

ダム貯水池群を対象とする
効率的なアセットマネジメント手法
に関する検討

2019年

倉橋 実

ダム貯水池群を対象とする効率的なアセットマネジメント手法に関する検討

目 次

1. 序 論	1
1.1 社会資本のアセットマネジメント	1
1.2 社会資本におけるダムの位置付け	2
1.3 ダムにおける維持管理活動の現状と課題	2
1.3.1 ダムにおける維持管理活動の現状	2
1.3.2 ダムにおける維持管理活動の課題	3
1.4 本論文の目的と構成	5
1.4.1 本論文の目的	5
1.4.2 本論文の適用範囲	5
1.4.3 本論文の構成	7
2. ダム維持管理における現状と既往検討	9
2.1 概説	9
2.2 堆砂対策に関するアセットマネジメントの現状	10
2.2.1 堆砂対策の現状	10
2.2.2 効率的な土砂マネジメント手法に関する既往検討	14
2.3 ダム再開発に関するアセットマネジメントの現状	17
2.3.1 超過洪水に対する既設ダムの治水耐力	17
2.3.2 ダム再開発の現状	29
2.4 流木量推定に関する既往の研究	33
2.4.1 土石流区間における流木量の推定	33
2.4.2 ダム流域における流木量の推定	34
2.5 結語	36
3. ダムの現行機能維持を目的とするマネジメント手法の検討	38
3.1 概説	38
3.2 検討対象水系の概要	38
3.2.1 検討対象水系の選定	38
3.2.2 大淀川水系内ダムの概要	39
3.2.3 大淀川水系内ダム群の堆砂状況	43
3.3 堆砂進行に伴う利水・治水機能のリスク評価に基づく手法	54
3.3.1 リスクの基本的な考え方	55
3.3.2 リスク評価の区分	55
3.3.3 利水機能（発電機能）への影響	56
3.3.4 治水機能への影響	57
3.3.5 ダムの配置が及ぼすリスクへの影響	57

3.3.6	被害損失の重み付け	59
3.3.7	リスク分評価による対策優先度の設定	60
3.4	流出予測計算を用いて対策優先度を設定する手法	62
3.4.1	検討方法	62
3.4.2	流出予測計算モデル	62
3.4.3	計算の対象とする降雨	64
3.4.4	各ダムの治水貢献度の評価	67
3.4.5	堆砂進行を考慮した治水機能評価	74
3.4.6	同一水系内ダム群を対象とした効果的な対策シナリオ	77
3.4.7	対策予算の制約	77
3.4.8	堆砂対策予算執行の考え方と検討ケース	77
3.4.9	大淀川水系ダム群における効果的な対策シナリオ	79
3.5	結語	82
4.	超過洪水に対する機能向上を目的とするマネジメント手法の検討	85
4.1	概説	85
4.2	検討方法	86
4.3	対象とする再開発工法	87
4.3.1	再開発工法の選定	87
4.3.2	大淀川水系における再開発パターン	87
4.4	検討対象降雨の選定	89
4.4.1	雨量データの収集・整理	89
4.4.2	各規模別雨量の算定	92
4.4.3	想定最大規模降雨	93
4.5	流出予測計算を用いた各ダム治水貢献度の評価	95
4.5.1	検討ケース	95
4.5.2	計算結果	96
4.5.3	考察	108
4.6	結語	109
5.	ダム貯水池に流入する流木に対するマネジメント手法の検討	111
5.1	概説	111
5.2	全国のダムを対象とした流木発生量の分析	112
5.2.1	検討方法	112
5.2.2	多様な因子に着目したデータ分析	114
5.2.3	流入量と堆砂量に着目したデータ分析	121
5.3	漁川ダムを対象とした流木発生の特性に関する検討	125
5.3.1	漁川ダムと平成26年度出水の概要	125
5.3.2	漁川ダムにおける流木量と各種諸量の関係	126
5.3.3	漁川ダムにおける流木発生量の確率評価	128

5.4 流木発生量推定方法の検討.....	129
5.4.1 検討方針	129
5.4.2 ダムにおける流木発生量の傾向分析	130
5.4.3 流域面積別の傾向分析	131
5.4.4 推定式の使用区分.....	135
5.4.5 推定方法の提案	135
5.4.6 推定式の検証.....	138
5.5 結語	140
6. 結論.....	141
謝 辞.....	145

図目次

図 1.1	マネジメントシステムのイメージ ¹⁾	1
図 1.2	ダム施設のPDCAサイクル ³⁾	2
図 1.3	ダムのマネジメントの全体像と本論文の適用範囲.....	6
図 1.4	本研究の構成.....	7
図 2.1	ダム貯水池における土砂管理の分類 ²⁾	13
図 2.2	対策優先度を考慮した予算配分のイメージ.....	14
図 2.3	ダム堆砂対策の優先順位の考え方 ³⁾	15
図 2.4	木津川上流ダム群における対策中の連携イメージ ⁴⁾	16
図 2.5	超過洪水に対する既設ダム治水耐力の評価手順.....	17
図 2.6	想定最大規模降雨に関する地域区分 ⁵⁾	18
図 2.7	想定最大規模降雨の算定結果（全国 109 水系）.....	20
図 2.8	比較定数 α のイメージ.....	21
図 2.9	比較定数 $\alpha=4$ のイメージ.....	22
図 2.10	ダム完成後の経過年と比較定数 α の関係.....	26
図 2.11	容量不足と評価されるダムの比率(管理者別・地域別).....	27
図 2.12	10m 嵩上げによる相当貯水容量の増加率.....	28
図 2.13	新桂沢ダム堤体断面図 ⁸⁾	31
図 2.14	再開発に伴う鶴田ダム貯水池運用の変更 ⁹⁾	31
図 2.15	鶴田ダム再開発の概要 ⁹⁾	32
図 2.16	鶴田ダムにおける堤体削孔の概要 ⁹⁾	32
図 2.17	流域面積と「単位面積あたり流木発生量」との相関関係 ¹¹⁾	35
図 2.18	流木発生総量と堆砂総量との相関関係 ¹¹⁾	35
図 3.1	検討対象水系.....	39
図 3.2	大淀川水系のダム配置.....	39
図 3.3	大淀川水系各ダムの貯水池容量曲線(1).....	41
図 3.4	大淀川水系各ダムの貯水池容量曲線(2).....	42
図 3.5	綾南ダムの堆砂量の経年変化.....	43
図 3.6	綾北ダムの堆砂量の経年変化.....	44
図 3.7	岩瀬ダムの堆砂量の経年変化.....	44
図 3.8	瓜田ダムの堆砂量の経年変化.....	45
図 3.9	田代八重ダムの堆砂量の経年変化.....	45
図 3.10	土砂強度マップ全国版 ¹⁾	47
図 3.11	大淀川流域地形図.....	48
図 3.12	大淀川流域地質図.....	49
図 3.13	堆砂形状の基本分類 ²⁾	51
図 3.14	大淀川流域各ダムの堆砂進行予測.....	52
図 3.15	大淀川流域各ダムの貯水池容量曲線の経年変化.....	53

図 3.16	土砂マネジメントにおけるリスク評価のイメージ ³⁾	54
図 3.17	発電運用に影響を及ぼす要因 ⁴⁾	56
図 3.18	堆砂率と発電所水使用率の将来予測 ⁴⁾	56
図 3.19	大淀川水系内ダム配置と留意点	58
図 3.20	検討フロー	62
図 3.21	大淀川水系流出計算モデル ⁵⁾	63
図 3.22	使用する観測所の降雨データ (S57 年台風 13 号)	65
図 3.23	使用する観測所の降雨データ (H5 年前線)	65
図 3.24	使用する観測所の降雨データ (H9 年台風 19 号)	65
図 3.25	使用する観測所の降雨データ (H16 年台風 16-17 号)	66
図 3.26	使用する観測所の降雨データ (H17 年台風)	66
図 3.27	各基準点流量の変化【各ダム治水貢献度の評価：治水容量=当初容量】	70
図 3.28	各基準点流量の変化（ピーク付近拡大）【各ダム治水貢献度の評価：治水容量=当初容量】	71
図 3.29	ピーク流量の増加量 (No.1 との比較)	73
図 3.30	嵐田基準点・柏田基準点の各計算ケースにおけるピーク流出量	75
図 3.31	繰延維持補修会計による予算執行イメージ	78
図 3.32	各ダム対策前後の洪水調節容量	80
図 3.33	同一水系内ダム群を対象とした効率的な土砂マネジメント手法	83
図 4.1	検討フロー	86
図 4.2	綾南ダム嵩上げ後の貯水池容量曲線	88
図 4.3	岩瀬ダム嵩上げ後の貯水池容量曲線	88
図 4.4	田代八重ダム嵩上げ後の貯水池容量曲線	88
図 4.5	収集した降雨毎の流域別最大 24 時間雨量(1)	90
図 4.6	収集した降雨毎の流域別最大 24 時間雨量(2)	91
図 4.7	想定最大規模降雨に関する地域区分 ²⁾	93
図 4.8	地域ごとの最大降雨量の包絡線 (⑩九州南東部) ²⁾	94
図 4.9	嵩上げ効果（ピーク流量抑制効果）	97
図 4.10	大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量【嵩上げをしない場合】	98
図 4.11	大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量【綾南 5 m嵩上げ】	99
図 4.12	大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量【綾南 10m嵩上げ】	100
図 4.13	大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量【綾南 15m嵩上げ】	101
図 4.14	大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量【岩瀬 5m嵩上げ】	102
図 4.15	大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量【岩瀬	

10m嵩上げ】	103
図 4.16 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量【岩瀬 15m嵩上げ】	104
図 4.17 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量【田代 八重ダム 5m嵩上げ】	105
図 4.18 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量【田代 八重ダム 10m嵩上げ】	106
図 4.19 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量【田代 八重ダム 15m嵩上げ】	107
図 4.20 各ダム嵩上げ高さ毎の超過洪水に対する比較定数 α の推移	108
図 4.21 同一水系ダム群の機能増強に向けた再開発フロー	110
図 5.1 対象ダムの地域区分・流域面積	113
図 5.2 流域面積別の対象ダム数	113
図 5.3 地形関連の因子と流木発生量の相関分析	118
図 5.4 地被関連の因子と流木発生量の相関分析	119
図 5.5 堆砂量と流木発生量の相関分析	120
図 5.6 流入量と流木発生量の相関分析	120
図 5.7 対象ダムの年流木回収量と年最大流入量・年堆砂量の相関整理結果一覧	122
図 5.8 「流木量～流入量の相関係数」と「流木量～堆砂量の相関係数」の関係	123
図 5.9 ダム貯水池への土砂流入現象の模式図	124
図 5.10 H26.9 出水の漁川ダム流入量, 放流量, 貯水位	125
図 5.11 流木回収量とその他諸量の相関関係	126
図 5.12 流木回収量とその他諸量の関係	127
図 5.13 流木発生量推定の考え方	129
図 5.14 検討対象 44 ダムの全データによる回帰直線	130
図 5.15 流域面積別の流木発生量推定式(1)	132
図 5.16 流域面積別の流木発生量推定式(2)	133
図 5.17 流域面積別の流木発生量推定式の傾き【 $V_w = \alpha \times Q_{in}$ 】	134
図 5.18 流木発生量の推定フロー	137
図 5.19 寺内ダムにおける年流木回収量～年最大流入量関係（経年変化）	138
図 5.20 寺内ダムにおける年流木回収量～年最大流入量関係（散布図）	138
図 5.21 寺内ダムにおける流木量の推定値と平成 29 年度の実績値	139
図 6.1 同一水系ダム群を対象としたマネジメント手法	143

表目次

表 1.1	更新期によるダム施設マネジメントの区分 ⁵⁾	3
表 2.1	平成 26 年度の会計検査院報告で維持管理に関する改善要求のあったダム ¹⁾	11
表 2.2	複数のダムにおいて堆砂対策が必要とされている水系	12
表 2.3	想定最大規模降雨の算定結果（全国 109 水系）	19
表 2.4	既設ダムの治水耐力検討条件	21
表 2.5	想定最大規模降雨に対する比較定数 α の算出結果(1)	23
表 2.6	想定最大規模降雨に対する比較定数 α の算出結果(2)	24
表 2.7	想定最大規模降雨に対する比較定数 α の算出結果(3)	25
表 2.8	再開発前後のダム諸元 ⁸⁾	30
表 2.9	溪流での災害データに基づく流木発生本数の分析結果 ¹⁰⁾	34
表 3.1	大淀川水系各ダムの諸元	40
表 3.2	大淀川水系内各ダムの堆砂進行一覧	46
表 3.3	土砂強度マップにおける堆砂量推計の回帰式	46
表 3.4	大淀川流域各ダムの地形に関するパラメータ	50
表 3.5	土砂強度マップにおける堆砂量推計の回帰式	50
表 3.6	堆砂進行に伴い想定される被害と規模の指標	55
表 3.7	仮想ダム（田代八重ダム+綾北ダム）の貯水池寿命	58
表 3.8	リスクの重み付け	59
表 3.9	リスク分析結果	60
表 3.10	貯水池容量に対するリスク評価	61
表 3.11	柏田基準点実績ピーク流量上位 10 洪水	64
表 3.12	各流域で採用する降雨データ	64
表 3.13	計算ケース（水系内各ダムの治水貢献度の評価）	68
表 3.14	各基準点ピーク流量の変化	72
表 3.15	計算ケース（堆砂進行を考慮した治水機能評価）	74
表 3.16	嵐田地点・柏田地点のピーク流出量	76
表 3.17	大淀川水系ダム堆砂対策シナリオ	80
表 3.18	各シナリオにおける 100 年後の治水機能評価	81
表 4.1	重力式コンクリートダムの嵩上げ実績 ¹⁾	87
表 4.2	各ダムの嵩上げによる洪水調節容量（単位：千 m ³ ）	87
表 4.3	対象地点毎の確率規模別 24 時間雨量	92
表 4.4	想定最大規模降雨の算定結果	94
表 4.5	再開発検討ケース	95
表 4.6	対象降雨	95
表 4.7	流出予測計算結果（嵩上げをしない場合）	96
表 4.8	流出予測計算による嵩上げ効果の算定結果（嵩上げ効果がある箇所を着色）	97
表 5.1	流域特性の算定方法	114

表 5.2	検討対象とした 44 ダムのデータ (1)	115
表 5.3	検討対象とした 44 ダムのデータ (2)	116
表 5.4	相関分析のまとめ	117
表 5.5	対象ダムの年流木回収量と年最大流入量・年堆砂量の相関整理結	121
表 5.6	平成 26 年 9 月出水の各諸量確率評価	128
表 5.7	流木発生量推定式の傾き及び大規模洪水時の倍率	134
表 5.8	α_1 設定ダムと設定時流木回収量の確率評価	135
表 5.9	発生流木量推定式の適用結果	139

1. 序 論

1.1 社会資本のアセットマネジメント

我が国の社会資本整備を取り巻く財政状況は、少子高齢化に伴う税収減少等を背景として、新たな施設整備は今後ますます厳しい状況にある。一方で、高度成長期から現在までに整備されてきた膨大な社会資本ストックについては、その維持管理および寿命到来に伴う更新等の費用負担が増大すると予想されている。

こうした背景のもと、限られた予算で効率的、効果的な維持管理を行うべく、社会資本を「資産」とみなした「アセットマネジメント」が、橋梁や舗装などの道路構造物を対象として運用が開始されている。「アセットマネジメント導入への挑戦」(2005年11月、社団法人土木学会編)では、アセットマネジメントを以下のように定義している。

国民の共有財産である社会資本を、国民の利益向上のために、長期的視点に立って、効率的、効果的に管理・運営する体系化された実践活動。工学、経済学、経営学などの分野における知見を総合的に用いながら、継続して(ねばりづよく)行うものである。

アセットマネジメントを実現するためのマネジメントシステムのイメージを図 1.1 に示す。アセットマネジメントでは、維持管理の対象となる施設に対し、人員と資金を投入して管理を行うものであり、施設の維持、修繕などの保全行為に加え、機能向上のための改修も含まれる。

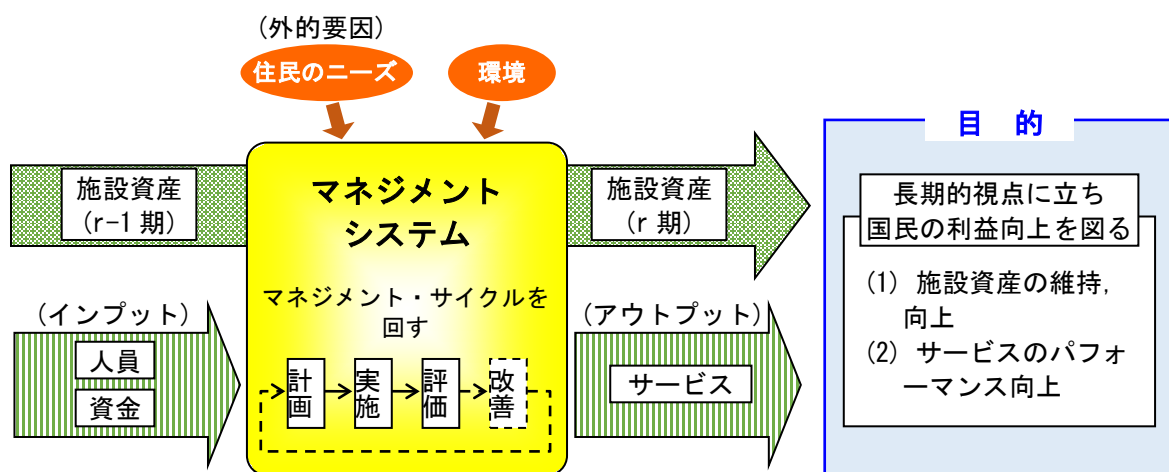


図 1.1 マネジメントシステムのイメージ¹⁾

社会資本を対象としたアセットマネジメントにおいて、これまで導入が図られてきているシステムの多くは、インフラの維持管理に要する費用(ライフサイクルコスト)の低減を目標とするものが多く、「LCC型マネジメントシステム」といわれている。LCC型マネジメントシステムは、同種類の構造物群を扱う場合には適しているとされており、得られる効果としては、維持管理費用の節減・平準化や、施設の延命化などが挙げられる。ただし、本来のアセットマネジメントの目的は、最適な事業方法により価値とコストの差の極大化を図るものである。社会資本におけるアセットマネジメントシステムにおいても、LCC型から本来のシステムへ段階的に転換させていくことが課題であるといえる。

1.2 社会資本におけるダムの位置付け

我が国の河川は、年間を通じて流量の変動が大きいことから、洪水など流量の豊富な時期の流水を貯留し、渇水時に利用できるダムが多数建設されてきた。新規ダムの建設は減少傾向となっているものの、全国で約 2,700 基、総貯水容量約 270 億 m³に及ぶ規模のストックとなっている。ただし、戦後から高度成長期に多くのダムが建設されており、国土交通省所管のダムでは管理開始後 50 年以上を経過しているダムが全体の 10%、30 年以上を経過しているダムが 40%を占めており、効果的・効率的な維持管理システムの構築が課題とされている²⁾。

ダムは、治水・利水機能を有する重要な社会資本であり、社会資本のなかでも最も長期間の供用が期待される施設であるが、機械設備、電気通信設備、土木構造物など、複数の施設で構成されていること、代替え施設の構築が困難であることから、全面更新にはなじまない構造物である。また、堤体が破損した際に周辺環境に与える影響が大きいことも特徴として挙げられる。ダムを効果的・効率的に維持管理していくためには、橋梁等の他の社会資本と異なるこれらの特徴に留意する必要がある。

1.3 ダムにおける維持管理活動の現状と課題

1.3.1 ダムにおける維持管理活動の現状

「国土交通省河川砂防技術基準維持管理編（ダム編）」では、ダム施設及び貯水池の維持管理は、図 1.2 に示すような計画の策定（P）、状態把握（D）、分析・評価（C）及び対策（A）の PDCA サイクルにより行うこととされている。

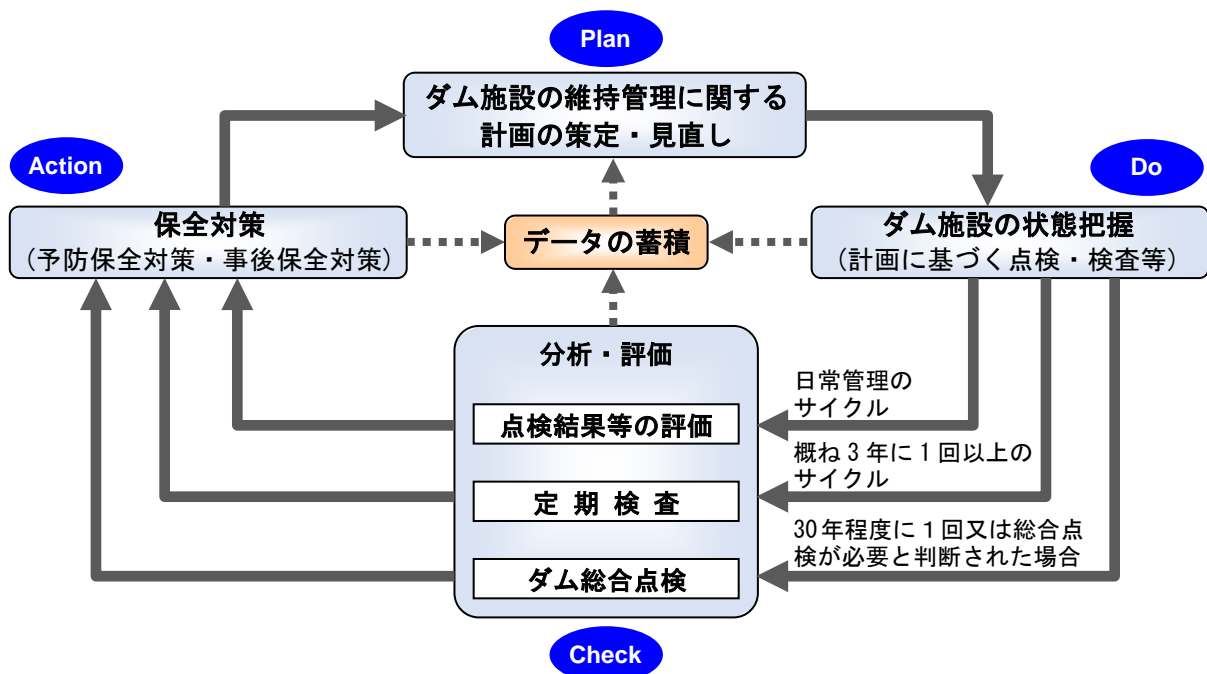


図 1.2 ダム施設の PDCA サイクル³⁾

他の社会資本と異なり、特徴的なものとしては、長期にわたってダムの安全性、機能を保持していく観点から 30 年程度のサイクルで実施するダム総合点検が制度化されていることが挙げられる。また、総合点検実施の結果をふまえ、長期にわたるダムの維持管理及び設備

の更新等を効果的・効率的に推進していくために「ダム長寿命化計画」⁴⁾を策定することとされている。「ダム長寿命化計画」では、各ダムで発生する機械設備、電気通信設備の更新や、土木構造物の補修などについて、トータルコストの節減や、経年的に発生する平準化が図られている。これは、前述の「LCC 型マネジメントシステム」に該当すると考えられる。

1.3.2 ダムにおける維持管理活動の課題

ここでは、ダムの維持管理活動について、効果的かつ効率的なマネジメントシステムに展開させていくにあたっての課題について述べる。

(1) 貯水池の堆砂対策

ダムは、機械設備および電気通信設備・堤体・貯水池からなる複合施設であり、これら全てが機能してはじめてひとつの資産を形成する。機械設備・堤体・貯水池をアセットマネジメントの観点から分類すると表 1.1 のようになる。

表 1.1 更新期によるダム施設マネジメントの区分⁵⁾

更新期間	施設等	マネジメントの重点	備考
短期 数年～数十年	機械設備 電気設備 建築物	点検、整備、補修、更新のトータル費用の低減	サービス水準向上 技術革新対応
長期 数十年～数百年	貯水池 (堆砂)	長寿命化 ライフサイクルコストの低減	適切な対応をすれば更新時期は延びる
超長期 (不明)	ダム堤体	点検 維持管理費用の低減 リスクアセスメント	適切な管理をすれば更新が超長期不要となり更新費用の現在価値が評価できない

ダム施設のうち、施設更新スパンの短い機械設備、電気設備等については、各ダムで作成する「ダムの長寿命化計画」に基づき、効果的・効率的に維持管理を行うための計画が作成され、運用されている。最大の資産であるといえる堤体については、十分な耐久性を有しており、超長期の施設寿命を有しているものの、劣化予測が困難であり、アセットマネジメントの全体像が明らかとなっていない。ただし、各ダムで実施される総合点検では、堤体に致命的な欠陥が確認されるケースはほとんどなく、適切な管理を実施していれば、構造的に不安定化する確率は極めて小さいといえる。

貯水池は、構造物ではないものの、毎年の流入土砂に伴ってその容量を損失させていくことから、「施設寿命」を有しているといえる。多くのダムでは、計画上の堆砂容量として有効容量の下部に 100 年間の容量を定めているが、適切な堆砂対策の実施により、貯水池の長寿命化を図ることは可能である。しかしながら、平成 26 年 10 月に公表された会計検査院報告では、「堆砂量が既に計画堆砂量を上回っていたダム」および「洪水調節容量内に土砂が堆積

していたダム」として多数のダムが改善要求の対象となっており、その対策が後手に回っているのが現状であるといえる。

上記のことから、ダムのアセットマネジメントを考えるうえで、最も課題となるのは「貯水池」の維持管理であり、特に堆砂対策について、効果的かつ効率的なマネジメントシステムを構築していくことが課題であるといえる。

(2) ダム再開発による機能向上

近年、気候変動の影響により、台風の大型化や局地的な豪雨が頻発する傾向にある。直近の事例としては、平成 29 年 7 月九州北部豪雨が挙げられる。当該豪雨発生時において、筑後川水系佐田川の寺内ダム（福岡県朝倉市）では、ダム管理開始以降最大となる $888\text{m}^3/\text{s}$ の流入量を記録した。寺内ダム地点の計画高水流量は $300\text{m}^3/\text{s}$ であったことから、計画規模の約 3 倍に相当する洪水が発生したことになる。この洪水に対し、寺内ダムでは最大流入量発生時にその 99% に当る $878\text{m}^3/\text{s}$ の流水を貯留し、ダム下流河川の洪水被害拡大防止に大きく貢献した。寺内ダムでは、当該年の 5 月から少雨傾向にあり、これと水需要が増加する時期が重なったことから、平常時に比べて貯水位が約 10m 低い状態にあり、計画規模を大きく上回る洪水に対しても洪水調節機能を発揮した結果となった⁶⁾。

上記事例が示すように、ダムは運用の変更や施設の改良によって、外力の増大に的確に対応する可能性を有しているといえる。厳しい財政制約等の社会情勢を考えると、今後の新規のダム建設は期待できないことから、既設ダムの有効活用により洪水被害・渇水被害の頻発化に対応していく必要がある。こうした背景の元、国土交通省では、既設ダムの有効活用をより一層推進する方策を示す「ダム再生ビジョン」をとりまとめている⁷⁾。同ビジョンでは、既設ダムの有効活用の特長として以下を挙げており、治水、利水双方の機能を向上させることの重要性を示している。

- ・ 堆砂対策や最新技術の導入等により、施設の長寿命化や治水・利水機能の回復・向上がダムを運用しながらでも可能。
- ・ 利水容量を洪水調節に活用するなど、運用改善だけでも新たな効果を発揮。
- ・ 堤体のわずかなかさ上げで貯水容量を大きく増加することが可能。
- ・ 新たな水没地を生じさせずに機能向上を図るなど、水没地等の社会的コストや環境負荷を抑制。

前述の「ダム長寿命化計画」は、ダムの現有機能を保持していくための計画であるが、本来のアセットマネジメントは、資産のもつ価値の増分と低減されたコストの差を大きくするための活動である。上記のような背景を踏まえると、ダムのアセットマネジメントにおいては、ダムの機能向上も含めて検討していくことが重要であるといえる。

(3) ダム貯水池に流入する流木対策

ダム貯水池には、出水に伴って上流域から土砂とともに流木が流入する。ダムは、流木を捕捉することにより、下流河川における洪水被害の拡大を未然に防止する効果を有しているが、一方で流木は放流設備の損傷や閉塞の要因となり、洪水調節等のダム管理に影響を及ぼす可能性を有している。近年では、台風の大型化や局地的な豪雨が頻発する傾向に伴い、ダ

ム貯水池に平常年を大きく上回る規模の流木が流入するケースが増加しており、こうしたリスクが増大しているといえる。

直近の例でみると、平成 29 年 7 月九州北部豪雨において、寺内ダムでは平常年の数十倍の規模に相当する約 10,000m³ の流木を捕捉している。大規模な流木の流入により、ダム施設に深刻な損傷が発生した例としては、北海道沙流川流域に位置する二風谷ダムの例が挙げられる。二風谷ダムでは、平成 15 年 8 月の異常洪水に伴い、約 55,000m³ の流木がダム貯水池に流入したことにより、網場のネット部や係留ロープが破断し、多くの流木が堤体近傍まで流出するとともに、一部の流木は放流設備から下流へ流出した⁸⁾。二次的な被害は発生しなかったものの、ダムの洪水調節機能に重大な支障が発生する可能性があったといえる。

このように、ダム貯水池に流入する流木対策の必要性は高まっているものの、堆砂対策と比較すると、ダム貯水池に流入した流木に対しては体系的な対策が確立されていないのが現状である。これは、ダム貯水池に流入した流木は、当該年度中に除去されることが多く、経年的に貯水池機能の低下につながらないこと、放流設備に深刻な影響を与える大規模な流木の発生事例が現時点では少ないことなどが要因であると考えられる。今後は、ダム貯水池における流木対策についても、維持管理活動の重要事項と位置付け、アセットマネジメントに展開させていくことが課題であるといえる。

1.4 本論文の目的と構成

1.4.1 本論文の目的

本論文では、維持管理費用の節減・平準化や、施設の延命化を目的とした現行のダムにおけるアセットマネジメントを、本来のアセットマネジメントの目的である「最適な事業方法により価値とコストの差の極大化を図る」マネジメントシステムへ発展させていくことを目的とするものであり、前述した「堆砂対策」、「ダム再開発による機能向上」、「ダム貯水池に流入する流木対策」といった各課題に対応するための効果的かつ効率的なマネジメント手法について検討するものである。具体的には、価値とコストの差の極大化を実現できる新たな着目点として、同一水系内に位置する複数ダムをダム群とみなしたマネジメント手法を検討する。

同一水系内ダム群を対象としたマネジメント手法については、森川ら⁹⁾の検討があり、個々のダムを対象としてではなく、ダム群として堆砂対策を行うことの優位性を示している。本論文では、特に治水機能の維持を目的とし、同一水系内ダム群を対象としたマネジメント手法により、価値とコストの差の極大化を可能とするマネジメント手法について検討する。

1.4.2 本論文の適用範囲

本論文は、ダムの効率的なアセットマネジメントについて論じるものであるが、ダムのマネジメントは、図 1.3 に示すとおり、多岐にわたるものである。本論文ではこのうち、貯水池の現行治水機能維持を目的とする堆砂対策、治水機能向上を目的としたダム再開発、流木管理を対象として論じるものとする。

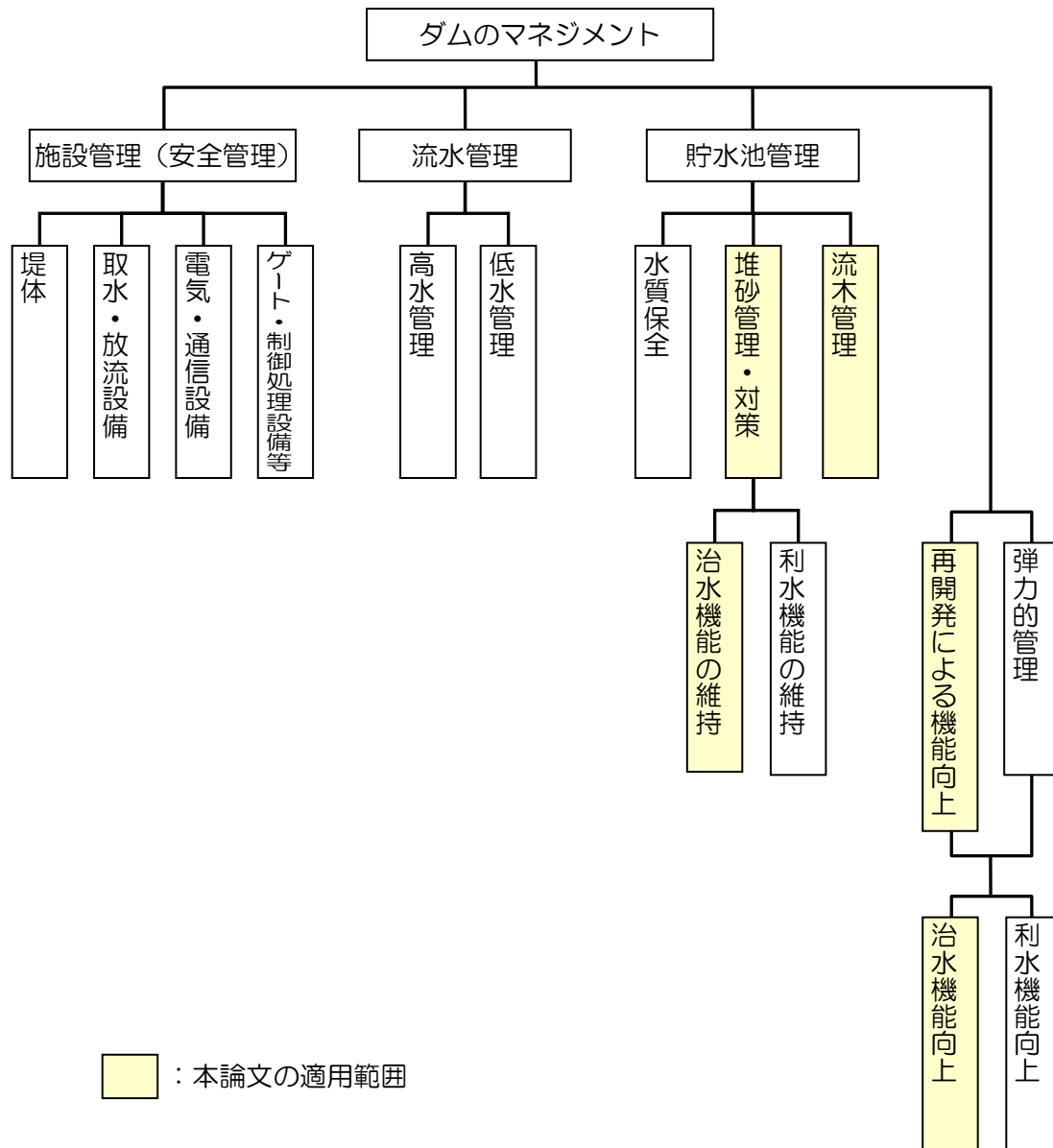


図 1.3 ダムのマネジメントの全体像と本論文の適用範囲

1.4.3 本論文の構成

本検討では、前節で抽出したダム維持管理活動の3つの課題に着目し、効果的かつ効率的なアセットマネジメント手法を提案することを目的として実施する。その構成は図 1.4 示すとおりである。

第1章は、序論であり、本研究の背景としてダムのアセットマネジメントの課題を述べるとともに、本論文の目的、構成について述べている。

第2章では、第1章で述べた課題に対するダムのアセットマネジメントの現状について、主に既往文献を参照して述べている。

第3章と第4章では、ダム群を対象とする効率的なアセットマネジメント手法について検討したものであり、ダム群内で優先順位を設定し、優先順位の高いダムに積極的な投資を行うことの優位性について検証している。第3章では既設ダムの現行機能を維持していくことを目的とし、ダム群の堆砂対策を効率的に実施する手法について述べる。第4章では、計画規模を上回る洪水（以下、超過洪水という）に対し、ダム群の治水機能を効率的に向上させるための手法について述べる。

第5章では、流木に着目したマネジメント手法についての検討である。前述のとおり、今後は貯水池における流木対策の重要性が高くなると考えられるため、堆砂対策と並んで優位なマネジメントシステムを確立させていく必要がある。ただし、ダム貯水池に流入する流木については、堆砂問題と比較すると、不明な点が多く、各ダムでマネジメントの対象とすべき流木量についても明らかとされていないのが現状である。このため、第5章では、全国のダム貯水池で蓄積された流木量データ分析し、ダム貯水池に流入する流木量の推定方法、マネジメントの対象とすべき流木量の推定方法について述べる。

第6章は、結論であり、前章までの検討結果をふまえ、ダムを対象とした効果的かつ効率的なアセットマネジメントを展開していくための手法について考察するとともに、今後の課題を述べる。

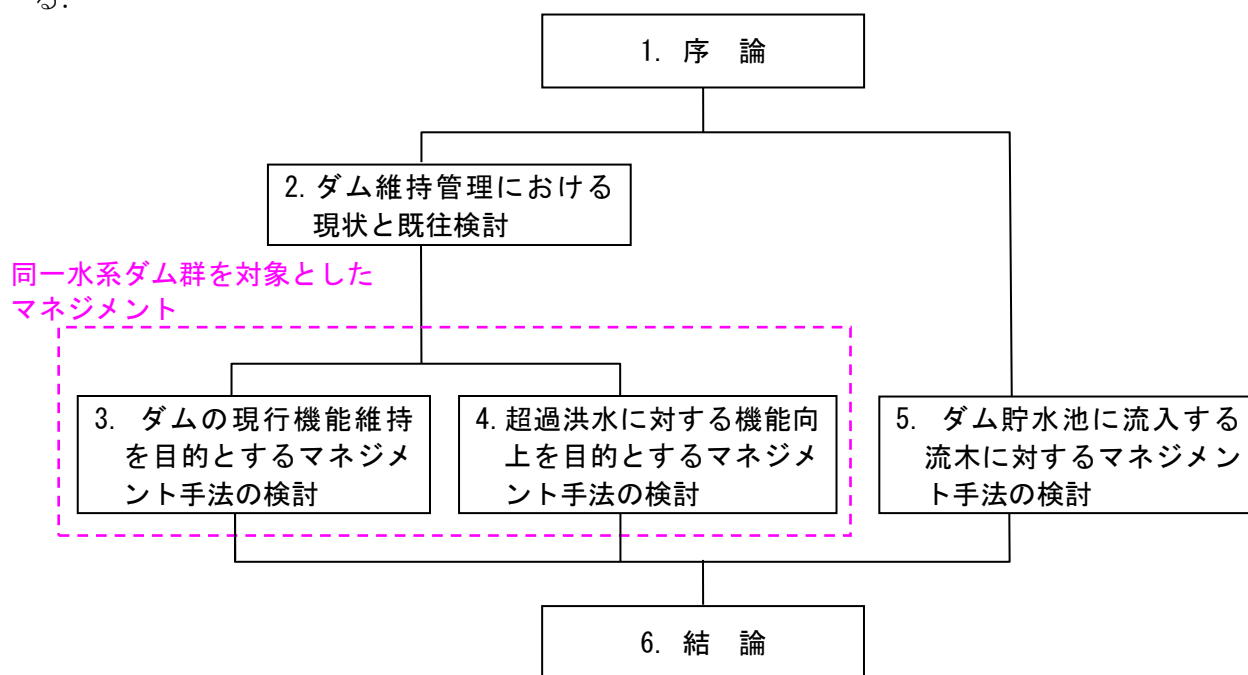


図 1.4 本研究の構成

参考文献

- 文献 1：土木学会：アセットマネジメントの挑戦，2005.
- 文献 2：国土交通省 水管理・国土保全局：ダム総合点検実施要領・同解説，2013.10
- 文献 3：国土交通省 水管理・国土保全局：河川砂防技術基準 維持管理編（ダム編），pp7, 2014.4
- 文献 4：国技電第 32 号・国総施安第 1 号・国水流第 6 号，国技電第 33 号・国総施安第 2 号・国水流第 7 号，電気通信室長・施工安全企画室長・流水管理室長通知：ダムの長寿命化計画の策定について，2013.4
- 文献 5：角哲也：ダムのアセットマネジメントの今後に向けて，シンポジウム「ダムのアセットマネジメントを考える」，pp.85-97, 2007.
- 文献 6：独立行政法人水資源機構筑後川局，国土交通省九州地方整備局筑後川ダム統合管理事務所：平成 29 年 7 月 5 日・6 日の記録的豪雨における寺内ダムの防災操作の効果について，2017.7
- 文献 7：国土交通省 水管理・国土保全局：ダム再生ビジョン，2017.6
- 文献 8：鈴木優一，渡邊康玄，出水に伴い発生した流木の影響，河川技術論文集，第 10 巻，pp107-112, 2004.6
- 文献 9：国土交通省 水管理・国土保全局：浸水想定(洪水，内水)の作成等のための想定最大外力の設定手法，2015.7

2. ダム維持管理における現状と既往検討

2.1 概説

本章では、ダムのアセットマネジメントを展開させていくうえで挙げた3つの課題（貯水池の堆砂対策・ダム再開発による機能向上・ダム貯水池に流入する流木対策）について、対策の現状や、これらを効果的に進めていくうえで有益になると考えられる検討事例等について述べる。

(1) 貯水池の堆砂対策

ダムの現行機能を維持するために最も重要となる堆砂対策については、大きく3つに分類されている。このうち、「貯水池への流入土砂軽減策」、「貯水池へ流入する土砂そのものを通過させる対策」は貯水池での堆砂による容量損失に対しては予防保全的な措置と位置付けられ、ダム毎に特性に応じた効率的な対策が選定されている。ただし、すでに堆砂が進行し、確保すべき有効容量の損失が顕在化しているダムでは、事後保全的な対策と位置付けられる「貯水池に堆積した土砂の排除」による方法で対応することとなり、対策工法の選択肢が限定されることとなる。このようなダムでは、対策工そのものの経済性を図るだけでなく、効率的に対策を展開するためのマネジメント手法を確立させていく必要性が高いといえる。

本章では、ダムの堆砂問題についての全国的な傾向を示すとともに、効率的な堆砂対策を実施するためのマネジメント手法に着目し、既往の検討事例について述べる。

(2) ダム再開発による機能向上

ダム再開発による機能向上策については、「ダム再生ビジョン」が定められたとおり、今後、その重要性がさらに増していくものと考えられる。特に、近年増大する外力に対応するため、計画規模を上回るような異常洪水（以下、超過洪水という）に対する既設ダムの治水耐力を明らかとし、その機能を効率的に向上させていくことが必要である。ただし、超過洪水に対し、全国の既設ダムが対応できる治水耐力については、網羅的に検証された既往検討の事例はない。

このため本章では、超過洪水が発生した場合を想定し、既設ダムがどの程度洪水調節機能を維持できるかについて全国の国土交通省所管ダムを対象に調査し、既設ダムの再開発の必要性について考察する。併せて、我が国のダム再開発事例として、有益となる事例を抽出し、その概要を示す。

(3) ダム貯水池に流入する流木対策

ダム貯水池に流入する流木対策については、堆砂対策と比較すると、現段階では体系化された対策方法がなく、大規模な流入流木が発生すると、ダム毎にその都度対策しているのが現状である。この要因のひとつとしては、ダム貯水池に流入する流木量の推定方法が明らかとされておらず、効率的な対策を検討するうえで必要となる目標量の予測が困難であることが挙げられる。

本章では、ダム貯水池に流入する流木量の推定方法を検討するうえで、参考となる既往の検討事例を抽出し、その概要を示す。

2.2 堆砂対策に関するアセットマネジメントの現状

2.2.1 堆砂対策の現状

第1章で述べたとおり、ダム施設のうち、現行機能を維持していくうえで最も重要となるものは「貯水池」の延命化である。ダム貯水池は、毎年ダム貯水池に流入する土砂により、確実にその容量が損失されていく。多くのダムでは、計画上の堆砂容量として有効容量の下部に100年分の余裕を堆砂容量として見込んでいるが、計画を上回る速度で堆砂が進行しているダムや、堆砂容量に余裕があっても貯水池内の斜め形状の堆砂により、有効容量を損失しているダムが多くみられる。

表2.1は、平成26年度の会計検査院報告で維持管理に関する改善要求のあったダムの一覧を示したものであるが、堆砂に関する要求事項が顕著であるとともに、特に都道府県管理の補助ダムで改善要求の対象となっているものが多い。国土交通省直轄ダムと比較すると、補助ダムの維持管理は予算制約が大きく、堆砂問題に対する対応が特に遅れているといえる。

表 2.1 平成 26 年度の会計検査院報告で維持管理に関する改善要求のあったダム¹⁾

※赤枠が堆砂に関する要求事項を示す

検査の結果			管理 主体数	ダム 数	ダム名	
(1)	漏水量等の計測、設備等の点検等の実施状況	一部の項目について計測が3年以上にわたり行われていなかったもの	9県	25	遠部、川内、西荒川、我谷、湯川、椿山、鹿森、玉川、山財、日向神、南畑、力丸、ます淵、陣屋、山神、犬鳴、岩屋川内、竜門、伊岐佐、本部、深浦、松尾、祝子、長谷、広渡各ダム	
		修繕等が3年以上にわたり行われていなかったもの	3県	5	我谷、湯川、松尾、長谷、広渡各ダム	
(2)	ア	計画堆砂量を上回る堆砂の状況	9府県	20	目屋、三面、笠堀、鱈石川、湯川、奥裾花、狭山池、湯原、鹿森、黒瀬、永瀬、鏡、南畑、渡川、松尾、綾南、綾北、岩瀬、立花、祝子各ダム	
		洪水調節容量内に土砂が堆積していたもの	9事務所等	14	四十四田、御所、湯田、藤原、相俣、菌原、大石、横川、大滝、菅沢、温井、耶馬溪、緑川、岩尾内各ダム	
	イ	洪水調節容量内における堆砂の状況	洪水調節容量内における堆砂の状況	16道県	92	有明、様似、矢別、美唄、高見、佐幌、愛別、栗山、浦河、庶路、当別、遠部、三河沢、西荒川、塩原、寺山、東荒川、城山、三保、三面、笠堀、新保川、内の倉、鱈石川、下条川、早出川、大野川、刈谷田川、正善寺、久知川、破間川、大谷、城川、奥三面、柿崎川、我谷、九谷、赤瀬、内川、辰巳、古谷、余地、湯川、内村、横川、松川、片桐、北山、水上、小仁熊、裾花、奥裾花、阿多岐、中野方、大ヶ洞、丹生川、太田川、二川、椿山、河本、高瀬川、楢井、三室川、小瀬川、魚切、野呂川、椋梨、仁賀、御調、野間川、鹿森、黒瀬、永瀬、鏡、桐見、岩屋川内、竜門、伊岐佐、平木場、深浦、矢筈、横竹、狩立・日ノ峯、井手口川、渡川、松尾、田代八重、長谷、日南、広渡、瓜田、沖田各ダム
				3事務所等	7	松原、下笠、豊平峡、定山溪、金山、滝里、大雪各ダム
				11道県	48	小平、目屋、飯詰、下湯、川内、久吉、小泊、世増、琴川、荒川、大門、塩川、深城、箕輪、豊丘、奥野、青野大師、石田川、宇曾川、青土、姉川、広川、七川、旭川、鳴滝、八塔寺川、津川、竹谷、河平、山田川、四川、日向神、南畑、力丸、油木、ます淵、陣屋、瑞梅寺、山神、牛頭、犬鳴、北谷、猪野、鳴瀬、福智山、藤波、亀川、上津浦各ダム
ウ	貯水池への流入量の算出	設定貯水量に堆砂測量の結果を反映していなかったもの	11事務所等	22	四十四田、御所、湯田、藤原、相俣、菌原、横川、大滝、菅沢、温井、耶馬溪、松原、下笠、緑川、豊平峡、定山溪、桂沢、金山、滝里、大雪、忠別、岩尾内各ダム	
			20道府県	130	有明、様似、矢別、美唄、高見、佐幌、新中野、愛別、小平、朝里、栗山、浦河、上ノ国、庶路、西岡、当別、目屋、飯詰、遠部、下湯、川内、久吉、小泊、世増、三河沢、西荒川、塩原、寺山、東荒川、松田川、城山、三保、新保川、久知川、城川、奥三面、柿崎川、辰巳、広瀬、琴川、荒川、大門、塩川、深城、余地、横川、箕輪、阿多岐、岩村、中野方、大ヶ洞、丹生川、太田川、奥野、青野大師、狭山池、二川、広川、椿山、七川、旭川、湯原、河本、高瀬川、鳴滝、八塔寺川、津川、楢井、千屋、竹谷、河平、三室川、小瀬川、魚切、野呂川、椋梨、福富、仁賀、御調、山田川、四川、玉川、台、山財、坂本、以布利川、日向神、南畑、力丸、油木、ます淵、陣屋、瑞梅寺、山神、牛頭、犬鳴、北谷、猪野、鳴瀬、藤波、有田、岩屋川内、竜門、伊岐佐、平木場、本部、深浦、矢筈、横竹、狩立・日ノ峯、中木庭、井手口川、市房、氷川、亀川、石打、上津浦、渡川、松尾、綾南、綾北、田代八重、岩瀬、立花、祝子、長谷、日南、広渡、瓜田、沖田各ダム	
(3)	ア	地震時における対応状況	ダム管理者が速やかに臨時点検を行うことができない状況となっていたもの	7県	33	正善寺、破間川、広神、我谷、赤瀬、内川、犀川、辰巳、八ヶ川、余地、湯川、北山、水上、小仁熊、豊丘、旭川、鳴滝、楢井、竹谷、河平、小瀬川、魚切、梶毛、野呂川、椋梨、福富、仁賀、御調、山田川、野間川、四川、鎌井谷、本部各ダム
				イ	燃料タンクの容量等から算出した予備発電設備の連続運転可能時間が72時間を下回っていたもの	21道府県

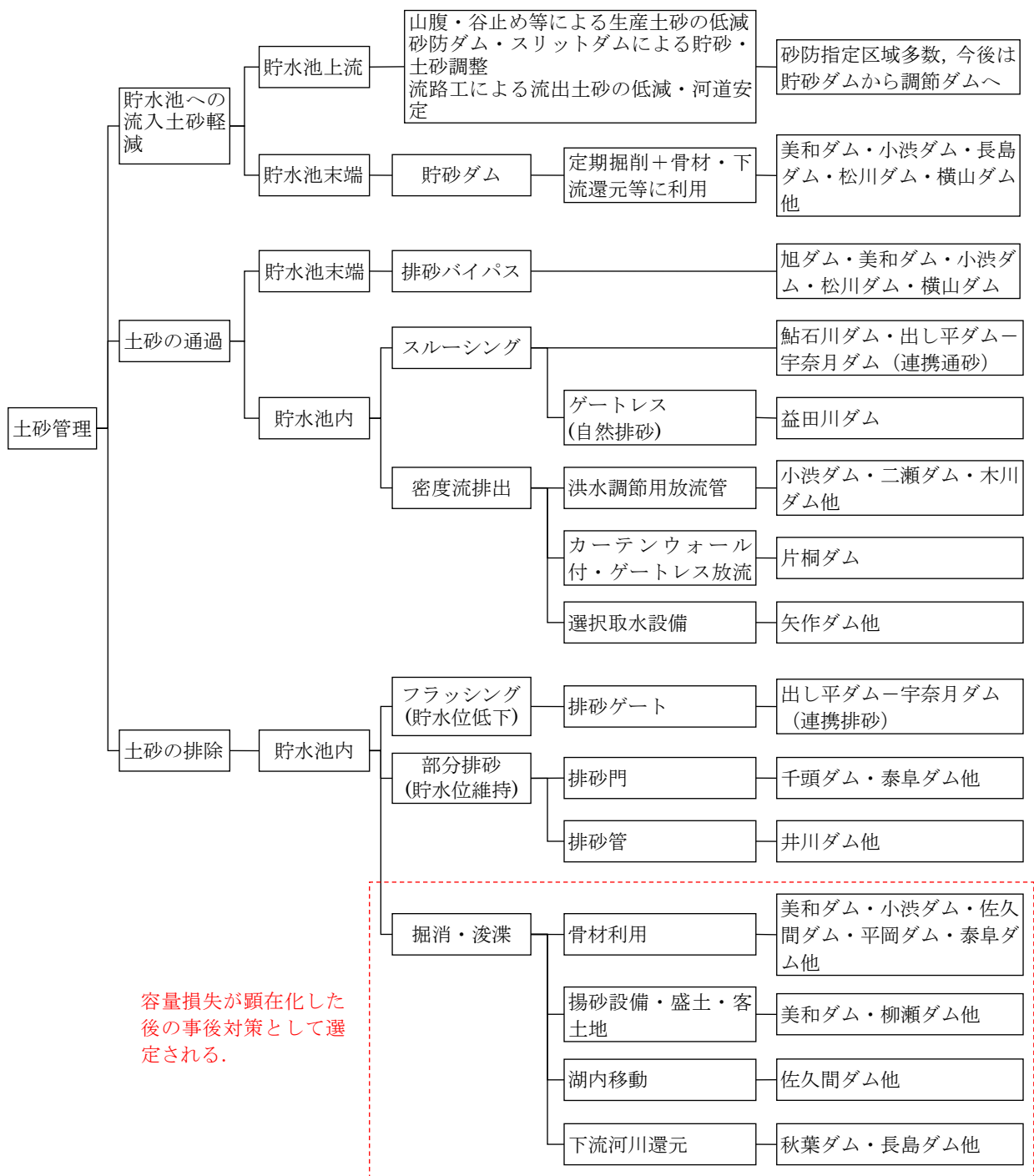
また、表 2.2 は、堆砂に関する要求事項があったダムのうち、同一水系内で 3 ダム以上（補助ダム）が改善要求の対象となった河川を抽出した結果を示している。同一水系内のダム群はひとつの自治体で管理されていることが多く、このようなケースでは対策予算の効率化が特に重要であるといえる。

表 2.2 複数のダムにおいて堆砂対策が必要とされている水系

水系名	① 堆砂量が計画堆砂量以上	②洪水調節容量内に堆砂	備 考
信濃川水系	・3 ダム 笠掘ダム、湯川ダム、 奥裾花ダム	・15 ダム 笠掘ダム、下條川ダム、破間川ダム、大谷ダム、城川ダム、刈谷田川ダム、古谷ダム、余地ダム、湯川ダム、内村ダム、北山ダム、水上ダム、仁熊ダム、裾花ダム、奥裾花ダム	
大淀川水系	・3 ダム 綾南ダム、綾北ダム、岩瀬ダム	・2 ダム 田代八重ダム、瓜田ダム	
石狩川水系	—	・3 ダム 愛別ダム、栗山ダム、当別ダム	
那珂川水系	—	・4 ダム 西荒川ダム、塩原ダム、寺川ダム、東荒川ダム	
天竜川水系	—	・3 ダム 横川ダム、松川ダム、片桐ダム	松川ダムでは排砂バイパス完成済み
木曾川水系	—	・3 ダム 阿多岐ダム、中野方ダム、大ヶ洞ダム	
高梁川水系	—	・4 ダム 河本ダム、高瀬川ダム、樽井ダム、 三室川ダム	

現在運用されているダム貯水池の土砂管理の方法は、これまで各ダムで実施されてきた対策の実績を元に、図 2.1 に示すとおり対策メニューが確立されており、貯水池への流入土砂の軽減策、貯水池へ流入する土砂そのものを通過させる対策、貯水池に堆積した土砂の排除の 3 方法に区分される。このうち貯水池への流入土砂の軽減策や貯水池へ流入する土砂を通過させる対策については、予防保全的に堆砂の進行を防止するものであり、これらを適切な時期に対策をとることにより、効率的に堆砂による貯水池容量の損失を防ぐことができる。

ただし、表 2.2 で示したように、すでに貯水池容量内に土砂が堆積してしまったダムでは、機械力等により土砂を掘削・浚渫する対策が基本となる。浚渫コストや除去した土砂の運搬コストなどを含めると、多大なコストを伴うことが想定される。特に、同一水系内複数ダムで堆砂による容量損失が顕在化した状況下では、個別のダムに十分な予算を充当することが困難になると考えられ、限られた予算の効率的な執行が課題となる。



容量損失が顕在化した後の事後対策として選定される。

図 2.1 ダム貯水池における土砂管理の分類²⁾

2.2.2 効率的な土砂マネジメント手法に関する既往検討

同一水系内の複数のダムで堆砂問題が顕在化している場合は、個々のダムに十分な対策費を充当することが難しいため、同一水系内の複数ダムをダム群としてひとつの資産と考え、ダム群内で何らかの指標で優先順位を設定し、限られた対策予算を効率的に配分して行くような手法が必要であるといえる。具体的には、図 2.2 に示すとおり、同一水系内の複数ダムの水系内における重要性について、統一的指標を与えることにより評価し、対策の優先順位を設定するなどの手法について検討していくことが考えられる。

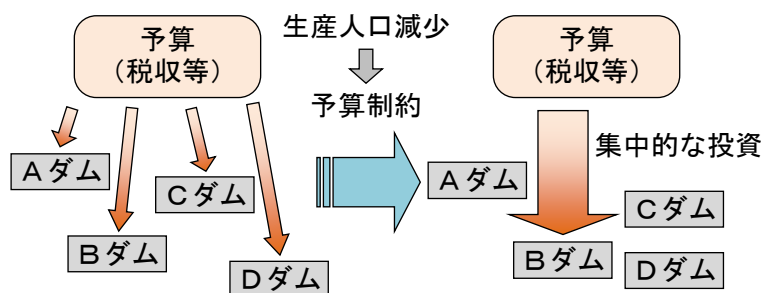


図 2.2 対策優先度を考慮した予算配分のイメージ

角ら³⁾は、流砂系総合土砂管理の観点から、同一水系内ダムにおける貯水池土砂管理の優先順位について、貯水池寿命や下流河川への影響等の関連要因を点数で加算することで重み付け・比較する手法を提案している。この手法では、ダム自体が有する堆砂対策の必要性を内的要因、ダム下流河川への影響から発生する堆砂対策の必要性を外的要因、堆砂対策実施の簡便性を技術的容易性とし、この3つの項目毎に得点を与え、得点の高いものから優先的に対策を行うものとしている。

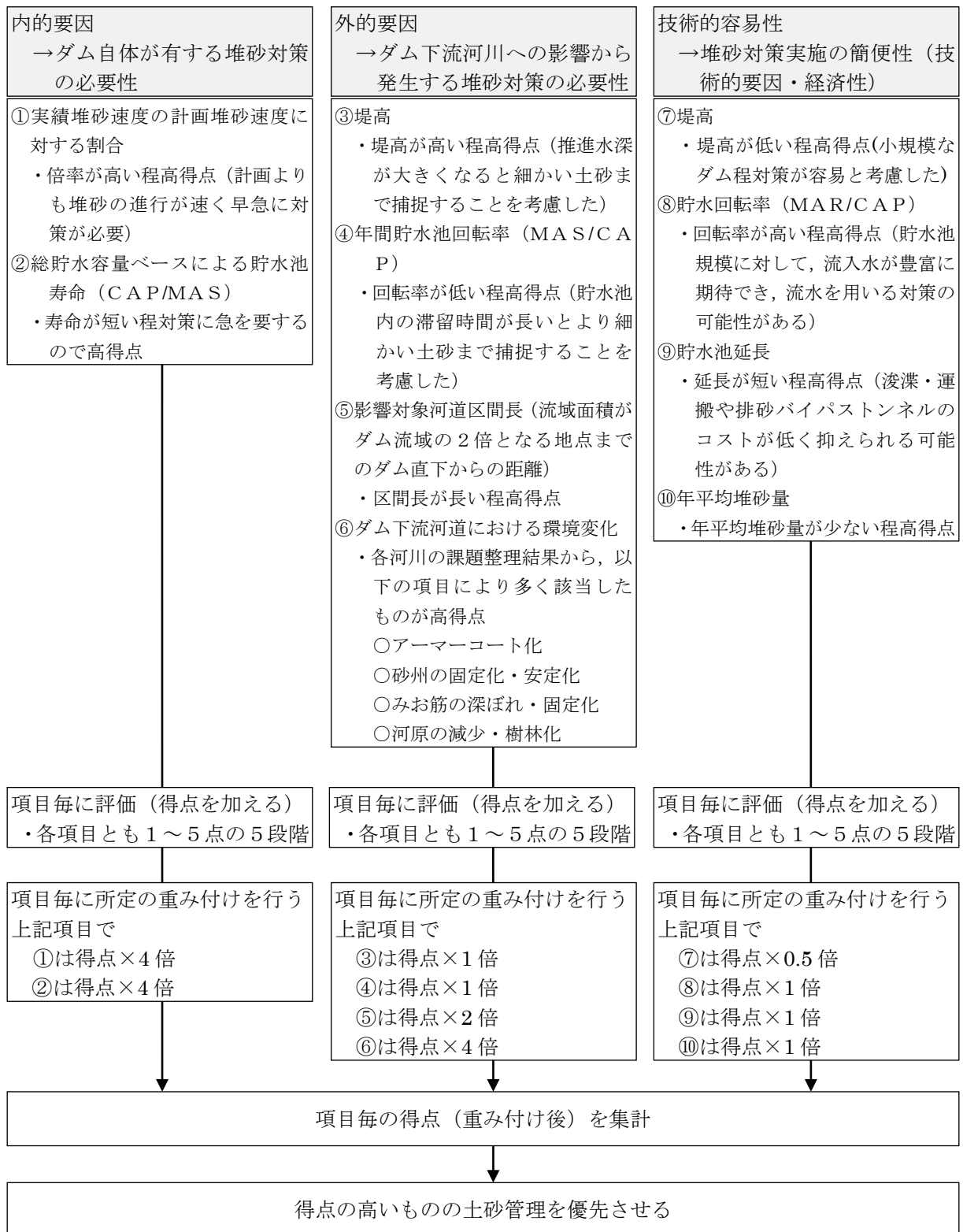


図 2.3 ダム堆砂対策の優先順位の考え方³⁾

また、森川ら⁴⁾は、堆砂対策を課題とする木津川上流ダム群を対象とした土砂マネジメント手法の検討を実施している。木津川上流には、高山ダム、青蓮寺ダム、室生ダム、布目ダム、比奈知ダムの5つのダムが配置されているが、青蓮寺ダムを除く4つのダムにおいて、計画を上回る進行で堆砂が進行しており、有効容量内でも堆砂が進行するなど、貯水池容量回復に向けた対策が課題であるとされている。個々のダムの堆砂対策としては、貯水位を低下させたうえで貯水池内を掘削する方法が最適であるとしているが、各ダムで利水容量を有しており、対策中の利水機能の維持が課題であった。これに対する対応策として、水位低下を伴う堆砂掘削を1ダムずつ順次実施するものとし、図2.2に示すように対策中のダムの利水機能を他の4ダムの余剰容量を活用してバックアップすることを提案している。同一水系内の各ダムをダム群とみなし、連携して対策を実施することの優位性を示した検討であるといえる。

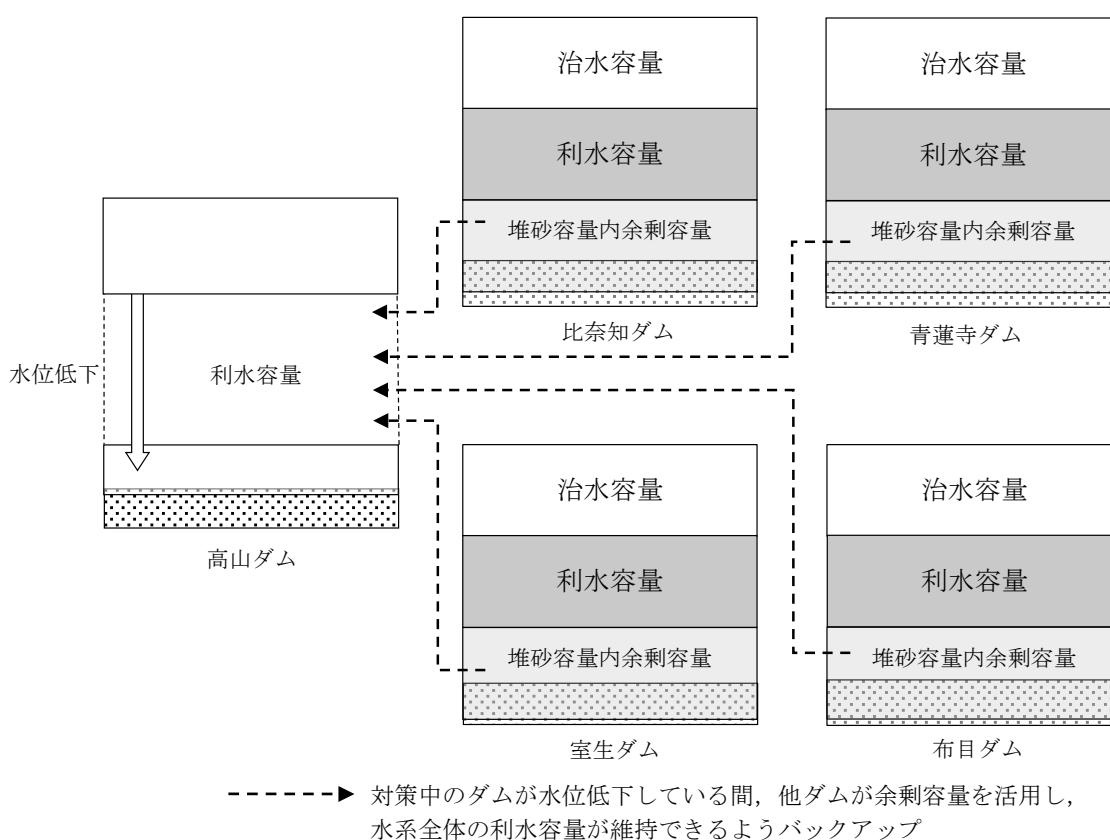


図 2.4 木津川上流ダム群における対策中の連携イメージ⁴⁾

2.3 ダム再開発に関するアセットマネジメントの現状

2.3.1 超過洪水に対する既設ダムの治水耐力

(1) 概要

今後、地球温暖化に伴う気候変動により、大雨による降水量が増加、短時間強雨の発生頻度の増加などが予測されており、水害規模が大きくなることが想定されている。国土交通省では、平成 27 年 2 月における「社会資本整備審議会河川分科会気候変動に適応した治水対策検討小委員会」において、「水災害分野における気候変動適応策のあり方～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～中間とりまとめ 2)」を公表し、施設では守りきれない事態を想定し、社会全体が、想定し得る最大規模の外力までの様々な外力についての災害リスク情報を共有することに言及している。これを踏まえ、同年 5 月には水防法の一部が改正され、河川整備において基本となる降雨を前提とした洪水に係る浸水想定区域を、想定し得る最大規模の降雨（以下、「想定最大規模降雨」という）を前提とした区域に拡充することとなった。

想定最大規模降雨は、日本を降雨特性が似ている 15 の地域に分け、それぞれの地域において観測された最大の降雨量（地域ごとの最大降雨量）により設定するものであり、「浸水想定（洪水、内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法」（平成 27 年 7 月 国土交通省 水管理・国土保全局）でその算出方法が示されている。このような「想定最大規模降雨」は、今後、超過洪水規模の指標となるものと考えられるが、「想定最大規模降雨」に伴う外力に対し、既設のダムがどの程度の治水耐力を有しているかについては明らかとなっていない。ここで、「治水耐力」とは、計画規模を超える出水に対し、各ダムがどこまで洪水調節機能を維持できるかを示す指標として定義する。

本節では、上記を背景とし、超過洪水に対して、既設ダムの治水機能がどの程度の耐力を有しているかについて、全国のダムを対象として網羅的に検証するとともに、ダム再開発の必要性について図 2.5 に示す手順で考察する。

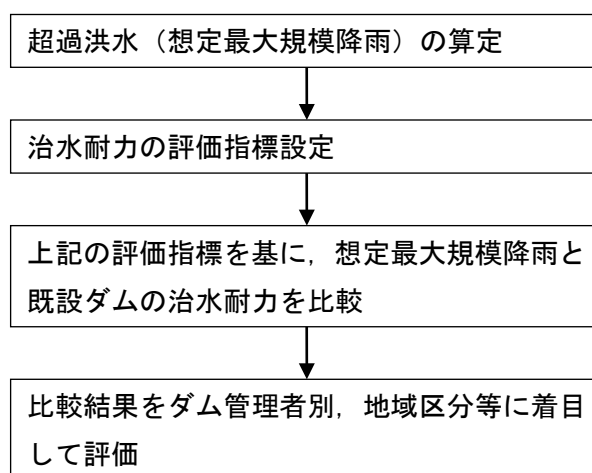


図 2.5 超過洪水に対する既設ダム治水耐力の評価手順

(2) 想定最大降雨の算定

「浸水想定（洪水，内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法」に基づき，全国の一級水系 109 水系を対象に各地域の想定最大規模降雨を算出する．想定最大規模降雨は，各水系の全流域面積に対する流域平均雨量で評価するものとした．なお，計画降雨継続時間については，各水系の河川整備基本方針等において基準点上流域，ダム地点上流域等を考慮したうえで個別に設定されているが，本検討においては，水系毎のダムの耐力を全国横並びで評価することを目的として，すべての流域を 48 時間と設定した．

全 109 水系を図 2.6 に示す地域区分に分類した上で，想定最大規模降雨を算出した結果を表 2.3，図 2.7 に示す．

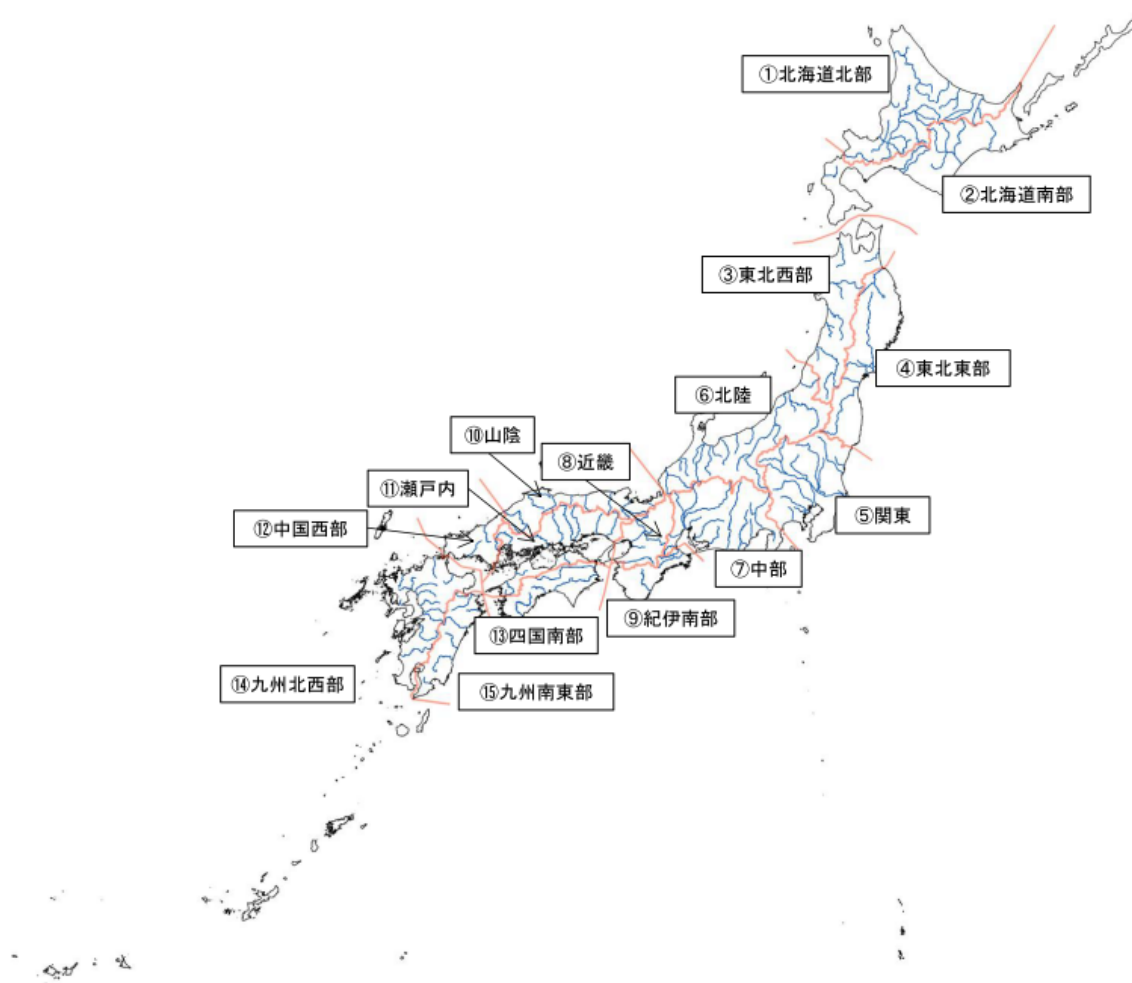


図 2.6 想定最大規模降雨に関する地域区分⁵⁾

表 2.3 想定最大規模降雨の算定結果（全国 109 水系）

No.	地方名	水系名	地域	流域面積 (km ²)	計画降雨継続時間 (hr)	想定最大規模降雨 (mm)	No.	地方名	水系名	地域	流域面積 (km ²)	計画降雨継続時間 (hr)	想定最大規模降雨 (mm)	
1	北海道	天塩川	①北海道北部	5,590	48	319	59	近畿	新宮川	⑨紀伊南部	2,360	48	1,208	
2		留萌川	①北海道北部	270	48	466	60		紀の川	⑧近畿	1,750	48	513	
3		石狩川	①北海道北部	14,330	48	276	61		大和川	⑧近畿	1,070	48	609	
4		尻別川	①北海道北部	1,640	48	360	62		淀川	⑧近畿	8,240	48	322	
5		後志利別川	②北海道南部	720	48	349	63		加古川	⑧近畿	1,730	48	515	
6		鶴川	②北海道南部	1,270	48	321	64		揖保川	⑧近畿	810	48	651	
7		沙流川	②北海道南部	1,350	48	316	65		九頭竜川	⑥北陸	2,930	48	521	
8		十勝川	②北海道南部	9,010	48	257	66		北川	⑥北陸	210	48	830	
9		釧路川	②北海道南部	2,510	48	297	67		由良川	⑩山陰	1,880	48	481	
10		網走川	①北海道北部	1,380	48	370	68		円山川	⑩山陰	1,300	48	496	
11		常呂川	①北海道北部	1,930	48	352	69		千代川	⑩山陰	1,190	48	501	
12		湧別川	①北海道北部	1,480	48	366	70		天神川	⑩山陰	490	48	545	
13		渚滑川	①北海道北部	1,240	48	379	71		日野川	⑩山陰	870	48	518	
14	東北	阿武隈川	④東北東部	5,400	48	273	72	中国	斐伊川	⑩山陰	2,540	48	470	
15		名取川	④東北東部	939	48	436	73		江の川	⑩山陰	3,900	48	440	
16		鴨瀬川	④東北東部	1,130	48	405	74		高津川	⑫中国西部	1,090	48	415	
17		北上川	④東北東部	10,150	48	252	75		佐波川	⑫中国西部	460	48	500	
18		馬淵川	④東北東部	2,050	48	316	76		小瀬川	⑫中国西部	340	48	526	
19		高瀬川	④東北東部	867	48	451	77		太田川	⑪瀬戸内	1,710	48	745	
20		岩木川	③東北西部	2,540	48	310	78		芦田川	⑪瀬戸内	860	48	830	
21		米代川	③東北西部	4,100	48	286	79		高梁川	⑪瀬戸内	2,670	48	672	
22		雄物川	③東北西部	4,710	48	277	80		旭川	⑪瀬戸内	1,810	48	736	
23		子吉川	③東北西部	1,190	48	326	81		吉井川	⑪瀬戸内	2,110	48	711	
24		最上川	③東北西部	7,040	48	247	82		重信川	⑪瀬戸内	445	48	898	
25		赤川	③東北西部	857	48	336	83		肱川	⑪瀬戸内	1,210	48	792	
26	関東	久慈川	⑤関東	1,490	48	519	84	四国	渡川	⑬四国南部	2,184	48	816	
27		那珂川	⑤関東	3,270	48	420	85		仁淀川	⑬四国南部	1,560	48	891	
28		利根川	⑤関東	16,840	48	267	86		物部川	⑬四国南部	508	48	1,058	
29		荒川	⑤関東	2,940	48	430	87		那賀川	⑬四国南部	874	48	986	
30		多摩川	⑤関東	1,240	48	557	88		吉野川	⑬四国南部	3,750	48	714	
31		鶴見川	⑤関東	235	48	793	89		土器川	⑪瀬戸内	127	48	979	
32	相模川	⑤関東	1,680	48	499	90	九州	遠賀川	⑭九州北西部	1,026	48	834		
33	富士川	⑤関東	3,990	48	401	91		松浦川	⑭九州北西部	446	48	863		
34	荒川	⑥北陸	1,150	48	651	92		本明川	⑭九州北西部	249	48	887		
35	阿賀野川	⑥北陸	7,710	48	366	93		六角川	⑭九州北西部	341	48	873		
36	信濃川	⑥北陸	11,900	48	292	94		嘉瀬川	⑭九州北西部	368	48	870		
37	関川	⑥北陸	1,140	48	652	95		筑後川	⑭九州北西部	2,860	48	726		
38	姫川	⑥北陸	722	48	698	96		矢部川	⑭九州北西部	647	48	852		
39	黒部川	⑥北陸	682	48	702	97		菊池川	⑭九州北西部	996	48	836		
40	常願寺川	⑥北陸	368	48	768	98		白川	⑭九州北西部	480	48	860		
41	神通川	⑥北陸	2,720	48	535	99		緑川	⑭九州北西部	1,100	48	830		
42	庄川	⑥北陸	1,189	48	647	100		球磨川	⑭九州北西部	1,880	48	784		
43	小矢部川	⑥北陸	667	48	704	101		川内川	⑮九州南東部	1,600	48	790		
44	手取川	⑥北陸	809	48	687	102		肝属川	⑮九州南東部	485	48	952		
45	梯川	⑥北陸	271	48	803	103		大淀川	⑮九州南東部	2,230	48	769		
46	中部	狩野川	⑦中部	852	48	720	104	小丸川	⑮九州南東部	474	48	958		
47		安倍川	⑦中部	567	48	746	105	五ヶ瀬川	⑮九州南東部	1,820	48	782		
48		大井川	⑦中部	1,280	48	689	106	番匠川	⑮九州南東部	464	48	963		
49		菊川	⑦中部	158	48	818	107	大野川	⑮九州南東部	1,465	48	795		
50		天竜川	⑦中部	5,090	48	521	108	大分川	⑮九州南東部	650	48	898		
51		豊川	⑦中部	724	48	731	109	山国川	⑭九州北西部	540	48	855		
52		矢作川	⑦中部	1,830	48	652								
53		庄内川	⑦中部	1,010	48	707								
54		木曾川	⑦中部	9,100	48	447								
55		鈴鹿川	⑦中部	323	48	777								
56		雲出川	⑦中部	550	48	748								
57		櫛田川	⑨紀伊南部	436	48	1,265								
58		宮川	⑨紀伊南部	920	48	1,235								

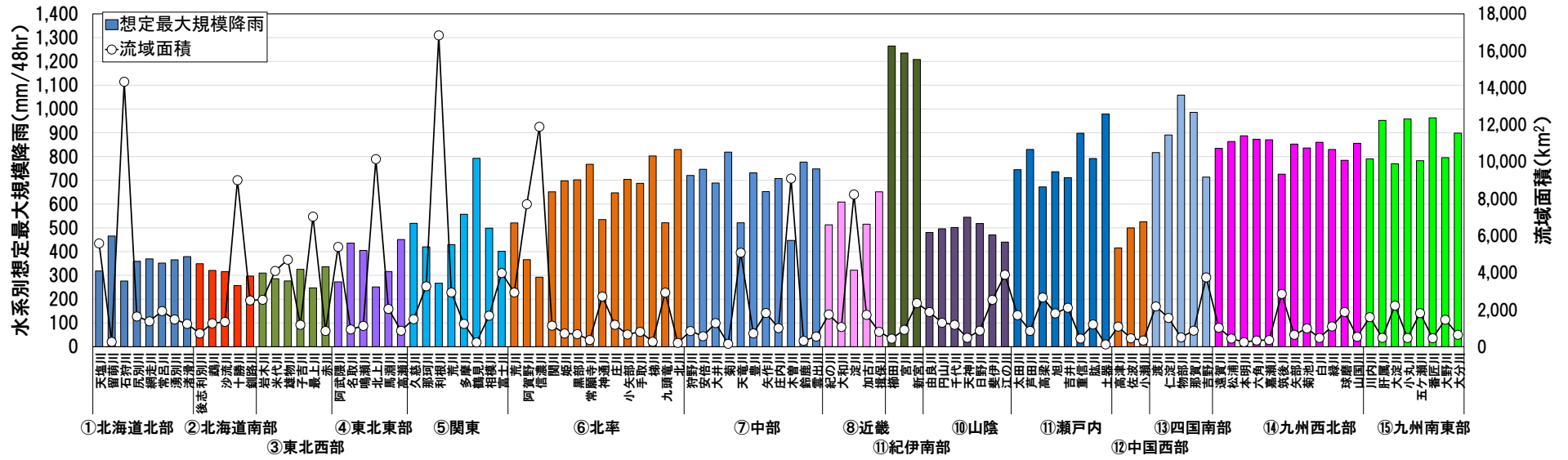


図 2.7 想定最大規模降雨の算定結果 (全国 109 水系)

(3) 治水耐力の評価指標

既設ダムの治水耐力評価の検討条件は表 2.4 に示すとおりとし、国土交通省・(独)水資源機構管理の 111 ダム、地方自治体管理の 225 ダムの合計 336 ダムを対象とした。

表 2.4 既設ダムの治水耐力検討条件

項 目		条 件
対 象 流 域		全国一級水系 (109 水系)
対 象 ダ ム		洪水調節機能を有するダム (336 ダム)
対 象 降 雨 規 模		想定最大規模降雨 ^{※1}
想定最大規模 降雨算定条件 ^{※2}	流 域 面 積	各水系の全流域面積
	降 雨 継 続 時 間	48 時間
各ダムの洪水調節容量		現行の計画洪水調節容量
耐力の評価 ^{※3}	評 価 指 標	比較定数 α = 流域平均雨量 / 洪水調節容量の相当貯水容量
	判 断 基 準	$\alpha > 4.0$ の場合に容量不足と判断

※1 文献⁵⁾に基づいて検討

※2 水系単位でのダムの耐力を評価 (降雨継続時間は 48hr で固定)

※3 青木ら⁶⁾による手法を参考に設定

治水耐力の評価に際しては、青木ら⁶⁾により提案されている比較定数 α (= 流域平均降水量 / 相当貯水容量) を用いるものとした。 α は、ダム流域の降雨に対し、当該ダム治水耐力の不足度を示す指標であり、 α が大きいほど流域内降雨に対するダムの治水耐力不足度が大きくなる。ここで、相当貯水容量は、洪水調節容量を当該ダム流域面積で除した数値であり、各ダムで設定されている。

$$\alpha = \text{流域平均降水量(mm)} \div \text{相当貯水容量(mm)}$$

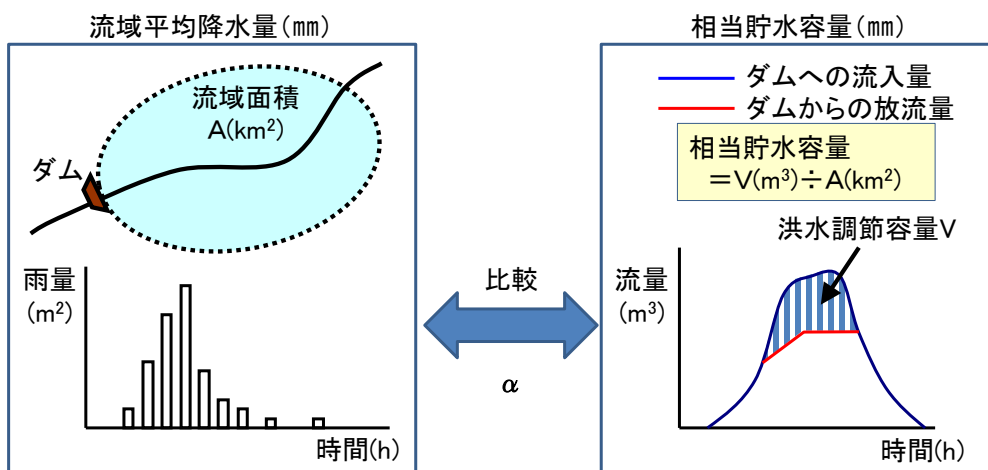


図 2.8 比較定数 α のイメージ

流域内降雨に対するダムの治水耐力不足度を示す比較定数 α について、前述の青木らの検討においては、流域内降雨流出率とダムの洪水時ピーク流量カット率を考慮し、 $\alpha > 4.0$ となるダムは当該降雨に対する治水耐力が不足すると評価している（図 2.9）。同検討では、日本海側の複数ダムを対象とし、新潟・福島豪雨（2004 年）、福井豪雨（2004 年）と同規模の豪雨に対する流出解析を実施することにより、 $\alpha > 4.0$ となるダムで治水耐力不足になる傾向を検証しており、本稿においても同様の評価基準で全国のダム治水耐力を評価する。

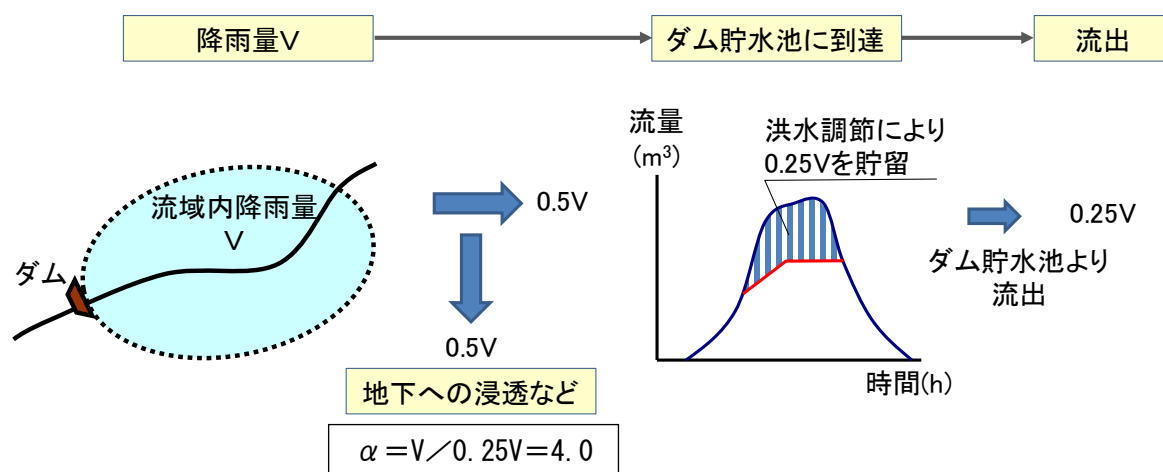


図 2.9 比較定数 $\alpha = 4$ のイメージ

(4) 超過洪水と既設ダム治水耐力の比較

全国の国土交通省所管の 336 ダム（国土交通省直轄ダム、水資源機構管理ダム、地方自治体管理の補助ダム）について、各ダムの位置する水系の想定最大規模降雨に対し、各ダムの治水耐力不足度を示す比較定数 α を算出した結果を表 2.5～表 2.7 に示す。

表 2.5 想定最大規模降雨に対する比較定数 α の算出結果(1)

No.	地整名	ダム名	流域面積 km ²	想定最大規模降雨		評価値	
				地域	降雨量 mm/48hr	比較定数 (現行) α	経過年
1	北海道	鹿ノ子	124.0	①北海道北部	351.8	1.2	34年
2	北海道	漁川	113.3	①北海道北部	276.3	2.2	37年
3	北海道	金山	470.0	①北海道北部	276.3	1.0	50年
4	北海道	桂沢	151.2	①北海道北部	276.3	0.5	60年
5	北海道	大雪	291.6	①北海道北部	276.3	1.5	42年
6	北海道	滝里	1662.0	①北海道北部	276.3	5.4	18年
7	北海道	忠別	238.9	①北海道北部	276.3	0.8	10年
8	北海道	定山溪	104.0	①北海道北部	276.3	0.4	27年
9	北海道	豊平峡	134.0	①北海道北部	276.3	1.0	45年
10	北海道	愛別	41.8	①北海道北部	276.3	1.4	30年
11	北海道	栗山	15.2	①北海道北部	276.3	1.6	22年
12	北海道	美唄	24.6	①北海道北部	276.3	6.2	34年
13	北海道	岩尾内	331.4	①北海道北部	318.8	1.1	46年
14	北海道	西岡	4.5	①北海道北部	318.8	2.2	7年
15	北海道	留萌	42.0	①北海道北部	465.6	0.9	7年
16	北海道	当別	231.1	①北海道北部	276.3	1.0	5年
17	北海道	美利河	115.0	②北海道南部	349.1	2.8	26年
18	北海道	二風谷	1215.0	②北海道南部	316.0	22.3	19年
19	北海道	札内川	117.7	②北海道南部	257.0	0.7	19年
20	北海道	十勝	592.0	②北海道南部	257.0	1.7	33年
21	北海道	佐幌	78.0	②北海道南部	257.0	2.5	32年
22	東北	浅瀬石川	225.5	③東北西部	309.8	2.9	29年
23	東北	遠部	8.3	③東北西部	309.8	2.3	42年
24	東北	久吉	21.8	③東北西部	309.8	1.5	23年
25	東北	飯詰	11.7	③東北西部	309.8	2.8	44年
26	東北	目屋	171.6	③東北西部	309.8	2.2	57年
27	東北	新小戸六	24.1	③東北西部	309.8	4.9	51年
28	東北	相馬	25.9	③東北西部	309.8	3.2	15年
29	東北	寒河江	231.0	③東北西部	247.5	1.5	27年
30	東北	長井	101.2	③東北西部	247.5	0.9	7年
31	東北	白川	205.0	③東北西部	247.5	1.7	37年
32	東北	綱木川	40.5	③東北西部	247.5	2.0	10年
33	東北	高坂	68.2	③東北西部	247.5	1.7	50年
34	東北	神室	22.5	③東北西部	247.5	2.4	24年
35	東北	前川	21.2	③東北西部	247.5	2.2	34年
36	東北	蔵王	21.0	③東北西部	247.5	2.5	47年
37	東北	田沢川	23.2	③東北西部	247.5	1.9	15年
38	東北	白水川	15.2	③東北西部	247.5	1.9	26年
39	東北	留山川	7.2	③東北西部	247.5	2.6	6年
40	東北	大内	3.4	③東北西部	325.7	2.5	9年
41	東北	小羽広	29.8	③東北西部	325.7	6.4	44年
42	東北	月山	239.8	③東北西部	336.3	2.1	16年
43	東北	荒沢	162.0	③東北西部	336.3	3.1	62年
44	東北	森吉山	248.0	③東北西部	286.2	1.4	6年
45	東北	山瀬	67.2	③東北西部	286.2	2.4	25年
46	東北	森吉	125.0	③東北西部	286.2	3.7	64年
47	東北	素波里	100.0	③東北西部	286.2	2.2	46年
48	東北	早口	48.5	③東北西部	286.2	2.7	40年
49	東北	萩形	86.7	③東北西部	286.2	2.5	51年
50	東北	砂子沢	17.0	③東北西部	286.2	2.4	7年
51	東北	玉川	287.0	③東北西部	276.8	0.7	27年
52	東北	旭川	34.4	③東北西部	276.8	2.3	44年
53	東北	皆瀬	172.0	③東北西部	276.8	2.9	54年
54	東北	鑑畑	320.3	③東北西部	276.8	2.8	59年
55	東北	岩見	73.1	③東北西部	276.8	1.6	38年

No.	地整名	ダム名	流域面積 km ²	想定最大規模降雨		評価値	
				地域	降雨量 mm/48hr	比較定数 (現行) α	経過年
56	東北	協和	24.4	④東北西部	276.8	1.2	19年
57	東北	大松川	38.2	④東北西部	276.8	1.7	18年
58	東北	三春	226.4	④東北東部	272.6	2.2	19年
59	東北	七ヶ宿	236.6	④東北東部	272.6	1.8	26年
60	東北	摺上川	160.0	④東北東部	272.6	0.9	12年
61	東北	堀川	15.2	④東北東部	272.6	2.3	16年
62	東北	岳	14.4	④東北東部	272.6	7.5	38年
63	東北	作田	11.0	④東北東部	451.0	4.4	34年
64	東北	天間	63.5	④東北東部	451.0	9.2	49年
65	東北	和田	21.8	④東北東部	451.0	3.6	21年
66	東北	御所	635.0	④東北東部	251.6	4.0	36年
67	東北	四十四田	1196.0	④東北東部	251.6	8.9	49年
68	東北	石淵	154.0	④東北東部	251.6	6.9	64年
69	東北	田瀬	740.0	④東北東部	251.6	2.2	63年
70	東北	湯田	583.0	④東北東部	251.6	1.9	53年
71	東北	鳴子	210.1	④東北東部	251.6	2.8	60年
72	東北	遠野	29.6	④東北東部	251.6	8.1	60年
73	東北	遠野第二	33.5	④東北東部	251.6	25.0	6年
74	東北	綱取	83.0	④東北東部	251.6	1.9	35年
75	東北	早池峰	75.1	④東北東部	251.6	1.9	17年
76	東北	入畑	38.0	④東北東部	251.6	2.1	27年
77	東北	化女沼	9.9	④東北東部	251.6	1.1	22年
78	東北	花山	126.9	④東北東部	251.6	1.6	59年
79	東北	荒砥沢	20.4	④東北東部	251.6	1.6	19年
80	東北	小田	23.4	④東北東部	251.6	1.7	11年
81	東北	上大沢	3.0	④東北東部	251.6	2.9	13年
82	東北	栗駒	53.0	④東北東部	251.6	1.5	55年
83	東北	釜房	195.3	④東北東部	435.8	4.1	47年
84	東北	大倉	88.5	④東北東部	435.8	3.9	55年
85	東北	樽水	9.7	④東北東部	435.8	2.1	40年
86	東北	宮床	10.8	④東北東部	405.1	2.2	17年
87	東北	漆沢	58.9	④東北東部	405.1	2.5	37年
88	東北	南川	22.5	④東北東部	405.1	2.1	29年
89	東北	胆沢	185.0	④東北東部	251.6	0.9	4年
90	東北	滝	152.6	⑤関東	519.3	15.0	35年
91	関東	竜神	13.5	⑤関東	519.3	3.8	38年
92	関東	二瀬	169.2	⑤関東	429.6	3.3	56年
93	関東	合角	32.1	⑤関東	429.6	2.5	14年
94	関東	有間	16.9	⑤関東	429.6	1.7	31年
95	関東	浦山	51.6	⑤関東	429.6	9.6	18年
96	関東	滝沢	108.6	⑤関東	429.6	1.4	9年
97	関東	宮ヶ瀬	101.4	⑤関東	498.9	1.1	16年
98	関東	深城	41.2	⑤関東	498.9	4.7	12年
99	関東	城山	1201.3	⑤関東	498.9	21.8	52年
100	関東	藤井川	70.0	⑤関東	420.2	7.8	40年
101	関東	飯田	13.8	⑤関東	420.2	5.1	25年
102	関東	塩原	119.5	⑤関東	420.2	8.7	39年
103	関東	寺山	11.5	⑤関東	420.2	2.9	32年
104	関東	西荒川	24.8	⑤関東	420.2	3.0	49年
105	関東	東荒川	14.0	⑤関東	420.2	1.8	27年
106	関東	塩川	85.3	⑤関東	401.5	9.0	19年
107	関東	琴川	10.0	⑤関東	401.5	2.6	9年
108	関東	広瀬	76.6	⑤関東	401.5	5.0	42年
109	関東	荒川	72.4	⑤関東	401.5	5.5	31年
110	関東	大門	51.7	⑤関東	401.5	16.0	29年

表 2.6 想定最大規模降雨に対する比較定数 α の算出結果(2)

No.	地整名	ダム名	流域面積 km ²	想定最大規模降雨		評価値	
				地域	降雨量 mm/48hr	比較定数 (現行) α	経過年
111	関東	菌原	493.9	⑤関東	267.1	9.3	51年
112	関東	五十里	271.2	⑤関東	267.1	2.1	61年
113	関東	川治	144.2	⑤関東	267.1	1.1	34年
114	関東	川俣	179.4	⑤関東	267.1	2.0	51年
115	関東	相俣	110.8	⑤関東	267.1	3.1	58年
116	関東	藤原	138.2	⑤関東	267.1	1.7	59年
117	関東	塩沢	7.8	⑤関東	267.1	9.1	21年
118	関東	桐生川	42.0	⑤関東	267.1	1.5	34年
119	関東	四万川	28.4	⑤関東	267.1	1.0	17年
120	関東	大仁田	4.4	⑤関東	267.1	4.9	15年
121	関東	道平川	7.2	⑤関東	267.1	0.6	24年
122	関東	霧積	20.4	⑤関東	267.1	3.9	41年
123	関東	権現堂調節池	120.1	⑤関東	267.1	8.9	25年
124	関東	三河沢	13.9	⑤関東	267.1	5.4	13年
125	関東	松田川	4.0	⑤関東	267.1	1.5	21年
126	関東	下久保	322.9	⑤関東	267.1	2.5	49年
127	関東	草木	254.0	⑤関東	267.1	3.4	40年
128	関東	奈良俣	60.1	⑤関東	267.1	1.2	26年
129	関東	矢木沢	167.4	⑤関東	267.1	2.0	50年
130	関東	中之条	57.8	⑤関東	267.1	25.0	57年
131	関東	平出	141.4	⑤関東	267.1	25.0	53年
132	関東	上野	31.2	⑤関東	267.1	17.4	12年
133	関東	中木	13.1	⑤関東	267.1	20.7	59年
134	関東	湯西川	102.0	⑤関東	267.1	0.9	5年
135	北陸	横川	113.1	⑤関東	429.6	2.8	9年
136	北陸	大石	69.8	⑤関東	429.6	1.7	39年
137	北陸	大川	825.6	⑥北陸	366.3	9.3	29年
138	北陸	早出川	83.2	⑥北陸	366.3	3.1	37年
139	東北	田島	4.8	⑥北陸	366.3	5.0	18年
140	東北	東山	40.5	⑥北陸	366.3	2.1	34年
141	東北	日中	40.6	⑥北陸	366.3	1.4	25年
142	北陸	宮川	40.9	⑥北陸	366.3	10.1	55年
143	北陸	二岐	15.5	⑥北陸	366.3	6.9	47年
144	北陸	正善寺	6.3	⑥北陸	651.7	3.2	32年
145	北陸	宇奈月	617.5	⑥北陸	702.1	25.0	16年
146	北陸	手取川	247.2	⑥北陸	687.3	8.5	38年
147	北陸	大日川	56.5	⑥北陸	687.3	5.2	49年
148	北陸	子撫川	31.8	⑥北陸	703.8	7.5	38年
149	北陸	城端	10.8	⑥北陸	703.8	5.2	25年
150	北陸	臼中	13.5	⑥北陸	703.8	7.3	24年
151	北陸	刀利	45.9	⑥北陸	703.8	3.6	50年
152	北陸	境川	37.7	⑥北陸	647.3	4.5	23年
153	北陸	利賀川	38.0	⑥北陸	647.3	18.2	42年
154	北陸	和田川	34.0	⑥北陸	647.3	18.3	49年
155	北陸	三国川	76.2	⑥北陸	292.5	1.2	25年
156	北陸	大町	193.0	⑥北陸	292.5	2.8	31年
157	北陸	下条川	6.1	⑥北陸	292.5	1.6	43年
158	北陸	笠堀	70.0	⑥北陸	292.5	2.4	52年
159	北陸	刈谷田川	24.0	⑥北陸	292.5	1.8	36年
160	北陸	広神	42.1	⑥北陸	292.5	1.4	6年
161	北陸	城川	4.0	⑥北陸	292.5	5.2	20年
162	北陸	大谷	56.2	⑥北陸	292.5	1.2	23年
163	北陸	破間川	59.2	⑥北陸	292.5	1.4	30年

No.	地整名	ダム名	流域面積 km ²	想定最大規模降雨		評価値	
				地域	降雨量 mm/48hr	比較定数 (現行) α	経過年
164	関東	奥裾花	65.0	⑥北陸	292.5	7.5	37年
165	関東	金原	3.15	⑥北陸	292.5	5.4	17年
166	関東	古谷	13.00	⑥北陸	292.5	2.4	34年
167	関東	小仁熊	20.8	⑥北陸	292.5	5.6	13年
168	関東	水上	2.3	⑥北陸	292.5	4.5	16年
169	関東	裾花	250.0	⑥北陸	292.5	7.3	47年
170	関東	湯川	147.2	⑥北陸	292.5	17.6	38年
171	関東	奈良井	46.0	⑥北陸	292.5	3.8	34年
172	関東	内村	13.0	⑥北陸	292.5	2.9	31年
173	関東	豊丘	13.1	⑥北陸	292.5	3.2	22年
174	関東	北山	1.3	⑥北陸	292.5	3.9	17年
175	関東	余地	2.5	⑥北陸	292.5	2.8	13年
176	北陸	長福寺	1.2	⑥北陸	292.5	4.8	17年
177	北陸	坪山	2.0	⑥北陸	292.5	5.1	20年
178	北陸	久婦須川	58.7	⑥北陸	534.9	6.5	15年
179	北陸	熊野川	39.8	⑥北陸	534.9	7.1	32年
180	北陸	室牧	85.2	⑥北陸	534.9	7.6	56年
181	北陸	赤瀬	40.6	⑥北陸	802.5	6.3	38年
182	中部	丹生川	23.0	⑥北陸	534.9	4.4	5年
183	近畿	九頭竜	184.5	⑥北陸	521.4	2.9	49年
184	近畿	真名川	97.2	⑥北陸	521.4	0.6	40年
185	近畿	永平寺	3.1	⑥北陸	521.4	8.5	15年
186	近畿	広野	42.3	⑥北陸	521.4	3.9	41年
187	近畿	笹生川	70.7	⑥北陸	521.4	3.3	60年
188	近畿	浄土寺川	7.7	⑥北陸	521.4	3.5	8年
189	近畿	榎谷	10.2	⑥北陸	521.4	1.5	11年
190	近畿	龍ヶ鼻	31.1	⑥北陸	521.4	3.5	28年
191	中部	君ヶ野	80.0	⑦中部	747.9	3.8	45年
192	中部	小里川	55.0	⑦中部	707.2	3.0	13年
193	中部	長島	534.3	⑦中部	688.6	7.8	15年
194	中部	小洪	288.0	⑦中部	521.4	4.3	48年
195	中部	新豊根	136.3	⑦中部	521.4	6.8	44年
196	中部	美和	311.1	⑦中部	521.4	12.1	58年
197	関東	横川	38.8	⑦中部	521.4	14.2	30年
198	関東	松川	60.0	⑦中部	521.4	9.5	42年
199	関東	片桐	15.1	⑦中部	521.4	8.8	27年
200	関東	箕輪	38.2	⑦中部	521.4	4.4	24年
201	中部	横山	471.0	⑦中部	447.3	6.5	53年
202	中部	丸山	2409.0	⑦中部	447.3	25.0	63年
203	中部	阿多岐	16.0	⑦中部	447.3	4.6	29年
204	中部	岩村	1.7	⑦中部	447.3	9.5	19年
205	中部	大ヶ洞	4.4	⑦中部	447.3	8.9	18年
206	中部	中野方	1.6	⑦中部	447.3	3.6	11年
207	中部	阿木川	81.8	⑦中部	447.3	2.3	26年
208	中部	岩屋	264.9	⑦中部	447.3	2.4	40年
209	中部	徳山	254.5	⑦中部	447.3	0.9	9年
210	中部	味噌川	55.1	⑦中部	447.3	2.1	21年
211	中部	矢作	504.5	⑦中部	652.5	25.0	46年
212	中部	雨山	2.6	⑦中部	652.5	11.8	20年
213	中部	木瀬	8.9	⑦中部	652.5	12.9	17年
214	中部	大代川	31.8	⑦中部	688.6	25.0	49年
215	中部	滝川	1.6	⑧近畿	322.0	4.7	17年

表 2.7 想定最大規模降雨に対する比較定数 α の算出結果(3)

No.	地整名	ダム名	流域面積 km ²	想定最大規模降雨		評価値	
				地域	降雨量 mm/48hr	比較定数 (現行) α	経過年
216	近畿	みくまり	1.7	⑧近畿	515.4	4.6	8年
217	近畿	狭山池	17.9	⑧近畿	608.7	10.9	15年
218	近畿	岩井川	3.3	⑧近畿	608.7	4.7	9年
219	近畿	初瀬	24.2	⑧近畿	608.7	6.2	29年
220	近畿	天理	10.7	⑧近畿	608.7	5.0	38年
221	近畿	白川	6.0	⑧近畿	608.7	7.3	19年
222	近畿	滝畑	22.9	⑧近畿	608.7	2.4	36年
223	近畿	安富	15.5	⑧近畿	651.4	7.2	31年
224	近畿	引原	48.2	⑧近畿	651.4	5.6	59年
225	近畿	天ヶ瀬	352.0	⑧近畿	322.0	5.7	53年
226	近畿	宇曾川	7.8	⑧近畿	322.0	1.1	37年
227	近畿	姉川	28.3	⑧近畿	322.0	1.9	15年
228	近畿	青土	54.3	⑧近畿	322.0	4.3	29年
229	近畿	石田川	23.4	⑧近畿	322.0	4.0	47年
230	近畿	日野川	22.4	⑧近畿	322.0	7.8	51年
231	近畿	箕面川	6.7	⑧近畿	322.0	1.4	34年
232	近畿	一庫	115.1	⑧近畿	322.0	2.1	34年
233	近畿	高山	284.6	⑧近畿	322.0	2.6	48年
234	近畿	室生	136.0	⑧近畿	322.0	5.7	43年
235	近畿	青蓮寺	100.0	⑧近畿	322.0	3.8	47年
236	近畿	日吉	290.0	⑧近畿	322.0	2.2	19年
237	近畿	比奈知	75.5	⑧近畿	322.0	2.7	18年
238	近畿	布目	75.0	⑧近畿	322.0	3.8	25年
239	近畿	大滝	143.2	⑧近畿	512.9	1.2	4年
240	近畿	大門	0.6	⑧近畿	608.7	11.8	4年
241	中部	宮川	125.6	⑨紀伊南部	1234.9	6.3	60年
242	中部	蓮	80.9	⑨紀伊南部	1264.9	6.0	26年
243	近畿	大路	3.1	⑩山陰	496.0	7.3	18年
244	近畿	但東	1.3	⑩山陰	496.0	3.4	10年
245	近畿	大野	354.0	⑩山陰	480.9	8.0	56年
246	近畿	三宝	1.2	⑩山陰	480.9	3.9	22年
247	近畿	畑川	21.2	⑩山陰	480.9	9.4	4年
248	中国	灰塚	217.0	⑩山陰	440.2	2.5	11年
249	中国	土師	307.5	⑩山陰	440.2	4.3	43年
250	中国	八戸	164.0	⑩山陰	440.2	3.6	41年
251	中国	志津見	213.8	⑩山陰	470.1	2.5	6年
252	中国	殿	38.1	⑩山陰	501.3	3.5	5年
253	中国	佐治川	21.4	⑩山陰	501.3	7.3	45年
254	中国	百谷	2.5	⑩山陰	501.3	6.3	43年
255	中国	菅沢	85.0	⑩山陰	518.2	2.6	49年
256	中国	賀祥	26.0	⑩山陰	518.2	4.1	28年
257	中国	朝鍋	6.2	⑩山陰	518.2	5.0	12年
258	中国	尾原	289.0	⑩山陰	470.1	3.7	5年
259	中国	山佐	19.2	⑩山陰	470.1	2.7	37年
260	中国	布部	70.0	⑩山陰	470.1	8.9	49年
261	中部	太田川	20.0	⑪瀬戸内	744.8	2.5	8年
262	中部	原野谷川	17.9	⑪瀬戸内	744.8	11.0	46年
263	中国	旭川	1140.0	⑪瀬戸内	735.9	25.0	62年
264	中国	河平	4.4	⑪瀬戸内	735.9	6.7	11年
265	中国	竹谷	2.7	⑪瀬戸内	735.9	7.2	13年
266	中国	湯原	255.0	⑪瀬戸内	735.9	12.1	62年
267	中国	鳴滝	11.0	⑪瀬戸内	735.9	9.6	35年
268	中国	八田原	241.6	⑪瀬戸内	829.8	5.9	19年
269	中国	御調	54.0	⑪瀬戸内	829.8	12.4	28年
270	中国	山田川	5.6	⑪瀬戸内	829.8	10.1	11年
271	中国	四川	9.0	⑪瀬戸内	829.8	7.5	12年
272	中国	苦田	217.4	⑪瀬戸内	710.8	3.1	12年
273	中国	津川	17.8	⑪瀬戸内	710.8	3.6	21年
274	中国	八塔寺川	35.2	⑪瀬戸内	710.8	6.5	27年
275	中国	河本	225.5	⑪瀬戸内	672.3	25.0	52年
276	中国	高瀬川	21.6	⑪瀬戸内	672.3	4.1	35年
277	中国	三壺川	22.6	⑪瀬戸内	672.3	4.2	11年
278	中国	千屋	88.0	⑪瀬戸内	672.3	4.9	18年

No.	地整名	ダム名	流域面積 km ²	想定最大規模降雨		評価値	
				地域	降雨量 mm/48hr	比較定数 (現行) α	経過年
279	中国	樽井	3.5	⑪瀬戸内	672.3	11.8	20年
280	中国	温井	253.0	⑪瀬戸内	744.8	4.6	15年
281	四国	鹿野川	455.6	⑪瀬戸内	791.5	21.9	58年
282	四国	野村	168.0	⑪瀬戸内	791.5	25.0	35年
283	四国	石手川	72.6	⑪瀬戸内	898.1	15.2	44年
284	中国	島地川	32.0	⑫中国西部	499.6	2.2	36年
285	中国	佐波川	88.4	⑫中国西部	499.6	4.9	61年
286	中国	弥栄	301.0	⑫中国西部	525.6	2.7	26年
287	中国	小瀬川	135.0	⑫中国西部	525.6	8.4	53年
288	四国	柳瀬	170.7	⑬四国南部	713.6	16.0	63年
289	四国	宮川内	23.1	⑬四国南部	713.6	17.4	53年
290	四国	新宮	214.9	⑬四国南部	713.6	25.0	42年
291	四国	早明浦	417.0	⑬四国南部	713.6	3.3	42年
292	四国	池田	1904.0	⑬四国南部	713.6	25.0	42年
293	四国	富郷	101.2	⑬四国南部	713.6	5.8	16年
294	四国	大渡	688.9	⑬四国南部	890.7	12.5	31年
295	四国	桐見	49.1	⑬四国南部	890.7	8.1	29年
296	四国	中筋川	21.1	⑬四国南部	816.5	2.0	18年
297	四国	長安口	494.3	⑬四国南部	985.8	25.0	61年
298	四国	永瀬	295.2	⑬四国南部	1058.2	13.6	60年
299	九州	犬鳴	6.1	⑭九州北西部	834.1	3.1	22年
300	九州	陣屋	12.6	⑭九州北西部	834.1	8.8	41年
301	九州	福智山	4.7	⑭九州北西部	834.1	3.0	12年
302	九州	力丸	34.1	⑭九州北西部	834.1	7.9	52年
303	九州	嘉瀬川	128.4	⑭九州北西部	870.2	6.4	5年
304	九州	竜門	26.50	⑭九州北西部	835.9	2.8	15年
305	九州	市房	157.80	⑭九州北西部	784.2	6.8	57年
306	九州	耶馬溪	89.00	⑭九州北西部	855.5	6.8	32年
307	九州	巖木	33.7	⑭九州北西部	863.1	4.7	30年
308	九州	伊岐佐	9.6	⑭九州北西部	863.1	5.5	38年
309	九州	狩立・日ノ峯	2.3	⑭九州北西部	863.1	3.1	15年
310	九州	平木場	2.2	⑭九州北西部	863.1	3.2	33年
311	九州	本部	1.4	⑭九州北西部	863.1	3.6	29年
312	九州	下笠	185.0	⑭九州北西部	725.8	2.6	44年
313	九州	松原	491.0	⑭九州北西部	725.8	7.8	44年
314	九州	山神	9.1	⑭九州北西部	725.8	4.0	34年
315	九州	藤波	21.7	⑭九州北西部	725.8	7.9	7年
316	九州	寺内	51.0	⑭九州北西部	725.8	5.3	39年
317	九州	日向神	84.3	⑭九州北西部	852.2	4.3	55年
318	九州	緑川	359.0	⑭九州北西部	829.8	12.4	46年
319	九州	矢筈	2.1	⑭九州北西部	872.7	4.2	24年
320	九州	大山	33.6	⑭九州北西部	725.8	3.5	4年
321	九州	井手口川	4.3	⑭九州北西部	863.1	4.8	5年
322	九州	祝子	45.20	⑮九州南東部	782.4	8.6	45年
323	九州	北川	178.00	⑮九州南東部	782.4	19.1	55年
324	九州	松尾	304.10	⑮九州南東部	957.8	25.0	66年
325	九州	渡川	81.0	⑮九州南東部	957.8	7.5	61年
326	九州	鶴田	805.0	⑮九州南東部	790.5	8.2	51年
327	九州	芹川	118.0	⑮九州南東部	898.3	14.1	61年
328	九州	稲葉	53.8	⑮九州南東部	795.3	7.6	7年
329	九州	野津	1.6	⑮九州南東部	795.3	7.7	16年
330	九州	綾南	87.0	⑮九州南東部	769.2	4.6	59年
331	九州	綾北	148.3	⑮九州南東部	769.2	14.4	57年
332	九州	瓜田	4.4	⑮九州南東部	769.2	6.3	19年
333	九州	岩瀬	354.0	⑮九州南東部	769.2	7.8	50年
334	九州	田代八重	131.5	⑮九州南東部	769.2	9.2	17年
335	九州	黒沢	18.2	⑮九州南東部	962.9	5.8	41年
336	九州	床木	10.0	⑮九州南東部	962.9	3.7	31年

(5) 評価

1) ダム建設後の経過年数と治水耐力の関係

表 2.5～表 2.7 で得た各ダムの想定最大規模降雨に対する比較定数 α について、ダム完成後の経過年数との関係に着目して整理した結果を図 2.10 に示す。この結果から、ダム完成後の経過年と比較定数 α の関係については、全体的には明確な傾向は確認できないものの、建設年の古いダムの方が著しく治水耐力が不足する（ α が大きい）ダムが多くなる傾向が確認できる。

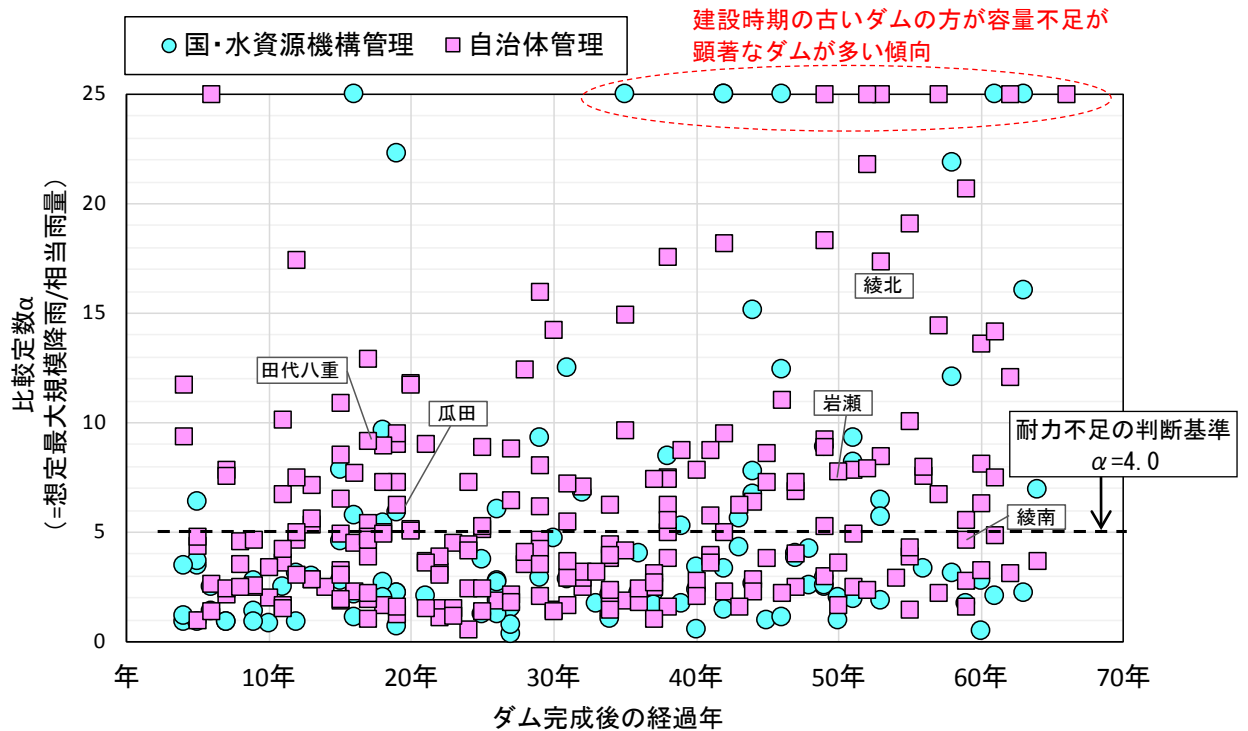


図 2.10 ダム完成後の経過年と比較定数 α の関係

2) ダム管理者・地域区分と治水耐力の関係

表 2.5 で得た各ダムの想定最大規模降雨に対する比較定数 α について、ダム管理者・地域区分との関係に着目して整理した結果を図 2.11 に示す。この結果より、管理者別に評価した場合には、国土交通省・(独)水資源機構管理のダムと比較すると、地方自治体管理ダムにおいて、治水耐力不足度を示す比較定数 α が 4.0 を上回るダムが多く、治水耐力の不足が顕著であることがわかる。これは、地方自治体管理のダムの方が、ダム計画の目標とする外力規模が小さい傾向があり、超過洪水に対する耐力が低いためと考えられる。

地域別にみると、北海道、東北地方については、治水耐力が不足すると評価されるダムは少ない。一方で、降雨量の多い紀伊南部、瀬戸内、四国南部、九州南東部の各地域では、ダム管理者に関係なく、ほとんどのダムで比較定数 α が 4.0 を上回り、超過洪水に対し、十分な洪水調節容量が得られていない傾向があるといえる。想定最大規模降雨が、地域ごとの実績降雨から作成されたものであることが要因として挙げられるが、近年の気候変動の影響から、今後は北日本のダムでも治水耐力が不足する可能性があるといえる。

なお、次章での検討対象とする大淀川水系ダム治水ダム群の降雨形態の地域区分は九州南東部であり、再開発の必要性が高い条件に合致している。

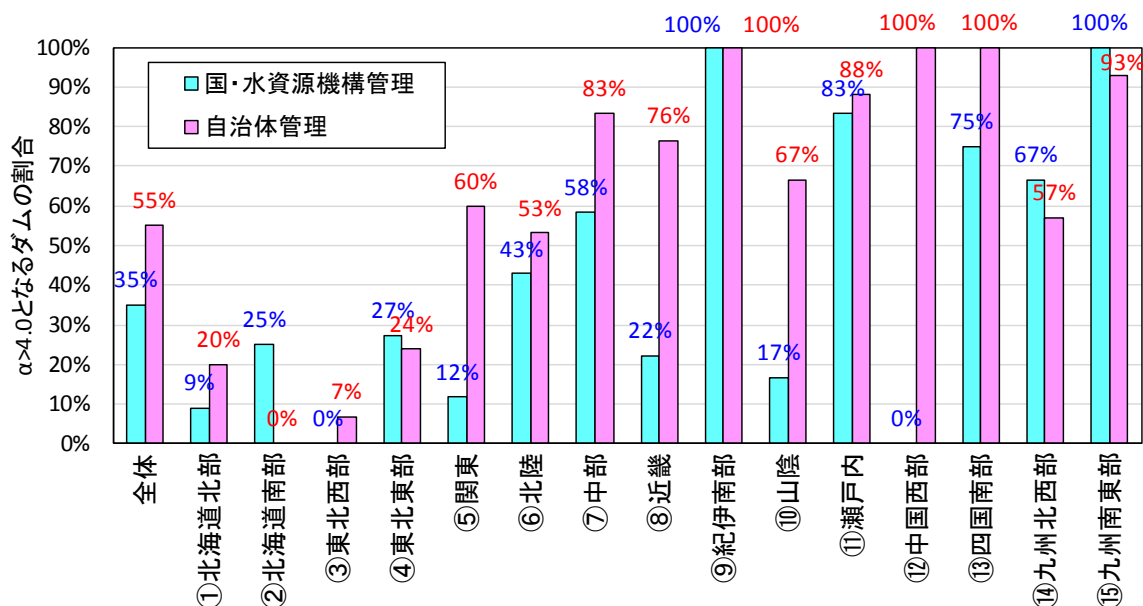


図 2.11 容量不足と評価されるダムの比率(管理者別・地域別)

(6) ダム嵩上げ効果の概略評価

前述のとおり、自治体管理のダムや紀伊南部や四国、九州地方のダムでは想定最大規模降雨に対する治水耐力が不足するダムが多く存在する。ここでは、不足する治水耐力の増強方法として、ダムの嵩上げにより洪水調節容量を増加させることによる効果を検証する。以下では、検討対象ダムについて、当該ダムを 10m 嵩上げした場合の洪水調節容量の増強効果を概略的に評価したものである。

1) 検討条件

嵩上げ後の洪水調節容量の増加量は各ダムの貯水池周辺の等高線に基づき算出する必要があるが、本検討では、対象 336 ダムでの嵩上げによる治水耐力の向上効果を概略的に把握することを目的とし、嵩上げによる洪水調節容量の増加量を次式により簡易に算定するものとした。次式における「湛水面積」は、サーチャージ水位時の湛水状態を示したものである。

$$\Delta V = A_{res} \times \Delta H$$

ここに、 ΔV : ダム嵩上げによる洪水調節容量の増加量(m³)

A_{res} : 湛水面積(m²)

ΔH : ダムの嵩上げ高(m)

2) 検討結果

各ダムの高さを一律 10m とし、現行の洪水調節容量の相当貯水容量と(2)式に基づき算出した嵩上げ後の相当貯水容量増加率の関係を図 2.12 に示す。既設ダムを 10m 嵩上げすれば、多くのダムで現行の相当貯水容量を 1.5 倍～2.5 倍程度まで増強できることがわかる。実際のダム嵩上げに当たっては、地形、地質、既設ダムの構造、周辺環境等の各種条件をクリアする必要があること等の課題はあるものの、既設ダムの治水耐力増強に向けて、ダム嵩上げは非常に大きな効果が期待できるといえる。

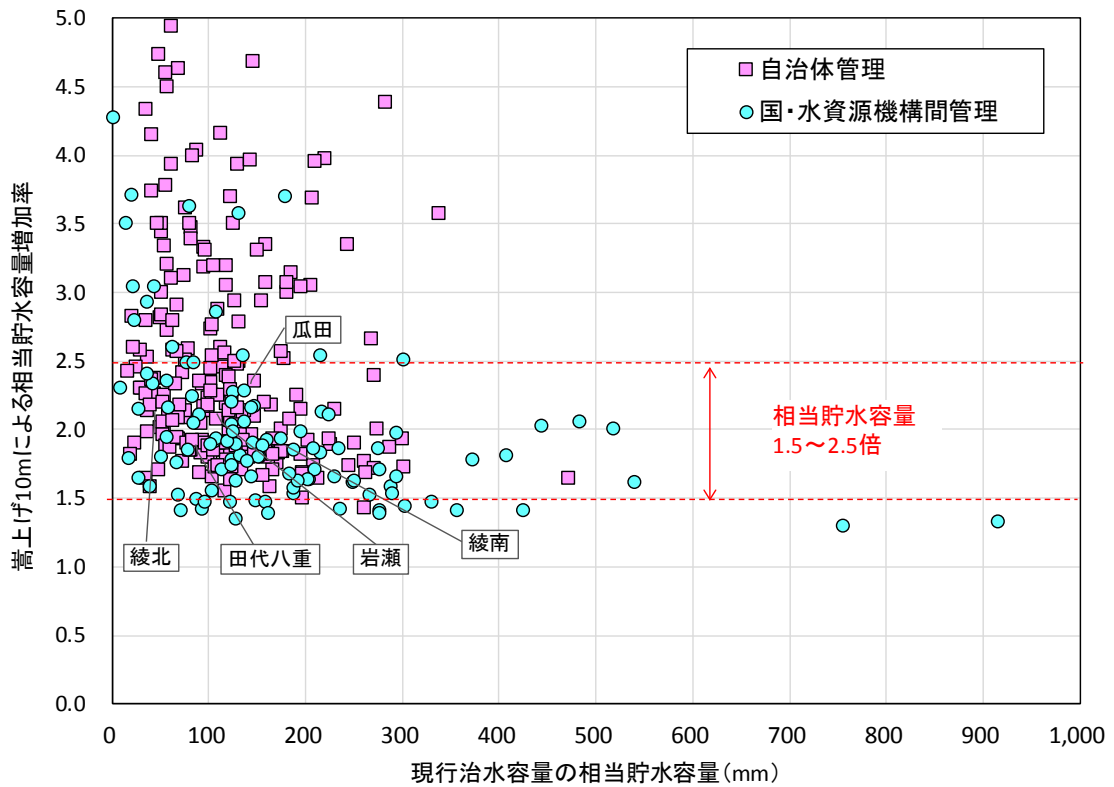


図 2.12 10m 嵩上げによる相当貯水容量の増加率

2.3.2 ダム再開発の現状

前節で示したとおり、増大する外力に対し、効率的かつ効果的に対応していくための有効な対策として、今後、既設ダムの有効活用の重要性は増していくことが想定される。既設ダムの有効活用は、以下のような特長を有している。

- ・ 利水容量を洪水調節に活用するなど、運用改善だけで新たな効果を発揮できる。
- ・ 堤体のわずかな嵩上げにより、貯水容量を大きく増加させることができる。
- ・ 新規のダム建設と比較し、新たな水没地が発生することによる社会的コストや環境負荷を抑制することができる。

我が国は、既設ダムの嵩上げや、放流設備の増設等のダム再開発の実施事例を蓄積しており、これらの蓄積されたダム再開発技術を、積極的に展開していくことが重要であるといえる。以下では、近年の代表的なダム再開発技術といえる、新桂沢ダムの嵩上げ事例、鶴田ダムにおける放流設備の増設事例について述べる。

(1) 新桂沢ダムにおける嵩上げ

桂沢ダムが位置する石狩川水系では、1975年、1981年の大規模洪水発生を経験を踏まえ、水系内治水機能の向上と、新たに正常流量や工業用水を確保する必要性が生じたことから、幾春別側総合開発事業の一部として桂沢ダムを嵩上げし、新たに新桂沢ダムとして貯水容量を確保する計画を進めている。

新桂沢ダムは、国土交通省直轄ダムとしては初めてダム軸を同じくして11.9mの嵩上げを行う再開発ダムであり、洪水調節、流水の正常な機能の維持、水道用水、工業用水、発電を目的としている。再開発前後のダム諸元は表2.8に示すとおりである。桂沢ダムでは、堤体の安定性に直接影響するダム基礎岩盤について、地質上大きな問題がなかったことから、同軸嵩上げによる再開発を選定している。ただし、既設のダムを運用しながら嵩上げ工事を実施する必要があることや、既設堤体の基礎岩盤評価、新旧堤体コンクリートの一体化、新規ダムとは違った技術的課題があった。これらの技術的課題に対し、以下のような対策をとり、2018年時点、嵩上げ工事を実施中である。

- ・ 既設基礎岩盤評価については、直接ダムの基礎岩盤面を確認する機会が得られず、密な地質調査を行うことも困難であったことから、桂沢ダム建設当時の情報を広く収集し、これを間接的情報として、調査ボーリング、露頭、調査横坑などの直接的情報の補完として活用し、設計上必要な総合的な解析等を実施している。
- ・ 越冬時の温度応力対策は、堤体表面のひび割れだけでなく、新旧堤体接合部の一体化という技術的課題がある。これに対しては、温度応力解析により対応しているが、断熱材の効果を現地試験施工で検証しながらその結果を温度応力解析に反映させている。

表 2.8 再開発前後のダム諸元⁸⁾

項 目		桂沢ダム (既設)	新桂沢ダム
堤 体	位 置	北海道三笠市桂沢地先	
	型 式	重力式コンクリートダム	
	堤 高	63.6m	75.5m (+11.9m)
	堤 頂 長	334.25m	397.00m (+62.75m)
	堤 体 積	350,000 m ³	594,800 m ³ (+244.8 千m ³)
	非越流部標高	EL. 188.60m	EL. 199.90m
貯水池	集水面積	298.7km ² (うち, 間接流域 147.5km ²)	
	湛水面積	4.99km ²	66.6km ² (+1.67km ²)
	早貯水容量	92,700 千m ³	147,300 千m ³ (+54,600 千m ³)
	有効貯水容量	81,800 千m ³	136,400 千m ³ (+54,600 千m ³)
	洪水期制限水位	EL. 184.750	EL. 190.700
	常時満水位	EL. 187.000	EL. 193.100
	サーチャージ水位	EL. 187.000	EL. 196.800
	設計洪水位	—	EL. 198.900
計画流量	最大取水量	23.5 m ³ /s	25.847 m ³ /s
	計画高水流量	550 m ³ /s	910 m ³ /s
	ダム設計洪水流量	660 m ³ /s	1,200 m ³ /s

新桂沢ダムの断面図を図 2.13 に示す。嵩上げ後のダムと既設ダムのダム軸を同じくして嵩上げする工法は、技術的課題が多いものの、旧堤体を活用することでコスト削減効果があり、新桂沢ダムの実績は今後のダム嵩上げ技術として有益な事例になると考えられる。

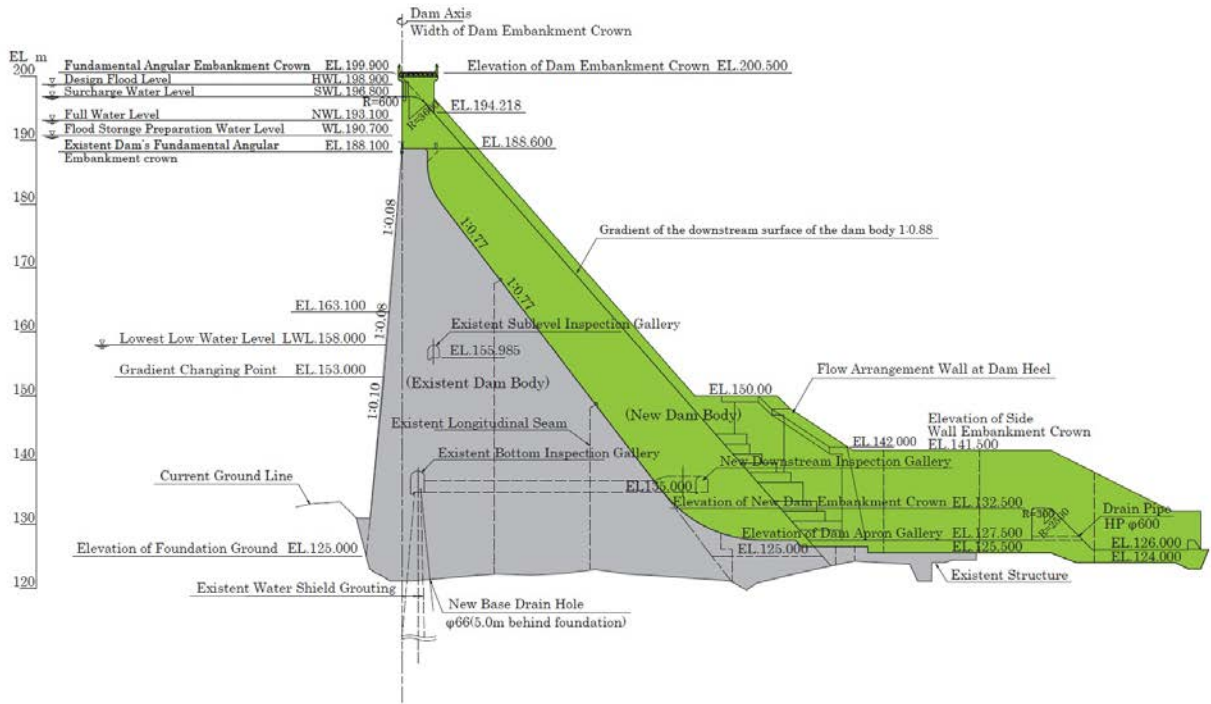
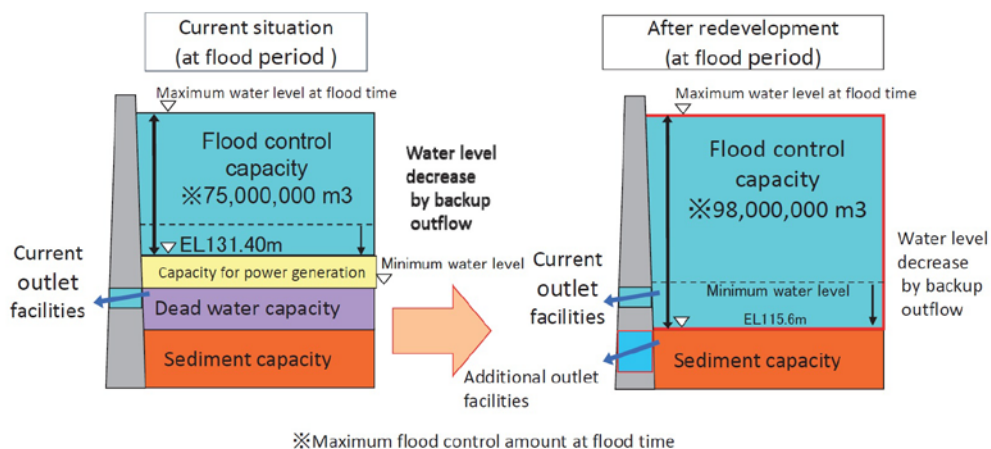


図 2.13 新桂沢ダム堤体断面図⁸⁾

(2) 鶴田ダムにおける放流設備の増設

鶴田ダムは、1966年に完成した高さ117.5mの重力式コンクリートダムである。2006年7月の大規模洪水の経験を踏まえ、国土交通省は鶴田ダムの洪水調整能力を抜本的に強化するため、洪水調整容量を75,000千 m^3 から98,000千 m^3 に増大させ(図2.14)、堤体右岸側を削孔して大規模な洪水調節用放流管3条と下流の減勢工を増設するとともに、堤体中央部の既設減勢工の改造を行う大規模なダム再開発事業を実施した。また、貯水池運用計画の変更に伴い、堤体左岸側の既設発電用水圧鉄管2条を低い位置に移設する工事も併せて実施した。(図2.14)。



※Maximum flood control amount at flood time

図 2.14 再開発に伴う鶴田ダム貯水池運用の変更⁹⁾

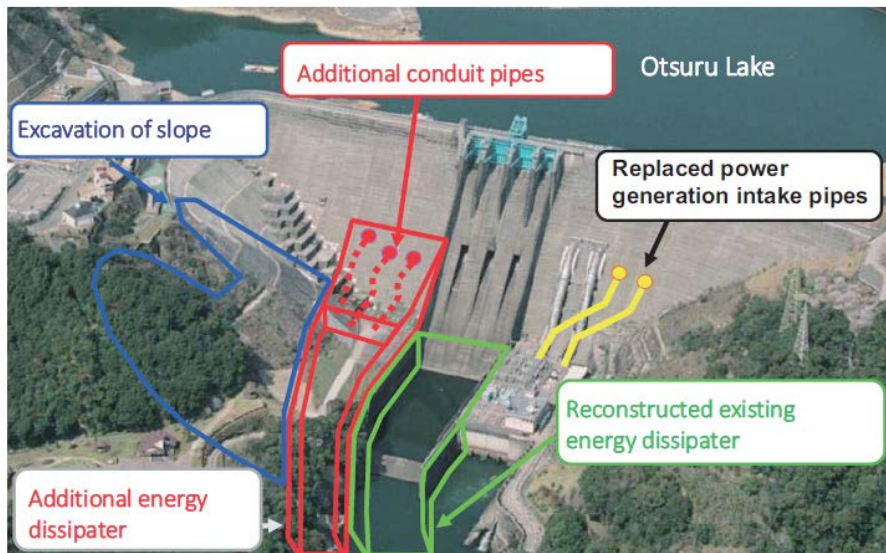


図 2.15 鶴田ダム再開発の概要⁹⁾

既設ダムを運用しながらの施工であり，新たな放流管を設置するためにダムに貯水したままの状態仮締切を配置して堤体削孔を行う必要があった．大水深下での水中作業であり，従来型の施工ではコストや安全面で課題があったが，図 2.16 に示すように浮体式仮締切を新たに開発，導入し，大水深での水中作業の大幅な削減と工期の短縮を実現させている．

また，堤体削孔に伴って既設堤体に発生する引張応用が大きくなることが予想されたため，設計段階においては引張応力について詳細な解析的検討を行い，削孔断面形状を決定するとともに，本施工に先立ち予備的な削孔試験を併せて実施している．また，施工段階においては，コンクリートに悪影響を及ぼさないように削孔時に生じる振動速度を監視するなどし，既設堤体に悪影響を及ぼすことなく削孔作業を完了させている．

鶴田ダムの再開発事例は，既設ダムにおける新設放流管配置技術として，有益な事例になると考えられる．

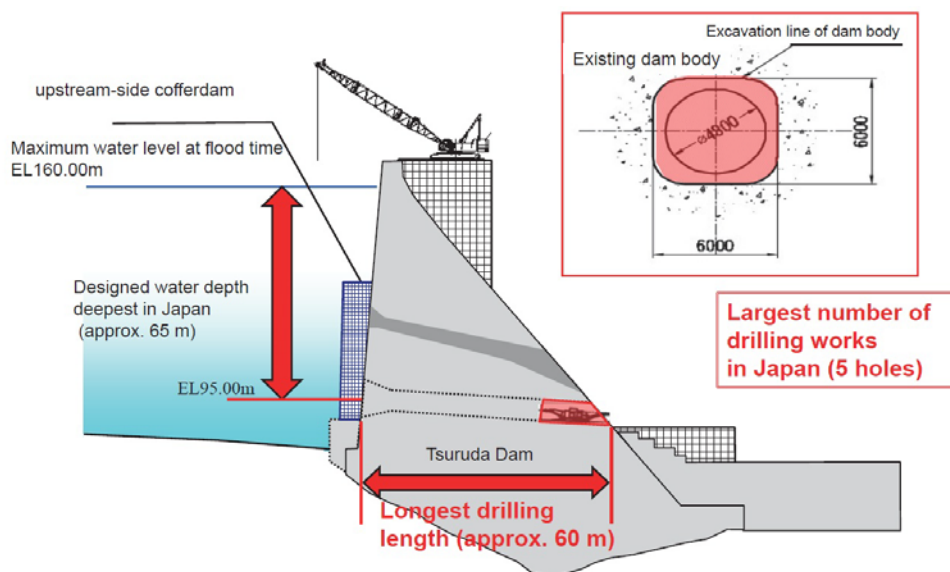


図 2.16 鶴田ダムにおける堤体削孔の概要⁹⁾

2.4 流木量推定に関する既往の研究

ダム貯水池における流木発生量の推定方法については、今後明らかにしていくことが課題であるが、渓流域で土石流とともに発生する流木量については、災害実績を元に推定する方法が提案されている。また、ダム貯水池における流木発生量については、複数の文献により、流域面積や堆砂量との関連性について言及されている。

2.4.1 土石流区間における流木量の推定

流木量推定に関する文献は、主な流木発生源である山間部の土石流区間を対象としたものが多い。土石流区間の流木発生量は、砂防施設を計画するうえで必要となることから、各種基準でも発生量の推定方法について記載されている。なお、「土石流区間」とは、砂防基本計画における土石流・流木対策の計画基準点（下流端）より上流域を指す。

渓流域で土石流とともに発生する流木量については、過去に発生した流木・土砂量の実績値から推定する方法が石川らにより¹⁰⁾提案されている。この方法は、渓流域における災害実績から、流域面積（A）と流域面積 1km²当りの発生流木本数（N_{ga}）の関係を示したものであり、両者は反比例の関係にあり、流域面積当りの発生流木本数の上限値はほぼ次式で表わされるとされている。

$$N_{ga} = \frac{2000}{A}$$

N_{ga} : 流域面積 1km²当りの発生流木本数（本/km²）

A : 流域面積（km²）

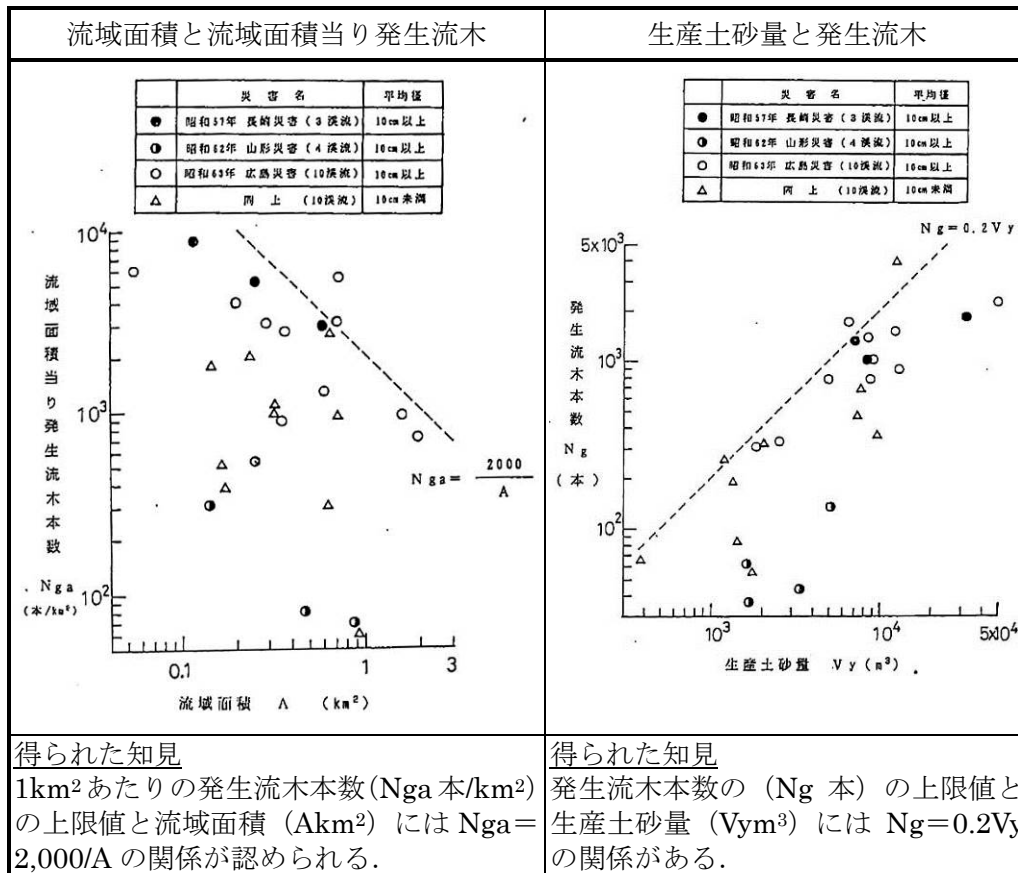
一方、生産土砂量と発生流木本数には正比例の関係がみられ、発生流木本数の上限値はほぼ次式で表わされるとされている。発生流木本数と生産土砂量が一般に土石流発生、流下による崩壊、侵食面積に比例するためと考えられている。

$$N_g = 0.2V_y$$

N_g : 発生流木本数（本）

V_y = 生産土砂量（m³）

表 2.9 溪流での災害データに基づく流木発生本数の分析結果¹⁰⁾



2.4.2 ダム流域における流木量の推定

ダム流域における流木量の推定については、高橋らがダム管理者に向けた全国的なアンケートを実施するなどし、流木発生量の調査・検討を実施している¹¹⁾。この結果から、流域面積と「単位面積あたり流木発生量」については、図 2.17 に示すとおり負の相関がみられるとしており、この傾向は流域面積が広い場合(流域面積 > 300km²程度)または単位面積当たり年平均流木発生量が多い範囲(単位面積当たり年平均流木発生量 > 5 m³/km²/year程度)の場合において顕著に見られる傾向があるとしている。

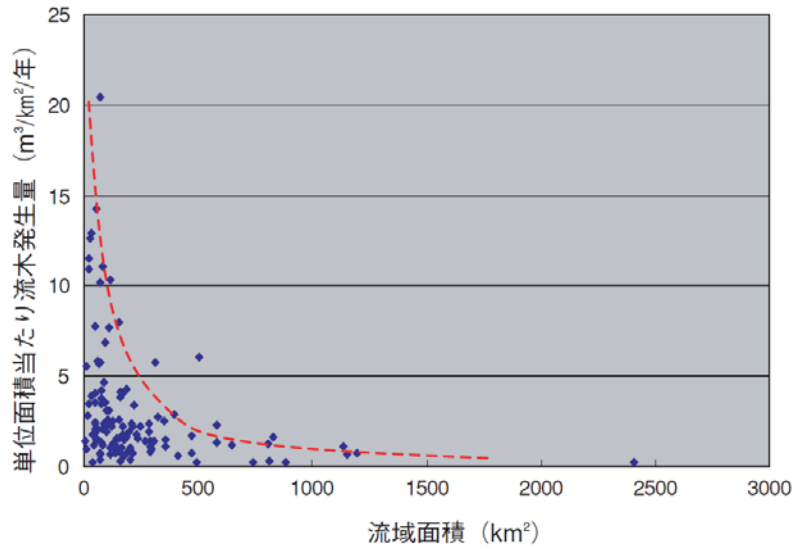


図 2.17 流域面積と「単位面積あたり流木発生量」との相関関係¹¹⁾

同検討では、さらに、全国複数ダムの流木発生総量と堆砂総量について相関関係がみとめられるとしている。図 2.18 は、1987～2004 年の調査した全てのダムにおける 1 年毎の流木発生総量と堆砂総量との関係を示したものであり、両者は良好な相関性を示している。ただし、個別のダムの流木発生量と堆砂量の関係については、さらなる精査が必要であるとされている。

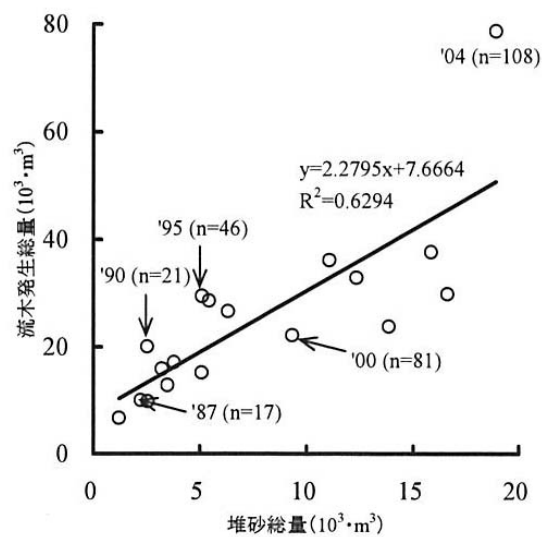


図 2.18 流木発生総量と堆砂総量との相関関係¹¹⁾

2.5 結語

本章では、ダムのアセットマネジメントを展開させていくうえで挙げた3つの課題（貯水池の堆砂対策・ダム再開発による機能向上・ダム貯水池に流入する流木対策）について、これらの課題への対応を効果的に進めていくうえで、有益になると考えられる既往検討や事例について延べた。

堆砂対策については、平成26年会計検査院の報告が示すとおり、全国的に堆砂対策を効率的に進めることが課題になっている現状にあるといえる。有効容量内の堆砂が既に顕在化しているダムでは、事後保全的な対策が必要であり、単独ダムで対策コストそのものの縮減を図ることが難しいことから、複数ダムを対象として対策効果の高いダムを優先的に対策するなどのマネジメント手法の確立が課題となる。既往検討では、対策効果の高いダムを選定する手法や、同一水系内複数ダムを総合的に実施することにより、対策効果を高める手法が提案されており、本論文3章の検討を実施するにあたって参照するものとする。

ダム再開発による機能向上策については、想定最大規模降雨を外力とした場合における、全国の既設ダムの治水耐力について考察した。この結果、地方自治体管理ダムにおいて、超過洪水に対する治水耐力が不足する傾向にあること、降雨量の多い紀伊南部、瀬戸内、四国南部、九州南東部の各地域では治水耐力が顕著に不足する傾向などを確認した。加えて、ダムの機能向上策として嵩上げによる治水容量増加の効果を試行的に検証し、嵩上げによる治水耐力増強効果が高いことを確認した。また、近年の代表的なダム再開発事例である新桂沢ダムの嵩上げ、鶴田ダムの放流管増強を抽出し、我が国のダム再開発技術が高い水準にあることを示した。ダム再開発による機能向上は、今後、その重要性がさらに増していくものと考えられることから、本論文4章で堆砂対策と同様に同一水系内複数ダムを対象とした効率的なマネジメント手法について検討する。

流木対策については、対策検討を行ううえでの基本的条件となる流木量の推定方法について、既往の研究事例を調査した。ダム流域を対象とした流木量の推定方法は、今後の課題であるといえるが、流域面積との関連や、堆砂量との関連性が明らかとなっており、本検討においても参照するものとする。

参考文献

- 文献 1：会計検査院：ダム維持管理について，平成 26 年度決算結果報告，2014.
- 文献 2：財団法人ダム技術センター：平成 17 年度版多目的ダムの建設，pp138，2005
- 文献 3：角哲也：「世代間衡平」のためのダム貯水池土砂管理のすすめ，ダム技術，No.229，pp.3-12，2005
- 文献 4：角哲也，森川一郎，高田康史，佐中康起：木津川上流ダム群を対象とした堆砂対策手法に関する検討，河川技術論文集，第 13 巻，pp59-64，2007.6
- 文献 5：国土交通省 水管理・国土保全局：浸水想定(洪水，内水)の作成等のための想定最大外力の設定手法，2015.7
- 文献 6：青木雄二郎，角哲也：既設ダムの治水容量の再評価に関する基礎的研究，平成 18 年度土木学会関西支部年次学術講演会，ppII-12，2006.6
- 文献 7：Takashi SASAKI, Masafumi KONDO：Trends in Dam Upgrading in Japan, Journal of Disaster Research, Vol.13 No.4, pp585-594, 2018
- 文献 8：Shun SASAKI, Koichiro SUZUKI, Atsuhisa YOSHINO, Seiichi CHOONO: Technical Features of Shin-Katsurazawa Dam to Be Coaxially Raised with Existent Dam and Measures to Solve the Problems Involved, Journal of Disaster Research, Vol.13 No.4, pp595-604, 2018
- 文献 9：Koji SAKAMOTO, Yoshimitsu TAKAYAMA, Shoichiro YAMAMURA, Technical Features of Tsuruta Dam Redevelopment Project, pp605-615, 2018
- 文献 10：石川芳治，水山高久，福澤誠：土石流に伴う流木の発生及び流下機構，新砂防，V0L.42No.3, pp4-10, 1989.9
- 文献 11：牧孝憲，高橋正人，落修一，三宅且仁，尾崎正明：全国のダム流木発生量調査，土木学会論文集，第 63 巻，pp22-27，2007.1

3. ダムの現行機能維持を目的とするマネジメント手法の検討

3.1 概説

本章では、ダムの現行機能維持を目的とする堆砂対策を効率的に実施するためのマネジメント手法について検討する。ダム施設は、堤体等の土木構造物、ゲート等の機械関連設備、貯水池に区分されるが、ダムの現行機能を維持していくうえで貯水池の機能維持が最も重要な課題となっている。

貯水池は、構造物ではないものの、毎年の流入土砂に伴い、その容量を損失させていくことから、「施設寿命」を有しているといえ、機能確保のための維持管理活動が必要となる。前章で述べたとおり、我が国では貯水池内の堆砂が計画時点の予測を上回る速度で進行しているダムが多く、堆砂対策を実施し、ダムの現行機能を維持していくうえで必要な貯水池容量を維持していくことが重要な課題となっている。ただし、既に有効容量の損失が顕在化しつつあるダムでは、事後保全的な対策を実施することとなり、選定できる工法が限定され、対策コストが大きくなることが懸念される。同一水系の複数ダムでこのような問題が顕在化している場合には、特に効率的に対策効果を得るためのマネジメントが必要であるといえる。

本章では、前章の記載を踏まえ、同一水系内の複数ダムで堆砂による容量損失が問題となっている水系を選定し、ダム毎に個別の対策を実施するのではなく、当該水系ダム群の対策を総合的に実施することにより、高い対策効果を得るためのマネジメント手法について検討する。

検討対象とする水系は、前章の結果から、九州西南部に位置する大淀川水系を選定している。大淀川水系内には、治水機能を有するダム（いずれも宮崎県管理）が5基配置されており、いずれのダムも計画を上回る堆砂の進行が問題となっている。本章では、大淀川水系内に位置する5ダムの堆砂の現状や将来的な傾向、各ダムの有する機能を整理するとともに、リスクマネジメントの概念による評価や、各ダムの対策効果を流域の流出予測計算により評価することで、水系全体の治水機能を効率的に向上させるための手法について検討する。

3.2 検討対象水系の概要

3.2.1 検討対象水系の選定

第2章で述べた内容を踏まえ、同一水系内ダム群を対象とする効果的な土砂マネジメント手法を検討するにあたり、下記の条件に合致する検討対象とする水系を選定する。

- ・ 同一水系内の複数ダムで堆砂に伴う容量損失が顕在化し、その傾向が継続すると考えられる水系
- ・ 完成年度の古いダムが複数配置されている水系
- ・ 紀伊南部、瀬戸内、四国南部、九州南東部の何れかに位置する水系
- ・ 主に地方自治体管理の治水ダムで構成される水系

前掲表 2.1 に示す会計検査院からの改善要求を受けたダムのうち、「堆砂量が計画堆砂量を上回っていたダム」とされた20の地方自治体管理の補助ダムについて、堆砂率（堆砂量÷計画堆砂容量）と堆砂による洪水調節容量の損失率を図 3.1 に示す。これによると、信濃川水系と大淀川水系において、同一水系内で3基の補助ダムが含まれている。このうち、大淀川水系は、超過洪水に対する治水耐力不足が懸念される九州南東部に位置するとともに、水系内の洪水調節機能を有する5基の多目的ダムは全て宮崎県が管理している。また、これらの5ダムのうち3ダムは

完成からの経過年数が 50 年以上に達するダムであり，検討対象とする水系の条件に合致する．
このため，ここでは大淀川水系ダム群を対象とし，以降の検討を実施する．

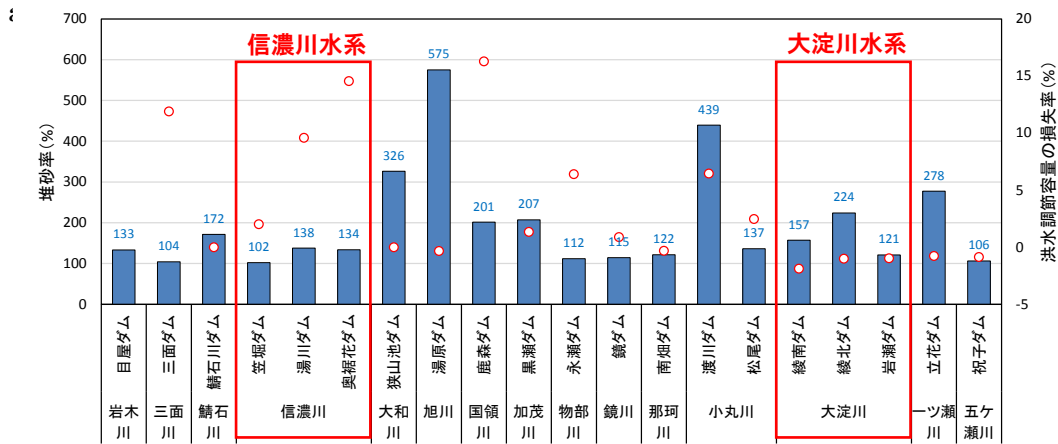


図 3.1 検討対象水系

3.2.2 大淀川水系内ダムの概要

大淀川は，その源を宮崎県と鹿児島県の県境に位置する中岳とし，沖水川等の支川を合わせながら，都城盆地を貫流して中流の山間狭窄部を流れ，宮崎平野で本庄川等の支川と合流後，宮崎市で日向灘へと接続する．幹川流路延長 107km，流域面積 2,230km²の一級河川である．当該水域は，宮崎県が管理する治水機能を有する 5 ダムのほか，九州電力，九州農政局等が管理する電力ダムや農業用ダムが 9 か所配置されている大淀川水系内における多目的ダムの配置および，各ダムの諸元について，図 3.2，表 3.1 にそれぞれ示す．

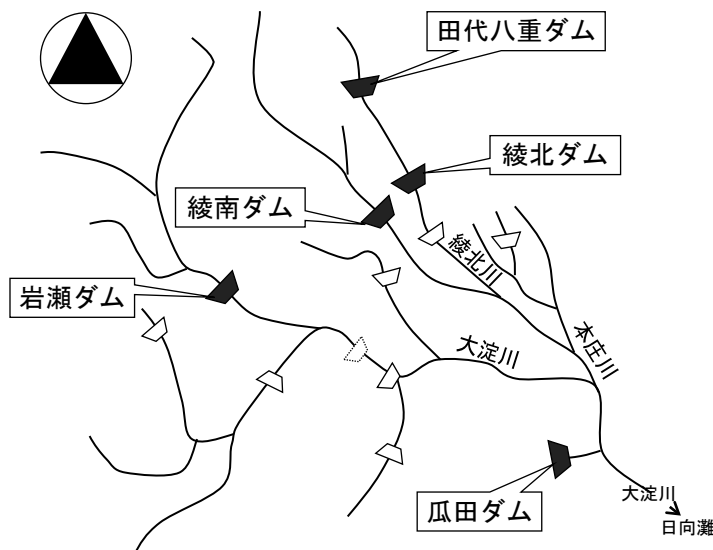


図 3.2 大淀川水系のダム配置

表 3.1 大淀川水系各ダムの諸元

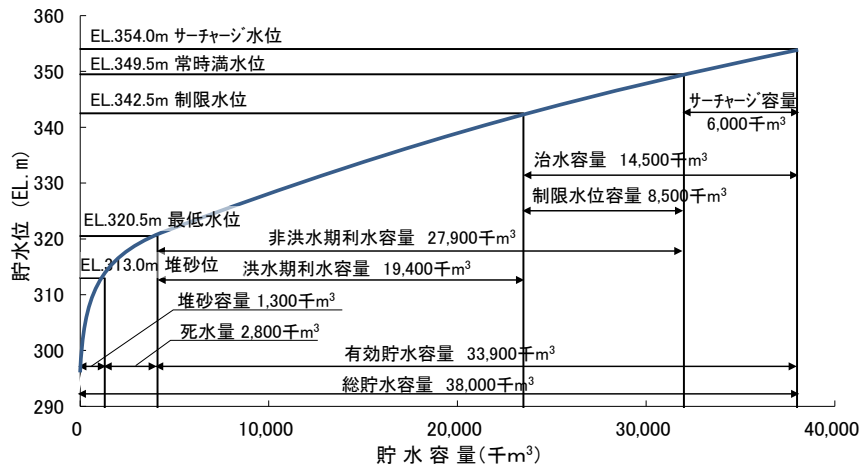
ダム名	綾南	綾北	岩瀬	田代八重	瓜田
河川名	本庄川	綾北川	岩瀬川	綾北川	瓜田川
ダム所管	宮崎県	宮崎県	宮崎県	宮崎県	宮崎県
形式	G	A	G	G	G
目的	FP	FP	FP	FNPW	FN
竣工年	1958	1960	1967	2000	1998
堤高 m	64	75.3	55.5	64.6	42
堤頂長 m	194.2	190.3	155	216	160.4
堤体積 千 m ³	142	75.4	98	211.8	100.2
流域面積 km ²	87	148.3	354	131.5	4.4
総貯水容量 千 m ³	38,000	21,300	57,000	19,270	720
有効貯水容量 千 m ³	33,900	18,800	41,000	14,270	620
洪水調節容量 千 m ³	14,500	7,900	35,000	11,000	540
利水容量 千 m ³	19,400	10,900	6,000	3,270	80
死水容量 千 m ³	2,800	700	9,000	0	0
計画堆砂容量 千 m ³	1,300	1,800	7,000	5,000	100

※形式については、G=重力式コンクリートダム、A=アーチダムを示す。

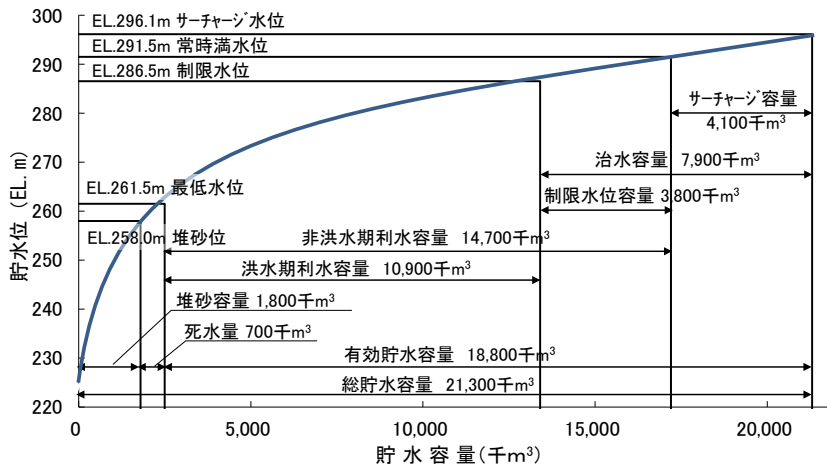
目的については、F=洪水調節、P=発電、N=不特定利水（河川維持）、W=上水道を示す。

各ダムの貯水池容量曲線について、図 3.3、図 3.4 に示す。綾南ダム、綾北ダム、岩瀬ダムでは、堆砂容量と利水容量の間に死水容量を有している。死水容量については、取水口近傍の埋没防止対策等、局所的な対策をとることなどにより堆砂許容範囲と考え、本検討では計画堆砂量と死水容量を合算し、「堆砂許容量」と定義する。

〔綾南ダム〕



〔綾北ダム〕



〔岩瀬ダム〕

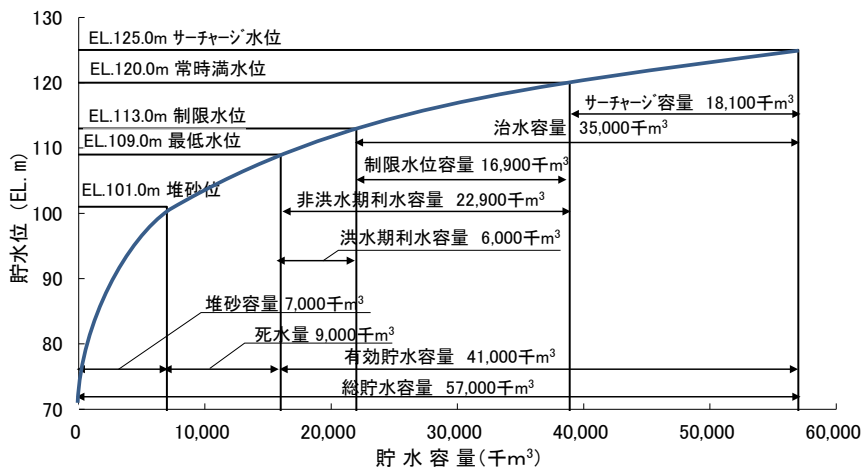
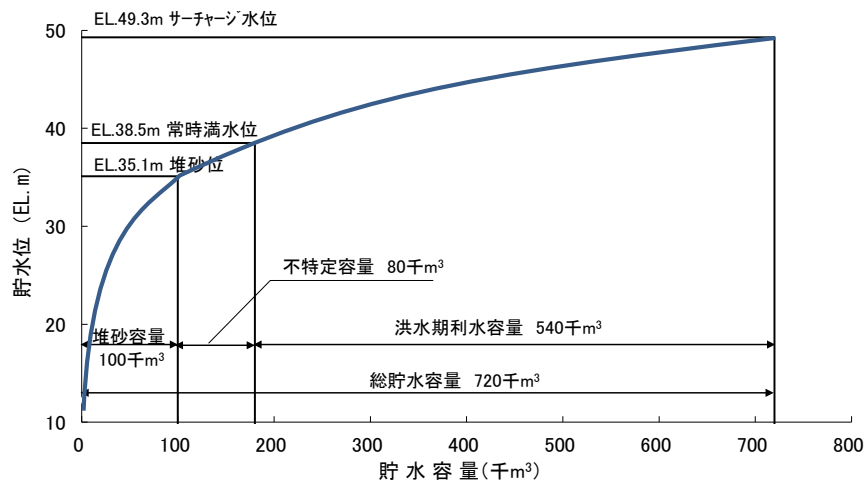


図 3.3 大淀川水系各ダムの貯水池容量曲線(1)

〔瓜田ダム〕



〔田代八重ダム〕

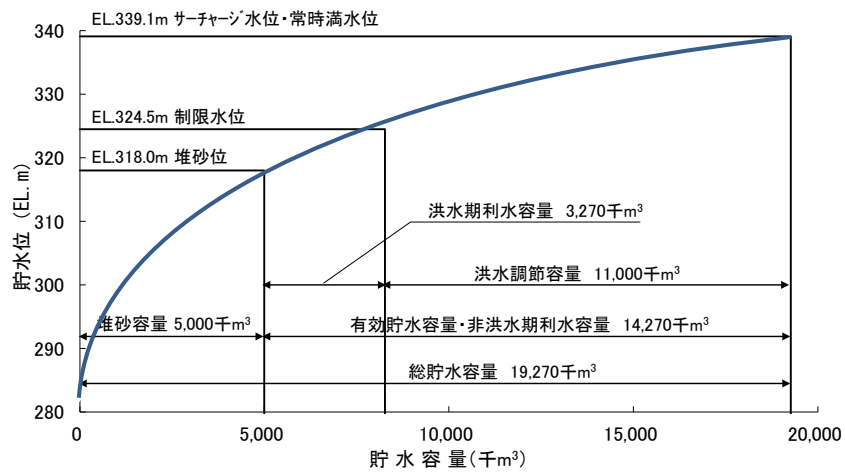


図 3.4 大淀川水系各ダムの貯水池容量曲線(2)

3.2.3 大淀川水系内ダム群の堆砂状況

(1) 堆砂の現状

大淀川水系内ダム群の各ダム堆砂進行の現状を図 3.5～図 3.9 に示す。各ダムともに、堆砂の進行は計画を大きく上回る傾向を示している。堆砂傾向の変化に着目すると、岩瀬ダムでは平成 6 年以降、綾北ダムでは平成 12 年以降、堆砂量の増加が明らかに減少している。岩瀬ダムの傾向変化は今後の調査で明らかとする必要があるが、綾北ダムについては、上流に田代八重ダムが平成 12 年に構築されたことにより流入土砂量が減少したものと推測される。

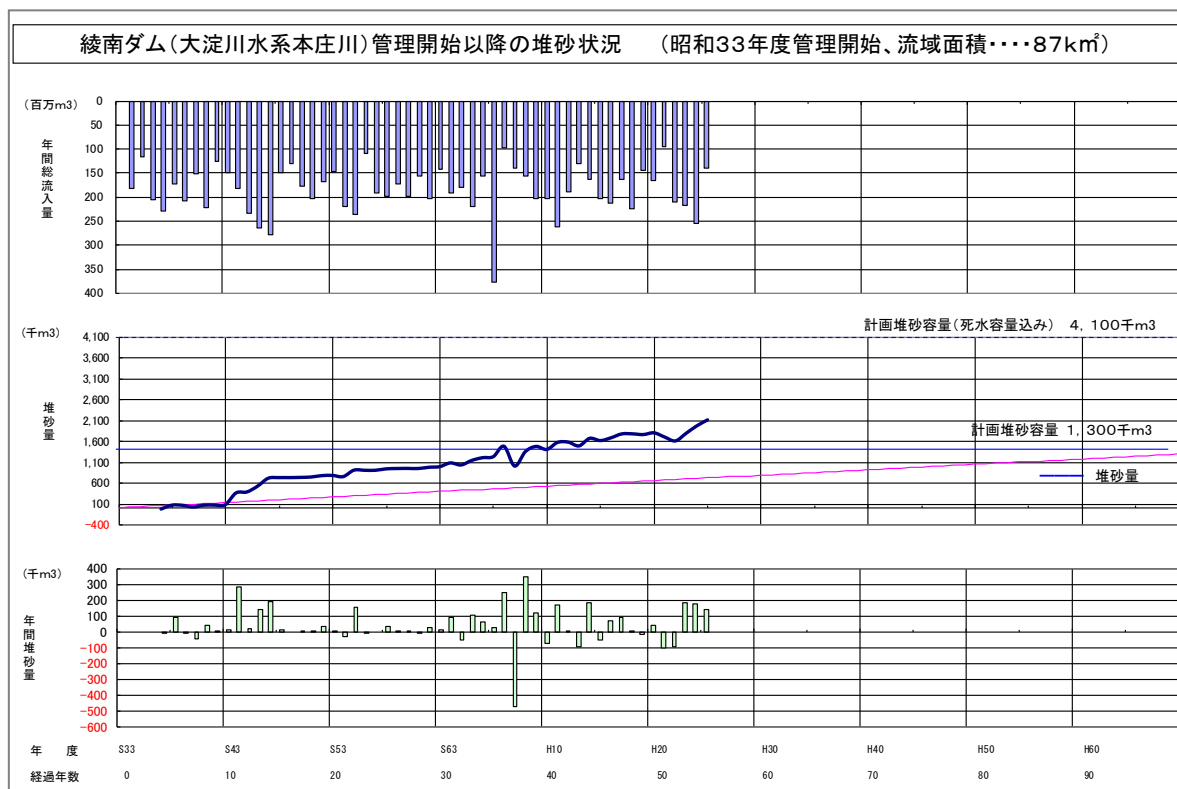


図 3.5 綾南ダムの堆砂量の経年変化

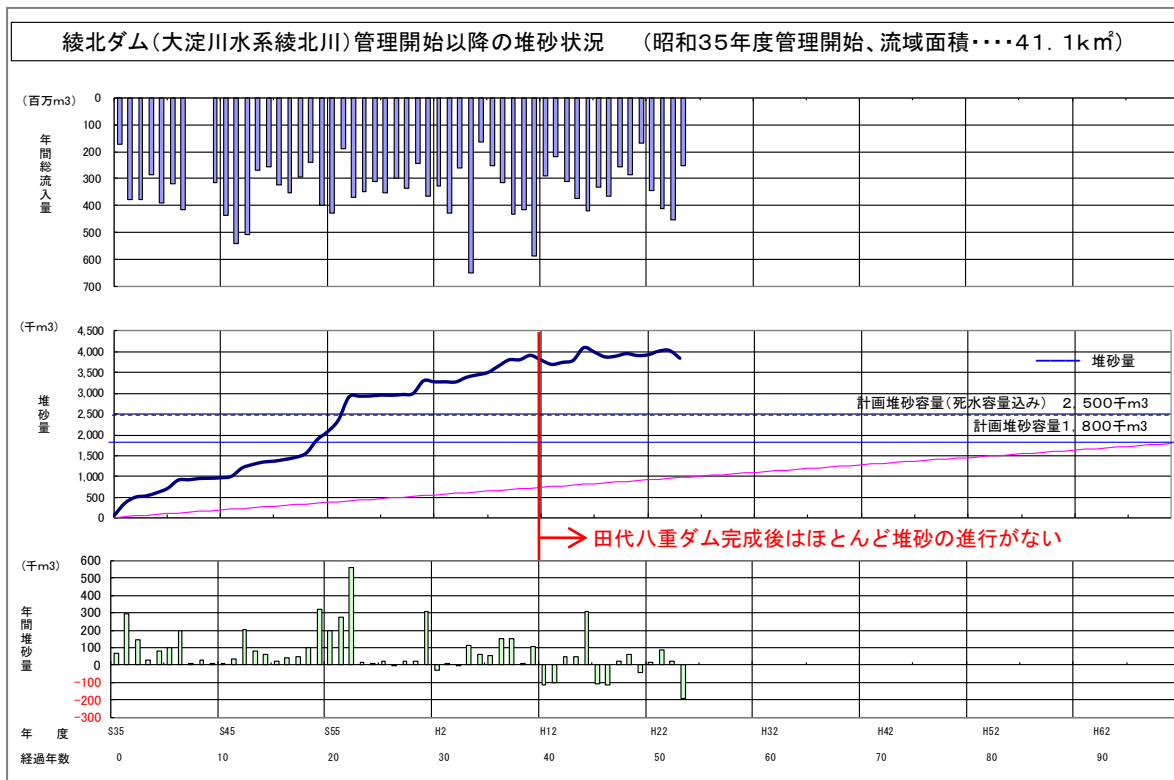


図 3.6 綾北ダムの堆砂量の経年変化

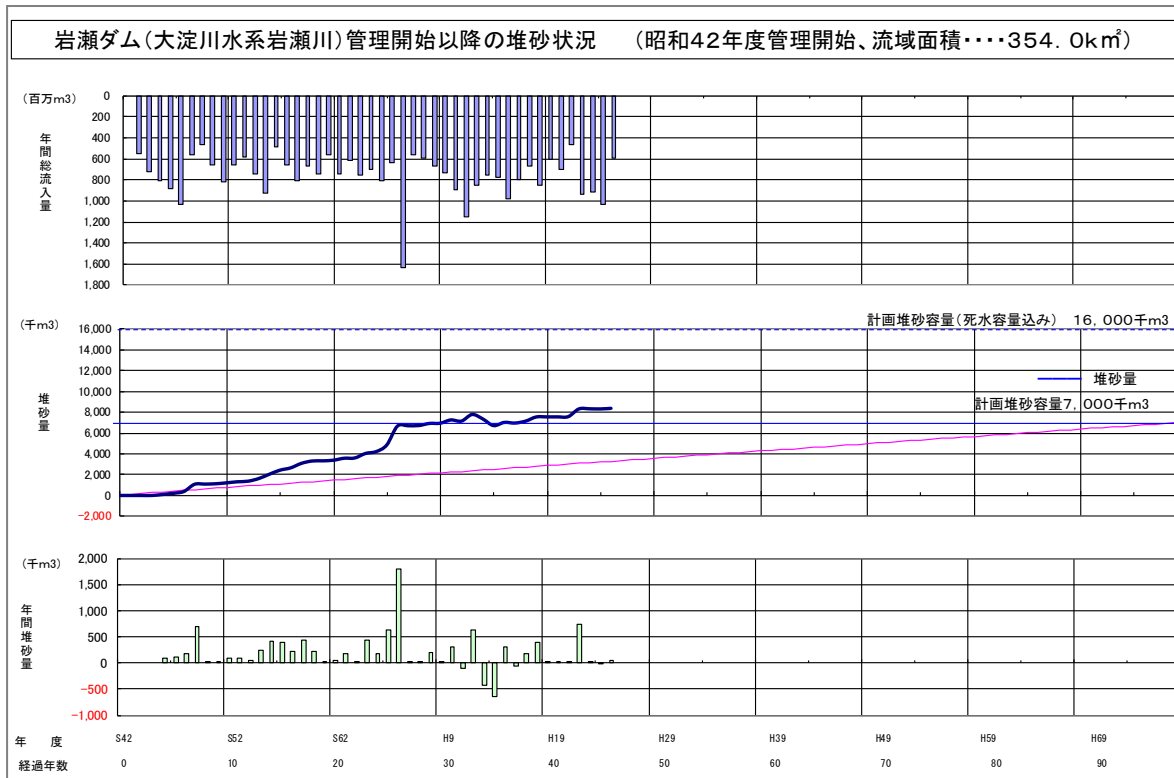


図 3.7 岩瀬ダムの堆砂量の経年変化

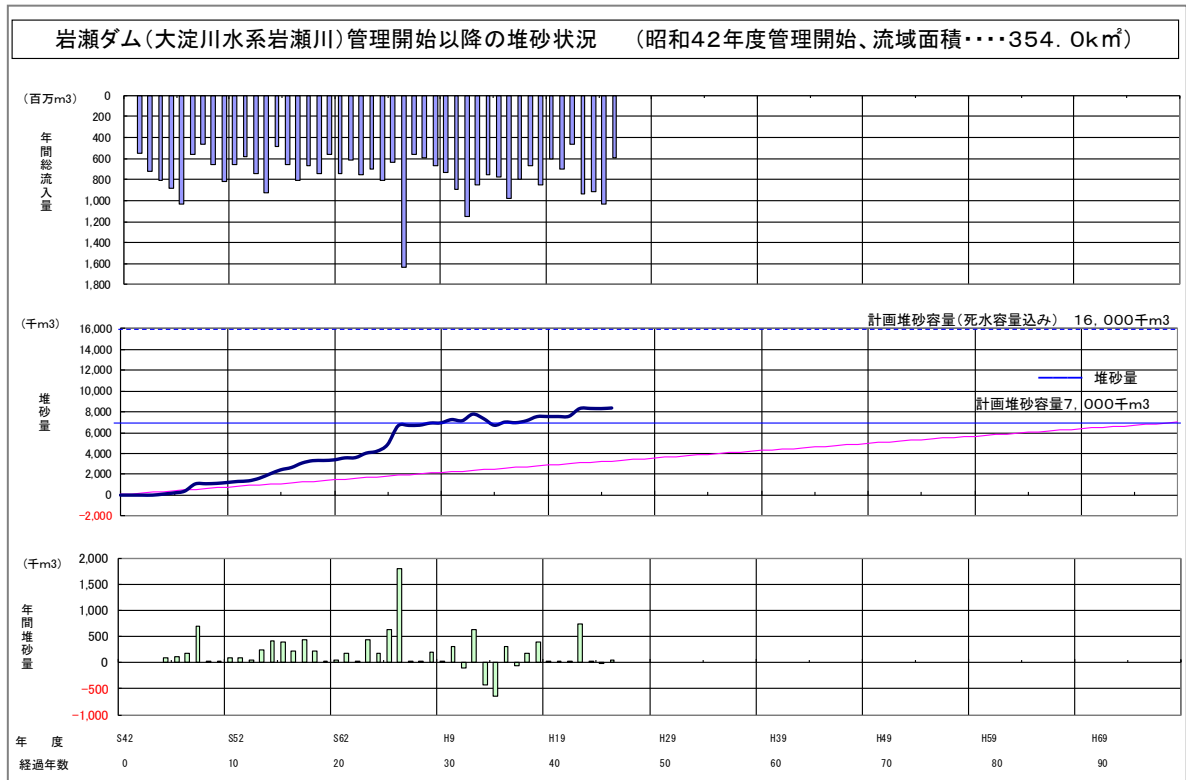


図 3.8 瓜田ダムの堆砂量の経年変化

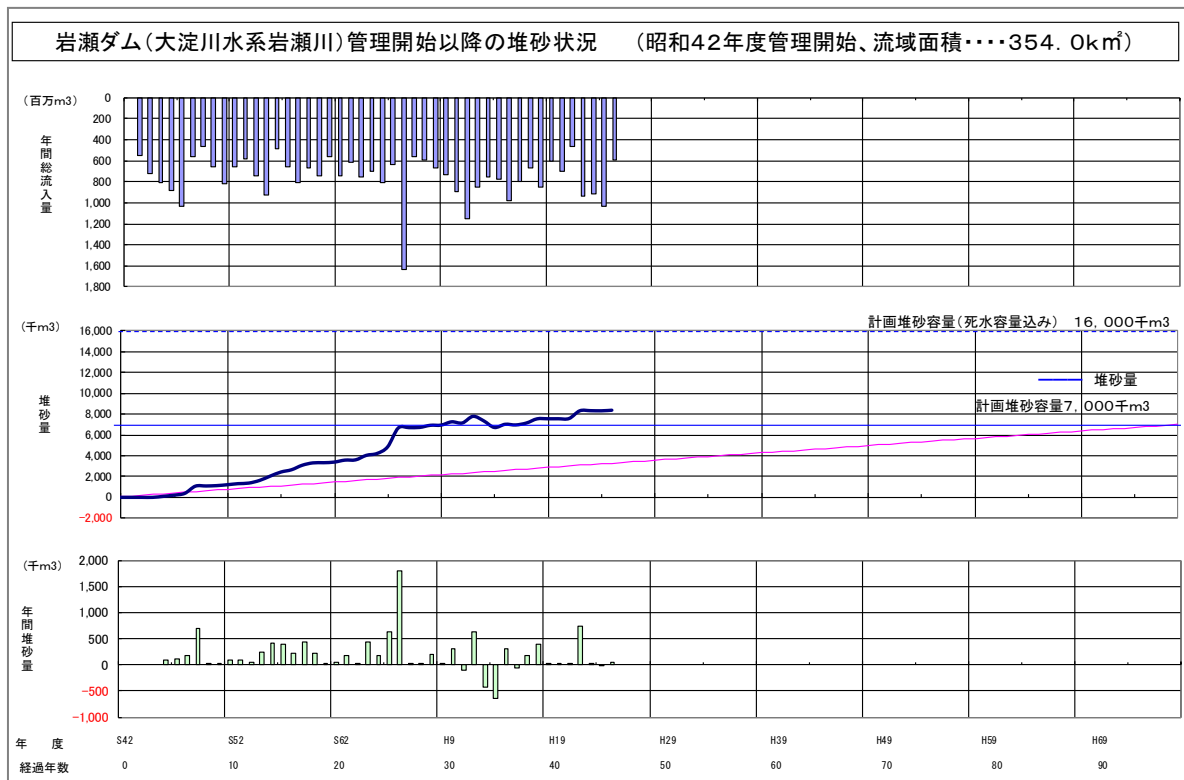


図 3.9 田代八重ダムの堆砂量の経年変化

大淀川水系内各ダムの堆砂進行状況について、一覧表で整理したものを表 3.2 に示す。岩瀬ダムを除き、全堆砂量の 4 割程度は有効容量内となっている。綾南ダム、綾北ダム、岩瀬ダムでは、堆砂容量と利水容量の間に死水容量を有している。

表 3.2 大淀川水系内各ダムの堆砂進行一覧

①ダム名		綾南ダム	綾北ダム	岩瀬ダム	瓜田ダム	田代八重ダム
②流域面積	km ²	87.0	148.3	354.0	4.4	131.5
③竣工年月	年	S33 年	S35 年	S42 年	H10 年	H12 年
④計画堆砂量	千 m ³	1,300	1,800	7,000	100	5,000
⑤有効容量内堆砂量	千 m ³	869	1,865	496	19	984
⑥死水容量内堆砂量	千 m ³	1,174	2,164	7,991	24	1,168
⑦堆砂量(⑤+⑥)	千 m ³	2,042	4,029	8,487	43	2,151
⑧治水容量内堆砂量	千 m ³	-272	-79	-163	5	397
⑨利水容量	千 m ³	19,400	10,900	6,000	80	3,270
⑩利水容量内堆砂量	千 m ³	1,140	1,944	658	14	587

(2) 今後想定される堆砂進行

前述のとおり、大淀川水系ダム群の実績堆砂量は、計画値を大きく上回っている。この傾向が今後も継続するのかどうかを概略検討するために、土砂生産量強度マップにより各流域の比流砂量を試算した。ただし、瓜田ダムは流域面積が 3.3km² と極端に小さいこと、綾北ダムは直上流に田代八重ダムが建設され、堆砂傾向が変化したことから、土砂生産量強度マップによる推定の対象から除外した。

土砂生産量強度マップは、堆砂量推計精度の向上を目的として、国土交通省直轄及び水資源機構管理の 22 ダムの実績堆砂データをもとに作成されたものである。ダム流域の比流砂量を、ダム流域の地形・地質をパラメータとして表 3.3 に示す回帰式を用いて推定する。

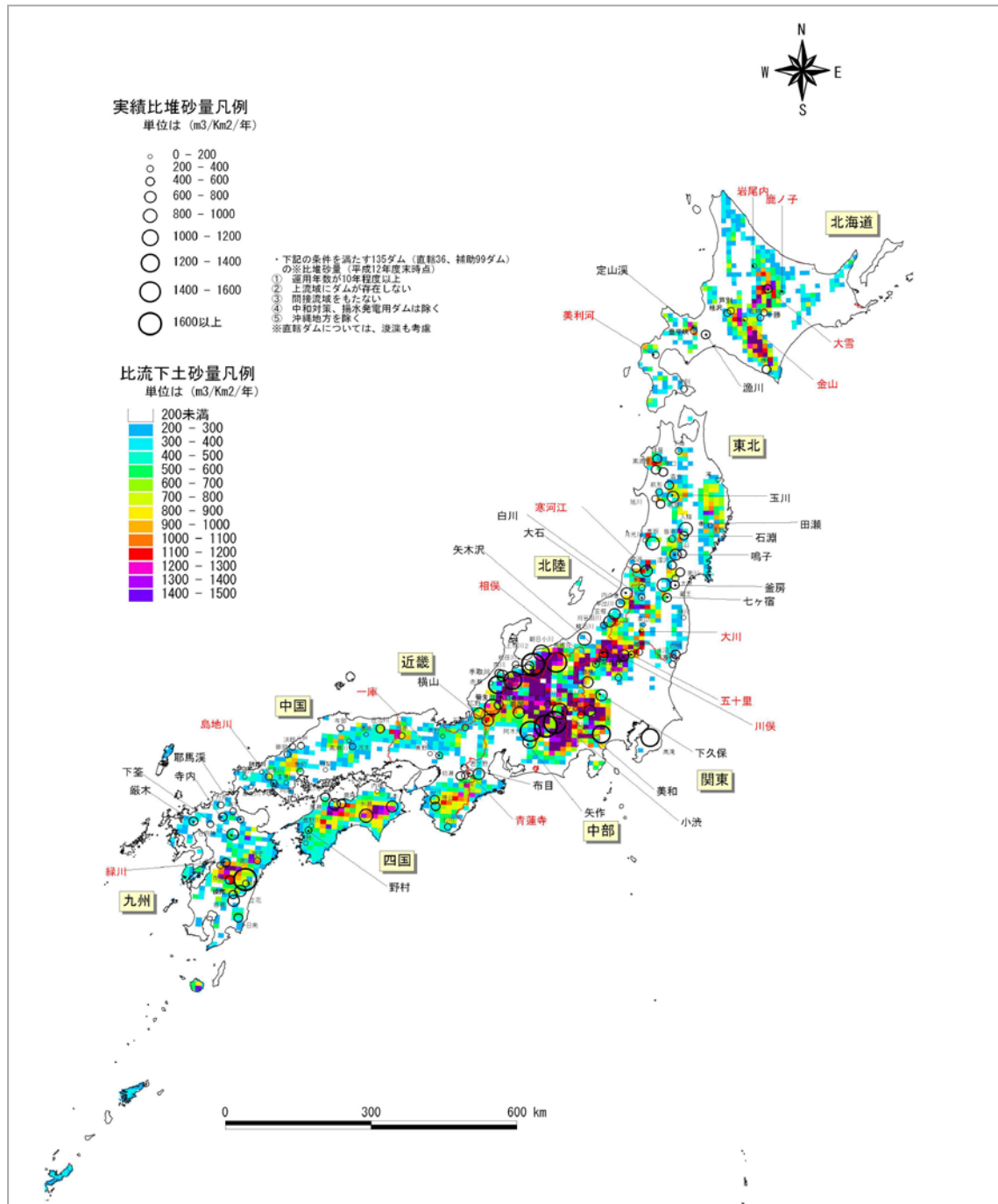
表 3.3 土砂強度マップにおける堆砂量推計の回帰式

地質区分	地 質	比流砂量推定式 (最小二乗法による回帰式)
I	①第四紀堆積層（未固結層）	$y = 0.574x - 38.906$
	②第四紀火山噴出物及び火山岩類	
	③第三紀（古第三紀を除く）堆積岩	
II	④第三紀火山岩類	$y = 0.8896x - 286.98$
III	⑤先新第三紀堆積岩類	$y = 0.4729x + 150.33$
	⑥変成岩類	
IV	⑦深成岩類	$y = 0.6876x - 100.9$

y : 比流砂量（ある地点を流下する土砂量を流域面積で除した値）(m³/km²/年)

x : 起伏度×平均標高/100

参考に、図 3.10 に平成 15 年度に作成された、全国版土砂生産量強度マップを示す。



出典：「ダム堆砂量推計の手引き（案）平成17年4月」国土交通省河川局 河川環境課〔未定稿〕

図 3.10 土砂強度マップ全国版¹⁾

大淀川流域の地形図、地質図をそれぞれ図 3.10、図 3.11 に示す。

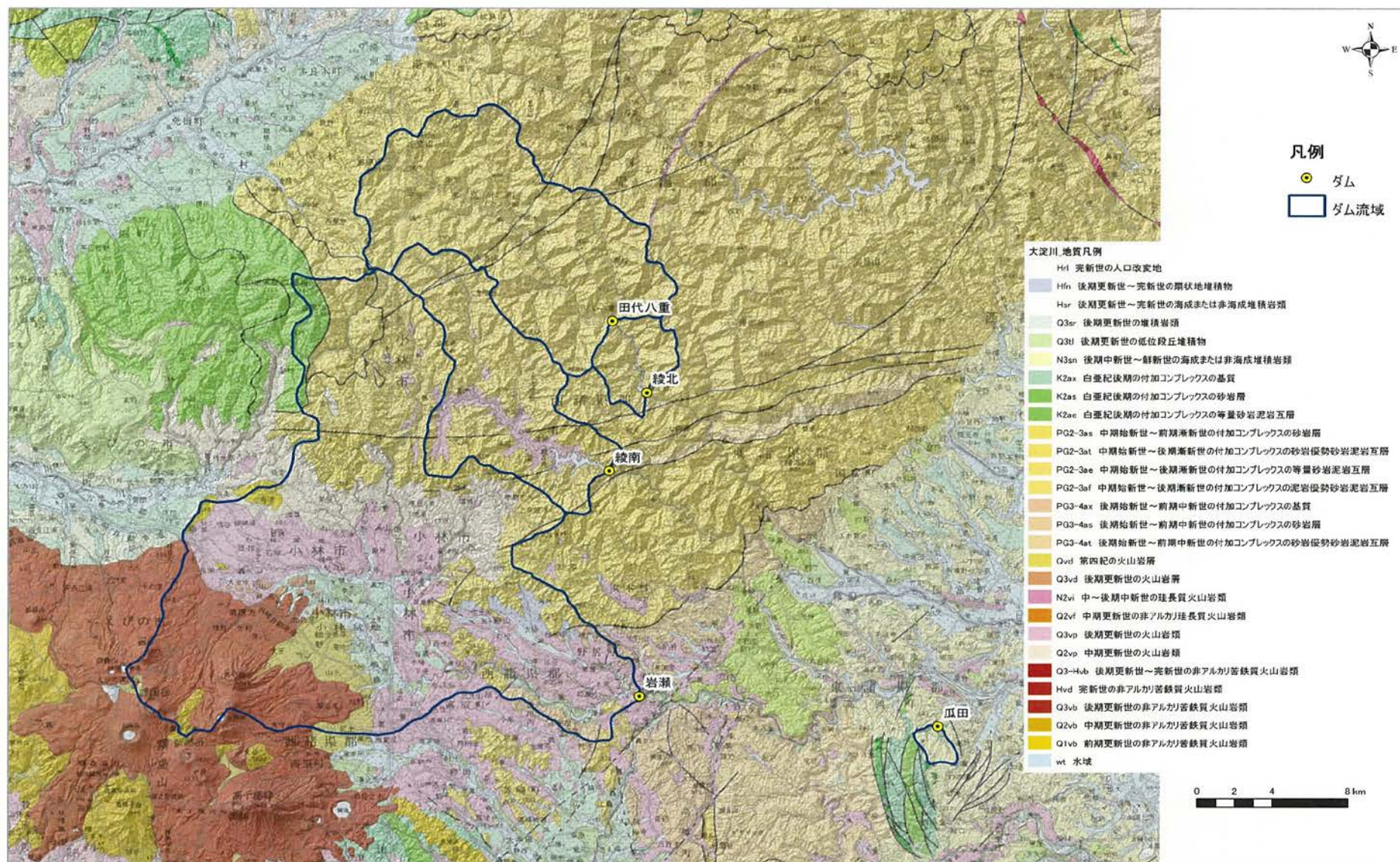


図 3.11 大淀川流域地形図

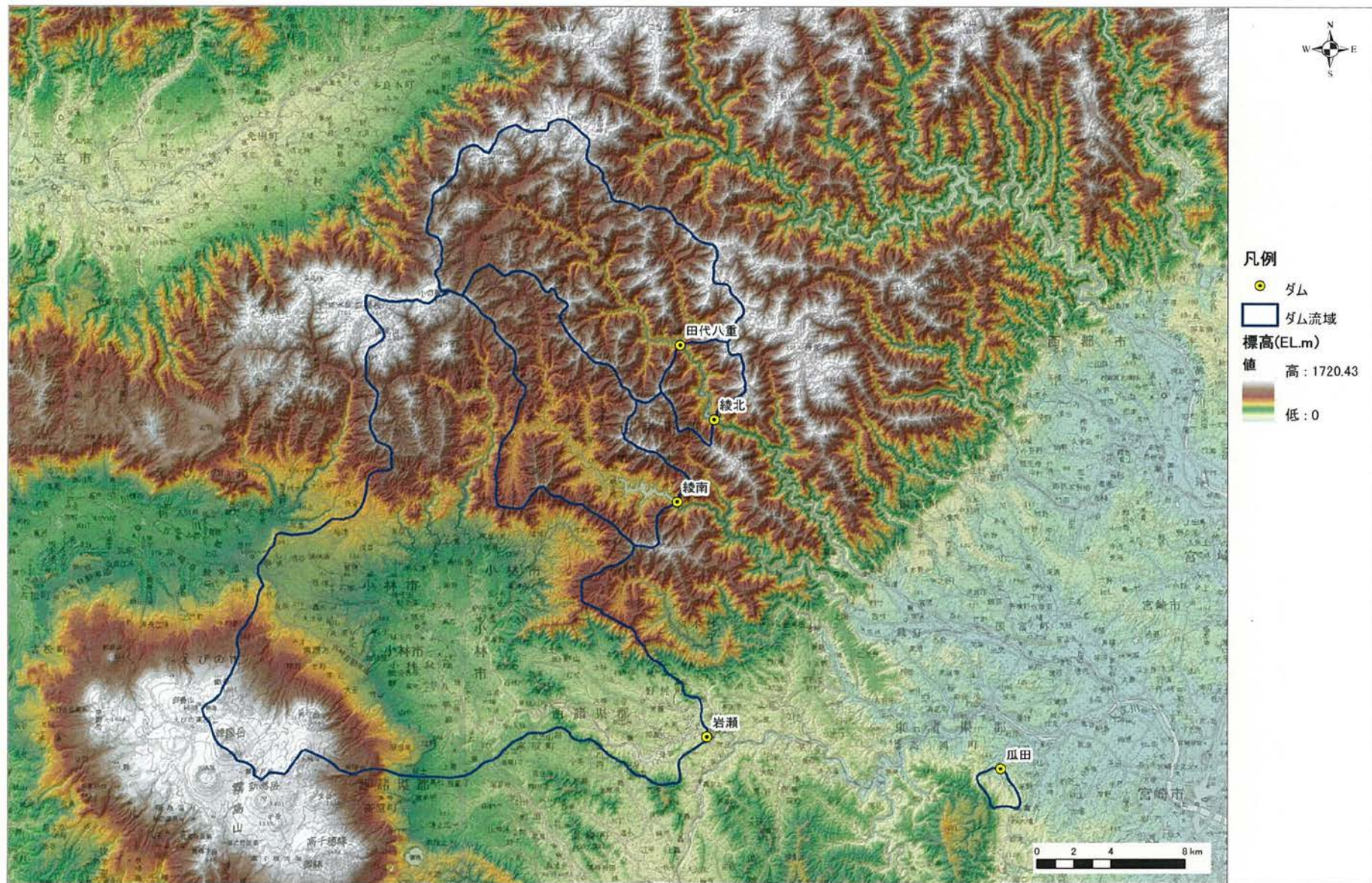


图 3.12 大淀川流域地質図

図 3.11 から得た大淀川流域各ダムの地形に関するパラメータは表 3.4 に示すとおりである。

表 3.4 大淀川流域各ダムの地形に関するパラメータ

ダム名 地形量	綾南ダム	岩瀬ダム	田代八重ダム
平均標高 (EL.m)	578.8	439.7	694.6
平均起伏量 (m)	107	164	172

また、図 3.12 から得た大淀川流域各ダムの地質構成割合についての考察を以下に示す。

- ・ 綾南、綾北、田代八重の各ダム流域には、先新第三系の堆積岩類が広く分布する。
- ・ 瓜田ダム流域には新第三紀の堆積岩類が広く分布する。
- ・ 岩瀬ダム流域には先新第三系の堆積岩類のほか、霧島火山起源の火山噴出物および火山岩が広く分布する。また、低地部には未固結の河成堆積物がやや広く分布する。

上記で得た地形、地質情報をもとに、表 3.3 に示した回帰式により、大淀川流域の綾南ダム、岩瀬ダム、田代八重ダムについて、土砂生産量強度マップによる比流砂量を算出し、結果を建設当時の計画比堆砂量や、実績比堆砂量とあわせて表 3.5 に整理した。土砂生産量強度マップによる計算結果は比較の実績値に近く、現況の堆砂傾向は今後も継続すると予測される。

表 3.5 土砂強度マップにおける堆砂量推計の回帰式

ダム名 地形量	綾南ダム	岩瀬ダム	田代八重ダム
流域面積 ※1 (EL.m)	83.1	381.4	131.1
土砂生産量強度マップ (m ³ /年/km ²)	432.0	418.0	714.0
比堆砂量計画値 ※2 (m ³ /年/km ²)	149.4	197.7	380.2
比堆砂量 H25 実績値 ※3 (m ³ /年/km ²)	435.8	501.8	1,040.4

※1：20 万分の 1 地勢図をもとに GIS で作成した流域ポリゴンの面積

※2：計画値＝堆砂量／100(年)／流域面積(km²)

※3：実績値＝H25 堆砂量／運用年数(年)／流域面積(km²)

(3) 大淀川水系ダム群の将来的な貯水池容量の損失

大淀川流域は、土砂生産が活発であり、各ダムの堆砂傾向は今後も継続することが想定される。ここでは以下に示す条件を仮定し、洪水調節容量の損失については安全側の考え方にに基づき、堆砂の進行による貯水池容量損失を予測する。

- ・ダム貯水池における堆砂形状は、流入土砂の粒度構成や貯水位の変動、堆砂の進行状況などの影響を受け、江崎ら²⁾が図 3.13 に示すような分類をしているように、貯水池毎に異なったものとなる。大淀川水系でも、前掲表 3.2 に示すように、全堆砂量のうち有効容量内の堆砂量の大きい綾南ダムや、その逆の傾向を示す岩瀬ダムなど、様々である。本章では、全堆砂量に占める有効容量内への堆砂は、今後も実績データと同様の割合で進行するものとする。ただし、「堆砂許容量」が満砂したのちは、全堆砂量が有効容量内で進行すると仮定する。
- ・大淀川水系各ダムは全て利水容量を有し、その上位標高に洪水調節容量を確保している。現時点では、各ダムの有効容量内堆砂は、ほとんど利水容量内における堆砂であり、洪水調節容量内の堆砂はわずかであるが、将来的な利水容量内および洪水調節容量内の堆砂量は、有効容量内堆砂量をそれぞれの容量比で按分して見込むものとする。
- ・前章と同様に、綾北ダムの堆砂は田代八重ダム完成後の堆砂実績に基づいて予測するものとするが、田代八重ダム満砂後は田代八重ダム完成前の堆砂傾向に戻るものと想定する。

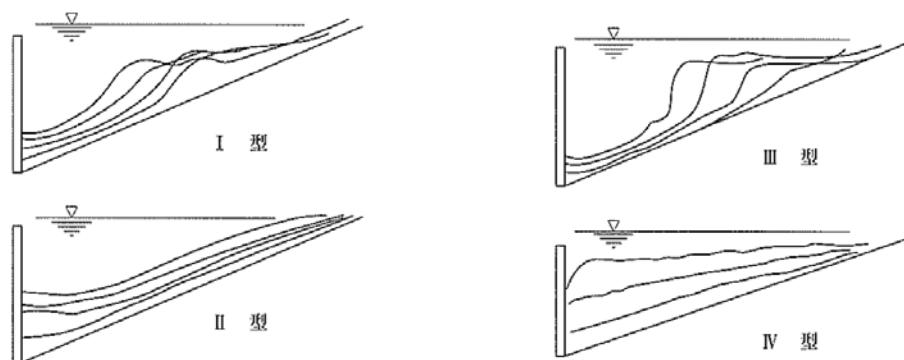


図 3.13 堆砂形状の基本分類²⁾

上記に基づき、大淀川流域の将来的な堆砂量の変化を予測し、堆砂量の経年変化として整理した結果を図 3.14 に、各ダムの貯水池容量曲線の変化として示したものを図 3.15 にそれぞれ示す。

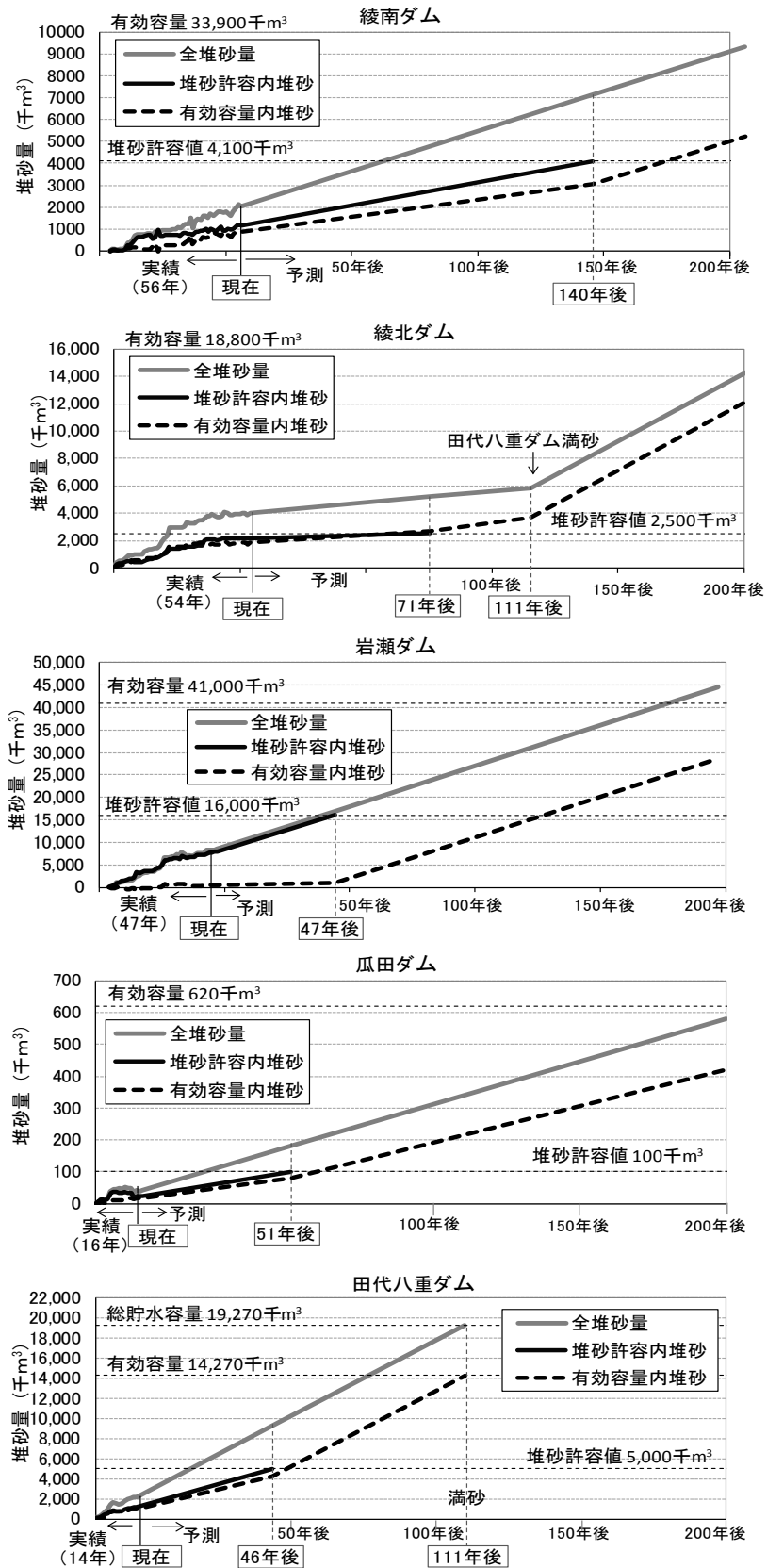


図 3.14 大淀川流域各ダムの堆砂進行予測

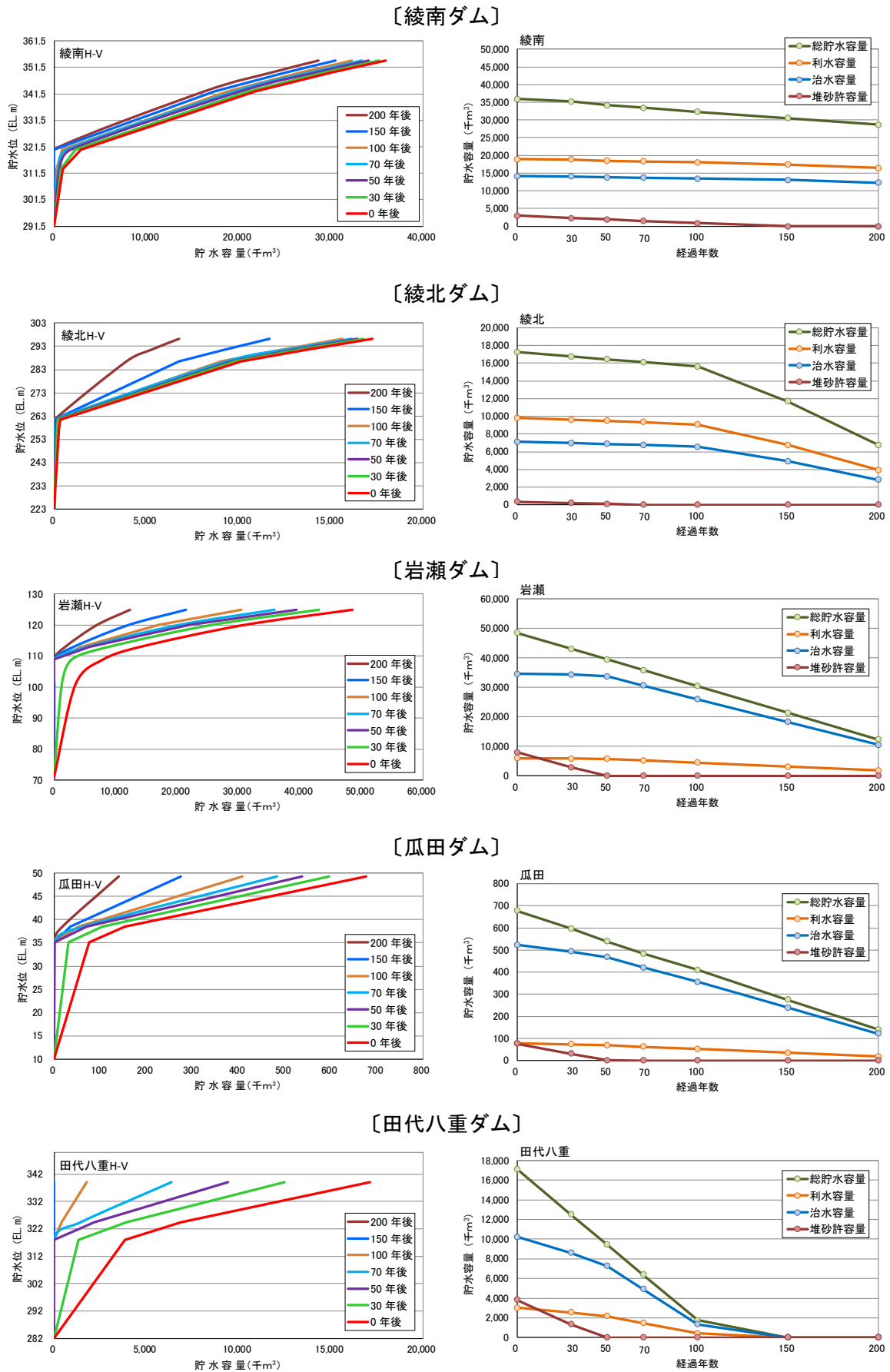


図 3.15 大淀川流域各ダムの貯水池容量曲線の経年変化

3.3 堆砂進行に伴う利水・治水機能のリスク評価に基づく手法

同一水系内の複数ダムを対象とし、効率的な堆砂対策を実施していくためには、水系内ダム群としての機能を効率的に維持していくことが可能となるよう、対策効果の高いダムを選定していくことが考えられる。優先度の設定には何らかの指標が必要であるが、各ダムの規模・機能に加え、当該ダムの堆砂進行状況の双方を踏まえて優先度を設定する必要がある。

本節では、リスクマネジメントの考え方にに基づき、水系内ダム群において対策優先度の高いダムを選定する手法について考察する。リスクマネジメントでは、特定・分析したリスクを発生頻度（発生確率）と影響度の観点から評価し、発生頻度と影響度の積として示されるリスクレベルに応じて対策を講じる一連のプロセスである。これをダムの現行機能を維持するための堆砂対策に適用すると、堆砂に伴い貯水池容量が損失する速度と、容量損失に伴うダムの機能が与える影響度を評価してリスクレベルを設定し、リスクレベルの高いダムの対策を優先的に実施していくことが考えられる。

以下では、前述の大淀川水系内ダム群の堆砂予測結果に基づき、リスクマネジメントの手法を用い、水系内で堆砂対策を実施すべき優先順位を検討する。

堆砂に伴う容量損失速度	5	(件/台・年) 10 ⁻⁴ 超	頻発する	C	B3	A1	A2	A3	A領域
	4	10 ⁻⁴ 以下 ~10 ⁻⁵ 超	しばしば発生する	C	B2	B3	A1	A2	
	3	10 ⁻⁵ 以下 ~10 ⁻⁶ 超	時々発生する	C	B1	B2	B3	A1	
	2	10 ⁻⁶ 以下 ~10 ⁻⁷ 超	起りそうにない	C	C	B1	B2	B3	B領域
	1	10 ⁻⁷ 以下 ~10 ⁻⁸ 超	まず起り得ない	C	C	C	B1	B2	C領域
	0	10 ⁻⁸ 以下	考えられない	C	C	C	C	C	
				無傷	軽微	中程度	重大	致命的	
				なし	軽傷	通院加療	重傷 入院治療	死亡	
				なし	製品発煙	製品発火 製品焼損	火災	火災 (建物焼損)	
				0	I	II	III	IV	
容量損失に伴うダム機能の低下									

図 3.16 土砂マネジメントにおけるリスク評価のイメージ³⁾

3.3.1 リスクの基本的な考え方

リスクは、被害損失と発生確率の規模で評価するのが一般的であり、ダム貯水池の容量損失に伴うリスクを検証するにあたっての被害損失と発生確率の考え方を設定する必要がある。

ダム貯水池における容量損失による被害損失は、経済への影響で評価できるものを対象とし、表 3.6 に堆砂進行に伴い発生が想定される被害損失と、その大きさを表す指標を示した。

表 3.6 堆砂進行に伴い想定される被害と規模の指標

被害損失の分類		被害損失規模を示す指標
区分	被害損失	
利水容量の損失	河川維持流量の不足	河川維持 (m ³ /s)
	給水量不足	給水量 (m ³ /日)
	発電電力量の減少	年間発電最大出力(MWh)
洪水調節容量の損失	洪水調節機能低下に伴う氾濫による経済損失	想定氾濫面積(ha)
	貯水池末端付近の堆砂進行に伴う上流域の洪水時水位上昇	上流域土地利用の有無 (人家等)

一方、発電電力量の減少や洪水調節機能低下などの発生確率については、貯水池容量の損失が進行していくにしたがって、大きくなる。このため、リスクマネジメントにおける被害の発生確率について、本検討では貯水池容量の損失速度に置き換えて評価するものとした。堆砂進行に伴う各種容量の残寿命については前掲図 3.15 に示したとおりであるが、実際には利水上のリスク・治水上のリスクともに容量が完全に損失する前段階で顕在化することとなる。このため、利水容量損失に伴う発電電力量の損失、洪水調節容量損失に伴う洪水調節機能低下のそれぞれについて、リスクが顕在化し始める堆砂の進行段階を次項で考察する。

3.3.2 リスク評価の区分

大淀川水系内の各ダムは、いずれも利水容量、洪水調節容量を有する多目的ダムである。利水機能については、各ダムともその損失が進行しており、比較的短期的な視点での対策が必要である。治水機能については、その影響が顕在化するまでには十分な時間を要することから、長期的な視点で対策を実施していくことが想定される。

このため、多目的ダムが複数配置されている同一水系ダム群では、「利水機能を維持するための堆砂対策」と「治水機能を維持するための堆砂対策」を区分するものとし、それぞれでダム群を対象としたリスクマネジメントにより、対策の優先後を設定するものとする。

3.3.3 利水機能（発電機能）への影響

利水機能へのリスクとしては、発電電力量の減少や水道用水の供給不足などが挙げられる。ここでは、既往検討を参照し、堆砂の進行が利水機能へ及ぼす影響について述べる。

検討対象とした大淀川水系ダム群のうち、瓜田ダムを除く4ダムは発電機能を有している。堆砂の進行により、有効貯水容量が減少すれば、出水時の流入水を十分に貯留できず、発電機を通らない無効放流が増加すると考えられる。奥村ら⁴⁾は、発電機能を有するダム貯水池について、河川上流に設置する貯水池（貯水池式発電所）とその下流に設置する調整池（調整池式発電所）とに区分し、ダム貯水池における堆砂問題について分析を実施している。このうち貯水池式発電所の堆砂進行による発電運用は、図 3.17 に示すように、「貯水池地点の流況と有効貯水容量との関係」および、「貯水池地点の流況と最大発電使用水量との関係」の影響を受けるとし、電源開発（株）が所有する7つの貯水池を対象とし、堆砂進行による有効容量の減少と水使用率（年間発電使用水量を年間葉電使用水量と年間ダム放流量の合計値で除した数値）の関係を図 3.18 のとおりに予測している。

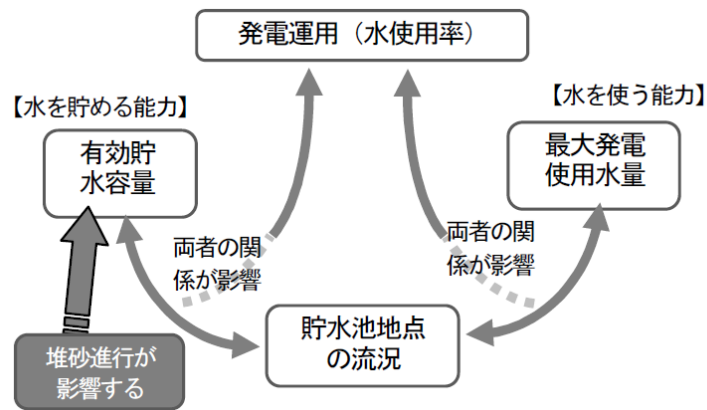


図 3.17 発電運用に影響を及ぼす要因⁴⁾

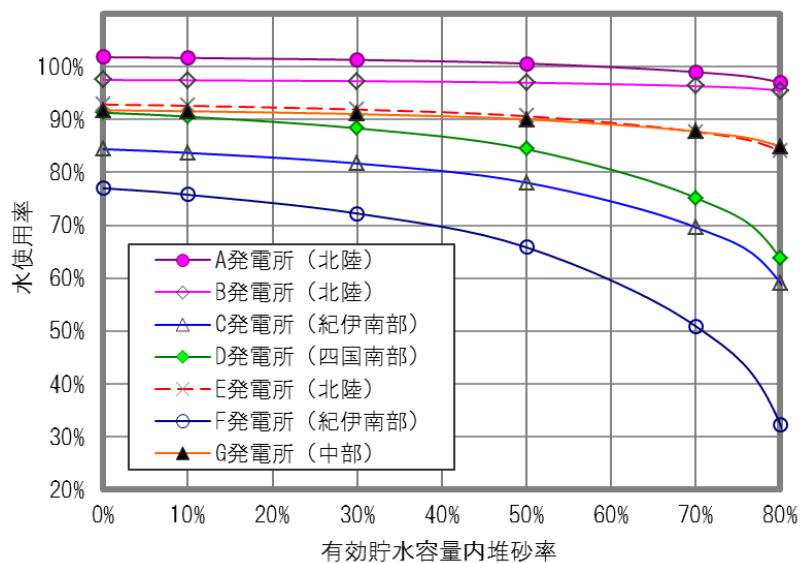


図 3.18 堆砂率と発電所水使用率の将来予測⁴⁾

これによると、水使用率は、紀伊南部および四国南部の地域において、堆砂率が 30%程度に達して初めて数%程度低下するが、それ以外の地域では、有効容量内の堆砂率 70%程度になるまで、水使用率は殆ど低下しない。西南日本における梅雨や台風などの出水に大きく左右される水力発電用貯水池ほど、堆砂進行による有効貯水容量の減少が貯水機能に大きく影響することを示している。堆砂の進行によるダム貯水池発電運用への影響は、各ダム固有の設置条件が影響すると考えられるが、ここでは既往研究を参照し、堆砂進行に伴う利水容量損失が 3 割程度に達すると、その機能に影響がみられる（リスクが顕在化する）ものとする。

3.3.4 治水機能への影響

洪水調節容量内への堆砂の進行に伴い、治水機能が低下する。洪水調節のための貯水容量は、洪水調節計画で対象とするハイドログラフと調節方式により決定されるが、洪水調節の予測に関する不確実性、洪水調節操作における制約、貯水池内の堆砂による影響、測定誤差やゲート操作の影響などのその他要因を考慮し、原則として 2 割の余裕が見込まれている。したがって、ここでは堆砂の進行に伴う洪水調節容量損失が 2 割に達すると、その機能に影響が発生し始めるものとする。

前掲表 3.2 に示したとおり、大淀川水系内の各ダムは、利水容量の損失はある程度の進行がみられるものの、現時点では洪水調節容量損失がほとんどないのが現状である。また、堆砂の進行に伴う容量損失は、下位標高に位置する堆砂許容量、利水容量から順次進行することから、リスク顕在化までは十分時間的な余裕があると考えられる。ただし、洪水調節容量の損失は、いったん顕在化すると、ダム下流域の洪水被害を拡大させることとなる。近年は、計画規模を超える極端な降雨現象の発生頻度が増加していることを考慮すれば、長期的な視点で予防保全策を講じていくことが重要であるといえる。

3.3.5 ダムの配置が及ぼすリスクへの影響

同一水系内のダム群を対象としてリスクを評価するに際し、ダム間で双方のリスクに干渉するものがあるれば、リスク分析・評価に考慮する必要がある。大淀川水系の場合は、図 3.19 に示すとおり、同一河川で直列配置にある田代八重ダムと綾北ダムが該当し、以下の点に留意する筆意がある。

- ・ 綾北ダムは昭和 35 年、田代八重ダムは平成 12 年に完成している。田代八重ダム完成後は、綾北ダムの堆砂進行が大きく減少している（前掲図 3.6）。それまでに綾北ダムに流入していた土砂の大部分が田代八重ダムで捕捉されていると考えられる。
- ・ 長期的な視点で対策を検討する場合、田代八重ダムの堆砂進行は計画を大きく上回る（前掲図 3.9）ことから、初来的に田代八重ダムがほぼ満砂状態となることも懸念される。この場合、綾北ダムの堆砂進行は、田代八重ダム建設以前の状態に戻ることが想定される。
- ・ 治水機能の観点からみると、綾北ダム・田代八重ダムは連動して綾北ダム下流域の治水安全度を維持しているといえる。

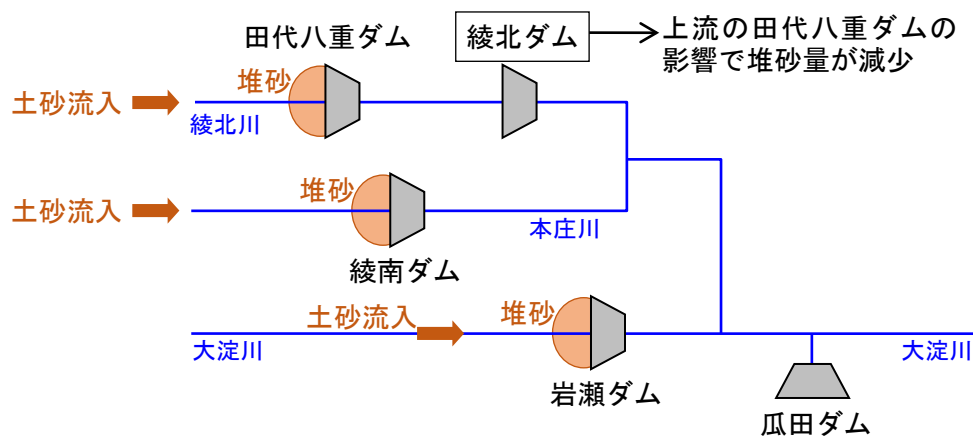


図 3.19 大淀川水系内ダムの配置と留意点

上記を踏まえ、リスク分析・評価においては、綾北ダム、田代八重ダムを以下のとおりに扱うものとする。

- ・ 「利水機能を維持するための堆砂対策」は、短期的な視点での検討であり、田代八重ダムが満砂することは想定せず、両者は個別の資産として考える。
- ・ 「治水機能を維持するための堆砂対策」では、長期的な視点で田代八重ダムが満砂状態になることも考慮する必要があること、両者は一体となって下流域の治水安全度を維持していることから、両者を一体施設として考える。
- ・ 「治水機能を維持するための堆砂対策」では、上記を考慮し、田代八重ダム、綾北ダムの貯水池容量を合計した仮想ダム（表 3.7）をリスク評価の対象とする。

表 3.7 仮想ダム（田代八重ダム+綾北ダム）の貯水池寿命

項目		単位	綾北ダム	田代八重ダム	仮想ダム (田代八重+綾北)
計画容量	堆砂許容量	千 m ³	2,500	11,000	13,500
	利水容量	千 m ³	10,900	3,270	14,170
	洪水調節容量	千 m ³	7,900	5,000	12,900
堆砂実績 H26年	合計	m ³	4,029	2,151	6,180
	年間	千 m ³ /年	7.7※	143.4	151.1
	堆砂許容量内	千 m ³ /年	2,164	1,168	3,331
	利水容量内	千 m ³ /年	1,944	587	2,531
H26年時点 の残容量	洪水調節容量内	千 m ³ /年	-79	397	318
	堆砂許容量	千 m ³	336	9,832	10,169
	利水容量	千 m ³	8,956	2,683	11,639
貯水池寿命	洪水調節容量	千 m ³	7,979	4,603	12,582
	堆砂許容量	年	44	69	67
	利水容量	年	1,207	87	144
	洪水調節容量	年	2,243	119	228

※：田代八重ダム完成後の年間堆砂速度

3.3.6 被害損失の重み付け

リスク分析としては、上記に基づき、リスクを表 3.8 に示す基準で点数化することにより、定量化を試みた。同一水系内での相対的な重み付けであるため、以下に示す条件選定のもとに点数を設定した。

- ・ケース①利水上の被害損失は、主に年間発電電力量の大きさを重み付けが可能であるとした。
- ・ケース①田代八重ダムの水道水供給機能については、表中に示すとおり建設当時のコストアロケーションの結果から発電機能との相対評価で点数化した。
- ・ケース②の治水機能損失に伴う影響は、洪水による経済損失と考え、各ダムの想定氾濫面積により点数化した。
- ・ケース①の河川維持流量の不足、ケース②の貯水池末端の洪水時水位上昇については、他の項目より相対的に影響が小さいとした。

表 3.8 リスクの重み付け

被害規模

	被害損失の種類	重み		
利水機能を維持するための堆砂対策	発電電力の減少	年間発電電力量	40,000Mwh 以上	5 点
			30,000~40,000Mwh	4 点
			20,000~30,000Mwh	3 点
10,000~20,000Mwh			2 点	
10,000Mwh 以下			1 点	
	水道補給への影響	・ 田代八重の上水道用水は 4 点加算 ⇒ 田代八重ダム建設当時のコストアロケーションで、発電と上水の負担比率が約 1:2 であることを考慮。田代八重ダムの発電電力量による加算点×2 倍の点数とした。		
	河川維持流量の不足	・ 田代八重・瓜田の河川維持は 1 点加算		
治水機能を維持するための堆砂対策	下流域の治水安全度低下	想定氾濫面積	2,000ha 以上	5 点
			1,500~2,000ha	4 点
			1,000~1,500ha	3 点
			500~1,000ha	2 点
			500ha 未満	1 点
	上流域の治水安全度低下	・ 上流域に土地利用があれば 1 点加算		

容量損失速度

	考え方	重み	
利水機能を維持するための堆砂対策	利水容量の 30%が損失するまでの期間	50 年未満	5 点
		50~100 年	4 点
		100~150 年	3 点
		150~200 年	2 点
		200 年以上	1 点
治水機能を維持するための堆砂対策	洪水調節容量の 20%が損失するまでの期間	50 年未満	5 点
		50~100 年	4 点
		100~150 年	3 点
		150~200 年	2 点
		200 年以上	1 点

3.3.7 リスク分評価による対策優先度の設定

前項で得たリスクの重み付けに基づき、大淀川水系内5ダムについて、堆砂の進行によるリスクを分析し、「利水上のリスク」、「治水上のリスク」それぞれで得た結果を表3.9に示す。

表 3.9 リスク分析結果

ケース①利水上のリスク（右側の数字が重み付けを示す点数）

判断指標		綾南ダム		綾北ダム		岩瀬ダム		瓜田ダム		田代八重ダム	
容量 損失速度	機能に影響が出るまでの期間（年）	198	2	39	5	104	3	35	5	29	5
	年間電力発生量（Mwh）	45,772	5	41,983	5	22,870	3	-	0	17,512	2
被害規模	給水量（m ³ /日）	-	0	-	0	-	0	-	0	6,000	4
	河川維持（m ³ /s）	-	0	-	0	-	0	0.1	1	2.6	1
	合計点数		5		5		3		1		7

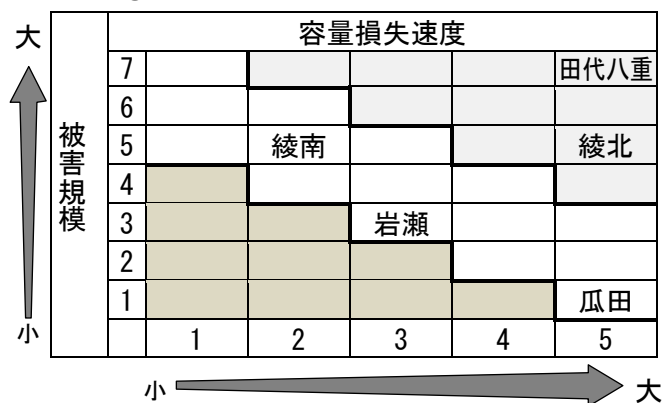
ケース②治水上のリスク（右側の数字が重み付けを示す点数）

判断指標		綾南ダム		岩瀬ダム		瓜田ダム		田代八重+綾北ダム	
容量 損失速度	機能に影響が出るまでの期間（年）	273	1	183	2	276	4	61	4
	想定氾濫面積（ha）	1,563	3	1,548	3	137	1	2,163	5
被害規模	上流域土地利用	有	1	有	1	無	0	無	0
	合計点数		4		4		1		5

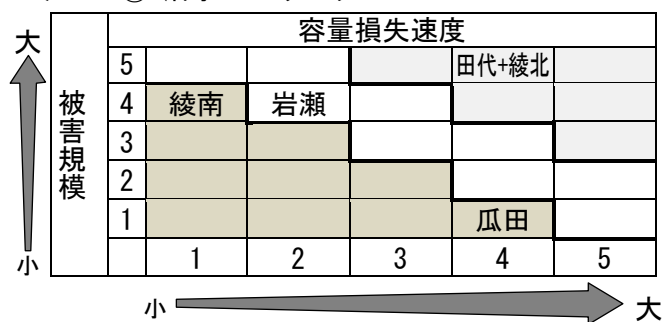
また、得られた容量損失速度・被害規模それぞれの重み評価をマトリックス形式で表3.10に示した。この結果、ケース①・②ともに、綾北川に位置する田代八重ダム、綾北ダムの対策優先順位が高いことがわかる。大淀川水系内ダム群の堆砂対策は、田代八重ダム・綾北ダムを対象として実施することが効果的であることを示す結果となった。ただし、前述のとおり、田代八重ダムは綾北ダム直上流に位置することから、実際には田代八重ダムの堆砂対策を優先して実施していくことが効果的であるといえる。

表 3.10 貯水池容量に対するリスク評価

ケース① 利水上のリスク



ケース② 治水上のリスク



上記手法により、水系内各ダムの治水機能および利水機能について、水系全体における重要度を簡易な指標により点数化し、堆砂による容量損失の速度と併せて評価することで、対策の優先度を設定することができる。ただし、同手法では対策の効果を定量的に評価できないため、効率的な対策を展開していくマネジメント手法を確立するためには、対策効果も併せて評価することが必要であるといえる。ダムの治水機能については、堆砂による治水容量損失と対策による治水容量維持が水系全体の治水安全度に与える影響を流出予測計算で明らかにすることが可能である。このため、次節ではダムの治水機能を対象とし、流出予測計算を用いたマネジメント手法について検討する。

3.4 流出予測計算を用いて対策優先度を設定する手法

3.4.1 検討方法

前節では、同一水系内の堆砂対策を実施するにあたり、各ダムの有する機能と堆砂の進行速度から、リスクマネジメントの考え方を参照して簡易に優先度を設定する手法について考察した。この方法では、治水機能・利水機能の両面から対策の優先度を簡易に設定することができるが、対策の効果を定量的に評価することができない。このため、本節ではダムの治水機能に着目し、対策規模と効果を流出予測計算により定量的に評価し、同一水系内ダム群の対策の優先度を設定する方法について検討する。検討フローは図 3.20 に示すとおりである。

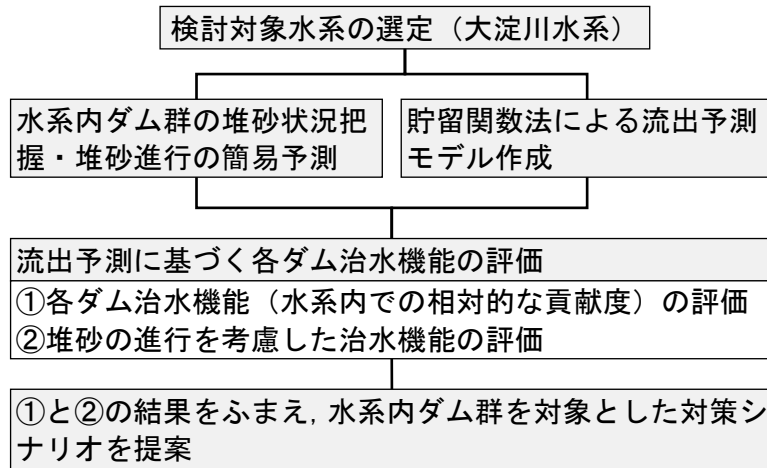


図 3.20 検討フロー

3.4.2 流出予測計算モデル

大淀川流域各ダムの「水系全体の治水安全度に対する貢献度」を把握するため、当該水系における流出予測計算を実施する。

大淀川水系の流出予測計算モデルについては、河川整備基本方針公表資料⁵⁾を参照し、71 流域・32 河道に、治水機能を有する 5 ダムを配置し、図 3.21 に示す集中型流出予測（貯留関数）モデルを構築した。各ダムの洪水時制限水位・サーチャージ水位および、洪水調節開始流量は現行の値を用いるものとした。

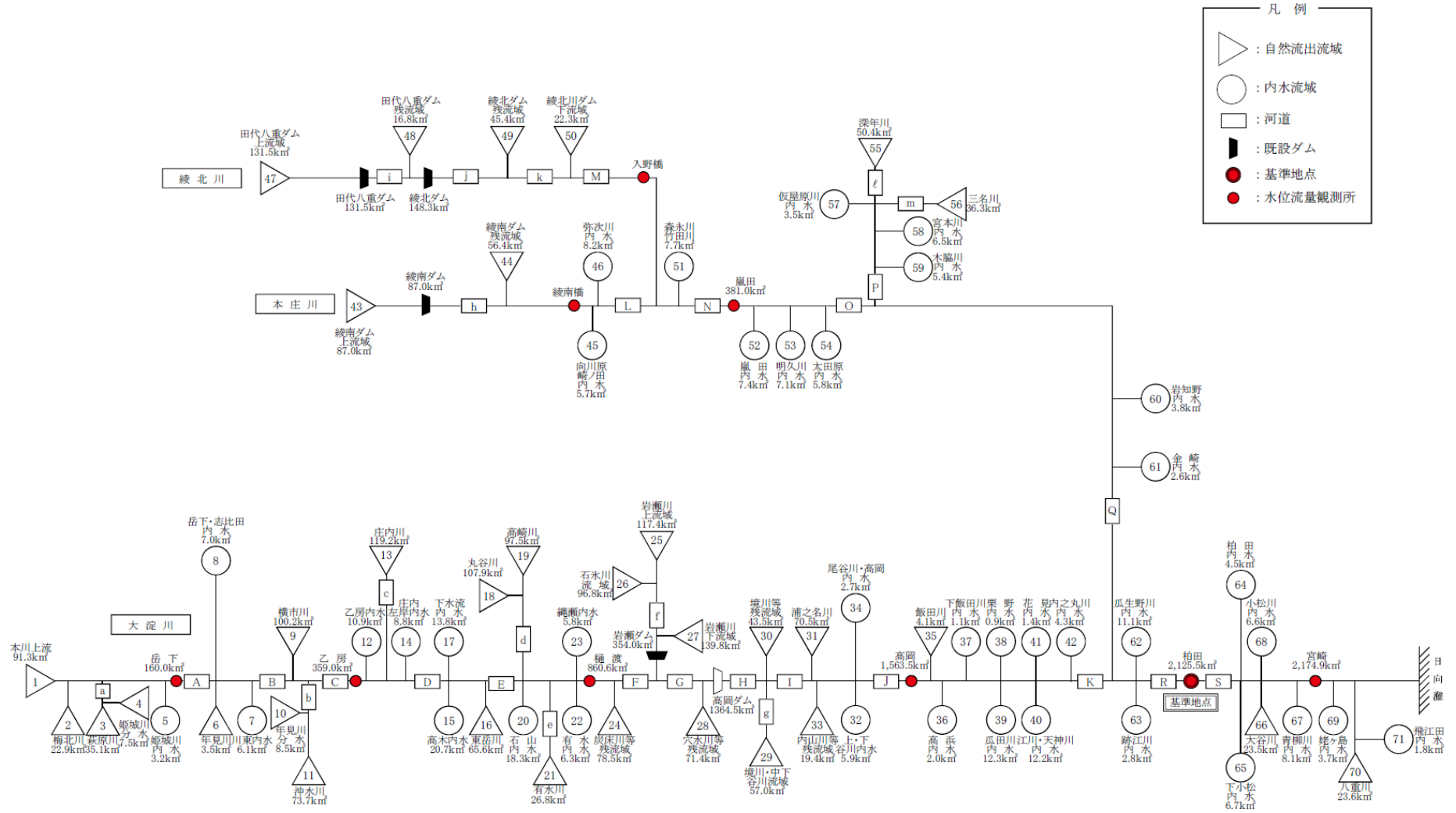


図 3.21 大淀川水系流出計算モデル⁵⁾

3.4.3 計算の対象とする降雨

流出予測計算で入力する降雨は、基準地点柏田における実績ピーク流量上位 5 洪水とし、表 3.11 に示す降雨について、「国土交通省水文水質データベース」から大淀川流域内各観測所のデータを取得した。また、図 3.21 に示す計算モデルの各流域に入力する降雨データは、表 3.12 に示すとおり、各流域近傍の観測所のデータを用いるものとした。対象 5 出水における選定した各観測所の降雨量は図 3.22～図 3.26 に示すとおりである。

表 3.11 柏田基準点実績ピーク流量上位 10 洪水

種 別	洪水年月日	基準地点柏田 実績ピーク流量 (m ³ /s)	洪水要因	備 考
流量上位 10 洪水	H17.09.03 ~ 09.07	9,468	台風 14 号	
	S57.08.24 ~ 08.27	7,136	台風 13 号	
	H05.07.25 ~ 08.03	7,016	前線	
	H09.09.12 ~ 09.16	6,875	台風 19 号	
	H16.08.27 ~ 08.30	6,476	台風 16,17 号	

表 3.12 各流域で採用する降雨データ

流域 No.	観測所名	流域 No.	観測所名
1～3	末吉	26	巢ノ浦
4～6, 8, 12, 14	岳下	27, 31	野尻
7, 10, 15～16	樺山	28, 30	四家
9	比曾木野	29	青井岳
11	三股	32, 36～42, 53	五町
13	霧島御池	33～35	高岡
17, 20～24	樋渡	43～44, 47～48	夏木
18	御池	45～46, 51～52, 54, 59～60	嵐田
19	狭野	49～50, 55～58	糸木
25	木浦木	61～71	宮崎

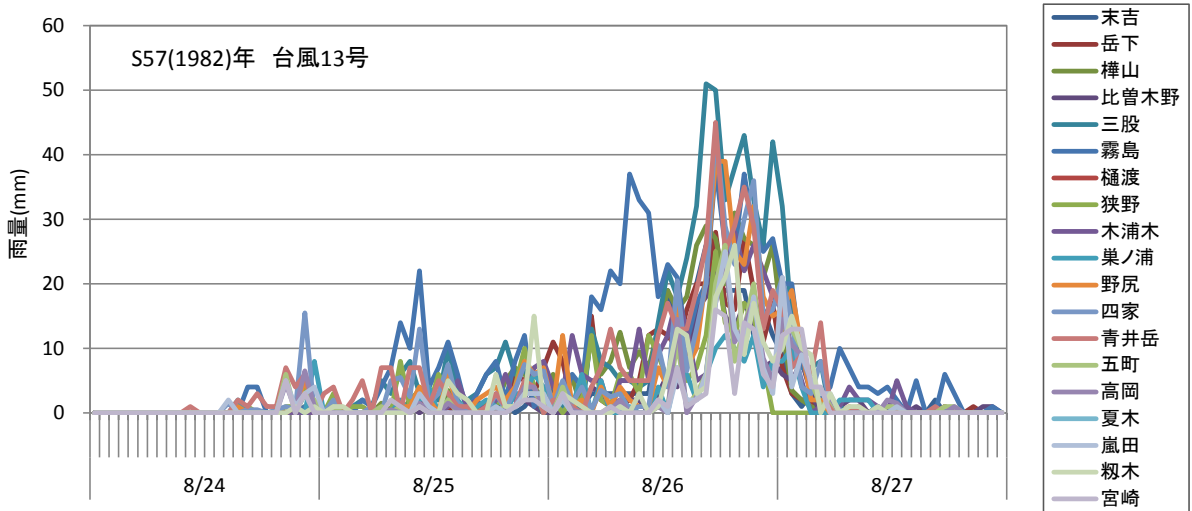


図 3.22 使用する観測所の降雨データ (S57 年台風 13 号)

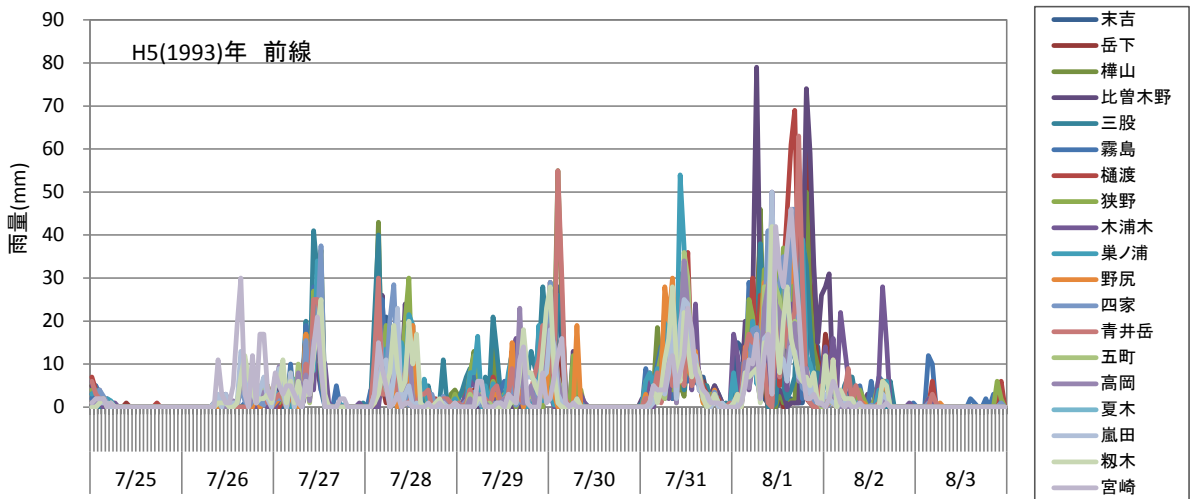


図 3.23 使用する観測所の降雨データ (H5 年前線)

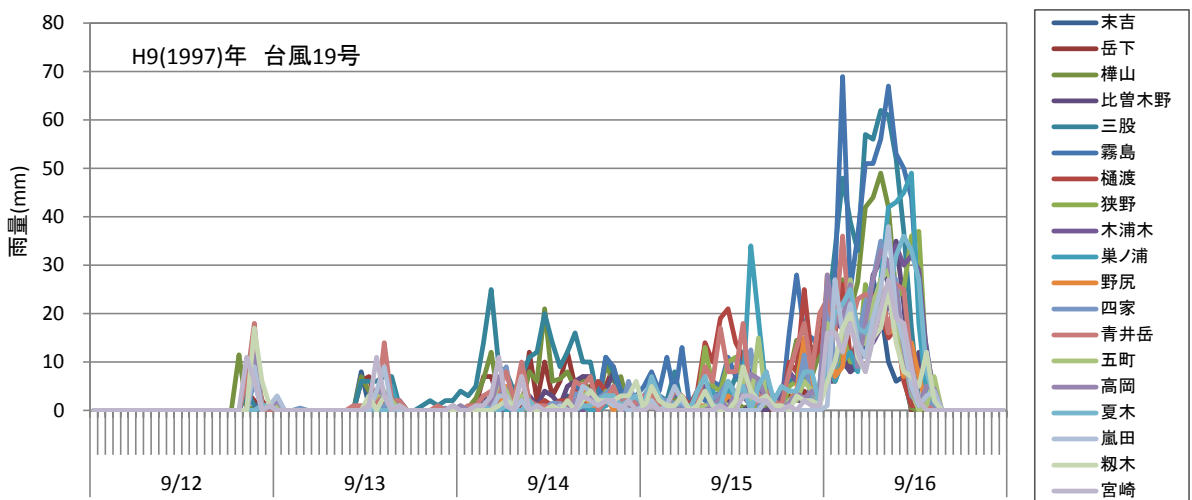


図 3.24 使用する観測所の降雨データ (H9 年台風 19 号)

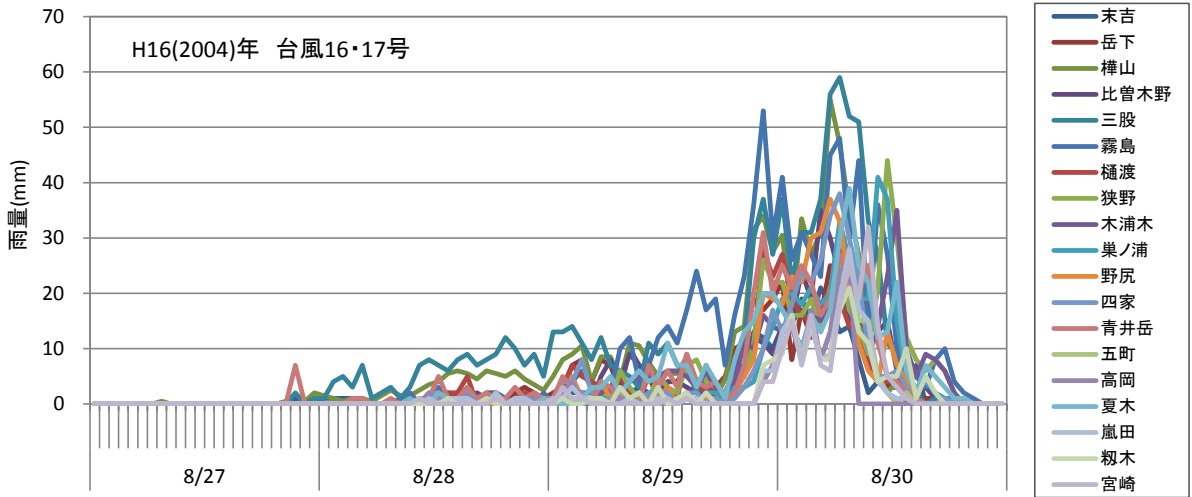


図 3.25 使用する観測所の降雨データ (H16 年台風 16-17 号)

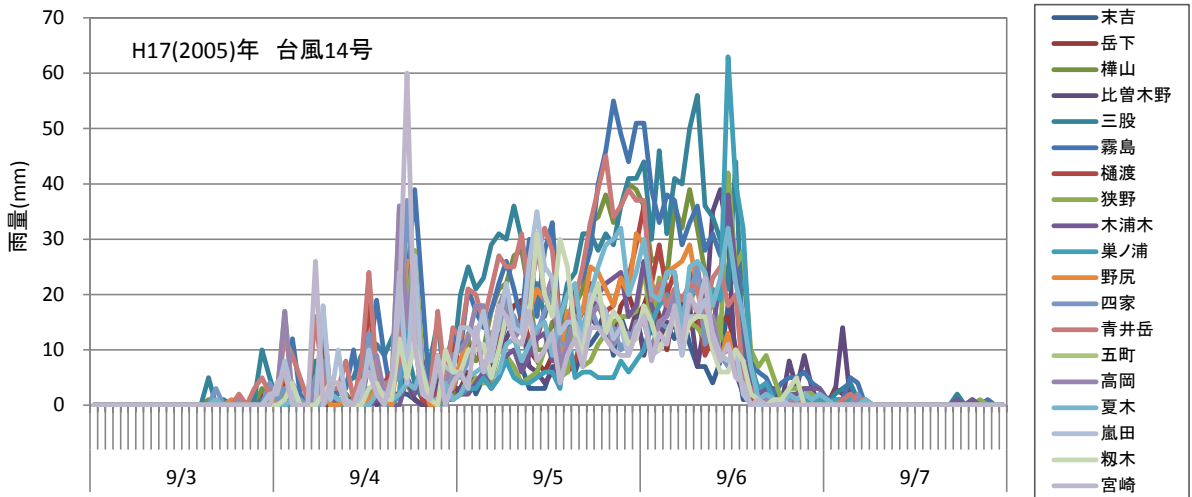


図 3.26 使用する観測所の降雨データ (H17 年台風)

3.4.4 各ダムの治水貢献度の評価

(1) 考え方と計算ケース

大淀水系内各ダムの治水貢献度の評価では、5 ダム全てが配置されたケース (No.1) と各ダムそれぞれが配置されないケース (No.2~No.6) で流出予測計算を実施する。なお、田代八重ダムと綾北ダムは直列配置であり、綾北ダムの堆砂進行は田代八重ダムの影響を受けるとともに、両者は一体となって下流域の治水安全度を維持していることから、2 ダムをセットで扱うケースも検討に加えた (No.7)。No.1 のケースにおける流出予測計算で得た基準点ピーク流量と、No.2~No.7 の各ケースの流出予測計算で得た基準点ピーク流量を評価比較し、ダムによる洪水調節の効果を基準点ピーク流量の抑制量で評価する。

入力する降雨データは大淀川流域の柏田地点において既往最大値を記録した 2005 年 9 月の出水とした。当該出水では、3 日間で年間降水量の 1/3 超が記録されており、柏田地点等で計画高水水位を上回ったとされている。なお、現在の大淀川水系基本高水は確率規模 1/150 で設定され、柏田地点の基本高水ピーク流量は $11,700\text{m}^3/\text{s}$ とされている。

表 3.13 計算ケース（水系内各ダムの治水貢献度の評価）

ケース	流出計算モデル	概要
No.1		全ダムが建設当時の貯水池容量を維持して配置されたとするケース
No.2		No.1 に対し、綾南ダムを配置しないケース
No.3		No.1 に対し、綾北ダムを配置しないケース
No.4		No.1 に対し、岩瀬ダムを配置しないケース
No.5		No.1 に対し、瓜田ダムを配置しないケース
No.6		No.1 に対し、田代八重ダムを配置しないケース
No.7		No.1 に対し、田代八重ダム・綾北ダムを配置しないケース

(2) 計算結果

表 3.13 に示す各計算ケースの流出予測計算結果から、基準点のうち、綾南橋・入野橋・嵐田・高岡・柏田・宮崎のハイドログラフを作成し、図 3.27, 図 3.28 に示す。図 3.28 はピーク流出量付近を拡大したグラフである。また、これらの結果から、ピーク流出量について整理した結果を表 3.14 に、このうちピーク流出量の増分をグラフ化したものを図 3.29 に示す。

この結果から、岩瀬ダムは柏田地点や宮崎地点流出量に対しての寄与度が最も大きく、水系内全体の治水機能への貢献度が最も高いといえる。

岩瀬ダムは大淀川本川の重要基準点（柏田・宮崎）に比較的近く、流域面積・洪水調節容量が最も大きいことが要因であると考えられる。

一方、本庄川・綾北川流域における指標として嵐田地点の流出量に着目すると、単独ダムとしては綾南ダムが最も寄与度が高い。しかしながら、田代八重ダム・綾北ダムをひとつの洪水調節とみた場合の寄与度はこれを上回る。田代八重ダムに堆砂対策を施した場合、綾北ダムの延命効果も同時に期待できることから、対策の優先度については田代八重ダムが最も重要であると推察される。

同一水系内各ダムの治水貢献度としては、岩瀬ダムが最も高いといえるが、支川本庄川に関しては、田代八重ダム・綾北ダムの治水貢献度が高く、対策の優先度を設定するにあたっての指針になるといえる。

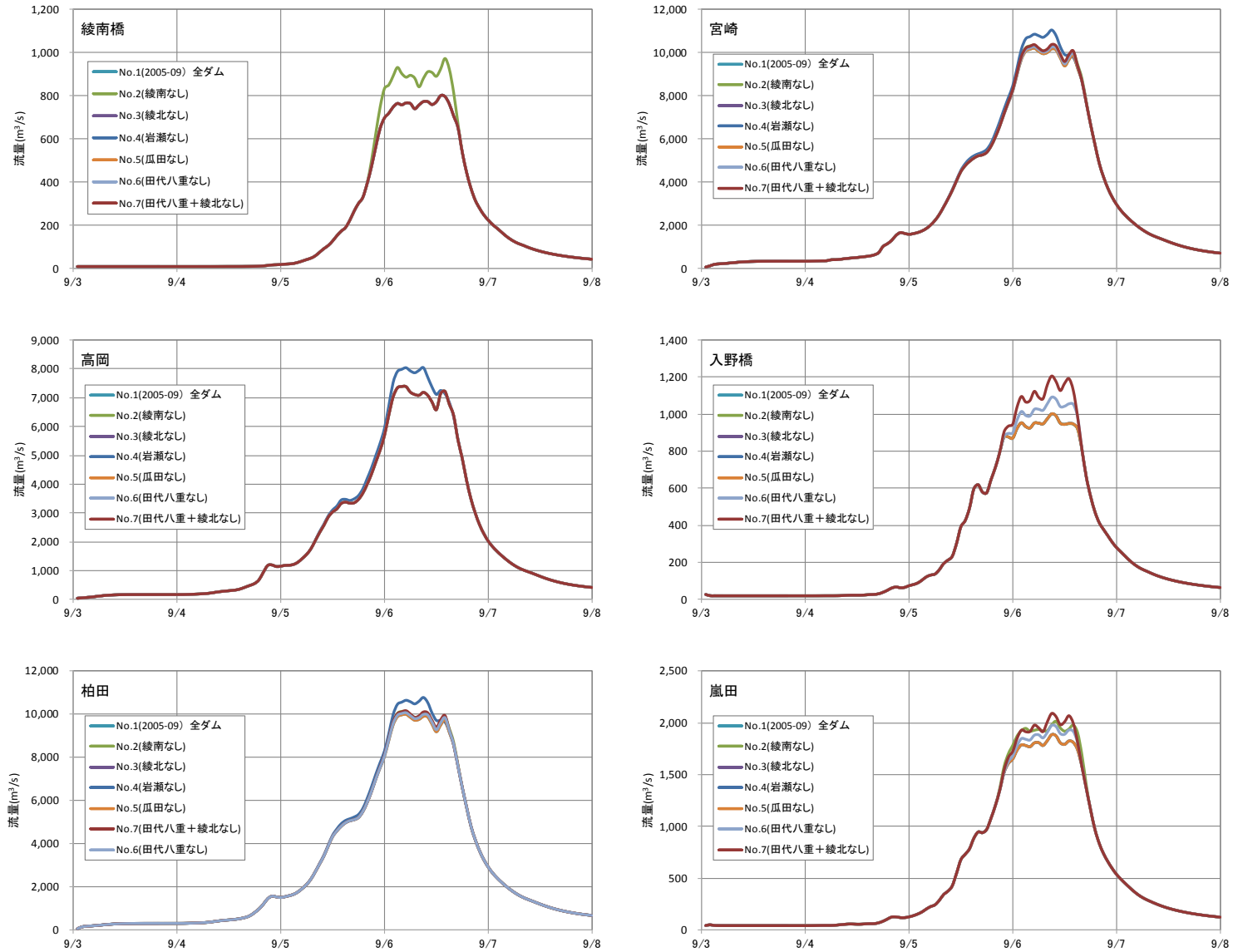


図 3.27 各基準点流量の変化【各ダム治水貢献度の評価：治水容量=当初容量】

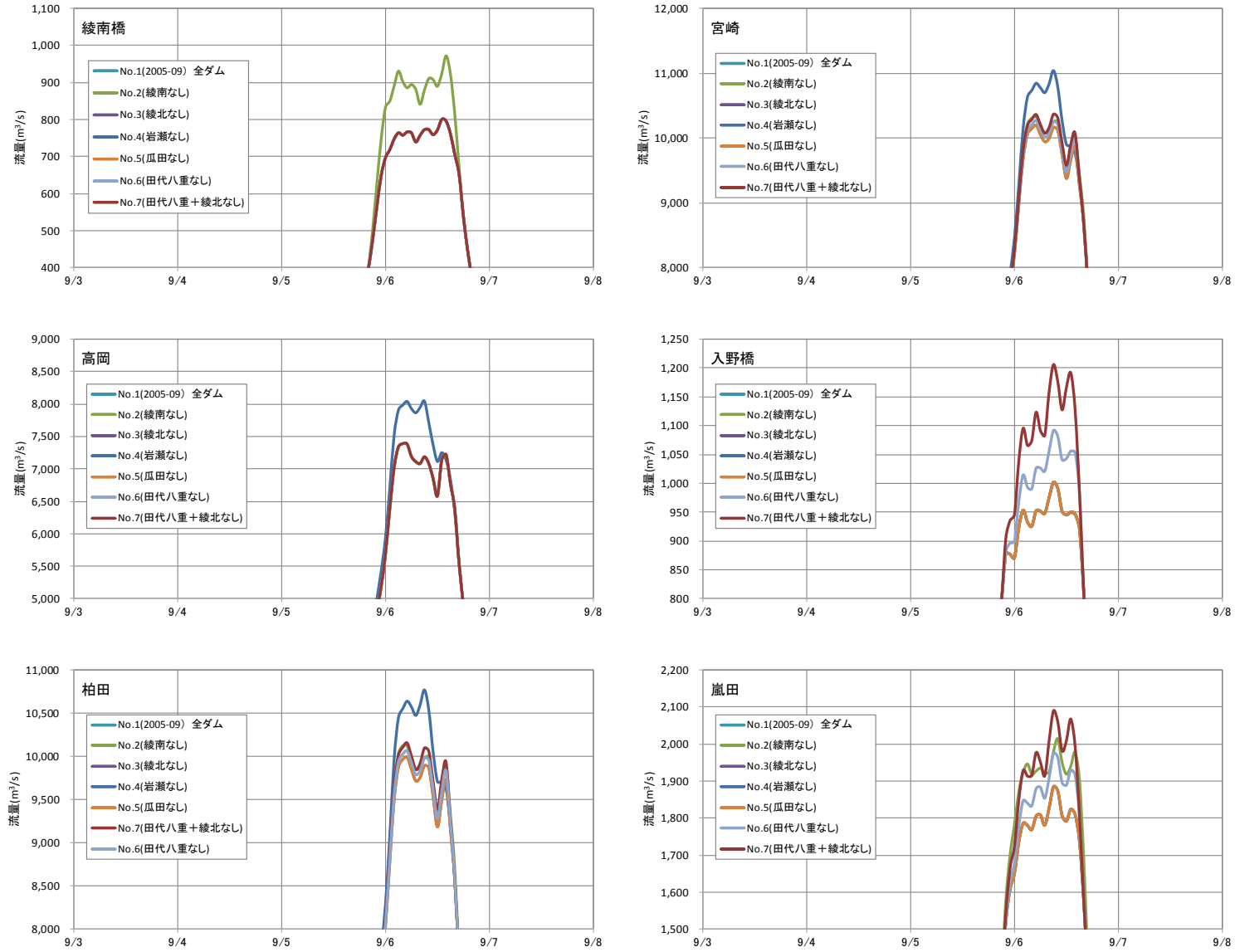


図 3.28 各基準点流量の変化（ピーク付近拡大）【各ダム治水貢献度の評価：治水容量=当初容量】

表 3.14 各基準点ピーク流量の変化

※着色部が No.1 と比較して異なる数値を示した箇所

ピーク流量

単位：m³/s

基準点		No.1 全ダム有り	No.2 綾南ダム (CA:87km ²) 無し	No.3 綾北ダム (CA:148km ²) 無し	No.4 岩瀬ダム (CA:354km ²) 無し	No.5 瓜田ダム (CA:4.4km ²) 無し	No.6 田代八重ダム (CA:131.5km ²) 無し	No.7 綾北/田代八重 ダム無し
本庄川	綾南橋	801	972	801	801	801	801	801
綾北川	入野橋	1,002	1,002	1,081	1,002	1,002	1,092	1,206
本庄川	嵐田	1,885	2,015	1,963	1,885	1,885	1,975	2,090
大淀川	高岡	7,389	7,389	7,389	8,044	7,389	7,389	7,389
	柏田	9,991	10,125	10,058	10,769	9,991	10,063	10,157
	宮崎	10,198	10,325	10,265	11,041	10,198	10,269	10,370

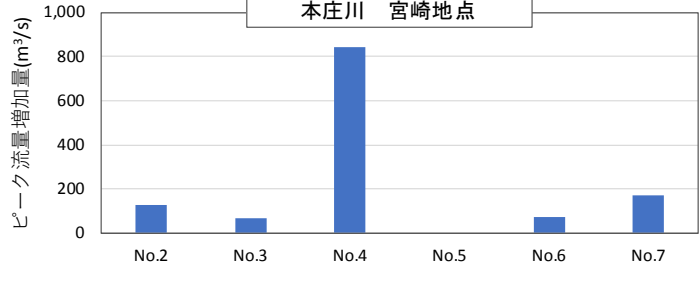
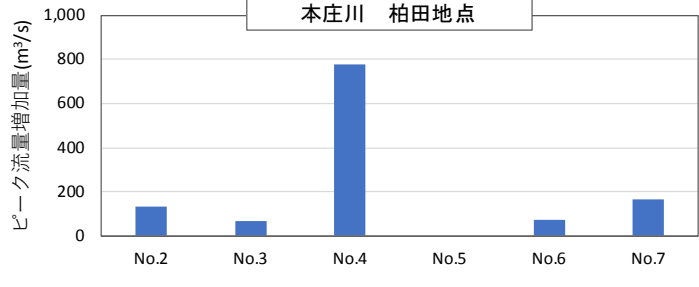
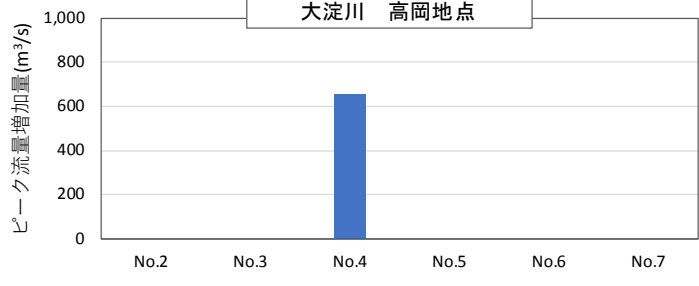
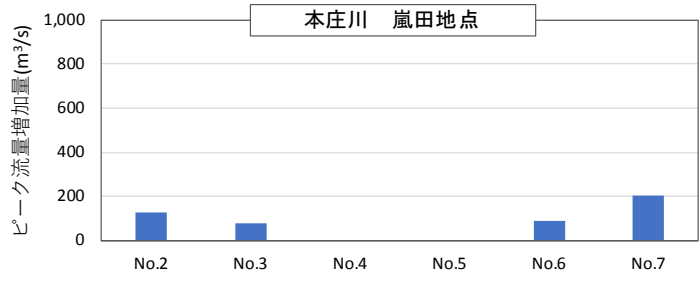
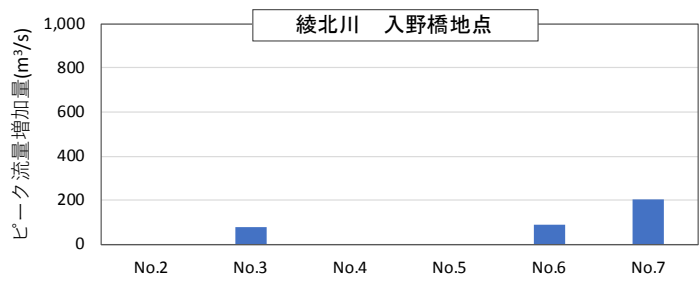
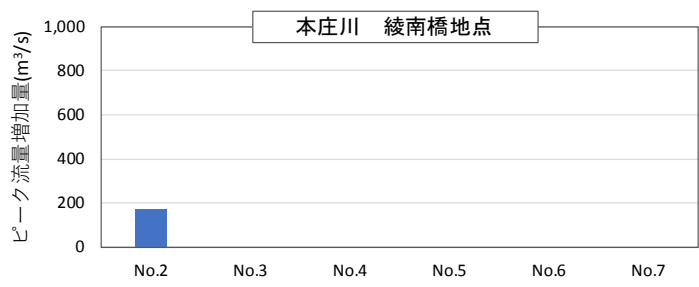
ピーク流量の増加率 (NO.1との比較)

単位：m³/s

基準点		No.1 全ダム有り	No.2 綾南ダム (CA:87km ²) 無し	No.3 綾北ダム (CA:148km ²) 無し	No.4 岩瀬ダム (CA:354km ²) 無し	No.5 瓜田ダム (CA:4.4km ²) 無し	No.6 田代八重ダム (CA:131.5km ²) 無し	No.7 綾北/田代八重 ダム無し
本庄川	綾南橋		171	0	0	0	0	0
綾北川	入野橋		0	79	0	0	90	204
本庄川	嵐田		130	78	0	0	90	205
大淀川	高岡		0	0	655	0	0	0
	柏田		134	67	778	0	72	166
	宮崎		127	67	843	0	71	172

ピーク流量の増加量 (NO.1との比較)

基準点		No.1 全ダム有り	No.2 綾南ダム (CA:87km ²) 無し	No.3 綾北ダム (CA:148km ²) 無し	No.4 岩瀬ダム (CA:354km ²) 無し	No.5 瓜田ダム (CA:4.4km ²) 無し	No.6 田代八重ダム (CA:131.5km ²) 無し	No.7 綾北/田代八重 ダム無し
本庄川	綾南橋		121%	100%	100%	100%	100%	100%
綾北川	入野橋		100%	108%	100%	100%	109%	120%
本庄川	嵐田		107%	104%	100%	100%	105%	111%
大淀川	高岡		100%	100%	109%	100%	100%	100%
	柏田		101%	101%	108%	100%	101%	102%
	宮崎		101%	101%	108%	100%	101%	102%



- No. 2 : 綾南ダム
(CA: 87km²) 無し
- No. 3 : 綾北ダム
(CA: 148km²) 無し
- No. 4 : 岩瀬ダム
(CA: 354km²) 無し
- No. 5 : 瓜田ダム
(CA: 4.4km²) 無し
- No. 6 : 田代八重ダム
(CA: 131.5km²) 無し
- No. 7 : 綾北/田代八重ダム
無し

図 3.29 ピーク流量の増加量 (No.1 との比較)

3.4.5 堆砂進行を考慮した治水機能評価

(1) 考え方と検討ケース

前節における「各ダムの治水貢献度の評価」では、同一水系内各ダムは建設当初の洪水調節容量を維持しているものとし、水系内における治水貢献度を評価した。本節ではこれに対し、各ダムの堆砂進行に伴う洪水調節容量減少を反映させた流出予測計算を実施し、水系内ダム群としての現行治水機能を維持していくための対策の必要性について考察する。各ダムの将来的な容量変化の予測については、大淀川水系各ダムの堆砂がこれまでの実績と同様に進行すると想定した前掲図 3.15 に示した結果を用いるものとする。ここでは、全ダムを配置した流出予測計算モデル（表 3.13 の No.1）を利用するものとし、表 3.15 に示すとおり、現時点（本検討で堆砂分析の起点とした平成 26 年）からの時間軸を計算ケースとする。

2 章で述べたとおり、我が国のダムでは、洪水調節計画で対象とするハイドログラフで必要となる貯水容量に対し、原則として 2 割の余裕が見込まれている。このため、堆砂による洪水調節容量損失してもある程度現行の治水機能を維持できると推察されるが、既存のダムは今後、数百年オーダーの超長期にわたって維持していくものとなることから、ここでは数十年～200 年オーダーの長期的な視点で対策が必要であるかどうかを評価する。

流出予測計算で使用する降雨は、前掲表 3.11 に示す柏田基準点ピーク流量上位 5 出水に該当するものとする。時間軸については、各出水について、現時点・50 年後・70 年後・100 年後・150 年後・200 年後の 6 ケースを設定し、時間の経過とともに損失する洪水調節容量の影響を、基準点ピーク流出量の増加量で評価する。

表 3.15 計算ケース（堆砂進行を考慮した治水機能評価）

目的	各ダム容量	検討ケース	
長期的な視点で治水機能を維持するための堆砂対策の必要性を評価する	現在(H26 時点)から、堆砂進行を考慮して建設当初容量を補正した容量とする	1982 年 8 月	全ダムが配置された状態で、各ダムの堆砂容量を予測結果に基づき、 現時点・50・70・100・150・200 年後 の 6 ケースの貯水池容量を設定。各ケースで作成したモデルを用い、左記の出水データを入力して流出予測を実施。 ⇒ 合計 30 ケース
		1993 年 8 月	
		1997 年 9 月	
		2004 年 8 月	
		2005 年 9 月	

(2) 計算結果

「堆砂進行を考慮した水系内ダム治水機能の評価」では、本庄川の代表基準点として嵐田地点、大淀川の代表基準点として柏田地点をそれぞれ抽出し、計算ケースとした出水毎に流出量ピークの経年変化を図 3.30 および表 3.16 に示した。

この流出計算では、堆砂の進行に伴う各ダムの容量変化（最大 200 年後まで）を反映させていくことから、時間の経過とともに、容量不足に伴う基準点ピーク流量の増加が懸念されることとなる。なお、田代八重ダムでは堆砂の進行が速く、前掲図 3.14 で示したとおり、150 年後の流出予測計算ではすでに満砂状態となっており、事実上ダムが無い状態とみなしている。

計算結果から得られた知見を以下に示す。

- ・ 堆砂進行に伴う容量損失は進行するものの、現状から 70 年目までの流出予測結果では、現時点の治水機能との差異はほとんどみられない。各ダム の洪水調節容量が経時的に減少しても、当面は現行の治水機能が維持されることを示唆している。
- ・ 100 年後以降の計算結果から、既往最大規模の 2005 年 9 月出水に対しては、柏田基準点、柏田基準点ともピーク流量が経時的に増加する結果となっている。堆砂による容量損失が進行し、いったん治水機能の低下が確認されると、その後は時間の経過とともに治水機能は低下していく。
- ・ 既往最大規模の出水を除く 4 出水に対しては、長期的にみても大淀川水系ダム群の治水機能はおおむね維持されている。

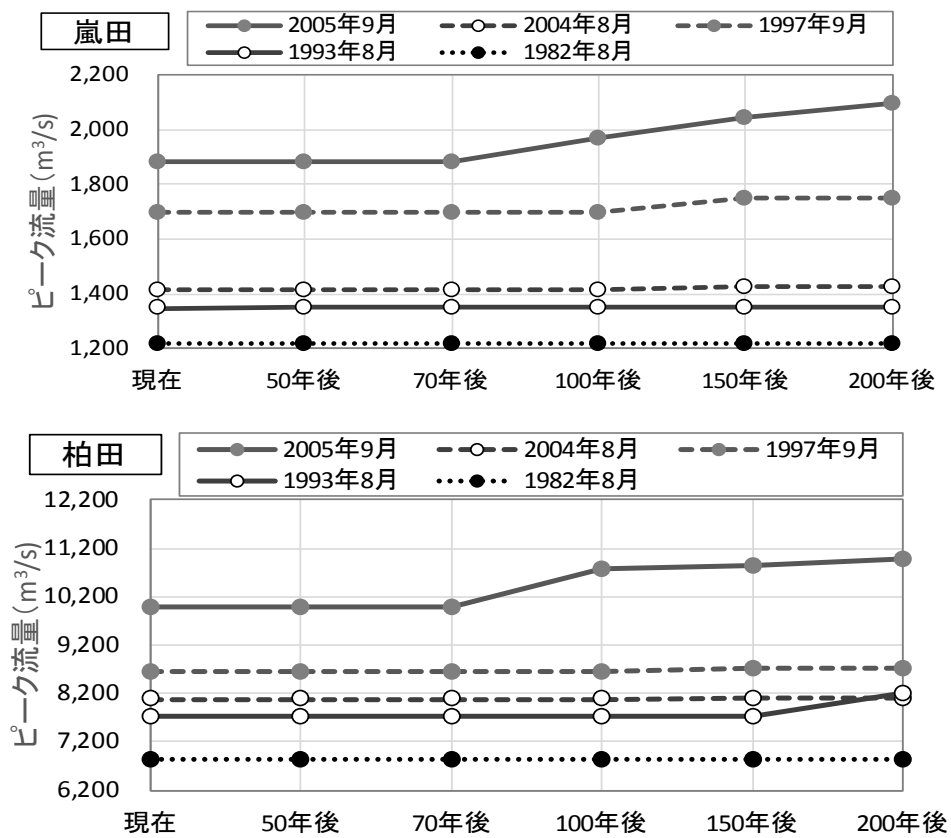


図 3.30 嵐田基準点・柏田基準点の各計算ケースにおけるピーク流出量

表 3.16 嵐田地点・柏田地点のピーク流出量

(単位 : m³/s)

対象出水	基準点	現時点 (平成 26 年)	50 年後	70 年後	100 年後	150 年後
1982 年 8 月 出水	嵐田	1,220	1,220 (1.00)	1,220 (1.00)	1,220 (1.00)	1,220 (1.00)
	柏田	6,853	6,853 (1.00)	6,853 (1.00)	6,853 (1.00)	6,853 (1.00)
1993 年 8 月 出水	嵐田	1,352	1,352 (1.00)	1,352 (1.00)	1,352 (1.00)	1,352 (1.00)
	柏田	7,715	7,715 (1.00)	7,715 (1.00)	7,715 (1.00)	7,715 (1.00)
1997 年 8 月 出水	嵐田	1,698	1,698 (1.00)	1,698 (1.00)	1,698 (1.00)	1,752 (1.03)
	柏田	8,665	8,665 (1.00)	8,665 (1.00)	8,665 (1.00)	8,712 (1.00)
2004 年 8 月 出水	嵐田	1,415	1,415 (1.00)	1,415 (1.00)	1,415 (1.00)	1,426 (1.01)
	柏田	8,097	8,097 (1.00)	8,097 (1.00)	8,097 (1.00)	8,107 (1.00)
2005 年 9 月 出水	嵐田	1,884	1,884 (1.00)	1,884 (1.00)	1,970 (1.05)	2,046 (1.09)
	柏田	9,989	9,989 (1.00)	9,989 (1.00)	10,783 (1.08)	10,856 (1.09)

() 内は「現在」に対する変化率を示す

着色部は現時点との相違があった箇所を示す

大淀川水系内ダム群の治水機能は、対策をしなくとも当面は現行の治水機能を維持することが可能であり、長期的な視点（70 年後以降）においても、治水機能低下の影響がみられるのは既往最大規模の出水が発生したケースのみである。水系全体の治水機能を維持するという点では、堆砂対策は緊急的な課題ではないといえるが、以下の点から、予防保全的な対策を検討していく必要があると考えられる。

- ・ 近年、気候変動の影響により、現行の計画規模を上回る出水の頻度が高くなっている。将来的には、「既往最大レベルの出水に備える」だけの対策としては、十分でない可能性がある。
- ・ ダム貯水池における流入土砂は、いったん貯水池に堆積すると、その除去方法としては浚渫せざるを得ない場合が多い。また、短期間で大量の土砂を除去した場合は、その処理方法が課題となる。このため、予防保全的に流入土砂を抑制する対策をとる必要がある。

3.4.6 同一水系内ダム群を対象とした効果的な対策シナリオ

前述までの結果から、大淀川水系のダム群について、現時点では堆砂対策による容量回復の必要性は小さいものの、長期的（70年後以降）にはその影響が懸念されることが明らかとなった。また、対策の優先度については、岩瀬ダム・田代八重ダムの対策の重要度が高いことが明らかとなっている。以下では、大淀川水系ダム群における堆砂対策予算の制約条件を設定し、制約条件下で水系全体の治水安全度を効果的に維持するための対策シナリオを提案する。水系全体の治水安全度については、対策による効果を流出予測計算に反映させることで評価する。

3.4.7 対策予算の制約

対策シナリオを検討するにあたって、ダムの維持管理費に関する現状を把握し、対策予算の制約条件を設定する。

金銅ら⁶⁾は、平成13年度末時点で管理中の国土交通省、内閣府、水資源開発公団のダムを対象とし、ダム維持管理費に関する調査を実施している。この調査において、回答のあった98ダムの年間維持管理費は、ダムの規模や管理設備構成の違いや、古いダムほど維持管理費用が大きくなる傾向にあるものの、平均3.4億円/年であったとされている。

維持管理費の内訳としては、「操作・制御設備関係」のコストが最も大きく、大規模な施設更新が不要である比較的新しいダムを除き、全体の約20%を占めている。次いで大きな割合を占めているのは「放流・取水設備関係」、「営繕その他管理用諸設備関係」、「貯水池対策関係」であり、それぞれ年間維持管理費の10～15%であるとなっている。本章で対象としている堆砂対策費は、その他水質保全対策、法面保護などの費用とともに貯水池対策関係に含まれている。

上記を踏まえ、大淀川水系ダム群を対象とした各ダムで堆砂対策に充当できる予算を下記のとおり約5,000万円/年と想定し、予算制約として扱うものとする。

堆砂対策に充当可能なコスト：3.4億円/年 × 15% ≒5,000万円

なお、地方自治体は、国と比較して道路、河川の整備が十分でなく、依然として維持管理よりも新規ニーズが高い傾向にあることから、社会資本の維持管理費に十分な予算を充当できていない傾向がある⁷⁾。本検討で対象とする大淀川水系内の5ダムの管理は宮崎県であり、予算制約はさらに厳しい条件となる可能性がある。

3.4.8 堆砂対策予算執行の考え方と検討ケース

社会資本の維持費は、ライフサイクルコストが最小となるよう計画していく必要があるが、世代間の費用負担を均等にするためにライフサイクルを通じて予算を平準化するという点にも留意する必要がある。この点に配慮し、以下では、大淀川水系ダム群における堆砂対策予算執行の考え方について述べる。

一般的に、ダム貯水池における堆砂対策は、貯水池への流入土砂軽減対策、貯水池へ流入する土砂そのものを通過させる対策、貯水池に堆積した土砂の排除の3つの方法に区分される。各ダムにおける最適な堆砂対策は、ダムの堆砂進行状況や周辺環境、流況などを考慮し、経済性或周辺環境に与える影響を評価することにより立案していくこととなる。本検討の着目点は、効率的

な土砂マネジメント手法を提案することであるため、想定する堆砂対策は各ダム共通して「土砂の排除による洪水調節容量の回復」であるとし、効果的な対策予算の執行について検討する。

堆砂対策の目標を「水系内ダム群の現行治水機能を維持すること」とした場合、大淀川水系ダム群の治水機能は対策を実施しなくとも当面は現行のレベルを維持できる（流出予測計算では70年後も現行機能が維持できる）ため、堆砂対策の緊急性は低いといえる。このため、当面は対策を実施せず、堆砂状況の推移をみながら、対策開始時期を見極めることが考えられる。ただし、事後保全的な対応として対策実施時期を遅らせることにより、単年で除去すべき土砂量が大きくなり、世代間の費用負担が不均衡となる。これについては、「繰延維持補修会計」によって予算管理することで対応することが望まれる。繰延維持補修会計は、将来の維持補修にかかる費用を供用期間中に割り振り、割り振られた維持補修費用が実際に支出されない場合は繰延維持補修引当金として計上する手法である。対策開始時期を遅らせた場合でも、繰延維持補修会計によって予算管理することで、世代間の費用負担均衡に配慮することが可能となる。

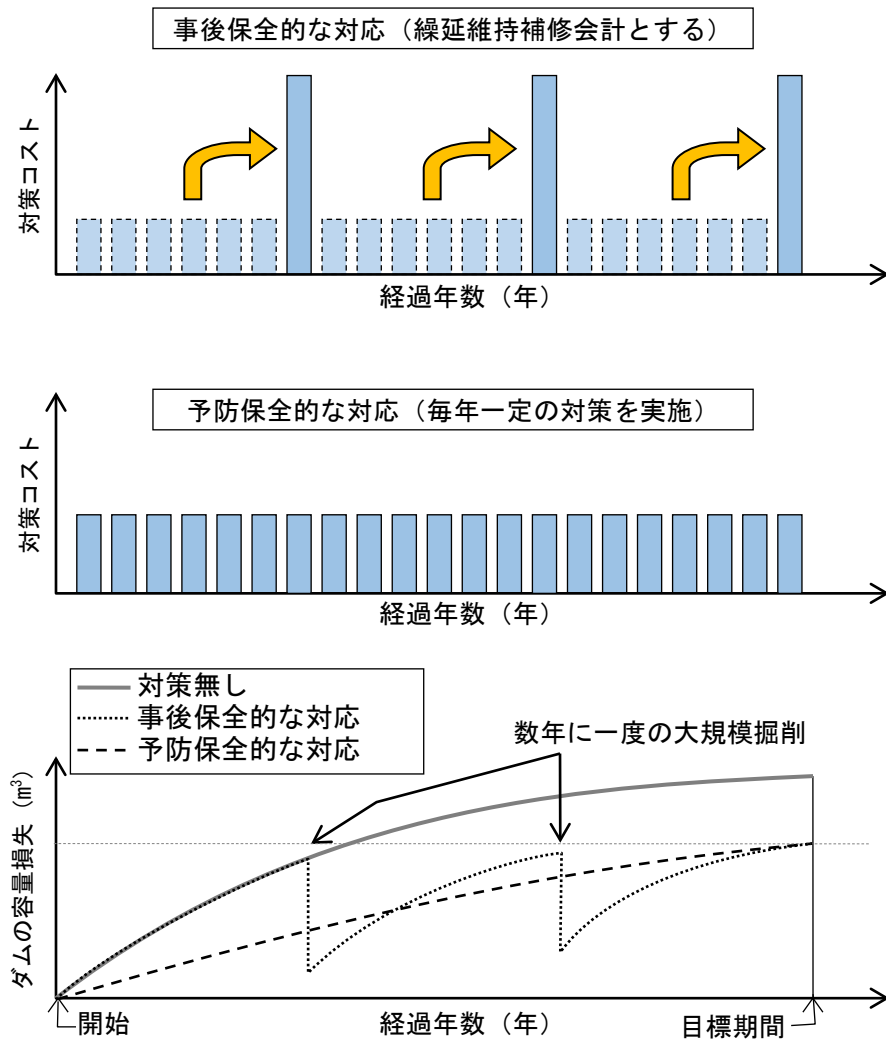


図 3.31 繰延維持補修会計による予算執行イメージ

一方、ライフサイクルコストの最小化という観点では、ライフサイクル内の堆砂対策規模をパラメータとして水系内ダム群治水機能の変化を把握し、最小限の土砂排除で水系内ダム群の治水機能のレベルを維持する対策規模を設定する必要がある。これについては、まず予算制約の上限に相当する対策を実施した場合に、水系全体の治水安全度が現行レベルを維持できるかを判定し、維持できるのであれば、対策規模をどこまで縮減できるかを感度分析的に検討していくこととなる。

3.4.9 大淀川水系ダム群における効果的な対策シナリオ

大淀川水系ダム群における効果的な堆砂対策のシナリオについて、以下の条件のもとに検討する。

- ・ 各ダムで実施する堆砂対策は、「土砂の排除による洪水調節容量の回復」を想定するものとする。
- ・ 掘削単価は運搬距離に大きく左右されるが、ここでは運搬距離 10km とした場合の積算標準単価を採用するものとし、3,000 円/m³ と設定する。
- ・ 各ダムの堆砂対策は、有効容量のうち洪水調節容量に堆積した土砂量を掘削除去して容量を回復させるものとする。このため、対策により除去した土砂量は、そのまま洪水調節容量に加算されるものとする。
- ・ 各ダムの堆砂対策に充当できる年間予算は 1 ダム当たり 50 百万円/年（3.4 億円×15%）とする。ただし、貯水池規模が他に比べて極端に小さい瓜田ダムは対策の対象から除外するものとし、ダム群としての堆砂対策総予算の上限は、4 ダムで 200 百万円/年とする。
- ・ ライフサイクル期間を 100 年間と想定し、100 年後の水系全体の治水安全度を、対策予算を反映させた流出予測計算により把握する。

検討ケースを表 3.17 に示す。前述したとおり、大淀川水系ダム群における対策優先度は岩瀬ダム、田代八重ダムが高いことから、ケース a は、岩瀬ダム、田代八重ダムに対策予算を集中させた予算配分としている。ケース b は、流域面積が他ダムと比べて極端に小さい瓜田ダムを除いた 4 ダムに対策予算を均等に配分するものである。ケース a とケース b の比較により、効果的な対策予算の配分について考察する。ケース c は、予算の配分はケース a と同様に岩瀬ダム、田代八重ダムに集中させたものとするが、対策開始時期を遅らせたケースである。前述の検討により、大淀川水系ダム群の治水機能は、対策を実施しなくとも 70 年後までは現行の治水機能を維持できることから、当面は対策を実施せず、治水機能に影響が出始めてから対策を実施するケースとした。

各ケースの対策効果は、対策効果を反映させた 100 年後の各ダム貯水池容量を入力条件とした流出予測計算を実施し、基準点のピーク流量により評価する。既往最大の 2005 年 9 月出水以外の出水に対しては、対策を実施しなくとも現行治水機能が維持されることから、計算対象は 2005 年 9 月出水のみとした。また、水系内の代表基準点として嵐田基準点、柏田基準点を抽出し、各ケース流出予測計算のピーク流出量を比較する。

表 3.17 大淀川水系ダム堆砂対策シナリオ

※維持管理期間を 100 年間とする
 ※計算対象とする出水は 2005 年 9 月出水のみ

対策シナリオ	対策期間	各ダムへのコスト割振り	100 年間コスト 総額 (億円)
a : 予防保全	現在～100 年後	田代八重ダム・岩瀬ダムに集中投資(1 億円/年×2 ダム) ※各ダム年間約 3.3 万 m ³ の堆砂除去により容量損失を遅らせる。	200 億円
b : 予防保全	現在～100 年後	瓜田ダムを除く 4 ダムに分散投資(0.5 億円/年×4 ダム) ※各ダム年間約 1.7 万 m ³ の堆砂除去により容量損失を遅らせる。	200 億円
c : 事後保全	70 年後～30 年間	田代八重ダム・岩瀬ダムに集中投資(1 億円/年×2 ダム) ※各ダム年間約 3.3 万 m ³ の堆砂除去により容量損失を遅らせる。	60 億円

各ケースの対策を実施した場合の各ダムの洪水調節容量の経時変化を図 3.32 に示す。対策により、確保された洪水調節容量については、流出予測計算の条件となる各ダムの貯水池容量曲線に反映させる。

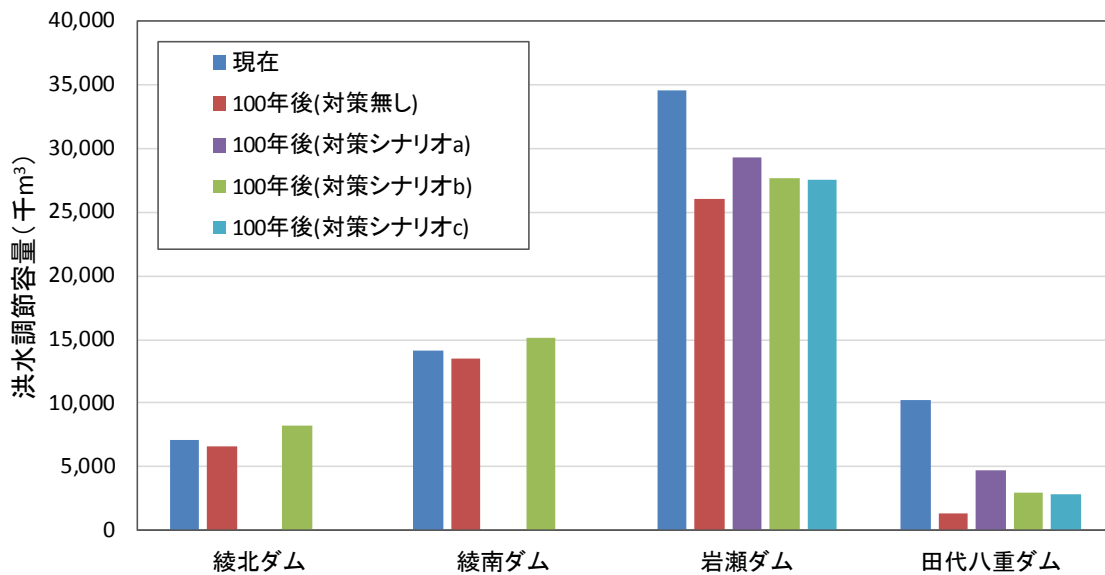


図 3.32 各ダム対策前後の洪水調節容量

各シナリオの計算結果を表 3.18 に示す。ケース a とケース b を「対策無し」と比較すると、いずれも基準点ピーク流出量の抑制効果が確認されるが、対策の優先度に配慮して予算配分したケース a において抑制効果が大きくなっている。ただし、対策効果の高いケース a でも水系全体の治水機能を現行レベルに維持することができないため、対策規模としては予算制約の上限まで実施することが必要となる。対策実施時期を遅らせたケース c では、基準点ピーク流出量の抑制効果としては対策の効果が反映されていないことがわかる。

表 3.18 各シナリオにおける 100 年後の治水機能評価

(単位 : m³/s)

	ケース a	ケース b	ケース c	対策無し
嵐 田	1,928 (0.979)	1,940 (0.985)	1,970 (1.000)	1,970
柏 田	10,285 (0.954)	10,739 (0.996)	10,783 (1.000)	10,783

- ・ 2005 年 9 月出水時の基準点ピーク流出量で評価する
- ・ () 内は「対策無し」に対する比率を示す

上記を踏まえると、大淀川水系の堆砂対策の最適なシナリオは以下のとおりとなる。

- ・ 水系内の全ダムに対策予算を均等配分するのではなく、対策優先度の高い田代八重ダム、岩瀬ダムに集中した予算配分が効果的である。
- ・ 対策規模としては、予算制約上限まで実施することが望ましい。
- ・ 対策開始時期はできるだけ早い方が望ましいが、繰延維持補修会計により対策開始時期を見極めることも可能である。
- ・ 対策開始時期を過度に遅らせると、対策効果が得られなくなることに留意する必要がある。

3.5 結語

本章では、九州西南部に位置する大淀川水系ダム群を対象とし、ダム群の有する利水機能、治水機能を効率よく維持していくための堆砂対策についてのマネジメント手法について検討した。

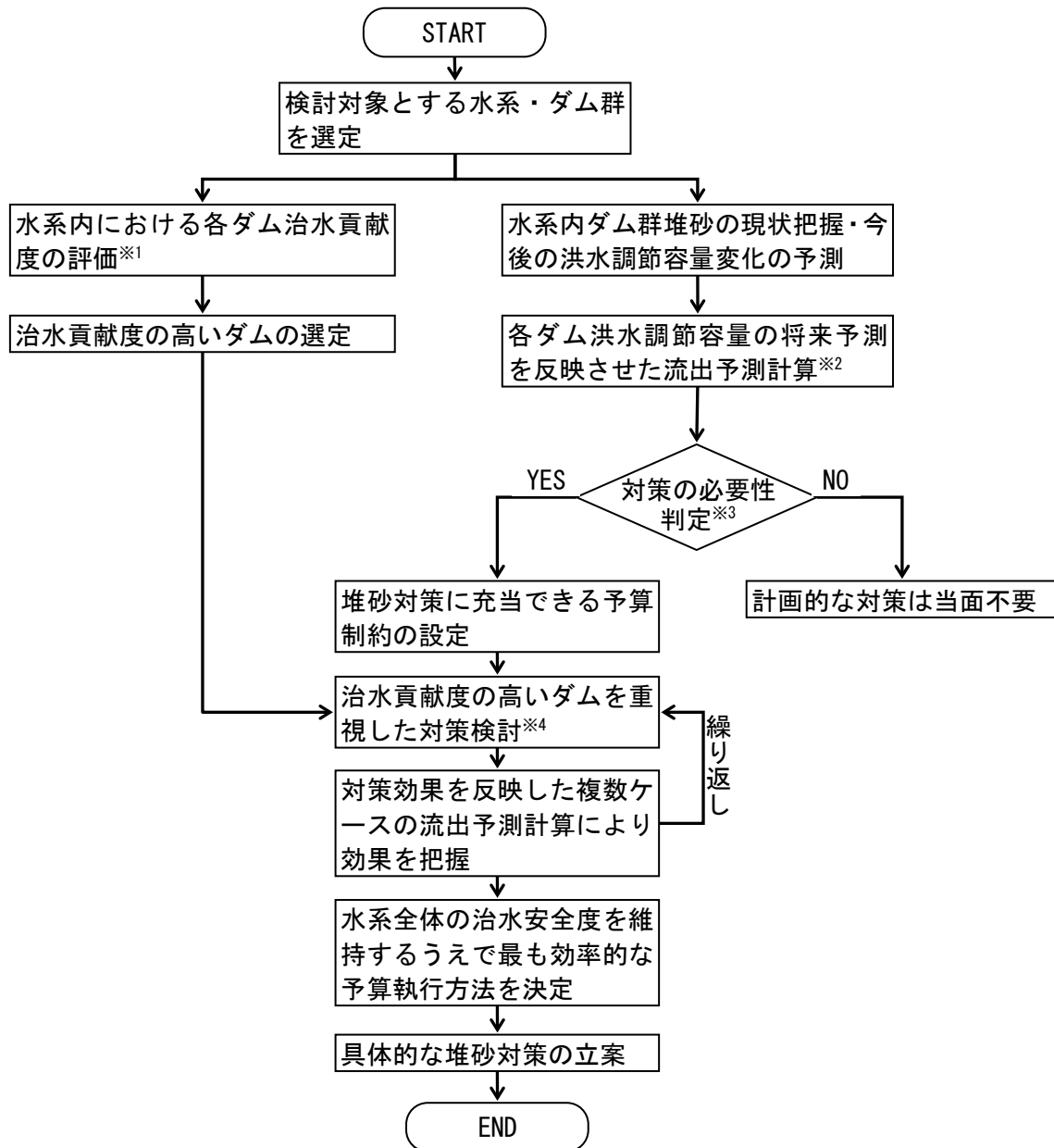
「堆砂進行に伴う利水・治水機能のリスク評価」においては、まず水系内の各ダムの利水機能、治水機能の大きさを簡易な指標により点数化することでダム群内における各ダムの重要度を評価するとともに、各ダムの堆砂進行状況を分析し、堆砂による容量損失が利水・治水機能に影響を及ぼすまでに要する時間を容量損失速度として整理した。各ダムの重要度を機能損失に伴う「被害規模」、容量損失速度を「リスクの発生確率」とし、両者のマトリックスから水系内ダム群における対策の優先度を設定する手法について述べた。

上記の手法は、ダムの有する利水機能、治水機能の双方を対象とすることができること、簡易な指標の基に優先度を設定することができることが利点として挙げられる。ただし、対策の効果を評価することができないため、対策予算の配分等、具体的な方針を設定するまでには至らない。このため、ダムの治水機能の現行機能維持を対象とし、流出予測計算を用いて対策の優先度を設定するとともに、対策効果を定量的に評価する手法について検討した。同手法の要点を以下に整理した。

- 各ダムの洪水調節操作が水系内基準点のピーク流量抑制に与える影響を、水系内それぞれのダムがある場合とない場合の基準点ピーク流量の差分で評価することで水系内各ダムの重要度を評価する。
- 各ダムの堆砂による容量損失を考慮した流出予測計算により、水系内ダム群としての堆砂対策の必要性を判定する。
- 対策が必要となった場合は、対策効果を反映した流出予測計算により、対策効果を評価する。この際、重要度の高いダムに集中的に対策予算を配分することにより、対策効果を効率的に得ることができる。

同手法では、対策の優先度を流出予測計算により評価するとともに、対策規模と効果の関係を定量的に評価できることから、同一水系内ダム群を対象とした土砂マネジメント手法として実用性があると考えられる。同手法による、マネジメント手法案を図 3.33 に示すフローで示す。一定の予算制約のもとでは、本章で提案した手法により特定した重要度の高いダムに予算を集中的に活用することで、ダム毎に個別の対策を講じるよりも高い対策効果を得ることが可能であるといえる。

なお、各ダムの堆砂進行による容量損失については、満砂状態に近くなるほど、河床変動計算を用いた精度の高い進行予測が必要となる。また、各ダムの堆砂の傾向は経年的、大洪水の発生の有無により変化するものと想定されるため、PDCA サイクルの運用により、一定期間毎に予測を評価するとともに方針を再評価していく必要がある。本章の検討を踏まえて、同一水系ダム群の長期的な機能維持に向けたマネジメント手法案を図 3.33 に示すフローで整理した。一定の予算制約のもとでは、本章で提案した手法により特定した重要度の高いダムに予算を集中的に活用することで、ダム毎に個別の対策を講じるよりも高い対策効果を得ることが可能であると考えられる。



- ※1: 水系内ダムを1基ずつ除外した計画規模出水に対する流出予測計算を実施し、基準点ピーク流出量の変化量から、水系全体に与える影響の大きいダムを選定。
- ※2: 計画期間内における各ダム洪水調節容量減少を流出予測計算に反映させた場合、将来的な基準点ピーク流出量の変化量を明らかとする。
- ※3: 近年の気候変動の影響を考慮し、計画規模以上の出水に対して対策の必要性を判定することも考えられる。

図 3.33 同一水系内ダム群を対象とした効率的な土砂マネジメント手法

参考文献

- 文献 1：水野直弥：ダムの堆砂量推計精度向上のための一方策－土砂生産量強度マップの作成－，全地連「技術 e-フォーラム 2006」名古屋，2006.9.
- 文献 2：江崎一博：貯水池の堆砂形状に関する研究，土木研究所報告，第 129 号，1966，1966.
- 文献 3：経済産業省：リスクアセスメント・ハンドブック，pp10，2011.6
- 文献 4：奥村裕史，角哲也：貯水池式水力発電所ダム湖における堆砂進行が発電運用に及ぼす影響，土木学会論文集 B1(水工学)，第 69 巻，ppI_979-984，2013.3
- 文献 5：国土交通省 水管理 ・国土保全局：大淀川水系河川整備基本方針基本高水等に関する資料（参考資料）（案），pp5-1～81，2016.3
- 文献 6：金銅将史，谷田広樹，川崎秀明：ダムの維持管理コスト，ダム技術，No.204，pp49～57，2003.9
- 文献 7：土木学会：アセットマネジメントの挑戦，pp21，2005.

4. 超過洪水に対する機能向上を目的とするマネジメント手法の検討

4.1 概説

近年、増大傾向にある外力に対応していくためには、ダムの現行機能を維持していただくだけでなく、既設ダムの再開発による機能向上を積極的に図っていく必要がある。既設ダムの治水機能を向上させる主な再開発手法として、第2章ではダムの嵩上げ、放流設備の増強について延べたが、特にダムの嵩上げについては、わずかな嵩上げで治水容量を大幅に増大させることができるため、超過洪水に対応する方策としては特に効果的であるといえる。既設ダムの嵩上げは、新設ダムの建設と比較するとコスト面や効果発現までの期間において優位な点が認められるが、新旧堤体の一体化といった技術的課題に加え、既設ダムを運用しながら施工を実施する必要がある。このため、仮設備の費用が大きくなるなどの課題を有することから、同一水系内の複数のダムを対象に嵩上げによる機能向上を図ることは現実的でないといえる。

上記のことから、ダム再開発においても、堆砂対策と同様に、最小限の投資で最大限の効果を取得するために対策優先度を高いダムを選定するとともに、最も効率的に効果を得るための再開発規模を設定できるマネジメント手法が必要であるといえる。本章では、前章に引き続き、同一水系ダム群において、効率的に水系全体の治水効果を高めるための再開発手法について検討する。検討対象とする水系は、前章と同様に、大淀川水系ダム群として流出予測計算により再開発効果を定量的に評価するとともに、得られた結果を再開発におけるマネジメント手法として提案する。

なお、本章では増大する外力に対応できる再開発手法を目的とするため、流出予測計算で考慮する降雨については、想定最大規模降雨を最大値とする超過洪水とする。

4.2 検討方法

第3章の検討が、「現行機能維持」を目的とする土砂マネジメントを対象としたものであるのに対し、ここでは超長期（数百年）で想定すべき最大外力に対する治水機能の「機能向上」を目的とする。

基本的な検討方針は前章と同様であり、同一水系ダム群を対象とし、効率的な再開発手法について検討する。本章の検討フローを以下に示す。

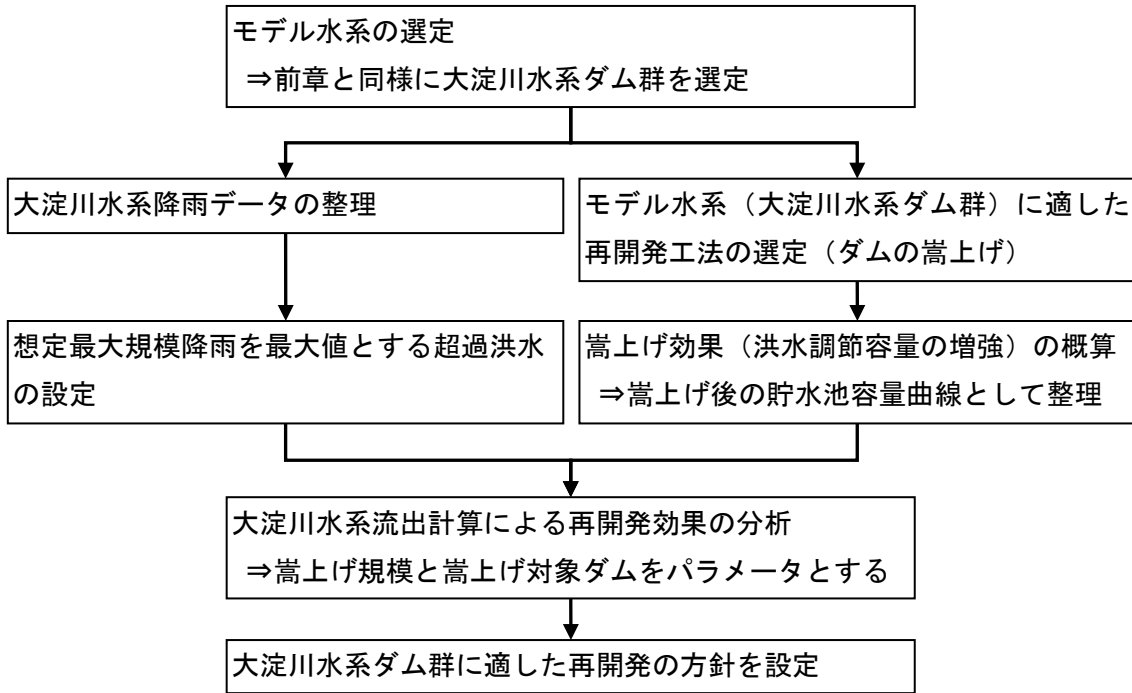


図 4.1 検討フロー

4.3 対象とする再開発工法

4.3.1 再開発工法の選定

対象とする再開発工法は、第2章の検討で効果を確認した嵩上げによる洪水調節容量の増強とする。既設ダムの嵩上げは、工事中の貯水池運用が課題となるが、数m程度の嵩上げで大幅な洪水調節容量の増強が可能である。特に重力式コンクリートダムでは、表4.1に示すとおり対数実績が蓄積されている¹⁾。これまでの国内における実績をみると、嵩上げ高さ15m以下の事例が多い。各ダム固有の留意点はあるものの、嵩上げ高さ15m程度までは技術的な課題への対応実績として十分蓄積されていることが示唆される。

表 4.1 重力式コンクリートダムの嵩上げ実績¹⁾

ダム名	標高 (m)			有効貯水量 (千 m ³)	総貯水量 (千 m ³)	湛水面積 (km ²)
新丸山ダム	98.2	→ 122.5	+24.3	38,390 → 105,220	79,520 → 146,350	2.63 → 3.70
新桂沢ダム	63.6	→ 75.5	+11.9	81,800 → 136,400	92,700 → 147,300	4.99 → 6.66
新中野ダム	63.0	→ 74.9	+21.9	600 → 2,820	764 → 3,340	0.08 → 0.18
萱瀬ダム	51.0	→ 65.5	+14.5	2,630 → 5,940	3,030 → 6,810	0.21 → 0.40
帝釈川ダム	62.1	→ 62.4	+0.3	→ 7,490	→ 14,278	0.66 → 0.66
氷川ダム	56.5	→ 58.5	+2.0	5,100 → 5,900	6,300 → 7,100	0.35 → 0.35
野州川ダム	52.7	→ 54.4	+1.7	7,280 → 7,280	8,500 → 8,500	0.50 → 0.50
黒田ダム	29.5	→ 46.0	+16.5	→ 10,100	4,550 → 11,050	→ 0.82
曲淵ダム	37.0	→ 45.0	+8.0	1,422 → 2,368	1,422 → 2,608	0.19 → 0.19
三高ダム	32.6	→ 44.0	+11.4	218 → 554	226 → 584	0.026 → 0.046
長柄ダム	30.0	→ 42.0	+12.0	4,110 → 8,750	4,210 → 9,450	0.36 →
新保川ダム	29.0	→ 38.0	+9.0	407 → 1,040	500 → 1,150	0.07 → 0.12
下の原ダム	30.6	→ 36.5	+5.9	1,319 → 2,182	1,430 → 2,300	0.15 → 0.23
坂本ダム	34.0	→ 36.3	+2.3	→ 500	→ 778	→ 0.065

4.3.2 大淀川水系における再開発パターン

表3.1に示したとおり、水系内ではアーチ式コンクリートダムである綾北ダムを除き、嵩上げ実績の豊富な重力式コンクリートダムである。大淀川水系ダムの再開発パターンとしては、極端に流域面積の小さい瓜田ダムを除く綾南・岩瀬・田代八重の3ダムの何れかを嵩上げ（同時には実施しない）により再開発するものとし、嵩上げ高さの上限は、実績の多い15mまでとした。嵩上げによる増強する洪水調節容量について、各ダム貯水池周辺地形図を用いて算出した結果を表4.2、図4.2～図4.4に示す。

表 4.2 各ダムの嵩上げによる洪水調節容量 (単位：千 m³)

ダム名	現状	+5m	+10m	+15m
綾南ダム	14,500	23,693 (1.63)	35,541 (2.45)	48,054 (3.31)
岩瀬ダム	35,000	54,980 (1.57)	89,695 (2.56)	124,410 (3.55)
田代八重ダム	11,000	15,842 (1.44)	20,683 (1.88)	27,328 (2.48)

()内は現在値に対する比率

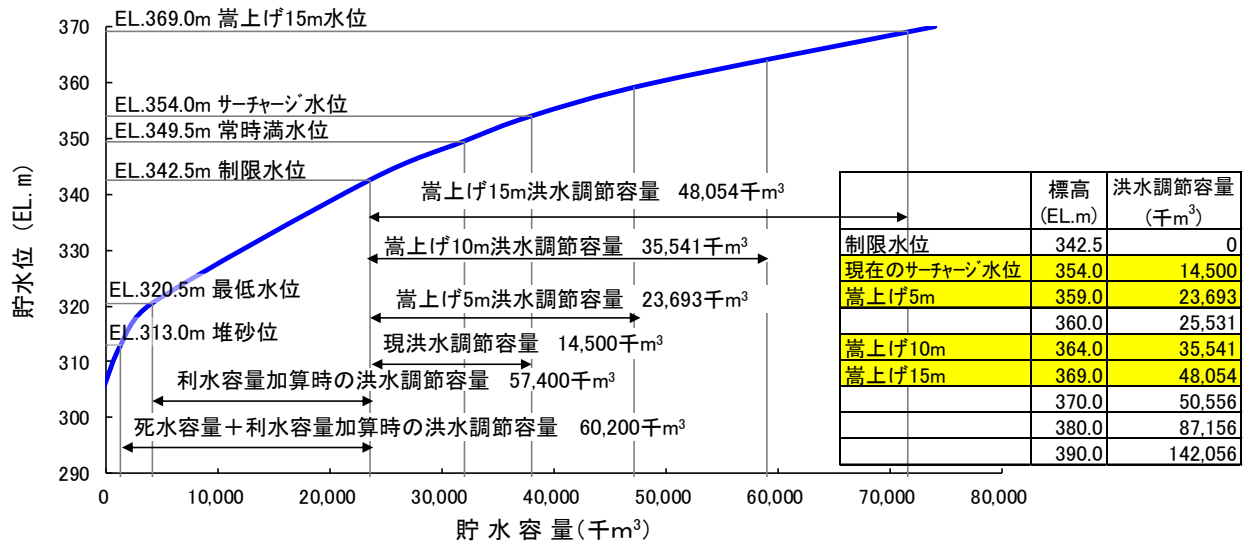


図 4.2 綾南ダム嵩上げ後の貯水池容量曲線

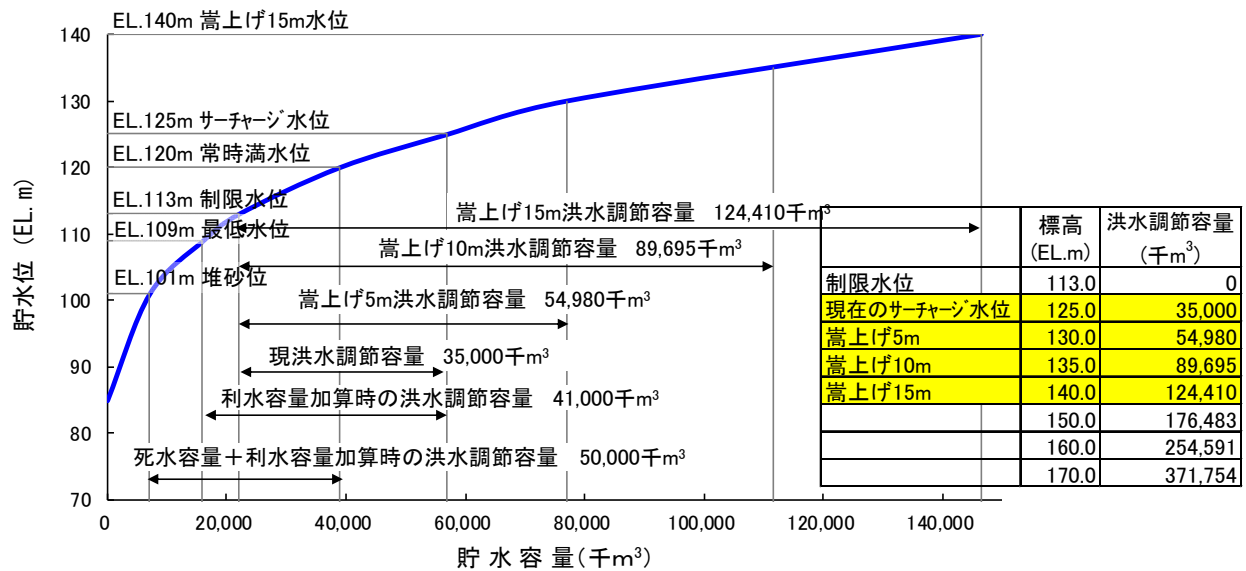


図 4.3 岩瀬ダム嵩上げ後の貯水池容量曲線

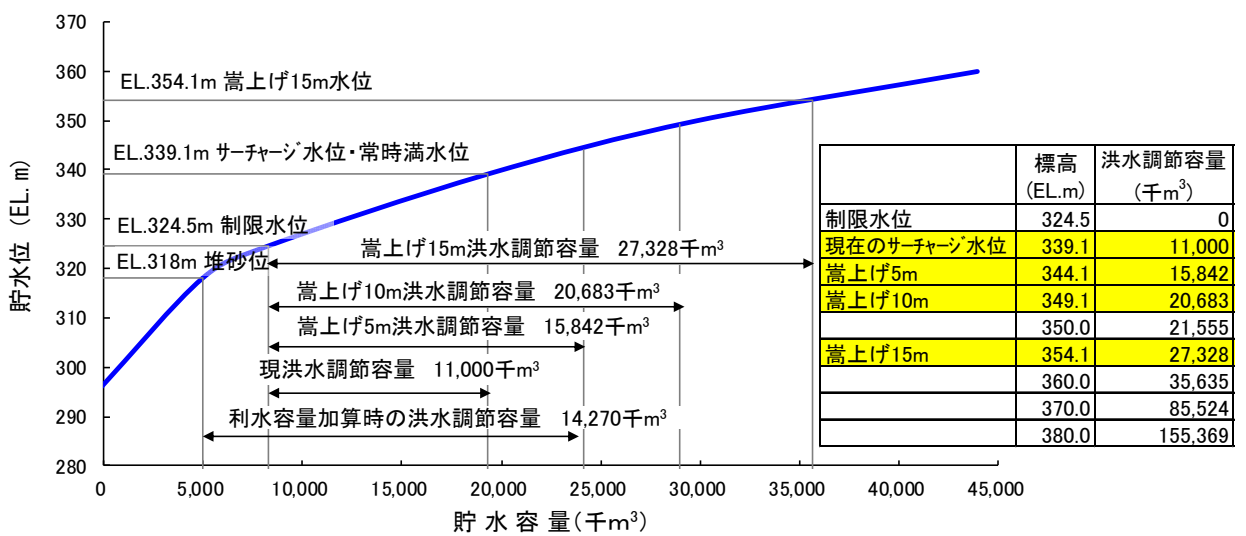


図 4.4 田代八重ダム嵩上げ後の貯水池容量曲線

4.4 検討対象降雨の選定

本章では、確率規模 100 年を上回る規模の降雨により発生する洪水を超過洪水とし、流出予測計算の入力値とする。超過洪水は、大淀川水系における実績降雨データの確率処理により設定するものとし、最大値を第 2 章で延べた「想定最大規模降雨」に相当する規模の降雨とする。

4.4.1 雨量データの収集・整理

大淀川水系における平成元年～平成 25 年までの主要 78 洪水の観測所雨量データ、ティーンセン係数データをもとに、流出解析モデルにおける分割流域毎の時間雨量を整理するとともに、各降雨の地域別、地点別の最大 24 時間雨量を整理した。各降雨の地域別、地点別の最大 24 時間雨量を整理した結果を図 4.5、図 4.6 に示す。

なお、積算雨量については、大淀川水系河川整備基本方針検討における計画降雨継続時間である 24 時間雨量を対象とした。

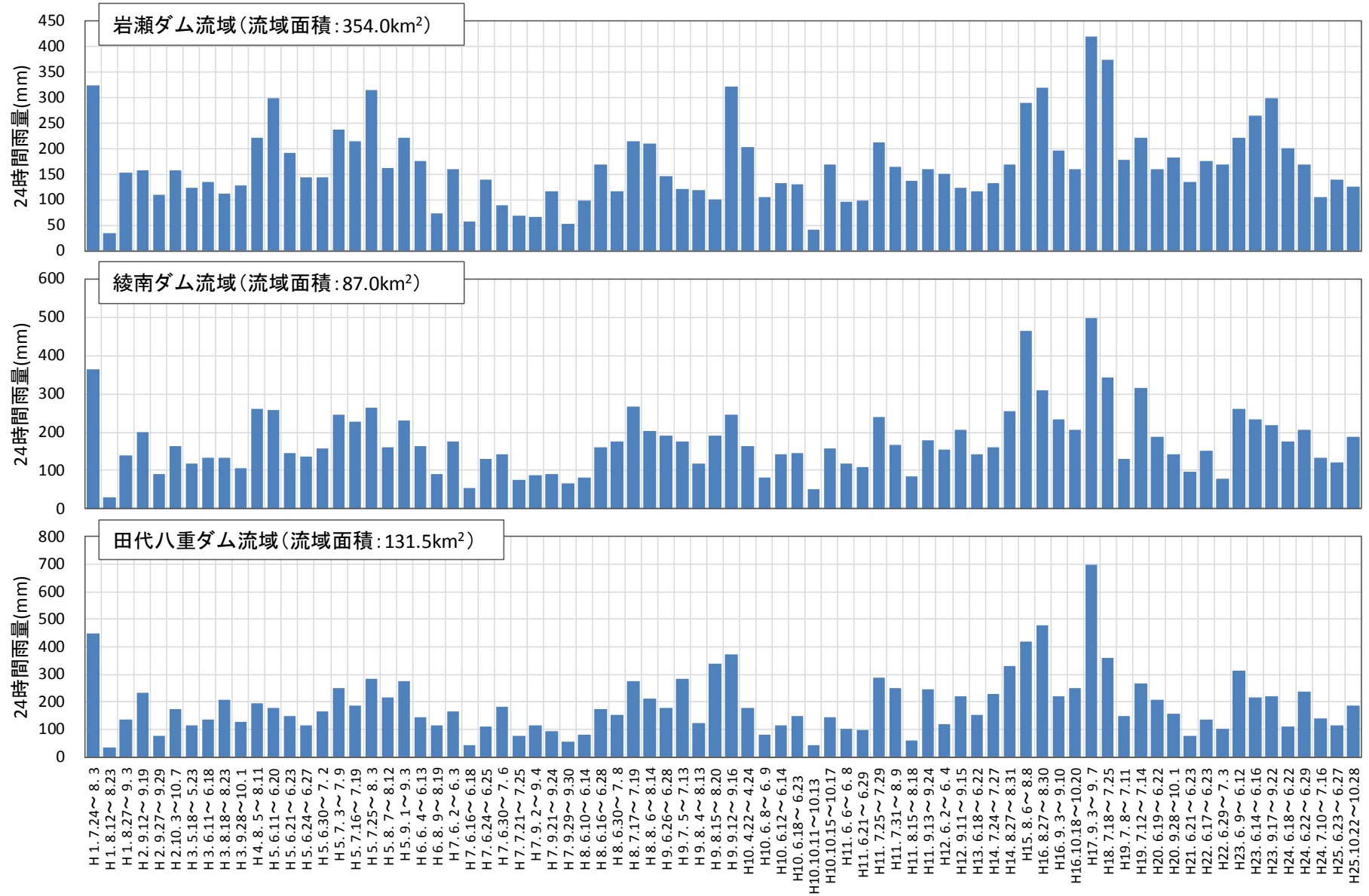


図 4.5 収集した降雨毎の流域別最大 24 時間雨量(1)

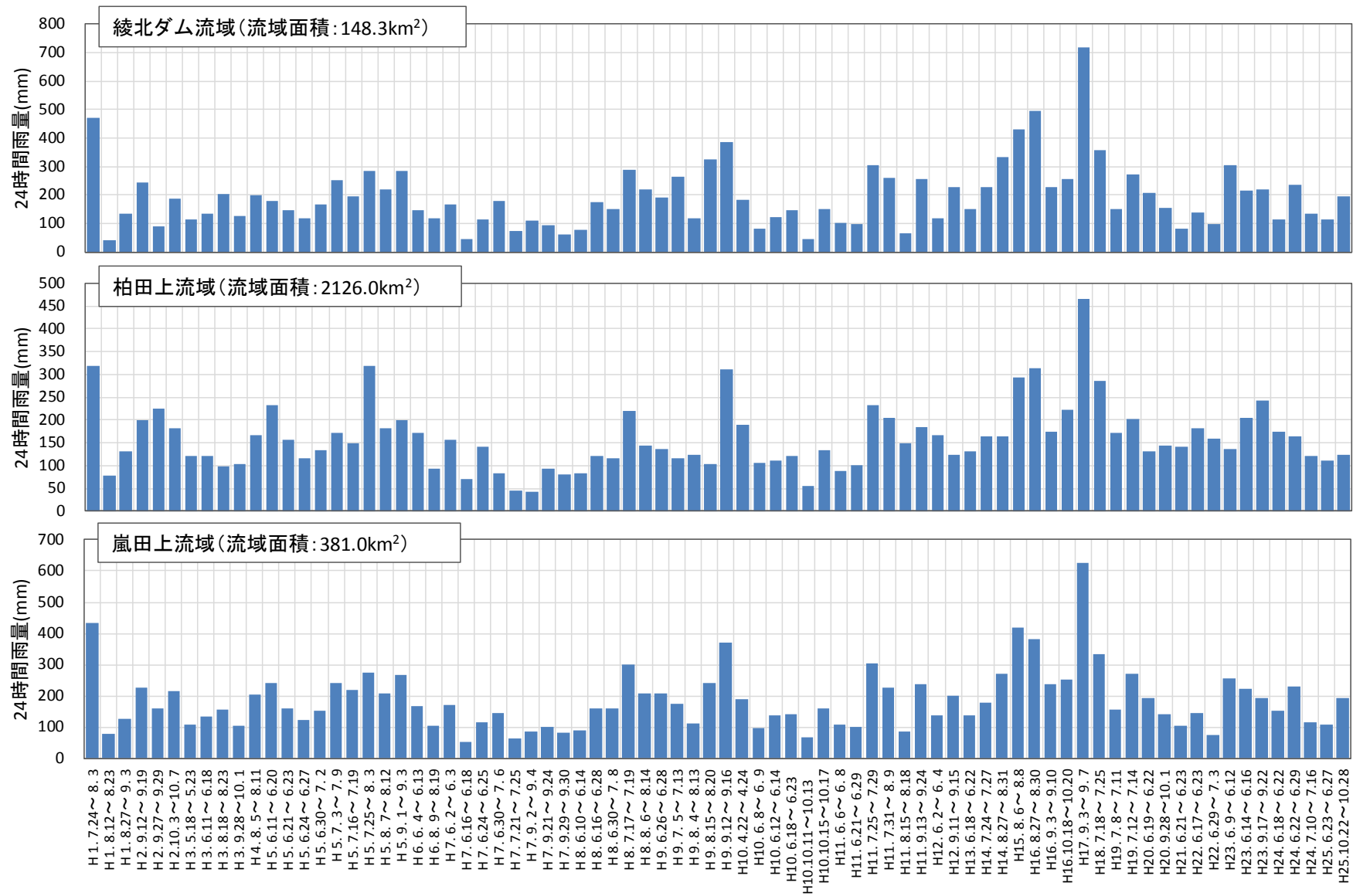


図 4.6 収集した降雨毎の流域別最大 24 時間雨量(2)

4.4.2 各規模別雨量の算定

図 4.5, 図 4.6 で整理したダム流域, 地域, 基準点毎の最大 24 時間雨量をもとに, 各地点における確率規模別雨量を算定した. 確率統計解析には水文統計ユーティリティを用い, 確率分布は $SLSC < 0.040$ となる分布の中から Jackknife 推定誤差 (計画規模 1/150 年確率で評価) が最小となるものを採用した.

算定結果を表 4.3 に示す.

表 4.3 対象地点毎の確率規模別 24 時間雨量

対象地点	ダム流域				基準点	
	岩瀬ダム	綾南ダム	田代八重ダム	綾北ダム	柏田上流域	嵐田上流域
分布	LogP3	Gumbel	Gumbel	Gumbel	IshiTaka	Gumbel
SLSC	0.039	0.029	0.035	0.035	0.036	0.033
確率年	確率雨量 (mm/24hr)					
2	208	228	254	258	200	243
3	243	269	310	316	234	292
5	284	316	373	380	272	346
10	338	374	451	460	324	414
20	394	430	526	537	375	480
30	427	462	569	582	406	518
50	470	502	623	637	446	565
80	511	539	672	688	483	608
100	531	556	696	712	501	629
150	568	588	738	756	534	666
200	595	610	768	786	558	692
400	664	664	841	861	618	756
500	687	681	864	885	638	776
800	737	718	913	935	681	819
1000	761	735	936	959	702	839
1500	807	767	978	1,003	740	876
2000	840	789	1,008	1,033	768	902
5000	953	860	1,104	1,132	861	986

4.4.3 想定最大規模降雨

「浸水想定（洪水，内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法 平成 27 年 7 月 国土交通省 水管理・国土保全局」にもとづき，大淀川水系内の各地点における想定最大規模降雨を算定する．大淀川水系は「⑮九州南東部」に位置することから，図 4.8 に示す最大降雨量の包絡線に基づいて想定最大規模降雨を算定した．なお，計画降雨継続時間は 24 時間とした．

大淀川水系における想定最大規模降雨を算定した結果を表 4.4 に示す．

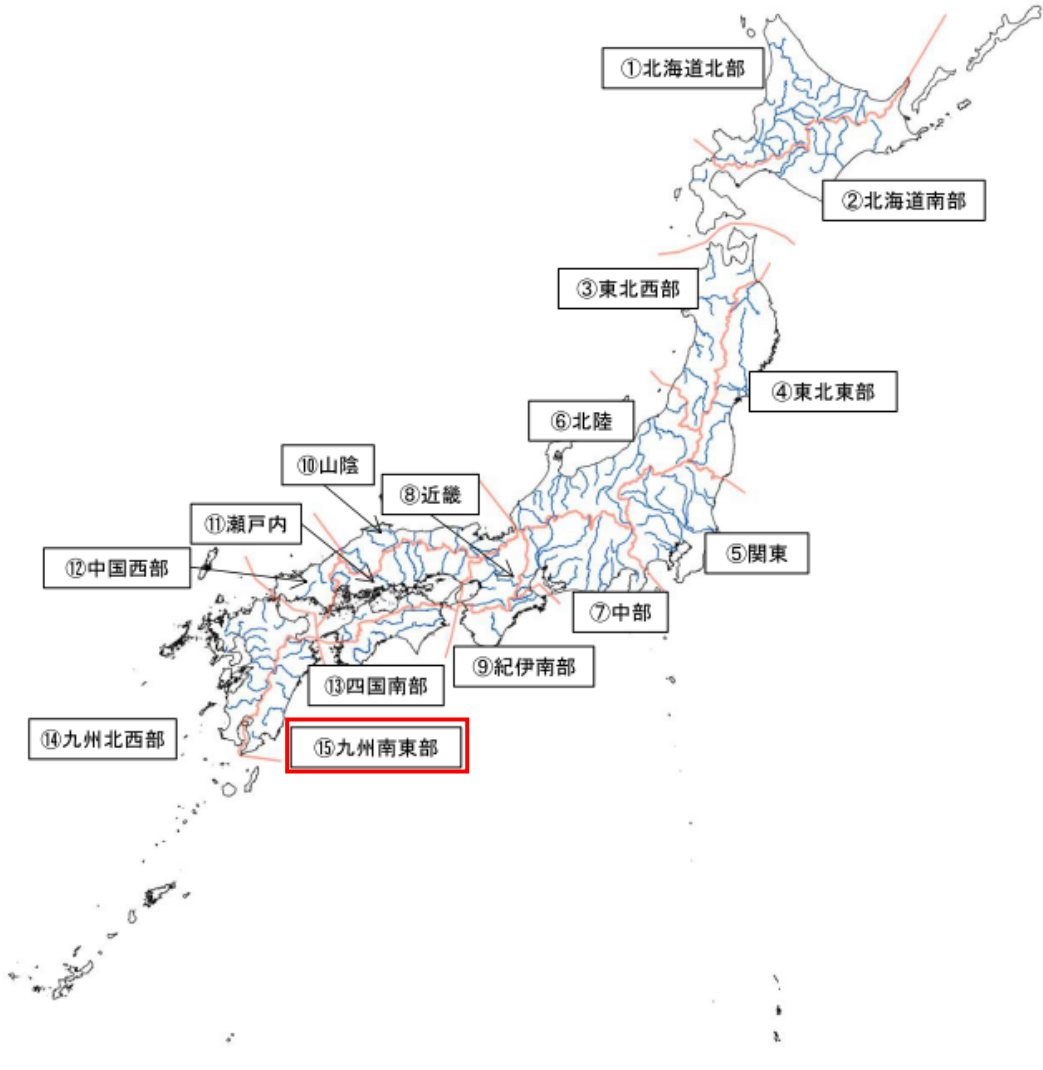


図 4.7 想定最大規模降雨に関する地域区分²⁾

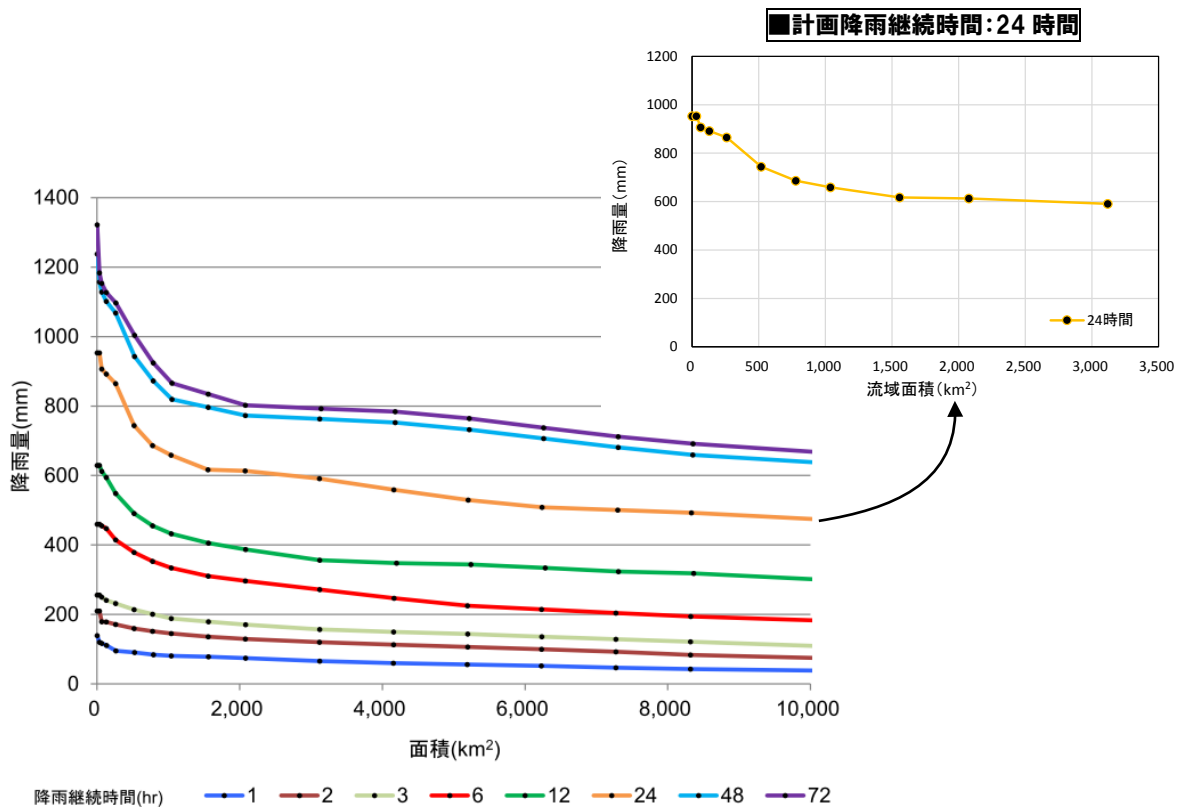


図 4.8 地域ごとの最大降雨量の包絡線 (⑮九州南東部) ²⁾

想定最大規模降雨と 1/1,000 確率雨量を比較すると、対象地点毎にバラつきはあるものの、基準点（副基準点）で評価した場合には、想定最大規模降雨と比較して 1/1,000 確率雨量の方が、同等か規模が大きくなっていることが確認できる。

このことから、本検討で対象とする外力規模（降雨規模）の上限は 1/1,000 確率規模までとした。

表 4.4 想定最大規模降雨の算定結果

対象地点		流域面積 (km ²)	想定最大規模降雨 (mm/24hr)	1/1,000 確率雨量 (mm/24hr)
ダム別	岩瀬ダム	354.0	821	761
	綾南ダム	87.0	902	735
	田代八重ダム	131.5	892	936
	綾北ダム	148.3	888	959
基準点	柏田上流域	2,126	612	702
	嵐田上流域	381	808	839

4.5 流出予測計算を用いた各ダム治水貢献度の評価

4.5.1 検討ケース

大淀川水系全体の治水安全度に最も効果的な再開発方針を検討する。

ここでは、瓜田ダムを除く 4 ダムを再開発の対象とし、再開発手法として、ダムの嵩上げによる新たな治水容量の確保について検討する。

【前提条件】

- 嵩上げは最大高さ 15m までとする。
- ダムの洪水調節方法(洪水開始流量・最大放流量)については変更しないものとする。
- 再開発対象ダムは 1 ダムのみとする。

表 4.5 再開発検討ケース

a 綾南ダム	1	嵩上げ 15m
	2	嵩上げ 10m
	3	嵩上げ 5m
b 岩瀬ダム	1	嵩上げ 15m
	2	嵩上げ 10m
	3	嵩上げ 5m
c 田代八重ダム	1	嵩上げ 15m
	2	嵩上げ 10m
	3	嵩上げ 5m

検討対象降雨の選定は、4.3.1 項で延べたとおりであるが、ここではこのうち基準点柏田における実績最大規模降雨である H17.9.3 ~ 9.7 を抽出し、確率規模に応じた引き伸ばしにより入力する超過洪水とした。

表 4.6 対象降雨

洪水 No.	降雨年・月・日	降雨分布型	確率規模			
			1/1000 (想定最大規模相当)	1/800	1/500	1/200
62	H17.9.3 ~ 9.7	本庄川型	1/1000 (想定最大規模相当)	1/800	1/500	1/200

4.5.2 計算結果

各ダム洪水調節について、計画最大放流量を変えず、各ダムの操作を現行のままとし、流出予測計算により各ダムの嵩上げ効果を定量的に評価した。嵩上げをしない場合の各ダム地点、柏田基準点、嵐田基準点のピーク流量を表 4.7 に、嵩上げを実施した場合の効果を表 4.8、図 4.9 に示す。また、柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量の経時変化を示すグラフとして、綾南ダム嵩上げ 5m・10m・15m とする結果を図 4.11～図 4.13 に、岩瀬ダム嵩上げ 5m・10m・15m とする結果を図 4.14～図 4.16 に、田代八重ダム嵩上げ 5m・10m・15m とする結果を図 4.17～図 4.19 にそれぞれ示す。

表 4.7 流出予測計算結果（嵩上げをしない場合）

(単位：m³/s)

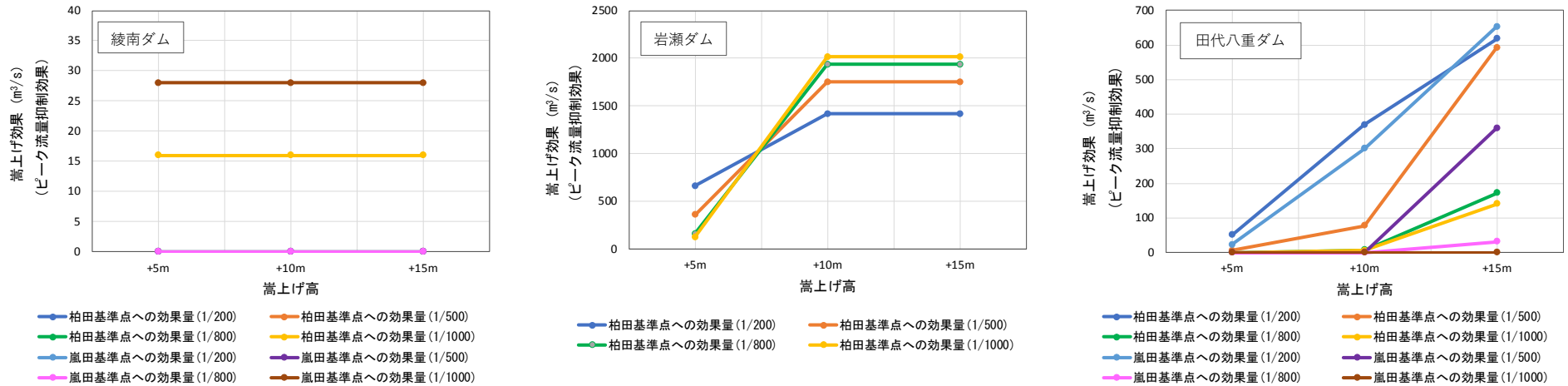
			ダムなし	ダムあり				
			実績規模	実績規模	1/200	1/500	1/800	1/1000
嵩上げ なし	基準地点	柏田	11,753	11,157	13,801	15,842	16,992	17,481
		嵐田	3,136	2,753	3,568	4,065	4,350	4,487
	ダム地点	岩瀬ダム	2,101	2,101	2,549	2,934	3,161	3,252
		田代八重ダム	1,375	1,375	1,659	1,901	2,044	2,102
		綾北ダム	1,573	1,573	1,895	2,170	2,332	2,397
		綾南ダム	574	574	690	793	855	882

表 4.8 流出予測計算による嵩上げ効果の算定結果（嵩上げ効果がある箇所を着色）

※岩瀬ダムは嵐田基準点上流に位置することから、嵐田基準点流量を評価対象から除外している
（単位：m³/s）

ダム名	再開発規模 (嵩上げ高)		実績			1/200			1/500			1/800			1/1000		
			ピーク流量		嵩上げ 効果	ピーク流量		嵩上げ 効果	ピーク流量		嵩上げ 効果	ピーク流量		嵩上げ 効果	ピーク流量		嵩上げ 効果
			嵩上げ後	嵩上げ前		嵩上げ後	嵩上げ前		嵩上げ後	嵩上げ前		嵩上げ後	嵩上げ前		嵩上げ後	嵩上げ前	
綾南	+5m	柏田	11,157	11,157	0	13,801	13,801	0	15,842	15,842	0	16,992	16,992	0	17,465	17,481	16
		嵐田	2,753	2,753	0	3,568	3,568	0	4,065	4,065	0	4,350	4,350	0	4,458	4,487	28
	+10m	柏田	11,157	11,157	0	13,801	13,801	0	15,842	15,842	0	16,992	16,992	0	17,465	17,481	16
		嵐田	2,753	2,753	0	3,568	3,568	0	4,065	4,065	0	4,350	4,350	0	4,458	4,487	28
	+15m	柏田	11,157	11,157	0	13,801	13,801	0	15,842	15,842	0	16,992	16,992	0	17,465	17,481	16
		嵐田	2,753	2,753	0	3,568	3,568	0	4,065	4,065	0	4,350	4,350	0	4,458	4,487	28
岩瀬	+5m	柏田	10,089	11,157	1,068	13,138	13,801	663	15,483	15,842	360	16,831	16,992	161	17,353	17,481	128
	+10m	柏田	10,089	11,157	1,068	12,386	13,801	1,416	14,091	15,842	1,751	15,057	16,992	1,936	15,468	17,481	2,013
	+15m	柏田	10,089	11,157	1,068	12,386	13,801	1,416	14,091	15,842	1,751	15,057	16,992	1,936	15,468	17,481	2,013
田代八重	+5m	柏田	10,830	11,157	327	13,751	13,801	51	15,836	15,842	6	16,992	16,992	0	17,481	17,481	0
		嵐田	2,460	2,753	293	3,545	3,568	23	4,065	4,065	0	4,350	4,350	0	4,487	4,487	0
	+10m	柏田	10,830	11,157	327	13,433	13,801	369	15,765	15,842	77	16,985	16,992	7	17,475	17,481	6
		嵐田	2,460	2,753	293	3,269	3,568	300	4,065	4,065	0	4,350	4,350	0	4,487	4,487	0
	+15m	柏田	10,830	11,157	327	13,183	13,801	618	15,250	15,842	593	16,821	16,992	172	17,341	17,481	140
		嵐田	2,460	2,753	293	2,915	3,568	653	3,705	4,065	360	4,318	4,350	32	4,487	4,487	0

97



左：綾南ダム嵩上げ 中央：岩瀬ダム嵩上げ 右：田代八重ダム嵩上げ

図 4.9 嵩上げ効果（ピーク流量抑制効果）

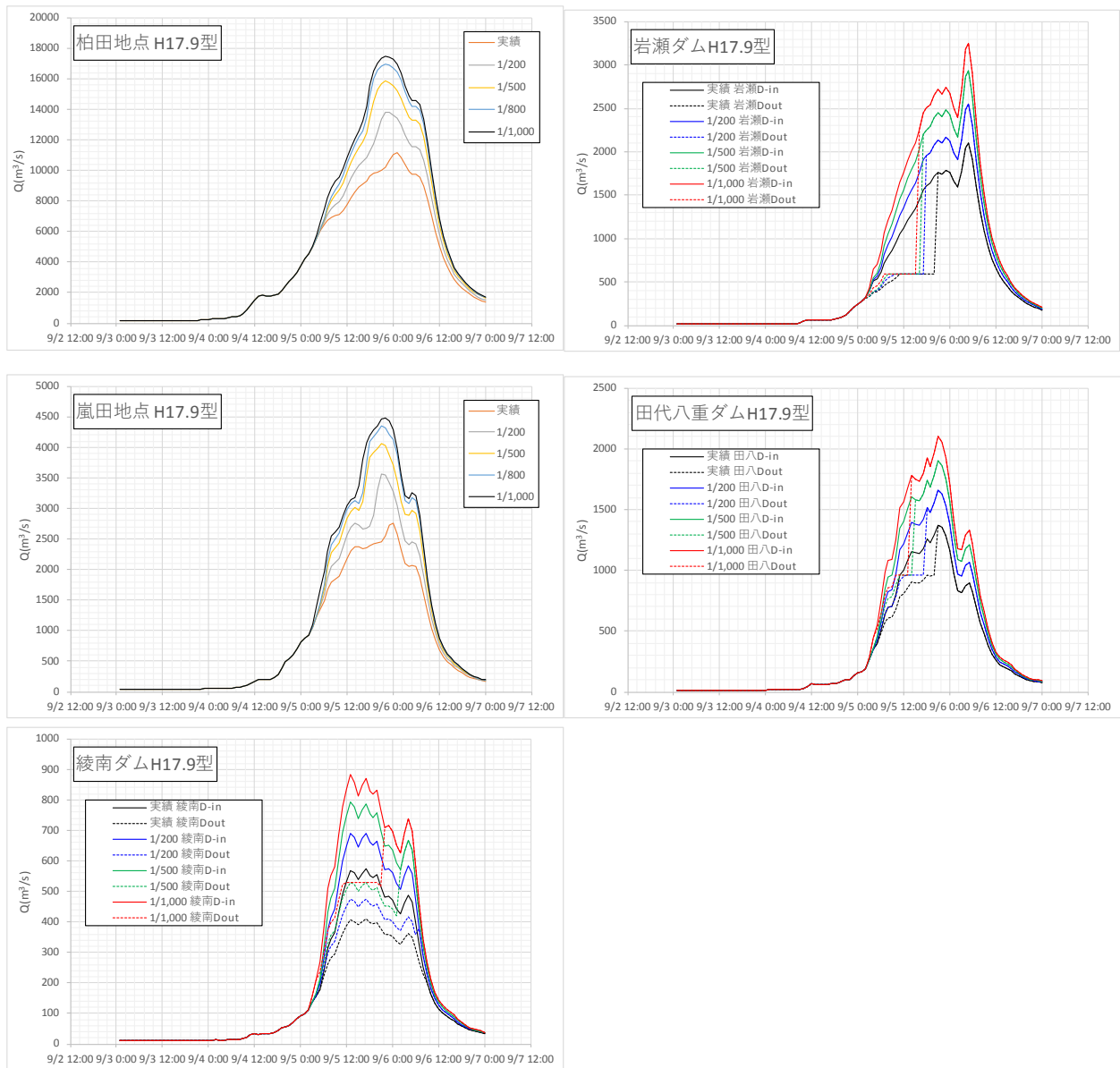


図 4.10 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量
【嵩上げをしない場合】

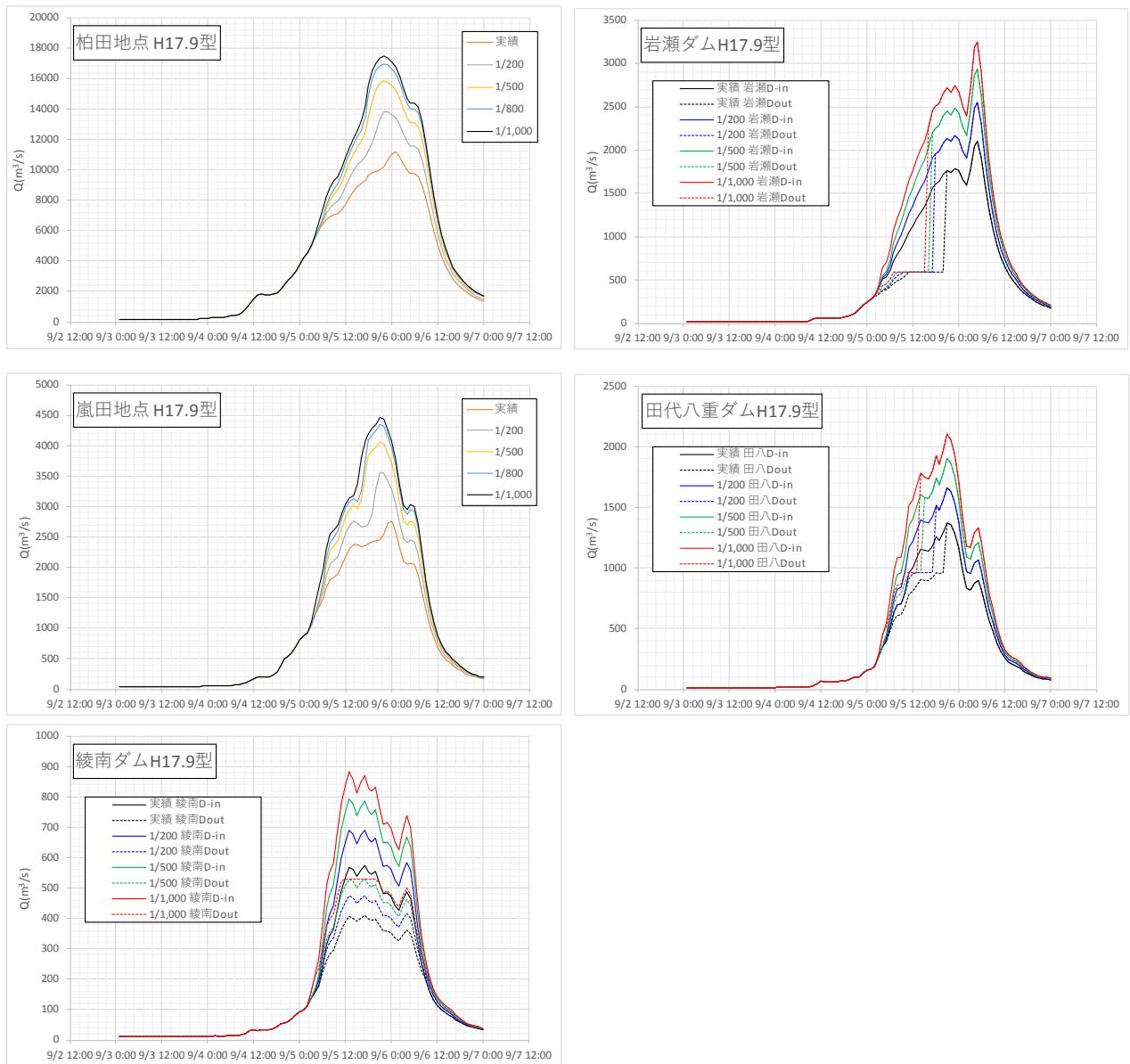


図 4.11 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と4ダムにおける流入量・放流量
【綾南5m嵩上げ】

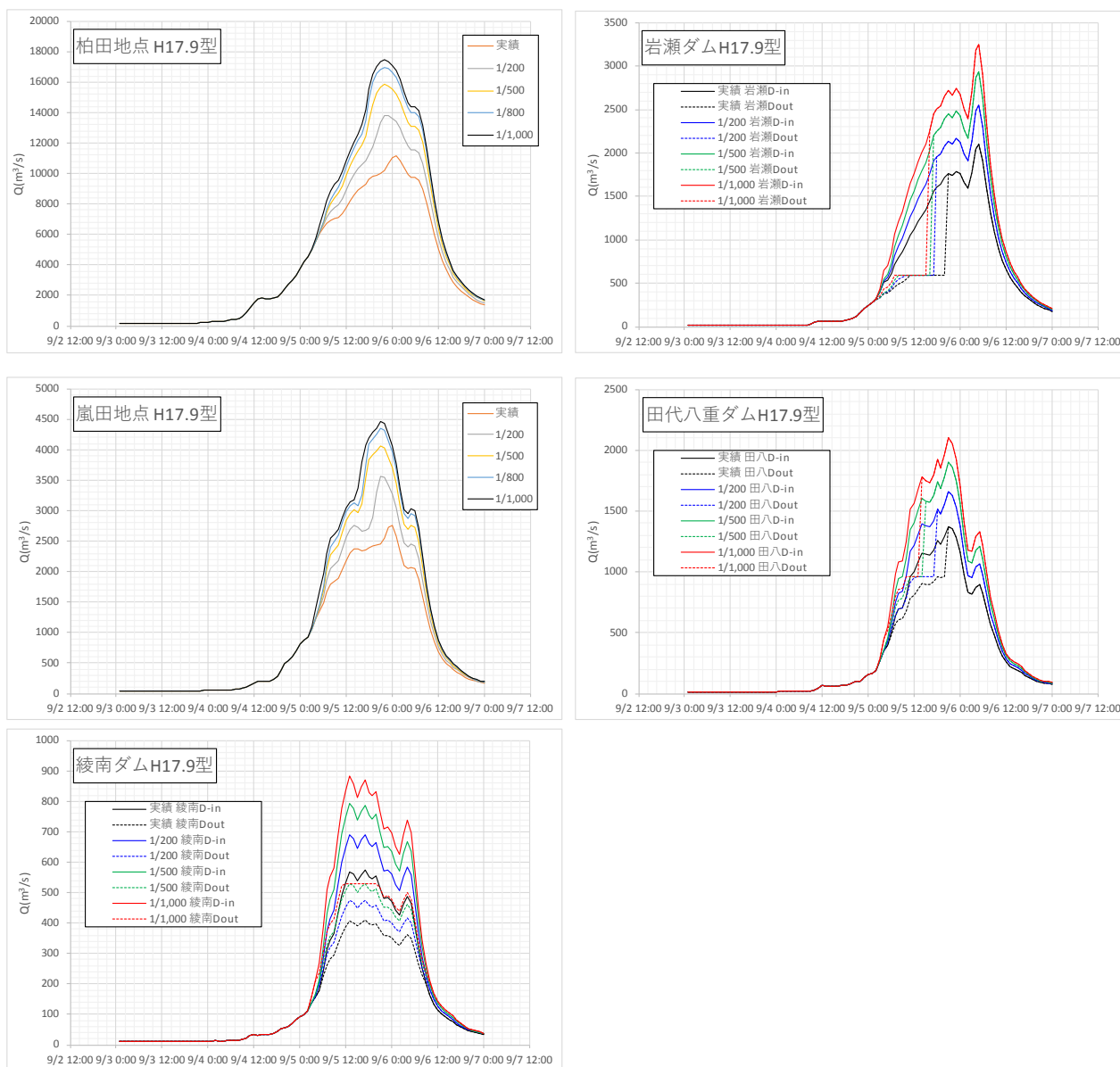


図 4.12 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と4ダムにおける流入量・放流量
【綾南10m嵩上げ】

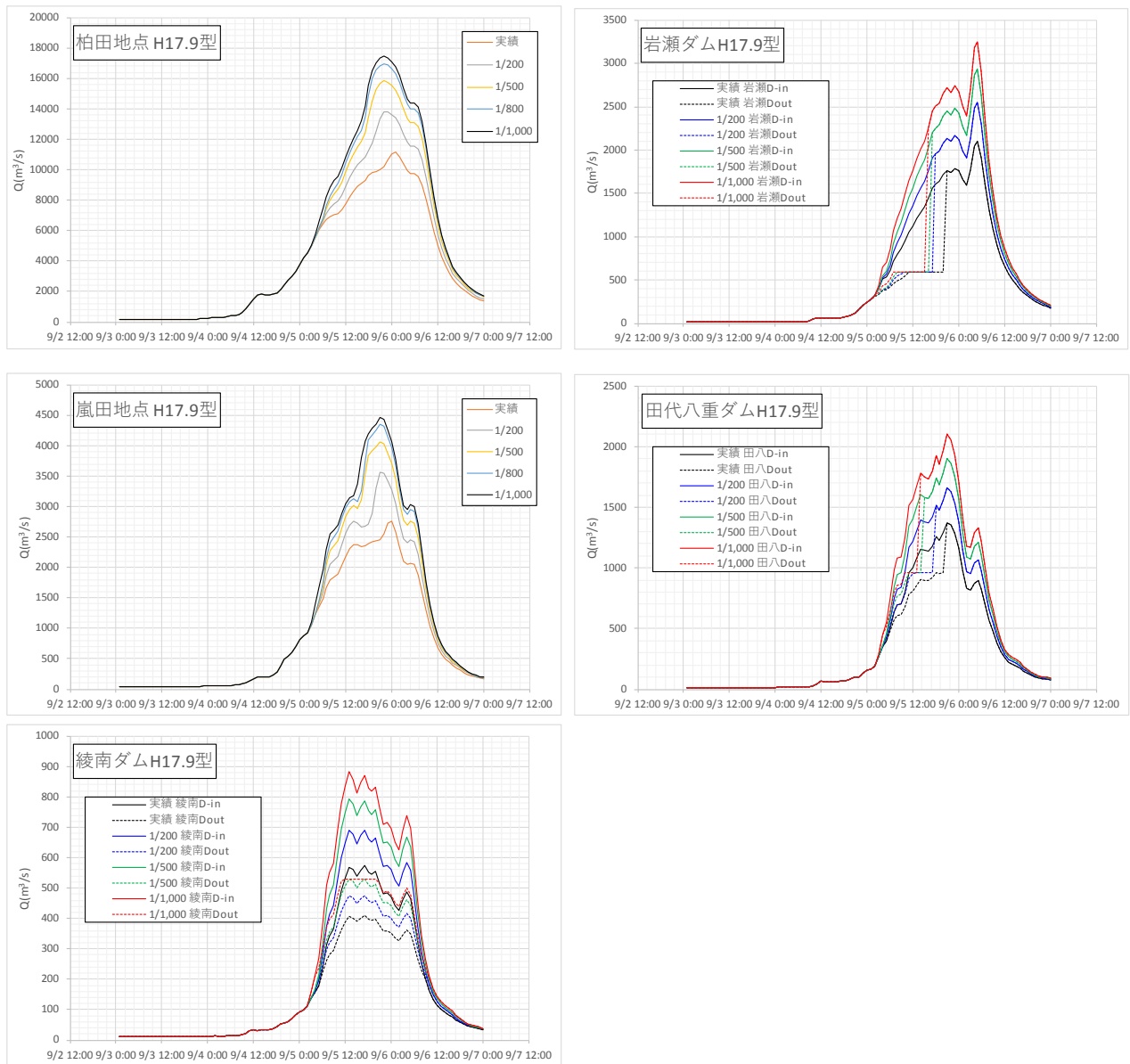


図 4.13 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量
【綾南 15m 嵩上げ】

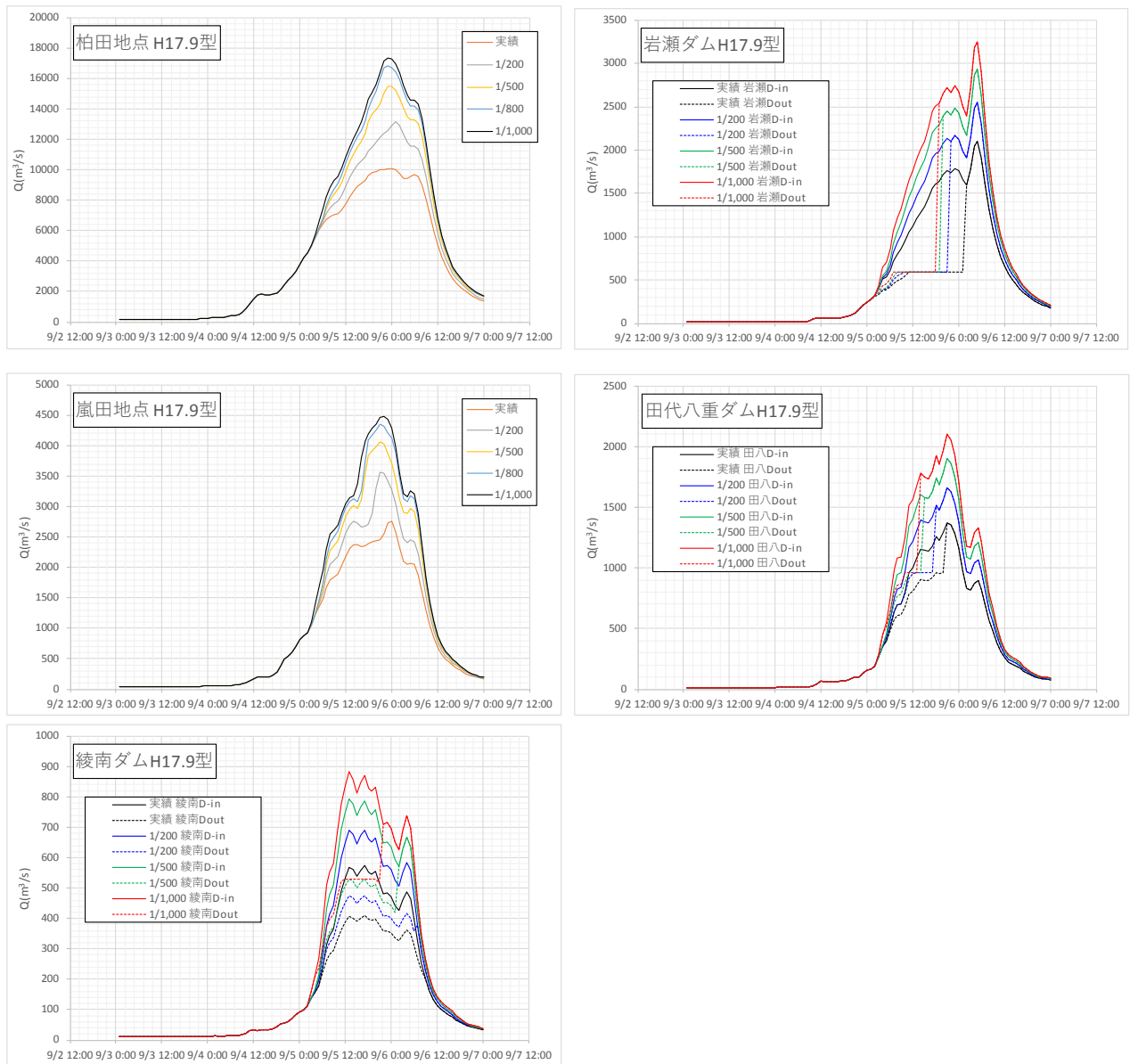


図 4.14 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量
【岩瀬 5m 嵩上げ】

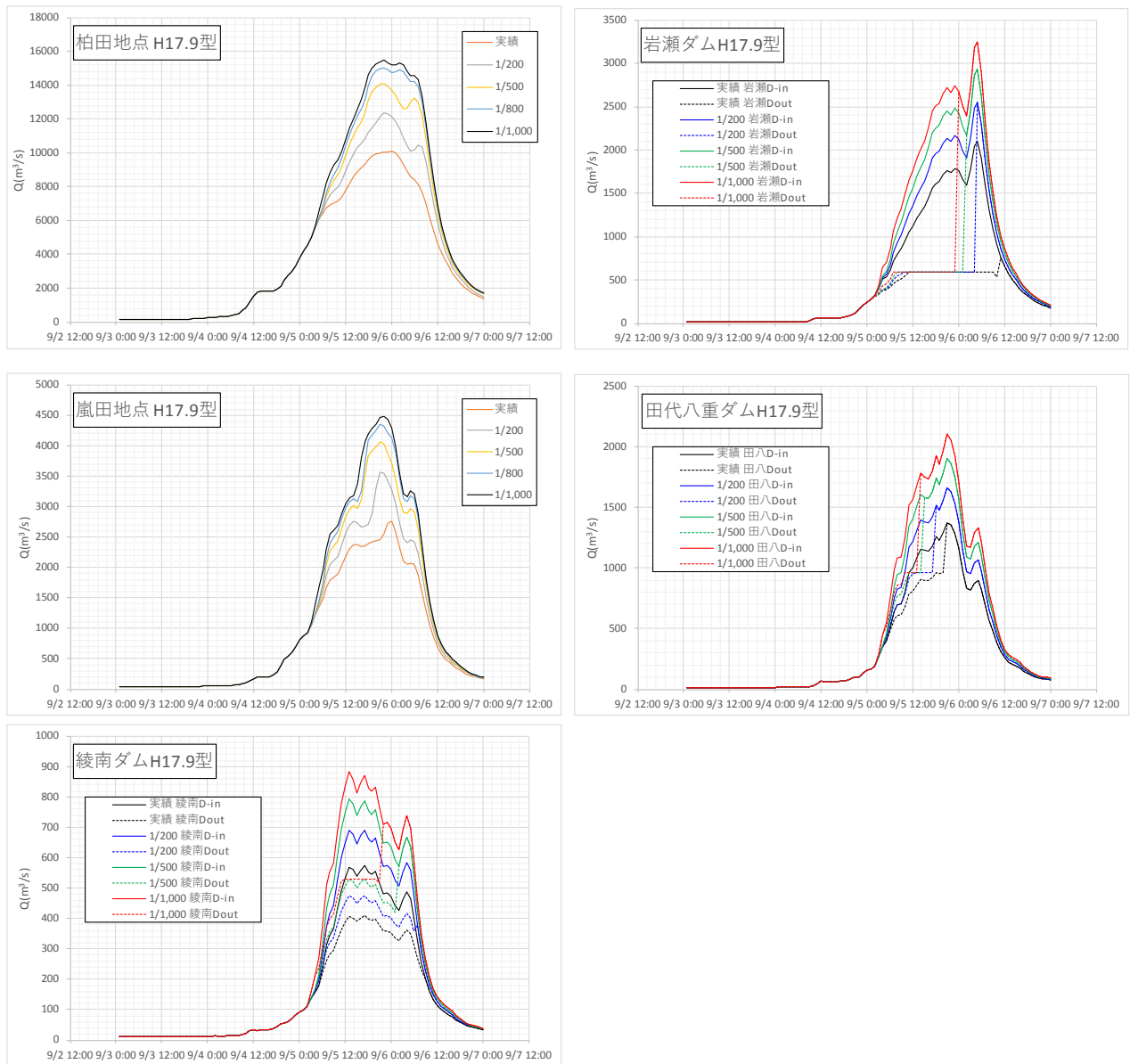


図 4.15 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量
【岩瀬 10m 嵩上げ】

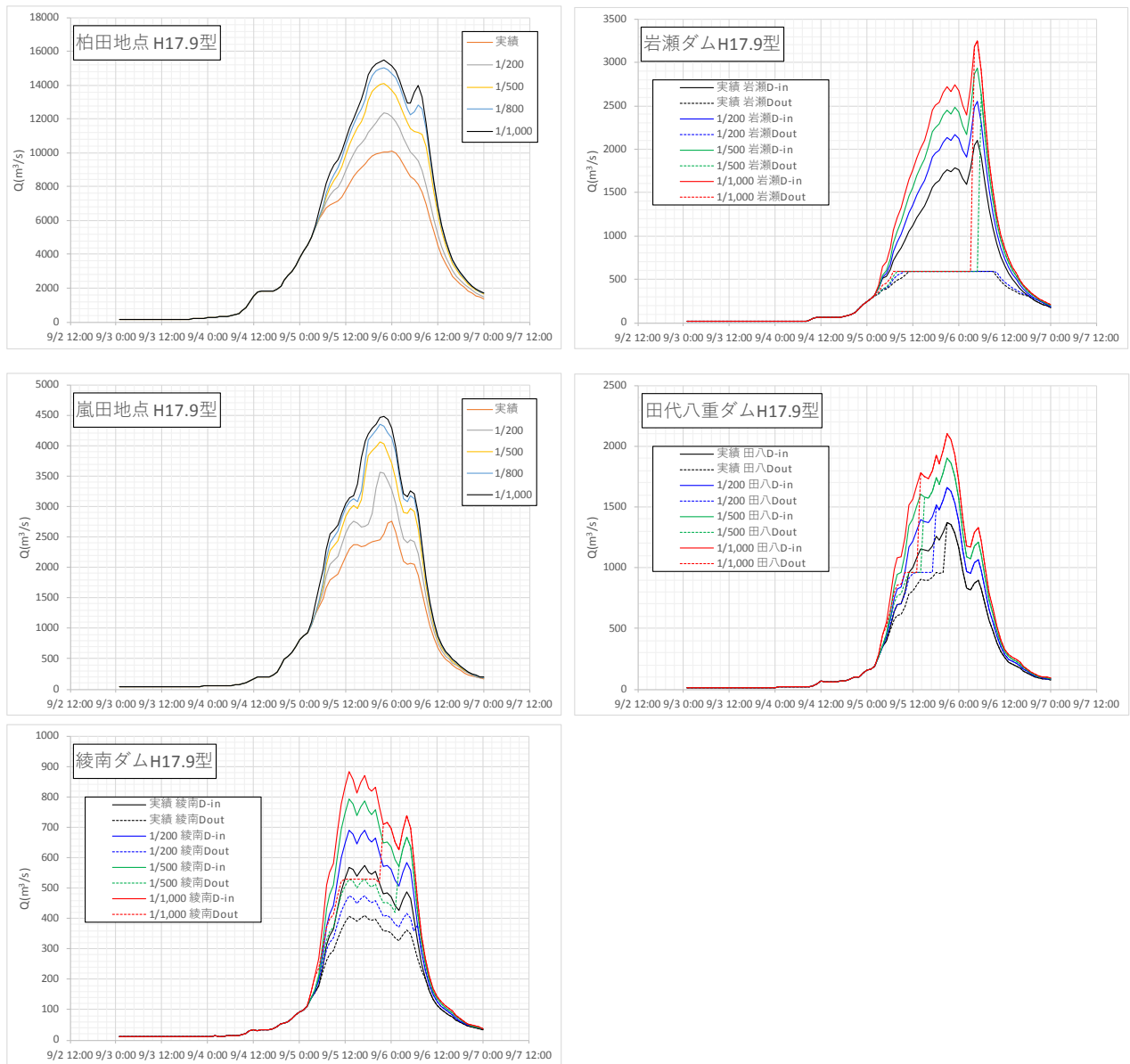


図 4.16 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量
【岩瀬 15m 嵩上げ】

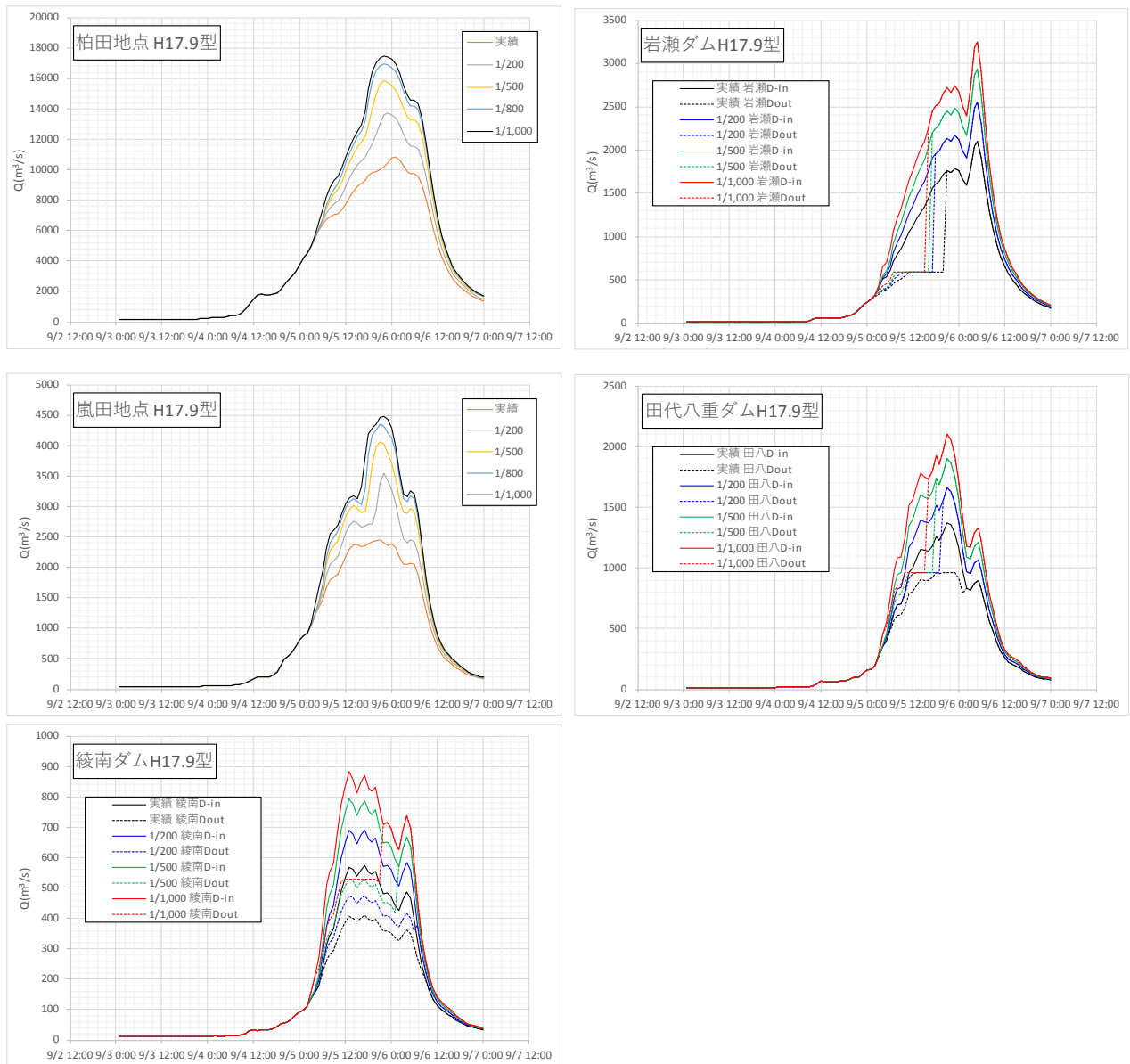


図 4.17 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量
【田代八重ダム 5m 嵩上げ】

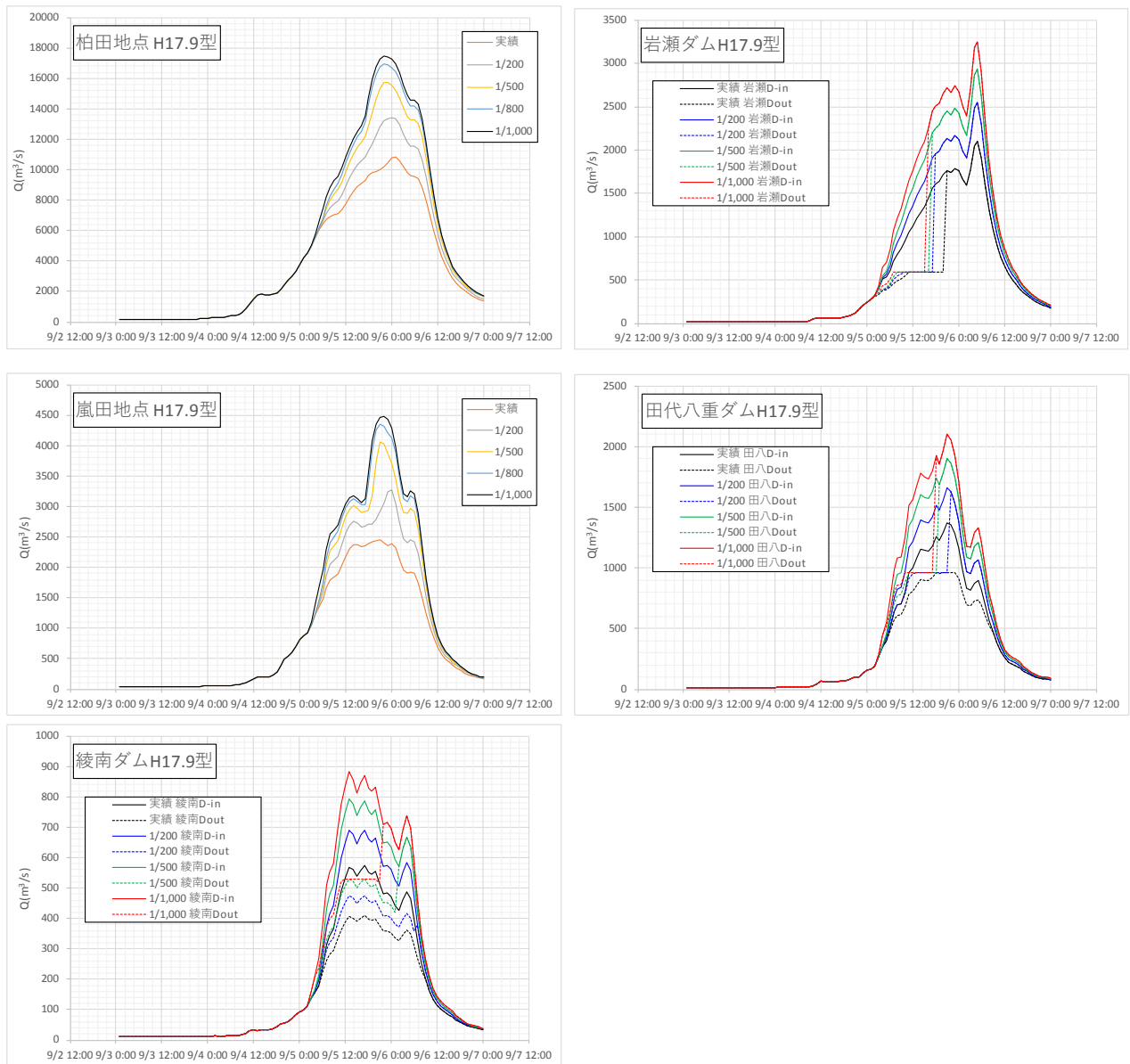


図 4.18 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量
【田代八重ダム 10m嵩上げ】

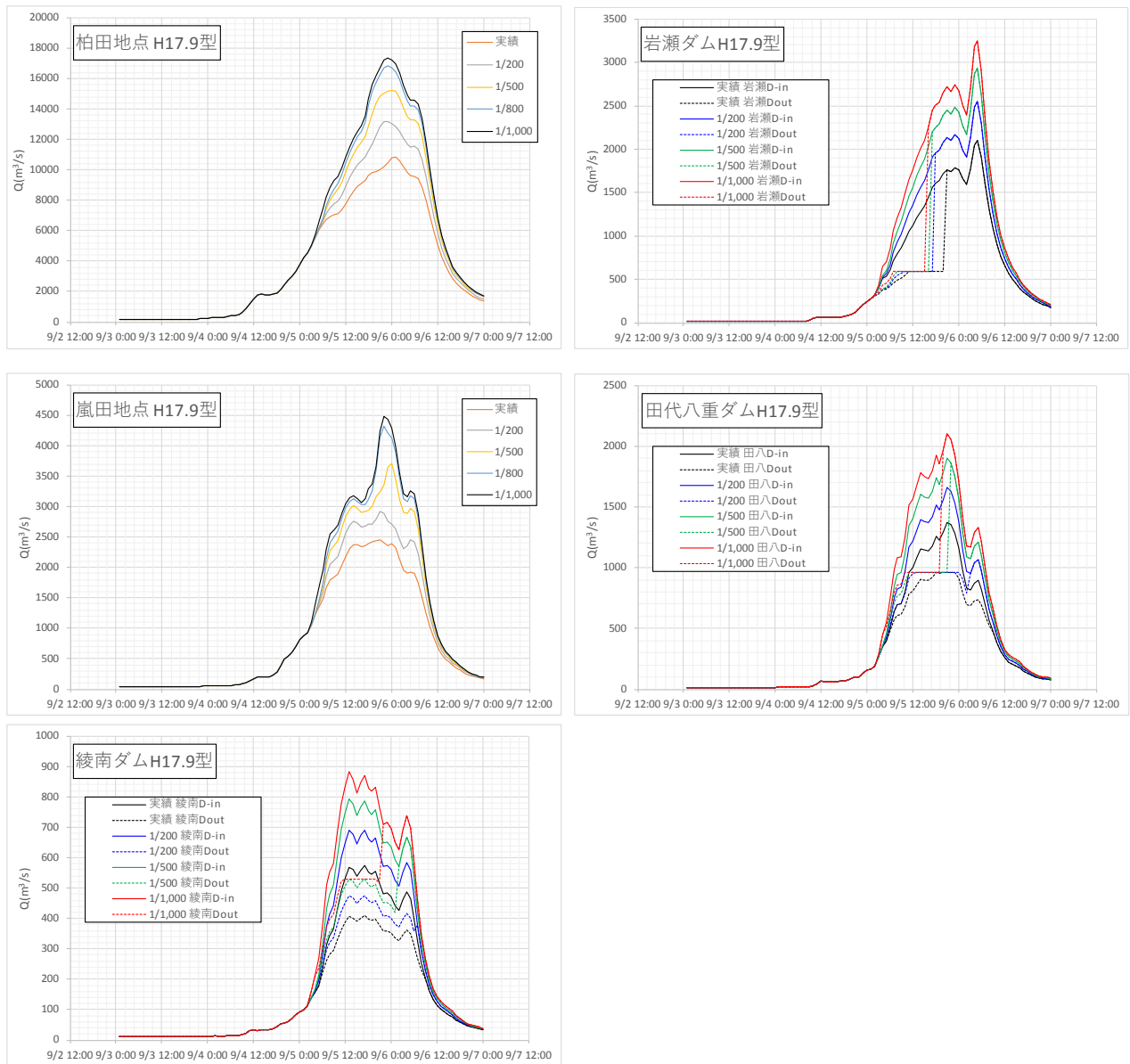
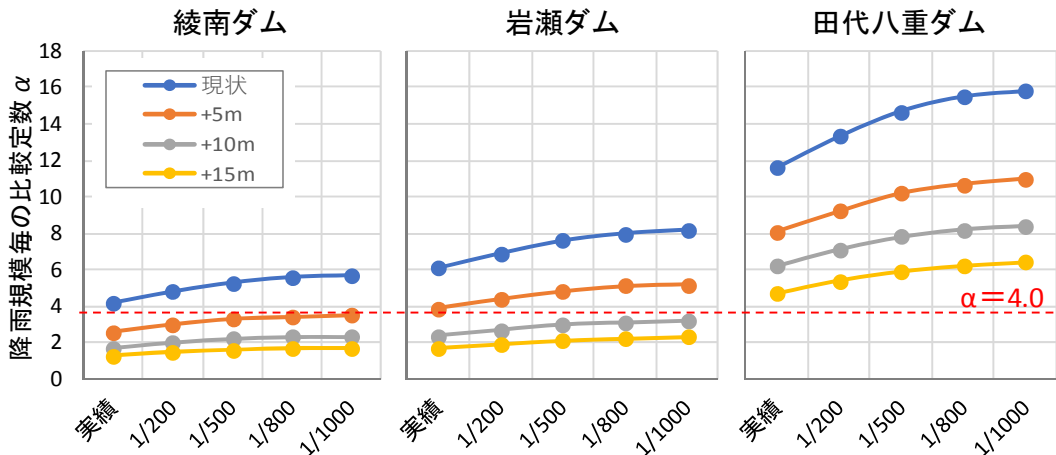


図 4.19 大淀川水系柏田基準点・嵐田基準点流量と 4 ダムにおける流入量・放流量
【田代八重ダム 15m嵩上げ】

4.5.3 考 察

計算結果から得られた考察を以下に示す。

- ・ 綾南ダムを嵩上げするケースでは、再開発による基準点ピーク流量抑制効果がほとんどみられない。再開発対象 3 ダムのなかで最も流域面積が小さく、流域全体の流出量への影響度が少ないことに加え、現行のままでも超過洪水に対する治水耐力を有していたことが理由として挙げられる。図 4.20 に示すとおり、治水耐力の不足度を示す定数 α は、嵩上げ高 5m とした時点で α は 4.0(前述)を下回っており、嵩上げ規模に応じた効果が得られなかったと考えられる。
- ・ 岩瀬ダムは、柏田基準点に対するピーク流量抑制効果が 3 ダムで最も高い結果となっている。水系内ダム群のなかで洪水調節容量、流域面積が最も大きいことから、水系全体への影響度が大きいと考えられる。嵩上げ規模と効果の関係をみると、嵩上げ規模 10m と 15m ではその差異はほとんどみられない。1/500 以上の超過洪水に対しては、嵩上げ規模によらずピーク流量付近でダム操作がただし書き操作に移行しており、現実的な嵩上げ規模 (15m) では大きな効果が得られなかったと考えられる。治水耐力の不足度を示す定数 α との関係でみると、図 4.20 に示すとおり、嵩上げ高さ 10m とした時点で 1/1000 規模洪水に対して $\alpha = 4.0$ 以下が確保されており、10m 以上の嵩上げでさらなる耐力向上効果が得られない結果となっている。嵩上げの最適規模を判定するうえで、定数 α が効果的な指標となることが示唆される。
- ・ 田代八重ダムは、嵩上規模に応じて嵐田基準点、柏田基準点双方に対するピーク流量抑制効果が向上する。図 4.20 に示すとおり、水系内ダム群のなかでは治水耐力の不足度が最も大きく、嵩上げ規模を 15m としても定数 α は 4.0 を上回っており、嵩上げ規模に応じた再開発効果が得られたものと考えられる。ただし、岩瀬ダムと比較すると流域面積・洪水調節容量が小さいことから、水系全体への寄与度は小さい。



※比較定数 α : $\alpha = \text{流域平均降水量(mm)} \div \text{相当貯水容量(mm)}$ であり、各ダムの治水容量不足度の大きさを表わす指標 (2.3.1 参照)

図 4.20 各ダム嵩上げ高さ毎の超過洪水に対する比較定数 α の推移

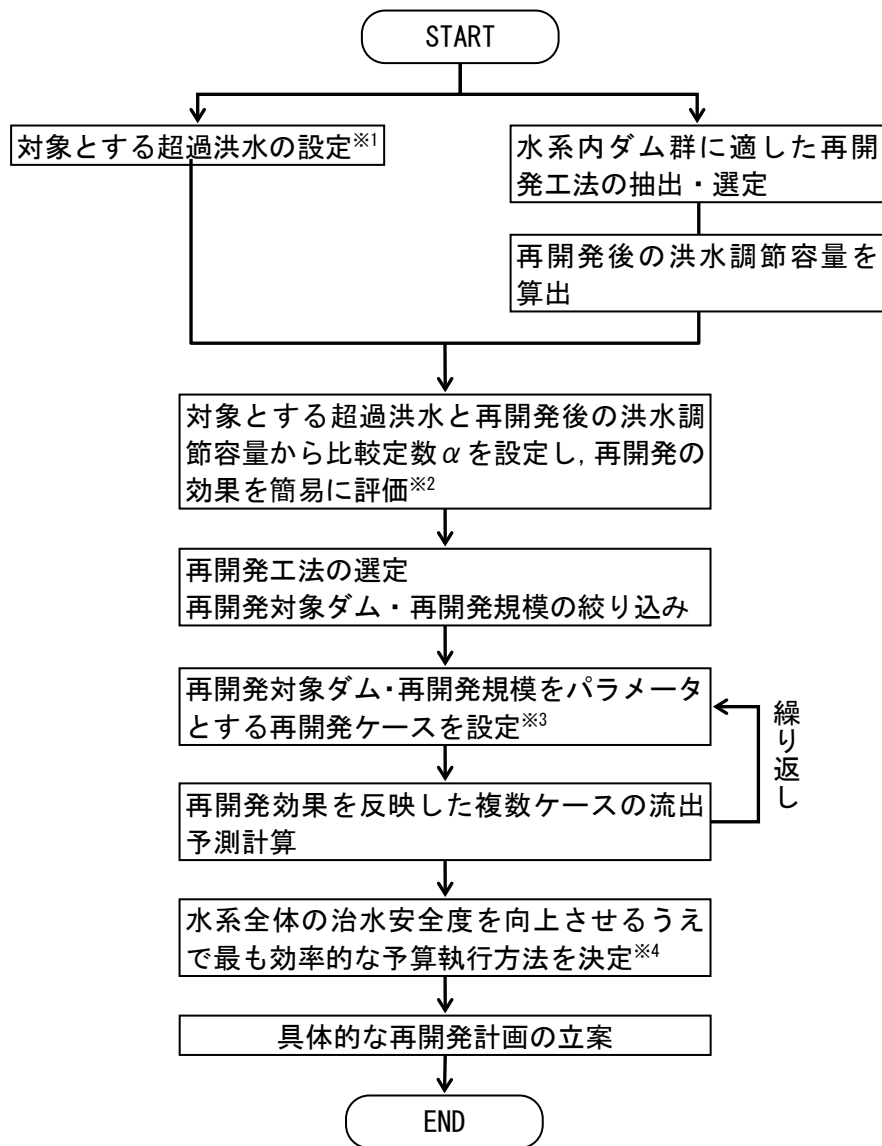
4.6 結語

本章では、第3章と同様に九州西南部に位置する大淀川水系ダム群を対象とし、超過洪水に対して効率的にダムの治水機能を向上させるための再開発手法について検討したものである。超過洪水の規模としては、多くのダムで計画規模洪水として採用されている100年確率規模を上回るものを対象とし、上限値を「想定最大規模降雨」に伴う洪水規模であるとした。これらの超過洪水に対して、ダムの治水機能を向上させる再開発手法としては、ダムの嵩上げにより、新たな洪水調節容量を確保することを想定した。

検討では、第3章と同様に、流出予測計算による水系内基準点ピーク流量抑制効果を評価する方法を採用している。検討結果の要点を整理し、以下に示す。

- 大淀川水系の実績降雨データを分析した結果、同水系の想定最大規模降雨が概ね1000年確率規模であることから、計画規模～1000年確率規模までの外力に対し、ダムの再開発効果を反映した流出予測計算を実施した。
- 水系内嵩上げ対象ダムは1ダムに限定するものとし、再開発対象ダム、再開発規模をパラメータとして検討ケースを設定した。嵩上げ規模は、実績から嵩上げ高さ15mを最大値とし、嵩上げ後の各ダム貯水池容量曲線を作成した。
- 再開発対象ダムの選定において、水系全体の治水安全度を確保する観点からは、水系内ダム群におけるダム流域面積や洪水調節容量の大きさが重要な指標となる。大淀川水系ダム群を対象とした本検討では、岩瀬ダムを嵩上げダムとすることが、最も効率的に結果となった。
- 再開発規模を大きくすることにより、ダムの治水機能は向上するが、一定レベル以上再開発規模を大きくしても超過洪水に対する流量抑制効果は向上しない傾向にあり、功利的な再開発を実施するためには、最適な再開発規模を設定することが重要である。これについては、第2章で設定した、治水耐力不足度を示す比較定数 α を指標とすることができる。
- 上記のことから、超過洪水に対する治水耐力不足度が著しいダム($\alpha > 4$ となるダムが目安)、ダム流域面積や従来の洪水調節容量が大きいダムを有力な再開発対象ダムとして選定することが望ましい。

上記の検討結果をふまえ、同一水系ダム群の機能増強に向けた再開発手法(案)を図4.21に示すフロー図で整理した。水系内ダム群の治水機能を向上させるための方針については、再開発対象ダム・再開発規模をパラメータとする再開発ケースを設定し、その効果を流域内の流出計算により把握することとなる。第3章で示した手法と同様に、実用性のある手法として活用できると考えられる。なお、本検討では、ダムの再開発を嵩上げに限定するとともに、洪水調節操作は現行のものを変えないとした検討結果を示しているが、超過洪水に対する治水耐力不足度が小さく、嵩上げ効果が得られないダムでは、洪水調節方法を変えることで水系全体の治水安全度を維持することに貢献できる可能性が考えられる。洪水調節方法の見直しは、大きなコストの発生を伴うものではないことから、嵩上げ等の再開発と併せて治水機能向上を図る効果的な対策として検討していくことが課題である。



- ※1: 治水貢献度の高い1~2ダムに対策予算を集中的に充当する。対象ダムは、各ダムの治水貢献度と堆砂の進行を踏まえて選定。
- ※2: 各水系の「想定最大規模降雨」を最大値とし、近年の気候変動の影響も踏まえて適宜設定する。
- ※3: 比較定数 $\alpha=4$ が治水耐力過不足を判定する簡易な指標となる（比較定数 α は治水耐力の不足度を表す）。
- ※4: 比較定数 α が4を上回り、治水貢献度の高いダムを対象とするケースから最適案を選定する。

図 4.21 同一水系ダム群の機能増強に向けた再開発フロー

参考文献

- 文献 1: 一般社団法人日本大ダム会議: 既設ダムの有効活用調査報告書, 大ダム, No.195, pp II-12, 2006.
- 文献 2: 国土交通省 水管理・国土保全局: 浸水想定(洪水, 内水)の作成等のための想定最大外力の設定手法, 2015.7

5. ダム貯水池に流入する流木に対するマネジメント手法の検討

5.1 概 説

ダム貯水池には、洪水の発生に伴い、土砂とともに流木が流入する。洪水調節機能を有する多くの多目的ダムでは、堤体近傍に網場を配置し、貯水池に流入した流木を捕捉し、流木による堤体や放流設備の損傷や、下流河川に流木が流出することを防止している。大規模な洪水発生時には、大量の流木を捕捉することもあり、下流河川において流木が橋梁等に集積されることにより洪水被害が拡大するリスクを未然に防止しているといえる。一方で、貯水池に大量の流木が流入することにより、網場が切断され、捕捉した多くの流木が堤体近傍まで流出するとともに、一部の流木は下流河川に流出した事例が報告されている。近年は、局地的な豪雨が増加傾向にあり、平成 25 年の台風 18 号に伴う桂川における災害や、平成 29 年 7 月の九州北部豪雨など、豪雨を起因とする流木災害が各地で数多く発生しているおり、同様の事例が発生するリスクが増大しているといえる。また、捕捉した流木の処理については回収・処理費用が発生し、ダム維持管理コスト縮減が課題のひとつとして挙げられている。大量の流木発生に備えたリスクマネジメントや、流木処理コストの縮減課題となっている。

一方、自然環境の観点から流木に着目すると、流木の流出は流域から海域へ炭素供給源として物質循環を担っている事実や、河道内に堆積した流木が多様なハビタットを形成し、生物多様性に貢献している事実などの有益性も報告されている。

土砂については、流砂系の連続性に配慮した流域一貫の総合土砂管理が実践段階となっているが、流木についても上記を背景とし、流出、災害リスク、生態機能、ダム管理、河道管理などの各観点を考慮した「総合流木管理」を体系化する必要性が考えられる¹⁾。しかしながら、流木は土砂と比較するとその移動形態に不明な点が多く、発生量の推定方法が明らかとされていないなど、基礎的な知見が不足しており、「総合流木管理」の体系化に至るまでのさらなる研究開発が必要とされている。特に、ダム貯水池に流入する流木量を推定することは、流木に対して効果的なマネジメントを検討していくうえで最も重要な課題であるといえる。

本章では、上記をふまえ、ダム貯水池における流木発生量の推定方法について検討を行うものであり、以下のような構成としている。

5.2 節では、全国のダム貯水池において、これまでに蓄積された流木発生量のデータを分析し、流木発生量を推定するためのパラメータについて検討する。

5.3 節では、平成 26 年の大規模洪水に伴い、大量の流木が貯水池に流入した漁川ダムの事例を対象とし、大規模洪水発生時の流木発生特性について検討した結果を示す。

5.4 節では、5.2 節、5.3 節で得た検討結果をふまえ、ダム貯水池に流入する流木量の具体的な推定方法を提案する。

5.6 節では、本章の内容を総括するとともに、今後の課題について述べる。

5.2 全国のダムを対象とした流木発生量の分析

5.2.1 検討方法

(1) 検討方法

本節では、全国のダム貯水池で管理されている流木回収量の記録を分析し、ダム貯水池に流入する流木量の影響因子について考察する。

既往の研究事例が示すように、ダム貯水池に流入する流木量は、流域内の生産土砂量と関連すると考えられ、影響因子についても類似することが想定される。ダムの堆砂量については、昭和 30～50 年代に実績値を基にした複数の推定式が提案されている。これらは、既設ダムの堆砂データを目的変数とし、流域特性をパラメータとして回帰分析により求めた相関式であり、貯水量・集水面積をパラメータとする鶴見式、地形・地質をパラメータとする田中式、貯水量と流域面積の比である承水係数および起伏量をパラメータとする吉良式、洪水量・河床勾配・流域内の崩壊地面積率をパラメータとする江崎式などがある。近年は、より多くのパラメータを用いた多変量解析が行われ、地域によっては精度の高い相関式が得られている事例がある。

上記のことから、流木量についても堆砂量の推定式と同様に、その発生量に影響する因子を明らかとし、影響因子をパラメータとすることで推定式を作成できる可能性があると考えられる。本節では、全国のダム貯水池で管理されている流木回収量の記録を分析し、ダム貯水池に流入する流木量の影響因子について考察する。

(2) 検討対象ダムの抽出

全国のダム貯水池における流木量は、毎年貯水池から陸揚げする流木回収量として記録されている。陸揚げした流木の測定方法や回収時期などについては各ダムで統一されておらず、堆砂量と比べると精度に問題を有するが、流木回収量の記録は全国のダム貯水池で蓄積されており、流木量に関する研究の貴重なデータと位置付けられる。

本検討では全国の国土交通省、水機構管理の管理ダムから、以下の視点に基づいて検討対象となる 44 ダムを抽出した。

【対象ダム抽出の視点】

- 地域別（北海道～九州）に 4～6 ダム程度
- 極力さまざまな流域面積を対象
- 統計期間を確保するためダム完成後 10 年程度以上経過したダム

（流木量データは主に平成 8 年以降を入手）

本検討では全国の国土交通省、水機構管理の管理ダムから、以下の視点に基づいて検討対象となる 44 ダムを抽出した。抽出したダムの地域区分、流域面積を図 5.1 に、流域面積別の対象ダム数を図 5.2 に示す。

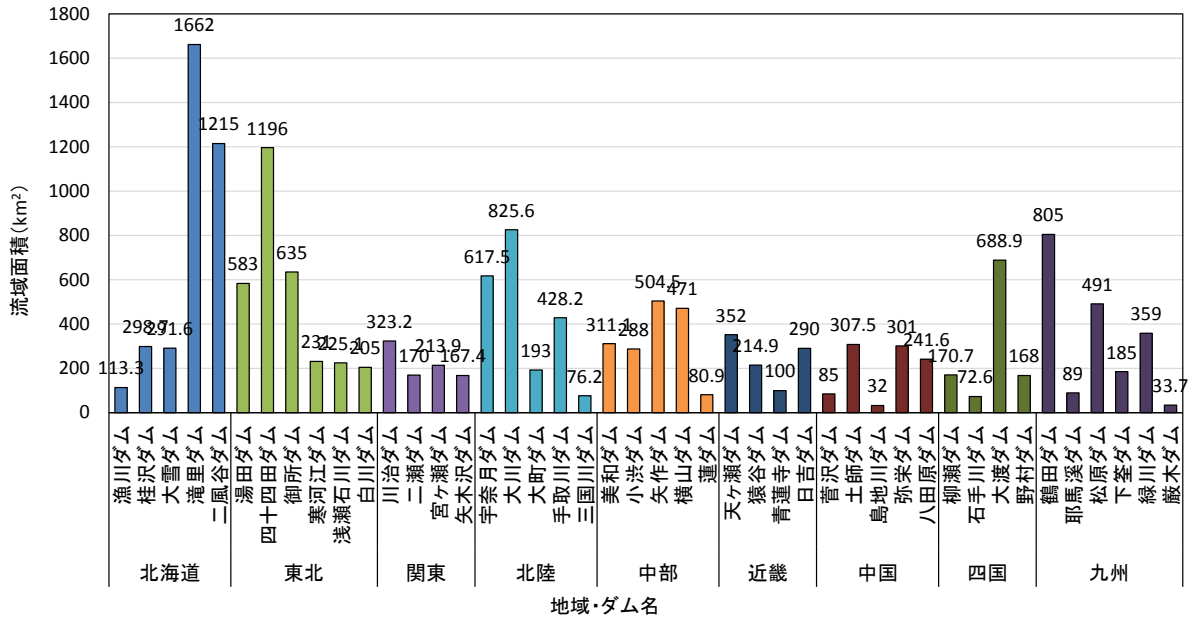


図 5.1 対象ダムの地域区分・流域面積

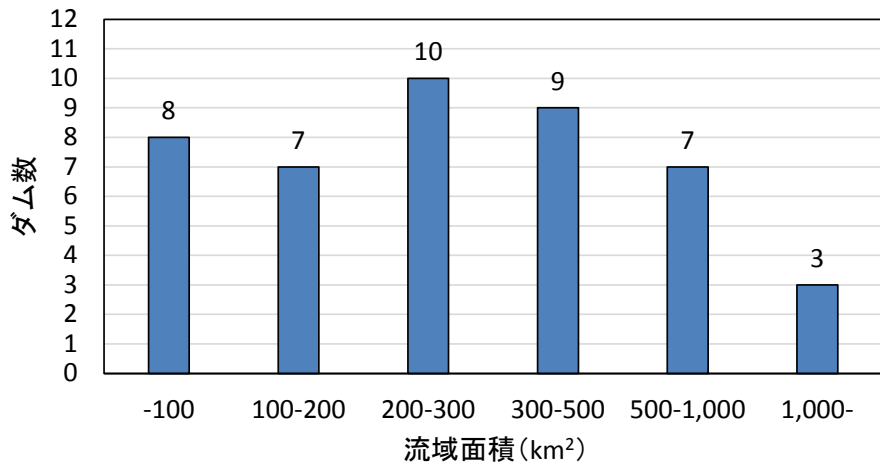


図 5.2 流域面積別の対象ダム数

5.2.2 多様な因子に着目したデータ分析

(1) 影響因子の抽出

ダム貯水池における流木の発生量に影響すると考えられる因子について、表 5.1 に示すとおり、流域の「地形」、「地被」、「水文」に区分して抽出した。これらの影響因子については、同表中に示す方法で定量化し、検討対象として抽出した 44 ダムの流木回収量との相関性を分析することにより、流木の発生量に強く影響する因子を選定する。

検討対象とした 44 ダムの影響因子について、定量化した結果を表 5.2 および表 5.3 に示す。流入量については、流木が洪水時の流出・移動によりダム貯水池に流入することを踏まえ、平均的な流入量ではなく、洪水時の流入量（年最大流入量）を影響因子として抽出している。

表 5.1 流域特性の算定方法

項目	パラメータ	概要および算定方法	データ元
地形	平均標高	流域の平均標高は、各ダム流域について抽出される各 3 次メッシュの平均標高の平均値を算出した。 流域平均標高(m) = Σ (3 次メッシュ平均標高(m)) / 抽出したメッシュ数	国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」
	平均起伏量	各 3 次メッシュの起伏量は、最高標高と最低標高との差として求めた。また、「平均起伏量」としては、各ダム流域について抽出される 3 次メッシュの起伏量の平均値を求めた。 3 次メッシュ起伏量 = 3 次メッシュの最高標高(m) - 3 次メッシュの最低標高(m) 平均起伏量 = Σ (3 次メッシュ起伏量(m)) / 抽出したメッシュ数	国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」
	平均勾配	「平均勾配」としては、各ダム流域について抽出される 3 次メッシュの「最大斜面勾配」の平均値を求めた。 平均斜面勾配 = Σ (3 次メッシュ最大勾配(°)) / 抽出したメッシュ数	国土数値情報「土地分類メッシュ」
	河床勾配	カシミール 3D を利用して、20 万分の 1 数値地図において描かれている河川沿いの縦断面を作成し、河川を示す線の上端標高と貯水池末端標高との高度差（比高）や流路延長（平面距離）を算定し、次式により起伏量比及び河床勾配を求めた。 河床勾配 = 比高(m) / 流路延長(m) 比高 = 河川の上端標高(m) - 貯水池末端標高(m)	数値地図「50m メッシュ標高」、「20 万分の 2 地勢図」
	谷密度	流域の谷密度は、各ダム流域について抽出される各 3 次メッシュの谷密度から次式により算定した。 流域谷密度 = Σ (3 次メッシュ谷密度※) / 抽出したメッシュ数 / 4 ※谷密度は 3 次メッシュの 4 辺を通る谷の総数	国土数値情報「谷密度メッシュ」
地被	森林面積率	森林面積率 = Σ (抽出した 3 次メッシュの森林面積(m ²)) / Σ (抽出したメッシュの面積 (m ²))	国土数値情報「土地利用メッシュ(平成 9 年)」
	植林地面積率	各ダム流域について抽出された 3 次メッシュのうち、自然度 6 (植林地) に該当するメッシュの割合を「植林地割合」として、次式により算定した。 植林地面積率 = Σ (自然度 6 に該当する 3 次メッシュ) / 抽出したメッシュ数	「第 5 回(H6~H10) 自然環境保全基礎調査植生調査」(植生データ)
	針葉樹林面積率	針葉樹に該当する植生の面積率を次式により算定した。 針葉樹林面積率 = Σ (針葉樹が分布する面積) / 流域面積	「1/5 万 植生図」(環境省) 自然環境保全基礎調査(第 2 回~第 5 回: S54~H10)
堆砂	実績比堆砂量	次式により算定した。 実績比堆砂量 = 年間堆砂量(m ³) / 直接流域面積 (km ²)	国土交通省提供データ
水文	比流量	次式により算定した。 比流量 = 年最大流入量の平均値(m ³ /s) / 直接流域面積 (km ²)	水文・水質データベース

表 5.2 検討対象とした 44 ダムのデータ (1)

担当 局名	No.	河川名	ダム名	諸 元				地 形					地 被				
				運用開始 年度	直接流 域面積 (km ²)	総貯水 容量 (千m ³)	ダム高 (m)	3次メッシュ 平均標 高 (EL.m)	3次メッシュ 平均勾 配 (°)	3次メッシュ 平均起 伏量 (m)	3次メッシュ 起伏量 【分散】 (m)	河床勾配 =(最高標 高-最低標 高)÷流路 延長	谷密度	針葉樹林面積率			森林 面積率
														針葉樹 植林	針葉樹 自然林	針葉樹 (自然林 +植林)	
北海道	1	幾春別川	桂沢ダム	1957年	151.2	92,700	63.6	388.5	24.7	201.8	71.2	0.025	3.54	29.6%	2.4%	32.1%	97%
北海道	2	漁川	漁川ダム	1981年	113.3	15,300	45.5	519.0	23.7	198.5	85.1	0.043	4.26	30.7%	30.7%	61.4%	84%
北海道	3	空知川	滝里ダム	2000年	1192.0	108,000	50.0	519.7	20.8	188.3	129.7	0.010	3.34	16.2%	18.9%	35.1%	68%
北海道	4	沙流川	二風谷ダム	1998年	1215.0	31,500	32.0	634.7	29.4	291.9	144.8	0.012	1.78	16.5%	31.1%	47.7%	92%
北海道	5	石狩川	大雪ダム	1975年	291.6	66,000	86.5	1,229.6	26.3	252.4	103.9	0.046	3.24	9.3%	66.1%	75.4%	86%
東北	6	北上川	四十四田ダム	1968年	1196.0	47,100	50.0	586.9	16.7	146.9	91.9	0.008	5.61	37.1%	4.5%	41.6%	68%
東北	7	雫石川	御所ダム	1982年	635.0	65,000	52.5	591.8	22.5	209.3	119.9	0.027	5.33	28.4%	0.9%	29.3%	77%
東北	8	寒河江川	寒河江ダム	1991年	231.0	109,000	112.0	905.9	30.2	331.3	103.6	0.047	4.99	10.0%	3.1%	13.0%	86%
東北	9	浅瀬石川	浅瀬石川ダム	1989年	193.1	53,100	91.0	629.8	24.5	208.5	76.7	0.043	5.47	30.7%	0.2%	30.9%	87%
東北	10	置賜白川	白川ダム	1981年	205.0	50,000	66.0	729.7	30.1	294.9	117.0	0.025	5.61	11.3%	3.7%	14.9%	89%
東北	11	和賀川	湯田ダム	1964年	534.9	114,160	89.5	535.7	26.2	231.7	105.6	0.026	5.86	36.2%	0.1%	36.3%	87%
関東	12	鬼怒川	川治ダム	1983年	56.3	83,000	140.0	909.6	34.8	354.6	91.3	0.062	7.31	14.4%	0.0%	14.4%	93%
関東	13	荒川	二瀬ダム	1962年	170.0	26,900	95.0	1,420.3	38.1	492.7	105.2	0.071	5.24	11.6%	0.2%	11.8%	95%
関東	14	中津川	宮ヶ瀬ダム	2000年	101.4	193,000	156.0	727.3	34.5	378.9	105.2	0.088	3.04	25.7%	0.0%	25.7%	94%
関東	15	利根川	矢木沢ダム	1967年	167.4	204,300	131.0	1,332.8	36.5	418.0	111.3	0.044	6.95	0.0%	1.5%	1.5%	88%
北陸	16	手取川	手取川ダム	1980年	247.2	231,000	153.0	1,112.9	32.9	374.1	105.4	0.071	3.40	12.4%	0.6%	13.0%	91%
北陸	17	高瀬川	大町ダム	1986年	43.0	33,900	107.0	1,585.3	42.6	555.5	130.2	0.101	7.53	6.0%	26.4%	32.4%	96%
北陸	18	三国川	三国川ダム	1994年	76.2	27,500	119.5	1,104.6	38.5	535.2	107.5	0.111	5.11	0.1%	0.0%	0.1%	88%
北陸	19	黒部川	宇奈月ダム	2000年	149.5	24,700	97.0	1,340.6	39.5	522.3	124.8	0.044	8.92	0.5%	1.3%	1.8%	93%
北陸	20	阿賀川	大川ダム	1987年	783.4	57,500	75.0	894.7	29.3	282.3	124.0	0.015	5.65	18.1%	0.7%	18.7%	89%
中部	21	三峰川	美和ダム	1959年	311.1	29,952	69.1	1,669.0	38.2	485.5	145.1	0.033	6.88	29.0%	3.6%	32.6%	93%
中部	22	小浜川	小浜ダム	1969年	288.0	58,000	105.0	1,514.1	37.1	490.2	159.0	0.058	6.35	34.1%	2.8%	36.8%	92%
中部	23	矢作川	矢作ダム	1971年	504.5	80,000	100.0	883.9	25.9	252.6	79.9	0.035	6.75	58.1%	1.1%	59.2%	91%
中部	24	揖斐川	横山ダム	1964年	471.0	40,000	80.8	738.0	35.3	390.3	90.8	0.003	4.92	18.4%	0.0%	18.4%	96%
中部	25	蓮川	蓮ダム	1991年	80.9	32,600	78.0	837.3	37.1	442.1	110.8	0.087	6.14	50.5%	6.9%	57.5%	97%
近畿	26	宇治川	天ヶ瀬ダム	1965年	352.0	26,280	73.0	336.0	20.2	167.1	68.9	0.024	5.83	20.0%	49.9%	69.9%	81%
近畿	27	熊野川	猿谷ダム	1958年	82.9	23,300	74.0	793.4	33.1	323.3	93.4	0.035	7.13	57.4%	4.5%	62.0%	97%
近畿	28	青蓮寺川	青蓮寺ダム	1970年	100.0	27,200	82.0	600.2	27.4	242.1	92.1	0.018	4.74	75.3%	1.9%	77.2%	89%
近畿	29	桂川	日吉ダム	1997年	290.0	66,000	67.4	502.6	28.2	230.9	67.3	0.010	6.16	36.8%	26.8%	63.6%	94%
中国	30	印賀川	菅沢ダム	1968年	85.0	19,800	73.5	548.9	19.3	157.8	52.2	0.011	6.07	37.5%	7.0%	44.5%	92%
中国	31	江の川	土師ダム	1974年	307.5	47,300	50.0	494.6	21.6	194.6	82.8	0.011	3.21	5.9%	33.3%	39.2%	83%
中国	32	島地川	島地川ダム	1982年	32.0	20,600	89.0	537.4	26.4	226.0	59.5	0.032	6.42	47.5%	30.6%	78.0%	93%
中国	33	小瀬川	弥栄ダム	1991年	93.0	112,000	120.0	315.1	26.2	233.3	72.0	0.011	5.65	1.3%	66.8%	68.1%	91%
中国	34	芦田川	八田原ダム	1997年	133.0	60,000	84.9	442.9	20.4	161.8	57.2	0.013	4.56	1.4%	67.3%	68.7%	82%
四国	35	銅山川	柳瀬ダム	1954年	69.5	32,200	55.5	752.4	34.9	411.4	87.1	0.069	7.30	70.6%	2.3%	72.9%	94%
四国	36	石手川	石手川ダム	1973年	72.6	12,800	87.0	562.5	27.3	256.9	74.9	0.050	9.09	62.2%	27.9%	90.0%	91%
四国	37	肱川	野村ダム	1982年	168.0	16,000	60.0	368.3	27.1	255.6	85.7	0.008	7.83	66.2%	6.5%	72.8%	76%
四国	38	仁淀川	大渡ダム	1987年	666.7	66,000	96.0	862.1	32.0	359.8	118.7	0.038	7.18	71.9%	1.3%	73.2%	89%
九州	39	筑後川	松原ダム	1973年	302.4	54,600	83.0	691.2	19.0	160.5	87.3	0.016	9.07	47.2%	0.2%	47.3%	57%
九州	40	筑後川	下釜ダム	1973年	185.0	59,300	98.0	675.3	26.3	251.0	77.0	0.038	5.02	74.0%	2.6%	76.6%	91%
九州	41	山移川	耶馬溪ダム	1985年	89.0	23,300	62.0	402.7	23.5	162.6	78.7	0.014	3.03	34.9%	30.4%	65.2%	90%
九州	42	蔽木川	蔽木タダム	1987年	33.7	13,600	117.0	602.6	23.4	236.1	101.5	0.040	7.27	62.1%	6.9%	69.0%	88%
九州	43	川内川	鶴田ダム	1965年(元) 2015年(再)	772.3	123,000	117.5	424.1	18.8	163.5	99.8	0.008	6.04	51.0%	1.1%	52.1%	70%
九州	44	緑川	緑川ダム	1970年	359.0	46,000	76.5	735.6	23.1	229.8	157.4	0.020	6.75	45.7%	5.0%	50.7%	63%

表 5.3 検討対象とした 44 ダムのデータ (2)

担当 局名	No.	河川名	ダム名	堆 砂			流 木		流 量 (全データ)	
				堆砂量 (千m ³)	実績比堆砂量 (m ³ /km ² /年)	比流下土砂量 (m ³ /km ² /年) マップ推計値	平均回収量 (m ³ /年)	比流量 (外れ値除く) (m ³ /km ² /年)	平均 年最大流入量 (m ³ /s)	比流量① (他ダム除く) (m ³ /s/km ²)
北海道	1	幾春別川	桂沢ダム	4221.0	489.8	348.0	121.2	0.8	163.1	1.1
北海道	2	漁川	漁川ダム	1021.0	265.0	481.0	258.6	2.3	87.4	0.8
北海道	3	空知川	滝里ダム	5539.0	309.8	546.0	1,437.6	1.2	667.4	0.6
北海道	4	沙流川	二風谷ダム	12069.0	584.3	1060.0	889.4	0.7	1,362.5	1.1
北海道	5	石狩川	大雪ダム	2310.0	203.1	1403.0	447.6	1.5	165.1	0.6
東北	6	北上川	四十四田ダム	10467.0	194.5	244.0	780.1	0.7	551.9	0.5
東北	7	雫石川	御所ダム	7163.0	341.8	228.0	899.8	1.4	1,015.6	1.6
東北	8	寒河江川	寒河江ダム	3670.0	662.0	543.0	370.6	1.6	338.4	1.5
東北	9	浅瀬石川	浅瀬石川ダム	2386.0	475.2	409.0	616.8	3.2	237.9	1.2
東北	10	置賜白川	白川ダム	2678.0	384.2	1208.0	206.6	1.0	258.5	1.3
東北	11	和賀川	湯田ダム	9506.0	362.7	205.0	589.2	1.1	849.5	1.6
関東	12	鬼怒川	川治ダム	6213.0	3559.8	1374.0	198.5	3.5	535.4	9.5
関東	13	荒川	二瀬ダム	4738.0	525.9	2116.0	248.0	1.5	298.2	1.8
関東	14	中津川	宮ヶ瀬ダム	3054.0	2316.8	71.0	391.8	3.9	436.2	4.3
関東	15	利根川	矢木沢ダム	5521.0	701.7	1613.0	502.2	3.0	288.3	1.7
北陸	16	手取川	手取川ダム	8114.0	937.7	1004.0	574.9	2.3	603.1	2.4
北陸	17	高瀬川	大町ダム	973.0	808.1	2966.0	125.3	2.9	209.2	4.9
北陸	18	三国川	三国川ダム	1704.0	1016.5	1208.0	296.2	3.9	269.0	3.5
北陸	19	黒部川	宇奈月ダム	7642.0	3650.2	3321.0	1,182.5	7.9	648.1	4.3
北陸	20	阿賀川	大川ダム	4339.0	205.1	960.0	904.9	1.2	616.4	0.8
中部	21	三峰川	美和ダム	6098.0	356.4	2082.0	108.4	0.3	234.3	0.8
中部	22	小渋川	小渋ダム	17402.0	1342.7	3249.0	252.1	0.9	218.7	0.8
中部	23	矢作川	矢作ダム	14234.0	656.1	833.0	387.6	0.8	952.4	1.9
中部	24	揖斐川	横山ダム	8190.0	347.8	568.0	683.0	1.5	667.8	1.4
中部	25	蓮川	蓮ダム	1951.0	1048.5	740.0	223.5	2.8	491.4	6.1
近畿	26	宇治川	天ヶ瀬ダム	4828.0	274.3	194.0	434.7	1.2	758.7	2.2
近畿	27	熊野川	猿谷ダム	3774.0	798.7	673.0	495.1	6.0	605.3	7.3
近畿	28	青蓮寺川	青蓮寺ダム	2064.0	469.1	673.0	165.5	1.7	333.8	3.3
近畿	29	桂川	日吉ダム	2110.0	428.0	342.0	419.5	1.4	426.4	1.5
中国	30	印賀川	菅沢ダム	886.0	226.6	110.0	59.5	0.7	106.8	1.3
中国	31	江の川	土師ダム	2412.0	191.3	40.0	450.1	1.5	452.2	1.5
中国	32	島地川	島地川ダム	364.0	355.5	111.0	126.2	3.9	82.0	2.6
中国	33	小瀬川	弥栄ダム	3735.0	1746.1	140.0	670.9	7.2	365.3	3.9
中国	34	芦田川	八田原ダム	703.0	310.8	178.0	77.8	0.6	302.1	2.3
四国	35	銅山川	柳瀬ダム	4604.0	1086.0	951.0	336.1	4.8	727.0	10.5
四国	36	石手川	石手川ダム	991.0	325.0	293.0	248.3	3.4	95.6	1.3
四国	37	肱川	野村ダム	1051.0	189.6	323.0	635.5	3.8	365.6	2.2
四国	38	仁淀川	大渡ダム	4677.0	250.5	847.0	935.0	1.4	2,261.9	3.4
九州	39	筑後川	松原ダム	3738.0	294.3	570.0	1,133.3	3.7	992.8	3.3
九州	40	筑後川	下釜ダム	4152.0	534.4	612.0	501.9	2.7	860.0	4.6
九州	41	山移川	耶馬溪ダム	733.0	274.5	306.0	543.7	6.1	342.9	3.9
九州	42	巖木川	巖木タダム	353.0	374.1	624.0	115.9	3.4	93.8	2.8
九州	43	川内川	鶴田ダム	10367.0	274.0	352.0	1,585.1	2.1	1,772.4	2.3
九州	44	緑川	緑川ダム	7434.0	470.6	899.0	710.2	2.0	773.6	2.2

(2) 影響因子の相関分析（単相関）

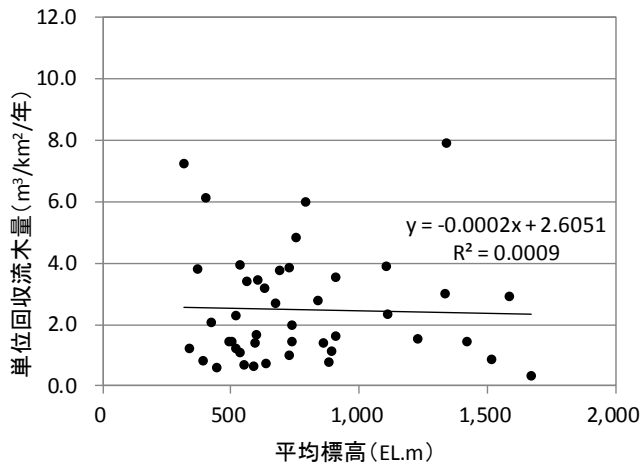
表 5.3 で整理した影響因子と各ダムの平均流木回収量($m^3/km^2/年$)を散布図としてプロットし、回帰直線と併せて示した結果を図 5.3～図 5.6 に示す。また、各因子と流木量の相関係数を整理した結果を表 5.4 に示す。

この結果から、流木量と比較的相関の高い因子は、堆砂量と流量であることがわかる。地形・地被に関する因子は、流木発生量に影響を与えるものの、流木量を推定するパラメータとしては適切ではないといえる。一方で、堆砂量・流量は地形・地被の影響も反映した総合的な因子であるといえ、流木発生量を推定するためのパラメータとして適用できる可能性がある。

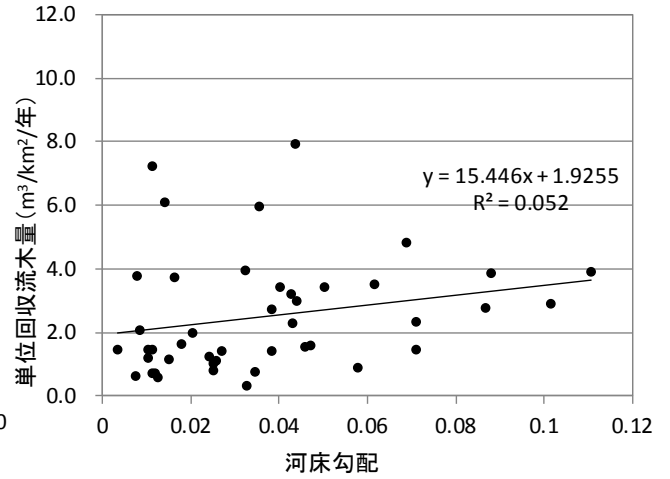
表 5.4 相関分析のまとめ

項 目		相関係数
地形	平均標高	R= 0.030
	平均起伏量	R= 0.198
	平均勾配	R= 0.245
	河床勾配	R= 0.228
	谷密度	R= 0.326
地被	森林面積率	R= 0.102
	植林面積率	R= 0.094
	針葉樹林面積率	R= 0.077
堆砂	実績比堆砂量	R= 0.543
水文	比流量	R= 0.596

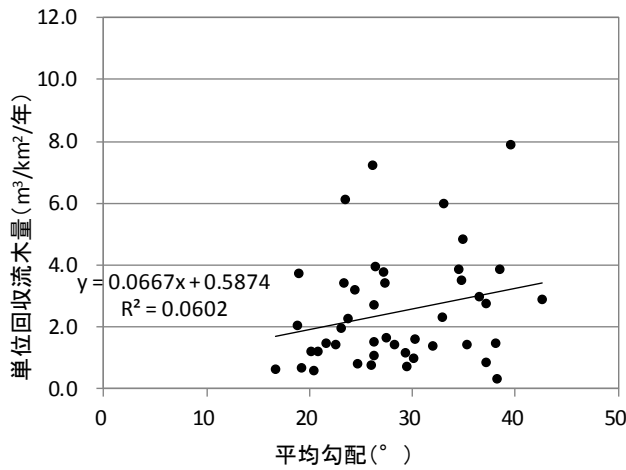
○平均標高



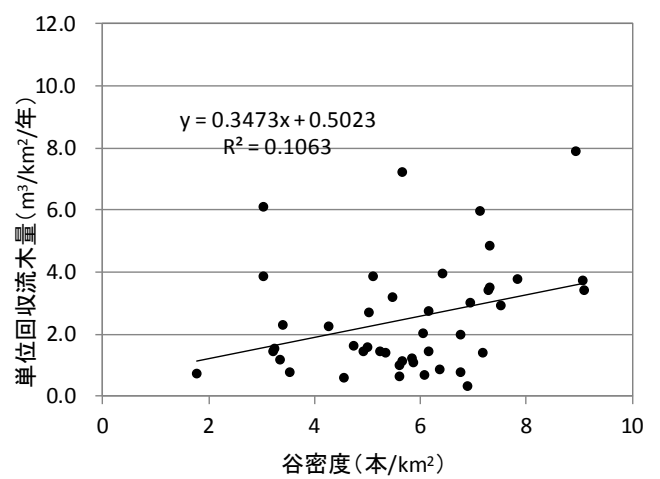
○河床勾配 = (最高 - 最低) ÷ (流路延長)



○平均勾配



○谷密度



○平均起伏量

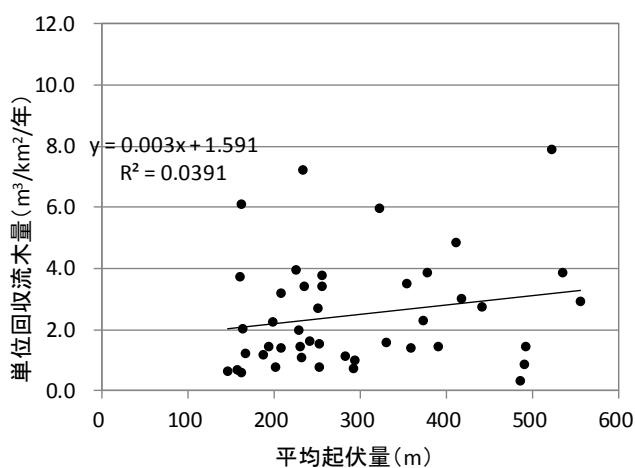
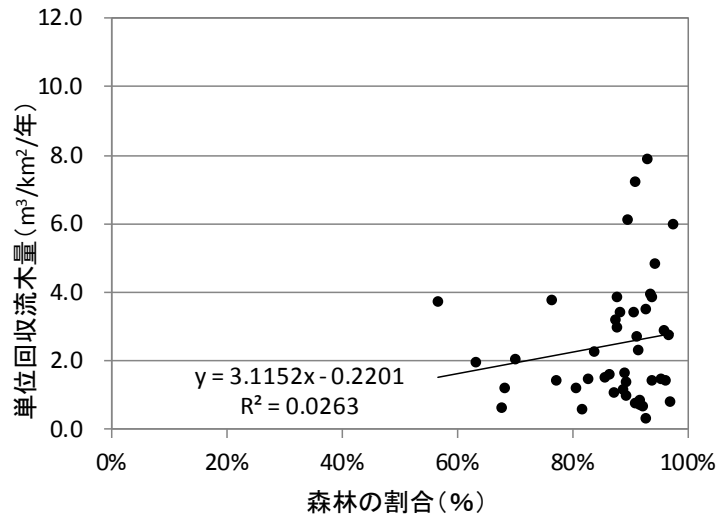
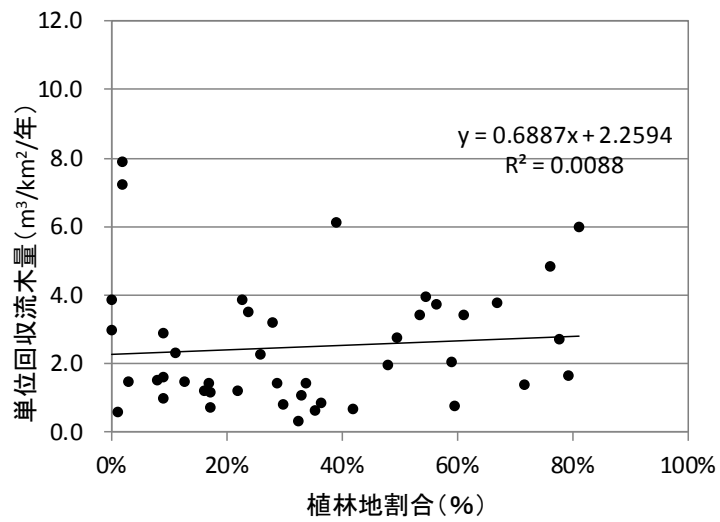


図 5.3 地形関連の因子と流木発生量の相関分析

○森林の割合



○植林地の割合



○針葉樹(自然林+植林)の割合

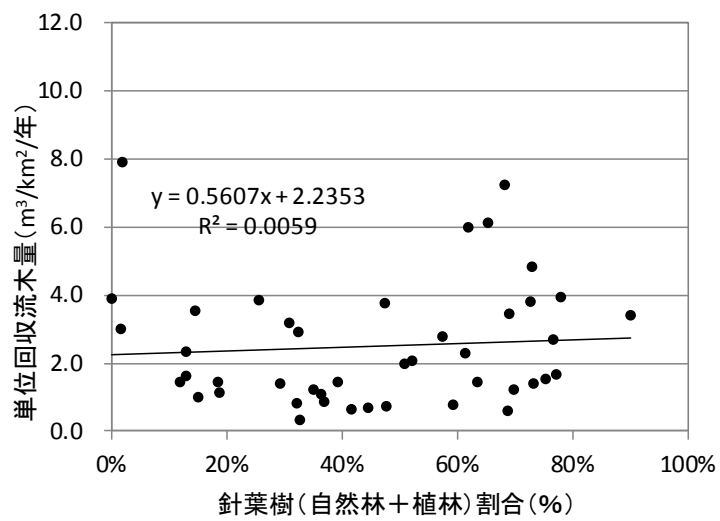


図 5.4 地被関連の因子と流木発生量の相関分析

○実績比堆砂量

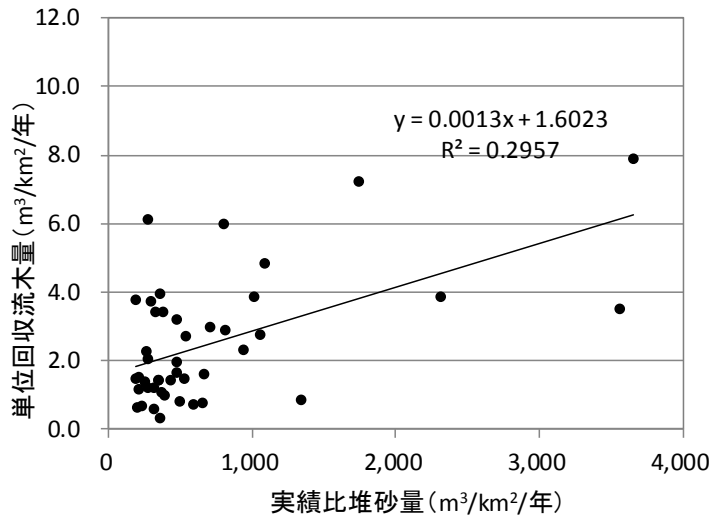


図 5.5 堆砂量と流木発生量の相関分析

○比流量

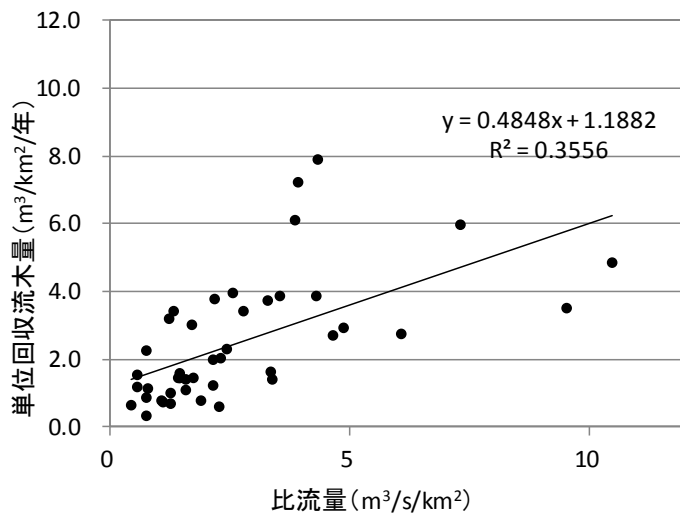


図 5.6 流入量と流木発生量の相関分析

5.2.3 流入量と堆砂量に着目したデータ分析

ここでは、ダム貯水池に流入する流木量と高い相関が得られた流木量と流入量・堆砂量の関係について、さらに分析した結果を述べる。

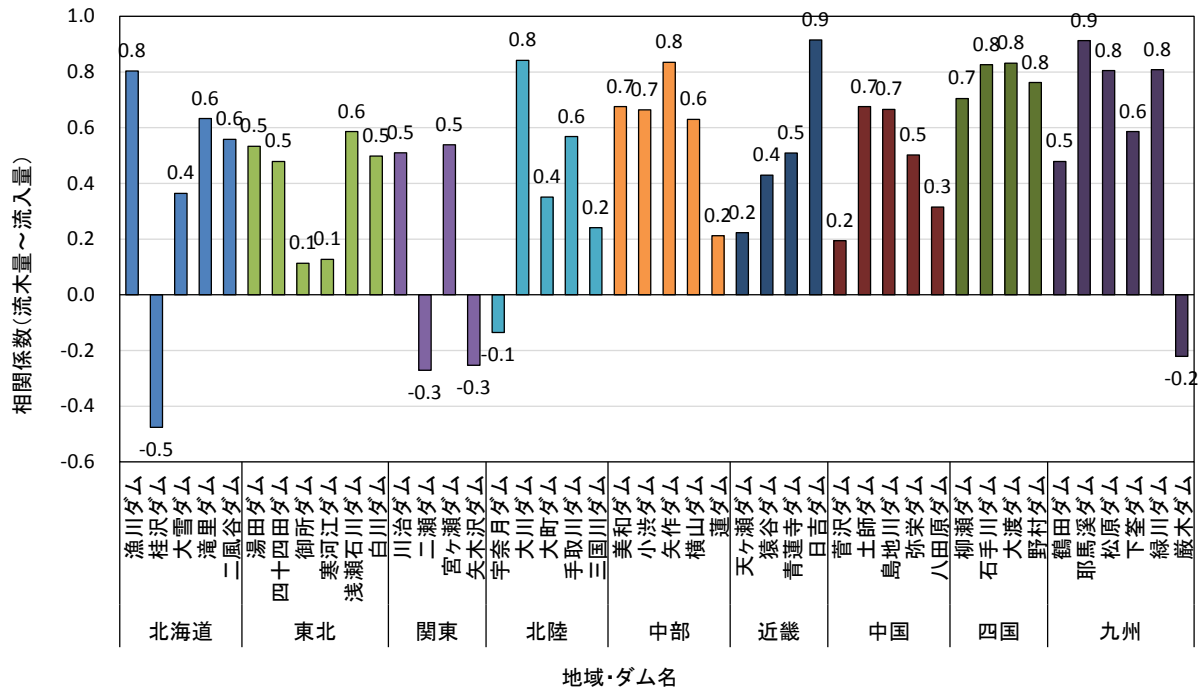
検討対象として抽出した 44 ダムについて、各ダムの年流木回収量・年堆砂量（いずれも平成 8 年～平成 25 年のデータ）と該当する年の年最大流入量の相関性について、整理した結果を表 5.5 および図 5.7 に示す。

表 5.5 対象ダムの年流木回収量と年最大流入量・年堆砂量の相関整理結

No.	ダム名	地方	流域面積 km ²	直接流域面積 km ²	運用開始 年度	相関係数	
						流木量～ 流入量	流木量～ 堆砂量
1	漁川ダム	北海道	113.3	113.3	S32	0.804	0.641
2	桂沢ダム	北海道	298.7	151.2	S56	-0.476	-0.338
3	大雪ダム	北海道	291.6	291.6	S50	0.364	0.325
4	滝里ダム	北海道	1662.0	1662.0	H12	0.633	0.539
5	二風谷ダム	北海道	1215.0	1215.0	H10	0.558	0.696
6	湯田ダム	東北	583.0	583.0	S41	0.533	0.166
7	四十四田ダム	東北	1196.0	1196.0	S44	0.479	-0.015
8	御所ダム	東北	635.0	635.0	S57	0.113	-0.179
9	寒河江ダム	東北	231.0	231.0	H3	0.127	0.653
10	浅瀬石川ダム	東北	225.1	193.1	H1	0.586	-0.131
11	白川ダム	東北	205.0	205.0	S56	0.498	0.353
12	川治ダム	関東	323.2	144.2	S58	0.532	0.336
13	二瀬ダム	関東	170.0	170.0	S36	-0.271	-0.167
14	宮ヶ瀬ダム	関東	213.9	101.4	H13	0.539	0.327
15	矢木沢ダム	関東	167.4	167.4	S42	-0.253	0.252
16	宇奈月ダム	北陸	617.5	617.5	H13	-0.135	0.287
17	大川ダム	北陸	825.6	825.6	S63	0.842	0.607
18	大町ダム	北陸	193.0	193.0	S60	0.351	0.288
19	手取川ダム	北陸	428.2	247.2	S55	0.568	0.148
20	三國川ダム	北陸	76.2	76.2	H6	0.241	-0.066
21	美和ダム	中部	311.1	311.1	S34	0.676	0.636
22	小渋ダム	中部	288.0	288.0	S44	0.664	0.424
23	矢作ダム	中部	504.5	504.5	S46	0.835	0.933
24	横山ダム	中部	471.0	471.0	S39	0.630	0.439
25	蓮ダム	中部	80.9	80.9	H3	0.212	0.030
26	天ヶ瀬ダム	近畿	352.0	352.0	S40	0.223	0.166
27	猿谷ダム	近畿	214.9	82.9	S33	0.430	-0.034
28	青蓮寺ダム	近畿	100.0	100.0	S50	0.509	-0.260
29	日吉ダム	近畿	290.0	290.0	H9	0.915	0.665
30	菅沢ダム	中国	85.0	85.0	S43	0.194	0.079
31	土師ダム	中国	307.5	307.5	S49	0.676	0.489
32	島地川ダム	中国	32.0	32.0	S56	0.666	0.273
33	弥栄ダム	中国	301.0	301.0	H3	0.502	0.085
34	八田原ダム	中国	241.6	241.6	H10	0.315	-0.011
35	柳瀬ダム	四国	170.7	69.5	S29	0.705	0.375
36	石手川ダム	四国	72.6	72.6	S48	0.826	0.743
37	大渡ダム	四国	688.9	688.9	S61	0.832	0.015
38	野村ダム	四国	168.0	168.0	S57	0.762	0.097
39	鶴田ダム	九州	805.0	805.0	S41	0.479	-0.023
40	耶馬溪ダム	九州	89.0	89.0	S60	0.913	0.703
41	松原ダム	九州	491.0	491.0	S48	0.805	-0.051
42	下笠ダム	九州	185.0	185.0	S48	0.586	0.026
43	緑川ダム	九州	359.0	359.0	S46	0.808	0.752
44	巖木ダム	九州	33.7	33.7	S62	-0.221	-0.091

※ : 相関係数 1.0～0.7, : 相関係数 0.7～0.4

■年流木回収量と年最大流入量の相関係数



■年流木回収量と年堆砂量の相関係数

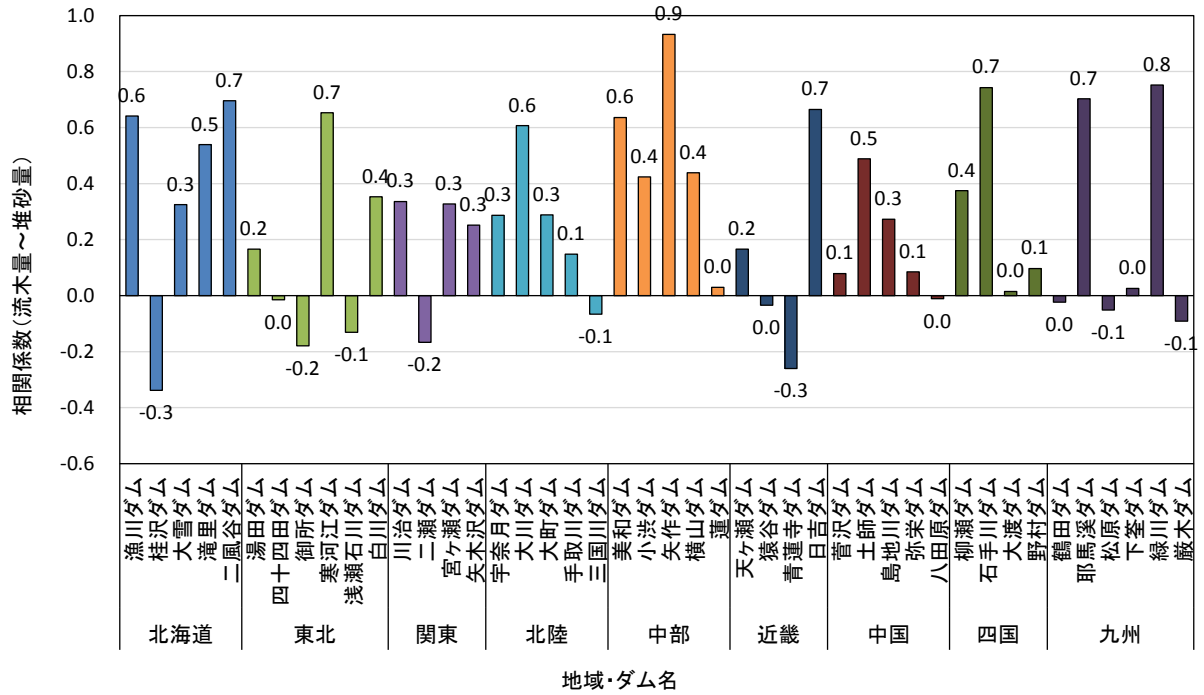


図 5.7 対象ダムの年流木回収量と年最大流入量・年堆砂量の相関整理結果一覧

前項で整理した検討対象ダムにおける流木量と流入量，堆砂量の相関係数をもとに，流木量～流入量の相関と流木量～堆砂量の相関の関係を整理した結果を図 5.8 に示す．これらの図より，多くのダムで，流木量との相関は年堆砂量よりも高いことがわかる．

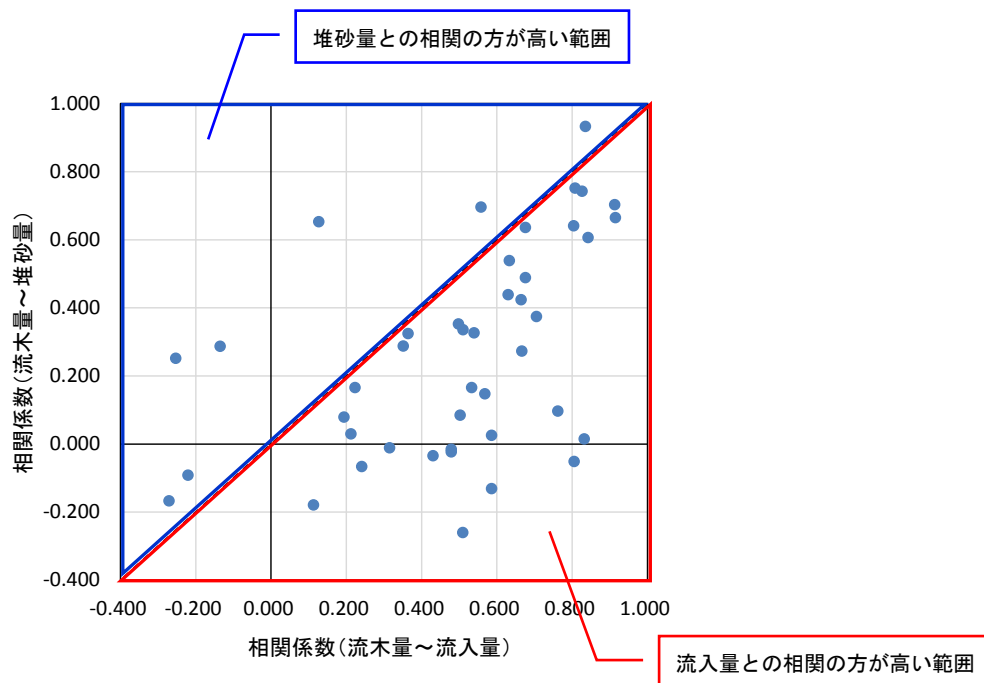


図 5.8 「流木量～流入量の相関係数」と「流木量～堆砂量の相関係数」の関係

年堆砂量よりも年最大流入量の方が流木量との相関性が高い要因について，堆砂量については，斜面崩壊により生産された土砂が河道を經由してダムに流入するまでに数年オーダーの時間スケールとなるのに対し，流木は主に洪水流の表面に浮遊してほぼ 1 洪水で流下するため，流量の時間スケールと同等となる傾向にあるためと考えられる (図 5.9)．

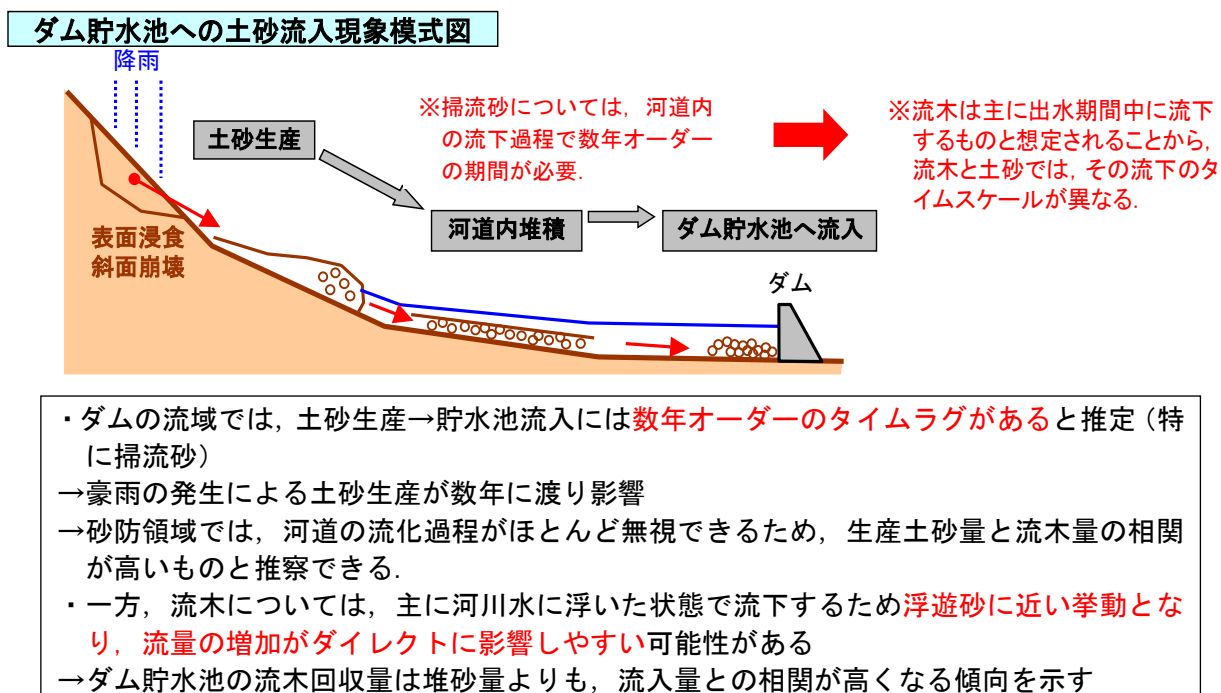


図 5.9 ダム貯水池への土砂流入現象の模式図

以上の結果に加え、データ精度、取り扱い易さを考慮すると、年最大流入量から各ダムの流木量を推定することが妥当と考えられる。

5.3 漁川ダムを対象とした流木発生の特性に関する検討

前節までの検討により、ダム貯水池に流入する流木量との相関性が比較的高い因子は、流入量、堆砂量であり、特に流入量との相関性が良好であることがわかった。ここでは、平成 26 年 9 月の大規模出水により、大量の流木が貯水池に流入した漁川ダムを対象とし、ダム貯水池における流木発生の特性について考察する。

5.3.1 漁川ダムと平成 26 年度出水の概要

漁川ダムは、石狩川水系漁川上流に位置し、洪水調節及び水道用水の供給を目的として、昭和 55 年に完成した、集水面積 113.3km²、総貯水容量 15,300 千 m³、有効貯水容量 14,100 千 m³ を有するロックフィルダムである。ダム流域の西部（上流側）は起伏に富んだ山地、その下流は火砕流台地が広がる。

漁川上流域では、平成 26 年 9 月 11 日に発生した低気圧に伴う豪雨により大規模な出水が発生し、漁川ダムにおいても計画流量の 600m³/s を超える約 820m³/s の流入量を記録し、既往最大出水となった（図 5.10 参照）。また、この大規模出水に伴い、約 33 千 m³ の流木と約 650 千 m³（計画堆砂量の 50%以上）の土砂が貯水池に堆積した。

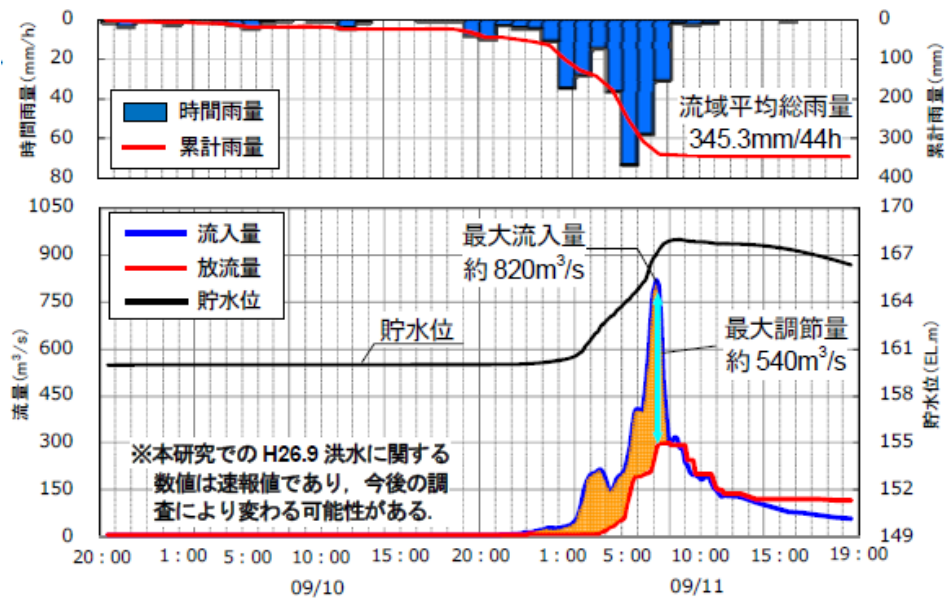


図 5.10 H26.9 出水の漁川ダム流入量，放流量，貯水位

5.3.2 漁川ダムにおける流木量と各種諸量の関係

漁川ダム貯水池における年流木発生量（回収量）及び流木量との相関を確認するための諸量として、年最大日雨量、年最大流入量、年堆砂量（掘削量考慮）を整理した。対象期間は、流木回収量が確認できた平成11年～平成26年までの16年間とした。各諸量の経年グラフを図5.11に、流木回収量との相関関係を図5.12に示す。

これによると、平成26年9月出水は、日雨量を除き、その他の年度の値と比較して1～2オーダー程度大きな値となっており、かなり特異な出水であったと推察できる。また、平成26年の値を除いて評価した場合の年流木回収量との相関を見ると、年最大日雨量と年堆砂量には相関が認められないが、年最大流入量は高い相関を示すことが確認でき、前節で示した全国的な傾向と一致している。

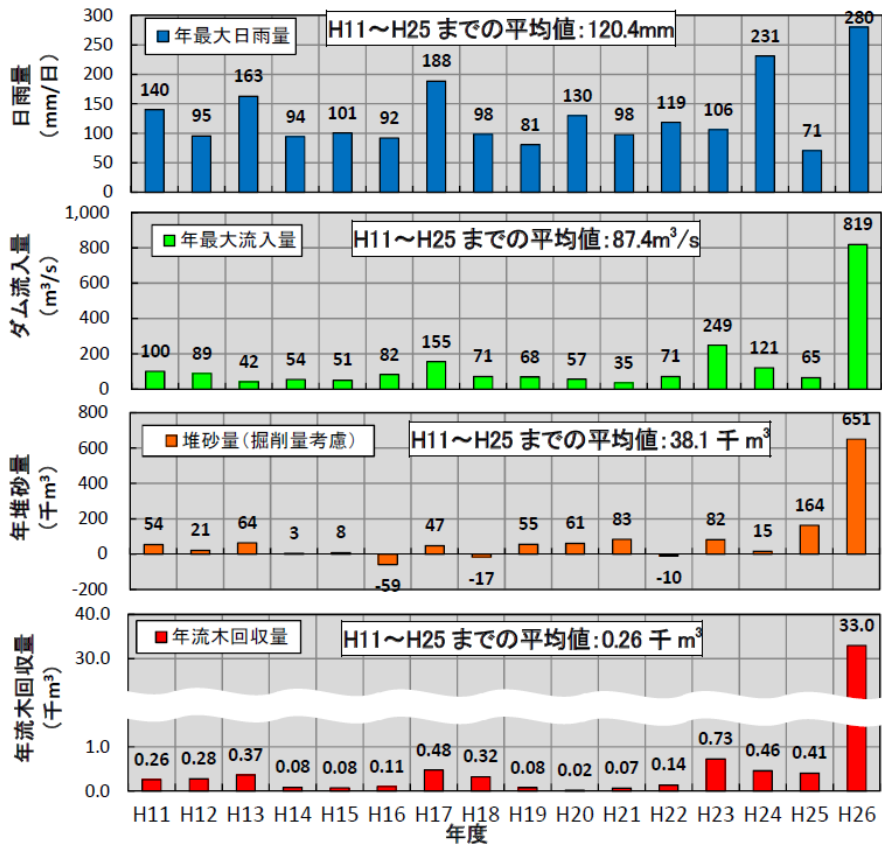
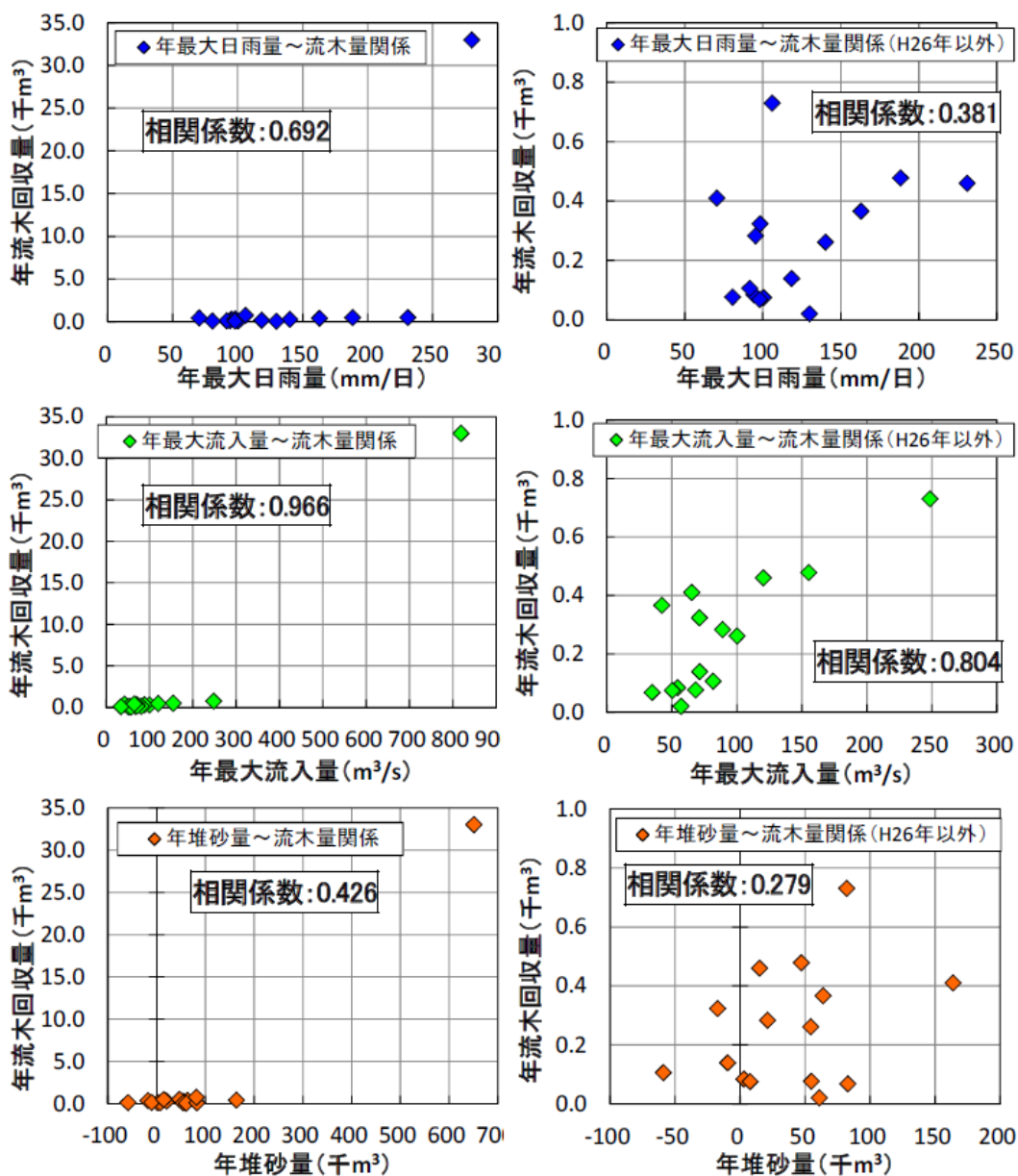


図 5.11 流木回収量とその他諸量の相関関係



※右図は、平成 26 年度データを除いた場合の関係図を示している

図 5.12 流木回収量とその他諸量の関係

5.3.3 漁川ダムにおける流木発生量の確率評価

今後、流木対策の対象規模の設定、妥当性確認等を実施していく上では、治水施設と同様に流木発生量の確率評価が必要となると考えられる。そこで、年流木回収量及びその他の諸量について確率評価を実施した。

確率統計解析の対象とする標本は、流木量については、データが入手できた平成 11 年～平成 26 年までとした。その他の諸量については、管理開始以降のデータが入手可能であることから昭和 56 年～平成 26 年までのデータを使用した。ただし、前述のとおり、平成 26 年 9 月出水の値は、それ以外の値と比較して 1～2 オーダー程度大きい特異性の高いデータであることから、確率統計解析の標本からは除外するものとした。

水文統計ユーティリティを用いて、各諸量について確率統計解析を実施した。確率分布は全諸量に対して、比較的 SLSC が小さく、適合度の高い Gev 分布を用いた。確率諸量及び平成 26 年 9 月出水の諸量を確率評価した結果を表 5.6 に示す。これにより、平成 26 年 9 月出水における流木回収量の確率規模は 1/35 万年となり、その他の諸量と比較して非常に大きな値を示した。流木量については、統計期間が短いため、解析結果の精度に課題があるものの、大規模出水時には、洪水流量や堆砂量よりも変動度合いが大きく、これまでのトレンドとは全く異なる発生特性を示す可能性があることを示唆しているものと推察できる。

表 5.6 平成 26 年 9 月出水の各諸量確率評価

項目		年最大 日雨量	年最大 流量	年堆砂量	年流木 回収量
単位		mm/日	m ³ /s	千 m ³	千 m ³
統計期間		S56-H25	S56-H25	S56-H25	H11-H25
分布		Gev	Gev	Gev	Gev
SLSC		0.023	0.025	0.042	0.028
確率 諸量	1/2	105.2	81.5	49.4	0.07
	1/10	165.9	165.6	143.4	0.14
	1/50	229.6	277.4	279.9	0.27
	1/100	259.9	339.5	360.1	0.35
	1/500	338.8	529.2	620.0	0.65
	1/1,000	376.9	635.9	774.4	0.84
H26.9 出水	諸量	280	819	651	33
	確率年	1/155	1/3,240	1/582	1/352,000

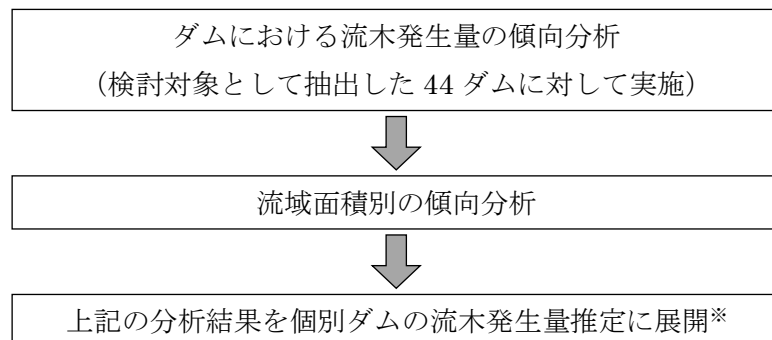
5.4 流木発生量推定方法の検討

5.4.1 検討方針

ダム流域における流木発生量の推定方法について検討する。流木発生量の推定は、前述までの検討結果を踏まえ、ダム流域の年最大流入量と当該年流木回収量の回帰直線を用いて実施する。また、前述までの結果により、大規模出水時の流木発生量は、これまでのトレンドとは異なる傾向を示すことから、大規模出水時の流木発生量と平常年の流木発生量は区分して推定方法を検討する。発生頻度から、前者を「リスクマネジメントに活用する推定値」後者を「通常の維持管理に活用する推定値」とする。

各ダムにおける流木発生量は、各ダム流域における地被・地形に関する因子の影響も受けることから、当該ダムで蓄積された流木回収データを基に、ダム毎に推定することを基本とすることが望ましい。ただし、個別のダムでみると、多くのダムでは大規模出水に伴う大量の流木発生を経験していないことから、ダムにおける流木発生特性の分析対象として抽出した44ダムのデータ分析を個別ダムの流木量推定に展開していくものとする。なお、完成後間もないダムなど、今後の流木発生量を予測するためのデータが不足しているダムでは、地形・地被が類似した近傍ダムの実績値を参照するなどの処置が必要となる。

また、流木量推定に関する既往の検討結果から、流木発生特性と流域面積には関連があることがわかっており、推定方法を流域面積別に区分することを試みる。



※今後の流木発生量を予測するためのデータが不足しているダムでは、地形・地被が類似した近傍ダムの実績値を参照する必要がある

図 5.13 流木発生量推定の考え方

5.4.2 ダムにおける流木発生量の傾向分析

流木量推定の基本式は、年最大流入量～年流木回収量のプロットを対象とした原点を通る1次式とし、直線の傾きとなる α については、大規模出水時の流木発生量と平常年の流木発生量で区分する。両者の違いについて、検討対象として抽出した44ダムにおける流木量の記録を元に分析する。

流木量推定の基本式は以下のとおりとする。44ダムの流木量の記録のなかには、大規模出水に伴い、平常時を大きく上回る流木量が含まれていることから、全データを包絡する直線の傾きを「リスクマネジメントに活用する推定値」を算出するための推定式に採用するものとし、全データの回帰直線の傾きを「通常の維持管理に活用する推定値」として採用する。

$$v_w = \alpha_1 \times q_{in_max} \dots\dots\dots 5.4.1$$

$$v_w = \alpha_2 \times q_{in_max} \dots\dots\dots 5.4.2$$

v_w : 対象期間における発生比流木量(m^3/km^2)

q_{in_max} : 対象期間における最大比流入量($m^3/s/km^2$)

α_1 : 大規模流木発生時の流木量と流入量の関係を表す係数 (=実績流木量の全てを包絡する傾き)

α_2 : 流木量と流入量の平均的な関係を表す係数 (流木量と流入量の全データに基づく回帰式の傾き)

対象として抽出した44ダム全データの比流量、比流木量の関係を図5.14に示す。実績値を全て包絡する直線の傾きが α_1 であり、全データから作成した回帰直線の傾きが α_2 となる。

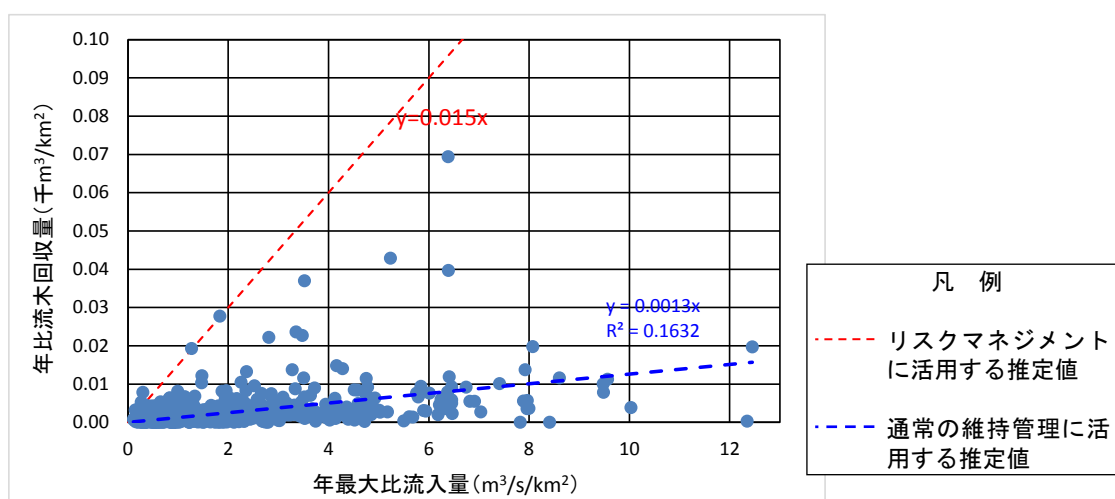


図 5.14 検討対象 44 ダムの全データによる回帰直線

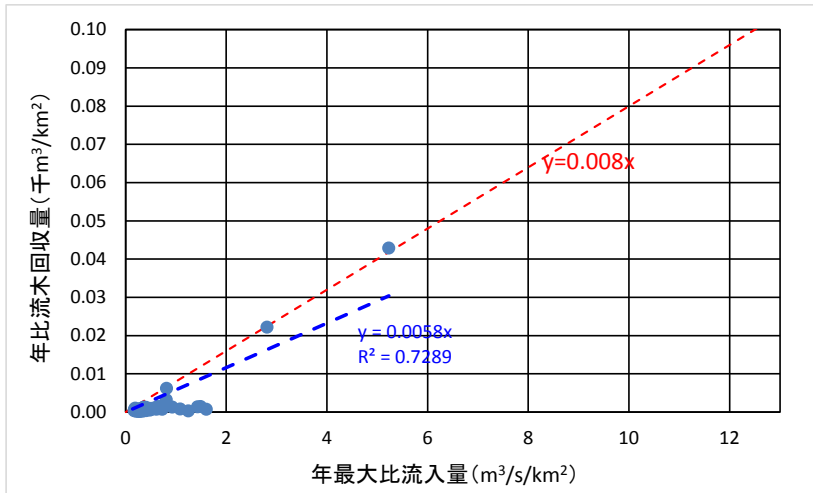
5.4.3 流域面積別の傾向分析

図 5.14 で示した 44 ダム全データの比流量、比流木量の関係式を、流域面積別に区分した結果を図 5.15 図 5.16 に示す。また、流域面積別にリスクマネジメントに活用する推定式の傾き (α_1) と通常の維持管理に活用する推定式の傾き (α_2)、及び平常時と大規模洪水時の流木発生量の倍率 (流木発生量強度の変動傾向) を示す α_1/α_2 を整理した結果を図 5.17 および表 5.7 に示す。

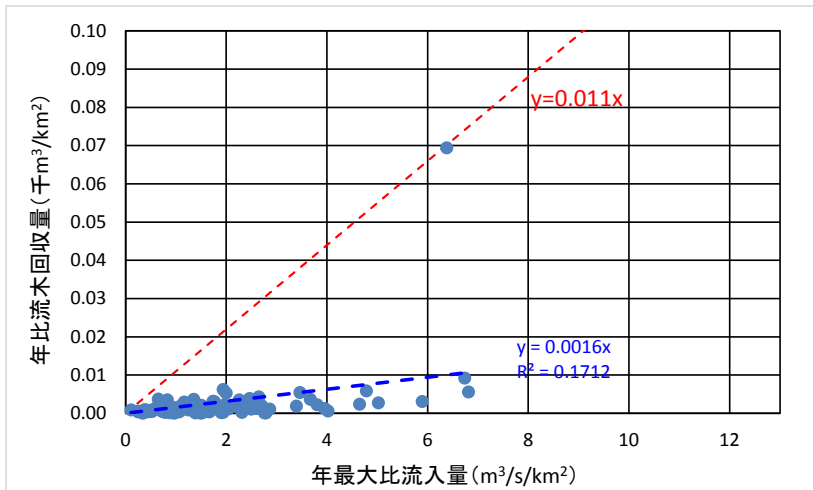
これらの結果より、以下の事項が確認できる。なお、流域面積で分類した場合には、一定の傾向が確認できることから、本検討で提案する流木量の推定式は流域面積別に示すものとする。

- ・ 通常の維持管理に活用する推定式の傾き (α_2) は、200km²~300km²を除くと流域面積が小さいほど値 (流木発生強度) が小さくなっている。
- ・ 一方、リスクマネジメントに活用する推定式の傾き (α_1) は、流域面積が小さいほど値 (流木発生強度) が大きくなっている。
- ・ 上記の結果、 α_1/α_2 (洪水規模毎の流木生産強度の変動幅) は流域面積が小さいほどが大きくなっており、大規模出水時には、これまでの実績を大きく上回る流木が発生する可能性が高いことを示唆している。

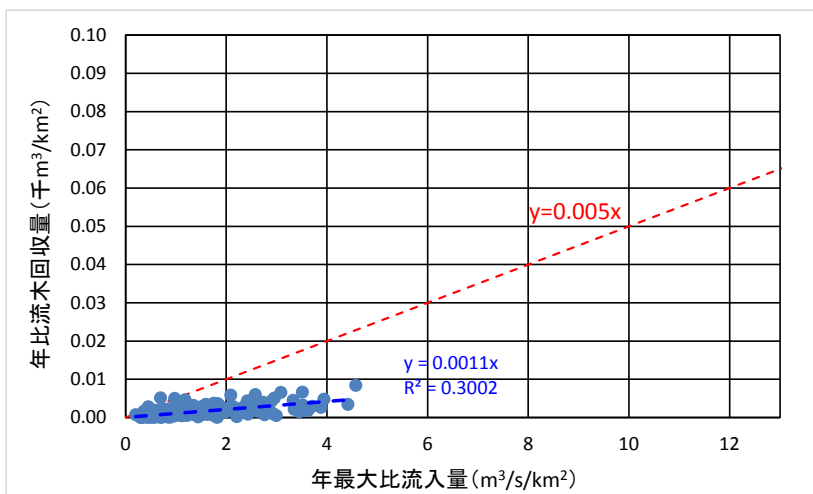
【流域面積 1,000km²以上 : 3 ダム】



【流域面積 500~1,000km² : 7 ダム】



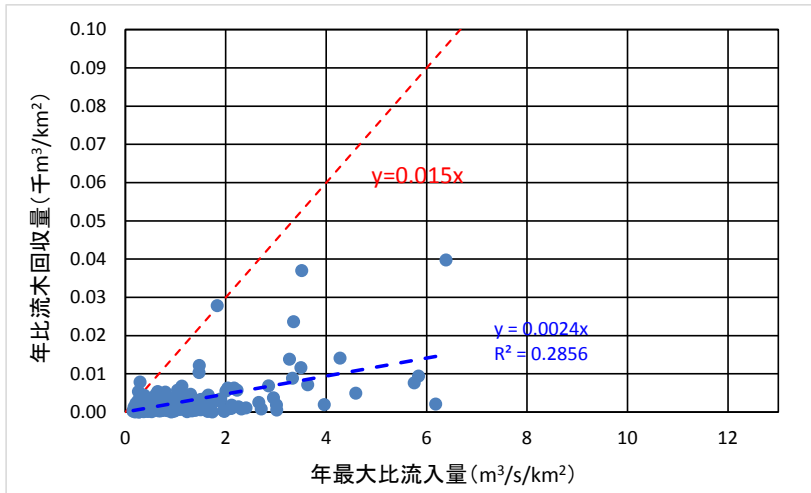
【流域面積 300~500km² : 9 ダム】



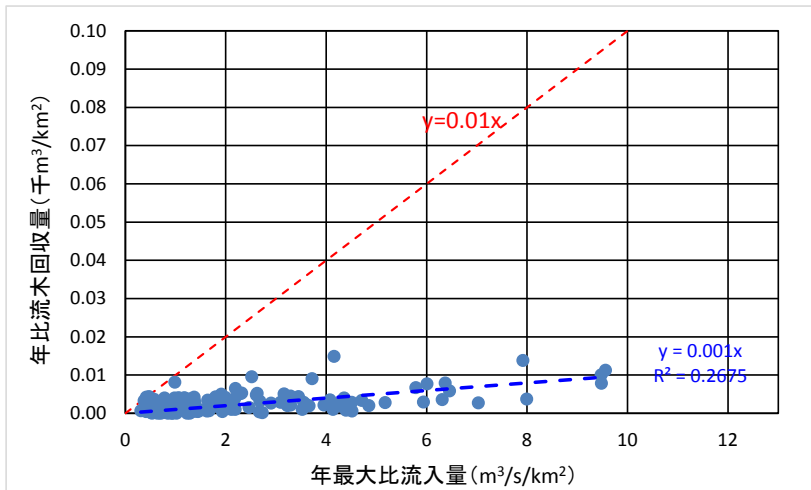
- 凡 例
- リスクマネジメントに活用する推定値
 - 通常の維持管理に活用する推定値

図 5.15 流域面積別の流木発生量推定式(1)

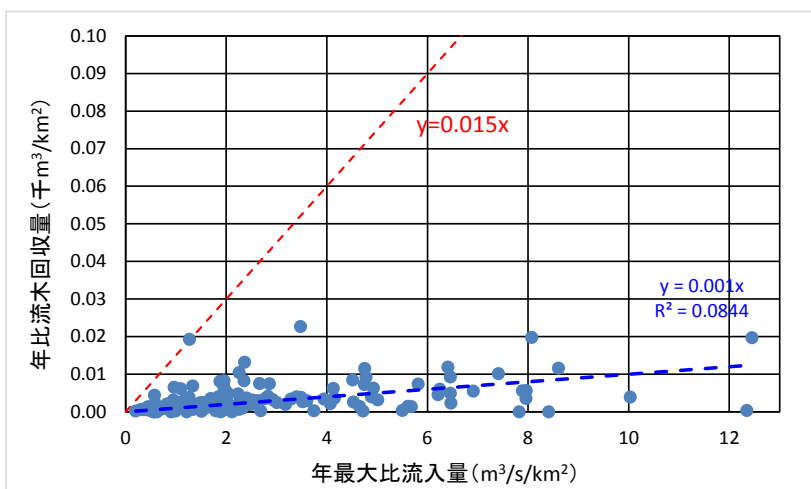
【流域面積 200~300km² : 11 ダム】



【流域面積 100~200km² : 6 ダム】



【流域面積 100km² 以下 : 8 ダム】



- 凡 例
- - - リスクマネジメントに活用する推定値
 - - - 通常の維持管理に活用する推定値

図 5.16 流域面積別の流木発生量推定式(2)

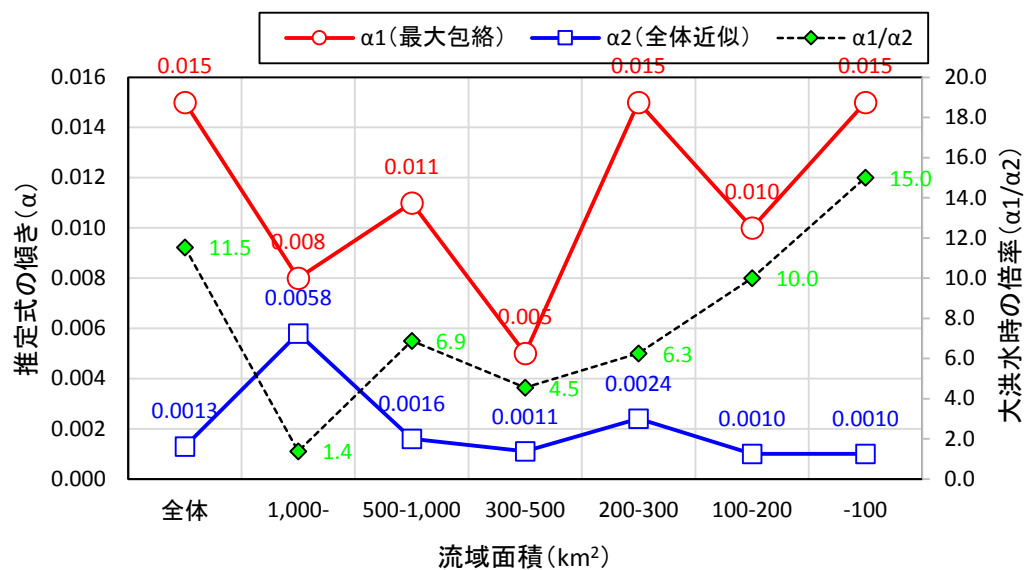


図 5.17 流域面積別の流木発生量推定式の傾き【 $V_w = \alpha \times Q_{in}$ 】

表 5.7 流木発生量推定式の傾き及び大規模洪水時の倍率

分類		推定式の傾き【 $V_w = \alpha \times Q_{in}$ 】		大規模洪水時の倍率 n
		$\alpha 1$ (最大包絡)	$\alpha 2$ (全体近似)	$\alpha 1 / \alpha 2$
流域 面積別	全体	0.015	0.0013	11.5
	>1,000km ²	0.008	0.0058	1.4
	1,000~500km ²	0.011	0.0016	6.9
	500~300km ²	0.005	0.0011	4.5
	300~200km ²	0.015	0.0024	6.3
	200~100km ²	0.010	0.0010	10.0
	100km ² >	0.015	0.0010	15.0

5.4.4 推定式の使用区分

流木量の推定は、「リスクマネジメントに活用する推定値」と「通常の維持管理に活用する推定値」に区分するものとするが、ここでは両者の使用区分を明らかとする。

図 5.15、図 5.16 で示した流域面積区分毎の流木量と流量の関係を示すグラフにおいて、「リスクマネジメントに活用する推定値」を算出する推定式の傾き α_1 を決定する根拠となるデータを示したダムと、該当する流木量の発生確率を整理した。結果を表 5.8 に示す。この結果から、 α_1 の決定根拠となった流木発生現象の発生確率の最小値は概ね 30 年（ $\approx 1/26$ ：横山ダム）であることがわかる。このことから、本検討においては、概ね 30 年確率規模以上の洪水で発生する流木量については、「リスクマネジメントに活用する推定値」を算出する推定式を用いるものとし、これより小さい規模の洪水で発生する流木量の推定には、「通常の維持管理に活用する推定値」を算出する推定式を用いることを提案する。

表 5.8 α_1 設定ダムと設定時流木回収量の確率評価

分類	α_1 設定ダム		流木回収量の最大 値の発生確率	
	地域	ダム名		
流域面積別	>1,000km ²	北海道	二風谷ダム	1/39 年
	1,000~500km ²	中部	矢作ダム	1/234 年
	500~300km ²	中部	横山ダム	1/26 年
		中国	弥栄ダム	1/44 年
	300~200km ²	東北	寒河江ダム	1/82 年
	200~100km ²	関東	矢木沢ダム	1/54 年
	100km ² >	九州	緑川ダム	1/92 年

5.4.5 推定方法の提案

これでの検討結果をふまえ、ダム貯水池における流木量の推定式を提案する。

推定の基本的な考え方は以下のとおりとする。

- ・ダム貯水池に流入する流木量は、同年におけるダム貯水池の年最大流入量と高い相関性を示すことが多く、各ダムにおいて、ダム運用開始以降の年最大流入量と流木量の関係を用いて推定することを基本とする。
- ・推定する流木量は、「リスクマネジメントに活用する推定値」と「通常の維持管理に活用する推定値」に区分する。前者は、30 年確率規模以上の洪水における最大流入量を推定式の入力値とし、後者は 30 年確率規模未満を対象とする。
- ・流木の発生については、各ダムの特性によるところが大きいことから、推定はダム毎に当該ダムの流木量実績値を用いることを基本とする。推定式の作成に必要な実績値が不足しているダムでは、近傍ダムの実績値を参照するか、前掲図 5.15、図 5.16 で示した全国 44 ダムの実績値から作成した推定式を活用する。

流木発生量の推定手順を以下に示すとともに、推定フローを図 5.18 に示す。「リスクマネジメントに活用する推定値」を設定するにあたっては、全国的に大規模な流木量の発生を経験したダムが現時点では少ないことから、当該ダムの実績値のみで推定した値と、前掲表 5.8 で示した α_1/α_2 （洪水規模毎の流木生産強度の変動幅）を用いて推定した値を比較し、大きい値を採用するものとした。

手順①

当該ダムにおける年最大流入量と当該年流木発生量の関係から、実績流木量～流入量の相関関係を分析し、両者の関係から、実績流木量の全てを包絡する傾き α_1 と木量と流入量の全データに基づく回帰式の傾き α_2 を設定する。

$$v_w = \alpha_1 \times q_{in_max} \dots\dots\dots 5.4.1$$

$$v_w = \alpha_2 \times q_{in_max} \dots\dots\dots 5.4.2$$

v_w : 対象期間における発生比流木量(m^3/km^2)

q_{in_max} : 対象期間における最大比流入量($m^3/s/km^2$)

α_1 : 大規模流木発生時の流木量と流入量の間係数を表す係数 (=実績流木量の全てを包絡する傾き)

α_2 : 流木量と流入量の平均的な関係を表す係数 (s) (流木量と流入量の全データに基づく回帰式の傾き)

n : 代表的な 44 ダムの実績値から設定した倍率 (流域面積別に表 5.7 で示した値を使用)

手順②

流木量推定の対象とする出水規模を設定する。「リスクマネジメントに活用する推定値」を算出する場合は、30 年確率規模以上の大規模洪水を対象とし、「通常の維持管理に活用する推定値」する場合は 30 年確率規模未満を対象とする。

手順③ (リスクマネジメントに活用する推定値)

手順①で設定した式(1)の傾き α_1 と、前掲表 5.7 で示した関係から設定した α_1 を比較し、大きい値を当該ダムにおける「リスクマネジメントに活用する推定値」を示す推定式直線の傾きとして設定する。「リスクマネジメントに活用する推定値」は、作成した推定式に推定対象とする洪水の最大流入量を入力することにより算出する。

手順③ (通常の維持管理に活用する推定値)

「通常の維持管理に活用する推定値」は、手順①で作成した式(2)に推定対象とする洪水の最大流入量を入力することにより算出する。

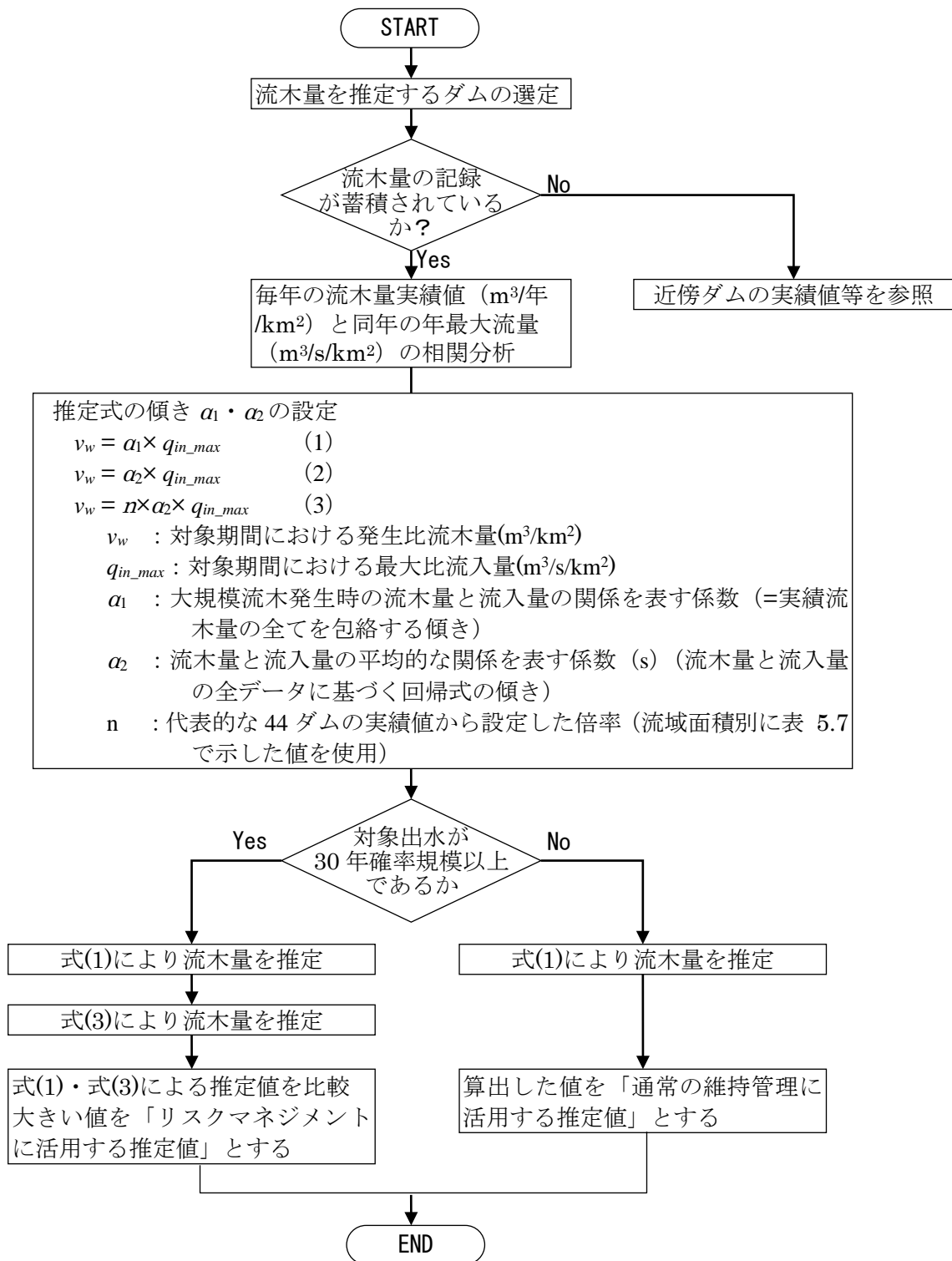


図 5.18 流木発生量の推定フロー

5.4.6 推定式の検証

前述で提案した流木量の推定方法について、平成 29 年 7 月の九州北部豪雨における寺内ダムを例とし、その妥当性を検証する。

一級河川・筑後川水系佐田川に位置する寺内ダムは、平成 29 年 7 月は、九州北部豪雨に伴い、ダム流入量最大 888m³/s の出水とともに、約 10,000m³ の流木が貯水池に流入している²⁾。寺内ダムにおける各年の流木回収量と年最大流入量の経年変化は図 5.19 に示すとおりであるが、平成 29 年の流木発生量が突出して大きいことがわかる。

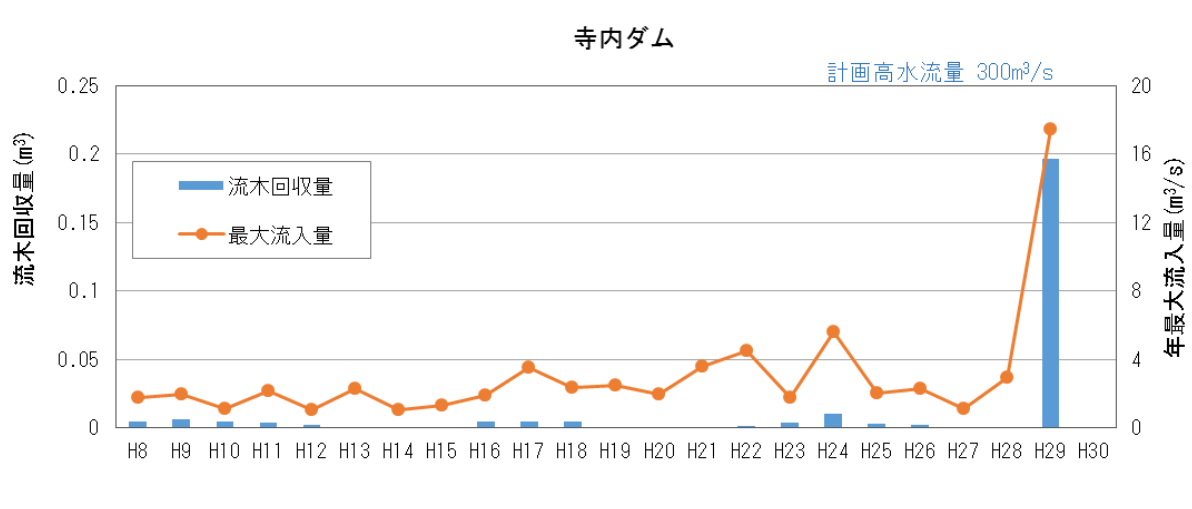


図 5.19 寺内ダムにおける年流木回収量～年最大流入量関係（経年変化）

平成 29 年度の流木発生量について、平成 28 年度までの寺内ダムにおける流木回収量の記録からの推定を試みる。平成 28 年度までの寺内ダムにおける流木回収量と年最大流入量の相関を示すと下図のとおりとなり、「通常の維持管理に活用する推定値」を示す直線の傾き (α_2) は 0.0011 となる。

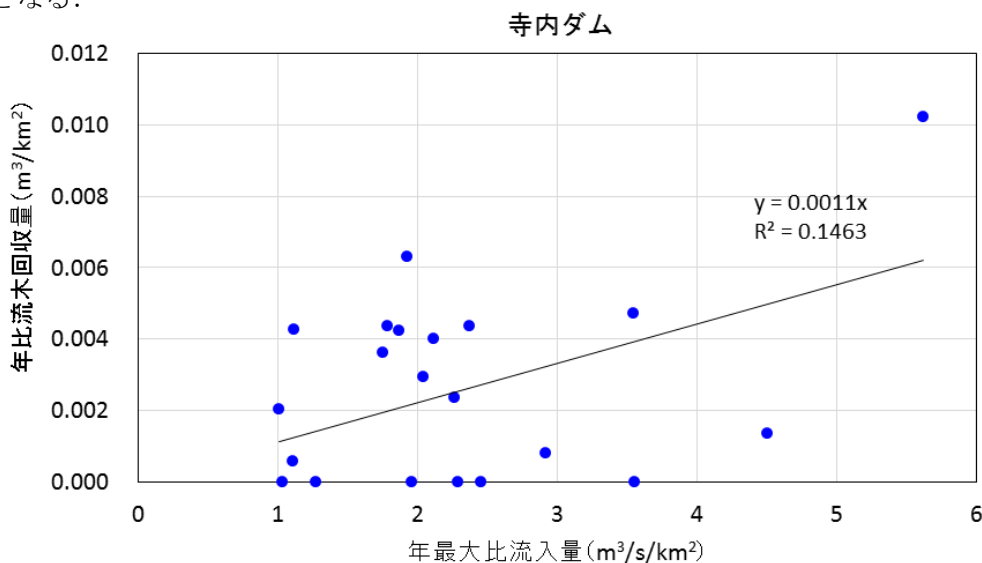


図 5.20 寺内ダムにおける年流木回収量～年最大流入量関係（散布図）

寺内ダムの流域面積は 51km² であり、前掲表 5.8 のうち、100km² 未満に分類されることから、リスクマネジメントに活用する推定式直線の傾き α_1 は、通常の維持管理に活用する推定値を示す直線の傾き α_2 の 15 倍に相当することとなる。

平成 29 年度の最大流入量は 888m³/s であることから、平成 28 年度以前のデータで推定する寺内ダムにおける最大規模の流木量は約 14,700m³ であると推定される(図 5.21 および表 5.9)。平成 29 年 7 月の出水で実際に流入した流木量は約 10,000m³ であり、推定値はこれを上回るものとなるが、本手法によりリスクマネジメントの目標値としては十分な精度で推定値が得られていると考えられる。

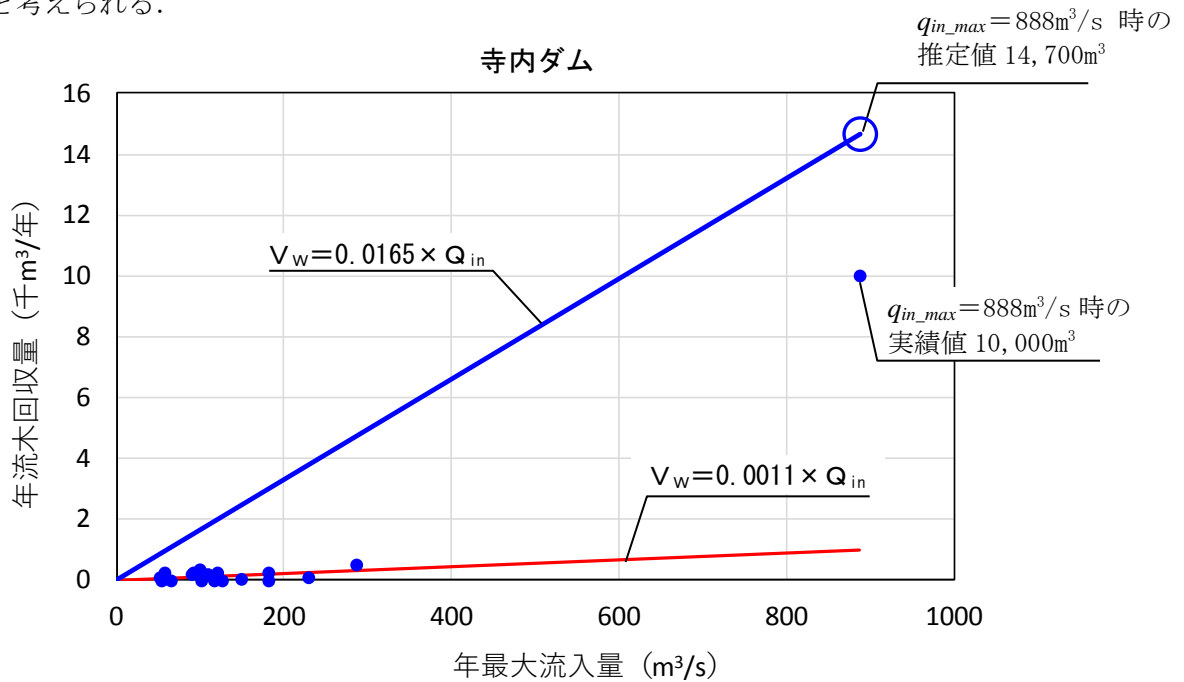


図 5.21 寺内ダムにおける流木量の推定値と平成 29 年度の実績値

表 5.9 発生流木量推定式の適用結果

No.	項目	内容	備考
①	対象流域	寺内ダム	
②	流域面積	51km ²	
③	平均年最大流量	118m ³ /s	H8～H28 データより
④	平均年流木回収量	136m ³	H8～H28 データより
⑤	平均的な推定式の傾き α_2	0.0011	図 5.20 参照
⑥	α_1 / α_2	15 倍	前掲表 5.8 の 100km ² 以下を適用
⑦	大規模出水時の推定式の傾き α_1	0.165	=0.011 × 15 倍
⑧	H29 年度最大流入量 (実績)	888m ³ /s	q_{in_max}
⑨	H29 年度流木回収量 (見込)	10,000m ³	
⑩	H29 年度発生流木量 (H28 年までの実績からの推定値)	14,700m ³	$V_w = \alpha_1 \times q_{in_max} = 0.165 \times 888$

5.5 結語

本章では、ダムに流入する流木量の推定方法について検討を実施した。流木については、流木の発生からダム貯水池に流入するまでのプロセスにおいて明らかとなっていないことが多く、効果的対策を作成するにあたっての知見や実績が不足している現状にある。このため、2章から4章までとは異なり、基礎的な検討と位置付け、ダムに流入する流木量の推定方法について検討した。本章で得られた結論は以下のとおりである。流木量の推定方法は、今後もデータの蓄積に応じて逐次見直していく必要があるといえる。

- ・ ダム貯水池に流入する流木に影響する因子は多岐に渡ると考えられるが、地形・地被（植生）・堆砂との相関性は低く、これらをパラメータとした流量の推定は困難である。
- ・ ダムの年間最大流量と流木量の相関は高く、現時点では両者の関係から流木量を推定する方法が妥当であると考えられる。このため、流木量は、ダム毎に蓄積された流木回収量の記録とダム年最大流量の関係を示す回帰直線から推定することを基本とする。
- ・ 漁川ダムを対象とした検討から、大規模出水時における流木量は、洪水流量や堆砂量よりも変動度合いが大きく、これまでのトレンドとは全く異なる発生特性を示す可能性がある。
- ・ 流木量と流域面積には関係性がみとめられ、流域面積が小さいほど、通常年に発生する流木量と、大規模出水に伴って発生する流木量との乖離が大きい。
- ・ 大規模出水に伴い発生する流木発生量と、平均的な流木発生量は大きく異なるため、前者はリスクマネジメントに活用する推定方法、後者は通常の維持管理に活用する推定方法とし、用途に応じて使い分けるものとする。

参考文献

- 文献 1：平成 26 年度京都大学防災研究所水資源セミナー：流域一貫の総合流木管理に向けて，2014.10
- 文献 2：独立行政法人水資源機構筑後川局：平成 29 年 7 月九州北部豪雨における寺内ダムの流木処理について（経過報告），2017.10

6. 結論

本論文は、今後のダムのアセットマネジメントを効果的かつ効率的に展開させていくうえで、重要となる課題として現行機能を維持するための堆砂対策、再開発による治水機能向上、流木対策を挙げ、各課題についての対応策について検討したものである。

第1章では、社会資本全体のアセットマネジメントの現状および社会資本におけるダムの位置付けについて述べるとともに、ダムの維持管理活動の現状について記載し、ダムのアセットマネジメントを実施していくうえでの課題を明らかとした。また、現時点でのダム維持管理が「LCC型アセットマネジメントシステム」であることを示し、このマネジメントシステムを、最適な事業方法により価値とコストの差の極大化を図る本来のシステムへ転換させていくことの重要性について延べた。

第2章では、ダムのアセットマネジメントを展開させていくうえで挙げた3つの課題（貯水池の堆砂対策・ダム再開発による機能向上・ダム貯水池に流入する流木対策）についての現状を延べるとともに、これらへの対応策を効果的に進めていくうえで有益になると考えられる既往検討や事例について述べた。

堆砂対策については、有効容量内の堆砂が既に顕在化しているダムでは、事後保全的な対策が必要であり、単独ダムで対策コストそのものの縮減を図ることが難しいことから、複数ダムを対象として対策効果の高いダムを優先的に対策するなどのマネジメント手法で対応していくことが重要である。この観点から、複数ダムを対象としたマネジメント手法に関する既往検討を示した。

ダム再開発による機能向上については、計画規模を上回る超過洪水を外力に対しても治水機能を維持させることが目的となる。超過洪水の規模としては、「想定最大規模降雨」挙げられるが、この外力に対し、既設ダムがどこまで耐力を有しているかは明らかとされていない。このため、まずは現状を把握するために、全国の既設ダムが想定最大規模降雨に対してどこまで耐力を有しているかどうかを分析した。この結果、特に地方自治体管理ダムにおいて、超過洪水に対する治水耐力が不足する傾向にあること、地域別では紀伊南部、瀬戸内、四国南部、九州南東部の各地域のダムで特に治水耐力が不足する傾向を確認した。また、近年の代表的なダム再開発事例である新桂沢ダムの嵩上げ、鶴田ダムの放流管増強事例を抽出し、我が国のダム再開発技術が高い水準にあることを併せて示した。

流木対策は、他の課題と比較すると体系的な対策手法が確立されていないのが現状であるが、各ダムで対策の目標値とする流木量の推定方法が明らかとされていないことが要因のひとつであると考えられる。このため、ダム貯水池に流入する流木量を推定していくために参考となる既往の研究事例を示した。

第3章では、既設ダムの現行機能を効率的に維持していくためのマネジメント手法について延べた。既設ダムの治水機能を維持していくために最も重要な対策は、貯水池内堆砂に伴う容量の損失を防止することである。ただし、同一水系内の複数ダムで堆砂による容量損失が顕在化しているダムでは、選択できる対策工法が限られるとともに、ダム毎に十分な対策費用を充当することが困難である。このため、同一水系内複数ダムをダム群とみなし、ダム群内で対策の優先順位を設定することにより、水系全体の治水安全度を効率的に確保するための予算配分する手法について検討した。

検討においては、堆砂による容量損失が顕在化しつつある大淀川水系ダム群を対象とし、水系内各ダムの治水機能および利水機能について、水系全体における重要度を簡易な指標により点数化し、堆砂による容量損失の速度と併せて評価することで、対策の優先度を設定する手法を示した。ただし、同手法では対策の効果を定量的に評価できないため、効率的な対策を展開していくマネジメント手法を確立するためには、対策効果も併せて評価し、対策の妥当性を明らかにすることが必要である。ダムの治水機能については、堆砂による治水容量損失と対策による治水容量維持が水系全体の治水安全度に与える影響を流出予測計算で明らかにすることが可能である。このため、流出予測計算により水系内ダム群の治水貢献度を評価するとともに、水系内ダム群の将来的な堆砂による容量損失を流出予測に反映することにより、水系全体の治水機能をするための優先度を設定する手法を併せて示した。また、同手法で設定した優先度に基づき、対策予算に制約がある場合でも重要度の高いダムに対策予算を集中的に活用することで、効率的に対策効果を得ることが可能であることを示した。なお、第3章では、「現行機能維持」を目的としたものであり、流出予測計算の対象とする降雨規模は、実績最大規模としている。

第4章では、第3章と同様に大淀川水系ダム群を対象とし、同一水系内ダム群の再開発を効率的に展開させていくための方策について検討した。再開発効果は第3章と同様に流出予測計算を用いるものとし、再開発効果を反映させた流出予測計算の結果から、再開発規模と得られる効果について検証した。再開発の目的を超過洪水に対する治水耐力向上と位置付け、流出予測計算の対象とする降雨は、想定最大規模降雨を最大値とした計画規模を上回る規模の降雨とした。

検討の結果、第3章で示した「治水貢献度の高いダム」に対し、最適な規模で再開発を実施することで効率的に対策効果を得ることを示した。検討の対象とする再開発工法は、ダムの嵩上げとしている。嵩上げ規模に応じて対策効果も大きくなるが、限られた予算で最大限の効果を得るためには、最も効率的に効果が得られる対策規模を設定することが重要である。最適な規模を設定する簡易な指標としては、流域内降水量と相当貯水容量の比率を示す比較定数 α が有効であり、再開発対象ダムの選定や再開発規模を決定するうえで、効果的に使用できることを明らかにした。

第3章、第4章では各章の結論として、同一水系ダム群として現行機能を維持するためのマネジメント手法、再開発により機能向上を図るマネジメント手法としてそれぞれ提案しているが、再開発による機能向上と堆砂対策は相互に関連することから、実際には両者を総合的に検討した運用が想定される。このため、第3章、第4章で提案した手法を統合し、図6.1にフロー図として示した。堆砂の進行状況や、対策の効果は、今後の気候変動の影響を受け、変化していくものと考えられることから、数十年スパンで対策実施・運用に伴う効果を確認しながら、長期的に要求性能に合致し対策を展開していくことが必要であるといえる。

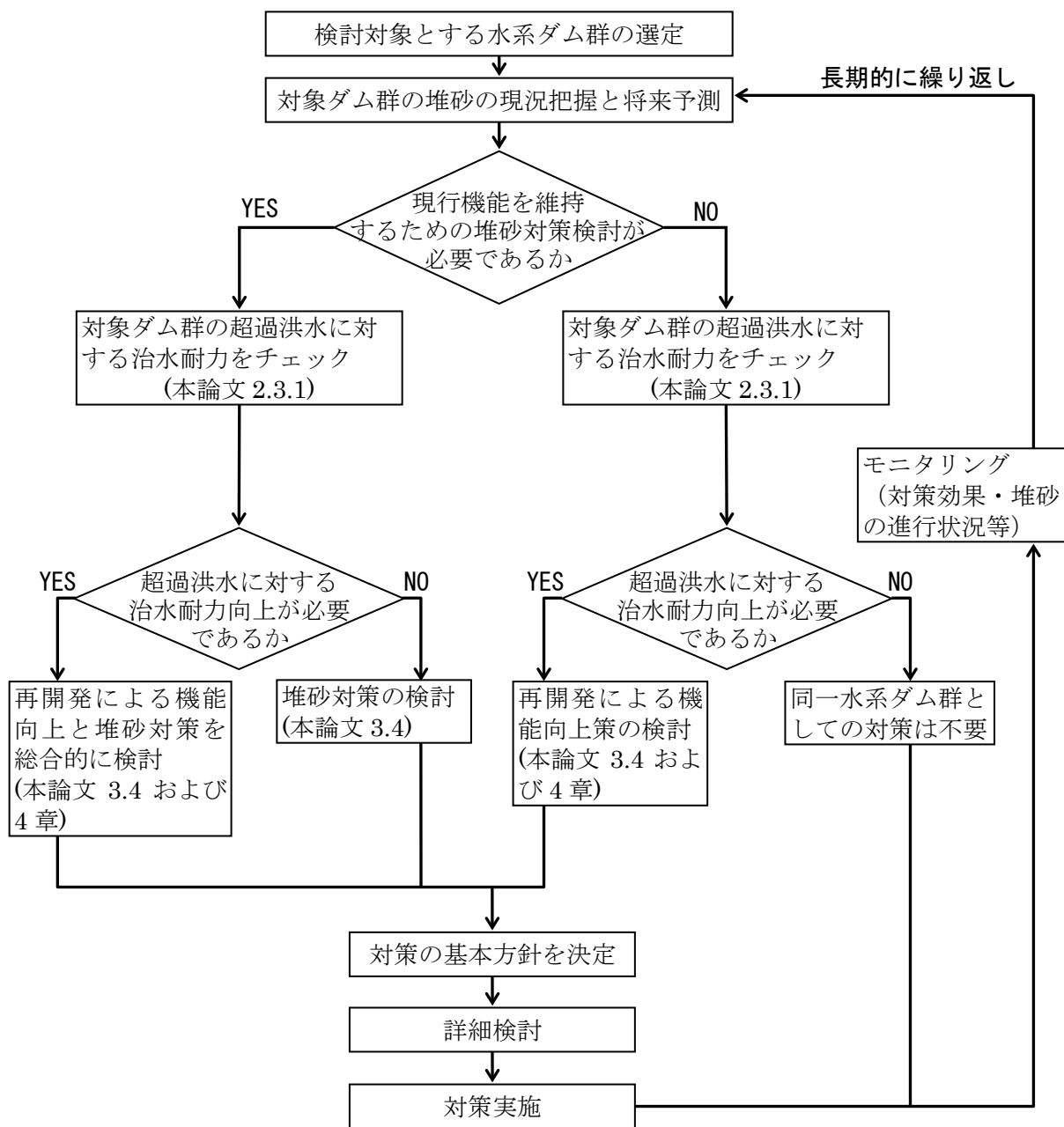


図 6.1 同一水系ダム群を対象としたマネジメント手法
(現行機能維持を目的とする方策と再開発による機能向上を図る方策のまとめ)

第5章では、ダムに流入する流木量の推定方法について検討した。近年は、ダム貯水池に大量の流木が流入し、ダムの機能に影響を及ぼすリスクが増加しているといえるが、流木については発生からダム貯水池に流入するまでのプロセスにおいて知見が不足しており、出水に伴ってダム貯水池に流入する流木量の推定方法が明らかとされていないのが現状である。このため、流木については2章から4章と異なり、基礎的な検討としてダムに流入する流木量の推定方法をテーマとした検討を実施した。検討結果から、ダム貯水池に流入する流木量は、ダム流入入量の年最大値をパラメータする推定式により推定することが可能であることを示した。また、大規模出水に伴い発生する流木発生量と平均的な流木発生量は大きく異なる傾向にあることを明らかとし、前者を推定するための「リスクマネジメントに活用する推定式」と後者を推定するための「通常の維持管理に活用する推定式」をそれぞれ提案するとともに、流木量の推定手順としてとりまとめた。また、近年の大規模な流木発生事例として、平成29年の寺内ダムの事例を抽出し、提案した手法により、過去の流木発生量の記録から、当該ダムにおける流木発生量のある程度の精度で予測することが可能であることを示した。

本論文では、ダム維持管理の現状や、近年の気候変動に伴う外力の増加傾向を背景とし、治水機能を維持・向上させていくためのマネジメント手法に重点を置いた検討を実施した。この結果、現行機能維持を目的とする堆砂対策、超過洪水に対する治水耐力向上を目的としたダム再開発のいずれにおいても、同一水系の複数ダムをダム群として考え、個別のダムではなくダム群としてのマネジメントを実施することが効率的であることを示した。また、今後のダム管理で新たな課題のひとつとして挙げられる流木対策については、今後効率的なマネジメントを展開していくための基本となるダム貯水池に流入する流木量の推定方法を提案した。ただし、本論文は、序論で述べたとおり、本論文は、貯水池の現行治水機能維持を目的とする堆砂対策、治水機能向上を目的としたダム再開発、流木管理を対象に限定した検討結果をとりまとめたものであり、検討結果を多岐にわたるダムのマネジメントに展開していくことが課題である。

気候変動に伴う影響は、渇水頻度を増加させることにもなることから、ダムの利水機能についても影響を与えると想定されている。既設ダムの有効活用を推進した「ダム再生ビジョン」においても、治水、利水双方の機能を向上させることの重要性を示しており、利水機能の維持、向上についても同様のマネジメントを展開させていく必要がある。例を挙げると、本論文で延べたダムの嵩上げによる治水機能向上策は、治水容量を新たに確保するだけでなく、有効落差を大きくすることによる発電機能の向上や、新規に発電機能を付加することにより、さらなる対策効果を発揮できるものと考えられる。また、ダムの嵩上げのようなハード面での対策と、利水容量を洪水調節に活用するような運用改善を適切に組み合わせることによる対策手法を検討していくことも重要である。治水、利水双方の機能に配慮した、アセットマネジメント手法の検討が今後の課題であるといえる。

謝 辞

本論文は、株式会社 建設技術研究所に就職後の博士後期課程等における平成 27 年から 31 年にかけての研究成果をまとめたものです。

著者の指導教官である京都大学工学研究科の角 哲也教授には、本研究の細部まで懇切丁寧なご指導を受け賜りました。研究開始当初、学会等の活動がこれまでほとんどなく、全く未熟であった著者に、時間や場所を選ばず研究の着目点や進め方のご指導、投稿論文の査読等をして頂きました。研究内容だけでなく、角教授の研究に対する真摯な姿勢に深く感銘を受けました。心より深甚の謝意を表します。京都大学工学研究科の竹門 康弘准教授、河野 広隆教授には、副査としてご助言を戴くとともに、研究期間を通じて、ご指導、並びに激励頂きました。心より感謝の意を表します。

本論文作成にあたり、株式会社 建設技術研究所 東京本社 ダム部 石田 裕哉部長、同 大阪本社 永谷 言博士、同 北海道河川室 川村 育夫博士、株式会社 建設技研インターナショナル 水野 直弥氏をはじめとする株式会社 建設技術研究所の方々には多大なるご助言を頂きました。忙しい業務の合間を縫って議論する時間を作成して頂き、ここに深甚の謝意を表するとともに、御礼申し上げます。さらに、著者が研究活動中に在籍した株式会社 建設技術研究所 東京本社 ダム部の皆様には、業務と並行して論文作成することに理解をして頂き、論文査読等で多大なるサポートをして頂きました。また、同 岩永 真由美氏には、論文提出の最終段階まで、編集、校正をして頂きました。ここに記して感謝致します。

最後に、本研究の完成を陰で見守り、支えてくれた、妻智恵、愛娘慧、論文作成中に誕生した愛息遼に感謝します。ありがとうございました。