

降水変動のダムへの影響と管理の方向性（考察）

安江 孝治¹

¹水資源機構 一庫ダム管理所 （〒666-0153 兵庫県川西市一庫字唐松4-1）

地球温暖化により干天、大雨等、極端な気象現象の出現が多くなることが指摘されている。一庫ダムの気象・水文観測データを整理した結果、①気温上昇 ②冬季雨量増加、夏季雨量減少 ③蒸発散量増加 ④降雨強度の変化といった経年変化からの傾向が見受けられた。

水資源利用の観点では夏季のダム流入量の減少傾向が心配され、将来、渇水の増加や水質等の河川環境の悪化が考えられ、これまでの一庫ダムでのダム管理の取り組みを検証したところ有効であり、今後もきめ細かい低水管理、水質保全対策、河川環境保全として治水容量の弾力的活用を継続し、危機管理の強化等を進めていく方向性が認識できた。

キーワード 温暖化、降水変動、ダム管理

1. はじめに

一庫ダムのある猪名川流域は、上流部に自然林が残るものの中流から下流部には阪神工業地帯の中心である尼崎市、大阪国際空港のある豊中市と伊丹市、中流部には大阪のベッドタウン川西市と池田市があり、住宅や工場が立地し、交通機関も集中する等、流域内の資産密度および人口密度も著しく高く、典型的な都市河川である。

猪名川は幹川の流路延長が 43.2 kmと短く河床勾配も大きいため、流況の変動から治水利水の両面で流水管理が難しい河川である。

一庫ダム（重力式コンクリートダム、堤高 75m、有効貯水量 3,080 万 m³）は猪名川支川一庫大路次川に位置し、流域全体（383km²）の約 30%（115.1km²）を占めている。流域内に利水目的を含むダムは一庫ダムのみであり、ダム下流の利水及び治水の対策として、ダムでの流量調節能力とその効果への期待は大きい。

また、洪水調節容量の一部をダム下流河川の環境改善に活用する弾力的管理試験の実施や曝気循環による水質保全対策等、環境保全の取り組みも積極的に行っている。猪名川流域を図-1 に示す。



図-1 猪名川流域

2. 一庫ダム流域での気温、降水の経年変化

(1) 気温の上昇

一庫ダム流域は瀬戸内海型気候に属し、温暖で年間平均気温は約 15℃である。ダム地点における 1984 年～2011 年の経年変化（図-2 参照）から、年間平均気温で約 1℃の上昇傾向が見られ、どの季節も上昇傾向にあり、秋季（9～11 月）が大きくなっている。（1.7℃）

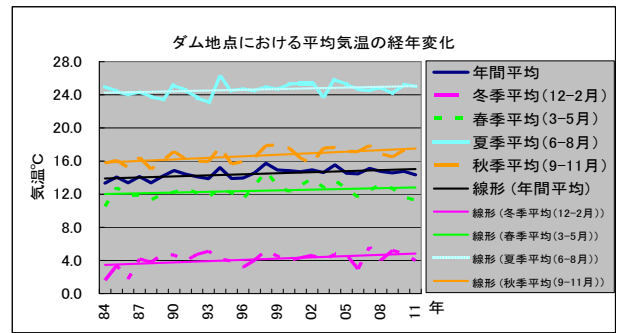


図-2 ダム地点における平均気温の経年変化

(2) 冬季雨量の増加、夏季雨量の減少

一庫ダム流域の年間降水量は約1,400mm(全国平均 1,690 mm¹⁾) である。1983年～2011年の29年間の経年変化（図-3参照）から、年間降水量では約80mmの増加傾向が見られ、季節的には夏季(6～8月)は減少(114mm)し、冬季(12～2月)の増加(74mm)等、他の季節では増加傾向となっている。

しかし、実際のダムへの流出(河川流入)については、ダムへの流入総量(千m³)を流域面積(115.1km²)で除して求めた流域流出高(mm)で経年変化を見たところ、僅かな減少傾向(29年間で約30mm)が見られる。

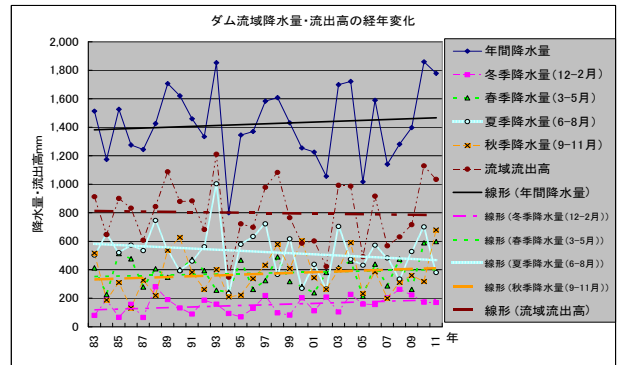


図-3 ダム流域降水量等の経年変化

(3) 秋季から春季における蒸発散量の増加

この流出高減少の要因を見るために、降水量と流出高の差を蒸発散量として経年傾向（図-4参照）を見たところ、蒸発散量は約30年で約20%（約120mm）増加し、夏季を除く季節に多く現れている。

これより、流出量（流出高）減少の主な要因は、夏季は降雨量の減少によるもの、その他の季節は降水が河川に流出する前の山林、田畑での遮断や貯留で捕捉され、気温が上がる等によって、以前より蒸発散されやすくなったと考えられる。なお、気温上昇による影響として、植物による発散が考えられるが、今回のデータでは確認することはできなかった。

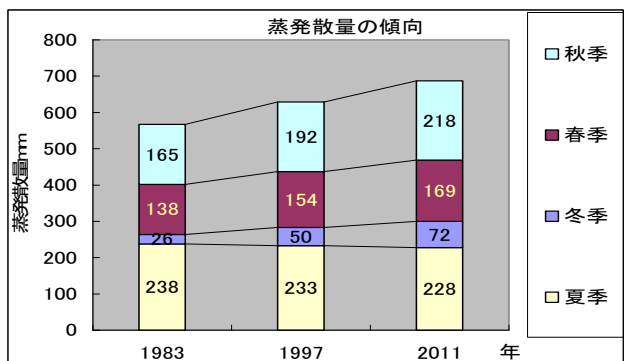


図-4 蒸発散量の傾向

(4) 年最大降雨強度の変化

筆者が1988年に大学の卒業研究で行った一庫ダム流域での大雨の降雨データ（1965年～1983年）を2011年まで更新調査して、出水時の降雨特性に係る経年変化を確認した。この調査は1～3月には年最大値は生起していないと代表記録から判断し、データは4～12月において流域雨量が時間雨量20mm以上又は日雨量30mm以上を記録したものから、最大流入量に関する流出時間の3時間までと24時間雨量までの降雨強度を見るために設定した降雨継続時間

（1H, 2H, 3H, 6H, 12H, 24H）別毎に年間最大降雨量を調べて、経年変化（図-5参照）を見たところ、1時間降雨強度は

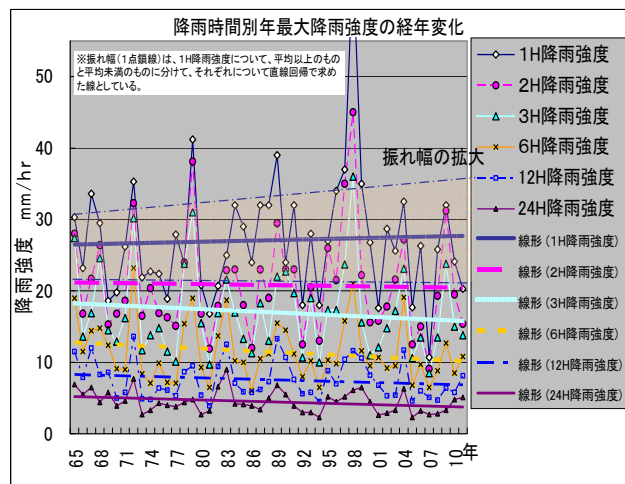


図-5 降雨強度の経年変化

増加傾向であるとともに生起量の振れ幅が拡大しており、2時間を超える降雨継続時間の降雨強度の年最大値は減少傾向にあることが判った。

3. 近年の貯水位低下と河川流量の減少について

(1) 洪水期での貯水位低下の早期化

貯水位曲線（貯水位変化）の形状（図-6参照）から判るように、1998年頃から洪水期開始直後（6/15）に貯水位が低下しているものが見られる。

これは6月からの降水量減少により、流域における河川水の平均流量の減少から、利水補給地点（虫生）（図-1参照）へ、ダムから流入量を上回って補給放流することが多くなり、貯水位が低下しやすくなったものと考えられる。

夏季（6～8月）のダム放流等の状況（図-7参照）を見ると、虫生地点での水道用水（上水）と河川の正常な機能の維持用水（維持用水）を合わせた確保量は、緩やかな増加で推移している。一方、ダムからの補給量は、利水者等との調整を行い、確保量の目標水位を直近上位の水位から直近下位の水位へ変更して、2003年から行っているきめ細かい低水管理での節約もあって、ほぼ横ばいで推移している。

また、補給目的を除くダムからの放流としては、出水時における満水放流（貯水が出来ない状態となり、用途がないまま放流した量）がある。これもダムへの流入総量と同様の傾向となっている。

このようにダムでは補給を減らし、洪水貯留準備水位以下で貯水保持する管理水位を20cm引き上げ貯水量が多く保てるようにして、貯留する努力を行っており、貯水位が低下する主な原因は流域が狭く、土地利用や気候も大きな違いがない猪名川上流域においては、ダムへの流入の減少、すなわち猪名川本川を含めた上流域の河川水の平均流量の減少によるものと考えられる。

(2) 夏季の河川流量減少とその影響

一庫ダムでは下流補給地点の河川流量が多く、確保量を満足し、利水容量に空きがある場合は流入水の貯留に努め、管理水位まで貯水位を回復（ダム湖に貯留）させる。また、渇水等で下流補給地点へ利水補給（上水+維持流量）する場合は、確保量の不足する分を貯水位低下させて、ダム湖から補給している。

この補給した総量と貯留した総量との差であるダム湖の貯水量からの補給量（貯水補給）の経年変化（図-8参照）を見たところ、下流河川に対して補給する側（+側（流入してきた余剰水を放流する側））であったものが、近年はダムに貯留する側（-側（流入してきた水を貯め

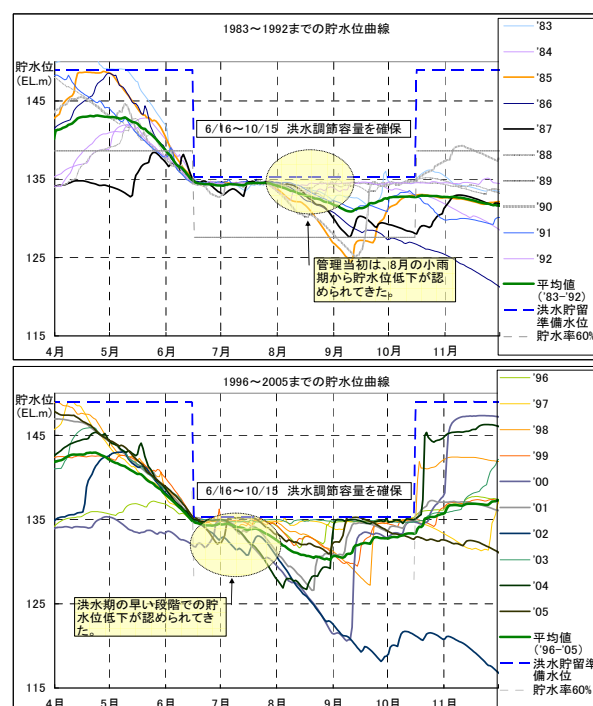


図-6 洪水期での貯水位低下の早期化

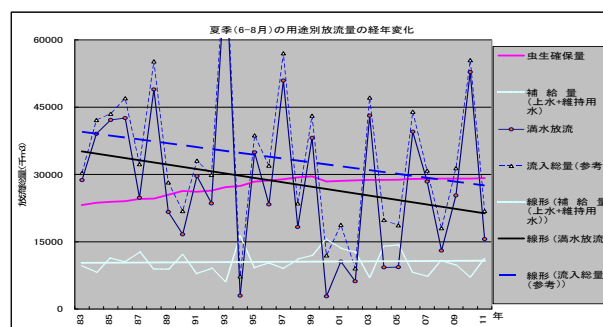


図-7 夏季のダム放流等の状況

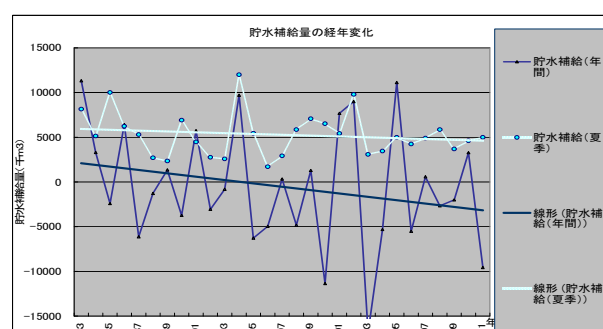


図-8 貯水補給量の経年変化

る側))に移るといように、貯水量が減少して、貯水量の確保のために回復させる傾向となっている。

また、夏季でも少し貯留が増える傾向が見られる。

この貯水量が回復する力（貯水復元力）の目安として、満水放流量を平均利水容量で除した復元回数（表-1参照）で見ると、夏季では管理当初は2.3回であったものが、現在では1.4回と当初の約6割まで低下してい

る。今後もこの傾向が続くとすれば、10年後には1.0回と現在の約8割に減少することになる。河川流量については、管理記録データの虫生流量からダム放流量を差し引いて求めた猪名川本川流域(109.2km²)と下流残流域(17.2km²)から流出した河川流量の経年変化(図-9参照)を見ても、夏季での減少傾向が現れており、ダム流域と似た流出状況となっている。

なお、これらの現況分析及び予測結果については、現況を1つの視点傾向だけで端的に評価し、予測はその推論を延長してしたものであり、数値は参考として示したものであることを了承願いたい。

降水変動として表れてきた夏季(6～8月)の降水量と流入総量の減少については、利水需要の多い時期で下流確保量も多いため、その影響は良く考える必要がある。流入総量(河川流量)の減少の影響としては、①貯水量の低下に伴い、渇水が起こりやすくなる。②河川水質が悪くなり、貯水池での水質障害が起こりやすくなり、放流水質が悪くなる。③渇水が長期化した場合、魚類等の生息域を狭める等、下流河川環境の悪化に伴う河川の自浄作用の低下から水質悪化が懸念される。④水質事故での影響の長期化等が挙げられる。

4. ダム管理の方向性

(1) 夏季の河川流量減少から考えたダム管理の方向性

これまでも一庫ダムでは、夏季の貯水量確保のための管理水位の引き上げや下流確保地点の確保量維持でのきめ細やかな低水管理の実施、曝気循環等による貯水池水質保全対策での水質改善、河川環境の復元・改善対策として洪水期初期において洪水調節容量の一部を活用し、河川流況を良くする弾力的管理試験の取り組みを行ってきた。今後もこの方向を推進、発展させていくことは適切と考えられる。

一例として、夏季には夕立等、短時間に強く降る局地的な大雨がある。洪水に至らない小出水の場合が多いが、降雨や流出予測精度の問題で洪水調節容量への一時的な貯留が認められない現状がある。出水規模を見極める技術や安全な対処方法あれば、貯水池の有効活用により貯水量を確保でき満水放流を減らす有力なものとなる。

これには外部機関の予測情報をうまくダム管理に活用する等のアプローチが考えられる。現在、降水確率的な中率の整理等から、近年の気象予測の向上を利用しての弾力的な管理水位の運用²⁾を実際に試行しており、このような調査研究や検討の推進が求められる。

また、一庫ダム周辺は国道等の交通量が多く、度々事故が発生している。さらに、後を絶たない不法投棄の現状がある。このことから様々な水質事故を想定した被害拡大防止、早期復旧の事前検討とその訓練といった危機管

表-1 満水放流量(貯水復元力)の減少

夏季3ヶ月 (6月～8月)	満水放流量 (千m ³)※1	夏季期間中の平均利水 容量(千 m ³)※2	夏季期間中の利水容量 復元回数 (回)※3	1983を100% とした場合	2011を100% とした場合
1983年(1年目)	35,235	15,501	2.27	100%	—
1996年(14年目)	28,565	15,501	1.84	81%	—
2011年(29年目)	20,869	15,501	1.35	59%	100%
2021年(39年目)	15,738	15,501	1.02	45%	75%

※1.満水放流量は1983年～2011年までの実績を直線回帰から求めた推定量。
※2.6/1～6/15を28,800千m³、6/16～8/31を13,300千m³として平均した利水容量
※3.満水放流総量を平均利水容量で除した値

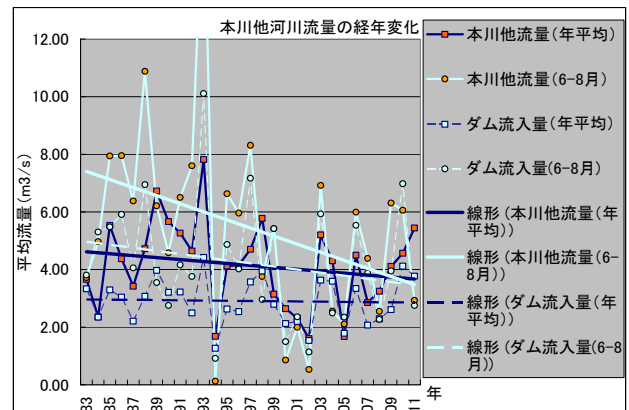


図-9 猪名川本川他河川流量(虫生地点)の経年変化

理の強化は、重要な方向性と考えられる。

河川流量の減少から、猪名川本川流域の水質についても保全していかなければならない状況が、今後重要になってくる。これについては、一庫ダムでのダム施設や自然を生かした見学、上下流交流、水源地域活性化の様々なイベントを利用して、水資源は降水現象により生まれ、人為的なコントロールはできないこと。水道の蛇口までには山、ダム、河川(導水路)、浄水場、家庭と様々な過程を経ており、我々のモットーである「安全で良質な水を安定して安くお届けする」には、環境保全が欠かせないことを普段から意識して広報し、啓発することも今後のダム管理の大切な方向性だと考える。

5. おわりに

今回のデータだけでは良く判らない部分が多数ある。しかし、影響が深刻になってからでは遅いため、ある程度は想定されることを前提に我々、管理所は対応の検討や環境保全への働きかけ等を必要だと考えて行動しなければいけない。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局水資源部:平成 24 年度版日本の水資源 p.61
- 2) (独)水資源機構関西支社:平成 24 年度水資源機構関西ブロック技術研究発表会 p.65.