

3. 利水補給

3. 利水補給

3.1. 評価の進め方

3.1.1. 評価方針

多目的ダムである天ヶ瀬ダムの利水補給計画について、利水補給が計画通りに行われているかの整理・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

天ヶ瀬ダムの利水補給計画について目的別に整理を行う。主に工事誌やダムのパンフレット等から整理する。なお、天ヶ瀬ダムの利水補給は、水道用水の補給および発電を目的としている。

(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、目的別にダム管理開始後の整理を行うこととし、ダム地点における補給実績、発電実績等について整理する。

(3) 利水補給効果の評価

補給による効果として、給水人口等を指標として新規水資源開発の効果について評価し、発電効果や副次効果についても評価する。なお、天ヶ瀬ダムでは渇水対策、下流河道への補給の目的はないため、渇水被害軽減効果等は記載しない。

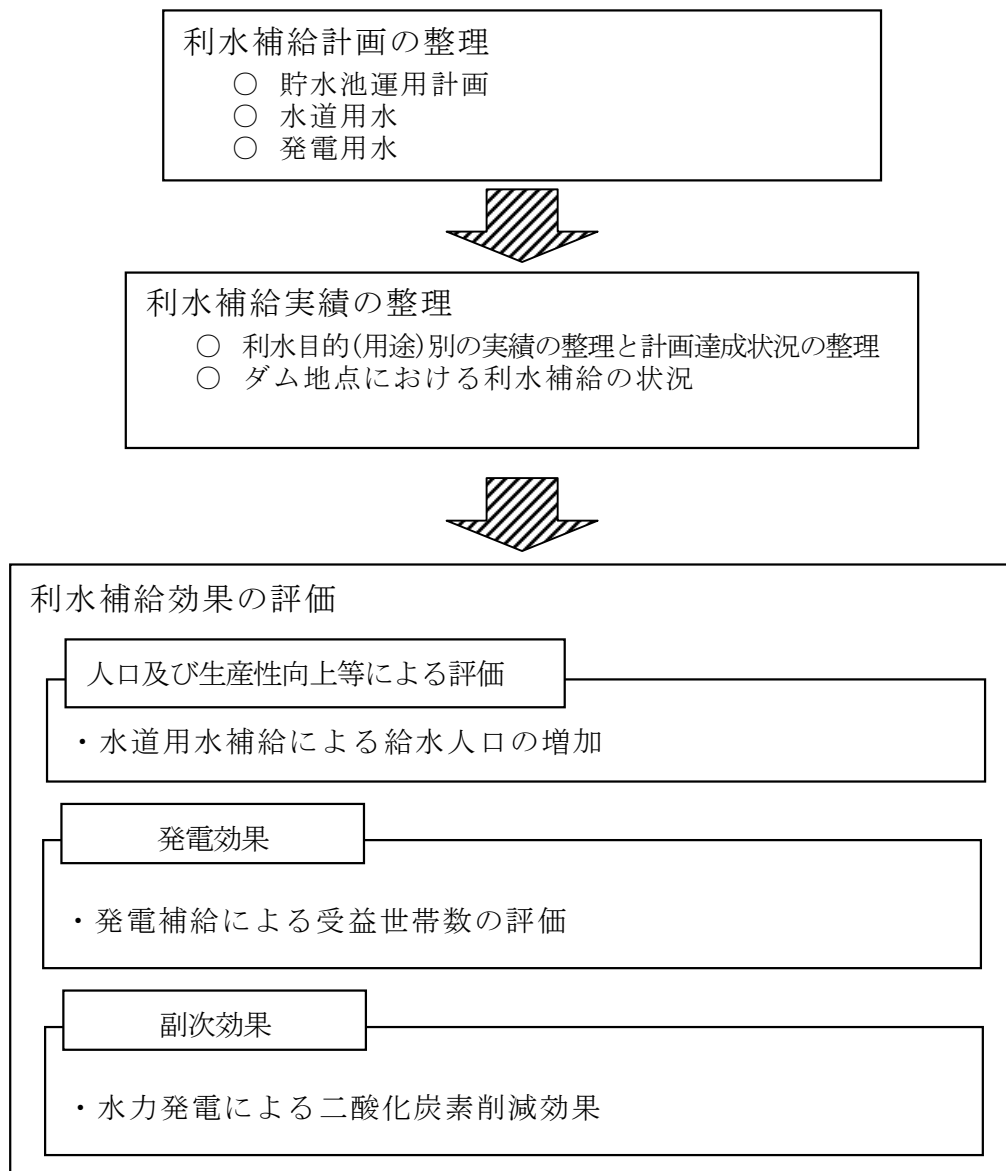


図 3.1-1 評価手順

3.1.3. 利水補給にかかわる天ヶ瀬ダムの特徴

天ヶ瀬ダムは淀川の本川である宇治川に位置する多目的ダムであり、その利水補給にかかる特徴は以下のとおりである。

- 天ヶ瀬ダムは、ダム完成後に人口が急増した京都府宇治市、城陽市、八幡市、久御山町にとっての重要な水道用水の水源となっている。
- 天ヶ瀬ダムでは、琵琶湖からの安定した流量を利用した天ヶ瀬発電所と、天ヶ瀬ダム貯水池を下池として揚水発電を行う喜撰山発電所の二つの発電が行われている。
- 低水時には、琵琶湖から淀川下流への用水補給量をそのまま通過させている。
- 渇水等に伴う発電最小放流量以下の放流時には、洪水調節用の放流設備である主ゲートから小放流を行う必要があり、また、発電点検時等発電放流が行えない場合にも、主ゲートから放流を行っている。

3.2. 利水補給計画

3.2.1. 貯水池運用計画

洪水期（6月16日から10月15日までの期間）における貯水池の最高水位は標高72.0mで、洪水時には予備放流水位（標高58.0m）まで水位を低下させ、標高58.0mから標高78.5mまでの容量20,000千 m^3 を利用して洪水調節を行う。

水道水の供給は、洪水期にあつては標高58.0mから72.0mまでの容量10,320千 m^3 、非洪水期にあつては標高58.0mから標高78.5mまでの容量20,000千 m^3 のうち最大600千 m^3 を利用して行っている。

発電は洪水期にあつては標高68.6mから72.0mまでの容量を使って最大3,800千 m^3 、非洪水期にあつては標高68.6mから78.5mまでの容量を使って最大13,480千 m^3 を利用して行っている。

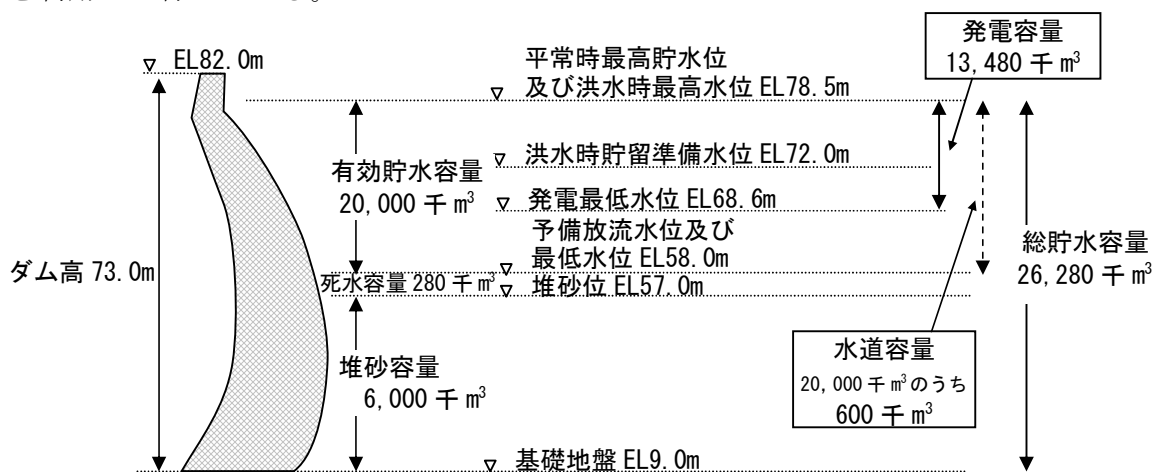


図 3.2-1 (1) 貯水池運用計画図

出典：資料 3-1

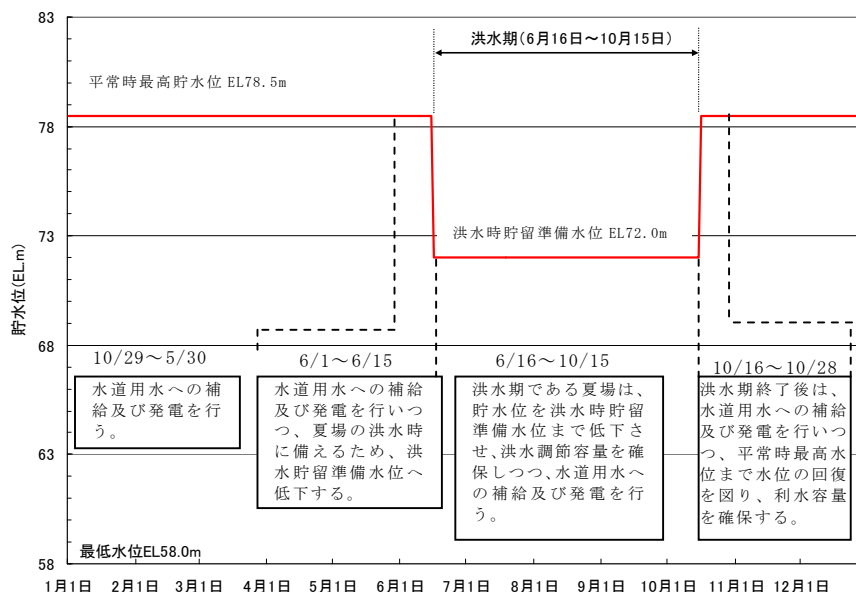


図 3.2-1 (2) 貯水池運用計画図

3.2.2. 利水補給計画の概要

天ヶ瀬ダムは水道用水（京都府営山城水道）と水力発電用水（関西電力㈱）を補給している。

(1) 水道用水（京都府営山城水道）

京都府営山城水道の水源として最大 $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ （暫定豊水利水を含め最大 $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ）を取水している。京都府営山城水道は宇治市、城陽市、八幡市、久御山町の人口約 36 万人に給水している。なお、暫定豊水利水とは、豊水時に暫定的に利水を許可する流量をいう。

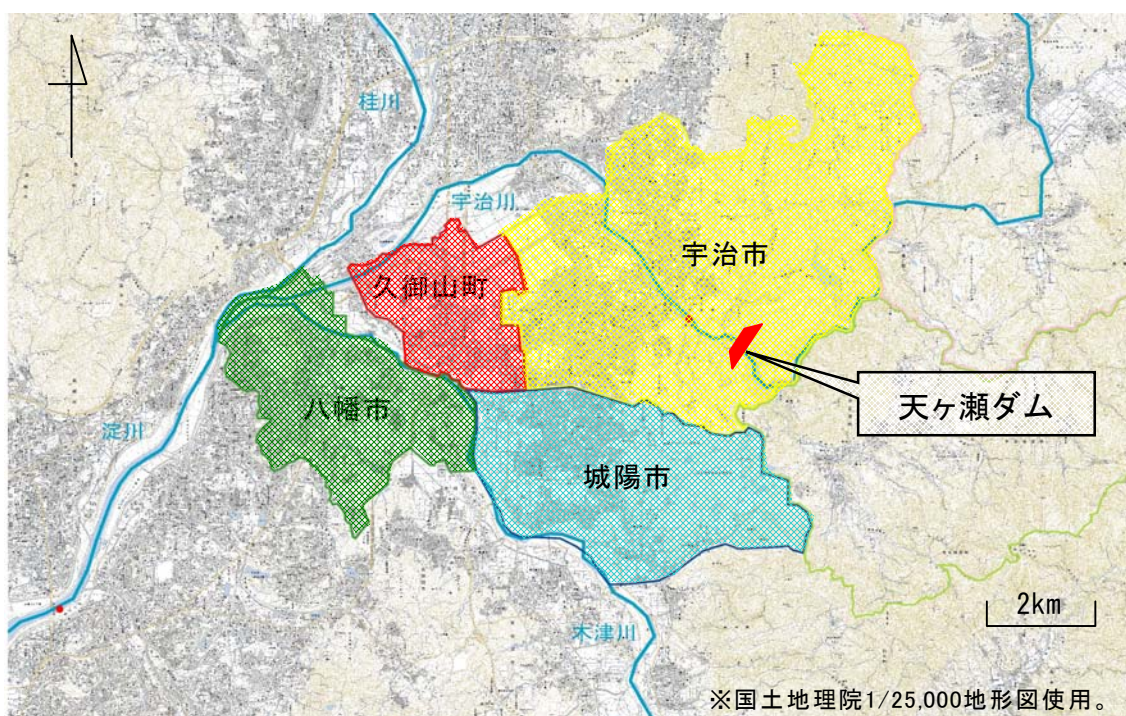


図 3.2-2 水道補給区域図

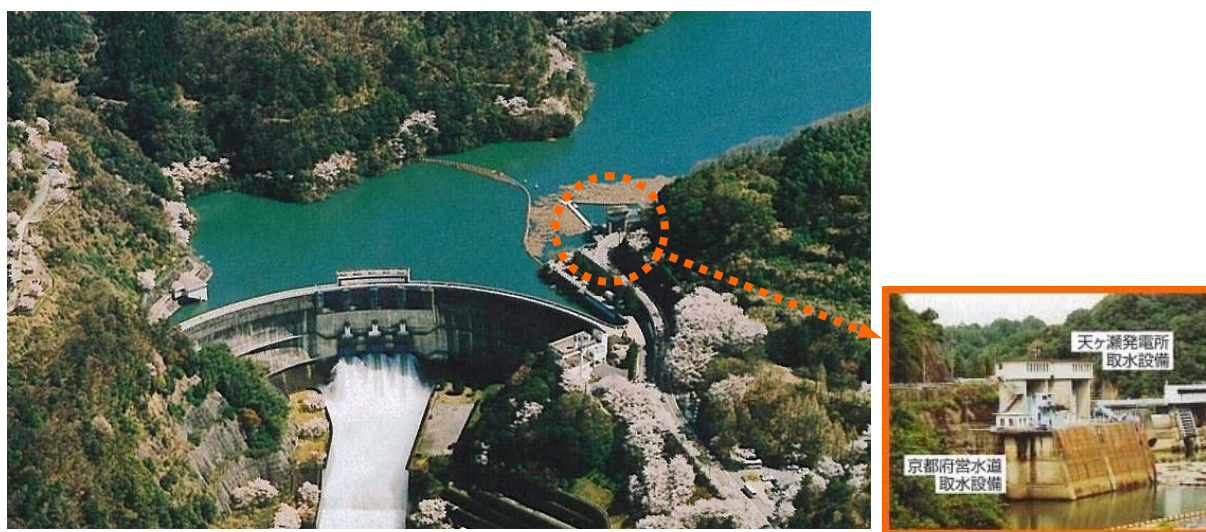


図 3.2-3 ダム地点取水設備

(2) 発電用水（関西電力㈱）

天ヶ瀬ダムの貯水は、天ヶ瀬発電所（関西電力㈱）と喜撰山揚水発電所（関西電力㈱）の発電用水として利用されている。

天ヶ瀬発電所は昭和 39 年(1964 年)に発電を開始し、最大使用水量 $186.14\text{m}^3/\text{s}$ 、最大有効落差 57.1m、最大出力 92,000kW の発電を行っている。

喜撰山発電所は昭和 45 年(1970 年)に発電を開始し、最大使用水量 $248\text{m}^3/\text{s}$ 、総落差 227.4m、最大出力 466,000kW の発電を行っている。



図 3.2-4 発電施設位置図

【天ヶ瀬発電所】

発電方式	ダム式
発電所所在地	京都府宇治市宇治金井戸
取水口所在地	京都府宇治市横島町六石山
発電力	最大 92,000kW
有効落差	最大 57.1m
使用水量	最大 $186.14\text{m}^3/\text{s}$
年間発生電力量[計画値]	約 330,000MWh
発電開始	昭和 39 年

【喜撰山発電所】

発電方式	揚水発電
上部調整池	宇治川支流寒谷川
下部調整池	宇治川（鳳凰湖）
喜撰山ダム有効貯水量	533 万 m^3
発電力	最大 466,000kW
総落差	227.4m
使用水量	最大 $248\text{m}^3/\text{s}$ （発電時）
発電開始	昭和 45 年

喜撰山揚水発電所は、電気の消費が少ない夜間に経済的な深夜電力を利用して、上部調整池（喜撰山ダム湖）へ水を汲み上げておき、電気の消費の多い昼間に上部調整池の水を下部調整池（天ヶ瀬ダム湖）に落として発電している。

揚水発電所は、電気を水の形で貯え、貴重なエネルギー資源を有効利用する発電所である。

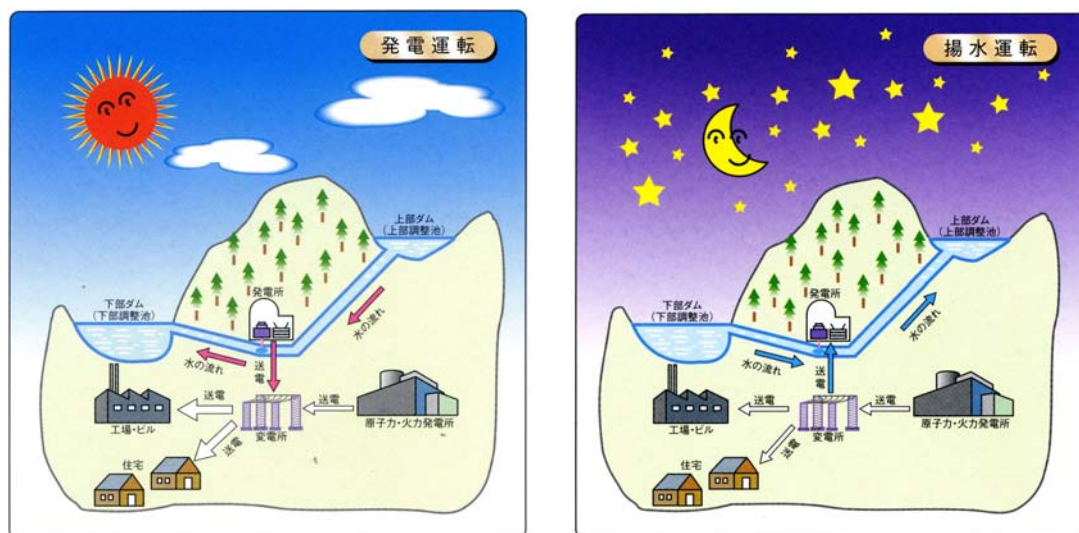


図 3.2-5 揚水発電のしくみイメージ図

出典：資料 3-2

3.3. 利水補給実績

3.3.1. 淀川水系の水利用の概要

淀川水系の水は、京都府、大阪府などの水道用水、工業用水として利用されているほか、農業用水や発電用水として利用されている。また、流域を越えて奈良県や兵庫県の一部に水道用水を供給している。なお、琵琶湖沿岸から最下流の取水地点（淀川大堰）までの反復利用回数は5回に及び、淀川水系の水資源が高度に利用されている。

図 3.3-1 に琵琶湖・淀川を水源とする給水区域、図 3.3-2 に淀川水系（本川筋）の利水概要図、図 3.3-3 及び表 3.3-1 に淀川水系の水利用状況、図 3.3-4 に淀川水系における反復利用回数を示す。



出典：3-7

図 3.3-1 琵琶湖・淀川を水源とする給水区域

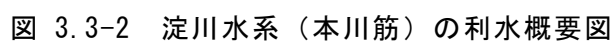
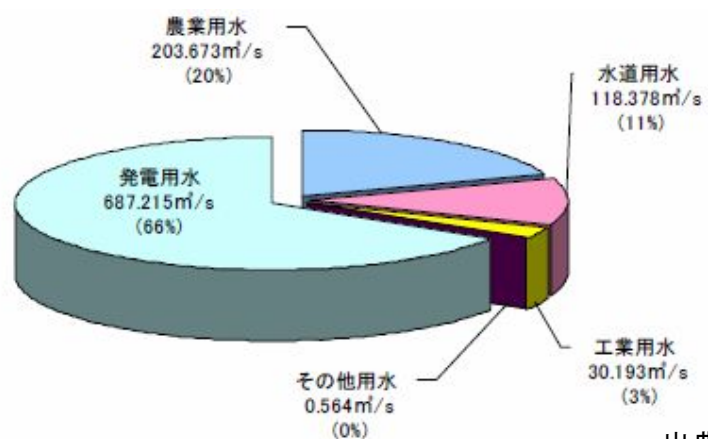


表 3.3-1 淀川水系の水利用の現況（平成 20 年 3 月時点）

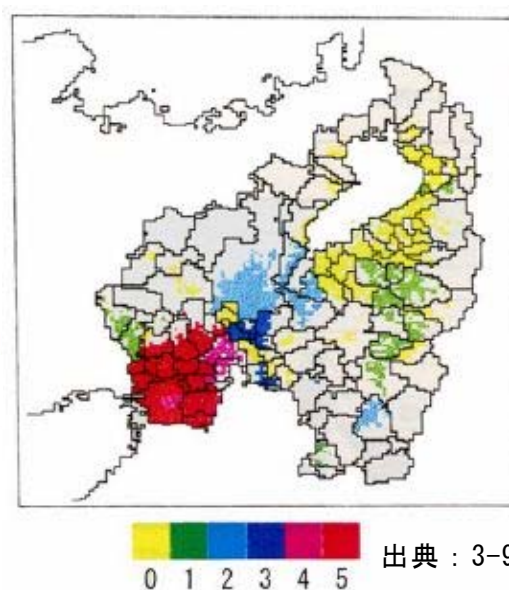
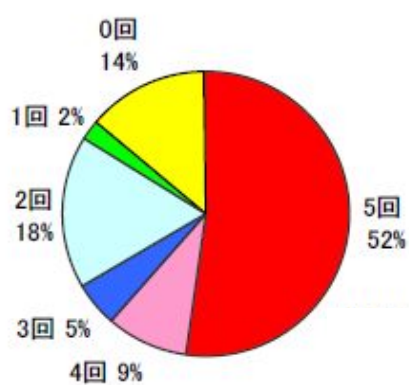
目的		取水件数	最大取水量(m^3/s)
農業用水	許可	70	167.198
	慣行	46	36.475
	小計	116	203.673
水道用水		50	118.378
工業用水		27	30.193
その他用水		15	0.564
発電用水		35	687.215
計		243	1040.023

出典：3-7



出典：3-7

図 3.3-3 淀川水系の水利用の割合（平成 20 年 3 月時点）



出典：3-9

図 3.3-4 河川水の反復利用回数

3.3.2. 利水補給実績概要

平常時は喜撰山の揚水発電に伴って日水位変動があるため、喜撰山発電所の揚水量を考慮した貯水位運用を行っている。

図 3.3-5 に平成 18～21 年及び平成 12～21 年の 10 ヶ年平均値等の貯水位運用を示す。

天ヶ瀬ダムは有効容量を治水・発電・水道と併用しているため、洪水時には予備放流により貯水位が発電最低水位以下となる等により発電補給されないことがある。

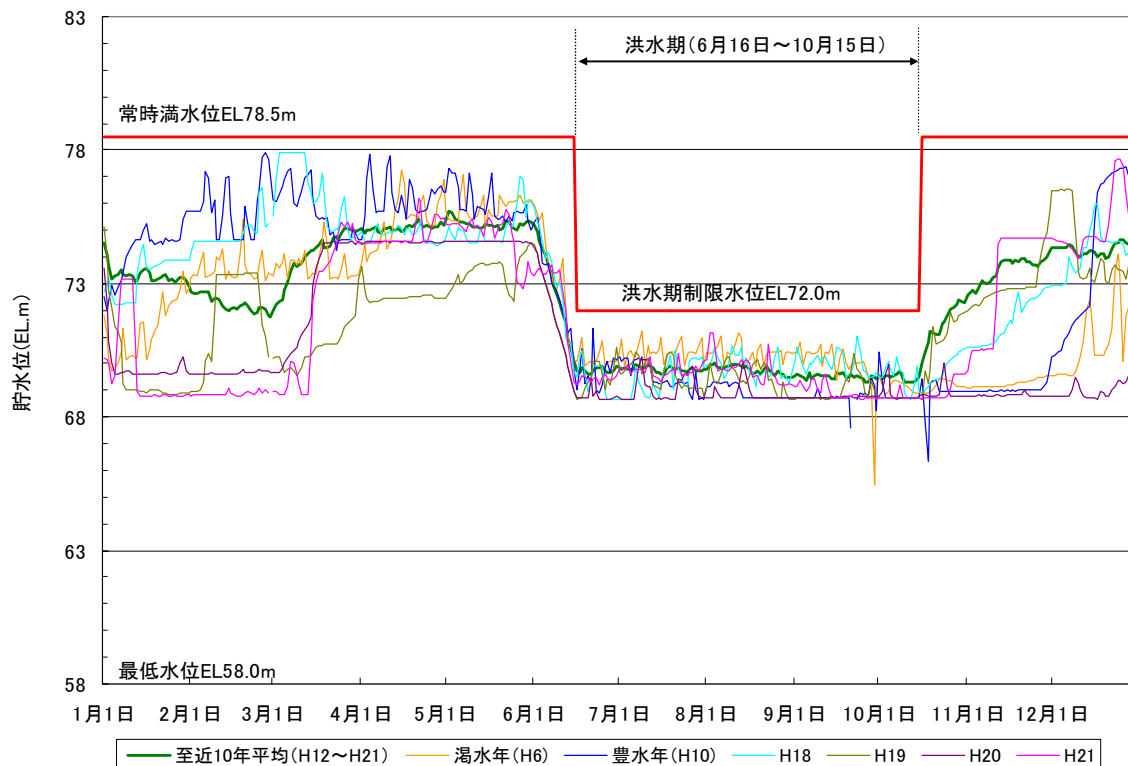


図 3.3-5 貯水池運用図

出典：資料 3-3

図 3.3-6 に示す補給実績では、発電利用が大部分を占めている。

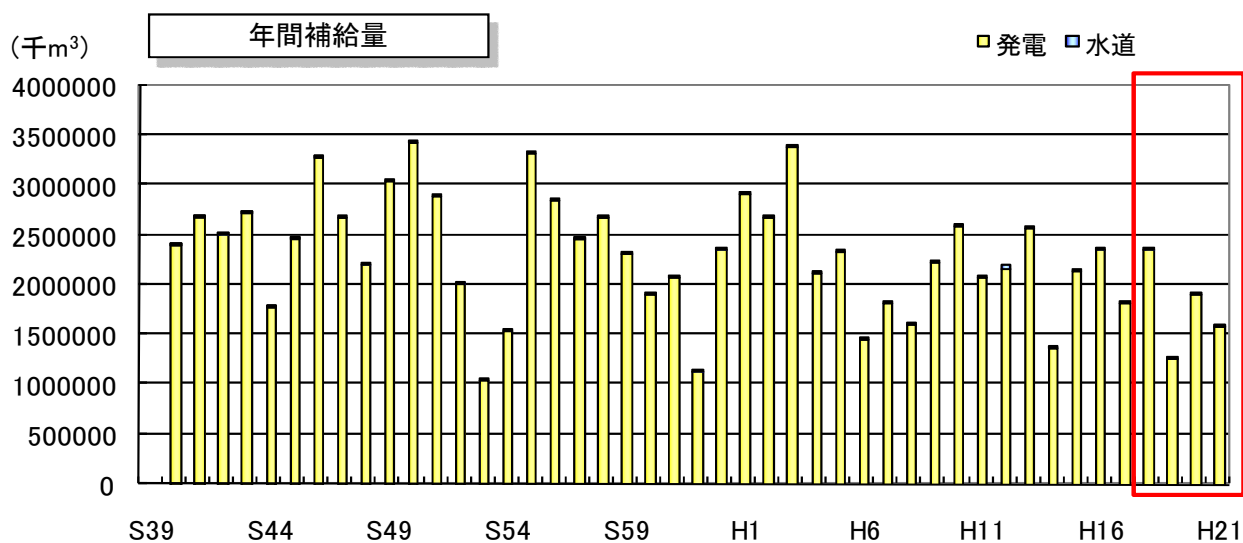


図 3.3-6 補給量実績図

3.3.3. ダム地点における利水補給の状況

京都府営山城水道用水として、平成 18～21 年で平均 2,142 万 m³ の取水を行っている。

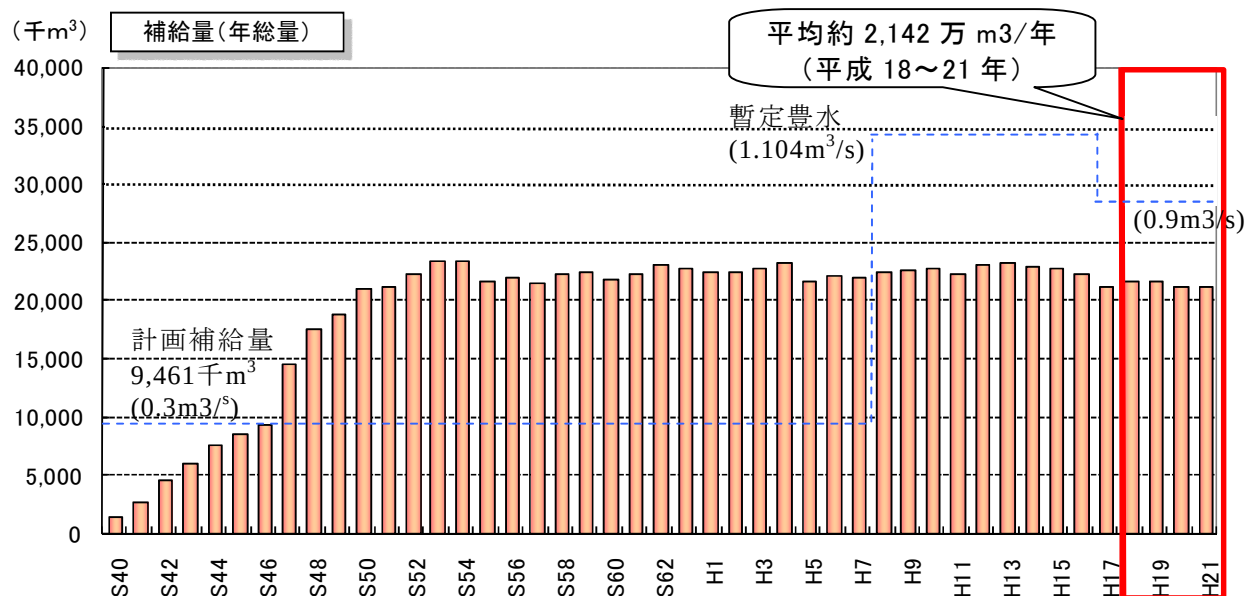
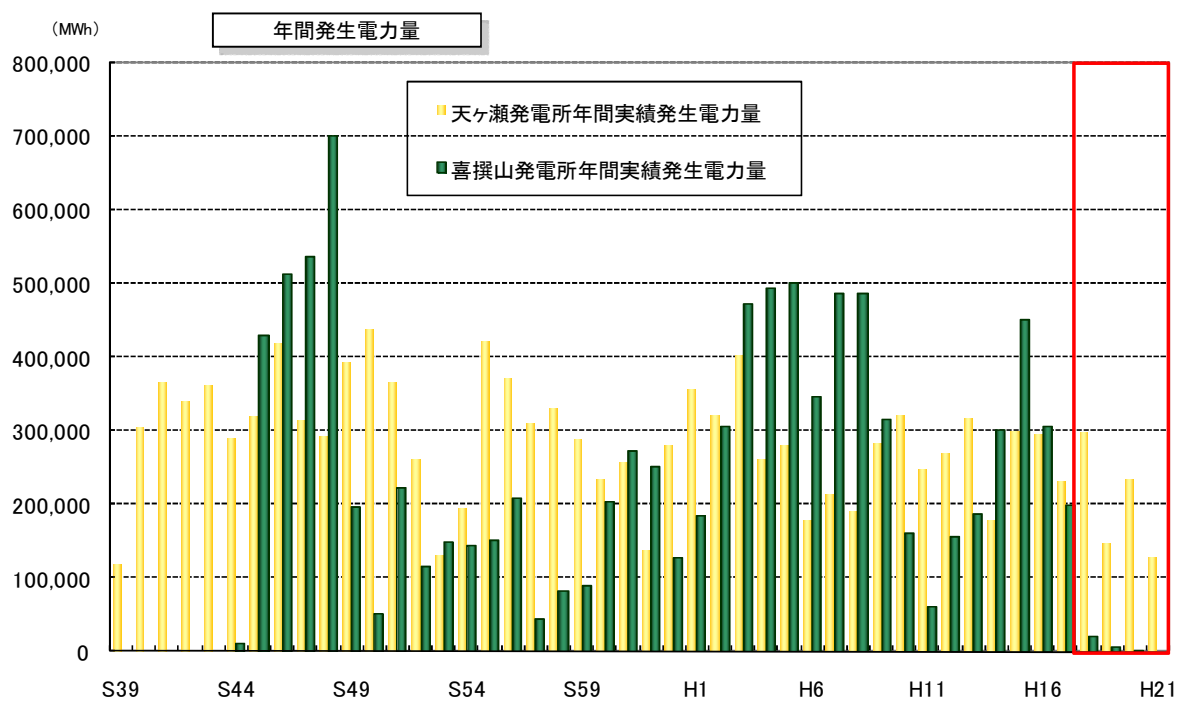


図 3.3-7 水道補給実績図

3.3.4. 発電実績

天ヶ瀬発電所は、平成 18～21 年で平均 20 万 MWH/年（計画値 33 万 MWH/年）の発電を行っている。

喜撰山発電所は、平成 18～21 年で平均 0.8 万 MWH/年の発電を行っている。



出典：資料 3-5

図 3.3-8 発電補給実績図

3.3.5. 下流放流量の実績

天ヶ瀬発電所最大取水量を上回る流量についてはゲートで放流しており、合計放流量は流入量とほぼ同程度となっている。また、流入量のほとんどは上流の瀬田川洗堰放流量が占めている。

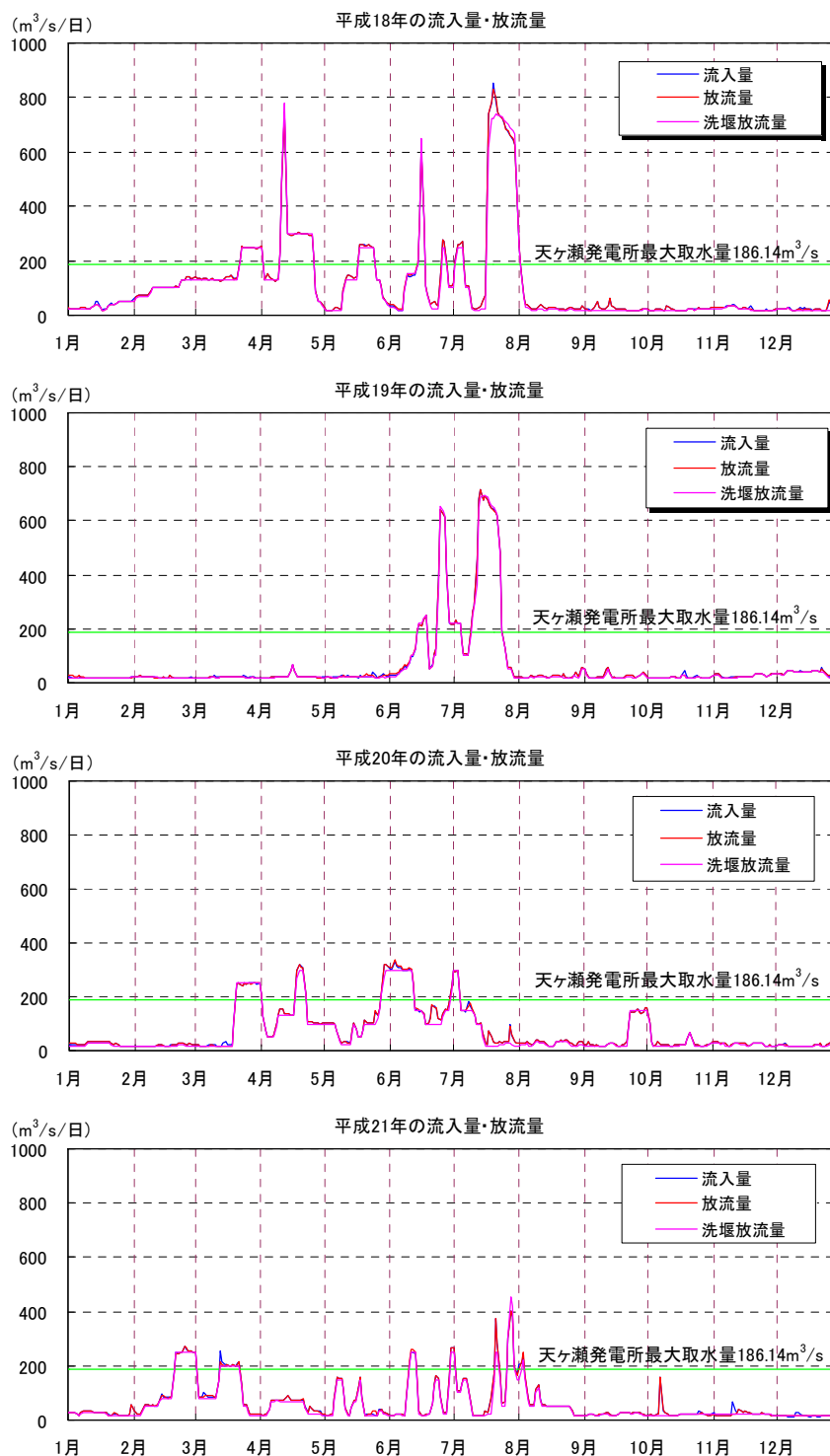


図 3.3-9 天ヶ瀬ダム流入量及び放流量の実績 出典：資料 3-10

(1) ダム地点の流況

槇尾山地点は天ヶ瀬ダム直下であり、ダムからの間に大きな支川流入がないため、ダム放流量を槇尾山地点流量として整理する。槇尾山地点は、瀬田川洗堰による水位操作の影響を受けているので、豊水・平水の変動は大きくない。平成 18～21 年についても大きな変動はない。

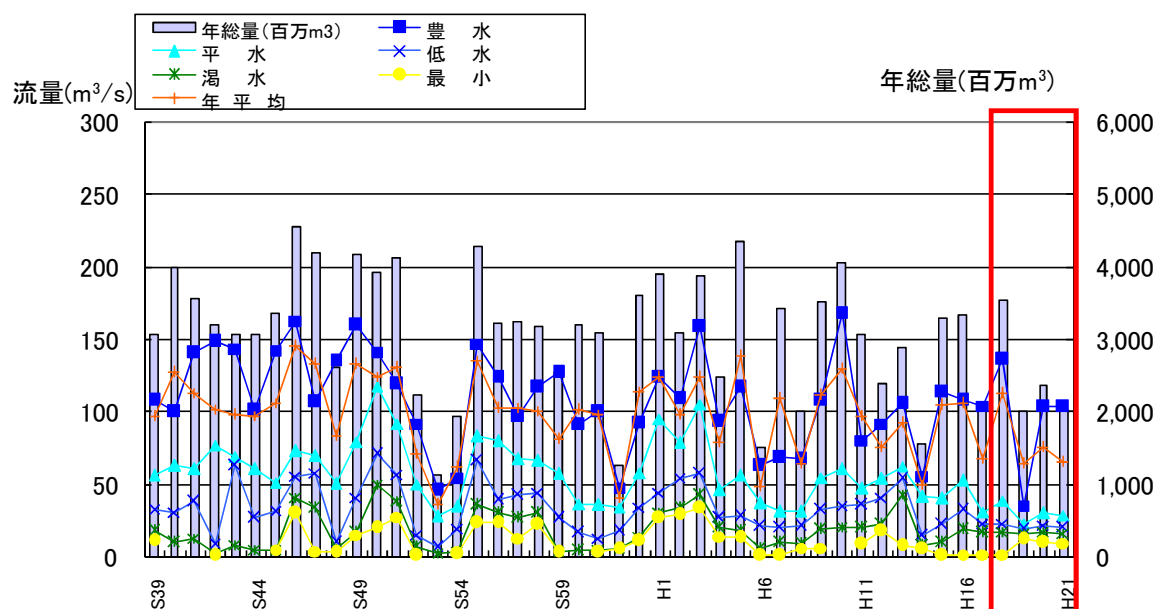


図 3.3-10 ダム地点の流況

出典：資料 3-3

(2) 宇治川発電所放流量合流後の流況

宇治川発電所合流地点においては、最小流量については所々小さい値が確認できるものの、そのほかの流量については安定している状況にある。平成 18～21 年についてもほぼ安定している。なお、平成 18～21 年の平均流量についてみると、ダム地点の平均流量 $80\text{m}^3/\text{s}$ 程度に対して、宇治川発電所合流地点下流の平均流量は $130\text{m}^3/\text{s}$ 程度となっている。

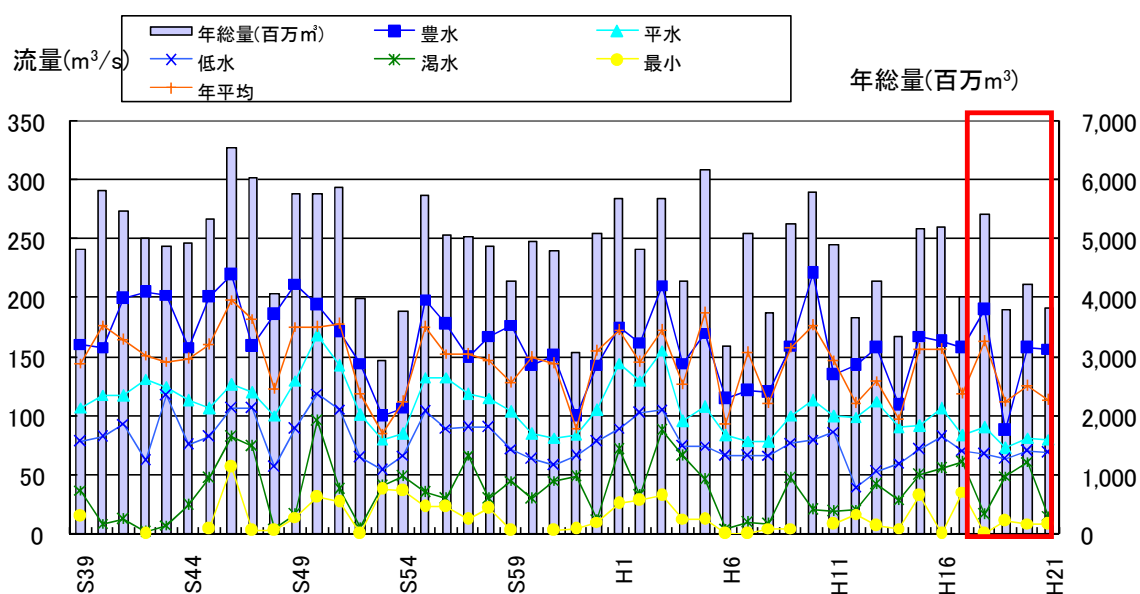


図 3.3-11 宇治川発電所合流後の流況

(3) 三川合流後（枚方地点、高浜地点）

三川合流後の地点（枚方、高浜地点）の平水、低水、渇水流量は安定している状況にあり、平成 18～21 年についても同様である。なお、平成 18～21 年の平均流量についてみると、ダム地点の平均流量 $80\text{m}^3/\text{s}$ 程度に対して、三川合流後の平均流量は $200\text{m}^3/\text{s}$ 程度となっている。

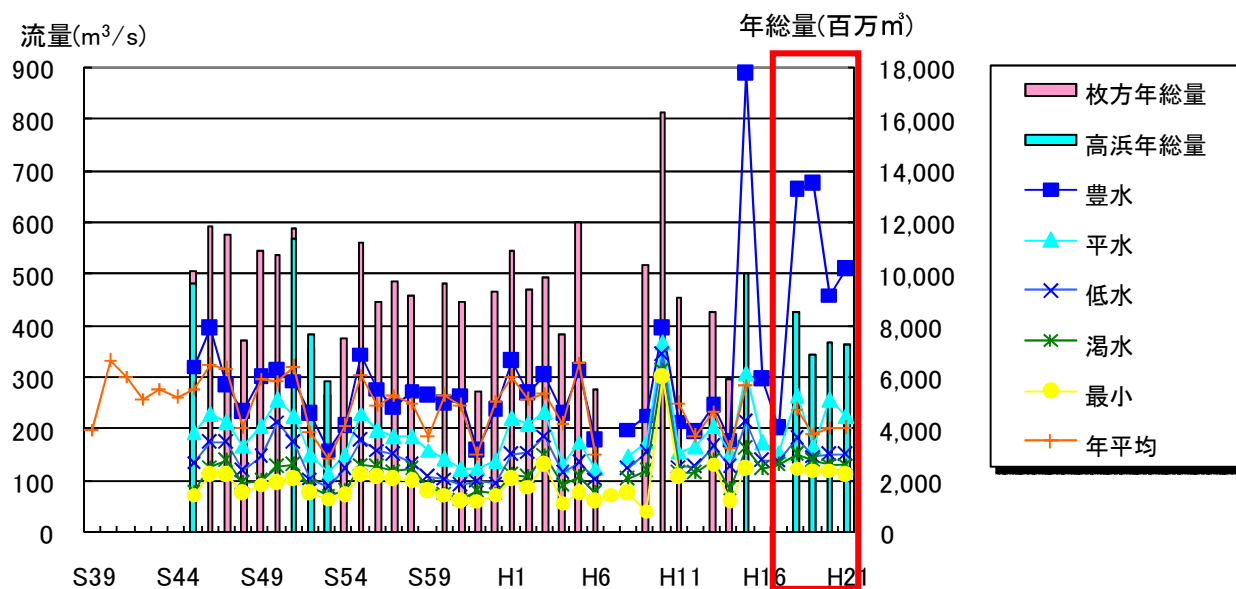


図 3.3-12 三川合流後の流況

※枚方地点は近年において欠測が多く、また高浜地点も欠測が多々ある。ここでは、枚方地点のデータを基本とし、不足している年については高浜地点で補って示した。

3.4. 利水補給効果の評価

3.4.1. 人口増加による評価

天ヶ瀬ダムより取水している京都府営水道の供給区域である宇治市、城陽市、八幡市、久御山町は、昭和40年頃より急激に人口が増加し、それに伴って増大する水需要に対応しており、現在の給水人口は約36万人となっている。

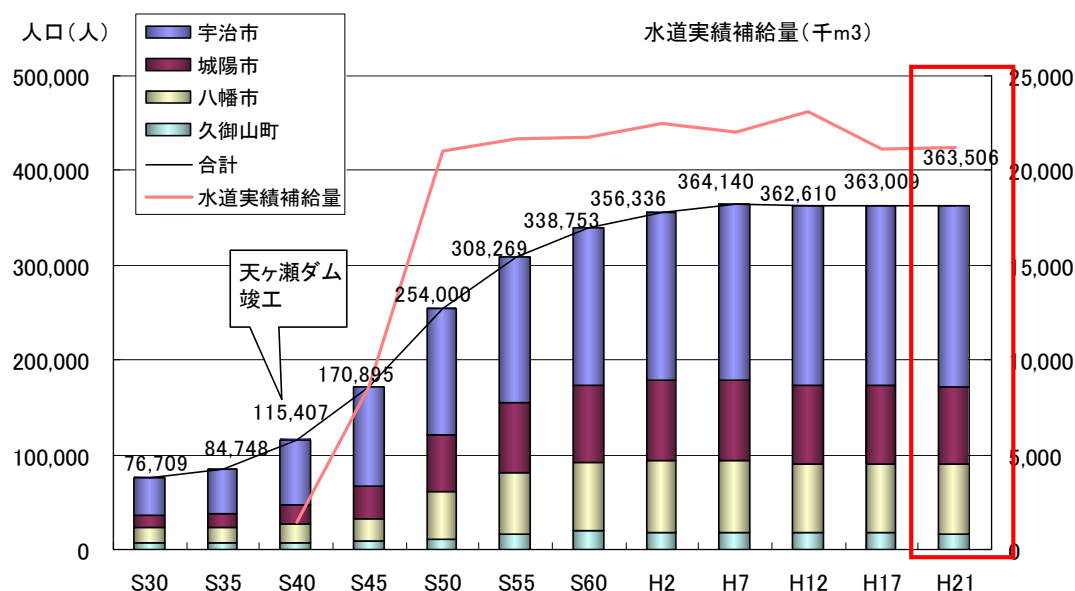


図 3.4-1 人口増加と水道補給実績図

図 3.4-2 に宇治市、城陽市、八幡市、久御山町の自己水源と府営水道の日最大給水量の状況を以下に示す。平成18～21年度においても、各市町の日最大供給量に対して天ヶ瀬ダムを水源とする京都府営水道の割合は、宇治市や久御山町では7割、八幡市で6割、城陽市で3割を占めており、天ヶ瀬ダムは3市1町にとっての重要な水源となっている。

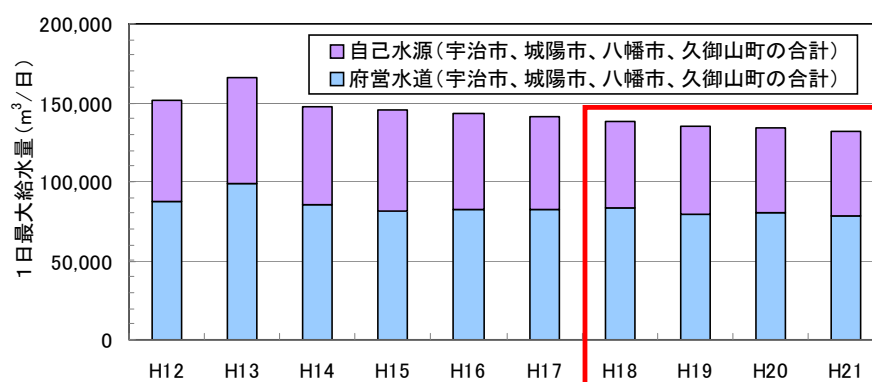


図 3.4-2 水道供給量実績図（日最大給水量）

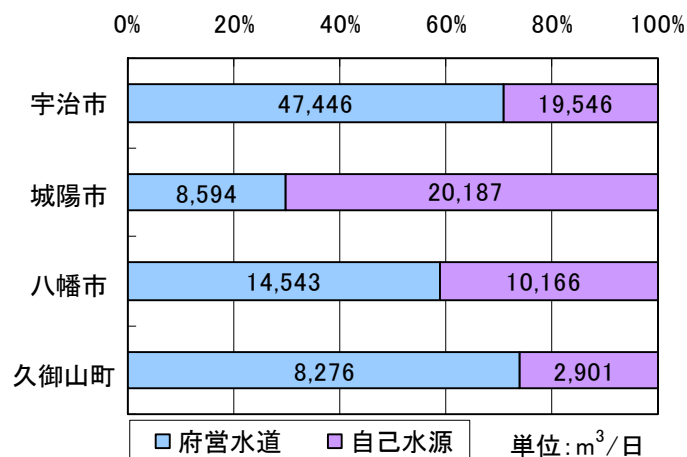


図 3.4-3 府営水道と自己水源の割合（平成 21 年度日最大給水量）

3.4.2. 発電効果

天ヶ瀬発電所の昭和 39 年(1964 年)から平成 21 年（2009 年）までの平均年発生電力量は 282,819MWh であり、約 67,000 世帯の消費電力に相当する。至近 4 ヶ年（平成 18～21 年）の平均年発生電力量は 202,065 万 MWh であり、約 48,000 世帯の消費に電力相当する。

- ・ 昭和 39～平成 21 年度平均：282,819MWh/年 ÷ 4,227kWh/年/世帯※ ≒ 66,908 世帯
- ・ 平成 16～平成 21 年度平均：202,065MWh/年 ÷ 4,227kWh/年/世帯※ ≒ 47,803 世帯

※家庭における年間消費電力量：4,227 kWh/年・世帯

喜撰山発電所の昭和 45 年(1970 年)から平成 21 年（2009 年）までの平均年発生電力量は 249,634MWh であり、約 59,000 世帯の消費電力に相当する。至近 4 ヶ年（平成 18～21 年）の平均年発生電力量は 7,965MWh であり、約 2,000 世帯の消費に電力相当する。

- ・ 昭和 45～平成 20 年度平均：249,634MWh/年 ÷ 4,227kWh/年/世帯※ ≒ 59,057 世帯
- ・ 平成 16～平成 20 年度平均：46,438MWh/年 ÷ 4,227kWh/年/世帯※ ≒ 1,884 世帯

※家庭における年間消費電力量：4,227 kWh/年・世帯

出典：資料 3-5

3.4.3. 下流放流量の評価

天ヶ瀬ダムでは、流入量とほぼ同程度の放流を行っており、流水を適切に通過させている。

3.4.4. 副次効果

天ヶ瀬発電所及び喜撰山発電所は、豊かで再生可能な水資源を利用する純国産エネルギーで、石油などの化石燃料を使用する火力発電所に比べて二酸化炭素排出量が非常に少なく、地球環境に優しくクリーンな発電を行っており地球温暖化防止に貢献している。

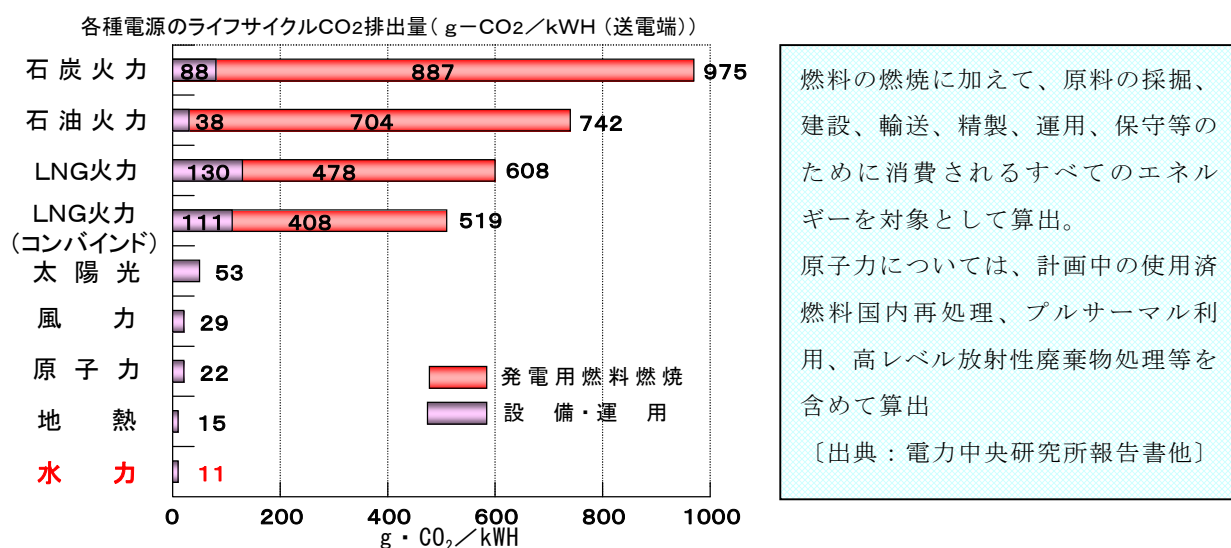


図 3.4-4 各種発電のライフサイクル CO₂ 排出量

出典：資料 3-6

天ヶ瀬ダムによる水力発電のCO₂削減効果について下に整理する。

(1) 発電に伴う二酸化炭素排出量

1kWを1時間発電する時に発生するCO₂の総排出量は、以下とされている。

- ①水力発電：11 (g・CO₂/kWh)
- ②石油火力発電：742 (g・CO₂/kWh)
- ③石炭火力発電：975 (g・CO₂/kWh)

よって、年間の発生電力量を、①水力発電、②石油火力発電、③石炭火力発電のそれぞれによって発電した場合を考えると、排出される二酸化炭素の量は、次のようになる。

表 3.4-1 発電に伴う二酸化炭素排出量

	天ヶ瀬発電所	喜撰山発電所
平均年発電量 (完成～H21 年)	282,819MWH	249,634MWH
①水力発電における CO ₂ 排出量	3,111 t・CO ₂ /年	2,746 t・CO ₂ /年
②石油火力発電における CO ₂ 排出量	209,854 t・CO ₂ /年	185,228 t・CO ₂ /年
③石炭火力発電における CO ₂ 排出量	275,748 t・CO ₂ /年	243,393 t・CO ₂ /年

(2) 他発電との比較

水力発電と石油火力発電または石炭火力発電により同様な発電を行った場合のCO₂排出量を比較すると、水力発電によるCO₂排出量は、

●石油火力発電の約1／67

●石炭火力発電の約1／89である。

また、各発電による排出CO₂を吸収するために必要な森林面積は以下ようになる。

表 3.4-2 排出 CO₂ を吸収するために必要な森林面積

種別	CO ₂ 排出量 (t)	排出 CO ₂ を吸収するのに必要な森林面積 (ha)
水力発電	3, 111	143. 1
石油火力発電	209, 854	9, 653. 2
石炭火力発電	275, 748	12, 684. 4

※1tのCO₂を吸収するのに必要な森林面積：0.046ha（460m²）

3.4.5. 天ヶ瀬発電所の発電放流停止時の小量放流

天ヶ瀬発電所は構造上、水量 $15.0\text{m}^3/\text{s}$ 未満での発電放流を行えない。このため、天ヶ瀬ダムの流入量が $15.0\text{m}^3/\text{s}$ 未満の場合には、やむなく洪水吐きゲートからの放流を行っており、平成 6 年(1994 年)度から平成 21 年度までに計 92 日放流している。その他に、試験や発電の点検振替による洪水ゲートからの放流を、管理開始以降 39 回、計 217 日放流している。

小量放流については、平成 18～21 年度には実施されていないが、試験・点検振替は 8 日実施している。

なお、主ゲートは、小量放流の調整が難しいため、小量放流が可能な新たな放流施設の設置が望ましい。

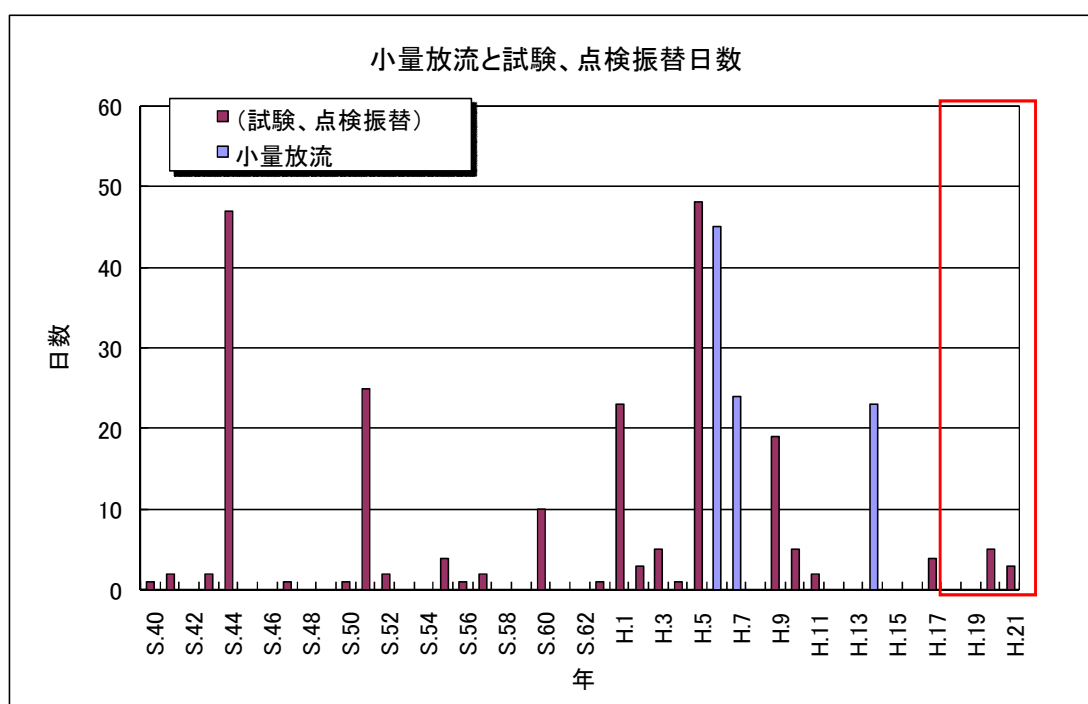


図 3.4-5 小量放流と試験、点検振替日数

3.5 まとめ

- 京都府営水道用水として、平均 2,142 万 m³/年（H18～21 年度）の取水が行われ、宇治市、城陽市、八幡市、久御山町の日最大給水量の約 6 割を占める重要な水源となっている。
- 天ヶ瀬発電所は、平均 20 万 MWh/年（H18～21 年度）、平均的な一般家庭の約 5 万世帯分に相当する発電を行い、安定的な電力の供給を行っている。
- 天ヶ瀬発電所の最小放流量（15m³/s）以下の放流時においては、主ゲートから小量放流を行う必要があり、また、発電所点検時等においても振替放流を実施している。

<今後の方針>

今後も引き続き、安定した水道用水の補給を行うとともに、地球環境に優しいクリーンな水力発電を実施していく。

小量量放流が可能な放流設備の設置を検討する。

3.6 文献リスト

表 3.6-1 利水補給に使用した文献・資料リスト

No.	報告書またはデータ名	発行者	発行年月	箇所
3-1	天ヶ瀬ダムパンフレット	淀川ダム総合管理事務所		貯水池運用計画概要
3-2	関西電力奥吉野発電所パンフレット	関西電力株式会社		揚水発電のしくみ
3-3	ダム管理年報	淀川ダム総合管理事務所	昭和 40～平成 21 年	貯水池運用実績、水道補給実績、発電実績
3-4	高浜流量，瀬田川洗堰放流量，琵琶湖水位	国土交通省近畿地方整備局	昭和 39～平成 21 年	高浜流量，瀬田川洗堰放流量，琵琶湖水位
3-5	平成 17 年度待機時消費電力調査報告書	（財）省エネルギーセンター	平成 20 年度	家庭における年間消費電力
3-6	電中研ニュース No. 338	電力中央研究所	平成 13 年	発電効果
3-7	淀川水系河川整備計画	近畿地方整備局	平成 21 年 3 月	淀川水系の水利用の概要
3-8	琵琶湖開発定期報告書	（独）水資源機構 関西支社	平成 21 年 3 月	淀川水系の水利用の概要
3-9	GIS を用いた琵琶湖・淀川流域における水利用形態の評価（「淀川水系河川整備計画」より）	住友恒，伊藤禎彦，坂敏彦 [他]，京都大学環境衛生工学，Vol. 12，No. 3，1998	平成 10 年 7 月	淀川水系の水利用の概要
3-10	ダム管理月報	淀川ダム統合管理事務所	平成 18 年～平成 21 年	下流放流量の実績