

第一回 四十四田ダム貯水池堆砂対策検討委員会 資料



平成18年3月6日

東北地方整備局 北上川ダム統合管理事務所

資料目次

1. 四十四田ダムの概要	1-1
1.1 ダム流域の概要	1-1
1.2 四十四田ダムの概要	1-2
1.2.1 洪水調節計画	1-2
1.2.2 ダム諸元	1-3
1.2.3 ダム周辺の社会・自然環境	1-4
2. 四十四田ダムにおける堆砂の現状と課題	2-1
2.1 堆砂の推移（経年変化と現在の状況）	2-1
2.1.1 堆砂量の経年変化	2-1
2.1.2 現在の堆砂の状況	2-3
2.2 貯水池内堆積物の状況	2-5
2.3 堆砂対策の検討経緯	2-7
2.4 課題の整理	2-8
2.4.1 堆積物の量的課題の整理	2-8
2.4.2 堆積物の質的課題の整理	2-9
2.5 課題に対する現在の見通し	2-10
2.5.1 公共用水域調査結果等からの見通し	2-11
2.5.2 出水時におけるヒ素調査結果からの見通し	2-12
2.5.3 浸透水水質調査結果からの見通し	2-13
2.5.4 監査廊内漏水水質調査結果からの見通し	2-14
2.5.5 地下水等の水質調査結果からの見通し	2-15
2.5.6 質的課題に対するとりまとめ	2-15
2.6 堆砂対策の概要	2-16
2.6.1 堆砂対策の方針	2-16
2.6.2 堆砂への対応	2-18
3. 今後の方針	3-1
参考資料	参-1

1. 四十四田ダムの概要

1.1 ダム流域の概要

四十四田ダム流域は、東北第一の大河川である北上川本川上流盛岡市下厨川四十四田以北、集水面積 1,196km² の広大な流域で、流域内には岩洞ダム流域も入り、北は奥中山の峠、東部は北上山地、西部は奥羽山脈が各分水嶺となっている。

流域の気象は、西部は、前線性、台風、日本海低気圧によって多雨域となり、冬季の積雪も多いが、東部は雨量、雪量とも比較的少ない地域である。

北上川は、岩手県岩手郡岩手町御堂の七時雨山(標高 1,060m)を水源とし、東部は北上山地から発する丹藤川、西部は奥羽山脈から発する赤川、松川など大小幾多の支川からなっている。赤川は松尾鉦山を源とする酸性河川であり、中和工場により中和されて北上川へ合流している。

ダム流域の地質は、東側の北上高地は、古生層の粘板岩、砂岩、輝緑凝灰岩などとそれを貫く花崗岩類によって形成されており、一方西側は奥羽山脈の一部で形成され、第 4 紀から現在に至るまでの火山噴出に由来するところの安山岩や火山砕屑物によって、構成されており、山腹から大量の土砂が生産されている。この両地区の境界である、北上河谷は、第 4 紀の奥羽山脈からの火山噴出物あるいは、先第 4 紀層の二次堆積物で厚く埋められている。



図 1.1.1 四十四田ダム流域地質概要図

出典：四十四田ダム工事誌 昭和 43 年 12 月 東北地方建設局 四十四田ダム工事事務所



図 1.1.2 北上川流域図

出典：北上川の五大湖を訪ねて 南部片富士湖 平成 6 年 11 月建設省東北地方建設局 北上川ダム総合管理事務所

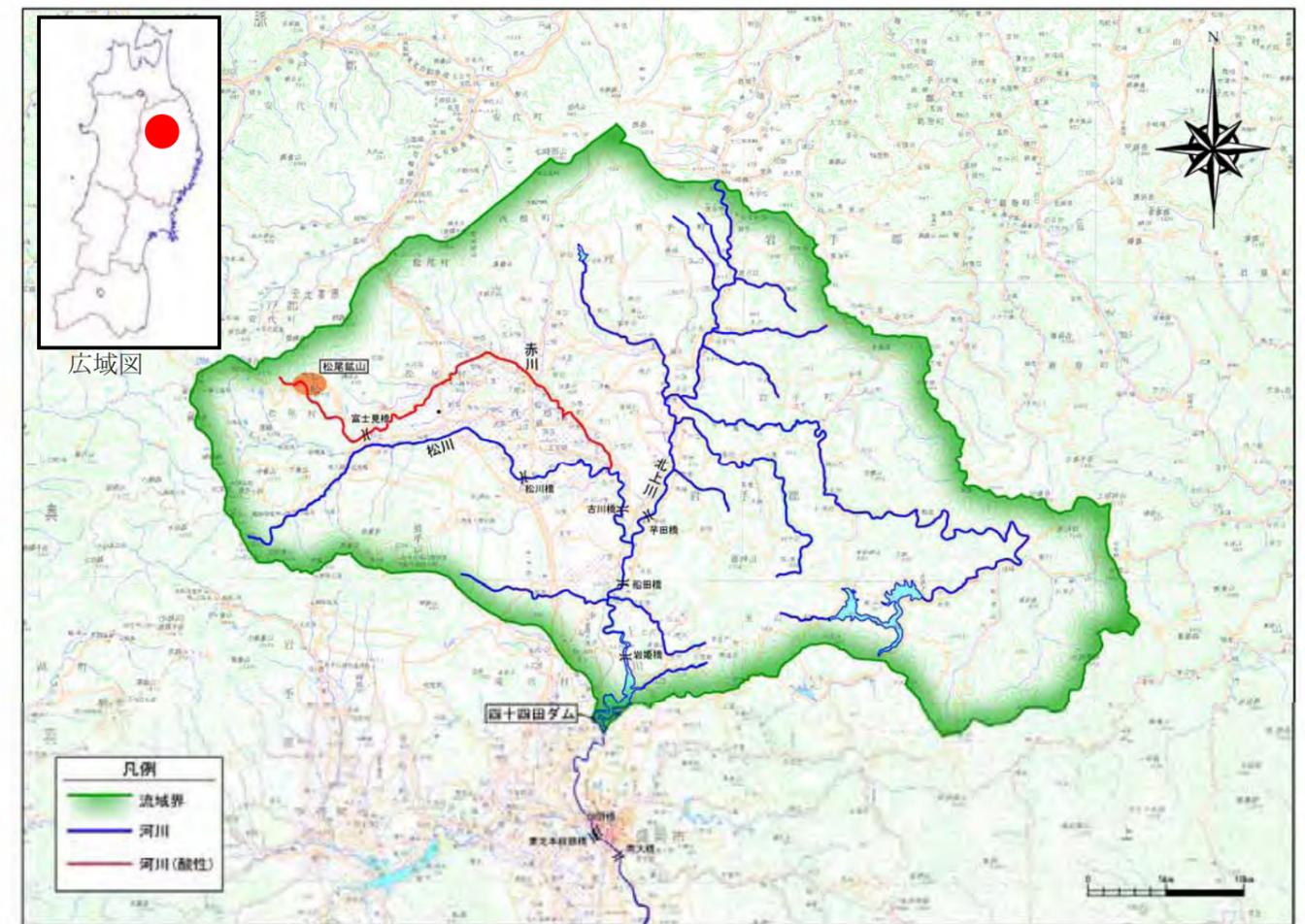


図 1.1.3 四十四田ダム流域概要図

1.2 四十四田ダムの概要

北上川の治水事業は、昭和の初期から改修計画が検討されるようになり、昭和16年に五大ダム群(御所ダム、湯田ダム、石淵ダム、四十四田ダム、田瀬ダム)による洪水調節計画が策定された。

四十四田ダムは、この五大ダム群による洪水調節計画の一翼を担う第四番目のダムとして、盛岡市下厨川字四十四田において昭和35年より実施計画調査に入り、昭和37年11月に着工、昭和43年10月に総工費67億円をもって竣工した全国的にも珍しいコンクリートとアースの複合ダムであり、洪水調節と発電を目的としている。

1.2.1 洪水調節計画

北上川水系における現計画の流量配分図、洪水調節計画図およびダム容量配分図をそれぞれ図1.2.1、図1.2.2、図1.2.3に示す。

現計画(昭和48年3月)

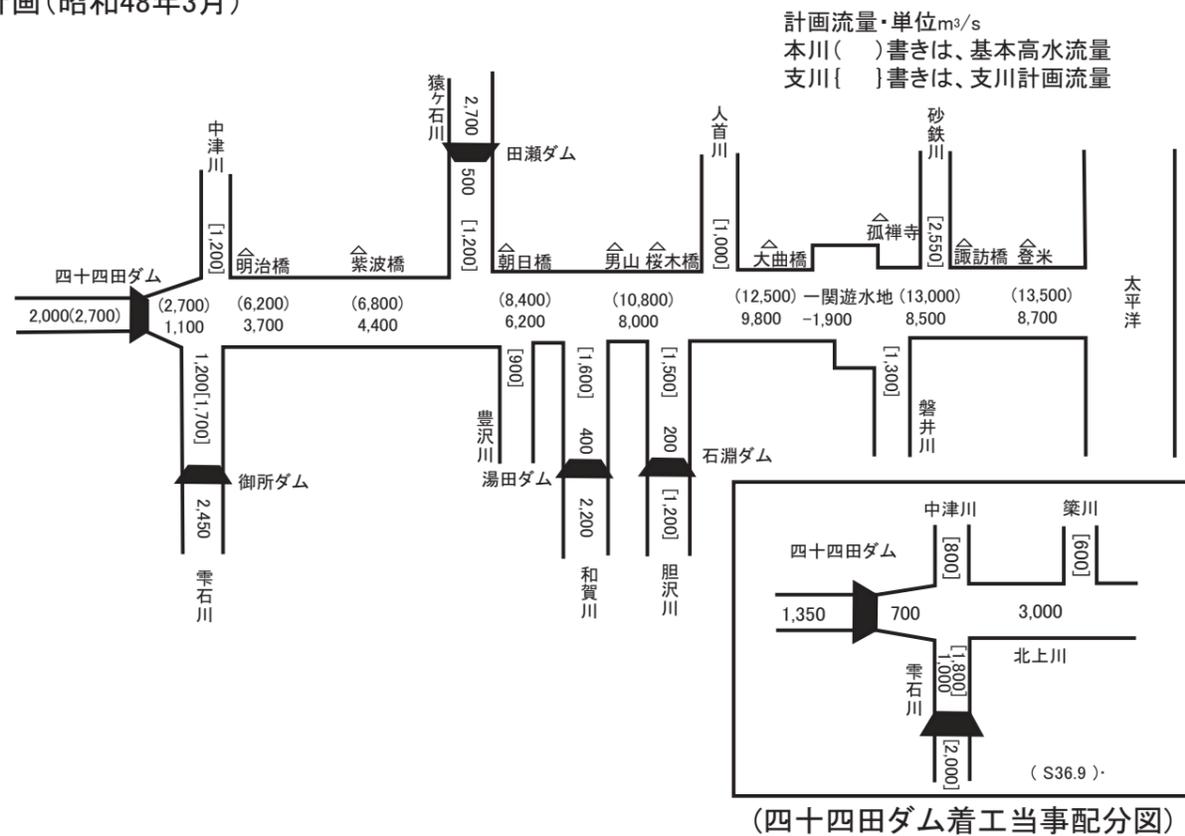


図 1.2.1 北上川水系 流量配分図

一定率一定量方式
 $q = (Q - 400) \times 0.316 + 400$
 $q = 700 \text{ m}^3/\text{s}$

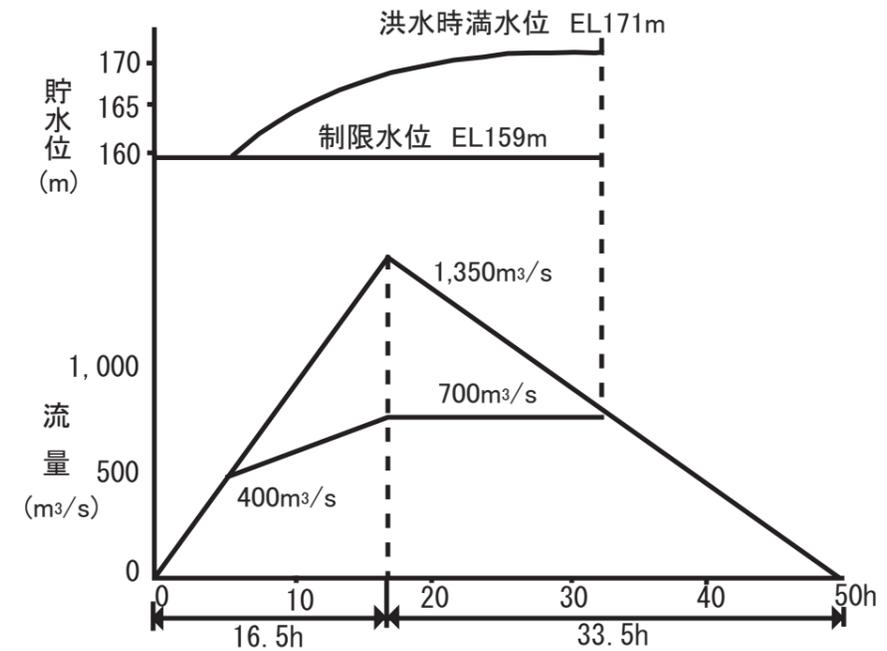


図 1.2.2 四十四田ダム洪水調節計画図

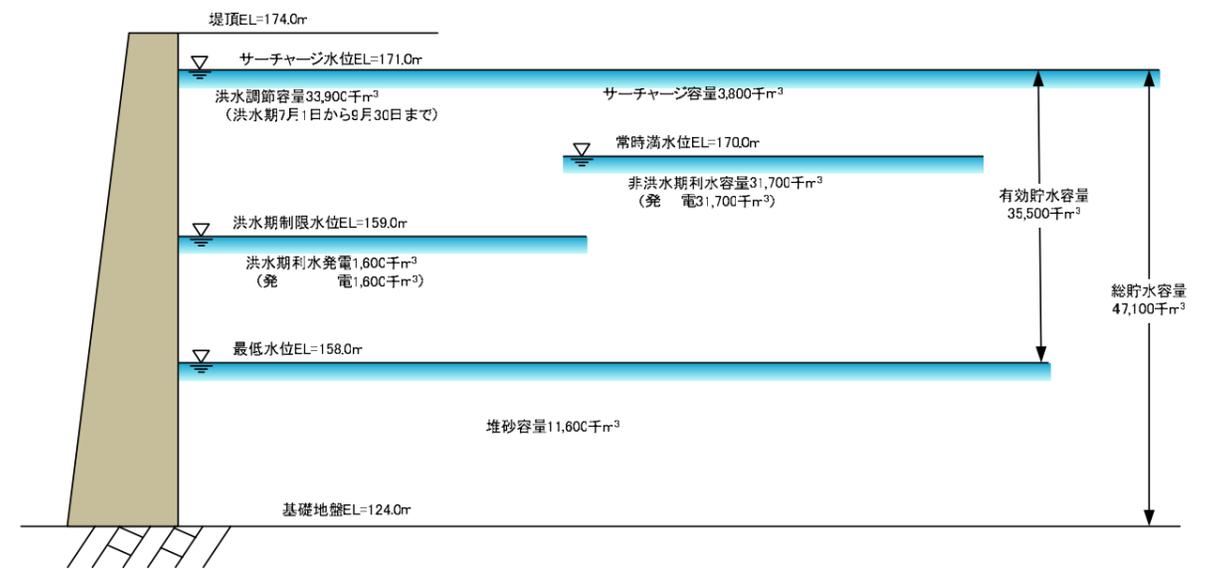


図 1.2.3 四十四田ダム容量配分

1.2.2 ダム諸元

四十四田ダムの諸元を表 1.2.1 に、上流面図を図 1.2.4、堤体断面図を図 1.2.5 および貯水池容量配分図を図 1.2.6 にそれぞれ示す。

表 1.2.1 四十四田ダム諸元表

ダム諸元	位置	右岸:岩手県盛岡市下厨川字四十四田地内 左岸:岩手県盛岡市上田字松屋敷地内	
	形式	アース・重力式コンクリート複合ダム	
	堤高	50.0m	
	堤頂長	480.0m	
	堤体積	E:92,000 m ³ G:290,000m ³	
貯水池諸元	集水面積	1,196km ²	
	湛水面積	3.9 km ²	
	総貯水容量	47,100,000 m ³	
	有効貯水容量	35,500,000 m ³	
	常時満水位	EL.170.0m	
	最低水位	EL.158.0m	
	サーチャージ水位	EL.171.0m	
放流諸元	洪水吐き	常用洪水吐き	ラジアルゲート 高 4.6m × 幅 5.5m × 2 門 Qmax=910m ³ /s
		非常用洪水吐き	ラジアルゲート 高 13.1m × 幅 9.0m × 3 門 Qmax=2,190m ³ /s
	計画高水流量	1,350 m ³ /s	
	発電取水設備	55 m ³ /s (固定式)	

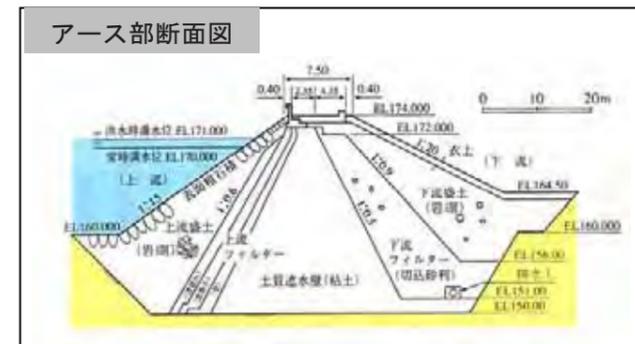
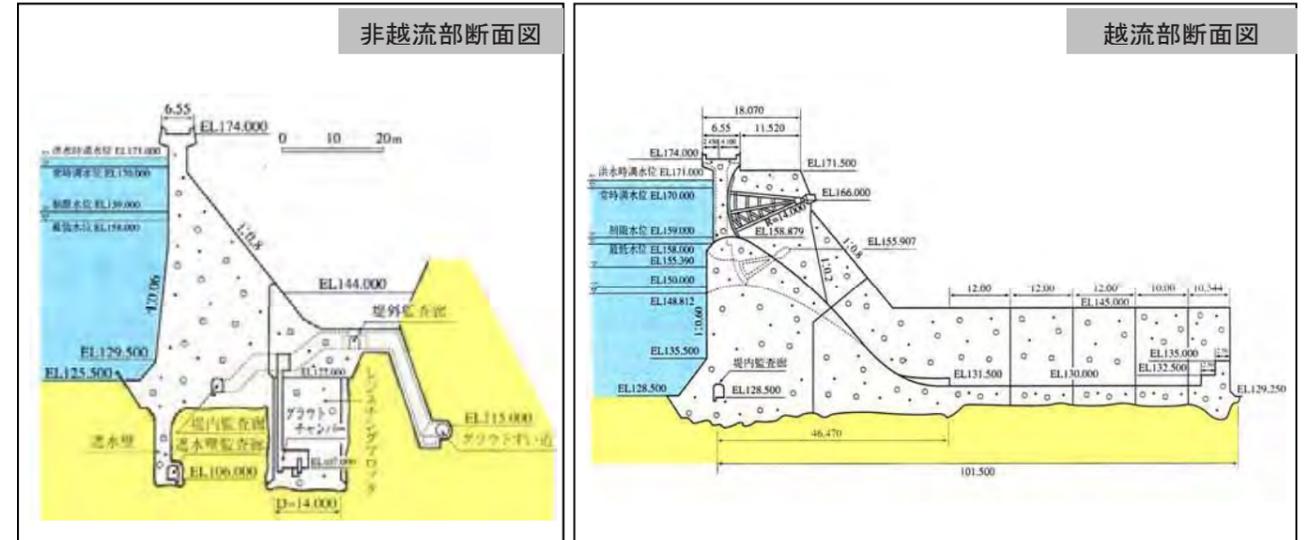


図 1.2.5 四十四田ダム堤体断面図

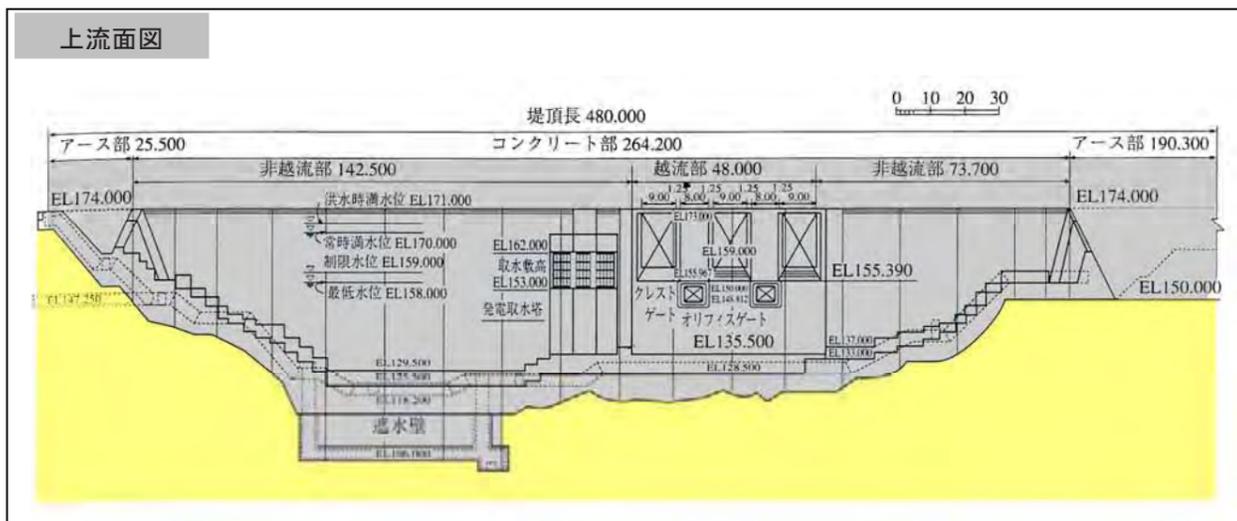


図 1.2.4 四十四田ダム上流面図

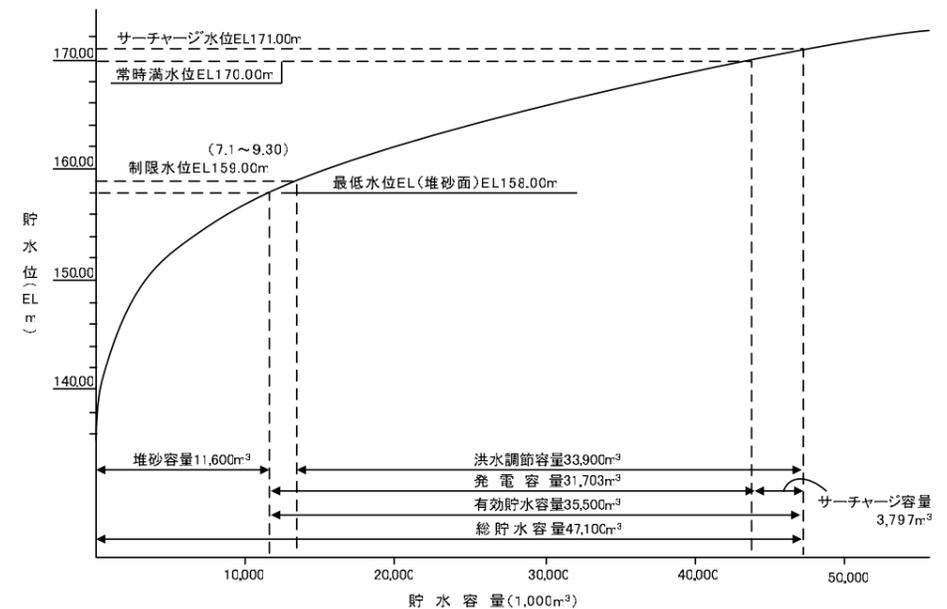


図 1.2.6 貯水池容量配分図

出典：図 1.2.4, 図 1.2.5：北上川の五大湖を訪ねて南部片富士湖 平成 6 年 11 月 建設省東北地方整備局北上ダム統合管理事務所

1.2.3 ダム周辺の社会・自然環境

四十四田ダムの近傍の市町村は、図 1.2.7 に示す盛岡市・滝沢村・旧玉山村(現盛岡市玉山区(H18.1.10 合併))があり、それらの社会環境の状況を以下に整理した。

なお、旧玉山村については盛岡市との合併前の情報に基づいて整理を行っている。

(1) 人口・世帯数

表 1.2.2 及び図 1.2.8 に 3 市町村の人口・世帯数を示す。世帯数は 3 市町村とも微増傾向にあり、盛岡市・旧玉山村の人口は横ばい傾向であるが、滝沢村で増加傾向となっている。

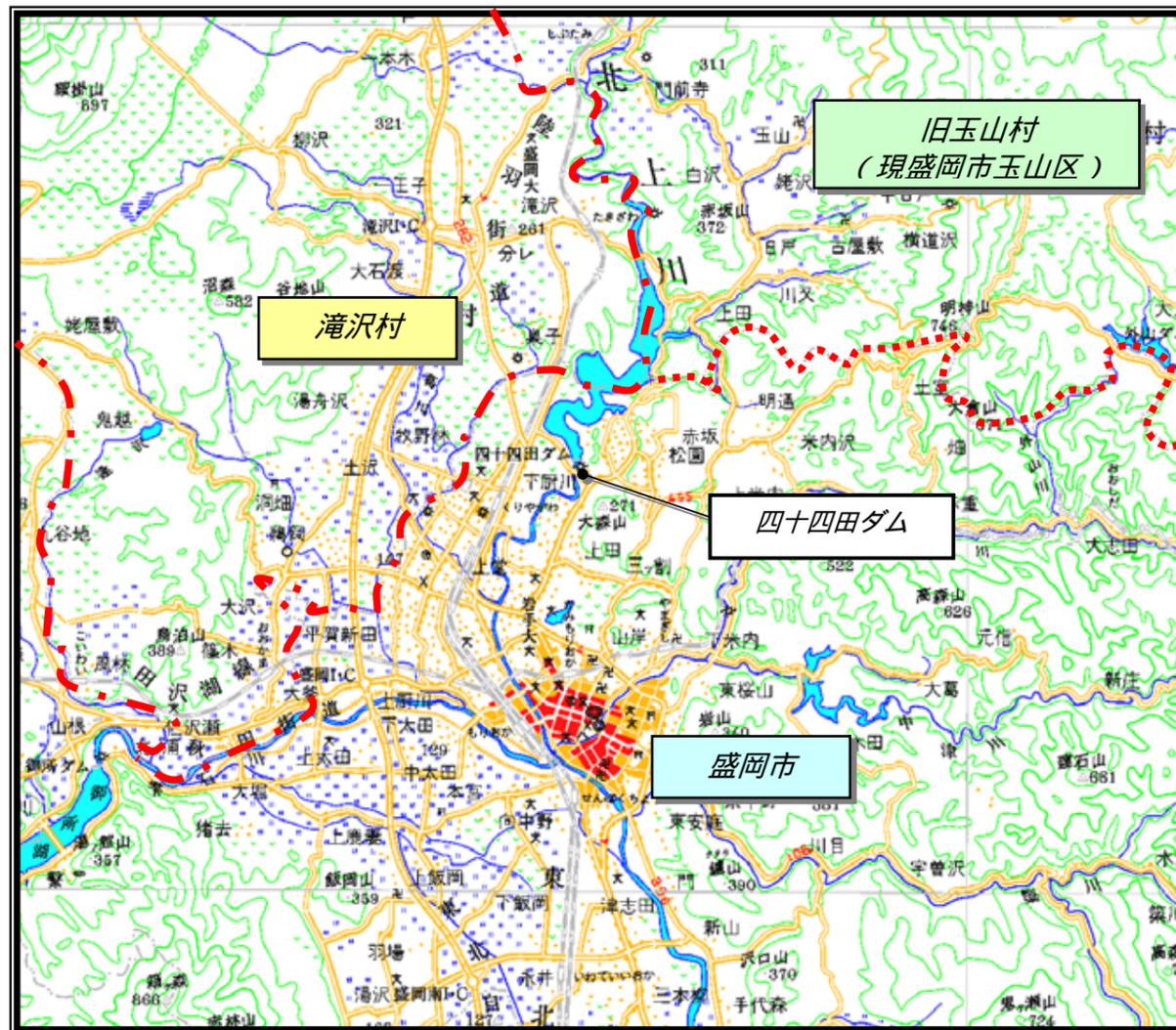


図 1.2.7 四十四田ダム近傍市町村位置図

表 1.2.2 四十四田ダム近傍市町村の人口・世帯数推移

市町村	区分	H10	H11	H12	H13	H14	H15
盛岡市	世帯	112,913	113,669	115,293	116,148	116,796	117,462
	人口	287,844	287,583	288,843	288,668	288,523	288,173
滝沢村	世帯	16,806	17,285	17,938	18,211	18,520	18,882
	人口	48,917	49,960	51,241	51,966	52,568	53,097
旧玉山村	世帯	4,125	4,167	4,004	4,203	4,191	4,227
	人口	14,143	14,080	14,014	13,955	13,887	13,861

各年 10 月 1 日現在の値を示す。

出典：「岩手県毎月人口推計」岩手県統計調査課
市企画調整課

注) 盛岡市分については、平成 7・12 年 10 月 1 日に実施された国勢調査結果に、毎月の人口移動(出生、死亡、転入、転出など)の数値を加減したものである。その他の町村分については、県の発表数値である。

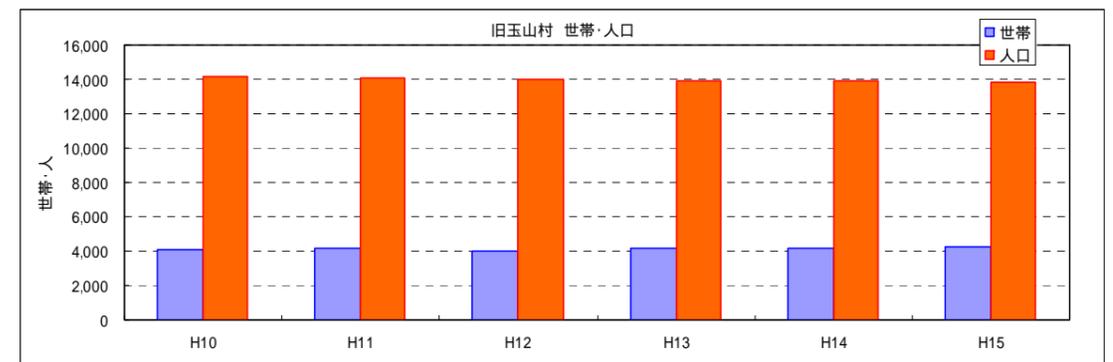
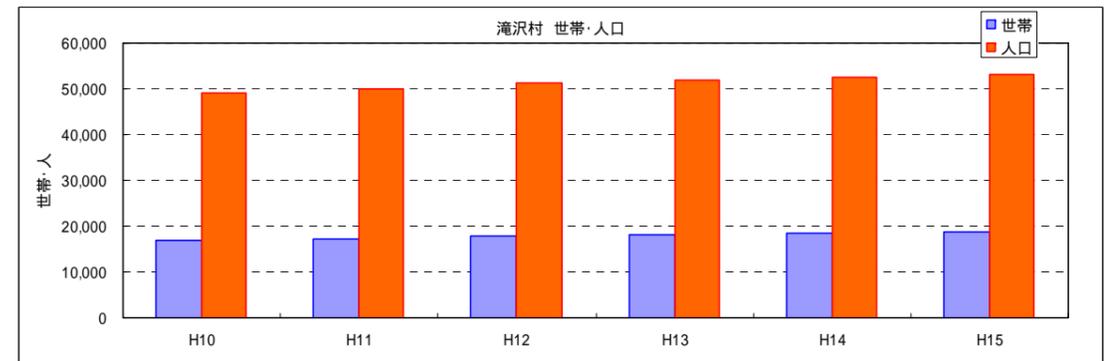
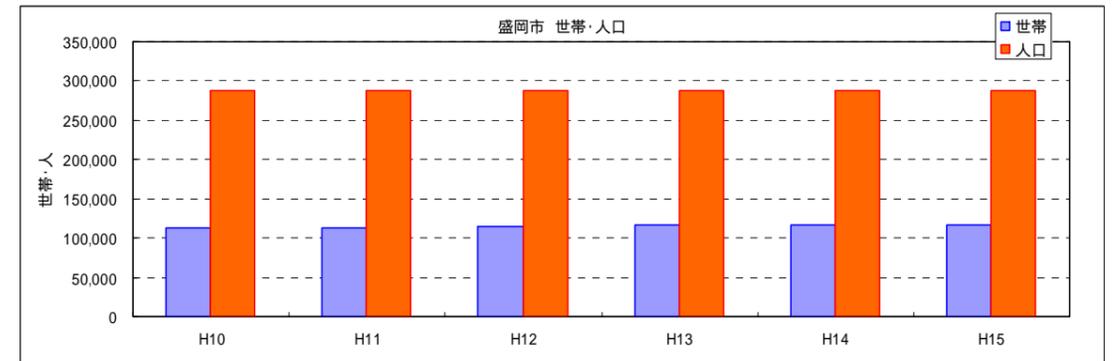


図 1.2.8 四十四田ダム近傍市町村の人口・世帯数

(2) 産業・土地利用の状況

平成 12 年国勢調査による盛岡市・滝沢村・旧玉山村の産業別人口は、盛岡市・滝沢村は第三次産業が支配的であるが、旧玉山村は第一次産業・第二次産業の比率が大きい。

また、盛岡市・滝沢村・旧玉山村の土地利用は、いずれの市・村ともに耕地・林野面積が 7 割から 8 割を占めている。

表 1.2.3 各市・村の産業別人口（人）

	盛岡市	滝沢村	旧玉山村	全体合計
第一次産業	4,908	1,564	1,804	8,276
第二次産業	23,908	7,055	2,362	33,325
第三次産業	115,788	18,289	3,425	137,502

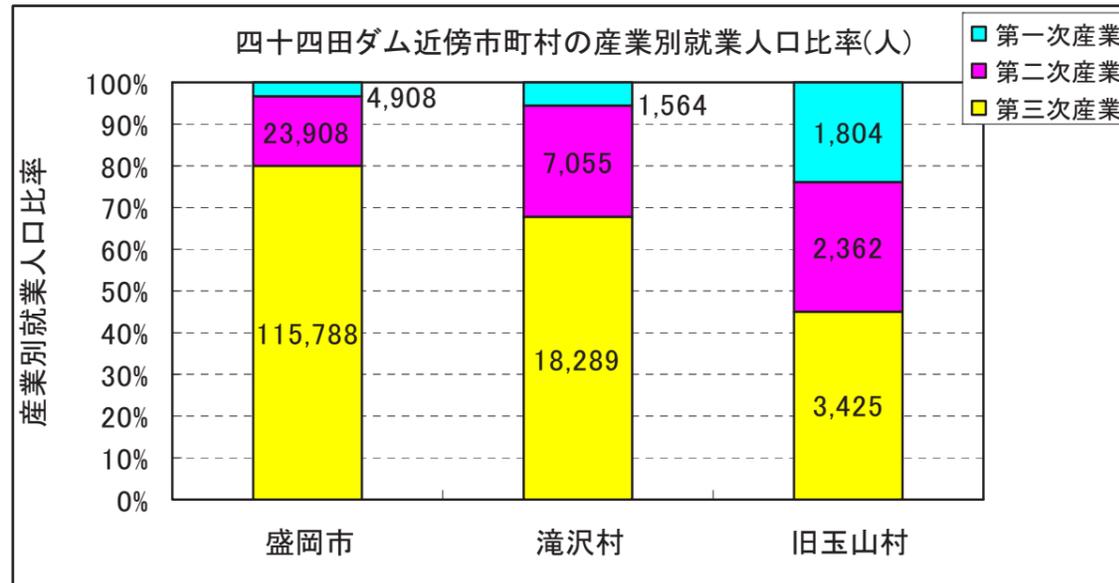


図 1.2.9 各市・村の産業別人口比率

- ※ 就業人口は、総務省統計局「平成 12 年国勢調査」。
- ※ 林野面積は、農林水産省「2000 年世界農林業センサス（林業編）」。
- ※ 市街化区域面積は、国土交通省都市・地域整備局「平成 15 年都市計画年報」。
- ※ 耕地面積は、農林水産省「平成 14 年作物統計調査」。

表 1.2.4 各市・村の土地利用面積（ha）

土地利用	盛岡市	滝沢村	旧玉山村	全体
耕地	4,640	3,580	4,780	13,000
林野	33,821	9,311	31,059	74,191
市街化区域	4,950	670	307	5,927
その他	5,504	4,671	3,586	13,761
計	48,915	18,232	39,732	106,879

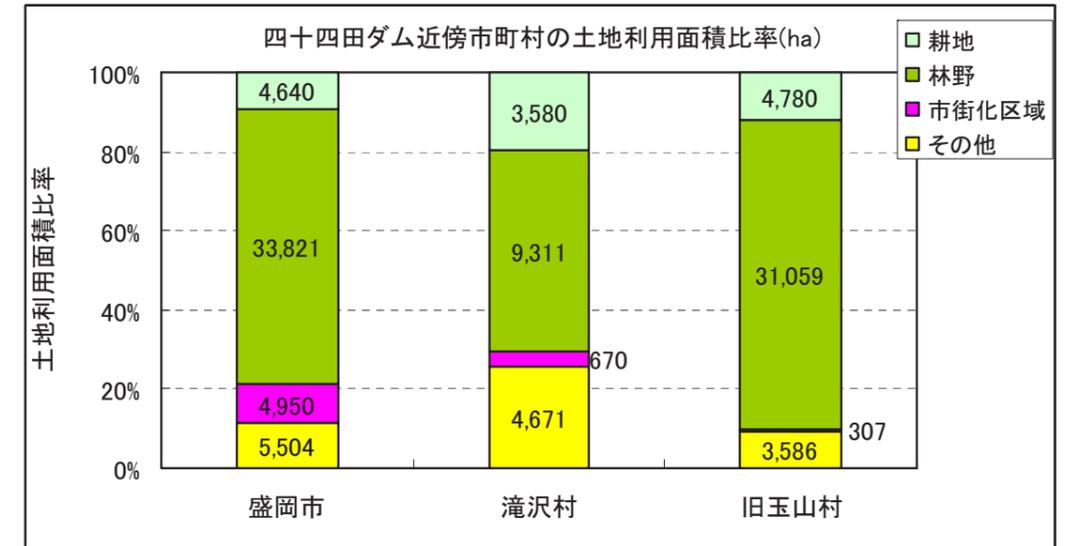


図 1.2.10 各市・村の土地利用面積比率

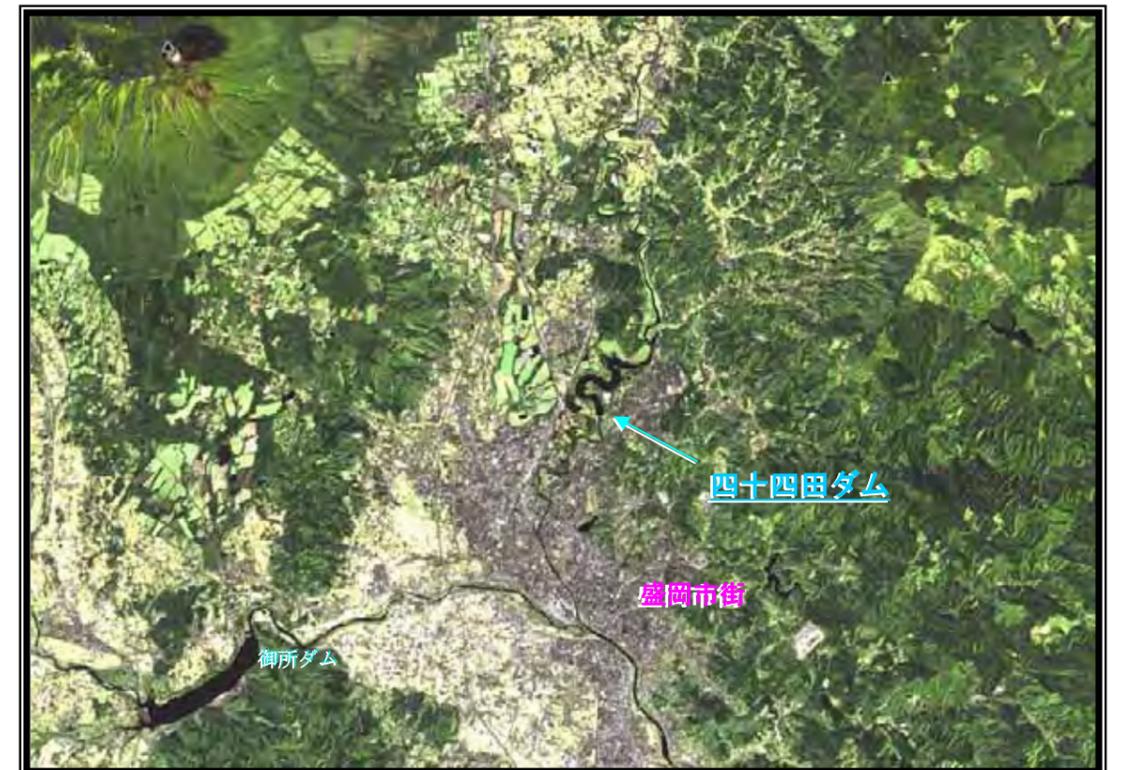


写真 1.2.1 四十四田ダム周辺の土地利用状況(ランドサット画像)

(3) ダム周辺環境等

四十四田ダムは、盛岡市のベッドタウンである松園団地に隣接し、盛岡市内から車でわずか 10 分前後の箇所に位置する。周辺は「南部片富士」と呼ばれる岩手山や霊峰姫神山を望むことができ、ダム周辺一帯は、自然を残した憩いの場として釣りや散策などに利用されている。

1) ダム建設前後の変化の整理

ダム建設前の北上川は、酸性河川であり河川を利用する人や生息・生育する動植物も少なかったが、ダム建設後は広大な静止水面が形成されるとともに上流での中和処理対策による河川水の中性化が進み、河川環境の向上・保全に寄与することとなっている。

i) 動植物等の環境変化及び地域の利用

ダム建設前は酸性河川のため魚類は生息していなかったが、ダム建設後に旧松尾鉱山で実施された中和処理対策により、清流を取り戻し、現在ではコイ科の魚をはじめ多くの魚類が生息するようになった。新たな止水環境ができたことでカモやカイツブリ類といった水鳥や、これらの止水環境を利用するトンボ類が新たにダム湖及び周辺で確認されるようになった。

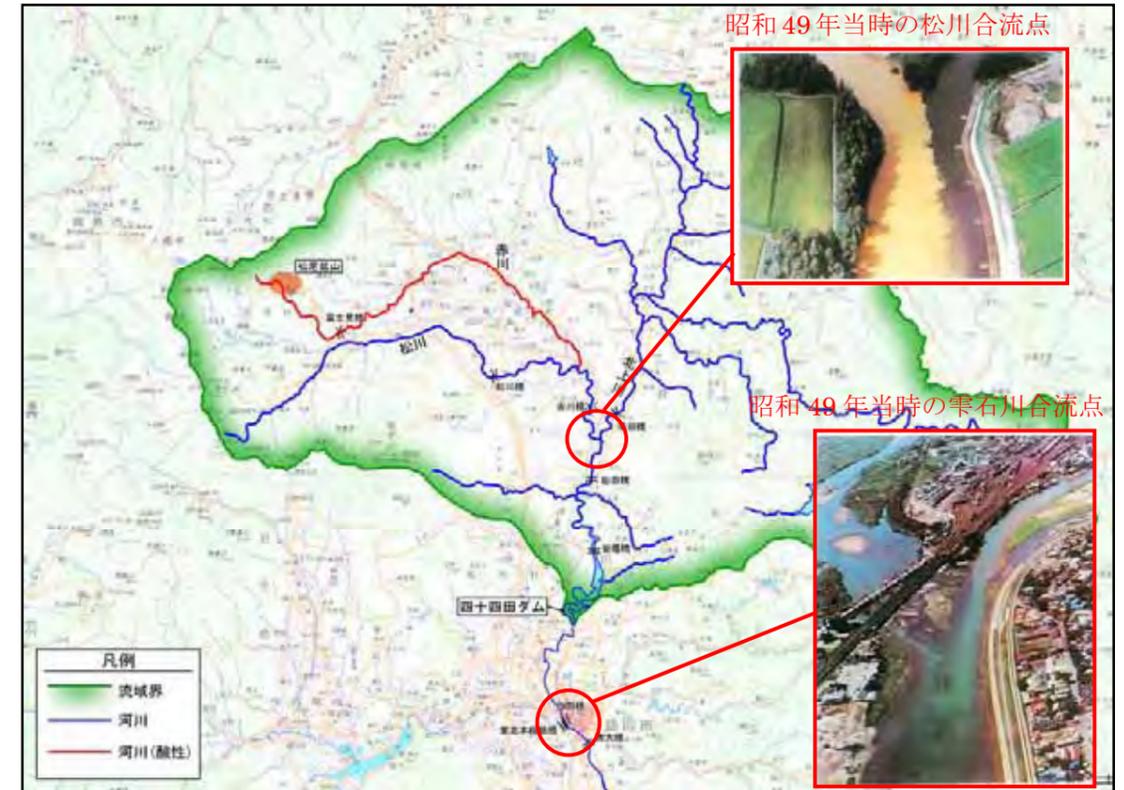
また広大な水面が形成されることにより、景勝地として地域のシンボル、憩いの場が形成された。



写真 1.2.2 建設当初のダムサイトおよび現在の四十四田ダム湖
出典：北上川の五大湖を訪ねて南部片富士湖 平成 6 年 11 月 建設省東北地方整備局北上ダム統合管理事務所

ii) 水質の変化

四十四田ダムが建設された当時は、ダム湖及び下流河川の pH は 4 程度であったがその後、中和処理対策により水質は大きく改善した。昭和 47 年より昭和 56 年まで実施した暫定中和処理対策時には、中和生成物由来の堆積物を大量に沈降させ堆積することとなり、ダムとしての効果の発揮に懸念が生じることとなったが、下流河川の濁りをはじめとする水質改善に大きく寄与した。



写真出典：北上川を清流に＜赤川酸性水対策の概要＞昭和 57 年 9 月 建設省東北地方建設局岩手工事事務所

図 1.2.11 暫定中和処理時（昭和 49 年当時）のダム上下流の状況

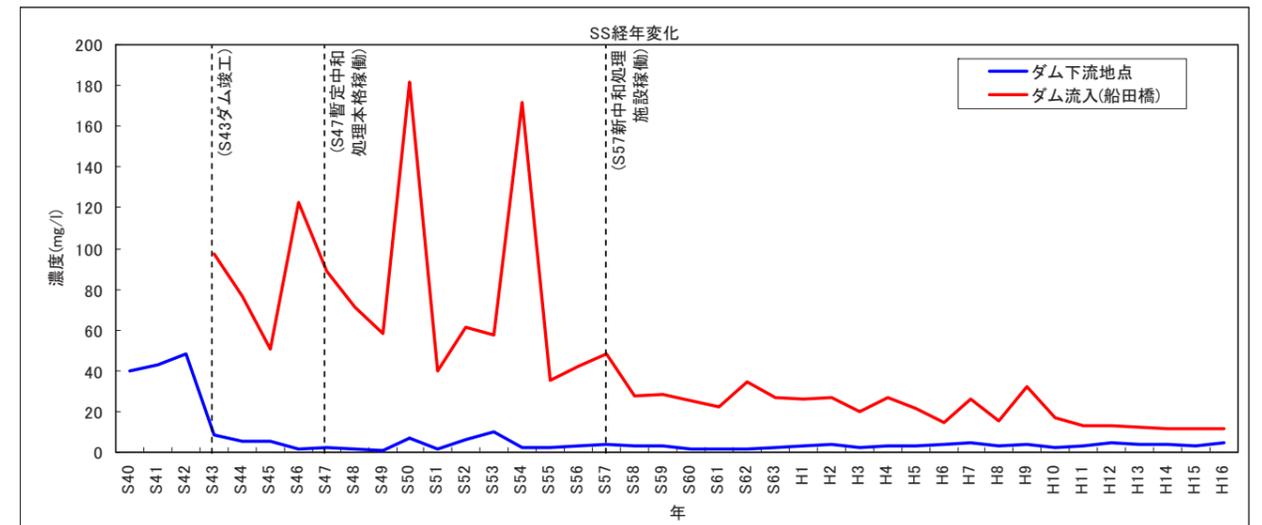


図 1.2.12 ダム上下流の SS 濃度経年変化

2) 現在の利用の状況

四十四田ダムおよび下流の北上川では、ダム湖周辺の人たちに理解や親睦を深めるために毎年「ファミリーレイク祭」等の様々なイベントを開催して開かれたダムを目指している。年間を通じてダムを利用する人は多く、特に毎年夏期に行われるダム下流を出発点とする全日本ラフティング選手権「北上川ゴムボート川下り大会」は有名な行事であり、毎年多くの参加者がある。

表 1.2.5 四十四田ダム及び近傍のイベント

行事名	実施月	実施場所	実施内容
四十四田ダムファミリーレイク祭	4月下旬	四十四田ダム	ダム施設見学、巡視船運行、周辺観察会
四十四田ダム見学会	7月下旬	四十四田ダム	ダム見学会、ビデオによる概要説明
北上川ゴムボート川下り大会	7月下旬	四十四田ダム下流(北上川)	ゴムボート川下り
「岩手の水」サマートラベル水のスタンプラリー	7月中旬～9月上旬	盛岡市 四十四田ダム	岩手県内の水循環に関する拠点の広報施設等を訪問 ※保護者同伴の小中学生。
盛岡市民サイクリング	5月5日	盛岡市 四十四田ダム	Aコース(ハード): 四十四田ダム⇄岩洞第一発電所 Bコース(ソフト): 四十四田ダム⇄水辺公園でサイクリング



写真 1.2.3 北上川ゴムボート川下り大会

3) 現在の自然環境

「水辺の国勢調査」により確認された四十四田ダム及びその周辺水域の魚類相の特徴を表 1.2.6 に示す。

特定種は、いわてレッドデータブックで「岩手県では生息環境の減少によって生息が危機的な状況にある」とされているスナヤツメ、キンブナの他、環境省レッドデータブックで絶滅危惧Ⅱ類に指定されているギバチが確認されている。

生活型では、純淡水魚が約7割であり、大部分を占めている。

また、近年では放流事業などによる淡水魚類相の攪乱が問題となっているが、移入種は、在来種32種に対して15種が記録されており、魚類相に占める割合が高くなっている。

移入種のなかでも、ホンモロコ、スゴモロコ、ブラックバスは、1990年以降から継続して出現している。

表 1.2.6 四十四田ダム及びその周辺水域の魚類相の特徴

区分		生息種の状況		特徴
構成	主要種	コイ、ゲンゴロウブナ、ギンブナ、オイカワ、アブラハヤ、ウグイ、モツゴ、カマツカ、ニゴイ、ギバチ、ワカサギ (既往～今回調査で毎回出現している種類)	コイ科魚類を主体とし、放流魚種も含んでいる	コイ科のオイカワ、アブラハヤ、ウグイ等の純淡水魚が主体の魚類相であり、アユ、ワカサギ等の放流魚種を含め移入種も増加傾向にある。
	特定種	スナヤツメ、キンブナ、タナゴ、ギバチ	県内で生息環境が減少し、危機的な種	いわてレッドデータブックにおいて「生息環境が減少し危機的な状況にある」とされているスナヤツメ、タナゴ等の特定種が生息し、良好な生息環境が存続している。
生活型		純淡水魚：67% 回遊魚：27% 海産魚：6%	河川中～上流域を反映し、純淡水魚が約7割を占める	
移入種		ゲンゴロウブナ、タイリクバラタナゴ、ハス、ソウギョ、ゼゼラ、ビワヒガイ、タモロコ、ホンモロコ、ワカサギ、ニッコウイワナ、ニジマス、ブラックバス、カムルチー	移入種は全体の28%を占め、魚類相に占める割合が大きい。ワカサギは放流により維持されている	

※出典：水辺の国勢調査資料より

(4) 下流河川の水利用の現況

北上川は、かつては魚の棲めない「死の川」と呼ばれた酸性河川であったため現在においても河川水の利用は少なく、四十四田ダム下流の利水は、ダム下流5km地点の雫石川合流まで存在していない。

雫石川合流後では、かんがい用水をはじめ水道用水、工業用水と幅広く利用されている。

2. 四十四田ダムにおける堆砂の現状と課題

2.1 堆砂の推移（経年変化と現在の状況）

2.1.1 堆砂量の経年変化

(1) 計画時の堆砂量

本ダムの計画堆砂容量は、ダム完成後 100 年間分の堆砂容量として 11,600,000m³ を確保している。これは、山地の土砂生産状況により算出された値で、本ダムでは北上川本川・丹藤川を含む「北上山系」と赤川・松川を含む「奥羽山系」の 2 系列に大別して検討をしている。なお、北上山系からは比堆砂量 17.80m³/km²/年に面積の 769km² を乗じ堆砂量は 13,700m³/年、奥羽山系からは山地を比堆砂量 300m³/km²/年とし山地面積の 335.9 km² を乗じて 100,800m³/年、平地は北上山系と同じ比堆砂量 17.80m³/km²/年に面積の 91.4km² を乗じて 1,630 m³/年とした。合計して年間の堆砂量を 116,000 m³/年(比堆砂量 97m³/km²/年)と決定し、これを用いて計画堆砂容量を決定している。

(2) ダム堆砂に関わる歴史的背景（酸性水対策の概要）

かつての北上川は、酸性をおびた松尾鉱山からの坑内水が流れ込み長年魚も住めない「死の川」と化していた。そのため、四十四田ダムの工事では酸性水対策としてゲート関係にステンレス材を使用する等の対策が取られてきた。

酸性水の中和処理は、坑内水の流出元である松尾鉱山によって行われていたが四十四田ダム完成(昭和 43 年 10 月)の後の昭和 47 年に閉山、そのため酸性水対策は、旧建設省により暫定的に中和処理(タンカル中和)を行い水質の改善に努めてきた。しかし、中和処理の沈殿物がダムに堆積し、急速に堆砂量が増加したことから、「鉄酸化バクテリア・炭酸カルシウム方式」による新中和処理施設を建設、昭和 56 年に完成し昭和 57 年 4 月より本格稼働している。

この施設の稼働により中和処理の沈殿物は処理施設内の貯泥ダムに堆積することとなり、四十四田ダムへ新規に流入する堆積物は通常の土砂へと変化した。

(3) ダム堆砂量の経年変化

ダム完成後の堆砂経年変化の特徴として、旧松尾鉱山の中和処理に関する堆積物(中和生成物由来の堆積物)が管理開始後から新中和処理実施前の昭和 56 年までに大量に流入し、年間平均で約 50 万 m³ ずつ堆積した。これは当初の計画値の 4~5 倍の量に相当し、新中和処理施設が本格稼働した昭和 57 年時点で既に計画堆砂量の約 6 割程度まで堆積が進行した。

新中和処理施設の稼働後は、幾度かの出水を経ながら計画堆砂量の勾配にはほぼ等しい量で推移しているが、現時点(平成 16 年時点:ダム管理開始後 37 年)で 84.1%(メッシュ法)に達し、ダム機能の維持の面から早急な堆砂対策を行うべき時期となっている。

四十四田ダムにおける堆砂の経年変化を図 2.1.2 に示す。

表 2.1.1 四十四田ダム年表

年代	ダム関連	累加堆砂率 (%)	中和処理関連
43年	四十四田ダム竣工(10月)		
44年	四十四田ダム管理所として管理に移行(1月)		
46年			北上川水系水質汚濁対策連絡協議会発足(5省庁会議)
47年			旧松尾鉱山暫定中和処理開始(5月)
48年	北上川水系工事実施基本計画改定		
50年	北上川ダム統合管理事務所設置(1月)	37.5	
55年	北上川水系工事実施基本計画第2回改定	54.0	
56年	台風15号による洪水(8月)、最大流入量729m ³ /s	57.6	新中和処理施設完成
57年		59.3	新中和処理施設本格稼働(4月)
61年	台風10号による洪水(8月)、最大流入量833m ³ /s	68.1	
63年	前線(集中豪雨)による洪水(8月)、最大流入量589m ³ /s 北上川水系工事実施基本計画第3回改定	70.6	
平成元年	前線による洪水(9月)、最大流入量415m ³ /s	71.8	
2年	台風19号による洪水(9月)、最大流入量904m ³ /s	73.8	
3年	台風14号による洪水(8月)、最大流入量840m ³ /s	76.7	
6年	台風26号による洪水(9月)、最大流入量606m ³ /s 北上川水系工事実施基本計画第4回改定	80.2	
7年	前線による洪水(8月)、最大流入量606m ³ /s	81.6	
14年	台風6号による洪水(7月)、最大流入量908m ³ /s 前線による洪水(8月)、最大流入量782m ³ /s	73.6※	
16年	台風21号による洪水(9月)、最大流入量961m ³ /s	84.1※	

※ 累加堆砂率は、重錘法を採用した S50 年以降を記載している。H14 以降はメッシュ法による値。

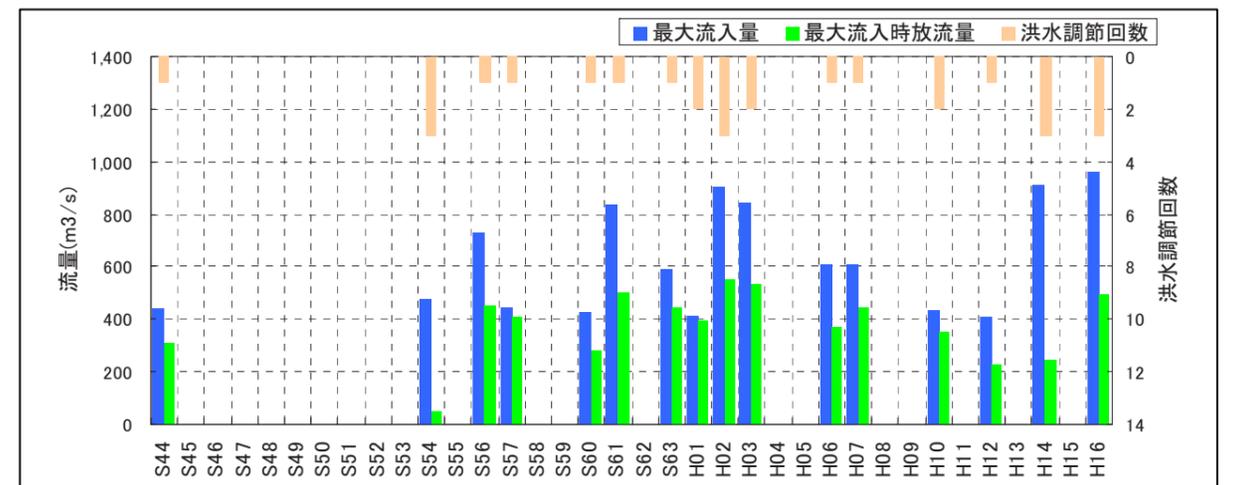
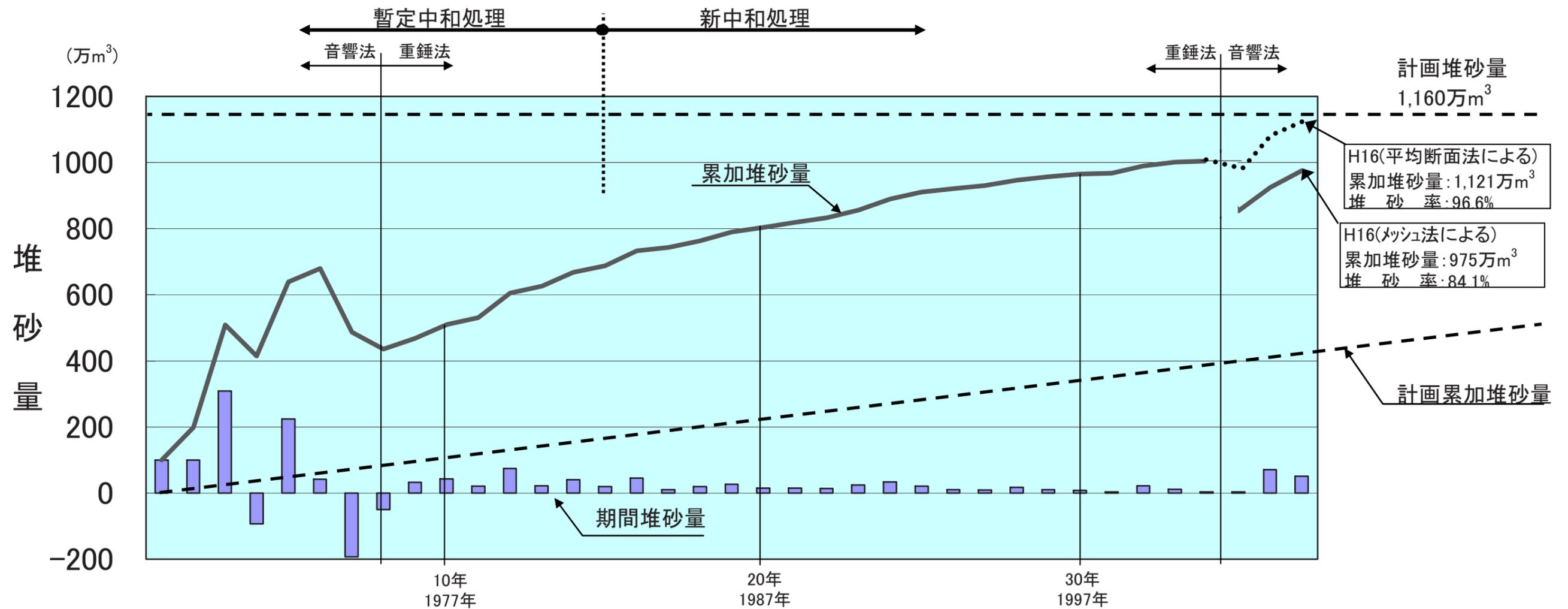


図 2.1.1 四十四田ダム管理以降の洪水



経年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
西暦	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
和暦	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61	S62	S63	H 1	H 2	H 3	H 4	H 5	H 6	H 7	H 8	H 9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16
累加堆砂量 (万m ³)	100	199	508	415	638	680	486	436	468	510	531	605	627	668	688	733	743	763	790	804	819	832	856	890	910	921	930	947	957	965	968	989	1001	1005	854	925	976
期間堆砂量 (万m ³)	100	100	309	(94)	224	41	(193)	(51)	32	42	21	74	22	41	20	46	10	19	27	15	14	14	24	34	20	10	10	17	10	8	3	21	12	4	4	70	51
累加堆砂率 (%)	8.6	17.2	43.8	35.8	55.0	58.6	41.9	37.6	40.3	44.0	45.8	52.2	54.0	57.6	59.3	63.2	64.1	65.8	68.1	69.3	70.6	71.8	73.8	76.7	78.5	79.4	80.2	81.6	82.5	83.2	83.4	85.3	86.3	86.7	73.6	79.7	84.1

図 2.1.2 四十四田ダムの堆砂の経年変化

2.1.2 現在の堆砂の状況

(1) 堆砂の縦横断形状の特徴

堆砂の経年変化を縦断図と、ダム湖の平面線形（蛇行形態）により堆砂の特徴が把握できる代表的な横断図（測線 NO.12・測線 NO.20・測線 NO.35）により整理を行った。

図 2.1.3 に平成 16 年度測量より作成した堆砂の状況（鳥瞰図）を、図 2.1.4 に堆砂の縦断形状及び横断形状の変化を示す。

【堆砂の特徴】

・ NO.12

平成 16 年に生じた観測最大出水により右岸側が洗掘されたが、過去の縦断変化をみると全体的には堆積が進む傾向にある。縦断変化では堆砂の肩位置（NO.14）から下流は、経年的に堆積が進んでいることがわかる。

・ NO.20

横断変化から新中和処理以降の測量結果である S58 以降の堆砂面は変化せず、安定した形状を維持していることがわかる。この断面にみられるようにダムの中間部は、ほとんど堆砂面が変化していないという特徴を持つ。

・ NO.35

ダム流入部では、ほとんど堆砂の状況変化が無く出水のインパクトを受けながら堆積と浸食を繰り返す動的な安定により河道が形成されている。

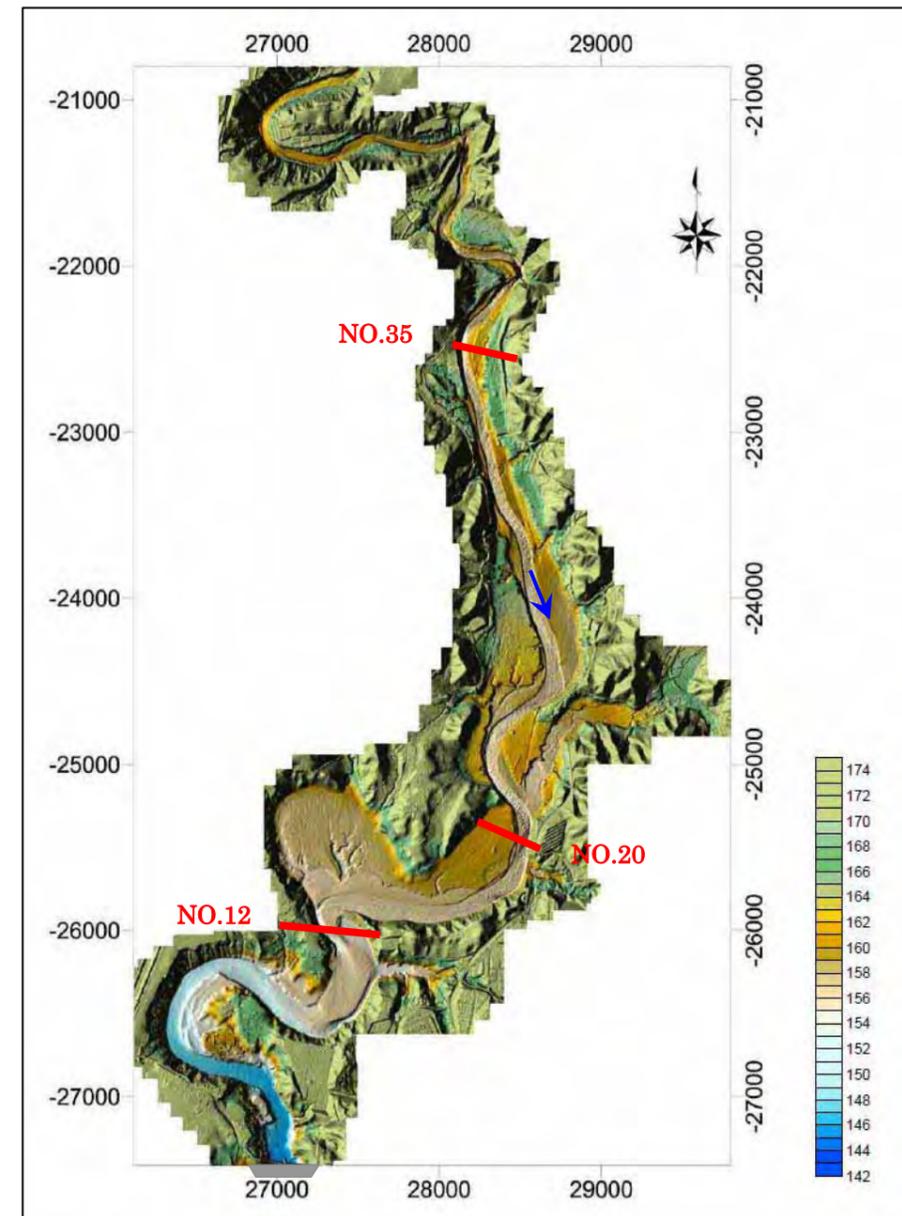


図 2.1.3 四十四田ダムの堆砂状況（平成 16 年度測量による鳥瞰図）

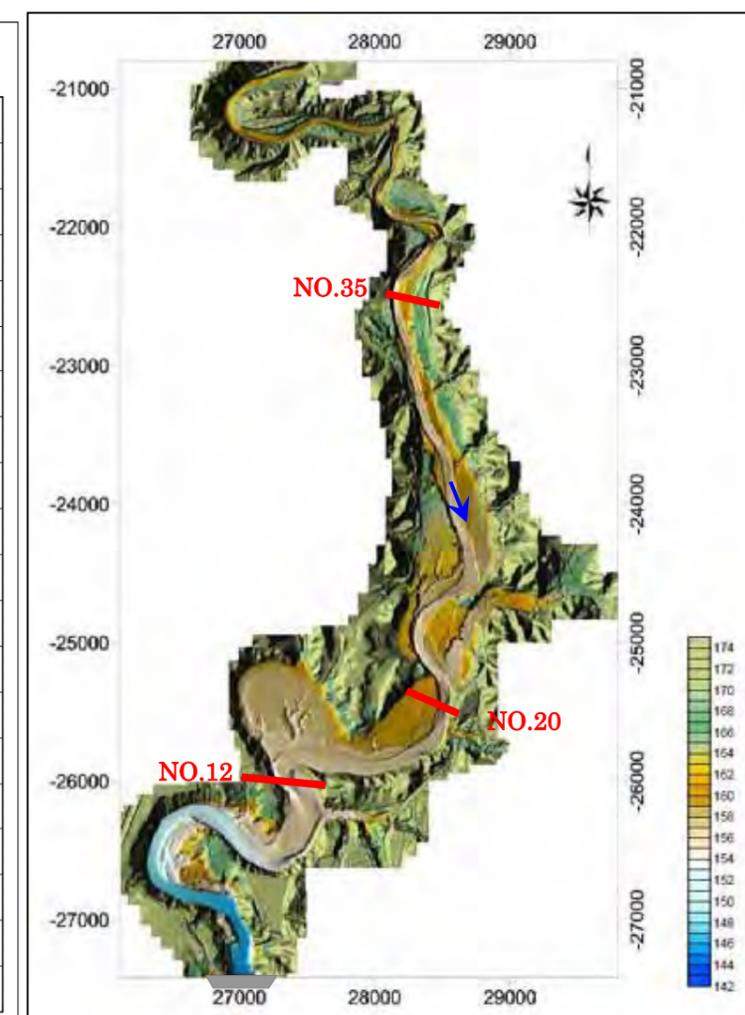
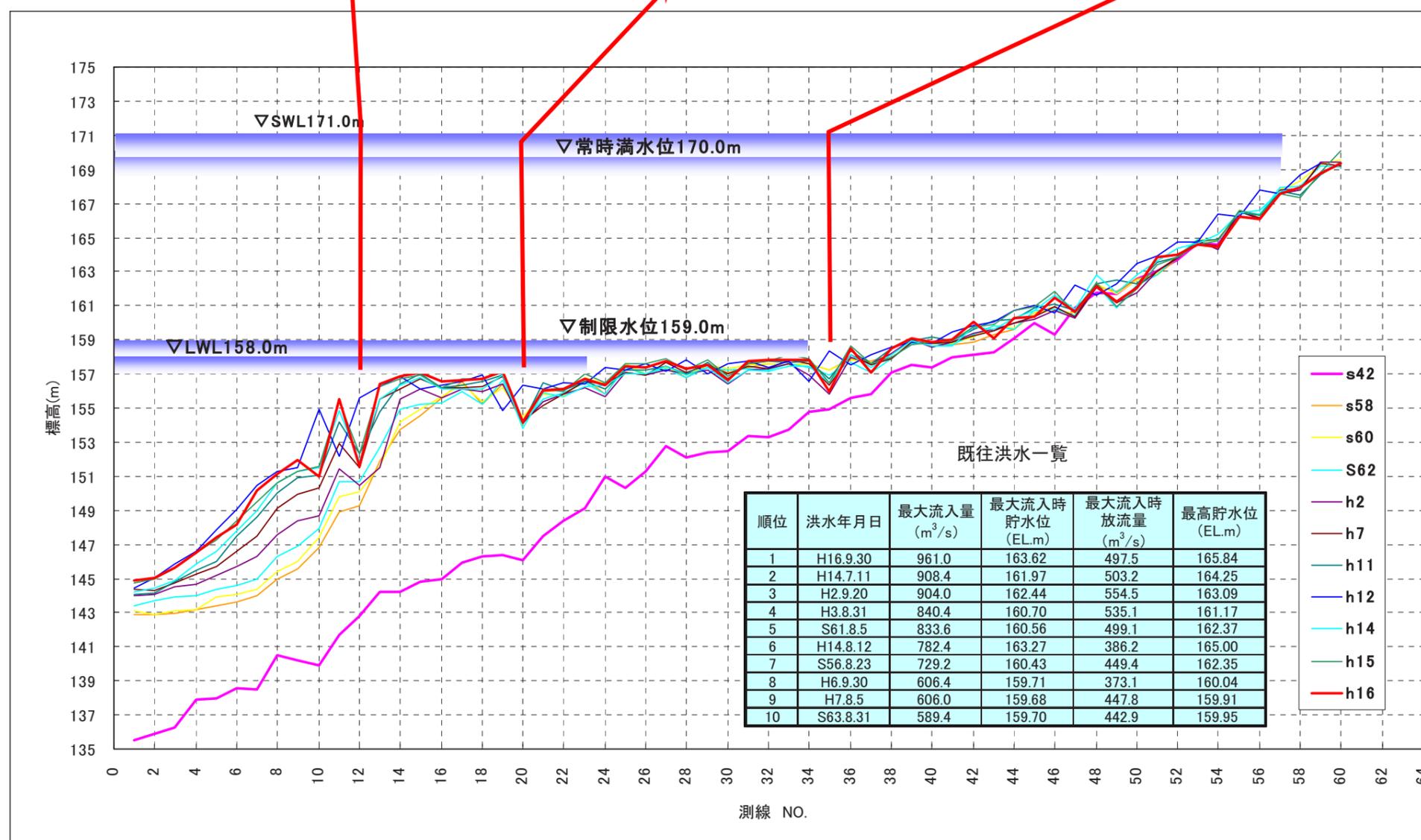
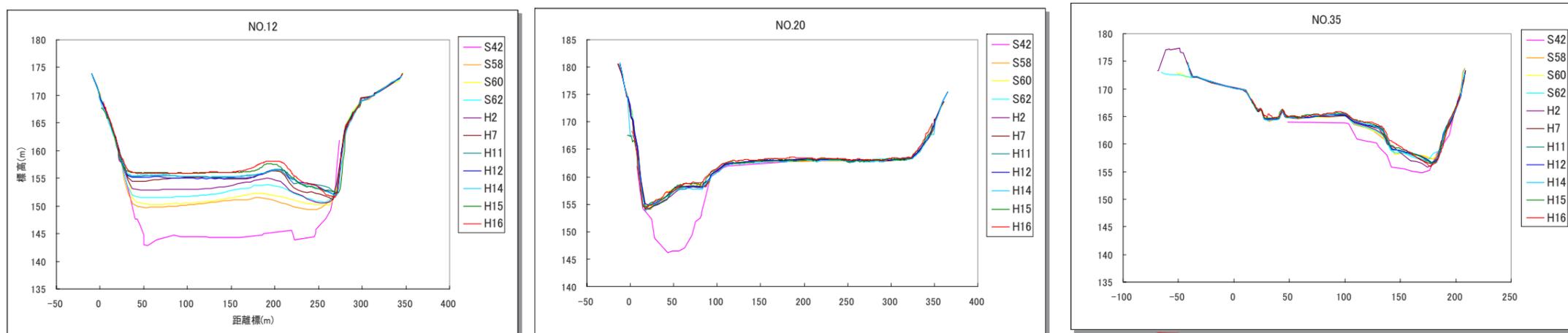
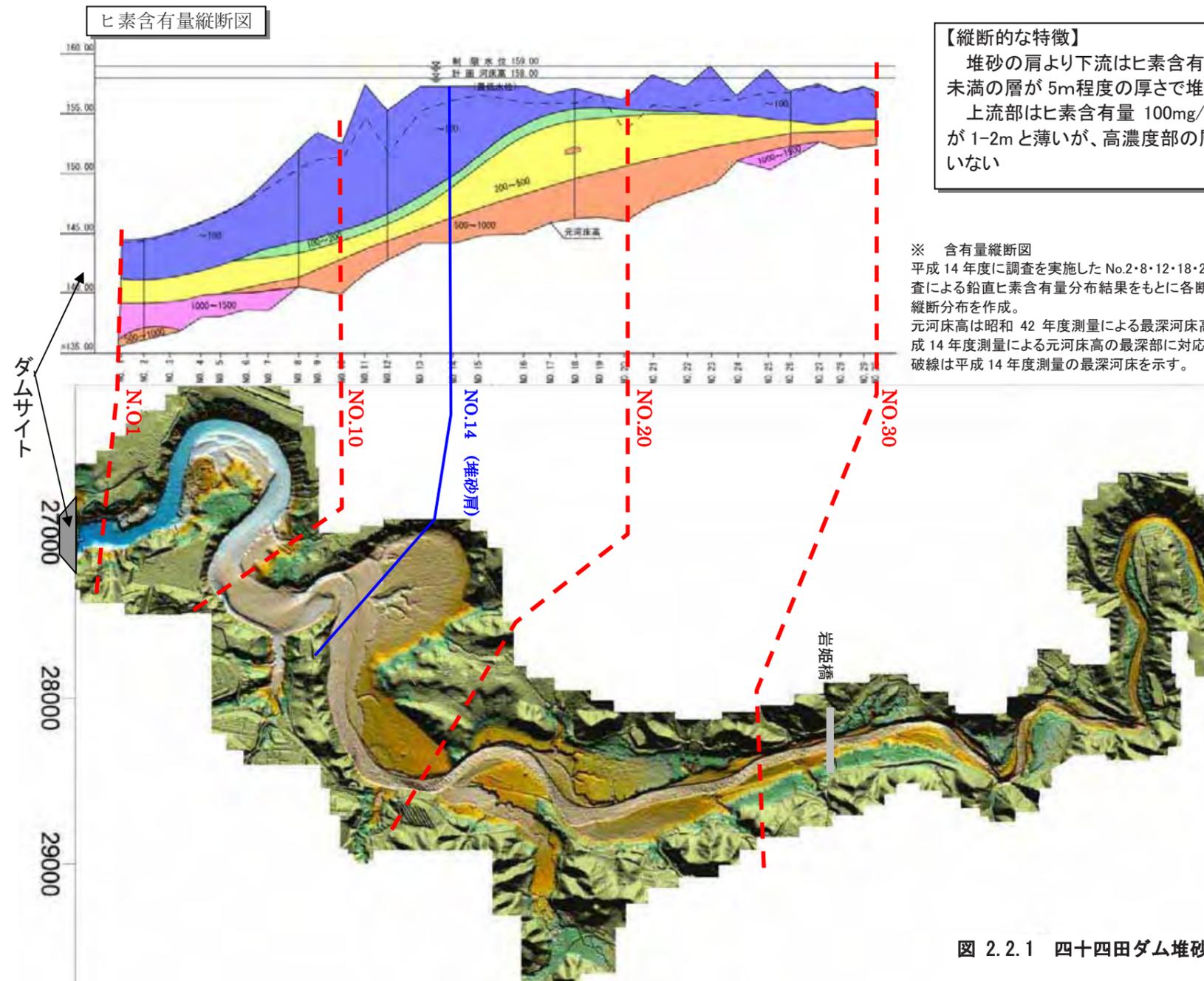


図 2.1.4 四十四田ダムの堆砂状況 (縦断・横断形状)

2.2 貯水池内堆積物の状況

先に述べた通り、本ダムにおける堆積物の質は新中和処理施設稼働時期を境に大きく異なり、新中和処理施設稼働後の堆積物は主に洪水時に流入した土砂が主である。一方、新中和処理施設稼働以前は中和生成物由来の堆積物であり、この堆積物には硫黄とともに産出された重金属のヒ素を含有している。

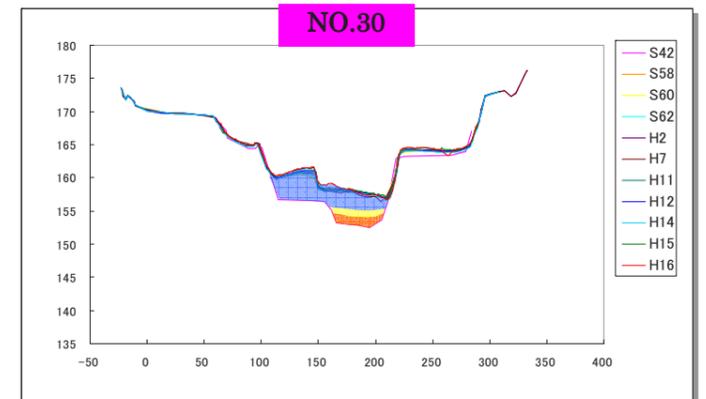
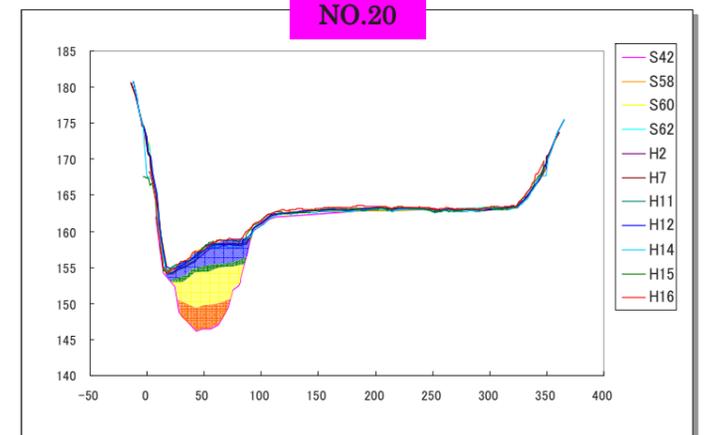
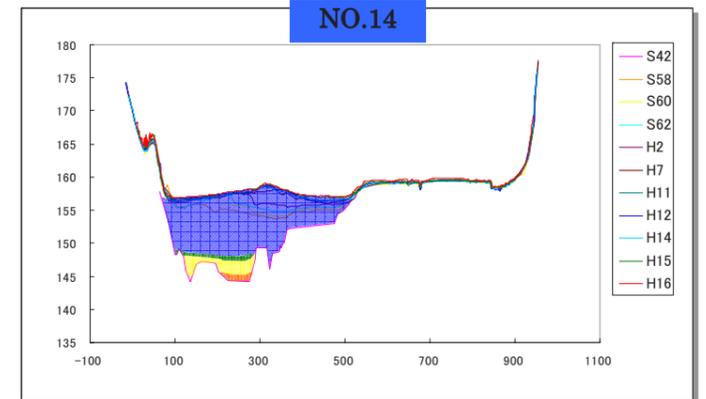
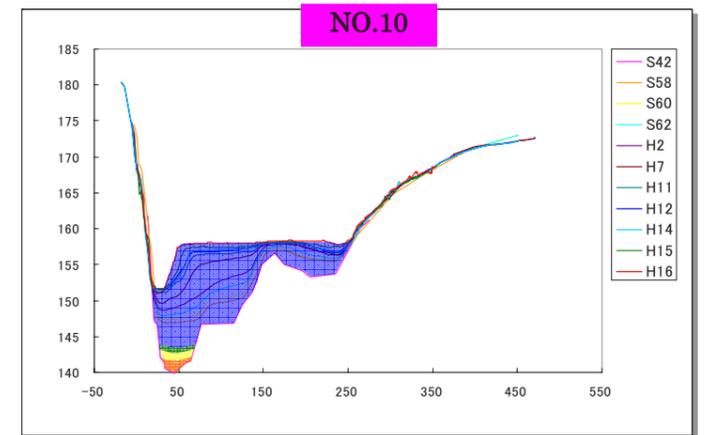
図 2.2.1 にボーリング調査によりサンプリングした堆積物のヒ素含有量を示すが、現在は表層の土砂（青色）のヒ素含有量は 100mg/kg 以下であり、高濃度のヒ素を含有する土砂（図中のピンク～赤及び黄色）はダム湖内の深層部に封じ込められている。なお、No.20 地点は今年度（平成 17 年度）にボーリングによる堆積物含有量の調査を実施し、ヒ素含有量の鉛直分布を確認中である。



【縦断的な特徴】
 堆砂の肩より下流はヒ素含有量 100mg/kg 未満の層が 5m 程度の厚さで堆積
 上流部はヒ素含有量 100mg/kg 未満の層が 1-2m と薄い、高濃度部の層は露出していない

※ 含有量縦断面図
 平成 14 年度に調査を実施した No.2・8・12・18・26 地点のボーリング調査による鉛直ヒ素含有量分布結果をもとに各断面間を想定で結び縦断分布を作成。
 元河床高は昭和 42 年度測量による最深河床高、堆砂面標高は平成 14 年度測量による元河床高の最深部に対応した地点の標高。破線は平成 14 年度測量の最深河床を示す。

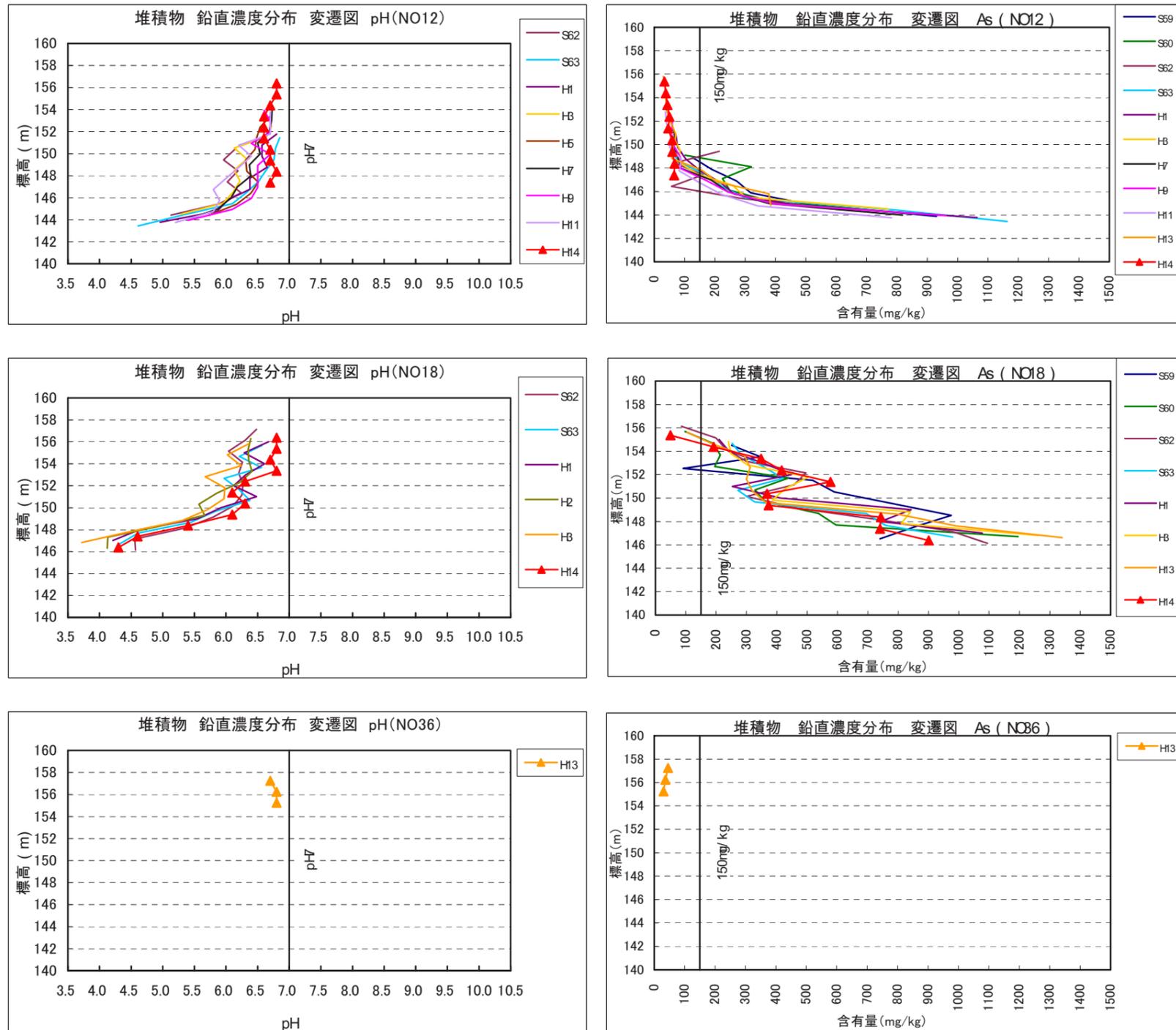
ヒ素含有量横断面図（想定濃度分布）



※ ヒ素含有量横断面図
 含有量縦断面図及び No.10・14・20・30 地点の横断測量図をもとに想定して分布図を作成。上記の 4 測線上では平成 16 年度までにボーリング調査は実施していない。No.20 は今年度実施、現在分析中。

図 2.2.1 四十四田ダム堆砂・底質状況

●経年的に含有量試験を実施している NO. 12、NO. 18 およびダム流入部の NO. 36 地点における堆積物の pH 及びヒ素含有量を示す。貯水池の流入部（例えば NO. 36）を除き、初期の堆積物は、pH は 4.5 程度と低かつヒ素の含有量も 1000mg/kg を超えるほど高い。表層に近づくに従い pH は上昇し、かつヒ素の含有量は通常の土壌程度 (<150mg/kg) となる。これは、過去の中和生成物の上に通常の土砂が厚く堆積し深部に封じ込められている状態である。貯水池流入部の NO. 36 地点は、ヒ素を含む堆積物は認められず通常の土砂が堆積している状況である。



※150mg/kg は土壤汚染対策法での含有量基準を示す

図 2.2.2 ヒ素含有量の経年変化

深部に高濃度のヒ素を含む NO. 12 および NO. 18 地点では、ダムの底面に露出している部分は通常の土砂であり、厚さ数 m にわたり深層部の高濃度のヒ素を含む堆積物を覆っている。

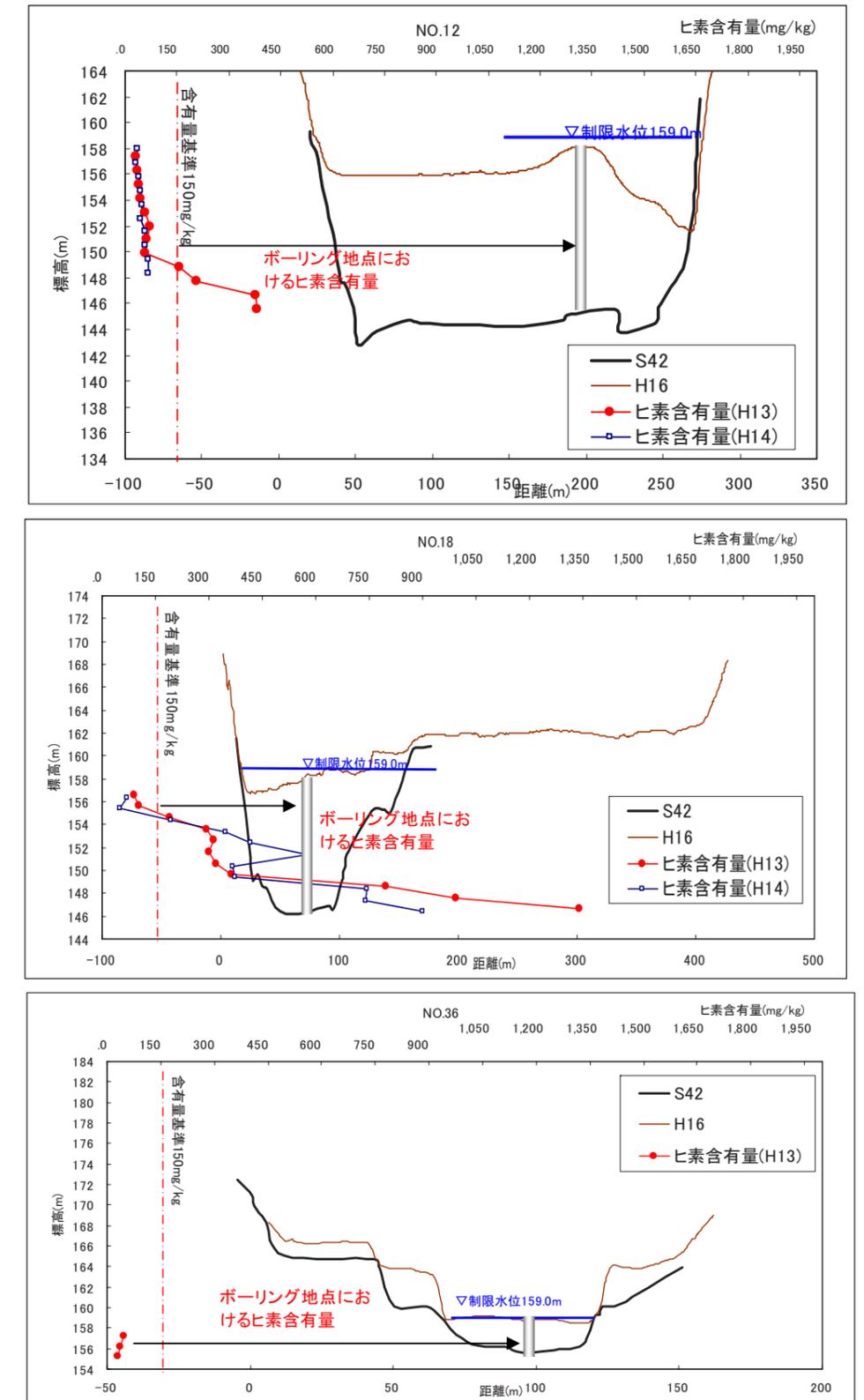
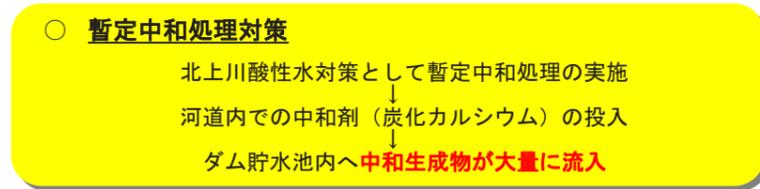


図 2.2.3 ヒ素含有量の現状 (NO. 12・NO. 18・NO. 36 断面)

2.3 堆砂対策の検討経緯

四十四田ダムでは、先に示したように管理開始以降、すぐに堆砂が進行し、その課題に対して昭和 61 年から 62 年にかけて「堆砂及び水質問題検討委員会」を開催し技術的な対策検討を行った。過去に堆積したダム湖内の堆積物にはヒ素が含まれることから、経過観察の結論を経て、その後、貯水池内の底泥をサンプリングし堆積物の含有量についてモニタリングを行っている。平成 9 年度よりヒ素の懸念が小さくなったため堆砂対策検討を実施し、いくつかの課題を残し現在に至っている。

○ 昭和 42 年 ～ 56 年 「ダムによる湛水～暫定中和処理期」



【結果】
・堆砂が大幅に進行
・貯水池に高濃度のヒ素を蓄積

○ 昭和 57 年 ～ 62 年 新中和処理施設が稼働～委員会の開催

新中和処理施設稼働後、旧松尾鉦山の坑排水は、元山の中で処理が進み、貯水池には中和生成物の流入がほぼ無くなった。堆砂進行と水質（pH、ヒ素）の問題に関し、委員会より検討され、以下の方針が示された。

○ 堆砂及び水質問題検討委員会（S61～62 4回）

・ 堆砂量予測

ダム満砂時期の簡易な予測

→ 満砂まで 20 年程度。堆砂進行が鈍化したこともあり経過監視

・ ダム上流水質予測

融雪期の pH 低下（基準値割れ）についての議論
支川負荷量に基づく予測計算

→ 元山での 8.4Ax 低減に関する議論
→ 元山での発生源対策の強化に期待

・ 堆砂進行に伴う水質の予測

将来の堆砂進行に伴った貯水池内沈降・希釈効果の減少に関する議論

→ 堆砂進行の鈍化もあり経過観察

・ 下流河川の水質予測

洗掘再浮上による水質悪化の懸念

→ 新しい堆積物のヒ素濃度が低いこと、洗掘深の推定により、高濃度となる堆砂域まで洗掘しない

【結果】
方針：経過観察、貯水池内には手をつけない

○ 昭和 63 年 ～ 平成 8 年

「経過観察」の方針で、貯水池内での堆積物の推移を観察するため、貯水池底泥のサンプリングによる調査を継続。

○ 平成 9 年 ～ 17 年

酸性水の問題、ヒ素再浮上の懸念が小さくなり、平成 9 年から平成 17 年現在まで堆砂対策検討を実施。有力な対策案として「3つの堰+バイパス水路」→「スルーシング」→「貯砂ダム+スルーシング」と比較検討を行いながら最終的には「貯砂ダム案」および「地山掘削案」を有力案とした。

● 堆砂対策を総合的に検討

・ 堆砂対策の比較検討全国の事例から比較検討

→ 対策案、決定に至らない

・ 堆砂量に関して精度を上げた数値予測計算

→ 再現計算の実施が可能になる
予測計算を用いながら貯砂ダム計画が有力案

・ 数値予測計算を用いた施設計画検討

→ 大まかな施設規模の提案

現在に至る

対策の検討経緯

四十四田ダムに関する背景等

昭和初期から 40 年代
北上川：酸性河川、死の川

S42：四十四田ダム湛水開始
→ 沈降効果の発揮

S47：酸性水対策が建設省に引継
→ 暫定中和処理が本格的に稼働
S48：赤川保全水路工の工事着手（S56に緊急施工区間構成）
→ 河川水の伏没を防止し坑内水の水量減少

S57：新中和処理施設稼働開始。前後して実施された発生源対策とともに清流化に寄与する。

※この間、四十四田ダム堆砂について進行が大幅に速いこと、堆砂にヒ素を含んでいることがマスコミにも取り上げられる。

【ダムの状況】
酸性水の問題については、元山での発生源対策の進捗により坑排水量が減少。ダム流入水質は通年で基準値を満たすまでに向上し、貯水池での希釈・沈降の効果は求められなくなった。

【ダムの状況】
その後も低濃度のヒ素の土砂が継続して堆積し、高濃度のヒ素より厚く覆う形での堆積状況を形成している。現在では再浮上する懸念は S62 当時よりもなお小さくなっている。

（累加堆砂量はひっ迫）

H11「ダム土砂管理推進検討会」
→ 全国会議で四十四田ダムが会議に取り上げられる

H13 堆砂測量の手法の変更
→ 平均断面法による整理に加えメッシュ法による整理

図 2.3.1 四十四田ダムの堆砂対策の経緯

2.4 課題の整理

四十四田ダムにおける現状を踏まえ、ダム堆積物による将来的な課題を以下に整理する。

2.4.1 堆積物の量的課題の整理

四十四田ダムは、「洪水調節」及び「発電」を目的として建造されたダムであり、今後、さらに堆砂が進行する場合には、これらの機能が維持できなくなる等の課題が生じる。以下に堆砂が進行した場合の課題と現状の堆砂状況について整理する。

(1) 課題1 洪水調節機能の低下

本ダムにおける洪水調節容量は 33,900 千 m³ で、ダム地点において 1350m³/s の流量を 650 m³/s 洪水調節し、残りの 700m³/s を下流へ放流する計画となっている。

今後、さらに堆砂が進行した場合には、十分な洪水調節を行うことができず、ダム下流への洪水に対するリスクが高まることとなる。

特に、ダム直下流は盛岡市街地が広がる人口の集中区であるとともに、本ダムは北上川唯一の本川のダムであることも踏まえ、堆砂による洪水調節機能の低下に対しては十分な配慮が必要である。

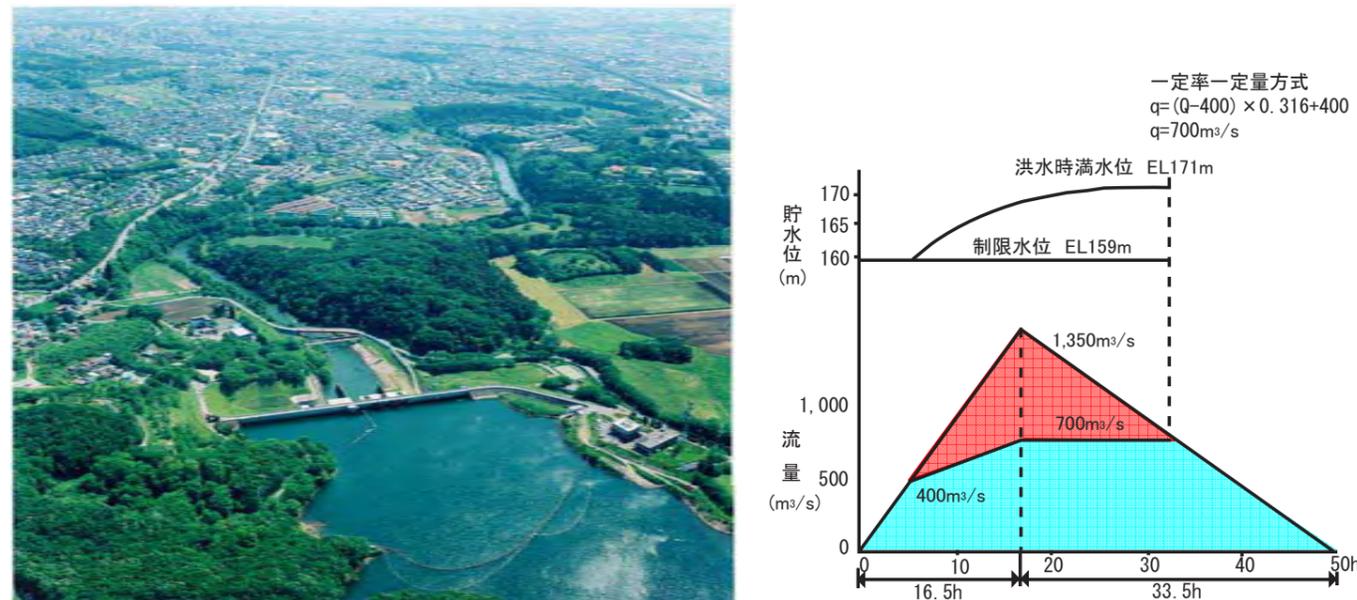


図 2.4.1 ダム下流に広がる盛岡市街地と四十四田ダム洪水調節計画図

(2) 課題2 発電力の低下

四十四田ダムのもう一つの目的である発電は、岩手県企業局により行われており 70,000MWH の発電量、最大発電量 15,100kW (55m³/s 放流時)、常時発電量 3,800kW (17.4m³/s) であり、環境にやさしい貴重な電力資源となっている。

(3) 現状の堆砂状況

平成 16 年時点において表 2.4.1 および図 2.4.2 に示すように有効容量内に土砂が堆積し、洪水期の発電容量で約 3 割、洪水調節容量や有効容量では 4~5% 程度計画容量に対して堆積が進行している。

表 2.4.1 平成 16 年度における堆砂状況の内訳

	① ダム計画の容量 (m ³)	② 該当する容量内の堆砂量 (m ³)	③ 各容量に占める堆砂量の割合 ②/① (%)
総貯水容量	47,100,000	9,758,896	20.7
有効容量	35,500,000	1,840,372	5.2
治水容量 (洪水期)	33,900,000	1,316,264	3.9
利水容量 (洪水期)	1,600,000	524,108	32.8
堆砂容量	11,600,000	7,918,523	68.3

$$\text{※ 全堆砂量} / \text{計画堆砂容量} = 9,758,896 \div 11,600,000 = 84.1\%$$

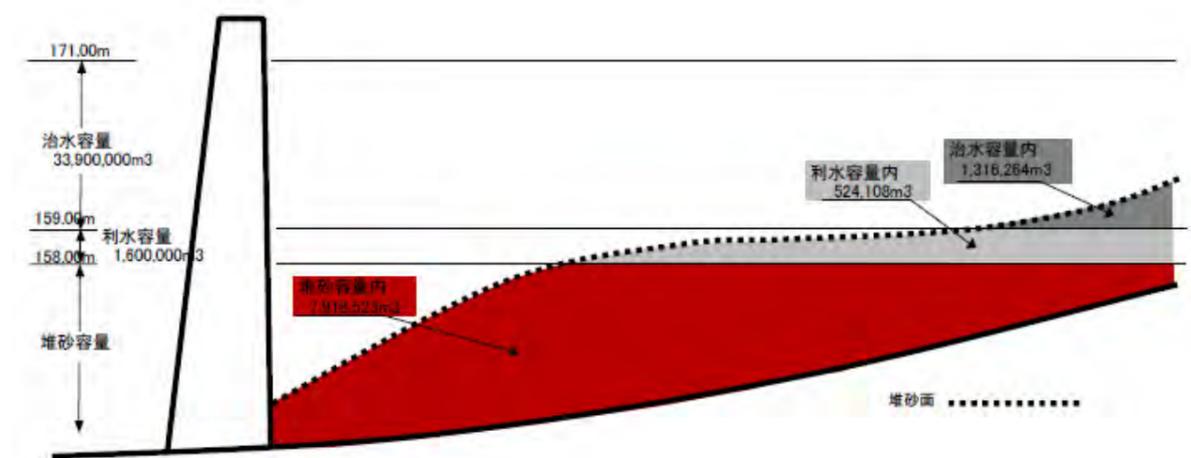


図 2.4.2 現段階の有効容量内の堆砂の概念図

2.5 課題に対する現在の見通し

「2.4 課題の整理」でまとめた量的・質的な課題に対して、現在までの検討結果・調査データから現状を整理する。

表 2.5.1 に量的課題とそれに対応する検討内容を、表 2.5.2 に質的課題とそれに対応する調査内容を示す。

量的課題については、表 2.5.1 に示すとおり後述する「2.6 堆砂対策の概要」において、既往の検討結果からの現状の見通しをとりまとめている。

質的課題については、表 2.5.2 に示すとおり各課題について、対応する既往の調査結果からの見通しをとりまとめている。

表 2.5.1 量的課題に対する整理

項目	課題事項	課題に対する検討内容
有効容量内堆砂	洪水調節機能の低下	本資料 「2.6 堆砂対策の概要」に示す検討による。
	発電力の低下	本資料 「2.6 堆砂対策の概要」に示す検討による。

表 2.5.2 質的課題に対する整理

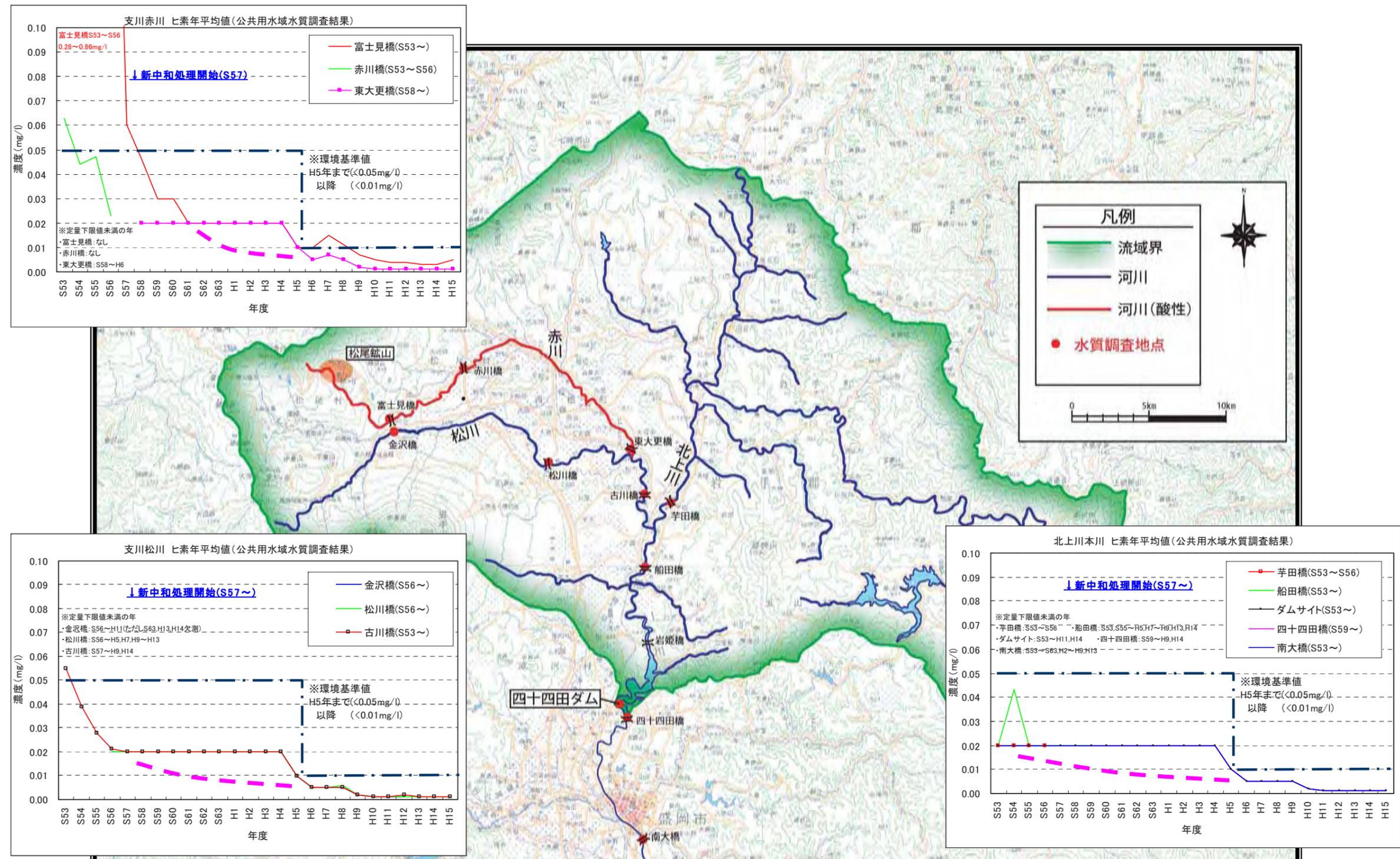
項目	課題事項	課題事項に対する既往調査内容	
		内容	調査実施時期
表流水	溶出による懸念	・「公共用水域水質調査結果」等のダム上下流の河川及びダム湖表層調査結果	毎年
		・「溶出試験結果」 表層部から深層部のダム堆積物について溶出試験を実施	H13年度 S62年度
		・「湖内鉛直水質調査結果」 ダム湖内5地点の上・中・下層において実施	H17年度
	浮上・まきあげによる懸念	・「出水時におけるヒ素調査結果」 ダム上下流の河川において出水時に調査	毎年 (H12年度～)
	ダム直下及びアバットを迂回する浸透水による懸念	・「浸透水水質調査結果」	H16年度
		・「ダム直下排水水質調査」	H17年度
		・「公共用水域水質調査結果」等のダム直下水質測定結果	毎年
ダム堤体の漏水による懸念	・「監査廊内漏水水質調査結果」	H17年度	
	・「公共用水域水質調査結果」等のダム直下水質測定結果	毎年	
地下水	周辺地下水への拡散・汚染	・既往の地下水等の水質調査結果 (公共用水域水質調査結果等)	
		・ダム管理所裏グラウンドにおけるボーリング調査	H17年度

2.5.1 公共用水域水質調査結果等からの見通し

公共用水域水質調査結果（ヒ素濃度年間平均値）の経年変化では、旧松尾鉱山を上流域にもつ支川の赤川において、新中和処理開始以前は健康項目の環境基準値を上回る濃度が観測されていた。新中和処理開始以降はいずれの地点においても環境基準値を満足している状況にある。

ダムサイト（表層）およびダム直下の四十四田橋地点における平常時のヒ素濃度はいずれも健康項目の基準値を満足しており、平成17年11月にダム管理者が実施したダム湖内の上・中・下層の水質調査においても、ヒ素濃度はいずれも健康項目の基準値以下であった。また、平成13年に実施したN0.18測線の堆積物の溶出試験結果では堆積物の浅層部（深さ7mまでの堆積物）での溶出水の濃度は0.005mg/l未満であった。（参考：土壌溶出基準0.01mg/l未満）。

したがって、現状ではダム堆積物内に含まれているヒ素の溶出や漏水等により新たな発生源として下流河川へ影響を及ぼしている可能性はないと考えられる。



注:図中の赤点線は経年の減少傾向を示している

図 2.5.1 公共用水域水質調査結果

2.5.2 出水時におけるヒ素調査結果からの見通し

平成12年度より表2.5.3に示す5地点において出水時における河川水のヒ素濃度調査を実施している。出水時のヒ素濃度は、流量規模に応じて上昇し、図2.5.2の平成14年出水の例のように全ヒ素(T-As)のうち溶存態ヒ素(D-As)は1%未満でほとんどが粒子態のヒ素である。

過去の調査結果からは、表2.5.4に示すとおりダム上流に位置する4地点(富士見橋・古川橋・船田橋・岩姫橋)では出水の規模により一時的にヒ素の環境基準値(<0.01mg/l)を超過することがある。

ダム下流地点では、平成14年・平成16年と計画規模に近い出水があったが、調査したすべての検体は流入水質より低くかつヒ素の環境基準値以下であった。現在までの調査結果からは、出水時にダム堆積物を新たなヒ素供給源とする巻き上がり・浮上によるヒ素の再流出は認められない。

ただし、観測結果ではピークの低減期を明確に捉えられていないものもあり、今後は立ち上がりからピーク、低減期までの挙動がわかるよう留意し、出水時調査を継続的に実施する。

表 2.5.3 既往の出水時調査実施状況

年度	赤川		松川		北上川 (ダム上流)		北上川 (ダム下流)	水質調査時 最大流量 (船田橋)(m ³ /s)
	富士見橋	古川橋	船田橋	岩姫橋	ダム下流			
平成12年	—	—	●(6)	—	●(6)		287.7(9/12)	
平成13年	—	—	●(31)	●(26)	●(37)		496.9(9/11)	
平成14年	●(8)	●(10)	●(17)	●(7)	●(11)		1,232.1(7/11)	
平成15年	●(3)	●(3)	●(1)	●(1)	●(1)		173.0(4/30)	
平成16年	●(3)	●(3)	●(5)	●(2)	●(5)		1,049.5(9/30)	

●：調査実施年、—：調査無し、()は採水検体数、(○/○は最大流量の日)

参考：四十四田ダム計画流量(1/50)：1350m³/s

表 2.5.4 各地点における出水調査の最大値(mg/l)

年度	赤川		松川		北上川 (ダム上流)		北上川 (ダム下流)
	富士見橋	古川橋	船田橋	岩姫橋	ダム下流		
平成12年	—	—	0.004(9/12)	—	0.003(9/12)		
平成13年	—	—	0.028(8/22)	0.036(8/22)	0.005(8/22)		
平成14年	0.068(7/11)	0.056(7/11)	0.019(7/11)	—	0.009(7/11)		
平成15年	0.054(8/9)	0.022(8/10)	0.054(4/30)	0.028(4/30)	0.005(4/30)		
平成16年	0.141(9/30)	0.099(9/30)	0.051(9/30)	—	0.007(9/30)		
※環境基準	<0.01						

—：データ無し、(○/○は最大値を記録した調査日)

図 2.5.2 にダム下流地点で最大値を記録した平成14年7月11日の出水時のグラフを示す。

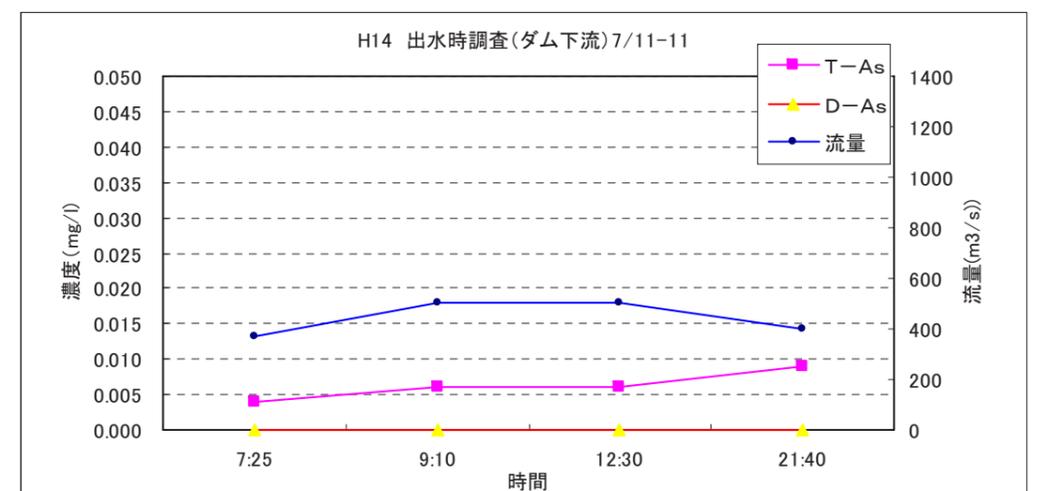
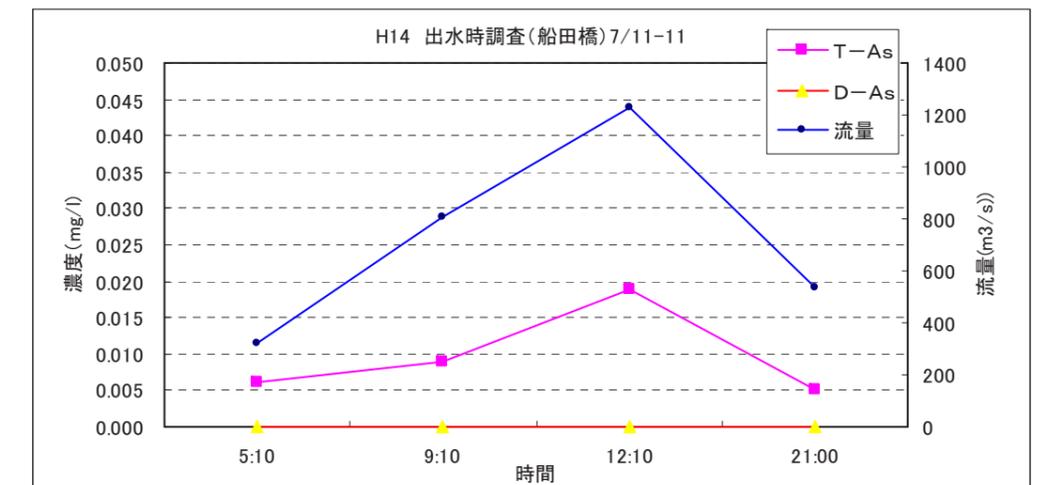
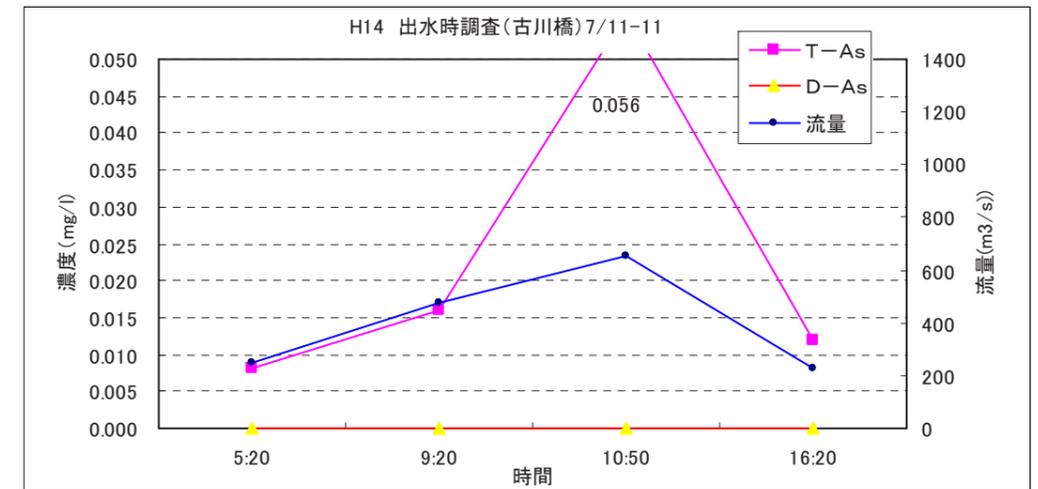


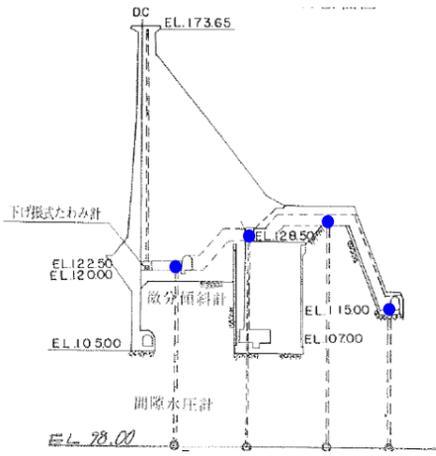
図 2.5.2 出水時の全ヒ素(T-As)・溶存態ヒ素(D-As)・流量の状況(H14出水の例)

2.5.3 浸透水水質調査結果からの見通し

ダム堤体下部からの浸透水の水質調査を平成 16 年度に実施し、ダム堤体部での浸透水の水質の現況を確認した。調査結果の概要を表 2.5.5 に示す。

(1) 調査の概要

表 2.5.5 浸透水（ヒ素濃度）調査概要

浸透水水質調査（平成 16 年度）	
調査概要	<p>堤体の下部（基礎地盤）を浸透する水において堆積物による影響を把握するため、間隙水圧計を介して湧出してくる浸透水の水質分析を行った。</p>  <p>(写真) 間隙水圧計と浸透水</p>  <p>(図) 間隙水圧計の計器設置箇所</p>
調査地点	12 地点 (図 2.5.3)
調査結果	全ての地点においてヒ素は、定量下限値以下であった。

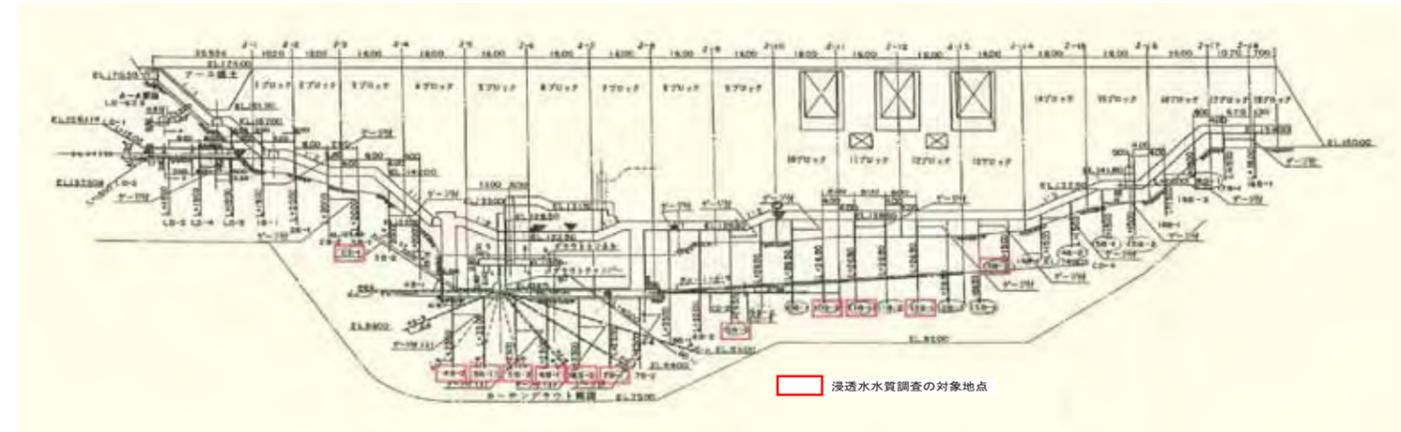


図 2.5.3 浸透水調査箇所

(2) 調査結果からの考察

堤体下部の浸透水の水質調査結果からは、いずれもヒ素は検出されておらず下層部を浸透してダム下流への流出は認められない。

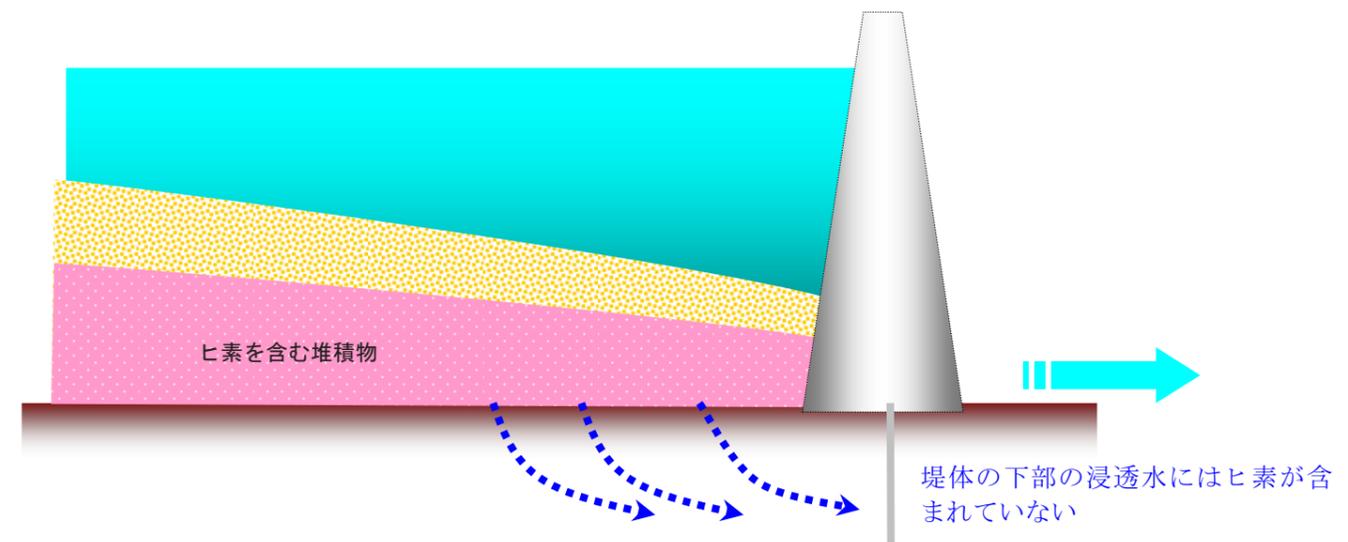


図 2.5.4 浸透水調査結果の説明図

2.5.4 監査廊内漏水水質調査結果からの見通し

ダム堤体からの漏水の水質調査を平成 17 年度に実施し、堤体漏水の水質の現況を確認した。調査結果の概要を表 2.5.6 に示す。

(1) 調査の概要

表 2.5.6 漏水水質（ヒ素濃度）調査概要

漏水水質調査（平成 17 年度）	
調査概要	<p>ダムの施工では、コンクリートはブロック分けにより柱状に打設される。このため縦方向にコンクリートの打ち継ぎ目（ジョイント：四十四田ダムでは J-1～19 の 19）があり、このジョイントを介して生じるダムの堤体漏水は監査廊内に導かれ、漏水量として観測されている。</p> <p>この漏水を対象に水質分析を平成 17 年 12 月 12 日、平成 18 年 2 月 7 日および平成 18 年 2 月 20 日に実施した。</p>
調査地点	8 地点（図 2.5.5）
調査結果	堤体直上流部に堆積物が接していると見られる J-12 地点において、ヒ素濃度 0.007mg/l が検出された。

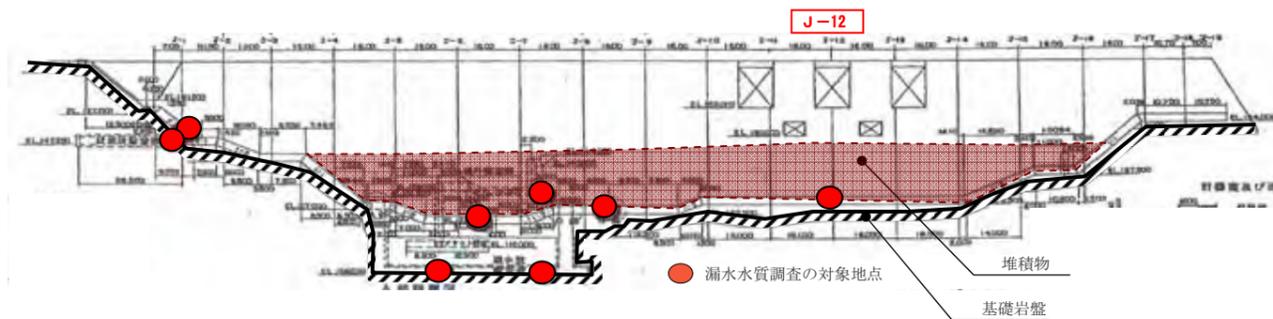


図 2.5.5 漏水調査箇所

(2) 調査結果からの考察

微量のヒ素を検出した「J-12 ブロック」は、過去の中和生成物由来の堆積物が厚く堆積している箇所であり、堤体の収縮継ぎ目からの漏水とともに流れている可能性がある。

本箇所の漏水量※は、2005 年の年間平均で約 0.30l/s、最大時でも約 0.60l/s であり、ダム下流の発電に利用される平常時のダム放流量 17.4m³/s に比べて極めて小さく（0.002%程度）、希釈効果を考えると極微量であり環境への影響は小さい。

公共用水域水質調査結果でのダム下流水質は、健康項目の基準を充分満足しており、この漏水の水質による下流河川へ影響は現在のデータの中から判断すれば極めて小さいと思われる。

※J-12 の漏水量は、厳密にはその他の漏水が含まれるが、調査時の目視により J-12 以外の箇所からの漏水量は微量であった。

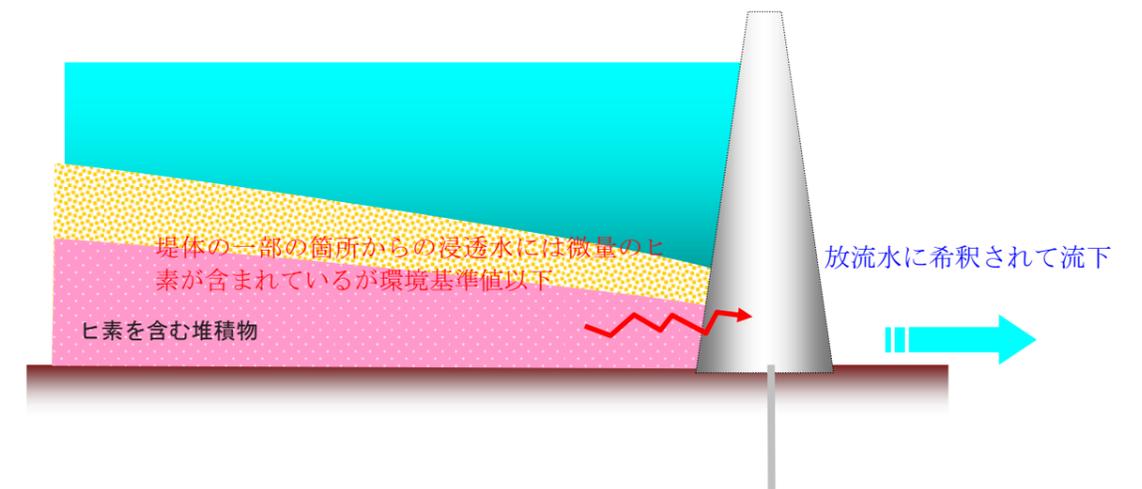


図 2.5.6 漏水調査結果の説明図

2.5.5 地下水等の水質調査結果からの見通し

ダム湖周辺の地下水は地形上、北上川へ向かって流れているものと考えられ、ダム湖内のヒ素を含む堆積物の溶出水が周辺地下水脈へ流れるような状況は想定されない。

ダム湖周辺で実施した公共用水域水質調査および岩手県・盛岡市(旧玉山村を含む)・滝沢村が実施した周辺井戸の水質調査結果では、ダム湖内の堆積物が要因と認められる水質汚染は見られていない。

また、平成18年2月に実施したダムの地山からの浸透水の水質を対象としたダム下流排水弁における水質調査およびダム管理事務所裏のグラウンドにおける地下水調査では、いずれの結果もヒ素濃度は0.001mg/lであり、ダム湖内の堆積物による周辺地山への浸透はみられていない。

現在のデータからはダム湖内堆積物による周辺地下水への影響は無いと考えられる。

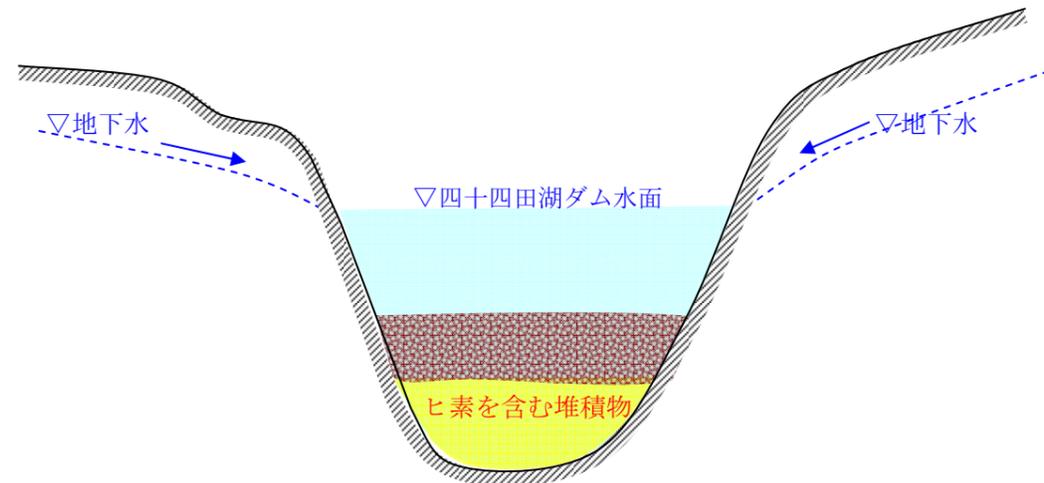


図 2.5.7 四十四田ダム湖周辺の想定される地下水の流れ（イメージ図）

2.5.6 質的課題に対するとりまとめ

四十四田ダムにおける質的な課題事項について、それぞれに対応する現在までの既往調査結果からは、いずれもダム湖内のヒ素を含む堆積物による影響は見られておらず、将来的にも現在の状況は継続するものと考えられる。

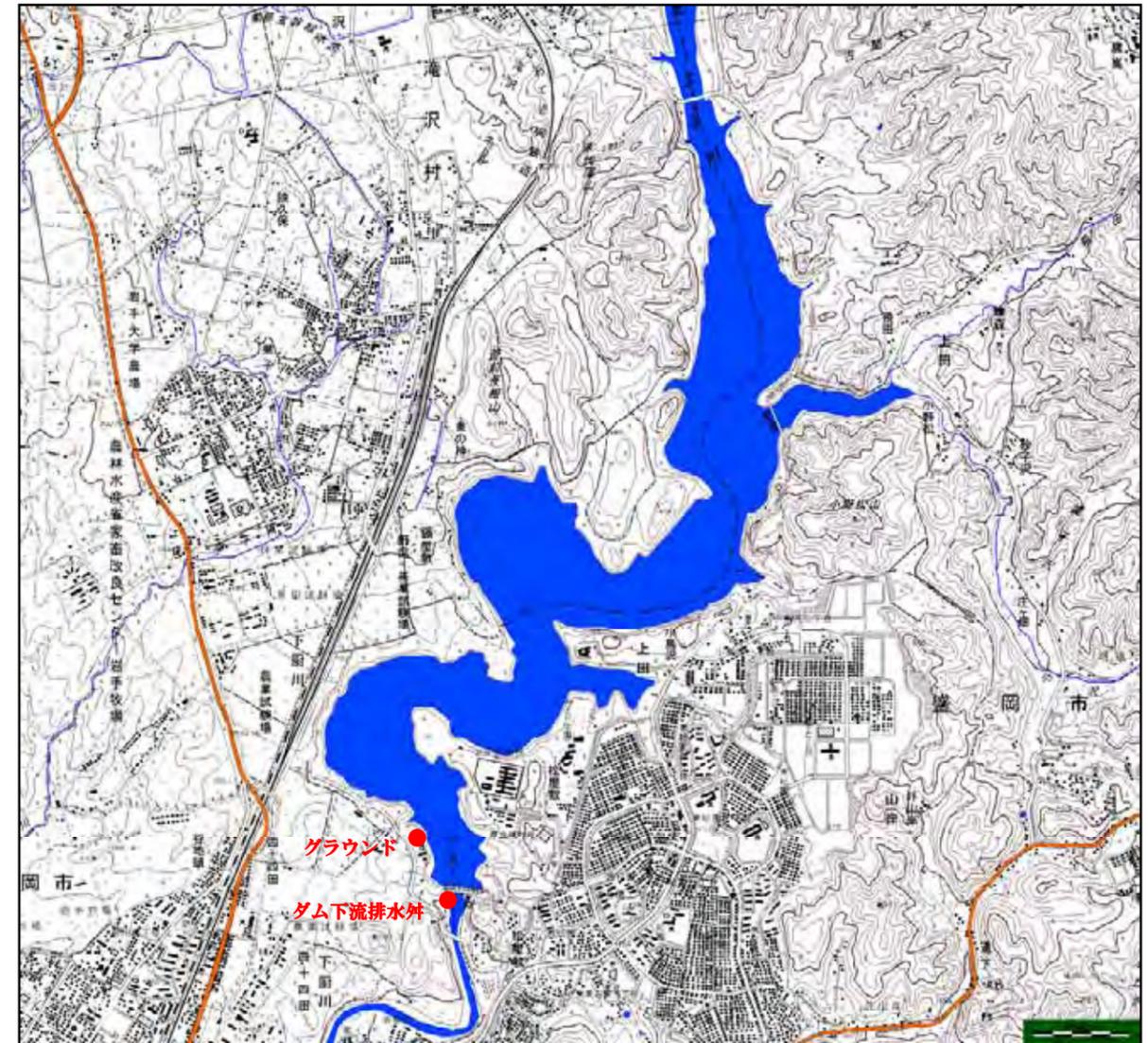


図 2.5.8 四十四田ダム湖周辺の地形
(●:ダム管理者の既往調査地点)

2.6 堆砂対策の概要

2.6.1 堆砂対策の方針

1) 基本方針

四十四田ダムの堆砂対策を実施するにあたり、その目的を『ダム有効容量確保による機能の維持』とする。

2) 今後進行する堆砂量の予測

(1) 堆砂進行状況

図 2.6.1 に平成 13 年度河床（平成 14 年 4 月測量）を初期値とする一次元河床変動計算結果に基づく堆砂予測の縦断形状を示す。また図 2.6.2 に、計算に用いた流入土砂量及びダムからの流入量を併せて示す。予測計算では、今後約 30 年で堆砂量が計画堆砂量を超過し、その後、微かに増減するが概ね一定となる。

表 2.6.1 に、ダム完成 100 年後までの最大堆砂量を示すが、平成 13 年以降最大で洪水期利水容量内に約 10 万 m³、洪水期治水容量内に約 40 万 m³ 堆砂が進行すると予測されている。

表 2.6.1 ダム完成後 100 年（2069 年）後までの予測計算結果における最大堆砂量

容量別の内訳	計画量(千 m ³) ①	堆砂量(千 m ³) (最大時) ②	計画値に対する割合(%) ②/①	平成 13 年度測量(千 m ³) (初期河床) ③	今後の堆砂量 (千 m ³) ②-③
貯水池容量内	47,100	12,400.2	26.3	8,542.9	3,857.3
堆砂容量内	11,600	10,794.6	93.1	7,237.6	3,557.0
有効容量内 (E.L. 158-171)	35,500	1,640.2	4.5	1,162.8	477.4
洪水期利水容量内 (E.L. 158-159)	1,600	451.2	28.2	368.5	82.7 ≒ 10 万 m ³
洪水期治水容量内 (E.L. 159-171)	33,900	1,189.0	3.5	794.3	394.7 ≒ 40 万 m ³

※平成 13 年初期値河床

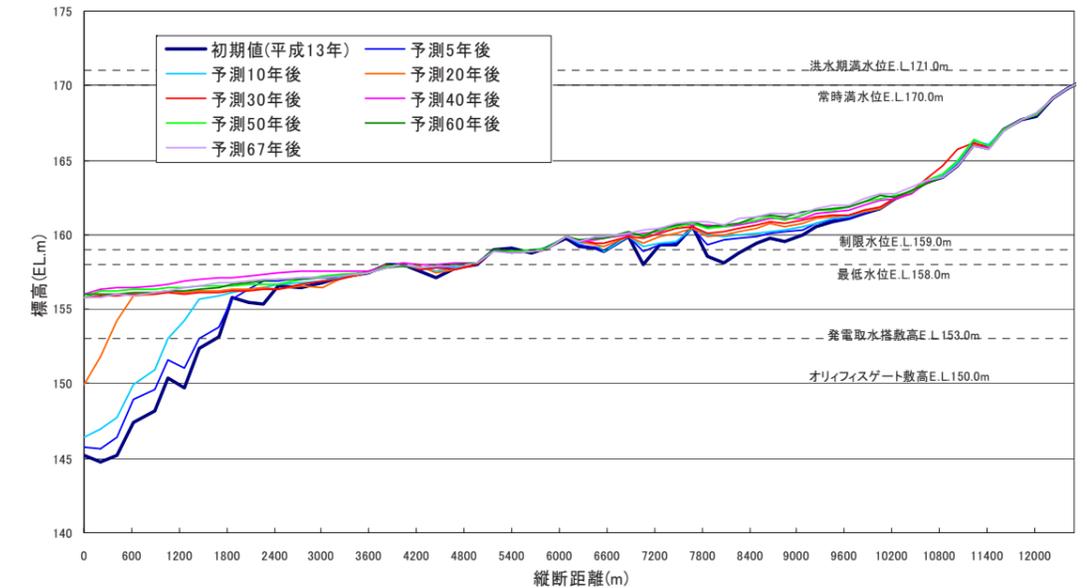


図 2.6.1 堆砂形状の予測計算結果（対策なし）

これらの予測計算は、平成 13 年度測量をもとに行っており、その後の平成 14 年～平成 16 年の洪水で四十四田ダムの堆砂は進行したため、今後現在の条件を入れた予測計算を検討する予定である。

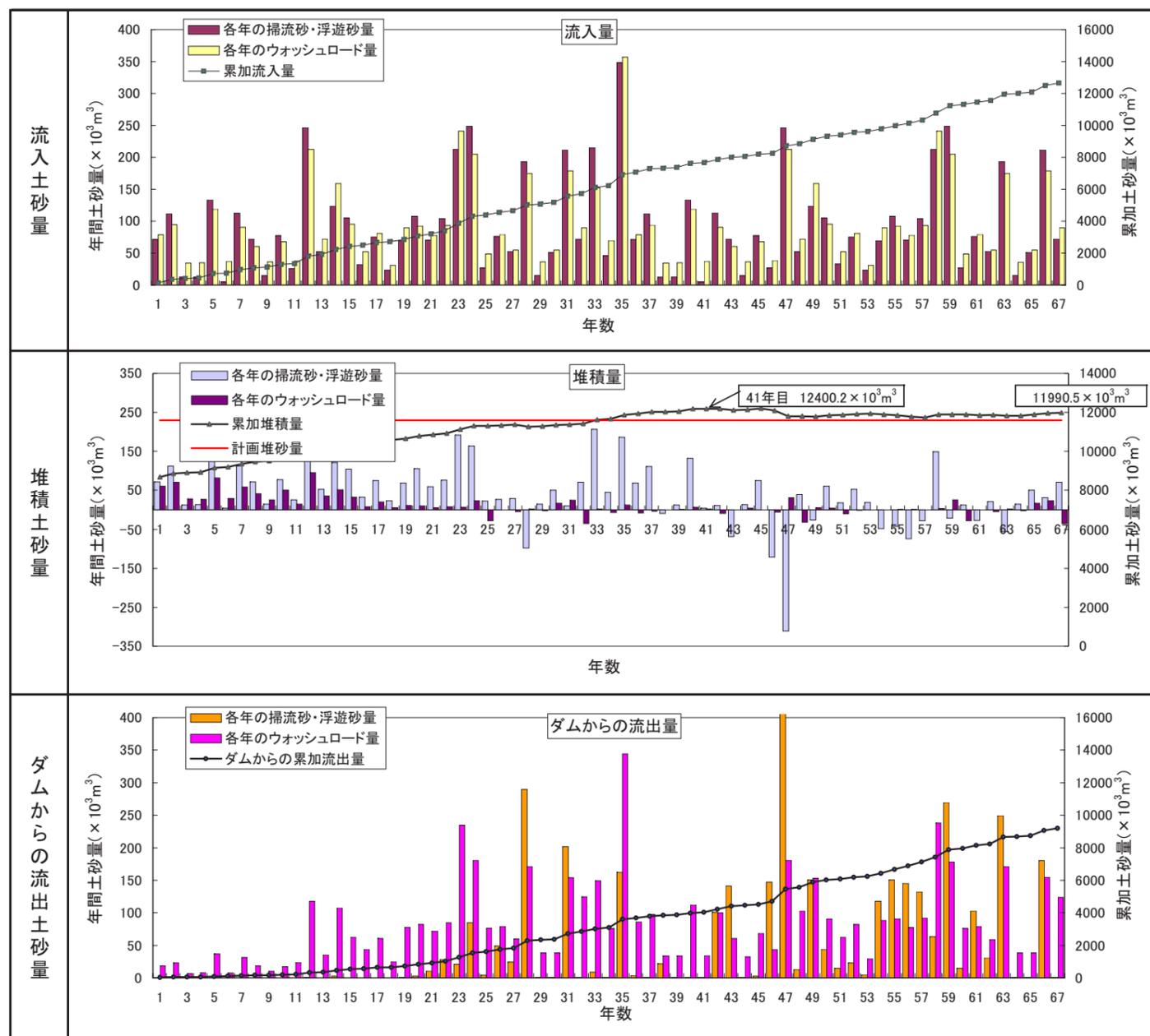


図 2.6.2 経過年数と流入・堆積流出土砂量の計算結果

また、予測計算をもとに四十四田ダムの土砂収支を図 2.6.3 に示す。予測計算では、堆砂が進むことで貯水池内堆砂容量が減少するため、今後は従来よりも堆砂が進行しなくなる傾向が認められる。

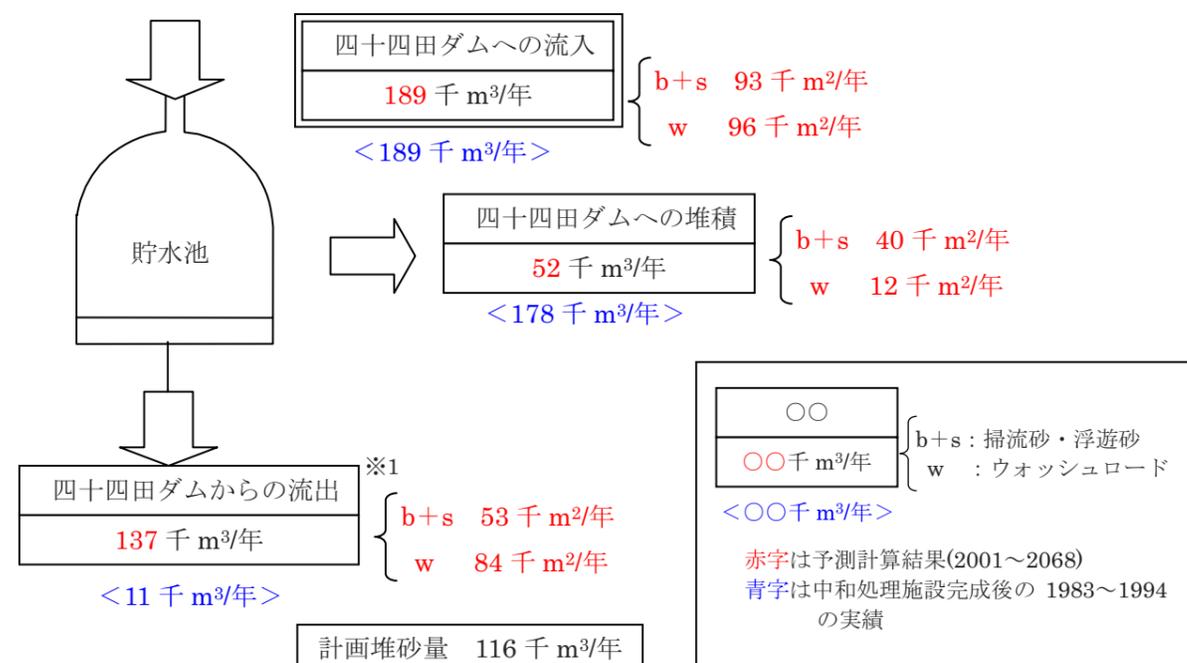


図 2.6.3 四十四田ダム土砂収支 (2001~2068 年) 予測計算結果 (対策なし)

(2) 堆砂対策目標量

堆砂対策の目標量は、表 2.6.1 (②-③欄) に示すように、予測計算で今後の有効容量内堆砂量について治水容量内：約 40 万 m³、利水容量内：約 10 万 m³と予測されている。

本検討では、

「現段階での有効容量回復」 + 「今後有効容量内で進行する堆砂量 (先取り)」

$$1,900,000 + 500,000 = 2,400,000 \text{ m}^3$$

の 240 万 m³を堆砂対策の目標量として検討する。

2.6.2 堆砂への対応

本節では、現況の有効容量内の堆砂対策（190万 m³）を行った上でダム完成後 100 年後（平成 80 年）でも有効容量が確保できる対策について検討する。

1) 堆砂対策方法の抽出

図 2.6.4 に示す一般的な堆砂対策のメニューのうち、スルーシングやバイパス排砂、貯砂ダム砂防・治山工事などは今後の流入土砂の減少等を主な目的とする対策であるために、四十四田ダムの有効容量内に既に堆積している約 190 万 m³の土砂による有効容量減少の解決策とはならない。

一方、フラッシング排砂や浚渫は、既往堆砂を排砂するため、容量の回復は見込めるが、堆砂内部の高濃度ヒ素を含む堆積物を排砂することとなり採用しない。

このため、貯水容量の拡大策として、代替ダム建設や貯水池掘削、ダム嵩上げから選定する。このうち、四十四田ダム上流域に早期に建設可能なダム候補地が見当たらないことから、①貯水池内地山掘削案、②ダム嵩上げ案が抽出される。このうち、ダム嵩上げ案は、本ダム基礎は地質が複雑で慎重な対応が必要であることから、調査に時間を有すると共に、概略嵩上げ費用（特殊基礎処理を含む）が約 179 億と見込まれ、地山掘削費用 114 億に比べ経済的に劣るため採用しないこととした。

この結果、現状の有効容量の回復策としては、貯水池内周辺の地山掘削を採用する。

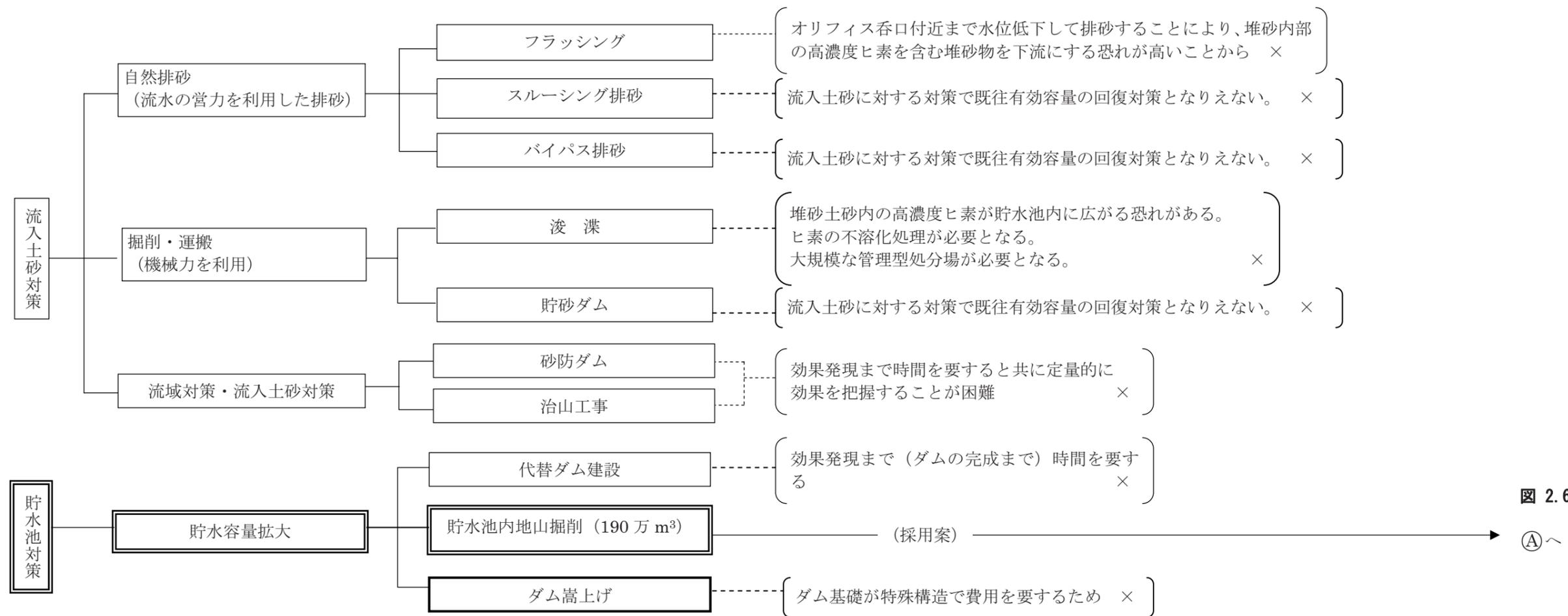


図 2.6.5

図 2.6.4 既に堆積した 190 万 m³の有効容量回復策

2) 今後進行する堆砂対策案の抽出

四十四田ダム of 今後進行する堆砂に対しては、**図 2.6.5** に示した貯水容量を拡大する方法の他、流入した土砂の対策（流入土砂対策）がある。

このうち、流域対策として砂防ダムの建設や治山工事などは、四十四田ダム堆砂対策に対する効果が明確ではなく、また、効果発現に時間を要することから、本ダムの主対策としては採用できない。

従ってここでは、①スルーシング(+地山掘削)案、②バイパス排砂(+地山掘削)案、③貯砂ダム(+地山掘削)案、④貯水池内地山掘削案、⑤ダム嵩上げ(+地山掘削)案について検討する。

ここで () 書きで地山掘削として記載しているのは、スルーシングやバイパス排砂、貯砂ダムについては、これら流入土砂対策を行っても、将来も 30~50 万 m³ 程度有効容量内に堆砂することが予測されるため、これに対する方策も必要になるためである。



図 2.6.5 恒久的堆砂対策の抽出

3) 堆砂対策の比較検討

表 2.6.2 に前節で抽出した 5 つの対策を比較した結果を示す。ここで示す費用は、既堆砂の有効容量回復に要する 190 万 m³ の地山掘削に加えて、各堆砂対策の費用及びその対策を行ってもなお、今後有効容量に堆砂すると予測される土砂量を地山掘削により排除する費用を計上したものである。これらのうち、バイパス排砂(+地山掘削)案は費用が 300 億円以上要する。

スルーシング(+地山掘削)案は、洪水期に現在よりも -0.8m 程度常に下げた運用をするものである。実際の操作としては、洪水期にほとんど利水容量をなくし、ほぼ最低水位（制限水位 -0.8m）で運用する案と考えられる。本案は地山掘削案に次いで経済的であるが、現在貯水池に維持している沈積物がこうした操作で流下する恐れがある。また、洪水調節操作面への検討も必要となる。こうしたことから費用的には安価であるものの、採用しないこととする。

ダム嵩上げ(+地山掘削)案も、約 300 億円以上の費用を要すると考えられると共に、本ダム基礎の特性からさらに費用を要する可能性があることから採用しないこととした。

こうしたことから貯砂ダム(+地山掘削)案や地山掘削案が有効と考えられる。

地山掘削案は、貯砂ダム(+地山掘削)案より経済的であり、四十四田ダム周辺は宅地開発が進行し、地山掘削可能な地点は限定される（420 万 m³ 程度）ものの確実な方策である。一方、地山掘削範囲内におけるヒ素含有についても、留意する必要がある。

以上の点から、ここでは、実績もあり、効果が確実と考えられる地山掘削案と貯砂ダム(+地山掘削)案を選定する。

表 2.6.2 恒久堆砂対策の検討(現在治水容量内堆砂 190 万 m³+将来見込まれる堆砂を処理)

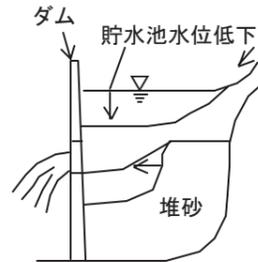
堆砂対策案の概略検討 (地山掘削数量は(現状の回復分)+(将来の有効容量内堆砂予測分)を計上している)

スルーシング排砂(+地山掘削)案

- 現有の洪水吐き用オリフィスゲートを改造して、運用水位の調節により貯水池内の土砂をダム下流に排出する

スルーシング排砂設備費	37 億
地山掘削費(240 万 m ³)	130 億
計	167 億

- (評 価)
- 現在貯水池に貯まっている沈積物が流れやすくなり、ヒ素の流下の危険性が増加する恐れがある



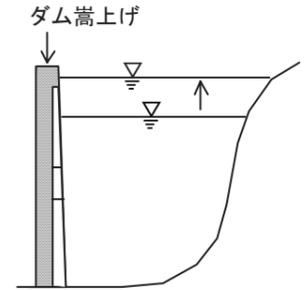
(×)

ダム嵩上げ(+地山掘削)案

- 堆砂によって不足する有効容量をダム嵩上げによる容量増で対応(+1.8m 嵩上げ)

ダム嵩上げ費	224 億 ^{注)}
地山掘削費(190 万 m ³)	114 億
計	338 億

- (評 価)
- ダム基礎に特殊構造が採用され、慎重な検討が必要である



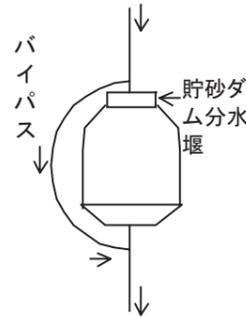
(×)

バイパス排砂(+地山掘削)案

- 分水堰を兼ねた貯砂ダムの上流に取水口を設け、ダムを迂回して、ダム下流に放水口を設け、土砂をダムに入れることなくダム下流に排出する
- すべての土砂を対象とする

バイパス排砂設備費	205 億
地山掘削費(230 万 m ³)	124 億
計	329 億

- (評 価)
- 右岸ルートは東北新幹線との幅員に、左岸ルートは住宅等が多く工事騒音、振動に難がある



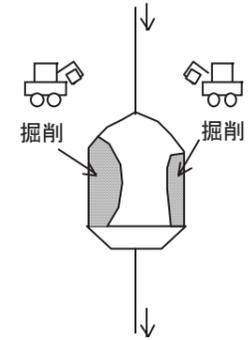
(×)

地山掘削案

- 貯水池周辺の地山のうち最低水位 (EL.158m) 以上を約 240 万 m³ 掘削して貯水容量を確保する

130 億

- (評 価)
- 確実な方法である
 - 事業費が最も安価である
 - 地山に対するヒ素含有量が不明であるが、地山の表層部の堆積物の厚さは十数 cm 程度以下と薄いため、処理が必要となる土砂量は非常に限られる
 - 地山掘削量は、約 420 万 m³ まで対応が可能



(○)

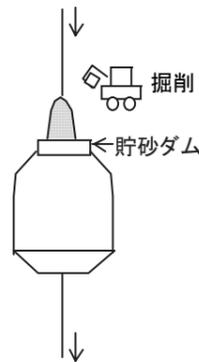
注)ダム基礎特殊構造(ピラー工法による置換コンクリート)の補強については概略的な全額である。

貯砂ダム(+地山掘削)案

- 貯水池内に貯砂ダムを設置し、毎年貯砂ダムの堆砂を浚渫(または掘削)する

貯砂ダム設備及び排砂費	65 億
地山掘削費(240 万 m ³)	130 億
計	195 億

- (評 価)
- 確実な方法である
 - 掘削に伴う残土処理用地の確保が問題となる
 - 本費用は全量土砂処分用地に運搬すると想定した費用で、活用先がその都度あれば、安価となる



(○)

4) 選定した対策

現段階における有効容量内堆砂とその対応

四十四田ダムでは平成 16 年 12 月測量時点で有効容量内堆砂量が約 190 万 m³(有効容量の約 5.4%) にまで及んでいる。

こうした既に喪失されている有効容量について、地山掘削(制限水位以上の地山を対象)により貯水池を拡大、容量を振り替えることにより対応する。

今後なお進行する堆砂への対応

今後も土砂が流入するため、有効容量内にも土砂が堆積する。

既往の検討における堆砂予測計算(一次元河床変動計算)では、無対策の場合に今後、有効容量内で進行する堆砂量を約 50 万 m³と予測している。

こうした今後の有効容量内堆砂への対応のため、における「現段階での容量回復のための地山掘削」と同時に、下記の 2 通りの対策が考えられ、いずれの対策にするか、今後検討を進める。

イ) 地山掘削

今後予想される堆砂に見合った地山掘削

ロ) 貯砂ダムの設置捕捉土砂の掘削

貯水池上流端(45 付近)での貯砂ダム建設と、この貯砂ダムでの捕捉土砂の掘削(毎年実施)

3. 今後の方針 (案)

現時点における整理結果では、ダム湖内の堆積物による下流河川及び周辺への質的な環境面での大きな影響は見られていない。

一方、量的な課題への対応の必要性が高まってきており、量的・質的課題に総合的に対応するために環境へ与える影響面も考慮した対応方策を検討する必要がある。そのためには、技術的に詳細な事項についてさらに検討を進める必要があり、委員会の下部組織として技術検討会を設置し審議していくこととする。

図 3.1 に「四十四田ダム貯水池堆砂対策検討委員会」と「四十四田ダム貯水池堆砂対策技術検討会」の今後の方針を示す。

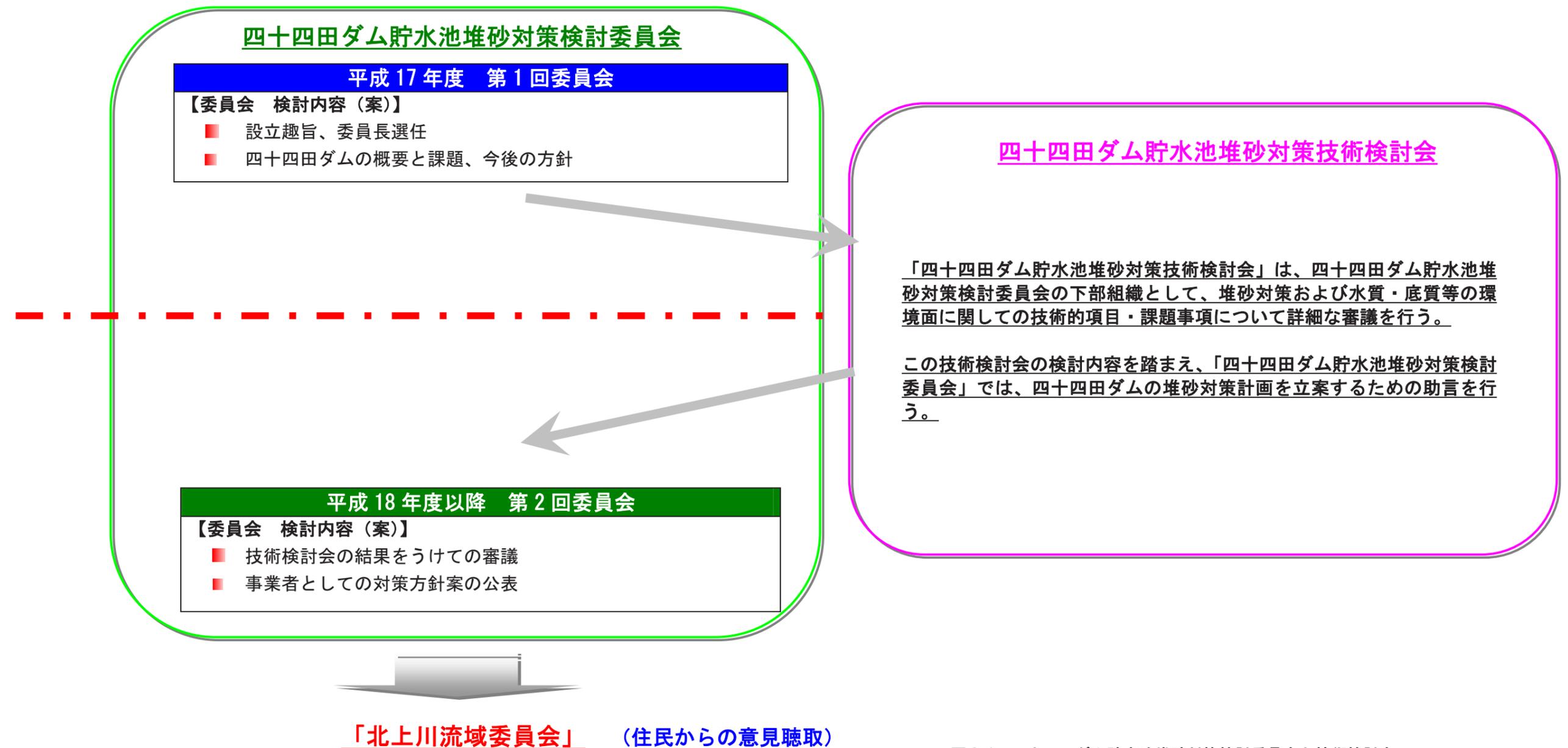


図 3.1 四十四田ダム貯水池堆砂対策検討委員会と技術検討会のフロー

参 考 资 料

参考1. 底質の状況 ヒ素含有量 経年変化状況

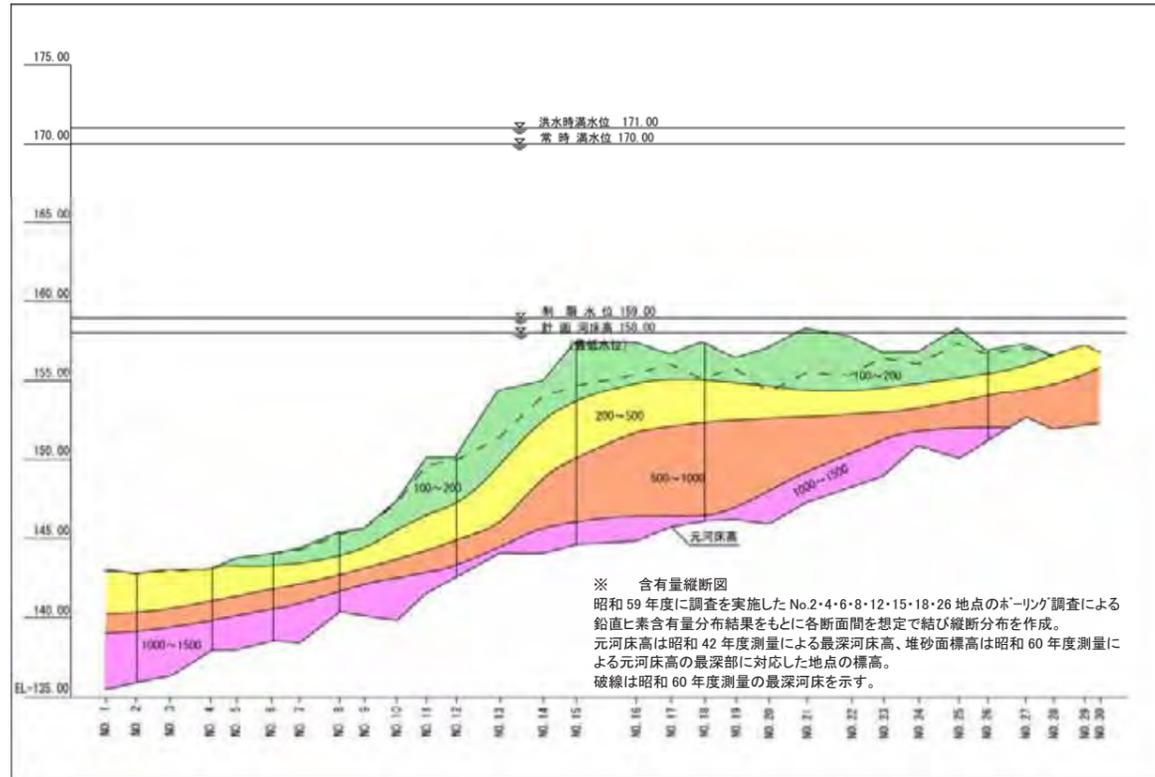


図 1-1 四十四田ダム貯水池内ヒ素分布（昭和59年）

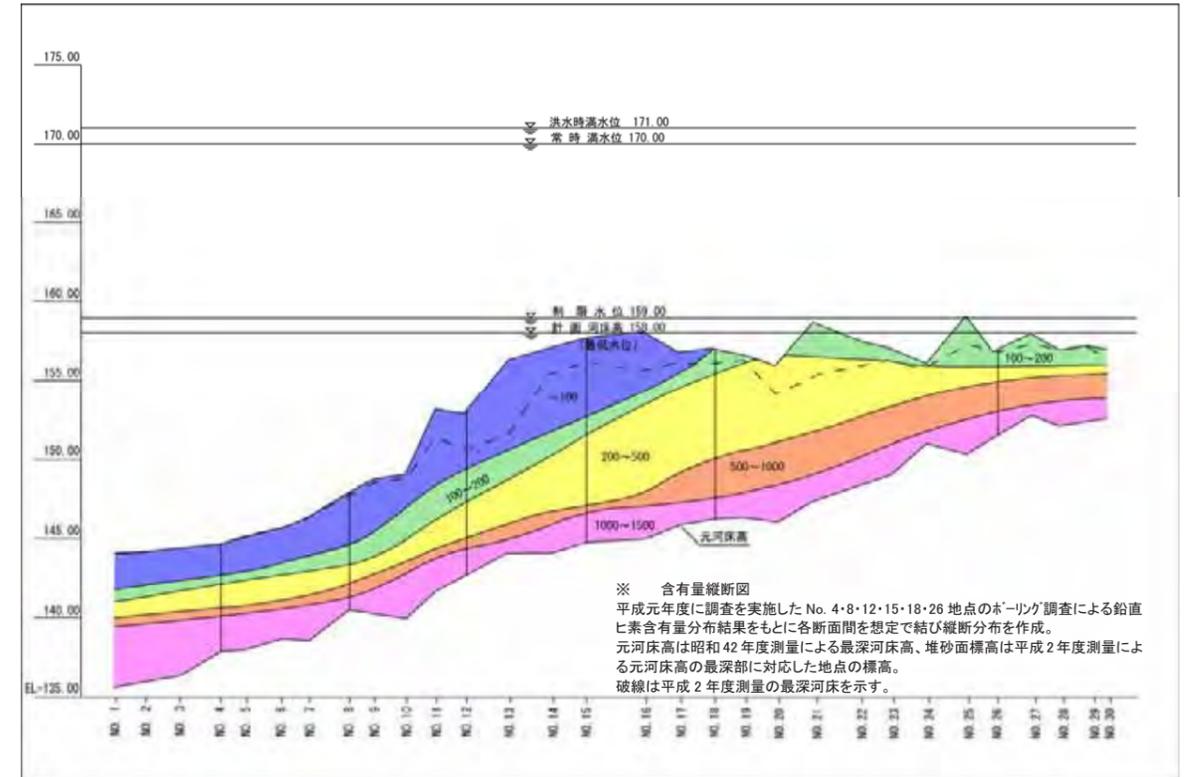


図 1-3 四十四田ダム貯水池内ヒ素分布（平成元年）

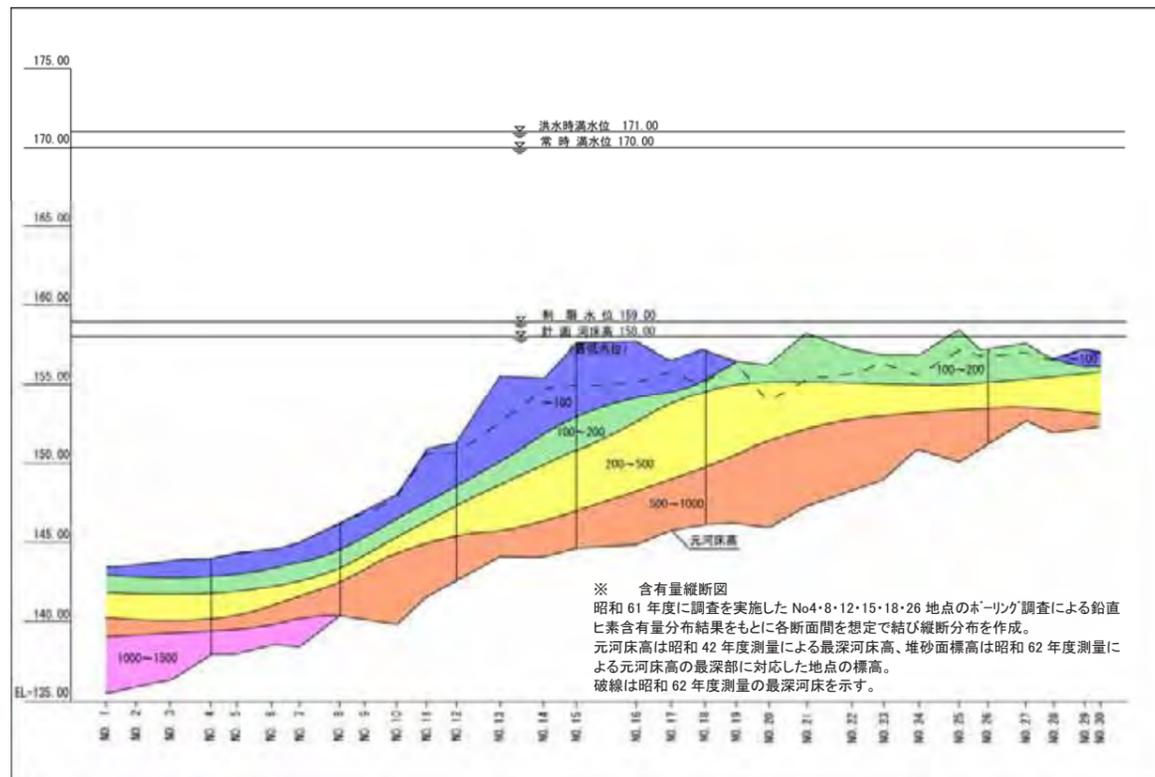


図 1-2 四十四田ダム貯水池内ヒ素分布（昭和61年）

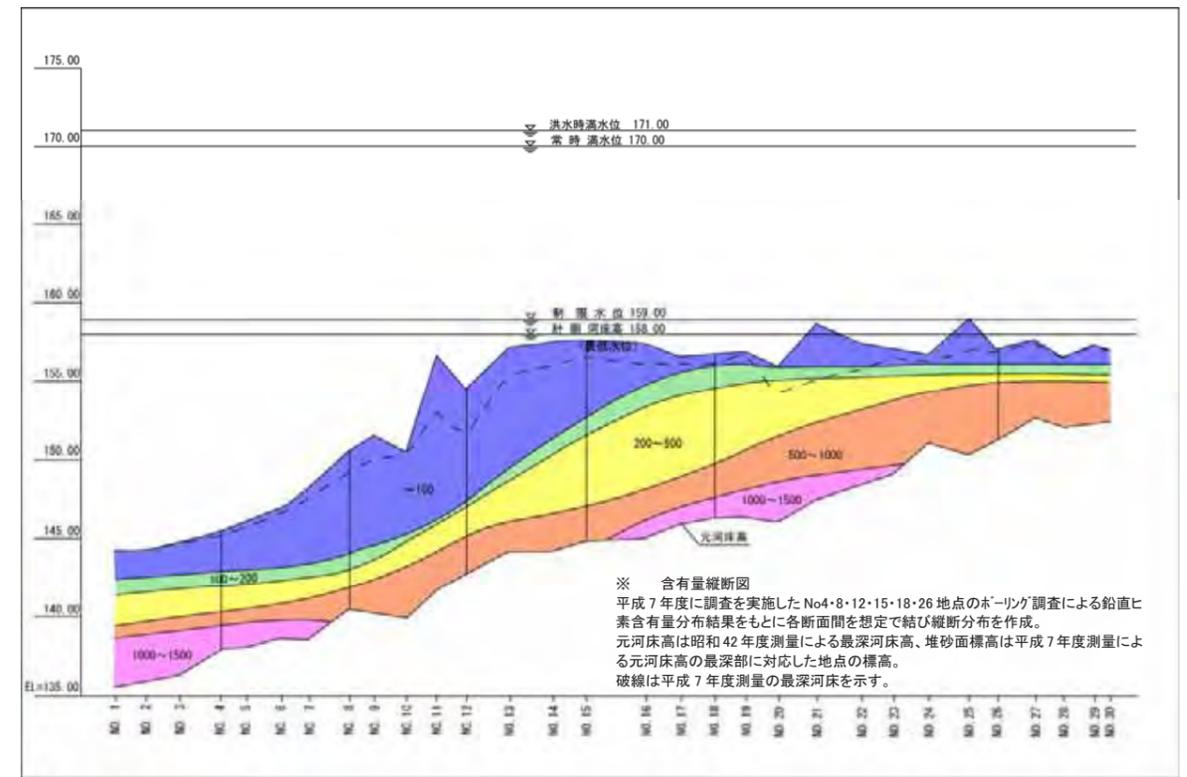


図 1-4 四十四田ダム貯水池内ヒ素分布（平成7年）

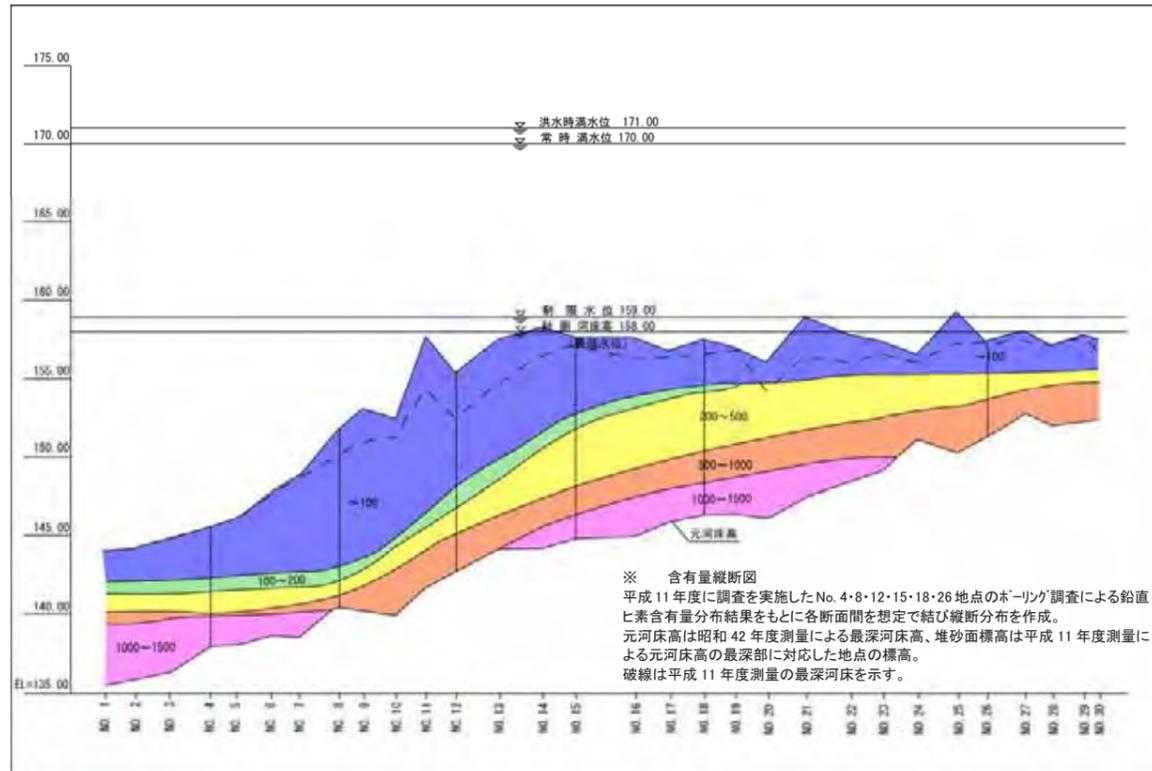


図 1-5 四十四田ダム貯水池内ヒ素分布（平成 1 1 年）

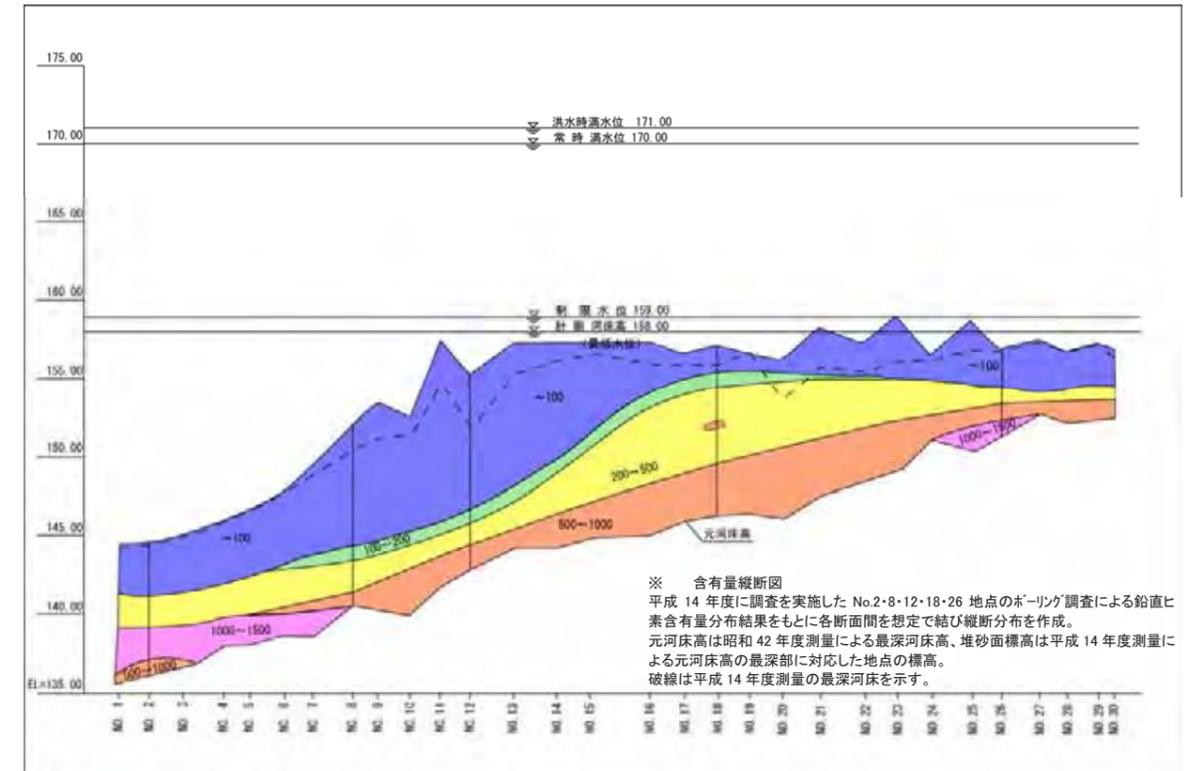


図 1-7 四十四田ダム貯水池内ヒ素分布（平成 1 4 年）

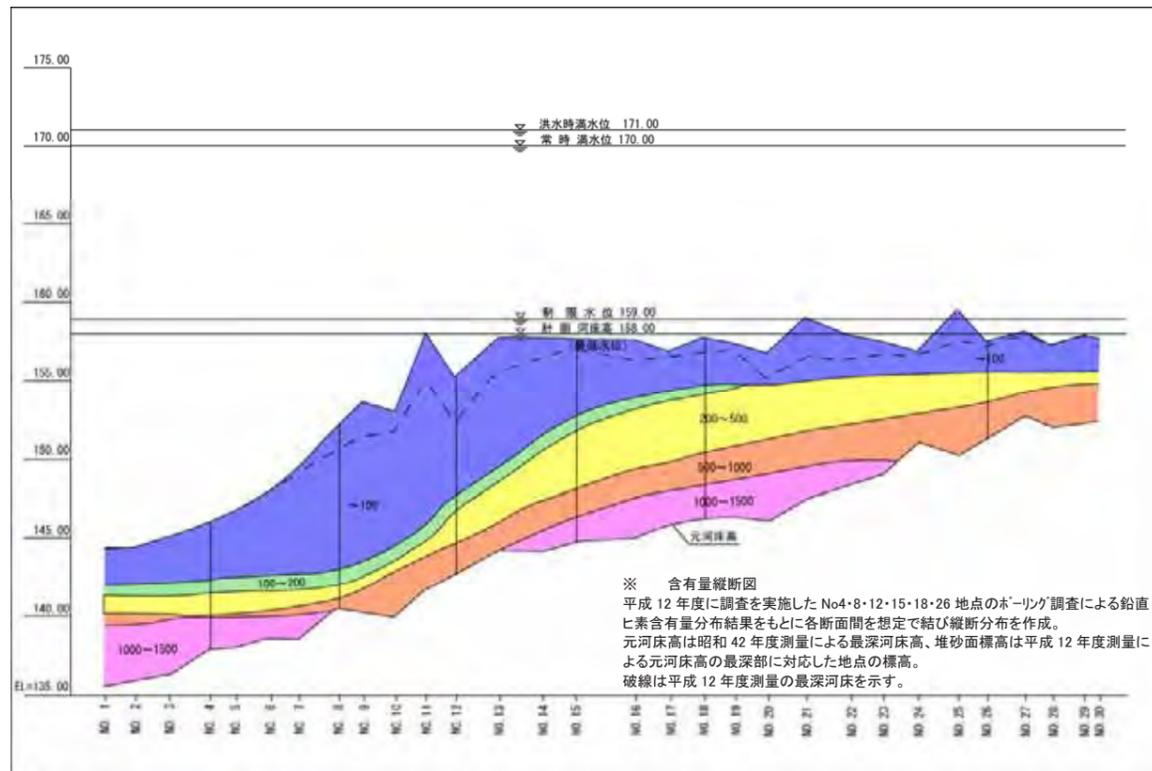


図 1-6 四十四田ダム貯水池内ヒ素分布（平成 1 2 年）

参考2. 気象（気温・降水量）の状況

● ダム近傍の気象データ

気象庁の「盛岡气象台」（ダム下流に位置）

「好摩地域気象観測所」（ダム上流に位置）の気温・降水量

表 2-1 ダム近傍の気象観測データ（気温・降水量）

盛岡气象台 (気象庁アメダスデータ)				
	平均気温	最高気温	最低気温	降水量
単位	°C	°C	°C	mm
統計期間	1971~2000	1971~2000	1971~2000	1971~2000
資料年数	30	30	30	30
1月	-2.1	1.7	-5.9	50.6
2月	-1.6	2.5	-5.7	54.9
3月	1.8	6.7	-2.6	80.1
4月	8.4	14.2	2.8	93.8
5月	13.8	19.8	8	103.3
6月	18.2	23.2	13.7	114.9
7月	21.8	26.5	17.9	165.7
8月	23.2	28.1	19.2	177.8
9月	18.3	23.2	14.2	157.5
10月	11.8	17.4	6.7	97.8
11月	5.7	10.6	1.2	93.1
12月	0.8	4.5	-2.7	64.5
全年	10	14.9	5.6	1254.1

好摩地域気象観測所				
	平均気温	最高気温	最低気温	降水量
単位	°C	°C	°C	mm
統計期間	1979~2000	1979~2000	1979~2000	1979~2000
資料年数	22	22	22	22
1月	-3.2	0.7	-7.7	36
2月	-2.6	1.4	-7.4	36.8
3月	1.1	5.5	-3.5	63.6
4月	7.8	13.2	2	83.2
5月	13.3	18.7	7.6	93.3
6月	17.6	22.2	13.2	105
7月	21	25.1	17.3	157.2
8月	22.4	26.9	18.6	170
9月	17.6	22.3	13.3	162.5
10月	11	16.5	5.7	88.8
11月	5	9.7	0.3	84.2
12月	0.1	3.7	-3.8	54
全年	9.3	13.8	4.6	1131.6



図 2-1 ダム近傍の気象観測所

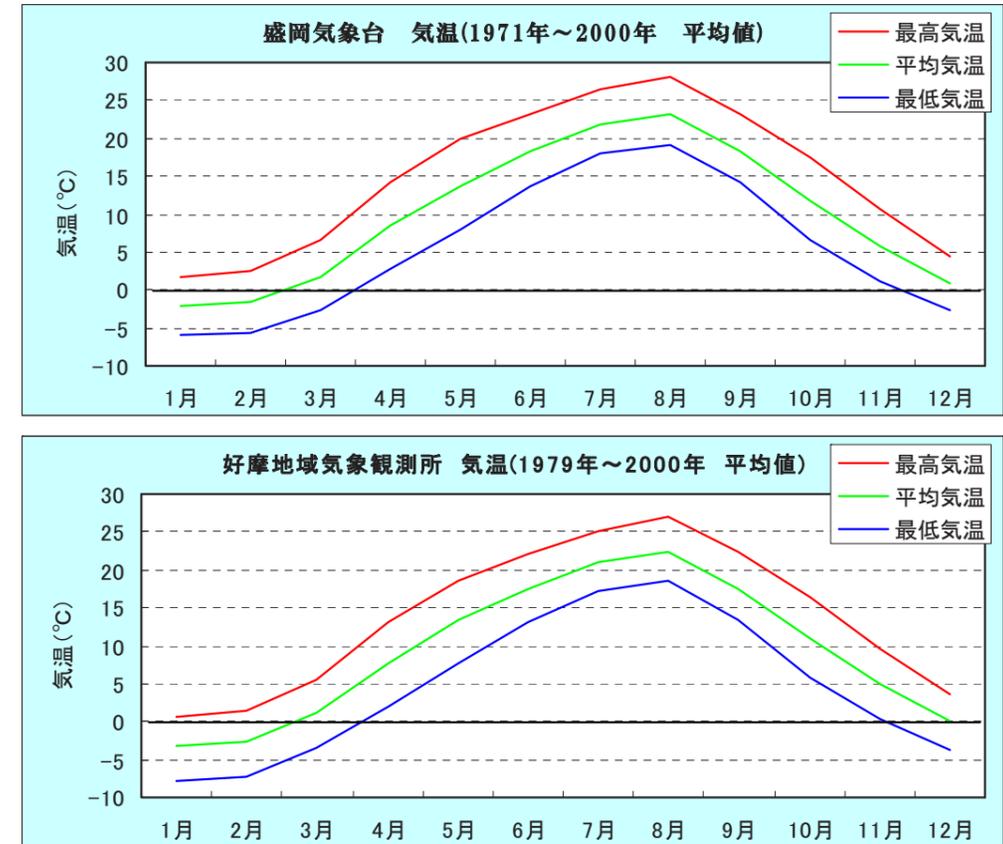


図 2-2 ダム近傍の気温データ（青森气象台・好摩地域気象観測所）

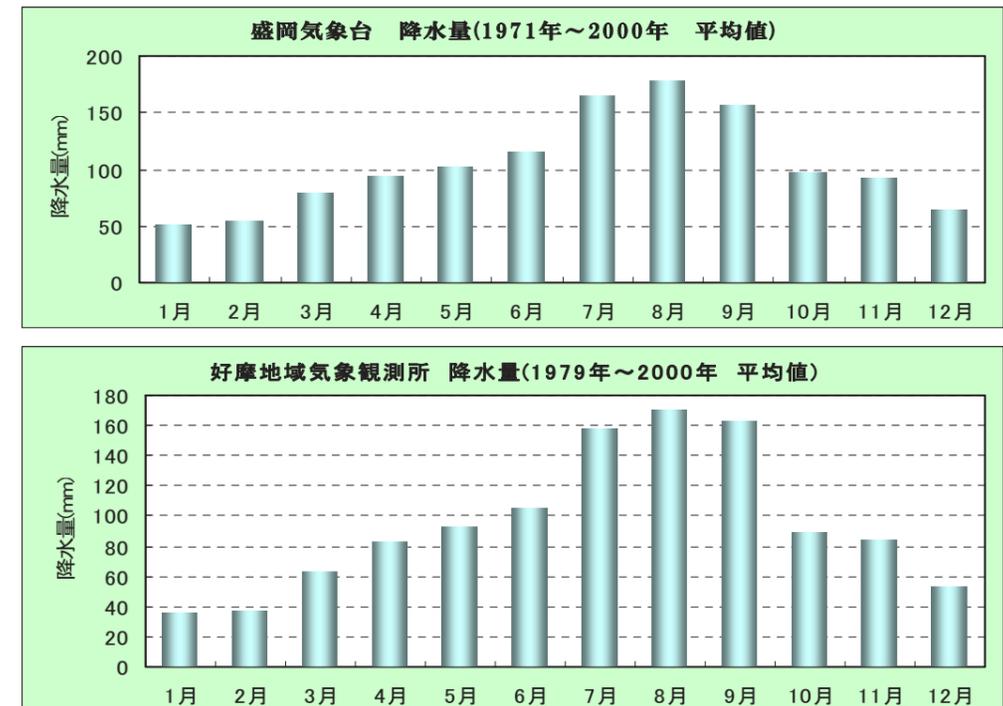


図 2-3 ダム近傍の降水量データ（青森气象台・好摩地域気象観測所）

参考 3. 流況（豊平低濁）、月平均流量

四十四田ダムにおける近5ヶ年の流況（平成11年から平成15年）

表 3-1 ダム流入量の流況

年	(m ³ /s)						
	最大	豊水	平水	低水	濁水	最小	年平均
H11	345.41	51.21	35.70	29.57	20.15	2.79	43.12
H12	415.14	55.94	35.87	29.05	23.76	3.47	48.17
H13	407.57	40.62	29.99	24.64	19.51	0.00	36.80
H14	918.16	52.53	36.64	27.89	18.52	6.60	48.89
H15	300.49	37.56	27.93	24.39	19.91	0.00	35.56
平均	477.35	47.57	33.23	27.11	20.37	2.57	42.51

表 3-2 ダム放流量の流況

年	(m ³ /s)						
	最大	豊水	平水	低水	濁水	最小	年平均
H11	255.76	53.97	40.14	26.89	18.22	0.00	43.18
H12	377.88	54.26	36.71	29.21	17.63	0.00	48.09
H13	279.42	43.87	31.52	24.87	16.45	0.00	37.19
H14	526.52	54.10	37.22	29.98	16.42	0.00	48.94
H15	249.98	40.66	31.42	23.56	16.23	0.00	35.62
平均	337.91	49.37	35.40	26.90	16.99	0.00	42.60

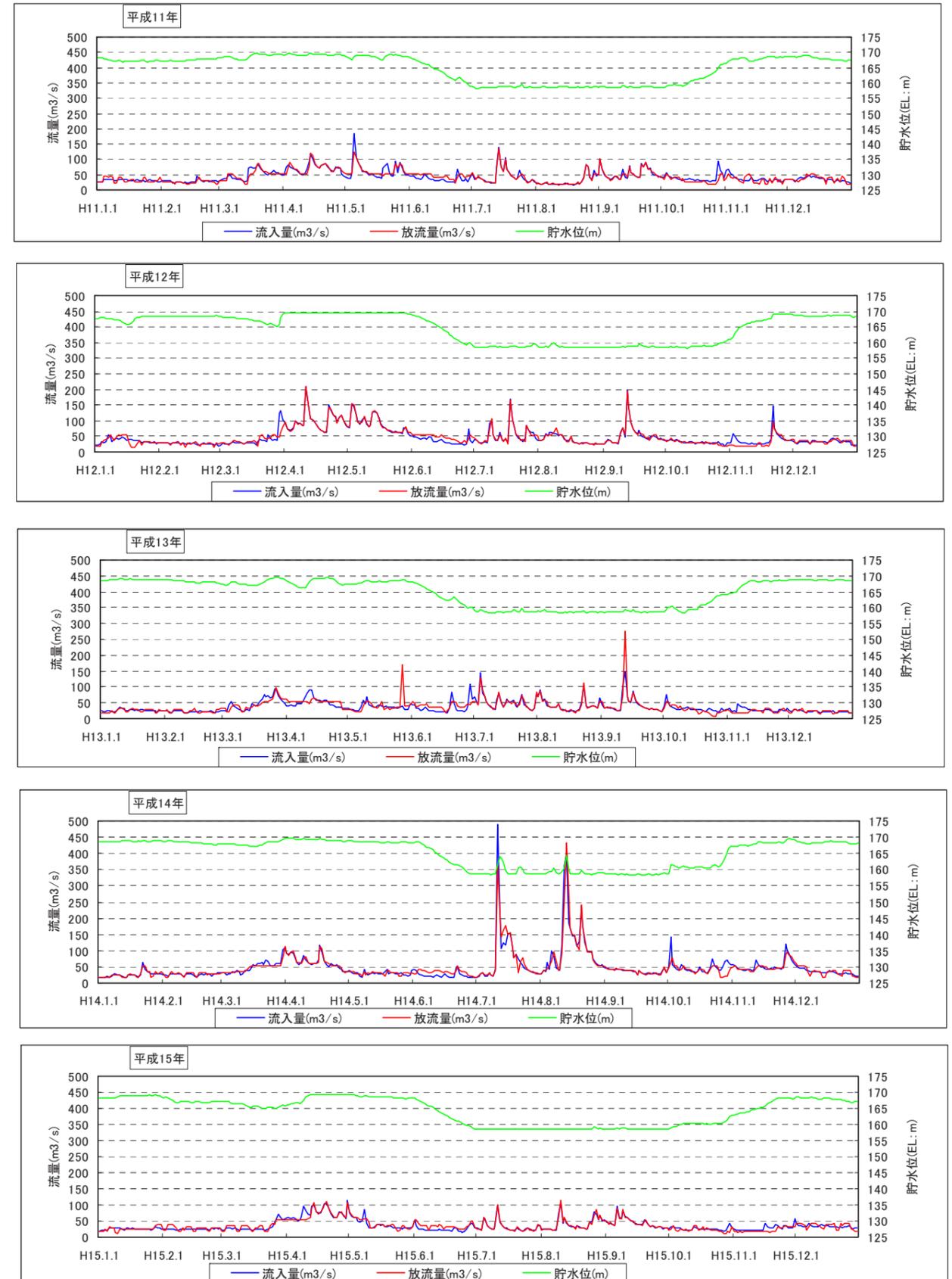


図 3-1 四十四田ダム流入量・放流量・貯水位 (H11~H15)

参考4. 水質関連資料

1) 公共用水域水質結果

四十四田ダム上下流における環境基準の類型指定状況および近年の水質状況

表 4-1 四十四田ダム上下流の河川および湖沼環境基準

河川・ダム名	環境基準	環境基準地点	基準値				
			BOD	SS	pH	DO	大腸菌群数
北上川(1)	河川AA類型	芋田橋	1mg/L以下	25mg/L以下	6.5～8.5	7.5mg/L以上	50MPN/100mL以下
北上川(2)	河川A類型	南大橋	2mg/L以下	25mg/L以下	6.5～8.5	7.5mg/L以上	1000MPN/100mL以下

河川・ダム名	環境基準	環境基準地点	基準値				
			COD	SS	pH	DO	大腸菌群数
四十四田ダム貯水池	湖沼A類型	ダムサイト	3mg/L以下	5mg/L以下	6.5～8.5	7.5mg/L以上	1000MPN/100mL以下

河川・ダム名	環境基準	環境基準地点	基準値	
			全窒素	全リン
四十四田ダム貯水池	湖沼Ⅲ類型	ダムサイト	—	0.03mg/L以下

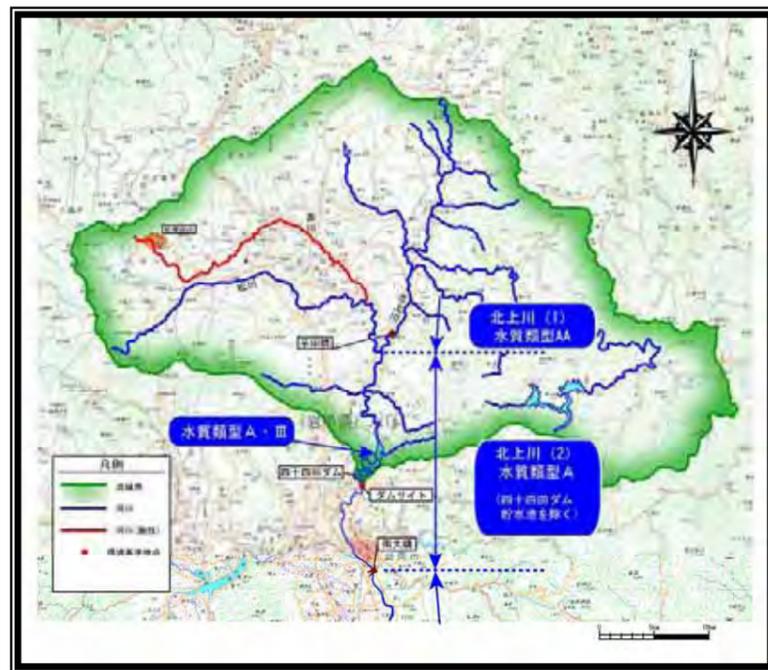


図 4-1 四十四田ダム上下流の河川および湖沼環境基準

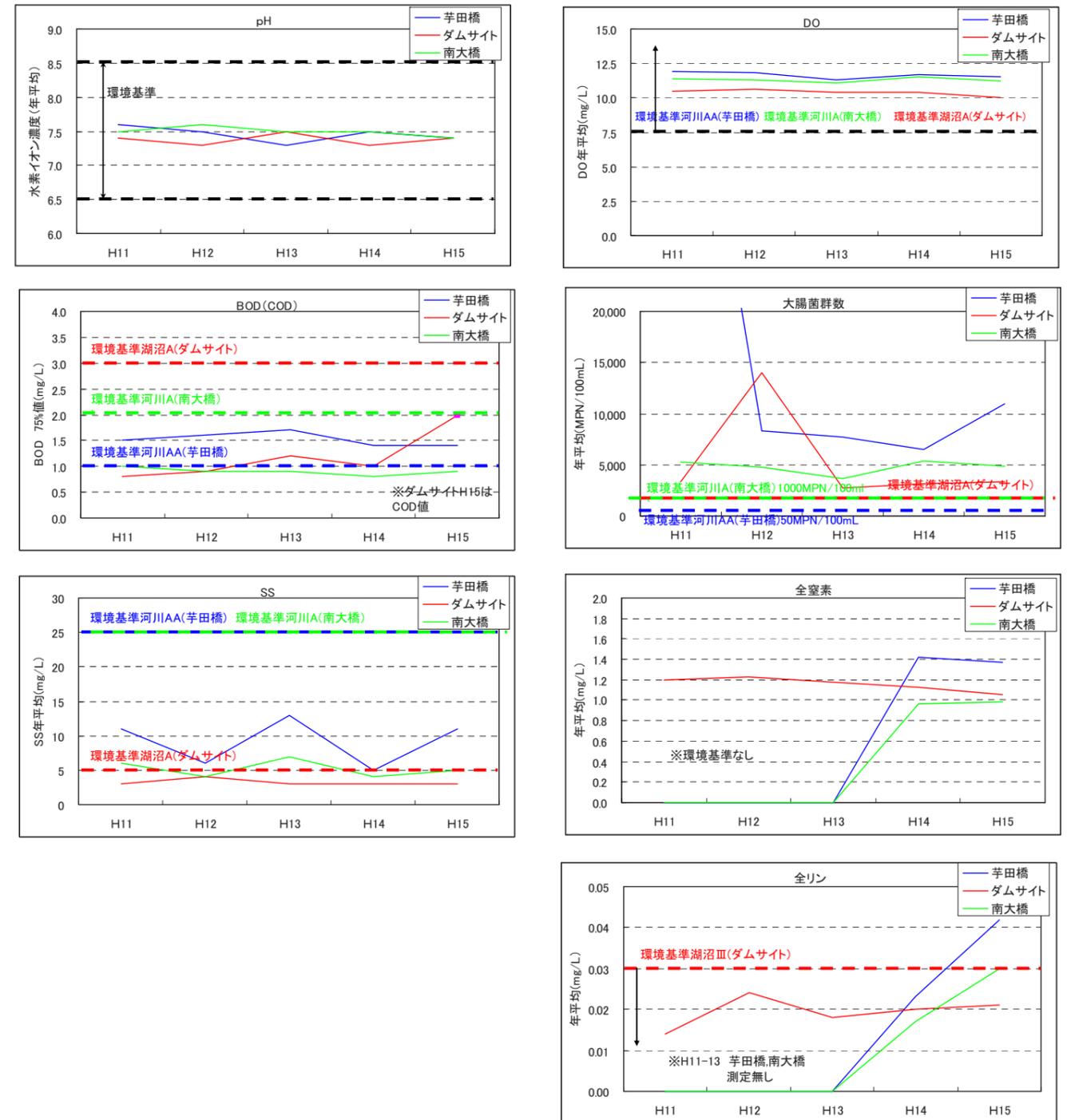


図 4-2 四十四田ダム上下流の河川および湖沼環境基準達成状況 (近5ヶ年)

2) 旧松尾鉱山中和処理施設からの放流水質に関する資料

表 4-2 旧松尾鉱山中和処理施設からの放流水質の経年変化

原水の水量・水質実績表

水質 諸元 年度	水量 (m ³) (m ³ /分)		pH 水素イオン 濃度	8.4A χ (mg/l) 8.4酸度	T-Fe (mg/l) 全鉄	Al (mg/l) アルミニウム	As (mg/l) ヒ素
	—	20					
S57	9,063,350	17.2	1.93	2,453	504	114.0	2.84
S58	8,139,146	16.6	1.98	2,172	454	107.0	2.31
S59	8,939,235	17.0	2.02	1,901	386	82.0	1.86
S60	8,191,506	15.6	2.06	1,926	392	75.0	1.85
S61	8,313,855	15.8	2.09	1,947	389	77.0	1.86
S62	8,873,243	16.8	2.08	1,881	377	85.0	1.86
S63	8,387,113	16.0	2.12	1,776	354	85.0	1.83
H1	8,035,530	15.3	2.10	1,724	347	77.0	1.80
H2	8,706,366	16.6	2.14	1,698	335	74.0	1.78
H3	9,555,518	18.1	2.16	1,598	319	73.0	1.74
H4	9,276,440	17.6	2.21	1,532	304	72.0	1.70
H5	9,357,133	17.8	2.23	1,445	287	70.0	1.67
H6	8,600,857	16.4	2.23	1,411	286	70.0	1.68
H7	9,186,328	17.4	2.28	1,383	280	69.0	1.66
H8	8,088,159	15.4	2.31	1,351	276	69.0	1.67
H9	8,492,117	16.2	2.27	1,361	267	69.0	1.66
H10	9,555,377	18.2	2.26	1,373	273	69.0	1.66
H11	9,790,800	18.6	2.27	1,279	254	69.0	1.57
H12	9,495,371	18.1	2.27	1,245	246	69.0	1.30
H13	9,167,058	17.4	2.27	1,196	237	70.0	1.31
H14	9,507,078	18.1	2.26	1,201	237	70.0	1.29
H15	9,227,709	17.5	2.28	1,123	227	70.0	1.19
H16	9,905,706	18.8	2.30	1,098	225	70.0	1.09
平均値	8,950,217.2	17.1	2.18	1,568	315	76.3	1.70

放流水の水量・水質実績表

放流 諸元 年度	水量 (m ³) (m ³ /分)		pH 水素イオン 濃度	8.4A χ (mg/l) 8.4酸度	T-Fe (mg/l) 全鉄	Al(後) (mg/l) アルミニウム	As(後) (mg/l) ヒ素	SS (mg/l)
	—	20						
S57	9,063,350	17.2	4.20	509	2.3	81.0	0.02	5.5
S58	8,139,146	16.6	4.17	501	2.3	66.0	0.01	5.3
S59	8,939,235	17.0	4.17	439	2.1	62.0	0.01	4.5
S60	8,191,506	15.6	4.14	452	1.9	59.0	0.01	4.5
S61	8,313,855	15.8	4.15	470	2.1	57.0	0.01	4.8
S62	8,873,243	16.8	4.14	456	2.5	64.0	0.01	5.4
S63	8,387,113	16.0	4.16	435	2.5	61.0	0.01	5.7
H1	8,035,530	15.3	4.14	417	2.6	60.0	0.01	5.9
H2	8,706,366	16.6	4.14	416	2.2	62.0	0.01	4.7
H3	9,555,518	18.1	4.14	398	1.9	58.0	0.01	4.1
H4	9,276,440	17.6	4.14	399	2.0	57.0	0.01	4.4
H5	9,357,133	17.8	4.16	386	1.9	56.0	0.01	4.4
H6	8,600,857	16.4	4.11	369	1.8	57.0	0.01	4.3
H7	9,186,328	17.4	4.13	371	2.2	57.0	0.01	5.1
H8	8,088,159	15.4	4.14	351	2.3	59.0	0.01	5.9
H9	8,492,117	16.2	4.11	351	2.1	58.0	0.01	5.4
H10	9,555,377	18.2	4.13	353	2.2	57.0	0.01	5.4
H11	9,790,800	18.6	4.14	331	2.2	57.0	0.01	5.3
H12	9,495,371	18.1	4.13	325	2.5	58.0	0.01	5.9
H13	9,167,058	17.4	4.13	322	2.2	58.0	0.01	4.5
H14	9,507,078	18.1	4.14	323	2.2	58.0	0.01	4.4
H15	9,227,709	17.5	4.24	301	1.8	58.0	0.01	3.5
H16	9,905,706	18.8	4.30	310	2.0	57.0	0.01	3.8
平均値	8,950,217	17.1	4.15	391	2.2	59.9	0.01	4.90

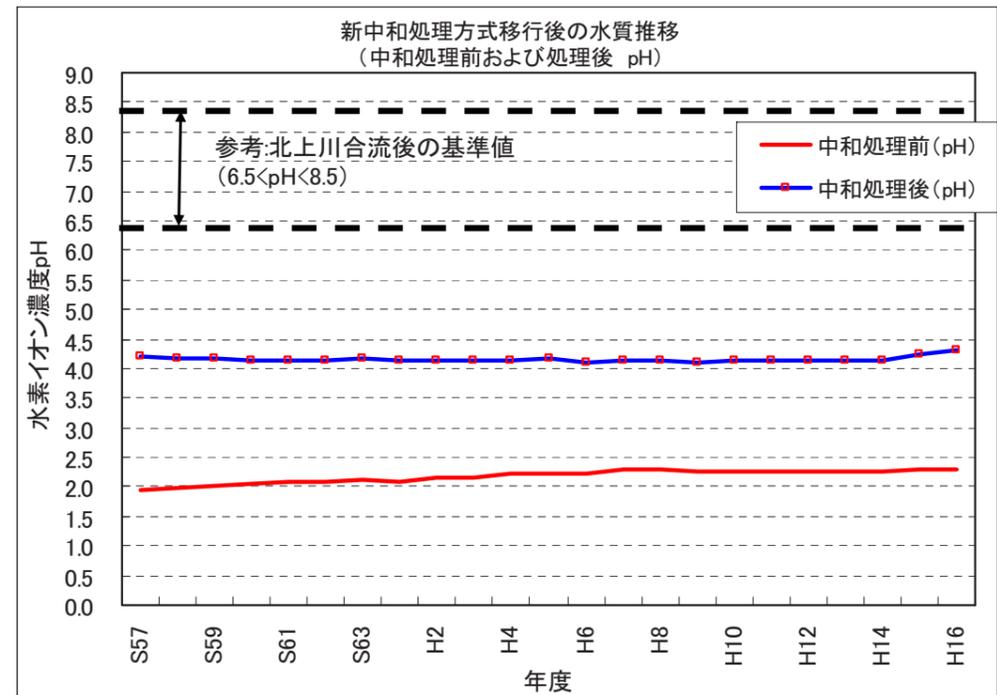
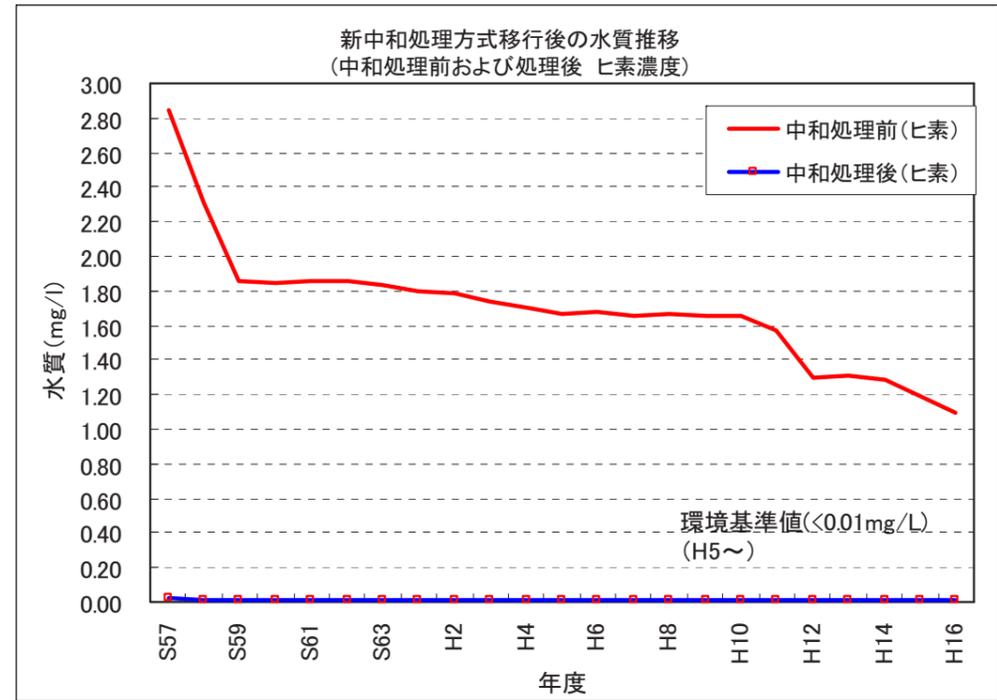


図 4-3 旧松尾鉱山中和処理施設からの放流水質の経年変化 (ヒ素・pH)

3) 貯水池水温鉛直分布

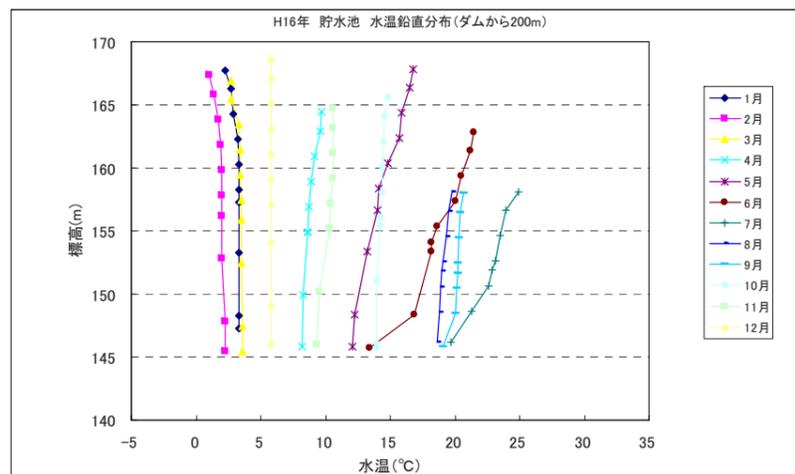
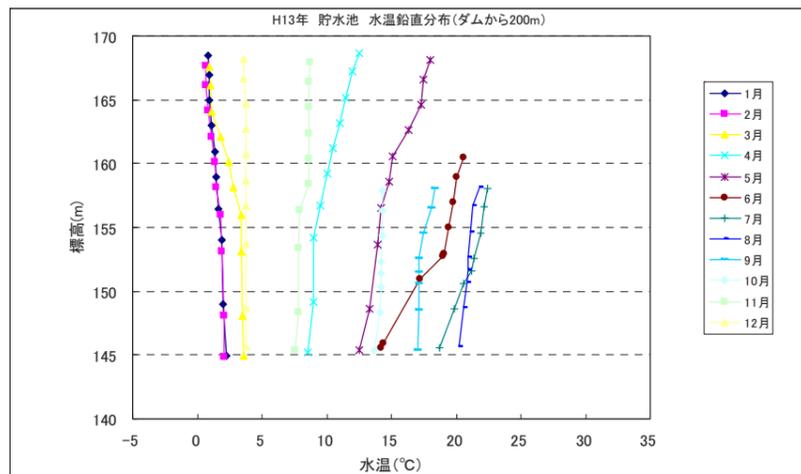
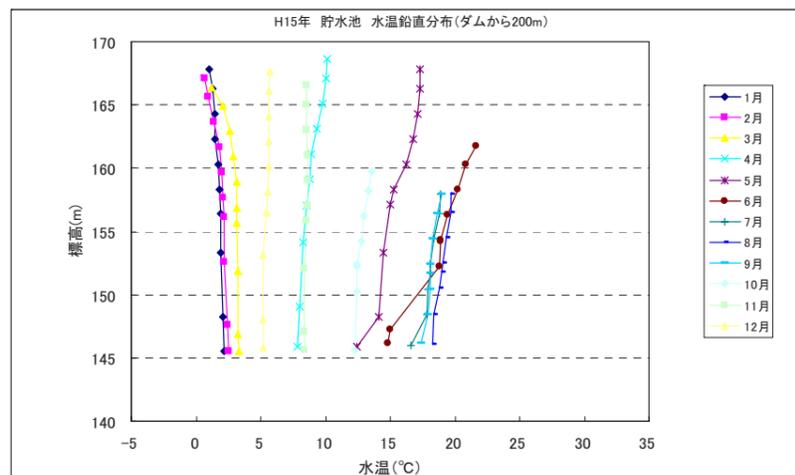
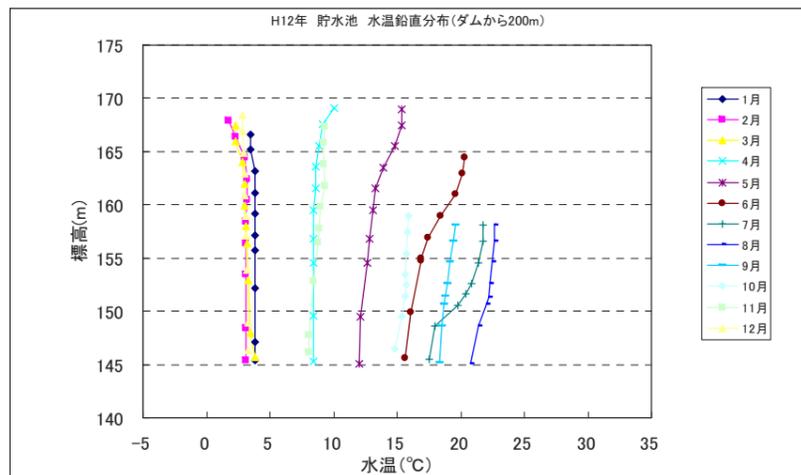
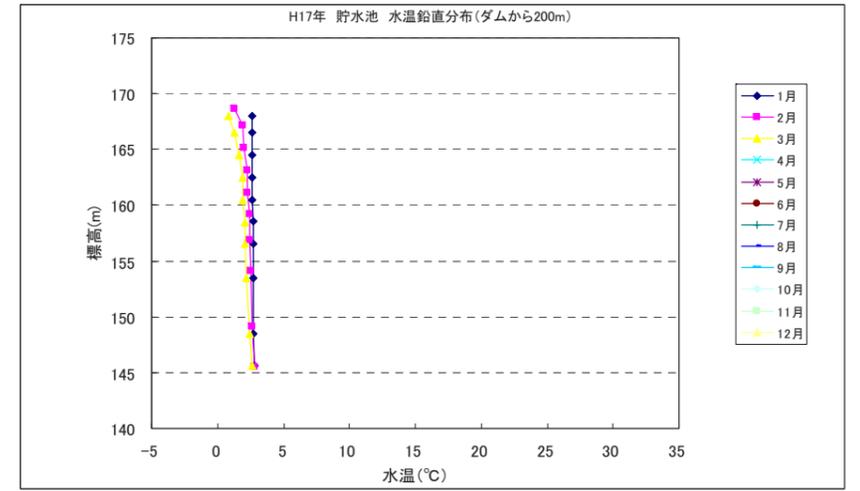
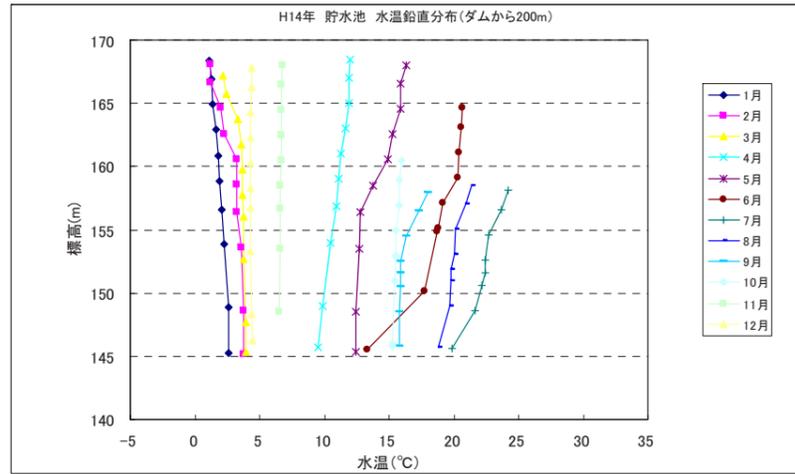
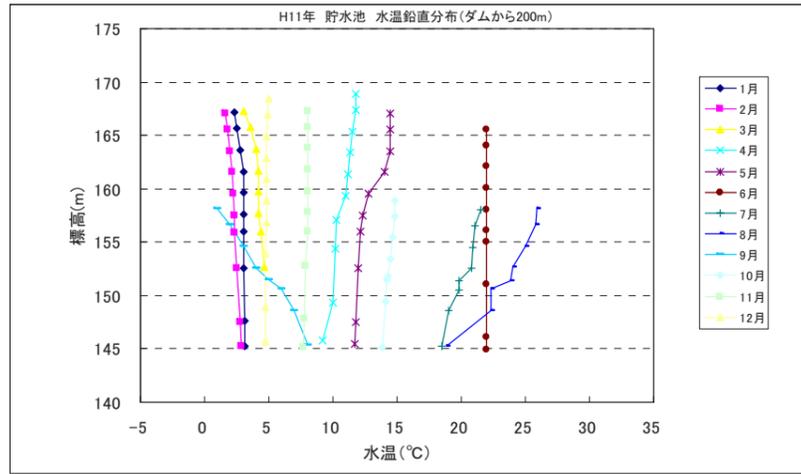


図 4-4 貯水池水温鉛直分布図

4) 貯水池 DO 鉛直分布

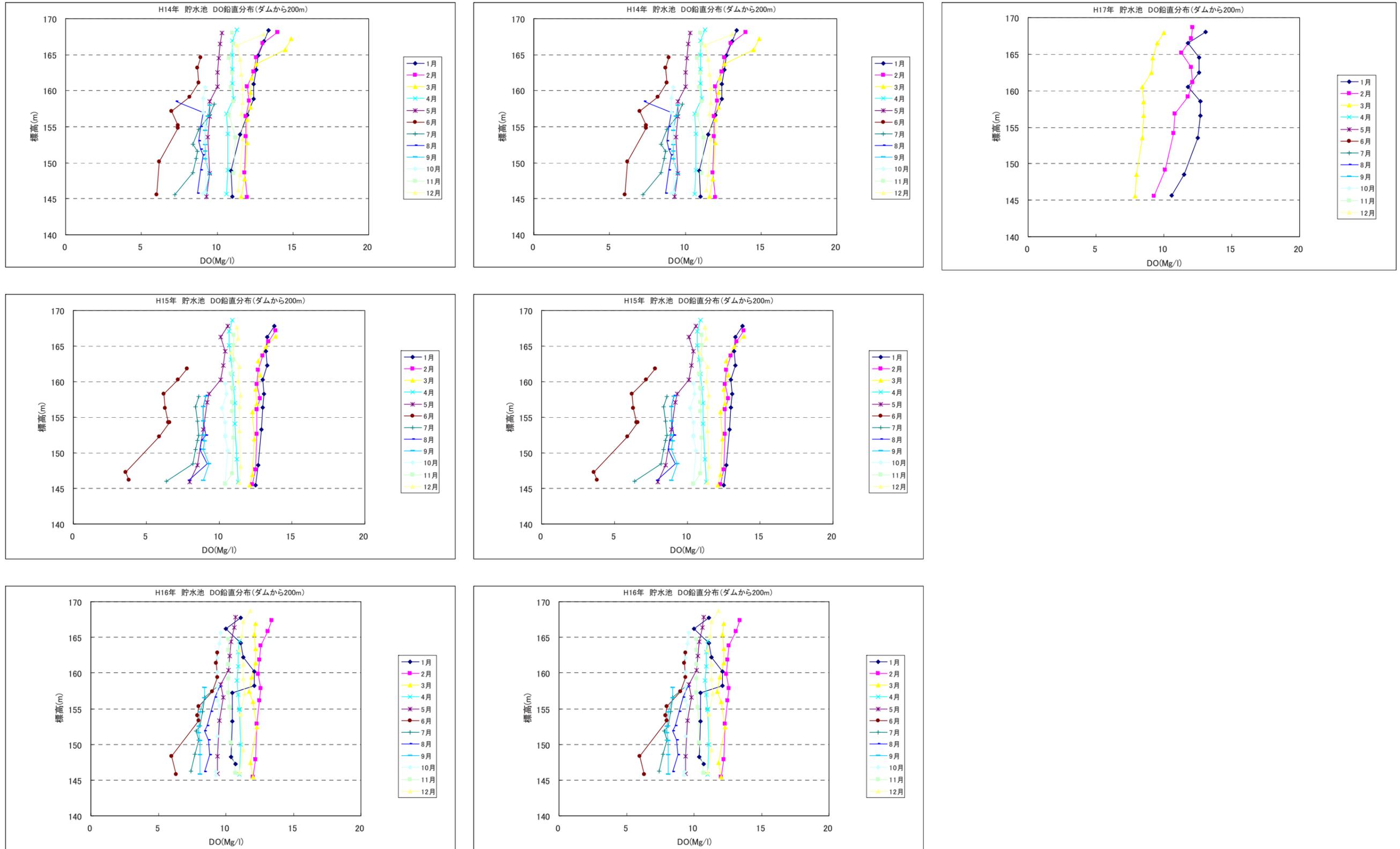
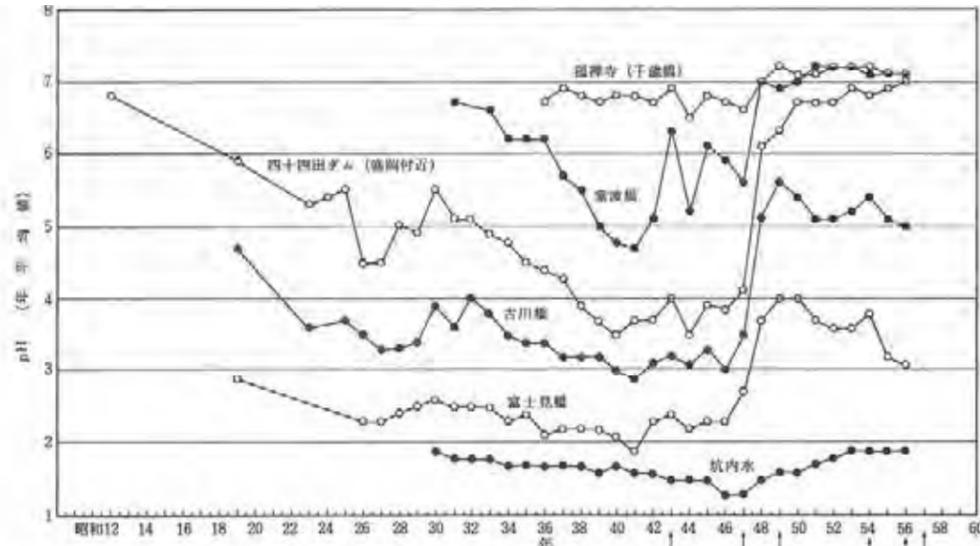


図 4-5 貯水池 DO 鉛直分布図

参考5. 旧松尾鉱山中和処理関連資料

1) 中和処理前後の北上川の pH の変化と事業実施概要



実施機関	中和処理期間
松尾鉱業所	S. 3. ~ S. 44. 11. 14
岩手県	S. 44. 11. 15 ~ S. 45. 8. 31 10ヶ月
更生会社	S. 45. 9. 1 ~ S. 47. 5. 3 20ヶ月
建設省	S. 47. 5. 4 ~ S. 56. 12. 31
岩手県	S. 57. 1. 1 ~ 新中和総合運転
〃	S. 57. 4. 1 新中和本格運転

図 5-1 北上川の pH 経年変化図

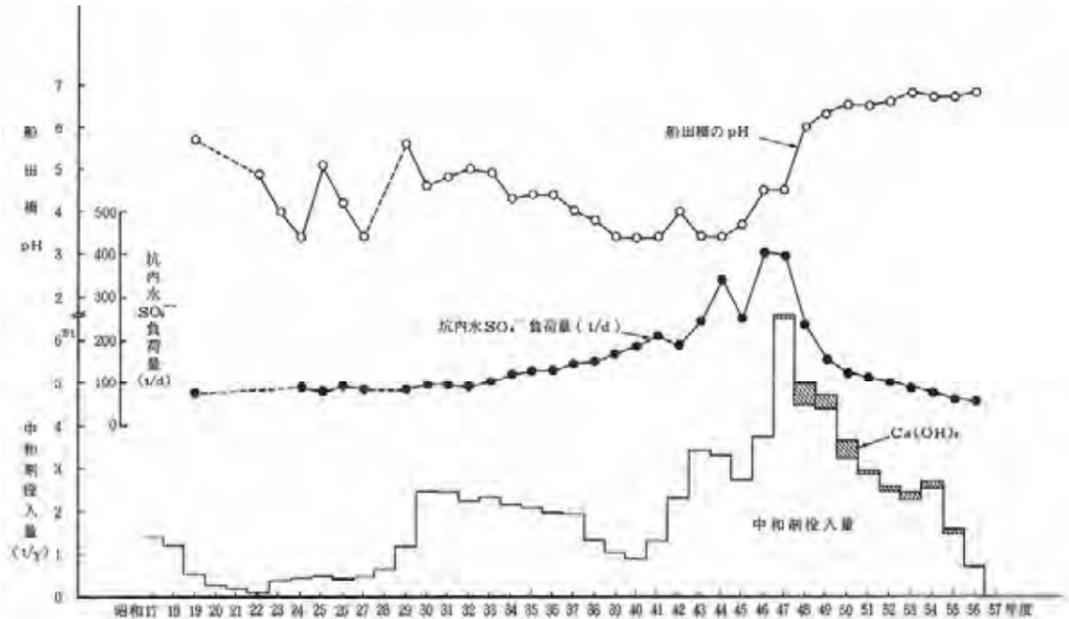


図 5-2 北上川本川（船田橋）の pH 変化と流量負荷量（坑内水・SO₄²⁻）及び中和剤投入量

表 5-1 旧松尾鉱山鉱害防止事業実施計画表

所管区分	事業区分	工事名	全体工事計画		56年度迄実施工事		57年度以降工事(56年)		
			工事内容	実施年度	工事内容	工事金額	工事内容	工事金額	
岩手県	発生源対策事業	露天掘跡処理	切土 207,000 m ³ 盛土 1,651,000 m ³ 覆土 52,000 m ³	植栽等 236,000 m ³ 排水路 7,200 m 1 式	48~56	切土 1,292,000 m ³ 盛土 50,000 m ³ 覆土 (327,000 m ³) 覆土 (40,000 m ³)	-	切土 207,000 m ³ 盛土 359,000 m ³ 覆土 87,000 m ³	植栽等 236,000 m ³ 排水路 7,200 m 1 式
		B堆積場処理	切土 170,000 m ³ 盛土 591,000 m ³ 覆土 156,000 m ³	植栽等 314,000 m ³ 排水路 7,400 m 1 式	-	切土 - 盛土 - 覆土 -	-	切土 170,000 m ³ 盛土 254,000 m ³ 覆土 116,000 m ³	植栽等 314,000 m ³ 排水路 7,400 m 1 式
		元山堆積場処理	切土 248,000 m ³ 盛土 248,000 m ³ 覆土 121,000 m ³	植栽等 451,000 m ³ 排水路 9,800 m 1 式	55~56	切土 - 盛土 - 覆土 -	-	切土 248,000 m ³ 盛土 196,000 m ³ 覆土 121,000 m ³	植栽等 451,000 m ³ 排水路 9,800 m 1 式
		A堆積場処理	切土 119,000 m ³ 盛土 119,000 m ³ 覆土 67,000 m ³	植栽等 134,000 m ³ 排水路 3,300 m 1 式	-	切土 - 盛土 - 覆土 -	-	切土 119,000 m ³ 盛土 119,000 m ³ 覆土 67,000 m ³	植栽等 134,000 m ³ 排水路 3,300 m 1 式
		恒久排水路	坑道 313 m 覆土 313 m	水路(木製) 279 m その他 1 式	-	坑道 313 m 覆土 313 m	-	坑道 313 m 覆土 313 m	水路 279 m その他 1 式
		山腹水路	山腹水路 2,600 m 露天掘上部 1,010 m	元山地区 1,000 m	49~56	山腹水路 2,600 m 露天掘上部 850 m	-	元山水路 1,000 m 付帯施設 1 式	露天掘上部水路 160 m
		栢台地区(野積場)跡処理	切土 5,000 m ³ 覆土 20,000 m ³	植栽等 40,000 m ³ 排水路 700 m	-	切土 5,000 m ³ 覆土 20,000 m ³	-	切土 5,000 m ³ 覆土 20,000 m ³	植栽等 40,000 m ³ 排水路 700 m
		3M坑フラスコ補強	フラスコ 100 m	1 式	-	フラスコ 100 m	-	フラスコ 100 m	1 式
		その他	陥没跡処理 1 式 その他 1 式	浸透水処理 1 式	-	陥没跡処理 1 式 その他 1 式	-	陥没跡処理 1 式 その他 1 式	浸透水処理 1 式
		栢台シンダー堆積場跡処理	整地工 103,000 m ³ 覆土 19,000 m ³	植栽等 57,000 m ³ 排水路 1,900 m	51~52	整地工 103,000 m ³ 覆土 19,000 m ³	-	整地工 103,000 m ³ 覆土 19,000 m ³	植栽等 57,000 m ³ 排水路 1,900 m
		松尾台跡処理	整地工 81,000 m ³ 覆土 25,000 m ³	植栽等 95,000 m ³ 排水路 2,300 m	51~53	整地工 81,000 m ³ 覆土 25,000 m ³	-	整地工 81,000 m ³ 覆土 25,000 m ³	植栽等 95,000 m ³ 排水路 2,300 m
		一号沢浸透水及び褐鉄排水処理	堰堤工 1 基 取水施設 1 基	排水機 3 台 付帯施設 1 式	56	堰堤工 1 基 取水施設 1 基	-	堰堤工 1 基 取水施設 1 式	排水機 3 台 付帯施設 1 式
		計							
		中和処理施設	酸化和設備 1 式 源物処理施設 1 式 薬剤添加設備 1 式	電気計装設備 1 式 管理塔 1 棟 用水管他付帯設備 1 式	52~56	酸化和設備 1 式 源物処理施設 1 式 薬剤添加設備 1 式	-	酸化和設備 1 式 管理塔 1 棟 用水管他付帯設備 1 式	電気計装設備 1 式
		貯泥ダム建設	堤体数 2 基 堤体積 1,367,000 m ³ 貯泥量 2,000,000 m ³	貯泥面積 124,000 m ² 放泥口 2 基 排水ドレーン 4 基	54~56	堤体数 2 基 堤体積 1,367,000 m ³ 貯泥量 2,000,000 m ³	-	堤体数 2 基 堤体積 1,367,000 m ³ 貯泥量 2,000,000 m ³	貯泥面積 124,000 m ² 放泥口 2 基 排水ドレーン 4 基
坑事業処理									
中和処理	1) S54.1.16~S57.3.31試運転、中和施設の機能試験(個別) 中和施設の総合運転試験 2) S57.4.1以降本格稼動、坑内水全量処理 北上川環境基準(A類)確保		54~56	個別機能及総合試運転 薬剤投入量 炭カル 11,115t 珪藻土633t	-				
計						1,438,000			
							927,000		
							(坑水処理除) 10,768,000		

旧松尾鉱山鉱害防止発生源・新中和処理工事計画概要図

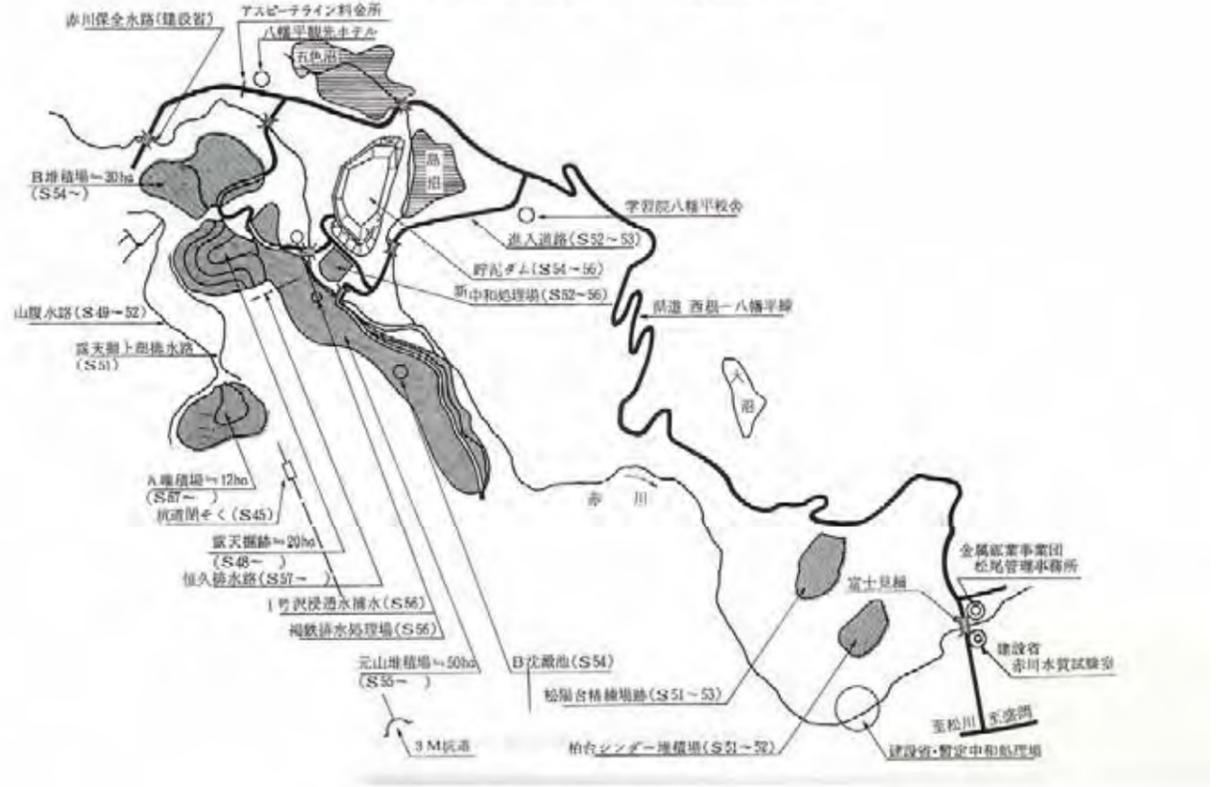


図 5-3 旧松尾鉱山鉱害防止発生源・新中和処理工事計画概要図

2)旧松尾鉱山中和処理方式の変遷

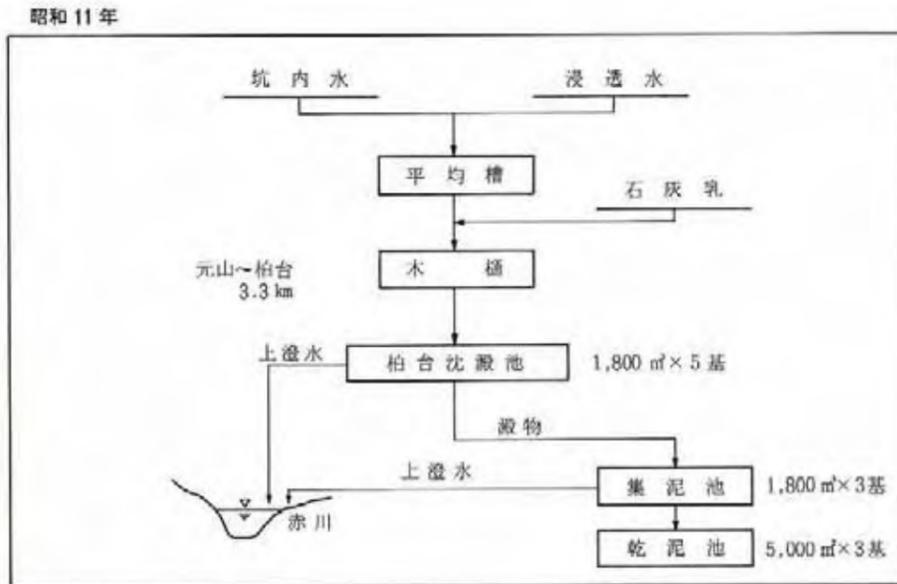


図 5-4 中和処理の方法 (昭和 11 年)

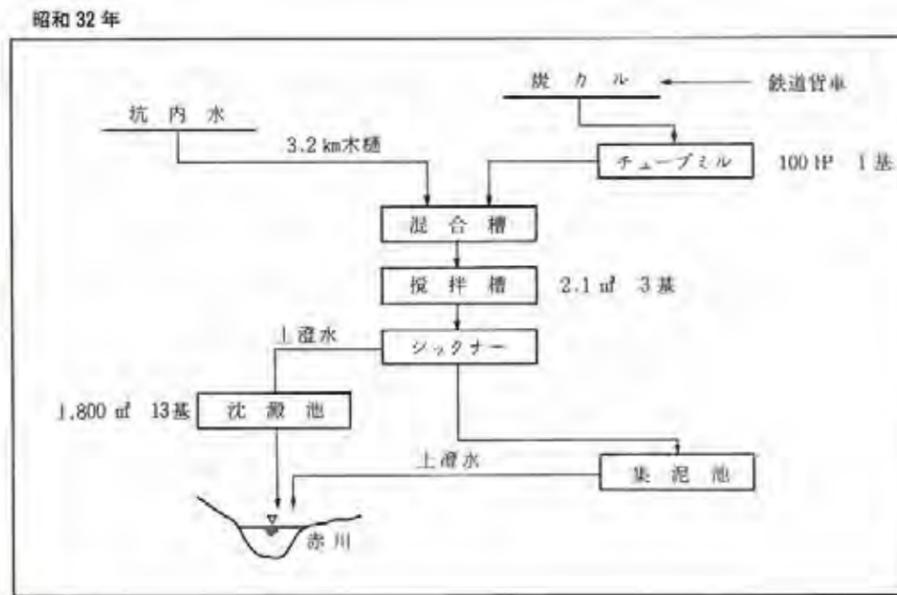


図 5-5 中和処理の方法 (昭和 32 年)

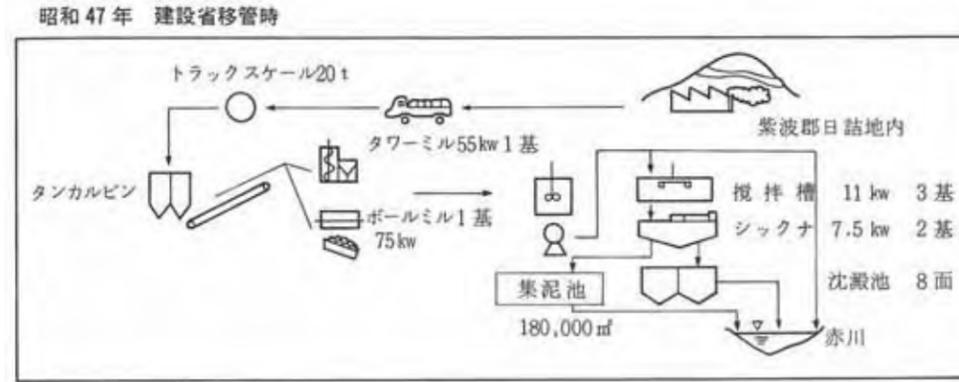


図 5-6 中和処理の方法 (建設省移管時) (昭和 47 年)

現在の中和処理方法

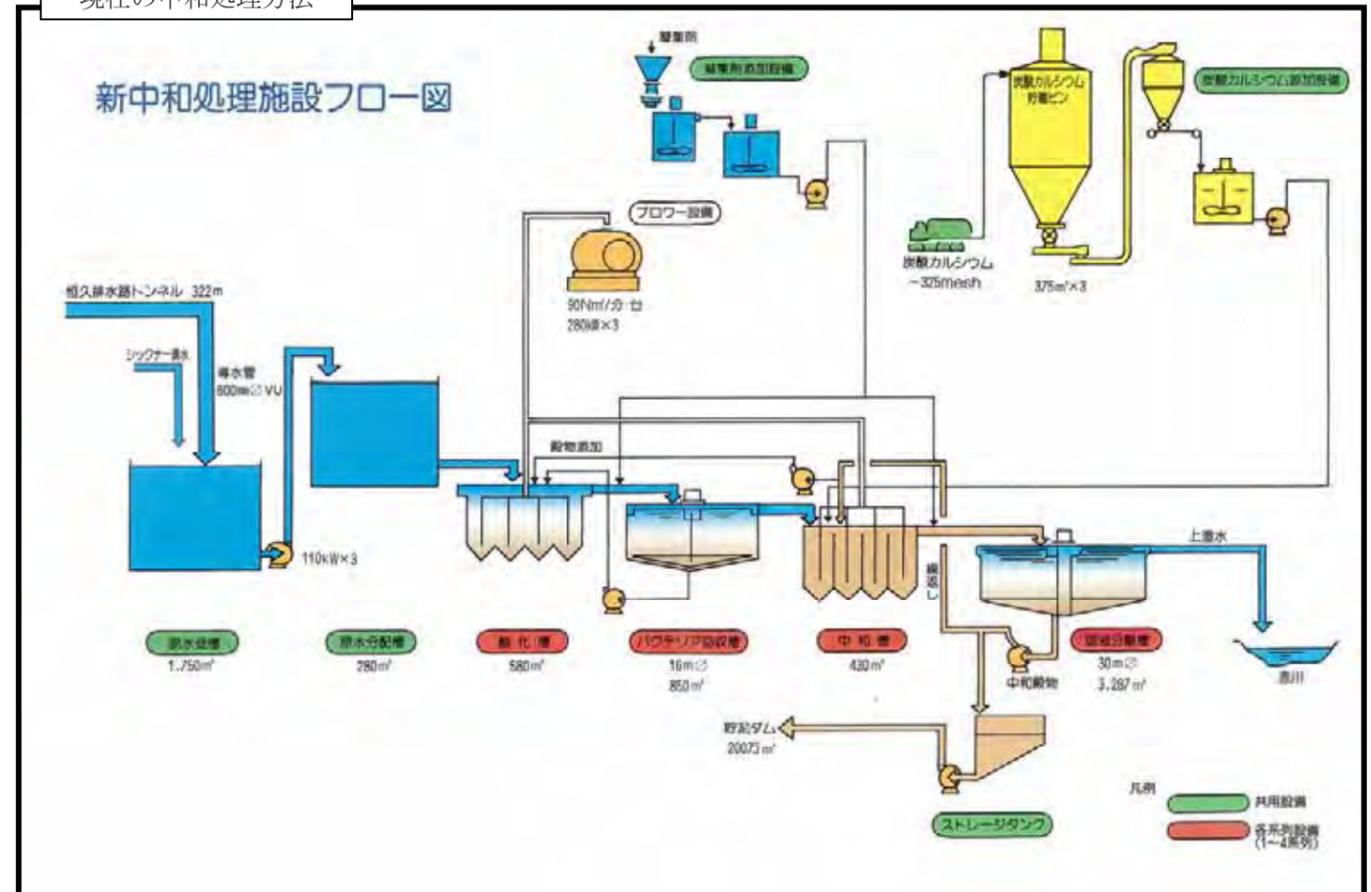


図 5-7 中和処理の方法 (現在)