

中央アジア地域

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

平成 21 年 2 月
(2009 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)
及び
外務省

委託先
特定非営利活動法人日本水フォーラム
独立行政法人日本水機構
東電設計株式会社

東中

JR

09-001

序 文

日本政府は、2004年に中央アジア諸国の地域協力の促進のため、「中央アジア＋日本」対話を立ち上げました。その後、2006年の外相会議では各分野での行動計画の策定、2007年の知的対話・東京対話では、テーマの一つとして「水資源と電力を巡る中央アジア地域協力の展望」が取り上げられました。

JBIC（2008年10月より新JICA）および外務省は、これらに関する日本の役割の具体化及び支援の方向性を定めるために基礎調査を行うこととし、NPO日本水フォーラム、(独)水資源機構、東電設計（株）の3社が受託調査を実施したものです。

調査団は、中央アジア4カ国（ウズベキスタン、カザフスタン、キルギス、タジキスタン）を2回にわたり訪問し、水資源と電力分野に関連する政府機関、国際機関、ドナー等に対するインタビューによる現状と課題把握（第1回調査）、これら機関への中間報告と意見聴取（第2回調査）を実施し、これらのとりまとめ結果をここに最終報告書として報告するものです。

調査の実施に際し、関係機関との調整や資料収集などに関して、外務本省、JICA、在外公館ならびに中央アジア各国の駐日大使館の多大なご協力をいただきました。関係者各位に対して、ここに心より感謝の意を表します。

本調査の結果が、中央アジア諸国と日本の今後の協力関係の増進に役立つことを深く願ってやみません。

2009年2月

中央アジア水資源と電力の地域連携調査団

団長 貞弘 丈佳

目 次

第1章 本調査の概要.....	1-1
1-1 調査の背景.....	1-1
1-2 調査の目的.....	1-2
1-3 調査業務の内容（TOR）.....	1-3
1-4 調査対象地域.....	1-4
1-5 調査団の構成と現地調査行程.....	1-5
第2章 水資源開発・管理に係る現状・課題と対応.....	2-1
2-1 概要.....	2-1
2-2 シルダリア川流域の主要貯水池の運用状況.....	2-2
2-3 シルダリア川流域の水資源利用.....	2-12
2-4 シルダリア川流域の水資源開発・管理に係る現状と課題.....	2-16
2-4-1 流域各国の水資源開発・管理に関する現状と課題.....	2-17
2-4-2 ソフト・ハードインフラの開発・管理の変遷.....	2-28
2-5 水資源と電力融通システム構築の経緯と課題.....	2-35
2-5-1 地域の水調整に係る国際機関やドナーの取り組み.....	2-35
2-5-2 水資源と電力融通の障害となる要因.....	2-37
第3章 電力に係る現状・課題と対応.....	3-1
3-1 概要.....	3-1
3-2 中央アジア地域各国の電力に係る現況と課題.....	3-2
3-2-1 各国の電力需要.....	3-2
3-2-2 発電設備.....	3-4
3-2-3 地域内各国連携システム.....	3-6
3-2-4 各国政府の需給確保にかかる施策.....	3-8
3-3 シルダリア川流域における発電に係る現状と課題.....	3-11
3-3-1 中央アジア地域各国の水力発電ポテンシャル.....	3-11
3-3-2 シルダリア川流域の水力発電所の現況.....	3-13
3-3-3 トクトグル貯水池／Narynカスケード発電所.....	3-14
3-4 電力の国際融通による電力設備効率化.....	3-17
3-4-1 需給シミュレーションの目的.....	3-17
3-4-2 需給シミュレーションの方法.....	3-17
3-4-3 需給シミュレーション検討モデルと条件.....	3-20
3-4-4 需給シミュレーション検討結果.....	3-23
3-4-5 需給運用シミュレーションによる評価.....	3-25
3-5 キルギスにおける今冬の電力不足の影響.....	3-26
3-6 国際機関やドナーの取り組み.....	3-29
3-6-1 世界銀行（WB）.....	3-29
3-6-2 アジア開発銀行（ADB）／CAREC.....	3-29

3-6-3 米国国際開発庁 (USAID)	3-29
3-6-4 欧州復興開発銀行 (EBRD).....	3-29
3-6-5 国連開発計画 (UNDP).....	3-30
3-7 電力分野の課題と対策	3-31
3-7-1 2005 年の調査以降の電力分野における課題の変化	3-31
3-7-2 電力分野における支援のビジョンと戦略	3-32
3-7-3 電力分野における具体的な支援	3-33
第 4 章 シルダリア川の水・電力資源の効率的活用と水災害軽減.....	4-1
4-1 洪水および渇水被害、ならびに大規模貯水池の運用に係る基礎情報.....	4-1
4-1-1 使用データ	4-1
4-1-2 流況データの整理・分析	4-2
4-2 洪水および渇水被害軽減対策の検討.....	4-6
4-2-1 検討ケースの設定.....	4-6
4-2-2 結果	4-13
4-2-3 まとめ.....	4-18
4-3 洪水および被害軽減策が発電に与える影響の評価	4-20
4-3-1 洪水被害対策による発電量と溢水量の変化	4-20
4-3-2 電力需給面から見た洪水被害対策の評価	4-24
4-4 推奨する洪水・渇水被害軽減策とその条件	4-25
4-5 水資源管理増進による水利用の効率性向上の方策	4-27
4-5-1 国家の水資源管理の戦略策定.....	4-27
4-5-2 水資源に関する情報共有化による水利用効率化	4-30
4-5-3 インフラの持続的管理に向けた対策	4-32
第 5 章 わが国の支援の方向性および方策にかかる提案	5-1
5-1 問題解決に向けた地域連携支援の取るべき方向性	5-1
5-1-1 わが国のあるべき支援の取り組みにかかる基本方針	5-1
5-1-2 水資源・電力分野における支援ビジョン	5-3
5-2 水資源と電力分野における実現可能な支援方策	5-5
5-2-1 水資源分野における支援の進め方	5-5
5-2-2 水資源分野における優先度の高い支援の推進方法.....	5-10
5-2-3 電力分野における支援の進め方	5-13
5-2-4 電力分野における優先度の高い支援の推進方法	5-15

添付資料

Abbreviations

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ASBP	Aral Sea Basin Program	アラル海流域計画
BVO (BWO)	Basin Water Organization	流域管理機構 (ICWC 下部機関)
CACO	Central Asian Cooperation Organization	中央アジア協力機構
CARs	Central Asian Republics	中央アジア諸国
CAPS	Central Asian Power System	中央アジア系統システム
CAREC	Central Asia Regional Economic Cooperation, ADB	(同左)
CDC	Nongovernment Noncommercial Organization Coordinating Dispatcher Center <Energy>	非政府非営利給電指令所
CDM	Clean Development Mechanism	CDM
CHP	Combined Heat and Power	熱併給発電
CIS	Commonwealth of Independent States	独立国家共同体
DOE	Department of Energy, USA	米国エネルギー省
DSM	Demand Side Management	デマンドサイドマネージメント
DSS	Decision Support System	意思決定支援システム
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development	欧州復興開発銀行
EC-IFAS	Executive Committee IFAS	IFAS 実施委員会
ECO	Economic Cooperation Organization	経済協力機構
EEC	Eurasian Economic Community	ユーラシア経済共同体
EPIQ	Environmental Policy and Institutional strengthening indefinite Quantity contract	環境政策と組織強化に関する契約
EU	European Union	ヨーロッパ共同体
EU/TACIS	The European Union's Technical Assistance to the Commonwealth of Independent States	(欧州共同体の支援機関)
F/S	Feasibility Study	開発可能性調査
GEF	Global Environmental Facility	地球環境ファシリティ
GWP	Global Water Partnership (NGO)	同左
HPP	Hydro Power Plant	水力発電
ICAS	Interstate Council on the Aral Sea Basin Problems	アラル海政府間委員会
ICKKTU	Interstate Council for the Republic of Kazakhstan, the Kyrgyz Republic, the Republic of Tajikistan and the Republic of Uzbekistan	カザフスタン、キルギス、タジキスタンおよびウズベキスタン協議会
ICSD	Interstate Commission for Sustainable Development	(同左)
ICWC	Interstate Coordination Water Commission of Central Asia	アラル海流域水調整委員会
IFAS	The International Fund for Saving the Aral Sea	アラル海救済のための国際基金
IFI	International Financial Institution	国際金融機関
IWRM	Integrated Water Resources Management	総合的水資源管理
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JSC	Joint Stock Company	株式会社
KOREM	Kazakhstan Operator of the Electric Energy and Power Market	カザフスタン電力卸売市場オペレータ
KEGOK	Kazakhstan Electricity Grid Operating Co	カザフスタン電力網管理会社
KES CA	Coordinating Electric Power Council Central Asia	中央アジア電力調整協議会
LOLE	Loss Of Load Expectation	(供給信頼度の一指標)
NASPI	Naryn Syr Darya cascade Planning Instrument	ナリン・シルダリア・カスケード計画作成支援システム
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization of Japan	新エネルギー・産業技術総合開発機構
NDC	National Dispatch Center	国家給電司令所
NRMP	Natural Resources Management Project	天然資源管理プロジェクト
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
OSCE	the Organization for Security and Cooperation in Europe	欧州安全保障協力機構
PPA	Power Purchase Agreement	給電契約
PDPAT	Power Development Planning Assist Tool	電源開発計画支援ツール
RETICS	Reliability Evaluation Tool for Inter-Connected Systems	供給信頼度診断ツール
SANIIRI	the Central Asian Irrigation Research Institute	中央アジア灌漑研究所
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	集中監視制御装置
SCO	Shanghai Cooperation Organization	上海協力機構
SDC	Swiss Development Cooperation	スイス政府開発協力局
SIC-ICWC	Scientific Information Center of ICWC	ICWC 情報センター

SJSC	State Joint Stoc Company	国営株式会社
S/S	Substation	変電所
T/A	Technical Assistance	技術支援
TPP	Thermal Power Plant	火力発電所
TWEP	Transboundary Water and Energy Project	越境水・エネルギープロジェクト
UDC	Unified Dispatch Center	統合給電司令所
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe	国連欧州委員会
UNEP	United Nations Environment Programme	国連環境計画
UNESCO	United Nations Education, Scientific and Cultural Organization	ユネスコ
USAID	United States Agency for International Development	アメリカ国際開発局
WASP	Wien Automatic System Planning Package	電力システム計画ツール
WB	World Bank	世界銀行
WEC	Water Energy Consortium	(同左)
WHO	World Health Organization	世界保健機構
WMS	Water Management System	水管理システム

< 単位関係 >

BCM	Bilion Cubic Meter	10 億立米
MTOE	Milion ton oil equivalent	百万石油換算トン
MWh	Megawatt Hour	10 ³ kWh
GWh	Gigawatt Hour	10 ⁶ kWh
TWh	Terawatt hour	10 ⁹ kWh
mln	Million	10 ⁶
bln	Billion	10 ⁹

第1章 本調査の概要

1-1 調査の背景

日本政府は、中央アジア諸国の地域協力を促進するため、2004年8月の川口外務大臣（当時）の中央アジア歴訪時に「中央アジア+日本」対話を立ち上げた。この対話による協力の一環として、2005年、中央アジア域内協力に資する支援のあり方を検討するため、JBIC（当時）により、域内の重要課題の1つである水資源と電力の調整に関する調査が実施された。

2006年に開催された第2回外相会合では、麻生外務大臣（当時）が議長を務め、中央アジア各国代表とともに、5分野（①政治対話、②地域内協力、③ビジネス振興、④知的対話、⑤文化交流・人的交流）における協力の具体的方向性を示す「行動計画」に署名し、地域内協力を進めていく仕組みを形成した。この「行動計画」の中で、「水・エネルギー問題」は地域内協力支援の対象分野の1つとして明記されている。

「行動計画」の中で効果的な地域内協力を実現するためには、中央アジア諸国の主体的な取り組みと相互信頼関係の構築が不可欠であり、中央アジア諸国は、地域全体及び各国の社会経済発展のため様々な困難を乗り越え協力を一層進める決意であると表明された。日本は、このような中央アジア諸国の主体的な努力を補完し、同諸国の相互協力の具体的な協力の方向性が固まる場合には、技術的な助言を始めとする協力の可能性を検討するとの意図を表明した。

2007年1月には第2回「中央アジア+日本」知的対話・東京対話が開催され、「水資源と電力を巡る中央アジア地域協力の展望」がテーマに取り上げられた。議論においては、石油・天然ガスなどの化石燃料がカザフスタン、ウズベキスタン、トルクメニスタンに偏在する一方、水資源はシルダリア川及びアムダリア川の上流に位置するキルギス及びタジキスタンにあり、水資源と電力の最適配分には地域協力が必要とされ、ありうべき日本の役割としては以下の点が指摘された。

- ・ 節水、水資源管理、省エネルギーなどの分野で日本は世界をリードしており、日本の優れた技術を中央アジア諸国に提供する。
- ・ 発電、送電、配電までの電力関連施設のマネジメント等、システムの改革に対するソフト面の技術協力を実施する。
- ・ 国境を越える巨大プロジェクトに直ちにとりかかるよりも、一国におけるプロジェクトではあるが地域的効果のあるプロジェクトへの協力から始めることが適当である。
- ・ 中央アジア諸国間で政治的レベル、技術レベルの議論を深めるための場を日本が提供することも一案である。

本調査は上記に示されたような日本の役割の具体化及び支援の方向性を定めるために基礎調査を行うものである。

1-2 調査の目的

中央アジア地域の水資源分野と電力分野については、地域内各国の主体的な取り組みと相互信頼関係の構築が重要な課題である。今後、『中央アジア+日本』対話メカニズムおよび『行動計画』に基づいて地域連携を進めていくためには、各国が議論を深めるための場を日本が提供するなど、日本の役割を具体化する必要がある。

2005 年度に実施された調査「中央アジアの電力・水資源に関する地域連携に係る調査」(2005 年度調査)では、地域内の水資源の灌漑利用を従来規定に従った場合でも、電力国際融通の最適化により、各国で経済的メリットが生じることを示した。

中央アジアではシルダリアの上流国であるキルギスのトクトグル貯水池の水運用を巡り、冬期発電が必要なキルギスと夏期の灌漑利用の需要の大きいウズベキスタンとカザフスタンの間で調整が困難な状況が生じている。水力資源に頼るタジキスタンとウズベキスタンの間でも水力発電所建設を巡り軋轢がある。

今回調査では上記を踏まえて水資源利用の統合化、効率化に向けての方向性について検討した。具体的には、まず、現実に被害が生じている冬期の発電放流による下流域の洪水被害軽減対策と、これが電力国際融通の最適化に与える影響を検討する。さらに、統合的で効率的な水資源管理を行うにはどのような手段が必要か、という視点で課題を捉えた。さらに地域の電力需要と供給の関係も併せて検討している。

検討結果を地域内の政治・技術レベルの対話の深化に繋げられるよう、日本が関係各国と共有することを想定して調査結果をとりまとめる。水資源・電力資源の効率的利用に資する支援の方向性及び日本の具体的役割に関する提言を行うことを目的とする。

1-3 調査業務の内容(TOR)

本調査の TOR は、以下のとおりである。

- (1) 「中央アジアの電力・水資源に関する地域連携に係わる調査」(2005 年度) のレビュー
 - ・本調査を効率的・効果的に実施するため、調査実施に先立ち上記報告書を精査
- (2) シルダリア川流域の電力・水資源に関する地域連携に係わる現状と課題の抽出
 - ・水資源と電力融通システム構築を妨げている原因・障壁・問題点の抽出
 - ・実現可能な水資源・電力融通システムの具体像及び、同システムにおける日本の果たしうる役割の提示
- (3) シルダリア川流域の水資源開発・管理に係わる現状と課題の抽出
 - ・中央アジア各国及び国家観における水資源開発、管理(関連する電源開発・管理も含む)に関する政策、法・規制の変遷と現状の整理
 - ・シルダリア川流域における水資源に関連するソフト・ハードインフラの開発、管理の変遷と現状の整理
- (4) シルダリア川の洪水被害軽減の検討
 - ・シルダリア川の洪水の現状・原因の抽出
 - ・洪水の解決策の提案、被害軽減の可能性検討
- (5) 「中央アジアの電力・水資源に関する地域連携に係わる調査」(2005 年 7 月) を前提としたシルダリア川流域における発電に係わる現状・問題点の把握
 - ・シルダリア川流域における発電可能量、発電不足量、うち水力発電による発電量の現状・問題点等の抽出
 - ・上記、発電に係わる現状・問題点等の、洪水被害軽減を図った場合の影響予測
- (6) 新 JICA の知的協力、技術支援、円借款の方向性と方策の提言
 - ・上記(1)～(5)に基づき、新 JICA による具体的支援の提案
 - ・上記提案事業の実現に向け新 JICA が取り組むべき事項、問題点、論点等の抽出

1-4 調査対象地域

本調査における対象地域及び国は、シルダリア川流域国であるカザフスタン、キルギス、タジキスタン、ウズベキスタンの4カ国とする。現地調査は、水資源・電力にかかる各国・各機関の実態や意向を把握するため、地域の代表機関と各国政府やドナー等関係機関から初回の聞き取り調査を実施した。調査結果と資料等からの検討・解析を中間取りまとめとして、第2回調査で報告し、これに対する意見等を聴取した。

報告書は、2回の現地調査と解析、文献調査によって得られた情報を評価分析した結果をとりまとめた。

第1回現地調査は、シルダリア川上流国のキルギス、シルダリア川中・下流国としてウズベキスタンとカザフスタンを訪問し、まず資料収集と共に各機関の施策や意向を聴取し、これを元に国内作業で洪水被害軽減対策等の基本案と電力に対する影響の照査を行った。

第2回現地調査では、不足の情報等を補填すると共に、シルダリア川流域のカザフスタン、キルギス、タジキスタン、ウズベキスタンの4カ国へ洪水被害軽減対策等の水資源管理と電力に関する検討結果を中間報告として説明・意見交換を行った。

上記のように、日本の支援すべき方向性や方策等を提示する上での基礎情報や現実的な課題を把握することを狙って調査を計画し、実施した。

図 1-1 に対象流域と河川、貯水池を示す。



図 1-1 シルダリア川流域位置図

1-5 調査団の構成と現地調査行程

本調査業務は、下表に示す人員、業務分担により実施した。

表 1-1 調査団の構成

氏名	担当業務
貞弘 丈佳 (団長、水資源機構)	総括／水資源管理 A
杉浦 政裕 (水資源機構)	水資源管理 B
川本 邦男 (日本水フォーラム)	水資源政策
古越 仁 (東電設計)	電力 A
横澤 康浩 (東電設計)	電力 B

本調査業務では、2回現地調査を実施した。
 第1次現地調査の行程は、表 1-2に示すとおりである。

表 1-2 第1次調査実施行程（9月）

年月日			貞弘、古越、川本	杉浦
1	9/2	Tue	Tokyo→Seoul (OZ101)→Tashkent (OZ573) 13:30→21:00	同左
2	9/3	Wed	Tashkent	同左
3	9/4	Thu	Tashkent	同左
4	9/5	Fri	Tashkent	同左
5	9/6	Sat	Tashkent	同左
6	9/7	Sun	Tashkent	同左
7	9/8	Mon	Tashkent	同左
8	9/9	Tue	Tashkent→Chardara→Koksarai→Shymkent (car)	同左
9	9/10	Wed	Shymkent→Almaty (KC972)→Astana (KC853) 09:45→14:40	Shymkent→Tashkent (car)
10	9/11	Thu	Astana	Tashkent→Seoul (OZ574) 22:20→08:50
11	9/12	Fri	Astana	Seoul→Tokyo (OZ106) 17:10→19:30
12	9/13	Sat	Astana	
13	9/14	Sun	Astana→Almaty (KC952) 09:00→10:40	
14	9/15	Mon	Almaty	
15	9/16	Tue	Almaty	
16	9/17	Wed	Almaty→Tashkent (HY766) 12:50→13:40	
17	9/18	Thu	Tashkent	
18	9/19	Fri	Tashkent→Bishkek (HY781) 09:10→11:35	
19	9/20	Sat	Bishkek	
20	9/21	Sun	Bishkek	
21	9/22	Mon	Bishkek	
22	9/23	Tue	Bishkek	
23	9/24	Wed	Bishkek	
24	9/25	Thu	Bishkek→Tashkent (HY780) 09:55→10:25	
25	9/26	Fri	Tashkent→Seoul (OZ574) 22:20→08:50	
26	9/27	Sat	Seoul→Tokyo (OZ102) 10:00→12:10	

第2次現地調査の行程は、表 1-3に示すとおりである。

表 1-3 第2次調査実施行程（11月～12月）

年月日			貞弘、古越、川本
1	11/25	Tue	Tokyo→Seoul (OZ101)→Tashkent (OZ573) 13:30→21:10
2	11/26	Wed	Tashkent→Termez (HY1151) 09:25→11:25、Termez→Dushanbe (car)
3	11/27	Thu	Dushanbe
4	11/28	Fri	Dushanbe
5	11/29	Sat	Dushanbe→Termez (car)、Termez→Tashkent (HY1154) 15:55→17:40
6	11/30	Sun	Tashkent
7	12/1	Mon	Tashkent→Astana (HY721) 14:45→18:00
8	12/2	Tue	Astana
9	12/3	Wed	Astana
10	12/4	Thu	Astana
11	12/5	Fri	Astana→Almaty (KC952) 09:00→10:40
12	12/6	Sat	Almaty→Bishkek (car)
13	12/7	Sun	Bishkek
14	12/8	Mon	Bishkek
15	12/9	Tue	Bishkek
16	12/10	Wed	Bishkek→Tashkent (HY778) 08:50→09:20
17	12/11	Thu	Tashkent
18	12/12	Fri	Tashkent→Seoul (OZ574) 22:30→09:00
19	12/13	Sat	Seoul→Tokyo (OZ102) 10:00→12:10

第2章 水資源開発・管理に係る現状・課題と対応

2-1 概要

中央アジアのシルダリア川流域は、自然河川の状況とは大きく異なり、トクトグル貯水池への年間平均流入量約 120 億 m³ (1991 年～2007 年平均) に対して、有効容量が 140 億 m³ という大貯水池が建設されている。このため、貯留・放流の操作運用により下流の流況が大きく左右され、同時に貯水池からの放流計画が経年的な貯水容量を左右する、という特性をもっている。

トクトグル建設時の旧ソ連時代には、中央の統制のもと、連邦を構成する共和国の間で水力発電（上流国）と灌漑農業（下流国）の役割分担がなされ、上流国は下流国の農業生産増進のための灌漑用水の供給を主眼とした貯水池運用を行い、この補償措置として、下流国から上流国に冬期の燃料と電力を補給することで地域間のバランスをとっていた。共和国独立後、この枠組みの維持が困難になると、各国は自国の利益を守ることを優先せざるを得なくなり、トクトグルの冬期発電放流による下流国での洪水発生と、この裏返しの夏期の渇水発生などの被害が顕在化するようになった。

現在、この水資源運用の調整は各国間で政治問題化しており、各国や国際機関、ドナーの努力にもかかわらず、解決に向けた枠組みや経年的な協定は構築されるに至っていない。

本章では、シルダリア流域の水資源開発・管理におけるこれらの問題を対象に、水資源の効率的利用を図るために実施されてきた取り組みの経緯と、水資源管理の現状ならびに課題を整理し、今後の対応について検討を行うものである。

2-2 シルダリア川流域の主要貯水池の運用状況

シルダリア川流域の主要貯水池の運用状況を以下に示す。

(1) トクトグル貯水池の流入量と貯水容量

図 2-1 にトクトグル貯水池の 1991 年から 2008 年までの月平均流入量、図 2-2 にトクトグル貯水池の 1991 年から 2008 年までの貯水容量の経年変化を示す。流域の降水量が少ないことから、流入量は融雪出水が主であり、基底流量は 200 m³/s をやや下回るレベルで推移していることがわかる。

貯水量の変動は、年変動の他に数年を単位とした変動が認められる。このことは、流入量の変動に周期性が認められること、すなわち 4 年～6 年単位で増加と減少のサイクルがあるように見受けられることに対応しているものと推定される。もう一つ、貯水量の数年単位の変動が生じる理由として、トクトグル貯水池が、前述のように流入量に対して貯水容量が大きく、経年的操作が求められるダムであることがあげられる。

トクトグルの近年 5 カ年の流入量が連続して減少していることに関しては、氷河の後退が原因という説もあるようであるが、本調査範囲では不明である。

流入量の連続的な低減に対応して、2008 年 4 月下旬に記録した 64 億 m³ の貯水容量は近年 18 年間の最低値を記録し、死水 (dead water) 容量である 55 億 m³ を差し引けば、総有効容量 140 億 m³ に対して約 9 億 m³ のレベルまで減少したことになる。

同年の基底流量はそれまでより一段低い 100 m³/s を切っている。この原因の究明と今後の予測には、氷河の面積の変化や積雪データその他を用いた解析が必要である。当面は、今後の流入量の変動状況に着目していくことが必要である。

図 2-3 は 1911 年から 2007 年までの 97 年間の長期間の流入量の変動、ならびに、これを多い順に整理して示したものである。観測期間内の流入量測定精度が保たれているものと仮定すれば、長期間の流入量の平均値に対して、流入量の年変動が大きいという特性が読み取れる。周期性は必ずしも明確ではないが、数年から 10 年程度の周期があるように見える。2007 年の流入量は、長期間の流入量のレベルから見れば平均的なレベルに相当し、今後もこの程度の貯水池の低下による渇水は生じうる (特異な年ではない) ことが言える。

一方、流入量の変動が大きく、過去の実績ではさらに流入量の少ない年があることを考慮すれば、2008 年と同等、あるいは更に流入量の少ない年の来る確率が高く、より厳しい渇水の発生が想定されることを示している。

至近 18 年間の各月の流入量を図 2-4 に示す。2007 年 10 月～2008 年 9 月までの流量は、至近 18 年間の最低レベルに留まっている。2008 年 12 月第 1 旬までの実績流入量から年間流入量を想定すると、98 億 m³ 程度と見込まれ、2007 年の流入量および長期的な平均流入量を下回る渇水年である。

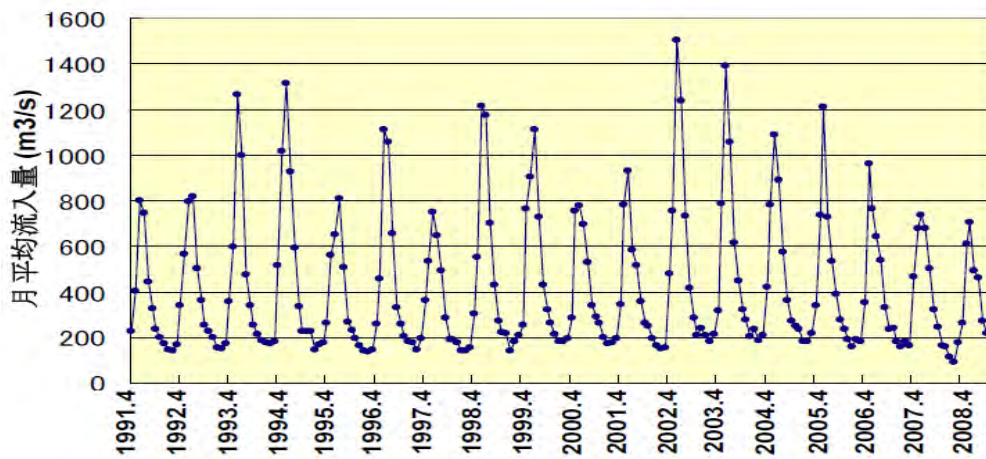


図 2-1 トクトグル貯水池の 1991 年から 2008 年までの月平均流入量

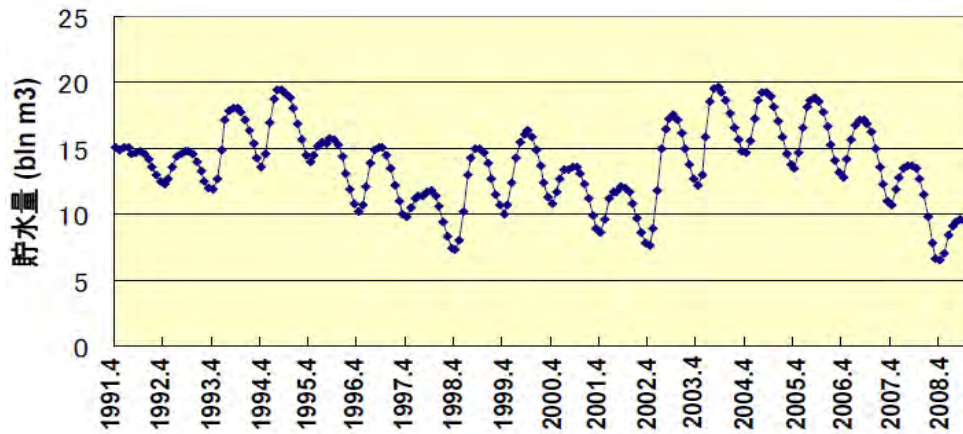


図 2-2 トクトグル貯水池の 1991 年から 2008 年までの貯水容量の経年変化

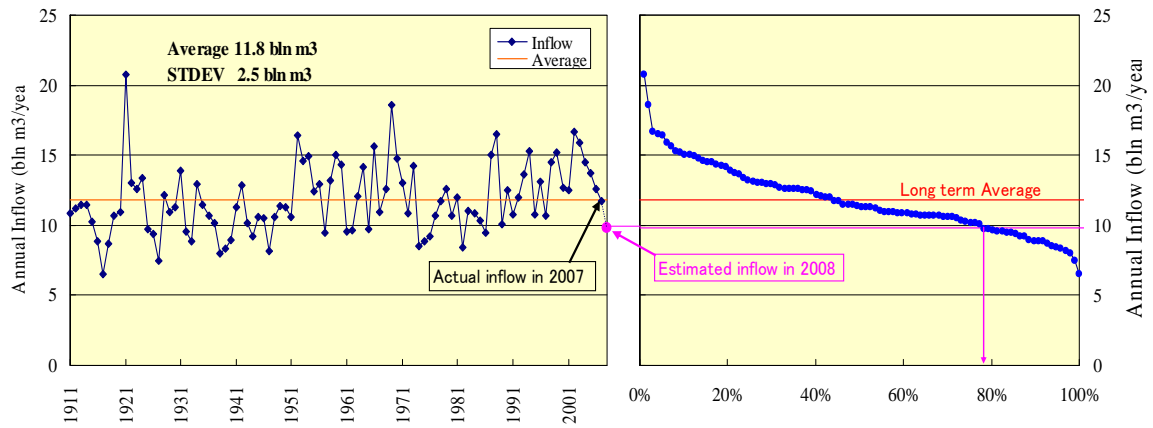


図 2-3 トクトグル貯水池の 1911 年から 2007 年までの 97 年間の長期間流入量の変動

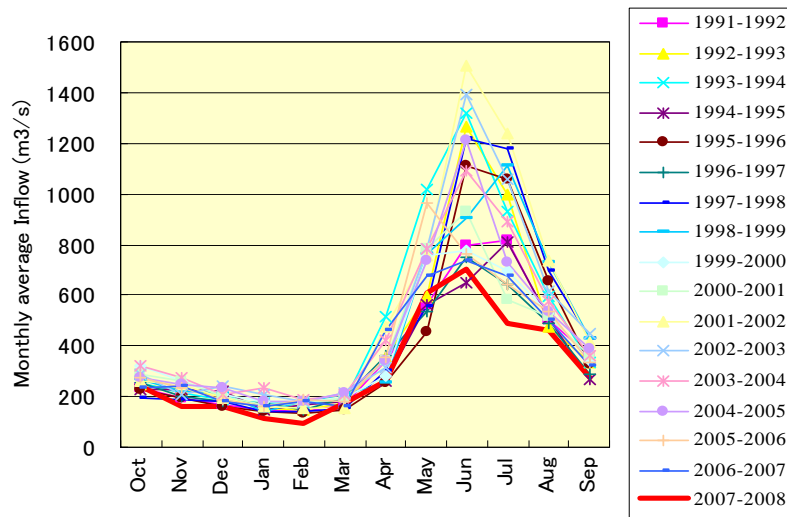


図 2-4 トクトグル貯水池の各月流入量

(2) トクトグル貯水池の運用の状況

(a) 運用状況

1991年から2008年までの18年間のトクトグル貯水池への流入量と放流量の変化を、図2-5に示す。これより、放流量のピークは発電放流に相当する冬期と、灌漑放流の夏期の2つあり、発電放流が卓越していることがわかる。

融雪出水による流入のピークは毎年ほぼ6月であるが、流入量のピークと放流量のピークが一致していたのは、独立直後の1991年と1992年までであり、灌漑用水の貯水・放流を優先した貯水池操作（灌漑モード）の名残があった時期と言える。1993年からは冬期放流のピークが灌漑期より卓越するようになった。1995年から1997年までは冬期と灌漑期のピーク放流量が同レベルとなったが、その後は冬期の放流量が卓越する傾向が顕著になり、特に近年の5年間はその傾向が強いことが読み取れる。また、同時に近年5年間は流入量が連続的に減少しているのに対して放流量のピーク値は増加傾向にあり、トクトグル貯水池の低下の原因となる操作が行われたことを裏付けている。これは、2003年からは関係国間でのプロトコルも遵守できなくなった状況とも一致している。

図2-6は、直近18年間のトクトグル貯水池からの灌漑期の放流量と非灌漑期の放流量を比較したものである。これによれば、非灌漑期の放流量は、旧ソ連時代の灌漑モードから、独立後の冬期発電放流主体の発電用水の貯水・放流を優先した貯水池操作（発電モード）への移行を反映して、漸増傾向にあることがわかる。一方、灌漑期の放流量は1991年のレベルに比較して明らかに減少しているが、年毎の変動も大きい。

(b) 考察

放流量と流入量の関係を表2-1に示す。これを流入量と貯留量の相関で表すと図2-7のようである。これから、流入量が相対的に多い年(2002～2005年)は貯水を溜め込み（放流の抑制）、少ない年(1991～1993年、2007～2008年)は放流量が貯水量を上回ることから貯水が減少している。

図2-7は、年間流入量と年間貯留量（流入量－放流量）の相関を表している。18年間のデータからは、年間の流入量と放流量がバランスするのは年間流入量が140億 m^3 程度の年であることがわかる。これは、長期間の平均流入量約120億 m^3 を上回っていることから、運用バランスとしては需要側にシフトした操作が行われていることがわかる。この相関図より、仮に、年間流入量が100億 m^3 であれば、約40億 m^3 の貯水量の減少が生じることになる。

図2-6に示したように、直近5カ年で、トクトグル貯水池への年間流入量が減少を続けているにもかかわらず、非灌漑期放流、灌漑期放流量とも漸増傾向の操作が行われている。電力需要と灌漑需要からこの傾向が続くとすれば、今後、渇水はより深刻になることが予想される。操作ルールが明らかでない為、詳細は不明であるが、図2-7に示したが既往の貯水池運用バランスを改善し、貯水容量不足の事態を可能な限り回避できる手法の検討が早急に実施される必要がある。ちなみに、2008年の灌漑期（4月～9月）は、渇水の影響を受けて、貯水量の温存を図るために放流量を減少させる操作を行っている。

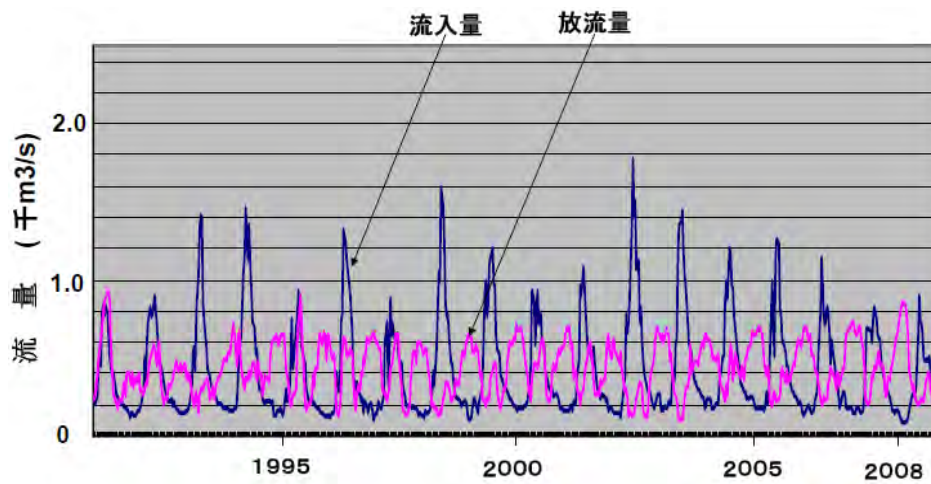


図2-5 トクトグル貯水池の1991年から2008年までの流入量と放流量

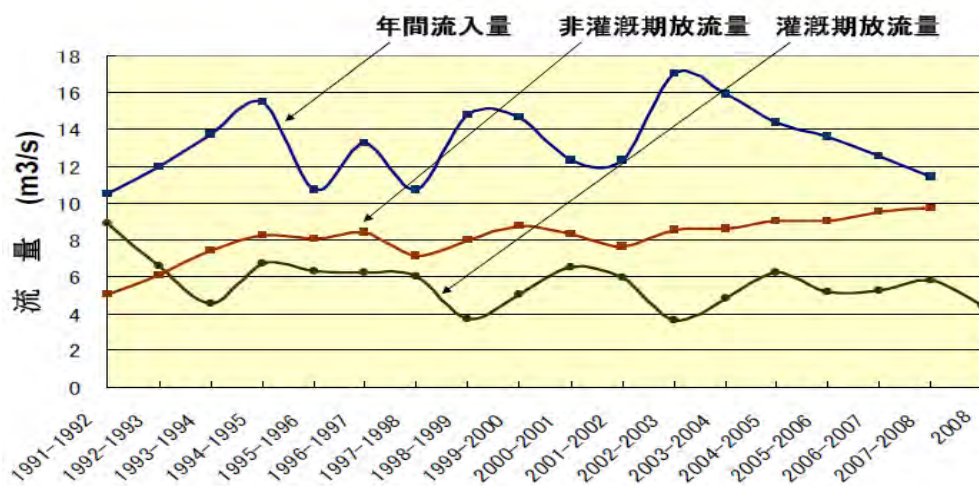


図2-6 トクトグル貯水池の1991年から2008年まで年間流入量、非灌漑期放流量および灌漑期放流量

表 2-1 トクトグル貯水池の 1991 年から 2008 年まで年間流入量と
年間貯留量（年間流入量－年間放流量）

番号	期 間	年間流入量 (bln m3)	年間流入量－ 年間放流量(bln m3)
1991	1991.4-1992.3	10.54	-3.38
1992	1992.4-1993.3	11.95	-0.71
1993	1993.4-1994.3	13.71	1.69
1994	1994.4-1995.3	15.49	0.52
1995	1995.4-1996.3	10.73	-3.64
1996	1996.4-1997.3	13.25	-1.35
1997	1997.4-1998.3	10.70	-2.52
1998	1998.4-1999.3	14.79	3.12
1999	1999.4-2000.3	14.62	0.80
2000	2000.4-2001.3	12.34	-2.51
2001	2001.4-2002.3	12.35	-1.22
2002	2002.4-2003.3	17.02	4.87
2003	2003.4-2004.3	15.93	2.41
2004	2004.4-2005.3	14.36	-0.92
2005	2005.4-2006.3	13.60	-0.61
2006	2006.4-2007.3	12.54	-2.29
2007	2007.4-2008.3	11.42	-4.15

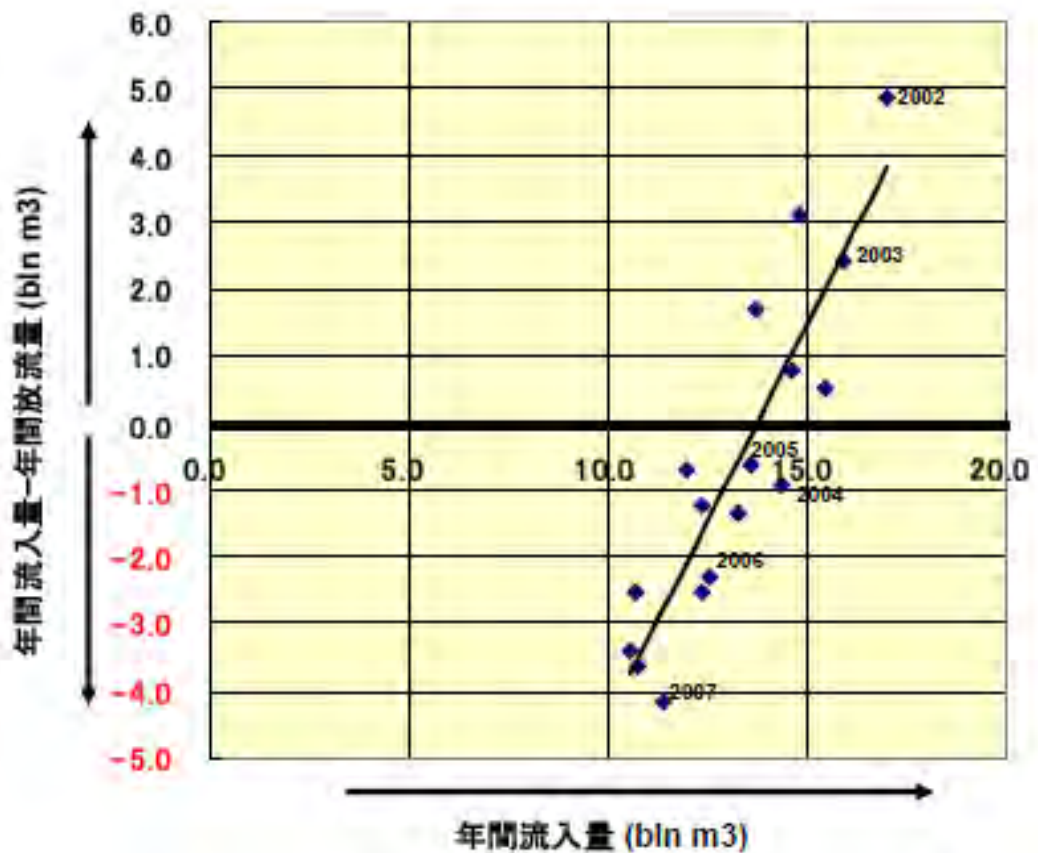


図 2-7 トクトグル貯水池の 1991 年から 2008 年までの年間流入量と
年間貯留（年間流入量－年間放流量）

(3) トクトグル貯水池流入量と水需要（発電電力量・灌漑用水量）のバランス

(a) 年間流入量と年間水需要のバランス

トクトグル貯水池の運用は、キルギス国内の電力需要（電力輸出を含む）および下流国の灌漑利用の水需要と密接な関係がある。図 2-8 には、年間流入量（平均値と変動範囲）と水需要の関係を、キルギスの電力需要をパラメータとして概略の特性を示した。年間流入量は、平均値（約 120 億 m³）を中心として分布している。夏期の電力用の水需要は、灌漑用放流より少ないことから、非灌漑期の電力需要と灌漑期の水需要の合計を年間の水需要と仮定した。

図 2-8 に示すように、流入量の平均値と年間水需要の曲線は、電力需要が 50 GWh/日付近で交差する。即ち、電力需要が 50 GWh/日の場合には、貯水池の長期的な運用によって流入・供給のバランスを取ることが出来る。流入量の変動によって過不足はあるものの、総量としてはバランスが取れていたため、出水の多い年に貯水池に貯水しておけば渇水年に使用することが可能であった。

ところが、近年のキルギスの電力需要は増加し、昨年冬のピーク需要は 60 GWh/日を上回ったと想定され、代替する電源も増強されていない。従って、平均年の流入量よりも 20 億 m³程度多い流入量がなければ、収支バランス上貯留水を放流することになり、貯水池の貯留量が減少する確率が増すこととなる。

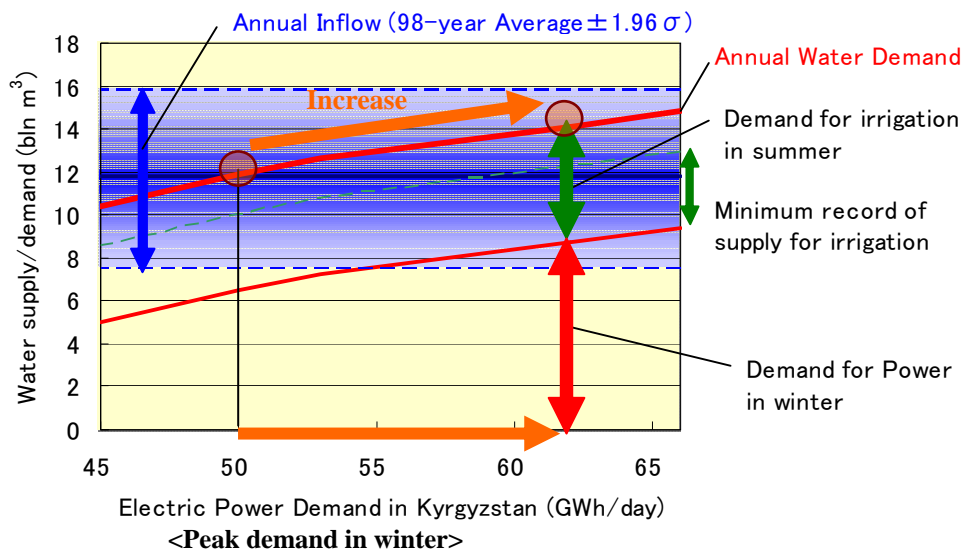


図 2-8 トクトグル貯水池の流入量と水需要のバランス（年間）

グラフの横軸は 1 日あたりのキルギス国の電力需要量（冬期のピーク値）、縦軸はトクトグル貯水池への年間流入量および水力発電と灌漑用水用の水需要量を示している。このグラフは、キルギス国の電力需要の増加に対応するために必要な水量とトクトグル貯水池の年間流入量との関係を示している。

(b) 灌漑期および非灌漑期の流入量と水需要のバランス

同様に、非灌漑期および灌漑期の水バランスを、図 2-9、図 2-10 に示す。非灌漑期には、電力需要を賄うために必要な水は、流入量より多い。従って、トクトグル貯水池の貯留水

を放流して賄う必要がある。灌漑期には、非灌漑期の電力需要対応の水を貯留する必要がある。電力用貯留と灌漑用放流の合計量は、図 2-10 に示すように、年間バランスと同様に電力需要が増加した場合には流入量が不足する。

(c) 考察

本節で試みたシミュレーションはマクロ的な特性を示したものだが、水需要が流入量の平均値を上回っていけば、長期的な運用に際して貯水量の不足が生じる確率が増加し、需給バランスの面で健全な操作運用をすることは困難になる。

具体的な改善策としては、

- ・ 水資源や電力の需要の抑制による節減
- ・ 水管理の効率化による水資源の有効利用
- ・ 代替電源による電力使用量の削減（発電所の新規開発、電力融通など）

が考えられる。各国間の合意形成が必要な事項も多いので、早期に具体的な協議がなされることが期待される。

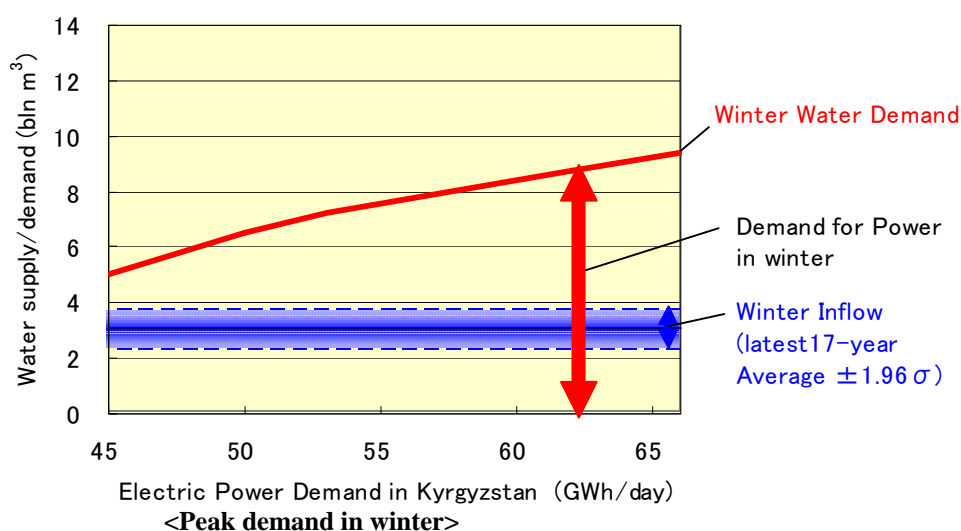


図 2-9 トクトグル貯水池の流入量と水需要のバランス (非灌漑期)

グラフの横軸は1日あたりのキルギス国の電力需要量（冬期のピーク値）、縦軸は電力需要に対応するため必要なトクトグル貯水池の容量を示している。このグラフは、キルギス国の電力需要の増加に対応するために必要な冬期（非灌漑期）トクトグル貯水池の水需要量と流入量のバランスを示している。

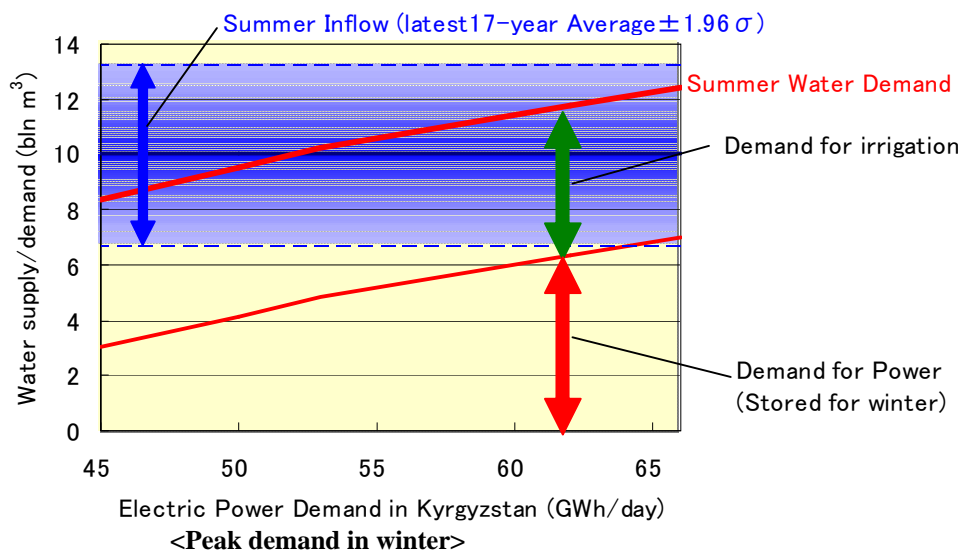


図 2-10 トクトグル貯水池の流入量と水需要のバランス (灌漑期)

グラフの横軸は1日あたりのキルギス国の電力需要量(冬期のピーク値)、縦軸はトクトグル貯水池への年間流入量および水需要量を示している。このグラフは、夏期(灌漑期)トクトグル貯水池の冬期発電に備えた貯留量と灌漑用水の水需要量を示している。

(4) カイラクム、チャルダラ貯水池の運用状況

カイラクム、チャルダラの2つの貯水池について、1991年～2008年の18年間の流入量と放流量の変動を図2-11、図2-12に示す。

①カイラクム貯水池

総貯水容量34億 m^3 、有効貯水容量25億 m^3 の貯水池でタジキスタンに位置する。流入量と放流量の変動は概ね一致しており、流入にほぼ等しい放流操作が基本であることがわかる。2003年からは流入量と放流量のレベルが上昇しているが、前述のトクトグルの放流量が2003年から増大傾向にあることから、この影響が現れていると想定される。

②チャルダラ貯水池

総貯水容量52億 m^3 、有効貯水容量47億 m^3 の貯水池でカザフスタンに位置する。流入量と放流量は、1994年頃までは同レベルの値を示しているが、その後1995年からは、流入量に対して貯留操作を行い、放流量を600 m^3/s ～800 m^3/s に抑制している状況が見られる。貯水容量をオーバーした時は、アルナサイ貯水池へ放流していると想定されるが、操作状況は明らかになっていない。2003年からは放流量の増加が見られるが、これはカイラクム貯水池と同様、トクトグルからの放流増の影響と推定される。

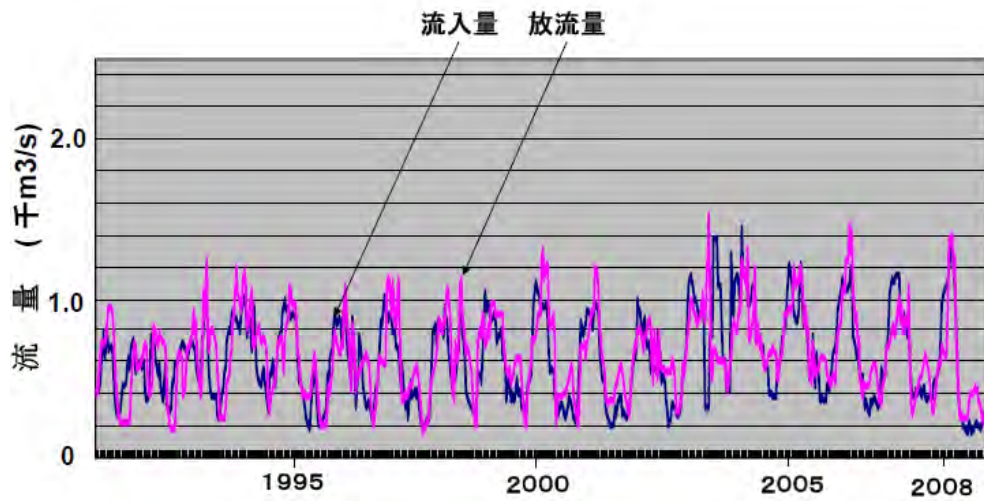


図 2-11 カイラクム貯水池の 1991 年から 2008 年までの流入量と放流量

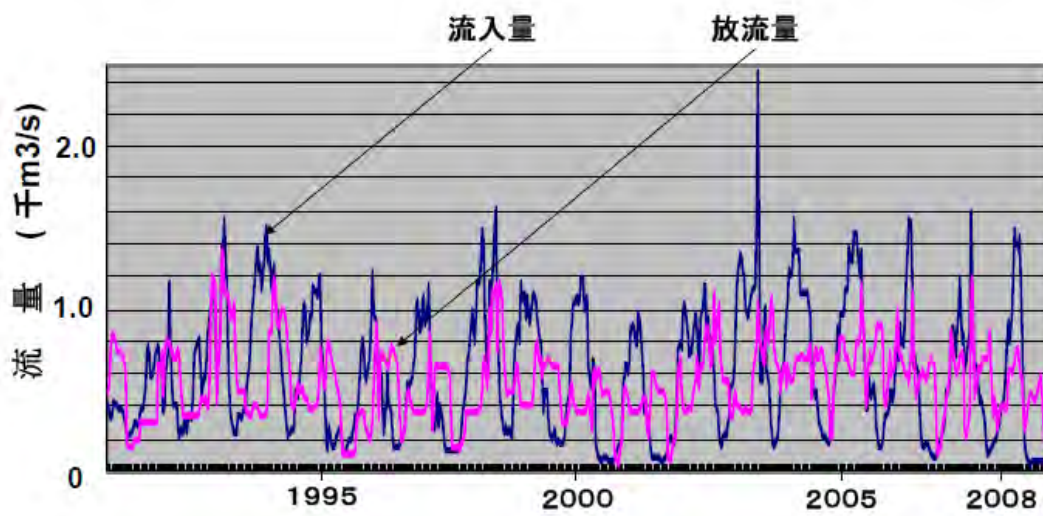


図 2-12 チャルダラ貯水池の 1991 年から 2008 年までの流入量と放流量

2-3 シルダリア川流域の水資源利用

「2-4 シルダリア川流域の水資源開発・管理に係る現状と課題」の前提として、この基本となるシルダリア川流域の水資源利用について、05年調査で把握したシルダリア川流域の概要をBox2-1に示し、次に05年度調査以降の水資源と水利用のデータを示す。

Box 2-1 05年調査によるシルダリア川流域の概要

1. 水文気象観測網

ア) 河川の水位観測所の減少

ソビエト崩壊によって、総合的に行われてきた中央アジア水文気象観測網の管理運営はない。85年と2000年の比較では大まかに言って半数程度に観測所数が減少している。

イ) 観測手法とデータ伝達方法

水位及び流量の観測は旧式の記録計で実施され、通常1日2回の観測である。

ウ) 流量予測の実態

流量予測は通常年2回実施され、10月の非灌漑期の予測では次期の利用可能水量が示され、4月に実質的に修正され灌漑期の利用可能量が推定される。

2. アラル海流域の水資源利用

60年代から人口増加、工業開発、灌漑開発などによりアラル海流域の水利用が増加した。全体では灌漑用水が90%以上を占める。一人当たりの総水利用量は60年から2000年までに、4,000トンから2,500トンに減少している。

3. シルダリア流域の水利用

ア) 各国水利用の変遷、アラル海への流出

ソビエト崩壊後、トクトグルの運用はキルギスの電力事情から、灌漑優先から発電優先へと移行してきた。98年の枠組み合意後もプロトコル合意の形で下流国とのエネルギーバーター取引に努めてきたが、各国利害の調整が極めて困難な状況に陥っている。そのため冬期に人工洪水が下流のウズベクやカザフで発生し問題化している。またチャルダラ貯水池からアルナサイ低地への無効放流が増加しアラル海への流入量減少を加速させている。しかし、ウズベクでは既にアルナサイ貯水池を建設し、カザフではチャルダラ貯水池下流にコクサライ調整池を計画するなど自国の安全保障を重視した政策が取られている。

イ) 配分制限量の比率

SIC-ICWCからの情報では、それぞれの国へのシルダリア水利用配分量の比率は、ウズベクが51%、カザフが42%、タジクが7%、キルギスが0.5%となっている。

ウ) 将来水需要予測

SIC-ICWCによって、2025年までの将来水需要予測が行われた。アラル海全体では、05年から25年までに数%程度増加することが予測されている。灌漑用水は逆に若干減少することが予測された。

エ) 水利用の非効率性

灌漑用水の非効率的な水利用が重要課題である。施設の老朽化による損失は15%から35%にも及んでいる。

4. 水質の悪化

第1の汚染源は灌漑排水の流れ込む肥料に含まれる化学物質である。

5. 水質源に係る環境問題

ア) アラル海の容量減少：過去 40 年以上で容量は 75%程度減少し、無機化も 6 倍程度増加した。小アラル海の保全のために、周辺地域の保全やダム建設などが世銀の支援で進められている。

イ) 灌漑地域：全灌漑面積の 60%は塩害汚染の傾向にある。

ウ) 集水地域：山岳地域の集水地域の環境問題に注意が払われている。

(1) シルダリア川流域の水資源

①表流水資源

シルダリア川流域の長期水収支パターンを表 2-2 に示す。

② 地下水資源

地下水資源は流域全体で 80 から 110 億 m³程度あると推定されているが定かではない。ウズベキスタンだけでも年間 6.5 から 7 億 m³の地下水を取水している。夏期に過剰な灌漑用水を利用し、冬期に過剰に排水するため、地下水位は上昇し、全灌漑面積の 31%で地下 2 m 以内という状況である。

表 2-2 シルダリア川流域の長期水収支パターン

流域面積 (km ²)	4 0 2, 8 0 0
流域人口 (百万人)	1 9. 5
年平均雨量 (mm)	3 2 0
(10 億 m ³)	1 2 8. 9
年表流量 (10 億 m ³)	3 8. 8
流出率 (%)	3 0
アラル海への流出量 (10 億 m ³)	5. 2
雨量に対する流出率 (%)	4. 0
表流量に対する流出率 (%)	1 4. 0
人口 1 人当たりの年間雨量 (m ³)	6, 6 1 0
人口 1 人当たりの年間表流量 (m ³)	1, 9 9 0

出展：Project ADAPT (2003)

(2) シルダリア川流域の水利用

シルダリア川流域関連国の水利用状況は表 2-3 に示すとおりである。

表 2-3 シルダリア川流域関連国の水利用状況

国	年間都市用水量 (%)	年間工業用水量 (%)	年間農業用水量 (%)
キルギス共和国	3	7	90
タジキスタン	5	7	88
ウズベキスタン	4	12	84
カザフスタン	4	17	79

出展：Project ADAPT (2003)

アラル海への流出量の変化は表 2-4 の通りである。

表 2-4 アラル海への流出量の変化

期間	総流量の割合 (%)
1960 年以前	50-60
61 年から 73 年	25-30
74 年から 87 年	5-10
88 年以降	10-20

出展：Project ADAPT (2003)

(3) 社会経済

① 行政区分及び人口

シルダリア川流域は旧ソ連邦に属する 4 つの国家に区分される。それぞれの国が占める領土及び人口の割合は表 2-5 の通りである。

表 2-5 それぞれの国が占める領土及び人口の割合

国名	支配流域面積 (%)	人口 (千人)
キルギス共和国	2.8	2,672
ウズベキスタン	1.3	13,174
タジキスタン	6	1,824
カザフスタン	5.3	2,573
シルダリア全体	100	20,243

出展：Project ADAPT (2003)

② 食糧生産

シルダリア川流域での主要な作物は表 2-6 の通りである。

表 2-6 シルダリア川流域での主要な作物（単位：1,000 トン）

国名	穀物	ジャガイモ	綿花	野菜
キルギス共和国	7 1 9	3 4 1	3 4	3 2 4
タジキスタン	1 1 0	8 5	2 5 2	1 5 0
ウズベキスタン	1, 9 8 3	1, 3 8 8	1, 6 6 7	4 2 5
カザフスタン	4 7 9	1 5 0	2 8 7	3 6 0
シルダリア全体	3, 2 9 1	1, 9 6 4	2, 2 4 0	1, 2 5 9

出展：Project ADAPT (2003)

シルダリア川流域での主要作物の土地生産性は表 2-7 の通りである。

表 2-7 シルダリア川流域での主要作物の土地生産性

作物	土地生産性（トン/ha）
綿花	2. 8 9
小麦	2. 8 2
米	3. 9 9

出展：Project ADAPT (2003)

綿花、小麦及び米を合わせた総合的な単位面積あたりの生産価格は、714 US ドル/ha、また使用水量 1 トンあたりの使用料金は 0.11 US ドル/m³である。

2-4 シルダリア川流域の水資源開発・管理に係る現状と課題

2005年調査の水管理の組織体制と法制度枠組み、中央アジアにおける地域水資源管理連携の変遷、中央アジアにおける主な水資源管理の地域連携の課題を box2-2 に記述する。

Box2-2

1. 中央アジアにおける水管理の組織体制と法制度的枠組み

ア) 各国の水管理体制

ソ連崩壊後、各国は市場経済への移行に伴い水管理体制を構築し始めた。ウズベクは水セクターの進行は緩やかである。カザフは比較的短期間のうちに移行が実施された。キルギスは改革には慎重である。タジクもキルギス同様であるが、00年に水法が制定されている。

イ) 独立以前の地域水資源管理体制

ソ連時代は全ての管理体制はモスクワで行われていた。水配分も統合的に実施され上下流問題は発生していない。

ウ) 地域間水管理体制の現状

ICWCは92年に設立され、水資源管理に係る地域連携のメカニズムを任されることになった。旧ソ連時代の水配分の基本理念は維持された。93年にはIFASが設立され、アラル海にかかわる各国の決定事項の実施、プログラムやプロジェクトの実施、ICWCの支援などが主たる機能とされた。BVOはアムダリア及びシルダリア川流域に設置され、多国間に影響する河川施設の運用維持管理を任された。しかし、現状では多国間に渡る水資源管理の問題は上記機関では解決できないほど深刻な状況にあり、政治問題化している。

2. 中央アジアにおける地域水資源管理連携の変遷

ア) 独立後の水資源管理

IFAS、ICWC、BVOなど多国間の調整機関が機能せず、各国は自国の利益を守ることを余儀なくされ、流域全体で共有すべき水資源の自国優先的な確保で水配分協議が合意できていないのが実状である。

イ) 地域水資源管理改善への動き

98年にはシルダリア川枠組み合意が関連5カ国間で合意された。しかし、暫定合意のための議論から全く先に進んでいない。シルダリア川流域ではないが、チュー・タラス川やフェルガナ盆地では、二国間ないし三国間での合同水資源管理機構の成立に向かっており地域連携の雛形になることが期待されている。

ウ) 地域内水資源管理改善の困難さ

CAREC、CACO、WECなどの国際地域協力機構が設立され、地域の水資源及びエネルギー連携が進むかに見えたが一向に進展がない。USAIDは93年以来積極的に地域水資源エネルギー連携の支援に携わってきたが05年以降は全く係る姿勢がなくなっている。

エ) 過去の事例からみた今後の支援の留意点

過去の教訓を踏まえ、各国の利害や対立に留意し、粘り強い長期的で総合的な支援戦略が必要である。政治外交問題化している越境水資源・エネルギー問題については特に慎重な対応が望まれる。

3. 中央アジアにおける主な水資源管理の地域連携の課題

ア) 地域間協定の合意形成の遅れ

特に、シルダリア川流域の上下流問題は深刻である。トクトグル貯水池の冬期発電運用が下流で洪水を引き起こしている。トクトグル貯水池の冬期発電運用を灌漑運用に戻すことはキルギスの冬期電力需要とトクトグル貯水池の発電以外にこれを充足する代替措置が現状ではないことから、実質不可能である。既に、ウズベキスタンではトクトグル貯水池の発電運用に影響されない新規の調整用ダムを計画中のようである。カザフスタンではチャルダラ貯水池下流に新規のコクサライ調整池を計画している。この調整池が完成すればトクトグル貯水池の操作により河川が氾濫することがなくなることになる。いずれにしても自国の安全保障上の問題と認識され地域連携の方向には逆の作用を果たしている。

イ) 国際水資源法の未整備

旧ソ連時代は外務的な問題がなかったため国際関係には経験が各国とも乏しい。EUの支援の下流域単位で IWRM に基づく法整備が進むものと思われる。

ウ) 水資源関連情報管理システムの未整備

ソ連崩壊後水文気象システムは劣化が酷く、流域全体の水資源管理情報システムが機能していない。国際的な支援も若干あるが小規模に留まっている。

エ) 社会環境配慮の欠如

水利用主体の開発計画が旧ソ連時代から続いている。環境に配慮したプログラムやプロジェクトが徐々に国際機関の支援の下実施されつつある。

オ) 地域国際機関の弱体化

IFAS、ICWC など地域連携を進めるための調整機関として機能していない。特に水資源とエネルギーの地域連携を担う機関が存在しない。

カ) 効率的及び統合的な水資源管理の欠如

水管理システムの非効率性、ハードとソフト両面の整備の立ち遅れ、IWRM 適用の遅れ、施設の老朽化、

2-4-1 流域各国の水資源開発・管理に関する現状と課題

水資源管理の組織体制、法制度は前回調査時からの大きな変化は認められない。前回調査で取り纏めた各国の水管理体制を Box2-2 に示した。

今回調査で得られた各国の水資源管理の法制度面、インフラ面に関する新たな動向を下記に記述する。

(1) キルギス

①「水資源管理」の面で国家 IWRM 計画策定の取り組みは、カザフスタンやウズベキスタンと比較し遅れがある。トクトグル貯水池の運用計画に関しては、長期的な規則は無く、必要な発電量を賄うだけ発電放流を行う、という“短期需要対応型操作”がこれまでの実態（エネルギー省 9 月ヒアリング）のようである。貯水容量が大きく、経年的操作が求められるトクトグル貯水池の操作ルールについてのレビューが必要である。

特に現状は、2007 年の流入量が過去 18 年間で最小であり、2008 年も引き続き低下している、

ということであるので、今後も自国の電力需要と下流への灌漑用水放流を賄う、困難な貯水池操作が求められる。このための貯水池運用計画は喫緊の課題となる。

②水資源管理の基本となる、キルギスの水資源管理に関する明確な戦略は、調査の範囲では確認できなかった。

キルギスの水資源管理の国家戦略の如何は、今後の同国に対する日本の協力のビジョンの面でも重要であり、水管理分野での支援を開始するにあたり、同国の水資源管理の実態のレビューを踏まえた、組織制度面と管理運用面（インフラも含む）の必要な強化項目と優先順位付けが求められる。

キルギスを対象に UNDP が「国家 IWRM 計画策定」の支援を開始したところであるが、内容の確定はこれからで、アセスメントにかかるという状態である。現状では日本の取り組みとしては、国家計画策定の推移を見守りつつ、ボトムアップ型で実践的な技術項目の支援を実施する方向が適切であると考えられる。

③水資源に関する基本認識は、Water Code で規定されているとおり、「水は水源である産出国の財産である。貯水池築造には大きな投資が投入されており、上流国が（非灌漑期に）発電を抑え、これを夏期の灌漑用水として放流する代わりに下流国が金を払い、これで石油、石炭を購入する」というものである。水資源の包蔵を最大の資源とするキルギスの基本認識である。

④政府は、自国の水資源包蔵量を、国家戦略上「財産」として位置づけている。01 年に制定された「キルギス共和国の水資源と水関連施設の多国間利用に関する法律」では、キルギス領内の水資源と水関連施設の所有権を法制化し、コストシェア方式での多国間水利用プログラムに対する資金調達を規定している。カザフスタンはこの法律の合法性を認識し一部補償を行っているが、ウズベキスタンは拒否し続けている。

⑤水源国として重要な水資源データの観測・管理、流出予測、などの計測点が、ソ連時代と比較して著しく減少している。9月の第一次現地調査の際、面談した各省の大臣（農業省、水資源省、外務省）が調査団にこの状況を訴え、この分野への日本の支援を強く要請した。このことは、キルギスが氷河や貯水池、河川のモニタリングに関する日本の支援プロジェクトにより、貯水池や水力発電所建設計画に資することで、水資源、電力の増強による「国内への安定供給（電力）」と「地域に対する資源の確保（水資源、電力）」につながられることと、既存貯水池の流入量予測などに活用することで効果があると言えよう。観測データの操作への利用、国内でのデータ共有のためには、データの精度・迅速性の確保とデジタル処理が必要であり、このための仕様を定め適応していくことが求められる。さらに、地域の水資源管理の強化・連携に繋げるためには、流域各国で互換性のあるデータ処理・通信方式の採用が必須である。

⑥特に、国内の灌漑システムは水のロスが大きく、農家に届くまでに30～40%のロスがあるとのことである（農業水資源省ヒアリング）。この原因は、一つは旧ソ連時代の水路、取水施設、

貯水池などの老朽化によるロスの発生である。もう一つは旧ソ連時代の 5,000~6,000 ha の大規模国営集団農業から、民営化により 1~2 ha の小規模農家に分配する構造転換が生じ、旧ソ連時代の水路から農場内の分配に際してのロスの発生、の二つの要素がある。

灌漑システムの改善により、農業用水の有効利用による節水が可能である。灌漑農地の改善としては、取水ネットワークは 5,000 km にわたり、これらの近代化が必要である。ポンプステーションは 200 以上ある。農地は 80,000 ha 以上。インフラは古く、25 年前のポンプが最も新しい状況である。土木機械、掘削機械の供与について要請があった。水路のリハビリテーション（以下「リハビリ」という。）、農地灌漑インフラのリハビリは、2 次、3 次水路のリハビリが主体で、総延長は 24,000 km である。

ソ連時代の集団農場が、独立後個人農場に移行して行ったが、WB の協力で水利用者連合会(民間組織)の努力でリハビリが実施されている。さらには、WB により灌漑排水リハビリの国家計画が策定されている。

リハビリの実施は WB、ADB が取り組んだが、灌漑の 10~12% の改善しかできていない、ということであった。日本との協力が可能な分野であり、農業水資源加工産業省のヒアリングで支援が求められた。

⑦貯水池や発電所に日本の財政支援があれば実施が促進される、という意向も示された（農業水資源産業省）。また、既存の貯水池への土砂流入も課題となっており、これを受ける溜め池の建設や、水利施設の維持管理のために、日本からの重機の供与ができないか、という要請があった。

⑧キルギスの最近の水関連の動きとして着目すべきは、「国際水・エネルギーアカデミー（IWEA: International Water Energetic Academy in Bishkek）」の取り組みである。中央アジアの既存の地域調整の枠組みが十分機能しないことへの対処として、EU、独の支援を得て、中央アジア各国に参画を呼びかけている。コンセプトペーパーによれば、「ダブリン宣言に基づく水と持続可能な開発」、「ヘルシンキの越境水資源と湖の保全と利用に関する会議」のフォローアクションとしての国際的行動と位置づけている。

目的は、EU とドイツの支援を得て、相互に受け入れ可能で科学に基づき、国際的基準のプロジェクト、プログラム、合意などを提示する。IWEA の業務としては下記がある。

- ・ 地域の水・エネルギーと地域の環境の状況に関する系統的な情報の収集と解析。
- ・ 天山とパミールの水資源の状態の貯水池、氷河、積雪の衛星モニタリング
- ・ 水理的な長期変動や気候変動を考慮した越境河川の貯水池操作レジームのモデリングと最適化
- ・ 水とエネルギーの効率的利用の新たな合意のための材料の提供
- ・ 燃料と電力エネルギーバランスの最適化に関する提言とエネルギー市場の開発
- ・ 経済発展と商取引に関する、水とエネルギーの節約と水エネルギーの効率性の向上、灌漑システムの開発実現のための準備材料の提供
- ・ 上記に関する専門家やトップマネジャーの能力強化

などである。中央アジア地学研究所を設立し、アカデミーに発展させていくことを予定する。

当面 2009 年には「山脈サミット」の開催を予定している。

(2) タジキスタン

①水資源管理の分野の国家基本法として、タジキスタンはキルギスと同様に UNDP の支援を得て「国家 IWRM 計画」の策定に向けて取り組みを開始したところである。内容の詰めはこれからであり、水資源省がワーキンググループを組織して、水管理と組織改善に関する政府に対する提案を 2008 年末までに行う、という段階である。

②「水資源管理」の面で、キルギスと同様、国家 IWRM 計画策定は、カザフスタン、ウズベキスタンと比較し遅れがある。これを改善するために政府は、流域管理委員会を立ち上げていくことを計画しており、大統領の指揮下で新たな流域管理の枠組みに向けての一步を踏み出そうとしている。

- ・タジキスタンでは、流域管理局 (Department of River Basin Management) を設立し、水資源管理に対応していく計画である。また、来年から全水利者を管轄する流域管理委員会を立ち上げ、流域管理の枠組みを変更していく。
- ・両岸が山で隔離されているザラフシャン流域の灌漑から、流域管理委員会の立ち上げを始める。この流域には、3つの water management unit があり、その下には、water users council がある。water management unit は、1990 年までは存在した。
- ・タジキスタンには、合計 16 の流域があり、流域管理委員会を順次立ち上げていく。流域管理委員会の立ち上げには 2~3 年はかかる見込みである。

③水資源に関する基本認識は、「水は他の資源と同様に、水源である産出国の財産である。貯水池には大きな投資が入れられており、上流国が（非灌漑期に）発電しない代わりに下流国が代金を払い、これで石油、石炭を購入する」というものである。

④灌漑分野

政府としても、灌漑に関して節水の必要がある、という認識であり、そのためには、老朽化したポンプなどの灌漑用機材の供給しなければならない。

⑤モニタリング

モニタリング関連施設の多くが老朽化し、使用できない状態にある。150 のハイドロポストがあるが、45 しか機能していない。また、河川の数が多すぎ、設置が追いついていない状況である。モニタリングユニットテーブルとして、灌漑用水のミネラルリゼーション、地下水、土壌条件は毎年報告している。水質観測は試験室も必要である。

⑥水使用料を徴収したいが、メーターを設置できず料金を徴収できない、という状態である。

⑦カイクム貯水池に近い地域で、IWRM の実践プロジェクトを ADB の支援で実施している。プロジェクトの規模は 15 億\$である。

⑧流域管理計画は、まだ計画段階であり、今後の政府の法令 (Decree) により、進めていく。

⑨水法（Water Code）に関してタジキスタンでは自治体による行政界と河川流域による流域界の二つの区分がある。

流域管理組織（Water Council）は全ての水利用者による年一回の会議であり、水サービスのコスト、水料金、などを将来的に決めていく。水料金（Water fee）は農民からの徴収は難しいということだが10%を政府が負担し、40%が支払われていることがヒアリングで明らかになった。実施機関として5～7年前には政府の支所があった。その後、農業も少しずつ独立性を持っていった。流域管理の第一段階での原則は、水政策、基準、節水、環境シフトである。

(3) カザフスタン

①「水資源管理」の面で、さらなる効率性が求められるが、カザフスタンはその経済力を生かして国家として積極的に取り組む姿勢が見られる。IWRM の構築を目指した主要な里程碑は以下の6項目である。

- ・ 内容的にはまだ欠点もあるが、03年には新しい「Water Code」が制定され、国家 IWRM 計画を実施する上でガイダンス的な法律となっている。
- ・ 環境保全法が97年に制定された。水環境に係る「Environment Code」がドラフト段階で制定されつつある。
- ・ 01年には10年までの国家戦略計画が策定され、水資源開発、水資源管理、環境に係る事項も含まれている。
- ・ 流域ごとの8つの水資源管理組織（RBO）が設立された。RBOは03年のWater Codeで規定され、水資源管理の意思決定プロセスにおける利害関係者参加への道程が示された。
- ・ カザフスタンは経済社会の急速な発展を遂げており、環境意識、市民団体の関与、情報へのアクセスなどの改善が図られると期待される。

②水資源管理の基本となるカザフスタンの「国家 IWRM 計画」は、計画案の策定と国内調整をほぼ終え、来年春には大統領の承認を得る段階まで来ており、承認に向けて手続きを進めている状況である。以下、計画の枠組みに関する調査結果を記述する。

[カザフスタンの IWRM 計画]

カザフスタンでは、UNDP の支援を得て国家 IWRM 計画案を策定した。一方で、国内の行政改革も進み、予算も3ヵ年予算となり、中期的な計画に基づいた経済の安定を考慮した、財政方式となっている。

IWRM 計画は、当初は政府決定による計画採択の予定であったが、より効率的な執行を目指し、大統領令によるものとされた。

a) 枠組み

2025年までの長期計画であり、3年ごとの段階に分かれている。計画は、項目別にブロックから構成される。

例：「水位・モニタリングのブロック」、「災害防止・予防のブロック」

「水運用のブロック」、「灌漑の新たな技術のブロック」

「科学、方法学的なブロック」、「環境システムのブロック」

「農地のリスラクチャリング」、「トランスバウンダリーのブロック」、などがある。

b) 具体

主管官庁は、対象とするブロックに関連する省庁とされる。水運用は水資源委員会が主管であり、灌漑用などの全ての問題が複合的に管理される。

「戦略的な部分」、「規定」、「管理」と「実施」がある。戦略的部分は省庁、管理と実施は委員会がこの機能を担う。

政府内で、水の問題全てを担当する機関（水関連省庁を調整する）の新設を予定しており、これにより初めて複合的な水運用が可能になる。来年から設立のための準備活動を実施することをヒアリングで確認した。

大統領承認のあと、各プログラムが順次「計画」として策定される。

「水運用ブロック」では、長期予測、モニタリングによる水の測定、水理施設の安全性の状態、遠隔管理、などがある。水面の監視（洪水時の氾濫など）のために衛星を打ち上げる予定もある。灌漑取水の監視と取水状況のデータを関係機関へ送信も含まれている。

「水位モニタリング」ブロックでは、水資源施設（環境保護省、水資源委員会の管轄下にある）の国家によるモニタリングの発展である。すなわち、

ア) 利用される水の算定、および算定の近代的な設備導入提案の策定

イ) 取水のリアルタイム情報化システムの導入

ウ) 計器と自動化装置の導入に関する措置

エ) キジルオルナー(アラル海近くの都市)にある水資源運用保護局が、データ集約センターとなり、カザフスタン国内のシルダリア川流域(2州)のデータを扱う。

公共企業、民間企業は将来、法律に基づいて水利用者の責任で利用水量のデータを計測する義務を負うことを計画。データの仕様（精度など）を国が「技術要領書」で決める。

技術者は現在、度量衡を行う企業を新設したが、新たな計測の導入により、現在の技術者の能力強化が必要な状況である。

節水は「水運用ブロック」の準ブロックにはいる。米作からの転換は、米作に慣れた人や米作機械をどうするか、食料の安全性の面など総合的対処が必要であり、競争力のある商品が必要、という課題をヒアリングで確認した。

インフラ関連では、水路などの老朽化がある。集団農業から個人ベースの農業への変換の影響などがあり、将来はそれぞれが水路の所有者になることも想定される。

「災害のブロック」は、洪水、渇水、塩害、ならびに地下水位が高い、などの課題がある。

「トランスバウンダリーのブロック」は、地方、国、地域レベルでの統合化がある。

今後の予定として、国家 IWRM 計画は、閣僚会議を経て4月に承認と推定される。

IWRM 計画の推進にあたってカザフスタン政府は、国の予算のみでは十分ではなく、支援が必要である、としている。

③水資源に関する基本認識は、「関係国は、国際河川の法に基づいた水運用を、公平性、透明性を確保して実施するのが基本」として、上流国の「水は経済財」という主張と相反している。しかしながら、2008年の7月にはキルギスから灌漑用水6億m³を買う、という現実策を

採ったことは注目すべき事実である。カザフスタンはこの代価として、5 億 kwh の電力を購入したが、その価格は昨年 の 3 倍であり、キルギスの国内価格の 4 倍である。カザフスタンによれば、この水の全ては届かず、南部カザフの農民が難儀をしたことをヒアリングで確認した。

また、冬期のトクトグル貯水池からの放流による洪水被害を継続的に受けているのもカザフスタン南部もシルダリア川流域の地域である。これへの対処のためにキルギスとの交渉で冬季放流量の縮減と夏季の放流を要請し、その代替に電力の購入と、燃料の提供を行う

④水資源データの観測・管理、流出予測、などの計測点が、ソ連時代と比較して著しく減少している。カザフスタンでのヒアリングでも、日本に対してシルダリア川の河川沿いの流量等の観測点（ハイドロポスト）の改修の要請があったということである。

以下、カザフスタンのハイドロメットへのヒアリングによる。

[カザフスタンの水理・水文観測状況]

80年代半ば、カザフスタン国内には340点の気象観測 station、560点の流量観測 stationがあった。これらが90年代には激減し、流量観測所は150点(1940年代のレベル)まで減った

2000年代、気象観測所への融資は増大してきた。一連の観測、流量観測所が再活動

2008年1月1日 水理学的観測所(水位、流量、温度、水温)276点、気象観測所253点になった。

ハイドロポストの設備は非常に悪い状態である。総設備の60~80%は直ちに交換しなければならないもの、ということである。流量の計測も1950年代の流速計を用いており、通信設備も更新を必要としている。また、どのハイドロポストも自動化されていない。

計測は1日に午前午後の2回実施し、マニュアル測定したものを無線で本部に通知する手法をとっている。また、河川幅が広いことから、シルダリア川の流量計測には1日間かかる。

水質関連の自動サンプリングはない。このようなモニタリングシステムの改善が急ぎ求められる。

水質関連の計測に関して、現状はアスタナから20 km離れたところも水はなく、トラックで水を運んでいる。地下水は飲み水としては使えず、ほとんどの水は河川から取水する。政府としても、最近の水質も非常に重視している。

例：イルテッシュ川、リー川・・・中国から流入 中国の開発も目立っており、水使用量も増加。シルダリア川沿いのカザフスタン内のハイドロポストは11箇所あるが、そのうち8箇所はキゼルオルダ、あとの3箇所は南カザフスタンであり、カザフスタンはこの改修をJICAに要請であげてきている。

ハイドロメットの組織下に、2002年に研究所を設置し、カザフの主な専門家、学者を集め、水資源の研究をしている。

データの通信：手動観測→気象センター→気象庁(所管省庁)

→ 州政府にもシェア クズレオルダ州、南カザフスタン州

非常事態省→環境保護省、水のユーザー、水資源委員会に通知する。また、貯水池流入

量予測も実施している。

春は洪水の予測として、川がいつ凍るか、氷がいつ割れるか、などを予測するが、このため、氷河が溶けている状況（氷の厚さ）、いつ氷が溶けるかのデータなどを計測する。

2003年、ハイドロメットがシルダリア川貯水池群の最適利用のためのアドバイスを作成した。そのアドバイスは、トクトグル貯水池の水を放流する前に、チャルダラ貯水池から事前に貯水の一部を放流し、居住地域に洪水被害が発生しないようにするものであった。これにより、アルナサイへの放流はほとんどなくなり、アラル海への流入量は増えるというものであった。

⑤水資源利用に係る管理計画

水資源利用の管理に関して、将来は法に基づいて水利用者が使用量を計測し、それを水資源運用保護局に報告を義務づけデータベース化する、という計画がある（水資源委員会ヒアリング）。このためのデータの仕様を「技術要領書」として国が定めることがヒアリングで確認された。

⑥水利施設の老朽化とこれに対処するリハビリが必要な状況である。水利施設は老朽化が著しく、リハビリや交換が必要な状態（非常事態省ヒアリング）ということである。チャルダラ貯水池の設備近代化は昨年実施した。

⑦チャルダラ貯水池下流の洪水の状況に関しては、下記のとおりである（非常事態省ヒアリングおよび提供資料）。

洪水被害を受ける地域は、Yujno-Kazakfstanskaya と Kyzylordinskaya 地域の 69 の居住地で、約 40 万人が居住している。冬期は、シルダリア川がチャルダラ貯水池の 60 km ほど下流から氷結する。疎通能力が低下したうえに、橋の部分（狭窄部）で氷が集まる形となり、大きな洪水が発生する、というものであり、過去に、表 2-8 のような洪水被害が発生している。避難住民の数の多さ（2005 年洪水では 3 万人超）を見れば、洪水被害が深刻であることが読み取れる。これへの対処のため、カザフスタンは国家としても、キルギスに対して冬期の発電放流について放流量を減ずるよう働きかけ、補償措置も講じてきたが、これのみでは解決できないというのが実態であった。非常事態省は毎年、河道の改修と浚渫、冬期の氷の爆破、などにより河道の疎通能力 700 m³/s の確保に向けて努力を続けている。

表 2-8 シルダリア川の洪水被害（2004-2008）

発生年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年
被害金額(百万テンゲ)	280	853	-	927.2	-
洪水面積(ha)	55,733	30,460	-	93	-
浸水施設等:					
居住地域(地域)	2	6	-	2	-
別荘(軒)	3	5	-	5	-
学校(校)	-	1	-	-	-
住宅(軒)	805	74	-	269	-
私有地(件)	-	-	-	577	-
避難人数(人)	2,085	31,824	-	1,500	150
移住人数(人)	289	-	-	420	-
生活条件低下(人)	-	-	-	700	-
非常事態省による対応 (人数/備品)	134/20	222/32	92/19	108/26	289/94
爆破作業(回数/トン)	- /4	122/17.73	127/19	93/28	56/14.35

⑧水緩和のための調整池の建設

カザフスタン政府は、上記⑥の対処として洪水被害を受ける地域の上流右岸側にコクサライ調整池を建設し、冬期に河道から洪水を導水することで下流への氾濫を防止し、貯留した水を灌漑用水として利用する、という方策をとることとした。大統領の決定により、4年間の工期で2008年から建設を開始し、調整池への導水路の建設から取りかかっている。

コクサライに寄せる期待は大きく、これによって冬期洪水の緩和、灌漑期渇水の緩和、ならびにキルギスからの電力購入の再開（キルギスの冬期放流の支障条件がなくなる）も視野に、完成を急いでいる。

⑨水利施設の老朽化とこれに対処するリハビリが必要な状況である。特に、国内の灌漑システムは、水のロスが大きいことが問題である。灌漑システムの改善として、特にポンプステーションのリハビリ、建設が課題である。

カザフスタンでは、WBの支援により、灌漑や排水施設の改修や拡張のプロジェクトを実施し、現在、第2フェーズを準備しており、その対象となるインフラは多い。

(4) ウズベキスタン

①「水資源管理」の面で、ソ連時代に中心的役割を担っていたこともあり、地域の水に関する機関（SIC-ICWC など）や専門家が集まっている。また、地理的条件も河川の中、下流域に位置するとともに各国と国境を接しており、中央アジアの要に位置している。

地域の水資源の配分協議として、1998年のシルダリア合意を“still in force and it works”とし、一方で2003年以降の各国の合意調整の会議には欠席している。

今回、トクトグル貯水池の、近年18年間で最低水準までの低下とキルギスの冬期電力危機

に伴い、2002年以降では6年ぶりのプロトコルで、キルギスに対する燃料の補給と、この代償として下流国の灌漑用水の貯留に関して関係国間で合意を得たが、水配分の経年的な協定締結には至っていない。

②水資源管理の基本となる、ウズベキスタンの水資源管理に関する国家戦略として、「国家IWRM計画」(案)がUNDPの支援を得て策定された。近々施行に向けて動き出す状況のようである。このような中で、シルダリアのような国際河川全体を対象とする前に、小さなスケールの流域の統合的水資源管理から取りかかり、成功体験を構築することで実績を重ね、それらを国内、地域に拡大していく、という手法を採っているように見える。

河川の水配分運用などの国間の水資源運用は、「国際河川法に基づいて関係者の合意と情報開示のもと実施されなければならない」という立場であり、上流国の「水は経済財であり、産出国が所有する。これを得るには代価が必要」とう立場と真っ向から対立するものである。

③法制度：ウズベキスタンにおける水資源管理の国家政策、組織、法制度については、07年UNDPの支援の下MDG推進のために纏められた報告書から主要部分を引用し下記に要約する。

ア) 政策の枠組み

ウズベキスタン政府の水資源政策の目標は水資源の合理的な利用を促進させ、水資源を保全することとし、また、水資源管理の効率性や信頼性を向上させ、既存のインフラの再構築、運用、維持管理を進めていくことである。優先度の高い事業活動は以下の通りである。

- ・ 全ての水消費の節水と水質の改善
- ・ 良質な飲料水を供給するシステムの開発
- ・ 土壌改良と塩害の防止
- ・ 土壌浸食の防止、植生の維持
- ・ アラル海沿岸部の生態的及び経済的な負の影響の軽減

03年には下記2つの内閣令が公布され、中央集権的な管理からより柔軟な流域アプローチへと移行された。

- ・ 内閣令第290号：農業水資源省の改善
- ・ 内閣令第320号：水セクター管理の改善

イ) 組織の枠組み

ウズベキスタンにおける国家レベルでの水資源管理は、下記の機関によって実施されている。

- ・ 内閣 (cabinet of ministers)
- ・ 国家自然保全委員会 (Goscompriroda)
- ・ 水文気象サービスセンター (Uzhydromet)
- ・ 農業水資源省 (MAWR)
- ・ 地方自治体 (Oliy Majlis Commission の指導の下)

MAWRの主要なタスクは以下の通りである。

- ・ 農業及び水資源セクターに係る政策立案
- ・ 農業及び水資源セクターに係る新技術の開発促進
- ・ 関連機関との調整
- ・ 水資源管理改善のための灌漑排水事業の実施

-
- ・ 流域管理機関の方針決定
 - ・ WUAs への支援
 - ・ 流域レベルでの IWRM 推進
 - ・ オンファーム灌漑改善のための研究機関支援と訓練プログラム作成

ウ) 法制度の枠組み

旧ソ連時代は 70 年に制定された水法制度の基本によって管理されていたが、91 年独立後は 92 年の新憲法で天然資源の利用の権利、制約、規制や環境保全が認識され、いくつかの法律によって水資源と自然保護の関係が規定された。関連する法律は以下の通りである。

- ・ 自然保護法 (1992 年)
- ・ 土地法 (1993 年)
- ・ 水資源及び水利用法 (1993 年)
- ・ 特別保護自然地域法 (1993 年)
- ・ 国家衛生検査法 (1992 年)

④水資源管理上、重要な水資源データの観測・管理、などの計測点がソ連時代と比較して減少している。水資源管理の効率化の為に、基本となるモニタリングシステムの強化とこれによる正確なデータの活用が必要である。スイス政府の協力で、フェルガナ地域の水資源の効率的運用プロジェクトを実施し、ハイドロポストの近代化に取り組み、ウチクルガンダムなどで近代化が実施された。一方で、タジキスタンとの間でカイラクム貯水池の運用について協議しているが、地域の他の国のハイドロポスト計測値の透明性の確保が課題、としている。

シルダリアの水運用の合意文書 (例えば ADB の合意枠組み) も検討しているが、「放流や取水に関する情報の透明性と情報共有」を前提条件としていることがヒアリングで確認された。(農業水資源省)。

⑤水資源管理のインフラの老朽化、機能劣化はウズベキでも重要な課題である。水路、ポンプステーション、取水堰、灌漑用ダムの補修やリハビリが必要であり、WB, ADB 等が支援している。

節水に関する取り組みも政府の重要課題であり、施設の老朽化による水のロスをリハビリにより縮減することが必要である。

⑥施設の安全管理

1991 年制定の法により、政府機関が安全管理を実施することになり、国家安全監視委員会 (SI: State Inspection) が設置された。SI は、施設・設備の安全性と信頼性確保を担当している。

SI の水関連施設に対する考え方は、「国際河川では、水資源施設 (ダム、堰、ポンプなど) が壊れた場合、直接下流国の水利用へ影響を与える。そのため、水資源施設の安全性と信頼性の確保は、ウズベキスタンのみならず、中央アジア全体に必要な、地域の問題として捉えるべきである。」というものである。

また、「貯水池と堤防、施設の老朽化、劣化などへの対処の一環として、それらをモニタリン

グするシステムがない。また、水位、ゲート開度、流量をリアルタイムでモニタリングすることにより、安全な操作を確保できる。」としており、地域の水の安全性確保のうえで、着目すべき項目である。

SI は、「15%以上の緊急事態は、経験や知識の不足から来ている」としている。水関連施設の90%は人工灌漑施設である。SI は、これらを重要度別にクラスⅠ、クラスⅡ、クラスⅢに分けこれらの監視を行っている。クラスⅠ、クラスⅡの施設は、273 あり、内訳は貯水池 54、発電所 29、幹線水路 60、分水工 65、ポンプ場 35、水路 25 であり、河川は7河川で延長は約2,000km である。

⑦洪水被害について

ウズベキスタンでも、フェルガナ盆地のアンディジャン、ナマンガン地区で水路から越水する洪水被害があり、水路の補修や被害家屋の移転などの対策をとっている。また、中流域の、カイラクム貯水池下流の国境から、チャルダラ貯水池までの区間で冬期の増水（最大6 m）による洪水被害が生じている。

ウズベキスタンに関しては、洪水軽減のための調整池建設計画などの具体の情報は得られなかった。カザフスタンと同様、冬期のトクトグル貯水池の発電放流の調整池を建設し、ここに貯留した水を灌漑用水として使用することは、ウズベキスタンにとっては有効な施策であると考えられる。但し、下流のカザフスタンとの灌漑用水放流に対する協議・合意が前提となること、ならびに調整池建設予定地の地形、地質上の検討が課題である。

2-4-2 ソフト・ハードインフラの開発・管理の変遷

ここでは、地域連携の手段と成りうるダム貯水池等のインフラとその運用を含めて効用（治水、利水、発電）を発揮してきたか、またその効用が不十分あるいは逆効果であれば、どのような改善策が可能かという視点で、シルダリア河流域の水資源開発・管理のためのソフト・ハードインフラの開発・管理の変遷について述べる。シルダリア河流域の水資源開発・管理のためのソフトインフラとしては、河川流域管理のための組織や法制度を対象とする（法制度については「2-4-1 で述べる各国の水政策・法制度・行政組織の変遷」で記述するため、ここでは流域管理組織の変遷を対象とする）。ハードインフラとしては、ダム貯水池等のインフラを対象とする。

図 2-13 にシルダリア流域の主なダム、水路、発電所、ポンプステーション、水理観測所を示す。

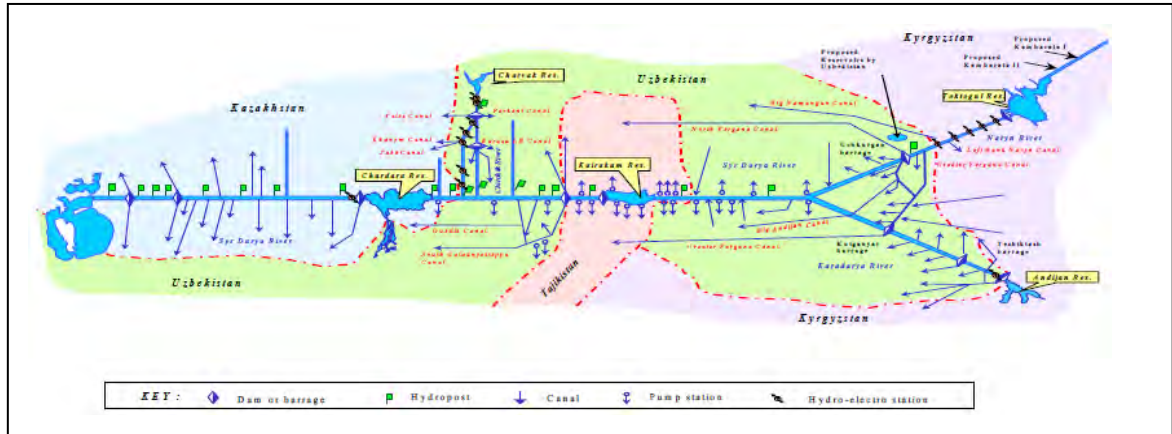


図 2-13 シルダリア流域の主な水資源管理のための施設
 出所：WB(2004)“WATER ENERGY NEXUS IN CENTRAL ASIA”より掲載。

(1) ハードインフラの開発・管理の変遷

シルダリア川流域の重要な水資源に関するハードインフラは、旧ソ連崩壊（1991年）前に、旧ソ連の水政策に基づき、シルダリア川流域にダム等多くの水利施設が建設され、治水、利水、発電に効果を発揮してきた。旧ソ連の水政策では、シルダリア川下流国のカザフスタンとウズベキスタンの綿花と米の栽培のための灌漑を最優先としていたため、シルダリア川上流のキルギスには多くのダムが建設されてきた。

その代表であるトクトグル貯水池は、下流2カ国の灌漑用水供給を目的として運用されたため、キルギスは不利益（夏期に下流2カ国への灌漑用水供給のため、冬期の発電用のダム貯水量が減少し冬期発電量が抑制される）を被ってきた。キルギスは、その補償として旧ソ連から、予算面での優遇、下流2カ国の石油・石炭、天然ガスのキルギスへの供給という措置がとられてきた。

旧ソ連崩壊後、独立した中央アジア5カ国は、旧ソ連時代の水配分ルールの堅持を含めたアルマトイ協定（Almaty Agreement）を1992年に締結した。この協定は、シルダリア川上流2カ国のキルギスとタジキスタンの水資源を活用した経済発展は無視し、旧ソ連時代の灌漑優先のトクトグル貯水池の水運用を継続するものであった。この協定の問題点が明らかになった時点で、協定は破棄され、キルギスは自国の利益を守るためにトクトグル貯水池を発電優先の運用とすることを選択していった。これにより、夏期に下流2カ国への灌漑用水が不足し、冬期の発電放流のための放流は下流の洪水を引き起こすようになった。

カザフスタンはチャルダラ（Chardara）ダムの運用で洪水調節を試みるが、貯留し切れない流下洪水をウズベキスタンのアルナサイ（Arnasay）低地を経て、アイダール（Aidar）湖へ放流してきた。そこで、ウズベキスタンではチャルダラ（Chardara）貯水池からの流入水を自国で有効活用するために、アルナサイ（Arnasay）低地にダムを建設した。また、ラザクサイダム（Razaksay）とカンクルサイ（Kangkulsay）ダムも建設している。

カザフスタンもコクサライ（Koksarai）調整池建設を進めている（図 2-14）。カザフスタ

ンは、キルギスに対し、冬期の発電放流量の抑制と夏期の灌漑流量の確保を求めてきたが、この地域協議は各国の利害が調整できず、特に 2002 年以降はプロトコルの合意が出来ない状態が続いていた。カザフスタンでは、表 2-8 に示すような洪水被害に見舞われるとともに、夏期の灌漑用水の不足も大きな問題であり、この為に 2008 年にはキルギスから 6 億 m³ の灌漑用水を買う、という前例のない措置もとった。

このような状況から、カザフスタンは洪水被害軽減の為に防衛策としてチャルダラ貯水池下流の洪水被災地の直上流に、貯水容量約 30 億 m³ の調整池を建設し、この容量を用いて冬期の洪水を貯留し、下流の洪水被害の軽減を図るとともに、貯留した水を灌漑用水として利用することとし、2008 年から建設に着手している。建設工期は約 4 年が予定されるが、国策として完成を急いでおり、調査団調査時にも、建設促進に対する日本の協力が可能か、という問いかけがあった。

洪水被害緩和と、貯留水の灌漑用水利用の点では効果的な対策であり、建設の促進が期待され、我が国の技術面、資金面の協力の可能性もあると考えられる。

インタビューでは、コクサライ調整池の建設により、キルギスからの電力購入を再開でき、これを南部カザフスタンに供給できる、という発言もあった。

また、シルダリア川最下流のデルタ地域では環境・生態系保全と水利用のために、アクラク (Ak1ak) ダムが建設されている。

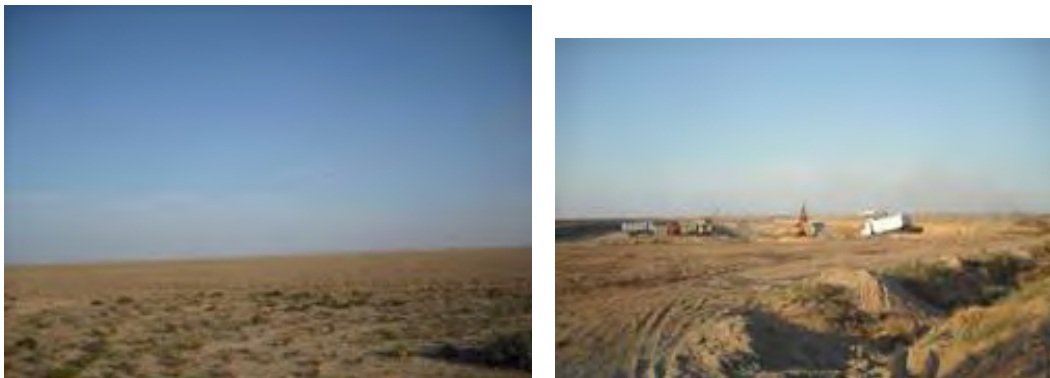


図 2-14 コクサライ調整池計画地（左）および水路建設状況（右）、2008 年 9 月撮影
—コクサライ調整池建設進捗状況— コクサライ調整池とシルダリア川を 2 条の水路で結ぶことにより冬期の洪水被害軽減（河川→調整池へ貯留）、灌漑期の用水確保（調整池→河川へ放流→農地）を図る。調整池着工に先立ち、水路の掘削工事を開始した。

次に、シルダリア川流域 4 カ国を代表して、ウズベキスタンの水資源開発・管理のためのハードインフラの現状を述べる。ウズベキスタンでは、水資源開発・管理のためのハードインフラとして、200 を越える大規模かつ重要な水利構造物を管理している。特に、建設後 30 年以上経過した水利施設は、財政面の制約から設備更新していないものが多い。そのため、水利構造物の機能劣化による事故が発生しつつあり、大規模な事故の潜在性と対策の緊急性が大きな政治的課題と認識されている。こうした状況の中、1999 年に内閣府に設置された国家安全監査委員会 (SI: State Inspection) は、老朽化した水資源開発・管理のインフラの安全性を点検し、監視活動を通じ、ウズベキスタン国内の主要水利施設の

安全管理を担っている。本調査団が 2008 年 9 月実施した SI へのインタビューでも、SI では水資源開発・管理に関する施設を、重要度別にクラスⅠ、クラスⅡ、クラスⅢに区分している。クラスⅠ、クラスⅡに区分されている施設は、273 施設ある。その内訳は、54 貯水池、29 発電所、60 幹線水路、65 分木工、35 ポンプ場、25 水路である。SI の考え方は、①これまでエネルギーと水資源の問題に集中し過ぎ、水運用の施設の安全性を重視してこなかった。②国際河川では、上流国の水利構造物が壊れた場合、直接下流国へ影響を与える。そのため、水資源施設の安全性と信頼性の確保は、ウズベキスタン国のみならず、シルダリア川流域国全体に必要なことであり、地域の問題として捉えるべきというものであった。この事実認識は妥当なものであり、ウズベキスタンのみならず、シルダリア川流域のカザフスタン、キリギス、タジキスタンの水資源の安全性の確保のための重要な課題である。

2008 年 9 月の現地調査で訪問したウズベキスタン国内の Dustlic Canal の取水施設の現況を事例として紹介する（図 2-15）。Dustlic Canal は、BVO-SD の管理下におかれている。この取水施設管理所では、地域の情報センター（Dispatching Center）から取



図 2-15 Dustlic Canal 取水設備（左）と取水設備操作のための電気制御盤（右）、（2008 年 9 月撮影）

水施設の操作指示を受けて取水施設操作を実施している。また、取水地点付近で毎時水位データを観測し、原則 1 回/2 日、Dispatching Center へ報告している。水位観測は、ソビエト時代に設置された水位計測装置を使っている。観測機器、取水施設などの老朽化、水路の堆積土砂などの問題も抱えているが、職員の努力により取水施設や水路の機能を維持している状況であった。情報伝達システムの改善や施設機能復旧が必要となる事例である。

(a) インフラ整備における地域連携の考え方

近年のインフラ整備は、地域の水運用の解決を、シルダリア川流域のダム貯水池運用のみに頼るのではなく、これらの取り組みと同時に、各国が自らの水の安全性を確保するためのインフラの整備等の取り組みが特徴である。

カザフスタンは、これまでチャルダラ貯水池下流域が被っていた洪水被害軽減のための

調整池建設を自己資金で開始し、併せて灌漑用水の確保を目指している。ウズベキスタンでも、同様の目的を持った調整池建設の計画があるとの文献もあるが、担当省庁のヒアリングでは、その実態は明らかにならなかった。

キルギスの冬期電力の不足、タジキスタンの冬期電力の不足なども、旧ソ連からの独立に伴う、各国の復興の過程のインフラ整備と捉えることができる。すなわち、日本が戦後復興で経験したような、洪水被害や渇水被害、電力の不足、などの状況改善のためのインフラがまず必要であり、この基盤ができて始めて地域の連携のスタートラインに立てる、ということである。

カザフスタンが自国で調整池の建設を開始したことは、「地域連携を離れた自己利益確保の行動」という捉え方ではなく、「地域の連携強化のための自国の必要な基本インフラの整備」と位置づけることができ、日本で言えば洪水調節ダムと堤防の設置と利水ダムの建設を併せたインフラの配備である。

ウズベキスタンもカザフスタンと立場は同じである。一方、キルギスとタジキスタンは、急ぐべきは電力設備の配備であり、「電力供給の目処が立ってはじめて独立国として対等な協議ができる」という意識は理解できる。

この場合留意しなければならないのは、キルギスが、独自でエネルギー問題を解決していかなければならない方向に孤立化しないこと、下流国が協調の姿勢を保っていくことである。このためには、各国が国家の水資源管理計画を策定・実施していく際に、流域一環の管理が水の安全性確保には不可欠（流域の一カ国でも水管理が悪化すれば、全体に水の安全性確保で重大な支障を招く）ことを認識すべきである。同時に、国際機関やドナーは各国支援に際して、地域の水資源管理の増進と、これによる水の安全性確保を明確に目的づけることが求められる。

(b) 老朽化インフラの機能の回復による水利用の効率化

また、シルダリア川流域のダム、堰、堤防など河川構造物は、旧ソ連時代に建設されたもの多く、これらは現在も補修を繰り返しながら運用している。このため、1カ国の河川構造物の誤操作や安全性の低下による決壊が、周辺国に洪水や渇水などの水災害を引き起こす可能性をもっている。

上記の状況に対処するためには、ウズベキスタンのSIが主張しているように、水関連インフラの安全性確保のための現況の機能診断、運転の監視、必要なリハビリ、施設の管理基準策定・実施、という一連のシステムを流域各国が取りかかることが必要である。

さらには、ダム貯水池等のインフラを地域連携の手段とすることが流域の水資源管理増進のために必要である。第4章の洪水緩和シミュレーションで、貯水池連携の効果を示しているが、これを実現するためには、関係各国の相互理解と合意が必要であることはもちろんだが、これを可能にする、必要な精度を持った水理データの観測（流入量予測のための計測、河川流量、貯水池水位、流入量・放流量、取水量など）とデータ処理、データ解析などの一連のシステムを強化あるいは新設することが必須である。利害関係者の協議に於いても、客観的資料としての信頼性のあるデータが決め手となりうる。

国家の水資源管理の増進計画に於いて、モニタリングを重要事項として位置づけているのはこの為である。

(2) ソフトインフラの開発・管理の変遷

シルダリア川流域の水資源に関するソフトインフラとしては、ソビエト崩壊後に中央アジア5カ国により締結されたアルマトイ協定において、1992年にICWCが設置され、その配下に河川流域管理機関（BVO-シルダリア）が設置された。その後、現在までBVO-シルダリアがシルダリア川の水配分や主要な水資源施設管理を実施している。

BVO-シルダリアは、トクトクル貯水池からカザフスタン国境までの各国間の水配分と水管理を実施することを主な責務としているが、各国の環境、水文観測、衛生調査に関する委員会と協力し、シルダリア川の水質監視も担っている（“<http://www.icwc-aral.uz/bwosyr.htm>”, 5. Nov. 2008）。BVO-シルダリアは、旧ソ連崩壊後、国際河川となったシルダリア川の水資源を協同管理する組織として、特に施設の実運用面を支えることにより、貯水池等のインフラによる効用の（治水、利水、発電）発揮を現在も支えている。なお、旧ソ連崩壊前も、1986年にシルダリア川とアムダリア川に流域管理機関（BVO）が設置されていた。両BVOは、干拓水資源省を通じて国家予算により運営されていた。

SIC-ICWCは、中央アジア諸国の経済発展に伴い、対応を急ぐ課題の解決能力の向上を図るために、以下の研修コースの運営を実施し、シルダリア川流域の発展を支援している。以下に、ICWCが現在実施している水資源管理に関する3つの研修コースを紹介する。



図 2-16 ICWC 研修施設、2008 年 9 月撮影

—ICWCによる中央アジアの水資源管理能力強化— ICWCは、水資源管理能力向上のための研修コースを運営し、シルダリア川流域を含め中央アジアの発展を支援している。世界銀行をはじめさまざまなドナーと連携を図り、河川流域機関の能力強化に取り組んでいる。

1) 水-環境に関するプロジェクト管理

このコースは、水管理と生態の関わるプロジェクト管理を主題とし、以下の4項目について、講義（62.5時間）と演習（15.5時間）を実施する。

1. 自然保護プロジェクトと資金調達
2. プロジェクトの形成と準備
3. プロジェクトの財務分析
4. 資材とサービスの調達

参加費用 - USD1,000-

2) 資材とサービスの調達

このコースは、水管理と生態の関わるプロジェクト管理を主題とし、以下の9つの項目について、講義と演習を実施する。なお、このプログラムは、世界銀行のインストラクターと共同で実施する。

1. 入札案内
 2. 封印入札の説明
 3. 競争入札の情報案内
 4. 契約の一般的用語と条件
 5. 契約の特記事項
 6. 物品とサービスの調達への適用
 7. 技術仕様
 8. 様式例
 - 9 銀行調達資金により調達する. 物品、役務、サービスの承認
- 参加費用 - USD785-

3) プロジェクトマネジメント

このコースは、水管理と生態の関わるプロジェクト管理を主題とし、以下の11の項目について、講義と演習を実施する。なお、このコースはマウント・ローヤル・カレッジ(Mount Royal College, Canada)により開発さ、プロジェクトマネジメント研究所(Project Management Institute, USA)により承認されたものである。

1. プロジェクトマネジメントのフレームワーク
2. プロジェクトの各段階とライフサイクル
3. プロジェクトの統合
4. プロジェクトスコープ
5. プロジェクト期間
6. プロジェクトコスト
7. プロジェクト品質
8. プロジェクト実施要員
9. プロジェクトメンバーの意思疎通
10. プロジェクトリスク
11. プロジェクトに関わる調達

参加費用 - USD785-

(参考：ICWC (2008) .URL : "http://www.icwc-aral.uz/bwosyr.htm", 28.Oct.2008.)

2-5 水資源と電力融通システム構築の経緯と課題

2-5-1 地域の水調整に係る国際機関やドナーの取り組み

2-1 や 3-1 でも述べるように、JBIC 前回調査の 2005 年以降、水資源と電力の地域連携に関する進捗はほとんど無い。逆に、近年シルダリア川の水運用は政治問題化し、地域の状況はより厳しくなっている。水資源と電力の地域連携に対するドナーの支援活動も、2000 年代初めまでは、USAID や WB が調整の努力を続けてきたが、2005 年の調査以降の進展はほとんどない。両者とも、水資源の地域連携への取り組みからは一時撤退したような状況である。

今回の調査により、新たな水資源の地域連携への取り組みとして確認できたのは、ADB と GTZ の 2 機関であり、これらを中心にドナーの取り組みを記述する。

(1) 地域国際機関

(a) IFAS

中央アジア 5 カ国で設立し、今年 15 周年にあたる。2007 年 12 月までタジキスタンが議長国を努め、2008 年からはカザフスタンが議長国となる予定で、現時は執行委員会の設立準備中である。アラル海問題の重要性を喚起するために、国連傘下の組織への移行も視野に置いている。

現在注目している主な課題は、中央アジア各国の協力関係の促進、シルダリア・アムダリアの水配分、水資源の合理的利用、人的資源の活用である。

(b) ICWC

情報センターは、地域の河川、貯水池の情報のデータベースとなっており、公開データと加盟国のみが利用できる非公開データに分けて管理されている。

具体的な実施プロジェクトに関する関心が高い。

(2) 国際援助機関

(a) UNDP

中央アジア 4 カ国の国家 IWRM 計画策定を支援している。

カザフスタンが進んでおり、来年春には大統領の承認を得て国家 IWRM 計画が施行される予定（カザフ水資源委員会ヒアリング）である。ウズベキスタンの IWRM 計画も、近くスタートすると思われる（UNDP ヒアリング）。キルギスとタジキスタンはこれから枠組みを策定していく、という段階にある。

国家 IWRM 計画は、今後の水資源管理の指針であり、組織制度面やインフラ整備もこれに沿って実施される。UNDP（ウズベキスタン）のヒアリングによれば、まず、パイロットプロジェクトから開始するが、支援の第 1 ステージは現況評価と能力強化であり、他のドナーとの共同も可能であり、日本が参画するのであれば、最初の現況評価の段階からが良い、

というアドバイスを得た。

中央アジアの各国政府の IWRM の進め方としては、国内の小規模の河川から始めて、成功体験を作り、国や国民に成果を示し理解が得られたところで、国レベルでの IWRM に着手をする手法をとっている。

(b) WB

シルダリア川への多くの支援を実施してきたが、現在は、アムダリア川に重点を置いており、持続可能な開発プロジェクトを目指している。

カザフスタンでは、灌漑排水プロジェクト（施設のリハビリや拡張）を実施し、現在、第 2 フェーズを準備している。タジキスタンやキルギスのパミール高原で、小水力のプロジェクトを進めている。カイラクム貯水池の改築も実施。ウズベキスタンのフェルガナ盆地では、節水プロジェクトを実施している。キルギスでは、Cool Energy プロジェクトに融資をする。気候変動、災害軽減、干ばつ軽減などのプロジェクトも実施している。

WB へのヒアリングによれば、下記の見解をもっていることがわかった。

- ・洪水軽減のための努力は重要である。
- ・水・エネルギー分野でのドナー会合はない。域内で実施されている多くのプロジェクト間での連絡・協力が必要。JICA の事務所があるといろいろと連携がしやすい。
- ・各国の観測所のデータを連携させるべき。旧ソ連時代からの共通の dispatch center はあり、データの共有が重要であることは理解しているが、政治的な問題で協力ができていない。水に関していろいろな意見が言われるが、正確な水量が出てこないのが課題。
- ・トクトグル貯水池の管理はルーズで心配である。来夏は渇水になるだろう。

(c) ADB

2003 年～2007 年 12 月に「Improve Water Resources Management」で、地域の新たな水運用の枠組み構築に第 1 フェーズとして取り組んでいる。具体的にはカザフスタンとキルギスの国境河川である、チュー・タラス川を対象に 2 カ国のジョイントコミッションの設立、水配分モデル設立、管理の役割と費用の分担、などに取り組んできた。ここで築いた枠組みを地域各国に示し、地域の水配分の枠組みを構築していこうという試みである。

中央アジアでは、これまで国際機関やドナーが水資源やエネルギー分野の地域連携の枠組み構築に努力したが、成功していない。そこで、取り組みの手法を、流域全体を対象とする手法から、小さな (demonstration) 流域で成功体験を積み重ね、これを地域に広げることに移ってきた。

統合的水資源管理が、概念だけでなく実施事例の形で理解でき、課題と対処へのアプローチも共通認識が得られやすい、というメリットがある。

2008 年に第 2 フェーズの Water use efficiency of national level にとりかかろうと地域各国に対する協議に向けて準備中である。

ADB へのヒアリングにより、下記の見解を持っていることがわかった。

JICA との連携に関しては、前向きな姿勢が見られた。ADB は地域連携に向けての日本の取り組みとの連携の候補となりうると判断する。

(d) USAID

これまでの取り組みについては、2-5-2 に詳述した。98 年のシルダリア枠組み合意に向けて継続的な支援を実施し成果をあげたが、近年は水資源分野での枠組み構築からは離れ、水利用者の組織強化（ウズベキスタン、キルギス）、コミュニティー強化（小水路）などに取り組んでいる。

(e) GTZ

GTZ は、新たな地域協力プログラムとして、中央アジアも越境水管理「Program on Transboundary Water Management in Central Asia」を 2008 年早々にも開始しようとしている。2008 年 5 月から取り組みを始め、各国で水資源管理の現状に関するワークショップを開催し、これをベースに下記の項目の取り組みを行うとしている。

- ・ 地域の水資源管理に関する対話と協力
- ・ 越境河川に関する成功体験の構築
- ・ 水資源管理を改善する国内プロジェクトの実施

このプログラムは EU の中央アジア支援プログラムの一環として、ドイツが支援を行うものである。2009 年～2011 年の 3 年が第 1 フェーズで 2000 万ユーロのグラントを設定している。

調査団としては、地域連携の観点で重要なプロジェクトであり、連携の可能性も含めて今後の経過を見守っていくことが必要であるとする。

2-5-2 水資源と電力融通の障害となる要因

ここでは、本調査結果ならびに 2005 年以降の既往調査結果（補足を含む）のレビューより、水資源と電力の地域連携の障害となる課題を整理した。既往調査結果のレビュー対象としては、1998 年の「シルダリア枠組み合意」に向け、包括的取り組みを行った USAID の技術支援（Study）と 2002 年の ADB 調査を主な対象とした。

これらのレビューと、今回の調査結果をあわせて、(2)の水資源の地域連携の課題を整理した。

(1) 水資源と電力融通に係る既存調査のレビュー

(ア) USAID 技術支援の概要

98 年 3 月に締結された「シルダリア枠組み合意」の実施体制強化を目的とした技術支援が 98 年から 99 年にかけて USAID の中央アジア本部が主管となって実施された。これらは、EPIQ (Environmental Policy and Institutional Strengthening Indefinite Quantity Contract) という USAID/CAR 技術支援戦略プログラムの下で総合的に実施されている。

次項で示すとおり、連携資金調達、水制御施設の O&M コスト配分、統合的水資源管理モデル、水利用の現状評価、水資源制御・管理・保全の問題点、水資源及び水力の O&M 財務分析、電力市場の課題と選択肢、電力プールと水・エネルギー資源の効率的連携利用の問題など多岐の調査に亘っている。

越境水電力地域連携に係る支援アセスメントについては次項で述べる。

(イ) 越境河川の水資源管理システム (WMS) 施設に対する関連国連携による資金調達へのアプローチ

本検討は、SIC-ICWCも参加して98年の12月に最終報告書が提出された。シルダリア川流域をWater Management System (WMS)とし、関連国による連携操作を進める上での資金調達、コストと便益の配分方法を下記のとおり検討している。

- (a) WMSの目的は水資源の管理、開発及び保全である。
- (b) ナリン-シルダリア川流域をWMSプロジェクトの事例とし、WMS施設のO&Mへの各国からの資金提供を満足させること。BVOシルダリアがナリン-シルダリア川流域を越境的に管理し、それぞれの国の水管理機関は水力、灌漑及びエネルギープロジェクトを管理することとした。
- (c) プロジェクトの初期投資、維持管理費は、8つのセクター（多目的水力、灌漑、水力、水供給、リクリエーション、漁業）に関して行うこととした。
- (d) 水及び土地利用にリンクする各主要セクターからの便益に依存するWMSの効率性を検討した。
- (e) 各施設の所有を明らかにした。
- (f) WMSの所有に従い、初期投資や維持管理費配分の原則を決定した。
- (g) 越境水資源の合同管理に伴う資金提供やコスト配分関係を調整するために中央アジア各国の国際協定が提案されカザフスタン、タジキスタン及びウズベキスタン間で承認された(97年6月)。この協定によってICWC配下のBVOの資金提供及びコスト配分の手続きを調整する。
- (h) 最終的に、下記の3つのオプションを提言した。
 - ① オプション1：費用と便益の配分は、越境河川全ての複合施設を利用する地域及びセクターを考慮して決定する。
 - ② オプション2：費用と便益の配分は、全ての灌漑及び水力システムセクターの合同運用による得られるとする。
 - ③ オプション3：調整流量と各セクターで得られる影響に基づき、エネルギーと灌漑セクター間でトクトグル水力システムのO&Mコストを配分。

(ウ) 施設利用方式 (Use-of-Facilities Method) による各国間の水制御施設 O&M コスト配分

本検討はカザフスタン、キルギス共和国、タジキスタン、ウズベキスタンの各国間委員会 (ICKKTU) への支援として実施され、地域の国際越境水資源施設のO&M出資に係る地域協定を策定する目的で99年12月に作成された。

シルダリア枠組み合意ではO&M費用に関する事項は規定しておらず、共有する水資源施設のO&Mに対する適切なコストシェアリング調整の決定が急がれていた。対象とする越境施設は、灌漑用水路施設、水供給貯水池、経年貯留の水供給及び水力発電施設、季節再調整の水供給及び水力発電施設である。

本検討の対象施設は以下とおりである。

- ① 西大チュー水路 (キルギス)：キルギス及びカザフに跨るチュー川

-
- ② チョン・カクパ貯水池（キルギス）：キルギス及びカザフに跨るタラス川
 - ③ トクトグル貯水池（キルギス）
 - ④ カイラクム貯水池（タジキスタン）

トクトグル貯水池とカイラクム貯水池は上下流でのジョイントオペレーションを想定してコストシェアを検討している。

(エ) シルダリア川流域に対する統合的水資源管理モデル

テキサス大学の中央アジア水資源専門家であるマッキネイ教授を中心とした研究者によってシルダリア川流域の統合的水資源管理モデルを作成し99年8月に最終報告書を提出している。統合的な水文－農業－経済モデルを構築し、シルダリア川流域に適用している。このモデルによって想定する水政策案の経済及び環境への影響を考慮した分析的なフレームワーク構築を目標としている。

本モデルの問題点は河川流域の水文データを短期間で評価しており、長期的な変動を考慮していない。また排水改善事業の経済的効率性も考慮していないことである。

(オ) シルダリア川流域水利用の現状評価

この報告書はシルダリア川流域の水資源と水力資源の現状を評価する目的で1999年6月に作成され、1999年3月カザフのアルマティで開かれた「ナリナーシルダリア貯水池カスケードの運用モードのモデリング」に係る調整グループ会議（会議主催者及び参加メンバー構成は不明）の決定に従って実施されたものである。本会議では、95年から98年までのトクトグル発電モード移行によるシルダリア川流域における水資源問題を評価する必要性があると強調されている。

旧ソ連時代の統合的貯水池運用

報告書では先ず旧ソ連時代での流域一体の貯水池群運用規程を以下のように整理している。

- (a) トクトグル貯水池の運用は下流の灌漑用水の需要を満たすことを第1優先とする。
- (b) トクトグル貯水池からの年間放流量の4分の3（およそ94.3億 m^3 ）は4月から9月までの灌漑期（6ヶ月間）とする。
- (c) 非灌漑期の10月から3月までの6ヶ月間は、トクトグル貯水池の放流量は最大で180 m^3/s とする（6ヶ月間で凡そ28.5億 m^3 であり、トクトグル貯水池での最小発電量に相当する）。
- (d) これらの運用規程によりシルダリア川流域の持続的開発及び河川環境保全を可能にする。
- (e) 同時に、キルギス国の冬期エネルギー不足に対しては各国で補うという条件である。

上記に示すように、旧ソ連時代のトクトグル貯水池の運用は、灌漑モードであり、冬期の放流量は発電モード運用の3分の1以下に抑えられている。しかし、アラル海の水位低

下をもたらす原因となった過剰な灌漑用水量とアラル海水位維持のための環境流量には考慮されていない。

独立後の貯水池カスケード運用の変化と下流への影響

(a) トクトグル貯水池

トクトグル貯水池の冬期発電モードへの移行はソ連崩壊直前の 88 年ごろから見え始めている。崩壊直前からキルギスに対する石炭やガスの供給が減少したためである。90 年には非灌漑期の放流量は 39 億 m^3 、91 年には 49 億 m^3 、92 年 51 億 m^3 である。それによってトクトグル貯水池による発生電力量は凡そ 2 倍に増加した。90 年代後期では、非灌漑期の放流量は 60 億 m^3 から 85 億 m^3 、灌漑期で 45 億 m^3 から 65 億 m^3 と灌漑モードから発電モードに切り替わっている。そのため、トクトグル、カイラクム、チャルバック水力発電所のカスケード運用は事実上難しくなった。

(b) カイラクム貯水池及びチャルダラ貯水池のカスケード運用

92 年以前ではトクトグル貯水池からの放流量は非灌漑期でも 50 億 m^3 を超えることはなかったため、シルダリア流域全体で非生産的な水損失はなかった。トクトグル貯水池の放流量が凡そ 61 億 m^3 になった 93 年にはチャルダラ貯水池からアルナサイ低地への無効放流を余儀なくされ始めた。

カイラクム貯水池では、88 年に前年非灌漑期流入量が 40 から 50 億 m^3 であったものが 80 から 90 億 m^3 となり、流出量は 35 億から 60 億 m^3 であったものが 60 億から 80 億 m^3 と増大している。92 年以降は流入量が 100 億から 120 億 m^3 のレベルに達し、流出量も 100 億から 120 億 m^3 となっている。

チャルダラ貯水池の運用も同様の性格を持つが、冬季の河川の凍結やアイテック運河への放水調整施設の制約条件によって、チャルダラ貯水池への流入量の増加に伴ってアルナサイ低地への無効放流量が増るという相違がある。87 年から 91 年の期間ではチャルダラ貯水池への流入量は 70 億~90 億 m^3 であったが、91 年から 99 年の期間では 100 億~150 億 m^3 に増大した。また流出量も 10 億から 30 億 m^3 (74 年から 87 年) であったものが 40 億~60 億 m^3 (87 年から 92 年)、更に 50 億~80 億 m^3 (95 年から 98 年) へと増大した。

トクトグル貯水池からの冬期放流量が 2, 3 倍になった場合には、カイラクム貯水池は既に 12 月でも満水状況であり、カイラクム貯水池からの放流量は 1,000 m^3/s 以上となる。残留域からの追加流量を含め 1,000 m^3/s 以上の流量がチャルダラ貯水池に流入し、アルナサイ低地への無効放流が不可避となっている。

一方、チャルダラ下流では冬季の河川凍結によってクズイ・オルダ地域の通水能力は 400 m^3/s 程度と低下する。そのため灌漑期末には LWL まで水位を下げ迎洪水容量を確保し、12 月から 2 月まで放流量を 400 m^3/s 以下に抑える必要がある。

持続的な流域水資源管理への提言

本 USAID 報告書では、結論として以下の 8 つの提言を行っている。

(a) トクトグル貯水池からの非灌漑期放流量は 50 億から 60 億 m^3 以下に抑え、アルナサイ低

地への無効放流を防ぐこと。この運用によって、チャルダラ貯水池への流入量を 110 億 m³ 以下とし、放流量を 70 億から 80 億 m³ 以下に制御する。灌漑期間で水位を最低水位にまで下げること。また、灌漑期にはトクトグル貯水池の放流量を平水年で 65 億 m³ を確保すること。

- (b) 99 年の非灌漑期に開始されたカイラクム貯水池運用の再調整を引き続き実施すること。10 月から 11 月までの 1.5 から 2 ヶ月間は放水量を最大にし、貯水池の水位を最大限下げ、それ以降の 3 分の 2 の期間でのトクトグル貯水池の放流の増加に備える。これによって非灌漑期間の水力発電を可能にし、非灌漑期の後半期の無効放流を軽減させることができる。
- (c) 上記操作によって、10 月と 11 月前半でのチャルダラ貯水池からの放流量を少なくとも 600 から 700 m³/s としアラル海やアラル海沿岸への最大水供給を保障する。チャルダラからの非灌漑期放流量は 70 億から 80 億 m³ 以下に抑える。
- (d) 上記 3 項目を実施することにより、非生産的な水損失を軽減し、アラル海及びアラル海沿岸地域への水供給を可能にする。
- (e) 非灌漑期の開始時期には河道貯留の貯水池は全て空にすること。特にカイラクムではマカラムポンプ場への放流施設の清掃問題を解決する。
- (f) 市場経済システムへの移行を考慮し、個別の問題に係る各国間の関係に拘ることなく広範な問題解決手法を関連国全体で検討すること。
- (g) 水資源と電力融通に係る効率的な地域連携を進める。
- (h) チャルダラ貯水池下流の通水能力の改善を図り、同時にアラル海への導水を増加させる。

上記提言事項の中で 10 年後の本調査時点で達成された部分は、(h) のチャルダラ貯水池下流の河道改修による通水能力の改善を、カザフスタンが冬期洪水緩和の必要に迫られて実施したこと、のみであり、その他は合意と履行には至っていないのが実状である。

キルギスの電力不足や、近年 6 年間の流入量の減少による夏期の渇水に対する共和国間の調整が政治問題化しており、トクトグル貯水池の非灌漑期の発電モードによる洪水と渇水の発生への対処環境はさらに厳しさを増している、といえる。

(カ) 中央アジアにおける水とエネルギー連携調査

本検討は ADB が中央アジア・アラル海流域におけるタイムリーな地域支援戦略を形成するために実施され、02 年 8 月に最終報告書が提出された。本検討は水利用管理とエネルギー取引の地域連携に焦点を当てている。現状及び緊急の課題、ドナー及び国際金融機関の支援、主要な投資ニーズ、戦略的なアプローチと示唆、短期及び中期のプロジェクト目的などの分析を踏まえ、その後の ADB 支援案件と実行計画を提言している。

ここでは、ADB による現状及び緊急の課題、戦略的アプローチ、投資機会などについて要点をレビューする。

現在及び緊急の課題

本検討では、中央アジア地域における水資源とエネルギーの連携が十分に回復され適切に改善されるためには、下記の 10 項目に及ぶ課題が最終的に解決されるべきものとした。

-
- (a) 国家レベルや個々の農民の水利権というローカルレベルにおいて、地域の河川水資源のオーナーシップが適切に定義されておらず、また合意にも至っていない。
 - (b) 発電のための貯水池運用や灌漑用水のための貯留と放流に関して国際的なコンフリクトが問題化されている。
 - (c) 農業セクターの管理は改革の時期に入ったが、未だに道のりは長い。改革プロセスは水資源管理の効率性に影響するので、新政策が策定される場合は水関連の課題に十分留意すべきである。
 - (d) 地域及び国レベルの責任が不明瞭であること、意思決定の対話の場が機能していないこと、意思決定に必要な情報やデータベースの透明性が欠如であることなどから、地域全体の水管理体制が不適當な状況である。
 - (e) 地域問題の解決に失敗していることから、水とエネルギーに係る国家開発計画が進展していない。結果として、資源の利用の非効率な状況が続いており、国レベルで実施できる非効率な解決を各国が志向するという可能性に繋がっている。
 - (f) アラル海に近い下流地域では、地方水供給インフラの劣化と伴って、農業開発による水資源への汚染が健康被害をもたらしている。灌漑システムは一部地方飲料水供給を補給しているが、非効率に使われていることが問題である。
 - (g) 国レベル、特に地域のエネルギー融通において、エネルギーセクターは未だに市場原理に基づく運用には程遠い現状である。
 - (h) 適切な管理や運用インフラが不足しているため、エネルギー融通は効率的ではない。
 - (i) 送電線や灌漑施設の基礎インフラの整備が遅れている。最新機器や訓練などを導入しリハビリによる管理改善を目指す必要がある。
 - (j) 資源管理専門家の要員が著しく枯渇しており、人材管理への関与が必要である。

投資機会

本検討では、下記に示すプロジェクトを実施することを提案している。

- (a) 地域水資源管理に関する協力支援
 - ① 正確な融雪情報の収集及び実務的な流量予測の改善のために、データ収集、予測及び情報通信ステーションを設置する。
 - ② 地域の主要な水質分析機関を選択し、河川水質収集と分析能力を改善させる。
 - ③ 運用上の水損失を軽減させるために、流域全体の河川管理のための DSS（意思決定システム）をリハビリ、自動化、コンピュータ化する。
- (b) 灌漑排水インフラの強化
 - ① 農場レベルの水配分管理事業を向上させるために、アムダリア川流域の主要運河の自動化及び情報通信機器をリハビリ、提供する。
 - ② 灌漑排水インフラを改善させるために、農場レベルの統合的な水管理事業に機器を提供する。
 - ③ カラカルパクスタンにおいて、村落に対する地下水の脱塩システムを建設及びリ

ハビリティ、O&M 機器を提供する。

(c) エネルギーセクターの市場改革の実施

- ① 法制度、規制、組織能力の強化を図るため、タジキスタン政府・エネルギー省に技術援助及び訓練を提供する。
- ② エネルギーと水利用の融通と調整を改善させるために、中央アジア統合給電センターやシルダリア及びアムダリア BVO にコンピュータ、情報機器、ソフトウェアなどを提供する。
- ③ 中央アジアにおいてエネルギー貿易市場を形成するために、現在の中央アジア統合電力システムをアフガニスタン北部まで拡張させる。

実行計画 (案)

本検討は、ADB が中央アジアにおける水資源とエネルギー連携のプログラムを進める準備として実行すべき項目を以下のように提言した。

- (a) 中央アジアに ADB の意思決定者を派遣し、本調査分析の詳細や提言について各政府関係者、ドナー、国際金融機関 (IFIs)、業界、コンサルタント及びアドバイザー、その他関係者と協議すること。
- (b) 本調査に基づき、短期及び中期のプロジェクトポートフォリオを作成し、中央アジアにおけるフォローアップ協議を開催する。
- (c) ポートフォリオのプロジェクトに最適な ADB 融資方法を検討する。
- (d) USAID や他のドナー、国際金融機関と連携し、プロジェクト実施のパートナーシップやチームとしての各パートナーの能力と資源を活用する。

(キ) 越境水エネルギープロジェクト (最終報告書 : 02 年 - 05 年)

(a) 概要

USAID 中央アジア地域本部は 01 年 12 月に NRMP (中央アジア天然資源管理プログラム) の下で TWEP (越境水エネルギープロジェクト) を実施することを決定した。TWEP は 2 つのフェーズからなり、フェーズ 1 は下記に示す 5 つのタスクを 01 年から 02 年に実施した。フェーズ 2 は 02 年から開始され 05 年 10 月に終了している。フェーズ 2 の概要については (b) 以降にそれぞれ記述する。

タスク/アクション	アクションの影響する期間
1. キルギスにおけるエネルギーロスの軽減	短期
2. 水とエネルギー利用に係る 98 年合意の実施改善	短期
3. 電力貿易関係に係るドナー及び国際金融機関への技術支援	短期から中期
4. IFAS、ICWC、UDC、BVOs などの地域機関の強化	短期から中期
5. カンバラタ 1 及び 2 水力発電所の予備評価	長期 (構造的な解決の一部として)

(b) キルギス共和国における電力ロス軽減プログラム実施支援

TWEPは本支援完了させるために3つの電力ロス軽減デモンストレーションモデルを作成し利用可能にした。

- ①発電に係るデモンストレーションモデル
- ②送電に係るデモンストレーションモデル
- ③配電に係るデモンストレーションモデル

USAIDのフォローアップ活動案

電力ロスの軽減戦略が政治レベルで承認された場合の実行計画を提言した。

- ①配電会社が内部的電力潮流制御やロス追跡を実施できるようにノードごとの内部的電力計測を実現させること。
- ②計測、請求、徴収のソフトウェアを開発することによって、内部的電力潮流を追跡し、管理報告書を作成する能力を確保させる。全ての利用者データは1つのデータベースに統合し、配電ロス制御報告書の作成を容易にさせること。
- ③社内にネットワークの各セグメントのロスに対する責任者を任命する。35/10/6 kV配電網に対しては技術部門を責任部局とし、0.4 kV配電網では営業部門とする。
- ④各会社はネットワークの全てのセグメントで基礎的ロス評価を実施し、責任者に動機付けやペナルティを与えロス軽減目標を設定すること。
- ⑤電気料金の支払いは銀行振り込みでのみ行われること。計測員は利用者から一切現金を受理してはならない。
- ⑥上記で示した施策は監督省庁の厳格なコントロールの下で実施され、監督官庁は提案された詳細実行計画を承認及び監視すること。

(c) カンバラタ1及び2水力発電の評価

初めに両水力発電を USAID、世銀、政府機関のデータを基に検討し報告書を作成した。本報告書はキルギス共和国内のエネルギーシステムと中央アジア送電システム上の両面を検討しキルギス及び他の関連国との協議資料とした。キルギス国及びカザフスタン両国でセミナーを開催しコメントを得た。コメントを反映した上で最終報告書を関連機関に配布した。報告書は両水力発電開発が長期的な解決手段としては経済的・財務的にフィージブルであると結論づけ、同時に短・中期的にはキルギス国内のエネルギー問題を先に解決すべきとした。

(d) 1998年シルダリア川枠組み合意実施の改善

04年1月に TWEP は「シルダリア川流域における水とエネルギー管理の改善案」を公表し、その中で下記に示す4つの「行動」を提案した。

- ①シルダリア川流域国はシルダリア川枠組み合意を順守し続けること。
- ②シルダリア川流域国は灌漑期のウズベキスタン及びカザフスタン両国の水需要をより反映した貯水池運用を可能にするトクトグル貯水池運用ルールを適用し実施することに同意すること。

- ③シルダリア川流域国は多年度の電力－燃料交換協定を緊急の対策として合意すること。
- ④シルダリア川流域国は 98 年合意の規制枠組みを恒久的なガイドラインとして策定することに合意すること。

(e) 河川流域管理手法の開発

TWEPは下記の通りカウンター機関と共同でシルダリア中流域のDSSとNASPIを開発した。

- ①意思決定システム (DSS)
- ②流域各国間のデータ情報報告と DSS の連携
- ③ナリナーシルダリアカスケード計画手法 (NASPI)

(g) 提言

TWEPは主たる活動として次の段階で実施すべき支援を4項目提案している。

- ①DSS (意思決定システム) の開発と応用
- ②情報交換に対する国際合意
- ③ナリナーシルダリアカスケード計画手法の開発、適用、支援、応用
- ④シルダリア流域の水資源管理関連機関のデータベース構築

国或いは地域機関	機関名
キルギス共和国	1. JSC "Power Plants" 2. JSC "National Grids" 3. JSC "Electric Stations" 4. Water Resources Department of Ministry of Agriculture, Water Resources and Processing Industry of the Kyrgyz Republic
カザフスタン	1. Dispatch Department of JSC "KEGOK" 2. KOREM 3. Water Committee of Kazakhstan 4. BVO Aral-Syrdarya 5. Chardara HEP Management Authority
タジキスタン	1. Ministry of Reclamation and Water Resources of the Republic of Tajikistan 2. Ministry of Energy of the Republic of Tajikistan 3. The Open Stock Holding Power Company "Barki Tojik" 4. Kayrakkum HEP Management Authority
ウズベキスタン	1. SJSC "Uzbekenergo" 2. Water Resources Department of Ministry of Agriculture and Water Resources of the Republic of Uzbekistan
地域機関	1. IFAS 2. SIC-ICWC

	3. BVO Sry-Darya 4. UDC "Energiya" 5. IWEC 6. Hydromets of the four Republics
--	--

(2) 水資源の地域連携の課題

既往の調査結果、ならびに本調査より明らかになった水資源の地域連携の課題は以下のとおりである。

① 各国の水資源管理の戦略の明確化

- i) 国家としての水資源管理の戦略とロードマップ（国家 IWRM 計画）の存在
- ii) 電力需給の戦略
- iii) 国家水資源管理の実施計画と予算の裏付け
- iv) 実施機関の能力養成

② 節水の取り組み

- i) 水需要の見直し
- ii) 水価格政策
- iii) 農業分野の節水への取り組み
- iv) 能力養成
- v) 水利施設による送水ロスの軽減

③ 越境河川の水資源管理施設の管理手法

- i) 施設の所有者（国、機関）の決定
- ii) 初期投資や維持管理費区分の基本ルール
- iii) 合同管理に伴う資金提供、コスト配分調整

④ 水資源利用シミュレーション

- i) 長期間の精度の良いデータの入手
- ii) 灌漑農業の水利用実態把握とシミュレーションへの反映
- iii) 被害額（洪水、渇水）算定のためのデータ入手
- iv) 灌漑と電力の水利用のバランスルール

⑤ 貯水池連携操作

- i) 流入量予測精度の向上、モニタリング（融雪出水、氷河面積、河川流量）
- ii) データ共有

-
- iii) 連携操作ルールの策定
 - iv) 各国の連携に対する協議
 - v) 能力養成

⑥モニタリングの向上

- i) 流入量予測のための氷河観測、積雪・融雪量観測、降雨観測、
- ii) 河川流量、水位観測、水質観測
- iii) 貯水位観測、堆砂観測
- iv) データ通信仕様標準化
- v) データ観測機器の標準化
- vi) 情報センター（各国、地域）の設置
- vii) 能力養成

⑦インフラの機能復旧

- i) 老朽化した施設の機能診断
- ii) 機能復旧すべき施設の優先順位と復旧技術
- iii) 維持管理体制
- iv) 能力養成

⑧水環境保全

- i) 水源地保全
- ii) 水質保全
- iii) 環境流量の確保

第3章 電力に係る現状・課題と対応

3-1 概要

中央アジアの電力システム（CAPS）は、旧ソビエト連邦時代に計画・建設され、政権崩壊後も独立した中央アジア5カ国に引き継がれて活用されている。この電力システムは、1次エネルギー資源が偏在している地域の特性、および灌漑と電力需要のピーク時期が異なること（灌漑は夏、電力は冬）を踏まえ、水資源の灌漑利用を第一に考えた上で、地域全体に効率よく電力を供給する様に計画されている。すなわち、水資源が豊富なキルギス・タジキスタンにダムを開発し、灌漑利用に合わせた放流によって発電する一方、天然ガス等の化石燃料に恵まれた下流域のウズベキスタン・カザフスタン（南部）・トルクメニスタンに火力発電所を配置し、これらを高圧送電線によって連系することにより相互の発電設備の特性を生かした効率的な運用を図る。また、上流国の冬期電力不足を満たすために下流国から化石燃料を上流国に提供するシステムを構築した。

各国の独立後は、各国が領土内にある発電設備をそれぞれ所有し、運用することとなった。このため、例えば、冬期電力不足を補うためにキルギスが発電放流して下流国で洪水が発生、トクトグル貯水池の貯留量が減少して翌年の灌漑用水が不足するなどの課題が顕在化し、各国の利害が一致しないことから合意形成が進まない状況が続いてきた。

さらに2007年の冬は厳寒のために電力需要が増加してトクトグル貯水池の貯留量は過去最小まで減少した。一方で2008年の流入量は至近年の実績を下回る渇水であることから、2008年冬期の電力供給のための水が不足、さらに来年の灌漑用水の不足が見込まれるなど、前回調査時点（2005年）と比べて課題がさらに深刻になっている。このような差し迫った情勢を受けて域内各国は2008年に協議し、従来の相互協力システムを導入して今年の事態を乗り切ることが合意した。

本章では、前回調査で提言した、各国の電力安定供給のために必要と考えられる域内各国間の電力融通の経済的効果を現状に合わせてレビューした。この結果によれば、各国の電力供給力の増強が遅れ、電力需要が増加したために各国の電力供給が逼迫しており、経済的な電力融通を行うための電力供給力が不足する状況になっている。すなわち、電力融通の利点を各国が分かち合うためには、まず域内の電力供給力を増強することが必要である。

このような情勢を踏まえ、電力分野における課題をレビューし、取るべき戦略を提言する。

なお、2005年調査時点ではトルクメニスタンは電力系統連携から脱却して独自の路線を進んでいたが、2007年から連携線を一部接続してタジキスタンに電力融通を開始した。現時点では限られた送電のみであり域内の電力連携に完全復帰していないが、地域連携のためには好ましい動きである。

3-2 中央アジア地域各国の電力に係る現況と課題

3-2-1 各国の電力需要

中央アジア諸国の電力需要は、独立(1991年)後の混乱の影響を受けて減少傾向が続いたが、1995年代中頃から各国の経済に回復の兆しが見られ、電力消費量も2000年初頭以降は増加傾向にあり、各国とも旧ソ連崩壊時点の電力消費量近くまで回復している。図3-1に、中央アジア5ヶ国における1992年から2005年までの電力消費量と発電電力量の実績を示す。中央アジア電力システム(Central Asian Power System:CAPS)はウズベキスタン、南部カザフスタン、キルギス、タジキスタンおよびトルクメニスタン(現状では離脱)を連携したシステムであるが、これら5カ国(地域)の電力消費量のうち、50%以上をウズベキスタンが占めている。

キルギスの発電量・消費量が2002年に落ち込んでいるが、これは河川流入量の減少により発電原資が少なかったことを反映していると思われる。

ウズベキスタンの需要が2005年に停滞しているが、今回調査におけるヒアリングによれば2006,2007年の電力需要は、年1~2%増加している。その他各国の電力需要は2005年

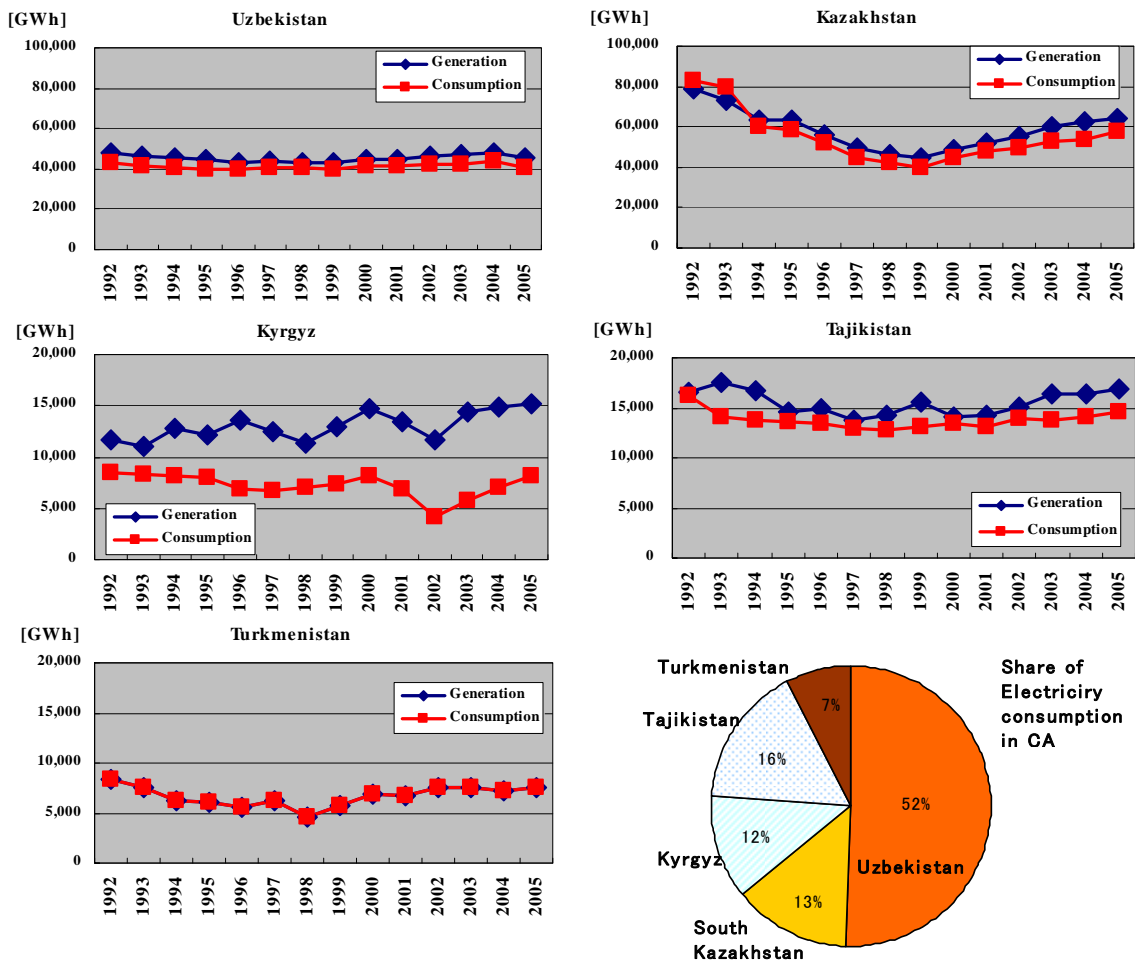


図 3-1 中央アジア5カ国の電力消費と発電電力量

出典: DOE/IEA

以降も増加基調にある。基本的には大きな変化は認められないが、2007-08 年は厳冬のために電力需要が増加し、タジキスタンでは死者が出たといわれていることは特記すべき事項である。Box3-1 に、前回調査時に取りまとめた各国の事情を示す。

Box3-1 電力需要にかかる各国の事情

(a) ウズベキスタン

ウズベキスタンは、独立後の経済の混乱による産業利用の低迷を受け、電力消費は伸び悩んでいたが、1995～96 年を境として微増に転じており、2002 年には 1992 年の電力消費量を越えた。2004 年の最大電力は 7,809 MW であり前年に比べ約 0.2% の低い伸びであった。また年間の総発電電力量は 49,483 GWh、総需要は 49,200 GWh となっている。電力の輸出入は主にキルギス、タジキスタンと行っており、夏場の灌漑期における水利用との関係で、夏場にキルギス、タジキスタンの水力発電による電力を輸入し、冬場に輸出するという取引がなされていた。

ウズベキスタンは火力発電が中心であり、Chirchik 川最上流に位置する Charvak 水力発電所 (600 MW) などの貯水池式水力発電所がピーク供給を担っている。しかしながら、全供給力に対する割合は 10% 以下であり、ピーク供給力の確保は現在並びに将来における課題のひとつとなっている。

(b) カザフスタン

カザフスタン全体の独立後の電力需要の減少は顕著であり、国内産業の不振を受けて、1992 年に国内全体で約 86,200 GWh であった電力消費は下降の一途をたどり、1999 年には 44,800 GWh まで落ち込んだ。しかし、その後、経済改革や輸出の拡大により経済は持ち直し、電力消費も増加に転じている。

カザフスタンは独立以降、電力の輸入国であったが、近年では輸出入のバランスが均衡し、2002 年は輸出量が上回っている。

南部カザフスタンの 2004 年の最大電力は 2,440 MW、年間の総発電電力量は 6,771 GWh に対し、総需要は 12,967 GWh (各月のロードカーブからの推定値) であり、根本的に電力不足の状態である。また、アルマティを中心とする南部カザフスタンの最大電力は年率約 6% の伸びを示しており、このため、カザフスタンの主要系統である北部系統から電力の融通を受けるとともに、ピーク対応としてキルギス、タジキスタンと kW 契約を結びピーク需要を賄っている。

(c) キルギス

キルギスの電力需要は、90 年代半ばなど減少している時期はあるものの、平均的には増加の傾向を示している。2004 年の最大電力は 2,657 MW、年間の総発電電力量は 14,944 GWh、総需要は 11,737 GWh となっている。キルギスでは、国内のエネルギー消費構造を化石燃料から電力へシフトする政策を採っており、電気暖房等の普及が影響していると考えられる。また、電力需要に対し、発電電力量が上回っており、水力発電を中心とした電力輸出の構造が示されている。

キルギスの主要発電設備であるシルダリア川上流 (Naryn 川) に位置するトクトグル発電所を中心とした水力発電は、中央アジア諸国のピーク供給の役割を担い、周波数調整等に寄与している。しかしながら、トクトグル発電所の水運用は、下流域であるウズベキスタン、カザフスタンの夏場の灌漑水供給を目的とした運用を行うこととし、キルギスで需要が多くなる冬場には、治水の観点からもその水運用に制約がある。しかしながら、代替策がないためキルギスでは冬場の自国のピーク需要を賄うためにトクトグル発電所の高出力運転を実施しており、昨今の下流域における冬場の洪水問題を引き起こしている。

(d) タジキスタン

タジキスタンの電力需要は、1997 年以降微増に転じているが、未だ、1992 年当時の電力消費まで回復していない。2002 年の最大電力は 2,901 MW、年間の総発電電力量は 15,224 GWh、総需要は 16,016 GWh (世界銀行調査より) となっている。1999 年頃までは、発電電力量が需要を上回る状況がみられるものの、1999 年以降は需要に対して供給量が追いついていない状況である。電力の輸出入も、1999 年までは輸出が上回っていたが、それ以降輸出量が格段に減少している。近年、タジキスタンでは電力が不足しており、特に冬場のピーク需要に対して十分な供給ができていない。なお、タジキスタンでは、唯一の大規模な国内産業であるアルミ工場が、国内電力需要の約 30% を占めている。

3-2-2 発電設備

中央アジア諸国の発電設備の状況を表 3-1 に示す。カザフスタンの電力系統は、北部系統と南部系統に分かれており、500 kV 送電線 1 回線で連系されている（現在増強中）。今回の調査は CAPS に含まれているカザフスタン南部系統を対象としたため、南部系統の状況を別掲し、参考に、現在 CAPS から離脱しているトルクメニスタンの設備を付記した。

中央アジア 3 カ国（ウズベキスタン、キルギス、タジキスタン）とカザフスタン南部系統の発電設備容量は約 23,000 MW を有している。しかしながら、中央アジア地域の発電設備は、設備の老朽化等により現状で利用可能な発電設備容量は 20,000 MW 程度に低下しており、需要の増加と相まって供給予備力は約 20%となっている。

供給設備としては、トルクメニスタンを除いた地域全体の 4 割強を水力発電、残りを火力発電が占めている。国別の設備量は、ウズベキスタンの発電設備が中央アジア地域全体の約 52%を占め、タジキスタンが 19%、キルギスが 16%そしてカザフスタン南部系統が 13%となっている。

前回調査(2005 年)以降の設備増強として、ウズベキスタン国の Tupolang 水力（初号期 30 MW）および Akhangaran 水力(21 MW)の運転開始が予定されていたが、運転開始に至らなかった。このため、発電設備の供給力増はない。

表 3-1 中央アジアの発電設備の概要

Item	Uzbekistan	Kazakhstan		Kyrgyz	Tajikistan	(Turkmenistan)	Total (Except Turkmenistan)	
		Whole	South				4countries	3Co.+South Kazakh
Installed capacity(MW)	11,993	18,240	2,924	3,709	4,377	(3,921)	38,319	23,003
- Hydro (MW)	1,394	2,000	525	2,950	4,059	(1)	10,403	8,928
- Thermal(MW)	10,599	16,240	2,399	759	318	(3,920)	27,916	14,075
Power Generation (GWh)	49,483	58,178	6,771	14,944	15,224	(11,191)	137,829	86,422
- Hydro (GWh)	5,512	8,861	2,248	13,942	15,086	(3)	43,401	36,788
- Thermal(GWh)	43,971	49,317	4,523	1,002	138	(11,188)	94,428	49,634
Available Capacity (MW)	10,223	13,840	2,538	3,493	3,438	-	30,994	19,692
Peak demand (MW)	8,247	11,086	2,868	2,726	2,512	-	24,571	16,353
Electricity consumption (GWh)	50,021	82,354	18,117	15,331	15,291	(8,908)	162,997	98,760

出典: Uzbekenergo, KEGOC, JSC Power Station of Kyrgyzstan, WB REEPS Report(2005)

各国の火力・水力発電設備量の比率を図 3-2 に示す。下流国の発電設備の 80%以上が火力なのに対し、上流国は水力が多数を占めており、1 次エネルギーの偏在を反映して、地域間の差が顕著である。

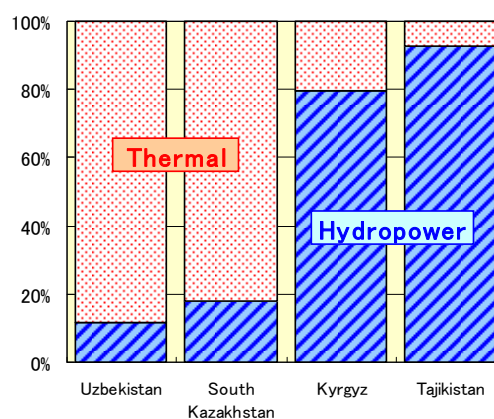


図 3-2 火力・水力発電設備の構成比率

出典: 表 3-1 から作成

(1) 域内の火力発電設備

中央アジア各国の火力発電所の概要を表 3-2 に示す。

ウズベキスタンの火力発電設備は、同国が世界第 8 位の天然ガス産出国であることを反映してガス・重油焼き火力が主体である。2004 年に Talimarjan 発電所 1 号機(800 MW)が運転開始したが、それ以外は 1960～70 年代に運転開始した設備が多く、老朽化による熱効率の低下により可能出力が下がっていることから設備更新が必要である。

カザフスタン南部も火力発電が主要発電設備である。天然ガスはウズベキスタンからガス供給パイプラインを利用している。また、Almatynskaya 火力発電所等では、Karaganda、Ekibastus 産の国内産石炭を使用している。

キルギスの火力発電所は 3 カ所で、設備容量は 759 MW である。燃料はガス、石油・石炭であるが、燃料の輸入が必要なこと、発電所の老朽化等により十分な発電はなされていない。

タジキスタンの火力発電所は 2 カ所で、設備容量は 318 MW である。Dushanbe 火力発電所は石油、Yanvan 火力発電所はガスとなっている。

表 3-2 中央アジアの火力発電所の概要

Name of TPP	Rated capacity (MW)	Max. available capacity (MW)	Nos of Units	Fuel type	Comissioning year	Remarks
(Uzbekistan)						
Syrdarya TPP	3,000	2,095	10	Gas/Heavy oil	1972-1981	#5: Stop
Novo-Angren TPP	2,100	1,750	7	#1-5: Coal/Heavy oil #6-7: Gas/Heavy oil	1985-1988 1991-1995	
Tashkent TPP	1,860	1,750	12	Gas/Heavy oil	1963-1971	
Navoi TPP	1,100	990	11	Gas/Heavy oil	1963-1981	
Angren TPP	484	484	8	Coal/Heavy oil	1957-1963	
Takhiatash TPP	730	630	5	Gas/Heavy oil	1967-1989	
Talimarjan TPP	800	700	1	Gas	2004	
Fergana CHP	395	305	6	Gas/Heavy oil	1956-1979	
Mubarek CHP	100	100	2	Gas	1985-1986	
Tashkent CHP	30	25	1	Gas	1954	
Total (Uzbekistan)	10,599	8,829	63			
(South Kazakhstan)						
Almatynskaya CHP-1	145	117	3	Coal/Heavy oil	1970,71,96	
Almatynskaya CHP-2	510	380	6	Coal/Heavy oil	1980-1989	
Almatynskaya CHP-3	173	156	4	Coal/Heavy oil	1962-1965	
Tekelyiskaya CHP-2	24	24	2	Coal/Heavy oil	1959-1960	
Djambulskaya TPP	1,230	1,104	6	Heavy oil/Gas	1967-1976	
Djambulskaya CHP-4	60	35	2	Heavy oil/Gas	1963	
Shimkent CHP-1	18	7	3	Heavy oil/Gas	1955-1964	
Shimkent CHP-2	12	6	2	Gas	1953-1954	
Shimkent CHP-3	160	119	2	Heavy oil/Gas	1981-1983	
Kzylordinskaya CHP-6	67	65	2	Heavy oil	1976,98	
Total (South Kazakhstan)	2,399	2,013	32			
(Kyrgyz)						
Bishkek CHP	674	514	10	Coal	1961-	
Osh CHP	50	32	2	Gas/Heavy oil	1966-	
Other			-	-		Block plant
Total (Kyrgyz)	724	546	-			
(Tajikistan)						
Dushanbe TPP	198	-	4	Heavy oil/Gas	1955-	
Yanvan TPP	120	-	2	Gas	1969-	
Total (Tajikistan)	318	220	6			

出典：Uzbekenergo, NDC, KEGOC, JSC Power Station of Kyrgyzstan, WB REEPS Report ほか

(2) 域内の水力発電設備

中央アジア諸国の水力発電設備の概要を表 3-3 に示す。シルダリア川、アムダリア川の上流域に位置するキルギス、タジキスタンには大規模な水力発電所があり、4 カ国（キルギス、タジキスタン、ウズベキスタン、カザフスタン南部）の水力発電設備の 78%をこの 2 カ国で占めている。

表 3-3 中央アジアの水力発電所の概要

River basin	Name of HPP/Cascade	Rated capacity (MW)	Nos of Units	Comissioning year	Remarks
(Kyrgyz)					
Narin river (Syrdarya)	Toktogul HPP	1,200	4	1985	
	Kurpsay HPP	800	4	1981	
	Tashkumir HPP	450	3	1985	
	Shamardisai HPP	240	3	-	
	Uchikurgan HPP	180	4	1981	
Other	Small HPPs (3)	80	-	-	
Total (Kyrgyz)		2,950			
(Tajikistan)					
Narin river (Syrdarya)	Kairakum HPP	126	6	1951-1957	
Vakhsh river (Amudarya)	Nurek HPP	3,000	-	1972	
	Baipaza HPP	600	-	1984	
	Golobnaya HPP	240	-	1962	
	Perepadnaya HPP	30	-	1958	
	Central HPP	15	-	1964	Stop since 1996
Other	Small HPPs	35	-	-	
Total (Tajikistan)		4,046			
(Uzbekistan)					
Chirchik river (Syrdarya)	Charvak HPP	600	4	1970-1972	
	Khodjikent HPP	165	3	1976	
	Gazalkent HPP	120	3	1980	
	Chirchik cascade (3 HPPs)	191	10	1941-1956	
	Kadyriya cascade (4 HPPs)	45	8	1933-1946	
	Tashkent cascade (4 HPPs)	29	10	1926-1954	
	N-Bozsu cascade (5 HPPs)	51	10	1944-1960	
Syrdarya river	Fakhad HPP	126	4	1948-1960	
Other	Shahrikhan cascade (4 HPPs)	28	6	1943-1965	
	Samarkand cascade (4 HPPs)	40	9	1945-1967	
Total (Uzbekistan)		1,394			
(South Kazakhstan)					
Syrdarya river	Shardara HPP	100	4	1958-1966	
Other (Ili river)	Kapchagai HPP	364	4	1970-1971	
Other	Almatynskaya cascade (10 HPPs)	47	16	1943-1963	
	Small HPPs (4)	14	9	1953-1963	
Total (Southern Kazakhstan)		525			

出典: Uzbekenergo, NDC, KEGOC, JSC Power Station of Kyrgyzstan, Barki Tochik ほか

3-2-3 地域内各国連携システム

(1) 現状

CAPS は旧ソビエト連邦時代に形成され、ウズベキスタン、カザフスタン、キルギス、タジキスタン、トルクメニスタンの 5 カ国が 500 kV, 220 kV の基幹送電線により連系されている。これらの基幹送電線の総延長は、500 kV 送電線が 1,573 km、220 kV 送電線が 1,352 km からなっている。図 3-2 にシステムの概要図を、表 3-4 諸元を示す。なお、表中の番号欄は図 3-3 に記載の番号に対応している。

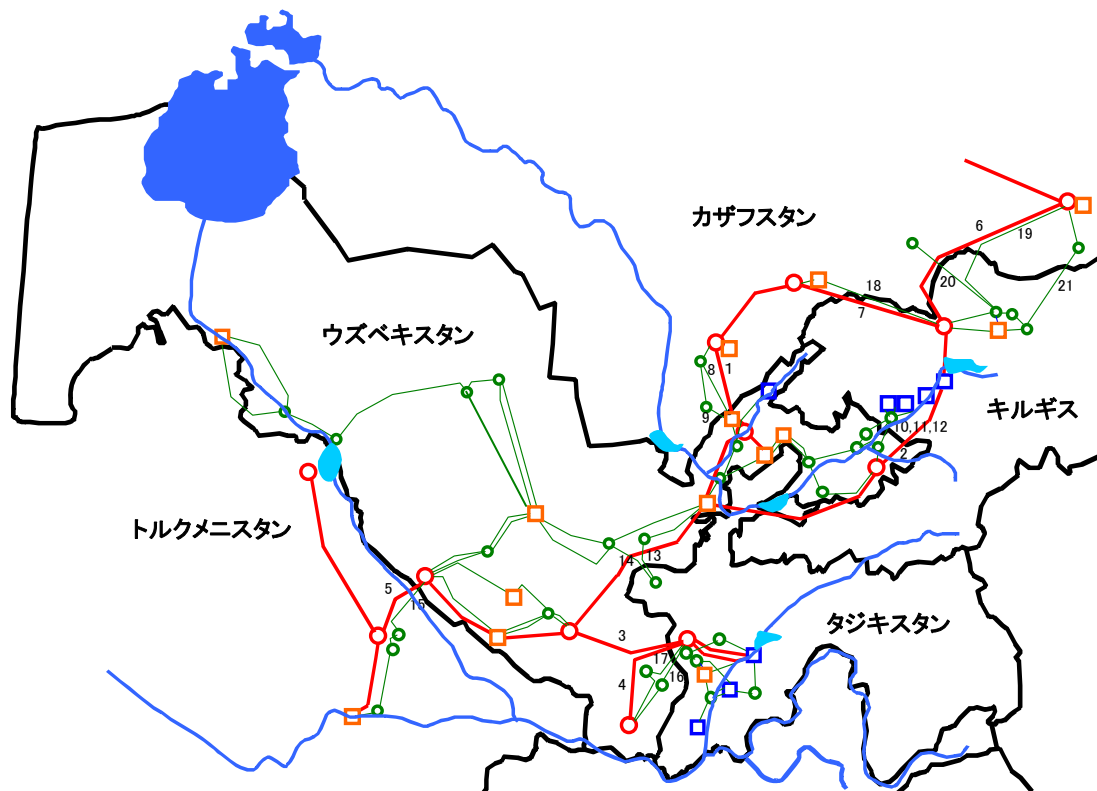


図 3-2 中央アジア地域間連系システム (CAPS) の概要

表 3-4 中央アジア地域間連系送電線の概要

No.	Line	Point 1	Point 2	Voltage (kV)	Length (km)	Capacity (MVA)
Uzbekistan - Kazakhstan						
1	L-501	Tashkent TPP	Chimkent SS	500	104.3	2000
8	L-2-4	Tashkent TPP	Chimkent SS	220	117.21	360
9	L-2-D	Tashkent TPP	Djilta SS	220	110.5	360
Uzbekistan - Kyrgyz						
2	L-504	Lochin SS	Toktogul HPP	500	178	2000
10	L-Kr-U	Yulduz SS	Kristall SS	220	62	314
11	L-Kr-S	Sardor SS	Kristall SS	220	69.3	314
12	L-Kr-K	Kyzyl-Ravat SS	Kristall SS	220	28.1	524
Uzbekistan - Tajikistan						
3	L-507	Guzar SS	Regar SS	500	250.3	2000
4	L-508	Surkhan SS	Regar SS	500	162.3	2000
13	L-Rudaki	Sary-Bazar SS	Rudaki SS	220	86	314
14	L-Samarkand	Samarkand SS	Rudaki SS	220	86.35	314
16	L-R-Sh	Sherabad SS	Regar SS	220	49.5	118
17	L-R-G	Gulcha SS	Regar SS	220	45	118
Kazakhstan - Kyrgyz						
6	L-514	Almaty SS	Bishkek SS	500	298.6	1897
7	L-515	Djambul SS	Bishkek SS	500	210.8	2143
18	L-D-F	Djambul TPP	Bishkek SS	220	178.4	263
19	L-A-G	Almaty SS	Glavnaia SS	220	198.7	263
20	L-G-Ch	Shu SS	Glavnaia SS	220	173.8	263
21	L-B-Z	Zapadnaiy SS	Bistrovka SS	220	80	263
Uzbekistan - Turkmenistan						
5	L-512 (off)	Karakul SS	Serdar SS	500	369	2000
15	L-K-4 (off)	Karakul SS	Chardjou SS	220	67.4	314

出典: Uzbekenergo, NDC KEGOC

既設の 500 kV 送電線は、ウズベキスタン東部(Syrdarya TPP, Tashikent SS, Lochin SS, Tashikent TPP)、南部カザフスタン(Djambil SS, Chimlent SS)、キルギス(Bishkek SS, トクトグル HPP)の各連系点を結ぶ形で中央ループを形成している。中央ループの一部を担っている南部カザフスタン系統は、アルマティから北に延びる 500 kV 送電線でカザフスタン北部系統、更にはロシアと連系されている。

この送電線は旧ソ連時代に計画・建設されたため、現状の国境を考慮していない。このため、自国内に送電する場合にも他国の領地を通過する送電線を經由する場合に託送料金がかかるなどの不合理な事態を招いており、合意形成には時間を要している。ウズベキスタンでは同国の領地であるフェルガナ盆地への電力供給のために、自国内に 500 kV 送電線を新設したとの情報がある。同様に、ウズベキスタン領内を通過せずにキルギスのカンバラタとタジキスタンの首都 Dushanbe を結ぶ 500 kV 送電線の建設が進められており、カンバラタ-Khojend 間は建設準備中、Khojend-Dushanbe の間は、中国からの借款によって建設を開始し、2009 年 9 月竣工予定である。また、タジキスタンからアフガニスタンに電力を供給する契約が 2008 年 8 月に合意され、送電線の建設が進められている（アフガニスタン側はすでに建設に着手し、タジク側は 2009 年着工予定）。さらにパキスタン、イランへ送電線を延ばす計画が進んでいる。

(2) 連携線の運用

トルクメニスタンは 2003 年 5 月以降 CAPS から解列し、イランと連系していた。その後 2007 年に、タジキスタンの電力不足対策としてトルクメニスタンからタジキスタンに送電する契約（5 年間）が交わされ、部分的に CAPS に接続して送電を開始した。しかしながら現段階では、トルクメニスタンの CAPS 復帰に対する関係 3 カ国の同意は得られていない。

これらの地域間連系システムは、タシケントにある統合給電指令所(UDC: Unified Dispatch Center)が需給バランスや電圧・周波数等の監視・調整を行ってきたが、2007 年に将来の電力市場導入の準備として非政府組織として改変され、Nongovernment Noncommercial Organization Coordinating Dispatcher Center <Energy> (CDC) が設立された。CDC は UDC の設備を引き継ぎ、現状は従来と同様の機能を果たしている。

3-2-4 各国政府の需給確保にかかる施策

(1) ウズベキスタン

ウズベキスタンは 2004 年に Talimarjan 火力発電所が運転開始したため、近年は中央アジア地域の中では比較的安定した電力供給を行ってきたが、最近では、電力需要が増加しているのに対して発電用の燃料（ガス・重油）の供給が不足し、電力供給力が追いつかない。また、老朽化設備の更新および需要増に対応するための供給力増強が引き続き重要な課題であり、現在、JICA の支援を受けたタシケント火力発電所に 370 MW ガス複合火力発電プラントの増設事業が進められており、NEDO の支援を受けたタシケント熱電併給所の効率改善に向けた調査、設備改善準備も進行中である。

2008 年 11 月には、エネルギー利用効率化にかかる大統領令が公布され、開発計画の見直しなどの具体的な行動計画の作成が進められている。検討事項の中には、電力の効率化、国産エネルギーの活用、再生可能エネルギー導入などがあり、930 MW の発電所新設、250 MW

の老朽発電所の廃止などが含まれている。

具体的な発電所建設候補地点としては、Navoi 火力増設、Pskem 水力新設、Talimarjan 2 号機新設、ノボアングレン火力の燃料転換（ガス→石炭）、アングレン石炭火力のリプレイス等がある。

一方、中小水力の開発は、農業水資源省が分担している Akhangaran 水力(21 MW) の建設を進められている。

(2) カザフスタン

カザフスタンでは発電所の大半は北部に位置し、また南部の最大需要が年率 6%程度で伸びていることから、特に冬期に南部の電力不足の解消が課題となっている。近年は、CAPS によって連携されているウズベキスタン、キルギス、タジキスタンの電力供給力が各国とも不足しており、また、送電容量の制約から北部から電力供給を増やせず、やむなく効率の悪い火力発電所を運転して凌いでいる。現在、南北送電線を増設して送電容量を増やす工事が進められており、2009 年に完成（一部区間は 2008 年 9 月末から運用開始）を予定している。また、中国に輸出するためのガスパイプライン計画を南部カザフスタンに送ることに変更するなどの対策を講じており、完成後は安定した電力供給が可能になる。

上記と合わせ、カザフスタン国内の電源の増強が計画され、8,100 MW の火力・水力発電所の新增設（新設 5,400 MW、既設の改良・増出力 2,700 MW）が進められている。

また、電力消費量を削減するために新技術導入による設備近代化、高効率化を進める方針で、進行中の国内ネットワークの近代化（変電所設備更新による効率化や通信システムの整備）は、既に最終段階に入っている。さらに、国民に一人あたりの電力消費量を削減するため、電気料金を引き上げて省エネを喚起する（1～2¢/kWh を 6¢/kWh に引き上げる）プランの検討や、自然再生エネルギーの活用や原子力発電の導入などを含めて、2030 年までの長期計画を策定して需給安定、コスト削減を進めている。

(3) キルギス

キルギスでは、暖房の多くを電力に依存しているため、冬期の電力需要が多く、特に厳冬の年には需要が増嵩する。このため、2007-08 年の冬期の電力需要が増加し、これに伴う発電放流によってトクトグル貯水池の貯水量が減少した。さらに 2008 年の流入量が至近年に比べて少なかったために貯水量がさらに減少し、2008 年夏には貯水池最低水位近くまで水位が低下した。2008-09 年の冬も昨年に引き続き厳冬になると予想されており、今冬期の電力確保が喫緊の課題である。

近年の電力需要増に対してキルギスは、トクトグル貯水池の冬期放流量を増加させて発電量を増やすことによって賄ってきたが、この運用方法では、3-3-3 節で述べるように限界がある。河川流入量の変動を踏まえた計画的な貯水池運用、供給力の増強が不可欠である。

また、キルギスは豊富な水力ポテンシャルを有しており、最優先プロジェクトとして、トクトグル貯水池の上流に計画されているカンバラタ I (1,900 MW) およびカンバラタ II (240 MW) 水力発電所を開発を、カザフスタン、ロシア、中国の支援を受けて進めることを計画し、現在カンバラタ I の F/S を実施中である。

一方、電力供給の中心であるトクトグル発電所およびその下流の Naryn カスケード発電所群は、建設から 30 年以上を経過して制御機器や発電機器等の老朽化が進んでいるため、メンテナンスおよび設備交換を計画的に進める必要がある。

(4) タジキスタン

豊富な水力ポテンシャルを有するタジキスタンは、新規水力発電所の開発を最優先課題としている。これは、国内の電力不足解消ばかりでなく、電力輸出を念頭に置いたもので、資源に乏しい同国としては唯一可能性のある資源として期待している。(同国のアルミニウム産業は、鉍石をウクライナから輸入し、電力を活用して精錬している)

具体的な計画としては、Sangtuda I 水力発電所(670 MW)がロシアの資本によって建設中で、2009 年運転開始、Sangtuda II 水力発電所(220 MW)はイランによって建設し、2010 年に運転開始する計画である。また、Rogun 水力発電所(3,600 MW)の建設も最終段階に入っており、1,2 号機が 2012 年に運転開始する予定である。これらの発電所の完成により、タジキスタン国内の電力不足を解消し、余剰電力の輸出する計画である。

タジキスタンにはこの他にも多くのダム計画地点があり、順次開発する計画である。これは、アムダリアの水資源有効活用に資するもので下流域の洪水被害削減に対する効果も期待されるが、下流国であるウズベキスタンは一貫してダム開発に反対の姿勢を取っており、合意形成が必要である。

3-3 シルダリア川流域における発電に係る現状と課題

3-3-1 中央アジア地域各国の水力発電ポテンシャル

中央アジア地域の1次エネルギー分布は各上流国と下流国の間で偏在しており、化石燃料が下流国に偏在しているのに対して、水力エネルギー賦存量は、表3-5に示すように上流国の賦存量が大きい。即ち、シルダリア川の下流国であるウズベキスタン、カザフスタンの水力発電ポテンシャルは上流国であるキルギスに比べて、それぞれ約1/11および1/6程度しかない。

一方、既開発水力の割合は下流国の方が高く、開発が進んでいる。これは、既存の水力発電所のほとんどは旧ソ連時代に中央アジアの大規模灌漑農業導入と共に計画され、下流側の農地や運河等の水利施設の整備開発が先行したこと、その後の灌漑農業規模の拡大と共に上流のダム開発が進められたが旧ソ連崩壊とともに開発が止まったことによると考えられる。

表 3-5 水力ポテンシャルと未開発量 (GWh)

	ウズベキスタン	カザフスタン	トルクメニスタン	キルギス	タジキスタン
水力エネルギー賦存量	15,000	27,000	2,000	163,000	317,000
発電電力量実績	5,512	8,861	3	13,942	15,086
未開発の賦存量	9,488	18,139	1,997	149,058	301,914
既開発の割合	37%	33%	0%	9%	5%

出典：REEP, WB, 2004, 中央アジア地域連携に係る調査, 2005 から作成

水力発電所は、河川の流況の他にも地形・地質の影響によって立地可能な場所が制約される。計画された地点の開発は、経済性に優れた計画地点かつ需要地に近くアプローチが容易な地点から開発するのが一般的である。一方、水力エネルギー賦存量の中には経済性の劣る地点も含まれ、現実的に開発可能な候補地点は限られる。

下流国は上流国に比べて平坦な地形が多くアプローチが容易であることから、ポテンシャルは少ない上に既に開発が進んでおり、今後の開発余地は少ない。例えばウズベキスタン国の水力計画地点のうち大規模なものは、Pskem水力発電所(404 MW)のみである。

一方、上流国のキルギス、タジキスタンは水力発電の開発余地が大きい。タジキスタンの水力ポテンシャルを表3-6に示す。これによると、タジキスタンで開発可能な水力発電電力量は117,700 GWhに達し、現状の中央アジア域内の電力需要に匹敵するポテンシャルである。

一方、キルギスにおいてもNaryn川を中心に38地点(合計出力5,400 MW)の水力発電所計画が旧ソ連時代になされている。しかしながら、ほとんどの計画地点は基本計画のみでF/Sが行われていない状況にあり、カンバラタ発電所の次に開発する大型水力発電所の調査選定・設計を計画的に進める必要がある。また、この他に小水力発電所の開発を進める意向があるが、凍結により冬期に発電できない地点が多数であることから、開発に当たっては個別に検討する必要がある。

表 3-6 タジキスタンの水力ポテンシャル

河川名	水力ポテンシャル	技術的・経済的に開発可能なポテンシャル	開発可能な比率
Pianj	122.9 ×1000 GWh	82.0 ×1000 GWh	67%
Kafirnigan	37.2 ×1000 GWh	8.7 ×1000 GWh	23%
Surhob/Obihingoy	26.3 ×1000 GWh	16.4 ×1000 GWh	62%
Zeravshan	33.9 ×1000 GWh	10.6 ×1000 GWh	31%
計	220.3 ×1000 GWh	117.7 ×1000 GWh	53%

出典：Barkitojik

3-3-2 シルダリア川流域の水力発電所の現況

シルダリア川流域には、表 3-7 に示す発電所が開発されている。これらの発電所は、図 3-3 に模式的に示すように、シルダリア川（上流部はナリン川）の上流から Naryn カスケード発電所群、貯水池に設置されたカイラクム発電所およびチャルダラ発電所、灌漑水路を利用した Fakhad 発電所があり、さらに支川の Chirchik 川にはカスケード発電所群が配置されている。

既設設備は、キルギスの Naryn カスケード発電所群（合計出力 2,870 MW）、およびウズベキスタンの Chirchik カスケード発電所群（合計出力 1,200 MW）の 2 発電所群が全体の 92%を占めている。

表 3-7 シルダリア川流域の水力発電所

Country	Name of HPP/Cascade	Rated capacity (MW)	Nos of Units	Generation in 2004 (GWh)	Plant Factor	Remarks
Kyrgyz	Toktogul HPP	1,200	4	4,400	42%	Naryn cascade
	Kurpsay HPP	800	4	2,630	38%	ditto
	Tashkumir HPP	450	3	1,555	39%	ditto
	Shamardisai HPP	240	3	902	43%	ditto
	Uchikurgan HPP	180	4	820	52%	ditto
Tajikistan	Kairakum HPP	126	6	650	59%	Generation year is uncertain
Uzbekistan	UltraChirchik cascade(3HPPs)	885	10	3,690	48%	
	Chirchik cascade (3 HPPs)	191	10	1,219	73%	
	Kadyriya cascade (4 HPPs)	45	8	337	86%	
	Tashkent cascade (4 HPPs)	29	10	145	57%	
	N-Bozsu cascade (5 HPPs)	51	10	234	53%	
	Fakhad HPP	126	4	562	51%	
Kazakhstan	Chardara HPP	100	4	582	66%	
Total		4,422		17,726		

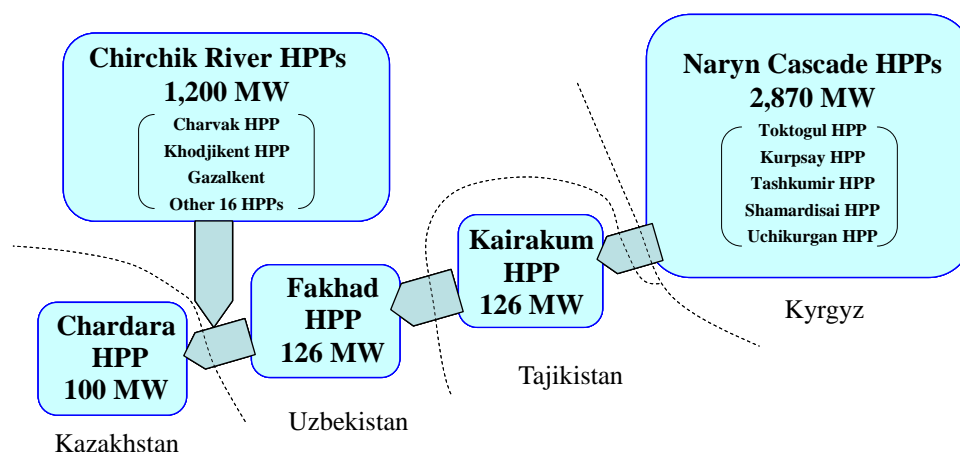


図 3-3 シルダリア川流域の水力発電所

このうちキルギスの Naryn カスケード発電所群はトクトグル貯水池の下流に位置する発電所群であるが、最上流のトクトグル発電所以外の調整池の調整機能は小さく、大規模貯水池を持つトクトグル発電所の発電運転に従属的である。設備利用率は平均で 40%程度であり、溢水量は僅かなので、ピーク対応発電所として計画されたことを考慮すれば、この利用率は高めである。

また、ウズベキスタンの Chirchik カスケード発電所群のうち、上流の Ultra Chirchik

カスケード発電所群の利用率は50%程度である。ピーク対応発電所 Naryn カスケード同様にピーク対応発電所であることを考慮すると高い利用率であるが、妥当な範囲にあると思われる。Chirchic 発電所から下流の発電所群は、河川流量に従属する流れ込み式水力発電所で、シルダリア川と合流するまでの間に配置されている。利用率は53～86%であり、少々低めの発電所もあるが、これは、老朽化により発電量が減っている影響があると思われる。

タジキスタンのカイラクム発電所およびカザフスタンのチャルダラ発電所は、シルダリア川のダム貯水池に併設された発電所である。両発電所とも、下流の灌漑を中心とした利水放流および余剰水の放流時に発電するので、翌年の灌漑利用のために貯留する時期には発電量が減少する。この状況を勘案すると、現状の利用率は概ね妥当な範囲に入ると考えられる。なお、チャルダラ発電所は設備改修が進められており、カイラクム発電所もチェコの支援によって改修する計画がある。

既存の水力発電所は、シルダリア川および支川の Chirchic 川が上流の急峻な山岳部から平坦地にさしかかった中下流の中で、比較的大きな落差が取れるダムや灌漑水路間の標高差が取れる位置に計画されている。従ってこの区間では、20 m 程度以下の小落差を利用する水力発電の開発可能性はあるが、大規模発電所の追加開発の可能性は低く、一方、既開発発電所の上流部には、大規模水力の開発余地が残されていると考えられる。

上記を総括すると、シルダリア川流域の水力発電所は、概ね適切な開発を行ってきたと思われる。また、今後のシルダリア川流域の水力発電の開発を検討する上では、次の事項を勘案する必要がある。

- 建設から長期間を経て設備老朽化が進んでいるので、計画的な設備更新（状況に合わせた増出力）が必要
- 大規模な新規水力発電所の開発は、既開発発電所の上流部に可能性があると考えられるので、技術的・経済的評価を行って開発地点を選定することが必要
(キルギスでは、カンバラタ発電所およびさらに上流部。ウズベキスタンでは Chirchik 川上流の Pskem 発電所など)
- 既開発区間の追加開発としては低落差・小規模発電が残されているので、エネルギーの有効利用の観点から経済性に見合う地点があれば開発することが考えられる。

3-3-3 トクトグル貯水池／Narynカスケード発電所

(1) Narynカスケード発電所群の運用実績

Naryn カスケード発電所群はトクトグル貯水池の下流に位置し、表 3-8 に示す発電所群で構成されており、キルギスの水力発電設備出力の97%（発電出力全体の77%）を占めている。従って、キルギスの電力供給は Naryn カスケード、なかでも最上流で最大規模のトクトグル発電所の運用の影響が大きい。

表 3-8 Naryn カスケード発電所群

発電所名	設備出力	設備台数・容量	最大使用水量	建設年
Toktogul HPP	1,200 MW	4 x 300 MW	924 m ³ /s	1985
Kupsay HPP	800 MW	4 x 200 MW	972 m ³ /s	1981
Tashkumyr HPP	450 MW	3 x 150 MW	950 m ³ /s	1985
Shamaldysay HPP	240 MW	3 x 80 MW	1,035 m ³ /s	N/A
Uchkurgan HPP	180 MW	4 x 45 MW	720 m ³ /s	1961
合計	2,870 MW	-	-	-

(2) トクトグル 貯水池・発電所の運用

トクトグル発電所は、下流国の灌漑目的を主体に計画・建設されたが、旧ソ連崩壊後の中央アジア各国の独立後、キルギスが所有して管理運営してきた。

前述のようにキルギスの電力供給力の中では Naryn カスケード発電所群の発電規模が群を抜いて大きい。また、火力発電所の燃料は国外から調達するためにリスクが高く発電原価も高いことから、水力発電、特に Naryn カスケードに対する依存度が高い。

図 3-4 に、1991 以降の Naryn カスケード発電所群の発電電力量を示す。灌漑用水のための発電放流（夏期）ピークは、1995 年頃から次第に減少傾向にあり、また、電力のための放流（冬期）ピークは 2002 年以降増加が顕著であることが実績から読み取れる。これは、近年のトクトグル発電所の運用が灌漑モードから発電モードに変わったと言われていることと符号する。

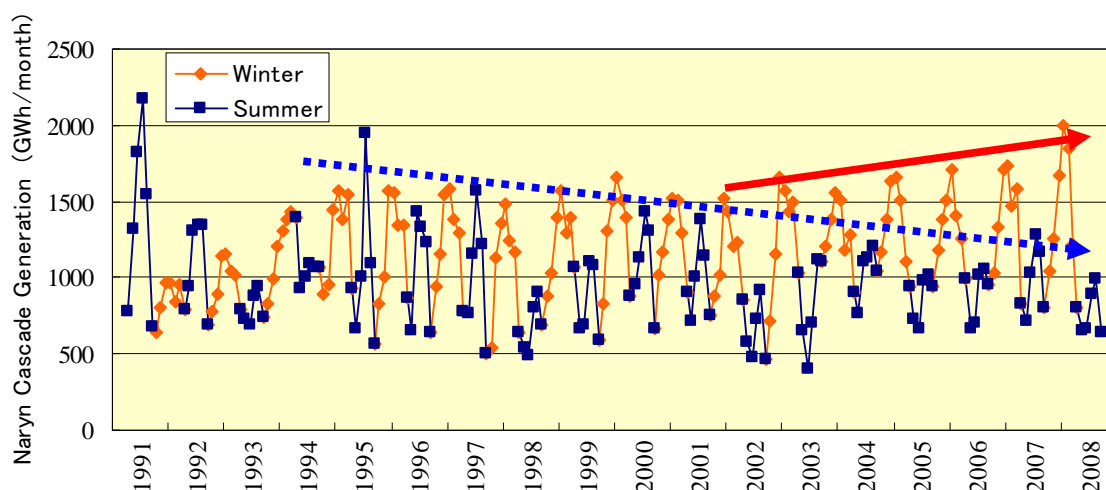


図 3-4 1991 以降の Naryn カスケード発電所群の発電電力量の推移
(トクトグル貯水池の運用実績から推定)

トクトグル貯水池の運用状況および流入量と貯水容量の関係は、電力利用との関係を含めて第 2-2 章に詳述したが、電力需要の増加に伴う発電使用水量の増により、近年ではトクトグル貯水池の水需要が流入量の平均を上回る事態となっており、長期的な運用に際して貯水量の不足が生じる確率が増加し、需給バランスの面で健全な操作運用が困難になる

と考えられる。

このため、電力分野においても電力需要の抑制やトクトグル発電所に代わる発電所の新規開発や電力融通などへの対策を講じてトクトグル貯水池の発電使用水量を削減し、貯水池の健全な運用を回復することが急務である。

3-4 電力の国際融通による電力設備効率化

3-4-1 需給シミュレーションの目的

2005年の調査では、CAPSで連携された中央アジア4カ国（ウズベキスタン、カザフスタン南部、キルギス、タジキスタン）の電力系統を対象とした需給運用シミュレーション解析を行って各国の需給状況を概略評価すると共に、域内連系による電力融通が各国にとって経済的メリットがあることを示した（Box3-2参照）。本調査は、ダム調整池の運用変更などによって洪水を削減する効果などについて調査検討することとしているが、河川の水利用は発電とも密接な関係にあることから、発電に対する影響も評価することとした。電力に対する具体的な影響評価は4-3章で述べるが、本節では、評価のために解析モデルをアップデートした結果を報告する。なお、本シミュレーションは前回同様に、本格的なシミュレーションを実施する意義があることを検証するためのものであり、実情の概略把握を目的としたものである。

電力需給シミュレーションは、発電設備の最適な需給運用を計算するプログラムである、PDPAT IIを使用し、2005年度調査で作成した解析モデルを基本として各電力システムが基幹系統によって接続されている場合の需給バランスを計算する。

また、現地調査の結果では、各国とも電力需要が増加していることから、これを考慮した。

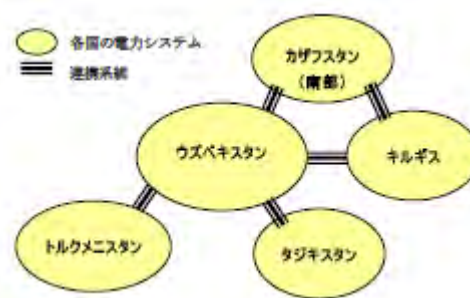


図 3-5 需給運用シミュレーション解析モデルイメージ

3-4-2 需給シミュレーションの方法

(1) 系統連系により期待される効果

電力系統連系による効果は、一般的に供給信頼度の向上効果と燃料費削減効果の2つがある。

◆ 供給信頼度向上効果

連系された系統間における需要の不等時性¹によるピーク設備の相互利用の可能量が増加するため、供給信頼度基準を満たすために必要な設備量を削減できる。

◆ 燃料費削減効果

需給構造の差異を活用した電源設備の合理的な運用（経済融通）により燃料費を削減できる。

¹異なる電力系統において、地理的な相違、天候の違い、需要構成の相違などにより、最大電力発生が同時に起こる確率は低い。これを不等時性と呼ぶ。需要の不等時性のために、片方でピーク需要が発生した時に他の系統がピーク対応設備を余力として保有する頻度が高い。系統連系によりこの余力を活用することで、各系統の供給信頼度確保するために必要な設備予備力を減少できる。

Box3-2 需給運用シミュレーションによる結論（2005年の調査から抜粋）

中央アジア各国の現状調査、調査で得られた2004年実績データに基づき実施した需給運用シミュレーションの結果から、以下のことが言える。

エネルギー自給の現状

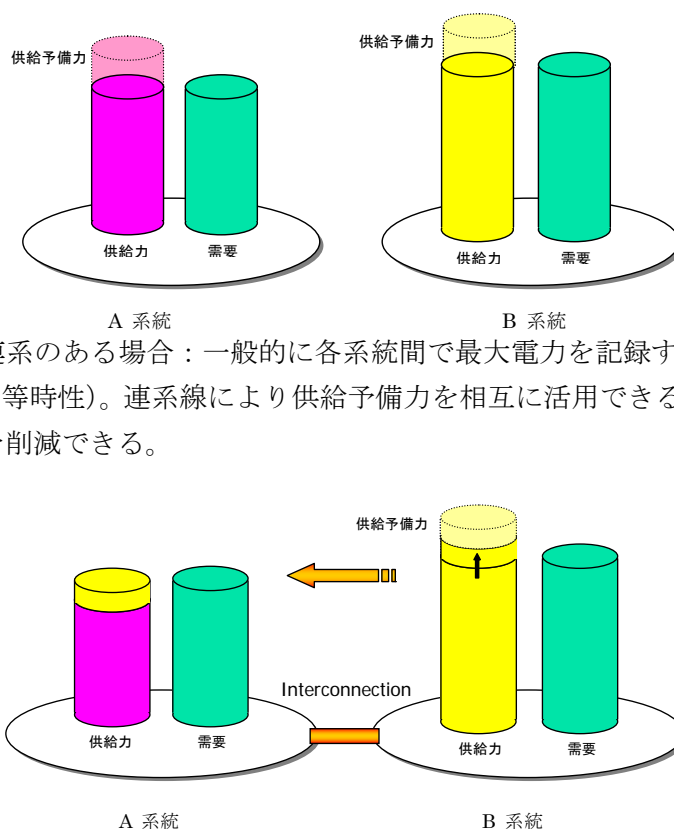
- ・ ウズベキスタンは、現状のLOLEは2時間程度となっており、現状では自国でエネルギーが自給できる。
- ・ 南部カザフスタンのLOLEは200時間程度であり、北部カザフスタンからの融通だけではエネルギーの自給は難しい状態にある。従って、南北連系送電線の増強と南部における電源開発は、カザフスタン全体の国内エネルギー自給にとって重要である。
- ・ キルギスのエネルギー自給は、Naryn川の出水状況により大きく左右されるが、2004年の良好な出水状況（総流入量145億 m^3 ）においても、LOLEは200時間を越えている。また、自国のピークに対応するためには、冬場に協定(600 m^3/s)以上の水を使用することが必要である。また、渇水年にはそれでも貯水量が不足する。
- ・ タジキスタンのLOLEは1,500時間を越えており、4～8月を除く各月において、慢性的な電力不足が発生している。

域内連系による電力融通の効果

- ・ ウズベキスタンを除く3ヶ国の供給信頼度が低い状況の中、中央アジア全体での電力の安定供給を指向するためには、既存の連系システムを活用した域内電力融通運用の効果は大きい。
- ・ カザフスタンーキルギス、タジキスタンーウズベキスタンの連系でも信頼度は向上するが、加えて、キルギスーウズベキスタンの融通運用を円滑に実施することが、域内電力安定供給にとって肝要となる。
- ・ 出水状況がよく、供給予備力が保たれる場合は、既存の連系による経済融通を行うことで、各国、並びに域内全体の発電コスト、並びに燃料消費量は低減される。具体的には、各国が独立運用したケースと連系したケースを比較すると、連系によって4ヶ国の発電コストが2%弱程度、燃料消費量（石油換算）が6%程度削減できる可能性がある。削減のためには、融通ルールの作成等に関する各国間の合意の他に給電システムの更新・整備などの設備投資が必要となるが、既存の連系線を活用することで、これらの系統連系による効果が継続的に期待できる。
- ・ トクトグル貯水池の出水状況が、域内の供給信頼度に与える影響は大きい。
- ・ 各国が連系し、電力融通を最適に実施したとしても、トクトグル貯水池が渇水となる場合は、灌漑期の水を確保する前提のもとでは、キルギスの供給信頼度は、2004年の出水実績をベースにした単独系統の場合に比べて更に悪化する。

需要の不等時性を活用した連系線による信頼度向上効果を図 3-6 に説明する。

系統連系のない場合：各々の統内で需要を全て賄うだけの供給力（電源）を開発する必要がある。



系統連系のある場合：一般的に各系統間で最大電力を記録する時間は異なる（不等時性）。連系線により供給予備力を相互に活用できるため、必要予備力を削減できる。

図 3-6 不等時性の活用による供給予備力の削減効果イメージ

(2) 供給信頼度面からの検討手法

連系された系統において供給信頼度基準を満たすために必要な予備力は、連系系統がない場合より少なくても良い。この予備力削減量と系統線の連系容量との関係を求めると、一般的に、ある容量で予備力の削減効果は飽和する。これは、相互に利用可能な電源の余力に限りがあるためである。この飽和する送電線の連系容量と削減できる予備力用電源の年経費を比較し最経済的な連系容量を求めることで、系統連系の最適化検討できる。連系系統における供給信頼度基準を満たす必要予備力の検討は、東京電力が開発しカンボジア、ラオス、ミャンマー、タイ、ベトナム、マレーシア、インドネシア、スリランカ、フィリピンで実績のある RETICS をツールとして使用した。

(3) 燃料費面からの検討手法

域内の連系モデルに基づき、2005 年の需給バランスを需給シミュレーションにより検証する。需給シミュレーションは、カンボジア、ラオス、ミャンマー、タイ、ベトナム、マレーシア、スリランカ、フィリピン、アゼルバイジャンで実績があり、連系系統を 10 系統

まで計算できるPDPATII2を使用する。

需給シミュレーションの結果は以下の項目が含まれる。

- ◆ 1時間毎の運用制約を考慮した電源の発電コスト（燃料費）による経済的負荷配分
- ◆ 発電電力量と使用燃料量
- ◆ 年経費
- ◆ 連系システムを活用した経済融通量
- ◆ 発電限界費用毎の融通可能量

年間 8760 時間分の経済運転をシミュレーションする。発電機の定期検査、最低負荷、DSS、WSS などの運転制約、揚水発電の池運用もシミュレーションできる。その結果、各系統における発電余力を1時間毎に把握できるため、融通可能電力量を発電限界コスト毎に把握することができる。

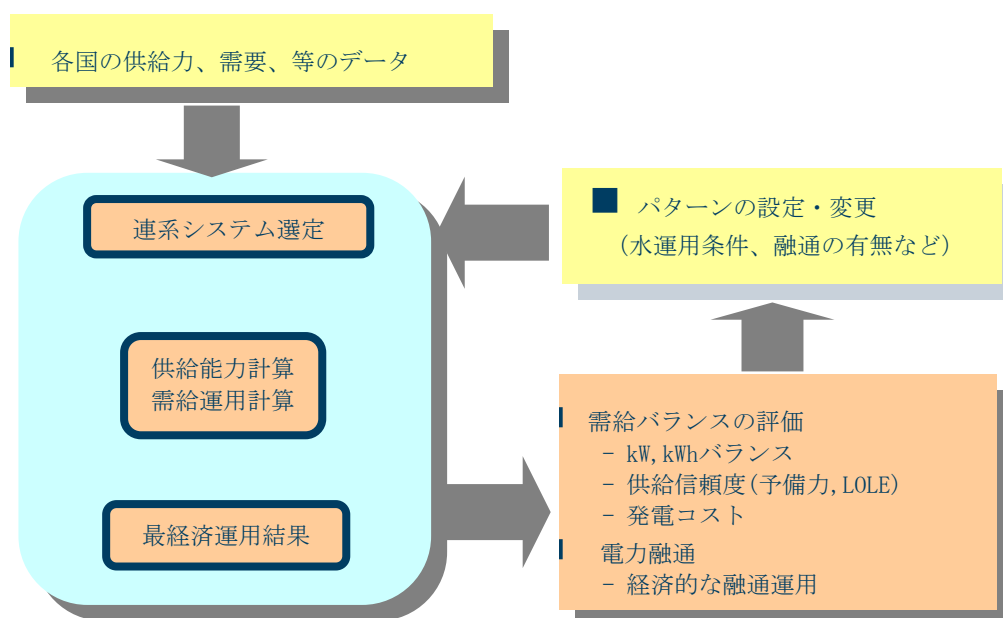


図 3-7 PDPAT II による需給運用シミュレーション

3-4-3 需給シミュレーション検討モデルと条件

ウズベキスタン、キルギス、カザフスタンおよびタジキスタンの域内電力需給バランスのシミュレーションは、提出データおよびインタビューで得られた現状の設備状況ならびに融通実績に基づき、カザフスタンについては南部系統のみを連系したモデルで検討を行う。電源計画策定支援ツールである PDPAT II にて需給運用シミュレーションを行い、各国の電力需給状況を確認する。需給運用シミュレーションに使用する需要データ、電源設備、燃料費および系統モデルを以下に示す。

¹ 東京電力が開発し 25 年を超える使用と改良を加えてきた需給シミュレーションプログラム。

(1) 電力需要

各国系統の需要を表3-9 に示す。ウズベキスタン、キルギスのカウンターパート機関より提供を受けた電力量需要実績を使用して 2007 年需要を推定した。その他のデータならびにカザフスタン、タジキスタンのデータに関しては、前回調査の報告である「中央アジアの電力・水資源に関する地域連携に係る調査報告書（JBIC, 2005）」および米国エネルギー省公表の電力需要データから電力需要実績、負荷率データを引用し 2007 年需要を推定した。各国のロードカーブデータは前回調査報告書からデータを引用し作成した。カザフスタン・キルギスはウズベキスタン・タジキスタンと 1 時間の時差があるため、ウズベキスタン時間を基準とした。

表 3-9 検討に使用した需要データ（2007 年需要）

系統名	最大電力 (MW) * ¹	電力量 (GWh) * ²	負荷率 (%) * ¹
ウズベキスタン* ³	8,247	50,021	69.2%
キルギス* ⁴	2,726	13,292	55.7%
カザフスタン南部	2,868	18,117	72.1%
タジキスタン	2,512	15,291	69.5%

*1:前回調査（2005 年）を基に今回推定したデータ、*2:米国エネルギー省データ（2005 年実績）より推定、*3:Uzbekenergo 提出データ（2007 年実績値）、*4:キルギス最大電力は 2001 年から 2005 年の電力量実績伸び率より推定。

(2) 発電設備

各系統における発電設備量を表 3-10 に示す。現地調査時に入手したデータ、インタビュー結果および既存の報告書から作成した。現地調査によって明らかになった 2005 年調査からの主な変更点としては、2006 年 12 月よりトルクメニスタンの休止火力電源 2 台をタジキスタン向けに系統連系したことが挙げられる。この火力電源をタジキスタン系統の電源として追加した。

表 3-10 各系統における発電設備量 (MW)

系統名	水 力	火 力	合 計
ウズベキスタン	1,394	8,829	10,223
キルギス	2,950	759	3,709
カザフスタン南部	525	2,599	3,124
タジキスタン	4,059	444* ¹	4,503

*1:トルクメニスタンからの融通（Mary 発電所、126 MW 分）を含む。

(3) 燃料費

燃料費はIEA報告書（World Energy Outlook 2007）から引用した。火力発電所で使用される燃料の単価は各国同じ値とした。各燃料の熱量は既存JBIC報告書から引用した。検討に使用した燃料費を表3-11 に示す。

表 3-11 域内燃料価格

	ガス	石油	石炭
燃料費	7.31[US\$/MBTU]	61.72[US\$/bbl]	21[US\$/ton]*
熱量	8,400 [kcal/m ³]	10,000 [kcal/kg]	2,000 [kcal/kg]

*IEA 報告書データを基に域内石炭の熱量に合せて推定した。

(4) 域内電力システムモデル

2005年の連系システム状況に基づき、ウズベキスタン系統、キルギス系統、タジキスタン系統とカザフスタンの南部系統を連系したモデルにより検討を行う。

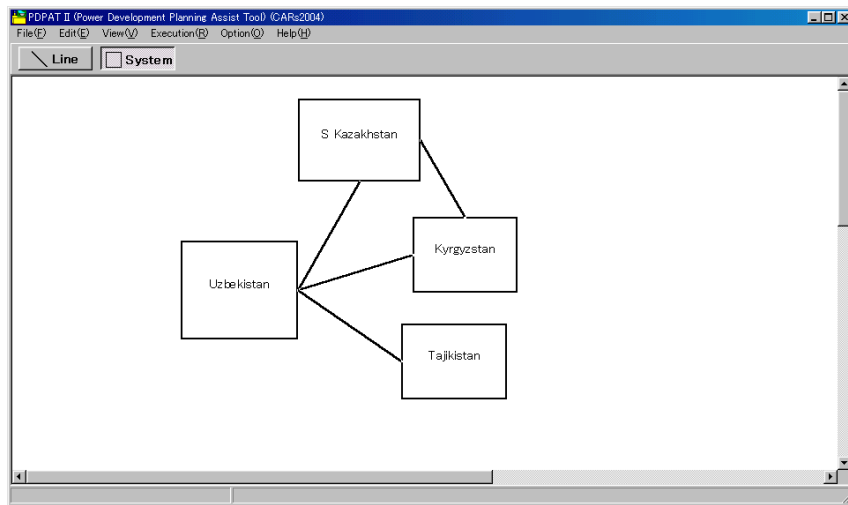


図 3-8 需給運用計算における連系システム構成

各系統間の連系線容量は、設備運用状況および融通実績に基づき仮定した。検討に使用した連系線容量は表3-12のとおり。

表 3-12 連系線容量

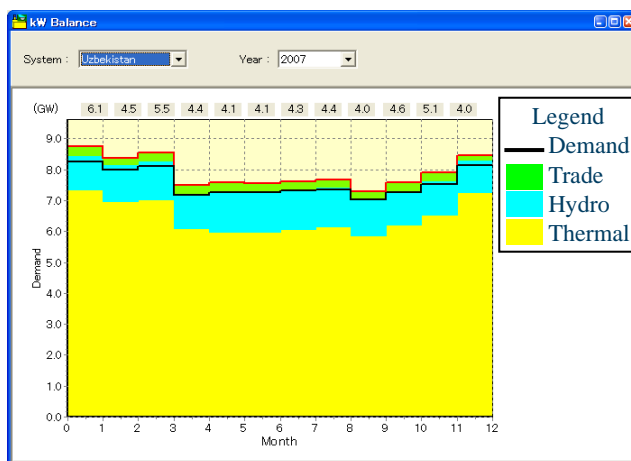
連系システム	容量 (MW)
ウズベキスタン — キルギス	3,152
ウズベキスタン — タジキスタン	4,864
ウズベキスタン — カザフスタン南部	2,720
キルギス — カザフスタン南部	5,092

3-4-4 需給シミュレーション検討結果

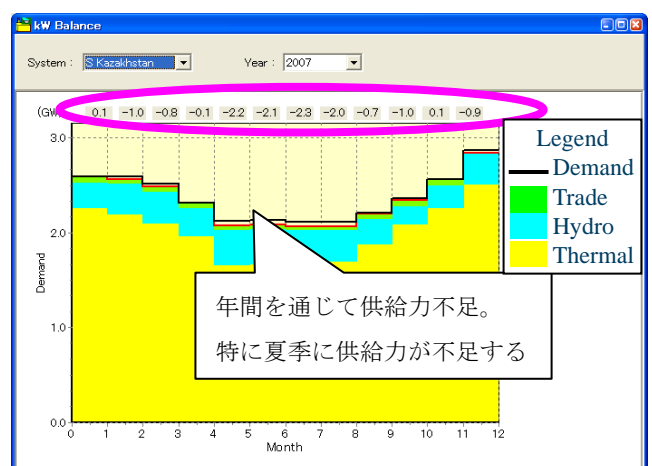
前述の条件に基づき、2007年における4カ国の電力需給シミュレーションを行った。需給シミュレーションの結果を以下に示す。

(a) 供給力バランス

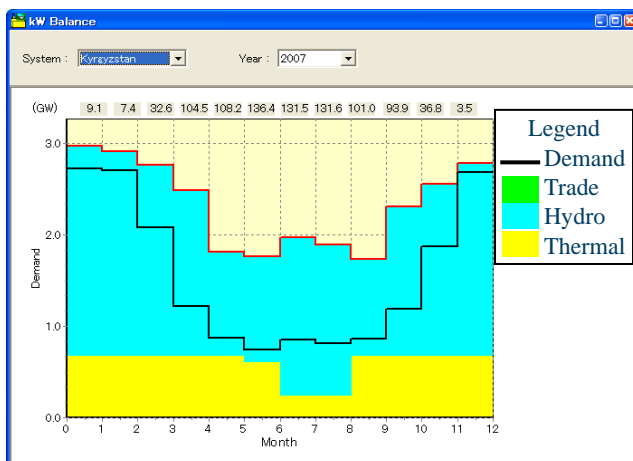
供給力バランスは、夏季のカザフスタン南部系統を除き需給バランスが保たれている。タジキスタンに関しては、トルクメニスタンからの電源により供給予備力が確保でき需給バランスが保たれている。



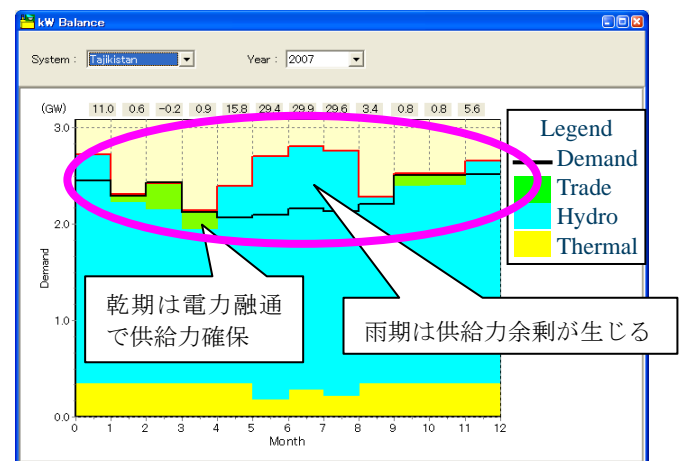
ウズベキスタン



カザフスタン南部



キルギス



タジキスタン

図 3-9 各国の供給力バランス (2007年)

(b) 電力量バランス

電力需給バランスの状況は、冬期にカザフスタンとタジキスタンで電力量不足が生じるが、総じて域内で電力融通によりバランスできている。キルギスとタジキスタンの水力余剰を域内で活用することで域内の需給が保たれている。

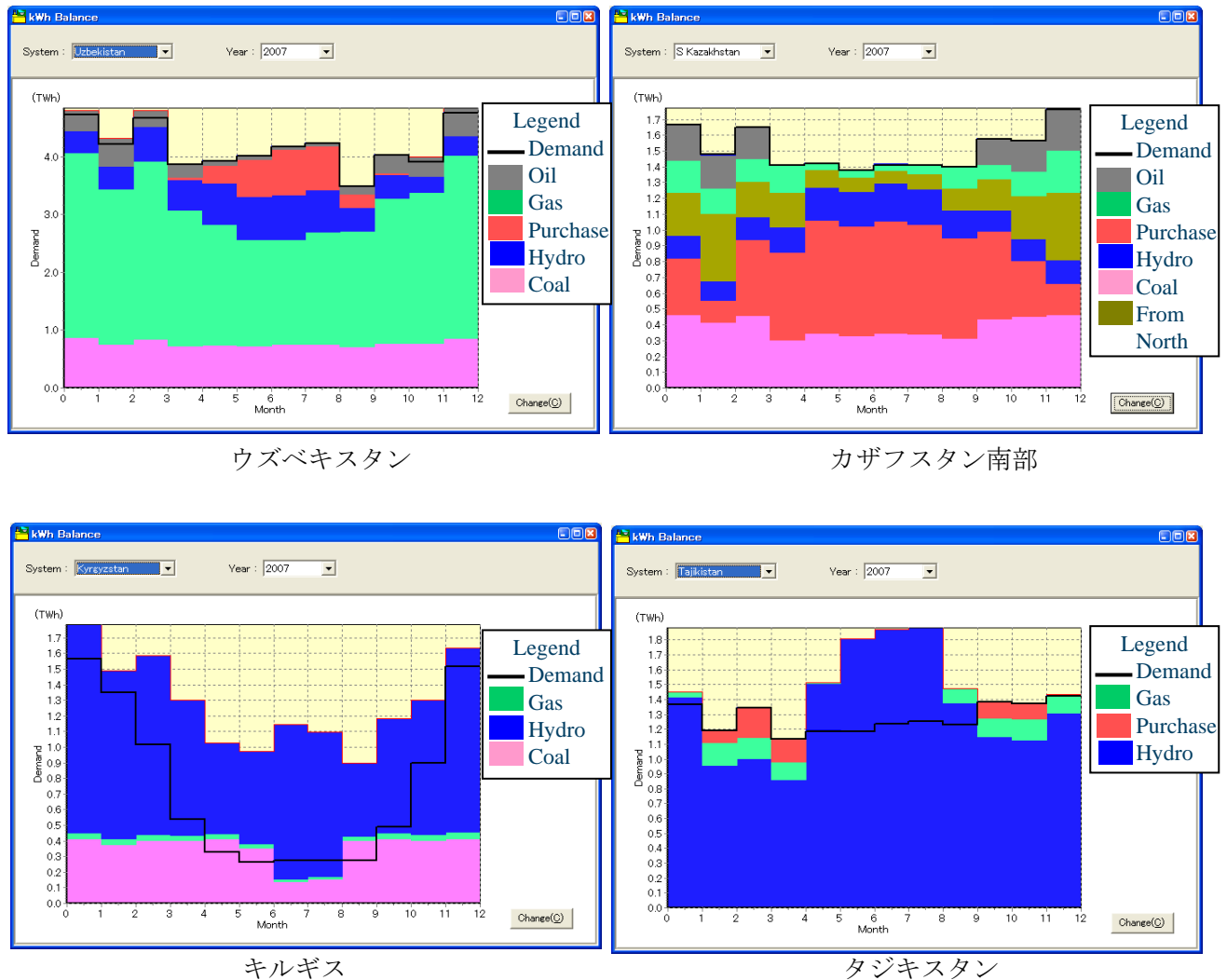


図 3-10 各国の電力量バランス (2007 年)

(c) 供給信頼度の状況

需給シミュレーションに基づく 4 カ国の供給信頼度の状況を以下に示す。ウズベキスタン、キルギスは先進国並み (LOLE:1-hour) の信頼度を確保できている模様。カザフスタン南部の信頼度低く慢性的な電力不足状態であると想像される。

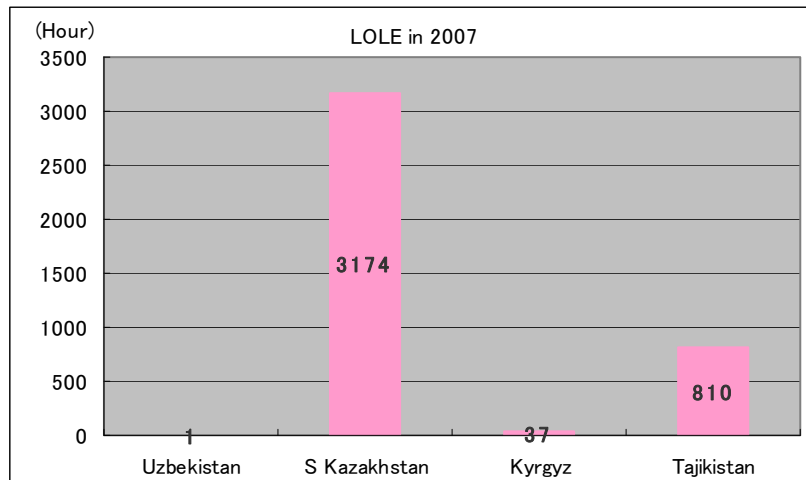


図 3-11 需給シミュレーションに基づく供給信頼度の状況（2007年）

3-4-5 需給運用シミュレーションによる評価

需給運用シミュレーションの結果では、前回調査時点と比べて各国の需要が増えているが、トルクメニスタンからの融通以外の供給力の増加はないことから、供給予備力が減少し、各国ともに需給が逼迫している。このため、域内各国の融通を行うための供給力が不足し、結果として融通量が減少している。

従って、域内の系統連系による電力融通の経済的効果を楽しむためには、各国の供給力を増強することが必要である。

3-5 キルギスにおける今冬の電力不足の影響

2007-2008 年の厳冬による電力需要増、および至近年継続的に流入量が減少したことなどにより、トクトグル貯水池の貯水量が低下していることに加え、2008 年の流入量が近年になく少ないことから、冬期の電力不足および灌漑用水の確保が危ぶまれている。このために中央アジア各国政府の協議が持たれ、カザフスタンから電力融通や化石燃料の提供などの支援が具体化された。

このような情勢の中で、更なる追加支援が得られない場合にどのような状況になるのか、表 3-13 に示すように、域内の支援(火力発電所の燃料および電力融通)を考慮した条件で、2008 年 9 月末時点の貯水量を基準として試算を試みた。

ケース 1～3 は、2007-08 年と同様の電力供給を行った場合について、冬期流入量の多少の影響を評価するもので、至近年の流入量実績の中から、流入量が多い年、平均的な年、少ない年を選定し、それぞれの実績流入量を仮定条件とした。

ケース 4, 5 は、流入量が少ない場合に、計画停電による節水効果を比較するもので、9 月時点で計画されていた 15% (ケース 4)、および 12 月時点で実施中の 33% の計画停電 (ケース 5) の 2 段階の条件を設定した。

表 3-13 仮定条件および電力不足の想定ケースおよび結果

仮定条件／ケース		1	2	3	4	5
冬期流入量	2007-08 と同じ(冬期流入量が至近 17 年の最小) 2006-07 と同じ(平水年相当) 2003-04 と同じ(冬期の出水が多い年)	○	○	○	○	○
電力需要	2007-08 と同等(最大 68GWh/日相当) 10 月から 3 月末までの間 15% 計画停電を継続 10 月から 3 月末までの間 33% 計画停電を継続	○	○	○	○	○
供給力	火力発電所は可能最大出力運転 (燃料が供給される条件;カザフスタンの支援考慮)	○	○	○	○	○
電力輸入	カザフスタンの融通支援(250GWh)考慮	○	○	○	○	○
想定	トクトグルの貯水を使い尽くす時期	2 月初	2 月中	3 月初	—	—
	灌漑用水、翌年の冬期発電に利用可能な貯水量 <3 月末時点のトクトグル貯水量 (blnm ³)>	0	0	0	0	2
	今冬期間に不足する電力量(計画停電を除く, GWh)	1300	800	200	0	0

試算の結果、下記の想定結果を得た。

- 冬期流入量が少ない場合 (ケース 1) に 2007-08 年と同様の電力供給を実施した場合には、2 月初旬にはトクトグル貯水池の貯水量を使い尽くし、その後の電力供給は、流入量相当の発電しかできないことから電力供給に支障をきたす。また、流入量の年による変動はあまり大きくないため、流入量が多い年 (ケース 3) であっても 3 月初旬までに貯水池の貯水量がなくなる。

2) 計画停電によって冬期電力供給を10月以降15%抑制して発電放流量を節約した場合(ケース4)は、3月末にトクトグル貯水池の貯水量を使い尽くす。従って、冬期電力需要が多い3月末までの電力供給はおおむね可能である。一方、冬期電力供給を33%抑制する計画停電を実施した場合(ケース5)には、3月末時点で20億 m^3 の貯水が残ると想定される。

3月末時点の貯水量がない場合、灌漑用水および翌年の冬期電力需要をまかなうための発電用水は、流入量によってまかなうこととなる。3-3章に述べたように、トクトグル貯水池の流入量は年による変動が大きい。また電力需要の増に伴って年間の水需要は平均的な年間流入量を上回っている。従って、来年4月以降の流入量が平均的な流入量であった場合にも、トクトグル貯水池の貯水量がなければ補填ができないため、水不足となる可能性が高く、来年もキルギスの電力需要を制限や、域内各国の支援が必要になる。また、春先の灌漑用水利用は河川の流入量が増加するより前から始まるので、流入量が少ない場合には支障をきたすことが想定される。

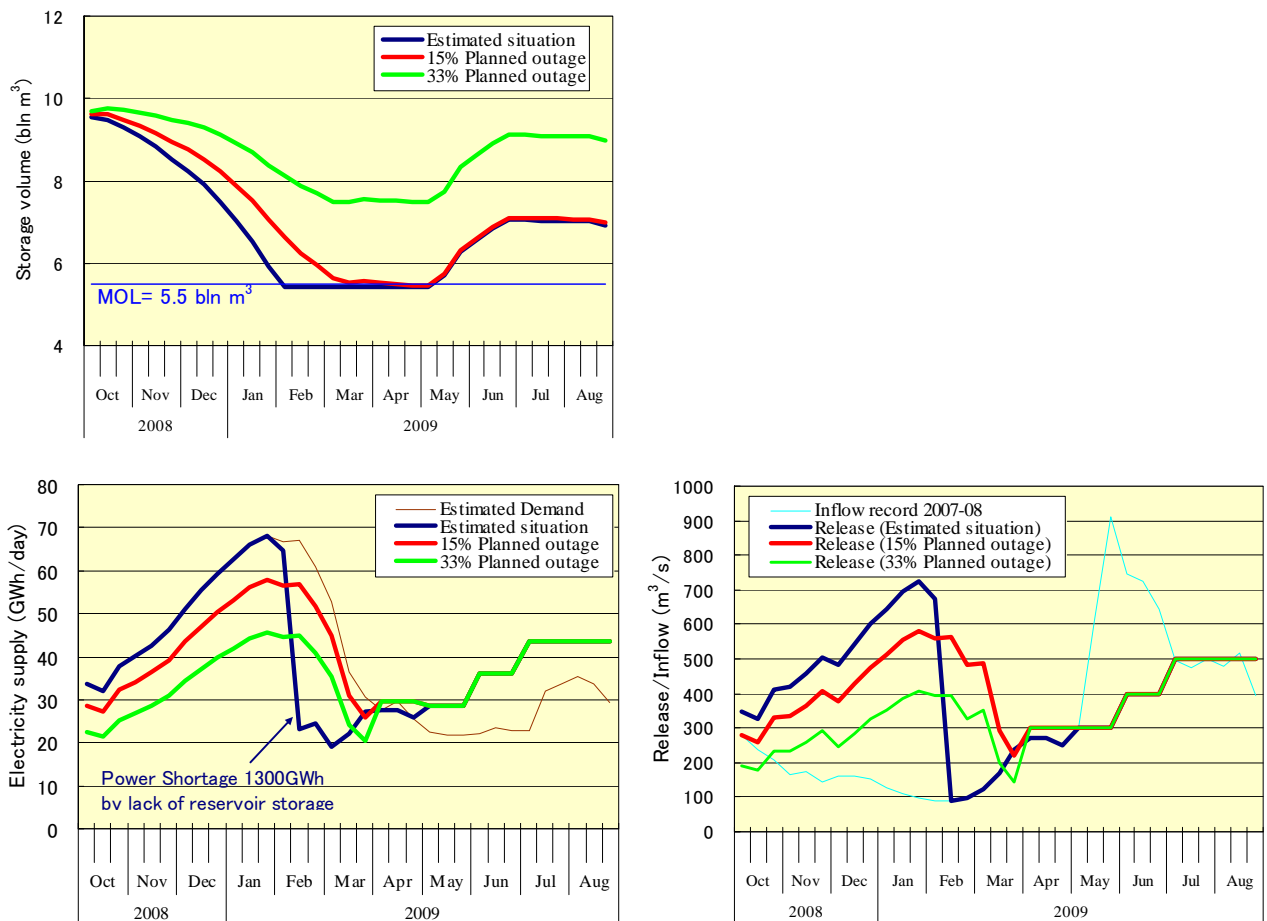


図 3-12 今冬期のキルギスの電力不足に関する試算結果

現状で実行している33%の計画停電(ケース5)によって3月末までに貯留される20億 m^3 は灌漑利用のために有効であるが、絶対量が少ないために効果は限られている。余程の

湧水でなければ灌漑利用量の確保は可能と思われるが、流入量が平均を下回る場合には、来年冬期にキルギスの電力が不足するので、対策が必要と考えられる。

事態改善のためには、キルギスの火力発電所に対する燃料提供だけでは対処しきれないため、更なる電力融通等の電力面の支援必要と思われるが、現状でCAPSによって連携されている中央アジア諸国の電力は各国共に不足しており、また、カザフスタンが建設中の南北送電線などが完成するまでは、中央アジア域外からの電力融通受電も困難である。

キルギスでは、集合住宅等の冬期の暖房に電力を使用しており、現状で代替となる暖房がないので、大規模な計画停電は、キルギス国民生活に大きな影響を及ぼす。トルクメニスタンからの電力融通や、暖房装置の手当て等の電力以外の緊急支援などが必要と考えられる。

3-6 国際機関やドナーの取り組み

3-6-1 世界銀行 (WB)

2004年にWater Energy Nexus, 2005年にはRegional Electricity Export Potential Study (REEP)を策定し、中央アジア地域における電力と水資源の最適化、電力市場形成などの評価を行い、地域支援をリードしてきた。

その後は、EBRDと協調して懸案であったカザフスタンの南北送電線の支援を行っている他、パミール高原における小水力開発支援などを実施中。また、アムダリア川に重点を置いて持続可能な開発プロジェクトにかかる支援を進めていく姿勢である。

3-6-2 アジア開発銀行 (ADB) / CAREC

域内の経済協力を促進するCAREC Program(運輸、水資源を含むエネルギー、貿易)の幹事役を務めている。従来CARECのなかでは、電力および水資源分野については、世界銀行が主導的な役割を果たし、ADBは運輸港湾等にかかる支援を分担してきた。

CARECは、2008年11月、新たにエネルギー分野のCAREC参加国が地域内協力を推進していくための基礎的戦略について合意を取りまとめた。この合意には、エネルギー分野の長期ビジョン、アプローチ、投資・人材育成・政策にかかる方針、実施戦略が含まれており、電力融通や電力の安定供給の実現、省エネなどの重要課題を網羅している。

CARECは、従来各ドナーが独自に計画を策定したものを持ち寄って協議してきた方法を見直し、支援計画の段階から共同であることを開始しており、エネルギー分野は世銀が中心的役割を果たしている。

ADBの電力分野における具体的な支援としては、Regional Power Transmission Modernization Project(ウズベキスタン、タジキスタンの電力系統設備更新プロジェクト、EBRDと共同(EBRDはタジキスタン側を担当))が進められていたが、2005年に中止となった。その後2008年に、タジキスタンからアフガニスタンに送電する送電線(220kV)の建設支援が決定されている。

3-6-3 米国国際開発庁 (USAID)

電力市場設立に向けた支援(Regional Electric Market Assistance Program(REMAP))を2006年から実施している。この一貫として、地域の給電司令所にあたったUDCの組織を改編し、非政府非営利組織であるNongovernment Noncommercial Organization Coordinating Dispatcher Center <Energy> (CDC)を設立させた。

今後引き続き、電力融通・プライベートトレードの支援を近々に決定する予定。計画では、中央アジア5カ国に専門家を配置し、連系しながら事業を進め、アフガニスタンに対する電力融通などを視野に入れて電力市場形成を支援する計画。

3-6-4 欧州復興開発銀行 (EBRD)

政府に対する直接融資は行っておらず、現地銀行への2ステップローン若しくは現地企業へ融資を対象としている。

現在、カザフスタンの 500 kV 南北連系送電線建設プロジェクト(フェーズ I, 8,900 万ドル)の一部について、系統会社である KEGOC に融資している。フェーズ I では南部の Shu-YukGre 間の建設が行われ、2008 年に完成予定。また、フェーズ II および III では北部の Ekibastuz まで延伸する工事が実施されている。なお、フェーズ II は世界銀行が分担することとなった。

3-6-5 国連開発計画 (UNDP)

電力分野では、再生可能エネルギー（小水力、太陽光、風力、バイオマス発電）や CDM 事業など、環境関連の支援をを重視している。一方で、水資源利用効率化などの地域の重要課題について、ドナー機関が協調・分担して支援にすることに対する関心は高い。

3-7 電力分野の課題と対策

3-7-1 2005 年の調査以降の電力分野における課題の変化

今時調査における情報収集およびシミュレーション解析等による分析の結果によれば、先の調査時点と比べて根本的な差異はない。しかしながら、下記課題の影響が一層明確になり、困難さが増している。

(a) 電力供給力不足

各国の電力需要は増加基調にあるが、電力供給力の増強は進んでいない。カザフスタンでは、2008 年の需給は厳しいものの、新規電源開発やネックとなっていた南北送電線の増設等の対策を取って来たので、2009 年には逼迫した状況から脱却すると思われる。

その他の各国では新規電源開発などの供給力の増強が遅れており、需給がますます逼迫してきている。

前回調査では、既存の連系システムを活用した域内電力運用は、安定供給のみならず経済効果が期待できることを示唆した。今回レビューした結果においても、需給運用面の特性は同様であるが、各国の発電設備の増強が遅れ、電力需要が増加したため、供給力が電力需要に対して余裕がないために融通可能な電力が減少し、融通量が減ってしまった。今後、域内連系のメリットを各国が享受していくためには、適切な電源を増強することが不可欠である。

(b) トクトグル貯水池の水需要が過大になっていること

トクトグル貯水池の運用は、トレードオフの関係にあるキルギスの発電利用および下流国の灌漑利用双方にとって重要である。近年は、運用にかかる関係国間の合意形成ができない事態が続き、キルギス主導による「電力モード」の運用が行われている。また、キルギスの電力供給は新規電源開発が遅れており、厳冬の暖房需要増などの電力需要増を賄うためにはトクトグル貯水池からの発電放流を増やさざるを得ない状況が継続している。

トクトグル貯水池への流入量は限られているが、シミュレーション上は、発電利用と灌漑利用それぞれの必要量の合計は年間平均流入量を越えており、両者が、絶対量が不足する水資源を奪い合っている状況と見られる。

従って、トクトグル貯水池の流入量の変動を考慮した運用を再構築することは必要であるが、これだけでは中・長期的に見て抜本的な解決にならない状況に陥っている。上記と合わせてトクトグル貯水池の使用水量（総量）を減少させる方策を早急に検討・評価し、実行することが必要である。これは、水資源利用・電力利用双方が行う必要があるが、電力分野の具体策としては、代替する電力供給力の増強（キルギス国内の新規発電所の開発や、中央アジア域内で新規発電所を開発して融通受電するなど）が候補となる。

(c) 渇水年の影響が大きいこと

前回調査では、トクトグル貯水池流入量が 10 年に 1 度の渇水年の状況を需給運用シミュレーションによって想定し、キルギス電力が大きく不足して融通受電が必要となること、

このために地域全体の発電コストが上昇することなどを示唆した。

2007-08年の冬期流入量は長期的に見れば平均的な流量であったが、厳冬による電力需要の増加に伴って発電放流量が増えたことにより、貯水容量の減少を招いたと考えられる。

既往の流入量実績によると年間流入量は長期的な周期があり、流入量減少傾向は数年間続くことがある。従って、今後さらに流入量が減少することも視野に入れた貯水池運用を行うこと、また、不足する電力を賄う方法を予め用意することが必要である。

3-7-2 電力分野における支援のビジョンと戦略

中央アジア地域では、水資源・電力にかかる課題解決のためには各国が協議することが不可欠であるが、なかなか進展が見られない。長期ビジョンの下に各国の合意形成を協議する場として CACO の下に WEC を設立する試みられた。ウズベキスタンを含めた各国とも WEC 設立に賛成しているが、具体的な解釈は各国によって大きな違いがある。CACO がユーラシア経済共同体に吸収され、その後ウズベキスタンが脱退するなどの情勢変化もあり、いまだに WEC 設立に至っていない。

一方では新たに、CAREC はエネルギー分野における地域内協力を推進していくための基礎的な戦略を協議して合意を得た。この合意の中で、WEC 設立もしくはこれに代わる地域内協力にかかる協議を促進するなどの方策も有効であり、CAREC の取り組みの意義は大きい。

上記の実情を踏まえ、電力分野の支援に際しては、次に示す事項を考慮してビジョンと戦略を策定する必要がある。

- 1) 他ドナーとの協力：複雑な地域事情を踏まえて効果的・継続的な支援を行うためには、関係するドナーと連携して計画を詰め、協調・分担して支援するのが効果的である
- 2) 継続的な支援：支援を必要とする課題は多数あり、ステップアップしていくことが必要となるので、単発の支援ではなく、計画的・継続的な支援が求められる
- 3) 実行可能な支援の選定：連携の必要性は各国とも認めているながら、現実的に合意形成に時間を要する課題は多いので、その時点で実行可能であり、かつ関係する各国に不利益とならない支援を優先的に選定する配慮が求められる。

前回調査における提案および現状を踏まえ、現状で必要性が高いと思われる電力分野の支援ビジョンを以下に示す。

(1) 長期ビジョンに基づく電力国際融通促進にかかる運営支援 <制度的支援>

中央アジア地域における電力分野の課題である地域内電力融通の合理化、およびこれを拡大した周辺国との連携や広域の電力市場参入による電力輸出などの将来像は、世界銀行によって提案された。この長期ビジョンは、2005年に実施した JBIC 調査のシミュレーションが示唆する事項と一致しており、実現のための課題は多いものの、長期的構想としては妥当と評価される。

従って、長期ビジョンの設定にかかる協議や、ビジョン実現のための各国の協議する場の設立や運営、具体的な電力市場の制度制定や運営技術移転などの支援にあたっては、他

の支援機関と連携しながら進めることが必要である。

日本が分担出来ると思われる支援としては、本調査で概略検討をしたような解析ツールを使用したシミュレーションが該当する。長期的目標を達成するための具体的な方法、実施順序などを最適化することにより、各国に対するメリット・デメリットが定量的に明確になり、各国間の具体的な調整時の判断材料になる。また、長期ビジョンを実現するためには地域内の供給信頼度を維持・向上させることが市場参入の必要条件となるので、(2)項に示す域内の電力事業効率化が第一段階として必須である。従って、現段階においても将来ビジョンに基づいた基準や設備仕様の導入が望まれる。具体的には、将来の需要想定、目標とする供給信頼度（LOLE）の設定、それに基づく最適電源開発計画、電力融通を管理する制度の構築、コントロールセンターの設備改善、各国との連携・通信手段の近代化などについて、ソフト・ハード両面の支援が必要になると考えられる。

(2) 中央アジア各国の電力事業・域内電力融通の効率化にかかる支援

<制度的支援、インフラ整備>

2005年の調査で実施した需給運用シミュレーションにおいて、中央アジア域内の電力系統連系が供給信頼度の向上効果、さらに供給予備力がある場合には経済的効果があることが示された。前述の長期ビジョンを実現するためには、地域内各国の電力安定供給・供給信頼度の維持向上を達成し、地域内の電力融通による恩恵を域内各国が共有することが第一段階として必要である。

現状は、供給力が不足していることから、まず必要な供給力を増強し、その上で効果的な電力融通スキームを確立することが望まれる。

電力供給力の増強は、現状の逼迫した状況を踏まえて、計画が進んでいる開発可能なプロジェクトを実施することが望まれる。また中期的には、地域内の電力融通を考慮した地域全体および各国の電力マスタープランを検討し、経済的な電源開発・系統計画を立案し、各国の合意・協力のもとに実現していくことが期待される。

また、効果的な電力域内連系を図っていくためには、各国の前向きな対話の促進とともに、国際標準的な観点から、現状の利害不一致に対して妥協点を見いだせる統一かつ透明性のある電力取引の仕組みの構築と、それを第3者的立場から規制・調整する実施機関の設立・改善が必要である。実施機関については、既にUSAIDの支援を受けて非政府・非営利組織が設立されており、仕組みの構築に向けた第一歩が踏み出された。

仕組みを構築しこれを機能させて、まず域内連係を促進することが、将来の国際融通導入の下地となって可能性を見い出していくことに繋がっていくと考えられる。

3-7-3 電力分野における具体的な支援

各国の電力事業主体は、地域の長期的な電力国際融通の方針決定に適合するように設備や運営面の効率化を図り、国際競争に対処できる事業体制を構築する必要がある。

短中期的に取り組む必要があると考えられる具体的な支援としては、下記があげられる。なお、長期ビジョンに基づく電力国際融通等の長期的な取り組みに対する支援として、シミュレーション等の技術検討結果の提示などは随時実施し、協議の推進に貢献することが望まれる。

(1) 域内の電力供給力の増強 <インフラ支援>

域内各国の電力供給力が不足している。特にキルギスの電力不足はトクトグル貯水池の水運用に直接的に関係するため、下流国の灌漑利用に大きな影響を与える状況にあるので、早急に供給力を増強する必要がある。

域内各国は電力系統によって連携されているので、中央アジア域内の系統に送電できる位置であればどこに電源を立地してもキルギスの電力不足解消に効果がある。また、域内電力融通の最適化の観点から見ると、上流国に水力発電所、下流国に火力発電所を建設するのが望ましい（詳細は最適化検討によって選定する必要あり）。しかしながら、早期に課題解決するためには、既に計画が進められているキルギス国内の電源であるカンバラタ I, II 発電所の建設を促進することが現実的だと考えられる。

なお、カンバラタ I, II 水力発電所の開発は、冬期電力に対する供給力増強策であるが、図 3-13 に示すように、冬期に優先的に発電することによってトクトグル発電所の冬期放流量を削減することが出来るので、トクトグル貯水池の弾力的運用・冬期洪水被害削減にも資する対策である。

ただし、今後の電力需要増加に伴

って冬期放流量の削減効果は小さくなるので、カンバラタに続く電力供給力を別途検討し、開発する必要がある。

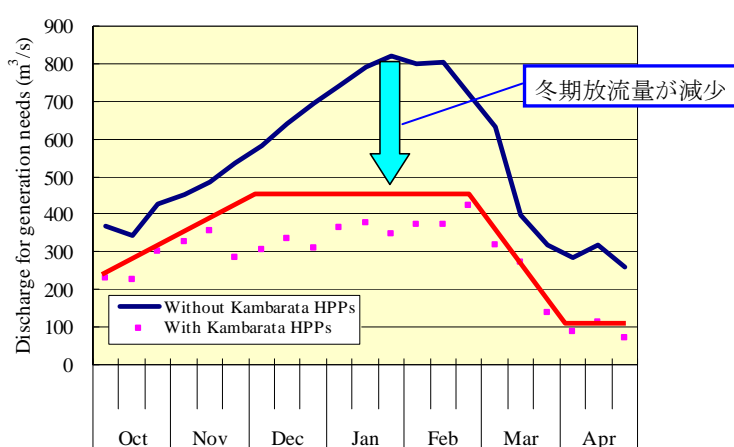


図 3-13 カンバラタ発電所開発によるトクトグル発電所冬期放流量の削減効果（概算）

(2) 水力発電所の発電運転操作計画の最適化<制度的支援・インフラ支援>

トクトグル発電所の流入量は長期的周期で変動しており、これを踏まえた貯水池の運用が必要だが、実態的には、電力不足のために冬期発電放流が行われ、夏期灌漑に必要な貯水量確保が危ぶまれる事態に至っている。従って、まず現状の貯水池運用方法をレビューして当面の発電操作ルールを最適化することを目的とした技術支援、キャパビルを実施する。あわせて、水資源分野との共通課題である流量等のモニタリング設備の整備に向けた支援を実施する。

(3) 電力需要想定の見直し、電力開発・改修計画の最適化 <制度的支援>

各国固有の事情を考慮しながら、適切な需要想定を行うとともに電力施設（電源・系統）の各国の開発・改修計画を最適化することが必要である。特に、電力供給力が不足しているので、早急な新規発電所の建設に向けての取り組みが望まれる。

また上記と共に、各国が連系した場合の電力融通の最適化を考慮した地域の電源開発・

改修計画を検討することが望ましい。この成果を各国の最適計画と比べることによって、電力融通の経済的優位性や、開発投資の削減可能性の協議促進に資すると思われる。

(a) ウズベキスタン

現在の供給力は、電力需要の増によって余裕がない。また、ガスの輸出を優先しているために発電用燃料が十分ではない。今後の電力需要増加に伴う対策として Tashkent 火力の増設、Tashkent 熱併給所の改良を進めているが、安定供給のためには依然として供給力不足である。

現在、大統領令を受けてエネルギーの効率化にかかる実行計画を策定しており、発電所の開発改修計画には、発電効率の高いコンバインドサイクル火力の導入、国内エネルギー資源の有効活用（水力、石炭）、老朽化発電設備の廃止などが織り込まれる予定である。

(b) カザフスタン

南部カザフスタンの需給は逼迫していたが、建設中（一部完成）の南北連系線増強、および発電所の建設によって供給力が増強されるので、当面の厳しい状況は回避される。

今後は、熱効率の悪い既設火力発電所の設備更新、再生エネルギーの導入、省エネなどの計画を実施していくことが望まれる。

(c) キルギス

キルギスは化石燃料が乏しいので水力発電に依存せざるを得ない。現在、カンバラタ I, II 水力発電所を開発することとして、政府が F/S 調査を実施している。

キルギスの水力の賦存量は大きいですが、カンバラタ地点の次に開発する地点は明確でない。水力の開発には長期の時間を要するので、早期に水力ポテンシャル調査（マスタープラン）を行って冬期に発電が可能な有望地点を抽出し、開発計画に織り込んで的確に開発を進める事が望まれる。また、老朽化設備の更新も計画に織り込む必要がある。

(d) タジキスタン

水力発電所の開発は同国の国策であり、F/S 調査や開発等を継続的に支援する意義は大きい。一方、タジキスタンのダム開発に対してウズベキスタンは一貫して反対していることから、支援にあたっては合意形成にかかる配慮が必要と思われる。

(4) 電力事業の健全運営にかかる支援 <制度的支援>

各国とも、電力セクター改革の一環として機構改革等に取り組んでいるが、引き続き事業改善にかかる取り組みを継続的に支援し、電力事業の経営基盤を強化する。

具体的な支援項目としては、

i) ノンテクニカルロス対策・電気料金の回収

各国とも盗電と思われるロスが多い。ノンテクニカルロスの低減を図り、電気料金を速やかに回収して事業運用できるような制度的対策を講じる。

ii) 料金制度の見直し

貧困対策として電気料金を政策的に低く設定している国がある。電力事業を自立健全化させる観点から、事業コストを電気料金収入によって回収し、自立運営ができるように制度改革を実施する。なお、貧困層等の社会的弱者対策としては、政府補助制度や、電力使用量が多くなるほど単価が高くする逦増料金制度の導入等の方法が検討課題となる。

(5) 経済的な融通スキームの導入に関わる技術支援 <制度的支援>

旧ソ連の崩壊以降続けられてきた、水と電力のバーター取引は、市場経済への移行とともに、各国間での調整が進まない状況となっている。河川の利水と治水管理は優先されるべきものであるが、その水運用の中で、域内電力運用を的確に行うための技術協力をを行う。

各国間を跨ぐ需給運用を的確に実施するため、需給運用ノウハウを技術移転し、経済融通・応援融通などの融通スキームを導入してルールを確立するとともに、融通計画の立案や発電コスト（ピーク、ベース）に基づく透明性のある取引価格の設定などに対する支援を行う。電力市場形成を支援している USAID と協調して、域内の需給運用を実施している CDC(Cordinating Dispatch Center)に対するキャパシティービルディングや、監視パネル・通信設備等の整備支援などが考えられる。

(6) 計画に基づく電源開発・設備改修等の施設整備 <インフラ支援>

必要時期に確実に開発可能なように、計画的な支援を実施する。

例えば、電力開発・改修計画の最適化の観点では、エネルギー自給に向けた各国の供給信頼度の確保・向上、電源構成の最適化、更には域内外での最適化をも踏まえた検討を行うことで、必要なピーク供給力を確保するための調整池式水力（揚水含む）の開発、供給力確保に向けた既設老朽発電設備のリハビリ・改修、自国のエネルギーセキュリティの向上と域内外連系・国際融通に向けた送電設備の建設・増強等のインフラ整備に対する支援が考えられる。

また、これらの電力設備を有効に活用した経済的な融通の推進の観点からは、時間単位でのきめ細かな需給運用調整を実現するための給電所機能の向上、具体的には、UDC 並びに各国の NDC (National Dispatch Center) への SCADA システムの導入、需給運用支援ツールの導入が考えられる。

(7) 省エネルギーにかかる支援 <制度支援>

中央アジア地域各国の GDP/capita あたり電力消費量は、他国と比べて大きい。特にキルギスでは、旧ソ連時代の施策の名残によって電力による暖房が数多く残っているほか、蛍光灯の普及もあまり進んでいない。また、カザフスタンでは今後の長期計画の中で省エネを進めることを名言している。

上記事情に鑑みて、各国の事情に合わせた実情調査を行い、省エネルギー（特に電力需要削減）実行計画作成の作成を支援することが考えられる。

(8) 新・再生エネルギー・地球温暖化対策にかかる支援<制度的支援・インフラ支援>

太陽光・風力、中小水力発電所等の新・再生可能エネルギーの開発は、地球規模の環境保全に貢献するばかりでなく、各国のエネルギー自給確保の意向とも合致することから、継続的な支援を実施する。また、京都議定書の発効に伴い、我が国の CDM クレジット獲得に向けた投資・支援も考慮する。

第4章 シルダリア川の水・電力資源の効率的活用と水災害軽減

4-1 洪水および渇水被害、ならびに大規模貯水池の運用に係る基礎情報

4-1-1 使用データ

トクトグル貯水池、カイラクム貯水池およびチャルダラ貯水池の運用データのうち、入手可能な公開データ存在状況は下表のとおりである。また、各ダムの貯水量も記載した。

表 4-1 ダムの運用データの存在状況および貯水量

貯水池	項目	期間	貯水量(億 m ³)		
			総容量	有効容量	
貯水池運用データ	トクトグル	流入量	1998年4月～2008年9月	195	140
		放流量	同上		
		貯水量	同上		
	カイラクム	流入量	1998年4月～2008年9月	41.6	26
		放流量	同上		
		貯水量	同上		
	チャルダラ	流入量	1998年4月～2008年9月	57	47
		放流量	同上		
		貯水量	同上		

出典:CAWATERinfo (http://www.cawater-info.net/analysis/index_e.htm)

一方、カザフスタンのチャルダラ貯水池下流における洪水の被害実績は、表 4-2のとおりである。ウズベキスタンでも、トクトグル貯水池の冬期発電放流による洪水被害がある、というヒアリング情報はあるものの、数値的根拠が得られなかったため、今回は最も被害規模の大きいカザフスタン国内の洪水を対象に検討を実施した。

表 4-2 チャルダラ貯水池下流における洪水被害実績（再掲）

発生時期	2004年1月上旬	2005年	2007年2月	2008年2月20日
被害金額(百万テンゲ)	280	853	927.2	-
被害金額(百万円)*	226	688	747	-
洪水面積(ha)	55,733	30,460	93	-
浸水施設等:				
居住地域(地域)	2	6	2	-
別荘(軒)	3	5	5	-
学校(校)	-	1	-	-
住宅(軒)	805	74	269	-
私有地(件)	-	-	577	-
避難人数(人)	2,085	31,824	1,500	150
移住人数(人)	289	-	420	-
生活条件低下(人)	-	-	700	-

*1 カザフスタンテンゲ=0.806円

出典：カザフスタン共和国非常事態省

国連人道調整室情報サイト (<http://www.irinnews.org/>)

Reuters AlertNet (<http://www.alertnet.org/thenews/newsdesk/L26371048.htm>)

4-1-2 流況データの整理・分析

(1) データ精度の確認

シミュレーションを行うに先立って、上記のダムの運用データの精度の確認を行った。表 4-3にカイラクム貯水池での例を示す。6月第2旬から7月第3旬までは、貯水量が減少していくにもかかわらず、流入量が放流量よりも大きい値となっており、水収支（流入量、放流量および貯水量の関係）の整合がとれていない。

そのため、シミュレーションに利用する流入量は、貯水量と放流量より算出したものを用いる（表 4-3、算出流入量）。トクトグル貯水池およびチャルダラ貯水池についても同様の傾向が確認されたため、シミュレーションに用いる流入量を、貯水量と放流量から算出した。

チャルダラ貯水池については、チャルダラ貯水池の南西部に位置するアルナサイへの流出量が、チャルダラ貯水池への流入量を上回る場合は、チャルダラ貯水池への流入量がマイナスとなる。

表 4-3 カイラクム貯水池の運用データの例

年月日	旬	流入量 m ³ /s	算出流入量 m ³ /s	貯水量 百万 m ³	放流量 m ³ /s
03/4/1	I	313.0	924.5	3490.0	863.2
03/4/11	II	313.0	950.1	3543.0	1011.4
03/4/21	III	313.0	1459.8	3490.0	1537.3
03/5/1	I	756.0	1164.7	3423.0	1141.6
03/5/11	II	756.0	613.2	3443.0	538.0
03/5/21	III	756.0	453.5	3508.0	490.3
03/6/1	I	1383.2	606.6	3473.0	670.3
03/6/11	II	1383.2	650.6	3418.0	678.4
03/6/21	III	1383.2	275.7	3394.0	627.6
03/7/1	I	1081.0	179.9	3090.0	600.0
03/7/11	II	1081.0	71.1	2727.0	600.0
03/7/21	III	1081.0	341.6	2270.0	598.3
03/8/1	I	604.4	289.8	2026.0	600.0
03/8/11	II	604.4	473.6	1758.0	597.4
03/8/21	III	604.4	569.5	1651.0	600.0
03/9/1	I	428.0	475.7	1622.0	442.1
03/9/11	II	428.0	573.9	1651.0	435.0
03/9/21	III	428.0	833.4	1771.0	613.5
03/10/1	I	1280.0	871.2	1961.0	633.9
03/10/11	II	1040.3	744.7	2166.0	786.4
03/10/21	III	890.3	952.0	2130.0	859.4
03/11/1	I	1098.3	1133.0	2218.0	832.1
03/11/11	II	1148.8	1034.8	2478.0	797.5
03/11/21	III	1135.6	974.4	2683.0	884.1
03/12/1	I	1020.0	1250.2	2761.0	937.7
03/12/11	II	977.8	878.6	3031.0	919.1
03/12/21	III	1432.0	1237.9	2996.0	1231.6
04/1/1	I	1140.0	1220.5	3002.0	1190.4
04/1/11	II	1140.0	1171.9	3028.0	1107.1
04/1/21	III	1140.0	1150.2	3084.0	1086.0
04/2/1	I	976.5	1347.2	3145.0	1295.1
04/2/11	II	976.5	803.2	3190.0	748.8
04/2/21	III	976.5	838.5	3237.0	744.6
04/3/1	I	1081.8	943.5	3310.0	862.5
04/3/11	II	1081.8	1000.9	3380.0	933.8
04/3/21	III	1081.8	1244.6	3438.0	1202.5

(2) 冬季洪水発生最小放流量の推定

上流のトクトグル貯水池の発電放流に伴い発生する人工洪水は、チャルダラ貯水池下流の河道が凍結し、流下能力が低下する冬季に発生している。洪水対策でダムが建設中であるコクサライの下流に位置するSaksaulskayaの平均気温が 0℃を下回る 11 月～3 月を、河川が氷結する可能性がある冬季洪水発生期間と想定し、当該期間での旬平

均流量を表 4-4のように整理した。

表 4-4に示すように、2004 年以降、冬季の放流量が増加し、表 4-2に示すように、チャルダラ貯水池下流で洪水が発生している。

表 4-4 冬季におけるチャルダラ貯水池からの旬平均放流量 (m³/s)

期間	November			December			January			February			March		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1998.11 ～ 1999.3	660	575	500	406.7	400	400	400	400	400	400	400	493.8	637	780	790.9
1999.11 ～ 2000.3	525.7	531.6	426.7	406	360	360	360	360	360	360	372	433.3	469.3	330	250
2000.11 ～ 2001.3	500	510	444.7	362	396	370.9	360	360	360	360	381	381.6	460	460	460
2001.11 ～ 2002.3	597	694	485	384	360	360	380	380	380	380	467.5	556.3	680	600	518.2
2002.11 ～ 2003.3	350	445	490	400	400	389.1	360	360	360	387	360	360	360	380	595.5
2003.11 ～ 2004.3	520	650	590	550	550	575.9	682.6	682.6	682.6	707.6	707.6	707.6	692.4	692.4	692.4
2004.11 ～ 2005.3	823.3	823.3	823.3	721	721	721	650	600	600	610	700	787.5	800	825	1145.5
2005.11 ～ 2006.3	619.5	830	989.5	745	710	705	655	605	605	600	530	728.8	1088.9	756	552.7
2006.11 ～ 2007.3	541	675	870	770	720	605	605	655	718.6	729.8	656.5	255	205	245	357.7
2007.11 ～ 2008.3	385.5	420	380	392	600	618.2	615	605	658.9	723	745	756.7	616	557	350.9

■：冬季洪水発生時の流量

表 4-2および表 4-4より、洪水発生時期でのチャルダラ貯水池における最小放流量は約 600 m³/s程度であった。なお、2005 年はその他の洪水の発生時期から 1～2 月での発生を想定した。

以上から、以降の検討では、冬季洪水発生最小放流量を 600 m³/s として検討を行う。

(3) 検討対象流況期間の選定

1998 年 4 月～2008 年 9 月で年間を通じてデータが得られている期間の中で、年間で水量が多い洪水流況期間、および水量が平均的な平均流況期間を、以下のとおり選定した。なお、検討においては、表 4-4で想定したように 11 月～3 月を冬季とし、4 月～10 月を灌漑期とし、1 年間の水運用サイクルとした。

(a) 洪水流況期間の選定

表 4-2で示した、チャルダラ貯水池下流での冬季の洪水を対象としており、チャルダ

ラ貯水池への冬季における流入積算量が最大の期間およびその直前の灌漑期を含む期間を、水量の多い洪水流況期間と選定した。

下表に示すとおり、冬季における流入積算量が最大になるのは、2004年11月～2005年3月の期間であった。したがって、2004年4月～2005年3月を洪水流況期間と選定した。

表 4-5 チャルダラ貯水池の各年度における冬期の流入量

	1998. 11 ～ 1999. 3	1999. 11 ～ 2000. 3	2000. 11 ～ 2001. 3	2001. 11 ～ 2002. 3	2002. 11 ～ 2003. 3	2003. 11 ～ 2004. 3	2004. 11 ～ 2005. 3	2005. 11 ～ 2006. 3	2006. 11 ～ 2007. 3	2007. 11 ～ 2008. 3
冬季積算流入量 (億 m ³)	101.3	93.6	93.6	103.1	94.2	118.0	139.3	138.5	117.1	115.6

(b) 平均流況期間の選定

洪水流況での検討と比較するために、平均的な水量の流況期間を選定した。ただし、洪水流況との比較を明確に出すために、平均的な流況期間の中で、最も水量が少ないと考えられる期間を、今回の検討で使用するための平均流況期間と選定した。

1911年以降の約90年間でのトクトグル貯水池への流入量のデータによれば、1998年以降では2000年、2001年、2006年、および2007年で平均的な流入実績があったと見なせる。

また、トクトグル貯水池における年間総流入量と、1月第1旬時点での貯水量の和を年間最大供給可能量とすると、年間最大供給可能量が最小となる年は2001年であった(表4-6)。

よって、この年の灌漑期およびそれに続く冬季である、2001年4月～2002年3月を、今回の検討で使用する平均流況期間と選定した。

表 4-6 各年(1月～12月)におけるトクトグル貯水池への年間総流入量および1月第1旬貯水量

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
年間総流入量(億 m ³)	144.4	126.7	126.4	165.6	157.9	144.3	135.2	126.0	116.4
1月第1旬貯水量(億 m ³)	131.9	141.6	116.3	101.5	153.2	169.6	163.2	158.0	140.7
年間最大供給可能量(億 m ³)	276.3	268.3	242.7	267.1	311.0	313.8	298.4	284.0	257.1

4-2 洪水および渇水被害軽減対策の検討

4-2-1 検討ケースの設定

検討ケースは、表 4-7に示すように、従来から行われている合意によりトクトグル貯水池からの放流量を抑制する（600 m³/s（2008 年 1 月の例））運用パターンに倣ったもので、冬季のトクトグル貯水池からの放流を抑制してチャルダラ貯水池からの放流を冬季洪水発生最小放流量 600 m³/s以下にする運用（ケース 1）、ケース 1 に加えて灌漑期に合意放流量に対して、実績放流量が不足する水量をトクトグル貯水池からの放流を増加させることによって補う運用（ケース 2）、冬季洪水に備えてカイラクム貯水池とチャルダラ貯水池の貯水量を最小にする運用（ケース 3）、実績流況において冬季洪水発生最小放流量 600 m³/sを超過する放流を、コクサライ調整池で貯留する運用（ケース 4）を設定した。

表 4-7 各流況での検討ケース

対象流況	期間	運用ケース
A. 洪水流況	2004 年 4 月～2005 年 3 月	ケース A-1:トクトグル冬季放流抑制(従来合意型)
		ケース A-2:同上、さらに合意放流量遵守
		ケース A-3:カイラクム・チャルダラ連携
		ケース A-4:実績運用(コクサライ)
B. 平均流況	2001 年 4 月～2002 年 3 月	ケース B-1:トクトグル冬季放流抑制(従来合意型)
		ケース B-2:同上、さらに合意放流量遵守
		ケース B-3:カイラクム・チャルダラ連携
		ケース B-4:実績運用(コクサライ)

各検討ケースにおいて使用するダム運用に関連する変数は、下図に示すとおりとする。

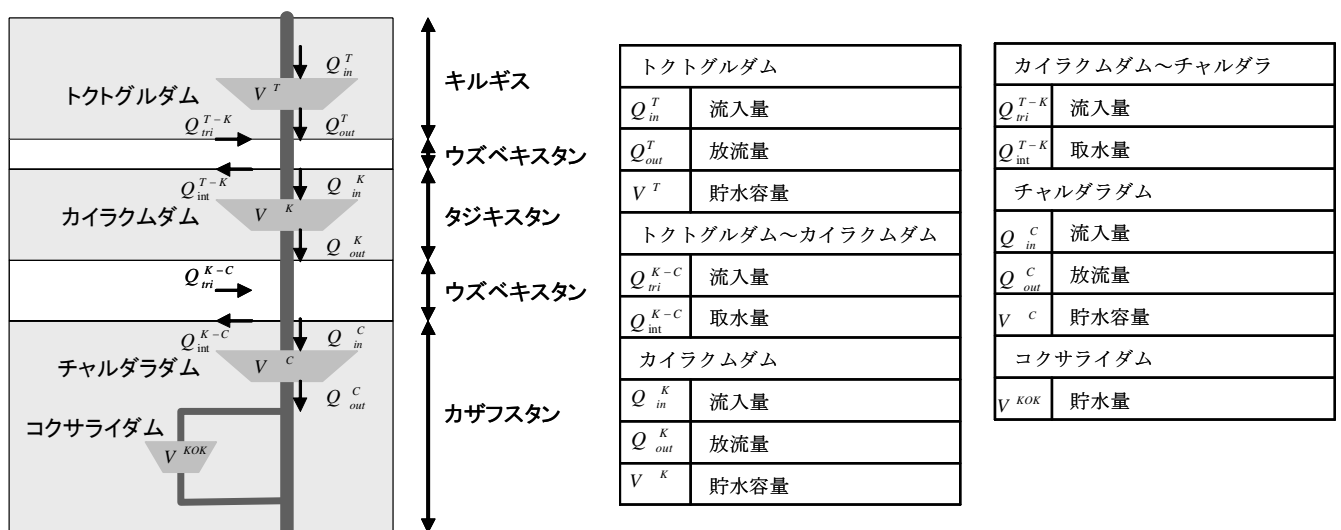


図 4-1 シミュレーションで使用する変数

(1) トクトグル冬季放流抑制（ケース 1）

冬季（11月～3月）はチャルダラ貯水池からの放流量を冬季洪水発生最小放流量 600 m³/s 以下とするため、冬季洪水発生最小放流量を超える放流についてはトクトグル貯水池の放流量から削減する。これは、旧ソ連時代からの従来の運用方法である。

冬季に削減した流量についてはトクトグル貯水池に貯留し、直後の灌漑期（4月～10月）に平均して上乗せし放流することにより、年間の流量収支を実績値と合わせるようにした（図 4-2）。

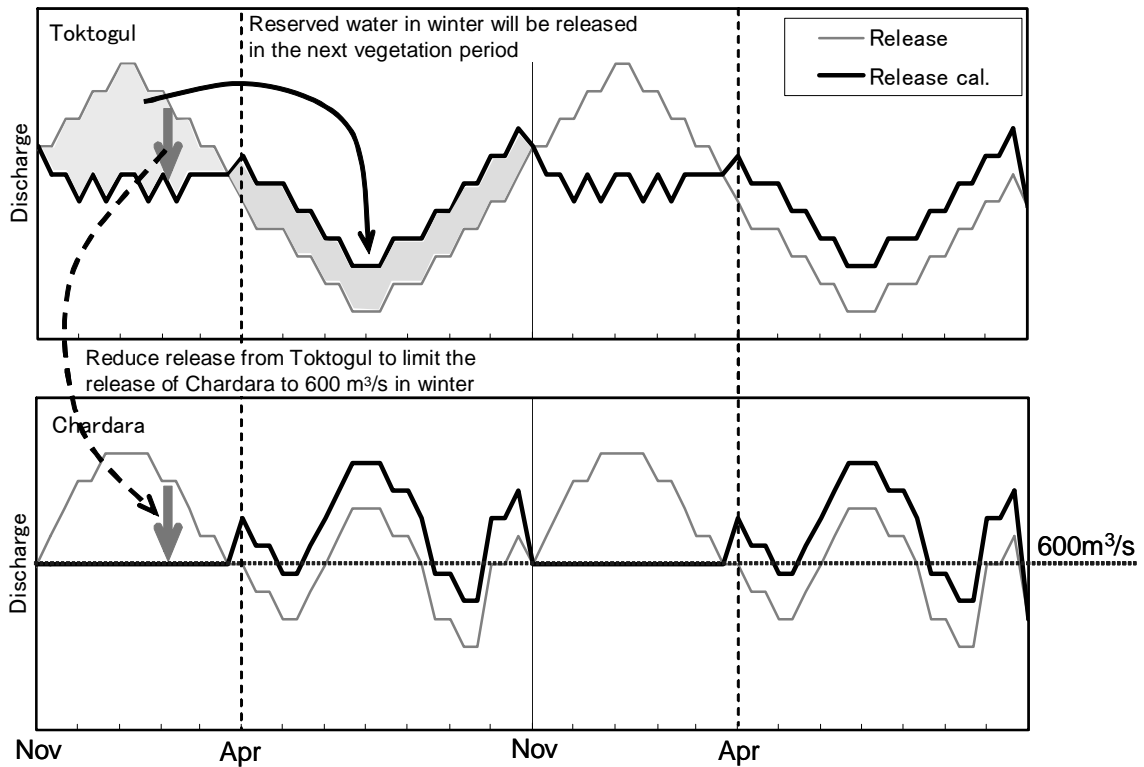


図 4-2 トクトグル貯水池冬季放流抑制による運用の模式図

$$\Delta V_{win}^C = \sum_{i=Nov}^{Mar} (Q_{out}^C - Q_{min}^C) \quad (1)$$

$$\overline{\Delta V}_{win}^C = \frac{\Delta V_{win}^C}{\Delta t} \quad (2)$$

$$Q_{out}^T = Q_{out}^C + \overline{\Delta V}_{win}^C \quad (3)$$

Q_{out}^C : チャルダラ貯水池からの実績放流量

Q_{min}^C : チャルダラ貯水池からの冬季洪水発生最小放流量（600 m³/s）

ΔV_{win}^C : 冬季の 600 m³/s を超える放流量の積算値

$\overline{\Delta V}_{win}^C$: 冬季の 600 m³/s を超える放流量の積算値を、灌漑期間で平均した値

Δt : 灌漑期間 (4月～10月)

Q_{out}^T : トクトグルの放流量

Q_{out}^T : トクトグルの実績放流量

(2) 合意放流量遵守 (ケース2)

トクトグル貯水池の放流が、各国間で合意した計画放流量 (合意放流量) を遵守する運用とする。トクトグル冬季放流抑制 (ケース1) の運用が合意放流量を遵守するかを確認し、放流が合意放流量を下回る場合は、放流量を合意放流量と一致させる。なお、合意放流量は各年で変動するため、平均値を使用することとし、シミュレーションで用いるトクトグル貯水池から合意放流量の平均値は、1998年4月～2008年3月の各旬の合意放流量の平均とした。

灌漑期に増加した流量については、直後の冬季 (11月～3月) に平均して削減し、年間の流量収支は実績値と合わせるようにした (図4-3)。

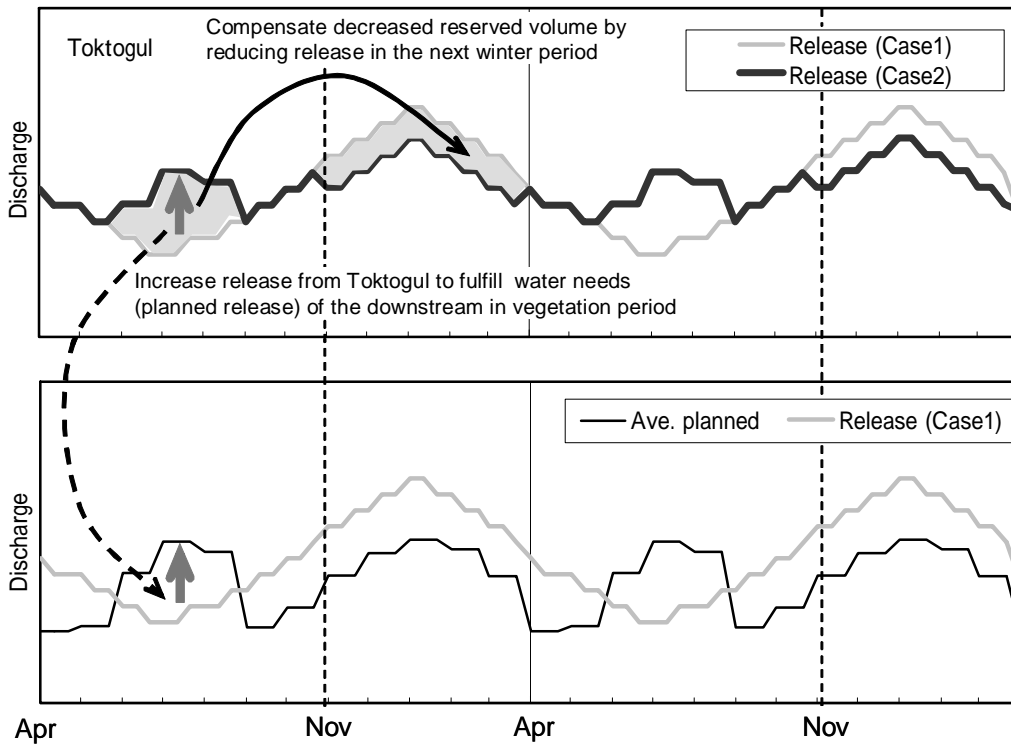


図 4-3 合意放流量遵守による運用の模式図

$$\Delta V_{veg}^T = \sum_{i=Apr}^{Nov} (Q_{plani}^T - Q_{outi}^T) \quad (4)$$

$$\overline{\Delta V}_{veg}^T = \frac{\Delta V_{veg}^T}{\Delta t} \quad (5)$$

$$Q_{out}^T = Q_{out}^T + \overline{\Delta V}_{veg}^T \quad (6)$$

Q_{plan}^T : トクトグル貯水池の合意計画放流量

Q_{out}^T : トクトグル貯水池の実績放流量

ΔV_{veg}^T : 灌漑期間における実績放流量を超える合意放流量の積算値

$\overline{\Delta V}_{veg}^T$: 灌漑期間における実績放流量を超える合意放流量の積算値を、冬季の期間で平均した値

Δt : 冬季の期間 (11月～3月)

Q_{out}^T : トクトグルの放流量

(3) カイラクム・チャルダラ連携 (ケース 3)

カイラクム貯水池とチャルダラ貯水池を冬季直前の10月第3旬に最小貯水量にし、冬季においてチャルダラ貯水池からの放流量を、洪水発生最小放流量 (600 m³/s) 以下になるように、カイラクム貯水池とチャルダラ貯水池に貯留しながら、チャルダラ貯水池下流の洪水を防ぐ運用である (図 4-4)。運用手順は、以下のとおり。

- ・カイラクム貯水池とチャルダラ貯水池の貯水量を、10月第3旬までに実績最小貯水容量 (カイラクム貯水池 ; 827 百万 m³、チャルダラ貯水池 ; 389 百万 m³) にする。
- ・11月第1旬からチャルダラ貯水池の放流量を 600 m³/s になるようし、カイラクム貯水池からの放流量を調整する。
- ・カイラクム貯水池の貯水量が実績最大貯水容量 (36.7 億 m³) に到達した後は、カイラクム貯水池の流入量と放流量を一致させ、チャルダラ貯水池は放流量が 600 m³/s 以下となる運用を行う。

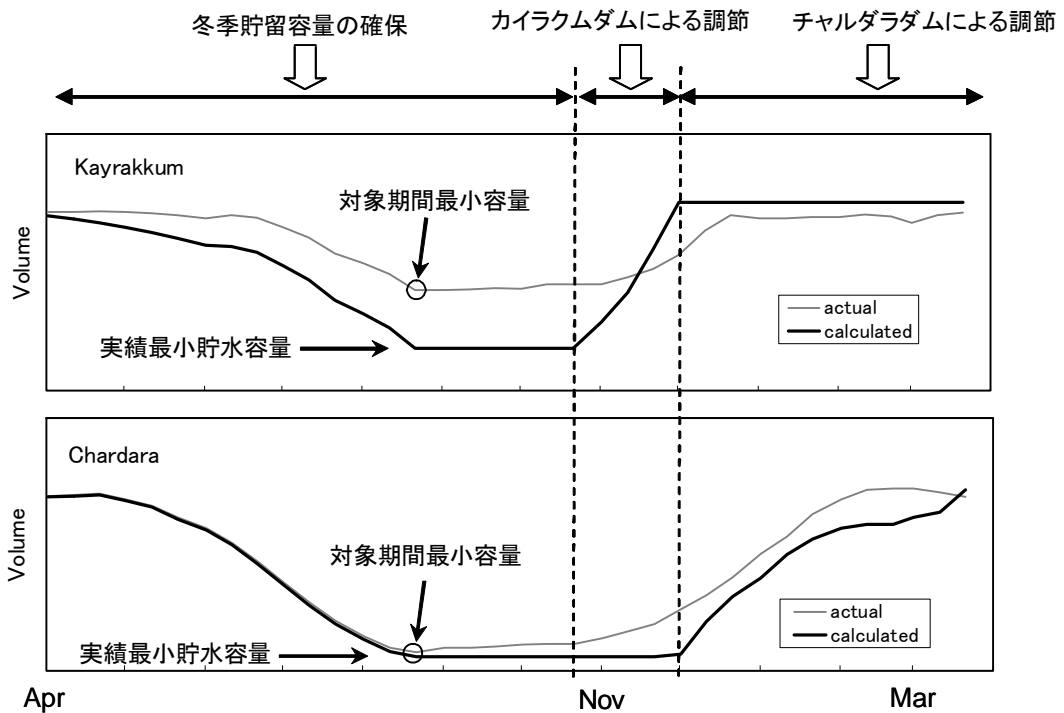


図 4-4 カイラクム貯水池・チャルダラ貯水池連携による運用の模式図

以下に、その詳細を記述する。

(a) 冬季貯留容量の確保

- ・対象期間の最小貯水量から実績最小貯水容量の差を、4月第1旬から対象期間の最小貯水量になるまでの期間で平均し、その平均水量を各ダムの放流量に加える。
- ・貯水量が実績最小貯水容量になれば、流入量と放流量を一致させて10月第3旬まで維持する。

i) カイラクム貯水池

$$\Delta V_{\min y}^K = V_{\min y}^K - V_{\min}^K \quad (7)$$

$$\overline{\Delta V}_{\min y}^K = \frac{\Delta V_{\min y}^K}{\Delta t^K} \quad (8)$$

$$Q_{out}^K = Q_{out}^K + \overline{\Delta V}_{\min y}^K \quad (9)$$

$\Delta V_{\min y}^K$: カイラクム貯水池での対象期間の最小貯水量と実績最小貯水容量の差

$V_{\min y}^K$: カイラクム貯水池での対象期間の最小貯水量

V_{\min}^K : カイラクム貯水池の実績最小貯水容量

$\overline{\Delta V}_{\min}^K$: カイラクム貯水池での対象期間の最小貯水量と実績最小貯水容量の差を、4月第1旬から該当年最小貯水量になるまでの期間で平均した値

Δt^K : カイラクム貯水池での4月第1旬から該当年最小貯水量になるまでの期間

Q_{out}^K : カイラクム貯水池の放流量

Q_{out}^K : カイラクム貯水池の実績放流量

ii) チャルダラ貯水池

$$\Delta V_{\min}^C = V_{\min}^C - V_{\min}^C \quad (10)$$

$$\overline{\Delta V}_{\min}^C = \frac{\Delta V_{\min}^C}{\Delta t^C} \quad (11)$$

$$Q_{out}^C = Q_{out}^C + \overline{\Delta V}_{\min}^C + \overline{\Delta V}_{\min}^K \quad (12)$$

ΔV_{\min}^C : チャルダラ貯水池での対象期間の最小貯水量と実績最小貯水容量の差

V_{\min}^C : チャルダラ貯水池での対象期間の最小貯水量

V_{\min}^C : チャルダラ貯水池の実績最小貯水容量

$\overline{\Delta V}_{\min}^C$: チャルダラ貯水池での対象期間の最小貯水量と実績最小貯水容量の差を、4月第1旬から該当年最小貯水量になるまでの期間で平均した値

Δt^C : チャルダラ貯水池での4月第1旬から該当年最小貯水量になるまでの期間

Q_{out}^C : チャルダラ貯水池の放流量

Q_{out}^C : チャルダラ貯水池の実績放流量

(b) カイラクム貯水池による調節

- ・ 11月第1旬からチャルダラ貯水池の放流量を冬季洪水発生最小放流量 (600 m³/s) にし、3月下旬まで継続する。
- ・ カイラクム貯水池の放流量は、チャルダラ貯水池への流入量が 600 m³/s となるように調節し、カイラクム貯水池が実績最大貯水容量に達するまで継続する。

$$Q_{out}^K = 600 - (Q_{in}^C - Q_{out}^K) \quad (13)$$

Q_{out}^K : カイラクム貯水池からの放流量 (カイラクム貯水池が実績最大貯水容量になるまで)

Q_{in}^C : チャルダラ貯水池への流入実績値

Q_{out}^K : カイラクム貯水池からの実績放流量

(c) チャルダラ貯水池による調節

- ・カイクム貯水池が実績最大貯水容量に達した後、カイクム貯水池の放流量を流入量に一致させて、カイクム貯水池の貯水量を一定に保つ。
- ・チャルダラ貯水池の放流量を冬季洪水発生最小放流量(600 m³/s)以下に抑える。

(4) 実績運用（コクサライ）（ケース 4）

現在、チャルダラ貯水池下流の洪水制御のために、コクサライ調整池（貯水容量 30 億 m³）の建設が進められている。本ケースでは、冬季のチャルダラ貯水池放流量を 600 m³/s 以下とするため、実績運用でこれを超える分について、コクサライ調整池で貯留するものである。

下式に示すように、冬季（11 月～3 月）のチャルダラ貯水池実績放流量から冬季洪水発生最小放流量の差をコクサライ調整池での必要調節量とし、これを積算することによって、冬季のコクサライ調整池必要貯留量をもとめる。

つぎに、これとコクサライ調整池の貯水可能容量(30 億 m³)を比較し、必要貯留量がこれを超えなければ、コクサライ調整池のみで対応可能とした。

$$\sum_{i=Nov}^{Mar} (Q_{out,i}^C - Q_{min,i}^C) \leq V^{KOK} \quad (14)$$

Q_{out}^C : チャルダラ貯水池からの放流実績値

Q_{min}^C : チャルダラ貯水池からの冬季洪水発生最小放流量 (600 m³/s)

V^{KOK} : コクサライ調整池の貯水量 (30 億 m³/s)

4-2-2 結果

各検討ケースにおける運用変更案をまとめると表 4-8のとおりとなる。それぞれのケースについて、以下に結果を示す。

表 4-8 各検討ケースにおける運用案

貯水池	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
トクトグル	チャルダラ貯水池の冬季の放流量が 600 m ³ /s 以下となるように放流量を削減し、削減分を灌漑期に放流。	ケース 1 に加え、灌漑期にトクトグル貯水池からの計画放流量を遵守するように放流量を上乗せし、その分を冬季に削減する。	—	—
カイラクム	トクトグル貯水池の運用に従属的に変更。	トクトグル貯水池の運用に従属的に変更	10 月第 3 旬時点の貯水量を実績最小容量とし、チャルダラ貯水池への流入量を 600 m ³ /s 以下となるように調節。実績最大容量に至った後は、放流量を流入量と一致させる。	—
チャルダラ	トクトグル貯水池の運用に従属的に変更。	トクトグル貯水池の運用に従属的に変更	10 月第 3 旬時点の貯水量を実績最小容量とし、放流量を 600 m ³ /s 以下となるように調節。	—
コクサライ	—	—	—	冬季の 600 m ³ /s を越えるチャルダラ貯水池からの放流をコクサライ調整池へ貯留

(1) トクトグル冬季放流抑制（ケース 1）

(a) 洪水流況期間

チャルダラ貯水池の放流量が 600 m³/s 以下となるように、トクトグル貯水池からの放流量を抑制することにより、冬季洪水が回避可能であることが示された。

ただし、冬季でのトクトグル貯水池の放流量を抑制することにより、現況の逼迫したキルギスの冬期電力需要に対する供給を確保するため、電力を別途補う必要がある。

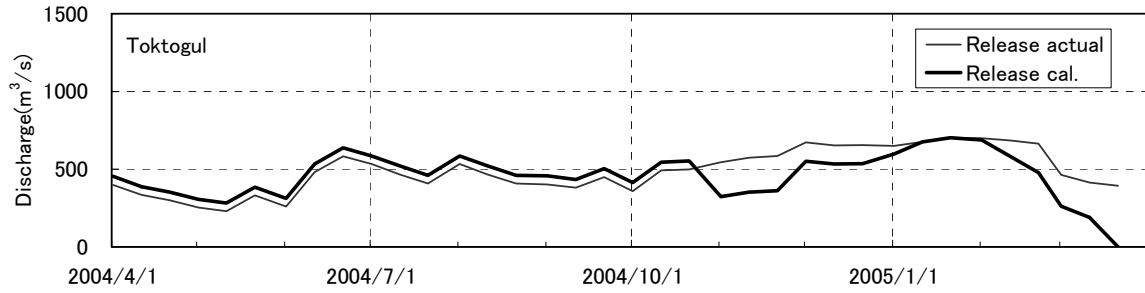


図 4-5 トクトグル貯水池の放流量経時変化

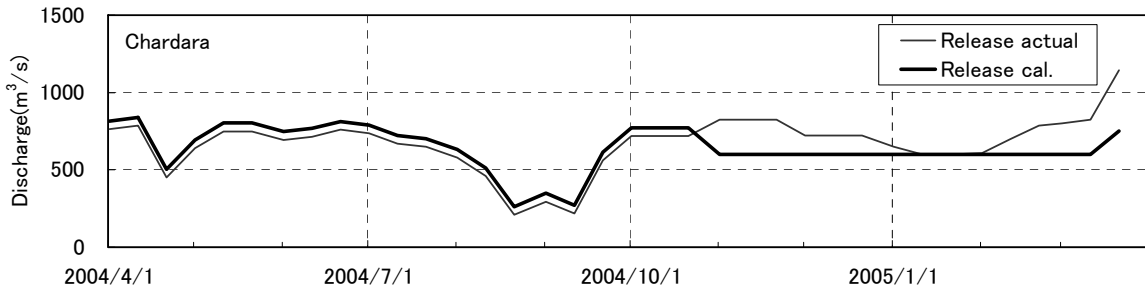


図 4-6 チャルダラ貯水池の放流量経時変化

(b) 平均流況期間

チャルダラ貯水池の放流量が 600 m³/s 以下となるように、トクトグル貯水池からの放流量を抑制することにより、冬季洪水が回避可能であることが示された。

ただし、冬季でのトクトグル貯水池の放流量を抑制することにより、現況の逼迫したキルギスの冬期電力需要に対する供給を確保するため、電力を別途補う必要がある。

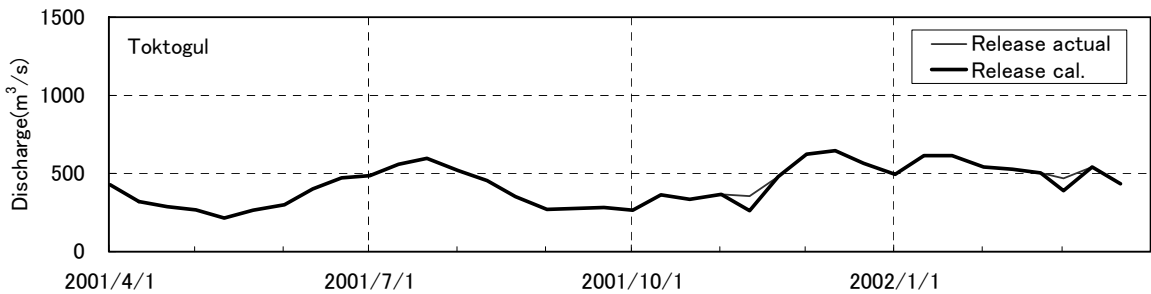


図 4-7 トクトグル貯水池の放流量経時変化

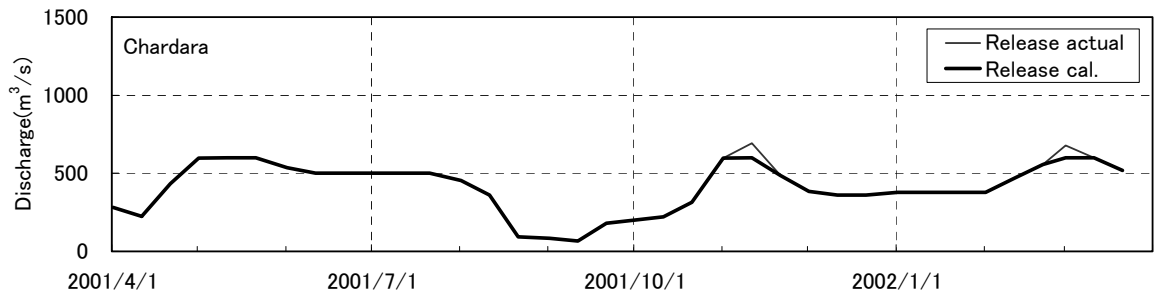


図 4-8 チャルダラ貯水池の放流量経時変化

(2) 合意放流量遵守 (ケース 2)

(a) 洪水流況期間

灌漑期のトクトグル貯水池からの放流量を増加させることにより、合意放流量を遵守することが可能であることが示された。

ただし、冬季でのトクトグル貯水池の放流量を抑制することにより、現況の逼迫したキルギスの冬期電力需要に対する供給を確保するため、電力を別途補う必要がある。

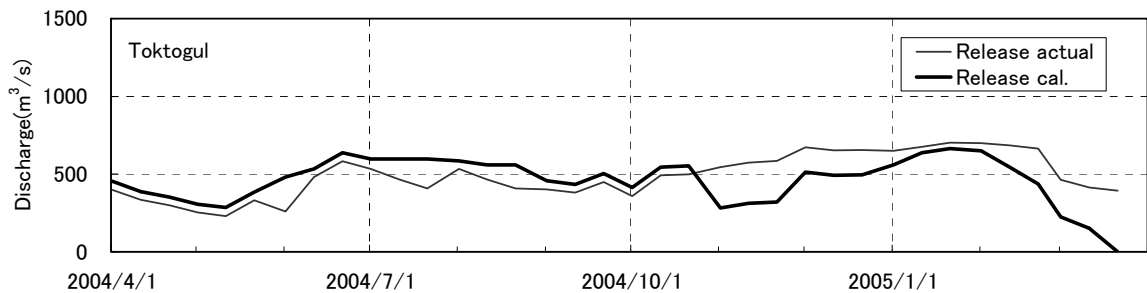


図 4-9 トクトグル貯水池の放流量経時変化

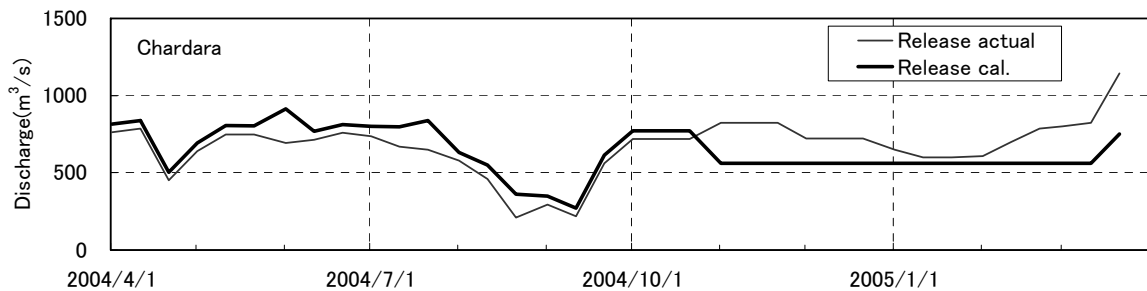


図 4-10 チャルダラ貯水池の放流量経時変化

(b) 平均流況期間

灌漑期のトクトグル貯水池からの放流量を増加させることにより、合意放流量を遵守することが可能であることが示された。

ただし、冬季でのトクトグル貯水池の放流量を抑制することにより、現況の逼迫したキルギスの冬期電力需要に対する供給を確保するため、電力を別途補う必要がある。

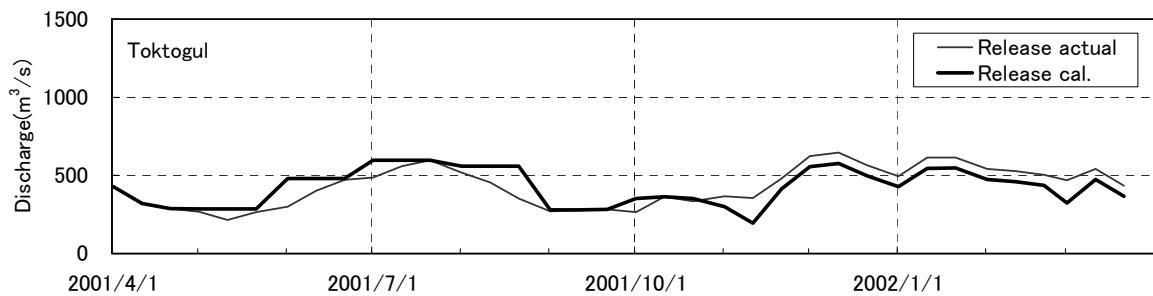


図 4-11 トクトグル貯水池の放流量経時変化

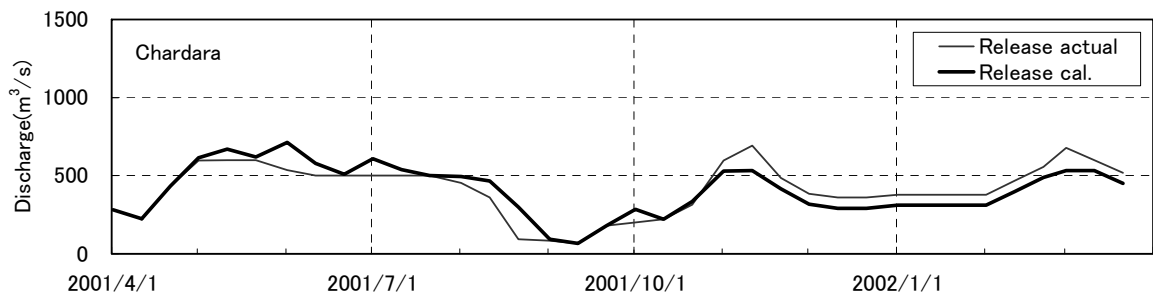


図 4-12 チャルダラ貯水池の放流量経時変化

(3) カイラクム・チャルダラ連携（ケース 3）

(a) 洪水流況期間

10 月第 3 旬時点で、カイラクム貯水池およびチャルダラ貯水池の貯水量を実績最小容量にすることにより、冬季においてチャルダラ貯水池からの放流量が $600 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下に抑制することが可能となり、カイラクム貯水池およびチャルダラ貯水池を最大限に活用し、迎洪水操作を実施することにより、冬季洪水が回避可能であることが示された。

本操作を実現するためには、両貯水池ならびにトクトグルの連携操作に 3 カ国が合意し、約束を遵守すること、正確な情報に基づいた操作を実施できること、などが条件となる。

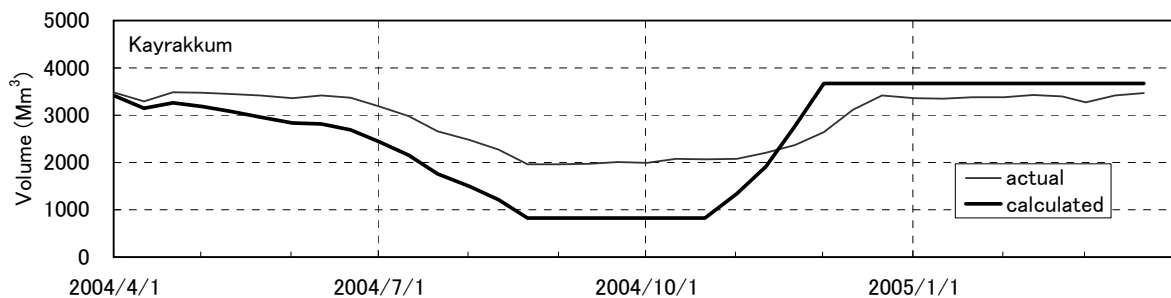


図 4-13 カイラクム貯水池の貯水量経時変化

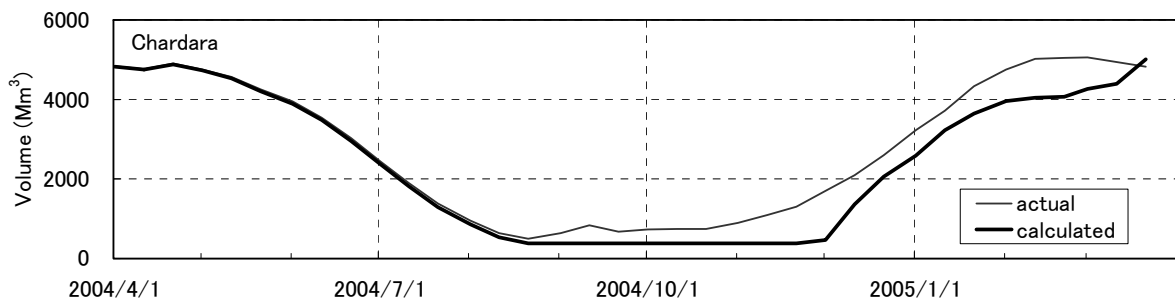


図 4-14 チャルダラ貯水池の貯水量経時変化

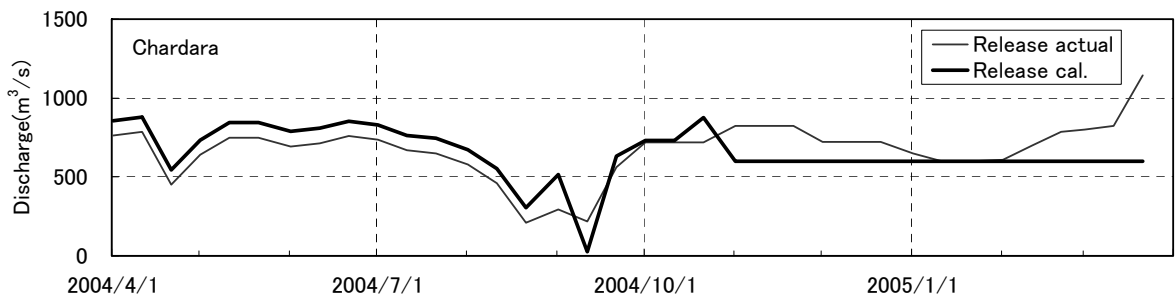


図 4-15 チャルダラ貯水池の放流量経時変化

(b) 平均流況期間

10月第3旬時点で、カイラクム貯水池およびチャルダラ貯水池の貯水量を実績最小容量にすることにより、冬季においてチャルダラ貯水池からの放流量が $600 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下に抑制することが可能となり、カイラクム貯水池およびチャルダラ貯水池を最大限に活用することにより、冬季洪水が回避可能であることが示された。

チャルダラ貯水池の貯水量は3月下旬時点で22億 m^3 となり、次期灌漑期に影響を与えると考えられる。しかし、流況予測の精度が上がることでカイラクム貯水池およびチャルダラ貯水池の貯水量を適切に制御でき、また、トクトグル貯水池の運用が合理的に行われれば、本運用は適用可能と考えられる。

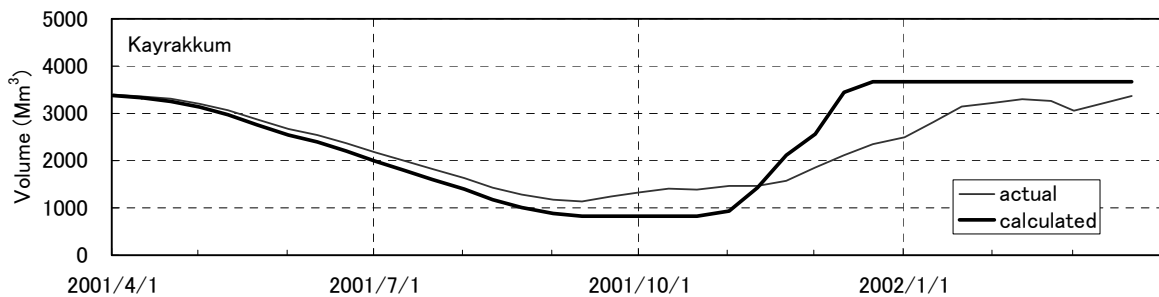


図 4-16 カイラクム貯水池の貯水量経時変化

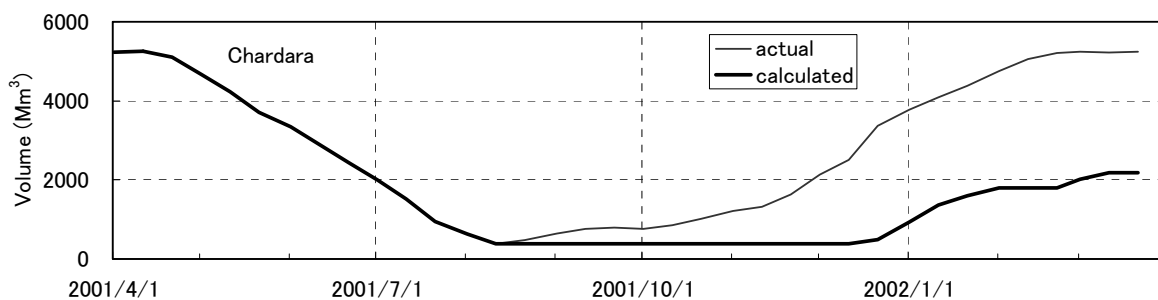


図 4-17 チャルダラ貯水池の貯水量経時変化

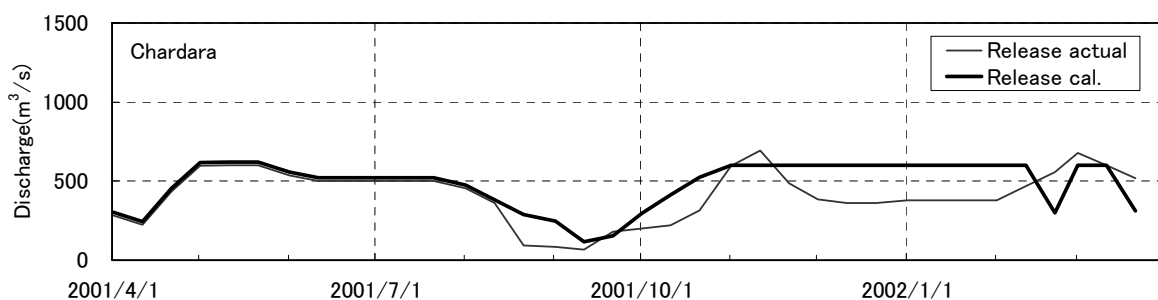


図 4-18 チャルダラ貯水池の放流量経時変化

(4) 実績運用（コクサライ）（ケース 4）

各年度の冬季における必要貯留量は、洪水流況期間の冬季（2004 年 11 月～2005 年 3 月）においても、シミュレーションではコクサライ調整池の貯水量 30 億 m^3 を超えなかった（表 4-9）。トクトグル貯水池、カイラクム貯水池およびチャルダラ貯水池の運用を実績のままとしても、チャルダラ貯水池下流の冬期洪水に関しては、現在建設中のコクサライ調整池で対応可能であると予測される。また、貯留した水は、本川に戻すことにより夏期の灌漑に利用することができる。

ただし、本運用はウズベキスタンの洪水対策とはならない。

表 4-9 コクサライ調整池の各年度における冬期の必要貯留量

	1998. 11 ～ 1999. 3	1999. 11 ～ 2000. 3	2000. 11 ～ 2001. 3	2001. 11 ～ 2002. 3	2002. 11 ～ 2003. 3	2003. 11 ～ 2004. 3	2004. 11 ～ 2005. 3	2005. 11 ～ 2006. 3	2006. 11 ～ 2007. 3	2007. 11 ～ 2008. 3
必要貯留量 (億 m^3)	4.2	0	0	1.5	0	7.8	20.6	15.8	8.8	4.4

4-2-3 まとめ

トクトグル貯水池の冬季放流量を抑制することで、洪水対応および灌漑対応が可能であ

ること示された。ただし、冬季において電力が不足する懸念があるため、別途補う必要がある。

カイラクム貯水池・チャルダラ貯水池連携運用では、現状の設備で、連携操作の前提となる各国の合意と約束の遵守、さらには正確な操作が確保できれば、冬季洪水の発生が回避できる。

現在建設中のコクサライ調整池は、他の貯水池の運用は現状ままでも、下流域の洪水回避が可能であることが示された。さらに、貯留した水は夏期に本川に戻すことにより灌漑にも利用できる。ただし、多額の投資が必要である。

4-3 洪水および被害軽減策が発電に与える影響の評価

4-3-1 洪水被害対策による発電量と溢水量の変化

4-2節では水資源設備を最適運用する観点から洪水被害軽減策を策定したが、本節では、策定された被害軽減対策の採用が既設の電力システムに与える影響を想定する。

(1) 検討ケース

4-3 節で示した洪水・渇水被害軽減策検討ケースを下記に再掲する。電力に対する影響は、これらのケースを対象に評価する。

表 4-10 各流況での検討ケース（再掲）

対象流況	期間	運用ケース
A. 洪水流況	2004年4月～2005年3月	ケース A-1: トクトグル冬季放流抑制(従来合意型)
		ケース A-2: 同上、さらに合意放流量遵守
		ケース A-3: カイラクム・チャルダラ連携
		ケース A-4: 実績運用(コクサライ)
B. 平均流況	2001年4月～2002年3月	ケース B-1: トクトグル冬季放流抑制(従来合意型)
		ケース B-2: 同上、さらに合意放流量遵守
		ケース B-3: カイラクム・チャルダラ連携
		ケース B-4: 実績運用(コクサライ)

(2) 直接影響を受ける電力設備

策定された各対策ケースは、トクトグル貯水池（キルギス）、カイラクム貯水池（タジキスタン）、チャルダラ貯水池（ウズベキスタン）の貯水運用を変更している。各貯水池には発電所が付置されており、貯水池からの放流量が変化すれば、これに伴って発電量が変わる。また、放流量が発電機器の使用水量を上回った場合には、余剰水は発電せずに放流されるため、発電量が減少する。従って、発電量と溢水量が直接影響の指標となる。

なお、ケースのうち A-4 および B-4 は、貯水池運用に変化がないため、基準ケースに相当する。

(3) 電力システムに対する影響評価の方法

電力を安定供給するためには、時々刻々変化する電力需要に応じて発電出力を調整する必要がある。貯水池運用変更によって水力発電所の発電量が増減した場合には、その他の電源設備の発電量を調整する必要がある。従って、電力システムに対する影響評価は、3-4 章に示した、需給運用シミュレーションによって得られた最適運用を基準として、各対策ケースの発電量・溢水量を算出し、システム全体に対する影響を考察することとした。

(4) 各対策ケース採用が発電量・溢水量に及ぼす影響の想定

i) 基準となる運用による各発電所の発電量・溢水量

需給シミュレーションに基づく、基準出水における Naryn カスケード発電所（キルギス）、カイラクム発電所（タジキスタン）、チャルダラ発電所（ウズベキスタン）の月ごとの発電電力量を図 4-19 に示す。また、検討ケース A の洪水流況に相当する年の発電量は、図 4-20 に示すように想定した。

なお、トクトグル貯水池下流の Naryn カスケード発電所群は、トクトグル発電所の放流量にほぼ従属するので、一括して計上した。また、各発電所の溢水量は微少であることから、比較検討上考慮する必要はない。

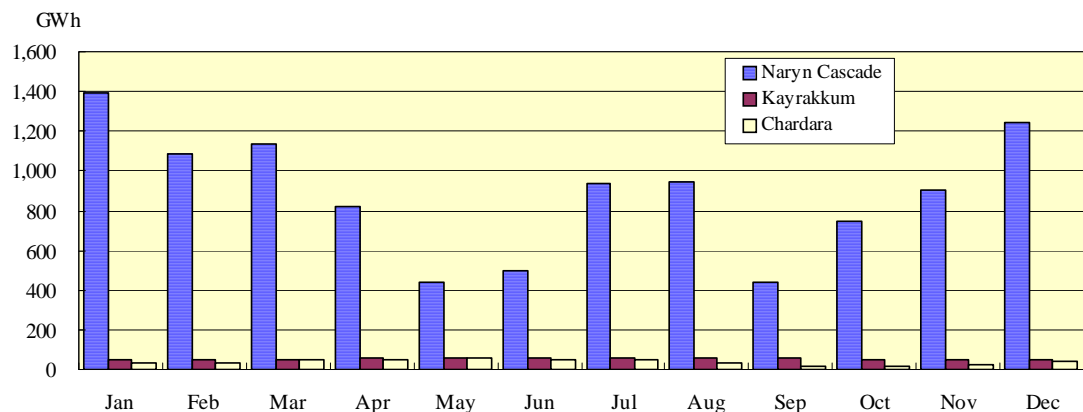


図 4-19 Naryn カスケード、カイラクム、チャルダラ発電所の各月電力量（平均流況）

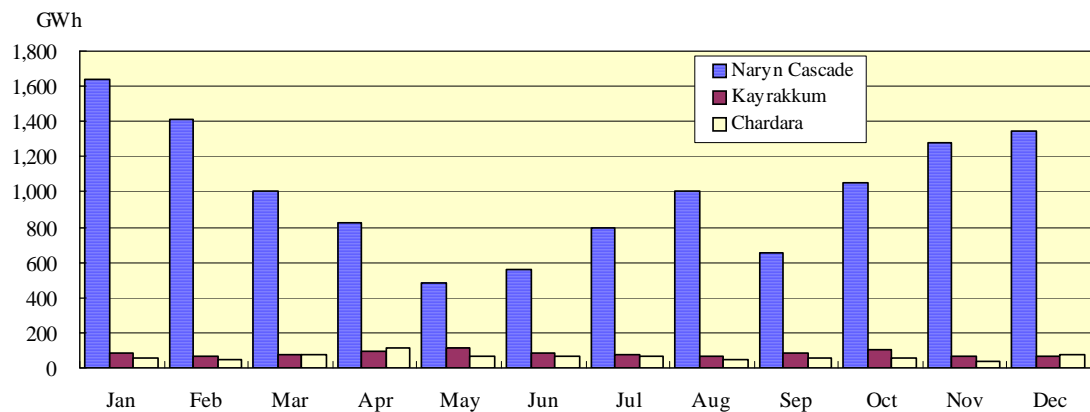


図 4-20 Naryn カスケード、カイラクム、チャルダラ発電所の各月電力量（洪水流況）

ii) 洪水流況における影響

洪水流況年各ケース（A-1, A-2, A-3）の運用を行った場合について各月の発電電力量を想定し、基準ケース（A-4）に対する発電量の増減を図 4-21 に示した。

この図で、4月から10月の間は各ケースとも基準ケースに比べて発電量が多い。従って、他の発電所の出力を下げる（停止する）ことによって、安定供給が可能と思われる。一方11月から3月の間は発電電力量が減少するので、需要を満たすためには代

替電源による供給が必要である。特に A-1, A-2 ケースでは不足量大きい。

図 4-22 には、キルギスの電力供給予備率が低い 12 月について、各検討ケースの電力減少量を示す。カイラクム発電所、およびチャルダラ発電所の電力不足量は、各検討ケースとも 20 GWh 程度、冬期間最大でも 40 GWh/月程度である。これは 50~70 MW の発電設備出力に相当するが、系統規模に比べて小さいので対処可能と思われる。一方、Naryn カスケードの発電量の減少は、A-1, A-2 ケースとも 12 月に 300 GWh 程度（11 月から 3 月の間の最大は 700 GWh 程度）に達する。これは出力に換算すると、400 から 1,200 MW 程度に相当し、出水量の増に伴う予備力の増加を考慮しても現状の発電設備量ではこの供給力不足を域内で賄うことは難しく、少なくとも 400 MW 程度の供給力増強が必要になるとと思われる。

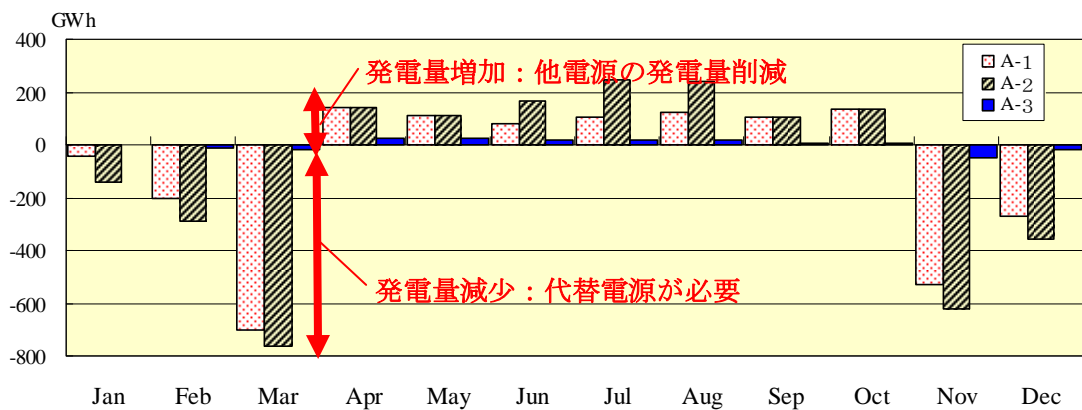


図 4-21 洪水流況年の運用変更の影響＜各月の発電電力量(3 発電所合計)の増減＞

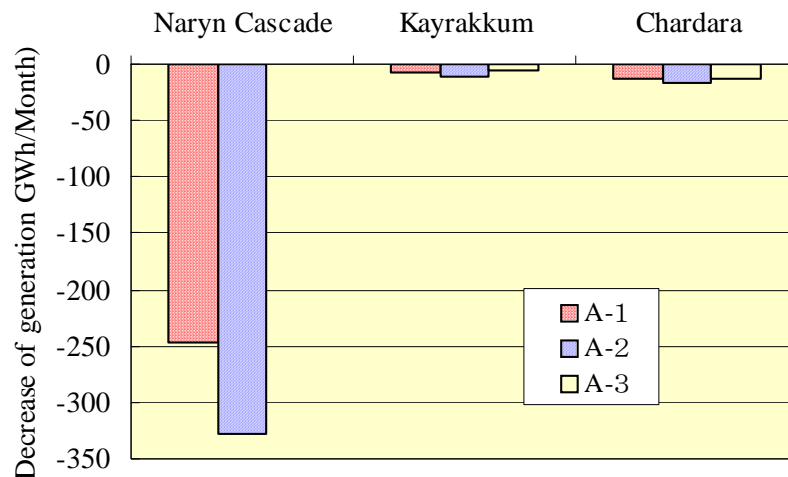


図 4-22 洪水流況年代表月（12 月）の各発電所の発電電力減少量

iii) 平水流況における影響

平水年各ケース（B-1, B-2, B-3）の運用を行った場合について各月の発電電力量を

想定し、基準ケース（B-4）に対する発電量の増減を図 4-23 に示した。

発電量の減少に着目すると、ケース B-3 では、11月にカイラクム発電所の発電電力量の減少が見られるが、25 GWh 程度の軽微な減である。これは、供給力に換算して 50 MW 程度であるが、需給シミュレーション結果によると 11月はキルギス系統、ウズベキスタン系統に余力があり融通にて対応が可能なので供給力減少の影響はない。

ケース B-1 においては、3月と11月に Naryn カスケード発電所からの発電電力量が減少しており、これは 140 MW 程度の供給力に相当する。この時期は厳冬期の電力ピークをはずれており、現状のバランスでは予備力の焚きましによって電力供給が可能と思われる。

ケース B-2 の場合には、11月から3月の間に Naryn カスケード発電所の発電電力量に 220 GWh/月程度の減少が見られる。これは供給力換算で 400 MW 程度に相当しており、供給力の増強が必要である。

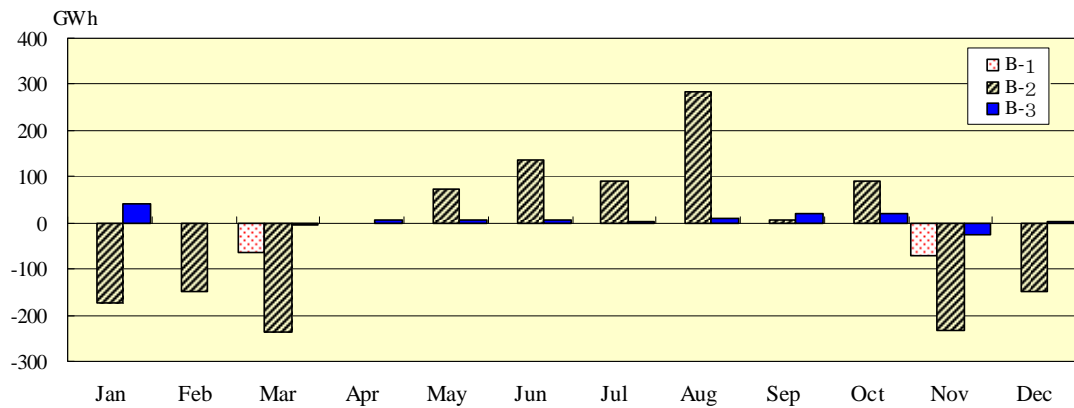


図 4-23 平水年の運用変更の影響<各月の発電電力量(3 発電所合計)の増減>

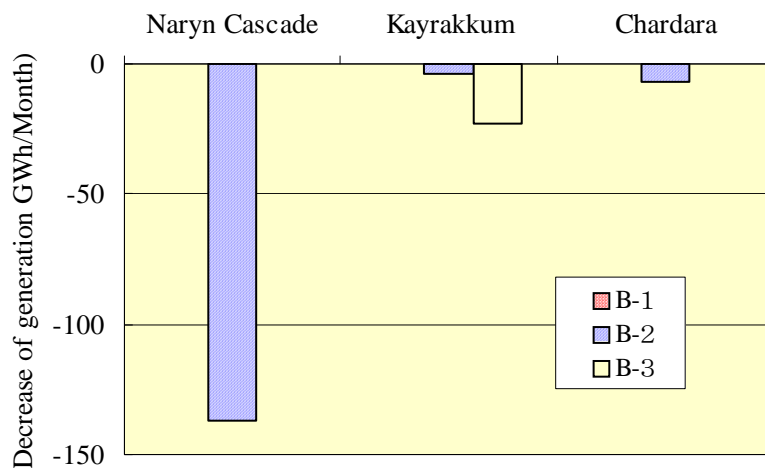


図 4-24 平水年代表月（12 月）の各発電所の発電電力減少量

4-3-2 電力需給面から見た洪水被害対策の評価

4-3-1 節では、洪水被害対策を導入した場合に電力に受ける影響を概略想定した。この結果は、河川の出水変動や各国の電力需要などによって大きく影響されるので、あくまでも目安に留めるべきであるが、特性としては下表のように総括される。

表 4-11 各ケースが電力需給に与える影響評価

対象流況	運用ケース	電力需給に与える影響
A. 洪水流況	ケース A-1: トクトグル冬季放流抑制	キルギスの電力供給が大きく不足するので、洪水対策導入の前提条件として、代替供給力の確保が必要
	ケース A-2: 同上、さらに合意放流量遵守	同上
	ケース A-3: カイラクム・チャルダラ連携	影響は小さく地域内で対応可
	ケース A-4: 実績運用 (コクサライ)	(基準)
B. 平均流況	ケース B-1: トクトグル冬季放流抑制	キルギスの電力供給が不足するが、影響は比較的小さく地域内で対応可
	ケース B-2: 同上、さらに合意放流量遵守	キルギスの電力供給が大きく不足するので、洪水対策導入の前提条件として、代替供給力の確保が必要
	ケース B-3: カイラクム・チャルダラ連携	影響は小さく地域内で対応可
	ケース B-4: 実績運用 (コクサライ)	(基準)

4-4 推奨する洪水・渇水被害軽減策とその条件

上記の 4-1、4-2 および 4-3 から、洪水被害および渇水被害の軽減策として推奨できる対応策は、以下のとおりになると考えられる。

- ・発電設備の新規導入等が必要であるが、トクトグル貯水池からの冬季放流量を抑制することにより、冬季洪水および灌漑対応が可能となる。(ケース 1 およびケース 2)
- ・迎洪水操作は、上流貯水池の放流量予測が前提の操作であり、特に灌漑期までに下流貯水池の容量が回復しなければ、灌漑用水供給に支障が生じる。従って、トクトグルへの流入量をはじめとする正確な流況予測、3カ国（キルギス、タジキスタン、カザフスタン）間での連携操作の合意とその遵守、ならびに必要な情報交換等の連携が必要である。これらが満たされれば、カイラクム貯水池およびチャルダラ貯水池の貯水量を冬季前に減少させる迎洪水操作を連携実施することによって、現状の設備のままで冬季洪水の被害を軽減することができる可能性を示したものと言える。(ケース 3)
- ・コクサライ調整池の建設により、これより下流の冬季洪水被害が軽減され、貯留水を夏期の灌漑用水として利用することができる。
調査開始前の段階では、調整池の建設開始の情報は掴めなかったが、現地調査により、カザフスタンが国策として、コクサライの建設を開始し、その早期完成を目指していることが確認されたことから、カザフスタン国内の洪水対策と夏期の灌漑用水補給への切り札としてコクサライ調整池が位置づけられた。
環境配慮の点からは、従来チャルダラ貯水池が満水の場合、流域外のアルナサイへ放流された水量が本川に流れることになり、アラル海への環境影響もプラスに働く効果が期待できる。
調整池の建設費と、維持管理の費用は継続的に発生するので、カザフスタンのこれへの対応が必要になる。(ケース 4)

シミュレーション結果をまとめると、表 4-12の通りとなる。

コクサライの建設を促進し、一方で各貯水池の連携操作の前提である、情報の共有化や操作ルールについての各国間の協議環境を整え、協議を進めることが求められる。長期的には、冬期洪水の原因となっているトクトグルの発電放流量の削減を可能とするような、代替の電力供給計画と準備にとりかかる取り組みも重要で、これらの取り組みを複合的に実施していくことが対策として必要である。

表 4-12 各ケースの結果と評価

検討ケース	洪水軽減	渇水軽減	課題	対策
ケース 1	可	—	電力不足	代替の電力供給力の確保
ケース 2	可	可	電力不足	代替の電力供給力の確保
ケース 3	可	—	カイラクム貯水池とチャルダラ貯水池の貯水量制御	<ul style="list-style-type: none"> ・正確な流況予測 ・トクトグル貯水池の合理的な運用ルール ・3カ国間の連携操作
ケース 4	可	可	多額の投資	財源の確保

4-5 水資源管理増進による水利用の効率性向上の方策

4-5-1 国家の水資源管理の戦略策定

(1) 中央アジア諸国の水資源管理の特徴

中央アジア諸国は、1990年代初頭の旧ソ連崩壊の経済的打撃から、市場経済へのプロセスを通じた回復と経済安定に努めた結果、一定の前進はあったが、未だその過程と見なすことができる。このような状況下で、持続可能な開発のための統合的水資源管理（IWRM）に基づいた国家戦略を策定するには、安定経済状態にある国家に比べ、経済状態が安定への移行段階にある国家は、より難しい舵取りを迫られる。特に、法的整備や政治・経済の改革プロセスが途上で、それらの間の統一性が十分に達成されていない国家においては困難が多い。

70年にわたる旧ソ連時代は、共和国は政治・経済的にも発展し、高い教育水準を維持したことは、他の発展途上国との際立った違いである。

一方で、水資源利用の過半を占める農業の分野では、中央集権的な体制のもと、国営の大規模農業が実施された。タジキスタンでの調査によれば、中央集権的な体制は、それまで歴史的に続いた流域を基本とした水管理にも影響を与えたとされている。統合した灌漑管理システムは一つの流域を地域ごとの水管理部局（Raivodhoz）に区分し、地方の共産党のリーダーがそれぞれ水管理部局（Raivodhoz）の長となった。

市場経済メカニズムの元では、このような手段は大変効率性が低い、ソ連の資源分配経済の下で Raivodfoz は安定していた。しかしながら、このような体制下では、灌漑システムの維持管理や水資源の過剰な消費に対して、誰も注意を払わなかった、ということが現実であった。

ソ連崩壊後、タジキスタンでは 1996 年から大統領令と、後に制定された Water Cord(2000 年、2006 年)によって、灌漑用水の供給は商業ベースで行われるとされた。しかしながら、水供給に関する税は経済貿易省により所管されるため、このような準商業メカニズムによっては、水資源の複合的な運用の経済的基礎を確立することには至っていない。

ソ連時代には、連邦国家として各共和国の地理的要件、水資源、エネルギー資源の賦存条件、などを相互に補完し、水資源（主として灌漑用水）と電力資源（上流国の水力発電と下流国のオイル、ガス、石炭）の相互融通により、地域としての役割分担に基づく連携がなされていた。

独立後は、この枠組みが崩壊し、各国が国土復興の中で自国の利益を守ることを優先に置かざるを得ない状況となり、このために地域の取り組みが遅れている、というのが現状である。

以上から、中央アジア各国は、「途上国」という扱いとは異なる、「かつて連邦として保持あるいは分担していた機能を独立国として復旧する」という意味合いがある。

(2) 中央アジア各国の国家IWRM計画の現況

中央アジア各国にとって、1991年のソ連崩壊、独立を経て、社会経済体制の復興とあらたな枠組みの構築が途上にある状態の中での、水資源管理に関する基本計画の策定は、新

たなスタートを切るという意味で、タイミング的にも重要なものとも言えよう。

中央アジア諸国の中では、国家 IWRM 計画の取り組みは、カザフスタンが一步先に進んでいる。ウズベキスタンがこれに続き、IWRM 計画の案はできており、国内の省庁の調整段階の状態、キルギスとタジキスタンはこれから策定を行う状態と推定される。以下に、インタビューにより明らかになったカザフスタンの状況を示す。

カザフスタンの IWRM 計画

国家 IWRM 計画と水の効率的利用 (Water Efficiency) の計画策定が、ノルウェー、GWP、UNDP、DFID のファンドで実施されている。(2004-2007、1.67 百万\$)

カザフスタンの水資源管理には、水関連の省庁の縦割りの弊害、水資源管理にコスト面、収入面の概念がない、水法の適用が十分でない、などの課題があり、UNDP によれば「現状では水資源を責任を持って所管する省庁がない状態」と表現されている。

これらへの対処を目指し、UNDP の支援で国家 IWRM 計画と水資源の効率的利用計画案が、2005 年 12 月に策定された。

以下は、現地調査での聞き取りによる現状である。

i) 国家計画との関連

カザフスタンでは、国内の行政改革も進み、国家予算も 3 カ年予算となり、中期的な計画に基づいた経済の安定を考慮した、財政方式となっている。

IWRM 計画は政府決定による計画採択の予定であったが、より効率的な施行を目指し、大統領令によるものとされた。国内の調整は、今後閣僚会議を経て、来年 4 月頃の大統領承認を予定している、とのことである。

ii) 枠組み

国家 IWRM 計画は 2025 年までの長期計画であり、予算に反映させるために 3 年ごとの段階に分かれている。未公表のため、具体は明確ではないが、水資源委員会でのヒアリングによれば概要は以下のようなものである。

計画は、各分野のブロックから構成される。具体には、「水位・モニタリングのブロック」、「災害防止・予防のブロック」、「水運用のブロック」、「灌漑の新たな技術のブロック」、「科学、方法学的なブロック」、「環境システムのブロック」、「農地のリストラクチャリング」、「トランスバウンダリーのブロック」などがある。

iii) 具体的内容

A) 所管官庁

所管官庁は、対象とするブロックにより各省庁が所管し、水運用は水資源委員会が所管する。灌漑用水などの全ての問題が、複合的に管理される。

このために、政府内で、水の問題全てを担当し、水関連省庁を調整する機関の新設を予定しているとのことで、これにより、複合的な水運用が可能になる。来年から、その設立のための準備を行うということであった。

B) 具体的内容

ヒアリングの範囲で確認したことは以下のとおりである。

「水運用ブロック」には、長期予測、モニタリングによる水の測定、水理施設の安全性

の状態、遠隔管理、などの項目がある。水面の監視（洪水時の氾濫など）のために衛星を打ち上げる予定もあるとのことであった。また、灌漑取水の監視と関係機関への送信もある。

水運用の取り組みとして、アラル海・シルダリア川流域水資源運用監督局(ASBVI)がアラル海近くのキズルオルダ市にある。カザフスタンでは制度改革により、「専用水資源利用許可」(RSVP, РСВП: разрешение на специальное водопользование)という制度が導入された。公営企業、ならびに民間企業の水利用者に対して RSVP により水資源利用の条件(取水量、水利用の用途等)を規定する。このために、ASBVI の本部がデータ集約センターとなり、カザフスタン内のシルダリア川(2州)のデータを扱うこととしており、この活動も水資源の効率的利用のための重要な項目になると考えられる。

また、公共企業、民間企業は将来法律に基づいて水利用者としての責任で、利用水量のデータを計測する義務を負うことが計画されている。

「水運用のブロック」の準ブロックに節水の取り組みが入る。散水技術の導入、農業全体の改革がある。水を多量に消費する米作からの転換も各地でトライされてきているが、一方で米作に慣れた農民や米作のための既存の機械をどうするか、米の伝統的食材としての価値、食料の安全性の面など総合的な対応が必要になるとのことである。農産物では、競争力のある商品が必要であることは間違いない。

インフラ関連では、水路などの老朽化の課題がある。集団農業から個人ベースの農業への変換の影響などがあり、将来はそれぞれが水路の所有者になることも想定される。

「災害のブロック」は、洪水、渇水が対象である。その他にも、塩害、地下水のレベルが高いこと、なども対処が必要とされている。

トランスバウンダリーのブロックは、地方、国、地域レベルでの水資源管理の統合化が課題であり、地域連携を考える際に重要である。

iv) 日本の協力に関して

農業省水資源委員会へのヒアリングでは、IWRM 計画の推進にあたっては、国の予算のみでは十分ではなく、支援が必要である、との状況と、JICA に対する支援の期待が表明された。

以上のように、カザフスタンの国家 IWRM 計画に関する現地調査によれば、計画は今後の国家の水資源管理の基本的方向性を定め、予算措置と各省の調整も踏まえた政策面と具体の対処について規定されており、水資源分野で日本が支援する際の基本となる計画であることが確認された。さらには、カザフスタンに於いては、近々に大統領承認を得て、計画がまさに動き出すタイミングであり、これと連想する形での取り組みを行うことが効果的であると考えられる。

以上より、シルダリア川流域は水ストレスに置かれており、周期的気候変動も重なり深刻な水不足に直面している。深刻な水不足に対処するため、シルダリア川下流国では節水プログラムの実施や栽培作物の転換による水消費量を低減させるよう努力を続けているが、食料生産量の低下は避けられない。さらに水資源争奪のリスクが高まることが懸念される。シルダリア川流域の発展のためには、水・エネルギー・食料を一体として捉えていく必要

がある。

水・エネルギー・食料を一体として捉えようとした場合、地域の水の安全保障という視点が必要となる。各国が2006年に作成したIWRMロードマップや各国の水資源管理を管轄する中央省庁へのインタビューから、とりわけ、水利用ロスを軽減したり、水環境保全や安全な水確保のために「水資源に関する情報共有化による水利用効率化」と施設の劣化診断を行い、機能回復（新規水需要に対応するための新規施設整備含む）を実施することによる「インフラの持続的管理に向けた対策」が必要であることがわかる。以下に具体的な「水資源に関する情報共有化による水利用効率化」と「インフラの持続的管理に向けた対策」を述べる。

4-5-2 水資源に関する情報共有化による水利用効率化

(1) 情報共有化の手段としてのモニタリング強化

統合的水資源管理の増進に際しては、その基礎となる水理水文情報が所定の頻度と精度で計測され、必要な伝達と処理を経て管理の基礎情報として用いられることが前提条件になる。この意味で、単なる計測分野の補強、という意味合いを超えた国家戦略上重要な意味を持つ項目である。

調査で明らかになった各国の水資源に関するモニタリングの状況については2-4-1の中で記述した。以下に概要を抜粋する。

キルギス：水源国として重要な、水資源データ観測・管理、流出予測、などの計測点がソ連時代と比較して著しく減少、関連大臣からも支援要請あり。トクトグル操作の見直しにもデータのレビューが必要。

カザフスタン：国家IWRM計画(案)の中で、「水位・モニタリングブロック」、「水運用ブロック」として明確に位置づけている。現地調査では、水質汚染が大きくなってきたため水質対策をしたいが、水質観測データが不足しているため、対策が遅れている、あるいは水管理上、シルダリア流域の老朽化したハイドロポストの改善が必要、という実態が確認された。

タジキスタン：モニタリング関連施設の多くが老朽化し、使用できない状態にある。150のハイドロポストのうち、45しか機能していない、という調査結果であった。包蔵水力を生かす開発計画への活用や、水管理への必要性は大きい。

ウズベキスタン：他の国と同様、ハイドロポストの減少、老朽化が課題である。安全な水運用をしたいが、水資源施設の運用監視ができず、水の安全性が脅かされている、という調査結果もあった。

また、近年、渇水被害の大きいカザフスタン、ウズベキスタンにおいては、渇水被害の軽減を図るために、①水循環実態の調査・解明、②渇水時の迅速かつ円滑な調整、③農業取水量の適正化が必要となる。そのためには、①から③を実施するための情報の共有化は極めて重要となる。

①水循環（水収支）実態の調査・解明

渇水時には、貯水池操作、農業用水の還元が河川流況を左右する。また、支川、水路を

通じて、農業用水が還元するため、渇水時の水利用対策に向けて、水収支の調査・解明が必要となる。

②渇水時の迅速かつ円滑な調整

渇水時の水利用調整を行うためには、平常時の河川状況（降雨量、河川流量、水質、貯水池状況）、水利用状況（取水量）を収集し、利害関係者で交換しておくことが必要となる。

③農業取水量の適正化

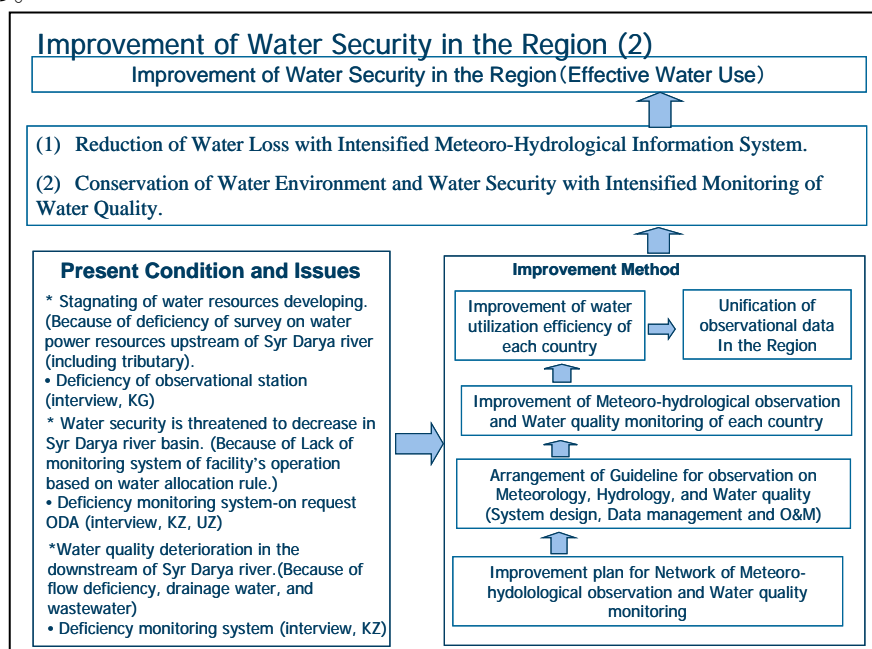
農業取水量の適正化、水利用の効率かを図るため、利害者と共同して土地利用状況、取水実態調査を行い、取水量の見直しを図ることが必要である。また、老朽化した取水施設については、機能を果たし、水ロスを削減できるようリハビリが必要となる。

(2) 情報共有による水利用効率化

下図に改善方策を示す。改善方策の手順は、

- ①モニタリングの現況評価
- ②各国水文・気象・水質観測網整備計画を策定する。
- ③観測強化のためのガイドラインを整備する。ガイドラインの種類は、システム設計、データ管理標準、施設維持管理である。仕様の選定は、将来の地域での情報共有のため早期に提案、協議し、配備に先立って決めることが必要である。
- ④ガイドラインに基づき、各国の水文・水質観測網の強化を行う。

これらを実施することにより、各国の水資源利用効率が向上する。各国の水資源利用効率の向上は、水利用ロスの軽減、水環境保全、安全な水の確保を推進すると同時に、域内の水文・気象・水質観測データの一元化の準備となる。各国毎の取り組みとしても有効であるが、域内での観測データの共有化を視野に実施すれば、さらに各国の利益が高まるものである。



4-5-3 インフラの持続的管理に向けた対策

(1) 各国の水資源管理を管轄する中央省庁の水資源管理を実施するうえで抱えている課題に関する認識（インフラの持続的管理）

シルダリア川流域の水資源施設は、旧ソ連時代に建設され、更新されていない施設が多いため、老朽化が始まっており、構造物の健全性を評価し、維持管理する技術の確立と、実際リハビリにより、機能回復することが急務である。

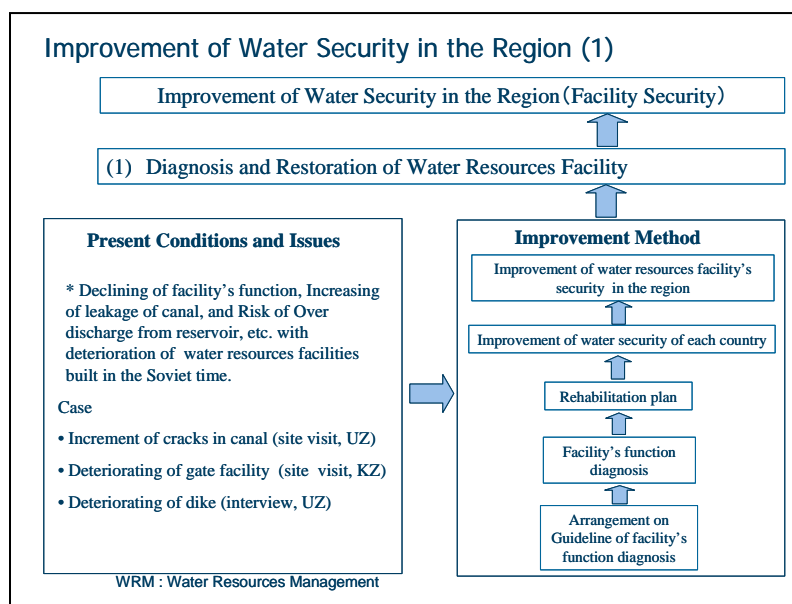
この実施のためには、①水関連インフラの現状調査、②劣化診断と評価、③補修、補強対策の実施、④長寿命化対策と維持管理技術の標準化、⑤技術者育成、が重要となる。

(2) インフラの持続的な管理に向けた対策

下図に改善方策を示す。改善方策の手順は、

- ①施設機能診断ガイドラインを整備する。
- ②ガイドラインに基づき、施設機能診断を実施する。
- ③施設機能診断結果に基づき、リハビリテーション計画を策定する。
- ④①と並行して、新規施設ニーズ調査を実施し、新規施設整備計画を策定する。

これらの計画を実施することにより、各国の水資源施設の機能回復し、水管理の効率性と施設の安全性が向上する。これは、各国が独自に進めても各国に利益をもたらすが、シルダリア川流域全体の水管理の効率性と安全性が高まるものである。



第5章 わが国の支援の方向性および方策にかかる提案

5-1 問題解決に向けた地域連携支援の取るべき方向性

5-1-1 わが国のあるべき支援の取り組みにかかる基本方針

本調査の対象とする地域は、容易に解決できない歴史的なひずみを背負っている。すなわち、独立後に自国の国作りを優先する各国にとって、旧ソ連時代に中央の統制の元、地域全体の最適化のために計画・建設された水資源と電力に係る設備の構成や運用方法は必ずしも最適ではなく、これを改善するための新たな連携枠組みの合意は、各国の既得権や利害に直結し容易でないことから、国間の調整をますます困難にしている。

問題の解決のためには、長期的な視点を持って継続的に対話を進め、徐々に理想的な姿に近づけていく努力が必要と考えられる。2005年に実施したJBIC調査では、今後の具体的な取り組みを選定していく上での留意点を提示したが、本調査ではその後の状況変化を踏まえて、下記に示す事項を基本方針とすることを提唱する。

(1) 地域内各国との継続的な対話による相互信頼関係の強化

「中央アジア+日本」対話の継続的な取り組みにより、域内各国と日本および各国間の相互信頼関係を強化していくことが問題解決の糸口になると考えられる。これを有効に活用するには、現況のアセスメントやシミュレーション解析等技術的手法を導入して計画実施時の影響を具体的に想定するなど、客観的情報を地域内で共有することにより、事実に基づいた現実的協議を側面から支援することは、Win-Win 施策の協議を推進するために有効と考えられる。

なお、地域内の対話にあたっては、特定の国を孤立させることのないよう各国の事情を理解し状況に応じた調停策を立案し協議していく必要がある。

(2) 長期的な視点に立った継続的な支援

課題が複雑で政治問題化しており、理想的な解決策が即座に受け入れられる状況ではない。従って、目標として定めたゴールに到達するために、長期的な視点に立った継続的支援の取り組みが必要と考えられる。

(3) 各国の独自性の尊重と、発展状況に応じた支援

現状では、各国とも復興の過程であり、自国の国作りを優先せざるを得ない状況にあることから、それぞれの取り組みと、経済力や資源量などの国情を尊重し、その上に立って現実的に受け入れられる具体策を検討する姿勢を取ることが、各国との対話の原点になると考えられる。

(4) 各国間に不公平感を生じさせない支援

地域間連携を支援していくためには、中立の立場を保つことによる信頼の醸成が必要である。従って、支援にあたっては、情報の透明性や、不公平感が生じないように配慮した支援の配分が必要と考えられる。また、関係各国すべてにメリットのある事業(Win-Win 施策)が望ましく、特定の国に負の影響のあるプロジェクトは選択しない、あるいは緩和策を

講ずるなどの留意が必要である。

(5) 先行している他ドナーとの協調

世界銀行、アジア開発銀行をはじめとする多くのドナーが十数年に渡って水資源・電力分野の支援を実施してきており、失敗もしている。現状で、各ドナーは今までの経験を踏まえて連携しながら継続的な支援を実施している。従って、日本が今後中央アジア地域に対する支援を拡大していくためには、まず先行するドナーと協調すること、また共同もしくは分担してプロジェクトに参画して、地域の特殊性にかかる情報やノウハウを習得しながら徐々に範囲・規模を拡大していくことが効果的な手法と考えられる。

(6) 日本の得意な分野を生かせる支援

日本が他ドナーとの協働でプロジェクトに参画する場合、日本の得意とする技術等を活かすことにより、支援効果を高めることが理想的である。

具体的には下記の分野があげられる。

① 水資源分野

- i) 水資源管理の基本となる水理・水文データのモニタリング技術支援<技術支援・インフラ支援>
- ii) 水資源関連インフラの機能診断、リハビリ、新規建設に対する支援<技術支援・インフラ支援>
- iii) 効率的な水資源管理の為に O&M の向上支援<技術支援・制度的支援・インフラ支援>
- iv) 水質保全の支援<技術支援・インフラ支援>
- v) 水利用の効率化による節水プログラム支援<技術支援>
- vi) 水利用や水配分のための組織・制度面の強化に関する支援<制度的支援>
- vii) 国家 IWRM 計画に対する支援<制度的支援>

各支援項目の位置づけは、図 5-2 の支援の進め方に示した。国家あるいは地域の水資源管理の向上のためには IWRM を導入することが効果的であり、IWRM 増進の基礎となる技術に関する支援項目が i) ~ v)、組織制度などソフト面の支援項目が vi) ~ vii) である。流域管理の面で先進国の日本の制度面、技術・インフラ面の支援は、水資源が कोरोズアップされる 21 世紀における、中央アジアと日本の連携への寄与と、将来にわたっての両者の交流に繋がる取り組みとして重要である。

② 電力分野

- i) 域内の電力供給量の増進<インフラ支援>
- ii) 水力発電所の発電運転操作計画の最適化<制度的支援・インフラ支援>
- iii) 電力需要想定量の見直し、電力開発・改修計画の最適化<制度的支援>
- iv) 電力事業の健全運営にかかる支援<制度的支援>
- v) 経済的融通スキームの導入に係る支援<技術支援>
- vi) 電源開発・設備改修などの施設支援<インフラ支援>
- vii) 省エネルギーに関する支援<技術支援>
- viii) 新・再生エネルギー

各支援項目の位置づけは、図 5-3 の支援の進め方に示した。域内の電力需要に対する電力不足が課題であり、現況の受給状況の精査から、電力開発・改修の最適化と必要なインフラ建設に結びつく支援として重要である。他方で、域内の電力取引の健全化を図る

ことや、省エネルギー、新・再生エネルギーなどの先進技術の適用も有効である。

域内は電力増が早期に必要な状況であり、このためのインフラ整備や、域内の電力融通の促進などへの日本の支援は、中央アジアにとっての課題解決に対する効果が期待され、日本との将来の関係強化に繋がる取り組みとなりうる。

5-1-2 水資源・電力分野における支援ビジョン

中央アジア地域において、水資源と電力は相互に密接な関係にある。従って、この分野の支援にかかる最適化検討は両者を併せて考える必要がある。地域内ではこのために、水資源と電力を合わせた総合的な協議の場として CACO の下に WEC を設立し、長期的なビジョンの基に各国の合意形成を進める努力がなされてきた。CACO はユーラシア共同体に吸収され、さらにウズベキスタンがユーラシア共同体を脱退する事態となっているが、各国は WEC 設立に基本的には同意しており、現時点において障害となっているのは、各国間の具体的な解釈の違いであるといわれている。

2008 年 11 月に CAREC は、エネルギー分野における地域内協力を推進していくための基礎的戦略について合意を取りまとめた。今後は、CAREC の協議の中で、WEC の設立もしくはこれに代わる具体的な合意形成が進められることが期待される。いずれにしろ、地域の水資源と電力の最適利用を協議する機関として機能するまでには、長期を要すると想定されるが、継続的な協議とこれに対する支援が必要と考える。

従って、今後の水資源・電力分野の支援は、長期的には両分野さらにこれと密接に関係する環境問題を総合的に検討することが必要だが、当面は、水分野・電力分野それぞれで、世銀が提案している長期ビジョンに照査して必要と考えられる水資源・電力の各分野の現実的な課題解決に取り組み、徐々にレベルアップさせていく支援が望まれる。

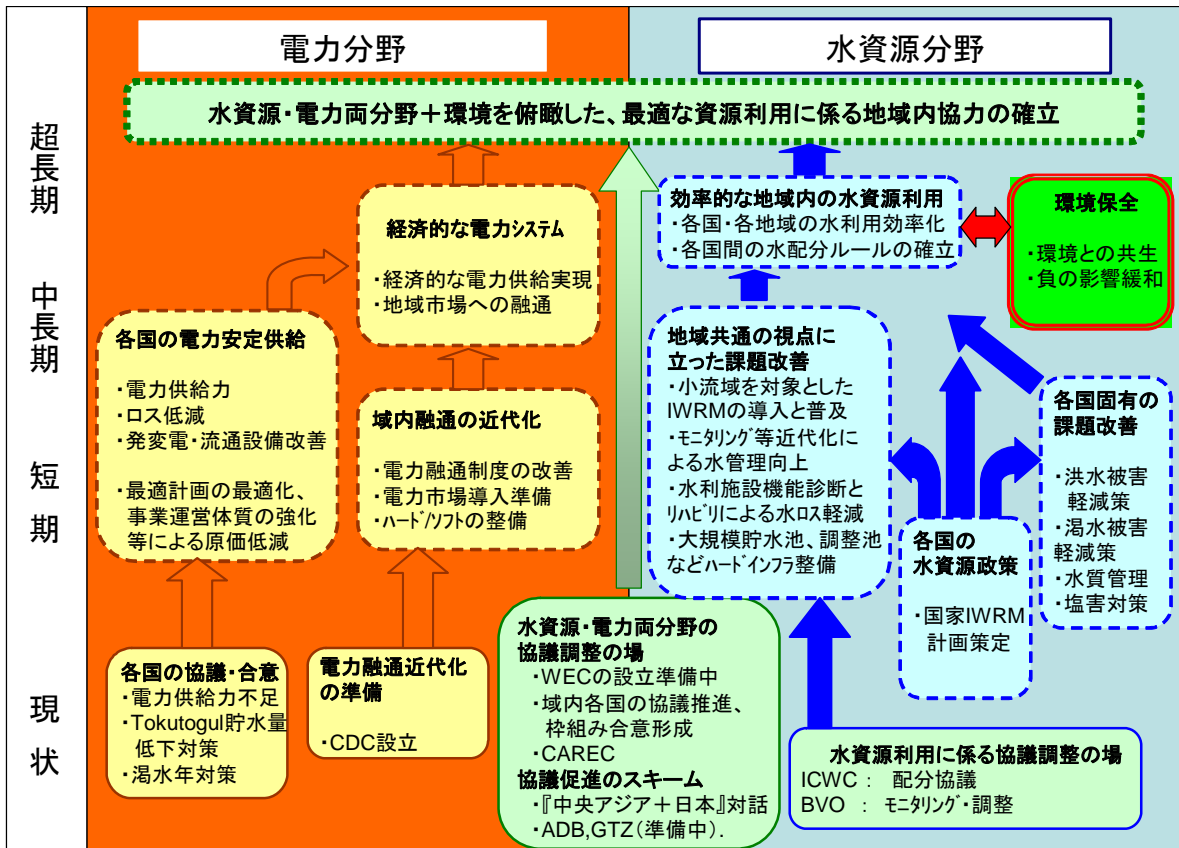


図 5-1 水資源・電力分野の支援にかかる長期ビジョン

5-2 水資源と電力分野における実現可能な支援方策

現在、中央アジア地域では上流国の電力不足によって下流国の水資源の灌漑利用に影響が出る事態が顕在化し、このために2008年には、近年具体的な合意に至らなかった各国が、協力して対応策を協議して合意し、実行する動きがでてきた。このような域内各国の協力の動きを単年度で終わらせずに継続的なものとし、さらに発展させていくことは地域安定上好ましいことであり、一方、支援国としても効率的な支援を行う好機である。従って、早期に具体的な支援を拡充することが望ましい。

水資源および電力分野における支援は、各ドナーが支援ビジョンを共通し、協調・分担して実施することが望まれる。また、地域内協力を促進する観点から、具体的な支援内容は、地域のドナー会議で協議するとともに、関係各国の共通の理解を得て選定することが望ましいので、CARECの協議や対話のスキームの果たす役割は大きい。特に日本の支援は、『事業を実施する当該国だけでなく地域全体もしくは関係国にとって効果のある事業を優先的に支援する』地域支援にかかる基本方針を明確に示し、『中央アジア+日本』対話などのスキームによって、河川流域管理および電力の地域融通による地域内協力を進めることについて各国が合意を得て進めることが望ましい。

5-2-1 水資源分野における支援の進め方

(1) 支援の進め方

水資源分野の長期的な目標は、各国においては、効率的で且つ透明・公正なIWRM（統合的水資源管理）が増進され、利水者はじめ流域の住民の利益に寄与することである。また、地域においては、各国間での水運用の合意により、各国と同様、地域全体への効果を確保することである。

水資源分野の現状は、各国レベルでは国家のIWRM計画策定やその実施に取りかかった段階である。国家のIWRM計画そのものが未策定、IWRM実施の基本である組織制度面の不備、水管理の基本データのモニタリングの不備、インフラの機能低下による非効率な水利用や水ロスの発生、水管理にあたる機関の能力不足、などに問題があり、これに対してドナーが個別に支援を実施しているが、改善されるにはさらなる長期的な取り組みが必要である。

地域に目を向けると、水運用の調整枠組みが確立されていないこと、あるいはそれが機能しないことにより、流域全体のIWRMも機能せず、洪水や渇水という水災害を引き起こしている。これらに対して1990年代後半からドナーによる調整が成されたが合意には至っていない。

これら水資源分野の課題に対する支援としては、まずは1) 流域の水運用に大きく影響する大規模貯水池の水運用計画（ドラフト）やモニタリング改善計画策定など緊急の課題への対処、2) 各国のIWRM計画を念頭に置いた各国への短期的～中期的な支援、ならびに3) 地域のIWRM向上に向けた長期的支援、の3段階がある。

地域の水資源管理の向上には、流域各国の水資源管理の向上が前提であり、緊急の課題の対処から開始して、短期・中期的課題や長期的な課題への対処まで一段階ずつステップアップしていく取り組みが必要である。

また、地域に拠点を置き、政府機関との信頼関係を築くことが支援の前提である。

各ドナーとの情報交換や、支援の協働と分担を行うためのドナーコミュニティへの参画は重要である。

これらの支援は、日本の得意分野である、水資源管理の組織制度面（利水者の調整や資金調達）の強化、きめ細かく確実な水資源管理による水利用の効率化、水関連インフラ整備やモニタリングの改善、技術的能力開発、ならびにこれら技術支援に関する専門家の派遣などの形態で実施することが望ましい。

(2) 支援実施にあたっての留意点

水資源は自然河川を流下することから、流域の一部の国や地方がその水量等を適切に管理できないと、流域の水利用全体に大きな影響を及ぼす。また、水利用の主体である灌漑用水を見ても、基本となる水量に関して、定量的なデータが入手しにくい、入手したとしても精度が悪い、などの問題点があり、客観的な検討の障害となっている。

すなわち、水資源管理は客観的で正確な情報に基づく適正な運用が基本であり、それを行うための法制度や組織の整備と強化、需要に応じたインフラの開発、利害関係者を取り込んだ意志決定や管理の進め方、正確な操作のためのモニタリングとデータの透明性確保、効率的管理のためのインフラのリハビリ、など統合的な水資源管理（Integrated Water Resources Management；IWRM）が極めて重要になる。

IWRM の増進を支援していくためには、これに関する国家計画や戦略などの策定状況や枠組みを確認し、これと適合した進め方をしていくことが重要である。

一方、具体的なプロジェクトの実施に際しては、これら全体計画や戦略とのマッチングとともに、水資源管理の実施部門である流域管理実施機関の能力強化、小規模流域から取り組みを始めそこにおける成功体験を国内や地域に普及、管理の基本となる水関連のデータモニタリングシステムの強化、旧ソ連時代に建設され老朽化したインフラの診断と機能回復、など、実践的でボトムアップ型の取り組みを行うことが効果的である。

支援案件の選定は、インフラの機能診断やリハビリ、水文・水質モニタリング強化、きめ細かい水管理と節水など、日本の優れた技術を支援に生かすことが効果的である。

流域の水運用が政治問題化している今、いきなり地域全体の水運用の取り組みばかりに焦点を当てるのではなく、各国の水資源管理の強化に繋がる国情にマッチしたプロジェクト支援からはじめ、それが流域全体に効果が波及できるように長期戦略を持った支援を実施することが望まれる。

(3) 水資源管理改善の取り組み

水資源の地域連携に関しては、水配分に係るトクトグルの貯水池運用や灌漑用水貯留に対する補償枠組みの協定と合意ができない状況が続いている。各国の利害が対立し政治問題化していることから、合意に至るには各国の継続した協議と支援の取り組みが必要である。そのような中でここ数年、流入量が連続して減少しており、各国が危機感を持って 2008 年 10 月に緊急の対処を行うこととしたのは、困難さの中での一筋の光明だと言える。

我が国としては、水資源の地域連携についての支援にあたり、地域全体を対象とした水資源分配の協議枠組みの構築と合意を中長期の目標として捉え、継続的な取り組みを行う

ことが必要である。その一方で、各国の水資源管理に関する課題の改善を、優先的なものから順次実施することで、各国の水管理のレベルと連携への意識が向上すれば、地域連携増進に結びつくと考えられる。

(4) 地域に対する水資源管理の改善や問題解決に対する支援

地域に対する支援は、各国の利害調整を必要とするため、長期的な取り組みが必要となる。各国間の利害調整を実施するためには、各国の実態を正確に把握した上で、対話の場を提供し続けることが重要となる。この際、これまでに支援実績のあるドナーと協力しての取り組みが効果的と考えられる。ADB、UNDP、GTZ などが連携の候補である。ADB と GTZ は水資源に関する新たな地域協力プログラムを立ち上げており、UNDP は各国を対象に水資源管理の国家戦略（国家 IWRM 計画）構築と実施を支援している。

支援の手順として、これらプログラムへの参画は早期にとりかかることが、情報入手などの基本事項の準備や、戦略面への参画などの面で有効であると考ええる。

EC-IFAS、SIC-ICWC などの地域国際機関と地域の強化に結びつく支援と、連携が必要である。

水資源分野の場合、各国への支援が各国の水資源の基礎インフラの整備や水資源管理能力の向上に寄与し、それが地域の連携に向かう環境整備になるものと考ええる。

各共和国は、経済発展の程度の差こそあるが独立から安定状態に向かう途上であり、日本の戦後復興時の電力・水資源開発や災害対策などと同じく、自国の復興と発展を第一義に考える時期であり、このような意味から各国への必要な支援を重視しつつ、これと連携した地域への支援の視点が必要である。

(5) 各国の水資源管理の改善や課題解決に対する支援

各国に対する支援にあたっては、水資源に関する国家戦略である「国家 IWRM 計画」を念頭に、それを構成する要素である、組織制度面の改善、水管理技術の向上、インフラ整備、水理水文モニタリングの改善、など優先順位を付けて支援していくことが効果的である。

国家 IWRM 計画は、カザフスタン、ウズベキスタンで近々に施行される見通しで、この機会にアセスメントの段階から支援に参画することが効果を上げると考える。キルギスとタジキスタンは計画に取りかかったところであるが、個別の支援を実施しながら、国家計画の構築に繋がる効果をあげることが望まれる。

各国が 2006 年に作成した IWRM ロードマップや、本調査での各国の水資源管理の所管省庁へのインタビューでは、水利用ロスの軽減、水環境の保全、水質の保全による安全な水確保、などの必要性が挙げられている。こうした課題の中から、組織制度面の改革、インフラ整備、水資源管理技術などの分野を強化することにより、水資源管理を効率化し、国家戦略を実現しながら、食料増産、安全な飲料水の確保、水災害の軽減などを通じて社会経済の発展や貧困の削減を目指すものである。

具体の支援としては、水理水文や水質のモニタリング強化など水資源管理の基本となる事項の強化への支援、老朽化した水利施設の機能診断と必要なりハビリの支援、などが取り組むべき重点課題としてあげられる。

また、大型貯水池などの支援に関しては、トクトグル貯水池下流では、迎洪水用と貯留

水の灌漑利用の目的を兼ねた調整池の建設が考えられる。カザフスタンのコクサライ調整池は今後約4年をかけて建設が予定されるが、洪水、渇水など水災害の緩和による流域の水環境の安定化に寄与する有効な手段であり、支援の候補の一つである。ウズベキスタンにも調整池建設の計画はあると推定されるが、カザフスタンとの水利用の調整、地形地質条件など、解決すべき課題もある。

各国支援は、特定の国が対象ではあるが、地域の水資源管理の向上につながる効果のある支援、地域のどの国にもメリットが波及するか少なくとも弊害を及ぼさない支援を選定することが有効である。さらに、1カ国での支援による成功事例を他国へ普及させていくことが効率的な支援につながる。

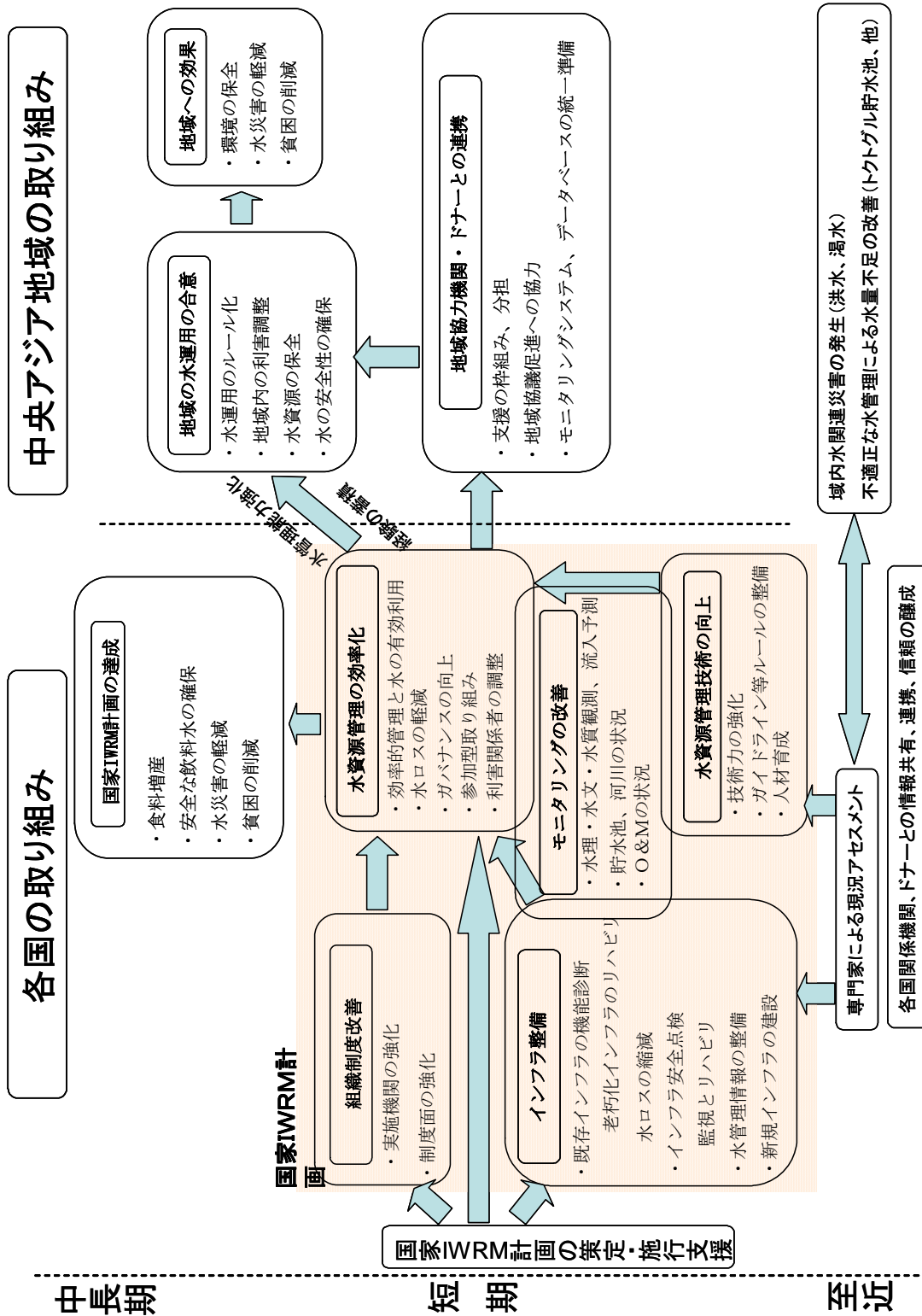


図 5-2 水資源分野における支援の進め方

5-2-2 水資源分野における優先度の高い支援の推進方法

【 No.1 】 <喫緊の課題に対する速やかな支援>

プロジェクト名称	トクトグル貯水池運用計画の強化と水理水文モニタリングシステム増強支援		
支援対象分野	水資源・電力	対象国/地域	キルギス、(カザフスタン、タジキスタン、ウズベキスタンへ影響)
背景と必要性	<p>トクトグル貯水池の操作は、近年 20 年来の渇水の中、国内の冬季電力需要を賄うのが厳しい状況下で、これと下流国の灌漑利用を考慮した貯水池操作の見直しが緊急の課題である。</p> <p>現状の貯水池操作は電力需要に応じた放流が基本であるので、これを、流入量の変動を考慮した計画的なものに改善することは、キルギス一カ国の課題ではなく、流域 4 カ国の切迫した課題であり、各国の水資源利用に寄与するものである。</p> <p>キルギスはシルダリア川の上流の水源地であるが、旧ソ連時代に比べ、水源の氷河や融雪の流入量予測、貯水池及び河川の水理水文資料のモニタリング機能が著しく低下し、効率的な水資源管理の支障になっている。</p> <p>モニタリングの中で、流入量の予測、河川流量の観測、水文観測の精度向上、水利用情報の把握と、これらデータの通信や共有化は、国際河川の管理の基本であり、貯水池運用を効率化する基本となっている。</p> <p>ア) 水利用算定の近代的な設備導入案策定、イ) 取水のリアルタイム情報化システム導入、ウ) 計測器と自動化装置の導入、などがある。</p> <p>円滑な水利用調整を行うために、平常時から河川状況（降雨量、河川流量、水質、貯水池状況）、水利用状況（取水量）を収集し、利害関係者間で交換しておくことが必要で、モニタリング強化はこの基本となる。将来の各国との共通仕様を定めることも支援の必要な項目である。</p>		
プロジェクトの目的	<p>水資源管理の基本となる水理、水文、水質資料の観測精度を向上させるため、設備の新設・情報伝達手法改善・共通仕様決定などからなる、観測設備改善計画を策定し、優先部分を実施する。併せて、既往のモニタリングデータを評価し、トクトグル貯水池への流入特性と需要評価に基づく貯水池操作基本ルール（暫定案）を策定し、関係国の協議の場に提示できるようにする。</p>		
プロジェクトの概要	<p>第一段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現状の貯水池運用方式とモニタリングデータ評価 ・流入特性と需要評価による貯水池操作基本ルール(暫定案)の検討、 ・観測設備のアセス ・気象・水文・水質観測のためのガイドライン（システム設計、データ管理、維持管理）作成 ・キルギス国内観測設備改善計画策定（共通仕様の検討） <p>第二段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・貯水池運用案の関係国への提示 ・貯水池運用組織の能力強化 ・キルギス観測設備改善 ・地域内データ共有システム改善計画策定（仕様の決定） 		
予想される便益・受益者	<p>受益者：キルギス・貯水池操作ルールを渇水を考慮したものに見直し、水利用の効率化、電力と水のバランスのとれた利用を目指す</p> <ul style="list-style-type: none"> ・氷河面積、融雪量、貯水池流入量（予測と計測）、河川流量、水質を正確に把握することにより、適正な操作計画・操作が可能、洪水・渇水被害の軽減、水環境保全、水利用の効率化への寄与。 ・さらに、将来、地域内で水文・気象観測データの共有化を図ることによりシルダリア川全体の水資源管理能力向上に貢献することを期待できる。 <p>影響：ウズベキスタン、カザフスタン、タジキスタン・・・水利用の効率化、洪水・渇水対策、モニタリングの改善の雛形・・・流域各国</p>		

支援方法	技術支援＋資金援助	支援の枠組み	JICA 専門家派遣、 JICA 技術協力プロジェクト、 資金援助（無償、円借款）
------	-----------	--------	---

【 No.2 】 <各国の重点課題に対する速やかな支援>

プロジェクト名称	国家 IWRM 計画実施支援とモニタリングの強化		
支援対象分野	水資源	対象国/地域	カザフスタン（キルギス、タジキスタン、ウズベキスタンへ影響）
背景と必要性	<p>カザフスタンでは「国家 IWRM 計画」を 2009 年早々に大統領の承認を得て施行を開始する段階である。国家 IWRM 計画は、①モニタリング、②災害防止・予防、③水運用、④新たな灌漑技術、⑤科学・方法学、⑥環境システム、⑦農地の再構成、⑧越境水管理などから構成される。</p> <p>IWRM 計画は、水資源関連の国家戦略の基本となるもので、施行に関する予算措置を連動する重要な施策である。中央アジアでは UNDP の支援で策定が進み、カザフスタンは来年春には大統領の承認を得る見通しで、このタイミングに併せて、実効のある施行に寄与する支援を行うことは効果が大きい。</p> <p>カザフスタンの IWRM 計画のモニタリング、災害防止、水運用、新たな灌漑技術、越境水管理などは、いずれも本調査のターゲットでありこの施行方針を支援することからはじめ、具体の項目のアセス、技術協力、財政支援など、次のステップに繋げることが望ましい。</p> <p>上記の水文・気象観測システムの整備は、カザフスタン国内の洪水や渇水の被害を軽減させ、効率的な水運用のために必要不可欠である。これらは将来、地域内で水文・気象観測データの共有化を図ることによりシルダリア川全体の水資源管理能力向上への貢献が期待できる。近年、地域の渇水被害も大きく、その軽減対策には、個々の節水技術と併せて①水循環実態の調査・解明、②渇水時の迅速かつ円滑な調整、③農業取水量の適正化、が必要となる。そのためには、①から③を実施するための情報の共有化は極めて重要となる。特に、平常時から河川状況（降雨量、河川流量、水質、貯水池状況）、水利用状況（取水量）を収集し、利水関係者間で交換しておくことが必要となる。</p> <p>また、現在建設が進んでいるコクサライ調整池の建設増進のための技術支援、財政支援についても実効的な支援として有効である。</p>		
プロジェクトの目的	<p>国家 IWRM 計画の施行を支援することで、カザフスタンの水資源管理の増進、課題克服を支援する。</p> <p>この一環として水資源管理の基礎となる水文・気象・水質データのモニタリングを強化することにより、その他の施策と併せて、カザフスタン国内の洪水・渇水被害の軽減、水運用の効率化、水環境保全が促進され、水の安全性確保に資する。</p>		
プロジェクトの概要	<p>第一段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 国家 IWRM 計画の施行計画支援 ・ 優先プロジェクトの選定 ・ 観測設備の現況把握と気象・水文・水質観測のためのガイドライン（システム設計、データ管理、維持管理）と設備改善計画策定 <p>第二段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コクサライ調整池建設への財政支援 ・ カザフスタン観測設備改善 ・ 地域内データ共有システム改善計画策定 ・ 人材育成 		
予想される便益・受益者	<p>受益者：カザフスタン-水資源管理の増進に向けての実施計画が增強され、優先プロジェクトやそれらに必要な技術と人材が強化される。</p> <p>個々には、河川流況、水利用、水質の正確な把握により、水利用の効率化による節水、洪水・渇水被害の軽減、水環境保全が増進する。将来、地域内で水文・気象観測データの共有化を図ることによりシルダリア川全体の水資源管理能力向上への貢献に繋がる。</p>		

支援方法	技術支援+資金援助	支援の枠組み	JICA 専門家派遣、 JICA 技術協力プロジェクト、 資金援助（無償、円借款）
------	-----------	--------	---

【 No. 3 】 <各国への重点課題に対する速やかな支援>

プロジェクト名称	水資源施設の機能診断および機能復旧の支援		
支援対象分野	水資源	対象国/地域	ウズベキスタン、(カザフスタンへ影響)
背景と必要性	<p>中央アジア各国はその水利施設が旧ソ連時代に建設されたものが多い。ウズベキスタンでは、水資源開発・管理のためのハードインフラとして、200を越える大規模・重要な水利構造物を管理している。30年以上経過した水利施設は、財政上から設備更新していないものが殆どである。水利構造物の機能劣化による事故も発生しつつあり、対策の緊急性が重要課題と認識されている。</p> <p>1999年に内閣府に設置された国家安全監査委員会（SI: State Inspection）は、重要な水資源開発・管理のインフラの安全監視を所掌している。273の水資源管理施設（54貯水池、29発電所、60幹線水路、65分土工、35ポンプ場、25水路）に責任がある。</p> <p>① これまで水運用の施設の安全性を重視してこなかった。 ② 国際河川で、重要水利構造物が壊れた場合、直接下流国へ被害を与える。これら水資源施設の安全性と信頼性の確保は、ウズベキスタン国のみならず、シルダリア川流域国全体に必要なことである。</p> <p>このように、重要な施設管理は、国を越えた地域の問題として捉えるべきであり、本案件はウズベキスタン国における支援であるが流域全体に効果のある支援である。</p>		
プロジェクトの目的	既存の水資源施設の機能診断により、水資源施設の破損による水災害リスクを軽減し、水の安全性を高め、住民の生命、資産を守る。また、機能復旧により、水資源の効率的利用を促進し節水にも寄与する。		
プロジェクトの概要	<p>第一段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現況評価 ・機能診断ガイドライン作成と機能診断 ・安全診断のモニタリングシステム構築 ・リハビリテーション計画策定とF/S <p>第二段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・リハビリテーション 		
予想される便益・受益者	<p>受益者：ウズベキスタン—水利構造物安全性確保と水災害防止、施設機能復旧による効率的な水管理による水ロスの削減</p> <p>影響：カザフスタン国—上流国ウズベキスタンの施設安全度アップ</p> <p>ウズベキスタンの節水による水利用可能量の増加。</p>		
支援方法	技術支援+資金援助	支援の枠組み	JICA 専門家派遣、 JICA 技術協力プロジェクト、 資金援助（無償、円借款等）

【 No. 4 】 <水資源管理の地域連携を目指した水資源管理効率化の中・短期的取り組み>

プロジェクト名称	小流域を対象とした IWRM 適用による水資源管理の向上		
支援対象分野	水資源	対象国/地域	シルダリア川流域4カ国から選定 注1)
背景と必要性	<p>シルダリア川の水資源管理の向上は、中央アジア地域にとり重要課題であるが、流域諸国間の水利用については合意ができず解決は困難な状況にある。これに対する直接的な支援と同時に、シルダリア川の支川など小規模流域をパイロット流域として IWRM を導入し、ここで成功体験を作り、その取り組みを国内や地域に広める手法が適用されている。</p> <p>小流域への IWRM の適用は比較的取り組みが容易であり、水資源管理の改善の成果を成功体験として示し、普及できる利点がある。さらには、関係国が水資源管理向上の実地の学習をし、経験を積むことにより、地域連携に向けての準備を進める意味で、必要性が高い。</p>		
プロジェクトの目的	<p>小流域を対象とした IWRM の適用により、当該流域での水資源管理の組織制度面、管理運用面での成功体験を作る。将来的には、これらを国内や地域に普及していくことにより、各国の国家 IWRM 計画の増進や、地域の水資源管理の連携につなげることができる。</p>		
プロジェクトの概要	<p>対象流域：シルダリア川の支川 IWRM 適用：組織制度面は、水管理調整組織の設立支援、管理費負担の調整 実管理面は、水資源施設の O&M のルール策定支援、初期運用支援 インフラ面は、管理データの観測と処理の強化、水資源管理上鍵となるインフラの建設支援</p>		
予想される便益・受益者	<p>受益者：直接的には支援対象流域の国 影響：中央アジアシルダリア流域関係諸国は成功体験の普及による便益を受ける</p>		
支援方法	技術支援 財政支援	支援の枠組み	JICA 専門家派遣、 JICA 技術協力プロジェクト、 資金援助（無償、円借款）

注1) これまで、小流域を対象とした支援はチュー・タラス流域、フェルガナ地域などで実績がある。SIC-ICWC は下流域での取り組みを提言している。流域の選定は、ドナーや国際機関との協議、関係各国との協議を踏まえて行うこととなる。

5-2-3 電力分野における支援の進め方

電力分野の長期的に目標として、域外を含む電力市場を形成して参入することが掲げられている。しかしながら市場参入のためには、域内各国が自国の電力の安定供給を実現するとともに、各国間で共通した制度・設備仕様の整備など、多くの課題解決が必要である。

現状は、域内各国の利害対立によって合意形成が進まない状況にあり、また、キルギスの電力不足に代表されるように供給力不足が顕在化している。

従って、現実的な電力分野の支援は、1)現状の供給不足に対する至近の支援、2)地域全体に対する取り組み、3)地域全体の将来を踏まえた、各国毎の取り組みに分類し、地域内各国の対話によって域内協力にかかる協議を促進する努力をするとともに、まず1)の至近の課題解決に対する支援を中心に進めながら、2)、3)の布石を打ち、徐々に取り組むのが望ましいと思われる。

各ドナーは、支援計画の段階から協議を重ね、分担して各国の支援にあたっている。また、支援が必要な事業は多くあるのに対してドナーによる支援可能な規模は限られている。従って、日本が支援を行う場合、具体的な支援内容は、地域のドナー会議で協議するとともに、関係各国の共通の理解を得て協調・分担して実施することが望ましいので、CAREC

の協議や対話のスキームの果たす役割は大きい。特に日本の支援は、『事業を実施する当該国だけでなく地域全体もしくは関係国にとって効果のある事業を優先的に支援する』地域支援にかかる基本方針を明確に示し、『中央アジア+日本』対話などのスキームによって、電力の地域融通による地域内協力を進めることについて各国が合意を得て進めることが望ましい

具体的な日本の支援分野としては、計画、電力事業運営、設計、およびこれらにかかる技術移転等に対する専門家の投入、大規模事業に対する資金的支援などが考えられる（図5-3 参照）。

(1) 現状の電力供給力不足に対する支援

現状で不足している地域内電力供給力の増加に対して、早急に対応可能な対策を講じる。対象事業の選定に当たっては、事業を実施する当該国だけでなく地域全体もしくは関係国にとって効果のある事業を優先的に支援するとの方針の下に早期実現性を考慮して選定する。

(2) 地域に対する支援

地域に対する支援は、将来のビジョン達成に向けた準備段階の取り組みと言える。将来の目標として、設立が望まれている WEC などによる地域内各国の協議を通じて、電力融通を合理化・近代化し、さらに広域の電力市場を形成して周辺国に対する電力輸出を進めるビジョンが世界銀行の調査によって示されている。これを実現するためには、関係各国の合意形成が必要であり、その上で各国に共通するインフラやソフトの導入・整備や、輸出の原資となる発電所の建設を計画的に進めることなど、長期的視点が求められる。

このビジョンは、各国間の協議を促す努力がなされているが、各国固有の事情や利害関係者から合意が得られていない。合意形成のためには、各国の現在の個別事情を踏まえ、将来ビジョンに近づけていくための実行可能なシナリオを、各国が合意する必要があると思われる。このためには、シミュレーション解析等を活用して至近および将来における各国にとってのメリット・デメリットを定量的に想定して共有することにより、各国間の具体的な協議を促進することも一案である。

(3) 各国に対する支援

将来ビジョンとして電力融通を高度化し、電力市場に参入して他国と競争していくためには、各国の電力事業を健全化することが一義的な課題である。一方で、事業健全化は、市場参入の有無と関係なく、各国にとって重要課題であり、基盤産業である電力の整備は、他産業の育成や外資企業進出のための条件整備になる等の波及効果も期待される。

地域内各国の発電・流通設備は、独立以降の経済危機の影響を受け、老朽化に加えて適切な維持補修がなされなかったために機能が低下している。また、電力ロスが大きい状況にあり、現状は電力の安定供給がなされているとは言えない。4 カ国の中でカザフスタンは分割民営化を含む組織改革を実行し、独自に長期計画を立案して対策を講じるなど合理化の観点では他国に先行している。他国も努力は認められるがなかなか改善が進んでいない状況であるので、電力事業の健全化に向けた支援が必要である。

各国に対する支援内容は、各国の国情に合わせて選定する必要があるが、総論としては、電力事業健全化・効率化を進めるために、ソフト/ハード両面の取り組みが必要である。ま

た、各国が気にかけている電力自給の確保（エネルギーセキュリティ）についてもここで勘案することが望ましい。

具体的な支援としては、経済的な電源系統開発計画の立案、既設設備の更新や効率向上にかかるインフラ整備、盗電などのロス改善にかかる事業制度の見直し、燃料確保策の検討、新・再生エネルギーの導入、省エネルギーなど、電力事業全般の課題が対象となる。これらを効率的に推進するためには、まず各国の開発計画の最適化検討を実施し、長期的な視野を持って徐々に改善を進めることが重要である。

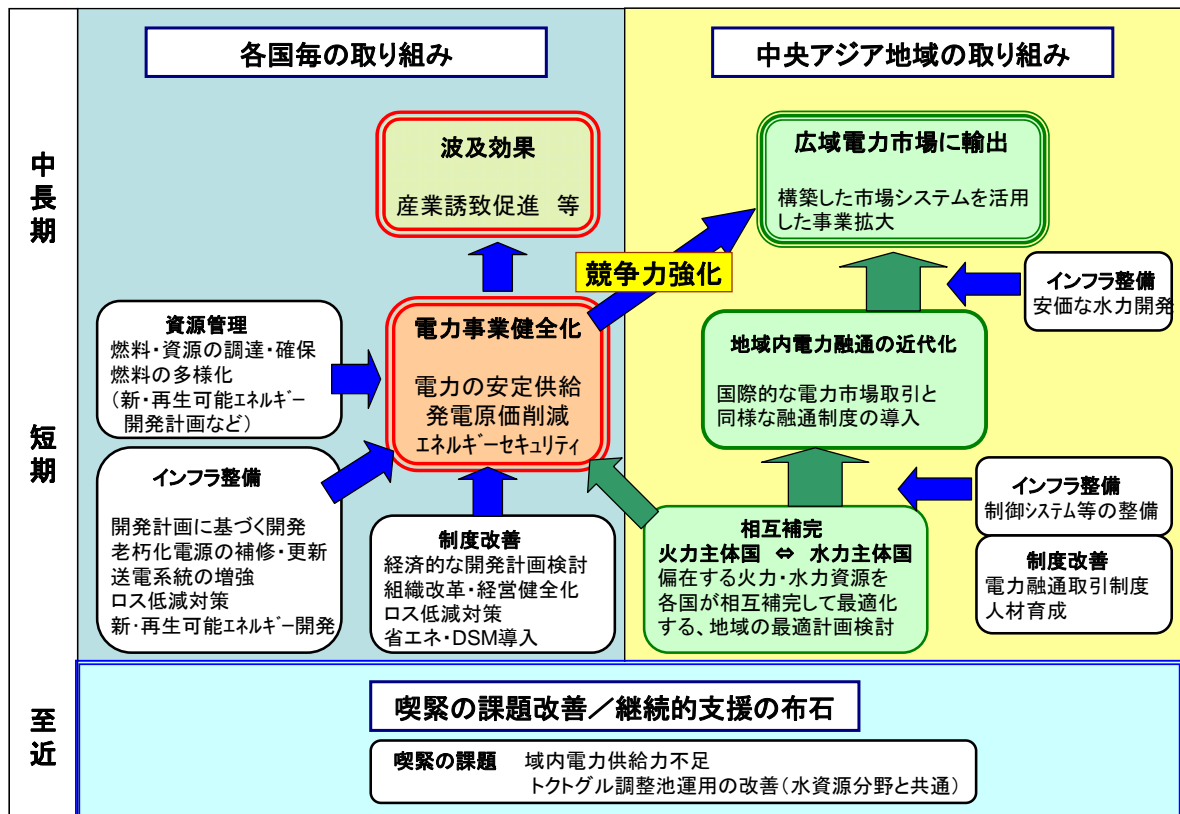


図 5-3 電力分野における支援の進め方

5-2-4 電力分野における優先度の高い支援の推進方法

(1) 電力分野における支援

第 3 章では、短中期的に取り組む必要があると考えられる支援として下記を示した。(3-7-3 節参照) このうち、i) および ii) 項は、現在の電力需給が逼迫した状況を改善するために早急を実施することが望ましい。また、その他の項目は各国電力事業健全化を促進する支援である。これらは各国の事業の実情に合わせて支援内容を決めることとなる。

-
- iv) 域内の電力供給力の増強 <インフラ支援>
 - v) 水力発電所の発電運転操作計画の最適化<制度的支援・インフラ支援>
 - vi) 電力需要想定の見直し、電力開発・改修計画の最適化 <制度的支援>
 - vii) 電力事業の健全運営にかかる支援 <制度的支援>
 - viii) 経済的な融通スキームの導入に関わる技術支援 <制度的支援>
 - ix) 計画に基づく電源開発・設備改修等の施設整備 <インフラ支援>
 - x) 省エネルギーにかかる支援 <制度支援>
 - xi) 新・再生エネルギー・地球温暖化対策にかかる支援 <制度的支援>

(2) 具体的な支援の立ち上げ方法

電力分野における日本の支援を実効あるものとするためには、まず、

- 喫緊の課題に対する速やかな支援
- 継続的な支援のための布石

に着手することが望ましいと考える。また、中長期的な課題に対する取り組みは、上記活動と平行して、支援を通じて得られる経験や知識に基づいて、必要性・緊急性・効果などを評価しながら、関係するドナーとの協力・分担を考慮して具体化し、継続的な支援を行うことを推奨する。

(a) 喫緊の課題に対する速やかな支援

各国の電力供給力不足を緩和することが急務である。このためには、発電所の新設・増設などによる増出力、地域周辺国からの電力輸入が考えられる。電力輸入は、電力供給力に余裕のある域外の国から電力システムを通じて行う必要がある。現在、カザフスタンで南北連携システムの増設が進められており、これが完成すればカザフスタン北部系統およびこれと接続するロシアから輸入することも可能となるが、容量は限られている上、多数の国が関係するので協議調整が必要となる。一方、電力を域内に新增設する場合には、立地国が主体であり、協議は中央アジア域内に限られるので、短期的対策としては現実的である。

域内の発電所新增設の対象となる計画地点は、本来は地域内の最適化検討に基づいて選定するものであるが、早期実現の観点から、計画の進んでいる地点から選定するのが現実的である。この観点から、電力供給力が不足して冬期発電放流によって下流国に洪水被害が出ている当該国であるキルギスに発電所を建設すること、および、域内の電力融通によって貢献できる下流国、特に電源開発が遅れているウズベキスタンの発電所建設を促進することが望まれる。具体的には、カンバラタ水力発電所（キルギス）、ナボイ火力発電所、プスケム水力発電所（ウズベキスタン）などに対する発電所建設にかかる、技術的・資金的支援が望ましいと考えられる。

(b) 継続的な支援のための布石

中央アジアの地域安定のためには、長期的なビジョンを目指した、継続的支援が必要である。そのための第一歩としては、地域内の電力融通を考慮した、最も経済的な電源開発計画の策定を通じて地域内各国間の協議を促し、共通認識を醸成することが望まれる。このためには、まず域内電力融通を考慮して最適化した各国の電源開発計画を立案して電力

融通の効果を再確認するとともに、その後地域内で行う詳細な協議の基礎資料を作成することから着手するのが適切と考える。

最適計画の検討は、各国の個別事情を理解し、考慮して作成する必要がある。このため、まずは電力専門家が中央アジアに駐在し、各国の開発計画や計画地点の状況などの基礎的情報や各国の個別事情を整理することからはじめ、これを基に、各国の電力技術者や計画立案実務担当者と共に、各国および地域の最適計画を検討することが望ましい。

(3) 緊急度の高い支援の具体的内容

前項で示した支援の中で、特に早急に実施が望まれる支援の具体的方法（素案）を下記に示す。なお、記載内容は現時点で技術的に必要と思われる事項であり、実施にあたっては関係機関との協議調整が必要である。

また、水資源分野の喫緊の課題として計上した、トクトグル貯水池の運用改善は、キルギスの電力にとっても重要な課題であり、現在各国の利害が対立し、政治問題化している事象に直接取り組むことになるので、取り組みに対する関係各国の理解、少なくとも強い反発が生じないような段取りが必要である。

【 No. 1 】 <喫緊の課題に対する速やかな支援>

プロジェクト名称	キルギス国 カンバラタ水力発電所の建設支援		
支援対象分野	電力・水資源	対象国/地域	キルギス（ウズベキスタン・カザフスタンの水利用に関係）
背景と必要性	<p>中央アジア各国の電力供給力は不足しているが、特にキルギスでは、2007年の厳冬による電力需要増などによりトクトグル貯水池の貯水量が減少したことから電力不足は逼迫しており、2008年冬期には30%を越える計画停電が行われている。このような状況は今後も生じる可能性が高いため早急に電力供給力を増強することが必要である。</p> <p>カンバラタ発電所は、現状で最も早く開発が可能と思われることから、建設を支援し、早期に電力供給力を増大する意義は大きい。</p> <p>また、カンバラタ発電所はトクトグル貯水池の上流に位置しているため、適切な発電および貯水池運用を行えば、カンバラタ発電所が開発によってトクトグル貯水池の冬期発電放流を削減することが可能となり、下流国で発生している冬期洪水を緩和・解消する効果が期待される。</p> <p>従って、開発当事国のみならず下流国に対しても利得が期待される事業である。</p>		
プロジェクトの目的	<p>カンバラタ水力発電所建設計画（F/S）の妥当性を確認するとともに、開発に伴うトクトグル貯水池の冬期放流量削減による下流国に対する冬期洪水被害削減効果を確認する。</p> <p>上記によって支援が妥当と判断された場合には、建設資金の援助などの支援を行う。</p>		
プロジェクトの概要	<ul style="list-style-type: none"> ・カンバラタ水力発電所建設計画（F/S）をレビュー、妥当性の評価 ・トクトグル貯水池との連携運用計画の立案 ・トクトグル貯水池の冬期放流量削減効果確認 ・建設資金にかかる支援 		
予想される便益・受益者	<p>受益者：キルギス国（至近の電力不足解消） ：ウズベキスタン、カザフスタン国（冬期洪水被害の軽減・解消）</p> <p>影響：ダム建設に伴いシルダリアの河川調整量が増加するので、水系水利用の運用方法の最適化の協議・変更が必要となる。（別途のプロジェクト）</p>		
支援方法	技術支援＋資金援助	支援の枠組み	JICA 技術協力プロジェクト、専門家派遣、資金援助（無償、円借款等）

【 No. 2 】 <喫緊の課題に対する速やかな支援>

プロジェクト名称	ウズベキスタン国 発電所の建設促進にかかる支援		
支援対象分野	電力	対象国/地域	ウズベキスタン(地域内電力融通促進により域内各国に関係)
背景と必要性	<p>中央アジア各国の電力供給力は不足しているが、上流国のみならず下流国の電力需給も逼迫しており、地域内各国とも電力融通によるメリットを共有する余地がなくなっており、効率の良い発電所の早期建設が望ましい。</p> <p>ウズベキスタンでは、現在タシケント火力の建設を JICA 円借款によって、またタシケント熱併給所の建設を進めているが、安定供給およびエネルギーの効率的利用のためには次の開発準備を進め、早期開発開始の必要がある。</p> <p>ウズベクエネルギーは、ナボイ火力発電所、プスケムカスケード水力発電所、タリマルジャン火力発電所 2 号機増設などを早期に開発する計画であるが、F/S もしくは F/S レビュー、詳細設計が必要な状況にある。特に水力発電所の建設には時間を要することから、早期に開発可能性を見極め、最適設計を固める必要がある。従って、必要な準備検討を実施し、タシケント火力の建設に続く開発計画の具体化が必要である。</p>		
プロジェクトの目的	タシケント火力発電所の次に開発する発電所建設を促進するため、候補となる発電所計画(ナボイ火力発電所、プスケムカスケード水力発電所、タリマルジャン火力発電所 2 号機増設)の F/S, 詳細設計を実施する。		
プロジェクトの概要	<ul style="list-style-type: none"> ・電源開発計画の妥当性評価、域内電力系統連携効果に対する貢献度評価 ・ナボイ発電所建設計画(F/S)をレビュー、アップデート、詳細設計 ・プスケムカスケード水力計画の調査・F/S 計画の立案、詳細設計 ・タリマルジャン増設計画の調査・F/S 計画の立案、詳細設計 ・建設資金にかかる支援 		
予想される便益・受益者	<p>受益者：ウズベキスタン国(至近の電力不足解消、エネルギー消費量・CO₂削減)</p> <p>：域内電力連携国(電力信頼性、経済性向上)</p>		
支援方法	技術支援+資金援助	支援の枠組み	JICA 技術協力プロジェクト、SAF, 資金援助(無償、円借款等)

【 No. 3 】 <継続的な支援のための布石としての支援>

プロジェクト名称	地域内各国の電力融通を考慮した各国の電源開発計画の立案		
支援対象分野	電力	対象国/地域	ウズベキスタン、カザフスタン、キルギス、タジキスタン、トルクメニスタン
背景と必要性	<p>中央アジアの電力システムは、旧ソビエト時代に形成され、地域内で電力融通することにより安定供給を実現していた。独立後は各国の利害対立により意見一致が見られないが、地域内電力融通は、安定供給のみならず燃料消費や予備力必要量の削減など、経済的にも各国にとってメリットがある。</p> <p>現状は、域内各国とも電力供給力が不足により需給が逼迫しているため、早急な電源拡充が優先されるが、中長期的には、地域内電力融通を行う条件の下で再経済的な設備構成となるように各国の電源開発計画を見直し、投資の最適化を行うことが望まれる。</p> <p>上記とあわせて、省エネルギー、新再生可能エネルギーの導入の可能性について実状を調査し、効果的な支援策を立案する。</p>		
プロジェクトの目的	<p>中央アジア各国間の電力融通が実現した場合の条件に合わせて、各国の電源開発計画を見直し、最も経済的な開発投資を可能とする。</p> <p>併せて、各国の最適計画に基づいて電力の国際融通を実施するメリットを具体的に確認し、各国の理解を深める。</p> <p>また、省エネルギー、新再生エネルギーの支援策を検討する。</p>		

プロジェクトの概要	1) 各国の既往の電源開発計画レビュー 2) 各国の電力需要想定の見直し 3) 電力融通の有無を条件とした各国の電源開発計画の最適化 4) 各国の最適計画に基づく、電力融通による地域連携効果の確認 5) 各国の省エネルギー・再生エネルギーにかかる現況調査、および今後の支援策の立案 6) 技術移転、キャパシティービルディング		
予想される便益・受益者	各国の最適開発計画の立案による電源開発投資の最適化		
支援方法	技術支援	支援の枠組み	JICA 技術協力プロジェクト 専門家派遣

面談者リスト（第1次調査）

Tashkent / Uzbekistan

年月日	訪問機関	氏名	役職	
2008/9/3	在ウズベキスタン日本大使館	平岡 遭	特命全権大使	
		外山 光弘	一等書記官	
	JICA Uzbekistan Office	Noriaki Nishimiya	Resident Representative	
		園山 由香	Assistant Resident Representative	
		山崎 潤	Assistant Resident Representative	
	GTZ	Ralf Peveling	Team Leader	
UZBEKENERGO	Shukhrat V. Khamidov	Head, Department for Foreign Investment Programs		
2008/9/4	Ministry of Agriculture and Water Resources	Zakhid A. Salikhov	Deputy Director, Foreign Investment Department	
		Ernazarov	Deputy Head, Main Department of Water Resources	
	Ministry of Foreign Affairs	Afzal Artykov	Head, SCO (Shanghai Cooperation Organization) Department	
		Aybek Isaev	Water Affairs Unit	
	Ministry of Economy	Mirzaev	Head, Cooperation with IFI (International Finance Institutions) and (EAEU) Euro Asian Economic Union	
		Mirhabibov	Deputy Head, Water and Agriculture Development Section	
		Suyundikov	Main Specialist, Cooperation with IFI and EAEU	
	Ministry of Foreign Economic Relations, Investments and Trade	Shavkat A. Tulyaganov	Deputy Minister	
		Khasan V. Khasanov	Chief Officer, CIS countries Department	
		Davron Dadakhonov	Senior Officer, Department for Registration and Monitoring of Projects	
	2008/9/5	ADB	Rustam Abdukayumov	Portfolio Management Officer
		USAID	Alexander G. Kakashnikov	Project Management Specialist
世銀		Dilshod T. Khidirov	Operations Officer	
UNDP		Ulugbek Islamov	Irrigation and Land Degradation Specialist	
		Farhod Maksudov	Environment Specialist	
2008/9/8	SIC-ICWC	Victor A. Dukhovny	Director	
		Vadim I. Sokolov	Deputy Director	
		Pulatkhon D. Umarov	Deputy Director	
		Iskander Beglov	Project Manger, Central Asia Regional Water Information Base Project	
		Denis A. Sorokin	Administrator of ICWC Information System, Central Asia Regional Water Information Base Project	
	BVO Syr Darya	Loktionov Alexander	Deputy Director, BVO Syr Darya	
	State Inspection	Shuhrat G. Talipov	Chief Specialist	
		Utkirbek Sheraliev	Senior Specialist	
		Bakhodir Uralov	Specialist	
	CDC	KARIMOV Umar	Chief Dispatcher	

Astana / Kazakhstan

年月日	訪問機関	氏名	役職
2008/9/10	在カザフスタン日本大使館	今橋啓介	参事官
		小川久典	一等書記官
		浅村卓生	専門調査員
2008/9/11	KEGOC	Sergey Katyshev	Managing Director-Development
		Nurshan K. Isenov	Chief of Development Department
		Marinina Oxana	Chief of Central Dispatching Center
	Ministry of Foreign Affairs	Kobrandin	Director, Central Asia Department
		Batorkhan Kurmanseit	Central Asia Department (in charge of Japan)
	Ministry for Emergency Situations	Yedil Abdraimov	Expert, Department of Prevention Emergency Situations & Perspective Development
		Laura Lukpanova	Main Expert, International Cooperation Department
		Dostan Ramazanov	Liaison Officer, International Cooperation Department
	2008/9/12	Water Resources Committee , Ministry of Agriculture	Anatoly Ryabtsev
Bekniyazov M. Kabekenovich			Chief of Expert
Ministry of Energetics & Mineral Resources		Turganov D.N.	Deputy Minister
		Klyakin V.I.	Deputy Director of Energetics & Cool Industry
		Azhikepov S.M.	Head of Management of Department
		Imandosov Z.M.	Director of International Cooperation Department
		Muhamediyar A.N.	Expert of International Cooperation Department

Almaty / Kazakhstan

年月日	訪問機関	氏名	役職
2008/9/15	世銀	Christophe Bosch	Regional Sector Coordinator
		Mirlon Aldayarov	Senior Infrastructure Specialist
	UNDP	Aidyn Toilybayev	Project Manager
		Iger Petrakov	Legal Advisor, IWRM Project
		Inkar Kadyrzhanove	Head of Environment & Sustainable Development Unit (Astana)
		Natolio Panechenko	Programme Analyst (Astana)
		Zhanat Alyahasov	River Basin Council Specialist
		Olga Romanova	Finance & Procurement Specialist
		Gaukhar Zhorabekova	Head of Liaison Office
2008/9/16	Ministry of Environment Protection	Berik B. Omarovich	Director, Republican State-owned Enterprise "Kazhydromet", Scientific & Production Hydrometeorological Center
		Vsevolod Golubtsov	Leading Researcher, Republican State-owned Enterprise "Kazhydromet", Scientific & Production Hydrometeorological Center
	USAID	John Iron	Director, ffice of Economic growth
		Andrew Maybrook	Deputy Director, Program Support Office
	EC-IFAS	Almabek N. NURUSHEV	Executive Director

Tashkent / Uzbekistan

年月日	訪問機関	氏名	役職
2008/9/17	Swiss Cooperation Office	Hanspeter Maag	Country Director, Kyrgyz Republic & Uzbekistan Counsellor
		Omina Islamova	Regional Water Sector Program Manager
2008/9/18	Ministry of Agriculture and Water Resources	Zakhid A. Salikhov	Deputy Director, Foreign Investment Department
		Ernazarov	Deputy Head, Main Department of Water Resources

Bishkek / Kyrgyz

年月日	訪問機関	氏名	役職	
2008/9/19	在キルギス日本大使館	井上広勝	臨時代理大使兼二等書記官	
		柴田勉	二等書記官	
	JICA キルギス事務所	Hideaki Maruyama	Resident Representative	
		Kotaro Nishigara	Assistant Resident Representative	
2008/9/22	Ministry of Finance	Tajikan Borbugulovna KALIMBETOVA	Minister	
		A. Elibekov	Assistant Minister	
		M. Baigonchokov	Head of the External Affairs Department	
		K. Nawazov	Head of the Unit in the External Affairs Department	
		R. Kunuanalieva	Head of the Budget Planning Unit	
	Ministry of Agriculture, Water Resources and Processing Industry	Arstanbek Imankulovich NOGOEV	Minister	
		K. Koshobaev	General Director of the Republican Water Department	
		A. Soltobaev	Head of the Mechanics Unit of the Republican Water Department	
	2008/9/23	Ministry of Industry, Energy and Fuel Resources	Saparbek BALKIBEKOV	Minister
			K. Saztkaziev	General Director, Electric Power Plants
A. Aytkulov			Deputy General Director, National Grid Company	
Anara Djumagulova			Head of International Relations and Investments Department	
GTZ		Andreas Clausing	Regional GTZ Representative in Central Asia	
		Martin Schafer	Assistant to the Regional Representative	
		Elena Zakirava	Assistant of the Regional Representative	
Ministry of Foreign Affairs		Ebnan Oskonovtsch KARABAEV	Minister	
		Dinara KEMELOVA	Chief of Consular-Legal Division, Consular Service Department	
2008/9/24		World Bank	Roger J. Robinson	Country Manager
	EBRD	中澤賢治	Head of Bishkek Office	
	CAIAG	Bolot Moldobekov	Co-Director (Kyrgyz)	
		Helmut Echlter	Co-Director (Germany)	
		Dira Joldubalvo	Head of Department 5: Education, Training and Scientific Co-Operations	

Tashkent / Uzbekistan

年月日	訪問機関	氏名	役職
2008/9/25	Ministry of Agriculture and Water Resources	Ernazarov	Deputy Head, Main Department of Water Resources
	SIC-ICWC	Victor A. Dukhovny	Director
		Pulatkhon D. Umarov	Deputy Director
		Denis A. Sorokin	Administrator of ICWC Information System, Central Asia Regional Water Information Base Project
2008/9/26	JICA Uzbekistan Office	Noriaki Nishimiya	Resident Representative
		園山由香	Assistant Resident Representative
		山崎潤	Assistant Resident Representative
		杉本巨	Assistant Resident Representative

面談者リスト（第 2 次調査）

Dushanbe / Tajikistan

年月日	訪問機関	氏名	役職	
2008/11/26	在タジキスタン日本大使館	中山喜弘	臨時代理大使	
		長尾広視	専門調査員	
	JICA Tajikistan Office	海保誠治	Resident Representative	
		Tomonori ORITA	Project Formulation Advisor	
2008/11/27	Committee of Emergency Situations and Civil Defense	Abdurasulov Nemat Sharifovich	Chief, Department of International Cooperation	
		Manija Ibodova	Senior Officer, Department of International Cooperation	
	Ministry of Economic Development and Trade	Valiev	Head, Department of State Investment Programs	
		Khumatov	Deputy Head, Department of Innovation and Industry Development	
		Asmutdinov	Head, Department of Cooperation with Foreign Countries	
		Norov	Deputy Head, Department of Investments	
	EC-IFAS	Rahimov Sulton	Chair, EC-IFAS Liquidation Commission	
		Khairullo Ibodzoda	Member of EC-IFAS, Tajikistan Representative	
	2008/11/28	Ministry of Energy and Industry, OJSHC "Barki Tojik"	Rashid Gulov	Deputy Chief Engineer
			Salamsho Jugeliev	Head, Department of International Economic Relations
Marat V, Vakhrushev			Deputy Head, Department of Construction of Hydro-Energy Facilities	
Ministry of Land Reclamation and Water Resources		Subhonkul Davlatov	Head, Department of Foreign Economic Relations	
		Abdukhalim Sattorov	Leading Specialist, Department of Water Resources, Science and Technology	
		Makhmasaid Isoev	Head, Department of Design and Operation of Drinking Water in Rural Areas and Grazing Areas	
		Anvar Kamolidinov	Director, Tajik Branch, SIC-ICWC	
Ministry of Foreign Affairs		Sangmahmad Zaurov	Deputy Director, Department of Asia and Africa	
ADB		Makoto Ojira	Country Director, Tajikistan Resident Mission	

Tashkent / Uzbekistan

年月日	訪問機関	氏名	役職
2008/12/1	世銀	Dilshod T. Khidirov	Operations Officer

Astana / Kazakhstan

年月日	訪問機関	氏 名	役 職
2008/12/2	在カザフスタン日本大使館	夏井重雄	特命全権大使
		小川久典	一等書記官
		浅村卓生	専門調査員
		Tatsuji Nishikawa	Project Formulation Advisor, JICA Kazakhstan Liasion Office
	Ministry of Energetics & Mineral Resources	Turganov D.N.	Deputy Minister
		Imandosov J.	Director, International Cooperation Department
Bertysbaev N.		Director, Power Development and Coal Industry Department	
2008/12/3	Ministry of Foreign Affairs	Erkin Tukumov	Director, Central Asia Department
		Aidor Abishev	Minister's Adviser
		Csulmira Sultanali	Management Head
		Aset Ualyev	Expert, Management Department Employee
	Ministry for Emergency Situations	Valeriy Petrov	Deputy Minister
		Abdrash Bektimirev	Deputy Director, Department of Emergency Situations Prevention & Perspective Development
		Yedil Abdraimov	Expert, Department of Emergency Situations Prevention & Perspective Development
		Laura Lukpanova	Chief Expert, International Cooperation Management
	KEGOC	Vladimir Osochenko	Vice President
		Nurshan K. Isenov	Director, Department of National Electric Grid Development
		Nurlan Duysenov	Chief Dispatcher, National Dispatching Center of System Operattion
		Mayra Muhamedkaly	Head, Financial Management
		Oxana Marinina	Chief Expert & Manager, Hydropower Engineering Group
		Sabit Suyundikov	Chief Expert, Department of National Electric Grid Development
ADB	Stephen Wermert	Country Director, Kazakhstan Resident Mission	
2008/12/4	Committee on Water Resources, Ministry of Agriculture	Amirkhan K. Kenshimov	Deputy Chairman
		Zhakenov Mukhtar	Main Expert

Bishkek / Kyrgyz

年月日	訪問機関	氏 名	役 職
2008/12/9	在キルギス日本大使館	飯塚裕一	臨時代理大使
		井上広勝	二等書記官
		柴田勉	二等書記官
		Hideaki Maruyama	JICA キルギス事務所, Resident Representative
		Kotaro Nishigara	JICA キルギス事務所, Assistant Resident Representative

	Ministry of Agriculture, Water Resources and Processing Industry	Koshmatov Baratali Turanovich	General Director of the Republican Water Department
		Mamatoliev Nurgazy	Director, Kyrgyz Branch, SIC-ICWC
	Electric Power Plants	Saparbek BALKIBEKOV	General Director
		Samat ALDEEV	Head, Foreign Affairs and Project Implementation Unit
	Ministry of Industry, Energy and Fuel Resources	Gulbarchin ASANOVA	Deputy Minister
		Marat MAMYTOV	Head, Department of Fuel and Power Complex
		Janna Imankulova	Leading Specialist, International Relations and Investments Department
	Ministry of Foreign Affairs	Dinara KEMELOVA	Deputy Director, International Economic Cooperation Department
		Bolot USENOV	Second Secretary, The Eastern Countries Department
	GTZ	Martin Schafer	Assistant to the Regional Representative

Tashkent / Uzbekistan

年月日	訪問機関	氏名	役職
2008/12/10	在ウズベキスタン日本大使館	茶山比呂司	一等書記官
		外山光弘	一等書記官
	JICA Uzbekistan Office	江尻幸彦	所長
		園山由香	Assistant Resident Representative
		山崎潤	Assistant Resident Representative
ADB	Rustam Abdukayumov	Portfolio Management Officer	
2008/12/11	Ministry of Agriculture and Water Resources	Ernazarov	Deputy Head, Main Department of Water Resources
		Rustam P. IBRAGIMOV	Director, Foreign Investment Department
	State Inspection	Shuhrat G. Talipov	Chief Specialist
		Utkirbek Sheraliev	Senior Specialist
		Bakhodir Uralov	Specialist
	UZBEKENERGO	Bahodir A. ABDURAHMANOV	First Deputy Chairman
		Shukhrat V. Khamidov	Head, Department for Foreign Investment Programs
Marat Mulyukov		Chief, Hydro-Technical Facilities Department	
2008/12/12	SIC-ICWC	Pulatkhon D. Umarov	Deputy Director
		Loktionov Alexander	Deputy Director, BVO Syr Darya
		Alisher Nazariy	Specialist on Water Use, Regional Water Use Section
	UNDP	Ulugbek Islamov	Irrigation and Land Degradation Specialist

主要な参考文献リスト

<水資源分野>

- 1 International Water Management Institute Progress Report 2003-2004, IWMI
- 2 The Power of Water in a Divided Central Asia, Max Spoor and Anatoly Krutov
- 3 Cooperation with the Countries of Eastern Europe and the CIS Current Projects 2004, 2004, Swiss Agency for Development and Cooperation
- 4 Regional Cooperation Strategy and Program for Central Asia Regional Economic Cooperation (CAREC) Member Countries 2005-2007, 2004, ADB
- 5 Water, Climate, Food and Environment in the Syr Darya Basin, 2003, Oxana S. Savoskul and others
- 6 USAID's Assistance Strategy for Central Asia 2001-2005, 2000, USAID Regional Mission for Central Asia
- 7 Aral Sea Basin Program Water and Environmental Management Project, 1998, The World Bank
- 8 Environmental Policy and Technology Project, 1997, US Agency for International Development
- 9 Water Productivity in the Syr-Darya River Basin, 2003, IWMI
- 10 Cooperation in Shared Water Resources in Central Asia, 2002, ADB
- 11 Water Resources of Kazakhstan in the New Millennium, 2004, UNDP
- 12 Strategic Partnership on Water for Sustainable Development, 2004, EECCA, EU Water Initiative
- 13 Stakeholder's Participation and Public Awareness in Water Management Issues of the Border Rivers Chu and Talas, 2003, Gulnara Roll and Margit Sare
- 14 Cooperative Management of Transboundary Water Resources in Central Asia, 2003, Daene C. Mckinney
- 15 National Integrated Water Resources Management and Water Efficiency Plan for Kazakhstan, 2004, UNDP
- 16 Transition to Integrated Water Resources Management in Amu-Darya and Syr-Darya Lowlands and Deltas, 2005, US State Department
- 17 The Aral Sea Basin, Evaluation of an Upstream-Downstream Conflict at the Syr Darya River, 2002, Swiss Federal Institute of Technology Zurich
- 18 Taping the Potential, Improving Water Management in Tajikistan, 2003, UNDP
- 19 Managing Transboundary Water Resources in the Aral Sea Basin in Search of a Solution, 2001, Sergei Vinogradov and others
- 20 Environmental Performance Reviews, Kyrgyzstan, 2000, UN Economic Commission for Europe
- 21 Integrated Water Resources Management - Fergana Valley (IWRM - Fergana), 2005, SIC-ICWC
- 22 Central Asia: Water and Conflict, 2002, ICG (International Crisis Group)
- 23 Joint River Management Programme, 2003, EU

<電力分野>

- 1 Energy Sector Status Report, Sixth Minister Conference CAREC, November 2007
- 2 Water Energy Nexus in Central Asia, 2004, WorldBank
- 3 A Revised Approach to World Bank and Development Partner's Involvement in the area of Water-Energy Cooperation in Central Asia, 2004, WorldBank
- 4 Central Asia Regional Energy Export Potential Study(REEPS), 2005, WorldBank
- 5 Sector Study for Power Sector in Uzbekistan, 2004, JBIC
- 6 中央アジア総合開発調査 (ウズベキスタン・タジキスタン), 2003, (社) 海外コンサルティング企業協会
- 7 Report and Recommendation of the President to the Board of Directors on Proposed Loans to the Republic of Tajikistan and to the Republic of Uzbekistan for the Regional Power Transmission Modernization Project (RRP: TAJ/UZB 35096), 2002, ADB
- 8 Optimization of the Use of Water and Energy Resources in the Syrdarya Basin Under Current Conditions, USAID, 2000

<地域全般・その他>

- 1 現代中央アジア論, 2004, 日本評論社 岩崎一郎、宇山智彦、小松久夫編著
- 2 The Devil and the Disappearing Sea: A True Story About the Aral Sea Catastrophe, Rob Ferguson

用語集

＜水資源関係＞	
死水	将来の堆砂に対応する貯水容量で、利水(発電含む)には使用できない容量。
流況	流れの状況。河川においては、流量、水位、流量と平均流速の関係等、水域の流れの状況全般を総括して流況と呼ぶ。
基底流量	無降雨時の河川流量を基底流量と呼ぶ。
＜電力関係＞	
溢水量、溢水電力量	電力需要が発電可能量に比べて少ない場合や、発電設備の点検停止や事故のために、発電せずに放流した水量、またこれを電力量に換算した量。
供給予備力	電気は、発生と消費が同時に起こるので、需要の増減に応じて発電量を調整する。従って安定供給のためには、不意の需要増加や事故に備えて、常に想定需要を上回る供給力(発電設備等)を備える必要がある。この余力を供給予備力という。
計画停電	電力需要が発電設備の供給力を上回る場合、ある地域への電力供給を計画的に停止することによって電力需要を抑制してその他地域の電力供給を確保する。また、発電に要する燃料が不足する場合にも、供給区域全域を一定時間停電する、地域を限って停電するなどによって電力需要を制限することがある。このように、あらかじめ計画して停電させることを、計画停電と呼ぶ。
系統連携	発電設備、若しくは複数の電力系統(電力システム)を送電線(連携線)によって接続し、これを通じて電力を供給すること。
国際融通	国家をまたぐ電力融通。
最大電力	電力の使われ方は時々刻々変化するが、ある期間内(日、月、年など)に発生した最も大きな電力の値を最大電力という。
最低負荷	発電設備は、電力需要に応じて発電出力を増減するが、設備上、調整範囲に限界がある。ある発電設備が発電可能な最小の出力を、その設備の最低負荷と呼ぶ。
設備利用率	発電電力量 / (設備出力 × 暦時間) × 100% で示す。
託送料金	他の者から受電した電力を、ある場所から別の場所に送ることを託送といい、託送のために支払う料金を託送料金である。
電力	電気エネルギーを使って仕事する能力の大きさをいう。kW、MW 等の単位が使われる。
電力量	ある経過時間に電流がする仕事の量をいう。これは、電力の大きさと時間の積を積算した総量として求められる。kWh、MWh、GWh 等の単位が使われる。
電力系統	多くの発電所、送配電線、変電所、負荷が有機的に密接に連携され、一体として運用されている電力システムをいう。
電力ロス	電気を発電して需要地に送るときに、電線の抵抗等のために一部が熱に変わり、損失(ロス)が生じる。電力ロスには、上記のような技術的な電力ロスの他に盗電などによるロス(ノンテクニカルロス)がある。
電力融通	電気事業者間で電力を相互に融通しあうこと。発電コストを抑制するため、高コストの発電所の利用率を下げればかの電力会社等から融通を受ける、事故時に不足する電力を融通するなどの方法がある。
負荷率	電力の使われ方を示す指数で、ある期間(日、月、年など)における平均電力の最大電力に対する比率をいい、電力消費量 / (最大使用電力 × 暦時間) × 100% で示す。例えば、日負荷率が 100% とは、一日中需要が一定であることを示している。
不等時性	異なる電力系統において、地理的な相違、天候の違い、需要構成の相違などにより、最大電力発生が同時に起こる確率は低い。これを不等時性と呼ぶ。
賦存量	ある資源の潜在的な存在量、理論上人間が最大限利用可能な量
ロードカーブ	負荷曲線。ある期間の電力需要をグラフで表したもの。
DSS、WSS	Daily Start Stop、Weekly Start Stop の略称。夜間や週末は電力需要が小さくなるので、発電設備の出力を下げる必要があるが、出力調整には技術的・経済的に限界がある。この対策として、夜間や週末に発電を停止する機能を備えた火力発電所がある。
LOLE	Loss of Load Expectation。供給信頼度を示す指標で、支障時間 / 年で示す。
SCADA システム	Supervisory Control And Data Acquisition の略称で、監視制御とデータ収集を意味する。システムとしての SCADA は、構成する機器の操作・監視やデータ管理を、操作室等から遠隔操作することが可能となる。