

3. 利水補給

3.1 評価の進め方

3.1.1 評価方針

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った。

3.1.2 評価手順

以下の手順で評価を行う。評価のフロー図を図 3.1-1 に示す。

(1) 利水補給計画の整理

利水補給計画について目的別に整理を行う。特にかんがい用水、都市用水については、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。また、弾力的管理試験や水環境改善事業等を実施しているダムは、目的、期間、放流方法等、実施計画についても整理する。

(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。

また、弾力的管理試験や水環境改善事業を実施しているダムは、期間、放流量等、実施状況について整理する。

(3) 利水補給効果の評価

補給による効果として、流況の改善効果、農業・工業出荷額（生産高）、給水人口等を指標として新規水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。

渇水被害軽減効果については、被害発生時における「ダムがなかった場合」を想定し、ダムありなしの評価を行うこととする。

さらに、ダムの利水補給により副次的に得られた効果がある（という情報が収集できた）場合、副次効果として整理する。

なお、弾力的管理試験、水環境改善事業の効果については、「5. 水質」、「6. 生物」、「7. 水源地域動態」の該当する各章で整理することとする。

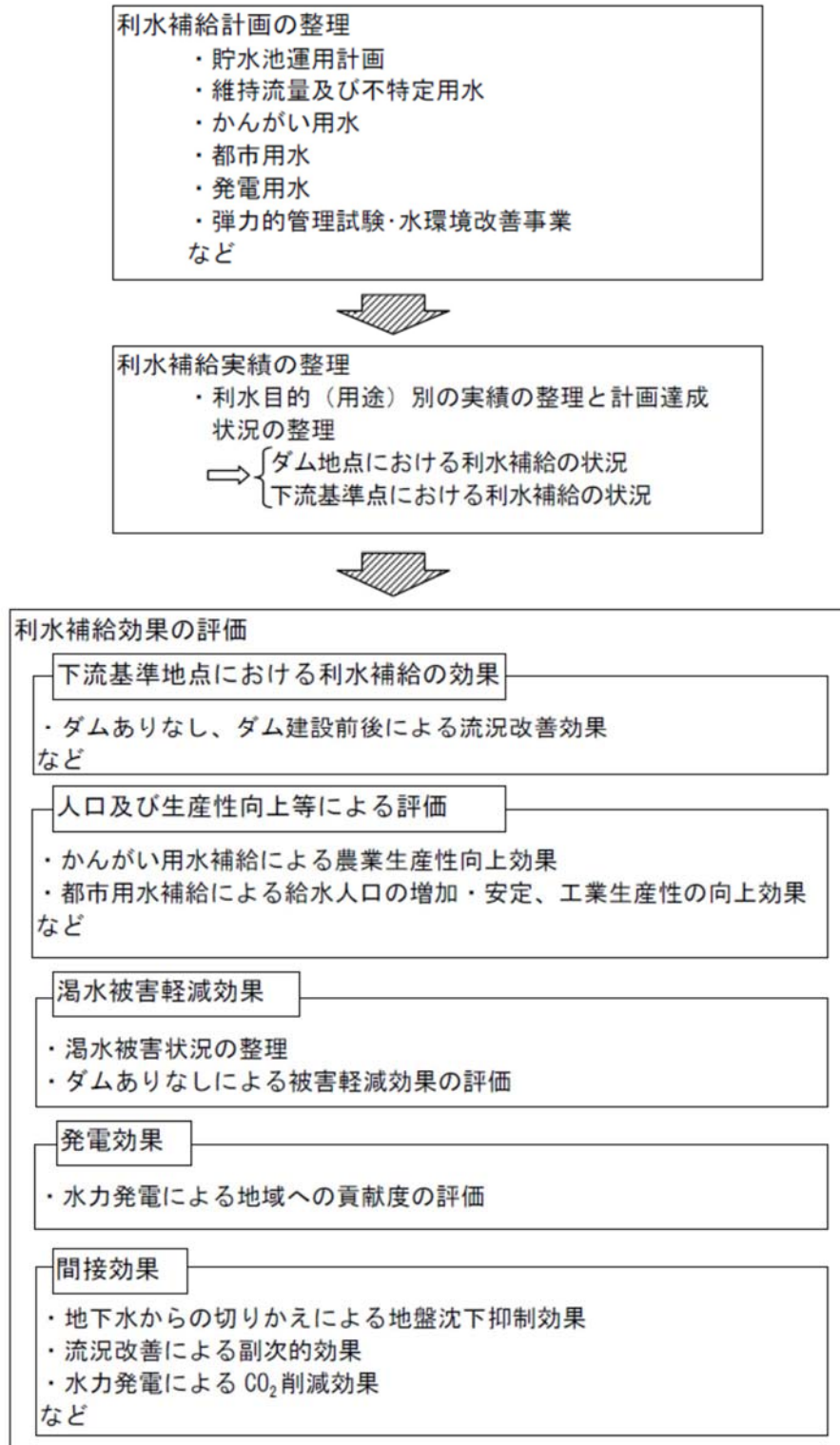


図 3.1-1 評価フロー

3.1.3 資料の収集・整理

ダム基本計画や工事誌ほか、補給実績等、評価に必要となる資料について収集し、リストを作成した。収集した資料は、「3.6 文献リストの作成」において整理した。

3.2 利水補給計画

3.2.1 貯水池運用計画

九頭竜ダムの利水に関する貯水池運用は、平常時最高貯水位 EL. 560.00m から最低水位 EL. 529.00m までの発電容量 190,000 千 m³ を利用し、最大使用水量 266m³/s、最大出力 220,000kW の発電を行っている。

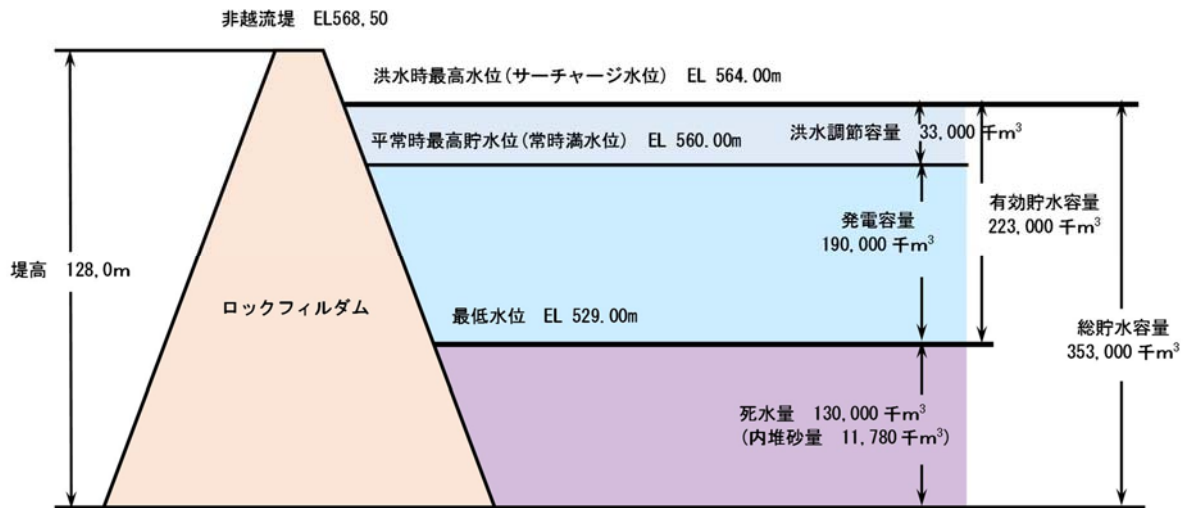


図 3.2-1 九頭竜ダム貯水池容量配分図

【出典：九頭竜川ダム統合管理事務所管内図 平成 19 年 3 月】

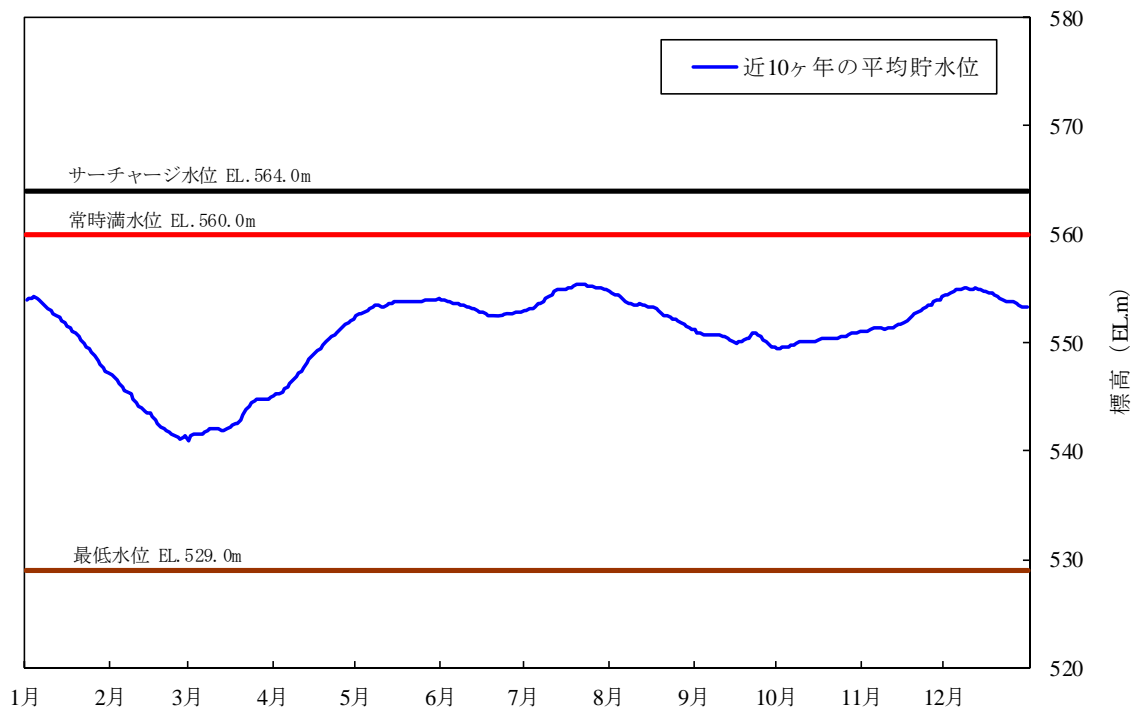


図 3.2-2 九頭竜ダム貯水池運用計画図

【出典：平成 20～29 年度 九頭竜ダム管理年報】

3.2.2 利水補給計画の概要

九頭竜ダムの利水目的は、発電のみである。

3.2.3 発電用水

九頭竜川中上流流域には、多くの水力発電所が設置されている。全水力発電の取水系統図を図 3.2-3 に示す。九頭竜ダムでは直下に位置する長野発電所へ導水し発電を実施している。

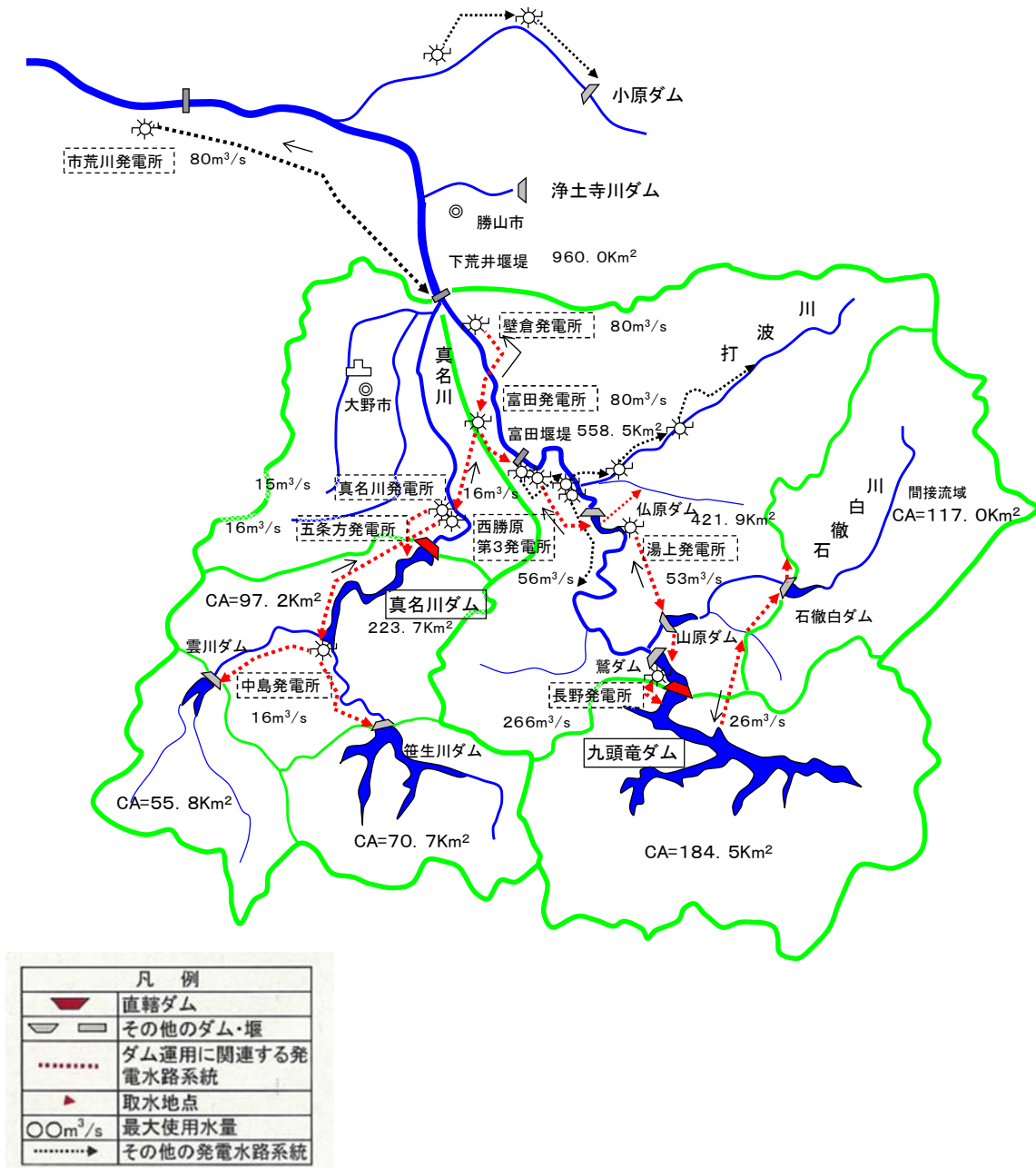


図 3.2-3 九頭竜川中上流流域の利用概況図

【出典：九頭竜川ダム統合管理事務所資料】

長野発電所の発電方式は、発電に利用した水を下池（鷲調整池）に溜め、水車を逆回転させることで下池の水を上流（九頭竜貯水池）に揚水することで繰り返し水を利用して発電する方式である。

揚水はこれまで深夜に火力・原子力発電所の余剰電力を利用して行われていたが、近年では太陽光発電等の再生可能エネルギーの普及・増大にともなって昼間の電力供給が需要を上回ることがあり、このときに揚水されている。

長野発電所の諸元を表 3.2-1 に示す。



図 3.2-4 長野発電所位置図

【出典：九頭竜川ダム統合管理事務所管内図 平成 19 年 3 月】



写真 3.2-1 長野発電所



写真 3.2-2 九頭竜ダム発電取水部



写真 3.2-3 鷲ダム

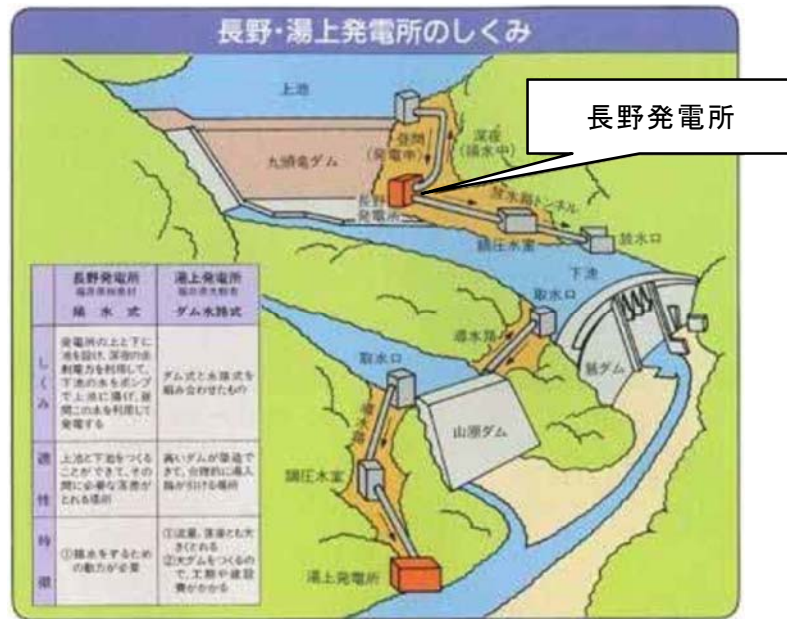


図 3.2-5 長野発電所のしくみ

【出典：九頭竜川ダム統合管理事務所資料】

表 3.2-1 長野発電所諸元

	項目	長野発電所
	流域面積 (km ²)	301.5
ダム	名称	九頭竜湖
	満水位 (m)	EL 560
	総貯水量 (10 ⁶ m ³)	353
	利用水深 (m)	31
	ダムの種類	土質しゃ水壁型 ロックフィルダム
	ダム高 (m)	128
水路	導水路 (m)	-
	放水路 (m)	573
発電計画	最大使用水量 (m ³ /s)	266
	有効落差 (m)	97.5
	最大出力 (MW)	220

【出典：水力発電所データベース 一般社団法人電力土木技術協会】

3.3 利水補給実績

3.3.1 利水実績概要

図 3.3-1 に平成 29 年と近年 10 ヶ年平均（平成 20 年～平成 29 年）の貯水池運用図を示す。

九頭竜ダムの貯水位は、雪解けによる出水に備えて 2 月に水位を低下させているため、2 月下旬から 3 月中旬に EL+540m 付近まで低下し、融雪水が流入する 3 月中旬ごろから貯水位が上昇する。5 月～7 月は概ね EL+550～560m で推移し、流入量が減少する 8 月以降に貯水位は低くなる傾向があるが、9 月～12 月も概ね EL+550～560m で推移し、1 月、2 月に低下傾向となる。

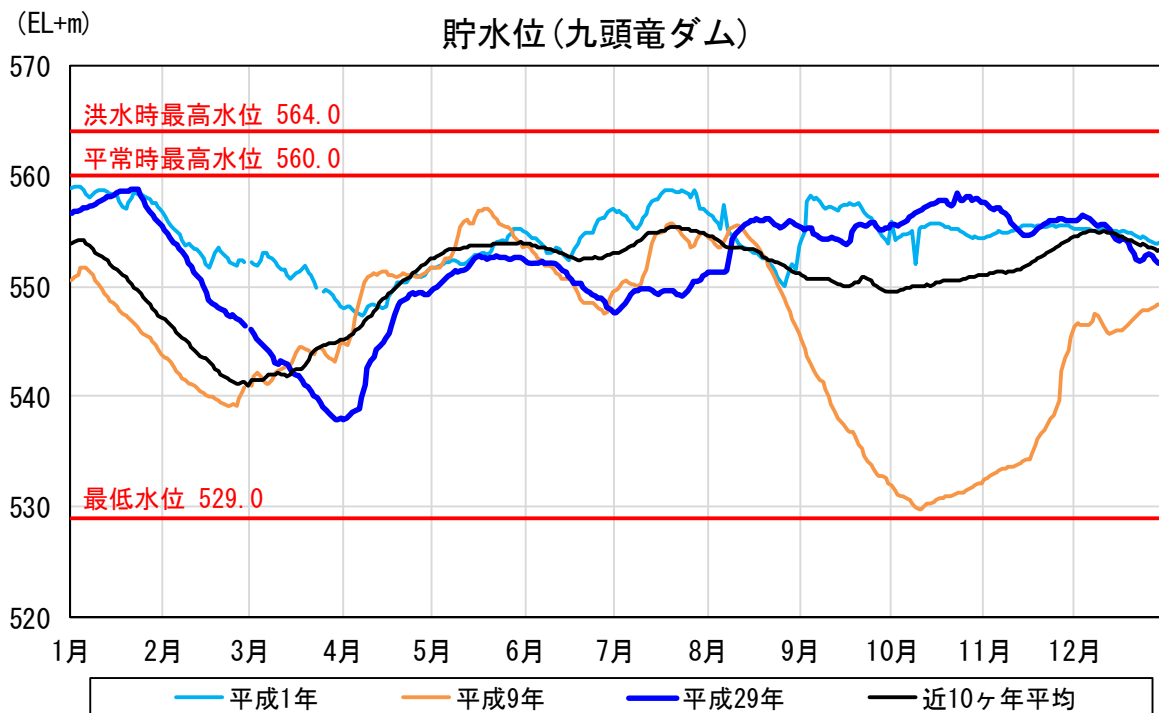


図 3.3-1 九頭竜川ダム貯水池運用実績（近10ヵ年平均（平成20年～平成29年））

【出典：平成 20～29 年度 九頭竜ダム管理年報】
 ※平成 1 年：年間平均貯水位過去最高
 ※平成 9 年：年間平均貯水位過去最低

発電補給量実績を図 3.3-2 に示す。補給量は全て発電に利用されている。

近 10 ヶ年 (H20～H29) の長野発電所への平均補給量は、年間約 689,000 千 m³ である。年別では、平成 20 年、平成 21 年、平成 28 年が比較的少ないが、それ以外の年では 700,000 千 m³ 程度の水が発電所に補給されており、ダムは発電に貢献している。

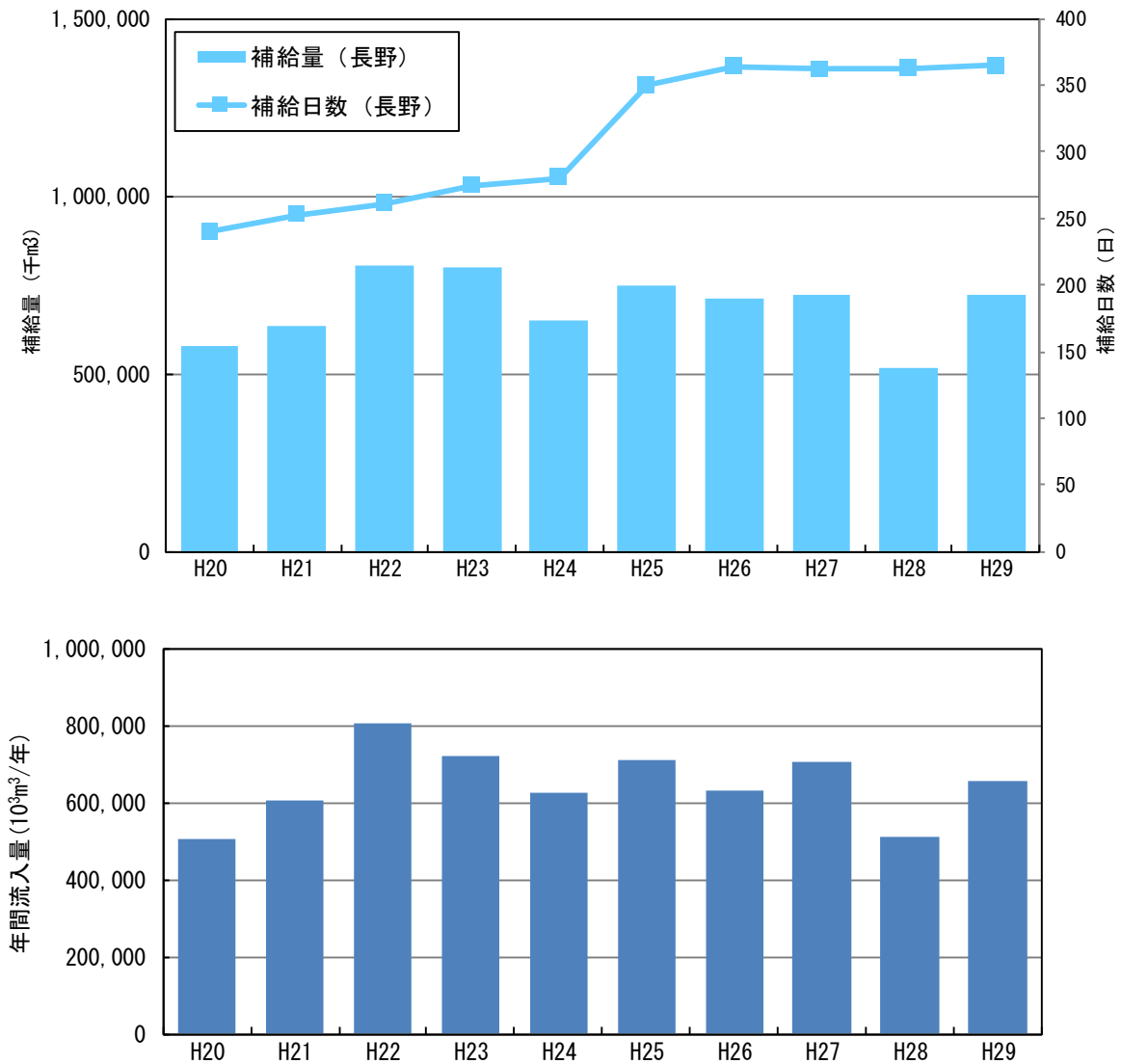


図 3.3-2 発電補給量実績(長野発電所)と年間流入量

【出典：平成 20～平成 29 年度 九頭竜ダム管理年報】

3.3.2 発電実績

九頭竜ダムの年間発電実績を図 3.3-3 に示す。

九頭竜ダムは、平成 20 年から平成 29 年までに平均 157,066MWh/年の発電を行っている。これは、約 35,400 世帯^{*}の消費電力量に相当する。

約 35,400 世帯は、福井県全体の世帯数 279,687 世帯(平成 27 年国勢調査)に対して約 13%となり、福井県全体の約 13%の世帯をまかなえる発電量に相当する。また、同じく大野市の世帯数約 10,698 世帯(平成 27 年国勢調査)に対しては約 330%となり、大野市の約 3.3 倍の世帯をまかなえる発電量に相当する。

※157,066MWh/年 ÷ 4,432kWh/年/世帯 ≒ 35,400 世帯

家庭の消費電力量：平均約 4,432kWh/年・世帯

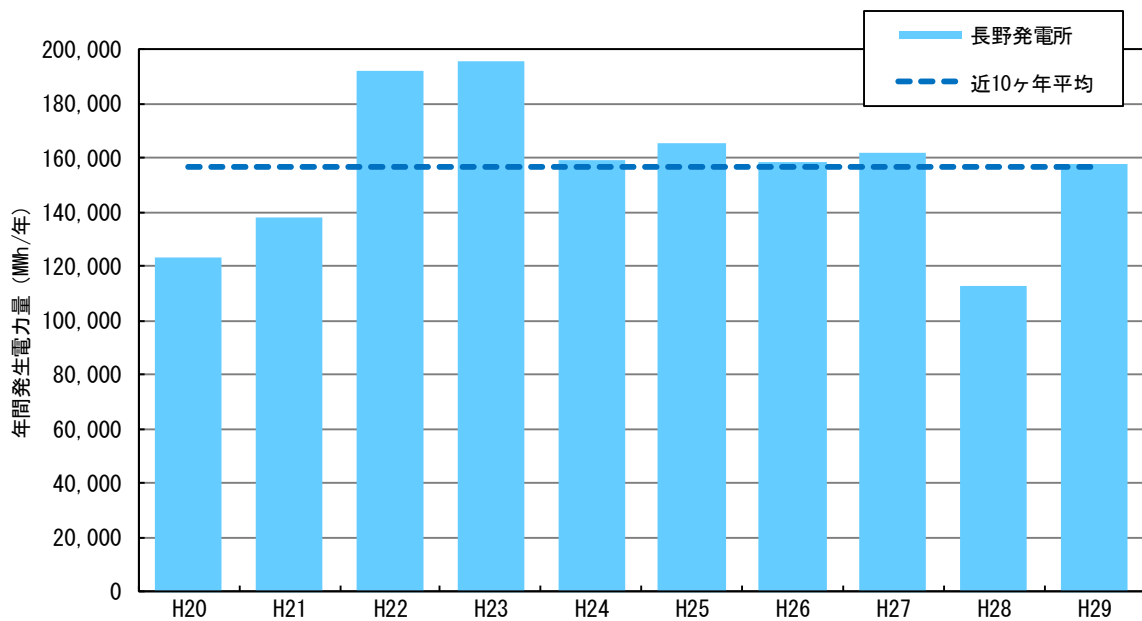


図 3.3-3 発電電力量実績

【出典：平成 20～29 年度 真名川ダム管理年報】

【出典：「平成 27 年国勢調査結果」(総務省統計局)】

3.4 利水補給効果の評価

3.4.1 発電効果

九頭竜川水系では、九頭竜ダムの長野発電所等の多くの水力発電が実施されている。九頭竜川水系の水力発電所およびそれらの各諸元を表 3.4-1 に示す。また、常時出力の内訳円グラフを図 3.4-1、最大出力の内訳円グラフを図 3.4-2 に示す。

九頭竜川水系の全水力発電所の常時出力の発電量は 87,701kW であり、この内で九頭竜ダムの貯留水が直接利用される長野発電所の発電量は、8,000kW であり、これらで全体の約 9%を占めている。

また、同様に最大出力発電量は九頭竜川水系全体で 531,604kW であり、長野発電所の発電量は、それぞれ 220,000kW であり、これらで全体の約 41%を占めている。

九頭竜川水系水力発電内訳(常時出力)

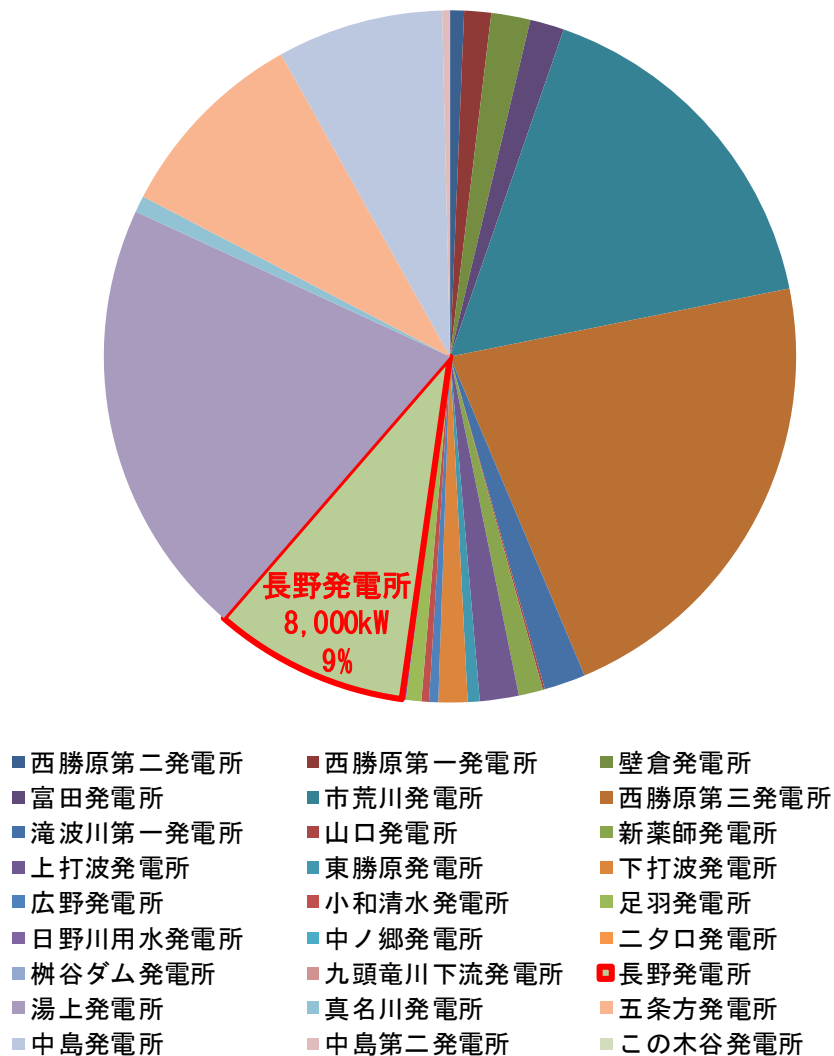


図 3.4-1 九頭竜川水系水量発電所 常時出力

【出典：水力発電所データベース 一般社団法人電力土木技術協会、九頭竜川ダム統合管理事務所提供資料】

九頭竜川水系水力発電内訳(認可最大出力)

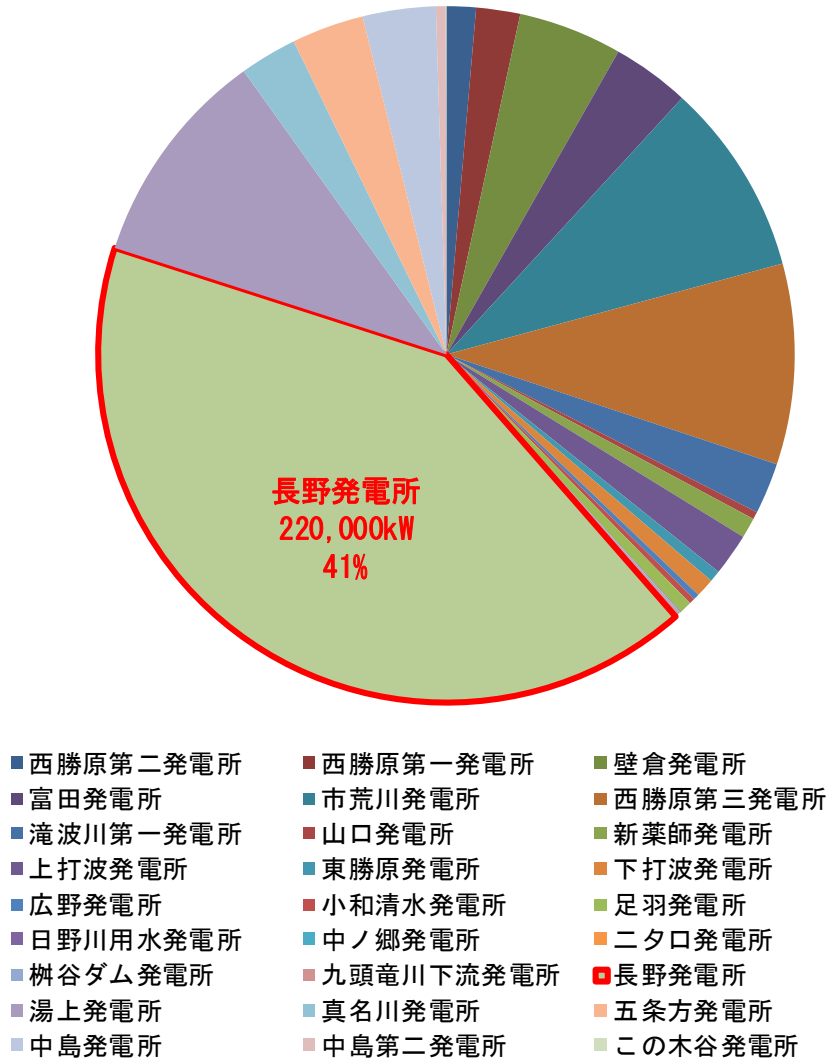


図 3.4-2 九頭竜川水系水量発電所 最大出力

【出典：水力発電所データベース 一般社団法人電力土木技術協会
九頭竜川ダム統合管理事務所提供資料】

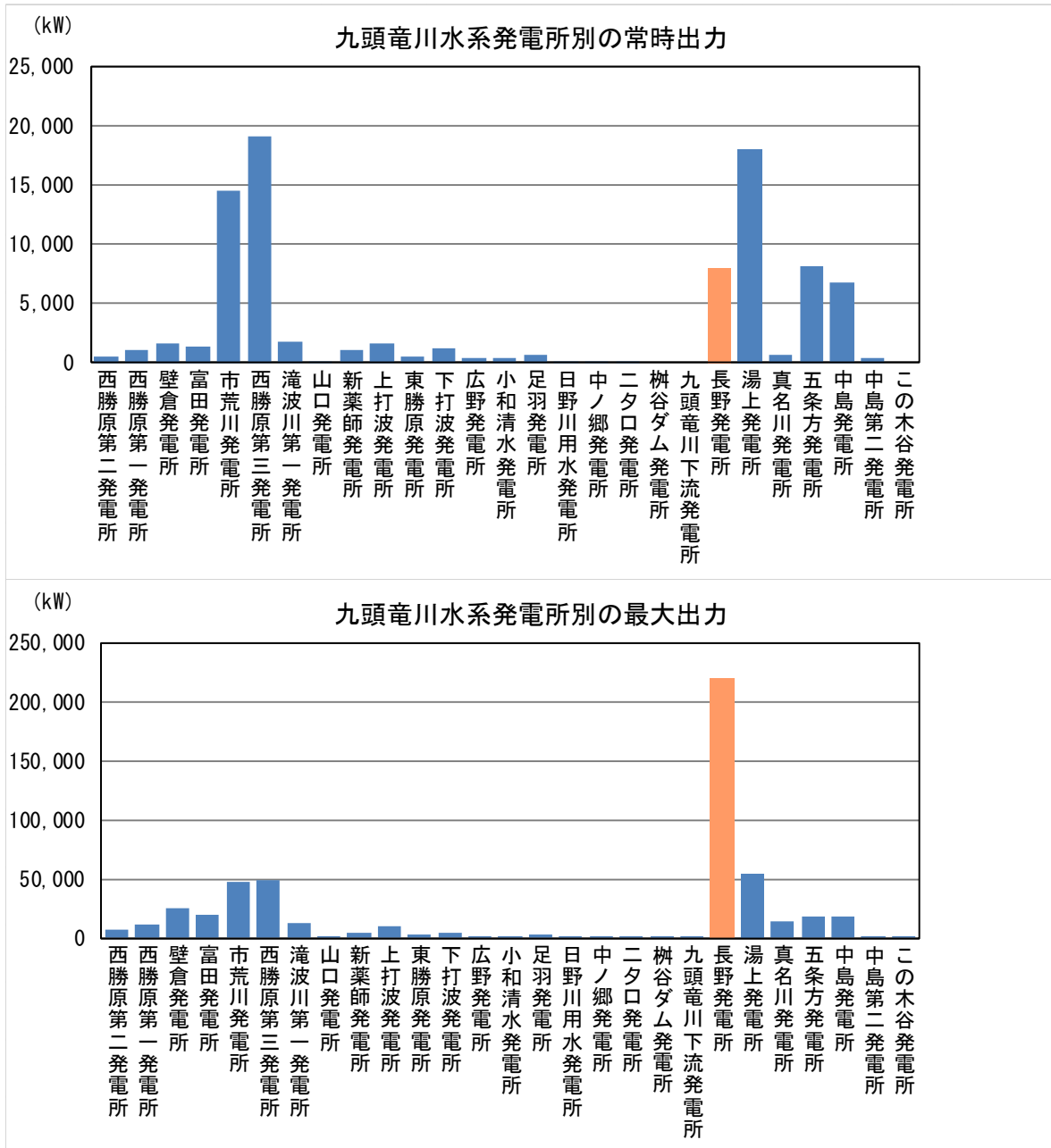


図 3.4-3 発電所別の出力

【出典：水力発電所データベース 一般社団法人電力土木技術協会
九頭竜川ダム統合管理事務所提供資料】

表 3.4-1 九頭竜川水系水力発電所

管轄	河川名	水利使用者名	水利使用の名称	常時出力 (kW)	認可最大 出力 (kW)	摘要
福井河川 国道事務所	九頭竜川	北陸電力株式会社	西勝原第二発電所	570	7,200	
	九頭竜川等	"	西勝原第一発電所	1,100	10,900	
	九頭竜川	"	壁倉発電所	1,600	25,600	
	九頭竜川等	"	富田発電所	1,400	19,200	
	九頭竜川	関西電力株式会社	市荒川発電所	14,500	47,700	
	"	北陸電力株式会社	西勝原第三発電所	19,100	49,500	仏原ダム
	滝波川	北陸電力株式会社	滝波川第一発電所	1,700	12,600	小原ダム
	竹田川	"	山口発電所	79	1,900	龍ヶ鼻ダム
	滝波川及び 杉山川	日本海発電株式会社	新薬師発電所	1,000	5,000	
	打波川等	北陸電力株式会社	上打波発電所	1,600	10,400	
	"	"	東勝原発電所	490	2,800	
	"	"	下打波発電所	1,180	4,600	
	日野川	北陸電力株式会社	広野発電所	380	1,400	広野ダム
	足羽川	"	小和清水発電所	310	1,500	
	足羽川等	"	足羽発電所	630	3,000	
	日野川	日野川用土地改良区	日野川用水発電所	69	141	
	九頭竜川	芝原用土地改良区	中ノ郷発電所	34	63	
	"	"	二夕口発電所	59	104	
	榊谷川等	福井県	榊谷ダム発電所	0	410	榊谷ダム
	九頭竜川等	農林水産大臣	九頭竜川下流発電所	0	987	
九頭竜川ダム 統合管理事務所	九頭竜川	電源開発株式会社	長野発電所	8,000	220,000	九頭竜ダム
	九頭竜川 石徹白川	"	湯上発電所	18,000	54,000	鷺ダム、山原ダム
	真名川	北陸電力株式会社	真名川発電所	680	14,200	真名川ダム
	真名川及び雲川	北陸電力株式会社	五条方発電所	8,100	17,800	
	真名川 雲川 等	北陸電力株式会社	中島発電所	6,800	18,000	笹生川ダム
	大雲谷川 雲川	北陸電力株式会社	中島第二発電所	320	2,400	
	此ノ木谷川	電源開発株式会社	この木谷発電所	0	199	
合計				87,701	531,604	

【出典：水力発電所データベース 一般社団法人電力土木技術協会
九頭竜川ダム統合管理事務所提供資料】

3.4.2 副次効果（水力発電によるCO₂削減効果）

水力発電は、再生可能な水資源を利用する純国産エネルギーであり、二酸化炭素排出量は石油および石炭火力発電に比べそれぞれ1.5%、1.2%に過ぎず、長野発電所で水力発電を行うことにより、石油火力発電で同様の発電を行うのに比べて年間約122,900t・CO₂/年のCO₂の削減となっている。

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。

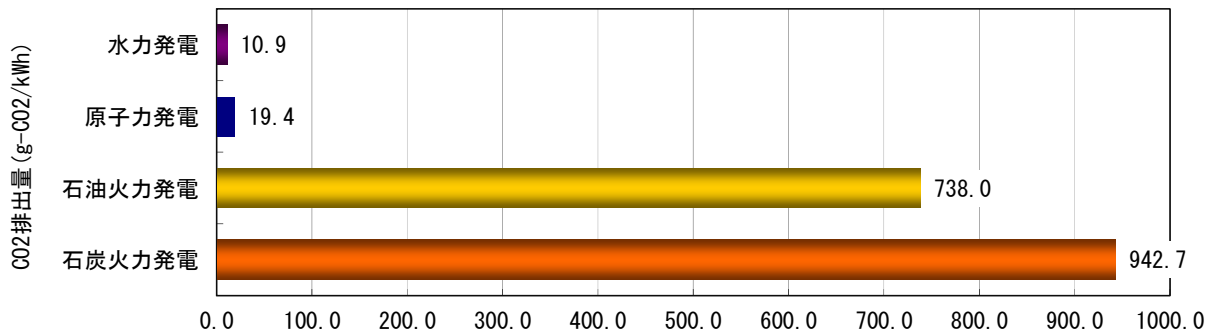


図 3.4-4 1kWを1時間発電する時のCO₂排出量の比較

【出典：日本における発電技術のライフサイクルCO₂排出量総合評価 平成28年7月 電力中央研究所】

よって、年間の発生電力量を、①水力発電、②原子力発電、③石油火力発電、石炭火力発電のそれぞれによって発電した場合に排出されるCO₂は以下のとおりである。

- ・水力発電所でのCO₂排出量 = 171,073MWh/年 × 10.9g・CO₂/kWh ≒ 1,865t・CO₂/年
- ・原子力発電でのCO₂排出量 = 171,073MWh/年 × 19.4g・CO₂/kWh ≒ 3,319t・CO₂/年
- ・石油火力発電でのCO₂排出量 = 171,073MWh/年 × 738.0g・CO₂/kWh ≒ 126,252t・CO₂/年
- ・石炭火力発電でのCO₂排出量 = 171,073MWh/年 × 942.7g・CO₂/kWh ≒ 161,271t・CO₂/年

水力発電によるCO₂排出量は、原子力発電の1/2、石油火力発電の1/68、石炭火力発電の1/86である。

3.4.3 副次効果（下流河川の流況の改善効果）

中角地点を対象に九頭竜ダム放流による流況改善効果を整理する。中角地点実績流量をダムありとして、これより九頭竜川ダムの調整流量を差し引いてダムなしの流量を算定した。図 3.4-5 は中角地点のダムあり(実績)およびダムなしの流量および補給量の日平均値の時系列を示す。なお、九頭竜ダムの調整流量は、以下のとおり算定した。

$$\text{調整流量} = \text{放流量} - \text{流入量} - \text{揚水流量}$$

九頭竜ダムから水力発電を通じて、下流河川に放流されている流量により、下流河川の流況が変化しており、結果として低水時以下の流況の改善となっている。

鷺ダムから湯上発電所までの区間の河川維持流量については鷺ダム直下流で合流している支川石徹白川にある山原ダムから、平成7年4月より、漁業・景観・動植物の保護より設定された河川維持流量（5月1日から10月31日までの間は1.332m³/s、11月1日から4月30日までの間は0.669m³/s）が放流されている。

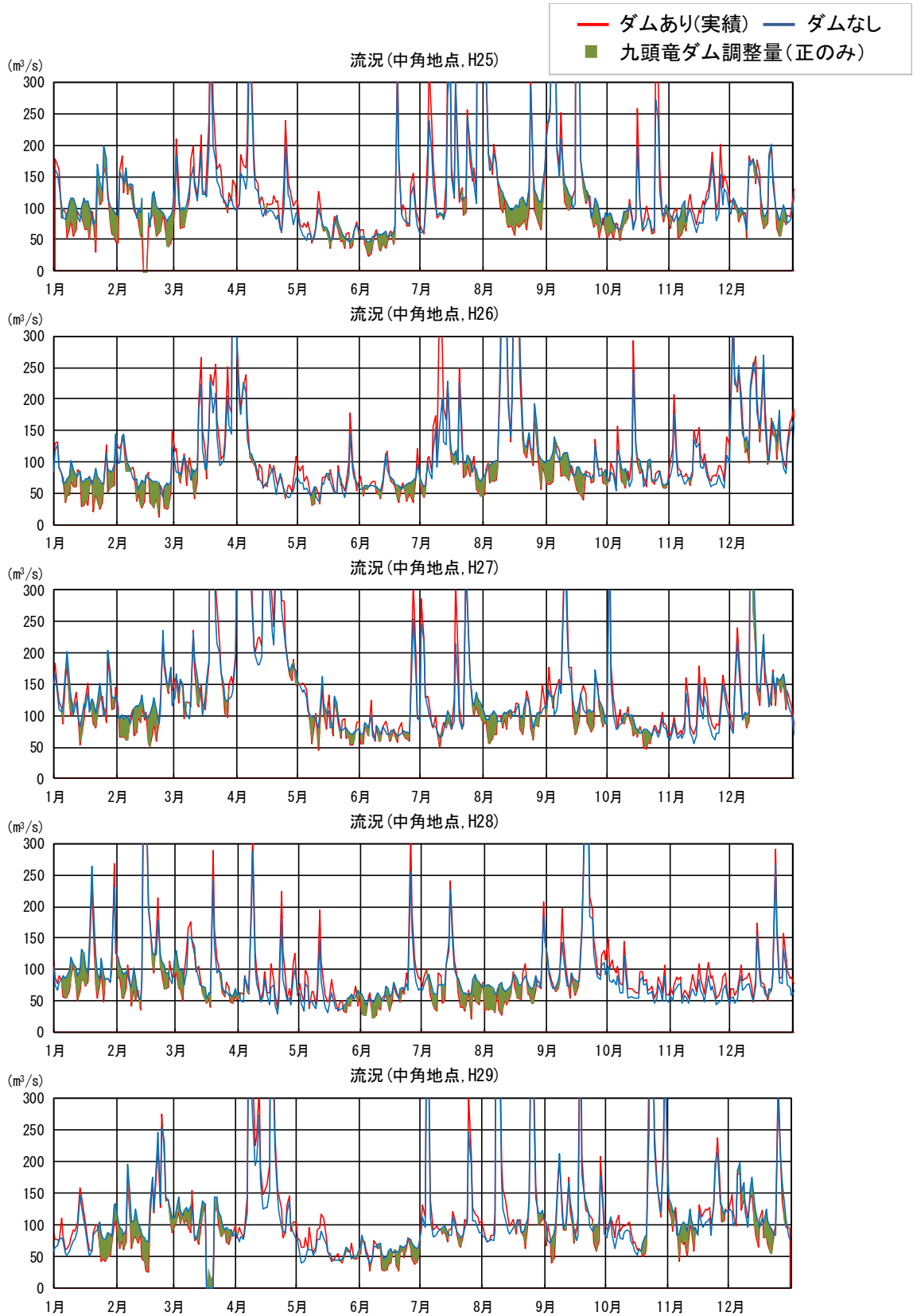


図 3.4-5 中角地点における九頭竜ダムからの発電放流の有無による流況の比較
(近5カ年(平成25年~平成29年))

【出典：平成25~平成29年度 九頭竜ダム管理年報】

【出典：水文水質データベース】

※ダムなし流量：実績流量-九頭竜ダム調整流量(放流量-流入量-揚水量)
 ダムあり流量：実績流量

3.4.4 温暖化による流出形態への影響

冬季の降水は、積雪として一時保持されて春季の気温上昇とともに融雪し、ダムへと流入する。しかし、地球温暖化により冬季の気温が上昇した場合、融雪によるダムへの流入量が減少、また流入開始時期が早まることなどが考えられる。

そこで、気温やダムへの流入量、積雪の関係を確認し、暖冬が発電に与える影響について検討した。

(1) データ概要

検討に使用したデータは表 3.4-2 に示した 5 種類で、観測地点は図 3.4-6 に示す。このデータを対象に整理し、検討に使用した。

表 3.4-2 使用データ一覧

データ名	場所	間隔	期間
積雪	九頭竜ダム	日	2001/1/1 ~ 2018/5/31
降水量	大野観測所(気象庁)	日	2001/1/1 ~ 2018/5/31
降雨量	九頭竜ダム	日	2001/1/1 ~ 2018/5/31
ダム流入量	九頭竜ダム	日	2001/1/1 ~ 2018/5/31
気温	大野観測所(気象庁)	日	2001/1/1 ~ 2018/5/31



図 3.4-6 データ観測地点

(2) 積雪データの整理

1) 経年変化

平成 13 年以降について、積雪が始まる 11 月から融雪が終わる翌年 5 月までの期間平均の経年変化を図 3.4-7 に示す。

なお、「年」は集計期間のはじめの月(11 月)の年を示す。具体的には平成 29 年 11 月～平成 30 年 5 月の集計の場合は平成 29 年とする。

○近 5 ヶ年では、平成 26 年と平成 29 年の期間平均積雪深が大きい。両年で積雪深が大きいのは、気温が低く、降水量が多かったためと考えられる。

○一方で、平成 27 年の積雪深が小さい。これは気温が高かったのが原因と考えられる。

○積雪深が大きい年は、流入量も大きいことが確認できる。

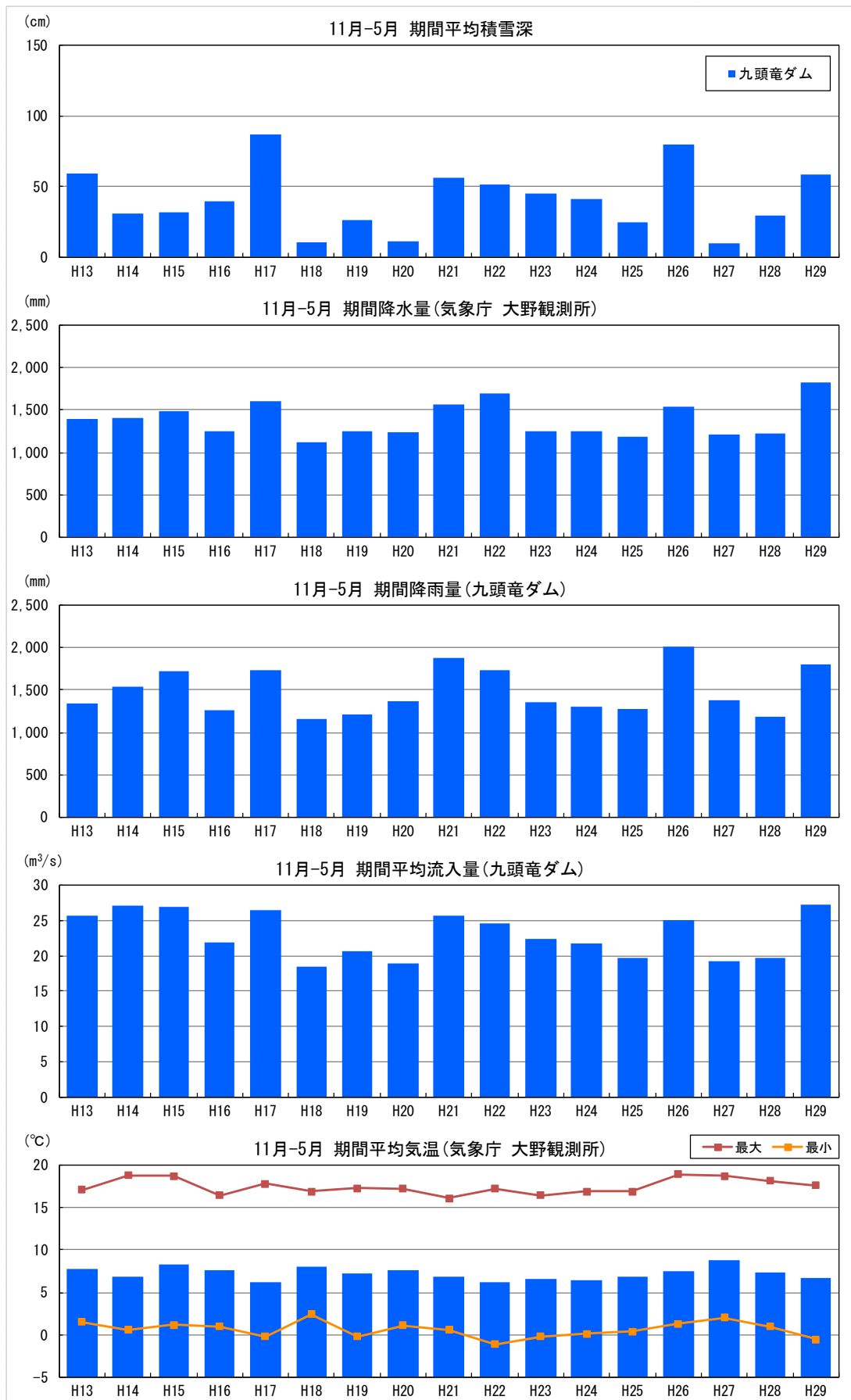


図 3.4-7 11月-5月の経年変化 (九頭竜ダム)

【出典：平成13～30年度 九頭竜ダム諸量気象月報、九頭竜ダム管理年報、大野観測所データ（気象庁）】

2) 経月変化

近5ヶ年を対象に、積雪深、降水量、降雨量、流入量、気温の11月から翌年5月までの月平均値を図3.4-8に整理した。また、参考のため、近年5ヶ年の貯水池運用図を図3.4-9に、各種データの経月変化を図3.4-10に示す。

なお、「年」は集計期間のはじめの月(11月)の年を示す。具体的には平成29年11月～平成30年5月の集計の場合は平成29年とする。

- 平成26年は、2月を除いた全ての月平均積雪深が他の年より大きい。平成26年は1月～3月の気温は比較的高く、降水量も多くなかった。しかし、12月の気温が低く、降水量も多かったため、雪が多く、その雪が1月以降も残ったことが原因と考えられる。
- 平成29年は、平成26年に次いで月平均積雪深が大きい。これは、気温が11月～2月に亘って低く、降水量も多かったためと考えられる。
- 平成27年は、各月の月平均積雪深が他の年よりも小さい。これは、気温が11月～2月に亘って高かったためと考えられる。

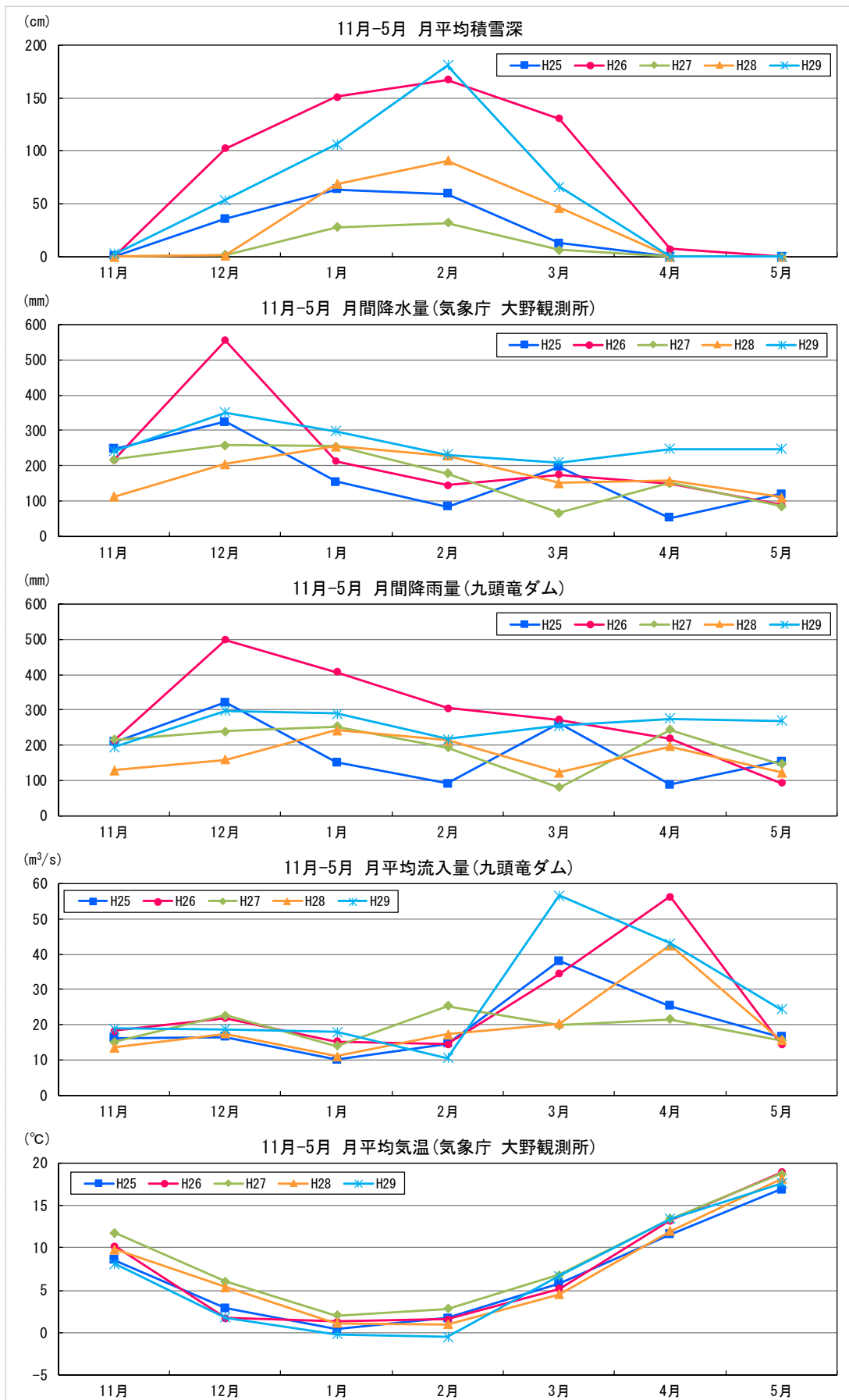


図 3.4-8 経月変化 (九頭竜ダム)

【出典：平成 25～30 年度 九頭竜ダム諸量気象月報、九頭竜ダム管理年報、大野観測所データ (気象庁)】

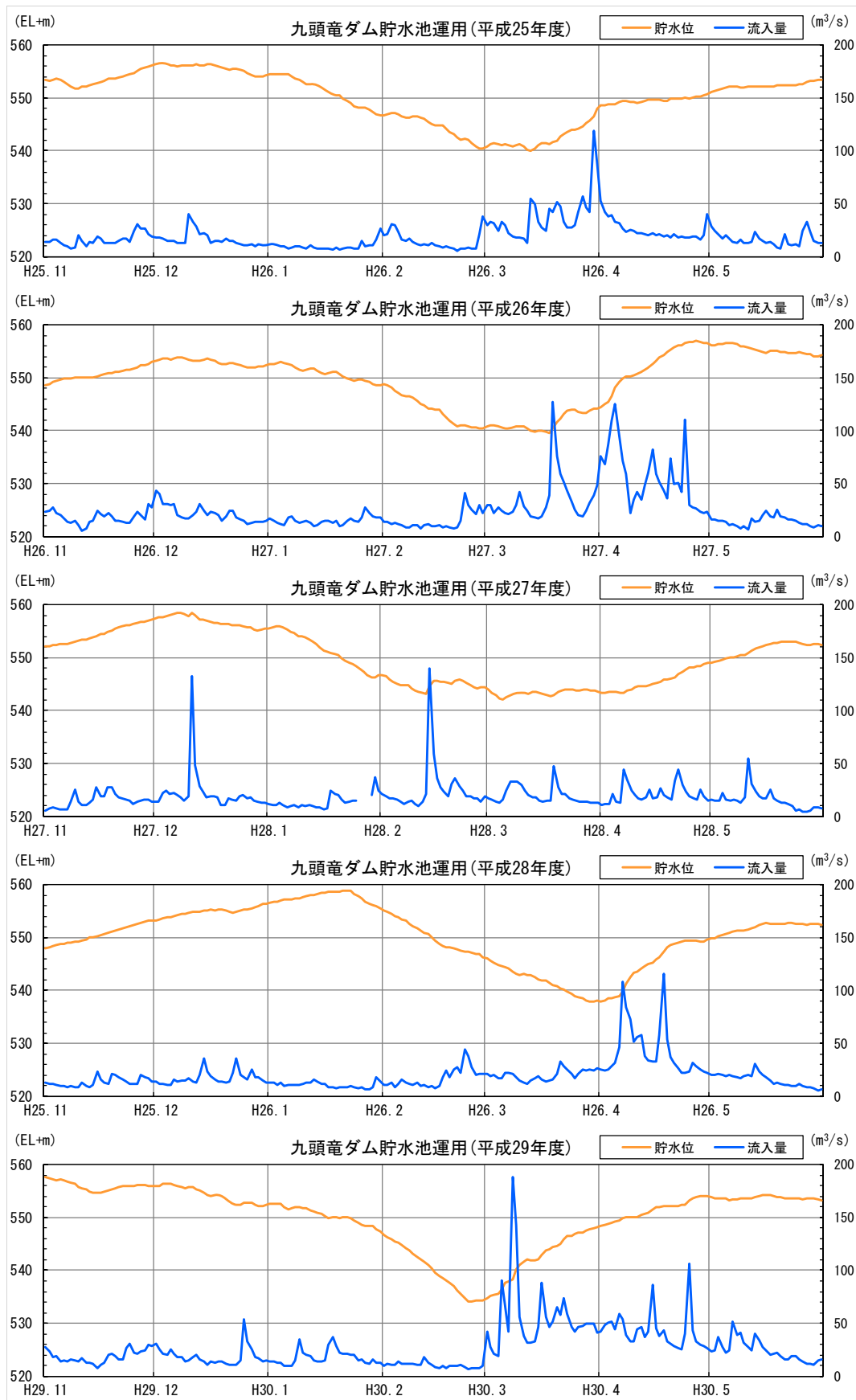
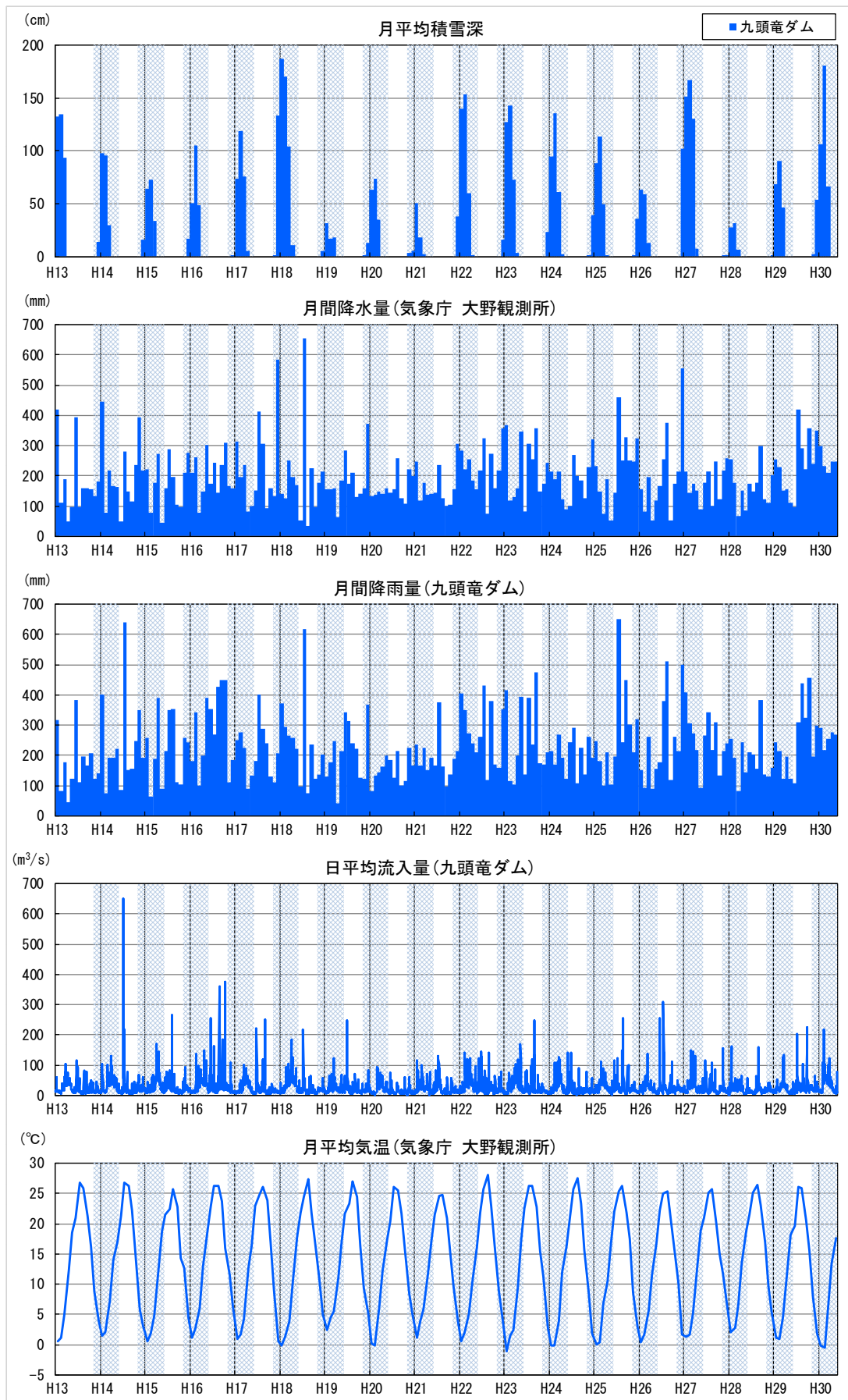


図 3.4-9 貯水池運用 (九頭竜ダム)

【出典：平成 25～30 年度 九頭竜ダム管理年報】



※青ハッチ：積雪・集雪期(11月～5月)

図 3.4-10 時系列変化(九頭竜ダム)

【出典：平成13～30年度 真名川ダム諸量気象月報、真名川ダム管理年報、大野観測所データ(気象庁)】

(3) 積雪を考慮した貯水池運用

経年変化と経月変化により、近 5 ヶ年の冬の気温は、平成 27 年が高く（暖冬）、平成 29 年が低い（寒冬）こと、積雪は平成 27 年が少なく、平成 29 年は多くなっていることが確認できた。

発電事業者は、積雪が多かった平成 29 年は、春の融雪を見込み、1～2 月に貯水位を低下させて発電量を増やしている。また、積雪が少なかった平成 27 年は、春の融雪が見込めないため 1～2 月に貯水位を高く保ち発電量を減らし、春季の発電量が極力低下しないように工夫している。

H27 : 暖冬
H29 : 寒冬

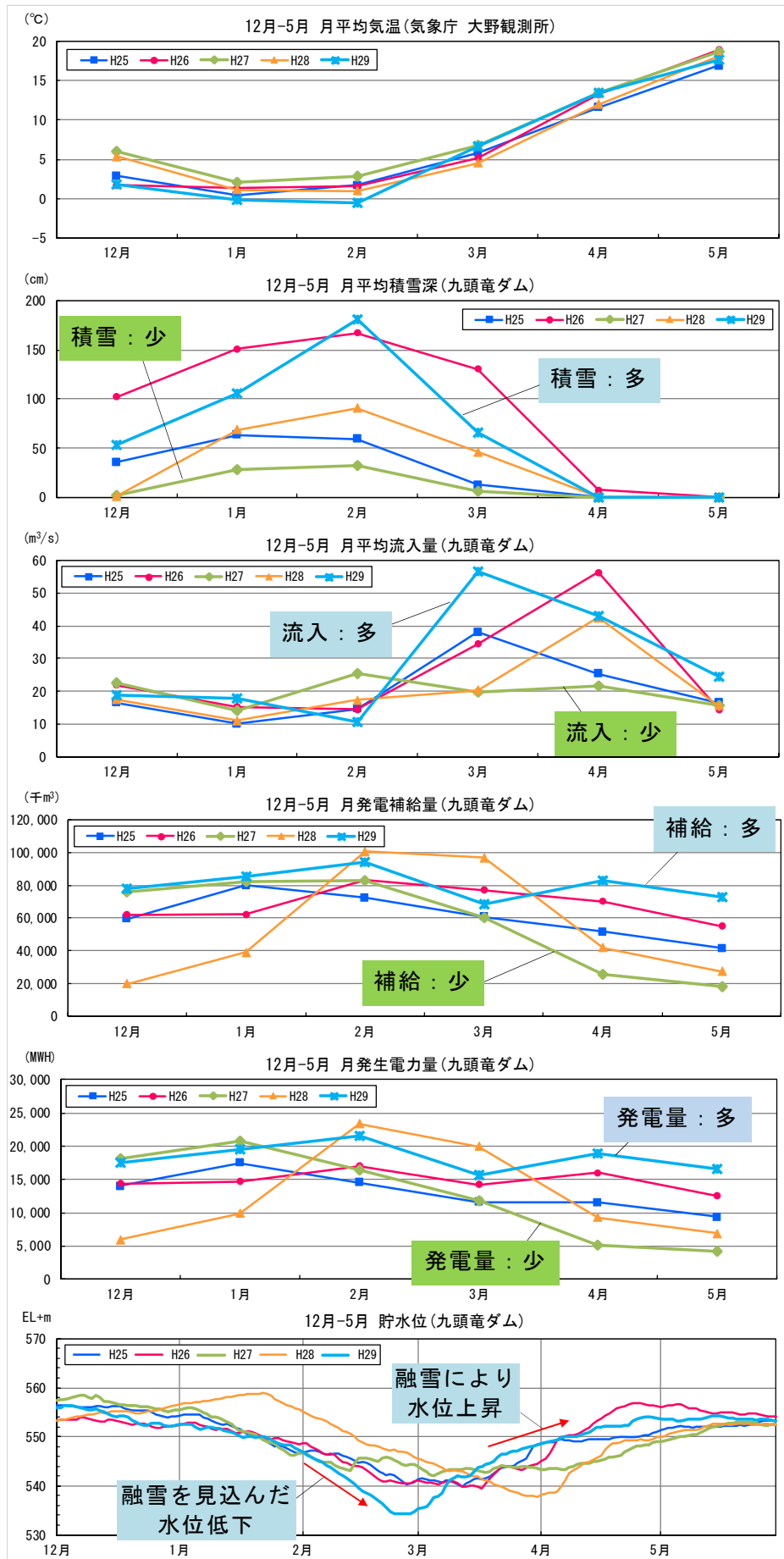


図 3.4-11 暖冬・寒冬と発電電力量の関係(九頭竜ダム)

【出典：平成 25～30 年度 九頭竜ダム諸量気象月報、九頭竜ダム管理年報、大野観測所データ(気象庁)】
※平成 29 年の月発生電力量は他の年の年間補給量と年間発電量の近似式から算出した予測値

3.5 まとめ

○まとめ【評価】

- ・長野発電所では、約 152,494 MWh/年(平成 25 年～平成 29 年の平均)の発電を行っており、約 34,400 世帯の消費電力に相当する電力の供給に貢献している。
- ・発電などの放流により下流の流況改善に貢献している。

○今後の方針【改善措置】

- ・今後も引き続き、地球環境に優しいクリーンな水力発電を行っていく。

3.6 文献リスト

表 3.6-1 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	発行年月日	箇所
3-1	九頭竜ダム管理年報	国土交通省 近畿地方整備局 九頭竜川ダム統合管理事務所	平成 13 年 ～平成 30 年	貯水位、補給量、 流入量、放流量、 揚水量、降雨量
3-2	九頭竜川ダム統合管理 事務所管内図	国土交通省 近畿地方整備局 九頭竜川ダム統合管理事務所	平成 19 年 3 月	貯水池運用計画
3-3	水力発電所データベース	一般財団法人 電力土木後術協会	—	長野発電所諸 元、九頭竜川水 系水力発電所出 力
3-4	日本における発電技術の ライフサイクル CO2 排出 量総合評価	電力中央研究所	平成 28 年 7 月	CO ₂ 排出量
3-5	水文水質データベース	国土交通省	—	中角実績流量
3-6	九頭竜ダム諸量気象月報	国土交通省 近畿地方整備局 九頭竜川ダム統合管理事務所	平成 13 年 ～平成 30 年	積雪深
3-7	大野観測所データ	気象庁	平成 13 年 ～平成 30 年	降水量、気温