

気候変動に向けたダム群ポテンシャルの最大活用 ～ 利根川ダム群の統合運用と再編をモデルに ～

目 次

1. はじめに
2. 流域ダム群の治水・利水機能の最大化に向けて
 - (1) これまでのダムにおける治水・利水容量の確保
 - (2) ダム群としての治水・利水機能の最大化に向けた基本的な考え方
 - (3) 既設ダム群の機能向上に向けての四段階の展開
3. 利根川におけるダム再編の具体的提案
 - 3-1 治水
 - (1) 利根川上流ダム群再編の治水上の必要性及び緊急性
 - (2) 洪水調節機能を増強するダム
 - (3) 洪水調節機能の強化方策
 - (4) 洪水調節効果の算定
 - (5) 利水容量振替先の検討
 - 3-2 利水
「危機管理容量」の設定と確保
 - 3-3 水力発電
貯留水の発電への活用（高度運用による増電、揚水発電）
 - 3-4 利根川ダム群再編ポテンシャル（まとめ）
4. むすびに

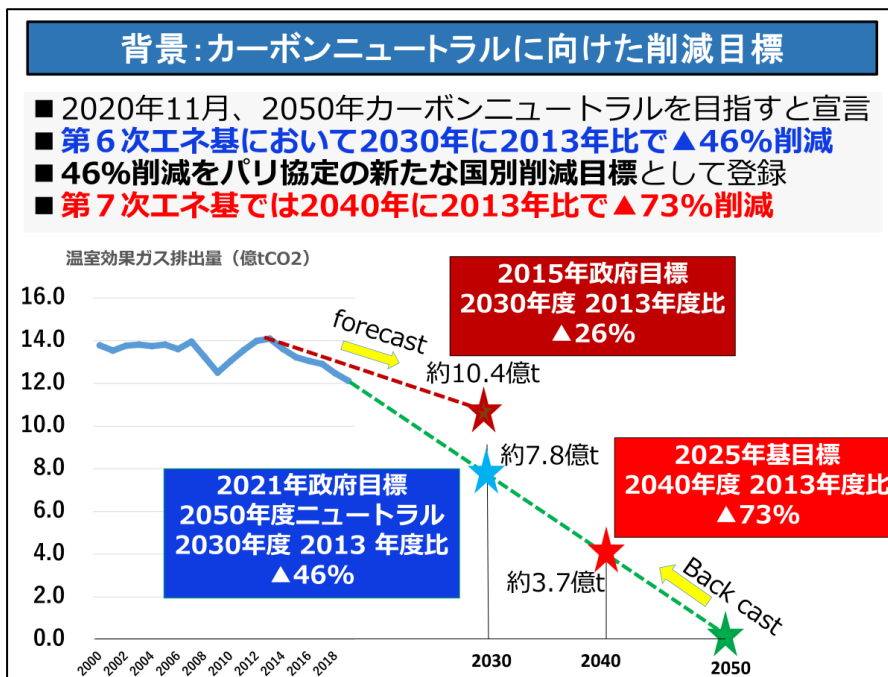
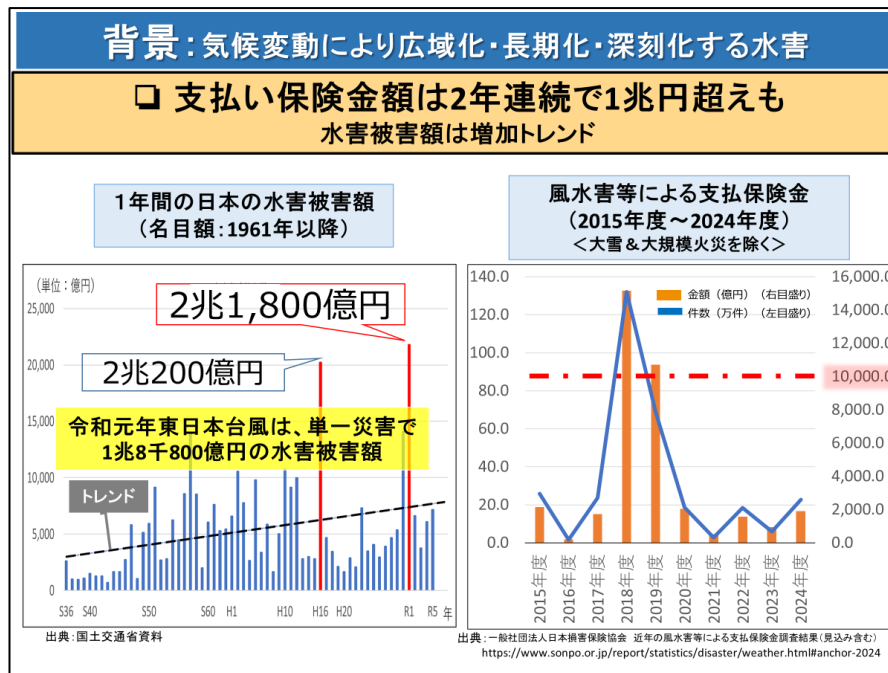
（一社）日本プロジェクト産業協議会（JAPIC） 水循環委員会
ダム群活用タスクフォース（D・T・F）

令和7年10月23日

1. はじめに

- 本提言は、気候変動に対する適応策・緩和策の強化に向けて、個々のダムにおける高度運用に加え、流域内のダム群を対象にして治水・利水機能の再編と操作の最適化を図り、究極の全体最適を目指す統合運用を提案するものである。
- わが国のみならず、グローバル社会における地球温暖化による災害の激甚化が現実のものとなっており、JAPIC はその危機感を社会に発信するとともに、対処すべき方策の提案を精力的に行っている。
- 具体的には、2020 年 12 月に「国土・未来プロジェクト研究会」から、「豪雨災害に関する緊急提言 ～治水対策のパラダイムシフトに向けて～」と題して気候変動による気象・水象災害リスクの科学的解明と国民への発信等、緊急かつ実践的な対応の方向性を示唆する提言を行った。2021 年 6 月に「水循環委員会」からは、「激化する気候変動に備えた治水対策の強化と水力発電の増強～治水・利水の統合運用と再編に向けたパラダイムシフト～」を提言している。
- また、我が国を取り巻くエネルギー情勢は、経済安全保障上の要請の高まりや、DX、AI の進展による電力需要増が見込まれるなど大きく変化しており、地球温暖化の緩和策であり、安定したエネルギー供給への適応策でもある水力発電を推進することは肝要かつ喫緊の課題となってきた。
- 本年（令和 7 年）2 月に決定された第 7 次エネルギー基本計画では、水力エネルギーの最大限の活用に向け、「流域総合水管理」も踏まえ、治水機能の強化と水力発電の促進を両立させるダムの運用の高度化、既設ダムの発電施設の新増設、ダム改造・多目的ダムの建設の推進や、電力ダムも含めた複数ダムの連携、既存設備のリプレイスによる最適化・高効率化、発電利用されていない既存ダムへの発電設備の設置等の推進を関係省庁で連携し対応していくこととされたところである。
- さらに、気候変動による影響は水災害の激化のみならず、世界的な干ばつの発生など水供給の面にも及んでおり、わが国においても少雨年や渇水の発生頻度の増大による渇水被害の深刻化が懸念されている。また、南海トラフ地震や首都直下地震等の巨大災害の発生が一層現実味を帯びてきている中、大災害時の水不足等の危機的な状況での水供給の確保を早急に進めることが必要となってきた。
- こうした事態に対処するためには、治水能力の増強及び利水安全度の維持・向上並びに水力発電能力の強化に向け、「激化する気候変動に備えた治水対策の強化と水力発電の増強」で提案した流域全体のダム群を対象にした治水・利水機能の再編の考え方等を踏まえ、究極の全体最適を目指す統合運用の具体化を推進して

いかなければならない。



○ このため、本提言では、水系が首都圏を含む一都5県にまたがり、全国の中で最大の流域面積・流域内人口及び一般資産額を抱える利根川流域をモデル流域として、ダム群の治水・利水機能の再編により究極の全体最適を目指した場合に発揮できる効果の可能性、つまり利根川流域のダム群の有する治水・利水機能のポテンシャルの評価を行い、気候変動に備える役割を明らかにする。また、治水・利水機能の向上に向けた全体最適を目指すため、「危機管理容量」という新たな目的のダムの容量を提案する。

2. 流域ダム群の治水・利水機能の最大化に向けて

(1) これまでのダムにおける治水・利水容量の確保

- 戦後のカスリーン台風等による激甚な水害への対策や高度経済成長に伴う水需要の急増への対応が求められたため、我が国の多目的ダムの整備は昭和30年代から本格化し、環境が整ったダムから、それぞれの治水・利水計画を策定し順次整備が進められてきたところであり、これまでに各流域において相当程度の治水容量・利水容量が確保されてきた。
- しかしながら、その過程の中では、治水・利水ともに早急な対応が求められたため、個々のダムごとに治水・利水の双方について一定の効果を発現させることが最優先された。このため、必ずしも「治水に有利」や「利水に有利」といった各ダムの特性が十分に反映された整備がなされてこなかった。
- このため、
 - ・ 治水容量については、ダム上流の流域面積が大きい等の治水の効果が高いダムにおいて十分な容量を確保できているとはいえない状況となっており、
 - ・ 利水容量については、後発整備されたダムでは、先行的に整備されたダムによる流水の貯留を優先させる必要があることから、流入量が多いにもかかわらず当該ダムに貯留できる分は少なく十分な利水容量が確保できていない等、

現時点で改めて評価してみると流域全体で見たダム群の治水容量・利水容量の配置は、必ずしも効率的な配置となっていない。

(2) ダム群としての治水・利水機能の最大化に向けた基本的な考え方

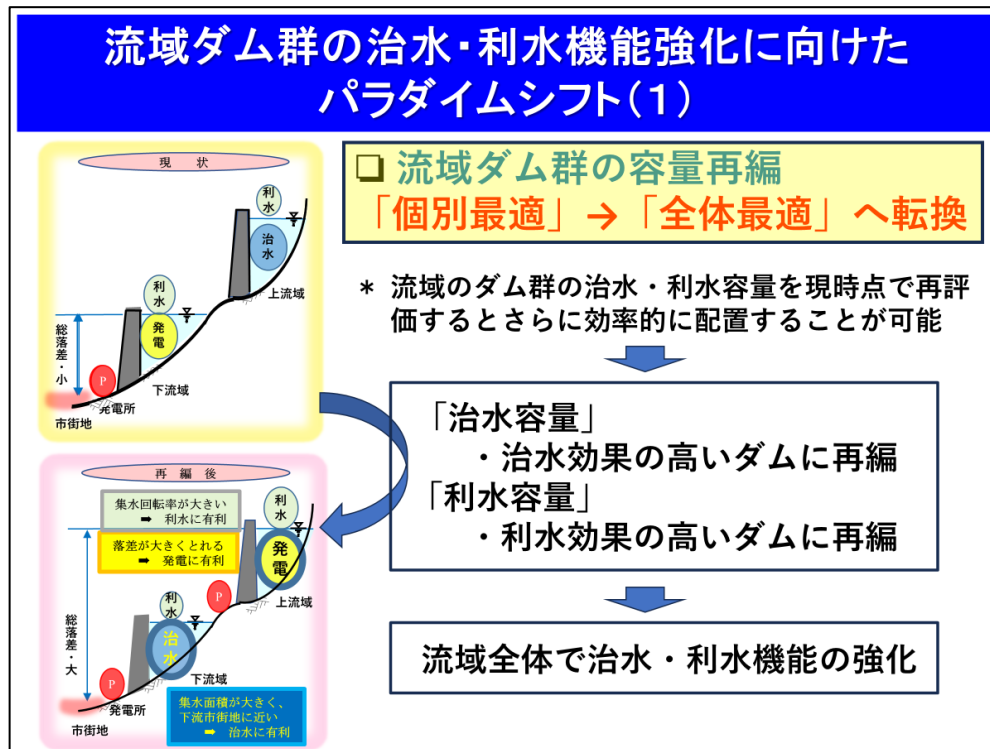
- 今後、気候変動に備え、流域のダム群の治水・利水機能をさらに強化していくため、流域のダム群全体を対象に治水・利水目的を一体で評価する、いわば「個別最適」から「全体最適」への転換が必要である。
- この取り組みを進めるためには、
 - ① ダム群全体を対象にした容量の再編による機能の向上
 - ② 容量の多目的化による機能の向上
 - ③ 降雨・洪水の予測を活用した操作ルールへの見直しによる機能の向上の3つの方策が必要であり、以下にこの方策について具体的な内容を示す。
なお、以下では「治水容量」のうち洪水調節機能に特化した議論を展開するため、以下では「洪水調節容量」を用いる。

① ダム群全体での容量の再編による機能の向上

- ・ 前述したように、多くのダムが完成した現時点において流域全体の視点から評価した場合には、必ずしも洪水調節容量・利水容量ともに最適な配置とは

なっていない。

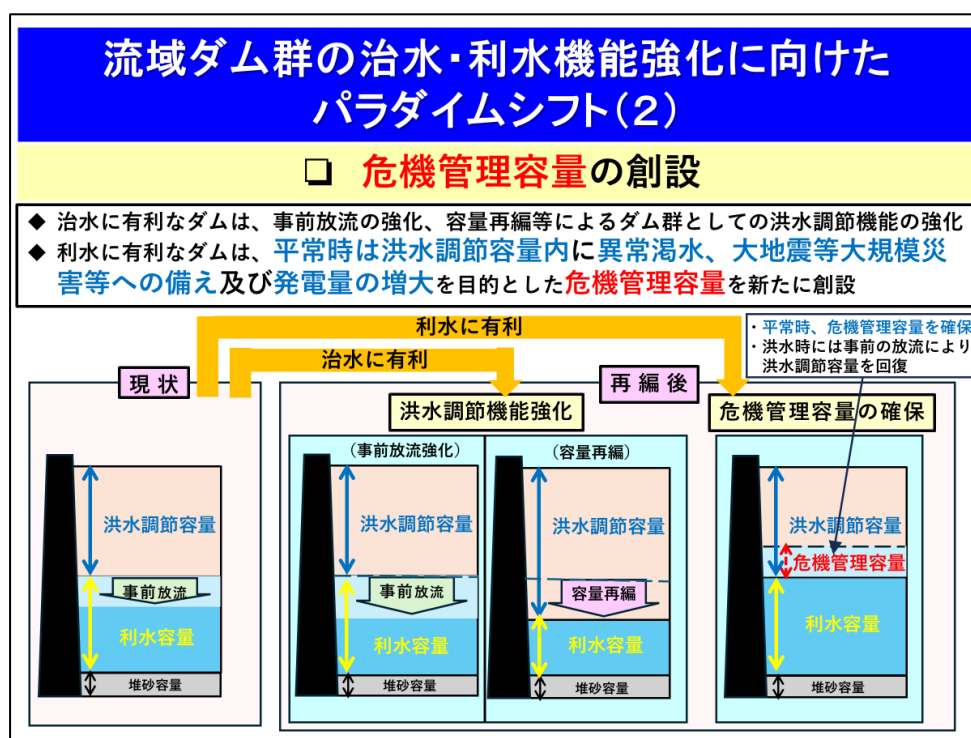
- ・ このため、例えば治水に有利な下流に位置するダムから年間総流出量が多い利水に有利なダムに利水容量を振替えることにより治水に有利なダムの洪水調節容量を増大させ、利水に有利なダムの利水容量を増大させる等、既存ダム群の容量の抜本的な再編を行うことで、ダム群全体として治水・利水機能の向上を図ることができる。



② 容量の多目的化による機能の向上

- ・ 洪水を調節するために空容量を確保したい治水と、できるだけ高い貯水位で多くの容量を確保したい利水は利益相反の関係にあり、制限水位等により治水と利水の容量を貯水位で明確に区分しダムを運用してきた。
- ・ これに対して、近年の降雨予測やダムへの洪水の流入量予測等の研究や技術開発が進み、この予測を利かしたダムの治水・利水容量の新たな有効活用が始まっている。
- ・ 近年、数日程度先までの日雨量単位での予測精度が一定程度向上したこと等を踏まえ、令和2年度から、大規模な洪水の発生が予測された場合に利水容量内の貯留水を予め放流し洪水調節のための容量を所定の容量以上に確保しておく「事前放流」が実施されている。
- ・ また、洪水調節のみを目的としている現在の事前放流を、利水も目的としたものへと発展させることをめざした JAPIC 提言の「高度運用」の取り組みが始まっている。

- ・ この高度運用の取り組みをさらに進め、洪水につながるような降雨が予測される場合に事前放流することを前提として、洪水調節容量内にも水を貯留することで、新たな機能を付加することが可能となる。
- ・ この水は、洪水調節容量内における貯留水であることから、比較的高い頻度で事前放流されることが想定されるため、通常の上水や工水等の目的の用水としての活用は困難であるが、大規模渇水や大規模災害、さらには現在実施されている治水目的での事前放流した利水容量が回復しない場合の代替水源等の不測の事態に対応するための用水として活用可能である。
- ・ このため、気候変動による大規模渇水の顕在化や、また南海トラフや首都直下地震の発生が差し迫っている現状を踏まえ、これらに備えるための用水を洪水調節容量内に貯留する「危機管理容量」を新たに創設することを提案する。

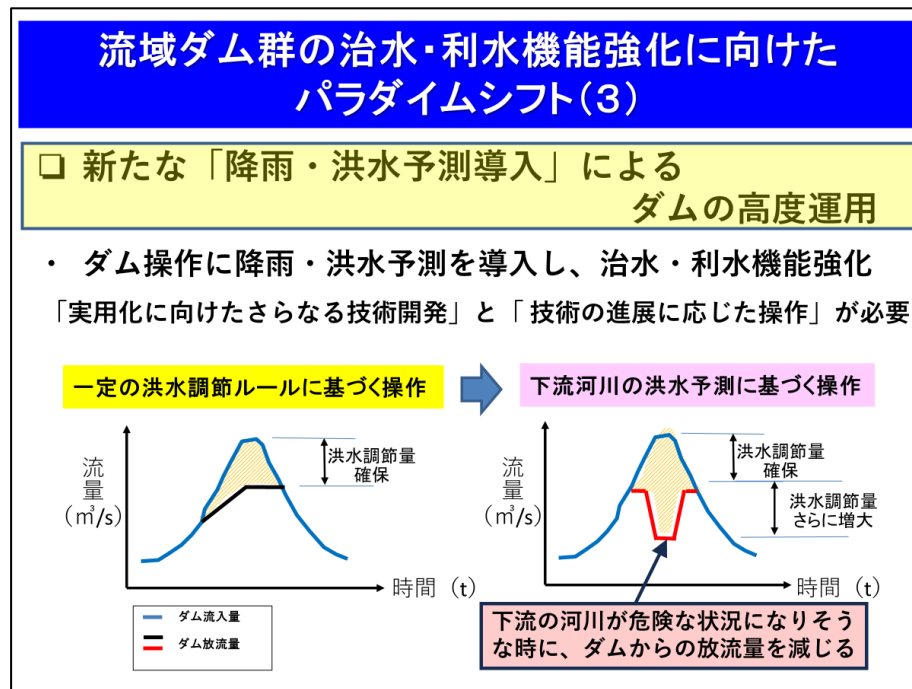


③ 降雨・洪水の予測を活用した操作による機能の向上

- ・ これまでの洪水時のダム操作は、当該ダム貯水位の観測に基づいて算出された流入量に応じて放流量を決定することとされている。また、その放流量については、過去の洪水に基づき洪水のパターンを複数想定したうえで、下流河川の改修の状況も踏まえ、一定の洪水調節ルールを設定し、この定められたルールに基づき決定され、実際の洪水調節を行ってきた。
- ・ このようなダムへの流入量を基本としたダムの洪水調節操作は、降雨予測やそれを踏まえた洪水流出計算の精度が十分ではない現状では有効な方策ではあるが、今後の降雨予測技術や下流河川の洪水予測等の進展により、ダム

への流入量と下流河川の洪水流量の予測に対応した操作が可能になれば、さらに洪水調節機能の強化につなげることができる。

- ・ また、利水面においても、降雨予測技術等の進展により長期間の降雨が精度よく予測することができるようになれば、現在取り組まれている高度運用の効率化やより早期からの節水等を行うことで、大規模取水制限の緩和をさらに進めることが可能となる。



- ・ 具体的な機能向上に向けた取り組みは下記の通り。なお、治水の強化と合わせ利水の強化が求められる中で、第7次エネルギー基本計画において水力エネルギーの最大限の活用に向けた取り組みが求められており、本提言では多様な利水目的のうち、水力発電に焦点をあててその強化を検討した。

【治水】

- ・ 洪水流量を予測する地点（以下「洪水予測地点」という。）の上流域の面積が大きく、かつ予測時間が短い場合には、当該洪水予測地点の予測流量は現時点までに降った雨に大きく支配されることから、洪水流出モデルの精度向上により、洪水流量の予測の精度を相当程度向上させることが可能である。
- ・ このため、流域面積が大きい河川であって、洪水予測地点までの距離が短いダムにあっては、洪水予測モデルの精度を向上させることにより、洪水予測地点の流量に応じた操作が可能となる。
- ・ 一方、洪水予測地点までの距離が長いダムにおいては、ダム地点から下流の洪水予測地点までの洪水到達時間内の降雨量も下流の洪水流量に大きな影響を及ぼすことから、このようなダムの場合には、流域の特性に応じた降雨

の時空間分布予測の高精度化が不可欠である。

- ・ 現時点においてはこのような高精度の降雨予測は実用化に至っていないため、今後、こうした技術開発や研究によりダムによる洪水調節機能の向上を図っていくことが必要である。

【水力発電】

- ・ 水力発電の増強に向け、洪水調節直後において当面まとまった降雨がないことが予想される場合に、洪水調節により上昇した水位を下げる過程において洪水調節容量内の水をできるだけ発電用水圧管を通して放流し、無効放流を少なくする取組が始まっている。
- ・ 今後、日雨量や融雪出水等の予測精度をさらに向上させることにより、数日後にダムへの流入量の増大が予測される場合に、前述した危機管理容量内等の水を、発電用水圧管を通じて放流することで発電量の増大を図り、数日後に増大する流入量により発電に活用した貯留水を回復するという運用（以下「予測精度の向上による更なる高度運用」という。）も可能になる。

(3) 既設ダム群の機能向上に向けての四段階の展開

- 流域における既存のダム群の治水・利水機能の全体最適実現に向け可能なものから順次対応していくことを想定し、技術の進展に応じた具体的な4つの段階を提案する。

【第一段階（現状）】

- ・ 治水：事前放流による洪水調節のための容量の増大
- ・ 利水：流域内の利水容量の統合運用（流域内の複数の利水容量を一つの容量と見做して溜まりやすいダムから使用する等の運用。一部の水系・河川で実施されている。）
- ・ 発電：降雨予測を活用した個別ダムでの高度運用による水力発電の増強

【第二段階（現在の技術で実現可能な段階）】

- ・ 治水：事前放流による洪水調節のための容量の増大
ダム群としての容量の再編
ダム再編を踏まえたダム操作ルールの見直し
- ・ 利水：危機管理容量の設定
- ・ 発電：降雨予測や融雪出水の予測を活用した高度運用
危機管理容量の設定に伴う貯水位の上昇による発電量の増大
危機管理容量を活用した揚水発電の実施

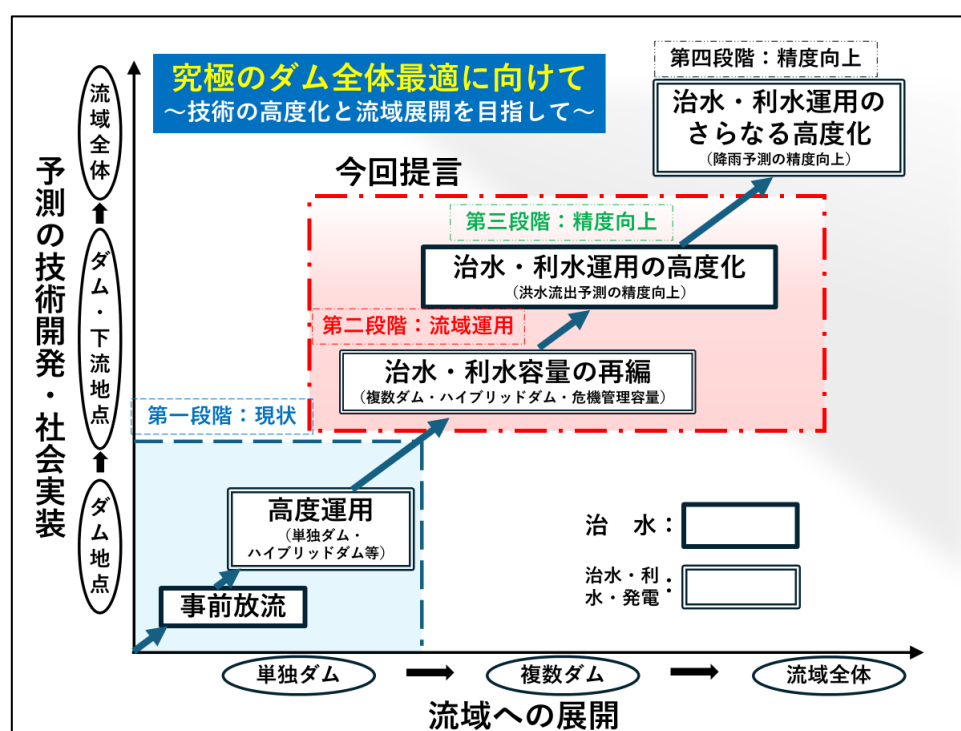
【第三段階（実現のためには一定程度の技術開発が必要な段階）】

- ・ 治水：流域面積が大きい河川に存するダムであって洪水予測地点までの距離が短いものにおける洪水流出モデルの精度向上を踏まえた洪水予測地点の予測洪水流量に応じた操作の実施
- ・ 利水：第二段階と同様
- ・ 発電：第二段階と同様

【第四段階（実現するためにさらなる技術開発を要する段階）】

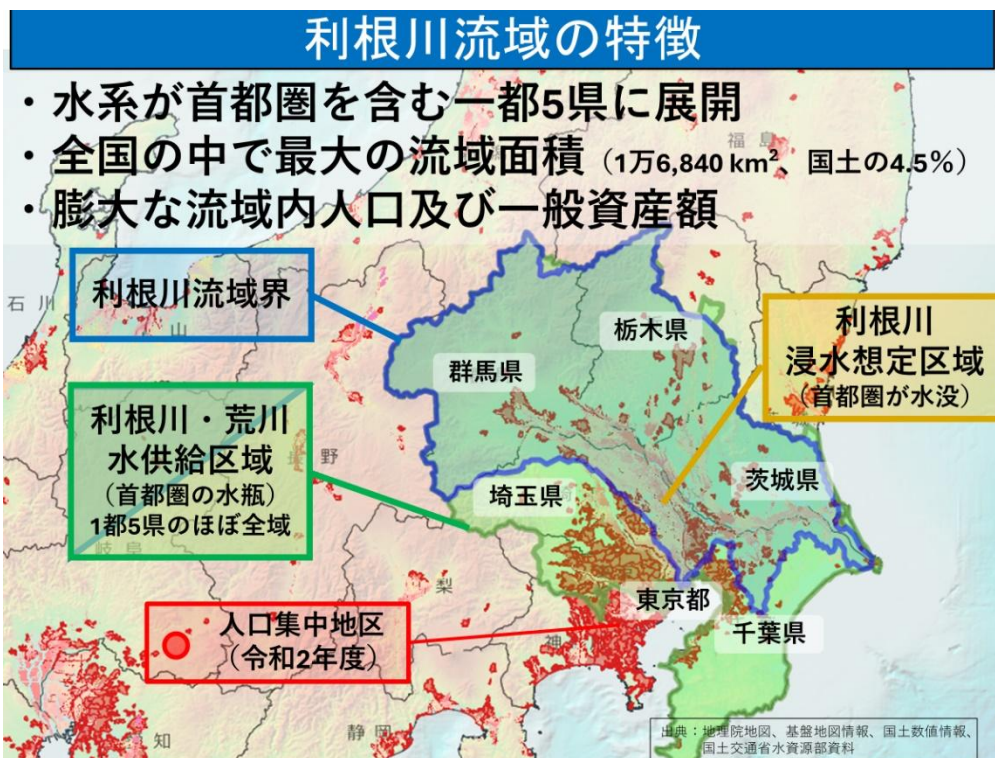
- ・ 治水：降雨予測の精度向上を踏まえた全てのダムにおける洪水予測地点の予測放流に応じた操作の実施
- ・ 利水：危機管理容量の強化
- ・ 発電：予測精度の向上によるさらなる高度運用の実施

○本提言における利根川水系の治水・利水ポテンシャルの算出については、降雨・流量予測技術の現状を踏まえ第三段階までを対象として実施した。今後の降雨・流量予測の進捗を図り、第四段階での全体最適の実現を期待するものである。



3. 利根川におけるダム群再編の具体的提案

○気候変動に備え、流域のダム群の治水・利水機能をさらに強化していくため、第2章で示した考え方にに基づき、流域のダム群全体を対象に治水・利水目的を一体で評価する、いわば治水・利水の「個別最適」から「全体最適」への転換と合わせ、新たに「危機管理容量」を設けることによる治水・利水機能強化の可能性について、我が国の治水・利水双方の観点から極めて重要な河川である利根川流域をモデルで検討し提案する。



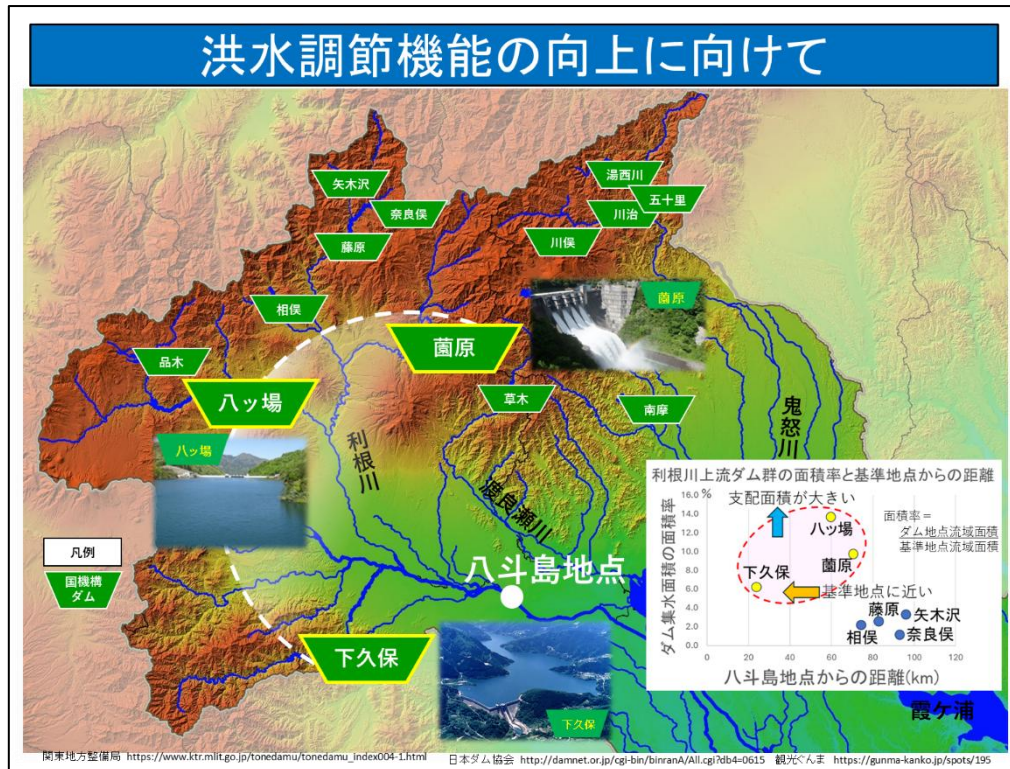
3-1 治水

(1) 利根川上流ダム群再編の治水上の必要性及び緊急性

- 利根川では、令和元年台風 19 号に伴う洪水により計画高水位や氾濫危険水位を超過しており、万一、本川堤防が決壊していれば、首都圏に甚大な被害を発生させるとともに、我が国全体の社会・経済活動に多大なる影響を及ぼしていた可能性がある。
- この洪水の直前にハッ場ダムの工事は完了し、試験湛水を開始した直後に洪水が来襲した。このため、ハッ場ダムでは流入した洪水をほぼ全量貯留し、この洪水において大きな役割を発揮したが、仮に整備されていなかった場合には甚大な災害に結び付いていた可能性がある。
- 令和 6 年 7 月に利根川の河川整備基本方針が改定され、気候変動による影響を考慮して基本高水ピーク流量は約 1.2 倍に増加（22,000m³/s→26,000 m³/s）している。このうちダム等の分担流量は現行の 5,500 m³/s から 8,300 m³/s となり、約 1.5 倍に大幅に増加し、従前の計画に比べダム等による洪水調節の役割はさらに大きくなっている。
- これまで、利根川流域では S22 年のカスリーン台風以降、下流河川の改修による洪水流下能力の強化と合わせ、上流域においてダムによる洪水調節機能の強化が図られてきた。令和 2 年にハッ場ダムが吾妻川流域に完成し、治水計画の基本諸元である基本高水や計画高水流量を定める基準地点である八斗島地点の上流

の3大流域（奥利根、吾妻、烏・神流）に相当程度の洪水調節容量が確保され、上流域における様々な地域分布の降雨に対して洪水調節効果が期待できる状態になっている。

- このため、気候変動に伴う外力の増大に対して、治水安全度向上の早期発現を目指し、利根川流域のダムの配置状況や特性を踏まえ、広域かつ大規模な再編により、洪水調節機能の向上にむけた取り組みを早急に進めていく必要がある。



(2) 洪水調節機能を増強するダム

- ダム群の再編にあたっては、流域全体として治水機能の最大化を図ることを念頭に、治水効果が大きく向上することが見込まれるダムを選定し、当該ダムについては、利水機能の確保・強化を前提に利水容量の他ダムへの振替やダムの嵩上げ等により、可能な限りの洪水調節容量の増大を図ることとする。
- 新たな洪水調節容量の増大により水系全体での治水効果の大きな増大が見込めるダムとしては、
 - ・ 治水計画の基準地点である八斗島に近いダム

ダム地点と基準地点との距離が短いほど、ダム地点における洪水調節効果が大きく減じることなく基準地点での治水効果に結び付く可能性が大きくなる
 - ・ 基準地点上流域の面積に対するダム上流域の流域面積の割合が大きいダム

基準地点上流の面積に対して、ダム上流域の流域面積の割合が大きいほど

ダムで多くの降雨を集水し洪水を調節することから治水効果が高い等の条件を満足するものが該当する。さらに、これらのダムのうち、相当雨量（流域面積（A）に対する洪水調節容量（V）： V/A ）が小さいダムは洪水調節容量の増強で大きな治水機能の増強が期待できる。

- 以上を踏まえ、利根川において治水効果の大きな増大が見込めるダムとして、烏川・神流川系の下久保ダム、奥利根系の藺原ダム、吾妻川系のハッ場ダムが対象となりうる（ダム上流域の面積と基準地点の流域面積に対する割合：下久保ダム 323 km^2 ：約 6%、藺原ダム 494 km^2 ：約 10%、ハッ場ダム 711 km^2 ：約 14%）。
- 本提言においては、これらのダムについて治水機能の強化を図ることとして、その効果を算定することとした。

(3) 洪水調節機能の強化方策

- 洪水調節機能の強化方策として、洪水調節容量の増大、下流河川の状況に応じたダム操作ルールの見直しがある。
- ダムの洪水調節機能を強化するための個々のダムの洪水調節容量を増大させる方法として、①ダムの嵩上げ等によりダムの容量そのものを増大させる、②多目的ダムの場合、洪水調節容量と利水容量の配分を変更し、利水容量あるいはその一部を洪水調節容量に振り替える（この場合、従前の利水機能を代替するための対策を合わせて講じていく必要がある）、③予備放流や事前放流による一時的な洪水調節容量の増大（この方法によるダムの強化の効果を見込むためには、洪水時に確実に容量が確保できるような対策をあらかじめ講じておく必要がある）等がある。
- （２）で挙げた洪水調節機能を増強するダムについては、各ダムの自然的、社会的条件を踏まえた具体的な可能性を考慮し、以下に掲げる方策により洪水調節容量の増大を図ることとした。
- 下久保ダムについては、貯水池の地形等の条件等を考慮し、ダムの嵩上げや事前放流による大規模な洪水調節容量の増大は行わないこととし、ダム直下の地域への利水補給のための容量を除いた利水容量を他ダムに振り替えることにより洪水調節容量の増大を図る。
- 藺原ダムについては、現在の洪水期の利水容量が予備放流により洪水調節容量として活用されていることから、自然的条件かつ社会的影響を踏まえた可能な限りの嵩上げの実施により洪水調節容量の増大を図ることとする。
- ハッ場ダムについては、水没地の生活再建が貯水池周辺で実施されていることから嵩上げが困難であること、貯水池の地形等の条件から現状において実施されている事前放流が限界であることから、当該事前放流に加えて利水容量の一部を他

ダムに振り替えることにより洪水調節容量の増大を図ることとする。

○ 効果を算定するにあたり、想定した各ダムの増加容量は以下のとおりである。

【下久保ダム】

- ・ 洪水期の利水容量 8,500 万 m^3 のうち、ダム直下流域に補給する不特定容量 5,400 万 m^3 を除いた利水容量約 3,100 万 m^3 （洪水期）が振替対象となるが、利水容量の配置の流域内でのバランスを考慮し、約 2,000 万 m^3 の利水容量を洪水調節容量に振替ることとした。

【蘭原ダム】

- ・ 地質条件や大規模な家屋の移転等による社会的影響を考慮すると、10～20m 程度の嵩上げが可能であると考えられる。このため、ここでは、嵩上げにより 2,000 万 m^3 の洪水調節容量の増大を見込むこととした。

【ハッ場ダム】

- ・ ハッ場ダムについては、他ダムへの利水容量の振替により、現在の約 940 万 m^3 の事前放流と合わせて、1,500 万 m^3 の洪水調節容量の増加を見込むこととした。

(4) 洪水調節効果の算定

○ 前述の容量再編等による洪水調節容量の増大を前提として、以下に示す方法により、概略の効果について算定した。

【対象とする洪水】

- ・ 本提言では、利根川の治水にダムの再編のポテンシャルの大きさを示すことを目的に、検討の対象洪水として八斗島地点の代表的な洪水パターンである昭和 22 年型洪水の基本高水を対象とした。

【具体的な算出の流れ】

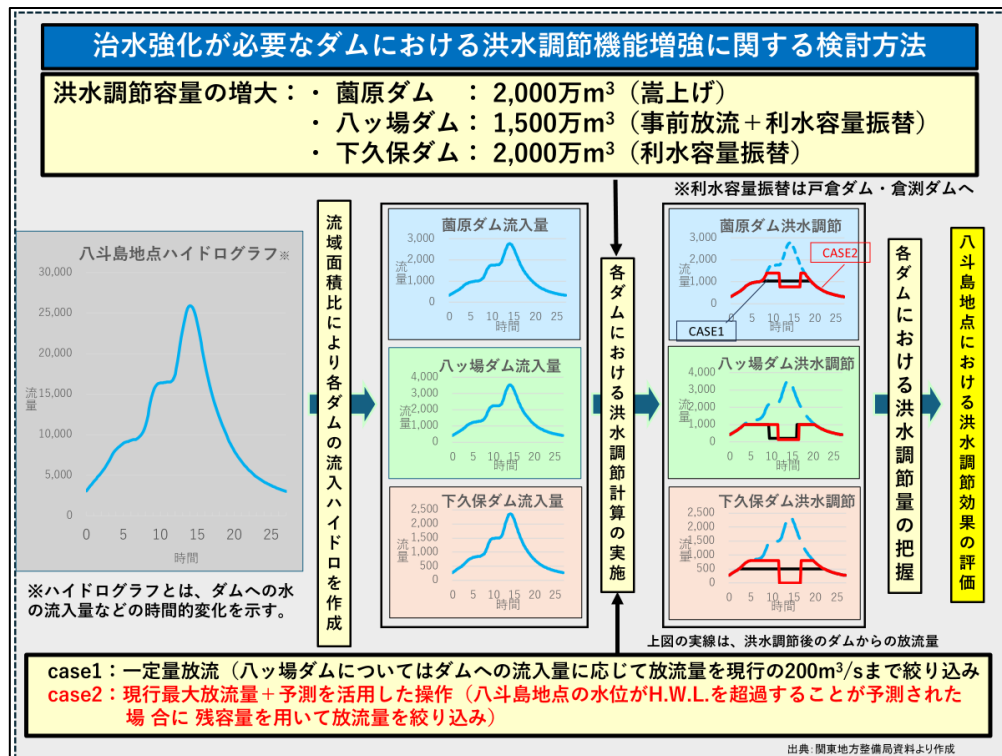
- ① S22 型基本高水における八斗島地点流量を基に、流域面積比により下久保ダム、蘭原ダム及びハッ場ダム地点における流入ハイドロを作成。
- ② 下久保ダム、蘭原ダムについてはともに 2,000 万 m^3 、ハッ場ダムについては 1,500 万 m^3 の洪水調節容量の増大を考慮して、①の流入ハイドロに対し、以下の 2 ケースの洪水調節方法による効果について算定した。

Case1：各ダムの再編後の洪水調節容量増大による洪水調節機能強化

- ・ ダムへの流入量に応じて放流量を定めるという一般的な洪水調節操作を前提として、どの程度までダム地点の洪水調節効果が増大するか算定した（前述の第二段階に対応）。

Case2：予測技術の進展を想定した洪水調節機能強化

- 下流の河川の状況に応じた最適操作が行えるようになったと仮定した場合に、どの程度までダム地点の洪水調節効果が増大するか算定した（前述の第三段階に対応）。



1) Case1（現在一般的に行われているダム流入量に応じた操作とした場合）

- 本ケースでは、現在一般的に用いられているダムへの流入量を踏まえて放流量を定める洪水調節ルールを設定した場合について、効果量を算定した。

《Case1 における洪水調節操作に関するルール》

- 一定量放流を基本とし、その際の放流量については設定したダムへの流入ハイドロに対し一定量放流により洪水調節容量を使い切る放流量とする。
- ただし、これにより設定した放流量が、現在の操作規則におけるピーク流入量時の放流量（ピーク時放流量）を上回る場合には、下流河川の水位が高くない洪水初期及び後期には放流量を大きくし、ダムへの流入量が一定量を上回った場合に放流量を絞り込む操作とした。
- 以上の条件の下、各ダムの操作ルールを以下のとおり設定した。
 - 菌原ダム：1,040 m^3/s 一定量放流
 - ハッ場ダム：流入量が2,200 m^3/s になるまでは1,000 m^3/s 放流、2,200 m^3/s を上回った場合に200 m^3/s まで放流量を絞り込み
 - 下久保ダム：460 m^3/s 一定量放流

- ・ 算定の結果は下表のとおりであり、洪水調節容量の増大及びこれに応じた一般的な操作ルールの設定により、最大 $1,700\text{m}^3/\text{s}$ の洪水調節量の増大を見込むことができる。
- ・ これは、河川整備基本方針の改定により洪水調節必要量の増大分である $2,800\text{m}^3/\text{s}$ の約 6 割（洪水調節必要量全体である $8,300\text{m}^3/\text{s}$ の約 2 割）に相当し、容量再編等による洪水調節容量の増大は有効な対策であることを示している。

ダム名	洪水調節量増分（ダム地点）
藺原ダム	$780\text{m}^3/\text{s}$
ハッ場ダム	$540\text{m}^3/\text{s}$
下久保ダム	$400\text{m}^3/\text{s}$
計	約 $1,700\text{m}^3/\text{s}$

Case2（予測技術の進展を想定した洪水調節機能強化）

- ・ 予測技術が進展し八斗島地点の流量を精度よく予測することが可能となった場合には、ダムから八斗島地点までの洪水の流下時間を考慮して、八斗島地点の水位が非常に高くなる時間帯以外は放流量を増大させ洪水調節容量を温存し、当該時間帯を対象に各ダムが放流量を大きく絞り込む操作を行うことができるようになることが期待される。
- ・ 本ケースにおいては、八斗島の流量を精度よく予測できることを前提とした操作ルールによる効果量を算定し、将来に向けた可能性を評価した。

《Case2 における洪水調節操作に関するルール》

- ① ダム地点におけるダム流入量が現在の操作規則における当該最大放流量に達するまでは流入量をそのまま放流※
 ※ 現在の操作規則で定められている洪水時におけるダムからの最大放流量は、当該流量を放流しても下流の河川において氾濫被害が生じないことを前提に定められているのが一般的である。
- ② ダム流入量が現操作規則の最大放流量に達した以降は、当該流量での一定量放流を継続
- ③ 八斗島地点の水位が計画高水流量を超過することが予測される場合に、残容量を用いて放流量を絞り込む操作を実施

- ・ 結果を下表に示す。

ダム名	洪水調節量増分（ダム地点）	増分の内訳（容量増＋予測活用）
藺原ダム	1,040m ³ /s	780 m ³ /s ＋ 260 m ³ /s
ハッ場ダム	610m ³ /s	540 m ³ /s ＋ 70 m ³ /s
下久保ダム	860m ³ /s	400 m ³ /s ＋ 460 m ³ /s
計	約 2,500 m ³ /s	

- ・ 洪水調節容量の増大と相まって、高い精度の予測を前提とした操作を行うことにより、最大で 2,500m³/s 程度の洪水調節量を増大させることが可能である。
- ・ これは、河川整備基本方針の改定により増大した洪水調節必要量 2,800m³/s の約 9 割（洪水調節必要量全体である 8,300 m³/s の約 3 割）に相当し、洪水調節容量の増大に加えて予測精度を向上させることにより、藺原ダム、ハッ場ダム及び下久保ダムにおける洪水調節容量の増大のみの効果(約 1,700 m³/s) を 1.5 倍程度向上させることができる。
- ・ このように予測を活用することにより更なる洪水調節効果の増大が期待できるが、現時点においては、八斗島地点の流量を下流河川の状況に応じてダムを操作するために必要な精度で予測できているとはいえない。
- ・ 一般的には、洪水流量予測の精度向上のためには、降雨の予測精度と降雨の流出モデルの精度の向上が必要であるが、藺原、ハッ場、下久保ダムはいずれも八斗島基準地点に比較的近く、洪水がダム地点から八斗島地点に到達する時間*（下久保ダム：1 時間程度、ハッ場ダム、藺原ダム：3 時間程度）における降雨の八斗島の流量に与える影響は他のダムと比較するとそれほど大きくないことが想定される。
- ・ すなわち、利根川の治水基準地点である八斗島上流の流域面積は 5,100km² に及び、洪水到達時間は概ね 15 時間前後とされていることを踏まえると、八斗島地点流量における 3 時間程度先の流量の予測の精度については、流出モデルの影響が非常に大きく、流出モデルの改善を図ることにより洪水予測の精度は相当程度向上することが期待できる。
- ・ このため、治水対策を強化していくためには、洪水の発生の都度、予測結果の検証を体系的に行う等により、流出モデルの改善に取り組むことが不可欠である。

* 到達する時間は、各ダム地点から八斗島地点までの距離と、過去の大規模洪水時における利根川本川（八斗島上流）の洪水ピーク時の平均的な流速（概ね 6m/s 程度）を用いて算出した。

- なお、試算にあたっては、両ケースとも基準地点のハイドロに流域面積比を乗じたハイドロを各ダム地点に設定し、各ダム地点のピーク流入量が基準地点で同時に合流する等、各ダム地点における洪水調節効果が基準地点に効率よく反映される条件で行っている。その意味において、本試算で示される効果は、再編と効率的な操作を行うことによって期待される最大限の効果量（ポテンシャル）を示しており、今後の利根川の治水に向けての可能性を示すものである。

また、今回の試算においては、容量再編や操作ルールの見直しに伴う既存の放流施設の改良の必要性については考慮していない。実際の再編ルールの見直しにおいては、施設改良の必要性を検討する必要がある。

＜参考＞ ダムの洪水調節方式の選定について

ダムの洪水調節方式には、① 一定量方式、② 一定率一定量方式、③ 自然調節方式、④ 不定率調節方式の4方式があり、下流河道の改修水準、ダムの建設位置（上流か下流か）、ダムの集水面積の大きさ、放流ゲートの操作時間の長短などの諸条件を比較検討して、決定される。

(5) 利水容量振替先の検討

- 流域のダム群の治水・利水機能をさらに高め、個別最適から全体最適に転換するためには、治水に有利な下流に位置するダムの利水容量と、利水に有利な上流ダムの利水容量を振り替える再編を提案した。この再編にあたっては、既に機能を発揮している治水・利水機能を確保しながら展開するために、これを具体的に進める必要がある。
- 対象とする流域において、需要の減少等に伴い余剰が発生している利水容量が存在している場合には、これを振替先の対象として検討し活用することができ、それでも不足する場合には新規のダム建設の検討も必要となる。
- 利根川水系のダムについては、余剰が発生している利水容量がほとんど存在しないことから、利水の振替には新規のダム建設が必要となるが、その際、効果の早期発現や経済性等の観点から、過去に中止になったダムのうち、既に用地の取得が進んでいるダムの活用を考える。
- 具体的な候補としては、例えばH15年に中止した戸倉ダムや倉渚ダムをあげることができる。
- また、利水容量の振替先の評価にあたっては、利水にとって有利なダムを対象とすることが基本となる。
- 前述した下久保ダム及びハッ場ダムの治水増強に必要な2,500万 m^3 の利水容量の振り替え先を戸倉ダムに求めることとした場合、戸倉ダムの建設が予定されていた片品川の利水容量は、同じく片品川に設置されている藺原ダムのそれと合わせて合計で約3,800万 m^3 となり、このときの片品川（藺原ダム地点）の回転率

※は8.8となる。

※ 貯水池の水の入れ替わりやすさを表す指標で、貯水池に流入する年間総流入量を、貯水池の有効貯水容量で除した値。数値が大きいほど入れ替わりやすいことを示し、これをダム貯まりやすさの指標として利用する。

- 一方、現在の下久保ダムの回転率は約 1.9、ハッ場ダムの回転率は約 4.2 であり、前述の片品川の回転率 8.8 はこれらのダムよりも十分に大きいことから、本提言で設定している程度の下久保ダム及びハッ場ダムの利水容量の戸倉ダムへの振替は十分に実現可能である。
- また、倉渚ダムの計画の有効貯水容量が約 1,000 万 m³（回転率は約 3.9）であり、既に用地の取得が完了している倉渚ダムに下久保ダムに係る振替必要容量の一部を振り替え、その後戸倉ダム（さらなる用地取得が必要）に下久保ダムの残分とハッ場ダムの利水容量を振り返る等、振替先を適切に組み合わせることにより早期の治水・利水効果の発現が可能になると考えられる。

3-2 利水

- わが国の水資源開発は、従前の治水計画と同様、過去の河川の流況に基づき、平均して概ね 10 年に一回発生する渇水時に安定して供給することを目的に進められてきた。さらに過去に大渇水を経験した地域においては、計画を大きく超える異常な渇水時においても必要最小限の水を供給できる渇水対策容量を備えたダムが整備されてきている。
- 一方、気候変動による影響は洪水の大規模化や頻発化のみに限られるわけではなく、世界的には各地で大規模かつ深刻な干魃が多く発生している。また、南海トラフ地震や首都直下地震等の大規模な災害の切迫性にも注意しなければならない。
- このような中、治水計画については将来の気候変動による降雨現象の変化を評価して必要な見直しが進められてきており、利水面についても今後の気候変動による大規模な渇水や地震あるいは事故時等における緊急的な水供給等を視野に入れた取り組みが必要となってきた。
- 具体的には、あらかじめ用途を限定せず、異常渇水時や災害時等における危機管理のための水を貯留するための容量である「危機管理容量」を流域内に分散して確保しておく必要がある。気候変動の影響がすでに現実のものとなり、また巨大災害の切迫性を踏まえると、この容量の確保は喫緊の課題とも言える。
- よって、この危機管理容量を早期に確保するために、未利用のダム容量の活用とともに、近年進展している降雨の予測技術を導入し、治水機能に影響を与えないように事前放流することを前提として治水調節容量内に貯留することを提案する。
- この危機管理容量を洪水調節容量内に貯留する既存ダムは、水系における治水と

利水の全体最適を図る観点を踏まえて選定する必要がある。その際、現在、多くのダムで洪水調節容量の増大を目的として実施されている事前放流の効果を判断基準とすることが考えられる。具体的には、治水に有利なダムにおいては事前放流の強化により一層の洪水調節機能の増大を図るべきであり、利水に有利なダムにおいては事前放流を利水機能の増大に活用するべきである。

○ 例えば、

- ・ 治水の観点から、相当雨量（前述）が大きく、追加的な洪水調節容量の増大の効果が小さいダム
- ・ 事前放流による貯水池の水位の低下に伴い放流能力が低下して、ダムに流入する初期の洪水を事前放流で確保した洪水調節容量に貯留してしまい、流量が大きくなり洪水調節が真に必要なときには、事前放流により確保した洪水調節容量の全部又は大半がほとんど残っていないといった事象が発生するダム

については、事前放流を行ったとしても、洪水時のピークに対して治水の効果はほとんど期待できない。また、今後の気候変動の影響を踏まえると、利水や水力発電に関するリスクにも十分に備えておく必要がある。

○ このため、基本的には、新たな洪水調節容量の増大の効果が大きいダムについては現在の事前放流の機能の維持に加え、放流施設の増強等による治水機能の強化拡大を図るとともに、洪水調節容量の増大の効果が小さいダムについては、現在実施している治水目的の事前放流を利水機能の向上のためのものに転換すべきである。すなわち、洪水調節容量の増大の効果が小さいダムについては、平時においては現在の事前放流に相当する水量を危機管理容量として洪水調節容量内に貯留し、洪水が予測される場合にこれを事前放流することにより従前の洪水調節機能の維持を図るといった対策を講じるべきである。

○ なお、治水機能の強化にあたって施設の強化・新設を行う場合には、治水機能の強化に合わせて、水力発電の増強等利水機能の強化も検討すべきである。

3-3 水力発電

○ 令和7年2月に改定された第7次エネルギー基本計画においては、「脱炭素電源を国際的に遜色のない価格で確保することが我が国の産業競争力に直結する状況の中で、「S+3Eの原則」（安全性（Safety）を大前提として、安定供給（Energy Security）、経済効率性（Economic Efficiency）、環境適合（Environment）を同時に実現する考え方）に基づき、脱炭素化に伴うコスト上昇を最大限抑制しながら、エネルギー転換を進めていくことが喫緊の課題である」と指摘している。その中で、水力発電は、2023年度の我が国の一次エネルギー供給の3.8%、発電電力量10.8%を占める我が国の重要な国産エネルギー供給源と位置付けられている。

- 水力発電は、①発電コストが 11 円/kWh（※1）と他の発電と比べて安い、②法定耐用年数が 40 年と他の発電（火力発電 15 年、原子力発電 16 年、太陽光発電 17 年）と比べ長い。さらに、実際には京都の蹴上発電所や岐阜の大井発電所などの明治時代に建設された水力発電所は 100 年以上経過しても運用している、③CO₂ 排出量が他の発電と比べ最も少ない、などの安定した出力を長期的に維持することが可能な脱炭素電源として重要な位置を占めている。

（※1）資源エネルギー庁 HP 2020 年の電源別発電コスト試算結果の中水力

10.9 円/kWh より https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/denki_cost.html

- また、出力変動の大きい再生可能エネルギー（天候に左右される太陽光発電や風力発電等）の占める割合が高まる中で、ダムによる水力発電は、単に供給能力の規模や確保という観点のみならず、発電電力の周波数変動に対して出力を増減させる追随性や電力需要の変動に応じて供給量を調整する能力、いわゆるディスパッチャビリティ（指令応答性）が高く、調整力の確保という観点からも極めて重要である。さらに、第 7 次エネルギー基本計画においても指摘されているとおり、揚水発電は再生可能エネルギー等の電力を蓄電し、需要ピーク時などに電力供給できるほか、短い応動時間で周波数が常に一定となるように周波数変動を調整できる電源として重要性が増している。今後も引き続き、既存設備の採算性向上に向けた設備投資促進、新規開発に向けた導入可能性調査等を進め、より一層新規投資を促していくことが求められる。加えて、太陽光発電においては太陽エネルギーを電気エネルギーに変換する際に直流を交流に変換するインバーターを必要とするが、水力発電は回転機を有する同期発電であることから交流による供給が直接的に行われ、電力の需給システム全体の系統慣性力の低下防止の観点からも電力供給の安定性・信頼性において効果がある。
- 一方で、水力発電を促進するにあたっては、開発コストや規制対応等に起因する開発リスクを低減することが不可欠であることにも留意しておかなければならない。しかしながら、既存ダムを活用する場合、新設ダムと比較しての立地難易度やパブリックアクセプタンスを含めた開発リスクが格段に低いこと、既存の送電ネットワークを有効に活用できることから、コストやリスクを大幅に低減でき、効果の発現に関して即効性を有している。
- このような特徴を踏まえ、利根川における水力発電増強の可能性について、検討を行った。
- ① 既設ダムの高度運用による増電
- ・ 更なる運用の高度化として、現状よりも精度が高い日単位での降雨予測や融雪出水の予測が実現した場合における利発電の効果を算定した（第三段階～第四段階に対応）。

- ・ 具体的には、上記のような技術の進展を前提として、数日後の降雨や融雪出水によるダムへの流入量が精度良く予測される場合に、当該降雨等により回復させることができる量の範囲内で、利水容量及び危機管理容量の貯留水を活用して発電を行った場合（以下「さらなる高度運用による発電」という。）の増電量の試算を行った。

- ・ 試算の条件は以下のとおり。

【対象ダム】 利根川水系のダムのうち比較的計算が容易な下久保ダム、相模ダム、奈良俣ダム、藺原ダム、草木ダム、ハッ場ダムの6ダム

【対象とした流況年】 近年の平均的な流況年

【発電施設】 既設の発電所における発電施設

- ・ この結果、利根川における既設ダムのさらなる高度運用による増電の可能性が6ダム平均で約10%となった。
- ・ これを利根川水系全体の国・機構ダムに適用した場合、150GWh※増電の可能性がある。

※ 振替先のダムにおけるさらなる高度運用による増電も考慮している。また、振替により下久保及びハッ場ダムにおいて減電が生じるが、振り替え先のダムにおいて発電が可能であることから、流域全体で見た場合には振替による発電への影響はほとんどないものと考えられる。このため、振替先のダムにおける増電分については、振替前の状態における発電量を基にして算定した。

- ・ さらに、この結果をもとに全国の既設ダムでさらなる高度運用を行い、水力発電増強の可能性を国・機構ダム及び県管理ダムに広げた場合には約1,400GWhの増電のポテンシャルを有する。

② ダム群再編による危機管理容量を活用した揚水発電

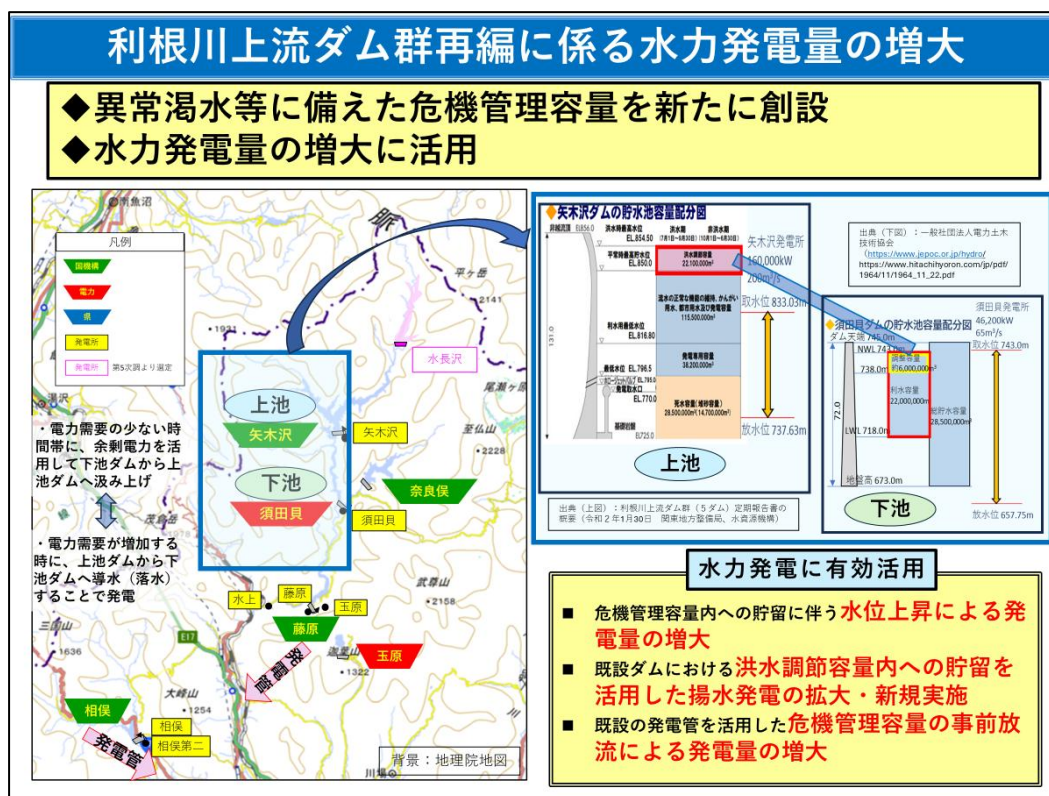
- ・ 利根川流域では現時点では調整電源に係る需要は相対的に小さいとされているが、将来にわたっての可能性として算出した。
- ・ 本提言では、日変動により発電量に余剰が生じる時間帯が発生することを想定し、そのような場合における調整電源として、危機管理容量を活用した矢木沢ダムと須田貝ダムによる揚水発電能力の強化の可能性について試算した。

（第二段階に対応）。算定にあたっては、取水水位を矢木沢ダムの洪水時最高水位、放水水位を須田貝ダムの最低水位として有効落差130m、既設設備の発電使用水量300 m³/s、合成効率※を矢木沢発電所と同じとして行った。

※ 水車と発電機の効率を(掛け)合わせた効率（水車効率：水が水車を回す際の効率、発電機効率：水車の回転を電気で変換する際の効率）。

- ・ その結果、電気出力は約34万kW、これは原子力発電の約0.3基分に相当し、また、2022年に電気事業法改正により調整用電源として発電事業に位置付けられた系統用蓄電池と比しても有意なものと評価できる。さらに、一日あたり

6時間の運転時間、有効落差約130m、発電水量300m³/sにて発電を行うとした場合、一回あたりの発電電力量は約200万kWhとなり、我が国の大規模な揚水水力発電所である東北電力第二沼沢発電所（電気出力46万kW）、中部電力奥矢作第一発電所（電気出力32.3万kW）に相当する。また、出力1万kWを超える系統用特別高圧蓄電池30基分に相当する。



3-4 利根川ダム群再編ポテンシャル（まとめ）

- 流域ダム群の治水・利水機能の最大化に向けて、ダムの「個別最適」から「全体最適」への転換を図るため、利根川流域のダム群を対象に、容量の再編、容量の多目的化、降雨・洪水予測を活用した操作ルールの見直しを適用し、利根川流域のダム群の有する治水・利水ポテンシャルを算定した。
- 容量の再編による治水ポテンシャルとして、基準地点である八斗島で約1,700m³/sの洪水調節効果の増大を確認した。これは、河川整備基本方針の改定による洪水調節必要量の増大分である2,800m³/sの約6割（洪水調節必要量全体である8,300m³/sの約2割）に相当する。さらに、洪水調節容量の増大に加え、今後の降雨・洪水予測技術の進展を前提に下流河川の状況に応じた操作を導入した場合には、約2,500m³/sの洪水調節効果の増大の可能性がある。これは、河川整備基本方針の改定により増大した洪水調節必要量2,800m³/sの約9割（洪水調節必要量全体である8,300m³/sの約3割）に相当するものである。

- 気候変動による大規模渇水や巨大地震等に対する危機管理の用水として「危機管理容量」を提案した。こうした新たな容量は事前放流を利水目的に適用することで、早期に多くの流域での導入が可能である。
- 水力発電の増強に向け、利根川水系において、国・水資源機構の管理するダムにおけるさらなる高度運用による増電を評価し、これまでの発電量に対して約 10%（約 150GWh）の増電の可能性を明らかにした。また、危機管理容量を活用した揚水発電の可能性についても試算を行った。
- なお、さらなる高度運用による発電を全国で展開した場合には、約 1,400GWh の増電の可能性がある。
- また、全国の既設の 500 基を超える多目的ダムにおいて、商用発電設備を有していないダムが 6 割を占めており、そのうち、一定規模以上の集水面積やダム高を有するダムにおいては、発電量増加ポテンシャルを有していることにも留意しておく必要がある。
- さらに、既存の発電所に対して利根川の有する残落差を活用することも考えられる。今回中心となったダム式水力発電に加え、水路式発電やシリーズ発電強化の可能性も考慮し、河川流域における水力発電のさらなる資源量評価を通じ、水力発電全体の強化に向け、広く展開する必要がある。

4. むすびに

- 本提言では、気候変動による外力増大に対する適応策・緩和策の強化に向け、これまで整備が進められてきたダム群を対象として、あらためて「個別最適」から「全体最適」への観点から、ダム群の有する治水・利水容量の再編、容量の多目的化、降雨・洪水予測技術等の科学技術の進展に応じたダム施設と運用の高度化についての基本的な考え方と、技術の進展に応じた展開について提案した。
- さらに、利根川流域のダム群を対象に、個々のダムの特性を踏まえたうえで具体的な検討をおこない、ダム群の有する治水・利水機能の可能性をポテンシャルとして評価した。これにより、ダムによる洪水調節機能の強化、カーボンニュートラルに向けた水力発電の増強や、気候変動に伴う厳しい水害や干ばつへの対策として大きなポテンシャルを有していることを示した。
- 今後、このような取り組みを進めていくためには、降雨・洪水予測技術を高めることによりダム操作の有する不確実性を小さくし、より信頼できる操作にしていける取り組みが不可欠である。さらに、「全体最適」に向けて、ダムに関する多くの分野や機関による一体的な取り組みに向けた枠組みや、それぞれの具体的なメリットを評価し共有化していくことが必要である。

- ダム群の治水・利水容量の再編にあたっては、貯水池の運用や操作、費用負担、法的な位置づけにかかわる制度等を強化していく必要がある。特に、発電については、ダム群再編にあたっての発電能力の増強に向けた貯水地の運用や費用負担等に関する支援策の充実・強化や、そして、これらを確実に実施できる制度設計等、発電事業者が水力発電強化に向けて参画しやすい環境を整えることが重要である。
- 全国の河川で、気候変動による外力の増大に対する適応策・緩和策の強化が求められている。利根川流域のダム群を対象に行った治水・利水強化に向けた検討を広く展開し、具体的な対策の構築と推進により、気候変動に対する日本の国土の体力が強化されることを期待する。

以 上

【参考】

【水循環委員会 ダム群活用タスクフォース（D・T・F）名簿】

＜JAPIC 水循環委員会＞

委員長 川崎 正彦 前田建設工業株式会社 顧問
(一財)ダム技術センター 研究顧問

ダム群活用タスクフォース（D・T・F）

※五十音順

	朝堀 泰明	(一財)河川情報センター 業務執行理事
	岡 明夫	(株)ニュージェック 河川グループ マネージャー
	岡本 政明	(株)ニュージェック シニアアドバイザー 元ダム工学会会長
(D・T・F副長)	越智 繁雄	大成建設株式会社 常務執行役員
(D・T・F長)	関 克己	(公財)河川財団 水管理研究所長 京都大学経営管理大学院 客員教授
	田村 秀夫	日本工営(株)取締役専務執行役員 東京大学 生産技術研究所 リサーチフェロー
	山本 恵一	(株)建設環境研究所 理事・上席技師長
(研究顧問)	角 哲也	京都大学防災研究所 特定教授

＜事務局＞

丸川 裕之	(一社)日本プロジェクト産業協議会	専務理事
林田 康洋	(一社)日本プロジェクト産業協議会	常務理事
小石川 隆太	(一社)日本プロジェクト産業協議会	事業企画部長