

利水ダムを活用した新たな治水の在り方

—2019年台風19号襲来時の信濃川水系のリスクシナリオに基づく検証と提言—

創発戦略センター コンサルタント 石川 智優

目 次

1. 拡大する水害
 - (1) 水害大国日本
 - (2) 拡大する洪水被害

2. 従来の治水手法とリスクシナリオ
 - (1) 従来の治水手法とその中心的役割を果たすダム
 - (2) 従来の治水手法が直面するリスク
 - (3) リスクシナリオの検討

3. 利水ダムの活用による治水効果のシミュレーション検証
 - (1) 利水ダムの活用可能性
 - (2) リスクシナリオに対する利水ダムと多目的ダムの連携による効果のシミュレーション
 - (3) 利水ダムの活用に向けた視点

4. 対応策を実現するための施策
 - (1) 多目的ダムと利水ダムの連携体制の構築
 - (2) 気象予測精度の向上
 - (3) ダムの機能向上

5. 最後に

要 約

1. 日本は山や丘陵が多く河川の傾斜が急という地理的な特徴に加え、梅雨期と台風期の豪雨という厳しい自然条件下にあり、歴史的に水害が多い。そのため、日本はダムの整備、河川改修や護岸の整備、それらの運用による水害の最小化に取り組んできた。水害対策のインフラが一定程度整備されているにもかかわらず、近年は地球温暖化の影響と考えられる大型の台風や線状降水帯などが日本列島を直撃する頻度が高まっており、毎年のように大規模な被害が生じている。
2. 治水には様々な方法があるが、洪水対策だけを目的に国土を利用することは現実的には難しい。そこで、現存するダムや遊水地をいかに有効に運用するかが日本において最も期待される治水の手段であり、山地や丘陵地の多い日本でこれまでも大きな効果を発揮してきた。
3. しかしながら、大雨を伴う台風や低気圧が大型化し、その発生頻度が高まっていること、それらにより施工当時に想定した治水機能を上回る水量が発生する事態が度々起きていることなどから、ダムによる治水は気候変動によるリスクに直面している。こうした点に対して、より大きな治水能力を持つダムを建設することなども考えられるが、ダムの建設には長い時間と巨額の費用を要し、当面の洪水リスクに対処することはできない。また、大雨を伴う台風や低気圧が襲来した後、短期間で再度同規模のものが襲来した場合、治水機能を持つ既存の多目的ダムですべての流入量を吸収することが難しいケースもありうる。
4. こうした状況を考えると、今後の洪水対策については、2019年の台風19号のような規模の大雨に耐えうるだけでなく、短期間（2週間～1カ月程度）に同じ水系に大雨が複数回襲来した場合、現状の治水手法で対応できるか、という観点で最悪のリスクシナリオを想定し、それに耐え得る方策を検討することが重要になる。
5. そこで、既存ダムの運用方法を改善することを念頭に、2019年の台風19号襲来時の状況をもとにリスクシナリオを検討した。具体的には、信濃川水系高瀬川流域における多目的ダム（大町ダム）と利水ダム（高瀬ダム、七倉ダム）をモデルとして、多目的ダムのみで流入水を吸収する運用を前提に「台風19号並みの台風や低気圧が襲来した後、2週間後～4週間後に同規模の大雨を伴う台風や低気圧が襲来する」というリスクシナリオである。結果として、多目的ダムのみによる対応では800万～1,000万m³程度の容量が不足する推計となった。
6. 次に、これらのリスクシナリオに対して既存ダムの運用方法を改善することによる治水効果についてシミュレーションを行った。具体的には、利水ダムに洪水調節容量を設けたうえで多目的ダムと連携することで、短期間で2度の台風襲来に対応可能であるかについてシミュレーションを実施した。シミュレーションの結果、利水ダムに洪水調節容量を設けたうえで台風襲来前に放流を実施し、多目的ダムとあわせて台風襲来時の流入を分担して受け入れることで対応可能であるとの推計となった。このように、利水ダムに洪水調節容量を設けるといった、分野を越えた治水協力は一部の地域で検

討・実施されているが、今後は大雨の発生頻度が高まることを想定して洪水調節容量の確保や協力体制の構築を行う必要がある。

7. 一方で、利水ダムに洪水調節容量を設けることには弊害もある。大雨や台風が発生しやすい夏季は電力需要が高い時期でもある。そこで発電に利用する予定であった貯留水を放流し、予想が外れて大雨が降らなかった場合（ダムへの大量の流入水が発生しなかった場合）、電力会社の収益に影響が出る。利水ダムの治水利用には国と電力会社との連携が必須となるため、このような課題にも対処する必要がある。治水協力に伴う損失等の補填のみならず、放流機能の強化のための費用の補填、ダムや設備のメンテナンス・補修の連携による効率化などについても検討が必要である。

8. また、利水ダムの治水利用に向けた実現に際し、これまで国土交通省が治水に関する体制やシステムの整備を進めてきたことを踏まえると、同省を中心に築かれてきた体制やシステムに利水ダムが連携することが効率的であると考えられる。また、その際には発電ダムを治水目的に利用することに伴う損失を最小にするために気象予測精度の向上は欠かせない。最終的には気象庁等との連携も含め、治水にかかわるダムや各種データを一体的に制御・管理するシステム（統合制御システム）を構築することが望ましい。

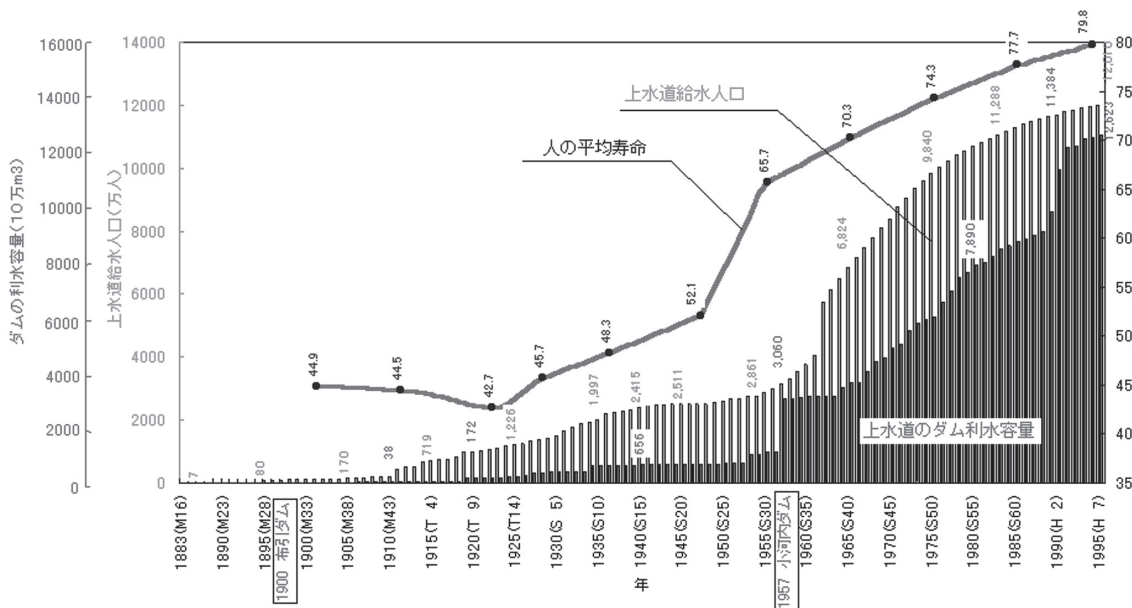
9. 2020年現在、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が世界を震撼させている。そして、新型コロナウイルス感染症の収束が見えないなか、日本はこれから台風や大雨が襲来する季節を迎え、避難所で密閉、密集、密接、いわゆる「三密」の状態が生じることが懸念される。そうなれば、避難と感染という「真に最悪のシナリオ」が生まれてしまう。新型コロナウイルスの現状と近年の台風の発生状況を考えると、真に最悪のリスクシナリオが現実化する可能性は決して低いとは言えない。それを回避するためにも、短期間の取り組みで水害対策の効果が期待できる多目的ダムと利水ダムの連携、そのための体制構築を急ぐべきである。

1. 拡大する水害

(1) 水害大国日本

水と人類は切っても切り離せない関係にある。古来より河川の水を治め、利活用することで文化や技術、生活を発展させてきた。2019年にアフガニスタンで悲劇の死を遂げたベシワール会の中村哲氏はアフガニスタンに治水の技術を教え、それを普及させることで、医療環境の向上、農作物の安定的な収穫などにより、生活基盤の構築に寄与し、当地で尊敬を獲得した。日本でも、平均寿命の伸びと上水道給水人口、上水道のダム容量の増加が相関している、など生活や健康に治水が大きく寄与してきた（図表1）。

（図表1）上水道給水人口・人の平均寿命の推移



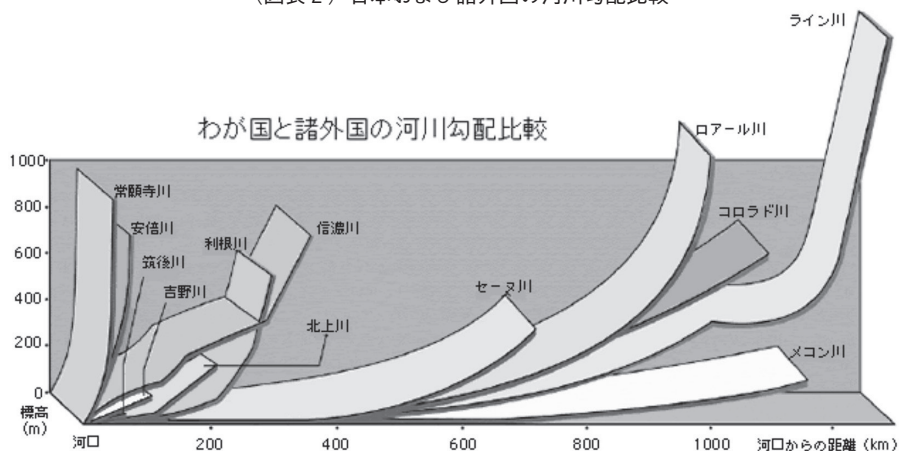
（資料）国土交通省「ダムに関する基本的な考え方」

一方、水は時に甚大な被害をもたらす。現在でも、大雨や洪水などで人々の生活の基盤が失われることが度々ある。日本は山や丘陵が多く河川の傾斜が急という地理的な特徴に加え、梅雨期や台風期の豪雨という厳しい自然条件下にあり、歴史的に水害が多い。そのため、日本はダムの整備、河川改修や護岸の整備、それらの運用による水害の最小化に取り組んできた。水害対策の技術は世界的にも高い水準を維持している（図表2）。

近年は地球温暖化の影響と考えられる大型の台風や線状降水帯などが日本列島を直撃する頻度が高まっており、毎年のように大規模な被害が生じている。2019年に発生した台風19号では、首都圏などで治水対策が効果を発揮した一方で、中・上流域を中心に20水系、71河川、140カ所で堤防が決壊し大規模な洪水が発生した（国土交通省発表）。このような大雨、台風による被害は甚大であり、時には100名を超える死者・行方不明者が発生し、家屋の全壊、半壊、浸水による損害は多い時で3万軒に達している。

勢力を増す台風や豪雨の対策を講じるには、従来からの治水管理に加え、新たな方法が必要となっている。既存のインフラの有効活用や、近年注目を集めているAI、IoTを駆使することで、新たな治水管

(図表 2) 日本および諸外国の河川勾配比較



(資料) 国土交通省「ダムに関する基本的な考え方」

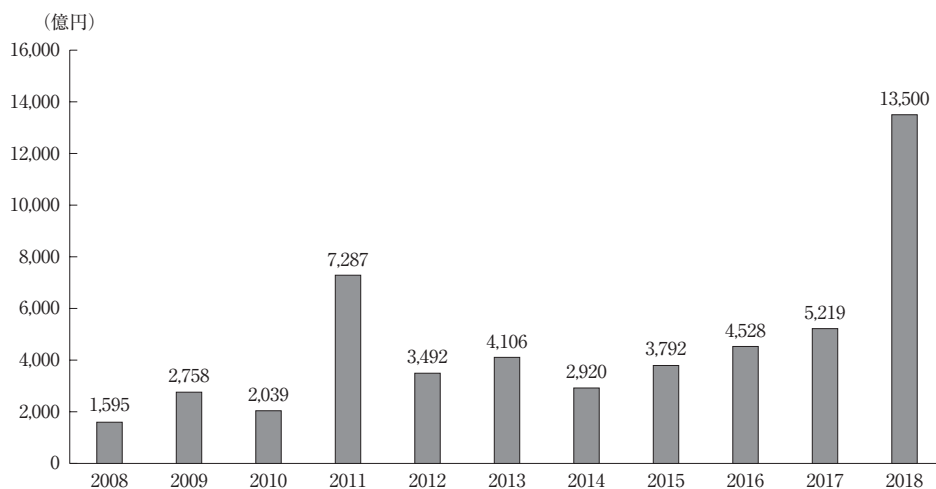
理の手法を確立できる可能性がある。

大規模化する水害への対策は、国民の命、生活を守るための最も重要な政策であるため、迅速な取り組みが求められている。地球温暖化に伴う気候変動の影響による被害を防止・軽減する対応策を法的に位置付け、温室効果ガスの削減に取り組むだけでなく、多様な関係者の連携・協働の下、気候変動への適応に取り組むことで、現在および将来の国民の健康で文化的な生活の確保に寄与することを目的とした気候変動適応法が2018年に施行された。

(2) 拡大する洪水被害

日本はもともと洪水による被害の多い国であるが、水害対策のインフラが一定程度整備されているにもかかわらず近年被害の規模が拡大傾向にある(図表3)。2014年から2018年までの5年間を見ると、毎年500億～1,000億円規模で被害額が増加している。とりわけ2018年の被害額(約1兆3,500億円、うち

(図表 3) 2008年～2018年の洪水被害総額



(資料) 国土交通省「河川データブック2019」より日本総合研究所作成

約1兆1,580億円は2018年7月豪雨による被害額は近年では最大規模となった（注1）。2019年（令和元年）の被害額も2018年と同規模かそれ以上になるものとみられる。

（注1）2018年被害額は速報値。

2. 従来の治水手法とリスクシナリオ

(1) 従来の治水手法とその中心的役割を果たすダム

治水の原則は「水位を下げる」ことである。これに基づき多様な治水の手法が生みだされてきた。一方で、これまでの治水手法は長所と短所があり、絶対的に正しいといえる手法はないのが現状である。

A. 特定の場所で川の水を溢れさせて、水位を下げる

過去には日本でも多用されたが、現代の日本社会では合意が得られない。大きな効果はあるものの、社会的強者（川下等）のために社会的弱者（川上等）が犠牲になる。

B. 川の水を他へ誘導して、水位を下げる（放水路）

東京や大阪など大都市で用いられている手法である。大きな効果はあるものの、川の流れを向けられた地域は洪水の脅威にさらされる。江戸時代には、利根川の切り替えで現在の首都圏は守られたが、下流にある茨城県や千葉県は度々洪水の被害を受けている。

C. 川幅を広げて、水位を下げる（引堤）

川幅の拡張により川の水位を下げるができるが、川沿いの広大な土地が犠牲になる。川沿いすべての土地所有者の合意を得ることは難しいうえ、用地の取得と工事に莫大な費用と時間がかかる。

D. 川底を掘って、水位を下げる（河床掘削）

放水路や川幅拡張のように新たな用地を必要とせず確実に水位を下げるができる。しかし、下流域では海水が逆流して農作物や飲料水に被害が出る可能性があるため、海水を止めるための堰を河口につくる必要がある。

E. ダム・遊水地で河川水を溜めて、水位を下げる

ダムや遊水地は洪水を一時的に溜め、全河川の水位を下げるために効率のよい手法である。一方で、ダム建設は広大な用地を必要とし、場合によっては山間部の村落を水没させる。また、ダムが建設される地域にメリットが少ない反面、主として恩恵を受けるのは下流地域、という地域による負担と便益の乖離という問題もある。

このように、治水の原則に基づいて様々な施策が取られてきたが、上述したように水害の規模は年々拡大している。

治水の手法には様々な方法があるが、洪水対策だけを目的に国土を利用することは現実的には難しい。日本では下流域の河川周辺は、高密度に利用されており、洪水対策のためだけにBの川幅の拡張、Cの新たな放水路の建設のための広大な用地を確保することは、国土の有効利用の観点から限界がある。また、A、Bの対策は地域の選別につながる場合もあり合意形成が難しく、Dは特定の流域に限って有効

な対策と言える。そこで、Eの一類型として、現存するダムや遊水地をいかに有効に運用するかが、日本において最も期待される治水の手段と言えるのである。

古来より、日本では狭山池（616年完成、大阪府）や満濃池（700年頃完成、香川県）など、ダムで安全・安心な地域の生活を確保してきた事例がある。日本のダムの歴史は奈良時代より古く、稲作を主な目的としてつくられた「ため池」（全国で約6万8,000カ所）が起源と考えられる。それが、現在では洪水調節だけでなく、農業用水、水道用水、工業用水、水力発電など幅広く利用されるようになっている。

(2) 従来の治水手法が直面するリスク

前項で示した「E. ダム・遊水地で洪水を溜めて、川の水位を下げる」治水手法は、山地や丘陵地の多い日本で大きな効果を発揮してきた。一方、近年の大雨、台風による被害を振り返ると、ダムによる治水は以下のような気候変動によるリスクに直面している。

【気候変動によるリスク】

- 大雨を伴う台風や低気圧が大型化していること。
- 大型化した台風や低気圧の発生頻度が高まっていること。
- それらにより、施工当時に想定した治水機能を上回る水量が発生する事態が度々起きていること。

こうした点に対して、より大きな治水能力を持ったダムを建設することも考えられるが、ダムの建設には長い時間と巨額の費用を要し、当面の洪水リスクに対処することはできない。

そこで、既存のアセットを有効活用することで当面のリスクに迅速に対処することを検討する必要がある。ここでは、現状のダムの運用方法を改善することにより、台風や低気圧の大型化、高頻度化にどの程度対応できるのかを確認する。ダムの運用による水害対策においては、洪水調節容量（注2）の設計が想定される流入量に適しているかが重要な観点となる。ダムの運用方法の改善では洪水調節容量をいかに上手く使うかが問われることになるが、上述したように個々のダムにおいては、施工当時の治水能力を超える水量が発生するようになっている。そこで、単独のダムの運用方法にとどまらず、分野の異なる複数のダムを連携して運用するという観点が重要になる。

(3) リスクシナリオの検討

A. 台風や線状降水帯の連続発生による影響

近年の台風の実績を見ると、発生頻度に大きな変化はないものの、大型化や大雨を伴うケースが増えている。また、停滞する線状降水帯（激しい雨を降らせる積乱雲が連続して発生し線状に並び、その規模が幅20～50km、長さ50～200kmになるもの）の発生頻度も増加している。

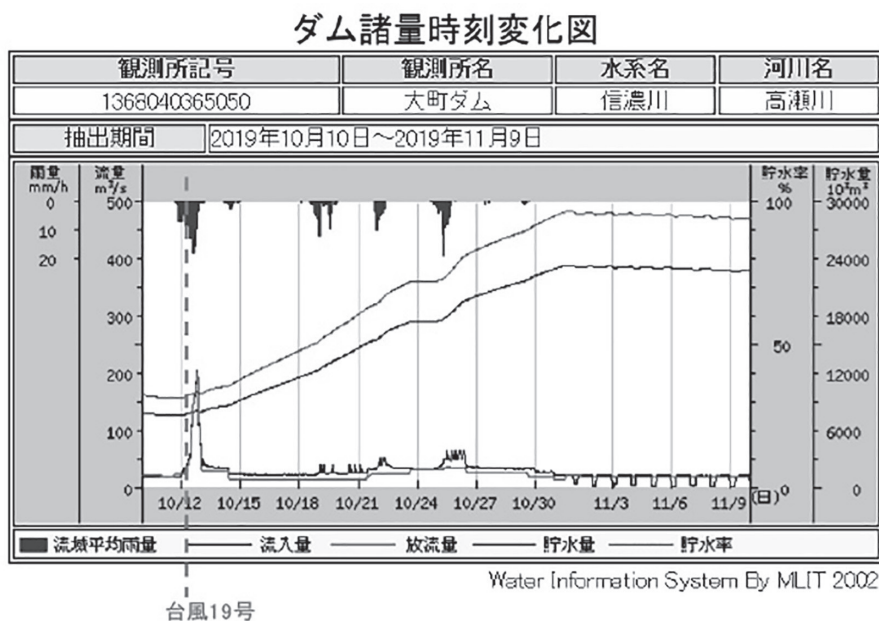
こうした状況を考えると、今後の洪水対策については、2019年台風19号や2017年7月九州北部豪雨のような規模の大雨に耐えうるだけでなく、短期間（2週間～1カ月程度）に同じ水系に大雨が複数回襲来した場合、現状の治水手法で対応できるか、という観点で最悪のリスクシナリオを想定し、それに耐え得る方策を検討することが重要になる。既存ダムの運用方法を改善することを念頭に具体的なリスクシナリオを検討するために、以下の条件を満たす地域を対象にリスクシナリオを検討することとした。

- 2019年台風19号の影響を受けた水系であること。
- 多目的ダムが整備されている水系であること。
- 多目的ダムと同水系に大型の利水ダム（発電ダム）が整備されていること。

これらをもとに全国のダムの調査を行った結果、信濃川水系高瀬川を対象地域としてリスクシナリオの検討を行うこととした。信濃川水系高瀬川には多目的ダム（大町ダム）と利水ダム（高瀬ダム、七倉ダム）が整備されており、2019年台風19号時も被害を受けた河川である。多目的ダムと利水ダムの連携の効果が分かりやすい地域であることも対象に選んだ理由である。

まず、2019年台風19号襲来時の信濃川水系高瀬川の多目的ダム（大町ダム）の運用状況を基に検討を行う。台風19号は大雨を伴って10月12日から13日にかけて信濃川水系に襲来した。大町ダムは、それに伴い放流を開始し、以降流入量に合わせて放流を行った。しかし、台風が過ぎ去った後も貯水量は徐々に上昇していき、およそ3週間後には貯水率が90%を超えた。ダムの下流域の流入量を可能な限り減らして洪水を防ぐために流入水を溜めたことが分かる。こうした大町ダムのギリギリの運用により流域での被害が軽減されたのである（図表4）。

（図表4）大町ダム 2019年台風19号前後の状況



（資料）国土交通省「川の防災情報」より作成

しかし、同規模の台風が2週間後、4週間後に再度襲来するというリスクシナリオが顕在化した場合、大町ダムだけで流入水を受け止めきれなかった可能性がある。前述した通り、ダムの水位は大雨の後も上がり続けるため、第一波の大雨後の放流で貯水量が十分に減少する前に同規模の大雨が襲来した場合、一時的に倍近い流入量が生じる。こうなると貯水率が100%に迫り、ダムの決壊を防ぐために緊急放流

を行わざるを得ない事態に追い込まれ、下流域で洪水が発生する可能性がある。

こうした事態に対処するために重要になるのが二つの運用方法である。

一つ目は、気象予測に基づく貯水量のコントロールである。ダムの洪水調節容量の多くは、大雨に先立った水位の制御により確保されるため、気象情報を大雨に先立ちできるだけ正確に把握することができれば、大雨の前にダムの水位を限界まで下げることができる。

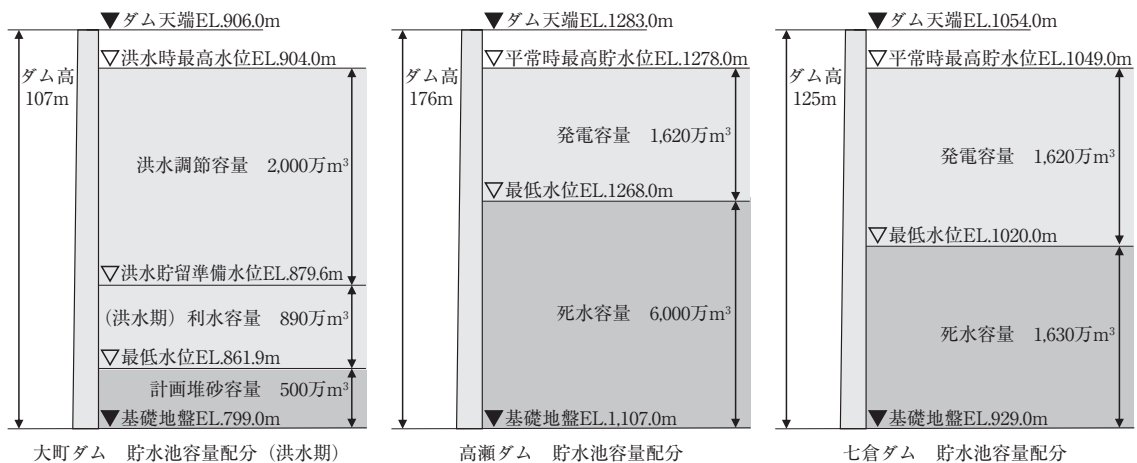
二つ目は、同じ河川にある複数ダムが連携した運用である。

こうした手法の有効性は具体的な事例に基づいて後述する。

B. (大雨を伴う台風や低気圧が高頻度で襲来するという) 最悪のケースを想定したリスクシナリオ

信濃川水系では大小多くのダムや貯水池が整備されている(図表5、6)。とりわけ信濃川水系高瀬川では、多目的ダムである大町ダムに加えて、大型の発電ダムである高瀬ダム、七倉ダムが整備されている。これらのダムにおいて、2019年台風19号の時の貯水容量がどのように推移したかを図表7に示す(注3)。大町ダム・高瀬ダム・七倉ダムの通常時の合計貯水容量は約4,000万 m^3 である。それが台風19号襲来後、約5,560万 m^3 まで増加しており、増加分は洪水調節容量を確保している大町ダムがすべて吸収している。その結果、大町ダムは台風通過後も3週間にわたり貯水率が上昇し続け、上述の通り1カ月後には貯水率が90%を超えたのである。

(図表5) 信濃川水系高瀬川の各ダムの概要



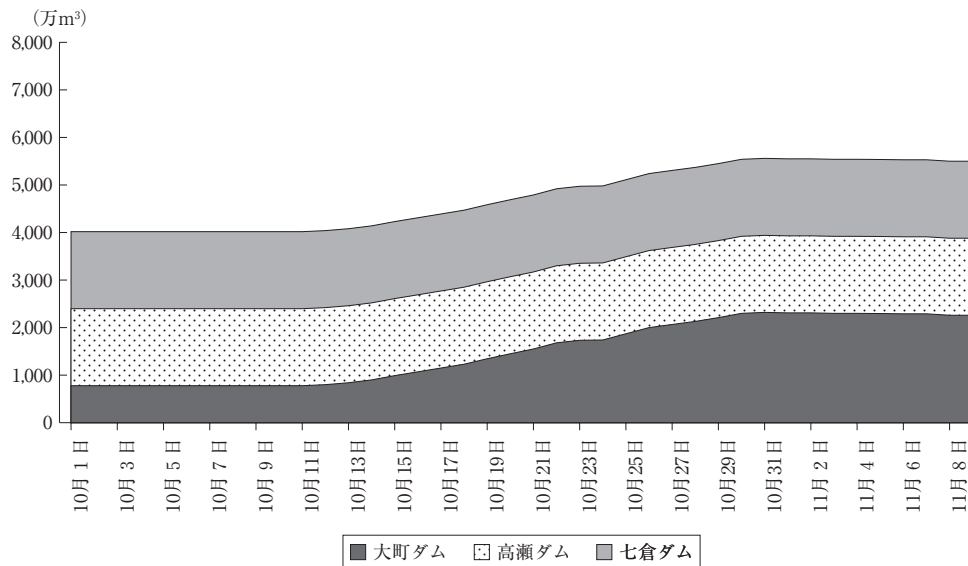
(資料) 国土交通省「大町ダム等再編事業 ダム事業の新規事業採択時評価 説明資料」

(図表6) 各ダムの有効貯水容量

	(m^3)
大町ダム	2,890
高瀬ダム	1,620
七倉ダム	1,629
合計	6,139

(資料) 国土交通省「大町ダム等再編事業 ダム事業の新規事業採択時評価 説明資料」

(図表 7) 2019年台風19号時の信濃川水系高瀬川水系ダムの貯水容量の推移



(資料) 日本総合研究所作成

こうした実際のデータをベースに、台風19号並みの大雨をもたらす台風や低気圧が2週間、4週間の頻度で襲来したリスクシナリオにおけるダムの貯水量を確認する。

【リスクシナリオ①】 台風19号並みの台風や低気圧が襲来した後、2週間後に同規模の大雨を伴う台風や低気圧が襲来する (図表 8)

2週間後に同規模の台風や低気圧が襲来した場合に、各ダムおよび3ダムの合計貯水量がどのように変化するかを推定した結果が図表 9 である。

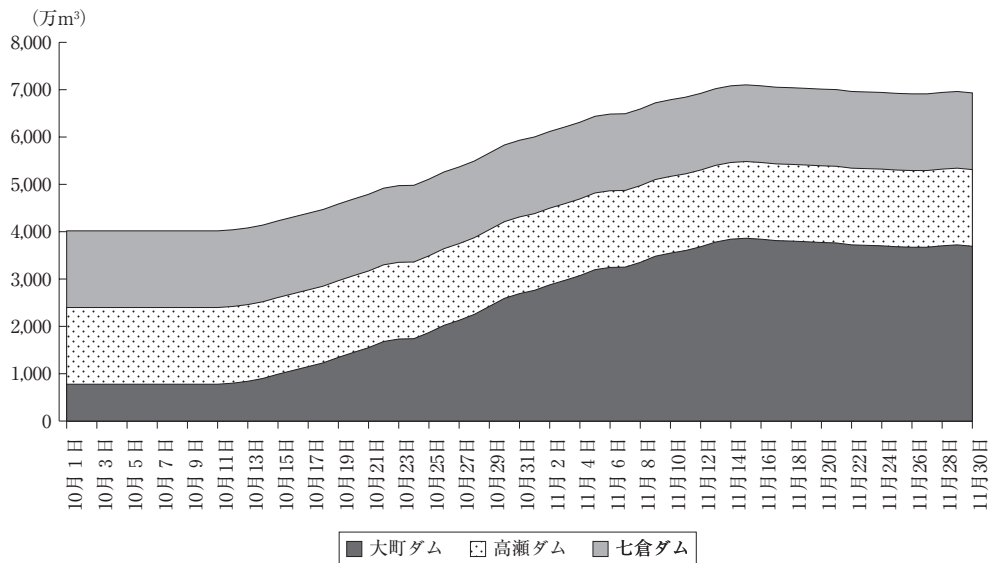
高瀬ダム、七倉ダムは通常運用通り洪水調節を行わず、流入量と放流量を一定とし、大町ダムのみで洪水調節を行う場合、一度目の襲来から1カ月が経過した時点で大町ダムの貯水量は3,860万m³を超えて、有効貯水容量である2,890万m³を大きく超えてしまう。つまり、2週間頻度で大規模台風が襲来した場合、大町ダムの洪水調節容量は約1,000万m³不足し下流に放流せざるを得なくなる。2週間間隔で大規模の台風や大雨が襲来した場合に大町ダムだけで対応すると水害が発生するということである。な

(図表 8) リスクシナリオ①におけるシミュレーション条件

	洪水調節容量の確保	1 度目の大雨を伴う台風		2 度目の大雨を伴う台風	
		降雨開始日	貯水量の増加量	降雨開始日	貯水量の増加量
高瀬ダム	なし	2020/10/12	実績値 (図表 4)	2020/10/26	1 度目の実績値と同値 (図表 4)
七倉ダム	なし				
大町ダム	あり (2,000万m ³)				

(資料) 日本総合研究所作成

(図表9) 2019年台風19号襲来2週間後に同規模の台風が襲来した場合の信濃川水系高瀬川水系ダムの貯水容量の推移予測



(資料) 日本総合研究所作成

お、大町ダムの貯水量は初めの大雨前に778万 m^3 まで下げておくものとする。

【リスクシナリオ②】台風19号並みの台風や低気圧が襲来した後、4週間後に同規模の大雨を伴う台風や低気圧が襲来する(図表10)

4週間後に同規模の台風が襲来した場合の、各ダムおよび3ダムの合計貯水量がどのように変化するかを推定した結果が図表11である。

高瀬ダム、七倉ダムは通常運用通り洪水調節を行わず、流入量と放流量を一定とし、大町ダムのみで洪水調節を行う場合、大町ダムの貯水量は最大で3,700万 m^3 を超え、有効貯水容量である2,890万 m^3 を大きく超えてしまう。つまり、4週間頻度で大規模台風が襲来した場合でも、大町ダムの洪水調節容量は約800万 m^3 不足する。

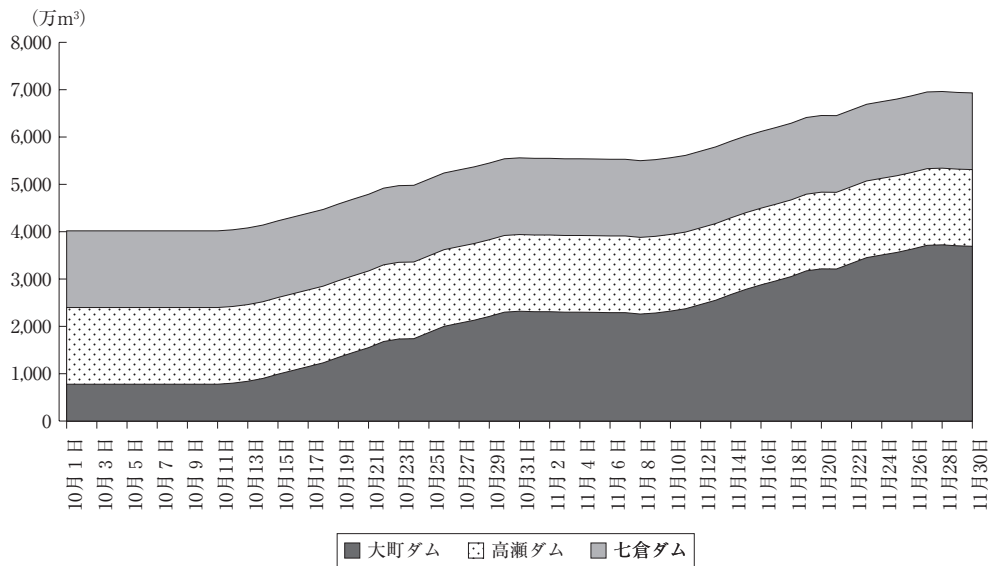
このように、大雨を伴う台風19号並みの台風や低気圧が2～4週間程度の頻度で襲来した場合、今回の推計では多目的ダムだけで水害を防ぐことは難しい。

(図表10) リスクシナリオ②におけるシミュレーション条件

	洪水調節容量の確保	1度目の大雨を伴う台風		2度目の大雨を伴う台風	
		降雨開始日	貯水量の増加量	降雨開始日	貯水量の増加量
高瀬ダム	なし	2020/10/12	実績値(図表4)	2020/11/9	1度目の実績値と同値(図表4)
七倉ダム	なし				
大町ダム	あり (2,000万 m^3)				

(資料) 日本総合研究所作成

(図表11) 2019年台風19号襲来4週間後に同規模の台風が襲来した場合の信濃川水系高瀬川水系ダムの貯水容量の推移



(資料) 日本総合研究所作成

(注2) 洪水調節容量：常時満水位（貯水池に貯めることができる最高水位）からサーチャージ水位（洪水時、一時的に貯水池に貯めることができる最高の水位）までの容量。

(注3) 東京電力管轄である高瀬ダムと七倉ダムの貯水容量の推移は通常時の流入量・放流量（平常時最高貯水位）という前提で算出している。

3. 利水ダムの活用による治水効果のシミュレーション検証

(1) 利水ダムの活用可能性

現在日本で稼働しているダムは、多目的ダムが562カ所、電力・農業用水等の利水ダム（注4）が898カ所となっており、合計で約180億m³の有効貯水容量（注5）を有している。しかしながら、有効貯水容量のうち、洪水対策に使える洪水調節容量は約3割の54億m³にとどまっている（図表12）。また、利水ダムのうち常時洪水調節容量を確保しているダムはない（図表13）。

(図表12) 国土交通省所管ダム（多目的ダム）の貯水容量

水系	管理者	ダム数	洪水調節容量 (百万m ³)	利水容量 (百万m ³)	有効貯水容量 (百万m ³)
1 級	国	92	2,837	2,713	5,550
	水資源管理機構	23	599	1,172	1,771
	道府県	214	1,059	994	2,053
	合計	329	4,495	4,879	9,374
2 級	国（沖縄）	9	26	105	131
	道府県	224	873	882	1,755
	合計	233	899	987	1,886
合計		562	5,394	5,866	11,260

(資料) 国土交通省「ダムの活用について」

(図表13) 利水ダムの貯水容量

水系	許可権者	ダム数	洪水調節容量 (百万m ³)	利水容量 (百万m ³)	有効貯水容量 (百万m ³)
1 級	国	503	0	5,629	5,629
	道府県	115	0	94	94
	合計	618	0	5,723	5,723
2 級	道府県	280	0	1,081	1,081
合計		898	0	6,804	6,804

(資料) 国土交通省「ダムの活用について」

2019年の台風第19号（令和元年東日本台風）においては、上述の国土交通省所管ダムのうち146ダムで洪水調節を実施した。しかしながら、そのうち6ダムで洪水調節容量を使い切る見込みとなり、異常洪水時防災操作（注6）へと移行した。当初計画を超える規模の出水により貯水すべき量を超えた水を流域に放流したということである。計画時には昨今のような雨量、流入量が想定されていなかったことが原因である。今後、大型化、高頻度化する台風や大雨に対応するためには、個々のダムの洪水調節容量の拡張や、流域に存在するダムの連携を図ることで、計画当時に想定されていた流入量と近年の洪水等の乖離をどのように補うかを検討する必要があることが分かる。

すべてのダムの貯水能力を治水に利用するのは難しいが、現在洪水調節に使われていない多目的ダム、利水ダムの一部を洪水調節に利用できれば水害のリスクを減らせるはずである。

(2) リスクシナリオに対する利水ダムと多目的ダムの連携による効果のシミュレーション

現在でも洪水調節容量を有する多目的ダムにおいては、大雨により流域への流入量が急増することが見込まれる場合、事前に放流を実施し洪水調節容量を可能な限り確保している。そのために、洪水調節容量を保つための洪水期制限水位（注7）が設けられている。しかし、ダムの水位を下げるには時間がかかり、大町ダムの場合、サーチャージ水位（洪水時の最高水位）から洪水期制限水位まで水位を下げるのに、急激な放流を避けるように放流すると約50日かかる。台風や大型の低気圧が襲来する時期に、ダムの水位はサーチャージ水位と洪水期制限水位の間にあるため、まずは、正確な気象情報に基づき、できるだけ早期に大雨の襲来を察知し水位を低下させることが必要である。

そのうえで、多目的ダムに加え、台風や大型の低気圧が襲来する時期に利水ダムに一定の洪水調節容量を設けることができれば、水域の洪水の被害を最小限に抑えることができる。過去、国土交通省や道府県が所管する多目的ダムと電力会社等が所管する利水ダムが連携し、緊急放流措置を行った経緯がある。前項で取り上げた信濃川水系高瀬川でも多目的ダムと利水ダムの連携による緊急放流を行った実績がある。ただし、それらはあくまで緊急に行った特別の措置であり、毎年大雨に備えて行うことを想定しているものではない。

しかし、近年、多目的ダムの洪水調節容量を超える可能性がある大型の台風が毎年のように日本列島を襲っており、将来的には大型の台風が短期間に連続して襲来する事態が発生する可能性もある。治水の重要性を考えるのであれば、気候変動により今後大雨の頻度が高まり、大型台風の連続的な襲来という最悪の事態を想定して、多目的ダムと利水ダムが連携できる体制を講じておくべきである。

信濃川水系のような大型水系には電力会社の大型の発電ダムが建設されていることが多い。そこで、発電ダムで洪水調節容量を確保し大型台風襲来時には洪水調節を行う場合を想定し、前述の信濃川水系高瀬川におけるシミュレーションを行った。

A. シミュレーションの前提条件

前述のリスクシナリオに対して、台風19号並みの大雨を伴う台風（第一波台風）襲来の2～4週間後に同規模の台風（第二波台風）が襲来するまでに、第一波台風によって増加する1,560万m³の流量の一部を吸収し、大町ダムの洪水調節容量だけでは不足する800～1,000万m³の貯水容量を確保することができれば洪水を抑えることができる。そのために、第一波台風襲来後に「三つのダムの合計貯水容量」を通常時通り（約4,000万m³）に保ち、台風襲来時の流入を三つのダムで同様に分担して受け入れ、三つのダムの合計貯水容量を維持することを想定する（図表14）。

（図表14）シミュレーションの前提条件

	大町ダム	高瀬ダム	七倉ダム
第一波台風襲来時期	10月12日		
第二波台風襲来時期	10月26日		
第一波台風襲来前の貯水量	778万m ³	1,620万m ³	1,620万m ³
第一波台風に備えた放流開始時期	洪水期は洪水期制限水位	10月8日 (第一波襲来4日前)	10月8日 (第一波襲来4日前)
第一波台風に備えた放流量	—	172万m ³ /日	172万m ³ /日

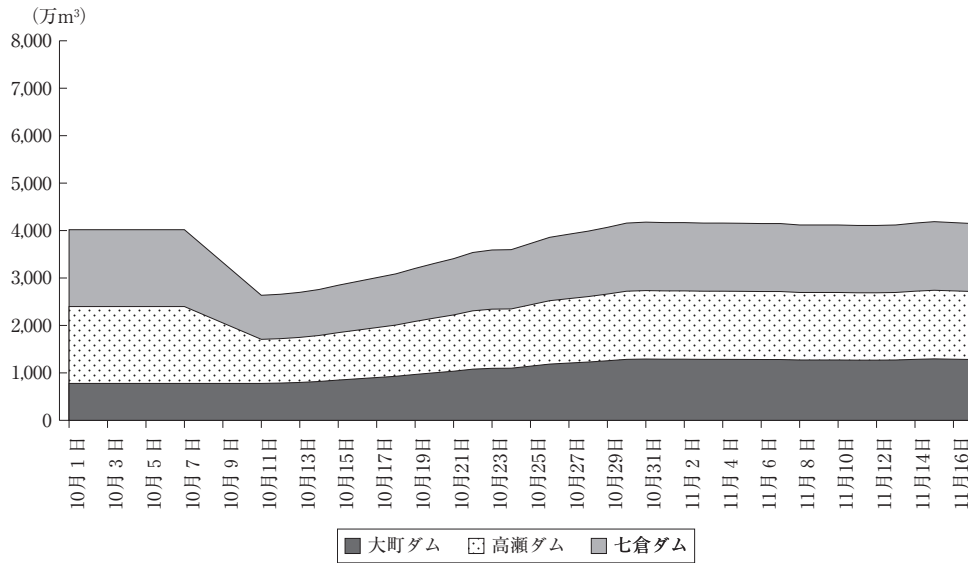
（資料）日本総合研究所作成

B. シミュレーション結果

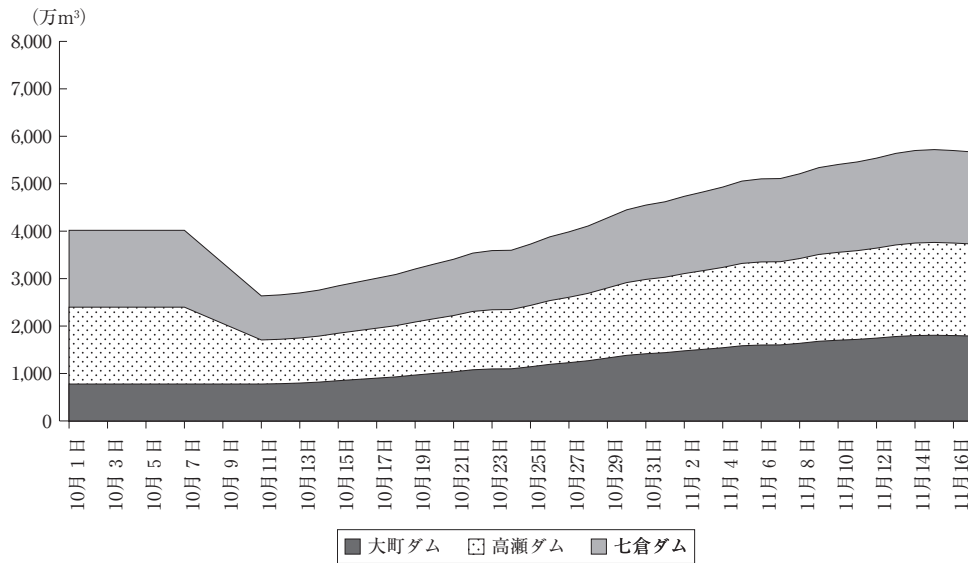
前述の通り、第一波台風による流入量を三つのダムで均等に吸収することを前提とすると、第一波台風襲来4日前から高瀬ダム・七倉ダムでそれぞれ1日当たり172万m³の放流を行えば、第一波台風が襲来した後も合計貯水量を通常通りの約4,000万m³に維持することができる（図表15）。この場合、利水ダムに各々690万m³（2ダム合計1,380万m³）の洪水調節容量を設けることになる。そのうえで、第二波台風が2週間後（もしくは4週間後）に襲来したとしても、第二波台風襲来後の3ダムの合計貯水量は有効貯水容量の6,130万m³を下回る最大5,720万m³にとどめることができる（図表16、17）。

このように、利水ダムにおいて洪水調節容量を確保し大雨襲来前に事前放流を行うことができれば、大型台風が高頻度で襲来するというリスクシナリオに対しても流入水を吸収することができる可能性がある。ただし、そのためには第一波台風襲来の4日（もしくはそれ以上）前から各利水ダムの放流を開始し、平常時最高貯水位から大幅に水位を下げておくことが大前提となる。ここで洪水調節を行ったにもかかわらず大雨が襲来しなかった場合、利水ダム（ここでは発電ダム）の管理者が大きな経済的損失を被ることとなる。後述するが、大雨襲来に備え利水ダムの水位を下げることにより生じる経済的リスクを軽減するためには、正確な気象予測、水系への流入量予測の技術が求められる。

(図表15) 2019年台風19号前に利水ダムの事前放流を行い、台風19号が襲来した場合の信濃川水系高瀬川水系ダムの貯水量推移



(図表16) 2019年台風19号前に利水ダムの事前放流を行い、台風19号襲来2週間後に同規模の台風や低気圧が襲来した場合の信濃川水系高瀬川水系ダムの貯水量推移



(図表17) 第一波台風・第二波台風襲来時の貯水量および第二波台風後の最大貯水量

	大町ダム	高瀬ダム	七倉ダム
第一波台風襲来時の貯水量	778万m ³	929万m ³	929万m ³
第二波台風襲来時の貯水量	1,142万m ³	1,293万m ³	1,293万m ³
第二波台風後の最大貯水量	1,806万m ³	1,957万m ³	1,957万m ³

(資料) 日本総合研究所作成

(3) 利水ダムの活用に向けた視点

現在、国土交通省は「大町ダム等再編事業」において、高瀬ダム・七倉ダムの2ダム合計で1,200万 m^3 を発電容量から洪水調節容量に、大町ダムの水道容量67万 m^3 を洪水調節容量に振り替えることで、新たに合計1,267万 m^3 の洪水調節容量を確保する計画が検討されている。上述の各リスクシナリオにおける洪水調整容量の不足量が最大で1,000万 m^3 であることから、同事業による新たな洪水調節容量が確保されれば、大雨を伴う台風や線状降水帯等が短期間で連続的に襲来しても水害を避けられる可能性がある。このように、利水ダムに洪水調節容量を設けるといった、分野を超えた治水協力は一部の地域で検討・実施されているが、今後は大雨の発生頻度が高まることを想定して洪水調節容量の確保や協力的体制の構築を行う必要がある。一方で、利水ダムに洪水調節容量を設けることには弊害もある。大雨や台風が発生しやすい夏季は電力需要が高い時期でもある。そこで発電に利用する予定であった貯留水を放流し、予想が外れて大雨が降らなかった場合（ダムへの大量の流入水が発生しなかった場合）、電力会社の収益に影響が出る。水力発電は限界費用が高いので、水力発電の発電機会の喪失分を限界費用が低い火力発電で補うと電力会社の収益が低下する。電力会社が発電用に建設したダムを治水という政策目的で使用した結果、電力会社の収益が圧迫されるのであれば、その分は政策的に補填されるべきである。すでに、利水ダムの事前放流への合意を得やすくするために、治水協力を促進する観点から、利水者に対し特別の負担を求める場合における損失補填制度の創設が検討されている。

水力発電の発電量が不安定になることのリスクは他にもある。2016年にパリ協定が批准されて以来、世界的に低炭素化、脱炭素に向けた活動が加速している。そのために、再生可能エネルギーの大量導入が進んでいるが、電力を安定させるためには太陽光発電や風力発電による電力の変動を吸収することが必要になる。水力発電は変動吸収のために最も期待されている再生可能エネルギーだが、日本の水力発電の発電量は総発電量の10%程度に過ぎない。虎の子とも言える水力発電の稼働が太陽光発電の発電量が大きい時期に制約されると、その分だけ火力発電の変動吸収に頼らざるを得なくなる。これは発電ダムが治水に利用された場合には、kWhベースの発電収入だけでなく、水力発電の持つ二酸化炭素削減機能、変動吸収機能も補填すべきであることを示している。

利水ダムの治水利用にあたっては、こうした課題への対処が必要になる。

(注4) 発電（資源エネルギー庁所管）、工業用水（経済産業省所管）、農業用水（農林水産省所管）、上水（厚生労働省所管）のことを指す。

(注5) ダムの総貯水容量から堆砂容量と死水容量を除いた容量。

(注6) 計画を超える規模の出水によりダムの洪水調節容量を使い切る可能性が生じた場合、放流量を徐々に増加させ、流入量と同程度を放流する操作。

(注7) 洪水期（一般的に6～9月）に必要な洪水調節容量を確保するために常時満水位よりも水位を低下させておく際の水位。

4. 対応策を実現するための施策

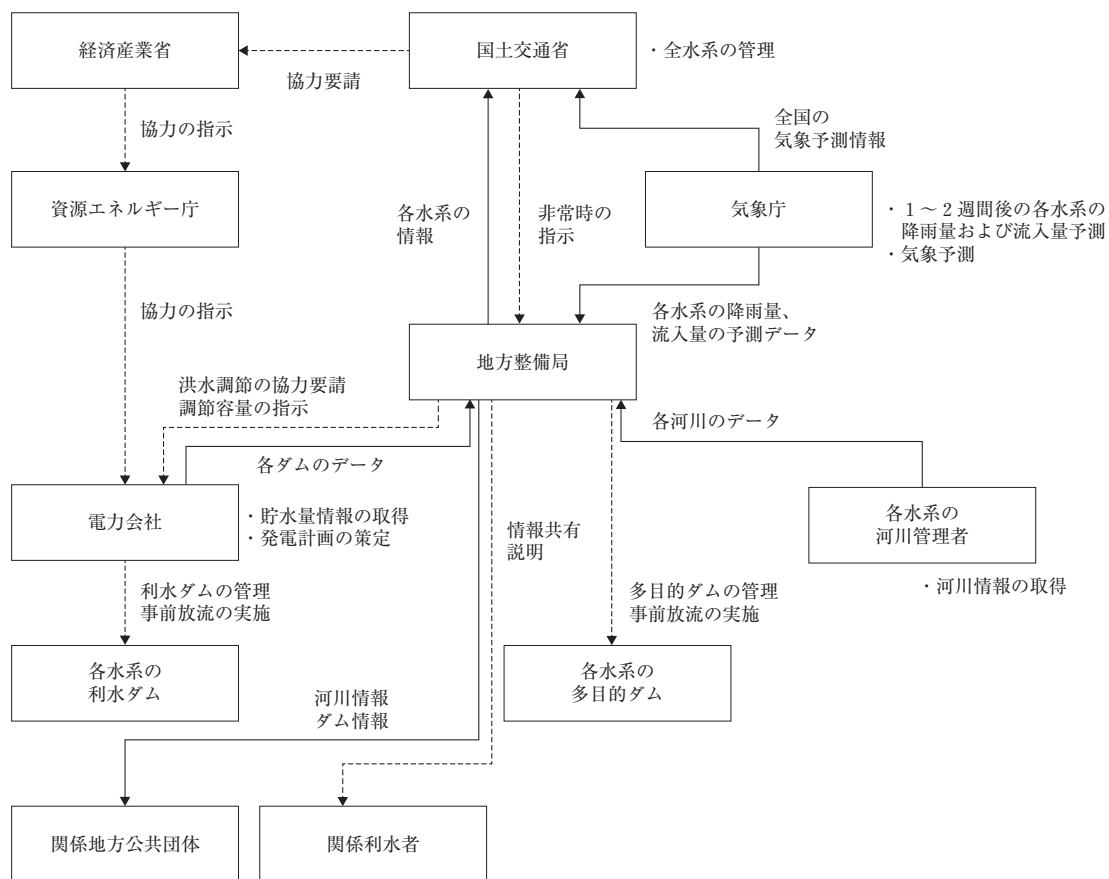
(1) 多目的ダムと利水ダムの連携体制の構築

利水ダムの治水利用には国と電力会社との連携が必須となる。水力発電ダムは高水圧を得るために水系の最上流に建設される場合が多く、治水目的で利用すれば高い治水効果が見込まれる。しかしながら、治水目的でのダムの運用には、ダム自体の運用に関するノウハウに加え、降水量の予測や河川管理者や

流域自治体との連携などに関する技術、知見、体制が必要となる。そのための情報通信基盤も構築する必要がある。管轄の異なるダムを円滑に連携するためには、これらをどのように統括するかが問われる。これまで、国土交通省が治水に関する体制やシステムの整備を進めてきたことを踏まえると、同省を中心に築かれてきた体制やシステムに治水ダムが連携することが効率的であると考えられる。また、その際には後述する気象庁等との連携も含め、治水にかかわるダムや各種データを一体的に制御・管理するシステム（統合制御システム）を構築することが望ましい（図表18）。

一方、電力会社が、需要が減少するなかで規制緩和による自由競争にさらされていることを踏まえると、電力会社にとってもメリットのある連携の枠組みが検討されるべきである。そのためには、上述した治水協力に伴う損失等の補填のみならず、放流機能の強化のための費用の補填、ダムや設備のメンテナンス・補修の連携による効率化などが考えられる。

(図表18) 情報共有体制案



(資料) 日本総合研究所作成

(2) 気象予測精度の向上

上述した統合管理体制を円滑に機能させ、治水機能を高めるだけでなく、発電ダムを治水目的に利用したことに伴う損失を最小にするために気象予測精度の向上は欠かせない。近年、スーパーコンピュー

ターの計算速度やシミュレーション手法の向上により気象予測の精度が向上している。今後は、「京」と比べ最大100倍のアプリケーション実行性能を持つ「富岳」（2021年頃より運用開始）が活用されることなどにより、気象予測精度の一層の向上が見込まれる。あわせて日本の準天頂衛星「みちびき」による気象予測精度の向上も期待される。こうした技術により気象予測の精度が向上し、ダムの運用側でも精度の向上した気象データを活かせるようにシステム面の強化を図れば、余裕をもって水位調整ができるうえ、利水ダムの治水利用による電力システムへの影響も最小にできる。気象予測精度の向上は治水のみならず、多目的ダムの利水利用の機能も高める。渇水リスクが低減するうえ、農業では大雨や干ばつの予測に応じて農作物や栽培時期を選択し収益向上を図ることが可能となる。

(3) ダムの機能向上

利水ダムのなかには、放流設備の位置や有無など構造上の制約から十分な洪水調節容量を確保できないダムも多い。洪水調節容量が確保できる場合でも、放流設備の改修などが必要になるだろう。将来的な流量や大雨の発生頻度の増大を踏まえこうした改修を行う際には、電力会社の負担とならないよう、国の負担で改修費を補填することを前提とすべきである。

多目的ダムにおいても死水容量を削減し洪水調節容量を増加させるために取水口の位置を下げる等の改修が必要になるダムもある。

一方、気候変動対応を踏まえたエネルギーシステムの構築における水力発電の重要性を考えると、利水ダムの治水利用によって失われる可能性のある水力発電の発電量を補完するための対策も必要である。そのために、治水ダム側においても、発電機能の追加、増強の可能性を検討すべきである。治水ダム側で一定規模の発電機能の拡大が見込める場合は、統合的なダムの運用を踏まえた発電が行える体制についても検討が必要である。

5. 最後に

近年の台風や低気圧の襲来状況を踏まえると、今後は、従来通りの治水施策に加え、より高頻度で大型の台風や低気圧が襲来することを想定した施策を検討しなければならない。リスクシナリオの段階を上げて検討するということである。前述した大型の台風や低気圧が同地域に2～4週間の頻度で襲来する、という事態は現在考えられる最悪のリスクシナリオと考えていいだろう。このリスクシナリオに対応できるよう、多目的ダムと利水ダムの連携を進めなければならない。

2020年現在、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が世界を震撼させている。そして、新型コロナウイルス感染症の収束が見えないなか、日本はこれから台風や大雨が襲来する季節を迎える。台風や大雨、地震などの災害が発生した際、大きな被害が発生する、もしくはその可能性がある地域の住民は避難所に避難することとなる。避難所では密閉、密集、密接、いわゆる「3密」の状態が生じることが懸念される。そうなれば、当該地域では避難と感染という「真に最悪のリスクシナリオ」が生まれてしまう。米ミシガン州では、2020年5月、連日の豪雨により二つのダムが決壊し、洪水被害に見舞われた。500年に一度とも言われるこの災害により、数千人の住民が避難したが、一部では避難所での感染を恐れて車のなかで過ごした人たちもいたという。

水害の危機が迫り、数万人が避難しなければならないとなった場合、まずは避難することが優先され、それを前提に感染対策を検討することになるだろう。日本においては、全国の自治体が「避難所運営マニュアル作成方針～新型コロナウイルス感染症に対応した避難所運営マニュアル～」を作成し、避難所のレイアウトや避難者が新型コロナウイルス感染症を発症した場合の対応などの方針を公表した。それでも、避難時点で感染が広がっていれば、感染拡大を防ぐのは容易なことではない。

近年の台風の発生状況を考えると、真に最悪のリスクシナリオが現実化する可能性は決して低いとは言えない。それを回避するためにも、短期間の取り組みで水害対策の効果が期待できる多目的ダムと利水ダムの連携、そのための体制構築を急がなければならない。

(2020. 6. 3)

参考資料

- ・国土交通省「ダムに関する基本的な考え方」(https://www.mlit.go.jp/river/dam/main/dam/thinking_index.html)
- ・国土交通省 [2019]. 「河川データブック2019」(https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen_db/pdf/2019/0-1allv3.pdf)
- ・国土交通省 [2019]. 「ダムの活用について」(https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kisondam_kouzuichousetsu/dail/siryou1.pdf)
- ・国土交通省「川の防災情報」(<https://www.river.go.jp/portal/#80>)
- ・国土交通省「大町ダム等再編事業 ダム事業の新規事業採択時評価 説明資料」(https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/r-jigyohyouka/dai13kai/pdf/3-1.shiryou.pdf)