

第2章 調査地域の特徴

2.1 ピャンジ河流域の特徴

2.1.1 流域の概況

タジキスタン最大の流域であるピャンジ河流域は、ハマドニ扇状地の頭部において82,500km²の流域面積を持ち、タジキスタン国土の58%を占めている。ピャンジ河上流域は6,000m級の高山が連なる中央アジアで最高部の地域であるパミール高原にある。上流域から運ばれた土砂は標高400mから550mの位置に径約25km、面積約470km²のハマドニ扇状地を形成している。

流域の年平均降水量は450mmで、その90%以上が11月から5月の7ヶ月に降る。本調査の水文解析から、降水量はパミール高原の奥地からハマドニ地区にかけて、100mmから600mmに増加する傾向がある。

雪や氷河からの融雪水は、5月から8月にかけて、本調査対象地に深刻な被害を起こすことがある。本調査の水文解析によれば、1969年にはヒルマンジョ観測所で4,370m³/sの最大流量を観測し、ハマドニ地区に洪水被害をもちした2005年洪水は4,149m³/sであった。なお、ヒルマンジョの年平均流量は900m³/sであり、平均年最大流量は3,000m³/sである。

平均気温はパミール高原からハマドニ地区にかけて、マイナス2.5℃から17.0℃に上昇する。また、ハマドニ地区の日平均気温は、2005年の水文気象庁の観測では、年間でマイナス2.6℃から33.3℃に変化している。最暖月は通常7月、8月であり、最低気温は通常1月後半におきる。

2.1.2 ピャンジ河の河川形態

1) 水系

図R.2.1.1に示したように、ピャンジ河水系は5つの主要な支川から成っている。それらは、ショハダラ、グント、バルタン、ヤズグロム、ヴァンジ、及びピャンジ河本川である。山腹には無数の小さな急流があり、また、3つの湖、サレズ、ヤシクル、ゾルクルがあり、地すべりによって形成されたものである。ピャンジ河の全長はハマドニから上流へ向かって800kmである。ピャンジ河の流れは、ハマドニ扇状地の頭部で一度一つになるものの、扇状地の中では幾つかに分流して流れる。

主な支川について次の表と図に示す。

表 R 2.1.1 ピャンジ河水系の本支川一覧

河川名	河川延長 (km)	集水面積 (km ²)
ピャンジ本川 R1	801.7	82,534
グント R5	267.5	13,464
シャハダラ R6	117.0	4,228
バルタン R4	226.3	29,938
ムルガブ (バルタンのサレズ湖上流部分) R4	303.7	20,122
ヤズグロム R3	74.4	2,435
ヴァンジ R2	90.3	2,050

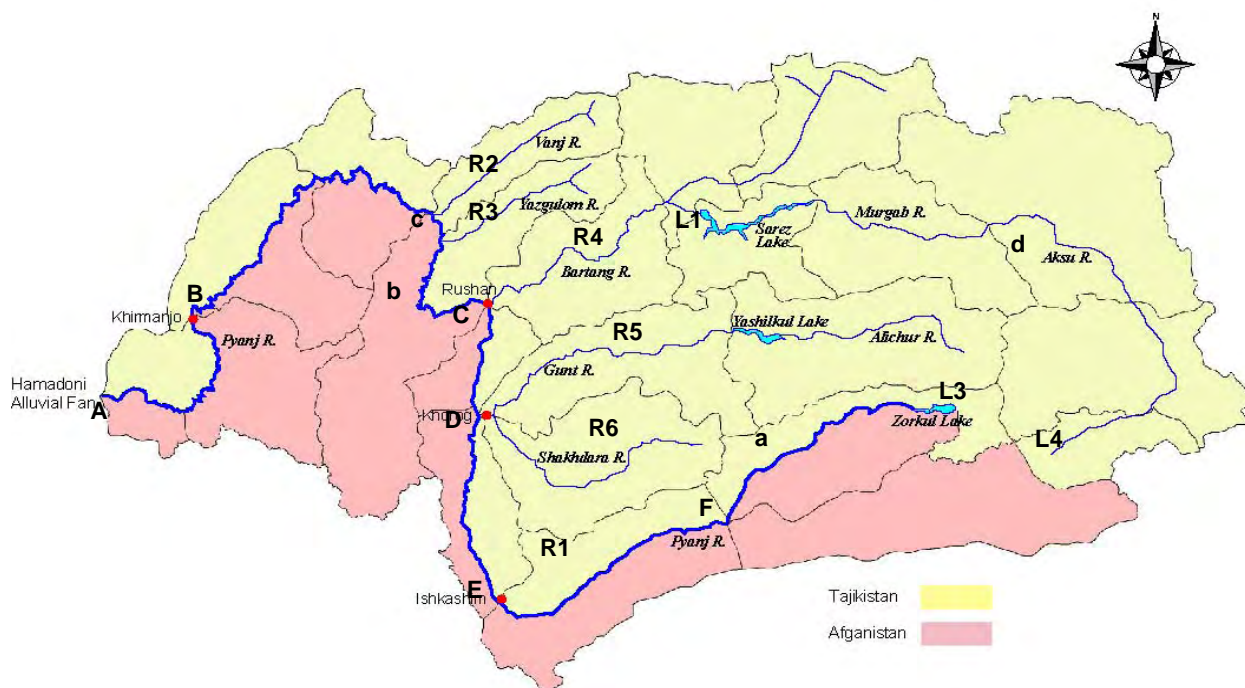


図 R 2.1.1 ピャンジ河水系図

ピャンジ河の流量は融雪量に関係が深いため気温に依存している。次に示す図はホログ地点の月平均気温とチュベックの月平均流量をあらわしたものである。図から、流量は3月に気温の上昇と共に増加し、気温の最大月の7月に流量も最大となり、温度の降下に伴って、流量も減少している。

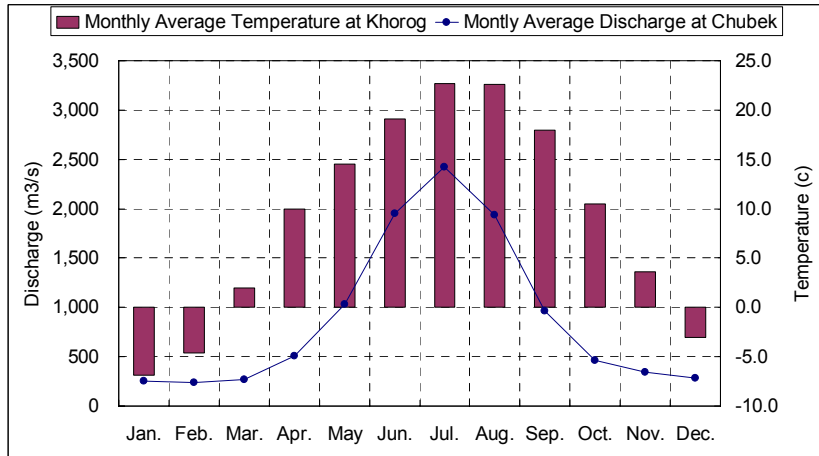


図 R 2.1.2 平均月気温/流量(1967-2005)

2) 河床勾配

ピヤンジ河の河床勾配の概要を図 R. 2. 1. 3 に示す。アルファベット文字は図 R. 2. 1. 1 の河川名と地点に対応している。

ピヤンジ河本川は平均 5/1000 の勾配で延長約 800km であり、他の支川に比べると緩やかな勾配である。バルタン川とグント川はピヤンジ河本川と似たような河床形状であるが、ヴァンジ、ヤズグロム、シャハダラとグントの一部は急峻な勾配となっている。これは、パミール高原の地形上の特徴によるものである(2. 1. 4 項参照)。

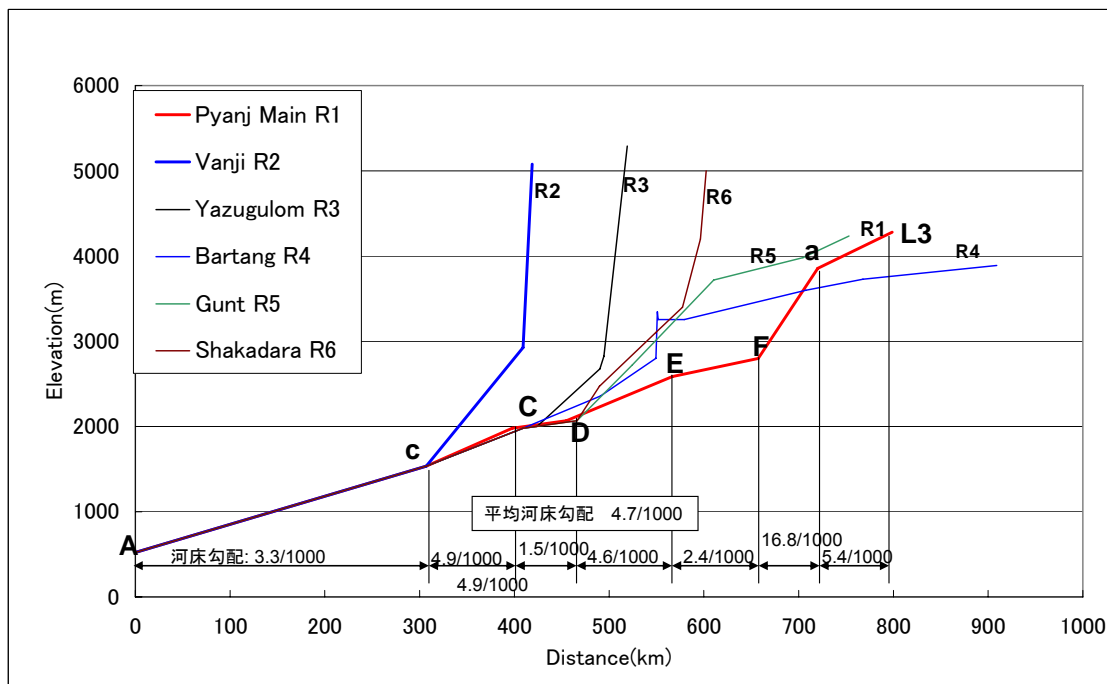


図 R 2.1.3 ピヤンジ河河床縦断面図

2. 1. 3 地質

本調査地域のハマドニ地区は、タジク沈降帯に属し、ピヤンジ河流域はパミール高原を覆っている。ハマドニ扇状地は緩い砂-砂利層からなっている。流域の川沿いは氾濫原の堆積で覆われている。タジク沈降帯は新生代第三紀及び四紀の堆積層から成っている。同沈

降帯は2つの主要断層、ピーター第1とダウルヴァズ-カラクル断層に挟まれて、未固結の礫岩でできた丘陵地帯を形成し、所々、中生代ジュラ紀の岩塩ドームと古生代の風化岩がある。これらの岩層を覆うようにレスがピャンジ河の北側にある。パミール高原は古生代から古第三紀にかけての岩層によって構成されている。地質の概要図は下図に示す。

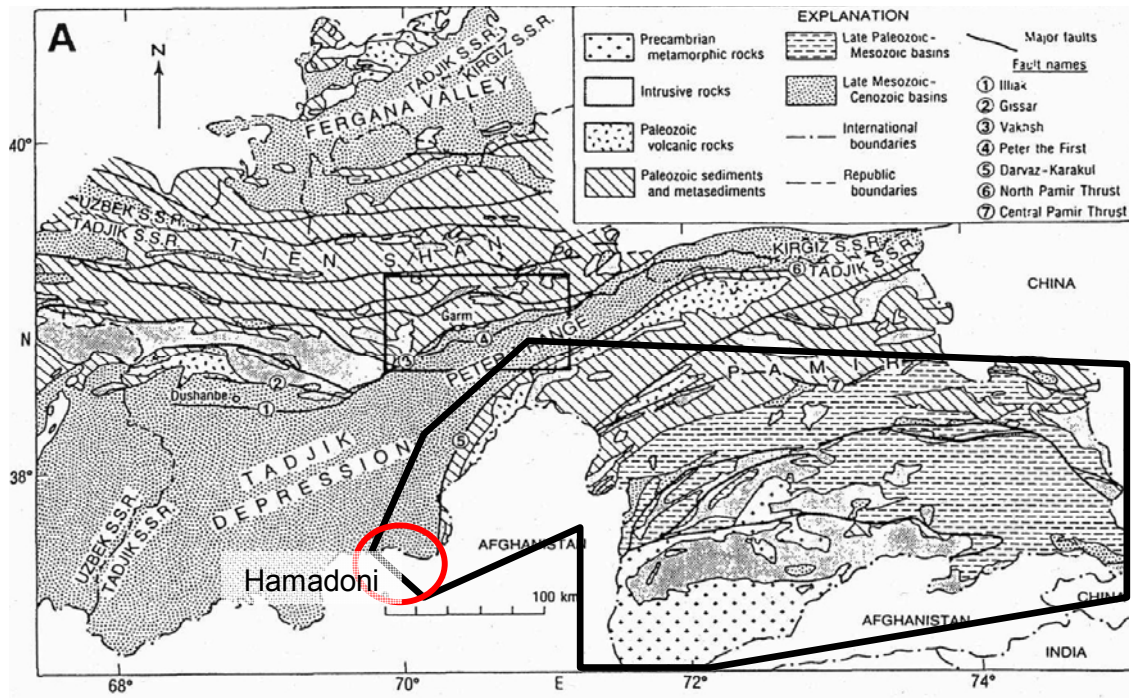


図 R.2.1.4 ピャンジ河流域地質図

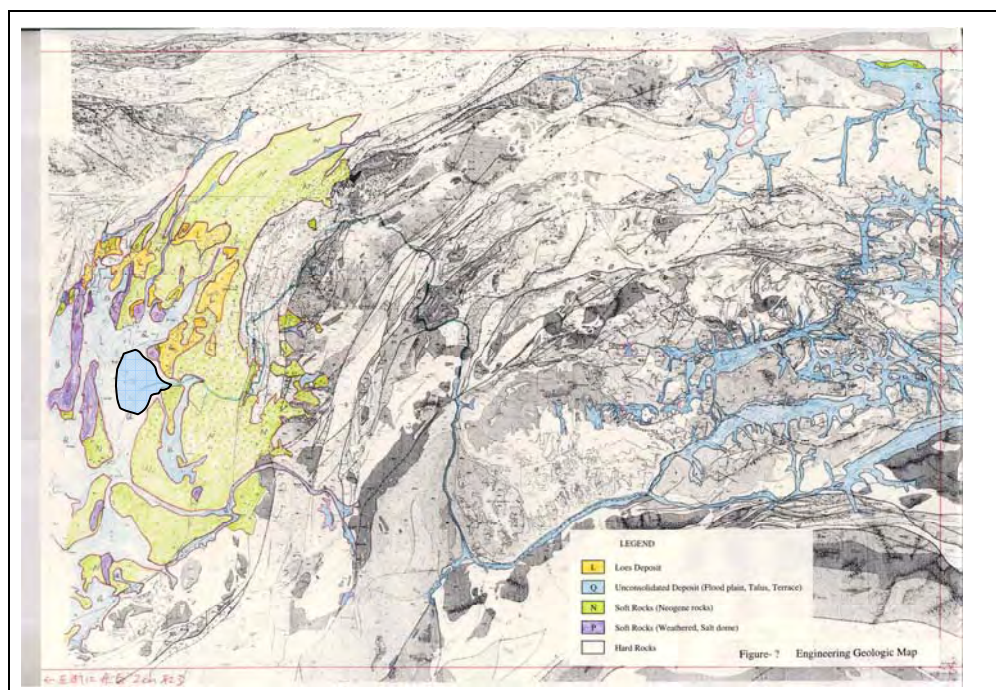
地質構成と土木地質の概要を表にして、次に示す。

表 R.2.1.2 地質構成と土木地質概要表

地質年代	地質紀	地質・地層	流域内の位置	特性	土木地質
新生代	第四紀	レス	最下流域 ピャンジ河北側	粘土砂質土	ガリ侵食し易い
		現河床堆積物 氾濫域堆積物 段丘堆積物	最下流域及び 中流域から上流域	粘土砂質土/ 円礫	洪水による河岸侵食 し易い
		崖錘堆積物	上流域	粘土砂質土/ 角礫	降雨による表流水侵 食し易い
		段丘堆積物	最下流域	粘土砂質土/ 円礫	侵食し易い
	新第三紀	主に礫岩	最下流域	軟岩	侵食し易い 主な土砂生産源
古第三紀	基岩	上流域山岳部	硬岩	凍結融解による礫質 土の生産源	
中生代	ジュラ紀	岩塩ドーム	最下流域の丘陵部	軟岩	溶出し易い
古生代	二畳紀	基岩	流域北部	風化岩	主な土砂生産源
中生代白亜紀 から古生代		基岩	中流域の山岳部	硬岩	凍結融解による礫質 土の生産源

地質特性と侵食の抵抗性についての土木工学的見地から、土木地質を5つのカテゴリに区分して、土木地質図を作成し、図 R.2.1.5 に示す。

この地図から、レス堆積層部分や河床堆積層、段丘未固結堆積層、新生代の軟岩、風化岩や岩塩ドームなどがハマドニ扇状地への主な土砂供給源であることがわかる。



- : レス堆積層
- : 未固結堆積層(氾濫源, 崖錘, 段丘)
- : 軟岩 (新第三紀)
- : 軟岩 (風化岩, 岩塩ドーム)
- : 硬岩

図 R 2.1.5 土木地質図

次に土地傾斜分類図を示す(図 R.2.1.6)。傾斜 30° 以上を青色で示した。非常に急峻な谷地形がピャンジ河本川、支川を占めていることがわかる。

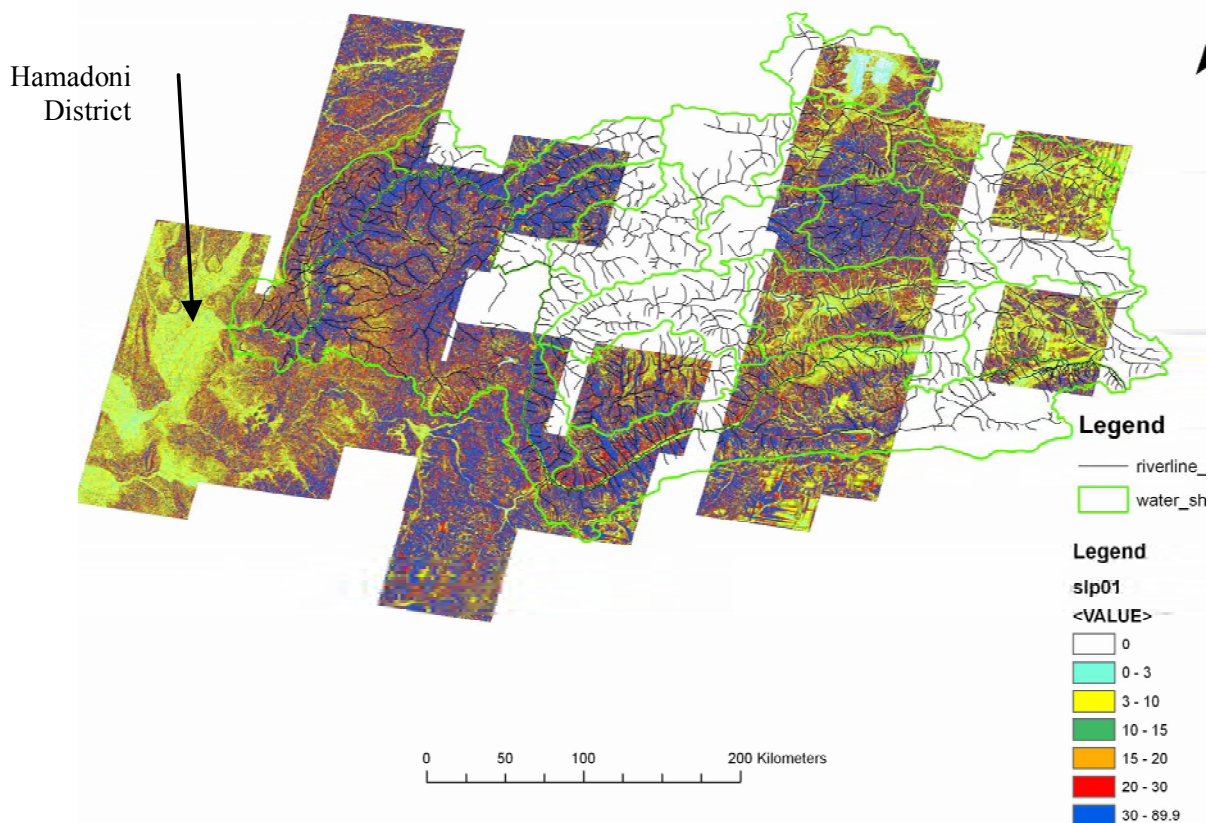


図 R 2.1.6 ピャンジ河流域土地傾斜分類図

土木地質図と土地傾斜分類図の結果を合わせてみると、軟岩地域と急峻な地域が重なる新生代礫岩地域と川沿いの急峻な地域が主な土砂生産源となっていることが想定できる。

2.1.4 土砂生産に関する地形の特徴

1) ピャンジ河流域の地形の特徴

図 R. 2. 1. 7 に示す A 地点チュベックより上流のピャンジ河流域は、次に示すような特徴的地形に囲まれている。西から北にかけてはヴァクシ川から流域を隔てている山脈、東側はゴビ砂漠を隔てている 5,000m級の山脈、さらに、南側はアフガニスタンとパキスタンとの国境である 7,000m級の山脈、それが次第に西側に延びて 3,000m級の山並みとなって、チュベック地点で流域を閉ざしている。

流域の中央部には北から南に向かって 6,000m級の山地が横たわり、その東側には 4,000m級の高原が広がり、また、その西側の山地は A 点のチュベックやハマドニに向かって低くなっている。したがって、流域中央東側の河床勾配は R4、R5、R1 のように比較的緩やかであるのに対して、西側は R2、R3、R5、R6 のように比較的急峻になっている（図 R. 2. 1. 7 参照）。

河川流路の方向は、図 R. 2. 1. 7 に示したように、断層の走行方向に支配された地形の特徴を反映して形成されている。その様子を以下に示す。

ピャンジ河本川の B 地点付近やヴァンジ川 (R2)、ヤズグオム川 (R3)、タングシェブ川 (R7)、オビティノブ川 (R8) の走行方向は北東-南西方向にある。これはダルヴァ

ズ-カラクル断層 (f1) や中央パミール衝上断層 (f2) の西側の走行方向に一致している。また、他の支川、バルタン川 (R4)、グント川 (F5)、シャハダラ (R6) そしてピャンジ本川の E 地点付近の流れの走行方向は東-西方向であり、これは中央パミール衝上断層 (f2) の東側の方向に一致している。

これらの河川の流れが断層の方向に支配されていることから、これらの河川は上記の2つの断層に併行して存在する派生断層に沿って形成されているものと推定される。このため、流路沿いは断層の影響を受けた比較的軟質な地層が存在する可能性がある。一方、土木地質図 (図 R.2.1.5) では大部分の河川流路沿いは硬岩であることを示している。これは流路が深く削られて形成されて、すでに、軟質部は削り取られている可能性を示す。

また、土木地質図 (図 R.2.1.5) によると、レスの土砂と軟岩はタングシェド (R7) とオビティノブ川 (R8) の西側にあり、未固結の河床堆積層は R4、R5、R6、R1 の E 地点より上流のそれぞれの河床部に分布している。

さらに、調査団が実施した衛星画像の解析の結果、R2 または R3-R7 と R8 の延長との間、すなわち、ダルヴァズ-カラクル断層 (f1) と中央パミール衝上断層 (f2) の間の地域が、崩壊性の微地形や土砂生産性の高い地すべり状の地形が、他の地域に比べて多いことがわかった。

2) ピャンジ河の土砂生産に関する地形上の特徴

一般的には、寒地や高山地帯においては、凍結融解作用が土砂生産の主要原因の一つである。この作用は、岩塊の隙間に入り込んだ水が凍結融解を繰り返す過程で、岩塊を粉々に破壊するものである。

また、衛星画像の解析では、流域内に、多くの地すべり地形が認められるものの、大部分が岩塊滑りであって、その岩塊のゆえに、あまり土砂生産の原因には寄与していない。さらに、ところどころに、大規模な岩塊滑りが川を堰き止めて、天然の湖や盆地を形成している。モレーンも同様に堰き止めの原因となっている。このような湖や盆地は、凍結融解による土砂を貯留するよう機能している。

このような土砂生産とその貯留効果の結果、ハマドニ扇状地への土砂供給の大部分は R3-R7 と R8 の延長線の間、すなわち、ダルヴァズ-カラクル断層 (f1) と中央パミール衝上断層 (f2) の間の地域から供給されるものと推定できる。

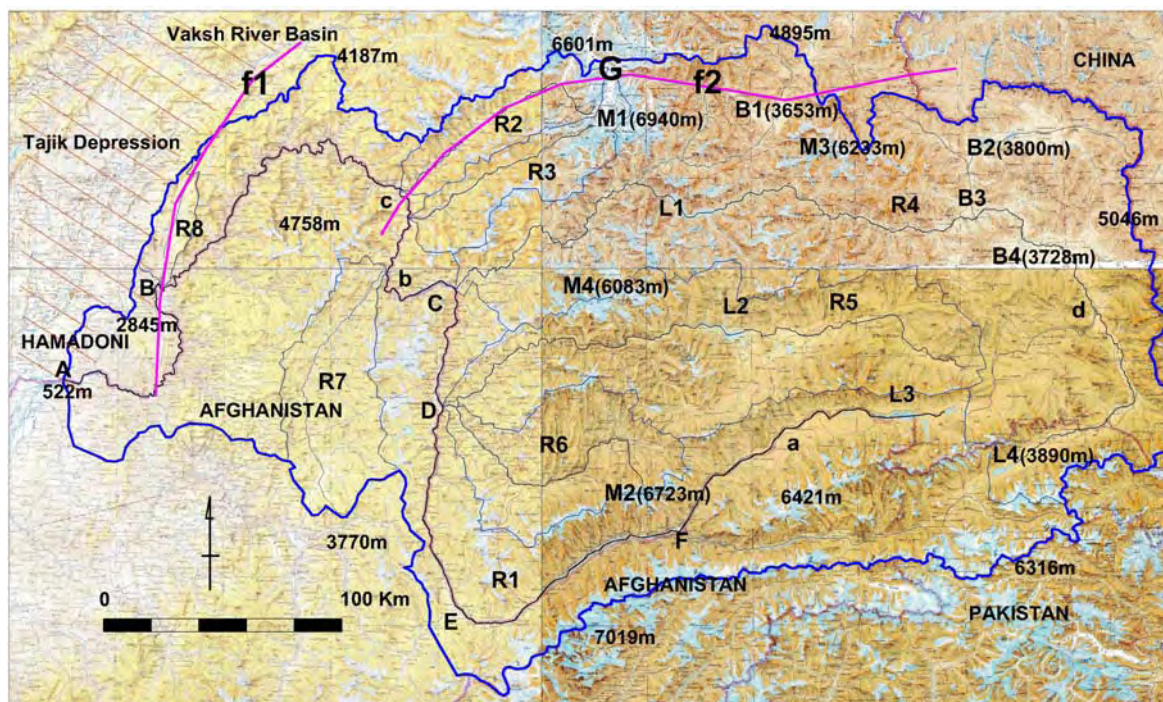


図 R 2.1.7 ピヤンジ河流域地形図

表 R 2.1.3 ピヤンジ河流域地形図の凡例

Legend		River Basins		Lakes		Basins	
Mark	Places	Mark		Mark		Mark	
A	Chubek	R1	Pyanj Main Stream	L1	Sarez	B1	Zartoshkol
B	Khirmanjo	R2	Vanj	L2	Yashilkul	B2	Ranchkul-Kuragon
C	Rushan	R3	Yazugulom	L3	Zorkul-Kokdzigit	B3	Murgob
D	Khorog	R4	Bartang	L4	Chakmaktin-Bshute	B4	Toktomushbek
E	Ishkashim	R5	Gunt				
F	Karabar	R6	Shakh dara				
		R7	Tangsheb				
		R8	Obitinob				
				Glacier			
				G Fedchenko			
				Geological Faults			
				f1 Darvaz-Karakul			
				f2 Central Pamir Thrust			
Mountain Name							
M1 Rebolysiya							
M2 Karl Marks							
M3 Ofitzeroni Sobetu							
M4 Patkhor							

2.1.5 ピヤンジ河の水文気象情報

1) 観測所

タジキスタンの水文気象観測は1926年以来実施されてきた。水文気象庁は全国97箇所
の水文観測所、58箇所の気象観測所で観測している、そのうち、調査対象地域内
には20箇所の水文観測所、21箇所の気象観測所が設置されている。それらの気象観測
データについては、1960年から記録を続けているが欠測も多い。

a) 水文観測所

水文観測は2種類から構成されている。一つは毎日の水位観測、もう一つは適
時行う流量観測である。後者は水位と流量の関係式を求めるために実施するもの

である。この関係式はH-Q曲線と呼ばれ、毎日の水位観測値はこの曲線を使って流量に換算される。

ピヤンジ河本川沿いには4箇所の水文観測所がある。内3箇所が本調査地域内にあり、水位観測が実施されている。ハマドニ地区にもっとも近いのがヒルマンジョ観測所であり、全流域 82,534 km²のうち 77,595km²、つまり流域の94%をカバーしている。これらの水文気象観測所を下図に示す。

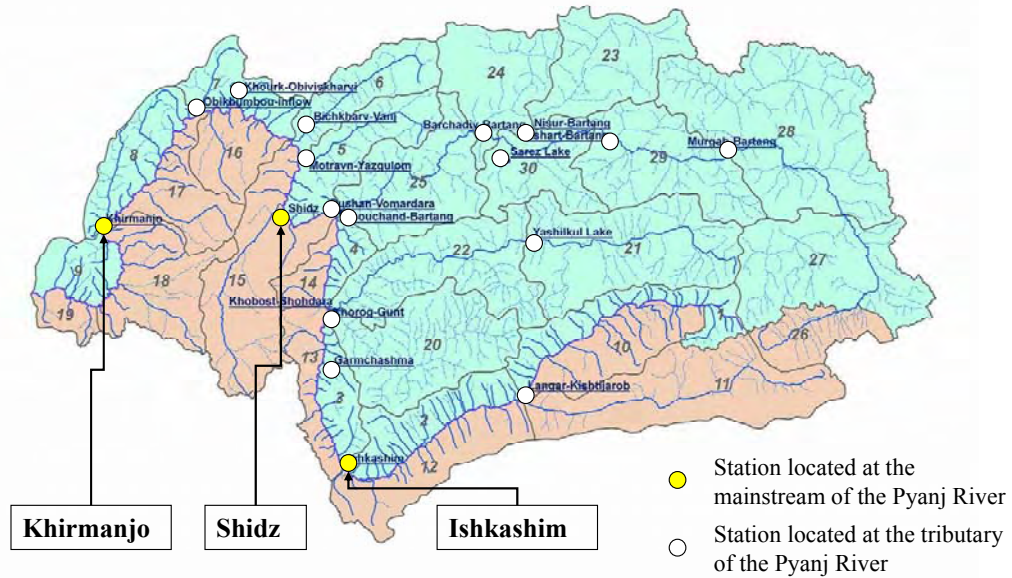


図 R 2.1.8 ピヤンジ河流域の水文観測所

b) 気象観測所

気象観測は次に示す項目について実施されているが、欠測が多い。

毎日観測項目	月平均記録項目
<ul style="list-style-type: none"> ・ 降水量 ・ 気温 ・ 湿度 ・ 気圧 ・ 風向・風力 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸発量 ・ 日射量

流域内の気象観測所の位置については、下図に示す。

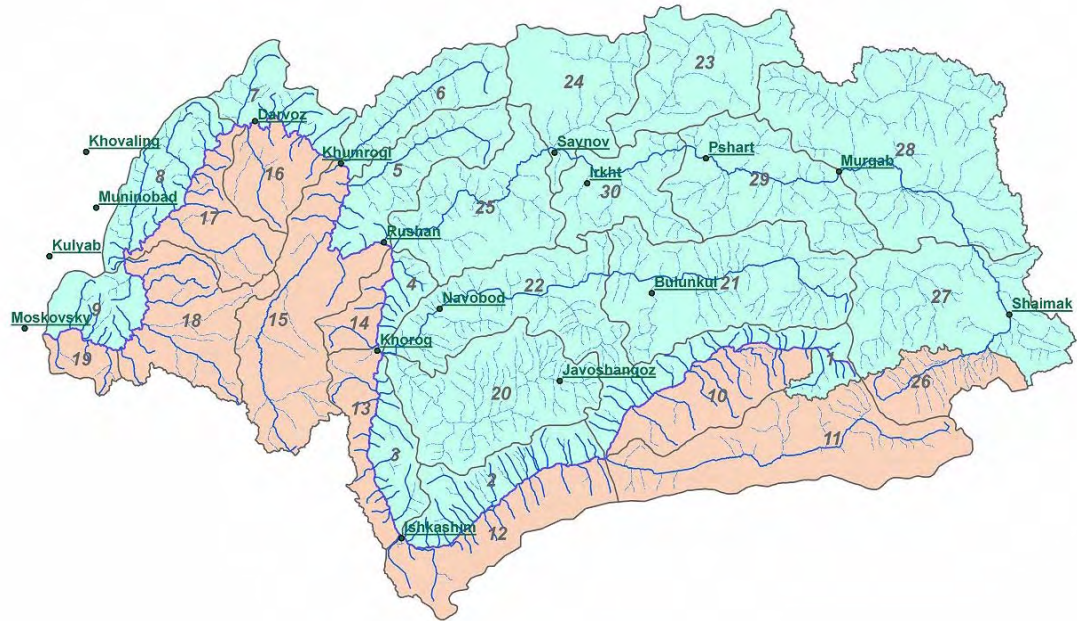


図 R 2.1.9 ピヤンジ河流域の気象観測所位置図

表 R 2.1.4 ピヤンジ河気象観測所一覧

Name of Station	Elevation (m. MSL)	Position	
		Latitude	Longitude
Shaimak	3,840	37° 32'	74° 49'
Bulunkul	3,744	37° 42'	72° 57'
Javoshangoz	3,410	37° 21'	72° 27'
Ishkoshim	2,524	36° 43'	71° 36'
Murgab	3,576	38° 10'	73° 58'
Irkht	3,300	38° 10'	72° 38'
Sovnob	2,800	38° 18'	72° 28'
Kara-kul	3,930	39° 01'	73° 33'
Khorog	2,077	37° 30'	71° 30'
Navobod	2,566	37° 40'	71° 50'
Rushan	1,978	37° 57'	71° 33'
Khumrogi	1,737	38° 17'	71° 20'
Darvoz	1,279	38° 28'	70° 53'
Parkhar	447	37° 29'	69° 23'
Khovaling	1,437	38° 21'	69° 59'
Murminabad	1,191	38° 07'	70° 02'
Kulyab	512	37° 55'	69° 47'
Moskovski	489	37° 37'	69° 39'

2) 降水量

a) ピヤンジ河流域の降水量分布

ピヤンジ河流域内の降水量観測記録が比較的整っている観測所について、1983年～1991年の間の月平均降水量及び平均年総降水量を算出し下図に示す（図 R. 2.1.10）。この図からわかるように、平均総降水量は東側から西側、すなわち、上流側から下流側に向かって増加する傾向にある。

また、これらの観測所のうち、Shaimak や Bulunkul、あるいは、Ishkashim のあるピャンジ河流域上流部は年間降水量が 200mm 未満であり、1 年を通じて降水量は少なく月別の変化もすくない。一方、Rushan 付近から西側の観測所は 300mm 以上を示している。また、年間の降水量分布は概ね 12 月から 6 月までが降水量多く、この間を雨季とみることができ、その間の月降雨量のピークは 3 月にある。また、7 月から 11 月は降水量が極端に少ない乾燥季とみることができる。

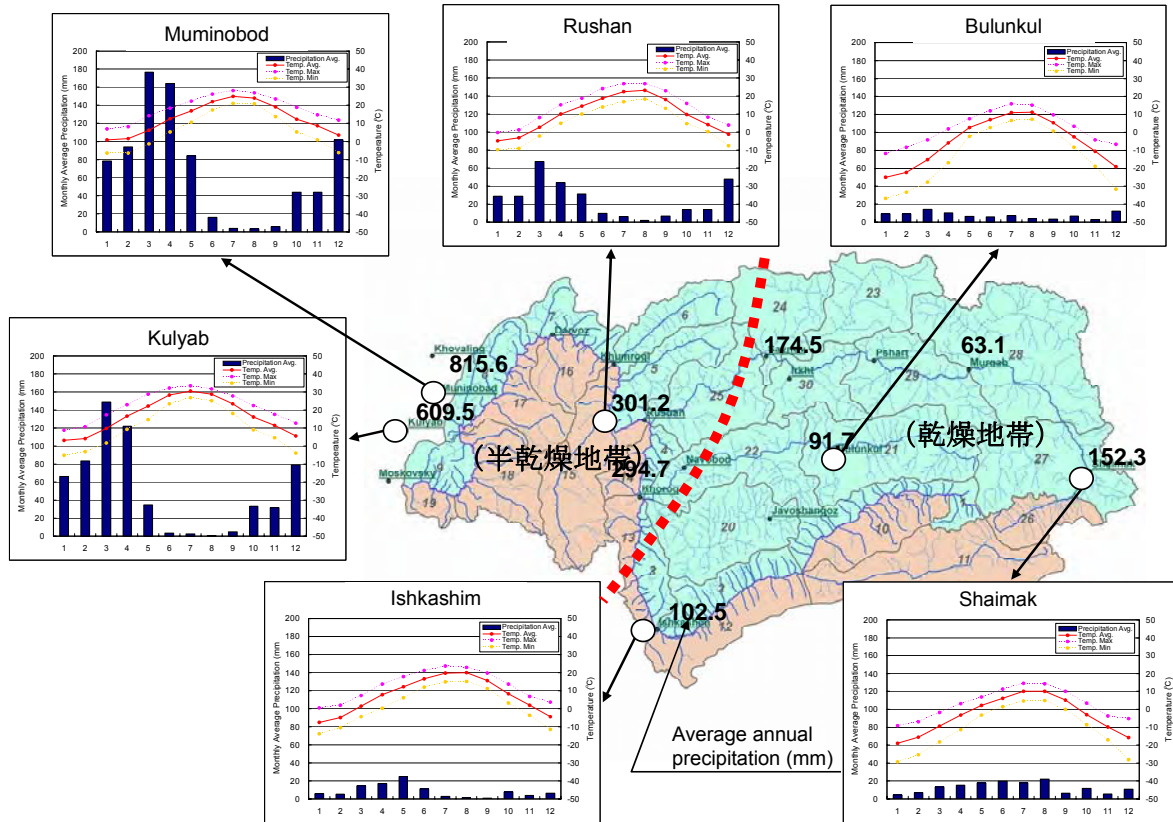


図 R.2.1.10 ピャンジ河流域の降水量分布

下記に示すのは、国連環境計画による乾燥地の分類を年降水量のみから見たときの乾燥地帯、半乾燥地帯の定義である。

年降水量による乾燥地の分類 (国連環境計画 UNEP : 1997 年)	
乾燥地	年降水量 200mm 未満 (冬雨季)
	年降水量 300mm 未満 (夏雨季)
半乾燥地	年降水量 500mm 未満 (冬雨季)
	年降水量 800mm 未満 (夏雨季)

これによると、Rushan 周辺地域は半乾燥地帯に分類され、Shaimak, Bulunkul, Ishkashim などを含む地域は乾燥地帯に分類される。そして、半乾燥地帯と乾燥地帯の境界はほぼ図 R.2.1.10 の赤い破線で示すことができる。

3) 気温

上述の気象観測所における月平均気温 (1983 年～1991 年) を図 R.2.1.11 に示す。この図によると、Shaimak や Bulunkul は 10 月から 4 月まで平均気温が零度以下であり、最暖月の気温が 10℃程度ある。これは、ケッペンの気候分類の亜寒帯と寒帯(最暖月

の平均気温が10℃以下)の境界付近にある。また、IshkashimやRushanは最寒月の気温がマイナス3℃以下であり、亜寒帯に分類される。また、KulyabやMimunobodは最寒月の平均気温が-3℃以上18℃以下、最暖月は10℃以上であって、温暖帯に分類される。

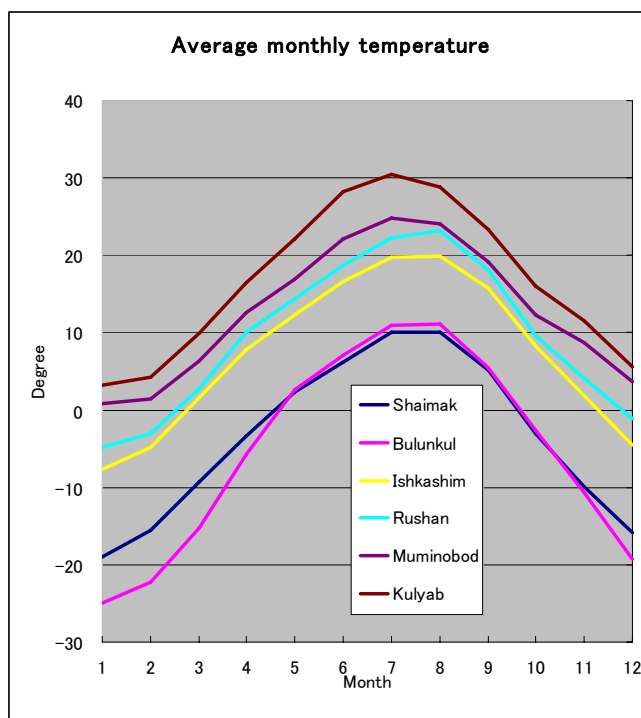


図 R 2.1.11 ピヤンジ河流域の月平均気温

図 R. 2. 1. 12 は、年平均気温と観測所位置の標高との関係を示したものである。これによると年平均気温の分布は観測所位置の標高に大きく依存していることがわかる。この図より、観測所位置の標高が100m高くなる毎に、温度は0.65℃低下していることがわかる。この現象は、一般的に広く知られている標高100m高くなる毎に気温は約0.6℃低下するという事象にほぼ一致している。

このような標高による温度低下効果を考慮すると、この流域では標高4,000m以上であれば寒帯に分類されるとみなせる。

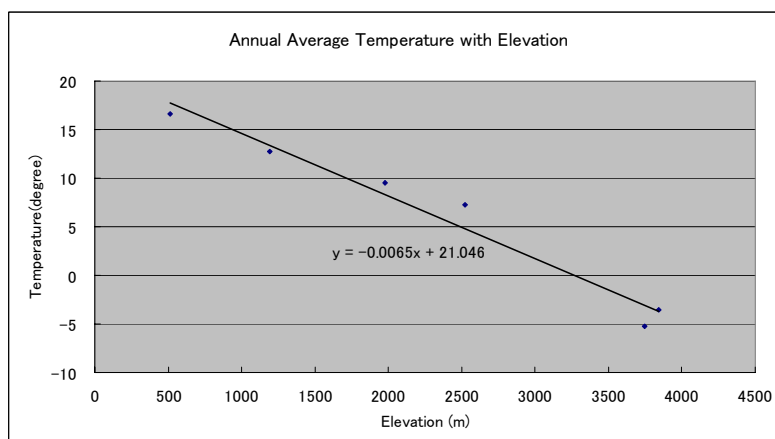


図 R 2.1.12 ピヤンジ河流域の標高と年平均気温

4) 流出量

1967年～2005年の期間のヘルマンジョ観測所の記録を用いて、年間総流出量を算出し、表R.2.1.5に整理する。

表 R 2.1.5 ヘルマンジョ観測所における年間総流出量 (1986 - 2005)

Khirmanjo			
年	年間総流出量(10億m3)	年	年間総流出量(10億m3)
1967	24.1	1987	29.5
1968	-	1988	22.6
1969	24.0	1989	-
1970	25.1	1990	26.7
1971	23.8	1991	23.1
1972	-	1992	-
1973	-	1993	-
1974	-	1994	29.5
1975	-	1995	21.8
1976	-	1996	20.2
1977	24.8	1997	16.1
1978	32.2	1998	26.6
1979	24.3	1999	22.7
1980	22.3	2000	-
1981	22.0	2001	18.0
1982	21.5	2002	26.9
1983	25.5	2003	23.0
1984	28.2	2004	-
1985	26.7	2005	27.5
1986	21.9	-	-
平均		24.3	

2.2 ハマドニ扇状地の特徴

2.2.1 概況

ピャンジ河はパミール高原からの出口であるチュベックにおいて、ハマドニ扇状地を形成している。扇状地の面積は約470Km²であり、円弧は西に向かって約105°の角度で開いている。扇状地の頭部にはチュベック取水施設がある。

ピャンジ河は複数の支川に分かれて流れている。現在、大きな流れとしては、二筋あり、一つはアフガニスタンに向かうダルカド(Darkad)川であり、他方は、既設堤防に沿って、国境に併行して流れるピャンジ河本川である。

扇状地には、ハマドニやメテントゥガイなどの町あり、標高470mから480mの中で、その特性を変化させている。ちなみに、扇状地の上流部は河床勾配が比較的急峻で1/250から1/300であり、砂州がうろこ形で網目状に広がっている。扇状地の下流部は河床勾配が1/300から1/600となる。

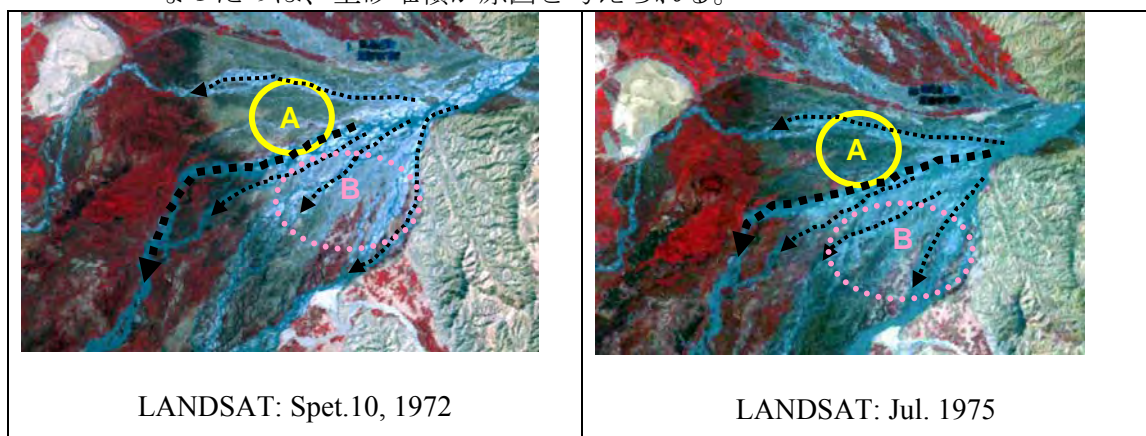
2.2.2 河川流路の変遷

扇状地内のピャンジ河の流れを表した衛星画像を図R.2.1.13に示す。これらの画像に基づいて、ピャンジ河流路がどのように変化していったかを次に記述する。

1. 衛星画像 1972 年と 1986 年では、5 つ以上の支川が扇状地の中を流れているのがわかる（支川を破線で示す）。
2. 太い線で示すダルカド川が扇状地のほぼ中央部を流れている。1972 年から 2005 年までの衛星画像によると、幅が最も広いので、同川がピャンジ河の本川といえる。
3. 1972 年から 1986 年の画像では、黄色の円で囲んだ範囲 A にある広い植生のある地域が見られる。しかし、その上流部分が 1986 年には上流部分が減少している。1995 年から 2005 年の画像では、植生部分が消滅して、砂州が水没しているように見える。
4. 1972 年から 1986 年には、破線のピンク色の円で囲んだ B 文字の辺りに、幾つかの流れが見られる。しかしながら、1995 年と 1999 年の画像では、流れの線が薄くなっている。2005 年の画像では、ピンクの円内からは、その流れは殆ど消えている。
5. ダルカド川は、その幅が、1995 年と 2005 年では、その前の年代の画像に較べて、広がっている。また、タジキスタン側の流れも 2005 年ではそれ以前に較べて、広がっている。

上記の衛星画像の読み取りをまとめた結果を次に示す。

1. 1986 年から 1995 年の間に、扇状地におけるピャンジ河の流路が、次の理由によって、変化していることがわかる。
 - ◇ 黄色の円で示した大きな砂州が下流側に後退している。
 - ◇ ピンク色の円で示したアフガニスタン側の流れが 1995 年には薄くなり、2005 年には消滅した。
 - ◇ ダルカド川とタジキスタン側の支川が 1995 年と 2005 年に広がった。
2. このような流路変更の原因の一つは、衛星画像のピンク色の円で示した辺りの土地の高さが高くなったことである。このため、流路がタジキスタン側に移動する結果となった。
3. アフガニスタン側の流路が徐々に消えていった様子から、土地の高さが高くなったのは、土砂堆積が原因と考えられる。



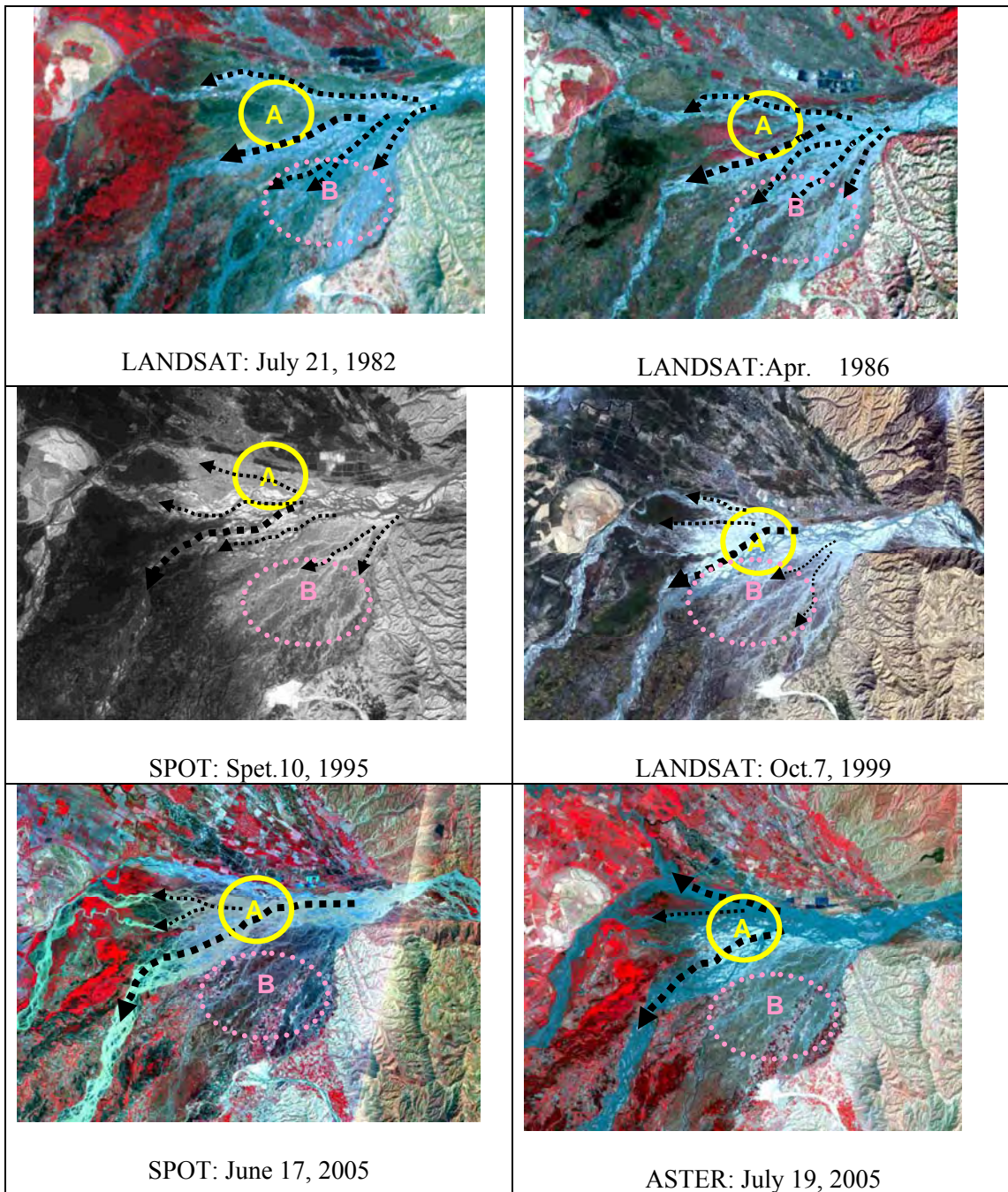


図 R 2.1.13 衛星画像に見るピャンジ河流路変遷

2.2.3 土砂動態

上流部や中流部の小支川や斜面で生産された土砂は洪水や土石流によって下流に運ばれ、上流域の複合扇状地や中流部の沖積錐で粗大な土砂を堆積させる。また扇状地や沖積錐で堆積しなかった土砂は谷幅の広い区間の河床や氾濫平野に堆積する。中流部のピャンジ河本川は生産土砂を堆積、調節するようなポケットと呼ばれる幅の広い河床も部分的に存在する。そこでは大規模崩壊による古い塞き止めの跡を除いて、河床や氾濫平野の段丘化が見られないので、狭窄部を除く区間の河床は全般的に堆積傾向にあるものと考えられる。さらに、大きな湖である Sarez 湖や Yashilkul 湖などは上流部から流出する粗粒な土砂をすべて堆積させている。特に Sarez 湖では河川水が天然ダムを越流していないので、細粒

成分も含むほとんど全ての土砂を湖に堆積させていると考えられる。なお、本川や主要支川の川幅の広い河床や氾濫原を有する区間でも土砂が堆積し土砂流出を調節している。

以上のように、ピャンジ河上中流域では様々な状態で土砂が調節されるため、ハマドニ扇状地の河床変動に寄与する土砂の大部分は、短期的に見れば、下流部(ヘルマンジョより下流)で生産された土砂、ヘルマンジョ付近のポケットから掃流力によって下流の狭窄部へ供給される土砂量、ハマドニ扇頂部・扇端部の掃流力等によって規定されると仮定できる。

上述した土砂収支バランスを確認するために、各地点における土砂掃流力および生産土砂量から検討した結果、扇状地への堆積量は年間 6 百万 m³ と算出された。それら全ての堆積土砂が均等に扇状地に堆積すると仮定すると、堆積厚は年間 2cm から 3cm となろう。調査団が検討した上流から扇状地までの土砂の運搬過程を下図に示す。

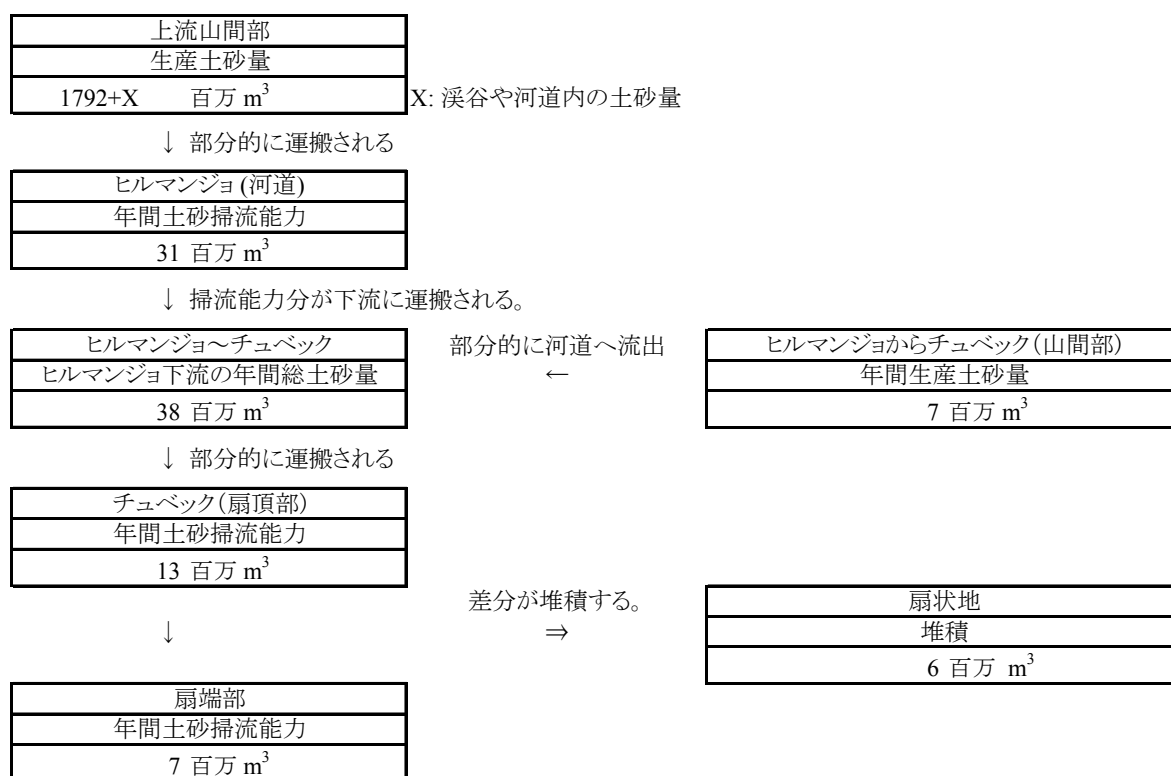


図 R 2. 1. 14 ピャンジ河の土砂収支バランス

2. 3 ハマドニ地区洪水のメカニズム

この地域の洪水には幾つかの要因がある。直接洪水に係する要因や間接的な要因。これらの要因が複合して洪水の災害ポテンシャルを高めている。その概要を以下に述べる。

1) 融雪出水

融雪出水が河川の流下能力を超えた時、洪水氾濫が発生する。流域内の融雪量は冬の雪の量と春夏の気温に依存する。また、流域内にはいくつもの支川があり、それぞれの支川において、これら2つの要素の組み合わせによって流出量が変わってくる。したがって、雪の量と熱量が出水量を決める要素である。

2) 河川の変遷

河川の変遷は侵食と堆積の結果である。砂州の移動に伴って侵食と堆積が発生し、結

果的に河川流路が変化して、流路が堤防沿いを走って、洪水氾濫の被害の原因となることがある。

3) 河川技術

洪水の原因を理解し、洪水現象を解析し、対策工の計画・設計・維持管理を適切に行うためには、高度な河川に関する土木技術が必要である。不確かな技術が洪水氾濫や堤防破損の被害を増大させることがある。

4) 洪水に対する脆弱性

ハマドニ地区の洪水氾濫被害に対する脆弱性を克服するには、政府や地域社会の洪水氾濫災害に対する対応能力を向上させることが必要である。政府や住民・地域社会の迅速で適切な対応は、洪水被害を最小限にする。ハマドニにおいて、そのために必要な手段・能力を箇条書きにすると次のとおりである。

1. 洪水氾濫の防止、あるいは、被害からの回復や被害に対する応急対策を整えるための制度・組織
2. 洪水ハザード・リスクマップや避難計画の準備
3. 効果的な洪水防災のための情報管理
4. 洪水現象や堤防の状態の適切な監視を含む効果的な水防活動

2.4 ハマドニ地区の洪水対策の現況

本節では、ハマドニ地区の洪水対策工の現状について論ずる。

2.4.1 構造物対策

当該地区における構造物対策は、以下の3つに分類される。1つめはハマドニ地区を洪水から保護するために建設された洪水防御堤防である。2つめはハマドニ・ファルカール地区の灌漑のために、確実な取水を目的とした取水導流堤防である。3つめは取水に悪影響を及ぼさず取水施設から余水を排出し、本堤から洪水流を離すことによりハマドニ地区を洪水から防護するために建設された余水吐き導流堤防である。

1) 洪水防御堤防

洪水防御堤防は本堤と水制工から構成され、水制工は本堤を侵食から保護するために設計される。

a) 本堤

2005年洪水以降、非常事態省（現：非常事態委員会）は政府資金で壊れた堤防の一部を修復しはじめた。また水資源省は、その他の区間の堤防復旧と灌漑用水の修復を、政府資金（4.5百万TJS）と灌漑復旧事業のためのADB借款（7百万USD）を用いて行った。これらの修復作業は2005年4月に完了し、2006年の綿花収穫のための種まきに間に合うよう、灌漑施設を復旧できた。

非常事態省は上記の復旧作業として、河床材料を用いた築堤、コンクリートブロックや蛇カゴを用いた法覆工、コンクリートブロックを用いた根固め工や水制工の建設を行った。

また水資源省も非常事態委員会と同様な復旧工事を行ったが、水制工に関しては築堤方式を用い、これらの工事は水資源省直属の設計機関である、ギプロワトコスが設計を行った。

ハマドニ地区におけるピヤンジ河既設堤防の配置については、下図に示す通りである。

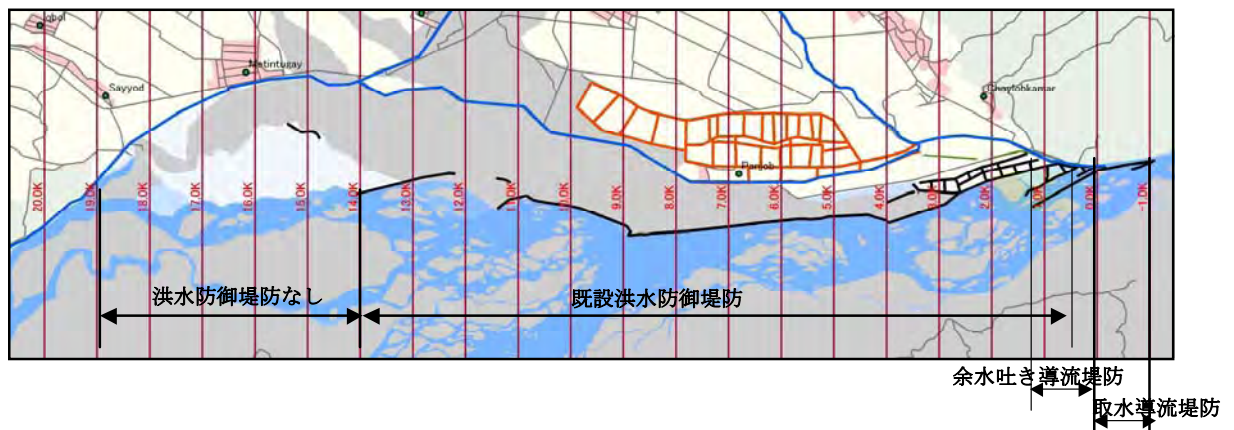


図 R 2.4.1 ハマドニ地区におけるピヤンジ河既設堤防の配置

既設堤防は、築堤・法覆工・根固め工で構成されている。既設法覆工は、蛇カゴ護岸、コンクリートブロック護岸、蛇カゴとコンクリートブロックの複合護岸の3つの方法で設計されており、根固め工はコンクリートブロックで設計されている。

また既設水制については、堤防と同様の築堤・法覆工・根固め工で構成された水制工と、コンクリートブロック層積み式の水制工の2種類で設計されている。

これら、既設堤防および水制の標準設計断面図を図 R 2.4.2 に示す。

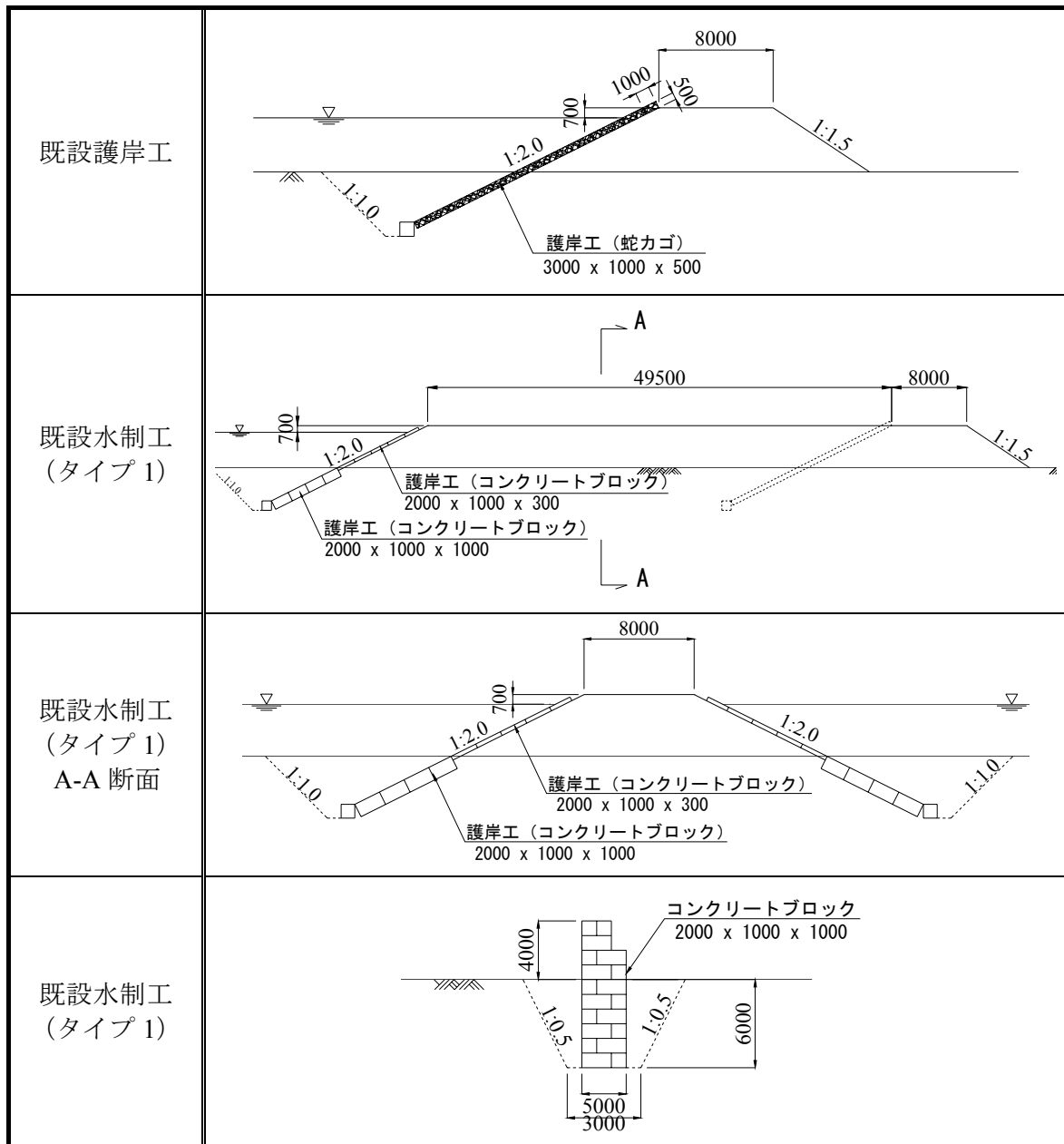


図 R 2.4.2 標準設計断面図

b) 水制工

当該地区の水制工は、構造（築堤型または層積みブロック型）、水制角度、水制長等さまざまであり、各堤防区間で数種類の水制工が存在している。その幾つかは、堤防法前面面に砂州を形成するのに効果を発揮しており、幾つかは機能しておらず、堤防法面侵食がおこっている。

水制が機能しているかどうかを判断するためには、下記の通り諮問委員会により提案された評価指標がある。

- 既存の砂州の幅と長さの比
- 既設水制長とその背面に形成された砂州長との比

2) 取水導流堤

取水導流堤（以降 IGD という）は、築堤盛土とコンクリート型水制工から構成されているが、毎年の洪水流により被害をうけている。非常事態委員会は 2005 年洪水により流失した IGD の補修を行ってきた。

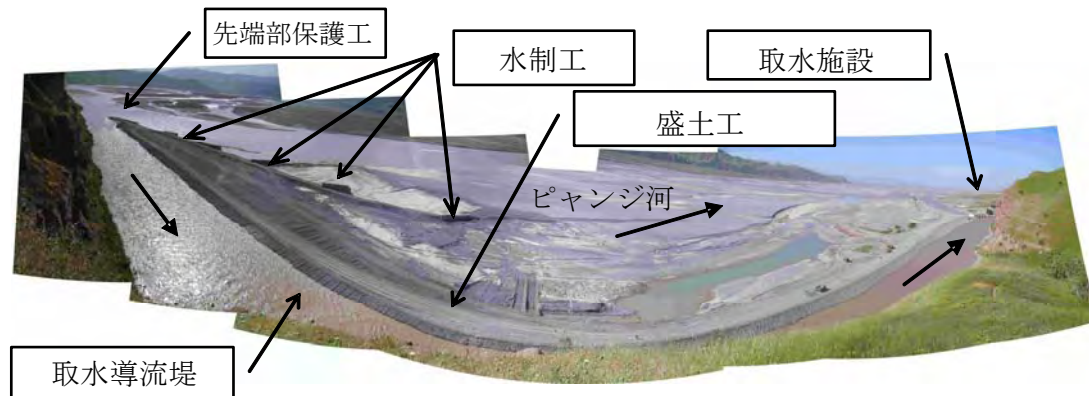


図 R 2.4.3 取水導流堤(2006年3月23日撮影)

補修工事は、コンクリートを用いた導流堤先端部保護と、河床材料を用いた築堤により行われてきた。導流堤先端部保護工は、既設コンクリート型水制により保持されているが、基礎洗掘により徐々に移動・変形している。

3) 余水吐き導流堤防

余水吐き導流堤（以降 SGD と称する）は、築堤盛土とコンクリート型水制工から構成されているが、毎年の洪水流により被害をうけている。水資源省は SGD の延長や、付随している水制工の追加により、補修・改良を行ってきた。既存 SGD の概要を図 R 2.4.4 に示す。

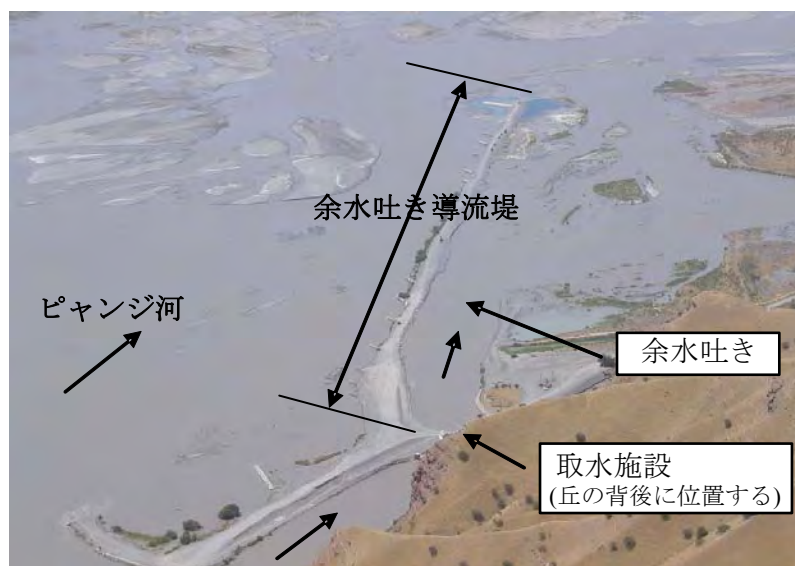


図 R 2.4.4 余水吐き導流堤(2006年6月2日撮影)

2.4.2 非構造物対策

ハマドニ地区の洪水被害に対する非構造物対策の現状は、前章 1.3.3 「ハマドニ地区の洪水防災管理」に述べたとおりである。

2.5 洪水管理の問題点

この節では、前節で述べた洪水対策における問題点を検討する。検討は構造物対策と非構造物対策に分けて行う。

2.5.1 構造物対策の問題点

1) 堤防、水制工の問題点

ピャンジ河の堤防は、根固めや法面の破壊の被害をこうむっている。この原因は、早い流速による洗掘やブロックや布団かごの隙間からの築堤材料の吸出しである。このような破壊の様子を図 R.2.5.1 に示す。



図 R.2.5.1 既設堤防の破損状況

また、現地調査の結果、根固め工の長さが足りない、コンクリートブロックの積み方が乱雑などが破損の原因となっている場合がある。なお、施工工期が短いために、十分な施工ができないことが、このような不十分な対策の原因になっていると考えられるが、これは、工事がピャンジ河の水位が下がる 11 月から 4 月までの期間でしか実施できないことによる。

水制工は、その先端部が破損しているものもあるが、大部分は堤防を洗掘から守る効果を十分に発揮している。その様子を下図に示す。



図. R. 2. 5. 2 水制工の下流側にできた砂州

2) 取水導流堤と余水吐き導流堤の問題点

導流堤の問題点はつぎのとおりである。

- 導流堤の先端部は常に早い流速に襲われていて、浅い基礎の保護工は流出してしまいが、深い基礎の保護工は依然として健在である。
- このような深さを設計に反映させることはできても、どのように建設するかの問題は残る。
- 取水施設に向かってくる流量が余りにも多いので、余水吐きの流れが速く、その内側の洗掘を引き起している。
- 導水路内部の水路法面が洗掘されている。これは、法面保護工が取水や余水吐きの流れに対して、簡単な保護工しかなされていないためである。
- どちらの導流堤も、流水による洗掘に曝されている。
- どちらの導流堤も水制工で守られているものの、洗掘防止のためには、水制工の間隔が広すぎる。

3) 既設堤防の評価

本調査地域で採用されている洪水対策の方法は、世界中で採用されている一般的な手法である。水資源省は近年の対策工の実践を通して、堤防や水制工、コンクリートブロック工の設計を細部に亘って改良を続けている。その結果、多くの水制工が効果的にその機能を発揮しているものの、部分的に損傷をうけているものもある。その一つは図 R. 2. 5. 1 に示した法面保護工の崩落である。この原因は法面の下部の洗掘によるものである。このような洗掘は次に示すことが原因で起こる。

- ◇ 根固め工の幅が足りない
- ◇ 乱雑な積み重ねなど、不適切なコンクリートブロックの設置
- ◇ コンクリートブロックや布団かごの詰め石の隙間からの盛り立て材料の流出
- ◇ 不適切な布団かごのメッシュサイズ、すなわち、メッシュサイズに較べて石のサイズが小さい
- ◇ 布団かごの緩すぎる石の詰め方

さらに、図 R. 2. 5. 2 に示したような良い施工例は次の施工にも生かされなければならない。次に良い施工例を示す。

- ◇ 余水吐き導流堤が流水を陸地から離す方向に導流して、浸水の無い地帯を確保している。
- ◇ 布団かごで保護されて、堤防の機能を果たしている堤防もある。
- ◇ 適切な水制工の配置によって、水制工がよく機能している区間もある。

4) 調整と防災技術

非常事態委員会は防災法の定めるところによって、防災事業の実施を促進するために関係機関の調整を行う。自然災害にかかわる政府機関は科学的視点に立つ機関であると共に、実施面は工学的な立場に立つべきである。工学的立場は、科学と運営または実施の橋渡しをするものである。防災において工学的立場に拠る技術・能力を本報告書では防災工学と呼ぶ。しかしながら、現在の非常事態委員会の組織はあまり防災工学や関係機関との調整の専門性に通じていない。なお、タジキスタンの防災活動には2種類の機関が関係し、一つは地震研究所のような研究機関であり、一方は運輸通信省のような実施運営機関である。非常事態委員会は、防災事業実施の促進に当たって、このような研究機関と実施運営機関、すなわち、科学と実施運営の橋渡しの能力、すなわち、防災工学の知識・能力が求められることになる。

また、洪水対策の実施は水資源省の管轄であるが、他の自然災害の対策の実施、または、自国あるいは外国資金の調整については明確ではない。したがって、防災の調整は防災技術ばかりではなく、資金面・制度面にわたっての調整が必要となる。このことは、非構造物対策に深く関係しているため、次項において議論することとする。

2.5.2 非構造物対策の問題点

1) 法制度・組織

タジキスタンにおいては、防災法がすでに防災にかかわる制度・組織の基本的な、基礎的な必要事項を定めている。非常事態委員会は防災法の定めるところによって設置され、その役割は1.3.2に述べたとおりである。非常事態委員会の組織・活動についての問題点を次に提起する。

a) 国の防災に必要な組織構造

非常事態委員会の最も重要な役割の一つは国の防災に関する計画を立案することである。地方レベルの防災に関しては地方政府の責任で実施しなければならないが、地方防災計画は国の防災計画と整合性の取れたものでなければならない。

したがって、国の防災計画は、地方政府を適切で効果的な防災計画の立案に導くためのガイドラインを含む必要がある。さらに、国の防災計画は関係機関に対して、調査や対策の実施についての方向性を示すものでなければならない。

非常事態委員会はまた、国の防災計画を全国に普及させると共に、ガイドラインと地方の特性に従って、地方の防災計画の準備を支援しなければならない。したがって、上記の役割を達成するための担当部門は保護局にあり、その能力強化が必要となる。

b) 関係機関の調整

いろいろな種類の自然災害が発生する中であって、非常事態委員会は各関係機関を通して防災事業を促進させなければならない。自然災害発生に関しては、洪水ばかりでなく、地すべりや土石流・泥流・地震などの分野の専門性に関して、多

くの研究機関や様々な実施機関が関係してくる。したがって、非常事態委員会は、研究機関からの助言を得て、実施機関との意見交換を行う必要があると共に、国の防災計画の整備や地方レベルでの整備と実践の支援を進めなければならない。

このような助言と意見交換のために、防災に関する諮問機関の設立が必要となる。

c) 防災工学の整備

自然災害現象の観測・解析は、それぞれの専門分野の研究機関に帰属する。また、自然災害対策はそれぞれの目的に応じた実施機関に帰属する。しかしながら、災害の初期段階では、個々の現象がどの分野に帰属するかは曖昧であり、どのような対策工になるかも明確ではない。したがって、非常事態委員会が初期調査を実施して、現象を把握し、どの機関が詳細な調査と対策工の検討・実施をするのかを決定する必要がある。

このような任務を遂行するためには、科学と実践の橋渡し、あるいは、災害の総合的な評価を実施する能力が、担当部門と担当者に必要となる。このような分野を防災工学と呼ぶ。

非常事態委員会に必要な防災工学の能力を次に述べる。

1. 災害状況を調査・評価したうえで、国家非常事態委員会に対して、災害の程度について報告し、その対策について助言する能力。
2. 自然災害の原因やその発生過程を把握する能力。
3. 初期段階での災害復旧に必要な予算を算定する能力。
4. 上記の役割を遂行し、関係機関との調整に必要な、幅広い自然災害に関する基礎知識。

2) 防災準備

非常事態委員会のもう一つの重要な任務は災害対応の準備である。この準備に基づいて、地方政府が防災活動を実践することになる。したがって、非常事態委員会は地方政府が地域防災の一環として実施する防災活動のためのツールを準備する必要がある。これについては、IMACが情報管理やハザードマップ・地域防災のための計画立案を進めているが、まだ準備段階にある。

次に防災準備の問題点を提起する。

a) ハザードマップと避難計画

ハマドニ地区のハザードマップや避難計画の準備の条件は次のとおりである。

- ◇ 本調査地域の洪水対策には2つの抑止力がある。一つは洪水対策のための堤防であり、もう一つは灌漑用水の堤防である。後者の堤防は、前者の堤防が破堤した後に、洪水流への抵抗となって働く。
- ◇ ジャモアットの中には、避難のための小高い丘があるところもあるが、平坦地で避難の難しいところもある。
- ◇ 避難のための道路が少ない。
- ◇ ジャモアットのなかには、すでに、避難計画を保有しているところもあるが、文書にはなっていない。その中で、避難所建設は計画されているが明確な避

難経路が定まっていない。このため、2005年洪水時には多くの人たちがどちらに向かうべきか戸惑ったという。

b) 予測・警報・伝達

水文気象庁は観測所整備のための10年計画を策定している。その中でも、ヘルマンジョ観測所の改修はできるだけ早期に実施すべきである。それは、同観測所の観測値がハマドニ地区の洪水に対する準備にとって、重要であるからである。

一般的に、洪水は2つの原因によって発生する。それは、堤防頂部を洪水が越流する場合、あるいは、洗掘やパイピングによる堤防の破堤である。

ハマドニ地区における洪水時期は6月から8月である。高水位期間が3ヶ月続く。この間に洪水の流水や水圧が堤防の状態を悪化させる。前者が洗掘の原因となり、後者がパイピングの原因となる。

従って、水位上昇の予測ばかりでなく、堤防の現況観察と評価が重要となる。

次に、洪水予測・警報・情報伝達の方式を検討するための必要事項を提起する。

- ◇ 洪水が融雪に依存するものであることから、気温の上昇が重要な要素であると共に、上流のある地点から下流のある地点までの洪水の到達時間も重要な要素である。このため、水文観測施設の整備が必要である。
- ◇ 非常事態委員会と政府内の内部伝達システムとして、非常事態委員会とハマドニ地区との間に短波無線機によるシステムが整備されている。しかしながら、地区とジャモアット、ジャモアットとキシュラックやマハラ、すなわち、住民への伝達システムは整備されていない。このため、1.3.3に示した地区防災本部から住民まで連絡体制を整備する必要がある。
- ◇ ハマドニ地区堤防地点での河川水位の観測・洪水や堤防の状態監視体制を整備する必要がある。
- ◇ 洪水中の堤防を監視して堤防の洗掘や越流に対する脆弱性を見出すためのチェックポイントの設定が必要である。

3) 緊急活動

a) 救助活動

国際協力については、REACTの仕組みによって整備されて、その情報網を通して、災害情報が世界中に広まる。非常事態委員会はREACTと協力して、国内外の緊急支援の手配を行う。

救助センターが災害救助に対して組織されていて、また、実践経験を積んでいる。同センターの問題の一つは、救助作業に必要な資機材の不足である。

b) 水防活動

水資源省が洪水対策構造物の水防活動を含む維持管理と改修の責任を担っている。監視を通して構造物の損傷を発見した場合には、水資源省は建設業者に修理を命じる。工事の瑕疵期間であれば、その保障のなかで整理する。瑕疵期間でない期間の監視修理については定かでない。

非常事態委員会の重機局は洪水対策を含む社会基盤の緊急補修へ出動することができる。その出動範囲は全国である。同局はダンプトラックやブルドーザーなどの重機械を保有しているが、老朽化が進んでいる。

非常事態委員会の防災部隊が、マンパワーと保有する重機械を用いて、補修工事ができる体制にある。同部隊はハマドニ地区における2005年の洪水後の緊急補修工事に参画している。2007年には、調査団が供与して鋼製型枠を利用して、コンクリートブロックを製造し、堤防の補修工事を実施している。

重機局および防災部隊の問題は、保有する重機類の老朽化及びその種類と数量の不足、緊急工事の技術・重機操作の訓練の不足である。

2.6 国際河川としての課題

1) 国際河川アムダリア

ピャンジ河は、国際河川名としてアムダリア河と呼ばれ、タジキスタン・アフガニスタン・ウズベキスタン及びトルクメニスタンの国境沿いを流れ、最下流部において、アラル海に注いでいる。

近年、アラル海の水位低下が国際的な問題となっていて、その解決に向けて、「アラル海を救うための国際基金」が設立されている(1.3.5項参照)。タジキスタンはアフガニスタンと共にアムダリア河の水源国として、この問題の解決に向けて、一定の役割を期待されている。

2) 国境問題

本調査地域においては、水源地域のパミール高原からハマドニ扇状地にかけて、タジキスタンとアフガニスタンの国境線が引かれている。この国境線は、ソヴィエト連邦時代に、アムダリア河=ピャンジ河の流路に沿って設定された(The Soviet - Afghanistan War, General Staff Introduction より)。しかしながら、同扇状地内では、ピャンジ河は複数に分かれて流れるため、国境線の定義はあいまいである。このため、タジキスタンとアフガニスタンの間で国境線を確定するための2国間の協議が続けられている。

現在では、ピャンジ河は既設堤防に接して流れているため、既設堤防の対岸にはしばしばアフガニスタン人の姿が見受けられるようになるなど、問題は深刻になりつつある。



2005年の洪水の後、タジキスタン側が、既設堤防の法線をアフガニスタン側に向かって張り出すように延長する計画を実施しようとしたところ、アフガニスタン側から警告を受けて、その計画を中止することとなった。さらに、タジキスタン側は既設堤防改修工事のためにピャンジ河の流路を一部対岸部に一時的に転流しようとしているが、アフガニスタン側はこの計画に対しても、拒否の姿勢を崩していない。

3) 水資源開発

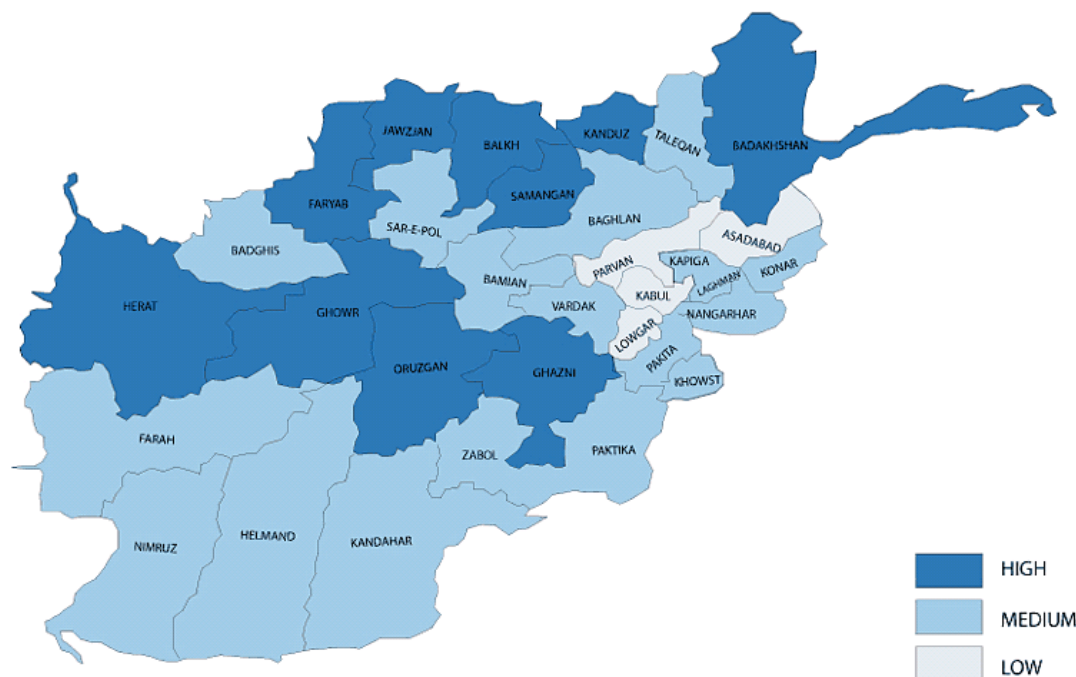
1946年にソヴィエト連邦-アフガニスタン間に結ばれた協定によれば、アフガニスタ

ンはピヤンジ河から年間9立方Km（約285立方m/秒）の水を取水する権利を有することとなっている。これに対して、同国の現在の取水量は年間約2立方Kmであるとされており（国連経済社会局調べ）、灌漑用水の取水などの更なる計画が進められているところである。

4) 洪水被害

アフガニスタンの洪水リスクマップによると、ピヤンジ河に沿って洪水氾濫地域が広がっていることがわかる。

Flood Risk Map: Afghanistan



(出典、Department for Disaster Preparedness, Afghanistan)

図 R.2.6.1 アフガニスタンの洪水危険度地図

2005年のピヤンジ河洪水時には、アフガニスタン側においてもアマダリア河からの洪水氾濫があり、168,000 Haの穀物栽培と果樹園に浸水被害があったと報じられている（Environment News Services, <http://www.ens-newswire.com/ens/may2005/2005-05-04-05.asp>）。

また、アフガニスタンの洪水対策は、Department for Disaster Preparedness と National Commission on Disaster Management が管轄して、タジキスタンと同様な体制で防災対策を実施していることがわかる（図 R.2.6.2 参照）。

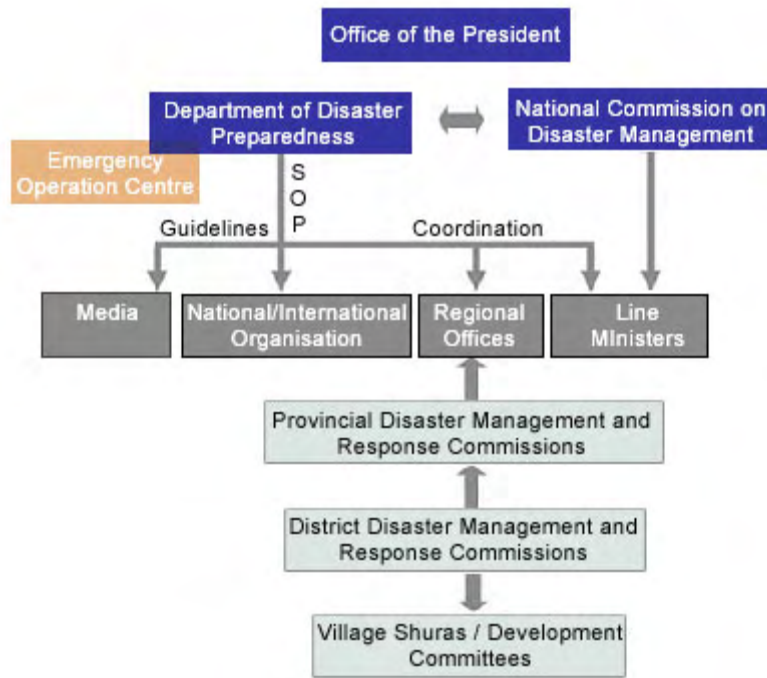


図. R.2.6.2 アフガニスタンの防災対策機構

以上に述べてきたように、ピャンジ河に関して、タジキスタンとアフガニスタンとの間には、次に示すような、共同して取り組まなければならない共通の課題がある。

1. 国際河川アムダリア河の水源国としての役割
2. 二国間での国境問題
3. ピャンジ河の水資源開発
4. ピャンジ河の洪水対策

このような問題や課題に取り組む、対策を検討するための、二国間に共通した機構・機関の設立が求められている。