

日本グローバル・インフラストラクチャー研究財団

2022 年度受託研究プロジェクト報告書概要

中央アジア・他地域電力網の経済分析

研究代表者 東京理科大学・教授

高嶋 隆太

研究実施者

高嶋隆太 東京理科大学・教授

高森寛 青山学院大学・名誉教授

伊藤真理 東京理科大学・講師

伊藤和哉 政策研究大学院大学・ポスドクトラルフェロー

平山晃大 東京理科大学・大学院生（修士課程）

田嶋望 日本 GIF 研究財団・インターン（客員研究員）

序論

中央アジア諸国（カザフスタン、キルギス、タジキスタン、トルクメニスタン、ウズベキスタン）の電力システム（CAPS: Central Asian Power System）は、旧ソビエト連邦時代に建設され、この政権崩壊後も独立した中央アジア5か国に引き継がれている。この電力システムの活用に関して、2019年7月にトルコで開催された電力分野の改革に関する中央アジア会議において、中央アジア諸国における一次エネルギー資源の偏在を考慮した電力融通や安定供給の実現、域外への電力融通の促進を目指し、「電力の共通市場創設とエネルギー改革分野での地域協力に関する共同宣言」が行われた。本施策を主導するウズベキスタン政府は、旧ソビエト連邦崩壊後も中央アジア各国が電力を融通し合った経験をもとに、カザフスタン、キルギス、タジキスタンとの協力を活発に進めており、トルクメニスタンも徐々に参加意欲を強めていることから、より実現可能性が高いことを主張している。同時に、中央アジア諸国は、広大な土地に恵まれ、再生可能エネルギー電源導入のポテンシャルが高いことが知られている。近年では、中央アジア諸国においては、電力自由化による電力産業への市場競争の導入や、世界的な温室効果ガス排出削減の政策目標により、政策制度の整備が急速に進行し、太陽光や風力エネルギーに代表される再生可能エネルギー電源の大量導入が期待されている。また、そのポテンシャルの高さから、今後の再生可能エネルギー電源の普及により、CAPS域内のみならず、他地域への電力融通が期待される。このように、将来的な再生可能エネルギー電源の導入可能性を考慮した中央アジア諸国における電力の安定供給は、中央アジア諸国だけでなく、南アジア地域の電力の安定化や欧州の安価なエネルギー獲得に大きな貢献をすると考えられている。実際に、米国国際開発庁（USAID）は、電力貿易、電力市場創設を提案するとともに、中央アジアと南アジア諸国の電力網統合を呼び掛けている。すなわち、USAIDは、中央アジアを電力供給地として位置づけ、他地域の安定化に中央アジアが貢献すると考え、技術面・法制面でのサポートと同時に、海外資金による再生可能エネルギー電源への投資も呼び込み、中央アジアの電力開発を支援すると主張している。実際に、2008年には、中央アジアから他地域への電力供給「中央アジア・南アジア間の電力貿易・送電計画（CASA-1000プロジェクト）」が立ち上げられるとともに、本プロジェクトに中国も関心を示している。

本研究では、数理最適化手法を用いて、中央アジア諸国に共通市場が創設された場合、現在の発電設備や送電網の状況と比較して、どの程度の全体的な便益を見込めるかについて分析する。加えて、中央アジア諸国から南アジアや欧州などの他地域へ電力網を接続した場合や将来的な再生可能エネルギー普及を考慮した場合の便益を分析する。

第1章 モデル

本研究では、各国それぞれに消費者と生産者が存在し、それぞれのエネルギーの需要と供給の関係があることを仮定する。また、中央アジア諸国は、図1に示すように、カザフスタン、ウズベキスタン、キルギスでループ状に送電網が接続しており、タジキスタンとトルクメニスタンはウズベキスタンとくし形に接続すると模式的に考える。中央アジア諸国は南アジア地域であるパキスタンと送電網を接続するために地理学的な中間地点である中国を経由することで、中央アジア諸国からパキスタンに電力を輸出できるとする。また、欧州へ地理学的影響を考慮し、欧州方向へ送電網を接続する際の出発点として、アゼルバイジャンに電力網を接続する場合の状況を仮定する。また、中央アジア諸国全体での短期的な電力需給バランスの調整を行う主体として、システムオペレータ（ISO）が存在すると仮定する。はじめに、各国の電力需要と発電設備のデータを用いて地域全体のコスト最小化問題を解き、各国の需要と供給の関係付けるパラメータを導出し、その後、相補性問題を解くことにより、均衡における各国の発電事業者の発電量や消費者の電力消費量、電力融通を求め、これらから便益（社会的余剰）を導出する。

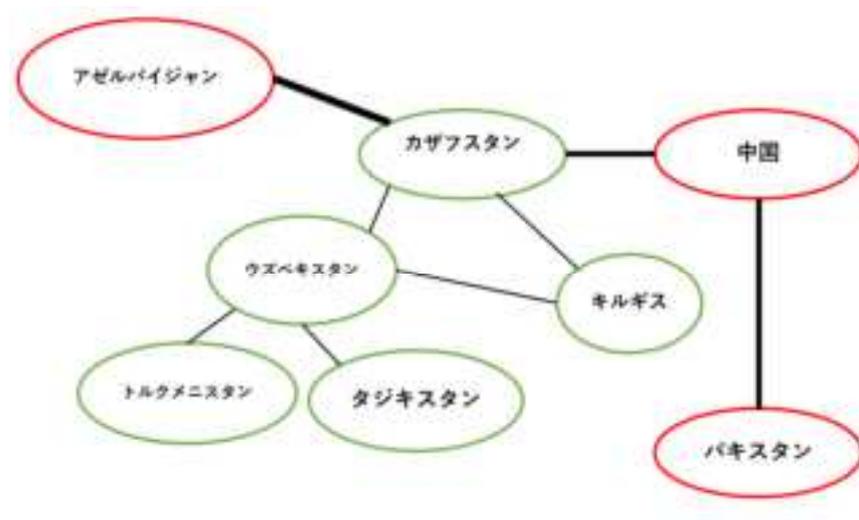


図1: 中央アジア諸国と他地域の電力系統の関係

第2章 結果及び考察

本分析においては、送電網の接続による各国の経済的効果やメリット、再生可能エネルギーの発展を見込んだ場合の社会的余剰の変化について、以下のケースに分けて結果を考察する。

- ・ケース1：中央アジア諸国で送電網が接続されていない場合
- ・ケース2：中央アジア諸国で送電網が接続されている場合

・ケース3：中央アジア諸国と南アジア・欧州で送電網が接続されている場合
 ここで、社会的余剰とは、消費者余剰と生産者余剰、ISOの余剰の合計で表されるものとする。表1は、再生可能エネルギー電源の導入を考慮しない場合の社会的余剰、表2は、再生可能エネルギー電源の導入を考慮する場合の社会的余剰を各ケースで比較したものである。表1、2のいずれにおいても、ケース1で最も余剰が小さく、ケース3で最も余剰が大きくなっていることが分かる。これは、送電網の接続と他地域への拡大によって、中央アジア全体ではより大きな社会的余剰が得られることを示している。また、表1と2を比較すると、全てのケースで表2の社会的余剰が大きくなっており、将来的な再生可能エネルギーの導入が社会的余剰を拡大させる可能を示している。すなわち、中央アジア諸国の送電網の接続や、他地域への接続の拡大、将来的な再生可能エネルギーの導入は、包括的に中央アジア諸国の社会的余剰を増加させることが示唆された。

表1: 各ケースにおける各国の社会的余剰(億\$, 再生可能エネルギーなし)

	ケース1	ケース2	ケース3
カザフスタン	95.51	95.48	96.12
キルギス	32.16	36.01	34.98
ウズベキスタン	114.90	116.35	116.95
トルクメニスタン	38.56	38.55	38.68
タジキスタン	21.36	24.10	24.33
ISOの余剰	0.00	2.67	10.03
全体の社会的余剰	302.45	313.16	321.17

表2: 各ケースにおける各国の社会的余剰(億\$, 再生可能エネルギーあり)

	ケース1	ケース2	ケース3
カザフスタン	106.77	124.63	137.22
キルギス	41.14	47.60	52.94
ウズベキスタン	131.38	115.67	140.68
トルクメニスタン	50.61	51.44	54.45
タジキスタン	20.03	20.72	36.16
ISOの余剰	0.00	4.64	8.94
全体の社会的余剰	349.93	364.70	430.39

第3章 結論

本研究では、コスト最小化問題と相補性問題を用いて、中央アジア地域と他地域との送電網の接続や再生可能エネルギー電源の普及を考慮し、社会的余剰を中心に分析を行った。中央アジア諸国では、送電網を接続することにより、特に他地域との接続を考慮したケースで最も全体の社会的余剰が大きくなることが分かり、送電網を接続することの有効性が示唆された。再生可能エネルギー電源の導入を考慮した分析では、3つのケース（接続なし、中央アジア諸国内での接続、中央アジア諸国と他地域の接続）のすべてにおいて、再生可能エネルギーの導入を考慮しない場合と比較して社会的余剰が大きくなり、例えば、中央アジア諸国と他地域の接続を考慮するケース3においては、再生可能エネルギー導入によって中央アジア諸国の社会的余剰が約110億ドル増加し、再生可能エネルギー導入の優位性が示された。これにより、中央アジア内と他地域との接続を考える場合、再生可能エネルギーの普及も一体的に組み込む施策を提案することが効果的であると考えられる。

参考文献

国際協力機構（JICA）及び外務省，“中央アジア地域「中央アジアの電力・水資源に関する地域連携に関する委託調査」報告書”，
<https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11925716.pdf>, 2009.

山本敬一，山辺卓，“中央アジアの電力供給システム整備のための地域間協力”，*開発援助研究*, 5(2), 65-98, 1998.

He, S., Foley, A., Chen, N., Jia, T., & Wang, S., “Cooperative electric energy transmission between Central Asia and Pakistan”, *Energy Strategy Reviews*, 38, 100756, 2021.

Huang, C., Wang, C., Li, H., Luo, J., Sun, W., & Du, X., “Analysis of basic conditions of the power grid interconnection among Xinjiang, Pakistan, and five Central Asian countries”, *Global Energy Interconnection*, 2(1), 54-63, 2019.

Purvins, A., Gerbelova, H., Sereno, L., & Minnebo, P., “Social welfare impact from enhanced Trans-Asian electricity trade”, *Energy*, 215, 119106, 2021.

Xiong, N., Zhang, M., Zhang, X., & Yang, D., “Feasibility and Key Problems Analysis of Asia-Europe Intercontinental Power Transmission System”, In *2019 IEEE 3rd International*

Electrical and Energy Conference (CIEEC) (pp. 1991-1996). IEEE, 2019.

Zakeri, B., Hunt, J. D., Laldjebaev, M., Krey, V., Vinca, A., Parkinson, S., & Riahi, K., “Role of energy storage in energy and water security in Central Asia”, *Journal of Energy Storage*, 50, 104587, 2022.