

3. 利水補給

3.1. 評価の進め方

3.1.1. 評価方針

多目的ダムの目的には様々な利水補給計画がもりこまれており、利水補給が計画通りに行われているか、また、ダムにより渇水被害をどれだけ軽減できたのかの検証を行うことを基本的な方針とする。

3.1.2. 評価手順

以下の手順で評価を行う。評価のフローは図 3.1-1 に示すとおりである。

(1) 利水補給計画の整理

多目的ダムの利水補給計画について目的別に整理を行う。特に流水の正常な機能の維持、水道用水については、取水方法(ダムからの直接取水か下流からの取水かなど)、補給対象が明確になるよう図等を用いて整理する。主に工事誌やダムのパンフレットからの整理とする。

(2) 利水補給実績の整理

ダムからの補給実績の整理を行う。水使用状況年表等より、目的別に至近 10 ヶ年の整理を行うこととし、ダム地点における補給実績、下流基準点における補給実績、発電実績等について整理するものとする。なお、計画補給量に対する達成状況等についても整理する。

(3) 利水補給効果の評価

補給による効果として、流況の改善効果等を指標として新規水資源開発の効果について評価する。また、渇水時におけるダムの利水補給による被害軽減の効果、発電効果に関しては電気料金等に換算するなど、地域への貢献度として評価を行う。

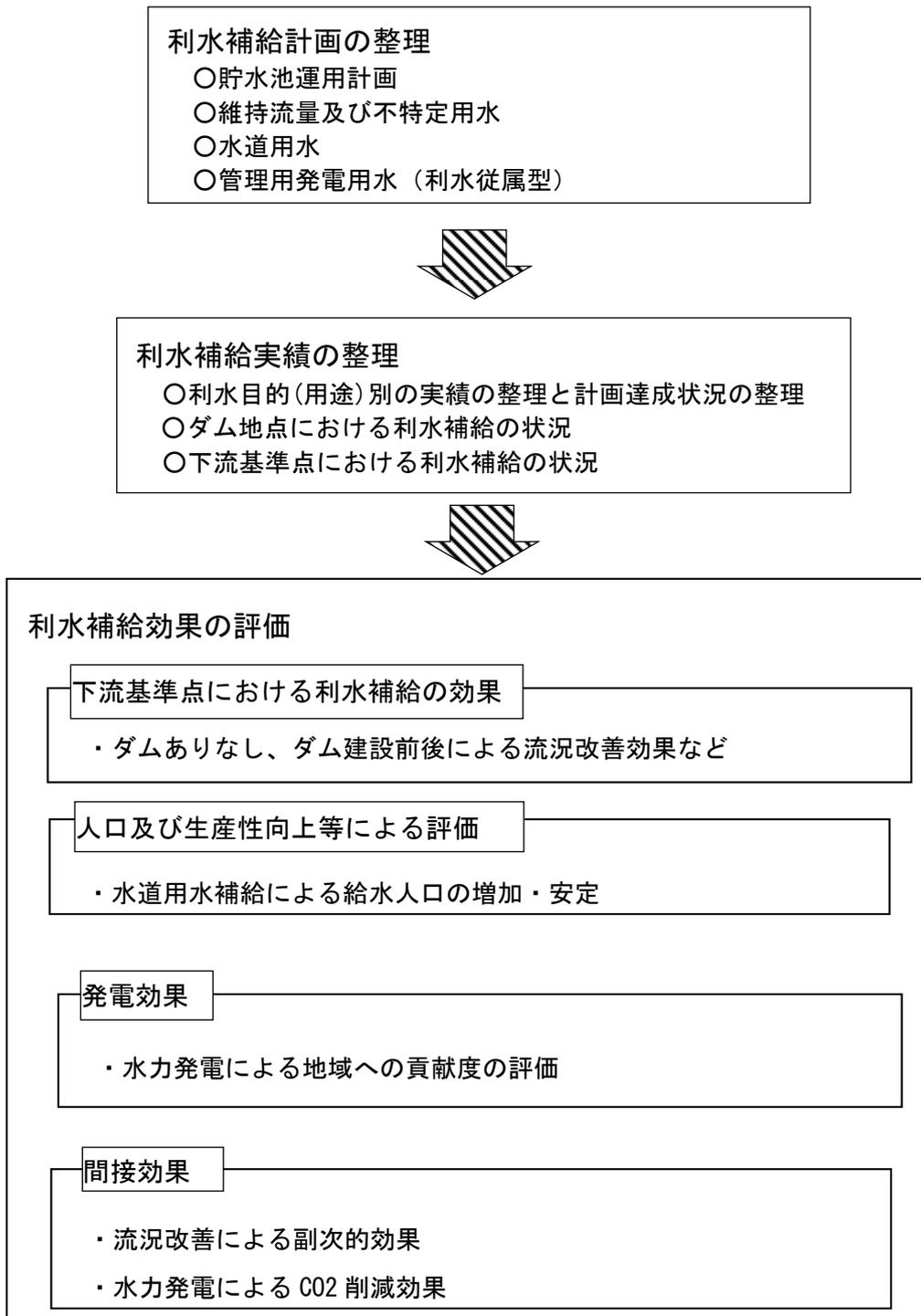


図 3.1-1 評価の手順

3.1.3. 必要資料(参考資料)の収集・整理

利水補給の評価に関する資料を収集し、「3.6.文献・資料リスト」にてとりまとめるものとする。

3.2. 利水補給計画

3.2.1. 貯水池運用計画

一庫ダムの貯水位管理は平常時最高貯水位が EL. 149.0m であり、洪水期間における洪水貯留準備水位は EL. 135.3m である。

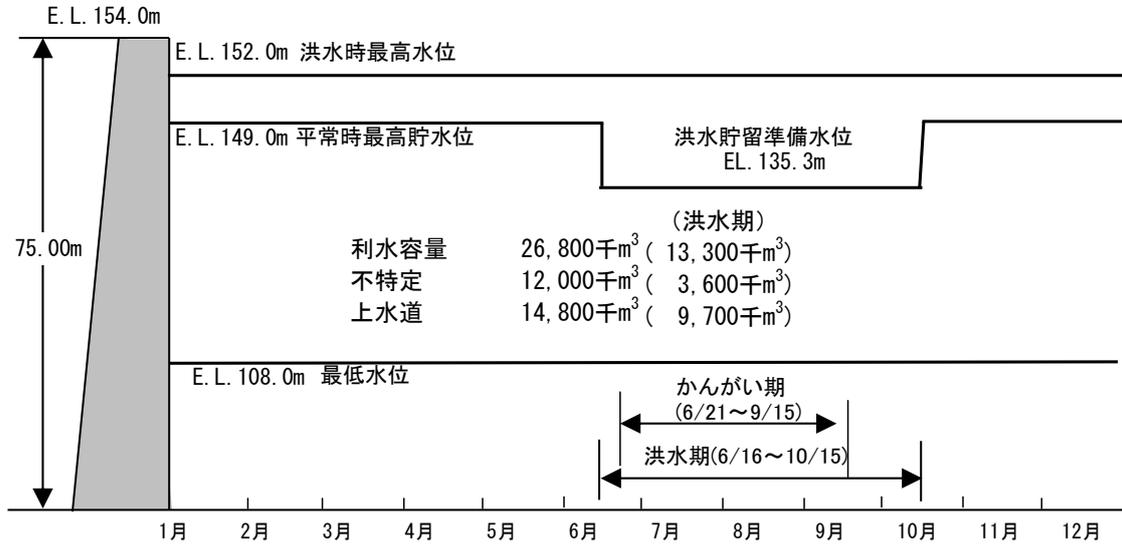


図 3.2-1 貯水池容量配分図

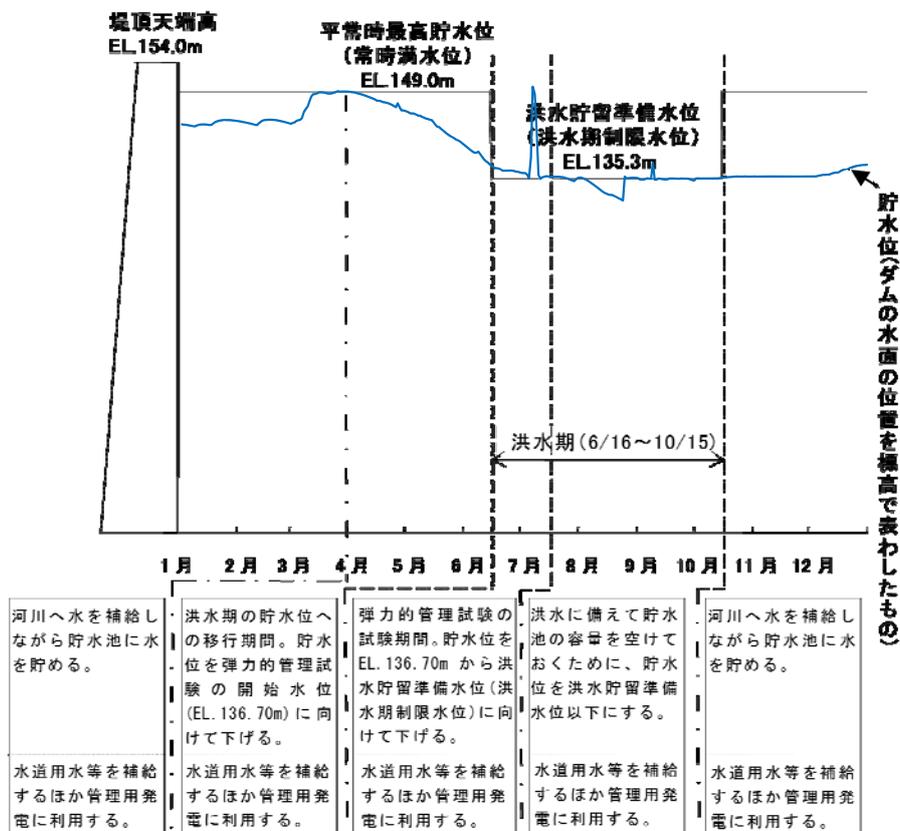


図 3.2-2 貯水池運用計画

(出典:一庫ダム管理所提供資料)

猪名川の既得用水の補給等、流水の正常な機能の維持と増進を図るため、非洪水期(10月16日～6月15日)において12,000千 m^3 (洪水期:3,600千 m^3)の不特定容量を利用し、虫生地点及び軍行橋地点においてそれぞれ最大2.724 m^3/s 及び最大3.103 m^3/s の水量を確保できるようダムから補給する。

また、新規利水容量として、非洪水期において14,800千 m^3 (洪水期:9,700千 m^3)を利用して、合計2.500 m^3/s の取水を可能にする。

なお、利用に支障を与えない範囲内で、利水容量を利用して管理用発電を行う。

3.2.2. 利水補給計画の概要

一庫ダムでは、不特定用水(既得用水の安定化と流水の正常な機能の維持)及び水道用水に対して、貯水池の貯留水を用いて補給する。

(1) 流水の正常な機能の維持

流水の正常な機能の維持のために確保すべき流量は、虫生地点と軍行橋地点において表3.2-1に示すとおりであり、各地点において必要量を確保できるようダムから補給する。なお、この値は不特定かんがい用水と従来から猪名川より取水している水道用水から成り立っている。

非かんがい期の確保水量については、水道用水の確保、および河道維持、生物、景観等の流水の正常な機能維持の点から、虫生地点上下流部とも1.1 m^3/s としている。

表 3.2-1 確保すべき流量

(単位: m^3/s)

期間	虫生地点	軍行橋地点
6月1日～6月20日まで	1.430	1.430
6月21日～7月15日まで	2.724	3.103
7月16日～8月15日まで	2.277	1.141
8月16日～9月30日まで	1.549	1.858
10月1日～翌年5月31日まで	1.100	1.100

(出典:一庫ダム管理所提供資料)

(2) 水道用水

一庫ダムの水道用水は、兵庫県水道（尼崎市・西宮市・伊丹市・宝塚市・川西市・猪名川町の5市1町）、池田市、川西市、豊能町に供給している。

水道用水の供給のために必要な流量は、図 3.2-3 に示すとおりである。新規利水容量、非洪水期 14,800 千 m³(洪水期:9,700 千 m³)を利用して、合計 2.500m³/s の取水を可能にする。



図 3.2-3 水道用水補給範囲

(出典:一庫ダム管理所提供資料)

(3) 管理用発電用水

上記(1)、(2)の補給では、原則、管理用発電を通して放流する。

3.2.3. 下流基準点における確保量

一庫ダムでは、利水基準点は虫生・軍行橋の2地点であり、確保水量について軍行橋上流部に対するもの、および下流部に対するものについて決定されている。



図 3.2-4 下流基準点の位置図

$$(\text{確保量}) = (\text{流水の正常な機能維持のための確保量 (期別)}) + (\text{新規利水の需要分})$$

現行の県営水道、猪名川河川事務所及び一庫ダムで取り交わしている「一庫ダムにかかわる放流量の設定に関する覚書」により、現時点で最も未使用水量の大きい県営水道への補給量を確定する。この県営水道の補給量は、毎年、年度当初に兵庫県から猪名川河川事務所と一庫ダム管理所に公文書が送付され、補給量が確定する。

表 3.2-2 一庫ダム下流基準地点(虫生地点)における確保量

年度	軍行橋地点上流(虫生地点)確保量 (m ³ /s)					新規利水(満額2.5m ³ /s)		
	6/1~6/20	6/21~7/15	7/16~8/15	8/16~9/30	10/1~5/31	兵庫県	市町村	計
平成26年度	3.024	4.318	3.871	3.143	2.694	1.016	0.578	1.594
平成27年度	3.024	4.318	3.871	3.143	2.694	1.016	0.578	1.594
平成28年度	3.024	4.318	3.871	3.143	2.694	1.016	0.578	1.594
平成29年度	3.125	4.419	3.972	3.244	2.795	1.117	0.578	1.695
平成30年度	3.125	4.419	3.972	3.244	2.795	1.117	0.578	1.695

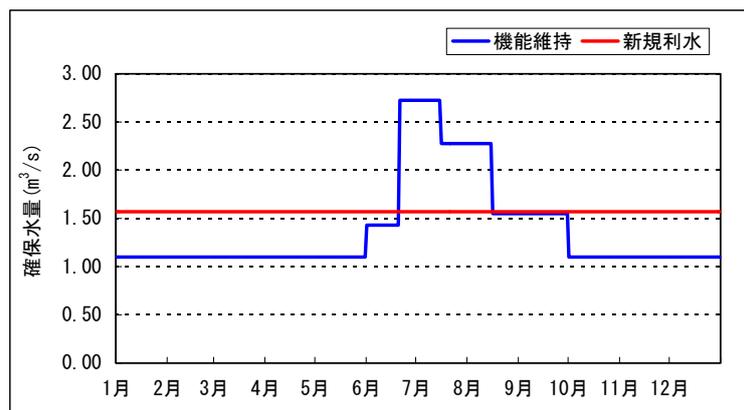


図 3.2-5 一庫ダム下流基準地点(虫生地点)における確保量(平成30年度)

猪名川の農業用水利用状況を表 3.2-3 に示す。

表 3.2-3 猪名川の農業用水利用状況

用水名	取水量(既往慣行)		地検調査による所要量	届け出による水量
	最大(m ³ /sec)	常時(m ³ /sec)		
多田大井	0.370	0.270	0.224	0.835
小戸井	0.660	0.450	0.666	0.594
加茂井	0.570	0.440	0.572	(0.214)
池田井	0.326	0.326	0.370	0.330
北台井	0.360	0.270	0.176	0.257
高木井	0.370	0.260	0.079	0.046
三々井	2.036	1.383	0.987	(0.681)
大井井	0.566	0.026	0.457	0.457
利倉井	1.910	1.310	0.492	0.492
大倉・内井ポンプ	0.254	0.024	0.319	0.319
椎堂ポンプ	0.053	0.053	0.112	0.112
富田ポンプ	0.068	0.068	0.097	0.063
三平井	0.204	0.136	0.165	0.165
上食満ポンプ	0.050	0.050	0.117	0.117
中食満ポンプ	0.052	0.052	0.126	0.126
計	7.849	5.118	4.959	3.913

(出典:一庫ダム工事誌)

3.3. 利水補給実績

3.3.1. 利水補給実績概要

一庫ダムの昭和 58～平成 30 年の貯水池運用実績を図 3.3-1 に示す。

平成 6～7 年、平成 14～15 年は水位低下が顕著であった。

洪水期は 6 月 16 日～10 月 15 日、非洪水期は 10 月 16 日～6 月 15 日である。図 3.2-1 に示すように、洪水期、非洪水期で設定水位を変えている。

平成 6～7 年、平成 14～15 年は、設定水位を大きく下回る貯水位となっている。

過去 5 年間の貯水位運用状況では、平成 26 年度が最も低い貯水位となっている。(図 3.3-2 参照)。

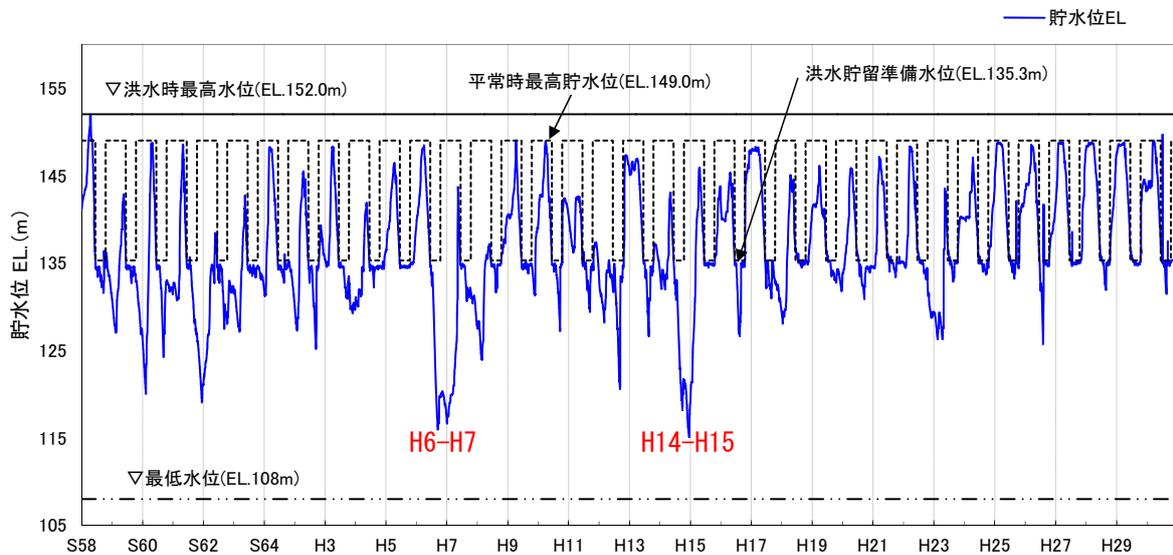


図 3.3-1 一庫ダム貯水池運用実績

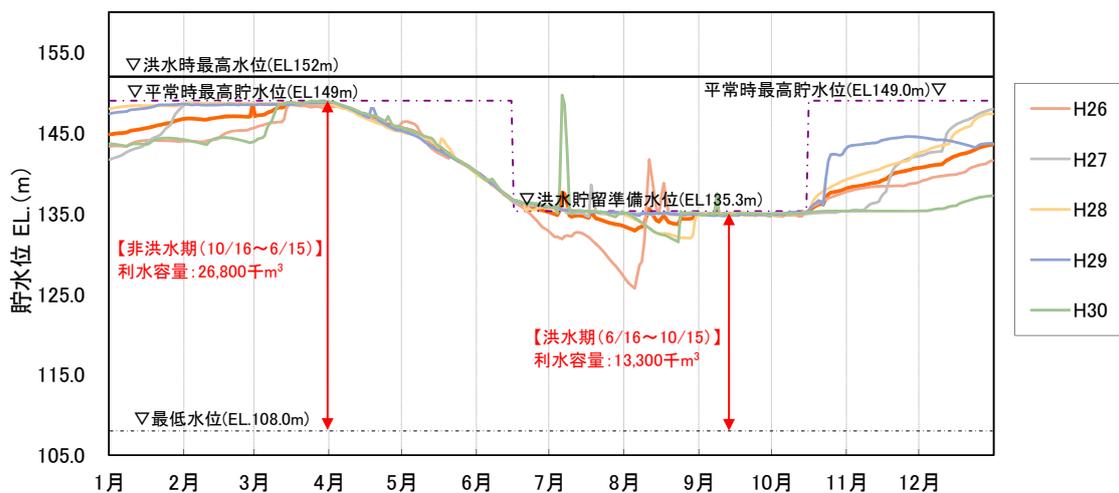


図 3.3-2 一庫ダム貯水池運用状況実績 (至近 5 ヲ年 : H26-H30)

(出典:管理年報)

3.3.2. ダム地点における利水補給の状況

一庫ダムにおける、至近10カ年の機能維持用水、水道用水について補給量を示す。

年度により大きく異なるものの、機能維持用水の補給量は至近10カ年平均の年間平均補給量は302千m³程度、水道用水の補給量は至近10カ年平均の年間平均補給量は3,472千m³程度であった。合わせて至近10カ年では年間平均補給量は3,774千m³程度となる。

図3.3-3に平成21年から平成30年の目的別利水補給の状況を整理した。

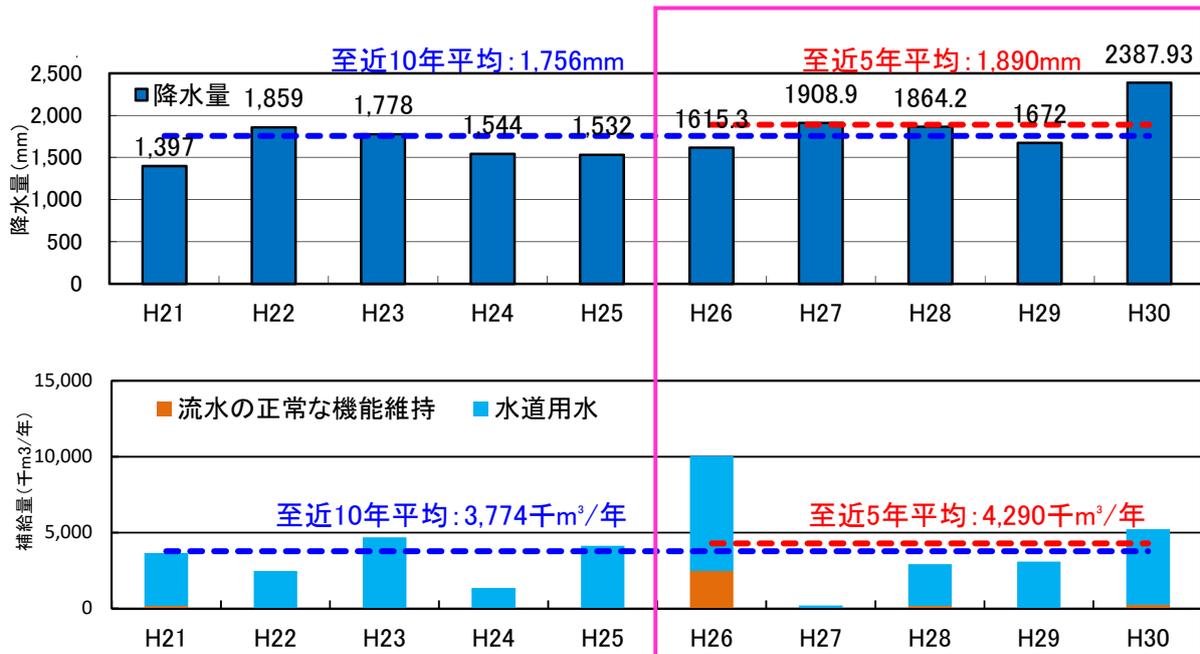


図 3.3-3 一庫ダムの利水補給実績

(出典:一庫ダム管理所調べ)

3.3.3. 管理用発電実績

一庫ダムでは、放流水のエネルギーを利用して表3.3-1に示した発電設備において、ダム管理用電力の発電を行っている。

表 3.3-1 一庫ダム管理用発電設備諸元

水車仕様		発電機仕様	
形式	横軸単輪単流渦巻フランシス水車	形式	横軸三相同期発電機
最大出力	1,900KW	容量	2,200KVA
最大使用水量	4.2m ³ /s	電圧	6,600V
有効落差	59.00m	周波数	60Hz

(出典:一庫ダム工事誌)

一庫ダムの発生電力量実績は、表 3.3-2、図 3.3-4 に示すとおりである。平均すると年間約 6,300MWh の発電を行う。

また、余剰分は売電することで、有効活用を行っている。

表 3.3-2 発生電力量実績表

	発生電力量 (MWh)	余剰電力量 (MWh) (売買電力量)
H21	5,474	4,830
H22	7,398	6,695
H23	4,020	3,172
H24	5,227	4,132
H25	5,147	4,399
H26	6,197	5,304
H27	7,424	6,475
H28	7,523	6,542
H29	7,648	6,551
H30	7,080	6,143
平均	6,314	5,424

(出典:管理年報)

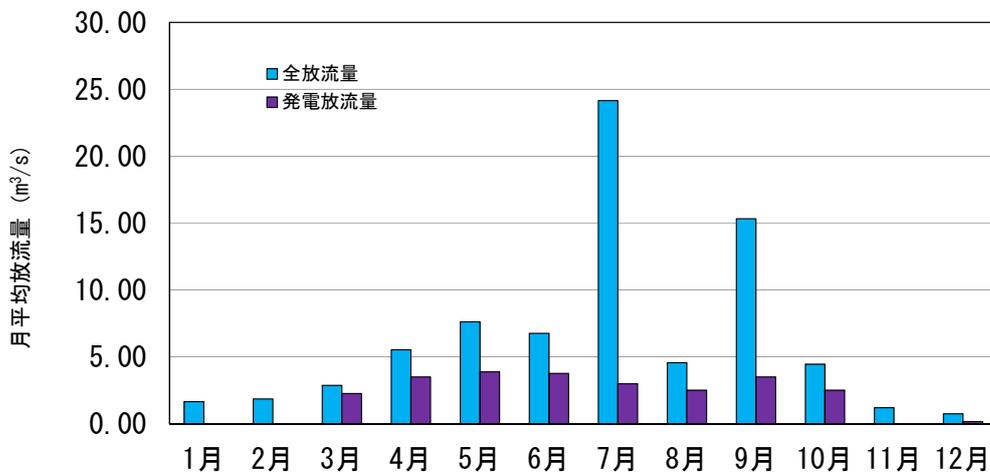
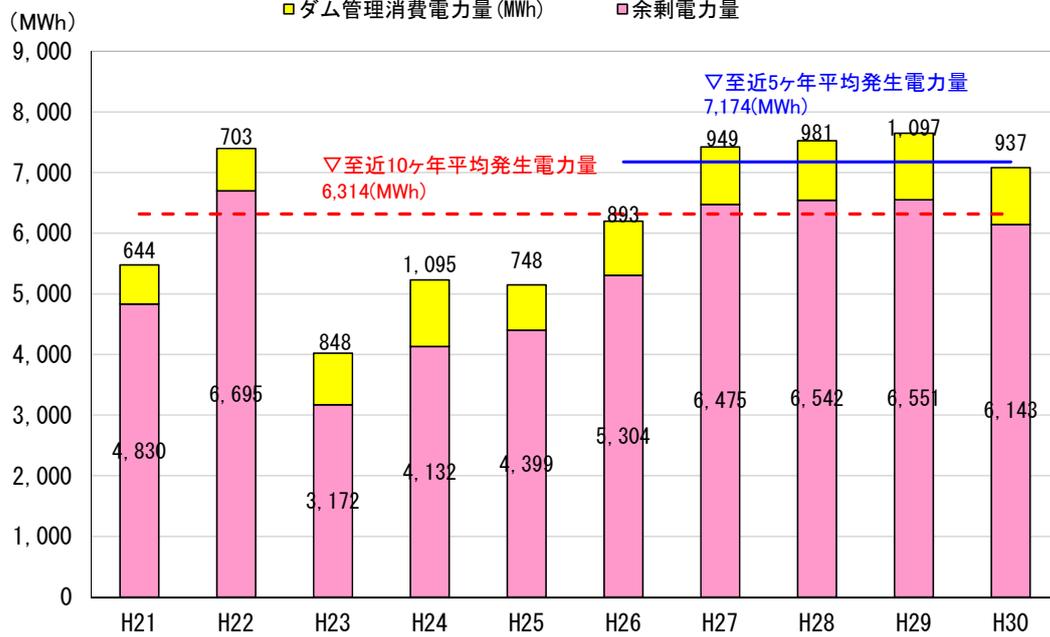
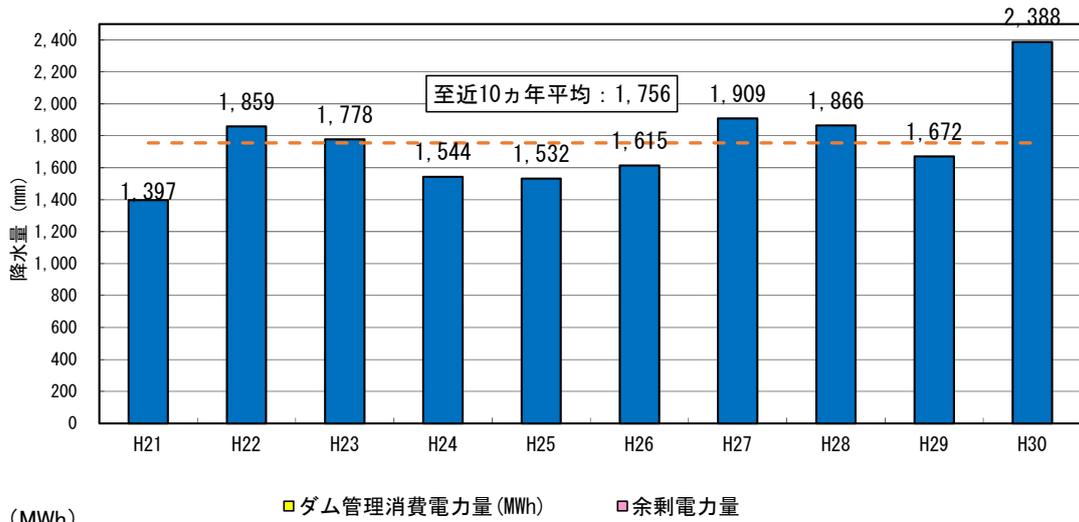


図 3.3-4 一庫ダムの発電実績

(出典:管理年報)

3.4. 利水補給効果の評価

3.4.1. 下流基準点における利水補給の効果

(1) ダムあり(実績)とダムなし(想定)の比較

一庫ダムの下流地点(虫生地点)における至近10カ年の流況から、ダムによる補給があった場合(実績)となかった場合(想定)の比較を行った。

至近10カ年の平均で流況比較をすると図3.4-1のとおり、ダムによる補給があった場合(実績)の方が豊水流量では $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 、平水流量では $0.27\text{m}^3/\text{s}$ 、低水流量では $0.12\text{m}^3/\text{s}$ 、渴水流量では $0.47\text{m}^3/\text{s}$ 多く流量が確保されていた。

虫生地点におけるダムありなしの流況比較は、図3.4-2に示すとおりである。図より、ダムにより流況が改善していることがわかる。

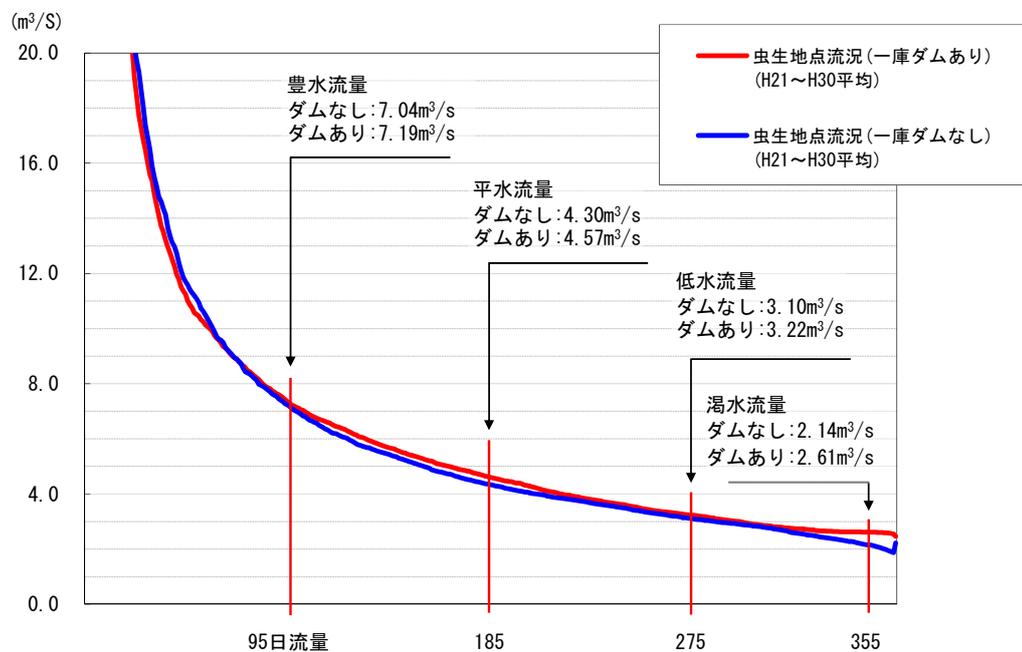


図 3.4-1 虫生地点流況のダムありなしの比較

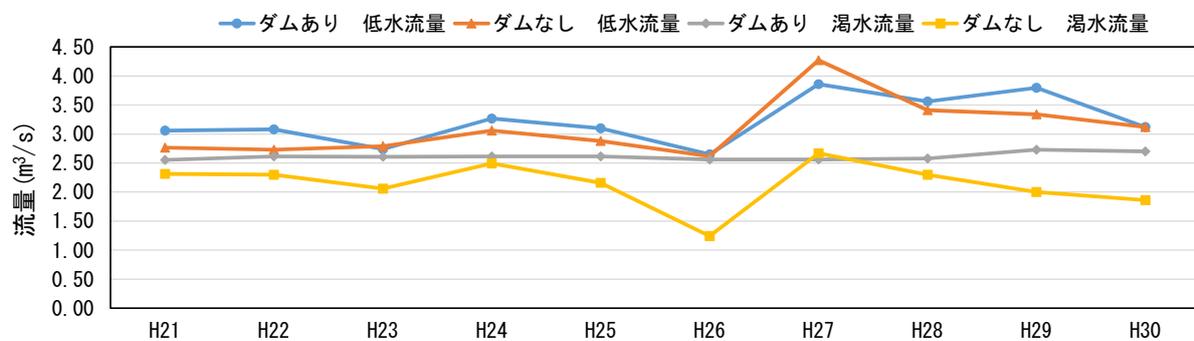


図 3.4-2 虫生地点流況のダムありなしの比較(低水・渴水流量)

(2) 利水補給の結果

一庫ダムの平成 21 年から平成 30 年までの虫生地点での確保量に対して、流量が下回った日数を表 3.4-1 に示す。

ダムありの流量は虫生地点での実績流量（水位で管理）で、ダムなしは一庫ダム流入量を想定流量として算出した。

【ダムがなかった場合の利水補給量の考え方】

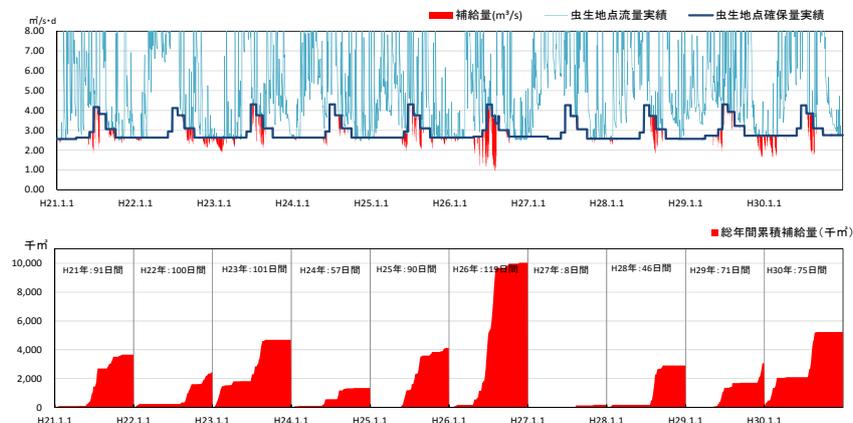
ダム流入量と残流域の合計で虫生地点の確保流量が満足できない場合に、貯留した水をダムから放流した量とする。

$$\begin{aligned} \text{ダム補給量（不足量）} &= \text{確保量の直近下位} - \text{虫生地点自流} \\ \text{虫生地点自流} &= \text{虫生地点流量（ダム放流無し）} + \text{ダム流入量} \\ &= \text{虫生流量（実績）} - \text{ダム放流量} + \text{ダム流入量} \end{aligned}$$

虫生地点では、一庫ダム貯留水からの補給により、安定した取水が可能となっている。取水に関しては、自然流水の不足分は一庫ダムの貯留水から補給しており、その補給日数は至近 10 カ年平均で約 75.8 日間/年、補給量は至近 10 カ年平均で約 3,774 千 m³/年となっている。

表 3.4-1 虫生地点の確保流量の不足低減効果

対象年	実績流量		ダムなし流量	
	不足日数 (日)	不足量 (年総量:千m ³)	不足日数 (日)	不足量 (年総量:千m ³)
H21	0	-	91	3,662
H22	0	-	100	2,466
H23	0	-	101	4,686
H24	0	-	57	1,345
H25	0	-	90	4,129
H26	1	-	119	10,034
H27	0	0	8	192
H28	0	0	46	2,913
H29	0	0	71	3,083
H30	0	0	75	5,228
至近10カ年合計	1	-	758	37,738
至近10カ年平均	-	-	75.8	3,774



(出典:一庫ダム管理所調べ)

3.4.2. 渇水被害軽減効果

(1) 猪名川の近年の渇水発生状況

猪名川の近年の渇水発生状況を表 3.4-2 に示す。

猪名川水系では昭和 59 年、61 年、平成 2 年、6～7 年、平成 12 年から 16 年まで断続的に渇水に見舞われている。至近 5 ヶ年には平成 26 年に渇水による取水制限が実施されたが、台風 11 号の発生により早期に制限が解除された。

表 3.4-2 猪名川水系および一庫ダムの取水制限一覧

年代	猪 名 川			最低貯水率	被害状況
	取 期間	水 上水制限率	制 限 農水制限率		
昭和59年				一庫 15.1% (S60.2.9)	
昭和61年	S61.12.10～H62.2.10	10% S61.12.10～		一庫 13.6% (S61.12.15)	淀川水系では10月13日に第1回淀川渇水対策会議が開催され、17日より取水制限を実施した。その後もまとまった降水がなく、第二次、第三次取水制限は実施された。
平成2年				一庫 49.3% (H2.9.12)	
平成6年 平成7年	H6.8.8～H7.5.12	10% (第1次) H6.8.8～ 20% (第2次) H6.8.26～ 30% (第3次) H6.9.8～	10% (第1次) H6.8.8～ 25% (第2次) H6.8.26～ 40% (第3次) H6.9.8～	一庫 9.9% (H7.1.4)	猪名川町では井戸水を排水している北部地域で町全体で9月1日から給水制限。川西市、伊丹市では小中学校のプールが使用中止。豊能町でも公営プール使用中止。
平成12年	H12.8.14～H12.9.12	10% (第1次) H12.8.14～ 20% (第2次) H12.9.4～	10% (第1次) H12.8.14～ 20% (第2次) H12.9.4～	一庫 32.0% (H12.9.8)	渇水期間中各ダムからの貯留水を河川に放流したことにより、取水制限等の渇水対応機関の短縮がなされたほか、河川を枯らさずに済むなどの効果があった。
平成13年	H13.8.17～H13.8.22	10% (第1次) H13.8.17～	10% (第1次) H13.8.17～	一庫 55.0% (H13.8.21)	
平成14年 平成15年	H14.8.12～H15.2.28	10% (第1次) H14.8.12～ 20% (第2次) H14.9.2～ 30% (第3次) H14.11.29～ 40% (第4次) H14.12.18～ 30% (第5次) H14.12.29～ 20% (第6次) H15.2.10～	10% (第1次) H14.8.12～ 20% (第2次) H14.9.2～ 30% (第3次) H14.11.29～ 40% (第4次) H14.12.18～ 30% (第5次) H14.12.29～ 20% (第6次) H15.2.10～	一庫 15.7% (H14.12.21)	各利水者や関係府県民の節水への協力及びダム群も含めた日々の水管理を行うことにより市民生活への影響が回避できた。
平成16年	H16.8.3～H16.9.1	10% (第1次) H16.8.3～	10% (第1次) H16.8.3～	一庫 55.8% (H16.8.17)	
平成26年	H26.8.1～H26.8.14	10% (第1次) H26.8.1～	10% (第1次) H26.8.1～	一庫 51.3% (H26.8.6)	渇水による取水制限実施後、台風11号の発生により、一時的に洪水調節を行いながら貯水管理を実施し、早期に制限が解除された。

(出典：渇水報告書、一庫ダム管理所 HP)

(2) 渇水被害軽減効果

図 3.4-3 に、平成 21 年から 30 年までの、一庫ダムからの補給によって、虫生地点で確保流量を満たすことのできた状況を示す。

平成 26 年では一時的に渇水が発生し、ダムがなかった場合、機能維持のための必要貯水位を下回っている日が存在するが、ダムがあることで機能維持のための必要貯水位を下回らなかったことから、渇水被害の軽減としてダムの効果が最大限に発揮できたと考えられる。

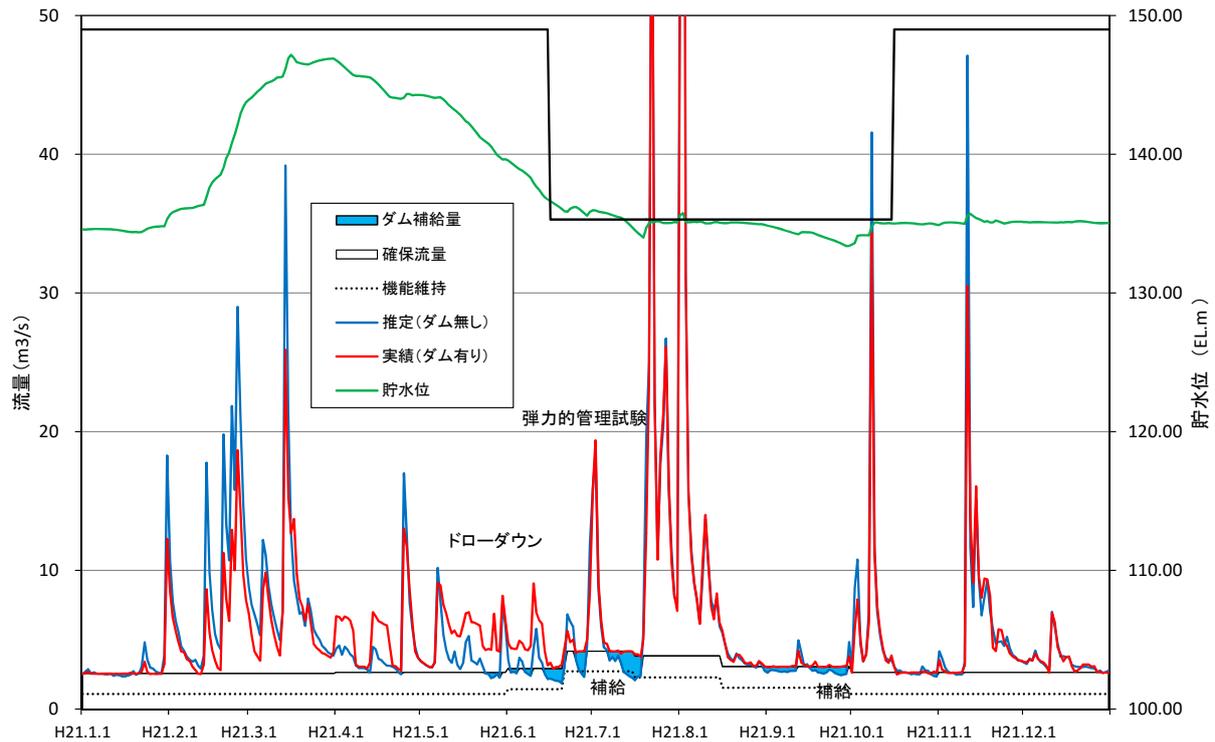


図 3.4-3(1) 虫生地点の確保流量と流量実績ほか(平成 21 年)

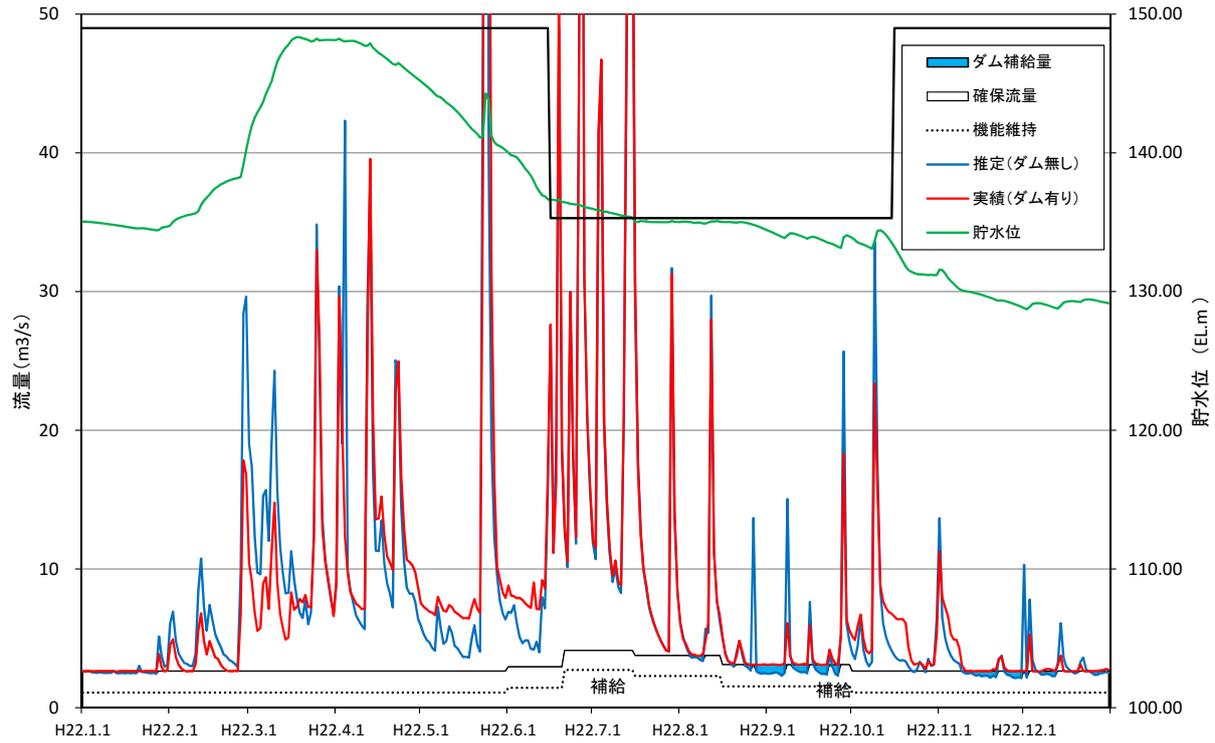


図 3.4-3(2) 虫生地点の確保流量と流量実績ほか(平成 22 年)

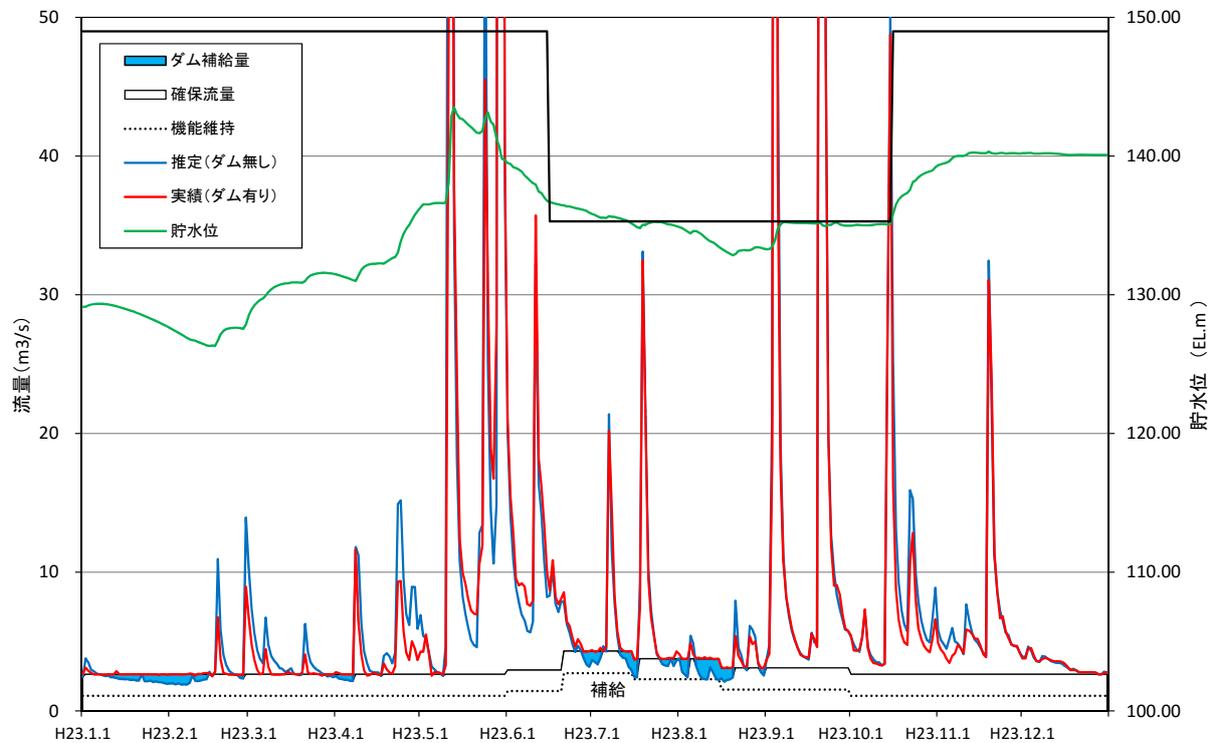


図 3.4-3(3) 虫生地点の確保流量と流量実績ほか(平成 23 年)

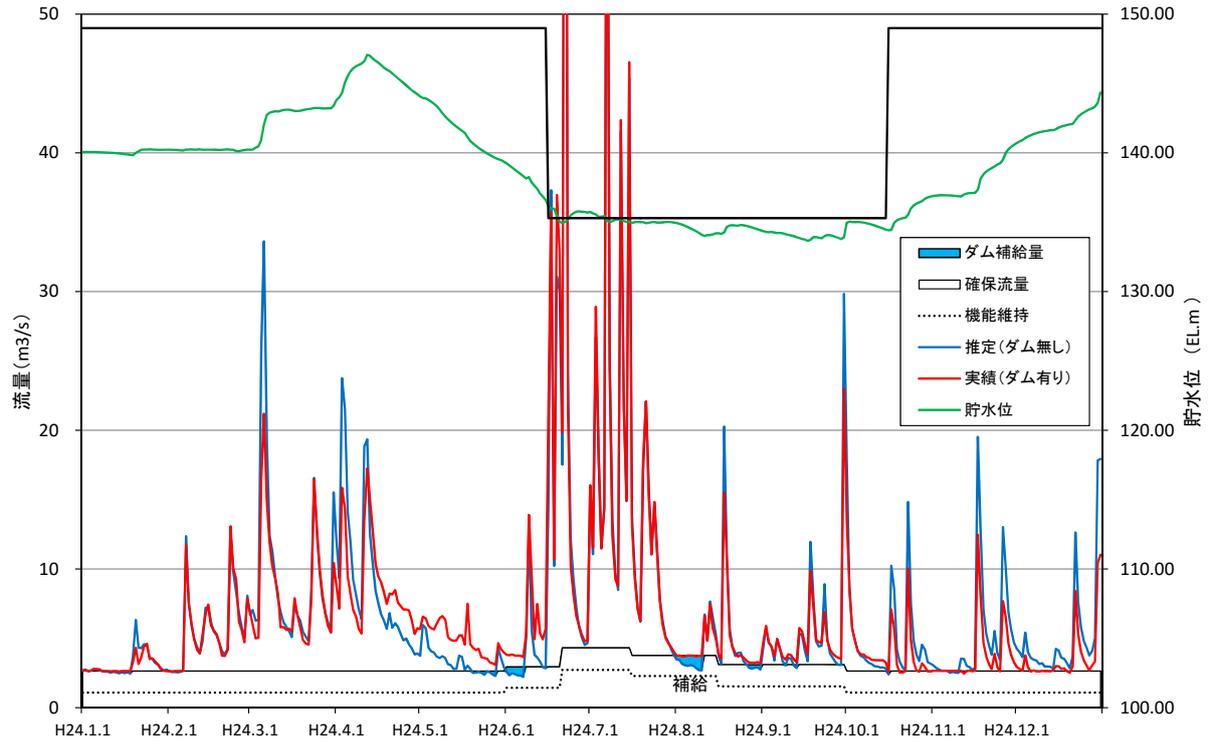


図 3.4-3(4) 虫生地点の確保流量と流量実績ほか(平成 24 年)

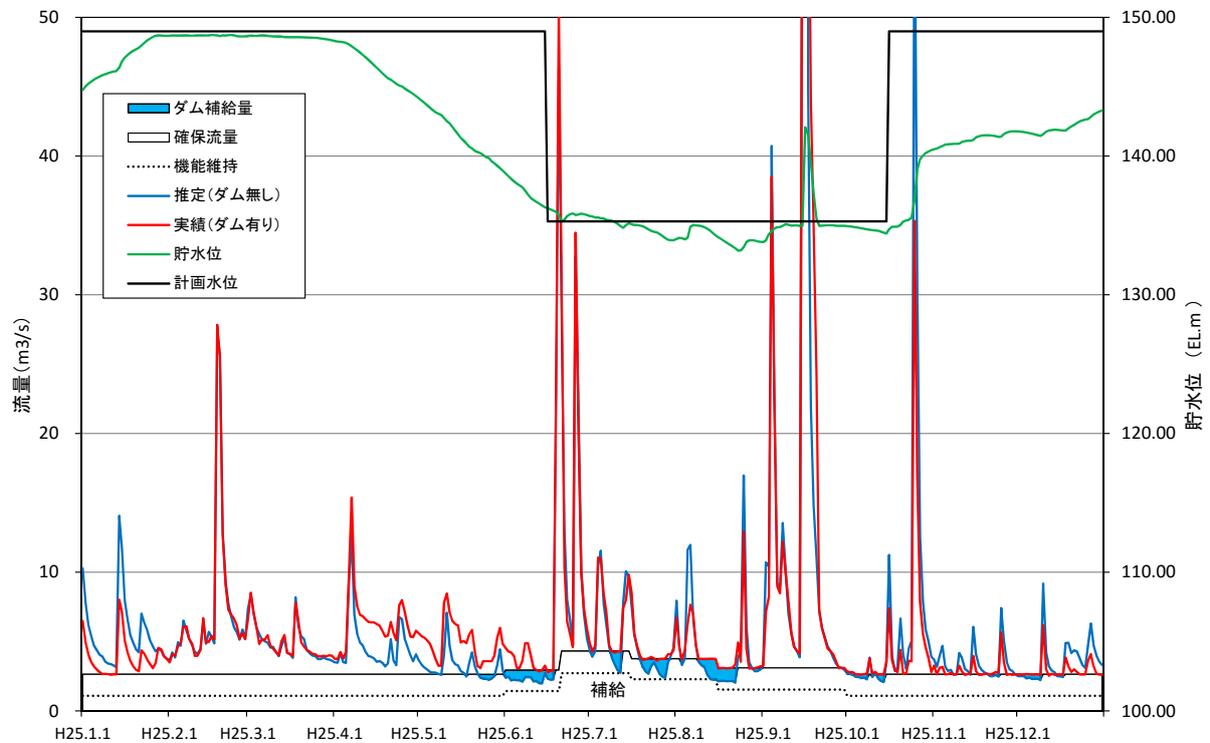


図 3.4-3(5) 虫生地点の確保流量と流量実績ほか(平成 25 年)

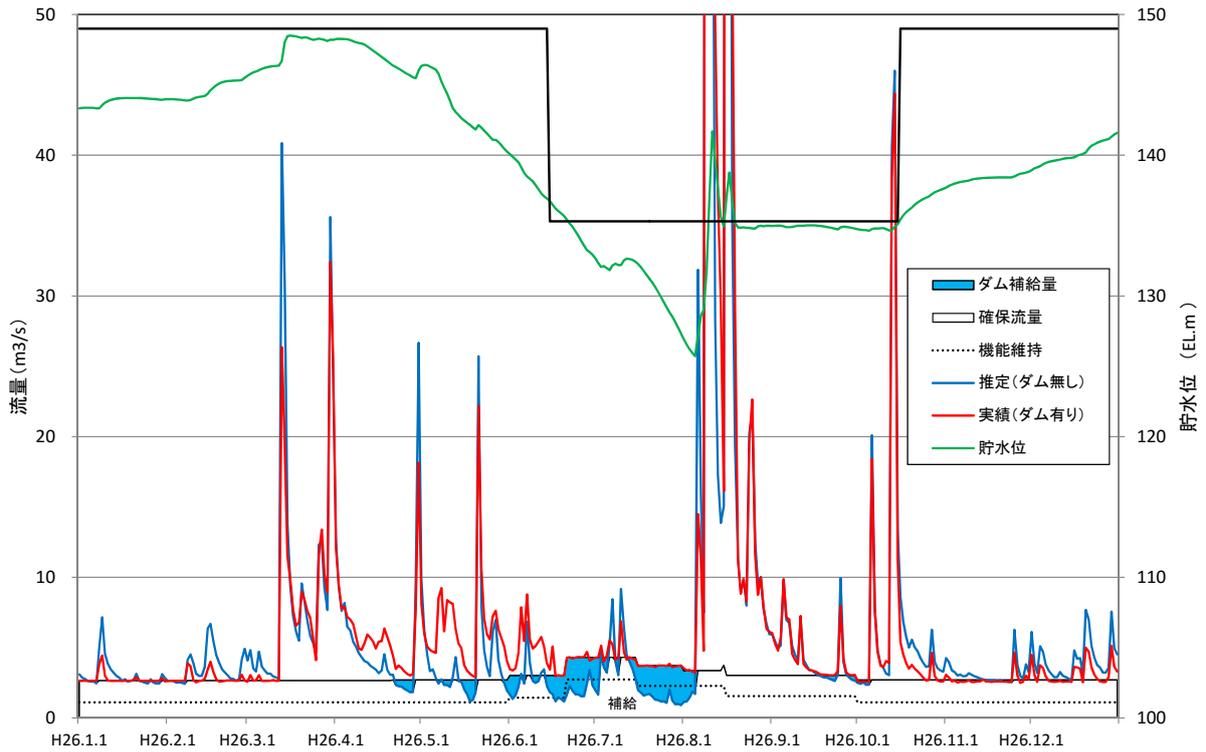


図 3.4-3(6) 虫生地点の確保流量と流量実績ほか(平成 26 年)

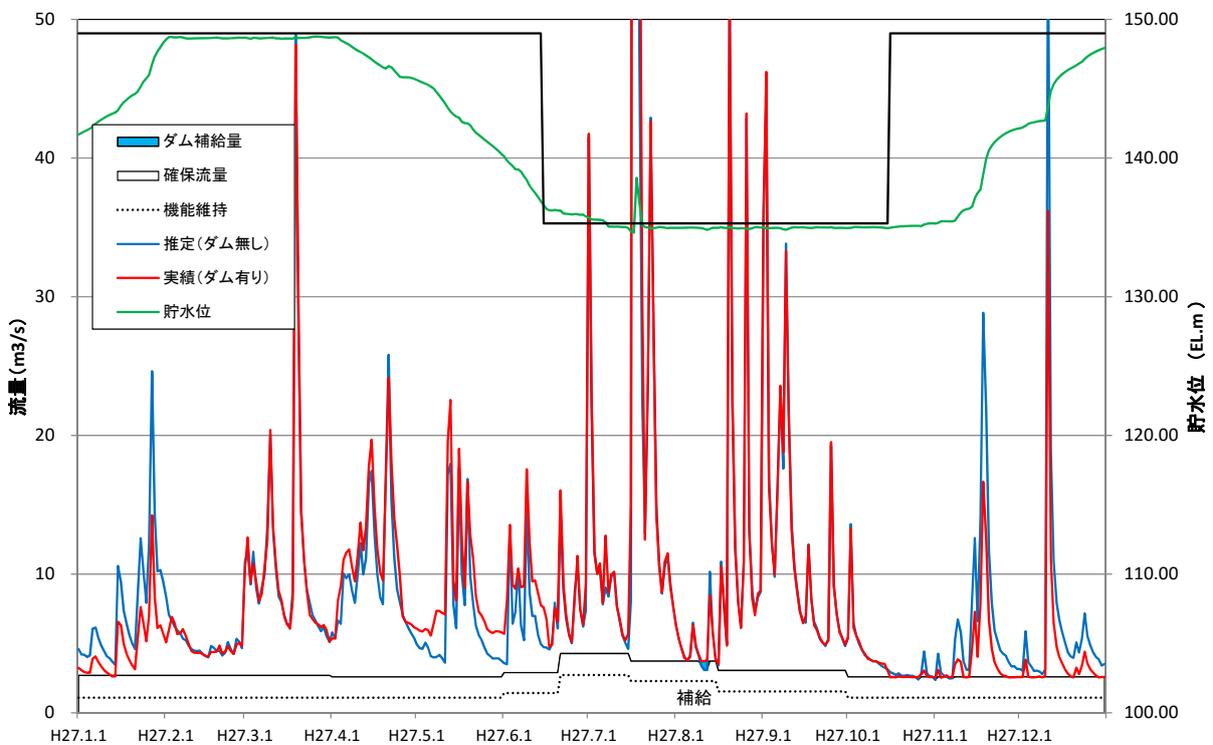


図 3.4-3(7) 虫生地点の確保流量と流量実績ほか(平成 27 年)

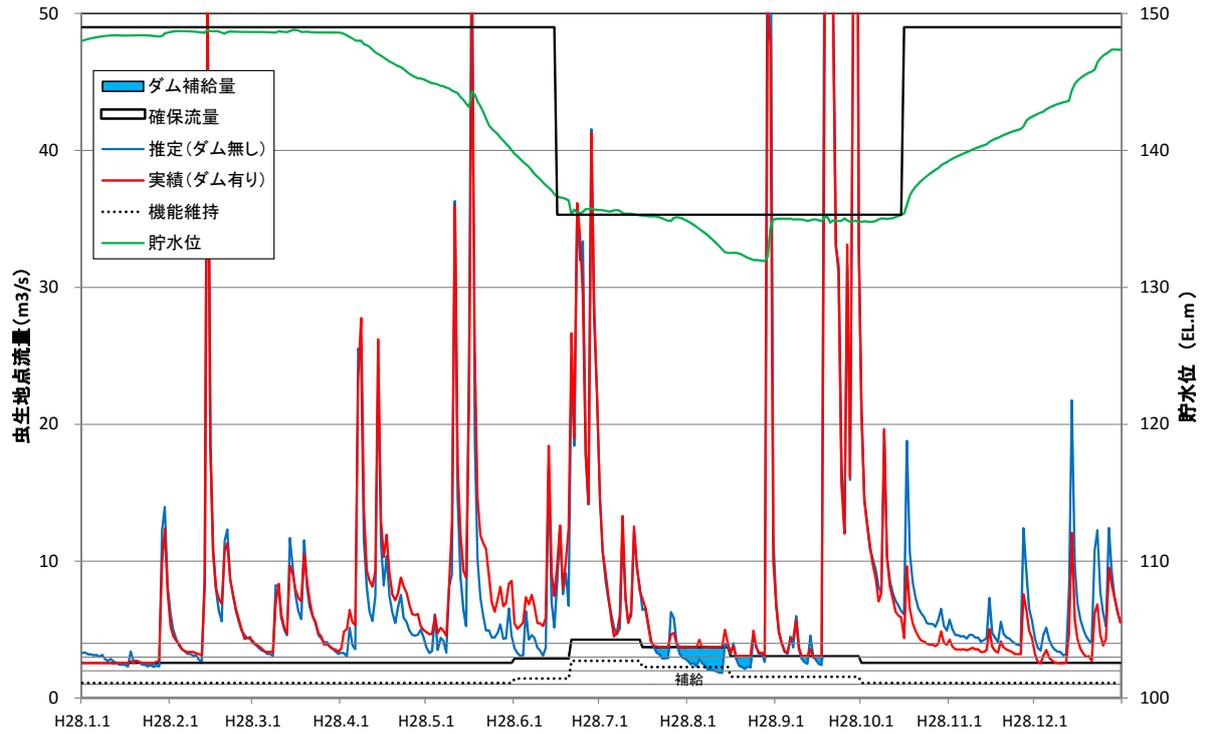


図 3.4-3(8) 虫生地点の確保流量と流量実績ほか(平成 28 年)

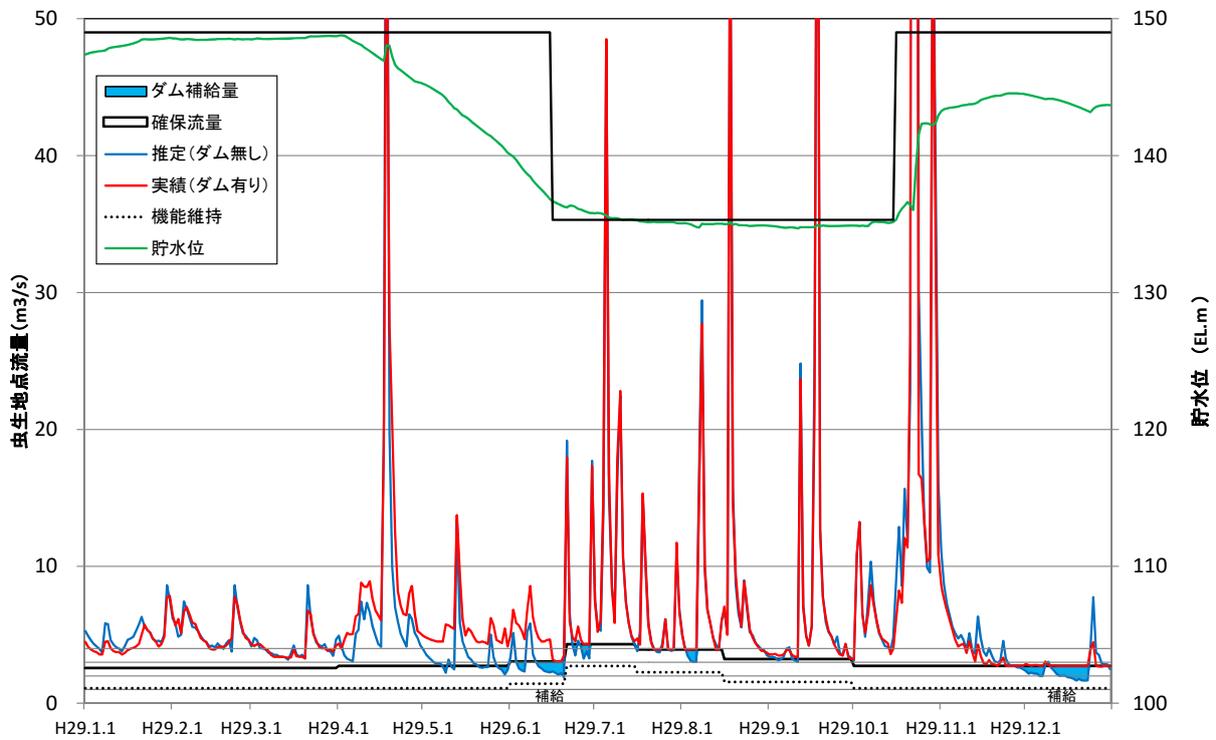


図 3.4-3(9) 虫生地点の確保流量と流量実績ほか(平成 29 年)

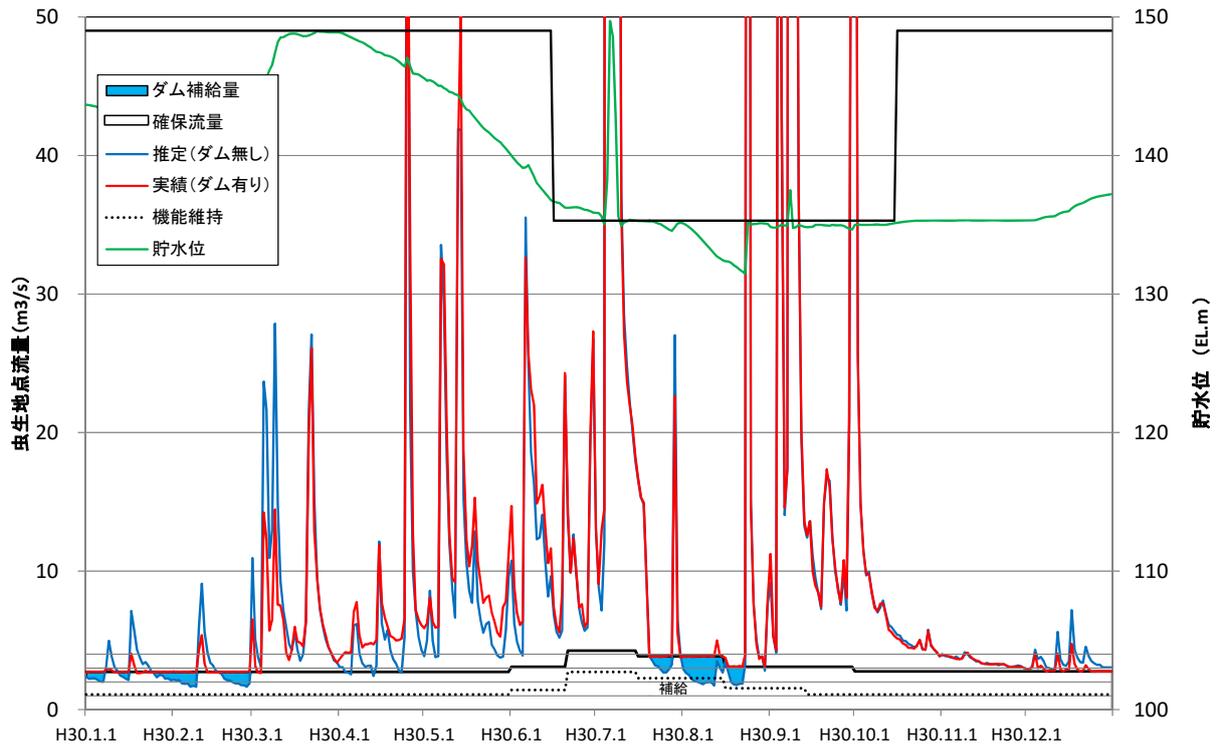


図 3.4-3(10) 虫生地点の確保流量と流量実績ほか(平成30年)

3.4.3. 発電効果

表 3.3-2 に整理した発電実績によると、平均発生電力量は 6,314MWh(至近 10 ヶ年平均)である。この電力量は約 2,123 世帯が年間消費する電力量^{※1}に相当する値であり、表 3.4-3 に基づき一般家庭の電気料金に換算すると年間約 13 千万円^{※2}に相当する。

表 3.4-3 電気量料金表(従量電灯 B 単価)

基本料金			単位	料金単価
			1kVA	388.80
電力量料金	最初から 120kWh まで	第 1 段	1kWh	17.59
	120kWh 超過 300kWh まで	第 2 段	1kWh	20.82
	300kWh 超過	第 3 段	1kWh	23.77

※1 1 ヶ月 1 世帯当たりの平均電力使用量 247.8kWh(2015 年度)
(数値は 9 電力会社平均値 電気事業連合会調べ)

※2 関西電力 HP 電気量料金表参照

[参考]

- 平均発生電力量による世帯数(年間消費電力量)換算
 $6,314\text{MWh} \div \{(247.8\text{kWh} \times 12) \div 1000\} = 2,123 \text{ 戸}$
- 1 世帯当たり平均電力使用料金(247.8kWh)
 $\{\text{基本料金} + \text{電気料金}(247.8\text{kWh})\} \times 12$
 $\{388.80 + 120 \times 17.59 + (247.8 - 120) \times 20.82\} \times 12$
 $= 61,925 \text{ 円/年}$
- 平均発生電力の一般家庭電気料金換算
 $2,123 \text{ 世帯} \times 61,925 = 131,466,775 \text{ 円}$

3.4.4. 副次効果

一庫ダムでは、利水放流の一部(最大 4.2m³/s)を利用して、最大 1,900KW の発電を行っている。なお、発電した電力は管理所で利用するほか、余剰となる電力は一般電気事業者に売電している。

一庫ダム管理用発電による CO₂ 排出量(至近 10 ヶ年平均:69t) と同等電力量の火力発電による CO₂ 排出量(至近 10 ヶ年平均:4,677t) を比較すると、一庫ダム管理用発電は火力発電の約 1/68 であり、CO₂ 削減にも貢献している。

表 3.4-4 一庫ダム管理用発電による CO₂ 排出量

年度	発生電力量(MWh)			CO ₂ 排出量(t)	同等発電量の火力発電によるCO ₂ 排出量(t)
	余剰電力量	ダム管理消費電力量	合計		
H21	4,830	644	5,474	60	4,242
H22	6,695	703	7,398	81	5,733
H23	3,172	848	4,020	44	3,116
H24	4,132	1,095	5,227	57	4,051
H25	4,399	748	5,147	57	3,989
H26	5,304	893	6,197	68	4,803
H27	6,475	949	7,424	82	5,754
H28	6,542	981	7,523	83	5,101
H29	6,551	1,097	7,648	84	5,185
H30	6,143	937	7,080	78	4,800
至近5ヶ年平均	6,203	971	7,174	79	5,128
至近10ヶ年平均	5,424	890	6,314	69	4,677

発電方法	CO ₂ 排出量(g/kWh)
水力	11
石炭	864
石油	695
LNG	476
火力平均	678

注) H27 年まで: CO₂ 排出量(火力平均)=発生電力量×0.775、H28 年から: CO₂ 排出量(火力平均)=発生電力量×0.678

(出典:原子力・エネルギー図面集 2017)

3.5. まとめ

一庫ダムの利水補給等の評価結果を以下に記す。

- 一庫ダムでは、水道用水の取水と河川の正常な機能維持を可能にするため、ダムからの補給を行っている。
- 利水補給量の年間平均値は、至近 10 ヶ年平均で 3,774 千 m³/年であった。
- 一庫ダムからの補給により、安定した取水が可能となっている。
- 一庫ダムの至近 10 ヶ年平均の年間発生電力量は、約 2,000 世帯の年間消費電力量に相当し、地域のエネルギー供給に貢献すると共に、クリーンエネルギーとして CO₂ 削減にも貢献している。
- 以上により、一庫ダムは下流諸都市の水道用水や下流沿川地域の既得用水等の供給に貢献している。

〈 今後の方針 〉

- 今後も関係機関と連携しつつ、適切な維持・管理により、その効果を発揮していく。

3.6. 文献・資料リスト

表 3.6-1 「3. 利水補給」に使用した文献・資料リスト

NO.	文献・資料名	発行者	発行年月	備考
1	一庫ダムパンフレット	一庫ダム管理所		
2	関西電力株式会社ホームページ	関西電力		
3	電気事業連合会ホームページ	電気事業連合会		
4	発電システムのライフサイクル分析報告	電力中央研究所	平成7年3月	
5	平成12年度温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会報告書	電力中央研究所	平成12年度	
6	一庫ダム工事誌	一庫ダム建設所	平成4年3月	
7	平成26年～平成30年 一庫ダム管理年報	一庫ダム管理所		
8	平成26年～平成29年 一庫ダム年次報告書	一庫ダム管理所		
9	パンフレット「Hitokura Dam's Wish 知明湖」			
10	平成26年～平成30年 渇水報告書	一庫ダム管理所		
11	水文水質データベース	国土交通省水管理・国土保全局		虫生地点の流況