

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○寺田 和暉
 京都大学防災研究所 正会員 角 哲也
 京都大学防災研究所 正会員 竹門 康弘
 愛媛大学農学部生物資源学科 正会員 佐藤 嘉展

1. はじめに

木曾川水系牧尾ダムは、1961年に完成した愛知用水への補給や水力発電を行う(独)水資源機構が管理する多目的ダムである。1984年長野県西部地震による御嶽山山腹の大崩壊により、有効容量6,800万 m^3 の約7%に相当する約500万 m^3 もの大量の土砂が貯水池に流入堆積し貯水機能が著しく低下し、これを受け平成8年から堆砂掘削工事が行われた。一方、気候変動に伴う河川流況の変化によるダム運用への影響も懸念される。これらダム堆砂と気候変動の影響は、いずれも100年スケールでの長期的な影響であり、複合的に考える必要がある。そこで本研究では、これら両者の影響を考慮し、牧尾ダムの利水機能(愛知用水の供給および水力発電)に着目して経済評価を行った。

2. 研究手法

検討対象期間は、現在気候(1993-2009年)と将来気候(2093-2109年)である。牧尾ダムの有効放流量・無効放流量を計算するために、運用実績を用いてダムモデルを作成した。将来気候の影響については、気象研究所のMRI-AGCM3.2Sから気温・降水量変化を、SVATモデルから蒸発散量と融雪量を算出し、これらを分布型流出モデルHydro-BEAMに組み込み木曾川水系の各地点の流出量を求めた。また、ダム堆砂の進行による影響については、堆砂状況に応じてH-V(貯水位・貯水量)曲線・運用モデルを変更した。気候変動・堆砂状況の各パターンにおける経済評価は牧尾ダムの渇水による損失額(愛知用水への供給能力)と水力発電量の二つの観点で行った。

3. 結果および考察

3.1 牧尾ダム運用再現モデル構築

運用実績とモデル運用結果を図1、2に示す。実際には貯水位の低下に伴って、渇水調整が行われている。今回のモデルでは、これを考慮していないが概ね現況のダム運用が再現できている。

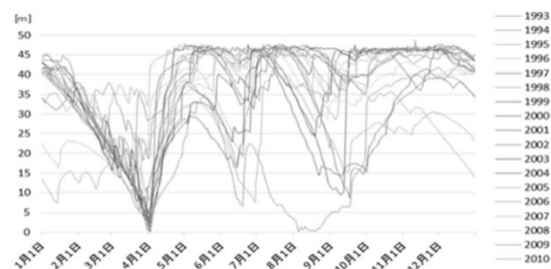


図1 1993-2010年の牧尾ダムの貯水位変化(実測)

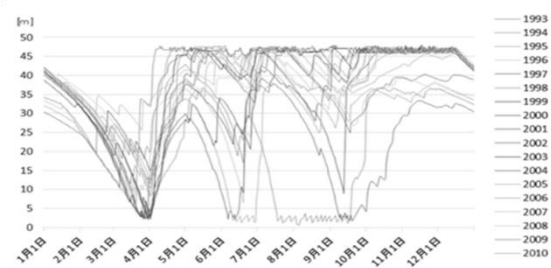


図2 1993-2010年の牧尾ダムの貯水位変化(モデル)

3.2 堆砂進行に応じた運用モデル(H-V曲線)変更

堆砂進行により貯水池内の有効容量が減少するとして、H-V(貯水位・貯水量)曲線を表1のように、堆砂進行の考慮の有無、考慮する場合の堆砂速度、平成8年からの掘削工事の考慮の有無によって場合分けし、それぞれ100年後の堆砂進行状態を設定した。なお、年間堆砂量は地震の影響を除いた1978年以前と2007年以降の実績値より現状を15万 m^3 、感度分析としてその2倍の年間堆砂量を30万 m^3 の2通りを想定した。また堆砂形状は、掘削工事前(1994年)までの実績値を参考に、総堆砂量が合うように標高別に土砂を堆積させている。求められたH-V曲線を図3に示す。

表1 堆砂状況のパターン分け

	堆砂進行	堆砂速度	掘削工事
Case1-1	なし	なし	あり
Case1-2	なし	なし	なし
Case2-1	あり	現状通り	あり
Case2-2	あり	現状通り	なし
Case3-1	あり	現状の2倍	あり
Case3-2	あり	現状の2倍	なし

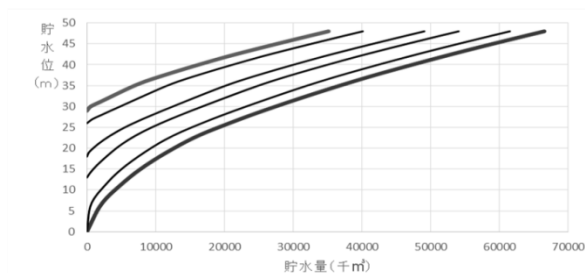


図3 各堆砂状況に応じたH-V曲線

3.3 将来気候による予測流入量の算出

本研究では、気候変動下の牧尾ダムの流入量を求めるために、Hydro-BEAM によって求めた現在気候と将来気候による牧尾ダム流入量の比率を月ごとに実測値に乘じ、これを将来気候下の流入量とした。結果を図4に示すが、温暖化による降雪量減少・降雨量増加のため、1-3月の流入量が増加し、4-6月の流入量が減少している。また、年間総流入量を計算すると将来気候の方が若干少ないことが分かった。

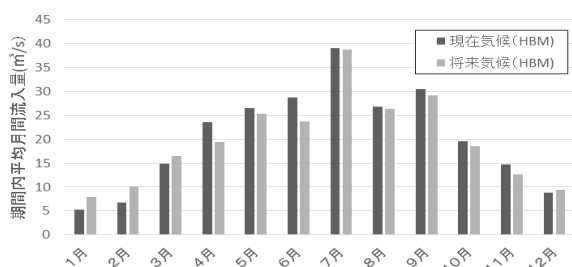


図4 牧尾ダムへの月平均流入量の将来変化（（現在）1993～2009年と（将来）2093～2109年）

3.4 堆砂進行および気候変動による経済影響

水力発電料金については、東日本大震災以後の売電価格（12 円/kwh）で計算した。また、愛知用水の渇水損失額については、渇水日の定義を夏期に牧尾ダムの貯水位が 5mを下回った日とし、渇水による愛知用水の1日あたりの損失額を既往の検討を参考に1億円/日として計算した。堆砂進行・気候変動による年間発電量への影響は図5に示すようにほとんど見られなかった。ただし、期別では図6に示すように冬期の増加、夏期の減少が顕著であり、特に電力需給の厳しい7-8月が大きく減少する結果となった。

一方、図7に示すように渇水被害への影響では、a)現在気候・堆砂なし（6.5億円/年）に対して、b)将来

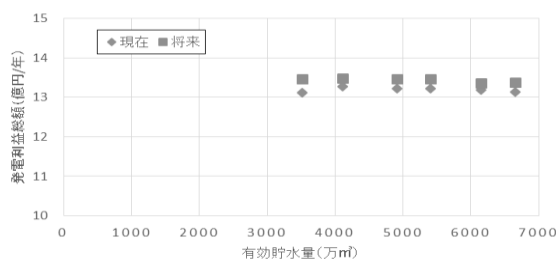


図5 堆砂進行・気候変動による年間発電量への影響

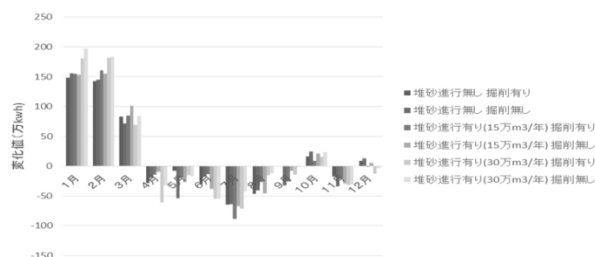


図6 気候変動による月間発電量の変化

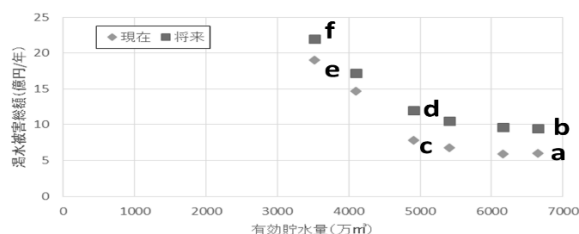


図7 堆砂進行・気候変動による渇水被害への影響

気候・堆砂進行なしで約 1.5 倍（10 億円/年）に増加する。これに対し堆砂進行により有効貯水量が約 30%減少（6,800 万 m^3 から 4,900 万 m^3 に減少）すると、c)現在気候で約 1.3 倍（8.2 億円/年）に、d)将来気候で約 1.9 倍（12.3 億円/年）に増加する。約 50%まで有効容量が減少（6,800 万 m^3 から 3,500 万 m^3 に減少）すると、e)現在気候で約 3 倍（20 億円/年）に、f)将来気候で約 3.6 倍（23.5 億円/年）に増大する結果となった。

4. 結論

牧尾ダムを対象に、気候変動とダム堆砂による長期間の複合的な影響を検討した結果、水力発電に関しては、年間総発電量に対する影響は限定的であったが、主に夏期の発電量の減少が顕著になること、愛知用水に対する渇水被害に関しては、気候変動のみで約 1.5 倍に、これに堆砂進行が加わることで最大 2～3.5 倍に増大する可能性があり、水資源の長期的管理のためには、堆砂対策が重要であることが示された。