

目 次

1. 四十四田ダムの概要.....	1
1.1 四十四田ダムの概要.....	1
1.2 四十四田ダムの洪水調節計画.....	1
1.3 北上川水系河川整備基本方針.....	1
1.4 下流河道の状況.....	2
2. 四十四田ダム堆砂対策の検討経緯.....	3
2.1 これまでの検討経緯.....	3
2.2 当委員会・技術検討会の検討経緯.....	4
3. 四十四田ダムにおける堆砂状況.....	5
3.1 一般的な堆砂メカニズム.....	5
3.2 堆砂状況.....	6
4. 四十四田ダムにおける堆砂対策.....	8
4.1 質的課題に対する対策.....	8
4.2 量的課題に対する対策.....	14
5. 治水容量内に堆積した土砂に対する対策.....	19
5.1 想定される対策案.....	19
5.2 質的課題への影響検討.....	21
5.3 治水容量内に堆積した土砂に対する対策のまとめ.....	21
6. 今後貯水池内に堆積する土砂に対する対策.....	22
6.1 将来堆砂量の予測.....	22
6.2 想定される対策案.....	22
6.3 対策効果の評価.....	24
7. 監視体制案.....	26
8. まとめ.....	27

1. 四十四田ダムの概要

1.1 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 四十四田ダムの洪水調節計画

四十四田ダム現行計画では、ピーク流量 1,350m³/s に対し最大放流量を 700m³/s まで低減させることとして、この調節に必要な容量が 3,390 万 m³としている。

【四十四田ダムの洪水調節諸元】

- ・ 計画最大流入量：1,350m³/s
- ・ 洪水調節方式：一定率一定量方式（洪水調節開始流量 400m³/s、放流率 0.316、最大放流量 700m³/s）
- ・ 洪水調節容量：3,390 万 m³

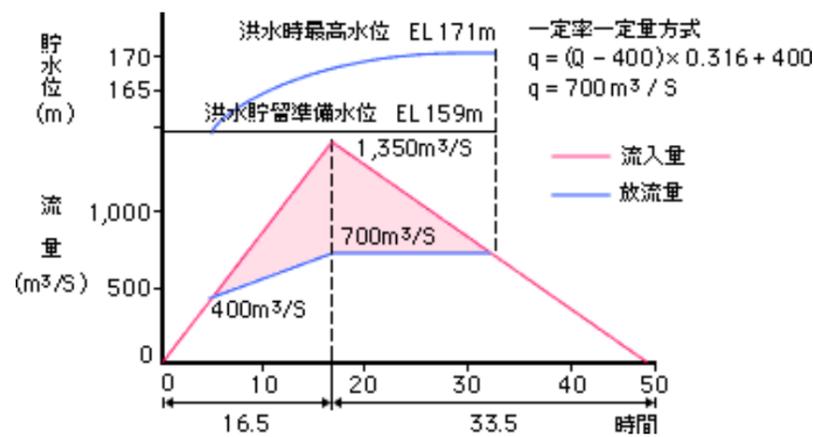


図 1.1 洪水調節図

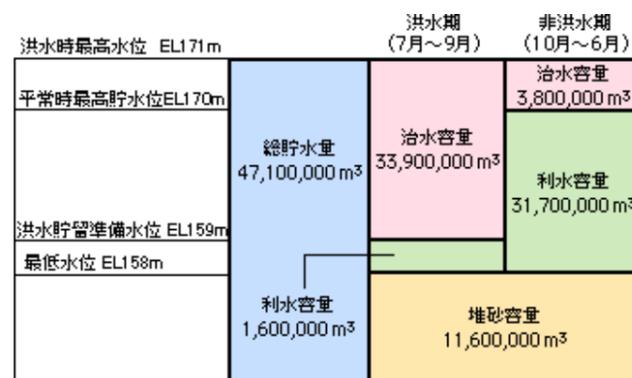


図 1.2 容量配分図

1.3 北上川水系河川整備基本方針

(1) 河川整備基本方針における計画高水流量

北上川水系河川整備基本方針（平成 18 年 11 月）では、150 年確率洪水に対する計画高水流量を館坂橋地点で 900m³/s、明治橋地点で 3,100m³/s と定めている。

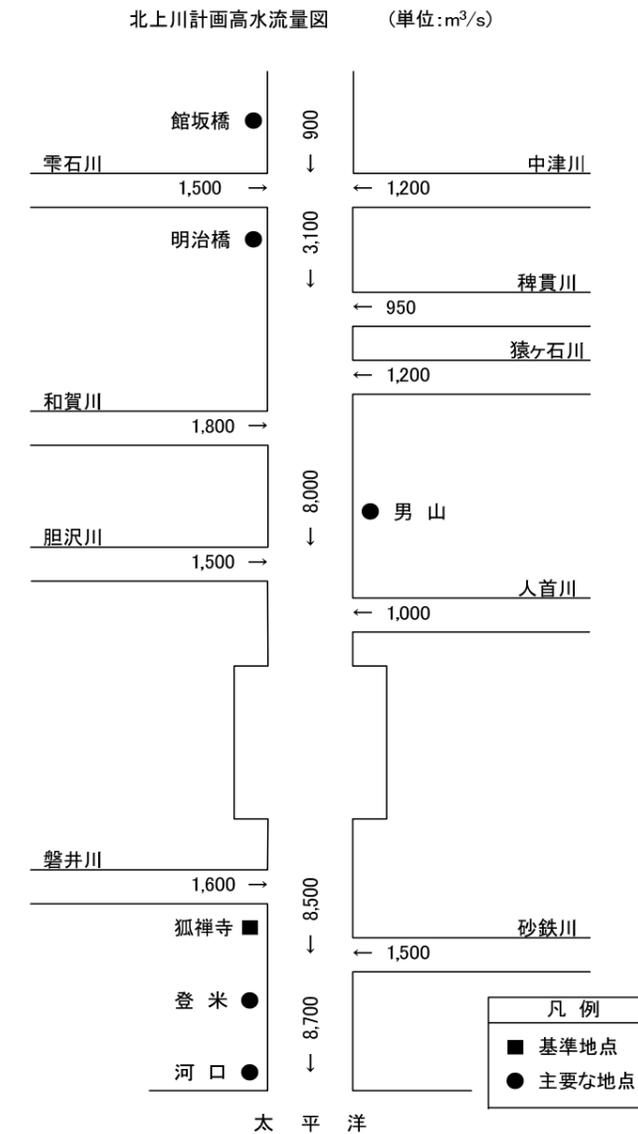


図 1.3 北上川計画高水流量図（河川整備基本方針）

1.4 下流河道の状況

平成19年9月17日の洪水時の状況、および盛岡市街地（北上川・雫石川合流点）における水防活動状況を写真1-1、写真1-2に示す。盛岡市街地では、盛岡駅付近の北上川と雫石川の合流点（無堤部）において、水位上昇に対して土のう積み作業等の水防活動を実施することで、被害を最小限に抑えたところである。この箇所については、図1.4、写真1-3に示すとおり、現在陸閘の改修工事を実施しており、今年度内に完成する予定である。



写真 1-2 北上川・中津川・雫石川三川合流部の洪水時状況（H19.9.17）



写真 1-1 平成19年9月17日洪水時の盛岡市街地における土のう積み作業の状況



図 1.4 雫石陸閘（仮称）イメージパース



写真 1-3 雫石陸閘（仮称）施工状況

2. 四十四田ダム堆砂対策の検討経緯

2.1 これまでの検討経緯

四十四田ダムでは、管理開始直後から堆砂が進行し、その課題に対し昭和 61～62 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ていることから、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中のヒ素等の含有量についてモニタリングを行っている。平成 9 年度からは堆砂対策検討を開始している。

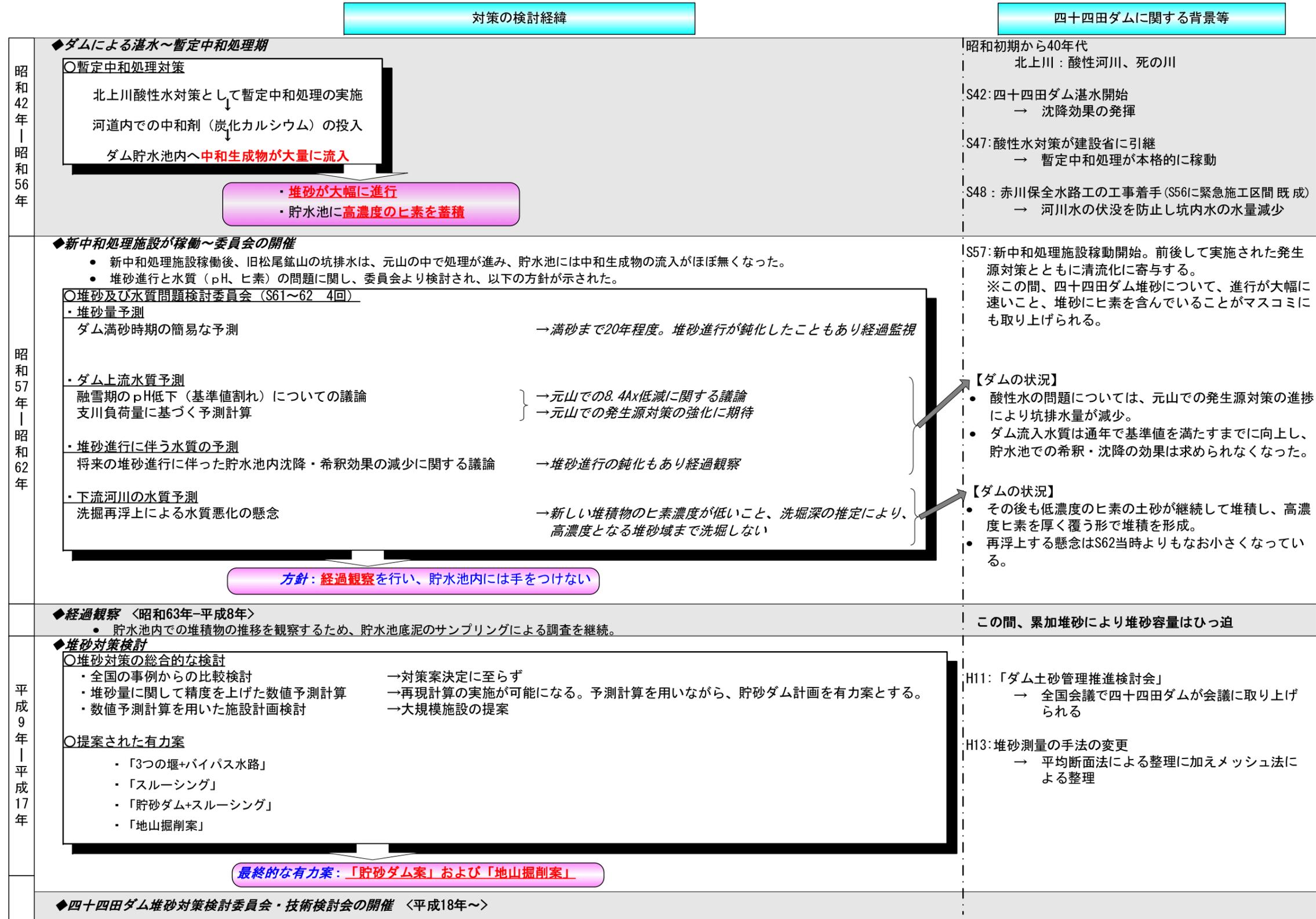


図 2.1 四十四田ダムの堆砂対策検討経緯

2.2 当委員会・技術検討会の検討経緯

平成17年度	委員会・技術検討会の検討経緯	対応状況等
	<p>◆「第1回委員会」：委員会設立・概要 H18年3月6日開催</p> <p>○概要：堆砂の現況、ヒ素調査の結果概要、堆砂対策の目標量について事務局より説明。 ●主な意見：地山掘削、貯砂ダムという対策の基本方針案は概ね了承。計算条件により大きく答えが異なるので、計算条件の検証を行うこと。目標とすべき量について再考すること。</p>	<p>※計算条件について 堆砂予測条件を提示し、説明。（第1回技術検討会）</p>
平成18年度	<p>◆「第1回技術検討会」：質的な課題の整理と分析 H18年5月25日開催</p> <p>○概要：質的課題について、過去の調査結果をもとに分析した結果を事務局より説明。 ●主な意見：質的な課題に関する分析については概ね了承。異常堆積要因について過去のデータ等も調べること。</p>	<p>※出水時のヒ素濃度について 出水時にヒ素濃度が高くなる要因は、ダム湖内の巻き上げによるものではなく、上流河川に沈殿していた粒子状のヒ素が流れてくることによると考えられる。</p>
	<p>◆「第2回技術検討会」：質的課題に対する調査報告・量的課題の整理 H18年9月11日開催</p> <p>○概要：質的課題の平成18年度調査結果、量的課題の整理結果について、事務局より説明。 ●主な意見：異常堆積要因について引き続き検討すること。実際の流量での洪水調節時の影響を検討すること。また、監視体制についても検討すること。</p>	<p>※異常堆積要因について 暫定中和処理が主要因と考えられる一時的な現象であり、今後、異常堆砂が生じる可能性は小さいと考えられるが、経過監視していく。（第3回技術検討会）</p>
	<p>◆「第3回技術検討会」：量的課題に対する方向性の整理 H19年1月19日開催</p> <p>○概要：量的課題の分析結果について、事務局より説明。 ●主な意見：堆砂の鈍化傾向については、断定的な表現としない。堆砂対策の緊急性については、さまざまな見解があるが、現状を踏まえてダムの機能がどこまであるかという点で判断する。事業化・対策の実施については、行政側で判断するとして結論づけたい。</p>	
平成19年度	<p>◆「第2回委員会」：現在までの検討結果報告 H19年6月18日開催</p> <p>○概要：委員会および技術検討会の開催経緯、第1回～第3回技術検討会の結果について、資料に基づき説明。 ●主な意見：現在、ダム貯水池に堆積しているヒ素を含む土砂による水環境への影響は小さいと考えられる。監視体制について整理していくことが重要。ヒ素流出が懸念されるため、ダム貯水池湖底に堆積している土砂を対象とした対策は避けるべき。治水対策を考える上では、雫石川合流までの河道整備も含めて総合的に検討することが望ましい。</p>	<p>※監視体制に関する意見 ・緊急的に通常運用水よりも水位低下が生じる場合には、侵食によりヒ素が流出する可能性があるため、留意する必要がある。 ⇒質的な課題については各課題毎に監視体制を確立する。（第5回技術検討会にて案を提示） ・堆砂が進行していった際に、下流に流れるヒ素濃度が及ぼす影響を検討していく必要がある。 ⇒堆砂進行による影響は、発電施設については、岩手県企業局と連携し、対策方法を検討していく。</p>
	<p>◆「第4回技術検討会」：現地視察 H19年8月10日開催</p> <p>○概要：土砂発生源に関する考察、河床堆積物の含有量調査結果および下流危険箇所について資料に基づき説明。 ●主な意見：上流の崩壊地に裸地が少ないこと、既設の砂防施設の堆砂が少ないこと、砂防施設の整備が進んでいることなどからダム貯水池への土砂の大量流入は考えにくい。河床堆積物の補足調査を実施すること。</p>	
	<p>◆「第5回技術検討会」：量的課題に関する見解と質的課題に関する検討 H19年11月12日開催</p> <p>○概要：平成19年9月17日洪水の概要と北上川上流域の治水事業の効果について説明。量的課題に関する検討、調査結果、および監視体制（案）について資料に基づき説明。 ●主な意見：対策は、三川合流部までの河道整備を含めて総合的に治水対策を考える必要がある。対策を実施段階に移すには期間を要するため、検討会の段階において対策工を1つに絞るのではなく、実施時期を考慮してオプションを含めて教案を議論すること。</p>	<p>※対策方針について 緊急度、治水安全度、下流河川整備状況等を踏まえて、総合的な対策方針を検討する必要がある。</p>
平成20年度	<p>◆「第3回委員会」：質的・量的課題を踏まえた堆砂対策のとりまとめ H21年2月27日開催</p> <p>○概要：過去の審議内容の総括 委員会としての対策方針案の提言</p>	<p>※本委員会</p>

図 2.2 四十四田ダム貯水池堆砂対策検討委員会・技術検討会の開催経緯

3. 四十四田ダムにおける堆砂状況

3.1 一般的な堆砂メカニズム

上流河川から貯水池に流入した土砂は、その粒度によって分級されて貯水池内に順次堆積していく。このようにして形成されるダムの堆砂形状は、流入土砂の粒度、水位変動、貯水池の形状、上流における他の貯水池の有無、堆砂率等の要因に影響されるが、最も典型的なものは図 3.1に示すとおりであり、四十四田ダムも同様の堆砂形状となっている。なお、通常のダム貯水池であれば、流入土砂の大部分が補足されるが、ウォッシュロードの一部は、放流設備を通じて水流とともに下流へ流出する。この境界粒径はダム貯水池規模や貯水池回転率などで異なるが、概ね 0.01mm 程度といわれている。ここで、堆砂領域は以下の3つに大別できる。

- ① 頂部堆積層 (Topset beds)
- ② 前部堆積層 (Foreset beds)
- ③ 底部堆積層 (Bottomset beds)

①および②はいわゆるデルタ (段丘) と呼ばれるもので、河床を転動してきた掃流砂および浮遊砂のうち粒径の比較的粗い部分 (0.1~0.2mm 以上) から成る。このうち②はデルタの肩 (Pivot point) を通過した掃流砂がその直下に堆積し、それに浮遊砂による影響が加わって形成される比較的勾配の急な部分である。デルタの肩は一般に堆砂の肩と呼ばれる。デルタは一般に時間経過とともに前進すると同時に、その上流端は上流へ遡上していく。③の領域の堆積物はほとんど粒径が 0.1mm 以下のウォッシュロードから成る。このうちダム直上流部には濁水の密度流に起因する堆積層が水平に形成される。

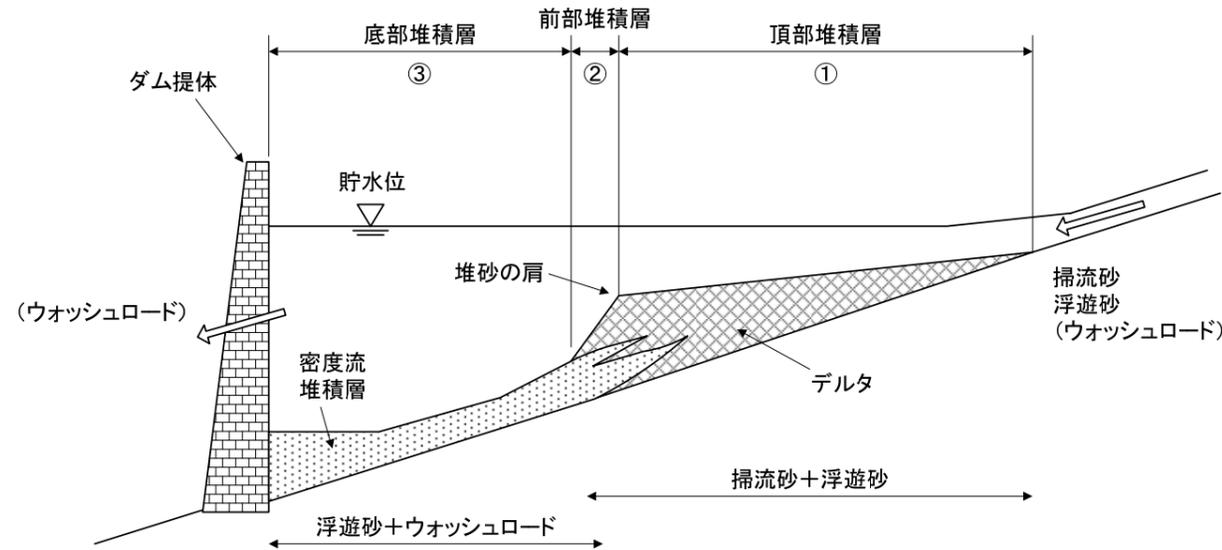


図 3.1 典型的な堆砂形状

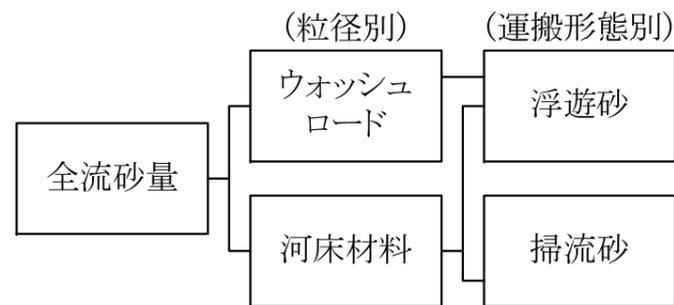


図 3.2 河川における流砂の分類

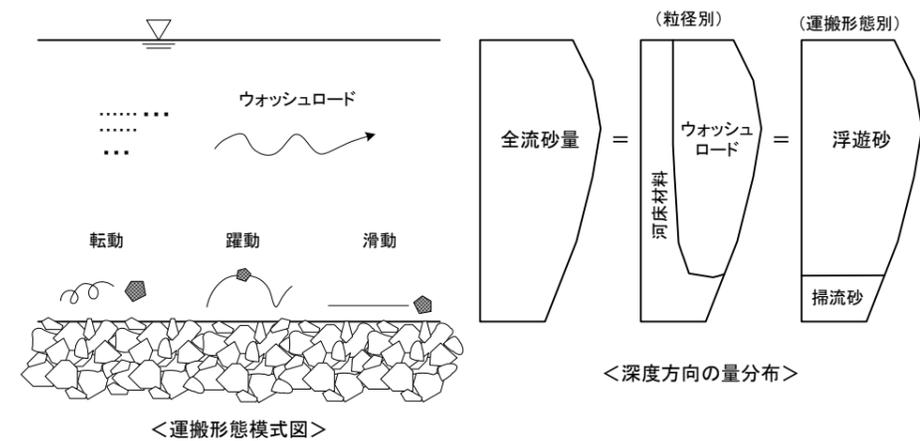


図 3.3 河川における流砂の運搬形態模式図および深度方向の量分布

※図は以下の参考文献より作成

【参考文献】ダム工学 Vol.12, No.3 (2002) ダム堆砂の性状把握とその利用法

3.2 堆砂状況

四十四田ダム管理開始以降の堆砂量の経年変化を図 3.4に示す。計画を上回る堆砂の進行により、現在では治水容量の一部に土砂が堆積している。

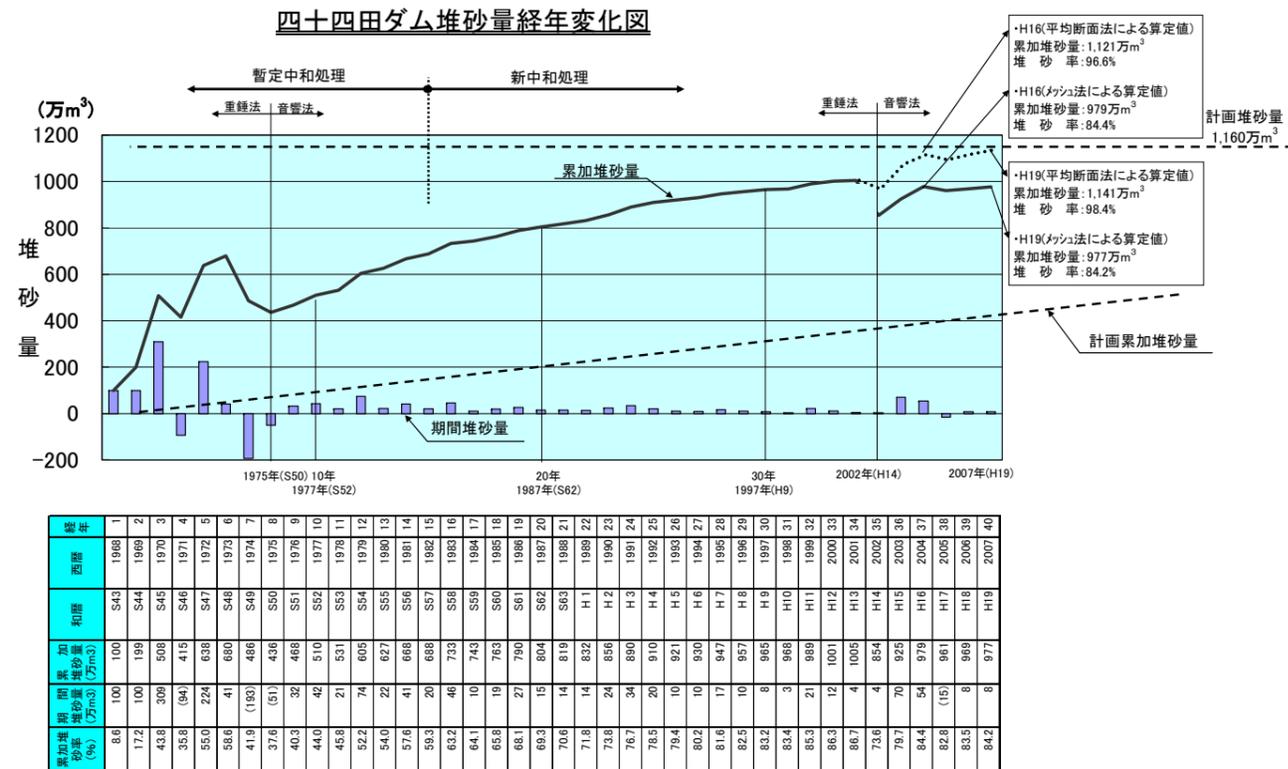


図 3.4 四十四田ダム堆砂量経年変化図

【近年の堆砂状況（実績値）】

平成 16 年度以降、堆砂量は横ばい傾向である。

- 平成 16 年度：978.5 万 m³
- 平成 17 年度：960.6 万 m³
- 平成 18 年度：968.5 万 m³
- 平成 19 年度：976.9 万 m³

※No.1~46 はメッシュ法による。No.46~60 は平均断面法による。

【計画時点から将来までの治水容量変化】

表 3.1 治水容量変化

項目	計画時点	現在 (H19)	現在から 30 年後	現在から 100 年後
治水容量 (全容量) (千 m ³)	33,900	32,710	32,200	31,100

※現在から 30 年後、および 100 年後：後述の堆砂予測計算結果による

【堆砂量算定値の取り扱いについて】

- 四十四田ダムにおける堆砂量の算定方法は、昭和 43 年から平成 13 年まで平均断面法を採用していたが、平成 14 年以降は精度向上のためメッシュ法を採用したため、データに不連続性が生じた。
- 後述の堆砂対策の目標値には、平成 19 年度堆砂測量結果、および堆砂計算結果（平成 19 年堆砂測量結果、平成 19 年洪水実績を反映）を用いている。

【貯水池内堆砂分布状況】

治水容量内堆砂量は、ダム堤体上流 4km~6km の区間で多くなっている。

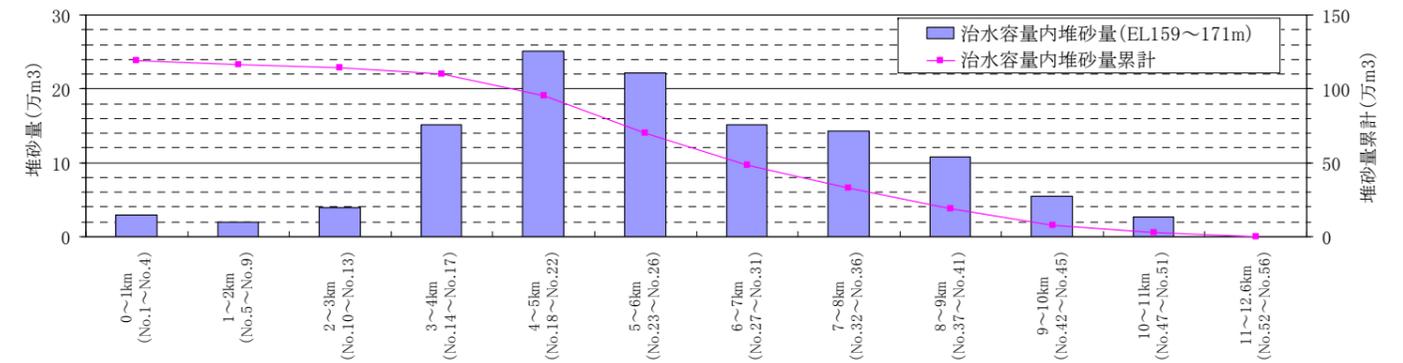


図 3.5 治水容量内堆砂量（H19 年堆砂測量結果）

※堆砂量は、メッシュ法（No.1~46 をメッシュ法、No.46~60 を平均断面法により算出）による算出値（堆砂量累計：119 万 m³）を平均断面法による算出値で按分して算出（メッシュ法による算出値は、H19 年度 四十四田ダム堆砂測量 報告書より採用）

平成 19 年時点で、メッシュ法による堆砂量の算定（No.1~No.46 をメッシュ法、No.46~No.60 を平均断面法により算定）では、治水容量 3,390 万 m³ のうち約 119 万 m³ が、利水容量約 160 万 m³ のうち約 54 万 m³ が堆砂で埋まっている。

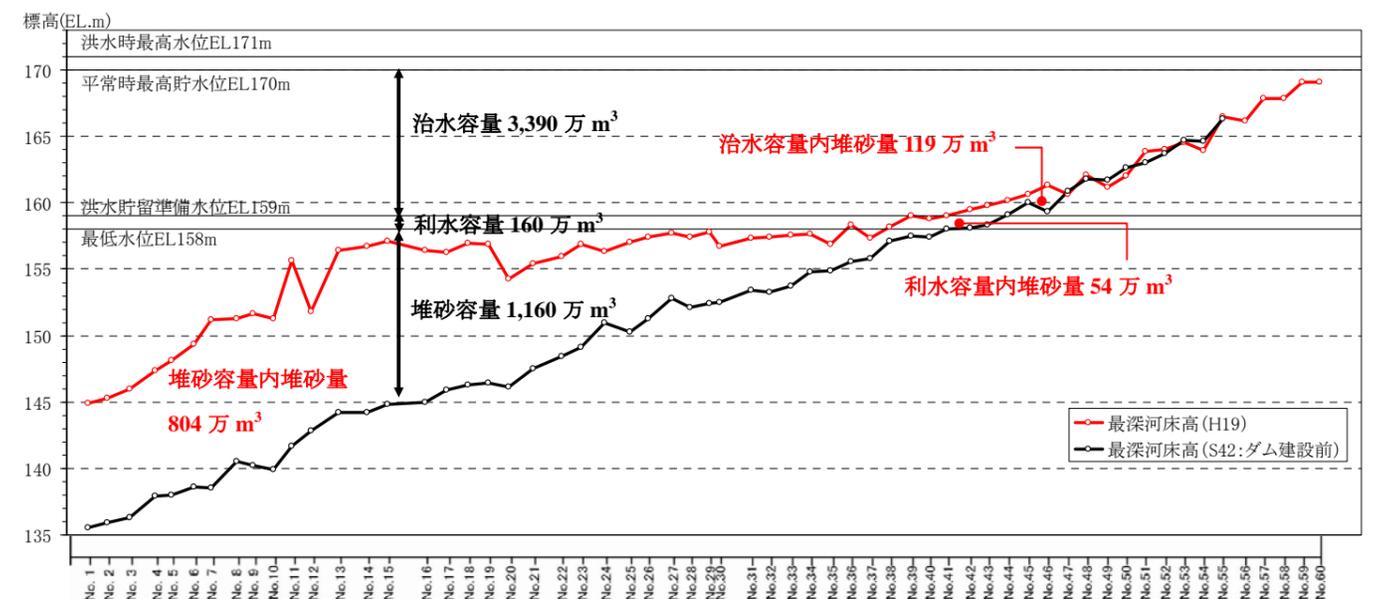


図 3.6 平成 19 年四十四田ダム堆砂状況（最深河床縦断）

※堆砂量は、No.1~46 をメッシュ法、No.46~60 を平均断面法により算出（算出値は、H19 年度 四十四田ダム堆砂測量 報告書より採用）

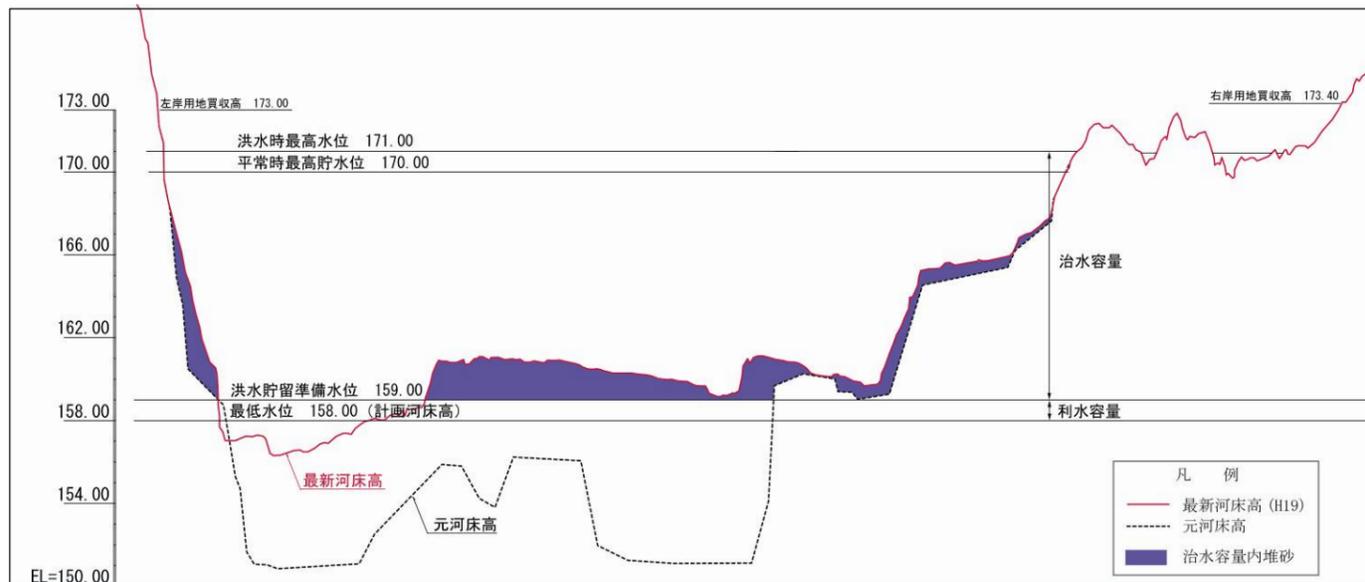


図 3.7 治水容量内堆砂状況イメージ (NO.24)

※縮尺比 鉛直：水平=10:1

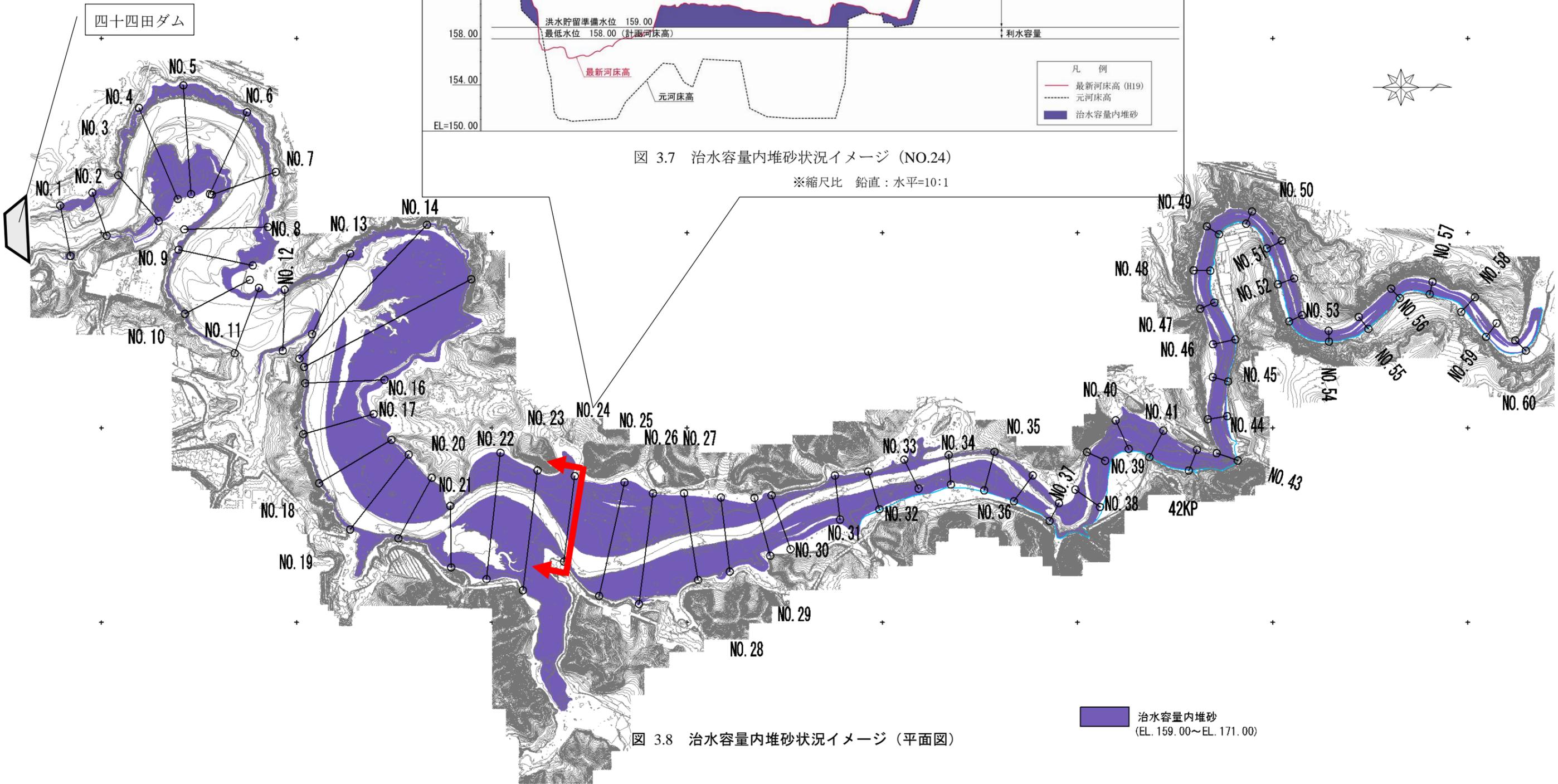


図 3.8 治水容量内堆砂状況イメージ (平面図)

治水容量内堆砂
(EL. 159.00~EL. 171.00)

4. 四十四田ダムにおける堆砂対策

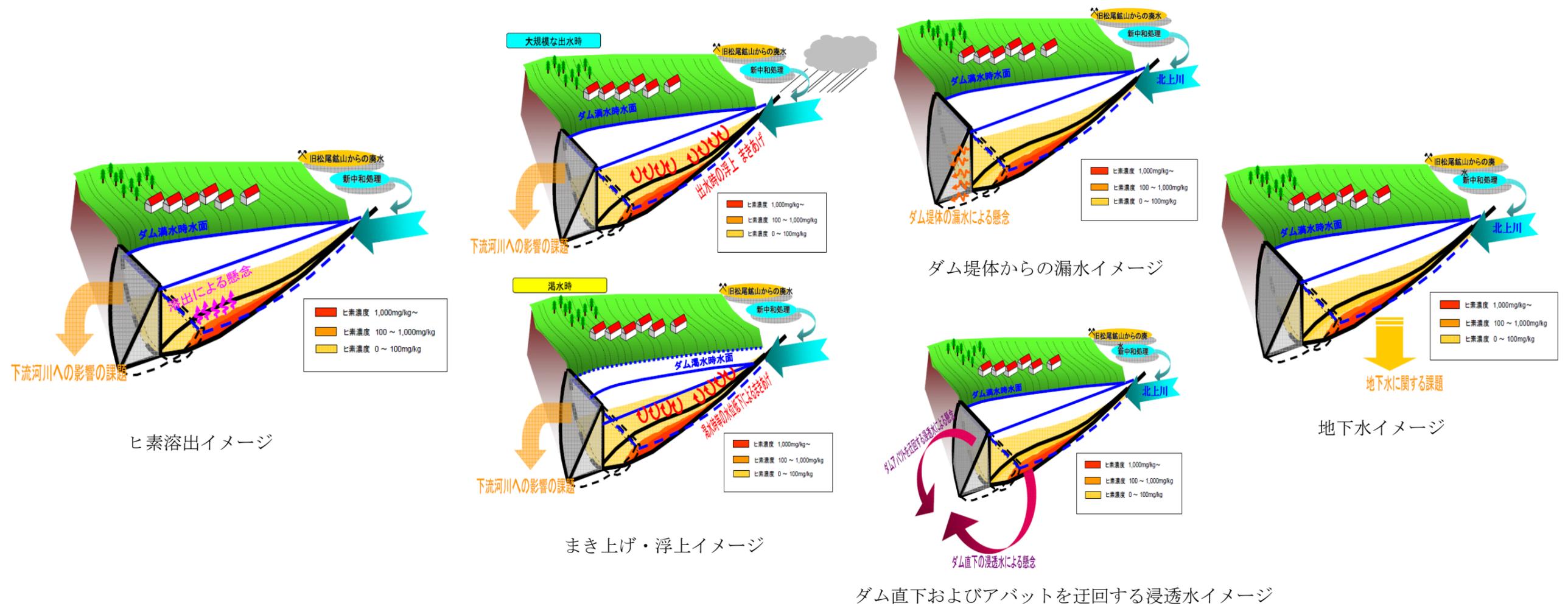
4.1 質的課題に対する対策

4.1.1 質的課題

四十四田ダム貯水池に堆積しているヒ素を含む土砂について、以下のような課題が考えられ、各課題に対して継続的な監視が必要である。

■ 検討すべき課題

- (1) 溶出に関する影響
- (2) まき上げ・浮上に関する影響
- (3) ダム堤体からの漏水に関する影響
- (4) ダム直下およびアバットを迂回する浸透水に関する影響
- (5) 周辺地下水の状況把握
- (6) 上流域でのヒ素状況把握
- (7) 生物に関する影響



4.1.2 現状分析

(1) 溶出に関する影響

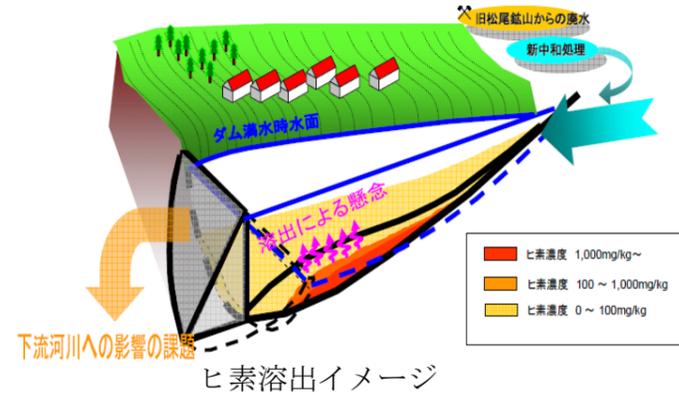
1) 課題および現状調査からの判断

【課題】

- ダム底の堆積物中にとりこまれているヒ素の溶出の可能性
- ダム湖内および下流河川へ影響を及ぼす可能性

【現状調査からの判断】

底質からダム湖内へのヒ素溶出は想定されない。



2) 分析内容

① 平水時水質状況把握

ダム湖内においてヒ素の溶出が生じている場合、平水時にダム湖内および下流地点においてヒ素が検出されることが予測される。

平水時に定期的に調査を実施している公共用水域水質調査結果を整理し、平水時の水質状況を把握した結果、ダムサイト地点およびダム下流地点におけるヒ素濃度は健康項目の環境基準値未満であった。

② ダム底層の嫌気化状況把握

ダムサイト地点においては、鉛直方向の水質調査（水温・溶存酸素量（DO）等）を経年的に実施しており、その結果からヒ素溶出をもたらすダム底層の嫌気化状況を把握した。

四十四田ダムにおける底層の溶存酸素量（DO）は、嫌気化しやすい夏場においても好氣的な状態が維持されており、底層からの溶出は認められない。

③ 底質からのヒ素溶出、間隙水水質の把握

【ダム湖底の堆積物の溶出試験】

ヒ素が溶出しやすい条件（DO=2mg/l）において、試験を実施しても、ヒ素は定量下限値以下であった。

【堆積物中の間隙水における水質調査】

ダム湖水中に接している堆積物中の間隙水ヒ素濃度は環境基準値以下であった。

3) 今後の対応方針

現在のところ、底質からのヒ素溶出は認められない。ただし、今後も継続して監視する。

(2) まき上げ・浮上に関する影響

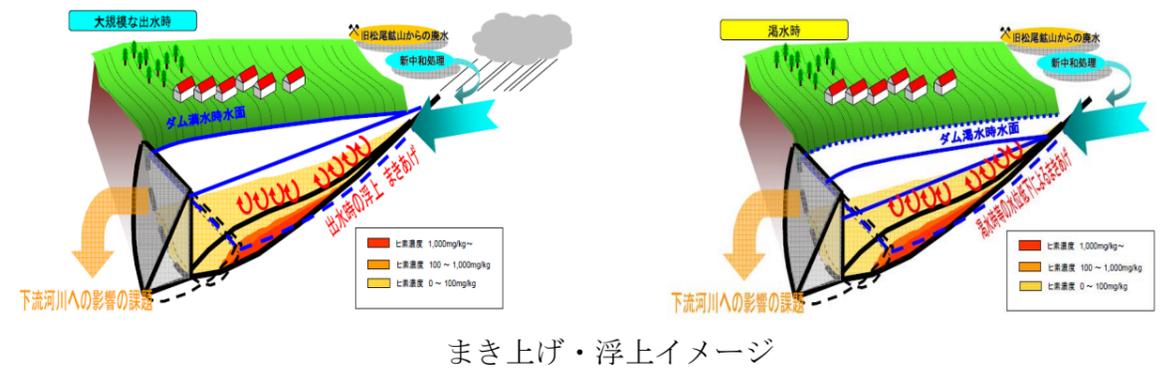
1) 課題および現状調査からの判断

【課題】

- ダム湖内の底部に存在する高濃度のヒ素を含む堆積物層の洗掘の可能性
- 貯水池内に浮上する可能性

【現状調査からの判断】

まき上げ・浮上に伴うヒ素流出の影響は小さいと考えられる。



2) 分析内容

① 出水時における状況把握

ダム下流地点におけるヒ素濃度は、ダム完成後の最大流入量を記録した平成19年9月では、環境基準値をやや上回る程度であった。ヒ素濃度が高かった理由は、貯水池内でのまき上げ・浮上によるものではなく、ダム上流のヒ素を含む河床堆積物がダム内に高濃度で流入し、その一部が希釈されダム下流へ放流されたものである。その他の洪水時は環境基準値未満である。

洪水時のダム湖内のヒ素の鉛直分布、ダム下流ヒ素濃度の低下状況から、まき上げ・浮上による下流への影響は小さいと考えられる。

② 濁水濁水について

管理開始以降、濁水により最低水位以下までの水位低下が生じたことは無い。また、現在は、ヒ素濃度の低い土砂が表層部に厚く堆積し、また貯水位の低下は無いため、ヒ素を含む濁水は生じていない。

※昭和61年の工事において最低水位（158m）以下の155m程度まで低下した際、湖内中心部でヒ素濃度は上昇したが放流ヒ素濃度は定量下限値未満。

3) 今後の対応方針

現在のところ、まき上げ・浮上を要因とする下流河川へのヒ素溶出は認められない。ただし、今後も継続して監視をする。

(3) ダム堤体からの漏水に関する影響

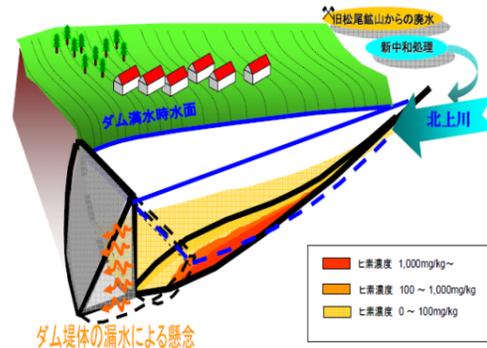
1) 課題および現状調査からの判断

【課題】

- ダム堤体のコンクリート打ち継ぎ目を浸透する漏水に堆積物のヒ素が含有の可能性
- 下流へ影響を及ぼす可能性

【現状調査からの判断】

堤体からの漏水によるヒ素の影響は小さいと考えられる。



ダム堤体からの漏水イメージ

2) 分析内容

① 堤体からの漏水水質把握

漏水水質について、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、ヒ素の環境基準値 0.01mg/L を超過する値が観測された。しかし、発電放流と合流し放流されていることから、これらによる下流への影響は小さいと考えられる。

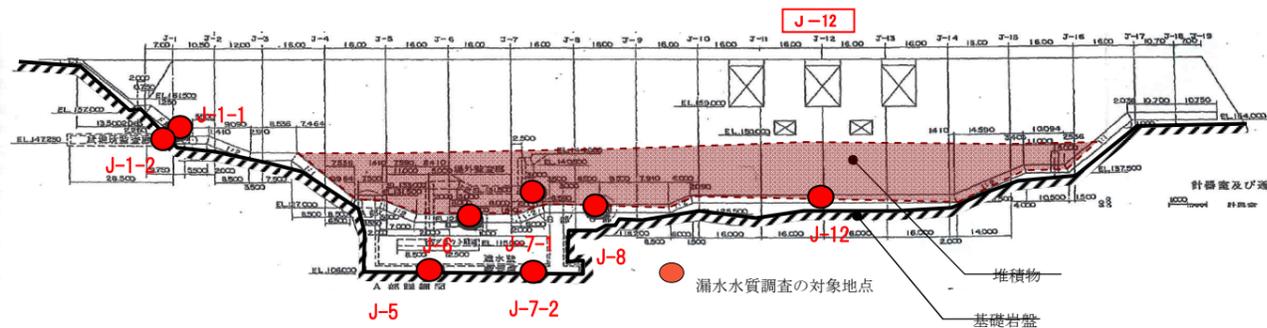


図 4.1 漏水調査箇所

3) 今後の対応方針

ダム堤体からの漏水では、漏出するヒ素の下流への影響は小さいと考えられる。ただし、今後も継続して監視する。

(4) ダム直下およびアバットを迂回する浸透水に関する影響

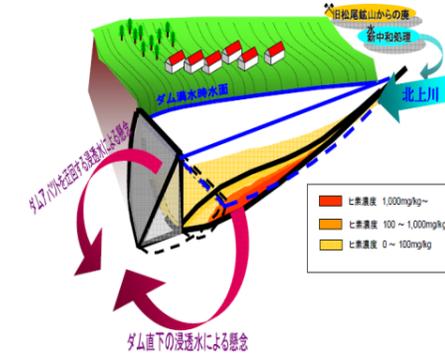
1) 課題および現状調査からの判断

【課題】

- ダム直下の基礎岩盤および堤体両岸（アバット）の地山を浸透する水に堆積物に起因するヒ素が含まれている可能性
- その水が下流河川へ流出することで水質面へ影響を及ぼす可能性

【現状調査からの判断】

ダム直下を迂回する浸透水によるヒ素の影響は認められない。



ダム直下およびアバットを迂回する浸透水イメージ

2) 分析内容

① 浸透水の水質把握（ダム直下）

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が、全ての地点においてヒ素は、定量下限値未満であった。

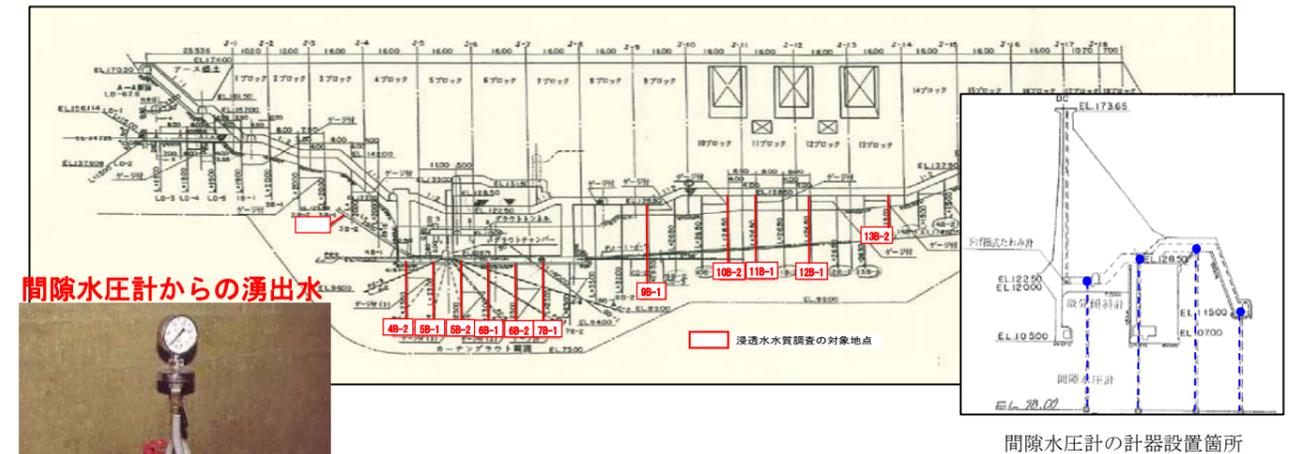


図 4.2 浸透水調査箇所

② 浸透水の水質把握（ダムアバット部）

一部の観測孔では基準値を上回るヒ素が観測されたが、集水された後では 0.001mg/L 以下であり、これによる影響は小さいと考えられる。

3) 今後の対応方針

右岸アバット部からの浸透水では、基準値を上回るヒ素が観測されたが下流への影響は小さいと考えられる。ただし、今後も継続して監視する。

(5) 周辺地下水の状況把握

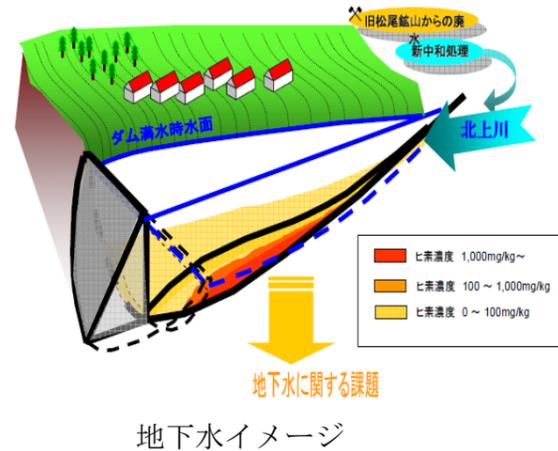
1) 課題および現状調査からの判断

【課題】

- ダム湖内の堆積物によりダム湖周辺地下水へ影響を及ぼす可能性

【現状調査からの判断】

ダム周辺における地下水中に堆積物を要因とするヒ素は認められない。



地下水イメージ

これまで継続して実施されている以下の2調査結果より、四十四田ダム周辺地下水の状況を報告する。

2) 分析内容

公共用水域水質調査結果(井戸水) (H11~H15 岩手県・盛岡市等調査)

水質モニタリング調査結果 (H16~H19 岩手県・盛岡市等調査)

【分析結果】

ダム周辺の井戸・地下水の26地点において、1箇所の井戸で環境基準値を超過するヒ素が確認されている。ただし、貯水池から約300mに位置したこの井戸は底標高が堆積物標高に比べ約10m高く、堆積物との関係性は小さく、井戸周辺の地質に由来すると考えられる。

3) 今後の対応

現在のところ、ダム周辺における地下水に、堆積物を要因とするヒ素は認められない。ただし、今後も継続して監視を続ける。

(6) 上流域でのヒ素状況把握

1) 課題および現状調査からの判断

【課題】

- 質的問題全般

【現状調査からの判断】

ヒ素を含んだ既堆積物による水環境への影響は小さいと考えられる。

2) 分析内容

① 出水時のヒ素濃度と濁度の関係

平成19年9月洪水時調査結果

【分析結果】

平成19年9月洪水では、赤川上流の富士見橋地点において高いヒ素濃度が観測されているが、溶解態ヒ素濃度は低く、ヒ素濃度は、ほぼ粒子態ヒ素濃度と考えられる。また、赤川下流の山子沢橋地点においては、ヒ素濃度は低くなっており、赤川上流で高いヒ素濃度が確認されたことは局所的な現象と考えられる。

調査結果から粒子態ヒ素濃度と濁度の経時変化には相関性があり、粒子態ヒ素は土砂粒子に吸着して移動していると考えられる。

3) 今後の対応

現在のところ、水環境への影響は小さいと考えられる。ただし、今後も継続して監視を続ける。

(7) 生物に関する影響

1) 課題および現状調査からの判断

【課題】

- 水圏生態系を通じた生物濃縮の可能性

【現状調査からの判断】

ダム湖および周辺に生息する魚類への影響は小さいと考えられる。

2) 分析内容

河川水辺の国勢調査結果（魚類）における体内ヒ素含有量報告（H20 調査）

【分析結果】

① 調査結果

オイカワの内蔵から、今年度調査で初めてヒ素が検出された。検出された値は、0.7(mg/kg-wet)であり、過去に実施した平成8年、平成15年、および平成18年の計3回の調査では、ヒ素含有濃度は定量下限値未満（0.7mg/kg-wet）であった。

表4.1に調査項目、および実施時期を、表4.2に調査対象魚類を、また、図4.3にオイカワについて過去の調査結果との比較図を示す。なお、表4.3に分析項目を示す。

表 4.1 調査項目、および実施時期

調査項目	実施時期
魚類捕獲	平成20年9月29日～10月1日、10月9日
室内分析	平成20年11月

表 4.2 調査対象魚類一覧

種名	食性	主な生活環境	生活型	分析個体数
ギンブナ	雑食性：底生動物、藻類、プランクトン	淀み、泥底を好む。	遊泳性・純淡水魚	2
オイカワ	雑食性：付着藻類、半浮遊動物・浮遊動物、ユスリカ	川では平瀬、湖沼では沿岸一帯	遊泳性・純淡水魚	21
ウグイ	雑食性：プランクトン(夏)、底生動物(冬)	開けた水域の表層・中層	遊泳性・純淡水魚(降海型有)	12
ホンモロコ	動物食性：プランクトン、水生昆虫	水深5m以深の沖合の中層	遊泳性・純淡水魚	2
カマツカ	雑食性：底生動物、底生藻類(稚魚)	湖の沿岸、砂底・砂礫底	底生性・純淡水魚	2
ニゴイ	雑食性：水生昆虫、付着藻類、小魚	流れの緩やかな水域の底層部、特に砂底	底生性・純淡水魚	6
アユ	植物食性：付着藻類専食(遡上後期)	大石や岩盤のある瀬	遊泳性・両側回遊魚	2
オオクチバス	魚食性：魚類、甲殻類、カエルなど	湖岸部、浅い湖沼、止水域、水草のあるところを好む。	遊泳性・純淡水魚(特定外来生物)	18
ウキゴリ	動物食性：水生昆虫、仔稚魚、エビ類	流れの緩やかな淵やワンド	底生性・両側回遊魚(陸封型有)	10

※食性、主な生活環境および生活型は、「川の生物図鑑」(財)リバーフロント整備センター編、1996)および「日本の淡水魚 改訂版」(川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編、2002)を参考にして記載

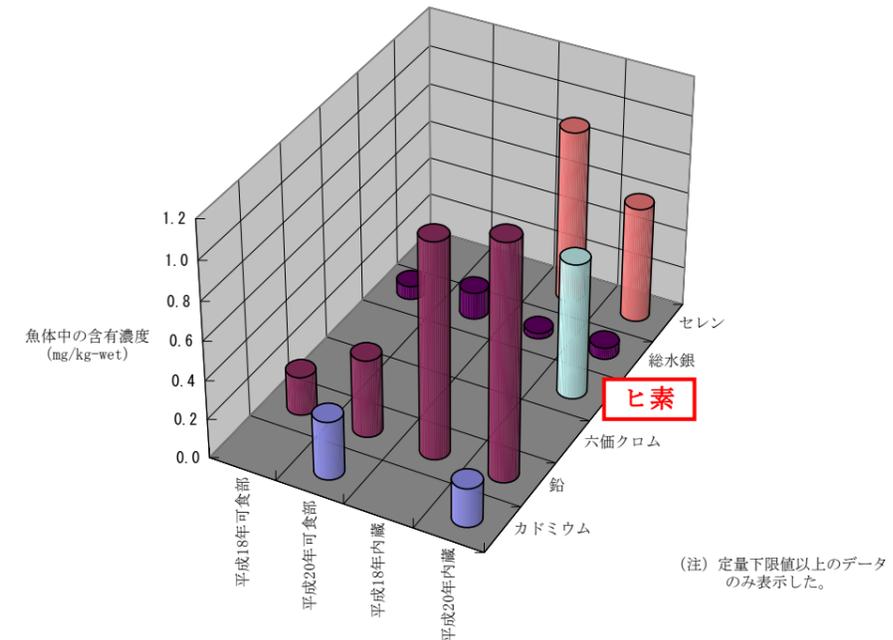


図 4.3 過去の調査結果との比較（オイカワ）

表 4.3 分析項目、および分析方法

分析項目	分析方法	定量下限値 (mg/kg-wet)
カドミウム(Cd)	加圧酸分解後 ICP/MS 法	0.1
鉛(Pb)	加圧酸分解後 ICP/MS 法	0.1
六価クロム(Cr ⁶⁺)	水抽出後 ジフェニルカルバジド吸光度法	2.0
ヒ素(As)	加圧酸分解後 ICP/MS 法	0.5
総水銀(T-Hg)	加熱気化原子吸光法	0.01
セレン(Se)	加圧酸分解後 ICP/MS 法	0.5

② 人体への影響

淡水性の魚類のヒ素含有量調査の事例では、人体へ影響を及ぼす無機体のヒ素は検出されていない。これは、魚類がヒ素を体内に取り込む過程でメチル化（有機化）されることが要因と考えられる。今回の分析ではヒ素の形態（有機・無機）が不明であるが、この傾向はオイカワでも同様であるため、四十四田ダムに生息するオイカワを食べても人体への影響は小さいと考えられる。ただし、現時点では詳細は不明であるため、今後も調査を継続してゆく。

3) 今後の対応

- 今後の魚類調査（ヒ素含有量調査）は、これまでと同様に、河川水辺の国勢調査（魚類：5年毎）も活用しつつ、2～3年に1回程度実施していく。（監視体制案に反映済み）
- 上記の魚類調査時にヒ素の形態分析の調査を実施する。
- 今後も学識経験者の指導を仰ぎつつ、魚類と重金属の関係性について調査を継続する。

(8) 質的課題のまとめ

質的課題に対して考えられる各項目に関する現状分析の課題を、表 4.4に示す。

いずれの項目についても、現状では影響が小さいと判断されるが、今後も継続して監視を続けるものとする。

表 4.4 現状分析のまとめ

課 題	分 析 結 果	今 後 の 対 応 方 針
ヒ素溶出	ダム底質からのヒ素溶出は認められない	継続して監視する
まき上げ・浮上	まき上げ・浮上によるヒ素の下流への影響は小さい	継続して監視する
ダム堤体からの漏水	堤体からの漏水によるヒ素の下流への影響は小さい	継続して監視する
ダム直下およびアバットを迂回する浸透水	ダム直下を迂回する浸透水によるヒ素の影響は小さい	継続して監視する
地下水	ダム周辺における地下水に、堆積物を要因とするヒ素は認められない	継続して監視する
上流域でのヒ素状況把握	ヒ素を含んだ既堆積物による水環境への影響は小さいと考えられる。	継続して監視する
生物	ダム湖および周辺に生息する魚類への影響は小さい (ただし、今回の分析ではヒ素の形態が不明)	継続して監視する 魚類調査時にヒ素の形態分析を実施する

4.1.3 対策方針

貯水地内において、ヒ素濃度の高い土砂を覆うかたちで、ヒ素濃度の低い堆積層が厚く分布する傾向にあり、堆積土砂を掘削することはヒ素が溶出する可能性が高いことから、貯水池内堆砂は掘削せず、存置する。ただし、質的課題について考えられる項目については、今後も長期的にモニタリングを継続する。

4.2 量的課題に対する対策

4.2.1 堆砂対策の目的

ダムは長期間の供用が期待される代表的な社会資本ストックであり、適切な維持管理を継続することで、効果を発現し続けることができる。ただし、堆砂を放置することは、ダムの治水機能に影響を与え、将来的には致命的な損失が生じる恐れもある。また事後対処で万全を期することは困難であり、その場合の対策費用は膨大となる。このため、経済性を考慮して、適切な時期に対策を実施することが求められる。

4.2.2 四十四田ダムにおける堆砂対策の必要性

<容量の減少>

- ・ 四十四田ダムの治水容量は、3,390万 m³ で計画（ダム機能上必要）
- ・ 平成19年現在で、治水容量内に119万 m³ の土砂が堆積
- ・ 全堆砂量では100年後に更に474万 m³（合計1,451万 m³）の堆砂が想定
- ・ 治水容量内では100年後に更に161万 m³（合計280万 m³）の堆砂が想定
- ・ 利水容量内では100年後に更に64万 m³（合計118万 m³）の堆砂が想定

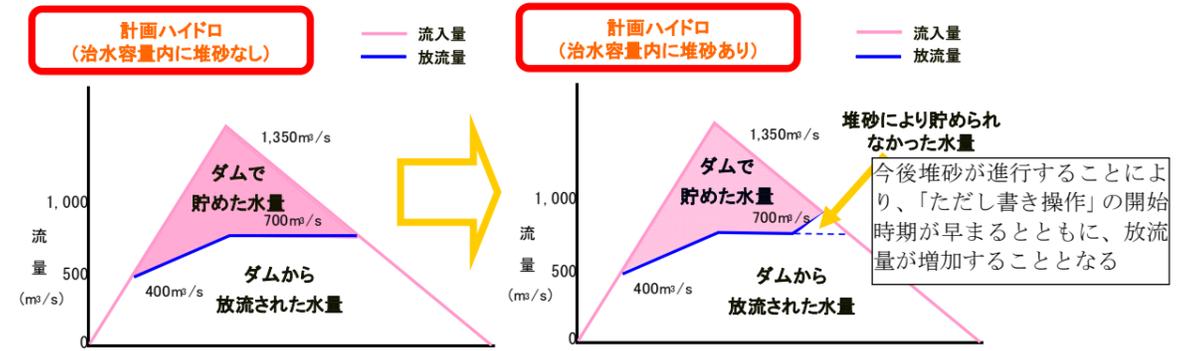


図 4.7 洪水調節容量の減少

<洪水操作>

平成19年現在の堆砂状況を考慮して、管理以降最大洪水と既往最大洪水の洪水操作を以下に示す。

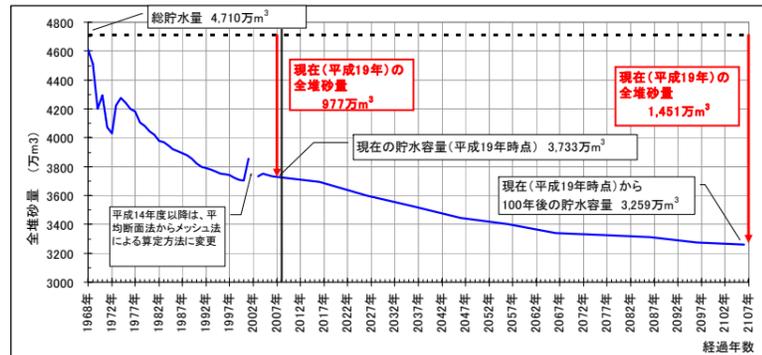


図 4.4 全堆砂量の経年変化

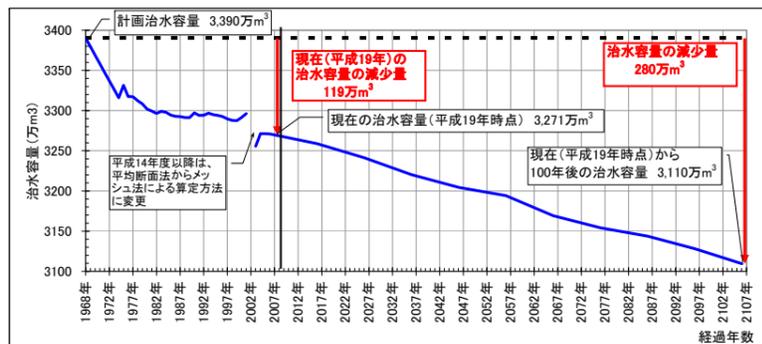


図 4.5 治水容量の経年変化

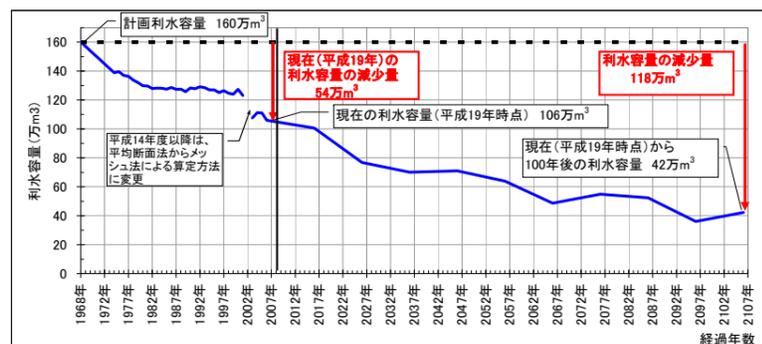


図 4.6 利水容量の経年変化

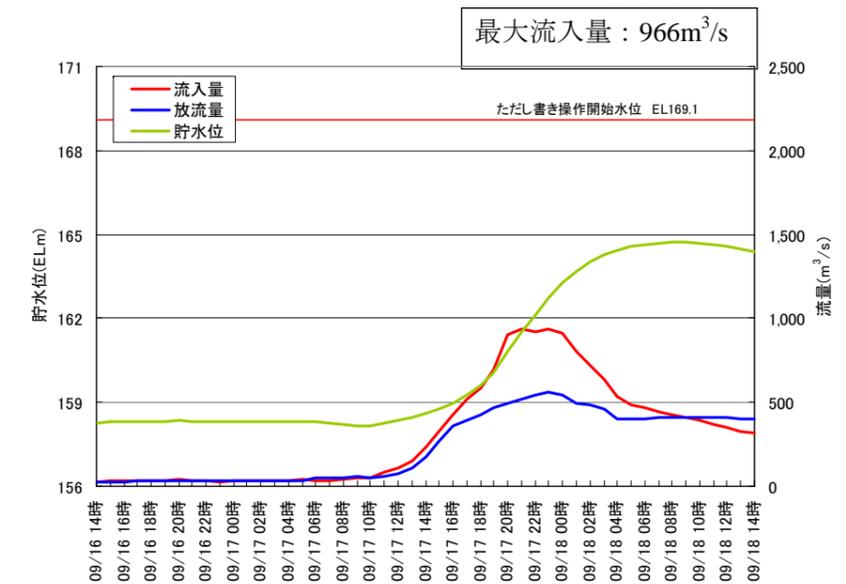


図 4.8 平成19年9月洪水操作

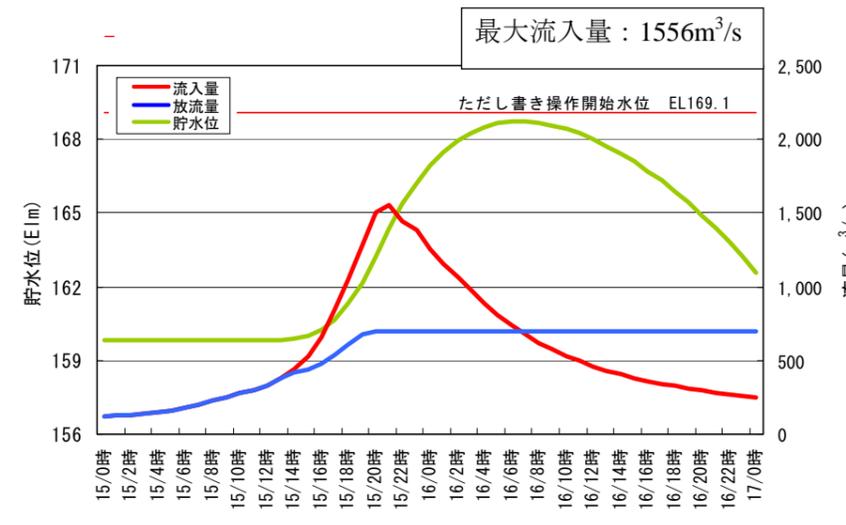


図 4.9 昭和22年9月洪水

<ダムを取り巻く近年の気候変化>

ダム流入量の特性

四十四田ダムへの流入量は、総量の変化は渇水年や豊水年によりばらつきがあるが、経年的に変化の傾向はみられない。

流入量の年最大値は、近年増加傾向にあり洪水の特性が近年変化している傾向がある。

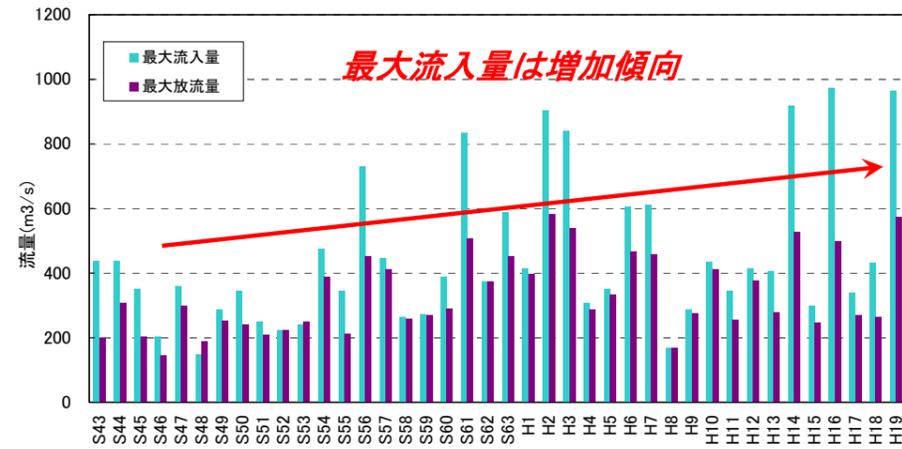


図 4.10 ダム最大流入量の経年変化

【対数正規確率紙】

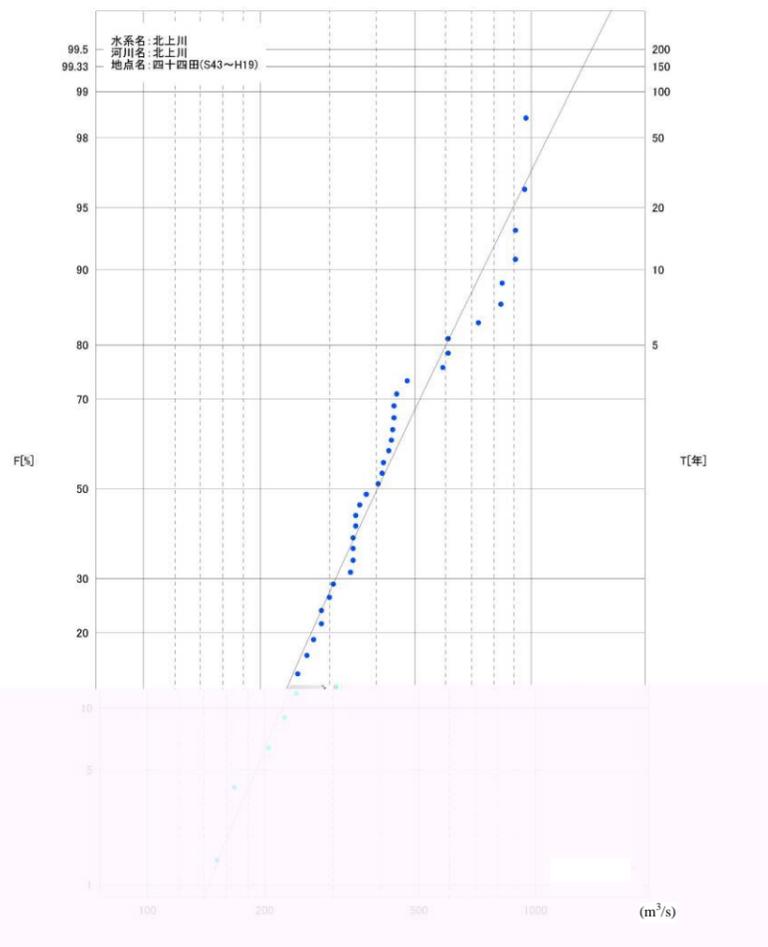


図 4.11 流量確率計算(昭和43年～平成19年)

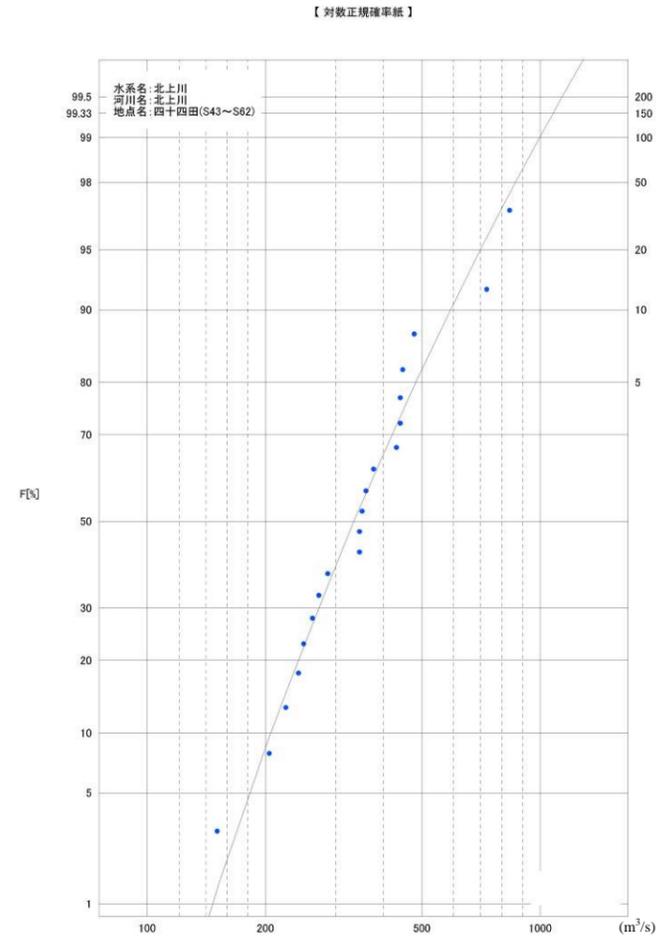


図 4.13 流量確率計算(昭和43年～昭和62年)

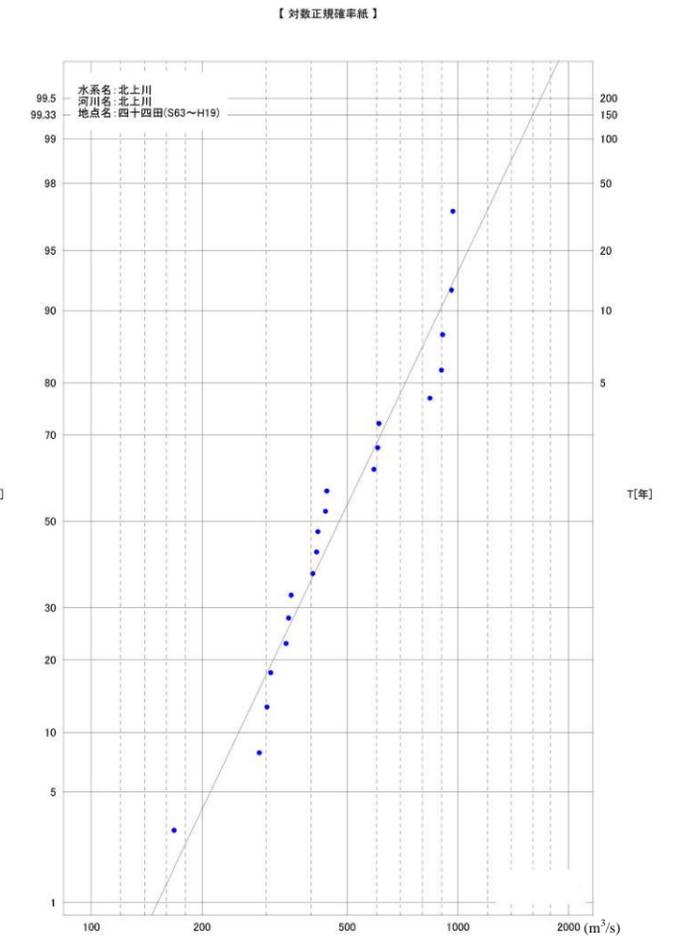


図 4.12 流量確率計算(昭和63年～平成19年)

表 4.5 確率規模別流入量

(単位: m^3/s)

確率年	昭和43年～平成19年	昭和43年～昭和62年	昭和63年～平成19年
2	400	335	475
5	600	481	718
10	745	590	891
20	893	702	1065
50	1096	862	1302
100	1257	993	1489

洪水調節実績

四十四田ダムではダム管理開始から現時点（H19.10）までに延べ30回の洪水調節を行っている。内訳は平成以降では20回、そのうち平成10年以降の直近10年間だけで11回と実に全調節回数のおよそ1/3以上を占めている。また、最大流入量が900m³/sを超えたものは平成19年9月洪水の966m³/sを筆頭に平成16年、平成14年、平成2年と近年に大きな洪水が発生している。

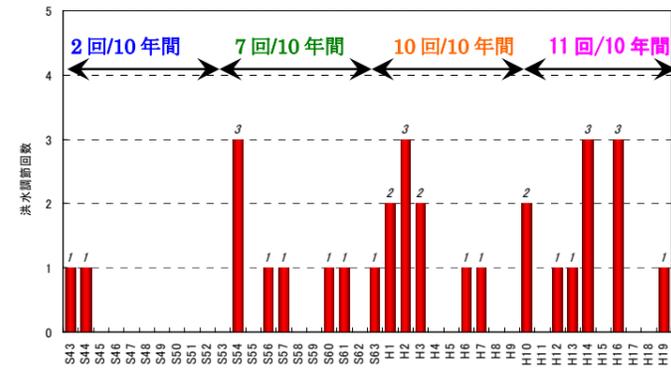


図 4.14 各年の洪水調節回数の経年変化

< 四十四田ダム堆砂対策の必要性 >

四十四田ダムは、1196km²の広大な流域面積を持ち、北上川本川に位置している。下流には県庁所在地である盛岡市が存在するため、治水上重要な役割を果たしてきた。

しかし、上流の旧松尾鉦山に由来する排水の影響により、これまでに計画を大幅に上回る速度で堆砂が進行し、その量は平成19年時点で、977万m³（堆砂容量の84.2%）に達しており、今後も進行することは確実である。

また、この堆砂に伴い、ダム機能上最も重要な治水容量が減少し、現状においてもダム機能に影響を及ぼしている。

この状況を踏まえ、既往最大の昭和22年洪水について現行ダム操作での照査を行った結果、ただし書き操作までには至らないものの、近年の気候変動に伴い、ダムへの最大流入量が増加傾向にあるなど、これを上回る洪水が発生する恐れも考えられることから、早急に対策を実施しダム機能の確保を図ることが重要である。

4.2.3 堆砂対策の目標

堆砂問題を検討するうえで、検討課題を具体化するため、目標の分類をおこなった。具体的には、堆砂対策の目標を現状の治水容量内堆砂分と将来の堆積土砂分とに区分し、各々に対策量を設定した。

<p>■治水容量内に堆積した土砂に対する対策：治水容量3,390万m³の回復 (対策量：119万m³)</p> <p>■今後貯水池内に堆積する土砂に対する対策：治水容量3,390万m³の維持 (想定対策量：今後100年間の治水容量内堆砂量161万m³)</p>

堆砂対策は、各々に有効とされる対策、事業費、推奨順位、質的課題への影響検討を評価し、総合的にバランスのとれた対策を立案するものとする。

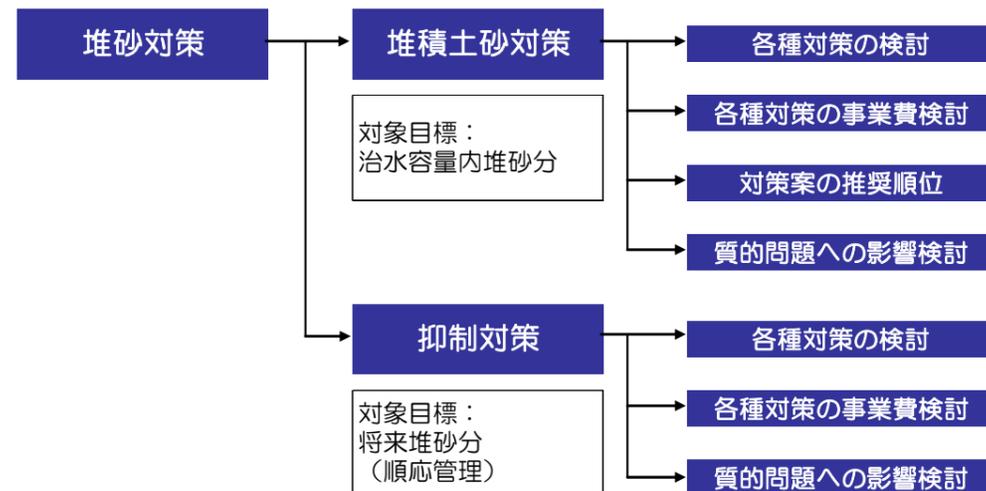


図 4.15 堆砂対策の検討方針

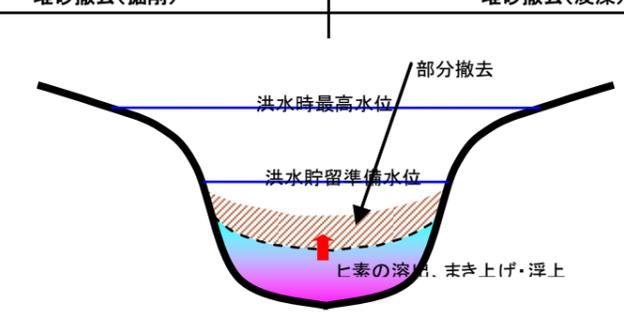
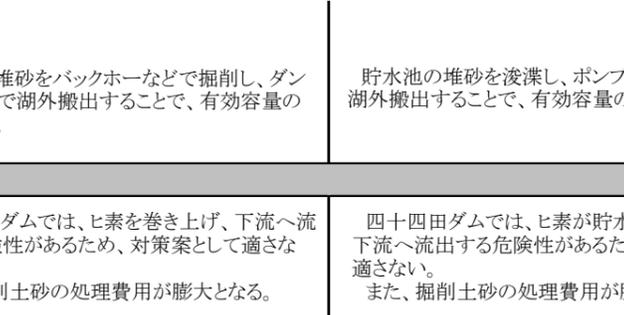
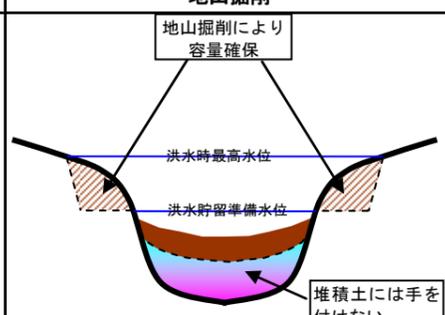
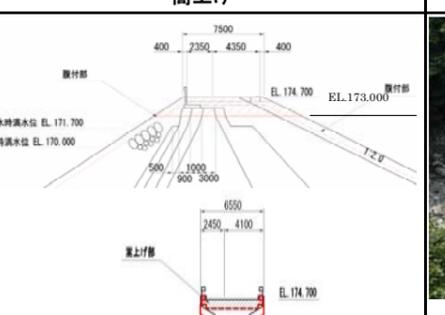
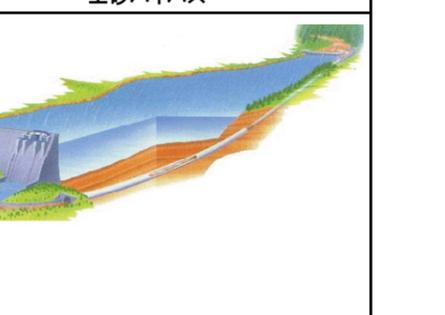
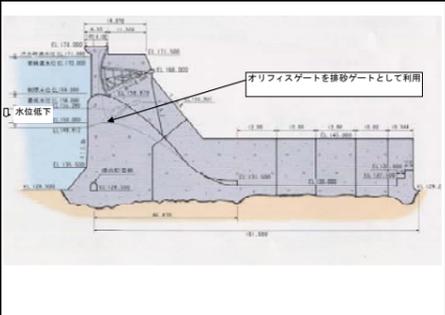
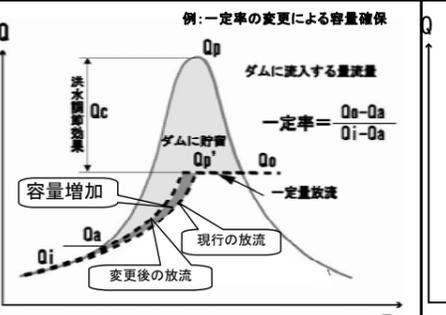
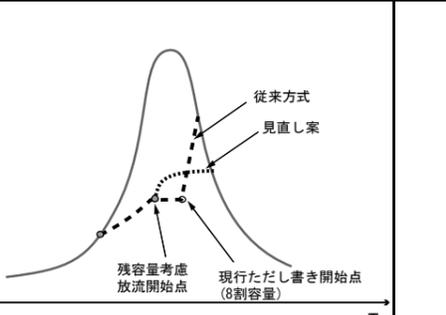
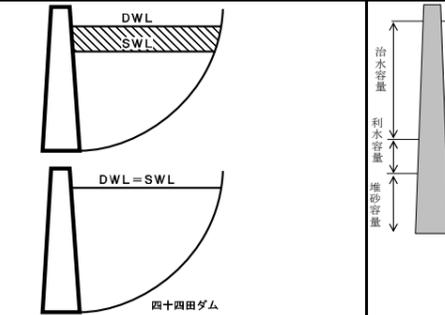
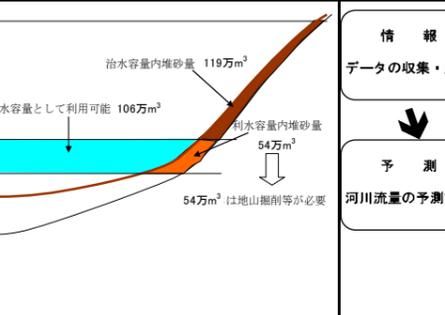
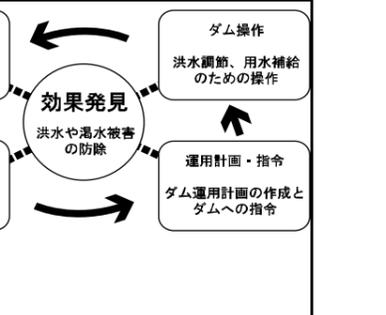
4.2.4 想定される堆砂対策案

一般的に想定される堆砂対策案を以下に示す。

ハード対策	容量回復	堆砂撤去	掘削 浚渫
		地山掘削	
		嵩上げ	
	抑制対策	貯砂ダム	
		土砂バイパス	
		排砂ゲート	
ソフト対策	貯水池運用方法の変更	洪水調節方式の変更	
		ただし書き操作の見直し	
		空き容量の活用	
		利水容量活用	利水容量振替 事前放流
		ダム連携操作	

図 4.16 想定される堆砂対策案

表 4.6 想定される堆砂対策案の概要

ハード対策					
容量回復			抑制対策		
堆砂撤去(掘削)	堆砂撤去(浚渫)	地山掘削	嵩上げ	貯砂ダム	土砂パイパス
 <p>貯水池の堆砂をバックホーなどで掘削し、ダンプトラック等で湖外搬出することで、有効容量の回復を図る。</p>	 <p>貯水池の堆砂を浚渫し、ポンプ圧送等により湖外搬出することで、有効容量の回復を図る。</p>	 <p>貯水池の治水容量内の地山(堆砂以外の部分)を掘削除去することにより、貯水池の有効容量の増加を図る。</p>	 <p>ダムを構造的に嵩上げし、有効容量の増加を図る。</p>	 <p>貯砂ダムで洪水時に含まれる土砂を堰止め、貯砂ダム下流の貯水池での堆砂を抑制する。貯砂ダムの堆積した土砂は湖外搬出する。</p>	 <p>分派堰から分流した土砂・洪水をバイパストンネルを通じて、ダム下流河道へ流下させる。</p>
四 十 四 田 ダ ム へ の 適 用 性					
<p>四十四田ダムでは、ヒ素を巻き上げ、下流へ流出する危険性があるため、対策案として適さない。 また、掘削土砂の処理費用が膨大となる。</p>	<p>四十四田ダムでは、ヒ素が貯水池内に溶出し、下流へ流出する危険性があるため、対策案として適さない。 また、掘削土砂の処理費用が膨大となる。</p>	<p>四十四田ダムに適用する場合、堆砂内ヒ素攪乱の危険性がないこと、また、効果の表現性が高いことから、有力案である。 ただし、対象地山は植生が繁茂しており、貴重種等に対する環境調査が必要である。</p>	<p>四十四田ダムでは、堆砂対策の有力案となる。ただし、大規模改修となるため、各種構造令等に基づく検討が必要である。またアース・重力の複合ダムであり、施工上の課題も多い。</p>	<p>将来的な堆砂抑制が期待でき、経済的でもあることから、四十四田ダムにおいても有力案となる。ただし、既往堆砂には、効果が無い。</p>	<p>対策の対象となる土砂はウォッシュロードであり、砂・礫に対しては効果が期待できず、既往堆砂にも効果が無い。このため、四十四田ダムには適さない。</p>
ハード対策(つづき)			ソフト対策		
抑制対策(つづき)			貯水池運用方法の変更		
排砂ゲート	洪水調節方式の変更	ただし書き操作の見直し	空き容量の活用	利水容量活用(利水容量振替・事前放流)	ダム連携操作の更なる高度化
 <p>洪水時に貯水位を水位低下し、堆砂を掃流させることで、排砂を促進する。</p>	 <p>現行の洪水調節方式(一定率一定量方式)を「一定率の増加」および「一定量方式への変更」に変更することで、治水容量を増加させる。</p>	 <p>現行のただし書き操作(放流量=流入量)を高度化し、「水位放流方式」、「VR方式」等の状況に応じた操作を実施する。</p>	 <p>サーチャージ水位(SWL)から設計洪水水位(DWL)の間の容量を治水容量として活用する。</p>	 <p>容量振替や事前放流によって、利水容量を治水容量として活用する。</p>	 <p>洪水時に近傍ダムとの連携を高度化し、下流被害を軽減させる。</p>
四 十 四 田 ダ ム へ の 適 用 性					
<p>四十四田ダムでは、堆砂中のヒ素流出の危険性が高いため、不適切である。</p>	<p>一定率部分を見直した場合、放流設備の検証、放流による下流水位上昇等を詳細検討する必要がある。なお、一定量放流方式への変更には、放流設備の能力が不足しており、大規模改修が必要となる。</p>	<p>ダムの計画洪水を超える出水に対する対策であり、定期的に治水容量への換算はできないものの、治水被害の軽減効果がある。</p>	<p>四十四田ダムでは、サーチャージ満水位(SWL)と設計洪水水位(DWL)が同じであるため、適用できない。</p>	<p>四十四田ダムでは、堆砂分を除いた利水容量としては106万m3が見込まれる。他対策との併用も可能であり、対策費用も経済的であることから、有力な対策案である。</p>	<p>将来的には、四十四田ダムと御所ダムとの連携操作をさらに高度化する。ただし、降雨・出水パターン等の詳細分析が必要である。</p>

5. 治水容量内に堆積した土砂に対する対策

5.1 想定される対策案

(1) 対策案の抽出

現状の目標（治水容量内堆砂量の回復）に対しては、堆砂撤去、地山掘削、嵩上げ、利水容量活用の4案が抽出される。

堆砂対策案	容量回復	堆砂撤去	掘削 浚渫	・当該対策案単独で回復(確保)が可能。
		地山掘削		
		嵩上げ		
		利水容量活用	利水容量振替 事前放流	
	抑制対策	貯砂ダム		・今後の堆砂抑制には効果があるが、治水容量内の堆砂除去には効果がない。
		土砂バイパス		
排砂ゲート				

図 5.1 現状に対する対策案の抽出

(2) 比較検討案の設定

当面の目標に対する比較検討案として以下の5案を設定した。

A. 堆砂撤去(掘削)

B. 堆砂撤去(浚渫)

C. 地山掘削

D. 嵩上げ

E. 利水容量活用

図 5.2 治水容量内に堆積した土砂に対する対策に対する検討案

表 5.1 治水容量内に堆積した土砂に対する対策の比較

対策案	質的課題	施工性 (実現性)	その他	経済性
A. 堆砂撤去(掘削)	×	×	△	△
	掘削による堆砂内ヒ素攪乱の危険性がある。	施工範囲は貯水池全域となり、施工効率が悪い。	残土処理方法の検討が必要。	
B. 堆砂撤去(浚渫)	×	×	△	△
	浚渫による堆砂内ヒ素攪乱の危険性がある。	施工範囲は貯水池全域となり、施工効率が悪い。	残土処理方法の検討が必要。	
C. 地山掘削	◎	○	○	○
	既存堆積土砂を残置するため、ヒ素攪乱の危険性がない。	施工面で特に問題はない。	△:湖畔環境への影響検討、 残土処理方法の検討が必要。 ◎:効果の早期発現が可能。	
D. 嵩上げ	△	△	△	△
	仮締切施工時に湖底攪乱の可能性がある。	仮締切施工に困難を要する。(右岸翼壁部)	△:耐震補強の問題 △:構造令適用の問題 (フィル法面勾配、設計洪水流量)	
E. 利水容量活用	○	○	○	◎
	△:制限水位低下による堆砂攪乱の可能性を確認した(次項参照) ◎:既存堆積土砂を残置するため、ヒ素攪乱の危険性がない。	貯水池操作の変更のみであり、施工面での問題はない。	◎:効果の早期発現が可能 △:今後も容量が減少するため 抜本的対策とはならない。	

注1) 各対策案の評価について ◎:有力 ○:特に問題なし △:検討・確認の必要あり ×:問題あり

注2) 効果の確実性については、どの案も同等の効果が期待できる。

5.2 質的課題への影響検討

治水容量内に堆積した土砂に対する対策における治水容量活用案では、洪水貯留準備水位を低下させるため（管理水位を 159m から 158m に低下）、堆砂予測計算により、高濃度のヒ素を含有する土砂の巻き上げ可能性を確認した。以下に、対象洪水、計算河道条件、および洪水調節実績（図 5.3）を示す。また、図 5.4に予測計算結果を示す。

(1) 対象洪水と計算河道

1) 対象洪水

既往最大洪水として平成 19 年 9 月洪水を対象とした。

2) 計算河道

治水容量活用案（対策量：106 万 m³）を想定し、平成 19 年度四十四田ダム堆砂測量結果より作成した平成 19 年河道で堆砂予測計算を実施した。

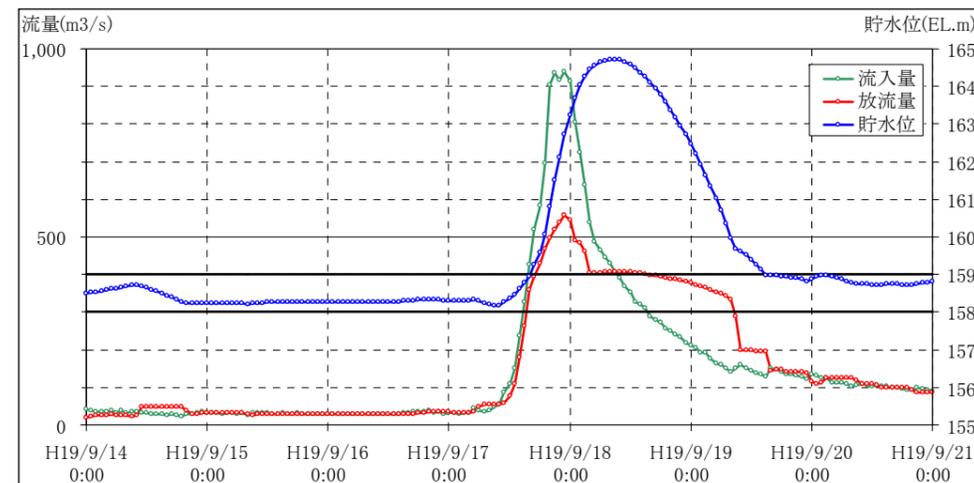


図 5.3 平成 19 年 9 月洪水調節実績

(2) 予測計算結果

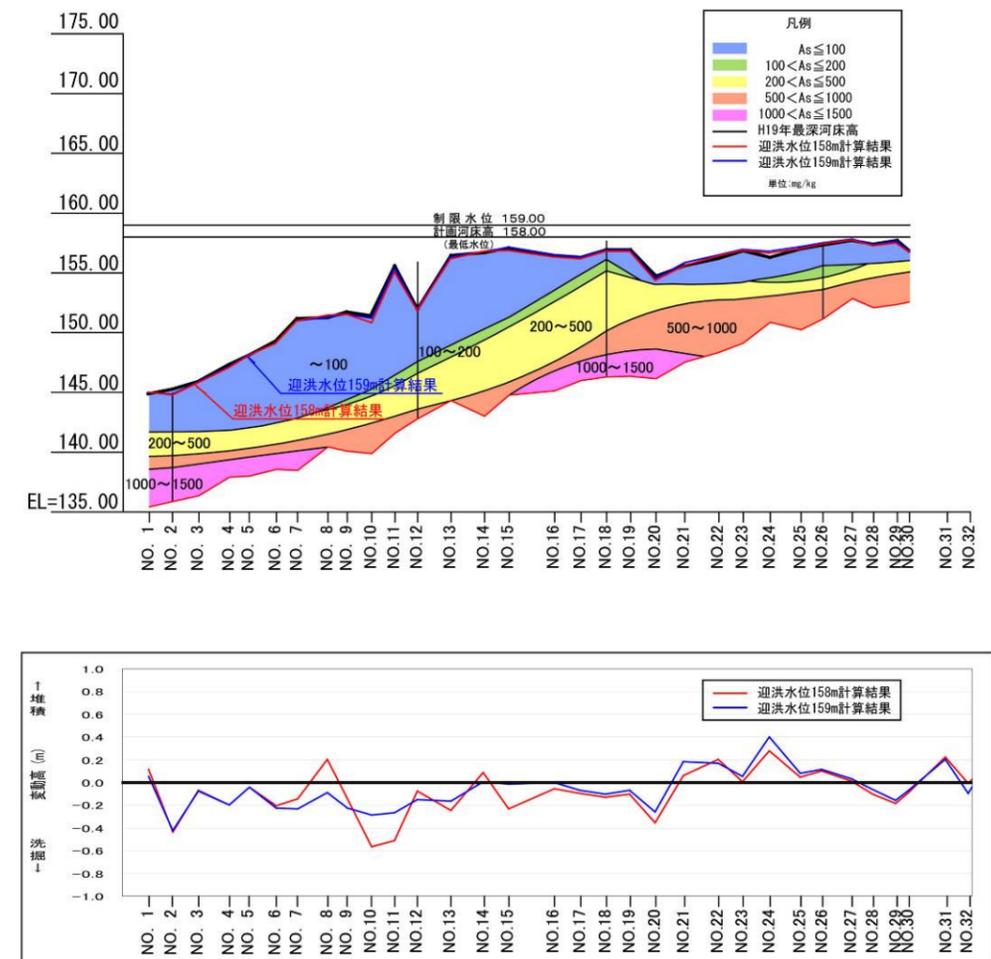


図 5.4 平成 19 年 9 月洪水計算結果と貯水池内体積土砂のヒ素含有濃度分布

(3) 質的課題への影響

洪水貯留準備水位を EL.158m に変更した場合、地点 No.9 から No.20 において、河床低下が生じた。特に、地点 No.10 付近において、最も河床が低下しており、その変動量は 50cm から 55cm 程度となっているが、低濃度のヒ素（100mg/kg 以下）を含有する土砂の被覆厚が 10m 程度あり、高濃度のヒ素（100mg/kg 以上）を含有する土砂が巻き上げられる可能性は低いと考えられる。また、低濃度のヒ素を含む土砂の被覆厚が最も小さい地点 No.18～No.20 付近では、10cm から 40cm 程度の河床低下が生じているが、被覆厚が 2m 程度であることから、高濃度のヒ素を含有する土砂が巻き上げられる可能性は低いと考えられる。

5.3 治水容量内に堆積した土砂に対する対策のまとめ

治水容量内に堆積した土砂に対する対策として、抜本的対策としては地山掘削案が有効となる。ただし、周辺環境への影響や残土処理方法等の検討に時間を要すると考えられることから、当面の措置として治水容量活用案が有効と考えられる。

6. 今後貯水池内に堆積する土砂に対する対策

6.1 将来堆砂量の予測

有力案をもとにした将来堆砂対策案を検討するため、堆砂予測計算を実施し、将来堆砂量を予測した。予測計算結果における100年間の土砂収支は、以下のとおりとなった。

流入土砂量：2,034 万 m³

堆積土砂量：474 万 m³

流出土砂量：1,560 万 m³

なお、100年間の治水容量内累積堆砂量（EL.159m～EL.171m）は161 万 m³となり、この結果を対策必要量とした。堆砂の特徴としては、底部堆積層の河床上昇が進むとともに、デルタには層状に堆砂が進行する。なお、発電取水口敷に約40年後に堆砂が到達すると考えられる。

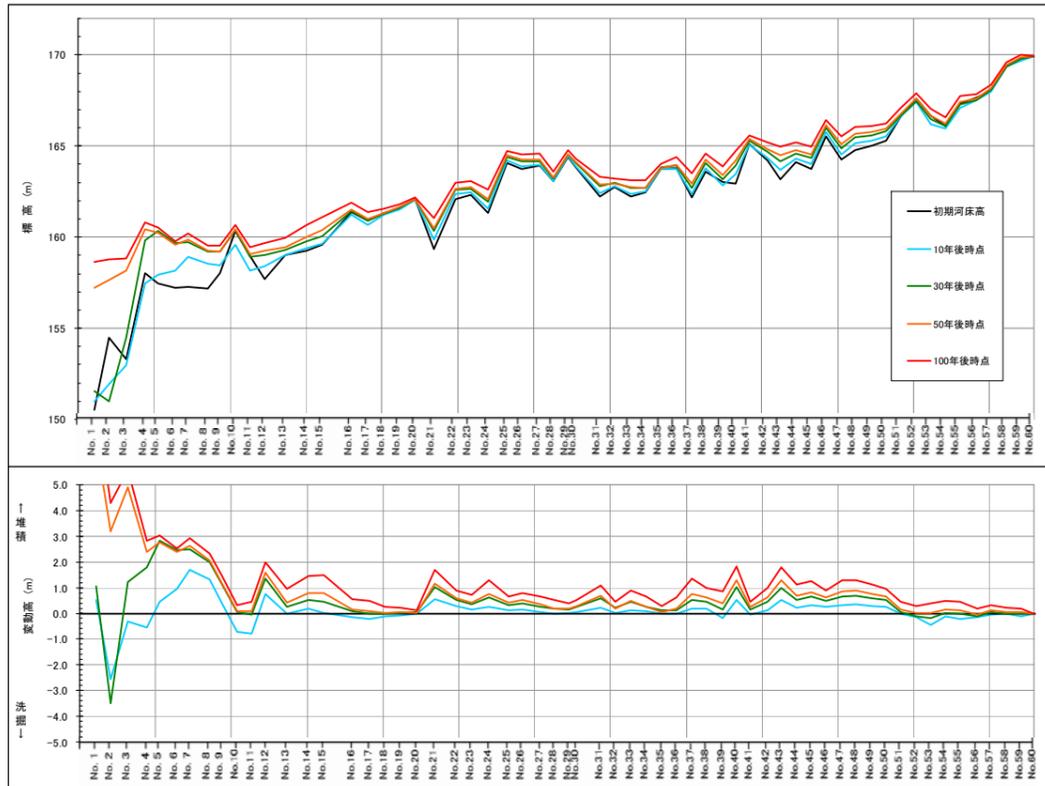


図 6.1 堆砂形状変化、および河床変動高変化

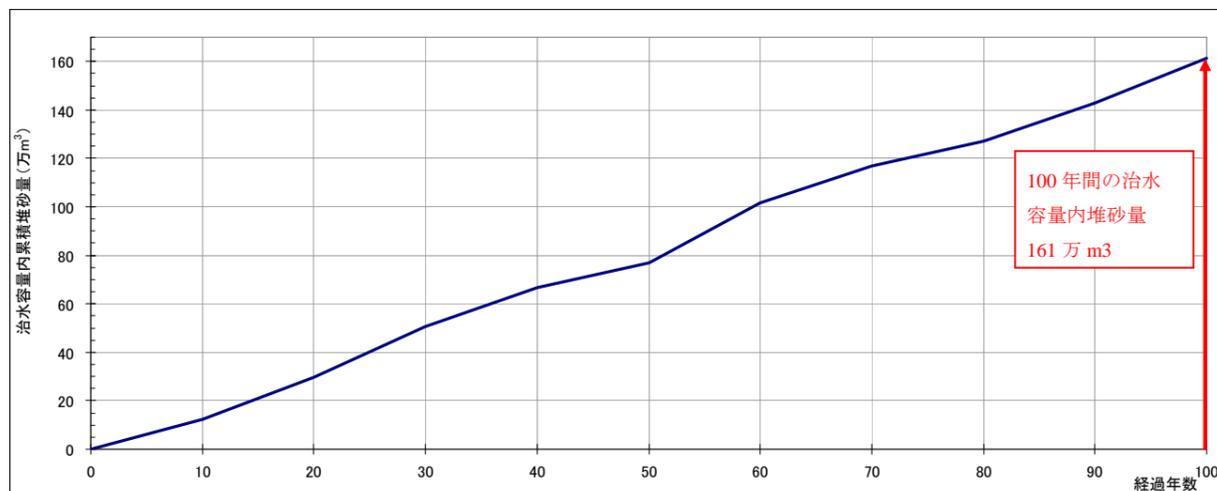


図 6.2 治水容量内累積堆砂量の経年変化

6.2 想定される対策案

(1) 対策案の抽出

治水容量内に堆積した土砂に対する対策として119 万 m³の治水容量回復を図れることを前提に、今後100年間に治水容量内に堆積すると推定される161 万 m³への対応策について妥当な方策を検討する。なお、利水容量活用は、対策単価が安価であるため、治水容量内に堆積した土砂に対する対策で用いたものとする。

対策案としては、下図に示すとおり、堆砂撤去、地山掘削、嵩上げ、貯砂ダム、土砂バイパスが抽出される。

堆砂対策案	容量回復	堆砂撤去	掘削 浚渫	・当面の対策で活用済み。 ・堆砂中のヒ素攪乱の危険性が高い。
		地山掘削		
		嵩上げ		
	抑制対策	利水容量活用	利水容量振替 事前放流	
		貯砂ダム		
		土砂バイパス		
		排砂ゲート		

図 6.3 今後貯水池内に堆積する土砂に対する対策に対する検討案の抽出

(2) 比較検討案の設定

- a. 堆砂撤去(掘削)
- b. 堆砂撤去(浚渫)
- c. 地山掘削
- d. 嵩上げ
- e. 貯砂ダム
- f. 土砂バイパス

図 6.4 今後貯水池内に堆積する土砂に対する対策に対する検討案

表 6.1 今後貯水池内に堆積する土砂に対する対策の比較

対策案	質的課題	量的課題 (効果の確実性)	施工性 (実現性)	その他	経済性
a. 堆砂撤去(掘削)	×	○	×	△	△
	掘削による堆砂内ヒ素攪乱の危険性がある。	対策量を確保する上で、特に問題はない。	施工範囲は貯水池全域となり、施工効率が悪い。	残土処理方法の検討が必要。	
b. 堆砂撤去(浚渫)	×	○	×	△	△
	浚渫による堆砂内ヒ素攪乱の危険性がある。	対策量を確保する上で、特に問題はない。	施工範囲は貯水池全域となり、施工効率が悪い。	残土処理方法の検討が必要。	
c. 地山掘削	◎	○	○	△	○
	既存堆積土砂を残置するため、ヒ素攪乱の危険性がない。	対策量を確保する上で、特に問題はない。	施工面で特に問題はない。	△: 湖畔環境への影響検討、残土処理方法の検討が必要。 ◎: 効果の早期発現が可能。	
d. 嵩上げ	△	○	△	△	○
	仮締切施工時に湖底攪乱の可能性がある。	対策量を確保する上で、特に問題はない。	仮締切施工の困難性(右岸翼壁部)	△: 耐震補強の問題 △: 構造令適用の問題 (フィル法面勾配、設計洪水流量)	
e. 貯砂ダム	◎	○	○	△	◎
	堆砂内ヒ素攪乱の危険性が小さい。	○: 治水容量内に堆積する砂・礫の捕捉が可能。	洪水期の施工、出水時対応等の課題はあるが、大きな問題はない。	貯水池への流入土砂量を低減する効果はあるが、治水容量内堆砂は緩やかに進行するため、他案との併用が必要。	
f. 土砂バイパス	◎	△	△	△	△
	堆砂内ヒ素攪乱の危険性が小さい。	△: 治水容量内の堆砂予測に不確実性を伴う。	左岸ルート案は新幹線、右岸ルート案は住宅地と交差するため、検討が必要。	貯水池への流入土砂量を低減する効果はあるが、治水容量内堆砂は緩やかに進行するため、他案との併用が必要。	

注1) 各対策案の評価について ◎:有力 ○:特に問題なし △:検討・確認の必要あり ×:問題あり

6.3 対策効果の評価

6.3.1 今後貯水池内に堆積する土砂に対する対策のシナリオ案

今後、貯水池内に堆積する土砂に対して対策を実施しても、既に減少している治水容量は確保できないとともに、今後も堆砂が進行することが確実であることから、治水容量を確保し続けるシナリオについて検討を行った。

A. 基本ケース（無対策）

対策を実施しない場合の100年間の土砂収支・堆砂形状を想定し、今後の治水容量内の累積堆砂量（280万 m^3 ）を想定した。

B. 地山掘削案

地山掘削の対策時期を踏まえたシナリオとする。対策実施の判断として、治水容量内に堆砂が発生した時期を目安として、地山掘削を実施する。

C. (貯砂ダム+地山掘削) 案

貯水池内に貯砂ダムを設置してシナリオとする。貯砂ダムを設置することにより、堆積土砂量は低減するが、治水容量内に堆砂が発生した時期を目安として、地山掘削を実施することとする。

D. 嵩上げ案

将来堆砂量を見込み、ダムの嵩上げ（0.4m）を実施することとする。想定シナリオ上は、ほぼA案と同じ傾向である。

6.3.2 堆砂シナリオの想定結果

各シナリオ案で想定した場合、適切な時期に対策を施すことにより、治水容量を維持できる見通しが得られた。

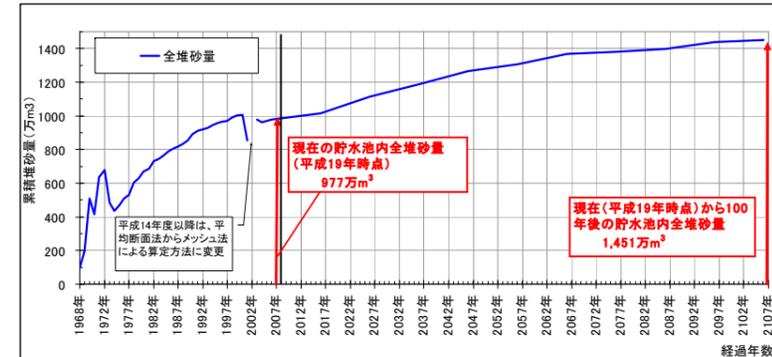


図 6.5 全堆砂量の経年変化

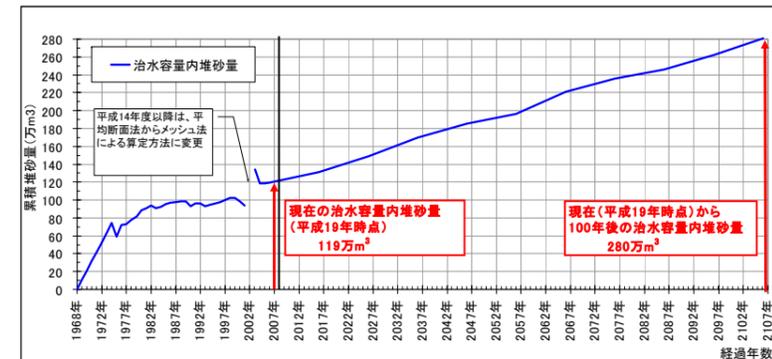


図 6.6 治水容量内堆砂量の経年変化

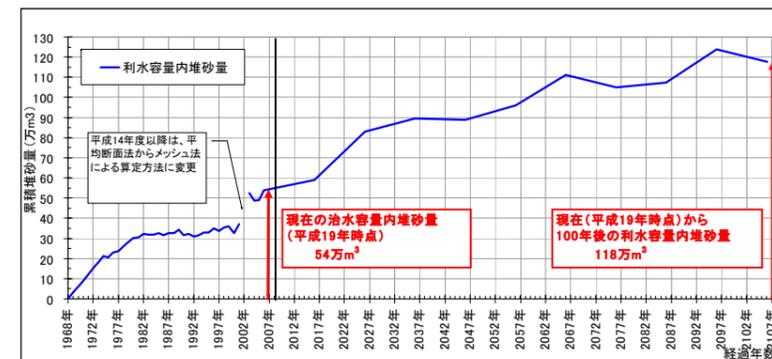


図 6.7 利水容量内堆砂量の経年変化

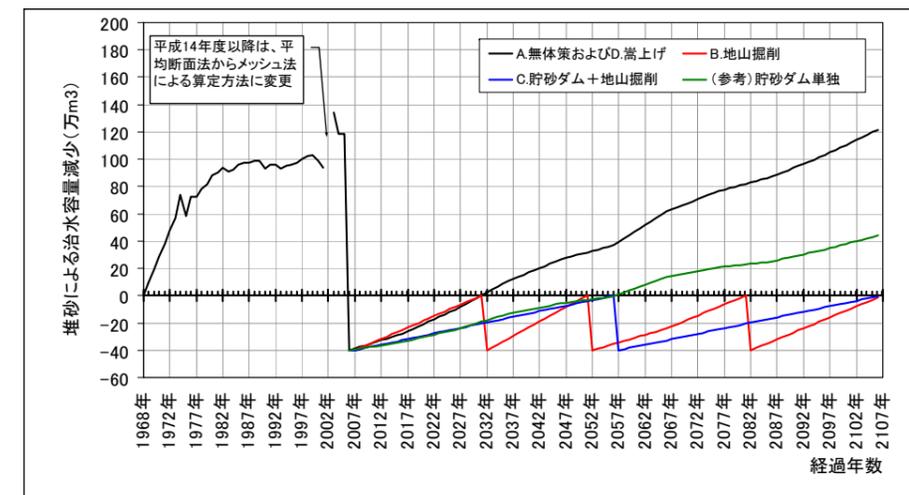


図 6.8 シナリオ別の堆砂による治水容量減少イメージ

6.3.3 質的課題への概略影響検討

既堆砂に対して、最も危険側となるケースをC案の概略検討結果を示す。現河床からの最大洗掘深度は、約5m程度（30年後、No.2付近）であり、高濃度ヒ素層には到達していないことがわかる。

また、低濃度のヒ素を含む土砂の被覆厚が最も小さい地点 No.18~No.20 付近では、0.6m程度（10年後）の河床低下が生じているが、被覆厚が2m程度であることから、高濃度のヒ素を含有する土砂が巻き上げられる可能性は低いと考えられる。

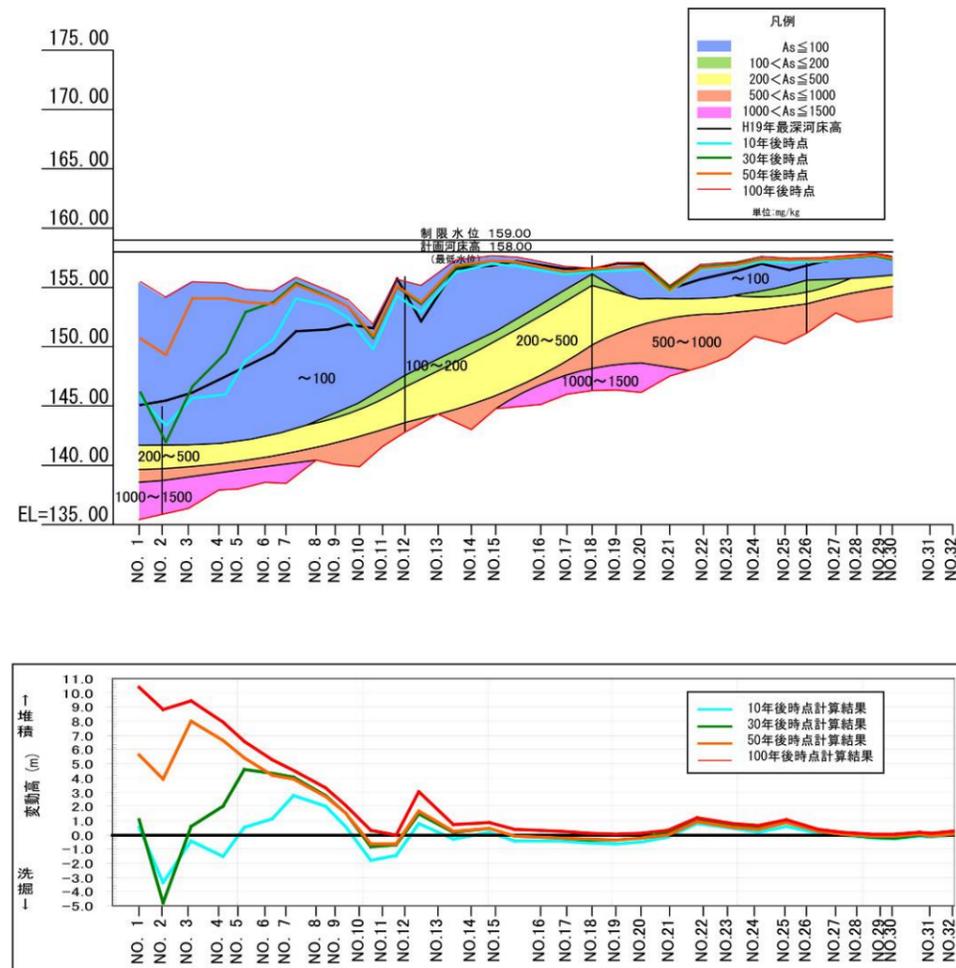


図 6.9 C 貯砂ダム+地山掘削案の 100 年計算結果と貯水池内堆積土砂のヒ素含有濃度分布

6.3.4 今後貯水池内に堆積する土砂に対する対策

今後、貯水池内に堆積する土砂に対する対策としては、『貯砂ダム』が有効である。ただし、堆積土砂量を低減できるものの、堆砂状況を経年的に把握し、その状況変化にあわせて『地山掘削』を併用することが必要である。

7. 監視体制案

これまでの検討経緯を踏まえた監視体制（案）を表 7.1に示す。

監視は継続的に行い、調査結果に変化が見られた場合、詳細調査の実施、緊急対策の実施等の適切な対応を実施する。

表 7.1 検討すべき課題と監視体制（案）

課題	ヒ素溶出	まき上げ・浮上	ダム堤体からの漏水 ・ダム直下およびアバットを迂回する浸透水				地下水	上流域ヒ素状況把握	生物	堆砂の進行								
現状	・底質からのヒ素溶出は認められない。	・まき上げ・浮上を要因とする下流河川へのヒ素流出の影響は小さい。	・ダム堤体からの漏水では、ヒ素の下流への影響は小さい。 ・右岸アバット部からの浸透水では、下流への影響は小さい。				・ダム周辺の井戸ではダム堆積物を要因とするヒ素は認められない。	・ヒ素を含んだ既堆積物による水環境への影響は小さいと考えられる。	・ダム湖および周辺に生息する魚類への影響は小さい（ただし、現状ではヒ素の形態が不明）	・現状では発電施設に問題はない。								
将来的に何らかの環境変化により生じると想定される内容・現象	・堆積物にとりこまれているヒ素が溶出した場合、ダム湖内および下流河川の水質面へ影響を及ぼす可能性がある。	・平時時、渇水時の貯水位の低下や大規模な出水が生じた際、ダム湖内の底部に存在する高濃度のヒ素を含む堆積物層まで洗掘された場合、この堆積物がまき上げられて貯水池内に浮上し、ダム湖内および下流河川の水質面へ影響を及ぼす可能性がある。	・ダム堤体コンクリートの打ち継ぎ目からの漏水、ダムアバットを迂回する浸透水に堆積物由来のヒ素が含まれている場合、その水が下流河川へ流出することで水質面への影響を及ぼす可能性がある。				・ダム湖内の堆積物からの溶出により、ダム湖周辺の地下水への影響を及ぼす可能性がある。	—	・水質、底質変化により水圏生態系を通じてヒ素等の生物濃縮等の可能性がある。	・堆砂の進行により発電取水設備の埋没、水車内部への堆砂流入による影響が懸念される。								
現象が発生する要因	・底層の嫌気化	・平時時や渇水時における水位低下による洗掘 ・大出水時におけるダム湖底の洗掘、攪乱	・コンクリート継ぎ目の変化（※冬季の目開き、火山活動、地震等による地殻変動を含む） ・堆積物中の間隙水の漏出				・地下水脈の変化（※火山、地震等による地殻変動を含む）	—	・ダム湖内水質の変化	・ダム堆砂の進行 ・堆砂形状の変化								
監視体制（案）																		
調査内容	ダム湖内水質調査	ダム下流水質調査	堆積物ボーリング調査	ダム湖内水質調査	ダム上流水質調査	ダム下流水質調査	堆積物ボーリング調査	漏水水質調査	浸透水質調査	地下水調査	ダム上流水質調査	ダム湖内水質調査	ダム上流水質調査	ダム下流水質調査	魚類調査	堆砂測量		
監視すべき項目、および目的	項目1	溶存酸素量	平常時ヒ素濃度（併せて濁度、SS、流量も観測）	ヒ素含有量 間隙水水質調査 堆積物物性調査	出水時ヒ素濃度	出水時ヒ素濃度（併せて濁度、SS、流量も観測）	出水時ヒ素濃度（併せて濁度、SS、流量も観測）	ヒ素含有量 間隙水水質調査 堆積物物性調査	ダム漏水量・ヒ素濃度	堤体からの浸透水量・ヒ素濃度	近隣での使用井戸水の水質、地下水水質調査	出水時のヒ素濃度、濁度 河床堆積物	平常時ヒ素濃度 （併せて濁度、SS、流量も観測）	平常時ヒ素濃度 （併せて濁度、SS、流量も観測）	平常時ヒ素濃度 （併せて濁度、SS、流量も観測）	ダム湖内生息魚類の体内ヒ素含有量	有効容量内堆砂量、治水容量内堆砂量、堆砂形状、粒度分布	
	目的	底層嫌気化状況の把握	平常時のダム放流水質（ヒ素）の把握	ダム底質のヒ素含有量の分布状況把握	出水時のダム湖内の水質（ヒ素）の把握	出水時のダム流入水質（ヒ素）の把握	出水時のダム放流水質（ヒ素）の把握	ダム底質のヒ素含有量の分布状況把握	ダム堤体からの漏水の水質把握	ダムアバット部からの浸透水の水質把握	堆積物が要因となる地下水汚染の把握	ヒ素の状況（経年変化）を確認	ダム湖内の水質の把握	平常時のダム流入水質（ヒ素）の把握	平常時のダム放流水質（ヒ素）の把握	水質、底質変化による水圏生態系からヒ素の生物濃縮等の可能性	量的変化状況、形状変化（デルタの前進状況）	
	調査頻度	月1回程度	月1回程度	2～3年に1回程度 ただし、堆砂の状況が大幅にかわる大規模な出水（概ね流入量が1000m ³ /sを超える規模）が発生した場合にも実施する	既往最大の洪水を観測した場合に実施 観測は調査者の安全が確保される状況に成り次第実施	出水時	・ダム流入量400m ³ /s以上の洪水時に実施 ・放流のピーク時とその24時間後の2回採水	2～3年に1回程度 ただし、堆砂の状況が大幅にかわる大規模な出水（概ね流入量が1000m ³ /sを超える規模）が発生した場合にも実施する	・J-12地点 9月～1月に1回/月、合計5回実施（これまでの調査結果を考慮し設定） ・その他の7箇所 1回/年実施	・堤体観測地点No.3およびNo.4、 漏水量計No.4地点 6回（1回/2ヶ月） ・その他の7箇所 1回/年実施	公共用水域水質調査に基づく	ダム上流水質調査：出水時採水調査、濁度計による濁度連続監視（濁度－ヒ素相関から濃度把握） ダム上流の河床堆積物調査：年3回	—	—	—	2～3年に1回程度	1年に1回程度	
	項目2	富栄養化関連項目 ・COD、窒素、リン ・水温鉛直分布	—	—	ヒ素	—	ヒ素	—	—	—	—	—	ヒ素	—	ヒ素	—	—	—
	目的	富栄養化傾向の把握（底層嫌気化の一要因として富栄養化があり、長期的変化を監視）	—	—	渇水時および工事実施時におけるダム湖内の水質の把握	—	渇水時および工事実施時におけるダム下流の水質の把握	—	—	—	—	—	渇水時および工事実施時におけるダム湖内の水質の把握	—	渇水時および工事実施時におけるダム下流の水質の把握	—	—	—
	調査頻度	月1回程度	—	—	貯水位が最低水位を下回っている期間に実施し、週1回、かつ出水時にはその都度実施	—	貯水位が最低水位を下回っている期間に実施し、週1回、かつ出水時にはその都度実施	—	—	—	—	—	貯水位が最低水位を下回っている期間に実施し、週1回、かつ出水時にはその都度実施	—	貯水位が最低水位を下回っている期間に実施し、週1回、かつ出水時にはその都度実施	—	—	—
	項目3	平常時ヒ素濃度	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
目的	ダム湖内の水質の把握	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
調査頻度	月1回程度	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

8. まとめ

本検討結果の主な知見を以下に示す。

質的課題に関する知見

- 質的問題について検討すべき各種課題に対しては、現状において周辺地域および下流河川等へ大きな影響を及ぼす問題はないと考えられる。
- 洪水時において現状の堆砂状況を考慮しても、深部に堆積している高濃度のヒ素を巻き上げる可能性は低いと考えられるため、貯水池内堆砂は掘削せず存置する。
- ただし、質的課題について影響が考えられる項目については、今後も長期的にモニタリングを継続する。
- 堆砂対策の実施によって新たな監視項目が付加される可能性があるため、今後の対策の進捗によって、監視体制の見直しを進める。

量的課題に関する知見

- 量的課題に対しては、平成 19 年現在で、堆砂容量の 84%まで堆砂が進行しており、利水容量およびダム機能上最も重要である治水容量内へも 119 万 m³ の堆砂が進行し、ダム機能に影響を及ぼしていることに加え、近年の異常洪水などの気候変化によりダムへの最大流入量が増加傾向にあることなどから、計画的な堆砂対策を進める必要がある。
- 量的課題に対する対策の検討にあたっては、検討課題を具体化するため、堆砂対策の目標を「治水容量内に堆積した土砂に対する対策」と「今後貯水池内に堆積する土砂に対する対策」に区分し、ソフト対策を含めた対策案について比較検討を行った。
- 治水容量内に堆積した土砂に対する対策としては、「利水容量活用案」と「地山掘削案」が有効と考えられる。ただし、「利水容量活用案」については、今後も利水容量が減少することが確実であることから、将来的に有効な対策とはならず、あくまで暫定的な対策である。このため、将来的にも有効な抜本的対策としては「地山掘削案」が有効と考えられる。
- 今後貯水池内に堆積する土砂に対する対策としては、堆砂の進行は、過去に比べると落ち着いているものの、今後 100 年間では、治水容量内に更に 161 万 m³ の堆砂が推定される。この対策として、現段階においては『貯砂ダム』が有力であると評価され、堆砂の状況変化を経年的に把握し、その状況変化に合わせ『地山掘削』を併用することにより、必要な治水容量を確保し続けることができる。ただし、その堆砂対策は状況に応じて柔軟に対応することが必要である。

堆砂対策の実施にあたる今後の検討課題等を以下に示す。

今後の検討課題等

- 今後も質的課題および堆砂の進行について、監視を継続するものであるが、必要に応じて見直しを図り、監視上の問題点を改善する必要がある。
- 今回抽出された各種対策工法について、更に精度を高めるために、詳細な調査・検討を進める必要がある。
- 堆砂対策の実施方針としては、対策の実施時期・効果、経済的な視点等を総合的に判断して進めるものとし、対策の緊急性を勘案した上で、今後の堆砂進行を抑制する対策や経済性に優れたソフト対策を優先させるなど、その時点で必要となる対策を行うものとする。
- 対策実施後についても、適切な時期に適切な対応を行うなど、効率的・順応的な管理を行うことが重要である。
- 降雨予測精度の向上を図り、御所ダムとの連携操作などの他のソフト対策についても検討を進める必要がある。
- 今後の堆砂対策について、市民にも四十四田ダムの現状を正しく認識してもらい、かつ市民の安心感が向上できる対策を行う必要がある。
- 四十四田ダムの堆砂対策については、今後ハード・ソフトを含めた具体的な対策について、検討を進めるとともに、現在、策定検討中である『北上川水系河川整備計画（大臣管理区間）』の策定プロセスである『北上川水系河川整備計画学識者懇談会』からの意見を勘案したうえで、四十四田ダムの健全な機能維持に向けた対策を進めてゆく。