

ダムの流量解析から算定した鳥海山における12000 mm 以上の 年降水量の年々変動, 1979~2003

土 屋 巖

1. はじめに

鳥海山(北緯39°06', 東経140°03', 2236 m)における大量の降水が, 熱帯や亜熱帯の山岳多雨地で観測された世界最大級の年降水量(12000 mm 前後)と同程度になることを, 1978年に完成した山麓の月光川(がっこうがわ)ダムの流入量記録(1979~)に基づいて算定したことがある(土屋, 1983, 1990). ダムの標高は217 m であり, 集水域最高所の標高は約1600 m であるが, 高くなるにつれて降水が指数関数的に増加することを仮定して,

$$P_h = P_o + kh^a \quad (1)$$

という算定式を提案した(土屋, 1983).

標高0 m (P_o はほぼ酒田測候所の P_h に相当)の P_h が2000 mm であると, 変動係数 k を1, べき乗指数 a を1.3にすると, h (m) が350, 750, 1250では, それぞれの P_h (mm) が4029, 7465, 及び12617になる.

(1)式によってダム集水域(第1図参照)の標高1000 m より高い地帯に平均年降水量が12000 mm 以上の存在が示される. 1979~1981期間の流入量記録にその後の6年間の記録を加えて算定してもほぼ同様の結果になった(土屋, 1990). 1979~1987期間の年流入量を集水域の面積で平均した年流出高から算定した流域平均年降水量は6700~8200 mm に達し, ダム地点の平均年降水量1963.1 mm (1981~1987期間)に比べて極端に多かった.

1990年代以降に世界規模で顕著になってきたとされる温暖化のなかで, この大量降水量の2003年までの推移を調べた.

2. 月光川ダム地点の水文気象, 1979~2003

月光川ダムは洪水対策専用のダムであり, 第1図aに示したような集水域(27.6 km²)と洪水氾濫防除区域(30.1 km²)があり, 放流管を常時開放する自然放流方式が主となっている. 小規模なダムであり, 比較的狭い集水域であるが年間の流入量が2億トン前後と大量である(土屋, 1983).

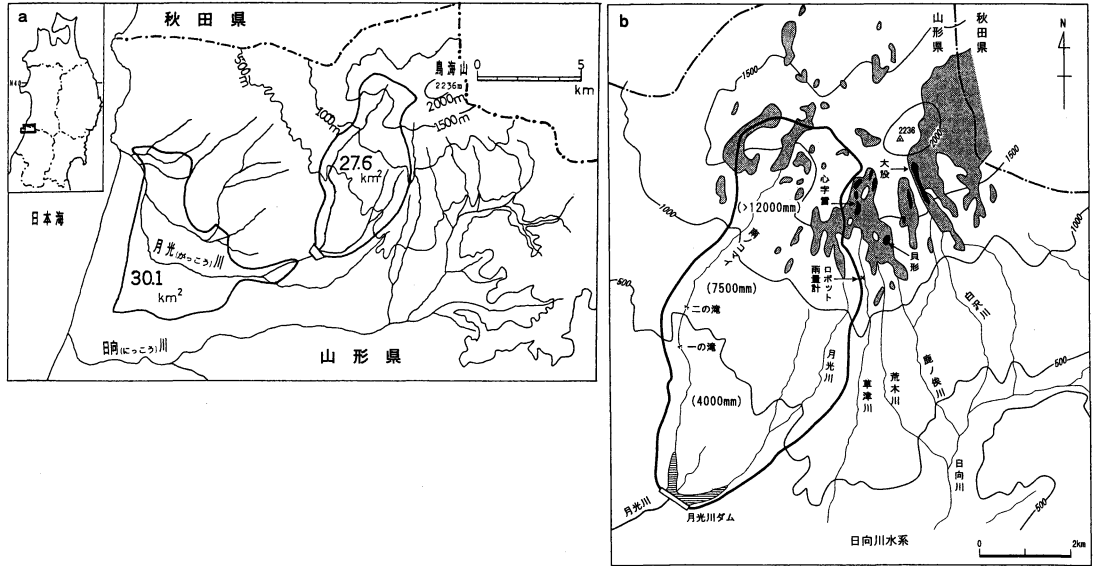
気象観測施設その他の付帯設備には後に整備されたものもあり, 1997年からは管理施設で使用する電力を賄うため小水力発電所が建設され, 流域の途中から分水されるようになった. これらの事情は「月光川ダム管理年報」(山形県庄内支庁)に記載され, 年報の付表にはダムの毎日の貯水位, 流入量, 放流量, 降水量, 及び気温とそれらの月と年の集計, 及び洪水調節実績表がある.

第1表に付表の年降水量と年流入量を再録する. さらに, 年流入量を流域(集水域)面積で平均した年流出高を示す. mm 単位で表現した年流出高に年蒸発散量の推定概数600 mm を加えて流域平均年降水量算定値の概数とした. 蒸発散の年々変動は省略したが, 強風の多い山地ではこの推定概数より大きい場合も多いと考えられる. 年蒸発散量の観測は事実上困難であり, 山地についての推定式の良いものも知られていないので, 広い水面からの蒸発についての研究観測に基づく算定値(土屋ほか, 1981)を参考にして推定概数を得た.

ダム地点年降水量の年々変動の地域的特徴を考察するため, ダムの南西約17 km の酒田測候所(3 m)の年降水量を第1表の第1列に示した. 酒田の年降水量が多いとダム地点ではさらに多い傾向を示し, 平年値1857.0 mm (1961~1990)より約200 mm 以上多い年には, ダム地点ではさらに多かった. しかし, 酒田で平年値より約200 mm 以上少ない年には, ダム地点では

—2005年2月8日受領—

—2005年8月11日受理—



第1図 (a) 月光川ダム周辺の地図, (b) ダム集水域の平均年降水量算定値の高度分布 (アミがけ部分は万年雪を含む大量積雪地帯). 土屋 (1999) より.

第1表 鳥海山月光川ダムの水文気象データ, 1979~2003.

年	酒田の 年降水量 (mm)	ダム地点の 年降水量 (mm)	ダム地点への 年流入量 (100万 m ³)	ダム地点の 年流出高 (mm)	流域平均 年降水量 (mm)	年間の 気候特徴
1979	2179.0		169.66	6147	6700	暖冬少雪
1980	2239.5		182.78	6622	7200	冷夏
1981	2167.0	2430	208.45	7553	8200	多雪, 冷夏
1982	1855.0	1869	184.45	6683	7300	冷夏
1983	1844.0	1794	177.42	6428	7000	冷夏
1984	1623.5	1660	173.56	6288	6900	寒冬多雪, 暑夏
1985	1706.0	1892	172.68	6257	6900	暑夏
1986	1752.5	1801	178.49	6467	7100	多雪
1987	1759.0	2296	205.26	7437	8000	暖冬少雪
1988	1280.0	1831	169	6123	6700	少雪, 冷夏
1989	1642.0	1806	170	6159	6800	暖冬少雪
1990	2102.0	2202	201.64	7306	7900	暖冬少雪
1991	1990.0	2186	213.38	7731	8300	暖冬少雪
1992	1715.0	1695	173.85	6299	6900	暖冬少雪
1993	2033.5	2320	215	7790	8400	暖冬少雪, 大冷夏
1994	1340.0	1383	176.11	6381	7000	暖冬, 暑夏
1995	2011.5	2717	213.18	7724	8300	暖冬
1996	1947.0	2386	210.28	7619	8200	多雪, 冷夏
1997	2102.5	2513	213.30	7728	8300	暖冬少雪
1998	2311.5	2731	226.88	8220	8800	暖冬少雪, 多雨夏
1999	2146.0	2581	198.63	7197	7800	暖冬, 暑夏
2000	1674.5	1990	200.17	7253	7900	多雪
2001	1718.0	1999	183.82	6660	7400	寒冬多雪
2002	2253.5	2786	216.76	7854	8500	暖春
2003	(1945)	2357	214.32	7765	8400	やや多雪, 冷夏
平均	1893.5	2140	193.96	7028	7600	

1997年以降の流入量は流域の途中で管理用発電施設に分水した流量とダムにおける流入量の合計。酒田の()は欠測ありを示し、流域平均年降水量は概数を示す。

同程度に少ないか、または酒田よりさらに少ない場合があった。ダム地点の年降水量の最大は2786 mm (2002年), 最小は1383 mm (1994年)であり、酒田の最大2311.5 mm (1998年) 最小1280.0 mm (1988年)より較差が大きい。

ダム地点の流入量の最大2.2688億 m³ (1998年) 及び最小1.69億 m³ (1988) はそれぞれ酒田の最大及び最小降水年と一致している。多降水年でも流入量が少ない年や少降水年でも流入量の多い年も若干あるが、酒田の年降水量が多い年には流入量が多く、少ない年には流入量も少ない場合が多い。

ダム地点の年降水量の大小は年流入量の大小によく反映されているが、量の順位は一致しない。ダムが起

伏の多い山地の入り口にあるため集水域の降水代表にならない場合があり, また積雪からの流出などが降水との時間差をもたらす。なお, 時間差には, 植生地帯落葉層などの一時的貯留, 無降水でも増える融雪季節の月単位流出, 万年雪が存在する場合の年単位流出, 火山特有の地質構造が関連する地下水の長期的影響なども時間差要因として考えられる。

年間の気候特徴は11月(前年)~4月の寒候期と5月~10月の暖候期に分け, 気象庁発表及び現地周辺の観察記事等に基づいて, 1月と7月を中心にした鳥海山周辺の顕著な特徴を記載した。

3. 流域平均年降水量及び12000 mm以上の年降水量の年々変動と永年変化傾向

第1表に示したように, 1979~2003年間の流域平均年降水量の最大と最小は, 流入が最大と最小になった1998年の8800 mmと1988年及び1979年の6700 mmになる。前の報告(土屋, 1990)に示した1979~1987年の8200 mmと6700 mmより最大値が大きく, 8000 mm以上の年数の増加傾向が1990年代以降に顕著になった。

流域平均年降水量は酒田とダム地点の年降水量の年々変動とほぼ同様の変動を示しているが, それぞれの最大の年次は同年である。しかし最小の年次は一致しない。酒田とダムの観測値の最小は暑夏の1994年であり, 同年の流域平均年降水量は少ないほうであるが順位は下から7番目である。前述した降水と流出の時間差要因が影響した可能性もある。

年流入量から算定した流域平均年降水量にはこの時間差の累年的平均化の影響があると, 表からは実際の流域平均年降水量の変動振幅より狭く算定される。落葉層や残雪などからの流出のため, 特に降水量の少ない年次にその可能性が高い。降水の多い年には, 時間差をもたらす機能に余裕がないと変動振幅を狭くする効果が減少し, 実際の降水を反映しやすいことが推測できる。流域の標高1000 m以上の高度に存在を推定した年間12000 mm以上の降水量(土屋, 1983, 1990)も, その年々変動の振幅は(1)式から期待されるより大きいことも考えられる。流入量に基づく流域平均年降水量が8000 mm以上の年数は増加傾向にあり, 12000 mm以上の年降水量の領域が増えている可能性がある。

鳥海山におけるこのような大量降水現象については, その多くを占める降雪量の測定が困難なため, 通

年測定値は存在しない。しかし, 暖候期の雨の測定には参考値があり, 1979~2003期間のロボット雨量計(標高約1200 m)の最大記録は, 1998年の130日間(6月上旬~10月上旬)の合計2503 mmであった。

調査領域付近であるが, 数10年前の事例として山頂に近い標高約2200 mにおける1958年6月8日~8月31日の85日間合計が6482 mm以上(特に大型にした貯水槽からあふれた)という観測例(山形県酒田市立第二中学校山岳部, 1958; 土屋, 1990)があった。同期間の酒田の合計雨量は647 mmであり, その約10倍になるが, 中間高度6地点の観測値と酒田測候所による2地点(1地点は現在のロボット雨量計位置に近い)臨時観測の結果と照合しても, 高度による顕著な雨量増加が妥当な数値で示されている。

降雪についても同様の顕著な高度依存が存在し, その間接的証拠が大量の残雪であり(第1図b参照), 約30 m以上の積雪深になって万年雪として越年する事例も多い(土屋, 1999)。万年雪からの融解流出は複数年になり, ダムへの流入量からの算定値を平滑化する要因の1つになる。

4. おわりに

日本海沿岸地方の平野部が, 定住人口の多い地域としては世界最大級の降雪量であることはよく知られているが, 平野部よりさらに多い山地の降雪量についての知見は不十分である。直接測定がほとんど不可能なためであるが, 多雪山地を集水域にしているダムがあれば, 流入量から計算した流域平均降水量(面積降水量に相当する)によって雨と雪を合計した年降水量については近似した数値が得られる。

鳥海山の月光川ダムは多雪山地の特に積雪の多い冬の季節風風下の南斜面を集水域にしている。種々の手段によって高度による顕著な降水量増加の実態調査とその検証ができたので(土屋, 1983, 1990), さらに16年間の観測資料等を追加して検討した。

(1)式は高度限界を標高2000 m前後に想定した経験式であるが, 1979~1987年の資料に基づいて検証した標高1000 m以上の高度における12000 mm以上の年降水量の存在は(土屋, 1990), その後の16年間(1988~2003年)の観測値からの算定によっても認められる。1979~2003年の後半に酒田の年降水量が増加し, 同様に流域平均年降水量も多い場合が増えたが, 変動振幅は酒田よりも増加の程度は少ない。山地斜面の落葉層, 残雪(万年雪などを含む)などの流入量平滑化の

影響が考えられる。実際の年降水量の年々変動の振幅はダムの値から推定される値より大きい可能性がある。

なお、後半1990年代以降の流域平均年降水量8000 mm以上の年数増加や年降水量12000 mm以上の領域が増加した可能性とその年々変動については、世界規模温暖化との関連が考えられる。たとえば、温暖化に伴う海水温の上昇は、大気対流圏への水蒸気輸送を増やし、山地斜面上の強制上昇による降水量が増加するというようなシナリオである。

しかし、現実の流域降水量の算定結果は、多降水年増加の中に発現する少降水年との較差の増大という推移も示しているので、強制上昇を強化するような気流系やその年々変動についての検討が必要である。また、限定された山地の広域気候変動指標としての代表性の説明やその検証等の議論も必要になる。これらの議論には、さらに日本海規模の海水温その他の関連資料との長期間照合なども望ましいが、前述した鳥海山における大量降水の事例は、そのような議論にとって有用な資料源であることを示している。

謝 辞

この報告では、NHK 仙台による鳥海山の雪と水に関するテレビ番組(総合及びBS ハイビジョン)作成に協力した際に、道家正則ディレクターが収集した多くの資料を追加資料として利用できた。また、山形県庄内支庁や県内気象機関からも種々の情報を得た。これらの方々のご好意に感謝します。

参 考 文 献

- 土屋 巖, 1983: 小さなダムの流量報告に基づく鳥海山の残雪流出解析, 天気, 30, 590-594.
 土屋 巖, 1990: 鳥海山における12000 mm以上の年降水量について, 天気, 37, 521-526.
 土屋 巖, 1999: 日本の万年雪, 古今書院, 286+6pp.
 土屋 巖, 白井邦彦, 増田啓子, 河合崇欣, 植田洋匡, 佐橋 謙, 1981: 湖面蒸発量の研究, 国立公害研究所研究報告, (20), 43-67.
 山形県酒田市立第二中学校山岳部, 1958: 鳥海山の気象, 96pp+5chart.

Interannual Variation of Annual Precipitation more than 12000 mm on Mt. Chokai between 1979 and 2003 : Estimation Based on the Dam Flow Data

Iwao TSUCHIYA

Ogikubo 3-7-20-308, Sugunami-ku, Tokyo 167-0051, Japan.

(Received 8 February 2005 ; Accepted 11 August 2005)

月例会「長期予報と大気大循環」の会場変更のお知らせ

11月1日に開催予定の標記月例会について、開催場所を本誌2005年5月号でお知らせした気象庁大会議室(本庁舎5階)から、気象庁3号庁舎(本庁舎の中庭側の2階建ての建物)3023会議室に変更致します。大変ご迷惑をおかけしますが、何卒ご了承願います。

記

日 時: 2005年11月1日(火) 13時30分~17時

場 所: 気象庁3号庁舎3023会議室(本庁舎横)

メインテーマ: 地球温暖化と東アジアの気象

申込・問い合わせ先:

〒100-8122 東京都千代田区大手町1-3-4

気象庁気候情報課内 LF グループ事務局

Tel・Fax: 03-3211-8406 (自動切換え)

E-mail: lfd_clim@hq.kishou.go.jp