

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。

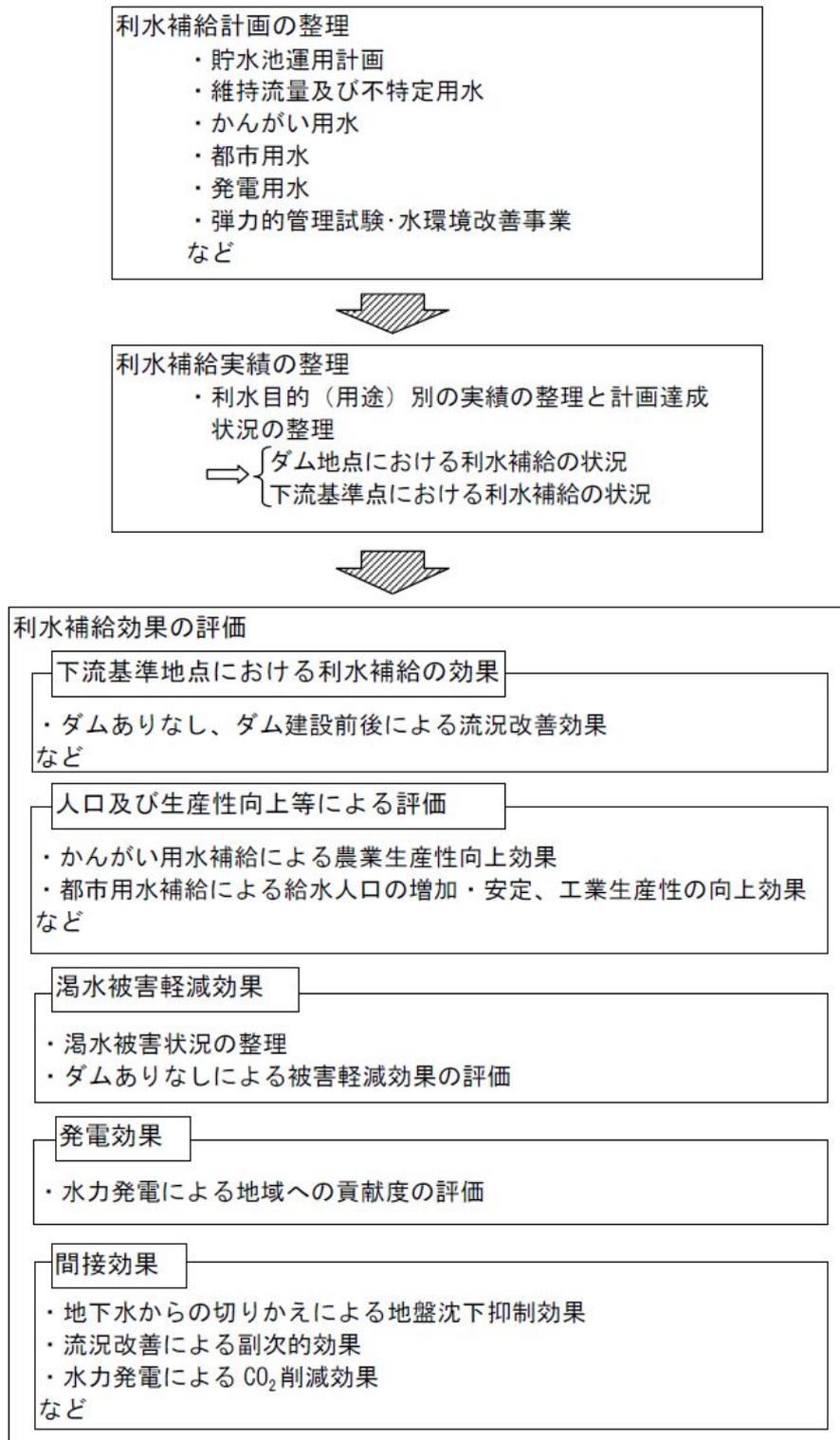


図 3.1-1 評価フロー

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

真名川ダムの貯水池運用は、洪水期において、洪水調節を行う場合を除き、水位を図 3.2-1 の標高以下に制限するものとしている。洪水調節容量は、第一期洪水期（7月1日から7月31日まで）が標高 348.0m から 385.0m までの 76,400 千 m³、第二期洪水期（8月1日から9月30日まで）が標高 337.4m から 385.0m までの 89,000 千 m³ となっている。

かんがい期（4月26日から8月25日までの期間）においては、不特定用水補給のために必要な水量（13.96m³/s 以内）を笹生川ダムからの取水と合わせて運用することとなっている。

不特定用水補給のための貯水容量は、標高 331.0m から 346.0m までの 15,900 千 m³ とし、不特定用水補給、または洪水調節後において水位を低下させる場合を除き、水位を表 3.2-1 の基準日において、それぞれ当該基準日の水位以上に保つものとしている。

また、真名川発電所の取水量は最大 15.0m³/s とし、洪水調節および不特定用水の補給に支障を与えないように行うものとしている。

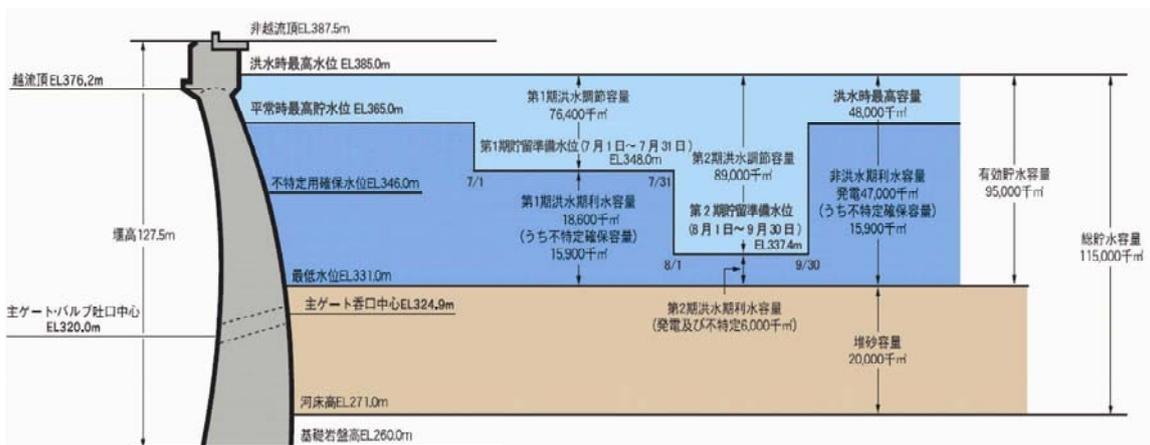


図 3.2-1 貯水池容量配分図

【出典：九頭竜川ダム統合管理事務所資料】

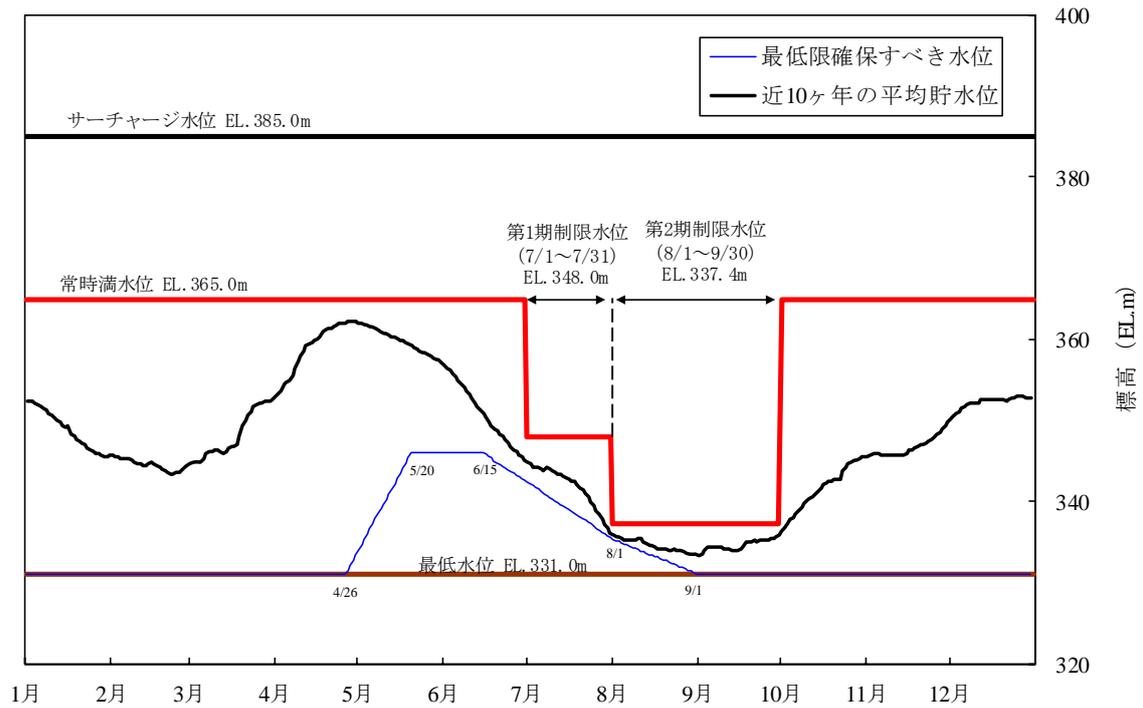


図 3.2-2 貯水池運用計画図

【出典：平成 20～29 年度 真名川ダム管理年報】

表 3.2-1 各基準日の最低限確保すべき水位

基準日	基準日の水位
4月26日	標高 331.0m
5月20日	標高 346.0m
6月15日	標高 346.0m
8月1日	標高 335.4m
9月1日	標高 331.0m

【出典：平成 29 年度 真名川ダム管理年報】

3.2.2 利水補給計画の概要

真名川ダムは、不特定用水の補給および発電用水の供給を行っている。

(1) 不特定用水

下流真名川土地改良区連合等に対してかんがい等の不特定用水として $13.96\text{m}^3/\text{s}$ 以内を補給している。

(2) 発電用水

九頭竜川中上流域には、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。真名川ダムでは下流に位置する真名川発電所へ導水し発電を実施している。真名川発電所は、最大 $15.0\text{m}^3/\text{s}$ を取水し、最大出力 $14,000\text{kW}$ を発電している。



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】

3.2.3 下流基準地点における補給量（不特定用水）

不特定用水補給のために必要な水量（13.96m³/s 以内）を笹生川ダムの補給量と合わせて確保している。

なお、非かんがい期には流水の正常な機能の維持を確保するために最小で 3.5m³/s の補給を行っている。図 3.2-5 に通年の確保流量パターン図を示す。

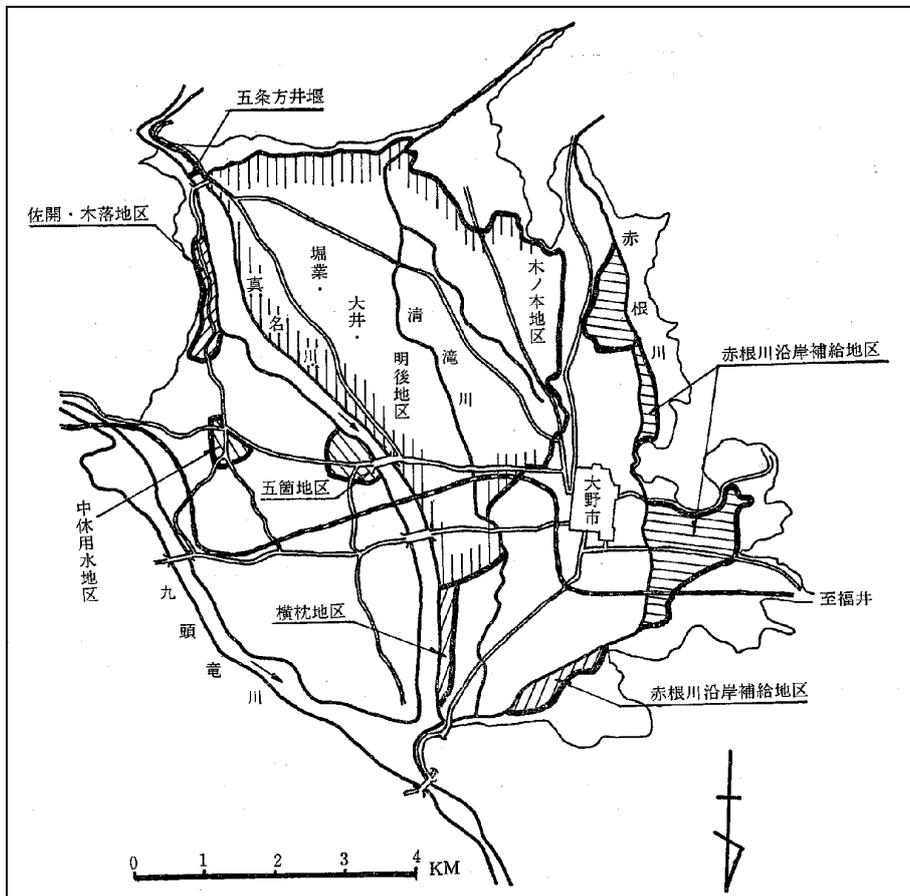


図 3.2-4 不特定用水補給区域

【出典：県営かんがい排水事業真名川地区の概要】

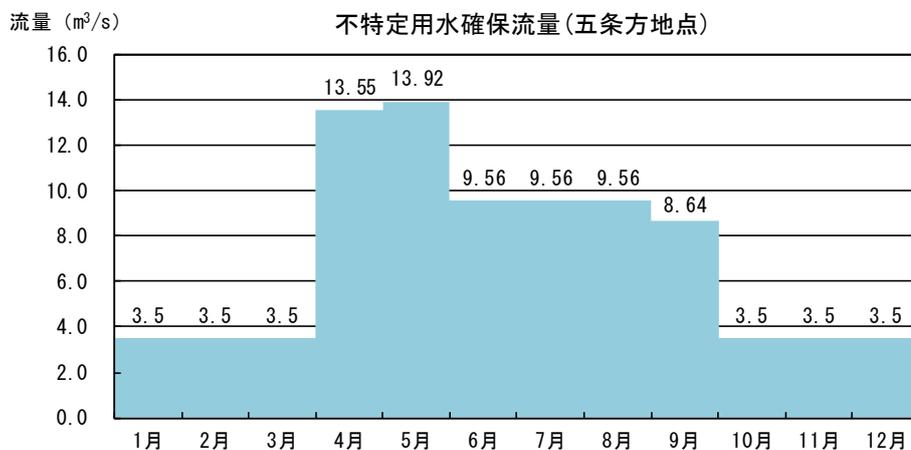


図 3.2-5 五条方基準点不特定用水確保流量パターン図

【出典：真名川ダム操作規則】

※五条方地点の流量＝五条方下流水位観測所流量＋農業用水への補給量＋富田発電所への補給量

3.2.4 発電用水

真名川ダムでは、ダム左岸より取水し、約2.2kmの導水路で既設北陸電力（株）の五条方発電所に隣接して建設された真名川発電所で発電を行っている。発電所諸元等を表3.2-2に示す。

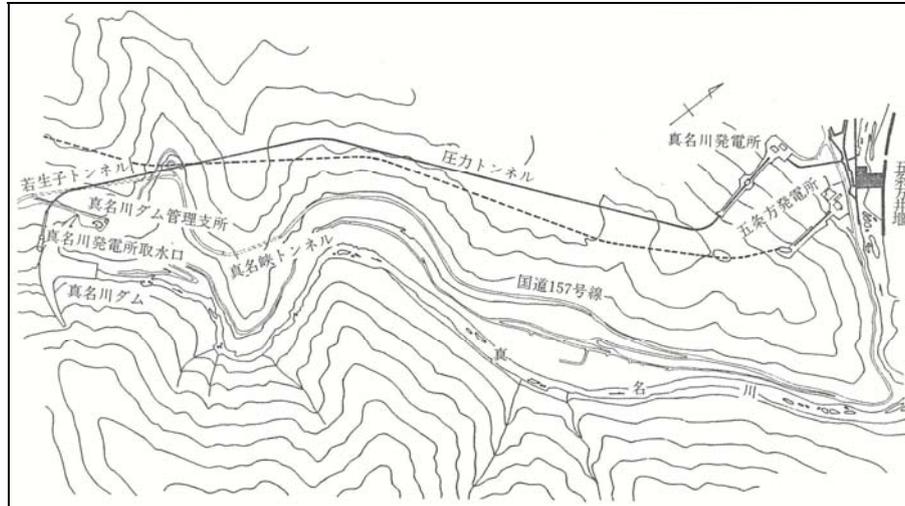


図 3.2-6 発電所位置図

【平成19年度 真名川ダム定期報告書 平成20年3月】

表 3.2-2 真名川発電所諸元

項目		真名川発電所	
流域面積 (km ²)		223.7	
ダム	名称	真名川ダム	
	満水位 (m)	365	
	総貯水量 (10 ⁶ m ³)	115	
	利用水深 (m)	第1期洪水期(7/1~7/31)	17
		第2期洪水期(8/1~9/30)	6.4
		非洪水期(10/1~6/30)	34
ダムの種類		不等厚アーチ式 コンクリートダム	
ダム高 (m)		127.5	
水路	導水路 (m)	2186.71	
	放水路 (m)	206.5	
発電 計画	最大使用水量 (m ³ /s)	15	
	有効落差 (m)	109.8	
	最大出力 (MW)	14	

【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】

3.2.5 弾力的管理試験

真名川ダムでは、弾力的管理試験が行われているが、詳細は「水質」、「生物」、「水源地域動態」の章で記述する。

3.2.6 水環境改善事業

真名川ダムでは、平成5年から平成8年に水環境改善事業が行われた。

3.3 利水補給実績

3.3.1 利水補給実績概要

貯水池運用実績を図 3.3-1 に示す。真名川ダムでは、不特定用水と発電用水の補給を行っている。なお、発電の補給量は、不特定用水に從属している。

真名川ダムの貯水位は、かんがい期直前の4月下旬に平常時最高水位付近まで上昇し、かんがい期終了の8月末から9月上旬に最低水位付近まで低下する。その他の期間では、1月、2月に貯水位が低下し、3月～4月の融雪水の流入時期に貯水位が上昇する。

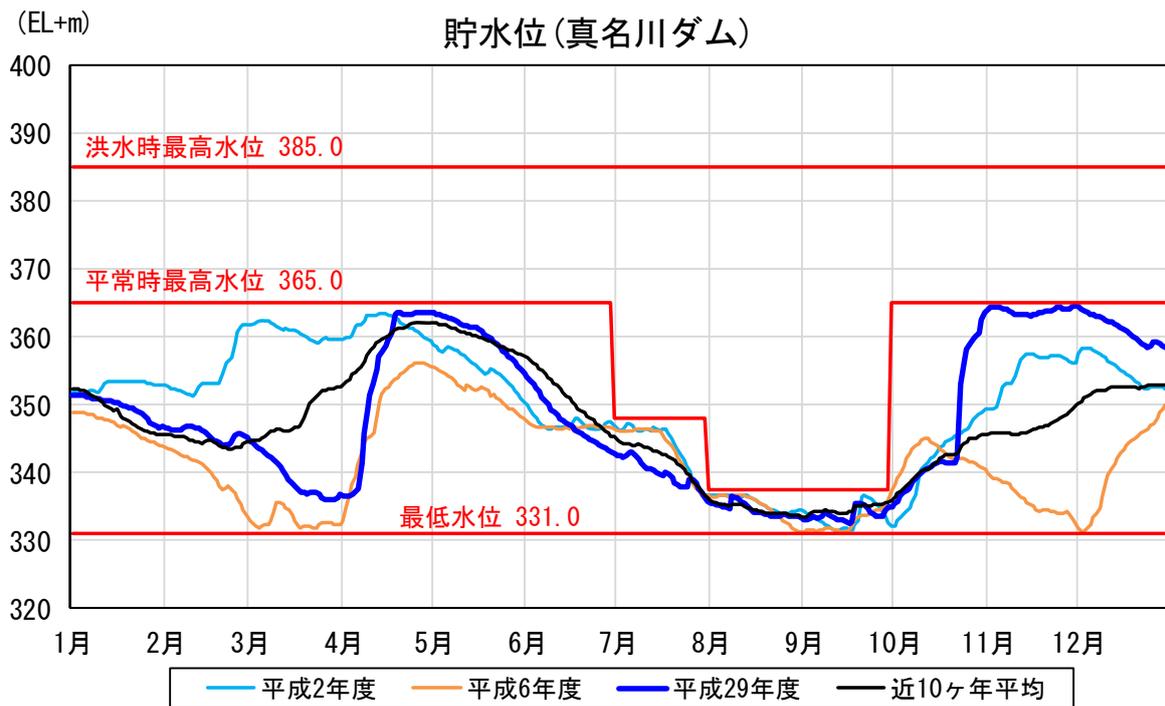


図 3.3-1 真名川ダム貯水池運用実績

【出典：平成 20～29 年度 真名川ダム管理年報】

※平成 2 年：年間平均貯水位過去最低

※平成 6 年：年間平均貯水位過去最高

利水補給実績を図 3.3-2 に示す。なお、不特定用水の補給は、主に発電用水を利用して行っている。

真名川ダム直下から約 3km 区間は、発電取水による無水区間が生じており、清流の回復が望まれていた。このため、平成 5 年度から平成 8 年度にかけて真名川ダム水環境改善事業で放流用施設の整備を行い、平成 9 年度から流水の正常な機能の維持のために 0.284m³/s（上流の中島発電所ガイドラインより）の放流を開始した。なお、平成 15 年度からは真名川発電所の運用変更により放流量を 0.671m³/s に増量した。

平成 20 年～平成 29 年平均の年間の総流入量は、361,353 千 m³ であり、京セラドーム大阪の容積（約 1,200 千 m³）から換算すると、貯水池の約 300 杯分が流入したことになる。この内で使用水量は、発電用水で 271,475 千 m³、不特定用水で 74,566 千 m³ である（どちらも平成 20 年～平成 29 年平均値）。

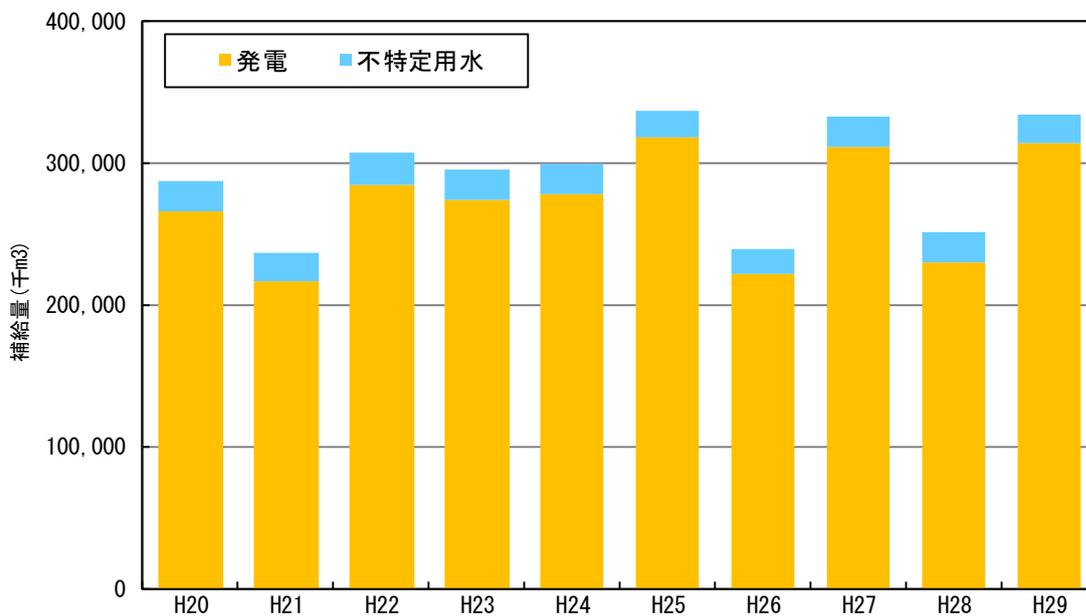


図 3.3-2 発電補給量と流水の正常な機能の維持のための補給量実績
【出典：平成 20～29 年度 真名川ダム管理年報】

3.3.2 発電実績

発電補給量実績を図 3.3-3 に示す。

真名川発電所の近 10 ヶ年 (H20～H29) の平均補給量は、年間約 271,000 千 m³ である。

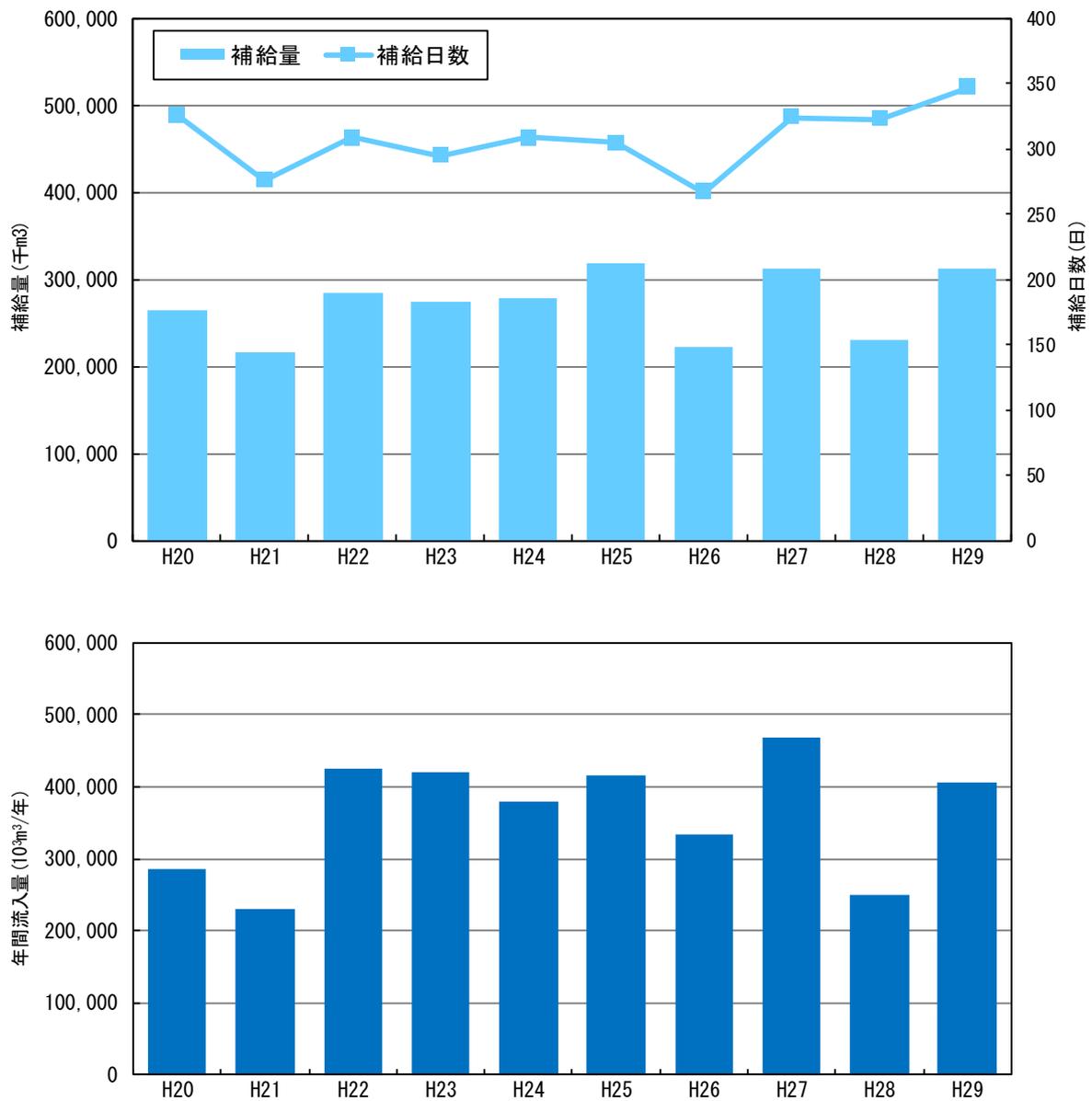


図 3.3-3 発電補給量実績(真名川発電所)と年間流入量

【出典：平成 20～平成 29 年度 真名川ダム管理年報】

真名川ダムの年間発電実績を図 3.3-4、月間発電実績を図 3.3-5 に示す。

真名川ダムは、平成 20 年から平成 29 年までに平均 74,566MWh/年の発電を行っている。これは、約 16,800 世帯*の消費電力量に相当する。

約 16,800 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 6%となり、福井県全体の約 6%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 160%となり、大野市の約 1.6 倍の世帯をまかなえる発電量に相当する。

※74,566MWh/年÷4,432kWh/年/世帯≒16,800 世帯

家庭の消費電力量：平均約 4,432kWh/年・世帯

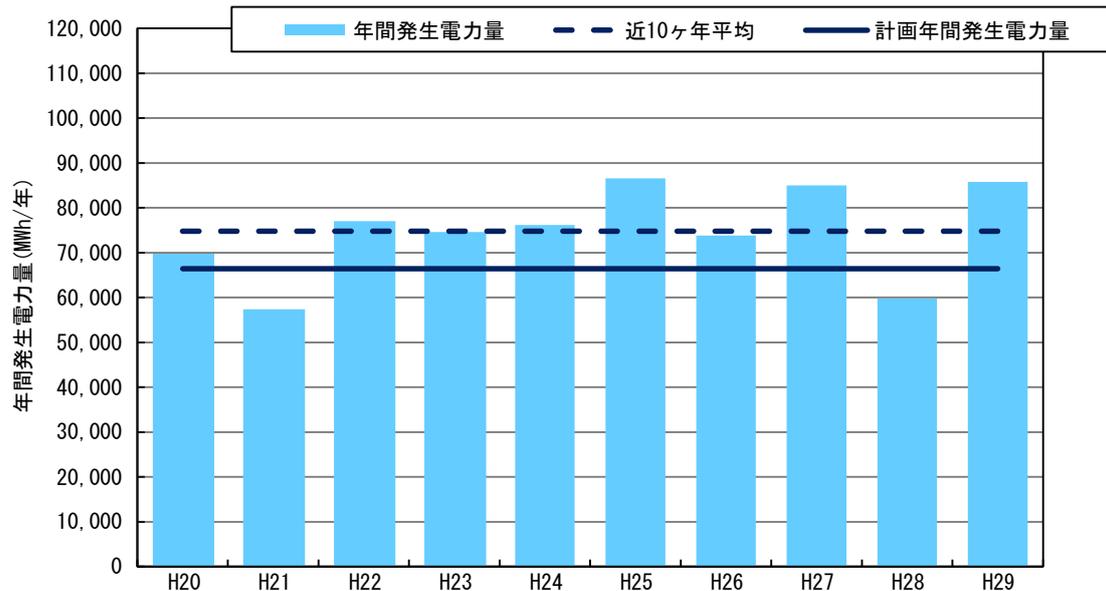


図 3.3-4 発電電力量実績

【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)】

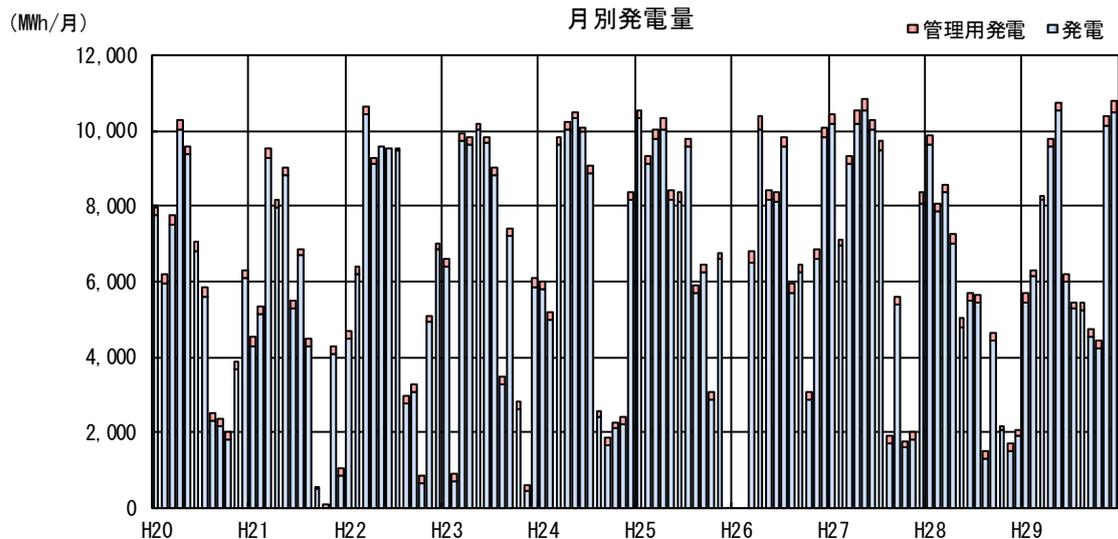


図 3.3-5 発電電力量実績(月別)

【出典：平成 20～29 年度 真名川ダム管理年報】

発電の単位について：「MWh」は発電した電力量を表す単位であり、「kW」は発電能力を表す単位である。
例えば、1kW の能力で 1 時間発電した場合は、1kWh の電力が発電されることになる。

3.3.3 弾力的管理試験

真名川ダムでは、弾力的管理試験が行われているが、詳細は「水質」、「生物」、「水源地域動態」などの章で記述する。

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（不特定用水）

真名川ダムでは、不特定用水の補給を行っている。図 3.4-1 と図 3.4-2 に五条方下流のダムあり、ダムなしの流量を示す。

なお、真名川ダムでは、ダムあり流量とダムなし流量を以下の式に従い算出した。

$$\text{ダムあり流量} = \text{真名川ダム放流量} + \text{真名川ダム発電補給量} \\ + \text{五条方発電所発電放流量}$$

$$\text{ダムなし流量} = \text{笹生川ダム流入量} + \text{雲川ダム流入量} + \text{真名川ダム流入量} \\ - \text{笹生川ダム放流量} - \text{雲川ダム放流量}$$

五条方下流では、真名川ダムなどから水力発電を通じた放流により、低水時の流況が改善されている。

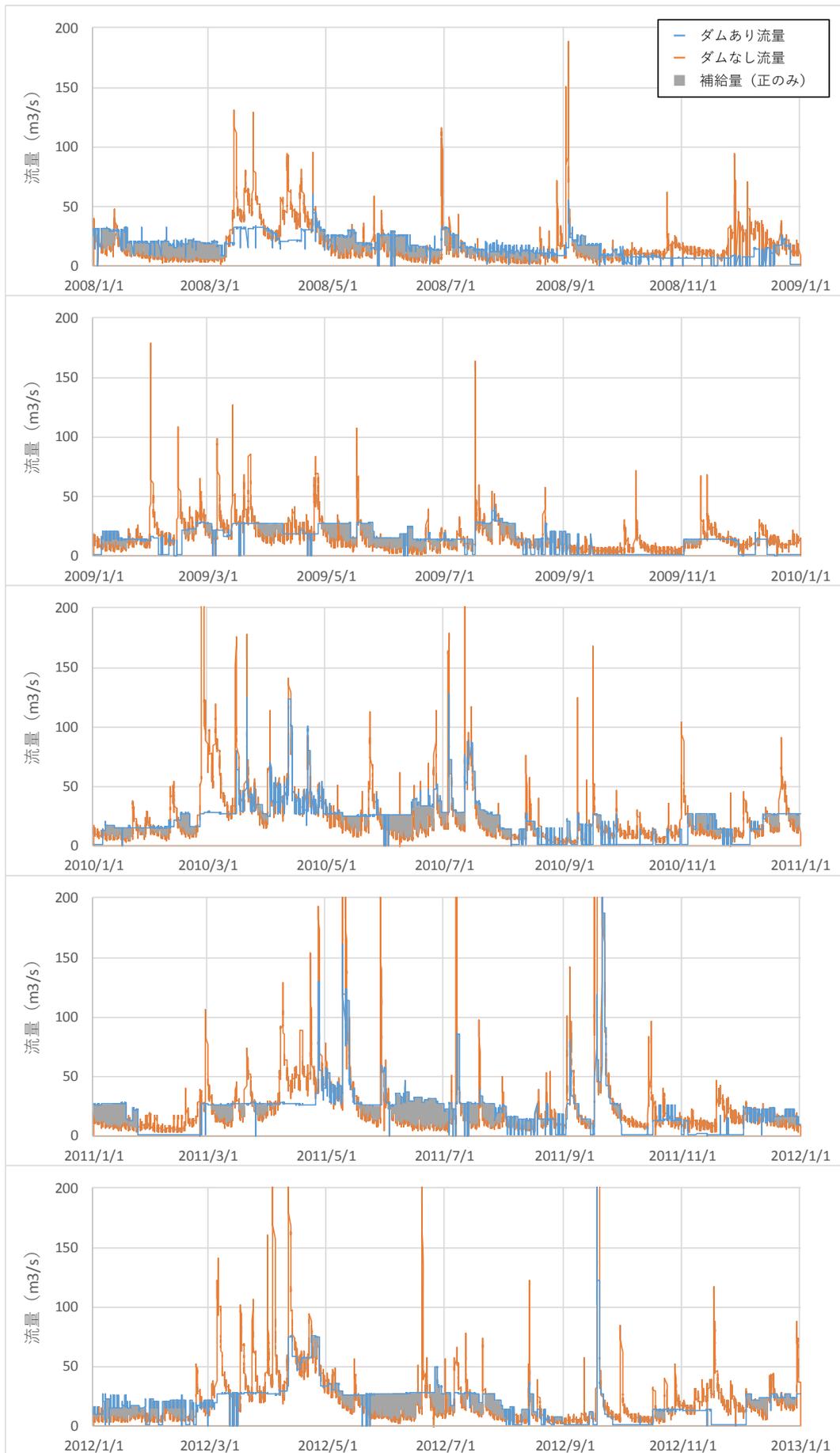


図 3.4-1 五条方下流におけるダムありなし流量比較（平成20年～平成24年）
【出典：平成20～24年度 九頭竜川ダム統合管理事務所資料】

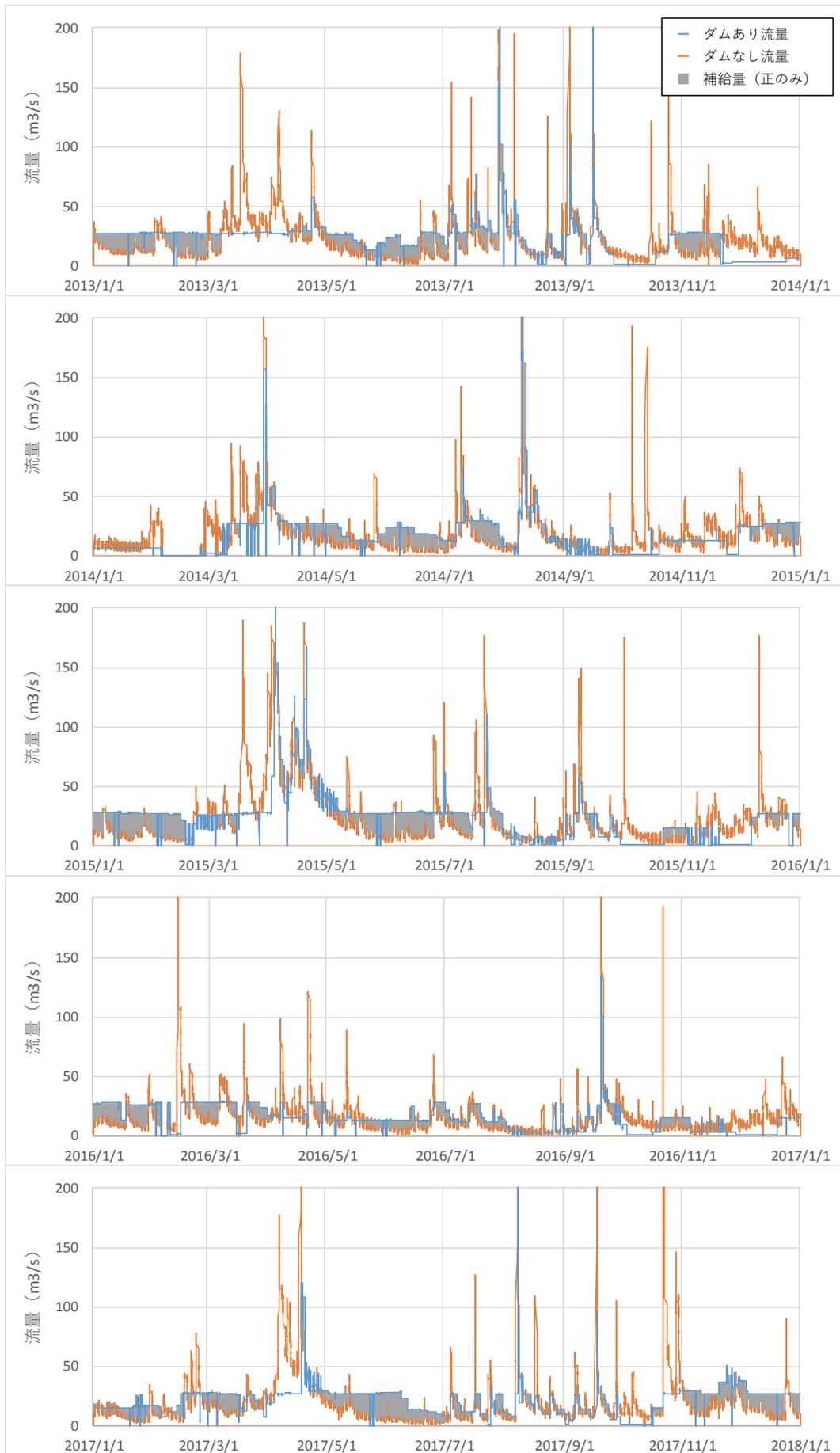


図 3.4-2 五条方下流におけるダムありなしの流量比較（平成25年～平成29年）
【出典：平成 25～29 年度 九頭竜川ダム統合管理事務所資料】

3.4.2 発電量

九頭竜川水系では、真名川ダムの真名川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 3.4-3、最大出力の内訳円グラフを図 3.4-4 に示す。

九頭竜川水系の全水力発電所の常時発電量は 87,701kW となり、この中で真名川ダムの貯留水が直接利用される真名川発電所の発電量は 680kW であり、全体の約 1%を占めている。

また、最大出力発電量は九頭竜川水系全体では 531,604kW であり、この中で真名川発電所では 14,200kW であり、全体の約 3%を占めている。

九頭竜川水系水力発電内訳(常時出力)

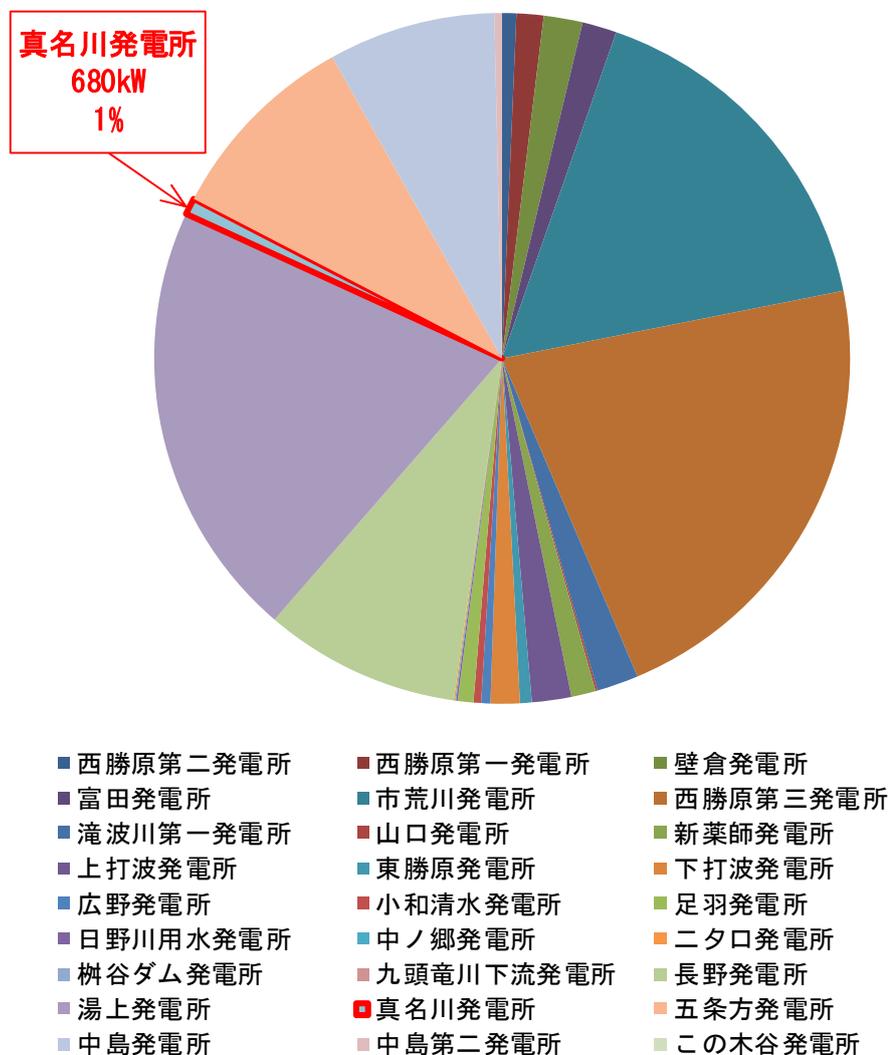


図 3.4-3 九頭竜川水系水量発電所 常時出力

【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】

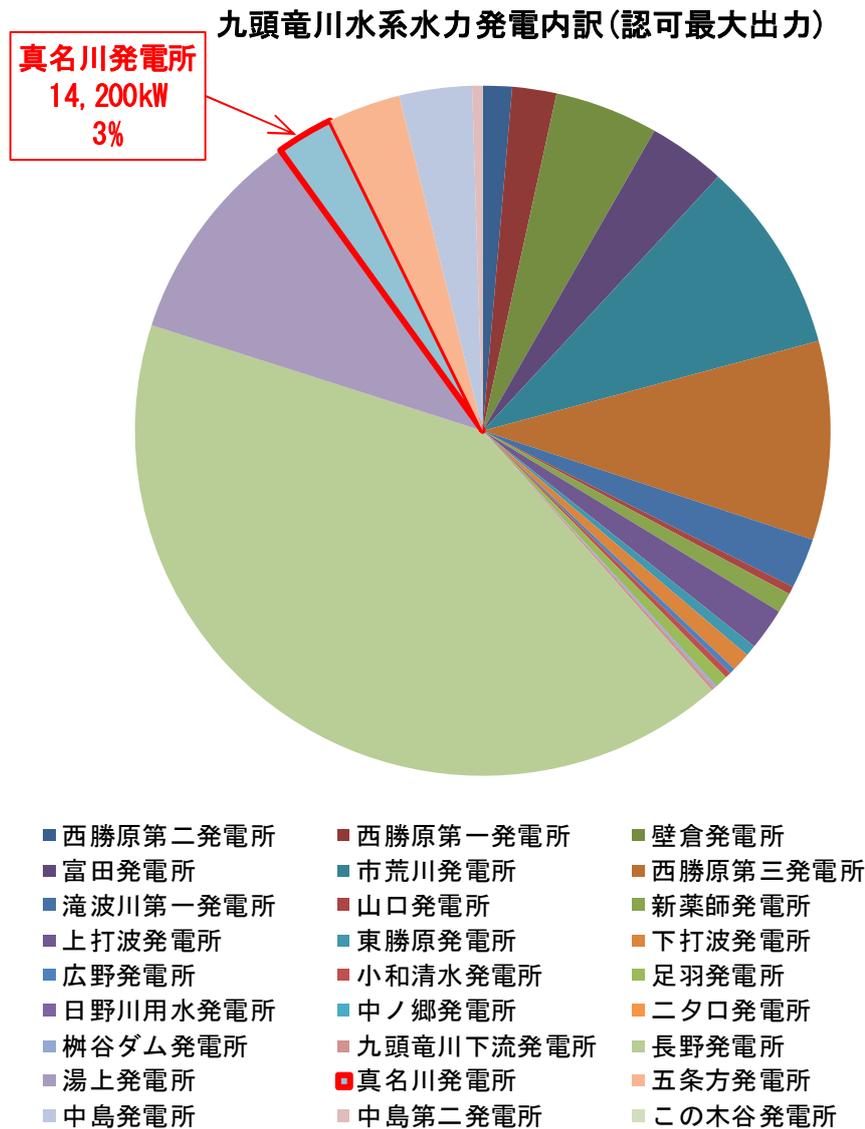


図 3.4-4 九頭竜川水系水量発電所 最大出力
【出典：水力発電所データベース 一般社団法人電力土木技術協会
九頭竜川ダム統合管理事務所提供資料】

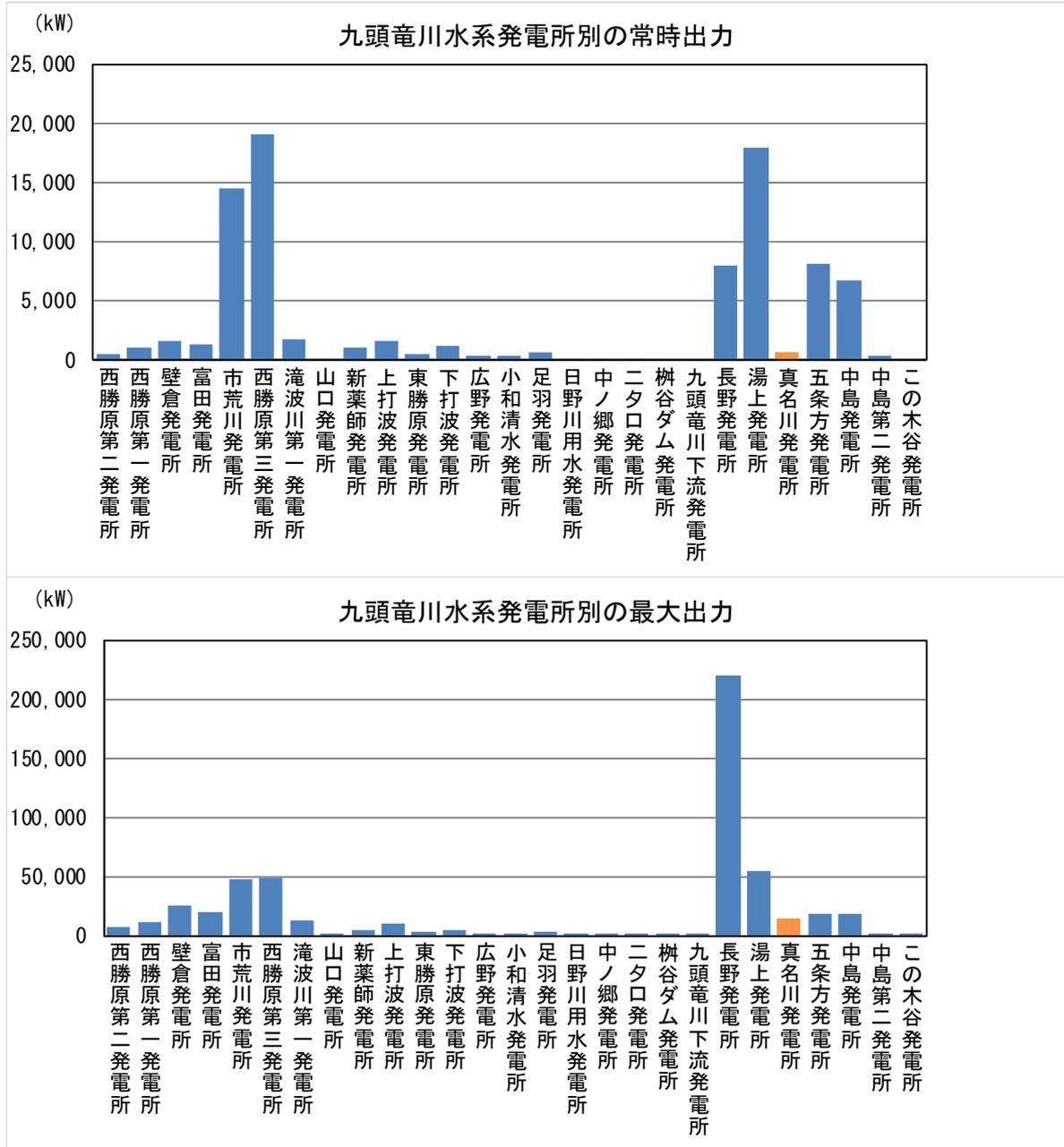


図 3.4-5 発電所別の出力

【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	日野川用土地利用改良区	日野川用水発電所	69	141	
	九頭竜川	芝原用土地利用改良区	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	鷲ダム、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】

3.4.3 副次効果（CO₂ 排出量削減効果）

真名川発電所は、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に比べて、CO₂ 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。

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。

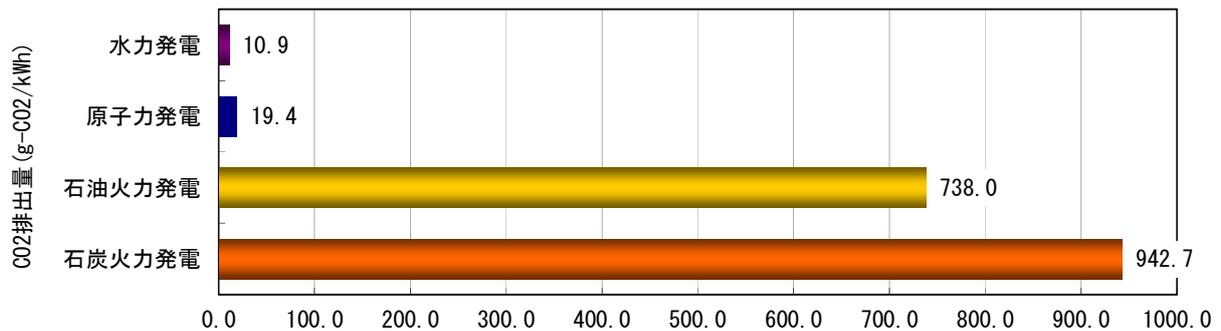


図 3.4-6 1kWを1時間発電する時のCO₂排出量の比較

【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、④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二酸化炭素は以下のとおりである。

- ・水力発電での CO₂ 排出量 = 74,566MWh/年 × 10.9g・CO₂/kWh ≒ 813t・CO₂/年
- ・原子力発電での CO₂ 排出量 = 74,566MWh/年 × 19.4g・CO₂/kWh ≒ 1,447t・CO₂/年
- ・石油火力発電での CO₂ 排出量 = 74,566MWh/年 × 738.0g・CO₂/kWh ≒ 55,030t・CO₂/年
- ・石炭火力発電での CO₂ 排出量 = 74,566MWh/年 × 942.7g・CO₂/kWh ≒ 70,293t・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。

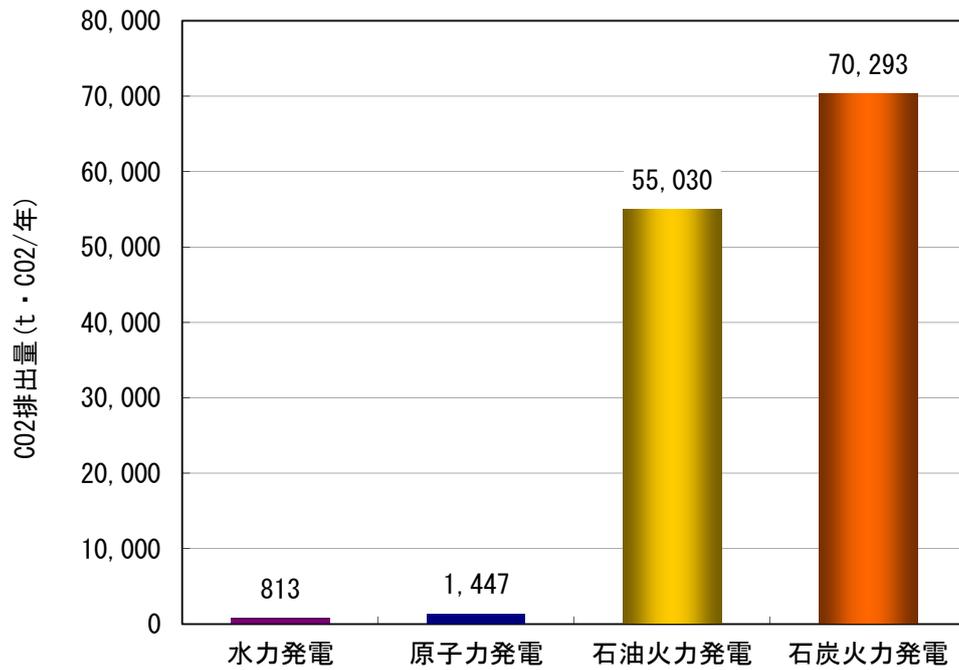


図 3.4-7 発電に伴う二酸化炭素排出量の比較

【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】

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 3.4-8 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	真名川ダム	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	真名川ダム	日	2001/1/1 ~ 2018/5/31
ダム流入量	真名川ダム	日	2001/1/1 ~ 2018/5/31
気温	大野観測所(気象庁)	日	2001/1/1 ~ 2018/5/31

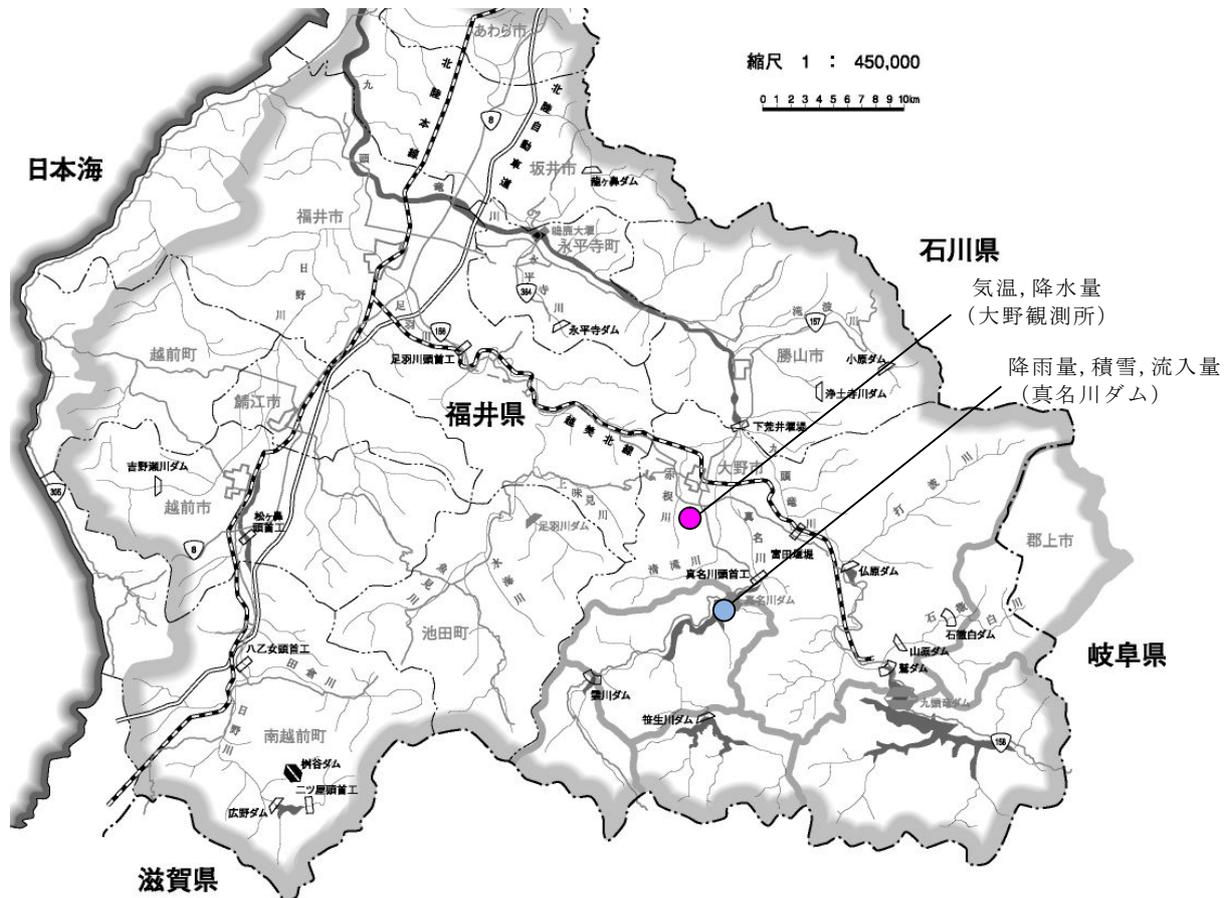


図 3.4-8 データ観測地点

(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 3.4-9 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。

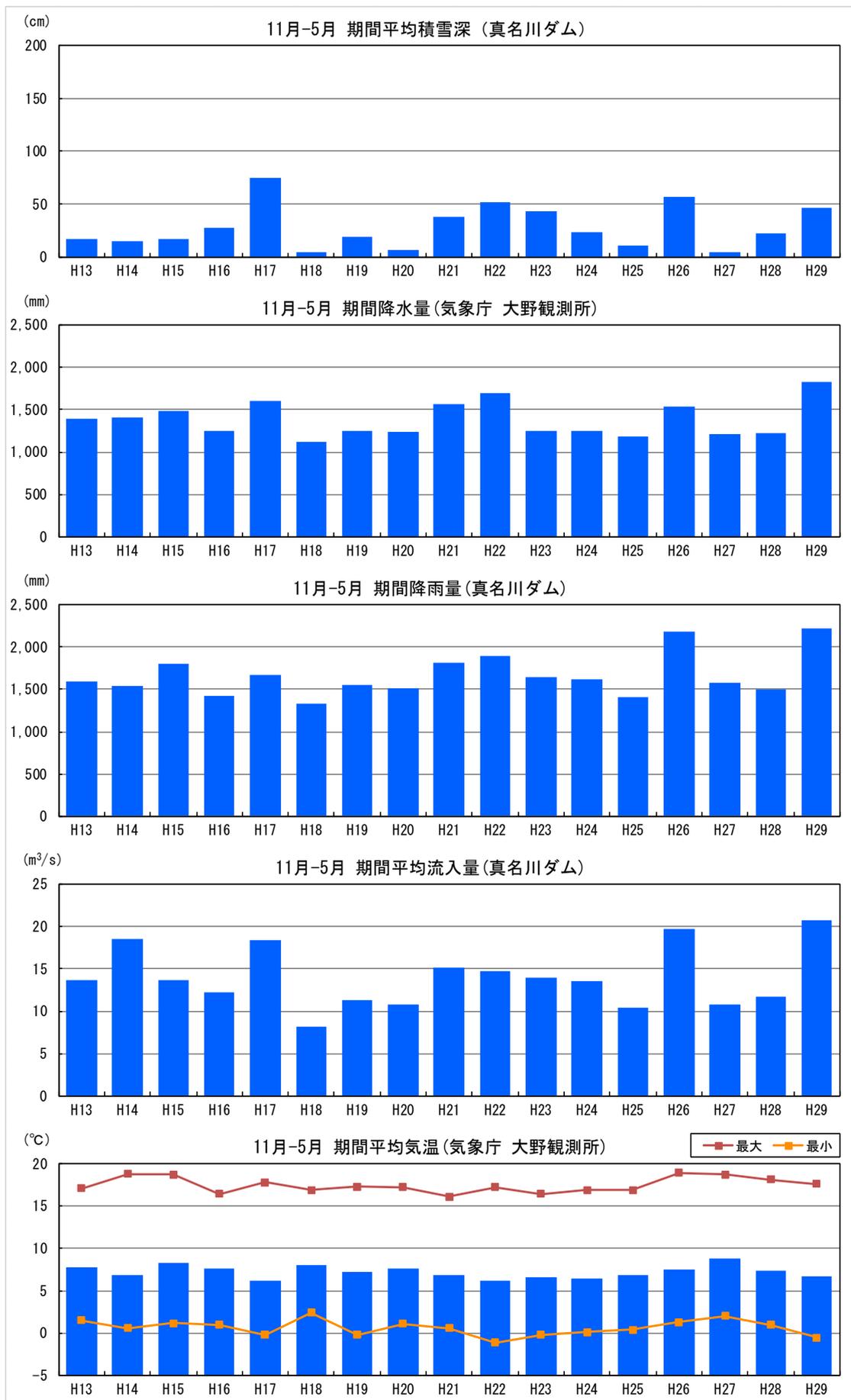


図 3.4-9 11月-4月の経年変化 (真名川ダム)

【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)】

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 3.4-10 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 3.4-11 に、各種データの経月変化を図 3.4-12 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。

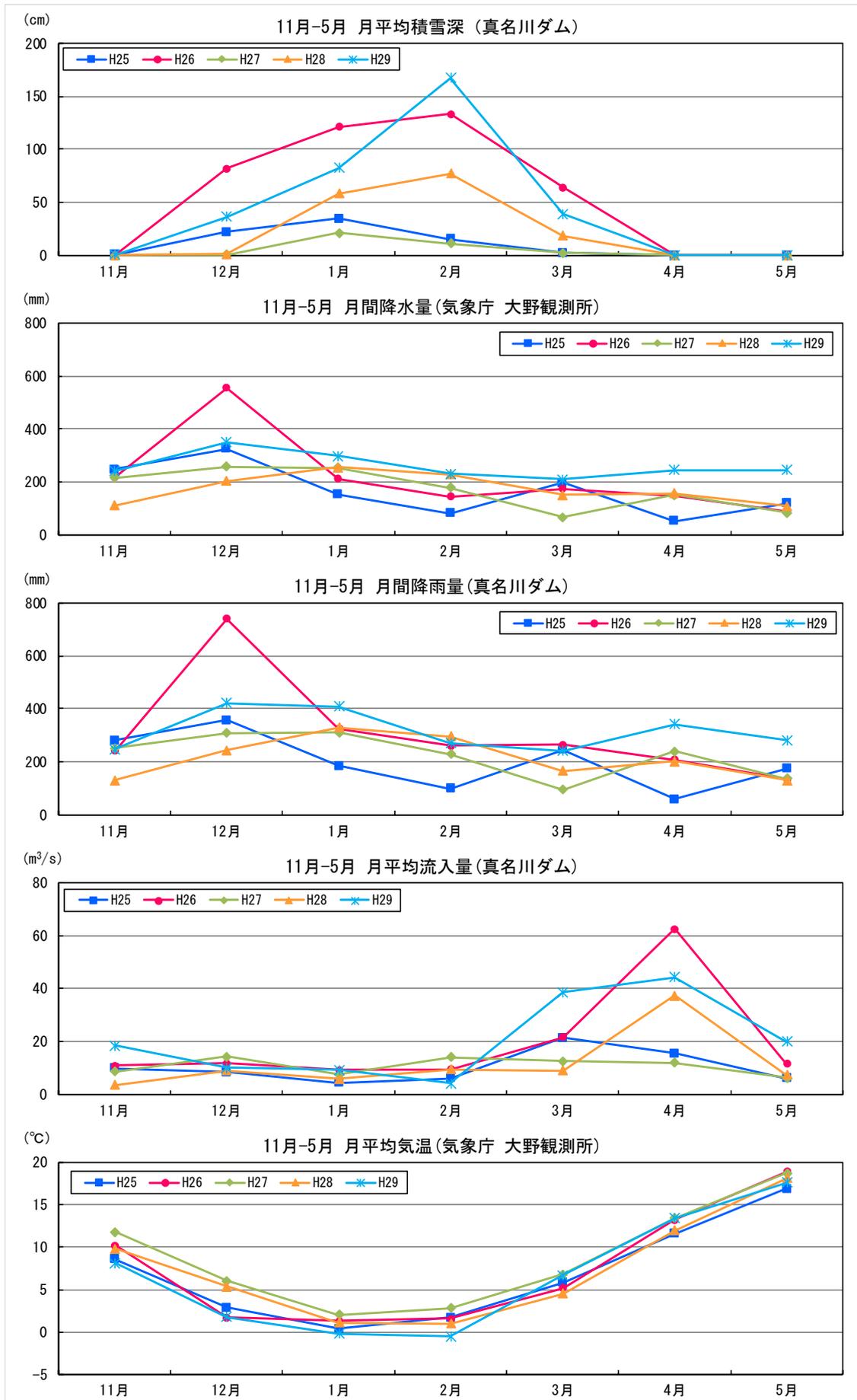


図 3.4-10 経月変化 (真名川ダム)

【出典：平成 25～30 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)】

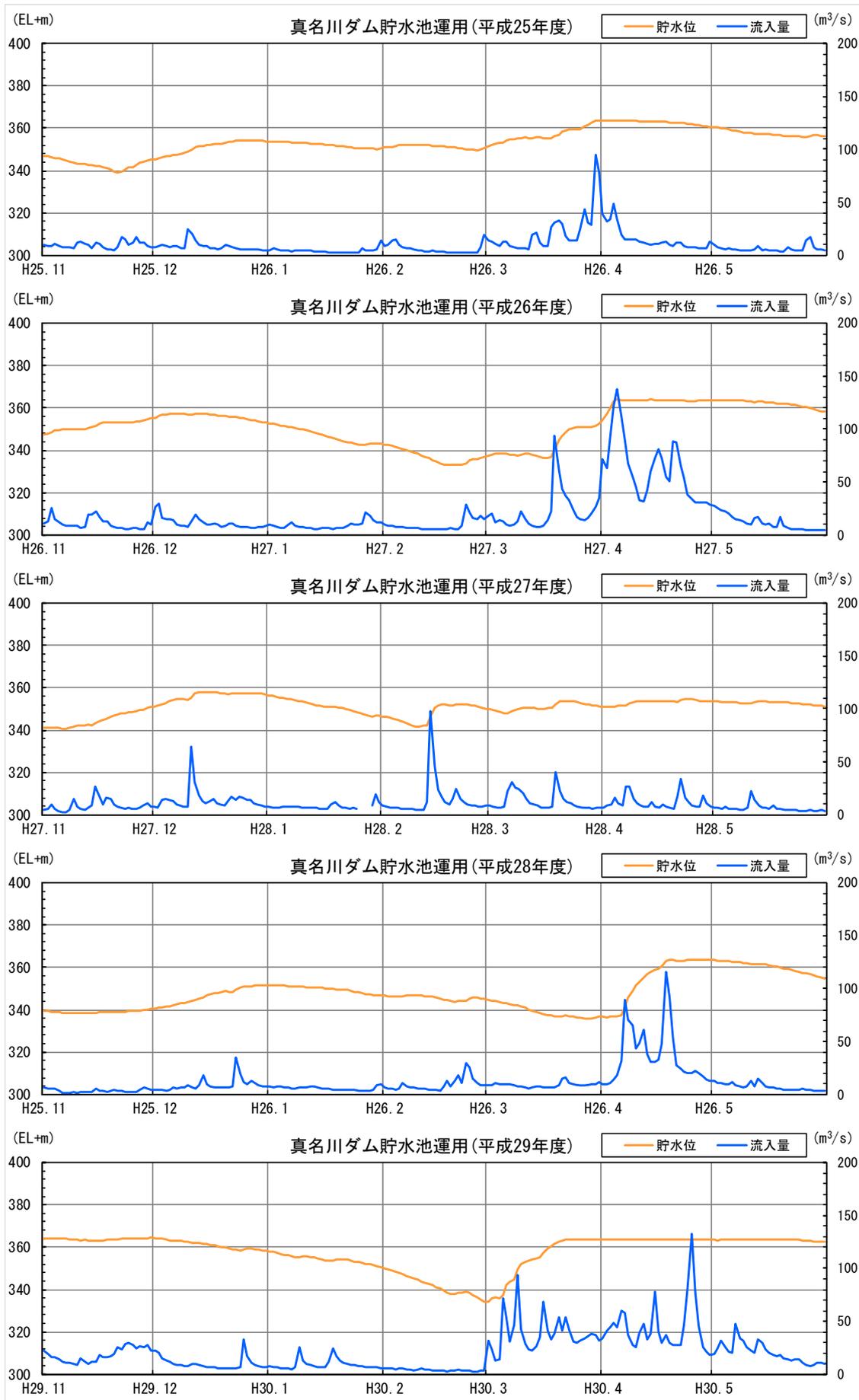
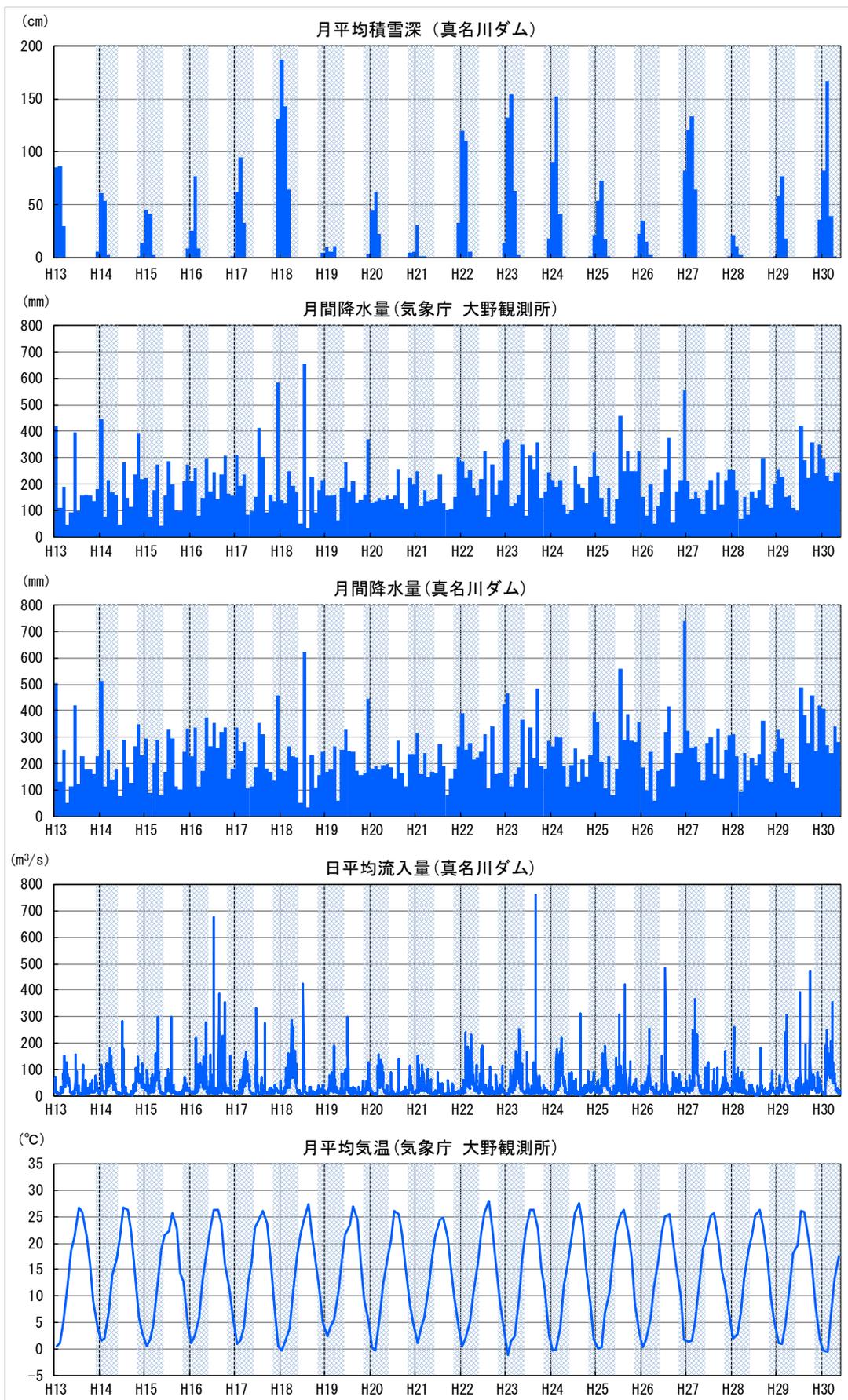


図 3.4-11 貯水池運用 (真名川ダム)

【出典：平成 25～30 年度 真名川ダム管理年報】



※青ハッチ：積雪・融雪期(11月～5月)

図 3.4-12 時系列変化 (真名川ダム)

【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。

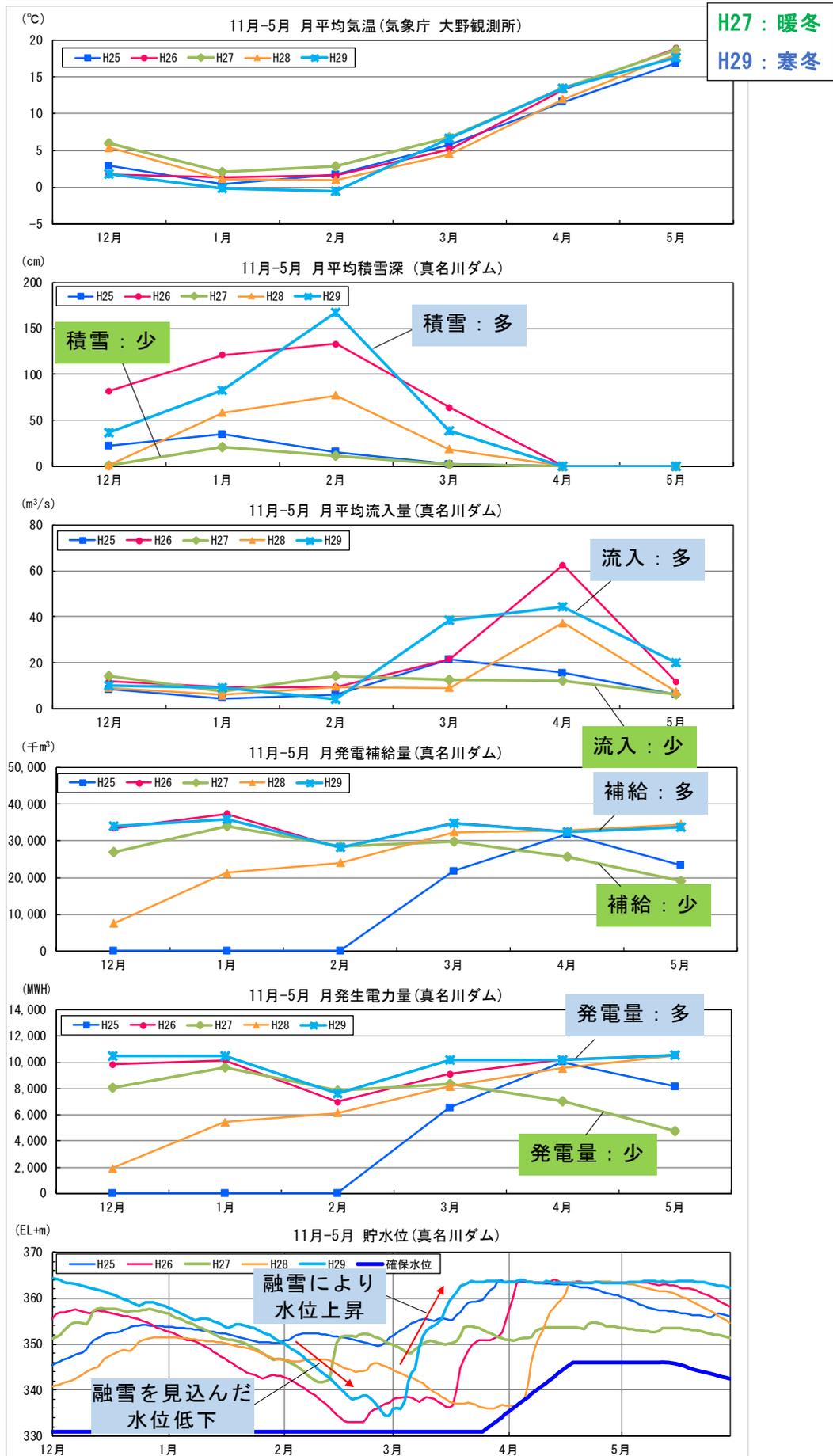


図 3.4-13 暖冬・寒冬と発電電力量の関係 (真名川ダム)

【出典:平成 25~30 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)】

3.5 まとめ

○まとめ【評価】

- ・真名川ダムでは、下流農業地域のかんがい取水等に寄与している。
- ・真名川発電所では、約 78,000MWh/年(平成 25 年～平成 29 年の平均)の発電を行っており、約 17,600 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、安定した不特定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	真名川ダム管理年報	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、最低限確保すべき水位、補給量、流入量、発電電力量、降雨量
3-2	県営かんがい排水事業真名川地区の概要	福井県	—	かんがい区域
3-3	九頭竜川ダム統合管理事務所関係例規集	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 24 年 12 月	不特定用水確保流量
3-4	平成 19 年度 真名川ダム定期報告書	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 20 年 3 月	発電所位置図
3-5	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	—	真名川発電所諸元、九頭竜川水系水力発電所出力
3-6	平成 27 年度 国勢調査結果	総務省統計局	平成 28 年 10 月	福井県、大野市の世帯数
3-7	平成 24 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業 報告書概要	資源エネルギー庁 省エネルギー対策課	平成 24 年	家庭における年間消費電力
3-8	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
3-9	真名川ダム諸量気象月報	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
3-10	大野観測所データ	気象庁	平成 13 年 ～平成 30 年	降水量、気温

3. 利水補給	1
3.1 評価の進め方	3-1
3.1.1 評価方針	3-1
3.1.2 評価手順	3-1
3.1.1 資料の収集・整理	3-2
3.2 利水補給計画	3-3
3.2.1 貯水池運用計画	3-3
3.2.2 利水補給計画の概要	3-5
3.2.3 下流基準地点における補給量（不特定用水）	3-6
3.2.4 発電用水	3-7
3.2.5 弾力的管理試験	3-7
3.2.6 水環境改善事業	3-7
3.3 利水補給実績	3-8
3.3.1 利水補給実績概要	3-8
3.3.2 発電実績	3-10
3.3.3 弾力的管理試験	3-12
3.3.4 水環境改善事業	3-13
3.4 利水補給効果の評価	3-14
3.4.1 下流基準点における利水補給の効果（不特定用水）	3-14
3.4.2 発電量	3-17
3.4.3 副次効果（CO ₂ 排出量削減効果）	3-21
3.4.4 温暖化による流出形態への影響	3-23
3.5 まとめ	3-32
3.6 文献リスト	3-32