

## 2. 事業の概要

### 2-1. 事業の背景

高山ダム貯水池では昭和44年からの管理開始後、昭和59年頃からアオコが、翌年からは淡水赤潮が毎年のように発生した。高山ダム周辺は月ヶ瀬梅林など有名な名勝地となっており、地元等から対策を求められてきた。

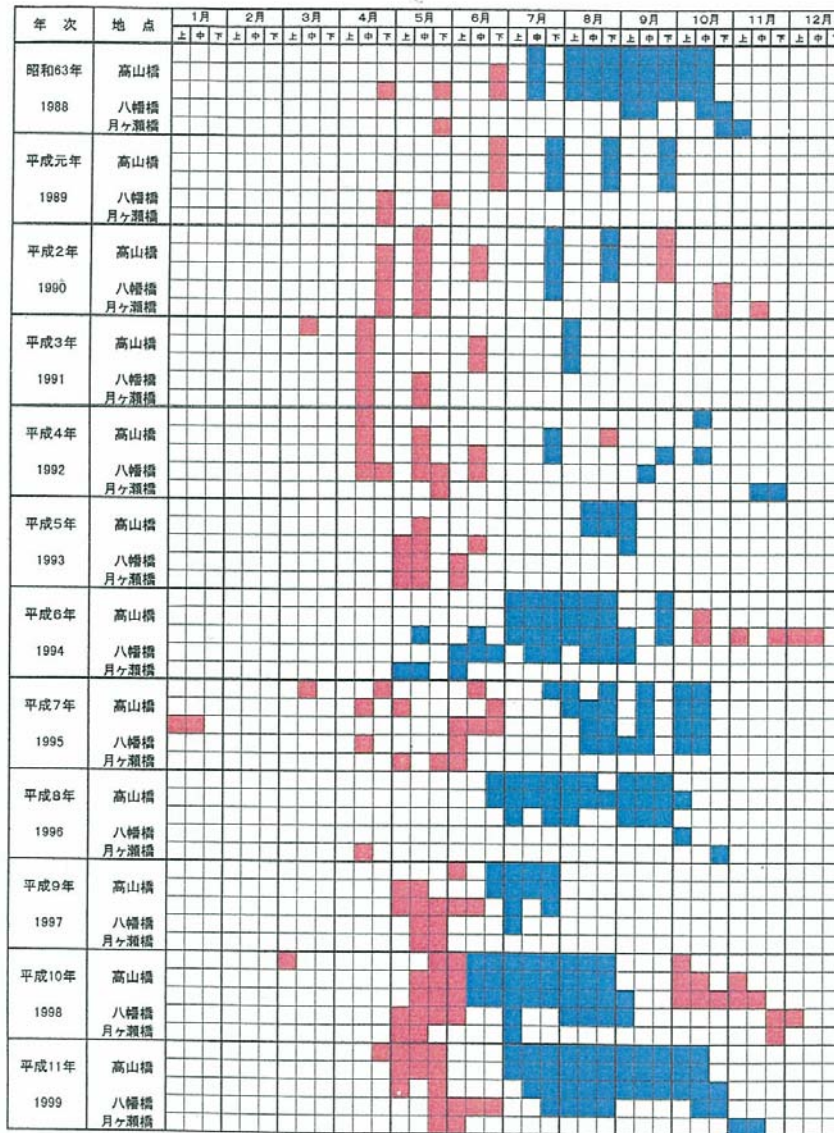
昭和59年頃～：毎年、藍藻類 *Microcystis* によるアオコが発生  
昭和60年頃～：毎年、鞭毛藻類 *Peridinium* による淡水赤潮が発生



図 2-1-1 アオコ発生状況（平成10年7月）



図 2-1-2 新聞記事  
（京都新聞：平成10年6月6日）



■：淡水赤潮  
■：アオコ

図 2-1-3 アオコの発生状況

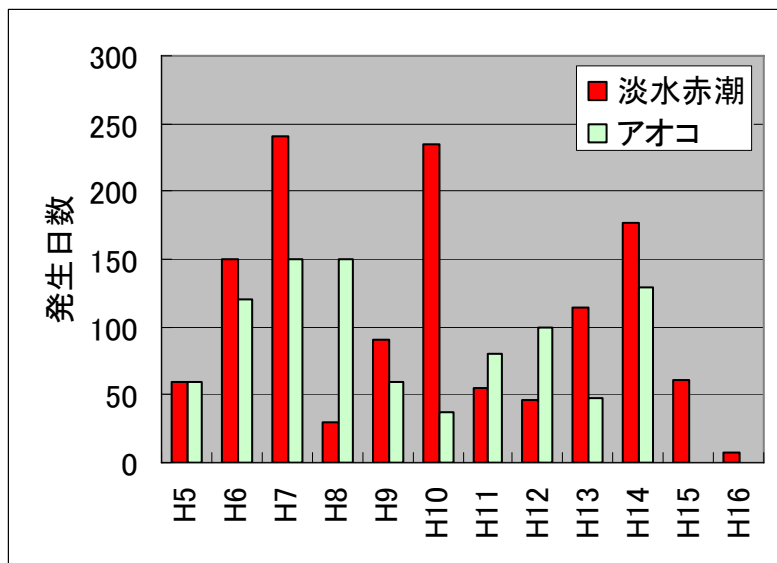
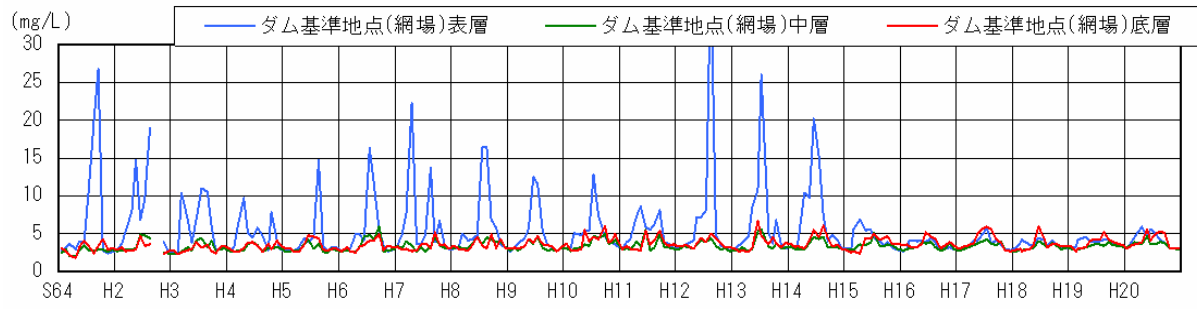


図 2-1-4 アオコの発生日数

# COD



# T-P

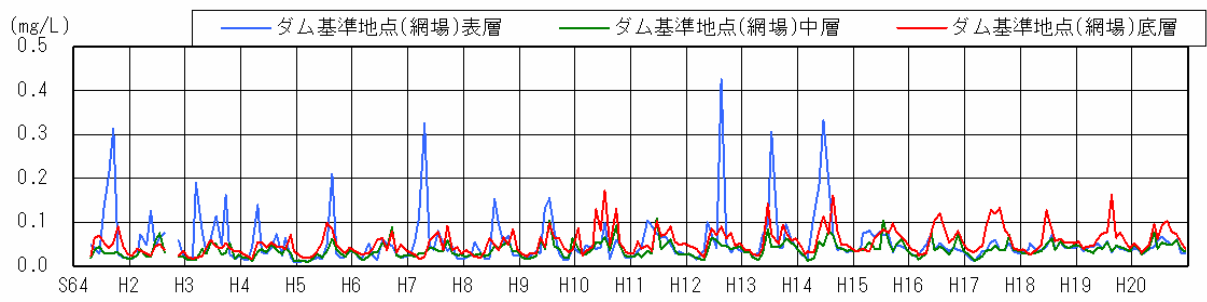


図 2-1-5 水質の経年変化の状況 (網場地点)

## 2-2. 事業の目的

貯水池内における水質・景観改善及び環境基準の達成を目標とし、平成8年度に「水質保全事業計画」が策定された。その後、平成10年度に国土交通省の直轄事業である「ダム貯水池水質保全事業」が事業採択され、アオコ・淡水赤潮などの抑制を目的として、水質保全対策施設が導入された。

- ◆ 事業期間 : 平成10年度～平成16年度
- ◆ 全体事業費 : 約20億円

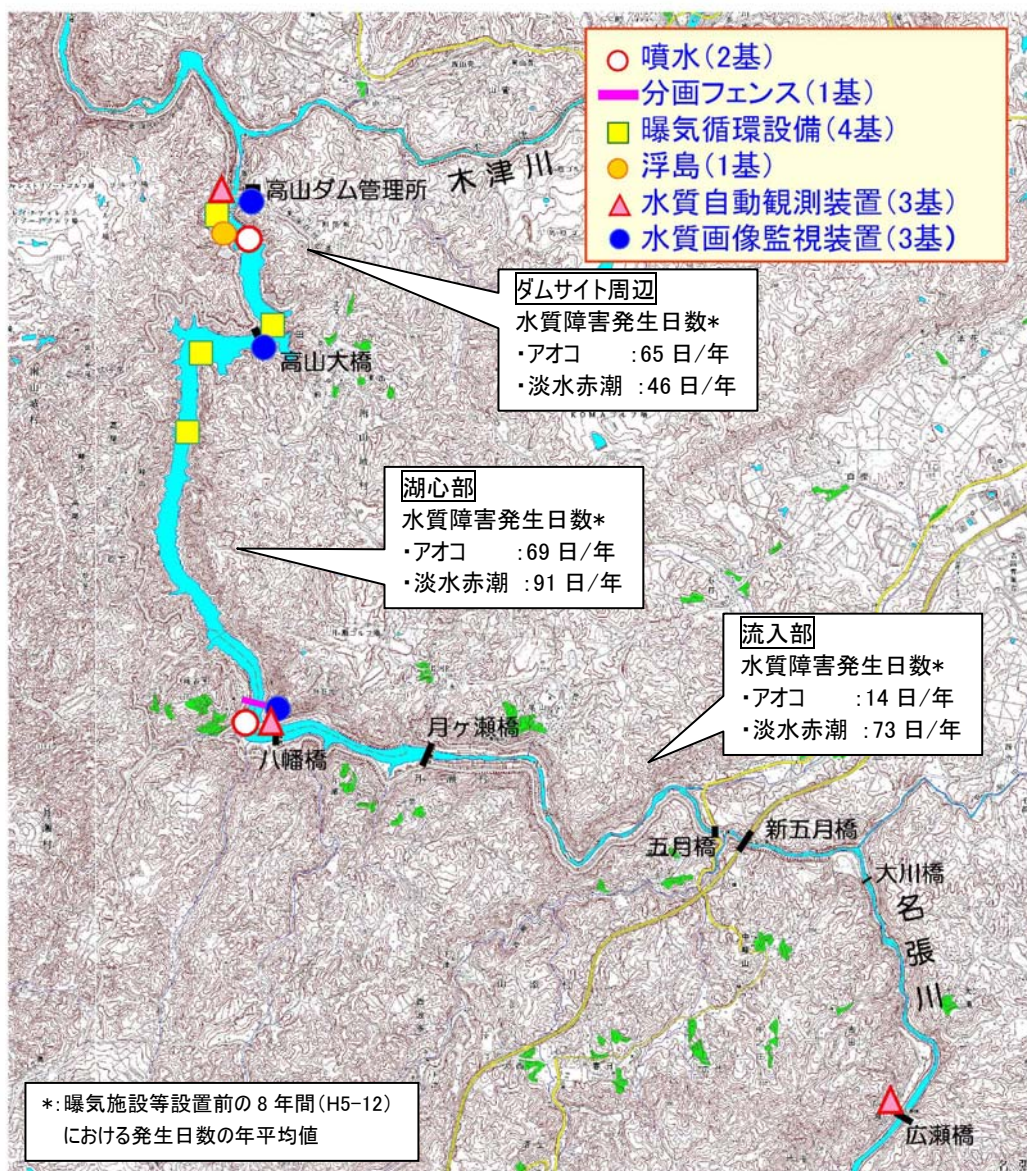


図 2-2-1 事業実施箇所

## 2-3. 事業の概要

高山ダム貯水池水質保全事業として以下に示す施設整備が実施されている。なお、各施設の内容については、次頁より詳述する。

表 2-3-1 事業の概要

<b>曝気循環設備：</b>
表層水温を低下させて植物プランクトンの増殖を抑制するとともに、鉛直方向循環流を生じさせ、表面に集積した植物プランクトンを日光の届きにくい層へ移動させ異常発生を抑制する。
<b>分画フェンス：</b>
植物プランクトン等が貯水池内へ拡がることを防止する。また、フェンス上流に堆積した藻類が噴水（表層浄化設備）により効率的に破壊される。
<b>噴水（表層浄化設備）：</b>
噴水を吹き出す際に生じる噴水ポンプの圧力や飛散水の水叩き効果により植物プランクトンを破壊するほか、貯水を鉛直方向に循環させ、植物プランクトンが増加しにくい環境を作り出す。また、人々に親しまれる新しい景観を創り出す。
<b>水質自動監視装置：</b>
良好な水質環境を管理するため、水質自動監視装置によって貯水池の水質を連続的に監視する。
<b>水質画像監視装置：</b>
貯水池の水質（アオコ、淡水赤潮の発生など）を常時画像で監視し、水質保全関連設備の運転・効果を監視する。

表 2-3-2 施設設置時期と台数

施設名	設置時期	台数
曝気循環設備	平成 13 年	1 基
	平成 15 年	1 基
	平成 16 年	2 基
		計 4 基
分画フェンス	平成 13 年	1 条
噴水（表層浄化設備）	平成 12 年	1 基
	平成 15 年	1 基
		計 2 基
水質自動監視装置	平成 12 年	3 箇所
水質画像監視装置	平成 13 年	3 基

## 参考：水質保全設備の選定理由について

高山ダム貯水池において生じている水質障害は、植物プランクトンの異常増殖に伴うアオコ及び淡水赤潮(水の華含む)であり、植物プランクトンの異常増殖(富栄養化)要因は下記の5項目に整理することができる。

- ① 貯水池内の栄養塩濃度(N, P)
- ② 水の滞留
- ③ 植物プランクトンの細胞の存在
- ④ 光
- ⑤ 気温(水温)

これらの要因を制御することにより植物プランクトンの増殖を抑制することが可能であるが、①の貯水池内の栄養塩濃度については流入してくる栄養塩濃度を低下させることとなり、流域対策及び流入河川対策があげられるが、流域対策に対してはダム管理者として直接行えるものではなく、流入河川対策としては実施困難であることから貯水池内における植物プランクトンに対し直接増殖抑制・削減効果があがる対策を抽出・評価し選定した。

なお、高山ダム貯水池においては、八幡橋付近の月ヶ瀬梅林等のダム貯水池周辺利用等を勘案し、淡水赤潮抑制による景観の回復とともに、対策にともなう景観の向上(新たな価値の付加)が流域住民から望まれていることを勘案する必要がある。

上記を踏まえ、高山ダム貯水池に適用する水質保全対策について検討した結果としては下表に示すとおりであり、高山ダム貯水池にて問題となっている富栄養化現象のうち、アオコに対しては曝気循環装置で、アオコ及び淡水赤潮等に対しては噴水、フェンス、人工生態礁(バイオマニピュレーション)で対応を図ることが有効であると考えられた。

対策手法	主な抑制対象
曝気循環装置	アオコ
フェンス	淡水赤潮
噴水	
人工生態礁 (バイオマニピュレーション)	

## 1) 曝気循環設備

表層水温を低下させて植物プランクトンの増殖を抑制するとともに、鉛直方向循環流を生じさせ、表面に集積した植物プランクトンを日光の届きにくい層へ移動させ異常発生を抑制する。

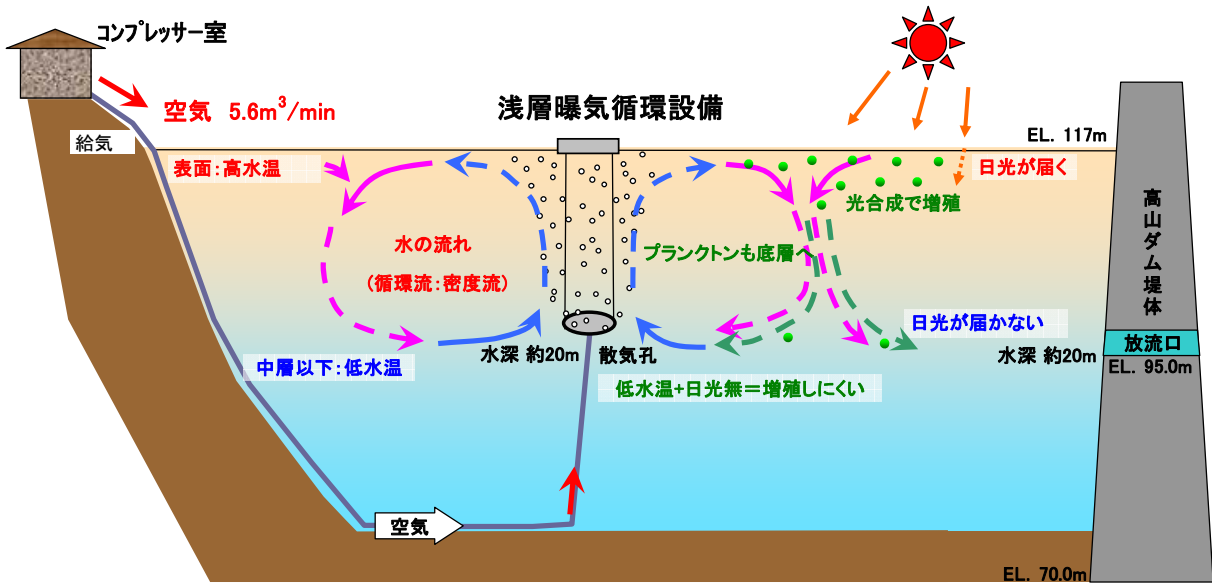


図 2-3-1 曝気循環設備の概要

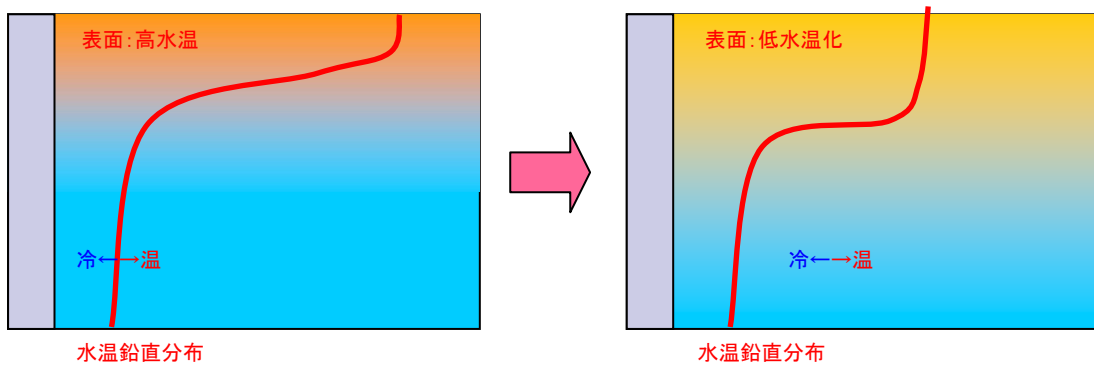


図 2-3-2 浅層曝気循環設備の効果イメージ

## 参考：曝気循環設備の施設規模の理由について

### (1) 必要な空気量

曝気循環装置の吐出量を決定するためには、吐出量と水温躍層低下速度の関係を明らかにし、さらに、水温躍層の位置を低く抑えるために必要な吐出量を決定するという視点が必要となる。これらに対して、埼玉大学 浅枝先生の導いた理論式がよく用いられている。これによれば、気泡の発生から Z の高さの所での上昇気流は、

$$Q_w = 0.302 Q_B (Z/L_m)^{(4/3)} \quad \text{式-1}$$

$$L_m = (Q_B^2/g)^{(1/5)} \quad \text{式-2}$$

$Q_w$  : 上昇気流  $\text{m}^3/\text{s}$

$Q_a$  : 気泡流量  $\text{m}^3/\text{s}$

$L_m$  : 気泡による混合運動の長さのスケール  $\text{m}$

$g$  : 重力加速度  $\text{m}^3/\text{s}$

$Z$  : 気泡発生装置からの高さ  $\text{m}$

となる。

これを用いて、水温躍層を植物プランクトンの増殖に有利な 3m 程度の位置から 10m 程度の位置に低下させるための吐出量を求めると図 2-3-3 および表 2-3-3 のようになる。

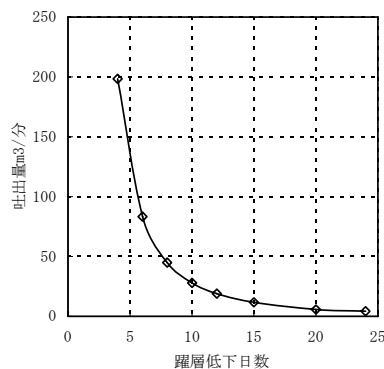


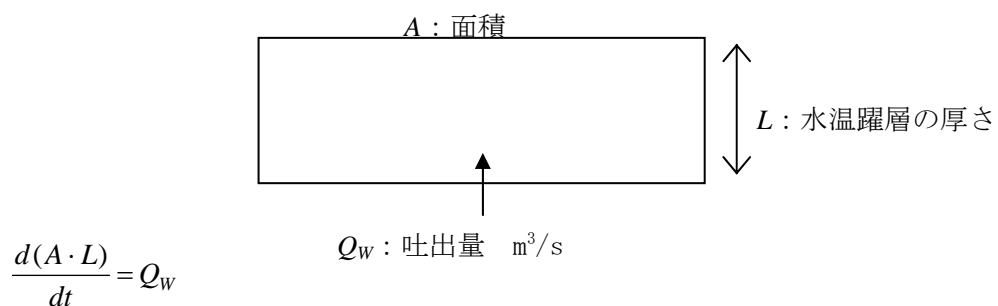
図 2-3-3 水温躍層低下日数と吐出量の関係

表 2-3-3 水温躍層低下日数と吐出量の関係

躍層低下日数 (日)	必要吐出量 ( $\text{m}^3/\text{分}$ )	必要台数 (台)
4.0	198.5	35
6.0	83.2	15
8.0	44.9	8
10.0	27.9	5
12.0	18.8	3
15.0	11.7	2
20.0	5.7	1
24.0	4.3	1



【参考：水温躍層低下日数と吐出量の関係】



A=2.6km<sup>2</sup>として上式を解いた結果が図 2-3-3および表 2-3-3である。

これらを基に以下のケースで水質シミュレーションを行い、必要な吐き出し量を 22m<sup>3</sup>/minと求めた。

表 2-3-4 水質予測ケース

CASE	水質保全対策	数量	内容
1	曝気循環装置 (1台の吐出量5.6m <sup>3</sup> /分)	曝気装置 1 台	1.5km 付近
2		曝気装置 2 台	1.5km 付近 3.5km 付近
3		曝気装置 4 台	0.8km 付近, 1.5km 付近 2.8kmm 付近, 3.5km 付近

(2) 他事例の参照

高山ダムの曝気循環設備を検討するにあたり、他事例として、高山ダムと地形・容量共に近似している岡山県旭川ダムを選定した。その概要については以下のとおりである。

a) 旭川ダムの概要

旭川ダムは岡山県中央部を南下する1級河川旭川の中央部に位置するF,A,W,Pを目的としS29年に完成した多目的ダムである。諸元については、表2-3-5のとおりである。

また、図2-3-4に示すように貯水池は延長として約20kmであるが、幅は約200mと非常に狭く細長い形状であり、さらに湾曲部・入江部が多いといった特徴を持っている。

表 2-3-5 旭川ダム概要

項目	データ	項目	データ
形式	重力式コンクリートダム	堤高	45.0m
集水面積	1,140.0km <sup>2</sup>	湛水面積	4.21km <sup>2</sup>
総貯水容量	57,382,000.0m <sup>3</sup>	有効貯水容量	51,772,000.0m <sup>3</sup>
満水位	EL 110.0m	平均流入量*2	39.25m <sup>3</sup> /s
制限水位*1	EL 103.5m	平均滞留日数*2	12.9日

※1:洪水想定期(6/15~10/15)

※2:H5~H9年の平均値

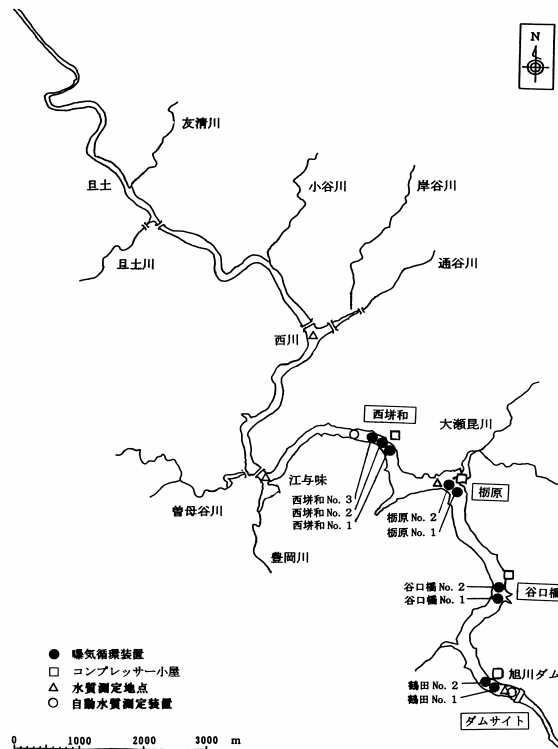


図 2-3-4 旭川ダムの形状と各地点位置

b) 曝気循環装置の概要

導入された曝気循環装置の諸元については、表 2-3-6 に示すとおりであり、空気吐出口の水深は選択可能である。なお、設置位置については図 2-3-4 に示した 4 地点であり、装置の形状イメージは図 2-3-5 に示すように、フロートによる浮動式のタイプである。

表 2-3-6 曝気循環装置の概要

設置地点	基数	出力	吐出量	吐出口数	吐出口水深
ダムサイト地点	2	37kw	5.6m <sup>3</sup> /min	3口	10m
谷口橋地点	2				15m
栃原地点	2			2口	10m
					15m
西埴和地点	3	10m			
		13m			

また、西埴和地点、ダムサイト地点には補助装置として水質自動測定装置(鉛直分布測定；水温, DO, 濁度, pH)が設置されている。

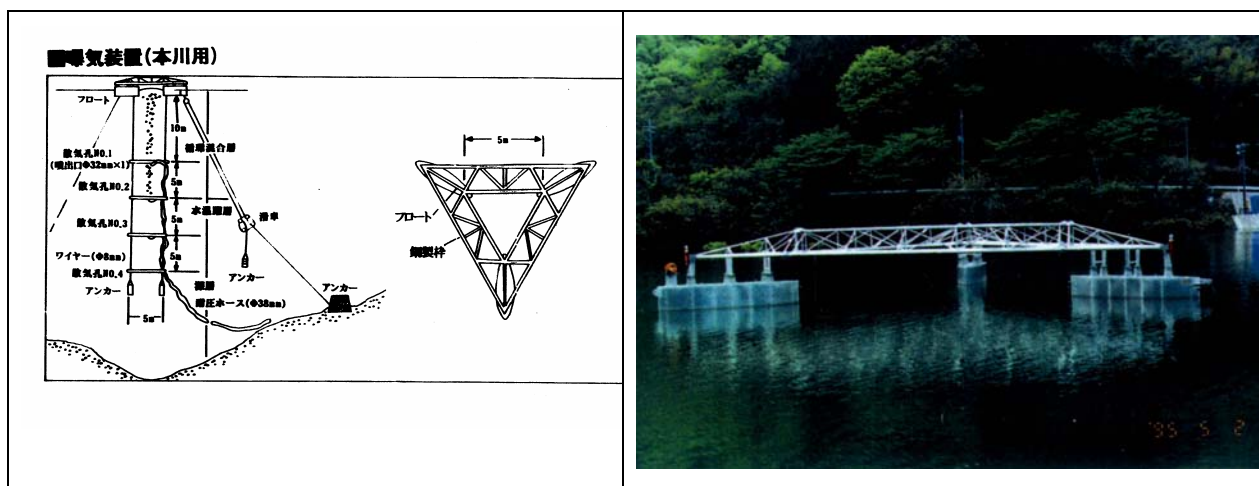


図 2-3-5 空気吐出部フロート形状

c) 高山ダムでの設定

上記に示した事例を基に 1 基当たりの吐出空気量を 5.6m<sup>3</sup>/min とする。

これより台数について設定すると、

$$22\text{m}^3/\text{min} \div 5.6\text{m}^3/\text{min} = 3.9 \rightarrow 4 \text{ (台)}$$

となり、この 1 基当たり 5.6m<sup>3</sup>/min の散気装置 4 台の導入設定とする。

## 2) 分割フェンス

植物プランクトン等が貯水池内へ拡がることを防止する。また、フェンス上流に堆積した藻類が噴水（表層浄化設備）により効率的に破壊される。

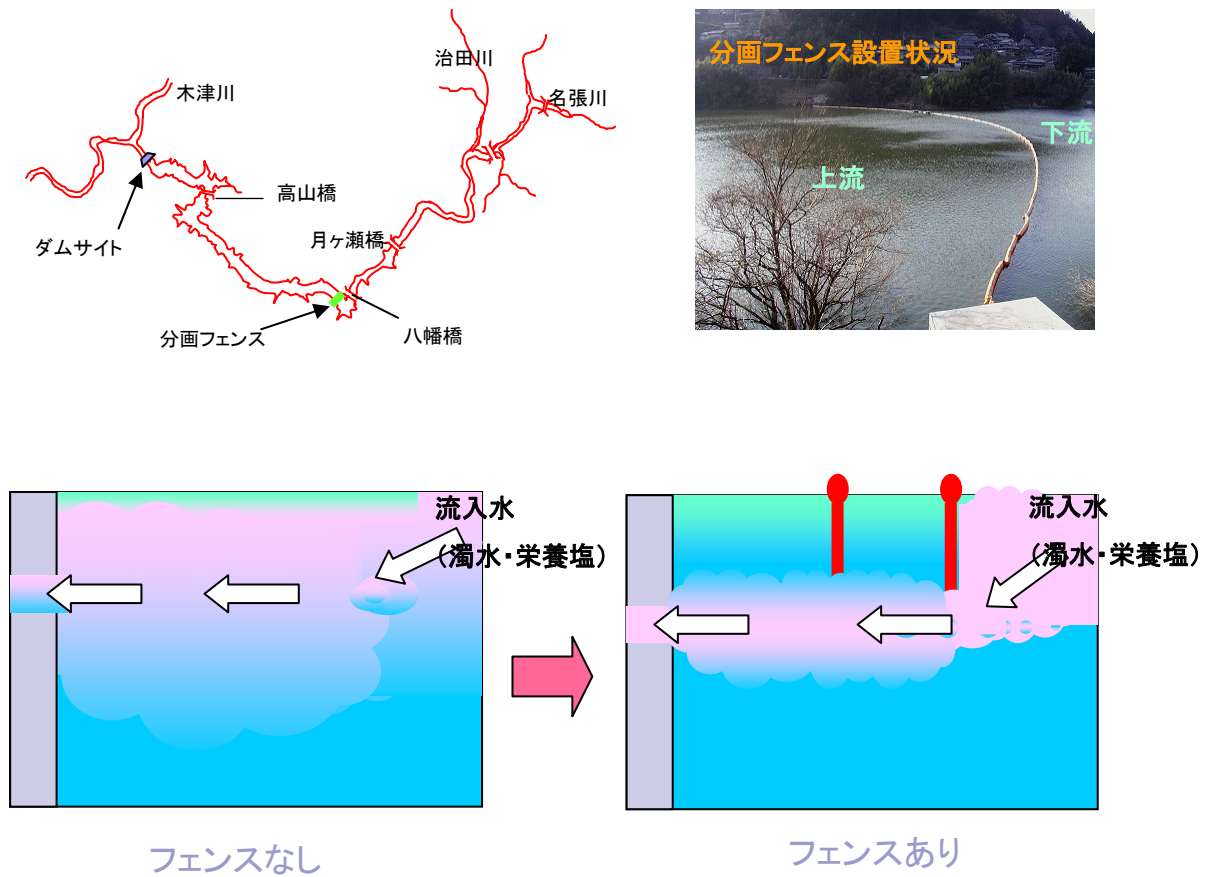


図 2-3-6 分画フェンスの概要

※分画フェンスについて

「平成 11 年度 高山ダム貯水池水質保全対策検討業務」において分画フェンスの諸元及び設置根拠が整理されており、以下に示す。

表 分画フェンス諸元

設定項目	設定結果	内 容
①設置位置	八幡橋のやや下流側とする。	淡水赤潮・アオコの発生頻度が高く、アクセスおよび目視による観測が容易であること。さらに八幡橋地点は水質の自動監視装置が予定されており、実験結果の分析にこのデータの利用が可能であるため。
②カーテン高	水深 5m とする。	フェンスの効果の一つとして、植物プランクトンの大量発生した水塊を下流に移動させないことがあり、植物プランクトンの増殖可能水深程度のカーテン高が必要となる。高山ダムでの補償深度は 3～5m であることより、カーテン高は最大の 5m を基本とする。なお、可能であれば、カーテン高による効果の差を調査できるように巻き取り等による可変式が望ましい。
③フェンス長	洪水期水位時の法面長・河道幅にたわみ率を考慮し、240～300m とする。	洪水期水位時の 6.2k 地点の法面長・河道幅は概ね 220m、たわみ率として全長の約 0.5～3割持たせる必要があり、かつフェンス 1 スパンが 20m であることより、240～300m の範囲となる。なお、フェンス各諸元を詳細に設定し、フェンス長を設定することとする。
④出水時対応	岸に係留するフックが洪水流等のショックで自動的に外れるようにする。	洪水流及び流木等によってフェンスフックが外れ、流下阻害とならないようにする。フックが外れる場所は復帰時の作業性を考慮し、岸に係留するフックとする。
⑤水位変化対応	洪水期等の水位低下時にはフェンスを現地法面にて保管する。	洪水期等の水位低下時では、設置対象位置ではフェンスカーテンが固定に接地することが想定され、これによる土砂埋没、破損を防止するため水位低下時にはフェンスを現地法面に固定保管するものとする。
⑥船舶航行対応	船舶航行が可能な用に、通航ゲートをもうける。	通航ゲートについては小型船での開閉を可能とすべく、メッシュ状のものを使用するとし、通航ゲートから淡水赤潮・アオコが漏れるので、それらの集積が比較的薄いであろう岸側に設置することとする。

### 3) 噴水（表層浄化）設備の概要

噴水を吹き出す際に生じる噴水ポンプの圧力や飛散水の水叩き効果により植物プランクトンを破壊するほか、貯水を鉛直方向に循環させ、植物プランクトンが増加しにくい環境を作り出す。また、人々に親しまれる新しい景観を創り出す。

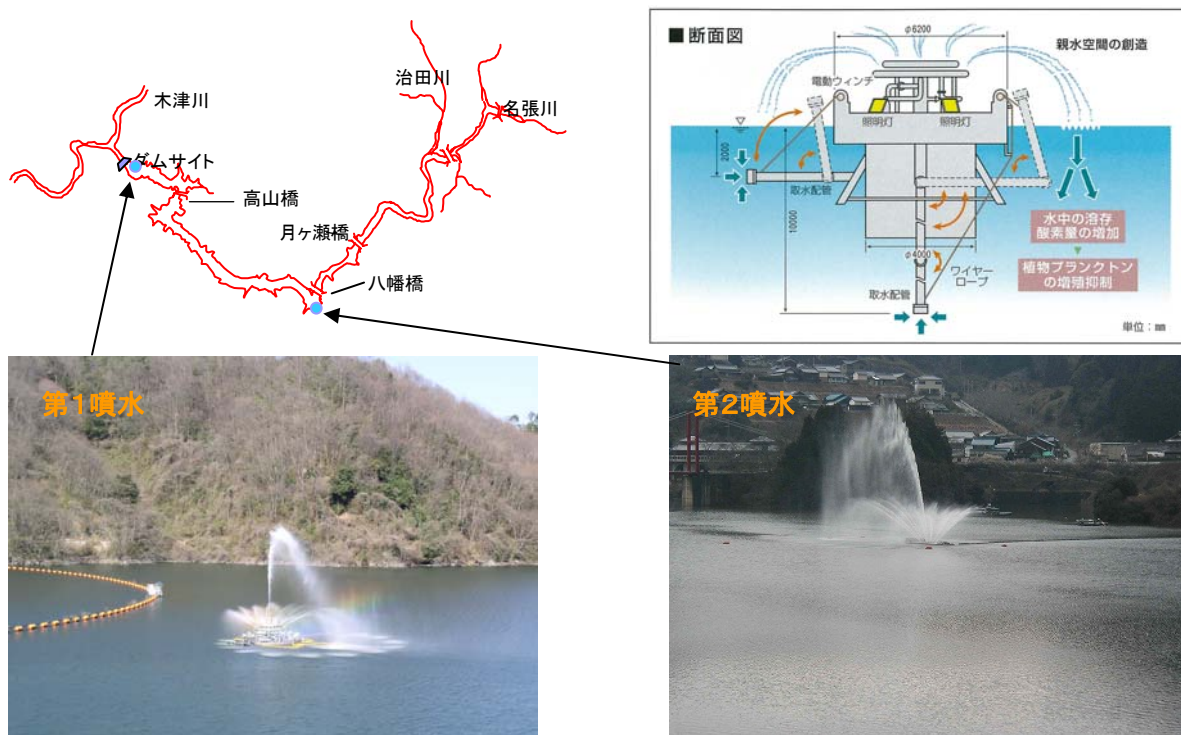


図 2-3-7 噴水（表層浄化）設備の概要

#### 4) 水質自動監視装置の概要

良好な水質環境を管理するため、水質自動監視装置によって貯水池の水質を連続的に監視する。

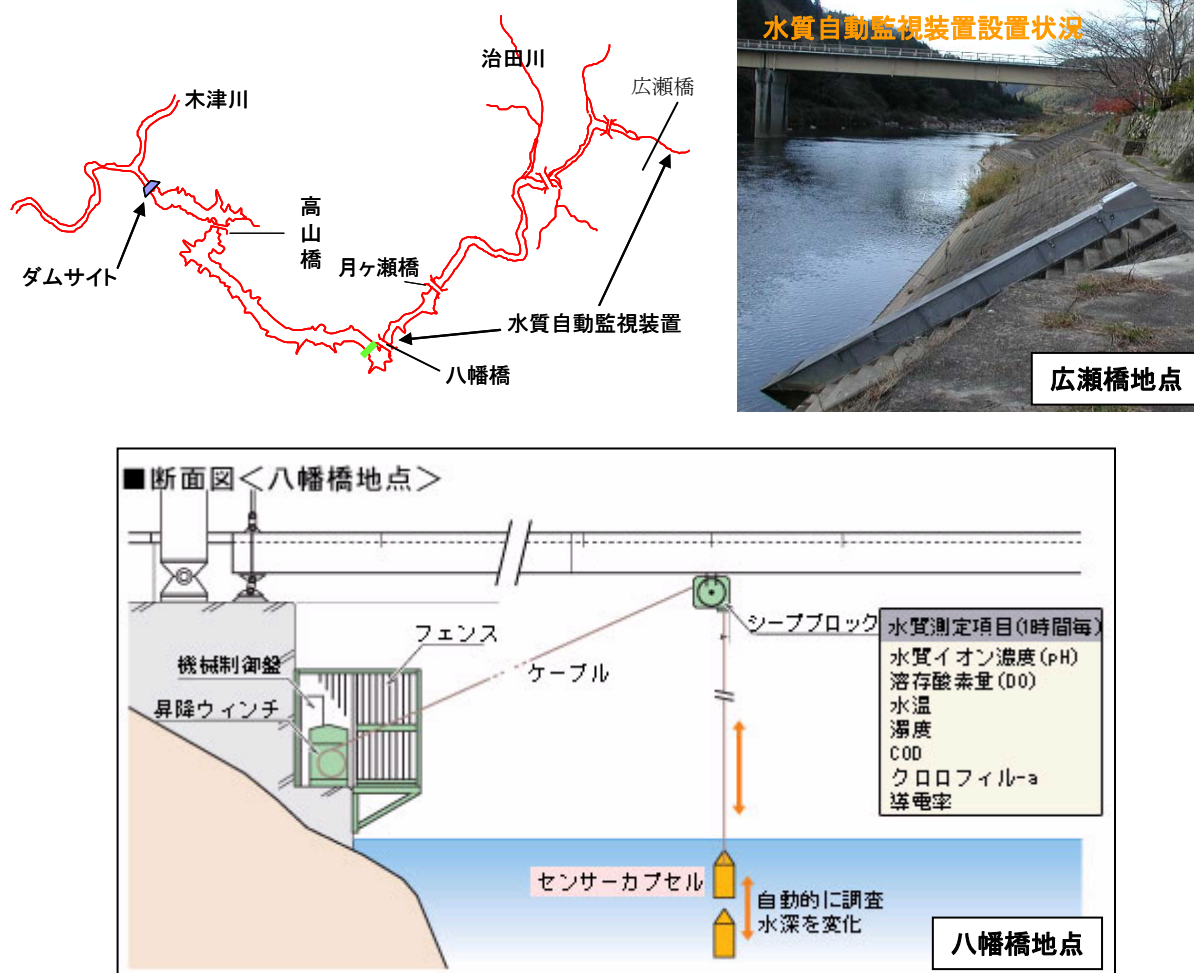
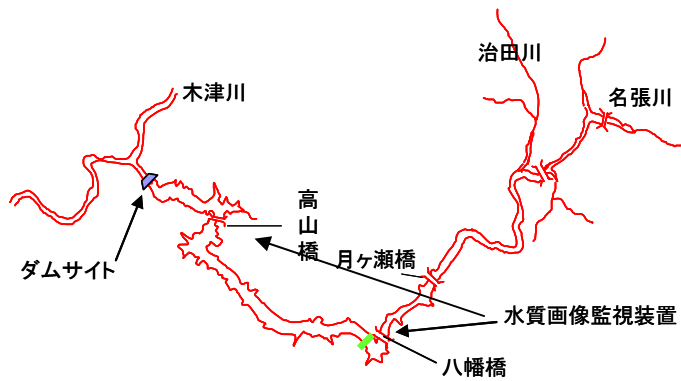


図 2-3-8 水質自動監視装置の概要

## 5) 水質画像監視装置の概要

貯水池の水質（アオコ、淡水赤潮の発生など）を常時画像で監視し、水質保全関連設備の運転・効果を監視する。



水質画像監視装置設置状況

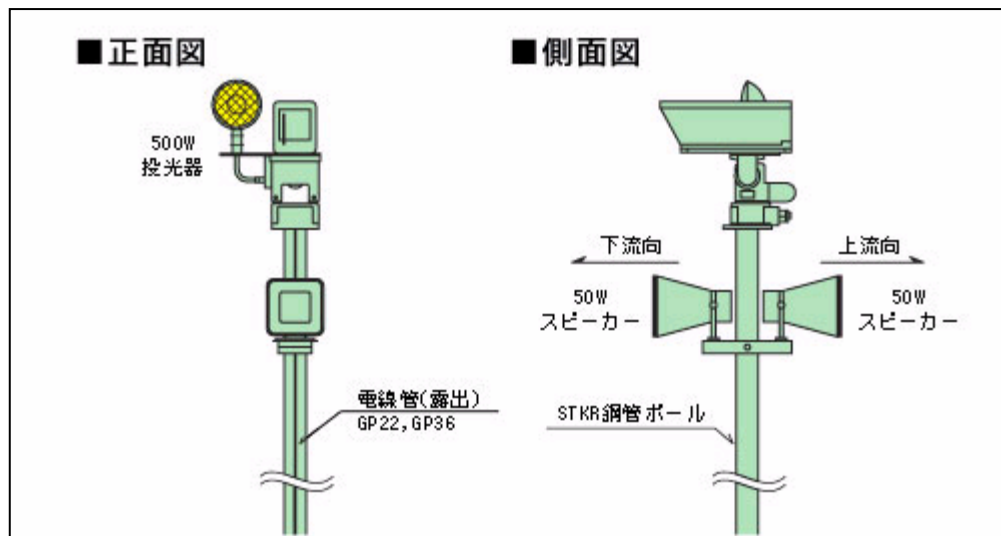


図 2-3-9 水質画像監視装置の概要



## 2-4. 社会・経済情勢の変化等

### 1) 人口の変化

高山ダム流域では、月ヶ瀬村、山添村、南山城村の人口は減少傾向にあるが、名張市は大阪都市圏のベッドタウンとして人口は増加している。

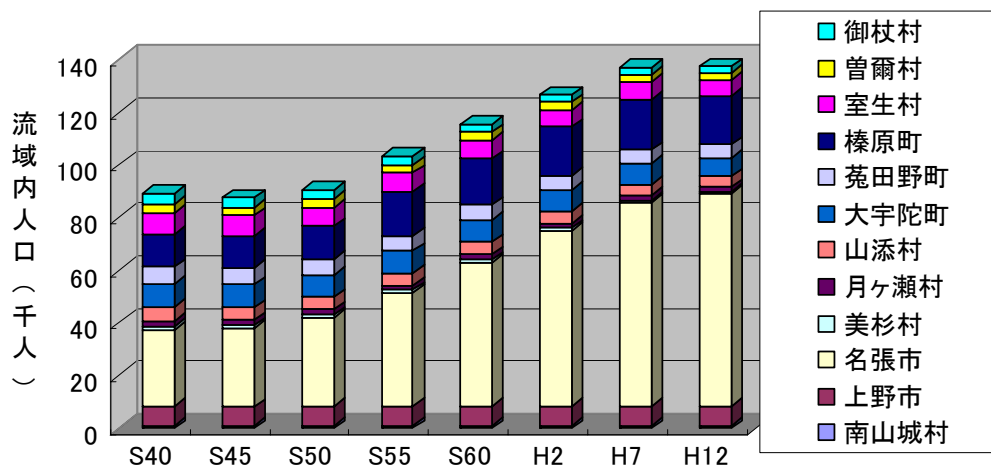


図 2-4-1 人口の変化

### 2) ダム集水域における下水道普及率の変化

平成 15 年の段階で、流域内の人口は約 13 万 5 千人、下水道の普及人口は約 2 万 1 千人で下水道普及率が 15.6%となっている（日本下水道協会より）。

$$\text{○下水道普及率} : 15.6\% = \frac{\text{【下水道の普及人口 21,066 人】}}{\text{【流域内人口 135,260 人】}}$$

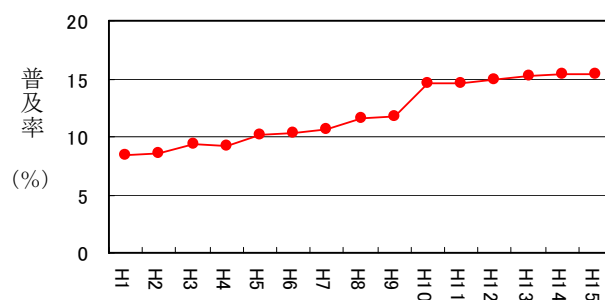


図 2-4-2 流域内の下水道普及率の推移

※高山ダム周辺の市町村はH16以降、合併により下記のとおり変更されており、美杉村は津市の（H15に0%→H19に40.1%）として、月ヶ瀬村は奈良市の（H15で39.8%→H19に90.3%）として算出されるため、適切なデータとならない。

○上野市、伊賀町、阿山町、島ヶ原村、大山田村、青山町→伊賀市（2004/11/1）

○美杉村 → 津市（2006/1/1）

○月ヶ瀬村 → 奈良市（2005/4/1）

○大宇陀町、菟田野町、榛原町、室生村 → 宇陀市（2006/1/1）

※網掛けは流域外の町村

### 3) 観光動向

高山ダム貯水池の周辺は、奈良県立月ヶ瀬・神野山自然公園に指定された地域であり、景勝地として、湖水と緑豊かな四季折々の自然景観の変化が楽しめる地域である。

高山ダムが位置する月ヶ瀬地域の観光客数は平成12年に50万人を超え、以降年間50万人前後で横ばい状況である。

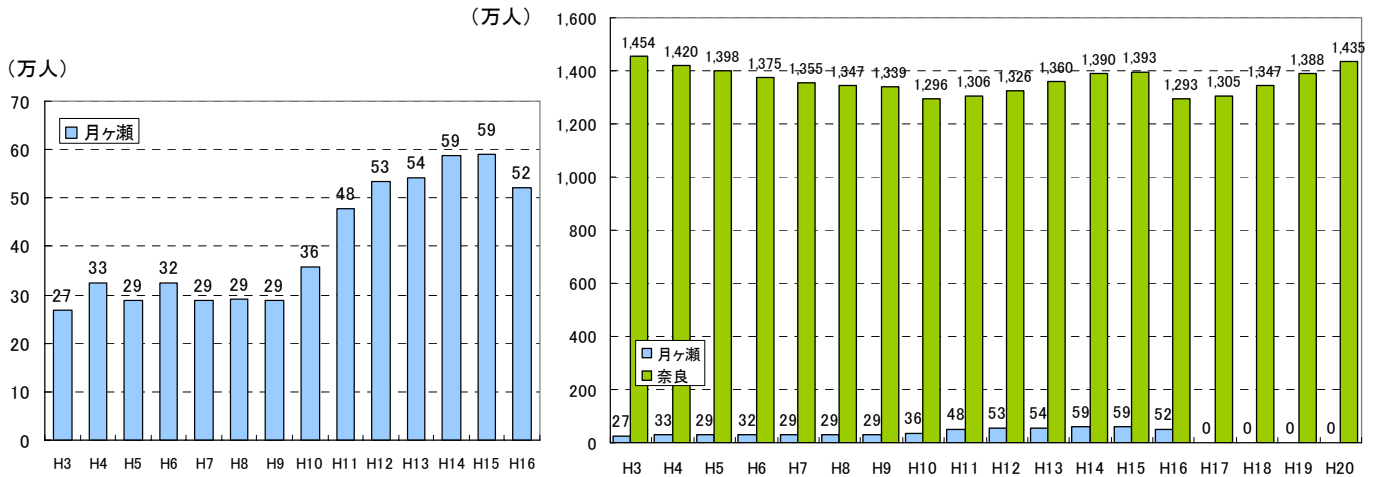
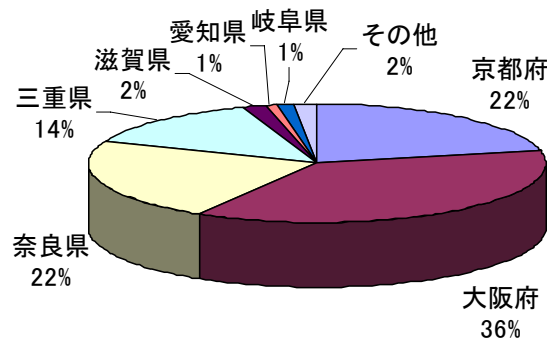


図 2-4-1 観光客入込み状況 (月ヶ瀬、奈良市)

※市町村合併により月ヶ瀬地域は、H17以降、奈良地域に含まれるため公表データなし。

(出典：平成20年奈良県観光客動態調査報告書)

なお、高山ダムへの来訪者の居住地は、京都府内が約22%を占めており、関西・中京圏が約98%を占めている。



(出典：平成18年ダム湖利用実態調査)

図 2-4-2 来訪者の居住地

表 2-4-1 高山ダム流域の主な観光施設

市町村名	施設等名称	施設概要
南山城村	夢絃峡	木津川と山々のコントラストが美しく、昔から景勝地として知られている。
	やまなみホール	世界的な建築家、黒川紀章氏が南山城村の山並をイメージして設計した文化ホール。毎年7月には「やまなみ音楽祭」が開催されている。
	レイクフォレストリゾート	人と自然のふれあいを目的とした宿泊、スポーツ、リゾート施設。
月ヶ瀬村	梅の郷 月ヶ瀬温泉	露天風呂をはじめ、大・小の内風呂を備えた温泉施設。神経痛や筋肉痛等に効果的である。
	湖畔の里 つきがせ	村内の特産品の直売りや地域食材による郷土料理をたのしめる施設。
	ロマントピア月ヶ瀬	茶の加工、地域の伝統食品づくり等の体験コーナーの他、手織りのぬくもりが伝わる奈良晒伝承教室も開かれる施設。
	松原市少年自然の家「クリエート月ヶ瀬」	緑豊かな自然の中にあり、宿泊、研修から、キャンプ、アスレチック、テニス等まで楽しめる施設。
	竜王の滝	桃香野の滝谷川の上流にあり、落差は10m以上。真夏でも涼気があふれている。
	梅の里ふれあい館	奈良晒織機等が展示され、昔の生活や文化を学習できる。特産品直売コーナーや和室休憩所が完備されている。
	尾山代遺跡	奈良時代前半から平安時代にかけての集落跡。竪穴式住居、掘立て柱建物などがある。
	花ふるさとスポーツ公園	1969年に完成したスポーツ施設。
	月ヶ瀬梅林	1万本以上の梅林で、大正11年に名勝地に指定された。(名勝指定第1号)
山添村	山添村ふるさとセンター	特産物販売所、保険福祉センターなどの複合施設。
	総合スポーツセンター	グラウンド、テニスコート、ゲートボール場、体育館などを完備している。



夢絃峡（南山城村）



梅の郷 月ヶ瀬温泉  
(月ヶ瀬村)



レイクフォレストリゾート  
(南山城村)

図 2-4-3 高山ダム流域の主な観光施設

#### 4) ダム湖利用者数

平成 18 年度河川水辺の国勢調査〔ダム湖版〕(ダム湖利用実態調査編)より、高山ダム湖及びその周辺の利用者数の推移を、図 2-4-4 に示す。

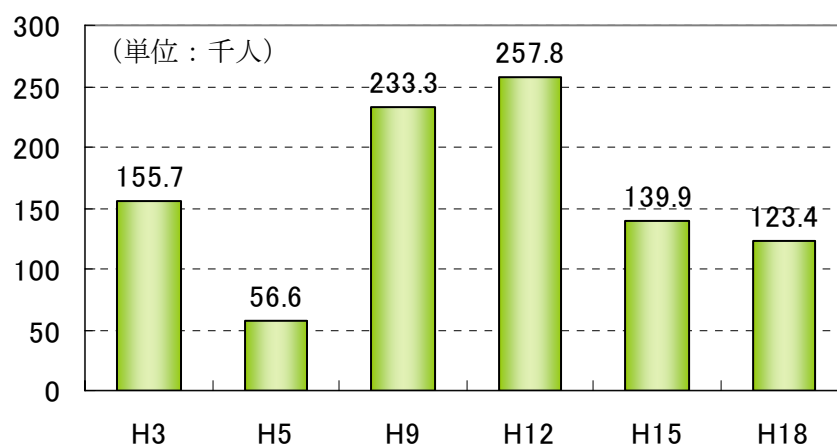


図 2-4-4 高山ダム年間利用者数