

独立行政法人 国際協力機構

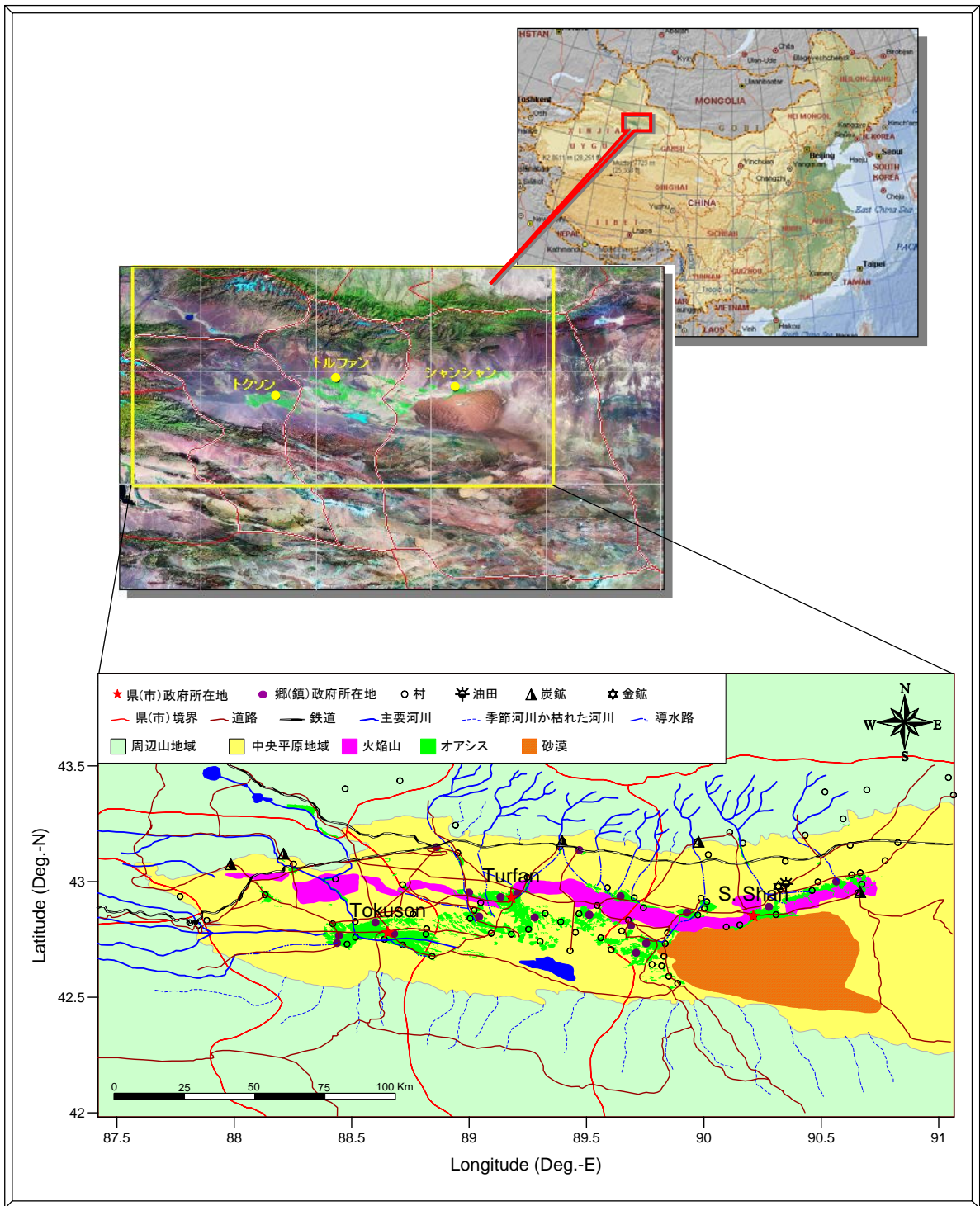
中華人民共和国新疆ウイグル自治区水利庁  
中華人民共和国新疆ウイグル自治区水文水資源局  
中華人民共和国トルファン地区水利局

中華人民共和国  
新疆トルファン盆地における  
持続的地下水資源利用調査

最終報告書  
要約

2006年3月

国際航業株式会社



調査位置図

## 序 文

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、新疆トルファン盆地における持続的地下水資源利用調査を実施することを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成 16 年 5 月から平成 18 年 1 月まで、国際航業株式会社海外事業部の鎌田烈氏を団長とし、国際航業株式会社から構成される調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、中華人民共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を戴いた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 18 年 3 月

独立行政法人国際協力機構  
理事 上田 善久

独立行政法人 国際協力機構

理事

上田 善久殿

## 伝達状

今般、中華人民共和国新疆トルファン盆地における持続的地下水資源利用調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

この報告書は中華人民共和国新疆ウイグル自治区トルファン盆地において、平成16年4月から平成18年1月まで22ヶ月間にわたり国際航業株式会社の専門家から成る調査団が実施した調査結果をとりまとめたものです。

調査に際しまして、中華人民共和国新疆ウイグル自治区水利庁、水文水資源局並びにトルファン地区水利局から調査団に寄せられましたご厚意とご協力に深く感謝申し上げます。とくに、本調査の中国側ステアリングコミッティ顧問の中国国務院参事 王 秉忱教授のご助言とご指導に深く感謝申し上げます。

貴機構ならびにアドバイザーコミッティ及び日本国大使館の各位には、調査を通じて多くのご支援を頂きましたことに深く感謝申し上げます。

本調査報告書が新疆トルファン盆地の持続的地下水利用のマスタープランとして今後活用されることを切望いたします。

平成18年3月

国際航業株式会社

新疆トルファン盆地における持続的地下水資源利用調査団

---

団長 鎌田 烈

## 要 旨

### 第1章 調査の背景と目的

新疆ウイグル自治区のトルファン地区では近年、過剰な地下水利用が行われたため地下水位が低下し、伝統的な水源であるカナートの枯渇や水質の悪化、農地の荒廃などが発生し深刻な環境問題となっている。一方、同地区の今後の経済発展のためには、限られた水資源について、地表水・地下水一体となった総合的管理を行い、地下水資源を適正かつ有効に利用することが重要となっている。本調査の目的はトルファン盆地の水資源状況を把握し、地下水を中心とした水資源開発利用・管理基本計画（マスタープラン）を策定することである。

### 第2章 調査地域の自然条件と社会経済条件

トルファン盆地の地形、地質、気象、地下水利用及び社会経済条件をとりまとめた。山地を含むトルファン地区の総面積は約 60,000km<sup>2</sup> で、盆地の最低標高部は南盆地のアイディン湖 (-155m) である。トルファン地区の人口は約 57 万人である。住民は多様な民族からなるが、ウイグル族が最も多い。GDP は約 86 億元で、農業生産額は 16 億元である。

### 第3章 水文調査

水文調査は既存水文及び気象資料の整理と分析、14 本の通年河川及び水路の流量観測、新規水文観測所の設置を行った。これらの結果を解析し、トルファン地区の河川流量、洪水影響範囲及び盆地内蒸発散消費量をまとめた。

### 第4章 水文地質調査

既存の水文地質調査結果や井戸資料とともに、石油探鉱や構造地質など幅広い分野の地質関係資料を収集・解析した。現地では、204 地点の TEM 法物理探査、5 箇所 9 本の試掘調査、孔内物理検層、揚水試験（段階試験、連続試験、回復試験）を実施し、第四紀地下水盆の基盤構造、帯水層区分、帯水層定数等を明らかにした。

### 第5章 水資源利用実態調査

トルファン地区の泉、カナート及び井戸の全部について訪問調査により実態を把握した。また水源位置、水量、水質、地下水位を現地で測定した（地下水位は測定可能な井戸のみ）。泉の数は 72 箇所、カナート本数は 331 本、井戸は 5,254 本が利用可能な状態にある。

### 第6章 水質調査

水質の季節変化を見るため、豊水期と渇水期の 2 回、合計 441 個のサンプルを採取し、室内分析を行った。調査項目数は 28 項目である。泉、カナート、井戸それぞれについて中国の飲料水基準を超過する地点が認められる。

## 第7章 地下水位調査

トルファン盆地の既存の地下水記録を収集・整理するとともに、週 1 回現地地下水位測定を実施した。また、9 本の JICA 観測井には、6 本に自記水位計を設置して連続観測を行い、2 本の自噴井には水位・水圧測定装置を設置して手動で観測を行った。地下水位が 290 m と深い北盆地の観測井ではロープ式水位計により手動で観測した。これらの結果から、地下水位の変動及び分布、流動について検討した。

## 第8章 地表水資源の現況評価

トルファン地区の多年降雨量等値線図及び流出高等値線図を作成し、周辺山地の標高ゾーン別面積に流出高を乗じて当該ゾーンの表流量を算出した。また、トルファン地区で生成した地表水資源量と地区外からの河川流出入量をもとに流域別の河川流量をまとめた。これらの結果をもとにすると、トルファン地区で利用可能な河川水流量は 9.19 億  $\text{m}^3/\text{年}$  である。河川流量に対する現況利用量は 6.51 億  $\text{m}^3/\text{年}$  であり、地区全体の利用可能流量の約 70 % を占める。

## 第9章 地下水資源の評価

本調査では地表水系と地下水系を「かん養」を通じて一体化させたシミュレーションモデルを作成し、モデル解析により流域全体の水循環や地下水流動および地下水の水質分布を動的に把握し、検証された地下水モデルに将来条件を設定することにより、将来の地下水流動や地下水位分布を予測した。この予測結果に基づき、地下水資源を持続的に有効利用し適切に管理するための許容揚水量を評価した。地下水シミュレーションモデルは、広域三次元モデル、断面二次元モデル、局所三次元モデルを作成し、実測データによる検証を行い、モデルを同定するとともに、地下水の水収支を明らかにした。

## 第10章 水資源利用管理基本計画

トルファン盆地の 2020 年における許容地下水揚水量 (3.79 億  $\text{m}^3/\text{年}$ ) を目標として持続的地下水利用を図るため水資源利用管理基本計画 (マスタープラン) を策定した。マスタープランの基本方針は、1. 節水対策の推進、2. ダム開発による水源増強及びかん養促進、3. 流域協議会 (地下水協議会) の設立、4. 法制度の拡充整備及び適正な施行、の 4 項目である。

基本方針に基づき、2020 年目標を達成するため、次に示す主要施策及び事業を計画した。

- (1) パイロット節水事業、節水対策事業
- (2) 既存ダム計画事業
- (3) 盆地西部井戸群開発
- (4) 洪水余水のかん養
- (5) カナート保護
- (6) 地下水モニタリング
- (7) 流域協議会設立 (当初は地下水協議会として設立)
- (8) 啓蒙・普及活動
- (9) 法制度整備拡充 (節水対策推進に向けた制度整備、自治区取水許可制度実施細則の整備、施行)

各施策及び事業の内、以下の4プロジェクトを優先することとした。

- (a) パイロット節水事業
- (b) 阿拉溝ダム他2ダム建設事業
- (c) 盆地西部井戸群開発
- (d) 住民参加による地下水モニタリング

本計画の推進に当たり、最も多額の費用がかかるダム建設及び節水灌漑事業（重点節水計画）を合計すると、重点節水計画案の組み合わせにより、2020年までに13.1億元から16.7億元の投資が必要である。財務、経済、技術及び環境の観点から本計画を評価した結果、本計画の実施は妥当であり実施可能と判断される。

## 第11章 結論と提言

本調査により、トルファン地下水盆、水資源利用量、地下水の水位と水質、カナート現況、生態環境、地表水資源の開発可能量、地下水資源の持続的利用量、トルファン盆地の水収支について明確な結論を得た。この結果に基づき、地下水の持続的利用を目標としたトルファン盆地の水資源利用管理計画を策定した。

調査結果に基づき、下記項目についての提言を行った。

- (1) 水資源利用について
  - 南盆地の地下水利用
  - 深層地下水開発
  - カナートの保護
  - 地表水利用
- (2) 水質について
  - 安全な飲用水の確保
  - 帯水層の汚染防止
  - 微塩化水の有効利用
  - 水質観測の強化
- (3) 優先プロジェクトの財務について
  - 事業独自の会計システムの確立
  - 制度の見直し
  - 人材育成の推進
- (4) 生態環境用水
- (5) 「目標水位」設定と地下水盆管理

# 目 次

	頁:
1 序 論 .....	1-1
1.1 調査の背景 .....	1-1
1.2 調査の目的及び調査対象地域 .....	1-1
1.2.1 上位目標 .....	1-1
1.2.2 プロジェクトの目標 .....	1-1
1.2.3 調査対象地域 .....	1-2
1.3 調査組織 .....	1-2
1.4 謝辞 .....	1-2
2 調査地域の概要 .....	2-1
2.1 自然条件 .....	2-1
2.1.1 地理と地形 .....	2-1
2.1.2 気象、水文・河川、カナート .....	2-1
2.1.3 水理地質と地下水 .....	2-1
2.2 社会経済条件 .....	2-2
2.2.1 行政区分と人口 .....	2-2
2.2.2 経 済 .....	2-2
3 水文調査 .....	3-1
3.1 気象資料の収集及び解析 .....	3-1
3.1.1 気象・水文観測所の位置 .....	3-1
3.1.2 降水量の分布と変動 .....	3-2
3.1.3 降水量の地域分布 .....	3-3
3.1.4 各流域の降水量確率計算 .....	3-3
3.2 河川流量調査 .....	3-5
3.2.1 山区河川調査 .....	3-5
3.2.2 平原区河川・水路調査 .....	3-6
3.2.3 新規水文観測所建設 .....	3-8
3.3 河川流量解析 .....	3-9
3.3.1 基本資料及び解析方法 .....	3-9
3.3.2 年間流量の涵養及び構成 .....	3-10
3.3.3 河川流量の地域分布及び年間変化 .....	3-10
3.3.4 地表水資源量 .....	3-12
3.4 洪水影響範囲解析 .....	3-14
3.4.1 洪水の原因 .....	3-14
3.4.2 洪水の種類及び特性 .....	3-14
3.4.3 洪水の歴史記録 .....	3-15
3.4.4 洪水被害 .....	3-15
3.4.5 洪水影響域分析 .....	3-15
4 水文地質調査 .....	4-1



4.1	調査方法 .....	4-1
4.2	地形と地質 .....	4-1
	4.2.1 地形 .....	4-1
	4.2.2 地質 .....	4-2
	4.2.3 第四紀地質 .....	4-3
4.3	物理探査結果 .....	4-8
	4.3.1 比抵抗構造 .....	4-8
	4.3.2 考察 .....	4-8
4.4	試掘調査結果 .....	4-12
	4.4.1 試掘場所と数量 .....	4-12
	4.4.2 試掘柱状図 .....	4-12
	4.4.3 孔内物理検層 .....	4-12
	4.4.4 井戸構造と地下水位 .....	4-13
4.5	揚水試験結果 .....	4-16
	4.5.1 段階揚水試験結果 .....	4-16
	4.5.2 連続揚水試験・回復試験解析結果 .....	4-16
	4.5.3 新規観測井の帯水層係数 .....	4-16
4.6	基盤構造 .....	4-19
4.7	水文地質と帯水層単元 .....	4-19
5	<b>水資源利用実態調査</b> .....	<b>5-1</b>
5.1	<b>泉</b> .....	<b>5-1</b>
	5.1.1 泉のタイプと分布 .....	5-1
	5.1.2 泉の流量 .....	5-2
	5.1.3 泉の水質 .....	5-2
5.2	<b>カナート</b> .....	<b>5-3</b>
	5.2.1 カナートの現況 .....	5-3
	5.2.2 カナートの水質 .....	5-5
	5.2.3 カナート流量と本数の経年変化 .....	5-5
5.3	<b>井戸</b> .....	<b>5-6</b>
	5.3.1 井戸数 .....	5-6
	5.3.2 井戸揚水量 .....	5-7
	5.3.3 井戸利用区分 .....	5-10
	5.3.4 井戸の水質 .....	5-11
	5.3.5 井戸所有権 .....	5-11
	5.3.6 井戸の深さと水位 .....	5-12
	5.3.7 井戸構造及び関連施設 .....	5-12
6	<b>水質調査</b> .....	<b>6-1</b>
6.1	調査方法 .....	6-1
	6.1.1 調査対象・数量及び実施期間 .....	6-1
	6.1.2 調査項目 .....	6-1
6.2	地表水の水質 .....	6-3
	6.2.1 山区からの流入河川 .....	6-3

6.2.2	盆地内の河川及び水路 .....	6-3
6.2.3	地表水の安全性評価 .....	6-3
6.3	地下水の水質 .....	6-3
6.3.1	泉 .....	6-3
6.3.2	カナート .....	6-5
6.3.3	井戸水 .....	6-6
6.4	地下水水質の地域分布 .....	6-7
6.4.1	浅層地下水と深層地下水の硫酸イオン分布 .....	6-7
6.4.2	新規観測井戸による帯水層水質比較 .....	6-9
6.5	水質のまとめ .....	6-9
<b>7</b>	<b>地下水水位調査</b> .....	<b>7-1</b>
7.1	調査方法 .....	7-1
7.1.1	既存観測井 .....	7-1
7.1.2	JICA観測井 .....	7-1
7.2	既存観測井 .....	7-3
7.2.1	トルファン市 .....	7-3
7.2.2	シャンシャン県 .....	7-3
7.2.3	トクソン県 .....	7-4
7.3	JICA観測井 .....	7-6
7.4	地下水位の平面分布 .....	7-7
7.4.1	地下水位の深度分布図 .....	7-7
7.4.2	地下水位の標高分布図 .....	7-7
<b>8</b>	<b>地表水資源量の評価</b> .....	<b>8-1</b>
8.1	地表水資源量 .....	8-1
8.1.1	流域別地表水資源量 .....	8-1
8.1.2	トルファン地区外からの地表水流出入量 .....	8-2
8.1.3	トルファン地区の河川流量 .....	8-2
8.2	地表水利用現況 .....	8-3
8.2.1	ダム .....	8-3
8.2.2	幹線水路 .....	8-5
8.2.3	地表水利用現況 .....	8-5
8.3	地表水開発ポテンシャル評価 .....	8-6
8.3.1	トルファン・シャンシャン7河流域 .....	8-7
8.3.2	トクソン2河流域 .....	8-7
<b>9</b>	<b>地下水資源の評価</b> .....	<b>9-1</b>
9.1	地下水シミュレーションの方法 .....	9-1
9.1.1	地下水シミュレーションの目的 .....	9-1
9.1.2	地下水モデルの概要 .....	9-1
9.2	地下水かん養量の推計 .....	9-2
9.2.1	吐魯番盆地における地下水かん養量の意義 .....	9-2
9.2.2	吐魯番盆地内の河川水の水循環と水収支 .....	9-2

	9.2.3	モデルグリッド別地下水かん養量推計.....	9-3
9.3		地下水揚水量の算出 .....	9-5
	9.3.1	グリッド別・標高別揚水量の集計 .....	9-5
	9.3.2	地下水揚水量の集計結果 .....	9-5
9.4		水文地質パラメータ .....	9-7
	9.4.1	地下水シミュレーションに必要なパラメータ .....	9-7
	9.4.2	比湧出量 .....	9-7
	9.4.3	透水量係数と透水係数 .....	9-7
	9.4.4	貯留係数 .....	9-7
9.5		広域三次元モデル .....	9-8
	9.5.1	広域三次元モデルの構造 .....	9-8
	9.5.2	モデルの検証 .....	9-9
	9.5.3	広域三次元モデルによるトルファン地下水盆の地下水流入量.....	9-10
9.6		断面二次元モデル .....	9-14
	9.6.1	断面二次元モデルの構造と水文地質条件のモデル化.....	9-14
	9.6.2	かん養量と揚水量の入力 .....	9-14
	9.6.3	断面モデルの境界条件 .....	9-15
	9.6.4	断面モデルの検証計算 .....	9-15
9.7		局所三次元モデル .....	9-18
	9.7.1	局所三次元モデル対象地域 .....	9-18
	9.7.2	かん養量と揚水量 .....	9-18
	9.7.3	モデルの検証 .....	9-20
10		水資源利用管理基本計画.....	10-1
10.1		トルファン盆地の水収支 .....	10-1
10.2		水資源利用管理の現状と課題 .....	10-2
	10.2.1	水資源利用の現状 .....	10-2
	10.2.2	地下水資源の保全と適正利用 .....	10-3
	10.2.3	節水技術の普及 .....	10-3
	10.2.4	生態環境の保全 .....	10-4
	10.2.5	地下水モニタリング .....	10-4
10.3		社会経済フレーム .....	10-4
	10.3.1	人口 .....	10-5
	10.3.2	GDP（国内総生産） .....	10-6
	10.3.3	灌漑面積 .....	10-8
10.4		水需要予測 .....	10-9
	10.4.1	生活用水 .....	10-9
	10.4.2	工業用水 .....	10-10
	10.4.3	農業用水 .....	10-11
10.5		許容揚水量と許容地下水位（持続的地下水利用量） .....	10-11
	10.5.1	許容地下水位・許容揚水量の概念 .....	10-11
	10.5.2	許容揚水量のマスタープラン策定への適用.....	10-12
10.6		広域三次元モデルによる予測 .....	10-12
	10.6.1	地下水揚水計画案 .....	10-12

10.6.2	基本案 .....	10-12
10.6.3	各対策因子評価案 .....	10-13
10.6.4	導水事業の効果検討 .....	10-13
10.6.5	予測結果 .....	10-14
10.6.6	許容揚水量（持続的揚水量） .....	10-16
10.7	水資源利用管理施策と事業の展開 .....	10-20
10.7.1	計画の基本目標 .....	10-20
10.7.2	基本方針 .....	10-21
10.7.3	目標達成への施策とその展開 .....	10-24
10.7.4	節水対策事業 .....	10-26
10.7.5	優先プロジェクト .....	10-28
10.7.6	計画の運営・維持管理 .....	10-36
10.7.7	総事業費 .....	10-37
10.8	事業評価 .....	10-38
10.8.1	水利局の財務現状分析と評価 .....	10-38
10.8.2	優先プロジェクトの財務及び社会経済評価 .....	10-39
10.8.3	技術評価 .....	10-41
10.8.4	環境影響評価 .....	10-42
10.9	実施計画 .....	10-47
10.9.1	節水対策推進 .....	10-47
10.9.2	水源の増強・保全 .....	10-47
10.9.3	流域連携と協議開設 .....	10-48
10.9.4	法制度拡充整備施行 .....	10-48
11	<b>結論と提言</b> .....	<b>11-1</b>
11.1	結論 .....	11-1
11.2	提言 .....	11-3
11.2.1	水資源利用について .....	11-3
11.2.2	水質について .....	11-6
11.2.3	優先プロジェクト外の財務について .....	11-7
11.2.4	生態環境用水 .....	11-7
11.2.5	「目標水位」設定と地下水盆管理 .....	11-8

## 表リスト

		頁:
表 2.1	面積および人口密度（2003年） .....	2-2
表 3.1	選定された水文分析用観測所 .....	3-1
表 3.2	調査地域における各気象・水文観所の最大・最小年間降雨量 .....	3-2
表 3.3	行政区分（縣市）の年間降水量 .....	3-3
表 3.4	各流域区分での年間降水量 .....	3-3
表 3.5	各流域における降水量の確率分布 .....	3-3
表 3.6	山区河川流量調査結果 .....	3-6
表 3.7	平原区河川・水路流量調査結果 .....	3-7
表 3.8	調査地域における国レベル水文観測所一覧 .....	3-9
表 3.9	代表河川流量成分分割結果 .....	3-10
表 3.10	トルファン盆地内代表河川の年内変化 .....	3-11
表 3.11	流域区分別地表水資源量及び河川流量 .....	3-13
表 3.12	調査地域における縣市別地表水資源量及び流量 .....	3-13
表 3.13	調査地域における流入流出水量一覧 .....	3-14
表 3.14	1980年～2000年の21年間での上位3回洪水流量一覧 .....	3-15
表 4.1	調査地域の地質とTEM法比抵抗値 .....	4-8
表 4.2	試掘箇所と試掘孔別掘削深度 .....	4-12
表 4.3	JICA地下水観測井連続揚水試験・回復試験結果総括表 .....	4-18
表 4.4	試掘調査結果に基づく水文地質区分と帯水層単元 .....	4-22
表 5.1	縣市別泉利用量集計表 .....	5-2
表 5.2	泉の電気伝導度(EC)の調査結果 .....	5-3
表 5.3	既存カナート数及び流量 .....	5-3
表 5.4	1950年から5年間隔毎の縣市別さく井戸本数 .....	5-7
表 5.5	過去10年間井戸本数変化の縣市別集計 .....	5-7
表 5.6	縣市別過去10年間井戸揚水量集計結果 .....	5-8
表 5.7	2003年縣市別単位農地面積当たり地下水揚水量 .....	5-10
表 5.8	井戸の利用目的 .....	5-10
表 5.9	生活及び畜産用地下水量集計結果 .....	5-11
表 5.10	トルファン盆地井戸の所有権による分類 .....	5-12
表 5.11	深度別井戸本数 .....	5-12
表 5.12	現況地下水位及びさく井時水位（1994年以前）との比較 .....	5-12
表 6.1	水源別サンプリングの数量一覧 .....	6-1
表 6.2	水源別サンプリングの実施期間 .....	6-1
表 6.3	中国の飲用水水質基準と本調査の調査項目 .....	6-2
表 6.4	縣市別泉水質調査における超過数集計 .....	6-5
表 6.5	縣市別カナート水質調査における超過数集計 .....	6-6
表 6.6	縣市別浅井戸水質調査における超過数集計 .....	6-6
表 6.7	縣市別第1回深井戸水質調査における超過数集計 .....	6-7
表 6.8	深浅層帯水層安全性比較（豊水期） .....	6-8
表 6.9	深浅層帯水層安全性比較（渇水期） .....	6-9
表 7.1	JICA観測井一覧表 .....	7-2
表 8.1	トルファン地区内で生成した地表水資源量 .....	8-1
表 8.2	トルファン地区への地表水流入量 .....	8-2
表 8.3	トルファン盆地における水資源量及び河川流量 .....	8-2
表 8.4	トルファン盆地内14本通年河川からの流量 .....	8-3

表 8.5	トルファン盆地におけるダム一覧 .....	8-4
表 8.6	幹線水路概要 .....	8-5
表 8.7	大流域別水資源量、河川流量と現況利用量 .....	8-7
表 9.1	作成した地下水シミュレーションモデルの概要 .....	9-1
表 9.2	帯水層の層相による透水係数の初期入力値 .....	9-7
表 9.3	トルファン盆地への地下水流入量計算結果（1994～2003年） .....	9-10
表 10.1	トルファン地区における水資源利用量内訳（2003年） .....	10-2
表 10.2	農業用水の県・市別内訳（2003年） .....	10-2
表 10.3	大流域別水資源量、河川流量と現況利用量 .....	10-3
表 10.4	将来人口推移（ケース1） .....	10-5
表 10.5	将来人口推移（ケース2） .....	10-5
表 10.6	将来人口推移（ケース3） .....	10-5
表 10.7	トルファン地区GDP成長の3ケース .....	10-6
表 10.8	トルファン地区GDP成長3ケースの比較 .....	10-7
表 10.9	灌漑面積および水需要量設定3ケースの比較 .....	10-8
表 10.10	主要年におけるトルファン地区灌漑総面積予測 .....	10-9
表 10.11	2020年までの生活用水量予測 .....	10-10
表 10.12	2020年までの工業用水量予測 .....	10-10
表 10.13	2020年までの灌漑用水利用率の設定結果 .....	10-11
表 10.14	将来灌漑用水量予測結果 .....	10-11
表 10.15	予測案一覧表 .....	10-14
表 10.16	各予測案の地域別評価 .....	10-14
表 10.17	水収支予測（第1案；現況維持案） .....	10-16
表 10.18	水収支予測（第2案；全計画実施案） .....	10-16
表 10.19	水収支予測（第3案；最危険案） .....	10-16
表 10.20	水収支予測（理想案） .....	10-16
表 10.21	許容要件と許容揚水量 .....	10-17
表 10.22	段階的揚水量目標と削減率 .....	10-17
表 10.23	節水量試算結果 .....	10-27
表 10.24	阿拉溝ダム諸元 .....	10-28
表 10.25	大河沿ダム諸元 .....	10-29
表 10.26	二塘溝ダム諸元 .....	10-30
表 10.27	パイロット圃場の区分と面積構成 .....	10-34
表 10.28	総事業費（ダム建設+節水重点対策） .....	10-38
表 10.29	財務評価の前提条件（原案） .....	10-40
表 10.30	経済評価の前提条件 .....	10-40
表 10.31	節水対策技術の評価 .....	10-41
表 10.32	基本計画の環境影響概況 .....	10-43
表 10.33	基本計画の影響軽減・防止対策 .....	10-44

## 図リスト

		頁:
図 3.1	調査地域における気象・水文観測所位置図 .....	3-1
図 3.2	降雨量と海拔標高との関係 .....	3-2
図 3.3	多年平均年間降水量分布図 .....	3-4
図 3.4	山区通年河川流量調査地点位置図 .....	3-5
図 3.5	平原区河川・水路流量調査地点位置図 .....	3-7
図 3.6	既存水文観測所及び新規水文観測所 .....	3-8
図 3.7	新規水文観測所での観測結果 (2005年1月～6月).....	3-9
図 3.8	阿拉溝河水文観測所1998年日流量分割図 .....	3-10
図 3.9	柯柯亜河月流量変化図 .....	3-11
図 3.10	代表河川の年間流量変化 .....	3-12
図 3.11	トルファン地区の流域区分 .....	3-13
図 4.1	吐魯番－哈密盆地周辺地形概要図 .....	4-4
図 4.2	吐魯番盆地集水域地形概要図 .....	4-5
図 4.3	トルファン盆地地形断面図 .....	4-6
図 4.4	トルファン盆地第四紀地質平面図 .....	4-7
図 4.5	地表面下100 mの比抵抗構造分布図 .....	4-10
図 4.6	推定基盤深度分布図 .....	4-11
図 4.7	トルファン盆地試掘箇所位置図 .....	4-14
図 4.8	<b>TW-SE</b> 地点観測井構造図と地下水位 .....	4-15
図 4.9	連続揚水試験・回復揚水試験 (TW-SS-1) .....	4-17
図 4.10	水文地質基盤上面の推定標高分布図 .....	4-20
図 4.11	地形面形状と水文地質基盤上面形状との比較 .....	4-21
図 4.12	南盆地東西断面の基本層序・層相対比 .....	4-23
図 5.1	トルファン盆地における泉分布 .....	5-1
図 5.2	現地調査したカナート位置図 .....	5-4
図 5.3	現況(2004年)で利用可能な井戸数の内訳 .....	5-6
図 5.4	トルファン盆地内さく井戸数の経年変化 .....	5-7
図 5.5	過去10年間県市別地下水揚水量変化図 .....	5-8
図 5.6	過去10年間トルファン盆地における地下水揚水量変化図 .....	5-9
図 5.7	2003年トルファン盆地における月別地下水揚水量変化 .....	5-9
図 6.1	地表水と地下水の水質組成 .....	6-4
図 6.2	浅層帯水層の硫酸イオン等値線図 .....	6-7
図 6.3	深層地下水硫酸イオン等値線図 .....	6-8
図 7.1	トルファン盆地既存地下水観測井分布図 .....	7-1
図 7.2	<b>JICA</b> 観測井の保護箱 (TW-SC地点) .....	7-3
図 7.3	長期地下水位観測井の地下水位変動 .....	7-5
図 7.4	<b>JICA</b> 観測井TW-SC-2における地下水位自記記録 .....	7-6
図 7.5	地下水位深度分布図 (2004年8月16日) .....	7-7
図 7.6	地下水位標高分布図 (2004年8月16日) .....	7-8
図 8.1	トルファン地区大流域区分 .....	8-1
図 8.2	トルファン盆地におけるダム位置 .....	8-4
図 8.3	幹線水路分布図 .....	8-6
図 9.1	トルファン地下水盆への流入模式図 .....	9-2
図 9.2	盆地内に流入する河川水の水循環模式図 .....	9-3
図 9.3	最大可能地下水かん養量と実際地下水かん養量 .....	9-4

図 9.4	最大可能地下水かん養量分布図（2003年7月） .....	9-4
図 9.5	トルファン盆地の地下水揚水量の時系列変化 .....	9-5
図 9.6	地下水揚水量とかん養量との比較 .....	9-6
図 9.7	2003年7月の地下水揚水量分布 .....	9-6
図 9.8	揚水量と水位降下量、比湧出量との関係 .....	9-8
図 9.9	広域三次元モデル平面グリッド図 .....	9-9
図 9.10	広域三次元モデルの下面構造 .....	9-11
図 9.11	広域三次元モデルによる計算地下水頭分布（2） .....	9-12
図 9.12	広域三次元モデルによる計算水頭降下量分布（2） .....	9-13
図 9.13	鄯善県No.2-14観測井における実測水頭と計算水頭との比較 .....	9-10
図 9.14	断面二次元モデルの位置図 .....	9-14
図 9.15	南北方向断面モデルの検証計算結果 .....	9-15
図 9.16	東西方向断面モデルの検証計算結果 .....	9-17
図 9.17	局所三次元モデル位置図 .....	9-22
図 9.18	グリッド別実際地下水かん養量（2003年7月） .....	9-19
図 9.19	局所三次元モデルに入力した実際地下水かん養量と揚水量 .....	9-20
図 9.20	局所三次元モデルによる計算水頭と実測水頭の比較（No.2-14観測井） .....	9-21
図 9.21	局所三次元モデルによる計算地下水頭分布（3） .....	9-23
図 10.1	トルファン盆地の現況水収支 .....	10-1
図 10.2	3ケースにおける将来地区総人口の推移 .....	10-6
図 10.3	各予測計算案条件下での予測区別井戸揚水量(2020年).....	10-13
図 10.4	計算水頭分布（理想案）（2020年12月水頭と2003年12月水頭との差分） .....	10-18
図 10.5	計算水頭分布（最理想案）（2020年12月水頭と2003年12月水頭との差分） .....	10-19
図 10.6	計算水頭変動（理想案・最理想案）（既存観測井2-14、シャンシャン県；達浪坎郷） .....	10-20
図 10.7	計算水頭変動（理想案・最理想案）（JICA観測井TWSE、シャンシャン県；達浪坎郷） .....	10-20
図 10.8	水資源利用管理計画（マスタープラン）の目標 .....	10-21
図 10.9	水資源利用管理計画の概要 .....	10-23
図 10.10	住民・事業者・行政の役割分担 .....	10-24
図 10.11	トルファン盆地内ダム建設計画 .....	10-31
図 10.12	井戸群周辺の地下水頭分布の比較（第1案との差分、2020年12月） ..	10-33
図 10.13	パイロット圃場概要配置図 .....	10-35
図 10.14	水資源開発利用管理計画の実施スケジュール案 .....	10-49
図 11.1	簡易土堤 .....	11-6



## 略語一覽

A/P	Action plan
C/P	Counterpart
DF/R	Draft final report
DIW	Department of industrial works
F/R	Final report
IC/R	Inception report
IT/R	Interim report
M/M	Minutes of meetings
M/P	Master plan
P/P	Pilot project
P/R	Progress report
S/W	Scope of work

# 1. 序 論

---

---

# 1 序論

## 1.1 調査の背景

高度成長期にある中華人民共和國（以下、「中国」と略す）では、近年、地域間の経済及び社会発展の不均衡が顕著になっている。広大な西部地域は東部沿海地域に比べて気候条件が厳しく人口密度も低いため、インフラ整備が遅れて産業も発達していない。また、新疆ウイグル自治区は、ウイグル族、漢族、カザフ族、回族、キルギス族、モンゴル族、オロス族、シボ族、タジク族、ウズベク族、タタール族、満州族などの民族が住む地域である。地域の格差を縮小し、国内の安定、とくに少数民族地域の安定を図るために、中国中央政府は1990年代から「西部大開発」の方針を打ち出し、政策・投資等での優遇措置を用いて西部地域の発展を促進してきた。さらに、本件調査地域であるトルファン盆地では1990年代から石油開発が進んでおり、石油の純輸入国になった中国の中でより一層重要な地域となっている。

しかし、乾燥した内陸部に位置するトルファン盆地では自然条件により水資源量が限られているため、近年は地下水の過剰揚水により地下水位が低下しカナートの枯渇、生活用水の確保難、水質悪化、農地の荒廃等の深刻な問題が発生している。トルファン盆地では、今後、限られた水資源について地表水・地下水一体となった総合管理を行い、地下水資源を有効に利用することが重要である。

これまでにトルファン盆地では地表水、地下水資源の調査が何回も行われてきたが、とくに地下水資源については資源量や開発可能量が未だに明らかにされておらず、地下水資源の持続的な利用計画を立てられない状況であった。

以上のような背景から、中国政府は2002年9月、日本政府に対して本件調査の実施に係わる協力を正式に要請し、日本政府は2003年12月に事前調査団を派遣してS/Wを締結した後、国際航業株式会社を本件調査実施のコンサルタントとして選定した。

コンサルタント調査団は2004年4月から2006年1月までの22ヶ月間にわたり、トルファン盆地を対象に実施してきた。この最終報告書は、2004年5月～2005年10月に行われた第1次及び第2次現地調査の結果とその後の国内作業によりとりまとめたものである。

## 1.2 調査の目的及び調査対象地域

### 1.2.1 上位目標

トルファン盆地の限られた水資源が持続的に利用される。

### 1.2.2 プロジェクトの目標

- 1) トルファン盆地の水資源状況を把握し、地下水を中心とした水資源開発利用・管理基本計画（マスタープラン）を策定する。
- 2) 関係機関に対し、地下水調査及び水資源開発利用・管理計画の策定に関する技術移転及び職員・技術者の能力開発を行う。

### 1.2.3 調査対象地域

中華人民共和国新疆ウイグル自治区トルファン盆地のうち、概ね 25,000 km<sup>2</sup>を対象とした（調査位置図参照）。

### 1.3 調査組織

中国側実施機関は新疆ウイグル自治区水利庁であり、新疆ウイグル自治区水文水資源局およびトルファン地区水利局が執行の責任を負い、トルファン地区および関係機関に対する便宜供与、連絡調整等を行った。また、中国側は調査を円滑に実施するため新疆ウイグル自治区水利庁総工師を中心としたステアリングコミッティーを設置した。

中国側は日本側の本格調査団員に対しカウンターパートを配置し、日本側は、中国側カウンターパートと共同で調査の実施に当たった。

### 1.4 謝辞

本調査の実施にあたり、新疆ウイグル自治区水利庁、水文水資源局、トルファン地区水利局並びに関係機関からご協力を頂いた。また、本調査ステアリングコミッティー顧問の中国国務院参事 王秉忱教授には調査全般を通じてご指導ご助言を頂いた。ここに記して深く感謝する。

## 2. 調査地域の概要

---

---

## 2 調査地域の概要

### 2.1 自然条件

#### 2.1.1 地理と地形

トルファン地区は新疆ウイグル自治区東部に位置し、東側はハミ地区、南西側は巴音郭楞モンゴル自治州、北側は天山山脈を隔ててウルムチと昌吉回族自治区に接している。地理的位置は、東経 87° 16' - 91° 55'、北緯 41° 12' - 43° 40' の範囲にあり、南北約 240 km、東西約 300 km、総面積が 69,713 km<sup>2</sup> で、新疆ウイグル自治区総面積の約 4.1 % を占める（調査位置図参照）。トルファン地区の地形は山地と盆地（平原：ゴビ、砂漠、オアシス）に大別される。

トルファン盆地は周辺が山地により囲まれた閉鎖式盆地で、北部と西部は天山山脈の主軸となるボゴダ山地と繋がり、東部はクムタグ砂漠を挟んでハミ盆地に、また南部も天山山脈に連なる山地に接している。盆地は中央部を東西に走る火焰山により北盆地と南盆地に分けられる。北盆地は礫質沖積平野で海拔標高は 1,200 ~ 300 m である。一方、南盆地は砂・粘土質沖積平野で海拔標高はマイナスであり中央部に位置するアイディン湖は中国で最も標高が低く -155 m である。

盆地を囲む山地には古生代から第三紀の地層が分布している。火焰山には南側から北側に向かって中生代から第三紀の地層が露出している。北盆地の大部分と南盆地西部は礫質堆積物からなる沖積～洪積層が分布し、南盆地のオアシス帯には砂質堆積物、アイディン湖周辺には湖成のシルト・粘土堆積物からなる沖積層が分布している。

#### 2.1.2 気象、水文・河川、カナート

トルファン盆地は大陸性温暖帯に属し干魃砂漠気候である。盆地内の平均降雨量は年 16.6mm に過ぎない。一方、蒸発散量は極めて高く年平均 2,845mm にも達する。年間平均気温は 13 ~ 14 °C であるが夏は 30 ~ 40 °C と高く、冬は逆に 0 ~ 零下 15 °C またはそれ以下になる。

トルファン地区には、北部の博格達山地と西部のカラニョチュン山地からもたらされる 14 本の河川が流れ込み、年間流量合計は 9.17 億 m<sup>3</sup> に達している。山地の年降雨量は山腹で 100 ~ 500 mm、高所では 800 ~ 900 mm に達する。頂上周辺の万年雪（氷河）は天然の貯水池となり流水は比較的豊富である。夏季には降雨と融雪により洪水が起きる。また、年流量の 50 ~ 80 % がこの時期に流出し、冬季の流量は非常に少ない。河川水は 3ヶ所に建設されたダムにより貯水された後、水路により盆地内に導水され農業用水として利用されている（図.2.1 参照）。

トルファン盆地には山麓部から平原部にかけて横穴式暗渠のカナートが掘削され、歴史的に生活用水や農業用水として利用されてきた。しかし、1960 年代からの地下水位低下に伴い流量の減少や枯渇が発生し、かつては 1,400 本以上もあったカナートが現在は 300 本余りに減少している。

#### 2.1.3 水理地質と地下水

トルファンの山地を構成する古生代～第三紀の地層・岩石は不透水性の水理地質基盤をなすものと考えられる。周辺山地からの流水は山麓部で地下に浸透し、北盆地と南盆地それぞれに於いて、第四紀層を帯水層とする地下水盆を構成している。盆地内の地下

水は、北盆地から南盆地へ、また南盆地では西から東へと流動している。火焰山を構成する岩石は泥質岩類であるため、これが地下水の流動を規制して地下水を北盆地内に貯留させる“天然の地下ダム”の役割を果たしていると考えられている。

1965年頃から、農業用水需要の増大と地表水資源の季節的変動に対応するため、トルファン盆地では井戸の建設が進められ、現在の井戸総数は5,000本以上にも達している。また、地下水利用量の9割以上は農業用水が占めていると推定されている。このほか、トルファン盆地では、生活用、工業用の地下水利用量も増加している。

## 2.2 社会経済条件

### 2.2.1 行政区分と人口

トルファン地区はトクソン県、トルファン市、シャンシャン県の1市2県から構成され、総人口は約57万人である。住民は多様な民族からなるが、ウイグル族が最も多く全体の約70%を占める。漢民族がこれに次いで多く約23%である。都市人口と農村人口はそれぞれ約40%と60%であるが、シャンシャン県では都市人口の方が多い。

表 2.1 面積および人口密度(2003年)

	人口(人)	面積(km <sup>2</sup> )	人口密度(人/km <sup>2</sup> )
トクソン県	107,768	15,660	6.9
トルファン市	254,900	15,738	16.2
シャンシャン県	209,043	38,315	5.5
計	571,711	69,713	8.2

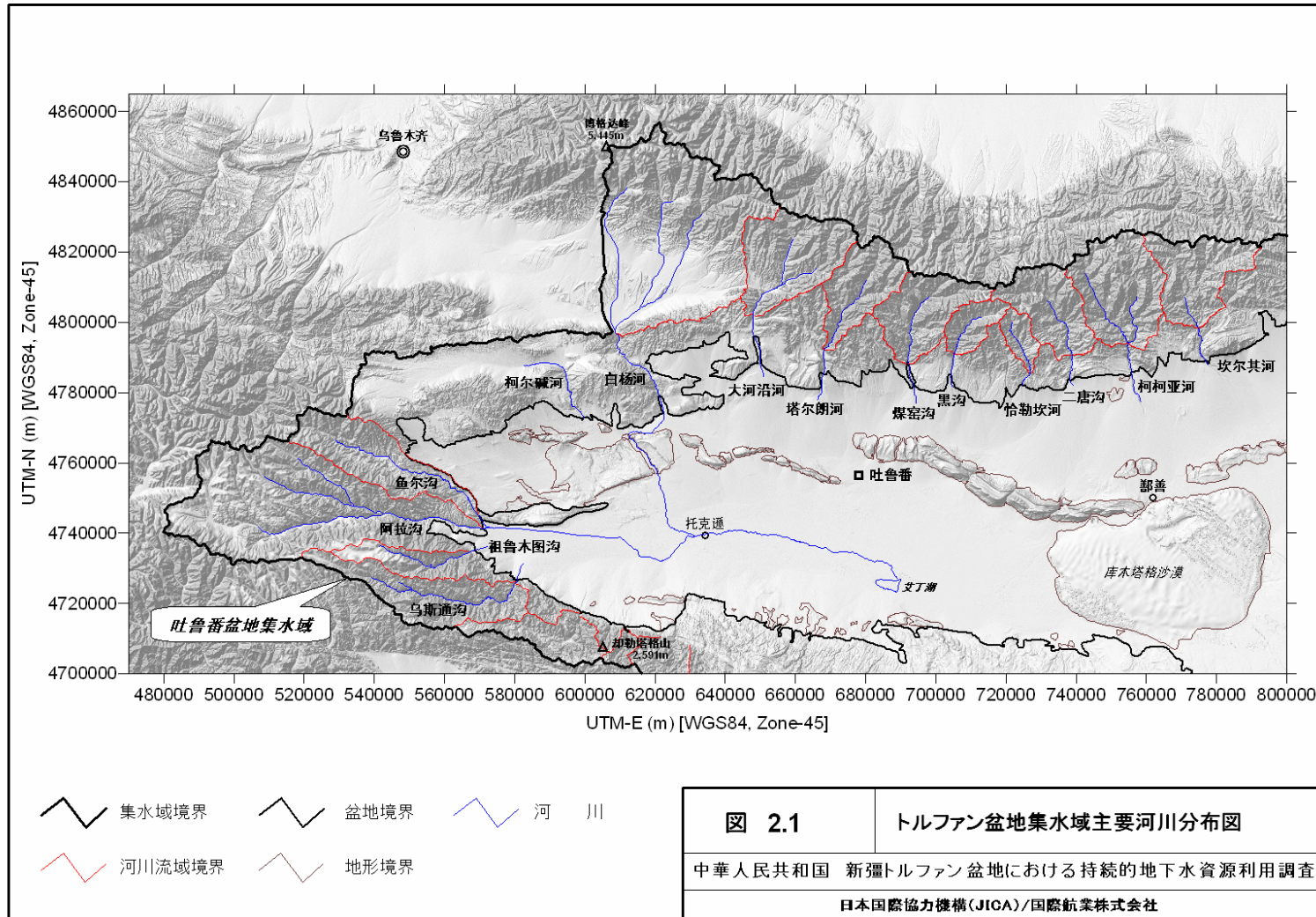
出典：トルファン統計年鑑（トルファン地区統計局）

### 2.2.2 経済

トルファン地区の2003年における総生産額は約86億元で新疆ウイグル自治区全体の4.0%を占めている。1人当たりの生産額は約1.5萬元で中国全国や新疆ウイグル自治区の平均よりも高い。1970年代までは農業並びに農業産品加工業を中心とした経済パターンを維持していたが、1980年代には石油・石炭・化学等の多様な工業が発達した。

農業では作物栽培・畜産が主体を占めるが1990年代を通じて分野別構成比では畜産業が増加したのに対し作物栽培は減少傾向である。2003年では畜産業が22%、作物栽培は74%である。農業生産額は約16.4億元で、このうち作物栽培が12.1億元、さらにその約半分の6.5億元は桑・葡萄など果物、綿花1.8億元、瓜1.2億元、穀物1.1億元がそれに続いている。

トルファン地区の工業は、近年、石油・鉱山開発を主翼とし、化学工業ならびに農産物加工を両翼とする形態をとっている。2003年における工業総生産額は、68.7億元であり、前年比で19.2%の伸びとなっている。軽工業と重工業の割合をみると、軽工業4.1億元(6.7%)に対し、重工業は原炭、原油加工を中心に60.4億元(93.3%)であり、重工業が地域経済上圧倒的に大きい存在となっている。しかし生産額の上では、近年一貫して軽工業は年8~10%程度の伸びを続けている。





### 3. 水文調査

---

---

### 3 水文調査

水文調査は既存水文及び気象資料の整理と分析、14本の通年河川及び水路の流量観測、新規水文観測所の設置を行った。これらの結果を解析し、トルファン地区の河川流量、洪水影響範囲及び盆地内蒸発散消耗量をまとめた。

#### 3.1 気象資料の収集及び解析

##### 3.1.1 気象・水文観測所の位置

トルファン地区では気象観測所及び水文観測所を合わせて10箇所で観測を実施している。そのうち、観測時系列の最も長いのはトルファン市気象観測所であり、1952年からの連続観測データがある。観測期間の最も短いのは二塘溝水文観測所で、3年間の観測資料しか保存されていない。気象水文観測所の位置は図3.1に示す。

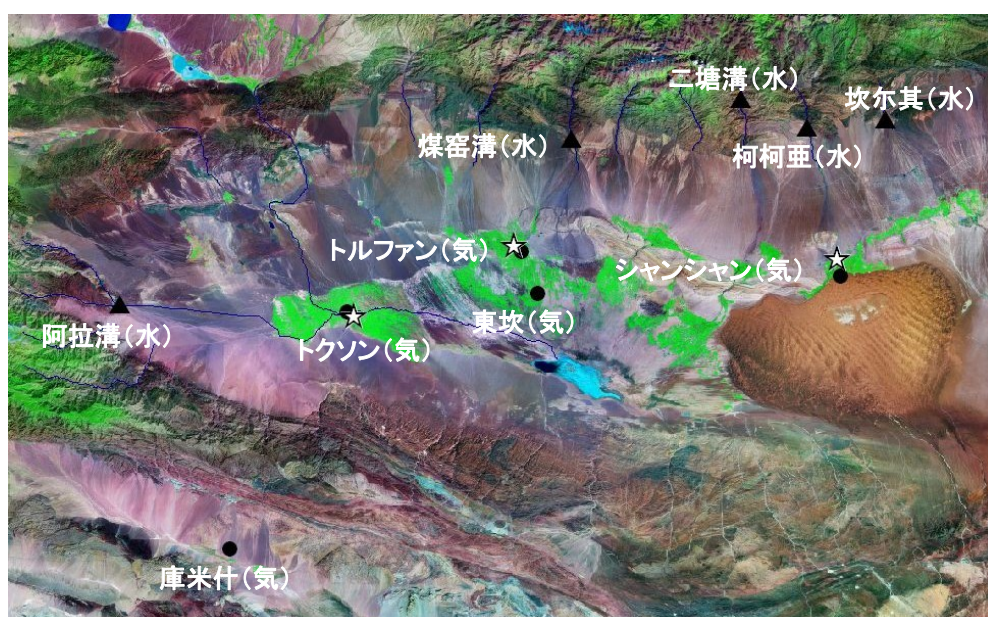


図 3.1 調査地域における気象・水文観測所位置図

10箇所の気象・水文観測所のうち9箇所を選定し解析を行った（表3.1）。

表 3.1 選定された水文分析用観測所

観測所	座標		標高 (m)	観測期間	観測項目
	東経	北緯			
トルファン	89°12'23"	42°56'03"	35	1952~2000	降水、気温、 風速、蒸発、 湿度
シャンシャン	90°14'05"	42°51'13"	378	1956~2000	
トクソン	88°38'11"	42°48'07"	1	1959~2000	
庫米什	88°13'24"	42°14'19"	922	1959~2000	
東坎	89°15'21"	42°50'08"	-49	57~66、74~2000	
阿拉溝(水)	87°52.11'	42°48.09'	777.3	57~58、60~2000	降水、蒸発、 気温、氷状況、 流量、水位、土砂
煤窑溝(水)	89°23.35'	43°10.86'	882	57~58、61~64、66~67、	
柯柯亜(水)	90°08.48'	43°12.49'	1,090	1981~1997	
五工区	89°15.30'	43°17.01'	1,708	1966~69、1972~87	降水

注：(水)は水文観測所である。

### 3.1.2 降水量の分布と変動

#### a. 降水量の標高別分布

トルファン盆地は、山区と平原区に分けられ、地形的に北西部が高く、南東部が低く、大きな地形勾配で盆地内最低標高地点の艾丁湖へ傾斜している。年間降雨量は海拔標高に従って増加する傾向が明らかである。各観測所の年間平均降雨量は7.7～157.4 mmの間にあり、図3.2に示すように、海拔標高の増加とともに降雨量は指数関数的に増加する。

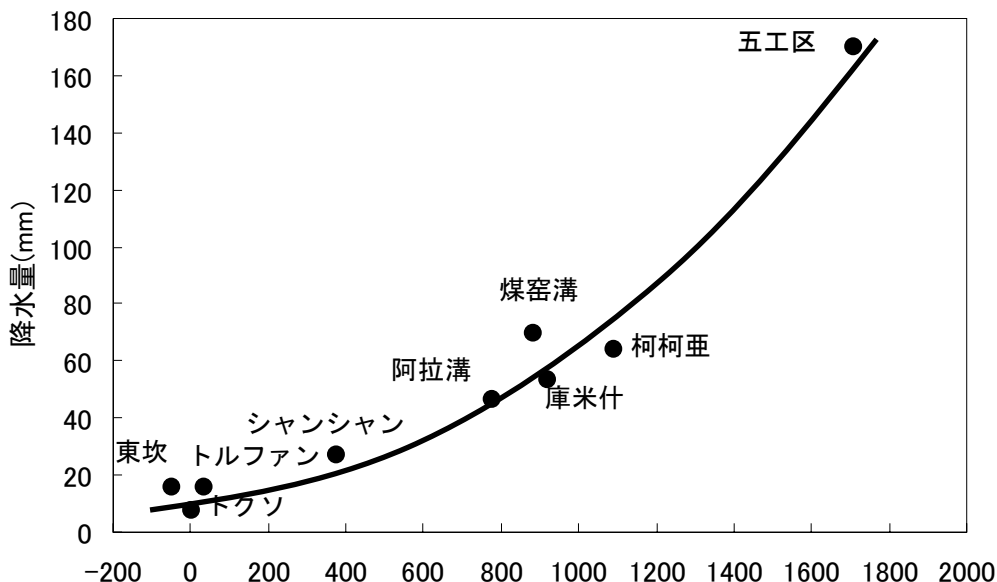


図 3.2 降水量と海拔標高との関係

#### b. 降水量の変動

トルファン盆地の降水量の季節分布は不均一で、連続4ヶ月間最大降雨量は6月～9月に現れ、年間降雨量の58%～84%を占める。多年平均最大降水量は年間降水量の約19～31%を占め、6月か7月に現れる。それに対して多年平均月最小降水量は年間降水量の僅か0.3～2.9%で、1月か2月に現れる(表3.2)。

表 3.2 調査地域における各気象・水文観所の最大・最小年間降雨量

降水量単位 : mm

観測所	時系列年数	長年平均降水量	最大年間降水量	出現年	最小年間降水量	出現年	最大年降水量-最小年降水量	最大年降水量/最小年降水量	最大年降水量/長年平均降水量	最小年降水量/長年平均降水量
トルファン	49	15.9	48.4	1958	2.9	1968	45.5	16.7	3.04	0.182
シャンシャン	45	26.9	76.8	1998	10.7	1968	66.1	7.2	2.85	0.398
トクソン	42	7.7	25.7	1994	0.5	1968	25.2	51.4	3.35	0.065
庫米什	42	53.4	108.2	1998	14.5	1978	93.7	7.5	2.03	0.272
東坎	37	16.4	38.2	1998	5.7	1993	32.5	6.7	2.33	0.348
アラ溝	43	46.2	85.7	1969	6.3	1980	79.4	13.6	1.85	0.136
煤窑溝	33	71.4	165.8	1998	22.9	1962	142.9	7.2	2.32	0.321
柯柯亜	17	65.3	125.2	1984	13.6	1985	111.6	9.2	1.92	0.208
五工区	20	156.8	254.3	1981	74.9	1985	179.4	3.4	1.62	0.478

### 3.1.3 降水量の地域分布

各観測所の降水量データから図 3.3に示す降水量等値線図を作成した。次に、地域を海拔1,000 mを境界にして山区と平原区に分け、降水量等値線図を基に各地形区分毎の降水量を算出した。その結果、トルファン地区の多年平均降水量は $31.87 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、平均年間降水深47.8 mmとなった（表 3.3）。また、トルファン地区を4大流域に区分し、各流域の降水量を算出した（表 3.4）。

表 3.3 行政区分(縣市)の年間降水量

縣市	面積 (km <sup>2</sup> )	降水量 (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	降水深 (mm)
トクソン県	14,318	5.385	37.6
トルファン市	15,480	11.15	72.0
シャンシャン県	36,941	15.33	41.5
合計	66,739	31.87	47.8

表 3.4 各流域区分での年間降水量

流域区分	面積 (km <sup>2</sup> )	降水量 (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	降水深 (mm)
トクソン2河流域	9,688	4.236	43.7
ト・シャン7河流域*	12,838	16.91	131.7
坎儿其河流域	8,035	5.756	71.6
庫木塔格砂漠地域	36,178	4.970	13.7
合計	66,739	31.87	47.8

### 3.1.4 各流域の降水量確率計算

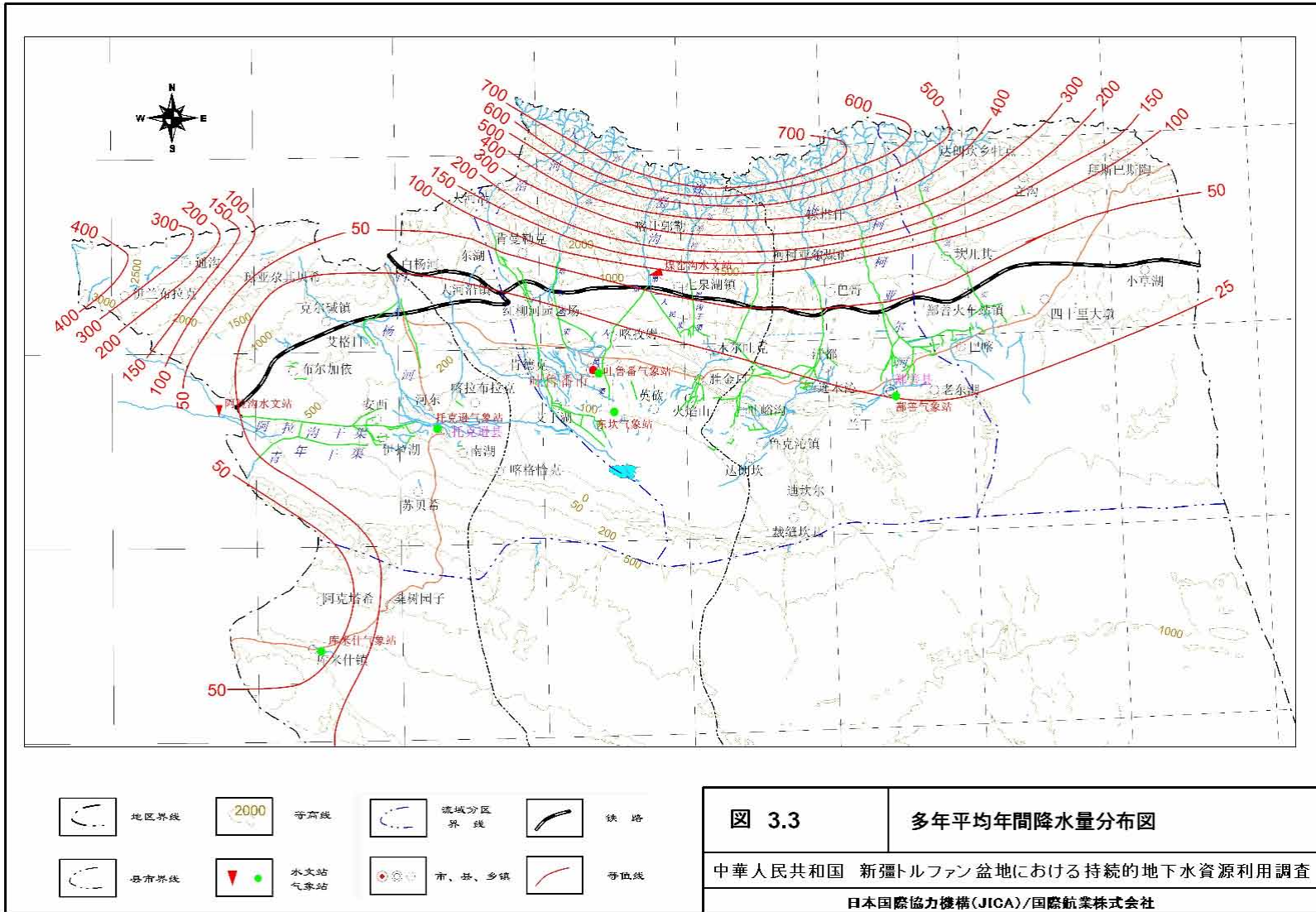
各流域における降水量確率計算結果は表 3.5にまとめている。

表 3.5 各流域における降水量の確率分布

単位：10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>

流域	面積 (km <sup>2</sup> )	平均年間降雨量	Cv	Cs/Cv	降雨確率及び対応している降水量			
					20%	50%	75%	95%
トクソン2河流域	9,688	4.236	0.37	2.5	5.4	4	3.1	2.1
ト・シャン7河流域*	12,838	16.91	0.36	2	21.7	16.2	12.5	8.29
坎儿其河流域	8,035	5.756	0.52	3	7.8	5.01	3.57	2.44
庫木塔格砂漠区	36,178	4.97	0.48	2.5	6.72	4.5	3.22	2

※ ト・シャン7河流域：トルファン・シャンシャン7河流域、7河とは大河沿、塔爾朗、煤窑溝、黒溝、恰勒坎、二塘溝と柯柯亜河である。





### 3.2 河川流量調査

トルファン盆地の水資源は主として周辺の山区での降水及び融雪水からなる山区河川が盆地内に流入して形成される。従って、山区河川からの流量を正確に把握することはトルファン盆地内の水資源量を把握する上で極めて重要である。

一方、自然状態では山区からの流入河川の大部分は、山口を流出してから、僅か数キロで地下に浸透して地下水の涵養量にはなるが、表流水での利用はできない。河川水を直接利用するため、1950年代からトルファン盆地内では導水路を中心とする水利施設の建設が進められ、主要山区河川の大部分は天然河道ではなく、水路によって盆地内のオアシスと結ばれるようになった。そのため、盆地内の地下水資源の涵養・分布条件が大きく変化している。

河川流量の把握は地下水涵養量推定のベースとなるので、河川流量調査では山区流量だけではなく、盆地内河川及び水路の流量調査を豊水期と渇水期に分けて2回実施した。

#### 3.2.1 山区河川調査

##### a. 調査地点

山区河川調査は通年河川 14 本を対象とした。調査地点は図 3.4に示す。流量観測期間は2004年7月25日～7月31日の7日間と2004年11月20日日～11月25日の6日間である。

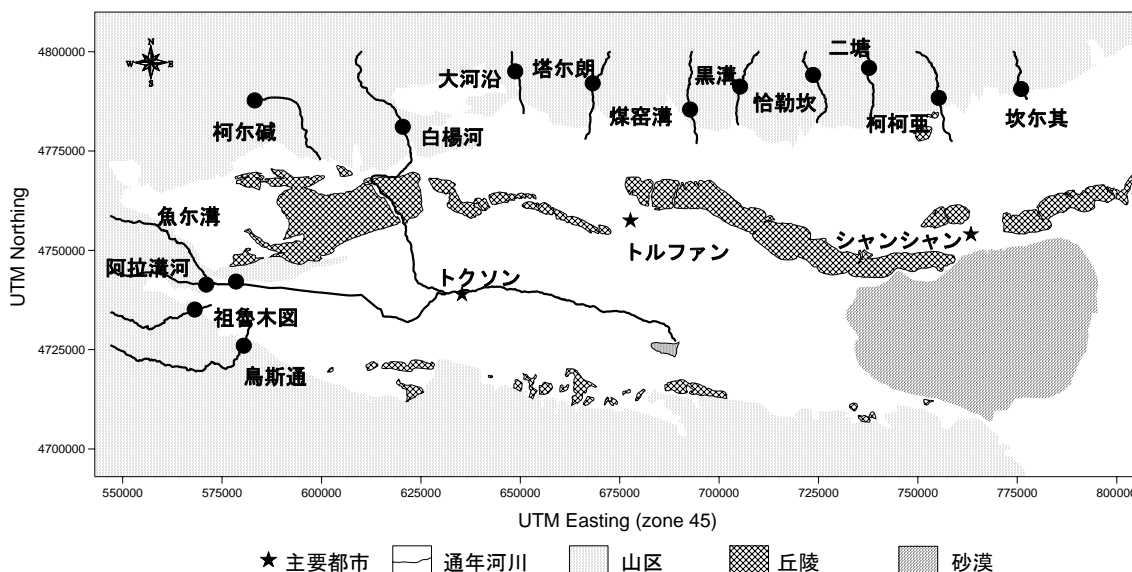


図 3.4 山区通年河川流量調査地点位置図

##### b. 調査方法

河川流量は中国の「河川流量測驗規範」に従い、流速計法で河川流量観測を実施した。

また、河川流量調査と同時に現場水質分析を実施した。分析項目は水温、電気伝導度 (EC)、pH、酸化還元電位(ORP)、鉄 (Fe)、マンガン (Mn)、フッ素 (F)、硝酸イオン (NO<sub>3</sub>)、砒素 (As)、アンモニアイオン (NH<sub>4</sub>)、大腸菌及び一般細菌等合わせて12項目である。

### c. 流量調査結果

山区河川の2回の流量観測結果は表 3.6に示す。

表 3.6 山区河川流量調査結果

縣市	河川	流量(m <sup>3</sup> /s)	
		豊水期	渇水期
トクソン	白楊河	2.49	7.32
	阿拉溝河	6.48	3.19
	魚尔溝	3.16	0.802
	柯尔碱溝	0.366	0.258
	祖魯木凶溝	0.186	0.054
	烏斯通溝	0.546	0.223
	小計	13.228	11.847
トルファン	煤窑溝	9.87	0.523
	大河沿	1.84	2.71
	塔尔朗	3.97	0.106
	黒溝	2.53	0.282
	恰勒坎	0.335	0.212
	小計	18.545	3.833
シャンシャン	柯柯亜河	5.68	0.268
	二塘溝	3.03	0.212
	坎尔其河	1.9	0.232
	小計	10.61	0.712
合計		42.383	16.392

- 1) 縣市別に河川流量を比較すると、トルファン盆地の西から東へ向かって減少する傾向が明らかである。
- 2) 季節別の河川流量を比較すると、渇水期の流量は豊水期流量の40%未満である。そのうち、白楊河や大河沿河は、渇水期の流量が豊水期よりも大きい異常な変動を示した。これら2本の河川を除外すると、豊水期流量に対して渇水期流量は僅か16.7%であり、流量の季節変動が大きい。

白楊河は14本通年河川の中、最大の集水面積(2,423平方キロ)がありトルファン盆地内では流量の最も大きい河川である。しかし、集水面積の大部分がトルファン盆地外のウルムチ市の範囲にある。このため、上流部の達板城等の地域では灌漑期の3月~10月の間、1億m<sup>3</sup>ほど白楊河から取水している。この結果、豊水期にトルファン盆地に入る流量が小さくなり、渇水期には逆に豊水期流量を上回った。また、大河沿河はトルファン盆地内で第4番目に流量が大きな河川である。しかし、白楊河と同様に総流域面積724平方キロのうち上流側の254平方キロはウルムチ市の管轄域にあるため、灌漑期のトルファン盆地への流入量は上流域での取水の影響を受けている。

### 3.2.2 平原区河川・水路調査

#### a. 調査地点

平原区内代表河川及び水路の流量調査は、河川水がトルファン盆地内で河床及び導水路からどのように浸透して地下水に付加しているかを把握することを目的として実施し

た。調査は1対象河川・水路につき豊水期と渇水期の2回、上・中・下流別に2断面か3断面で測定して、観測断面間の流量変化を把握した。

河川、水路及び測定地点の位置は図 3.5に示す。調査方法は山区の流入河川流量観測と同じである。

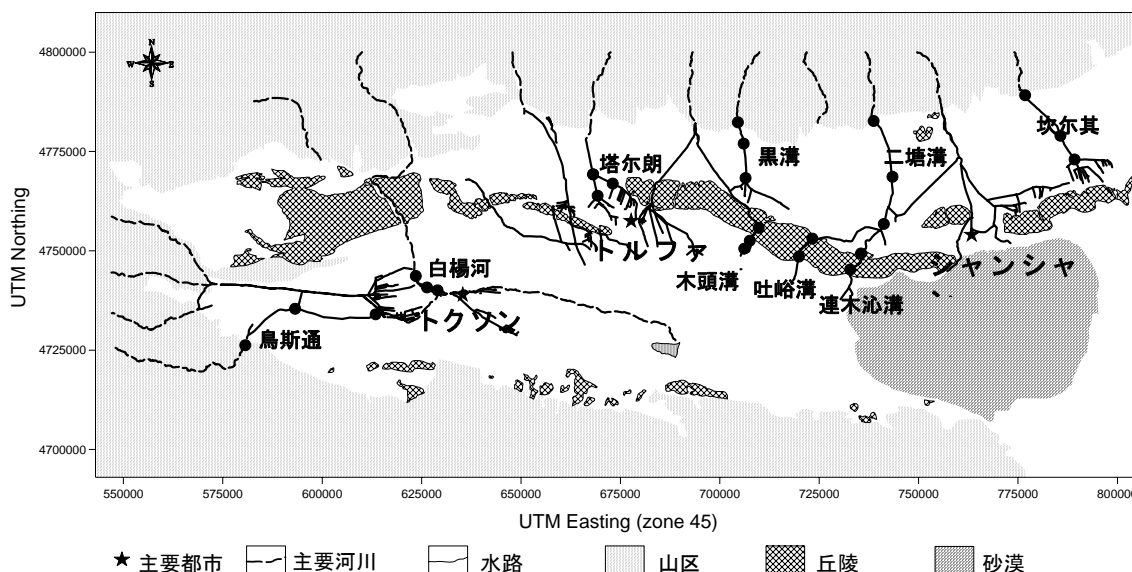


図 3.5 平原区河川・水路流量調査地点位置図

**b. 平原区流量調査結果**

平原区河川・水路の流量調査結果は表 3.7に示す。豊水期と渇水期の2回の観測で測定した9河川・水路の内、水路の全てで流路に沿う水量損失が確認されたが、4本の河川のうち、白楊河と連木沁溝では下流での流量は上流より大きい結果となった。

表 3.7 平原区河川・水路流量調査結果

河川・水路	調査期	流量(m <sup>3</sup> /s)			流量損失(m <sup>3</sup> /s/km)	
		上流	中流	下流	上-中流間	中-下流間
白楊河	I	3.8	3.8	4.26	0.0000	-0.1704
	II	2.57	2.58	2.98	-0.003	-0.1481
塔爾朗水路	I		1.87	1.4	--	0.0870
	I		1.13	0.824	--	0.0567
黑溝水路	I	0.937	0.926	0.914	0.0020	0.0014
烏斯通水路	I	0.838	0.579	0.572	0.0170	0.0003
	II	0.219	0.155	0.155	0.0041	0.0000
二塘溝水路	I	7.47	7.21	5.36	0.0176	0.1542
	II	0.173	0.164	0.136	0.0006	0.0023
坎爾其水路	I	0.878	0.685	0.61	0.0143	0.0109
木頭溝	II	0.793	0.521	0.348	0.0697	0.0721
吐峪溝	II		0.082	0.077	--	0.0009
連木沁溝	II		0.936	1.09	--	-0.0321



### c. 平原区での河川・水路の流量損失

平原区流量観測対象となった 5 本の水路の全てでは、流路に沿う流量損失が確認された。一方、白楊河と連木沁溝では流量が増加しているため、流量測定断面間で地下水による河川へのかん養が発生している可能性がある。

- 1) 水路の最大流量損失は二塘溝水路の豊水期調査で観測され  $0.154 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$  であった。水路流量に比較するとその約 25 % である。
- 2) 水路での流量損失の平均値は  $0.026 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$  であるが、バラツキが大きく標準偏差は  $0.045 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$  である。
- 3) コンクリート水路の 1 km 当たりの流量損失率は  $0.15\sim 0.21 \%$  と小さく、距離で平均すれば、 $0.17 \%$  である。石空積みと石グラウティング水路の間には流量損失率の差がほとんど見られない。むしろ、水路間あるいは観測断面間の差がはっきりしている。塔朗水路を除けば、平均流量損失率は  $0\sim 2 \%$  の間にある。

### 3.2.3 新規水文観測所建設

トルファン盆地には国レベルの水文観測所が 3 箇所あり、それに加え、専用水文観測所（河川流量の定期または不定期観測）が 7 箇所存在した。専用水文観測所のうち現在も観測が続けられているのは 2 箇所だけである。本調査では、水文観測データを取得するため、既存水文観測所の位置を検討した上で、トルファン・シャンシャン 7 河流域の恰勒坎河に新規水文観測所を建設した。新規水文観測所の位置は図 3.6 に示す。

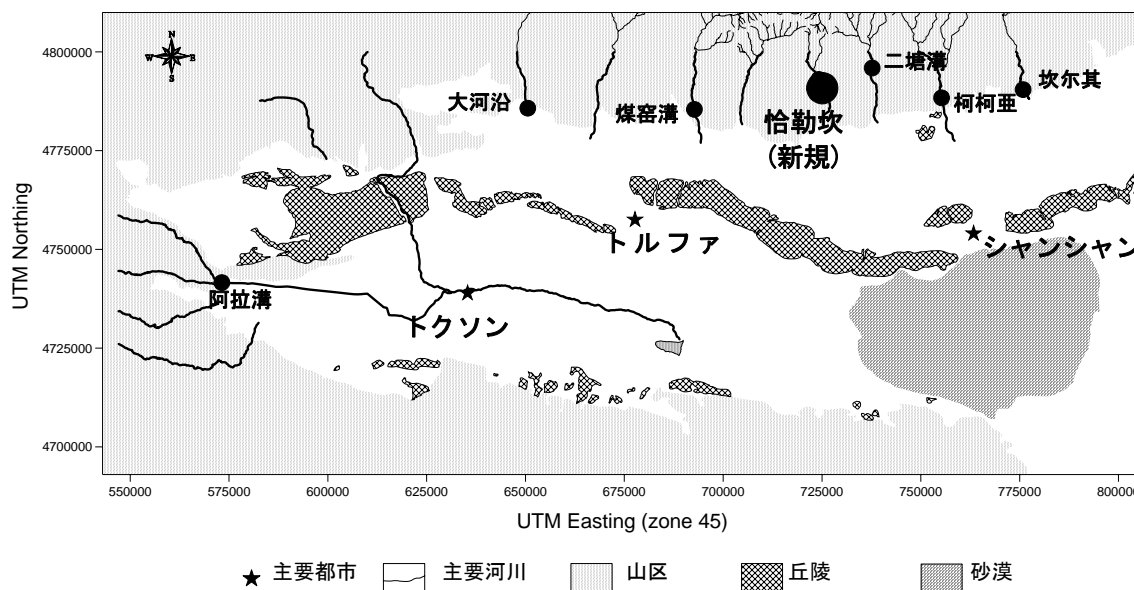


図 3.6 既存水文観測所及び新規水文観測所

新規水文観測所は、水準点、量水標、保護標示板、計器室（観測小屋）：自記水位計、雨量計、太陽エネルギーパネル等観測装置、自記水位計用井戸及び導水管及びブスチール製観測橋から構成される。新規水文観測所は 2005 年 1 月 1 日から観測を始めた。1 月から 6 月までの降雨量観測結果と河川流量の観測結果を図 3.7 に示す。

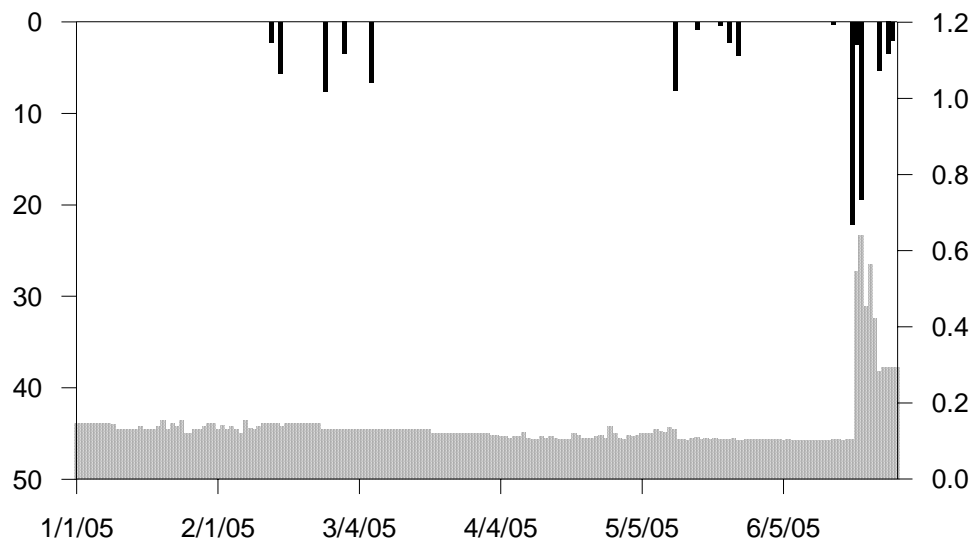


図 3.7 新規水文観測所での観測結果 (2005 年 1 月～6 月)

### 3.3 河川流量解析

#### 3.3.1 基本資料及び解析方法

調査地域においては国レベルの水文観測所は比較的少なく、3箇所だけである。それらの水文観測所は調査地域の西側から東へ阿拉溝、煤窑溝、柯柯亜の順で配置されている(表 3.8)。

表 3.8 調査地域における国レベル水文観測所一覧

河川名	座標		観測期間	備考
阿拉溝	87°52.11'	42°48.09'	1956～1996	1996 年の洪水で破壊された。
			1997～現在	元の観測断面から 5km 下流側
煤窑溝	89°24.35'	43°10.86'	1956～現在	洪水で 2 回破壊されたが、観測断面の移動はない。
柯柯亜	90°08.48'	43°12.49'	1980～1997	柯柯亜ダムが建設されてから撤収。

国家レベルの長期水文観測所の他、調査地域においては水利工事の建設等の目的に応じて、専用水文観測所が数箇所設置され、不定期観測や巡測等の方法で水文観測を実施している。

本調査では、河川流量解析のため、各水文観測所の資料を全て収集し、欠測月・年は各観測所の相関関係や水文比較法で補完した。この結果を用いて、系列の代表性分析と年間流量統計パラメーターを推定し、各河川の年間平均流量を確定した。

河川流量の確率分布は、中国「全国洪水災害防止計画降雨区分技術細則」(中国洪水災害防止計画指導グループ、2004 年 1 月)等の技術基準に従い、ピアソン III 型分布法で検討した。

### 3.3.2 年間流量の涵養及び構成

#### a. 河川流量の涵養

調査地域における河川流量の涵養源は比較的顕著な垂直方向の地域差と季節差がある。一般的には、3,500 m 以上の涵養域では、涵養源は氷河の融雪を主とし、2,000~3,500 m にある中高山地帯では季節性融雪と降水である。2,000 m 以下の低山地帯では、主として降水と地下水である。各主要河川の間にある季節性河川や渓谷の涵養源は殆ど夏季の豪雨によるものである。

#### b. 河川流量構成

阿拉溝河、柯柯亜と煤窑溝の 3 本の河川を代表河川として、典型的な年の流量を直線法で分割し、河川流量の構成を検討した。そのうち阿拉溝河の検討結果を図 3.8 にしめす。また、阿拉溝河、柯柯亜と煤窑溝の流量成分を表 3.9 にまとめた。

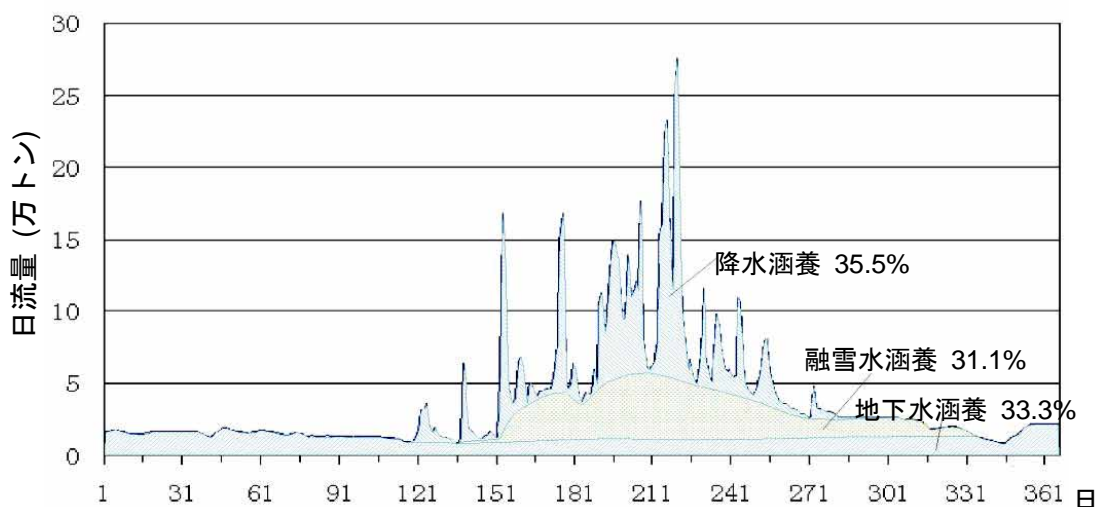


図 3.8 阿拉溝河水文観測所 1998 年日流量分割図

表 3.9 代表河川流量成分分割結果

代表河川	典型年	単位 : %		
		降水涵養	融雪涵養	地下水涵養
阿拉溝河	1998	35.6	31.1	33.3
煤窑溝	1992	42.0	36.4	21.6
柯柯亜	1996	59.5	24.2	16.3

### 3.3.3 河川流量の地域分布及び年間変化

#### a. 河川流量の地域分布

盆地内最大河川である白楊河と阿拉溝河、さらに艾維爾河の流量はトルファン地区に流入する河川流量全体の約半分を占めるが、流量の大部分はトルファン地区外の巴音郭楞 (バイングアロ) モンゴル族自治州やウルムチ市で形成されている。

トルファン市とシャンシャン県は調査地域内水資源の主要形成区である。大河沿、塔

尔朗、煤窑溝、黒溝、二塘溝、柯柯亜、坎尔其等 7 河川の流量は地表水流量全体の半分 (52.4 %) を占める。

坎尔其河より東部地域では地表水資源の形成量は極めて限られていて、しかも豪雨による洪水の形で現れることが多い。トルファン地区南部の庫木塔格砂漠地域では地表流が殆どない。

トルファン盆地内河川表流水のもう一つ特徴は平原区での河川水の降下浸透である。河川表流水は山口を出て平原区に入ってから、急速に降下浸透で消失し、地下水に転換する。

**b. 河川流量の年内変化**

トルファン盆地内河川流量の年内変化は大きい。阿拉溝河、煤窑溝河と柯柯亜川の月流量変化を表 3.10にまとめた。また、柯柯亜川の年内流量変化を図 3.9に示す。

表 3.10 トルファン盆地内代表河川の年内変化

流量単位：10 万 m<sup>3</sup>

代表河川	最大		最小		最大／ 最小	連続 4 ヶ月間最大		
	流量	%	流量	%		流量	月	%
阿拉溝河	304.3	24.0	51.2	2.98	8.04	814.6	6～9	64.2
煤窑溝河	254.5	31.1	7.8	0.94	33.2	648.2	6～9	80.4
柯柯亜河	332.7	29.8	2.1	0.19	159	960.0	5～8	86.0

注：%は年間流量に対する割合である。

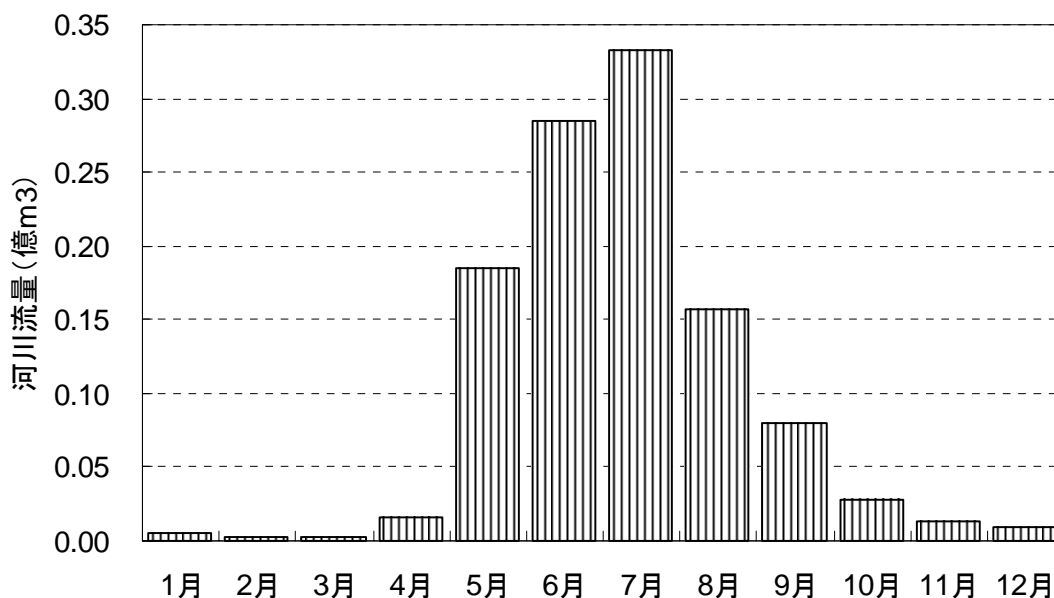


図 3.9 柯柯亜河月流量変化図

**c. 河川流量の年間変化**

調査地域における河川流量の年間変化は比較的小さい。主要代表河川である阿拉溝河、煤窑溝河及び柯柯亜河の多年河川流量変動係数 Cv はそれぞれ 0.34、0.22、0.24 であり、

新疆ウイグル自治区では、中等程度のグループに属する。この 3 河川の中においては阿拉溝河の  $C_v$  がやや大きい。

主要代表河川の最大年間流量と最小年間流量との比は 2.5~3.4 の間、多年最大流量変動率  $K_{max}$  は 1.3~1.93 の間、最小流量変動率  $K_{min}$  は 0.5~0.7 の間にある。すなわち、年間平均流量と比較する場合、豊水年でも年間流量は多年平均流量の倍以上にならないし、渇水年でも年間流量は多年平均流量の半分以下にならない。

3 主要代表河川の流量変化は図 3.10に示す。

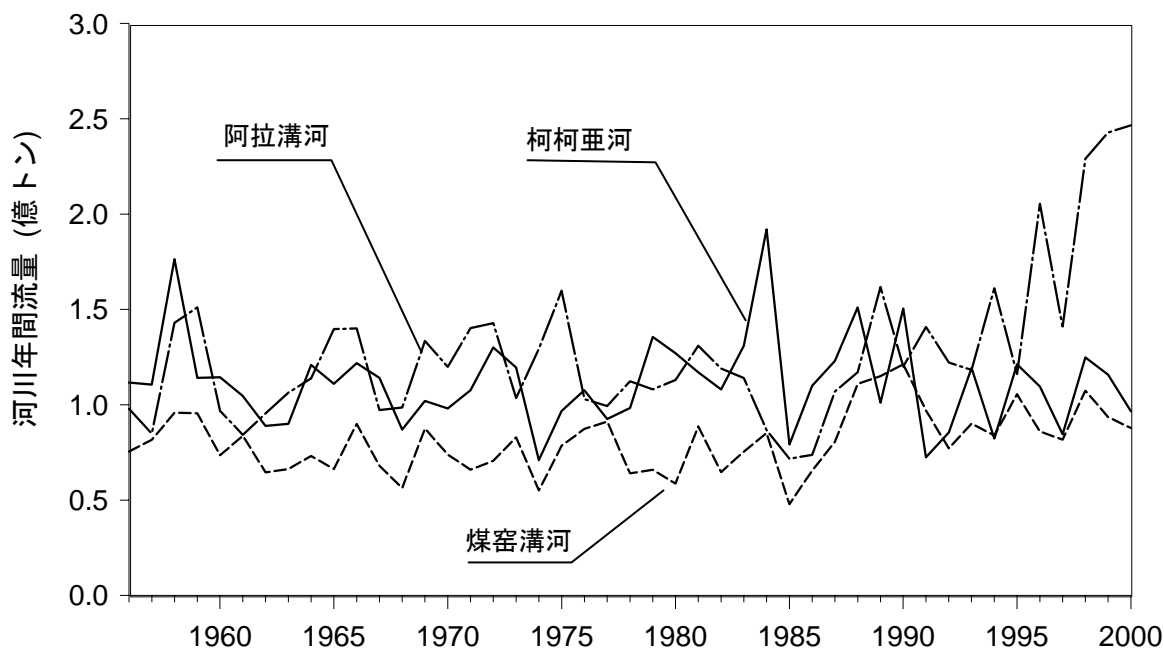


図 3.10 代表河川の年間流量変化

### 3.3.4 地表水資源量

中国の「全国水資源総合計画技術細則」（2002年）に従って、図 3.11に示す 4 流域について地表水資源量を算出した。

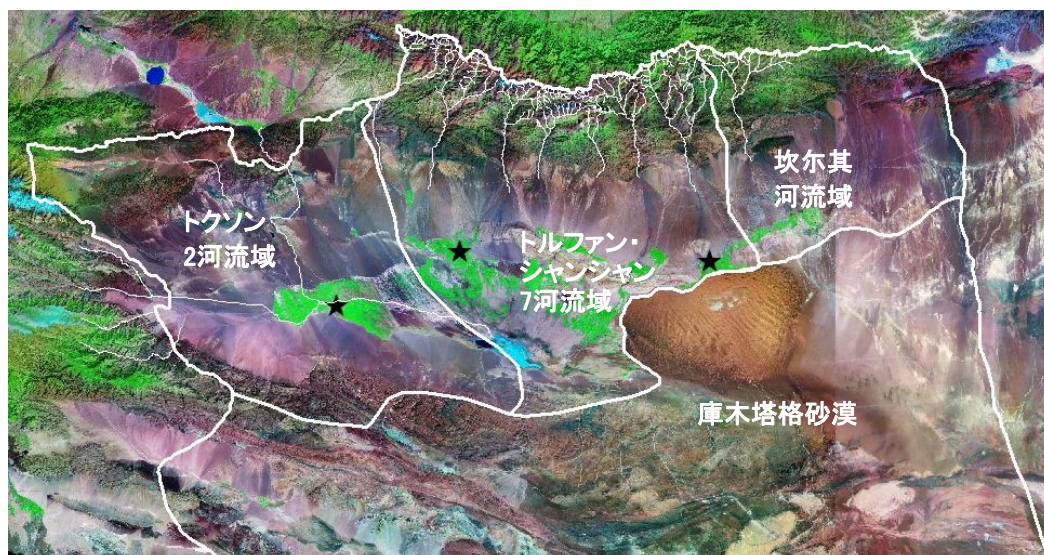


図 3.11 トルファン地区の流域区分

表 3.11 流域区分別地表水資源量及び河川流量

流域区分	全体面積 (km <sup>2</sup> )	集水面積 (km <sup>2</sup> )	地表水資源量 (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	流入量 (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	流出量 (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	地表水流量 (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )
トクソン 2 河流域	9,688	4,779	0.6663	3.2704	0.0786	3.858
ト・シャン 7 河流域※	12,838	5,284	4.873	0.2366	--	5.110
小 計	22,526	10,063	5.5393	--	--	8.968
坎尔其河流域	6,035	2,720	0.5454	--	--	0.5454
庫木塔格沙漠	38,178	601	0.0529	--	--	0.0529
合 計	66,739	13,384	6.137	--	--	9.566

※ ト・シャン 7 河流域： トルファン・シャンシャン 7 河流域、7 河とは大河沿、塔尔朗、煤窑溝、黒溝、恰勒坎、二塘溝と柯柯亜河である。

また、「中国第 2 次水資源計画・水資源評価」(2003)により、縣市レベル行政区分毎の地表水資源量と地表水流量を算出した。

表 3.12 調査地域における縣市別地表水資源量及び流量

縣市	全体面積 (km <sup>2</sup> )	集水面積 (km <sup>2</sup> )	地表水資源量 (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	流入量 (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	流出量 (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	地表水流量 (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )
トクソン	14,318	4,537	0.6276	3.2704	0.0786	3.8194
トルファン	15,480	4,274	2.922	0.2366		3.1586
シャンシャン	36,941	4,573	2.588			2.588
合 計	66,739	13,384	6.137	3.507	0.0786	9.566

トルファン地区の流域外からの流入量と流出量をまとめ、表 3.13に示す。

表 3.13 調査地域における流入流出水量一覧

流域	流入河川	流入量集水面積 (km <sup>2</sup> )	流入量(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	流出元
阿拉溝河	阿拉溝	1,840	1.275	和静県
	艾維尔	587.6	0.4522	ウルムチ市
	祖魯木図	254.5	0.0486	和碩県
	烏斯通	554.1	0.1392	和碩県
白楊河	白楊河	1,773	1.355	ウルムチ市
大河沿河	大河沿	254	0.2366	ウルムチ市
合 計		5,263	3.507	
流域	流出河川	流出量集水面積 (km <sup>2</sup> )	流出量(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	流出元
ウルムチ河	板房溝	67.5	0.0786	トクソン

### 3.4 洪水影響範囲解析

トルファン盆地では水資源が不足しているが洪水の被害もしばしば起こる。洪水の被害を防ぐと同時に、洪水流量を地下水涵養量に転換させることが可能であれば、治水と利水を合わせた対策になると思われる。

#### 3.4.1 洪水の原因

トルファン地区の春季は短く、寒い時期から気温が急上昇し、山地域の雪線が低いため融雪量が急増して、河川水量は急激に増加することがある。しかし、この春季の洪水はトクソン県に限られていて、トルファン市とシャンシャン県では春季洪水の記録はない。洪水の主な原因は夏季の集中降雨によるものである。

#### 3.4.2 洪水の種類及び特性

トルファン市とシャンシャン県では局地豪雨型洪水と広い範囲の降雨によって起きる地域性洪水がある。局地豪雨型洪水の典型例としては 1981 年 7 月 19 日の洪水がある。当日 20 時～21 時の約 1 時間内で、葡萄溝周辺の降水量は、多年平均年間降水量の約 2 倍の 25.1 mm であった。それによって、付近の木頭溝で 213 m<sup>3</sup>/s のピーク流量が記録され、大きな被害を引き起こした。また、地域性洪水としては、1984 年 6 月 21 日シャンシャン県内の広い範囲で大雨があり、その結果シャンシャン 3 河流域では洪水が発生し、柯柯亜河、二塘溝河と坎尔其河のピーク流量はそれぞれ 174 m<sup>3</sup>/s、180 m<sup>3</sup>/s と 153 m<sup>3</sup>/s であった。

トクソン 2 河流域での洪水は、豪雨型洪水、融雪水による洪水、雨雪混合型洪水の 3 種類が起きる。豪雨型洪水の典型例は 1996 年 7 月 18 日に発生したもので博格達峰を中心に日降水量は 80～100 mm に達したため、河川流量が急上昇し始め同日午後には第 1 回目のピーク流量 164 m<sup>3</sup>/s を記録した。翌日第 2 回目のピーク流量は 490 m<sup>3</sup>/s に達した。

融雪水による洪水は 4 月～5 月に発生しやすい。豪雨洪水と比較して、融雪洪水は緩やかな水位上昇があり、継続時間が長く、洪水流出量は大きい、ピーク流量は大きくない。一つの洪水期では毎日のようにほぼ同様なピークが現れる。

雨雪混合型洪水は 6～8 月に発生することが多く、混合型であるので、継続時間が長く、ピーク流量が高い。従って、この混合型洪水の危険性が最も大きい。

### 3.4.3 洪水の歴史記録

1980年～2000年の21年間の洪水記録を見ると、盆地内洪水が一斉に発生したのは4回で、1987年、1994年、1996年と1997年である。洪水は毎年のように盆地内のどこかで発生するが、洪水の多くは局地豪雨による洪水であり、地域性洪水は比較的少ない。

1980年～2000年の21年間において各河川流域で上位3回の洪水流量を表3.14に示した。大きな洪水はトルファン盆地西部のトクソン県に集中している。東のシャンシャン県では洪水の発生頻度が多いが、洪水流量は西部と比較して小さい。

表 3.14 1980年～2000年の21年間での上位3回洪水流量一覧

単位：m<sup>3</sup>/s

順位	阿拉溝	白楊河	煤窑溝	柯柯壘
1	490	638	181	268
2	321	272	169	194
3	230	173	168	190

### 3.4.4 洪水被害

トルファン盆地内に残された洪水記録及び今回の調査で実施した訪問調査により1981年以降の大洪水による被害状況は以下のようである。

1981年トルファン市葡萄溝での洪水により、葡萄溝河に建設された小型水力発電所が壊され、鉄道も壊された。

1986年トクソン県内の洪水では小麦・綿畑約7haが全部浸水した。

1988年トクソン県内の洪水では民家53棟、羊舎11ヶ所と水路5キロが壊れた。

1990年トクソン県内の洪水で堤防14.5キロ、道路25キロ、橋1ヶ所が壊れ、97棟の民家が浸水した。

1996年トクソン県で発生した特大洪水で、水文観測所そのものも壊れた。

### 3.4.5 洪水影響域分析

洪水災害を防ぎ、地域社会の安定と経済発展を計ることは言うまでもないが、防災と同時に洪水流量を地下水涵養のために利用できれば、利水の観点からも有益である。トクソン県では簡易の土堤を作ることによって、冬季の余剰河川水をゴビに散水し、地下水涵養を促進している。その結果、下流のカナートの一部では復水或いは流量が増加したことが報告されている。それと同様に、土地利用、地形等の条件が適切であれば、洪水流量による地下水涵養を検討する価値がある。

洪水の防御と利用の両目的を達成するには洪水の影響域を把握する必要があるため、本調査では洪水影響の範囲図を作成した。