

---

## 第2章 水資源管理に係る現状と課題

### 2-1 シルダリア川流域の水資源管理の概要

シルダリア川流域は、上流域に建設されたトクトグル貯水池への年間平均流入量約 120 億 m<sup>3</sup> (1991 年～2007 年平均) に対して、有効貯水容量が 140 億 m<sup>3</sup> と大きく、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。

トクトグル貯水池が建設された旧ソ連時代には、中央政府の統制のもと、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。

共和国独立後は、これまでの補償措置としての燃料供給が市場価格の導入で高騰したこと、冬期の発電放流の必要性から放流モードを灌漑モードから発電モードに変更せざるを得ない上流国の事情があること、などから枠組み維持が困難になり、各国は自国の水資源と電力の確保を優先せざるを得ず、補償措置の枠組みが働きにくくなっている。このような状況下で、上流国は冬期の逼迫する電力確保のために、トクトグル貯水池の冬期発電放流を余儀なくされ、冬期の下流での河川水の溢水とこの裏返しの夏期の渇水発生などの問題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努力されているが、水資源と電力資源としての水需要に対して水供給が不足する状況から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。

プロトコルの基本は、旧ソ連時代に決められた割当量に基づいており、シルダリア川からの水利用は、ウズベキスタンが 50.5%、カザフスタンが 42%、タジキスタンが 7%、キルギス国が 0.5%を基本としている。

シルダリア川の水運用に関しては、1998 年に締結された「シルダリア枠組み合意」が当初の合意となっている。これは USAID の支援によるところが大きいですが、2000 年代初頭の水運用を巡る上述の状況変化により、各国の調整にもかかわらず実施には至らなかった。その後は、関係国間でプロトコルに署名し、運用をすべく進めてきたが、2003 年からはこれも遵守が困難になってきている。

最近の動きとして、ADB や GTZ が、新たな地域の取り組みを開始し、これを地域に広めようとしている。すなわち、「小さな流域を対象とした支援から始めて、その経験を他の流域に普及するなかで、地域の水管理の増進を目指す」という方策であり、現実的な取り組みとして、小流域の越境河川で取り組まれている。

地域の電力問題は、水源国である上流国で水力発電が主体であることから、水資源と表裏の問題である。コラム 2 に示したように、キルギス国での電力需要も経済発展とともに増加しており、発電量の増加が必要な状況である。

しかしながら、今回の調査中にウズベキスタンが地域の電力網から抜けるという動きも伝えられ、これに対処するためには新たな送電線の敷設など、電力供給への対処が必要になっている。

\*\*\*\*\*

## コラム2 ナリン川の流況とトクトグル貯水池の運用（2008 年度報告書より）

### (1) トクトグル貯水池の運用の特徴

図 2-1 に 1991 年から 2008 年までのトクトグル貯水池への月平均流入量、図 2-2 に対応する期間における同貯水池の貯水容量の経年変化を示す。ナリン川流入量は融雪出水が主であり、基底流量は 200m<sup>3</sup>/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、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。

流入量の連続的な低減の結果、2008 年 4 月下旬に記録した 64 億 m<sup>3</sup> の貯水容量は近年 18 年間の最低値であり、死水（Dead water）容量である 55 億 m<sup>3</sup> を差し引けば、総有効容量 140 億 m<sup>3</sup> に対して約 9 億 m<sup>3</sup> のレベルまで減少したことになる。図 2-3 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<sup>3</sup> 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<sup>3</sup> 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<sup>3</sup> であれば、約 40 億 m<sup>3</sup> の貯水量の減少が生じることになる。

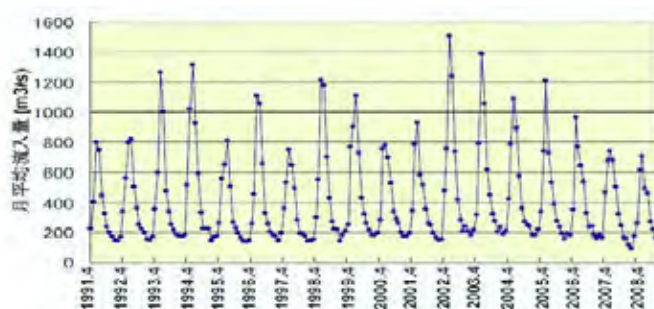


図 2-1 トクトグル貯水池の 1991 年から 2008 年までの月平均流入量

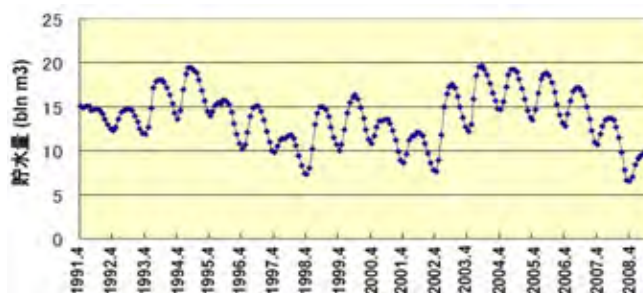


図 2-2 トクトグル貯水池の 1991 年から 2008 年までの貯水容量の経年変化

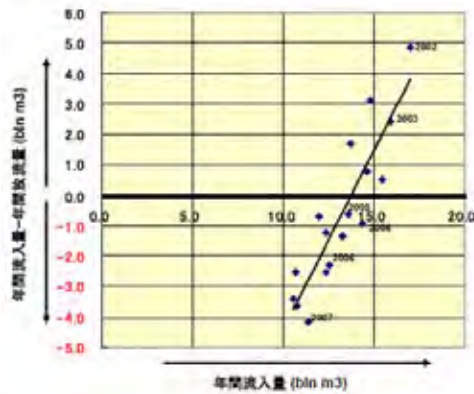


図 2-3 トクトグル貯水池の 1991 年から 2008 年まで年間流入量と年間貯留増減量(年間流入量一年間放流量)

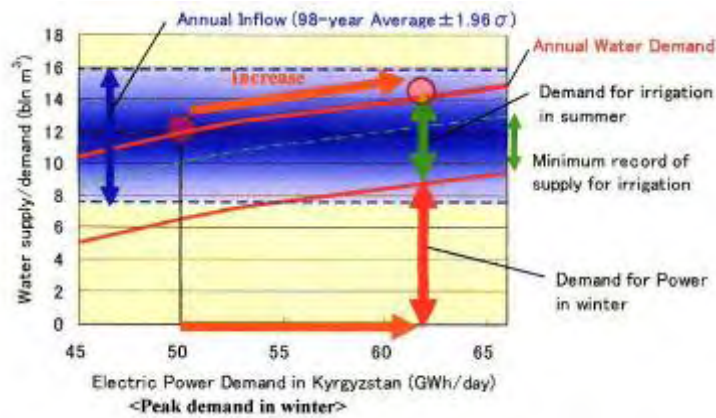


図 2-4 トクトグル貯水池の流入量と水需要のバランス(灌漑期)

## (2) 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

### 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 2-4 には、年間流入量(平均値と変動範囲)と水需要の関係を、キルギス国の電力需要をパラメーターとして概略の特性を示した。横軸は 1 日あたりのキルギス国の電力需要量(冬季のピーク値)、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の水需要量を示している。年間流入量は、平均値(約 120 億  $m^3$ )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 2-4 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 50GWh/日付近で交差する。即ち、電力需要が 50GWh/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、近年のキルギス国の電力需要は増加し、昨年冬のピーク需要は 60GWh/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。よって、平均年の流入量よりも 20 億  $m^3$  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、貯留量が減少する確率が増すこととなる。ちなみに、年間流入量約 10 億  $m^3$  は非灌漑期の発電量のほぼ 5GWh/day の増加に対応する。

\*\*\*\*\*

---

旧ソ連崩壊後のシルダリア川の水配分は、ICWCにより調整されている。ICWCは、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年に設置され、その傘下に河川流域管理機関（BVO-シルダリア）を設置している。キルギス国、タジキスタンにおいても、ICWCの水運用の基本取り決めに基づきシルダリア川の水資源管理を実施することになっている。

ICWCの報告（[http://www.cawater-info.net/syrdarya/water\\_e.htm](http://www.cawater-info.net/syrdarya/water_e.htm)（2010年3月1日））によれば、シルダリア川の水資源量は平均37.2km<sup>3</sup>/年である。そのうち越境水となる水量は平均27.6km<sup>3</sup>/年であり、そのうち平均21.1km<sup>3</sup>/年をICWCが調整している状況である。表2-1-1にICWC（2010年3月1日現在）が公開しているシルダリア川流域の水資源量と越境水量の平均値を示す。

シルダリア川の主要な施設の管理と調整はBVO-シルダリアが実施することとされている。さらに、BVO-シルダリアは、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。またBVO-シルダリアは、シルダリア川の水資源施設の実運用面（治水、利水、発電）を支えている。

現在ICWCが取り組んでいる主な課題は、「人口増加による人口問題」、「環境へ配慮した水利用」、「水とエネルギーの域内融通」、「各国の事前調整のない水資源インフラの建設」、「気候温暖化の影響」、「域内水問題の解決の仕組みと手続き」、「域内の水文・気象データの交換」、「域内の経済統合の方針とプログラム」、「地域レベルの水利用予測の改善」である。

\*\*\*\*\*

**コラム3** カザフスタン、キルギス国、タジキスタンおよびウズベキスタン間のシルダリア川における水とエネルギーの利用に関する協定（2006年）

「カザフスタン、キルギス国、タジキスタンおよびウズベキスタン間のシルダリア川における水とエネルギーの利用に関する協定（2006年）」は、1993年に、カザフスタン、キルギス国、ウズベキスタン、タジキスタンおよびトルクメニスタン間で、越境水の利用と保全について共同管理を実施することが合意された協定に基づくものである。

この協定は、シルダリア川とその主要支川であるナリン、カラダルヤ、チルチック、アングレンおよびケレスの表流水の利用に関する国家間協定である。協定の目的は、シルダリア川流域の水とエネルギーの有効利用を約束およびナリン-シルダリア川の貯水池運用方法の取り決めについて、明らかにしておくことである。

この協定によれば、各国の水配分はカザフスタン42%、キルギス国0.5%、タジキスタン7%、ウズベキスタン50.5%と決められている。また、トクトグル貯水池の利用可能水量は、水量の少ない年は8.9bln m<sup>3</sup>/年、水量の多い年は14.9bln m<sup>3</sup>/年とされている。なお、長期平均流入量は11.9bln m<sup>3</sup>/年とされている。

\*\*\*\*\*

表 2-1-1 シルダリア川流域の水資源量と越境水量

単位 : km<sup>3</sup>/year

	キルギス国		カザフスタン		タジキスタン		ウズベキスタン		シルダリア川流域	
	合計量	越境量 (Transboundary River flow)	合計量	越境量 (Transboundary River flow)	合計量	越境量 (Transboundary River flow)	合計量	越境量 (Transboundary River flow)	合計量	越境量 (Transboundary River flow)
ナリン(Naryn)	14.544	12.831							14.544	12.831
カラダルヤ (karadarya)	3.921	2.06							3.921	2.06
フェルガナ盆地の 河川 (River of Fergana Valley)	6.04	5.4			0.855	0.7	0.91	0.8	7.805	6.9
中流の河川 (Rivers of midstream)					0.15		0.145		0.295	0
チルチック (Chirchik)	3.1	3.1	0.749	0.749			4.1	2	7.949	5.849
アクハンガラン (Akhangan)							0.659		0.659	0
ケレス(Keles)			0.247						0.247	0
アリス(Arys)			1.183						1.183	0
下流の河川 (Rivers of downstream)			0.6						0.6	0
合計	27.605	23.391	2.779	0.749	1.005	0.7	5.814	2.8	37.203	27.64
百分率	74.2	84.6	7.5	2.7	2.7	2.5	15.6	10.1	100.0	100.0

"http://www.cawater-info.net/syrdarya/water\_e.htm" (1 Mar 2010)提示された数値をもとに作成。

---

## 2-2 キルギス国の水資源管理の概要

### 2-2-1 政策、法・制度

#### ①Water Code (コラム 4 参照)

キルギス国の水関連の基本法としては、「Water Code」が 2005 年に施行されている。Water Code の目的は、水利用調整、水の保護と水資源開発、適切で安全な水供給と環境の保護、水に関する財源準備、などを規定することである。これら目的の実現のために、水資源管理の基本原則、国家水政策の規定、水資源に関し権限を有する国家機関の設立、国家の水戦略と水資源利用計画、表流水・地下水の利用と料金の支払い、水資源の保全、水資源やダム安全性への対処、水経済部門と農業部門の調整、水利用基金の設立、などについての原則を確立している。

#### ②Road map (コラム 5 参照)

Water Code を受けて、2006 年に水に関する主要な政府機関による IWRM 原則の実現のためのロードマップが UCC-Water、UNDP、UNEP、GWP などの支援の元に策定された(文献 1)。これに基づく組織制度の構築が行われている。水資源関連の中心機関として、国家水管理局(SWA: State Water Administration)が位置づけられている。2009 年 12 月に設立された天然資源省傘下の「水資源庁」がその役割に相当する組織であると考えられ、今後水資源庁の元で水管理に関する政策が計画・立案され施行されていく見込みである。

以上のように、キルギス国は国家として水資源管理の効率化の方針を定めており、このための法整備、組織構築を実施するとともに、水資源管理の基本となる水資源の状況と利用を対象としたモニタリング設備、データベース整備に重点を置いている(コラム 5 の太字部分)。

#### ③現況の取り組み

また、上記の「水経済部門と農業部門の調整」に関しては、調査団がキルギス国訪問時の 10 月に組織改編があり、農業水資源省(Ministry of Agriculture, Water Resources and Processing Industry)の水経済局(Water Economy Department)が、農業省と天然資源省に分割される、という動きがあったばかりである。水管理に関しては、流域ごとの管理に移行する動きがあり、タラス川流域を手始めに、流域計画(Basin Plan)を順次策定していくことを計画している。この Basin Plan の策定には、信頼のおける水文・気象、ならびに水利資料が必要である。

水利用の効率化、水管理の向上を目指して統合水資源管理の取り組みの必要性が認識されており、ボトムアップの取り組みとして、水利組合の設立が進んでいる。これら水利組合を束ねる組織としてフェデレーションを設立し、水管理のオーナーシップを持たせようという戦略がある。

文献 1: Road Map Planned Steps Towards Realization of the IWRM Principles and rationale of the essential activities in the Kyrgyz Republic 2006, UCC Water 他

\*\*\*\*\*

#### コラム4 Water Code について

Water Code の目的は、キルギス国民に、適正で安全な水供給を保証するため、水の利用、保護と開発の分野で水関連の規制を行うものである。

これを達成するため、本 Code は、水資源管理の原則を下記に関して設立する。

- ・ 水資源と水管理に関する国家組織の権限
- ・ 水資源の利用に関する国家水戦略と計画策定の手法（表流水、地下水、使用料支払い）
- ・ 水資源の汚染と枯渇からの保護を規定
- ・ 水資源とダム安全性に関する緊急事態対応の準備
- ・ 水経済と灌漑部門の調整
- ・ 水基金の利用とオーナーシップの準備
- ・ 国家水監視 など

本 Code の第 3 章に水資源モニタリングと計画が位置付けられており、この部分の概要を下記に示す。調査団提案の水資源管理の推進（本報告書 第 4 章の図 4-3-1）と照らしても、モニタリングが流域計画の基本となり、それが水資源の有効活用によるキルギス国の利益につながると位置づけられていることがここから読み取れる。

以下に本 Code の構成を抜粋して示す。

#### 第 1 章 概要

Water Code の目的と内容

#### 第 2 章 水資源管理における組織の権限

大統領、政府、国家水協議会、流域委員会、国家水管理局、国家環境保護局、他の組織の水に関する権限

#### 第 3 章 水資源モニタリングと計画

##### 第 17 条 水資源の国家モニタリング

1. 本 Code に則り、国家水協議会、国家環境保護局、国家水理地質局が任務を全うするために国家水委員会は効果的な水資源管理を可能にする
2. 以下のキルギス国のデータの観測、収集、解析、データ伝送に際して政府は関連水部門を調整
  - ・ 水資源の量、水資源の水質、水利用、水質目的の基準の遵守、洪水、泥流、渇水のリスク、水のエコシステム、水資源に影響する大気の状態
3. 国家水協議会の提案に基づく指導
  - ・ 水資源のモニタリングの手法と基準
  - ・ 国家水管理局と国家環境保護局へのデータ提供のフォーマットと時期
4. モニタリング情報を基に、国家水台帳を形成する

##### 第 18 条 国家水戦略

1. 国家水協議会は大統領の承認のための国家水戦略を準備する
2. 国家水戦略は国家水基金の構築と保全に関するあらゆる計画・プログラム・資料・決定ならびに行動の策定を準備する
3. 国家水戦略は下記の事項を用意する
  - ・ 水資源の量と質、ならびに全ての経済部門による利用
  - ・ 環境や国際協定を考慮に入れて使用しない水資源の量
  - ・ 各経済部門の短期、中期、長期水需要
  - ・ 組織制度、管理面の調整
  - ・ 水需要に有効な新技術と戦略
  - ・ 流域計画を考慮した流域間の水融通

##### 第 19 条 国家水経済プログラム

1. 政府は国家水経済プログラムと投資を実施
2. 国家水経済プログラムは下記の建設、リハビリ、近代化を含む
  - ・ 灌漑排水システム、・ 水力発電所、・ 都市用水供給、・ 農村水供給、下水処理
3. 政府は 5 年ごとに国家水経済プログラムをレビューする

##### 第 20 条 水資源の開発、利用と保護のための流域計画

1. 国家水管理局は主要流域の流域計画を策定
2. 流域計画案は流域委員会が策定し国家水協議会が承認する
3. 各流域計画の説明
  - ・ 水不足、渇水、洪水、汚染、ダム決壊、とこれらのリスク回避
  - ・ リスクの高い地域の特定

- ・ 既往の保護地域のレビュー
  - ・ 洪水と泥流の危険地域の指定と活動の制限
4. 流域計画の補足
- ・ 流域内の水量、水質の評価
  - ・ 現在と将来の水利用の規定
  - ・ 追加の水利用量の評価
  - ・ 環境と人間のため必要な水の規定
  - ・ 投資と融資の必要性と財源
  - ・ 水の優先利用と水利用の制限
  - ・ 農業用地保護のための堤防補強、ダム
  - ・ 河川からの礫の流出地域の規定
5. 国家水管理局は（地域住民が参加した）流域計画策定の手法を確立する
6. 国家水管理局と関連機関は本 Code に規定された事項を満たすような、適用可能な流域計画を支援
7. 各流域計画は関連する流域委員会により 5 年ごとにレビューし国家水管理局の承認を得る

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

**コラム 5** キルギス国 IWRM のロードマップ

2006 年に UCC-Water, UNDP, UNEP, GWP などの支援で策定。以下の項目が示されている。

1. Managerial Capacity Building（能力強化）
  - ①キルギス国 Water Code の枠組みの中で国家水管理局(State Water Administration)を設立  
水資源管理と国家政策の国家レベルと国際レベルでの能力強化、水資源管理に関する省庁の調整、対外調整  
国家水会議(National Water Council)の事務局、**水資源のモニタリングと報告、国家の情報システムの開発、実施等**
  - ②State Water Inspection の設立による水資源の状況と利用の監督  
国家水政策の効果的計画・実施に資する水資源の状況と管理のデータベース設立、他
2. Creation on the legislative and political environment for the IWRM  
(IWRM のための法的、政策的環境の構築)
  - ①キルギス国の国家水戦略の構築と実施  
キルギス国の国内、国際水政策の方向付け  
水災害・自然災害の防止策
  - ②Water Code を実現するための個別法

\*\*\*\*\*

**2-2-2 組織体系・人員・予算**

キルギス国では、調査団が訪問中の 2009 年 10 月に組織改編があり、農業水資源省の水経済局が、①水資源政策を担当し、政府の水管理を中心的に所管する「水資源庁（Water Resources Agency）」と、②農村における水管理や水路のインフラ管理を所管する「国営灌漑公社」に分割された。

これとともに水資源庁は、天然資源省 (Ministry of Natural Resources) の組織下に入った。水資源庁は、水資源に関する国家の政策、管理を統括していく組織であり、国営灌漑公社は水経済局所管の施設の維持管理を実施していくこととされている。水資源管理に関する国際協力は「水資源庁」が所管である。

以下に、水資源管理との関係が強い水資源庁とハイδροメットの組織、人員、予算、ならびに産業・エネルギー・燃料資源省 (Ministry of Industry, Energy and Fuel Resources) (以下「エネルギー省」という。) と JSC 電力 (Joint-Stock Company Electric Stations) の組織を



---

示す。なお、水資源庁によれば、緊急事態省傘下のハイドロメットも天然資源省傘下に組織編成する方向で調整中とのことであった。

## ①水資源庁および州水経済局（チュイ州およびナリン州）

### [水資源庁]

#### －組織体系・人員（組織改編後）－

水資源庁は現在 30 人程度の定員がついている。2010 年 2 月の調査時点では、水資源庁の組織構成は確定していないものの、水文・水利など水資源のモニタリング、水資源の統合的利用と保護、技術政策や投資、法務と国際協力、農村地域の水供給などを所管するものと想定される。キロフ、パパン、オルトトコイの 3 つの貯水池も所管することとなった。下部組織としては流域を単位とした 5 つの水資源流域管理局を今後組織化し、ここが流域管理の実施機関となると想定される。予算面では、当面水経済局の予算の一部を流用しているが、2010 年度の水資源庁の予算はこれから予算要求するということであった。本報告書では今後の取組みに関することは「水資源庁」の名称を用い、組織や予算などの調査項目は旧組織のものを掲載している。

#### －組織体系・人員（組織改編前）－

表流水の水資源管理は、水利用の大半が農業用水であることから、実質的に農業水資源加工産業省が担っており、省内の主務担当局は水経済局であった。水経済局は、水経済システムの計画・設計、構造物・建築物・技術設備の設計と建設、ならびに水利用政策に基づく計画・運用を実施していた。また水経済局は、流域と地域の水資源管理の事業を策定し、下部機関である州水経済局と科学研究機関を所管していた。

水経済局の組織体系を、図 2-2-2 および図 2-2-3 に示す。水経済局では、重要な構造物の建設事業を直轄事業として実施する一方、水利用計画策定や水配分許認可などの行政機能を担っており、水資源の実管理は州水経済局が担当していた。特に、水経済局内の水消費・国内水配分・水資源課では、1) 水量および水消費量の記録、2) 気象観測の側面から水資源の管理と計測の支援、3) 水関連事項および越境水路における水配分の提案の準備等の国際協力、4) 水管理施設および災害防止のためのモニタリング、5) 合理的な水消費と経済的合理性のための水利権付与および合理的な水分配に基づく複合的な水消費の整理を担っていた（水消費・国内水配分・水資源を担当する課は、事務官 4 人、技術者 3 人、スペシャリスト 1 人で構成されている）。

キルギス国には、7 つの州（チュイ、タラス、イシククル、ナリン、バルケン、ジャララバード、オシュ）があり、各州の水経済局が州内の水資源の実管理を担っている。

#### －水利観測－

水利観測については、実際に水運用を行う各地域のライオンが実施している。ナリン州水経済局ならびにライオンへの聞き取り調査を実施した結果を以下に示す。

・ナリン州には、41 の観測局がある。これらの観測局は全て水路に設置され、州の下部

組織であるライオンが管理しているが、うち半数は改修が必要な状態である。

- ・観測局の設置は、予算配分を決定する国の了承が必要であり、簡単に増やすことはできない状況にある。
- ・ナリンライオンの予算は、約 32.5 百万 com/年であり、このうち施設運営管理費は約 4 百万 com である。水利観測は、施設運営管理費の一部を使って実施している。なお、ナリンライオンの予算約 32.5 百万 com/年には、徴収した水利用料金約 488 千 com が含まれている。

－予算（組織改編前）－

2006 年から 2008 年の水経済局の予算を概観すれば、全体予算は 3 年間で 1.5 倍に増えている。人件費については 2.6 倍に増え、職員の処遇改善が実施されていることが読み取れる。2008 年の水経済局の予算を見てみると、主な用途は、全体の 57%を占める「人件費+電気利用費」、28%が事業費である。水経済局が水管理実施機関であるにもかかわらず、事業費が全体予算の 28%と比較的小さいのは、実管理を州水経済局が担っていることに起因する。水経済局と州水経済局の予算構成の違いは、水資源管理の計画監督を担う水経済局と施設管理等の実管理を担う州水経済局の役割の違いによる。こうした財務状況の中で、水資源管理体制を強化していくためには、水経済局と州水経済局の強化が最も効果的な手法である。具体的には、水経済本局と州水経済局を C/P として水資源管理の政策や計画の策定能力を強化することにより、水資源管理のための組織能力を高めることである。改編後の組織で言えば、水資源庁と水資源流域管理局がこれに相当する機関である。

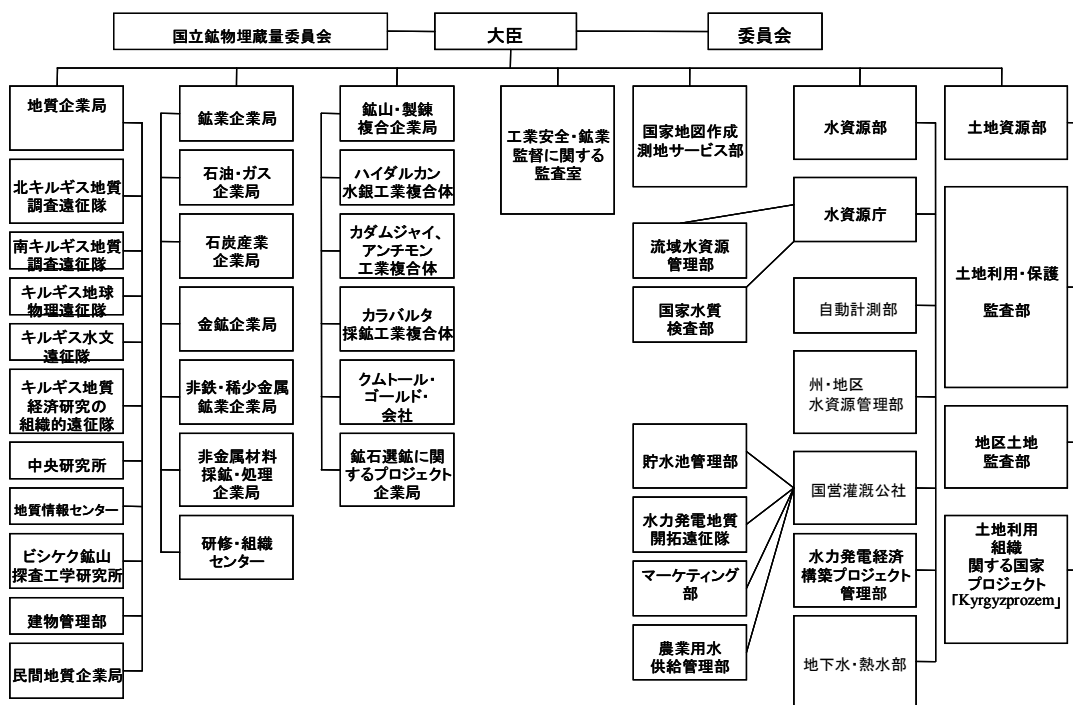


図 2-2-1 組織改編後のキルギス国天然資源省の組織

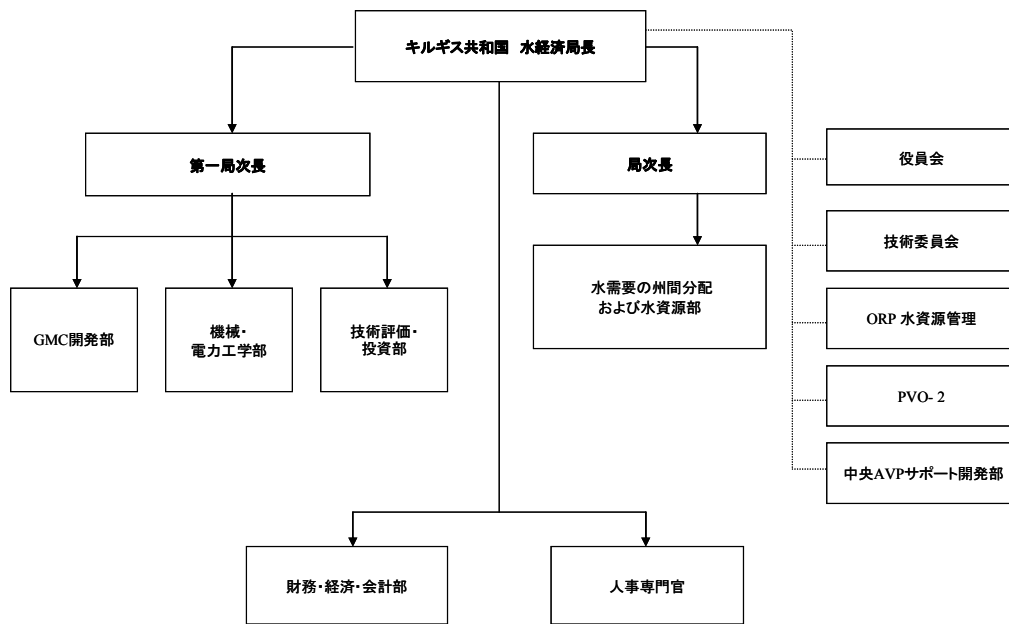


図 2-2-2 キルギス国水経済局の組織（2009年10月組織改編前）その1

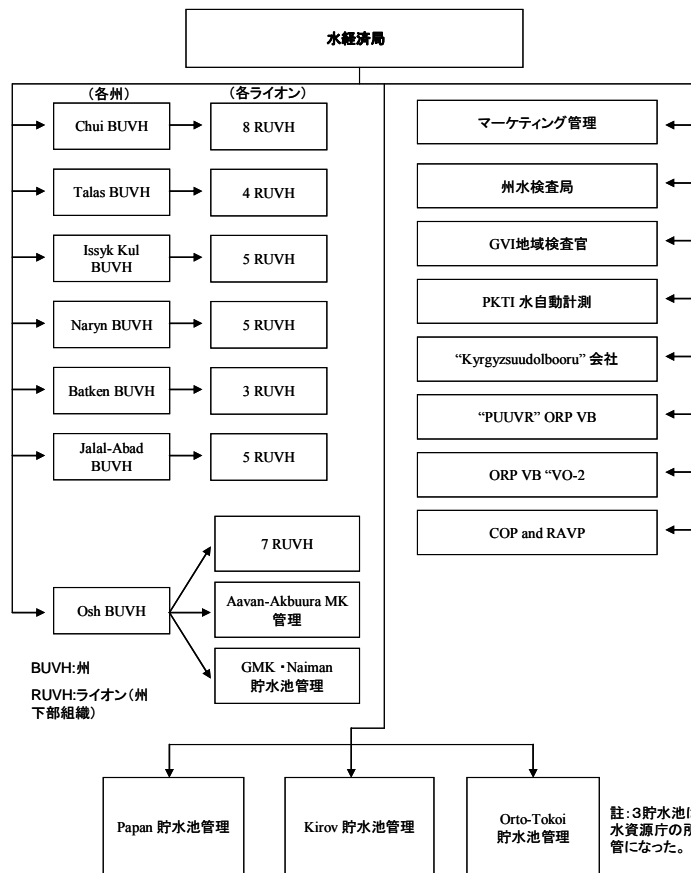


図 2-2-3 キルギス国水経済局の組織（2009年10月組織改編前）その2

表 2-2-1 キルギス国水経済局の予算

費目	2008年 予算額 [千com]	2008年 全体比 (各費目/ 合計)	前年度比 (2008/ 2007年)	2007年 予算額 [千com]	2007年 全体比 (各費目/ 合計)	前年度比 (2007/ 2006年)	2006年 予算額 [千com]	2006年 全体比 (各費目/ 合計)
人件費	148,785.4	0.30	1.9	76,989.4	0.17	1.4	56,686.6	0.2
社会基金／公債	28,191.3	0.06	1.8	15,503.4	0.04	1.3	11,875.0	0.0
旅費	994.1	0.00	0.9	1,073.2	0.00	1.0	1,035.0	0.0
事業費	141,876.8	0.28	1.0	146,731.6	0.33	1.1	128,079.2	0.4
賃貸料	0.0	0.00	0.0	45.0	0.00	1.0	45.0	0.0
交通費	9,606.0	0.02	0.6	15,759.0	0.04	1.4	11,404.0	0.0
その他のサービス費	13,628.4	0.03	0.6	21,127.5	0.05	0.7	28,708.1	0.1
営繕費	120,106.8	0.24	0.8	159,610.0	0.36	1.5	103,148.4	0.3
機械設備費	35,925.8	0.07	6.8	5,285.9	0.01	29.4	180.0	0.0
合 計	499,115.3	1.00	1.1	442,125.0	1.00	1.3	340,801.3	1.0

\* 1com = 2.03 円 (2009 年 10 月 1 日時点)

以下に地域レベルの水資源管理の事例としてチュイ州水経済局、ナリン州水経済局の状況を示す。

#### [チュイ州水経済局]

##### ー組織体系・人員ー

チュイ州の灌漑面積は約 32 万 ha (うち約 4,600ha は利用されていない) であり、全国の灌漑面積の約 1/3 を占めている。全取水量は、約 1,235 百万 m<sup>3</sup> (うち約 206 百万 m<sup>3</sup> は地下水) である。

チュイ川の水を灌漑に使うための 3 つの灌漑水路 (大チュイ水路、大チュイ西水路、大チュイ南水路：幹線水路総延長は 364km) を運用している。これらの水路には、山間部からの 12 の支川流入量も取水している。

チュイ州の職員数は 2010 年 1 月 20 日現在で 1,056 名であり、水資源管理を担うチュイ州水経済局 (ライオンを除く) の人員は 406 人である。州内の水資源管理は、チュイ州水経済局と 8 つのライオン (ケミン、チュイ、イスイク・アタ、アラメディン、ソクルク、モスクワ、ジャイル、パンフィーロフ) が担当し、幹線水路及び貯水池を管理している。構成人数は、図 2-2-4 に示すとおりである。なお、幹線水路及び貯水池部門の多くはチュイ州水経済局の職員による兼務である。

水利用者の組織として、104 の水利組合が設立されており、その内 78 が機能している。2005 年までは数を増やしてきたが、現在ではそれらの質の向上を図っている段階である。各ライオンの長が水利組合間の水運用調整を行っている。これらを集約して州の水利用計画を作成する。各水路への水配分は、州水経済局長と各ライオンによる締結された契約 (毎年 1 回) により実施される。ただし、取水状況に応じて、配分の見直しを実施される。配分の見直しは、ハイドロメットから毎月提供される河川流量データ (チョンケミン等の 5

河川の観測所のデータ、また、水経済局で計測する 3 地点のデータ) を基に実施されている。

— 予算 —

チュイ州水経済局の水管理のための人件費および施設維持管理費用は、約 90 百万 com であり、このうち国の予算が約 67 百万 com、特別資金約 23 百万 com である。約 90 百万 com のうち人件費が約 47 百万 com (全体の 52%)、施設の運用が 43 百万 com (全体の 48%) である。



注：この組織図の「幹線水路及び貯水池部門」にチュイ州水経済局職員 406 名の多くが配属されている。

図 2-2-4 キルギス国チュイ州水経済局の組織

表 2-2-2 キルギス国チュイ州水経済局の水管理のための費用 (2009 年)

地区水経済局の名称	水管理費合計 [千com]	水管理費内訳		水管理費のうち人件費 [千com]	水管理費のうち人件費の占める割合[%]
		国家予算 [千com]	特別資金 [千com]		
ケミン地区	3,088.4	2,076.7	1,011.7	1,651.2	53.0
チュイ地区	5,861.5	3,667.0	2,194.5	2,361.5	40.0
イスイク・アタ地区	8,112.1	2,659.4	5,452.7	3,510.8	43.0
アラメディン地区	6,431.9	2,374.4	4,057.5	3,362.4	52.0
ソクルク地区	6,917.5	3,323.1	3,594.4	3,725.0	54.0
モスクワ地区	6,007.9	3,496.5	2,511.4	3,616.8	60.0
ジャイル地区	8,252.2	5,637.9	2,614.3	3,017.4	37.0
パンフィーロフ地区	3,719.8	2,251.8	1,468.0	2,498.0	67.0
チュイ国家水経済流域管理局	41,882.4	41,394.8	487.6	23,510.1	56.0
合計	90,273.7	66,881.6	23,392.1	47,253.2	52.0

---

## [ナリン州水経済局]

### －組織体系・人員－

聞き取り調査によれば、州水経済局が州全体の水資源管理を統括し、その傘下のライオン、さらにはライオンの下のアイルオクマトウが水管理の実務を実施している。ナリン州水経済局本部には、15名の職員が配置され、そのうち水管理実務を担当する職員は4名である。ナリン州水経済局全体の組織構成図と人員構成については、情報を得ることができなかった（聞き取り調査によれば、各州水経済局の基本的な構成は似ているという）。

水利用者側は、水管理の単位組織として水利組合の設立が進行中であり、700余の水利組合が設立され、これらをフェデレーションが統括している。フェデレーションは水管理を担うが、将来的には独立採算制を目指した組織である。水利用量の申請は、灌漑期前に、水利組合がある地域は水利組合経由で州水経済局へ、水利組合がない地域は直接州水経済局へそれぞれ行い、調整を経た後決定される。

灌漑用水利用者から水利用料金を徴収する制度があり、ナリンライオン内の水利用者から徴収する水利用料金は  $0.01\text{com}/\text{m}^3$  である。これは地域の農業生産性の低さを考慮して、国による規定の  $0.03\text{com}/\text{m}^3$  より低く設定されている。水利用料金は協議会により決定される。

協議会のメンバーは水利組合により決定される。協議会のメンバーは、農民、アイルオクマトウ役員などで、水利組合により決定される。

2010年2月の調査によれば、中央省庁再編を受けてナリン州水経済局の業務の再編も近々実施される可能性があるとのことであった。

### －予算－

ナリン州水経済局の年間予算は、47～48百万comであり、このうち中央政府から46～47百万com、特別資金（水利用費）から1百万comである。このうち約6百万comが人件費、施設補修費等を含む水管理予算である。

ナリン州水経済局の下部機関であるナリンライオンの全体予算は32.5百万comであり、そのうち揚水のための電気料金と施設管理費はそれぞれ4百万comと17百万comであり、人件費を除く維持管理費用は全体の約65%となっている。

ナリンライオンの予算は、32.5百万com/年であり、このうち徴収した水利用料金は488千comである。用途は、9千haの灌漑地にポンプ送水するための電気料金が17百万comと過半を占める。その他に、施設管理費4百万com、整備状況に応じて支出するポンプ修繕費などがある。なお、ナリンライオン内の水利用者から徴収する水利用料金は  $0.01\text{com}/\text{m}^3$  に対し、ポンプ送水料金は  $0.4\text{com}/\text{m}^3$  であり水利用料金の40倍である。

旧ソ連時代と比較して予算が減少しており、エンジニアが流出も見られる。昨年、給与水準が少し上がったが、職員に対する処遇改善は遅れている。

\*\*\*\*\*

**コラム6** チュイ州とナリン州の概要

**チュイ州**

主要都市：ビシュケク市、人口：803,200人（2009年）、世帯数：206,000世帯（2009年）、面積：20,300km<sup>2</sup>（1999年）、標高範囲：700-2,040m（1999年）

チュイ州にはソ連時代から中心地である首都のビシュケク市がある。産業別人口は第一次産業が最も多いが、キルギス国内では第二次産業の割合が最も高い。

**ナリン州**

主要都市：ナリン市、人口：257,800人（2009年）、世帯数：51,000世帯（2009年）  
面積：45.2km<sup>2</sup>（1999年）標高範囲：2,040-2,840m（1999年）

ナリン州は、高地の広がるキルギス国の東部に位置し、標高の上昇にともない降水量が上昇し、冷涼な気候となる。そのため、夏の家畜の放牧に適しているが、高地で農業に適さない土地が多い。産業別人口は第一次産業が最も多い。

参考文献：National Statistic Committee of the Kyrgyz Republic（2000）、（2009）。梶浦（2009）"クルグズ共和国における農牧業の地域的特性"、地球環境研究、Vol.11、pp139-149。

\*\*\*\*\*

## ②緊急事態省ハイドロメット庁

### ー組織体系・人員ー

キルギス国内における水文・気象観測は、緊急事態省（Ministry of Emergency Situation）に所属するハイドロメット（State Agency of Hydromet）が担っている。

ハイドロメットの設立目的は、1)自然災害から国民を守るための自然環境モニタリング、2)自然環境の汚染の情報の提供、3)気象・農業気象・水文の状況、自然環境汚染の体系的な分析と情報集約、雪崩に対する準備とリストの作成などを実施することである。これらの目的を達成するために、全国の気象、水文、雪崩、氷河、農業気象状況、作物状況等を観測し、これらの情報の収集、蓄積、分析、提供を実施している。ハイドロメット本庁の出先機関として、各地域の観測データを集約する統合センターがある。統合センターは、管轄する各観測局のデータを収集・整理し、ハイドロメット本庁のコミュニケーションセンターへ伝送する役割を担っている。図 2-2-5 に、ハイドロメットの組織図を示す。ハイドロメットの観測データは、ハイドロポスト（観測局）→統合センター→コミュニケーションセンター（ハイドロメット本庁）の順に伝送され、集約されている。

### ー予算ー

2006年から2008年のハイドロメットの予算を見ると、全体予算は3年間で1.9倍に増えている。人件費と諸経費については2.3倍に増えており、これからは職員処遇の改善の取り組みが確認できる。しかし、全体予算の76%（2006年）から92%（2008年）を「人件費＋諸手当」が占め、観測施設維持管理費が全体予算の3%であることから、さらなる予算増強が必要であると考えられる。

長官からは、政府に対する予算増の強い要望、大統領への実態説明などによる職員処遇改善と観測網強化の要請活動が紹介された。さらに、予算要求、実力・実績重視の人事に

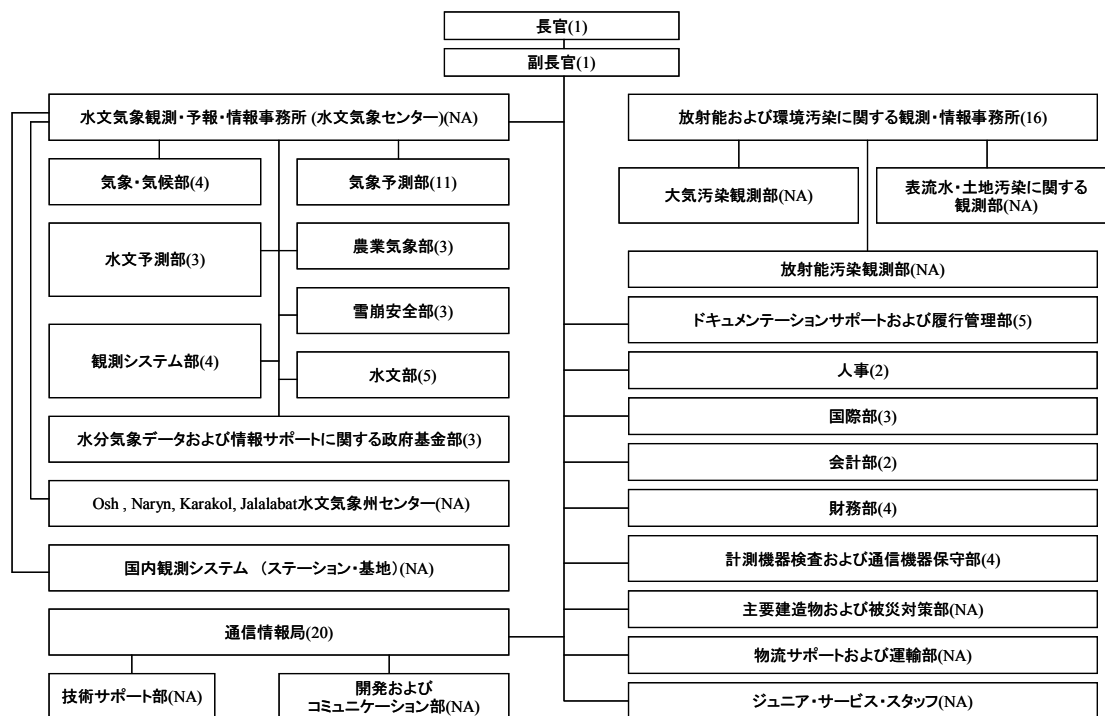
よる組織活性化などの取り組みも確認できた。観測施設維持管理費も総額としては十分な予算とは言えないが1.5倍に増加していることから、組織として改善に動いていることが読み取れる。

2008年の予算で、全体の92%が人件費と諸経費で占められていることは、まずは職員の賃金改善を観測体制維持の緊急重点対策と考えた結果であろう。

こうした財務状況の中で、観測体制を強化していくためには、施設管理を可能な限り軽減できるような方策をとる必要がある。具体には、劣化・老朽化した観測機器の更新にあたっては、①維持管理の負担が比較的少ない伝統的観測機器による再建支援と、②観測計器の検定・修理を自ら実施できるシステムに対する支援、が効果的と考える。

①に関しては、流速観測等の計測は、計測手法や維持補修のノウハウが蓄積されている伝統的な機器での再建を基本とし、維持管理への新たな負担を少なくする。

②に関しては、観測機器の検定・修理を自ら実施するシステムを強化することである。特に、流速計などの観測機器は、定期検定が必要となるため常に一定量の検定業務が発生し、検定時に発見した不具合は修理が必要となる。維持管理費軽減のためには、職員による検定や修理が可能（部品購入は行わない）な機器の検定・修理は直営で行い、高度な技術を有する修理のみ製造会社へ依頼することが効果的である。これに対応するため、観測機器の機材供与の他に、検定・修理設備の配置と技術者の育成プログラム支援を図ることが効果的な対応策である。



( )内は職員数

図 2-2-5 キルギス国ハイドロメットの組織 (2009 年 10 月)



表 2-2-3 キルギス国ハイδροメット予算

費目	2008年 予算額 [千com]	2008年 全体比 (各費目/合 計)	前年度比 (2008/ 2007年)	2007年 予算額 [千com]	2007年 全体比 (各費目/合 計)	前年度比 (2007/ 2006年)	2006年 予算額 [千com]	2006年 全体比 (各費目/合 計)
人件費	27,050.7	0.79	1.4	18,845.3	0.85	1.46	12,870.0	0.72
諸手当	4,600.0	0.13	6.6	700.0	0.03	1.08	650.0	0.04
諸経費	632.6	0.02	0.8	802.0	0.04	0.91	879.6	0.05
通信費等	311.8	0.01	0.7	468.8	0.02	0.31	1,507.2	0.08
観測施設維持管 理費	1,079.5	0.03	2.9	371.3	0.02	0.60	620.0	0.03
燃料費	300.0	0.01	2.1	140.4	0.01	0.67	210.0	0.01
施設更新費	183.8	0.01	0.2	875.0	0.04	0.75	1,170.0	0.07
合 計	34,158.4	1.00	1.5	22,202.8	1.00	1.24	17,906.8	1.00

(出所) キルギス国ハイδροメット

\* 1com = 2.03 円 (2009年10月1日時点)

### ③産業・エネルギー・燃料資源省

#### ー組織体系ー

エネルギー省の役割は、産業、安定したエネルギー供給、エネルギー消費調整、エネルギー供給組織の監督、産業・エネルギー・燃料に関する環境整備促進を実施することである。特に水力発電による電力供給は、主要なエネルギー供給源であるため、水力発電量可能量を予測するための水文観測データや貯水池への流入量予測データの精度の向上が望まれている。組織図を図 2-2-6 に示す。

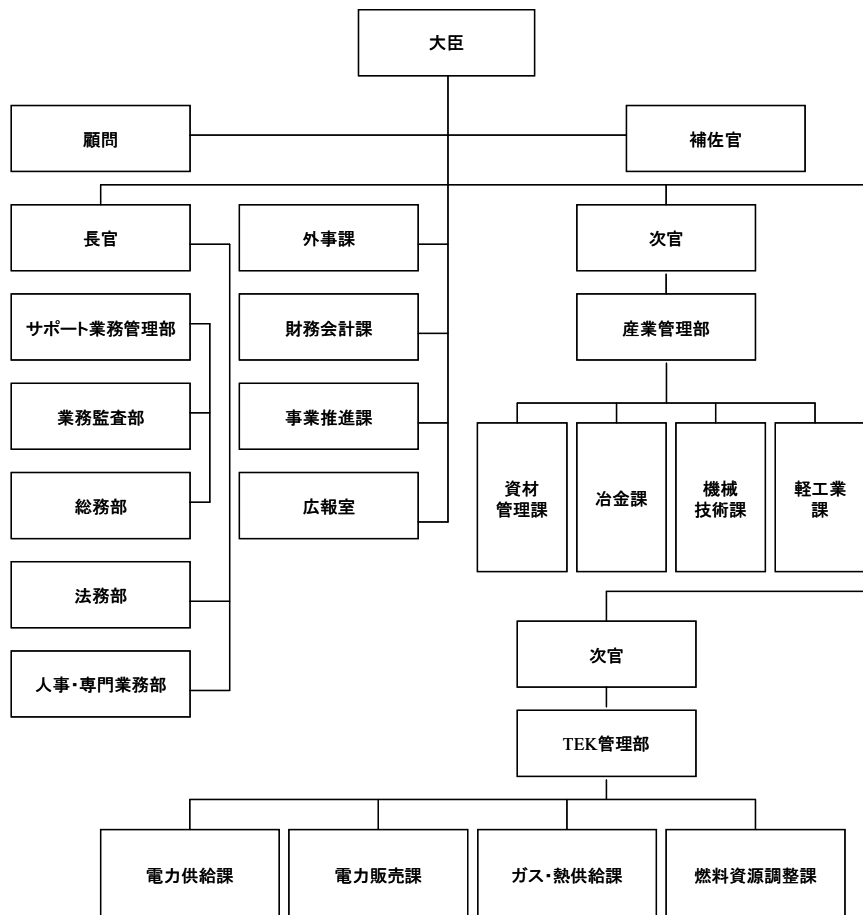


図 2-2-6 キルギス国産業・エネルギー・燃料資源省の組織（2009 年 10 月組織改編前）

#### ④JSC 電力（Joint Stock Company Electric Stations）

##### －組織体系－

JSC 電力は、8 つの発電所をもち、3.64MW を発電している。キルギス国の電力供給の約 90%は水力発電であり、水力発電所を運営する JSC 電力にとって、水力国発電量可能性を予測するための水文観測データや貯水池への流入量予測データは、必要不可欠である。JSC 電力は、トクトグル水力発電所の運用を担っており、貯水池への流入量や流入予測などの必要なデータはハイドロメットから入手している状況である。組織図を図 2-2-7 に示す。

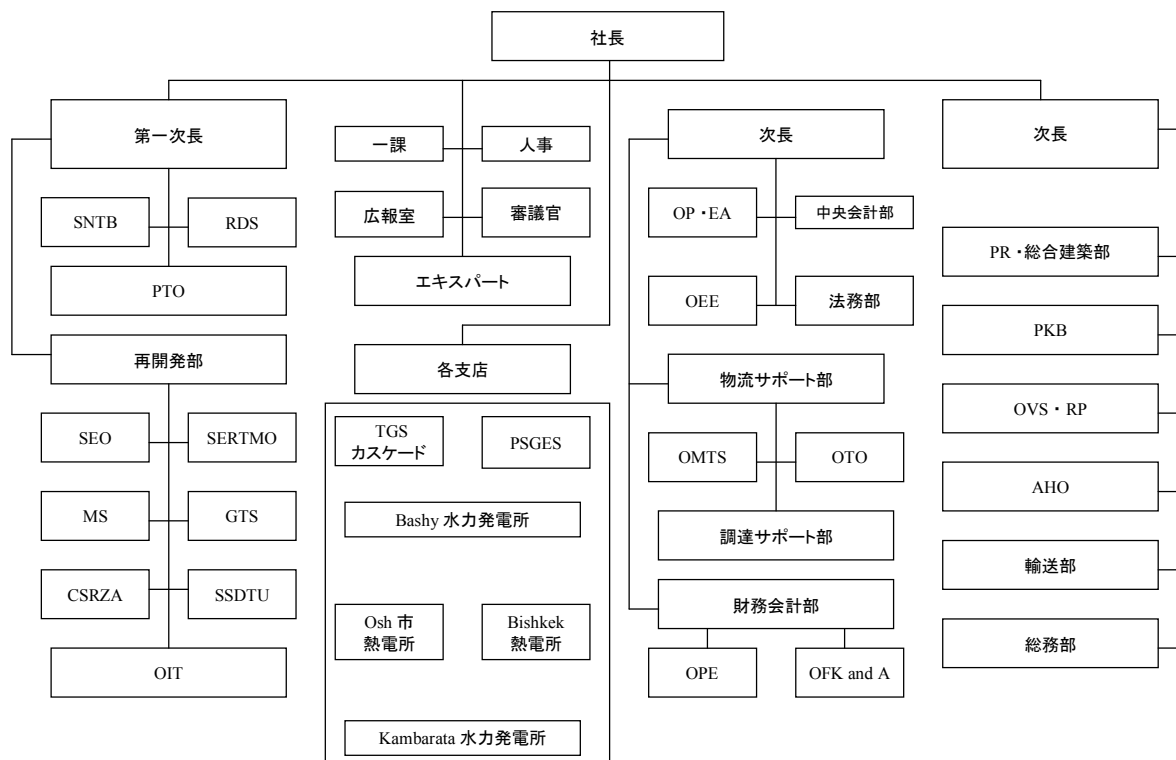


図 2-2-7 キルギス国 JSC 電力 (Joint Stock Company Electric Stations) の組織

### 2-2-3 水文・地質の概要

#### ①水文の概要

中央アジアの気候は、冬季に発達するシベリア高気圧と偏西風による低気圧擾乱の相互作用によって大枠が決められ、山岳地形の配列によって生じる局地的な降水の違いによって特徴づけられる。キルギス国の年平均気温分布を図 2-2-8 に示す。全般的に盆地部では 6 月から 9 月は暑く乾燥した気候となり、12 月から 2 月にかけて平均気温は零度以下となるが、およそ標高 3,000m を越えた山岳部においては、年平均気温が零度以下となっている。

降水は 12 月から 2 月にかけて多く、山岳部では雪となって積もる。河川流量に占める上流からの流量ソース別のピークは、融雪が 4 月から 5 月、氷河（融解）が 7 月となっている。図 2-2-9 にキルギス国の年間降水量分布を示す。また、図 2-2-10 と図 2-2-11 には蒸発量分布と蒸発能分布をそれぞれ示す。キルギス国水問題及び水力発電研究所 (Institute of Water Problems and Hydroelectric Power, National Science Academy of Kyrgyz Republic) では、数値モデルにより流域係数（単位：liter/km<sup>2</sup>・sec）を求めている。入手した流域係数分布を図 2-2-12 に示す。

AVERAGE ANNUAL AIR TEMPERATURE OF KYRGYZSTAN

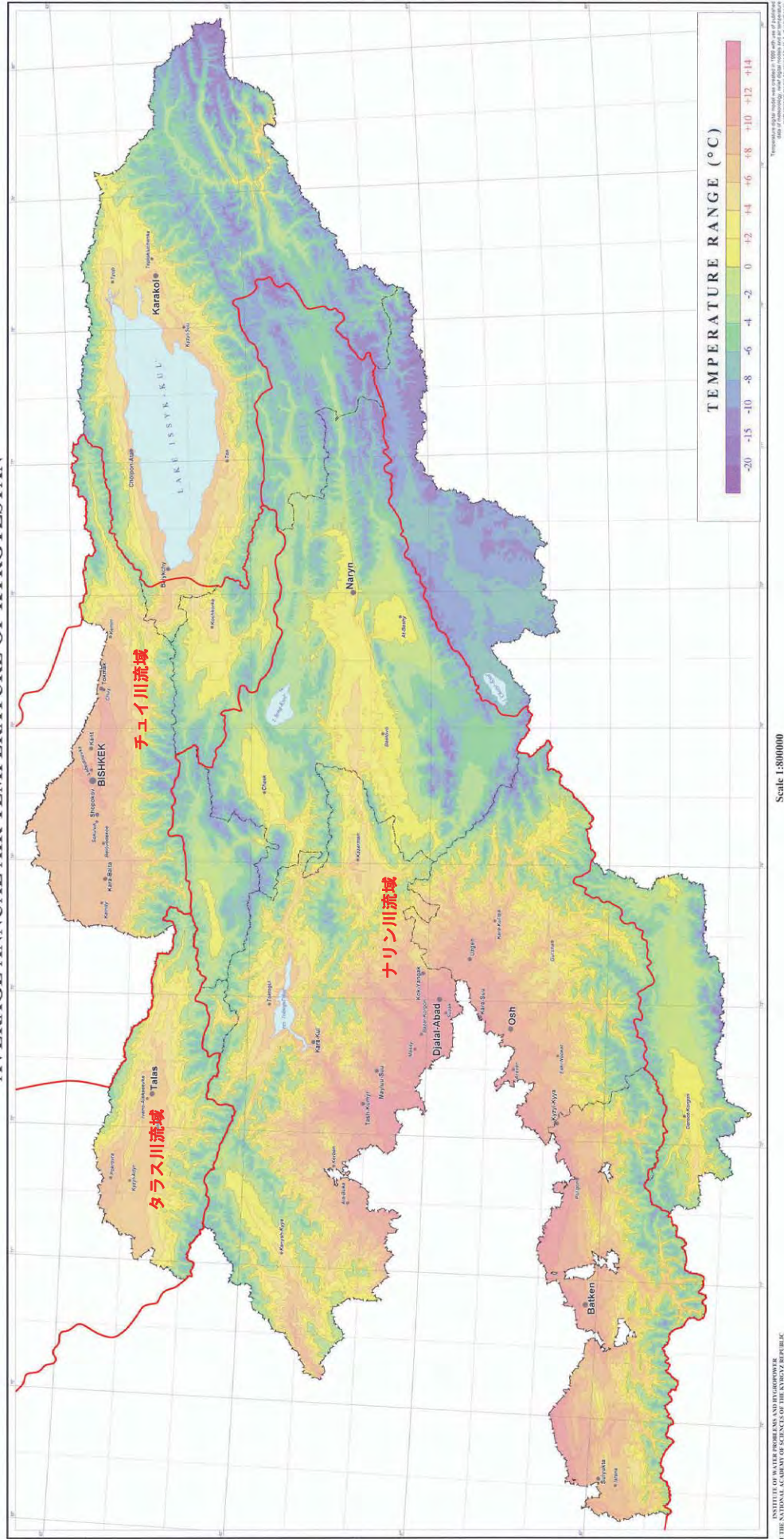


図 2-2-8 キルギス国の年平均気温分布 (単位: °C)

ANNUAL PRECIPITATION OF KYRGYZSTAN

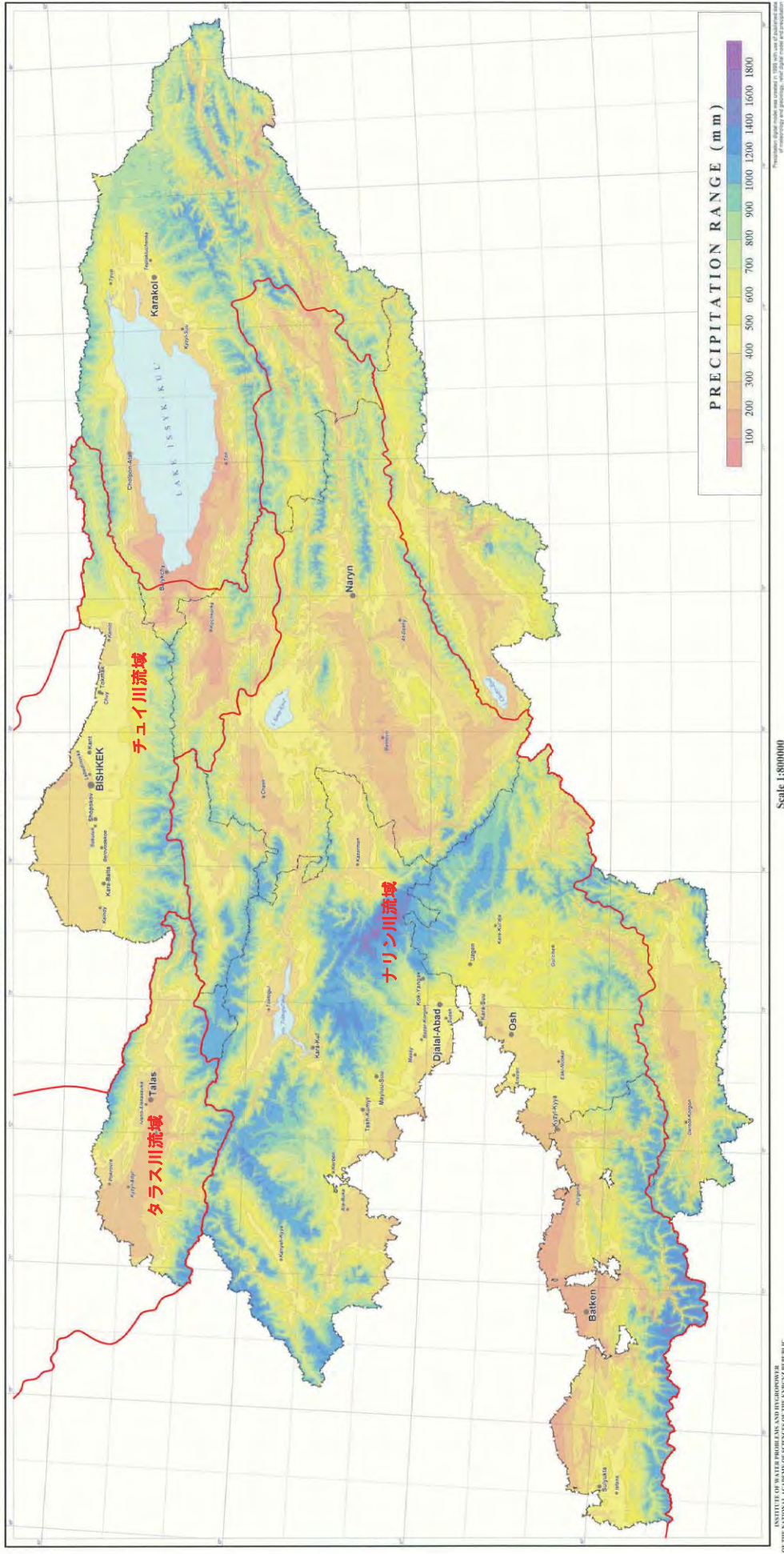


図 2-2-9 キルギス国の年間降水量分布 (単位 : mm)

# EVAPORATION OF KYRGYZSTAN

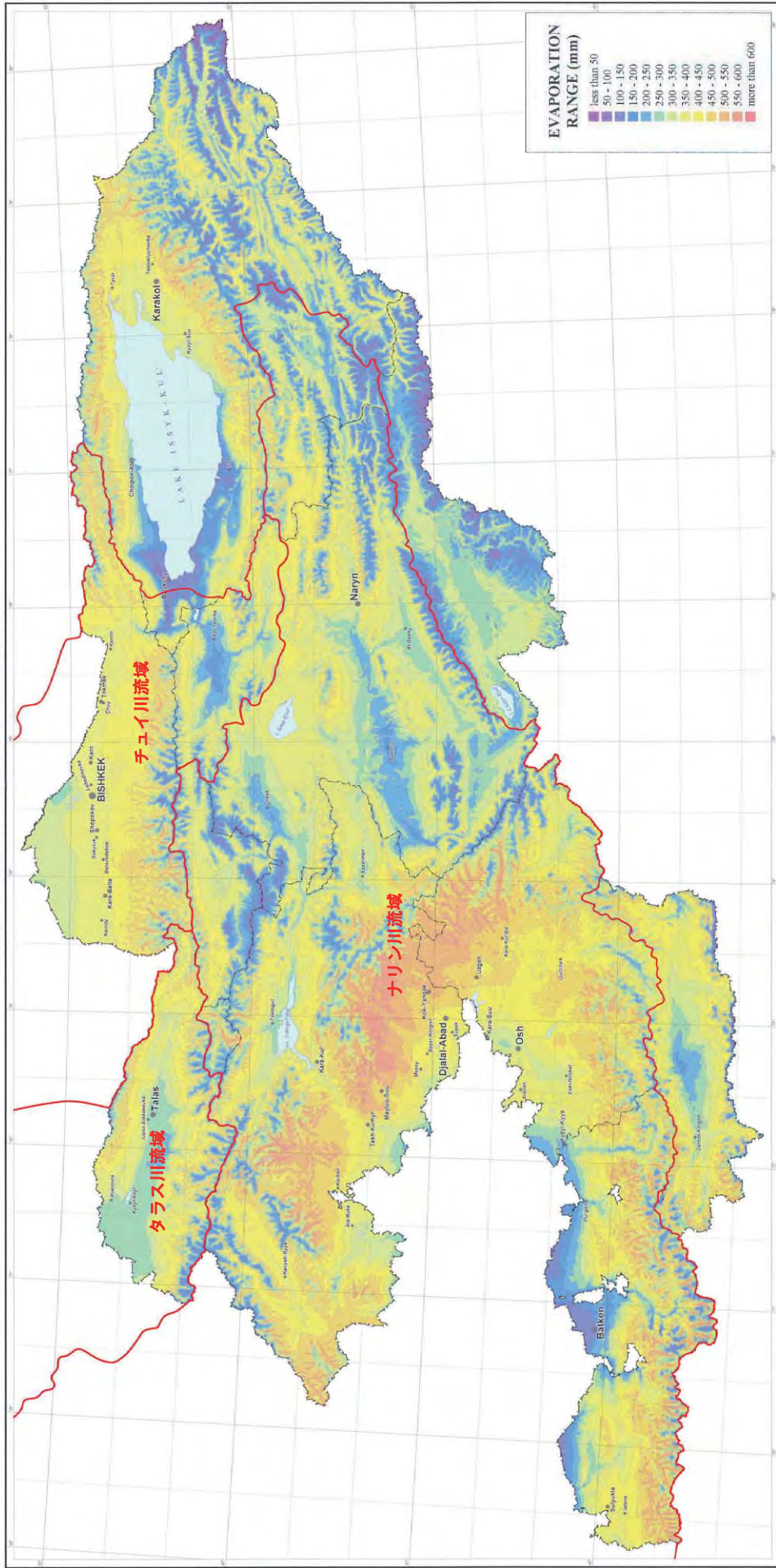
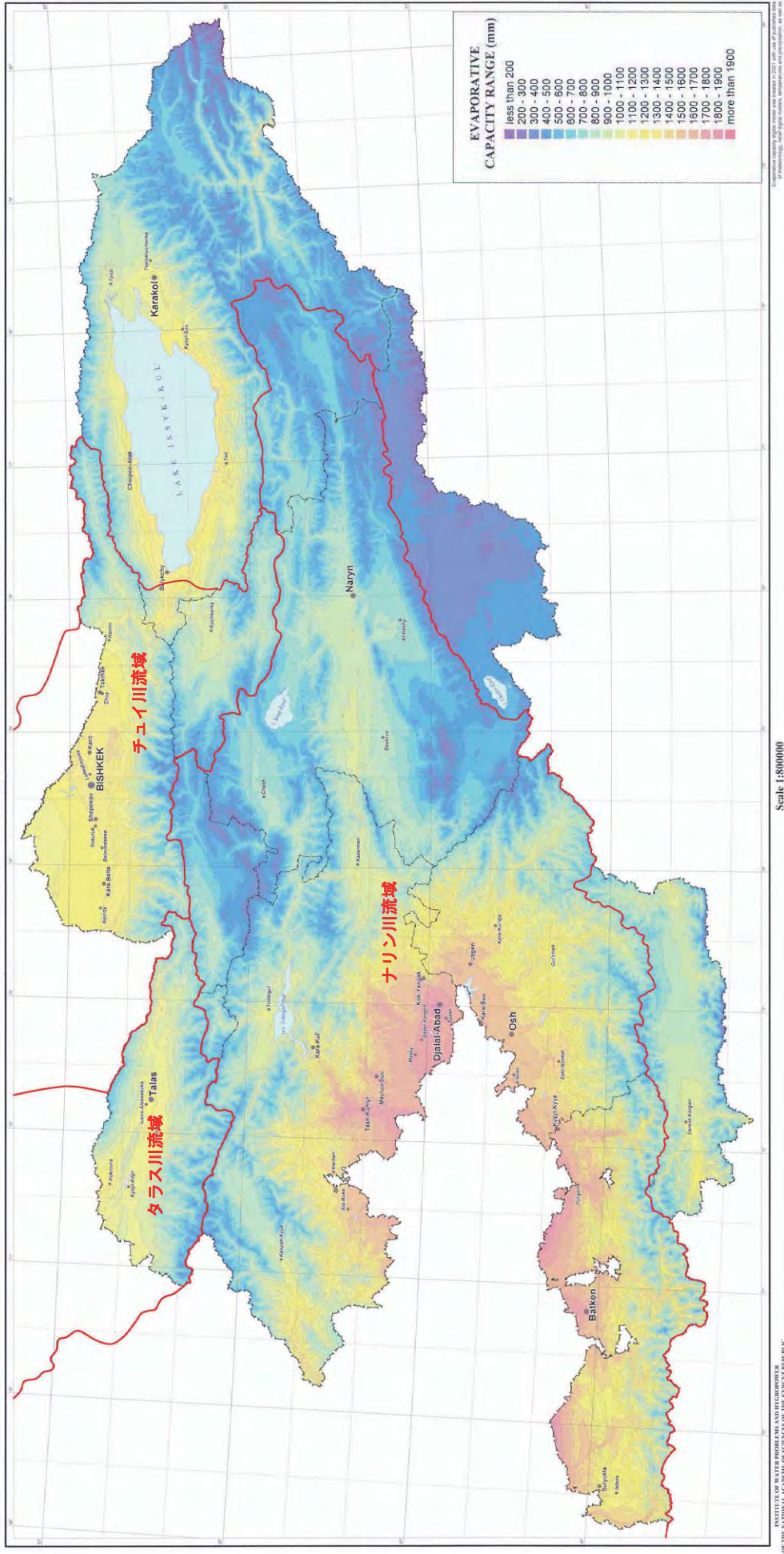


図 2-2-10 キルギス国の蒸発量分布 (単位: mm)

EVAPORATIVE CAPACITY OF KYRGYZSTAN



Source: Institute of Water Problems and Hydroelectric Power, National Science Academy of Kyrgyz Republic

図 2-2-11 キルギス国の蒸発能分布 (単位: mm)

DRAINAGE MODULUS OF KYRGYZSTAN

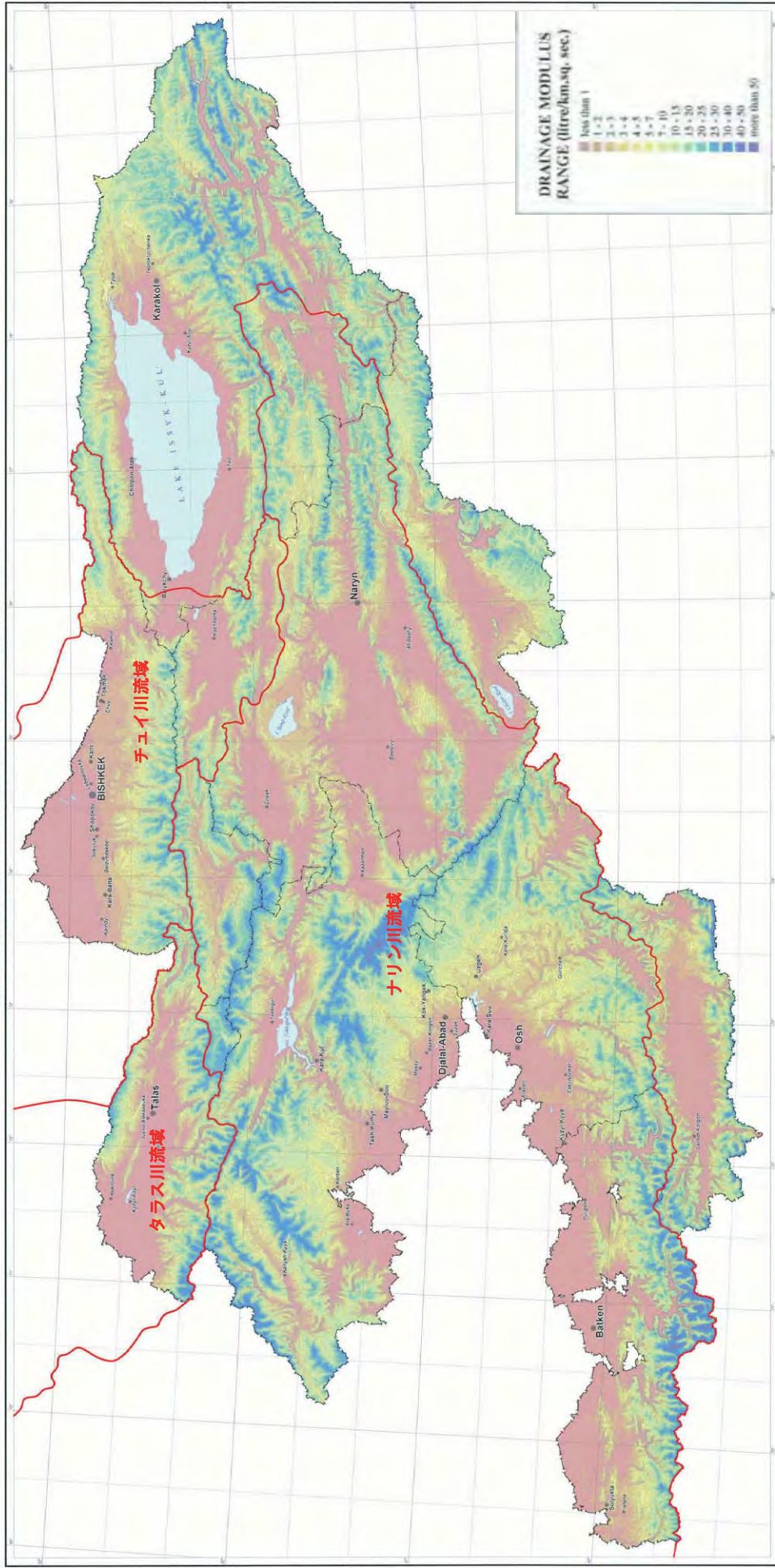


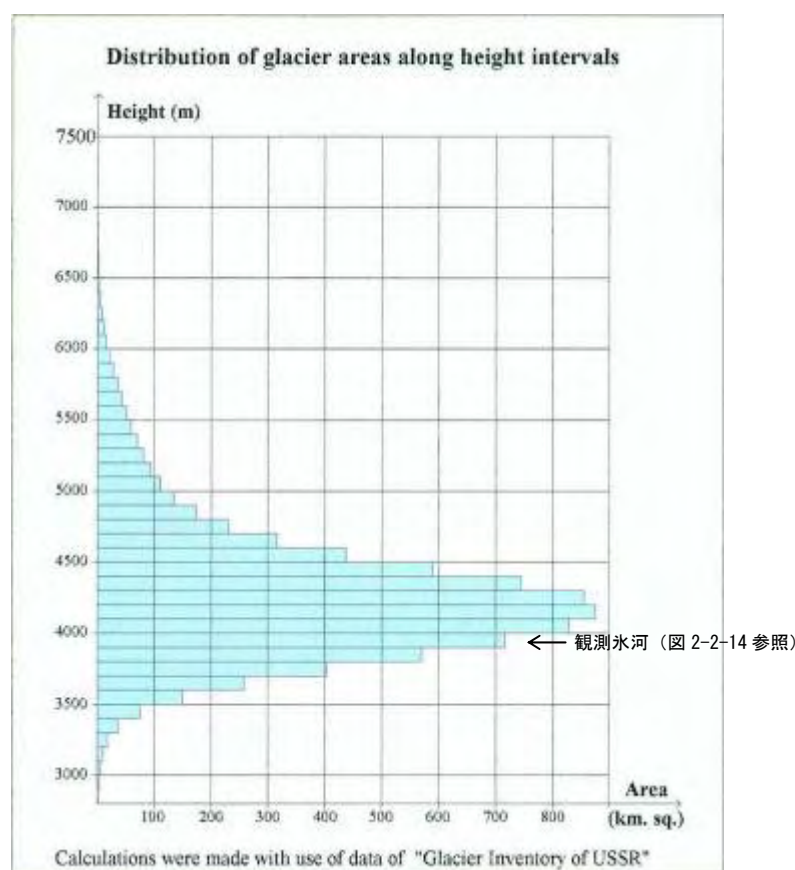
図 2-2-12 キルギス国の流域係数分布 (単位: liter/km<sup>2</sup>·sec)

Source: Institute of Water Problems and Hydroelectric Power, National Science Academy of Kyrgyz Republic



中央アジアの天山（Tien Shan）山脈地域には、大小併せて 15,953 の氷河が確認されている。この数は旧ソ連が 1973 年に取りまとめた氷河インベントリー調査結果と中国が 1987 年に行った同種の調査結果に基づく。なお、旧ソ連の領土にあった全氷河のうち 45%はキルギス領に存在しているとされるが、キルギス国では独立以降に氷河インベントリー調査が実施されていないため、現在も旧ソ連時代のデータを元としている。キルギス国の氷河の諸元及び分布を表 2-2-4 と図 2-2-14 にそれぞれ示す。表より、キルギス国の総氷河数は 8,208、総氷河面積は 8,076.9km<sup>2</sup>、総氷河体積は 494.7km<sup>3</sup>、均衡線標高は 4,203m である。

図 2-2-13 は、均衡線の標高別にキルギス国の氷河面積を集計したものである。図より、キルギス国の氷河は年平均気温が零度以下となる、およそ標高 3,000m から標高 6,500m にかけて広く分布しており、特に標高 3,700m から標高 4,500m の範囲に多くの氷河面積を占める。



Source: Institute of Water Problems and Hydroelectric Power, National Science Academy of Kyrgyz Republic

図 2-2-13 キルギス国の標高別氷河面積分布

表 2-2-4 キルギス国の氷河（旧ソ連氷河インベントリー調査結果概要）

Glaciers of Kyrgyzstan Summary on "Glacier Inventory of USSR"								
	K	S	V	AAR	Lm	Sm	Tm	ELA
All glaciers of Kyrgyzstan	8208	8076.9	494.7	0.54	1.58	0.98	61.3	4203
Glaciers belonging to different morphological types								
Hanging	2347	290.0	9.1	0.53	0.68	0.12	31.3	4098
Handiging corrie	866	332.3	12.3	0.53	0.94	0.38	36.9	4070
Corrie	2118	875.6	32.2	0.50	0.96	0.41	36.8	4075
Corrie-valley	763	756.4	31.8	0.51	1.71	0.99	42.1	4061
Valley	1768	5434.6	390.8	0.55	3.07	3.07	71.9	4232
Slope	124	179.7	9.4	0.57	1.56	1.45	52.6	4429
Flat-summit	208	205.2	9.0	0.75	1.33	0.99	43.9	4280
Couloir	14	3.1	0.1	0.44	0.94	0.22	34.0	4057
Glaciers with different area (km. sq.)								
Less than 0.11	2314	155.2	4.1		0.47	0.07	26.3	4045
From 0.11 to 0.30	1855	447.8	15.1	0.49	0.77	0.24	33.6	4044
From 0.31 to 1.00	2368	1445.2	54.0	0.50	1.35	0.61	37.3	4087
From 1.01 to 3.00	1146	2005.7	89.4	0.52	2.49	1.75	44.6	4119
From 3.01 to 10.00	451	2272.1	137.1	0.57	4.43	5.04	60.3	4172
From 10.01 to 30.00	62	961.5	96.8	0.62	8.56	15.51	100.7	4302
From 30.01 to 100.00	11	565.8	61.2	0.49	18.48	51.44	108.1	4548
More than 100.00	1	223.6	37.0	0.45	60.50	223.60	165.4	4500
Glaciers with different points of exposition								
N	2855	2888.1	166.7	0.54	1.58	1.01	57.7	4126
NE	1551	1223.5	70.4	0.53	1.42	0.79	57.5	4290
E	517	452.5	25.2	0.55	1.57	0.88	55.7	4221
SE	452	473.8	23.5	0.55	1.76	1.05	49.6	4279
S	489	542.4	31.0	0.60	1.69	1.11	57.1	4266
SW	339	263.4	12.6	0.56	1.54	0.78	47.9	4227
W	471	512.9	38.2	0.44	1.70	1.09	74.6	4268
NW	1534	1720.3	127.1	0.55	1.60	1.12	73.9	4200

Conventional signs: K - 氷河数  
 S - 総氷河面積 (km<sup>2</sup>)  
 V - 総氷河体積 (km<sup>3</sup>) -推定値-  
 AAR - 蓄積率  
 Lm - 平均氷河長 (km)  
 Sm - 平均氷河面積 (km<sup>2</sup>)  
 Tm - 平均氷河厚 (km<sup>2</sup>) -推定値-  
 ELA - 均衡線標高 (m)

Notice: "Glacier Inventory of USSR" for Kyrgyzstan's territory (25 parts with one addition) was edited from 1968 to 1982 (data since 1943 were used).

Source: Institute of Water Problems and Hydroelectric Power, National Science Academy of Kyrgyz Republic

# GLACIERS OF KYRGYZSTAN

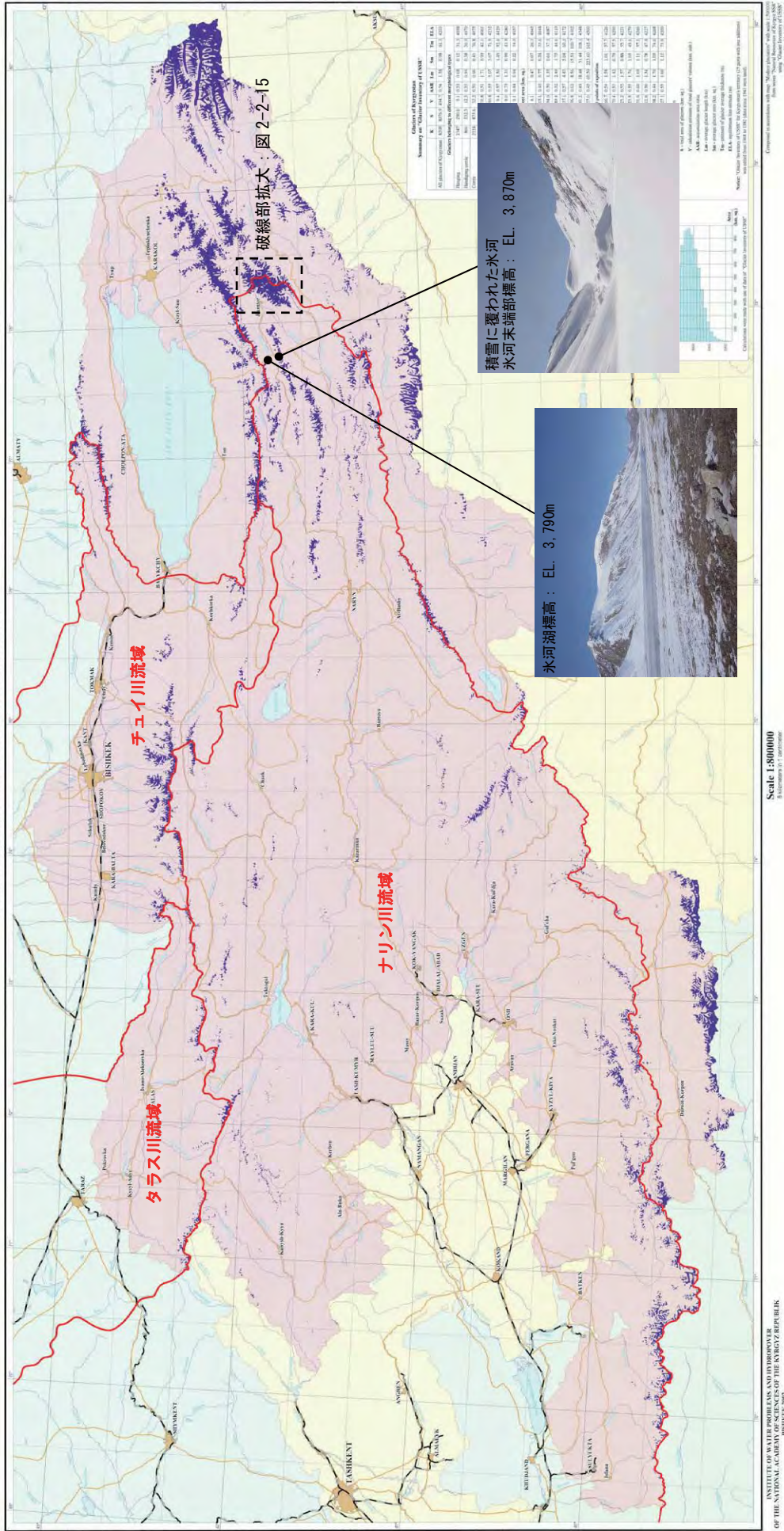
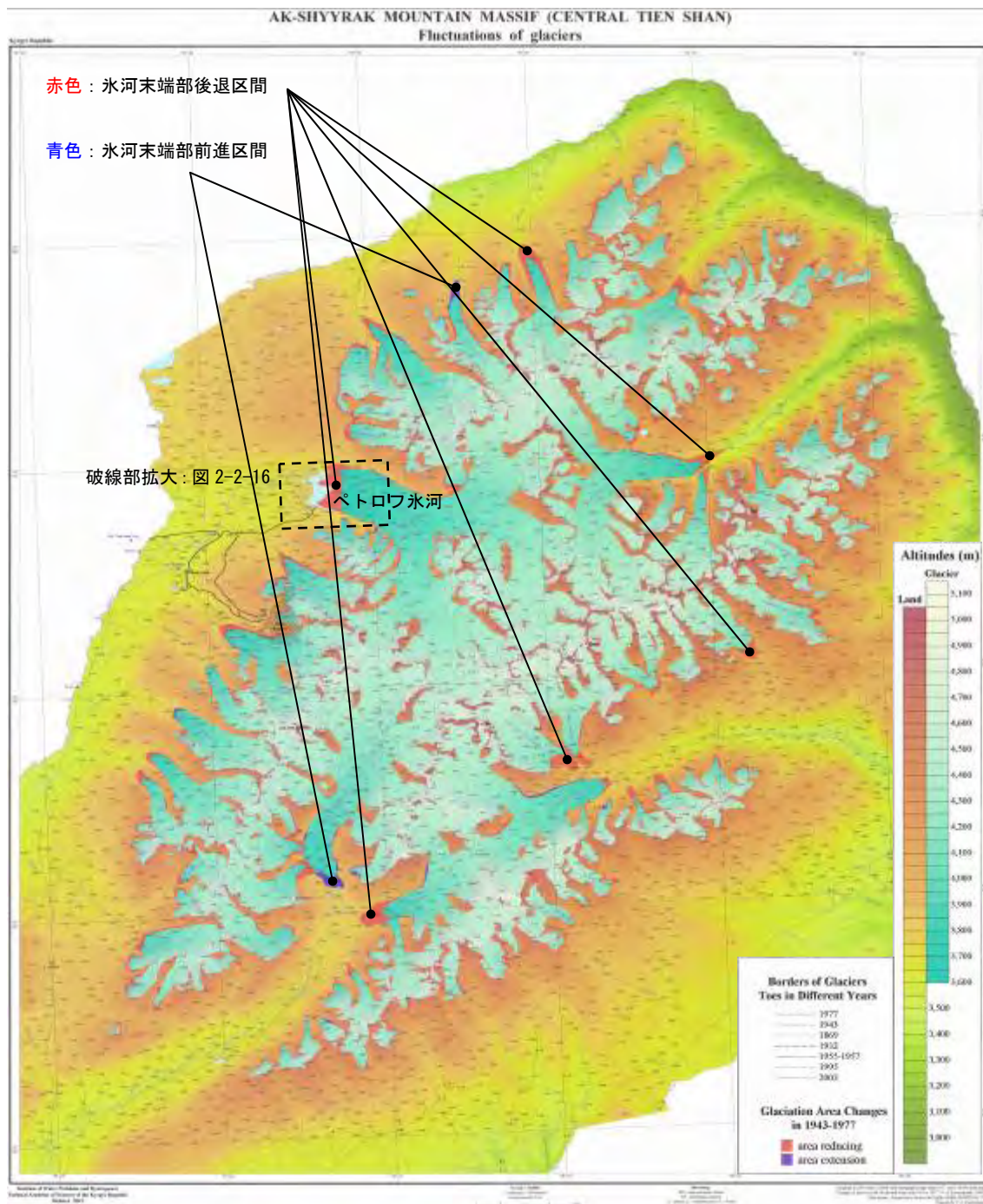


図 2-2-14 キルギス国の氷河分布

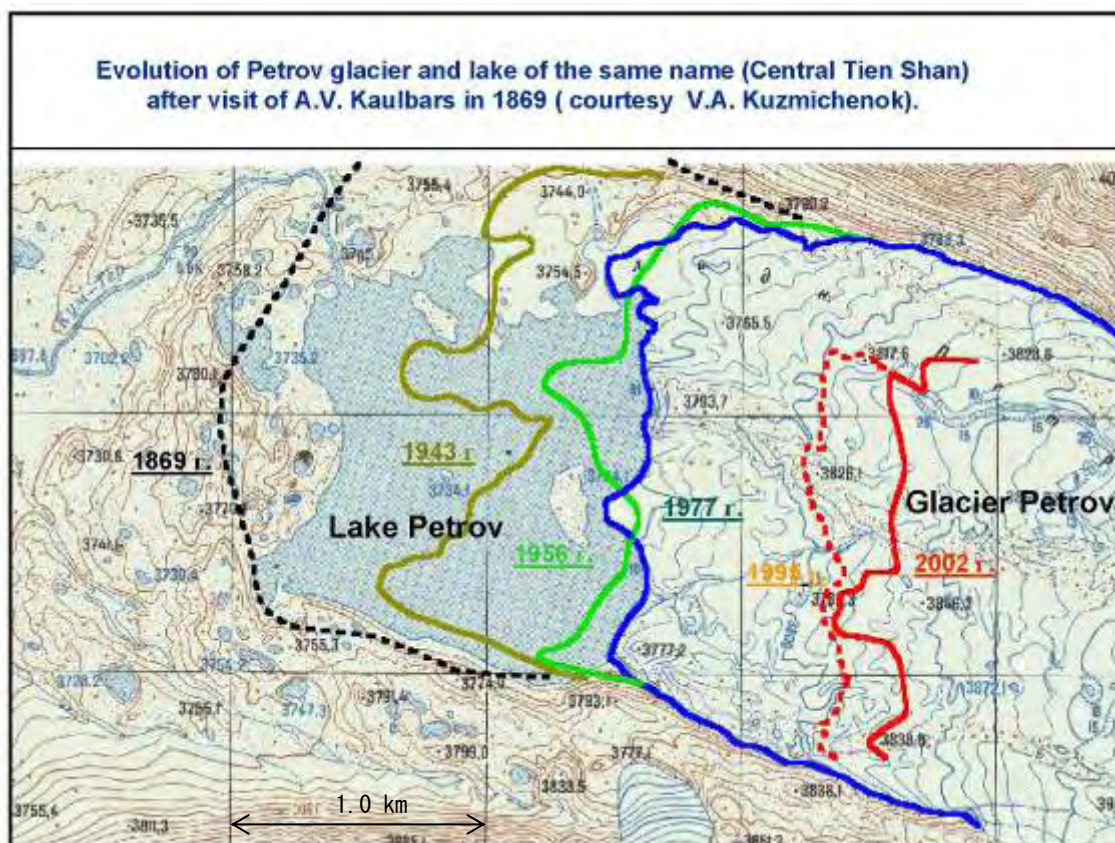
キルギス国では、全国的な氷河モニタリングは現在「行われていない」に等しいが、研究レベルでのモニタリングは一部の氷河に対して行われている。ナリン川（シルダリア川）の源流ともいわれるペトロフ氷河を含む、アクシラク氷脈における 1943 年から 1977 年にかけての氷河末端部の変遷を図 2-2-15 に示す。



Source: Institute of Water Problems and Hydroelectric Power, National Science Academy of Kyrgyz Republic

図 2-2-15 アクシラク氷脈における氷河末端部の変遷（1943 年～1977 年）

なお、ペトロフ氷河（面積が国内第7位）では、1869年に初めて地形測量により氷河末端部の観測を行って以降、航空測量（1943年～）、GPS（2002年）と観測手段を変えながら末端部のモニタリングを継続している。ペトロフ氷河における1869年から2002年にかけての氷河末端部の変遷を図2-2-16に示す。図より、ペトロフ氷河は後退を続けていることが見てとれる。



Source: Central Asian Institute for Applied Geosciences (CAIAG)

図2-2-16 ペトロフ氷河末端部の変遷（1869年～2002年）

キルギス国の氷河をマスで見ると、地球温暖化の影響と見られるが1970年代半ばから量的な減少が顕著である。次に、氷河を個別に捉えてみると、中標高（3,000m～4,000m）に分布する小規模の氷河が特に融解を始めている。このため、河川流量は現在増加傾向にある。また、中標高に分布する小規模の氷河が2020年頃をピークに無くなっていく一方で、高標高の大規模氷河は溶けにくいいため、河川流量は2020年頃から急速に減少すると考えられている。ただし、上記は氷河近傍の上流域での河川流量を指しており、例えばナリン川中流域にあるトクトグル地点の河川流量に占める氷河融解量の割合は4%程度<sup>注</sup>となる。

注）キルギス国水問題及び水力発電研究所の試算による。ここに、旧ソ連の計算方法では、氷河上に降った雪が溶け出す場合も「氷河融解」として取り扱っているため、この計算方法に基づくトクトグル地点の流量に占める氷河融解量（すなわち、氷河そのものの融解及び氷河上の融雪）の割合は、4%でなく半分以上を占めるものと見られている。

---

## ②地質の概要

キルギス国を含む中央アジアの地形は砂漠帯、山麓帯及び山地帯の 3 帯に分けることが出来る。砂漠帯は中央アジアの北部を占めて分布しており、シルダリア川、アムダリア川、イーリー川に代表される河川の流路が変化することによって形成された典型的な沖積平野である。首都ビシュケクは山麓帯に属しており、チュイ川によって形成されたチュイ盆地に位置する。山麓帯は、他の 2 つの地帯と比べて無視できる程度の面積であるが、中央アジアにおける人口の大部分が集中している場所として極めて重要である。通常は幅 10km、まれに 100～120km 以上となる狭い地帯として全ての山脈斜面に沿って発達している。

山地帯は中央アジアの南部を占めており、山地帯南部では古生代と先カンブリア代の岩石からなるが、西部ではジュラ紀と白亜紀の岩石が優勢である。キルギス国の大部分は 3,000m 以上の高度を有する山地帯に属しており、稜線群は 6,000～7,000m の高度を示す。キルギス国の最高地点は、中国の新疆ウイグル自治区との国境で、天山山脈の最高峰でもあるポベーダ山 (7,439m) であり、2 番目に高いハン・テングリ山 (6,995m、改測標高 7,010m) にも国境を接している。

中央アジアの主要な山脈群の方向はテクトニック構造の卓超方向に一致する。これらの起源及び構造から判断すると 3 つのグループに区分され得る。すなわち北部、中央部及び南部山脈群である。このうち、キルギス国の山脈は北部、中央部山脈群に属する。

北部山脈群の南側境界は、シルダリア川によって形成された谷とその主要な支川であるナリン川沿いに連なっている。この山脈群はブロック状高地から成り、プレカンブリア系、下部及び中部古生代の岩石及び上部白亜系と古第三系から構成される。褶曲作用の主たるステージはカレドニア期であり、したがって上部白亜系と古第三系は褶曲していない。

その南側にある中央山脈群は、ザラフシャンとアライ (Alai) の谷で輪郭が規制されている。地形はブロック状の高地から成り、構成岩石は中部～下部古生界の岩石及びヘルシニア期の花崗岩類である。花崗岩類を除く岩石類は褶曲作用を蒙っている。上部白亜系及び古第三系も広く発達しており、幾分弱い褶曲を伴っている。

南部山脈群は、テチス (Tethys) 地向斜に属し若い褶曲山脈の性質を示している。岩石は古生代の岩石の他に中生代の海成層や古第三系から成る。上部白亜系と古第三系の地層は著しく褶曲しており、かつ相当程度に変成している。

### 2—2—4 水利用の状況

#### ①ナリン川を始めとするトクトグル貯水池への流入量の水文特性

##### 流入量の長期変動

1911 年から 2008 年間のトクトグル貯水池への年間流入量から累加流入量と年との関係 (Mass Curve と呼ばれる) は図 2-2-17 のようになる。流入量は長期的には僅かではあるが

増加の傾向が見られる。これが気候変動によるものか否かは不明である。

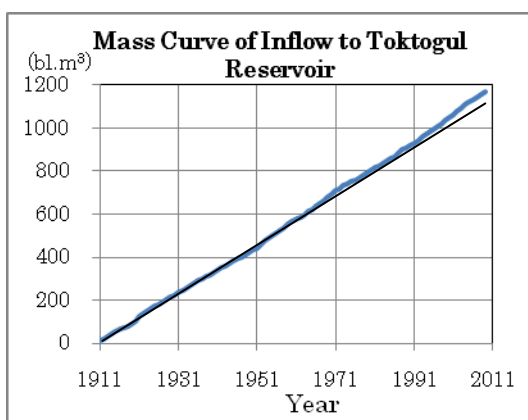


図 2-2-17 トクトグル貯水池への流入量  
累加曲線

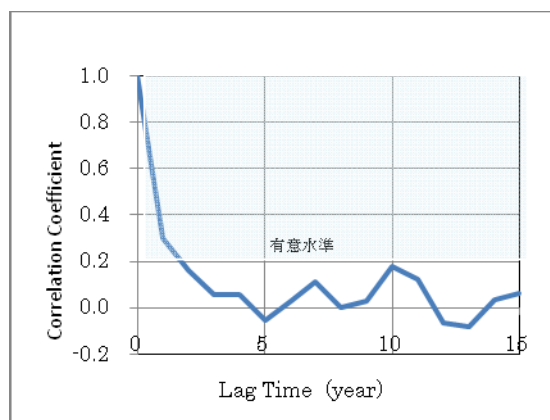


図 2-2-18 トクトグル貯水池への流入量  
時系列の自己相関係数の変化

#### 流入量の変動特性

トクトグル貯水池への毎年の流入量時系列に対して、ある遅れ時間 (Lag Time) をもつ同じ流量時系列との間の相関係数と遅れ時間との関係は図 2-2-18 のようになる。1911 年～2008 年の 98 個のデータ数に対する有意水準が約 0.2 であることから、トクトグル貯水池への流入量時系列には統計的に 1 年以上の周期特性は明瞭には現れていない。

#### ナリン川の流出量

図 2-2-19 にはナリン川流域の主なハイドロポスト及びトクトグル貯水池の流出・流入量の流量時系列を示す。同図から以下のことがわかる：

- ・ トクトグル貯水池への流入河川の流入量は、ナリン川本川のウチテレク ハイドロポスト② (流域面積  $F=47,000\text{km}^2$ ) が全体の約 86% を占め、貯水池北岸からウスタサイ ハイドロポスト⑦ ( $F=1,790\text{km}^2$ ) から約 7%、チチカン ハイドロポスト⑥ ( $F=903\text{km}^2$ ) から約 4%、トルケント川等その他の約 3% の順で続く。同様にウチテレクへの流入量はナリン川上流でナリン川本川に合流する大ナリン ハイドロポスト④ ( $F=5,710\text{km}^2$ ) から約 15%、小ナリン ハイドロポスト⑤ ( $F=3,870\text{km}^2$ ) から約 12% の流量が合流し、更に下流のその他の河川から約 73% の流量からなっている (図 2-2-19 (1) (2) 参照)。
- ・ 一方、カラスウ ハイドロポスト⑧ ( $F=1,080\text{km}^2$ ) はトクトグル貯水池より下流でナリン川に流入する河川であるが、規模は他の河川に比べて小さい。
- ・ トクトグル貯水池への流入量の特性は、流入河川の特性を反映して灌漑期 (4 月～9 月) の流入量が年間流入量を支配し、非灌漑期 (10 月～翌 3 月) は毎年安定した流入量となっている。トクトグル貯水池への流入量の大半がナリン川上流から入り、ナリン地点からウチテレク地点の間からの流入量が多いことが判る。

### Comparison of hydrographs along Narin River HPs

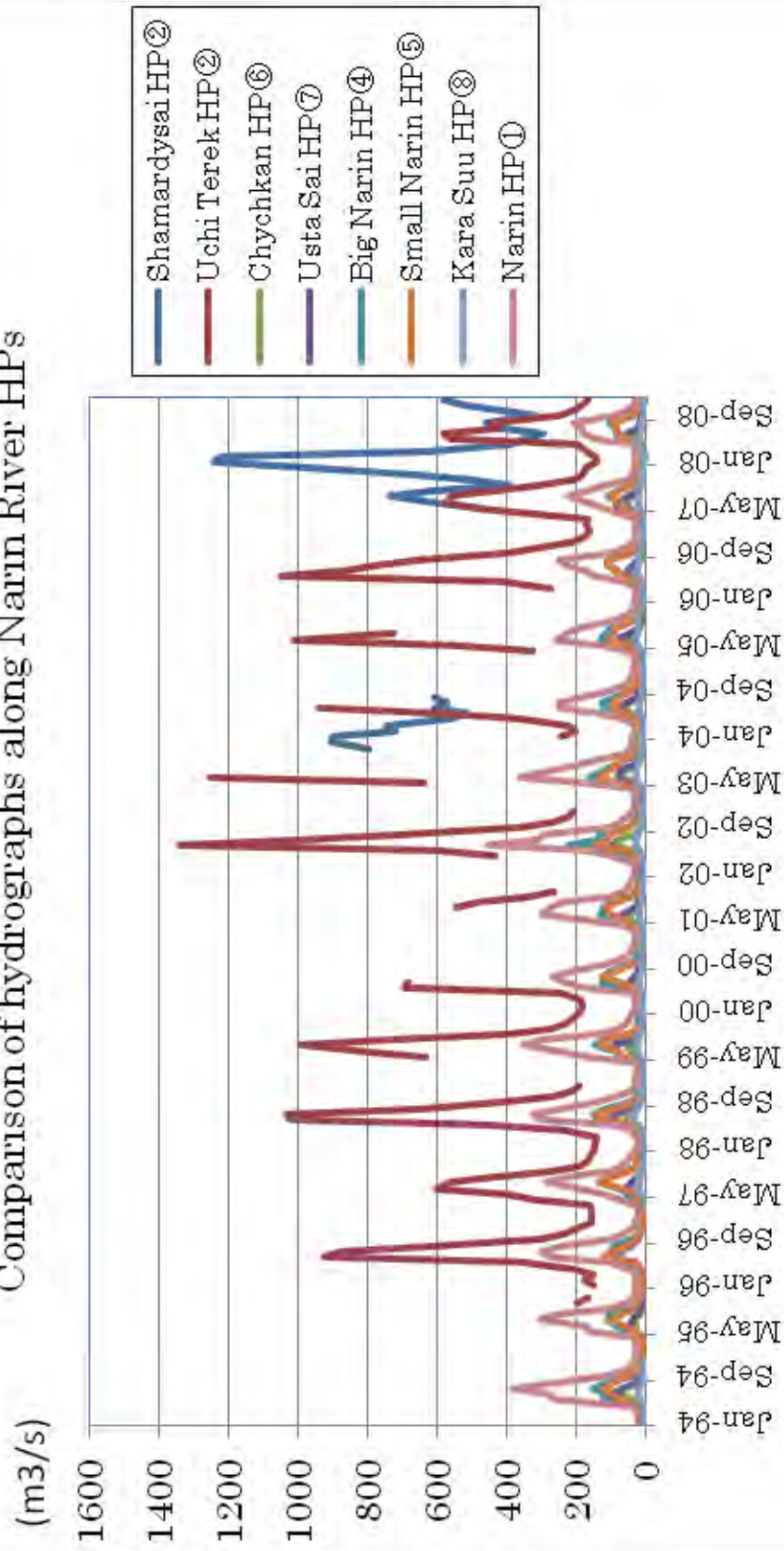


図 2-2-19 (1) ナリン川流域の各地点でのハイドログラフの比較



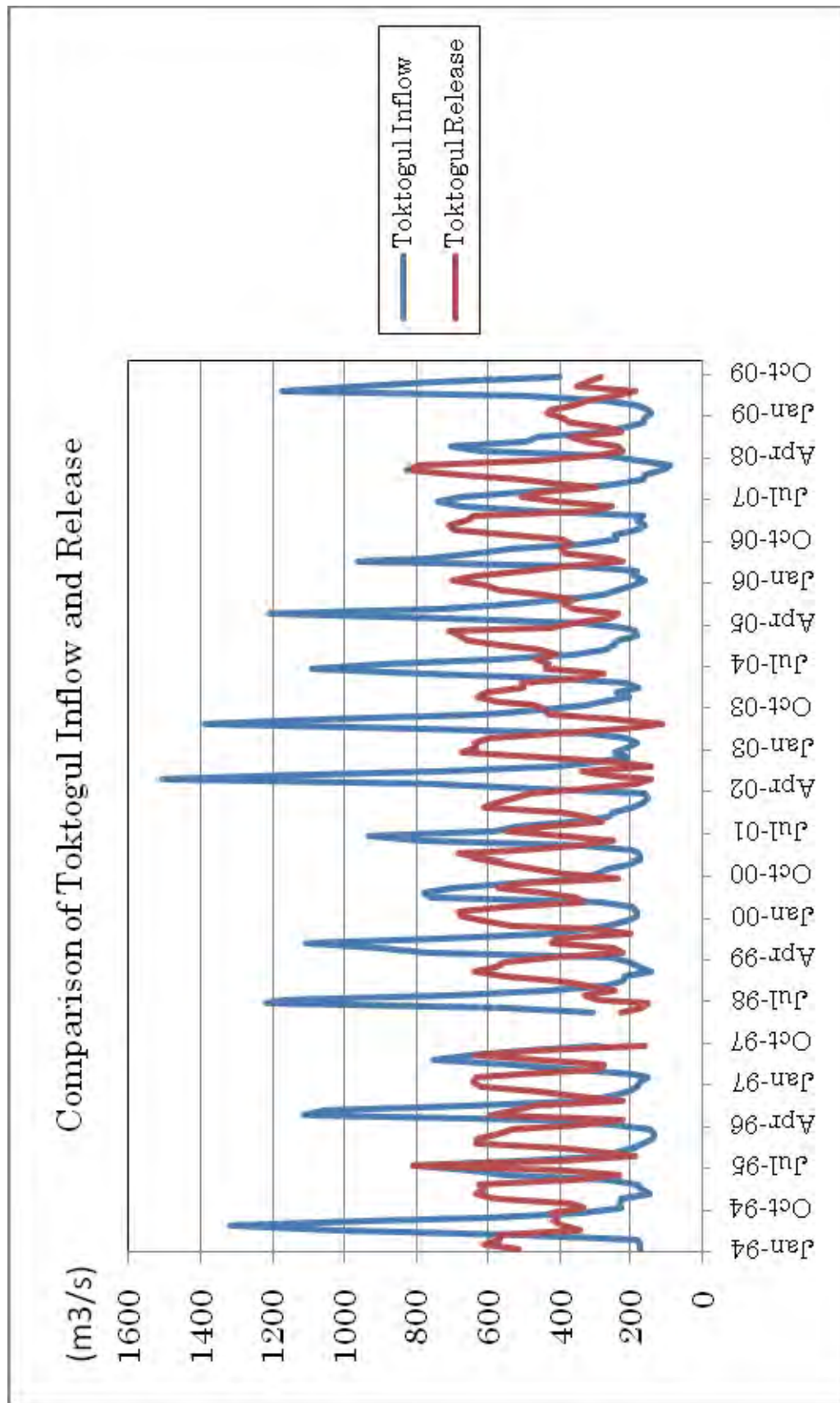


図 2-2-19 (2) トクトグル貯水池の流入量と放流量の比較

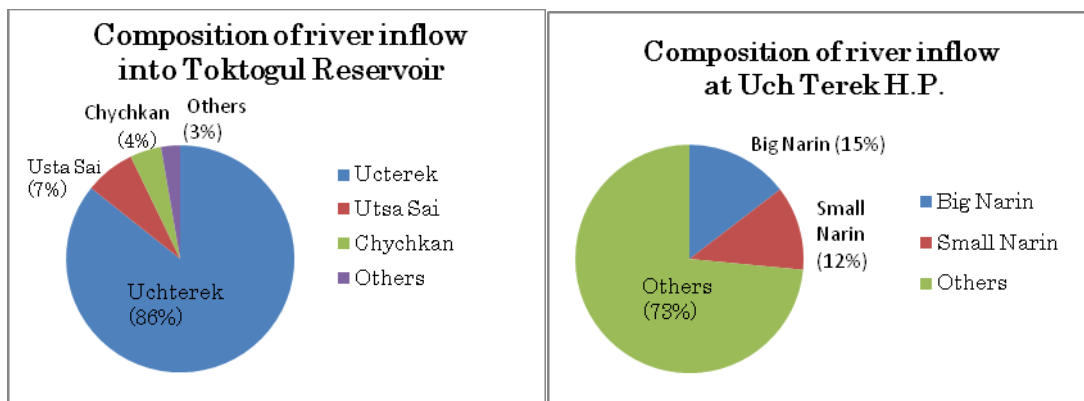


図 2-2-20 トクトグル貯水池への流入量構成

図 2-2-21 ウチテレク ハイドロポストへの流入量構成

ナリン川の流出量の確率評価

次に、ナリン川の流出特性として、長期のトクトグル貯水池への 1911 年～2009 年までの長期に亘るトクトグル貯水池の年間流入量は図 2-2-22 のように対数正規分布紙上でほぼ直線上にのる。

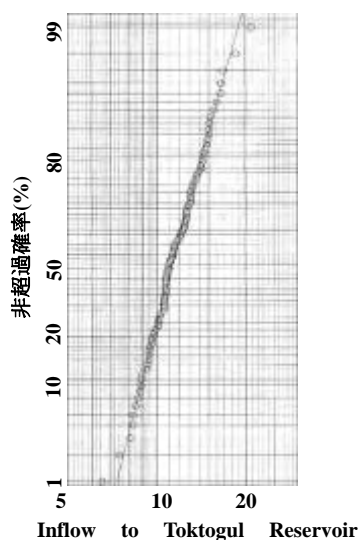


図 2-2-22 流量確率図

同図から 10 年確率の豊水量、渇水量、及び平均年の流入量を求めると次表のようになる。

表 2-2-5 トクトグル貯水池流入量の豊水量、渇水量、平均の推定値

年	トクトグル貯水池への流入量 (bl.m <sup>3</sup> )	1994～2008 間でほぼ対応する年 (概略確率年)
豊水年	15.1	1994 (11), 2003 (16)
平水年	11.5	2000, 2001, 2006
渇水年	8.9	2008 (5)

## ②キルギス国の水利用状況

キルギス国の水需要の変化は表 2-2-6 に示されるように 1988 年は水需要が最大であり、その後約 30%程度の減少の後ほぼ安定した状態が続いている。水需要の中で灌漑用水が 90%を占める。一方、エネルギー省でのヒアリングによるとキルギス国においては利用できる水資源の 70%が水力発電に用いられており、キルギス国における水資源は国の経済の源としてのエネルギーと等価である。

表 2-2-6 キルギス国の水需要の変化（単位：百万 m<sup>3</sup>）

年	表流水(上段) 地下水(下段)	計	都市部 水道	工業用水	灌漑	農村部 上水	その他
1988	12,976 948	10,050	265	634	8,905	201	44
1998	8,321 526	6,420	309	138	5,858	105	10
2005	7,889 304	4,485	149	59.4	4,119	16	14
2006	8,007 306	5,289	128	229	4,196	19	116
2007	10,300 334	6,316	159	842	4,381	168	766
2008	8,469 302	5,396	94	189	4,434	21	658

次に、キルギス国の州別の水利用実績は図 2-2-23 のようになる。トクトグル貯水池より上流のナリン川流域に位置するナリン州およびイシクル州の水利用実績を見ると、殆どが灌漑用水として使われており、1988 年から比べると減少しているものの 2005 年以降は安定していることがわかる。このナリン川の流量（ナリン地点での年間流量）に対する灌漑水量は約 15%程度になっている。一方、ナリン川現地調査時のヒアリングでは、灌漑水路による水の損失が 40%（ナリン川の流量の約 6%、ナリン川のトクトグル貯水池への流入量の約 1.6%）にもなっている。ここに灌漑水路の補修や水資源管理効率化による新たな水資源の増加が見込める要素があることがわかる。

チュイ州について見ると 1988 年の 3,100 Mm<sup>3</sup> が最大の水利用実績を示し、その後 2005 年に 750 Mm<sup>3</sup> 程度までに減少したものの、2006 年以降、1,500~1,750 Mm<sup>3</sup> となっている。2007 年、2008 年のその他の水使用量が 600 Mm<sup>3</sup> 程度と異常に多くなっていることについて水資源庁に問い合わせたが、データとしておかしいとのことであった。

2009 年についてはチュイ州水資源局での聞き取りによると、表 2-2-7 に示されるように灌漑用水は全水利用(1,235 Mm<sup>3</sup>)の中の 64%を占める。地下水利用量は 0.2 Mm<sup>3</sup> である。そ

の内訳は灌漑用水 798.9 Mm<sup>3</sup>、生活用水 70.6 Mm<sup>3</sup>、工業用水 70.6 Mm<sup>3</sup>、その他（公園、学校等）14.4 Mm<sup>3</sup>、農村水供給 6.9 Mm<sup>3</sup>となっている。

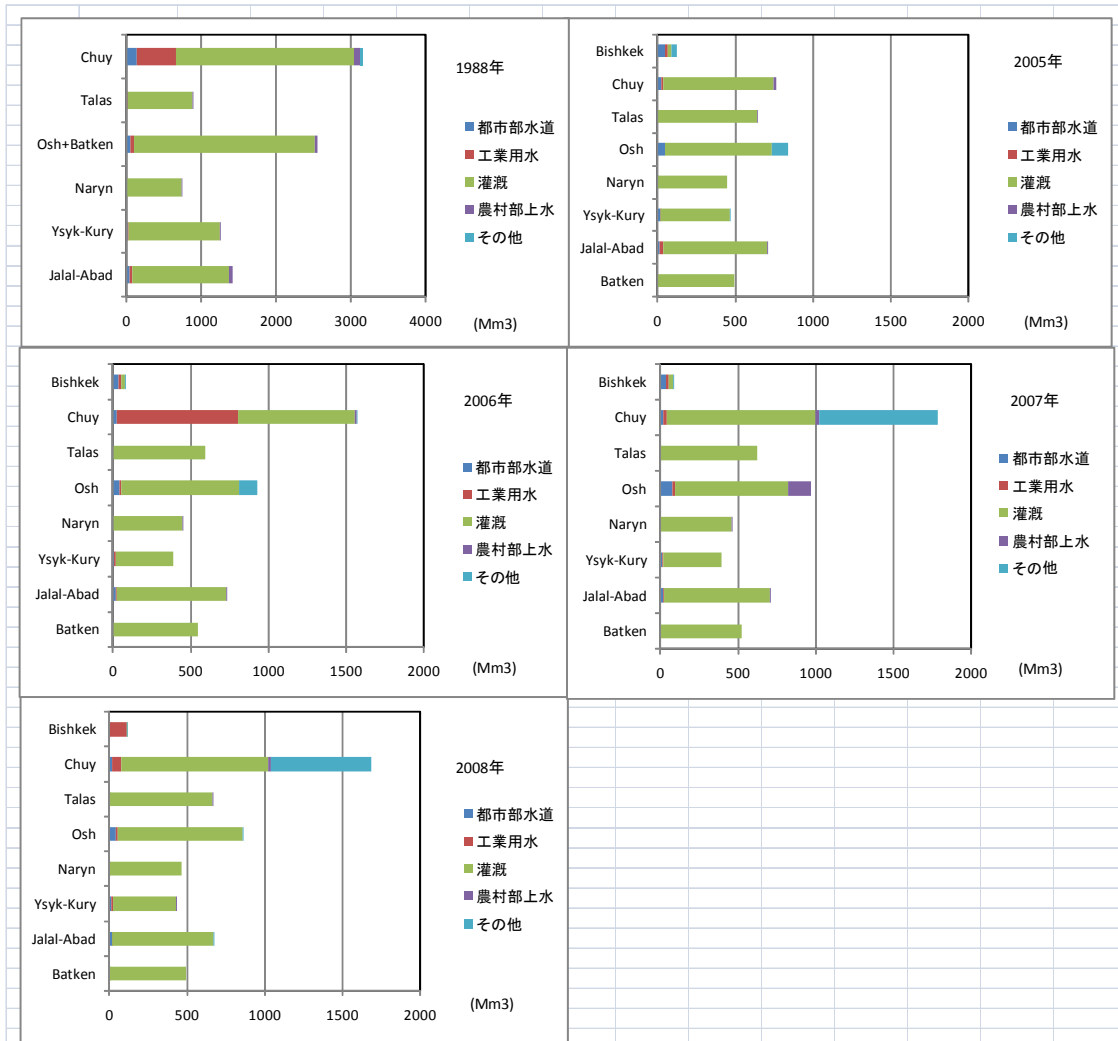


図 2-2-23 キルギス国州別の水利用実績（1988年～2008年）

表 2-2-7 チュイ州の水利用状況 (2009 年)

総合的水資源利用に関するデータ一覧 (x1000m <sup>3</sup> )												
行政単位	報告を行なう 水利利用者の数	取水量の合計	水の利用						水が運搬さ れる際のロ ス	利用されな い湧水(貯 水池の補給 その他)	利用後の水 源への放水	州の地区外 /国外への 譲渡
			合計	用途による内訳								
				生活用水	工業用水	灌漑用水	農村水供給	その他				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
チュイ州 合計		1,234,758	953,236	70,587	62,439	798,898	6,897	14,416	260,949	20,573	0	0
そのうち 地下水源		206,429	157,694	70,587	59,701	6,093	6,897	14,416	28,162	20,573	0	0
ケミン地区		79,414	66,176	810	197	65,111	0	58	13,238			
そのうち 地下水源	24	1,065	1,065	810	197	0	0	58		0	0	0
チュイ地区	43	90,466	74,492	938	3,100	68,437	2,018		15,973			
そのうち 地下水源	28	6,741	6,239	938	3,100	184	2,018		501			
イスイク・ アタ地区	44	264,437	203,281	3,809	4,770	194,609	93		61,156			
そのうち 地下水源	43	5,934	5,934	3,809	2,032		93					
アラメディン 地区	47	182,613	140,687	3,368	358	134,781	2,180		41,926			
そのうち 地下水源	36	5,906	5,906	3,368	358	0	2,180					
ソウルク 地区	45	174,333	115,475	2,228	712	112,535		0	58,858			
そのうち 地下水源	22	3,213	3,213	2,228	712	273		0				
モスクワ 地区	30	108,265	90,861	1,724	526	82,053	2,496	4,062	17,404			
そのうち 地下水源	24	9,092	9,092	1,724	526	284	2,496	4,062				
ジャイル 地区		111,908	100,243	6,918	4,836	88,489	0	0	11,663		0	
そのうち 地下水源		18,775	16,531	6,918	4,836	4,777	0	0	2,244	0	0	
バンフイーロフ 地区		67,918	52,604	141	45	52,308	110		15,314			
そのうち 地下水源		296	296	141	45	0	110					
ビシュケク市 合計		155,407	109,417	50,651	47,895	575		10,296	25,417	20,573		

ビシュケク上下水道局による取水実績

ビシュケク市では上水に用いる水はすべてが地下水となっている。地下水の取水実績は下表のとおりである。

表 2-2-8 ビシュケク市上水の地下水源からの取水量 (単位 : 1,000m<sup>3</sup>/年)

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
取水量	139,988	125,886	115,291	113,297	112,464	113,785	113,746	113,779	112,520	117,859

同表から地下水源からの取水量は 1999 年から 2001 年にかけて減少があったものの、その後ほぼ 1.1 億 m<sup>3</sup>/年程度で安定していることがわかる。

③ トクトグル貯水池の運用特性

図 2-2-24 に 1991 年から 2009 年間のトクトグル貯水池の灌漑期 (毎年 4 月 1 日～9 月 30 日) の流入量、放流量、灌漑期末 (9 月) のトクトグル貯水池の貯水量に関する水バランスの経年変化を示す。この図から灌漑期の流入量および灌漑期末のトクトグル貯水池の貯留量は増減を繰り返しているが、灌漑期の放流量は 1991 年以降、漸減の傾向があること

が示されている。また、これらの中で、2008年は灌漑期の流入量が少なく、同時に灌漑期末の貯留量も少なくなったことがわかる。

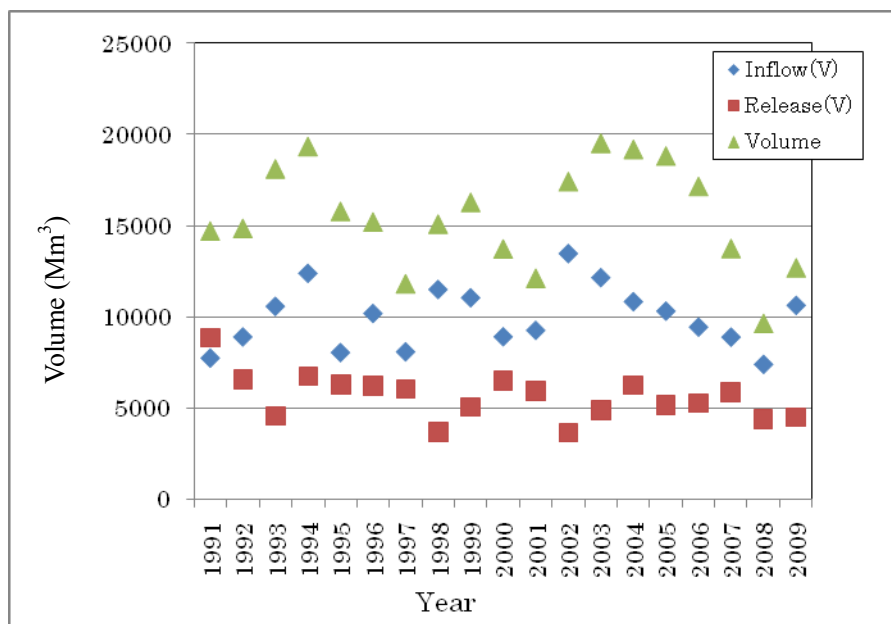


図 2-2-24 トクトグル貯水池への灌漑期の流入量、放流量、灌漑期末の貯水量の水バランスの経年変化

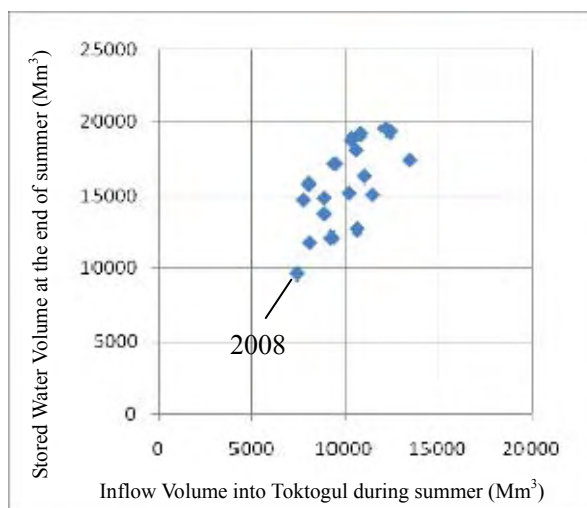


図 2-2-25 トクトグル貯水池の灌漑期の流入量と灌漑期末の貯水量との関係（1991-2009）

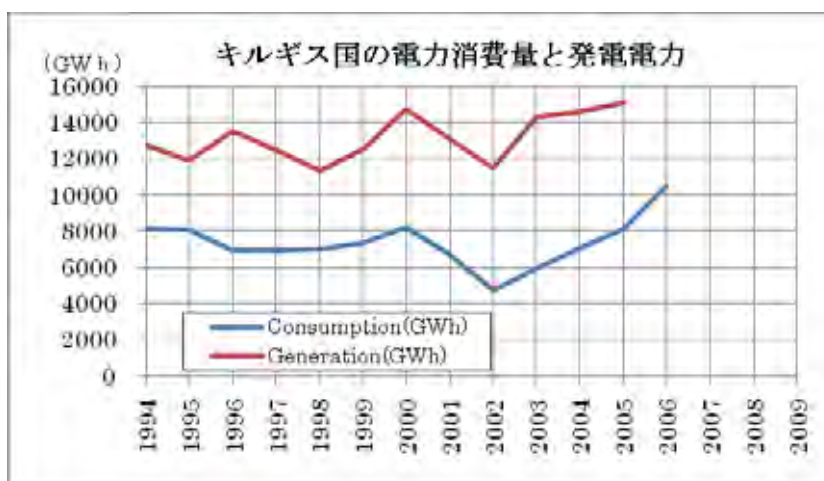
また、図 2-2-25 は、同じデータを基にトクトグル貯水池への灌漑期の流入量と灌漑期末の貯水量との関係をプロットしたものである。2008年の灌漑期の流入量が少なく、かつ、同年灌漑期末の貯水量が少ないことが端的に示され、2008年から2009年の非灌漑期のトクトグル貯水池水文特性の特異性が現れている。

一方、水需要に大きなウェイトを占める電力の面から、既報告書（2009年2月）の調査結果及びWBのWebからのデータを基にキルギス国の電力消費量と発電電力量（水力と火力の計と考えられる）の推移は図2-2-26のようになる。同図から、1994年から2005年間の発電電力量は年による変動はあるものの平均してほぼ毎年2%弱の伸びを示している。一方、電力消費量は2000年にかけてほぼ安定しているが2002年で減少した以降急激に増加している。このことは2003年以降にシルダリア流域の水利用に関するプロトコルが遵守できなくなったという事実と、水運用の変化が符号していることを示している。

キルギス国での水力発電電力量の中でトクトグル貯水池を始めとするナリンカスケード発電所群が97%を占めること、これらの発電所群で溢水が僅かなことと、図2-2-24に示されるように実際の2002年以降のトクトグル貯水池からの放流量パターンの変化等から、ナリンカスケード群の発電モードがそれまでの灌漑モードから非灌漑期の発電モードに変化していることが示されている。電力需要が増加する中で生じた2008年の渇水現象は限界に近いトクトグル貯水池の運用の難しさを示したものと見える。

エネルギー省によれば、トクトグル貯水池の運用においては、貯水量を90億m<sup>3</sup>以下にしないように運用するというのが基本ルールである。一方、キルギス国とカザフスタンとの政府間協定で年間5.4億kWhの電力を夏場に売電することになっており、これらを考慮して各月の発電計画、トクトグル貯水池からの放流量等が設定されている。この協定は毎年見直され、年間運用に反映される。

今、灌漑水路補修による漏水対策や流入量予測に基づく貯水池管理等の水資源管理向上により新たにナリン川等から約10%が生み出せると仮定すると、これらの流域での灌漑面積の増加、トクトグル貯水池への貯留による非灌漑期の発電力の増加などが期待できる。



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月の結果にWBのWeb siteからのデータを追加したもの

図2-2-26 キルギス国の電力消費量と発電電力量の推移（1994-2006）

---

#### ④貯水池運用への長期（数ヵ月等）流入量予測の導入の必要性

国営電力会社（EPP）でのヒアリングにおいて、発電施設への流入量予測はハイδροメットが行っているが、旧ソ連崩壊後からのハイδροポスト数の減少、ヘリコプターによる氷河観測などの観測項目の減少、機器・人員不足等によりその予測値の精度が下がり、現在では±30%の誤差になっているとのことであった。この流入量予測は貯水池運用計画に用いられているため、誤差の増加は貯水池運用を難しくさせる原因になる。逆にその精度の向上は計画に沿った運用が行いやすくなるメリットが生じることになる。

ナリンカスケード水力発電所群の流入量予測は灌漑期の発電所群の運用に用いられており、その精度の向上は灌漑期、非灌漑期を通じた効率的水利用の増進に非常に重要な位置を占めている。

灌漑期におけるナリンカスケードへの流入量がある程度の精度で予測されれば、灌漑期の貯水池の運用に生かすことができ、灌漑期末の貯水池状況、並びに次年度にかけての非灌漑期の水利用への効果的・早急な対応も可能となると考えられる。

従って、現在ハイδροメットで行っている流量観測の持続可能な継続ならびに流入量予測の精度向上のための支援はキルギス国での水利用に大きく貢献するものと思われる。

具体には以下のような協力が効果的と考えられる：

- ・河川流量、灌漑用水量のモニタリング機材、人員の確保、能力向上
- ・積雪/氷河モニタリング機材、組織体制の強化支援、人材養成・能力向上
- ・ナリン川の流出量予測の能力向上、（数日から～半年程度の長期にわたる河川流出量の予測のための能力向上）

#### ⑤チュイ流域の水利用

チュイ州水経済局の局長より聴取したチュイ流域の水利用の概要は以下の通りである。

チュイ州の灌漑面積は 32 万 ha（その内未使用は 4,624ha）であり、全国の灌漑面積の約 1/3 を占める。これらの灌漑のためにチュイ川の水を大チュイ水路、大チュイ西水路、大チュイ南水路の 3 つの水路で配水している。更にこれらの水路に山間部からの 12 の支川が合流する。幹線水路総延長は 364km に達する。利水の計測地点は、全部で 1,166 ヲ所あり、大規模な施設（取水堰、カルバート等）は 1,976 施設がある。沈砂池はキジルスー川とアラメディン川の 2 ヲ所ある。

写真 2-2-1 にチュイ州水資源局のチュイ流域水利施設等分布パネルを示す。また、図 2-2-27 にチュイ流域の主要灌漑水路及びハイδροメットから再建要望のあったハイδροポスト並びに気象観測所の概略位置とその優先順位を示す。

水利用は灌漑用水の他、セメント工場、ビシュケク火力発電所冷却水の供給を行っている。水利用における「その他」の内訳は、駐車場、公園、病院等での使用である。これらの水利用量は毎年 20～25%の変動がある。

各水路への水配分は州水経済局と州内のライオンが毎年 1 回契約を結ぶ（農閑期に来年



の計画を策定する)。ハイドロメットから毎月来る河川流量データ(チョンケミン等の5河川の観測所のデータ、また、水経済局自身で計測する3地点のデータ)を基にして流入量の状況に応じて、配分の見直しを行っている。水路への水量管理は場所毎に責任者がおり、スケジュールを立てて管理している。主な取水地点での観測は自動観測(旧ソ連時代から)となっているが観測員がいる。一般には観測員が水路の水面を標尺で測定し、水位～流量曲線から流量に換算している。カザフスタン・キルギス国のチュイ・タラス委員会を通じてカザフスタンの委員会から計測機器の修理費の一部が負担されている。沈砂池の堆積土砂は冬場に掘削している。

灌漑用水利用料金は、 $0.03\text{com}/\text{m}^3$ であり、料金の回収率は65%～70%、残りの30%程は物納されている。

州水経済局の水管理は、ビシュケク上下水道とは関係していない。

水経済設計研究所(現在は民間組織)が行った大チュイ南水路は延伸の計画がある。この計画により約2.6万haの灌漑面積の増加が見込める。

チュイ流域は水利用も多く、施設の整備も進んでおり、水管理の改善に向けてのパイロット流域としては適していると思われる。

#### ⑥ナリン上流域の水利用

ナリン川上流域のナリン州とイシククル州の水利用の実績から水利用は大半が灌漑であり、その量はキルギス国全体と同じように1988年以降減少し2005年以降はほぼ安定している。ナリン川の河川流量の約15%が灌漑に用いられている。



写真 2-2-1 チュイ流域の水利施設の配置概要パネル

---

### アラメディン川の沈砂池の現場調査

アラメディン川の沈砂池はアラメディン川の中流部に位置し、そこからアラメディンライオン灌漑水路が分流されている。アラメディン沈砂池は写真 2-2-3 に見られるような堆積土砂を毎年 10 万  $m^3$  の土砂を掘削している。ここでの河川の既往最大流量は約  $50m^3/s$ 、灌漑水路への最大取水量は  $20m^3/s$  である。1964 年に竣工しており、毎年 4 月から灌漑水路への取水を始める。



写真 2-2-2 アラメディン灌漑水路 (左)



写真 2-2-3 アラメディン沈砂池

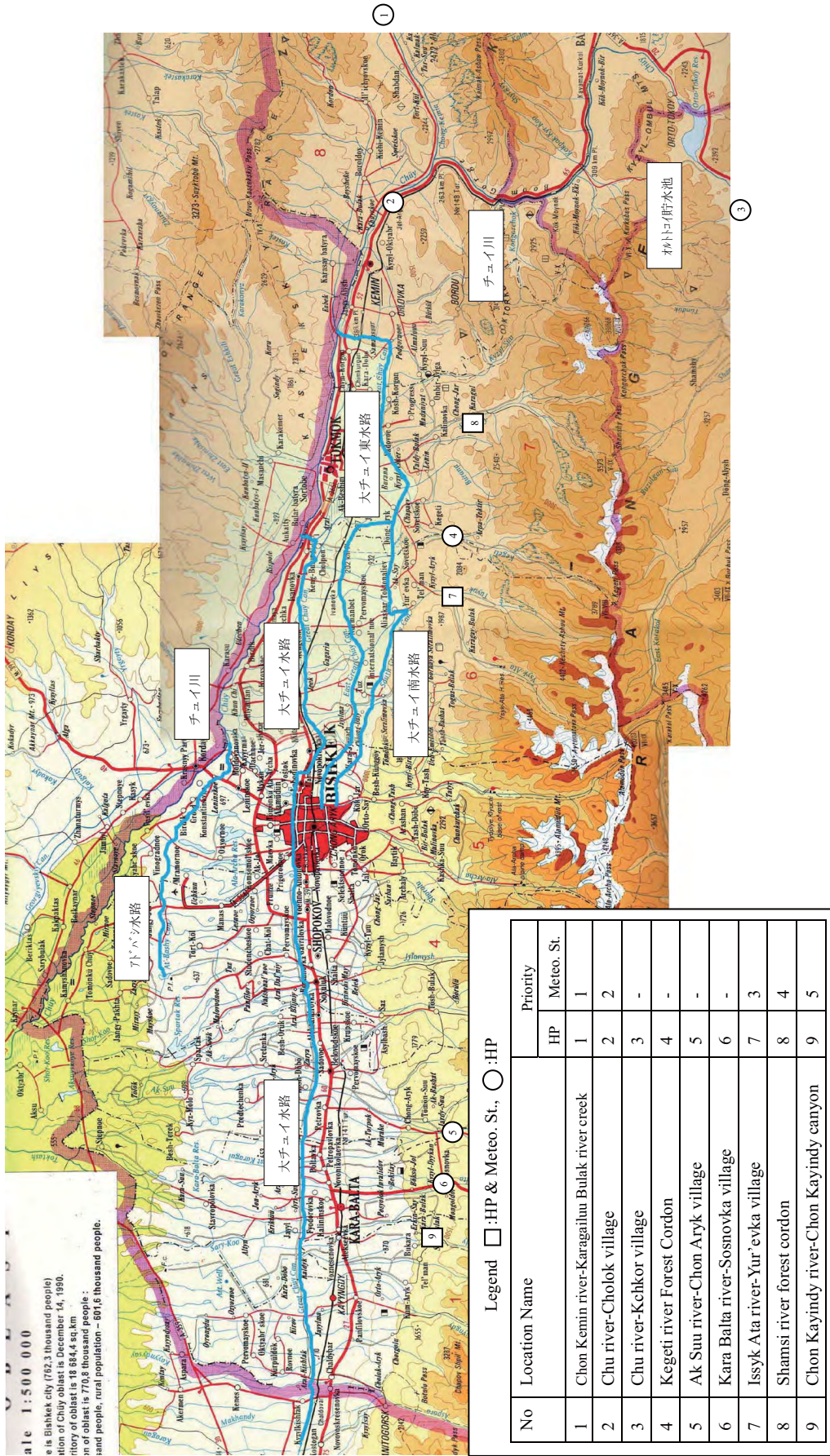


図 2-2-27 チュイ流域の灌漑水路、再建要望ハイドロポスト/気象観測所の概略位置

## 2-2-5 社会経済フレームワーク、人口動態

WB のホームページからキルギス国の近年の経済動向として実質 GDP の伸び率をセクター毎に見ると、表 2-2-9 のようである。キルギス国では主に建設と運輸・通信セクターの成長が著しいことがわかる。工業は世界的、地域的な不況の影響、また、その結果としての繊維や建設資材の輸出への負の影響、更に、国内のエネルギー問題の影響を受けているため、セクターとしての伸び率が減少、マイナスになっている。貿易はその伸び率は抑制されている。

特に、工業セクターの 2009 年上期の大幅な GDP の伸び率の減少は、エネルギーセクターにおける減少と繊維工業、建設資材における減少により生じている。電力の停電は 2009 年 6 月に停止し、トクトグル貯水池の水位が次第に回復することが期待できるものの、安定した電力供給が行えるか否かは不明であり、安定した電力供給がキルギス国の経済に与える影響は極めて大きいといえる。

表 2-2-9 近年のキルギス国でのセクター別の実質 GDP 伸び率

	2007	2008	1hf07(*)	1hf08	1h09
GDP	8.5	7.6	10.0	6.1	0.3
GDP excl. gold	9.0	5.4	12.2	5.5	1.3
Agriculture	1.6	0.7	2.2	2.4	2.1
Construction	32.3	-10.8	43.6	-27.6	28.5
Industry	6.3	16.5	3.8	6.7	-18.9
Industry excl. gold	9.2	-1.6	15.1	1.9	-17.7
Services	12.6	10.7	14.1	9.5	4.4
Trade	10.9	9.2	14.4	6.6	3.4
Transport/communication	44.4	29.7	40.8	29.4	10.8

(\*) 1hf07 : 2008 年上半期の意

(original source: Kyrgyz National Statistical Committee, WB web site より)

また、同様に、世界銀行のホームページからキルギス国の社会経済指標を得ることができる。表 2-2-10 は 2002 年～2008 年の主要な指標の変化を示す。GDP は最近では 8% の伸びを示しており、また、1 人当たりの GDP もほぼ 1000 ドルに達するに至っている。人口動態を見ると、人口は 2002 年以降では約 500 万人で毎年 1% の伸びで増加を続けている。2015 年はトレンド法による予測値を示す。

農業国であるキルギス国における灌漑面積は表 2-2-11 のように 1988 年に 120 万 ha であったが、その後 1990 年代半ば以降、減少して約 100 万 ha でほぼ安定している。将来の社会フレームについては、水資源局へのヒアリングによると、長期的には新たに 120 万 ha (ソ

連時代の計画であり、具体のロードマップはない) の灌漑面積を増大させることを目指している。短期的には 2008 年 12 月の政府の法律により 3 年間で 8 千 ha の灌漑面積を増やす計画としている。

表 2-2-10 社会経済指標

項目	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	(2015)
GDP(百万 US\$)(名目)	1,606	1,919	2,212	2,460	2,833	3,745	4,120	6,919
GDP 伸び率 (%) (実質)	-0	7	7	-0	3	8	8	-
一人当たり GDP (US\$)			436	478	550	729	956	1,792
人口 (千人)	4,993	5,039	5,093	5,144	5,192	5,235	5,278	5,620
人口伸び率 (%)	1	1	1	1	1	1	1	-
電力消費量 (kWh/人)	1,598	1,955	1,651	1,842	2,015	-	-	2,605
平均給与 (US\$/月)			52	63	76	106	148	301

(World Bank Web site, Recent Economic and Policy Developments より)

表 2-2-11 キルギス国での灌漑面積の推移 (単位 : 100 万 ha)

年	1988	1993	1998	2005	2006	2007	2008
灌漑面積	1.20	1.08	1.08	1.04	1.02	1.02	1.02

チュイ州では灌漑水路の延長が計画されている。大チュイ南水路を延伸して 2.6 万 ha の灌漑面積の増加を見込む計画がある。この計画は水経済設計研究部 (現在では民間組織) が行っている。

#### 水需要予測

前節で求めた 2015 年の社会フレームに対する水需要を以下の仮定のもとで算出した。

- ・ 工業用水は GDP の伸びに連動して増加する。
- ・ 都市部水道は都市部人口の伸びに対応して増加し都市部人口は全国の約 30% であり、その割合は 2005 年以降、ほぼ一定となっている。
- ・ 灌漑面積の増加を 8,000ha とする。灌漑用水の原単位は最近の 10 年の平均値を用いる。
- ・ その他は 2005 年以降その他の水利用量とその他以外の水利用水との割合の平均とする。

これらの仮定のもとで 2015 年時点の社会フレームにおける水需要は表 2-2-12 のようになる。

表 2-2-12 キルギス国の 2015 年時点の水需要の予測（単位：百万 m<sup>3</sup>）

計	都市部 水道	工業用水	灌漑	農村部 上水	その他
6,316	143	1,112	4,552	60	448

## 2-2-6 キルギス国の水文・水利・気象観測

### （1）水資源管理のための基本的水文・水利情報関連設備の状況と課題

旧ソ連時代は機材の更新や、必要な財源手当てと職員確保も行われていたが、現状は当時と比較して3～4割しか河川の計測が行われていない。取水堰や水路の流量モニタリングは農業水資源省の水経済局が所管するが、地区事務所には流量計がない所管もあり、必要な計測ができない現状がある。また、キルギス国の国土は山地が多く、土石流も発生するため、計測施設の修理がされていないことより水配分にも支障が出ている。

モニタリングの区分として、地下水の所管は国家地質庁（State Agency on Geology）、表流水と融雪、氷河はハイドロメットである。ただし、氷河のモニタリングは一部の氷河を除いて、現状「行っていない」に等しい。

キルギス国の河川流量の内訳としては、降雨や氷河（融解）と比較して降雪（融雪）が支配的と考えられるため、流域全体の精度の良い流量予測のためには、積雪や融雪のモニタリングが重要である。旧ソ連時代には、雪原に大量の標雪杭を打ち込んで、上空から定期的に空撮するなどして降雪量、融雪量を観測していたため、融雪と流量予測は現状と比較して旧ソ連時代の方が精度良く出来ていた。独立以降、雪をモニタリングするステーションの減少、特に、河川上流域（高標高）のステーションの減少が顕著となっている。

### （2）既存のデータベースシステムとデータアクセス

ハイドロメットでは、主要地域に配置された水文観測所及び気象観測所において手動計測されたデータは、以下に示すいずれかの方式により、原則として各観測所を管轄する統合センターへ毎朝 8 時に伝送される。統合センターでは管轄する観測所のデータを取り纏めて、ビシュケクの本省へ伝送している。重要な観測所では統合センターを介せず直接本省へデータを送信しているものもある。

使用されている伝送方式

- a) 無線機器（口頭伝達）
- b) 電報
- c) 携帯電話（口頭伝達）
- d) 携帯電話による SMS（Short Mail Service）

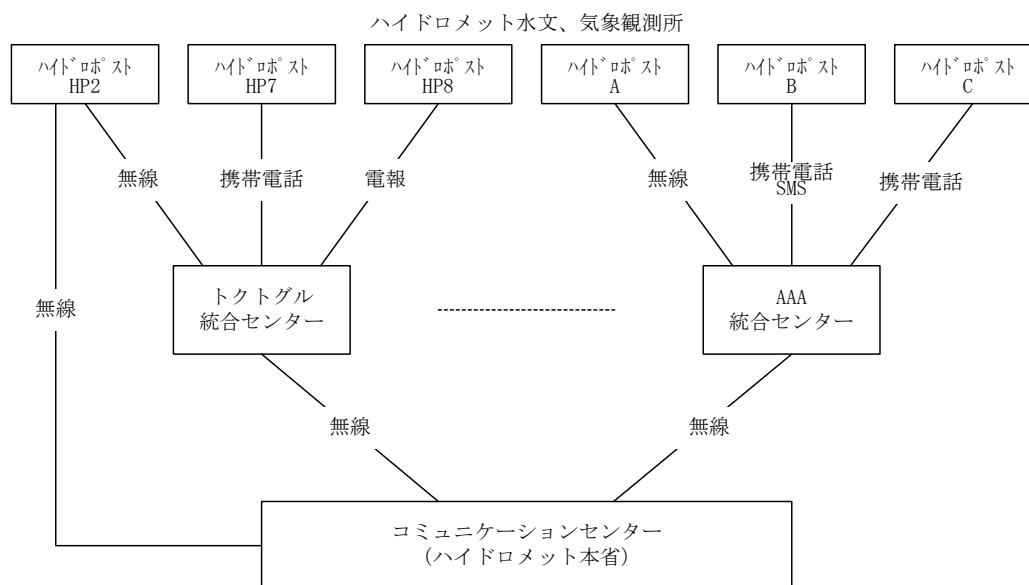


図 2-2-28 ハイドロメットデータ収集ネットワーク例（観測所－統合センター）

電報及び SMS によるデータ伝送は、世界気象機関（WMO）方式を基に、コード化（5桁の数字表示）されたデータを羅列したテキスト形式で行われている。

また、各観測所においては、手書きにて計測値の月報を作成し統合センターに手渡し或いは郵送している。重要な観測所では統合センターを介せず直接本省へデータを送信しているものもある。

本省には、コミュニケーションセンターと呼ばれる通信情報局が設置されている。ハイドロメットでは 2002 年から USAID より供与されたデータ収集装置を使用して、ビシユケク気象観測所（パソコン・ソフト異常のため、現在休止中）、ナリン、ジャララバード、カラコル及びクズルオデルの 4 統合センターとキルギス国・テレコム社の公衆電話回線を利用したネットワークを組み、水文、気象及び農業データを 3 時間毎に受信し、それらをコードのまま、自動的にデータベースを作成している。他の統合センターや観測所のデータは、パソコンへ手入力する必要があるが、マニュアルの不備や人手不足のためデータ入力が滞っている。

一方、受信したデータはコード化されたまま、省内の部署データが必要な部署へ LAN にて発信され、そこでデータをデコード（復号）して活用している。

また、必要に応じ、一般インターネット回線を介したシケントに設置されている地域センターを経由して、二国間協定を締結した他の中央アジア諸国（相手は二国間協定締結国）のハイドロメットとデータ送受信を行っている。

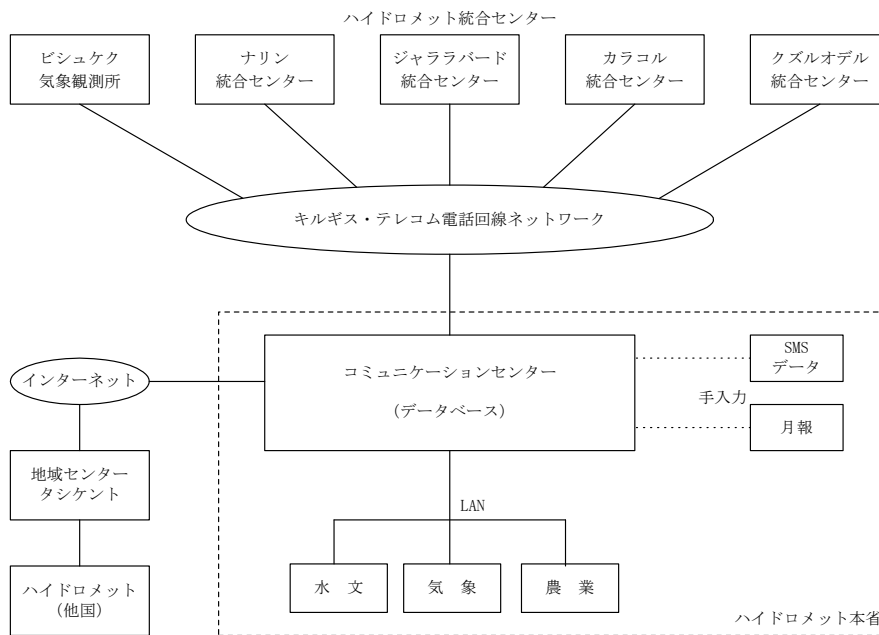


図 2-2-29 ハイδροメットデータ収集ネットワーク(統合センター本省)

コミュニケーションセンターのハードウェア構成は、データベース用サーバー2台(1台予備)、HMI用コンピューター(Human Machine Interface: ユーザーインターフェイス)2台、プリンター1台である。



写真 2-2-4 コミュニケーションセンター



写真 2-2-5 コミュニケーションセンター  
データ管理装置

ナリン統合センターにおいては、2009年6月にUSAIDより供与された気象データ自動計測収集装置が稼働している。管轄下の3水文観測所からの水文データ(1回/日)は手入力しているが、センター敷地内に設置されている気象観測所より自動計測される気温、湿度、地温、風向、風速、気圧、降雨量等のデータはパソコンに蓄積され、3時間毎に前述のネットワークを介して本省へ送信している。

水資源省においては、タラス川流域のキルギス国とカザフスタンの国境部で水利用を制



---

御するキロフダム下流の分水堰などでドナーの支援にて SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition : 監視制御データ収集装置) システムを取り入れて施設の管理を行っている。このシステムは堰の制御 (運転/停止) は出来ないが、堰の開度、運転・故障状況等をリアルタイムで監視できる。また、水位計を用いて放出水量を 5 秒毎に演算しており、このデータを基にカザフスタンとの水利用協議を行っている。各施設にて収集されたデータは無線機器にてビシケク本省へ伝送 (1 回/日) され、水配分の管理に用いられている。



写真 2-2-6 キロフダム流量演算式水位計



写真 2-2-7 キロフダム操作監視用  
パソコン

### (3) 観測システム、データ統合・解析システム

#### ①情報通信システム

ハイドロメットや水資源庁が有している情報システムは、2002 年から USAID の支援によりコンピューターによるデータ管理が一部で導入されたが、全域におけるデータ電子化が成されていないためにパソコンによる監視・管理も行われておらず、GIS は全く導入されていない。ただし、ハイドロメット気象部門においてのみ、NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration : 米国海洋大気圏局) 衛星画像を利用して積雪量の監視を行い雪崩等の短期的な予測を行っている。しかしながら、「モニタリングシステム (氷河、地下水)」で後述するように、利用している衛星画像の解像度は 1km と粗く、大まかな傾向の把握にとどまっている。

一方、\*CAIAG においては、通信衛星を利用した独自の情報通信システム (Information Communication System) を開発している。GPS (Global Positioning System : 全地球測位システム) を利用した地滑り等の自然災害観測点 (GNSS 局と呼ばれている) と水文・気象データ観測点 (SMART 局と呼ばれている) を設置し、いずれも太陽光発電を電源としデータを自動で観測し CAIAG へ送信している。

水文・気象データの内容は、水文関連が水位、水温及び流速の 3 項目、気象関連は水蒸気量、降雨量、降雪量、湿度、気温、気圧、日射量、風速及び風向の 9 項目である。データ通信には、GPRS (General Packet Radio Service : 汎用パケット無線サービス) と VSAT (Very Small Aperture Terminal : 衛星通信用超小型地上局) 通信方式を用いて CAIAG の通

信サーバーへ伝送されている。VSAT ネットワークを図 2-2-30 に示す。

収集されたデータは、CAIAG に設置されたコンピューターにてデータベース化され、VPN サーバー (Virtual Private Network)、メールサーバーや WEB サーバーを通じてパートナーに配信されている。

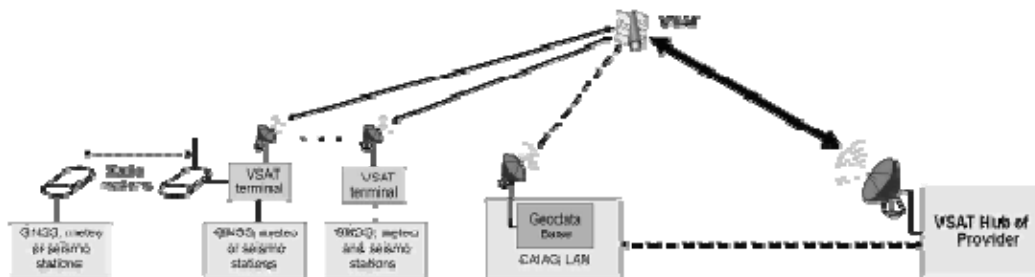


図 2-2-30 VSAT ネットワーク

CAIAG は、このシステムを利用して中央アジア 5 カ国のハイδροメットよりそれぞれ 2 カ所の観測所の観測データ提供を受け、水文・気象データの共有化のためのモデルプロジェクトを推進しようとしており、現在、4-GNSS 局と 3-SMART 局が運用されている。現時点で、キルギス国、カザフスタン及びタジキスタンは設置済み、ウズベキスタン及びトルクメニスタンは未提供とのことである。この共有化プロジェクトにおいて、共有化されるデータは前述の水文データ 3 種類と気象データ 9 種類である。気象データは自動データ収集され GPRS と VSAT 通信にて送信されている。データを共有することで関連機関が同一地域で観測する必要もなくなると同時に、各機関独自の管理システムを同一のデータにて構築することが出来る。また、維持管理費を押さえることも可能である。

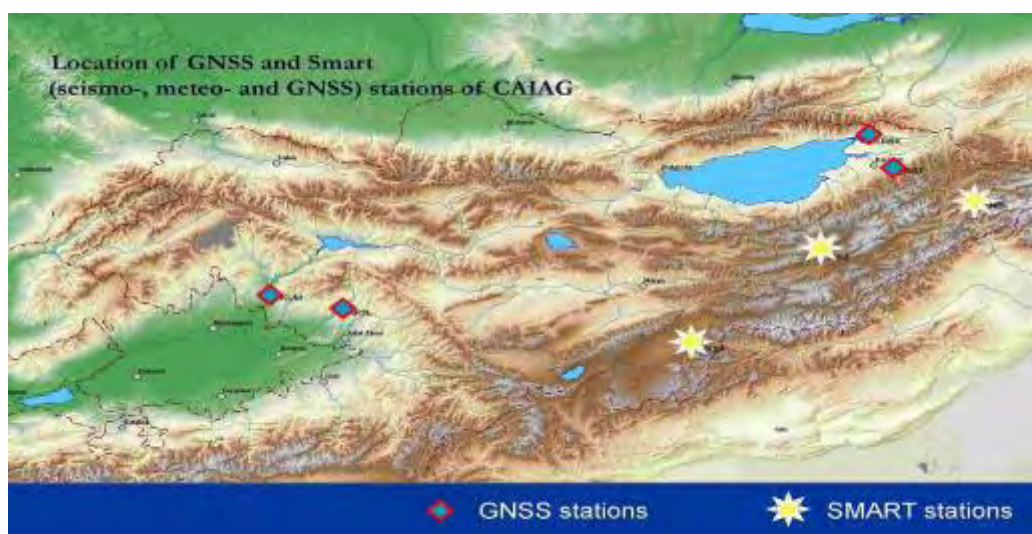


図 2-2-31 CAIAG の自動データ収集地点



写真 2-2-8 CAIAG GNSS Station



写真 2-2-9 CAIAG SMART Station

CAIAG は今後、観測項目や観測所数を増やすと共にハイドロメットのデータも取り入れて、河川流域、貯水池、氷河や土壌監視を行い、中央アジア諸国の水資源管理増進に寄与する研究を進める方針である。その一環として、中央アジア水プロジェクト (ZAWa : Zental Acien Wasser = Central Asian Water) を立ち上げており、6 項目の重点実施事項を設定して水資源問題の解決に取り組んでいる。

- ① 水文・気象局のネットワーク改善
- ② データ収集及び解析の統一化
- ③ 水文・気象データの一元管理化構築
- ④ データ解析及びモデル化の構築
- ⑤ 水に関するリスクの予測
- ⑥ 信頼しうるデータに基づく水資源管理の構築

CAIAG はハイドロメットのデータに関しては約 1 年前から収集を開始しており、モデル化を推進している。また、流域国より各 2 ヶ所のハイドロポストを試験サイトとして提供（キルギス国、カザフスタン及びタジキスタンは設置済、ウズベキスタン及びトルクメニスタンは未設置）してもらい、ネットワークやデータ交換のプロトタイプ構築も進めている。

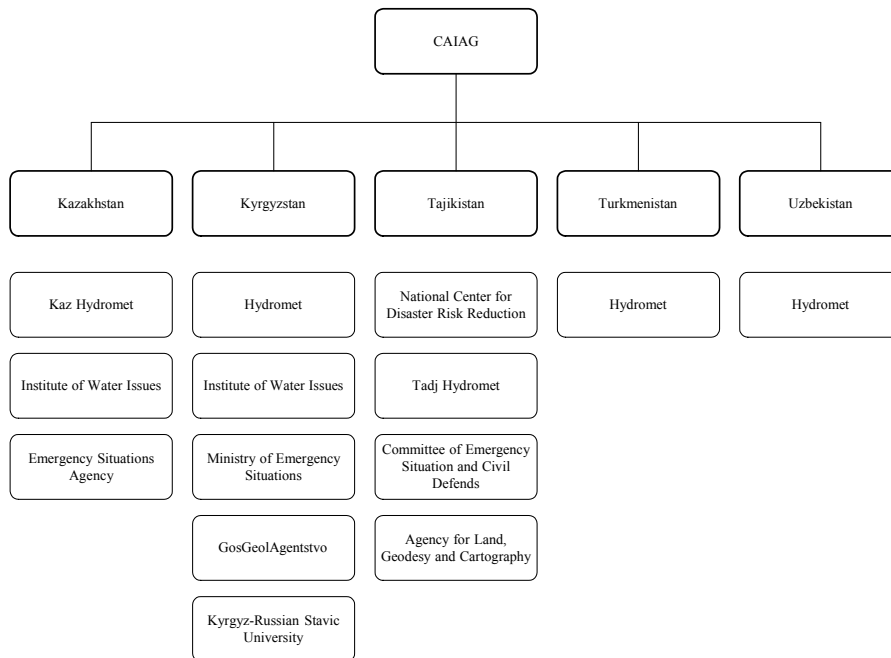
想定される支援としては、基本的には、ハイドロメットの既往の計測手法踏襲による水文・気象諸量、ならびに水利量の観測施設再建（新設）と、データ管理手法の向上が適切であると思われる。一方で、氷河等の観測は既往の観測所が廃止され、人力による観測再開が困難なこともあり、GPS または VSAT の利用が有効と思える。また、支援を行う側は将来中央アジア地域の水資源の地域連携を見据えて、VSAT によるデータ共有システムの適用等の手法も検討しておく必要がある。

GPS による氷河の観測や、VSAT のシステム開発には時間を要するので、この分野で先行する CAIAG との共同プロジェクトについても可能性を検討することは有効であり、意義がある。

\*\*\*\*\*

**コラム 7 \* CAIAG: 中央アジア応用地学研究所 (Central Asian Institute for Applied Geosciences)**

2004年にキルギス国政府の基金で創設され、2007年よりキルギス国政府(55%)、ドイツGTZポツダム(45%)の資本比率にて運営されている。Dr. Moldobekv(キルギス国)とProf. Dr. Echterler(ドイツ)の2名が共同所長の職に就いている。組織は①Geodynamic and Geohazard(地球力学・地球災害)、②Climate, Water and Geocology(気候・水資源・地球生態)、③Sustainable using and Resource Preservation(持続的資源利用及び資源保護)、④Technical Infrastructure and Data Management(技術インフラ及びデータ管理)、⑤Education, Training and Scientific Cooperation(教育・トレーニング及び科学的協力)⑥Administration(管理)の6つの部門で構成されており、地球科学における科学的研究と新手法の開発を行っている。中央アジア諸国における主なパートナーは以下の通りである



**図 2-2-32 中央アジアにおける CAIAG パートナー**

\*\*\*\*\*

**②モニタリングシステム(氷河、地下水を除く)**

ここでは気象、水文観測を対象として記述する。これらは、主としてハイドロメットが管轄するが、その他に旧水経済局の灌漑水路施設での水文観測がある。

ビシュケク気象観測所および統合局

ビシュケク気象観測所と統合局はハイドロポストの敷地内にあり、8つのハイドロポストを管理し、観測データの送受信を行っている。データは3時間毎に収集され、それらを本省へ無線装置を使用して送信している(写真2-2-14)。また、無線装置はバッテリーのバック

アップ電源付きと AC 電源動作のみの 2 台を有している。

本気象観測局はキルギス国内で最も整備が進んだ局で、キルギス国の気象観測所のモデルとなっており、マニュアル類も整理されている（写真 2-2-15）。キルギス国内で積雪密度計の唯一の設置場所である（写真 2-2-16）。

観測は自動観測機器による観測エリアとマニュアル式による観測エリアが別になっている（写真 2-2-17）。USAID の支援で導入した気象データ自動収集／送信装置（写真 2-2-18、2-2-19、2-2-20）は、ナリン統合局に設置された機器と同じ構成である。ただし、現状はデータ送受信及びソフトに障害があり運用されていない。

### ーハイドロメットの水文、気象観測モニタリングの状況ー

ハイドロメットは 76 カ所のハイドロポストを管轄（その内 4 カ所は湖、1 カ所は貯水池を対象）し、各ポストに直属の職員を配置している。

図 2-2-35 にハイドロメットが管理する気象、水文観測地点の分布を示す。図中の番号はハイドロポストについては巻末（参考）の表 1～4 に示されるハイドロポスト施設台帳の番号に対応する。

図 2-2-33 はキルギス国におけるハイドロポストの箇所数の減少状況、図 2-2-34 には気象観測所の数の減少状況を示す。いずれも 1980 年代後半からの約 10 年間で急激に減少していることがわかる。残存する施設の状況も劣化している。

一般にインフラストラクチャーのライフサイクルはコラム 8 に示すような劣化曲線でその性能が変化してゆく。維持管理や更新が行われなければ機能維持の限界を超え、機能が停止することになる。キルギス国のハイドロメットの機能はまさに現在がぎりぎりの限界状況である。



図 2-2-33 キルギス国におけるハイドロポストの数の減少状況

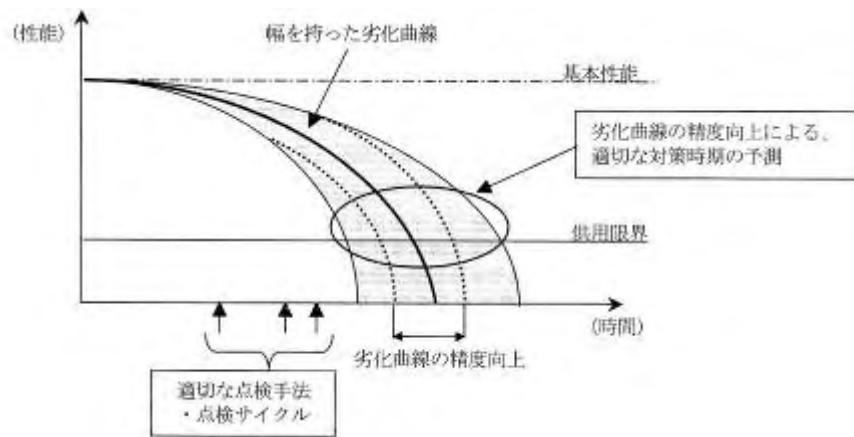


図 2-2-34 キルギス国における気象観測所の数の減少状況

\*\*\*\*\*

**コラム 8** ” インフラストラクチャーのライフサイクル(劣化曲線) “

一般に、社会インフラなどの土木構造物は施設の供用開始後、劣化が始まりその機能（性能）は下図の劣化曲線のイメージのように時間とともに減少してゆく。この劣化の過程で適切な点検に基づく維持管理や施設の更新を行うことによりその機能を長期に亘り維持してゆくことができる。



(イメージ図は [http://www.pacific.co.jp/manage/pam/pampdf\\_files/pamreport10.pdf](http://www.pacific.co.jp/manage/pam/pampdf_files/pamreport10.pdf) より引用)

\*\*\*\*\*

ハイドロメットの計測項目は水位、流量、水温、気温、降雨量、積雪量、河川の凍結状況である。計測結果は手書きで記録簿に記入し、1ヵ月分を管轄の州のハイドロメット支部に郵送する。支部から本部へは年1回、1分をまとめて、本部に郵送するシステムとなっている。支部では河川の水位～流量曲線の更正も行っている。これらのデータは手書きの状態で、本部で保管されている。

---

### 計測機器・通信機器の検査と修理課

ハイドロメット長官の直属組織で車両及び調達課と同じ敷地にある。現職員数は 5 名であり、水文観測機器、気象観測機器、通信機器の修理、オーバーホール、検定を行う。

流速計検定装置はキルギス国製で、水資源省傘下の計測技術研究所で開発された。直径約 2m の円形水槽のなかに流速計を設置し、モータで流水を回転させる仕組みとなっており、検定装置は 3 年毎にチェックを行っている（写真 2-2-10）。キルギス国全土のハイドロポストで使われている流速計を主対象とするが、年 1 回ここで検定を行ない、有効期限 2 年間の検定書をハイドロメット名で発行する。毎年約 250 台の流速計検定の実績がある。

修理に関しては、ハイドロポスト、気象観測所で使われるあらゆる機器の修理、農業用気象観測機器の修理、調整を行っている（写真 2-2-11）。現状では風速計の修理技能を持った技術者がいなくなっている（写真 2-2-13）。

### 水質モニタリング

水質モニタリングは 1991 年までは 54 の水域に対し 102 のサンプリングを行い、ビシュケクとオシュの 2 ヲ所の試験所で水質試験を実施していた。現在では図 2-2-36 に示されるチュイで 4 半期に 1 回の採水とビシュケクでの水質試験を実施しているのみで、サンプル試料はハイドロメットの水質試験所で試験される。試験項目は主として、pH、水温、透明度、SS、BOD、DO、金属イオン、硬度等である。また、ナリン川最下流のハイドロポストでは簡易水質試験が行われている。試験に使われる器材および試験項目の詳細は巻末（参考）の表 5 に示される。水質試験の結果は手書きのシートで保管されていたが、JICA 技術プロジェクト（コラム 9 参照）により電子化が行われている。水質試験のための機材や試薬は外国の援助により整備、供給されているが試薬についてはストックの不足が問題となっている。

水質に関してはオシュ州で水銀による土壌汚染の問題があるが、現在、重金属の試験が行われていない水質観測地点が多いことから、問題となっている。また、貯水池堆砂の予測のための流送土砂のモニタリングも行われていない。ビシュケクの水道水は 100%が地下水から取水されており、水質の問題はない。

\*\*\*\*\*

#### **コラム 9** “Improvement of Water Quality Monitoring”（技術協力プロジェクト）

キルギス国における水質試験の能力強化については 2006 年に JICA による 2004 年～2008 年にかけての中央アジア水質モニタリングに関する技術協力事業の一環として研修ならびに水質モニタリング器材の供与、40 年間の水質データの電子化の事業が行われている。Web Site でデータを公開している (<http://www.meteo.ktnet.kg>)。

\*\*\*\*\*

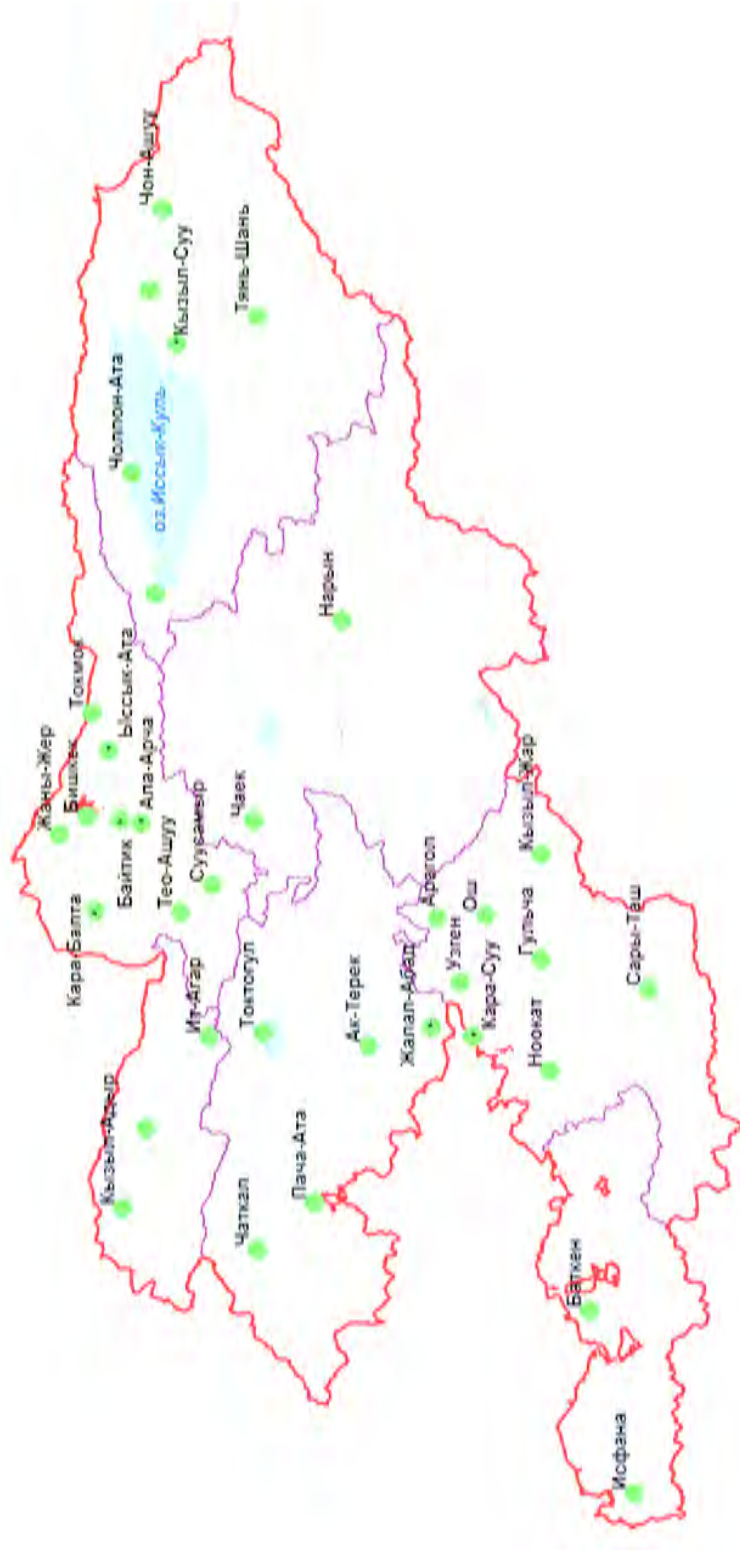


図 2-2-35(1) キルギス国気象観測所分布



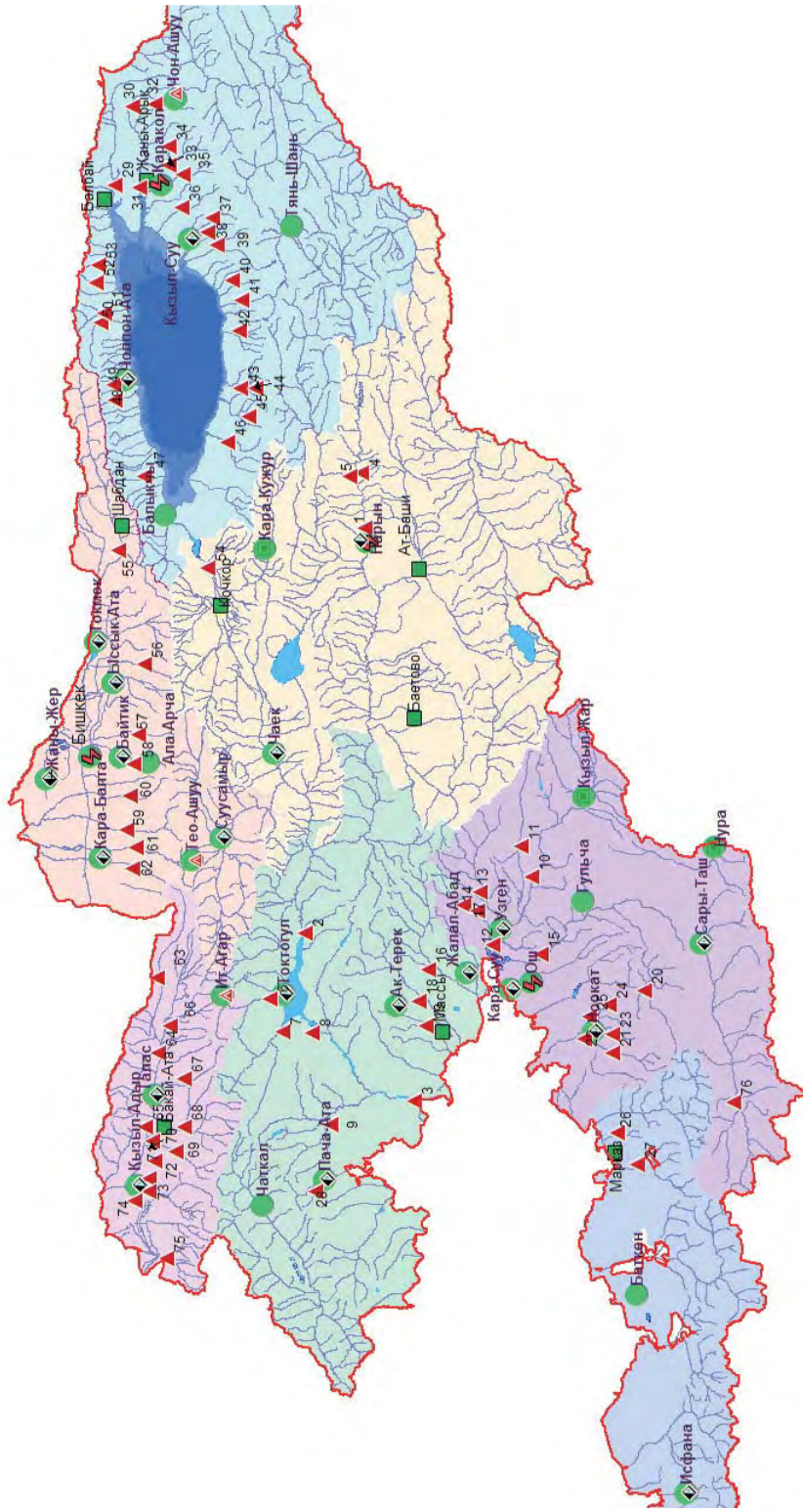


图 2-2-35(2) キルギス国ハイドロポスト分布

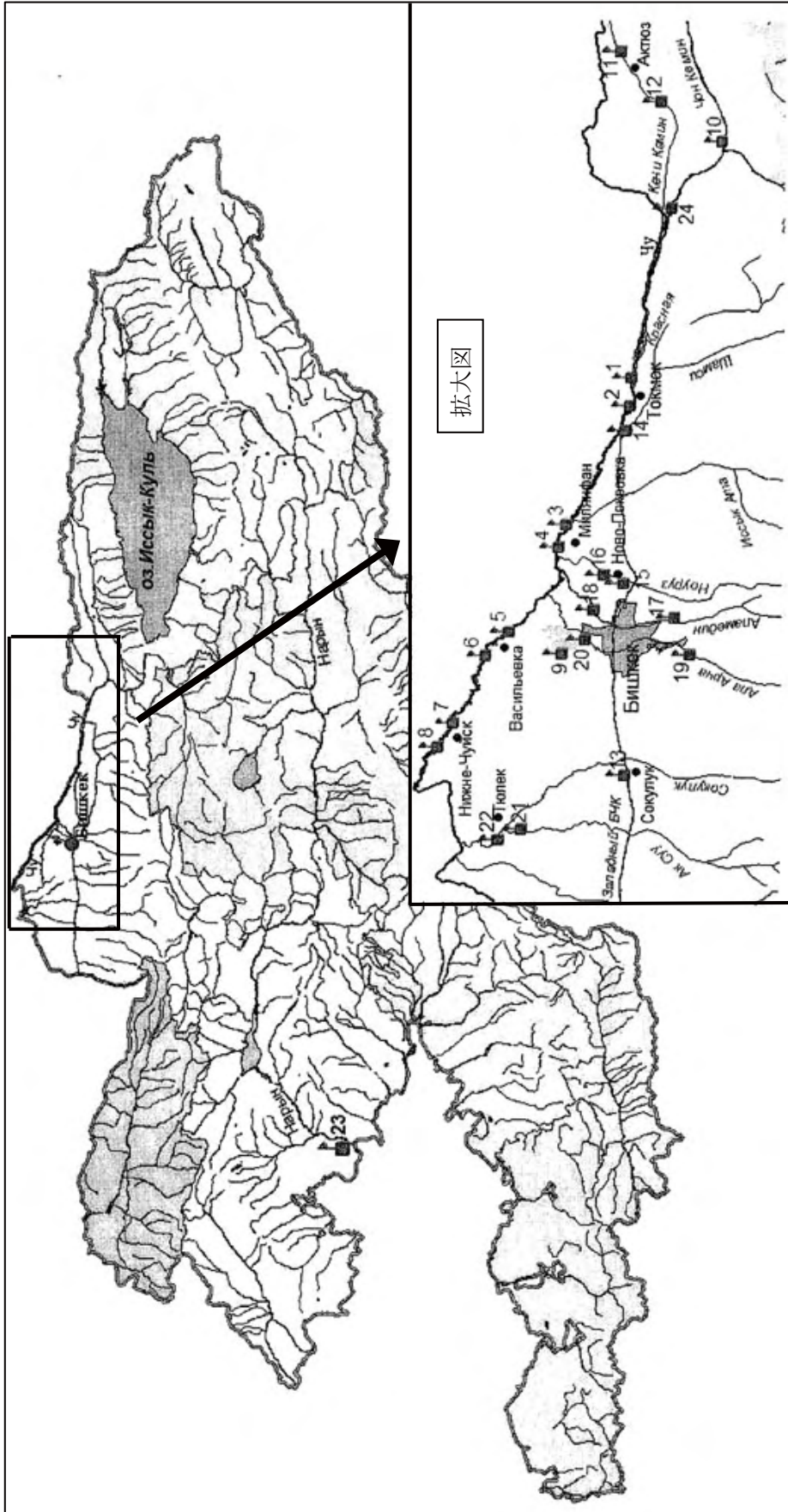


図 2-2-36 キルギス国水質モニタリング位置



写真 2-2-10 流速計検定システム

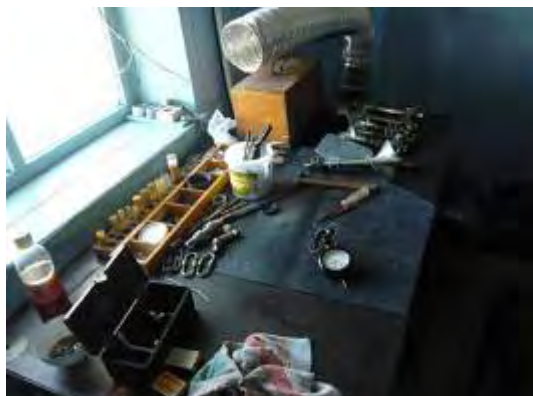


写真 2-2-11 水文・気象観測機器の修理場



写真 2-2-12 地中温度計



写真 2-2-13 風速計検定機器



写真 2-2-14 ビシュケク水文気象観測統合局の音声によるデータ送信のための通信機材



写真 2-2-15 水文気象観測マニュアル類



写真 2-2-16 積雪密度計測装置



写真 2-2-17 自動気象観測機器エリア（部分）



写真 2-2-18 自動データ受信／送信装置



写真 2-2-19 受信／送信装置内部機器



写真 2-2-20 データ監視用 PC

### ハイドロポストの観測項目と観測体制

ハイドロポストでの主な観測項目は水位、流量、気温（最高気温、最低気温、気温）、降雨、積雪、等であり、測定データは毎日一回 8 時に無線でトクトグル統合局に送っている。観測員は通常 1 人であり、ナリン川ウチテレク地点（HP-2）のような重要で大規模な計測が必要な箇所は 2 人の観測員を配置している。

---

#### ハイドロポスト-6 (チチカン - バラチチカン川河口)

ハイドロポスト-6 の状況は、計測機材、観測建屋、等の条件が悪い。流速観測用の装置として河川を横断するケーブルは残っているが、計測時の人荷用ケージは損傷しており、現在観測はしていない。観測上の課題として、水位・流量観測地点が観測員の家からやや下流にあり、管理の手が届きにくく、機材の盗難等を防ぐため家の近くに移設する計画がある。

#### ハイドロポスト-2 (ナリン川 - ウチテレク)

SEBA (流量自動観測システムの名称) が設置されており、川岸から遠隔操作による流速計の位置操作、計測ができる。USAID により 2002 年に設置 (写真 2-2-29、2-2-30) されたものである。水位計測は河床に設置した複数の鋼製杭の上端を予め水準測量により基準点からの標高を求めておき、毎日の定時 (8 時と 20 時) に川の水面との差から水位を計測している。また、通常の流速計測システム (GR-21) も使われている (写真 2-2-32)。観測データは毎朝 8 時に無線装置にてトクトグル統合局とビシュケクに連絡している。

問題点としては、冬の川の凍結により水位の計測が難しいことがある。また、自動水位観測装置も上述の USAID により導入されているが、川岸から水位観測用井戸を繋ぐパイプが砂で詰まり、導入後 1 ヶ月の稼働にとどまっている。

#### トルケント川ハイドロポスト跡

トルケント川は、トクトグル貯水池への流入支川のうち 3 番目に大きな支川 (チチカン川の約 60%) であるにもかかわらず、現在流量が計測されていない。1992 年の地震により上流にせき止め湖が形成された後、これが 1993 年に決壊したため、下流にあったハイドロポストが流失した (写真 2-2-33、2-2-34)。再建が必要なハイドロポストの一つである。

#### ハイドロポスト-8 (カラスウ)

計測項目は水位、流速、水温のみである。観測小屋 (兼 観測員用の住居) はない。流速等の計測位置は約 50m 上流にあったが、1996 年 6 月の上流の湖の決壊により流出し、現在の位置 (橋梁の地点) に変更された (写真 2-2-35、2-2-36)。ここでは流速は橋を利用して測定している。計測データはテレグラフ (電報) にてビシュケクに送信されており、1 ヶ月分がまとめてトクトグル統合局に記録簿が送付される。当ハイドロポストの問題点は観測員が替わることにより技術の継承ができない。観測員に住居と土地が与えられないことが大きな理由である。



写真 2-2-21 トレチャノフ雨量計 (手前)、セリヤ  
ーノフボックス (奥) (ハイドロポスト-6)



写真 2-2-22 流速計測用のケーブル(使われていな  
い) (ハイドロポスト-6)



写真 2-2-23 ハイドロポスト-6 の通信機器



写真 2-2-24 無線通信用のアンテナ(ハイドロポ  
スト-6)



写真 2-2-25 ハイドロポスト-7 流速計測シス  
テム GR-21



写真 2-2-26 流測計 (ロシア製) (ハイドロポ  
スト-7)



写真 2-2-27 トクトグル ハイドロポスト統合局



写真 2-2-28 トクトグル気象観測局



写真 2-2-29 流速計測システム SEBA (ハイドロポスト-2)



写真 2-2-30 SEBA システムの流速計と吊り下げ用ワイヤー (ハイドロポスト-2)



写真 2-2-31 ハイドロポスト-2 の雨量計とトレチャノフ箱



写真 2-2-32 GR-21 システムの流速測定用台車(ハイドロポスト-2)



写真 2-2-33 トルケント川のハイドロポストがあった所



写真 2-2-34 トルケント川にかかる橋



写真 2-2-35 カラスウ川での水位・流量・水温観測地点 (ハイドロポスト-8)

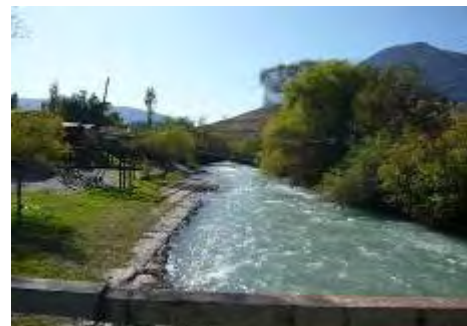


写真 2-2-36 カラスウ川観測点から上流の状況(ハイドロポスト-8)

---

### ③モニタリングシステム（氷河、地下水）

旧ソ連では、河川流量を計算する際に、氷河上に降った雪が溶け出す場合も「氷河融解」として取り扱っており、現在も氷河及び雪のモニタリングはハイドロメットが主たる管轄機関である。雪のモニタリングは、低標高の気象観測局（統合局含む）では継続されているが、中～高標高の山岳部においては観測局のほとんどが失われたため、全体としてのモニタリング精度は著しく低下している。また、氷河のモニタリングは現在中断されている。

このような状況下、近年ではナリン川流域の積雪量、融雪量の把握のため、NOAA（米国海洋大気庁）の衛星画像（解像度 1km）を用いている（図 2-2-37 参照）。NOAA 衛星のデータは 2000 年から蓄積されているが、2000 年から 2008 年はウズベキスタンが受信・加工したデータを入手していた。その後、2008 年 10 月にスイスの研修コンポーネントでリモートセンシングに関する研修を受け、衛星データの受信局が 2009 年 7 月にロシアのハイドロメットから供与されたことから、現在は NOAA 衛星のデータを直接受信・加工出来るようになっている。受信されたデータは ERDAS 製品<sup>注)</sup>を用いて加工し、GIS ソフトウェア（ArcGIS 等）上に図化する。

注) ライカジオシステムズ社が販売するソフトウェア群の総称。リモートセンシング画像解析及びラスター型 GIS 統合ソフトウェアである ERDAS IMAGINE（アードス・イマジン）等がある。



NOAA 衛星画像を元に、トクトグル・ダム上流域における標高 708m から標高 5,108m の区間を 8 層に分けて各層の積雪量を算出

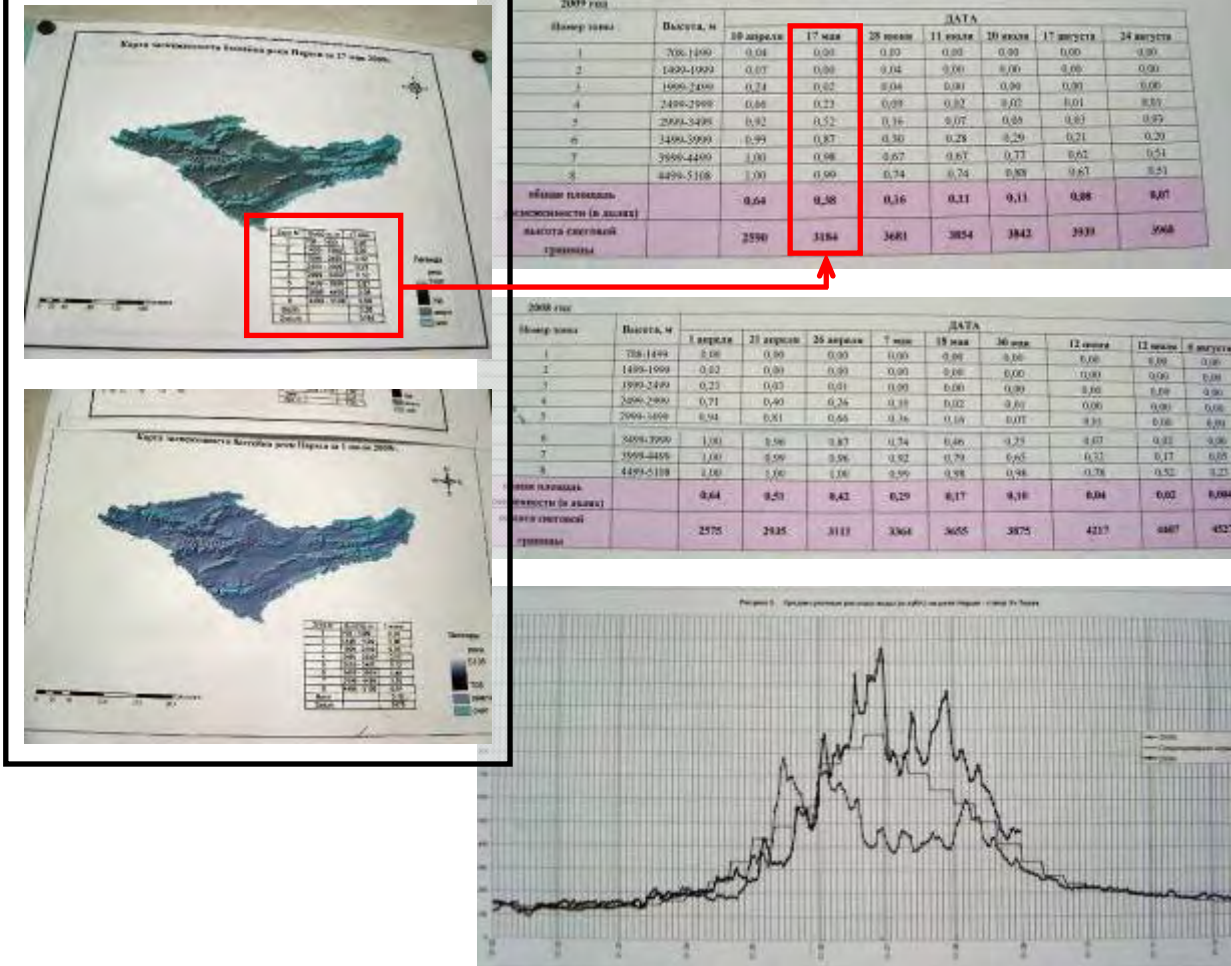


図 2-2-37 ハイドロメットにおける NOAA 衛星画像による雪モニタリングの状況

#### ④流出解析

流量予測は、短期と長期の 2 種類を行っている。ここに、短期とは 5 日後や 10 日後を、長期とは 1 ヶ月後、3 ヶ月後、6 ヶ月後を指す。

旧ソ連時代から行われている伝統的な流量予測は、例えばナリン川流域では「流域を代表する 6 つの気象観測所における、前年 10 月から 3 月までの降水量平均」を横軸、「ナリン川ハイドロポスト（ウチテレク地点）での 4 月から 9 月までの流量」を縦軸とした相関図を用いて行っている。

また、近年では流出モデルを用いた流量予測も行われている（図 2-2-38 参照）。解析ソ

---

ソフトウェアは、ウズベキスタンの中央アジア水文気象研究所が開発したもので、キルギス国ではフェルガナ盆地の河川を対象とした SDC の支援で 3 年前に導入された。流出解析モデルとして、融雪流出モデル (SRM) が採用されており、ナリン川流域の流量予測には 2008 年度から使用されている。

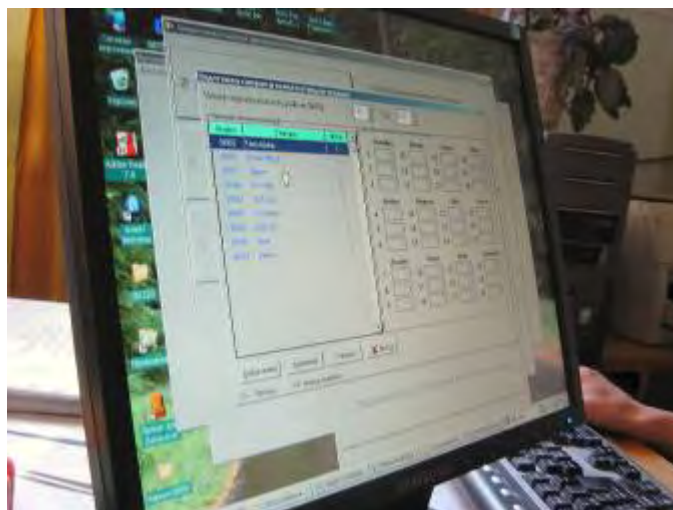


図 2-2-38 流出解析ソフトウェアのパラメーター入力画面

入力パラメーターは①気温、②降雨（降水）、③流量であり、各パラメーターの 10 日間平均値（②は合計値）を前年 10 月から 9 月までの 1 年分、計 36 項目（3 項目×12 ヶ月）を入力する。

ナリン川流域の場合、①は 4 観測所、②は 7 観測所、③は 7 観測所分を入力する必要がある。なお、②に雨量の 10 日間合計値を入力すると、雪も考慮した値に変換される。

入力後、解析結果が 4 段で表示される。上から、(1) 気温変化、(2) 降雨量変化（ハイエトグラフ）、(3) 積雪量変化（ハイエトグラフ）、(4) 融雪量変化（ハイエトグラフ）及び流量変化（ハイドログラフ）となっている。

ハイドロメットに流出モデル導入前後での予測精度を尋ねたところ、導入後日が浅いため、あくまでモデルは補足的なものとしており、複数の予測値（伝統的手法、流出モデル等）から総合的に判断しているという回答を得た。

---

## 2-2-7 水の消費とマネジメント

これまでに、シルダリア川の水資源管理の概要、キルギス国の水資源管理、ならびに水文・水利観測について述べた。このなかでのキルギス国における水の消費とマネジメントについて整理し、その中の課題、その対策の方向についてまとめると以下ようになる。

### (1) 水の消費

#### ①旧ソ連時代の水力と灌漑用水のバーター枠組みと独立後の変化

旧ソ連の時代はナリン川を含むシルダリア川流域では上流域は水力発電、下流域は灌漑農業を行う役割分担がなされ、ナリン川の水は主に灌漑期の灌漑用水補給のために用いられた。しかし、共和国独立後、電力需要の増加、燃料価格の高騰、非灌漑期（冬期）の発電放流の必要からキルギス国では非灌漑期の発電用にナリン川の水が使われる割合が増加し、灌漑期の下流域への灌漑用水補給とのバランスをとりながら、また、流域関連国との間でのエネルギー供給の調整をとりながらナリン川の水利用をおこなっている（コラム 1 コラム 2 参照）。

このことはトクトグル貯水池の運用実績にも現れている。灌漑期の放流量は 1991 年から減少傾向を示し、非灌漑期の発電放流量が増加傾向となっている。一方、非灌漑期の発電に用いられたあとの放流水はナリンカスケードの水力発電所群での発電に使われたのち下流に流下している。2008 年の渇水により、その年の冬期はトクトグル貯水池の貯留残量による発電が行われたものの厳しい電力不足の状況が生じた。キルギス国全体での電力供給の 90%が水力発電によっており、キルギス国の重要課題としてのエネルギーの安定供給の中で水力発電のための水利用は大きなウエイトを占める。

#### ②キルギス国全体の水利用の状況（水消費）

キルギス国全体の水利用状況は旧ソ連時代からの 10 年の 1988 年～2008 年の間では 1988 年が最大の水需要を記録した。その後、需要量は 10 年間で約 30%減少し、近年はほぼ安定している。セクター別の水需要を見ると全体の 90%以上が灌漑であり、残りは工業用水、都市部水道、農村部上水からなっている。このことと呼応して、キルギス国での灌漑面積は 1988 年の 120 万 ha から減少し、1993 年以降約 100 万 ha でほぼ横ばい状態である。ヒアリングによれば長期的には新たに 100 万 ha の灌漑面積の増大を目指しているということであるが、短期的には 2008 年から 3 年間で約 8,000ha の灌漑面積の増加を計画している状況である。

一方エネルギー省によれば、キルギス国においては利用できる水資源の約 70%が水力発電に用いられており、この意味ではキルギス国における水資源は国の経済の基盤としてのエネルギーと等価である。

---

### ③各州の水利用の状況

ナリン川上流域のナリン州とイシククル州の水利用の実績から水利用は大半が灌漑であり、その量はキルギス国全体と同じように 1988 年以降減少し 2005 年以降はほぼ安定している。ナリン川の河川流量の約 15%が灌漑に用いられている。一方で、ナリン州へのヒアリングによれば灌漑水路での水の損失が水路の劣化や水路内堆砂などで約 40%あるということである。

チュイ州について見ると 1988 年の 31 億  $m^3$  が最大の水利用実績を示し、その後 2005 年に 7.5 億  $m^3$  程度にまで減少したものの、2006 年以降、約 15 億～17.5 億  $m^3$  となっている。2009 年では、灌漑用水は全水利用（12.35 億  $m^3$ ）の中の 64%を占める。その内訳は灌漑用水 7.99 億  $m^3$ 、生活用水 0.71 億  $m^3$ 、工業用水 0.71 億  $m^3$ 、その他（公園、学校等）0.14 億  $m^3$ 、農村水供給 0.07 億  $m^3$  となっており、灌漑の水利用が群を抜いている。

ビシュケク市では上水は全てを地下水から取水して利用している。その量は 1999 年時点で約 1.3 億  $m^3$ /年を記録したが、それ以降はやや減少し、約 1.1 億  $m^3$ /年で安定している。水利用の内訳は、家庭用水（46%）、暖房（32%）、病院、学校他の公共施設（11%）、カフェ、レストランなど（11%）となっている。水質は他の都市（モスクワ、キエフ、ドシャンベ等）に比べると水が飲めるほど良好な水準である。

## （２）水のマネジメント上の課題

### ①水資源管理全体の課題

キルギス国での水の消費の大半が灌漑用水であり、その他が工業用水、都市部水道、農村部上水、などとなっている。

水利用のための基本的な河川の流量、ならびに流出量予測のための降水／積雪、氷河のモニタリングは主としてハイドロメットが行っている。一方、地下水の所管は国家地質庁であり、表流水と地下水という水の発生箇所により監督省庁が異なっている。水資源管理を増進するためには国として統一された管理体制が必要となっている。

ハイドロメットでのマネジメント上の課題は以下のようなものである。

- ・ 維持管理、観測機器の更新が十分にできないため、HP の数が減少し、更に、観測項目の減少、観測精度の維持が困難になっている。現状は HP の観測員の使命感に基づく努力で観測が継続されているような状況である。
- ・ 水資源管理増進のため、国家として流域計画を策定することが必要であるが、基本となる水文資料などの整備が不十分のため、この整備が早急に必要状況にある。
- ・ 観測データは手書きの台帳に保管されているが、パソコンへのデジタル入力が出来ていない。このため、データベースとしての利用が不十分と言わざるを得ない。
- ・ 氷河のモニタリングは殆ど行われていない。標高の高い HP/気象観測所の減少が顕著である。河川の流入量の予測精度を向上させるには氷河や積雪の観測、解析向上が必須である。

- 
- ・ 職員の給与水準が低いため、優秀な職員が流出している。また、観測所の職員の確保が困難な箇所もある。
  - ・ 2006年～2008年の予算推移からは職員処遇の改善が見られる。ただし、観測施設維持管理費が非常に少ない。2010年のHPの再建のための予算として400万comを要求したが実現しなかった。

## ②灌漑用水管理の課題

### ナリン州

ナリン州水経済局でのヒアリングで示された課題は以下の通りである。

- ・ 灌漑水路に設置されている流量の観測局の内、半数の改修が必要である。全ての計測地点に micropropeller (小型流速計) を導入したいが予算が不足しているため実施できない。このため、水利用の実態が十分に把握されていない。また、水配分のための供給量の設定が、こうしたデータ精度上の問題から現状が正確に反映されていないこと、水路から地下への浸透、水路破損箇所からの漏水等のため、水の損失が平均30%、多い所で40%に達しており、灌漑用水が、灌漑時期に不足する問題が生じている。
- ・ 観測局の設置は人員増加を伴い、国からの予算が必要となるが簡単には増やせない。
- ・ 施設管理のために水利用料金を徴収しているが、実管理費に比較して単価が安いいため、州からの資金での施設更新ができない状況である。
- ・ 従って、これらの問題を解決し水管理を効率化する必要がある。

### チュイ州

チュイ州水資源局のヒアリング調査による水資源管理上の課題は以下のとおりである。

- ・ オルトトコイ湖から最初の取水地点までの間の水ロス(伏流部分あり)が45%に達する。この間の水量計測による水ロス軽減の取り組みが必要である。
- ・ 水路の状況はコンクリート水路部では漏水はないが、それ以外の所では10～15%の水ロスがある。一方、10～15%の盗水もある。
- ・ 山間部からの支川の流入河川流量が殆ど計測できていない。ハイドロメットからデータが月平均で送られてくるが、定期的で正確な計測はできていない(アラメディン川、カラブタ川、他)。
- ・ 山間部からの流出土砂が水路に堆積する問題がある。沈砂池はクズリー川とアラメディン川の2カ所がある。堆積土砂は冬場に掘削する。
- ・ 大規模国営農場から個人農場に移行したが、水資源管理面などから水利用や営農の効率が悪く、再び規模を大きくする統合化の動きがある。
- ・ 灌漑用水が末端にまで届かない所がある。
- ・ 水路への水量管理は場所毎に責任者がおり、スケジュールを立てて管理している。
- ・ 従って、「水路管理のさらなる効率化、正確な流量資料に基づいた管理の向上が必要」である。

---

### ③水道用水管理の課題

ビシュケク上下水道局における課題は以下のものである。

- ・ 取水量の 100%が地下水であるが、その 12%がロスとなっている。  
その原因は i) 漏水、ii) 清掃用、iii) 過剰な商業利用、iv) 水道メータの非設置、v) ビシュケク市の人口は統計上 468,000 人となっているが、実際には 1,200,000 人がおり、その人たちへの給水が行われていること等による。

### ④水力発電の水需要に関する課題

政府としてエネルギーの安全保障を優先課題として取り組んでいるが、エネルギー供給としての水力発電使用水量については、非灌漑期のトクトグル貯水池の貯留量に大きく依存しており、2008 年に生じたような冬期電力需要を賄うための水量不足の対策が大きな課題となっている。2008/2009 年の冬期はトクトグル貯水池の貯留量も十分ではなく、厳しい対応が強いられた経緯がある。冬期に発電放流が行われるため、電力を得ることはできるが、灌漑には利用されずにそのまま下流へ放流されている。

この電力不足や夏場の灌漑用水の確保のため中小水力を含む水力発電所の計画が行われている。ナリン川トクトグル貯水池上流のカンバラタ II (360MW) は現在建設中であり、更にその直上流のカンバラタ I (1,900MW) の大規模水力発電所や全国の 40 ヶ所での中小水力発電所の計画が行われている。2008 年 12 月には再生エネルギー法が制定され、地域での水力発電の機運が高まっている。

今年トクトグル貯水池の貯留量も昨年より増加しているが、更に計画停電、政府機関での石炭による暖房、省エネ型照明器具の採用、発電使用量のメータの設置などの節電プログラムが実施されている。一方、冬期のエネルギー確保、水力発電による水の利用を抑えるために火力発電が行なわれているが、その燃料の石炭や天然ガスは輸入でありそのコストの増加、発電施設の老朽化対策、等により電気料金、暖房用給湯料金がともに上がっており、国民の負担が増えている。電力料金の回収率は以前に比べて大幅に改善され約 95% 程度になっている。また、中小水力発電所の建設促進のための再生エネルギー法も整備され、地域社会での水力発電の機運が高まっている。

- ・ 冬場の電力需要は気温により影響を受け、また流出量予測が電力施設運用計画に反映される。気温の予測、流出量予測はハイドロメットで行われており、それらの精度の向上が望まれる。
- ・ キルギス国では南部のジャララバード州等で電力の 90%が生産され、そのうち 60~70% が北部州で消費される。現在の南部から北部への送電線では不足するため新たな送電線が必要となっている。
- ・ カザフスタンとの間で夏場に電力を売り、冬場の発電用の石炭を購入する協定を毎年締結している。2008 年、2009 年はほぼ順調にしている。電力の需要と供給をバランスさせるために、更に、ウズベキスタンからは高価な天然ガスを購入している状況となっ

---

ている。

### (3) 対応策の方向

#### ①水資源全般に関して

- ・ ハイδροメットの観測体制、州の水経済局の水利観測体制の強化については観測機器の更新のための費用や、観測機器の修理・検定のための体制の強化のための技術者の育成プログラムの支援
- ・ ハイδροメットの既往の計測手法の踏襲による水文・気象諸量、ならびに水利量の観測施設再建（新設）とデータ管理手法の向上
- ・ 氷河、積雪の観測については CAIAG との協力関係の元で、解析手法の開発などにより流入量の予測精度の向上を図る
- ・ 水文・気象観測所、水利量観測施設の更新、新設、更に水資源管理の能力強化、流域管理計画策定等に関わるドナーとの連携、協調
- ・ キルギス国内のデータ共有システム改善
- ・ 水文・気象／水利量等の観測機能の強化
- ・ 観測データの電子化、データベース化の促進

#### ②灌漑用水利用に関して

- ・ 灌漑水路の漏水対策、補修
- ・ 取水量、排水量の正確な把握のための施設・機材の整備
- ・ 効率的な灌漑用水の利用の促進、灌漑方法の改善
- ・ ナリン州では水利用者に対して年 2～3 回セミナーを開催している（効率的な水利用に関する内容を含む。セミナーは 1-2 日/回程度）。

#### ③水力発電用水利用に関して

- ・ トクトグル貯水池上流での発電所の建設に向け、カンバラタ II は昨年 12 月転流、本年 5 月発電開始予定であり、カンバラタ I も FS の段階である。
- ・ その他の支川等での河川流量を利用した水力発電利用の促進。
- ・ 中小河川での水力発電所の建設と地域への電力供給ネットワークの整備による石油等の代替エネルギーとしての位置づけ。
- ・ ハイδροメットによる河川流量の計測システムを強化し、精度の高い流出量等の予測により適切な水力発電計画、運用を行うことができる。

これらによりキルギス国のエネルギー安定性の確保に役立ち、キルギス全国民に裨益する。

---

## 2-3 タジキスタンの水資源管理の概要

### 2-3-1 政策、法・制度

#### ①Water Code

タジキスタンの水に関する基本法としては、Water Code が 2000 年に施行され、水資源管理に関する基本概念や方向性の整理が成されている。

Water Code の目的は、国家の水資源の合理的利用により、国民ならびに各経済分野と自然環境のニーズに応え、汚染防止や資源の疲弊、水による悪影響の防止、水の保全、国民個人と法人の水関連分野の権利を守る法制度の強化である。

#### ②Road Map (コラム 10 参照)

Water Code を受けて、2006 年に水に関する主要な政府機関による IWRM 原則の実現のためのロードマップが UCC-Water、UNDP、UNEP、GWP などの支援の元に策定された。

この中で国家として水資源の利用を統合的に実施することの重要性を謳っており、その中で技術的事項として水資源のモニタリングシステムのリハビリ等を掲げている。これらことから、政府の水資源管理に関する認識は高いことがわかる。

\*\*\*\*\*

#### **コラム 10** タジキスタン IWRM のロードマップ (太字は本調査内容に関連が深い部分)

2000 年に UCC-Water、UNEP、GWP などの支援で策定。以下の項目が示されている。

#### 1. Creation on the legislative and political environment for the IWRM

##### (IWRM のための法的、政策的環境の構築)

##### ①タジキスタンの水部門の開発戦略の構築

タジキスタンの国内、国際水政策の方向付け

##### ②各水部門の発展計画策定

#### 2. Managerial Capacity Building (能力強化)

##### ①水調整の国家委員会(State Committee for Water Coordination; SCWC)の設立

水資源の合理的利用と保護の国家政策の国家レベルと国際レベルでの能力強化

##### ②水部門の組織改革のための政治手段としての IWRM 実現のための専門機関の設立

#### 3. 技術的手法

##### ①水管理システムと構造物の技術的状況と認証のインベントリー

##### ②流域マスタープランの作成

##### ③水資源に関する水文気象モニタリングシステムのリハビリ

他

\*\*\*\*\*



---

### ③現況の取り組み

この基本法に沿って、現状は、旧ソ連時代からの体制移行の実施と同時に **Water Code** に基づく適切な水管理実施に向けて体制構築を進めている段階であり、国家として流域単位の水資源管理へ移行しようとしている。また、この際に水利用者が水管理に係わるような **IWRM** のプロセスを重視している。

流域単位の水資源管理を行うにあたり、農業用水の水管理を行う「水利組合」を設立する動きがあり、旧ソホーズ、コルホーズに属していた末端水路の管理を担わせることにより、既存の灌漑網を国の管理から水利組合の管理に移行しつつある。

さらに、これらを統括する組織（ソユーズ）も設立されつつある。しかしながら、コルホーズ等からの移行は途上段階であり、これまで国の責任で管理されていた末端水路の管理、水路の老朽化による水ロスへの対処、大規模公営農業から小規模個人農業への移行に伴う新体制構築、など種々の課題を克服していかなければならない。

河川流域機関の設立は、流域管理を行うための鍵となるが、**Water Code** や水利組合法、等、基本的な法整備はできている。水資源省は、水資源管理の増進のために省内に「水利組合サポート課」、「情報課」を新設し、水利組合設立の支援や、データベース作成に取り組んでいる。これらの状況から政府の水資源管理増進に対する動きと強い意識が確認できる。

## 2—3—2 組織体系、人員、予算

タジキスタンの水資源管理は主に土地改良水資源省（**Ministry of Water Resources and Land Reclamation**、以下「水資源省」という）が担い、水文・気象・水利観測についてはハイドロメットが担っている。

以下に、水資源管理との関係が強い水資源省とハイドロメットについて、組織体系、人員および予算を示す。

### ①水資源省および州水経済局（ソグド州）

#### [水資源省]

##### —組織体系・人員—

水資源管理は、主に水資源省が担っており、地域の下部組織が州と地域（ライオン）にある。水資源省は、水資源、土地改良の分野で行政権限を持つ中心的な機関で、土地や灌漑開発、水資源の消費および保護、水資源および土地改良に関する施設の建設や管理、村落の水消費、牧草地の灌漑等の分野を所管し、以下の項目の業務を実施している。

- ・ 法制度の立案
- ・ 事業計画および組織制度の立案
- ・ 灌漑地、水源保護、水資源施設の建設、村落の水消費、牧草地の灌漑分野での国策に基

---

づく決定

- ・地下水資源の利用および保全
- ・水資源の形成、効率的な利用、および保護のための水資源評価
- ・水資源、村落での水利用、牧草地の灌漑、水管理保全区域における水の有効利用および保全プログラムの整備
- ・水資源管理施設の運営のための費用、送水サービスに対する料金体系の整備
- ・政府間関連の水利用および保全問題
- ・会計報告および水資源状態のモニタリング、水管理設備の管理
- ・長期および年単位計画の選定、水資源利用および保全に関する有効性向上における科学研究、プロジェクト
- ・効果的な投資戦略の選定、政府主導による資本投資および国内事業資金の最適化、土地改良開発を目的とした制度管理、国営水管理設備、農村部に対する給水および牧草地の管理
- ・水資源管理に係る施設の改築および改修、水資源利用および保全に関する新技術の開発
- ・ポンプ灌漑施設管理における資金配分
- ・国家の水機関運営、科学的分析、設計および関連機関の調整
- ・健全な水資源の利用・保全、水経済に係る設備の信頼性、土地開発実施などにおける他省庁、国の執行機関およびその他組織間での業務調整
- ・水経済バランスの解決、河川流域および国内全域における水消費計画の策定
- ・他の国家機関とともに水関連施設モニタリング
- ・国家水基金による効果的な土地利用管理

水利観測については州水経済局が実施している。ソクド州での調査によれば、水利観測は、下部組織であるライオンが担当しており、灌漑用水の水量観測の頻度は、1回/10日程度である。

#### — 予算 —

2008年の水資源省の予算は、25百万 somoni であり、そのうち土地改良および水資源管理のための維持管理は13百万 somoni（全体の52%）である。また、インフラの建設費である施設整備費は11百万 somoni（全体の45%）である。また、2006年、2007年、2008年の予算を比較すると、2007年は施設整備・管理に費やす予算が少なかったが、2008年には復活している。2006年と2008年の予算費目の構成率は概ね等しい。

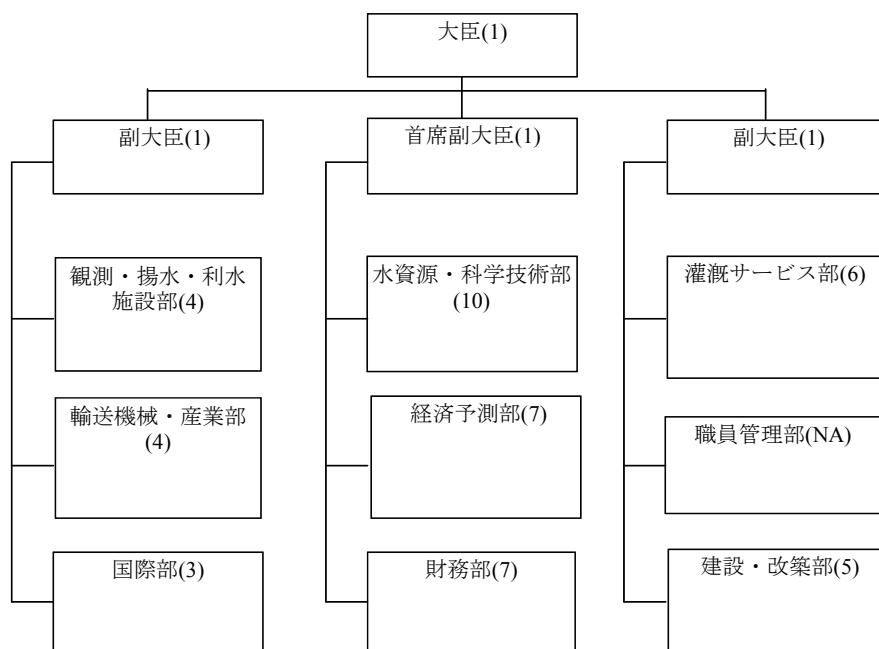
相対的にインフラの建設費が少ないことから、施設整備の進捗が遅れていることが推測できる。今後、施設の老朽化の進行に伴い、維持管理の増加が予想される。このことから、今後は持続的なインフラ運用を考慮した予算編成が必要になるであろう。

[ソグド州水経済局]

－組織体系・人員－

州レベルの組織として、ソグド州水経済局の事例を以下に示す。ソグド州水経済本局の職員数は28名（警備員等の労務者は含まない）である。水管理実務はライオンが実施している。州内の全13ライオンで水管理実務を担当する職員数は3,880人である。水管理は、州水エネルギー局が行政、ライオンが農場間の水管理、農民が農場内を分担している。水利組合は、州全体で71組織あるが、これからさらに強化を図る方針である。州全体の管理費に、2.5百万 somoni を割り当てている。カニボタンライオンの事例では、水利用者から、水利用料とし  $0.015 \text{ somoni/m}^3$ （自由流下）、 $0.0239 \text{ somoni/m}^3$ （ポンプ揚水）を徴収している。

\* 1 somoni = 20.5 円（2009年10月1日時点）



この組織図は、2010年2月にタジキスタン土地改良水資源省から提供された資料を基に作成したものである。（ ）は職員数

図 2-3-1 タジキスタン水資源・土地改良省の組織

表 2-3-1 タジキスタン土地改良水資源省予算

費目	2008年 予算額 [somon]	2008年 全体比 (各費目/合 計)	前年度比 (2008/ 2007年)	2007年 予算額 [somon]	2007年 全体比 (各費目/合 計)	前年度比 (2007/ 2006年)	2006年 予算額 [somon]	2006年 全体比 (各費目/合 計)
事務費	795,180	0.03	2.07	384,090	0.03	1.57	244,990	0.01
維持管理費	13,121,687	0.52	1.25	10,485,165	0.83	1.14	9,165,167	0.49
水環境保全・土 地改良研究所 (TSRIWC) 運営 費	63,984	0.00	1.16	55,083	0.00	1.11	49,535	0.00
施設整備費	11,490,000	0.45	6.77	1,697,550	0.13	0.18	9,350,700	0.50
合 計	25,470,851	1.00	2.02	12,621,888	1.00	0.67	18,810,392	1.00

\* 1 somoni = 20.5 円 (2009 年 10 月 1 日時点)

## ②ハイドロメット

タジキスタン内の水文・気象観測については、ハイドロメット (State Administration for Hydrometeorology) が管轄している。ハイドロメットは、異常な水文・気象により発生する自然災害から国民を守るために必要な水文・気象の情報を収集・提供する責務を担っている。また、国内の水文・気象観測網の維持と建設、水文・気象観測、環境モニタリングの分野における他国や国際機関との協力関係の構築、水文・気象系の専門家養成の役割もある。ハイドロメット本庁の出先機関として、各地域の観測データを集約する統合センターがある。各地域の統合センターは、各観測局からのデータを収集・整理し、ハイドロメット本庁へ伝送する。図 2-3-2 に、ハイドロメットの組織図を示す。職員は全体で 700 人であり、そううち内地方勤務者は 400 人である。本庁には、常時 150 名が勤務し、残り 150 名は繁忙時の観測のための非常勤体制をとっている。非常勤の職員は、平常時は他の職業に従事している。総合観測センター (水文、気象、農業気象等) は 5 名体制、観測局 (水文、気象) は 1 名体制で勤務している。

シルダリア川流域のハイドロメットの観測局を調査したが、老朽化に加えて内戦の影響もあり、キルギス国と比較して設備の状況は悪い。またタジキスタンハイドロメットも、キルギス国ハイドロメットと同様に、観測体制を維持するためには観測員の処遇 (特に賃金) を改善することも、設備の整備と併せて取り組む必要がある。

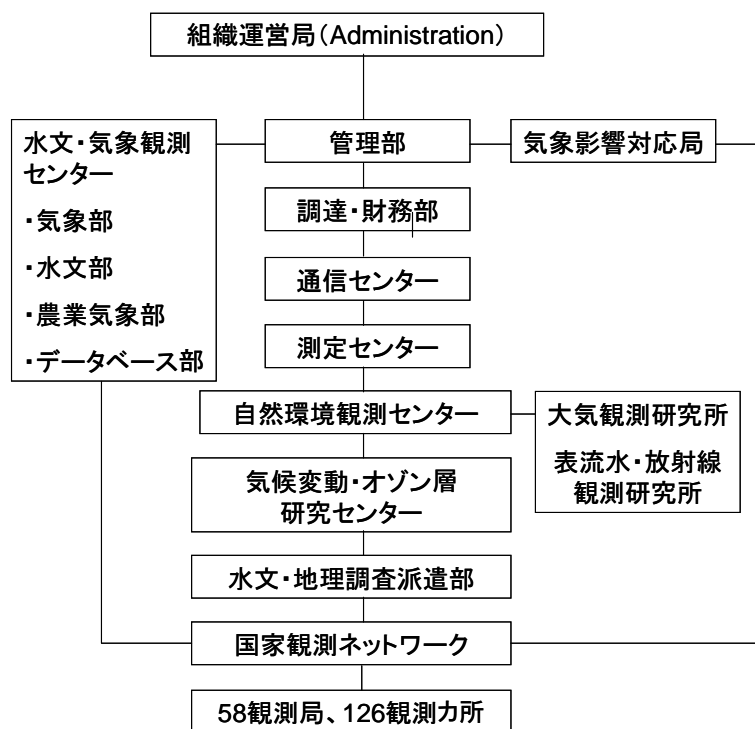


図 2-3-2 タジキスタンハイドロメットの組織 (2009 年 10 月)

表 2-3-2 タジキスタンハイドロメットの予算

費目	2008年 予算額 [somon]	2008年 全体比 (各費目/合 計)	前年度比 (2008/ 2007年)	2007年 予算額 [somon]	2007年 全体比 (各費目/合 計)	前年度比 (2007/ 2006年)	2006年 予算額 [somon]	2006年 全体比 (各費目/合 計)
人件費	1,298,578	0.93	1.05	1,241,666	0.93	1.30	955,128	0.91
薬品類	5,700	0.00	1.04	5,500	0.00	1.00	5,500	0.01
設備保守・活動費	33,700	0.02	1.07	31,367	0.02	1.00	31,367	0.03
事務用品費	65,100	0.05	1.14	57,345	0.04	1.00	57,345	0.05
合計	1,403,078	1.00	1.05	1,335,878	1.00	1.27	1,049,340	1.00

\* 1 somoni = 20.5 円 (2009 年 10 月 1 日時点)

表 2-3-3 タジキスタンハイドロメットの水文・気象観測関係部署人員 (2009 年 10 月)

関係部署局名 費目	水文・気象観測センター				自然環境観 測センター	水文・地理 調査派遣部	通信セン ター
	気象部	水文部	農業気象部	データベー ス部			
事務系職員	1	1	1	NA	3	1	1
技術者	3	2	0	NA	5	4	6
労務者	0	2	1	NA	0	0	8
合計	4	5	2	NA	8	5	15

\* 1 somoni = 20.5 円 (2009 年 10 月 1 日時点)

---

### 2-3-3 水文・地質の概要

タジキスタンは、大陸性気候で、夏は乾燥し秋から春にかけて降雨量が増加する。平野部では6月から9月は暑く乾燥した気候となり、最高気温が35度を越え、12月から2月にかけては、平均気温は零度以下となり、雪が積もる。図 2-3-3 よりドシャンベ北部およびサレツ湖北西部の山岳地帯で800から1,200mmと多く、他の地域では400から800mm前後である。また図 2-3-4 より、平均積雪深は、ザラフシャン山脈およびペトラペルボゴで120cm以上と多くなっている。

中央アジアの山岳地帯は、各地質単位がモザイク状に複雑に絡まっている。すなわち、南西パミールは先カンブリア時代の基盤地塊で、天山山脈は古生代の造山運動の産物で、タジキスタン沈降帯は中世代から新生代の堆積物で、中央および北パミールは古生代から初期新生代の島弧／大陸周縁複合物で構成されている。

これらの山岳地塊は複雑な活断層系区に切られている。すなわち、北パミール断層とグルバズカラク断層はパミールを北と西の地塊から限り、ギザールコクスハル断層系は天山を南の地塊から分けている。

タジキスタン東部のパミール高原は、世界の屋根と言われ多くの氷河がある。その中でも最大のフェドチェンコ氷河は、全長約77km、幅1,700～3,100m、面積約992km<sup>2</sup>、氷の厚さ500m以上で、極域以外では世界最大級の氷河である。

この氷河は、レボリューツィヤ峰（標高6,974m）の北西斜面（標高6,200m）から北に向かって流れ出し、途中でいくつかの支氷河からの氷を東ねつつ、1日約67cmの速度で流れ、キルギス国との国境近くの標高2,900m地点で末端に達する。ここでその融水は、バランドキーク川に注ぎ、中央アジアの大河アムダリア川に合流し、アラル海に注ぐ。

パミール高原には、西部にフェドチェンコ氷河観測所（標高4,156m、北緯38.83°、東経72.22°）、東部にマルガブ気象観測所（標高3,576m、北緯38.17°、東経73.97°）があり、中央アジアの気候変動や環境解析に貴重な情報をもたらしている。

近年、フェドチェンコ氷河を初めパミールの多くの氷河が縮小していることから、地元では水資源への影響を心配している。

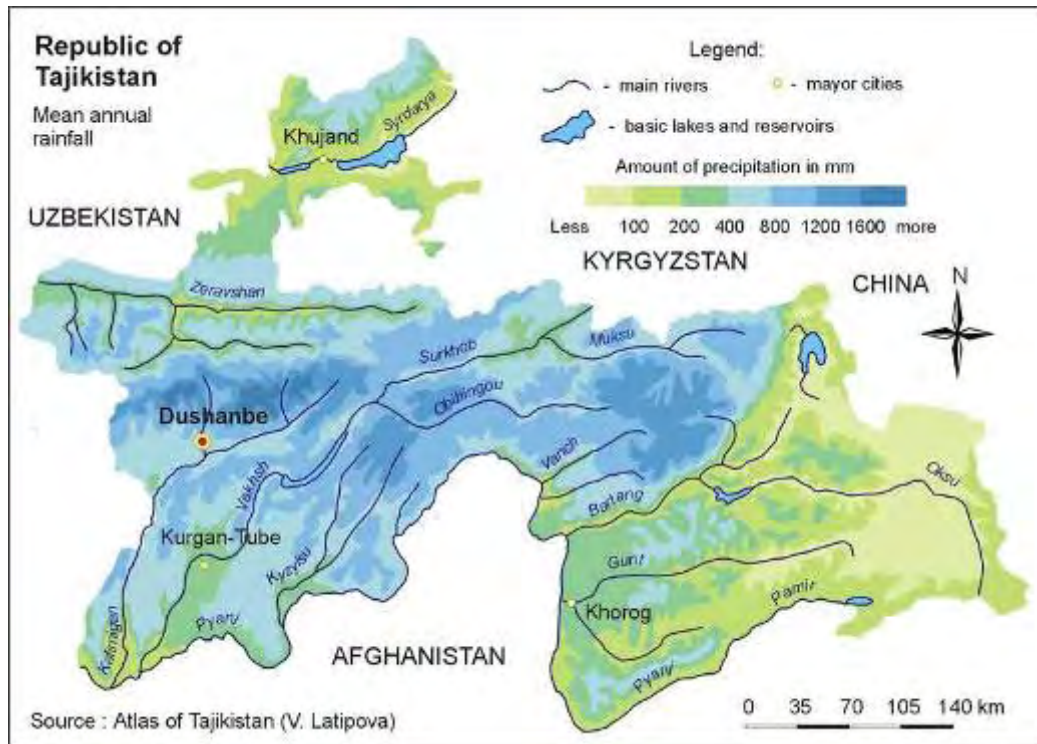


図 2-3-3 タジキスタン平均年降雨量分布

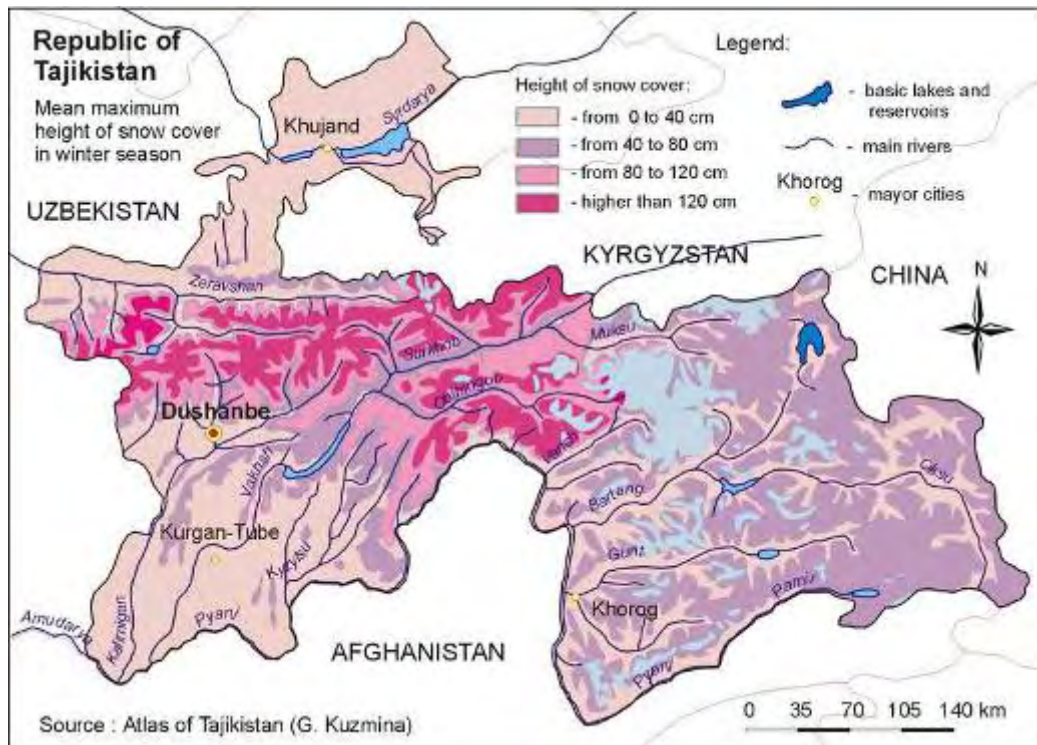


図 2-3-4 タジキスタン冬期における平均積雪深

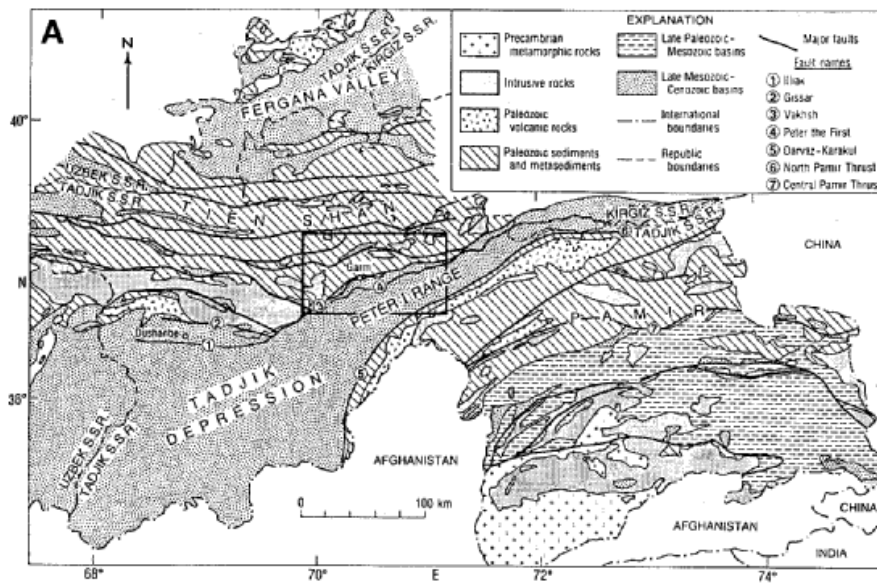


図 2-3-5 タジキスタン地質図



図 2-3-6 フェドチェンコ氷河



## 2-3-4 水利用の状況

タジキスタン全体の水利用については文献2から整理すると以下のようである。

水利用は表 2-3-4 に示されるように農業の利用が 84%を占めている。飲料用や商業用が 8.5%であり、工業に 4.5%、その他 3%となっている。しかし、この中で人口の約 25%の人が灌漑用水路からの水を生活用水として使っていることに注目すべきであると記述されている。

表 2-3-4 タジキスタンの水利用

項目	パーセント (%)
農業	84.0
生活用水	8.5
工業	4.5
その他	3.0

また、ソ連時代には河川水利用は、綿花栽培と米栽培に優先されていたため、灌漑用水として多くの水がアムダリア川やシルダリア川の下流国に流されていた。アラル海への流入量の 55%の水はタジキスタンで生産されるものである。経済不況や独立後の内戦により灌漑や排水システムが劣化し、水供給に困難が生じている。図 2-3-7 に示されるように、約 4 分の 1 の人が溪流や灌漑水路、池などから水を利用している。

タジキスタンの経済において農業は輸出や地方の貧困問題への対処のための重要な産業である。水路の水ロスは平均して約 40%となっている。

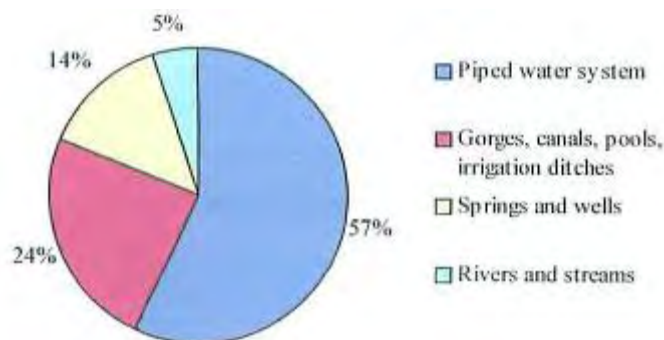


図 2-3-7 タジキスタンでの飲料水の水源別の割合

文献2：Water resources assessment, irrigation and Agricultural developments in Tajikistan by Kristina Toderich, Munimjon Abbusamatov and Tsuneo Tsukatani, Discussion Paper No.585, Kyoto University, Kyoto Japan, March 2004

一方、シルダリア川の流れるソグド州の取水量実績（1986年から2008年）は下表のようである。

表 2-3-5 タジキスタン ソグド州水利用実績

年	電力量(MWh)	取水量(Mm <sup>3</sup> )	給水量(Mm <sup>3</sup> )
1986	1,775	4,202	3,744
1990	1,590	3,706	3,190
1991	1,649	3,950	3,471
1992	1,695	3,754	3,300
1993	1,533	3,874	3,391
1994	1,528	3,899	3,406
1995	1,433	3,710	3,195
1996	1,369	3,453	2,946
1997	1,318	3,341	2,764
1998	1,152	3,157	2,582
1999	1,102	2,938	2,406
2000	1,159	2,853	2,344
2001	1,310	2,982	2,438
2002	1,120	2,688	2,223
2003	1,100	2,498	2,064
2004	1,156	2,736	2,268
2005	1,105	2,624	2,170
2006	1,137	2,474	2,028
2007	1,039	2,493	2,055
2008	958	2,076	1,696

同表からソグド州での取水量、給水量は1980年代後半が最大でその後1990年代に減少し更に、2000年以降も減少傾向となっている。

水資源省によると、1995年から2008年にかけての減少した期間は灌漑面積に対して必要な水配給が出来ていなかった。各ライオンは給水の努力をしたが、国際河川という制約からタジキスタンだけで水をコントロールすることが出来ない事情があったためである。また、シルダリア川の水資源のバランスとして、トクトグル貯水池の水運用の試算によれば灌漑用水と電力需要のための水利用で平均的流入量の120億m<sup>3</sup>に対して20億m<sup>3</sup>の水が不足するという結果も出ている（19ページ、図2-4参照）。

タジキスタン国内河川の水バランスについては、中小河川や越境河川のカフィリニガン川、ザラフシャン川、バクシ川、ピアンジ川等において算定されておらず、国家としてはこれらの検討が必要である。

### 2-3-5 社会経済フレーム、人口動態

タジキスタンの社会経済の状況については、WB のカントリーレポートに整理されている。2009 年のカントリーレポートから水資源管理に関わる主要点を抜粋すると以下のようなもの。(<http://web.worldbank.org/WEBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/TAJIKISTAN/>)

「タジキスタンは 2000 年から 2007 年にかけて年 9%という強力な経済成長を成し遂げたものの、その後はマクロ経済政策の欠如と冬期のエネルギー不足などにより伸び悩んでいる。」

タジキスタンの経済は主に綿花、アルミニウムの輸出とロシアへの出稼ぎ労働者からの送金（2008 年における送金は GDP の 43%を占める）によるところが大きい。2009 年は世界不況の影響を受け、出稼ぎ労働者からの送金は 30%減少し、綿花等の輸出不振から経済成長率は 3%低下することが懸念される。

タジキスタンは中央アジア地域国の中でも最貧国であり、社会経済指標においては過去数年間改善されているものの、公衆サービスの不足、弱い政府機能、永続するエネルギー不足、低い賃金などから、未だ低い水準にある。タジキスタンは欧州、中央アジア諸国の中で唯一ミレニアム開発ゴール（MDGs）を達成できそうにない国となっている。

人口構成は 29 歳以下の人口が全体に占める割合は 67.5%あり、タジキスタンの若い年齢層が国の経済の将来と安定のための主力となることが予想される。

タジキスタンは天然資源として最も重要な水資源と水力ポテンシャル、鉱物資源（特に高品質の石炭、金、銀、貴重な宝石、ウラン等）が豊富である。

WB のウェブサイト(<http://ddp-ext.worldbank.org/>)、JICA のレポート（Tajikistan Country Gender Profile, JICA Tajikistan Office 2008, Dushanbe）を参考に 2002 年から 2008 年までの主な社会経済指標を整理したものを表 2-3-6 に示す。

表 2-3-6 社会経済指標

項目	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
GDP（百万 US\$）	1,221	1,554	2,076	2,311	2,811	3712	5,134
GDP 伸び率（%）	9.1	10.2	10.6	6.7	7.0	8	7.9
一人当たり GDP（US\$）	170	210	270	330	390	460	600
人口（千人）	6,311	6,379	6,453	6,536	6,627	6,727	6,836
人口伸び率（%）	1	1	1	1	1	2	2
電力消費量（kWh/人）	2,175	2,199	2,217	2,251	2,245		

これらから、GDP は近年約 7%の伸び率で安定しており、人口は 2002 年以降約 1%で増加してきたが、2007 年以降は約 2%の伸び率となっている。これらに比べ電力消費量の伸びは少なくなっている。

---

## 2-3-6 水文・水利観測

### (1) 水資源管理のための基本的水文・水利情報関連設備の状況と課題

#### ①ハイδροメットの水文・水利情報設備の状況と課題

ソ連時代に 140 あったハイドロポストが現在は 96 に減少している。そのうち 15 地点は閉鎖または破損のため使用できない状況にある。多くのハイドロポストの機器が老朽化し、80%が耐用年数を超過している。ソグド州シルダリア川には 2 地点のハイドロポストがあるがぎりぎり使用できる水準である。気象観測所も 76 から 57 ヲ所に減少している。水質試験所は 2 ヲ所、総合観測所は 32 ヲ所ある（そのうち 14 ヲ所は天候が中心、2 ヲ所は農業気象、1 ヲ所は土石流観測）。国土の 93%が山岳地帯でハイドロポストの 75%が標高 2,000m 以上にある。

ハイドロポストでは、30 ヲ所で携帯電話の SMS を用いたデータ送信を行っている。気象データについても今後開始の予定である。

課題としては、

- (1) 機材工場が無い場合、機材は輸入となりコスト高になる
- (2) 政府の財源不足により機器の更新ができていない
- (3) 人材不足
- (4) 測定精度がよくない

ことなどが挙げられる。

#### ②CAIAG のタジキスタンでの支援活動

CAIAG では、Regional Research Network ZAWa (ZAWa: Zentral Acien Wasser = Central Asia Water)において一定の流域の水文・気象データの収集を行っている。流域各国がそれぞれ 2 ヲ所のハイドロポストを試験サイトに提供しデータ交換を行い、ネットワークのプロトタイプを設立する計画である。観測項目は、

- (1) 気象関連：水蒸気量、降雨量、降雪量、湿度、気温、気圧、日射量、風速および風向の 9 項目
- (2) 水文関連：水位、水温、流速の 3 項目である。各国のハイδροメットの業務に関する研修も行い技術力の向上も図って行く予定である。

ネットワークの主要ハブは、CAIAG に設置し、ブランチは各国に置くことを考えている。

### (2) 既存のデータベースシステムとデータアクセス

ハイδροメットの各観測所で収集されたデータは、キルギス国同様にコード化され統合センター又はドシャンベ本省内のコミュニケーションセンターへ伝送されている。2006 年度から開始された SDC のプロジェクトにより供与されたデータ送信機器（携帯電話 SMS）及び専用受信器とソフトウェアにより、23 ヲ所の観測所データが自動伝送され、データベ

ース化されている。データベース化されたデータは、二国間協定に基づき、必要に応じインターネットを介してタシケントの地域センターへも送られている。

また、2004 年度に USAID より供与された自動気象データ観測装置も 6 ヶ所で稼働しており、E メールを利用してデータを受信し、SDC とは別のデータベースを構築している。

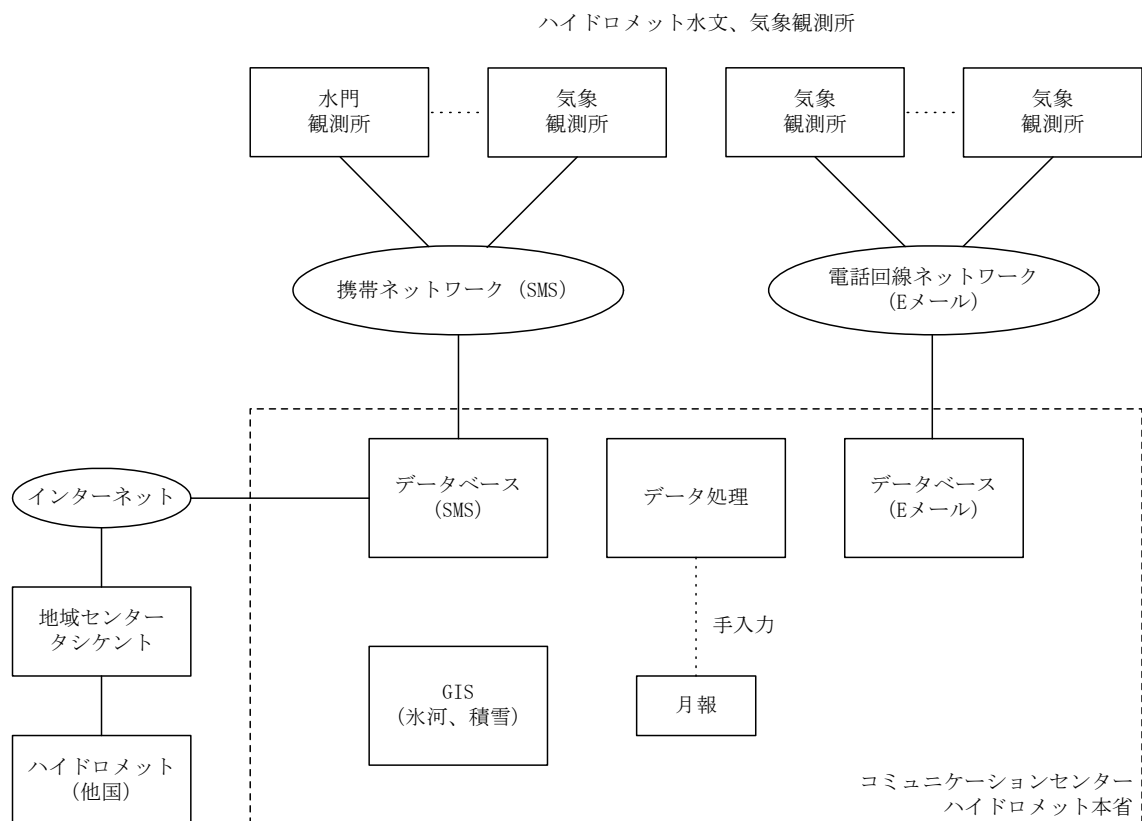


図 2-3-8 ハイドロメットデータ収集ネットワーク例（観測所－統合センター）

これらデータベースのフォーマットは、キルギス国と同様、WMO 方式による 5 桁の数値を基準としている。

水文、気象データは、標準化された帳票用紙で保管されている。これら紙データを電子化するため、データ入力、データベース化及び年鑑作成機能を持ったデータ処理装置が SDC プロジェクトで供与されており、これを使って 2000～2003 年度の年鑑が完成し、現在 2004 年度版を作成中であるが、資金不足により今後のデータ入力の目処はたっていない。

### （3）観測システム、データ統合・解析システム

#### ①データ解析システム

解析システムとして GIS が利用されているのは、融雪量管理システムである。機材及びソフトウェアは、SDC プロジェクトにて供与され、ソフトウェアは融雪量予測と河川流量

---

予測の 2 種類がある。

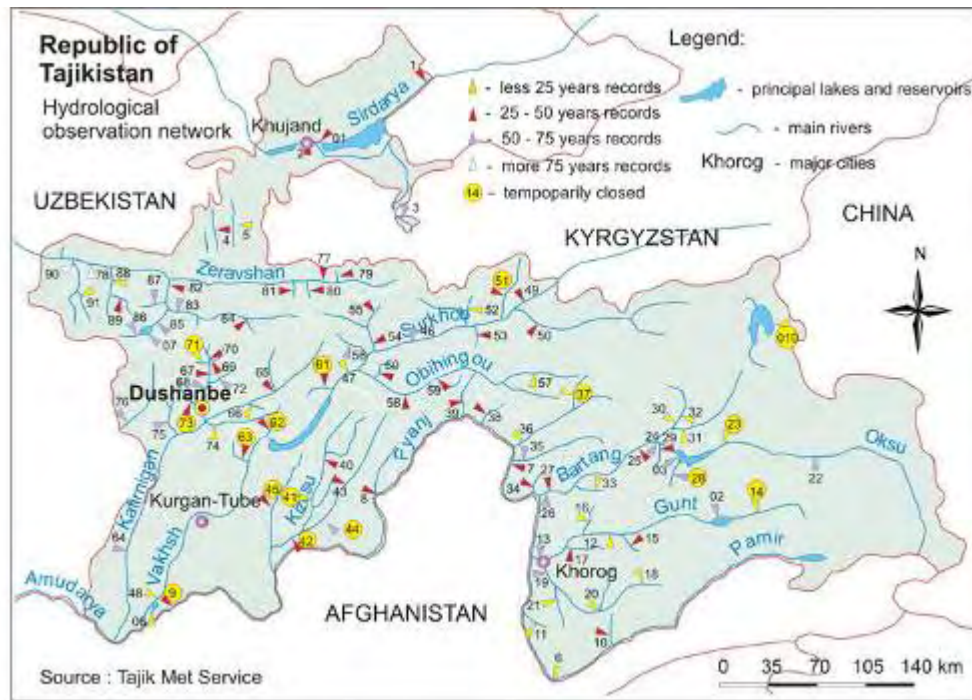
融雪量予測ソフトウェアはヴァッシ川の流入量予測に用いられており、インターネットを利用して衛星画像を取り入れ、作成された積雪域マップの大きさをモデル化したデータ（高度－地域面積、積雪量等）と比較／演算することで、2～3 日後の流入量予測を行っている。また、河川流量予測ソフトウェアはピアンジ川流域の流量予測に適用されており、観測所より入手した水文、気象データより 1～6 ヶ月の予測モデルを作成することが出来る。

## ②モニタリングシステム（地下水、氷河以外）

タジキスタンの気象観測ネットワークを図 2-3-9 に、水文観測ネットワークを図 2-3-10 にそれぞれ示す。シルダリア川流域のある北部ではハイドロポストは No.1～No.3 の 3 カ所となっている。

タジキスタンでの水資源はその大半はアムダリア川が約 80%を占める。一方、シルダリア川はタジキスタンで発生、流下する水資源の内の約 20%であり、支援の際にアムダリア川流域をどこまで対象とするかが検討事項である。

シルダリア川流域の水文観測所について、北部ではカイラクム貯水池の 1 ヶ所が稼働しているがイスファラ観測所は閉鎖されており、タジキスタンハイドロメットはその再建を望んでいる。



No	SOGD
1	Sirdarya-Akjar
2	Sirdarya-Kzyl-Kishlak
3	Islara-Tash-Kurgan
4	Shirinsay-Auchi
5	Shogan-Uguk
77	Zeravshan-Khudgif
78	Zeravshan-Dupuli
79	Samjon-Khudgif
80	Guzi-Pid
81	Dashtiooburdon-Ronch
82	Fandarya-Pete
83	Yagnob-Takfon
84	Anzob-Ustie
85	Iskanderdarya-Istok
86	Sarytag-Ustie
87	Pasrut-Pinyon
88	Kshtut-Zerikhisor
89	Daryaurech-Kuloli
90	Magiyandarya-Sujina
91	Shing-Ustie
No	GBAO
6	Pyanj-Ishkashim
7	Pyanj-Shidz
10	Kishtjarob-Lyangan
11	Garmchashma-Garmchashma
12	Gunt-Sardem
13	Gunt-Khorog
14	Gunt-Alichur
15	Tokuzbulak-Duzakhdara
16	Patkhur-Patkhur
17	Shanpdara-Ustie
18	Shakhdara-Dzhavshangoz
19	Shakhdara-Khabost

20	Durumdara-Sejd
21	Sharfdara-Tusen
22	Bartang-Murgab
23	Bartang-Pshart
24	Bartang-Barchadiv
25	Bartang-Nisur
26	Bartang-Shuchand
27	GES Shuchand-Shuchand
28	Lyangan-Ustie
29	Vovzit-Barchadiv
30	Kudara-Rukhch
31	Kokuibel-Kudara
32	Tanymas-Kudara
33	Raumiddara-Khijez
34	Vomardara-Rushan
35	Yazgulem-Motravn
36	Vanch-Bichkharv
37	Tekharv-Shavru
38	Obiviskharvi-Khurk
39	Obikhumbou-Ustie
No	RRS
46	Vakhsh-Garm
47	Vakhsh-Komsomolabad
49	Kyzylsu-Dombrachi
50	Muksu-Davsear
51	Pltaukul-Yarmazor
52	Yarkhych-Khoit
53	Shurak-Kapali
54	Sarboj-Sangimaliki
55	Kamarov-Karamandi
56	Sangikar-Sangikar
57	Obikhingou-Sangvor
58	Obikhingou-Tavildara
59	Saryob-Kalaisang

60	Surkhsu-Shakov
61	Obigarm-Obigarm
62	Nurek-Dagana
65	Sardai-Miyona-Romit
66	Pandema-Ustie
67	Varzob-Khushyori
68	Varzob-Dagana
69	Ziddi-Ustie
70	Pyandjkhok-Ustie
71	Igizak-Ustie
72	Takob-Takob
73	Lyuchob-Luchob
74	Ilyak-Yangiyul
75	Khanaka-Alibegi
76	Karatag-Karatag
No	KHATLON
8	Pyanj-Khirmanjo
9	Pyanj-Nizhni Pyanj
40	Kyzylsu-Bobokhonsheid
41	Kyzylsu-Kurbonshaid
42	Kyzylsu-Samonchi
43	Yakhsu-Karboztonak
44	Yakhsu-Vose
45	Tairsu-Shakhtur
48	Vakhsh-res.Tigrov. balka
63	Dagana-Gofflabad
64	Kafirnigan-Tartki
No	Lakes and water basin
01	wb.Kairakkum
02	I.Yashilkul-SB
03	I.Sarez-Irkht
06	I.Gulikovskoe-res.Tigrov.balka
07	I.Iskanderkul-SVB
010	I.Karakul-Karakul

図 2-3-9 タジキスタン水文観測ネットワーク

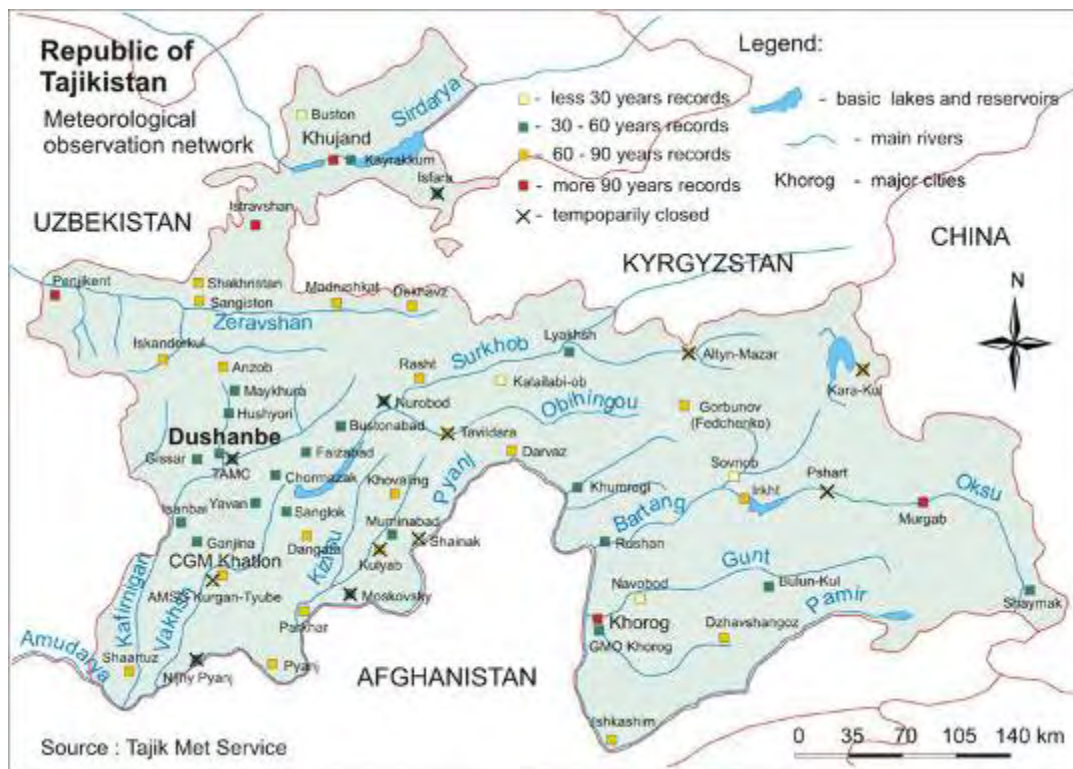


図 2-3-10 タジキスタンの水文観測ネットワーク

### 現在のハイドロメットの状況

旧ソ連時代に 140 あったハイドロポスト (HP) が減少し、現在は 96 である。その内 15 地点は閉鎖/破損しており、多くの HP の機器が老朽化している。ソグド州シルダリア川には 2 地点の HP があるが観測維持が難しく行われていない。また、気象観測所は 76 から 57 カ所になっており、水質試験所は 2 カ所のみ。統合局は 32 カ所ある (この中で 14 は気象観測が中心、2 カ所は農業気象、1 カ所の土石流観測が含まれる)。

国土の 93% が山岳地帯で、HP の 75% が標高 2,000m 以上にあるため、HP の維持が難しく、また、財政的な資金不足、人材不足、機器の更新ができていない、等により観測のレベルが低下している。更に、観測機器を製作・修理する工場がなく、外国からの輸入によるコストが高くなっている。データベースは過去 130 年間のデータが紙ベースとなっているが、これらを電子化したい意向がある。

SDC による中央アジアのハイドロメットの技術協力支援が 3 年間行われ、13 カ所の気象観測所、9 カ所の HP に機材供与、3 つの州とドシャンベで情報通信センターが作られた。また、年報作成、古い資料のデータ入力が行われている。水文観測機器、気象観測機器の修理のためのワークショップがハイドロメットの敷地内にあるが、流速計の検定が 15 年程前から行われていなかったが、SDC の支援による流速計の検定装置 (ロシア製) が 2009 年 11 月に設置され、1 日に 5~6 台の流速計の検定を行うことが出来るようになっている。HP に対する支援は USAID によっても 2004 年から 2005 年に 6 つの HP で自動気象観測設



---

備が設置されている。また、中国気象庁の衛星による雲の写真撮影の支援がある模様である。

ハイドロメットの整備計画が3～4年前に作成されている。その中でシルダリア流域については、イスファラ気象観測所（現在停止中）を復活させたい意向がある

#### 水質試験室

測定項目は色度、pH、NO<sub>2</sub>、NO<sub>3</sub>、NH<sub>4</sub>、P、Si、Fe、Al、Cl<sub>2</sub>、Mn、Cd、K<sup>+</sup>、N、SO<sub>4</sub>、Mg<sup>++</sup>、O<sub>2</sub>、Cl、Cu、Zn、Pb 等である。USAID の支援による試薬があと1年半位あるが、その後は在庫がない。

#### イスファラ気象観測所の再建に関して

イスファラ空港の敷地内で1966年から観測をしていたが、空港が1996年以降殆ど使われなくなり、気象観測も停止している。空港ビルは今も管理人がおり、そこで現在も風速、風向、大気圧、温度等が計測されている。気象観測所一式の費用は、凡そ2万5千US\$（観測員宿舎を含む）。

#### イスファラ-タシュクルガンハイドロポスト

イスファラ州ボルチ地区（キルギス国領内の飛び地）にあるイスファリンカ川に設置された水文観測所であり、水位、流速を計測している。水位は8:00、14:00、18:00の3回/日を計測され、1日一回、ドシャンベ、ホジャント水資源局、イスファラ水資源管理支部、キルギス国、ウズベキスタンの5カ所に携帯電話によりデータが送付されている。流速は10回/月（8月）、4～6回（通常）計測している。流速計GR21を8年間使用しているが検定は使用後行なわれていない。自記水位計が1992年まで稼働していたが、イスファリンカ川の上流の自然の池が崩壊し（1992年7月）その影響で破壊した。2) 項のキルガジ灌漑水路での自記水位計とともに設置・再建の要望が出ている。

#### ソグド州ハイドロメットのデータ管理センター

ここでは1)アクジャールハイドロポスト、2)キジルキシュラクハイドロポスト、3)ボルフハイドロポスト、4)カイラクム水位観測所、5)ウゴフハイドロポスト（報告のみ）の管理を行っている。毎日のデータをドシャンベのハイドロメットに送っている。アウチハイドロポストは壊れておりデータは送付されていない。気象関連、大気汚染は別に観測を行っているところがある。データ送信は携帯SMSを用いている。問題点として、人材の確保を担保する処遇（給料）がとれない状態となっている。

---

### キジルキシラクハイドロポスト

毎時の水位計測、月 8 回（夏）、月 3～4 回（冬）の流速計測および気象観測として水温、気温、降雨量、風向を観測している。

### カイラクムハイドロポスト

1996 年から観測業務を行っている。水位は発電所施設内に自動で毎時送信され、水質計測が 1 回/月行われている。

\*\*\*\*\*

### **コラム 11** カイラクム貯水池

タジキスタン共和国ソグド州のシルダリア川にあるカイラクム水力発電所のダムにより形成された貯水池である。操業開始は 1957 年である。貯水池面積は 513km<sup>2</sup>、貯水量は 4.2km<sup>3</sup>、長さは 55km、最大幅は 20km、平均水深は 8.1m、最大水深は 25m である。貯水池は季節毎の、一部は多年の水量調整を行っている。タジキスタン、ウズベキスタン、カザフスタンで新しく開発された土地の灌漑を含む農地の持続的な灌漑をおこなう目的で建設されたものである。護岸が老朽化により損傷しており、危険な個所を対象とした WB による護岸工事支援が行われている。水利用で恩恵を受けるウズベキスタンもこの事業に対しては一部資金を提供している。灌漑用水用に 9 ヶ所のポンプ場がある。

\*\*\*\*\*



写真 2-3-1 ソグド州ハイδροメット水質試験



写真 2-3-2 ソクド州カイラクム気象観測所



写真 2-3-3 カイラクム貯水池ハイδροポスト  
(自記水位計)



写真 2-3-4 カイラクム貯水池ハイδροポスト水  
位標



写真 2-3-5 シルダリア-キジルキシラクハイ  
ドロポスト



写真 2-3-6 シルダリア-キジルキシラクハイ  
ドロポスト自記水位計



写真 2-3-7 イスファラ-タシュクルガンハイ  
ドロポスト (奥に自記水位計の小屋跡が見える)



写真 2-3-8 イスファラ気象観測所跡

---

### ③モニタリングシステム（氷河、地下水）

タジキスタン hidroメットでは、氷河は重要な水資源のため特別扱いされており、年間2回ヘリコプターを用いたモニタリングを1つの流域で実施している。また、9流域のうち6つの流域で踏査による観測を行っている。これらの観測は、国際支援（オクスアガハン基金、スイス）によるものである。現在は、氷河と決壊の恐れがある氷河湖の踏査による観測に移行している。

### ④流出解析

ヒアリング調査の結果、流出予測は、現在6ヵ月先の予測（旧ソ連方式）、1日先の予測（スイス方式）について既に5年の実績がある。今後ピアンジ流域への適用を予定している。また、今後長期予測（アメリカ方式）も取り入れる予定であるとのことだった。