

令和 5 年度

内外一体の経済成長戦略構築にかかる国際経済調査事業
(ウクライナ経済復興にかかる事業可能性調査)

調査報告書

(令和 6 年 3 月)

委託事業者：株式会社パデコ

目 次

【第1部】キーウメトロ車両近代化に関する事業性調査

第1章	背景・相手国およびセクター概要	2
1.1	本調査の背景	2
1.2	ウクライナ国の経済・財務事情	3
1.2.1	概況	3
1.2.2	2024年のウクライナ経済に対する企業の期待	3
1.2.3	財政状況	4
1.3	プロジェクトの対象セクターの概要	4
1.3.1	キーウメトロ	4
1.3.2	ハルキウメトロ	7
1.3.3	ドニプロメトロ	9
1.4	キーウメトロの現状	11
1.4.1	旅客需要	11
1.4.2	組織体制	11
1.4.3	財務状況	13
1.4.4	開発計画	16
第2章	調査方法	18
2.1	調査内容	18
2.2	調査方法・体制	18
2.3	調査スケジュール	18
第3章	提案プロジェクトの内容	20
3.1	既往案件の概要	20
3.2	本プロジェクトの対象車両	20
3.2.1	キーウメトロの保有車両	20
3.2.2	ワルシャワメトロから譲渡された 60 両	24
3.3	本プロジェクトの内容	25
3.3.1	車両編成	27
3.3.2	床下機器配置図	29
3.3.3	主回路システム近代化の効果	29
3.4	施工計画／調達計画	30

3.4.1	施工／調達方針	30
3.4.2	輸送計画	30
3.4.3	施工計画	32
3.4.4	調達計画	35
3.4.5	プロジェクトマネジメント・コンサルタント	36
3.5	相手国側分担事業の概要	37
3.6	運営維持管理計画	38
第4章	環境社会配慮及び二酸化炭素排出削減・省エネ効果の検討	39
4.1	環境及び社会の現状	39
4.1.1	環境の現状	39
4.1.2	社会の現状	41
4.2	相手国の環境社会配慮関連法規の概要	42
4.3	二酸化炭素削減・省エネ効果の概算	43
第5章	プロジェクトの必要性・妥当性	45
5.1	本事業の必要性	45
5.1.1	戦時下及び復旧、復興時の首都キーウにおける重要都市インフラ	45
5.1.2	G7議長国（2023年）として日本が果たすウクライナ復興支援における国際貢献	45
5.1.3	雇用創出	45
5.2	本事業の妥当性	45
5.2.1	実現性・実施可能性	45
5.2.2	環境効果	46
5.2.3	車両近代化のメリット	47
第6章	プロジェクト評価	48
6.1	前提条件妥当性	48
6.2	相手方投入（負担）事項	48
6.3	外部条件	48
6.4	妥当性	48
6.4.1	プロジェクトの裨益対象	48
6.4.2	キーウメトロの車両調達計画	48
6.5	有効性	49
6.5.1	定量的評価	49

6.5.2	定性的評価	49
第7章	プロジェクト実施スケジュール	51
7.1	プロジェクト実施までのスケジュール	51
第8章	プロジェクト実施のための組織体制	53
8.1	実施体制	53
8.2	O&Mの現状および課題	54
第9章	本邦企業の技術面等での優位性	55
9.1	提案事業における日本企業の国際競争力と受注の可能性	55
9.2	日本から調達が見込まれる主な資機材の内容	55
第10章	プロジェクト資金調達の見通し	56
10.1	我が国の援助動向	56
10.2	資金調達に伴う各国・国際機関の動向	56
10.3	本プロジェクトの資金調達見通し	58
10.4	アクションプランと課題	58
10.4.1	アクションプラン	58
10.4.2	課題	58
添付資料		
添付資料 1		59

【第2部】ウクライナ支援全般に向けたプロジェクト候補の発掘調査

第11章 調査概要	64
11.1 調査方法	64
11.2 調査場所	64
11.3 国際会議、イベント	64
11.4 対象セクター	64
第12章 候補プロジェクト	65
12.1 交通・物流	65
12.1.1 キーウメトロの車両近代化	65
12.1.2 キーウメトロの安全運行および車両維持管理に関するプロジェクト	65
12.1.3 全国鉄道マスタープラン	65
12.1.4 キーウ〜ワルシャワ高速鉄道整備事業	65
12.1.5 ドニプロメトロ車両・運行システム近代化事業	65
12.1.6 オデーサ州仮設橋及び長大橋建設事業	65
12.1.7 橋梁復旧・建設事業（キーウ州・リビウ州・ハルキウ州）	66
12.1.8 ドナウ川河川港機能強化事業	66
12.1.9 チョルノモースク穀物ターミナル拡張事業	66
12.1.10 アントノフ空港リハビリ・開発事業	66
12.1.11 地方都市へのEバス供与	67
12.1.12 物流網構築・強化事業	67
12.2 医療保健	67
12.2.1 リビウ市総合医療センター整備事業	67
12.2.2 リハビリセンター・義肢義足支援事業	67
12.2.3 病院施設、機材近代化・省エネ事業	67
12.3 エネルギー	68
12.3.1 グリーンアンモニア・水素製造事業	68
12.3.2 カニフ水力発電所（揚水式発電）	68
12.3.3 移動式変電設備建設事業	68
12.4 その他	68
12.4.1 がれきリサイクル事業	68
12.4.2 チタン製造事業	69
12.4.3 ウクライナスタートアップ支援	69
第13章 提言	70



図 1-1：ウクライナの位置図	2
図 1-2：キーウメトロ路線図	5
図 1-3：キーウメトロ写真	6
図 1-4：ハルキウメトロ路線図	7
図 1-5：ハルキウメトロ写真	8
図 1-6：ドニプロメトロ路線図	9
図 1-7：ドニプロメトロ写真	10
図 1-8：キーウメトロ乗客数推移	11
図 1-9：キーウメトロ組織図および人数	12
図 1-10：キーウメトロの収支（2013 年～2022 年）	13
図 1-11：キーウメトロの開発計画	17
図 2-1：調査スケジュール	19
図 3-1：キーウメトロ保有車両 (1).....	22
図 3-2：キーウメトロ保有車両 (2).....	23
図 3-3：更新対象となるワルシャワメトロの車両	25
図 3-4：近代化車両編成図	28
図 3-5：近代化車両床下機器配置	29
図 3-6：輸送ルート計画	31
図 3-7：クリュコフ社の製造工場の様子	34
図 3-8：第 1 ステージの調達計画イメージ.....	36
図 4-1：ホロシーウスキイ国立自然公園	40
図 8-1：第 1 ステージの実施体制図案.....	53
図 8-2：第 2 ステージの実施体制図案.....	54

表

表 1-1：キーウメトロの乗客数統計	11
表 1-2：キーウメトロの人員数推移	11
表 1-3：キーウメトロの財務的及び経済的な主要指標：2019-2022	14
表 1-4：キーウメトロの収入と支出に関する情報：2019-2021、2022（計画）	15
表 3-1：既往車両近代化プロジェクトの作業分担	20
表 3-2：現有車両一覧表	21
表 3-3：車両諸元表	26
表 3-4：新旧主回路システムのエネルギー消費量比較	30
表 3-5：クリュコフ社の 2001 年～2023 年の車両製造実績	32
表 3-6：詳細工事工程表	35
表 4-1：2000 年～2022 年のキーウ市の人口	41
表 4-2：2022 年のキーウ市の人口	41
表 4-3：CO ₂ 削減量推計に用いたデータ（2018 年）	43
表 4-4：新型車両 1 台あたりの二酸化炭素削減量（2018 年）	44
表 5-1：電力消費削減量の発電機換算	46
表 5-2：発電機の燃費計算	46
表 6-1：プロジェクトの定量的評価指標	49
表 7-1：編成数別実施スケジュール	52
表 9-1：日本から調達が見込まれるシステムおよび構成機器（5 編成 60 両のケース）	55
表 10-1：各国のウクライナへの支援総額	56
表 10-2：非二国間機関のウクライナへの支援総額	57

略 語

略語	正式名称	日本語訳
AC	Alternating Current	交流電流
DC	Direct Current	直流電流
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development	欧州復興開発銀行
EIB	European Investment Bank	欧州投資銀行
EU	European Union	欧州連合
EUR	Euro	ユーロ
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的内部収益率
FS	Feasibility Study	事業実施可能性調査
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Green Investment Scheme	グリーン投資スキーム
GNI	Gross National Income	国民総所得
IDP	Internally Displaced Person	国内避難民
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
IUCN	International Union for Conservation of Nature	国際自然保護連合
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
NBU	National Bank of Ukraine	ウクライナ国立銀行
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	産業技術総合開発機構
PSS	Peak Season Surcharge	繁忙期割増料金
SEIA	State Environmental Investment Agency of Ukraine	ウクライナ環境投資庁
TOR	Terms of Reference	委託事項
THC	Terminal Handling Charges	ターミナル・ハンドリング・チャージ
UAH	Ukrainian Hryvnia	ウクライナフリヴニャ
UN	United Nation	国際連合
UNDP	United Nation Development Programme	国連開発計画
SEIA	State Environmental Investment Agency of Ukraine	ウクライナ環境投資庁
TOR	Terms of Reference	委託事項
UAH	Ukrainian Hryvnia	ウクライナフリヴニャ
VAT	Value Added Tax	付加価値税
VVVF	Variable Voltage Variable Frequency (Control)	可変電圧可変周波数制御
WB	World Bank	世界銀行

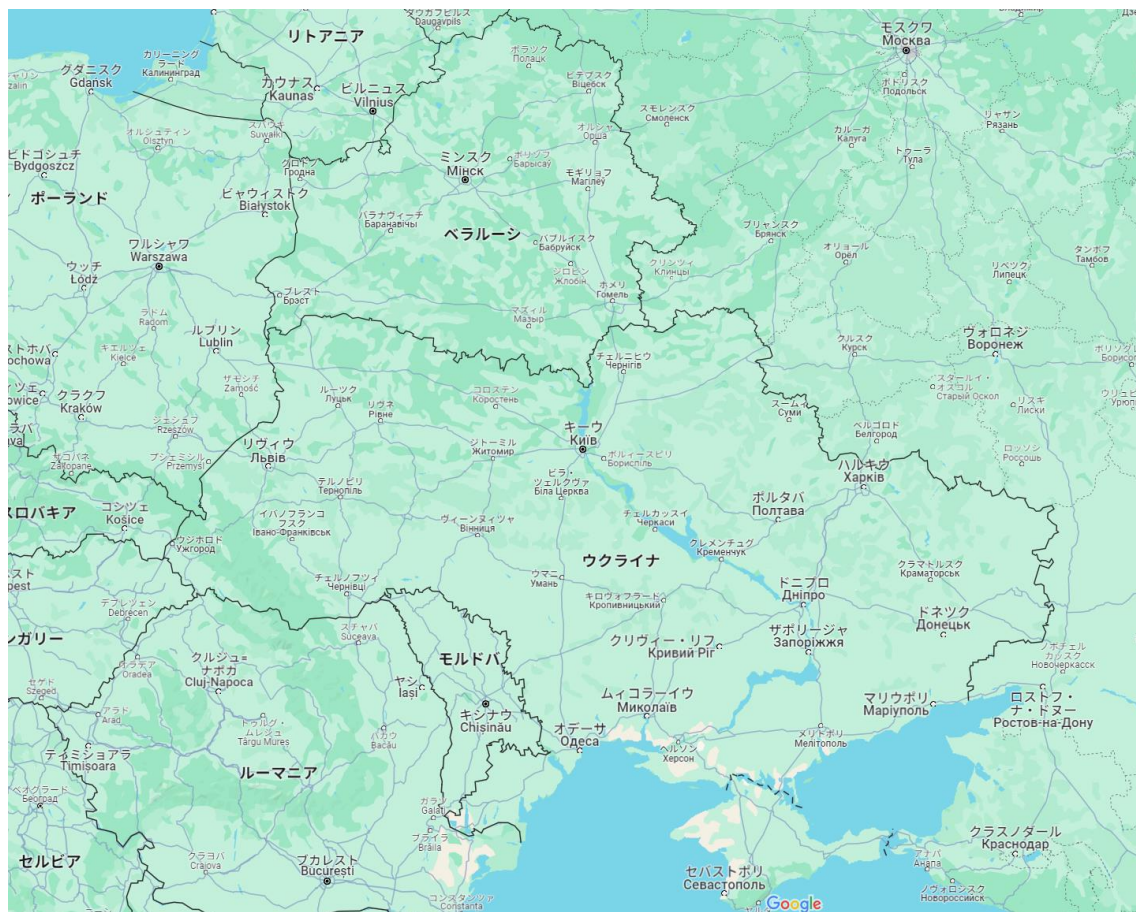
【第 1 部】

キーウメトロ車両近代化に関する事業性調査

第1章 背景・相手国およびセクター概要

1.1 本調査の背景

ウクライナは、下図に示す通りロシア、ベラルーシ、ポーランド、スロバキア、ハンガリー、ルーマニア、モルドバと国境を接し、南は黒海に面している人口 4,159 万人（2021 年、クリミアを除く）、国土面積 60.37 万 km²（日本の約 1.6 倍）の大国である。



出典：Google Map

図 1-1：ウクライナの位置図

2022 年 2 月 24 日に始まったロシアによるウクライナ侵攻（ウクライナ・ロシア戦争）はウクライナに経済的、人道的に深刻な被害をもたらしている。ウクライナ全土に甚大なるインフラ破壊をもたらし、また現在も多数の民間人の犠牲者がでている。

同国の政治経済の中心地である首都キーウ市は総面積 830km²（東京都 23 区の面積の 1.3 倍）、人口は約 295 万人（2022 年 2 月 1 日時点、ウクライナ国家統計局）、更にキーウへの国内避難民（Internally Displaced Person：IDP）は約 50 万人以上とも言われ、最重要インフラであるキーウメトロは重要な都市インフラのみならず連日のロシアによる空爆に対するシェルターとして市民の命を守っていることは、世界中で報道されている。

また、IDP の多くは自家用車も持っておらず、メトロは重要な移動手段にもなっている。しかしながら戦禍の影響は大きく、旅客数は大幅減で経営・運営は厳しい状態が続いており、その機能を維持すべき限られた予算で日々努力している。

1.2 ウクライナ国の経済・財務事情

1.2.1 概況

世界銀行（WB）、国際通貨基金（IMF）、およびウクライナ国立銀行（NBU）が発表するウクライナの経済情勢は、複雑な状況を示唆している。2023 年第 2 四半期の GDP 成長率は、堅調な公共消費と戦争に影響を受けたセクターの緩やかな回復に後押しされ、プラス成長が見られた。また、8 月時点でインフレ率は 8.6%に低下し、食品や交通の価格が下がった影響を受けている。それにもかかわらず、2023 年上半期の経常収支は 13 億ドルの赤字が生じた。

2023 年上半期の税収は前年比 25%増であったが、公共支出は 67%増と急増し、諸外国・国際機関等からの援助が資金需要をカバーした形となった。GDP 成長率の見通しはロシアとの戦争がいつまで継続するかによって異なり、2024 年半ばまで続いた場合には 2023 年が 3.5%、2024 年が 4%の成長率と予測されている。

IMF は、戦争に関する課題が多くある中でもウクライナの経済的回復力を認識し、延長基金制度を通じて経済プログラムを支援している。2023 年の GDP 成長予測はその後 4.5%に上方修正され安定の兆候が見られるが、戦争は続いているため 2024 年の成長率は 3-4%に減速する可能性が高く、下振れリスクが高い。

結論として、ウクライナは戦争関連の課題によって複雑な経済状況に直面しており、安定と持続可能な回復を確保するためには、慎重な財政および金融政策による運営が必要となっている。

1.2.2 2024 年のウクライナ経済に対する企業の期待

ウクライナの企業は経済成長と回復力について楽観的な見通しを示している。欧州ビジネス協会が発表した「2024 年のウクライナビジネス予測」の調査によると、ウクライナは積極的な期待と進歩への連帯的なコミットメントを示している。調査対象企業の 58%以上が 2024 年の事業発展に前向きな動きを予測しており、この上向きのトレンドは前年の 47%から慎重ながらも顕著な改善を反映している。企業経営者の 29%が安定を予測、13%がマイナスな動向を予測し、前年の 25%から減少している。

また経営者たちは財務指標に対しても楽観的で、72%が 2024 年の収益増加を見込んでいる。この前向きな見通しは、ウクライナフリヴニャの価値・物量の両方に及んでおり、財務業績の向上に対する期待が示されている。同調査によると、新規投資プロジェクトを計画する企業が前年から 19%から 26%に増加している。社会的な取り組みも勢いを増しており、65%の企業が収益の約 6%を社会的なプロジェクトへ投資することを計画しているように、社会福祉に対するコミットメントを示している。

1.2.3 財政状況

2023年のウクライナの財政状況と2024年の予算見込みに関しては、国家予算の総収入が顕著に増加しており、2023年の1兆3,300億フリヴニャ（約5.05兆円）から2024年には1兆7,680億フリヴニャ（約6.71兆円）に急増している。この増加は、不確実な状況が続く中で強固な財源が必要であるという、慎重ながらも楽観的な傾向が見られる。

2024年度予算は、大統領のウクライナ・ドクトリンと戦略的に整合している。国防、社会保護、医療、教育、企業支援への配分が大きな割合を占め、その総額は3兆3,550億フリヴニャ（約12.74兆円）となっている。国防費がGDPの22.1%を占めており、国家の安全保障に対する現実的なコミットメントを示している。

諸外国・国際機関等からの援助は、ウクライナの財政回復力にとって引き続き極めて重要である。具体的には、ウクライナは2024年安全保障と国防以外の支出に、約410億米ドルの支援を求めている。5,259億フリヴニャ（約2.00兆円）の国内借入を含む2兆1,320億フリヴニャ（約8.01兆円）の国家借入計画は、機動的な財政政策の必要性を強調している。

米国、欧州連合（EU）、IMF、世界銀行（WB）、日本など、さまざまな同盟国からの外部資金を積極的に追及している。このような外交的・財政的協力関係は、複雑な情勢や経済状況の中で、ウクライナの外部依存を示すものである。

2023年、ウクライナは517億米ドルの資金を確保し、前年の513億米ドルに比べ小幅な増加となったが、主要抛出国に大きな変化が見られた。2022年は米国がウクライナの予算に120億米ドルを投入してトップだったのに対し、2023年は、欧州連合（EU）が179億米ドルを投入し、トップに浮上した。

加えて、資金源の多様性も2023年は顕著となった。国内債と米国が依然として大きな貢献をしている一方で、IMFは重要な役割を果たし、35億米ドルを支援した。その他、カナダ、日本、英国、WB、欧州各国からの抛出が財政基盤の強化に大きく貢献をした。

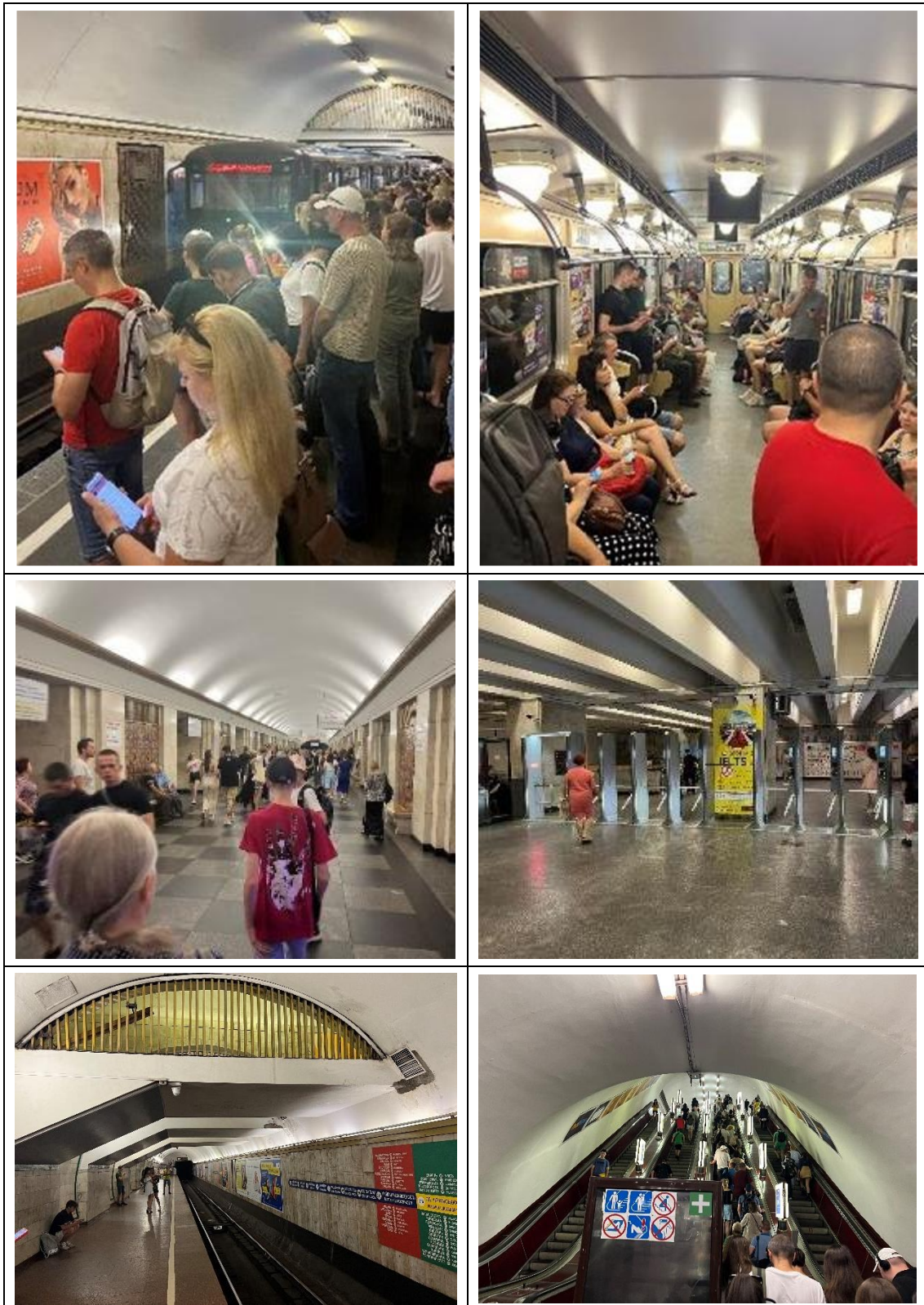
1.3 プロジェクトの対象セクターの概要

ウクライナの地下鉄システムは、旧ソ連時代に首都キーウで1960年に開業したのが最初であり、旧ソ連ではモスクワ、セントピッツバーグに次いで3番目であった。現時点ではキーウ、ハルキウ、ドニプロの3都市で営業しており、路線延長は計102.6kmである。

これらメトロの運営および維持管理は、各市が保有するメトロ会社によって行われている。

1.3.1 キーウメトロ

下の路線図の通り1～3号線が営業しており路線長合計69.65km、52駅（46駅が地下、4駅が地上、2駅が高架）で、世界最深の地下鉄としても知られている（1号線のArsenalna駅、地中105.5m）。1号線は東西に約22km、18駅、2号線は南北に20.95km、18駅、3号線は北西－南東に23.9km、16駅となっている。地下鉄は午前5時頃から深夜まで営業している。



出典：調査団（2023年8月）

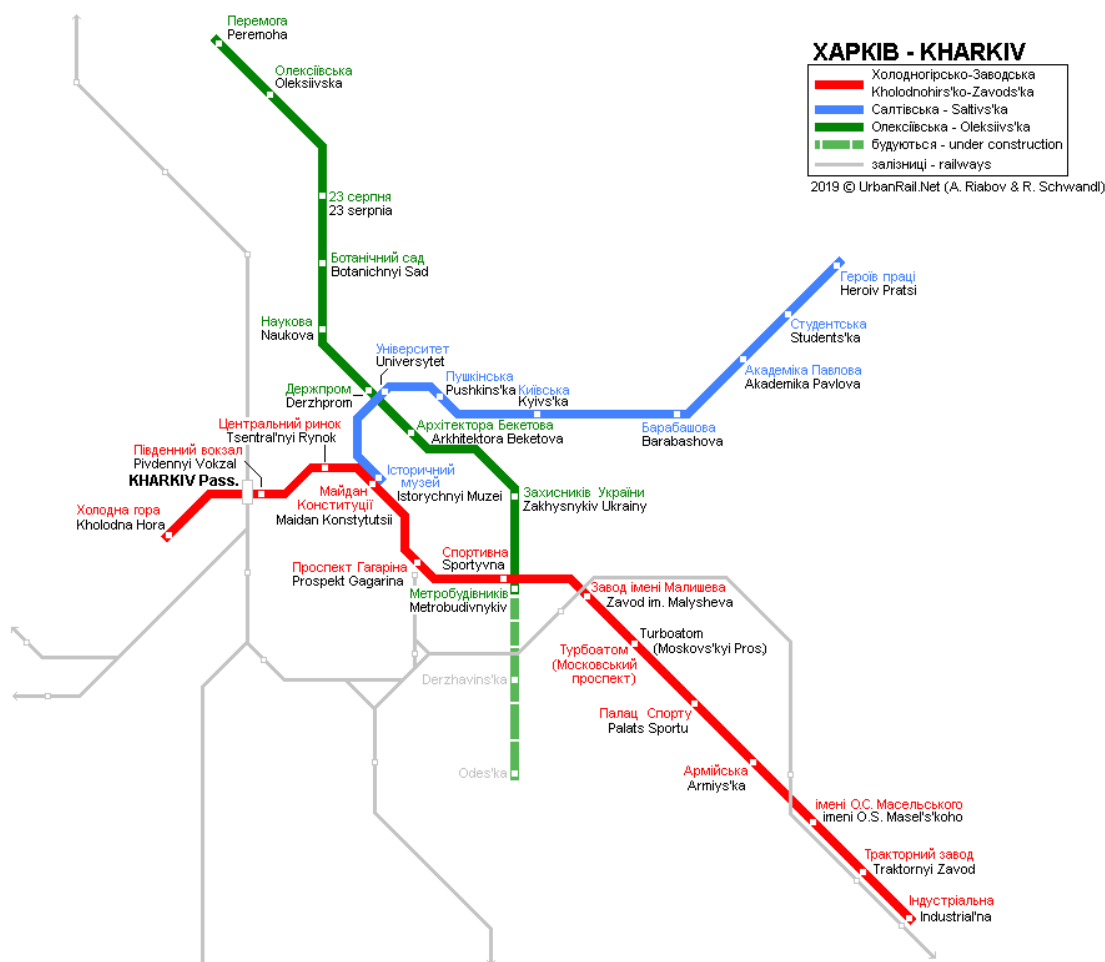
図 1-3：キーウメトロ写真

1.3.2 ハルキウメトロ

1975 年に最初の区間が開業して以降、延伸・拡張を繰り返し、現在では下の路線図の通り 1～3 号線が営業しており路線長合計 38.1km、30 駅で、全線全駅が地下である。1 号線は東西に約 16.5km、13 駅、2 号線は南北に 10.2km、8 駅、3 号線は南北に 11.1km、9 駅となっている。メトロは午前 5 時半頃から深夜まで営業している。

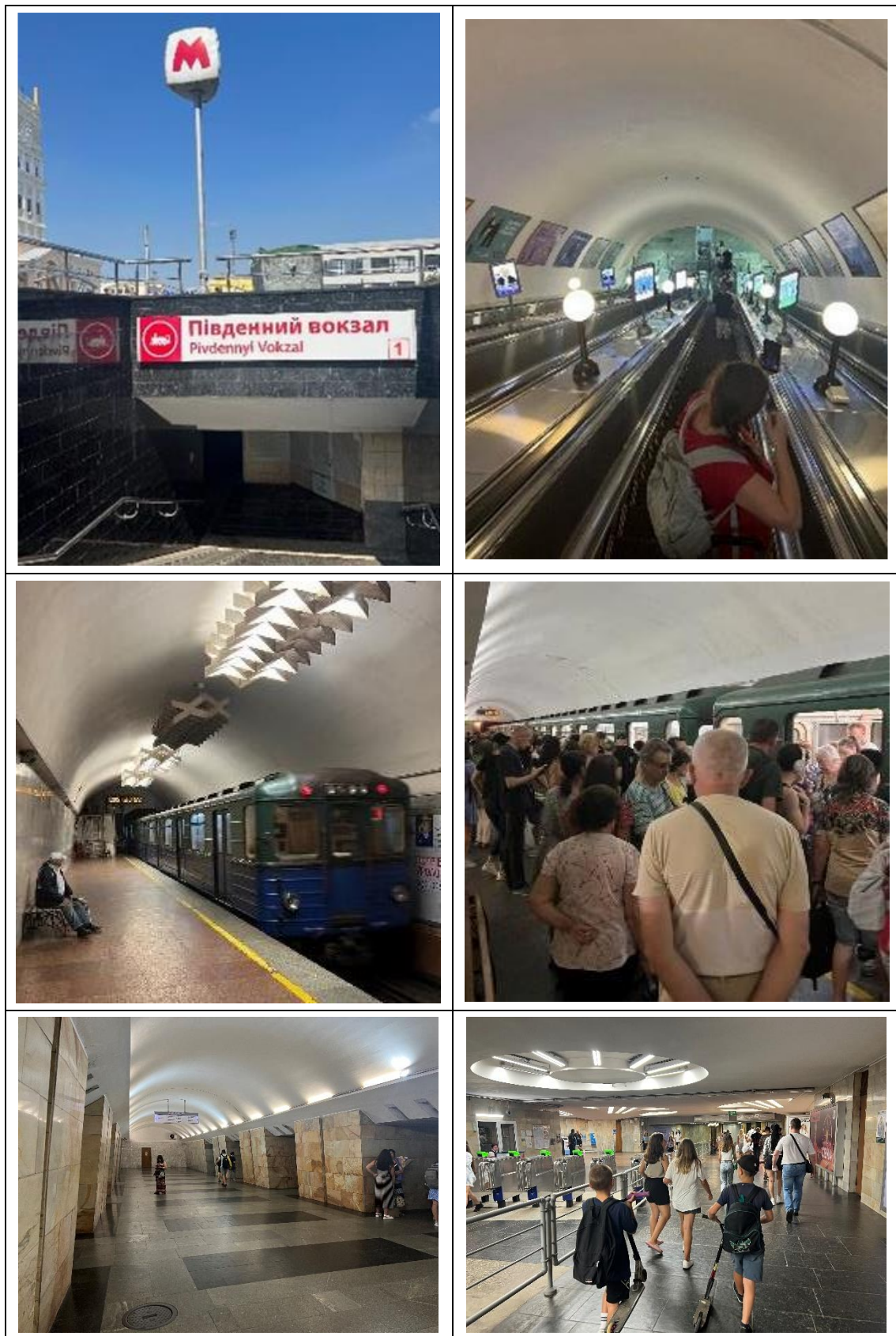
2017 年に欧州復興銀行（EBRD）と欧州投資銀行（EIB）の協調で 3 号線の延伸についての借款契約（3.82 億ユーロ）に署名しており、3.47km、2 駅、デポの建設および新規車両調達（最大 20 編成、100 両）が行われる予定であった。

ロシアによる侵攻が開始した際、地下鉄駅はシェルターとして使われ、数か月もの間住み着いた住民もいたため、各種イベントも開催された。現在、メトロの運行は無料で再開されている。



出典：<https://www.urbanrail.net/eu/ua/kha/kharkiv.htm>

図 1-4：ハルキウメトロ路線図



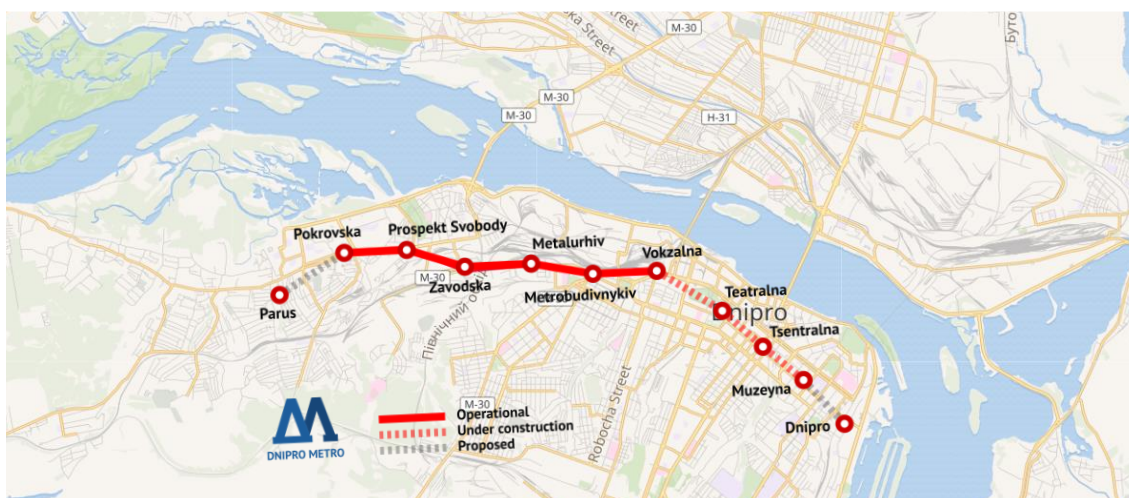
出典：調査団（2023年8月）

図 1-5：ハルキウメトロ写真

1.3.3 ドニプロメトロ

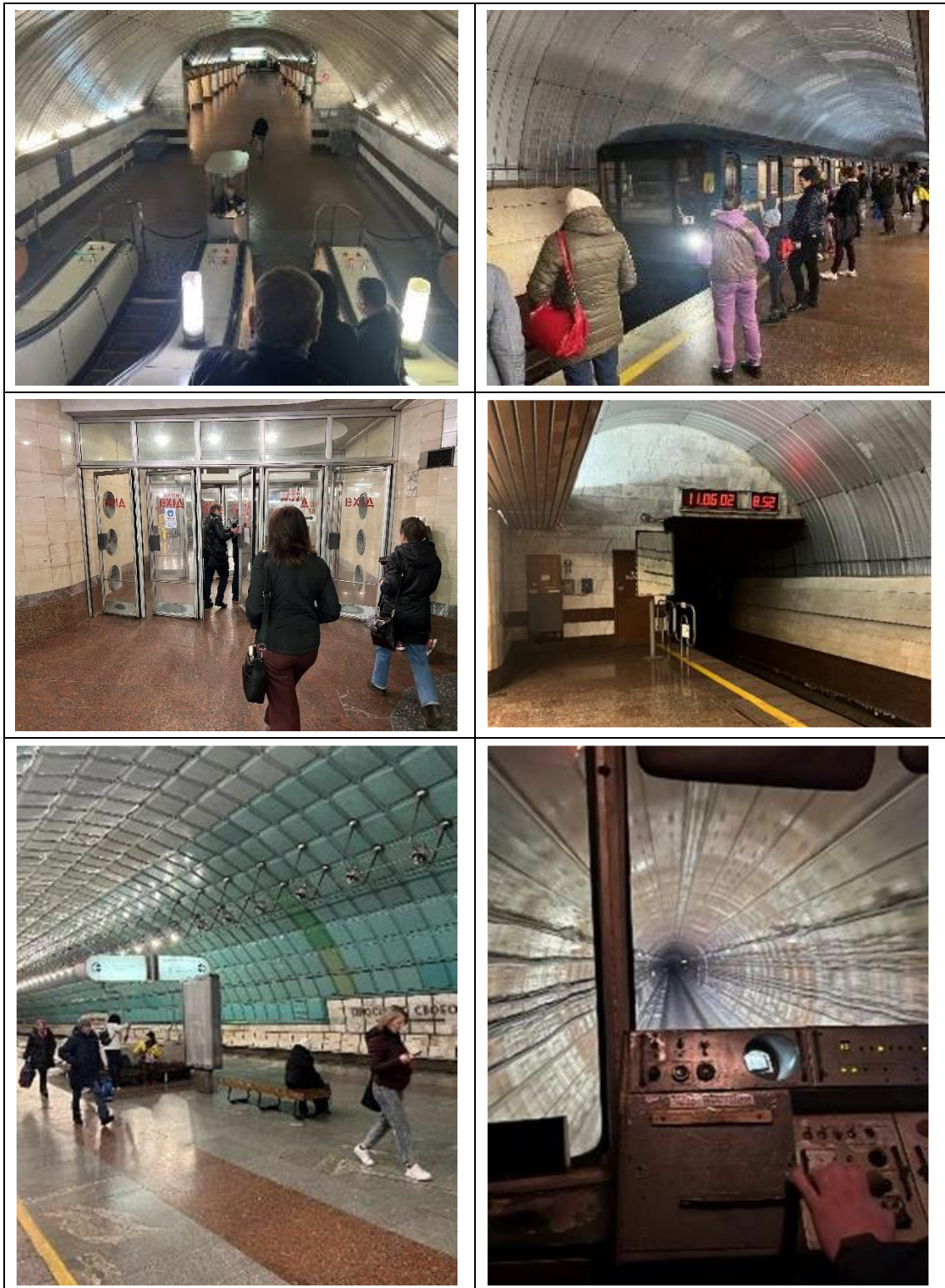
1995 年に開業した 7.8km、6 駅の非常に小さな地下鉄である。1 路線しかなく、市内を東西に走っている。メトロは午前 5 時半頃から午後 23 時まで営業している。

2009 年から市の東部への延伸工事（4km、3 駅）が実施中であるが、財政不足等様々な問題により遅延しており完成に至らず、2013 年に EBRD と EIB の協調で 3 号線の延伸についての借款契約（3.05 億ユーロ）に署名したが、未だ完成に至っていない。2016 年にはトルコの Limak 社がドニプロ市との間で 2.24 億ユーロの建設契約を受注し、工事を開始しているが現在は停止している。



出典：ドニプロメトロウェブサイト等を参照に調査団作成

図 1-6：ドニプロメトロ路線図



出典：調査団（2023年4月）

図 1-7：ドニプロメトロ写真

1.4 キーウメトロの現状

1.4.1 旅客需要

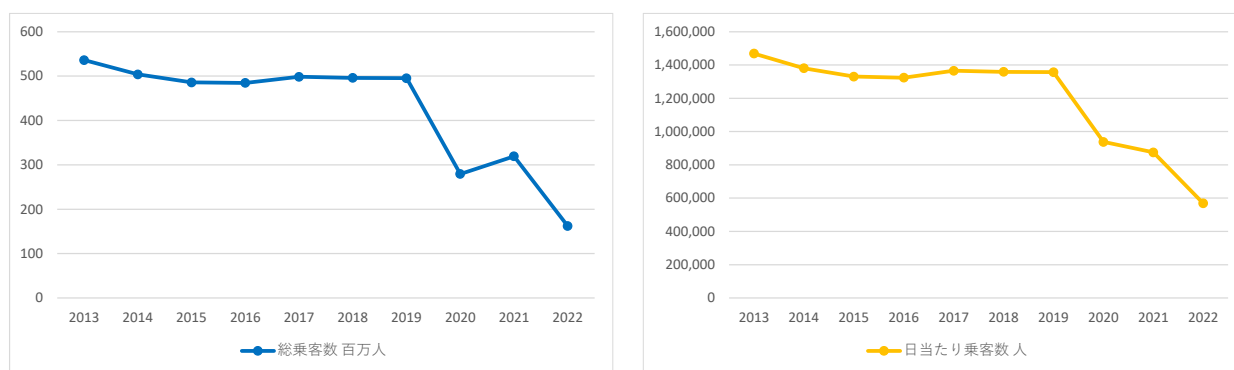
キーウの公共交通システムは他の欧州の都市に比べて密であり、その内メトロはライダーシップの 45% のシェアを占めている。次いでバスが 28%（80 万人/日）、トロリーバスが 15%、トラムが 11%、列車が 0.6% となっている。

キーウメトロの乗客数に関する統計を以下に示す。コロナ前の 2019 年までの年間利用者数は 5 億人前後、2020 年は 2.8 億人、2021 年は 3.2 億人程度まで減っている。2022 年は 1.6 億人まで利用者が更に減少したが、これはロシアとの戦争下、戒厳令が発令され 2022 年 2 月 24 日～5 月 15 日までは営業停止、それ以降も市民の国外あるいは他都市への避難による一時的な人口減少、間引き運転など、戦争の影響によるものである。

表 1-1：キーウメトロの乗客数統計

項目	単位	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
総乗客数	百万人	536.18	503.93	485.69	484.59	498.47	496.08	495.34	279.49	319.33	162.14
日当たり乗客数	人	1,469,000	1,380,600	1,330,600	1,324,000	1,365,700	1,359,100	1,357,100	937,900	874,900	568,900

出典：キーウメトロ



出典：キーウメトロ

図 1-8：キーウメトロ乗客数推移

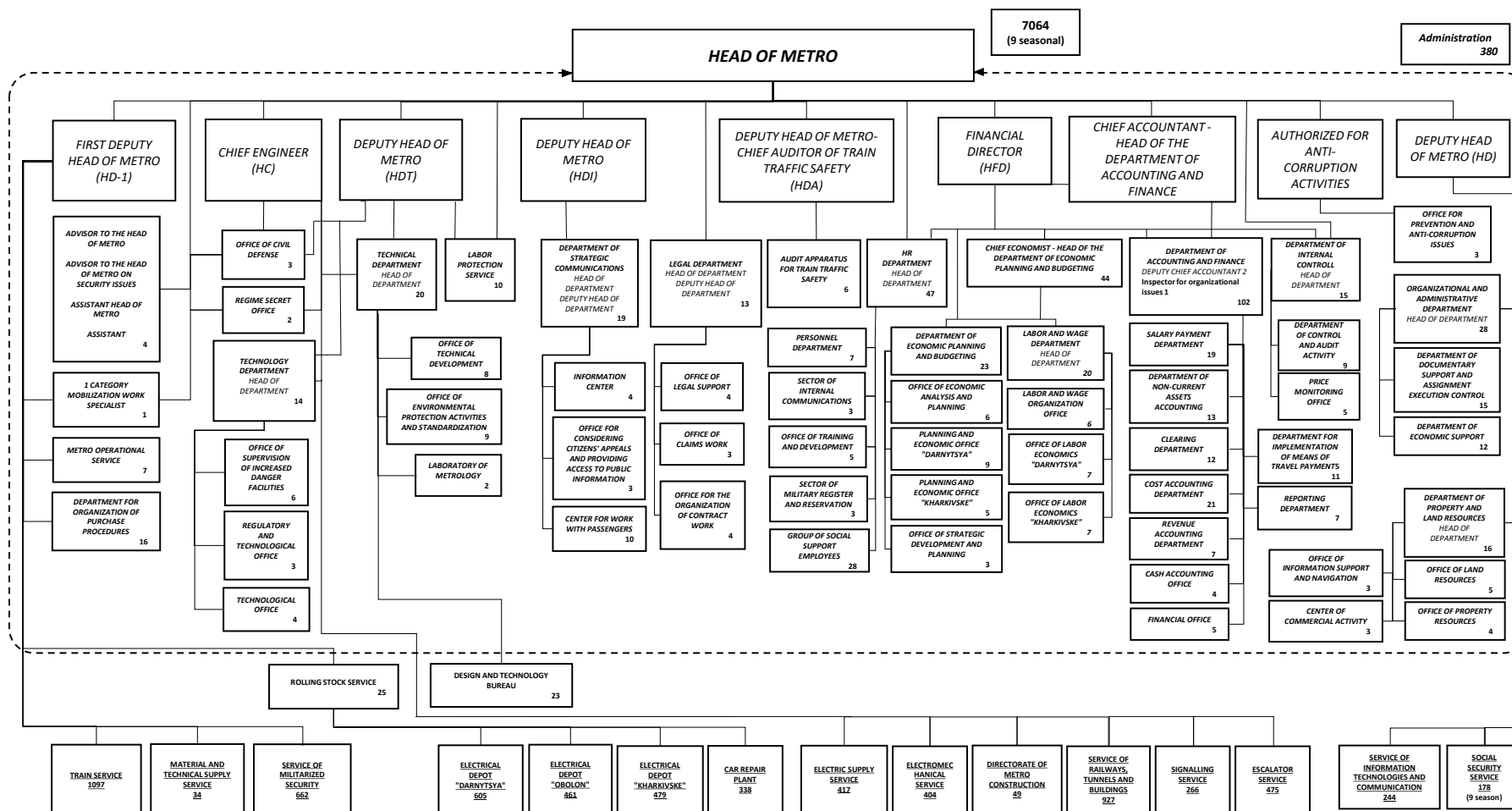
1.4.2 組織体制

キーウメトロの組織体制を図 1-9 に示した。約 7,300～7,700 名程度の従業員を抱えており、その内約 380 名がマネジメントや事務職員、残りが列車運行や各種メンテナンス、建設等の技術要員である。戦争の影響で運行数・メトロ利用者が減っていることもあり、2022 年以降人員は大幅削減されている。

表 1-2：キーウメトロの人員数推移

項目	単位	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
職員数	人	7,494	7,359	7,379	7,368	7,419	7,539	7,666	7,744	7,711	5,994

出典：キーウメトロ



出典：キーウメトロ

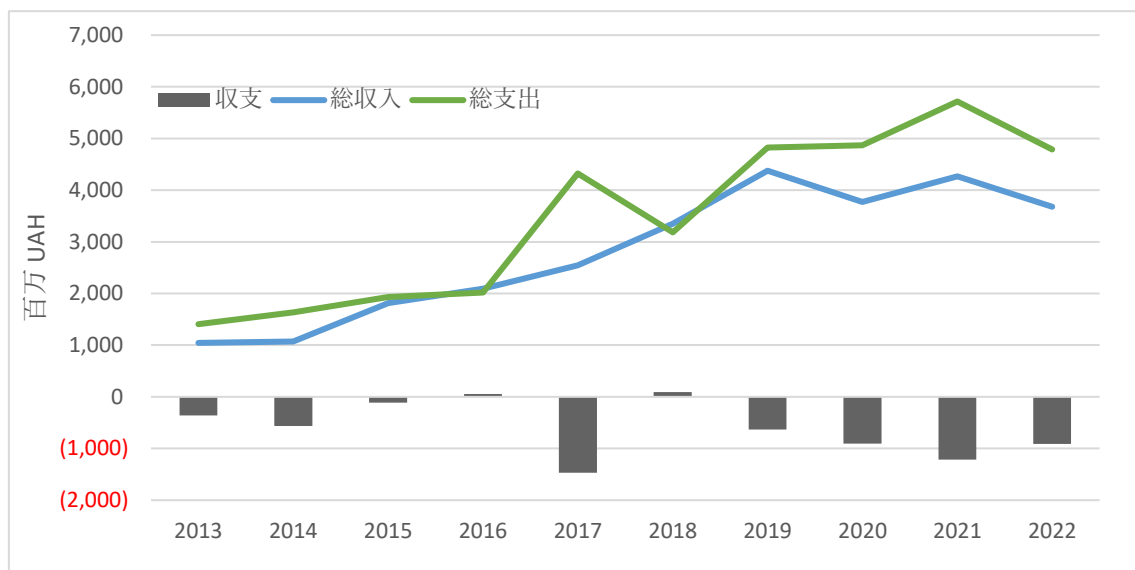
図 1-9：キーウメトロ組織図および人数

営業路線長 1km あたりの要員数は約 130 人であり、東京メトロの約 3 倍である。日本の地下鉄では、車両・施設・設備等の保守作業の大半を外注化しているのに対し、キーウメトロは全ての業務を直轄で行っているため要員数が多い。また、乗車券の窓口販売を残していることも要員数に影響している。

また、高等教育機関に就学しながら勤務している職員が約 7%、定年（男性 60 歳、女性 55 歳）を過ぎて、年金を受給しながら勤務している職員（嘱託に相当する職員）が約 10% いる。

1.4.3 財務状況

キーウメトロの 2013 年から 2022 年にかけての総収入、総支出、収支を下のグラフにまとめる。



出典：キーウメトロ

図 1-10：キーウメトロの収支（2013 年～2022 年）

この数値から以下の点を伺うことができる。

- 基本的には収支ではマイナスとなっている年が多く、財務面からは事業で十分な収益を得ることができていないと言える。
- ただし、前年と比べて支出を増やして投資をした年（2017 年と 2019 年）は収支で大きくマイナスを計上している一方で、毎年徐々に収益を増やしつつ、大きな支出をしていない年は収支がほぼ 0 となっており、2019 年には財務面ではバランスが取れている状態に近づいていたことがうかがわれる。
- 2020 年に発生したコロナ禍に伴う乗客の大幅な減少は収入に大きなダメージを与え、2020 年以降は収支面では大きくマイナスになっている。さらに 2021 年に収入が持ち直したが、2022 年に発生したロシアによるウクライナ侵攻に伴い再び収入が減少するという苦しい状態にある。

- 本業のオペレーションとは関わらない外的要因により収支面で厳しい状況にあることは間違いなく、当面は事業継続に尽力し、外的要因の状況が改善した暁にはまずは2019年の状態に回復が必要となる。

キーウメトロから2019年～2022年の財務関連情報を入手し、財務構造・財務状況の把握を行った。表1-3と表1-4にキーウメトロの財務関連情報を示す。特筆すべき点として下記がある。

- 上述の通り、外的な要因により収入が減少傾向にあり、収支はマイナスとなっている。加えて、収入のうち無償支援や補助金の割合が年々高くなっている（2019年は4.4億ウクライナフリヴニャ（UAH）、2020年は14.8億UAH、2021年は17.7億UAH）。公的な役割を担っている面もあるため支援が必要である点は理解でき、当該期間は外的要因のために非常に厳しい状況であることを考慮すると止むを得ない面もあると思われるが、持続的な運営を可能にするために、本業の収入で支出の多くをカバーできるようにすることが望ましい。
- 経費の上昇傾向が見られ、経費の圧縮や設備更新による運営維持管理費用の節減の必要性は高いと考えられる。
- 現状では債務の割合は少ない。ただし、2022年には車両調達のためにEBRDのローン（1,250万EUR）が用いられることとなっており、その返済には留意する必要がある。

表1-3：キーウメトロの財務的及び経済的な主要指標：2019-2022

（単位：1,000 UAH）

項目	2019	2020	2021	2022 (計画)
Total revenue, including:	4,375,946.0	3,770,582.0	4,268,277.0	3,286,922.8
Net revenue from the sale of products (goods, works, services)	3,389,499.0	1,845,450.0	2,189,376.0	2,216,763.5
Other operating income, including:	660,303.0	1,690,062.0	2,056,289.0	1,070,159.3
grants and subsidies received	440,996.0	1,476,181.0	1,774,527.0	820,837.5
income from operational lease of assets	28,925.0	16,097.0	19,949.0	36,000.0
Other financial income	0.0	0.0	0.0	0.0
Other income, including:	326,144.0	235,070.0	22,612.0	0.0
income from assets received free of charge	0.0	0.0	0.0	0.0
Total expenses, including:	(5,011,475.0)	(4,674,189.0)	(5,486,050.0)	(7,750,549.0)
Cost of goods sold (goods, works, services)	(4,389,454.0)	(4,328,652.0)	(5,069,064.0)	(7,125,849.2)
Administrative expenses	(213,057.0)	(222,608.0)	(249,670.0)	(335,074.4)
Selling expenses	0.0	0.0	0.0	0.0
Other operating expenses	(126,394.0)	(145,587.0)	(177,951.0)	(185,983.6)
Financial expenses	(91,665.0)	(103,475.0)	(86,094.0)	(103,641.8)
Other expenses	(1,363.0)	(69,750.0)	(132,307.0)	0.0
Income tax	(189,542.0)	195,883.0	229,036.0	0.0
Net profit (loss)	(635,529.0)	(903,607.0)	(1,217,773.0)	(4,463,626.2)
Capital Investments	(538,560.0)	(434,703.0)	(320,931.0)	(2,929,968.0)

項目	2019	2020	2021	2022 (計画)
Budget funds, including:	2,866,971.0	2,103,800.0	2,371,859.0	2,197,981.0
in the income structure	1,245,661.0	1,856,639.0	2,188,986.0	1,373,121.0
capital investments	1,621,310.0	247,161.0	182,873.0	824,860.0

注：2022年度は計画値

出典：キーウメトロ

表 1-4：キーウメトロの収入と支出に関する情報：2019-2021、2022（計画）

（単位：1,000 UAH）

項目	2019	2020	2021	2022 (計画)
Net revenue from sales of products (goods, works, services)	3,389,499.0	1,845,450.0	2,189,376.0	2,216,763.5
Cost of goods sold (goods, works, services)	(4,389,454.0)	(4,328,652.0)	(5,069,064.0)	(7,125,849.2)
Gross profit/loss	(999,955.0)	(2,483,202.0)	(2,879,688.0)	(4,909,085.7)
Administrative expenses	(213,057.0)	(222,608.0)	(249,670.0)	(335,074.4)
Other operating expenses	(126,394.0)	(145,587.0)	(177,951.0)	(185,983.6)
Other operating income, total, including:	660,303.0	1,690,062.0	2,056,289.0	1,070,159.3
Grants and subsidies received	440,996.0	1,476,181.0	1,774,527.0	820,837.5
Income from operating lease of assets	28,925.0	16,097.0	19,949.0	36,000.0
Financial result from operating activities	(679,103.0)	(1,161,335.0)	(1,251,020.0)	(4,359,984.4)
EBITDA	1,017,032.0	516,192.0	645,315.0	(2,422,685.3)
EBITDA profitability	30%	28%	29%	-109%
Financial expenses	(91,665.0)	(103,475.0)	(86,094.0)	(103,641.8)
Other income, total, including:	326,144.0	235,070.0	22,612.0	-
Foreign exchange gains/losses	69,406.0	-	12,806.0	-
Other expenses	(1,363.0)	(69,750.0)	(132,307.0)	-
Financial result before taxation	(445,987.0)	(1,099,490.0)	(1,446,809.0)	(4,463,626.2)
Income tax	(189,542.0)	195,883.0	229,036.0	-
Net financial result				
Profit	-	-	-	-
Loss	(635,529.0)	(903,607.0)	(1,217,773.0)	(4,463,626.2)
II. Payment of taxes, fees, and other mandatory payments				
Payment of taxes and fees to the State Budget of Ukraine (tax payments), total, including:	(8,780)	(6,405)	(7,930)	(18,418)
Value-added tax payable to the budget at the end of the reporting period	(8,688)	(6,352)	(7,847)	(17,695)
Other taxes, including:	(92)	(53)	(80)	(723)
Rent for the use of a radio frequency resource	(2)	(2)	(2)	(2)
Rent for special use of water	(54)	(3)	(4)	(364)
Rent for the use of subsoil	(36)	(48)	(73)	(357)
Other	-	-	(4)	-
Payment of taxes and fees to the budget of the city of Kyiv, total, including:	(341,494)	(409,762)	(405,448)	(484,698)
Personal income tax	(301,111)	(368,704)	(361,792)	(430,385)

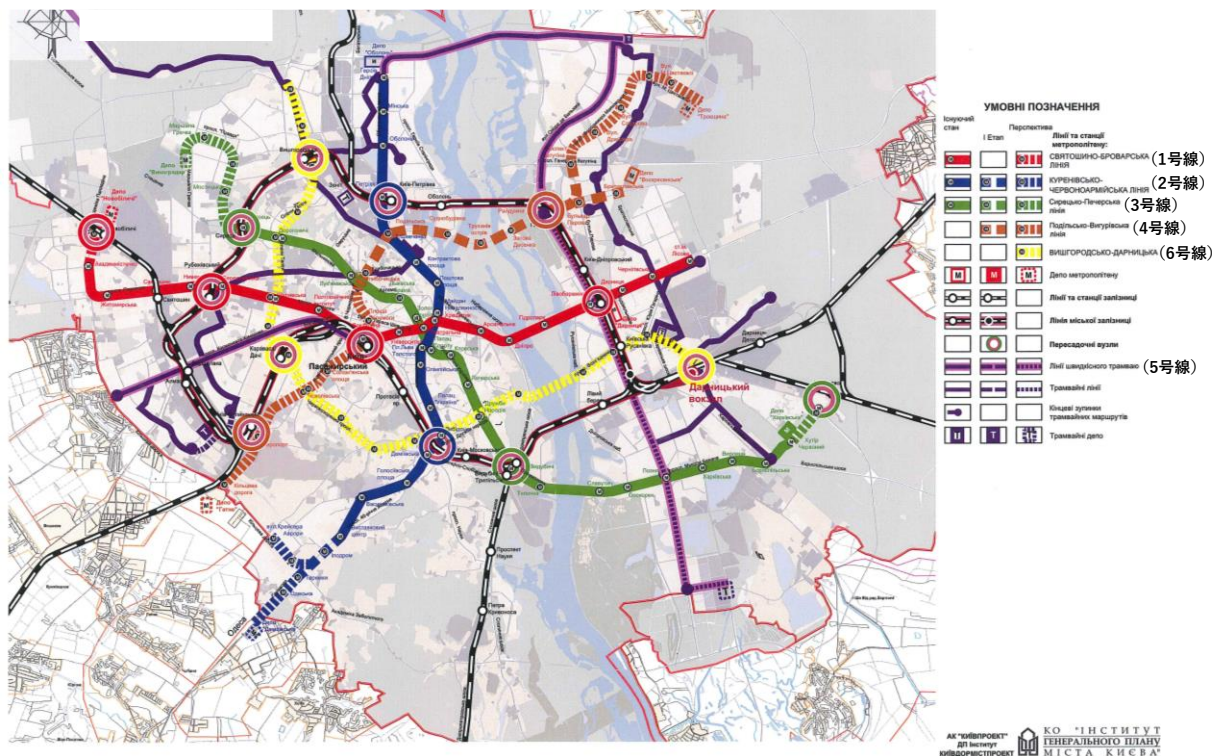
項目	2019	2020	2021	2022 (計画)
Land tax	(223)	(195)	(357)	(380)
Other taxes and fees (breakdown)	(40,160)	(40,863)	(43,299)	(53,933)
Rent for the use of a comprehensive property complex and other municipal property	(15,218)	(10,128)	(9,706)	(18,000)
Environmental tax	(15)	(19)	(19)	(68)
Military fee	(24,927)	(30,396)	(33,515)	(35,865)
Other taxes	-	(320)	(59)	-
Other taxes, fees, and payments, total, including:	(365,271)	(440,137)	(472,114)	(530,221)
Single contribution to mandatory state social insurance	(365,271)	(440,137)	(472,114)	(530,221)
Total payouts	(715,545)	(856,304)	(885,492)	(1,033,337)
III. Capital Investments				
Capital Investments	(538,560)	(434,703)	(320,931)	(2,929,968)
including at the expense of budget funds, total	(225,150)	(247,161)	(182,873)	(824,860)
IV. Coefficient analysis				
Profitability of activities (net financial result, line 1200 / net revenue from sales of products (goods, works, services), line 1000) x 100, %	-19%	-49%	-56%	-201%
EBITDA profitability (EBITDA, line 1310 / net revenue from sales of products (goods, works, services), line 1000) x 100%	30%	28%	29%	-109%
VI. Credit policy				
Loan arrears at the beginning of the period	521,399.8	303,313.9	209,969.7	-
Attracted funds received, total, including:	172,007.1	-	-	12,500 EUR thousand
Long-term liabilities	-	-	-	12,500 EUR thousand
Short-term liabilities	172,007.1	-	-	-
Other financial liabilities (leasing)	-	-	-	-
Attracted funds returned, total, including:	390,093.0	93,344.2	179,113.5	-
Long-term liabilities	218,085.9	93,344.2	179,113.5	-
Short-term liabilities	172,007.1	-	-	-
Other financial liabilities (leasing)	-	-	-	-
Loan arrears at the end of the period	303,313.9	209,969.7	30,856.2	12,500 EUR thousand
Long-term liabilities	272,457.7	179,113.5	-	12,500 EUR thousand.
Short-term liabilities	-	-	-	-
Other financial liabilities (leasing)	30,856.2	30,856.2	30,856.2	-

出典：キエウメトロ

1.4.4 開発計画

図 1-11 に示した通り、現在運行中の 3 線に加えて、4 号線、5 号線、6 号線の計画がある。

4号線については、経済産業省が平成22年度一般案件に係る円借款案件形成等調査【ウクライナ・キエフ市地下鉄4号線建設計画調査】を実施しており、我が国の円借款を活用した案件形成を目的とした調査を行った。



出典：General Planning Institute of the City of Kyiv Retrieved 22 March 2014

図 1-11：キエウメトロの開発計画

また、キエウメトロから今回入手したキエウ市交通セクターの 2024-2025 年度までの開発計画には、以下のプロジェクトが含まれている。

- 1) 4号線建設－Hlybochyska 駅から Rayduzhna 駅の区間（含む Vyгурivshchyna-Troyeshchyna 住宅地区への支線）
- 2) 3号線延伸－Syrets 駅から Vynogradar 住宅地区まで（含む Podilsky 地区のデポ建設）
- 3) Lvivska Brama 複合駅の建設
- 4) 2号線延伸－Vystavkovyi Center 駅から Holosiivskyi 地区の Odesa 広場まで
- 5) 3号線 Kharkivska～Kharkivska 広場区間の建設（含む Kharkivske デポ建設第2期）
- 6) 1号線 Vokzalna 駅の改修事業
- 7) 2号線の Vystavkovyi Center 駅における1番出口改良事業－Academician Glushkov 通りへのアンダーパス接続
- 8) 自動防火・消防警報システムの導入、エスカレーター設備の更新
- 9) 1号線 Nyvky 駅の改修事業

第2章 調査方法

2.1 調査内容

本調査では、以下の作業を行った。

- 現状の施設・機材状況の整理
- 旅客数・運営状況のレビュー
- 事業内容の検討
- 事業スケジュール計画
- 調達計画
- 事業費積算
- ファイナンスの検討
- 事業リスクの検討
- プロジェクトの評価
- 事業実施・O&M 体制
- 環境社会配慮・CO₂排出削減・省エネ効果の検討
- 事業実現に向けたアクションの提案と調整

2.2 調査方法・体制

本調査は、ウクライナ現地への渡航が制限される中、ポーランドでの現地調査やキーウ在住の調査補助員を活用して現地の情報収集を行い、また既存のウクライナネットワーク、現地報道等からの情報、オンラインツールを最大限に活用して実施した。

調査体制は、実施責任者と 6 名の専門家、パデコ内の技術支援および契約管理・精算・エディティングチームに加え、パデコポーランド社、ウクライナの現地外注先、本邦協力業者により構成された。

2.3 調査スケジュール

本調査は、2023 年 8 月から 2024 年 3 月までの期間で実施した。詳細調査スケジュールを図 2-1 にバーチャートスケジュールで示した。

作業項目	年月	2023年度							
		2023年					2024年		
		8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
現地業務期間		■				■	■		
国内業務期間		■	■	■	■	■	■	■	■
作業項目									
1. キーウメトロへの支援に因る調査									
(1) 現状の施設・機材状況の整理		■	■						
(2) 旅客数・運営状況のレビュー		■	■						
(3) 事業内容の検討			■	■	■	■			
(4) 事業スケジュール計画				■	■	■	■	■	
(5) 調達計画				■	■	■	■	■	
(6) 事業費積算				■	■	■	■	■	
(7) ファイナンスの検討				■	■	■	■	■	
(8) 事業リスクの検討					■	■	■	■	
(9) プロジェクトの評価					■	■	■	■	
(10) 事業実施・O&M体制					■	■	■	■	
(11) 環境社会配慮・CO2排出削減・省エネ効果の検討				■	■	■	■	■	
(12) 事業実現に向けたアクションの提案・調整							■	■	
2. ウクライナ支援全般に向けたプロジェクト候補の発掘調査									
(1) プロジェクト候補の発掘		■	■	■	■	■	■	■	
(2) 第3国との協力可能性の検討		■	■	■	■	■	■	■	
(3) 国際機関の取組・関心事項等についての情報収集		■	■	■	■	■	■	■	
(4) ウクライナ復興に関する国際支援枠組み等についての情報収集		■	■	■	■	■	■	■	
(5) 主要国の復興支援に関する情報収集		■	■	■	■	■	■	■	
報告書作成・報告会									
キックオフ会議		■							
月次報告			■	■	■	■	■	■	
中間報告会議					■				
キーウメトロ車両近代化FSFドラフト報告書							■		
キーウメトロ車両近代化FS最終報告書								■	
最終報告会議									■

出典：調査団

図 2-1：調査スケジュール

第3章 提案プロジェクトの内容

3.1 既往案件の概要

2012～2017 年、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）とウクライナ環境投資庁（SEIA）が交わしたグリーン投資スキーム（GIS）に関する契約に基づく事業として、キーウメトロの在来車両である旧型直流駆動の 135 両を、日本製の最新の可変電圧可変周波数（VVVF）インバータ制御の交流駆動車両へと更新する近代化プロジェクトが実施された。これにより車両寿命を延ばすと同時に、回生電力の利用とも相俟って地下鉄車両の電力消費量が 40%程度削減され、ウクライナの省エネルギー政策の発展に寄与すると共に二酸化炭素排出量の削減につながった。

近代化の内容は、車体更新と台車新製、駆動制御機器、補助電源、ブレーキシシステム等主回路システムをはじめとする本邦技術の導入であったが、既存車体と本邦技術を融合させて車両全体を取りまとめるにあたり、日本の車両メーカーも艤装設計や作業指導などで深く関わった。表 3-1 に車両近代化の作業分担を示す。

表 3-1：既往車両近代化プロジェクトの作業分担

作業内容	担当会社
案件履行に関するマネジメント 本邦メーカーに対するサポート	伊藤忠商事株式会社
主回路システムの設計・納入 モニタシステムの設計・納入	三菱電機株式会社
補助回路システムの設計・納入	富士電機株式会社
空気ブレーキシシステムの設計・納入	ドイツ・クノールブREMゼ （日本法人が関与）
上記システムの艤装設計・システム設計ならびに据付施工 要領の作成 作業指導および検査・コミッショニングのコーディネート	株式会社 総合車両製作所 （J-TREC）
上記以外のシステム（ドア、保安装置など）の購入手配と 改造工事の施工	ウクライナ・クリュコフ社
システムインテグレーション	ウクライナ・クリュコフ社

出典：J-TREC 技報

これらの近代化された車両は現在でも運行しており、日々乗客を運んでいるが、乗客情報システム（ラジオ通信システム）とインターコム機器は古い車両のものが再利用されたため老朽化しており、更新が必要である。また、監視ビデオシステムも更新が必要となっている。

3.2 本プロジェクトの対象車両

3.2.1 キーウメトロの保有車両

旧ソ連に属していた都市のメトロはどこも似たような事情を抱えているが、車両の大半を旧ソ連時代に旧ソ連の GOST 規格で製造された旧型が占めており、保守に手間がかかるほか省エネ・脱炭素といった課題に対応できない現状である。キーウメトロの場合、現有

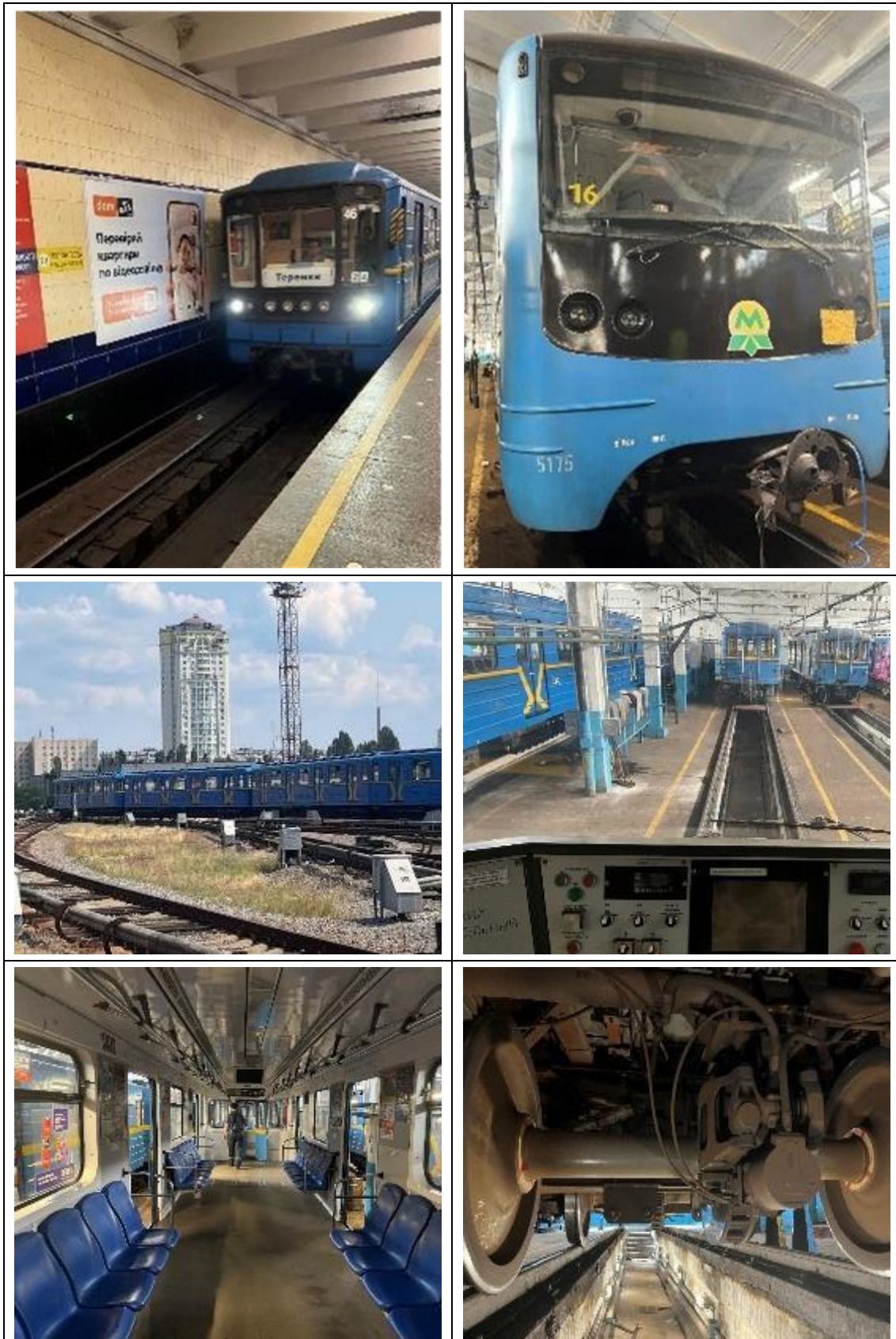
車両 817 両のうち旧ソ連時代に製造された車齢 30 年以上の車両が約半数を占め、その後に増備された車両も基本的には旧ソ連時代の技術を踏襲しており、抜本的な改善が必要である。表 3-2 にキーウメトロの現有車両一覧を示す。本プロジェクトは、このうち廃車が迫る旧型車と、3.1 で記述した既往案件で更新された車両を除いた 300 両を対象とする。

キーウメトロは 1～3 号線の 3 路線を運行しているが、いずれの路線も車両は 5 両編成を組んでいる。在来車両は全て電動車で構成しており、先頭車と中間車の区別しかない。これは故障した際の車両交換に融通を効かせるためで、先頭車も方向転換してどちら向きにも対応できるようになっている。

表 3-2：現有車両一覧表

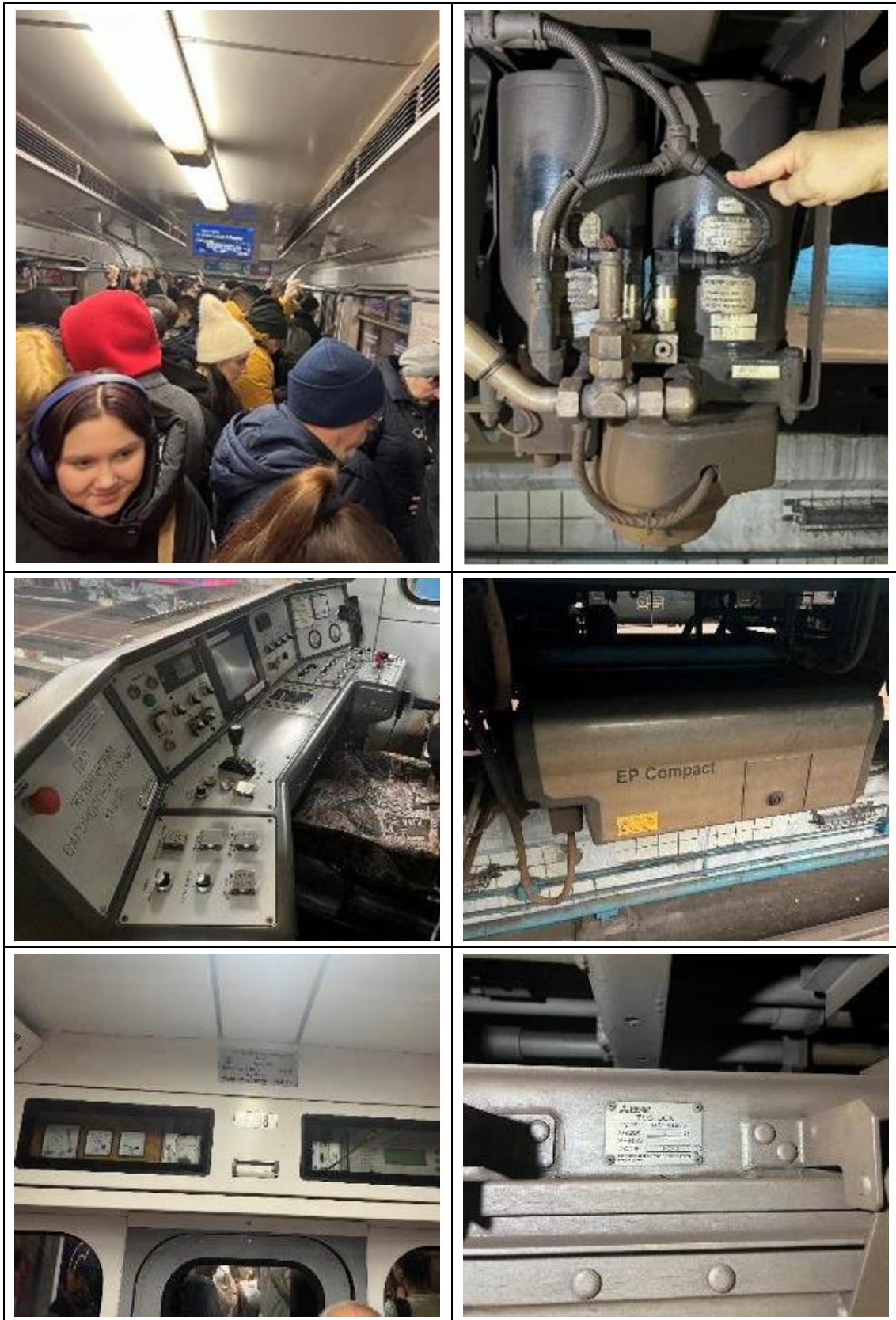
車両形式	1～3 号線合計			1 号線	2 号線	3 号線	備考
	先頭車	中間車	合計				
E		53	120	120	0	0	旧型車のため対象外 120 両
Em-501		8					
Ema-502		1					
81-501		1					
81-502	48	9					
81-714		99	532	35	273	224	近代化対象車両 (このうち 300 両) ワルシャワからの対象車両 60 両は本表には含まず
81-717	62						
81-714.5		61					
81-717.5	39						
81-714.5M		125					
81-717.5M	55						
81-714.5K		24					
81-717.5K	16						
81-541.2K		3					
81-540.2K	33						
81-540.3K	4						
81-541.3K		6					
81-553.1	2						
81-554.1		2					
81-555.1		1					
81-7021	12		30	0	0	30	更新車のため対象外 30 両
81-7022		18					
81-7081-01		27	135	135	0	0	近代化済みのため対象外 135 両
81-7081		54					
81-7080	54						
総計	325	492	817	290	273	254	

出典：キーウメトロ



出典：調査団

図 3-1：キーウメトロ保有車両 (1)



出典：調査団

図 3-2：キーウメトロ保有車両 (2)

3.2.2 ワルシャワメトロから譲渡された 60 両

今回の車両近代化プロジェクトにおいて、最初の対象車両はキーウメトロの車両ではなく、隣国ポーランドのワルシャワメトロから譲渡された車両 60 両であった（図 3-3 写真参照）。これらも旧ソ連製で、ワルシャワの軌間は 1,435mm でありキーウの 1,520mm とは異なるため、台車は新製する。車両形式 81-572、81-573、81-572.1、81-717.3 の車両が既にキーウへ陸送済みであり、デポで保管されている。



輸送の様子



荷下ろしの様子



キーウのデポにあるワルシャワメトロ車両



キーウのデポにあるワルシャワメトロ車両



台車



連結部



出典：キーウメトロ

図 3-3：更新対象となるワルシャワメトロの車両

3.3 本プロジェクトの内容

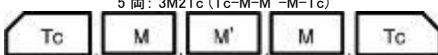
表 3-3 に近代化車両と在来車両を比較した車両諸元表を示す。軌間はロシアと同じ 1,520mm、電化方式は第三軌条式直流 825V（750V の 10%増し）である。加速度は 1.2m/s^2 （ $=4.32\text{km/h/s}$ 、日本では 3.5km/h/s を超える例は稀）と非常に高く、これを全電動車方式で実現してきた。付随車の導入に対しては当初現地関係者に不安もあったようだが、空転滑走防止制御を含む VVVF インバータ制御により、高加速を問題なく維持している。

寒冷地であるが、在来車両、既往プロジェクトでの改良済み車両ともに車内に暖房は設置されていない。これは一部の地上区間を除き地下深く走行するためトンネルに保温効果があることと、乗客が厚着をしているためである。

台車のばね（二次）をコイルばねから空気ばねに変更することにより、自動高さ調整機能によって満車時の沈み込みを抑えることができるため、床面高さを低めにしてホームとの段差を解消し、車椅子の乗降を容易にするなどバリアフリーに対応する。

近代化は表 3-3 の内容に沿って行うが、最大の焦点は、主回路システムの抜本的な改良である。詳細は 3.3.3 節で説明するが、VVVF インバータで交流電動機を制御することにより、加速中の無駄な電力消費を無くすとともに、減速中の回生ブレーキ活用により大幅な省エネルギーを実現し、脱炭素に貢献する。

表 3-3：車両諸元表

			近代化車両 81-7080/7081 (2014～2017 年更新)			在来車両 81-717/714	
編成中の位置			先頭車	中間車	中間車	先頭車	中間車
車種			Tc	M	M'	Mc	M
車両質量	AW0	空車重量 (AW0) 計画 / 実際 (t)	30 / 27.9	32 / 31.1	32 / 31.1	34	33
	AW3	定員 (着席定員)	256 (36)	281 (36)	281 (36)	255 (40)	273 (44)
		車両重量 (70kg/人) 計画 / 実際 (t)	47.9 / 45.8	50.6 / 50.1	50.6 / 50.1	51.8	52.1
車両寸法	連結面間距離 (mm)		19430	19210		19210	19210
	車体長 (mm)		19030	18810		18810	18810
	車体幅 (mm)		2676		2672		
	屋根高さ (レール上面より, mm)		3700		3700		
	床面高さ (レール上面より, mm)		1150		1208		
	台車中心間距離 (mm)		12600		12600		
	側扉	構造	戸袋付き両開き扉		戸袋付き両開き扉		
		片側数	4		4		
		有効開寸法 (mm)	1360(W) x 1880(H)		1360(W) x 1880(H)		
車体構体材質			普通鋼		普通鋼		
編成			5 両: 3M2Tc (Tc-M-M'-M-Tc) 		5 両: 5M Mc + M + M + M + Mc		
最大軸重 (t)			最大 15		最大 15		
軌間 (mm)			1520		1520		
電車線電圧 (V)/集電方式			直流 825 (550～975) / 第三軌条式		直流 825 (550～975) / 第三軌条式		
性能	最高速度 (km/h)		設計最高速度: 90 / 運行最高速度: 80		設計最高速度: 90 / 運行最高速度: 80		
	起動加速度 (m/s^2)		1.2		1.2		
	常用最大ブレーキ減速度 (m/s^2)		等価減速度: 1.13, 平均減速度: 1.00		等価減速度: 1.2		
	非常ブレーキ減速度 (m/s^2)		等価減速度: 1.33, 平均減速度: 1.20 (非常ブレーキによる 90 km/h からの停止距離 260 m 以内 水平条件)		等価減速度: 1.4		
	ブレーキ制御システム		電気指令式電空併用ブレーキ (回生ブレーキ付き), 空転滑走防止制御		発電ブレーキ付き自動空気ブレーキ		
	定格制御電圧 (V)		直流 80 (+/-4)		直流 80V		
	非常時の起動能力		上り勾配 4.5%で AW3 の不能列車を押上げることができること (勾配起動モード信号が必要)		上り勾配 4.5%で AW3 の不能列車を押上げることができること		
台車	方式		ボルスタ付き空気ばね台車 (T 台車)	ボルスタ付き空気ばね台車 (M 台車)		ボルスタ付き台車 (M 台車)	
	支持装置	一次	コイルばね		コイルばね		
		二次	空気ばね		コイルばね		
	牽引装置		Z リンク		センターピン		
	台車軸距 (mm)		2100	2100		2100	
	車輪径 (新品, mm)		860	860		780	
	基礎ブレーキ		ディスクブレーキ, ブレーキキャリパ		両抱き式 踏面ブレーキ		
	動力伝達方式		-	平行カルダン, 歯車継手		平行カルダン, 歯車継手	
集電方式			台車取付の集電靴		台車取付の集電靴		
主回路システム	主幹制御器	型番 / 重量 (kg)	S334 C307R / 3.5	-	-	力行/制動 独立式	
		方式	ワンハンドル無接点式マスコン	-	-		
	制御装置	型番 / 重量 (kg)	-	MAP-154-75V256 / 780		直並列制御併用抵抗制御, および弱め界磁制御	
		制御方式	-	VVVF インバータ 絶縁ゲート形バイポーラトランジスタ (IGBT) を用いたパルス幅変調 (PWM) 方式 1 インバータ 2 電動機制御 / 2 インバータ 1 体箱 (1C2M x 2)			
	主電動機	型番 / 重量 (kg)	-	MB-5149-A / 530 x4		DK-117	
		方式	-	三相かご形誘導電動機 (自己通風) 4 極		直流直巻電動機	
	電気ブレーキ方式		-	回生ブレーキ		発電ブレーキ	
ブレーキ	空気圧縮機	型番 / 重量 (kg)	VV120-T / 290	-	-	EK-4B/310	
		容量 (L/min)	1450	-	-	420	
		方式	オイルレスピストン式	-	-	ピストン式	
	ブレーキ装置	型番 / 重量 (kg)	EPC-L / 19.5				
補助電源装置	APS	型番 / 重量 (kg)	CDA 131 / 860	-	-	独立インバータ (スイッチング素子:サイリスタ)	
		方式	2 レベル PWM インバータ	-	-		
		出力	出力 1: 交流 220V 50Hz 出力 2: 直流 80V	-	-	直流 80V	
	切替箱		-	-	SWB131 / 33		
	蓄電池	形式	KL 140 P (ADS)	-	-	KPL 70	
		容量 (Ah)	140	-	-	70	

		用途	制御・前灯・尾灯・乗務員室灯	-	-	制御・前灯・尾灯・乗務員室灯	
臨海線市街地	点灯方式		室内灯:LED タイプ			室内灯:蛍光灯	
	保安装置		ARS:自動速度制御システム ALS:自動機関車保安装置	-	-	ARS:自動速度制御システム ALS:自動機関車保安装置	
	客室換気装置		自然換気			自然換気	
	車内案内表示装置		放送装置 液晶ディスプレイ			放送装置	
	モニタリング装置		タッチスクリーン画面	-	-		
	安全警報装置		消火装置の警報				

出典：キーウメトロ

3.3.1 車両編成

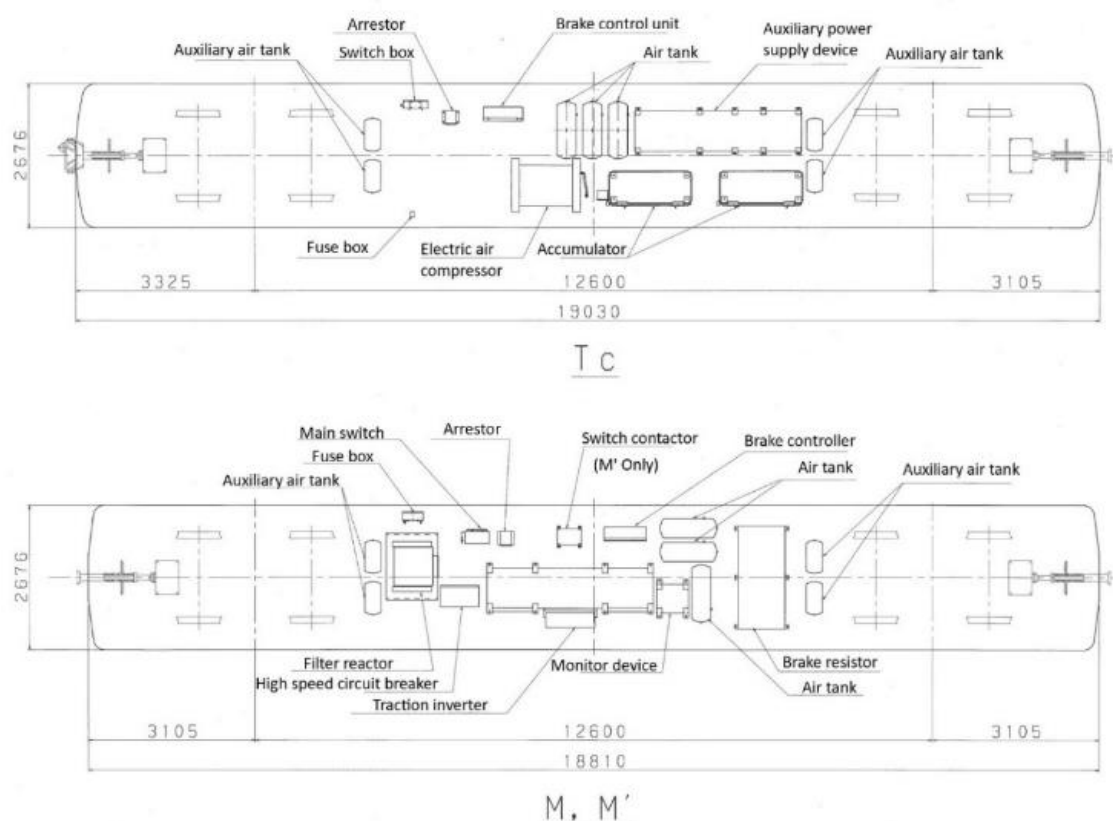
本プロジェクトは新製ではなく在来車両の更新であるため、外観や内装に大きな変化はない。在来車両の全電動車（5M）から両先頭の付随車 2 両を含む 3M2T となっているのが大きな改良点である。

在来車両は車種を限定し（基本的に先頭車と中間車の区別のみ）、車両故障時は先頭車の方向転換も含めて車両交換が柔軟にできるよう配慮されている。日本の電車はその発想が薄い、本プロジェクトではその設計思想を活かし、先頭車 1 種類と中間車 2 種類に車種を限定して予備車両が極力少なくて済むように配慮している。

3.3.2 床下機器配置図

床下機器配置は先頭付随車（Tc）と中間電動車 2 種類（M および M'）の 3 種類であるが、M と M' の違いは編成中に 2 台ある補助電源装置の一方が故障した場合、延長給電を行うための受給電箱の有無（M' だけにある）だけであり、基本的に先頭と中間の 2 種類とみなしてよい。

日本の電車は、山側と海側にそれぞれ同じ床下機器を並べて、日常の保守が容易になるよう配慮しているが、その場合車種が増えて予備車両も多く確保する必要が生じてしまう。ウクライナでは車種を減らすことが最優先の設計思想であり、それを尊重した。



出典：キユーメトロ

図 3-5：近代化車両床下機器配置

3.3.3 主回路システム近代化の効果

在来車両の主回路システムは直流直巻電動機を制御するもので、制御方式は抵抗制御を基本にして直並列制御と弱め界磁制御を併用している。これは日本では 1960 年代に一般的だったシステムである。一方、近代化車両の主回路システムは、交流電動機（三相誘導電動機）を VVVF インバータ（三相交流の電圧・周波数を自在に制御できる装置）で制御するもので、日本では 1990 年代から普及し、現在の新造車はほぼ全てこのシステムである。

日本で VVVF インバータ制御が普及し始めた頃、JR 東日本が電気学会誌に「通勤電車の省エネルギー」と題する論文を発表しており、興味深い結論が示されている。表 3-4 はそ

の結論の部分を抜粋したもので、簡潔に説明すれば、加速中の力行（りきこう）消費電力量が約 3 割減、それに対する回生電力量の割合（回生率）が約 3 割で、総合消費電力量が半減するという結果になっている。また 1 編成の列車が 1km を走行するための消費電力量の数値も示されているので、電力コストを算出することも可能である。

表 3-4：新旧主回路システムのエネルギー消費量比較

制御方式	抵抗制御	VVVF インバータ制御
実測対象車両形式	103 系	209 系
力行消費電力量	18.12 kWh/km (100%)	12.97 kWh/km (71%)
回生電力量	なし	4.38 kWh/km
回生率	なし	33.8%
総合消費電力量	18.12 kWh/km (100%)	8.59 kWh/km (47%)

出典：電気学会誌 Vol.123, No.7, 2003 通勤電車の省エネルギー

3.4 施工計画／調達計画

本事業の実施に際し、施工計画および調達計画と留意点について以下に記述する。なお、ワルシャワメトロから譲渡された 60 両の改造を第 1 ステージ、その後の 300 両の改造を第 2 ステージと想定した。

3.4.1 施工／調達方針

日本製の機器はウクライナ国内、クリュコフ社（The Public Joint-Stock Company “Kryukovsky Railway Car Building Works）の工場があるクレメンチュクまで輸送する。改造工事は全て、既往プロジェクトで 135 両の改造を実施済みであるクリュコフ社により行うことが可能であるため、日本企業の現地入りは不要である。

第 1 ステージについては、日本政府が現在行っている緊急復旧計画のスキームと同様に日本側（JICA）で調達管理コンサルタントを雇用し、調達管理コンサルタントが各種本邦機器およびウクライナポーションの調達に関する入札図書を作成、入札を行って機器メーカーを選定すると想定した。

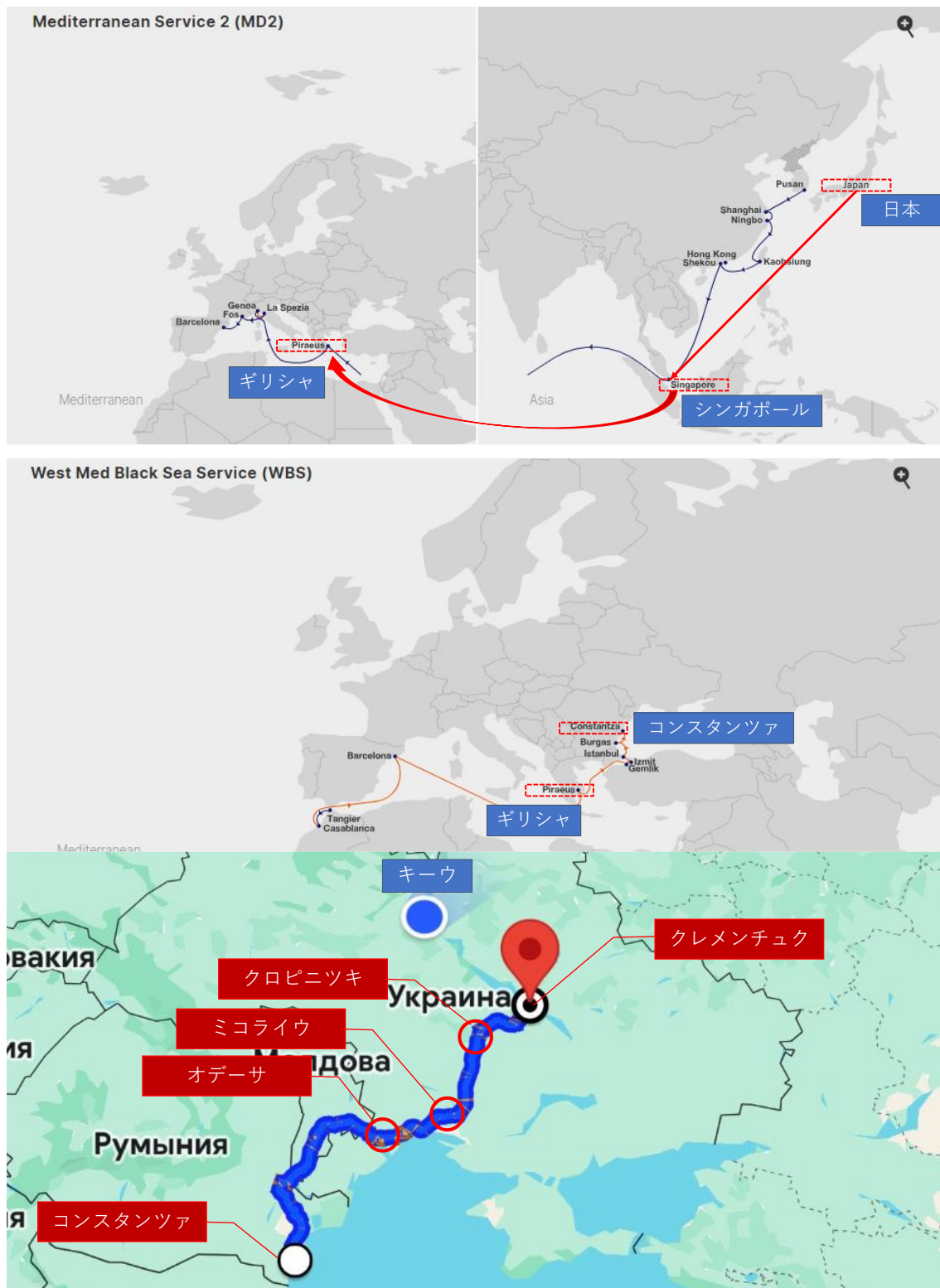
また、プロジェクトの確実な実施に必要な不可欠であるプロジェクトマネジメント・コンサルタント（PMC）は、JICA による選定を想定している。

3.4.2 輸送計画

ロシアによるウクライナ侵攻が開始して以降、黒海に面したオデッサ港など国内港湾は閉鎖されている。その代替として、黒海沿いにあるルーマニアのコンスタンツァ港が利用されており、コンスタンツァ港からウクライナまでの輸送は現時点では陸上輸送以外での選択肢は難しい。これを踏まえ、以下の輸送ルートを計画した。

- 日本出港後、シンガポールで積み替え、喜望峰周りでエーゲ海に位置するギリシャのピレウス港へコンテナ船による海上輸送
- ピレウス港からルーマニアのコンスタンツァ港へ海上輸送

- コンスタンツァ港からクリュコフ社の工場のあるクレメンチュクまでトレーラー車で陸上輸送



出典：調査団

図 3-6：輸送ルート計画

なお、所要日数は海上輸送に 46～57 日間、陸上輸送に 7～8 日間、合計 53～65 日間（約 2 か月間）と想定している。

2023 年 10 月 7 日のイスラム組織ハマスによる大規模な奇襲攻撃を発端とするイスラエルとハマスの衝突に関連して、2024 年 11 月 14 日にイエメンの武装組織フーシ派による紅海周辺での小型無人機（ドローン）による商船への攻撃が行われた。これを受けて、各海運企業は紅海を通る経路を回避し、南アフリカ共和国の喜望峰回りなどへの航路の変更や輸送費の調整に迫られ、紅海上に停泊するコンテナ船も増えており、遅延や混乱は世界貿易に大きな影響を与えている。本プロジェクト実施の段階においてもフーシ派による商船攻撃のリスクがある場合には、コンテナ船による海上輸送も喜望峰経由とせざるを得なくなる可能性があるため、その前提で輸送日数を設定した。

3.4.3 施工計画

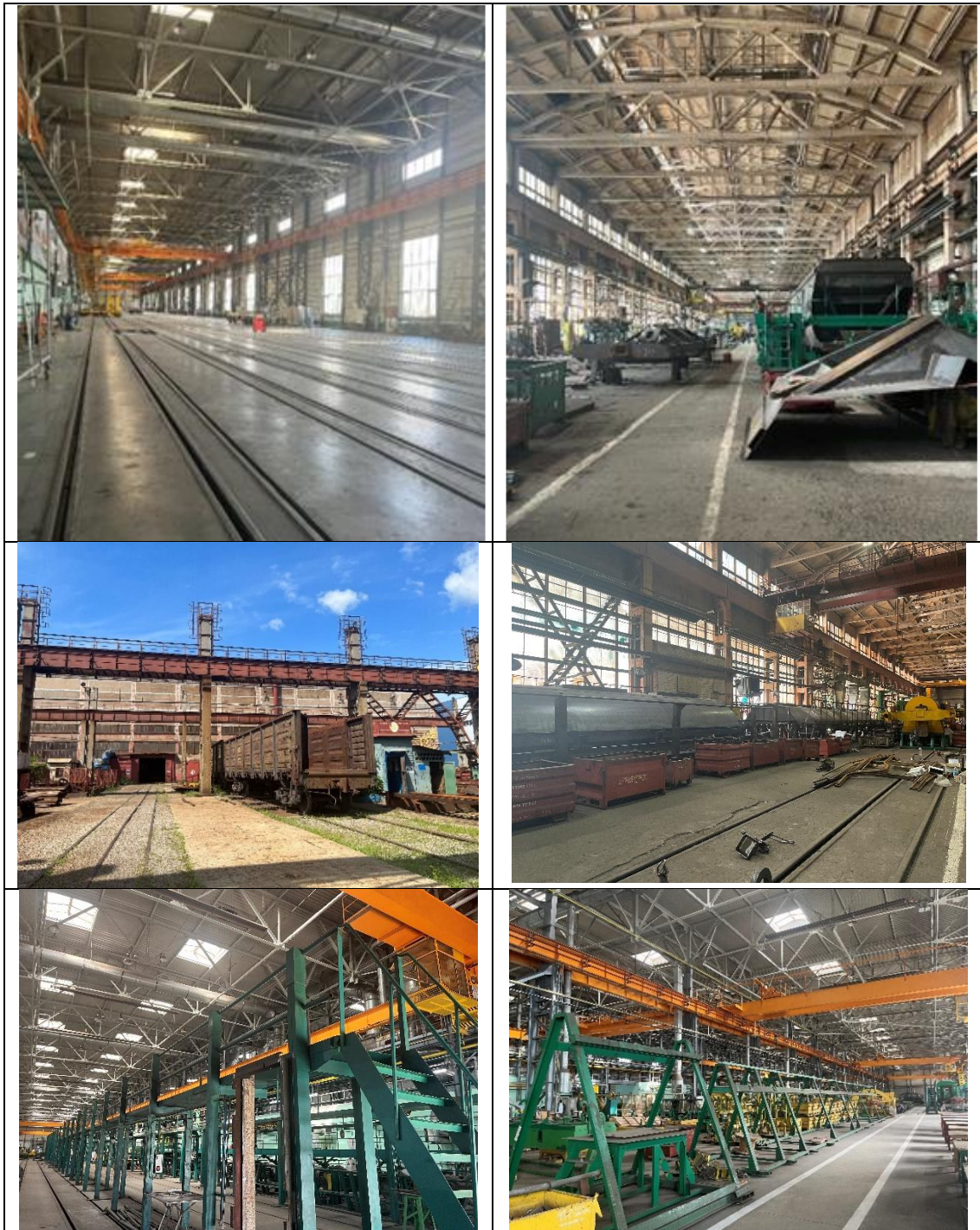
改造工事はクリュコフ社が行う。クリュコフ社はポルタバ地域のクレメンチュク市を拠点とし、100 ヘクタール以上の用地に本社ビル、製造工場、試験棟、技術センター等を有しているウクライナ最大の車両製造メーカーである。1869 年に車両の作業場として始まり、1930 年には車両製造工場として事業を開始した 155 年以上の歴史を持つ企業である。現在では製品も多様化し、客車、貨車、電気列車（Electric Multiple Unit、EMU）、ディーゼル列車（Diesel Multiple Unit、DMU）、地下鉄用車両、エスカレーター等、多岐にわたる。クリュコフ社の近年の車両製造実績は、表 3-5 に示した。

表 3-5：クリュコフ社の 2001 年～2023 年の車両製造実績

N	Picture	Products description	Buyer	Units supplied	Capacity, units per year
1		Passenger coaches for locomotive traction, series 61-779, 61-788	Ukrainian Railways	519	90
			Passenger Co., Kazakhstan	110	
			Priority Group, Russia	1	
			Tajikistan Railway	17	
			Belarus Railway	96	
2		Metro cars with DC drive, mod. 81-7021/81-7022	Kyiv Metro, Ukraine	30	-
3		Modernization of metro cars (in co-operation with ITOCHU Corp.)	Kyiv Metro, Ukraine	135	60
4		Metro cars with asynchronous drive, mod. 81-7036 / 81-7037	Kharkiv Metro, Ukraine	5	50
5		EMU, mod. EKr-1	Ukrainian Railways	2	2
6		DMU: mod. DPKr-2, DPKr-3	Ukrainian Railways	7	3

出典：クリュコフ社

既往車両改造プロジェクトにおいてもクリュコフ社が工事を担当しているが、本調査で必要な知見・リソースを有していることを改めて確認した。また、同社は戦争により空襲警報が日々発令される状況の中で、2023年春に2021年ウクライナ国鉄との間で契約・署名した新客車100両を無事に納車している。さらに、2023年10月には同じくウクライナ国鉄との間で、2025年中に新たな客車44両を納車する契約に19.5億ウクライナフリブニャ（約74.2億円）で署名している。従って、本プロジェクトについても、クリュコフ社が確実に履行出来るものと考えられる。クリュコフ社の工場の様子を図3-7に示した。





出典：調査団（2023年8月）

図 3-7：クリュコフ社の製造工場の様子

本プロジェクトの詳細工事工程表を表 3-6 に示した。準備作業から始まり、部品および機器の製作、輸送、組立、プロトタイプのコミッショニング、その後の編成のコミッショニングとなっており、予備の工期（輸送期間含む）も考慮して 1 編成、2 編成の場合は 24 ヶ月、12 編成の場合は 30 か月を要する。

表 3-6：詳細工事工程表

No.	工事費目	月数																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	準備作業																															
1.1	技術仕様の確認・承認																															
1.2	設計および承認取得																															
1.3	維持管理書類作成																															
2	資機材調達・製作																															
2.1	主回路装置														(1)		(2)						(12)									
2.2	照明・防火・情報システム									(1)		(2)				(12)																
2.3	エアコン									(1)		(2)					(12)															
2.4	ブレーキシステム														(1)		(2)						(12)									
2.5	車体														(1)		(2)					(12)										
2.6	内装品									(1)		(2)				(12)																
2.7	その他部品													(1)		(2)						(12)										
3	改造工事																															
3.1	フルシャフト車両の解体		(1)	(2)			(12)																									
3.2	クレメンチュクへの輸送			(1)	(2)					(12)																						
3.3	車体状況検査			(1)		(2)					(12)																					
3.4	車体部品製造				(1)				(2)								(12)															
3.5	先頭車車体製作					(1)				(2)												(12)										
3.6	中間車車体製作						(1)				(2)											(12)										
3.7	車体組立部品製造										(1)		(2)											(12)								
3.8	ボギーフレーム材製作				(1)					(1)		(2)										(12)										
3.9	ボギー製作													(1)		(2)														(12)		
3.10	ボギー組立																(1)															
3.11	機器・システム最終調整																	(1)														
4	コミッショニング・試運転																															
4.1	コミッショニング方法の確認・承認																															
4.2	先頭車の車体検査(1両)																															
4.3	中間車の車体検査(1両)																															
4.4	プロトタイプ(1編成)の静的検査																															
4.5	プロトタイプ(1編成)のコミッショニング																															
4.6	キーウメトロへの車両輸送																															
4.7	プロトタイプ(1編成)の試運転																															
4.8	承認																															
4.9	引き渡し																															
4.10	技術仕様の承認																															
4.11	設計調整(変更があった場合)																															
4.12	2編成目の組立・コミッショニング																															
4.13	12編成目の組立・コミッショニング																															
5	予備																															
5.1	予備工期																															

出典：調査団

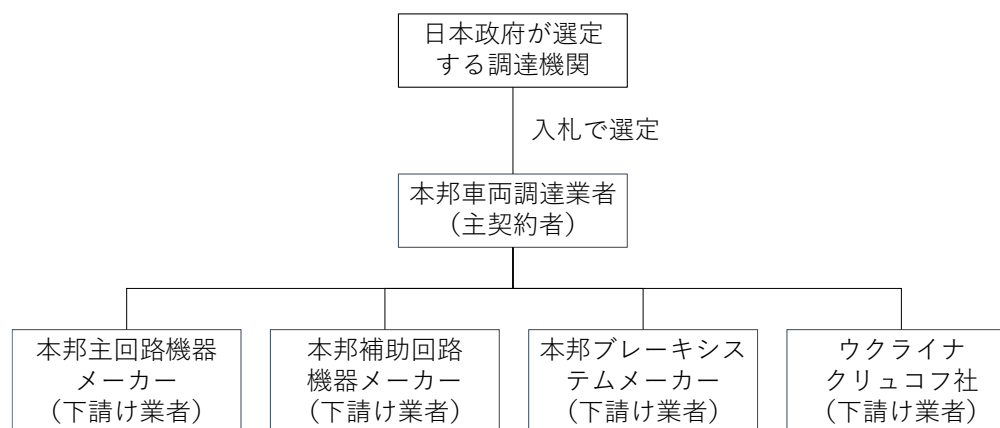
3.4.4 調達計画

(1) 第 1 ステージ

日本政府が現在行っている緊急復旧計画のスキームと同様に日本側（JICA）で調達管理コンサルタントを雇用し、調達管理コンサルタントが各種本邦機器およびウクライナポーションの調達に関する入札図書を作成、入札を行い機器メーカーを選定すると想定した。

なお、プロジェクトの確実な実施に必要な不可欠であるプロジェクトマネジメント・コンサルタント（PMC）は、JICA による選定を想定している。

図 3-8 に調達計画のイメージを示す。



出典：調査団

図 3-8：第 1 ステージの調達計画イメージ

(2) 第 2 ステージ

第 2 ステージは、円借款による支援を想定した。その場合、ウクライナの公共調達システムである ProZorro という電子調達プラットフォーム（2014 年から導入されている）を利用しての入札も想定される。このプラットフォームは、従来の紙ベースの調達プロセスからデジタルプラットフォームに移行することで透明性や効率性を向上させ、不正を減少させることを目指して導入された。また、WB もその改善について支援していた。

2023 年 6 月から、ProZorro を通じた簡素化された手続きの下での調達義務を再び公的機関と国有企業に対して課したという報道が、ウクライナの国営報道機関であるウクルインフォルム（Ukrinform、ウクライナ語：Укрінформ）からなされている¹。案件実施時には調達システムの最新の状況についてアップデートする必要がある。

円借款の場合には、車両改造で 1 パッケージ、コンサルタントで 1 パッケージとなることを想定している。

3.4.5 プロジェクトマネジメント・コンサルタント

プロジェクトマネジメント・コンサルタント（PMC）は、実施機関であるキーウ市およびキーウメトロによるプロジェクト実施を支援する。具体的には、以下の業務を行う。

- ① 機器調達のモニタリング：日本製機器の製造、輸送をモニタリングし、キーウメトロに報告する。
- ② 施工計画・施工図承認：施工業者より提出される施工計画書、工程表、施工図が契約書、契約図面、仕様書等に適合しているかどうかを照査して承認する。
- ③ 工程管理：施工業者による工事の進捗状況をモニターし、工期内に工事が完了するように必要な指示を出す。

¹ JETRO「ウクライナビジネス情報：主要ニュース 2023 年 7 月版」
https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/europe/uklina_monthly/UAnews_202307.pdf

- ④ 品質管理：工事材料や施工の品質が契約図面や仕様書に適合しているかどうかを検査し、承認する。
- ⑤ 出来高監理：出来形が契約図面、仕様書等を満足しているか確認する。
- ⑥ 証明書の発行：施工業者への支払い、工事の完了、瑕疵担保期間の終了等に際して必要な証明書を発行する。
- ⑦ 報告書の提出：施工業者が作成する工事月報、完成図面、完成写真等を検査し、また工事完了後には完了報告書を作成し、それらを JICA へ提出する。

PMC チームは日本人およびウクライナ人により組成する。12 編成 60 両を改造する工期 30 か月の場合、要員体制は以下の通りである。

日本人専門家

1. プロジェクトマネージャー：30MM
2. 車両エンジニア：15MM
3. アシスタントエンジニア/コーディネーター：30MM

ウクライナ人専門家・スタッフ

1. アシスタントプロジェクトマネージャー：30MM
2. エンジニア 2 名（機械、電気）：20MM x 2
3. アシスタントエンジニア 2 名：30MM x 2
4. アドミサポートスタッフ 2 名：30MM x 2
5. 通訳：30MM

この他、移動費（航空賃、日当宿泊費等）、国内での車両借上費、通信費、保険代等々の諸経費が発生する。

3.5 相手国側分担事業の概要

本プロジェクトの第 1 ステージである 60 両の近代化について、ウクライナ側の負担事業を以下にまとめた。

- 工事に必要な施工ヤード、資材置き場、現場事務所等の用地の確保と借地料金負担
- 本プロジェクトの関係者（日本人及び第三人）に対し、ウクライナへの入国、滞在及び安全に必要な便宜を図る。
- 本プロジェクトに関連する役務、資機材調達及び日本人に対し、ウクライナ側で課せられる関税・国内税等免除措置／負担を行う。
- 政府関連機関等への許認可が必要な場合は、これを申請・取得する。
- 本プロジェクトにおける調達機材及び消耗部品等を安全に保管するための場所を確保するとともに、適切な運用・維持管理を行う。
- 本プロジェクトにおける運用指導及びソフトコンポーネント活動（技術指導）を実施するためにウクライナ側が投入すべき予算、人員、資機材等を確保する。

- 本プロジェクトにおいて更新するメトロ車両の維持管理を実施するための事業費、人員等を確保し、維持管理を継続する。
- 工事区域内での不法投棄の禁止
- 事業実施に係るプロジェクトモニタリングレポートやプロジェクト完成報告書の作成と JICA への提出
- 事故等の発生や環境社会に関連する問題発生時の JICA への速やかな報告

以上のウクライナ側分担事業について、実施機関であるキーウ市およびキーウメトロは、前回プロジェクトで更新された車両も含めて維持管理業務を日々継続しており、そのための予算措置や人員配置、維持管理方法や頻度は確立済みであるため、実施可能と判断できる。

3.6 運営維持管理計画

キーウ市が 100%保有するキーウメトロの従業員が 6,000 人程度に削減されたことは 1.4.2 項で説明したが、3 つあるデポにそれぞれ 460～600 人ほど、車両修理工場に 340 人弱、電気機械サービス部門に約 400 人といった人員を抱えており、全 817 両の車両の維持管理に当たっている。

維持管理の面ではキーウ市およびキーウメトロの体制は確立されており、プロジェクトの実施について特段の懸念はないと考える。

EBRD が 2020 年に 50 両の新車両およびスペアパーツの購入に関する上限 5,000 万ユーロのローンを供与しているが、EBRD の関連書類の中で維持管理・修理のためのデポ施設および衛生状態を改善する余地があるとされているものの、キーウメトロのプロジェクト実施体制については十分と考えられる旨、記述されている。

第4章 環境社会配慮及び二酸化炭素排出削減・省エネ効果の検討

4.1 環境及び社会の現状

4.1.1 環境の現状

キーウ市の環境の現状に関するデータは、キーウ市の年間環境パスポートおよびキーウ市の環境状態に関する地域報告書²で見ることができる。現在、キーウ市議会の執行機関（キエフ市国家管理局）の環境保護・気候適応局の公式ウェブサイトには、これらの報告書の最新版が以下の通り公表されている。

- 2015 年、2016 年、2017 年、2018 年、2019 年、2021 年、2022 年の環境パスポート
- 2015 年、2016 年、2017 年、2018 年、2021 年、2022 年の地域報告書

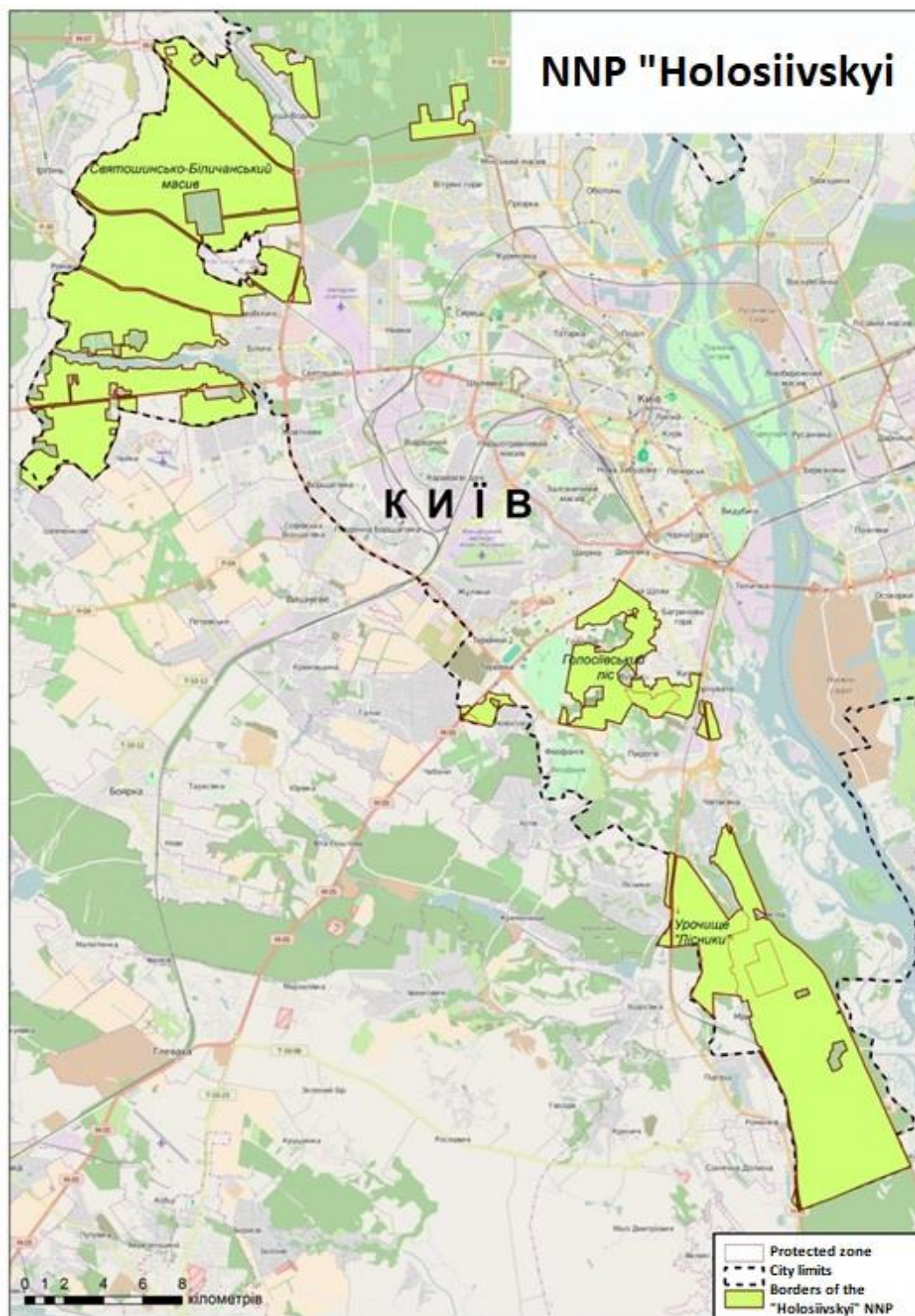
キーウ市内には、以下に示す自然保護区、植物園等がある。

- 1) ホロシーウスキイ国立自然公園
- 2) リスニキ国立植物保護区
- 3) ロマニフスケ沼国立自然記念物
- 4) ウクライナ国立科学アカデミー植物園
- 5) 科学者 O.V.フォミン記念国立植物園
- 6) M.H.グリシュコ記念国立植物園
- 7) シレツキー国立樹木園
- 8) キーウ国立動物公園
- 9) ドニプロ諸島景観公園
- 10) リサ・ホーラ景観公園
- 11) パルティザンスカ・スラヴァ景観公園

これらの内、ホロシーウスキイ国立自然公園は最も大きく、キーウ市内複数地域の計 110.8km²が指定されており、IUCN レッドリストに記載された 9 種の動物種の生息が確認されている。

本プロジェクトは軌道の新設や改修を含まず車両の改修に留まるため、これらを含む自然環境への影響は生じない。

² <https://ecodep.kyivcity.gov.ua/content/ekologichnyy-pasport.html>（2024 年 3 月 12 日取得）



出典：Protected Planet (<https://www.protectedplanet.net/555719477>)

図 4-1：ホロシーウスキイ国立自然公園

4.1.2 社会の現状

2022 年 2 月にロシア連邦がウクライナに全面的に侵攻すると、戒厳令が国内に敷かれた。このため、それ以降の一般市民向けのキーウの人口動態に関するデータの更新は行われていない。2000 年から 2022 年までのキーウの定住人口は下表の通りである。

表 4-1 : 2000 年～2022 年のキーウ市の人口

Date	Number (thousands)		
As of 1.01.2000	2 615,3	-3.0	-0.11%
As of 1.01.2001	2 613,1	-2.2	-0.08%
As of 1.01.2002	2 611,3	-1.8	-0.07%
As of 1.01.2003	2 621,7	10.4	0.40%
As of 1.01.2004	2 639,0	17.3	0.66%
As of 1.01.2005	2 666,4	27.4	1.04%
As of 1.01.2006	2 693,2	26.8	1.01%
As of 1.01.2007	2 718,1	24.9	0.92%
As of 1.01.2008	2 740,2	22.1	0.81%
As of 1.01.2009	2 765,5	25.3	0.92%
As of 1.01.2010	2 785,1	19.6	0.71%
As of 1.01.2011	2 799,2	14.1	0.51%
As of 1.01.2012	2 814,3	15.1	0.54%
As of 1.01.2013	2 845,0	30.7	1.09%
As of 1.01.2014	2 868,7	23.7	0.83%
As of 1.01.2015	2 888,0	19.3	0.67%
As of 1.01.2016	2 906,6	18.6	0.64%
As of 1.01.2017	2 925,8	19.2	0.66%
As of 1.01.2018	2 934,5	8.7	0.30%
As of 1.01.2019	2 950,8	16.3	0.56%
As of 1.01.2020	2 967,4	16.5	0.56%
As of 1.01.2021	2 962,2	-5.2	-0.17%
As of 1.01.2022	2 952,3	-9.9	-0.33%

出典：キーウメトロ

キーウ市統計局のデータによると、2021 年初頭のキーウ市の住民は 2,962,180 人で、ウクライナの人口の 7% であった。

表 4-2 : 2022 年のキーウ市の人口

Date	Number (thousands)		
As of 1.01.2022	2 952,3	-0.3	-0.01%
As of 1.02.2022	2 950,7	-1.6	-0.05%

出典：キーウメトロ

2021 年の 9 か月間で、市の人口は 7,616 人減少し、2,954,564 人となった。2021 年の 9 か月間に、市内で生まれた子供は 22,225 人で、2020 年の同時期（23,124 人）よりも 899 人少ない。2021 年 1 月から 9 月の同市の出生率は、2020 年の同時期と比較して約 4% 減少した。

2021 年の 9 か月間の自然増減は、マイナス 9,255 人と、引き続きマイナス値だった（2020 年の同時期はマイナス 1,119 人）。

都市人口は、移住の影響も受けた。2021 年の 9 か月で、移住者の増加は 1,639 人に達した。つまり、流入人口（34,863 人）が流出人口（33,224 人）を上回った。2020 年には 3,360 人の減少であった。

2021 年の 9 か月間で、キーウでは 31,480 人が死亡し（2020 年の 9 か月は 24,243 人）、人口 1,000 人あたり 13.8 人だった。死亡率は 2020 年の水準を 7,237 人上回った。2020 年と比較して、2021 年 1 月から 9 月にかけて、市内の全体的な死亡率は 29.9%増加した。

2022 年 2 月 24 日現在、キーウの定住人口は 295 万人であったが、市内には 390 万人以上が住んでいた。戦争が始まると、人口の約半分にあたる 190 万人がキーウを去り、この 1 年半で、約 110 万人が首都に戻った（国際移住機関の最新報告書による）。また、国内の他の地域から集まった約 45 万人の国内難民（IDP）は、首都で一時的な避難所を見つけた。

国際移住機関（IOM）は、ロシア軍によるウクライナへの全面侵攻を受けた 2022 年 3 月以降、IDPs、帰還住民、非難民について、所在地、人口動態、状況、ニーズ、移動意向に関する情報を収集するため、全国規模の代表調査³を実施した。

キーウ市国家管理局の観測によると、現時点で、キーウには 360 万人以上が居住している。最新の資料として、2023 年 5 月に国際移住機関（IOM）が公表したウクライナの人口とその分布についてのスナップショットレポートを添付資料 1 に示した。

なお、市民とマスメディアに情報を提供するために、キーウ市統計局は、「2021 年 1 月から 12 月のキーウ市の社会経済状況」を作成した。ロシアの軍事侵攻前の 2021 年のキーウ市の人口、世帯収入、社会福祉、物価、総生産、建設資材製造、貿易などについて報告されている。

また、2020 年、キーウ市国家管理局は、市の社会人口統計学的状況に関する情報を提供する「キーウ市のジェンダーパスポート」を発行した。これはキーウ市のさまざまな社会経済的、社会文化的、政治的側面を性別の視点から分析した文書である。人口、福祉、社会保障、家族と子ども、医療、雇用、教育、犯罪、管理に関する詳細なデータを含む。性別格差を浮き彫りにし、これらの分野の動向を分析し、性別平等を推進するための政策と計画に向けた提言もなされている。市の都市計画、政策立案、資源とサービスの公平な分配を確保するための重要なツールとして利用されている。

4.2 相手国の環境社会配慮関連法規の概要

環境影響評価に係る法律とそれらの下位規則は以下の通りである。

国際レベル：

- 1992 年 5 月 9 日の「気候変動に関する国連枠組条約」
- 1997 年 12 月 11 日の気候変動に関する国連枠組条約の京都議定書
- 2005 年 10 月 25 日の EU エネルギーコミュニティ設立条約
- 2015 年 12 月 12 日のパリ協定

³ <https://dtm.iom.int/reports/operativniy-zvit-demografichna-statistika-ta-geografichniy-rozpodil-opituvannya-zagalnogo>

国家レベル：

- ・ ウクライナの「大気保護法」
- ・ ウクライナの「温室効果ガス排出のモニタリング、報告、検証の原則に関する法律」
- ・ ウクライナの「廃棄物管理法」
- ・ その他、ウクライナ内閣の決議や環境保護省の命令など

地域レベル：

- ・ 2025 年までのキーウ市開発戦略
- ・ 2019 年から 2023 年までのキーウ市の交通インフラ開発のための市目標プログラム
- ・ 2035 年までのキーウ市の環境政策コンセプト
- ・ キーウ市の下水道システムへの廃水加入者の受け入れ規則

4.3 二酸化炭素削減・省エネ効果の概算

キーウ市は、既往の車両近代化事業における新型車両導入による二酸化炭素（CO₂）排出削減量の推計を行っている。そこでは、表 4-3 に示す数値と、車両 1 台あたりの消費電力の比率（新型は旧型の 60%）を元に、新型車両導入による年間電力消費の削減量と二酸化炭素排出削減量を推計している。

表 4-3：CO₂削減量推計に用いたデータ（2018 年）

データ名	数値
キーウメトロの対象路線の列車牽引による 1 年間の総消費電力（千 kWh）	49,346
総走行車両台キロ数（百万台キロ）	30.55
旧型車両の走行車両台キロ数（百万台キロ）	15.59
新型車両の走行車両台キロ数（百万台キロ）	14.96
キーウメトロが運用する車両台数	290
うち新型車両台数	135

出典：キーウメトロからの情報を基に調査団作成

まず上記をもとに、新型車両（旧型車両に対する電力消費係数 0.6）と旧型車両で編成された列車の車両 100 万台 km 当たりの消費電力量は以下のように推計される。

$$49,346 \text{ 千 kW} \div (15.59 \times 1 + 14.96 \times 0.6) = 2,008.7 \text{ 千 kW}$$

電力消費係数 1 の旧型車両のみが運行された場合の牽引用電力消費量は、以下のように推計される。

$$2,008.7 \text{ 千 kW} \times 30.55 \text{ 百万台キロ} = 61,366 \text{ 千 kW}$$

以上から、全車両が旧型車両であった場合の 1 年間の総消費電力が以下のように推計された。

$$2,008.7 \text{ 千 kW} \times 30.55 = 61,366 \text{ 千 kW}$$

これと実際の総消費電力の差は以下の 12,020 千 kWh となり、これが新型車両導入により削減された年間電力消費と推計される。

$$61,366 \text{ 千 kW} - 49,346 \text{ 千 kW} = 12,020 \text{ 千 kW}$$

さらに、この年間削減電力量に排出係数（電力量 1kWh あたりの CO₂ 排出量 1.09kg-CO₂/kwh）を乗じると、2018 年一年間の総 CO₂ 排出削減量は $12,020 \text{ 千 kW} \times 1.09 = 13,102 \text{ CO}_2 \text{ トン}$ となる。

これは、表 4-4 の通り新型車両導入 1 両あたり 1 年間で 97.0 CO₂ トンの CO₂ 排出が削減されたことを意味する。

表 4-4：新型車両 1 台あたりの二酸化炭素削減量（2018 年）

データ名	数値
総 CO ₂ 排出削減総量 (CO ₂ トン)	13,102
導入された新型 5 両編成列車数	27
1 列車あたりの CO ₂ 排出量削減量 (CO ₂ トン)	485
1 両あたりの CO ₂ 排出量削減量 (CO ₂ トン)	97

出典：キーウメトロからの情報を基に調査団作成

上記のキーウ市による CO₂ 排出削減量の推計方法は、JICA ほか日本の政府機関が採用している推計手法とも齟齬はなく、妥当なものと考えられる。

この 2018 年の新型車両導入による二酸化炭素削減量の推定値（97.0 CO₂ トン/台・年）を当てはめた場合、本プロジェクトの 60 台の新型車両の導入により年間 5,820 CO₂ トンの二酸化炭素排出量削減、また 300 両の新型車両の導入により年間 29,100 CO₂ トンの二酸化炭素排出量削減が見込まれる。

第5章 プロジェクトの必要性・妥当性

5.1 本事業の必要性

5.1.1 戦時下及び復旧、復興時の首都キーウにおける重要都市インフラ

キーウメトロは、キーウ市の住民約 360 万人の重要な足としての機能は言うまでもなく、連日のロシアによる空爆に対し市民のシェルターとして命を守っているインフラの持続継続性を担保する意味で、本プロジェクトの重要性は明らかである。

5.1.2 G7 議長国（2023 年）として日本が果たすウクライナ復興支援における国際貢献

2022 年 7 月にスイスのルガーノで開催された「ウクライナの復興に関する国際会議」において、復興は何十年にも亘り 100 兆円の資金を要するとも言われている中、同国の政治経済の中心地である首都キーウでのプロジェクトに日本が主導する形で行うことは大きな意義がある。日本の旗が立つ上、日本－ポーランド－ウクライナの 3 国連携案件となるため、国際社会へのアピール効果は極めて高い。

5.1.3 雇用創出

報道では空爆被害が連日のように伝えられており、被害への支援が注目されているが、戦禍でも国民は日々の生活を送っており、その為の生活資金が不可欠である。戦争により国内経済は大打撃を受けており、戦争前には約 10.5%だった失業率が、現在では約 2.5 倍の 24.5%に急増している。本プロジェクトは日本とウクライナ企業の協働プロジェクトであり、現地の雇用創出にも貢献するものである。

5.2 本事業の妥当性

5.2.1 実現性・実施可能性

本プロジェクトの実現性・実施可能性は、以下の理由から、現状の戦争下であっても極めて高いと考える。

- 既往プロジェクトによる 135 両の車両の近代化実績でウクライナ政府の車両認証取得済であり、またその後約 10 年間、問題なく運航されているため、技術リスクが非常に小さい。
- 既往プロジェクトと同じウクライナの車両製造メーカーが改造工事を行うことで、日本技術者がウクライナに渡航することなく実施出来る。
- 日本人およびウクライナ人の専門家、スタッフで組成されるプロジェクトマネジメント・コンサルタントを雇用することにより、適切な管理を行うことが出来る。

5.2.2 環境効果

前述の通り、本プロジェクトで直流駆動車両からインバータ制御の交流駆動車両への変更に加え、回生ブレーキシステム採用し、さらに車体を軽量化することで約 40%の消費電力量削減・CO₂削減が可能である。これにより、キーウ市の電力使用量削減にも大きく寄与する。なお、既往プロジェクトで改造された135両の運用実績から、1台あたりの年間消費電力の平均削減量は 92,500 kWh である。

ワルシャワメトロから供与された 60 台の改修車両を実現すると、1 年間の運用で 5,550,000 kWh の電力を節約できる。電力不足の解消のため、日本より多くの発電機がウクライナに無償提供されたが、5,550,000 kWh の電力を生成するためには、例えば約 950 台のヤマハ EF 2000iS（総額 1,436,031 US ドル）または 72 台のヤマハ EDL 26000TE（総額 959,390 US ドル）をウクライナに提供する必要がある。1 年間に亘り稼働した際の OPEX は、950 台のヤマハ EF 2000iS 発電機で 5,322,521 US ドル、72 台のヤマハ EDL 26000TE で 2,492,920 US ドルになる。改修車両の寿命を 20 年間延長することを考慮すると、これら発電機によって代替的に電力を生成する際の費用は EF 2000iS で 107,886,460 US ドル、EDL 26000TE による場合は 50,817,788 US ドルになる。

表 5-1：消費電力削減量の発電機換算

型式	必要数量	CAPEX (USドル)	OPEX/年 (USドル)	CAPEX+20年 間OPEX合計 (USドル)
EF2000iS	950	1,436,031	5,322,521	107,886,460
EDL26000TE	72	959,390	2,492,920	50,817,788

出典：調査団

この際、1時間あたりの発電機の平均消費量を 1 リットルの燃料価格で乗じ、年間の予想作業時間（3650 = 10 x 365）、必要な数量で乗じ、NBU のレートで US ドルに換算した。

$$\text{EF2000iS: } 1 \times 3,650 \times 950 \times 55.52/36.17 = 5,322,521$$

$$\text{EDL26000TE: } 6.15 \times 3,650 \times 72 \times 55.79/36.17 = 2,492,920$$

表 5-2：発電機の燃費計算

型式	平均燃料消費量 (リットル/時間)	平均燃料費 (フリブニャ/リットル)	平均燃料費 (US ドル/リットル)	為替 レート
Yamaha EF2000iS	1	55,52	1,53	36,17
Yamaha EDL26000TE	6,15	55,79	1,54	36,17

出典：調査団

5.2.3 車両近代化のメリット

新規に車両を調達する場合と比べて、約 30%イニシャルコストが安くなる。また、完成車両の輸送ではなく、機器を輸送し現地で組立を行うことにより、輸送費の削減および納期短縮にも繋がる。

第6章 プロジェクト評価

6.1 前提条件妥当性

本プロジェクトの実施にあたり、ウクライナ国側は「3.5 相手国側分担事業の概要」に記載した分担事業を、本事業の調達の実施前あるいは調達期間中の適切な時期、タイミングにて実施する。これは事業全体の工程を円滑に進めるうえで、重要な前提条件である。

6.2 相手方投入（負担）事項

本プロジェクトの効果を発現・維持するために、ウクライナ国側が実施すべき事項は以下の通り。

- 調達した車両の維持管理に必要となる交換部品、機材等の調達
- 本プロジェクトで近代化された車両の適正かつ効果的な利用と維持管理を行う技術者の確保
- 職員に対する運行、維持管理に関する継続的な教育の実施
- 維持管理体制の強化及び車両に対する継続的・安定的な維持管理の実施
- メーカー保証期間及び保守管理契約期間終了後、必要に応じ、メーカー代理人との保守管理契約の締結

6.3 外部条件

本プロジェクトの効果を発現・持続するためには、以下の外部条件が満たされる必要がある。

- 車両近代化を行う予定のウクライナ企業およびその車両製造工場が、プロジェクト期間中を通して作業の遂行が可能である。
- ウクライナの平和と住民の落ち着いた生活環境が確保される中で、持続的かつ安定した地下鉄の運営が行われる（運行本数も戦争以前に戻る）。
- 地下鉄の運行に必要な電力が安定的に供給される。

6.4 妥当性

6.4.1 プロジェクトの裨益対象

裨益対象は地下鉄の利用者である。キーウ市のライダーシップの 45%以上を地下鉄が担っている。

6.4.2 キーウメトロの車両調達計画

キーウメトロは、ワルシャワメトロから譲渡された 60 両の改造、その次に旧型車両 300 両の近代化を行う意向を持っている。また、EBRD から 5,000 万ユーロを上限とする融資を受け、新規車両 50 両を調達する計画である。

6.5 有効性

本プロジェクトの実施により以下の定量的、定性的効果が期待されることから、本プロジェクトの有効性が見込まれるものと判断される。

6.5.1 定量的評価

本プロジェクトにより定量的効果が期待されるアウトプットは以下の通りである。

表 6-1：プロジェクトの定量的評価指標

指標名	基準値：2019 年 (通常運行時)	目標値：2030 年 (事業完成 2 年後)
乗客数	495.34 百万人	本来であれば予測・期待される乗客数を設定すべきであるが、戦争がいつまで続くか不明である現状を踏まえ、暫定的に本報告書では“基準値以上”とする。
運行に伴う消費電力削減量	無し	1 両あたり平均 92,500 kWh/年
運行に伴う CO2 削減量	無し	1 両あたり 97.0 ton/年

出典：調査団

6.5.2 定性的評価

本プロジェクトの実施により期待される便益として、以下が想定される。

【財務的便益】

- 改造車両の導入により車両運行の伴う消費電力が約 40%削減でき、電気コストを削減。
- 既存の車両を延命・改修をしながら運行するために必要となる費用の削減。
- 車両の保守が容易となり、維持補修に係るコストを効率化。
- 車両は地下鉄の運行には不可欠な要素であり、地下鉄運行に伴うキーウ市の財政状況への貢献。

【経済的便益】

- 地下鉄運行に伴う利用者の経済的便益（利用者の移動時間削減効果等）に対する貢献。

【その他の便益】

- 地下鉄運行に伴うその他の便益（市内の渋滞緩和、住民の移動に伴う環境に対する負荷の軽減等）に対する貢献。
- 改造車両の導入に伴う事故発生率の低下、利用者の快適性の改善。

- 省エネ、CO2削減により環境負荷の低減ならびに持続可能な交通システムの推進に寄与。

第7章 プロジェクト実施スケジュール

7.1 プロジェクト実施までのスケジュール

本調査完了後、第 1 ステージの資金手当に係る日本－ウクライナ間の署名に 3 か月間、その後、日本側における調達代理機関の選定に 1 か月間、選定された調達代理機関によるプロジェクトマネジメント・コンサルタント選定および機器調達に関する入札図書作成に 2 か月間、入札および契約交渉に計 3 か月間要すると仮定した。

その仮定の下でのスケジュールは、選定されたメーカー・業者による機器製作、輸送の後、車両改良工事の開始が 2025 年 1 月であり、改良プロジェクトの工期は 12 編成 60 両の場合に 30 か月と見込み、改良された車両が実際に運行を始めるのが 2027 年 7 月となる。

編成数別（1 編成 5 両、2 編成 10 両、12 編成 60 両）のスケジュールを表 7-1 に示した。

なお、円借款の活用も想定した第 2 ステージ（将来的な 300 両の改造）については、戦況・ウクライナ政府やキーウ市の財務状況次第でもあり不確定要素が多いため具体的なスケジュールは示していないが、協力準備調査の実施、交換公文（Exchange of Note）、円借款契約（Loan Agreement）の署名、円借款コンサルタントの調達、実施という通常の円借款事業のプロセスを経るものと想定される。

表 7-1：編成数別実施スケジュール

12編成60両

工種	月数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
準備	1.5	■																													
機器製造	19		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
輸送（日本→ウクライナ）	-												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
改造工事	13		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
コミッショニング・試運転・引き渡し	2																		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
予備	2																													■	■

2編成10両

工種	月数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
設計・準備工	1.5	■																							
機器製造	12.5		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
輸送（日本→ウクライナ）	-												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
改造工事	19		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
コミッショニング・試運転・引き渡し	6																		■	■	■	■	■	■	■
予備	2																							■	■

1編成5両

工種	月数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
設計・準備工	1.5	■																							
機器製造	10.5		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
輸送（日本→ウクライナ）	1.5												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
改造工事	14		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
コミッショニング・試運転・引き渡し	6																		■	■	■	■	■	■	■
予備	2																							■	■

出典：調査団

第8章 プロジェクト実施のための組織体制

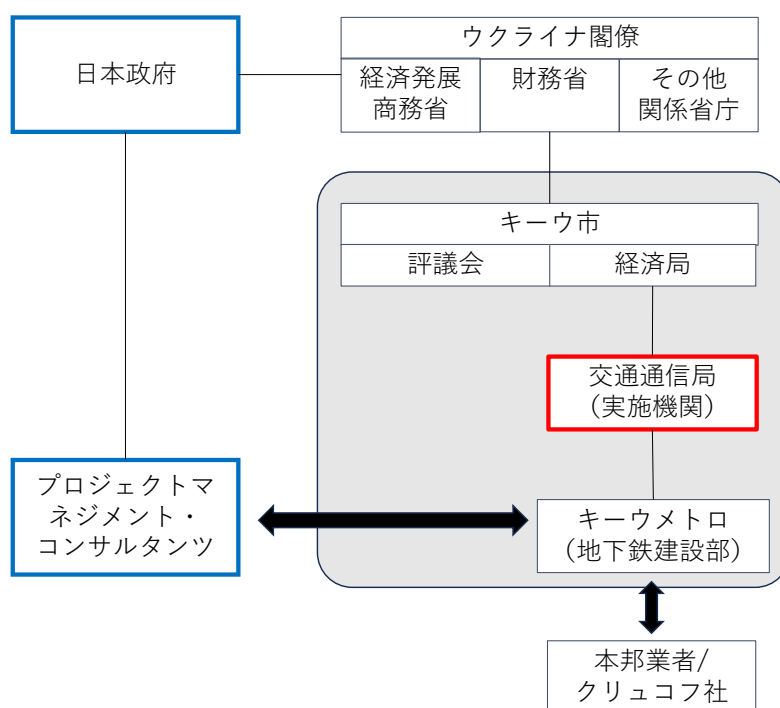
8.1 実施体制

キーウ市は、首長/市長、第 1 首長/副市長、11 人の Deputy Heads のもと、交通インフラ局を含む全 24 の部局からなる組織である。本プロジェクトは、キーウ市交通インフラ局が実施機関として全体業務を調整し、コンサルタントや事業者への支払いに対する責任を持ち、財務局への収支報告を行う。

キーウメトロの地下鉄建設部が工事の工程管理に直接関わり、コンサルタントや事業者からの請求書の確認を行い、キーウ市交通通信局に報告する。

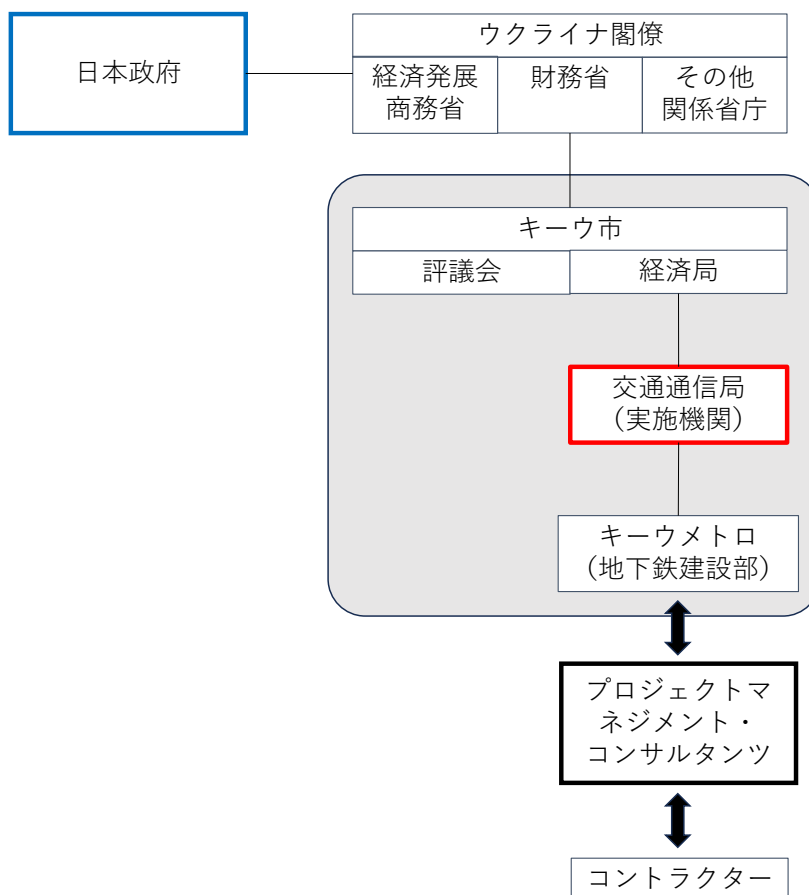
両機関ともに既往プロジェクトを実施した経験があるため、実施能力の面では大きな懸念やリスクはないが、JICA のスキームによるプロジェクト実施は未経験である。従って、日本側で雇用されるプロジェクトマネジメント・コンサルタント（PMC）が、入札・業者選定後の本プロジェクト実施段階を通じて支援する。

第 1 ステージ、第 2 ステージの実施体制図案を図 8-1 に示した。



出典：調査団

図 8-1：第 1 ステージの実施体制図案



出典：調査団

図 8-2：第 2 ステージの実施体制図案

8.2 O&M の現状および課題

既存車両の大半が旧ソ連製である中、戦時下ロシアとの経済活動が禁止されていることから、ロシア製スペアパーツを使用した車両の保守や修理を行うことが困難になってきている。機械部品など内製で対応可能なものもあるが、電子部品など内製が不可能なものに関しては、ロシア製スペアパーツの在庫が払底した段階で大きな問題となることは必至である。この点からも、本プロジェクトにおける日本製機器を用いた車両の近代化の意義は大きい。

また 2014～2017 年の車両近代化プロジェクトにおいては、本邦車両メーカーが設計の一部を担ったほか、作業指導や検査・コミッショニングのコーディネートをを行った。クリューコフ社に技術移転済みとはいえ、前回から十年近くが経過しており、日本側で雇用する PMC の役割は、質、工期などの管理の面で非常に重要となる。

第9章 本邦企業の技術面等での優位性

9.1 提案事業における日本企業の国際競争力と受注の可能性

鉄道車両は、自動車と異なり製造数が少ないので、オートメーション化が難しく労働集約的な生産工程が多い。とりわけ高い技術レベルでなくても対応できる車両の組立は、人件費が低い国の企業に有利に働く。したがって、本邦企業が完成車両を海外市場で売るには、価格面（人件費、輸送費）での国際競争力は弱い。

一方、今回のような車両近代化については、日本企業が高度な技術を有する電機システムがプロジェクトの中核を占める。アンタイドの円借款で国際入札となる場合、競合するのは主に欧州企業であり価格競争力は互角と考えられるが、日本企業はメンテナンスフリーなどの技術面において優位性を有している。特に冷却方式については、欧州企業が強制風冷を主流としているのに対して日本企業は自然冷却に徹しており、十分な国際競争力を有していると考えられる。

9.2 日本から調達が見込まれる主な資機材の内容

今回の車両近代化は、案件成立とともに短期に実施することが求められるため、新たな設計要素はなるべく盛り込まず、既往プロジェクトの2014～2017年ベースで進めることが基本方針である。したがって日本から調達するシステムとその構成機器は、5両編成12編成分（合計60両分）の場合、表9-1に示す通りである。

表 9-1：日本から調達が見込まれるシステムおよび構成機器（12編成60両のケース）

システム名称	機器名称	数量/編成	全数量
主回路システム	VVVF インバータ制御装置	3	36
	主電動機	12	144
	メインスイッチ	3	36
	高速度遮断器	3	36
	フィルタリアクトル	3	36
	ブレーキ抵抗器	3	36
	避雷器	5	60
列車制御管理システム	列車制御管理システム	1 式	12 式
補助回路システム	補助電源装置 APS	2	24
	スイッチ箱	2	24
	受給電箱	1	12
空気ブレーキシステム	空気供給装置および関連部品	2 式	24 式
	ブレーキ制御装置および関連部品	5 式	60 式
	ブレーキキャリパおよび関連部品	20 式	240 式
	滑走防止弁および関連部品	20 式	240 式
	自動高さ調整弁および関連部品	20 式	240 式
	非常弁および関連部品	2 式	24 式

出典：調査団

第10章 プロジェクト資金調達の見通し

10.1 我が国の援助動向

日本政府は 2023 年 10 月末までに総額 71.7 億ドルのウクライナ支援を実施している。2023 年 3 月に岸田文雄内閣総理大臣はウクライナを訪問し、追加の人道・財政支援を約 55 億ドル分を行うことを表明し、電力、地雷処理、農業などの多岐にわたる分野でウクライナを支援していくことが決定された。また、同訪問では、ウクライナの復旧・復興に向けた支援として、4.7 億ドルの無償資金協力を以下の通り実施した。

一つ目は、ウクライナに対する無償資金協力「緊急復旧計画（フェーズ 2）」である。ウクライナ政府に対して、供与額 530.72 億円（4 億ドル）を次の 4 つの分野にて復旧・復興の支援を行うことが決定された。

- 地雷・不発弾対策、がれき処理
- エネルギー・水などの基礎インフラ整備
- 農業の生産能力の回復
- 民主主義・ガバナンス強化に必要な資機材等の整備

二つ目は、ウクライナにおける重要エネルギー・インフラの復旧とエネルギー機材の即時提供のための支援の実施である。日本政府は、国連開発計画（UNDP）に対して 7,000 万ドルを拠出することを決定し、ロシアの攻撃により破壊されたエネルギー・インフラ施設の復旧を支援し、ウクライナ国民に電気、熱、水を供給するための熱電併給設備への電力供給の回復・強化を支援することとなっている。

10.2 資金調達に伴う各国・国際機関の動向

ウクライナ支援トラッカーが公表したデータによると、2022 年 1 月から 2023 年 10 月の間に、各国が約 1,493.5 億ドルという多額の支援をウクライナに提供している。内訳では、軍事支援を除き約 1,327 億ドルの財政支援と 166.5 億米ドルの人道支援である。主要支援国には、日本の他、EU、米国、英国、カナダ、ドイツ、ノルウェー、スイス、オランダ、ポーランド、フランスが含まれる。各国の支援額を以下の表で示す。⁴

表 10-1：各国のウクライナへの支援総額

国名	財政支援 億ドル	人道的支援 億ドル	総額 (軍事支援を除く) 億ドル
欧州連合（欧州委員会および理事会）	790.9	22.6	813.5
米国	263.7	27.1	290.8
日本	60.7	10.9	71.7
英国	64.4	6.4	70.8
カナダ	36.7	3.9	40.6

⁴ 表中の支援額は各国億ドル単位で四捨五入したものであるため、全体合計した数値は元の数値の合計からわずかにずれることがある。

ドイツ	14.9	25.6	40.5
ノルウェー	36.8	2.1	38.9
スイス	1.1	23.3	24.4
オランダ	1.6	6.2	17.8
ポーランド	10.1	3.7	13.8
フランス	8.4	3.8	12.3
合計	132.9	166.6	1493.5

出典：キール世界経済研究所の Ukraine Support Tracker を基に調査団作成

支援総額で上位を占める国々の支援内容を、以下にまとめた。

1) EU（欧州委員会および理事会）（総額 813.5 億ドル）

欧州連合はウクライナの復興に重要な役割を果たしており、資金援助、人道支援、エネルギー支援や国内避難民支援といった具体的な支援を行っている。その他にも、マクロ金融支援や、大規模な復興資金の計画などを行っている。

2) 米国（総額 290.8 億ドル）

人道的、軍事的、経済的ニーズに対応する資金援助パッケージを通じて、ウクライナを積極的に支援している。電力網の統合、原子力規制への支援、原子力事故への備えなど、重要な分野を対象としている。また、人道危機や必要不可欠なサービスにも多額の資金が援助されている。

3) 英国（総額 70.8 億ドル）

人道支援、機材寄付、助成金、資金拠出を含む包括的な支援を提供しており、市民社会、鉄道インフラの修復、エネルギー部門のニーズに対応している。多額の融資と融資保証は、PEACE プロジェクトのようなプロジェクトに貢献し、多様な分野へのコミットメントを示している。

また、非二国間支援については、以下の表の通り、これまでの支援額は 132.9 億ドルに上り、IMF、EBRD、UN、WB グループからの拠出が大きなシェアを占めている。⁵

表 10-2：非二国間機関のウクライナへの支援総額

機関名	財政支援 億 US ドル	人道的支援 億 US ドル	総額 (軍事支援を除く) 億 US ドル
非二国間機関	131.88	0.21	132.09
IMF	32.47	0.00	32.47
EBRD	28.40	0.00	28.40
UN	0.55	0.21	0.76
WB Group	70.46	0.00	70.46

出典：キール世界経済研究所の Ukraine Support Tracker を基に調査団作成

⁵ 表中の支援額は各機関からの支援額を億ドル単位で四捨五入したものであるため、全体合計した数値は元の数値の合計からわずかにずれることがある。

これらのデータは、多くの国や国際機関がさまざまな分野で支援を提供するために結集し、危機的状況におけるウクライナの人々の安定、回復力、復興に向けた献身的な国際協力に取り組んでいることを示している。

10.3 本プロジェクトの資金調達見通し

緊急・人道の機材供与のステージから復旧・復興のステージに移行する中、即実施が可能であり、日本の技術者のウクライナ渡航が不要で、かつ既往案件で実証済のため技術リスクがほぼゼロである本プロジェクトの第 1 ステージは、早期に資金を確保して実施されることが望ましい。

キーウメトロ保有の旧型車である 300 両（第 2 ステージ）に関しては今後の戦争状況を見ながら検討することになるが、円借款供与が可能な状況になり次第、JICA の協力準備調査が速やかに実施されることが望まれる。仮に戦争状態が継続している場合には、300 両を複数のフェーズに分けて無償資金協力案件として継続することが望ましいと考える。

10.4 アクションプランと課題

10.4.1 アクションプラン

本調査後のアクションとしては、資金額の確定と日本政府内での承認、入札図書用の Technical Assignment の作成、ウクライナ政府との間での合意文書の署名である。

その後は第 7 章の実施スケジュールで記述した通りに進めていくことが望まれる。

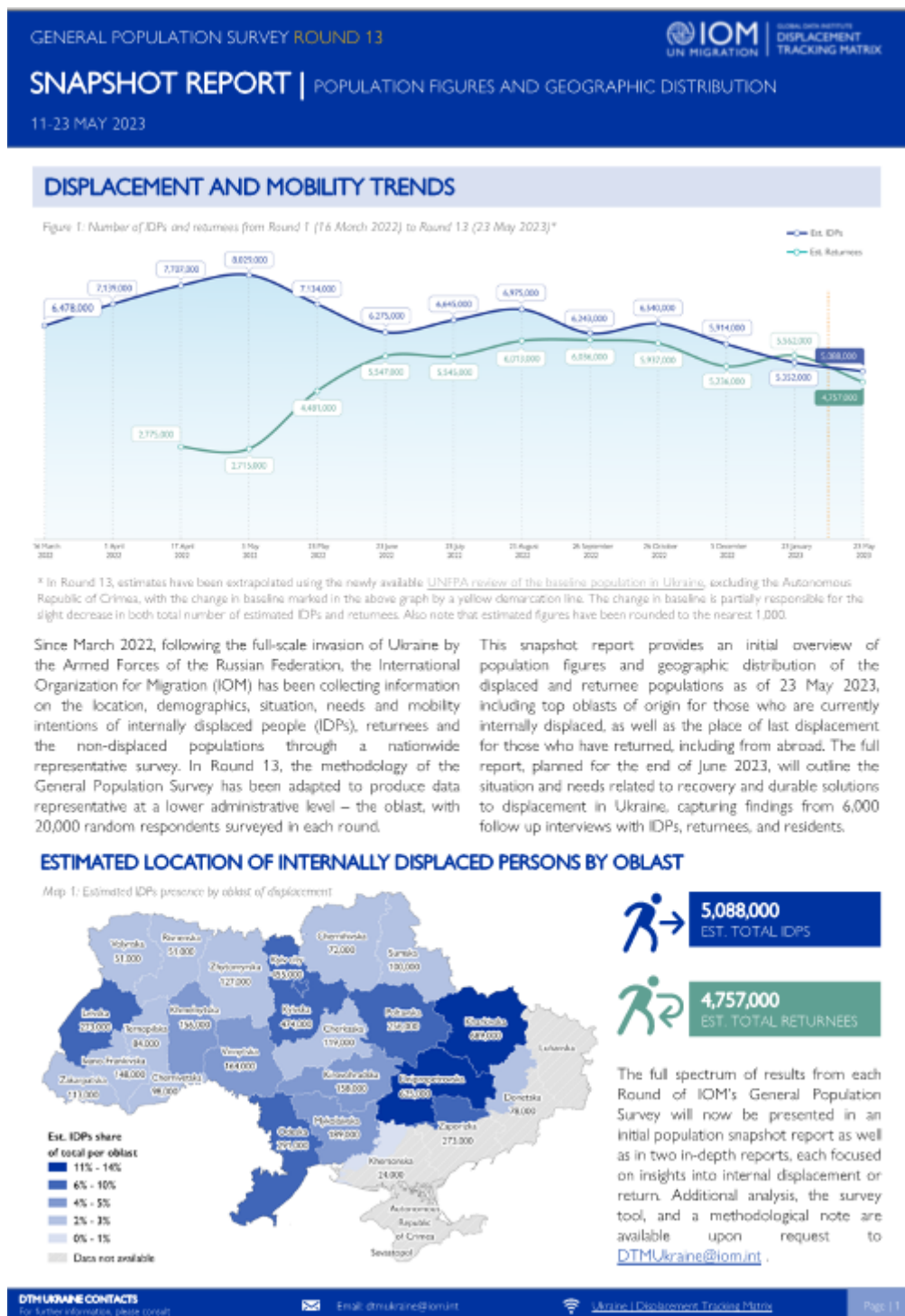
10.4.2 課題

日本製機器は調達代理機関で国内入札を実施し、現地車両メーカーへの納入とする。調達形式は日本機器、現地車両メーカー分も一般入札ではなく特命随意契約が望まれる。

また日本のコンサルタントが PMC として履行管理をすることが最重要課題であり、その資金確保も必要である。

添付資料 1

国際移住機関（IOM）によるウクライナの人口とその分布についてのスナップショットレポート（2023年5月）



INTERNAL DISPLACEMENT: IDP LOCATION AND ORIGIN

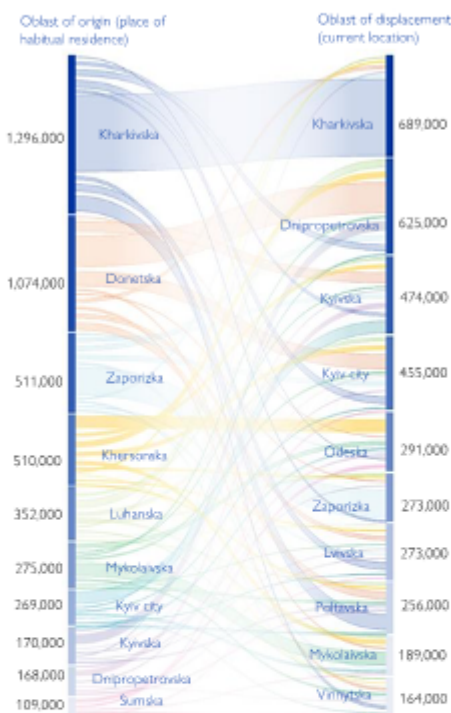
In the General Population Survey, IDP respondents are identified by a) *de facto* not being present in their area of habitual residence, and b) indicating that the escalation of the war in February 2022 was their reason for going or staying in displacement. The table below shows the proportion of IDPs by oblast of origin and by oblast of current location (displacement).

Top 5 oblasts of origin of IDPs	% of IDPs
Kharkivska Oblast	25%
Donetska Oblast	21%
Zaporizka Oblast	10%
Khersonska Oblast	10%
Luhanska Oblast	7%
Other oblasts	26%

Top 5 IDP hosting oblasts	% of IDPs
Kharkivska Oblast	14%
Dnipropetrovska Oblast	12%
Kyiv City	9%
Kyivska Oblast	9%
Odeska Oblast	6%
Other oblasts	50%

While estimates for most hosting oblasts likely present the maximum IDP presence, in oblasts under partial temporary occupation, the estimates for IDPs hosted are under-represented due to coverage being limited to government-controlled areas only. As evidenced by the Sankey diagram, Kharkivska Oblast is the primary oblast of origin as well as the top IDP hosting oblast. Overall, findings show that for those that do not move abroad, displacement to locations within the same oblast or macro-region are most prevalent.

Sankey diagram depicting the displacement flow from top 10 oblasts of origin



Estimated number of IDPs by macro-region of displacement from Round 1 (1 April 2022) to Round 13 (25 May 2023)



N.B. The estimate of the number of displaced populations at the macro-regional level does not include data from respondents who did not provide location information.

N.B. The data collected and presented in Round 13 reflects the UNFPA review of the baseline population, which excludes the Autonomous Republic of Crimea, marked in the above graph with **yellow demarcation lines**. This data is available here: <https://data.unfpa.org/datasets/crimea-ukr>. Also note that estimated figures have been rounded to the nearest 1,000.

RETURN: ROUTES AND LOCATIONS OF RETURNEES

In the General Population Survey, terms "return" and "returnee" are used without prejudice to status and refer to all people currently in their place of habitual residence who returned after a minimum of two weeks stay in displacement since February 2022, regardless of whether they returned from internal displacement or spontaneously from abroad.

As of 23 May, nearly half of all returnees in Ukraine reside in Kyiv City or Kyivska Oblast (23% and 17%, respectively). The other primary oblasts of return are Kharkivska (12%) and Dnipropetrovska Oblasts (7%).

Among those who returned to their place of habitual residence from internal displacement within Ukraine, most returned from displacement in Lvivska Oblast (9%), Kyiv City (8%) and Vinnytska Oblast (7%).

Top 5 oblasts of return	Share of returnees	Est. returnees
Kyiv City	23%	1,106,000
Kyivska	17%	789,000
Kharkivska	12%	551,000
Dnipropetrovska	7%	333,000
Odeska	5%	232,000
Other oblasts	26%	1,746,000

Top 5 oblasts of last displacement	Share of returnees	Est. returnees
Lvivska	9%	322,000
Kyiv City	8%	287,000
Vinnytska	7%	242,000
Dnipropetrovska	6%	235,000
Kyivska	6%	235,000
Other oblasts	64%	2,359,000

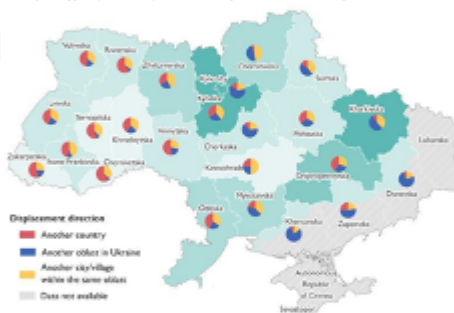
RETURN ROUTES

Percentage of returnees by type of location from which they returned

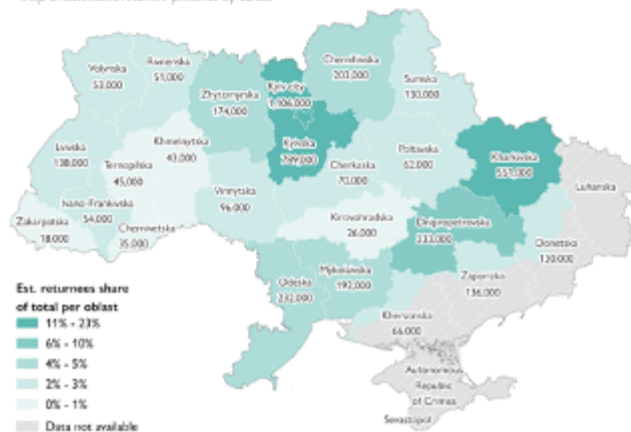
30%	47%	22%
Another city/village with oblast of origin	Another oblast in Ukraine	Another country

Nearly half of all returnees returned from displacement in another oblast within Ukraine, with a further third returning from displacement within their own oblast. Of those who reported returning from another country, most returned from Poland (39%), followed by Germany (9%), Italy (7%), Czechia (6%) and Bulgaria (5%). Those who returned from abroad were more prevalent in western oblasts, while return from within oblast was most prevalent in Kirovohradska, Chernihivska, Mykolaivska and Kharkivska Oblasts (Map 3).

Map 3: Type of location from which respondents returned, by oblast



Map 2: Estimated returnee presence by oblast

DURATION OF
DISPLACEMENT BEFORE
RETURN

113 days average number of days in displacement before return (as of 23 May 2023)

In Round 13 of the General Population Survey, 37 per cent of returnees reported having been displaced for three months or longer. When comparing only the first five oblasts of return, the highest average duration of returnees' displacement was identified in Kharkivska oblast (177 days), while the shortest displacement was typical in Kyiv city (87 days). Among all oblast of return, the longest average time of displacement was among those who returned to Mykolaivska oblast (196 days).

GENERAL POPULATION SURVEY | ROUND 13
SNAPSHOT REPORT: POPULATION FIGURES AND GEOGRAPHIC DISTRIBUTION



ESTIMATED POPULATION BY DISPLACEMENT STATUS

Oblast	Estimated max. population present	Estimated max. de facto IDP population present	Estimated max. returnees population present	Estimated max. non-displaced (residents) present
Cherkaska	1,330,000	119,000	70,000	1,171,000
Chernihivska	1,187,000	72,000	203,000	893,000
Chernivetska	849,000	98,000	35,000	737,000
Dnipropetrovska	4,272,000	625,000	333,000	3,365,000
Ivano-Frankivska	1,296,000	148,000	54,000	1,127,000
Kharkivska	2,978,000	689,000	551,000	1,656,000
Khmelnytska	1,250,000	156,000	43,000	1,086,000
Kirovohradska	1,148,000	158,000	26,000	1,020,000
Kyiv	3,853,000	455,000	1,106,000	2,071,000
Kyivska	3,229,000	474,000	789,000	1,823,000
Lvivska	2,640,000	273,000	138,000	2,289,000
Mykolajivska	1,320,000	189,000	192,000	915,000
Odeska	2,581,000	291,000	232,000	2,082,000
Poltavska	1,701,000	256,000	62,000	1,416,000
Rivnenska	1,088,000	51,000	51,000	1,015,000
Sumska	1,125,000	100,000	130,000	897,000
Temopilska	894,000	84,000	45,000	786,000
Vinnyska	1,794,000	164,000	96,000	1,574,000
Volynska	1,109,000	51,000	53,000	1,035,000
Zakarpatska	900,000	113,000	18,000	799,000
Zhytomyska	1,349,000	127,000	174,000	1,043,000
Donetska*	726,000	78,000	130,000	501,000
Zaporizka*	1,267,000	273,000	138,000	850,000
Luhanska*	n/a	n/a	n/a	n/a
Khersonska*	433,000	24,000	66,000	339,000
Residence location unknown (in Ukraine)**	683,000	30,000	24,000	659,000
Total population	40,996,000	5,088,000	4,757,000	31,153,000

* Estimates in Donetsk, Zaporizka, Luhanska and Khersonska Oblasts (blue text) are likely under-represented due to limited coverage of government-controlled areas only, as well as the limited number of respondents reached through the random digit dial.
** Respondents currently on short term trips outside of places of current residence (away from residence, away from location of displacement)

A BRIEF NOTE ON METHODOLOGY

The data presented in this report was commissioned by the International Organization for Migration (IOM) and collected by Multicultural Insights through phone-based interviews with 20,000 randomly selected respondents per round using the computer-assisted telephone interview (CATI) method, and a random digit dial (RDD) approach, with an overall sample error of 0.69% [CL95%]. Round 13 of data collection was completed between 11 and 23 May 2023. The survey included all of Ukraine, excluding the Crimean Peninsula and the areas of Donetsk, Luhanska, Khersonska, and Zaporizka oblasts under the temporary military control of the Russian Federation where phone coverage by Ukrainian operators is not available. All interviews were anonymous, and respondents were asked for consent before starting the interview. A total of 65 interviewers were employed in this work. The team consisted of male and female interviewers and the interviews were conducted in Ukrainian (88%) and Russian languages (12%), with language selection by preference of each respondent.

Limitations: The exact proportion of the excluded populations is unknown, and certain considerations are to be made when interpreting results. Those currently residing outside the territory of Ukraine were not interviewed, following active exclusion. Population estimates assume that minors (those under 18 years old) are accompanied by their adult parents or guardians. The sample frame is limited to adults that use mobile phones. It is unknown if all phone networks were fully functional across the entire territory of Ukraine for the entire period of the survey; therefore, some numbers may have had a higher probability of receiving calls than others. Residents of areas with a high level of civilian infrastructure damage may have a lower representation among the sample – one may assume the needs in the report are skewed towards under-reporting. Among the people surveyed are not those residing in the Autonomous Republic of Crimea (ARC) or the NGCA Donetsk and Luhansk.

For further details on the methodology and sampling design, please refer to the Methodological Note.

Disclaimer: The opinions expressed in this report are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the International Organization for Migration (IOM). The information contained in this report is for general information purposes only. The designations employed and the presentation of material throughout the report do not imply expression of any opinion whatsoever on the part of IOM concerning the legal status of any country, territory, city or area, or of its authorities, or concerning its frontiers or boundaries. Unless noted otherwise, data cited in this report were compiled from Round 12 of the General Population Survey, dated as of January 23, 2023. All numbers are rounded for ease of use. Data collection was facilitated by Multicultural Insights.



DTM UKRAINE CONTACTS
For further information, please contact:

Email: dtmukraine@iom.int

Ukraine ID Displacement Tracking Matrix

Page 14

【第2部】

ウクライナ支援全般に向けたプロジェクト候補の発掘調査

第11章 調査概要

11.1 調査方法

本調査は、日本主導で実施するに相応しいプロジェクト候補を発掘することを目的として行った。調査はインタビュー、オンライン面談、各種国際会議への参加、現地備人を活用した情報収集により行った。

11.2 調査場所

現地調査は計3回、ポーランド、トルコ、ルーマニア、モルドバで行った。

11.3 国際会議、イベント

ウクライナ経済復興に関する会議、イベントとして以下に参加して情報収集を行った。

2023年9月7日：3 海域イニシアチブフォーラム（ブカレスト）

2023年9月21日：トルコ・ウクライナ・日本ビジネスフォーラム（イスタンブール）

2023年9月28日：World for Ukraine（ジェシェフ）

2023年11月14日～15日：Rebuild Ukraine（ワルシャワ）

2023年11月21日：ウクライナ復興に関するポーランド日本企業ビジネスワークショップ（ワルシャワ）

11.4 対象セクター

セクターを限定せずに幅広く情報収集を行った。その際、機材の供与による復旧支援ではなく、復興支援をターゲットとして交通、物流、上下水道、医療保健（病院、リハビリセンター）、教育、エネルギー、スタートアップ支援、鉱物資源・製品、などの分野で候補となり得る案件の情報を収集した。

第12章 候補プロジェクト

12.1 交通・物流

12.1.1 キーウメトロの車両近代化

本報告書第 1 部の事業可能性調査（FS）を実施したとおり、第 1 フェーズとしてワルシャワメトロから譲渡された 60 両を、第 2 フェーズとして既存の 200 両について、日本の電気機器およびブレーキシステムの導入により近代化し、市民の重要な交通機能を確保するとともに省エネルギー効果および CO2 排出量削減を達成するもの。

12.1.2 キーウメトロの安全運行および車両維持管理に関するプロジェクト

2014 年～2017 年に NEDO とウクライナ環境投資庁（SEIA）が交わしたグリーン投資スキーム（GIS）に関する契約に基づく事業として、キーウメトロの在来車両 135 両を日本製の最新の機器によって近代化した。この近代化された車両の安全な運行と維持管理への貢献を目的とし、スペアパーツの供与も含めた今後の協力に関して、2024 年 2 月 19 日に東京で開催された「日・ウクライナ経済復興推進会議」においてクリュコフ社と本邦企業との間で MOU が署名されている。

12.1.3 全国鉄道マスタープラン

ウクライナの EU 統合に向けて欧州との接続を高めていく必要があり、その一環としてウクライナ国鉄が保有する路線の広軌（軌道幅 1,520mm）から標準軌（軌道幅 1,435mm）への改軌、省エネ化といった計画がある。全国約 2 万キロ近くにもおよぶ鉄道網の標準軌化・改良事業の整備戦略、事業計画を策定しつつ、優先路線について FS を実施するもの。

12.1.4 キーウ～ワルシャワ高速鉄道整備事業

ポーランド国内でも総延長 2,000km に及ぶ運行速度 250km/hr の高速鉄道整備・計画が進んでいるが、ワルシャワとキーウ間の高速鉄道整備についても構想があり、まずはその FS を行ってルート・事業費等の検討を行い、事業の妥当性を確認するもの。

12.1.5 ドニプロメトロ車両・運行システム近代化事業

ドニプロメトロは全長 7.8km、6 駅の非常に小さな地下鉄であり、市の東部への延伸工事（4km、3 駅）が実施中である（現在は停止中）。車両および列車運行システムの老朽化が著しいために近代化を希望しており、特に運行システムについては旧ソ連時代からのアナログシステムであるため、本邦企業の自動化システムの導入を期待している。

12.1.6 オデーサ州仮設橋及び長大橋建設事業

ロシアによる軍事侵攻・黒海封鎖の影響で、ドナウ川の河川港（Reni、Izmail 港）からの穀物・貨物の輸出入が急激に増加し、オデーサとこれら河川港を繋ぐ国道 M15 号線の交

通量も増大している。ウクライナ南部地域とルーマニアとの連結性強化の重要性も増しており、これにも関連して M15 のボトルネック改良・拡幅、ドニエステル川新橋梁、ウクライナ・ルーマニア間のドナウ川新橋梁を架橋する事業が検討されている。本事業について、仮橋の設置も含めた経産省による FS が実施中であるが、2024 年 2 月 19 日に東京で開催された「日・ウクライナ経済復興推進会議」において、ウクライナ復興庁と本邦企業の間で本事業に関する協力継続についての MOU も署名されている。

12.1.7 橋梁復旧・建設事業（キーウ州・リビウ州・ハルキウ州）

キーウ州、リビウ州、ハルキウ州における橋梁復旧・建設事業について、複数の候補橋梁が提示された。小～中規模橋梁であり特殊な本邦技術が適用できるものではないが、戦争が継続する中でも現地企業あるいは第 3 国企業が現場作業・工事を行い、本邦企業が CCTV カメラ・オンラインツールなども利用しつつ、リモートで全体監理・マネジメントを行う可能性は検討できる。

12.1.8 ドナウ川河川港機能強化事業

前述の通りロシアの軍事侵攻の影響でドナウ川の河川港（Reni、Izmail 港）の貨物取扱量は、2021 年と 2022 年を比べ数倍に増えている。これら河川港ではアクセス道路の損傷、倉庫・貯蔵施設の不足、浚渫船の不足、港内アクセスの整備といった課題が出ており、支援が求められている。現在、EBRD が状況整理、開発計画の策定を支援しており、その過程で今後の優先プロジェクトが整理される予定であるが、我が国も港湾施設の機能拡張、荷役機械や浚渫船の供与といった分野での協力可能性が考えられる。

12.1.9 チョルノモースク穀物ターミナル拡張事業

民間事業であるが、ウクライナの 4 大港の一つであるチョルノモースク港において、既存の民間穀物ターミナル栈橋（水深 13.5m と 7.0m）、貯蔵容量 26 万トンのサイロを利用し、年間 3～4 百万トンを輸出していた。ロシアの軍事侵攻が開始してからは年間 1.2～1.3 百万トンへと落ち込んでいるが、将来の投資としてターミナルの拡張を計画しており、本邦企業との協働に前向きである。DWT9 万トンの船舶に対応できる新規ターミナル（水深 15m、長さ 300m）だけでなく、貯蔵容量 36 万トンのサイロ、鉄道積み込みターミナルの建設を含むものである。

12.1.10 アントノフ空港リハビリ・開発事業

キーウ市郊外にあるボリスポリ空港旅客ターミナル拡張への協力実績（円借款契約 2005 年署名）から、ウクライナ側の日本の空港セクターにおける技術への信頼は高い。アントノフ国際空港はロシアによる侵攻開始当初に攻撃を受け、空港設備および世界最大の航空機である An225 ムリーアを含む航空機が破壊された。同空港の再建事業について、ウクライナ側から我が国の協力に対する期待が寄せられている。

12.1.11 地方都市への E バス供与

現在ウクライナでは E バスは利用されていないが、関心は高く、導入を検討しているウクライナのバス製造・事業会社も確認している。ポーランドを含む欧州に進出している本邦企業の充電設備やバッテリー、シャーシなどに本邦製品の活用可能性がある。対象自治体を選定し、交通計画の策定支援に加え、E バス導入のパイロットプロジェクト実施から開始することが考えられる。

12.1.12 物流網構築・強化事業

今後数十年に亘って続く復興事業や、ウクライナの経済発展に伴う輸出入の増加を将来的なビジネスチャンスと捉える本邦物流企業が、ウクライナにおける物流網を構築・強化するもの。まずは複数の輸送ルートに関する実装調査を含む物流事情の詳細調査、パートナー候補企業の選定、物流センター・倉庫への投資やコールドチェーン・デジタル技術の活用可能性などの検討から開始する必要がある。

12.2 医療保健

12.2.1 リビウ市総合医療センター整備事業

リビウ市が進める総合医療センター整備プロジェクト“Unbroken”の一部である、新規手術棟の建設事業。リビウ市は、ウクライナ東部など前線で負傷した戦士や市民の多くが運ばれ治療を受ける医療のハブとなっており、義肢義足の製作、リハビリも行われているが、病床の数が不足している。日本の建築事務所がポーランドおよびウクライナの企業と設計を進めており、そこに医療機材、空調整備システム（HVAC）を導入し、高品質の医療サービスを提供できる施設とするものであり、ウクライナで製作する木材料 CLT（Cross Laminated Timber）を利用した建築構造で 6 階建て、延べ床面積 25,000m² の提案がなされている。2024 年 2 月 19 日に東京で開催された「日・ウクライナ経済復興推進会議」において、リビウ市と本邦企業の間で本事業に関する協力継続についての MOU も署名されている。

12.2.2 リハビリセンター・義肢義足支援事業

ウクライナの複数自治体で、リハビリセンター・義肢義足製作に関するニーズ・支援要請がある。西部やキーウなどで治療を受けた後、定期的な義肢装具の調整は地元で行う事が望ましいという考えに基づくものであるが、我が国は義肢義足製作について東南アジア諸国を中心に支援実績があり、ウクライナでの支援について国内の関連協会・団体も前向きである。国際義肢装具協会（ISPO：International Society for Prosthetics and Orthotics）や赤十字国際委員会（ICRC：International Committee of the Red Cross）との協力、スタートアップ企業との協力も効果的である。

12.2.3 病院施設、機材近代化・省エネ事業

12.2.1 で記述したリビウ市総合医療センター整備事業に類似しており、ウクライナ各地

にある病院に、日本の医療機材に加え、ヒートポンプなど空調整備システム（HVAC）を導入する事業。地域暖房から個別のヒートポンプシステムに入れ替えることによる省エネ化を目指すとともに、欧州でヒートポンプを製造する日本企業のビジネス拡大を狙うもの。

12.3 エネルギー

12.3.1 グリーンアンモニア・水素製造事業

EU は 2022 年、再生可能エネルギーと原子力発電から生成される水素をグリーン（ピンク）と指定。2023 年 2 月 2 日、ウクライナと EU は、再生可能ガス、バイオメタン、水素、その他の合成ガスの生産における戦略的協力に関する覚書に署名し、またウクライナの EU 共同市場への参加に関する協定にも署名した。ウクライナには現時点で液体アンモニア・窒素肥料を製造できる化学工場が 4 か所稼働しているが、ロシアからのガス供給を止めたことにより生産能力の 25～30%程度しか稼働していない。本事業は、グリーンアンモニアの生産と商品としての国内および欧州市場への供給を目的とし、原子力および/または水力発電を使用して水から水素を製造する日本の水電解装置を使用し、既存の化学企業・工場を近代化するものである。ウクライナにおいて電解ベースの水素からアンモニアを生産することにより、ロシアからトリヤッチーオデッサアンモニアパイプラインを通して輸送される液化アンモニアの代替が可能になる他、ピブデニ港にある既存アンモニア輸送拠点に、近代的なアンモニア輸送ハブターミナルを設置することも可能である。

12.3.2 カニフ水力発電所（揚水式発電）

カニフ水力発電所は、チェルカシー州カニフ市から 10km の場所に建設が予定されている揚水式水力発電所（発電容量 1000MW）である。1984 年に建設が開始されたが、1992 年の経済危機以降、中断されている。総投資費用は 15 億ドル以上と推定されており、4 段階、各 250MW の容量で計画されている。かつて EBRD や世銀も本事業の資金提供に興味を持っていた。日本企業が有する可変速揚水発電システムは、出力を高速に変化させて高効率の大容量電力貯蔵を提供するだけでなく、系統システムの柔軟性も向上できるもので、本事業に適用できる可能性がある。

12.3.3 移動式変電設備建設事業

ロシアの侵攻開始以降、変電所は頻繁に攻撃対象となっている中、移動式変電設備は緊急復旧の場合など必要な場所にトレーラー車で移動することができる設備であり、National Grid operator である Ukrenergo、distribution system operators（DSOs）への導入が検討可能である。なお、本邦企業はイラクにおいて、日本人の現地入りなく、132/33kVA の移動式変電所を納入した実績がある。

12.4 その他

12.4.1 がれきリサイクル事業

瓦礫処理は最も大きな課題の一つであり、また日本への期待が高い分野でもある。本邦

企業が有する瓦礫リサイクル処理プラントは、瓦礫の前処理や分別などの面倒な作業が必要なく、熱分解処理により油分を抽出して、廃棄物からの再生資源化を簡単に行うことが出来る次世代廃棄物処理装置である。本装置の活用に関する協力については、2024年2月19日に東京で開催された「日・ウクライナ経済復興推進会議」において、ウクライナ企業と本邦企業との間でMOUも署名されており、今後調査、実証試験へと進む予定である。

12.4.2 チタン製造事業

ウクライナは、世界のチタン埋蔵量の20%を占める。ソ連崩壊後、ウクライナはイルシヤンスクとヴィルノヒルスクの原料採掘・加工工場、海綿状チタン製造の Zaporizhzhia チタン&マグネシウム（ZTMC）、二酸化チタン製造の Sumykhimprom、クリミアチタンなどを受け継いだ。近年、ウクライナのチタン産業は停滞しており、生産設備の再建と近代化が必要となっている。2020年8月、ウクライナ未来研究所は2030年のウクライナにおけるチタン産業発展戦略を策定し、原材料の大部分（80%以上）がウクライナで加工されるようにチタン産業の発展とその他の必要な措置を推奨しており、より付加価値の高い製品の輸出を目指している。チタン産業の現状を踏まえ、発展戦略、事業計画策定と設備近代化において本邦企業の知見と技術の活用が期待される。

12.4.3 ウクライナスタートアップ支援

ウクライナには多くのスタートアップがあり、中にはロシアによる侵攻開始後に国外に退去した企業もあるが、企業活動は止まっていない。ウクライナのベンチャーキャピタル・海外からの投資を含め、2022年の投資件数、投資額は戦争前の2021年よりは下がったものの、高い水準と関心を維持している。これら企業への投資、本邦企業との協働によってウクライナ経済を支援するとともに、日本にも裨益する事業の発掘・形成を目指すものである。

第13章 提言

- 戦争下の状況でありながら、本調査ではウクライナにおけるネットワーク、ローリソースを最大限活用し、多くの情報を継続的に収集した。
- 2024年2月15日に公表された世界銀行、EC、UN、ウクライナ政府による Rapid Damage and Needs Assessment（RDNA）3によると、2023年12月31日時点でウクライナの復興に要する費用は4,860億USドル（約73兆円）と膨大であり、これは今後増加が見込まれる。
- 民間リソース・投資の活用が復興において重要であるという認識はウクライナ、日本ともに共有認識であり、2024年2月19日に東京で開催された「日・ウクライナ経済復興推進会議」他でも確認されている。
- 第12章で記述した全ての案件は、ウクライナ側の関心・ニーズ、日本への期待が高いものであり、本邦企業の関心が確認されている案件については速やかに調査・FSへと進める方策を検討することが望ましい。
- 戦争が継続している状況ではあるため、本邦企業を含め民間による投資、建設といったステージに移るにはまだ時間を要するが、現地に適切かつ有効なネットワークを有し、十分な安全対策を取ることで調査・FS、実証試験の実施は可能である。
- ウクライナにおける情勢は日々変化しており、継続的な情報収集・分析、具体案件に関する協議・フォローアップを継続することが重要かつ有用である。

二次利用未承諾リスト

報告書の題名：ウクライナ経済復興にか
かかる事業可能性調査

委託事業名：内外一体の経済成長戦略
構築にかかる国際経済調査事業

受注事業者名：株式会社パデコ

[illegible]