

# アフガニスタンにおける干ばつと洪水

## —気候変動の影響

河 野 仁\*

### 要 旨

アフガニスタンでは、近年、大干ばつが頻繁に起き、また、洪水も起きているとの報告がある。ここではその背景となる気候データの把握を目的として、文献やアフガニスタンの気象観測データを使い、降水量の経年変化、変動、地域分布、季節変化についてまとめた。さらに、干ばつや洪水の状況と原因についても調べた。

その結果によると、アフガニスタンで起きている干ばつは、3つの原因がある。(1)地球温暖化の影響を受けた急激な気温上昇(1.8°C/60年)と春の降雪量減少に伴う、標高4500m以下の山の夏の残雪の喪失による渇水、(2)春の降雨減少による干ばつ、(3)気温上昇による蒸発散量の増加。

また、洪水の原因は次の2つがあることがわかっている。(1)春の強い雨による洪水、(2)春～夏の急速な雪解けによる河川沿い洪水。

将来の気候変化についてもUNEP(国際連合環境プログラム)とNEPA(アフガニスタン環境保護庁)によって予測されており、地球温暖化に伴う気候変動の影響により、干ばつがさらに増えると予想されている。

### 1. はじめに

アフガニスタンは1978年から現在まで内戦が続いている。日本でのアフガニスタンに関する報道のほとんどが戦争であり、日本人にとって、アフガニスタンは治安が悪く非常に危険な国という印象が先行し、大干ばつの事はほとんど知られていない。近年、アフガニスタンが大干ばつに襲われている。2018年OCHA(国連人道問題調整事務所)は、餓死線330万人、飢餓線830万人、合わせると、アフガニスタンの人口3000万人の1/3に及ぶ飢餓人口の急増を訴えている。ユニセフ、WFP(国連世界食糧計画)も警告を出し、国際NGO(非政府組織)らが救援を訴え始めた(中村2019)。

2017年2月12日に一般社団法人Com aqua主催、

京都大学大学院地球環境学協賛、近畿農業土木事業協会、環境技術学会後援で、アフガニスタンで灌漑事業活動を行っている医師中村 哲氏の技術助言を目的として、講演会が京都で開かれた。中村 哲氏は支援NGOペシャワール会と共に、1989年から診療活動を開始し、2000年の大干ばつ以来、人々に飲み水、農業用水を確保するためにアフガニスタン東部で井戸や水路建設を開始している(中村2017)。干ばつにより、栄養失調、腸内感染症が急増したことが医師、中村氏が自分の専門でなかった灌漑事業をはじめたきっかけのことである。

その講演で、彼は、アフガニスタン人が望んでいることは2つあると言っている。「一つは一日に三度の食事を取る事、一つは家族と一緒に生活すること」である。アフガニスタンで農業・牧畜に従事している人は就業人口の59%であり(永田2017)、農業・牧畜が基幹産業である。「現在は村で食べられないから、戦争に動員されているが、自分の村で、食糧生産ができ、家族と一緒に生活できるなら、彼らは村に帰ってくる」とのことである。

\* 兵庫県立大学名誉教授/日本気象株式会社。  
h.kono@n-kishou.co.jp

—2019年5月8日受領—  
—2019年8月29日受理—

中村氏が活動するアフガニスタン東部のナンガルハル州も干ばつが進行している。また、洪水も頻繁に起きている。このような灌漑事業活動を進めて行く上で、近年のアフガニスタンの降水に関する気象データが必要である。本解説はアフガニスタンにおける灌漑事業計画の支援を目的として、アフガニスタンにおける降水の特性、そして、気候変動がアフガニスタンの降水や干ばつ、洪水にどのように関係しているかについて、文献及び気象データを調査し、アフガニスタンの降水量、降雪量とその変化についてとりまとめ、解説したものである。このような文献調査と解説は今まで日本では行われていない。筆者は、この小論が、アフガニスタンにおける灌漑計画の一助となること、そして、日本で気象学に携わっている人々が、アフガニスタンに関心を持ってくれることを期待している。

## 2. 温帯冬雨気候をもたらす偏西風の季節変化

アフガニスタンの降水の特性について理解するためには、最初に、アフガニスタンの気候について理解しておく必要がある。アフガニスタンは、北緯29.4°～38.4°の間に位置する。これは日本では鹿児島県屋久島のやや南から宮城県仙台の緯度に相当する。ケッペンの気候分類では温帯冬雨気候(＝地中海式気候)と草原気候に該当する(吉野 1978)。地中海式気候は、夏季は乾燥して、冬季に雨が降る気候である。日本など中緯度は偏西風帯に位置し、上空は年間を通して強い西よりの風が吹いている。アフガニスタンは冬季には偏西風帯に入るが、夏季には入らない。冬季は、偏西風波動に伴い、前線や低気圧が周期的に通過し降水があるが、夏季は偏西風帯には入らず、上空の500hPa高度面は高気圧帯(中緯度高気圧帯)になる。この中緯度高気圧帯は地球の赤道から中緯度に向う大気大循環であるハドレーセルの下降気流帯にあたるので、年中晴天のところが多い。東西に分布する世界の砂漠はこの下降気流帯に位置している。地上付近の風には、海洋と大陸間の季節風(モンスーン)が加わる。夏季にインド洋からのモンスーンが入るのはアフガニスタン南東部の一部(第1図のハウストなど)だけであり降水があるが、それ以外の地域はモンスーンが入らず、大陸からの乾燥した空気が流れ込み、雨が降らない。

## 3. アフガニスタンの地形と気候

アフガニスタンは地形と気候によって第1図に示す

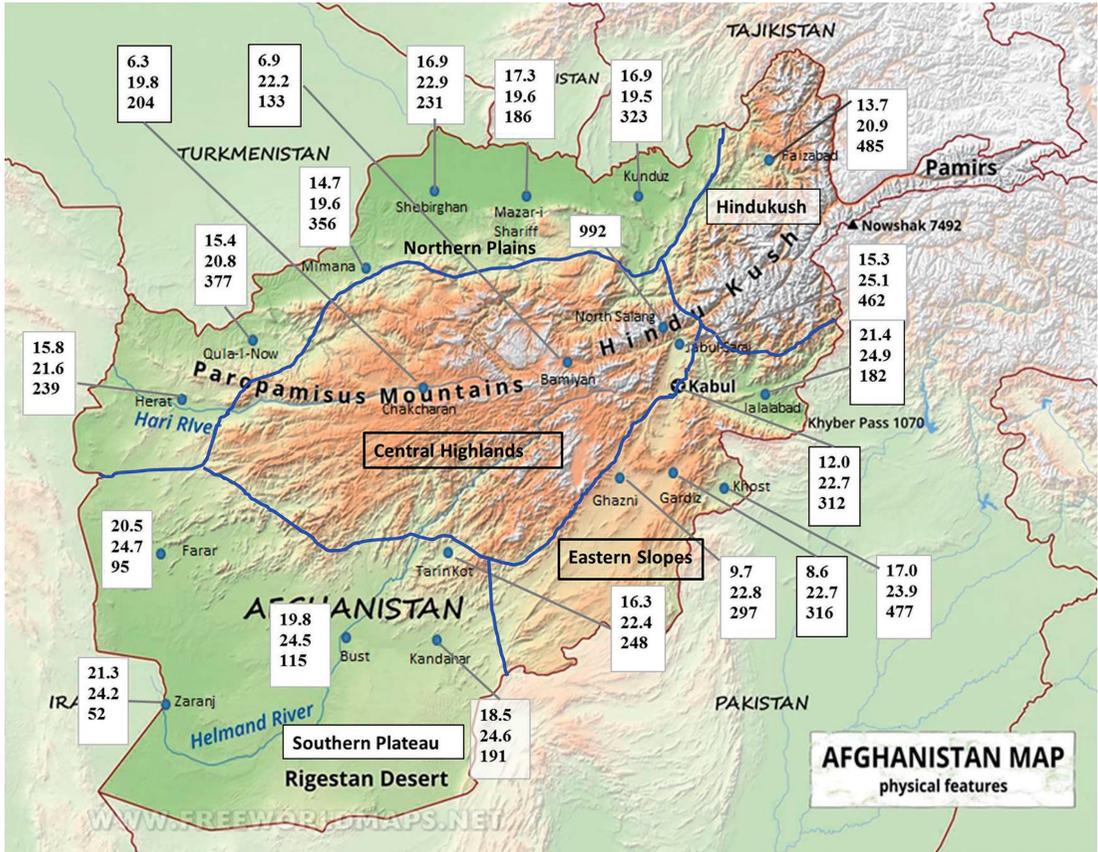
5つの地域に分けられている(Aich and Khoshbeen 2016)。

- (1) 北東部のヒンドークシュ地方はアフガニスタンで最も標高が高い山岳地帯(最高7492m)である。ここでアフガニスタン最大の降水量を受け取り、東部の都市ジャラーラーバードを流れるクナル川の水源となる。
- (2) 北部平原の平均高度は約600mで、主に草原に覆われている。この地域はやや乾燥しているが、農業、特にアーモンドの木や羊、山羊の放牧にとって重要である。
- (3) 中央部の中部高地は、最高6400mの山と深い渓谷を特徴としている。ヘルマンド川、ハリー川など西に流れる大河川の水源である。
- (4) 東斜面は、インドのモンスーンの湿った空気が入り、中部高地の高い山に遮られ上流側の斜面に雨をもたらす。ここは森林に覆われており、農業が可能である。しかし、多量の雨は洪水と土地/泥の流れを引き起こす可能性がある。
- (5) 南部高原は砂漠に覆われている。川沿いや湿地帯でのみ農業が可能である。ヘルマンド川は地域を分け、ヘルマンド湖に栄養を与える。この地域では、砂や砂塵の嵐が発生しやすい。

## 4. 地域別、気温、月別降水量、積雪量

第1図には国連の世界気象機関WMO(2017)に保管されているアフガニスタンの21測定局における降水量、気温データの平年値も記載してある。期間は1961年から1990年のものである。アフガニスタンの全測定局平均年間降水量は299mmであり、世界の中で少ない方である。年間降水量は、中部高原にある標高3365mのノースサランで最大で992mm、南部のザランジュで最小52mmである。アフガニスタンは植生による気候分類では草地や砂漠(南部)に該当する。季節別には第1表に示すように、冬から春にかけて降水があり、夏から秋(6月から10月)は、大部分の地域はほとんど降水がない。南東部の一部ではインド洋からのモンスーンが入り、降水がある。

アフガニスタンの測定局は地点間の高度差が大きく、年平均気温地域分布には緯度変化と高度変化の両方が重なっているので、第1図の中のボックスの中段に海面高度に補正した気温も示した。(−0.6°C/100mの気温減率で補正した。)北部平原と南部高原では海面高度に補正した気温は4～5°Cの差があるが、これ



第1図 アフガニスタンの地形と気候による地域区分（ヒンドークシュ地方，北部平原，中部高地，東斜面，南部高原）。図中の数字は，気象測定局における年平均気温°C（上段），海拔0 mに補正した年平均気温°C（中段），年間降水量（mm）（下段）の平年値（1961～1990年），気温の高度補正は $-0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ とした。North-Salangは降水量のみを表示。（数値はWMO 2017，背景の地図はFREEWORLD-MAPS.NET）

は日本の南北の同じ緯度の気温差とほぼ同じである。地域による標高の差が大きいため、第1図中のボックスの上段の気温には標高の影響が入っている。例えば、中央高地の都市バミヤン（標高2550m）で年平均気温は $6.9^{\circ}\text{C}$ である。第2図に各地域の代表的な測定局における月別の平均，最低，最高気温を示す。バミヤンの1月の最低気温は $-12.1^{\circ}\text{C}$ であり，冬の寒さが厳しい。また，南部台地のザランジュでは夏の最高気温が $42.8^{\circ}\text{C}$ と暑さが厳しい。アフガニスタンでは冬と夏の気温差は $30^{\circ}\text{C}$ 程度あり，大きい。夏の暑さが厳しく，冬は寒いのがアフガニスタンの特徴である。

第3図は2008年9月～2010年8月にかけての，2年間の降雪量の測定値である（Agromet Project of US

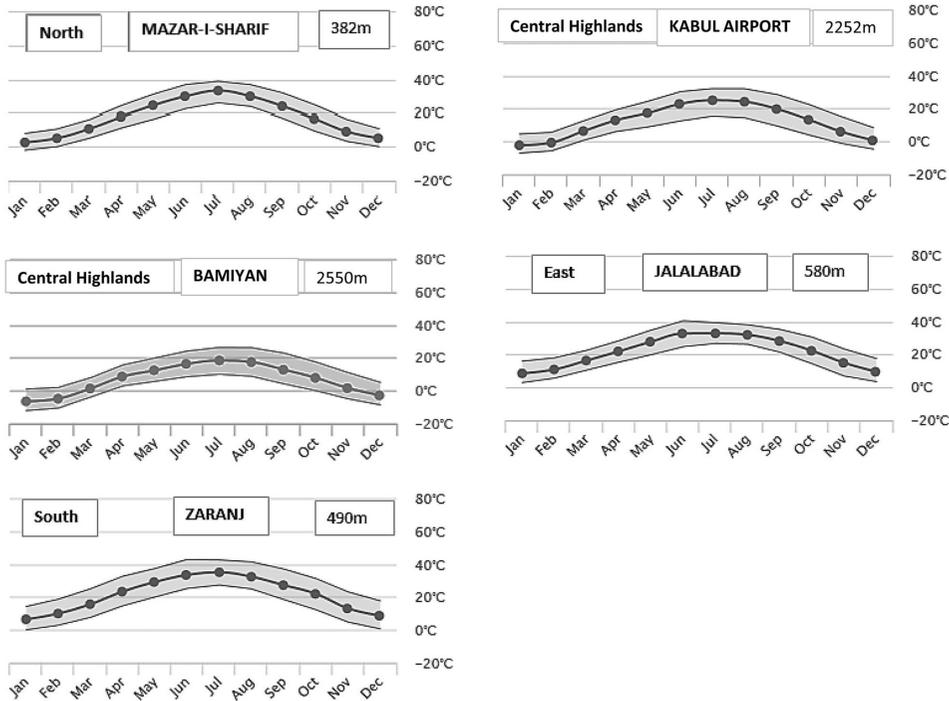
Geological Survey in Afghanistan and Agromet Network 2011）。降雪量は中央高地が多い。北部，南部，東部は少ない。また，標高の高いところほど降雪量は多い。標高3000mに近い中央山岳地域では，年間降雪量が2～3 mに達する。標高3365mのノースサラン峠では平年値（1960～83年）で年間の日最大積雪深は4.5m，年間降雪日数は98日である（United Nations Statistics Division 2019a, b）。

### 5. アフガニスタンの気温と降水量の変化

Aich *et al.* (2017), Aich and Khoshbeen (2016), Afghanistan NEPA *et al.* (2016) によって，アフガニスタンの過去60年間（1950～2010年）の気候変化解析が行われた。学術的なデータ解析方法は Aich *et*

第1表 アフガニスタンの気象測定局における月別と年間降水量 (mm) 1961-1990平均, >100mm/月を塗りつぶし, >50mm/月を太字で示す. spring/year は3月~5月の降水量が年間降水量に占める割合 (WMO 2017)

測定局名	地域	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	year	spring/year	標高 (m)	州
Faizabad	Hindukush R.	49	65	92	98	77	8	6	1	2	23	30	34	485	0.55	1200	Badakhshan
Mimana	Northern Plains	50	61	82	61	26	1	1	0	0	10	21	45	356	0.47	815	Badghis
Shebirghan		42	44	56	26	11	0	0	0	0	7	14	30	231	0.41	1004	Jowzan
Mazar-I-sharif		29	35	44	28	11	0	0	0	0	4	14	22	186	0.45	382	Mazar-I-sharif
Kunduz		44	57	77	54	30	0	1	0	0	7	24	28	323	0.50	433	Kunduz
Qula-I-Now		64	77	98	47	12	0	0	0	1	7	18	53	377	0.42	894	Badghis
Herat	Central Highlands	52	45	55	29	10	0	0	0	0	2	11	36	239	0.39	964	Herat
North-Salang		109	142	186	198	124	10	7	7	8	30	68	104	992	0.51	3365	Baghlan
Jabul-Saraj		61	88	108	97	30	1	3	2	3	11	21	37	462	0.51	1630	Parvan
Bamiyan		8	16	27	30	26	6	1	0	3	4	8	4	133	0.63	2550	Bamian
Kabul Airport		34	60	68	72	23	1	6	2	2	4	19	22	312	0.52	1789	Kabul
Chakhcharan	Eastern Slopes	31	32	40	35	20	0	0	1	0	11	16	18	204	0.47	2252	Chor
Jalalabad		18	24	39	36	16	1	7	8	8	3	8	12	182	0.50	580	Nangarhar
Ghazni		40	54	71	50	20	2	14	5	1	4	11	26	297	0.47	2183	Ghazni
Gardiz		36	62	66	50	22	5	16	8	1	6	12	33	316	0.44	2350	Paktya
Khost		26	54	62	65	40	22	76	62	31	8	12	21	477	0.35	1155	Khost
Tarin Kot	Southern Plateau	49	62	62	18	8	0	1	0	0	5	13	30	248	0.36	1350	Uruzgan
Zaranj		20	10	11	2	1	0	0	0	0	1	1	5	52	0.28	490	Nimruz
Bust		26	28	29	8	3	0	0	0	2	4	15	115	115	0.35	780	Helmand
Kandahar Airport		54	42	41	19	2	0	2	1	0	2	7	20	191	0.33	1010	Kandahar
Farah		24	23	23	9	2	0	0	0	0	1	3	10	95	0.35	700	Farah
Hindukush Region		49	65	92	98	77	8	6	1	2	23	30	34	485	0.55		
Northern Plains		47	53	69	41	17	0	0	0	0	6	17	36	285	0.44		
Central Highlands		49	68	86	86	45	4	3	2	3	12	26	37	421	0.52		
Eastern Slopes		30	48	59	50	24	7	28	20	10	5	11	23	318	0.42		
Southern Plateau		35	33	33	11	3	0	1	0	0	2	6	16	140	0.34		
全平均		41	51	64	49	24	3	7	5	3	7	16	29	299	0.46		



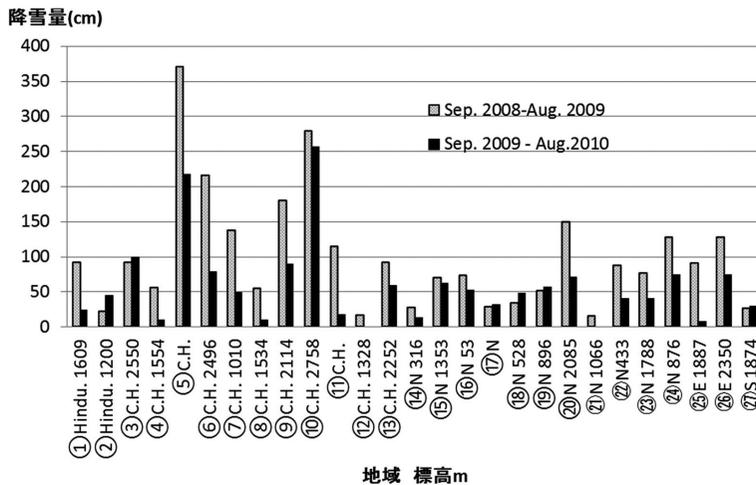
第2図 アフガニスタンの各地域の代表的な測定局における月平均, 最低, 最高気温 (1961~1990年平年値) (WMO 2017)

al. (2017) に、トレンド解析結果は Aich and Khoshbeen (2016) に、そして地域別の干ばつ、洪水やその農作物への影響は Afghanistan NEPA et al. (2016) に専門家でない一般の人が理解できるように解説されている。

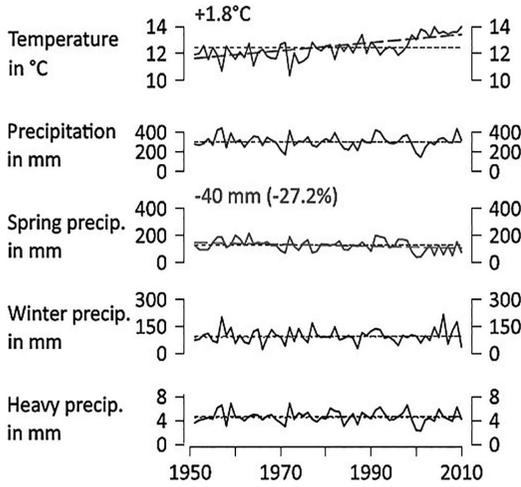
アフガニスタンの気象観測所数は限られている。また、過去20年間政治的不安定のため、特にタリバン政権下ではデータの記録が失われ、観測が停止され、データが欠落している部分がある。その為に、Aich et al. (2017) は、数値モデルと観測データを組み合わせた再解析データを基に過去の気候動向を調査した。この方法は、1980年の衛星観測の開始前にアフガニスタンの歴史的な気候観測が不十分であったために選択されたものであり、観測値のみに基づく気候解析は信頼できないとされている。複数の再解析データがアフガニスタンにおける現地観測データと比較され、有意性の検討が行われ、最終的に GSWP3再解析データセット (Kim 2014) がアフガニスタンの過去の気候評価に使われている。このデータセットは、陸面モデルや生態系モデルと観測を組み合わせることによ

て作成されたものであり、1901~2010年の間の日単位の気候データが緯度経度0.5度間隔で作られている。アフガニスタンの5つの気候地域 (ヒンドゥークシュ、北部平原、中部高地、東斜面、南部高原)、さらにカブールについて、完全な時系列観測データが、再解析の検証に使用された。解析で得られた気温と降水量は第4~9図に示している。トレンドの統計的有意性の検定 Mann-Kendall trend test が行われており (Aich et al. 2017, Section 2.3.2), 統計的に有意 ( $\alpha=0.05$ ) なデータは図中にトレンドの破線と数字が記載されている (末尾注参照)。

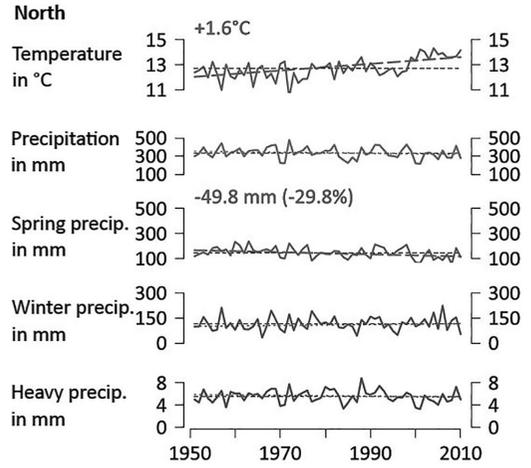
解析データによると、アフガニスタン全体の平均気温は1950年から2010年までに1.8°C上昇している (第4図)。これは、1951~2012年の地球全体の平均地表気温上昇値0.71°C (IPCC 2013, Table 2.7の3つの地表気温データセット HadCRUT4, NCDC MLOST, GISS の平均値) の約2.5倍であり、かなり大きい。特に2000年以降の上昇が大きい。地域別 (第6~9図) には、北部、中央高地、南部の気温上昇量が大きい。



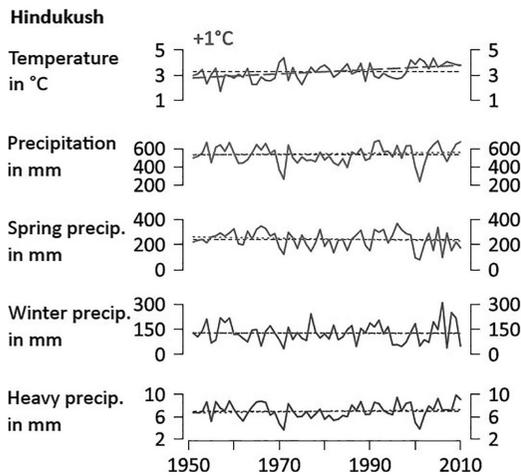
第3図 測定局の2シーズンの降雪量 (cm)  
 横軸は測定局番号, 地域, 標高(m), 以下, 測定局名  
 ①Baharak ②Faizabad ③Bamiyan ④Charikar ⑤Dara Panjsher ⑥Jaghato ⑦Kariz Mir ⑧Kohestan ⑨Paghman ⑩Panjab ⑪Seya Gerd ⑫Uruzgan ⑬Chakcharan ⑭Andk-hoy ⑮Darzab ⑯Sozam Qala ⑰Jawzjan ⑱Baghlan ⑲Qala-I-Now ⑳Bangi ㉑Shindand ㉒Kunduz ㉓Sardy ㉔Taluqan ㉕Zabul ㉖Tera Forestry ㉗Albak (注) ⑤⑩⑰は標高不明  
 (Agromet Project of US Geological Survey in Afghanistan, Agromet Network 2011)



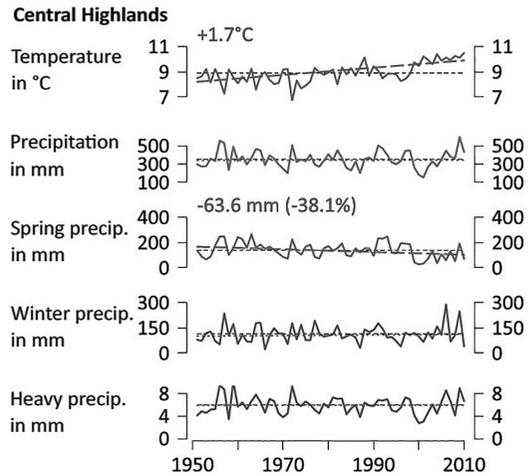
第4図 アフガニスタンの気温と降水量の60年間の変化 (1950-2010): 年間, 春 (3~5月), 冬 (11~1月), 強い雨 (日降水量1 mm 以上の日の中から, 日降水量 mm の95%値). 第4図~第9図中に数字が記載されている箇所は破線で示したトレンドが統計的有意 ( $\alpha=0.05$ ) を有する. (Aich and Khoshbeen 2016, Figure 2)



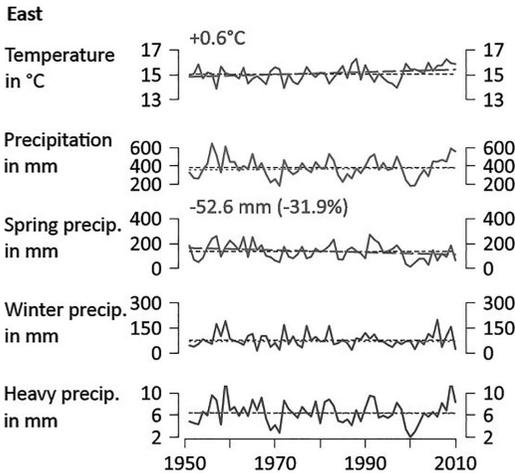
第6図 アフガニスタン北部平原 気温と降水量の60年間の変化: 年間, 春 (3~5月), 冬 (11~1月), 強い雨 (日降水量1 mm 以上の日の中から, 日降水量 mm の95%値) (Aich and Khoshbeen 2016, Figure 9)



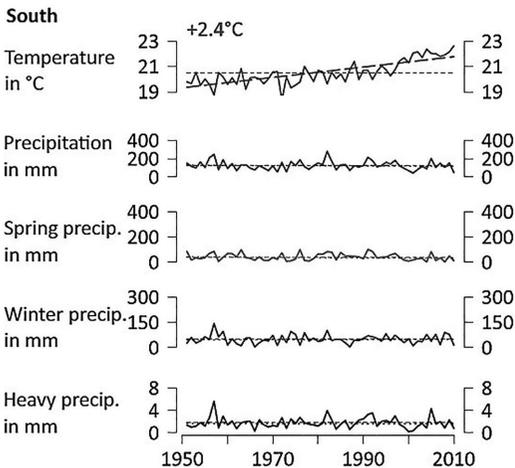
第5図 アフガニスタン ヒンドークシュ地方 気温と降水量の60年間の変化: 年間, 春 (3~5月), 冬 (11~1月), 強い雨 (日降水量1 mm 以上の日の中から, 日降水量 mm の95%値) (Aich and Khoshbeen 2016, Figure 8)



第7図 アフガニスタン中央高地 気温と降水量の60年間の変化: 年間, 春 (3~5月), 冬 (11~1月), 強い雨 (日降水量1 mm 以上の日の中から, 日降水量 mm の95%値) (Aich and Khoshbeen 2016, Figure 10)



第8図 アフガニスタン東斜面 気温と降水量の60年間の変化：年間、春（3～5月）、冬（11～1月）、強い雨（日降水量1mm以上の日の中から、日降水量mmの95%値）(Aich and Khoshbeen 2016, Figure 11)



第9図 アフガニスタン南部高原 気温と降水量の60年間の変化：年間、春（3～5月）、冬（11～1月）、強い雨（日降水量1mm以上の日の中から、日降水量mmの95%値）(Aich and Khoshbeen 2016, Figure 12)

年間降水量の60年間のトレンドについては変化がない（第4図）。しかし、春（3月～5月）の降水量は、27%減少している。冬の降水量は統計的に有意な量ではないがわずかに増加した。春の降水量減少は、春作物に影響する。

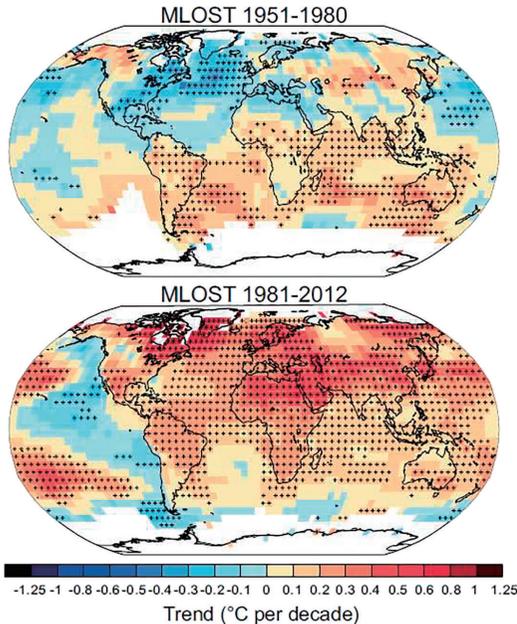
最も重要な農業地域（北部平原，中央高地，東斜面）が、春の降水量減少の影響を受けていることを示している（第6～8図）。特に中央高地は、1950年から2010年までに降水量がほぼ40%減少している。ヒンドークシュ地方と南部高原では、春の降水量の減少はあまり明確ではない。冬の降水量の地域別の増減はあまり明確ではない。（第5図，第9図）

強い雨は、日降水量（1mm以上の日を対象）の年間の95%値として定義されている。第4図～第9図に示す強い雨の量は、年間の95%値で5～10mm/日であり、日本の強い雨と比べればずっと小さい値であることに注意。過去数十年に強い雨が増えているというさまざまな報告があるが、この解析においては強い雨の増加傾向についての有意な結果はでていない。

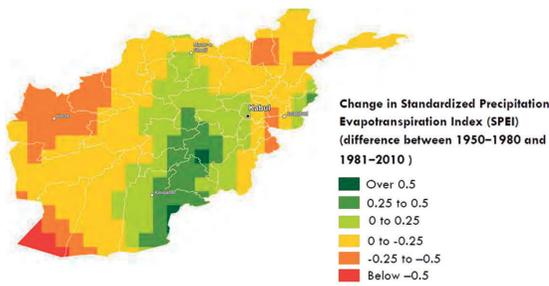
第10図は気候変動に関する政府間パネル第5次評価報告書（IPCC AR5）による1951年から2012年の世界の地域別の気温上昇量である（IPCC 2013, Figure 2.22）。第10図から読み取ったアフガニスタンのおよその気温上昇量は、1951～1980は0～0.3°C、1981～2012は1.2～1.8°Cであり、1951～2012年の地球全体の地表平均気温上昇量0.71°C（IPCC 2013, Table 2.7, 前述）の約2.5倍ある。これは、アフガニスタンの解析結果と整合している。第10図からわかるように、気温上昇量の特に大きい地域はアフガニスタン一国だけではなく、中近東からアフリカ北部の広い範囲に及んでいることは注目に値する。また、CRU TS 2.0のデータを使った解析（Sheffield and Wood 2008, Fig. 3 から読み取った）でもアフガニスタンの1950～2000年の気温上昇量はおよそ0.8～1.8°Cあり、同じことを示している。このCRU TS2.0データセットは、1901～2000年の1か月単位の気温、雲量、気温の日変化幅、降水量、水蒸気圧の観測データセットで、0.5度の解像度で地球の表面をカバーしているものである（Mitchell and Jones 2005）。

6. アフガニスタンにおける干ばつと洪水の原因

Afghanistan NEPA *et al.* (2016) 等の調査によると、アフガニスタンにおける干ばつの増加は次の4つの原因によると考えられている。(1) 長期的な気温上



第10図 NDC MLOST による地球の表面気温の変化 (1951年から1980年と1981年から2012年)。白い地域はデータがないところ。IPCC AR5 WG1の Figure 2.22を引用。



第11図 標準化降水蒸発散指数 SPEI の変化 (Afghanistan NEPA *et al.* 2016, Annex 2, P. 62)

SPEI は干ばつの指標として広く使われる。これは、降水量だけでなく、気温の上昇による蒸発の増加を含む。ここでは、SPEI は12か月にわたって計算された。

昇や春の降雪量の減少に伴い、標高4500m以下の山の夏の残雪がなくなることによる渇水 (中村 2017, 2019), (2) 春の降雨減少による干ばつ, (3) 高原の冬季の降雪減少による干ばつ, (4) 気温上昇による蒸発散量の増加。

中村 (2017, 2019) によると、もともと絶対的降水量、特に夏季の降水量が極端に少ないアフガニスタンでは、農業用水は中小河川からの小水路、カレーズという地下水路の水に頼っている。アフガニスタン東部の都市ジャラーラーバードの南にある山脈スピングル (Spin Ghar 意味は「白い山」) の標高は4500m以下であり、この残雪がなくなると、雪解け水に頼っていた小河川の水がなくなり、地下水位は下降する。気温上昇による地面からの蒸散量の増加に加え、山の残雪がなくなることが干ばつを引き起こす。

標準化降水蒸発散指数 SPEI が干ばつの評価指数として広く使われている。降水量だけでなく、気温の上昇による蒸発散量の増加も含まれている (SPEI の解説は、例えば、Santiago Beguería *et al.* のホームページ (Beguería *et al.* 2019) に詳しい)。

第11図に、アフガニスタンにおける1950～80年と1981～2010年の30年間の SPEI の変化を示す。SPEI はアフガニスタンの広い地域で減少を示しており、これは干ばつの頻度と規模の増加を意味する。最も強い変化は南西部で示され、0.5を超える減少がある。0.5は標準偏差の半分を意味する。

アフガニスタンでは、干ばつだけでなく、西部のヘルマンド川流域で洪水が増えているという報告がある (Afghanistan NEPA *et al.* 2016)。日本と比べると、降水量がずっと少ないアフガニスタンで、洪水が生活に大きな影響を及ぼしているのは意外に感じるかもしれない。その理由は、第1に高山を抱く山国であり、しかも日本と比べると樹林がきわめて少ない。その為、山の保水力がきわめて小さく、雨水は一気に河川に流れ込む。第2に、国民の6割が農業・牧畜に従事している。しかも、農地は河川に近いところにあり、河川から水を得ている。アフガニスタンは洪水に対して、非常に、敏感で脆弱な国である。

洪水の原因は次の3つが言われている (Afghanistan NEPA *et al.* 2016)。(1) 春の強い雨による洪水 (アフガニスタンの大部分の地域では、降雨は春に限定される (第1表)。強い雨が増えているという話もあるが、統計的に確認できない。詳細は後述。)、(2) 春～夏の急速な雪解けによる河川沿い洪水、(3) 高山

で氷河湖の崩壊によって引き起こされる河川洪水。この内、(1) (2) については明確にわかっているようである。アフガニスタンの洪水リスクのもう一つの原因は氷河融解であり、雪と氷の季節的な融解による直接的なリスクとは異なる。これは地球温暖化の影響で増加している。氷河の急速な融解そのものは、下流の突然の洪水には直結しない。氷河の溶けは、何十年にもわたって起こり、洪水を引き起こすことはできない。氷河の融解に関連する危険は、氷河湖決壊による洪水である。氷河湖は岩屑に覆われた氷河の末端に形成され、モレーンで堰き止められている。このモレーンが何らかの原因で破壊されると、大量の水が河川に流れ出し、下流に洪水を引き起こす。ヒンドークシュ山脈、カラコルム山脈、ヒマラヤ山脈における氷河湖の数や氷河湖決壊洪水の数はパキスタンやネパールで集計されている (Ashraf *et al.* 2012; 山田2000)。しかし、アフガニスタンではヒンドークシュ山脈における氷河湖決壊洪水数の調査や記録は無いようである。氷河湖決壊洪水は、地球温暖化の進行と共に増加すると推測できる。

洪水と関連を持つ強い雨について、日本では、1時間降水量80mm以上の集中豪雨の頻度がこの40年間(1976~2018年のデータを解析)に1.6倍に増加していることが、統計で示されている(気象庁 2019)。しかし、アフガニスタンでは長期間の月単位の降水量は保管されているものの、1時間降水量は長期間の記録がない。その為に、強い雨の詳細な解析が行われておらず、その発生頻度の経年変化が統計的に示されていない。これはアフガニスタンにおける気象観測の課題である。

## 7. 将来の気候予測

Aich *et al.* (2017), Aich and Khoshbeen (2016), Afghanistan NEPA *et al.* (2016) は、統合地域ダウンスケール実験南アジア地域気候モデル (CORDEX-SA) を使用して、1970~2005年の平均気温を基準にして、2006年から2100年までの気候変化について予測を行っている。地球規模の温室効果ガス排出量が2040年まで現在のペースで増え、その後減少すると仮定したシナリオ (RCP4.5; 2100年には放射強制力が産業革命以前と比べ $4.5\text{W/m}^2$ 増加する) では、アフガニスタンでは世界平均よりも気温上昇量は大きく、2050年には、現在よりもさらに $1.5\sim 2^\circ\text{C}$ 上昇する (Aich *et al.* 2017, Table 5)。気温上昇幅は中央高

地とヒンドークシュ地方で大きい。また、パリ協定が実行され、2020年から温室効果ガス排出量を減少させ、2050年には世界全体で40~70%削減、2100年にはゼロにすると仮定したシナリオ (RCP2.6) でもアフガニスタンの2050年の気温は、現在よりも $1.4^\circ\text{C}$ 上昇、2100年に $2.6^\circ\text{C}$ 上昇と予想される (Aich and Khoshbeen 2016)。

地域気候モデルによると、アフガニスタンの気温は世界平均よりも上昇すると予想されている。このことは現在のアフガニスタンの気温上昇量が世界平均の2倍となっている事と照らし合わせると、非常に重要である。

地域気候モデルによる将来の降水量予測は、気温予測より不確実であり、温室効果ガス排出シナリオ間の差は顕著ではない。将来の年間降水量の変化については、明瞭な傾向は見られない。しかし、ほとんどの地域気候モデルは、春季の降水量が明らかに減少すると予測している。

春は農業にとって最も重要な季節である。東、北および中部の高地では、これらの降水量の減少は過去に30%から40%あった (第6~8図)。将来は、2100年までにRCP4.5シナリオで約15%減少すると予測している (Aich *et al.* 2017, Table 6)。冬の降水量の将来の傾向は余りはっきりしない。

今後のアフガニスタンにおける気候変動の主な悪影響は、たとえ降水量の予測に不確実性があっても、干ばつリスクが増大することを示唆している。これは主に気温の上昇に伴い蒸発散量が増加し、作物や家畜の水需要が増加するためである。また、高山の雪線の上昇に伴い渇水地域が増える事が予想される。この国の多くの地域で干ばつは、一時的なまたは周期的な出来事ではなく、2030年までに通常になる可能性が高いと言われている (Afghanistan NEPA *et al.* 2016)。

## 8. まとめ

アフガニスタンは近年、大干ばつにみまわれ、また、洪水が頻繁に起きているとの報告があるので、その背景となる気象データの把握を目的として、文献やそのベースとなっているアフガニスタン気象局や同農業・畜産・灌漑省、環境保護庁、世界気象機関のデータを使い、降水量および気温の経年変化、変動、地域分布、季節変化についてまとめた。さらに、干ばつや洪水の状況と原因についても調べた。

その結果、アフガニスタンで起きている干ばつの増

加には、(1) 地球温暖化の影響を受けた急激な気温上昇 (1.8°C/60年) と春の降雪量減少に伴い、標高4500 m以下の山の夏の残雪の喪失による渇水、(2) 春の降雨減少による干ばつ、(3) 気温上昇による蒸発散量の増加、の3つの原因があると推測された。

また、洪水の原因は、(1) 春の強い雨による洪水、(2) 春～夏の急速な雪解けによる河川沿い洪水の2つが明白である。この他に、高山で氷河湖の崩壊によって引き起こされる河川洪水についても問題にはされていないが、アフガニスタン国内では現地調査が行われていない。温暖化でこのタイプの洪水リスクが高まる可能性があり、調査が必要である。

なお、強い雨の増減については、1時間降水量の長期間の記録がなく、よくわかっていない。

将来の気候変化についても地域気候モデルを使って予測している。それらのモデルは、地球温暖化の進行によって、干ばつは一時的なものではなく恒常的になると予測している。

私達は、地球の気候変動は地球全体の気温が一律に上昇するのではなく、地域差がかなりある点に着目する必要がある。特にアフガニスタンのように、農業をするうえで降水量が極端に少なく、山の雪解け水に頼って農業を行っている国では、急激な気温上昇によって夏の灌漑用水が欠乏し、農業が出来なくなり、大量の飢餓人口を出すなど非常に大きな影響が出ている。

#### あとがき

本文にも記したように、この国は長年戦争が続いており、その結果、気象データの一部欠損だけでなく、現地に出向き、気象観測データの精度確認をすることがきわめて困難な状況にある。また、引用した文献には学術論文ではない行政報告書も多く含まれている。著者はこのような中で複数の文献を相互比較し、全体として大きな誤謬が生じないように考察の努力を行ったが、科学的な不十分さが残っているかもしれない。この国で安心して現地気象観測ができる日が来ることを切に願うものである。本論文がその一助になることを著者は願っている。

(注) トレンドの検定有意水準は同じデータに対して  $\alpha=0.05$  (Aich *et al.* 2017) と  $\alpha=0.5$  (Aich and Khoshbeen 2016) の異なる記載があるが、通常の有意水準の値を前提に前者が正しいと考えた。

付録：アフガニスタンの気象、気候変動関係組織

アフガニスタンの気象とその関連データを扱っている主な組織は次の4つである。

- ・アフガニスタン運輸・民間航空省気象局  
Meteorological Authority of Ministry of Transport and Civil Aviation
- ・アフガニスタン農業・灌漑・畜産省  
Ministry of Agriculture, Irrigation and Live Stock
- ・アフガニスタン環境保護庁  
National Environmental Protection Agency (NEPA)
- ・国連世界気象機関  
World Meteorological Organization  
協力機関としては、以下の2つが挙げられる。
- ・国際連合環境プログラム  
UN Environment Programme (UNEP)
- ・世界食糧プログラム  
World Food Programme (WFP)

#### 参考文献

- Afghanistan NEPA, World Food Programme and UNEP, Climate change in Afghanistan, 2016: What does it mean for rural livelihoods and food security? [https://postconflict.unep.ch/publications/Afghanistan/Afg\\_CC\\_RuralLivelihoodsFoodSecurity\\_Nov2016.pdf](https://postconflict.unep.ch/publications/Afghanistan/Afg_CC_RuralLivelihoodsFoodSecurity_Nov2016.pdf) (2019.8.20閲覧)。
- Agromet Project of US Geological Survey in Afghanistan, Agromet Network. 2011: Agromet Project Situation, Annex 1 Weather stations, Crop monitoring. <https://afghanag.ucdavis.edu/irrigation-natural-resource/files/annex-agromet-20102011.pdf> (2019.8.20閲覧)
- Aich, V. and A. J. Khoshbeen, 2016: Afghanistan: Climate Change Science Perspectives | weADAPT | Climate adaptation planning, research and practice. <https://www.weadapt.org/placemarks/maps/view/41706> (2019.8.20.閲覧)
- Aich, V., N. A. Akhundzadah, A. Knuerr, A. J. Khoshbeen, F. Hattermann, H. Paeth, A. Scanlon and E. N. Paton, 2017: Climate change in Afghanistan deduced from reanalysis and Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX)-South Asia simulations. *Climate*, 5, 38, doi:10.3390/cli5020038.
- Ashraf, A., R. Naz and R. Roohi, 2012: Glacial lake outburst flood hazards in Hindukush, Karakoram and Himalayan Ranges of Pakistan: implications and risk

- analysis. *Geomat. Nat. Hazards Risk*, **3**, 113-132.
- Beguería, S., B. Latorre, F. Reig and S. M. Vicente-Serrano, 2019: Index: SPEI, The Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index. <http://spei.csic.es/index.html> (2019.4.30閲覧)
- IPCC, 2013: Climate change 2013: The physical science basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (T. F. Stocker et al. ed.), Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535pp.
- Kim, H., 2017: Global Soil Wetness Project Phase 3 Atmospheric Boundary Conditions (Experiment 1) [Data set]. Data Integration and Analysis System (DIAS). <https://doi.org/10.20783/DIAS.501> (2019.9.20.閲覧)
- 気象庁, 2019: 大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化. <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme-p.html> (2019.5.4閲覧).
- Mitchell, T. D. and P. D. Jones, 2005: An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *Int. J. Climatol.* **25**, 693-712.
- 永田謙二, 2017: アフガニスタンにおける水資源・灌漑政策. アフガン・緑の大地計画(中村 哲著), 石風社, 167-209.
- 中村 哲, 2017: アフガン・緑の大地計画. 石風社, 1-55.
- 中村 哲, 2019: 大旱魃に襲われるアフガニスタン. *世界*, (917), 34-41.
- Sheffield, J. and E. F. Wood, 2008: Global trends and variability in soil moisture and drought characteristics, 1950-2000, from observation-driven simulations of the terrestrial hydrologic cycle. *J. Climate*, **21**, 432-458.
- United Nations Statistics Division, 2019a: UN data | record view | Number Days with Snowfall. <http://data.un.org/Data.aspx?d=CLINO&f=ElementCode%3A56> (2019.5.1閲覧)
- United Nations Statistics Division, 2019b: UN data | record view | Snow Depth. <http://data.un.org/Data.aspx?d=CLINO&f=ElementCode%3a10> (2019.5.1閲覧)
- WMO, 2017: WMO Country Profile Database-Afghanistan. <https://www.wmo.int/cpdb/afghanistan> (2017.3.10閲覧)
- 山田知充, 2000: ネパールの氷河湖決壊洪水. *雪氷*, **62**, 137-147.
- 吉野正敏, 1978: 気候学. 大明堂, 15-36.

---

## Drought and Floods in Afghanistan — The Impact of Climate Change

Hitoshi KONO\*

\* *Professor Emeritus, University of Hyogo/Japan Meteorological Corporation.*

*E-mail: h.kono@n-kishou.co.jp*

(Received 8 May 2019; Accepted 29 August 2019)

---