

金山ダムにおける近年の洪水調節放流回数の増加要因について

Investigation on Factors of Increase of Discharge Frequency Due to Flood Control in Recent Year in the Kanayama Dam

室蘭工業大学 ○学生員 池谷 聡 (Satoshi Ikeya)
 室蘭工業大学 正員 中津川 誠 (Makoto Nakatsugawa)
 室蘭工業大学 学生員 林下 直樹 (Naoki Hayashishita)

1. はじめに

気象庁¹⁾によれば、過去50年間に陸上のほとんどの地域で寒い日、寒い夜及び霜が降りる日の発生頻度は減少し、暑い日、暑い夜の発生頻度が増加した可能性が高く、ほとんどの地域で大雨の頻度が増加しているという。環境省のレポート²⁾によれば、日本の年間降水量は年毎の変動は大きく明確な増加もしくは減少傾向は認められない一方で、1日に降る雨の量が100mm以上及び200mm以上の大雨の日数は、長期的に増える傾向にあり地球温暖化が影響している可能性があるとしている。これまで大雨の発生が少ないものと考えられてきた非洪水期と言われる時期にも大雨が発生しており³⁾、以上のことは洪水調節を目的とするダムで重要な問題となる。積雪寒冷地における多目的ダムでは融雪水を利用して利水の確保を行うが、前述のように想定外の時期の大雨の頻度が増加し規模も大きくなっており、事実、北海道における直轄ダムである金山ダムでは近年洪水調節放流の回数が増加傾向にある。金山ダムでは1967年に運用を開始して以来、計6回の洪水調節放流を実施しているが、1回は1981年に、残りの5回は2000年以降に行っている。

そこで本研究では、どのような要因によって洪水調節放流の回数が増加しているのかを明らかにするため、金山ダムにおける気象・水象条件に着目しあらゆる観点からの検証、考察を行った。

2. 金山ダムの概要

金山ダムは流域面積470km²、堤高57.3m、堤頂長288.5m、堤体積220,000m³、有効貯水容量130,420,000m³をもつ、北海道では唯一の中空重力式コンクリートダムである。金山ダムの位置を図-1に示す。

金山ダムは常時満水位が345mであり、6月15日から6月30日までと10月1日から10月31日までは342m、7月1日～9月30日までは338.5mの洪水期制限水位を設け、これらの水位を超える場合に洪水調節放流を行う。(以下、洪水期制限水位の設けられている期間を「洪水期」、それ以外の期間を「非洪水期」と言う)ダムの運用水位を図-2に示す。なお現在では、常時満水位は平常時最高貯水位、



図-1 金山ダム流域

洪水期制限水位は洪水貯留準備水位と称しているが、本論ではそれぞれ常時満水位、洪水期制限水位に統一した。

金山ダムの洪水調節計画では、洪水調節開始流量を80m³/sに設定しており、流入量が80m³/sを超えた時点で流入量が最大に達するまで以下の式(1)で放流を行う。

$$Q_o = (Q_i - 80) \times 0.174 + 80 \quad (1)$$

流入量が最大に達した後は流入量が当該量に等しくなるまで以下の式(2)で放流を行う。

$$Q_o = (Q_{imax} - 80) \times 0.174 + 80 \quad (2)$$

ここで Q_o は放流量(m³/s)、 Q_i は流入量(m³/s)、 Q_{imax} は最大流入量(m³/s)である。以上の操作規則に基づき洪水調節放流を行っている。2007年の金山ダム定期報告書によると、1967年から2007年までの41年間で91回、1998年から2007年までの至近10年では36回の洪水調節を行ったとしており、全国のダムと比較しても洪水調節の頻度はやや多いダムとされている。このように洪水調節の多いダムではあるが1999年以前においては洪水調節放流を行うに至った事例は1回である。これに対し、2000年以降ではその回数は5回に達する。これらの洪水調節放流実績を表-1に示す。

3. 気象・水象条件の変化の検証

近年の洪水調節放流の回数が増加要因を調べるため、金山ダムにおける気象・水象条件の変化について検討する。検討内容は、流出高、流況、出水前の貯水位について調べた。年毎に比較することでそれらの変化を整理し、洪水調節放流回数の増加要因との関係性をまとめた。使用データ

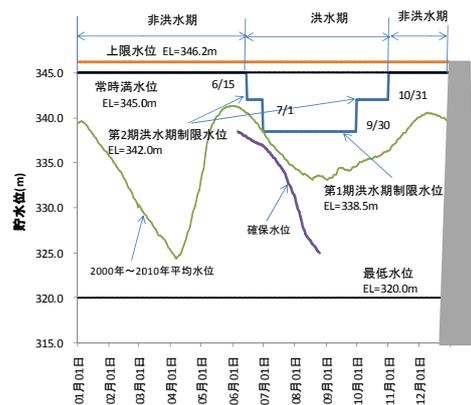


図-2 金山ダムの運用水位

表-1 金山ダムの洪水調節放流実績

年	月日	要因	洪水			放流	
			最大流入量(m ³ /s)	最大放流量(m ³ /s)	放流日数		
1981	8/5~8/7	台風	485.66	79.97	12日間		
2000	5/5~5/18	融雪	159.26	92.75	9日間		
2001	9/10~9/14	台風	420.43	99.83	8日間		
2010	5/20~5/28	融雪	125.40	81.35	14日間		
2010	8/23~8/25	前線	198.10	80.17	3日間		
2011	9/5~9/10	台風	168.97	94.96	4日間		

については、1982年～2011年の流入量、放流量は金山ダムの月表に記載されている時間データ、1967年～1981年は金山ダム管理年報に記載されている日データを使用した。貯水位のデータは1999年以前のは得られなかったが、1982年～1999年については、金山ダムの管理年報に記載されている洪水調節実績表の出水前水位を基に、流入量と放流量の関係から推定した

3.1 年間、時期別、年最大日流出高の年毎の比較

流入量の変化を見るために年間の流出高を比較した。年毎の変動を図-3に示す。図を見ると、年間流出高は変動はあるものの増加傾向は見られず、年間の流入量は増えていないと推測される。また洪水期と非洪水期に分けて流出高の変動を検証した。その結果を図-4に示す。図を見ると年間流出高と同様に増加傾向はないことが推測される。年最大日流出高についても検証を行った。その結果を図-5に示す。図を見ると、流出高は近年大きな値を示すことが多いように見えるが一概に言うことはできない。

以上より長期的な流出高の変化や、日単位の流出高の増加によって洪水調節放流の回数が増えているわけではないと推測される。

3.2 流況の検証

次に流量の様子の変化を見るために流況を年毎に比較

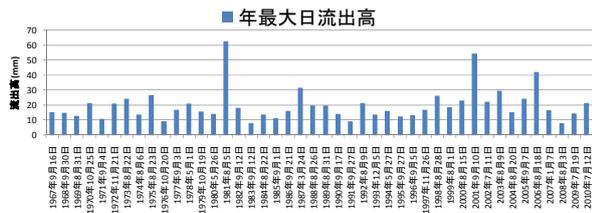


図-3 金山ダムの年間流出高

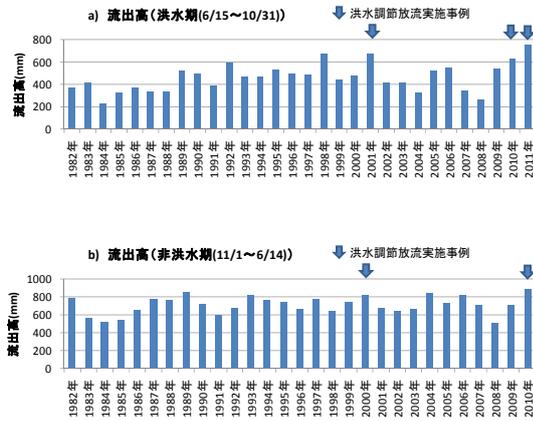


図-4 金山ダムの時期別流出高



した。結果を図-6に示す。図を見ると、豊水流量に関しては変動が大きい、長い期間で見ると増加や減少している傾向は見られないため流況の変化もないと考えられる。

3.3 出水前の貯水位の検証

洪水調節放流を行うに至った理由として、出水開始時の貯水位が高くなっているということが考えられる。そこで流入量が洪水量である $80\text{m}^3/\text{s}$ を超えた時の貯水位を出水前貯水位とし、運用開始から現在までの洪水事例に関してその変化を検証した。その結果を図-7に示す。図を見ると、全体を通して上昇傾向にはなっていないことが分かる。また洪水調節放流を実施する、しないに関わらず出水前貯水位が高い事例はいくつも見られる。以上より、出水前貯水位の大小だけでは洪水調節放流の直接的な要因とは言えない。

3.4 ハイドログラフによる比較

洪水調節放流を行った事例と行っていない事例を比較するために各年の流入量が最大であった洪水事例に関して流入量、放流量、貯水位を整理しハイドログラフの作成を行った。洪水調節放流を行った事例と行わなかった事例について、最大流入量が近い1992年と2010年の事例を比較した。そのハイドログラフを図-8に示す。この二つの事例を比較するうえで、1つの洪水事例中で流入量が洪水量($80\text{m}^3/\text{s}$)を超えた時間の長さ(以下「出水中の流入時間」と言う)に着目した。なお一雨降水量⁴⁾の考え方にに基づき、流入量が洪水量以上で、それが6時間途切れない状態を「出水」と定義する。出水中の流入時間の算定においては、出水の定義に従い流入量が洪水量を下回った時間が6時間未満であれば同一の事例とした。図は流入量が洪水量に至った24時間前から示している。図を見ると、1992年の事例では出水中の流入時間が約20時間続いたのに対し、

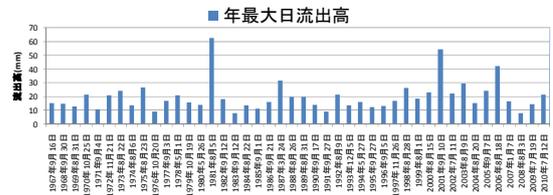


図-5 金山ダムの年最大日流出高

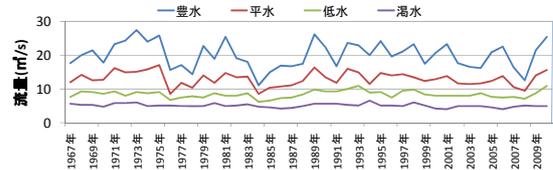


図-6 流況の変化

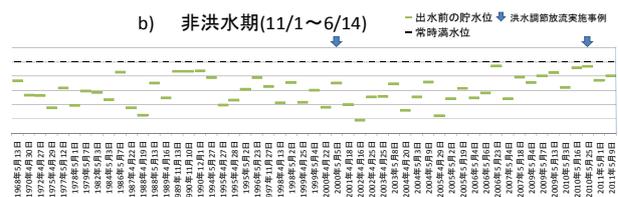


図-7 出水前貯水位の変化(左: 洪水期 右: 非洪水期)

2010年の事例では約40時間続き約2倍と長い。このため貯水位が洪水期制限水位を超えてしまい洪水調節放流を行ったと考えられる。他の事例についても同様に検証したところ、洪水調節放流を行った事例は出水中の流入時間が長い傾向にあることが分かった。

以上より洪水調節放流の要因には出水中の流入時間が関わっていることが推測される。そこで各年の流入量が最大であった洪水事例に関して出水中の流入時間を整理した。その結果を図-9に示す。図を見ると、洪水調節放流を行った事例は出水中の流入時間が長い傾向にあることが分かるが、洪水調節放流を行った事例以外にも出水中の流入時間が長い事例もあり、洪水調節放流の要因として出水中の流入時間以外の要因にも検討が必要である。

3.5 洪水調節放流の要因の検証

洪水調節放流の要因を調べるためには、出水前のダム環境を考える必要がある。また出水中の流入時間が同じであっても総流入量は異なる。そこで出水前30日間の累積流入量として出水開始30日前から出水開始までの流入量の合計、出水前の残り容量として出水前貯水位から常時満水位または洪水期制限水位までの空き容量、出水中の総流入量として出水開始から終了までの流入量の合計を図-9と同様の事例で検証した。その結果を図-10、図-11、図-12に示す。図-10、図-11を見ると、出水前30日間の累積流入量が大きいと貯水位が高くなる傾向があり、出水前の残り容量は少ないことが分かる。図-12を見ると、洪水調節

放流を行った事例は出水中の総流入量が流入時間と同様に大きい傾向があることが分かる。このように出水前のダム環境と出水中の流入状況の2つが洪水調節放流の要因に関わると考えられる。ここで洪水調節放流を行った5事例と、洪水調節放流を行わなかった事例のうち特徴的な5事例を抽出し、それぞれの要素の関係性を整理した。その結果を表-2に示す。

1) 洪水調節放流を実施した事例

(1)2000年5月5日の事例

出水前30日間の累積流入量は大きい、非洪水期の事例であるため残り容量には余裕がある。しかし出水中の流入時間、総流入量が大きいため洪水調節放流を行うに至ったと推測される。

(2)2001年9月11日の事例

出水前30日間の累積流入量が大きくないため残り容量にはある程度余裕があるが、出水中の総流入量が大きいため洪水調節放流に至ったと推測される。

(3)2010年5月25日の事例

出水前30日間の累積流入量が大きい影響で非洪水期に

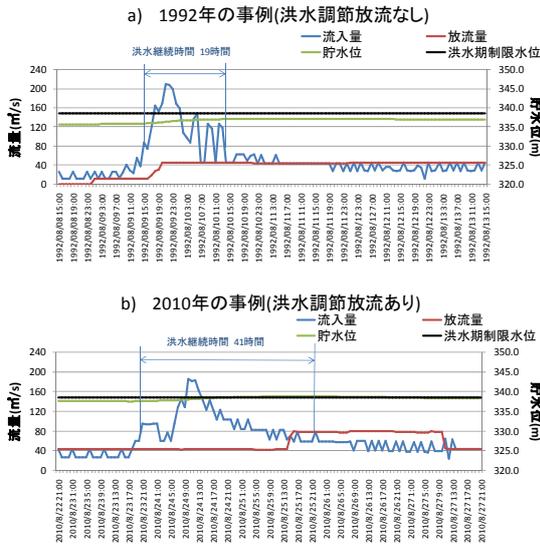


図-8 ハイドログラフの比較

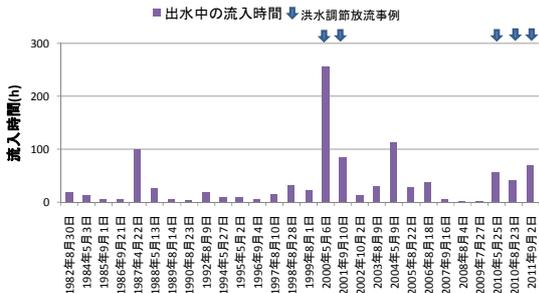


図-9 年最大流入量発生事例における出水中の流入時間

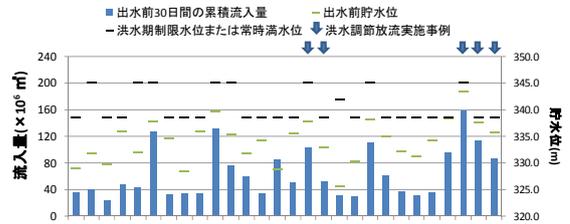


図-10 年最大流入量発生事例における出水前30日間の累積流入量と出水前貯水位

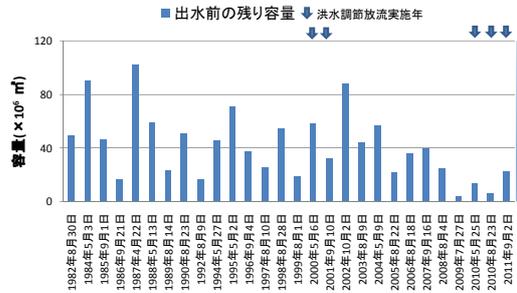


図-11 年最大流入量発生事例における出水前の残り容量

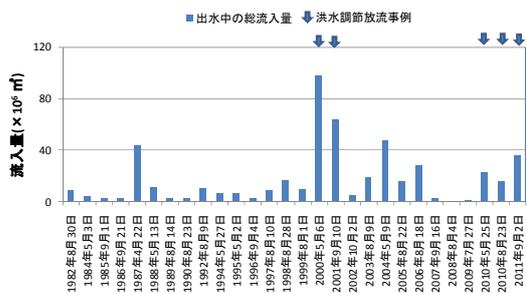


図-12 年最大流入量発生事例における出水中の総流入量

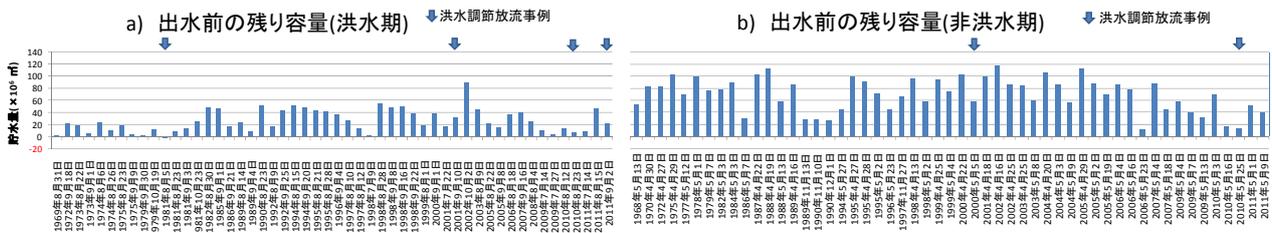


図-13 洪水事例における出水前の残り容量(左：洪水期 右：非洪水期)

表-2 過年度の事例における洪水調節放流の要因

洪水事例	出水前30日間の累積流入量 (x 10 ⁶ m ³)	出水前の残り容量 (x 10 ⁶ m ³)	出水中の流入時間 (h)	出水中の総流入量 (x 10 ⁶ m ³)
洪水調節放流あり				
2000年5月5日	103,000	59,000	255	98,000
2001年9月11日	52,000	32,000	85	64,000
2010年5月25日	158,000	14,000	56	22,000
2010年8月23日	114,000	6,000	41	15,000
2011年9月3日	87,000	23,000	71	36,000
洪水調節放流なし				
1987年5月1日	44,000	102,000	100	43,000
1994年5月27日	131,000	45,000	10	6,000
2004年5月9日	111,000	57,000	112	48,000
2006年8月18日	38,000	36,000	38	28,000
2009年7月27日	96,000	3,000	2	1,000

も関わらず残り容量に余裕はなく、出水中の流入時間が長い
ため洪水調節放流に至ったと推測される。

(4)2010年8月23日の事例

(5)2011年9月3日の事例

2010年5月25日の事例と類似しており、同様の要因で
洪水調節放流に至ったと考えられる。

2) 洪水調節放流を実施しなかった事例

(1)1987年5月1日の事例

出水前30日間の累積流入量が小さく非洪水期の事例で
あるため残り容量には十分な余裕がある。そのため出水中
の流入時間、総流入量は共に大きい洪水調節放流には至ら
なかったと推測される。

(2)1994年5月27日の事例

出水前30日間の累積流入量は非常に大きいが出水中の
流入時間、総流入量は共に小さい値であったため洪水調節
放流には至らなかったと推測される。

(3)2004年5月9日の事例

出水前30日間の累積流入量が大きい非洪水期の事例
であるため残り容量には余裕があり、出水中の流入時間、
総流入量共に大きい洪水調節放流には至らなかったと推測
される。

(4)2006年8月18日の事例

出水前30日間の累積流入量は小さく残り容量に余裕が
あったため、出水中の流入時間、総流入量は大きな値だ
ったが洪水調節放流には至らなかったと推測される。

(5)2009年7月27日の事例

出水前30日間の累積流入量が大きいため残り容量にほ
んど余裕がないが、出水中の流入時間が非常に短いため
洪水調節放流には至らなかったと推測される。

以上より洪水調節放流実施要因には、出水前30日間の
累積流入量とそれに伴う出水前貯水位の上昇、出水中の流
入時間、出水中の総流入量が関係していることが分かる。
これらの要因が重なった場合に洪水調節放流を行い、近年
その頻度が増えていることが分かった。

最後に、洪水調節放流を行う要因の1つと考えられる出
水前貯水位の上昇について、出水前の残り容量の変化を運

用開始からの洪水事例についてまとめた。その結果を図
-13に示す。図の洪水期について見ると、運用開始当初と
近年は残りの容量に余裕はなく、長い期間で見ると増加や
減少している傾向は見られない。一方非洪水期について見
ると、かつて出水前の残り容量は余裕を保っていたが長期
間で見ると余裕が少なくなっている傾向にあり、融雪や非
洪水期の大雨の影響が考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた成果を下記に示す。

- 1) 各年の最大の流入量を示した事例、洪水調節放流を行
った事例で出水中の流入時間を検証することで、洪水
調節放流を行う場合、洪水の継続時間が長い傾向にあ
ることが分かった。
- 2) 出水前30日間の累積流入量を調べることで、出水前
の流入量が大きかった場合に出水前の残り容量が減少
し、洪水調節放流を行う可能性が高くなることが分
かった。
- 3) 以上の2つの要因が重なることで洪水調節放流を行
う可能性が高くなるということが分かった。

以上のことは、長期的な雨や融雪、長期にわたる流域へ
の流入に加えて大雨が降るといった気象条件の変化の可
能性を示唆しており、このことが金山ダムの洪水調節放流
の増加要因となっていることが分かった。今後は予測情報
を活用する等して適切な運用管理が必要となると考える。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、学術研究助成基金助成基盤
研究(C) (課題番号 23560602) と平成24年度河川整備基金
(助成番号 24-1221-001) の助成を受けた。また金山ダムの
データ資料を提供して頂いた国土交通省北海道開発局札
幌開発建設部金山ダム管理支所の関係各位に対し、ここに
記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 気象庁 HP
<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpinfo/ipcc/ar4/index.html>
- 2) 環境省 温暖化の観測・予測及び影響評価総合レポート「日本の気候変動とその影響」
<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=11644>
- 3) 中津川誠, 星清: 融雪期に豪雨が相俟って生起する出
水の予測について, 河川技術論文集, 第7巻,
pp.453-458, 2001.
- 4) 七沢馨, 星清: II-7 時間雨量の確率分布特性につ
いて, 土木学会北海道支部 論文報告書, 昭和61年
度, pp.177-182, 1986