

## II-49

## 山地流域の水涵養機能の比較研究

北海学園大学大学院 ○学生員 見延 聡  
 北海学園大学工学部 正員 山口 甲

## 1. まえがき

我が国は四季を通じて降水量が多く河川の氾濫が大きな問題であり、洪水の軽減を目的とした降水量と流出量の研究が進んでいるものの、年降水量の少ない渇水年には日本各地で水不足が大きな問題となる事例がある。しかし、近年、その水資源対策であるダム建設を自然保全の見方から見直す傾向にある。一方、河川流域には元々水を貯留する働きがある。森林には降雨時に水を貯留し、渇水時には徐々に流出させる働きがある。更に、積雪寒冷地域には、冬期間に降水量を雪として滞留し、春の温度変化とともに徐々に流出させる働きがあり、これは夏期の現象とは大きく異なる。そこで、本研究では、山地河川流域（自然涵養機能）及びダムの貯水池（貯水涵養機能）での貯留により流水を緩和して利水のために補給している貯留現象に着目し、多目的ダムの効果と積雪寒冷地域における雪、森林の働きを①貯留量（流域、貯水池に滞留する量）、②涵養期間（流域、貯水池に滞留する期間）、③平滑化（貯留した量に対し補給する量の緩和する度合い）の3つの面から比較した。今回は、それらの支配因子を見つけることを目的とし、各々の相関性を分析する。

## 2. 分析検討

自然涵養機能と貯水涵養機能を本研究の検討方法に沿って7流域における対象期間平均で比較する。<sup>1) 2)</sup>

①貯留量 ( $S_+$ ) において、自然涵養機能（雪ダム）は貯水涵養機能（春水）の約2倍の量を貯留し、自然涵養機能（森林ダム）は貯水涵養機能（夏水）の約1.5倍の量を貯留しており、自然涵養機能の量的確保が大きいといえ、更に、量的に比較しても積雪寒冷地域における雪ダムの効果は大きいことがわかった。流域間を比較すると<sup>3) 4)</sup>桂沢ダムは他の流域から導水しているため、貯水涵養機能の $S_+$ が自然涵養機能の $S_+$ よりも大きくなる異なった傾向があり、それに対し、漁川ダムは利水容量が小さいため貯水涵養機能の $S_+$ が極めて小さくなる傾向にある。定山渓流域においては、雪ダム、春水の $S_+$ が森林ダム、夏水に比べ極めて大きく、降雪、融雪の冬期間に頼っている流域といえた。また、経年的に見ると平成3年の $S_+$ が全ての流域において小さく渇水年であった。

②涵養期間 (tg) において、雪ダムと春水では50日程度であるが、夏期においては、Input条件がランダムに発生するため、夏水においては利水目的のため期間が長くなり、それに対し、森林ダムではほとんど滞留せずに補給していることがわかった。流域間を比較すると、自然涵養機能において雪ダムでは豊平峡ダムで67.1日、定山渓流域で87.7日と長くなるが、漁川流域では5.4日と短くなる。貯水涵養機能において春水では、桂沢ダムで71.0日、大夕張ダムで66.0日と長くなり、漁川ダムでは25.0日と短くなる傾向にある。夏水は、各流域で年毎にバラツキが大きく、特に豊平峡ダムで103.0日と長くなり、それに対し豊平峡ダムを補完する役割のダムである定山渓ダムでは66.0日と短くなる傾向にある。

③平滑化 ( $m_p$ ) において、自然涵養機能の平滑度は0.3~0.5と小さく、それに対し貯水涵養機能では、春水は期間中の貯留量が大きく、平滑度0.9とわずかに貯留量を小さくして灌漑等の補給しているものの、夏水では期間中の貯留量が小さく、また下流の利水目的のために平滑度が1.3と大きい量にして補給している違いがあった。流域間を比較すると、自然涵養機能において、雪ダムでは流域毎にバラツキが大きく、森林ダムでの平滑度は約0.3と一定であった。貯水涵養機能においては、春水、夏水ともに下流の利水目的に沿って貯留、補給しており流域間の差は小さくなる傾向になった。

---

Study on Water Environment Contrast between Recharge in the Area and Dam

by Satoshi MINOBE, and Hajime YAMAGUCHI

(1) 貯留量 (S<sub>+</sub>) の相関

・自然涵養機能

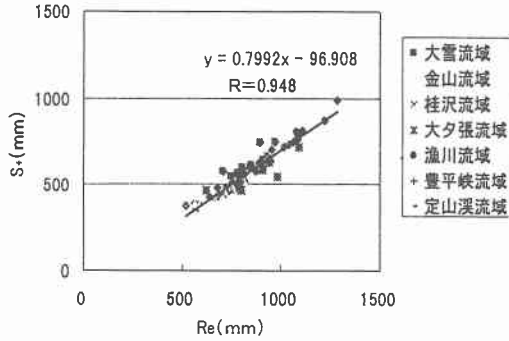
自然涵養機能においては、Input条件である有効雨量 Re は温度変化により降雪、降雨と変化するため、貯留現象も異なることが予想される。また、各流域の地質条件により S<sub>+</sub> は左右されることが考えられたが、量的比較の面から Re との相関を試みて、雪ダムを例として図-1 に示す。Re と S<sub>+</sub> の相関を見ると、相関係数 R=0.95 であり、S<sub>+</sub> は Input 条件の Re に起因していることは明らかであるが、同じ流域において1年サイクルを2期間(雪ダム、森林ダム)に分けることにより相関できることから、そこには温度条件も含まれるといえる。次に、S<sub>+</sub> と Re の相関式を次式に示す。

$$S_+ = a Re + b \quad (1)$$

Re : 有効雨量 (mm)

a、b : 係数

森林ダムでは、降水条件が雨であるため Re に対する S<sub>+</sub> が雪ダムに比べ小さい。雪ダムでは Re の 70% 程度を貯留し、森林ダムでは 60% 程度と、その貯留率が各流域で 10% 程度の差があるが、森林ダムでも図-1 で示す雪ダムと同様に近似することができ、図-1 と比較すると係数 a が小さいな緩やかな直線で近似できる。



ReとS<sub>+</sub>の相関(雪ダム)

図-1 自然涵養機能 S<sub>+</sub> の相関

・貯水涵養機能

貯水涵養機能においては、河川流量の構成成分が融雪出水と雨水の場合では、その現象が大きく異なることが予想される。そこで、自然涵養機能と同様に Input 条件の河川流量 I と相関を試みたが、ダムの利水容量 V が小さい漁川ダムの相関を示すことができなかった。一方、V との相関を試みたが、豊平峡ダムの補完的な役割である定山渓ダムの相関を示すことができなかった。この2つのダム(漁川、定山渓)のバラツキを緩和するために、I と V を組み合わせた I・V との相関を試みる。春水を例に図-2 に表わし、その相関式を次式に示す。利水容量 (V) は、経年変化しないため、貯留量 (S<sub>+</sub>) と流入量 (I) の 10 年間における平均値を用いることにした。

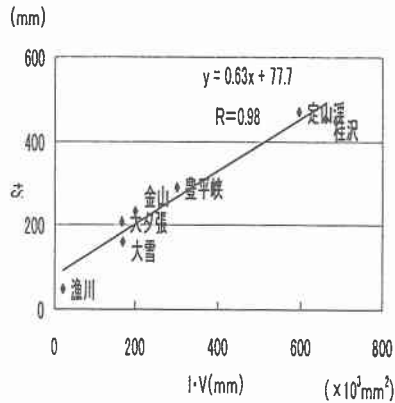
$$S_+ = c (I \cdot V) + d \quad (2)$$

I : 河川流量 (mm)

V : 利水容量 (mm)

c、d : 係数

図-2 に示す春水においては、相関係数 R=0.98 になり、全てのダムにおいて I と V に沿った貯留を人為的に行っていることがいえる。夏水においても同様の方法で相関係数 R=0.88 で示すことができた。



S<sub>+</sub>とI・Vの相関(春水)

図-2 貯水涵養機能 S<sub>+</sub> の相関

(2) 涵養期間 (tg) の相関

・自然涵養機能

自然涵養機能の tg は、降水条件、地被条件の相違から、雪ダムと森林ダムは現象が大きく異なるため、支配因子も異なると考えられる。雪ダムは、降水条件が雪であり、地被は無論「雪」である。流域に滞留する貯留量 S<sub>+</sub> は、春の温度変化とともに徐々に流出する。流域間で標高、緯度に大きな違いがあり、それらの地形因子を考慮した温度条件と貯留量 S<sub>+</sub> との相関について検討を試みた。温度条件として日平均気温 T のデータを基に、雪ダム期間 (12月1日～6月30日) までの積算温度 ΣT と、融雪時期 (3月～5月) の積算温度 ΣT の 2 パターンの因子を考えた。ΣT が減少するにしたがって雪が解けにくく、更に S<sub>+</sub> が大きくなると流出するまでに長時間かかり、tg が大きくなることが予想される。つまり雪の性質から tg は雪ダム期間の ΣT に反比例し、S<sub>+</sub> に比例すると考え、アプローチしてみたが、各流域毎の経年的な相関は良いものの、7 流域を共通して表わすことができず不十分であった。再度検討が必要であり、今後の課題に挙げることにする。

森林ダムの tg は、河川流量が雨水に支配されている森林ダム期間 (7月1日～11月30日) における日貯留量、日補給量のグラフの重心から涵養期間を求めた。本研究の検討方法では日単位ではなく時間単位で貯留、補給をしている結果になったが、実際には7月以降にも融雪に支配されている量が流出しており、グラフの重心がズレたものと考えられ、再度 tg の検討が必要である。

・貯水涵養機能

貯水涵養機能は、河川の流入量ピーク時期に沿って貯留を行い、その量を利水時期に補給している。そのため、流入量ピーク時期の違いから経年的にも tg に差があり、各ダムの利水目的も異なるためダム毎にも差がある。これらの相違条件をクリアするため、tg の基本量となる S<sub>+</sub> との相関を試みる。S<sub>+</sub> と tg は 10 年間の平均を用いることにし、春水を図-3、夏水を図-4 に表わし、その相関式を次式に示す。

$$tg = g \cdot S_+ + h \quad (3)$$

tg : 涵養期間 (日)

S<sub>+</sub> : 貯留量 (mm)

g, h : 係数

図-3 中の直線は、定山溪ダムを除いた近似直線である。このダムは、豊平峡ダムの補完的な役割をしており、灌漑の利水目的がなく<sup>5)</sup> 融雪出水により大きくなった流量を治水する遅延機能の働きが大きいと考えられる。

図-4 中の直線は、桂沢ダムを除いての近似直線である。このダムは、他の流域からの導水により S<sub>+</sub> が大きくなる傾向にあり、他のダムと条件が異なる。

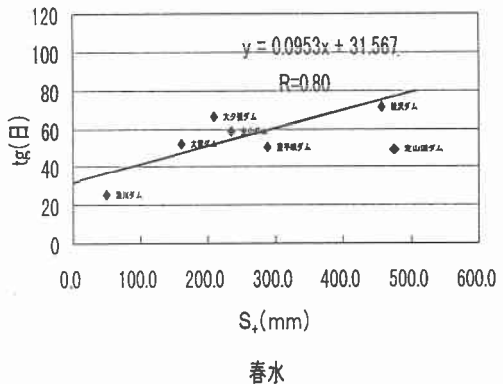


図-3 貯水涵養機能 (春水) tg の相関

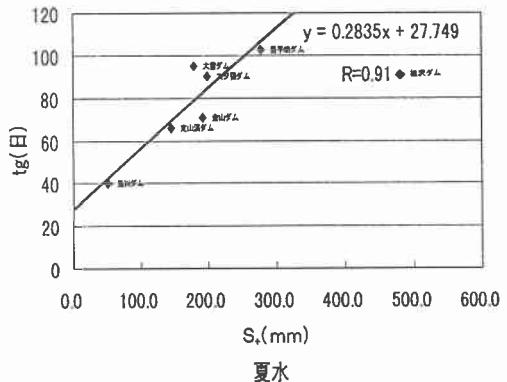


図-4 貯水涵養機能 (夏水) tg の相関

### (3) 平滑化の相関

自然涵養機能、貯水涵養機能ともに、Input条件が雪、雨の温度による相違で平滑度が異なるものの、 $m_{s,u}$ は $m_{s,t}$ で近似でき、その関係を次式に示す。

$$m_{s,u} = i m_{s,t} \quad , \quad m_0 = m_{s,u} / m_{s,t} \quad (4)$$

$m_0$  : 平滑度

$m_{s,t}$  : 日平均貯留量 (mm)

$m_{s,u}$  : 日平均補給量 (mm)

$i$  : 係数

$m_{s,t}$ と $m_{s,u}$ の関係で自然涵養機能の平滑化を森林ダムを例に挙げ図-5に示し、貯水涵養機能では夏水を例に挙げ図-6示す。自然涵養機能では、全ての流域で平滑度が1以下であり、更に、各流域で $m_{s,u}$ の差が小さい。それに対し、貯水涵養機能では、全てのダムにおいて貯水池内で一定の増量をして補給している違いがある。そこで、 $m_{s,u}$ は $m_{s,t}$ によって起因していることから、 $m_{s,t}$ と $m_0$ の関係については、上記と(4)式から、自然涵養機能では負の相関になり、貯水涵養機能では、正の相関になることがいえる。

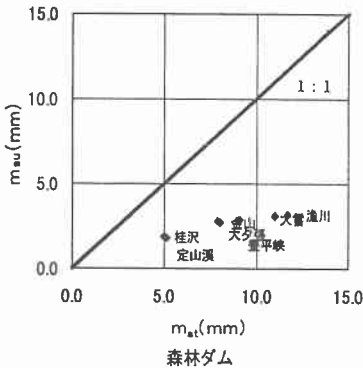


図-5 自然涵養機能の平滑化

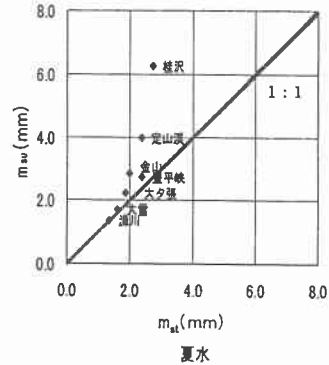


図-6 貯水涵養機能の平滑化

### 3. まとめ

自然涵養機能と貯水涵養機能を①貯留量、②涵養期間、③平滑化の面からの現象結果を基に支配因子を検討した。

- ①貯留量 : 自然涵養機能は雪ダム、森林ダムともにInput条件であるReで相関できた。  
貯水涵養機能はIとVに沿った貯留を人為的に行い、それらを組合わせたI・Vで相関できた。
- ②涵養期間 : 自然涵養機能においては、相関を見つけることができず、今後、検討が必要である。  
貯水涵養機能においては、 $S_+$ で相関できた。
- ③平滑化 : 自然涵養機能、貯水涵養機能ともに $m_{s,t}$ で相関できた。2つの涵養機能で、その現象は大きく異なる。

### 参考文献

- 1) 山口、見延、中澤、谷上：ダム流域の水涵養機能の研究、土木学会第54回年次学術講演会講演概要集、平成11.9
- 2) 山口、見延、中澤、谷上：雪ダム、森林ダム、人口ダムの水涵養機能の比較研究、土木学会北海道支部論文報告集、第55号、1999.2
- 3) 山口、見延、北清、荒貝：ダムの水涵養機能調査、土木学会第53回年次学術講演会講演概要集、平成10.10
- 4) 山口、見延、北清、荒貝：ダムの水涵養機能について調査、土木学会北海道支部論文報告集、第54号、1998.2
- 5) 北海道広域利水調査会 : 北海道のダム1986 昭和61.11.10 発行