

独立行政法人 国際協力機構（JICA）

ウズベキスタン国
省エネルギー分野に係る
情報収集・確認調査

ファイナル・レポート

令和5年3月

パシフィックコンサルタンツ株式会社
一般財団法人省エネルギーセンター
株式会社アジア共同設計コンサルタント

東中
JR
23-007

目次

第1章	調査概要	1-1
1.1	調査の背景	1-1
1.2	調査の目的	1-2
1.3	調査の方針	1-2
1.3.1	調査対象	1-2
1.3.2	調査手法	1-2
1.4	調査実施体制	1-7
1.5	調査実施期間	1-7
1.6	現地調査	1-8
第2章	省エネおよび省エネポテンシャルの概況	2-1
2.1	一般情報	2-1
2.1.1	社会・経済状況及び開発計画	2-1
2.1.2	自然環境	2-3
2.2	エネルギー需給状況	2-5
2.2.1	エネルギーバランスの分析	2-5
2.2.2	熱需給状況	2-21
2.3	省エネ政策および気候変動対策	2-21
2.3.1	省エネ政策	2-21
2.3.2	気候変動対策	2-38
2.3.3	他ドナーの支援動向	2-41
第3章	部門別省エネの現状・課題・方向性	3-1
3.1	住宅部門	3-1
3.1.1	最終エネルギー消費状況	3-1
3.1.2	エネルギー効率の現状と課題	3-5
3.1.3	省エネの方向性	3-9
3.2	事業用建物部門	3-11

3.2.1	最終エネルギー消費状況	3-11
3.2.2	エネルギー効率の現状と課題	3-11
3.2.3	省エネの方向性	3-13
3.3	産業部門	3-14
3.3.1	最終エネルギー消費状況	3-14
3.3.2	エネルギー効率の現状と課題	3-15
3.3.3	省エネの方向性	3-16
3.4	その他（農業部門）	3-19
3.4.1	最終エネルギー消費状況	3-19
3.4.2	エネルギー効率の現状と課題	3-19
3.4.3	省エネの方向性	3-20
3.5	その他（運輸交通部門）	3-20
3.5.1	最終エネルギー消費状況	3-20
3.5.2	エネルギー効率の現状と課題	3-21
3.5.3	省エネの方向性	3-21
第4章	省エネを実現する有望技術の検討	4-1
4.1	省エネを実現する有望技術の一覧	4-1
4.2	有望省エネ技術の概要	4-1
4.2.1	ガスボイラのヒートポンプ化	4-1
4.2.2	高効率エアコンの導入	4-7
4.2.3	断熱性強化	4-10
4.2.4	エネルギーマネジメント（ISO 50001）	4-13
4.2.5	建物の ZEB/ZEH 化	4-16
4.2.6	その他（LED 照明の導入、モータ基準の設定）	4-26
4.3	省エネ策に対する日本技術の適用可能性	4-27
第5章	省エネの実現に向けた環境整備	5-1
5.1	政府による省エネ規制の強化（国産品・輸入品のラベル規制、断熱義務	

化)	5-1
5.1.1 省エネ基準とラベル規制の強化	5-1
5.1.2 断熱規制の強化	5-2
5.2 天然ガスの低タリフ・誘導政策廃止	5-2
5.3 省エネ促進にかかるインセンティブの導入の検討	5-4
5.3.1 省エネ投資の経済性評価	5-4
5.3.2 インセンティブ設計について	5-12
5.4 省エネ意識の啓発と向上	5-28
5.4.1 消費者の省エネ意識における現状	5-28
5.4.2 省エネ意識啓発・向上のための施策	5-29
5.5 人材・組織のキャパシティ強化	5-30
5.5.1 省エネ推進のための体制強化	5-31
5.5.2 省エネ意識向上のための教育実施体制の整備、省エネ管理者の育成、 研修ガイドラインの策定	5-33
第6章 優先すべき施策の抽出及びロードマップ案の作成	6-1
6.1 省エネプログラムの対象	6-1
6.2 省エネプログラムと優先施策	6-1
6.3 優先施策の詳細	6-8
6.3.1 ガスボイラからヒートポンプへの転換	6-8
6.3.2 高効率エアコンの普及	6-14
6.3.3 建物断熱の強化（窓・壁・屋根）	6-16
6.3.4 将来的な ZEB/ZEH の実現	6-17
6.3.5 高効率 LED 照明の普及	6-18
6.3.6 エネルギー管理制度の構築	6-19
6.3.7 産業用モータの高効率化	6-20
6.4 ロードマップ案	6-21
第7章 エネルギー統計の現状と課題	7-1

7.1	エネルギー統計の重要性.....	7-1
7.1.1	省エネルギー政策におけるエネルギー統計の重要性.....	7-1
7.2	エネルギー統計の現状.....	7-2
7.2.1	エネルギー統計の作成体制.....	7-2
7.2.2	エネルギー統計のデータの収集の現状.....	7-5
7.2.3	エネルギーバランスの現状.....	7-14
7.3	エネルギー統計の課題（エネルギーバランス分析結果）.....	7-15
7.3.1	AoS Pilot Fuel and Energy Balance の課題.....	7-15
7.3.2	MoE の課題.....	7-19
7.4	エネルギー統計の課題解決に向けた活動および提言.....	7-20
7.4.1	AoS によるエネルギーデータ収集・集計・管理.....	7-20
7.4.2	MoE によるエネルギー統計の所管.....	7-20
7.4.3	エネルギー消費データ収集システム（統合情報システム）の開発.....	7-21
7.4.4	住宅部門の詳細な消費エネデータの収集.....	7-22
7.4.5	エネルギーデータ収集の効率化.....	7-23
7.4.6	消費側のエネルギー計測精度の改善.....	7-23
第8章	提言.....	8-1

表目次

表 1-1	調査の概要	1-3
表 1-2	調査実施体制	1-7
表 1-3	現地調査実施スケジュール	1-8
表 2-1	基礎データ	2-1
表 2-2	一次エネルギー生産量の動向 (IEA)	2-7
表 2-3	TES の動向 (IEA)	2-8
表 2-4	TES/名目 GDP 上位 10 カ国.....	2-9
表 2-5	部門別 TFC 動向 (IEA)	2-10
表 2-6	部門別・エネルギー源別の TFC (IEA, 2020)	2-11
表 2-7	一次エネルギーに換算した部門別 TFC 動向.....	2-13
表 2-8	一次エネルギー換算した部門別、エネルギー源別エネルギー消費量	2-15
表 2-9	一次エネルギー換算した TFC の部門別天然ガス利用率.....	2-16
表 2-10	一次エネルギー換算したエネルギー源別 TFC の動向	2-17
表 2-11	「ウ」国の GHG インベントリでのサブセクターにおける GHG 排出量 (ktCO ₂ e) の上位 5 件 (2017)	2-19
表 2-12	大統領令 PP4477	2-21
表 2-13	大統領令 PP4422	2-23
表 2-14	大統領令 PP4779	2-23
表 2-15	大統領令 PP4796	2-24
表 2-16	MoE コンセプトノート	2-24
表 2-17	大統領令 PP2912	2-27
表 2-18	建設省 (MoC) の断熱政策に関するヒアリング情報	2-28
表 2-19	政令 No.86	2-28
表 2-20	需要家ごとのガス価格.....	2-29
表 2-21	地域ごとの家庭向けガス価格.....	2-29
表 2-22	地域ごとの家庭向け温水価格.....	2-29
表 2-23	「ウ」国の NDC (2021 年) における緩和対策の概要	2-39
表 2-24	「ウ」国の GCF 事業 (緩和) の概要	2-41
表 2-25	EBRD によるウズベキスタンの電力セクターにおける 2050 年カーボン ニュートラル達成のための提言	2-42
表 2-26	ADB によるウズベキスタンの省エネやガス、熱供給部門への開発事業 ..	2-44

表 2-27	WB によるウズベキスタンの省エネやガス、熱供給部門への支援事業	2-49
表 3-1	住宅部門の資源別エネルギー消費内訳 (2018 年～2020 年/一次エネルギー換算)	3-1
表 3-2	外壁の熱貫流率の算出	3-7
表 3-3	事業用建物部門の資源別エネルギー消費内訳(2018 年～2020 年)	3-11
表 3-4	産業部門の資源別エネルギー消費内訳 (2018 年～2020 年)	3-14
表 3-5	現地調査先リストと調査結果	3-15
表 3-6	「ウ」国のエネルギーマネジメントに関する政策と実施状況	3-16
表 3-7	エネルギーマネジメントに関する強化推奨案	3-17
表 3-8	農業部門の資源別エネルギー消費内訳(2018 年～2020 年)	3-19
表 3-9	運輸交通部門の資源別エネルギー消費内訳(2018 年～2020 年)	3-20
表 4-1	省エネを実現する有望技術	4-1
表 4-2	各対象施設に適したヒートポンプ技術	4-4
表 4-3	複層ガラスの種類と概要	4-11
表 4-4	窓の断熱強化による熱貫流率と熱損失の試算	4-12
表 4-5	天井の断熱強化による熱貫流率と熱損失の試算	4-12
表 4-6	外壁の断熱強化による熱貫流率と熱損失の試算	4-12
表 4-7	「ウ」国におけるベンチマークの対象分野と指標案	4-14
表 4-8	ZEB 化の方向性	4-18
表 4-9	本社ビルにおける ZEB 化対策案	4-21
表 4-10	支社における ZEB 化対策案	4-21
表 4-11	本社ビルにおける ZEB 化の効果	4-22
表 4-12	支社ビルにおける ZEB 化の効果	4-23
表 4-13	「ウ」国における再生可能エネルギーポテンシャル	4-26
表 4-14	Green Technology Selector に登録されている板ガラス製品数	4-31
表 5-1	家庭用エアコンのクラス	5-1
表 5-2	主なエネルギー小売単価 (タリフ) の熱量ベース比較	5-3
表 5-3	各省エネ施策の経済性評価	5-7
表 5-4	各省エネ施策の経済性評価の計算結果詳細	5-9
表 5-5	各省エネ施策の年間消費エネルギー量の計算結果詳細	5-10
表 5-6	天然ガスエネルギー単価の感度分析結果	5-11
表 5-7	補助金の感度分析結果	5-11
表 5-8	財政インセンティブ措置のメリット・デメリットの整理	5-13

表 5-9	日本における財政インセンティブ制度の実施状況.....	5-14
表 5-10	事業者に対する補助金制度の事例	5-14
表 5-11	事業者に対する利子補給制度の事例.....	5-15
表 5-12	事業用建物部門に対する補助の事例.....	5-15
表 5-13	住宅部門に対する補助の事例.....	5-16
表 5-14	住宅部門に対する優遇税制の事例	5-16
表 5-15	「ウ」国における財政インセンティブ制度の実施状況の整理	5-17
表 5-16	大統領 PP220 による財政的インセンティブ措置の概要.....	5-17
表 5-17	大統領 PP4422 による財政的インセンティブ措置の概要.....	5-18
表 5-18	世界銀行の実施する産業向けツーステップローン概要	5-19
表 5-19	産業向けツーステップローン事業の進捗状況	5-20
表 5-20	EBRD による法人向け（産業部門含む）ツーステップローンの概要.....	5-21
表 5-21	世界銀行の実施する公共施設向け省エネ促進の事業概要.....	5-23
表 5-22	日本のボイラ技士の資格概要.....	5-34
表 5-23	エネルギー管理の対象となる事業者区分と義務	5-34
表 6-1	推奨される省エネプログラム.....	6-7
表 6-2	電力の 1 次エネルギー換算係数の想定	6-8
表 6-3	総合エネルギー効率の比較（ヒートポンプを 1 として数字大が効率大）	6-9
表 6-4	住宅におけるヒートポンプの省エネポテンシャル（百万 toe）	6-11
表 7-1	大統領令 PP4779 に示されている統合情報システムの機能要件.....	7-5
表 7-2	統合情報システムの目的	7-5
表 7-3	エネルギー統計のデータ収集体制の現状	7-6
表 7-4	エネルギー産業の主な報告項目	7-8
表 7-5	AoS（旧 SCS）が定めた 2021 年のエネルギー統計関係データ収集報告書 一覧.....	7-9
表 7-6	産業（製造業、建設業、非燃料鉱業）部門におけるエネルギーデータ収 集状況	7-10
表 7-7	住宅部門におけるエネルギーデータ収集状況	7-11
表 7-8	電気、天然ガス、熱供給の電子計量器と自動制御および会計システムの 整備に関する主な大統領令および大統領決議.....	7-13
表 7-9	電気、ガス、熱の計量器の設置状況.....	7-14
表 7-10	IEA と「ウ」国における火力発電所、熱電併給所、熱供給所の事業分類 の違い	7-19

表 7-11 効率的なデータ収集・管理に関する日本の実施例の情報提供	7-22
表 8-1 省エネプログラムの実施のために必要な事項	8-2

図目次

図 1-1	調査実施フローと各章構成との相関	1-5
図 2-1	「ウ」国の地域別人口密度（人/km ² ）	2-2
図 2-2	「ウ」国の年齢層別・性別の人口構成（2010 年、2050 年）	2-2
図 2-3	ウズベキスタンの国土	2-4
図 2-4	タシケントの気候の特徴	2-5
図 2-5	ウズベキスタン 2020 年エネルギーバランス図	2-6
図 2-6	エネルギー生産量の動向	2-7
図 2-7	全エネルギー生産量に占める天然ガスの過去 10 年の動向	2-7
図 2-8	TES の動向（IEA）	2-8
図 2-9	名目 GDP あたり TES2018 年データによる比較	2-9
図 2-10	TES/名目 GDP の世界図	2-9
図 2-11	部門別 TFC 動向（IEA）	2-10
図 2-12	一次エネルギーに換算した部門別 TFC 動向	2-13
図 2-13	一次エネルギー換算した部門別エネルギー消費量	2-14
図 2-14	一次エネルギー換算した部門別・エネルギー源別のエネルギー消費量 分布	2-15
図 2-15	2030 年までの発電と消費の見通し	2-17
図 2-16	一次エネルギー換算したエネルギー源別 TFC の傾向	2-17
図 2-17	「ウ」国の GHG インベントリ（2017 年）	2-18
図 2-18	「ウ」国の GHG 排出量の経年変化（1990 年～2019 年）	2-19
図 2-19	「ウ」国の燃料又は産業別の CO ₂ 排出量の経年変化（1990 年～2019 年）	2-20
図 2-20	「ウ」国の部門別 GHG 排出量の経年変化（1990 年～2019 年）	2-20
図 2-21	MoE の組織図	2-32
図 2-22	Uzbek Agency for Technical Regulation の組織図	2-33
図 2-23	MoHCS の組織図	2-34
図 2-24	タシケント市役所熱供給部門の組織図	2-35
図 2-25	MoED&PR の組織図	2-36
図 2-26	建設省の組織図	2-37
図 2-27	AoS(旧 SCS)の組織図	2-38
図 2-28	「ウ」国の GHG 排出径路の予測	2-40

図 2-29	カーボンニュートラルシナリオでの発電ミックスと CO2 排出量の変化	2-44
図 3-1	用途別エネルギー消費量	3-2
図 3-2	住宅エネルギー消費量の季節変動に基づく分析方法	3-4
図 3-3	Example of Ad-hoc survey on energy consumption of household	3-4
図 3-4	外壁面構造 (UJICY の建物)	3-7
図 3-5	建物の外観(左)、窓ガラス(中央)、室内(右)の様子	3-8
図 3-6	ヒートポンプの適用 (左:蒸気生成、右:生産プロセス間熱移動)	3-18
図 3-7	モータのグレードによる効率差	3-19
図 3-8	輸送セクターの輸送手段別最終エネルギー	3-21
図 4-1	ヒートポンプの仕組み	4-2
図 4-2	家庭向けヒートポンプ (ルームエアコン・給湯機) のイメージ	4-3
図 4-3	業務用ビル向けヒートポンプ (左/セントラルチラー、右/ビル用マルチ エアコン) のイメージ	4-4
図 4-4	天然ガス消費量を 100 としたときの各熱変換装置により利用できる熱量	4-5
図 4-5	2050 年までのネット・ゼロ・エミッション達成のマイルストーン	4-6
図 4-6	各熱供給システムの熱量 1MJ あたりの CO2 排出量	4-7
図 4-7	インバータ搭載のエアコンとインバータ非搭載のエアコンの温度変化の 比較	4-8
図 4-8	エアコンの効率比較 (冬季)	4-9
図 4-9	エアコンの効率比較 (夏季)	4-9
図 4-10	窓の断熱対策例	4-10
図 4-11	エネルギー効率改善推進のためのシステム	4-13
図 4-12	ZEB の概念	4-17
図 4-13	照明設備の省エネ対策 (左:現状の LED 照明、右:高効率 LED 証明)	4-19
図 4-14	給湯器外観(左:ガス給湯器、右:太陽熱給湯機)	4-19
図 4-15	水気化熱方式の冷却器	4-20
図 4-16	本社ビル ZEB 化案概要	4-21
図 4-17	支社 ZEB 化案概要	4-22
図 4-18	本社ビルの ZEB 評価	4-23
図 4-19	支社(#8)の ZEB 評価	4-24
図 4-20	2050 年までのネット・ゼロ・エミッション達成のマイルストーン (再 掲)	4-24
図 4-21	標準効率モータと高効率モータの経済性の比較	4-27

図 4-22	タシケント市内の家電量販店でのエアコン展示状況（上）	4-28
図 4-23	タシケント市内のダイキン販売代理店での展示状況（下）	4-28
図 4-24	「ウ」国におけるヒートポンプ販売台数の推移	4-29
図 4-25	「ウ」国におけるヒートポンプ販売金額の推移	4-29
図 4-26	ガラス業界の世界シェア	4-30
図 4-27	Green Technology Selector で日本板硝子（ピルキントン）を検索した 画面.....	4-30
図 5-1	産業向けツーステップローンのスキーム図.....	5-20
図 5-2	GEEF のスキーム図.....	5-22
図 5-3	公共施設向け Energy Efficiency Revolving Funds の事業スキーム	5-24
図 5-4	北海道が実施する高効率エアコン買替促進活動の事例	5-30
図 6-1	一次エネルギー換算後の部門別・エネルギー源別エネルギー消費割合 （再掲）	6-1
図 6-2	2050 年までのネット・ゼロ・エミッション達成のマイルストーン（再掲）	6-2
図 6-3	主要なエネルギー部門の資産の典型的な寿命	6-3
図 6-4	電力需要用途（世界平均）	6-4
図 6-5	主要なエネルギー部門の資産の典型的な寿命	6-4
図 6-6	「ウ」国エネルギー効率改善目標 20%達成のための各分野における貢献 ...	6-5
図 6-7	国際市場天然ガス価格の推移.....	6-13
図 7-1	ウズベキスタンの 2020 年エネルギーバランス表.....	7-1
図 7-2	ウズベキスタン Pilot Fuel and Energy Balance 2019 AoS (SCS).....	7-15
図 7-3	天然ガス生産事業者の自家消費量の推移	7-16
図 7-4	ウズベキスタン Pilot Fuel and Energy Balance 2020 の問題点.....	7-17

【略語表】

Acronyms	English	Japanese
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development	欧州復興開発銀行
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興開発銀行
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
WB	World Bank	世界銀行

国家機関略語

Acronyms	English	Japanese
AoS	Agency of Statistics	国家統計委員会（旧 SCS）
EMR	Electricity Market Regulator (Uzbekistan)	電力市場規制当局（ウズベキスタン）
JSC	JSC Uzbekhydroenergo	水力発電会社
JSC CHP	JSC Combined Heat and Power	熱電併給会社
JSC NEG	JSC National Electric Grids	送電会社
JSC REN	JSC Regional Electric Networks	地域配電会社
JSC TPP	JSC Thermal Power Plant	火力発電会社
MDHCS	Main department of Housing and Communal Services	タシケント市 住宅サービス部門
MIFT	Ministry of Investment and Foreign Trade	対外経済貿易省
MIIT	Ministry of Investment, Industry and Trade	投資産業貿易省
MoC	Ministry of Construction	建設省

MCCS	Ministry of Construction and Housing and Communal Services	建設公共サービス省
MoE	Ministry of Energy	エネルギー省
MoED&PR	Ministry of Economic Development and Poverty Reduction	経済開発・貧困撲滅省
MoF	Ministry of Finance	財務省
MoHCS	Minister of Housing & Communal Service	住宅公共サービス省
MoT	Ministry of Transport	運輸省
MoWR	Ministry of Water Resources	水資源省
NIRES	National Scientific Research Institute of Renewable Energy Sources (Uzbekistan)	国立再生可能エネルギー研究所
SCEEP	The State Committee of the Republic of Uzbekistan on Ecology and Environmental Protection	国家生態環境保護委員会
SCS	State Committee on Statistics	国家統計委員会（現 AoS）

その他略語

Acronyms	English	Japanese
AEC	Asia Engineering Consultant	株式会社アジア共同設計コンサルタント
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	アメリカ暖房冷凍空調学会
BAT	Best Available Technology	利用可能な最善の技術
BR	Biennial Report	隔年報告書
C/P	Counterpart	カウンターパート
CAREC	Central Asia Regional Economic Cooperation Program	中央アジア地域経済協力プログラム
CCGT	Combined cycle gas turbine	コンバインドサイクル発電所

CGS	Cogeneration Systems	コジェネ
CHP	Combined Heat and Power	熱電併給システム
CIS	Commonwealth of Independent States	独立国家共同体
COP	Coefficient of Performance	成績係数
ECCJ	The Energy Conservation Center, Japan	一般財団法人省エネルギーセンター
EER	Energy Efficiency Ratio	エネルギー効率比
EMS	Energy Management System	エネルギーマネジメントシステム
EV	Electric Vehicle	電気自動車
FS	Feasibility Study	フィジビリティスタディ（実行可能性調査）
GACMO	Greenhouse Gas Abatement Cost Model	—
GCF	Green Climate Fund	緑の気候基金
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GEFF	Green Economy Financing Facility	—
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GT	Gas turbine	ガスタービン
GTS	Green Technology Selector	—
HGT	HUDUD GAZ TAMINOT	ガス公社
HPP	Hydro Power Plant	水力発電所
IE	International Efficiency	—
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構

JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
MEPS	Minimum Energy Performance Standard	最低エネルギー消費効率基準
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	経済産業省（日本）
NDC	Nationally Determined Contributions	自国が決定する貢献
NEGU	National Electricity Grid of Uzbekistan	ウズベキスタン国営送電網
OECD	Organisation of Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
OTTV	Overall Thermal Transfer Value	総括伝熱係数 / 総括熱伝達率
PAL	Perimeter Annual Load	ペリメーターゾーン年間熱負荷係数
PCKK	PACIFIC CONSULTANTS CO., LTD.	パシフィックコンサルタンツ株式会社
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance	季節成績係数
SEER	Seasonal Energy Efficiency Ratio	季節エネルギー効率比
SDG	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SME	Small and medium-sized enterprises	中小企業
SRMI	Sustainable Renewables Risk Mitigation Initiative	—
TCFD	Task Force on Climate-related Financial Disclosures	気候関連財務情報開示タスクフォース
TES	Total Energy Supply	国内一次エネルギー供給
TFC	Total Final Consumption	最終エネルギー消費計

TN VED	Commodities Classification Code of the Foreign Economic Activity	輸出関税コード
TOR	Terms of Reference	委託条件書
TPP	Thermal Power Plant	火力発電所
UJICY	Uzbek-Japan Innovation Center of Youth	ウズベキスタン・日本青年技術革新センター
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
USA	United States of America	米国
USD	United States dollar	米国通貨単位
UZTEST	Uzbek Center for Scientific Testing and Quality Control	科学検査・品質管理ウズベクセンター
ZEB	Net Zero Energy Building	ネット・ゼロ・エネルギー・ビル
ZEH	Net Zero Energy House	ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス

本報告書で用いる為替レートは、2023年1月31日時点のウズベキスタン国中央銀行の為替レートである1ウズベキスタンスム (UZS) = 0.000088 米国ドル (USD)を用いて換算している。

第1章 調査概要

1.1 調査の背景

ウズベキスタン共和国（以下「ウ」国）は、中央アジア地域で最大の人口（約3,410万人）を擁し、政府主導の資源開発が結実し、主要輸出品である天然ガスや金、綿花の輸出増加に牽引され、また継続的な公共投資の効果もあって、経済成長が続いてきた。堅調な経済成長を維持するためには安定的なエネルギー供給確保が重要であり、電力供給側の対策として、高効率火力発電所の導入が計画され、主に JICA、アジア開発銀行（Asian Development Bank：以下「ADB」）の支援によりコンバインドサイクル発電所（CCGT）の導入が開始された。同時に、熱電併給所へのガスタービン（GT）導入も進められ、今後累計約20基の CCGT/GT の設置が計画され、さらに、クリーンエネルギーである水力発電所32ヶ所の建設・近代化も予定されている。

一方、2015年5月の大統領令で、消費エネルギー削減のために「再生可能エネルギー源の開発」「太陽エネルギーの活用」「省エネ機器の導入」「省エネを実現する生産自動化システム」「省エネ建築構造によるエネルギー高効率化」等を対策項目として挙げ、40ワットを超える白熱電球の販売中止、住宅・公共施設への高効率照明の導入、政府機関・省庁への暖房用高効率ボイラーの導入等が進められてきた。

2016年12月にはミルジヨーエフ新大統領が就任し、海外への開放政策推進と国内政治体制の大幅な見直しが進められ、2017年5月に「ウズベキスタン開発戦略2017-2021」（PP3012）によってエネルギー消費削減と省エネルギー（以下「省エネ」）への取り組みが明記された。

さらに、2019年2月にエネルギー政策を推進するエネルギー省（以下「MoE」）が設立され、エネルギー効率・省資源部（Department for Energy Efficiency and Energy Conservation）が省エネ行政を統括する部門となった（PP4142）。続いて、2019年8月の大統領令 PP4422 で2022年までの省エネ技術導入と再エネ開発に関する政策を明確にし、2020年1月に「国家開発計画2020-2022年」（PP4563）が発行された。一方で、熱供給システム（温水・蒸気供給網）におけるエネルギー損失の管理方法等については総合的視点による省エネ政策として取りまとめられておらず、「ウ」国政府は前述の大統領令 PP4422 において、省庁・部門・企業の組織的業務が不十分で、改善の必要性があることを認識している。

エネルギー政策を推進するためには、供給エネルギーの確保・高効率化も重要であり、現在も CCGT/GT の設備導入が継続的に進められているが、消費エネルギー抑制・高効率化政策の実務は、経済分野の責任省庁毎に権限が分かれている。しかしながら、MoE 設立による政策統合は端緒についたばかりであり、過去のエネルギーデータは国内統計として分野毎に扱われてきたと推測され、効果的・効率的な省エネ施策を促進するためには、熱や電力といった「ウ」国のエネルギー統計データ収集体制の見直しが必要

要と考える。また、「ウ」国の温室効果ガス（GHG）インベントリから部門別 GHG 排出傾向を見ると、エネルギー部門からの排出は 2017 年時点で 75%を超えており、同国が「自国が決定する貢献」（Nationally Determined Contributions、以下「NDC」）で示す気候変動対策を促進していく上でも効果的に省エネ施策を展開する必要がある。国際エネルギー機関（IEA）に取りまとめられた「ウ」国のエネルギーデータについても、データ出処等の詳細の再確認が必要と考える。

以上のような背景から、JICA は、省エネ行政・政策を統括する省エネ行政組織による、統計データの収集、データ収集状況の把握及び問題分析、省エネ政策の優先分野の特定、省エネ政策推進のロードマップ案作成にかかる情報収集を目的として、「ウ」国の省エネ政策の促進に寄与するために、本調査を実施することとした。

1.2 調査の目的

本調査では、主に「ウ」国の省エネ政策を推進する上で必要となるエネルギー消費に関する統計データの収集、データ収集状況の把握及び問題分析、省エネ政策の優先分野の特定、同政策推進のためのロードマップ作成にかかる情報収集を目的として実施した。

1.3 調査の方針

1.3.1 調査対象

本調査は MoE を主なカウンターパート（以下「C/P」）として、同省がエネルギー・電力供給の責任を負い、需給緩和に資するエネルギー需要側の省エネを促すための政策等を対象とした。なお、本調査では、エネルギー需要側の省エネを対象とし、エネルギー供給側は対象外である。また、「ウ」国全土を対象とした。なお、本調査では下記に示す制限があった。

- ①C/P である MoE が所管する電力会社およびガス産業等以外の民間企業からのエネルギー消費データは、企業から開示されないこともあり、民間企業からのデータの取得に制限があった。
- ②本調査では、エネルギー需要側の省エネ対策を主な対象として検討したが、エネルギー転換部門では電力は含めず地域熱供給システムを対象とした。
- ③COVID-19 の影響により、調査開始当初は「ウ」国への渡航が難しく、かつ渡航後も「ウ」国内での移動に制限があり、専らタシケント市内での調査活動に終始した。

1.3.2 調査手法

「ウ」国では、エネルギー統計における事業者・工場等からの報告データや、家計調査データが不足していることを踏まえ、調査は、IEA などの国際データも参照しつつ「ウ」国のエネルギー需給状況の把握、部門別エネルギー消費状況の把握から省エネを促進すべき重点部門における課題を抽出・分析し、現地環境や IEA の推奨を考慮して

各部門に適用可能な我が国の省エネ技術の検討を行い、各部門で省エネ技術を普及するためのインセンティブなど環境の検討と優先施策の提案を実施した。また、「ウ」国でのエネルギー統計データ取得の課題の抽出と解決に向けた提案を行った。これらを踏まえて、最後に「ウ」国の省エネ政策促進のための提言をまとめた。なお、優先施策の提案等においては省エネ促進に加えて、脱炭素化の視点にも留意した。

調査では、机上調査や C/P 等を含む関係主体へのヒアリング調査に加え、現地の産業施設における省エネの現状や課題を把握するため、また市場での省エネ製品の普及状況を把握するため、以下に示すような簡易的な省エネ診断や市場調査によるサンプル調査に基づいた推計なども行い情報を収集・分析した。

- 簡易省エネ診断：エネルギー多消費施設（3工場）の稼働や設備状況等を現地調査により確認し、省エネの現状・課題・改善点を明らかにした。
- 市場調査：市中の家電量販店やメーカー代理店等に対して、特に家庭用エアコンの効率、価格や販売台数等についてヒアリングを行い、高効率機器の普及状況を把握した。
- 家庭意識調査アンケート：一般世帯等に対してウェブアンケート調査を行い、102件の回答から省エネ意識や省エネ行動、省エネ機器の使用状況等を確認した。
- 実証実験：「ウ」国に普及している既存のノンインバータエアコン製品と省エネ性能の高いインバータエアコン製品とのエネルギー消費に関する比較実験を通じて、後者の有効性を検証した。

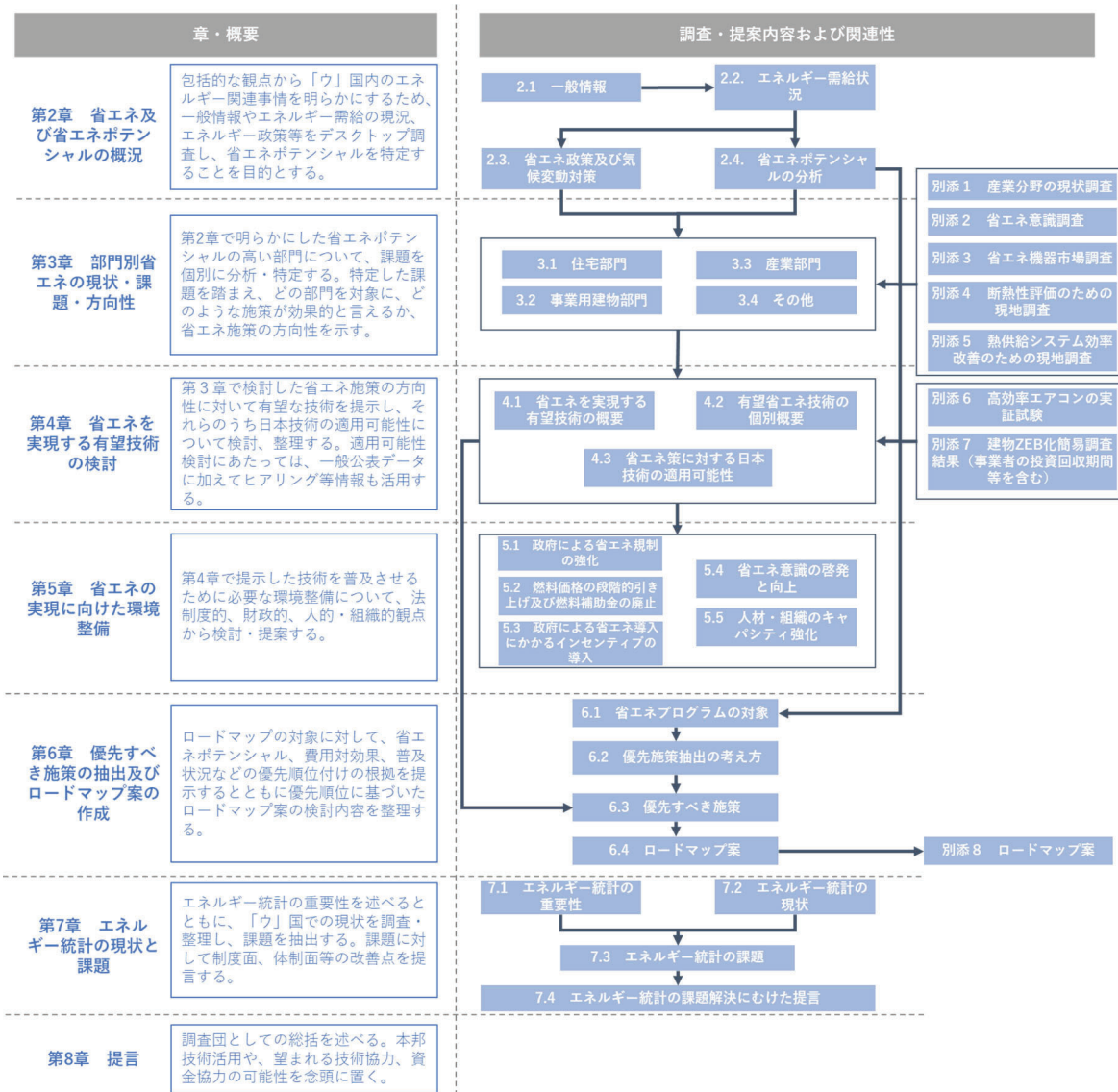
これら調査結果の技術的な詳細は別添に記している。調査の主な内容及び調査項目を表 1-1 に、本報告書の章構成との関係性について図 1-1 に示す。

表 1-1 調査の概要

章	調査内容	主な調査項目
2	省エネ及び省エネポテンシャルの概況	<ul style="list-style-type: none"> • エネルギー需給状況の整理 • 省エネ施策および気候変動対策の整理 • 省エネポテンシャルの分析及び省エネを推進すべき分野の特定
3	部門別省エネの現状・課題・方向性	<ul style="list-style-type: none"> • 部門別（住宅、事業用建物、産業、農業、運輸交通など）エネルギー消費状況の把握と課題の分析
4	省エネを実現する有望技術の検討	<ul style="list-style-type: none"> • 省エネを実現する有望技術の分野別の抽出 • 有望な省エネ技術の概要、優位性の検討（高効率エアコンの省エネ性能実証実験、建物の ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）化に関する検討など） • 日本の省エネ技術の適用可能性に関する検討

章	調査内容	主な調査項目
5	省エネの実現に向けた環境整備	<ul style="list-style-type: none"> • 省エネ規制の強化に関する検討 • 省エネ導入へのインセンティブの導入に関する検討 • 燃料補助の廃止等に関する検討 • 省エネへの意識向上や啓発に関する検討 • 人材や組織の能力開発に関する検討
6	優先すべき施策の抽出、及びロードマップ案の作成	<ul style="list-style-type: none"> • 「ウ」国での省エネ推進対象分野の検討 • 費用対効果を含む省エネポテンシャルの検討 • 優先すべき施策の概要 • ロードマップ案の検討
7	エネルギー統計の現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> • エネルギー統計の現状 • エネルギー統計の課題 • エネルギー統計の課題解決に向けた提言
8	提言	<ul style="list-style-type: none"> • 省エネ施策推進への提言

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 1-1 調査実施フローと各章構成との相関

(1) 省エネ及び省エネポテンシャルの概況

IEA エネルギーバランスに基づきエネルギー生産量と一次エネルギー供給の資源別の分析を行った。エネルギー消費面では、部門別および資源別のエネルギー最終消費の分析を行った。これら調査から、「ウ」国のエネルギー需給バランスの全体像を把握するべく、エネルギーバランス図を作成するとともに、省エネポテンシャルの余地が大きな部門とエネルギー資源の選定を行った。その結果、熱需給部門での省エネが有効と考え、熱需給状況の現状把握と課題の分析を行った。また、「ウ」国のエネルギー関連政策・施策をレビューし、同国の省エネに対する方針、所掌機関や実施状況を整理した。

(2) 部門別省エネの現状・課題・方向性

特定した省エネのターゲットとすべき住宅部門、事業用建物部門、産業部門等について、各部門の最終エネルギー消費状況を更に詳しく見ると共に、省エネの方向性を検討するため、エネルギー効率性の現状と課題を整理した。現状の把握では、住宅で暖房、給湯の熱利用に使用されている熱源、窓や外壁等の断熱の効率性について、家庭へのアンケートや高効率機器の市場調査などにより整理・分析を行うなどした。また、産業部門ではエネルギー供給事業者・需要事業者に対してアンケートを行うなどしてエネルギー効率の把握を試みた。これら調査から省エネ促進に対する課題を抽出して、「ウ」国として実施すべき省エネの方向性を示した。

(3) 省エネを実現する有望技術の検討

前段で検討した省エネを推進すべき住宅、業務用建物、産業部門での省エネを実現するために適用可能なヒートポンプ、高効率エアコン、断熱性強化、ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）／ZEB などの有望技術の概要を示し、当該技術の優位性と日本の技術の適用可能性を示した。高効率エアコンでは、タシケント市内でインバータの有無による省エネ効率の比較評価のための実証実験を行い、インバータエアコンの優位性の分析を行った。ZEB では、簡易省エネ診断を行ったガス公社のビルを事例として導入の検討を行った。

(4) 省エネの実現に向けた環境整備

「ウ」国での省エネ推進のために必要な省エネ技術を普及させるための省エネ基準などの制度面、燃料価格や燃料補助金の適正化の他に政府による省エネ導入へのインセンティブの付与などの財政面、省エネ推進のための体制や能力強化の面での課題の分析と施策の検討を行った。

(5) 優先すべき施策の抽出、及びロードマップ案の作成

「ウ」国において省エネ施策を推進すべき部門と施策、施策のエネルギー効率改善の貢献度および施策の推進者をまとめた省エネプログラムの検討を行った。前段までの調査結果を踏まえ、省エネ施策を推進すべき対象として、事業用建物部門、住宅部門、及び産業部門を選定し、これらの部門において取り組むべき7つの優先施策について、省エネポテンシャルおよび費用対効果とともに検討した。特に重要な施策として、①ガスボイラからヒートポンプへの転換、②高効率エアコンの普及および③建物断熱の強化を三本柱とし、また、建物の省エネ対策とオンサイトの再生可能エネルギーの利用を組み合わせた総合的な取り組みとなる ZEB の推進についても提案した。また、上記の検討結果をまとめたロードマップ案を作成し、2023年1月31日に開催された“Energy Efficiency Seminar”において「ウ」国の MoE 他の関係省庁、及び国際機関等に対し、ロードマップ案を共有した。

(6) エネルギー統計の現状

「ウ」国におけるエネルギー統計の現状について法的枠組みや制度についてレビューを行い、エネルギー統計を所掌する関連機関にヒアリングあるいはアンケートを行うことで現状の把握と課題の整理を行った。特に、国家統計委員会（AoS）が2019年より公表している Pilot Fuel and Energy Balance と、IEA が公表している「ウ」国のエネルギーバランスとを比較検討することで、エネルギー統計における課題を特定し、改善策の提案を行った。

(7) 提言

「ウ」国の経済・社会開発の基盤となるエネルギー・電力安定供給のために必要とされる天然ガス資源等の効率的かつ経済的な使用に向けて、JICA に期待されている技術協力及び資金協力等のあり方について提言を行った。

1.4 調査実施体制

調査は、パシフィックコンサルタンツ株式会社（PCKK）、一般財団法人省エネルギーセンター（ECCJ）、株式会社アジア共同設計コンサルタント（AEC）によるJV体制で実施した。

表 1-2 調査実施体制

No.	氏名	所属	担当
1	西畑 昭史	PCKK	業務主任者/省エネ政策①
2	野瀬 大樹	PCKK	副業務主任者/省エネ政策②
3	石原 明	ECCJ	省エネ技術①
4	稲田 賢	ECCJ	省エネ技術②
5	鷺見 元宏	ECCJ	省エネ技術③
6	高橋 惇	ECCJ	地域熱供給システム
7	小島 久史	ECCJ	省エネ実証実験①
8	細川 照生	PCKK	省エネ実証実験②
9	酒井 祐之	AEC	統計/データ管理
10	齋藤 孝史	AEC	組織制度・人材育成
11	荒川 靖子	PCKK	経済・財務

出典：JICA 調査団

1.5 調査実施期間

調査は、2021年2月から2023年3月にかけて実施した。

1.6 現地調査

現地調査は下記の体制、スケジュールで実施した。

表 1-3 現地調査実施スケジュール

No.	現地調査日程	現地調査実施体制
1	2021年5月26日～6月10日	西畑、石原、稲田、酒井、齋藤、荒川
2	2021年11月12日～11月28日	西畑、高橋、小島、細川（～21日）
3	2022年3月23日～3月31日	西畑、稲田、高橋、小島
4	2022年5月18日～5月26日	西畑、細川（～22日）、酒井、齋藤
5	2022年7月27日～8月4日	西畑
6	2022年10月26日～11月3日	西畑、石原、小島、細川
7	2022年12月14日～12月22日	西畑、野瀬、鷺見、高橋、小島、細川
8	2023年1月25日～2月2日	西畑、石原、酒井

第2章 省エネおよび省エネポテンシャルの概況

2.1 一般情報

2.1.1 社会・経済状況及び開発計画

(1) 社会・経済状況

「ウ」国の国土面積は44万7,400平方キロメートルで、日本の約1.2倍であるが、人口は3,350万人と日本の約4分の1である。首都はタシケント市、宗教は主にイスラム教スンニ派で、公用語はウズベク語であるが、ロシア語も広く使用される。通貨は1996年に導入されたスム（UZS）である。

「ウ」国は二重内陸国であり、海洋に出るには2つの国境を越える必要があることから、外国との交易手段は、空路を除くと道路・鉄道輸送に限られるため、輸送量・コスト面での制約がある。主要産業は綿花栽培や食品加工などの工業の他に、鉱工業（ウラン、金、原油、天然ガス等）などの一次産業である¹。中央アジア諸国で最も多い人口を有しており、国家統計局によると都市部と地方の人口分布は約50%だが、タシケント市の人口密度は6,597.5人/km²と他地域（同9.5~772.7人/km²）と比較して高い（図2-1）。人口構成を見ると今後も2050年にかけて生産年齢人口は増加する見込みである（図2-2）。このように人口ボーナス期の継続による経済社会的な発展を進めるための基盤となるエネルギー・電力の安定供給が必要であるが、エネルギーインフラは老朽化しており、最近では、2023年1月の寒波停滞による記録的な低気温が、ガス、電気、地域熱供給の一時的な停止を招いている。

表 2-1 基礎データ

項目	内容
正式国名	Republic of Uzbekistan
人口	3,440万人（2022年 国連人口基金）
国土面積	44万7,400平方キロメートル
首都	Tashkent
民族	ウズベク系84.3%、タジク系4.8%、カザフ系2.4%、カラカルパク系2.2%、ロシア系2.1%（2021年 ウズベキスタン国家統計委員会）
宗教	主としてイスラム教スンニ派
国家元首	シャフカット・ミルジヨーエフ大統領（任期5年、2021年10月再選）
首相	アブドゥラ・アリーポフ
主要産業	綿繊維産業、食品加工、機械製作、金、石油、天然ガス

¹ Iqtisodiy faoliyat turi bo' yicha sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish (Production of industrial products by type of economic activity), STATISTIKA AGENTLIGI <https://stat.uz/uz/rasmiy-statistika/industry-2> 2023年2月15日アクセス

GDP	692 億ドル (2021 年 : International Monetary Fund (IMF))
一人当たり GDP	2,002 ドル (2021 年 : IMF)
実質 GDP 成長率	7.4% (2021 年 : IMF)

出典 : 外務省ウェブサイト (令和 5 年 2 月 3 日) <https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/uzbekistan/data.html>

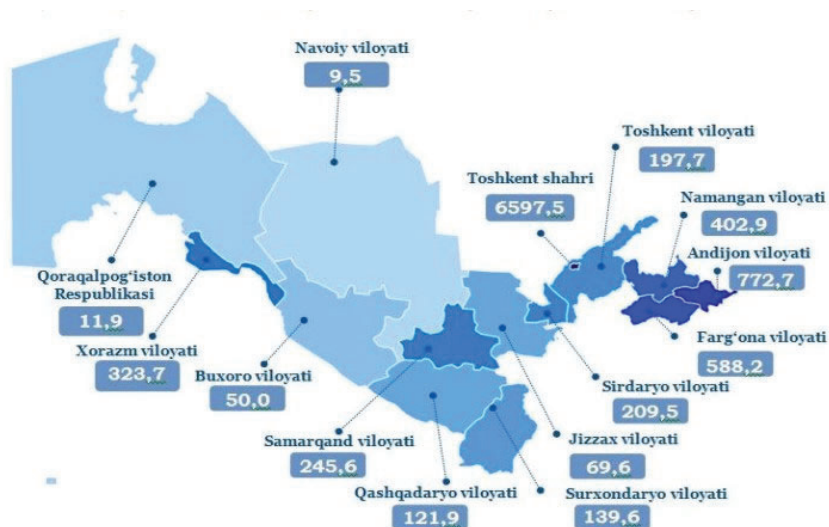


図 2-1 「ウ」国の地域別人口密度 (人/km²)

出典 : Risolalar (Brochure) 2022 yil, STATISTIKA AGENTLIGI https://stat.uz/images/uploads/demografiya-zb08_02_2023.pdf

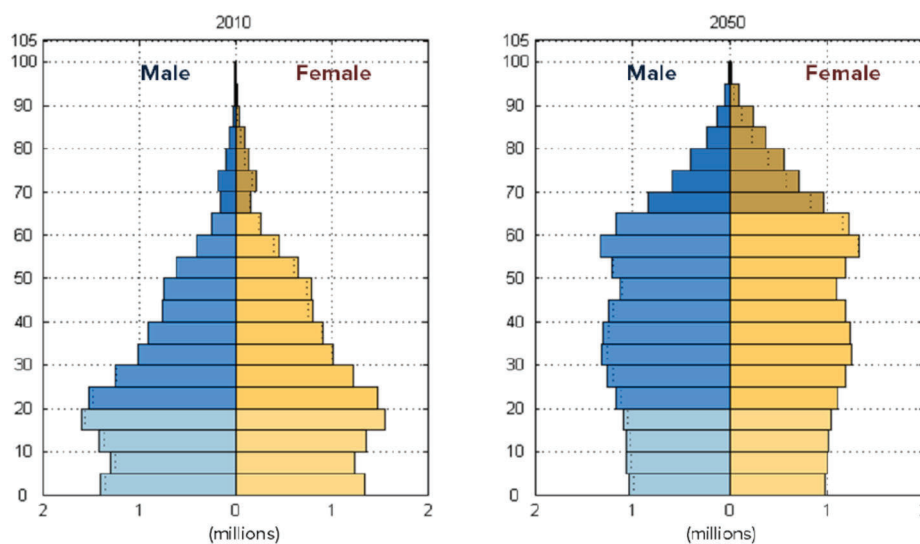


図 2-2 「ウ」国の年齢層別・性別の人口構成 (2010 年、2050 年)

出典 : International Conference on Population and Development Beyond 2014, United Nations Population Fund https://www.unfpa.org/sites/default/files/resource-pdf/FINAL_Uzbekistan.pdf

(2) 開発計画

「ウ」国は、かつてソビエト連邦を構成する共和国の一つであったが、1991年12月のソビエト連邦の崩壊を受けて独立した後は、以下に示すような市場経済化・構造改革が進められている。

「ウ」国は、1991年の独立前は、アラル海流域の淡水資源を利用した綿花・野菜・果物の栽培等の農業生産が主であったが、独立後は、金等の貴金属の他、石炭・石油・天然ガス等のエネルギー資源産出により、急激な成長を遂げてきた。

◆ UP60「新国家開発計画 2022~2026」等に基づく政府機構の改革

民主的改革と近代化の深化、行政制度の改革、公共サービスのための組織的・法的基盤の整備、電子政府の制度改善における議会や政党の役割の強化、公共サービスの質と効率の改善、社会的統制、市民社会の機関とメディアの役割の強化

◆ 司法制度の改革

司法の独立の強化、市民の権利と自由の保護、行政・刑事・民事・経済分野の立法の改善、犯罪と闘う制度の有効性の改善、裁判を通じた競争原理の徹底、法的援助および法律サービスの改善

◆ 経済の発展と自由化

マクロ経済の安定性の強化、高い経済成長率の維持、国際競争力の向上、農業分野の近代化と集中的発展、経済分野の国家の介在を減らすための制度改革の継続、中小企業と民間の起業家精神の発展、地域と地方自治体とで統合されてバランスの取れた社会経済開発、投資環境の改善による地域経済の外国投資の積極的な誘致

◆ 教育・社会保障・公共インフラの開発

雇用と人口の漸進的増加、市民の社会保障と保健制度の改善、女性の社会的・政治的活動の向上、手頃な価格の住宅建設のための目標・計画の実施、文化・科学・文学・芸術・スポーツ分野の教育の開発、地域の青少年政策の改善

◆ 国家の独立と主権の強化

国周辺の安全保障綱領の作成、安定と良い隣人の確保、国の国際的イメージの強化、安全保障、国家間調和、宗教寛容の確保

2.1.2 自然環境

(1) 国土

「ウ」国は中央アジアの北緯37度から45度間に位置し、78.8%が平野、残り21.2%が山麓である。国土の約80%は半砂漠と砂漠であり、南東部および東部に山脈を抱える。² アムダリヤ川が、天山山脈の西端から「ウ」国南部とトルクメニスタンの国境を北西に進み、中部にあるアイダール湖とともに、中南部地域の農業灌漑を支えている。アムダ

² Uzhydromet <https://hydromet.uz/ru/node/41> 2023年2月15日アクセス

リヤ川は、アラル海まで到達して淡水漁業を支えていたが、アラル海流域の淡水資源が綿花栽培に利用された結果、その面積は大幅に縮小している。

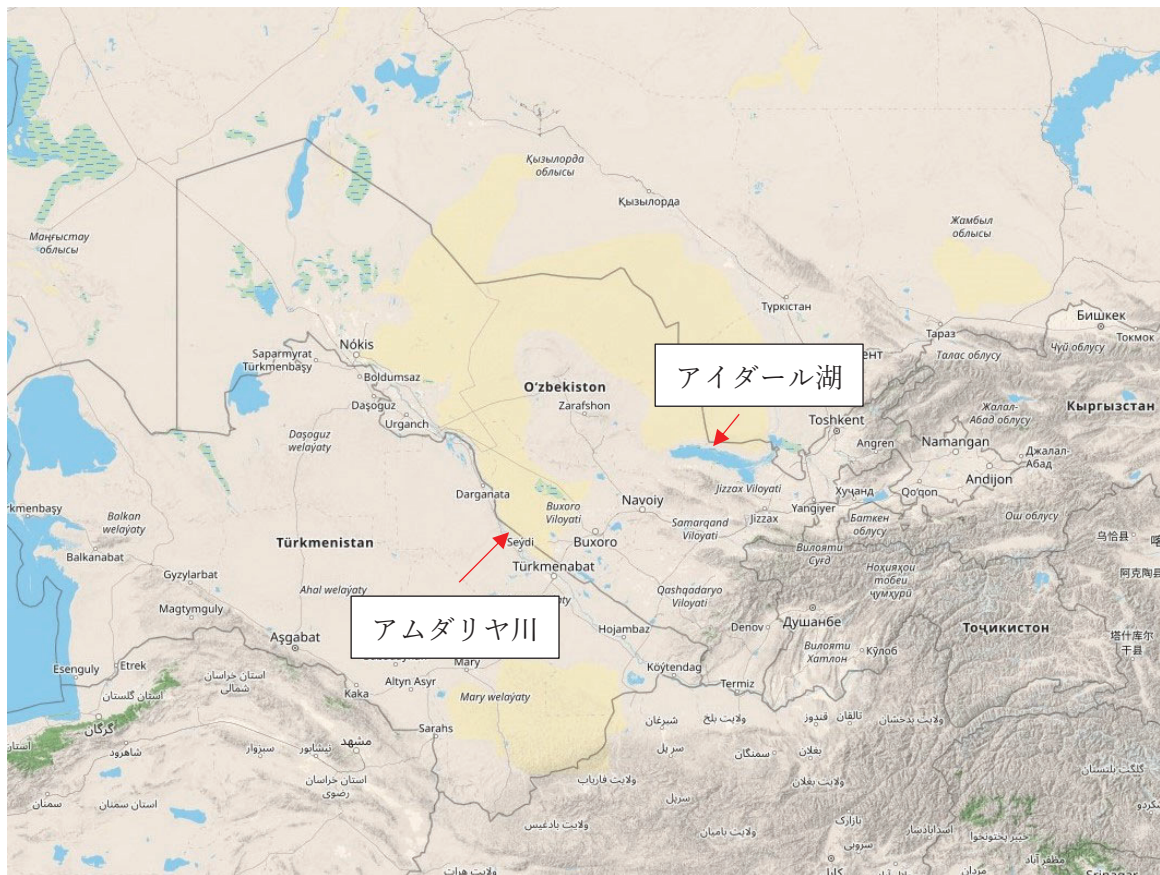


図 2-3 ウズベキスタンの国土

出典：OpenStreetMap contributor <https://www.openstreetmap.org/> に調査団加筆

(2) 気候

ウズベキスタンの気候は大陸性気候に分類され、日中および季節間の気温の大きな変動が特徴である。³ タシケントの気温は、7月に月平均最高温度(35.7°C)を記録するが、明け方は最低気温が約20°Cになるなど日中と夜間の温度差が大きい。降雨量を見ると、10月から5月にかけて雨季が続き、6月から9月は降雨量の少ない乾季となる(図2-4)。「ウ」国内での降水量の地域的な変化は大きな幅を有しており、西部地域では年間降水量が100mm未満であるが、東部や南東部では年間800~900mmに達することがある。³

東京とタシケントの気候を比較するとタシケントの緯度が函館と同じにもかかわらず、

³ Climate Change Knowledge Portal for Development Practitioners and Policy Makers: Uzbekistan <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/uzbekistan/climate-data-historical> 2023年2月7日アクセス

平均気温はほぼ同等である。タシケントの夏季は乾燥した大陸からの熱帯の空気により湿度が低い（約 40%⁴。東京は約 70-80%）ため、大気の内エネルギーは東京の 60%前後とかなり低い。

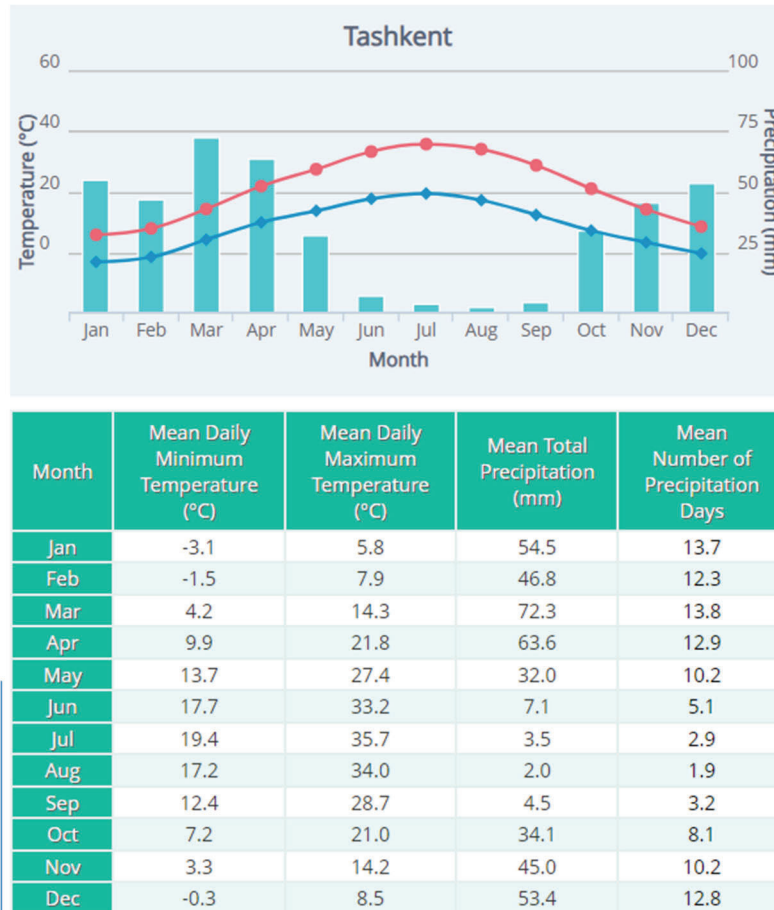


図 2-4 タシケントの気候の特徴

出典：World Meteorological Organization: Tashkent <https://worldweather.wmo.int/en/city.html?cityId=115> 2023 年 2 月 15 日アクセス

2.2 エネルギー需給状況

2.2.1 エネルギーバランスの分析

図 2-5 に国際エネルギー機関 (IEA) 2020 のデータに基づくエネルギーバランス図を示す。「ウ」国のエネルギー需給バランスの全体像を、上段に国内一次エネルギー供給(Total Energy Supply; TES)、中段にエネルギー転換、下段にエネルギー消費までエネルギー種別の流れを図化したものである。ウズベキスタンの TES は約 45Mtoe でありその 98.5%を化石燃料に依存している。化石燃料の約 90%が国産の天然ガスである。最終エネルギー消費

⁴ Weather & Climate: Average humidity in Tashkent <https://weather-and-climate.com/average-monthly-Humidity-perc,tashkent,Uzbekistan> 2023 年 2 月 15 日アクセス

(TFC) は住宅部門が最大 (約 40%) で民生 (住宅と事業用建物) と産業で全体の約 70% を占め、この 3 部門で国内に供給された天然ガスの 80% を消費している。旧ソ連時代に都市部に建設された地域熱供給施設から供給される熱と合わせて、エネルギーの熱利用率が高いことが概観される。

以下に TES とエネルギー消費の状況について、エネルギー源別、部門別に分析し、省エネを達成するための重点分野を明確にする。

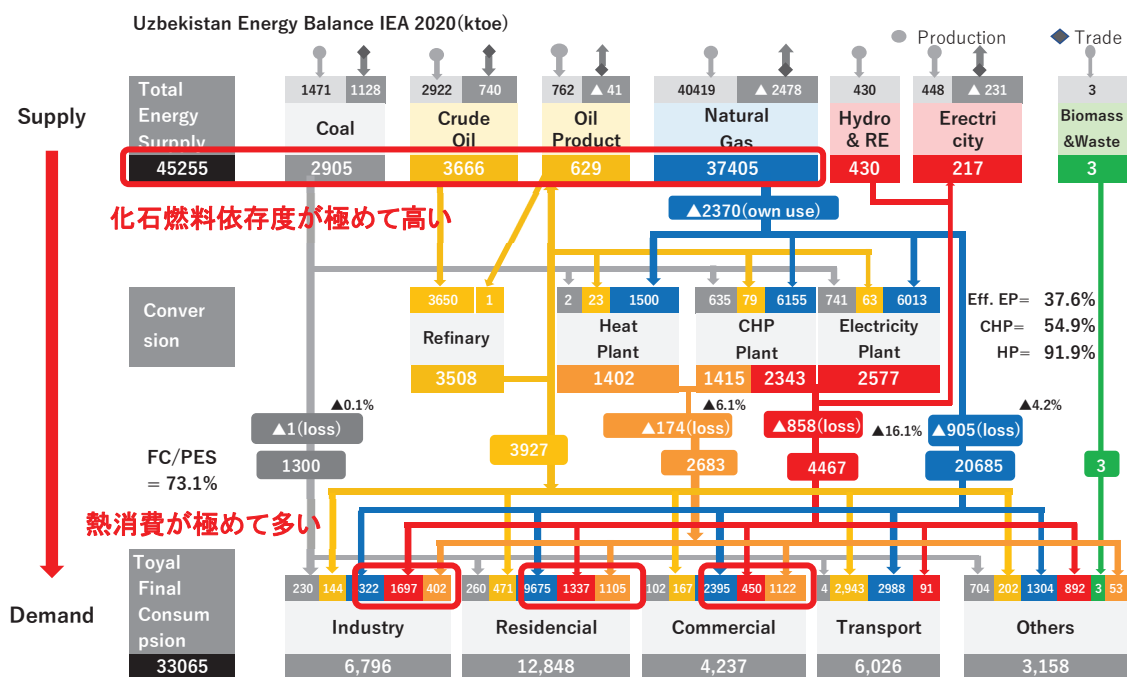


図 2-5 ウズベキスタン 2020 年エネルギーバランス図

出典：IEA Energy Balance Data に基づき調査団作成

(1) TES 状況

「ウ」国における一次エネルギー生産、TES を示すと共に、名目 GDP あたりの TES の比較を行った。

1) 一次エネルギー生産

IEA Energy Balance に基づく「ウ」国の 2018 年から 2020 年の一次エネルギー生産の資源別の量と比率を表 2-2、図 2-6 に示す。天然ガスが 90% を占めており、この状態は図 2-7 に示す通り 10 年以上前から継続している。ただし、2020 年は天然ガスの生産量が 2018 年、2019 年に比べて大幅に減少し、国内供給が 7% 程度減少するとともに、天然ガスの輸出量が大幅に減少 (9,931ktoe から 2,478ktoe) している。これは、天然ガス生産量の減少に伴って、国内供給を優先する方針をとったことによる。IEA の調査⁵によ

⁵ Uzbekistan 2022 Energy Policy Review (IEA, 2022 年 6 月)

ると、現在の生産ペースでは天然ガスの埋蔵量は 20 年以内に枯渇すると言われており、天然ガス資源の節約、利用効率向上の必要性が高まっている。

表 2-2 一次エネルギー生産量の動向 (IEA)

Primary Energy Production	2018		2019		2020	
	ktoe	Ratio	ktoe	Ratio	ktoe	Ratio
Coal	1,478	2.7%	1,439	2.6%	1,471	3.3%
Natural gas	50,159	90.9%	49,297	90.5%	40,419	89.3%
Crude oil	3,048	5.5%	3,163	5.8%	2,922	6.5%
Electricity(Hydro,RE)	507	0.9%	560	1.0%	430	1.0%
Total	55,197	100.0%	54,459	100.0%	45,245	100.0%
Year on year ratio	—		98.7%		83.1%	
Natural gas export (within natural gas production)	12,112	-	9,931	-	2,478	-

出典： IEA Energy Balance に基づき JICA 調査団作成

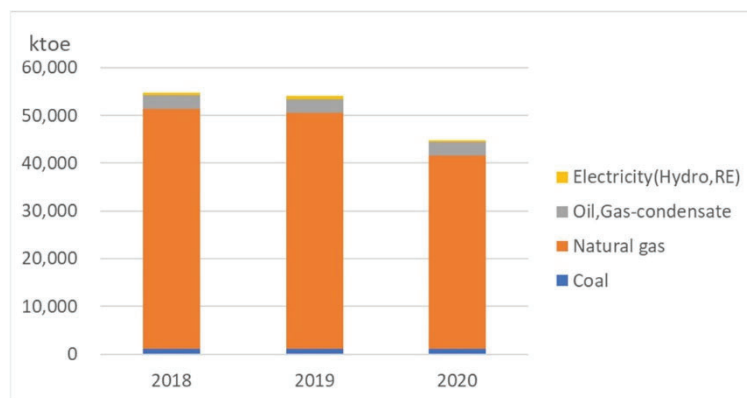


図 2-6 エネルギー生産量の動向

出典： IEA Energy Balance に基づき JICA 調査団作成

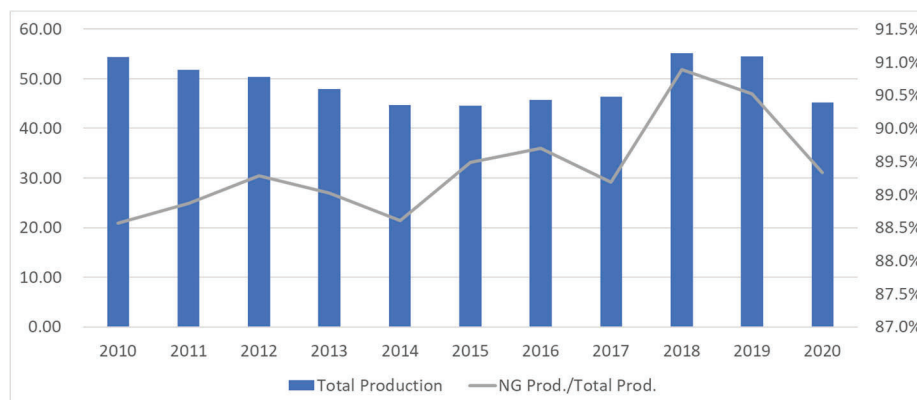


図 2-7 全エネルギー生産量に占める天然ガスの過去 10 年の動向

出典： IEA Energy Balance に基づき JICA 調査団作成

2) TES

「ウ」国の TES の状況を表 2-3、図 2-8 に示す。主力は国産の天然ガスであり、2018 年は 85%、2019 年は 86%、2020 年は 83%を占めている。発電所および CHP に供給される燃料の 85%も天然ガスが占めている。2020 年の TES は 2019 年に比べて約 2Mtoe (4%) 減少している。減少の主な要因は天然ガス供給量の減少である。

表 2-3 TES の動向 (IEA)

Total Energy Supply	2018		2019		2020	
	ktoe	Ratio	ktoe	Ratio	ktoe	Ratio
Coal	2,442	5.3%	2,086	4.4%	2,905	6.4%
Natural gas	39,373	84.9%	40,365	85.8%	37,405	82.7%
Crude oil	4,257	9.2%	3,851	8.2%	3,666	8.1%
Hydro	507	1.1%	556	1.2%	430	0.9%
Elec. Import-export	-34	-0.1%	113	0.2%	217	0.5%
Oil Products	-157	-0.3%	87	0.2%	629	1.4%
Total	46,393	100.0%	47,061	100.0%	45,255	100.0%
Year on year ratio	—		101.4%		96.2%	

出典： IEA Energy Balance に基づき JICA 調査団作成

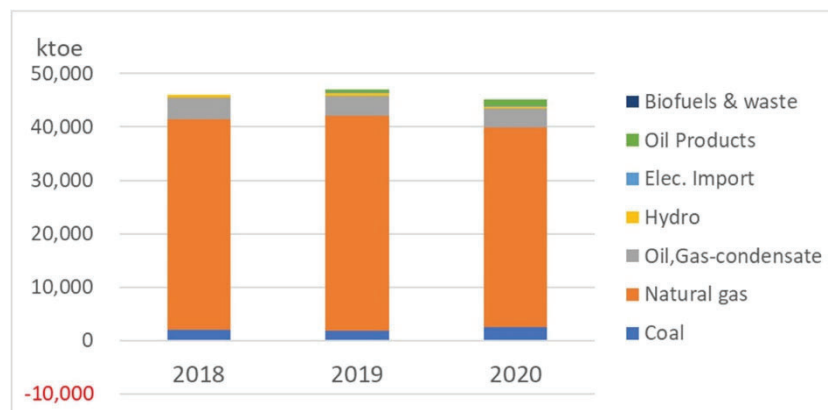


図 2-8 TES の動向 (IEA)

出典： IEA Energy Balance に基づき JICA 調査団作成

3) 名目 GDP あたり TES

2018 年の名目 GDP あたりの TES について試算した結果を、表 2-4 に示す。名目 GDP は国連データ、TES は IEA データを用いた。世界平均 166ktoe/bUSD に対して、「ウ」国は 920 ktoe/bUSD で最も多いという結果となり、省エネの必要性が極めて高いことが認識される。

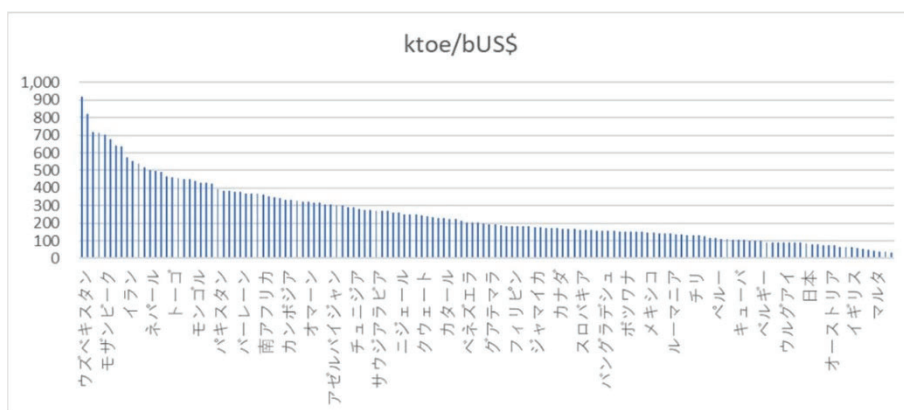


図 2-9 名目 GDP あたり TES2018 年データによる比較

出典：名目 GDP：国連統計、TES：IEA に基づき JICA 調査団作成

表 2-4 TES／名目 GDP 上位 10 カ国

順位	国名	ktoe/bUS\$	順位	国名	ktoe/bUS\$	国名	ktoe/bUS\$
1	ウズベキスタン	920	6	トルクメニスタン	679	日本	86
2	北朝鮮	821	7	コンゴ民主共和国	640	世界計	166
3	トリニダード・トバゴ	719	8	シリア	635		
4	ウクライナ	714	9	イラン	575		
5	モザンビーク	703	10	キルギス	551		

出典：名目 GDP:国連統計、TES：IEA に基づき JICA 調査団作成

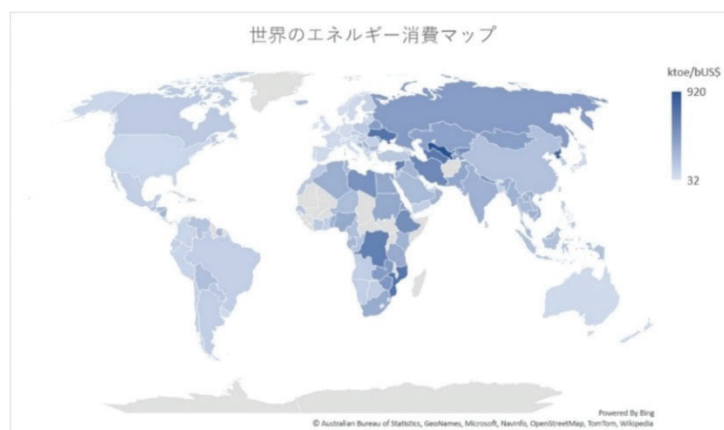


図 2-10 TES／名目 GDP の世界図

出典：名目 GDP:国連統計、TES：IEA に基づき JICA 調査団作成

(2) エネルギー消費状況（部門別／タイプ別 一次エネルギー消費状況）

需要側における TES の最終消費の状況を、部門別、エネルギー源別に確認し、どのような部門において、どのようなエネルギー源が多く消費されているのかを明らかにする。

1) エネルギー最終消費 (Total Final Consumption:TFC)

① 部門別の TFC

表 2-5、図 2-11 に示すとおり、IEA のエネルギー統計 2020 年版によるとウズベキスタンの TFC は約 33Mtoe である。そのうち、エネルギーを最も多く消費している部門は住宅で全体の 39% である。2 番目は産業 20%、続いて輸送 18%、事業用建物 13%、その他 10% の順となっている。この順位は近年変化しておらず、民生 (住宅、事業用建物) と産業の 3 部門で全体の 72% を占めている。

TFC は「ウ」国の経済発展を反映して増加傾向を示している。2019 年は 2018 年に対して 1.7% 増加し、産業や事業用建物が伸びて住宅が減少している。TFC は 2020 年も 2019 年に対して約 10% 増加しているが産業が減少傾向、住宅が大幅な増加傾向となり、様相がかなり異なっている。2020 年は新型コロナの世界的感染拡大が「ウ」国の経済や社会生活に大きく影響し、エネルギー消費傾向に影響が生じていると考えられるため、2021 年以降の動向を注視する必要がある。

表 2-5 部門別 TFC 動向 (IEA)

Total Final Consumption	2018		2019		2020	
	ktoe	Ratio(%)	ktoe	Ratio(%)	ktoe	Ratio(%)
Industry	6,500	22.0%	7,190	24.0%	6,796	20.6%
Residential	11,230	38.1%	10,776	35.9%	12,848	38.9%
Commercial & public services	3,618	12.3%	4,063	13.5%	4,237	12.8%
Transport	5,801	19.7%	5,924	19.7%	6,026	18.2%
Other	2,358	8.0%	2,045	6.8%	3,158	9.6%
Total	29,507	100.0%	29,998	100.0%	33,065	100.0%
Year on year ratio	—		101.7%		110.2%	

出典： IEA Energy Balance に基づき JICA 調査団作成

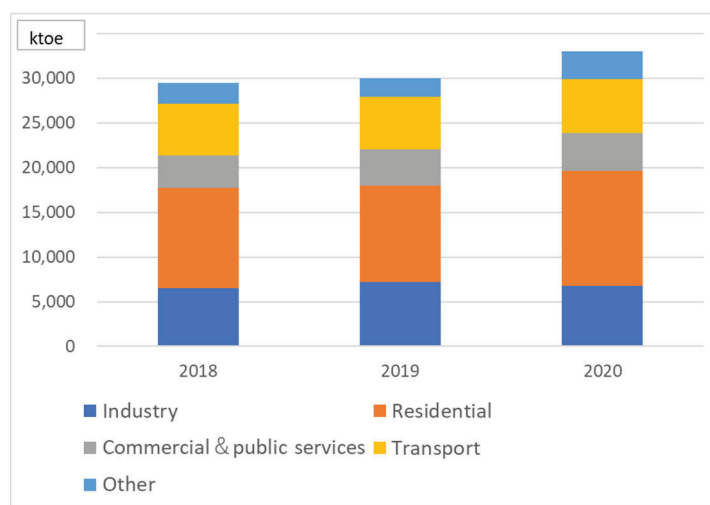


図 2-11 部門別 TFC 動向 (IEA)

出典： IEA Energy Balance に基づき JICA 調査団作成

表 2-6 に IEA における 2020 年の部門別エネルギー源別の TFC を示す。表の部門別エネルギーに着目すると、いずれの分野においても天然ガスへの依存度合いが高く、住宅が 75%、産業が 64%、事業用建物が 57%である。また、産業部門は電力への依存度が 25%と比較的高く、事業用建物部門で熱への依存度が 27%と高いことが特徴としてあげられる。その他の部門で電力消費が多いのは農業部門の灌漑用ポンプ動力と考えられる。

熱供給については、エネルギーバランス図（図 2-5）からは地域熱供給施設ボイラへの投入燃料と生産熱量の比、CHP と地域熱供給施設ボイラの両者の生産熱量と最終消費熱量の比が 90%強となるが、設備の多くが旧ソ連時代のもので効率の低下や熱損失が大きいこと、後述の通り計測データが乏しいこと、熱供給システムの簡易診断結果などから、実態が正確に示されていない可能性が高いと考えられる。

表 2-6 部門別・エネルギー源別の TFC (IEA, 2020)

Total Final Consumption (ktoe)	Coal	Oil products	Natural gas	Biofuels and waste	Electricity	Heat	Total	Ratio (%)
Industry	230	144	4,322		1,697	402	6,796	20.6%
Residential	260	471	9,675		1,337	1,105	12,848	38.9%
Commercial and public services	102	167	2,395		450	1,122	4,237	12.8%
Transport	4	2,943	2,988		91		6,026	18.2%
Others	704	202	1,304	3	892	53	3,158	9.6%
Total	1,300	3,927	20,685	3	4,467	2,683	33,065	100.0%
Industry	3.4%	2.1%	63.6%		25.0%	5.9%	100.0%	
Residential	2.0%	3.7%	75.3%		10.4%	8.6%	100.0%	
Commercial and public services	2.4%	4.0%	56.5%		10.6%	26.5%	100.0%	
Transport	0.1%	48.8%	49.6%		1.5%		100.0%	
Others	22.3%	6.4%	41.3%	0.1%	28.2%	1.7%	100.0%	
Total	3.9%	11.9%	62.6%	0.0%	13.5%	8.1%	100.0%	

出典： IEA Energy Balance に基づき JICA 調査団作成

② TFC の一次エネルギー換算による評価

表 2-7、図 2-12 に表 2-5、図 2-11 に示した TFC のうち電気と熱について一次エネルギーに換算した場合の部門別 TFC を示す。換算の方法は下記に示す。

最新の 2020 年 IEA データの場合、電気は 2.74 倍、熱は 1.14 倍の換算比となる。一次エネルギー換算した後の TFC は約 41Mtoe で、換算前の 1.25 倍となる。分野別の順位は換算前と変わらず、内訳は住宅 37% (1.20 倍)、産業 24% (1.44 倍)、輸送 15% (1.03 倍)、事業用建物 13% (1.24 倍)、その他 11% (1.47 倍) である。換算結果を

図 2-13 の棒グラフに示す。電気の換算係数が大きいことから電気消費比率が高い産業分野やその他分野（農業）の比率が高くなることが分かるが、既述のとおり、依然として産業、民生部門の一次エネルギー消費量が多く 74%を占めている。

【電気と熱の一次エネルギー換算係数の算出方法】

エネルギーバランス表のデータから電気および熱の一次エネルギー換算係数を算出する。

1) 電気の一次エネルギー換算係数

電気の一次エネルギー換算係数 = 発電用投入 TES 電力量

IEA 2020 データに基づき、

- ・ 供給電力量 = (EP、CHP、水力、RE 等) + 輸入超過分 - 自家消費 - 送配電ロス
= EP 発電量・水力発電量(3,200ktoe) + CHP 発電電力量(2,518ktoe) + RE 等(0ktoe)
+ 輸入超過分(217ktoe) - 自家消費(368ktoe) - 損失(858ktoe)
= 4.709ktoe
- ・ 投入エネルギー = EP・CHP の投入エネルギー (石炭、石油製品、天然ガス) - CHP 熱生産量
= EP 投入エネルギー(7,464ktoe) + CHP 投入エネルギー(6,870ktoe)
- CHP 発生熱量(1,415ktoe)
= 12,919ktoe
- ・ 投入エネルギー (12,919ktoe) / 供給電力量(4.709ktoe) = 2.74

電力の一次エネルギー換算係数 2.74

EP : Electricity Plants

CHP : Combined Heat and Power

RE 等 : 太陽光発電、風力発電、廃棄物および BIO 燃料発電等

2) 熱の一次エネルギー換算係数

熱の一次エネルギー換算係数 = 熱生産用投入 TES 熱量

IEA2020 データに基づき、

- ・ 供給熱量 = CHP 発生熱量(1,415ktoe) - 送熱ロス(174ktoe)
= 1,241ktoe
- ・ 投入エネルギー = CHP の使用燃料(石炭、石油製品、天然ガス)の熱量相当分(1,415ktoe)
- ・ 投入エネルギー (1,415ktoe) / 供給熱量(1,241ktoe) = 1.14

熱の一次エネルギーへの換算係数は 1.14

熱供給所の熱についても同じ換算係数を使用する。

表 2-7 一次エネルギーに換算した部門別 TFC 動向

Primary energy equivalent TFC	2018		2019		2020	
	ktoe	Ratio(%)	ktoe	Ratio(%)	ktoe	Ratio(%)
Industry	8,739	23.4%	9,943	25.7%	9,808	23.8%
Residential	13,299	35.5%	13,039	33.8%	15,331	37.2%
Commercial & public services	4,477	12.0%	5,017	13.0%	5,179	12.6%
Transport	6,000	16.0%	6,248	16.2%	6,183	15.0%
Other	4,909	13.1%	4,376	11.3%	4,717	11.4%
Total	37,424	100.0%	38,622	100.0%	41,218	100.0%
Year on year ratio	—		103.2%		106.7%	

出典：IEA データに基づき JICA-Net Library 「エネルギーバランス図作成とデータに基づく省エネ政策分析手法」を用いて JICA 調査団作成

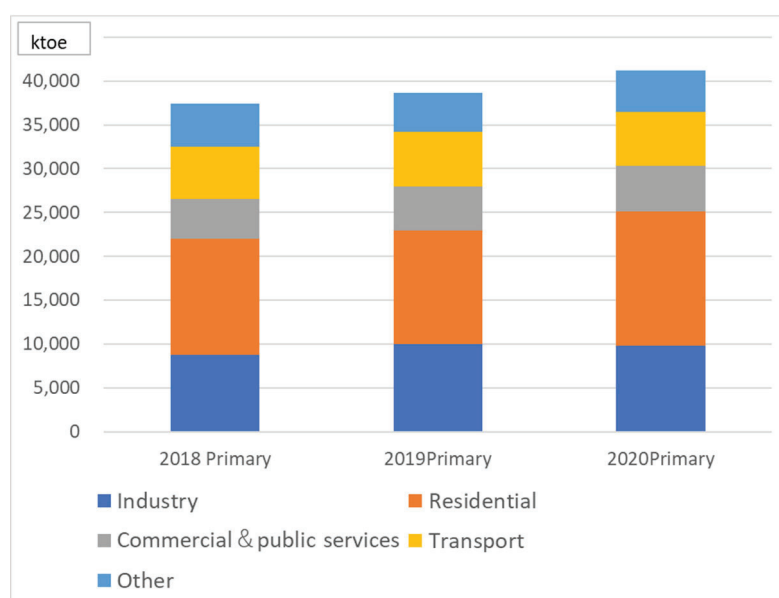


図 2-12 一次エネルギーに換算した部門別 TFC 動向

出典：IEA データに基づき JICA-Net Library 「エネルギーバランス図作成とデータに基づく省エネ政策分析手法」を用いて JICA 調査団作成

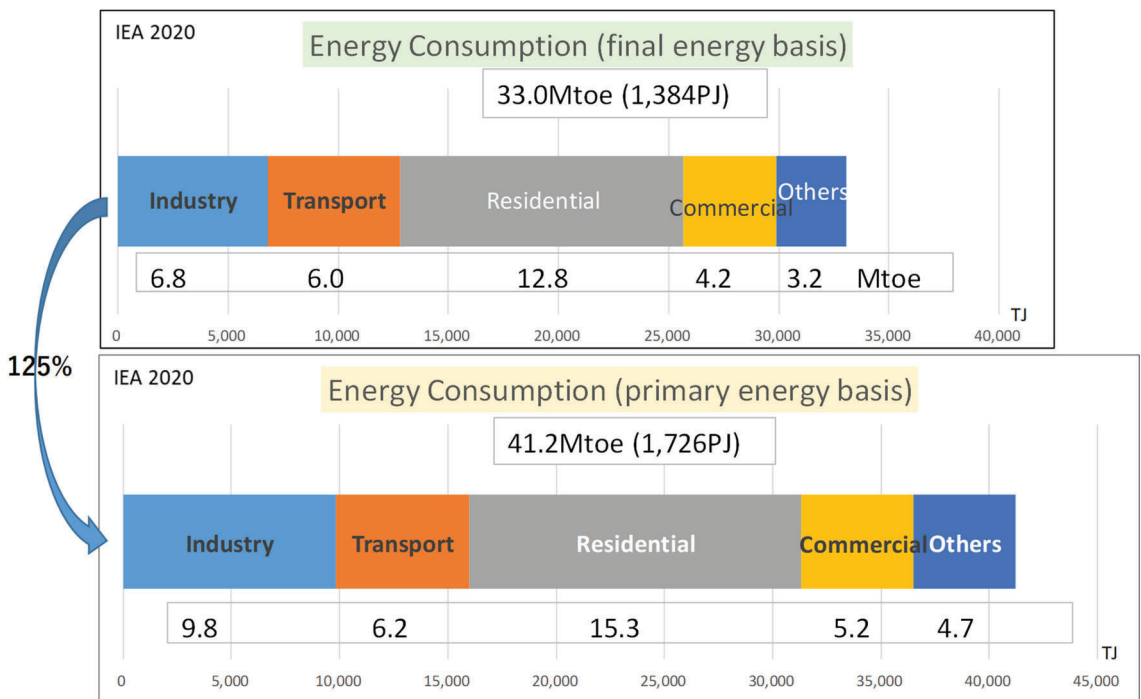


図 2-13 一次エネルギー換算した部門別エネルギー消費量

出典：IEA データに基づき JICA-Net Library 「エネルギーバランス図作成とデータに基づく省エネ政策分析手法」を用いて JICA 調査団作成

表 2-8 に一次エネルギー換算した 2020 年 TFC の部門別、エネルギー源別エネルギー消費量分布の結果を示す。電力の比率が 14% から 30% に大幅に増え、天然ガス 50%、石油製品 10%、熱 7%、石炭 3% である。

表 2-8 一次エネルギー換算した部門別、エネルギー源別エネルギー消費量

Primary energy equivalent (ktoe)	Coal	Oil products	Natural gas	Electricity	Heat	Total	Ratio (%)
Industry	230	144	4,322	4,653	459	9,808	23.8%
Residential	260	471	9,675	3,667	1,260	15,331	37.2%
Commercial and public services	102	167	2,395	1,235	1,279	5,179	12.6%
Transport	4	2,943	2,988	249		6,183	15.0%
Others	704	202	1,304	2,446	61	4,717	11.4%
Total	1,300	3,927	20,685	12,251	3,059	41,218	100.0%
Industry	2.3%	1.5%	44.1%	47.4%	4.7%	100.0%	
Residential	1.7%	3.1%	63.1%	23.9%	8.2%	100.0%	
Commercial and public services	2.0%	3.2%	46.2%	23.9%	24.7%	100.0%	
Transport	0.1%	47.6%	48.3%	4.0%		100.0%	
Others	14.9%	4.3%	27.7%	51.9%	1.3%	100.0%	
Total	3.2%	9.5%	50.2%	29.7%	7.4%	100.0%	

出典：IEA データに基づき JICA-Net Library 「エネルギーバランス図作成とデータに基づく省エネ政策分析手法」を用いて JICA 調査団作成

図 2-14 に各部門のエネルギー源別消費量の内訳を色別に示した。表 2-8 より民生（住宅、事業用建物）と産業においては天然ガス、電気、熱の比率が約 95%を占め、図 2-14 よりこれら 3 部門の合計が国全体の 74%を占めていることから、特に定速エアコン 省エネの推進が重要であることが明らかである。

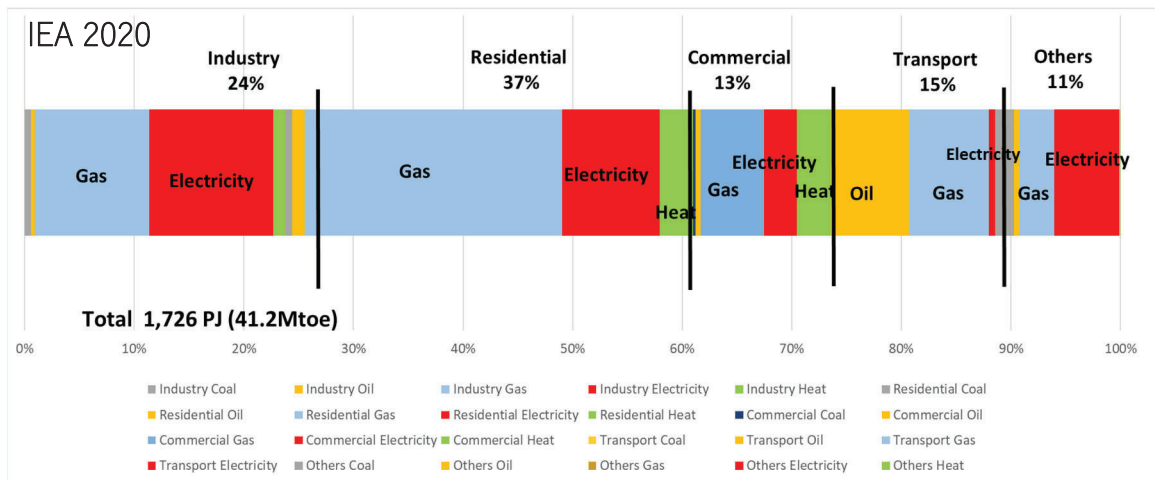


図 2-14 一次エネルギー換算した部門別・エネルギー源別のエネルギー消費量分布

出典：IEA データに基づき JICA-Net Library 「エネルギーバランス図作成とデータに基づく省エネ政策分析手法」を用いて JICA 調査団作成

電気や熱の燃料の大半は天然ガスを利用しているため、天然ガスの利用についても比

較検討を行った。比較方法は、一次エネルギー換算した TFC について、電気・熱の生産に利用された天然ガスの量を計算して集計し、天然ガスの利用が部門毎および全体に占める割合を算出した。その結果を表 2-9 に示す。住宅 91%、産業 89%、事業用建物 90% といずれも 90% 前後の値となり、3 部門は天然ガスへの依存度合いが極めて高く、省エネが最重要な分野であることが改めて確認された。

表 2-9 一次エネルギー換算した TFC の部門別天然ガス利用率

	Sector Total (Mtoe)	Total N.G. in sector (Mtoe)	N.G.Ratio in sector (%)
Industry	9.8	8.7	88.5%
Residential	15.3	14.0	91.0%
Commercial	5.2	4.6	89.6%
Transport	6.2	3.2	51.7%
Others	4.7	3.4	72.6%
Total	41.2	33.9	82.2%

出典：IEA データに基づき JICA-Net Library 「エネルギーバランス図作成とデータに基づく省エネ政策分析手法」を用いて JICA 調査団作成

③ エネルギー源別の TFC

図 2-16 は、表 2-6 をエネルギー源別、TFC の傾向で示したものであり、最大は天然ガスで 2020 年は 62.6% を占める。続いて電力 13.5%、石油製品 11.9%、熱供給 8.1%、石炭 3.9% である。再生可能エネルギーである太陽光発電や風力発電は現時点では統計に現れていないものの、大統領令 UP-60 に基づき 2026 年までに風力 4GW、太陽光 4GW、水力 868MW 等を建設して発電出力比率 25% に増加させる計画があり、今後は更に加速する動きなので今後、数値に現れると考えられる。MoE のコンセプトノート (2.3.1 項参照) によると、図 2-15 に示すように電気需要は経済発展や生活レベル向上に伴って増加し、2030 年には 2018 年の 1.9 倍に達すると想定されている。その中で住宅は 1.8 倍、経済分野(産業や業務サービス)は 2.2 倍の大幅な増加が予想されている。

エネルギー源別の視点で見ると、「ウ」国では天然ガス資源の温存が重要であるため、省資源対策は天然ガス消費量の多い発電部門での発電効率の向上や再生可能エネルギーの比率向上が重要であるとともに、消費側においても、今後エネルギー消費量の増加が進むと予想される住宅、産業、事業用建物部門における省エネ対策や再生可能エネルギーの導入が重要となる。

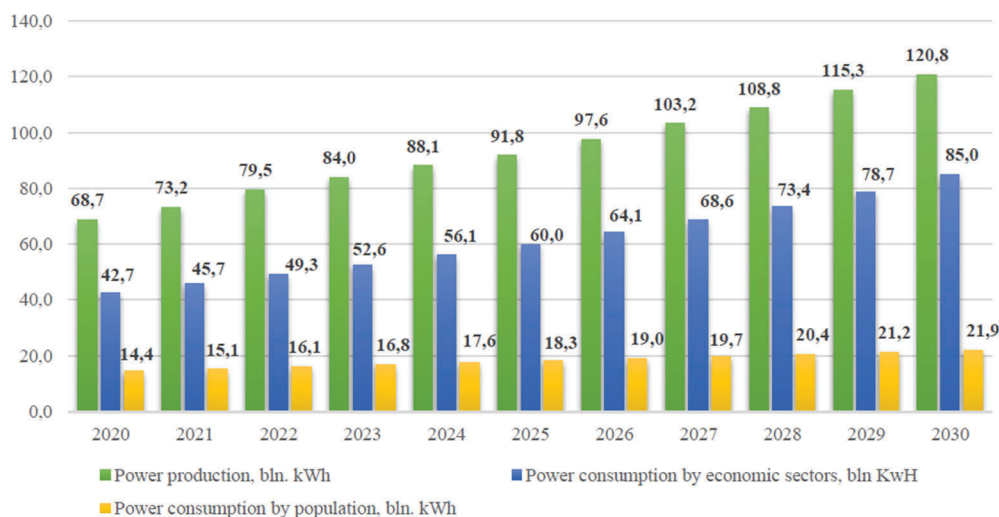


図 2-15 2030 年までの発電と消費の見通し

出典：Concept Note ,MoE, 2021

表 2-10 一次エネルギー換算したエネルギー源別 TFC の動向

Primary energy equivalent TFC (ktoe)	2018		2019		2020	
	ktoe	Ratio(%)	ktoe	Ratio(%)	ktoe	Ratio(%)
Coal	835	2.2%	774	2.0%	1,300	3.2%
Natural Gas	17,643	47.1%	18,229	47.2%	20,685	50.2%
Oil Products	3,703	9.9%	3,577	9.3%	3,927	9.5%
Electricity	12,143	32.4%	12,748	33.0%	12,254	29.7%
Heat	3,101	8.3%	3,294	8.5%	3,059	7.4%
Total	37,424	100.0%	38,622	100.0%	41,225	100.0%
year on year ratio			103.2%		106.7%	

出典：IEA データに基づき JICA-Net Library 「エネルギーバランス図作成とデータに基づく省エネ政策分析手法」を用いて JICA 調査団作成

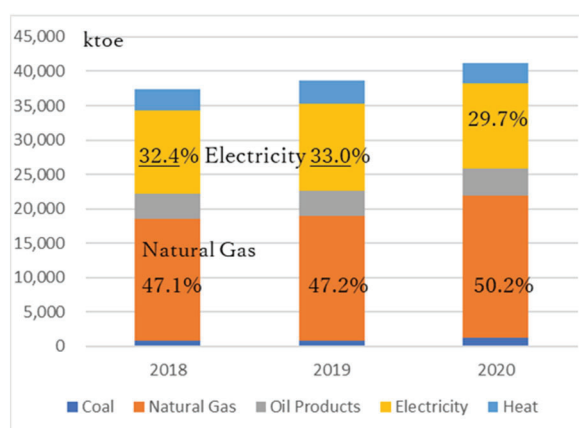


図 2-16 一次エネルギー換算したエネルギー源別 TFC の傾向

出典：IEA データに基づき JICA-Net Library 「エネルギーバランス図作成とデータに基づく省エネ政策分析手法」を用いて JICA 調査団作成

(3) 温室効果ガス（GHG）排出状況

「ウ」国の公式な最新の GHG インベントリは、2021 年の First Biennial Update Report of the Republic of Uzbekistan（以下、「BR」）に示されている 2017 年の同国からの GHG インベントリである。これによると、2017 年の GHG 排出量は 1 億 8,920 万 tCO₂e であり、エネルギー部門が 76%、工業プロセス・製品利用（IPPU）が 5%、農林業・その他土地利用が 18%、廃棄物が 1%を占めている（図 2-17）。⁶ BR によれば、「ウ」国での GHG 排出量が大きなサブセクターの上位 5 つのうち 4 つがエネルギー関連である。特に施設や設備から漏洩するメタン排出量（約 4,718 万 tCO₂e）、エネルギー産業や製造・建設・住宅での燃料由来の CO₂ 排出量（約 6,591 万 tCO₂e）が大きく、これらで「ウ」国の GHG 排出量の約 60%を占める（表 2-11）。エネルギー部門からの排出が大きい理由としては、「ウ」国では自国で産出した天然ガスを老朽化した設備により配送、発電・熱利用に消費しているためと考えられ、配送において天然ガス漏出し、天然ガスの消費においてエネルギー効率の低い設備が利用されているためと考えられる。「ウ」国の過去 20 年の GHG 排出量の傾向を見ると増加傾向が見られ、化石燃料別の CO₂ 排出量を見ると天然ガスからの CO₂ 排出量が突出して大きく、電気・熱産業部門からの CO₂ 排出量が最大であることがわかる（図 2-18、図 2-19、図-2 20）。⁷

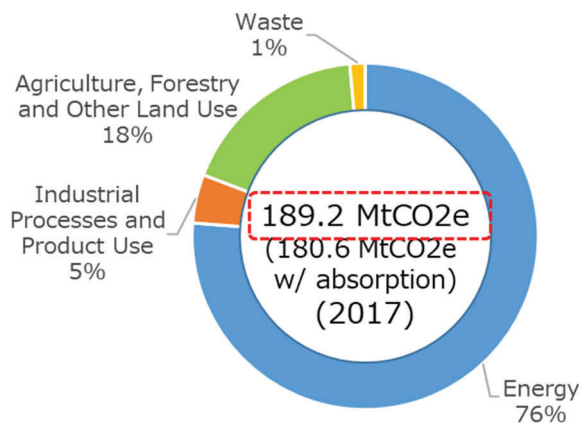


図 2-17 「ウ」国の GHG インベントリ（2017 年）

出典：First Biennial Update Report of The Republic of Uzbekistan (Government of Uzbekistan, 2021)を元に調査団が作成。

⁶ First Biennial Update Report of The Republic of Uzbekistan (Government of Uzbekistan, 2021)

<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/FBURUZeng.pdf> 2022 年 7 月 16 日アクセス

⁷ Hannah Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado (2020) - "CO₂ and Greenhouse Gas Emissions". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>' [Online Resource]

表 2-11 「ウ」国の GHG インベントリでのサブセクターにおける GHG 排出量
(ktCO₂e) の上位 5 件 (2017)

セクター	サブセクター	ktCO ₂ e	主な GHG
エネルギー	天然ガス	47,185.2	CH ₄
エネルギー	発電 (ガス燃料)	27,557.8	CO ₂
エネルギー	加工産業および建設業 (ガス燃料)	20,838.2	CO ₂
農業・林業・土地利用	反芻	19,446.3	CH ₄
エネルギー	住宅部門 (ガス燃料)	17,521.8	CO ₂

出典：First Biennial Update Report of The Republic of Uzbekistan (Government of Uzbekistan, 2021)を元に調査団が作成。

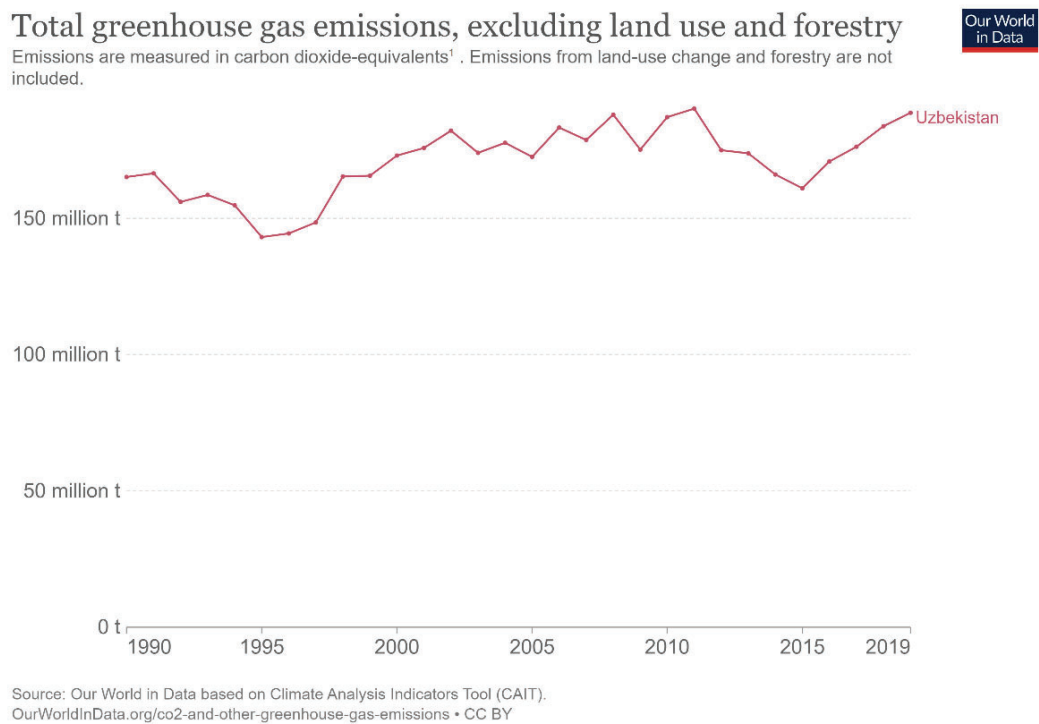
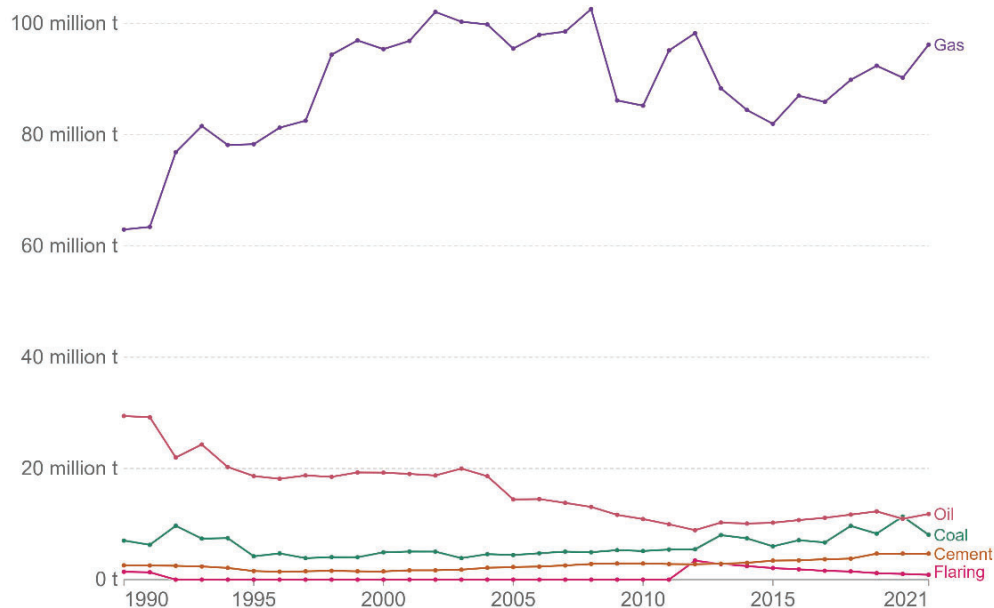


図 2-18 「ウ」国の GHG 排出量の経年変化 (1990 年～2019 年)

CO2 emissions by fuel or industry, Uzbekistan

Our World in Data



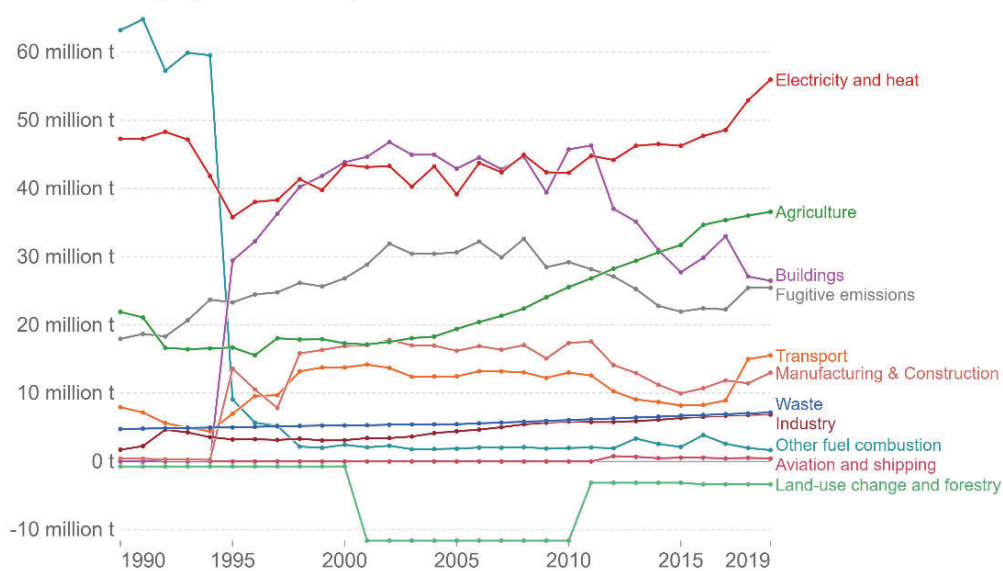
Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project (2022) OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

図 2-19 「ウ」国の燃料又は産業別の CO2 排出量の経年変化 (1990 年～2019 年)

Greenhouse gas emissions by sector, Uzbekistan

Our World in Data

Emissions are measured in carbon dioxide equivalents (CO₂eq). This means non-CO₂ gases are weighted by the amount of warming they cause over a 100-year timescale.



Source: Our World in Data based on Climate Analysis Indicators Tool (CAIT). OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

図 2-20 「ウ」国の部門別 GHG 排出量の経年変化 (1990 年～2019 年)

2.2.2 熱需給状況

事業用建物部門、住宅部門、産業部門による天然ガスの消費が多く、またその用途は暖房などの熱利用であると想定されることを述べた。ここでは、これらの部門において熱需要が多くなっている「ウ」国の背景について説明する。

(1) 「ウ」国における熱需給状況

ウズベキスタン特有の熱供給の状況としては、住宅、事業用建物、産業部門のための地域熱供給施設や個別のガスボイラによる熱供給が多いことである。また、旧ソ連時代の老朽化し、低効率なガスボイラの占める割合が大きい。

なお、全体の熱需要における地域熱供給により満足される熱需要の割合は大きくなく、例えば、タシケント市においては、地域熱供給施設のサービスエリアは旧市街地が中心となっており、市内全域をカバーしてないことが、その理由と言える。

(2) 日本とウズベキスタンの熱利用の比較

2018年の名目GDPあたりのTESが世界平均は166ktoe/bUSD、日本は86ktoe/bUSDに対し、「ウ」国は920ktoe/bUSDであり、最も大きいことを2.2.1で述べたところ、その主要な原因は、「ウ」国の住宅、事業用建物、産業部門における熱需要を満足するためのエネルギー使用量の大きさであると考えられる。

なお、参考として、資源エネルギー庁エネルギー白書（2021）によれば、日本の事業用ビルのエネルギー使用量は、電気が53%であり、燃料および熱の47%より多い。

2.3 省エネ政策および気候変動対策

2.3.1 省エネ政策

「ウ」国のエネルギー状況を踏まえ、同国の政府も近年エネルギー効率化の必要性を強く認識しており、様々な省エネに関する政策等を打ち出している。そこで、「ウ」国の省エネに関する政策等について整理し、同国の省エネに対する方針や、その実施状況を把握した。

(1) 国家政策、開発計画、規制等

1) 国家政策、開発計画、規制等

「ウ」国のグリーン経済開発政策は、下表の2019年の大統領令PP4477に基づく。

表 2-12 大統領令 PP4477

法制度名称	グリーン経済政策（2019-2030年）
発効年	2019年10月
概要	(1) 政策と法制度 2019年10月の大統領令PP4477「2019-2030 グリーン経済政策」により下

	<p>記の基本政策が施行されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 長期の展望をもってグリーン技術の導入とパリ協定の義務の履行を確実にするためグリーン技術の導入とグリーン経済への移行を推進する ・ 技術の近代化と金融メカニズムの開発を通じて、経済のエネルギー効率と天然資源消費の効率化を進める ・ 国家インセンティブ、官民パートナーシップのメカニズムの開発、および国際金融機関との協力の強化を通じてパイロットプロジェクトの実施を支援する ・ 教育への投資を奨励し、主要な外国の教育機関や研究センターとの協力を強化する ・ 2010年比の目標は下記に示す通り <ul style="list-style-type: none"> ✓ GDP 単位当たりの GHG 排出量を 10%削減 ✓ エネルギー効率 20%向上 ✓ 再生可能エネルギー比率を総発電量の 25%以上 ✓ 最大 100 万ヘクタールへの点滴灌漑技術の導入および栽培された作物の 20~40%の収量増加。基本的な農産物の平均生産性を 20~25%増加。 <p>(2)推進体制</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2019年10月の大統領令 PP4477「2019-2030 グリーン経済政策」によりグリーン経済推進のための施策は下記の体制で実施される。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 部門間協議会による部門間協議によって次年度の戦略実施の行動計画を策定（例年11月） ✓ 経済開発・貧困撲滅省（MoED&PR）は、グリーン経済の促進を総括し、担当省庁および部門の活動を調整する。環境に優しい技術と産業プロセスの使用による産業インフラの近代化を行う。 ✓ エネルギー省（MoE）は、エネルギー効率指標の改善、再生可能エネルギー源の開発等を行う。発電、電力供給、ガス供給を管轄する MoE にエネルギー効率部門が設置されており、エネルギー管理政策の企画、推進を担当する。 ✓ その他の省は、各省別の課題を担当する。熱供給については住宅公共サービス省(MoHCS)およびタシケント市の熱供給を担うタシケント市住宅公共サービス部門がエネルギー消費基準、エネルギー効率向上対策を管理する。建築における断熱基準については建設省が担当する。
--	--

出典：Lex UZ HP に基づいて調査団が作成

2) エネルギー効率化、省エネに関する政策

「ウ」国の省エネに関する政策は、以下に示す大統領令 PP4422 および大統領令 PP4779 に基づく。またエネルギー統計を含む国家統計制度の改善は大統領令 PP4796 に基づいている。PP4422 では、2030 年までに再エネの割合を 25% にすることや省エネ技術の導入に補助金を供与することなどが示されており、PP4779 ではエネルギー源別の削減目標や省エネファンドの設立が述べられている。

表 2-13 大統領令 PP4422

法制度名称	エネルギー効率化のための開発促進措置					
発効年	2019 年 8 月					
概要	<ul style="list-style-type: none"> 2030 年までに再エネの割合を発電容量 (MW) の 25% (水力：11.2%、太陽光：8.8%、風力 5.0%) 以上にする。 					
	増加分	2019	2020	2021	2022	2023~2030
	水力	24.1	119.8	204.5	42.2	1,487.6
	太陽光	-	-	300	400	4,300
	風力	-	-	-	100	1,600
	単位：MW					
	<ul style="list-style-type: none"> 高効率システム、再生可能エネルギーのための 36 のプログラム 推奨する対策 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 最新のヒートポンプシステム導入を含む高効率暖房システム ✓ 太陽光発電と太陽熱温水器の段階的設置 ✓ 断熱効率の高い 2 重窓ユニットの設置 ✓ タッチセンサーと組み合わせた LED 光源 ✓ 標準規格外のガスバーナを最新の高効率のガスバーナに交換 ✓ 国家機関、組織の管理建物、インフラ施設への太陽光発電、太陽熱温水設備の設置 太陽光発電、太陽熱温水器、エネルギー効率の良いガスバーナ機器の個人の取得費用の 30% を補助 					

出典：Lex UZ HP に基づいて調査団が作成

表 2-14 大統領令 PP4779

法制度名称	経済におけるエネルギー使用の効率性向上計画				
発効年	2020 年 7 月				
概要	エネルギー削減計画量は以下のとおり。				
		2020 年	2021 年	2022 年	合計
	ガス (mil.m ³)	982	743	870	2,595
	電気 (mil.kwh)	907	1501	855	3,263

	石油 (ton)	5,483	5,816	5,257	16,556
	<ul style="list-style-type: none"> ・ エネルギー効率改善のためのロードマップ(実行プログラム)において、29 のプログラムを挙げている。 ・ エネルギー消費の大きな企業に対するエネルギー診断の実施 ・ 石油・ガス・電力部門の企業の純利益の 5%などを財源とするファンドの創設。ファンドは下記のために使用される。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ エネルギー効率の高い技術と再生可能エネルギーの導入 ✓ エネルギー診断の実施 ✓ 建物の断熱性の改善 ✓ エネルギー効率プロジェクトの FS フィジビリティスタディ（実行安納正調査）の準備 ✓ トレーニングセンターの設立、エネルギー効率改善・再生可能エネルギー開発のための専門家のトレーニング 				

出典：Lex UZ HP に基づいて調査団が作成

表 2-15 大統領令 PP4796

法制度名称	国家統計制度のさらなる改善と発展のための措置
発効年	2020 年 8 月
概要	<p>国家統計について質や信頼性の向上、透明性・開放性の向上、国際的な推奨事項やガイドラインに基づく既存の方法論の改善など、多くの部門で改善の取り組みを進めることとなっている。</p> <p>エネルギー統計に関しては、国のエネルギー部門の全体像を明らかにする完全な情報はなく、統計データの信頼性が不十分であるとしている。同決議の附属書 1、附属書 2 に改善のための取り組みを記載。</p>

出典：Lex UZ HP に基づいて調査団が作成

3) 電源開発計画

「ウ」国の電源開発計画は、MoE のコンセプトノートに基づき計画されている。コンセプトノートでは、現状の電力需給状況と課題を整理したのち、2030 年までの電力需要を予測し、火力、水力や再生可能エネルギーなどの電源開発計画について示している。

表 2-16 MoE コンセプトノート

法制度名称	2020～2030 年において電力供給を確保するための MoE の方針
発効年	2020 年 4 月
概要	<p>次のような発電能力強化計画を有する。電力需要対応能力は 2030 年までに大きく強化される見込みであり、需要サイドの電力へのシフトに対応することができる。</p>

	<p>現在の設備的課題は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 発電効率が低いこと (25-35%) • 送変電の老朽化 • 一貫効率が低いこと • 発電部門の自動化とデジタル化の不足 <p>記載されている諸元</p> <p>① 利用できる発電容量 12.9GW</p> <p>② 冬季および夏季の負荷</p> <ul style="list-style-type: none"> • 冬季のピーク 10.4GW (2019)、差異 2.3GW • 夏季のピーク 9.4GW (2019)、差異 2.6GW <p>③ 需要動向と 2030 年の展望</p> <ul style="list-style-type: none"> • 発電量増加率 (2012-2019 年) 年率 2.6% • 電力消費増加見込み (2030 年まで) 約 6-7 % • 2030 年の消費量予測 : 120.8 TWh (2018 年の 1.9 倍) • 2030 年の一人当たり消費量予測 : 2,665 kWh /年(2018 年 1,903 kWh に対し 71.4%増) • 需要に対する不足量 約 9.4 % • 電力輸出入: 2030 年 まではバランスし 6 TWh /年に達する。 • ピーク最大電力予測: 20.9GW (2030 年) 10.4GW (2019 年冬季) <p>④ 火力発電部門の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2020-2030 年に 13 のプロジェクトを予定 • 設置する火力発電所 (TPP) 能力 14.7GW (2030 年まで) <p>2030 年の発電量 70.7 bln kWh (2018 年の 1.3 倍)</p> <p>老朽のため休止する TPP 5.9 GW (2030 年まで)</p> <p>⑤ 再生可能エネルギーによる発電</p> <ul style="list-style-type: none"> • 建設目標: 風力 3GW、太陽光 5GW <p>⑥ 水力発電の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2030 年水力発電所(HPP)容量 3.8GW、発電量 13.1 TWh <p>⑦ 全発電能力: 29.2GW (4.4GW のピークロード対応を含む)</p> <p>発電量 120.8 TWh</p> <p>天然ガス TPP: 13.4GW (45%) 70.7 TWh (58.5%)</p> <p>石炭火力 TPP: 1.7GW (5.9%) 13.1 TWh (10.8%)</p> <p>水力: 3.8GW (13.1%) 9.9 TWh (8.2%)</p> <p>風力: 3GW (10.4%) 8.6 TWh (7.1%)</p> <p>太陽光: 5GW (17.3%) 18.0 TWh (14.9%) (1000 MW の蓄電)</p> <p>NPP: 2.4GW (8.3 %)</p> <p>消費者所有の発電: 0.6 TWh (0.5%)</p>
--	---

発電設備の導入計画					
カテゴリー	タイプ	場所	導入数	合計容量 (MW)	工事期間
TPP	GT (50-100MW) ピークロード補償	as regulating power plants	2	200-300 x2 将来:合計 1200	2021-2023
TPP		Syrdarya	2	650-750 x2 将来:合計 2600-3000	2023-2024
TPP	コンバインドサイクル発電所 (CCGT)	Navoi as No3	1	650	2023-2024
TPP		Navoi as No4	1	650	2024-2025
TPP		Talimarjan as No.3,4	2	合計 900 以上	2023-2024
TPP	CCGT 計画段階	Kashkadarja or Surkhandarja		1300	2025-2026
TPP	石炭火力発電	Angren	1	150	未確定
TPP	既存石炭火力発電の近代化	Novo-Angren No.1-5		容量増加 330	未確定
	13 プロジェクト 新設 6 既存 TPP の拡大 6 Novo-Angren 近代化 1			増加 3800 4100 330	2020-2030
CHPP	GT	Ferghana	1	17	2020
CHPP	GT	Tashkent	2	54	2022
Wind	100-	Karakalpakistan		目標 合	2020-

	power	500MW	Navoi		計 3000	2030
	Solar power	100-500MW	Djizzak Samarkand Surkhandarya other regions		目標 合計 5000	2020-2030 合計容量 600MW および 800MW から開始
	Hydro power	62 projects			1537	2020-2030

出典：MoE コンセプトノート (<https://minenergy.uz/en/lists/view/77>) の記載事項を要約し、調査団が入手したその他の情報を追記

4) 省エネに関する規制関連政策

「ウ」国の省エネに関する規制としては、集合住宅での暖房に関する大統領令 PP2912 や閣僚決議 No.86 の省エネラベリング制度が挙げられる。

「ウ」国の省エネ認証ラベルは、近隣 5 か国（ロシア、キルギス、アルメニア、カザフスタン、ベラルーシ）との輸出入の共通規制として利用される側面もあり、EU のラベルと類似したラベルを採用している。省エネラベルのランクを決定する省エネ効率の計算は、EU のラベルの計算手法と同様の手法をとっており、Uzbek Agency for Technical Regulation が製品の品質やエネルギー効率などの標準化や認証を実施している。省エネラベリング制度を利用した補助金などの省エネ施策は行われていないが、MoE と MIFT が共同で立案した再生可能エネルギー利用促進に対する税制優遇（大統領令 No.4422。

「2) エネルギー効率化、省エネに関する政策」を参照）がある。省エネラベルを利用したエネルギー効率の高い製品普及のための施策立案を想定した場合、その政策立案を担う組織としては、製品に対する認証を行う業務を主とする Uzbek Agency for Technical Regulation ではなく、MoE や MIFT になると考えられる。

表 2-17 大統領令 PP2912

法制度名称	2018～2022 年の熱供給システム開発プログラム
発効年	2017 年 4 月
概要	<p>新築の集合住宅は個別の暖房システムまたは高効率のローカルボイラハウスの設置なしでは認められないとする 2017 年の PP2912 に従って、新築の建物および集合住宅での暖房、給湯のための熱利用に関して次の方針が実施されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 個々の建物や集合住宅はセントラル方式の地域熱供給の供給配管の設置を行わず個別にボイラを設置する。 ・ ボイラは、天然ガスボイラを使用するが、9 階以上の高所に設置するボ

	イラは圧力不足のため電気ボイラを使用する。
--	-----------------------

出典：Lex UZ HP に基づいて調査団が作成

表 2-18 建設省（MoC）の断熱政策に関するヒアリング情報

法制度名称	－
発効年	－
概要	<p>断熱規制について</p> <p>MoC によると新築集合住宅の断熱性には高い基準を要求している。現状の断熱に関する実施施策は下記のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 断熱基準 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 2011 年までは結露防止を優先し、2012 年は壁面、窓ガラス、屋根の断熱基準を設定し、新設建築に適用した。暖房熱量の計算基準を見直している。外壁は 70°C まで上昇するため、間隔をとった 2 重壁としている。断熱材は外面に設置し、レンガの使用を禁止している。 ・ 建築申請 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 省エネ計画と平方メートル当たりのエネルギー使用量を提出する。その水準によって 4 ランクの認定証を発行する。 ・ 設計基準 <ul style="list-style-type: none"> ✓ モデル設計として学校 11 種、スポーツセンター 7 種、幼稚園 3 種、医療施設 7 種など。壁面はガスブロック、サンドイッチパネルを使用している。住宅の設計基準として、3LDK の場合は 1 室、4LDK の場合は 2 室に 3 時間太陽が当たるようにする。 ・ 省エネ基準 <ul style="list-style-type: none"> ✓ ポンプ、エアコン、照明の基準が適用される。 ・ 新設と改修 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 2,000 件／年の新設、改修に対して省エネ対策をとる。国家予算で実施される改修では、断熱対策を導入する。既存のソ連時代の 9 階建の標準的な建築物は断熱性能が低く、特に側面に断熱性がない。

出典：Lex UZ HP に基づいて調査団が作成

表 2-19 政令 No.86

法制度名称	強制的なエネルギーマーキングのシステムと販売された家庭用電化製品、新しい建物および施設の認証を共和国へ導入するための措置
発効年	2015 年 4 月
概要	省エネラベリング規制について
	省エネラベリングについて、18 カテゴリーの家電製品が規制されている。

	省エネラベルのランクは A+++ から G のグレードで開始され、その後、2017 年に G、2018 年に F、2019 年に E、2020 年に D が禁止され、低効率の家電製品が市場から排除されている。
--	--

出典：Lex UZ HP に基づいて調査団が作成

(2) 価格政策（燃料、電力、ガス、温水料金）

1) 燃料価格

ガス価格は需要者ごとに次のように設定されている。家庭用は政策的に低価格に抑えられている（表 2-20）。ガスを使用して化学製品を製造すると 3000UZS（0.2640USD）（m³ 当たり）の付加価値が得られる。また、家庭のガス価格は地域によって異なる（表 2-21）。

表 2-20 需要家ごとのガス価格

需要家	価格（UZS/m ³ ）	USD
家庭	380	0.0334
発電プラント	660	0.0580
民間企業	1000	0.0088

出典：2021 年 6 月 MoE 面談より調査団作成

通貨単位は、2023 年 1 月 31 日時点の「ウ」国中央銀行のレート（1UZS=0.000088USD）を用いて USD に換算。

表 2-21 地域ごとの家庭向けガス価格

地域	価格（UZS/m ³ ）	USD
Tashkent City	380	0.03334
Andijan, Jizzakh, Kashkadarya, Samarkand	226~227	0.0199~0.0200
その他地域	209	0.0184

出典：E-kommunal サイト 2021 年 7 月時点

通貨単位は、2023 年 1 月 31 日時点の「ウ」国中央銀行のレート（1UZS=0.000088USD）を用いて USD に換算。

2) 電力価格

電力料金は事業者と家庭用で区分されている。家庭向けの電力価格は、全地域で 295UZS/kWh（0.0260USD/kWh）である（E-kommunal サイト 2021 年 7 月時点）。工場を含む事業者に対しては 450UZS/kWh（0.0396USD/kWh）である（調査アンケートより。2021 年 7 月時点）

3) 温水価格

家庭向け温水価格は地域により異なる。

表 2-22 地域ごとの家庭向け温水価格

地域	価格（UZS/m ³ ）	USD
Tashkent City	5242	0.4613

Bukhara	2868	0.2524
Jizzakh	3456	0.3041
Navoi	1683	0.1481
Namangan	3220	0.2834
Samarkand	3534	0.3110
Fergana	3174	0.2793
Khorezm	4415	0.3885

出典：E-kommunal サイト 2021年7月時点

通貨単位は、2023年1月31日時点の「ウ」国中央銀行のレート（1UZS=0.000088USD）を用いてUSDに換算。

暖房温水料金について、熱量計によらない場合、通常、床面積 m² 当たりで決定される。

4) 料金制度

料金設定は財務省（以下、「MoF」）が決定し、料金引き上げ改定が実施されている。

2010年～2018年の期間で熱料金は地域によって異なるが3～4倍上昇しており、家庭向け電力料金は年平均14%程度の上昇となっている（2019年経済産業省(METI)調査報告、website データの分析による）。供給先によってガス料金は異なっているが、このような政策的料金設定を変更する方針はとられていない。

5) 使用量計測

計量器の設置状況は、電気、ガスの使用量計量器は全数設置済みであり、熱の使用量計量器は、法人では熱量メータが全数設置済み、集合住宅は流量計が全数設置されている。なお、戸建住宅は天然ガスを利用するため、熱の使用量計測の対象外となっている。詳細は、第7章の表7-9を参照。

6) 料金徴収

電力については、メータに基づくプリペイド方式が採用されている。詳細は、第7章の表7-9を参照。

(3) 省エネ関連政策・法制度に係る組織体制

現地調査により、エネルギーに関する政策、制度、組織について、概ね以下のように統括できる。

① エネルギー価格政策と決定

エネルギー価格は内閣決定；政令 No310 (April 13, 2019 付) により内閣府の省庁間関税委員会により決定する事が定められている。対象となるエネルギーは、発電、熱、配電、ガス・オイルの価格、並びにこれらの販売や輸送にかかる手数料等に適用される。省庁間関税委員会は、財務大臣が委員長となり、(MoED&PR)、MoE、MoHCS、運輸省(MoT)の各大臣と、財務省副大臣、独占禁止委員会委員長で構成される。価格決定の手

順は、政令 964 (Dec 3, 2019 付) に定められており、発電、熱供給、ガス会社等の TES と輸送販売を行なう組織が所轄省庁 (MoE や MoHCS 等) に申請する。申請内容は関係省庁間の調整をへて MoF が内容確認し、省庁間関税委員会で承認後に、MoF が決定内容を周知する。

② 省エネ政策

「省エネ技術導入と再エネ源の開発」(PP4422 ; 2019/8)、「エネルギー効率向上と資源リサイクルによる産業エネルギー依存の減少」(PP4779;2020/7)がベースとなっている。

以下に各省庁の組織と主な役割を示す。

1) エネルギー省 (MoE)

「ウ」国政府は、エネルギーの管理体制の抜本的な改善のために、2019 年に組織変更を実施する事を決定し、MoE が設立された (UP5646、P4142)。MoE には、電力部門やオイル・ガス等の燃料部門、財務・価格部門が配置されている。省エネに関しては Department of Energy Efficiency and Energy Conservation が配置され、省エネに関する行政全体を統括する部門と位置づけられている。この組織改革に伴い、電力産業組織の再編 (PP4249) や、エネルギー検査機関である Uzneftgazinspektsiya (石油・ガス) や Uzenergoinspektsiya (電力) の責任・権限を明確にし、電気、ガス消費量計測機器の検定についても整理した (No520 石油・ガス、電力の使用を管理するための検査活動を組織するための措置)。しかしながら、現状では暖房熱量計測に関する検査認定責任と権限については不明確である。

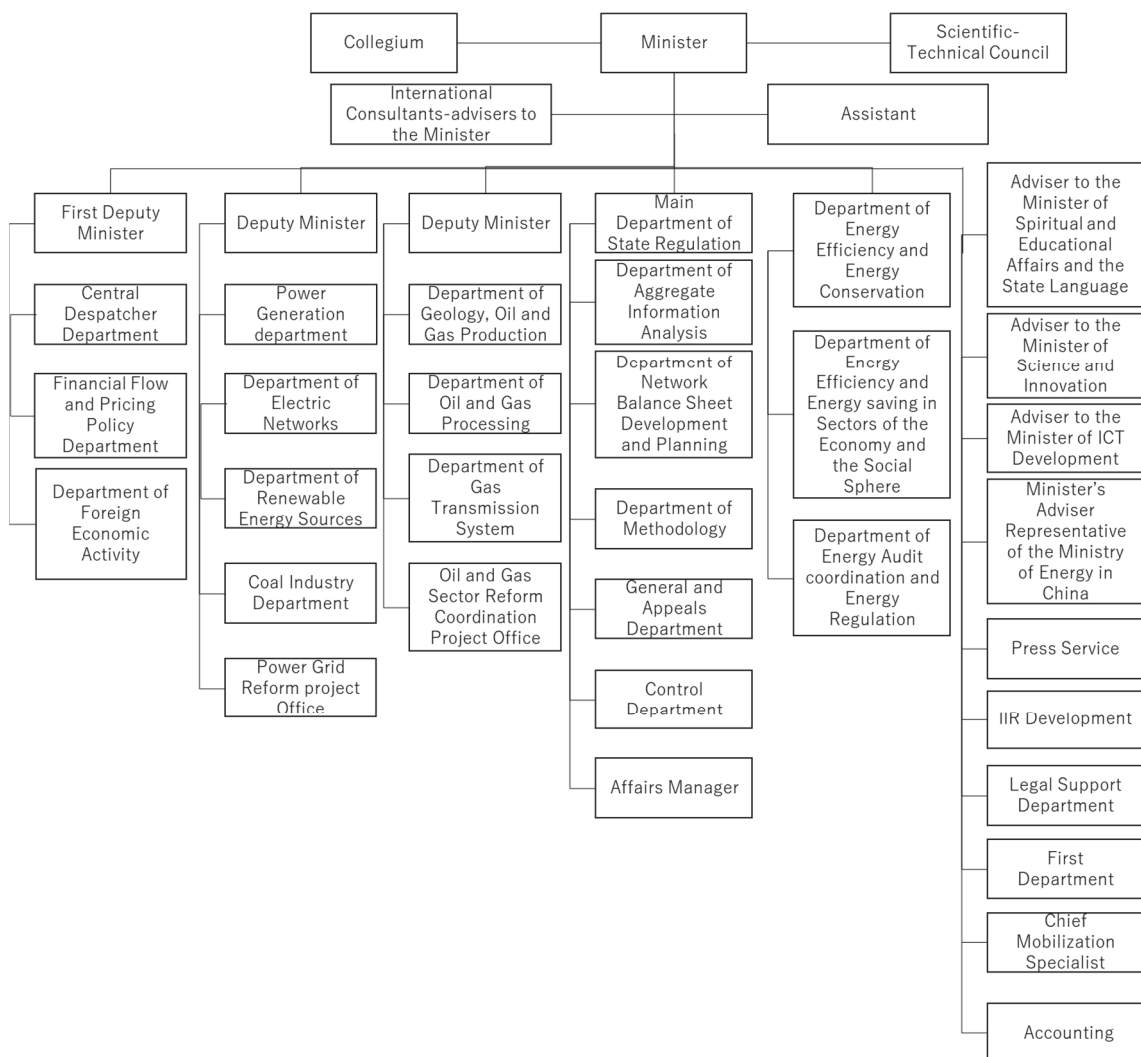


図 2-21MoE の組織図

出典：「ウ」国の法令（Decision of MoE No54, on April 9, 2021）に基づいて調査団が作成

2) 省エネ制度の関連組織

① Uzbek Agency for Technical Regulation (旧 UZSTANDARD)

エネルギーの法制度としては省エネラベルに関連するものがあり、対応機関としては UZSTANDARD がその責務を果たしてきた。2021 年 7 月には組織改変があり Uzbek Agency for Technical Regulation となり、対外経済貿易省 (MIFT) の傘下組織となった。

旧 UZSTANDARD は製品認定を実施する機関(No1458)として、省エネ機器に限らず製品認証に関する行政を担当してきた。2015 年には国際基準にもとづくエネルギー効率パラメータ決定の方法論(No491)決定に関与し、省エネラベルの階層分類(O'zDSt 3017)を定義し、輸出関税コード (TN VED) を決定した(No86, No860)。しかしながら、Uzbek Agency for Technical Regulation 傘下の省エネ機器の認定・検査は UZTEST (Uzbek Center for Scientific Testing and Quality Control) 等の検査機関における、組織・人員や検査機材の不足から実施できず、対象機器が貼られた省エネラベルに適合しているかの

検査確認が行なわれない。

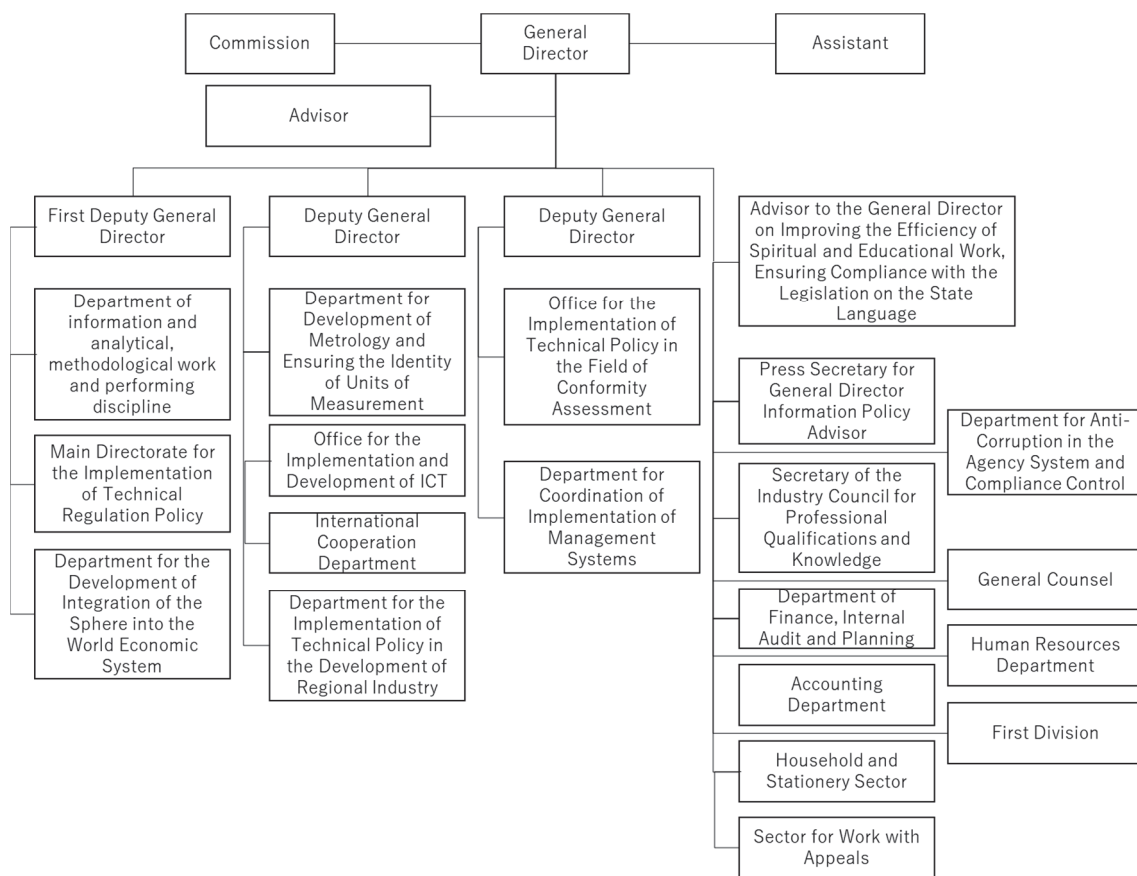


図 2-22 Uzbek Agency for Technical Regulation の組織図

出典：「ウ」国の法令（Decision of President PP-5133, on June 2, 2021）に基づいて調査団が作成

② 住宅公共サービス省（MoHCS/MJKO（口語略））

「ウ」国全体の住宅や建物等の熱消費は MoHCS が統括しているが、電気・ガス・熱供給などの行政の実務は地方や各市の政府が担っている。

MoHCS ではこれまで最重要事項として飲料水の供給確保政策が優先されてきたが、地方・遠隔地の電力・ガス・熱供給も未だに行き届かない地域がある状況であり、今後その改善にも取り組んで行く方向であるため、省エネ政策については、さらにその先のステップとなると考えられる。

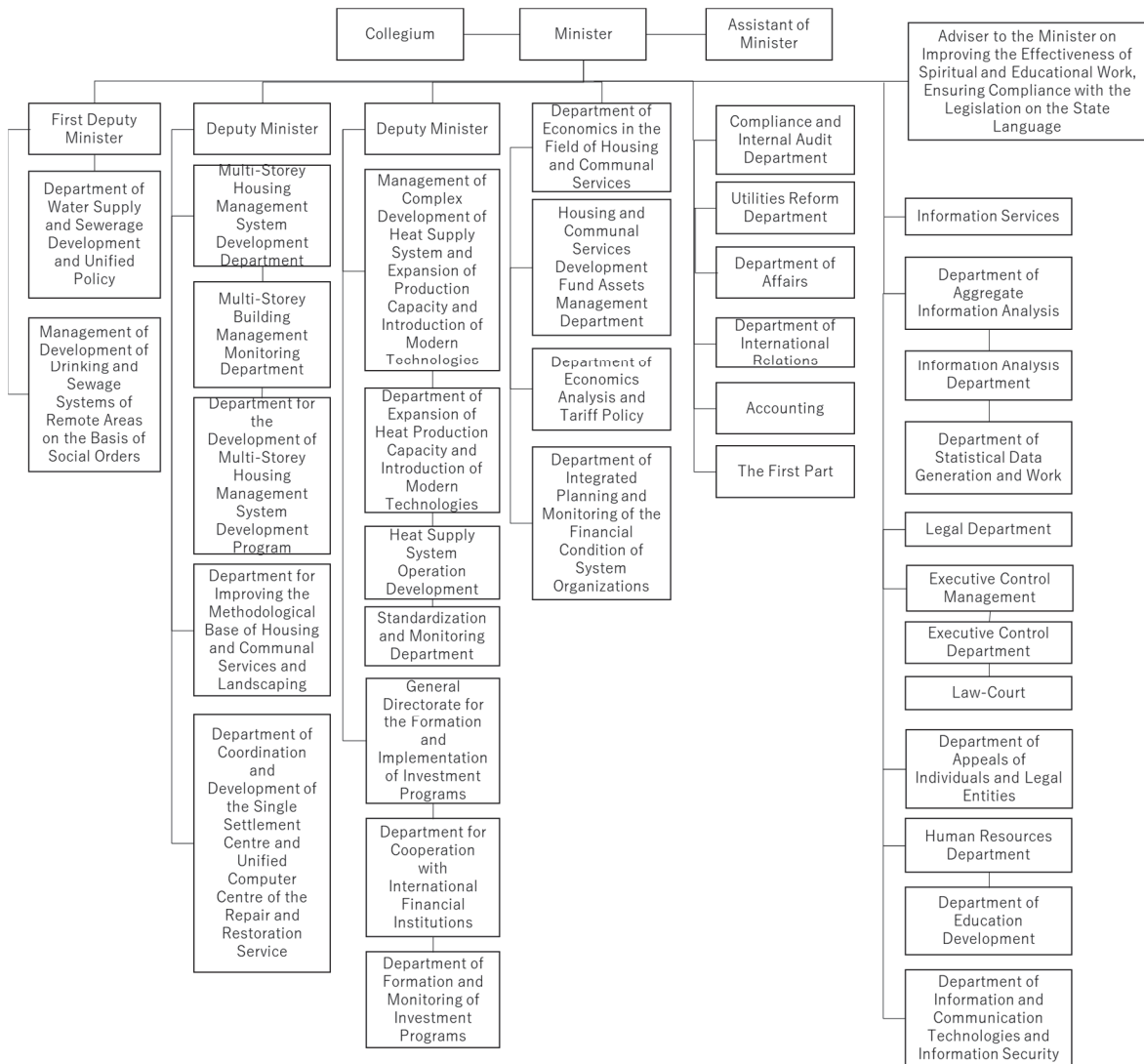


図 2-23 MoHCS の組織図

出典：「ウ」国の法令（Decision of MJKO No103, on April 12, 2021）に基づいて調査団が作成

③ タシケント市役所の熱供給部門（住宅部門：MDHCS）

MDHCS は JSC Teploenergo (TOSHISSIQQUVVATI) や Tashkent Heating Center (Tashkent issiqlik markazi) を傘下にもち、これらの組織は市内の大型ボイラ室 13 箇所、小型ボイラ室 216 箇所を管理運営し、市内熱需要の 90% を消費者に供給している。残り 10% は JSC TPP (JSC Thermal Power Plant) 傘下のタシケント熱電併給所 (Tashkent CHP/TashTETSU) から熱を買いとっている。現在 4 箇所のボイラ室にベルギー・ストーンシティーエネルギー社によるコジェネ (CGS) 導入の交渉を進めているが、MDHCS や Teploenergo/Tashkent Heating Center は発電業務には直接関与しておらず、発電業務の経験技術も無いため、CGS 設備の所有者が市役所になるか JSC TPP へ業務委託するか、今後の交渉により決定される。各地方の熱供給インフラに関しては「熱供給の財務改善」(PP4542;2019/12) によって、熱供給システムの近代化や省資源技術の導入が謳

われ、閉鎖型熱供給システム導入も計画されており、暖房熱供給のための温水に含まれる熱エネルギーや消費者に輸送されるまでの損失割合を明確にする熱量計測が改善される。これと平行して「タシケント市の熱供給システムの改善」(PP4543;2019/12)により熱量計の導入も進められる。

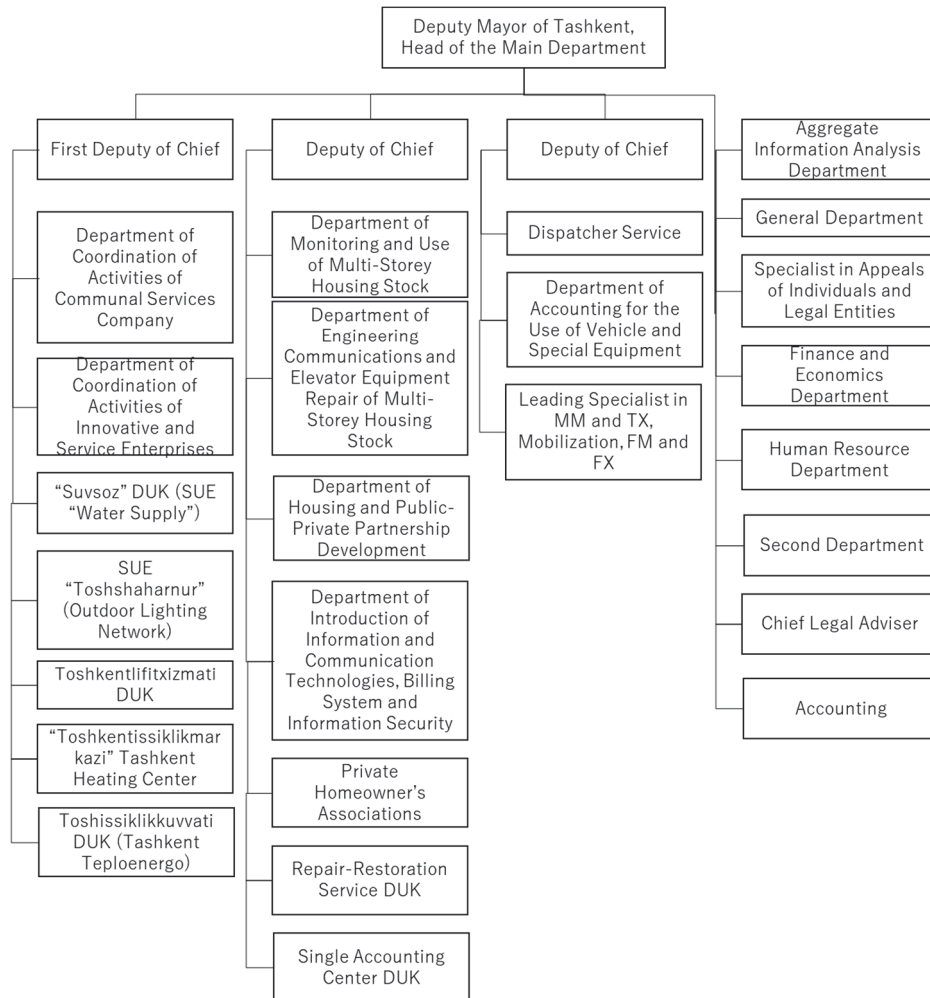


図 2-24 タシケント市役所熱供給部門の組織図

出典：「ウ」国の法令（Decision of Mayor of the Tashkent city No.1842, on 21 December, 2018）に基づいて調査団が作成

④ 経済開発・貧困撲滅省（MoED&PR）

産業部門活動を統括し、エネルギー大消費企業のエネルギー監査、グリーンエネルギーに関する取り組みを進めているが、高効率エネルギー機器の導入に関する技術基準は Uzbek Agency for Technical Regulation、熱供給は MoHCS、建築物の断熱に関しては MoC など、他省庁に依存する部分が多い。

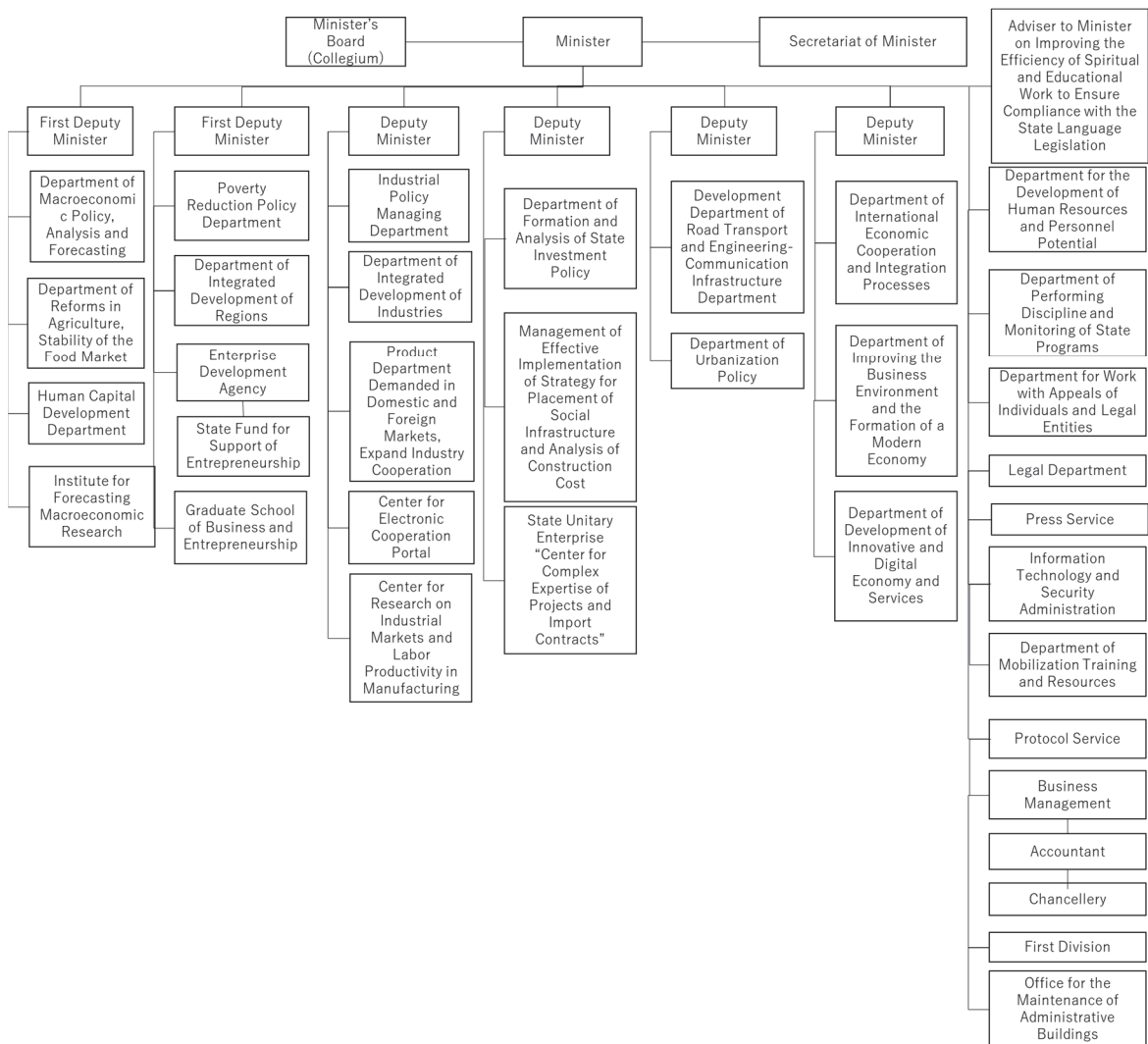


図 2-25 MoED&PR の組織図

出典：「ウ」国の法令（Decision of President PP4653, on March 26, 2020）に基づいて調査団が作成

⑤ 建設省（MoC）

MoC の組織は 2018 年の組織図から大きく変更は無いが、2021 年 5 月に一部改正があり、副大臣の退職とスタッフ人員の削減があった。

省エネに関連する業務として建築物の断熱があるが、2011 年までは断熱を配慮した建築設計が行われていなかった。2011 年以降の建築物には断熱設計が取り入れられ、現在は国際基準に準じた A～D の省エネ基準がある。「ウ」国は電気・ガスのエネルギー価格が国際的に安く、このために省エネ建築が普及しないという問題がある。学校や病院などの公共サービス施設の建設は省エネ建築が義務付けられ、実施されていて、省エネ建築に関しては Center for Regulation in Construction で省エネ建築の研究を行なっている。

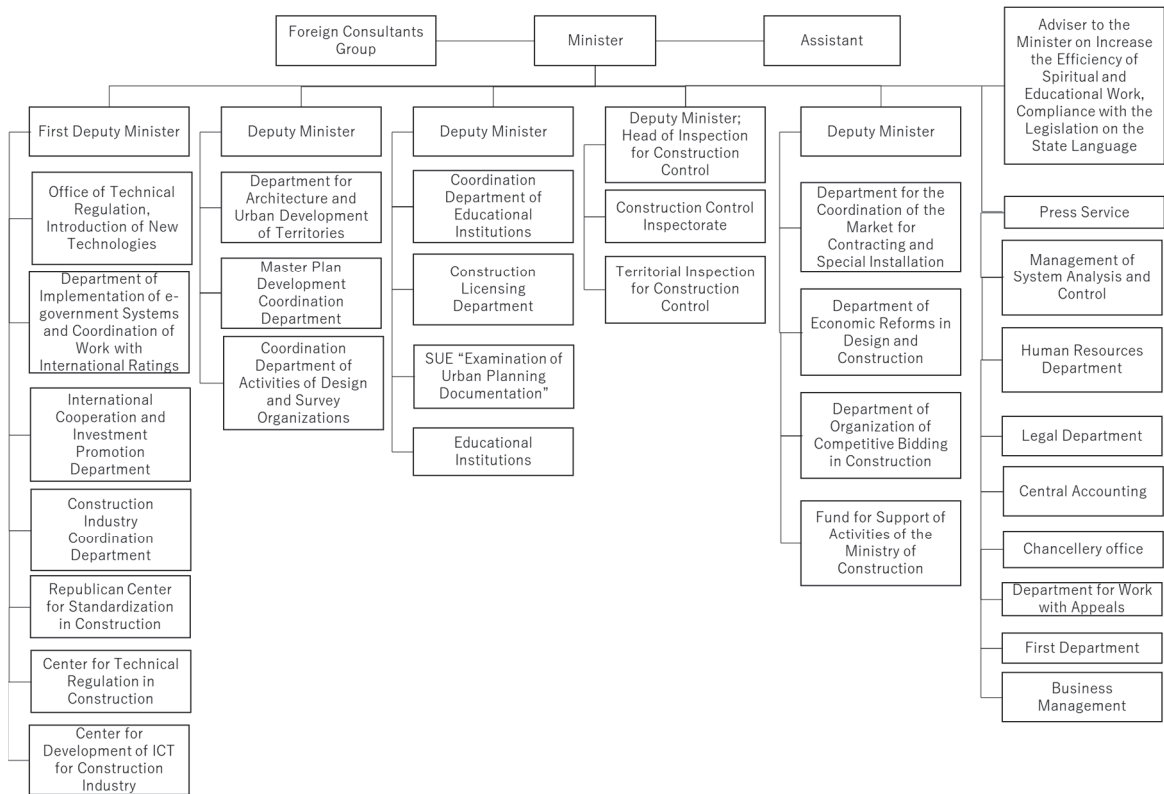


図 2-26 建設省の組織図

出典：「ウ」国の法令（Decision of President PP3646, on April 2, 2018）に基づいて調査団が作成

⑥ 国家統計委員会(AoS(旧 SCS))

「ウ」国において国家統計の作成は、公的統計法（Law About Official Statistics（2020年8月26日））の定めにより、AoSが唯一の公認機関とされている。従って、エネルギー統計についても AoS がデータ収集から作成、公表までの全体について責任を負っており、他の省庁はデータ収集に協力し、集計されたデータのユーザーの立場である。AoSの組織図を以下に示す。

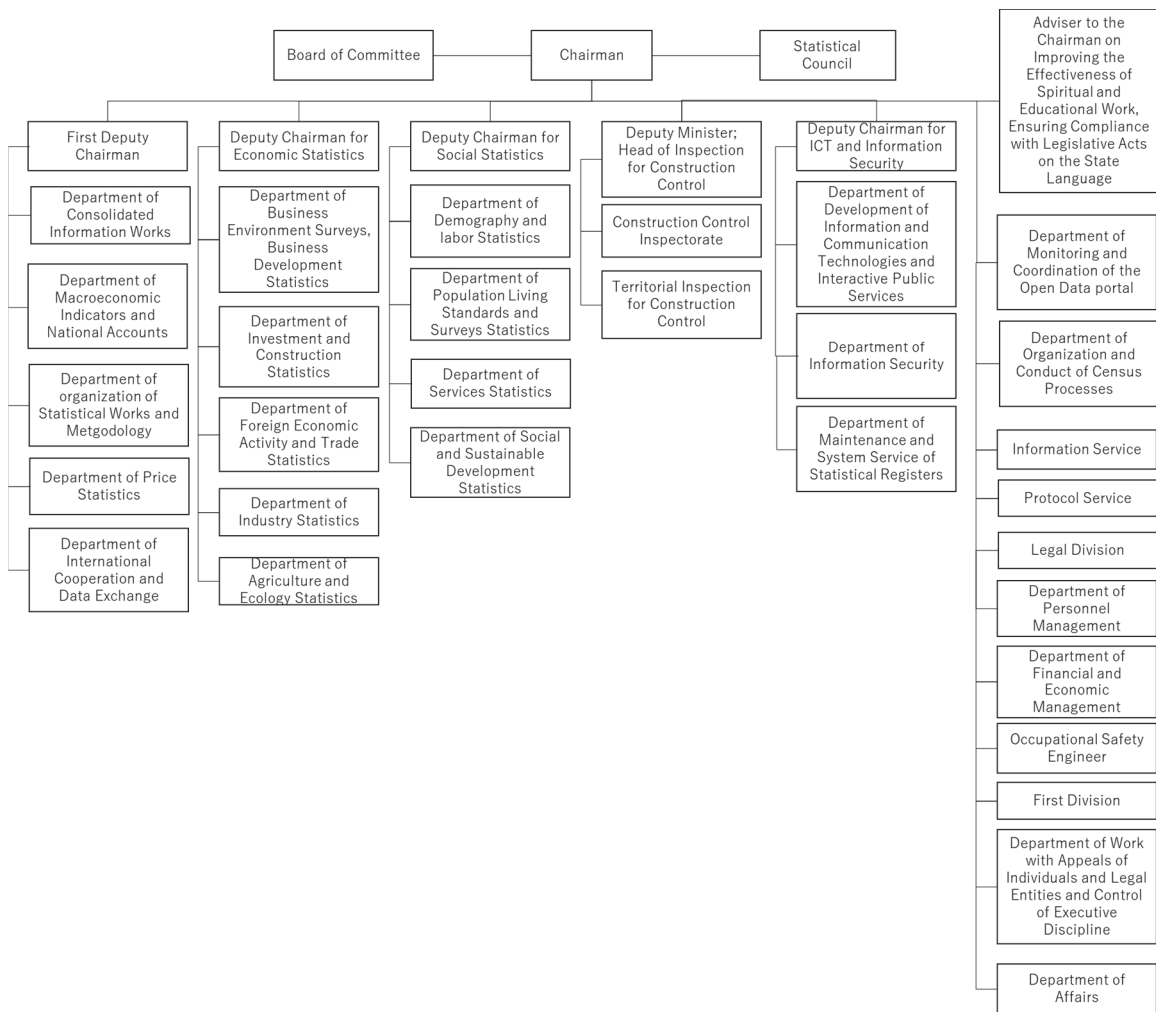


図 2-27 AoS(旧 SCS)の組織図

出典：「ウ」国の法令 (<https://www.stat.uz/en/about/structure> ;PP4796 Aug.3, 2020) に基づいて調査団が作成

2.3.2 気候変動対策

(1) NDC (Nationally Determined Contribution) の概要

「ウ」国の GHG 排出量は 2.2.1(3)に示すように、2017 年に 1 億 8,920 万 tCO₂e であり、特に施設や設備から漏洩するメタン排出量 (約 4,718 万 tCO₂e)、エネルギー産業や製造・建設・民生での燃料由来の CO₂ 排出量 (約 6,591 万 tCO₂e) が大きく、これらで「ウ」国の GHG 排出量の約 60%を占める。2017 年 PPP ベースの GDP あたりの CO₂ 排出量を見ると、2019 年においてウズベキスタンは 0.473kg であり、1990 年の 1.578kg から大幅に低下しているものの日本の 0.205kg の約 2.3 倍とエネルギー生産性が低い。⁸

⁸ World Development Indicators (世界銀行)

<https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=EN.ATM.CO2E.PP.GD.KD&country=UZB>
2023 年 2 月 1 日アクセス

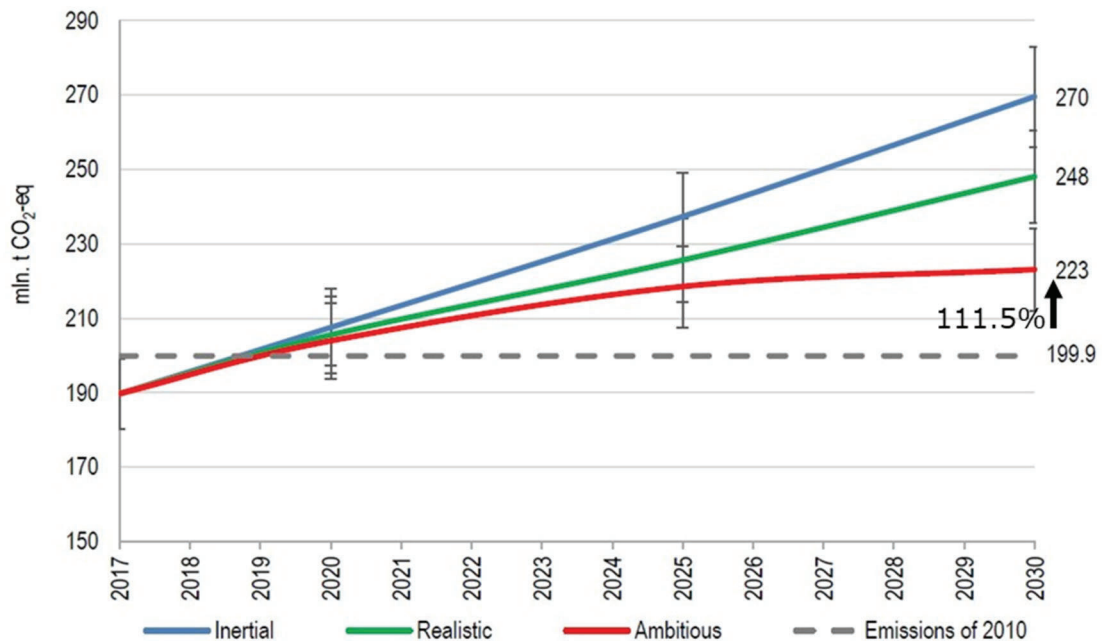
「ウ」国は 2021 年に NDC を改訂し、気候変動対策の目標として、2010 年の GDP あたりの GHG 排出量と比較して 2030 年までに 35%削減することを掲げ、エネルギー、農業、土地利用および林業、廃棄物部門での削減目標を設定している。

表 2-23 「ウ」国の NDC (2021 年) における緩和対策の概要

長期目標	GDP あたりの特定の GHG の排出量を 2010 年のレベルから 2030 年までに 35%削減する。
基準年	2010 年
対象年	2020 年～2030 年
対象 GHG	CO2、CH4、N2O、HFC
関連機関	<ul style="list-style-type: none"> 改訂版 NDC は、Center of Hydrometeorological Service (Uzhydromet)および子国際開発計画 (UNDP) と省庁横断ワーキンググループにより作成。 MoE および MoEDP は、National Low-Carbon Development Strategy の開発を行う。
関連法および政策	<ul style="list-style-type: none"> Law of the Republic of Uzbekistan "On Ratification of the Paris Agreement" (No.ZRU-491 dated 02.10.2018) Law of the Republic of Uzbekistan "On the Use of Renewable Energy Sources" (ZRU-539 dated 21.05.2019) Decree of the President of the Republic of Uzbekistan "On Approval of the Concept of Environmental Protection of the Republic of Uzbekistan until 2030" (UP-5863 dated 10.30.2019) Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan "On Approval of the Strategy for Transition of the Republic of Uzbekistan to a Green Economy for 2019-2030" (PP-4477 dated 04.10.2019) Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan "On measures to Implement the National Goals and Targets in the Field of Sustainable Development until 2030" (PKM-841 dated 20.10.2018)
主な緩和対策の計画	
エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 発電において再生可能エネルギーの割合を 25%まで増加する 産業、建設、農業部門などで省エネ技術を導入する
交通	<ul style="list-style-type: none"> 代替燃料を導入する
農業	<ul style="list-style-type: none"> 農業の生産性を改善する
廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> 都市廃棄物管理システムを改善する
森林	<ul style="list-style-type: none"> 森林面積を拡大する

出典： Updated Nationally Determined Contribution (Republic of Uzbekistan, 2021)
https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Uzbekistan_Updated%20NDC_2021_EN.pdf

また、ウズベキスタンは、2021年に国連に提出したBR⁹において、GHG Abatement Cost Model (GACMO)を用いて、2019年のGHG排出量を基準として2030年までのGHG排出量(CO₂、CH₄、N₂O)の経路を予測している。それによると、2030年時点で最も排出削減を進める野心的なシナリオ(Ambitious Scenario)においても2019年時点からGHG排出量の絶対量で111.5%増加する予測となっている。



Inertial：現状のGHG排出傾向、エネルギー消費傾向が継続する。
 Realistic：資金が確約されている実施中或いは実施予定の緩和策によりGHG排出増加率が低下する。
 Ambitious：国際支援のもとでエネルギー分野の削減ポテンシャルを最大限実現する。

図 2-28 「ウ」国のGHG排出経路の予測

(2) GCF プロジェクトの実施状況

「ウ」国では緑の気候基金(Green Climate Fund、以下GCF)において、2023年1月末時点で合計4事業(緩和2件、適応2件)を実施している。¹⁰ 国家認定機関はウズベキスタン投資・対外貿易省(Ministry of Investments and Foreign Trade of the Republic of Uzbekistan)の副大臣であるMr Badriddin Abidovが窓口となっている。実施中の緩和事業2件の概要を示す。

⁹ First Biennial Update Report of The Republic of Uzbekistan (Government of Uzbekistan, 2021)

<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/FBURUZeng.pdf> 2022年7月16日アクセス

¹⁰ Green Climate Fund: Uzbekistan <https://www.greenclimate.fund/countries/uzbekistan> 2023年1月31日アクセス

表 2-24 「ウ」国の GCF 事業（緩和）の概要

FP140	
Title	High Impact Programme for the Corporate Sector
承認日/完了予定	2020 年 8 月 / 2029 年 9 月
認定機関	欧州復興開発銀行（EBRD）
対象国	ウズベキスタン、カザフスタン、ヨルダン、モロッコ、チュニジア、セルビア、アルメニア
GHG 排出回避総量	1,722 万 tCO ₂ e（プロジェクト期間 18 年間）
費用	10 億 USD（GCF は 2 億 5,803 万 USD、うち無償 553 万 USD）
概要	エネルギー集約型産業、アグリビジネス、鉱業部門を対象に、気候変動緩和への影響の大きな技術の採用を促進し、コーポレートガバナンスおよび経営層レベルでの行動の変化を促進することで、低炭素成長の経路を構築する。
URL	https://www.greenclimate.fund/project/fp140
FP163	
Title	Sustainable Renewables Risk Mitigation Initiative (SRMI) Facility
承認日/完了予定	2021 年 3 月 / 2033 年 4 月
認定機関	国際復興開発銀行（IBRD）
対象国	ウズベキスタン、ボツワナ、中央アフリカ、ケニア、マリ、ナミビア
GHG 排出回避総量	8,900 万 tCO ₂ e（プロジェクト期間 25 年間）
費用	16 億 USD（GCF は 2 億 8,000 万 USD うち無償 8,400 万 USD）
概要	低炭素で持続可能な開発経路に移行し、安価で信頼性が高く、持続可能な再生可能エネルギーへのアクセスを促進するため、再生可能エネルギー技術開発、電源・送電網への公共投資および再生可能エネルギーへの投資リスク軽減手段の活用を支援する。
URL	https://www.greenclimate.fund/project/fp163

出典：Lex UZ HP に基づいて調査団が作成

2.3.3 他ドナーの支援動向

(1) 欧州復興開発銀行（EBRD）




EBRD は MoE と協力して電力部門での 2050 年脱炭素達成のための提言とロードマップを作成しており、特に表 2-25 に示す 5 項目について取組みのための時間軸と共に提言し、図 2-29 に示す脱炭素達成までのエネルギーミックスを示している。EBRD が示しているエネルギーミックスでは、2030 年までに既存天然ガス火力の近代化に取組み、2030 年以降は新規天然ガス火力の廃止と再生可能エネルギーの拡大を進め、天然ガス火

力発電は再生可能エネルギーの増加に対するバランスングに利用することを提言している。

表 2-25 EBRD によるウズベキスタンの電力セクターにおける 2050 年カーボンニュートラル達成のための提言¹¹

		1-2y	3-5y	5y~
1. インフラの改善				
概要	効率的で低炭素な発電インフラとグリッドの継続的な開発。			
内容	Ministry of Energy Concept for 2020-2030 に示される発電源の効率化・低炭素化および再エネ大量導入を受け入れるためのグリッドの改革を継続する。特に天然ガス火力は再エネの変動を調整する役割としても期待できる。また再エネ変動性を分散・吸収するための国家間のグリッド連系も重要な役割を担う。			
関係機関	MoE			
2. 再エネ促進枠組みの確立				
概要	再エネ開発を促進するための規制および制度改革の実施。			
内容	再エネ資源の開発を可能にし、支援するための規制・制度改革を実施し、国内外の投資を再生可能エネルギーに動員することで、グリーン雇用の創出にも貢献する。エネルギー関連国有企業のガバナンスに関する法的枠組みを改訂することでエネルギーセクターの脱炭素化を図り、また民間セクターの参入を促進することが重要。			
関係機関	MoE／国家生態環境保護委員会（SCEEP）／電力市場規制当局（EMR）／MoF／投資貿易省（MIIT）			
3. 補助金改革とカーボンプライシング				

¹¹ A carbon-neutral electricity sector in Uzbekistan: Summary for policymakers (Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan, 2021) を元に調査団が作成。

		1-2 y	3-5y	5y~
概要	炭素集約度の高いエネルギー源を支援する制度・補助金の廃止および最終的なカーボンプライシング制度の策定による公平な競争の創出。			
内容	炭素集約的なエネルギーへの補助金の段階的廃止と影響を被る事業者への補償の導入。ガスは真のコストを市場に示すために完全に自由化するべき。最終的には、カーボンプライシングを導入。			
関係機関	MoE/SCEEP/MoF/MIFT/経済開発貧困削減省 (MoDPR)			
4. 公的支援を創出するための意識向上キャンペーン				
概要	導入する変化による社会的な受容性や持続可能性を確実にする。			
内容	エネルギー価格に脆弱な消費者を保護するための措置 (価格上昇分の補償、エネルギー効率化や再エネ導入に対する補助金、電気料金の透明性確保、炭素価格付けによる収入の還付等) により、変革の社会受容性と持続可能性を支援する。			
関係機関	MoE/SCEEP/MoDPR			
5. 環境保護				
概要	気候変動の緩和とレジリエンスの向上、およびその他の環境への悪影響の低減の観点から環境を保護する。			
内容	プロジェクトの生物多様性・環境への影響を監視し、環境法を改善していく。気候関連財務情報開示タスクフォース (TCFD) の勧告に沿った気候リスクの評価と開示は、発電資産に対する気候変動の影響を理解する上で重要。			
関係機関	MoE/SCEEP/MIFT			

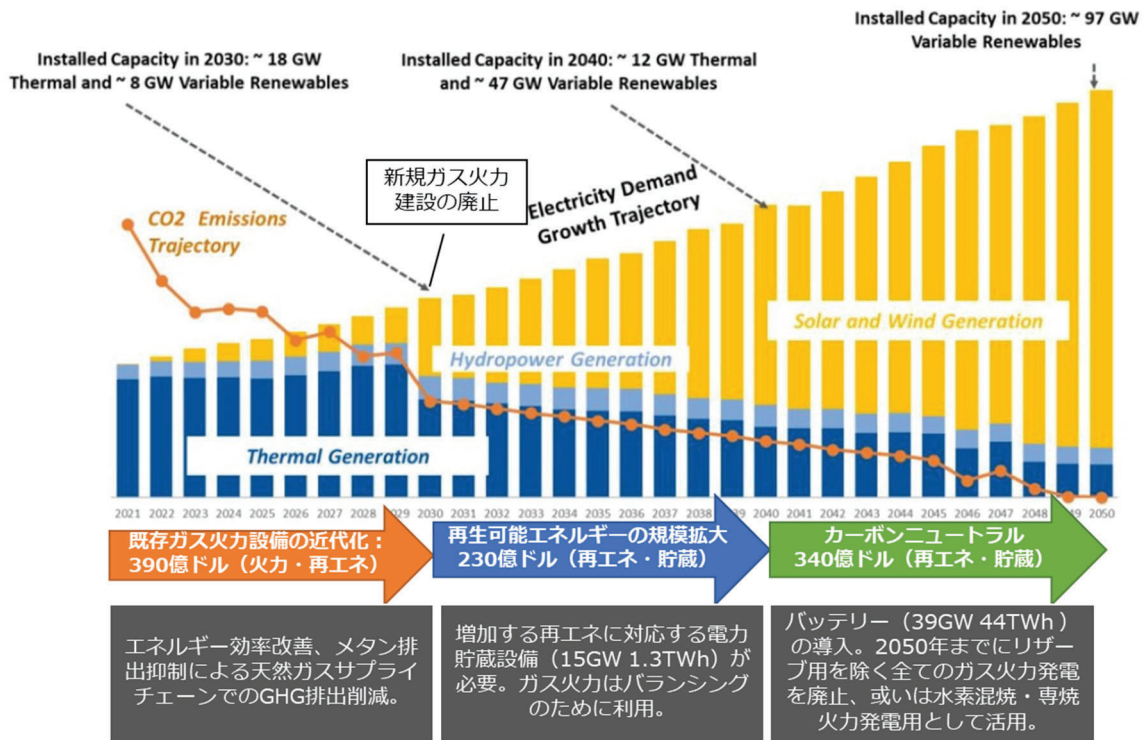


図 2-29 カーボンニュートラルシナリオでの発電ミックスと CO2 排出量の変化¹²

(2) アジア開発銀行（ADB）

ADB は、2019 年に、2019 年から 2023 年を対象とした「ウ」国の新しい「国別パートナーシップ戦略」（2019 年 5 月）を承認しており、「民間セクターの開発」「経済的・社会的格差の是正」「地域間の協力と統合の促進」を戦略分野として設定している。2021 年から 2023 年を対象とした「国別事業ビジネス計画」（2020 年 10 月）では、同期間に合計 24.73 億ドル、そのうちエネルギー部門に 7.1 億ドルの融資を予定している。太陽光発電や風力発電に加えて、電力部門リフォーム支援プログラムなどを実施しており、熱供給に関する事業としては、ガス部門の構造改革や SCADA の導入支援を実施しており、2023 年 1 月 31 日時点で以下が挙げられるが、直接的に地域冷暖房の改善に関するプロジェクトは見られない。

表 2-26 ADB によるウズベキスタンの省エネやガス、熱供給部門への開発事業

タイトル	Regional: Fostering Expanded Regional Electricity and Gas Interconnection and Trade under the CAREC Energy Strategy 2030
No.	54019-001
Status	Active

¹² A carbon-neutral electricity sector in Uzbekistan: Summary for policymakers (Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan, 2021) を元に調査団が追記。

対象国	ウズベキスタンを含む合計 11 カ国
タイプ	Technical Assistance
予算	2,900,000 USD
期間	2020 年 7 月 15 日～2023 年 12 月 31 日
概要	<p>2030 年までに信頼性が高く、持続可能で、回復力があり、改革された地域エネルギー市場という長期ビジョンを達成するために、「中央アジア地域経済協力 (CAREC) エネルギー戦略 2030」の実施を支援すべく、下記 4 項目を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 新しい地域送電協力協会の設立に向けた準備作業 ・ 市場改革を実行し、投資家を引き付ける政府の能力を強化 ・ グリーンエネルギーのための資金調達手段の確立 ・ エネルギー部門への女性の参加を増やすために、Women-in-Energy プログラムを確立
背景・課題	<p>CAREC 地域のエネルギー部門は、気候変動対策のための再生可能エネルギーの増加や民間部門の関与の他に地域の政治関係の改善など多様な要素に影響を受け、重要な岐路にある。CAREC 地域のエネルギー大臣は 2019 年 9 月 20 日にタシケントで閣僚宣言に署名し、地域エネルギー部門の共同長期ビジョンを採択し、「CAREC エネルギー戦略 2030」の実施を約束した。戦略には今後 10 年間の行動計画等が含まれ、本 TA はこの実施を支援するものである。エネルギー戦略の実施には下記のような課題がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 国境を越えたエネルギー接続による便益は相互に認識されているものの、電力網・ガスパイプライン網は依然として個別に計画されている。 ・ CAREC 地域のエネルギー会社への政府による管理と競争の欠如により、不適切なエネルギー価格の設定と補助金の支給、非効率な運用、エネルギーインフラの悪化につながっている。 ・ 2030 年までに必要な、中国を除く CAREC 地域のエネルギーインフラへの投資ニーズは 4,000 億 USD と見込まれるが民間からの投資が不足している。
URL	https://www.adb.org/projects/54019-001/main

タイトル	Support for Innovation and Technology Partnerships in Asia and the Pacific - Energy Sector High-Level Technology Application (Subproject 2)
No.	52307-003
対象国	ウズベキスタンを含むアジア太平洋諸国の合計 12 カ国
Status	Active
期間	2019 年 10 月 1 日～2022 年 9 月 30 日

タイプ	Technical Assistance
概要	プロジェクトの目的は次のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 冷暖房のためのクリーンエネルギー使用の増加 ・ 効率的な再生可能エネルギーベースのマイクログリッドの構築 ・ エネルギー需要管理の改善
背景・課題	ADB の 2030 年への戦略において、SDGs の達成のために電化、再生可能エネルギーの拡大、エネルギー効率の改善などエネルギー部門への支援は必須である。中央アジアでは冬季に暖房への熱需要が高いが、発電や輸送の再生可能エネルギーによる電化に比べて、暖房への熱需要に対する再生可能エネルギーの利用が進んでいない。
URL	https://www.adb.org/projects/52307-003/main

タイトル	Gas Transmission Network Modernization and Efficiency Enhancement Project
No.	52322-001
対象国	ウズベキスタン
Status	Proposed
タイプ	Loan
予算	3 億 USD
期間	未定（コンセプトペーパーは 2019 年 1 月 28 日に承認済）
概要	提案プロジェクトは、天然ガスの効率的利用を目的に、ガス部門を対象に以下の 3 項目に取り組む予定。 <ul style="list-style-type: none"> ・ ガス供給網のアップグレード ・ ウズベクネフテガスの O&M 能力強化 ・ ウズベクネフテガスの企業経営能力強化
背景・課題	ウズベキスタンにおいて天然ガスは最も重要なエネルギー源であり、ガス部門は国の税収の 20%、GDP の 18% を占める。住宅部門は天然ガスの最大の消費者（42%）である。そのようなガス部門には下記のような課題がある。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 将来にわたり持続可能な方法で天然ガスの供給量を確保すること。 ・ 50 年以上前に建設された天然ガス供給網の老朽化による天然ガスの損失、安全性の欠如。 ・ 天然ガス需給量の測定、監視および中央制御の機能の欠如による、ガス供給網維持費用の悪化、運用上のリスク増大。 ・ 質に劣る天然ガス輸送インフラによる輸出機会の損失。 ・ 不適切な天然ガス価格の設定や料金徴収によるズベクネフテガスの経営悪化。

URL	https://www.adb.org/projects/52322-001/main
-----	---

タイトル	Uzbekistan: Preparing Sustainable Energy Investment Projects
No.	52322-002
Status	Active
対象国	ウズベキスタン
タイプ	Technical Assistance
予算	3,375,000 USD
期間	2019年1月28日～2023年12月31日
概要	<p>本 TA では、下記の後継プロジェクト実施のために準備。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ガスセクター開発プログラム(7億5,000万ドル) ・ 配電ネットワーク近代化プログラム(3億ドル) ・ 地域エネルギー送電および配電強化プロジェクト(2億ドル)
背景と課題	<p>ウズベキスタン政府は国のビジョンである「ウズベキスタン 2030」を策定し、ガス供給網の近代化が喫緊の課題であるとしている。エネルギー分野の改革では、エネルギー部門の上流、中流、下流の機能の分離を伴う制度およびガバナンスの改革、適切な天然ガス価格および電力価格の設定を促進している。</p>
URL	https://www.adb.org/projects/52322-002/main

タイトル	Uzbekistan: Preparation of Gas Infrastructure Modernization in Uzbekistan
No.	52322-003
Status	Closed
対象国	ウズベキスタン
タイプ	Technical Assistance
予算	225,000 USD
期間	2019年12月27日～2021年8月11日
概要	<p>本小規模 TA では、ウズベキスタンのガス部門における SCADA システム導入の準備支援を実施。</p>
背景・課題	<p>SCADA はガス輸送システムの標準的な運用手法であり、ガス輸送インフラの状況をリアルタイムでモニタリングすることが可能である。SCADA の導入によりガス輸送システムの運用を最適化し、ガス輸送による収益の最大化を図ることが可能である。ウズベキスタンのガス部門は SCADA を導入しておらず、ガス輸送網の近代化が遅れている。</p>
URL	https://www.adb.org/projects/52322-003/main

タイトル	Uzbekistan: Digitize to Decarbonize - Power Transmission Grid Enhancement
------	---

	Project
No.	52322-04
Status	Proposed
対象国	ウズベキスタン
タイプ	Loan
予算	1.3 億 USD
期間	2019 年 12 月 27 日～2021 年 8 月 11 日
概要	<p>本プロジェクトは、以下を実施することにより低炭素化とグリーン経済開発への支援を目的とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 送電網の信頼性と安定性の強化 ・ 運用効率の向上とモニタリングと制御システムの改善 ・ 停電回数の低減 ・ 送電ロスの低減 ・ 合資会社(JSC)ウズベキスタン国営送電網(NEGU)のコーポレートガバナンスの強化
背景・課題	<p>「ウ」国の電力需要は年率約 4%～5%で増加しており、「ウ」国政府は非効率な TPP の段階的な廃止、再生可能エネルギーの導入を検討している。ウズベキスタンの電力網と変電所は 30 年～50 年前に建設されたものが多く、下記のような課題を抱えている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 老朽化した変電所のパーツ交換などのメンテナンスが困難となっており、故障により電力供給の信頼性の低下、システム停止などのリスクがある。 ・ 送配電網に SCADA が導入されておらず、電力網のトラブルの検知と対応に長時間を要する。 ・ JSC NEGU は送電網を維持管理しており、民間からの再生可能エネルギーへの投資を確保するには同社の信用力の向上が必要である。
URL	https://www.adb.org/projects/52322-004/main

(3) 世界銀行 (WB)

WB は、2022 年に、2022 年から 2026 年を対象とした「ウ」国の新しい「国別パートナーシップフレームワーク」(2022 年 5 月)を承認しており、「包括的な民間部門の雇用の増加」「人的資本の改善」「環境に配慮した成長による生活とレジリエンスの改善」を高位目標として設定している。省エネやガス、熱供給に関する事業としては、建物のエネルギー効率化への投資促進のための環境整備、電力網・域熱供給網の近代化に関する表 2-27 に示すプロジェクトを実施している。

表 2-27 WB によるウズベキスタンの省エネやガス、熱供給部門への支援事業

タイトル	Clean Energy for Buildings in Uzbekistan
No.	P176060
Status	Active
対象国	ウズベキスタン
タイプ	Loan
予算	1.859 億 USD
期間	2022 年 6 月 24 日～2028 年 12 月 29 日
概要	公共の建物のエネルギー効率を改善し、建物におけるクリーンエネルギーへの投資の規制の枠組みを強化することを目的とする。
背景・課題	<p>「ウ」国では天然ガスが一次エネルギー消費全体の 86%を占め、発電源の 80%以上を占め、GHG 排出量の 82%は天然ガスに関連している。建物部門は TFC で最大の割合を占めており、多くは暖房用である。公共建物では暖房のために消費するエネルギーが約 70%を占める。建物は概して状態が悪く、断熱が不十分で、旧式ボイラと給湯システムを使用しており、エネルギー効率が低い。一方でエネルギー効率化への投資には以下のような課題がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一般に公共建物の管理者などの顧客への融資ローンは期間が短く、担保が不足し、信用格付けが低いなどの理由から資金調達が困難である。多くの銀行は建物へのクリーンエネルギーの投資に精通しておらず、デューデリジェンスの実施能力が不足している。 ・ 公共建物の管理者がクリーンエネルギーへの投資を実行するには、エネルギー監査や実現可能性などの開発コストを賄う資金が不足している。 ・ 政府機関、銀行、民間企業で、エネルギー効率化への資金調達を行うための技術的能力が不足している。 ・ クリーンエネルギーへの投資の利点と必要性に関する情報と認識が不足しており、エネルギー効率の改善の普及が進まない。建物の類型などに関する統計情報も不足している。
URL	https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P176060

タイトル	Electricity Sector Transformation and Resilient Transmission
No.	P171683
Status	Active
タイプ	Loan

予算	4.27 億 USD（うち無償 4,700 万 USD）
期間	2021 年 6 月 25 日～2028 年 1 月 31 日
概要	<p>本事業は、NEGU の能力強化および送電システムの容量と信頼性を向上することにより大規模な再生可能エネルギーの導入を可能とすることを目的としている。本事業は 4 要素で構成されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電力システムの制御と配電の強化および電気通信網の近代化による送電部門のデジタル化 ・ 電力網の近代化、送電網の拡張等による電力網の強化 ・ NEGU の能力強化 ・ 電力市場の開発
背景・課題	<p>ウズベキスタンのエネルギー強度は過去 15 年間で約 45%減少したものの、GDP あたりのエネルギー使用量は欧州および中央アジア地域の平均よりも 3.1 倍高い。送配電インフラが古いため電力損失が高く、20%と推定され、再生可能エネルギーの普及を妨げている。「ウ」国は 2050 年までに電力部門を炭素中立化するという目標を掲げており、再生可能エネルギーの普及は優先的な対応事項であるため、これを実現するための電力網の近代化、関係機関の能力強化が必要である。</p>
URL	https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P171683

タイトル	District Heating Energy Efficiency Project
No.	P146206
Status	Active
対象国	ウズベキスタン
タイプ	Loan
予算	1.4 億 USD
期間	2018 年 1 月 25 日～2024 年 12 月 31 日
概要	<p>「ウ」国内の Andijan 市、Bukhara 市、Chirchik 市、Samarkand 市およびタシケント市内 Sergeli 区での暖房および給湯サービスの効率と品質の改善を目的とする。プロジェクトは以下の 2 つの要素からなる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ガスメータの設置、旧型のボイラや熱輸送パイプの回収等を含む地域冷暖房システムのアップグレード ・ MHCS、Kommunkhizmat Agency (Communal Services Agency) や地域冷暖房企業らに対するプロジェクト運営管理能力強化等
背景・課題	<p>「ウ」国の地域暖房は、天然ガス多消費部門の一つである。地域暖房サービスは伝統的に地方自治体の傘下にある公共企業により提供されてきた</p>

	<p>が、その多くは 2017 年に設立された MoHCS に移管されている。国内最大の地域暖房システムはタシケントにあり、国全体の地域暖房サービスの約 78% を占める。地域暖房サービスの多くは 1950 年～1970 年にかけて開発されたものであり、エネルギー効率は低下しているが、インフラの近代化への投資不足により、更に地域暖房サービスの劣化を招いている。主な課題は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コスト回収レベルを下回る熱料金の設定 ・ 低い熱料金の徴収率 ・ 老朽化した熱供給網による熱・温水の損失 ・ 運用能力の不足
URL	<p>https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P146206</p>

第3章 部門別省エネの現状・課題・方向性

本章では、第2章で特定した省エネのターゲットとすべき民生、産業部門について、各部門の最終エネルギー消費状況を更に詳しく見るとともに、省エネの方向性を検討するため、エネルギー効率の現状と課題を整理した。そして、「ウ」国として実施すべき省エネの方向性を示した。

3.1 住宅部門

3.1.1 最終エネルギー消費状況

Total Final Consumption: 最終エネルギー消費量 (TFC)の中で最も消費量が多い住宅部門の2018年から2020年の資源別消費の内訳を表3-1に示す。

表 3-1 住宅部門の資源別エネルギー消費内訳 (2018年～2020年/一次エネルギー換算)

Reidence	2018		2019		2020	
	ktoe	ratio	ktoe	ratio	ktoe	ratio
Coal	471	3.5%	290	2.2%	260	1.7%
Natural Gas	8,002	60.2%	7,577	58.1%	9,675	63.1%
Oil Products	509	3.8%	571	4.4%	471	3.1%
Electricity	3,089	23.2%	3,242	24.9%	3,668	23.9%
Heat	1,229	9.2%	1,357	10.4%	1,260	8.2%
Total	13,299	100.0%	13,039	100.0%	15,334	100.0%

出典：IEA Energy Balance2020に基づき JICA 調査団作成

全体の60%程度を天然ガスが占め、電気が24%程度、熱が10%弱、残りが石油製品および石炭となっており、住宅部門のエネルギー消費量は15,334ktoe(2020年)で、国全体の最終エネルギー消費(である41,218ktoe(2020年))の30%強に相当する膨大な量である。

現在「ウ」国には用途別最終エネルギー消費のデータが無いため、その用途が明らかではない。そのため、日本の最終エネルギー消費に関する過去の調査データを参照しつつ、推計を試みた。図3-1が示すように、暖房・給湯のエネルギー源は、灯油やガス、LPGで大半を構成していることから、「ウ」国の熱供給(Heat)や石炭(Coal)、石油製品(Oil Products)、天然ガス(Natural Gas)においても、大半が暖房・給湯に利用されるボイラや、厨房の燃料として消費されていると考えられる。

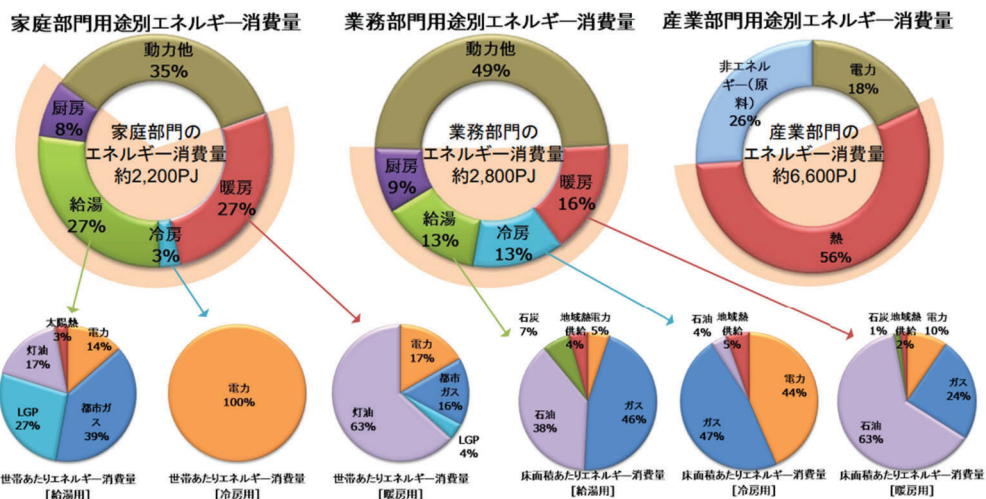


図 3-1 用途別エネルギー消費量

出典：“熱の有効活用について” 資源エネルギー庁 2015/4/17

また、図 3-1 のうち、動力は家電などを動かすための動力で、電力消費と考えられる。動力分の電力(35%)と、熱消費のエネルギー源別の内訳で使用されている電力の合計(暖房電力 (27*17%) +冷房電力 (3%) +給湯電力 (27*14%))が電力消費の合計とすると、電力消費のうち暖房・給湯に使用されている電力消費の約 1/4 は暖房・給湯に使用されているとわかるため、電力消費の約 1/4 が熱消費と読み取れる。「ウ」国の場合も電力消費の 1/4 を熱消費と仮定し、表 3-1 の 2020 年のエネルギー消費量を例に熱消費量を推計すると以下となり、約 80%が熱消費であるということが推測される。

$$\text{熱消費量(ktoe)} = \text{熱供給}(1,260) + \text{石炭}(260) + \text{石油製品}(471) + \text{天然ガス}(9,675) + \text{電力}(3,668 \times 0.25) = 12,583 = 82\% (12,583/15,334)$$

更に、図 3-1 を見てもわかるように、熱消費のうち暖房・給湯がその大半を占めており、「ウ」国においてもこの構造は同様と考えられ、熱消費の大半が暖房・給湯に使用されていると考えられる。

今回は日本のデータから推計を試みたが、住宅部門における省エネターゲットを明確にするためには、「ウ」国においても、消費エネルギーの用途および量の内訳を明らかにした上で、効率改善を図るべきターゲットを明確にすることが重要である。特に暖房や給湯のような熱利用設備を対象としたエネルギー消費調査を目的限定で行うことが必要と考えられる。

なお、2021 年から国家統計委員会(SCS)の家計調査にエネルギー消費に関する項目が加わり、住宅で消費したエネルギーの種類 (13 種類の選択肢から回答)、使用量、費用、住宅のタイプ、面積、部屋数、暖房の方法、暖房期間、停電対策等を詳しく調べているため、家計調査データの分析および統計のみならず住宅部門のエネルギー施策に活用されることが期待される。更に詳しい調査を行うには、International Energy Agency: 国際エネルギー機関(IEA)の Energy Efficiency Index を参照することを推奨する。

用途別のエネルギー消費量実態把握の参考事例として、日本国資源エネルギー庁が実施した「民生部門エネルギー消費実態調査」の調査方法を以下に紹介する。

【参考：「民生部門エネルギー消費実態調査」の調査方法】

(1) 住宅部門の TFC の推計方法の例

- ・ 調査対象の家庭を国勢調査に近い比率の地域配分で選定し、春夏秋冬の 4 回同一家庭を調査する。
- ・ 家庭用の電気、ガス、灯油、太陽熱を用いる機器について、エネルギー消費原単位を設定し、家庭での機器の使用台数、能力、使用頻度（時間、回数等）を調査し、それらの乗算により機器ごとの年間エネルギー消費量を求める。
- ・ 各機器の総和を世帯の年間エネルギー消費量とする。
- ・ 都道府県毎に、住宅構造や世帯人員について国勢調査に基づいて重みづけ集計して全体のエネルギー消費量を推計する。

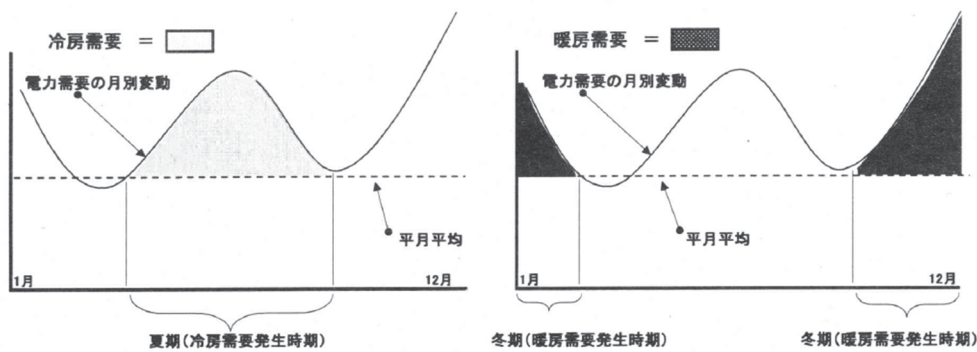
なお、住宅エネルギー消費の指標を用いるにはエネルギーデータ以外に次のようなデータが必要である。暖房の場合、床面積当たりのエネルギー消費量、あるいは住宅一戸あたりの消費量のような指標で比較評価することが有効である。

- ・ 暖房、冷房 ：住宅の床面積、人数、住宅戸数、住宅タイプ 等
- ・ 給湯 ：人口、住宅戸数 等
- ・ 調理 ：人口、住宅戸数 等
- ・ 照明、その他機家電器：人口、住宅戸数、機器数 等

(参照： IEA Energy Efficiency Indicators Fundamentals on Statistics)

(2) 住宅部門 TFC の「季節変動」に基づく推定方法

- ・ 調査対象の家庭を国勢調査に近い比率の地域配分で選定し、春夏秋冬の 4 回、同一家庭を調査
- ・ 空調（暖房需要、冷房需要）に関して、月別に得られた各エネルギー消費量の消費パターン（季節変動）等に基づいて、空調使用季節における需要増加分を空調需要とみなすことで推計。
- ・ 空調以外の用途については、機器の使用状況や原単位を用いて推計の後、残差を特定用途に配分する（図 3-2 参照）。
- ・ 都道府県毎に、住宅構造や世帯人員について国勢調査に基づいて重みづけ集計し、全体のエネルギー消費量を推計する。

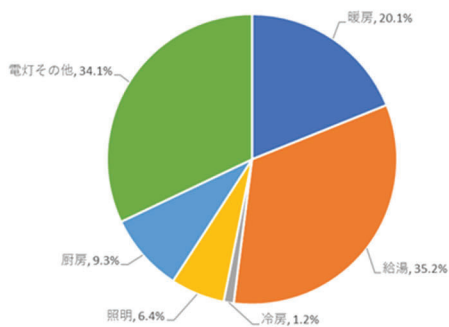


	暖房	冷房	給湯	厨房	動力他
電力	電力需要の季節変動を基に推計	電力需要の季節変動を基に推計	深夜電力量を基に推計	使用原単位を基に推計	残差
都市ガス	都市ガス需要の季節変動を基に推計	-	残差	使用原単位を基に推計	-
プロパンガス	プロパンガス需要の季節変動を基に推計	-	残差	使用原単位を基に推計	-
灯油	灯油需要の季節変動を基に推計	-	残差	-	-
太陽熱	-	-	使用原単位を基に推計	-	-

図 3-2 住宅エネルギー消費量の季節変動に基づく分析方法

(3) IEA Energy Efficiency Indicators Fundamentals on Statistics に、世界各国の住宅分野の用途別エネルギー消費の調査事例が数多く紹介されている（管理データ、調査、計測、モデリング）。

用途別エネルギー消費量



機器別エネルギー消費量

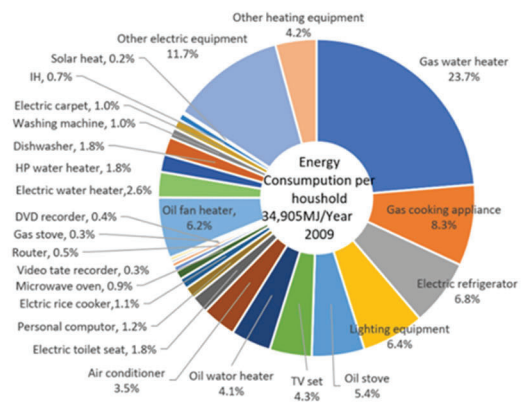


図 3-3 Example of Ad-hoc survey on energy consumption of household

出典：資源エネルギー庁「家庭におけるエネルギー消費実態について」（2009年、10000世帯アンケート調査）に基づき JICA 調査団作成

3.1.2 エネルギー効率の現状と課題

(1) 現状

3.1.1 で示したように、住宅に供給されたエネルギーの約 80%は最終的に熱利用と見られ、その主な用途は暖房・給湯の熱源である。なお、「ウ」国の熱供給は地域熱供給によるものと、個別のガスボイラによるものがあり、既存の集合住宅に対しては、地域熱供給施設による暖房および給湯用に温水が供給されているが、新築の集合住宅に対しては既存の埋設されている地域熱供給用配管には接続されず、ガスもしくは電気の瞬間湯沸かし器により供給されている。また、戸建住宅における暖房および給湯用には、各住宅に設置されているガスボイラにて温水が供給されている。

そこで、熱利用におけるエネルギー効率を高めるための改善策を検討するため、集合住宅および戸建住宅で暖房および給湯用を使用されている熱源および熱供給設備の効率について現状を調査した。なお、地域熱供給による熱供給の効率性については、「ウ」国の現状把握のための予備調査として本調査の中でも調査を行ったが、本調査の対象は需要側の省エネ改善であり、地域熱供給の供給側の効率改善は本調査の対象ではないため、ここでは詳細は省略する。地域熱供給の効率性にかかる調査については別添 5 に記す。

また、暖房や給湯は冬季の利用が多いが、夏季に使用される冷房についても電気のエネルギー効率化の観点から、エアコンの効率についての現状把握を行った。

更に、熱利用の効率を高める上では、暖房や冷房の効率を高めるための建物の断熱性も重要であるため、窓や外壁等の断熱性についても調査した。

現状把握の手法としては、現地調査やアンケート調査およびヒアリング調査を通じて、エネルギー効率の高い機器（高効率機器）の市場における販売実績や普及状況、高効率機器の種類や機種、また、断熱性等を把握し、分析を行った。調査および分析の詳細については別添 2、別添 3 に記載するものとし、本項では結果および考察のみを記す。

1) 熱供給および冷房の利用状況

① 暖房・給湯の利用状況

暖房・給湯機器の利用状況やその効率性について、「ウ」国全体の状況を把握できるような統計データは収集できなかったが、家庭へのアンケート調査で得られた回答（102 件）により、暖房・給湯の状況を推察した。アンケートの回答によると、暖房・給湯には地域熱供給施設或いはガスボイラを使用しているという結果であり、暖房・給湯に用いられる熱源にはガスが使用されていることが確認された。また、地域熱供給施設ではなく個別のガス給湯器を使用していると回答した住宅のうち、コンビボイラを使用している住宅は約 40%であった。また、そのコンビボイラの効率については、中には 30～50%程度の効率と回答した家庭もあり、古く、エネルギー効率の悪いガスボイラを使用している家庭もあることがわかった。

② 冷房の利用状況

冷房の利用状況やその効率性について、「ウ」国全体の状況を把握できるような統計データは収集できなかったため、家庭へのアンケート調査で得られた回答数（102件）および市場でのヒアリング調査の結果から「ウ」国の状況について推察した。調査の結果からは、主に以下の3点明らかとなった。

- 約80%の家庭がエアコンを保有している。性能はAクラス¹が約60%、それ以上のクラスを含めるとAクラス以上が約77%となっており、Aクラスの機種が広く普及している。
- インバータエアコンの所有率は約26%である。また、市場でのヒアリング調査によれば、インバータエアコンの販売は30%程度であり、インバータエアコンの普及も進みつつある。
- 家庭用エアコンは冷房利用目的で夏季に販売台数が増える傾向にあり、家庭用エアコンの夏季と冬季の販売台数の割合は5：1程度である。

以上のことから、エアコンはAクラス以上の機器が普及しており、またインバータエアコンも普及しつつあることがわかったが、その保有率は約26%であり、日本のインバータエアコン普及率が100%であることと比べると、今後更なる普及の余地がある。また、エアコンは夏季に販売台数が増える傾向があり、これはエアコンが主に冷房目的で購入されていることが理由である。そのため、冬季の暖房にも高効率エアコンを利用することでガスから電化への転換が図られ、更なるエネルギーの効率改善が見込まれる。なお、ここで言及する高効率エアコンとは、ヒートポンプ式のインバータエアコンのことである。ヒートポンプとインバータエアコンについての詳細は第4章で述べるが、ヒートポンプは電気を動力とし、少ないエネルギーで大きなエネルギーを得る技術であり、ガスボイラよりも天然ガスを効率よく使うことが出来る。更に、インバータエアコンとは、温度を一定に保つ機能を搭載したエアコンのことで、温度変化が少ない分、消費エネルギーも少なくなるため省エネ効果が高くなる。よって、インバータエアコンに置換することで、夏季に使う冷房の電力消費量が抑えられ、更にこのエアコンを冬季にも利用することで、ヒートポンプ技術により、ガスボイラの暖房よりも効率良く天然ガスを熱に変換することが可能となり、省エネに繋がる。

2) 断熱性の状況

断熱性の状況について、「ウ」国全体の状況を把握できるような統計データは収集できなかったため、家庭へのアンケート調査で得られた回答（102件）や現地調査の結果から、「ウ」国の断熱性の状況について推察した。アンケート調査の結果からは、主に以下3点が明らかとなり、住宅の断熱性に改善要素があることが示唆された。

¹ エアコンの省エネラベリング基準として、「ウ」国ではEUの基準に準じたGからA+++の基準を使用している。AクラスとA+++クラスの性能を比較すると、計算上3割程度の省エネ効果が見込める。詳細は5章に記載。

- 窓の種類について、約半数の住宅が単層ガラスであり、75%が窓の断熱がない。
- 外壁はレンガ造が半数強であり、約 75%の住宅で壁の断熱がない。
- 屋根は、約 62%の住宅で断熱性がない。

また、現地調査で確認した外壁や窓、屋上の一例を以下に記す。現地調査では集合住宅 2 棟と公共建物（タシケント工科大学の付属組織である教育機関（UJICY））1 棟の視察を行った。集合住宅は人が居住しており部屋の内部に立ち入った確認が出来なかったため、UJICY で観測した様子を参考にする。UJICY で確認した窓や外壁は、断熱性を改善する余地があることがわかった。

① 外壁の断熱性

図 3-4 に示すように、外壁面内部は熱貫流率の低いレンガを使用し、表面は石膏プラスタ、内側はモルタル仕上げと内面に非密閉空気層を設けた構造となっており、室内の内面は石膏ボードが貼付けられていた。

現地調査で把握した外壁面の構造から、断熱性の指標である熱貫流率を算出した結果を表 3-2 に示す。外壁の熱貫流率は $2.0718(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ となっており、一般の鉄筋コンクリートの建物より断熱性が良いという結果が得られたが、より断熱性を高めるための断熱材の貼付など、改善する余地がある。

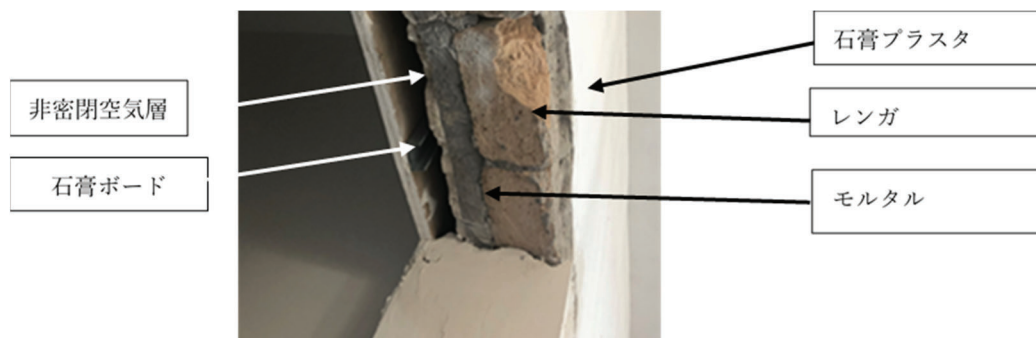


図 3-4 外壁面構造（UJICY の建物）

出典：JICA 調査団

表 3-2 外壁の熱貫流率の算出

材料（外側から）	厚さ mm	熱伝導率 W/mK	熱伝達抵抗 $\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$
石膏プラスタ	20	1.6	0.0125
レンガ	100	0.64	0.1563
モルタル	30	1.6	0.0188
非密閉空気層	40	-	0.0700
石膏ボード	12	0.17	0.0706
熱貫流率 U $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$			2.0718

出典：JICA 調査団

② 窓の断熱性

窓ガラスは複層ガラスになっており、熱貫流率は $4.07 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}^2$ と見込まれ、単層ガラス(熱貫流率 $6.4 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$: 熱貫流率は値が小さいほど断熱性能が高い)よりも断熱性は高いが、より断熱性の高いエコガラス(熱貫流率 $< 2.33 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) ほどの断熱性はなく、断熱性を更に高める余地があると言える。また、窓の熱貫流率は $4.07 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ と、前述の壁の熱貫流率 $2.0718 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ よりもかなり大きな数値であり、壁よりも熱をより多く流出・流入させているということがわかるため、気温と室温差による熱の流入・流出は主に窓ガラスを通してしていると考えられる。

更に、窓の外壁上部にはコンクリートの庇があり、日射が入らない仕組みがあり、夏の日射は防ぐ仕組みになっているが、窓ガラスの面積が外壁の 55% を占めており、冬場は窓ガラスを通して冷気が多量に入ってくることが予想されるため、暖房負荷はかなり大きいと考える。



図 3-5 建物の外観(左)、窓ガラス(中央)、室内(右)の様子

出典：JICA 調査団

③ 屋上

棟の屋上部は構造的にレンガを積み込むことができないので、目測にて 30cm のコンクリート面と推定した。この場合の熱貫流率は $2.92 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$ と算出した。

これらの状況から、外壁面にはある程度の断熱性が見られたものの、外壁、窓、屋上いずれにおいてもより断熱性を高めるための改善の余地があることが明らかとなった。

(2) 住宅部門の課題とエネルギー効率改善

以下に住宅部門における課題を整理するとともに、エネルギー効率改善について述べる。

² 日本板硝子協会 WEB 公開情報

1) 暖房、給湯の課題とエネルギー効率改善

地域熱供給施設から熱供給を受けない集合住宅および戸建住宅については、個別のガスボイラを使用しており、効率の低いガスボイラを使用している家庭も見られたため、それらのガスボイラをヒートポンプに取替えることでエネルギー効率の改善が期待出来る。前述した通り、ヒートポンプは、少ないエネルギーで大きなエネルギーを得ることができ、天然ガスをガスボイラで熱に変えるよりも、効率良く熱に変換することが可能である。そのため、ガスボイラを使用している住宅は、ヒートポンプに置換することで、エネルギーの効率を改善することが可能である。

なお、域熱供給施設から熱供給を受ける集合住宅においては、地域熱供給施設から供給される経路におけるエネルギー損失が大きいと、地域熱供給施設の利用から個別分散型の電気式の熱供給に転換し、熱源をガスから電気に変えることでエネルギー効率改善が期待できる。地域熱供給施設の給湯配管の熱損失や供給元での熱損失、地域熱供給施設の効率に改善の余地があるが、これらは今回調査の対象である需要側のエネルギー効率改善の課題ではなく、供給側の課題となるため、本報告書では言及しない。

2) 冷房の課題とエネルギー効率改善

主に夏季に利用されるエアコンについて、インバータ式のエアコンは普及しつつあるものの、その普及率は 26%程度と未だ世界水準に比べて低い。上述した通り、インバータエアコンは省エネ効果が高いエアコンであるため、今後インバータエアコンを普及させていくことでエネルギー効率改善が期待できる。

3) 壁や窓の課題と断熱性改善

建物の外壁はある程度の断熱対策が施されている住宅に対しては更なる断熱性の強化、断熱性が施されていない住宅に対しては断熱性のある資材に取替えることで断熱性を改善できる。また、窓においても単層ガラスが多いため、複層ガラスを採用することにより断熱性改善が期待できる。

3.1.3 省エネの方向性

上記課題を踏まえ、住宅部門における省エネの方向性を示す。なお、住宅部門におけるエネルギー効率改善は、全ての住宅に共通して実施すべき省エネと、住宅の種類によって検討すべき省エネがある。以下に、施策を実施すべき対象を明確にしつつ、省エネ対策の方向性を示す。

(1) ヒートポンプの導入

この施策は主に地域熱供給施設からの熱供給を受けない集合住宅、および戸建住宅に対する施策である。

新築の集合住宅については、大統領令 PP2912 に従って地域熱供給施設を利用しない方針となっており、個別の熱供給設備を設置することになっている。その場合には、暖房や給湯の熱供給を、ヒートポンプ式の高効率エアコンや、ヒートポンプ式の給湯器

で賄うことが有効である。

また、戸建住宅においても、新築住宅などでガス供給配管がない場合は、ヒートポンプによる熱供給設備を採用することが効果的である。なお、ガス供給配管があり、ガス給湯器を使用している戸建住宅においては、給湯器を更新する際に、高効率なコンビボイラに更新し、温水タンクからの放熱を小さくすることも、ヒートポンプに移行するまでの暫定的な対策として考えられる。

(2) 高効率エアコンへの更新と暖房利用

この施策は全ての住宅に共通する施策である。

集合住宅、戸建住宅の種類に関わらず、全ての種類の住宅において冷房にはエアコンが使用されていることから、既存のエアコンを更新する際には、省エネレベルのより高い高効率エアコンに更新することが効果的である。ここで言う高効率エアコンとは、ヒートポンプ式であることに加え、インバータ機能が搭載されたエアコンのことを指す。現状ではインバータ機能が搭載されていない定速タイプのエアコンによる冷房が主流となっているため、定速タイプのエアコンから、インバータ機能が搭載された高効率エアコンに切り替えることが有効であると考えられる。

加えて、地域熱供給施設からの熱供給を受けない新築の集合住宅や戸建住宅においては、暖房利用についても、ガス給湯器による暖房から高効率エアコンによる暖房に切り替えることで、更なるエネルギーの効率化を図ることが期待できる。

(3) 外壁、屋根、窓ガラスの断熱性強化

この施策は全ての住宅に共通する施策である。

外壁の断熱性強化には、硬質ウレタンボードを壁面に張り付けることにより省エネ効果が期待できる。また、屋根の断熱性強化には、天井裏への断熱材の吹き付け或いは断熱材の設置が効果的である。

窓については、単層ガラスを複層ガラスにすることで、省エネ効果が期待できる。或いは、室内の赤外線を反射する金属膜をコーティングした Low-e ガラスにすることも省エネに有効である。

(4) Zero Energy House (ZEH) 化

上記の施策を個別に導入するのみならず、将来的にはそれらの施策複合的に活用した ZEH の導入が効果的である。なお、本施策は主に戸建て住宅に対する施策である。

(5) 地域熱供給施設の熱損失防止と効率改善

地域熱供給施設から熱供給を受ける既存の集合住宅についても、基本的な方向性としては、地域熱供給施設の利用から独立型の熱供給設備であるヒートポンプを導入することが望ましいが、短期的な改善策として、地域熱供給施設から熱供給を受けている間は、クローズドシステム化や受熱部の熱ロス防止対策等を行うことが考えられる。

なお、地域熱供給施設の効率改善については、今回調査の対象とする需要側の省エネ施策ではなく、供給側の省エネ施策であるため、本報告書では言及しない。但し、「ウ」国の熱供給状況を把握する上で、地域熱供給施設の状況も把握する必要があったため、調査を実施した。調査の詳細は別添5に記載する。

(6) その他の施策

その他、一般的な住宅向けの省エネ施策として、LED照明への切り替え、高効率冷蔵庫への更新、節水シャワーヘッドの利用、暖房の室内設定温度を下げること等が挙げられる。

3.2 事業用建物部門

3.2.1 最終エネルギー消費状況

全エネルギー消費量の約13%を占める事業用建物部門の2018年から2020年の資源別エネルギー消費の内訳を表3-3に示す。

対象は官民の業務用ビルであり、資源別のエネルギー消費の内訳は、燃料(天然ガス、石油製品、石炭)51%、熱供給25%、電気24%であり、当該3年間では全体として増加傾向である。主な用途は熱利用の暖房、給湯、厨房等と、電気を用いるエアコン、照明・事務機器、設備機械等と考えられる。

住宅部門と同様に、燃料と熱供給の合計が80%となり熱利用の比率が非常に高いので用途の内訳を調査することが望ましいが、日本や他国の事例を踏まえても、基本的には暖房が主でそのほか給湯などがそれに続くと考えられる。

表 3-3 事業用建物部門の資源別エネルギー消費内訳(2018年～2020年)

Commercial and Public service	2018		2019		2020	
	ktoe	ratio	ktoe	ratio	ktoe	ratio
Coal		0.0%		0.0%	102	2.0%
Natural Gas	2,030	45.3%	2,280	45.4%	2,395	46.2%
Oil Products	13	0.3%	157	3.1%	167	3.2%
Electricity	1,128	25.2%	1,201	23.9%	1,236	23.9%
Heat	1,306	29.2%	1,378	27.5%	1,280	24.7%
Total	4,477	100.0%	5,017	100.0%	5,180	100.0%

出典： IEA Energy Balance2020 に基づき JICA 調査団作成

3.2.2 エネルギー効率の現状と課題

(1) 現状

事業用建物部門においてその熱供給や断熱性の状況について「ウ」国全体の状況を把握する統計データを入手することは出来なかったが、今回実施した現地調査の結果を元に、「ウ」国の事業用建物部門のエネルギー効率の状況を推測した。今回調査を実施

した事業用建物は病院や小中学校、ホテル、ガス公社のオフィス等である。なお、ガス公社のビルに見られた建築様式は、1996年の大震災時に多くの建屋が倒壊後、旧ソ連時代の都市計画整備により新たに多量に建設された建屋に見られるもので、タシケントで広く普及している建築様式と言える。サンプル数は少ないものの、今回調査の熱利用や断熱性の状況はある程度汎用性のある結果と考えられる。

1) 熱供給、冷房の状況

① 暖房・給湯の利用状況

- 現地調査を実施した施設のうち、地域熱供給施設から温水を受入れて暖房を行っていた病院や小中学校は、地域熱供給施設の温水を使うラジエータの温度調節ができず、外気導入による温度調節が行われていた。
- エネルギーの消費状況を詳細に確認出来たガス公社のオフィスでは、暖房に消費するガス消費量が極めて多い状況であった。ヒートポンプ式の空調は使用されておらず、ガスを使用した給湯器により、お湯を製造して建屋内を循環させていた。連続燃焼時の熱効率は80%と推測される。しかし、実際は頻繁に間欠燃焼を行っており、更に、再燃焼時に炉内の未燃ガスによる爆発防止のため、燃焼前に空気で掃気を行っており、炉内が冷えてしまうため、実際の効率はさらに低いと推測される。

② 冷房の利用状況

現地調査で確認出来た冷房は、ホテルではファンコイルユニット、ガス公社のオフィスでは部屋ごとに設置されているパッケージエアコンであったが、パッケージエアコンは定速タイプの効率が低いものが使用されていた。

2) 断熱性の状況

- 病院や学校の窓は部分的に複層ガラスを採用していたが、単層ガラスの窓も多く見られた。
- 現地調査で確認出来た壁はレンガ製で、外側にコンクリート、内壁にモルタルが施工されていた。壁厚は500mmと厚いが断熱材が設置されていないため、断熱性はあまり良くない状況であった。
- 地域熱供給設備からの受入設備の断熱対策として、温水配管に簡易的な断熱が施されていた建物もあったが、裸配管の建物も見られた。

(2) 課題とエネルギー効率改善

1) 暖房、給湯の課題とエネルギー効率改善

熱供給は地域熱供給もしくは独立式のガスボイラによって賄われているが、熱供給は配管に断熱施工が施されていない場合、温度調節が出来ずに外気導入されている場合などがあり、熱を効率的に利用出来ていない状況である。また、ガスボイラによる暖

房の熱効率 は 80%以下と考えられ効率が悪い。地域熱供給の改善についてはここでは言及しないが、ガスボイラによる暖房については、独立式のガスボイラをヒートポンプに取替えることでエネルギー効率の改善が期待出来る。

2) 冷房の課題とエネルギー効率改善

ビル用のパッケージエアコンは定速タイプで効率の悪いものが使用されていた。効率性の評価については、別添 6 に詳述するが、高効率エアコンと比べて冷房性能は 50%ほど効率が悪い。今後高効率エアコンを普及させていくことでエネルギー効率改善が期待出来る。

3) 壁や窓の課題と断熱性の改善

窓は複層ガラスは部分的にしか使用されておらず、単層ガラスが使用されている建物が見られ、壁においても断熱施工がされていない壁が多く見られた。全ての単層ガラスを複層ガラスに変えることで、断熱性を強化することが可能である。また、断熱材の貼付を行うことで断熱性を改善することが期待できる。

3.2.3 省エネの方向性

(1) ヒートポンプの導入

公共施設・商業ビルの新築については、現在、独立型のボイラの採用が進められているが、電源を天然ガスから電気に変更し、ヒートポンプ式の空調を採用していくことによって、更なる省エネ達成が期待できる。大型ビルへのガスボイラ設置は、安全面から避けられる傾向にあり、近年「ウ」国においてもビル用マルチエアコンの需要が伸びている。ヒートポンプの導入は新築ビルのみならず、改修の分野にも拡げていくことが重要である。技術の詳細については第 4 章に記載する。

(2) 高効率エアコンへの更新と暖房利用

既存のエアコンを更新する際には、定速タイプの低効率なエアコンから、高効率エアコンに更新することが効果的である。高効率エアコンとは前述しているとおり、より省エネレベルの高い、ヒートポンプ式のインバータ搭載型のエアコンを指す。なお、高効率エアコンは夏季の利用だけでなく、ガスボイラによる暖房に代えて、冬季もエアコンによる暖房利用に切り替えることで、エネルギー効率を更に高めることが期待できる。

(3) 壁、屋根、窓ガラスの断熱性強化

病院や学校など、一部の建物において、窓や壁にある程度の断熱施策が施されていたものの、単層ガラスが使用されていたり、壁に断熱材が使用されていない建物もあったため、壁、屋根、窓の断熱性強化を図っていくことが重要である。

なお、既存の集合住宅と同様、基本的な方向性としては、地域熱供給施設の利用から独立型の熱供給設備であるヒートポンプを導入することが望ましいが、短期的な改善策として、地域熱供給施設から熱供給を受けている間は、地域熱供給施設の温水配管へ

の断熱を強化するなどを実施していくことが考えられる。

(4) Zero Energy Building (ZEB) 化

住宅部門同様、事業用建物部門においても、ヒートポンプや高効率エアコン導入などの施策を総合的に活用し、かつ再生可能エネルギーを電源とする ZEB の導入が有効である。ZEB の詳細については第 4 章に記載する。

3.3 産業部門

3.3.1 最終エネルギー消費状況

エネルギー消費量が約 24%を占める産業部門の 2018 年から 2020 年の資源別エネルギー消費の内訳を表 3-4 に示す。

産業部門のエネルギー消費は、天然ガスが 45～52%を占める。他の燃料と合計して、約 50%が熱利用と推定される。熱供給は 5%程度であるが、産業の発展とともに増加傾向である。2020 年は新型コロナの影響で前半は経済の停滞があったが、その後は回復している³。今後、経済発展に伴って電化が進み、2030 年の経済分野（産業、業務）の電力消費量は 2018 年の 2.2 倍になると見込まれている。

産業部門は電気の比率が約 40%強と、約 20%強となっている他の住宅部門や事業用建物部門といった主要部門より高い。電気は動力、加熱、計測制御等と用途が幅広く、産業の発展に伴って電気需要が増大する可能性が高いため、電気利用機器のエネルギー効率に注意を払うことが肝要である。

産業部門はエネルギー消費の規模が大きいのが、需要対象は法人が多いため、消費実績を追跡しやすい。また、業種毎に様々なプロセスが存在するが、エネルギー省 (MoE) が中心となって推進する、企業のエネルギーデータを収集するための統合情報システムと呼ばれるシステム（詳細は第 7 章に記載）のデータを活用することにより、業種毎のエネルギー効率が調査可能になると考えられる。日本の石油等消費動態統計調査のようにエネルギー消費量の大きい業種を対象を絞って詳細調査を実施して対策すべき対象を明確にすることが望ましい。

表 3-4 産業部門の資源別エネルギー消費内訳 (2018 年～2020 年)

Industry	2018		2019		2020	
	ktoe	ratio	ktoe	ratio	ktoe	ratio
Coal	88	1.0%	274	2.8%	230	2.3%
Natural Gas	4,535	51.9%	4,877	49.0%	4,322	44.1%
Oil Products	108	1.2%	116	1.2%	144	1.5%
Electricity	3,503	40.1%	4,181	42.0%	4,654	47.4%
Heat	504	5.8%	494	5.0%	459	4.7%
Total	8,739	100.0%	9,943	100.0%	9,810	100.0%

出典： IEA Energy Balance2020 に基づき JICA 調査団作成

³ JETRO ビジネス短信による

3.3.2 エネルギー効率の現状と課題

産業部門のエネルギー効率状況について、産業全体の状況を把握するような統計データは入手できなかったため、エネルギー多消費産業、エネルギー供給産業、およびその他の産業に対して実施したアンケート調査を元に、産業部門のエネルギー効率の状況を推測した。

(1) 工場の現状と改善策

アンケート調査の結果からは、エネルギー多消費産業である鉄鋼業、土石・セメント業、ガス精製業、化学工業、鋳業においては、ボイラやポンプなどについてエネルギー効率改善の余地があることがわかった。特に化学工業においてはボイラの使用は必須であるため、ボイラの効率化またはコージェネレーション、ヒートポンプを含めた熱供給設備の総合的な効率化が必要である。

また、現地調査を実施したその他の産業の工場においては、以下のような効率改善の見込みがあることがわかった。

表 3-5 現地調査先リストと調査結果

調査先名称	業種	日時	調査結果
Zelal Textile	繊維 染色	2021 Nov 23	<ul style="list-style-type: none"> 染料を加熱するため、炉筒煙管型の蒸気ボイラが2台設置されているが、蒸気圧の設定、空気圧の調整などの設備の保守管理が殆ど実施されておらず、蒸気ヘッド、配管の断熱材が部分的に剥がれている状況であった。 ボイラの運転管理と保守、エネルギー管理、断熱の徹底など改善余地がある。
Natural Juice	食品（ジュース製造）	2021 Nov 24	<ul style="list-style-type: none"> 蒸気系の断熱、ボイラ給水の予熱など改善の余地がある。
Asl Oyna	ガラス瓶製造	2022 Mar 28	<ul style="list-style-type: none"> ガラスを溶解する加熱炉には都市ガス燃焼用の空気を排ガスにより余熱する空気予熱器が設置されているが、熱回収した後の排ガス温度は500℃以上あり、熱効率は良くない。この排ガスは煙突から大気放散されているため、熱損失がきわめて大きい状況であった。 排ガスの更なる熱回収が必要。熱回収設備を計画中であった。

出典：JICA 調査団

(2) エネルギーマネジメントの政策および実施状況

現地調査の結果から、「ウ」国においてはエネルギーマネジメントの実践は、化学分野が最も進んでおり、ISO50001 によるエネルギーマネジメントの実施例も多い。一方で、その他の分野では、エネルギー効率に対する関心が低い事業所、エネルギー管理を実施している事業所、エネルギー管理に関心はないがエネルギー効率に関する技術的な関心がある事業所などが見られた。

そのため、エネルギー管理士の設置などによる、エネルギーマネジメントの実践が有効であることがわかった。表 3-6 にて「ウ」国におけるエネルギーマネジメントの実施状況について整理した。

表 3-6 「ウ」国のエネルギーマネジメントに関する政策と実施状況

項目	政策と実施状況
事業者の特定	閣僚決議 No.164 によってエネルギー監査を受ける対象（新築・改修の建物、燃料およびエネルギー資源の年間消費量が標準燃料 2,000 トン以上、またはモータ燃料 1,000 トン以上の企業＝エネルギー多消費企業）が定められている。 また、PP4779 においてエネルギー監査を実施すべき企業（エネルギー多消費企業 285 社）の特定がなされている。
政府への定期的な報告	実施されている。更に MoE の主管で、企業のエネルギーデータを収集するための総合情報システムの実施計画が進められている。（統合情報システムについての詳細は第 7 章に記す）
エネルギー管理者制度	なし。一部の企業で担当者はいるが義務的なものではない。
エネルギー診断	PP4779 においてエネルギー監査が義務化されている。
フォローアップシステム	なし。
ガイドライン（ベンチマーク）	政策的なベンチマークは実施されていない。
ガイドライン（改善率）	長期改善目標（2030 年）としてエネルギー効率 1.5 倍。
エネルギーマネジメントシステム（EMS）、ガイドライン（実施事項）	ISO50001 実施企業の把握。

出典：JICA 調査団作成

3.3.3 省エネの方向性

現地調査の結果から、エネルギーマネジメントの改善、高効率ボイラへの更新、モータの電気使用の効率化などが省エネの方向性として挙げられる。以下にその具体例を示す。

(1) エネルギーマネジメントの普及

産業分野では現場におけるエネルギーマネジメントを普及することが効率改善の推進力となる。また、省エネ診断によって現場の視点で効率の低い設備を把握し、優先度の高いものから逐次更新を図っていくことがエネルギー効率改善において有効と考えられる。「ウ」国ではエネルギーマネジメントの実施が十分でないため、エネルギーマネジメントの普及が必要である。表 3-7 に「ウ」国におけるエネルギーマネジメントの実施状況と強化推進案を整理する。

表 3-7 エネルギーマネジメントに関する強化推奨案

項目	現状の実施政策と実施状況	強化推奨案	注記
事業者の特定	PP4779 においてエネルギー監査を実施すべき企業の特定がなされている。	大規模の事務所、ホテルについて特定を追加する。	現在の対象は標準燃料消費 2000t/年の企業。
政府への定期的な報告	実施されている。更に現在統合情報システムの実施計画が進められている。	—	統合情報システムの成果が期待される。
エネルギー管理者制度	なし。一部の企業で担当者はいるが義務的なものではない。	エネルギー管理者選任制度の実施。	政府のフィードバックを実施する企業の責任者が明確になる。
エネルギー診断	PP4779 においてエネルギー監査が義務化されている。	エネルギー監査と診断の専門家の育成。	
フォローアップシステム	なし。	モニタリング、ベンチマーク、改善目標に基づくフィードバック。	
ガイドライン（ベンチマーク）	政策的なベンチマークは実施されていない。	ベンチマークの実施。	
ガイドライン（改善率）	長期改善目標（2030 年）としてエネルギー効率 1.5 倍。	長期に目標に向けた改善計画の作成を企業に要請する。	
EMS、ガイドライン（実施事項）	ISO50001 実施企業の把握。	特定企業に対する基本実施事項の義務化。	義務的实施と自主的实施を並行して普及を行う。

出典：JICA 調査団

(2) ボイラの更新

1) ヒートポンプの活用による蒸気負荷の削減

産業分野において稼働している既設のボイラ全体の約半数が更新時期を迎えていると見られるため、効率の良いボイラに更新することが効果的である。高効率ボイラへの更新に限らずヒートポンプへの取替え等の方法もある。

35°C～65°Cの低温排温水が利用できる場合には、これを熱源として120°Cの蒸気を生成するヒートポンプシステムが利用可能である。

食品工場、繊維工場などで温水を利用する場合は、効率低いボイラを温水用のヒートポンプに取替えることができる。また、食品工場で、冷却と加熱が近い距離で同規模の熱量で行われている場合、ヒートポンプを利用して両方の熱所要を同時に満足させる方法が用いられる。これは2つの熱所要を熱移動で実現する非常に効率的な方法である。

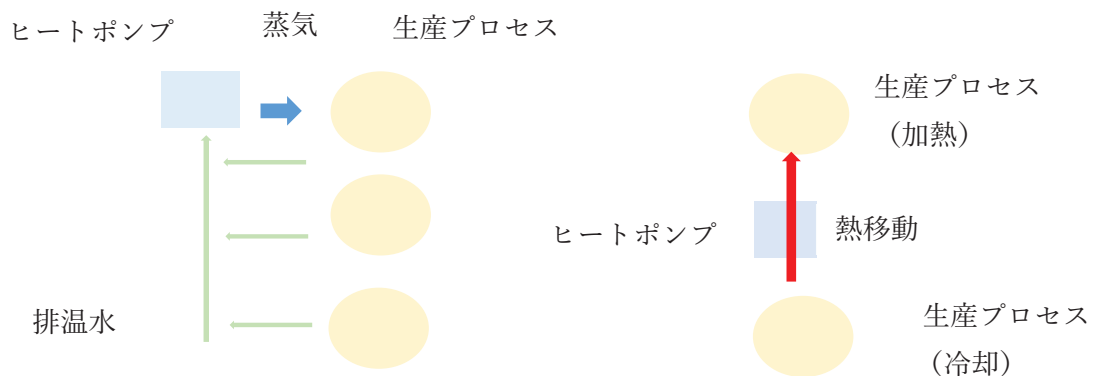


図 3-6 ヒートポンプの適用（左：蒸気生成、右：生産プロセス間熱移動）

出典：JICA 調査団

2) 運転方法の改善

ボイラの基本的な省エネ方策としてボイラ給水の排ガスによる予熱、空気比の適正化、蒸気ヘッドと制御弁の断熱強化などがある。

(3) 電気の使用の効率化

「ウ」国で現在設置されている大型ポンプは、エネルギー効率の低下、容量過大となっているものが見られる。よって、ポンプ使用の効率化を図ることも、省エネ対策の一つとして考えられる。

工業分野では、ポンプの消費電力は、駆動モータの効率向上、流量の変更、制御の向上などによって送水ポンプの場合で20-30%程度の減少が可能なが多い。流量調整の効果が大きい循環用では改善率が高い傾向があり、揚水用では低くなる。

このうち、駆動モータの効率向上としてはIE1（標準効率）からIE3（プレミアム効率）への変更により図 3-7 に示される効率向上効果がある。

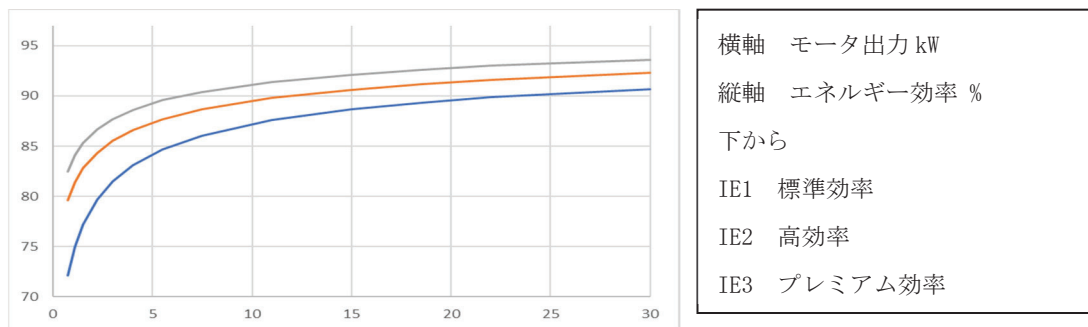


図 3-7 モータのグレードによる効率差

7.5kW の例では電力消費が 4.4%減少する。よって、工業分野でのポンプの更新は企業の省エネ活動の一環として個別に検討されることが望ましい。

3.4 その他（農業部門）

3.1～3.3 では、省エネターゲットとなる民生・産業部門において課題や方向性を示した。次の 3.3.3(2)および 3.5 では省エネターゲットの対象部門ではないが同様の調査を行ったものを整理した。

3.4.1 最終エネルギー消費状況

エネルギー消費量が 3～5%を占める農業部門の 2018 年から 2020 年の資源別エネルギー消費の内訳を表 3-8 に示す。いずれも電気消費が最大となっており、2018 年および 2019 年では約 97%が、2020 年約 87%が電気消費となっている。この電気消費の主要な用途は、灌漑水の送水に使用する灌漑ポンプによるものである。

表 3-8 農業部門の資源別エネルギー消費内訳(2018 年～2020 年)

Agriculture/Forestry	2018		2019		2020	
	ktoe	ratio	ktoe	ratio	ktoe	ratio
Coal		0.0%		0.0%	15	0.6%
Natural Gas	37	0.9%	21	0.6%	259	10.3%
Oil Products	3	0.1%	4	0.1%	3	0.1%
Electricity	4,100	97.6%	3,623	97.6%	2,171	86.5%
Heat	61	1.5%	66	1.8%	61	2.4%
Total	4,202	100.0%	3,713	100.0%	2,509	100.0%

出典： IEA Energy Balance2020 に基づき JICA 調査団作成

3.4.2 エネルギー効率の現状と課題

国が管轄している全国約 5,000 台の灌漑ポンプは旧ソビエト連邦時代に設置された旧式が殆どで老朽化による効率低下や性能劣化が進んでおり、高効率ポンプへの更新

による使用電力の削減が喫緊の課題となっている⁴。

2018年にJICAの普及・実証・ビジネス化事業「[ウ] 国農業セクター支援のための高効率で経済的な渦巻ポンプ普及促進事業業務」において、株式会社西島製作所が実施した実証実験によれば、高効率渦巻ポンプと、既存の両吸込渦巻ポンプとの効率を比較したところ、高効率渦巻ポンプについて約30%の省エネ効果が検証された。

また、市場調査からも同様の結果が得られ、国の管理するポンプの7割が両吸込渦巻ポンプ(D type)であり、それと比較して新タイプのポンプは3割程度省エネ効果が確認された。

3.4.3 省エネの方向性

以上の現状から、農業部門におけるエネルギー効率改善のためには、旧式の灌漑ポンプの更新が必要である。これまでも大統領令PP3012に基づき、老朽化した低効率な灌漑用送水ポンプやモータについて計画的な更新が進んでおり、引き続き、大統領令PP60に基づき、計画的な設備の更新や水消費量の削減に取り組むことが重要である。

3.5 その他（運輸交通部門）

3.5.1 最終エネルギー消費状況

TFCが18～20%を占める運輸交通部門の2018年から2020年の資源別エネルギー消費の内訳を表3-9に示す。天然ガスおよび石油製品の合計が91～95%を占めており、トラックや乗用車用等の燃料と考えられる。天然ガスと石油系燃料はほぼ半々である。電気は鉄道とパイプラインと推定されるが、今後電気自動車の普及により増加する可能性がある。全体としてエネルギー消費は増加傾向にある。

表 3-9 運輸交通部門の資源別エネルギー消費内訳(2018年～2020年)

Transport	2018		2019		2020	
	ktoe	ratio	ktoe	ratio	ktoe	ratio
Coal	3	0.0%	2	0.0%	4	0.1%
Natural Gas	2,857	47.6%	3,289	52.6%	2,988	48.3%
Oil Products	2,818	47.0%	2,454	39.3%	2,943	47.6%
Electricity	322	5.4%	501	8.0%	250	4.0%
Heat	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Total	6,000	100.0%	6,248	100.0%	6,184	100.0%

⁴ JICA,(株)西島製作所,「[ウ] 国農業セクター支援のための高効率で経済的な渦巻ポンプ普及促進事業業務完了報告書,2018.4

3.5.2 エネルギー効率の現状と課題

前項で述べたように「ウ」国の運輸交通部門におけるエネルギー消費は、道路輸送すなわち自動車による燃料消費がその大半を占める。従って、ここでは自動車の燃料消費にハイライトする。

「ウ」国の自動車普及の特徴として押さえておく必要があるのは、圧縮天然ガス車（CNG車）が広く普及していることである。インターネットニュースサービスの Uzdaily.com の記事によるとタシケント市内の個人所有の自動車

の65%が天然ガス車である。以下、ガソリン車が25%、プロパンが8.4%、ディーゼルが2.2%と続いている。これは、環境対策の意味から「ウ」国政府がガソリン車から天然ガス車への転換を強く進めてきたこともあるが、IEAが“Uzbekistan 2022 / Energy Policy Review”で指摘しているように天然ガスの意図的な低価格政策によることも大きいだろう。実際の車両燃費の統計値はないが、IEA “Uzbekistan 2022 / Energy Policy Review”は、この低価格政策が大型で燃費効率の悪い自動車の購入を助長しているとしている。また、自動車の燃費基準がないことも課題である。

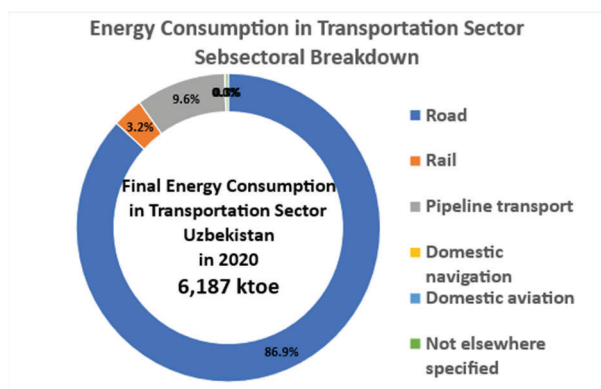


図 3-8 輸送セクターの輸送手段別最終エネルギー
出典：IEA データを元に JICA 調査団作成

3.5.3 省エネの方向性

運輸交通部門におけるエネルギー消費は自動車による燃料消費が主であり、その燃料の65%が天然ガスであることから、自動車の燃料を天然ガスから電化することで省エネ効果が期待できる。大統領令 UP60 においても、EVの生産と普及に向けた取り組みが示されており、輸送車両をEV化していくことは世界的な動向でもあることから、EV化を進めていくことが重要である。

第4章 省エネを実現する有望技術の検討

第3章で示した住宅部門、事業用建物部門、産業部門における省エネの方向性を実現するため、本章ではその実現のために適用可能な有望技術の検討を行う。まず4.1で各部門における有望技術を一覧で示す。次に4.2で各有望技術の概要を説明し、「ウ」国で具体的に適用可能と考えられる技術、および当該技術の従来技術に対する優位性や、「ウ」国で実施する意義について述べる。

4.1 省エネを実現する有望技術の一覧

各部門において適用可能な省エネ技術について以下に整理した。

表 4-1 省エネを実現する有望技術

対象部門	省エネを実現する有望技術
住宅部門	<ul style="list-style-type: none">• ヒートポンプの導入• 高効率エアコンの導入• 建物（窓・壁・屋根）の断熱性強化• ZEHの導入• LED照明の導入
事業用建物部門	<ul style="list-style-type: none">• ヒートポンプの導入• 高効率エアコンの導入• 建物（窓・壁・屋根）の断熱性強化• ZEBの導入• LED照明の導入
産業部門	<ul style="list-style-type: none">• エネルギーマネジメント• 駆動モータの効率向上

出典：JICA 調査団作成

4.2 有望省エネ技術の概要

本項では、各有望技術の概要を説明し、「ウ」国で適用する場合に具体的に適用可能と考えられる技術、および当該技術の優位性について述べる。

4.2.1 ガスボイラのヒートポンプ化

(1) ヒートポンプ技術の概要

ヒートポンプとは、外部からエネルギーを与えて、低温から高温熱源に熱エネルギーを汲み上げる仕組みで、少ない投入エネルギーで、大きな熱エネルギーを得ることが可能であり、空調機や冷蔵庫、給湯器、乾燥機など、冷熱・温熱を利用する分野で幅広く使用されている省エネ技術である。

ヒートポンプの熱サイクルでは、電気駆動の圧縮機により気体の冷媒が圧縮される

とき、気体から液体に変化して凝縮潜熱を周囲に放出する。この凝縮潜熱が暖房熱源として利用される。また、圧縮により液化した高圧状態の冷媒を瞬時に大気圧まで減圧すると、断熱変化により冷媒は低温の液体に変化する。低温で液体の冷媒が蒸発して気体に変化するとき、蒸発潜熱を周囲から奪う。この蒸発潜熱が冷房熱源として利用されている。

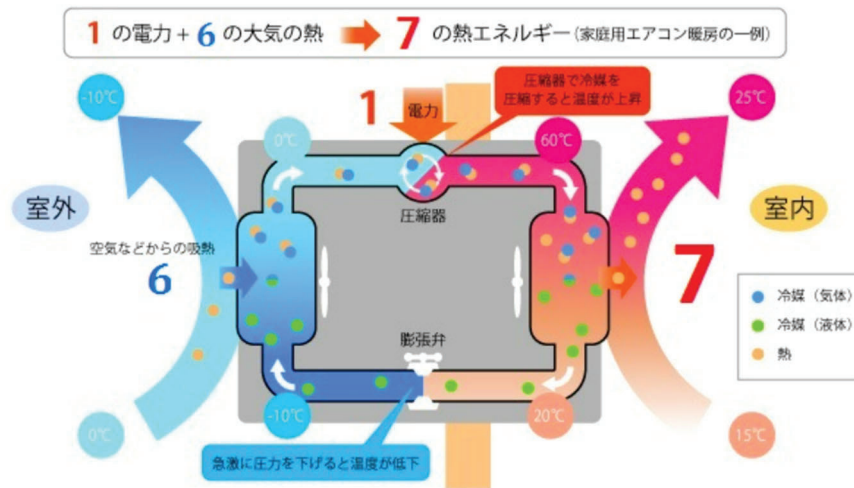


図 4-1 ヒートポンプの仕組み

出典：一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター.“ヒートポンプとは”.
<https://www.hptcj.or.jp/study/tabid/102/Default.aspx> (2023-1-29 参照)

前述したとおり、ヒートポンプを利用すると、使用したエネルギー以上の熱エネルギーを得ることができるため、エネルギーを有効活用することが可能となる。例えば、改良された現在の高効率ヒートポンプ空調機の成績係数(COP)は、一般的な数値として3.0~3.5である。COPの物理的意味は、圧縮機の消費電力(kW)に対して、周囲から汲み上げた熱量(kW)の比を示している。したがって、COP3.0のヒートポンプとは、入力した電力に対して3倍の熱出力が得られるということを示している。また、近年注目されているインバータ技術は、中間負荷時の効率改善に大きく役立つ。従来の定速タイプでは、中間負荷時にはOn-Off運転となり、発停止に伴い大きな電流が流れるため、たとえCOPが高くてもその性能をフルに発揮することが出来なかったが、インバータ技術によりモータの回転数を連続的に制御することにより、中間負荷時でも連続運転が可能になり、高いCOPを維持できるようになっている。

第3章で述べたとおり、「ウ」国では暖房・給湯等の熱利用に多くのエネルギーが使用されていることから、より効率の良い熱供給設備を利用することが省エネに大きく貢献するため、集合住宅や戸建住宅で現在使用されているガスベースの熱供給を電力ベースのヒートポンプに転換することが望ましい。

例えば、住宅部門向けのヒートポンプとしては、暖房や給湯に利用されているガスボイラを、ヒートポンプ式ルームエアコンやヒートポンプ式給湯器に置換することが考

えられる。なお、集合住宅のようなセントラルヒーティングを行っている住宅では、既存の冷温水配管を活用したセントラル冷温水機による冷暖房も考えられる。

セントラル冷温水機とは、水や液体を循環させて冷温水機を作るチラー(チリングユニット)と呼ばれる装置を、建物の1か所に集約した中央管理方式の空調機のことである。チラーで作られた冷温水を配管を通して各部屋に供給しており、一般的には、配管から流れる冷水または温水をファンコイルユニットと呼ばれる空調装置を用いて冷風や温風を送風している。「ウ」国ではラジエータヒーティングが主流であることから、ファンコイルユニットの代わりに既存のラジエータ(放射パネル)を活用した暖房の供給も考えられるが、放射パネルは放熱式で高い温度(60°C程度)の熱が必要になるのに対し、チラーで作られる温水は40°C程度であるため、ラジエータよりもファンコイルユニットを使用して送風する方が現実的であると考えられる。

なお、セントラル冷温水機を採用する場合、チラーで作られた冷温水は循環するため給湯用途では使用できず、給湯には別途ヒートポンプ式の給湯器を導入することが考えられる。



図 4-2 家庭向けヒートポンプ(ルームエアコン・給湯機)のイメージ

出典：一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター.“ヒートポンプ・蓄熱製品”.
<https://www.hptcj.or.jp/family/tabid/156/Default.aspx#case01> (2023-1-29 参照)

また、商業ビルや公共ビル等の事業用建物に対しては、ビル用マルチエアコンや、セントラル冷温水機が適用可能である。上述のとおり、セントラル冷温水機は中央管理方式で一か所で熱源を管理するのに対し、ビル用マルチエアコンは、各フロアやゾーンで熱源を持ち、1台の室外機で、容量の異なる複数の室内機を個別に運転できる空調機である。小型ビルの場合は、セントラル方式に比べて耐用年数は短くなるが、投資規模が小さく、メンテナンスが容易なビル用マルチエアコンが効果的である。また、大型ビルの場合は、投資規模の小さいビル用マルチエアコン、耐用年数の長いセントラル冷温水機のどちらも適用可能である。セントラル冷温水機は、一般的には大型施設によく使用されるヒートポンプであり、上述したとおり、既存のビル内の冷温水配管が使用可能であるため、新築ではなく修繕の場合は、既存のビル空調配管を利用できるセントラル冷温水機が適している。このように、事業用建物での空調用途の熱供給はヒートポンプに置換していくことが望ましい。また、給湯利用は比較的少ないため、給湯用途の温水は太陽熱温水器で賄いつつ、量的に不足する場合は、ヒートポンプ給湯器の導入も選択肢となり得る。



図 4-3 業務用ビル向けヒートポンプ（左/セントラルチラー、右/ビル用マルチエアコン）のイメージ

以上の事柄を踏まえると、「ウ」国の住宅および事業用建物に適したヒートポンプ機器は以下のように整理できる。

表 4-2 各対象施設に適したヒートポンプ技術

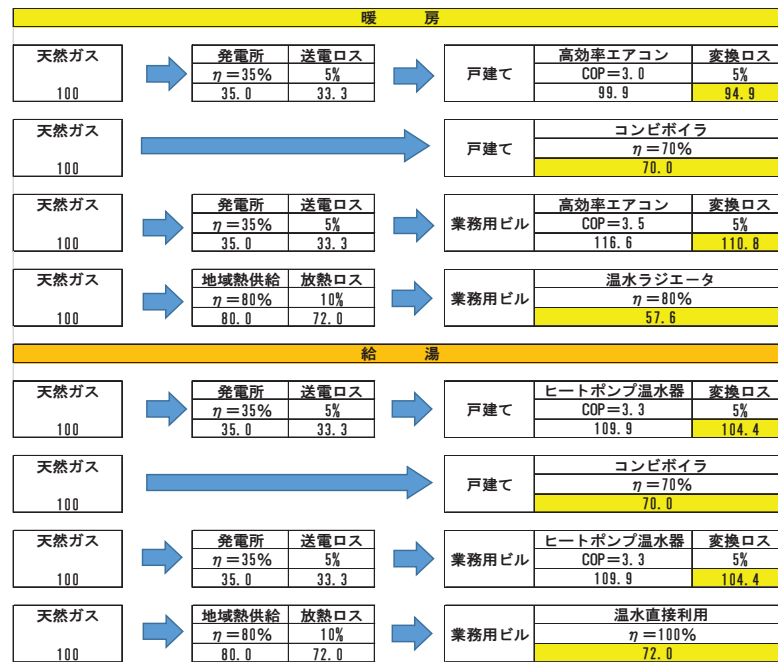
部門	対象施設	各対象施設に適したヒートポンプ	
住宅部門	個別住宅	冷暖房：ルームエアコン 給湯：ヒートポンプ式給湯機（エコキュート）	
	集合住宅	冷暖房：セントラルチラー 給湯器：ヒートポンプ式給湯機（エコキュート）	
事業用建物部門	小型ビル	冷暖房：ビル用マルチエアコン	
	大型ビル	新規	冷暖房：ビル用マルチエアコン/セントラル冷温水機
		既存	冷暖房：セントラル冷温水機

出典：JICA 調査団作成

(2) ヒートポンプの優位性

1) 高い熱変換効率

上記のように、ヒートポンプは少ないエネルギー投入で大きな熱エネルギーを得ることが出来るため、高い省エネ効果を有する。図 4-4 は、電気ヒートポンプ、ガスボイラ、地域熱供給施設の各熱供給方式のケースについて、日本の状況などによる一般的な諸元を参考にした暖房と給湯の総合熱効率を比較した図である。供給する天然ガスの熱量を 100 とした場合の、各ケースの出力熱量を比較した。電気ヒートポンプの場合は、一度ガスから電気に変換され、送電されるため、ガス火力発電所の発電効率、送配電損失、電気ヒートポンプの COPなどを考慮している。ガスボイラの場合は、そのままガスとして利用されるため、ボイラの熱効率だけを考慮している。また、地域熱供給施設の場合は、一度温水にされ、輸送パイプラインで各受熱施設に供給されるため、地域熱供給施設のボイラの熱効率、輸送パイプラインの熱損失、温水ラジエータの熱損失などを考慮している。



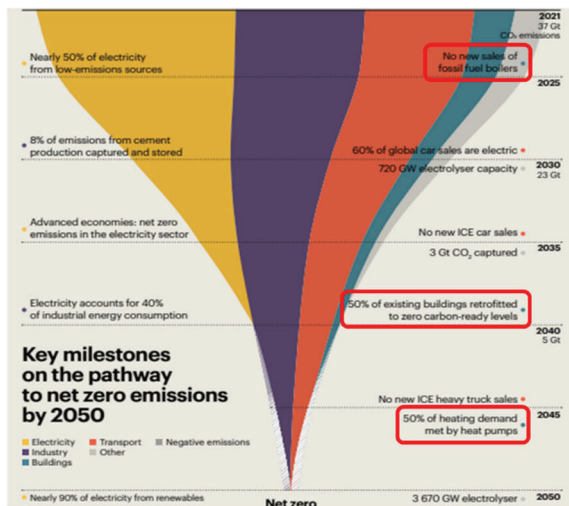
参考資料
 令和2年度ヒートポンプ普及の見通し調査報告書、一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター p50(2020)
 平成29年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査、三菱総合研究所 p3~p7(2018)
 住宅に関する省エネルギー基準に準拠したプログラムTOP 入力ガイド 建築研究所 p2,p7~p8 (2016)

図 4-4 天然ガス消費量を 100 としたときの各熱変換装置により利用できる熱量
 (ロス、効率は日本の状況などによる一般的な諸元を使用)

これらを総括すると、電気ヒートポンプのケースでは、天然ガス 100 に対して暖房（高効率エアコン）の出力熱量は 94.9~110.8、給湯（ヒートポンプ温水器）の出力熱量は 104.4 となっており、天然ガスを効率良く熱に変換出来ていることが分かる。一方、ガスボイラや地域熱供給の出力熱量は 57.6~72 となっているため、ヒートポンプの方が利用可能な出力熱量や熱効率が比較的大きいことが明らかである。したがって、天然ガスの熱エネルギーを有効に利用して暖房や温水を供給するためには、ガスボイラや地域熱供給施設に代えて、ヒートポンプを利用することが可能な最善の技術 (Best Available Technology : BAT) であると考えられる。

2) 脱炭素に向けた世界の高い期待と可能性

気候変動への対策が各国で取り組まれる中で、1)で示した高い省エネ効果により、世界的にヒートポンプへの注目が高まっている。IEA の World Energy Outlook2022 によれば、2050 年に期待できる冷暖房・給湯分野の CO2 削減量の約半数以上をヒートポンプ技術によるものと想定しており、ヒートポンプ技術の CO2 削減効果に大きな期待が寄せられている。そのような流れを受け、世界全体としての給湯用ヒートポンプの市場投入台数は年 50%以上増の拡大を見せている。



50% electricity from low emissions sources
Shift from boilers to heat pumps for heat supply

Stop oil-driven cars

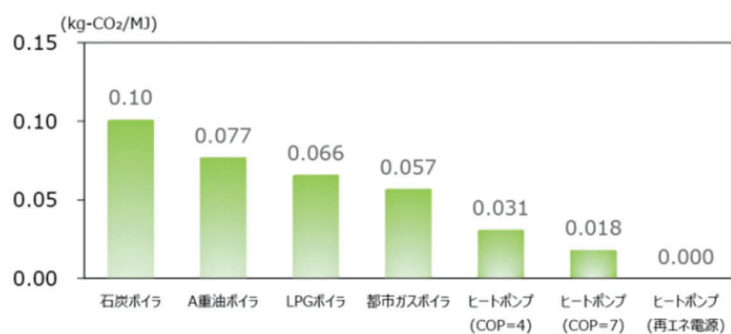
Industrial electrification ratio to 40%
50% of existing buildings to Zero Energy Building (ZEB)-ready

50% of heat supply from heat pumps

図 4-5 2050 年までのネット・ゼロ・エミッション達成のマイルストーン
 出典：IEA “World Energy Outlook 2022”

ヒートポンプが脱炭素に向けて高い可能性を有することは図 4-6 が示すとおりである。図 4-6 は各熱供給システムの熱量 1MJ あたりの CO2 排出量を比較したものであるが、都市ガスボイラが 1MJ あたり約 0.057kg の CO2 を排出するのに対し、COP7.0 のヒートポンプでは、1MJ あたり 0.018kg の CO2 排出量であり、ガスボイラと比較して約 1/3 の排出量となっている。また、ヒートポンプの電源をガス火力発電から将来の再生可能エネルギーによる発電に変更することで、CO2 削減効果はより顕著になり、再生可能エネルギーによる発電の場合、CO2 排出量を限りなくゼロに近づけることが可能である。これは、近年再生可能エネルギーを積極的に導入しようとしている「ウ」国政府の方針とも合致している。「ウ」国政府は、グリーン経済への転換戦略 2019-2030 において、全体の電源構成に対する再生可能エネルギーの割合を 2030 年までに 25% 以上に増やすという方針を打ち出しており、GDP 当たりの温室効果ガス (GHG) 排出強度を 2010 レベルに比較して 35%削減する目標を設定している。

以上のように、ヒートポンプの CO2 削減効果は大きく、脱炭素の世界的潮流の観点からも、また、「ウ」国の再生可能エネルギーとの相乗効果という観点からも、同国においてヒートポンプの導入を推進することの優位性が高いといえる。



- ・石炭の発熱量 = 25.7MJ/kg、石炭の排出係数 = 2.33kg-CO₂/kg
- ・A重油の発熱量 = 39.1MJ/L、A重油の排出係数 = 2.71kg-CO₂/L
- ・LPGの発熱量 = 50.8MJ/kg、LPGの排出係数 = 3.00kg-CO₂/kg
- ・都市ガスの発熱量 = 45MJ/m³N、都市ガスの排出係数 = 2.29kg-CO₂/m³N
- ・電気の排出係数 = 0.444kg-CO₂/kWh (2019年度：電気事業低炭素社会協議会における実績値)

図 4-6 各熱供給システムの熱量 1MJ あたりの CO2 排出量

出典：日本機械学会誌「特集 カーボンニュートラルへの道“省エネの視点から”<電気学会合同企画> 脱炭素時代に向けたヒートポンプへの期待」一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター,2022年3月

4.2.2 高効率エアコンの導入

(1) 高効率エアコンの概要

高効率エアコンとは、ここでは、ヒートポンプ式のインバータ機能搭載型のエアコンと定義する。インバータとは、周波数変換装置のことで、電圧・電流・周波数をコントロールする技術である。インバータを搭載したエアコンは、エアコンの心臓部である圧縮機のモータをインバータ装置で制御し、ポンプのモータの回転数を速めることで、短時間に冷たい（暖かい）空気を作ることができ、室内が暑い（寒い）時は、インバータ回路によってモータを高速回転させ、室内の空気を素早く冷却（暖める）し、その後定速運転によって涼しさ（暖かさ）を維持することが可能である。インバータ装置のないエアコンは、設定温度になったら動作を停止し、温度が上がれば（暖房の場合は下がれば）動作を開始するという、ON/OFFの単純な動作しかできないのに対し、インバータ搭載のエアコンでは温度調節を適切に出来るため、従来型のインバータが搭載されていないエアコンに比べて50%以上の消費電力の削減が可能となっている¹。

エアコンや冷凍機の性能を表す指標として、エネルギー効率比（EER：Energy Efficiency Ratio）がある。EERの定義は、機器の冷房能力を定格消費電力で除した値（kW/kW）であり、定められた使用条件における機器の最大性能を表す指標である。一方、前述のインバータ技術は、中間負荷に対して、モータの回転数を制御することで、非効率なON/OFF運転ではなく、連続運転を可能にする技術であるため、EERの改善

¹ ダイキン工業株式会社「インバータエアコンが「省エネ」の理由」 <https://www.daikin.co.jp/csr/information/lecture/act01>（2023-01-29 参照）

を図る技術ではない。そこで、インバータ技術によるエネルギー効率改善を正当に評価する指標として、季節エネルギー効率比（SEER：Seasonal Energy Efficiency Ratio）や冷却季節性能係数（CSPF：Cooling Seasonal Performance Factor）等の新しい指標が、適用されるようになった。日本では CSPF が一般的であるが、欧州では欧州委員会により SEER が採用されている。SEER の計算方法は複雑であるため、その詳細な説明は省略するが、考え方は以下の通りである。まず、数段階に分けて外気温条件を設定し、各条件に対して実際の使用条件を反映するように運転時間を設定する。次に、各条件に対する EER を測定した上、運転時間を考慮した重み付き平均値を計算し SEER とする。単位は（kWh/kWh）で表される。このように、SEER は、実際の使用条件を反映したエネルギー効率指標であり、エアコンや冷凍機の性能を表す指標として適している。

また、ヒートポンプについても同様の評価指標があり、季節成績係数（SCOP：Seasonal Coefficient of Performance）が欧州委員会によって採用されている。これは、日本の HSPF（Heating Seasonal Performance Factor）に相当するものである。成績係数（COP：Coefficient of Performance）がヒートポンプの最大性能を表すのに対して、SCOP は実際の使用条件を反映した指標となっている。

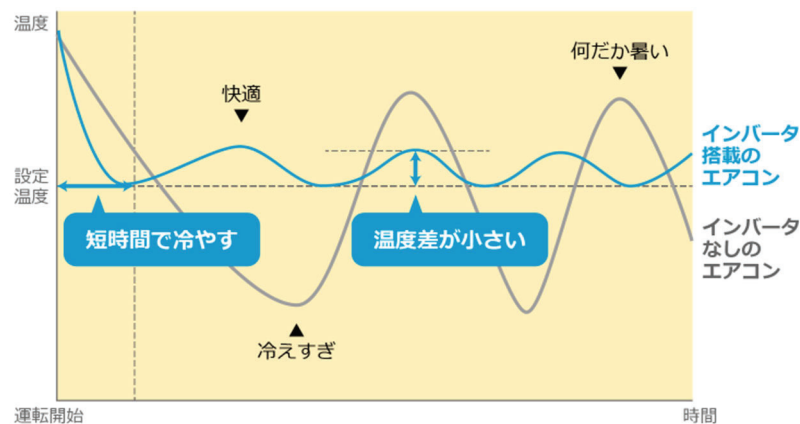


図 4-7 インバータ搭載のエアコンとインバータ非搭載のエアコンの温度変化の比較
 出典：ダイキン工業株式会社”ダイキンの取組み” <https://www.daikin.co.jp/csr/information/lecture/act01>（2023-1-29 参照）

(2) 高効率エアコンの優位性

上記のとおり、インバータ搭載型エアコンは非搭載のエアコンに比して約 50%の消費電力が削減できると記載したが、「ウ」国においても同様の省エネ効果が得られるかを実証するため、冷房および暖房需要の大きい夏季（5～7月）と冬季（12～3月）に、インバータ搭載型エアコンと非搭載（定速タイプ）のエアコンの比較実証実験を行った。実証実験の詳細は別添 6 に記すが、実験結果から、夏季はインバータ搭載エアコンの方が 50%ほど効率が良く、冬季においても、消費電力はインバータ搭載エアコンの方が定速タイプのエアコンより約 30%効率が良いという結果であった。図 4-8 および図

4-9 に実証実験の結果を示す。棒グラフが消費電力量、折れ線グラフが EER (エネルギー効率：値が大きいほど効率が良い) を示している。冬季は湿度とエンタルピー (外気の内部エネルギー) が高く外気から得られる熱エネルギーが多くなることにより、圧縮機の消費電力が低くなるため、EER が高くなっており、インバータ式と定速タイプを比較すると、EER は冬季平均で 1.78 倍の性能差が出ている。一方で、夏季は湿度とエンタルピーが低いため EER は冬季よりも低くなっているが、定速タイプとの性能差は 1.9 倍と、冬季の性能差と比べて良い結果となった。電力消費量を比べても平均で 0.53 倍とほぼ半分の電力消費量となっている。

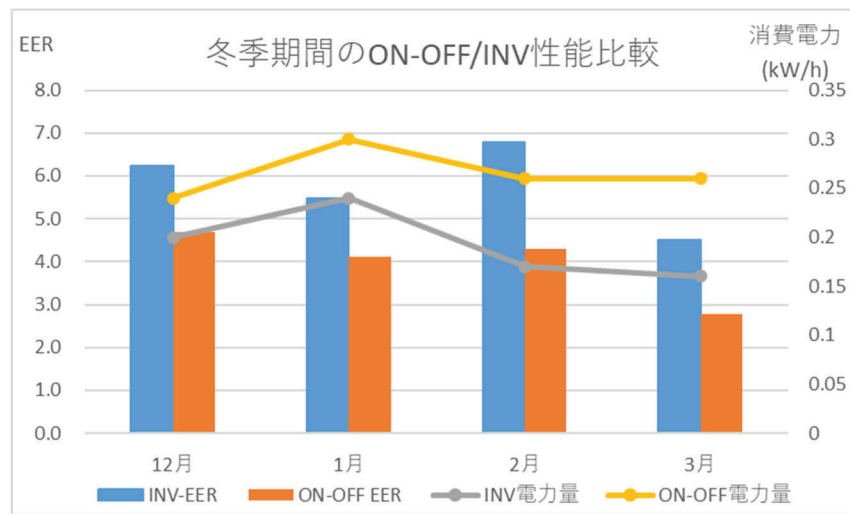


図 4-8 エアコンの効率比較 (冬季)

出典：JICA 調査団作成

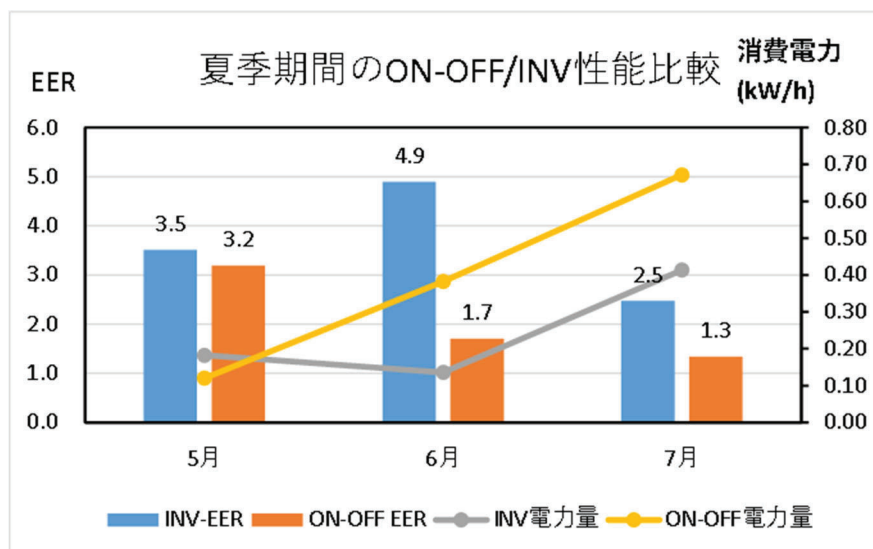


図 4-9 エアコンの効率比較 (夏季)

出典：JICA 調査団作成

以上のように、「ウ」国においても従来の定速タイプのエアコンと比べ、インバータ搭載型エアコンの優位性が確認出来た。第 3 章で記載した家庭向けのアンケート調査および市場ヒアリング調査では、インバータ搭載型のエアコンを保有している家庭は 30%弱、市場での販売比率も 30%程度という結果であったため、インバータ搭載型エアコンを普及させることで省エネ効果が期待できる。

4.2.3 断熱性強化

(1) 断熱技術の概要

断熱とは、壁、床、屋根、窓などを通して建物の内外の熱の移動を減少させることであり、熱の移動を減少させるためには、床や外壁・屋根など、建物の中で外気に接している部分を、断熱材で隙間なく包み込み、断熱性を高めることが効果的である。

建物の断熱性能は、「外皮平均熱貫流率」(UA 値)で示され、建物の内部から床、外壁、屋根(天井)や開口部などを通過して外部へ逃げる熱量を、外皮等面積で除して求めることが出来る。この値が小さいほど熱が逃げにくく、省エネ効果が高いということが出来る。

建物全体の断熱性を高めるためには、建物の開口部の断熱性を高めることが重要である。中でも窓は熱の出入りが大きく、冬季は室内の熱の約 6 割が窓から逃げ、夏季は約 7 割の熱が窓から室内に入ってくるため、窓の断熱強化は特に重要となる。窓の断熱性を高めるためには、窓ガラスを単層ガラスから複層ガラス(図 4-10 参照)に変える、内窓をつけて二重窓にするなどが挙げられる。

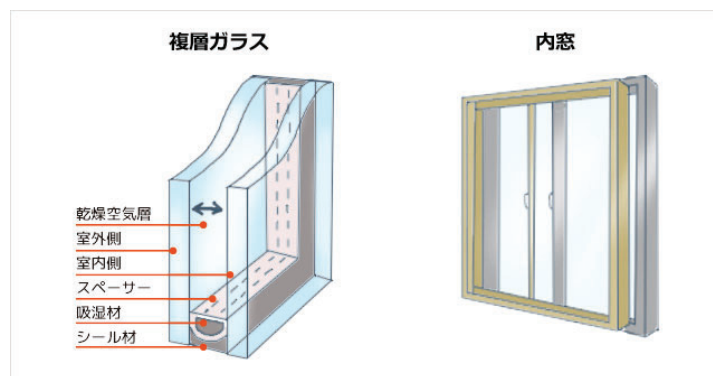


図 4-10 窓の断熱対策例

出典：経済産業省資源エネルギー庁“住宅による省エネ” https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/housing/ (2023-2-1 参照)

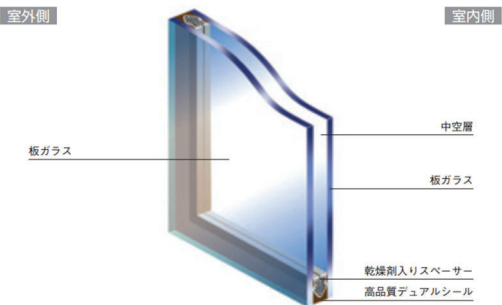
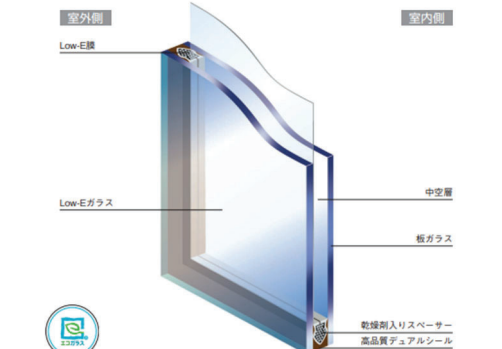
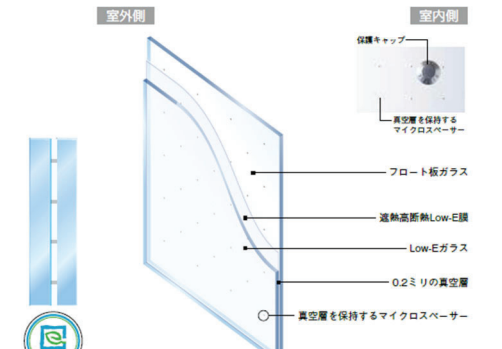
但し、現地調査の結果から、「ウ」国での窓の構造は日本のような引き違い方式ではなく観音開き方式で木枠にはめ込まれている構造であったため、内窓をつけて二重窓化することは難しく、「ウ」国においては、複層ガラスへの交換が適していると言える。また、窓の複層化ガラス化は、窓のガラスのみ交換する方式で窓枠は現状のまま使用可

能であるという利点がある。

複層ガラスにも表 4-3 に示すようにいくつかの種類があり、より断熱性の高い Low-E ガラスや真空ガラスの導入が望ましい。真空ガラスにすることで、単層ガラスの約 4 倍、一般的な複層ガラスの約 2 倍の断熱性能が期待できる。

その他、屋根や外壁の断熱強化には、硬質ウレタンフォームの吹き付けや硬質ウレタンボードの貼り付けといった技術の適用が可能である。

表 4-3 複層ガラスの種類と概要

複層ガラスの種類	性能概要
	<p>【複層ガラス】</p> <p>スペーサーと呼ばれる金属部材で、2 枚のガラスの間に中空層を持たせたガラスで、中空層には乾燥空気が封入されており、ガラスより熱伝導率の低い空気を挟み込むことで、熱移動を防ぎ断熱性能を高めたガラス</p>
	<p>【Low-E 複層ガラス(エコガラス)】</p> <p>複層ガラスの一種で、ガラスに Low-E 膜と呼ばれる特殊な金属膜をコーティングしたガラスで構成されており、Low-E 膜が暖房熱を反射することで室内の保温効果が高まるようになっている。</p>
	<p>【真空ガラス(エコガラス)】</p> <p>Low-E ガラスの一種だが、2 枚のガラスの間が真空になっている点が異なる。保温効果が高く、熱の移動が起こらないため Low-E ガラスよりも断熱性が高い。</p>

出典：日本板硝子株式会社

“複層ガラス” https://glass-wonderland.jp/cms/wp-content/uploads/2019/05/2021_s02-060.pdf (2023-2-1 参照)

“Low-E 複層ガラス” https://glass-wonderland.jp/cms/wp-content/uploads/2019/05/2021_s02-052_220418.pdf (2023-2-1 参照)

“超高断熱真空ガラス” https://glass-wonderland.jp/cms/wp-content/uploads/2019/05/2021_s01-016_0928.pdf (2023-2-1 参照)

(2) 断熱技術の優位性

上記のとおり、単層ガラスから複層ガラス（Low-E ガラスや真空ガラス）に交換することで、一般的には4倍程度の断熱性能の向上が実現可能である。「ウ」国においても同様の結果が得られるか、現地視察調査において、一般的な集合住宅や公共ビルの窓の構造や仕様を確認し、現状の窓ガラスと複層ガラスに交換した場合の熱貫流率および熱収支を試算した。その結果、表 4-4 に示すとおり、複層ガラス化した場合は $6.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ から $3.5\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ で約2倍、更に断熱性の高い Low-E ガラスにした場合は、 $6.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ から $1.9\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ で約3倍の断熱効果が得られ、熱損失もそれぞれ $210\text{MW}/\text{年}$ 、 $326\text{MW}/\text{年}$ の削減効果が得られることが明らかとなった。（調査の詳細については別添 4 を参照）

表 4-4 窓の断熱強化による熱貫流率と熱損失の試算

	現状	複層ガラス	Low-E ガラス
熱貫流率	6.4 ²	3.5	1.9
熱損失	463	253	137

出典：JICA 調査団作成

また同様に、天井や外壁についても、現状と断熱強化（天井への断熱材の吹き付け、硬質ウレタンボードの壁面への貼付け）を行った場合の熱貫流率や熱損失についても試算を行った。その結果、天井への断熱材の吹き付けを行った場合は、熱貫流率は $2.92\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ から $0.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ で約7.3倍、壁面への硬質ウレタンボードを貼付けた場合は、 $2.07\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ から $0.56\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ で約3.7倍の断熱効果が得られ、熱損失もそれぞれ、 $147\text{MW}/\text{年}$ 、 $346\text{MW}/\text{年}$ の削減効果が得られることが明らかとなった。

表 4-5 天井の断熱強化による熱貫流率と熱損失の試算

	現状	天井への断熱材吹き付け (100mm)
熱貫流率($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)	2.92	0.4
熱損失($\text{MW}/\text{年}$)	170	23

出典：JICA 調査団作成

表 4-6 外壁の断熱強化による熱貫流率と熱損失の試算

	現状	壁面への硬質ウレタンボ ード貼付 (30mm)
熱貫流率($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)	2.07	0.56
熱損失($\text{MW}/\text{年}$)	474	128

出典：JICA 調査団作成

² 現状の熱貫流率は日本板硝子協会が公開している単層ガラスの熱貫流率を適用

以上の試算結果からも、「ウ」国において断熱強化（窓の複層化、天井への断熱材の吹き付け、外壁への断熱材の貼り付け）による省エネ効果が高いことが明らかとなったため、同国で断熱強化を推進することは優位性が高いと言える。

4.2.4 エネルギーマネジメント（ISO 50001）

(1) エネルギーマネジメントの概要

エネルギーマネジメントとは、企業の事務所やビル、工場、住宅、地域などのエネルギー使用を見える化し、エネルギーを効率的に使用するための企業や個人、地域の活動を指す。具体的な活動には EMS（エネルギーマネジメントシステム）を導入することによるエネルギー使用量の見える化や、再生可能エネルギーの使用、高効率な機器への入れ替えによる省エネなどが挙げられる。特に企業活動においては、国際標準化機構（ISO）が 2011 年に発行した「企業等で使用するエネルギーを管理し、継続的改善を図ることを目的とした国際規格」である ISO50001（EMS）を導入することが有効な対策である。ISO50001 はエネルギー使用に関して、方針・目的・目標を設定し、計画を立て、手順を決めて管理する活動を体系的に実施できるようにした、マネジメントシステムを確立する際に必要な要求事項を定めた規格であり、エネルギー効率などのパフォーマンスをシステム全体として改善することを目的とし、エネルギーコストの削減、GHG の排出量削減につながることを意図したものである。

以下に、EMS を実行する上で必要となる、エネルギー効率改善推進のための機能を図 4-11 に示す。

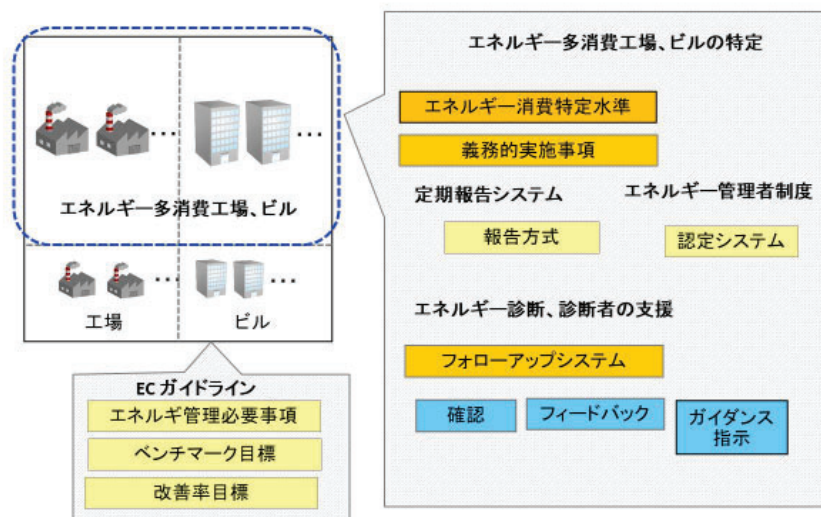


図 4-11 エネルギー効率改善推進のためのシステム

出典：省エネルギーセンター作成

第 3 章の 3.3 項（産業部門）で述べたとおり、エネルギーマネジメントの実施状況では、ベンチマークやエネルギー管理者制度が実施されていないことが明らかとなったことから、図 4-11 のエネルギー効率改善推進システムのうち、ベンチマークおよびエ

エネルギー管理制度を実施して行くことは特に「ウ」国にとって有効と考える。以下にベンチマークとエネルギー管理者制度についての概要を記す。

1) ベンチマーク

ベンチマークとは、事業者の省エネ状況を業種共通の指標を用いて評価し、各事業者が目標（目指すべき水準）の達成を目指し、省エネの取組みを進める制度のことである。

数値を設定することで個々の工場、ビルがエネルギー効率を改善するための達成目標とすることができる。

「ウ」国では現在ベンチマーク制度がなく、ベンチマークの対象とすべき分野や、業種共通の指標が定められていないため、日本の省エネ法上のベンチマークについて“日本のベンチマークシステム”（付編）を参考に、「ウ」国の対象分野と指標の案を表 4-7 に記載する。鉄鋼、セメント分野についてはプラント数が少ないため、日本の数値を参考値として用いることも考えられる。

ベンチマーク指標の数値の設定のためには、各分野の企業の協議機関におけるエネルギー効率データ比較が必要となる。ガス精製分野、輸送分野の場合には、同一企業の各プラントの比較検討ができる。

表 4-7 「ウ」国におけるベンチマークの対象分野と指標案

分野案	ベンチマーク指標案	ベンチマークのための比較検討
ガス精製	精製量あたりのエネルギー消費	Uzbekneftegaz の各プラントの比較検討
化学肥料	製品あたりエネルギー消費	化学肥料の各プラントの比較検討
車両整備	整備台数あたりエネルギー消費	車両整備企業の比較検討
ガス輸送	輸送量あたりエネルギー消費	Uztransgaz の各プラントの比較検討

出典：JICA 調査団作成

2) エネルギー管理者制度

エネルギー管理者制度とは、日本においては、省エネ法で「エネルギーの使用の合理化に関して、エネルギーを消費する設備の維持、エネルギーの使用の方法の改善および監視」等を実施する者と定められており³、エネルギー管理者は企業におけるエネルギー効率の把握、エネルギー効率向上の実施の中心となって活動する。またエネルギー効率に責任を有する経営者に対して、エネルギー効率向上目標の作成、向上計画の作成、エネルギー管理組織の運営などのサポートにあたる。

エネルギー管理者を指名することで、企業に対する政府の指示、モニタリングのフィードバックを実施する企業の責任者が明確になる。具体的なエネルギー管理者の育成方法については、第 5 章で詳述する。

「ウ」国において、事業者のエネルギー管理体制は十分に確立されていない。そこで、

³ 省エネ法第 11 条

上述したようなベンチマークやエネルギー管理者制度などの施策によってエネルギー管理を普及させ、各事業者の計画的活動に省エネルギーおよび再生可能エネルギーの普及を推進させることで大きな省エネ効果が期待できる。現在、エネルギー監査（診断）の対象となる大規模の事業者が産業分野、エネルギー供給分野で特定されているので、これに、エネルギー供給事業者、産業分野の大規模の工場、大型のビルディング等を加え、最初はエネルギー消費の大きい、大規模事業者からエネルギーマネジメントを実施していけば効果が大きいと考える。

また、将来的に基準となるエネルギー消費量を引き下げて、対象となる事業者の範囲を中規模の事業者まで拡大することも検討していただくことが望ましい。

(2) エネルギーマネジメントの導入と効果

上記でも述べたとおり、エネルギーマネジメントは ISO でも規格化された世界標準の活動であり、各国でもエネルギーマネジメントの実施により確実な省エネを達成している。日本では、省エネ法に基づくエネルギー管理を徹底することで、事業者における省エネ活動の実態を把握し、省エネの取組が不十分であると判断された事業者に対し指導を行うなどして着実なエネルギー効率の改善を実施してきた。その結果、GDP が約 2.4 倍となった過去約 40 年間でエネルギー効率を約 4 割改善するなど、大きな成果を上げ、省エネと経済成長の両立に成功している。

よって、「ウ」国でもベンチマークやエネルギー管理者制度を導入し、エネルギーマネジメント体制の強化を構築することが、省エネ施策として有効であると考えられる。特に、「ウ」国では以下 2 つの施策により、エネルギーマネジメントを推進する素地が醸成されつつあることから、同国においてエネルギーマネジメントを推進していくことができれば省エネへの効果が高いと考える。

1) 総合情報システムの構築

エネルギーマネジメントを実施していく上では、エネルギー消費状況の実態を把握することが重要である。エネルギー消費状況を把握して初めて、各業種の目指すべき省エネ目標水準や、各事業者におけるエネルギー効率向上の目標を定めることができ、上述したようなベンチマークを策定してエネルギー管理者制度が機能するようになる。日本においては、省エネ法に基づき指定された特定事業者等から提出された定期報告書により事業者のエネルギー消費状況が把握できるが、「ウ」国でもエネルギー省 (MoE) が中心となって、大規模事業者のエネルギー消費状況を把握するための仕組み（総合情報システム）の開発を進めている。総合情報システムの詳細については第 7 章に記述するが、同システムは大統領決議 PP4779 に基づき、エネルギー効率を改善するための計画と措置を講じており、エネルギー管理の効率と品質を向上することを目的として、消費側である大企業のエネルギー消費状況を収集するシステムである。現在「ウ」国では、企業のエネルギー消費状況は SCS によってエネルギー統計データ収集の一環として収集されているものの、データの精度が低く、また、製品ライン別に加熱用、ボイラ

用、CGS(コジェネ)用などといった用途別のデータは収集されておらず、省エネ政策の分析を行うには情報が十分ではない状況である(エネルギー統計の課題については第7章を参照)。そこで、SCSのエネルギー統計とは別に、MoE 主管の下で、総合情報システムの開発を進める動きがある。同システムは現在開発途上にあるが、このシステムが本格稼働し、大規模事業者のエネルギー消費状況が正確に把握できるようになれば、エネルギーマネジメントの実施の基盤となる情報が収集できるため、エネルギーマネジメントの普及に向けての促進要因となり得る。

2) タシケント工科大学でのエネルギー監査(診断)の人材育成コースの設立

エネルギー管理者制度を導入するための足掛かりとして、タシケント工科大学でのエネルギー監査(診断)の人材育成コースが設立されたことが挙げられる。同コースは中央アジアの省エネ分野における高度な専門家の育成と、そのための科学的な拠点を見出すことを目的としており、産業界におけるエネルギー監査(診断)の基礎や、工業系企業のエネルギー監査(診断)について習得するコースとなっている。人材育成に関する具体的な提案は第5章で詳述するが、このように教育機関がエネルギー監査(診断)の人材育成を進めていくことは、エネルギー管理者制度の導入の促進要因となり得る。

4.2.5 建物の ZEB/ZEH 化

(1) ZEB/ZEH の概要

ZEB/ZEH とは、Net Zero Energy Building/ Net Zero Energy House の略称で、快適な室内環境を実現しながら、建物で消費する年間の一次エネルギーの収支をゼロにすることを目指した建物のことを指す。

建物の中では人が活動しているため、エネルギー消費量を完全にゼロにすることはできないが、消費するエネルギーを省エネによって削減し、使う分のエネルギーを創エネによって生み出すことで、エネルギー消費量を正味ゼロにすることが可能となる。但し ZEB の概念は広く、建築物の省エネ性を評価し、省エネ性を 50%以上に高めた”ZEB ready”、75%以上に高めた”Nearly ZEB”、再生可能エネルギーを利用して化石エネルギー消費を実質的にゼロとした”ZEB”などと規定される。ZEB の概念はグリーン認証とともに建築物の設計目標として有用であり、建築における省エネ義務とともに、建築物の省エネ化を進める有力な手段である。

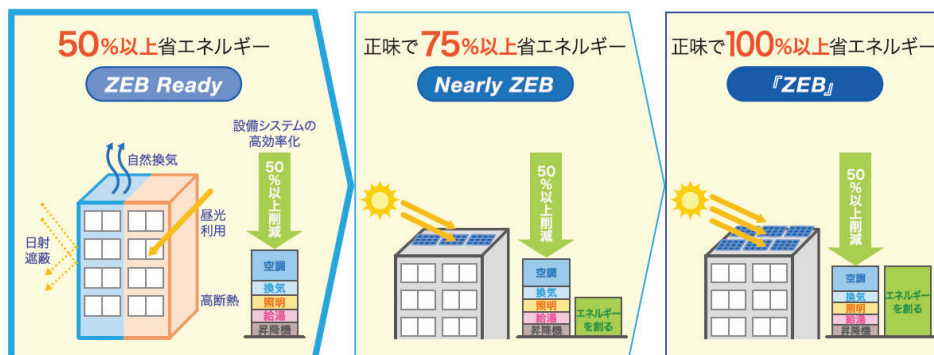


図 4-12 ZEB の概念

出典：METI (Japan)

「ウ」国においては、現地調査の結果から、建物の断熱性が低いことが明らかとなった。そのため、表 4-8 に示すように、比較的導入が容易な断熱などのパッシブ技術を最大限活用し、設備の効率化を図るアクティブ技術を重ね合わせて省エネ化を図り、不足分を再エネを導入する、という ZEB の考え方に基づき、段階的に ZEB を実現していくことが現実的であると考え。具体的な各ステップで導入する技術については、建物の状況を個別に診断した上で必要な技術を導入していく必要があるが、本調査では、現地調査で簡易診断を行ったガス公社 (HGT:HUDUD GAZ TAMINOT) の本社ビルと支社の 2 棟のケースを例として ZEB 化の検討を行った。以下にステップごとの具体策を示す。

表 4-8 ZEB 化の方向性

ステップ	検討項目
1	<p>建屋の断熱強化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・窓ガラス⇒複層ガラス、Low-e ガラス、真空ガラス、2 重窓化、サッシの樹脂化 ・外壁 ⇒外断熱(外壁への断熱材の貼付)、内断熱(内壁への断熱材の貼付) 天井 ⇒断熱材の貼付、日射対策
2	<p>高効率設備の導入(照明他のエネルギー消費設備の省エネ対策)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照明 ⇒高効率 LED 照明導入、適切な照度管理(照度調整型照明導入)、人感センサーによる消灯 ・給湯 ⇒シャワー用: 太陽熱利用、排熱利用、ヒートポンプ給湯機 ⇒飲料用: ガスコンロ⇒真空電気ポット
3	<p>新たな空調方式の導入</p> <p>a) 冷房システム(ヒートポンプ)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電動ヒートポンプ(高効率インバータエアコン(ヒートポンプ冷温水機(水冷/空冷)、パッケージエアコン、ターボ冷凍機、スクリーン冷凍機) ・ガスヒートポンプ(ガスエンジンにてコンプレッサーを駆動) ・吸収式冷凍機(熱によりヒートポンプを駆動、ジェネリング(排熱/太陽熱の低温利用)) ・水気化熱を利用した空調 ・フリークーリング(クローズタイプのクーリングタワーなど) <p>b) 暖房システム</p> <p>高効率ヒートポンプによる空調</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空冷ヒートポンプ冷温水機(湯による建物循環) ・パッケージエアコン <p>ガスボイラ(湯による循環)</p> <p>太陽熱(太陽熱で集熱した湯を建物循環)</p> <p>日本の実施例: 静岡ガス本社(省エネ対象受賞)</p> <p>(空調のエネルギーは熱が 67%と高く、タシケントは 1 年のうちで雨が降る日が 2 週間ほどしかなく太陽熱を利用するには有利な環境にある)</p>
4	<p>再生可能エネルギーの利用</p> <p>最終的に使用しなければならない電気エネルギーを再生可能エネルギーにて賄うことで対応を検討する。また変動する再生可能エネルギーに対応するため、蓄電設備の導入も考慮する。</p>

出典：JICA 調査団作成

以下にステップごとの具体的な施策について説明する。

1) ステップ 1：建屋の断熱強化

断熱強化対策としては、外壁への硬質ウレタンボードの貼付け、また窓は単層ガラスであったため、真空ガラスなどを用いた窓の複層化が挙げられる。これらの技術については前述済のため本項では省略する。

2) ステップ 2：高効率設備の導入

① 照明設備の高効率化

現状では LED が部分的にしか使用されていないため、LED 照明が使用されていな

い部分に対しては LED 照明の導入、LED 照明が使用されている部分に対してもより省エネ効果の高い LED を導入する。



図 4-13 照明設備の省エネ対策（左：現状の LED 照明、右：高効率 LED 証明）

② 太陽熱供給設備の導入

現状では太陽熱利用およびガス焚きによる給湯設備を併用しているが、より効率の高い太陽熱給湯設備を導入する。なお、太陽熱給湯設備の設置にあたっては屋根の強度を踏まえて設置の可否を検討する必要がある。屋根強度が足りない場合には蓄熱タンクを別置きにして湯を蓄熱タンクと太陽熱パネル間を循環するようなシステムを考える必要がある。



図 4-14 給湯器外観（左：ガス給湯器、右：太陽熱給湯機）

出典：JICA 調査団撮影

3) ステップ3：新たな空調方式の導入

現状では空調設備がかなりの消費エネルギーを占めており、単なる高効率設備への更新だけでは ZEB の達成は難しい。現在、冷房にパッケージエアコン、暖房に給湯ボイラを使用しているが、可能な限り再生可能エネルギーを利用した冷暖房システムを検討する必要がある。そのため、考えられる空調方式について冷房、暖房に分けて以下に整理した。

① 冷房設備の検討

i) ヒートポンプ方式（パッケージエアコン、ビル用マルチエアコン、ヒートポンプ冷温水機など）

現在、省エネラベリングの C レベルの定速タイプのパッケージエアコンを使用しており、これをインバータ方式の高効率エアコンに置き換えることで2～3割程度の電力

消費削減が見込める。ただし電力を多量に消費するため、太陽光パネル設置のための広大な面積が必要となる。

ii) 水気化熱冷却

水の気化熱を利用した冷却システムで、構造が簡単でフロンなどの冷媒を使用しないため、環境にやさしい省エネ設備である。但し水の蒸発部分の冷却器が大きく、設備が巨大化すること、量産化されていないことにより、設備コストが高い。このため日本では導入外気の1次冷却に使用されていることが多い。

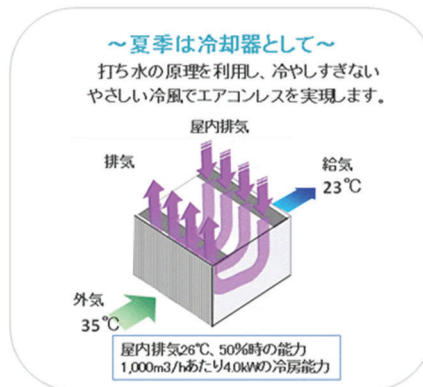


図 4-15 水気化熱方式の冷却器

出典：アースクリーン東北 WEB より

② 暖房設備の検討

i) ヒートポンプ方式（パッケージエアコン、ビルマルチ）

現状はガスを使用した給湯ボイラにより、50°Cの湯を製造し、建屋内を循環している。空冷ヒートポンプ冷温水機に置き換えた場合 EER3.5 として消費エネルギー量は約1/3に低減可能である。ただし、ガス給湯ボイラと異なり、一定の給湯温度、一定の温度差でないと効率よく機能しない。このため、補助的に太陽熱パネルでの集熱を図り、外気の変動に対応できるシステム作りが必要と考える。

ii) 太陽熱の利用

最近真空管方式の太陽熱温水器が普及しつつあり、50°Cの温水が冬でも製造できるようになってきている。ただし再生可能エネルギーは変動が大きく、安定的にエネルギーを供給することが難しいため、蓄熱機能と CGS などのバックアップ機能が必要である。

4) ステップ4：再生可能エネルギーの利用

断熱性の強化、高効率機器への更新、空調設備のヒートポンプ化などを実施した上で、最終的に ZEB 化を実現するためには、電源自体を再生可能エネルギーに変換し、供給するエネルギーもクリーンにする必要がある。

以上を踏まえ、今回の検討の対象とした HGT の本社ビル、支社ビルで ZEB 化を実現する場合の対策を表 4-9 および表 4-10 表 4-9 に整理した。

表 4-9 本社ビルにおける ZEB 化対策案

ステップ	対策項目	具体的な手法
1	建屋の断熱効果	<ul style="list-style-type: none"> ・外壁の外断熱(30mm 断熱) ・屋根の断熱(50 mm断熱) ・窓の断熱(真空ガラス、Low-e ガラス)
2	高効率設備の導入	<ul style="list-style-type: none"> ・高効率 LED 照明、太陽熱給湯器
3	新たな空調方式の導入	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒートポンプ冷温水機、太陽熱パネル(暖房)、水冷却 ・ファンコンベクタ
4	再生可能エネルギーの利用	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電+蓄電装置

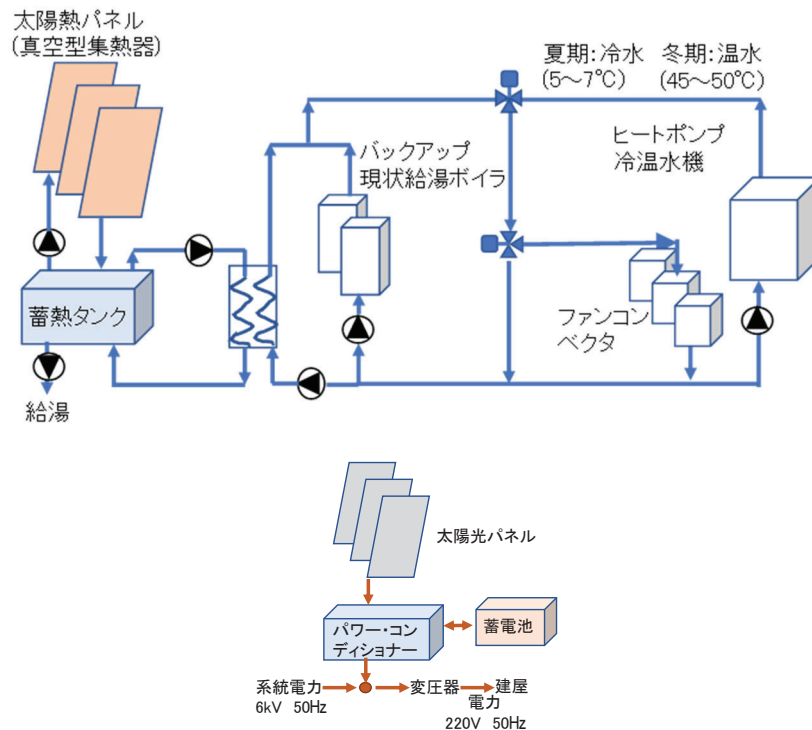


図 4-16 本社ビル ZEB 化案概要

表 4-10 支社における ZEB 化対策案

ステップ	対策項目	具体的な手法
1	建屋の断熱効果	<ul style="list-style-type: none"> ・外壁の外断熱(30mm 断熱) ・屋根の断熱(50 mm断熱) ・窓の断熱(真空ガラス、Low-e ガラス) ・隙間風対策(風除室追加)
2	高効率設備の導入	<ul style="list-style-type: none"> ・対策なし(既に全館 LED 照明導入済)
3	新たな空調方式の導入	<ul style="list-style-type: none"> ・ビルマルエアコン(冷房用) ・太陽熱温水器+蓄熱槽(暖房用) ・ファンコンベクタ(暖房用)
4	再生可能エネルギーの利用	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電(電力は系統連系)

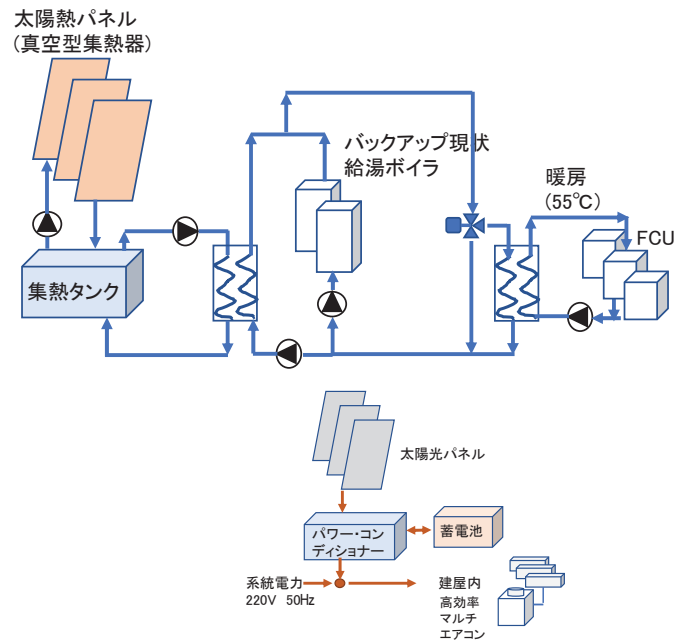


図 4-17 支社 ZEB 化案概要

(2) ZEB/ZEH の優位性

1) 大きな天然ガス削減効果

今回調査で ZEB 化を検討した HGT の本社および支社の電力エネルギー削減効果は以下表 4-11、表 4-12 のとおりである。断熱強化、高効率設備の導入、空調方式の転換で熱および電力エネルギーを削減し、削減しきれない電力エネルギーを再生可能エネルギーで賄うことで ZEB を達成している。

表 4-11 本社ビルにおける ZEB 化の効果

ステップ	対策項目	ZEB 効果	
		効果項目	エネルギー (GJ/年)
1	・外断熱(壁・屋根) ・窓の断熱	・暖房エネルギー削減(熱)	759
		・冷房エネルギー増(電力)	-45
小計		小計	
2	・給湯装置 ・高効率照明	・太陽熱パネル導入(熱)	252
		・高効率 LED 導入(電力)	15.3
小計		小計	
3	・太陽熱温水器 ・冷温水ヒートポンプ ・ファンコンベクタ	・暖房エネルギー削減(熱)	202
		・冷房エネルギー削減(電力) (EER :1.15⇒3.5)	330
小計		小計	
4	・太陽光パネル導入	・電力エネルギー削減	441
総計		1,954	

出典：JICA 調査団

表 4-12 支社ビルにおける ZEB 化の効果

ステップ	対策項目	ZEB 効果	
		効果項目	エネルギー (GJ/年)
1	・外断熱(壁・屋根) ・窓の断熱	・暖房エネルギー削減(熱)	730
3	・太陽熱パネル ・ビルマル	・暖房エネルギー削減(熱) ・冷房エネルギー削減(電力) (EER :1.15⇒3.5)	263 42
	小計	小計	
4	・太陽光パネル導入	・電力エネルギー削減	68
総計			1,103

出典：JICA 調査団

これら 2 棟の建物について、日本の ZEB の評価方法により ZEB として認定できるかを評価した。環境省の WEB によれば、延べ床面積が 10,000 m²以上のビルに対して現状の消費エネルギー量の 50%以上の省エネを達成したビルに対して ZEB の評価を行うことになっている。今回の建屋は延べ床面積を満足してはいないが、評価の結果を図 4-18、図 4-19 に示す。本社ビルは第 3 ステップで Nearly ZEB を達成し、第 4 ステップで ZEB を満足している。支社は第 1 ステップで ZEB Ready を満足している。これらの図から、建屋の断熱で大きくエネルギー削減されており、大きな効果を示していることがわかる。特に、支社のように電気エネルギー消費量より熱エネルギー消費量が大きな建屋では断熱の効果が顕著に表れている。

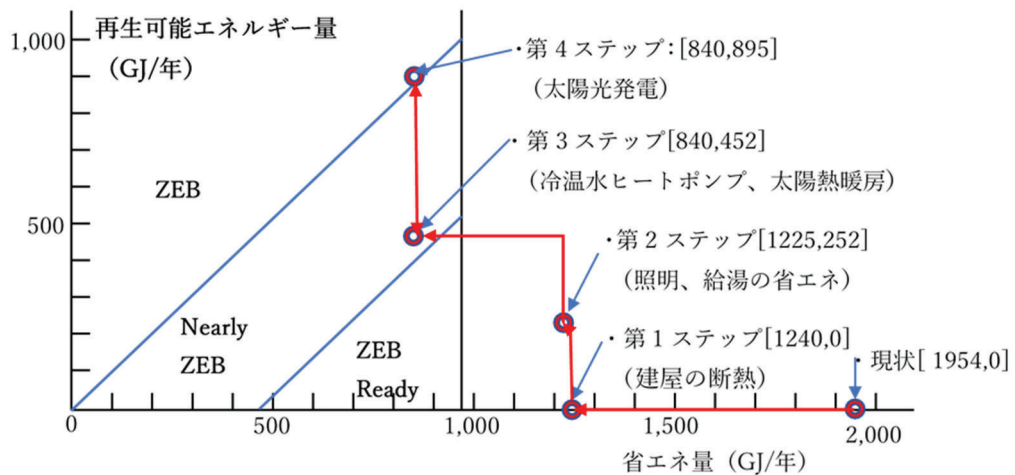


図 4-18 本社ビルの ZEB 評価

出典：JICA 調査団

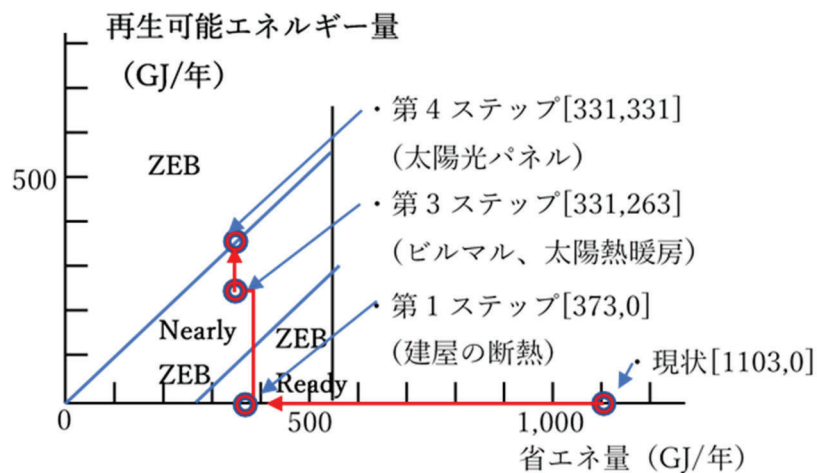


図 4-19 支社(#8)の ZEB 評価

出典：JICA 調査団

前述したとおり、ZEB 化を進める上では、建物の状況を個別に診断した上で、それぞれの建物に適した ZEB 化施策が必要になるが、今回調査を行った HGT2 棟は、「ウ」国における公共ビルの典型的な構造、建築仕様であるため、他の建物においても ZEB 化は可能と考える。よって、「ウ」国で ZEB を推進していくことで、大きな天然ガス削減効果が期待できるため、ZEB 化の推進は同国にとって優位性の高いものと言える。

2) ZEB 推進のグローバルトレンド

ヒートポンプの優位性の項でも記述したとおり、IEA の World Energy Outlook2022 では、2050 年までに世界がゼロエミッションを達成するには、エネルギー効率の改善だけでなく、再生可能エネルギーの開発や電化が重要なマイルストーンになるとして、2040 年までに既存の建物の 50% を ZEB ready にすることを掲げており、建物の ZEB 化はグローバルな優先課題として位置付けられている。

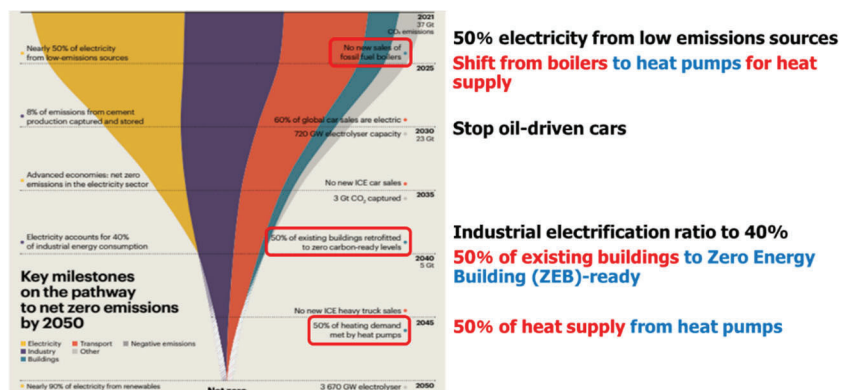


図 4-20 2050 年までのネット・ゼロ・エミッション達成のマイルストーン (再掲)

出典：IEA “World Energy Outlook 2022”

また、IEA の Energy Technology Perspectives 2020 によれば、既存の資本ストック（家庭の暖房システム、自動車、航空機、建物、輸送インフラ、産業機器等）の多くは、早期に引退させるか、それら資本ストックからの排出を減らす対策を取らない限り、何十年も使い続けられるため、多くの CO2 を排出することになるという。IEA の試算では、既存の資本ストックと現在建設中の資本ストックが稼働を停止するまでに発生する世界の累積 CO2 排出量は約 750Gt に達し、これは 2050 年までにネット・ゼロ・エミッションを達成するために許容される排出量を上回ったと推定している。そのため、既存の建物においては断熱化やエネルギー効率などによる改修・改築を実施することが重要であると述べている。

このように、脱炭素社会を実現する上で、既存の建物も含めて ZEB 化を推進していくことは IEA も推奨しており、ZEB の推進は世界が共通して取り組むべきグローバルトレンドと言える。なお、日本においても近年急速に ZEB/ZEH 化が進展しており、環境省・国土交通省・経済産業省を中心とした推進体制の下、ZEB 化普及に向けたロードマップを作成し、ZEB/ZEH 化を推進している。また、そのような流れの中で、日本の ZEB 化手法を海外にも普及するために国際標準化すべく、日本の官民が連携してその方法論を構築し、2021 年 9 月には ISO/TS23764 が制定された。今後この技術仕様書を基に、各国での ZEB 普及のための政策・施策立案が促進されることが期待される。

このような世界の潮流を踏まえ、2030 年までに GHG 排出量を 2010 年比で 35%削減することを目標としている「ウ」国にとっても、建物の ZEB 化は積極的に推進していくべき省エネ施策であると言える。

3) 再生可能エネルギーとのパッケージ化

ZEB 化推進は、「ウ」国が推進する再生可能エネルギー政策の方向性とも合致する。同国政府は、再生可能エネルギーの割合を 2030 年までに 25%以上に増やすという方針を打ち出しており、太陽光発電や風力発電設備導入のための優遇政策や、国際ドナー機関との再生可能エネルギー導入のプロジェクトを複数実施するなど、積極的に再生可能エネルギーの導入を進めている。IEA によれば、「ウ」国は再生可能エネルギーの高いポテンシャルを有しており、その中でも太陽光エネルギーは特に大きなポテンシャルを有しているという。太陽エネルギーのグロスポテンシャルは $2,134 \times 10^3 \text{PJ}$ と推定されており、これは 2022 年の同国の一次エネルギー消費量のほぼ 4 倍に相当すると算定されている⁴。

このように、太陽光エネルギーのポテンシャルが高く、ソーラー発電のポテンシャルが大きい「ウ」国においては、オンサイト型ソーラー発電とのパッケージによる ZEB は推進する価値が高いと考える。

⁴ IEA “Solar Energy Policy in Uzbekistan: A Roadmap”(2022)

表 4-13 「ウ」国における再生可能エネルギーポテンシャル

再生可能エネルギー源	グロスポテンシャル	技術ポテンシャル
水力	385 PJ	8 PJ
風力	92 PJ	17 PJ
太陽光	2134 × 10 ³ PJ	7411 PJ
地熱	2805 × 10 ³ PJ	13 PJ
合計	4940 × 10 ³ PJ	7507 PJ

出典：IEA “Solar Energy Policy in Uzbekistan: A Roadmap”(2022)

4.2.6 その他（LED 照明の導入、モータ基準の設定）

上記に述べた有望技術の他、省エネを推進する上で有効と考えられる技術として、LED 照明の導入や、産業用モータの基準規制などが挙げられる。これらの技術に関しては、本調査の中で詳細な調査・検討を行っていないため、当該技術の概要と「ウ」国への適用可能性について簡略的に述べる。

(1) LED 照明の導入

LED は Light Emitting Diode の略で、発光ダイオードとも呼ばれている。LED の消費電力は白熱電球の約 20%、蛍光灯の約 30%、水銀灯の 25%と言われており、既存の LED 以外の電球、或いはより省エネ性能の高い LED と交換することで確実な省エネを見込むことが出来る。

また、LED 照明は白熱電球の約 20 倍以上、蛍光灯の約 3 倍以上の寿命があり、交換回数が少なく済むため、製造や販売によって排出される CO2 も削減されることから、脱炭素に向けた動きが加速する中で、世界的な普及が進んでいる。世界的に見ると、LED の売上は近年大幅に増加しており、2013 年には約 5%の市場シェアだったものが、2021 年には世界の照明売上高の半分以上を占めるようになっている。

このような潮流の下、「ウ」国では最低エネルギー消費効率基準を定める MEPS (Minimum Energy Performance Standard) の枠組みが 2016 年から家電製品に対して導入されており、洗濯機や冷蔵庫のほか、照明やエアコンなど 18 の製品グループを対象としている。MEPS は、A~G クラスの評価システムに基づくラベリングプログラムと組み合わせられており、A が最も効率が良く、G が最も効率が悪いとされている。

「ウ」国政府は 2017 年に 40W 以上の白熱灯の販売を禁止し、2017 年から G ランク、2018 年から F ランク、2019 年から E ランクの家電製品の輸入と販売を禁止、大統領決議 PP4422 において、D 級家電も 2019 年から販売・輸入禁止対象とすることを定め、非効率な機器の段階的な廃止を導入している。

また、2020 年以降に建設される公共建築物には、エネルギー効率の高いガス暖房システムの設置や、LED と一体化したセンサーを備えた照明システムの設置が義務付けられているなど、LED 普及の取組みが進められている。

このように LED の導入は「ウ」国の方針にも合致しており、同国政府による自発的な普及推進が進められているため、ラベリング規制の強化や広報活動による意識向上などの環境整備を一層進めることで、省エネを進めていくことが望ましい。

(2) モーター基準規制の導入

モーターは産業分野においてポンプや圧縮機、送風機などの様々な機器に使用されており、IEA の統計によると、世界の電力消費の 46% は電気機械、つまり電気モーターで消費されている。したがって、高効率の電気モーターの普及を促進することで大きな省エネ効果を期待することができる。

モーターの効率は国際電気標準会議 (IEC) の IEC60034-30 で IE1: 標準効率から、IE2: 高効率、IE3: プレミアム効率、IE4: 超効率の 4 クラスに規定されており、モーターの効率を上げると導入コストは一般的に高くなるが、高効率化によりエネルギーコストを削減することが可能である。例えば図 4-21 に示すように、出力 11kW のモーターを毎年 4000 時間の運転時間で 15 年間使用した場合のライフサイクルコストは、運転コスト（電力料金）が 96.7% を占め、初期コスト（購入価格）が 2.3% ほどとなるため、電力料金が大半を占めるため、長期間運転するほど高い省エネ効果が表れ、経済的なメリットが大きい。

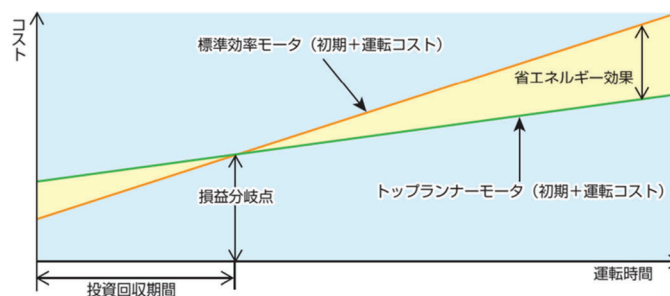


図 4-21 標準効率モーターと高効率モーターの経済性の比較

出典：”地球環境保護・省エネルギーのために トップランナーモーター” 一般社団法人日本電機工業会 [https://www.jema-net.or.jp/jema/data/S5238\(20211220\).pdf](https://www.jema-net.or.jp/jema/data/S5238(20211220).pdf) (2023-2-1 参照)

第 3 章で述べたとおり、「ウ」国ではポンプやモーターなどの産業機器についてはエネルギー性能基準が導入されていないため、IEC の国際規格を導入し、IE2 以下のモーターの使用を禁止していくなどの対策が有効と考える。

4.3 省エネ策に対する日本技術の適用可能性

前章で取り上げた高効率エアコン、ヒートポンプ、複層ガラス等の製品分野は、いずれも日本企業が世界シェアの上位に位置し、省エネ技術的にも世界をリードする日本の得意分野であるが、「ウ」国の市場における存在感は今一つである。エアコン等の家電製品では、ARTEL 等の地元企業に加え、中国、韓国、トルコ等からの輸入が多い。「ウ」国においても日本製品の品質・性能の高さは認知されており、少々価格が高くて

も富裕層には訴求するものの、一般層の購入意欲を引くボリュームゾーンでは存在感をなくしてしまう。ウクライナ戦争の勃発により、ロシアの影響力が小さくなった現在、中央アジア一帯は一種の空白地帯になっており、日本企業にとって「ウ」国進出の好機ともいえる。

以下に高効率エアコン、ヒートポンプ、複層ガラスの3つについて、「ウ」国の市場を概観する。

(1) 高効率エアコン

「ウ」国のルームエアコンの市場規模は年間約23万台（半分がタシケント市での販売と見られる）で、その85%がノンインバータタイプと見られる。メーカーではGREE等の中国製、Samsung、LG等の韓国製が市場の大半を占め、地元企業であるARTEL社が冷暖房ビジネスの大手となっている。今後、ラベリング制度の浸透により購買層の省エネ意識が高まってくれば、インバータ技術に優れ、品質の高い日本製品のシェア拡大が期待できる。日本メーカーでは、本調査においてインバータエアコンの実証実験で試験機として採用したダイキン社は、ダイキントルコ社が「ウ」国内現地企業と販売代理店契約を結んで活動している。「ウ」国のEコマースのページでは、他にパナソニック、三菱電機、日立等の名前も見られるが、今回の現地業務で訪れたタシケント市内の家電量販店には日本製品の展示は見つからなかった。



図 4-22 タシケント市内の家電量販店でのエアコン展示状況（上）

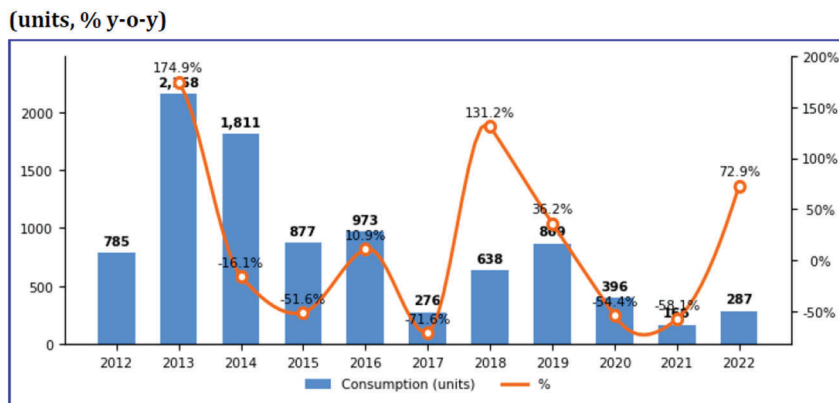
図 4-23 タシケント市内のダイキン販売代理店での展示状況（下）

(2) ヒートポンプ

世界のヒートポンプ市場は 2020 年に 60.4 億米ドルと評価されており、今後も 10% 近い成長率で伸びていくと予想されている。一方で「ウ」国のヒートポンプ市場は、民間調査会社の AI を使った統計によると、空調機以外のヒートポンプの販売台数は、コロナ前の 2019 年で 396 ユニット、市場価値は 90 万米ドルとなっている。空調機を含んでいないので、主に給湯目的と考えられるが、非常に小さい数字になっている。また、同統計会社の機械学習を利用した予測モデルによると 2030 までの市場価値の年平均成長率 (CAGR: Compound Annual Growth Rate) は 4.0% となっている。

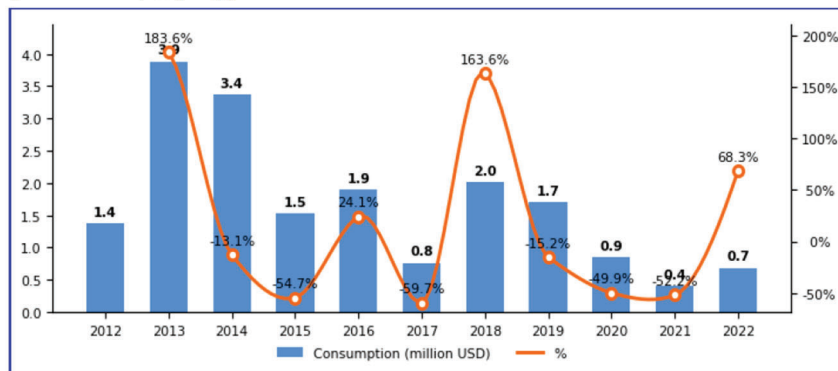
「ウ」国内でヒートポンプの製造は無く、すべて輸入に頼っており、主な輸入先は 2022 年の台数ベースでは、フランス(48%)、中国(30%)、ルクセンブルク(17%)、トルコ(6%)となっている。金額ベースでは、フランスが 517 千米ドルで総輸入額の 62% を占める。2 位は 141 千米ドル (17%) のルクセンブルグ、以下、中国、トルコが続く。

ダイキン、パナソニック、三菱電機等の日本メーカーは、世界的なプレーヤーとして欧米市場での存在感を高めている。特に近年は、欧州市場の拡大を目指し東欧での設備投資を強めており、東欧経由での中央アジア展開も考えられる。



Source: [IB AI Platform](#)

図 4-24 「ウ」国におけるヒートポンプ販売台数の推移
(million USD, % y-o-y)



Source: [IB AI Platform](#)

図 4-25 「ウ」国におけるヒートポンプ販売金額の推移

(3) 複層ガラス

ガラス業界のトップ 11 社中 4 社が日本企業である。1 位の AGC が世界シェアの 2.9% を占め、2 位にサンゴバン（仏）、3 位コーニング（米）と続く、4 位の日本板硝子はピルキントン（英）を傘下に入れ、海外展開を模索している。

欧州復興開発銀行（EBRD）が Green Economy Financing Facility（GEFF）のもとで提供している Green Technology Selector というオンラインショッピングスタイルのプラットフォームで複層ガラス（Glazing）を検索すると、15 社、307 製品がヒットする。このうち 7 社、184 製品がウクライナ製である。「ウ」国内製は IMZO（ウ）の 22 製品、海外製では、ガーディアン（米）の 12 製品、サンゴバン（仏）の 11 製品が登録されている。日本からは日本板硝子がピルキンントンのブランド名で 5 製品が登録されている。しかし、日本の最新の Low-e 複層ガラス製品は登録されていない。

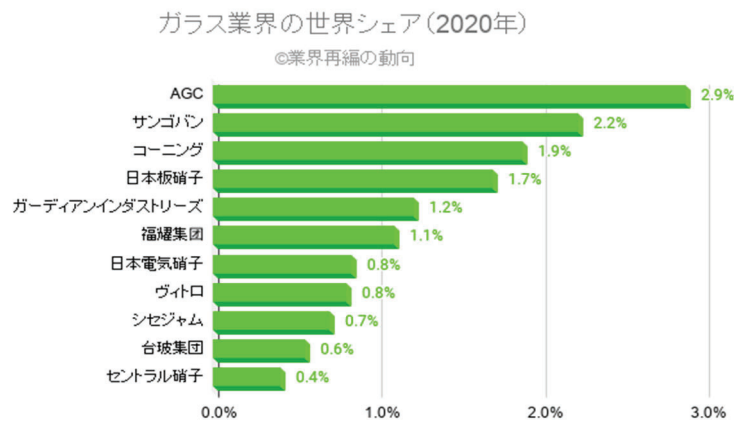


図 4-26 ガラス業界の世界シェア

出典：deallab.info/glass-industry/

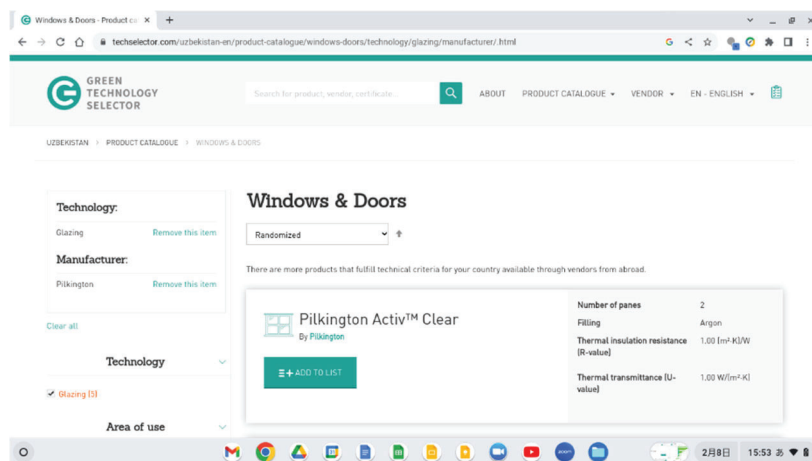


図 4-27 Green Technology Selector で日本板硝子（ピルキントン）を検索した画面

出典：JICA 調査団

表 4-14 Green Technology Selector に登録されている板ガラス製品数

製造メーカー	国	製品数
Glas Trösch	Ukraine	144
StekloMir	Kazakhstan	41
IMZO	Uzbekistan	22
Gurdian Glass	USA	21
Sisecom Glat Glass	Turky	19
Stekloplast	Ukraine	16
PARITET	Ukraine	12
SAINT-GOBAIN GLASS	France	11
Pilington	Japan	5
Climascreen	Ukraine	4
Vikonda	Ukraine	4
Ekran Viknovit	Ukraine	3
Stark	Armenia	3
Vesnyanka	Ukraine	1
Строй Дизайн PV	Kazakhstan	1
合計		307

出典：JICA 調査団

(4) 日本技術の展開に向けて

第 2 章で述べたように「ウ」国は二重内陸国であり、海洋に出るには 2 つの国境を越える必要があり、外国との交易手段は、空路を除くと、道路または鉄道を用いた陸上輸送に限られるため、輸送量および輸送コスト面で制約がある。例えば、エアコン等の比較的重量の大きい製品は、通常、トルコからトラックにより道路輸送されているが、トルコから鉄道輸送の選択肢はなく、また、飛行機による空輸はコスト的に高いため、ほとんど空輸されることもない。また、「ウ」国では、ARTEL 社等の国内製造事業者が供給できる製品と同種の製品を外国から輸入しようとする場合の関税が極めて高く、外国製造業者が「ウ」国へ技術を展開する際の一つの障壁になっている。

「ウ」国でも、日本の技術や製品の品質の高さは認知されているため、輸送コストや関税等の製品価格に影響を与える要因を克服し、一般層も購入できる製品を提供することが望まれる。そのため、「ウ」国の現地企業と販売代理店契約を結んだ上で製品を輸出するだけでなく、現地企業との合弁による生産拠点の設立、積極的な設備投資を行い、中央アジア市場での存在感を高めることが求められていると考える。

第5章 省エネの実現に向けた環境整備

第4章では省エネ推進のため、「ウ」国に適用可能な有望技術について提示したが、それら技術を普及させるためには制度的、財政的、人的・組織的な環境整備も必要となる。そこで本章では、省エネを推進する上で必要な制度的、財政的、人的・組織的面での改善策を検討した。

5.1 政府による省エネ規制の強化（国産品・輸入品のラベル規制、断熱義務化）

5.1.1 省エネ基準とラベル規制の強化

エアコンなどのエネルギー消費機器に設定されている省エネ基準とラベリングは、消費者の認識向上と低効率製品の販売を禁止することで効果を上げている。第2章で述べたとおり、「ウ」国では2016年から省エネラベリング制度が始まっているが、その仕組みの一層の浸透を図りつつ、高効率機器の新規購入を促していく必要がある。

例えば、以下表5-1はEUのエアコンにおける省エネラベリング基準であるが、「ウ」国もEUの基準に準じており、GからA+++に区分されている。AクラスとA+++クラスの性能を比較すると、計算上3割程度の省エネ効果が見込めることになる。第3章で述べたとおり、住宅部門におけるエネルギー効率性の現状把握のために実施した家庭へのアンケート調査では、2021～2022年の主流はAクラスの製品であり、5年前の主流であったB～Cに比べて向上していることが明らかとなった。今後はこれをA++以上まで向上することを目標とすることが望ましい。

表 5-1 家庭用エアコンのクラス

Energy efficiency classes for air conditioners

Energy Efficiency Class	SEER	SCOP
A+++	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10
A++	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10
A+	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SCOP < 4,60
A	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4,00
B	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40
C	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10
D	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80
E	3,10 ≤ SEER < 3,60	2,20 ≤ SCOP < 2,50
F	2,60 ≤ SEER < 3,10	1,90 ≤ SCOP < 2,20
G	SEER < 2,60	SCOP < 1,90

出典：EU energy labelling

エアコンなどの機器の更新サイクルは10年程度と想定されるため、新規購入の省エネ基準を高めることにより、10年程度で大きな省エネ効果をもたらすことが期待できる。「ウ」国においてもエアコンの使用は拡大していることから、省エネ基準の一層の

強化を図っていくことが重要である。

省エネ基準の強化のためには、省エネクラスの高い機器への補助金交付や、エネルギー効率表示値の正確性を高めるための、政府における認証試験ラボラトリ体制と能力強化等が重要となってくるが、これらの点については5.5に詳述する。

省エネクラスの高い機器の購入を促進すると同時に、基準の低い機器の販売や輸入を禁止していくことも重要である。現在「ウ」国では、第2章で述べたとおり、Dクラスの機器の販売や輸入が禁止されており、同様の規制対象を拡大していくことが望ましい。

5.1.2 断熱規制の強化

建設省 (MoC) の説明では、新築住宅に対しては、高い断熱性能基準を導入しているとのことである。ただし第2章で述べたように、具体的な数値基準およびグローバル基準の準拠状況は確認出来ていない。今後、ネット・ゼロ・エネルギー・ビル (ZEB) の推進を考えた場合は、5.1.1で述べたようなエアコンの省エネ基準に加え、外皮の断熱性能評価についてもグローバルな基準を導入すべきである。建物の外皮の断熱性能を評価するものとしては、Perimeter Annual Load: ペリメーターゾーン年間熱負荷係数 (PAL) と Overall Thermal Transfer Value (OTTV) がある。日本では非住宅建築物に対して PAL を適用しているが、非常に煩雑な計算が必要となる。一方、OTTV は American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: アメリカ暖房冷凍空調学会 (ASHRAE) が提案した建物外皮の熱性能を表す指標で、比較的簡単に計算可能である。シンガポールを始め東南アジアの多くの国々で導入されており、「ウ」国においても OTTV の導入を検討することが望ましい。

5.2 天然ガスの低タリフ・誘導政策廃止

消費者のエネルギー効率化を阻む大きな要因として、政府による天然ガスへの補助金、および価格設定のメカニズムが挙げられる。

表5-2に主なエネルギー小売単価の熱量ベースでの比較を示す。電気タリフ、ガスタリフは IEA Uzbekistan 2022 Energy Policy Review から引用、熱供給温水については、今回の調査で熱供給会社からのヒアリング情報に基づいている。また、天然ガスの Gross Calorific Value: 高位発熱量 (GCV) は、IEA Natural Gas Information 2022 Edition Database Documentation の国別 GCV の値を採用した。

戸建て住宅についてみると、電気が 81.94 UZS (0.0072 USD) /MJ に対し、ガスは 10.03 UZS (0.0009 USD) /MJ となり、熱量ベースのガスタリフは電気の 1/8 以下と非常に低い価格に設定されている。エネルギータリフは、一次エネルギーから二次エネルギーへの変換効率や送分配費用を含んでいるので、一概に横並びで比較できない。特に電気タリフについては、電源構成が火力発電メインの場合は、発電効率を 33% とすると、熱量ベースで比較すると化石燃料系の二次エネルギーに対して 3 倍程度高くなる。それを割り引いたとしても、「ウ」国のガスタリフは、異常に低く設定されているとい

える。例えば、ヒートポンプのエネルギー消費効率（COP）を3.0、ガスボイラの効率を高位発熱量に対し80%と仮定して、電気料金とガス料金の比を計算すると、 $81.94/3/(10.03/0.8)=2.17$ となり、ガス料金は電気料金の1/2.17になる。

業務用ビルについて、同様の計算をすると $125.0/3/(17.42/0.8)=1.91$ となり、やはりガス料金の方が電気料金の約1/2になる。このような非常に安いガスタリフが、消費者の省エネ機器への更新意欲を阻害していることは明白である。

一方、地域熱供給の温水タリフの熱量ベースでの単価は、電気タリフの1/2.6~1/3.2になり、発送電効率を35%、熱供給システムのエネルギー効率を70%とすれば、電気タリフと温水タリフの比は単純計算では1/2となる。若干地域温水の方が安い、ほぼ妥当な料金設定になっていると考えられる。

また、電気タリフを円換算すると民生用の295 UZS (0.0260 USD)/kWh は3.4円/kWh、産業用の450 UZS (0.0396 USD)/kWh は5.25円/kWhとなり、世界的には一番電気タリフが低いグループに属することになるが、異常な低さということではない。

このような天然ガスタリフの非常に安い価格設定を見直すことにより、消費者の省エネ機器購入を促進して、エネルギー効率の良い電力に誘導するような政策が必要と考えられる。

表 5-2 主なエネルギー小売単価（タリフ）の熱量ベース比較

	エネルギー源	エネルギー小売価格(タリフ)	熱量ベースエネルギー単価 (UZS (USD)/MJ)
戸建て	電気	295 UZS/KWh	81.94 (0.0072)
	天然ガス	380 UZS/m ³	10.03 (0.0009)
集合住宅	電気	295 UZS/KWh	81.94 (0.0072)
	天然ガス	380UZS/m ³	10.03 (0.0009)
	地域温水	131 UZS/Mcal	31.29 (0.0028)
業務用ビル	電気	450 UZS/KWh	125.0 (0.0110)
	天然ガス	660 UZS/m ³	17.42 (0.0015)
	地域温水	162 UZS/Mcal	38.7 (0.0034)

出典：JICA 調査団

※計算条件

- ・ 天然ガス発熱量(高位)：37.89 MJ/m³、IEA Natural Gas Information 2022 Edition/Database Documentation
- ・ 電力の熱量：3.6 MJ/KWh
- ・ ガス及び電気のタリフは、IEA Uzbekistan 2022 Energy Policy Review
- ・ 地域熱供給温水の熱量単価：温水価格 5242 UZS/m³(集合住宅)、6480 UZS/m³(業務用ビル)に対し、温度差 40°Cと仮定して熱量に換算
- ・ METI 報告書は 2018 の熱量単価を 100sUZS/Mcal としており、上昇率を見込むと同水準である。
- ・ 通貨単位は、2023 年 1 月 31 日時点の「ウ」国中央銀行のレート (1UZS=0.000088USD) を用いて USD に換算。

5.3 省エネ促進にかかるインセンティブの導入の検討

5.2 で示したとおり、現状のエネルギー単価では、天然ガスの単価が最も安くなっている。そのため、消費者がガスボイラから天然ガスを最も効率良く変換する電気ヒートポンプに変更するモチベーションや、天然ガスの使用を削減する省エネマインドが起りにくくなっている。

そこで本項では、消費者が省エネ投資、つまり高効率機器買い替えや断熱強化などの省エネ施策を実施する際に要する初期投資を行うために必要な財政インセンティブについて検討を行った。具体的には、現状のエネルギー単価の下で省エネ投資を行った場合の経済性評価を行い、経済合理性がないと判断した投資においては、エネルギー単価変更や経済合理性を確保するための補助の必要性について検討を行った。その上で、補助が必要な場合に、どのようなインセンティブ制度が必要となるかについて整理・検討を行った。

5.3.1 省エネ投資の経済性評価

(1) 経済性評価の手法

本項では消費者の省エネ投資の経済性を評価した。分析では、特にエネルギー使用量の多い民生部門（住宅部門・事業用建物部門）に対する省エネ投資を促進するため、第4章で示した有望技術のうち、住宅部門における高効率エアコンへの買い替え、ヒートポンプ給湯器への買い替え、断熱強化についての経済性評価を行った。また、事業用建物部門においては、それらを総合的にパッケージ化した ZEB としての経済性評価を行った。その結果、経済合理性がないと判断した投資対象については、省エネ効果の観点からは促進する必要性から、何らかの財政政策が必要と考えられるため、エネルギー単価の変更および政府が財政インセンティブを付与する場合の、価格変更の程度や必要な補助の程度についての試算も行った。計算の前提条件は以下としている。

- 経済性評価は単純投資回収期間（Simple Payback Period）で行った。
- 投資回収期間は次の式で求めた。
投資回収期間=省エネ投資÷省エネベネフィット
- 省エネ投資とは、高効率機器への買い替えや断熱強化などの省エネ施策を実施する際に要した初期投資費用の額である。なお、高効率機器への買い替え時期は、既存の機器の耐用年数を考慮し、既存の機器を更新する時期に合わせることを前提とした。その際、高効率機器と従来型機器との価格差を省エネ投資と見なすこととした。
- 暖房および給湯の熱利用は、a)建物ごとの独立ボイラを使用、b)地域熱供給からの熱供給の2パターンあるため、2つのパターンにわけて検討を行った。
- a)の場合、高効率エアコンへの買い替えは、暖房用途では、ガスボイラから高効率エアコンに買い替えた時の価格差、冷房用途では低効率エアコンから高効率

エアコンに買い替えた時の価格差としている。b)の場合は、地域熱供給は社会インフラとして整備されており、消費者の投資コストは発生しないため、高効率エアコンに買い替えた場合の機器設置価格全体を省エネ投資費用としている。

- ヒートポンプ給湯器については、a) の場合、ガスボイラからヒートポンプ給湯器に買い替えた時の価格差、b)の場合は上記同様の理由から、ヒートポンプ給湯器に買い替えた場合の機器設置価格全体を省エネ投資費用としている。
- 断熱強化については、窓ガラスは断熱性の低いガラスから断熱性の高いガラスに買い替えた時の価格差、壁と天井の断熱材貼付は新たな追加費用として、投資した費用全体を省エネ投資費用としている。なお、断熱強化にかかる費用は、1 m²あたりに要する費用を初期投資費用として算出した。
- 高効率エアコンの価格は、本調査の中で実施した市場調査で得られた「ウ」国の一般的な市場価格を適用した。但し、ヒートポンプ給湯器や断熱材は現在「ウ」国で入手可能な製品がないため、日本の市場に流通している製品の販売価格を参考とした。
- 省エネベネフィットとは、省エネ施策を実施したことによる 1 年あたりの光熱費（電力、ガス、温水料金）の削減額であり、次の式で求めた。
省エネベネフィット＝省エネ投資前の 1 年あたり光熱費（年間消費エネルギー量×エネルギー単価）－省エネ投資後の 1 年あたり光熱費（年間消費エネルギー×エネルギー単価）
- 暖房と冷房については、使用者が得られる熱量（温熱、冷熱）を同程度とした上、建物の 1 部屋当たりの従来型機器と高効率機器を比較（年間消費エネルギー量、価格）した。すなわち、従来型のガスボイラ 1 台（暖房）と低効率エアコン 1 台（冷房）に対して、高効率エアコン 1 台（暖冷房）を比較した。ただし、通常、ガスボイラは、暖房と給湯の両方を供給するため、その内の暖房のみを比較する場合は、ガスボイラ 1 台の価格の 1/3 程度を暖房分として便宜的に見込むこととした。
- 年間消費エネルギーを算出する上での前提条件は以下とした。
 - ガスボイラ熱効率：0.7（既設）、0.9（新設）
 - ラジエータ熱損失：0.2、ラジエータ熱効率：0.8
 - 一次エネルギー換算：3.6 MJ/kWh、4.2 MJ/Mcal
 - 天然ガス熱量：34.2 MJ/m³
 - 給湯のエネルギー消費量は、同じ発生熱量 17 GJ/年に対するガスボイラ、地域熱供給、ヒートポンプ給湯器を比較した
 - 冬季の暖房利用期間は 4 か月間とし、断熱強化は冬季の断熱効果を評価するものとして、冬季 4 か月間の 1 m²あたりのエネルギー消費量を算出
 - 夏季の冷房利用期間は 3 か月間とした
- 上記の前提条件の下、各省エネ施策の年間消費エネルギー量（m³/y：天然ガス、

kWh/y：電気、Mcal/y：温水）を算出した結果を表 5-5 に示す。

- ZEB の経済性評価については、今回 ZEB の可能性を検討するために実施した現地調査で視察したガス公社のビル 2 棟を対象とし、各建物を ZEB 化するために必要な投資と、その結果得られるガス・電力消費削減額を、省エネ投資および省エネベネフィットとしている。ZEB の費用対効果の詳細については別添 7 に記載した。
- 将来の省エネベネフィットで得られるキャッシュフローに割引率は考慮していない。
- 通貨単位は、2023 年 1 月 31 日時点の「ウ」国中央銀行のレート（1UZS=0.000088USD）を用いて USD に換算した。
- 耐用年数は日本における消費動向調査などの結果から平均的な使用年数を参考に設定した。なお、天井・外壁への断熱材貼付については参考となる使用年数が明らかではなかったため、窓ガラスと同じ 30 年と設定した。また、ZEB については、建物の一般的な実耐用年数として 50 年と設定した。

省エネ		耐用年数
高効率エアコン		15 年
ヒートポンプ給湯器		15 年
断熱強化	複層ガラス(Low-E ガラス)	30 年
	天井、外壁面への断熱材貼付	30 年
ZEB		50 年

(2) 評価結果

1) 各種省エネ投資の経済性

上記条件の下、高効率エアコンおよびヒートポンプ給湯器への買い替え、窓の複層ガラス化や断熱材貼付の断熱強化を実施した際の経済評価を行った結果を以下に記す。また、経済評価のまとめ、および算出式の詳細は、表 5-3、表 5-4、表 5-5 に示す。

ガスボイラおよび低効率エアコンから変更した場合、ガスボイラと低効率エアコンを更新するより、1 台で冷暖房を賄う高効率エアコンに買い替えた方が投資費用が安い。高効率エアコン買替への価格差はマイナス (-28 USD) となる。すなわち、現在、ガスボイラによる暖房（冬季）、低効率エアコンによる冷房（夏季）が主流であるが、これらを高効率冷暖房エアコンに転換すれば、省エネベネフィットが得られるだけでなく、初期投資も削減できる。結果として投資回収年数期間は-2.1 年となった。また、地域熱供給から変更した場合は 3.4 年となり、エアコンの耐用年数を 15 年とすると、いずれの場合も耐用年数内に投資回収が可能という結果となった。

ヒートポンプ給湯器への買い替えは、ガスボイラから変更した場合は省エネベネフィットが得られず投資回収不可、地域熱供給から変更した場合は 184.6 年という結果となった。ガスボイラからヒートポンプ給湯器に変更した場合、ガスのエネルギー単価

が安く、また、現状の変換効率の場合は、機器の効率化だけではエネルギー料金の差を埋められず、年間のエネルギー料金は依然としてガスボイラが安くなってしまったため、省エネベネフィットがマイナスになってしまい、現状では投資回収が困難となっている。このような場合、機器導入費用に対して政府が全額補助を付与しても、消費者は省エネベネフィットを享受することが出来ないため、ヒートポンプ給湯器の経済合理性を確保するためには、天然ガスに対する異常に安いエネルギー単価の価格設定を変えることが必要と考えられる。

断熱強化の投資回収期間は、複層（Low-E）ガラスに変更した場合は 31.3 年、壁と天井に断熱材を貼付した場合は 12.5 年となり、いずれも耐用年数内での回収が可能であることが判明した。

また、今回調査したガス公社のビルを ZEB 化した場合の投資回収は 39～99 年となった。ZEB の耐用年数を 50 年とすれば、ガス公社の支社では投資回数可能だが、ガス公社の本社は耐用年数内での投資回収が困難であるという結果になった。ZEB 化する建物によってその投資回収期間は異なってくるが、何らかの財政措置が無ければ、事業者の投資による ZEB 化は普及が進まない可能性があると言える。一方で、政府が ZEB の投資を行い、そこで得られた天然ガス削減量を輸出して得られる収入を省エネベネフィットと見る場合は、投資回収年数は 10～23 年となり、耐用年数内での回収が可能となる。そのため、政府は、事業者に対して補助金を付与する等の財政措置を行うか、政府自らが投資を行って ZEB 化を推進するか、といった政策判断が必要となってくる。政府が投資する場合の経済性評価については第 6 章で詳述することとし、ここでは、経済合理性がないという結果になった省エネ投資において、事業者に対する補助金などのインセンティブ導入の検討を行うため、次項では、必要となる補助金の程度等について検討を行う。

表 5-3 各省エネ施策の経済性評価

省エネ施策	改善策	省エネ投資 (USD)	省エネベネフィット (USD)	単純投資回収期間 (年)	投資回収可否
冷暖房の高効率化	ガスボイラ・低効率エアコン →高効率エアコン	-28	13	-2.1	○
	地域熱供給・低効率エアコン →高効率エアコン	132	39	3.4	○
給湯の高効率化	ガスボイラ→ ヒートポンプ給湯器	1,672	-11	投資回収 不可	×
	地域熱供給→ ヒートポンプ給湯器	2,288	12	184.6	×
断熱強化	単層ガラス→	55	2	31.3	○

	複層ガラス(Low-E)化				
	天井・外壁への断熱材導入	8	0.6	12.5	○
ZEB	ガス公社①（本社） 上記施策＋再生可能エネルギー導入（詳細は別添7参照）	422,590	4,235	99.8	×
	ガス公社②（支社） 上記施策＋再生可能エネルギー導入（詳細は別添7参照）	78,630	2,036	38.6	○

出典：JICA 調査団

表 5-4 各省エネ施策の経済性評価の計算結果詳細

省エネ対象	供給形態	現状(上中段)、改善後(下段)	価格		価格 (USD)		年間消費エネルギー		エネルギー単価		年間消費エネルギー料金		年間費用削減額		投資回収期間	
			単価	単位	単価	単位	計	単位	単価	/単位	単価	単位	単価	単位	単価	単位
暖房&冷房	個別ボイラ	a.ボイラ (暖房)	1,817,209	som	160		505.3	m3	0.0334	USD/m3	17	USD	(a+b)-c	USD	-2.12	年
		b.低効率エアコン (冷房)	6,500,000	som	572	c-(a+b)	936.0	kWh	0.0260	USD/kWh	24	USD				
		c.高効率エアコン (冷暖房)	8,000,000	som	704	-28	1,080.0	kWh	0.0260	USD/kWh	28	USD				
	地域熱供給	a.地域熱供給 (暖房)	0	som	0		3,702.9	Mcal	0.0115	USD/Mcal	43	USD	(a+b)-c	USD	3.39	年
		b.低効率エアコン (冷房)	6,500,000	som	572	c-(a+b)	936.0	kWh	0.0260	USD/kWh	24	USD				
		c.高効率エアコン (冷暖房)	8,000,000	som	704	132	1,080.0	kWh	0.0260	USD/kWh	28	USD				
給湯	個別ボイラ	a.ボイラ	7,000,000	som	616	b-a	710.1	m3	0.0334	USD/m3	24	USD	a-b	USD	-158.92	年
		b.エコキュート	26,000,000	som	2,288	1,672	1,320.0	kWh	0.0260	USD/kWh	34	USD	-11			
	地域熱供給	a.地域熱供給	0	som	0	b-a	4,047.6	Mcal	0.0115	USD/Mcal	47	USD	a-b	USD	184.61	年
		b.エコキュート	26,000,000	som	2,288	2,288	1,320.0	kWh	0.0260	USD/kWh	34	USD	12			
断熱		a.単層ガラス	86,000	som	8	b	72.2	m3	0.0334	USD/m3	2	USD	a-b	USD	31.32	年
		b.Low-E	630,000	som	55	55	19.2	m3	0.0334	USD/m3	1	USD	2			
		a.施策なし	0	som	0	b	24.9	m3	0.0334	USD/m3	1	USD	a-b			
		b.断熱材貼付	86,000	som	8	8	6.7	m3	0.0334	USD/m3	0	USD	0.61			
ZEB				som	0		1,328.7	m3	1.7000	USD/m3	2,259	USD	4,235	USD	99.79	年
				som	0		625.3	m3	3.1600	USD/m3	1,976	USD				
		ガス公社 (本社)		som	422,590	422,590	0.0	m3	0.0000	USD/m3	0	USD				
				som	0		992.7	m3	1.7000	USD/m3	1,688	USD				
				som	0		110.3	m4	3.1600	USD/m4	349	USD				
	ガス公社 (支社)		som	78,630	78,630	0.0	m3	0.0000	USD/m3	0	USD	2,036	USD	38.62	年	

出典：JICA 調査団

表 5-5 各省エネ施策の年間消費エネルギー量の計算結果詳細

比較項目	年間消費エネルギー量計算式
ガスボイラ (暖房)	$1.2 \text{ kWh(出力)} \times (1/0.9) \times (1/0.8) \times 3.6 \times (1/34.2) \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ days} \times 4 \text{ months}$
地域熱供給 (暖房)	$1.2 \text{ kWh} \times (1/0.8) \times 3.6 \times 1/4.2 \text{ (MJ/Mcal)} \times 4 \text{ months}$
低効率エアコン (冷房)	$1.3 \text{ kWh(3ヶ月平均出力)} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ days}$
高効率エアコン (冷暖房)	冷房： $0.7 \text{ kWh(3ヶ月平均出力)} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ days}$ 暖房： $0.8 \text{ kWh(4ヶ月平均出力)} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ days}$
ガスボイラ (給湯)	$17,000 \text{ MJ(発生熱量)} \times (1/0.7) \times (1/34.2)$
地域熱供給 (給湯)	$17,000 \text{ MJ(発生熱量)} \times 1/4.2 \text{ (MJ/Mcal)}$
ヒートポンプ給湯器	$110 \text{ kWh(月間平均出力)} \times 12 \text{ months}$
単層ガラス	$6 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times 20 \text{ K} \times (1/0.7) \times 3.6 \times (1/34.2)$
複層 (Low-E) ガラス	$1.6 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times 20 \text{ K} \times (1/0.7) \times 3.6 \times (1/34.2)$
断熱材なし	$2.07 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times 20 \text{ K} \times (1/0.7) \times 3.6 \times (1/34.2)$
断熱材貼付	$0.56 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times 20 \text{ K} \times (1/0.7) \times 3.6 \times (1/34.2)$

2) 経済合理性確保のための検討

1)では、高効率エアコンへの買い替えや断熱強化はいずれの場合も耐用年数内に投資回収が可能であるため、財政的インセンティブがなくても経済合理性を啓発していくことで、ある程度自律的に普及する可能性があることが明らかとなった。

一方、ヒートポンプ給湯器や ZEB 化については、何らかの財政措置が無ければ現状では消費者にとって経済合理性が確保できず、普及が進まない可能性が高いと考えられる。そこで、ヒートポンプ給湯器や ZEB 化を普及させるために必要な財政措置について、現在異常に安く設定されている天然ガスのエネルギー単価を上昇させた場合、および、補助金などの財政インセンティブを付与した場合について、それぞれ単価上昇の程度、補助の程度についての感度分析を行った。

① 天然ガスエネルギー単価の感度分析

ヒートポンプ式給湯器、および ZEB 化の経済合理性が得られるために必要な天然ガスのエネルギー単価の変化を検証するため、天然ガスエネルギー単価の感度分析を行った。結果の一覧を表 5-6 に示す。

ヒートポンプ給湯器の耐用年数 15 年を下回るには天然ガスエネルギー単価を現在の 6 倍にする必要があることが明らかとなった。また、ZEB 化については、建物によっては 3 倍程度の天然ガスエネルギー単価の上昇が無ければ投資回収が困難であることが判明した。

なお、表 5-6 では、耐用年数で投資回収を行う場合に加え、5.2 で述べたとおり、現状では天然ガスのエネルギー料金が電力料金の約 1/8 という価格設定となっていることから、電力料金と同程度の価格レベルまで引き上げる（天然ガスのエネルギー単価を現状の 8 倍にする）場合についての試算結果も示す。

表 5-6 天然ガスエネルギー単価の感度分析結果

	耐用年数での 投資回収	電力料金と同等までの引き 上げた場合の投資回収期間
ヒートポンプ給湯器	6 倍	10.7 年
ZEB 化 (ガス公社・本社)	3 倍	21.1 年
ZEB 化 (ガス公社・支社)	投資回収可能	現状のエネルギー単価で 投資回収可能

出典：JICA 調査団

② 補助金の感度分析結果

エネルギー単価の感度分析に加え、ZEB が普及するためにはどの程度の補助金が必要かについても感度分析を行った。なお、ヒートポンプ給湯器は、設置費用の全額に対して補助を行ってもエネルギー単価が安価なことにより経済合理性が確保できないことが表 5-3 にて判明したため、補助金の感度分析の対象からは除外した。シミュレーション結果を表 5-7 に示す。

ZEB 化は、耐用年数である 50 年での投資回収を実現するには、投資コストに対して 50%程度の補助が必要という結果となった。

表 5-7 補助金の感度分析結果

	耐用年数での投資 回収	耐用年数の 1/2 の 期間での投資回収
ZEB 化 (ガス公社・本社)	50%	75%
ZEB 化 (ガス公社・支社)	補助なしでも投資回 収可能	補助なしでも投資回 収可能

出典：JICA 調査団

(3) 考察

高効率エアコンへの買い替えや断熱強化については、経済合理性の観点からは自律的普及が見込まれるため、政府としては、経済合理性の理解促進のための積極的な広報活動や意識向上の活動に注力していくことが重要である。

ヒートポンプ給湯器については、省エネの観点から普及を推進していくべきであるが、現時点のエネルギー単価では経済合理性が確保できないため、エネルギー単価の引き上げ、若しくは第 6 章で述べるように、電力の 1 次エネルギー変換効率を高めていくといった施策を推進するなどの総合的なエネルギー政策の下で対応を行っていく必要がある。

また、ZEB 化についてはエネルギー価格が現状のままであれば、普及が進まない可能性もあるため、政府による補助金などのインセンティブ措置が必要となる。但し、詳細は第 6 章に記載するが、政府支出による投資を行う場合は、削減出来た天然ガスを輸出することにより政府にとって経済合理性がある投資となる。そこで、まずは政府支出により、政府投資による公共施設を対象とした ZEB 化から始め、補助金等のインセンティブ措置を導入しながら民間事業者への普及も図っていくことが考えられる。政府は政策としての経済合理性を考慮しながら、政府投資による ZEB 化を先行するか、民間事業者へのインセンティブ措置を推進するか、政策的な判断を行っていく必要がある。政府投資による経済合理性の評価は第 6 章に記述する。

5.3.2 インセンティブ設計について

5.3.1 で示したとおり、ZEB 化推進などの省エネ施策を促進するためには、財政的インセンティブが必要である。政府が実施する財政面におけるインセンティブ措置としては、補助金等の予算措置、税の優遇措置といった方法や、低金利融資などといった金融的手段を用いる方法がある。そこで、「ウ」国での省エネ施策推進に適する措置を検討するため、各措置の概要や日本の事例、「ウ」国で実施中のインセンティブ措置について整理し、検討を行った。

(1) 財政インセンティブ措置の種類、概要

1) 補助金

補助金制度とは、企業が既存の設備を最新の省エネ設備に切り替える等、省エネのために必要な措置を講じる際に、費用の一部または全額を支給するものである。日本では 1979 年に「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法）が制定されて以降、省エネは国家として取り組むべき課題となり、政府も積極的に省エネを支援する施策を打ち出してきた。その主な施策の一つが補助金制度であり、様々な省庁で多岐に渡る補助金制度が用意されている。

2) 優遇税制

優遇税制とは、特定の省エネルギー設備等を取得した場合に、法人事業税や所得税、固定資産税等を減免するなど、税制の優遇措置を受けられる制度である。

日本では 1970 年代に企業の設備投資の前倒しを促進する景気対策として始まり、2000 年以降は低燃費車両の購入や住宅の省エネ改修への減税制度も創設され、民生部門にも拡大していった。

3) 低利融資

低利融資とは、MoCの高い設備を新設もしくは増設する際に利用する融資に、低利融資や、特別融資を行うことである。日本では1970年代に大企業の廃熱回収利用などの省エネ投資を対象とするエネルギー有効利用促進融資制度が設立され、その後中小企業に拡大していった。

(2) 各種財政インセンティブ措置のメリット・デメリット

補助金、低金利融資、税制優遇それぞれにメリット・デメリットがある。例えば、補助金は誰でもアクセスができるため、より制度が広まりやすい一方、補助金の運営や管理といった事務コストが政府側に発生する。低金利融資については、実施主体が金融機関になるため、政府の運営や管理の負担は軽減される一方で、金融機関側の経費が金利に上乗せされる。家庭や中小企業にとっては初期投資費用のための融資を受けることが難しい場合があり、対象者が限られる。また、税制優遇は補助金同様に、誰でもアクセスが可能である一方で、その経済効果の測定が困難である。

表 5-8 財政インセンティブ措置のメリット・デメリットの整理

種類	メリット	デメリット
補助金	誰でもアクセス可能であり、制度が普及しやすい	政府側に事務コストの負担あり
低利融資	政府側の運営・管理コストが少ない	金融機関側の経費が金利に上乗せされる 融資審査があるため、対象者が限られる
税制優遇	誰でもアクセスが可能であり、普及しやすい	経済効果の測定が困難

出典：JICA 調査団

(3) 日本の事例

日本においては1970年代に省エネ法が制定されて以来、省エネを促進するために補助金、優遇税制、低利融資などの様々な措置が実施されてきたことがわかる。本項では、日本で実施されている主な財政インセンティブ措置について、本調査の対象となる産業部門、民生部門別に整理した。

1) 概要

日本では主に経済産業省の主導で、産業・民生部門に対して補助金や低利融資、税制優遇などの措置を実施している。

表 5-9 日本における財政インセンティブ制度の実施状況

種類	産業部門	民生部門	
		事業用建物部門	住宅部門
補助金	○	○	○
低利融資	○	○	○
税制優遇	× (2021年に終了)	○	○

出典：JICA 調査団作成

2) 各種インセンティブ対象の概要

① 産業部門

産業部門に対しては、以下の補助金や利子補給の措置等を実施している。設備投資等ハード面に対する補助のほか、中小企業等に対する省エネ診断の実施やそれを踏まえた運用改善等の提案にかかる費用の補助など、ソフト面に対する補助も実施している。省エネ設備を取得した事業者が特別償却等の税制優遇を受けられる措置も存在したが、2021年に終了している。

表 5-10 事業者に対する補助金制度の事例

施策名	先進的省エネルギー投資促進支援事業
対象事業	工場・事業所において実施されるエネルギー消費効率の高い設備への更新等に係る以下4つの事業に対して支援を行っている。 ① 先進事業：高い技術力や省エネ性能を有しており、今後、導入ポテンシャルの拡大等が見込める先進的な省エネ設備等の導入を行う省エネ投資 ② オーダーメイド型事業：個別設計が必要な特注設備等の導入を含む設備更新やプロセス改修、複数事業者が連携した省エネの取組み ③ 指定設備導入事業：空調や冷蔵庫など、省エネ性能の高い特定のユーティリティ設備、生産設備等への更新 ④ エネマネ事業：エネルギーマネジメント事業者とエネルギー管理支援サービスを締結し、EMS 制御や運用改善により効率的・効果的な省エネの取組み
対象者	日本国内で事業を営む事業者および個人事業主
補助率	①中小企業者等：10/10以内、大企業・その他：3/4以内 ②中小企業者等：10/10以内、大企業・その他：3/4以内 ③設備種別・性能（能力等）毎に設定 ④中小企業者等：1/2以内、大企業・その他：1/3以内 *記号は左記対象補助の番号に対応
補助限度額	①②上限額：15億円/年度、下限額：100万円/年度

	③上限額：1億円／年度、下限額：20万円／年度 ⑤ 上限額：1億円／年度、下限額：100万円／年度
主管	経済産業省

出典：JICA 調査団

表 5-11 事業者に対する利子補給制度の事例

施策名	省エネルギー設備投資に係る利子補給金
対象事業	以下のいずれかに該当する場合、設備の設計や導入、工事等に要した費用を対象に、民間金融機関等から融資を受ける事業者に対して融資利息の一部補給を受けられるもの。 ①エネルギー消費効率が高い省エネルギー設備を新設、または増設する事業 ②省エネルギー設備等を新設、または増設し、工場・事業場全体におけるエネルギー消費原単位が1%以上改善される事業 ③データセンターのクラウドサービス活用や EMS の導入等による省エネルギー取り組みに関する事業
対象者	民間事業者等
補助率	最大1%、利子補給期間最大10年間
補助限度額	100億円/事業
主管	経済産業省

出典：JICA 調査団

② 民生部門（事業用建物部門）

事業用建物部門に対しては、主に ZEB 化推進のための実証支援を実施している。

表 5-12 事業用建物部門に対する補助の事例

施策名	ZEB 実証事業
対象事業	<ul style="list-style-type: none"> 大規模建築物（新築：10,000 m²以上、既築：2,000 m²以上）について、Nearly ZEB、ZEB Ready、ZEB Oriented いずれかの省エネ性能評価の認証を受けるために必要な以下の経費に対して補助を受けられるもの。 設計費、工事費、設備費（空調・給湯、照明、換気、蓄電システム、BEMS など）
対象者	建築主、ESCO 事業者、リース事業者等
補助率	対象経費の 2/3 以内
補助限度額	最大5億円/年
主管	経済産業省

出典：JICA 調査団

③ 民生部門（住宅部門）

住宅部門に対しては、経済産業省と国土交通省、環境省が連携して、住宅の断熱性の向上や高効率給湯器の導入等の住宅省エネ化を支援する補助事業を実施している。また、国土交通省主管でZEHなどの省エネ住宅に対する低利融資や、住宅ローン減税などの措置を実施している。その他、省エネラベルで一定の基準を満たす省エネ家電（冷蔵庫、エアコン、照明、テレビなど）の購入に対する補助などを各自治体で実施している。

表 5-13 住宅部門に対する補助の事例

施策名	住宅省エネ 2023 キャンペーン (①こどもエコすまい支援事業、②先進的窓リノベ事業、③給湯省エネ事業)
対象事業	① ZEH レベルの高い省エネ性能を有する新築住宅の取得や、住宅の省エネ改修 ② 省エネ性能を持つガラスへの交換や内窓の設置、外窓交換 ③ 家庭用燃料電池、電気ヒートポンプ・ガス瞬間式併用型給湯器、ヒートポンプ給湯器の設置、交換
対象者	新築住宅の取得者、リフォーム工事の発注者
補助率	適用する省エネの性能レベルに応じて決定
補助限度額	①1 住戸につき 100 万円（リフォームの場合は 5～60 万円） ②1 住戸につき 5～200 万円 ③1 住戸（共同住宅）につき 5～10 万円/台。最大 2 台まで。
主管	①国土交通省、②経済産業省・環境省、③経済産業省

出典：JICA 調査団

表 5-14 住宅部門に対する優遇税制の事例

施策名	住宅ローン減税
対象事業	低炭素住宅や ZEH 水準省エネ住宅の新築・改修、省エネ基準適合住宅などの新築住宅の取得、リフォーム工事の発注
対象者	自らが居住する住宅の新築、改修者
補助率	住宅及びその敷地となる土地の取得に係る毎年の住宅ローン残高の 0.7%を最大 13 年間所得税から控除（既存住宅の場合は 10 年）
補助限度額	同上。住宅種類に応じて借入限度額が決定。
主管	国土交通省

出典：JICA 調査団

(4) 「ウ」国で実施している財政インセンティブ措置

「ウ」国で実施されている、同国の産業部門、民生部門に対する、同国政府や国際ド

ナー機関による財政インセンティブ措置の実施状況を概観した上で、それぞれの措置の実施状況について整理する。

1) 概要

表 5-15 に示すように、「ウ」国においても、同国政府や国際ドナー機関によって、補助金、低利融資、税制優遇といった措置が取られている。後述するが、産業部門や業務部門などの事業者に対しては、様々な省エネ設備を対象とした「ウ」国の地場銀行を通じた低利融資がある程度普及しており、実施環境も整備されつつある。一方、住宅部門においては「ウ」国政府により補助金や低利融資などの施策が実施されているものの、まだその対象は限定的であり、また、国際ドナー機関による支援もない状況にある。次項で各機関が実施する施策について整理し、どのようなインセンティブ措置を実施していくことが適当であるかを検討する。

表 5-15 「ウ」国における財政インセンティブ制度の実施状況の整理

	産業部門	民生部門	
		事業用建物部門	住宅部門
補助金	EBRD	EBRD	「ウ」国政府
低利融資	「ウ」国政府,世界銀行,EBRD	「ウ」国政府,EBRD	「ウ」国政府,UNDP*
税制優遇	「ウ」国政府	実施なし	実施なし

出典：JICA 調査団

2) 各種インセンティブの概要

各機関が実施する施策について整理し、「ウ」国への適否を検討する。

① 産業部門

i) 「ウ」国政府

「ウ」国政府が独自に産業部門に特化して実施している財政インセンティブ措置はないようであるが、個人および法人を対象とした省エネ・再生可能エネルギー設備導入のための補助や低金利融資、税制優遇を実施している。

表 5-16 大統領 PP220 による財政的インセンティブ措置の概要

法令	省エネルギー技術の導入と低電力再生可能エネルギー源の開発のための追加施策について
法令 No.	PP220、閣僚会議決議 No.568
制定年	2022 年 9 月
概要	<ul style="list-style-type: none"> 低利融資個人（消費者）が「ウ」国で生産された太陽光発電機、風力発電機、太陽熱温水器（再生可能エネルギー）の設備を購入する際、3 年間無利子で分割払いをすることが可能。利子はエネルギー省（MoE）所管の予算外部部門間省エネ基金（以下、省エネファンド）の費用で賄われ

	<p>る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 補助再生可能エネルギーの設備を購入・設置した費用を全額支払った消費者に対しては、その費用の一部が補助される。 ・ 補助消費者は、e コマースを含む国内の小売施設で直接再生可能エネルギー設備を購入する場合、分割払いまたは最終小売価格から補助を差し引いた額で購入することが出来る。 ・ 税制優遇太陽光発電、風力発電所、および小水力発電所の設置の生産を主な活動とする法人に対する3年間の法人税、固定資産税の50%減税
対象事業	太陽光発電機、風力発電機、太陽熱温水器
予算	1,000 億 UZS (約 12 億円) *個人向け再生可能エネルギー源の設置に対する予算
条件	それぞれの設備に対する補助率は、政府の設定する「基準計算値」をベースに、設置する設備のキャパシティに応じて設定されている。
実施者	MoE 所管の予算外部部門間省エネ基金 (省エネファンド)
実施状況	制度の利用者は順調に増加。利用者の増加に伴い、供給側の体制が追い付かなくなりつつあるため、供給側の製造者を増やすことが今後の課題となっている。

出典：PP220,閣僚会議 No.568,ヒアリング情報を元に JICA 調査団作成

表 5-17 大統領 PP4422 による財政的インセンティブ措置の概要

法令	再生可能エネルギーの発展と省エネ技術の導入、経済・社会分野のエネルギー効率の向上における加速的方策について
法令 No.	PP4422
制定年	2019 年 8 月
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 個人住宅への太陽光パネル、太陽熱温水器、および低効率ガスコンロからの効率の高いガスコンロへの交換費用の 30%を補助 ・ 個人および法人による再生可能エネルギー設備、エネルギー効率の高いガスコンロやボイラ、およびその他のエネルギー効率の高い機器の購入に対する商業銀行からのローンの利子補給
対象事業	再生可能エネルギー設備、高効率ボイラおよびガスバーナーの購入・設置
予算	不明
条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補助 <p>太陽光発電は 3 百万 UZS まで 太陽熱温水器は 1.5 百万 UZS まで ガスバーナ機器は 20 万 UZS まで</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 利子補給 <p>個人：個人向けで 5 億 UZS を超えないローンのうち、政策金利を超えた部分。但し、8%ポイントを超えない 法人：50 億 UZS を超えないローンで、同じく 5%ポイントを超えない部分</p>

実施者	MoE
実施状況	補助事業についての実施状況は確認出来ていないが、ヒアリング情報によれば、消費者の省エネ設備投資の課題は初期投資費用が不足することである。そのため設備購入後に補助が付与される本補助スキームはあまり普及していないということである。

出典：PP4422,ヒアリング情報を元に JICA 調査団作成

■ 実施状況

2022年に開始された再生可能エネルギーや太陽熱発電購入費用の補助は、2019年に制定されたPP4422に基づく個人への再生可能エネルギーや高効率ガスコンボおよびボイラへの補助から、個人消費者の支払いスキームを充実させることで、制度の普及は順調に進んでいる。

ii) 国際ドナー機関（世界銀行）

世界銀行では、2010年より産業セクター向けの省エネ設備投資に対するツーステップローンを実施している。以下にその概要を示す。

表 5-18 世界銀行の実施する産業向けツーステップローン概要

案件名	Energy Efficiency for Industrial Enterprises (EEIE)
実施期間	2010～2024年
目的	省エネ投資のための融資メカニズムを設計・確立することにより、産業企業(IE)のエネルギー効率を向上させる。
事業概要	表外に記述
対象事業	<ul style="list-style-type: none"> ボイラの更新や燃料転換、コージェネレーション設備の利用、圧縮空気システム、電動チラー、機械、照明などの電気駆動システム、熱配管(蒸気、水)および関連機器に関するエネルギーシステム投資 機器、機械、設備の改善と更新に関連する生産技術投資 有害な汚染を効果的に抑制できる場合、廃熱(高温・高温のガス、液体、固体)の利用および可燃性廃棄物(ガス、液体、固体)の燃焼に関連する廃熱および廃棄物利用への投資
案件予算	332.5 million USD
融資条件	<ul style="list-style-type: none"> 貸付額は、個人受益者は10,000,000USD、連結受益者グループは30,000,000USDを限度とする。 各サブプロジェクト費用の20%相当額をサブローナーが協調融資する。
対象者	レンガ製造、繊維、電気機器製造、食品加工などの産業企業
実施機関	<ul style="list-style-type: none"> Ministry of Economic Development and Poverty Reduction (MoED&PR), Asia Alliance Bank, ASAKA Bank, Uzpromstroybank, National Bank of Uzbekistan, Hamkorbank, Invest Finance Bank
実施状況	表外に記述

出典：JICA 調査団

■ 事業概要

本事業は「ウ」国の現地銀行に対して世界銀行が資金提供し、現地銀行が工業産業の省エネ設備投資に融資を行うツーステップローン事業である。融資対象は冷房や暖房といった設備だけでなく、工場機械の近代化など様々な技術に対して適用可能であり、世界銀行は基本的に出資のみを行い、ローンの手続きといった実際の運用はマニュアルに従って各現地銀行が実施している。

本プロジェクトの実施スキームは図 5-1 のとおりである。世界銀行は MoF と Financing Agreement を締結した上で、資金は MoF を通じて各 PB に提供される。また、世界銀行は PB と個別に Project Agreement を締結し、融資先の特定や、融資の承認・融資条件（金利、返済・猶予期間など）の決定、融資リスクの負担が PB にあることを取り決めている。MoF から MoEDPR に提供される資金は主に省エネに関するキャパシティビルディングに関わる資金であり、世界銀行と PB の調整を担う役割を持つのみで、Project Agreement や Financing Agreement など、ツーステップローンに関わる資金フローには関与していない。

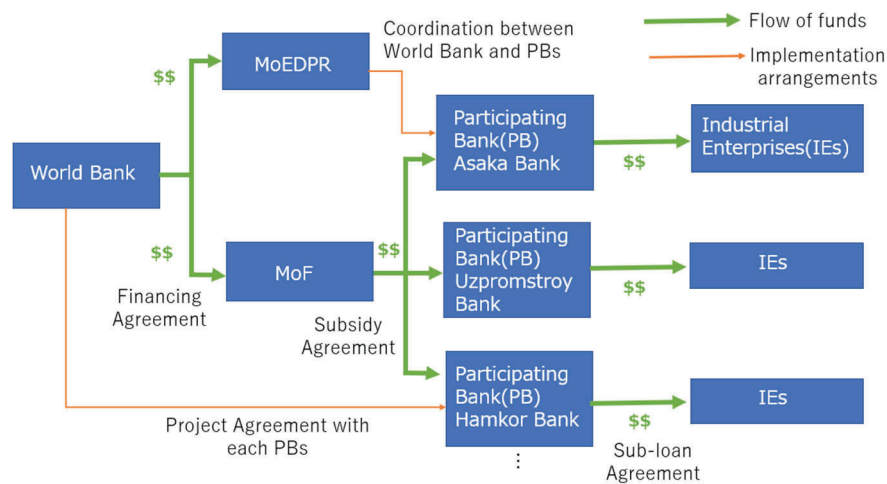


図 5-1 産業向けツーステップローンのスキーム図

出典：世界銀行の資料を元に JICA 調査団作成

■ 実施状況

事業は順調に進捗しており、2022 年 4 月時点の目標値に対する達成状況は表 5-19 のとおりとなっている。融資先の大半は石油・ガス、化学、セメント産業の企業であった。

表 5-19 産業向けツーステップローン事業の進捗状況

評価指標	達成度	2022 年 4 月時点実績	目標値 (2023 年 1 月)
EE 投資のレバレッジ額	140%	285,000,000USD	201,000,000USD
省エネルギー	70%	438,000MWh	613,000MWh

CO2 削減	58%	730,713t	1,269,000t
受益した IE の数	91%	64 社	70 社
SME へのサブローン額	87%	26,000,000USD	30,000,000USD

出典：世界銀行資料を元に JICA 調査団作成

本プロジェクトは 2024 年で終了予定だが、その後の継続については未定である。但し、「ウ」国政府の省エネ分野に対する支援ニーズは高く、また、他の国際ドナー機関の関心も高いため、世界銀行による融資が終了した後も他の国際ドナー機関による融資が実行される可能性が考えられる。

iii) 国際ドナー機関 (EBRD)

EBRD では、Green Economy Financing Facility (GEFF) という、ツーステップローンを実施している。以下にその概要を示す。

表 5-20 EBRD による法人向け（産業部門含む）ツーステップローンの概要

案件名	Green Economy Financing Facility (GEFF)
実施期間	2018～2023 年
目的	企業の温室効果ガスの排出を削減するグリーン技術や、気候変動適応および緩和技術への投資を促進する
事業概要	表外に記述
対象事業	<ul style="list-style-type: none"> Green technology selector で選定された高性能な機器や材料を使用する小規模なプロジェクト。(GTS に掲載されている技術は、空調、ヒートポンプ、窓やドアの断熱、ボイラ、照明、モータ、ポンプ等多岐に渡る)-a) その他の大型プロジェクト（エネルギー、水資源の効率化、再生可能エネルギープロジェクト）-b)
実施予算	60 million USD
融資条件	<p>下記項目「対象事業」の事業においてそれぞれ以下を上限とする。</p> <p>a) 最高 30 万米ドル</p> <p>b) 最高 500 万米ドル</p> <p>また、成功したプロジェクトは、プロジェクト終了後検証プロセスに認証されれば更に追加インセンティブ（エネルギー効率化 PJT は借入額の 10%、再生可能エネルギープロジェクトは借入額の 20%）を受けることが可能となっている。</p>
対象者	<ul style="list-style-type: none"> 適格技術への投資を希望する民間企業、個人事業主、またはその他の法人 Green technology selector(GTS)に掲載されている機器や材料のベンダー Green technology selector(GTS)に掲載されている「グリーン」技術

	メーカーで、事業の「グリーン」な部分を維持または拡大することを計画している企業
実施機関	Ipak Yuli Bank、HAMKOR BANK、SQB、UzPSB
実施状況	表外に記述

出典：JICA 調査団

■ 事業概要

GEFF は EBRD が現地銀行に資金を提供し、現地銀行から現地中小企業に貸付けを行うツーステップローン事業であり、28 カ国 170 以上の現地金融機関のネットワークを通じて運営されている。「ウ」国では 2018 年より事業が開始された。

EBRD の事業は民間セクターを対象としており資金は「ウ」国政府を介さず現地銀行に直接融資されているため、基本的に GEFF に「ウ」国政府はカウンターパートとしての関与はない。GEFF の事業スキーム図は図 5-2 のとおりである。

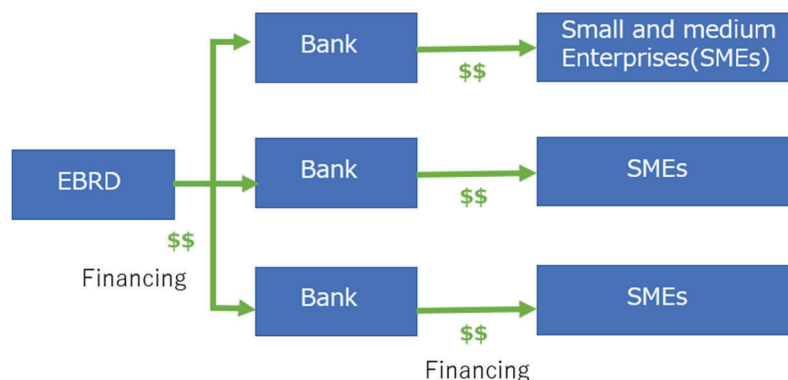


図 5-2 GEEF のスキーム図

出典：EBRD 資料を元に JICA 調査団作成

Green Technology Selector(GTS)とは、企業向けに高性能な技術を提供する製品やベンダーの情報を国別・製品カテゴリー別に提供するオンラインプラットフォームであり、融資の対象となる製品の製造者、仕様、省エネ性能などの情報が製品カタログのような形式で掲載されている。融資を受けたい者は GTS から融資の対象となる製品を確認し、銀行に申請をすることで融資を受けられる。また、GTS に掲載されている製品は、事前に EBRD の審査条件を満たしているため、融資する現地銀行も、GTS に掲載されていれば、追加の審査なく融資を実行可能である。

GTS に掲載されている製品は国内外で製造されている製品が対象となっており、省エネ 20%が達成できることが掲載の条件となっている。また、GTS に掲載されていない技術に対する融資を希望する場合は、専門家の審査を個別に受けて融資が決められる。

■ 実施状況

2018 年から融資を開始し、2022 年 12 月時点では 45mil USD の融資が実行或いは決

定されている。事業が終了する 2023 年までに 60mil USD を全て融資する予定であり進捗は順調である。融資事業 1 件あたりの平均融資額は約 0.1mil USD で、これまで約 2000 件の融資事業が実行された。

融資の利率は銀行によって異なるが、例えば SQB であれば、「ウ」国中央銀行の政策金利によって変動はあるが平均は 22%、融資期間は 5 年となっており、2020 年の事業開始から 2022 年時点までで 121 件の融資を実行している。融資先は製造業、農業、運用、通信セクターなど多岐に渡り、製造業であれば、インバータ式のモータやボイラの改善、運輸業であれば EV、建設業であれば断熱素材等に対して融資を実施している。

本事業は 2023 年に終了予定であるが、2024 年からは対象を住宅部門にも拡大した新しいスキームの GEFF を展開する計画がある。最終的には民間資金のみで融資事業を運営していくことが EBRD の目標であることから、融資に 10~20%を追加する現行のインセンティブ制度に対し、次期フェーズではインセンティブの割合を減らす方向である。

② 民生部門（事業用建物部門）

i) 「ウ」国政府

「ウ」国政府が事業用建物部門に特化して独自で実施している財政インセンティブ措置はないようであるが、世界銀行からの支援を受け、公共施設の省エネ改修事業を実施している。また、大統領 PP4422 の下で実施しているインセンティブ措置は個人や事業者が対象となっており、再生可能エネルギー設備や高効率ボイラおよびガスバーナーの購入に対して補助金や低利融資を受けられる。

ii) 国際ドナー機関（世界銀行）

世界銀行では、事業用建物部門に対しては主に公共施設のエネルギー効率改善を目的としたプロジェクトを実施している。

表 5-21 世界銀行の実施する公共施設向け省エネ促進の事業概要

案件名	Clean Energy for Buildings in Uzbekistan
実施期間	2022~2028 年
目的	<ul style="list-style-type: none"> 公共建築物のクリーンエネルギー投資の促進 EE 投資のための環境整備、市場開発
事業概要	表外に記述
実施予算	185.9 million USD
対象者	公共施設（幼稚園、保育施設、公立小・中・高等学校、寮、学生寮、専門学校（スポーツ・文化施設など）、中央・地方・市立病院、地方診療所、および関連行政施設）
対象事業	<ul style="list-style-type: none"> 建物の熱需要の削減（建物の壁・屋根・地下室の断熱、効率の悪い窓・

	ドア・照明器具の交換など)に係る改修 <ul style="list-style-type: none"> ・ 空気熱源ヒートポンプ、ペレット、地熱などのクリーンエネルギーでより少ない熱負荷を供給する暖房システムへの更新、又はより効率の高いガス/電気ボイラへの更新 ・ 経済合理性が認められた場合、オンサイト再生可能エネルギー発電の適用
実施機関	MoE 予算外部門間省エネルギー基金 (省エネファンド)
実施状況	表外に記述

出典：JICA 調査団作成

■ 事業概要

本事業では、世界銀行の資金は MoF へのソブリンローンを通じて省エネファンドに提供され、省エネファンドは建設会社を雇用し、詳細設計・建設・1年間の運営保守・Verification の測定など全てのサービスを含むターンキーコントラクトを締結する。このサービスを受けた公共施設は、それによって得られた省エネコストを省エネファンドに返済する仕組みとなっている。このような資金メカニズムは Energy Efficiency Revolving Funds と呼ばれ、省エネ投資の資金調達の持続性が担保されるという利点がある。また、受益者による返済は、受益者によるエネルギー管理の所有権、説明責任、質を向上させ、エネルギーコストの削減が持続する可能性が高く、エネルギー効率の良い行動を促すことにも繋がる。政府にとっても、省エネ投資を実施した結果、公共施設で削減できたエネルギー量について単にレポートで受け取るだけでなく、省エネによって返ってくる費用を知ることができるため、省エネ投資を行うモチベーションになる。図 5-3 に本事業のスキームを示す。

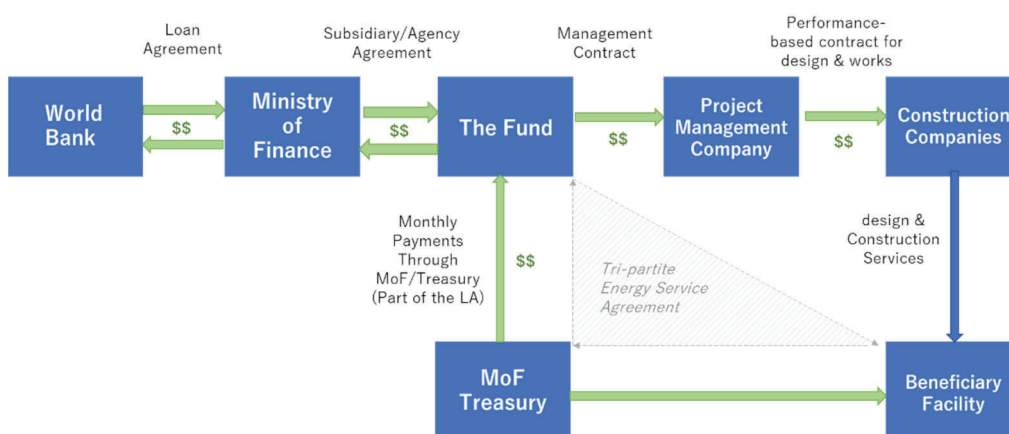


図 5-3 公共施設向け Energy Efficiency Revolving Funds の事業スキーム

出典：世界銀行資料を元に JICA 調査団作成

■ 実施状況

本事業は 2023 年 1 月に Finance Agreement が締結される予定（2022 年 12 月時点）であり、「ウ」国内で署名をするための大統領令を発行する準備などを行っている。署名後すぐにプロジェクトが実施できるよう、世界銀行は予備調査を進めている。例えば、ヒートポンプ+太陽光発電やガスボイラなど、「ウ」国で適用可能なクリーンテクノロジーオプションや、ZEB についての調査を実施しているとともに、エネルギー監査も実施し、プロジェクト初年度の投資対象を特定済である。関係省庁（Ministry of Health, Ministry of Education, Ministry of pre-school）から 800 の建物の情報提供を受け、このうち 250 についてドイツのコンサルタントによってエネルギー監査が実施され、45 の建物が初年度の投資対象として特定された。2023 年 1-2 月にかけて調達書類の準備が行われる予定となっている。

③ 民生部門（住宅部門）

i) 「ウ」国政府

「ウ」国政府による住宅部門に対する財政的インセンティブ措置は、表 5-16、表 5-17 に記載した PP220, PP4422 の下で実施されており、再生可能エネルギー設備や高効率ボイラおよびガスバーナーの購入に対して補助金や低利融資を受けられる。

ii) 国際ドナー機関

国際ドナー機関による住宅部門を対象とした財政的インセンティブ措置についての情報は、今回調査の中では得られなかった。

(5) インセンティブ制度設計の方向性および課題

産業向けの財政的インセンティブ措置は、世界銀行や EBRD が中心となり、幅広い省エネ設備を対象に低利融資や補助金付与を行っており、実施機関となる地場銀行の実施フローも確立されているため、順調に実施されている。

今後「ウ」国でインセンティブ制度を実施する場合の方向性、および検討すべき課題は以下のとおり：

1) インセンティブ制度設計の方向性

- 産業、民生部門いずれにおいても「ウ」国政府、国際ドナー機関によるインセンティブ制度が既に実施されているため、新たな制度を設計・導入するよりも、既存の制度を活用しながら、高効率エアコン導入や壁や窓の断熱強化、ヒートポンプ導入等に対する支援を強化していくことが有効と考えられる。
- 産業向けの財政的インセンティブ措置は、世界銀行や EBRD が中心となり、幅広い省エネ設備を対象に低利融資や補助金付与を行っており、実施機関となる地場銀行の実施フローも確立されている。産業分野には、政府や国際ドナー機関

が融資の元となる資金の提供を行い、市場の融資スキームの中で実施していくことが望ましいと考えられる。

- 民生向けの財政的インセンティブ措置は、省エネファンドの実施する省エネ機器や再エネ設備に対するスキームを活用することが考えられる。太陽光パネルや太陽熱温水器などが対象となっている現在の補助を、高効率エアコンやヒートポンプなどに拡大していくことが考えられる。同スキームは、補助金か3年間無利子の分割払いというオプションを選択することができ、初期投資費用を調達できない消費者にとっても購入しやすいスキームである。高効率エアコンや断熱強化については、現状のエネルギー単価の下でもある程度の経済性が確保できることが明らかとなったが、確実な普及を図るためには、補助の対象とすることも考えられる。
- ZEB化については、「ウ」国では世界銀行の Clean Energy for Buildings in Uzbekistan が類似した事業となっている。世界銀行の事業は公共建物を対象としており、事業用建物のZEB化に対する財政的インセンティブ措置は実施されていない。「ウ」国でも補助事業の実施検討をする余地はあると考えられる。

2) インセンティブ制度設計にあたっての課題

- MoEが主体となって財政インセンティブ措置を実施していく場合は、現在、消費者や事業者を対象とした補助事業を実施する機関である、省エネファンドが実施機関の候補となり得る。但し、同ファンドは2020年に設立された新しい組織であるため、スタッフの能力強化も必要である。省エネファンドの概要および活動状況は本項の末尾に記す。
- ZEB化に対する補助は、ZEBの認証を受けている証明が必要となるため、「ウ」国内の認証機関の整備などを平行して進めていく必要がある。
- 補助金は広く消費者に普及でき、即効性のある手段ではあるが、制度にアクセスが容易な層だけが有利にならないような制度に設計する必要がある。

3) インセンティブ措置実施に対する日本の貢献の可能性と検討すべき課題

上記インセンティブ措置を実施する場合、日本としての貢献可否及び検討すべき課題について整理した。

- 産業向けに関しては、国際ドナー機関が実施している既存の支援スキームを活用し、世界銀行やEBRDの事業への協調融資や、EBRDのGTSに日本の省エネ設備を登録すること等が考えられる。
- 民生部門向けに関しては、既存の省エネファンドのスキームを活用し、高効率エアコンやヒートポンプも補助の対象となるよう、省エネファンドへの資金提供が考えられる。
- ZEB化に対する支援は、世界銀行がRevolving Fundsという資金的持続性のある有効なメカニズムを採用しているため、日本がZEB化を支援する際には、資

金的持続性や、既存のメカニズムの活用について検討する必要がある。「ウ」国においてはまだ ZEB の認知度が低いと考えられるため、財政的インセンティブ措置の前に、まずは今回調査でガス公社の ZEB 化を検討したように、ショーケースとして特定のビルを ZEB 化し、ZEB 化に対する認知度を向上させていくという方法も考えられる。

【参考】 MoE 所管の予算外部部門間省エネ基金（省エネファンド）について

省エネファンドは、大統領令 PP4779 に基づき 2020 年 10 月に閣僚決議(No.640)され設立された、省エネルギーおよびエネルギー効率化を目的とした MoE 傘下のファンドである。省エネファンドの主な目的や活動内容は以下のとおり。

《設立目的》

経済・社会分野および家庭におけるエネルギー効率化プロジェクトの実施に向けた投資を誘致し、資金を提供する

《主な役割》

- ・ 商業銀行または国際金融機関、外国の金融機関とのプロジェクトへの共同融資
- ・ 経済セクターの生産プロセス、公共施設、家庭における最新の省エネ技術や再生可能エネルギーの設備導入において、銀行と連携した優遇融資の実施
- ・ エネルギー効率の高い省エネルギー技術、機器、材料のメーカーに対する資金援助
- ・ 燃料およびエネルギー資源の生産者とそれを利用する消費者に対する、エネルギー効率改善と省エネルギーのための措置の実施における優先的な資金貸付
- ・ 経済・社会セクターにおけるエネルギー監査（診断）の実施に関する資金的・技術的支援
- ・ エネルギー効率化プロジェクトの枠組で商業銀行への信用保証を行う等、クレジットラインやその他の金融メカニズムの活用
- ・ 省エネ・エネルギー効率化分野の専門家の育成・再教育の支援、など

《資金源》

- ・ 石油・ガス・電力セクターの企業の純利益の 5%を充当
- ・ エネルギーの過剰消費に対する企業への関税の引き上げ適用による収入
- ・ 燃料・エネルギー資源の使用に関する違反行為に対して課される経済制裁額の 20%
- ・ 国際金融機関からの助成金・融資、ドナー機関からの資金供与
- ・ ファンドの資産運用から得られる収入

《活動状況》

- ・ 活動状況は、表 5-16 に示した再生可能エネルギー設備導入の補助事業を実施しているほか、表 5-21 に記載する世界銀行の公共施設向け省エネ促進の事業のカウンターパートとなっている。
- ・ 表 5-16 に記載の事業については、対象設備の購入に対する補助や分割払いの手続きをオンライン上で完結させるため 2022 年 10 月にオンラインプラットフォーム

を開設し、同月に 1,500 名程度の利用があり、制度の利用は順調に伸びている。但し、利用者が増加する一方で、供給側が需要に追い付かなくなっている状況であり、今後は供給側の製造者を増やすことが課題となっている。

- ・ 表 5-17 に記載の事業については、省エネファンドが民間の銀行にクレジットラインを提供し、消費者の再生可能エネルギー設備や、高効率ガスボイラやバーナーの購入に対するローンを提供している。
- ・ 表 5-21 の世界銀行との事業について、省エネファンドは本来、対象となる公共建築物施設のエネルギー効率向上のための改修の一連のサービス（エネルギー監査、調達、詳細設計、融資、建設とモニタリング、技術監督など）を提供することになっているが、キャパシティが不足している状況である。そのため、現状では省エネファンドが担う役割を Project Management Company（PMC）が代行している。世界銀行は 1-2 年以内に PMC から省エネファンドに役割を移管する予定である。

出典：閣僚決議 No.640, ヒアリング情報を元に JICA 調査団作成

5.4 省エネ意識の啓発と向上

省エネを普及させていくためには、省エネ意識の啓発と向上も重要である。今回の調査では、家庭での省エネ行動や省エネ意識の現状把握のため、家庭への意識調査を実施した。

5.4.1 消費者の省エネ意識における現状

本調査では、家庭での省エネ行動や省エネ意識の現状把握のため、家庭に対するアンケート調査を実施した。全国の家庭から 102 件の回答を得た。調査結果の詳細は別添 3 に記すが、明らかとなった、家庭の省エネ行動や意識を本項に記す。

- ・ 約 90%の家庭が省エネに関して関心があり、約 95%の家庭が日常生活の中で何らかの省エネ活動を実施している。
- ・ 全ての家庭が省エネの教育は重要であると考えており、約 45%の家庭が省エネに関する教育を促進要因として挙げている。その他の促進要因としては、政府による省エネに関する情報発信や、省エネに対するインセンティブが挙げられた。
- ・ 個別の省エネ機器に対する知識に関して、ヒートポンプ技術については約 77%の家庭が知らない、或いは聞いたことはあるが詳細を知らないと回答した。また、節水シャワーヘッドについては、約 80%の家庭が知らない、或いは使っていないという回答であった。一方、省エネラベリングについては約 65%の家庭が知識を有していると回答した。
- ・ 暖房の利用について、約 73%の家庭が全室を均一的に暖めており、必要な部屋のみ暖めると回答した家庭は約 28%であった。また、エアコンを暖房として利

用することは可能か¹という質問に対しては、約 55%が利用できない（或いはしていない）という回答であった。

- 暖房の温度設定については 24.6°Cという回答が約 35%で最も多かった。

今回の調査は 102 世帯の限定的な調査であり、この結果が「ウ」国全体の状況ではないが、殆どの家庭が省エネに関心があると回答しているものの、ヒートポンプ技術や節水シャワーヘッド等の具体的な省エネ技術についての知識を有していないことが明らかとなった。多くの家庭でも認識しているように、省エネ促進のためには、教育や広報活動が重要である。

また、省エネ行動については、第 3 章にも記述したとおり、大半の家庭がガスボイラによるセントラルヒーティングを利用しており、局所暖房の習慣がないことが明らかとなった。高効率エアコンの普及を促進していくためには、局所暖房の利用意識向上も重要となる。

5.4.2 省エネ意識啓発・向上のための施策

(1) 省エネ教育の推進方法

消費者の省エネ意識を向上させるために、電気・ガス・電気機器等の省エネ効果に関する広報啓発活動を活発化させる必要がある。省エネの初級クラス教育に相当する内容を充実させ、必要に応じて省エネのインセンティブ制度との連携を検討し、一般消費者の省エネ意識を向上させる。又、この広報啓発活動に関連する教育は、エネルギー消費企業や関係省庁の新人や既存人材が省エネの専門知識を習得する前に実施すべき基礎研修として位置づけられる。MoE が主体的に省エネ広報啓発と基礎教育活動を推進することが重要である。

(2) 行動変容促進のための意識啓発活動

「ウ」国の家庭では冬場の暖房はガスボイラを利用したセントラルヒーティングの利用が主流であり、エアコンを暖房に利用するという意識は低い。エネルギー効率の観点からは冬場においても高効率エアコンを利用した方が省エネ効果が高く、高効率エアコンの普及は、夏場の利用と同時に冬場のエアコン利用も促進していくことが重要である。従来のラジエーターヒーティングから高効率エアコンへの転換は、これまでの生活様式と異なってくることから、高効率エアコンの普及には、政府主導による積極的な意識変容促進の活動が必要と考えられる。

その際に参考となる事例として、日本の北海道の事例が挙げられる。北海道においては灯油ストーブやセントラルヒーティングが主流であり、2021 年に北海道庁が実施したアンケート調査では、冬場にエアコンを主暖房として利用している世帯は 2 割程度

¹ この回答には、暖房として利用できるだけのエアコンの性能がない場合と、そもそもエアコンを暖房として利用しないという回答が含まれる

であった²。北海道は家庭部門での温室効果ガス排出量が、全国と比較して 1.5 倍多く、その主要排出量の構成は暖房と給湯であることから、脱炭素社会に向けた温室効果ガス排出削減の取組みの一環として、高効率エアコンの普及促進に注力している。具体的には、北海道と民間の電力会社が協力し、高効率エアコンへの転換を図るため、高効率エアコンを購入した道民に対して抽選で省エネ家電を贈答するキャンペーンを実施している。

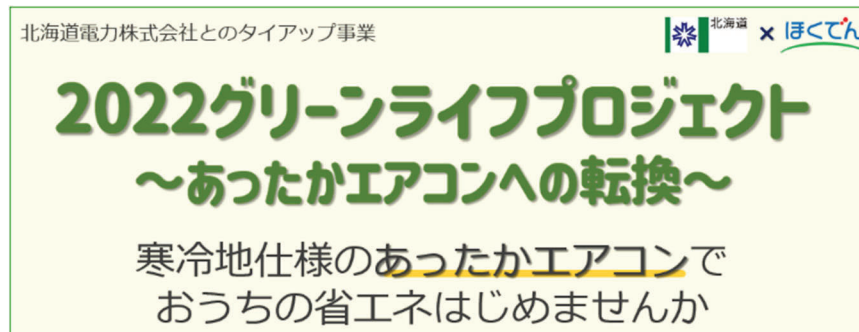


図 5-4 北海道が実施する高効率エアコン買替促進活動の事例

出典：“北海道×ほくでん 2022 グリーンライフプロジェクト” 北海道
<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/zcs/2022glpj.html> (2023-2-1 参照)

北海道での脱炭素社会に向けた行動変容促進事業と同様に、「ウ」国においても、国民の意識調査・分析を実施し、政府主導によるメディアや市場における情報発信や広報活動を推進していくことが望ましい。

5.5 人材・組織のキャパシティ強化

2019年2月1日付の大統領令 UP5646により内閣首相にエネルギー行政に関する指示が出され、即日の大統領決定 PP4142により MoE 組織と活動に関する措置が決定した。これら一連の指示決定を元に、石油・ガス・電力・熱に関連するエネルギー供給部門の再編が進められ、MoE が省エネを含むエネルギー全般を統括することになった。

本調査での主たる調査対象である MoE・Department of Energy Efficiency and Energy Conservation は、「ウ」国において省エネを推進するための主幹組織と位置付けられている。しかしながら配置されている担当者は少数であり、エネルギー消費を含む広い部門に亘る省エネ関連業務は各省庁・組織の協力により実施されている。エネルギー政策・マスタープランなどの作成、政策は、エネルギー供給・消費の両面から取り纏める必要があり、特にエネルギー消費部門における関係省庁・組織からの情報集約と連携が政策決定・実施のプロセスにおいては極めて重要であるが、現在の組織人員・体制では困難である。

従って、マスタープランの作成や、省エネ改善策を実施・推進するためには推進主体

² “令和 3 年度電源立地地域対策交付金事業 脱炭素社会に向けた行動変容促進事業委託業務報告書” 株式会社住環境計画研究所 2022 年 2 月

となる Department of Energy Efficiency and Energy Conservation と関係省庁・組織との連携体制、それぞれの人材の更なる強化が必要である。本節では、省エネを加速推進する上での組織・人材強化策についての提案を行う。

5.5.1 省エネ推進のための体制強化

エネルギー消費に関する技術基準は、現時点では関連分野の省庁への依存度が高く、部門省庁別で統合管理されていない。現時点では MoE への情報集約体制が不十分であり、今後エネルギー政策を包括的に推進するためには、MoE・Department of Energy Efficiency and Energy Conservation を省エネ行政にかかるイニシアチブ起点とし、MoE 主導による省エネ推進が必要と思われる。また、各関係省庁・組織の省エネに関連する組織や、MoE との連携体制についても組織強化をしていく必要があるため、以下に MoE 主導による省エネ推進体制、および省エネに関連する組織強化についての改善策を提案する。

(1) 省エネ行政の担当省庁

以下に業種部門別の関連省庁・組織と状況を整理する。

① 産業部門 (MoED&PR)

MoE は年間エネルギー消費量 2,000 ton oil equivalent(toe)以上の組織企業のエネルギー監査を実施している。一方 2,000toe 以下の組織企業のエネルギー消費は MoED&PR が掌握しており、現時点で MoE は 2,000toe 以下の組織企業の監査業務を実施していないため、産業部門のエネルギー消費の詳細は掌握できていない。MoE が中心となり、産業部門の消費エネルギー掌握体制を強化する必要がある。関連するエネルギー監査制度については 5.5.2 項で述べる。

② 建設部門 MoC

ビル家屋等建築物の断熱構造(省エネ)などは MoC が建築許可、認定を実施しており、MoE との省エネ情報共有が課題である。断熱の認定基準は以下の 3 種類に区分されているが、MoC の建築許可認定は、建築立地条件なども審査項目にあり、省エネ効果のみでの判断はしていない。

- -14°Cを基準とする低温による建屋損傷が起こらない設計(義務)
- 政府・公共施設等で省エネ推進すべき基準(公的予算確保可能な対象)
- 省エネをアピールできる省エネ基準(民間ベースによる省エネアピール基準)

加えて、MoC の外部機関である Center for Regulation in Construction では、更に効果的な断熱技術の研究を進めている。建築物の省エネを効率的に推進するためには、熱消費・電力消費に加えて、断熱を含めた総合的な省エネ対策を進めることが効果的であり、建築部門の省エネ技術向上のための研究機関強化が重要と思われる。しかし、MoE では MoC が所管している建物の省エネ技術の研究には踏み込めていない。エネルギー政策全体を取りまとめるためには、建築部門の省エネについて専門知識がある担当者

を MoE 内にも配置し、MoC や Center for Regulation in Construction との連携を強化する必要がある。

③ 民間部門（電気機器等） 旧 UZSTANDARD

電気機器の省エネラベル認定に関しては Uzbek Agency for Technical Regulation under MIFT (旧 UZSTANDARD) が担当し、欧州基準による省エネ基準認定が書類のみで行なわれている。電機機器の省エネラベリングのための省エネ能力測定機器類・機材に関しては韓国による支援が開始されているが、測定機器を使用する人材育成についての支援が充分かは本調査内では確認できていない。状況を確認し、人材育成に関する支援について検討する必要がある。

省エネラベルを推進するためには、MoE は Agency for Technical Regulation と協力し、ラベリング制度を「ウ」国版に再構築し、人材育成を加速する事が望まれる。

④ 熱消費部門（MoHCS）

熱供給は地方政府の住宅部門が管理し、住宅公共サービス省（MoHCS）が情報を取り纏めている。熱消費量についても MoHCS が取りまとめているため、以下(2)項③に記載する。

(2) エネルギー供給に関する担当組織

省エネの進捗を明確にし、エネルギー政策作成等を含む省エネ行政のイニシアチブを明確とするためには、燃料・電力・熱量等のエネルギー供給量を掌握し、省エネの進捗度を明確にする事が重要である。エネルギー供給関連業務については、MoE 内の各組織が担当している。Department of Energy Efficiency and Energy Conservation は、これらの組織との協力を強化し政策作成・実施について取りまとめる必要がある。

① 燃料供給（MoE Oil and Gas Reform Coordination Project Office）

燃料供給に関しては、MoE の Oil and Gas Reform Coordination Project Office が担当しており、Oil・Gas の生産・精製・運搬に関する部門と協力し、燃料供給の組織・体制・業務の改革を実施している。JSC Hududugazta'minot などの関連企業体は MoE の監督下で省エネ推進体制の強化をするのが望ましい。

② 電力供給（MoE Project office for reforming power sector）

電力供給に関しては、MoE の Project office for reforming power sector が担当している。この部門は 2021 年末に発足したばかりであり、電力部門の発電・送電配電に関する組織・企業体と協力し、電力供給の組織・体制・業務の改革を推進する。基本的に＜火力発電会社；JSC TPP と傘下の発電会社＞＜水力発電会社；JSC Uzbekhydroenergo＞＜送電会社；JSC NEG＞＜配電会社；JSC REN＞などの関連企業は自発的に省エネを推進するのが望ましい。電力スマートメーターの設置も 98%と進んできており、電力消費量・損失データが整備される事で、MoE の電力部門の開発戦略に反映すること

が期待できる。

③ 熱供給担当省庁 (MoHCS)

熱供給は地方政府の住宅部門が管理し、住宅公共サービス省 (MoHCS) が情報を取り纏めている。地域熱供給所は地方政府の熱供給担当部門が管理し、ボイラ運転管理の記録情報等は統一されていない。ボイラ運転管理の強化、運転記録の共有化など、住宅公共サービス省や各地方政府の住宅公共サービス部門の体制整備が重要である。

個別の熱エネルギー計測器が整備されていないため、熱供給量と熱消費量は料金から推定して管理されており、集計されたデータの精度は低い。住宅公共サービス省は熱量消費計測器の整備を推進し、熱供給・消費データ等を統一管理する必要がある。

(3) 省エネを統括する組織

現時点では、技術分野が多岐に亘るため、Department of Energy Efficiency and Energy Conservation の人員体制で省エネ行政全体を把握する事は困難であり、「ウ」国の業務部門のエネルギー行政全体を実質的に統括する体制は確立されていない。

今後、省エネ行政を強化推進し省エネ対象全業種部門を管理監督するためには、技術分野を横断的に統括する組織が必要であり、MoE の外部組織を設立して各技術分野の専門家・人材を配置する事が望ましい。そして、省エネにかかる全てのイニシアチブの起点とする体制を構築し、各部門のエネルギー供給・消費や省エネ政策実施状況を掌握し、情報を取り纏め MoE のエネルギー政策作成・実施推進に益する事が重要である。

5.5.2 省エネ意識向上のための教育実施体制の整備、省エネ管理者の育成、研修ガイドラインの策定

省エネに関する教育内容は対象者により多岐に亘る。「ウ」国の状況を前提に、必要となる対象者別の教育研修と組織制度について述べる。なお、一般消費者への広報啓発研修は初歩的な知識であり、育成ガイドラインの基礎的部分と位置づけられる。

(1) 人材育成

1) 行政・企業組織におけるエネルギー担当者の育成

行政における省エネ業務を担当する多くの職員は、エネルギー監査・管理の知識を網羅する事が望ましい。現在行政によるエネルギー監査は相応の学歴経験者・行政官が担当し実施している。一方、今後省エネを推進するためには民間企業組織においてもエネルギー管理に関する人材が重要となってくる。4.2.4 項の(2)2)でも述べたように、タシケント工科大学ではエネルギー監査 (診断) に関する教育が実施され、人材育成が進められているが、現場経験者や実務者のエネルギー管理に関する資格認定制度の未構築である。

① 燃料・電力エネルギー供給に関する人材育成

燃料・電力に関する専門的研修教育は、各部門の組織による教育が堅実に機能してい

る。燃料に関する専門教育・人材育成は JSC Hududugazta'minot が中心に実施しており、電力に関しては、JSC TPP、JSC NEG、JSC REN が其々発電・送電・配電について実施している。

② 熱供給に関する人材育成

熱供給に関する専門的研修教育については、5.5.1(2)項でも述べたように、地方政府の各住宅部門が担当しており、内容の一貫性・統一性が担保しにくい。ボイラ運転の記録や熱エネルギーの消費についても、記録方式が統一されていない。こうした事から熱供給に関する省エネ専門教育体制も MoE が主体となって実施すべきと考えるが、MoE の人員配置は少なく、教育研修を専門的に実施する機関が必要である。

熱供給の省エネを推進するためには、ボイラ運転記録の義務化、熱エネルギー消費の管理状況を明確にする事が重要である。参考に、日本における、ボイラ運転記録や熱エネルギー消費に関連するボイラ技士の資格概要を表 5-22 に示す。

表 5-22 日本のボイラ技士の資格概要

資格区分	対象ボイラ 伝熱面積目安	対象施設・設備	備考
特級ボイラ技士	500m ² 以上	大規模熱消費設備	大工場
1 級ボイラ技士	25m ² ~500 m ²	中規模熱消費設備	事務所・病院
2 級ボイラ技士	25m ² 以下	一般的製造設備	暖房・給湯
ボイラ取扱 技能研修修了者	3m ² 以下	小規模ボイラ	給湯等

出典：一財日本ボイラ協会；<https://www.jbanet.or.jp/license/division/boiler-chief/>から表に整理

2) エネルギー監査・管理に関する人材育成

産業部門のエネルギー消費に関して MoE が監査を管理しているが、2,000toe 以下のエネルギー消費については MoED&PR が把握している。MoE がエネルギー消費の全体像を把握するためには、エネルギー管理者の資格統一を図り、エネルギー管理の状況を把握することが望まれる。参考に、日本におけるエネルギー管理者の資格制度について表 5-23 に示す。

表 5-23 エネルギー管理の対象となる事業者区分と義務

区分			義務	
事業者の 区分	年間エネルギー使用量 (原油換算値；Oil Equivalent)	業種	選任すべき管理者	提出書類
第一種 特定事業者	3,000 kl 以上	鉱業・製造業・電気 供給業、ガス供給 業・熱供給業	エネルギー-管理者 (エネルギー-管理士)	指定書式によるエネルギー 使用に関する
第一種 指定事業者		左記以外の業種 例；ホテル・病院・	エネルギー-管理員 (エネルギー-管理員講	定期報告 エネルギー使

		学校	習修了者)	用合理化のための中長期計画書
第二種 特定事業者	1,500 kl ～～3,000 kl	全業種		
その他	1,500kl 以下			

出典：資源エネルギー庁省エネポータルサイト；

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/enterprise/factory/classification/index.html#header から表に整理

3) 人材育成研修ガイドラインの作成

省エネの普及促進のためには、多くの技術分野に亘る省エネ人材の認定を推進する事が重要であり、実務者・現場経験者に対する省エネ最新技術の教育研修なども含む、資格認定制度の整備が必要である。

行政・民間企業における人材育成、教育実施体制整備に向け、研修ガイドラインを整備し、「ウ」国内の省エネ資格制度構築を進める必要がある。

省エネ人材の区分としては、(1)項にあげたエネルギー監査やエネルギー管理の分野があるが、技術的教育内容には共通する部分もある。監査・管理は、監査側と被監査側という立場が異なるが制度・技術内容に関する研修内容は共通する部分が多い。エネルギー監査（診断）に関しては監査（診断）実務・業務技術の教育研修が必要となる。

(2) 組織制度

エネルギー消費・省エネに関する広報啓発活動、行政官や管理者、民間人材の育成に向けた包括的な組織体制が必要であり、対象技術分野が多岐に亘る。そのため、省エネを推進するためのワンストップ総合組織として機能する「ウ」国版省エネルギーセンターを、MoEの監督下に設立することを提言する。組織設立の実施手順としては、タシケント工科大学のエネルギー監査（診断）の研修コースを活用し、既存の各産業部門・技術分野別の組織をしながら、4.2.4項の(1)2)でも述べたエネルギー管理者制度の構築を進め、徐々に省エネセンターとして統合していくことが適切である。

第6章 優先すべき施策の抽出及びロードマップ案の作成

6.1 省エネプログラムの対象

省エネプログラムとは、「ウ」国の省エネを促進させるために優先すべき部門と施策、施策のエネルギー効率改善の割合（貢献度）、及び施策の推進者をまとめた「ウ」国のプログラムとする。

図 6-1 は第 2 章で示した「ウ」国エネルギー統計に基づく一次エネルギー換算後の部門別・エネルギー源別のエネルギー消費の割合であり、事業用建物部門、住宅部門、産業部門において（青色と緑色に示される）熱供給のための天然ガス消費が、現在の「ウ」国の一次エネルギー消費において最大のシェアを占めている。

第 5 章までの検討を踏まえると、事業用建物部門、住宅部門、及び産業部門における天然ガスと熱の消費の改善や電化を省エネプログラムの対象とすることが、「ウ」国の省エネを促進させるためには優位であると考えられる。本章では、主にこれらの部門において優先すべき施策について検討した。

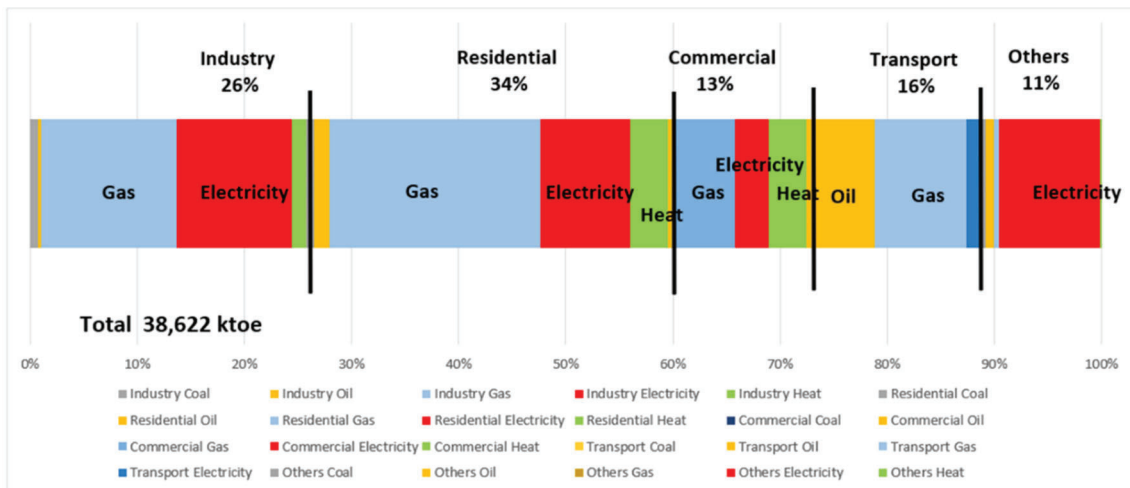


図 6-1 一次エネルギー換算後の部門別・エネルギー源別エネルギー消費割合（再掲）
出典：IEA による最新のデータに基づき JICA 調査団作成

6.2 省エネプログラムと優先施策

(1) 優先すべき部門と施策

省エネプログラムにおいて優先すべき部門と施策は、「ウ」国のエネルギー効率化に向けた政策に適合するとともに、グローバルな視点から第 4 章で示した IEA 等が提唱する 2050 年のネット・ゼロ・エミッションに向けた世界的な趨勢にも合致する必要がある。

2022年から2026年までの“新ウズベキスタン”の開発戦略に関する大統領令No. PD-60は、社会経済的なエネルギー効率を20%改善する目標を掲げており、再生可能エネルギーの拡大とともに、特に注目すべき点は、事業用建物部門、及び住宅部門におけるエネルギー効率改善の重要性に言及していることである。

IEAは、図6-2に示す2050年ネット・ゼロ・エミッションに向けた道りにおける重要なマイルストーンとして、エネルギー効率改善に加え、再生可能エネルギー電源の開発や電化も含めている。また、このマイルストーンは、2025年までに熱供給設備をボイラからヒートポンプに切り替えることや、2040年までに既存建物の50%をゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）に改善することも提案している。

第5章に示した「ウ」国における省エネ施策ごとの経済性評価では、省エネにかかるインセンティブ導入の考慮はあるものの、ガスボイラからヒートポンプへの転換、建物断熱やZEB化の推進が挙げられた。

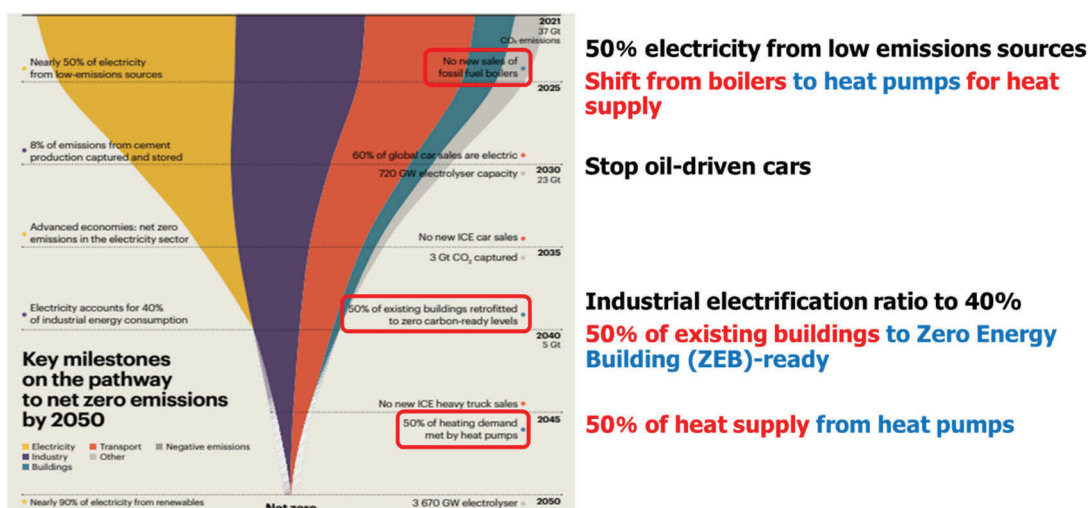
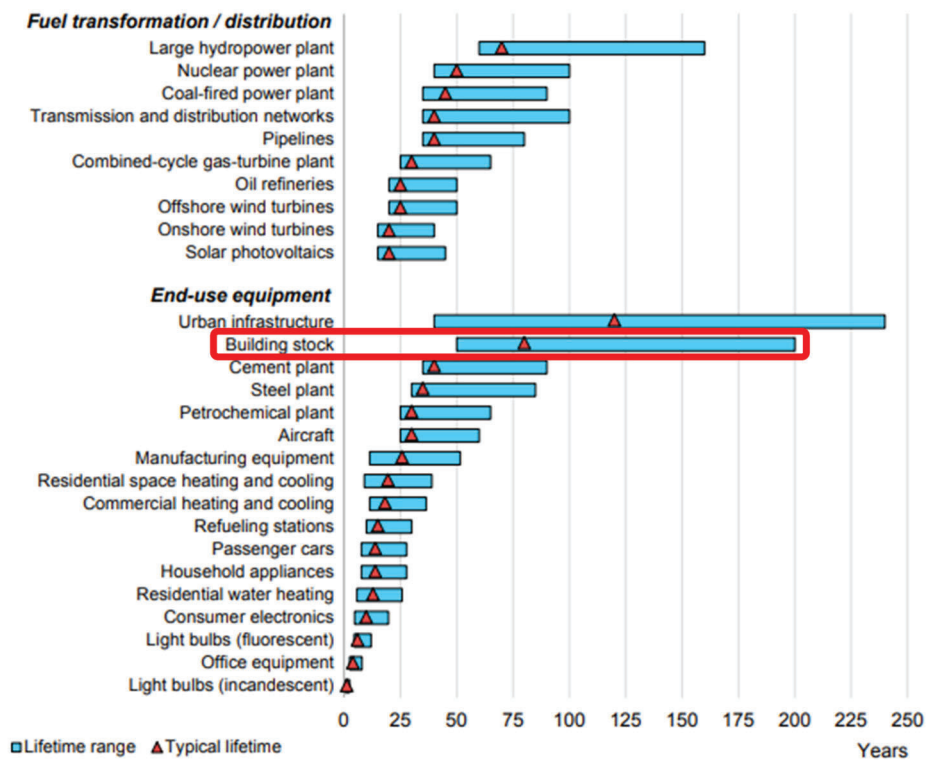


図 6-2 2050年までのネット・ゼロ・エミッション達成のマイルストーン（再掲）

また、建物（事業用建物、住宅）におけるエネルギー効率対策（特に外皮の断熱対策）は、その耐用年数期間に渡り効果が持続するため、効果は大きくなる。反対に、老朽化し、低効率な建物でのエネルギー消費の影響も大きくなる。図6-3に、エネルギー部門の主な資産の平均的寿命を示す。都市インフラ、建物ストック、大規模な水力発電所等の耐用年数は非常に長く、少なくとも50年以上、建物の耐用年数は最大で200年にもなる。これらの建物をよりクリーンで効率的なものに置き換えるには、長い時間を要することとなる。



IEA 2020. All rights reserved.

Notes: The red markers show expectations of average lifetimes while the blue bars show typical ranges of actual operation in years, irrespective of the need for interim retrofits, component replacement and refurbishments. "Buildings" refers to building structures, not the energy consuming equipment housed within. Examples of "urban infrastructure" assets include pavement, bridges and sewer systems.

図 6-3 主要なエネルギー部門の資産の典型的な寿命

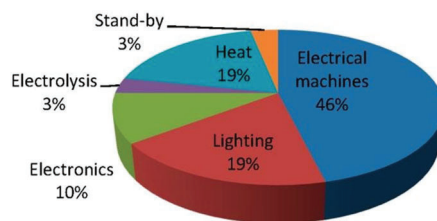
出典：IEA "Energy Technology Perspectives 2020"

以上に挙げた「ウ」国の政策と世界的な趨勢より、建物部門においてエネルギー効率改善を図るための施策の重要性は高く、特に新築の建物においては今後影響が長期化するため、緊急性が高いと言える。第3章で示したように、「ウ」国の事業用建物部門、及び住宅部門におけるエネルギー源別消費は、天然ガスと熱供給の割合が大きいため、以下3つをエネルギー効率化に向けた重要な優先施策として検討することとする。

- ① 老朽化し低効率なガスボイラからヒートポンプへの転換
- ② 代表的なヒートポンプ内蔵機器であるエアコンの高効率化の促進
- ③ 建物の断熱、及び ZEB 化の推進（政府として進め易い公共用建物から着手し、商業用建物や住居へも段階的に展開）

産業部門においては、事業者自身が事業活動を通じてエネルギー効率化を図るべき施策が主である。即ち、工場の電力消費の75%は産業用モータ由来と想定されることから、高効率モーター（IE3以上）への転換は、工場における省エネ施策として効果が大きいと考える。

そのため、「ウ」国政府として産業部門において進めるべき施策としては、業種ごとのエネルギー消費原単位の目標を与え、その達成を促すためのエネルギー管理制度の構築であると考えられる。



Global electricity demand by end-use

Source : IEA Energy Efficiency Series 2011, "Energy Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems"

図 6-4 電力需要用途（世界平均）

出典：IEA “Energy Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems”

(2) 「ウ」国のエネルギー効率改善への貢献度

「ウ」国におけるエネルギー統計に基づき、将来のエネルギー効率改善の傾向を推定したものを図 6-5 に示す。今後 2026 年まで、最終エネルギー消費量（TFC）は年率 3.7%で増加する（図の赤い線）と推定し、かつ国内総生産（GDP）は年率 5.4%で成長する（図の青い線）と推定した場合、この傾向は、GDP 当たり TFC（TFC/GDP）が 2022 年から 2026 年にかけて 6.3%程度で減少する可能性があり、即ち、GDP 当たりエネルギー効率が 6.3%程度で「自然」に改善される可能性があることを意味する。

しかし、「ウ」国のエネルギー効率改善目標 20%の達成に向けては、上記の 6.3%は不十分であり、中長期的な観点から、さらなるエネルギー効率改善を実現する追加的な努力、そのための省エネプログラムを実行する必要がある。

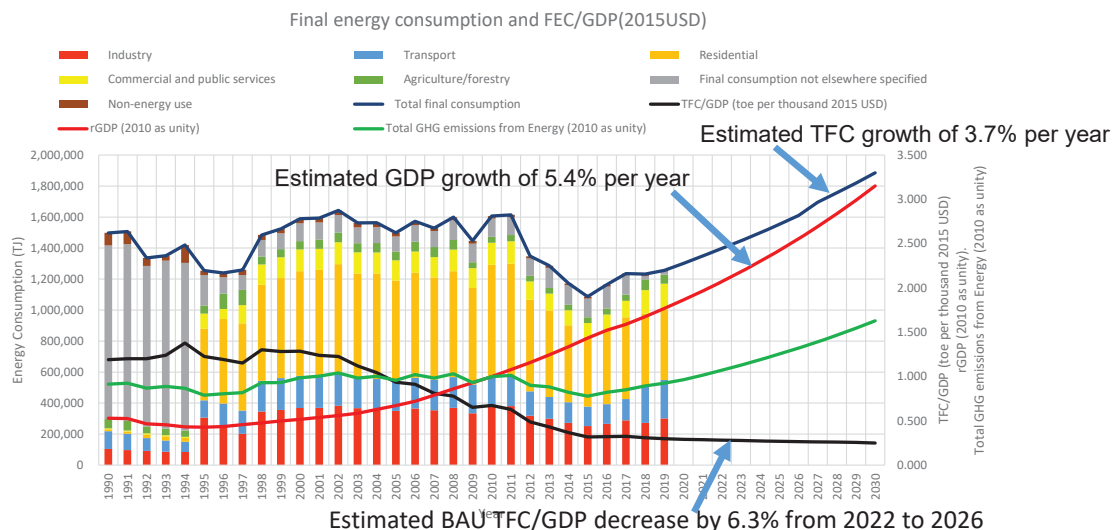


図 6-5 主要なエネルギー部門の資産の典型的な寿命

出典：IEA “World Energy Statistics and Balances”

「ウ」国の GDP 当たりエネルギー効率改善目標 20%を達成するために求められる各分野における貢献度の内訳の推定を図 6-6 に示す。目標達成に貢献する他の分野、即ち、電力部門（発電・送電・配電）の損失削減は MoE コンセプトノートに基づき 3%程度と推定し、上記の GDP 成長に伴う効率改善は 6%程度と推定すると、省エネプログラムによる貢献度（エネルギー効率改善）は、少なくとも 10%程度は必要となると推定する。

また、再生可能エネルギー発電の拡大、将来的なゼロ・エネルギー・ビル(ZEB)、及び電気自動車(EV)等の施策による貢献を積み上げると、それらの合計は「ウ」国の目標である 20%を達成できる可能性が高まる。

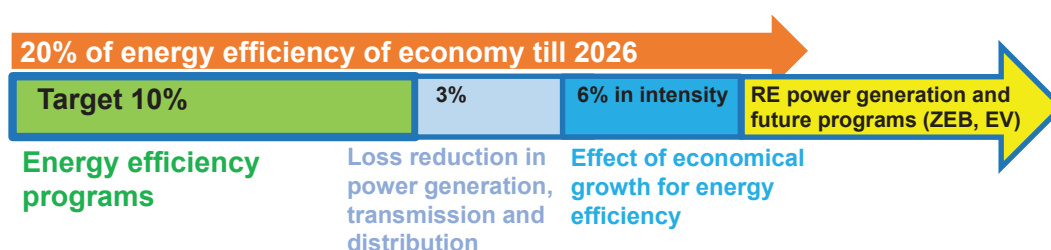


図 6-6 「ウ」国エネルギー効率改善目標 20%達成のための各分野における貢献
出典：JICA 調査団作成

(3) 省エネプログラム

表 6-1 に、省エネプログラムにおいて優先すべき部門と施策、施策のエネルギー効率改善の割合（貢献度）、及び施策の推進者についてまとめた。

7つの優先施策は、一定程度の貢献度（全部門の一次エネルギー消費に対する各優先施策による省エネポテンシャルの割合）、及び現実的な費用対効果（投資回収期間）が見込まれる施策である。また、政府補助の導入の必要性から、上から3つの施策、及びそれら3つの施策の発展形となる総合的施策として ZEB 化を重視することとする。

この省エネプログラムを「ウ」国エネルギー省 (MoE) が率先して推進するためには、新たに再編された建設公共サービス省 (MCCS) 等との連携が必要となる。

以下に優先施策の実施内容の説明を示す。なお、各施策の省エネポテンシャル、及び費用対効果の詳細については、6.3 で整理する。

- ① ガスボイラからヒートポンプへ熱供給設備を転換する。さらに、クリーンな再生可能電力でヒートポンプを駆動することで、CO2 排出量がゼロとなる。IEA もグローバルな優先課題として位置づけている。「ウ」国のエネルギーバランスによると、現在は非効率なガスボイラからの熱供給（暖房、給湯）が主体である。現在のガス火力主体の電力供給においては、熱供給設備の転換による省エネと脱炭素化の効果は限定的であるが、政府が推進する再生可能電力の拡大により、

脱炭素化の効果は今後拡大する傾向にある。

- ② 事業用建物部門、及び住宅部門において、エアコン等製品を高効率型へ改善する。標準化・計量・認証庁（Uzstandard）により、家電製品等の省エネ基準の強化が必要である。タシケント工科大学で実施した実証試験（別添資料6）でも、その効果が確認されており、IEA もエアコンの高効率インバータ化を推奨している。
- ③ 事業用建物部門、及び住宅部門において、窓、壁、屋根等の断熱強化を進める。建設公共サービス省（MCCS）により、建物断熱性能を規定する基準を厳格化する必要がある。
- ④ 今後のネット・ゼロ・エネルギー・ビル ZEB の普及のための ZEB 認定基準策定等。建物の社会資本ストックとしての寿命は長いため、IEA も最優先課題として位置づけている。2021 年には ZEB に関する国際基準（ISO/TS23764）も制定されており、グローバルなトレンドである。太陽光発電のポテンシャルが大きい「ウ」国においては、省エネ対策とオンサイト太陽光発電を組み合わせた ZEB の普及を目指す。
- ⑤ 高効率な LED 照明器具の導入を促進する。「ウ」国において一定程度の普及が進んでいるものの、IEA も確実な省エネ対策として推奨しているため、さらなる普及を進める。エネルギー省（MoE）と標準化・計量・認証庁（Uzstandard）の連携が望まれる。
- ⑥ 産業部門の大規模エネルギー消費者（工場等）におけるエネルギー消費の監視・管理活動の強化。先進国を含む各国で成果が上がっている。エネルギー管理活動に関する国際基準（ISO50001 等）を活用する。事業者から報告されるエネルギー消費データに基づき、エネルギー省（MoE）、投資産業貿易省（MIIT）、及び統計庁（AoS）が連携し、包括的なエネルギー統計を作成することは、国全体の省エネ政策の策定・評価に重要である。
- ⑦ 工場や灌漑ポンプ場等で MCCS 使用されているモータの高効率化（エネルギー効率クラスを IE1 から IE3 へ）を進める。国内の様々な水供給事業を管理する水資源省は、灌漑用水等のポンプ場の近代化を通じて電力消費量の削減に貢献できる。

表 6-1 推奨される省エネプログラム

No.	優先施策	実施概要	貢献度	費用対効果	政府補助必要性	タイムライン				推進者
						2020	2030	2040	2050	
1	ガスボイラからヒートポンプへの転換（さらに再生可能電力利用へ）	<ul style="list-style-type: none"> 対象：事業用建物部門、及び住宅部門 内容：ヒートポンプによる熱供給設備（暖房、及び給湯）のガスから電気への転換 	1～2%	7.4～22.2	高					<ul style="list-style-type: none"> MoE MIIT
2	高効率エアコンの普及	<ul style="list-style-type: none"> 対象：事業用建物部門、及び住宅部門 内容：冷暖房エアコンのエネルギー効率クラスの向上。ガスボイラ暖房から高効率エアコン暖房への移行 	0.5%	5.2	高					<ul style="list-style-type: none"> MoE MIIT Uzstandard
3	建物断熱の強化（窓・壁・屋根）	<ul style="list-style-type: none"> 対象：事業用建物部門、及び住宅部門 内容：窓にはペアガラス等、壁には断熱ボード等を使用 	1～3%	4.8～9.4	高					<ul style="list-style-type: none"> MoE MCCS
4	将来的な ZEB/ZEH の実現	<ul style="list-style-type: none"> 対象：事業用建物部門、及び住宅部門 内容：建物省エネ、及びオンサイト再生可能エネルギーの組み合わせ 	2.5～5%	10.2～22.7	高					<ul style="list-style-type: none"> MoE MCCS
5	高効率 LED 照明の普及	<ul style="list-style-type: none"> 対象：事業用建物部門、及び住宅部門 内容：LED 照明器具のエネルギー効率クラスの向上 	0.5%	6.9	低					<ul style="list-style-type: none"> MoE Uzstandard
6	エネルギー管理制度の構築	<ul style="list-style-type: none"> 対象：主に産業部門の大規模エネルギー消費者（工場等） 内容：操業改善、及び設備投資（老朽化したボイラや工業炉の更新等） 	1.5%	4.2	高					<ul style="list-style-type: none"> MoE MIIT AoS
7	産業用モータの高効率化	<ul style="list-style-type: none"> 対象：産業部門 内容：モータのエネルギー効率クラスの改善を義務化。灌漑ポンプ場の近代化 	0.5～1.5%	5.6	低					<ul style="list-style-type: none"> MoE MIIT MoWR
貢献度の合計			7.5～14%（平均 10%程度）							

出典：JICA 調査団作成

6.3 優先施策の詳細

6.2 で取り上げた優先施策に示したヒートポンプの有効性について 6.3.1 で検討し、電源の効率性との関係も検討した。また、それ以外の優先施策の有効性について 6.3.2 以降で検討した。

有効性の数値的な根拠は省エネポテンシャルであり、「ウ」国全体での効果として、1 次エネルギー消費削減ポテンシャルを用いた。また、各施策の実行可能性の観点から、費用対効果（投資回収期間）の試算も行った。

6.3.1 ガスボイラからヒートポンプへの転換

(1) 電源の効率性とヒートポンプ

第 4 章における検討から、ヒートポンプの有効性は明らかであるが、その効率性は、電源の効率性に大きな影響を受けるため、電源の効率性の推移を考慮する必要がある。「ウ」国における電源の効率性は、表 6-2 に想定することができる。電源の効率は将来大きく向上し、それによって電力消費の 1 次エネルギーへの換算係数は大きく低下すると想定される。

この変化は電化の便益を大幅に上昇させる可能性がある。そのため、ヒートポンプについては、将来の電源効率の向上を考慮して、ヒートポンプの普及率を計画的に進める施策を推奨する。

表 6-2 電力の 1 次エネルギー換算係数の想定

年	換算係数値	算定理由
2020	2.74	IEA エネルギーバランス 2020 から算定
2030	1.6	火力電源の発電比：58%（MoE コンセプトノート）。 火力発電効率：40%（調査団想定） 送配電ロス：8.85%（MoE コンセプトノート）
2040	1.1	火力電源の発電比：41% TFC 成長率：3.7%/year （コンセプトノートによる 2030 年までの成長率を延長） TFC 増に対応する電源：RE100%を想定 発電効率：40%（2030 年想定を適用） 送配電ロス：8.85%（2030 年計画を適用）

出典：IEA エネルギーバランス、MoE コンセプトノート等に基づき JICA 調査団作成

(2) 電源の条件によるヒートポンプの総合エネルギー効率の変化

ヒートポンプとガスボイラと地域熱供給の総合エネルギー効率には、表 6-3 のよう

な効率性の差がある。

表 6-3 総合エネルギー効率の比較（ヒートポンプを1として数字大が効率大）

電力の1次エネルギー変換率	ケース A：1.1 (2040年)		ケース B：1.6 (2030年)		ケース C：2.74 (2020年)	
	暖房	給湯	暖房	給湯	暖房	給湯
ヒートポンプ	1	1	1	1	1	1
高効率ボイラ	0.25	0.4	0.36	0.58	0.62	0.99
地域熱供給	0.13	0.21	0.19	0.31	0.33	0.53

検討条件： 暖房用ヒートポンプの SCOP 4

ヒートポンプ式給湯機の SCOP 2.5

高効率ボイラの効率 0.9

供給熱利用の一次エネルギー変換係数 2.07 (DHP 想定)

出典：JICA 調査団作成

ヒートポンプは、高効率ボイラに対して設備費が大きいため、効率差そのものが投資効率性を意味しない。しかし、「ウ」国では電源系の効率化が進められており、表 6-3 に示すように、2030 年を過ぎるとヒートポンプの効率面での優位性が大きく、国全体として必須のエネルギー設備となる。将来的に、エネルギー（特に天然ガス）の供給のひっ迫、価格の上昇により、ヒートポンプを用いることの費用対効果が増大すると想定されるため、今のうちからヒートポンプの普及率を高めておくことが望ましい。

(3) 事業用建物における空調用ヒートポンプ

事業用建物の熱供給からの転換の課題については、空調エネルギー源の熱供給からヒートポンプへの転換について本項で検討した。

事業用建物におけるヒートポンプの省エネポテンシャル

熱供給系からヒートポンプへ変更するとし、その省エネポテンシャルの算定を熱量によって行う。検討の諸元を下記とする。

ヒートポンプの COP4、電源の1次エネルギー係数 2.7、熱供給の1次エネルギー係数 2.07

熱供給系のビルのヒートポンプシステムへの転換

事業用建物の熱消費 1147ktoe(IEA2018)の 66% (他の効果との仕分け)

普及率目標：40%

この条件のもとで、熱供給系からの供給熱をヒートポンプに置き換えた場合の**省エネポテンシャル**は、それぞれの効率、1次エネルギー換算係数を用いて次のように算定することができる。

$$1147 \times 0.66 \times (2.07 - 2.7/4) \times 0.4 = \underline{\underline{422 \text{ ktoe/y}}}$$

(4) 事業用建物における空調用ヒートポンプの費用対効果

費用対効果のうちの効果は、省エネポテンシャルによって生じる便益を取り上げる。省エネポテンシャルは1次エネルギーにより評価しており、「ウ」国においては、天然ガス使用削減に対応する。便益は天然ガスの削減によって生じる便益とする。ここでは天然ガスの定常的な国際価格により評価し、その価格を 2000 UZS/m^3 (0.176 USD/m^3) とする。天然ガスの発熱量 34.2 MJ/m^3 を用いると、省エネポテンシャルは 2.44 b-UZS/ktoe (0.215 m-USD/ktoe) をかけることによって1年分の便益に換算することができる。

なお、本節においては、記法として次のように簡略化して記載した。

UZS：「ウ」国通貨単位、USD：米国通貨単位

2023年1月31日現在において、 $1 \text{ UZS} = 0.000088 \text{ USD}$ となっている（ウズベキスタン中央銀行）。

h：時間数、d：日数、M：月数、y：年数、person：人数

b：billion、m：million

m^3 ：天然ガスの立方メートル

m^2 ：建築物における面積（平方メートル）

費用対効果の指標値を次のようにし、分母、分子を同じ通貨単位とする。

（費用対効果）＝（費用）／（1年分の便益）

この数値が小さいほうが、実施可能性が高いと評価できる。この数値が10以下である場合には、10年分の便益が投じた費用を上回ることを意味している。実際の実施可能性は、費用に対する資金の配分、その利子の有無又は程度、便益と費用の発生個所などによって左右されるが、対策の効果は通常は15年以上、短い場合でも10年以上継続することから、実施可能性が十分あるものと判断できる。

費用の推定はネットの費用とし、資金の確保及び利子に関する費用を含めない。

なお、普及率は、効果及び費用の両方において、その規模に対する係数であるため、費用対効果の数値に影響を与えないものと仮定して計算しているが、実際には大量に実施した場合の費用の低下、対策の効果の干渉などによって変化する可能性がある。

事業用建物におけるヒートポンプの費用対効果は下記となり、実施可能である。

熱量に基づいて算定する。100kW ヒートポンプ冷温水機の冬季熱発生能力 $100 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 120 \text{ d/y} \times 3.6 \text{ MJ/kWh}$ (1.04 TJ/y) に対する1次エネルギー削減効果は $(2.07 - 2.7/4)$ 倍となるので 1.45 TJ/y となる。

また効果として夏季に使用する効果を加える。夏季の冷熱発生能力 $100 \text{ kW} \times 8 \text{ h} \times 90 \text{ d/y} \times 3.6 \text{ MJ/kWh}$ (0.26 TJ/y) に対して効率向上による1次エネルギー削減効果を $(2.7/1.5 - 2.7/4)$ 倍として、 0.29 TJ/y となる。

これらの合計 1.74 TJ/y に対して運転負荷率を0.85として1次エネルギー削減効果は 1.48 TJ/y 、その金

額換算は $1.48\text{TJ/y} \div 41.8 \text{ (TJ/ktoe)} \times 2.44\text{(b-UZS/ktoe)} = 0.087\text{b-UZS/y}$ (0.0077m-USD/y) となる。
 一方、100kW ヒートポンプ冷温水機の費用を 0.5b-UZS (0.044m-USD) $\times 1.3$ (設置費用)として、これを 0.087b-UZS/y (0.0077m-USD/y) で割ることによって**費用対効果は 7.4**となる。

(5) 住宅におけるヒートポンプの省エネポテンシャル

住宅におけるエネルギー消費は大きく、また住宅における主要なエネルギー需要は温水、ガスなどの熱エネルギーであるため、ヒートポンプの適用可能性は大きい。

住宅の現在のエネルギー消費のうち、ガスボイラ及び地域熱供給は理論的にすべてヒートポンプ (HP) に置き換え可能である。省エネポテンシャルは、表 6-4 のように試算された。将来のポテンシャルは現在の「ウ」国のエネルギー消費 (一次エネルギー換算) の 19.5%を占める。

表 6-4 住宅におけるヒートポンプの省エネポテンシャル (百万 toe)

	給湯			暖房			合計
	ガス消費から HP へ転換	熱供給から HP へ転換	小計	ガス消費から HP へ転換	熱供給から HP へ転換	小計	
ケース C	0.03	0.19	0.22	2.57	0.27	2.84	3.06
ケース B	1.22	0.28	1.50	4.33	0.33	4.66	6.16
ケース A	1.74	0.32	2.06	5.08	0.35	5.43	7.49

ケース A、B、C は、それぞれ表 6-2 の 2040 年、2030 年、2020 年の条件に対応する。

住宅における熱エネルギー消費の比率 給湯 0.3、暖房 0.7

対象エネルギー：2020 年の住宅のエネルギー消費 (1 次エネルギー)

出典：JICA 調査団作成

なお、表 6-3、表 6-4 の数値は、下記の計算に基づいている。

検討条件を下記とする。なお、ガスについては一次換算係数を 1 とする。

α : 電気の一次換算係数

β : 地域熱供給の一次換算係数

f : 給湯または暖房の SCOP

g : 高効率ボイラの効率

E : 対象のエネルギー消費量 (1 次エネルギー)

E1 : 対象のネットエネルギー消費量

1 次エネルギー使用量を E1 から算出すると、電気： $E1/f \times \alpha$ 、高効率ボイラ： $E1/g$ 、地域供給熱： $E1 \times \beta$ となるので、電気を 1 とした場合の効率は、この逆数の比として、高効率ボイラ： $g \times \alpha / f$ 、地域供給熱： $\alpha / (\beta \times f)$ となる。電気に転換した場合のポテンシャルは効率の差から、高効率ボイラ→電気： $E (1 - g \times \alpha / f)$ 、地域供給熱→電気： $E (1 - \alpha / (f \times \beta))$ と算定できる。

(6) 住宅におけるヒートポンプ空調の省エネポテンシャルの実現

上記(5)より住宅の空調をヒートポンプに全面的に転換すれば、2040年頃に最終的に5430ktoeの省エネポテンシャル（一次エネルギー換算）を実現することができ、これは「ウ」国エネルギー消費（一次エネルギー換算）の14.1%に相当する。

このポテンシャルは次の対策を進めることで、長期的な実現に向かうことができる。

- ① 高効率エアコンの普及とエアコンによる暖房の普及（6.3.2参照）
- ② 建築物の断熱性の強化（6.3.3参照）

また、ヒートポンプ給湯を集合住宅1棟にすべてに、またはある地域すべてに設置し、同時にその集合住宅又は地域で集中的に断熱し、高効率エアコンを展開すれば、その集合住宅又は地域に顕著な効果を実現することができる。

(7) 住宅におけるヒートポンプ給湯の省エネポテンシャルの実現

上記(5)よりヒートポンプ式給湯機を全ての住宅に導入したと仮定すれば、最大で2060ktoeの省エネポテンシャル（一次エネルギー換算）を実現でき、これは「ウ」国エネルギー消費（一次エネルギー換算）の5.4%に相当する。これを将来の目標として、政府による社会インフラ整備の1つとして進められることが望ましい。

このような最終像をめざして、次のような、統一的に導入を進めやすい地域における導入を優先しつつ、そのような導入地域を逐次拡大するとよい。

- ① 地域熱供給の対象のうち、同一システムに属する住宅及びビルについてすべてヒートポンプ式給湯に転換することで、その地域熱供給は冬季の暖房のみの加熱運転に転換できる。
- ② 集合住宅1棟のすべての住居にヒートポンプ式給湯を設置する。同時に、この集合住宅に必要な断熱性を持たせ、高効率エアコンを整備する。このようにすることで、その集合住宅のガス設備は、非常時に対応する予備系統として、通常は運転する必要がなくなる。

給湯用ヒートポンプについては、省エネポテンシャルは高いものの、現在の天然ガス国際価格の水準では、費用対効果を確保するために長い期間を要すると試算したため、まずは政府による社会インフラ整備として、事業用建物（特に公共施設）において取り組むべきと考える。

ただし、天然ガス消費削減の便益を試算する際の天然ガスの定常的な国際価格を2000 UZS/m³(0.176USD/m³)としているところ、国際市場における天然ガス価格が

上昇する場合、国ベースの費用対効果に有利な状況となる。試算によると、上記(3)のケースCの条件で、天然ガス価格が現在より上昇し、例えば 8000 UZS/m³ (0.704 USD/m³) となった場合、天然ガス削減の10年分の便益と設置費用とが同等になると見込まれる。

TTF is expected to retain its premium over Asian spot LNG prices during the 2022/23 heating season

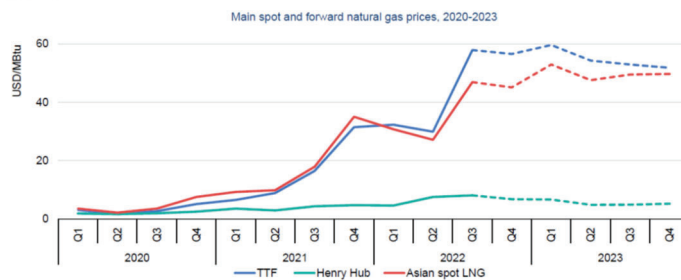


図 6-7 国際市場天然ガス価格の推移

出典：IEA “Gas Market Report, Q4-2022”

一方で限定された対象については、個別的に適用可能性を検討すべき場合も考えられる。次の2つのケースでは費用対効果が20程度となり、使用者の採算のためには、政府による社会インフラ整備としての支援措置が必要と考える。

給湯用ヒートポンプの適用可能性

1. 戸建て住宅において老朽化した低効率ボイラを置き換える場合

現在、戸建て住宅において効率の低いボイラが更新されないまま使用されている。その戸建て住宅について、ボイラによる暖房と給湯について、空調は高効率エアコンに、給湯はヒートポンプ給湯に完全に置き換えた場合、次のような一次エネルギーの便益が推定される。

対象の比率5%、現在のボイラの効率65%、電力の1次エネルギー係数2.7、高効率エアコンの暖房SCOP4.6 (A2+クラス)、インバータエアコン前提、給湯用ヒートポンプの年間平均SCOP3.3、給湯用ヒートポンプの熱量発生17GJ/y、調理分10%、空調：給湯エネルギー比7:3を想定する。

削減される天然ガス量；36ktoe/y 天然ガス

増加する電力（一次エネルギー換算）：空調エネルギー9.6ktoe/y、給湯エネルギー5.7ktoe/y

省エネポテンシャル：20.7ktoe/y、便益 50.5b-UZS/y (4.44m-USD/y)

費用：給湯熱量7ktoe/yに対応して給湯用ヒートポンプ17000台が対応。

給湯用ヒートポンプ1台(26m-UZS(2290USD))当たり高効率エアコン5台(40m-UZS(3520USD))

として総費用1122b-UZS(98.7m-USD)。

費用対効果：22.2

2. 地域熱供給に接続する集合住宅にヒートポンプ給湯器を設置し、地域熱供給の熱を暖房にのみ使用する場合

住宅の熱供給1079ktoe/yの5%を対象として想定。電力の1次エネルギー係数2.7、熱の1次エネルギー係数2.07、給湯用ヒートポンプの年間平均SCOP3.3、給湯用ヒートポンプの熱量発生17GJ/y、給湯エネルギー比30%。

削減される熱供給所で使用する天然ガスの削減量：33ktoe/y

増加する電力（一次エネルギー換算）：給湯エネルギー16ktoe/y に対して 13ktoe/y 増

省エネポテンシャル：20ktoe/y、便益 48.8b-UZS/y (4.29m-USD/y)。

費用：16ktoe/y に対して給湯用ヒートポンプ 39400 台要。1024b-UZS/y (90m-USD)。

費用対効果：21.0

なお、事業用建物にヒートポンプ給湯機を設置した場合の費用対効果についても、集合住宅の場合と同様の計算となる。

6.3.2 高効率エアコンの普及

エアコンはヒートポンプの一種であり、高効率空調の機能として暖房と冷房の両側面から検討する必要がある。

現在、冷房としてのエアコンの需要が高まっている。エネルギー使用機器の増大はエネルギー供給に負荷をかけるものではあるが、経済成長にともなう生活の便益の増大として欠かせないものであると考える。

エアコンの効率性は技術的な開発により高められている。本調査において実施した実証試験（別添資料6）においても高効率（インバータ）エアコンの効率性が具体的に示された。そこで、費用面の合理性を担保しつつ、高効率な空調機器の選択に移行させることが必要である。

6.3.1 において、住宅における給湯を含めたヒートポンプの全面的適用の開始を 2030 年頃と推定した。住宅における暖房をエアコンで、給湯をヒートポンプで行うシステムが有力となる。建築基準によってこれらを義務的に推進することも考えられる。

低効率なエアコンの暖房効率は低く、高効率ボイラまたは熱供給に対して劣る。高効率エアコンはエアコンによるヒートポンプ暖房を行う上で必須な機器であり、この点からも高効率エアコンへの移行を推進するべきである。

高効率エアコンが既に装備されている場合には、新たな投資を伴わないため、住宅において部分的なヒートポンプ空調化として現時点で利用することができる。この施策は、断熱性が担保され、空調負荷が小さい新築の集合住宅において実施することが適切である。

高効率エアコンの適用範囲は広く、ここではその一部として現時点で実施する施策の効果を評価するが、将来的には更に大きな効果を享受する可能性がある。

高効率エアコンの普及による省エネポテンシャル

1. エアコン購入機種の高効率化

対象：IEA データに基づく住宅部門（residential）における電力消費 1169ktoe のうち空調電力割合を 10%（日本の事例より）と想定。

購入時にエアコン効率基準（ラベリング）値が高いインバータエアコンを選択するようインセンティブを付与する。

効果率 25%：エアコン効率基準値の 1 ランク向上 10%+インバータ搭載効果 15%

実証試験では夏季 50%、冬季 80%以上の効果がある。

普及率：50%（新規購入増 30%、買替 20%）

電力の 1 次エネルギー変換係数 3

省エネポテンシャル：44ktoe/y ($117 \times 0.25 \times 0.5 \times 3$)

2. 高効率エアコンの暖房活用

対象：IEA データに基づく住宅部門（residential）における熱消費 1079ktoe/y

検討対象は集合住宅であることから熱消費を計算対象とする。新築で建築規制によりボイラが設置される場合はエネルギー源として、熱が天然ガスに転換し、その天然ガスが高効率エアコンによって電気に転換することになる。そこで対象量は、1 次エネルギー換算ではないネットの熱消費量から把握する。

普及率想定：新築比率 30%、新築における高効率エアコン装備比率 50%、条件が整った対象における実施比率を 50%とする。なお、本件の実施比率を高めるため、住居者の任意事項でなく行政による指導として実施することが望ましい。

効果：活用されるエアコンの暖房 SCOP を 4.5 とする。エアコンの暖房規格は、SCOP で A+4.0～4.6、A++4.6～5.1、A+++5.1 以上となっており、SCOP4.5 の水準は A+以上のエアコンに対して平均的に実現できる。

新築の集合住宅は建築規制によりガスボイラが装備され、暖房及び給湯に利用されていると想定される。そのため省エネポテンシャルの計算における比較対象はガスボイラである。電力の 1 次エネルギー換算係数を 3、ガスボイラの 1 次エネルギー換算係数を 1.1 とすると $(1.1-3/4.5)=0.43$ の係数による効果が発生する。

本項目では高効率エアコンの装備を前提とした。既に装備されている暖房エネルギー設備のいずれを使用すべきか、という運用上の選択の問題であり、投資効果評価ではなく運用効果評価であることに留意する必要がある。

本項目の適用対象は断熱性が高いことが望ましい。断熱性が低く暖房エネルギーを多く使用する対象では、高効率エアコンの効果量は高くなりうるが、一方で高効率エアコンによる暖房では不足する状況が多くなり、高効率エアコンによる暖房に対する信頼性が低下する。

適用対象は集合住宅としたが、断熱性が高く設計された戸建て住宅で高効率エアコンが装備されている場合には同様の効果がある。政府による適切な情報提供によって、このような場合にも高効率エアコンの効果を発生させることが望ましい。

「ウ」国における 2023 年 1 月の降雪では気温が大幅に低下した。これは、数十年ぶりの状況であるが、この状況下で天然ガスの供給が不足し、地域熱供給に支障がでるとともに低効率な電気ヒーターの使用が急激に増大して停電となりガスの供給も停止する事態が発生した。高効率エアコンによる暖房に対して定常的に電源能力を振り当てることは暖房供給系統を多様化させ、冬季のエネルギー供給の安定性に寄与する要素がある。

省エネポテンシャル：35ktoe/y ($1079 \times 0.3 \times 0.5 \times 0.5 \times 0.43$)

高効率エアコンの普及による費用対効果は下記となり、実施可能である。

1. エアコン購入機種の高効率化

インセンティブは A を基準として価格差の 30%を補助することを想定したが、他の補助方法も可能である。1 ランクの価格差は 50USD 程度。補助対象台数として 325 万台を想定（世帯数の 40%程度）。インセンティブは 553b-UZS (48.6mUSD)。効果 44ktoe の便益は 107.5b-UZS (9.46m-USD)。両者の比を費用対効果とすると 5.2。

2. 高効率エアコンの暖房活用

設置されたエアコンを使用するため、新たな投資費用は生じない。

6.3.3 建物断熱の強化（窓・壁・屋根）

第 4 章における検討から建築物の断熱の有効性は明らかである。断熱の実施方針は基準の側面と投資による断熱強化の側面から考えることができ、新築または大規模改修における断熱の強化は基準による義務によって進めるべきである。

建物断熱の強化による省エネポテンシャル

1. 普及率の設定

建築物の断熱規格が強化され新設及び大規模改修に適用されると想定する。普及率を 15%とする。

2. 事業用建物の場合

事業用建物の熱消費 1147ktoe/y(IEA2018)の 40%を断熱の対象として想定する。

放熱の構成：窓 0.42、壁 0.42 改善率：窓 3.5→1.6（複層→low-e）、壁 2.07→0.56（断熱材）

熱供給の 1 次エネルギー係数 2.07

省エネポテンシャル：窓 27ktoe/y、壁 44ktoe/y

3. 集合住宅の場合

住宅の熱消費 1079ktoe/y（IEA2018 の 1 次エネルギー換算）、住宅のガス消費 8002ktoe/y（いずれも IEA2018）のうち集合住宅分のネット熱消費 5345ktoe/y の合計（6424ktoe/y）の 40%を断熱の対象として想定する。ネット熱消費に対する熱及びガスの加重平均での 1 次エネルギー換算係数は 1.5。

放熱の構成：窓 0.4、壁 0.5 改善率：窓 6→3.5（複層単層→複層）、壁 2.07→0.56（断熱材）

省エネポテンシャル：窓 210ktoe/y、壁 97ktoe/y

4. 戸建て住宅の場合

住宅のガス消費 8002ktoe/y(いずれも IEA2018)のうち戸建て住宅分ネット熱消費 496ktoe/y の 50%を断熱の対象として想定する。ネット熱消費に対する 1 次エネルギー換算係数は 1.37。

放熱の構成：窓・屋根 0.45、壁 0.55

改善率：窓・屋根 0.6（窓 6→3.5、屋根 3→0.5）、壁 2.07→0.56

省エネポテンシャル：窓・屋根 14ktoe/y、壁 21ktoe/y

建物断熱の強化による費用対効果は下記となり、実施可能である。

1. 事業用建物の場合

窓：1TJ に対して対象面積は $1000\text{GJ} \div 0.727\text{GJ}/\text{m}^2$ ($70\text{W}/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times 120\text{d}$)、対策単価は $0.63\text{m-UZS}/\text{m}^2$ ($55\text{USD}/\text{m}^2$) (low-e)、効果は $0.055\text{b-UZS}/\text{TJ}$ ($4840\text{-USD}/\text{TJ}$) ($1.6/3.5 \times 2.07 \times 2.44 \div 41.87$)

壁：1TJ に対して対象面積は $1000\text{GJ} \div 0.428\text{GJ}/\text{m}^2$ ($41.4\text{W}/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times 120\text{d}$)、対策単価は $0.086\text{m-UZS}/\text{m}^2$ ($7.6\text{USD}/\text{m}^2$)、効果は $0.088\text{b-UZS}/\text{TJ}$ ($7740\text{USD}/\text{TJ}$) ($1.51/2.07 \times 2.07 \times 2.44 \div 41.87$)

費用対効果：対象となる放熱の加重平均によって

$$(0.63/0.727 + 0.086/0.428) / (0.055 + 0.088) = \underline{\underline{7.4}}$$

2. 集合住宅の場合

窓：1TJ に対して対象面積は $1000\text{GJ} \div 1.246\text{GJ}/\text{m}^2$ ($120\text{W}/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times 120\text{d}$)、対策単価は $0.387\text{ m-UZS}/\text{m}^2$ ($25\text{USD}/\text{m}^2$)、効果は $0.036\text{b-UZS}/\text{TJ}$ ($3170\text{USD}/\text{TJ}$) ($2.5/6 \times 1.5 \times 2.44 \div 41.87$)

壁：1TJ に対して対象面積は $1000\text{GJ} \div 0.428\text{GJ}/\text{m}^2$ ($41.4\text{W}/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times 120\text{d}$)、対策単価は $0.086\text{ m-UZS}/\text{m}^2$ ($7.6\text{USD}/\text{m}^2$)、効果は $0.064\text{b-UZS}/\text{TJ}$ ($5630\text{USD}/\text{TJ}$) ($1.51/2.07 \times 1.5 \times 2.44 \div 41.87$)

費用対効果：対象となる放熱の加重平均によって

$$(0.387/1.246 + 0.086/0.428 \times 1.25) / (0.036 + 0.064 \times 1.25) = \underline{\underline{4.8}}$$

3. 戸建て住宅の場合

窓・屋根：1TJ に対して対象面積は $1000\text{GJ} \div 0.933\text{GJ}/\text{m}^2$ ($90\text{W}/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times 120\text{d}$)、対策単価は $0.815\text{m-UZS}/\text{m}^2$ ($71.7\text{USD}/\text{m}^2$)、効果は $0.048\text{b-UZS}/\text{TJ}$ ($4220\text{USD}/\text{TJ}$) ($2.7/4.5 \times 1.37 \times 2.44 \div 41.87$)

壁：1TJ に対して対象面積は $1000\text{GJ} \div 0.428\text{GJ}/\text{m}^2$ ($41.4\text{W}/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times 120\text{d}$)、対策単価は $0.086\text{m-UZS}/\text{m}^2$ ($7.6\text{USD}/\text{m}^2$)、効果は $0.058\text{b-UZS}/\text{TJ}$ ($5100\text{USD}/\text{TJ}$) ($1.51/2.07 \times 1.37 \times 2.44 \div 41.87$)

費用対効果：対象となる放熱の加重平均によって

$$(0.815/0.933 + 0.086/0.428 \times 1.22) / (0.023 + 0.043 \times 1.22) = \underline{\underline{9.4}}$$

6.3.4 将来的な ZEB/ZEH の実現

将来に向けた ZEB の展開は「ウ」国における重要な課題である。その省エネポテンシャルは、究極的にすべての建物が ZEB ready 以上とした場合、事業用建物のエネルギー消費の 1/2 以上が節減できる。実際には一次的に長期目標を 20%程度として、段階的に推進することが考えられている。この場合の目標値は、2020 年の IEA エネルギーバランス（一次エネルギー換算）では $1000\text{ktoe}/\text{y}$ に相当する。

戸建て住宅の ZEH について同様の考え方をとれば、目標は一次エネルギー $160\text{ktoe}/\text{y}$ となる。ここで、戸建て住宅全体の天然ガスエネルギー消費は住宅全体の天然ガスエネルギー及び熱エネルギー消費の 8%程度と推定される。戸建て住宅のエネルギー消費規模は小さいため、ポテンシャルも小さくなる。

「ウ」国では集合住宅に住む世帯が多い。集合住宅のエネルギー消費の規模は、事業用建物、戸建て住宅よりかなり大きい。集合住宅はエネルギー消費密度が高く、また太陽光発電を設置するスペース上の余裕が少なく、ZEB の対象として第一に取り上げられるものではない。集合住宅については ZEB の目標を設定するよりも、ヒートポンプ、断熱など個別の省エネ対策推進によって、天然ガス、熱などの熱エネルギー消費の

削減を図り、また、高効率エアコンによって電気エネルギーの削減を図るなど、個別の対策を積み上げて ZEB ready 同等の省エネを進めることが有効と考える。

ZEB について本調査では、2 の事業用建物のケースを対象として ZEB 化の検討を実施している（第 4 章及び別添 7 参照）。

その費用対効果を試算した結果は 10.2~22.7 年（国ベース）（別添資料 7）となっているが、建築物は長期に使用されるものであり、将来に向けて実施モデルを作っていくことが望ましい。

なお、改装でなく新築の場合には断熱費用は大幅に低下すると考えられる。従って、公共性のある建築物の実施例を拡大して認識を深め、建築基準によって ZEB レベルの断熱をすすめていくとよい。

6.3.5 高効率 LED 照明の普及

LED 照明の普及は世界的な重要課題であり、「ウ」国は 40W 以上の白熱球の販売を禁止し（2017）既に広く LED を採用している。一方で、技術面で LED の効率向上が進んでいることから、高効率 LED 照明を使用していくことが「ウ」国における今後の課題である。

LED の高効率化の省エネポテンシャル

対象：住宅及び事業用建物の照明用電力

住宅 1169 ktoe (IEA 2018 の Residential の電気)

事業用建物 427 ktoe (IEA 2018 の Commercial の電気)

照明比率 27%：日本の構成（2009）で家庭の 13.4%、事業用建物の 30%が照明、その加重平均に対して、日本では空調比率が高いことを考慮して 1/0.7 とする。

普及率：高効率 LED に更新 50%想定

低効率 LED から高効率 LED への更新効果：50%

日本の電球系 LED のトップランナー基準設定における改善代の推定

昼光色・昼白色・白色：43%、温白色・電球色：61%

以上から **省エネポテンシャルは 108ktoe**

LED の高効率化の費用対効果は下記となり、実施可能である。

LED20W 仕様で推定する。

費用想定：93k-UZS (8.18USD)

効果：使用電力と同等の改善代を想定

$20W \times 3h \times 30d \times 12M \times 3$ （一次エネルギー換算係数） $\times 3.6$ (kJ/kWh) = 233kJ

便益： $230 \div 41.87$ (ktoe/TJ) $\times 2.444$ (b-UZS/ktoe) = 13.4 k-UZS

費用対効果：6.9

総費用： 108 (ktoe) $\times 2.444$ (b-UZS/ktoe) (0.215m-USD/ktoe) $\times 6.9$ = 1822 b-UZS (160m-USD)

6.3.6 エネルギー管理制度の構築

産業分野のエネルギー効率対策は、事業者によるエネルギー効率化、装置に関する基準、プロセス及び回収サイクルのための大規模対策の3つの側面から考慮されるものとされる。本調査では定常に実施し、強化する対策として、前2者を取り上げるが、最後の点についても「ウ」国が生産工場、エネルギー供給・輸送施設の建設を行う場合に、そのプロセスと回収サイクルについてエネルギー効率性からの検証を個別に行うべきである。

事業者によるエネルギー効率化の基礎は自律的なエネルギー管理体系を有することであり、そのもとで、政府と目標を共有し、改善ポテンシャルの現実化を図る。このような体系の構築に向けた「ウ」国の施策は現在進行中であり、これを継続し、強化することが望ましい（第4章参照）。また事業者のエネルギー効率化のために投資面における政府の支援体制があることが必要である（第5章参照）。

産業分野におけるエネルギー管理制度の構築による省エネポテンシャル

工場に存在する潜在的省エネポテンシャルを下記の方法によって顕在化させる。

- (1) 工場におけるエネルギーマネジメントの確立
- (2) 省エネ診断による省エネ対象と実現方法の特定

なお、省エネ可能な規模として、省エネ診断の日本での知見、省エネ可能性に関する一般的知見、「ウ」国工場への質問回答の知見などから、その規模はエネルギー消費の10%程度と想定される。ただし、熱エネルギーの消費については投資期間が電気の省エネに比べて長くなる傾向があるため、運用改善を中心に2%程度と想定する。なお、現地工場の訪問調査において省エネ余地があることが確認できたが、その効果規模は明確ではない。

- (3) エネルギー管理者をキーパーソンとする省エネの実施。
- (4) 投資が不要な案件、投資回収期間が3年程度以下である案件に対して必要資金を付与して実施する。

省エネポテンシャルは500ktoe/y：内訳：電力400ktoe、天然ガス100ktoe（2018IEAエネルギー消費の電力10%、天然ガス2%）に対し1次エネルギー換算（電気3）。

産業分野におけるエネルギー管理制度の構築による費用対効果は下記となり、実施可能である。

1. エネルギーマネジメント費用

エネルギー管理人材育成・実施人件費

対象：管理者2000person

育成費用：2M

実施費用：36Mの30%負荷

人件費：0.7b-UZS/y/person（0.062m-USD/y/person）、1470b-UZS/y（129m-USD）

エネルギー管理投資費用：1222b-UZS/y (108m-USD/y) の3倍

全費用：5140b-UZS/y (452m-USD/y)

全効果：1222b-UZS/y (108m-USD/y)

費用対効果：4.2

6.3.7 産業用モータの高効率化

装置に関する基準については、有効な技術の1つとしてモータの効率基準がある(第4章参照)。これはモータ設備を新設するにあたって、その効率を義務化するもので、義務によって実施するため、その費用は投資でなく内在的費用となる。

産業分野について、上記の他に蒸気・温水システムの効率化、工業炉の熱回収性能の向上などの施策があり、その推進も事業者によるエネルギー効率化の対象となりうる。

産業用モータの高効率化による省エネポテンシャル

(1) 規格化

産業分野を対象として高効率モータの規格を設ける。IE3(プレミアム効率の使用)義務化する。なお、欧州規格では、インバータを設置する場合にはIE2の使用を認めており、IE2+インバータは通常IE3より効率が高く合理性が認められるため、その方式も採用可能である。ただし、ここでは省エネ効果の推定、費用対効果の推定はIE3の条件で行う。

(2) 義務化の対象となる汎用モータ

装置に使用される交流誘導電動機で次のものを除く。

耐熱仕様のもの

船舶・海洋構造物で使用されるもの

液体中で使用されるもの

石油・ガスプラントで使用される防爆仕様のもの

ゲート開閉など使用頻度が小さいもの

極低温環境下で使用されるもの

真空ポンプ用のもの

(3) 対象量と効果

対象分野電力 4000ktoe : 2018IEA industry 消費電力に対し1次エネルギー換算(電気3)

電気に占めるモータ比率 75% : 日本の構成比

エネルギー消費削減率 7.4% (日本における算定: 容量構成による平均)

普及率 50% (新設は100%高効率化、耐用年数20年として10年の更新割合)

省エネポテンシャルは 110ktoe/y

産業用モータの高効率化による構築による費用対効果は下記となり、実施可能である。

(1) 1kWあたりのモータの製造費増分: 40%増(日本試算)より 4m-UZS (352USD)

製造費増分は一次的にはサプライヤが負担するが、設備販売価格を通じて購入する工場の費用として移転する。

(2) 1kWあたりの年間効果算定： $4.8\text{h}/\text{dx}20\text{d}/\text{M}\times 12\text{M}=1150\text{h}$ 、単価 630 UZS (0.055USD)、0.72b-UZS/y (0.063m-USD)

(3) 費用対効果

(1)及び(2)の比から 5.6

6.4 ロードマップ案

上記 6.3 までの検討結果をまとめたロードマップ案 (別添 8) を作成し、2023 年 1 月 31 日 (火) に National Scientific Research Institute of Renewable Energy Sources under Ministry of Energy 内の会場で開催された“Energy Efficiency Seminar”において、「ウ」国の MoE を含む関係省庁、及び国際機関等に対して、本ロードマップ案が共有された。

第7章 エネルギー統計の現状と課題

7.1 エネルギー統計の重要性

7.1.1 省エネルギー政策におけるエネルギー統計の重要性

公式のエネルギー統計は、エネルギー安全保障、エネルギーミックス、エネルギー保全、持続可能な開発目標 (SDGs)、グリーン経済に関するエネルギー政策を策定する上で非常に重要である。図 7-1 は、エネルギー源別の生産、輸出入、エネルギー転換、輸送、消費等の状況を表すエネルギーバランス表である。これらの国全体のエネルギーに関する現状、及び推移状況等の情報は、エネルギー・環境政策の企画立案やその効果の評価に用いることができるため、政策担当者にとって極めて重要な情報である。

国連と国際エネルギー機関 (IEA) は、世界各国がエネルギーバランス表を同じ形式で作成し開示することを推奨し、IEA に統計用のエネルギーデータの提出を求めている。IEA は各国の情報を取り纏めてエネルギーに関するグローバルな情報を発信しており、各国は IEA が公表しているエネルギー情報を利用することで、各国間のデータ比較が可能となり、エネルギー・環境政策の進捗管理や目標管理につなげることができる。各国が温室効果ガスの削減目標等の責任を果たすためにも統計情報の提供は不可欠である。また、データの公開により、政策立案者だけでなく研究者もデータにアクセスしやすくなることにより、エネルギー・環境問題の研究が進むことも期待される。

IEA ENERGY BALANCE 2020		UZBEKISTAN										
		ktoe										
		Coal	Crude oil	Oil products	Natural gas	Nuclear	Hydro	Wind, solar, etc.	Biofuels and waste	Electricity	Heat	Total
		ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe	ktoe
Total Energy Supply	Production	1471	2922	0	40419		430		3			45245
	Imports	1128	740		762					448		3078
	Exports	0	0	-41	-2478					-231		-2750
	International marine bunkers	0	0	0	0							
	International aviation bunkers	0	0	-114	0							-114
	Stock changes	306	5	21	-535							-204
	Total energy supply	2905	3666	629	37405		430		3	217		45255
	Conversion	Statistical differences	-211		106	223					-242	41
Electricity plants		-741		-63	-6013		-430			3200		-4047
CHP plants		-635		-79	-6155					2518	1415	-2937
Heat plants		-2		-23	-1500						1402	-123
Gas works												
Oil refineries			-3645	3508								-137
Coal transformation		-8										-8
Liquefaction plants												
Other transformation												
Energy industry own use		-7	-4	-146	-2370					-368		-2895
Losses		-1	-17	-4	-905					-858	-174	-1959
Total Final Consumption	Total final consumption	1300	0	3927	20685				3	4467	2683	33065
	Industry	230		144	4322					1697	402	6796
	Transport	4		2943	2988					91		6026
	Residential	260		471	9675					1337	1105	12848
	Commercial and public service	102		167	2395					450	1122	4237
	Agriculture / forestry	15		3	259					791	53	1122
	Fishing	0			0							0
	Non-specified	689		53	1045				3	101		1890
	Non-energy use			145								145

図 7-1 ウズベキスタンの 2020 年エネルギーバランス表

出典： IEA Energy Balance Data に基づき調査団が作成

エネルギー・省エネ政策を推進するにあたり、現状把握及び目標設定のためのベースライン、施策の進捗や達成度を測る上で、信頼のおけるデータに基づいた正確なエネルギー

ギー統計が必須である。また、部門毎あるいはより細分化したレベルでエネルギー消費量や使用効率の評価指標として活用されるべきであるが、「ウ」国政府内のエネルギー省（MoE）等によって、現状は不十分な状態と認識されている。

エネルギー統計の改善に関して、2019年12月に世界銀行と「ウ」国の国家統計委員会（SCS）は、連名で「2020年から2025年までの「ウ」国共和国の統計の開発のための国家戦略」¹を発行している。また、2020年8月3日付大統領令PP4796「国家統計制度のさらなる改善と発展のための措置」にエネルギー統計の改善が明記され、SCSによる改善活動が進められている。MoEにおいてはSCSが行っているエネルギーバランス作成の統一化や収集された情報へのアクセスを向上するべくSCSとの連携強化をはかり、また、経済産業界のエネルギー効率向上を推進するためのエネルギー消費情報の収集システムの開発を進めようとしている。

なお、SCSは2023年1月の組織改編で大統領直轄組織となり組織名称がThe Agency of Statisticsに変更となったため、本報告書では、AoSとして統一して記載する。

7.2 エネルギー統計の現状

7.2.1 エネルギー統計の作成体制

(1) 法的枠組み

「ウ」国における国家統計の作成では、公的統計法（Law About Official Statistics（2020年8月26日））の定めにより、AoSが唯一の公認機関とされている。従って、エネルギー統計についてもAoSがデータ収集から作成、公表までの全体について責任を負っており、他の省庁はデータ収集に協力し、集計されたデータのユーザーの立場である。しかし、実際には、他の省庁がそれぞれの管轄領域でデータを収集および配布している²。この点でAoS、各省庁は、公式統計の主要な作成者と考えられ、他の省庁は、その能力の範囲内でさまざまなデータを提供している。

統計情報は国家機関、自治機関、法人、国際機関、一般市民等に定められた方法で提供されるものとなっている。統計情報は、AoSのウェブサイトのOpenDataページ³やOpen Data Portal⁴から閲覧することができる。

データ収集の方法（調査対象、質問票、報告頻度等）については管轄の省庁と協議することとされており、MoEも年1回協議しているが、世界銀行による報告⁵では協議は

¹ World Bank and SCS, “National Strategy for Development of Statistics of the Republic of Uzbekistan for 2020 – 2025” 2019.12

² 日本の統計法では、総務省統計局は国・省庁全体に跨る統計（例：国勢調査）を行うが、各省庁が管轄する分野の統計は、当該省庁の担当（例：総合エネルギー統計や石油等消費動態統計調査は資源エネルギー庁が所管）である点で、責任分担の考え方が異なっている

³ <https://stat.uz/en/>

⁴ <https://data.gov.uz/eng>

⁵ 脚注1と同。

十分ではないと指摘されており、実際現地調査でのヒアリングによると、AoSからの情報提供については、他の省庁から依頼しても、秘密保持等の理由から、容易に情報が提供されないとの指摘もあったが、2020年頃からは改善傾向にあるとの声も聞かれた。

エネルギー分野を担当する行政機関は、2019年2月に経済産業省から分離発足したMoEである⁶。「エネルギーの合理的な使用について」の改正法（2020年7月14日）⁷により、MoEはエネルギーの合理的な使用の分野で特別に認可された国家機関と位置付けられ、政府機関、経済部門、社会分野におけるエネルギー効率向上、省エネ推進のための統一された国家政策を実施する役割を与えられている。同法には「エネルギーの生産と消費に関する統計的観測の組織化」の項目があり、次項の(2)2)で言及するMoEが開発を進めようとしている統合情報システムはその一環と考えられる。なお、日本の統計法では、総務省統計局は国・省庁全体に跨る統計（例：国勢調査）を行うが、各省庁が管轄する分野の統計は当該省庁の担当（例：総合エネルギー統計や石油等消費動態統計調査は資源エネルギー庁が所管）である点で、責任分担の考え方が異なっている。

(2) エネルギー統計に関する方針、戦略

1) 大統領決議 PP4796「国家統計制度のさらなる改善と発展のための措置」（2020年8月3日）⁸に基づくエネルギー統計の改善活動

2019年12月に世界銀行とAoS(SCS)は連名で「2020年から2025年までの「ウ」国共和国の統計の開発のための国家戦略」⁹を発行し、国家統計活動の包括的レビューと改善提言をまとめている。この中でエネルギー統計については、国際的な指標の取り入れ、住宅の最終エネルギー消費量の調査の強化、データ提供者との協力と要望取り入れ等について改善を提言している。

その後、大統領令 PP4796 で、2025年までの国家統計の改善事項を定めている。PP4796はAoS(SCS)が作成している国家統計全般の情報の質と信頼性の向上、透明性の向上、国際的な推奨事項やガイドラインに基づく改善を進めることとしている。エネルギー統計に関しては、「現在、国のエネルギー部門の全体像を明らかにする完全な情報はない」と厳しく評価されており、統計データの信頼性が不十分とされている。エネルギー統計について、付属書に改善のための取り組みが記載されており、その要点は次のとおりである。これらの取り組みは継続中である。

⁶ UP-5646「ウ」国共和国の燃料・エネルギー産業管理システムの定期的な改善のための措置について（2019年2月1日）

⁷ 法律628「エネルギーの合理的な使用について」「ウ」国共和国法の改正と追加について（2020年7月14日）

⁸ PP4796 Resolution President of the Republic of Uzbekistan “On measures to further improve and develop the national system of statistics of the Republic of Uzbekistan” Annex 1-V-6 Improvement of energy statistics（2020年8月3日）（Document 4）

⁹ World Bank, SCS, “National Strategy for Development of Statistics of the Republic of Uzbekistan for 2020 – 2025”（2019年12月）

- ・ 国連および国際エネルギー機関の基準に基づくエネルギー統計の既存手法の改善。
- ・ エネルギー効率とエネルギー消費に関する情報の向上のための省庁から提案の収集。家計調査へのエネルギー消費に関する質問の追加および結果の公表。
- ・ 高品質のエネルギーバランス形成のための統計指標の改善。
- ・ エネルギー統計に欠落している指標の特定、国連の基準に基づく指標の形成。

2) 大統領決議 PP4779「経済部門のエネルギー効率向上による燃料エネルギー依存低減のための追加措置について」に基づく MoE の活動

MoE は大統領決議 PP477910に基づいて、企業のエネルギー効率向上のためのエネルギー消費と経営情報の収集・加工を行う「統合情報システム」の構築を目指している。

表 7-1 に大統領決議に記載されている統合情報システムが保有すべき機能等を示す。

表 7-2 は、MoE が統合情報システムの開発 TOR に記載しているシステムの目的である。統合情報システムは、企業のエネルギー効率向上を目的としたシステムであり統計システムではないが、MoE がエンドユーザーのエネルギー消費情報に直接アクセスできることや、業種や用途等の情報と紐づいたエネルギー情報を期待される点が重要と考えられている。

システムは 2022 年 3 月から電力会社を対象に試験運用を開始している。当初の計画では関係省庁に連携・協力を求め、大企業を対象に拡大を進める予定であったが、2023 年 1 月現在、開発エンジニアリング力不足の問題から運用拡大が止まっており、MoE は開発方針を出し直す見込みである。

大統領決議には本システムにおいて、MoE、経済開発および貧困削減省、国家税務委員会、AoS、および情報技術通信開発省が、自動化された統合情報システムを作成するための協力関係を持ち、2021 年末までに、統合情報システムの試運転と電子政府との統合を進め、生産量や財務指標などの必要な情報の分野横断的な提供を行うことなどが定められている。

また、この大統領決議では、主に MoE が所管するエネルギー産業、エネルギー多消費産業 25 社に対して 2020 年～2022 年のエネルギー資源節約目標とエネルギー効率向上と節約のための 29 項目のローマップが設定され、エネルギー多消費11の 285 社に対してエネルギー監査が行われることも定められている。

¹⁰ PP4779 About additional measures to reduce dependence branches of economy from fuel-energy products by increasing energy efficiency economy and activities available resources (2020 年 7 月 10 日)

¹¹ 燃料およびエネルギー資源の年間消費量が標準燃料 2,000 トン以上、またはモーター燃料 1,000 トン以上の企業

表 7-1 大統領令 PP4779 に示されている統合情報システムの機能要件

<p>【抜粋】</p> <p>9. エネルギー省、経済開発および貧困削減省、国税委員会、国家統計委員会、および情報技術通信開発省：</p> <p>a) 3 か月以内に、エネルギー省の自動化された統合情報システムを作成するための技術的タスクを開発する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 大企業および経済の他の部門における燃料およびエネルギー資源の消費の分析および予測 ・ エネルギー生産者（大口消費者）の識別番号をオンラインで提供し、生成された（消費された）エネルギーに関する対応するレポートを電子形式で送信するための簡略化されたメカニズム ・ 生成された（消費された）エネルギーの会計データの自動収集、体系化、分析、および大規模な産業企業のエネルギー効率の決定 ・ 再生可能エネルギー部門でのオンライン逆オークション取引のための安全な取引プラットフォームの作成 <p>b) 2021 年末までに、統一情報システムの試運転と電子政府との統合を確保し、生産量や財務指標などの必要な情報の分野横断的な電子交換を提供する。</p> <p>c) 統一情報システムから得られた分析データに基づいて、エネルギー消費量の多い企業の強制エネルギー監査のメカニズムを導入する。</p>
--

出典：大統領令 PP4779 より抜粋

表 7-2 統合情報システムの目的

2.4 システムの目的	
このシステムを作成する主な目的は次のとおり	
(a)	省エネおよびエネルギー効率の分野における単一の情報空間を形成する。
(b)	エネルギー効率を改善するためのさらなる計画と措置を講じるための、消費者による消費エネルギー資源を分析する。
(c)	省エネルギーの分野で管理の効率および品質を改善する。
(d)	一次情報源から情報を入手し、さらに更新することにより、情報の質を高め、統計情報の詳細を記述する。
(e)	省エネ分野における情報の公開性と透明性を高める。

出典：「統合情報システム」TOR より抜粋

7.2.2 エネルギー統計のデータの収集の現状

(1) エネルギー統計のデータ収集体制

エネルギー統計は、さまざまな分野に散らばる膨大なデータをまとめて集計し、エネルギ

ーバランスを作成するという難しい作業である。エネルギーバランス表を作成する上で最も重要なことは、膨大なデータをいかに効率的かつ正確に収集するかである。表 7-3 は、AoS と MoE がどこからどのようなデータを収集するかをまとめたものである。各項で示した表が関連する箇所を表中に示した。

表 7-3 エネルギー統計のデータ収集体制の現状

主な調査項目		データの場所	AoS	MoE
一次エネルギー生産・供給 エネルギー変換 エネルギー輸送	月次および年次 エネルギーの種類毎 生産量、供給量、自己使用量、損失、貯蔵量など	エネルギー産業	エネルギー統計用 データ収集 表7-5	監督官庁としてエネルギー産業にエネルギー情報とデータの報告を義務付け 表7-4
	年次 エネルギー種毎、部門別の販売量			
エネルギー消費 (産業、輸送、業務用 建物など)	大企業は月次、大企業以外は年次 エネルギーの種類毎の消費量	企業（大企業807社、 中小企業約5000社） 表7-6 非営利団体、 国の行政機関	エネルギー統計用 データ収集 表7-5（消費）	AoSから情報提供を受けている 現在「統合情報システム」を開発中 表7-1、表7-2
	年次 エネルギー種毎、部門別の販売量	エネルギー産業	エネルギー統計用 データ収集 表7-5	監督官庁としてエネルギー産業にエネルギー情報とデータの報告を義務付け 表7-4
エネルギー消費 (住宅)	エネルギー種毎(バイオ燃料を含む) 月間消費量、月間購入費用 2021年から開始	家計調査の一部として 行われる調査：全国 10,000世帯を対象のサンプリング調査 表7-7	エネルギー統計用 データ収集	AoSから情報提供を受けている
			国家統計機関としてIEAにエネルギー統計データを報告	ガス・電気はスマートメータ計量データの自動収集システムが稼働
備考				

出典： 調査団作成

AoS はエネルギー統計を担当する機関として、エネルギーの生産から消費まですべての分野にわたって必要となるデータ収集を行っている。

エネルギー産業に対する調査（生産、供給、転換、輸送、供給）は対象が限られており、全数調査と考えられる。

エネルギー消費側の調査は対象数が膨大で全数調査は困難である。エネルギー産業から入手した供給量と企業・法人等の消費側調査の集計値を突き合わせて、重複のないように処理する必要がある。

産業の 807 社で産業の 85～90%をカバーし、中小企業 5000 社は一定規模以上の企業を抑えている(表 7-6) ので、企業・法人・公共機関全体に対するカバー率は高いと推定されるが、カバー率や拡大推計をしているかどうかについては確認していない。

住宅の消費のうち電気とガスについては、スマートメータおよび自動収集システム¹²が2021年に全需要家への整備を完了しているため、2022年から通年のデータが使用可能となる。家計調査は10000世帯（833世帯×12カ月）のサンプリング調査である。エネルギー消費データに地域、住宅の型・面積の属性データが紐づいているので、利用価値の高い情報源である。AoSはスマートメータのデータを参考にしつつ、家計調査の拡大推計値を統計に使用したいとの考えを持っている（表7-7）。その他の石油製品、石炭等の燃料および熱供給については、各エネルギー産業からの報告による。消費エネルギーデータの元となる電気、ガス、熱の計量器の設置状況については表7-9に示した。

MoEはエネルギー産業の監督官庁としてエネルギー産業の管理情報を詳細に把握できるものの、エネルギー消費側の一般企業等にはAoSの調査に回答する義務はあるがMoEへの定期報告を義務付ける仕組みはないため、消費側の情報に関してはAoSの情報に依存している。省エネ政策の検討立案のためには業態別・用途別等の詳しい消費内訳のデータが必要であり、そうした目的のためには別途の調査が必要となる。その例が産業界を対象とする「統合情報システム」である。

エネルギーの最終消費者は膨大な数にのぼるため、エネルギーの種類ごとに正確なデータを取得するには、関連する法律や制度を整備するなど、さまざまな工夫と努力が必要である。また、最近では個人情報保護にも配慮する必要がある。

(2) MoEにおけるエネルギーデータの収集

MoEはエネルギー行政担当省として、政府が使用する各種エネルギー源の供給データをまとめるため、エネルギー全般の管理情報をエネルギー企業や関連組織から収集する仕組みができています。これはAoSからは独立した仕組みであり、情報は一般に公開されていない。エネルギー産業は国有であるため、法律¹³により国家資産管理庁への定期報告が義務付けられている。報告に含まれるエネルギー関連のデータはAoSやMoEにも報告されており、表7-4に示すMoEへのアンケートによると、製造、輸送、小売り等の項目について定期報告を行っている。

MoEは統合情報システムによる新しいデータ収集制度の構築を目指している。

エネルギーの輸出入に関するデータは、AoS、MoE、関税局が収集している。また、エネルギー統計に必要な世帯数や事業者数などの登録情報はAoSが提供している。

¹² Automated electricity metering and control system (ASKUE)

Automated system for accounting and control of natural gas (ASKUG)

¹³ 法律207 株式会社およびその他の事業体の業績を国家の株式で評価するための基準の実施について（2015年8月28日）

表 7-4 エネルギー産業の主な報告項目

産業		データ
電気	発電所	燃料消費、出力/供給、発電効率、発電所所内電力
	電力系統	送配電損失、変電所所内電力
	小売り	販売量 (kWh)、金額ベースの販売数値
天然ガス	製造	供給、生産施設の自己使用
	輸送	輸送損失、輸送施設の自己使用エネルギー
	小売り	販売数量、金額ベースの販売数値
石油製品	製造	供給、自己使用
	小売り	販売数量、金額ベースの販売数値
石炭	製造	供給、自己使用
	小売り	販売数量、金額ベースの販売数値
熱	製造	燃料消費、供給
	輸送	熱輸送施設の自己使用エネルギー
	小売り	販売数量、金額ベースの販売数値

出典：MoE へのアンケートに基づき調査団作成

省エネルギーを推進するうえで重要な消費側の情報、どのようなエネルギーがどのような目的でどのように使用されたのかを把握することが重要であるが、消費者側の情報を MoE がエンドユーザーから直接収集する仕組みは未だできておらず、AoS に依存している状況である。

(3) AoS におけるエネルギー統計データの収集

1) AoS のエネルギーデータ収集のための報告書式

AoS は毎年、国家統計を作成するためのデータ収集のために報告書式を定めており、2021 年用は「SCS Solution」¹⁴により決定している。上記で決定された報告書式 1～109 の中から、エネルギー統計作成に必要なエネルギー生産から消費（産業、住宅、業務用建物）に関係するものを表 7-5 に示す。

報告書種別毎に作成する企業・法人が決められており、AoS はこれらの様式を対象組織に電子的方法で配布・収集している。各州には AoS の地方組織があり、州単位の情報は地方組織経由で収集される場合もある。表 7-5 には家計調査は含まれていない。また、大企業に対しては月次報告を求めており、下記の表に記載されていないデータも収集利用されている。

¹⁴ 「ウ」国共和国の国家統計委員会 決議 2021 年の国家統計報告書の承認について (2021 年 2 月 9 日)

表 7-5 AoS (旧 SCS) が定めた 2021 年のエネルギー統計関係データ収集報告書一覧

分類	報告書番号と表題	報告頻度	報告対象者・組織	主な調査項目
転換	22 熱エネルギー供給	年 1回	住宅用熱供給法人 (中小、零細を除く)	燃料、電力の消費量 生産熱量、損失熱量
生産供給 輸送	24 燃料供給と供給源	年 1回	JSC「ウズベクネフテガス」	ガスの生産量、輸出・輸入量 ガスの消費者供給量(企業、組織、住宅)
		年 1回	石油会社	原油の生産量、輸出輸入量等 石油製品の出荷量
		年 1回	JSC「ウズベクネフコール」 JSC「シャルグンクミール」	石炭の生産量 石炭製品の出荷量
輸送	65	年1回	ガスと石油のメインパイプライン輸送会社	ガスと石油のパイプライン輸送量、移動距離
生産供給 輸送	26 石油、ガスコンデンサートの生産流通	年 1回	JSC「ウズベクネフテガス」	石油、ガスコンデンサートの投入量 石油製品の生産量、損失
転換 輸送	27 電力の供給源と配電	年 1回	発電・配電会社 (28のJSC以外)	発電力量、輸入電力量 消費電力量(地域、部門別)
転換 輸送	28 電力の供給源と配電	年 1回	JSC「電気ネットワーク」 JSC「地域電気ネットワーク」 JSC「火力発電所」 JSC「水力発電所」	発電所の燃料消費量 発電電力量、所内電力量、発電所送電端電力量、送電損失、自家用発電所の自家用消費電力、系統連携による流入電力量、産業・住宅供給電力量
輸送	52 液化された天然ガスの使用	年 1回	JSC「ウズトランスガス」の地域組織	天然ガス・液化ガスを使用するアパート、住宅の数 消費者への天然ガス・液化ガス供給量(都市部と農村部の区分)
消費	25 燃料とエネルギーの受領、消費、廃棄物	年 1回	営利団体(中小企業を除く) 非営利団体 行政の中央局(保険、教育)	原材料使用量、非エネルギー利用量、電力、熱、石油製品、ガス 石炭、石炭製品、薪 石油、ガスコンデンサートの消費量

出典：AoS (SCS) HP に基づき調査団が作成

エネルギー消費側の一般企業等には AoS の調査に回答する義務はあるが、MoE への定期報告を義務付ける仕組みはなく、MoE は統合情報システムによる新しいデータ収集制度の構築を目指している。

エネルギー産業の販売データには部門別の情報が含まれるので、消費側の統計データと電気、ガス、熱の販売データとを比較することによりデータ品質の向上が図れるはずであるが、そのような相互利用は行われていない。

2) 部門別の最終エネルギー消費エネルギーデータの収集状況

産業部門及び住宅部門におけるエネルギーデータの収集状況について、関係機関へのヒアリング結果をもとに、表 7-6、表 7-7 に示す。

なお、業務用建物部門について、「ウ」国では登録されている全企業を調査対象としているところから、産業に準じた調査が行なわれていると考えられる。また、AoS が発行している一次エネルギー供給およびエネルギー転換の分野の調査票には、地域別（1 共和国、12 州、1 市）の分布を記入する表が付属しており、地域別のデータを得ていると考えられる。

エネルギー消費者のカテゴリーについて、AoS のパイロット表における産業部門の事業分類が IEA の用いている事業分類と異なっている理由は、「ウ」国の法人登録時の業種分類に準拠しているためである。産業分類が国の産業構造によって国独自の形になることは問題ではないが、IEA 報告時には国際的に推奨されている産業分類への換算が必要である。

表 7-6 産業（製造業、建設業、非燃料鉱業）部門におけるエネルギーデータ収集状況

対象	「ウ」国で登録されているすべての大企業、中小企業 大企業 807 社（産業部門のエネルギー消費の 85～90%を占める） 中小企業約 5000 社（社数には商業・公共サービス関係を含む可能性あり）
報告頻度	大企業 毎月 中小企業 年 1 回
報告事項	燃料消費量：燃料種別(22 種)消費量、購入量、販売量、在庫変動等 熱：購入量、消費量、販売量等 消費電力：購入量、消費量、販売量等
エネルギー省からのデータ信頼性、活用に関する意見	大企業にはエネルギー管理能力のある人材がいるが、中小企業では「人材が乏しく」報告書に記入ミスが多くみられる。開発中の「統合情報システム」ではエネルギーの物理量だけでなく、購入金額を併記することで誤りをチェックできると考えている。 また、年一回の報告では対応に遅れが出る。4 半期程度にして、効率向上等のフォローアップに役立てたい。 企業に報告義務を課してエネルギー情報を収集する手法について、日

	本の「石油等消費動態統計調査」の方法を参考にしたい。
大企業、中小企業、マイクロファームの区分	内閣決定 N275 ¹⁵ の表に示す業種ごとの年間平均従業員数による分類。業種により区分人数が異なる。

出典: 2021年6月 MoE、AoS へのヒアリングに基づき調査団が作成

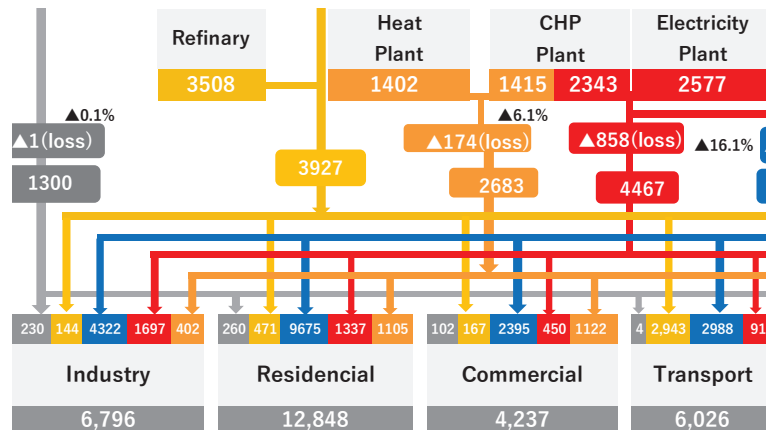
表 7-7 住宅部門におけるエネルギーデータ収集状況

対象	住宅 年間 10,000 世帯 (集合、戸建て、地域別に配分)
報告頻度	毎月 833 世帯/月 x 12 カ月 (全国 206 クラスターからサンプリング調査)
報告事項	<p>電気、ガス、燃料、熱の使用量</p> <p>以下は各所インタビューの内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電気、ガス、熱は販売組織の定期報告データを使用している。 ・ 熱供給のうち、給湯はメータがあるが、暖房熱はメータの設置が進んでいないため、部屋の㎡数と人数から世帯当たりの使用量や料金を計算している。 ・ タシケント市では、熱供給所からの供給熱量を需要としている。 ・ 個別ボイラーの燃料使用量は、燃料販売会社のデータを使用している。 ・ 農村部の木や動物・植物由来の燃料について SCS の調査票で調べている。 ・ 2021 年からは「家計調査」にエネルギー消費に関する項目を追加し、データ精度を向上する。
AoS コメント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 家計調査は一般世帯を調査する専門部署でサンプリング数を決めている。 ・ 拡大推計の方法は国連の専門家の指導を受けて行っている。 ・ 電気やガスの販売組織は 1 年に 1 回データを提出し、部門毎に分けてデータを報告している。地域毎の比較も行っている。 ・ 新築集合住宅や戸建て住宅は個別ボイラーであり、燃料供給事業者の定期報告の住宅向け燃料出荷量のデータを用いる。 ・ 地方では様々な燃料を使用している。13 種類の燃料 (電気、熱、ガス、石油類、石炭、家畜や家禽の糞、綿の茎、トウモロコシの草、おがくず等の燃料) について、統計局の用意した様式に記入してもらいデータを収集する。 <p>2018 年版エネルギーバランス表の Total Consumption の Residential</p>

¹⁵ 法律 275 経済活動の種類分類の国際システムへの移行のための措置について (2016 年 8 月 24 日)

の欄に、天然ガス消費量 8,002ktoe と、大きな値が記載されているため、SCS にデータ出所を確認した。

- 「2018年当時はウストラングスという MoE 配下のガス会社があり、そのガス会社が州別に住宅向けにガスを輸送した量（需要側のメータではなく供給側のデータ）を示している。将来メータが一般住宅に普及すればそれを参考にし、サンプリング調査から拡大推計して統計数値を処理したい。」



Energy Flow Diagram (IEA 2020 に基づき調査団作成) (抜粋)

- 「ウ」国の住宅のうち、熱供給システムから給湯・暖房温水を受けているのは、タシケント市内にある新築ではない（大半は旧ソ連時代に建設された）集合住宅にほぼ限られている。タシケント市の人口比率は約 8%（268 万人/3456 万人）であることから、人口の 9 割以上は個別ボイラー等を設置して天然ガス、石炭、灯油その他何等かの燃料を使用して給湯暖房を得ていると考えられるため、上記のような傾向になるものと考えられる。

出典: 2021 年 6 月 AoS、MoHCS、Tashkent city へのヒアリングに基づき JICA 調査団が作成

(4) 計量器及び自動制御システム等の設置状況

需要側の計量は対象数が極めて多数であるので、精度よく計量するためのスマートメータの整備と、データの自動収集システムが必要である。需要側における電気、ガス、熱（給湯、暖房温水）の計量器及び自動制御および会計システムの整備に関する大統領決議（PP）、大統領令（UP）、法令について表 7-8 に示す。また計測器の設置状況について、MoE、MoED&PR、MoHCS、タシケント市へのインタビューから得られた情報を表 7-9 に示す。

投資省の広報においても、電気の計測については 2021 年に自動電力計測および制御システム（ASKUE）が 730 万のすべての加入者に設置され、ガスの計測については 2021 年に会計と管理のための自動化システム（ASKUG）の実装の一環として、最新の電子ガスメータが 350 万人以上のすべての消費者に無料で設置するとの発表がなさ

れている。

電気とガスの自動計量および自動収集システムは全数設置に至っているが、熱の計量に関しては法人需要家以外の熱量計測が進んでいない状況である。

表 7-8 電気、天然ガス、熱供給の電子計量器と自動制御および会計システムの整備に関する主な大統領令および大統領決議

番号	承認日	上段：表題／下段：主な趣旨
UP5278	2017.12.12	国の公共サービスシステムの改革
		公共サービスの電子化・オンライン化、ワンストップ化の方針を打ち出す。
UP5761	2019.7.9	燃料・エネルギー産業の財政安定化
		電気の自動制御および会計システムの整備
		2020 年末までに AMR カバー率 100%とする。 AMR : Automated electricity metering and control system
UP6010	2020.6.18	天然ガス、電気エネルギーの販売メカニズム改善のための追加措置
		地域の電気供給会社と天然ガス供給組会社により販売と消費を処理し、支払の完全性と適時性を確保する。 2021 年末までに、すべてのカテゴリーの消費者の天然ガスを監視し会計処理するための自動システムを導入。
PP4840	2020.9.24	天然ガスの管理と会計の自動化システムの導入の実施のための追加措置
		地域境界や大消費地域への入口等の定められた箇所に計量を設置する。 2021 年 8 月 1 日までにシステム実装完了する。
PP4542	2019.12.2	熱供給システムを改善するための追加措置、熱供給企業の財政的改善
		最新省資源技術（ボイラーの近代化、断熱パイプ等）の導入、計量器の交換、自動会計システム、クローズドシステムへの段階的以降等。（期限は明記されていない）
PP4543	2019.12.2	タシケント市の熱供給システムのさらなる改善のための措置
		最新省資源技術（ボイラーの近代化、断熱パイプ、焦げ根レーション等）の導入、計量器の交換、自動会計システム、クローズドシステムへの段階的以降等。（期限は明記されていない。）

出典：Lex UZ HP に基づき調査団が作成

表 7-9 電気、ガス、熱の計量器の設置状況

需要家種別	電気	ガス	熱
法人	全数設置済み	全数設置済み	・熱量メータ全数設置済み
集合住宅	全数設置済み	2021年8月までに全数設置済み (プリペイド式スマートメータ)	・給湯メータ(流量計)は全数設置済み設置済み。 ・暖房温水メータは、現在は設置出来ていない。 ・現在は送出力を需要量としている。 ・新築の集合住宅は、供給力不足、費用の点で個別ボイラーが選択されるので、燃料消費量調査が必要。
戸建て住宅	全数設置済み	2021年8月までに全数設置済み (プリペイド式スマートメータ)	・個別ボイラーを使用(熱供給システムの対象外)しており、燃料消費量の調査が必要。 ・地方では様々なバイオ燃料を使っている。メータは無いので、AoSの調査票で調査(燃料13種類)

出典: 2021年6月 MoE、MoHCS、MoED&PR へのヒアリングに基づき調査団が作成

7.2.3 エネルギーバランスの現状

「ウ」国のエネルギーバランスは、2017年までは AoS が IEA/Eurostat/UNECE 合同の年次エネルギー質問票を通じて提出したデータに基づき、IEA が作成し公表されてきたが、2018年以降 AoS は UN、IEA 等の専門家の指導を受けつつ「Pilot Fuel and Energy Balance 表」を作成し、IEA に報告し、公表している。2018年～2020年までの3年分の Pilot 表が作成され、何れも AoS ウェブサイトの Open Data (Industry) サイトからダウンロード可能である。図 7-2 は 2019年版の Pilot Fuel and Energy Balance 表である。

AoS はデータ収集の難しさによるエネルギーバランス表の精度の問題を認識している。AoS へのヒアリングから、エネルギーバランスの作成については世界銀行のローンを受けて改善活動を進め、世界銀行の指示に従って修正を行っており、2019年版と2020年版の作成にあたっては、IEA の専門家からも助言を得ているとのことである。エネルギー統計は毎年8月末公表とされているが、2020年以降公表が遅れている状況である。

IEA からも「ウ」国の Energy balance 表が公表されている(図 7-1)が、修正された

内容である。UN、IEC により国際的に推奨されている統計分類¹⁶と、AoS が国内のデータ収集に使用している分類に違いがあることも一因と考えられ、エネルギーバランスの作成説明である IEA Country Notes and Sources には、電気および熱プラントへの燃料の投入量と排出量は IEA 事務局によって推定されたものである旨が記載されている。

大統領令 PP4796 で、エネルギー統計に関しては現在、国のエネルギー部門の全体像を明らかにする完全な情報はない¹⁷としており、前述の世界銀行の提言を取り入れ、改善活動を進めているところである。

PILOT FUEL AND ENERGY BALANCE OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN 2019 (1000 tons of oil equivalent)															
		Coal	Natural gas	Oil, including gas condensate	Motor gasoline	Diesel fuel	Fuel oil	Liquefied petroleum gases	Kerosene	Coke	Other types of petroleum products	Nuclear energy	Electric power	Heat energy	Total
Total Energy Supply	Production	1154.5	49306.6	3010.9	-	-	-	-	-	-	-	-	557.0	-	54026.9
	Import (+)	574.5	-	666.5	4.2	73.9	125.5	-	-	0.04	227.9	-	290.6	-	1963.2
	Export (-)	-	-9933.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-177.7	-	-10111.0
	Change in residuals (+, -)	69.2	999.0	6.6	55.0	3.3	3.4	1.5	4.8	-	-	-	-	-	1142.8
Total primary energy supply (+)	1798.2	40372.3	3684.0	59.2	77.3	128.9	1.5	4.8	0.0	227.9	-	669.8	-	47023.9	
Conversion	Transformers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Statistical discrepancy	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-3.8	-	-2.0	-4.06	-5.9
	Power plants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heat and power plants	-974.7	-12294.7	-	-	-1.5	-207.8	-	-	-	-	-	4736.0	1414.9	-7327.8
	Heating plants	-0.5	-1741.1	-	-	-0.9	-33.5	-	-	-	-	-	-510.9	1779.0	-507.9
	Gas plants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oil refineries (chemical) plants	-	-	-3662.7	1088.4	1071.9	212.9	914.4	171.1	20.0	205.4	-	-	-	21.5
	Transformation of coal (briquette and house furnaces)	-112.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-112.9
	Gas-to-liquid and coal liquefaction	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Other (conversion and processing of fuel)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Own use by the energy sector	-0.8	-7026.8	-4.7	-	-6.4	-17.0	-16.4	-	-	-2.1	-	-331.8	-	-7406.0
	Losses	-15.9	-880.7	-16.6	-4.7	-0.6	-	-0.5	-	-	-	-	-72.7	-179.3	-1170.9
	Total consumption	693.4	18628.8	-	1143.0	1139.8	83.5	899.0	176	20.1	427.4	-	4658.2	3014.5	30883.6
	Total Final Consumption	Industrial sector	240.5	4877.7	-	1.8	55.4	14.3	2.8	3.1	20.1	14.0	-	1458.9	429.2
Mining and quarrying		0.8	107.6	-	0.03	5.6	0.00	-	-	-	-	-	43.8	24.2	181.9
Chemical (except petrochemical) industry		-	1897.3	-	0.87	8.3	0.0	1.1	0.50	-	14.0	-	311.6	44.2	2277.9
Metallurgical industry		10.8	572.5	-	0.3	27.6	4.8	-	0.1	20.1	-	-	674.3	208.1	1518.6
Non-metallic mineral products		224.2	1163.8	-	0.03	7.6	8.7	-	0.4	-	-	-	86.5	9.8	1500.9
Mechanical engineering		0.0	48.8	-	0.06	0.8	0.8	0.1	0.1	-	-	-	28.3	8.5	87.4
Food industry, production of beverages and tobacco products		0.4	351.2	-	0.011	1.0	0.1	0.6	0.46	-	-	-	39.3	67.4	460.4
Pulp and paper and printing industry		0.1	27.2	-	-	0.0	-	-	0.422	-	-	-	3.9	4.6	36.1
Textile and leather industry		1.3	254.6	-	-	3.47	0.05	-	-	-	-	-	191.6	21.2	472.2
Other industries		2.9	454.8	-	0.5	1.1	-	1.0	-	-	-	-	79.8	41.2	582.5
Transport sector		2.9	3289.8	-	981.8	1082.7	0.1	382.2	147.8	-	-	-	181.9	-	6069.2
Railways		2.9	-	-	2.0	82.5	0.1	-	1.5	-	-	-	-	-	214.6
road transport		-	2762.1	-	978.7	1000.2	-	382.2	-	-	-	-	-	-	5123.2
other types of transport (water, air, urban electric)		-	-	-	1.1	-	-	-	146.3	-	-	-	2.7	-	150.1
Transportation by pipelines		-	527.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53.7	-	581.4
Road transport services		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Other		450.0	10661.7	-	159.40	1.6	69.1	512.6	25.0	-	60.2	-	3017.4	2585.4	16942.4
Population		318.7	7578.4	-	-	-	0.5	510.2	0.5	-	-	-	1159.0	1178.8	10746.0
Construction	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	60.2	-	35.7	-	97.7	
Commercial enterprises and government agencies	117.3	2280.2	-	159.30	-	0.1	-	24.5	-	-	-	427.4	1197.1	4205.9	
Agricultural industry	11.7	21.0	-	0.10	0.9	-	2.4	0.005	-	-	-	1294.8	57.0	1387.8	
Fishery	0.0	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	
Unspecified other sectors	0.5	181.8	-	-	0.7	68.5	-	-	-	-	-	100.6	152.5	504.6	
Non-Energy Use	Non-energy use	-	399.5	-	-	-	-	1.3	-	-	-	353.2	-	-	754.0
	in industry / transformation-processing / fuel energy	-	199.8	-	-	-	-	1.3	-	-	-	353.2	-	-	554.3
	including chemicals / petrochemicals	-	199.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199.8
	in transport	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
in other sectors	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

図 7-2 ウズベキスタン Pilot Fuel and Energy Balance 2019 AoS (SCS)

出典：AoS HP

7.3 エネルギー統計の課題（エネルギーバランス分析結果）

7.3.1 AoS Pilot Fuel and Energy Balance の課題

国のエネルギー統計は多数の統計データを統合したものであるため、それぞれの統計がデータの計測、収集、集計のプロセスを通じて十分な信頼性を持つことが必要である。年間のエネルギーバランス表を作成するためには、エネルギーの生産、変換、消費

¹⁶ International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC) (2019 年)

¹⁷ PP4796 Resolution President of the Republic of Uzbekistan “On measures to further improve and develop the national system of statistics of the Republic of Uzbekistan” Annex 1-V-6 Improvement of energy statistics (2020 年 8 月 3 日) (Document 4)

などに関するさまざまな分野のデータを収集し、単位換算、欠落、重複、バランスの検証などを含めて集計・集計する必要がある。2018年、2019年、2020年の Pilot Fuel and Energy Balance の内容を調査したところ、統計データの品質に以下の問題点が見られ、バランス表の関係箇所とコメントを図 7-4 に示した。これらはエネルギー指標の信頼性に影響していると考えられる。

(1) データの信頼性に起因する課題

1) 送配電損失

送配電損失が IEA2020 では 858ktoe だが、AoS Pilot は 32ktoe と大幅に少ない。AoS のデータでは送配電ロス率は 0.6% となり、MoE Concept Note の約 15% と大幅に乖離している。2019 年の国連のエネルギー統計作成マニュアル (UN Energy Statistics Compilers Manual) によれば、送配電損失は一般的に 7~15% であり、日本、USA、ドイツは約 5~6% であることと比較すると極めて特異である。もし送電分のみのロス率だとしても、MoE Concept Note では 2.7%、日本の例では 2% 前後である。多くの発電所が需要地と近接していて、長距離送電がほとんど無ければ、送配電損失がごくわずかとなる可能性もあるが、そのような設備の実態ではないため、データに誤りがあると考えられる。

2) 熱

2020 年に Heat Plants に供給された燃料の合計が、2019 年の 30% に減少している。通常 1 年で 70% の減少ということは考えにくい現象である。また、熱エネルギーの列ではすべてのデータが前年と全く同じであり、統計的に考えるのが難しい。

3) 天然ガス

天然ガスの自家消費は、2018 年に 6,634ktoe (生産量の 13%)、2019 年に 7,035ktoe (生産量の 14%) と大きな値を示し、2020 年には 2,370ktoe (生産量の 6%) に大幅に減少している。AoS によると、ガス会社がガス採掘やガスの加工などで消費するエネルギーとの回答を得たが、精査が必要である。もし統計の定義を変更により統計データが変化した場合に変更内容や期間を明記するべきである。

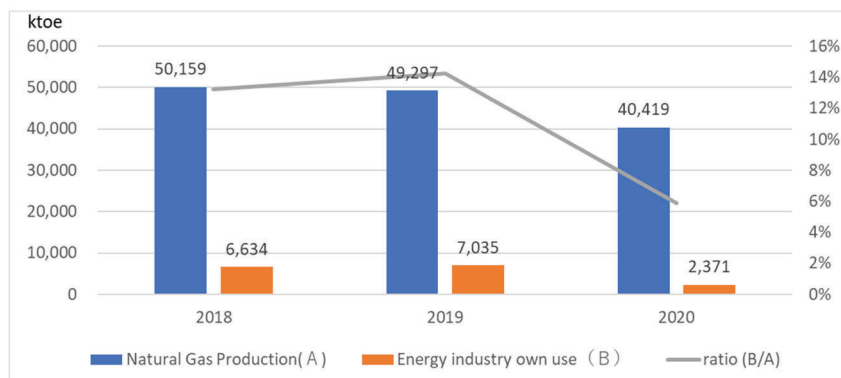


図 7-3 天然ガス生産事業者の自家消費量の推移

出典：IEA Energy balance に基づいて調査団が作成

4) 住宅部門の天然ガス消費量

住宅部門における天然ガス消費は、部門の7割以上、国全体の約4割を占める膨大な消費である。表7-10に示すように、近年、年変動が極めて大きく、8,002ktoe(2018年)、7,577ktoe(2019年)、9,675ktoe(2020年)である。これまでの供給販売データソースの確認や、2021年から開始した家計調査データによる推計、スマートメータ+自動収集のデータを参照するなど、データ収集内容の確認が必要である。

表7-10 住宅部門の最終エネルギー消費の推移

	2,018 ktoe	2,019 ktoe	2,020 ktoe
Coal	471	290	260
Natural Gas	8,002	7,577	9,675
Oil Products	509	571	471
Electricity	1,169	1,159	1,337
Heat	1,079	1,179	1,105
Total	11,230	10,776	12,848

出典：IEA Energy balance に基づいて JICA 調査団が作成

PILOT FUEL AND ENERGY BALANCE OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN FOR 2020 (1000 tons of oil equivalent)										Electric power	Heat energy	Total
Total Energy Supply										439.9	-	44813.4
										447.7	-	3218.7
										-231.0	-	-2709.4
										-	-	-223.3
										6.6	-	45099.4
										2.0	-0.06	70.5
Conversion												
Power plants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat and power plants	-1321.9	-12130.2	-	-1.5	-140.2	-	-	-	-	4676.0	1414.9	-7502.9
Heating plants	-0.5	-567.8	-	-0.9	-23.4	-	-	-	-	-50.6	1779.0	1135.9
Gas plants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oil refineries (chemical) plants	-	-	-3489.9	1095.7	968.6	168.3	816.4	131.3	35.8	172.4	-	-101.6
House furnaces	-23.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-23.2
Gas-to-liquid and coal liquefaction	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Other (conversion and processing of fuel)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Own use by the energy sector	-0.7	-2370.5	-4.5	-6.4	-17.0	-16.4	-	-	-2.1	-	-	-384.3
Losses	-0.8	-207.7	-16.7	-4.7	-0.6	-	-	-	-	-	-	-2683.6
Total consumption	1116.6	21408	1407.3	1384.3	84.3	801.4	175.9	35.8	427.4	4676.0	3014.5	34323.5
Industrial sector	186.3	4322	1.8	55.4	15.1	2.8	3.1	35.8	14.0	1572.2	429.2	6638.0
Mining and quarrying	-	-	-	5.6	0.00	-	-	-	-	42.7	24.2	179.5
Chemical (except non-metallic mineral products)	-	-	-	8.3	-	-	-	-	-	323.3	44.2	1596.6
Metallurgy	-	-	-	77.6	-	-	-	-	-	22.9	208.1	1540.0
Non-metallic mineral products	-	-	-	7.6	-	-	-	-	-	1.9	9.8	1330.2
Mechanical and electrical engineering	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	4.5	8.5	129.9
Food, drink and tobacco	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-	9.9	67.4	425.2
Pulp and paper	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	1.1	4.6	62.1
Textile and leather	-	-	-	1.47	-	-	-	-	-	8.7	21.2	465.9
Other industries	-	-	-	1.1	-	-	-	-	-	1.1	41.2	908.6
Transport sector	-	-	-	82.5	-	-	-	-	-	8.0	-	6186.4
Railways	-	-	-	2541.1	-	1244.0	-	-	-	-	-	1214.4
Road transport	-	-	-	-	-	-	382.2	-	-	-	-	499.8
Electric	-	-	-	1.1	-	-	-	146.3	-	5.7	-	153.1
Transportation by pipelines	-	-	-	446.5	-	-	-	-	-	53.3	-	499.8
Road transport services	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Other	927.1	13374.6	-	-	-	-	-	-	60.2	2803.9	2585.4	20420.2
Population	282.4	9675.4	-	-	-	-	-	-	-	1337.0	1178.8	12887.1
Construction	1.8	-	-	-	-	-	-	-	60.2	124.5	-	186.5
Agencies	107.5	2395.0	-	-	-	-	-	-	-	450.5	1197.1	4332.9
Agricultural industry	18.7	258.8	-	-	-	-	-	-	-	791.3	57.0	1129.2
Fishery	0.0	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
Unspecified other sectors	516.7	1045.0	-	-	-	-	-	-	-	100.6	152.5	1884.0
Non-energy use	-	724.4	-	-	-	-	-	-	353.2	-	-	1078.9
Fuel energy	-	362.2	-	-	-	-	1.3	-	353.2	-	-	716.7
Including chemicals / petrochemicals	-	362.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	362.2
In transport	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
In other sectors	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ヒートプラントでは、燃料消費量が前年の約30%に減少した
熱生産 > 燃料 * 2.8

熱の行では、2020年のデータは前年とまったく同じデータを使用しているため、統計的に考えるのは困難である

天然ガス事業者の自家消費の値の前年度からの大幅な変化がある

送配電ロスにおけるコンセプトノートとの大きな違いがある

住宅部門の天然ガス消費量が年ごとに大幅な変化がある

図7-4 ウズベキスタン Pilot Fuel and Energy Balance 2020 の問題点

出典：AoS HP

(2) 住宅部門のデータに関する課題

1) 用途別データの整備

住宅部門は最終エネルギー消費量 (TFC) の約40%を占める最大のエネルギー消費

部門であるが、省エネ政策を検討立案に必要な住宅部門のエネルギー消費のデータ源は、エネルギー供給事業者から AoS に報告されるデータ以外には見当たらないので、十分とは言えない状況である。

住宅の省エネを検討するには、エネルギーバランス表より更に詳細なデータが必要である。住宅における暖房、冷房、給湯、調理、家電等の用途別や住宅における熱需要の機器別内訳など、より詳細なエネルギー消費データが必要であるが、そのようなデータは未整備なため、IEA による勧告¹⁸や 3 章に示す日本の取り組み例を参照して、用途別データの取得整備を進めることが推奨される。事業用建物部門についても同様である。

2) 家計調査データの活用

2021 年の家計調査から調査項目にエネルギー関連項目を追加することで精度向上を図ろうとしているが、サンプリングデータからの拡大推計の方法や、既存のエネルギー事業者の供給販売データとの照合方法については IEA の専門家に相談している状況である。

家計調査には地域、住宅のタイプや面積、家族構成等の情報が含まれているので、属性別エネルギー源別の分析等にデータが活かされることを期待したい。

3) 熱供給のエネルギー消費実態が不明

熱供給されている集合住宅の末端の最終消費熱量の計量が無く、最終消費エネルギーや送熱損失の実態が把握できていない。今回の調査で実施した集合住宅や学校建物の簡易計測により、熱供給所から集合住宅までのエネルギーフローの一例が報告されている(別添 5)ため、今後の集合住宅等の熱消費に関する計測強化の参考にされたい。

4) バイオマスデータの整備

家計調査では、電気、ガス、熱、エネルギーとしてのバイオマス利用である綿花茎や家畜排泄物などを含むその他燃料が対象項目となっているが、バイオガスは含まれていない。バイオガスについては動植物由来の伝統的なものや都市廃棄物由来のものなどがあるが、IEA 報告書¹⁹ではバイオマス利用に関するデータ不足を指摘している。農村部での住宅のバイオマス利用に関する信頼できる調査が必要と思われる。

(3) AoS と IEA の発電に係る事業分類の違いについて

「ウ」国では企業登録時の事業分類に IEA でいう「Electricity plants」と「CHP Plants」という分類がないため、表 7-10 に示すとおり火力発電所および熱電併給所を「Heat and power plants」、熱供給所を「Heating plants」に含めている。発電と熱生産に関するエネルギー転換部分が「ウ」国独自の分類となっている。

¹⁸ IEA, Energy Efficiency Indicators Essentials for Policy Making
(https://iea.blob.core.windows.net/assets/135d18c1-7640-4918-ad53-c093130f2513/Energy_Efficiency_Indicators_Essentials_for_Policy_Making.pdf)

¹⁹ IEA, Uzbekistan 2022 Energy Policy Review.

分類コードが国の産業構造によって国独自の分類方法であることは問題ではないが、前出の通り IEA 事務局ではウズベキスタンのエネルギーバランスを作成する際に、火力発電および CHP への燃料の投入量と排出量の推定を行っていることから、AoS は IEA 報告時には国際的に推奨されている産業分類への換算を行うことが必要である。

また、ウズベキスタンの主力電源である火力発電の状況が自国のエネルギー統計からはわかり難い状態であるので、IEA とも協議して表示方法を工夫した方が良いと思われる。

表 7-10 IEA と「ウ」国における火力発電所、熱電併給所、熱供給所の事業分類の違い

IEA	Uzbekistan
Electricity Plants	Heat and power plants
CHP plants (Combined heat and power plants)	
Heat plants	Heating plants

出典：JICA 調査団

7.3.2 MoE の課題

調査団は「ウ」国のエネルギー統計に関する MoE の課題について、ヒアリング調査、及び関連する文献調査を行った。

前述の通り、MoE は国のエネルギー行政を所管する官庁であり、政府が使用するエネルギー源別の供給データ等をまとめるため、エネルギー企業や関連組織から管理情報を収集する仕組みができています。これは AoS から独立した仕組みであり、情報は公開されていない。電気・ガスについては消費者用のスマートメータの設置とデータ自動収集システムの整備がほぼ完了し、電気・ガス小売業者からデータを収集している。石油や石炭等の燃料の生産や供給のデータも業界から収集している。必要に応じて、MoHCS や AoS などから熱供給や消費側のデータを入手している。しかし、省エネを推進するうえで重要な消費側データは AoS に依存しており、省エネ政策の分析を行うには情報が十分ではない状況である。そのような状況を踏まえて、MoE と AoS は 2022 年から情報交換を行なう場を設けており、また、政府内にエネルギー需給バランス等の統計データに関係する省庁が参画する常設委員会 (Acceleration team) が設置され、エネルギー統計の作成方法等の統一標準化について協議している。

文献調査及びヒアリングに基づき整理した「ウ」国 MoE のエネルギー統計に関する課題は、以下のとおりである。

- ✓ エネルギー需要側の各部門に関する正確なエネルギー統計システムを持たないという課題に直面しており、データの収集方法等については改善が必要である。
- ✓ エネルギー統計の質の向上のためには、現在は AoS に依存しているエネルギー消費に関するデータを如何に精度よく効率よく収集できるかが課題である。

- ✓ 産業界に関して大企業を対象にエネルギー使用データ等をオンライン収集する「統合情報システム」は、2022年3月に電力会社を対象にβ版のテスト運用が始まったところであるが、現在は開発エンジニアリング力不足等の理由により適用拡大は止まった状態であり、開発方針を見直し中である。
- ✓ データ収集後のとりまとめや分析に用いるデータベースが現状ない（そのため、日本の経済産業省資源エネルギー庁が構築している産業部門を対象とした「石油等消費動態統計調査」にかかるデータベース構築の背景やプロセスに関心がある。）。

7.4 エネルギー統計の課題解決に向けた活動および提言

エネルギーに関するデータは、エネルギー政策の立案者が政策の優先順位を理解し、施策の実施を評価し、PDCAサイクルを確立するために不可欠な基本インフラである。正確なデータを収集する体制を整えて、そのデータを活用することは、省エネを推進する上での基本的な取り組みである。

データ収集のためのエネルギー統計システムの継続的な改善が行われるべきである。特に、熱供給部門におけるメータリングとデータ収集を強化する必要性が認識されている。

7.4.1 AoSによるエネルギーデータ収集・集計・管理

2020年の大統領令4796²⁰に従い、AoS(SCS)は国際慣行に沿ってエネルギー統計を改善する等の活動を進めており、これを継続していくことが必要である。特に、1) UNやIEAの勧告、推奨事項に基づいてエネルギーバランスを開発すること、2)家計調査にエネルギー消費に関する項目を追加し結果を公表すること、3)欠落している指標を特定し報告書式に反映することが挙げられる。

上記に加えて、エネルギー統計データを改善するために、データを報告する企業などに対してAoSの法的立場を強化する必要がある。データに異常が認められた場合に、企業等に報告データの訂正を指示するには、そのデータが間違っていることを証明する必要がある事実上困難である。AoSは企業に立ち入る権限を有しておらず、企業へ罰則を与える規定もないという状況を改善する必要がある。

7.4.2 MoEによるエネルギー統計の所管

エネルギー戦略を立てるために必要なデータは、エネルギー担当官庁もしくはその関係機関が責任をもって収集・管理・分析する必要がある。実際、日本を始めとする経済協力開発機構(OECD)諸国では、エネルギーデータベースやエネルギー統計の作成は、その分野の専門知識を持ち、エネルギー産業のデータを容易に入手できるエネルギー担当官庁もしくはその関係機関が担当しているため、「ウ」国においても、担当官庁で

²⁰ PP4796 Resolution President of the Republic of Uzbekistan “On measures to further improve and develop the national system of statistics of the Republic of Uzbekistan” Annex 1-V-6 Improvement of energy statistics (2020年8月3日)

ある MoE が担当すべきである。

現在、AoS（旧 SCS）が所掌しているエネルギー統計については、データベースを含め MoE が所掌することが必要であり、このためには人材、組織、情報システムの強化が必要である。

また、7.3.1 で述べたとおり、MoE は、エネルギー統計を作成するためのデータ計測、収集、集計の一連のプロセスにおいて、一貫した精度を確保するための仕組みが必要である。新しい仕組みの構築を的確かつ迅速に行うため、エネルギー統計の専門家を日本から派遣する等の支援が効果的である。

7.4.3 エネルギー消費データ収集システム（統合情報システム）の開発

統合情報システムは、当初の構想では大企業を対象に運用を始め、中小企業、他部門へと段階的に拡大することを計画していた。しかし、開発エンジニアリング力の不足等から運用拡大が止まっている状況にあり、MoE は開発方針を出し直す見込みである。本システムの本格運用の前に、早期に検討が必要な事項は以下の通りである。

- ▶ 正確性を確保する端末入力手順
- ▶ 入力過程での単純ミス回避・検出の方策
- ▶ データベースの持続可能性の確保（システムの更新・運用維持管理の方針）
- ▶ 他のデータベースとの連携方法、組織間の調整

本システム開発においては、上記事項の技術的な検討が課題であり、また本調査での「ウ」国側関係者へのヒアリングを通して、「ウ」国のエネルギー統計関係者は、日本の総合エネルギー統計におけるデータ収集の仕組み、省エネ法に基づく定期報告制度、住宅エネルギー消費量調査事例等への関心が高いことから、日本の制度設計における法的背景や「石油等消費動態統計調査」にかかるデータベース構築プロセス等への能力開発・強化支援が効果的と考える。表 7-11 にこれまでに提供した関連資料を示す。

表 7-11 効率的なデータ収集・管理に関する日本の実施例の情報提供

日本の資源エネルギー庁が実施している、産業部門を対象とした「石油等消費動態統計調査」制度や省エネ法の「特定事業者定期報告制度」は、どのような法令・条文やシステムに基づいて、多くの事業所から定期的にエネルギー消費データが収集できているのか、との情報提供の要望があり、下記を露語訳にて情報提供をした。(2021年7月までに提供済み)

(1) 1. 石油等消費動態統計調査について

- ・ 概要説明と根拠法令
- ・ 年報の抜粋（目次、利用上の注意、調査票）
- ・ 調査規則
- ・ 調査票記入要領

(2) 2. 省エネ法の特定事業者定期報告制度について

- 企業への定期報告義務付けに係る法令条文の抜粋
- ・ エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）
特定事業者の指定と定期報告について
 - ・ 政令 エネルギーの使用の合理化等に関する法律施行令
特定事業者の指定に係るエネルギーの使用量について
 - ・ 省令 エネルギーの使用の合理化等に関する法律施行規則
定期報告の期限、「原油換算エネルギー使用量」への換算方法 等

出典：資源エネルギー庁 HP に基づき調査団が作成

7.4.4 住宅部門の詳細な消費エネデータの収集

住宅部門は TFC の約 4 割を占める最大のエネルギー消費部門であり、省エネ対策最優先分野である。暖房、給湯、冷房、調理などの用途別エネルギー消費量を把握することで、優先目標の特定に役立つ。また、同一用途で使用される各機器のエネルギー消費量がわかれば、各機器の技術開発の余地に応じて効率改善目標を設定することも可能である。

現在そのようなデータは未整備であり、家計調査でも用途別の詳しい調査は行っていないため、特に住宅のエネルギー消費について詳しい調査を進めることを推奨する。その際、IEA の Energy Efficiency Indicators や 3 章に示す日本の住宅部門のエネルギー消費実態調査の実施例を参照されたい。

家計調査における住宅のエネルギー消費量調査は、エネルギー源別の消費データに地域、住宅種別、住宅面積等の属性が紐づいているので、属性別の傾向分析などに活用されることを期待したい。当該調査では、電気、ガス、熱の他に綿の茎や畜産廃棄物などのバイオマス等 13 品目の使用量や購入費用(無償入手も含む)を調査対象としている

が、IEA 報告書¹⁸でデータ不足が指摘されているバイオガスは対象に含まれていない。今後、農村部における住宅バイオマス利用に関する信頼性の高い調査が行われることが望まれる。

7.4.5 エネルギーデータ収集の効率化

調査または何らかの方法でエネルギーのエンドユーザーから政策担当者が必要なエネルギー消費データを直接取得することは、省エネの政策立案にとって大変重要であるものの、容易ではなく費用も要するため、効率的かつ経済的に調査を行うノウハウを持った人材の育成や、委託先の育成を推奨する。

7.4.6 消費側のエネルギー計測精度の改善

エネルギー消費の計量は対象数が住宅 700 万、企業 40 万の多数であるので、精度よくデータを計測するためにはスマートメータによる計測と集計の自動化が必要である。電気、ガス、熱供給の計量器の設置状況は表 7-9 に示すとおりである。

住宅向けの熱供給に関しては熱量メータや自動化システムの整備の予算確保が困難なために計画がなかなか進まない状況であり、旧式ボイラーの近代化や劣化した送熱パイプの改修・更新、クローズドサイクル化など対策に多額の費用のかかる効率低下要因が数多く存在しており、正確な使用量や使用効率の把握が進まない状況とみられる。

住宅側の給湯の計量は熱量計ではなく流量のみの簡易な計測の状況が今後も継続することとなり、エネルギー管理の面からは難しい状況が継続している。暖房用の熱供給については床面積と居住人数で課金され、計量自体行われない場合が多い状況である。

従って、熱供給システム全体として計測データの精度が低いため、生産した熱のうち実際の需要量と送熱損失を分離して把握できておらず、需要量や送熱損失は推定値が報告されている。地域熱供給システムは大量の天然ガス（国内ガス供給の約 4%）を消費しているため、システム全体の実際の熱効率を適切に評価するために、今回の集合住宅等での簡易計測の結果（別添 5）も参考にして、熱量計の実装と検針データの自動収集等のメータリングの強化を進めることが重要である。

第8章 提言

本調査では、「ウ」国の部門別・エネルギー源別エネルギー消費割合を出発点として、省エネポテンシャル、省エネ施策の費用対効果（投資回収期間）、国際的な動向、現地調査・実証実験等を通じて得られた知見を踏まえて、7つの優先施策を導き出した（第6章の表 6-1「推奨される省エネプログラム」参照）。そのうち、特に重要な3つの施策（①既存のガスボイラからヒートポンプへの転換、②高効率エアコンの普及、③建物における断熱の強化）を最優先施策として位置づけ、それら3つの総合的施策（発展形）として事業用建物部門および住宅部門におけるZEB/ZEH化を推奨している。調査団は、上記の省エネ優先施策を実施することで、最短ルートで2026年までのエネルギー効率の10%の改善を達成できると考え、その他の分野の省エネ効果（電力部門のロス削減、経済開発に伴うエネルギー消費原単位の自然減）と合わせ、大統領令 No. UP-60におけるエネルギー効率20%改善目標の達成も視野に入ってくると考えている。

一方で、施策の実施と効果の発現のためには、本調査結果を踏まえた「ウ」国政府の積極的な取り組みが必要であることは言うまでもない。特に「ウ」国においては、エネルギー補助金によりガスと電気の国内エネルギー価格が抑制されており、とりわけ、ガスが極めて安価に設定されていることから、エネルギー消費者の省エネ投資の経済性（投資回収期間）が必ずしも確保されず、政府の積極的な支援がなくしては、おのずと省エネが進む環境にはない。一般的に、この課題を解決するには、国内のエネルギー価格を引き下げている政府による補助金の撤廃によるエネルギー価格の適正化（引き上げ）を通じて省エネ投資の経済合理性を確保することが重要であるが、「ウ」国では歴史的な背景もあり、政治的に非常にセンシティブな課題である。そのため、消費者の省エネ投資が市場原理にしたがって自然に行われたい蓋然性が高く、省エネの普及のためには政府による介入、すなわち、補助金や免税の提供などのインセンティブを付与することで省エネ投資を促していくことが不可欠となる。

本調査を通じて明らかになったことは、消費者レベルでの省エネ投資の経済性が確保できない場合であっても、昨今の世界的な天然ガス価格の高騰もあり、国レベルでは十分な費用対効果が得られる場合が存在するという点である。すなわち、「ウ」国政府が、消費者に対して補助金や免税等による財政的な支援を実施して省エネ投資に繋がる環境を整備したとしても、施策を通じて削減した天然ガスを輸出に回すことで、国レベルでは費用を十分に回収できるという点は着目すべきである。こうした観点から7つの優先施策のうち、政府補助が必要な施策をまとめると以下のとおりとなる。

表 8-1 省エネプログラムの実施のために必要な事項

No.	優先施策	必要事項	政府補助 必要性	推進者
1	ガスボイラからヒートポンプへの転換（および電力供給効率化、再生可能電力利用）	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 政府補助金等の裏付けとなる予算措置 ➤ 国民への省エネ意識向上のための啓発活動 ➤ エネルギー補助金の適正化 	高	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MoE ➤ MCCS ➤ MIIT
2	高効率エアコンの普及	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 政府補助金等の裏付けとなる予算措置 ➤ 国民への省エネ意識向上のための啓発活動 ➤ 省エネ機器認証機関の機能強化のための施設整備および機材導入 	高	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MoE ➤ MCCS ➤ MIIT ➤ Uzstandard
3	建物断熱の強化（窓・壁・屋根）	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 政府補助金等の裏付けとなる予算措置 ➤ 国民への省エネ意識向上のための啓発活動 	高	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MoE ➤ MCCS
4	将来的な ZEB/ZEH の実現	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 政府補助金等の裏付けとなる予算措置 ➤ 政府による公共施設における実証実験の実施および国民への省エネ意識向上のための啓発活動 ➤ ZEB/ZEH 認証機関の機能強化のための施設整備および機材導入 ➤ エネルギー補助金の適正化 	高	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MoE ➤ NIRES ➤ MCCS
5	高効率 LED 照明の普及	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 国民への省エネ意識向上のための啓発活動 ➤ 省エネ機器認証機関の機能強化のための施設整備および機材導入 	低	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MoE ➤ MIIT ➤ Uzstandard
6	エネルギー管理制度の構築	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 関係省庁の連携のための法制度と仕組みの強化 ➤ 産業界（特にエネルギー多消費型産業）を牽引するための政治的なリーダーシップの発揮 ➤ 制度実施機関の機能強化のための施設整備および機材導入 ➤ 制度実施を担える人材の育成と能力向上 	高	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MoE ➤ MIIT ➤ AoS
7	産業用モータの高効率化	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 工場やポンプ場等への省エネ意識向上のための啓発活動 ➤ 省エネ機器認証機関の機能強化のための施設整備および機材導入 	低	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MoE ➤ MIIT ➤ Uzstandard ➤ MoWR

本調査で実施した国・消費者レベルでの経済性の評価は、あくまで簡易的な試算によるものであり、施策を実施するにあたっては詳細な調査・設計を行う必要がある。「ウ」国政府の積極的な取り組みが求められる。また、省エネ施策の効果的な実施には、PDCA サイクル（計画、実行、評価、改善）を回して、施策の効果を次の施策に反映していく政策決定過程の構築が重要となる。

しかしながら、「ウ」国における省エネは開始されたばかりであることを鑑み、施策の設計と実施に関して JICA を含めた国際援助機関の支援は重要である。そこで、JICA の協力事業として、まず、JICA による技術協力プロジェクトとして、ZEB 化の実証事業の実施を提案したい。その理由は、上記 3 つの最優先課題の総合施策であり、個々の施策を実施する上での有用なデータが得られることから、取り組みの優先度が高いためである。また、本調査でもガス公社（HGT）のオフィスを対象とした ZEB 化の経済性の試算を実施したが、国レベルでは省エネ便益は大きい、消費者レベルでは必ずしもそうではない状況にあるため、今後、政策として支援していくためには、実証事業を通じた詳細な調査を行い、ZEB 化の経済性を確認することや、政府支援策の精緻化が、必要不可欠である。実証実験の次の段階としては、国が ZEB 化費用を負担できる公共施設に拡大し、その後、補助金等の国による支援制度を設けて公共施設以外の事業用建物部門において ZEB 化を推進しつつ、これらの施策を通じて、将来的な住宅部門における普及展開を加速化していくためのインセンティブ設計の情報を収集していくことがよいと考える（省エネを加速する観点からは、上記のステップを同時並行で進めることも検討すべきである）。実施体制としては、エネルギー省（MoE）および傘下の国立再生可能エネルギー研究所（NIREs）を主なカウンターパート（C/P）としつつ、建設公共サービス省（MCCS）および投資産業貿易省（MIIT）等とも連携していく体制を整えるのがよいと考える。実証事業には、消費者としての国民に対しても、光熱費削減や居住環境改善等の効果を知り、省エネ投資を実施するモチベーションを向上させる啓発効果も期待したいところである。

JICA 事業としては、上記の ZEB 化実証を通じて施策の精緻化を図ることに加えて、産業部門におけるエネルギー管理制度の構築を推進することを提案したい。エネルギー管理制度は各業種でのベンチマークとなるエネルギー消費原単位等の目標を与え、その達成に向けた活動を下支えするための施策であるため、それだけで省エネを推進するものであるが、エネルギー管理士や診断・監査のための人材を育成することは、建物のエネルギー消費状況や断熱状況を把握するといった ZEB 化に向けた必須能力でもあることから、合わせて取り組むことが効果的であると考えられる。

このように、「ウ」国においては、上記の取り組みから始めつつ、並行して他の省エネプログラムと優先施策を推進することが必要である。そのための予算措置が必要とされているところ、資金源として、「ウ」国の政府に向けた JICA 資金協力の提供や国際金融機関（WB、ADB 等）との協調融資などを通じた支援も必要であると考えられる。特に、実証実験を踏まえた公共施設や事業用建物・住宅に対する ZEB/ZEH の推進、エネ

ルギー管理制度を通じて見出された産業部門の設備更新を推進する上では、資金協力を通じたスケールアップが重要である。そのためには、地場金融機関（Asakabank、Uzpromstroy Bank 等）と連携したツーステップローンを組成するといった資金協力が効果的な選択肢になり得ると考える。

これらの事業を通じて、我が国の企業が持つ高い省エネ技術や省エネ機器を普及することも、「ウ」国の省エネを推進するためには重要である。ただ、現状、国内製造事業者（ARTEL 社等）が供給できる製品と同種の製品を外国から輸入する場合の関税が極めて高く、外国製造業者の「ウ」国への進出に対する一つの障壁になっているため、我が国製造業者を含む高い省エネ技術を持つ企業にとっては、資機材輸入促進のための何らかの優遇的な関税措置が望まれる。省エネに関する我が国の技術と経験を「ウ」国の周辺国へ普及展開することも視野に入れて取り組むことが重要である。

別添資料

別添 1 産業分野の現状調査

別添 2 省エネ意識調査

別添 3 省エネ機器市場調査

別添 4 断熱性評価のための現地調査

別添 5 熱供給システム効率改善のための現地調査

別添 6 高効率エアコンの実証試験

別添 7 建物 ZEB 化簡易調査(事業者の投資回収期間等を含む)

別添 8 ロードマップ案

目次

別添 1	産業分野の現状調査	1-1
1.	調査目的	1-2
2.	現地視察調査	1-2
3.	アンケート調査	1-4
別添 2	省エネ意識調査	2-1
1.	調査の目的	2-2
2.	調査の内容	2-2
3.	調査手法	2-2
4.	調査結果	2-4
5.	調査結果の分析	2-10
別添 3	省エネ機器市場調査	3-1
1.	調査の目的	3-2
2.	調査の内容	3-2
3.	調査手法	3-3
4.	調査結果	3-3
5.	調査結果の分析	3-5
別添 4	断熱性評価のための現地調査	4-1
1.	調査の目的	4-2
2.	調査概要	4-2
3.	調査結果および分析	4-2
4.	建物の断熱性評価と提言	4-13
別添 5	熱供給システム効率改善のための現地調査	5-1
1.	調査の目的	5-2
2.	調査・検討の方法	5-2
3.	調査結果	5-2
4.	調査結果を踏まえた熱供給システムの総合エネルギー効率分析	5-7
5.	改善策	5-9
6.	熱供給系の効率対策効果の評価	5-23
別添 6	高効率エアコンの実証試験	6-1
1.	実証実験の目的、概要	6-2
2.	実証実験の方法	6-3
3.	実証結果	6-8
4.	実証結果の分析	6-16
別添 7	建物 ZEB 化簡易調査（事業者の投資回収期間等を含む）	7-1
1.	調査・検討の目的	7-2
2.	対象建屋	7-2
3.	ZEB の検討	7-10
別添 8	ロードマップ案	8-1
1.	1/31 省エネセミナーアジェンダ	8-2

2.	1/31 省エネセミナープレゼン資料.....	8-4
----	-------------------------	-----

別添1 産業分野の現状調査

1. 調査目的

産業分野におけるエネルギー消費状況・省エネの実施状況を把握・確認するため、産業分野の現状に関する現地視察調査及びアンケート調査を実施した。

2. 現地視察調査

2.1. 視察調査概要

産業分野におけるエネルギー消費状況を把握するため、タシケント市内の工場の現地視察を実施した。以下に調査で得られた知見を示す。これらの調査では、改善検討点が抽出されており、具体的な省エネ活動によるエネルギー効率を向上させる可能性を示している。

表 1 現地調査先リスト

調査先名称	業種	日時	調査概要の視点
Zelal Textile	繊維 染色	2021 Nov 23	ボイラの運転管理と保守、エネルギー管理、断熱などの改善余地に関する確認
Natural Juice	食品（ジュース製造）	2021 Nov 24	蒸気系の断熱、ボイラ給水の予熱など改善余地に関する確認
Asl Oyna	ガラス瓶製造	2022 Mar 28	廃ガスの熱回収が必要。熱回収設備の計画中である。

出典：JICA 調査団

2.2. 視察調査結果及び考察

2.2.1. Zelal Textile (繊維、染色工場)

視察で得られた当該調査先の概要は以下のとおり。

- トルコで製造された綿布に染色、柄付けを行っている。
- 蒸気を綿布の殺菌、除菌、染色、乾燥に使用していた。
- 染料を加熱するため、炉筒煙管型の蒸気ボイラが 2 台設置されているが、蒸気圧の設定、空気圧の調整などの設備の保守管理がほとんど実施されておらず、蒸気ヘッド、配管の断熱材が部分的に剥がれている状況であった。



出典：JICA 調査団撮影

図 1 Zelal Textile (繊維、染色工場)内の様子

【省エネ可能性に関する考察】

今後、稼働率、空気比の管理も含めて、工場でのエネルギー管理士の設置などによる運用面での改善が課題と考える。その他、以下のような省エネに向けた改善の余地が考えられた。

蒸気：蒸気ヘッド・コントロール弁の断熱強化、蒸気圧の減圧。

ボイラ：排ガスにエコマイザを設置しボイラ給水を予熱、空気比の適正化。

圧縮空気：供給空気の低温化。流量調整について No.4 Compressor はインバータ駆動になっている。

コージェネレーションシステム導入：ガス代と電気代が見合う量であり導入効果がある。

エネルギーマネジメント：エネルギー原単位の把握、電力のデマンド監視装置の導入。

熱融通：隣接工場(煉瓦焼成)との熱融通の可能性。

2.2.2. NATURAL JUICE(ジュース製品製造)

空調システムは事務所側に導入されており、ボイラを滅菌に使用していることが判明した。排水浄化槽を建設中とのことであった。

【省エネ可能性に関する考察】

以下のような省エネに向けた改善の余地が考えられた。

蒸気：蒸気ヘッド、コントロール弁の断熱強化、蒸気圧の減圧。

ボイラ：排ガスにエコマイザを設置しボイラ給水を予熱、空気比の適正化。

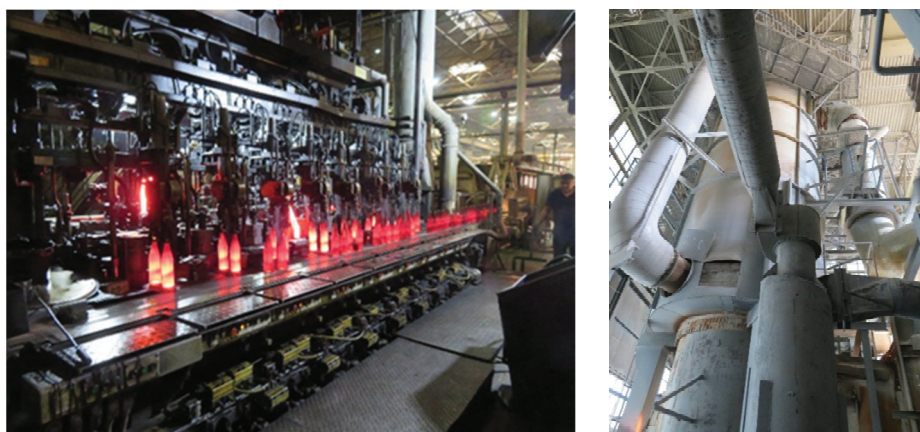
圧縮空気：供給空気の低温化。

エネルギーマネジメント：エネルギー原単位の把握、電力のデマンド監視装置の導入。

2.2.3. Asl Oyna (ガラス瓶製造)

珪砂とリサイクルガラスを材料として 1250℃の加熱炉を用いて、主にビール瓶を製造している工場のエネルギー使用状況を視察した。ガラスを溶解する加熱炉には都市ガスを燃焼させるときに使用する空気を廃熱により加熱する空気予熱器が設置されてはいるが、熱回収した後の排ガス温度は 500℃以上となっていた。

増設中の新型の加熱炉はリジェネバーナを使用して廃熱を回収することを計画しており、大幅な省エネを推進中であった。



出典：JICA 調査団撮影

図 2 ガラス工場概要 (左：ビンの鋳込みライン、右：煙道に設置された空気予熱器)

【省エネ可能性に関する考察】

上記のとおり、空気予熱器を導入する省エネ策を講じているものの、熱回収後排ガスが依然として高温であり、熱効率は良くないと考えられる。熱回収後の 500℃以上の排ガス中の廃熱は常に煙突から大気放散されているため、熱ロスがきわめて大きい。

なお、日本では瓶の軽量化、リターナブル瓶による繰り返し使用、瓶仕様(サイズ、形)の共通化による省エネが図られている。またビール等の飲料に対してリサイクル性と製造エネルギーの低さからアルミ缶の使用が行われており、そのような構造変換も省エネ対策の 1 つと考える。

3. アンケート調査

3.1. アンケート調査概要

省エネポテンシャルや省エネの実施状況を確認するため、以下に示すアンケート質問項目および発出先でアンケート調査を実施した。なお、得られた回答にはエネルギー供給事業

者が一部含まれている。

【アンケート質問項目】

- 工場、事業場の名称、規模
- エネルギー消費量、生産量
- 設備の状況（ボイラ、熱回収など）
- エネルギー効率改善目標の有無
- エネルギー管理の状況

【アンケート発出先】

- MoE の省エネ担当が関係の工場、事業場あてに発出

3.2. 回答の状況

回答状況は表 2～表 4 に示す。

表 2 エネルギー多消費産業

分野	回答数	留意点等
鉄鋼	1	電炉の棒鋼工場 1
土石・セメント	1	金属精錬と同事業所のデータのうちセメント部分に着目
ガス精製	7	JSC Uzbekneftgaz の複数の事業所の回答を含む。
化学	7	総合化学 1、タイヤ 1、ソーダ灰 1、化学肥料 4
鉱業	3	石炭 2、金・ウラン 1

出典：JICA 調査団

表 3 エネルギー供給産業

分野	回答数	留意点等
発電	7	
ガス輸送	8	JSC Uztransgaz の複数の事業所の回答を含む。
熱供給	1	

出典：JICA 調査団

表 4 その他の産業

産業分類	回答数	留意点等
製粉・複合飼料	16	
自動車	18	

機械	1	鉦山機械 1
配電機材	2	制御機器 1、ボンディングワイヤ 1
灌漑	5	送水部門 5
油脂	1 協会 22 社	企業リスト、ボイラリストのみの回答
車両整備	12	

出典：JICA 調査団

3.3. 回答結果の総括

エネルギー多消費産業についての回答内容から推定した省エネポテンシャルと回答事業所が記載しているエネルギー効率改善目標を表 5 に示す。

表 5 分析結果

分野	回答数	省エネポテンシャル推定	エネルギー効率改善目標
鉄鋼	1	30%	PP4779 の目標に言及。
土石・セメント	1	20%	記載なし。
ガス精製	7	情報不十分	代表的回答が PP4779 の目標に言及。
化学	7	5-15%	毎年改善計画を策定している。
鉦業	3	10%	1 回答が PP4779 の目標に言及。

出典：JICA 調査団

3.4. 分野別分析

鉄鋼などエネルギー多消費分野及び回答情報の多い分野について、省エネ状況・ポテンシャル・更なる省エネ方策に関する分析を行った。なお、個々の検討において電力の熱量換算が必要であり、日本のエネルギー消費と比較しやすい点から日本において使用されている数値である 9.97MJ/kwh を使用した。また天然ガス熱量として、Uzbeksteel の回答に記載されている 35.7MJ/m³ を使用した。ディーゼル油、燃料油の換算係数は一般値として 45.5GJ/ton を使用した。

3.4.1. 鉄鋼

回答は 1 件 (Uzbeksteel) であった。回答データからエネルギー消費原単位は、電力消費 9.40GJ/製品 ton、天然ガス消費 3.46GJ/製品 ton と推定された (合計 12.86GJ/ton)。この数値

は日本の電炉事業所の省エネ法ベンチマーク値 5.8GJ/ton（分布値は 5.3～9.1 で、分母は製鋼 ton と圧延 ton の混合）に対して、かなり高い数値となっている。12.86 と 9.1 の比較から設備対策を行うことによって 30%の省エネは可能と想定される。想定される省エネ方策としては下記が考えられた。

- 排熱の回収について特別の記載が見られないことから、排熱回収を強化することで天然ガスについて 30%程度の省エネが可能と想定される。
- 日本においては direct rolling によって加熱炉のエネルギー消費を削減する対策が用いられており、レイアウトによっては、設備対策を行ってその技術を適用できる可能性がある。
- 現在のボイラの効率については不明であるが、排熱回収を強化した新しい設備に更新することで、10%程度の効率向上が見込める可能性がある。
- 電力については、アーク炉の効率化によって 450kwh/ton から 6~7%削減、ポンプ電力の 30%程度の削減が考えられる。なお、ポンプの一部については既に更新計画が作成されている。また、駆動装置へのコンバータの採用、運転方案による電力消費削減などを検討する必要がある。
- 回答ではエネルギー管理組織と省エネのガイダンスが存在するとなっている。個々の設備の省エネ対策、運転方案による省エネなどが実際に実施されているか確認されることが望ましい。

3.4.2. 土石・セメント

回答は 1 件（JSC Almylyk mining and smelting plant）であった。回答には複数の事業内容が含まれているが、セメント部分が分析できるように記載しており、セメントについて日本のベンチマーク値と比較分析する。回答から生産量は 1.94Mt と推定される。電力消費は 1.22 GJ/製品 ton、天然ガス消費は 3.02GJ/製品 ton と推定され、合計 4.24GJ/製品 ton と見積もられる。なお、ここでは電力消費はセメント工程の直接の消費と付属設備の消費推定（全体の 22%）の和とした。日本のセメント事業所の省エネ法ベンチマーク値は 3.891GJ/ton であることを踏まえると、改善余地があると見られる。また、投入熱量の観点からみると、天然ガス消費 3.02GJ/製品 ton は、日本のセメント事業所の投入熱量レベル 2.5 GJ/製品 ton に対して 20%多く、同様に省エネ余地があるものと想定される。

省エネ方策としては、排熱回収については銅、亜鉛の精錬工程のみに記載され、セメントにはないため、更なる排熱回収が効果的で重要であると考えられる。またプロセスがエネルギー効率のよい乾式の設備となっているかどうかを確認する必要がある。現在のボイラの効率については不明であるが、排熱回収を強化した新しい設備に更新することで、10%程度の効率向上が見込める可能性がある。

3.4.3. ガス精製

回答は 7 事業所 (JSC Uzbekneftegaz 内) から得られた。回答にはプロセス構成、設備などに関する情報はなかった。現在、具体的に実施されている効率改善計画の効果は、電力 0.35%、燃料ガス 1.15%であり、エネルギー効率 1.5 倍という目標には隔たりがある。漏洩、ボイラ・モータ・ポンプの更新、排熱回収などのプロセスに即した検討が必要と考えられる。

省エネ案としては、夏季の電力消費が冬季に対して 19%大きくなっており、電力消費に対する冷却エネルギーの比率が高いものと推定される。従って冷凍機の運転効率を確認すべきである。また、回答におけるガス単価は 295 uzs/km³ と非常に小さくなっている。したがって、経済効率で JSC Uzbekneftegaz のガス消費の削減を実現するのは困難であるとみられ、トップダウンの削減目標設定、削減指示が望ましい。

回答がなされた 7 事業所はいずれも同一の企業であり、その処理量当たりのエネルギー消費を相互に比較すべきである。処理条件に関する情報を企業内で公開すれば、比較は容易である。

3.4.4. 化学

化学肥料以外の化学分野ではソーダ灰、タイヤ、総合化学の 3 件から回答が得られた。省エネポテンシャルについては、生産品目がそれぞれ異なっているため、個別に記載する。

■ソーダ灰

2006 年、2016 年に 2 段階で設置されており、新しい工場といえる。ボイラの効率 85%は改善の余地がある。一方、蒸気の使用量は生産設備で 36,000ton/月×12 月/年、暖房で 22,500ton/年とされているので、合計 454,500ton となる。この熱量に対する天然ガス所要は、ボイラ効率 0.85 として 41,937km³ であり、天然ガス消費の 50%を占める。また、蒸気所要は、ボイラ総能力 159t/h×0.8 (保守を見込む) ×24h×365d=1,114,000ton に対して、平均的にかなり低くなっている。当該事業所のエネルギー消費は熱量換算で天然ガスが 83%を占めている。そこでボイラの効率化は省エネルギーにとって特に重要である。ボイラの負荷が低いことを考慮すると、ボイラのエネルギーの 10%程度の改善が期待される。

■タイヤ

新鋭の工場であり、ボイラの運転効率は高いが、ボイラの平均負荷が低いため、改善余地がある可能性がある。

■総合化学

ISO50001 実施の工場であり、ワークショップごとのエネルギー消費トレンドを経営者、従業員が認識できるように、見える化を行い、各ワークショップでのエネルギー管理の徹底をもとめることが適切と考えられる。ボイラの運転効率はボイラによって差があり、低効率ボイラを更新するため、ボイラ設備のエネルギー診断を実施し、改善可能性を調査すること

が望ましい。また、オフガスの燃焼による熱回収、排熱ボイラの設置が一部行われている。これらの拡大設置の可能性を検討すべきである。

3.4.5. 化学肥料

4 件の回答が得られた。省エネポテンシャルとしては個別に差があるが、5-15%の程度の省エネ余地があるものとみられる。化学工場の省エネにおいては、ボイラと蒸気の効率が重要な位置を占める。熱需要が十分ある場合には、コジェネレーションとボイラで熱供給を分担する方策も効果的である。

3.4.6. ガス輸送

JSC Uztransgaz の各地域の事業所（8 件）から回答が得られた。それぞれで輸送量、エネルギー消費量は大きくばらついており、輸送量、輸送距離などの指標を統一して、エネルギー効率性を比較する活動が望まれる。Uztransgaz 社内の各事業所で実施すれば、有用な指標を得ることができると考えられる。

3.4.7. 製粉・複合飼料

16 工場から回答が得られた。エネルギー効率改善目標についての記載が乏しく、5-15%程度の改善活動の余地があるものと推定される。製粉・複合飼料工場の生産プロセスでは、主として電力が使用されているおり、主として現場活動であるため、現場でのエネルギーマネジメントによる改善活動の普及が望ましい。

3.4.8. 灌漑用送水

5 件から回答が得られた。事業所自身も低効率のポンプの更新の必要性を記載しているため、旧式のものには効率のよいポンプに更新すべきである。これは、送水部門のエネルギー消費は、ポンプの性能に大きく左右されるためである。大型のポンプとその効率のリストを作成し、全国的な視点から、効率の低いものを優先的に更新することが望ましい。

3.4.9. 車両整備

回答は 12 件から得られた。車両整備は機械加工の分野であり、電気の消費が主体で、低効率の電気使用機器の更新が必要である。コンプレッサー、搬送装置などが対象となる。一部の事業所は更新を計画しているが、検討していない事業所もあり、更新計画の推進が望ま

しい。

エネルギー管理に関しては、ISO50001 を活用して積極的な事業所がある一方で、全く対応がない事業所もあり、全体としてレベルアップが必要と考えられる。

エネルギー効率の評価について、一部の回答にワゴン修理の内容に応じて 1 台あたりの基準エネルギー消費が記載されているものがある。これを用いて各事業所のワゴン修理の区分ごとの実際の消費電力を比較し、各事業所の設備と操業の効率性を評価することができる。

別添2 省工不意識調査

1. 調査の目的

ロードマップ作成の基礎情報として、市民の生活スタイルが省エネ行動に変化することで生まれる省エネポテンシャルを把握することを目的とし、家庭での省エネ行動や省エネ意識の現状把握に関する調査を実施した。

2. 調査の内容

表 6 に示す大きく 4 つの内容について個別のヒアリング項目を作成し、アンケートとして整理した。

なお、事前調査より集合住宅は地域熱供給から温水供給を受けている可能性が高いが、戸建住宅では、各住宅に設置されたボイラによって温水を作成している。前者の集合住宅の光熱費は、電気、ガス以外に、温水と暖房用温水が追加されることになる。一方、後者の温水は、前者のような温水もしくは暖房用温水は必要なく、ボイラに必要なエネルギーはガスもしくは電気となる。「ウ」国の光熱費のコストは、電気>ガス>温水となっている。これらを踏まえ、光熱費についても同表に整理するとおりの調査項目とする。

表 6 家庭への省エネ調査の内容

調査項目	内容
家庭での省エネ行動	例えばエアコンの設定温度や普段の服装など、家庭内で省エネにつながる行動について聴取する。
家庭での家電利用状況	家庭で利用されている家電の台数や、購入年度、また今後購入予定の家電などについて調査を行う。
省エネラベルの利用	家電を購入する際に、省エネラベルを参考にするかどうかなど、一般市民への省エネラベルの認知度や、利用状況などを調査する。
光熱費等	実態の光熱費について調査する。また、光熱費は住居形態に大きく依存することも踏まえ、光熱費と省エネ機器普及の関係を把握するため、住居形態についても併せて聴取する。

出典：JICA 調査団

3. 調査手法

家庭への調査は Google forms を利用して作成した。Google forms の URL を Telegram の幾つかのグループに掲載して調査協力を募った。調査協力者には、インセンティブが支払われる仕組みとなっており、102 名から回答を得た。質問事項は下表のとおりとなる。「ウ」国政府を通じて特定の相手先に回答を要請する方法が採れなかったため、このような方法を

用いたが、回答先を調査団で絞り込んだものではないことから、回答者の分布が一定のランダムさを有しているものと期待できる。

表 7 質問事項

No.	質問内容
建物の情報に関する調査	住居形態
	建物の築年数
	外壁の種類
	窓の種類
	壁の断熱の有無
	屋根の断熱の有無（戸建住宅のみ）
エアコンに関する調査	エアコンの所有台数
	インバータエアコンの所有率
	購入したエアコンのグレード
	次回購入するときに希望するエアコンのグレード
	次回購入するときにインバータエアコンを購入するか
	一般的な性能のエアコンと高効率エアコンがあり、高効率エアコンの方がランニングコストが安くなる場合
	購入を検討しているエアコンの性能が A でした。 同タイプの A+ のエアコンに対して、A+ と A の差額の 20～30% の補助金が出る場合は、A+ のエアコンを購入したいか
省エネ意識に関する調査	あなたは省エネに関心がありますか。
	省エネ教育は重要だと思いますか。
	省エネが広がるためには、何が重要だと思いますか。
	あなたは、ヒートポンプ技術を知っていますか
	あなたは、普段の生活で省エネ行動をしていますか
	冬場の暖房について
	冬場の部屋着について
省エネラベルを知っていますか	
家庭のエネルギー機器に関する調査（エアコン以外）	温水供給 地域熱供給もしくはボイラ
	コンビボイラを利用していますか（前問でボイラと回答した人のみ）
	ボイラの効率（ボイラを使用している人のみ）
	ボイラの設置年数（ボイラを使用している人のみ）
	温水メータが設置されていますか
	冬場、地域熱供給、ボイラの暖房用温水だけでなく、エアコンも併用し

	ていますか
	節水シャワーヘッドについて

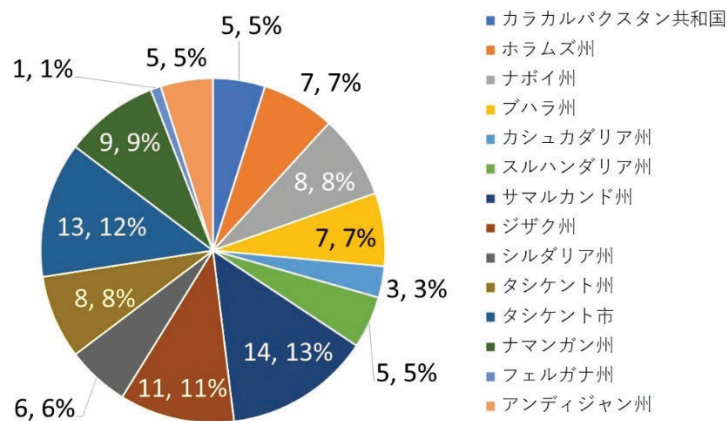
出典：JICA 調査団

4. 調査結果

4.1. 回答者の分布

図 3 に回答者の地域分布を示す。都市部 60%、その他 40%であり、また戸建て住宅 60%、集合住宅 40%であったため、戸建て住宅の居住者が多いといえる。

回答者の地域は、居住地は図 3 のように各地に広く分布している。



出典：JICA 調査団

図 3 回答者の居住地の分布

4.2. 建物の情報に関する調査結果

調査結果の詳細を表 8 に示す。

表 8 建物の情報に関する調査結果

質問項目	回答	回答 (グラフ)
住居形態	集合住宅 : 41 件、40% 戸建住宅 : 61 件、60%	<p>■ 集合住宅 ■ 戸建住宅</p>
建物の築年数	0-10 年 : 20 件、20% 10-30 年 : 41 件、40% 30-50 年 : 35 件、34% 50 年以上 : 4 件、4% 不明 : 2 件、2%	<p>■ 0-10 年 ■ 10-30 年 ■ 30-50 年 ■ 50 年以上 ■ わからない</p>
外壁の種類	土壁・版築 : 34 件、33% レンガ : 56 件、55% セメント・コンクリート・モルタル : 10 件、10% わからない : 2 件、2%	<p>■ 土壁、版築 ■ レンガ ■ セメント・コンクリート・モルタル ■ わからない</p>
窓の種類	Single-glass : 52 件、51% Double-glass : 31 件、30% Triple-glass : 7 件、7% わからない : 12 件、12%	<p>■ 単板ガラス ■ ペアガラス ■ トリプルガラス ■ わからない</p>
壁の断熱の有無	Yes : 16 件、16% No : 77 件、75% わからない : 9 件、9%	<p>■ Yes ■ No ■ わからない</p>
屋根の断熱の有無 (戸建住宅のみ)	Yes : 21 件、20% No : 63 件、62% わからない : 18 件、18%	<p>■ Yes ■ No ■ わからない</p>

出典 : JICA 調査団

4.3. エアコンに関する調査結果

調査結果の詳細を表 9 に示す。

表 9 エアコンに関する調査結果

質問項目	回答	回答 (グラフ)
エアコンの所有台数	1台 : 48 件、59% 2台 : 24 件、29% 3台 : 3 件、4% 4台 : 7 件、8%	<p>■ 1台 ■ 2台 ■ 3台 ■ 4台</p>
インバータエアコンの所有率	Yes : 26 件、25% No : 76 件、75%	<p>■ Yes ■ No</p>
購入したエアコンのグレード	A+++ : 4 件、6% A++ : 6 件、9% A+ : 3 件、5% A : 37 件、57% B : 1 件、1% D : 1 件、2% F : 1 件、2% わからない : 12 件、18%	<p>■ A+++ ■ A++ ■ A+ ■ A ■ B ■ D ■ F ■ 知らない</p>
次回購入するときに希望するエアコンのグレード	A+++ : 21 件、20% A++ : 9 件、9% A+ : 41 件、40% A : 19 件、19% B : 2 件、2% C : 1 件、1% わからない : 9 件、9%	<p>■ A+++ ■ A++ ■ A+ ■ A ■ B ■ C ■ D ■ わからない</p>

<p>次回購入するときインバータエアコンを購入するか</p>	<p>INV : 30 件、36% Non-INV : 6 件、7% わからない : 48 件、57%</p>	
<p>一般的な性能のエアコンと高効率エアコンがあり、高効率エアコンの方がランニングコストが安くなる場合</p>	<p>購入する : 38 件、37% 費用対効果を検討して購入したい : 57 件、56% 高額なものは購入したくない : 7 件、7%</p>	
<p>購入を検討しているエアコンの性能が A でした。同タイプの A+ のエアコンに対して、A+ と A の差額の 20~30% の補助金が出る場合は、A+ のエアコンを購入したいか</p>	<p>Yes : 94 件、92% No : 8 件、8%</p>	

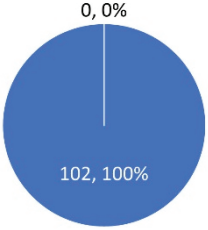
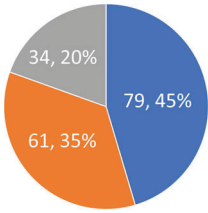
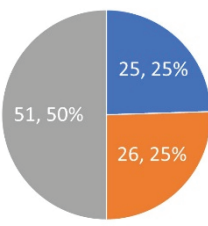
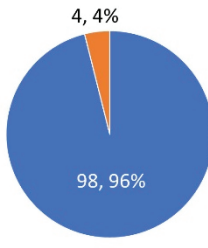
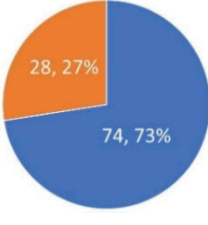
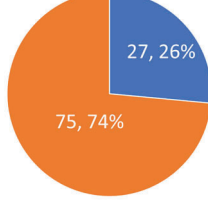
出典 : JICA 調査団

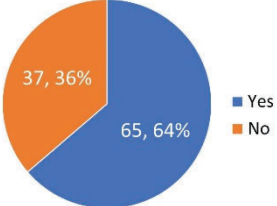
4.4. 省エネ意識に関する調査結果

調査結果の詳細を表 10 に示す。

表 10 省エネ意識に関する調査結果

質問事項	回答	回答 (グラフ)
<p>あなたは省エネに関心がありますか。</p>	<p>関心がある : 93 件 91% あまり関心がない : 9 件 9%</p>	

<p>省エネ教育は重要だと思いますか。</p>	<p>思う：102件 100% あまり思わない：0件 0%</p>	 <p>0, 0%</p> <p>102, 100%</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 思う ■ (あまり) 思わない
<p>省エネが広がるためには、何が重要だと思いますか。</p>	<p>教育：79件 45% 国による広報：61件 35% 経済的メリット（光熱費削減等）：34件 20%</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ 教育 ■ 国による広報 ■ 経済的メリット（光熱費削減等）
<p>あなたは、ヒートポンプ技術を知っていますか</p>	<p>知っている：25件 25% 聞いたことはあるがどのような技術か知らない：26件 25% 聞いたこともないしどのような技術か知らない：51件 50%</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ 知っている ■ 聞いたことはあるが、どのような技術か知らない ■ 聞いたこともないし、どのような技術か知らない
<p>あなたは、普段の生活で省エネ行動をしていますか</p>	<p>行動している：98件 96% あまり行動していない：4件 4%</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ 行動している ■ (あまり) 行動していない
<p>冬場の暖房について</p>	<p>家中どの部屋も一律に暖かい（温度調節できない）：74件 73% 必要な部屋を暖めることができる（温度調節できる）：28件 27%</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ 家中どの部屋も一律に暖かい（温度調節できない） ■ 必要な部屋を暖めることができる（温度調節できる）
<p>冬場の部屋着について</p>	<p>一枚着程度でいる：27件 26% 一枚着程度ではない：75件 74%</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ 一枚着程度でいる ■ 一枚着程度ではない

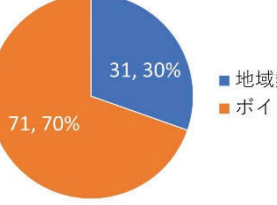
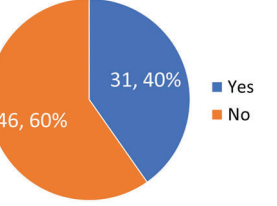
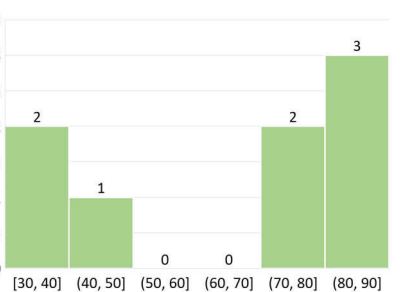
省エネラベルを知っていますか	Yes : 65 件 64% No : 37 件 36%	
----------------	---------------------------------	--

出典：JICA 調査団

4.5. 家庭のエネルギー機器に関する調査結果（エアコン以外）

調査結果の詳細を表 11 に示す。

表 11 家庭のエネルギー機器に関する調査結果（エアコン以外）

質問事項	回答	回答（グラフ）
温水供給 地域熱供給もしくはボイラ	地域熱供給：31 件 30% ボイラ：71 件 70%	
コンビボイラを利用していますか（前問でボイラと回答した人のみ）	Yes : 31 件 40% No : 46 件 60%	
ボイラの効率（ボイラを使用している人のみ）	30-40% : 2 件 40-50% : 1 件 70-80% : 2 件 80-90% : 3 件	

<p>ボイラの設置年数 (ボイラを使用している人のみ)</p>	<p>1990-1995年：2件 1995-2000年：5件 2000-2005年：1件 2010-2015年：2件 2015-2020年：11件 2020-2025年：1件</p>	
<p>温水メータが設置されていますか</p>	<p>Yes：44件 43% No：58件 57%</p>	
<p>冬場、地域熱供給、ボイラの暖房用温水だけでなく、エアコンも併用していますか</p>	<p>併用している：45件 44% 地域熱供給もしくはボイラの暖房用温水のみ：56件 55% エアコンのみ：1件 1%</p>	
<p>節水シャワーヘッドについて</p>	<p>利用している：20件 20% 利用していない／節水シャワーヘッドの存在を知らない：82件 80%</p>	

出典：JICA 調査団

5. 調査結果の分析

5.1. 建物に関する調査結果から得られた示唆

家庭へのアンケート調査の結果から、主に以下3点の事柄が明らかとなり、住宅の断熱性能に改善要素があることが示唆された。

- 窓の種類は、半数の51%が Single-glass である。
- 壁の断熱は、75%の住宅で断熱性能がない。
- 屋根の断熱（戸建住宅）は、6割以上の戸建住宅で断熱性能がない。

5.2. エアコンに関する調査結果から得られた示唆

家庭へのアンケート調査の結果の概要を以下に示す。調査結果からは、性能が A クラスのエアコンが広く普及していることがわかった。今後エアコンを検討する場合は、更に上位のランクの性能のエアコンを希望、もしくはインバータエアコンを希望する声が多く、ランニングコストを検討したいという声が多かった。また、補助金制度があれば、より高効率なエアコンを選択したいという回答が多くあり、高効率機器普及のための制度として検討する価値がある可能性がある。

- エアコンを 1 台所有している家庭は 51%で半数を超える結果であった。
- 所有していない家庭は 23%で、2 台以上所有している家庭は 26%である。
- 購入したエアコンのグレードは、A ランク以上が 77%を占める。
- インバータエアコンを所持している回答は 26%の約 1/4 が持っている結果となっている。
- 次回購入する場合の希望するエアコンのグレードは、A+が 40%、A+++が 20%、A が 19%である。
- 次回購入する場合インバータエアコンを購入するかは、半数以上の回答がわからないと答えました。インバータエアコンもしくはノンインバータエアコンの 2 択では、84%がインバータエアコンを購入したいと回答した。
- 一般的な性能のエアコンと高効率エアコンがあり、高効率エアコンの方がランニングコストが安くなる場合、購入すると答えた人は 37%、費用対効果を検討して購入したいが 56%であった。
- A+と A の差額の 20%から 30%の補助金が出る場合、A+を購入すると回答した人は 9 割を超えている。

5.3. 省エネ意識に関する調査結果から得た示唆

総合的に見て、回答者には一定の省エネ意識があるといえる。また政府の広報が重要であるとしており、省エネ政策立案上の基礎となりうる。

5.4. 家庭のエネルギー機器に関する調査結果から得た示唆

総合的にみて家庭で使用しているボイラには改善余地があること、節水シャワーヘッドの使用拡大余地があることがわかる。これらを具体的な省エネ政策に反映していくことが望ましい。

別添3 省工不機器市場調査

1. 調査の目的

エアコンなど高効率機器の市場における展開の推進方策を検討する上で有用な市場の情報入手することを目的とし、市場調査を実施した。本結果は、今後よりエネルギー効率の高い機器普及に向けた施策を提言するために活用される。

2. 調査の内容

省エネ施策の一つである「ウ」国の省エネラベリング制度は、2015年4月9日に、閣僚閣議令 No.86 で発表され、2016年1月より施行されており、対象、運用状況は表 12 に示す。

表 12 「ウ」国における省エネラベリング制度の状況

項目	状況
ラベリング 対象機器	家電製品 <ul style="list-style-type: none"> ・ 冷凍冷蔵庫 ・ 洗濯機 ・ 家庭用食洗器 ・ 電気調理器 ・ エアコン ・ 照明器具 ・ TV ・ 電気給湯器 ・ 電子レンジ
基準	各種機器エネルギー消費効率基準がある。EU のエネルギーラベルと同様の基準として、2016 運用開始され、以降、基準自体に変更はない。
基準の運用	下位基準を段階的に禁止。2020 年は D が禁止されている。
認証機関	なし
レベリング に関連する 補助金制度	なし

出典：JICA 調査団

機器のエネルギー効率改善を促進するためには、省エネラベリング制度が有効であり、家庭への高効率機器普及を促進するため、同制度を強化していくことが必要と考えられる。そこで、同制度で強化していくべき分野を特定するため、市場における販売実績や普及状況についてヒアリング調査、また、家庭に対する高効率機器の種類や機種等のヒアリング調査を実施した。

3. 調査手法

3.1. 調査対象機器

本調査の重点課題である家庭用エアコンを主たる対象とし、その他に家庭用冷蔵庫、家庭用ボイラについても情報収集を実施した。

3.2. 調査対象

「ウ」国の販売状況を考慮し、小売店を中心に販売店で調査を実施した。小売店は、小売店のタイプは2種類で、家電量販店及び個人経営のものである。家電量販店は、大型の店舗もしくはチェーン店で、大型ショッピングセンターと近接もしくはその一画にある。個人経営タイプの店舗は、多くの店舗がある区画のなかで営業されている。

3.3. ヒアリング項目

下記の項目を中心にヒアリングを実施した。

(販売状況)

分類、消費電力、効率クラス、価格、販売台数

(普及要因)

販売動向、省エネラベル、インバータの有用性、暖房器具としてのエアコン利用

4. 調査結果

ヒアリングで得られた結果を以下に整理する。

4.1. 販売状況

家庭用エアコンの分類、販売状況は表 13、表 14 に示す。

表 13 家庭用エアコンの販売状況

店舗	機種	分類	消費電力 (W)		グレード	平均価格 (スム)	販売台数 (年間)	INV比率
			暖房時	冷房時				
MALIKA (個人経営タイプ)	主要機種	18	1500	1640	A	6,500,000	—	
	省エネ機種	18	1410	1580	A以上	8,000,000		
IDEA (家電量販店・チェーン店タイプ)	主要機種	12	1200	1085	A	7,000,000	500	30%
	省エネ機種	12	1099	1000	A以上	8,000,000	100	

表 14 家庭用エアコンの分類

区分	単位	индекс (インデックス)						
		05	07	09	12	18	24	30
Маркировка (分類)	BTE (BTU)	05	07	09	12	18	24	30
Производительность (能力)	к В Т (kW)	1.5	2.0	2.5	3.5	5.5	7	9

出典：JICA 調査団作成

4.2. エアコンの販売動向

販売動向は下記の状況にある。

- 家庭用エアコンの販売動向は増加している。2016年に省エネラベリングが始まっているが、そのころと比較して2倍以上に増加している。一般販売店、家電量販店店舗とも家庭用エアコンの販売は増加している。
- 家庭用エアコンは夏季の販売が多い。販売台数を夏と冬を比較すると5:1くらいである。ただし、1月～2月は家電市場全体に売れ行きが良くない時期である。
- 家庭用エアコンの販売数増加の理由として、気候変動による夏季の猛暑、「ウ」国の経済発展、大型小売店では分割支払い制度の導入などがあげられている。

4.3. 販売されているエアコンの性能

販売されているエアコンの省エネ性能は下記の状況にある。

- 省エネ効率クラスについては、省エネラベルが開始された2016年ころは、BもしくはCの製品が多かったが、今はA以上のものが主流となっている。
- 以前は、インバータエアコンは販売されていなかったが、最近は増加してきている。
- エアコン性能の信頼性について、「ウ」国国産機種に対する信頼性が乏しいとするコメントが販売店から得られている。適切な認証制度が検討課題の一つであることを示唆している。

5. 調査結果の分析

市場でヒアリングした状況をもとに、下記の考察を行った。

表 15 に示すように、SCS 統計データでは、100 世帯におけるエアコン普及台数は 2020 年で 40%であり、エアコンの普及余地は多く残っている。このことと現在の市場における販売の状況を考慮すれば、販売台数が増加していく傾向が続くと考えられる。

表 15 100 世帯に占めるエアコンの台数 (SCS 統計)

Provision of the population with durable goods (the number of goods per 100 households)

(based on the results of sample surveys of households)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	january- december 2020
Conditioners	19	20	27	29	30	32	34	34	35	39	40

出典：JICA 調査団作成

販売されているエアコンの性能については、省エネラベルが始まった 2016 年頃の効率クラスの主流が B もしくは C クラスとなっていた。一方で 2021～2022 年において、販売の多い主流の機器は A クラスとなっており、販売されている家庭用エアコンの効率クラスが上昇している。A+以上の省エネ機器は現在の主流ではないが、販売されている。

従って今後の政策的課題として、主流販売機器をより省エネ型に上昇させていくことが考えられる。

インバータエアコンの販売比率は現在 30%程度である。従ってインバータエアコンについても、普及を促進する余地がある。

以上より今後エアコンの普及は増加すると予想される一方、高効率エアコンへの移行代が広く残っていることがわかる。

なお、家庭用エアコンのクラスごとの性能は、表 16 に示すようになっている。A+++と A クラスの性能を比較すると、3 割以上の省エネ効果が見込め、更にインバータ化による省エネ効果も見込むことができる。今回の調査から、今後のエアコンの効率向上余地を確認することができた。

表 16 家庭用エアコンのクラス

Energy efficiency classes for air conditioners

Energy Efficiency Class	SEER	SCOP
A+++	SEER \geq 8,50	SCOP \geq 5,10
A++	6,10 \leq SEER $<$ 8,50	4,60 \leq SCOP $<$ 5,10
A+	5,60 \leq SEER $<$ 6,10	4,00 \leq SCOP $<$ 4,60
A	5,10 \leq SEER $<$ 5,60	3,40 \leq SCOP $<$ 4,00
B	4,60 \leq SEER $<$ 5,10	3,10 \leq SCOP $<$ 3,40
C	4,10 \leq SEER $<$ 4,60	2,80 \leq SCOP $<$ 3,10
D	3,60 \leq SEER $<$ 4,10	2,50 \leq SCOP $<$ 2,80
E	3,10 \leq SEER $<$ 3,60	2,20 \leq SCOP $<$ 2,50
F	2,60 \leq SEER $<$ 3,10	1,90 \leq SCOP $<$ 2,20
G	SEER $<$ 2,60	SCOP $<$ 1,90

出典：EU energy labelling

5.1. 調査によって得られたその他の情報

家庭用冷蔵庫に関して表 17、家庭用ボイラに関して表 18 の情報が得られた。このうち冷蔵庫に関して、省エネ機種は現在販売主流機種でないが販売されている。家庭用冷蔵庫は表 19 に示すように高効率クラス機器の効果が大きいことから、今後の高効率機器普及政策による効果の余地が大きいといえる。

表 17 家庭用冷蔵庫の効率クラスと価格

店舗	機種	消費電力 (W)	効率 クラス	平均価格 (UZS)	平均価格 (USD)
MALIKA (個人経営)	販売主流機種	299,000	A	6,000,000	540
	省エネ機種	256,000	A++	8,000,000	720
IDEA (家電量販店チェーン)	販売主流機種	286,000	A	5,000,000	450
	省エネ機種	233,000	A++	8,000,000	720

出典：JICA 調査団

表 18 家庭用ボイラの販売価格

店舗	消費電力 (W / B T)	価格 (UZS)	価格 (USD)
MALIKA (個人経営店)	20000	3,500,000	315
	26000	6,770,000	609

	24000	7,500,000	675
IDEA (家電量販店チェーン)	28000	9,198,000	828

出典：JICA 調査団

表 19 家庭用冷蔵庫のクラス別効率

Energy efficiency class	Energy Efficiency Index
A+++ (most efficient)	$EEI < 22$
A++	$22 \leq EEI < 33$
A+	$33 \leq EEI < 42$
A	$42 \leq EEI < 55$
B	$55 \leq EEI < 75$
C	$75 \leq EEI < 95$
D	$95 \leq EEI < 110$
E	$110 \leq EEI < 125$
F	$125 \leq EEI < 150$
G (least efficient)	$EEI \geq 150$

出典：EU energy labelling の表を引用

別添4 断熱性評価のための現地調査

1. 調査の目的

集合住宅のエネルギー効率改善策について検討するため、ビルの壁や配管等の断熱性についてのヒアリング調査および現地調査を実施した。本調査の結果は、住宅の断熱性評価の分析と断熱性能向上のための改善策の提言作成に利用される。

2. 調査概要

MDHCS の手配により集中熱供給を受けている集合住宅 2 棟について、外観と地下の熱供給を受けている配管部分の目視等による現地調査を実施した。調査をした住宅の 2 棟（A 棟：9 階建て、B 棟：12 階建て）の概要は、表 20 に示すとおりである。人が居住している住宅に関する観察による調査のため、寸法は概略の観察推定である。

表 20 調査対象物件の概要

A 棟概要	9 階建て、世帯数：90 世帯 幅：50m、高さ：30m、奥行：15m、1 世帯の延べ床面積：75 m ² 外皮面積：正面+背面：50m×30m×2 面=3,000 m ² 側面：30m×15m×2 面=900 m ² 屋上面/地下面：15m×50m=75 m ² 窓面積：931 m ² （壁面積の 24%）
B 棟概要	12 階建て、A 棟よりは高級タイプ。黄昏時のため寸法詳細不明。

出典：JICA 調査団

上述のとおり、本現地調査は人が居住している住宅を対象にしたため、一部分の破壊を伴うような精緻な検査・測定などは困難であった。このため、例えば壁面内部については本事業で行った他の調査で得られた情報などから類推する等、実態と極力乖離しないように情報を補完することで、建物の現状を明らかにするものとした。その結果を踏まえ、エネルギー効率改善に関する分析を行い、提言を検討するものとした。

3. 調査結果および分析

3.1. 熱収支に関する分析

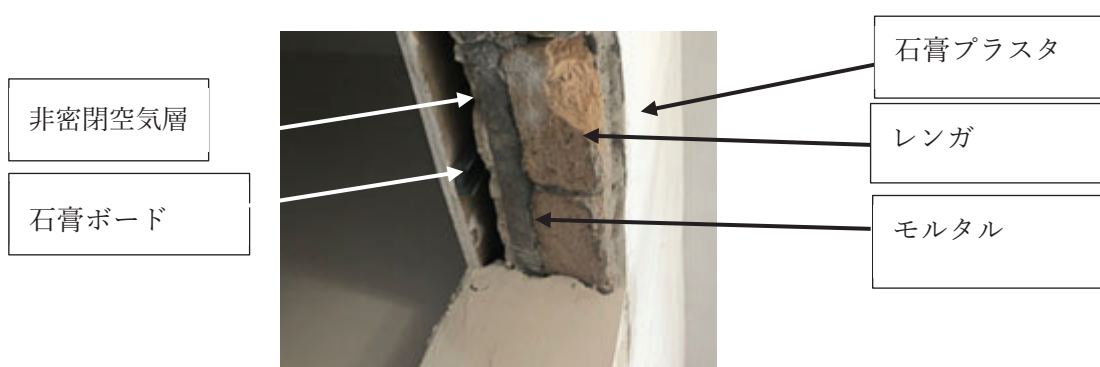
集合住宅における熱収支として、視察調査によって得られた情報を踏まえて、建物全体の断熱性を想定するとともに、熱収支の因子を特定・仮定した。それらを踏まえて空調負荷を

算出することで、エネルギー効率性改善に資する提言のための分析結果を提示する。

3.1.1. 集合住宅の断熱性と構造

1) 集合住宅の断熱性と構造について

壁面の構造に関しては、建築途上の集合住宅と、空調実証実験を行った“ウズベキスタン - 日本・青年イノベーションセンター (UJIYC)の構造を参考にした。



出典：JICA 調査団撮影

図 4 壁面構造 (UJIYC の建物)

図 4 に示すように、壁面内部は熱貫流率の低いレンガを使用して断熱性を向上、表面は石膏プラスタ、内側はモルタル仕上げと、内面に非密閉空気層を設けた構造となっている。室内の内面は石膏ボードが貼付けられていた。

現地調査で把握した壁面の構造から、断熱性の指標である熱貫流率を算出した結果を表 21 に示す。壁の熱貫流率は $2.0718(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ となっており、一般の鉄筋コンクリートの建物より断熱性は良いという結果が得られた。また厚みのあるレンガを使用したことで蓄熱効果もあり、ウズベキスタンの様な気温変動が激しい気候において、気温変動の影響を緩和する役目も果たしている。

表 21 壁の熱貫流率の算出

材料 (外側から)	Thickness mm	熱伝導率 W/mK	熱伝達抵抗 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
石こうプラスタ	20	1.6	0.0125
レンガ	100	0.64	0.1563
モルタル	30	1.6	0.0188
非密閉空気層	40	-	0.0700
石こうボード	12	0.17	0.0706

熱貫流率 U W/m^2K	2.0718
-----------------	--------

出典：JICA 調査団

2) 窓の構造と断熱性

窓ガラスは単層ガラスになっており、熱貫流率は $6.4 (W/m^2 \cdot K)$ (日本板硝子協会 WEB 公開情報)と見込まれる。壁面よりかなり大きな数値であり、気温と室温差による熱の流入・流出は主に窓ガラスを通していていると考えられるが、窓ガラスの面積割合が外壁の 24%(目測)と日本と比べてかなり小さくなっており、冬対策を考慮している。また窓面側はベランダ、庇が設置され、日射が直接室内に入らない構造となっており、夏の日射の影響を考慮しているものとなっていた。

3) 棟の屋上構造と断熱性

棟の屋上部は構造的にレンガを積み込むことができないので、目測にて 30cm のコンクリート面と推定した。この場合の熱貫流率は $2.92 (W/m^2 \cdot K)$ と算出した。

4) 棟の地上面の構造と断熱性

棟の地下部分はユーティリティエリアとなっており、熱供給のための配管、水道配管などが設置されているが、基本的には空間である。1階の地上面は地下から見た結果、コンクリートのみでできており、厚みは外部からみて 50cm と推定した。この時の熱貫流率は $2.14 (W/m^2 \cdot K)$ と算出した。地下部分は湯配管の放熱により温められており、熱収支から除外する。また給湯及び暖房配管の裸鉄管が棟内を設置されているが、レンガに固定されているため、配管からの熱放散は外気へ放散されていると仮定した。

3.1.2. 空調負荷と熱収支

「ウ」国に適した空調能力を検討するため、上記で想定した断熱性を踏まえ、現地調査を実施した集合住宅 A 棟について空調負荷を検討した。建物が外断熱構造のため、熱収支を検討する場合、棟全体での熱の収支を算出した。以下、算出結果を整理した上で、今回現地調査を実施した下記条件に適した空調能力を示す。

なお、検討前提条件として、空調設定温度は夏期(6月～8月)に $25^{\circ}C$ 、冬期(11月～4月)に $25^{\circ}C$ とした。外観より全戸エアコン設置と推定し、壁面からの熱収支、窓からの熱収支、内部発熱(人体、電気機器)からの熱放散量を算出した。次項以降に各数値および算出条件を示す。

1) 外部から建屋への熱収支

i) 壁面からの熱収支

壁面面積：2,969 m² (正面+背面(3,000 m²)+側面(900 m²)-窓面積(931 m²))

表 22 壁面からの熱収支

期間	月	気温℃	室温との差℃	外皮面積(m ²)	熱貫流率(W/m ² K)	熱収支(MWh/月)
夏期	6月	25.5	0.5	2,969	2.0718	2.3
	7月	27.6	2.6			11.9
	8月	25.6	0.6			2.7
	小計					17
冬期	11月	8.8	16.2	2,969	2.0718	71.7
	12月	4.1	20.9			95.6
	1月	1.4	23.6			104.5
	2月	3.2	21.8			90
	3月	9.3	15.7			71.8
	4月	15.9	9.1			40.3
	小計					474

出典：JICA 調査団

ii) 棟の屋上からの熱収支

屋上面積：750 m²

表 23 棟の屋上からの熱収支

期間	月	気温℃	室温との差℃	外皮面積(m ²)	熱貫流率(W/m ² K)	熱収支(MWh/月)
夏期	6月	25.5	0.5	750	2.92	0.8
	7月	27.6	2.6			4.2
	8月	25.6	0.6			1
	小計					6
冬期	11月	8.8	16.2	750	2.92	25.5
	12月	4.1	20.9			34
	1月	1.4	23.6			38.5
	2月	3.2	21.8			32
	3月	9.3	15.7			25.5
	4月	15.9	9.1			14.4

	小計	170
--	----	-----

出典：JICA 調査団

iii) 窓からの熱収支

窓面積：931 m²

表 24 窓からの熱収支

期間	月	気温°C	室温との差°C	窓面積(m ²)	熱貫流率(W/m ² K)	熱収支(MWh/月)
夏期	6月	25.5	0.5	931	6.4	2.2
	7月	27.6	2.6			11.5
	8月	25.6	0.6			2.7
	小計					16
冬期	11月	8.8	16.2	931	6.4	70
	12月	4.1	20.9			92.7
	1月	1.4	23.6			104.7
	2月	3.2	21.8			87.3
	3月	9.3	15.7			69.7
	4月	15.9	9.1			39
	小計					463

出典：JICA 調査団

2) 内部発熱

i) 人の発熱

夏期：5人/世帯×90世帯×60%(在宅率)×116W/h(軽作業)×24h/日×90日/
(夏期期間)=68MWh/棟夏期

冬期：5人/世帯×90世帯×60%(在宅率)×116W/h(軽作業)×24h/日×181/
(冬期期間)=136MWh/棟冬期

ii) 電気機器による発熱量

1世帯当たりの電気消費量（日本：4.17MWh/年、国土交通省調査）を参考にした。

夏期：4.17MWh/年世帯÷12ヶ月×3ヶ月×90世帯/棟=94MWh/棟夏期

冬期：4.17MWh/年世帯÷12ヶ月×3ヶ月×90世帯/棟=188MWh/棟冬期

3) 棟全体の熱収支から空調負荷算出

i) 夏期の熱収支（棟全体）

$$\begin{aligned} \text{空調負荷} &= \text{人の発熱量} + \text{電気消費量} + \text{外部から建屋への熱流入（壁、屋上、窓）} \\ &= (68\text{MWh/棟} + 94\text{MWh/棟} + 17\text{MWh/棟} + 6\text{MWh/棟} + 16\text{MWh/棟}) \\ &= 201\text{MWh/棟} \end{aligned}$$

ii) 冬期の熱収支

$$\begin{aligned} \text{空調負荷} &= \text{建屋（壁、屋上、窓）から外部への熱放散} - \text{人の発熱量} - \text{電気消費量} \\ &= (474\text{MWh/棟} + 170\text{MWh/棟} + 463\text{MWh/棟} - 136\text{MWh/棟} - 188\text{MWh/棟}) \\ &= 783\text{MWh/棟} \end{aligned}$$

iii) 棟全体

夏期の空調負荷は 201MWh、冬期の空調負荷は 783MWh と算出され、1 世帯あたりの空調負荷は下記となる。

$$\text{夏期の空調負荷} : 1\text{kW/h} \quad (201\text{MW/棟} \div 90 \text{ 世帯} \div 3 \text{ ヶ月} \div 30 \text{ 日} \div 24\text{h/日})$$

$$\text{冬期の空調負荷} : 2\text{kW/h} \quad (783\text{MW/棟} \div 90 \text{ 世帯} \div 6 \text{ ヶ月} \div 30 \text{ 日} \div 24\text{h/日})$$

3.1.3. 分析結果

冬の空調負荷をエアコンで賄うと仮定すると、負荷率を 60%(霜取りを考慮して)として $2\text{kW/h} \div 60\% = 3.4\text{kW}$ となり、気温変動も加味すると選択するエアコンは 3.6kW タイプか 4.2kW タイプになる。

これに対して夏の空調負荷をエアコンで賄うには負荷率を 80%とおいて、 $1\text{kW/h} \div 0.8 = 1.2\text{kW}$ の能力のエアコンで間に合う。日本では夏場、湿気が多く、除湿のための負荷が多いので能力 2.2kW クラスのエアコンが最小であるが、低湿度のタシケントでは 1.2kW、0.9kW のエアコンも販売されている。冬用のエアコンとは大幅に能力が異なるので夏専用で購入したエアコンでは冬の暖房のメイン熱源とはなりえない。1 年中、エアコンを使用する場合には能力 3.6kW タイプ以上のエアコンが必須と考える。

3.2. 熱ロスに関する分析

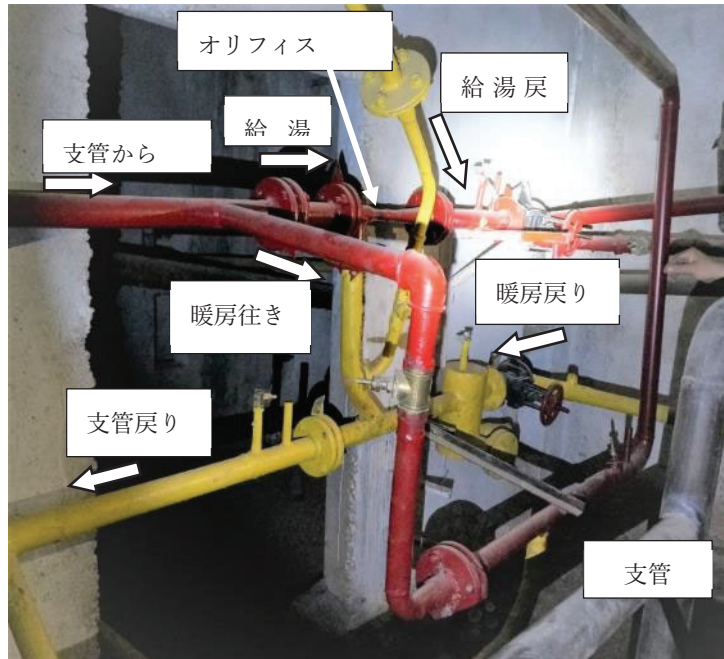
現地調査の結果、配管からの熱ロスなどが発生していることが明らかとなったため、現地調査の結果を踏まえた分析を行い、改善策を検討する。

3.2.1. 配管の状況としくみ（現地調査結果）

図 5～図 7 に示すとおり、熱供給所からの給湯は、本館から枝分かれした支管により地下を通して供給されている。支管から棟への給湯配管(赤色)は、途中で給湯用と暖房用に枝分かれしている。暖房配管は棟内を一巡し、戻りの支管に接続する形式となっている。給湯

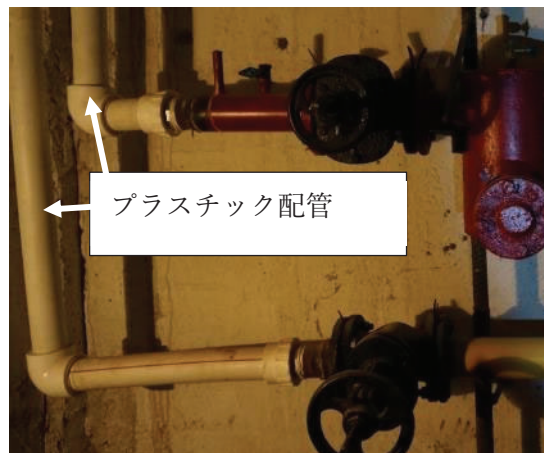
配管は一部オリフィスになっており、使われなかった湯はオリフィスの負圧により再循環を行っている。夜間の様にほとんど熱の使用がない場合に、一部、循環させることで凍結防止の役目もしている。残りは熱供給所へ支管を介して戻っていく仕組みとなっている。

棟内の鉄管及び支管は、現在、保温が全くない状況である。今後、建屋内の配管は住民の負担で断熱が実施される計画であり、12階の高級集合住宅B棟はプラスチック配管に更新済みであった。



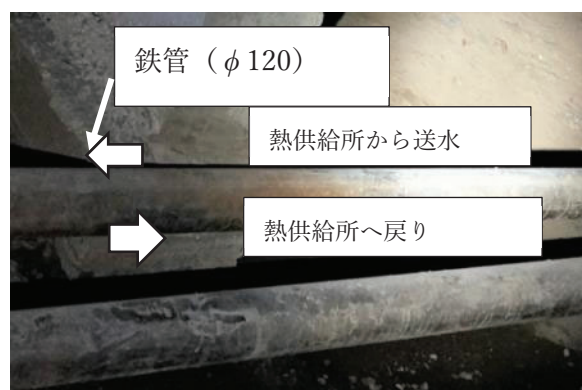
出典：JICA 調査団撮影

図 5 熱供給所からの湯の流れとしくみ(地下室)



出典：JICA 調査団撮影

図 6 プラスチック配管 (B 棟)



出典：JICA 調査団撮影

図 7 支管(行き、戻り)の状況

3.2.2. 配管からの熱ロスの状況

支管については距離、湯温の状況が把握できないので、ここでは棟内の鉄配管からの熱ロスの算出を行う。

【前提条件】

配管長：給湯：960m/棟、暖房：960m/棟 (建屋の横方向、高さ方向を往復)

湯温：60℃ (熱供給所のヒアリングより行き温度：71℃、帰り 56℃より推定)

配管周囲温度：25 度

表 25 棟内配管からの熱ロスの算出

No	名称	サイズ	直管相当 長さ (m/個)	数量 (個)	1m 当たり放散熱量		放散熱量 (MJ/h)
					(W/m)	(MJ/m・h)	
1	フランジ型玉形弁	20A	1.06	90	36	0.13	12.5
2	フランジ	20A	0.46	180	36	0.13	10.8
3	配管	20A	960.0	-	36	0.13	313.4
熱ロス合計							337

出典：JICA 調査団

また、鉄管からの自然対流放散熱量は JIS A 9501「保温保冷工事施工基準」から周囲温度 25 度の時の放散熱量 36W/m を使用した。以上の結果より、給湯配管および暖房用の配管からの熱放散は以下の値となった。

給湯配管からの熱放散：

$$337\text{MJ/h} \times 24\text{h/日} \times 365\text{日/年} = 2,952\text{ GJ/年} = 820\text{MW/年}$$

暖房時の配管からの熱放散：

$$337\text{MJ/h} \times 24\text{h/日} \times 6\text{ヶ月/年} \times 30\text{日} = 1,456\text{GJ/年} = 404\text{ MW/年}$$

以上の算出結果合計で棟内の配管関係において、1,224MW/年の熱放散が年間発生していると推測される。更に、集合住宅全体の熱収支について、集中熱供給棟、独立熱供給棟、個別熱供給棟を合わせた全体の熱収支を表 26 に示す。

表 26 集合住宅全体の熱収支

No	住宅タイプ	棟数	配管からのロス(MW)	暖房エネルギー(MW)	給湯エネルギー(MW)	合計(TW)
1	集中熱供給	15,120	1,224	783	549	37.7
2	独立熱供給	5,588	245	783	549	8.8
3	個別熱供給	17,674	—	783	549	22.6
	合計					69.1

※1：独立熱供給タイプの配管状態は完全に保温されていると仮定し、20A 配管保温率は JIS より 80%であり、独立熱供給を 245MW(1,224×20%)とした。現地調査を実施していないため仮定である。

※2：給湯エネルギーはシャワーと食器洗浄に分けて算出した。

$$\text{シャワー：} 82\text{L/回} \times 5\text{人} \times 90\text{世帯} \times 365\text{日/年} \times (45^\circ\text{C}-15^\circ\text{C}) = 469\text{MW/年}$$

$$\text{食器洗浄他：} 70\text{L/日} \times 90\text{世帯} \times 365\text{日/年} \times (45^\circ\text{C}-15^\circ\text{C}) = 80\text{MW/年}$$

合計の熱量 69.1TW は、TJ 換算で 249,000TJ となり、住宅部門のガス消費量データ 352,547TJ の約 7割に相当する。

出典：JICA 調査団

3.2.3. 熱ロス源の特定

熱ロスは大きく分けて、建屋と熱配管からの熱放散である。前項の熱収支に関する分析で得られた数値も踏まえ、各熱ロス源および損失量を表 27 に示す。

表 27 熱ロス内訳

建屋からの熱放散ロス		配管からの熱放散ロス	
壁面	474MW/年	給湯配管	820 MW/年
屋上面	170 MW/年	暖房配管	404 MW/年

窓	463 MW/年		
小計	1,107 MW/年	小計	1,224MW/年

出典：JICA 調査団

3.2.4. 改善策

熱ロス対策としては主に断熱・保温対策であり、次の4つがあげられる。

① 窓ガラスの複層化

- ・ 透明なガラスを2枚重ねることで、210MW/年の削減効果が得られる。

(算出方法)

熱貫流率 : 6.4 ⇒ 3.5 (W/m²・K)

熱ロス : 463MW/年 ⇒ 253MW/年

- ・ 室内の赤外線を反射する金属膜をコーティングした Low-e ガラスにすることで、326MW/年の削減効果が得られる。

(算出方法)

熱貫流率 : 6.4 ⇒ 1.9 (W/m²・K)

熱ロス : 463MW/年 ⇒ 137MW/年

② 最上階の天井裏へ断熱材を吹き付け(100mm)、又は断熱材貼付けの設置により、147MW/年の削減効果が得られる。

(算出方法)

熱貫流率 : 2.92 ⇒ 0.4 (W/m²・K)

熱ロス : 170MW/年 ⇒ 23MW/年

③ 硬質ウレタンボード 30mm の壁面(レンガ面)への貼付けにより、346MW/年の削減効果が得られる。

(算出方法)

熱貫流率 : 2.07 ⇒ 0.56 (W/m²・K)

熱ロス : 474MW/年 ⇒ 128MW/年

④ 配管の保温

現在、B棟にて保温対策のため実施しているプラスチック配管への置き換え対策の場合、配管が細いため、保温部分の肉厚が大きくとれていない。目測でプラスチックの肉厚が5mmとかなり薄いため、保温効果はそれほど高くはないと思われる。

材質はポリプロピレン(PP-R)であり、熱伝導率は0.25(W/mK)、厚み5mmと想定すると、放射放熱量は27.4W/mとなる。

放射放熱量 : 36 ⇒ 27.4W/m

熱ロス : 1,224MW/年 ⇒ 932 MW/年

効果 : 292 MW/年(現状より 24%の放散熱削減)

配管の保温では、JIS に基づき断熱材を 20mm とすることで、保温効率 80%を維持することが可能となる。

保温効率 80%向上

熱ロス : 1,224MW/年 ⇒ 245MW/年

効果 : 979MW/年

これより鉄管に保温材を厚く巻き付けた方が効果は大きい。

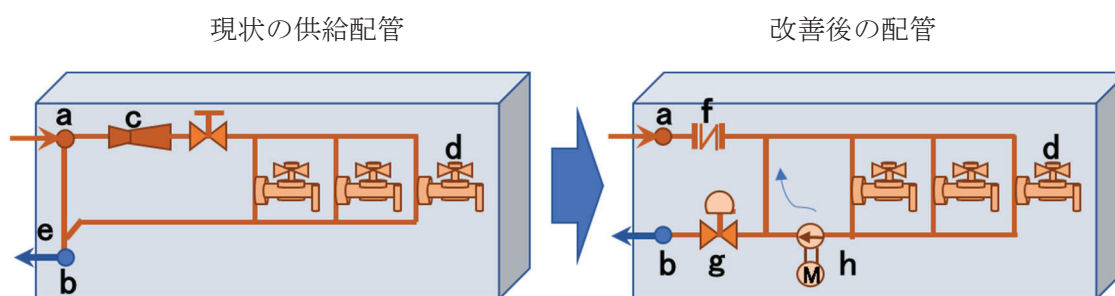
上記 4 つの改善策に加え、配管構成の改善によっても熱ロスを防ぐことが可能と考えられるため、その具体的な改善方法を以下に示す。

⑤給湯配管構成の改善

現状の集合住宅への給湯の配管系統は、図 8 に示すように、熱供給所から来た給湯は a 点でバイパス管と棟内への配管に分岐している。棟内への配管入り口には冬期の夜間凍結防止としてオリフィス(c)が設置されているが、機能上は役立っていない。

本来ならオリフィスの括れた圧力の低い部分に返送の配管を接続するべきだが、バイパス配管に斜めに接続されており(e 点)、返送された給湯を吸引している。バイパス管の中を流れたお湯は、棟内にはいかずにそのまま熱供給所へ返送されており(a 点→b 点)、エネルギーのロスとなっている。以上のロスを削減するため、循環ポンプとバイメタルバルブにより、バイパス管の廃止と棟内をお湯の循環をさせる配管方法を提案する。

c 点にあったオリフィスとバルブを撤去し、循環ポンプ(h)を取り付けるため、逆止弁(f)を取り付け、お湯を棟内の中を循環するようにする。棟内からの排出部分にバイメタルバルブ(g)を取り付け、棟内を循環して 45°C以下までに冷えた湯を熱供給所へ返送することで、熱供給所からの熱量を有効に使用することが可能である。



出典：現地観察例を図示（JICA 調査団作成）

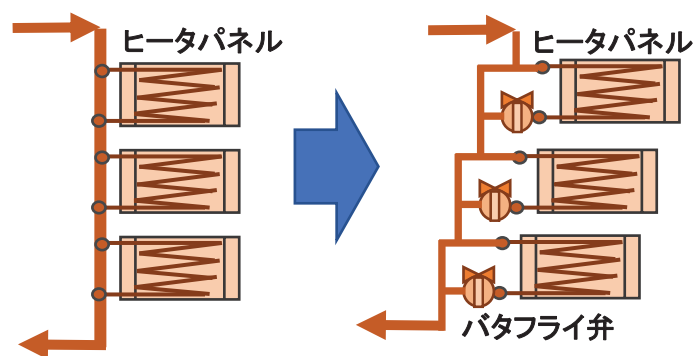
図 8 集合住宅内の給湯の配管

⑥棟内暖房用ラジエータ配管の改善

通常の暖房用のラジエータへの配管は、行きと帰りの 2 本の配管で構成されるが、現

状の住宅内の配管は 1 本で対応しており、行きと帰りのお湯が混じり合っていくため、川上のラジエータは温度が高すぎるが、川下のラジエータになるほど湯の温度が下がり、効率が低下していく。

これを図 9 に示すように、配管のつなぎ方を改善することで省エネを図る。ラジエータ（ヒータパネル）の入り口部は、全圧（静圧+動圧）がかかるように T 字配管を追加する。出口部の配管構造は、そのまま中間にバイメタルを利用したバタフライ弁を取り付けて一定温度以下にならないとお湯が流れないようにすることで、均等の加熱が可能である。



出典：現地観察例を図示（JICA 調査団作成）

図 9 暖房用配管の改善

4. 建物の断熱性評価と提言

上記までで得られた調査・分析結果を元に、本節では、住宅（戸建住宅と集合住宅）における断熱性について、次の順序で分析考察を行った。分析結果を元に、住宅における対策の提言を示す。

- ① IEA データを用いて家庭部門で利用されているエネルギーの種類と量の確認
- ② 戸建住宅の戸数と集合住宅の棟数の確認
- ③ 住宅の躯体性能から求めた必要熱量の確認
- ④ 戸建住宅と集合住宅（地域熱供給の供給を受けない集合住宅）の躯体性能から求めた必要熱量と IEA データの家庭部門で利用されているエネルギーの比較
- ⑤ 集合住宅（地域熱供給のみ）の躯体性能から求めた必要熱量と IEA データの家庭部門での熱エネルギーの比較
- ⑥ 戸建住宅と集合住宅に必要な対策の提言

4.1. IEA データを用いて家庭部門で利用されているエネルギーの種類と量の確認

IEA2018 のデータの家庭部門のデータは次のようになっている。

家庭部門（単位：ktoe）

- ・天然ガス：8,002
- ・熱（温水）：1,079
- ・電力：1,169
- ・石油製品：509
- ・石炭製品：471

4.2. 戸建住宅の戸数と集合住宅の棟数の確認

戸建住宅の戸数については、SCS のサイトでその統計データを確認できなかった。そのため、ウズベキスタンのニュースサイト（KUN.UZ）にあった集合住宅の棟数情報と、SCS のサイトにある戸建住宅と集合住宅の比率情報から、表 28 に示すとおり戸建住宅数を算出した。

表 28 各種住宅等の数値情報

No.	種別	数値
①	集合住宅の棟数	38,382 棟
②	集中熱供給を受けている棟数	15,120 棟 (39.4%)
③	独立した供給熱源を所有	5,588 棟 (14.6%)
④	個別熱供給をしている棟数	17,674 棟 (46%)

出典： <https://kun.uz/en/61105041> を参考に JICA 調査団作成

ここでは、③と④は地域熱供給の温水供給を受けていないと理解した。暖房用温水、給湯はガスを燃料としている点では、戸建住宅と同様と考える。

この情報を確認するために、SCS へ質問を打診中で、回答を得ていない。回答次第では、本分析内容が変更する可能性があることを十分留意しておく必要がある。

SCS の戸建住宅と集合住宅の比率は表 29 の示すようになっている。

表 29 SCS の戸建住宅と集合住宅の比率

種別	割合
集合住宅	21.5%
戸建住宅	77.9%
他	0.6%

出典： <https://stat.uz/en/official-statistics/>

以上より、戸建住宅の戸数を 139,068 戸と推定した。

また、SCS の統計データから、住居数（集合住宅と戸建住宅の合計）は約 650 万戸である

ことがわかった。

表 30 地域別住居数

Number of residential apartments (houses) by region

(at the end of the year, units)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Republic of Uzbekistan	5,512,030	5,571,042	5,629,349	5,718,187	5,804,059	5,796,860	5,940,490	5,924,275	6,074,552	6,337,713	6,589,931
Republic of Karakalpakstan	258,964	265,821	266,771	269,288	285,727	288,548	298,813	326,867	326,634	364,400	366,942
<i>regions:</i>											
Andijan	498,989	503,525	509,296	514,483	527,222	534,234	542,539	550,287	555,982	563,342	571,670
Bukhara	299,942	302,017	302,343	302,738	314,784	319,911	324,635	339,121	378,245	410,614	428,548
Jizzakh	185,984	188,582	191,155	194,281	197,188	200,062	202,898	205,545	208,310	213,606	220,102
Kashkadarya	407,804	416,719	420,928	438,874	442,239	481,113	511,314	549,308	574,959	604,882	671,233
Navoi	170,292	171,509	173,782	174,943	176,213	178,449	182,966	198,145	204,511	212,876	217,414
Namangan	508,740	522,295	533,248	550,389	561,731	569,265	585,375	444,622	453,230	485,482	513,433
Samarkand	524,236	529,945	536,034	542,806	550,744	558,687	570,333	590,401	600,570	612,346	623,448
Surkhandarya	359,555	372,518	373,461	375,692	377,893	380,641	383,288	413,149	424,810	437,818	447,955
Syrdarya	148,741	147,129	152,986	154,612	156,785	157,830	152,050	151,957	154,753	158,712	160,173
Tashkent	557,810	552,334	557,401	577,233	580,959	586,158	594,317	604,886	610,015	617,483	687,295
Fergana	666,120	666,355	669,156	670,800	674,951	689,824	701,454	642,560	650,201	654,955	660,266
Khorezm	261,337	263,508	267,427	271,102	271,867	273,449	307,082	318,402	328,268	363,279	368,437
Tashkent city	663,516	668,785	675,361	680,946	685,756	578,689	583,426	589,025	604,064	637,918	653,015

*Information of the Cadastral Agency under the State Tax Committee of the Republic of Uzbekistan

出典： <https://stat.uz/en/official-statistics/>

この数字は、ウズベキスタンの総人口が約 3500 万人で、平均世帯人数が 5 人であることから、妥当な数字だと考えられる。

以上の集合住宅と戸建住宅の比率と、ウズベキスタン国内の全住居数より、集合住宅 1 棟に住む平均世帯数は約 170 世帯と推定した。各住居数は表 31 に示すとおりと推定した。

表 31 各住居数の推定値

	棟数・戸数	住居数
戸建住宅	139,068	139,068
集合住宅	38,382	6,486,558
地域熱供給	15,120	2,555,280
個別熱源	5,588	944,372
他	17,674	2,986,906

出典：JICA 調査団

4.3. 住宅の躯体性能から求めた必要熱量の確認

戸建住宅の条件は、SCS、家庭へのアンケート調査を参考に、表 32 のように設定した。集合住宅については本章 3.1.1 と同じ条件を設定し、技術的な検討方法も同一である。

表 32 戸建住宅の条件

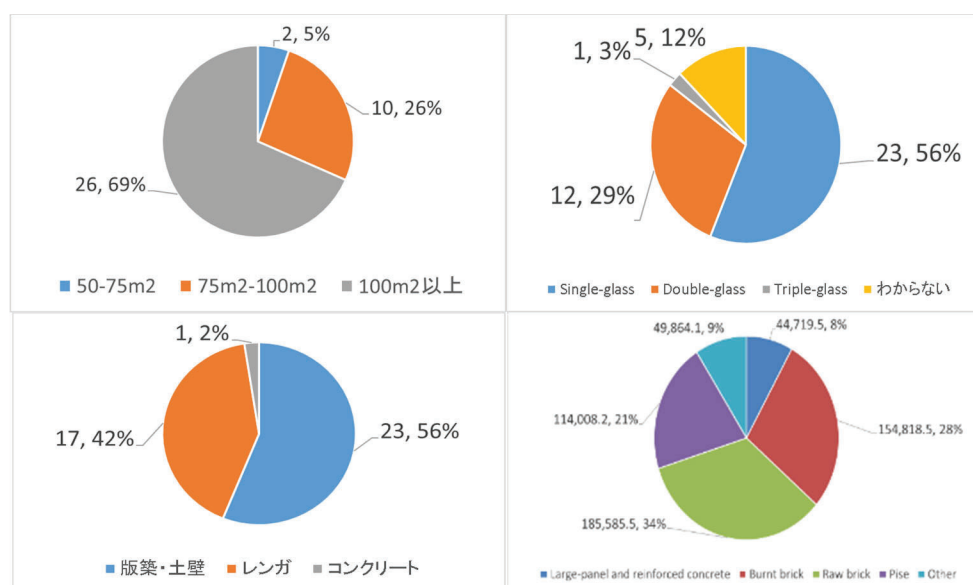
延べ床面積	125m ² (10m×12.5m)
壁の高さ	3m
壁面積	135m ² (窓面積を除いた壁面積：108m ²)

別添 4 断熱性評価のための現地調査

窓面積	27m ² （壁面積の約 2 割）
壁の厚さ	200mm
屋根面積	144m ² （延べ床面積×1.15）
壁仕様	土壁（熱貫流率：0.7）
窓仕様	Single-glass（熱貫流率：6.4）
室温	25°C※

※家庭への ENQ 調査の結果は、冬期の室温は 24.6°C という回答であった。ここでは集合住宅の条件と同じにして 25°C とする。

出典：JICA 調査団



出典：<https://stat.uz/en/official-statistics/>

図 10 戸建て住宅の条件についてのアンケート結果



出典：JICA 調査団撮影

図 11 戸建て住宅の外観

表 33 住宅に使用される壁仕様

	厚さ (m)	熱伝導率 (W/mK)	熱伝達抵抗 (m ² K/W)
版築・土壁	0.2	0.7	0.29
プラスターボード	0.02	1.6	0.01
モルタル	0.02	1.6	0.01
壁のU値 (W/m ² K)			2.15

出典：JICA 調査団

壁の仕様を表 34 のように想定した。

表 34 壁の仕様

	2020				
	Large-panel and reinforced concrete	Burnt brick	Raw brick	Pise	Other
Republic of Uzbekistan	44,719.5	154,818.5	185,585.5	114,008.2	49,864.1

出典：JICA 調査団

屋根の仕様については、データがなかったので、外からの判断になるが、U 値を 3 と設定することにした。壁、屋根、窓については、一般的な室内側と外気側の熱抵抗値を入れて各 U 値を求めている。他、気候条件、内部発熱（人、電気機器）条件は、集合住宅と同じ数値を使用している。

以上より、冬期の戸建住宅 1 戸あたりの熱収支は 52.4MWh、集合住宅 1 棟あたりの熱収支は 785MWh となった。

1 戸：壁・窓・屋根の熱収支合計一人の発熱量－電気機器の発熱量＝52.4MWh/冬期

1 棟：壁・窓・屋根の熱収支合計一人の発熱量－電気機器の発熱量＝785MWh/冬期

表 35 戸建て住宅の熱収支

戸建住宅

室内温度°C 25

期間	月	気温 °C	室温との差 °C	壁面積 m ²	熱貫流率 W/m ² K	熱収支 MWh/月
冬期	11月	8.8	16.2	108	2.1	2.7
	12月	4.1	20.9			3.5
	1月	1.4	23.6			3.9
	2月	3.2	21.8			3.6
	3月	9.3	15.7			2.6
	4月	15.9	9.1			1.5
	小計					

期間	月	気温 °C	室温との差 °C	窓面積 m ²	熱貫流率 W/m ² K	熱収支 MWh/月
冬期	11月	8.8	16.2	27	3.2	1.0
	12月	4.1	20.9			1.3
	1月	1.4	23.6			1.5
	2月	3.2	21.8			1.4
	3月	9.3	15.7			1.0
	4月	15.9	9.1			0.6
	小計					

期間	月	気温 °C	室温との差 °C	屋根面積 m ²	熱貫流率 W/m ² K	熱収支 MWh/月
冬期	11月	8.8	16.2	144	3	5.0
	12月	4.1	20.9			6.5
	1月	1.4	23.6			7.3
	2月	3.2	21.8			6.8
	3月	9.3	15.7			4.9
	4月	15.9	9.1			2.8
	小計					

冬期	世帯人数	在宅率	軽作業 (W/h)	期間 (180日)	時間/日	発熱量
人	5	60%	116	180	24	1.5

冬期	発熱量 (MWh/年・1世帯)	期間 (180日/年)	発熱量
電気機器	8.3	0.5	4.2

冬期の熱収支 52.4

出典：JICA 調査団

表 36 集合住宅の熱収支

集合住宅

室内温度°C 25

期間	月	気温 °C	室温との差 °C	壁面積 m ²	熱貫流率 W/m ² K	熱収支 MWh/月
冬期	11月	8.8	16.2	6,000	2.1	145.0
	12月	4.1	20.9			187.1
	1月	1.4	23.6			211.2
	2月	3.2	21.8			195.1
	3月	9.3	15.7			140.5
	4月	15.9	9.1			81.4
小計						960.3

期間	月	気温 °C	室温との差 °C	窓面積 m ²	熱貫流率 W/m ² K	熱収支 MWh/月
冬期	11月	8.8	16.2	1,800	3.2	67.5
	12月	4.1	20.9			87.1
	1月	1.4	23.6			98.4
	2月	3.2	21.8			90.9
	3月	9.3	15.7			65.5
	4月	15.9	9.1			37.9
小計						447.4

期間	月	気温 °C	室温との差 °C	屋根面積 m ²	熱貫流率 W/m ² K	熱収支 MWh/月
冬期	11月	8.8	16.2	1,500	2.92	51.1
	12月	4.1	20.9			65.9
	1月	1.4	23.6			74.4
	2月	3.2	21.8			68.7
	3月	9.3	15.7			49.5
	4月	15.9	9.1			28.7
小計						338.4

冬期	発熱量	世帯数	発熱量
人	1.5	170	255.6

冬期	発熱量	世帯数	発熱量
電気機器	4.2	170	705.5

冬期の熱収支 785.0

出典：JICA 調査団

4.4. 戸建住宅と集合住宅（地域熱供給の供給を受けない集合住宅）の躯体性能から求めた必要熱量と IEA データの家庭部門で利用されているエネルギーの比較

戸建住宅と（地域熱供給の供給を受けない）集合住宅の躯体性能から求めた必要熱量と、IEA データの家庭部門で利用されているエネルギーを比較した。天然ガスの暖房用温水利用を 35%と仮定している。

理論値 96,898 は実績値 130,288 と比較して低い値になった。理由には更なる分析が必要であるが、戸建住宅は建物の気密性が低い可能性がある。一方、集合住宅は余剰エネルギーが蓄機能しているかもしれないが、削減対象となる。

表 37 家庭部門で利用されるエネルギーデータ（戸建住宅）

理論値

	棟数・戸数	住居数	冬期の熱収支 (MWh/冬期・棟or戸)		冬期の熱収支 (GWh/冬期)	冬期の熱収支 (TJ/冬期)	冬期の熱収支 (TJ/冬期)	天然ガス量 戸建変換ロス 94.9%
			戸建住宅	集合住宅				
戸建住宅	139,068	139,068	52.4		7,282	26,215	26,215	
集合住宅	38,382	6,486,558			30,131	108,471		
地域熱供給	15,120	2,555,280			11,870	42,730		
個別熱源	5,588	944,372			4,387	15,792	15,792	
他	17,674	2,986,906			13,875	49,948	49,948	
地域熱供給以外の合計							91,956	96,898

実績値 (IEA2018)

家庭部門	ktoe	TJ	暖房用温水比
天然ガス	8002	372,252	130,288

出典：IEA2018 データを参考に JICA 調査団作成

4.5. 集合住宅（地域熱供給のみ）の躯体性能から求めた必要熱量と IEA データの家庭部門での熱エネルギーの比較

集合住宅（地域熱供給のみ）の躯体性能から求めた必要熱量と、IEA データの家庭部門で利用されているエネルギーを比較した。比較概要を表 38 に示す。地域熱供給の暖房用温水利用を 55%と仮定し、地域熱供給の効率（57.6%）を考慮した。結果は、戸建住宅と集合住宅（地域熱供給を除く）の結果とほぼ同じ値となった。

表 38 家庭部門で利用されるエネルギーデータ（集合住宅）

理論値

	棟数・戸数	住居数	冬期の熱収支 (MWh/冬期・棟or戸)		冬期の熱収支 (GWh/冬期)	冬期の熱収支 (TJ/冬期)	冬期の熱収支 (TJ/冬期)	天然ガス量 戸建変換ロス 94.9%	
			戸建住宅	集合住宅					
戸建住宅	139,068	139,068	52.4		7,282	26,215			
集合住宅	38,382	6,486,558			30,131	108,471			
地域熱供給	15,120	2,555,280		785.0	11,870	42,730	42,730		
個別熱源	5,588	944,372			4,387	15,792			
他	17,674	2,986,906			13,875	49,948			
地域熱供給以外の合計							42,730	45,027	

実績値 (IEA2018)

家庭部門	ktoe	TJ	暖房用温水 比率 55%	温水加熱効率 (天然ガス量) 57.6%
熱(温水)	1079	45167.2	24,842	43,128

出典：IEA2018 データを参考に JICA 調査団作成

4.6. 戸建住宅と集合住宅に必要な対策の提言

上記までの分析を踏まえ、戸建住宅と集合住宅について、表 39 のように一般的な省エネ対策を実施することを提言する。対策実施後の条件は集合住宅の項と同じ数値にした。

表 39 戸建住宅と集合住宅における省エネ対策案

対象	対策案
室温	25°C → 24°C
窓	Single-glass → Double-glass (U 値：3.2 → 1.5)
戸建（屋根）	断熱強化 (U 値：3 → 0.4) 集合住宅と同じにする
戸建（壁）	断熱強化 (U 値：3.4 → 0.5)
集合住宅（屋根）	断熱強化 (U 値：2.9 → 0.4)
集合住宅（壁）	断熱強化 (U 値：2.1 → 0.5)

出典：JICA 調査団

別添 4 断熱性評価のための現地調査

試算は、対策実施率を2割に設定した。省エネ効果は、表 40 表 41 に示すとおりである。

表 40 戸建住宅と集合住宅における省エネ対策の効果（熱供給所以外）

(単位：TJ)

	対策実施率	対策なし	室温	窓	断熱（戸建）		断熱（集合）		対策すべて	削減量
			25→24℃	single→double	屋根	壁	屋根	壁		
理論値	20%	96,898	94,274	95,910	93,013	94,582	91,018	84,173	74,731	22,166
	対策効果		97%	99%	96%	98%	94%	87%	77%	23%
実績値		130,288	126,761	128,960	125,065	127,174	122,383	113,178	100,483	29,805

出典： JICA 調査団

表 41 集合住宅における省エネ対策の効果（地域熱供給のみ）

(単位：TJ)

	対策実施率	対策なし	室温	窓	断熱（集合）		対策すべて	削減量
			25→24℃	single→double	屋根	壁		
理論値	20%	45,027	43,505	44,568	41,389	36,939	30,802	14,225
	対策効果		97%	99%	92%	82%	68%	32%
実績値		43,128	41,670	42,689	39,644	35,381	29,503	13,625

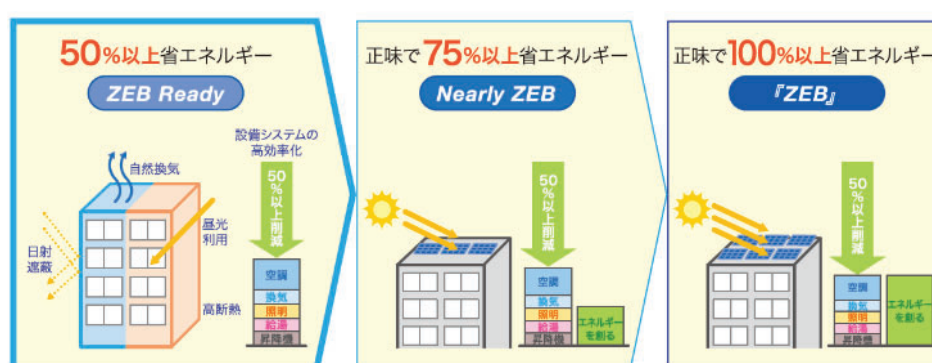
出典： JICA 調査団

以上から、室温の設定温度、建物の躯体性能を強化することが、省エネ対策になることが分かった。戸建住宅、集合住宅ともに断熱性能向上と、室内設定温度をもう少し低くすることを提言する。

更に、将来的な改善策として、建築物について将来的に ZEB（Zero Energy Building）の概念の導入が課題と考える。

ZEB の概念は、建築物の省エネ性を評価し、省エネ性を 50%以上に高めた”ZEB ready”、75%以上に高めた”Nearly ZEB”、再生可能エネルギーを利用して化石エネルギー消費を実質的にゼロとした”ZEB”などのファミリーとして規定される。

ZEB の概念は、グリーン認証とともに建築物の設計目標として有用であり、建築における省エネ義務とともに、建築物の省エネ化を進める有力な手段である。本検討の詳細については別添 7 で述べる。



出典： METI (Japan)

図 12 ZEB の概念

別添5 熱供給システム効率改善のための 現地調査

1. 調査の目的

供給サイドである地域熱供給所と、需要サイドである集合住宅の受熱設備等の状況を把握するため、タシケント市内にある地域熱供給所、および病院、小・中学校、ホテル、集合住宅の現地視察、および熱ロスの状況把握のための現地調査を実施した。

2. 調査・検討の方法

各サイトについて視察を行い、目視や現場での聞き取りなどを実施した。これらを踏まえ、不足するデータなどを既存資料等で補いながら、改善策などを提示するものとした。

3. 調査結果

3.1. 地域熱供給所

タシケント市には地域熱供給所が合計 10 ヶ所ある。No1～No9 までは旧ソ連時代の仕様で建設された熱供給所であり、No10 は最新の CHP である。今回の現地視察では、No1 および No8 の 2 か所の地域熱供給所の視察を実施し、熱効率性の状況を確認した。以下に調査結果を述べる。

- 熱供給所から供給される温水は、1 日のうち、地域熱供給量の変動する要素を有する集合住宅の給湯・暖房用温水が供給先の主体となっている。現状では、集合住宅でも自前で給湯・暖房用温水を同時に供給できる給湯器を設備している世帯が増加している。
- 天然ガス焚きの地域熱供給所の高い煙突(50～60m)から煤煙を含む白煙が現地調査日に観察され(図 13)、不完全燃焼もしくはボイラの燃焼における不完全燃焼を避けるために、理論空気量より少し多めの空気を送っている可能性がある。
- タシケント市からの制御指令に基づいて、地域熱供給所では当日の外気温度に応じた供給温水温度および温水供給量の両方を調節している。また、温水供給ポンプは概ね 630kW(流量絞り制御)が採用されていた。
- 地域熱供給所では、ボイラで製造した 5～15%に相当する温水(PW: Process Water)は、集合住宅等で消費された後に返送される温水(RW: Return Water)と市水等をイオン交換樹脂で化学処理した水(MW: Make-up Water)をボイラ給水(SW: Supply Water)として予熱するために、自家消費している。自家消費される Process Water の量に依拠して、地域熱供給所の供給効率が概ね 90%であるとした回答は理解でき

た。



タシケント市 No1 地域熱供給所の煙突で観察された燃焼排ガス(水蒸気以外の排出)の実態



上図 タシケント市 No8 地域熱供給所の返送水配管の断熱施工

下図 集合住宅の受熱設備の断熱施工 ポリエチレン被覆アルミニウム管(白色)



タシケント市 No1 地域熱供給所の燃焼空気供給ファンとガス配管



タシケント市 No1 地域熱供給所の返送水ポンプと配管の断熱施工

出典：JICA 調査団撮影

図 13 地域熱供給所における配管および断熱施工の様子



タシケント市 No8 地域熱供給所の温水供給ポンプと電動モータ

タシケント市 No8 温水供給ポンプと手動操作による温水流量調節弁

出典：JICA 調査団撮影

図 14 地域熱供給所の温水供給ポンプ

3.2. MoE 付属病院の受熱設備

状況は下記のとおりである。

- タシケント市地域熱供給所から温水を受入れて暖房している。
- 病室には患者用に冷房専用のエアコンを設置している。
- 病院は安全確保のため、ガス使用は禁止されている。
- 1F の管理区域のガラス窓には 2 重ガラスを採用して改修したが、病室棟は単層ガラスのままとなっている。
- 3～4 年前に給湯用として太陽熱利用の温水パネルを 4F の屋根に設備したが、機器・配管の腐食等で現在は使用していない。
- 地域熱供給の温水を使うラジエータは温度調節ができず、外気導入による温度調節が行われている。
- 電源として 2 系統受電を行い、電圧変動や瞬停・停電に備えている。
- 温水温度は行き 60℃、還り 40℃である。行き温水配管の簡易断熱施工により、表面温度は 60℃が 45℃に低下しており、効果は見られる。
- 5 年前に 1F 機械室内の温水受入設備の配管に、温度計と流量計を地域熱供給所が導入し、その熱量計測値をタシケント市の担当者が検針して温水課金されている。温度計測器は毎年、地域熱供給所が校正管理している。

課題として、独立の温水供給系の必要性、ラジエータの流量調節機能付与による温度制御と外気導入ロス削減、地域熱供給温水配管の断熱強化、病室の単層ガラス窓の 2 重ガラスへの更新などがある。



出典：JICA 調査団撮影

図 15 病院の熱量計測（温度計）、熱量検針装置、簡易断熱

3.3. タシケント市立 No.110 小・中学校の温水受入設備

状況は下記のとおりである。

- 2020 年に熱源設備を更新、廊下に床暖房、窓ガラスは2重ガラスを導入している。
- タシケント市の地域熱供給熱源受入設備は完全クローズドシステムとして、プレート熱交換器を採用、給湯水は全量が地域熱供給に返送している。熱量計測器（リモート）が設備されている。膨張タンクが設備されている。行き温度 61°C(赤配管)、還り温度 45°C（青配管）。プレート熱交換器 10 台の裸配管。
- 土日祭日、休暇の暖房用給湯供給は停止されている。熱源システムの改造後の光熱費高騰のため。
- 教室の暖房はラジエータで、冷房はない。
- 教室天井に換気口があり、CO₂ 濃度上昇の対策がなされている。
- 教室の温度調整は窓開け、直接外気取り入れ。

課題として、ラジエータへの温水流量調節機能付与による温度制御と外気導入ロスの削減、地域熱供給温水配管とプレート熱交換器の配管の断熱施工、などがある。



出典：JICA 調査団撮影

図 16 小中学校のクローズドシステム温水受入設備、熱量検針装置、熱量計

3.4. タシケント市地区クリニックの温水受入設備

状況は下記のとおりである。

- クリニックは手術・入院を伴わない病院として各地域に設置されている。
- 温水の用途は暖房とサニタリ（手洗い）である。
- 暖房温水配管のうち給湯配管は全量排水で、地域熱供給所への還り配管なし。熱量計測器が設置されている。タシケント市の職員による熱量の検針に基づき課金される。熱量計測のテレモート化は今後実施予定。
- 大統領令 194 号（2014 年）に基づき、公共建物には熱量計測器の設置が義務付けられている。集合住宅は管理組合ごとに熱量計測器の設置可否を選択でき、罰則規定はない。
- 暖房用途の配管の行き温水 60°C、還り温水 40°C
- 受付室の暖房手段は鋳鉄製のラジエータで温水流量を調節する機能はない。

課題として、ラジエータへの温水流量調節機能付与による温度制御と外気導入ロスの削減、地域熱供給温水配管とプレート熱交換器の配管の断熱施工、などがある。

3.5. ホテルウズベキスタンの温水受入設備

状況は下記のとおりである。

- 1947 年に建設され、現在 85%を政府が保有している。ホテル・設備の更新計画がある。
- 地域熱供給所から温水を受入れ、完全クローズドシステムの蛇管式熱交換器を使用している。17F まで給湯するために、0.6MPa-G の元圧を立型ポンプで 0.8MPa-G まで昇圧している。台数制御を使用。
- 風呂・シャワー給湯は全量排水している。
- 調理用の給湯は安全管理上、ガスの使用が禁止されているので、電気式給湯器を使用している。
- 客室の暖房・冷房設備は 2 管式のファンコイルユニットを採用し。強・中・弱の風量調節が可能。
- バックアップ熱源として地域熱供給所の温水供給期間以外の寒い日の使用を主たる目的として、140kW 冷水／130kW 温水供給の電気式 ヒートポンプ 熱源機(コンプレッサ 4 台)を地上階に設置している。冷媒は 410A を採用し、室外機に散水設備がある。

課題として、プレート熱交換機への更新、台数制御からインバータ制御への変更、電気調理器から電磁調理器に変更、日除けのルーバ設置、凝縮器フィンの周期的な洗浄などがある。

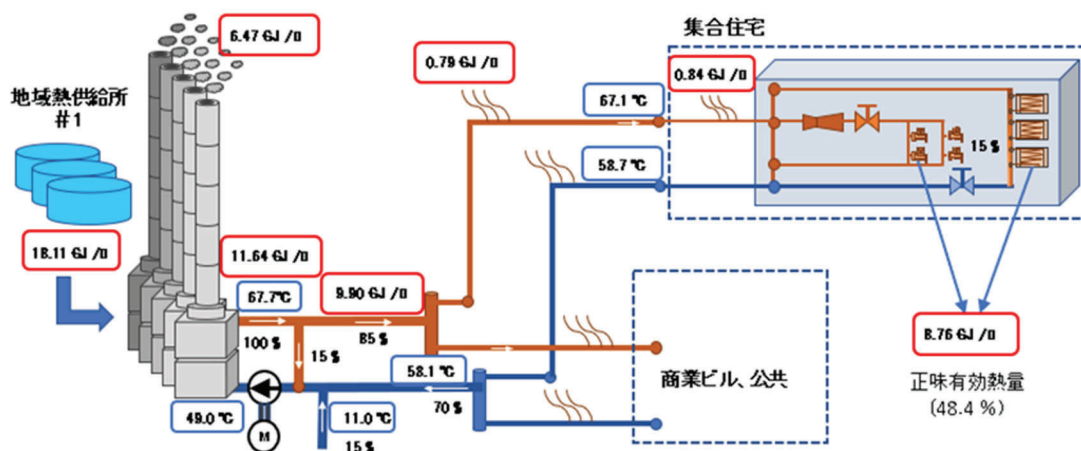


出典：JICA 調査団撮影

図 17 ホテルの温水受入設備、昇圧ポンプ、ファンコイルユニット

4. 調査結果を踏まえた熱供給システムの総合エネルギー効率分析

熱供給所の調査、提供されたデータ、集合住宅配管系と温水温度の現地サンプル調査などを基にした分析により、熱供給システムの総合エネルギー効率として次の知見が得られた。熱供給所から集合住宅までの熱フローを図 18 に示す。



出典：JICA 調査団

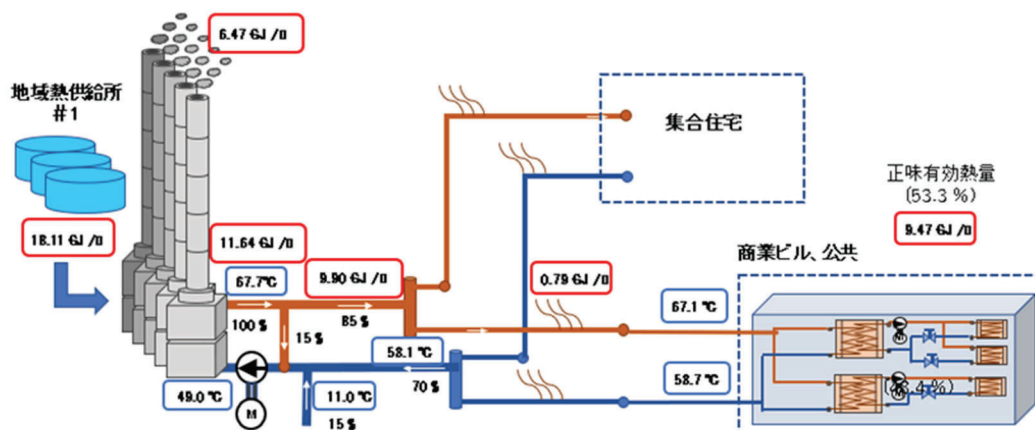
図 18 熱供給所から集合住宅までの熱フロー調査結果

エネルギーフローの解析結果から次のことが判明した。

- 熱供給所(#1)のボイラの効率は 64.3%(熱供給所からの資料による)であるが、給湯で消費した分の補給水(11°C)を加熱した湯を用いて予熱しており、これに約 15%の熱量を消費している。給湯で消費した分の補給水が 11°Cと低いため、ボイラの加熱能力を超えるためである。

- 熱供給所の炉に 50m と高い煙突が設置されており、炉筒内の圧力が高く保たれにくいことと、炉筒内の水管が鉄管のため、熱伝導性が悪いことがあげられる。このため、煙突からの廃熱温度が 200°C以上と高く、3割がロスしている。
- 熱供給所からの本管(径 500)はきちんと断熱されているが、支管(径 120)は裸の部分があり、住宅内も一部を除き、裸鉄管で保温性がほとんど考慮されていない。このため、熱搬送による大気への熱放散が多い。

最終的に住宅での有効熱量は 48.4%と効率の低い熱供給システムとなっている。次に、学校、ホテルなどの熱交換器を有する商業ビル・公共施設までの熱フローを図 19 のとおりに整理する。



出典：JICA 調査団

図 19 熱供給所から熱交換器を有する学校、ホテルまでの熱フロー調査結果

熱交換器を導入している学校の場合、ビル入口までは集合住宅と同じ熱供給システムであるが、ビル入口部で熱交換器により熱交換し、ビル内で循環ポンプによりビル独自の供給システムを構築している。このため受熱部での熱ロスを除いて評価すると一次エネルギー換算で 53.3%の効率であり、集合住宅の効率に対して 5%の効率アップとなっている。

5. 改善策

5.1. 地域熱供給所

5.1.1. 地域熱供給所の建設・運用

調査結果のとおり、自前で給湯・暖房用温水を同時に供給できる給湯器を設備している世帯が増加していることから、今後の政策として温水供給量の日変動の少ない立地条件を満足する地区に限定した地域熱供給所の建設を計画し、温水ボイラの部分負荷時の効率低下、および敷設された長大距離に及ぶ温水供給・返送配管群からの熱損失を最小限に抑えて、温水ボイラの燃料消費量を削減することを推奨する。また、温水供給量の日変動の少ない立地条件を満足する比較的に狭い地区に限定した地域熱供給所は、温水ボイラの部分負荷運転に対する効率的な運用を図ることができる。同時に限定した地区を対象にすることで、温水供給・返送配管からの放熱損失を最小限に抑えることができる。

地域熱供給所の建設において、今後の熱需要の均等化・採算性に関する検討が重要である。日本の地域熱供給所の代表的な建設事例とその後に統合された理由について以下に述べる。

都市の暖房用ボイラの排煙による公害の解決策としては、個々の暖房用ボイラの燃焼管理や煙道における除塵装置類の設置もあるが、地域熱供給が大気汚染の問題解決にとって有力な方法であることが理解された。1966年に仙台市青葉山の旧軍用地に移転した東北大学工学部に採用され、130～180℃の窒素加圧の高温水供給方式が採用された本格的な地域暖房設備の最初であった。1969年には大阪市の千里ニュータウンに我が国最初の地域冷暖房設備が建設された。その後、大阪万博会場、新宿都心と百貨店、成田空港と成田ニュータウン、北海道苫小牧市の市役所・公営住宅群を対象として地域冷暖房設備が建設された。1972年6月には熱供給事業法が公布されている。しかし、今日に建設される地域冷暖房設備は、熱需要の均等化と採算性の両立する立地条件のみである。ニュータウン内の集合住宅群や都心の商用建物群のみでは、昼夜の熱需要の変動が大きい。このためにボイラ・冷凍機の運用効率が低下し、結果として温熱・冷熱のコストが高くなり、独立採算性を改善できず、投資家が離散する状況に至っている。商用建物群と大規模病院、商用建物群と娯楽施設のような、熱需要が昼夜、季節間で比較的に均一な複合施設群を対象とする地域冷暖房供給所が営業しているのが現状である。

なお、効果検証のために必要となるデータについては下記が想定される。

- 将来の人口動態予測
- 夏期・中間期・冬期の地域熱供対象の温水需要量
- 候補となる温水供給熱源機器類の効率 等

5.1.2. 適正空気比の管理

調査結果に示したとおり、地域熱供給所では不完全燃焼もしくは理論空気量以上の送風が生じている可能性が考えられた。燃料を完全燃焼させるために必要最小限の空気量が理論空気量である。実際の燃焼では供給した空気中の酸素をすべて利用することは不可能である。理論空気量だけを供給した場合には、水管温水ボイラ内圧力(炉圧)等に起因する燃焼環境の変動が不完全燃焼を引き起こす。煙突内で測定される燃焼排ガスの成分分析データから、最適な空気比に関するボイラの運転管理基準を定め運用することで、合理的なボイラの運転管理・維持が実施できる。

また、理論空気量に対する実際の空気供給量の比率を空気比と呼んでいる。適切な空気比は燃料の種類や燃焼室の形状によっても異なる。燃焼排ガスには燃料を構成する化学成分に基づく燃焼生成物と窒素及び燃焼に使用されなかった余剰な酸素が含まれる。燃焼排ガス中の余剰な酸素濃度は、燃料の種類に依存しないため、煙突内における燃焼排ガス中の酸素濃度を測定することで、現状の燃焼状態を空気比に関する基準値との比較対比で評価できる。さらに、余剰酸素が多い状態では空気比が高くなる。高い空気比で燃焼している水管温水ボイラは供給空気量が多いため、余剰な空気を加熱・排気しており、燃料消費量が必要以上に多くなる。これは、ボイラの燃焼効率が低下する原因となっている。適正な空気比を維持することが燃料消費量の適正化に繋がることから、ボイラの燃料消費量の削減を図ることができる。

日本の環境省が規定したエネルギー使用の合理化に関する法律(省エネ法)では、燃料の種類や燃焼室の形状によって異なる空気比に関して、基準値および目標値を定めている。空気比の管理は、燃焼排ガス中の酸素濃度を計測し、燃焼空気供給量を適正に調節し、バーナチップの清掃を行っている。適正な空気比の管理に関する罰則規定はないが、経済最適なボイラの運用を行うために、エネルギー管理者は空気比の基準値や目標値を維持することを推奨する。

表 42 日本の省エネ法に規定された空気比に関する基準値/目標値

上段：基準値/下段：目標値

区分		液体燃料		気体燃料	
		連続式	間欠式	連続式	間欠式
ボイラ	≥30ton/h	1.10～1.25/1.05～1.15		1.10～1.20/1.05～1.15	
	≥10ton/h	1.15～1.30/1.15～1.25		1.15～1.30/1.15～1.25	
	≥5ton/h	1.20～1.30/1.15～1.30		1.20～1.30/1.15～1.25	
	<5ton/h	1.20～1.30/1.15～1.30		1.20～1.30/1.15～1.25	
金属溶解炉		1.30/1.05～1.25	1.40/1.05～1.30	1.25/1.05～1.20	1.35/1.05～1.25
金属加熱炉		1.25/1.05～1.20	1.35/-	1.25/1.05～1.20	1.35/-
金属熱処理炉		1.25/1.05～1.20	1.30/1.05～1.30	1.20/1.05～1.15	1.25/1.05～1.25
セメント焼成炉		1.30/1.05～1.25	1.30/-	1.30/1.05～1.25	1.30/1.05～1.25

出典：工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準（資源エネルギー庁）を

もとに JICA 調査団作成

なお、効果検証のために必要となるデータは以下のものが想定される。

- 現状および改善後の地域熱供給所における燃料消費量のデータ
- 夏期・中間期・冬期における現状および改善後のボイラの燃焼排ガス成分の分析データ 等

5.1.3. 外気温度に連動する供給熱量の制御

供給熱量は、温水供給量と温水の出入口温度差の積で評価できる。供給する温水の出入口温度差を 10%大きくするとき、水管温水ボイラ効率を 80%とすると、天然ガス消費量は 1.38 倍(=1.1/0.8)に増加する。また、供給する温水の出入口温度差を 10%大きくすると、供給配管の外表面からの放熱損失量も 10%増加することから、放熱損失量を賄うための燃料消費量は更に 1.1 倍必要となる。結果として燃料消費量は 1.50 倍 (=1.2/0.8) に増加することになる。一方、温水供給量を 10%増加させると、供給・返送配管内を流動する速度も 10%増加するが、供給・返送配管内の乱流熱伝達率はレイノルズ数の 0.8 乗に比例することから、伝熱量は 1.08 倍に増加する。したがって、供給・返送配管の外表面からの放熱損失量は 1.08 倍に留まる。同様にボイラ効率が 80%とすると、放熱量を賄うための燃料消費量は 1.35 倍 (=1.08/0.8) になる。

こうした理論を踏まえると、タシケント市からの制御指令に基づいて行われる当日の外気温度に応じた供給温水温度の調節を廃止することで、燃料消費量の増加および供給する温水の出入口温度差に依拠した供給・返送配管の外表面からの放熱損失の増加を低減し、概ね 15%(=1.50-1.35)の省エネを達成することが可能となる。

温水供給流量を 10%増加することで、送水ポンプの軸動力は 10%増加するが、軸動力 400kW(送水ポンプ効率 : 60%と仮定)に対して、実設備は概ね 630kW の流量絞り制御が採用されており、設備容量が過大になっているだけでなく変水量の採用が皆無な状態である。したがって、現状では外気温度に応じた供給熱量を調節する方法としては、供給温水量のみを調節することを推奨する。

効果検証に必要なデータは以下のものが想定される。

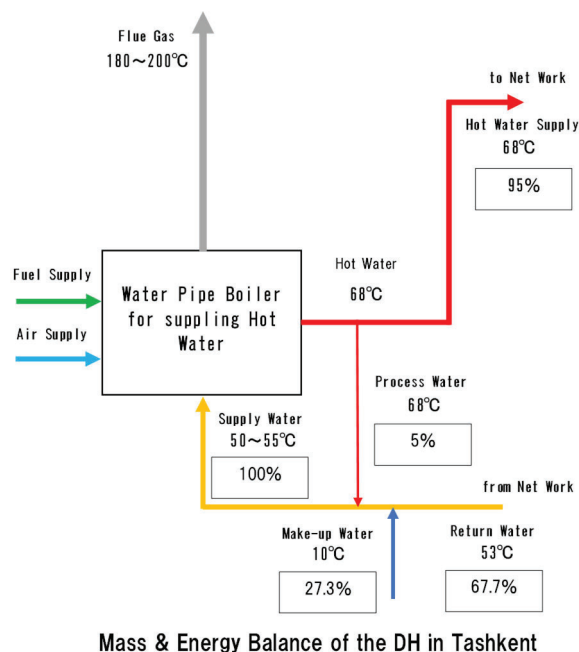
- 現状および改善後の地域熱供給所における燃料消費量のデータ等

5.1.4. エコノマイザの設置

ボイラにおいてイオウ成分が除去された天然ガスを燃料とするとき、その燃焼排ガス中にはイオウ酸化物が含まれないため、イオウ酸化物の酸露点である 180°C以上に燃焼排ガスを維持する必要はない。したがって、煙突の燃焼排ガス温度 120°Cから熱回収することで、

5～15%の自家消費率の削減、つまり燃料消費量の削減を図ることができる。

地域熱供給所における典型的な物質収支を図 20 に示す。熱回収熱交換器(エコノマイザ)の経済最適な容量設計にも依存するが、煙突から大気に放出される熱量を回収して、ボイラ給水となる化学処理後の Make-up Water を 55℃まで加熱できれば、地域熱供給所内の自家消費は皆無になる。また、現状の自家消費 5～15%に相当する Process Water を生産するための燃料削減を目的とした場合、エコノマイザ導入により想定されるボイラ給水の温度について表 43 に示す。化学処理した Make-up Water を 48℃まで加熱することで、Process Water の消費量は 5%に削減される。



出典：JICA 調査団

図 20 タシケント市が運営する地域熱供給所における典型的な物質収支図

表 43 典型的な物質収支から算定されるボイラ給水(SW)の温度

Name	°C	%	°C
RW	50	55	27.50
MW	15	30	4.50
PW	130	5	6.50
SW			38.50

55%
30~40%
5~15%

Name	°C	%	°C
RW	50	55	27.50
MW	15	40	6.00
PW	130	15	19.50
SW			53.00

Name	°C	%	°C
RW	50	55	27.50
MW	15	40	6.00
PW	130	15	19.50
SW			53.00

Name	°C	%	°C
RW	42	55	23.10
MW	5	30	1.50
PW	80	5	4.00
SW			28.60

55%
30~40%
5~15%

Name	°C	%	°C
RW	42	55	23.10
MW	5	40	2.00
PW	80	15	12.00
SW			37.10

Name	°C	%	°C
RW	50	55	27.50
MW	32	40	12.80
PW	130	10	13.00
SW			53.30

Name	°C	%	°C
RW	50	55	27.50
MW	15	30	4.50
PW	80	5	4.00
SW			36.00

55%
30~40%
5~15%

Name	°C	%	°C
RW	50	55	27.50
MW	15	40	6.00
PW	80	15	12.00
SW			45.50

Name	°C	%	°C
RW	50	55	27.50
MW	48	40	19.20
PW	130	5	6.50
SW			53.20

Name	°C	%	°C
RW	50	55	27.50
MW	5	30	1.50
PW	130	5	6.50
SW			35.50

55%
30~40%
5~15%

Name	°C	%	°C
RW	50	55	27.50
MW	5	40	2.00
PW	130	15	19.50
SW			49.00

Name	°C	%	°C
RW	50	55	27.50
MW	60	40	24.00
PW	130	0	0.00
SW			51.50

出典：JICA 調査団

なお、効果検証にあたっては、以下のようなデータの収集が必要となる。

- 現状の燃料消費量および改善後の燃料消費量のデータ
- 夏期・中間期・冬期における現状のボイラ燃焼排ガス成分および導入後のボイラ燃焼排ガス成分の分析データ
- 煙道を含むボイラ周りの物質・エネルギー収支データ 等

150°C以下の燃焼排気ガスから 60°Cまでの潜熱を含む全熱を回収する熱交換器(エコマイザ)を設備し、化学処理した Make-up Water を、少なくとも 48°C以上に予熱することにより、地域熱供給所が Make-up Water を予熱するために自己消費している熱量を削減できる。以下に、参考として、規模は異なるがエコマイザの設計方法を示す。

【目的】

地域熱供給所の未利用の燃焼排ガス顕熱・潜熱(全熱)を回収して、Make-up Water をも熱する。

【機器類の構成】

未利用の 120~150°Cの燃焼排ガスから全熱を回収して Make-up Water を 60°Cに加熱する熱回収熱交換器及び付帯する配管類

【設計に関わる与条件】 燃焼排ガスの温度(°C)、質量流量 (kg/min)

【燃焼排ガスの組成】

天然ガスの標準的な燃焼排ガスの組成のうち、特に、酸素、二酸化炭素、窒素、水蒸気の各構成比率%

【燃焼排ガスの熱物性】

天然ガスの標準的な燃焼排ガスの組成から算定される定圧比熱 kJ/(kg・K)、密度(kg/m³)および燃焼排ガス中の蒸気・水の質量流量(kg/min)、乾燥排ガスの質量流量(kg/min)、空気比

【燃焼排ガスの凝縮と潜熱量】

天然ガスの標準的な燃焼排ガスの組成から算定される燃焼排ガスの凝縮曲線と回収する潜熱量(kJ/s)

【全熱回収熱交換器（エコノマイザ）の設計諸元】

熱交換器の材質(SUS301)

Make-up Water の出入口温度、質量流量、定圧比熱、密度、交換熱量（顕熱量）、圧力損失

燃焼排ガスの出入口温度と質量流量、定圧比熱、密度、交換熱量（顕熱量+潜熱量）、圧力損失

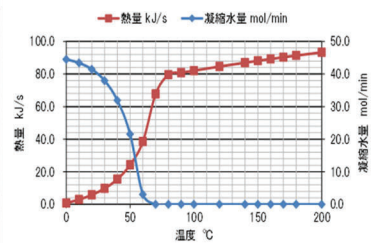
別件として燃焼排ガスの凝縮と潜熱量を算定した事例を図 21 に示す。

☆排気ガスの凝縮と潜熱量；

排気ガスの凝縮曲線 水温:0°C、全圧0.1013MPa

温度 °C	蒸気圧 kPa	高発熱 kJ/kg	蒸気 kg	水 kg	蒸気 mol/min	凝縮水 mol/min	蒸気・水流量 mol/min	排気ガス流量 mol/min	高発熱量 kJ/s	水熱量 kJ/s	空気熱量 kJ/s	合計熱量 kJ/s
0	0.00351	2.501	2.501	0.00	1.95	44.4861	45.5357	173.259	0.789	0.000	0.000	0.789
10	0.00123	2.478	2.570	41.99	2.13	43.4061	45.5357	173.259	1.610	0.547	0.8441	3.001
20	0.00224	2.454	2.537	82.60	4.10	41.4289	45.5357	173.259	3.118	1.027	1.6882	5.833
30	0.00414	2.431	2.588	125.40	7.57	37.8679	45.5357	173.259	5.805	1.428	2.5274	9.765
40	0.00758	2.406	2.572	167.20	13.81	31.9214	45.5357	173.259	10.510	1.801	3.3765	15.487
50	0.0123	2.383	2.582	209.00	24.01	21.5244	45.5357	173.259	18.671	1.350	4.2206	24.241
60	0.01885	2.359	2.609	250.00	42.49	3.0463	45.5357	173.259	32.254	0.229	5.0647	38.548
70	0.02766	2.334	2.677	282.60	78.77	0.0000	45.5357	173.259	61.821	0.000	5.9088	67.743
80	0.04141	2.309	2.842	304.40	81.82	0.0000	45.5357	173.259	72.789	0.000	6.7529	79.544
90	0.07011	2.283	2.859	316.20	81.82	0.0000	45.5357	173.259	72.250	0.000	7.5971	80.847
100	0.1014	2.256	2.674	418.00	81.82	0.0000	45.5357	173.259	73.658	0.000	8.4412	82.099
120	0.1978	2.222	2.724	501.00	81.82	0.0000	45.5357	173.259	74.479	0.000	10.1294	84.639
140	0.2815	2.184	2.779	569.20	81.82	0.0000	45.5357	173.259	75.129	0.000	11.8176	86.996
150	0.4761	2.113	2.740	627.00	81.82	0.0000	45.5357	173.259	75.476	0.000	12.6619	88.139
160	0.6181	2.081	2.750	668.00	81.82	0.0000	45.5357	173.259	75.746	0.000	13.5059	89.252
170	0.7971	2.049	2.759	710.60	81.82	0.0000	45.5357	173.259	75.988	0.000	14.3500	90.339
180	1.00	2.013	2.765	752.40	81.82	0.0000	45.5357	173.259	76.176	0.000	15.1941	91.379
200	1.55	1.926	2.775	826.00	81.82	0.0000	45.5357	173.259	76.440	0.000	16.0823	92.322

☆排気ガスの凝縮曲線；



排気ガス温度60°C以下まで冷却すると排気ガス中の水蒸気が凝縮水に相変化する
 排気ガス温度60°Cの凝縮水量:3.04mol/min
 排気ガス温度40°Cの凝縮水量:31.92mol/min
 潜熱回収で発生する凝縮水量:(31.92-3.04)mol/min=28.89mol/min→520g/min

出典：省エネルギーセンター作成

図 21 燃焼排ガスの凝縮と潜熱量

5.2. 商業/公共ビル

現地調査中に把握された全館冷暖房システムの導入を熱望している現地の意向も踏まえ、従来の暖房・給湯による集中式の熱供給システムから、冷水・温水を供給できるビル独自のヒートポンプ式熱供給システムへの変更・導入を推奨する。従来の熱供給システムの配管のインフラが流用できるなどの利点がある。また新たな商業ビルに対してはビルマルによる空調方式の導入により、商業/公共ビルは、従来の集中式の熱供給システムからビルごとの独自の熱システムへの変遷により、大幅な効率向上が図れる。

5.3. 民生分野

熱供給システムの総合エネルギー効率調査の結果から、熱供給所から最終的に消費される住宅やビルへの熱供給エネルギーに、大きなロスが発生していることが判明した。そのため、従来型の熱供給システムから、独立型の熱システムへの変換により、熱エネルギーの効率化

を図ることが挙げられた。以下では民生分野において熱供給の効率を改善するための施策を提案する。

5.3.1. Semi-Closed System から Complete-Closed system への転換

熱供給所からの温水は給湯配管(赤色)と暖房用配管(黄色)に分岐されている。夏季に暖房用の供給は停止されるために、暖房用配管にバイパスを付けて余剰分を地域熱供給所に返送している。なお政策として、Semi-Closed から Complete-Closed system への計画が現在進行中である。

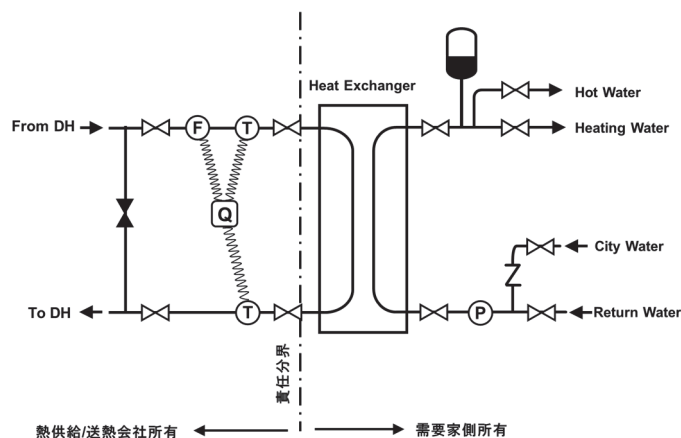


出典：JICA 調査団撮影

図 22 9階建て集合住宅の地下階にある受熱設備の温水配管と返送水配管

現状は、地域熱供給所の温水供給と集合住宅の受熱設備が直結している。熱交換器を介して集合住宅の受熱設備を独立させることで、地域熱供給所が供給する温水熱量のメータリングができ、正確な熱需要量が把握できる。また、低温の Make-up 給水を地域熱供給所が生産する温水量の5～15%で予熱する自家消費に起因するプロセス損失の削減に繋がる。また、温水熱量のメータリングの採用により、副次効果としてノンテクニカル損失の防止が図れる。

具体的には、現状の地域熱供給所の温水供給と集合住宅の受熱設備の間に熱交換器を設備する。熱交換器の容量は、対象とする集合住宅の利用世帯数、世帯当たりの平均人数に依存する。地域熱供給所の温水供給側に温度計と流量計で構成する熱量計測器を設備して、計測値を表示すると同時に、データセンターに計測値を送信することを推奨する。これら個別の熱需要量に基づき、地域熱供給所が供給する熱量をデータで把握できる。集合住宅別の熱および市水需要量に基づく料金の徴取に利活用する。なお、熱交換器の維持管理については、行政側か集合住宅側かの責任分界点を明確にしておくことが必須である。



出典：JICA 調査団作成

図 23 集合住宅の受熱設備の Complete-Closed System の P&I 図

これらの効果を検証するためのデータとして、以下のものが必要となると想定される。

- 現状の地域熱供給所が供給する集合住宅の利用世帯数
- 世帯当たりの平均人数
- 現状および改善後の地域熱供給所における燃料消費量のデータ 等

5.3.2. 節水シャワーヘッドの採用

現状の Semi-Closed System では、集合住宅等に供給される温水のうち、調理用とシャワー用の温水は返送されない。大量に消費されるシャワー用温水の節約のために、節水シャワーヘッドの採用が効果的である。なお、現状では節水シャワーヘッドが紹介されていないために普及していない。

節水シャワーヘッドの採用により、大量に消費される集合住宅における各世帯の温水費用の削減および地域熱供給所の供給温水量、つまり燃料消費量の削減を図ることができる。政策として節水シャワーヘッドに関する機能・効果の宣伝を行うことで普及が進み、最終的に各世帯が消費する温水使用量を削減できることから、集合住宅の居住者は直接経費の削減を享受できる。同時に、地域熱供給所の燃料消費量の削減が実現する。



出典：節水シャワーヘッドカタログ

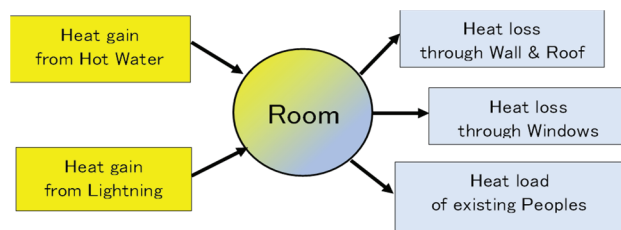
図 24 節水シャワーヘッドの説明図

なお、効果検証に必要なデータは以下のものが挙げられる。

- 現状の地域熱供給所が供給する集合住宅の利用世帯数
- 世帯当たりの平均人数
- 現状および改善後の地域熱供給所における燃料消費量のデータ 等

5.3.3. 建物の躯体蓄熱効果を活用した暖房用供給熱量の削減

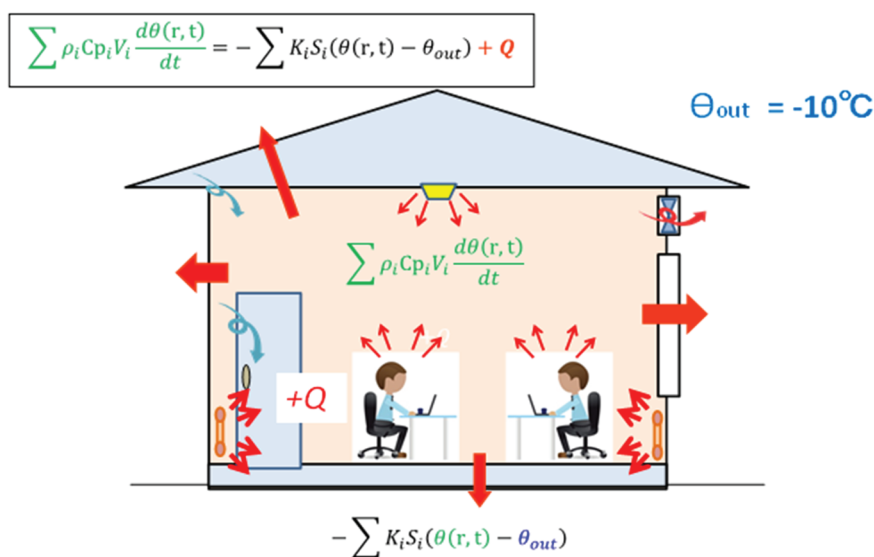
暖房時の室内温熱環境は、温水パネルヒータの放熱量、照明器具の放熱量が取得熱量である。取得熱は、建物利用者、什器、並びに建物躯体を暖め、外壁・窓ガラス面、屋根面を貫流して、外気側に逸散する熱損失量と平衡する熱量として求められる。



出典：省エネルギーセンター作成

図 25 暖房時の室内に供給される熱と室内から放出される熱

また、日暖房している場合は、供給熱量は、居室空間の暖房負荷と建物躯体等からの放熱に使われる。居室の間仕切や廊下側の壁、並びに、中間階の床は、建物全体としてほぼ等温に維持されるため、熱負荷としては無視できる。非定常状態の伝熱方程式における建物・空気に対する蓄熱項、建物の壁や窓ガラス面を通して外気に放熱する熱量、および温水パネルヒータから室内に供給される熱量を図 26 に示した。



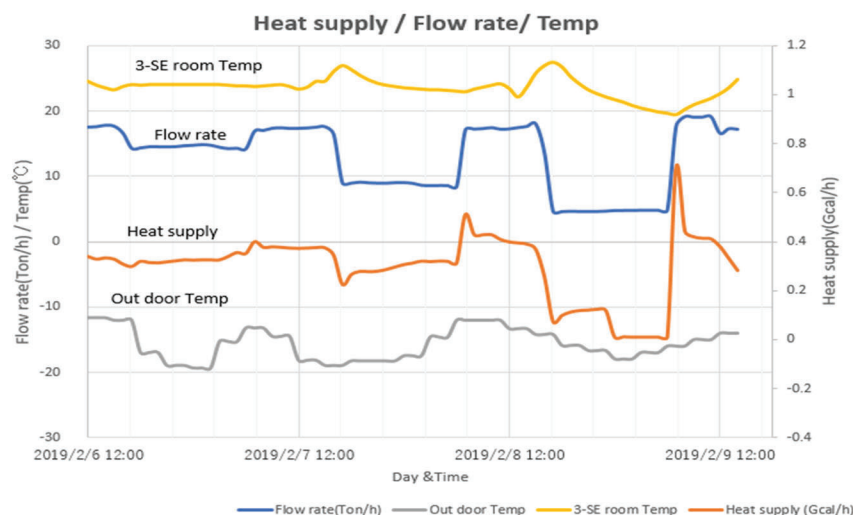
出典：省エネルギーセンター作成

図 26 躯体蓄熱効果を数値解析するための微分方程式と各項の物理的な意味

現状の焼成煉瓦、コンクリート並びに内装材料で構成される外壁の熱容量($\rho C_p V$ ：密度×定圧比熱×体積)に起因した効果は、外気温度の変動や暖房のための供給熱量の変化に対する熱応答では感度が鈍い。供給熱量の過不足に応じて、躯体は自律的に蓄熱・放出を行う熱バランス調節を行っている。室内環境の国家基準のうち、冬期の室内最低温度基準以上を維持した上で、自律的な躯体蓄熱効果を活用して、暖房用供給熱量を削減することで地域熱供給所の燃料削減を図る。

建物に供給される熱量の急な変化に対する室内温度環境の経時的な変化から、建物の熱応答特性を計測した事例を図 27 に示す。夕刻 17:00 から温水供給量を削減し、翌朝 7:00 に現行の温水供給量に復元する試験を実施した。なお温水供給量の実際の調節では、温水受入設備の往配管に装置された仕切弁の開度で調節した。温水供給量を調節する「刺激」に対し室内温度の「応答」として、室内温度の経時的な推移を以下に示す。温水供給量 100%で暖房された 3 階の室内（方位：SE）の温度は、昼間は外気温の変化にも関わらず概ね 24.0°C であった。夜間に温水熱量を 88%および 82%に調節しても、室温降下は概ね 1°C以下であった。温水熱量を 29%に調節したときの最大の室温降下は 4°Cであった。

夜間の 12 時間に暖房用の温水供給流量を削減しても、躯体蓄熱効果により現状の設定室温に対して室温降下の幅は小さいことが実証されている。



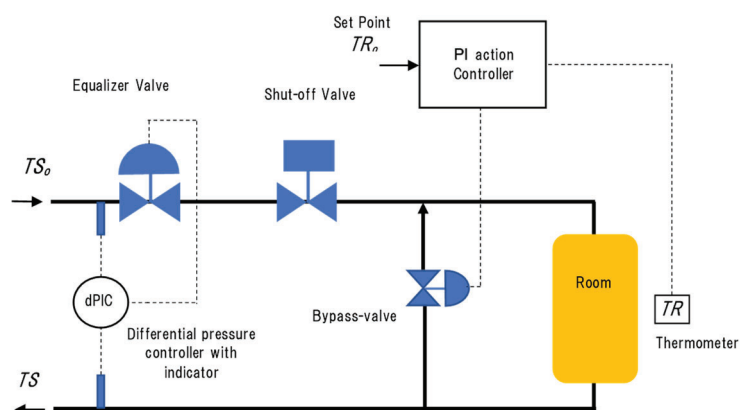
出典：省エネルギーセンター作成

図 27 供給熱量(流量)変化に対する室内温度変化から検証した躯体蓄熱効果

地域熱供給所から供給される暖房用温水の流量を代表的な室内温度の計測値に基づいて自動で制御する装置を、各建物の受熱設備に設備する。自動制御装置は、温水供給配管に設置する均圧弁と遮断弁および返送配管から供給配管に余剰の温水を戻すバイパス弁、室内温度を制御する温度制御装置と代表的な室内の温度を計測する温度計から構成される。

温度制御装置は、室内設定温度と室内温度計測値の偏差を最小にするように動作する。温度制御装置の制御対象は、バイパス弁の開度調節で、暖房機への供給流量を調節する。バイパス弁による動作で供給流量と返送流量の不均等による配管内圧力差を均等化するために、自律的に均圧弁が動作する。この自動制御装置により、室内の合理的な温度設定値で暖房が可能になり、結果として地域熱供給所の燃料削減を図る。

なお、自動制御装置を設置しなくても、現状の温水流量調節弁の開度を手動で絞ることで、効果を検証した後に自動制御装置を導入できる。



出典：省エネルギーセンター作成

図 28 設定室温に基づき供給温水量を調節する自動制御装置

これらの効果を検証するために必要となるデータは下記のとおり。

- 法律に基づく冬期の室内最低温度および現状の地域熱供給の供給熱量・供給流量、対象建物の室内温度、外気温度
- 躯体蓄熱効果検証における地域熱供給の供給熱量、供給流量、対象建物の室内温度、外気温度、データ収集

5.4. 消費部門

熱供給所からの熱供給およびその使用における熱エネルギーの効率改善については、前節で分析・提案を行った。加えて、消費部門の観点からは、電力によって熱を得ることで効率改善を図ることも可能である。本節では、この点について考察し、改善点を提案する。

5.4.1. 天然ガスから電化へのエネルギー転換による効率改善

現状、10kV 幹線送電線は地下埋設され、ユースポイントで 400VAC、200VAC に変圧して給電している。Concept Note for ensuring electricity supply in Uzbekistan in 2020~2021 の報告書では、送電損失は、2025 年には現状の 2.72%から 2.40%に、2030 年までには 2.23%に改善される。また配電損失は、2025 年には現状の 12.47%から 7.9%に、2030 年までには 6.5%に改善される。これらの実施計画に基づき、送・配電の損失は 2025 年に現状の 15.19%から 10.3%に、2030 年までには 8.73%に改善される。一方、瞬停・停電が常態化している。これらは電力需要過剰の結果であり、電動機等の一斉起動時の突入電流の発生が主な原因である。インバータ（サイリスタ インバータ）は交流電源から直流電源に変換した後に、直流電源から要求される任意の周波数の交流電源に変換する装置である。交流電動機はインバータのソフトスタートが採用できるため、突入電流の発生は起こらない。また、常態化して

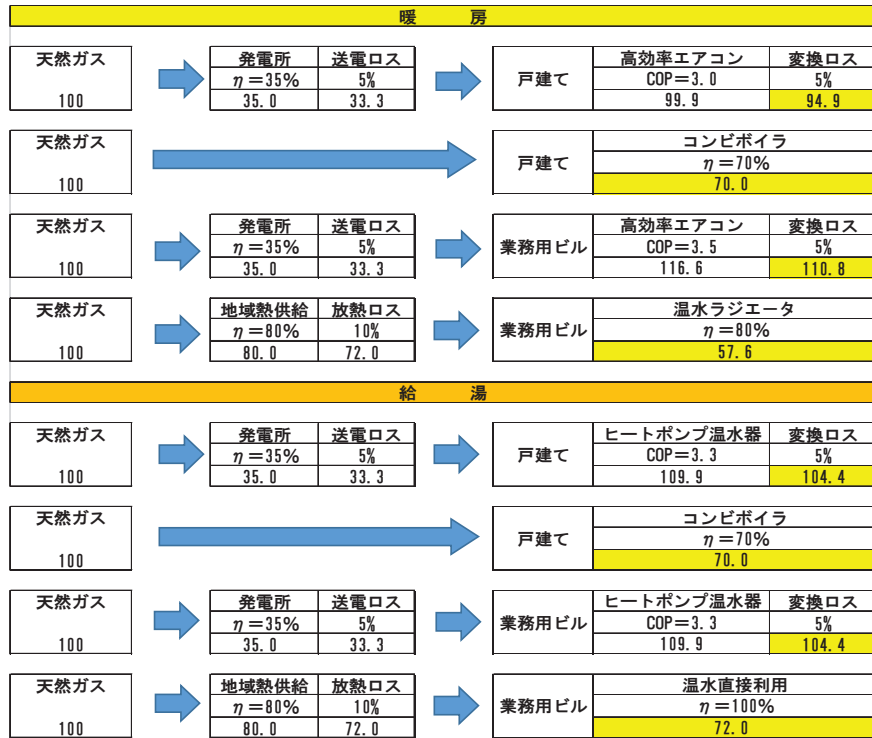
いる交流電源の電圧変動に対処する回路・機能を保持しているため影響は少ない。交流電動機の回転数は電源周波数に比例するから、電動機の回転数を制御できる。インバータ電源で駆動する電動機を動力源とするポンプ・送風機類は流量、圧力、軸動力を制御できる。したがって、電気エネルギー転換において、電動機のインバータ化は省エネに繋がる。地域熱供給所の温水供給・返送配管からの熱損失が、現状ではそれぞれ最大で 20°Cある。今後配電・送電損失が改善されることを考慮すると、天然ガスから電力にエネルギー転換することで、天然ガス消費量の削減を図ることができる。

天然ガスを燃料とする現状の温水ボイラは、加熱された水が保有する顕熱のみを利用する熱機関である。一方、ヒートポンプは外部からエネルギーを与えて、低温から高温熱源に熱エネルギーを汲み上げる熱機関である。ヒートポンプの熱サイクルでは、電気駆動の圧縮機により気体の冷媒が圧縮されるとき、気体から液体に変化して凝縮潜熱を周囲に放出する。この凝縮潜熱が暖房熱源として利用される。圧縮により液化した高圧状態の冷媒を瞬時に大気圧まで減圧すると、断熱変化(ジュールトムソン効果)により冷媒は低温の液体に変化する。低温で液体の冷媒が蒸発して気体に変化するとき、蒸発潜熱を周囲から奪う。この蒸発潜熱が冷房熱源として利用されている。

改良された現在のインバータ搭載のヒートポンプ空調機の成績係数(COP)は、一般的な数値として 3.0~3.5 である。COP の物理的意味は、圧縮機の消費電力 (kW) に対して、周囲から汲み上げた熱量(kW)の比を示している。COP3.0 のヒートポンプはしたがって、入力した電力に対して 3 倍の熱出力が得られことから、今日では冷熱・温熱を利用する分野における代表的な省エネ機器である。なお、ヒートポンプの COP は、冷媒の改良や圧縮機の機械効率の向上により、今後も更なる進展が見込まれている。

夏期の冷房を主眼として、まずはインバータ搭載のヒートポンプ空調機の採用を推奨する。設置したヒートポンプは、冬期の暖房にも使用できることから、従来の温水 Radiator で躯体蓄熱効果を利用した必要最小限の室内環境を維持するための熱負荷を処理し、変動する熱負荷を処理する暖房装置として使用することで、地域熱供給所の温水供給量の削減を図ることができる。

燃焼で消費した天然ガスを 100 としたとき、天然ガス火力発電所から供給された電力を用いてヒートポンプ空調機で暖房する場合と、給湯をヒートポンプ温水器で製造する場合の利用できる熱量の比較を、指数で図 29 に示した。



参考資料
 令和2年度ヒートポンプ普及の見通し調査報告書、一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター p50(2020)
 平成29年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査、三菱総合研究所 p3~p7(2018)
 住宅に関する省エネルギー基準に準拠したプログラムTOP 入力ガイド 建築研究所 p2,p7~p8 (2016)

出典：上記参考資料をもとに JICA 調査団作成

図 29 天然ガス消費量を 100 としたときの各熱変換装置により利用できる熱量
 (ロス、効率は日本の状況などを参照した一般的数値で記載)

なお、効果検証にあたっては、以下のデータが必要となることが想定される。

- 冬期間における同一の圧縮機容量を持つインバータ搭載と非搭載のヒートポンプにおける消費電力量および同一の設定室内温度に対する室内温度の変動幅のデータ

6. 熱供給系の効率対策効果の評価

熱供給所の熱収支、管理データなどから、熱供給に関する対策をタシケント市において実施した場合の効果について、次の知見が得られた。消費側における対策の効果については、ユースポイント補正率によって供給側の効果に換算している。

①No.8 DH におけるボイラの空気比の改善

普及率想定 15%

天然ガス削減ポテンシャル 1.49%

天然ガス削減量 2,630 千 m³/年

(参考値：投資金額想定 (円) 1.35 百万円)

②外気温度や風速に連動した供給熱量増段で温水温度増加から温水量増加への転換

普及率想定 100%

ガス削減ポテンシャル 10.3%

ガス削減量 35,000 千 m³/年

投資不要

③完全クローズド熱供給システムへの変更

普及率想定 10%

ガス削減ポテンシャル 36.3%

ガス削減量：42,700 千 m³/年

給水削減ポテンシャル 81%

給水削減量 21,600 千 m³/年

(参考値：投資金額想定 (円) 352 百万円)

④燃焼排ガスのエコノマイザによる潜熱回収と Make-up 給水予熱の導入

普及率想定 10%

ガス削減ポテンシャル 27.8%

ガス削減量 32,700 千 m³/年

(参考値：投資金額想定 (円) 90 百万円)

⑤受入設備との接続部分：65A 相当の配管の保温施工

普及率想定 15%

ユースポイント補正率 30%/52.3%=0.57

ガス削減ポテンシャル 0.5%

ガス削減量 503 千 m³/年

(参考値：投資金額想定 (円) 5.28 百万円)

消費側における省エネ手段導入による効果は以下のとおり。

①節水シャワーヘッドの導入

普及率想定 15%

ユースポイント補正率 $30\%/52.3\%=0.57$

ガス削減ポテンシャル 35%

ガス削減量 2,560 千 m³/年

給水削減ポテンシャル 35%

給水削減量 437 千 m³/年

(参考値：投資金額想定 (円) 93.8 百万円)

②壁厚構造建物の躯体蓄熱効果を利用した冬期間の夜間温水供給量の低減

普及率想定 30%

ユースポイント補正率 $30\%/52.3\%=0.57$

ガス削減ポテンシャル 20%

ガス削減量 20,100 千 m³/年

(参考値：投資金額想定 (円) 264 百万円)

③暖房開始期と終了期における室内温度調節のための外窓開放の禁止

普及率想定 30%

ユースポイント補正率 $30\%/52.3\%=0.57$

ガス削減ポテンシャル 2.7%

ガス削減量 5,040 千 m³/年

(参考値：投資金額想定 (円) 225 百万円)

④DH の給湯から個別給湯を目的とした電気式 HP 給湯器への転換

普及率想定 10%

ガス削減ポテンシャル 36.2% (2030 年)

ガス削減量 15,500 千 m³/年

(参考値：投資金額想定 (円) 7.500 百万円)