

華厳滝の落水の気候学的研究 (序報)*

野 呂 恒 夫**

要 旨

華厳滝の落水は、中禪寺湖の水位とは密接なる関係がある。自然放流の場合は、落水の初終日は、各月の気象要素とくに、気温、降水量などは、直接影響を与えるほど密接なる関係がある。計画放流の場合は、各月の気象要素は間接的な影響はある。しかし、長期間にわたった場合は密接なる関係がある。

落水の初終日の経年変化において、とくに終日は、大陸度の経年変化と同一傾向である。このことから、今後気候の長期変動を解析するにあたって、落水の状態変化からも推測することができる一つの方法論を見出すことができたということである。

1. はしがき

名瀑華厳滝には二つの顔があり、一つは夏期落水の雄姿と、他は冬期落水の停止により懸崖付近が結氷し、瑠璃の宮殿とも称すべき壮厳な姿である。この華厳滝の落水の初終日は、中禪寺湖の水位とは密接なる関係がある。中禪寺湖への流入河川は戦場ヶ原の水を集める湯川と地獄川、北西山地から来る山沢川と柳沢川の四川であり、中禪寺湖の湛水面積は 11.4 km²、集水面積は 125 km² で湖盆面積の約11倍である。

中禪寺湖の湖水の流出は大尻川からの表面流出（春から秋は毎秒1~2t）と、湖底からの漏水（毎秒4.6t）である。大尻川の流水は東進すること700mで直下97mの華厳滝となり、懸崖の細瀑（十二の滝）は漏水によるものである。湖水の流出は大正4年までは全くの自然放流であったが、大正5年に大谷川沿岸に古河鉱業日光発電所が設置されてから、若干人為的になったとはいえ全くの自然放流に近かった。しかし、昭和31年5月より洪水時湖面の異常上昇による洪水調節、大谷川沿岸農地の農業用水、観光、発電の四つの目的のために、鬼怒川総合開発の一環として大谷川総合開発事業として中禪寺湖ダム工事が開始され、堤高も5m高くして昭和35年3月31日に竣工してからは、湖水の流出は全く人為的となった。

落水の初終日は、大正5年~昭和30年までは古河鉱業日光発電所、昭和31年以降は中禪寺ダム管理事務所の観

測によるものである。落水の時期は、湖盆ならびに集水地域の平均気温、降水量（降水時間、降水密度等）、降雪量（表面層の雪の密度等雪の状態）、日射量、平均風速、地面の状態等の気象特性によって異なるが、今回は日光測候所一地点の資料からみた結果について報告するが、資料が少ないので実効値として不安な点があることをこたわっておきたい。

2. 湖水位の年変化

湖水位の年変化を自然放流期間、計画放流期間別に分けて求めた結果は第1表に示すとおり、降水量と湖水位の年変化は相似で密接なる関係がある。自然放流期間は降水量の最多月と湖水位の最高位月とは同月であるが、計画放流期間は降水量の最多月より2ヵ月おくらせて湖水位の最高位月となり、湖水位の最低位月は自然放流、計画放流期間ともに降水量の最少月より2ヵ月おくらせて現われることも興味深い。

いま、滝の落水の初終日観測記録から推測すると、自然放流当時は湖水位が大体1.3mを限界に滝は落水または休止の状態となるが、計画放流の今日は、湖水位が基準面より20cmを限界に放流を開始または中止するようである。

湖沼学的に中禪寺湖が、表、裏日本気候帯の何れに属するものか、中禪寺湖岸菖蒲ヶ浜にある水産庁淡水区水産研究所日光支所が1960~1969年の10ヵ年観測した資料から、中禪寺湖の水位変化を求めた結果は第2表に示すとおり、水位上昇の最高は秋季の10~11月に現れる。

中禪寺湖程度の大きさの湖水の最高水位が、台風時より約1ヵ月ずれて出現するということから、中禪寺湖は表日本式の内陸型湖沼に属することがしられ、したがっ

* A Climatological Study of Water Amount of Kegon Falls

** T. Noro: 日光測候所
—1972年10月30日受理—

第1表 湖水位の年変化

項		月												年
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
S 2~18	湖水位 m	1.13	1.00	0.94	1.04	1.24	1.50	1.53	1.64	1.55	1.38	1.35	1.22	1.29
	降水量 mm	55	79	108	152	210	242	289	411	373	235	100	64	2317
S 35~46	湖水位 m	0.59	0.23	-0.10	-0.24	0.10	0.41	0.76	0.82	0.91	1.20	1.11	0.89	0.57
	降水量 mm	79	57	95	143	187	245	220	336	306	219	83	62	2016

基準面：S 2~18 1272.0m 降水量；S 2~18 日光警察中禅寺派出所
S 35~46 1272.44m S 35~46 日光測候所

第2表 中禅寺湖の水位変化

項		月											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
湖水位+上昇m		+0.68	+0.32	+0.25	+0.22	+0.02	+0.33	+0.69	+0.79	+0.86	+1.16	+1.14	+0.94

第3表

		期 間	平均	σ	変化率	最早(長)	最遅(短)	ちらばり 範囲	変動度
初 日	T 5~S 46	IV 24	28	1.3	Ⅲ 9 S 34	VII 5 S 15	149	2.7	
	T 5~S 30	V 1	29	1.5	Ⅲ 28 S 3	VII 5 S 15	130	2.1	
	S 31~ 46	IV 7	30	1.8	Ⅲ 9 S 34	VI 15 S 38	98	2.6	
	S 35~ 46	IV 11	28	1.7	IV 26 S 44	VI 15 S 38	50	1.2	
終 日	T 5~S 46	I 13	28	1.6	XII 10 S 32	IV 1 S 19	141	3.2	
	T 5~S 30	I 14	23	1.5	XII 11 T 14	IV 1 S 19	140	3.1	
	S 31~ 46	I 9	37	1.9	XII 10 S 32	Ⅲ 29 S 40	109	2.7	
	S 35~ 46	I 17	36	1.8	I 1 S 39	Ⅲ 29 S 40	87	1.8	
停 止 期 間	T 5~S 46	78	45	1.7	239 S 15	35 S 19, 36, 44	204	2.6	
	T 5~S 30	93	43	1.5	239 S 15	35 S 19	204	2.2	
	S 31~ 46	45	44	2.0	166 S 33	35 S 36, 44	131	2.9	
	S 35~ 46	42	39	1.9	136 S 39	35 S 36, 44	101	2.4	

て、中宮祠付近は表日本気候帯に含まれる。

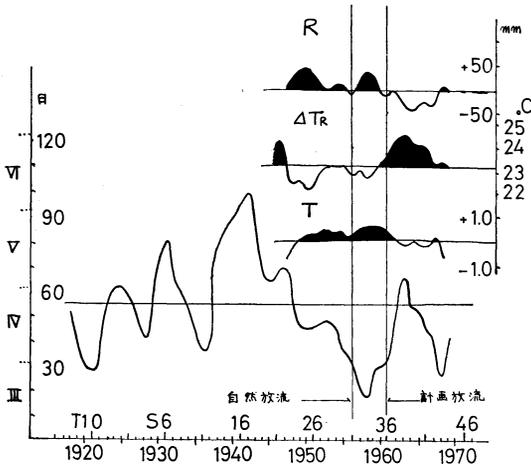
参考のため、日光測候所の1944~1970年までの資料から、同地点の降水量の年変化を見ると表日本型の変化をしており、また、クリモグラフを作成してみも約47度あることから、当測候所周辺はあきらかに表日本気候帯に入ることが判明し、うなずかれると思う。

しかし、中禅寺湖に源を發し東進する大谷川は、湖の出口にて人為的に随時流量の調節を受ける関係上、この大谷川流域一帯の地域が、河川の流量年変化によって、表、裏日本気候のいずれに入るかは今後の研究にまつも

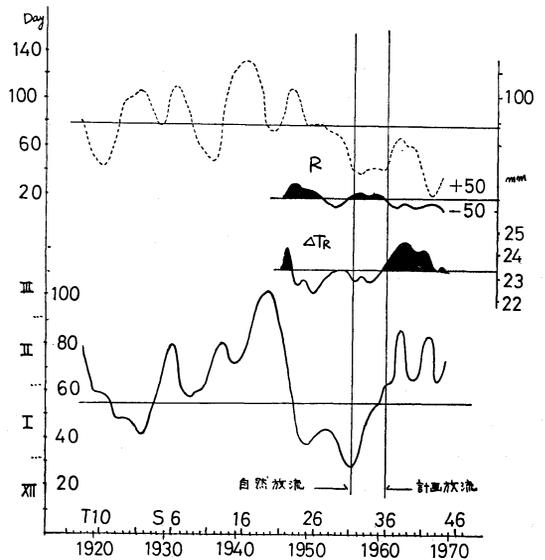
のであり、興味深いテーマであると思う。

3. 落水の初終日、停止期間

落水の初終日、停止期間について、これらの平均日、標準偏差、ちらばりの範囲等について、全観測期間、自然放流期間、工事開始以降期間、計画放流期間別に求めた結果は第3表に示すとおり、例えば、平均初日は計画放流期間が自然放流期間より20日も早く、終日のちらばりの範囲および変動度は、自然放流期間は計画放流期間の約1.6倍であるなど、各期間によって特異性があることが知られる。



第1図 落水の初日(12~2月)のT, Rと ΔT_R の経年変化



第2図 落水終日(—), 停止期間(…)と(6~11月)の降水量年差, ΔT_R の経年変化.

4. 落水の初終日, 停止期間の経年変化

落水の初日について, こまかい変動を消すため5カ年移動平均を求めた結果は第1図に示すとおり, 経年変化をみると1935年頃までおよび1960年以降には規則性が認められるとともに, 1936年以降は大陸度または気温年較差の経年変化と非常に類似している¹²⁾. すなわち

1) 1921, 1928, 1936, 1958, 1968年頃は初日の早い時期であり, 1948~1962まで14年間も平年より早い日が続いた. 1924, 1931, 1942, 1963年頃は初日が遅い時期であり, 1937~1947まで10年も初日の遅い日が続いた.

2) 1924, 1938, 1942, 1963年より初日は漸次早くなっているが, 遅早率は1924年を基準年とすると, これより等比級数的に大きくなり, 大陸度の減少期には初日も漸次早くなっている. 1963年よりは1942年を基点として対照的に等比級数的に小さくなっている.

1921, 1928, 1936, 1958年より初日は漸次遅くなっているが, 遅早率は1935年までは殆んど同じであり, 1936年よりが一番大きく, 1958年よりの遅早率が1935年以前とほぼ対照的であるのは興味深い.

3) 初日の長期変動の振幅変化は判然としており, とくに, 1935年以前, 1960年以降は一層はっきりしている. すなわち, 初日の早い周期は1935年までは7年周期, 1935年以降は22年周期であり, これは網走の暖冬および1920年以前の寒冬周期と同一であるのは興味深い.

1960年以降は10年周期であるが資料が少ないので実効値として不安の点がある. 初日の遅い周期は1935年までは7年周期であるが, 1935年以降は21年周期であり, こ

れは1920年以降の道南, 東北, 関東, 中部地方の寒冬周期と同一であるのは興味深い.

4) 一般的概念として, 冬期(12~2月)が暖冬で多雨(多雪)であると, 融雪も早く, 融雪量も多いので落水の初日は早くなるという考えのもとに, 当所の冬期間の気温, 降水量の年較差の5カ年移動平均を求めた結果は第1図に示してあるが, 自然放流期間中は高温多雨であると初日は平年より早く密接なる関係があることがしられるが, 計画放流期間にはこれらの要素とはあまり深い関係がみあたらない.

5) 気温年較差偏差(ΔT_R)の5カ年移動平均を求めた結果は第1図に示してあるが, 変化傾向は類似している. すなわち, 年較差が大きい時(寒冬暑夏)は初日は平年より遅く, 年較差が小さい時(暖冬涼夏)は初日は平年より早くなる傾向がある.

初日と同様に終日の経年変化を求めた結果は第2図に示してあるが, 初日の経年変化に比し複雑であり, 一見したところ規則性らしいものが認められる様であるが, よくみると初日同様に共通の変化傾向が存在することにきずかれるとともに, 1925年以降は大陸度の経年変化と殆んど類似している. すなわち

1) 1944, 1963年頃は終日の遅い時期であり, 1928~1948まで20年に亘り終日が平年より遅い日が続き, 1962年より今日まで10年以上遅い日が続いている.

1926, 1956年頃は終日は早い時期であり, 1948~1959

まで10数年平年より早い日が続いた。

2) 1926, 1956年より終日は漸次遅くなっているが, 1926年よりの遅早率は1年に2日であるが, 1956年からは1年に8日という大きいものである。1944年より終日は漸次早くなっているが, 遅早率は1年に約6日であり, 1965年よりの遅早率をみると対照的で興味深い。

3) 終日の早い周期は30年周期であり, この周期は東北地方の暖冬周期と同一である。終日の遅い周期は19年周期であり, この周期は, 道南地方の寒冬周期と同一であるのも面白い現象であると思う。

4) 気温年較差偏差の5カ年移動平均を求めた結果は第2図に示してあるが, 終日の経年変化と同一の変化傾向であることがしられる。すなわち, 年較差の大きい時期の1944, 1963年は寒冬の年であり, 第2次的に年較差の大きい時期の1931, 1938年は寒冬, 1967年は暑夏である。年較差の小さい時期の1926, 1946年は涼夏の年である。このことから, 筆者はさきの調査で^{1,2)}, 暖冬は1962年が峠であり, 寒冬の年になると論述したことがあるが, これらの変化傾向等から解析してみると, 暖冬は終わったといえることができる。

初終日と同様に停止期間についても5カ年移動平均を求めてみた結果は第2図に示すとおり, 1940年を境にして, 1940年までは停止期間は漸増の傾向があり, 1年平均1.6日増加するが, 1940年以降は反対の傾向で1年平均2.5日減少する。すなわち

1) 1926, 1931, 1941, 1947年頃は停止期間が長い時期であり, 1921, 1936, 1945年頃は短い時期である。

とくに1951年より現在まで20年以上も停止期間が平年より短い時期が続いている。

2) 1921, 1929, 1936, 1945年頃より停止期間が漸次長くなるが, この増加率は, 1929, 1936年からは殆んど同じで年平均16.5日であるが, 1921, 1945年からは増加率は同じで1年平均12日であるのは興味深い。

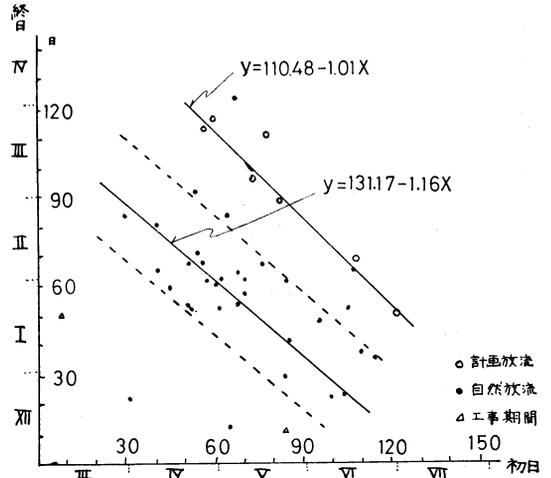
1926, 1931, 1941, 1947年頃より漸次短くなるが, 1947年からの増加率はかまんで1年平均2.5日であるが, 他は年をおおって, 等差級数的に大きくなっているのも興味深いと思う。

5. 落水の初日と終日との関係

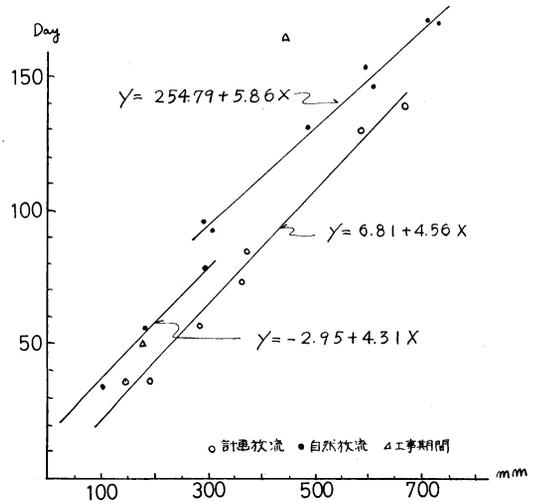
第3図に示すとおり, 落水の初日と終日とは直線関係であるから,

$$y = a + bx$$

なる x に関する一次式を求めることができる。しかし, 自然放流期間と計画放流期間間とは関係式が異なることがしられたので, 自然放流期間の終日を N_L , 計画



第3図 落水の初日と終日との関係



第4図 停止期間日数と停止期間中の積算降水量との関係

放流期間を P_e とし, N_L を12月1日, P_e を3月1日を1とする通日から最小自乗法で a, b を求めた結果

$$N_L = 131.17 - 1.16D$$

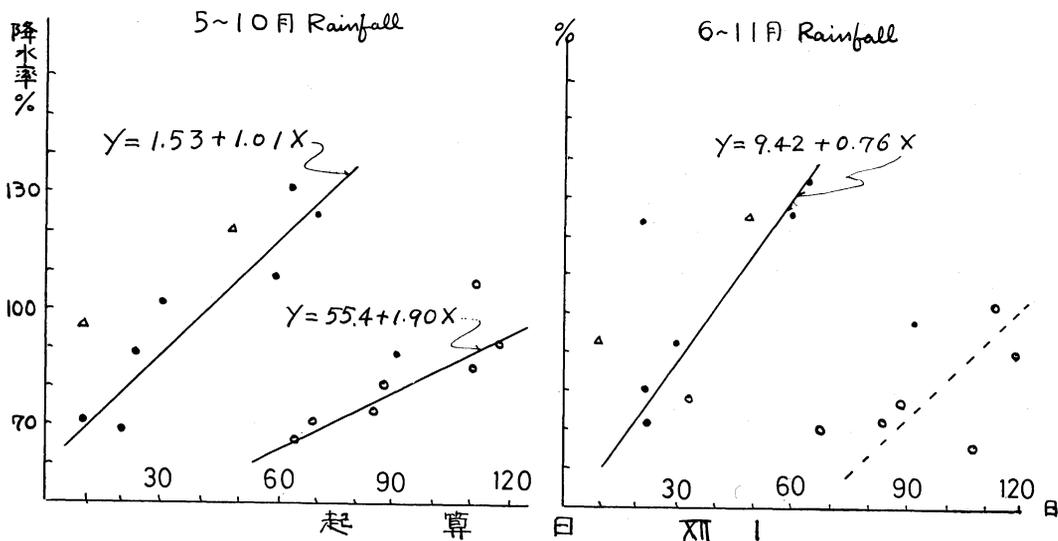
$$P_e = 110.48 - 1.01D$$

$$\sigma = 21.82 (N_L) \quad \sigma = 2.30 (P_e)$$

であり, 初日が早い程終日が遅いのである。この関係式の成因についての動気候学的解析は次論にゆづりたい。

6. 停止期間と停止期間内の降水量との関係

落水終日の後に, 中禅寺湖の基準水面に達する程の降



第5図 積算降水量年比と終日との関係

水量があると落水を開始するのであるから、どの程度の降水量が必要なものであるか、第4図に示してあるとおり、自然放流期間、計画放流期間、停止期間によって関係が異なることがしられたので、自然放流期間で停止期間が80日までを N_p 、80日以上を N_q 、計画放流期間を P_R とし、関係式を求めてみた結果は

$$N_p = -12.95 + 4.31D$$

$$N_q = 254.79 + 5.86D$$

$$P_R = 6.81 + 4.56D$$

$$\sigma : N_p = 1.2, N_q = 9.7, P_R = 15.6$$

であり、停止期間が長い程、期間内の降水量が多い、見方を変えると、落水終日後の降水量(降水時間、降水強度等)によって、落水の初日が予想出来る。

7. 落水終日と積算降水量との関係

当地方の降水量の年変化をみると、表日本型であるので、暖候期にある程度の降水量があると、自然放流期間でも、とくに計画放流期間においては、落水に終日がなく一年を通して落水が可能になるという推論から、暖候期において、各月の組合せ方の位相を変えて関係を調べた1例は第5図に示してあるが、下記の期間が最も密接なる関係があることがしられた。いま、自然放流期間を N 計画放流期間を P とし、12月1日を1とする通日から関係式を求めてみると

$$N_j = 9.4 + 0.76R \quad 6\sim 11月$$

$$N_m = 1.5 + 1.01R \quad 5\sim 10月$$

$$P_m = 55.4 + 1.90R \quad 5\sim 10月$$

$$P_a = 64.9 + 1.94R \quad 8\sim 10月$$

$$P_j = 66.3 + 1.16R \quad 7\sim 9月$$

$$\sigma : N_j = 3.4, N_m = 9.1, P_m = 7.3, P_a = 7.8, P_j = 4.6$$

$$\gamma : N_j = +0.926, N_m = +0.849, P_m = +0.968$$

$$P_a = +0.977, P_j = +0.891$$

であり、降水量が多い程、落水の終日は遅い。ここで N_j 、 N_m は降水量が年平均の130%以上、 P_m は100%、 P_a は95%、 P_j は105%以上となると落水には終日がなく、一年を通じて落水するのである。

8. むすび

本調査は、当市にて開催される関東北部地区研究会の予稿集の締切が5月末日までであるので、筆者がこの4月着任以来取り急ぎまとめたものであるので、落水の動気候学的解析までできなかったのが残念であり、次論にゆずることとしたが、各項別に一応とりまとめてあるので落水の一端がうかがえると幸甚の至りである。最後に資料を貸与して下さいの中禅寺ダム管理所長ならび水産庁淡水区水産研究所日光支所長に対して衷心より謝意を表したい。

文 献

- 1) 野呂恒夫(1961) 最近の気候(2報) 天気, 8, 295-299.
- 2) 野呂恒夫(1964) 最近の気候(3報) 気温年較差の長期変動 天気, 11, 551-583.