ukraine-kiev/current/news/sweden-will-scale-up-support-for-the-development-of-district-heating-in-ukraine/>

DemoUkrainaDH の対象位置を図 3-36 に示す。11 の地域のプロジェクトが実施完了し、1 地域のプロジェクトが実施中、3 地域のプロジェクトが保留中 (pending) となっている。

DemoUkrainaDH に申請されたプロジェクトの概要を表 3-15 に示す。申請されたプロジェクトは 28 件あるが、そのうちの 13 件は実施前に撤退 (Cancel) されている。実施されているプロジェクトでは、ヒートポンプの導入や、ボイラの更新、ネットワークの改善など実施されているが、ガスタービンの導入はない。最も規模が大きいのは保留中の Vinnytsia で約 10 Mil. EUR であり、多くのプロジェクトは 2.0 Mil. EUR に満たない小規模案件である。



出典: DemoUkrainaDH ウェブサイト

図 3-36 DemoUkrainaDH の対象位置

表 3-16 DemoUkrainaDH に申請されたプロジェクトの概要

No.	都市名	状況	投資規模 *1	実施内容
1	Poltava	保留中	N/A	✓熱分配所の更新 ✓排ガス熱回収
2	Dobropillia – Novodonetske	撤退	Approx. 4.6 Mil. EUR	✓ヒートポンプの導入 ✓バイオマスボイラの導入 ✓熱分配所の設置 ✓熱供給ネットワーク間の接続
3	Vinnytsia	保留中	Approx. 9.7 Mil. EUR	✓バイオマスボイラの導入 ✓熱分配所の設置 ✓熱供給ネットワーク間の接続
4	Mariupol	撤退	Approx. 7.2 Mil. EUR	✓アゾフ製鉄の排熱利用 ✓熱分配所の設置 ✓熱供給ネットワーク間の接続 ✓排ガス熱回収
5	Brovary	保留中	Approx. 7.0 Mil. EUR	✓コンクリートブロック工場の排熱利用

ウクライナ国 热電併給近代化に向けた情報収集・要望確認・復興計画事業

				✓熱供給ネットワーク間の接続 ✓熱分配所の設置 ✓排ガス熱回収
6	Zhytomyr	完了済	Approx. 0.6 Mil. EUR	✓熱供給ネットワークの一部更新 ✓ヒートポンプの導入 ✓バイオマスボイラの導入
7	Vinnytsia	完了済	Approx. 0.6 Mil. EUR	✓熱分配所の設置 ✓熱供給ネットワークの一部更新
8	Uman	実施中	Approx. 1.0 Mil. EUR	✓バイオマスボイラの導入 ✓熱分配所の設置 ✓熱供給ネットワークの一部更新
9	Ternopil	完了済	Approx. 0.7 Mil. EUR	✓バイオマスボイラの導入 ✓熱分配所の設置
10	Starokostiantyniv	撤退	Approx. 1.1 Mil. EUR	✓バイオマスボイラの導入 ✓熱分配所の設置 ✓熱供給ネットワークの一部更新
11	Severodonetsk	撤退	Approx. 0.8 Mil. EUR	✓熱分配所の設置 ✓熱供給ネットワークの一部更新
12	Poltava I	完了済	Approx. 0.6 Mil. EUR	✓熱分配所の設置 ✓熱供給ネットワークの一部更新 ✓ボイラの更新
13	Poltava II	撤退	Approx. 1.7 Mil. EUR	✓排ガス熱回収
14	Pavlohrad	撤退	Approx. 0.6 Mil. EUR	✓バイオマスボイラの導入 ✓太陽熱利用の導入 ✓熱分配所の設置
15	Oleksandria	完了済	Approx. 0.7 Mil. EUR	✓熱供給ネットワークの一部更新 ✓ボイラの更新 ✓小規模 CHP の導入
16	Myrhorod	完了済	Approx. 0.7 Mil. EUR	✓熱供給ネットワークの一部更新 ✓ボイラの更新 ✓熱分配所の設置
17	Mykolaiv	完了済	Approx. 1.0 Mil. EUR	✓熱分配所の設置 ✓バイオマスボイラの導入 ✓熱供給ネットワークの一部更新
18	Kyiv	撤退	Approx. 0.9 Mil. EUR	✓熱分配所の設置 ✓バイオマスボイラの導入 ✓熱供給ネットワークの一部更新
19	Kryvyi Rih	撤退	Approx. 0.8 Mil. EUR	✓熱分配所の設置 ✓バイオマスボイラの導入 ✓ガスボイラの導入 ✓熱供給ネットワークの一部更新
20	Konotop	撤退	Approx. 1.1 Mil. EUR	✓熱分配所の設置 ✓バイオマスボイラの導入 ✓熱供給ネットワーク間の接続
21	Chuhuiv	撤退	N/A	✓熱供給ネットワーク間の接続
22	Berdychiv	完了済	Approx. 0.4 Mil. EUR	✓熱供給ポンプの設置
23	Chernivtsi	完了済	Approx. 0.9 Mil. EUR	✓熱分配所の設置 ✓バイオマスボイラの導入 ✓熱供給ネットワークの一部更新
24	Dnipro	撤退	Approx. 0.4 Mil. EUR	✓熱分配所の設置 ✓熱供給ネットワークの一部更新
25	Donetsk	撤退	Approx. 0.9 Mil. EUR	✓熱供給ネットワークの一部更新 ✓ヒートポンプの導入 ✓ガスボイラの更新
26	Kamianske	撤退	Approx. 1.0 Mil. EUR	✓熱供給ネットワークの一部更新 ✓排ガス熱回収

ウクライナ国 热電併給近代化に向けた情報収集・要望確認・復興計画事業

27	Kamianets-Podilskyi	完了済	Approx. 0.7 Mil. EUR	✓熱分配所の設置 ✓ポンプ用周波数制御装置の設置
28	Ivano-Frankivsk	完了済	Approx. 0.7 Mil. EUR	✓熱供給ネットワーク間の接続 ✓熱分配所の設置 ✓ポンプ用周波数制御装置の設置 ✓SCADA の導入

N/A: 公開されていないデータを示す。

No. は便宜上付したもので、プロジェクトの申請や実施順、規模などを示すものではない。

*1: 投資規模は、基金からの借入、基金からの贈与(grant)、自己資金となっている。

出典: DemoUkraineDH ウェブサイトの内容を調査案にて整理

第4章 関連法制度

4.1 ウクライナの法制度の概要

4.1.1 ウクライナの立法行政体制

ウクライナの法・規制は古くはフランスの市民法(ローマ法)、ハンザ同盟を起源とするドイツ民法典(Bürgerliches Gesetzbuch)、そして近代は旧ソ連の法・規制の影響を強く受けている。しかしながら、ウクライナの法律には日本の六法全書にあたる体系的な法大全ではなく、法律の制定には複雑な立法行政体制を理解する必要がある。

ウクライナ国憲法は、1991年8月24日の旧ソ連崩壊に伴う独立宣言が制定され、立法行政体制は、司法・立法・行政の三権が分立する議会制民主主義(共和制)をとっています。大統領制と議院内閣制による政治・行政運営がなされている。ウクライナの大統領の任期は5年で、2期を超えて再選されることはない。また副大統領職はなく、大統領席が空席の場合、首相が暫定的に権限を行使する。

ウクライナの大統領制はフランスやロシアと同じく半大統領制であるが、これらの国と異なりヴェルホーヴナ・ラーダと呼ばれる議会(最高会議)の解散権を事実上有していない。また、首相の任命に際しては、最高会議の同意が必要であり、最高会議が採択した内閣総辞職に関する決議は、大統領に対して強制力を有する。

最高議会は、一院制で450議席から成る。全議席は全国区の比例代表制によって選出されるが、いかなる政党も選挙ブロックの全投票数の3%以上を獲得しなければ議席を得ることができない。議員の任期は5年。議会は立法、国際協定の批准、予算の裁可および首相の承認・罷免、閣僚の承認・罷免を行う。

ウクライナの閣僚会議は行政権の最高機関であり、大統領と議会に対して責任を負う。首相は大統領が指名し、最高会議の過半数の同意に基づいて任命する。閣僚会議は、首相、第一副首相、副首相(複数人)と各省の大蔵官から構成され、2024年1月時点で22人である。

4.1.2 ウクライナの行政機関

ウクライナの行政機関を表4-1に示す。

ウクライナの中央行政機関は首相のもとに、2024年1月時点で表に示す21省が設置され、各大臣は首相の指名に基づいて大統領が任命する。

表4-1 ウクライナの行政機関(2024年1月時点)

No.	省名	No.	省名
1	Ministry of Economy	12	Ministry of Foreign Affairs
2	Ministry for Reintegration of the Temporarily	13	Ministry of Veterans Affairs
3	Ministry for European and Euro-Atlantic Integration	14	Ministry of Healthcare
4	Ministry for Education and Science	15	Ministry of Finance

5	Ministry of Digital Transformation	16	Ministry of Agrarian Policy and Food
6	Ministry for Restoration	17	Ministry of Environmental Protection and Natural Resources
7	Ministry of Infrastructure (Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development)	18	Ministry of Social Policy
8	Ministry of the Cabinet of Ministers	19	Ministry of Defense
9	Ministry of Energy	20	Ministry of Youth and Sports
10	Ministry of Strategic Industries	21	Ministry of Culture and Information Policy
11	Ministry of Internal Affairs		

No.は便宜上付したものであり、ウクライナ政府が示したものではない。

出典: ウクライナ政府ポータルサイトに基づき調査団にて作成。2024年1月13日閲覧、<https://www.kmu.gov.ua/en/team>

4.1.3 ウクライナの法・規制の種類と決定手順

ウクライナの主な法・規制の種類を表4-2に示す。

表4-2 ウクライナの法・規制の種類

種類	制定方法
ウクライナ法 (Law of Ukraine)	閣僚会議または議員からの発議でヴェルホーヴナ・ラーダ(最高会議)の承認により制定される。
大統領令 (Decree of President)	緊急を要する場合に大統領の命令により発行される。
閣議指示 (Order of Cabinet)	閣議の承認により施行される。
規則 (Regulation/ Instruction)	大臣、行政区又は自治区の長の承認により施行される。下級行政機関も規則を制定できる。

出典: ウクライナ国エネルギーセクター情報収集・確認調査ファイナル・レポート2016年JICAに基づき整理

4.1.4 エネルギー並びにインフラ建設にかかる基準、標準

前項に述べた法・規制の他、国家建築基準、国家標準などが制定されており、これらはウクライナの法の範囲内で、拘束力をもつ規範文書として機能している。ウクライナのエネルギー並びにインフラ建設にかかる基準、標準を表4-3に示す。

旧ソ連諸国は、CIS圏技術標準(GOST)という共通規格を使用していたが、2014年のロシアによるクリミア占領以降、ウクライナはGOSTの枠組みから脱退している。ウクライナはUkrSEPROという独自の品質認証システムを持っているが、UkrSEPROに対象品目が無い場合には引き続きGOSTが参照されている模様である。(表4-3)

表4-3 ウクライナのエネルギー並びにインフラ建設にかかる基準、標準

種類	制定方法
国家建築基準(ДБН。アルファベット表記でDBN)	建設、都市計画、建築に関する行政権力の中央機関によって承認された建設分野の規範文書。 DBN A. (ДБН А.): 組織的および方法論的な基準 DBN B. (ДБН Б.): 都市計画規範文書 DBN V. (ДБН В.): 生産技術に係る技術規範文書 DBN G. (ДБН Г.): 推奨される規範文書 DBN D. (ДБН Д.): 推定基準と規則
国家標準(ДСТУ。アルファベット表記でDSTU)	産業製品などにおいて遵守が義務づけられている国家標準(State Standards of Ukraine)である。国家標準調査会(State Standards Committee)により布告(Order)される。DSTUの適用分野は、プロセス、テスト方法、製品特性など、あらゆる分野に適用される。

ウクライナ組織基準(COY。アルファベット表記で SOU)	ウクライナ組織基準(Standards of Organizations of Ukraine)は組織の活動を規制するための基準である。SOU の対象は、主に企業管理、人事、生産分野、マーケティング、労働安全衛生、セキュリティ、文書管理などの機能である。
(ДНАОП。アルファベット表記で DNAOP)	労働保護に関する法令ならびに規範(Normative and Legal Acts on Labor Protection)は、労働に係る法令文書の総称である。
(ВБН。アルファベット表記で DBN)	部門別建築基準(Departmental Building Standards)である。
CIS 圈技術標準(ГОСТ。アルファベット表記で GOST)	GOST(ロシア語: ГОСТ)は、独立国家共同体(CIS)の後援の下で運営されている地域標準化団体であるユーロアジア標準化・計量・認証評議会(EASC)によって維持されている一連の国際技術標準を指す。
EU 規則及び EU 指令 (EU Regulation, EU Directive)	EU 規則は、いずれの EU 加盟国であれ、全体に完全に適用されなければならない法的拘束力をもつ。 EU 指令とは、EU 加盟国が達成すべき目標を定めた法である。ただし、これらの目標を達成する方法については、各国が独自の法律を策定する必要がある。

出典: 調査団にて作成

4.2 热電事業に係る法規制

4.2.1 地域熱供給に係る法令

ウクライナの地域熱供給は 2005 年に制定された熱供給事業法 (The law of Ukraine “On Heat Supply”, No. 2633-IV, 2005)により規制されている。熱供給事業法の概要を表 4-4 に示す。

熱供給事業法は、中央執行機関の権限、地方政府の権限、地方自治体の権限、熱供給事業の各分野で活躍する事業者の権利と義務、熱供給施設の設計、建設、改築および近代化における規制や要求事項などが規定されている。

歴史的経緯からすると、地域熱供給は国営から各地方自治体運営へ移管したことになるが、法の建付けとしては、中央政府が国家政策を策定し、その枠内で地方自治体が熱供給事業者を規制、監督し、各事業者が活動しているということになっている。

設計、建設、再建は、適切な許可とライセンスを持つ専門組織によって実行されることとなっており、ウクライナ国内の設計会社、建設会社の活用が前提になっているものと思われる。

表 4-4 热供給事業法の概要

項目	概要
熱供給分野における規範、規則および基準 (第 4 条)	熱供給施設の設計、建設、改築、修理、運営、生産、熱エネルギーの供給は法律によって規制されており、熱供給分野のすべての関係主体にとってこれらの法律は義務付けられている。
中央執行機関の権限 (第 11 条)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 热供給分野における国家政策の形成を確実にする。 ✓ 热供給システムの開発とその実施の管理のための国家目標プログラムの開発。 ✓ 国民経済、機関や組織、人口のニーズに基づいた熱エネルギー消費の長期予測バランスの作成。 ✓ 热エネルギーの生産、輸送、供給におけるエネルギーキャリアのコストと損失に関する科学的根拠に基づいた基準の開発。 ✓ 热供給分野におけるモニタリングの実施手順を確立する。

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 地方執行機関の活動の調整。 ✓ 热供給分野における法整備のための提案の作成と導入。 ✓ 热供給分野における国家政策の実施。 ✓ 热供給分野におけるモニタリングを確実に行うとともに、モニタリング結果を热供給システムの改善に活用する。 ✓ 住民2万人以上の集落への热供給計画と热供給システムの近代化のための地域プログラムの承認。
地方政府の権限 (第12条)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ この分野における地方プログラムの開発と実施、および州の目標プログラムの開発と実施への参加。 ✓ 热供給分野における活動を地方自治体および行政権の中央機関と調整し、住宅および公共サービス分野における国家政策の形成を確実にする。 ✓ 热供給分野における規則や規制の遵守を確保する。 ✓ 都市やその他の集落の消費者への热エネルギーの供給に対する制御の実施。
地方自治体の権限 (第13条)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 関連審議会の権限に割り当てられた範囲内で、热供給分野における関係主体の活動を規制する。 ✓ 热供給分野における地方開発プログラムの承認、この分野における州および地域プログラムの開発および実施への参加。 ✓ 热供給分野における法律の要件、都市計画プログラムのプロジェクト、定住開発の一般計画、热供給計画およびその他の都市計画文書の要件を考慮した承認。 ✓ 規制要件に従って、消費者への热エネルギーの提供に対する制御の実施。 ✓ 当該行政区域内に热供給施設を新設または改築し、当該区域内での热供給システムの開発を促進することの承認。 ✓ 手順に従い、法律で定められた限度内で、関連する地域共同体に対して、共同所有の企業および組織によって提供される热エネルギーの料金表を設定する。ただし、热電併給所で生産される热エネルギー並びに電気エネルギーの料金表は除く。 ✓ 電力会社が所有する热供給施設に関する投資プログラムの承認。ただし、火力発電所、火力発電所、原子力発電所、コジェネレーションプラント、および非伝統的または再生可能エネルギー源を使用するプラントで热エネルギーを生産する施設は除く。 ✓ 热供給分野における投資活動の促進。
热発生機関、热輸送機関、热供給機関の権利と基本的義務 (第25条)	<p>(権利)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 消費者と热エネルギーの売買契約を締結する。 ✓ 消費者の暖房機器の操作に違反があり、热供給の技術的プロセスが中断された場合の損害賠償。 ✓ 法律で定められた方法で热エネルギーの消費が滞納した場合、遅くとも3営業日以内に書面による警告を送信した後、消費者への热エネルギーの供給を制限または停止する。 ✓ 契約に規定された不可抗力の状況が発生した場合、消費者への热エネルギーの供給を制限または停止する。 ✓ 消費者を热分配ネットワークに接続するための許可と技術的条件を発行する。 ✓ 契約で定められている場合、消費者から前払いを受け取る。 ✓ 消費者が所有する暖房器具および商用取引メーターへの自由なアクセス。 ✓ 事業者に対し、热網の保護区域外に法律の要件に違反して建てられた構造物やその他の物体の撤去を要求すること。 <p>(義務)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 热エネルギーの料金が変更された場合には、法律で定められた手順に従って書面またはマスメディアで消費者に通知する。 ✓ 契約条件および規格に従って热エネルギーの信頼できる供給を確保する。 ✓ 前払いと暖房期間終了後1ヶ月以内の市販の热エネルギー測定装置の測定値を考慮して、消費者と消費した热エネルギーを再計算する。 ✓ 独自の热ネットワークを使用して热エネルギーの供給に関連する活動を行う热供給機関は、締結された契約に従って、経済活動のすべての主体がこれらのネットワークに平等にアクセスできるようにする。 <p>(その他)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 技術的な可能性がある場合、固定地域内で热エネルギーを供給する热供給機関は、その地域に所在する消費者との契約の締結を拒否する権利を有しない。

	<ul style="list-style-type: none"> ✓熱エネルギーの消費に対する支払いが遅れた場合、消費者は契約または契約で定められた金額の違約金を支払う。 ✓消費者が熱エネルギーの消費に対する支払いを拒否した場合、債務は裁判所で回収される。
熱供給施設の設計、建設、改築および近代化 (第 26 条)	<ul style="list-style-type: none"> ✓熱供給分野における施設の設計、建設、改築は、熱供給計画、州の建築規制、建設工事に関する規範的な法規に基づいて実施される。 ✓熱供給分野における対象物の設計、建設、再建は、適切な許可とライセンスを持つ専門組織によって実行される。 ✓熱発生設備と熱ネットワークの再建（拡張、技術的再設備）、新設、近代化は、集中型熱供給と自律型熱供給の最適な組み合わせに基づいて実施される。 ✓熱を発生する組織や他産業の企業の共通のニーズを対象とした、熱供給分野における設備の建設、再建、保守への融資は、顧客の負担で行われます。顧客は、指定されたオブジェクトの所有者、またはオブジェクトによって権限を与えられた人物になることができる。 ✓建物、道路、橋、その他の物の建設または改築の場合、架空および地中の熱ネットワークおよびその他の熱供給オブジェクトの配置、移送に関連する作業は、承認された設計および見積書類および要件に従って、建設または改築の顧客によって実行されます。関連する基準に準拠し、建物または暖房ネットワークの所有者の管理下にある。 ✓建設施設の設備や熱供給は予算を費やして入札に基づいて行われる。

出典: No. 2633-IV, 2005, "The law of Ukraine "On Heat Supply"を調査団にて整理

4.2.2 電力事業に係る法令

ウクライナの電力事業は 1997 年に制定された電気事業法 (The law of Ukraine "On electric energy", Law No. N 575/97-VR) に規定されている。

この法律は、エネルギーの生産、伝達、供給、使用を規制している。エネルギーという用語は、電気エネルギーまたは熱エネルギーを意味する。国家規制は、発電所の運営に関する国家検査と、電力および熱エネルギーの消費に対する国家監督検査によって実施される。国家監督は、電気エネルギー分野におけるライセンスの付与を通じて実施されるものとする。電気エネルギー部門における前述の活動は認可されるものとする。電力会社は環境への悪影響を削減する必要がある。⁴⁵

4.2.3 热電併給に係る法令

ウクライナの热電併給は 2005 年に制定された热電併給並びにその潜在エネルギーの使用の合理化に係る法 (The law of Ukraine "on combined thermal and electric energy production (co-generation) and utilization of the combined power potential", Law No. 2509-IV) に規定されている。

前述の热供給事業法が热供給網などを主とした热供給の全体を規定しているのに対し、本法は热供給網や電気供給網と接続される热電併給所単体の在り方について規定している。

本法は、热電併給所の利用に関する省エネ分野における関係主体の活動の法的、経済的、組織的条件を確立し、热電併給所の利用に関する热エネルギーの生産、伝達、供

⁴⁵ FAO ウェブサイト "Law No. N 575/97-VR ON ELECTRIC ENERGY",
<https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC067594>

給の詳細に関連する関係を規制する。この法の目的は、エネルギー生産プロセスやその他の技術プロセスにおける燃料の使用の改善、電気エネルギーと熱エネルギーの複合生産技術の開発と規制、および地域レベルでのエネルギー供給安定性と信頼性の確保のための法的条件を設定することである。同法により熱電併給所の運転は、エネルギー供給網の信頼できる機能を確保するために、熱電併給所によって生成される電気エネルギーの出力と品質との間の必要なバランスを維持することを条件として実行されなければならないとされている。熱電併給所の利用に関する国の政策は、燃料の効率的な使用と環境安全基準を満たすことに基づいている。省エネルギー分野の認定機関は、熱電併給所の利用分野における検査を実施する責任を負う。⁴⁶以下の表 4-5 に熱と電気の複合生産並びにその潜在エネルギーの使用の合理化に係る法の概要を示す。

表 4-5 热と電気の複合生産並びにその潜在エネルギーの使用の合理化に係る法の概要

項目	概要
熱電併給(コジェネレーション)および排エネルギーの潜在的利用に関する法律 (第 3 条)	✓ 热エネルギーと電気エネルギーの複合生産の分野における関係は、ウクライナ法「省エネ法」、「電力法」、本法、およびその他の規範的な法律によって規制されている。
熱電併給所の建設および使用における財産関係 (第 7 条)	✓ 産業または公共熱供給における既存のエネルギー施設を基盤とする場合を含め、投資家の資金の関与により熱電併給所を建設する場合、そのような投資家は、投資契約によって定められた条件に基づいて熱電併給所の所有者(共同所有者)の権利を得ることができる。 ✓ コジェネレーションプラントの所有者(共同所有者)、投資家の権限を与えられた者には、コジェネレーションプラントの建設および保守のために、投資契約に指定された条件の下で、エネルギー施設の領土、敷地および設備(機器)にアクセスする権利が与えられる。 ✓ ウクライナの土地法によれば、熱電併給所の所有者(共同所有者)、投資家には、熱電併給所が設置されている土地区画を使用する権利が与えられています。これには、法律とか契約に基づく制限(制約)のある保護区も含まれる。 ✓ 热電併給所の所有者は、热電併給所の使用の問題を自らの裁量で決定し、共同所有者は、法律で定められた制限を考慮した適切な合意に従って、熱電併給所の使用の問題を決定する。
熱電併給所の使用分野における国家規制 (第 8 条)	✓ 热電併給所の使用分野における国家規制は、ウクライナの法律によって定められた手順に従って、省エネ分野の中央執行機関、ウクライナ国家電力規制委員会、および関連する活動分野でウクライナ閣僚内閣によって認可されたその他の執行機関によって実施される。 ✓ 热電併給所の資格。 ✓ 热と電気を組み合わせた生産のための経済活動のライセンス。 ✓ 热電併給所によって生成される電気および热エネルギーの料金を設定する。 ✓ 既存のエネルギー施設を基盤とした热電併給所の設置または建設の許可を与える。 ✓ 热電併給所の建設または再建中の作業の安全な実施に対する監督と制御。 ✓ ウクライナ国家電力規制委員会は、热電併給所で生成される電気と热エネルギーのライセンスを発行し、料金を設定します。
地域熱供給における 熱電併給所 (第 10 条)	✓ 規制および法的行為によって定義される共同熱供給企業の運営条件は、コジェネレーションプラントの使用に基づいてこれらの企業が近代化される場合にも維持され、別途建設されたコジェネレーションプラントから热エネルギーを供給する事業体に適用される。
熱電併給所を電気および熱ネットワークに接続する場合の特殊性	✓ 热電併給所を電気および/または热供給網に接続するための技術的条件は、規制で定められた手順に従って、関連する要求の受領日から遅くとも 15 日以内に所有者によって提供される。接続は接続契約に従って行われ、その技術条件は付属書となる。

⁴⁶ FAO ウェブサイト “Law No. 2509-IV on combined thermal and electric energy production (co-generation) and utilization of the combined power potential.”, <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC054565>

(第 12 条)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 技術的条件が熱電併給所の接続に関する配電網または電気供給本所有者の技術設備の再構築または近代化を規定している場合、熱電併給所の所有者は、ウクライナ国家電力規制委員会に対し、加盟に関する技術要件の技術的妥当性、業務範囲に関する専門家の意見を求める。 ✓ 電気供給網の所有者は、接続契約の締結と熱電併給所の準備に関する技術委員会の行為の承認を条件として、規制で定められた手順に従って熱電併給所を試運転までにその電気供給網に接続する義務がある。 ✓ 烟電併給所を送電網に接続するための規則は、ウクライナ国家電力規制委員会によって確立されている。 ✓ 技術的条件が熱電併給所の接続に関する熱供給網または熱熱供給網所有者の技術機器の再構築または近代化を規定する場合、熱電併給所の所有者は中央政府の熱供給分野の執行機関に、接続のための技術要件、作業範囲の技術的妥当性に関する専門家の意見を申請する権利を有する。 ✓ 热供給網の所有者は、接続契約の締結と、熱電併給設備の準備に関する技術委員会の行為の承認を条件として、規制法によって定められた手順に従って試運転までに熱電併給所を熱供給網に接続する義務がある。 ✓ 烟電併給所を熱供給網に接続するための規則は、熱供給分野の中央執行機関によって確立される。
----------	---

出典: No. 2509-IV, 2005, "The law of Ukraine "On combined thermal and electric energy production (co-generation) and utilization of the combined power potential"を調査団にて整理

4.3 热電併給所の建設に係る法規制

4.3.1 環境法上の留意点

(1) 地方政府による許認可

ウクライナの地方における環境保護は、州政府、もしくは、Kyiv 市並びにセバストポリ特別市の環境天然資源局 (Departments of Environmental Protection and Natural Resources。以下、DPENR)がそれぞれ担っている。⁴⁷

これらの DPENR は、州政府、特別市政府下にあるが、中央組織は環境天然資源省 (Ministry of Environmental Protection and Natural Resources。以下、MEPNR)への説明責任がある。

なお、Naftogazなどの国営企業は2019年の省庁構造改革まではMENR (MEPNRの前身)の管理下にあったが、現在は ME の管理下にある。

(2) 環境法制度

以下の表 4-6 にウクライナの環境管理、環境保護及び安全に関する法を整理した。

表 4-6 ウクライナの主な環境管理制度

法令名	施行年	概要
環境保護法 (No.1264-XII, 1991 年 6 月 25 日)	1991 年 (最終改正: 2019 年 10 月 2 日)	環境保護に関する組織に係る、法的、経済的、社会的基本を示している。本法には、市民および組織の環境に関する権利と責任、環境モニタリング、環境保護に関する調査、標準化および制度化、経済的メカニズム、環境保護の

⁴⁷ ウクライナ国エネルギーセクター情報収集・確認調査 ファイナル・レポート 2016 年 JICA

		ための手法(EIA 要求事項の開発を含む)、保護区の制定、不遵守時の罰則が含まれる。
公衆衛生法 (No. 2573-IX, 2022年9月6日)	2022年	公衆衛生システムの機能に関する法的、組織的、経済的、社会的原則を定義し、公衆衛生と国民の衛生疫病の健康分野における公的関係を規制し、衛生疫病の健康に対するリスクをもたらす可能性のある経済活動分野における国家監督(管理)実施のための法的、組織的原則を確立するため基準を定めている。
大気質保護法 (No.2707-XII, 1992年10月16日)	1992年 (最終改正: 2014年4月26日)	環境大気の保護と利用における、法的・組織的基本および要求事項を規定している。
土地基準法 (No.2768-III, 2001年10月25日)	2001年 (最終改正: 2020年1月14日)	土地利用、土地の合理的利用と保護のための条件の制定、あらゆる形態の土地資産および経済活動、環境保護、市民や企業の土地権利保護における平等な開発を規定している。
地下資源法典 (No.132/94-VR, 1994年7月27日)	1994年 (最終改正: 2019年12月19日)	地下資源の合理的利用および保護に係る条件の法的基本を定めるとともに、市民の安全、資産、自然環境、市民・企業・組織の権利の保護を保障している。
水法典 (No.213/95-VR, 1995年6月6日)	1995年 (最終改正: 2019年10月29日)	水資源の合理的利用および保全、再生、汚染からの保護、水供給と衛生施設の改善、企業や組織、市民の水利用に係る権利の保護について規定している。
廃棄物管理法 (No. 2320-IX, 2022年6月20日)	2022年	廃棄物の減量、収集、運搬、保管、処理、埋め立ておよび環境と人体への悪影響の除去に係る法的、組織的および経済的活動について定めている。
森林法典 (No.3852-XII, 1994年1月21日)	1994年 (最終改正: 2019年12月5日)	森林の所有権および利用、森林保護、経済活動に伴う森林への負の影響の防止に関する、森林資源管理について定めている。
環境監査法 (No.1862-IV, 2004年6月24日)	2004年 (最終改正: 2012年11月18日)	環境監査の規約と条件について定めている。
極めて有害な施設に係る法 (No. 2245-III, 2001年1月18日)	2001年 (最終改正: 2021年7月15日)	極めて有害な施設の活動における、法的、経済的、社会的、組織的事項について規定している。また、こうした施設における緊急事態の対処法も含まれる。
プロジェクト設計の承認および評価に関する規則 (approved by the Regulation of the Cabinet of the Ministers of Ukraine No.560, 2011年9月11日)	2011年 (最終改正: 2015年9月9日)	本規則は、新規インフラ建設に係る設計書の承認について規定している。
国家建築基準「EIA の構成と内容」 (DBN A.2.2-1-2003 15.12.2003年12月15日)	2004年 (最終改正: 2022年9月1日)	EIA への要求事項と EIA の内容について規定している。
環境問題の意思決定プロセスに関わる情報アクセスおよび住民参加条約批准に係る法律 (No.832-XIV, 1999年7月6日)	1999年	1992年の地球サミットで採択されたリオ宣言第10原則は、環境問題を解決するためには、あらゆる市民の参加が必要であると謳っている。オーフス条約は、この理念を具体化し、①環境情報へのアクセス権、②環境に関する政策決定への参加権、③司法へのアクセス権という3つの権利を、NGOも含めすべての市民に保障(グリーンアクセスの保障)することにより、環境権を実効的に保障することを目的とする。オーフス条約の国内批准をしている。
動物相に係る法律 (No.2894-III, 2001年12月13日)	2001年 (最終改正: 2022年9月6日)	野生生物の保護、利用、生殖について規定している。

植物相に係る法律 (No.591-XIV, 1999年4月9日)	1999年 (最終改正: 2021年2月19日)	非農業植物の保護、利用、生殖について規定している。
-------------------------------------	-----------------------------	---------------------------

公衆衛生および伝染病からの保護に関する法 (No.4004-XII, 1994年2月24日)は廃止された。

廃棄物法 (No. 187/98-VR, 1998年3月5日)は廃止された。

出典: ウクライナ国エネルギーセクター情報収集・確認調査 ファイナル・レポート 2016年 JICA を 2024年1月時点の情報に基づきレビュー

出典: ウクライナ国エネルギーセクター情報収集・確認調査 ファイナル・レポート 2016年 JICA で整理されているウクライナの主な環境管理制度を 2024年1月時点の公開情報に基づいて調査団にてレビュー

(3) 環境保護法 (No.1264-XII, 1991年6月25日、最終改正: 2019年10月2日)

環境保護法第 51 条において、すべての事業活動におけるプロジェクトには環境影響評価の実施が求められており、これには人体の健康への影響アセスメントも含まれている。環境アセス面とは環境管理、プロジェクト実施他の環境状況、予測、当該地域の社会経済開発の見通し、累積的影響に係る法律の要求事項を満たさなければならない。本アセスメントに基づき環境への負の影響が予測される施設等の設計、建設、再建、技術再検討、試運転に関する企業や組織は、MEPNR に対し環境影響評価報告書 (Statement of Environmental Impacts of the Activity)を提出することが求められている。環境要求事項を完全に満たしていない企業や施設の運用開始は禁じられている。⁴⁸

(4) 大気質保護法 (No.2707-XII, 1992年10月16日、最終改正: 2022年6月9日)

大気質保護法第 23 条において、新規施設の設計、建設及び再建時における大気質保全の実施が求められている。大気環境に影響を及ぼす可能性のある活動の設計、建設及び再建に係るプロジェクトの承認は MCTID がその権限を持ち、承認の際には。MEPNR や公衆衛生・疫学サービスの助言を受けることになっている。⁴⁹

第 11 条では固定発生源の大気汚染物質排出について規定している。プロジェクトの実施者は、公衆衛生・疫学サービスおよび NEPNR との交渉を通じて、地方政府、Kyiv 市もしくはセバストポリ氏政府から排出許可を得なければならない。

(5) 水法典 (No.213/95-VR, 1995年6月6日、最終改正: 2019年10月29日)

水法典第 98 条において、水資源に対する環境評価を実施していないプロジェクトの実施を禁止している。第 35 条では、水利用、水質保全及び水資源の回復の分野における基準を、さらに第 36 条では、水利用、水質保全及び水資源の回復の分野における基準を規定している。⁵⁰

第 37 条では水質の環境基準、特に水質の物理的、生物学的、化学的、放射線インデックスについて規定している。水質のカテゴリは水質汚染のレベルに応じて決定される。第 38 条では、水源の水質の環境基準を徐々に達成する目的で汚染物質の最大許容排出基準が設定されている。第 39 条では、水資源および処理施設へ排出される汚染物質について、環境安全の評価のため、水資源への排出に係るセクター別技術基準が設定されている。第 40 条では、異なる経済セクターにおける合理的な水利用の評価と確保のために水利用の技術的な技術基準が定められている。第 41 条では、水利用の恐れ安全基準と最大許容排出基準が設定され

⁴⁸ ウクライナ国エネルギーセクター情報収集・確認調査 ファイナル・レポート 2016年 JICA

⁴⁹ ウクライナ国エネルギーセクター情報収集・確認調査 ファイナル・レポート 2016年 JICA

⁵⁰ ウクライナ国エネルギーセクター情報収集・確認調査 ファイナル・レポート 2016年 JICA

ていない物質を水資源に排出することを禁じている。第 49 条では、特別な水利用(水資源からの、施設への給水、他の水利用、水資源への排水の排出)に係る許認可について規定している。特別水利用許認可は、国家的に、重要な地域の水資源の利用については、地方政府、Kyiv 市もしくはセバストポリ市政府から発出され、当該地方に重要な地域での水利用の場合には、それぞれの地方議会から発出される。

4.3.2 環境基準

(1) 大気環境基準

一般的に火力発電は、GHG の排出、硫黄酸化物 (Sulphur Oxide。以下、SOx)、窒素酸化物 (Nitrogen Oxide。以下、NOx) や煤塵 (Particle Matter。以下、PM) 等の大気汚染物質の排出が伴うため、環境法に留意する必要がある。

ウクライナの熱電併給所は、その黎明期は石炭焚ボイラも見られたようであるが、環境意識の高まりを受けて、ガス焚ボイラへの転換がされている。そのため、運用段階において、SOx や PM は排出されない。また、石炭灰などの産業廃棄物問題もない。NOx については、空気中の窒素分が燃焼に伴って NOx に転換するために、ある程度発生する。

ウクライナの大気汚染物質の排出は、"order No. 541 of the Ministry of Environment Protection of Ukraine"で規定されている。表 4-7 に NOx の環境規制値を、表 4-8 に各社のガスタービンの NOx 排出濃度を整理した。本調査で検討しているガスタービンはいずれも、環境規制値を超えないと推定される。年平均の濃度は、定期点検のための停止を考慮すると制限値以内に収まると言える。

表 4-7 環境規制値 (NOx)

基準	種別	規制値
EU	New OCGT	Yearly average: 15-35 mg/Nm ³ Daily average: 25-50 mg/Nm ³
	New CCGT	Yearly average: 10-30 mg/Nm ³ Daily average: 15-40 mg/Nm ³

OCGT: Open-Cycle Gas Turbines

CCGT: Combined Cycle Gas Turbine

表 4-8 “秘匿情報を含むために非公開とした。”

4.3.3 EIA の手続き

(1) 環境影響評価

環境影響評価 (Environmental Impact Assessment。以下、EIA)について、以前は、独立した法を持たず、環境保護法 (Environmental Protection, 1991) の体系の中で、“設計と工事に係る環境影響評価の構成と内容”(DBN A. 2.2-1-2003)が発行されていた。現在も環境保護法が環境関連の基幹的な法であることは変わらないが、EU の EIA 手続きに適合するために 2017 年に、EIA 法 (No 2059-VIII, Law on EIA 2017) が制定され、現在は、EIA 法に基づいて実施されている。EU の環境影響評価は、EIA 指令 (2011/92/EU, 2014/52/EU によって修正) に基づくこと

が求められており、EU 内の主要な建築または開発プロジェクトは、まず環境への影響を評価する必要がある。主要な建築又は開発プロジェクトとは、原子力発電所やダムなどの 6 施設が例示され、そのほかのプロジェクトを EIA の対象にするかについては EU 各加盟国にゆだねている。⁵¹環境影響評価は、計画活動の実施の決定に先立って環境影響評価の対象となる計画活動の実施の意思決定プロセスにおいて義務付けられている。環境影響評価の過程においては、適時、適切かつ効果的な公開情報が提供されなければならないとされている。環境影響評価の過程における公開討論は、計画された活動に関する一般のコメントや提案を特定し、収集し、考慮することを目的として実施されるものとする。⁵²熱電併給所は、EIA の対象として特定されている。表 4-9 に EIA の概要を示す。

EIA 報告書の記載事項は、”環境影響評価(EIA)資料の構成と内容” (DBN A. 2.2-1-2021) に規定されている。これらの基準は、あらゆる目的の建物や構造物、およびその複合施設の新築、改築、オーバーホールの設計文書の一部として、環境影響評価 (EIA) セクションの構成と内容に関する要件を確立している。⁵³ EIA への記載事項を表 4-10 に示す。

EIA について、UNDP が 2017 年 12 月から 2020 年 12 月にかけて、UNDP が EIA 登録制度に関するプロジェクトの助力をしている。このプロジェクトの目的は、適切な EU 基準およびウクライナの状況に完全に適合した、十分に機能する統一国家環境影響評価登録簿を開発することである。登録 (registry) は、新規プロジェクトの環境影響評価 (EIA) 手続きの実施プロセスを簡素化し、潜在的なプロジェクトとそれに関連するリスクについての一般的な認識を高め、意思決定プロセスの透明性を確保する。⁵⁴

表 4-9 ウクライナにおける EIA の概要

項目	実施内容
実施手順 (第 2 条)	(a) 事業者による環境影響評価に関する報告書の作成。 (b) 公開討論の実施 (c) 環境影響評価報告書で提供された情報、事業者によって提供された追加情報、および国境を越えた影響を評価するための実施手順中の公開討論中に公聴会から受け取った情報、その他の情報の権限機関による分析。 (d) 分析結果を考慮して、環境影響評価に関する合理的な意見を管轄当局に提供。 (e) 計画された活動の実施に関する意思決定の過程における環境影響評価の結論の検討。
対象事業 (第 3 条)	✓ 石油精製所およびガス精製所(原油から潤滑油を専ら製造する企業を除く)、石炭または瀝青頁岩のガス化または液化のための設備。 ✓ 火力発電所(火力発電所、熱電併給所)および有機燃料を使用して熱容量 50 メガワット以上の電気、蒸気および熱水を生産するためのその他の施設、原子力発電所およびその他の原子炉の建設を含む、かかる発電所または原子炉の廃止措置(廃止措置)(核燃料および二次核燃料、核分裂性および再生可能物質の生産のための原料の生産および変換のための研究施設を除き、その容量が一定の 1 キロワットを超えないもの)。 ✓ 核燃料の製造または濃縮のための施設、使用済み核燃料および高レベル廃棄物の処理のための施設、放射性廃棄物の埋設、使用済み核燃料または放射性廃棄物の国外での保管(10 年以上)または処理のための施設。 ✓ 鉄および非鉄冶金(冶金、化学または電解プロセスを使用した、鉱石、濃縮鉱石または二次原料の使用)。

⁵¹ EC ウェブサイト “Environmental Impact Assessment”, https://environment.ec.europa.eu/law-and-governance/environmental-assessments/environmental-impact-assessment_en

⁵² FAO ウェブサイト “Law No. 2059-VIII “On environmental impact assessment”, <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC175043>

⁵³ ウクライナ政府ポータルサイト https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074091730048386648?doc_type=2

⁵⁴ UNDP ウェブサイト “Environmental Impact Assessment in Ukraine”, <https://www.undp.org/ukraine/projects/environmental-impact-assessment-ukraine>

	<ul style="list-style-type: none"> ✓アスベストの抽出、生産、加工のための施設、アスベスト含有製品：年間2万トン以上の生産能力を持つアスベストセメント製品、年間完成品50トン以上の摩擦材、その他の製品 – 年間200トン以上。 ✓化学生産(基礎化学品の生産を含む)、化学または生物学的プロセスを使用したケミカルバイオロジカル、バイオテクノロジー、医薬品生産、植物保護製品、植物成長調整剤、鉱物肥料、ポリマーおよびポリマー含有材料、ワニス、塗料、エラストマーの生産、過酸化物およびその他の化学物質。 ✓大規模な工事(第3条7項に詳細な工事種、規模が規定)。 ✓廃棄物管理(第3条8項に詳細な廃棄物管理分野、規模が規定)。 ✓年間取水量または年間補給水量が1,000万立方メートル以上の地下水取水または人工地下水涵養。 ✓パイプラインを通じた飲料水の輸送を除く、河川流量の流域間の再分配。 新規または追加の貯留水量が1,000万立方メートルを超えた場合に、水を✓貯留して永久に貯留するように設計されたダム、貯水池、その他の物体。 大陸棚での石油と天然ガスの採掘。 ✓直径800ミリメートル以上、長さ40キロメートル以上のガス、石油、化学物質を輸送するパイプライン。 ✓セルロースの生産と加工、乾燥状態で1日あたり200トンを超える生産能力を持つあらゆる原材料からの紙とボール紙の生産。 ✓25ヘクタールを超える面積での採石場および露天掘り、それらの加工または現地選鉱、または150ヘクタールを超える面積での泥炭採掘。 ✓20万トン以上の石油、石油化学製品または化学製品の貯蔵能力。 ✓この法規で指定された発生源から二酸化炭素を回収するための施設、または年間容量1.5メガトン以上の二酸化炭素の地中貯留施設。 ✓人口15万人相当を超える処理能力を持つ下水処理施設。 ✓ブロイラー(85,000箇所以上)を含む家禽(60,000箇所以上)、豚(30kg以上の豚の場合は3,000箇所、雌豚の場合は900箇所)の集中飼育能力。 ✓電圧220キロボルト以上であって、長さ15キロメートルを超える架空送電線の建設。 ✓1ヘクタールを超える面積における主な用途のためのすべての継続的かつ段階的な伐採と継続的な衛生伐採。自然保護基金の領域および対象物におけるすべての継続的な衛生伐採。 ✓計画された活動の実施またはその実施条件の延長に関する決定によって確立(承認)された、計画された活動の実施条件の改訂または更新を含む拡張および変更、再建、技術的再装備、主要な活動ウクライナ閣僚内閣が承認した基準に従って環境に重大な影響を及ぼさないものを除き、本章の第1項から第21項に指定された活動および物品の修理、再利用。
--	---

下線は調査団が付した。

出典: No 2059-VIII, "Law on EIA 2017"を調査団にて整理

表 4-10 EIA の記載事項 (DBN A. 2.2-1-2021)

項目	概要
EIA の記載事項 (5.1 項)	<p>EIA セクションには次のサブセクションが含まれている必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓EIA を実施する根拠。(5.2 項に詳細が規定) ✓実行された環境影響評価手順に関する情報(環境影響評価の対象となる活動および対象物)。(5.3 項に詳細が規定) ✓設計対象物の建設の地区および敷地(ルート)の物理的および地理的特徴。(5.4 項に詳細が規定) ✓設計オブジェクトの一般的な特性。(5.5 項に詳細が規定) ✓計画された活動が自然環境に及ぼす影響の評価。(5.6 項に詳細が規定) ✓計画された活動が周囲の社会環境に及ぼす影響の評価。(5.7 項に詳細が規定) ✓人工環境に対する計画された活動の影響の評価。(5.8 項に詳細が規定) ✓環境の規範的な状態とその安全性を確保するための包括的な対策。(5.9 項に詳細が規定) ✓建設中の環境への影響の評価。(5.10 項に詳細が規定) ✓生態学的影響に関する結論。(5.11 項に詳細が規定)

使用するべき様式	DBN A. 2.2-1-2021 の付録 A (ДОДАТОК А) に規定されている。
その他の参考文献	DBN A. 2.2-1-2021 の付録 G (ДОДАТОК Г) “ウクライナの法律および規約、環境保護に関してウクライナが批准した国際条約および協定” に規定されている。

出典: DBN A. 2.2-1-2021 に基づき調査団が整理

(2) 環境法制の下で必要とされる文書類

環境法制下求められるプロジェクト遂行に必要な許認可、文書を表 4-11 に整理した。

ガススタービンのプロジェクトには直接関係がないために表中には含めていないが、バイオマス等燃焼に伴う廃棄物が発生する場合には廃棄物関係の処理の許認可が、熱ネットワークの配管工事などの掘削を必要とする場合には掘削の許認可が必要になる。

このほか、新プロジェクトを実施する場合には DBN A. 2.2-3-2022 “入植地の歴史的および建築的基本計画の構成と内容”に準拠した処理が必要になる。これらの規範は、あらゆる目的の建物や構造物、その複合体や部分の新築、改築、オーバーホールに関するプロジェクト文書の構成と内容を確立する。⁵⁵

表 4-11 環境法制下で求められるプロジェクト遂行に必要な許認可、文書

No.	ライセンスや文書
1	✓工事の施工に関して Derzhbudinspektii (国家建築検査)からライセンスの取得。
2	✓プロジェクトの EIA (環境影響評価)セクションの開発。
3	✓EIA の対象となるプロジェクト文書に関する専門家の所見の取得。
4	✓大気汚染物質排出量の目録に関する報告書の作成。
5	✓固定発生源による大気汚染物質の排出に関する許可を得るために、排出量を基礎づけた文書の作成。
6	✓熱エネルギーの生産と供給のライセンスの調整。

No. は便宜上付したもので、取得や処理の順番や優先順位を示したものではない。

出典: UKRAINE DISTRICT HEATING ENERGY EFFICIENCY PROJECT Environmental and Social Management Plan (ESMP) に基づき調査団が整理。⁵⁶

4.3.4 安全に係る法制

労働安全衛生に関する基本的なウクライナの法的文書は”労働保護に関する法律”であり、労働活動の過程において生命と健康を保護するという労働者の憲法上の権利の行使と、適切で安全で健康的な労働条件の確保に関する基本規定を定めている。これは、それぞれの公的機関の関与を得て、労働安全衛生および労働環境の観点から雇用主と労働者の関係を規制し、ウクライナにおける労働安全衛生の組織化のための統一手順を確立している。その他の規制法行為は、ウクライナ憲法およびその他の法律だけでなく、第一審では当該法律にも準拠する必要がある。⁵⁷

⁵⁵ ウクライナ国政府ポータルサイト https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3192355188719486804?doc_type=2

⁵⁶ UKRAINE DISTRICT HEATING ENERGY EFFICIENCY PROJECT Environmental and Social Management Plan (ESMP) <https://documents1.worldbank.org/curated/ar/233031533628694319/pdf/P132741-ESMP-Kamyanets-Podolsky-Disclosure-Version-English.pdf>

⁵⁷ EU-ILO Project Enhancing the Labour Administration Capacity to Improve Working Conditions and Tackle Undeclared Work “National Occupational Safety and Health Profile Ukraine 2018” https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-budapest/documents/meetingdocument/wcms_627038.pdf

ウクライナの労働法は、1971年12月にウクライナソビエト社会主義共和国の法律によって承認され、1972年6月に発効した。労働安全衛生規定は、雇用協定、労働時間、休憩期間、女性労働、若者の労働、労働組合、労働者の労働参加、企業・機関・団体の管理、労働法令遵守の監督・管理が規定されている。

第5章 本邦技術を活用した協力対象事業候補検討

5.1 本邦技術を活用した協力対象事業

5.1.1 本邦インフラ・システム海外展開 2025

(1) 策定の経緯、概要

本邦政府は、インフラシステム輸出による経済成長の実現のため、2013年に「インフラシステム輸出戦略」(以下、旧インフラ戦略)を策定して以降、毎年改訂を重ねながら、各種政策を推進してきた。海外インフラ案件の受注実績は2010年では10兆円であったところ、2018年には約25兆円、2019年には約27兆円となっており、2020年には、世界的な新型コロナウイルス感染拡大の影響もあり24兆円となったものの一定の成果がある。今後とも、本邦のインフラシステム輸出により、中長期的には、生産性向上、技術革新等が進み、我が国の産業が発展することが期待される。

一方、近年のコロナ禍に端を発する医療体制の強化への要望、デジタル化への対応の必要性、気候変動対策の国際約束の履行など、インフラニーズの方向性に変化がみられている。また、従来の競合国に加え、新興国がインフラシステム市場に参入してきており、本邦の競争力の維持並びに強化の必要性が認識されている。

こうした課題を踏まえ、2021年以降のインフラ海外展開の方向性を示すために、旧インフラ戦略を見直し、新戦略としてインフラシステム海外展開戦略2025(以下、新インフラ戦略)が策定された。

(2) 新インフラ戦略の目的

新インフラ戦略を通して本邦政府が達成するべきとされている3つの目的を表5-1に整理した。政府が推進する施策に沿った活動には、政府からの側面支援が期待できる。

表5-1 新インフラ戦略を通して本邦政府が達成するべき目的

目標	政府が推進する施策と取組
カーボンニュートラル、デジタル変革への対応等を通じた、産業競争力の向上による経済成長の実現	<p>(施策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 我が国企業におけるイノベーションの推進等、競争力向上に向けた取組を推進。特に、グリーンイノベーションを推進 ✓ 新戦略に基づき、我が国企業の海外展開を強力に促進 ✓ 現地企業やパートナー国企業との協業など、我が国企業によるインフラビジネスのグローバル化や現地への浸透化を推進 ✓ 我が国企業のサイバーフィジカル企業への転換を推進(取組) 海外におけるサプライチェーン等リスクへの対応力強化
展開国の社会課題解決・SDGs達成への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 展開先のニーズや資力に合致したプロジェクトを現地パートナーと協創するとともに、現地の人材育成等も含めたインフラ開発に継続的に関与し、得られるベネフィットを現地と共有する事業モデルを推進
質の高いインフラの海外展開の推進を通じた、「自由で	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 形成してきた相手国との信頼関係や人材ネットワーク等の強みを活かし、展開地域と共に考え、発展し、繁栄するモデルを推進

開かれたインド太平洋」の実現等の外交課題への対応	✓ ロシアによる侵略の影響を受けるウクライナやルーマニア・ハンガリー・ポーランド等の周辺国における日本企業等への支援を推進する。また、高効率エネルギー・システム導入等を F/S で支援する
--------------------------	--

出典: “インフラシステム海外展開戦略 2025”に基づき調査団にて作成

特にカーボンニュートラルへの貢献においては、日本国内だけでなく海外とも連携した以下の通りの強靭な戦略が示されている。

a) 脱炭素化社会に向けたトランジションの加速

「2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」との方針の下、再生可能エネルギー・原子力等の既存技術を最大限活用するとともに、水素やアンモニア、二酸化炭素回収・貯留 (Carbon dioxide Capture and Storage。以下、CCS) 等の新たな技術の実現・普及にも産官学を挙げて取り組む。また、こうした排出削減技術の開発・実証にあたって、国内のみならず海外とも連携していく。特に、アジア各国においても脱炭素に向けた機運が高まる中、世界、特にアジアの現実的な脱炭素化に貢献し、技術標準や国際的なインフラ整備をアジア各国と共に主導する「アジア・ゼロエミッション共同体構想」の実現を目指す。

b) 日本の優れた脱炭素技術等の海外展開支援

地熱、洋上風力等の大規模案件から分散型電源等の小規模案件まで含めた再エネ発電分野での包括的な対応力強化、再エネ協力に加えて質の高い O&M の普及、EPC、Gas to Power 等の化石燃料発電を通じた各国の SDGs 達成のサポート強化、送配電、水素、CCUS／カーボンリサイクル、原子力等の新たなソリューション型ビジネス・革新的技術の育成強化などについて、F/S や実証事業など初期段階からの支援を図る。

水素・蓄電池・カーボンリサイクル・洋上風力等のカーボンニュートラル実現に向けた技術の開発・実証を拡充するとともに、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) によるリスクマネー供給などを通じて水素等の脱炭素燃料の製造・貯蔵等や CCS 事業とそのための地層探査等の支援を行い、日本固有のエネルギー・発電事情の経験を活かし、相手国の事情に応じた多様な選択肢の提供も強みとする官民一体となったパッケージ型提案力の強化を行う。

c) 各種支援策の統合的活用

再生可能エネルギーのコスト低下にけん引されたエネルギー転換など、エネルギー情勢が急速かつ大きく変化している中で、安価かつ安定的に調達できるエネルギー源が石炭に限られる国もあり、途上国などでは石炭火力を選択してきたという現実がある。当該諸国の国民生活向上や経済発展にとって不可欠な電力アクセス向上・電力不足解消の選択肢を狭めることなく、世界全体の脱炭素化に向け現実的かつ着実な道を辿ろうとするのであれば、むしろ、こうした国々のエネルギー政策や気候変動政策に深くエンゲージし、長期的な視点を持ちつつ実現可能なプランを提案しながら、相手国の行動変容やコミットメントを促すことが不可欠であると考えられる。このため、我が国は、関係省庁連携の下、相手国の発展段階に応じたエンゲージメントを強化していくことで、世界の実効的な脱炭素化に責任をもって取り組む。具体的には、世界の脱炭素化をリードしていくため、相手国のニーズを深く理解した上で、風力、太陽光、地熱等の再生可能エネルギー・水素、エネルギー・マネジメント技術、CCUS／カーボン

リサイクル等も含めた CO₂ 排出削減に資するあらゆる選択肢の提案やパリ協定の目標達成に向けた長期戦略など脱炭素化に向けた政策の策定支援を行う、「脱炭素移行政策誘導型インフラ輸出支援」を推進していくことを基本方針とする。

開発途上国の現実的なエネルギー・トランジションに向けて、政策・制度の整備や実施能力向上への協力を資金協力や技術協力を通して行う。具体的には、国家の気候変動計画 (NDC 等)策定・推進、脱炭素化に向けたロードマップ策定等を通じたトランジション推進のための支援、GHG インベントリ等情報整備支援、緑の気候基金 (GCF)等国際機関を活用した支援、人材育成・知見共有等に取り組む。

5.1.2 導入可能な本邦インフラ技術

(1) ガスタービン (GT)

ガスタービンは技術確立しており、世界のガスタービン市場は、2022 年に 260.70 億 USD の市場価値から 2030 年末までに 760.05 億 USD に達すると予測されている。その中で、米国のマッコイ・パワー・レポート (McCoy Power Report)によると 2022 年にガスタービンの世界シェア (出力ベース)において、三菱重工が世界シェア 1 位になるなど、本邦が技術的優位性を保っている分野として期待されている。⁵⁸

単機容量 100 MW 程度まではパッケージ化されており現地での組立はほとんど不要である。それより大型になると、ローターとケーシングを現地で組立てる方式が主流である。

また、気象の変動に拠らない安定した出力を期待できる電源のうち、石炭火力に比べて発電量当たりの二酸化炭素排出量が少なく、さらに、後述した通り水素混焼などの脱炭素化にさらに配慮した改造の余地もある。

ガスタービン単体 (シンプルサイクル、またはオープンサイクル)では発電効率は最大でも 44%程度であるが、排熱回収をすることで 85%以上の熱効率を達成することも可能である。

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

⁵⁸ 三菱重工ウェブサイト <https://www.mhi.com/jp/news/230309.html>

5.2 対象既設熱電併給設備

5.2.1 調査概要（方法）

調査に先立って、まずウクライナにおける主要熱電供給設備設置者の確認を行った。ウクライナにおける熱電併給設備は基本的に各地方自治体の管轄下にあったが、近年組織の再編等が行われているため、ウクライナにおけるエネルギーセクターの情報収集、確認作業を各種ウェブ情報を介して行った。本確認作業の結果、今回の調査対象企業（民間、公営）として以下の3企業をリストアップし、それぞれの企業に本調査の目的及び概要を説明し、本調査への協力確認を行った。運営中の CHP を以下の表 5-2 に再掲する。

Naftogaz Teplo	: 国営石油・ガス供給会社 Naftogaz 傘下の企業
Kharkivski Teplovi Merezhi	: Kharkiv 市が参加している企業
Kyiv Teplo Energo	: Kyiv 市傘下の企業

表 5-2
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

上記3社のうち2社 (Naftogaz Teplo、Kharkivski Teplovi Merezhi)からは、本調査への積極的な協力を表明するレターを受領したものの、Kyiv Teplo Energoからは、ロシアの侵攻による設備の破壊が著しく、電力や熱供給が切迫している事から、当面はこれら既設設備の復旧を優先したいとの連絡を受けた。これを受け、Kyiv Teplo Energo の設備は今回の調査対象外とした。

現在、ウクライナはロシアによる侵攻下にあるため、現地調査のみならず、対面による打合せが不可能であったため、基本的に、調査は住友商事(株)Kyiv オフィスによるサポートの元、書面（メール）及びウェブミーティングをベースに行う事とし、以下の手順で実施した。

- ウェブサイトからの情報収集
- 上記情報を反映した質問票の作成、送付
- 質問票回答の確認、評価
- ウェブミーティングによる不明点の確認、ウクライナ側の要望確認、その他の確認

(1) 調査対象設備

図 5-1 に調査対象設備の位置を示す。

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-1

5.3 対象既設熱電併給設備更新検討

5.3.1 既設熱電併給設備

(1) 調査の概要

前項に記載したように、質問票及びウェブミーティングにて各設備の詳細情報入手や現状確認に努めたが、未だにロシア侵攻下にあることから、設備の場所や詳細な被災状況などの一部情報が入手困難または不可であった事に留意が必要である。

ユニット番号が連続していない箇所や、蒸気タービンと蒸気ボイラのユニット番号が一致していない個所がある。建設はユニット番号順に建設されたが、その後の老朽化などにより撤去されており、また、蒸気ボイラからの蒸気は蒸気だまりを通して任意のタービンへ送気できる構成になっているからである。

5.3.2 Naftogaz Teplo 傘下の CHP

(1) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-2

表 5-3
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-3

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-4

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-5

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-6

(2) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-7

表 5-4
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-8

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-9

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-10

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-11

(3) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-12

表 5-5
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-13

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-14

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-15

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-16

(4) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-17

表 5-6
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-18

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-19

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-20

(5) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-21

表 5-7
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-22

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-23

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-24

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-25

(6) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-26

表 5-8
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-27

(7) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-28

表 5-9
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-29

(8) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

5.3.3 Kharkivski Teplovi Merezhi の傘下の CHP

(1) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-30

表 5-10
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-31

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-32

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-33

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-34

(2) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-35

表 5-11
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”
図 5-36

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-37

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-38

5.3.4 Kyiv Teplo Energo 傘下の CHP

(1) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-39

表 5-12
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-40

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-41

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-42

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-43

(2) “秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-44

表 5-13
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-45

5.3.5 热電併給設備更新検討

5.2節に記載したように、ウクライナにおける热電併給設備は、运用されている设备の多くが耐用年数を過ぎて老朽化している。加えてロシア侵攻の被害により、电力と热を安定して供給する事ができない(供給量不足、信頼性の低下)出来ておらず、非効率的な运用となっている。

热電併給設備は地域に安定的な电力と热を供給する必要があるため、设备の更新においては、安定的な运用が可能であり、かつ効率が良く环境負荷も小さい设备とする必要がある。このような条件を考慮すると、既設燃料设备(天然ガス)を流用でき、機動性に優れ、効率が良い中小型ガスタービンを複数台设置する事が推奨される。ガスタービンの導入は既設ボイラを更新する必要がないというメリットもある。また、ガスタービンは後述するコンバインドサイクルまたはコジェネレーションシステムにする事により、设备の効率をさらに向上させる事ができる。このような设备にする事により、电力及び供給熱量の需要変化に柔軟に対応する事可能でかつ効率の高い设备运用が可能となる。

本報告書においては、それぞれの热電併給设备の运用状況を鑑みて、更新设备を推奨するものとするが、热電併給设备一式を更新する事はコストの問題だけでなく、建設期間も長期に亘るため、まずは、ガスタービンシステム一式程度を既設機と併設して设置する事により、安定して供給できる电気、热供給量の增加、回復をさせる事とし、将来的には順次新設機に更新していくものとする。

(1) ガスタービン设备の種類・型式

ガスタービンの種類を表5-14に示す。⁵⁹

構造による分類では、航空転用型と重構造(ヘビーデューティ)型に分類される。航空転用型は航空機用エンジンとして利用されていた圧縮機、燃焼器及びガスタービン等を産業用に転用したガスタービンである。重構造型は長期連続運転を行うことを前提とし、陸船用に設計されたガスタービンである。

表5-14 ガスタービンの種類

	航空転用型	重構造型
発電出力	小 約1～約100MW	小～大 約40～約500MW
効率	高い	普通
起動時間	極めて短い (ガスタービンの起動から定格負荷まで15分以内が可能)	短い
運転モード	ピークロード向き	ベースロード向き
定期保守インターバル	短い	長い
納入・据付期間	短い	普通

出典：調査団にて作成

ガスタービン排熱の利用方法を表5-15に示す。

ガスタービンからの排熱の有効利用を目的として、ガスタービン排熱を利用して生成された蒸気により蒸気タービンで発電するコンバインドサイクル、ガスタービン排熱を熱源として蒸気または温水を生成するコジェネレーションシステムが考えられる。

本調査において対象としている設備は熱電併給所であり、発電と共に熱(温水)供給も重要な役割であることから、設備効率も高いコジェネレーションシステムの適用を基本とする。

表 5-15 ガスタービン排熱の利用方法

	コンバインドサイクル	コジェネレーションシステム
主目的	発電	発電 + 蒸気又は温水生成
設備	ガスタービン 排熱回収ボイラ (HRSG) 蒸気復水タービン	ガスタービン 排熱回収装置 (WHRU) 熱交換器
発電容量	大	小
供給可能熱量	小	大
設備総合効率	高い	極めて高い
設備コスト	高い	普通

出典: 調査団にて作成

上記ガスタービン及びコジェネレーションシステムの特徴を踏まえ、今回推奨するシステムの基本仕様を表 5-16 に、基本構成図(1系列分)を図 5-46 に、電気系統の基本構成図を図 5-47 に示す。

各熱電併給所の条件(電力、熱供給需要、更新設備要望など)から、この基本仕様をベースとした最適なシステムを推奨する。

表 5-16
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

(2) ヒアリングから見えてきた CHP におけるニーズ

Naftogaz Teplo 並びに Kharkivski Teplovi Merezhi からヒアリング、意向確認し、ニーズを明確にした。

CHP での近代化のニーズの整理を表 5-17 に示す。ピーク電力用に 15 分以内で起動可能なガスタービンの要望が高いことが分かった。Kharkivski Teplovi Merezhi は冬季の熱供給能力は十分であるが、Naftogaz Teplo では熱供給のニーズも高く冬季に定常的に運転するコジェネレーションシステムが必要なことが分かった。

表 5-17 CHP での近代化のニーズの整理

項目	Naftogaz Teplo (NGT)	Kharkivski Teplovi Merezhi (KTM)
熱の用途	✓ 暖房(冬季のみ。標準 11 月 1 日～4 月 30 日)	✓ 暖房(冬季のみ。標準 10 月 15 日～4 月 15 日) ✓ 給湯(厨房や風呂など。通年)
電力の用途	✓ 系統に売電 (電力は自由化が進んでおり、定常発電の電力価格は安いが、ピーク対応電力価格は高い)	✓ 同左
ニーズ	✓ ピーク電力。起動時間が短い(15 分以内)発電設備が望ましい。 ✓ 冬季の熱は不足しており、熱需要もある。	✓ ピーク電力。起動時間が短い(15 分以内)発電設備が望ましい。

		(NGT と違い、冬季の热供給量は十分とのこと。)
ニーズに基づく導入設備の構成思想	✓冬季は热需要、電力需要対応のため、常時運用し、需要がない夏季には停止するコジェネレーションシステムと夏季のピーク電力対応のためのガスタービンシステム(ハイブリッド)	✓ピーク電力需要に対応でき、熱供給も可能なコジェネレーションシステム。
導入設備の想定される基本運用	✓冬季は連続運転、熱と電気を供給する。 ✓夏季は基本的にはスタンバイ。ピーク電力需要時にはガスタービン単体を即起動して発電。	✓冬季は連続運転、熱と電気を供給する。 ✓夏季も連続運転を基本とするが、熱需要が少ない時には排熱回収装置(WHRU)のバイパス運転(熱供給停止)を実施

出典: 調査団にて作成

(3) 既設との取合いについて

既設との取合いの方針を表 5-18 に示す。

天然ガスや電力系統と接続するために、CHP サイトまで長距離の天然ガスピイプラインや送電線を敷設する必要はなく、構内の適切な地点で取合うことが可能である。

電力系統との接続については、スイッチャードで取合うことも可能であるが、より安価で工期への影響が少ないガスタービンの発電機の出力電圧に適した構内の電気設備に接続するのが適切である。具体的な接続点については、サイトと詳細を決める必要がある。

表 5-18 既設との取合いの検討

項目	現状	取合いの方針
天然ガス (燃料)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 各 CHP サイトにはガス焚ボイラが既設で設置されている。 ✓ そのため、各 CHP サイトにはガスタービンの燃料となる天然ガスが構内にまで敷設されており、長距離の天然ガスパイプラインを新たに CHP サイトまで敷設する必要はない。 ✓ ただし、ガスタービンには高圧の天然ガスが必要とされるが、既設の構内のガス圧は高くない。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 構内に敷設された天然ガスの管から分岐して取合う。 ✓ ガスタービンの要求圧に適合させるためにガスコンプレッサーを設置する。 ✓ ガスネットワークの運用に影響を与えるために、ガス供給者と消費量や消費時期の調整が必要。
温水 (温水供給ネットワーク)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 各 CHP サイトでは、蒸気の熱を温水供給ネットワーク水に交換する熱交換器が設置されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 既設熱交換器にバイパスラインを設け、新設するガスタービン排気用 WHRU の热水から温水供給ネットワーク水を温める熱交換器を設置する。 ✓
電気 (電力系統)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 各 CHP サイトでは、発電設備が設置されている。(ただし、Kharkivski CHP-4 を除く。) ✓ そのため、各 CHP サイトスイッチヤード (Switch yard。開閉所)が既設で設置されている。長距離の送電線の新たに CHP サイトまで敷設する必要はない。 ✓ 各 CHP サイトでは、複数の発電機が設置されていたが、老朽化した発電機が撤去されている。(運転停止したのみで残置されている恐れはある。) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 構内に敷設された電力設備に接続する。 ✓ 取合い点は、スイッチヤードでも可能であるが、昇圧変圧器 (Step up transformer)や特別高圧用の開閉装置 (Switchgear)などが必要となるためにより高価になり、かつ、機器の製作工期などが全体の工期に影響を与える恐れもある。 ✓ ガスタービンの発電機の出力電圧に適した構内の電気設備に接続する。 ✓ 老朽化した発電機が撤去された空きスポットなどがある模様で、CHP サイト側も異議はない。

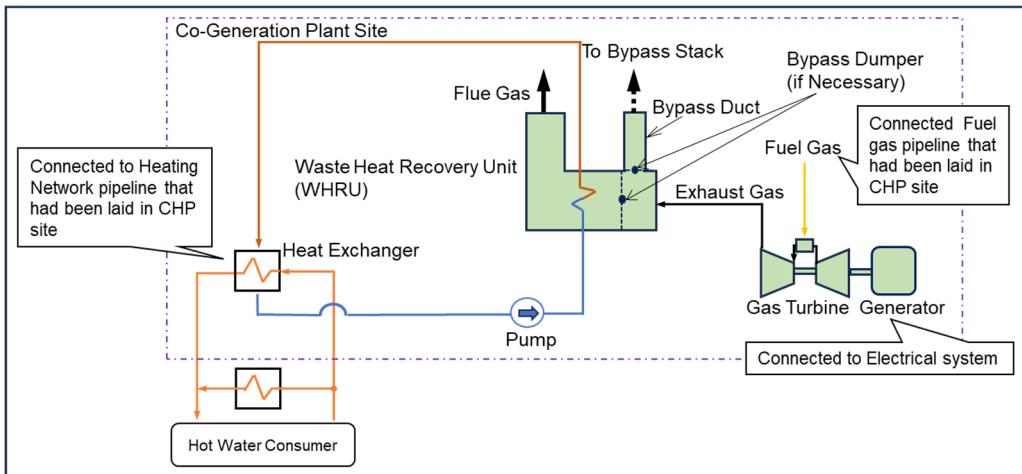
出典: 調査団にて作成

(4) 推奨するシステムの基本構成

推奨するシステムの基本構成図を図 5-46 に示す。

ガスタービンと発電機はパッケージで構成されており、ほぼ一体として扱える。ガスタービンの排ガスは、ダクトを通じて排熱回収装置 (Waste Heat Recovery Unit : WHRU) に導かれる。WHRU で排ガスの熱を回収し温水に伝える。WHRU で加熱された温水は、熱交換器により温水ネットワークに熱を伝える。WHRU からの排ガスは煙突 (Stack) へ導かれて大気に排出される。

熱供給を必要としない時期 (夏季)に発電する場合には、WHRU をバイパスするバイパスダクト (Bypass Duct)が必要である。もし、排熱回収をしないときに WHRU へ排気を導入すると、WHRU で熱の行き先がなくなり、WHRU が損傷する恐れがある。そのため、熱供給が不要で、電力供給だけを目的としてガスタービンを運用するためには、WHRU の手前にダンパーを設け、ガスタービン排気をバイパススタックへバイパスするためのバイパスダクト (バイパスダンパー) が必要になる。



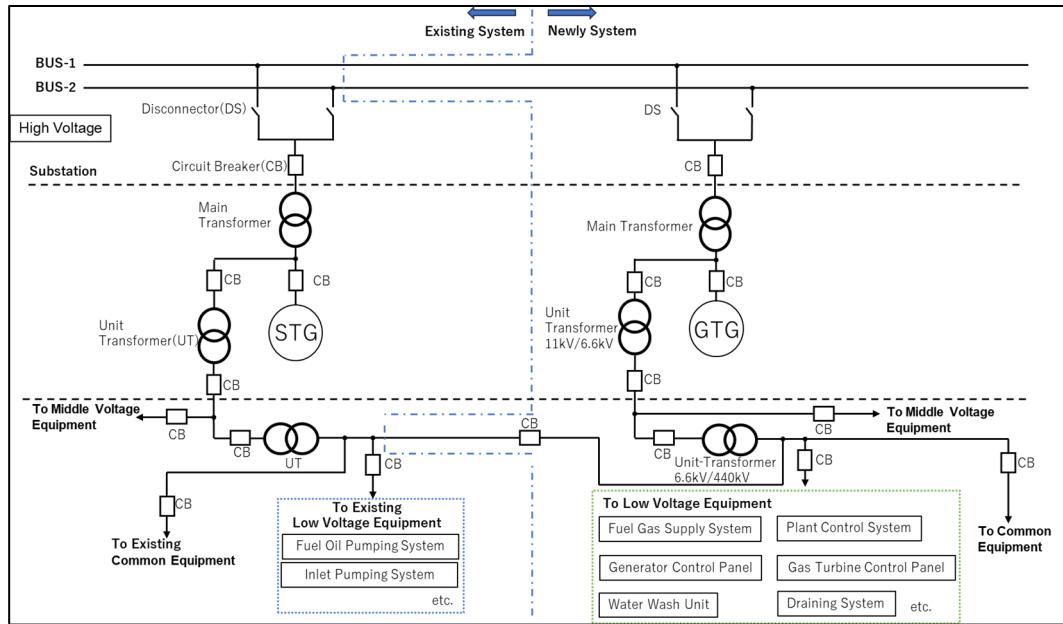
出典: 調査団にて作成

図 5-46 推奨するシステムの基本構成図

(5) 推奨する電気系統システムの基本構成

推奨する電気系統システムの基本構成図を以下の図 5-47 に示す。

新設されたガスタービンで発電した電力は、主に供給用の系統と所内系統の 2 系統に接続される。所内用の電力は、基本構成図内の所内変圧器(図内の”Unit Transformer”)で変圧された後、CHP の運転および附属設備(燃料供給設備、プラント制御システム等)に使用される。プロジェクト初期は、費用とスケジュールを鑑みて緊急時に使用される車載式移動用変圧器を導入・運転していく。また、コスト削減のため、熱電併給事業者からは変圧器などを省いて直接既設の系統に接続して欲しい旨の要望が挙る可能性がある。その際には、変圧器を取り除き既設の系統に直接接続できる様に、導入する発電機の出力を別途調整する必要がある。



既設の電気回路は典型例として記載したものであり、実際の回路とは相違する恐れがある。

出典: 調査団にて作成

図 5-47 推奨する電気系統システムの基本構成図

(6) Naftogaz Teplo 運営熱電併給所近代化検討

5.3.1 項で述べているように Naftogaz Teplo 運営の熱電供給所の設備は、いずれも古く老朽化が進んでいる事から、全ての設備を適切な熱電供給量を有する設備に更新する事を視野に入れた計画とするが、提案するシステム 1 セットでは必要とされる熱電供給量をまかなうことができないため、初期は費用とスケジュールの兼ね合いを考慮し、最小限のシステムを導入し、不足分を既設機器との併用運転とする。但し最終的には全ての設備を更新する。また、Naftogaz Teplo から提示された要望も踏まえるものとする。これらの仕様(条件)を纏めると以下のようなになる。

- 設備は、ベースロード発電運用を基本とし、ベースロード運用時に必要な量の熱供給が可能な設備とする。
- ベースロード運用を目的としたガスタービンは、定期保守インターバルが長い重構造型とする。
- 5.3.1 項で調査した月別平均発電量最大値と月別熱供給量最大値と同程度の発電量、熱供給量を貯えた設備とする。
- 夏場等の熱需要のない時期は上記のベースロード用機器を停止するものとする。但し、この時期のピーク電力需要への対応が要求される場合には、ピーク電力対応として起動時間の早い航空転用型ガスタービンを別途計画するものとする。

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

表 5-19
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

(7) Kharkivski Teplovi Merezhi 運営熱電併給所近代化検討

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

表 5-20
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

(8) Kyiv Teplo Energo 運営熱電併給所近代化の考察

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

目標とするべき電力容量並びに熱供給容量は、Kyiv Teplo Energo から示されていないので、本調査ではガスタービン並びに排熱回収ボイラの台数については示さない。

5.3.6 近代化後の運用保守

(1) 近代化において導入する主要な機器

本事業で提案するシステムを長期的に安全に運用するためには、定期的な点検、保守が必要になる。

近代化で導入する主要な機器の種類を表 5-21 に整理した。

ガスタービン、発電機、ガスコンプレッサーは共通であるが、WHRU、主変圧器、スイッチャードは施設により導入される可能性がある。特にシステムの予定外停止を防止し、安全に運用するためには、主機であるガスタービン並びに発電機の保守が重要になってくる。ガスタービンの保守は、運転時間に応じたメーカーが推奨する定期点検を確実に実施することが望まれる。ガスタービン以外の発電機、ボイラ、補機については、ガスタービンの定期点検を実施する際に同時に実施する計画になる。

表 5-21 近代化で導入する主要な機器の種類

機器	製造国	ガスタービン シンプルサイクル	ガスタービン +WHRU
ガスタービン	日本	✓	✓
発電機	NA	✓	✓
WHRU	NA	-	✓
ガスコンプレッサー	NA	✓	✓
主変圧器	NA	✓*1	✓*1
開閉設備(スイッチャード)	NA	✓*1	✓*1

*1: 主変圧器と開閉装置は、既設の所内回路に接続口があれば省略が可能であるが、本票では設置を前提として記載
出典: 調査団にて作成

(2) 全体的な監視システム重要性

ガスタービンを含めたシステムの各機器は、監視システムによって、状態を監視し、運転状態のトレンドデータを分析することで異常の発見を行い適切に対処することで、機器の故障、停止を事前に防止するシステムが開発中もしくは実用化されているため、このようなシステムを導入することが望まれる。

特に、ガスタービンの遠隔監視として、ガスタービンの運転状態を実時間で監視し、異常の早期発見、運転の助言、万が一故障した際の適切な対処方法の助言などのサービスが提供されている。メーカーの遠隔監視により、稼働率の向上、性能が維持されるとともに、保守費用、時間の節約となっている。一方、こうした遠隔監視は、発電所の運転状態を顧客の好むと好まざるとに関わらずに発電所外に発信するために、旧ソ連諸国では抵抗感を示す場合もある。そのため、遠隔監視の有用性と、そのためにインターネット環境を準備することについて、前広に合意形成が望ましい。

(3) ガスタービンの保守

ガスタービンは、高温にさらされて稼働するため、定期的に行う点検修理が欠かせない。

ガスタービンの定期点検は各社各機種に差異があるが、今回候補に挙げている航空転用型のガスタービンでは概ね 6 年毎にメジャー・オーバーホールを実施することがメーカ

一より推奨されている（点検時以外運転していると想定した場合、1年間を約8,400時間想定）。また、メジャーオーバホールの半分である3年毎に高温になる箇所の点検交換が推奨されている。他方、重構造型のガスタービンでは、概ね8年毎にメジャーオーバホールを実施することがメーカーより推奨されている（点検時以外運転していると想定した場合、1年間を約8,000時間想定）。また、メジャーオーバホールの半分である4年毎に高温になる箇所の点検交換が推奨されている。通常、これらの点検、交換の保守作業には、メーカー技術者が技術指導をして、作業が適切に実施されることを支援している。このようにガスタービンの保守では、定期点検、交換とそのための分解等が必要で、かつ専門的な知識が必要になるためメーカーと長期保守契約（Long Term Services Agreement。以下、LTSA）を締結することが一般的になっている。

LTSAのメニューおよびその詳細については、各社に差異があるが、前述のガスタービンの遠隔監視、高温部品の修理や取替えも含まれていることが多い。その契約条件はユーザとの協議である程度個別に決めることが可能である。

例えば保有するユニット数が少ない場合や、メンテナンスに対するマンパワーが十分に確保できない場合、また使用実績がほとんど無い新機種を導入する場合などには有効なツールになると言われている。同型式のユニット数を多く所有する場合は、予備部品を所有することによって運用面でもリスク回避面でも効率的であるが、ユニットが少ない場合、予備部品を所有することは決して効率的とは言えない。

ガスタービンは、ウクライナ国で導入数が少なく、かつ、保守には専門的な知識と訓練が必要なことから、LTSAの活用が望ましい。

(4) 発電機の保守

発電機は、ガスタービンと減速機を介して接続され、発電する装置である。1分間に3,000回転、秒換算で50回転の高速で駆動されること、高電圧に置かれることから保守は重要である。

ウクライナでは、より容量の大きい発電機も国内にあり今まで保守の経験があるために、メーカーからの適切な保守手順書が提供されれば、特別な訓練をしなくても既設の発電機の保守の経験があるウクライナの保守員により保守が可能であると考える。

(5) WHRUの保守

WHRUは、排ガスから熱を回収する装置である。基本的には内部に燃焼する機構を持たないために、保守は容易である。

製造者からの適切な保守手順書が提供されれば、特別な訓練をしなくとも既設の温水ボイラや蒸気ボイラの保守の経験があるウクライナの保守員により保守が可能であると考える。

(6) ガスコンプレッサーの保守

ガスコンプレッサーは、ガス供給配管のガスを、ガスタービンの要求する圧力に昇圧するための装置である。ウクライナでは、国内にガス供給網が整備されており、Naftogazは必要に応じて供給圧を昇圧するためのガスコンプレッサー基地を所持して

いる。そのため、ウクライナの国内には、保守をするための技術的な知見、経験を有している保守員がいると考える。

メーカーからの適切な保守手順書が提供されれば、特別な訓練をしなくてもウクライナの保守員により保守が可能である。

(7) 主変圧器、開閉設備

高圧電気設備については、日常的な運転状態の点検、目視点検により異音、異臭、変色、劣化などの点検を行う。また、ガスタービン発電機の点検時に合わせて、製造者からの推奨の点検項目を基に分解点検、機器の清掃を実施する。機器、設備導入時のメーカーからの説明および保守手順書が提供されれば、ウクライナの保守員により保守が可能である。

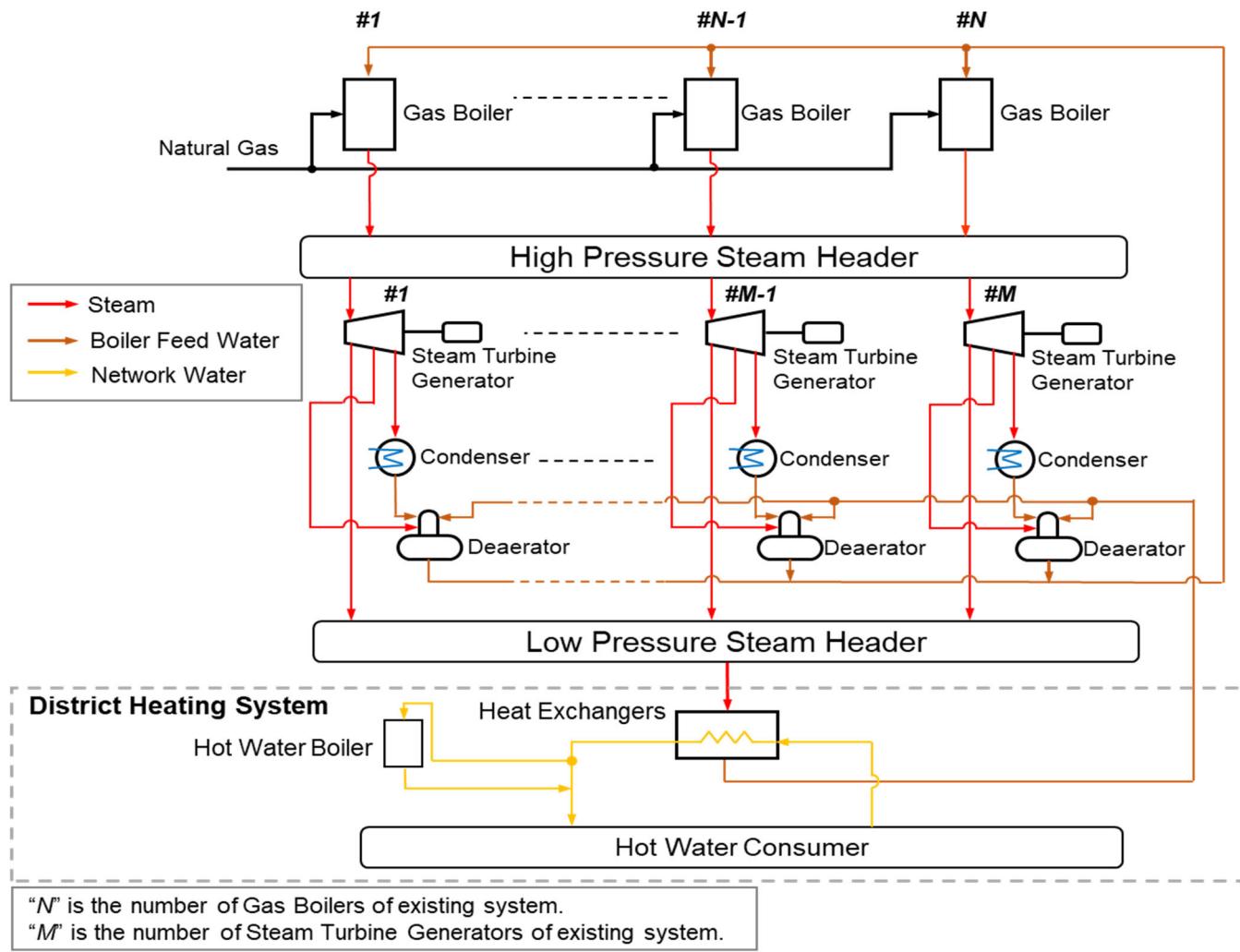
5.4 地域熱電併給復興計画（マスタートップラン）

5.4.1 現状の地域熱電併給システム

上位のエネルギー戦略では持続可能な分散型、高効率安定及び高い運用性が求められている。

一方、本事業での各種調査や対象とした事業者からのヒアリングの結果、地域熱電併給システムの現況について、共通の事項として以下が挙げられる。

- 热供給は冬季に地方政府から要求される熱量を供給する義務がある。
- 冬季は熱需要に応じた運転がなされ、タービン発電機はこれに追随した発電出力で運転される。夏季は、熱需要は僅か、あるいは皆無であり、タービン発電機の運転は殆ど無い。設備容量に比べ、実際に必要な容量は小さく過剰設備容量かつ非効率な運用となっている。
- 主要設備の多くが旧ソ連時代に製造された機器で耐用年数を過ぎ老朽化している。一部の設備がロシアからの攻撃で破損している模様であるが、被害の詳細は不明。（本事業で調査した熱電併給所の）基本設備構成はガスボイラと蒸気タービン発電機である。
- 前述の既設系統で示している通り、ガスボイラと蒸気タービン発電機は1対1で接続されておらず、ガスボイラと蒸気タービン発電機の間に蒸気溜めが設けられている。（図5-48参照）
- そのため、発電するにはガスボイラで蒸気を発生させる必要がある。
- 热が主、発電が従であるため総合熱効率は高い。
- 他方、電力供給は電力の自由化で電力取引市場により売買されている。
- 近年、再生可能エネルギーの増加による負荷変動対応として、分散型かつ応答性の優れたピーク対応電力が求められている。



出典: 調査団にて作成

図 5-48 標準的な既設システム構成図

地域熱電併給システムの現状から、以下の課題が抽出される。

- エネルギー戦略である持続可能分散化が図れる地域熱電併給システムの構築。
- 冬季の熱電併給をベースとするも、高効率かつ高い運用性が可能な全季節対応設備構成の構築。
- 全国および地域に拡大する再生可能エネルギー増加への負荷変動対応が可能な高い運用性のシステム構築。
- 旧ソ連の機器で、保守機器、機材調達が難しくなり、今後さらに保守が困難になることが予想される。したがい、長期安保守が見込める国・企業の製品へのサプライチェーン転換、あるいは近代化設備導入。
- 世界的な脱炭素化の取り組みの中で、より効率のよいシステムの適用、脱炭素燃料の適用が可能なシステム。
- 熱電併給所の運営、保守において、運用性、保守性、生産性向上のため、既設システムを含めて DCS(Distributed Control System)の適用による運転保守のデジタル化、機器の稼働状態の監視と分析などのための DX の適用。

5.4.2 地域熱電併給復興の技術要件

地域熱電併給システムの近代化を考える上で前述の課題の他、以下の条件を考慮する必要がある。

- 地方政府からの要求により、冬季には一定量の熱供給が義務である。
- 各自事業者は年間を通しピーク対応の電力供給ができるシステムを求めている。
- 冬季の熱供給については、事業者は契約上の義務もあるが、熱供給ができない場合には、地域住民の生活、場合によっては生命に影響が生じるため、確実な供給ができるシステムが必要となる。したがい、システムとして、要求量に対して冗長かつ供給力に余裕を持たせる必要になる。
- 電力供給について、ウクライナでは電力取引が自由化されているため、ピーク対応電力の取引単価が高くなるため、各事業者の関心が高い。ピーク対応電源としては、系統からの指令に対して、15分以内に所定の電力を供給することが必要になる。
- 迅速なる復興を果たすことが可能な短納期および短工期の設備導入を求めている。

上記の条件から以下のシステム構成が必要になる。

- ピーク電力に対応できる起動が早いガスタービンを導入する。
- 発電のみ可能とする設備構成とする(WHRU への排気をバイパスするバイパススタックを具備する)。
- 納期及び工期が短いガスタービンを導入、あるいは先行導入する。

5.4.3 地域热電併給復興計画(マスタープラン)提案

(1) ウクライナの要望に沿った 2 類型

热供給力は維持されており、ピーク電力への対応が求められる CHP は Kharkivski Teplovi Merezhi 型(類型 1)とする。

热供給力の増強が望まれており、かつ、ピーク電力への対応が求められる CHP を Naftogaz Teplo 型(類型 2)とする。

各热電併給所で要求される电力、热量に対して、ガスタービンが 2 基以上で供給できることが望ましい。

(2) 日本側が提供するべき包括的な機器、サービス

ウクライナには、2022 年、2023 年に他国からガスタービンが供与されている模様である。⁶⁰ただし、当該のガスタービンは、稼働に必要な周辺設備(Balance of Plant。以下、BOP)が整っていないために 2023 年 12 月時点で稼働が確認されていない。このことは、単にガスタービン単体の供与だけではなく、包括的な機器、サービスの提供が必要であることを示唆している。

包括的な機器としては、ガス圧の調整のためのガスコンプレッサーのほか、ガスタービン制御装置等が必要になる。変圧器や電気盤類についても提供することが望ましいが、必須ではない。ウズベキスタン国で NEDO の実証事業として実施した中小規模ガスタービンコーチェネレーション導入事業では、日本側からの供与機器と現地側での調達機器の棲み分けをしていたが、主変圧器、所内変圧器、電気盤は、現地側にて設計及び調達をした。

表 5-22 日本側が提供するべき包括的な機器、サービス

項目		補足説明
機器	ガスコンプレッサー	ガスタービンには一般的に高圧ガスの供給が必要であるが、 ウクライナ国内のガスピープラインのガス圧は 4 kg/cm³程度 であり、適合していない。そのため、所要の圧力に昇圧するための機器が必要である。
	ガスタービン制御装置一式	ガスタービンの起動、停止、負荷変更などの指令を出す制御盤が必要である。
	ガスコンプレッサー制御装置一式	ガスコンプレッサーの起動、停止、負荷変更などの指令を出す制御盤が必要である。
サービス	設計確認、指導	ガスタービンを含めたシステム一式が、適切に据え付けられ、安定した運転をするために、周辺機器の容量や取合い条件などについての設計確認が必要である。
	ガスタービン据付指導	ガスタービンは精密機器であり、機器の安定運転上に問題のない位置に、運転継続するために問題のない方法で固定されている必要がある。また、いくつかの部品を組み立てなければならないこともある。メーカーの技術指導員(Technical Adviser。TA)の指導の下に実施するのが一般的である。
	ガスタービン試運転	ガスタービンは精密機器であり、商用運転に入る前に、初点火、初並列、負荷変動試験など様々な確認が必要になる。予期しない事象が発生した時に、安全に確実に停止し、復旧をする

⁶⁰ GE ウェブサイト “Urgent Power: A Mobile GE Gas Turbine Will Help Supply Energy in Wintry, War-Torn Ukraine” <https://www.ge.com/news/reports/urgent-power-a-mobile-ge-gas-turbine-will-help-supply-energy-in-wintry-war-torn-ukraine>

	ために、メーカーの技術指導員 (Technical Adviser。TA)の指導の下に実施のが一般的である。
長期保守契約 (商用運転開始後)	ガスタービンは精密機器であり、高温になる箇所の定期的な点検交換が推奨されている。通常、これらの点検、交換の保守作業には、メーカー技術者が技術指導をして、作業が適切に実施されることを支援している。このようにガスタービンの保守では、定期点検、交換とそのための分解等が必要で、かつ専門的な知識が必要になるためメーカーとの長期契約が望ましい。

出典: 調査団にて作成

(3) CHP 側で対応が必要な事項

提案するガスタービンから供給できる熱量が、要求熱量を満たさない場合には、各 CHP にて既設ガス焚きボイラにより不足分の蒸気を供給することとする。もしくは、各施設にて既設より効率の良いボイラかつ、もしくは新エネルギー対応のボイラに更新する。

(4) 段階的な更新

冬季の熱供給が必須あり、また、設備を一括して更新するとコストも大きくなるため、設備を一括して更新することが難しい。そのため、ガスタービンは 1 基 (1 系列)ずつ段階的に既設設備から更新する更新計画とする。

ただし、段階的な更新においては、一括で融資審査が理想であるが、段階毎で融資審査となる恐れもある。場合によってはドナーが異なることもありうる。

(5) 復興初期における留意点

復興初期においては、土木工事を代表とする現地作業が困難もしくは人手の確保できないことによる遅延や工事費の高騰のリスクがある。

そのため、なるべくすべての機器をモバイル化などで現地工事を減らすことが一つの解決策となる。モバイル化とは、トレーラでけん引できるコンテナ状の中に機器類を格納し、モバイルユニット毎に配管、配線で接続して有機的に機能させる方法などである。

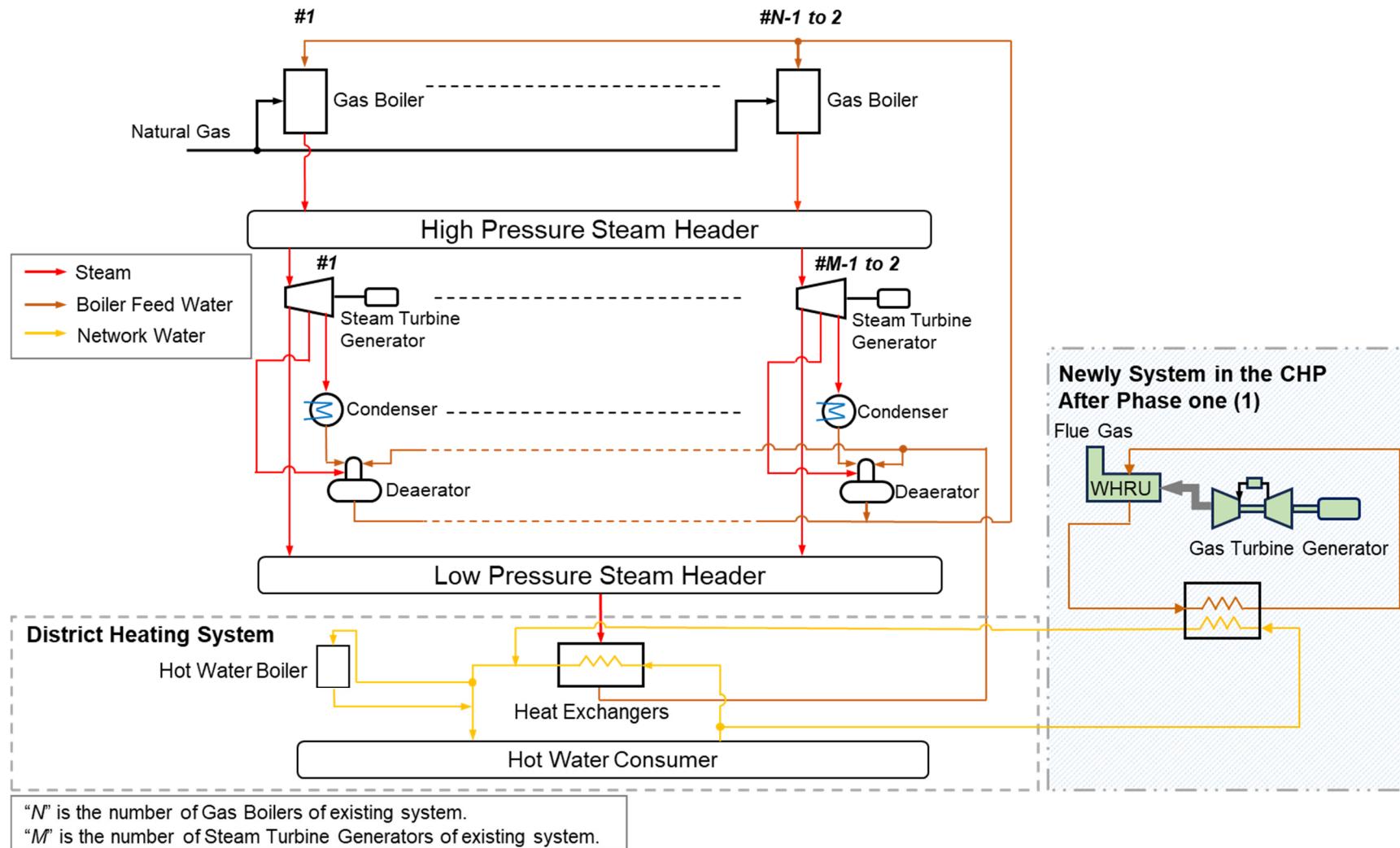
(6) 地域熱電併給復興計画

上記提案の地域熱電併給復興計画に則した標準的なシステム構成への適用したイメージ図を図 5-49、図 5-50 に示す。このシステム構成に対し、地域熱電併給復興計画を適用した場合を次に示す。

既設システムにおいて、ガスボイラが N 台、蒸気タービン発電機が M 台のシステムがあった場合、ガスボイラおよび蒸気タービン発電機それぞれ 1 ないし 2 台を停止もしくは残置対象とし、それに対応する熱電の供給を満たすガスタービンと WHRU で構成されたシステムを追設する。これを第一段階とし、同様にガスボイラおよび蒸気タービン発電機それぞれ 1 ないし 2 台を停止もしくは残置対象とし、それに対応する熱電の供給を満たすガスタービンと WHRU で構成したシステムを順次追設することでシステム全体を更新する。冬季の熱供給が不足する場合には、ガスボイラの更新を行い熱供給不足に対応する。

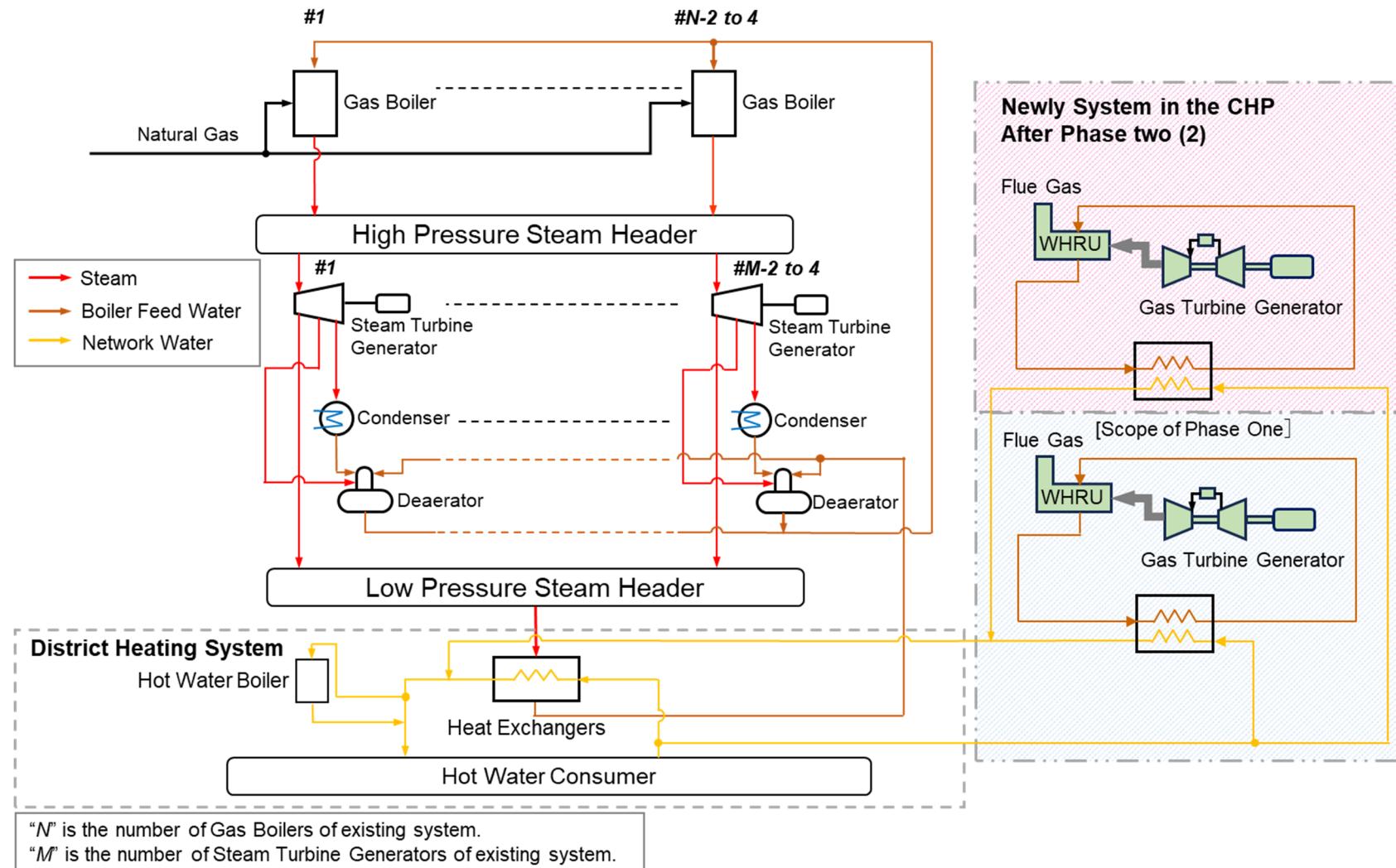
既設はボイラを単独運転すれば、熱効率が良くなる。他方、既設では電力を必要とする場合には、蒸気タービンを用いるため、総合熱効率が下がる。地域熱電併給復興計画として、今回の検討結果として提案するガスタービンを導入することにより、同じ発電量を得た場合の総合熱効率が上がるとともに、ガスタービンによる発電のため、発電設備の起動停止が蒸気タービンの場合に比べ向上する。このことは、電力取引が自由化されたウクライナでは有利であり、さらに、再エネ導入率が高い地域においては系統安定化に柔軟に対応できる。熱電併給システムとして、電力と熱の安定供給、熱効率の向上、柔軟性を兼ね備えた運用を考えると、既設のボイラを活用し、ガスタービンによる熱電併給システムを追設することが最適と考えられる。

事業者としては、変革への努力が必要である。変革への努力としては、高効率・高信頼性および高付加価値(電力)設備導入により需要家へのサービス品質を高め事業の収益改善を図ること、得られた収益により競争力のある設備とともに次のフェーズへの投資資金を確保することにより好循環を生むこと、などが考えられる。



出典: 調査団にて作成

図 5-49 標準的なシステムへの復興計画適用例(1段階)



出典: 調査団にて作成

図 5-50 標準的なシステムへの復興計画適用例 (2段階目)

5.4.4 CO₂排出量削減効果推計

今回各 CHP から入手した年間の熱供給量、発電量、燃料消費量から算出される既設設備の総合効率（全 CHP の平均値）は 80.5%であるが、これをガスタービン+WHRU に置き換えると平均総合効率（各ガスタービンの平均値）が 85.0%程度への改善が期待される。但し既設 CHP の運転条件と更新後の運転条件が異なるため、単純な比較評価は困難であるが、この効率改善率に見合って CO₂ 削減効果が期待される。

5.4.5 水平展開

(1) ウクライナ国内の水平展開

本調査において、検討した Kharkiv 市、Naftogaz 傘下の CHP 以外にも本調査で提案した近代化案を水平展開ができる可能性がある。

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

表 5-23
“秘匿情報を含むために非公開とした。”

(2) ポテンシャルの推定

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

図 5-51

5.5 新エネルギー・次世代エネルギー適用検討

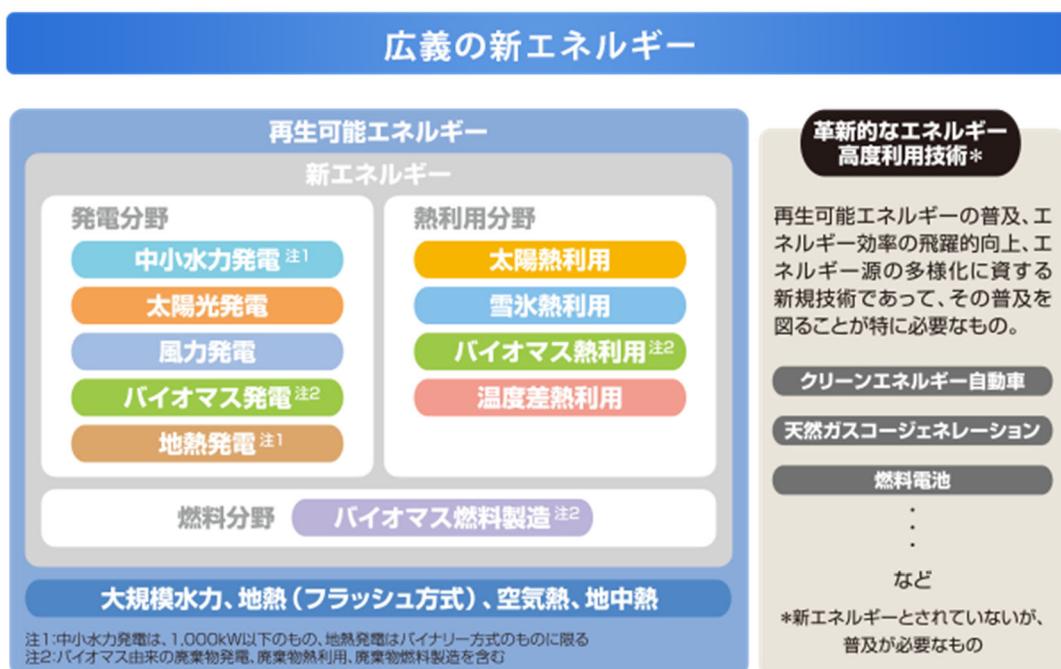
5.5.1 新エネルギーの適用検討

(1) 概論

新エネルギーとは「技術的に実用段階に達しつつあるが、経済性の面での制約から普及が十分でないもので、非化石エネルギーの導入を図るために特に必要なもの」とされ、「発電分野」「熱利用分野」「燃料分野」について 10 種類指定されている。⁶¹

以上の新エネルギーに大規模水力等を加えた「再生可能エネルギー」と再生可能エネルギーの普及、エネルギー効率の飛躍的向上、エネルギー源の多様化に資する新規技術であって、その普及を図ることが特に必要なものに分類される燃料電池、クリーンエネルギー自動車などの「革新的なエネルギー高度利用技術」の両者を併せたものが広義の新エネルギーとして位置づけられている。⁶²

広義の新エネルギーを図 5-52 に示す。



出典：資源エネルギー庁ウェブサイト

図 5-52 広義の新エネルギー

(2) ウクライナの熱電併給所における適用の可能性

ウクライナの地域熱供給所における新エネルギーの適用の検討を表 5-24 に示す。ウクライナの地域熱供給所では、賦存量、発生したエネルギーの使い道（需要の有無）、環境側面、設置用の土地の有無のいずれかに瑕疵があるため、どの種類の新エネルギーも導入は見込めない。

⁶¹ 新エネルギー財團ウェブサイト “新エネルギーとは？” <https://www.nef.or.jp/pamphlet/>

⁶² 新エネルギー財團ウェブサイト “新エネルギーとは？” <https://www.nef.or.jp/pamphlet/>

表 5-24 ウクライナの地域熱供給所における新エネルギーの適用の検討

種類	判別	課題				補足説明
		賦存	需要	環境	土地	
中小水力発電	×	✓				地域熱供給は、限られた敷地内に熱電供給のための設備を設置するものであり、発電をするための十分な高低差を確保できない。
太陽光発電	△				✓	モニュメント的な意味での小容量の太陽光発電は設置可能である。ただし、1 MW の規模の太陽光発電を設置するためには概ね 2 ha (=0.02 km ²) の敷地が必要であり、十分な敷地が確保できない。
風力発電	×			✓		地域熱供給は、市街地近くに施設されているため、風力発電による騒音や景観問題がある。
バイオマス発電	△				✓	モニュメント的な意味での小容量のバイオマス発電は設置可能である。ただし、大容量の設備を設置するためには、燃料の貯蔵などの付帯設備に一定の敷地が必要であり、十分な敷地が確保できない。
地熱発電	×	✓				地熱資源が確認されていない。(賦存が確認されているのは、環太平洋火山帯が多い)
太陽熱利用	△				✓	太陽光発電に記載と同様、敷地の制限から大規模な熱利用のためには広大な敷地を要する。
雪氷熱利用	×		✓			雪氷熱は、雪や氷の冷熱を利用するものであり、ウクライナでは需要がない。
バイオマス熱利用	△				✓	モニュメント的な意味での小容量のバイオマス発電は設置可能である。ただし、大容量の設備を設置するためには、燃料の貯蔵などの付帯設備に一定の敷地が必要であり、十分な敷地が確保できない。
温度差熱利用	×	✓				温度差熱利用は、外気との温度差を利用しエネルギーを得る方法である。基本的には、上水場、排水処理場、河川などから熱を取得するが、近傍に熱源がない。

判別の欄: ×: 導入の見込みなし、△: 大容量の導入の見込みなし

課題の欄: 導入に課題や障害となる項目に✓印を付した。

賦存: 当該エネルギーの賦存の有無、需要: 当該エネルギーの需要の有無、環境: 環境社会配慮の影響の有無、土地: 設置可能な遊休地の有無。

出典: 調査団にて作成

5.5.2 次世代エネルギー

(1) 概論

近年、脱炭素化が注目されており、次世代エネルギーとして、水素・アンモニアが注目を集めている。水素・アンモニアはその燃焼に伴って二酸化炭素を発生しないことから、期待されている。水素・アンモニアは 2 次エネルギーであるため、その生成過程によっては、二酸化炭素等の GHG を排出する場合がある。そのため、炭素強度を評価する方法が欧米をはじめ先進国で検討されており、今後低炭素な水素の利用が重視されていくと予想されている。

低炭素な水素・アンモニアの製造および発電での利用についての研究、開発は、各国、各メーカーにより急速進められている。そのため、実証、実用段階に来ている技術も出て来ている。他方、水素・アンモニアのサプライチェーンとしては、低炭素水素・アンモニアなどの大量製造、パイプライン、船舶輸送等の大量輸送に向けたインフラ

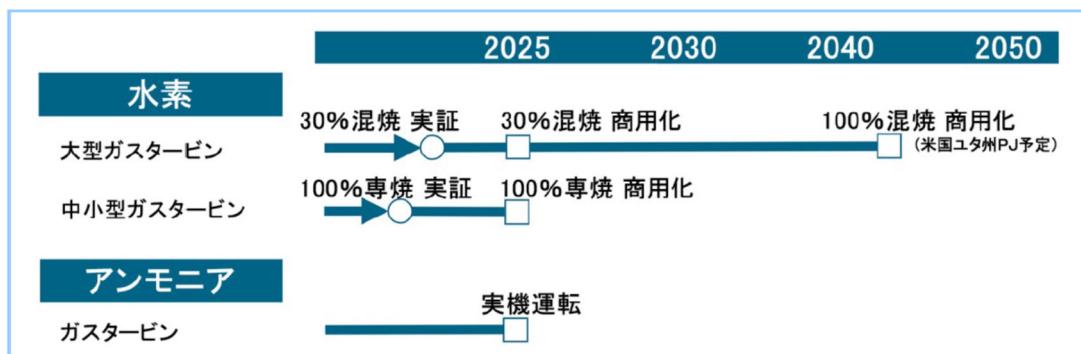
整備、それに伴う水素価格の低下もしくは炭素税などのカーボンプライシングの導入などの条件が構築される必要があり、それにより、低炭素な水素・アンモニアなどの新エネルギーの発電への導入が可能になる見込みである。

(2) 水素・アンモニア対応のガスタービンの技術動向

“秘匿情報を含むために非公開とした。”

MHI の水素及びアンモニア燃焼ガスタービンの開発スケジュールを図 5-53 に示す。他方、IHI の検討対象機種である IHI FP40 についても、ガスタービン本体を開発している GE(General Electric)は水素混焼、専焼の開発、実証を進めており、エジプトの電力会社では水素混焼で運転した実績が報告されている⁶³。

ガスタービンの水素混焼を実施する場合には、水素のサプライチェーンを構築する必要があるが、ガスタービン本体については、一般的に燃焼器の改造が必要になるのみで、その他、補機はガスコンプレッサーの見直しが必要になるが、CHP プラントとして、大規模な改修が必要になることはなく、比較的に小規模改修工事で対応することが可能であると想定される。(図 5-53)



出典: 三菱重工技報 Vol.58 No.3 (2021)

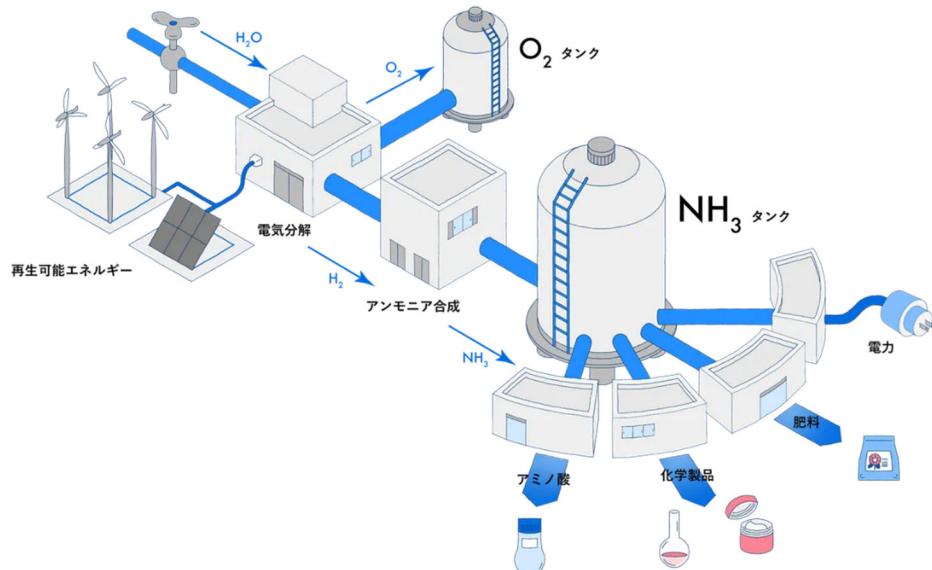
図 5-53 水素及びアンモニア燃焼ガスタービンの開発スケジュール (MHI)

(3) アンモニアの安定供給に対する日本の協力

日本のつばめ BHB 株式会社は、ウクライナ・ブチャ市が同市内で進める Green Industrial Zone プロジェクトへ参画している。Green Industrial Zone プロジェクトは、太陽光や風力発電などの再生可能エネルギーから水素やアンモニアを生産し、電力や燃料、肥料などの用途として販売する地産地消システム(図 5-54)を想定している。プロジェクト全体では 3,000 ヘクタール規模を予定しており、その中の 300 ヘクタールで、先行して Green Hydrogen Generation プロジェクトが、ポーランドの Hynfra 社とウクライナの UTEM 社により行われる。つばめ BHB 社は年産 500 トン、年産 3,000 トン、年

<https://www.ge.com/news/press-releases/a-first-for-africa-eehcs-ge-lm6000-unit-generates-power-using-hydrogen-blended-fuel>

産5,000トンの小型アンモニア合成設備を展開しており、当該プロジェクトで適用が検討されている。⁶⁴



出典: つばめ BHB ウェブサイト

図 5-54 再生可能エネルギーを活用したアンモニア生成施設

(4) ウクライナの水素戦略

ウクライナの水素戦略としては、2022年2月24日のロシア侵攻前の2021年にウクライナ国立科学アカデミー再生可能エネルギー研究所 (Institute for Renewable Energy at the National Academy of Sciences of Ukraine)がウクライナ水素戦略を発表している。

その中で、ウクライナは再生可能エネルギーのポテンシャルが高く、また、水資源もあるため、風力、太陽光、水力発電を利用し、水電解装置によるグリーン水素の製造が見込まれている。

2025年までの短期的な見込みとしては、法整備、EUと同等の炭素税の導入、製造、輸送などのインフラの整備を進め、ウクライナの広範な地域でグリーン水素の製造、利用のパイロット事業、実証事業をすることが述べられている。また、水素政策、技術開発をリードしているドイツによる技術支援、グリーン水素のドイツへの輸出について両国間で協力する旨が合意されている。

その後の2026年から2030年までの期間はグリーン水素の製造の拡大、製造された水素の輸出と国内消費の拡大が見込まれている。電力、熱供給セクターにおいては、化石燃料から水素への移行が進められ水素利用の拡大が想定されている。再生可能エネルギーの電力を利用しての水素製造については、再生可能エネルギーの導入拡大により発生する余剰電力対応、電力系統の安定化のために水素製造を行い、冬季に不足する再生可能エネルギー由来の電力を補完するため、従来の天然ガスの地下貯蔵と同様

⁶⁴ つばめ BHB ウェブサイトプレスリリース “つばめ BHB ウクライナ・ブチャ市で進む Green Industrial Zone プロジェクトへ参画” <https://tsubame-bhb.co.jp/news/press-release/2023-05-19-3692>

に季節間での資源の貯蔵を行い、電力、熱供給の燃料として、利用することが想定されている。

今回のロシア侵攻により、再生可能エネルギーによる発電設備は大きな損害を受けているが、風力、太陽光発電については、火力、水力などの大型の発電設備に比較し、復旧が早いことが想定される。戦後の天然ガスなどの化石燃料の不足、電力系統の安定化を想定すると、水素戦略で述べられている冬季の電力、熱供給の資源利用が、欧洲の脱炭素化の流れから、ロシア侵攻での遅れはあるものの、将来的に CHP での水素利用が考えられる。

(5) 水素のサプライチェーン

ウクライナ国内には、水素のサプライチェーンとしては、大規模貯蔵場所からトラックなどでピストン輸送する、もしくは、水素のパイプラインにて供給するなどが考えられる。ガスタービンなど、大消費する施設への供給においては、パイプラインによる供給が望ましい。

西欧と北欧を中心に欧洲水素バックボーンイニシアチブ (European Hydrogen Backbone (EHB) initiative)が結成され、2024年1月時点でウクライナの GTSOU を含めヨーロッパのガス会社約 35 社が加盟している。EHB イニシアチブによる水素パイプラインの整備計画を図 5-55 に示す。

また、2021 年 9 月に中央ヨーロッパ水素回廊 (Central Europe Hydrogen Corridor。CEHC) が結成された。CEHC の目的は、大規模なグリーン水素製造に優れた条件にあるウクライナの将来有望な主要水素供給地域から、スロバキアとチェコ共和国を経由して、ドイツと EU の地域の大規模な水素需要まで水素を輸送することである。CEHC により、チェコ共和国とスロバキアの水素製造施設と水素消費者の間での水素の輸送も可能になる。参加企業には、EUSTREAM (スロバキアのガス TSO)、GTSOU (ウクライナのガス TSO)、NET4GAS (チェコのガス TSO)、OGE (ドイツの大手ガス TSO) が含まれる。これらの参加企業はすべて、欧洲水素バックボーン構想にも参加している。CHEC の整備計画を図 5-56 に、CEHC の計画諸元を表 5-25 に示す。投資額は 1,000 – 1,500 million EUR と高いものの、EHC イニシアチブで想定している 0.11 – 0.21 EUR/kg /1000 km よりも安い 0.10 – 0.15 EUR/kg/1000 km で搬送できると見込まれている。⁶⁵

ドイツを主とする工業国の水素需要を支えるため構想であるが、ドイツが安定需要先になれば、ウクライナ国内の水素製造が進むことは予想される。この水素パイプラインの整備が進めば、ウクライナ国内においても水素ガスの安定供給の道筋がつくと期待できる。

⁶⁵ CEHC ウェブサイト プレスリリース “Initial analysis supports the feasibility of the Central European Hydrogen Corridor” <https://www.cehc.eu/initial-analysis-supports-the-feasibility-of-the-central-european-hydrogen-corridor/>

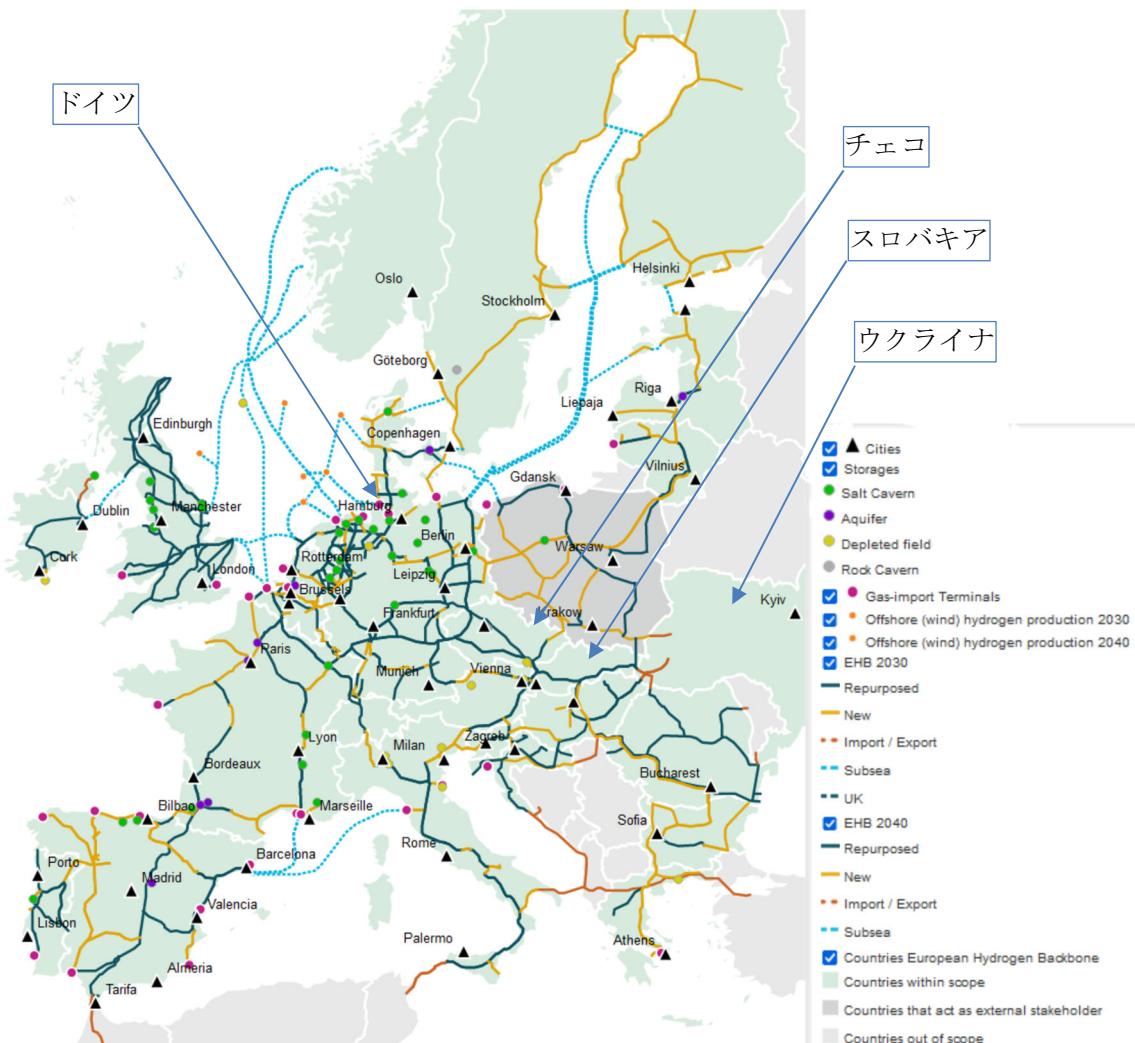


図 5-55 欧州水素バックボーンイニシアチブによる水素パイプラインの整備計画

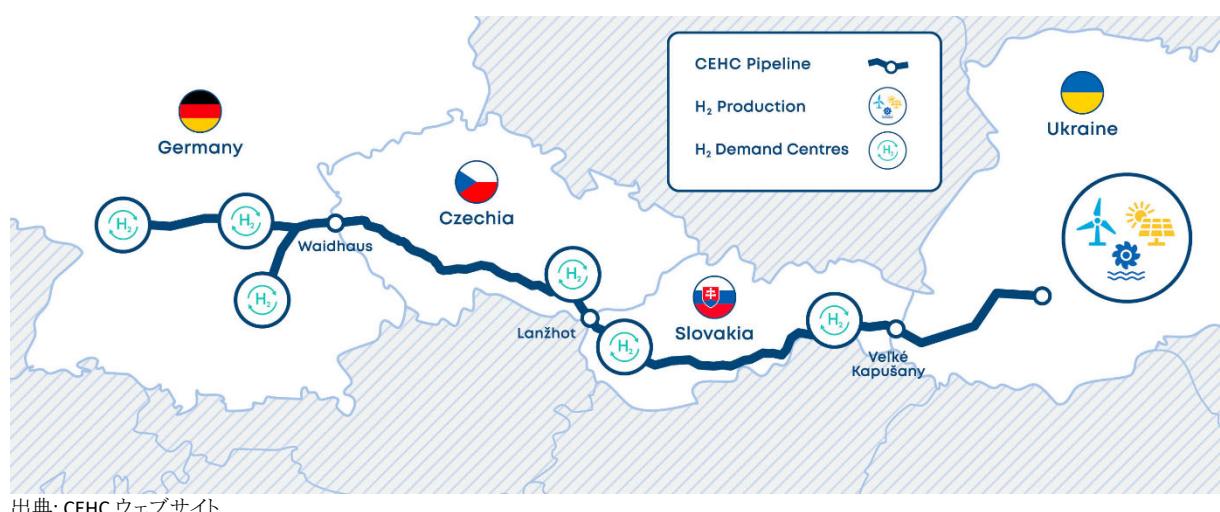


図 5-56 CEHC の整備計画

表 5-25 CEHC の計画諸元

項目	諸元等
参加国	ウクライナ、スロバキア、チェコ、ドイツ
容量	120 GWh per day 1.3 million tonnes per year
敷設距離	1,225 kilometres
投資金額	1,000 – 1,500 million EUR
輸送コスト	0.10 – 0.15 EUR/kg/1,000 km
完成時期	2030 年

出典: CEHC ウェブサイト

(6) 次世代エネルギーの導入方針

本調査で検討しているガスタービンの仕様は水素及びアンモニア対応ではなく、ガス専焼とする。

前述の通り、水素混焼対応のためには、ガスタービン本体の燃焼器の改造と、補機のガスコンプレッサーの見直しが必要になるが、水素サプライチェーンが確立したのちに施設側で改造を検討するものとする。

5.6 事業実施枠組みの検討

5.6.1 用地の取得

本調査では用地の取得を想定しない。熱電併給所は、基本的に市街地に建設されており、新たに取得できる用地が隣接区画にないことが多い。

もし、新たに土地を取得する必要が生じた場合には、土地基準法に基づく手続きを踏む必要がある。土地基準法の概要は 4.3.1 項に述べた通りである。

5.6.2 資源金と実施枠組み

(1) 資金源

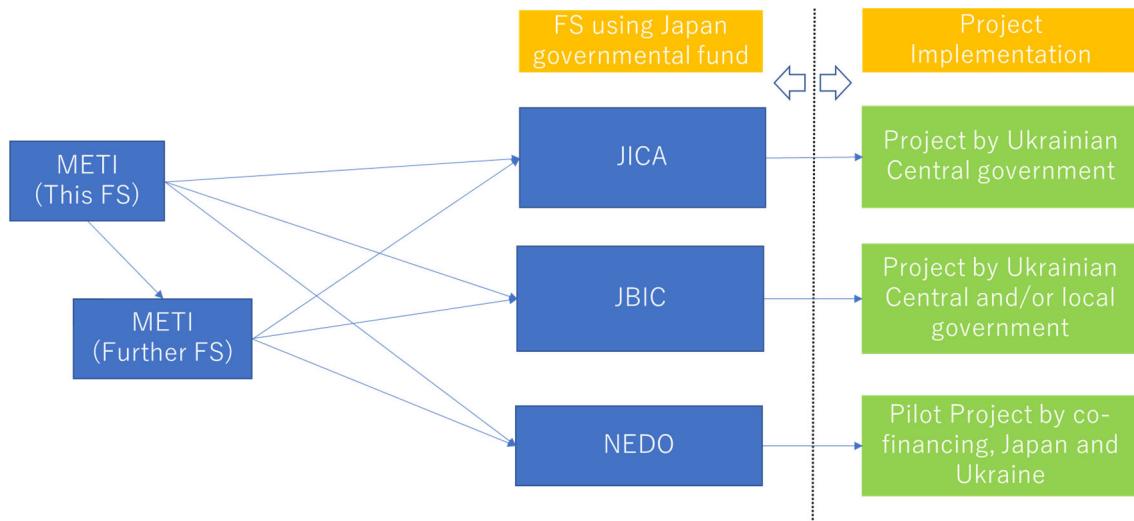
適用の可能性がある本邦の開発援助機関の資金を表 5-26 に整理した。市中金融機関の活用については、一般的に政府機関から借入した場合よりも金利が大幅に高くなるので、一般的には開発援助機関の活用の方が返済には有利である。金利については、後述する。

事業実施までの資金活用の選択肢と道筋を図 5-57 に示す。JICA、JBIC、NEDO の資金を活用可能である。JICA 案件の場合には、まず融資を受けたい機関から援助機関へ申請書の提出が必要である。NEDO については後述する通り、適用は難しい。本調査では JICA、JBIC のいずれの資金を活用するかについてはまだ検討中である。

表 5-26 適用の可能性のある本邦の開発援助機関の資金

項目	概要		
援助機関	JICA	JBIC	NEDO
申請者	ウクライナ側	日本側	
返済	要返済		返済不要
適用可能 技術	確立された技術		先進技術の 実証など
義務	ローンの返済		実証データの提供
審査	JICA 資金による FS と交渉	審査資料提出(JBIC 指定)	NEDO 資金による FS と 交渉
日本製品の紐づけ	紐づけなし	紐づけあり	普及を目的とした本邦 の技術

出典: 調査団にて作成

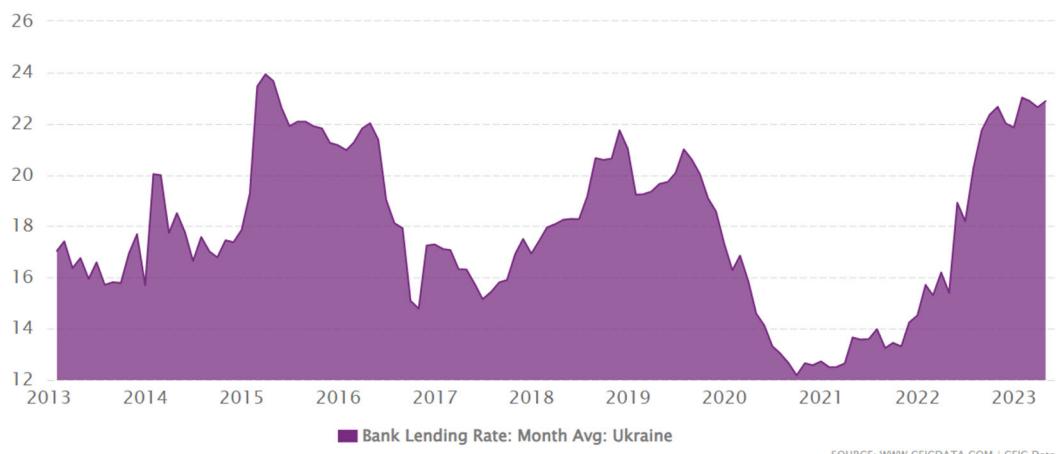


出典: 調査団にて作成

図 5-57 事業実施までの資金活用の選択肢と道筋

(2) 市中調達の資金の金利と円借款の金利

ウクライナの銀行貸出金利を図 5-58 に示す。2020 年後半には 12%程度まで低下したが、概ね 15%より高い金利になっており、市中銀行から金利を調達する場合に借入れた資金の償還時の金利負担が大きい。



出典: CEIC 社ウェブサイト <https://www.ceicdata.com/ja/indicator/ukraine/bank-lending-rate>

SOURCE: WWW.CEICDATA.COM | CEIC Data

図 5-58 ウクライナの銀行貸出金利

JICA の円借款の利率を表 5-27 に示す。JICA の円借款は、対象国の経済発展状況によって区分されており、ウクライナは WB の 2022 年の基準に拠れば、低・中所得国に分類される。JICA では、一般条件の他、ハイスペック、優先条件、STEP などの様々な条件が準備されている。市場から資金を調達するためには、10%以上の金利の負担が必要になるところ、1%以下の低金利で、かつ、返済期間を長くすることができるという利点がある。特に STEP は日本タイドとできる上に通常の融資条件よりも低利率、長期間の償還ができる。ただし、新規の円借款は止まっているために、即時に円借款を前提とした事業展開は見込めない。

表 5-27 JICA の円借款の利率(低・中所得国向けの標準例、2024 年 1 月時点*1)

条件	適用金利	基準/オプション	利率(%)	償還期間(年)	うち据置期間(年)
ハイスペック*2	固定	基準	0.85	30	10
		オプション 1	0.75	25	7
		オプション 2	0.65	20	6
		オプション 3	0.55	15	5
優先条件*3	変動金利*4	長期オプション	TORF+90bp	40	10
		基準	TORF+70bp	30	10
		オプション 1	TORF+60bp	25	7
		オプション 2	TORF+50bp	20	6
		オプション 3	TORF+40bp	15	5
	固定金利	基準	1.60	30	10
		オプション 1	1.45	25	7
		オプション 2	1.25	20	6
		オプション 3	1.00	15	5
一般条件	変動金利*4	長期オプション	TORF+110bp	40	10
		基準	TORF+90bp	30	10
		オプション 1	TORF+80bp	25	7
		オプション 2	TORF+70bp	20	6
		オプション 3	TORF+60bp	15	5
	固定金利	基準	1.80	30	10
		オプション 1	1.65	25	7
		オプション 2	1.45	20	6

STEP	固定金利	オプション 3 基準	1.20 0.30	15 40	5 10
------	------	---------------	--------------	----------	---------

*1: JICA の審査により決定されるので、融資が約束されているもので、利率が約束されているものでもない。

*2: ハイスペック借款は、「質の高いインフラ」を推進すると特に認められるプロジェクト借款案件に適用(適用に当たっては具体的な案件毎に検討)

*3: LDC 又は貧困国以上の所得階層で優先条件が適用されるのは、環境・気候変動分野、保健・医療分野、防災分野及び人材育成分野。

*4: TORF (6か月物) 部分のみ変動し、スプレッドは固定する Fixed Spread Loan を適用。変動金利の下限金利は 0.1%とする。

*5: STEP (本邦技術活用条件) は、OECD ルール上タイド借款が供与可能な案件のうち、我が国の優れた技術やノウハウを活用するものとして途上国から本条件適用の要請があるので、かつ我が国の事業者の有する技術やノウハウが必要かつ実質的に活かされる案件に適用。STEP 対象国は、OECD 公的輸出信用アレンジメント上タイド借款が供与可能な国。

TORF: 東京ターム物リスク・フリー・レート (Tokyo Term Risk Free Rate) 2021 年末に廃止された「円 LIBOR」の後継指標で、銀行等の金融機関の信用リスクをほぼ含まないとされる無担保コール翌日物金利に基づく指標

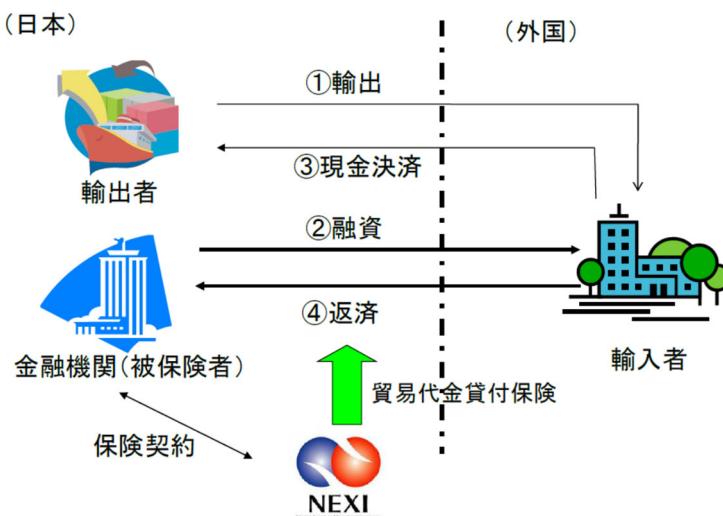
出典: JICA ウェブサイト 円借款供与条件表の 2023 年 10 月 1 日以降に事前通報を行う案件に適用から低・中所得国を抜粋。

(3) 貿易保険の有用性

日本の製品を活用するプロジェクトにおいては、NEXI の貿易保険を付すことができる。

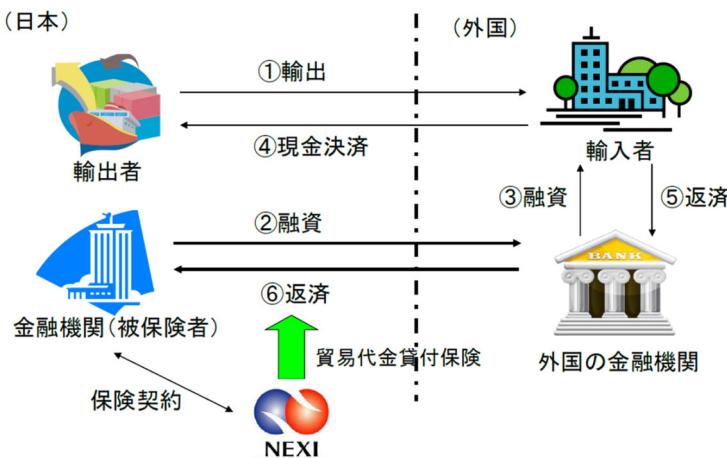
「貿易保険」は日本の企業が行う海外取引(輸出・投資・融資)の輸出不能や代金回収不能をカバーする保険である。輸送途上における貨物の損害に対する貨物保険に対し、貿易保険では、貨物代金が決裁されない、投資先が事業不能になる、貸付金が召喚されないなど幅広いリスクに対応している。

貿易保険を活用した取引の代表的な枠組みとして、バイヤーズクレジットのスキームとバンクローンのスキームを図 5-59 と図 5-60 にそれぞれ示す。バイヤーズクレジットは日本の金融機関が外国の輸入者へ直接融資をする枠組みであり、バンクローンは日本の金融機関が外国の金融機関を通して間接的に輸入者へ融資をする枠組みである。日本の金融機関は、JICA や JBIC のような政府系の金融機関であっても、民間の金融機関であっても良い。



出典: 平成 30 年度「貿易保険説明会」資料 (11 月 6 日開催) 7. 貿易代金貸付保険・海外事業資金貸付保険の概要

図 5-59 NEXI のバイヤーズクレジットのスキーム



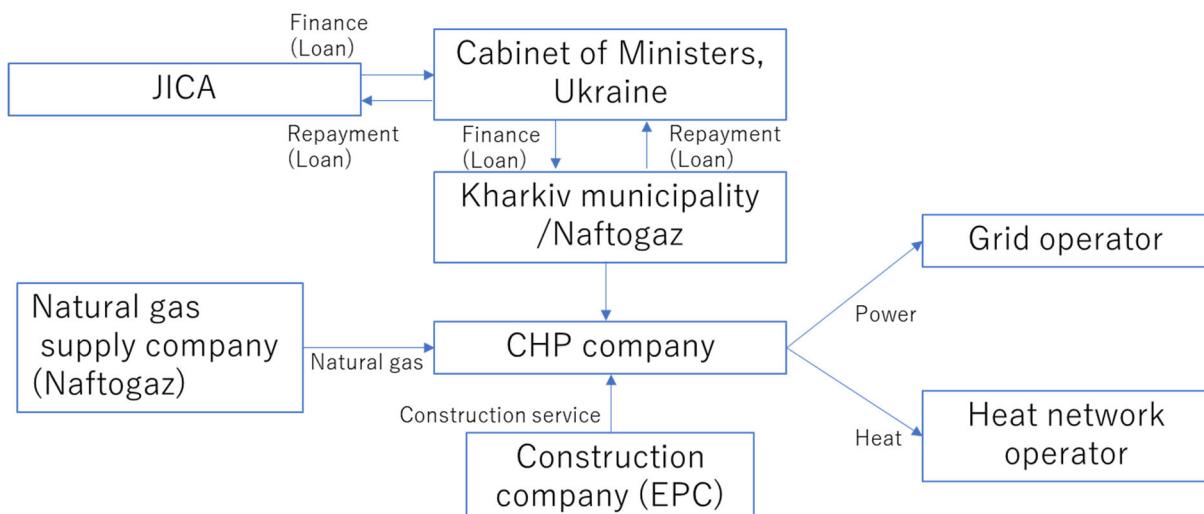
出典: 平成 30 年度「貿易保険説明会」資料 (11月 6 日開催) 7. 貿易代金貸付保険・海外事業資金貸付保険の概要

図 5-60 NEXI のバンクローンのスキーム

(4) 実施枠組み

実施枠組みはさまざま考えられるが、JICA 資金や JBIC 資金を活用した代表的な事業枠組みについて検討した。

ウクライナにおいて JICA 資金を活用した事業枠組み例を図 5-61 に示す。JICA がウクライナ財務省に融資し、その資金をウクライナ財務省は Kharkiv 市や Naftogaz へ転貸 (sub loan)する。Kharkiv 市や Naftogaz Teplo はその JICA からの資金を活用して、CHP 会社が建設会社と契約しガススタービン設備を導入するよう調整する。ガスの購入、売電、売熱は従前の通りで、この事業収益により返済をする。



例示であり、枠組みの方法や関係者はこれに限らない。

例外措置として財務省を借り入れ主体となる場合もある。

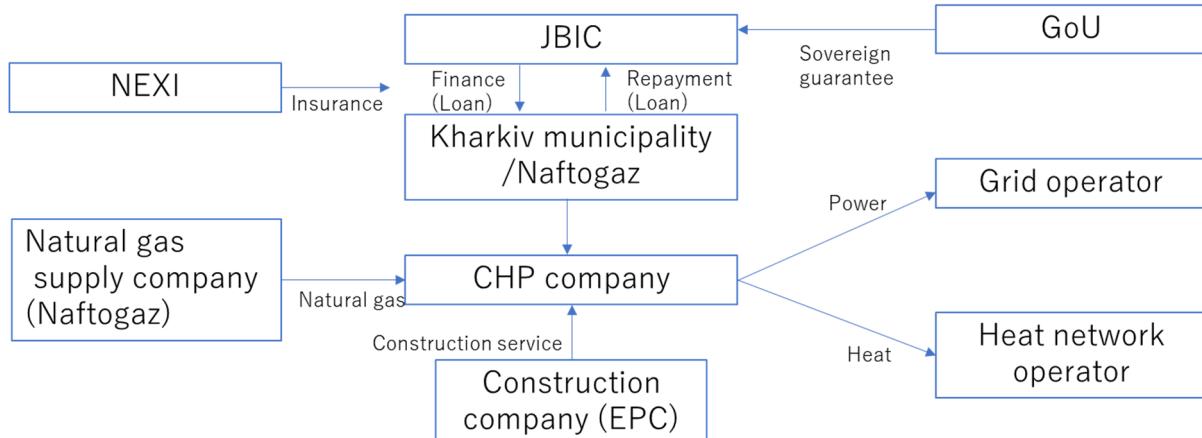
EPC: Engineering Procurement and Construction

出典: 調査団にて作成

図 5-61 ウクライナにおいて JICA 資金を活用した事業枠組み例

ウクライナにおいて JBIC 資金を活用した事業枠組み例を図 5-61 に示す。JBIC が Kharkiv 市や Naftogaz Teplo に融資し、Kharkiv 市や Naftogaz はその JBIC からの資金を

活用して、CHP 会社が建設会社と契約しガスタービン設備を導入するように調整する。ガスの購入、売電、売熱は従前の通りで、この事業収益により返済をする。ウクライナ政府はこの返済に対して政府保証 (Sovereign guarantee)をする。



例示であり、枠組みの方法や関係者はこれに限らない。

GoU: ウクライナ政府 (Government of Ukraine)

EPC: Engineering Procurement and Construction

出典: 調査団にて作成

図 5-62 ウクライナにおいて JBIC 資金を活用した事業枠組み例

このほか、NEDO による供与について説明する。NEDO の事業は、2 国間の合意に基づく実証事業であり、1つの事業内での分担範囲をウクライナ側と日本側で合意する必要がある。実証事業をしたい日本の事業者が NEDO に実証事業の採択を申請して、採択された場合に実施する。ウクライナ側が分担する部分については、ウクライナ側は自己の資金を準備する必要があり、日本側で実施する部分については日本の事業者が自己の資金を準備して遂行するが、NEDO へ支出を報告することによりそのうちの一定割合を返還不要の補助金として受け取ることができる。複数年に渡る事業の場合には、年度末ごとに事業の支出を報告して相当する補助金を受けることができる。ただし、同一の内容の事業を繰り返すことは出来ず、また、NEDO の補助金以外の支出は自社が負担しなければならないため負担が大きい。

5.6.3 事業工程

(1) JICA 資金を活用した事業

JICA 資金を活用した事業の工程案を図 5-63 並びに図 5-4 に示す。事業実施に当たっては、より詳細な可能性調査 (FS)の実施が必要であると考える。この FS の実施内容については、5.6.7 項に後述した。FS の結果をもとに円借款のローンの審査をするが、FS の途中から交渉を始めることでより効率的に進むように工夫する案としている。入札コンサルの選定、入札には JICA のガイドラインで示された基本的な日数の目安に則っている。

FS の開始から、落札者の決定までに約 4.5 年間、航空転用型ガスタービンの場合には落札者の決定から試運転の完了まで 1.5 年、重構造型ガスタービンの場合には落札者

の決定から試運転の完了まで計 3.5 年とし、Naftogaz Teplo 傘下のリードタイムを約 8 年、Kharkivski Teplovi Merezhi のリードタイムを約 6 年と想定した。なお、従来はガスタービンの設計・製作に 18 か月とされており、本工程案もその月数に則っているが、より長期が必要になる場合もある。

作業項目	実施期間							
	1 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	2 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	3 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	4 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	5 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	6 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	7 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	8 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q
FS (土質調査、基本設計、積算)					15 Months			
資金調達(ローンの交渉)				12 Months				
入札コンサルタントの選定					12 Months			
入札資料の作成						9 Months		
入札/落札者の契約交渉					9 Months			
設計・調達（航空転用型GT）			Loan Pledge		12 Months			
GT等輸送・建設・試運転（航空転用型GT）						6 Months		
設計・調達（重構造型GT+WHRU）							30 Months	
GT等輸送・建設・試運転（重構造型GT+WHRU）							12 Months	
国際協力機関の資金にて実施		ウクライナ側の資金(借款にて調達)にて実施				応札者の資金にて実施		

各過程が効率的、かつ、予定通りに進捗した場合の理想的な工程の例示であり、この工程案通りに進むことを保証するものではない。

出典：調査団にて作成

図 5-63 JICA 資金を利用した時の事業工程案 (Naftogaz Teplo 傘下の CHP)

作業項目	実施期間							
	1 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	2 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	3 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	4 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	5 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	6 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	7 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q	8 1 st Q 2 nd Q 3 rd Q 4 th Q
FS (土質調査、基本設計、積算)				15 Months				
資金調達(ローンの交渉)				12 Months				
入札コンサルタントの選定					12 Months			
入札資料の作成					9 Months			
入札/落札者の契約交渉					9 Months	COD (Aero Derivative GT-WHRU)		
設計・調達（航空転用型GT+WHRU）		Loan Pledge					12 Months	
GT等輸送・建設・試運転（航空転用型GT+WHRU）							9 Months	
国際協力機関の資金にて実施		ウクライナ側の資金(借款にて調達)にて実施				応札者の資金にて実施		

各過程が効率的、かつ、予定通りに進捗した場合の理想的な工程の例示であり、この工程案通りに進むことを保証するものではない。

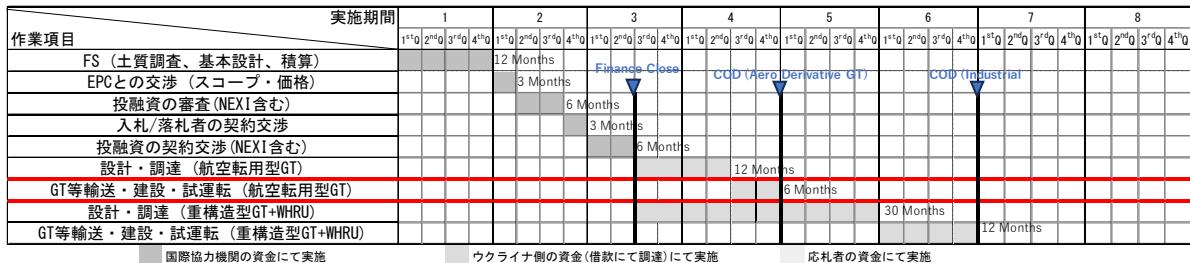
出典：調査団にて作成

図 5-64 JICA 資金を利用した時の事業工程案 (Kharkivski Teplovi Merezhi 傘下の CHP)

(2) JBIC 資金を活用した事業

JBIC 資金を活用した事業の工程案を図 5-65 並びに図 5-66 に示す。事業実施に当たっては、より詳細な可能性調査 (FS) の実施が必要であると考える。この FS の実施内容については、5.6.7 項に後述した。FS の結果をもとに EPC と交渉したうえで JBIC にローンの審査を申請する。JICA では入札を必須であるが、JBIC では入札が必須ではない。ただし、ウクライナでは、政府保証案件では入札を求められると考えられるので、簡易の入札が実施されると想定した。

FS の開始から、落札者の決定までに約 2.5 年、落札後の工程は同じとして、Naftogaz Teplo 傘下のリードタイムを約 6 年、Kharkivski Teplovi Merezhi のリードタイムを約 4 年と想定した。つまり JBIC 案件の方が、約 2 年短縮可能であろうと思われる。



各過程が効率的、かつ、予定通りに進捗した場合の理想的な工程の例示であり、この工程案通りに進むことを保証するものではない。

出典: 調査団にて作成

図 5-65 JBIC 資金を利用した時の事業工程案 (Naftogaz Teplo傘下の CHP)



各過程が効率的、かつ、予定通りに進捗した場合の理想的な工程の例示であり、この工程案通りに進むことを保証するものではない。

出典: 調査団にて作成

図 5-66 JBIC 資金を利用した時の事業工程案 (Kharkivski Teplovi Merezhi傘下の CHP)

5.6.4 次段階調査での要検討事項

本調査は、プレ FS であり、事業実現に当たってはさらに詳細な検討が必要になる。本調査後に必要な調査項目例を表 5-28 に示す。ただし、援助の枠組みに拠っては、省略可能な項目もあるかもしれません、表 5-28 を参考に適宜検討する。

表 5-28 本調査後に必要な調査項目例

項目	概要
技術検討	<ul style="list-style-type: none"> a) 热需要並びに電気需要の精査 本調査でいくつかの CHP サイトでの熱需要並びに電気需要の情報収集をしたが、気象変動の影響排除や将来の需要増加の考慮などをするためにには、さらに詳細な情報収集と分析が求められる。 b) 最適システムの提案 熱需要並びに電気需要に基づいて、本調査の結果を下敷きに最適システムに最終化する。 c) 設備仕様の決定 最適システムに基づいて設備仕様を決定する。特に既設および燃料等の接続点の合意をする、また、環境対策の動向については確認する。 d) 土木調査など 土木工事の見積もりの精度向上するため、必要に応じて、地質調査や地形調査を実施する。

事業試算	a) CAPEX、OPEX の試算 事業収支について精査する。 b) 財務分析 融資等が必要になる場合には、財務分析を実施する。
環境社会配慮	a) EIA 手続き 事業遂行上、必要なEIA手続きを進める。

出典: 調査団にて作成

第6章 結論

6.1 ウクライナ支援における熱電併給設備近代化の意義

6.1.1 热電併給設備の位置づけ

3.3.1 項に記載した通り、ウクライナでは地域熱供給が重要インフラとして機能しており、旧ソ連時代から整備が進められてきた。

とりわけ熱電供給設備は、エネルギー使用の合理化の観点から重要な施設としてみなされてきていたが、2022年2月のロシア侵攻や電力市場の自由化などもあり、地域への電力供給力を強化するための分散型電源、再生可能エネルギーなどの出力変動を補償するための電源などのニーズに答えることができる施設として位置づけが一層高まっているところである。

6.1.2 热電併給設備の近代化の必要性

5.3.5 項に記載した通り、ウクライナの熱電併給設備は、蒸気ボイラと蒸気タービンで熱と電気を生産し、さらに熱が不足した時に補うための温水ボイラが設置されている。これらの既設設備は、1950年代から1980年代に建設されており、老朽化が著しく、休止や取り壊しにより、建設時の能力を維持できていない。

そのため、老朽化対応のための更新の必要性が認識されているが、単なる同等のシステム構成による更新(いわゆるレトロフィット。Retrofit)では、より省エネ運用を求める社会的要請や、再生可能エネルギーの出力変動に追従可能な即応性の高い電源のニーズにこたえきれない。

そのため、ガスタービンとその排熱回収をするボイラによる近代化改修が必要である。

6.1.3 復興における熱電併給設備の重要性

3.1.2 項に記載した通り、2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻、特に2022年10月以降のエネルギーインフラ関連施設への攻撃により、電力インフラが大きな被害を受けている。

UNDPとWBにて「ウクライナエネルギー被害評価2022」を取りまとめており、UNDPはさらに技術分析を行い「ウクライナエネルギー部門のグリーン移行に向けて」を待纏めている。UNDPは、最も効果的な解決策の一つとしてガスタービンとガスエンジン、特にガスタービンは発電の分散化に貢献すると結論付けている。

そのため、炭素中立を勘案しつつ復興を目指すうえで、ガスタービンとその排熱回収をするボイラによる近代化改修の有効性、重要性は衆目の一致するところである。

6.1.4 ガスタービンの導入により期待される効果

5.4.3 項に記載した通り、ガスタービンの導入により、近代化、炭素中立に配慮した復興、省エネ、という複合的な効果が期待される。

モデルシステムを導入した場合に期待される効果を表 6-1 に示した。

表 6-1 近代化を通して期待される効果

モデル	項目	効果
電気供給強化	熱供給能力	86.4 Gcal/h の熱供給 (43.2 Gcal/h x 2) (約 120,000 家庭への供給に相当)
	電気供給能力	81.6 MW の発電 (=40.8 MW x 2) 再生可能エネルギーの出力変動対応による電力網強靭化。 戦争や災害で基幹送電線が不具合時に、地域への電力供給が可能。
電力供給強化 +熱供給強化	熱供給能力	105.2 Gcal/h の熱供給 (=52.6 Gcal/h x 2) (150,000 家庭への供給に相当)
	電気供給能力	106.1 MW の発電 (=38.8 MW x 2+28.5 MW) 再生可能エネルギーの出力変動対応による電力網強靭化。 戦争や災害で基幹送電線が不具合時に、地域への電力供給が可能。

出典: 調査団にて作成

6.1.5 ウクライナ全体での潜在需要規模

ウクライナ全体での潜在需要規模並びに波及効果を表 6-2 に整理した。

表 6-2 ウクライナ全体での潜在需要規模並びに波及効果

モデル	項目	効果
電気供給強化	導入が見込まれるシステム数	2 システム
電力供給強化 +熱供給強化	導入が見込まれるシステム数	12 システム

出典: 調査団にて作成

6.2 今後の我が国の支援に向けての課題

6.2.1 他国の協力機関との棲み分け

3.3.4 項に記載した通り、2022 年のロシアによるウクライナ侵攻以前にも、熱供給分野への各国の協力機関の関心は高く、さらにウクライナの復興援助の目玉になることが想定される。

本調査の採択前には協力を約束していた Kyiv Teplo Energo は UNDP からのガスタービンの供与を受けるために本調査のための協力に消極的になり、Kharkivski Teplov Merezhi は本調査と並行して USAID から提案を受けていることを言及している。

他国の協力機関と競合するのは時間や労力の損失を招く恐れがあるため、事前に棲み分けするのが望ましい。この点で、経産省、外務省及び傘下の NEXI、JBIC、JICA が関与しながら棲み分けをすることが必要と思われる。

6.2.2 優先交渉権の確立

熱供給は、基幹インフラであるという位置づけから、建設業者により選定することが求められていると考えられる。

その場合、ガスタービンと排熱回収というシステムの概念のみが採用され、本邦企業の技術的な優位性を活かせずに、欧米のガスタービンと価格競争の入札をすることになる恐れがある。

旧ソ連諸国のウズベキスタンで同様に入札を求める枠組みの下でガスタービン導入した事例では大統領令を発出してもらうことで入札を回避している。入札に拘らず優先交渉権を確立する方法の模索と、実現するための本邦省庁からの支援が望まれる。

6.2.3 次段階調査の必要性並びに要検討事項

5.6.4 項に述べた通り、本調査は、プレFSであり、事業実現に当たってはさらに詳細な検討が必要になる。前掲の表 5-28 を参考に適宜検討する。

6.2.4 今後のアクション

Kharkivski Teplovi Merezhi、Naftogaz Teploとの協力関係を維持し、2024年中に次段階調査の開始を目指す。

日・ウクライナ経済復興推進会議が 2024 年 2 月に実施され、日本政府がウクライナへの復興支援を主導しているので、緊密に連携をする。