

## 2. 水関連災害の被害評価手法の高度化検討

### 2-1 水害の経済評価の高度化と改良

#### a) はじめに

我が国の国土は、厳しい自然条件下にあり、河川氾濫区域内に人口や資産が集中する社会条件も加わり、洪水による甚大な被害を受けやすい状況にある。このような状況に対処するためには、優先順位の高い事業から効率的に進めていくことが重要であり、一定の規則に従い費用対効果を適切に評価する必要がある。現在、河川改修やダム・遊水池などの治水施設整備を実施する際には、その整備効果について、「治水経済調査マニュアル（案）」<sup>5)</sup>に準拠した手法で、治水事業による被害軽減額を事業効果として評価し、費用対効果分析を行っている。現行マニュアルの被害項目は、表-Ⅲ.2.1.1に示す通り、直接被害、間接被害に大別されるとともに、様々な項目に分類されるが、具体的な算定方法が示されている項目は、浸水による家屋・家財の被害や事業所の償却・在庫資産等の直接被害や、一部の間接被害に限られており、その他の間接被害については、算定方法が確立されておらず、治水事業効果の適切な評価の観点から課題が残されている。

表-Ⅲ.2.1.1 治水経済調査マニュアル（案）の被害項目

分類	区分	細分	内容 <sup>(注1)</sup>
直接被害	一般資産被害	家計	家屋・家財被害
		事業所 <sup>(注2)</sup>	償却・在庫資産被害
		農漁家	償却・在庫資産被害
	農作物被害		農作物の減収
	公共土木施設水害		公共土木施設、公益事業施設、農業用施設の被害
人身被害		人命損傷	
間接被害	営業停止被害	家計	浸水世帯の平時の活動阻害
		事業所 <sup>(注2)</sup>	浸水事業所の生産停止・停滞被害
	応急対策費用	家計	緊急的支出、代替品消費支出
		事業所	緊急的支出、代替品消費支出
		公共	ゴミ処理、避難所開設等の緊急的支出
	交通途絶被害		道路等交通途絶に伴う被害
	ライフライン切断による被害		電気・ガス・水道等の停止に伴う被害
	経済的波及被害		浸水事業所の営業停止被害から波及する周辺地域事業所での被害
精神的被害		浸水世帯の精神的打撃	

(注1) 網掛けの項目については具体的な算定方法が提示されている。

(注2) 公共・公益を含む。

#### b) 検討目的と方法

水害が発生し、浸水被害を受けた事業所は営業停止・停滞を余儀なくされるが、被災した事業所と取引関係にある事業所は、たとえ直接的な浸水被害を受けていなくても、間接的に被害を受けることになり、こうした被害が経済活動過程を通じて広範に波及していくことが考えられる。このような被害項目を経済的波及被害と呼んでいる。経済的波及被害の算定方法については、種々の検討

7), 8)がなされているところであるが、その確立には至っていない。

そこで、本検討では、近年発生した水害を対象に、被災した事業所の営業停止・停滞等による、被災地以外、及び他の経済主体（家計）に帰着される波及被害の推計を試みた。

### c) 水害被害額の算定手法

#### (1) 計量化の対象とした被害

「治水経済調査マニュアル（案）」は、事業所活動に関する被害額算定について、表-Ⅲ.2.1.2の通り示している。

表-Ⅲ.2.1.2 治水経済マニュアル（案）で対象とする事業所被害

事業所被害	算定方法
事業所償却・在庫資産被害	事業所償却・在庫資産額に、浸水深別の被害率を乗じることによって資産の直接的な浸水被害額を算定。
営業停止・停滞損失	浸水被害を受ける事業所の従業者数に、営業停止・停滞による損失延べ日数及び1人1日当たりの付加価値額を乗じて算定。
事業所における応急対策費用	浸水被害を受ける事業所数に、代替活動等支出負担単価を乗じ事業所における代替活動等に伴う支出増を算定。

本検討で構築した経済モデルは、表-Ⅲ.2.1.3に示すように、(1)直接的又は間接的に被害を受けた事業所における生産活動の停止・停滞が経済活動過程を波及して、最終的に財消費量の減少として、家計に帰着する被害（家計に帰着する波及被害）、及び(2)生産活動の停止・停滞によって資本が遊休化する被害（事業所にとどまる被害）、を計量化の対象としている。

表-Ⅲ.2.1.3 計量化の対象とする被害

営業停止・停滞損失	概要
家計に帰着する波及被害	① 直接的な浸水被害を受けた事業所からの経済波及被害
	② 間接的な浸水被害を受けた事業所からの経済波及被害
事業所にとどまる被害	③ 直接的な浸水被害を受けた事業所で遊休化した資本の金銭価値

家計及び事業所の経済主体から構成される経済システムにおいて、水害により被害が波及するイメージを図-Ⅲ.2.1.1に示す。水害発生前（平常時）には、事業所で生産活動が行われ、生産された製品（財・サービス）は家計によって消費されるか、他の事業所によって原材料として利用されている。ここで水害が発生して、事業所の生産活動が低下すると、ユーザーに対する製品の供給減少が生じ、サプライチェーンを通じて、その影響は伝播していく。

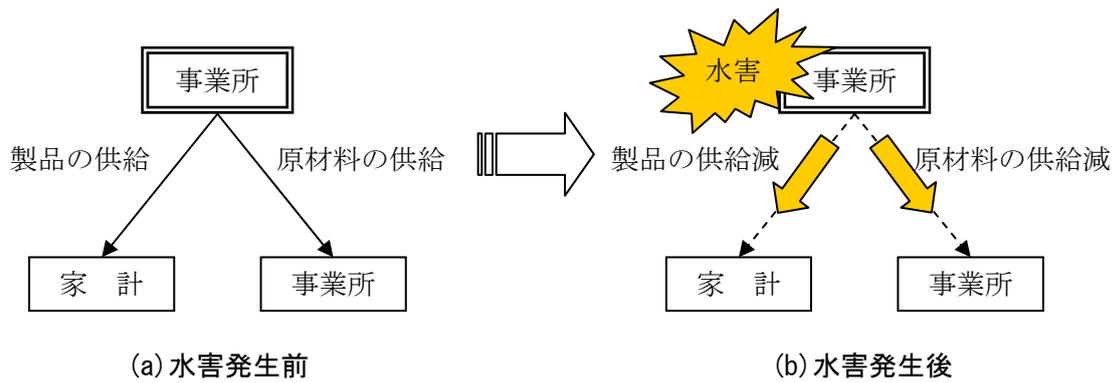
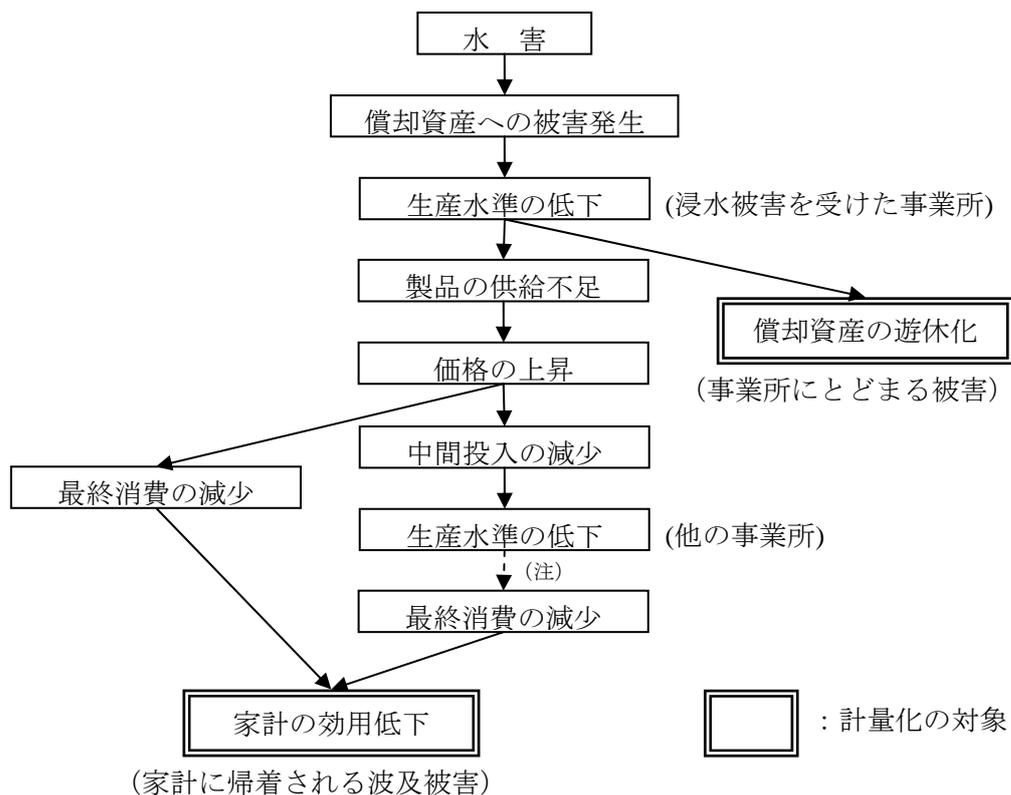


図-Ⅲ. 2. 1. 1 水害による被害の波及イメージ

波及被害は、最終的に消費財等の不足として、家計の効用低下に帰着され、モデルでの計量化の対象となる。モデルが扱う被害波及の流れを図-Ⅲ. 2. 1. 2 に示す。



(注) 浸水被害を受けた事業所と同様に「製品の供給不足」→「価格の上昇」の過程がある。

図-Ⅲ. 2. 1. 2 被害波及の流れ

(2) 使用した経済モデルの基本構造

本検討では、土屋・多々納・岡田(2005)「新潟県中越地震による経済被害の計量化」<sup>7)</sup>が示した

「空間的応用一般均衡モデル」を用いた地域経済のモデル化の考え方を採用した。「空間的応用一般均衡モデル」は、「全ての市場でのモノやサービスの取引（売買）の需要と供給が一致（均衡）している」との仮定のもとで、自然災害や公共プロジェクトが経済に与える影響・効果を評価する手法である。

本検討研究では、水害による産業の資本損傷を資本稼働率の低下として表現して、地域間・産業間の経済的依存関係を通じて、財の価格・生産量、家計効用に与える影響を定式化した。地域・経済主体（家計・企業）の相互依存関係を図-Ⅲ. 2. 1. 3 に示す。

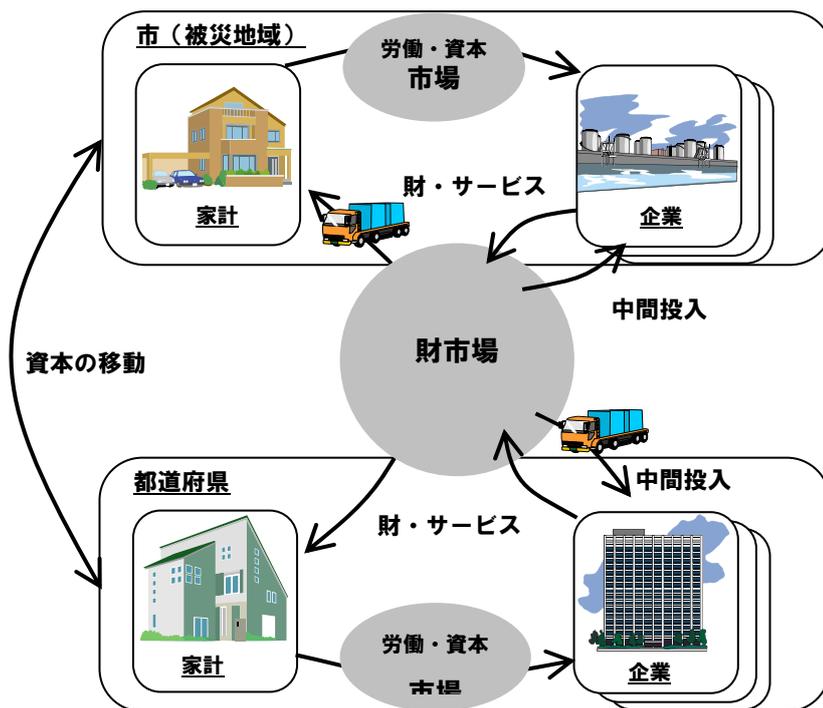


図-Ⅲ. 2. 1. 3 経済社会システムのイメージ

#### d) まとめと今後の課題

近年水害が発生した諏訪市・延岡市・名古屋市・豊橋市・岡崎市・一宮市の6市、及び名古屋市・豊橋市・岡崎市・一宮市の4市を統合したケースで算定を行った。

償却資産に資本稼働率の低下割合を乗じて算定した「事業所にとどまる被害」に対して、「事業所にとどまる被害」を入力データとして、産業連関表から経済モデルを用いて算定した「家計に帰着する波及被害」の関係は、図-Ⅲ. 2. 1. 4 の通りとなった。「家計に帰着する波及被害」は、「事業所にとどまる被害」の約4倍と算定され、「事業所にとどまる被害」に比べて相当に大きくなることが確認された。

今後は、こうした試算結果と水害統計調査等の結果を比較することにより、経済モデルや算定方法の信頼性の向上を図り、治水事業効果の適切な評価への反映に努めていく必要がある。

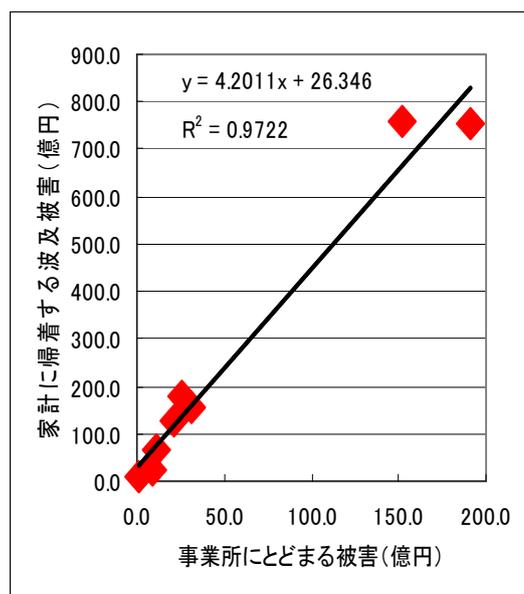


図-Ⅲ. 2. 1. 4 「事務所被害と家計波及被害」の関係性（4市統合含む）

## 2-2 渇水被害把握の高度化と改良

### a) 新たな渇水被害項目の原単位検討

近年の社会状況の変化や渇水被害の情報等の資料を収集し、被害発生機構等の状況を整理し「渇水被害原単位」として、表-Ⅲ. 2. 2. 1 の項目を設定した。さらに、渇水時の被害状況等について実際の渇水を対象にヒアリング調査を実施し被害額原単位を設定した。

表-Ⅲ. 2. 2. 1 新たな渇水被害原単位調査項目

主体（水利用用途）	被害項目
家庭生活	井戸掘削、地下水利用、疎開
工場以外の事業所	事務所（病院、風呂）での水輸送、業務の外注、工事の遅延
工場	操業場所の変更
農業	代替水源確保のための投資、水購入・水運搬等の水確保、転作、作物被害、家畜死亡、水路改修、井戸掘削
自治体・水道事業体	給水車の投入、広報費、バルブ調整作業、住民対応等の渇水対策による残業増、水道局の経費増・収入減

### b) 渇水受忍度の検討

渇水被害に対して、住民がどの程度の耐性を持っているかを確認するために、断水社会実験により調査を実施した。その結果を基に渇水受忍度について検討を行った。また、受忍度を応用した渇水調整について検討を行った。

#### (1) 社会実験の実施

大阪府枚方市において、住民 60 世帯 153 名を対象として、意識的に水を使用せず人為的に断水する社会実験を実施した。実験の概要を表-Ⅲ. 2. 2. 2 に示す。実験参加者に対して実施したアンケート結果を統計解析し、渇水耐性の弱い災害時要援護者の属性と渇水時の被害を把握することとし、属性は、国総研プロジェクト研究報告第 14 号を参考に、性別、年齢、住居状況、就業の有無等を設定した。今回の分析では受忍度という数量化できないデータを扱うため、数量化Ⅱ類を統計手法として用いた。すなわち、目的変数に受忍可否を、説明変数には属性をそれぞれ設定し、断水時間、

制限期間別に(1)式に示すモデル式を作成した。

表-Ⅲ. 2. 2. 2 断水社会実験概要

項目	条件	備考
実験実施の時期	平成21年9月25日～10月9日	
実験期間と断水時間	事前期間（断水を行わない） 6日	9月25日～9月30日
	6時間断水 3日	10月1日～10月3日
	9時間断水 3日	10月4日～10月6日
	12時間断水 2日	10月7日～10月9日
	計 14日間	
実験参加世帯数	60世帯（152人）	30世帯では「渇水による断水時の心構え」を事前配布

$$Y = aX_{11} + bX_{12} + cX_{21} + dX_{22} + eX_{23} + fX_{31} + fX_{32} \dots \quad (1)$$

Y：目的変数（受認の可否）

X<sub>ij</sub>：説明変数（各属性）

a, b, c, …：カテゴリースコア（目的変数への影響度）

モデル式は、回答結果をダミー変換して作成するものである。例えば、受認可であれば目的変数 (Y) を 1、不可であれば 0 とし、モニター属性として該当する場合には説明変数 (X<sub>ij</sub>) を 1、該当しない場合には 0 を設定してサンプル別に関係式を作成する。ここで目的変数 0、1 のグループを判別するため、相関比が最大となるように連立方程式を解き、各説明変数のカテゴリースコアを求める。この結果、得られたカテゴリースコア (a, b, c …) が正であれば受認可、負であれば受認不可に働く因子であると判断する。

分析結果を表-Ⅲ. 2. 2. 3 に示す。分析の結果カテゴリースコアが負となる、渇水に対して特に弱い属性としては、「家族人員が 3 人以上の世帯」「65 歳以上のみの世帯」が抽出された。

表-Ⅲ. 2. 2. 3 分析結果（カテゴリースコア）

属性	カテゴリー	カテゴリースコア						
		6時間断水 3ヶ月継続	9時間断水 1ヶ月継続	9時間断水 3ヶ月継続	2～3日継続	12時間断水 1週間継続	12時間断水 1ヶ月継続	12時間断水 3ヶ月継続
性別	男	-0.52	-0.56	-0.42	-0.57	-0.43	-0.37	-0.31
	女	0.49	0.53	0.40	0.54	0.41	0.35	0.29
年齢	20歳未満	0.12	0.05	1.12	0.84	0.71	0.81	0.76
	20歳～64歳	-0.09	-0.42	-0.45	-0.42	-0.26	-0.36	-0.48
	65以上	0.17	1.35	0.15	0.40	0.01	0.22	0.70
家族構成	1人	-0.20	1.52	0.03	2.53	2.24	3.27	2.87
	2人	1.17	0.36	0.55	0.38	0.36	0.80	0.59
	3人	-1.83	-1.62	-1.33	-1.45	-1.37	-1.04	-1.26
	4人以上	-0.22	0.06	-0.01	-0.05	-0.03	-0.40	-0.22
高齢者の存在	65歳以上のみ	-0.67	-2.19	-1.38	-1.45	0.19	-2.02	-2.25
	65歳以上+65歳未満	-0.86	0.29	0.74	0.42	0.99	1.15	1.20
	65歳未満のみ	0.29	0.27	0.05	0.13	-0.24	0.06	0.09
幼児の存在	幼児のいる家庭	0.89	0.92	1.51	-0.31	-0.58	-0.77	-0.19
	幼児のいない家庭	-0.09	-0.09	-0.15	0.03	0.06	0.08	0.02
就業の有無	仕事に就いている	0.19	0.80	0.31	0.75	0.46	0.42	0.57
	仕事に就いていない	-0.18	-0.74	-0.29	-0.69	-0.42	-0.39	-0.53
住居状況	一戸建て	-0.15	-0.04	-0.08	0.15	0.03	0.03	0.03
	集合住宅	0.36	0.09	0.20	-0.36	-0.06	-0.06	-0.08
断水経験	断水体験有り	-0.09	0.03	0.39	0.21	0.06	0.07	0.20
	断水体験無し	0.08	-0.03	-0.35	-0.19	-0.05	-0.06	-0.18
節水意識	節水意識強い	0.00	0.24	0.17	0.24	0.25	0.16	0.23
	節水意識弱い	0.00	-0.40	-0.28	-0.40	-0.41	-0.27	-0.39

注）：受認不可の因子上位 2 スコア  
「カテゴリースコアが正：受認可」、 「カテゴリースコアが負：受認不可」を示す。

## (2) 受忍レベル曲線の作成

アンケート結果（断水が長期化した場合の厳しさの度合い）をもとに受忍レベルの評価を行った。「断水時間・期間」と「厳しさの度合い」の関係から、「厳しい」の回答比率50%・「やや厳しい以上の回答比率50%」の近似曲線を抽出し、受忍レベル図を作成した（図-Ⅲ.2.2.1）。断水期間が長くなるに従って、受忍できる、断水時間が短くなる傾向が理解できる。

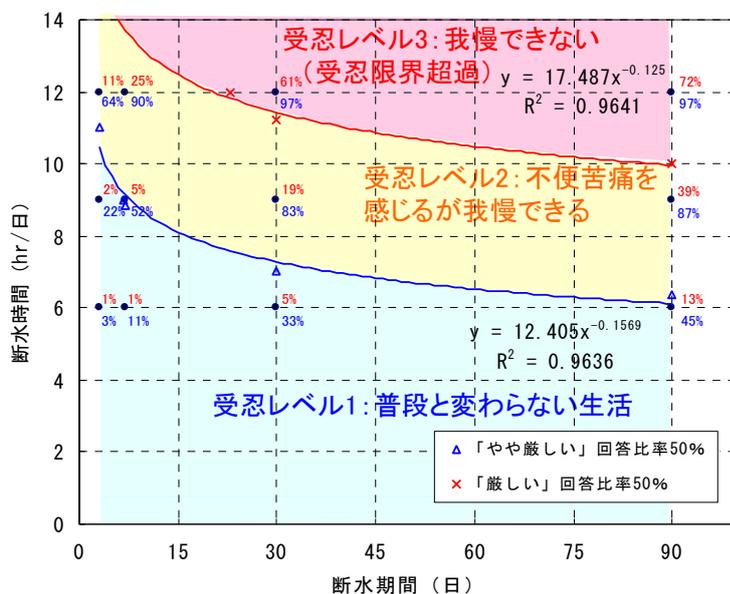


図-Ⅲ.2.2.1 受忍レベル曲線

## (3) 受忍レベルを活用した施設運用シミュレーション

作成した受忍レベル曲線を基に、実施設備運用のシミュレーションを実施した。シミュレーションの対象としては、平成6年の吉野川における湧水を対象に、早明浦ダムにおける運用についてシミュレーションを実施した。結果を図-Ⅲ.2.2.2に示す。図中の、黄色で着色している箇所は、H6年に実際に行われた実績の給水制限である。赤色の実線が受忍レベル曲線を示しており、H6年の給水制限では、受忍レベルを超過していることがわかる。そのため新たに青色の実線で示す給水制限パターンを設定し、ダム容量に対してシミュレーションを実施したところ、最も貯水量が減少する時にもダムが枯渇しないことが確認出来た。今回のシミュレーションではこのような受忍レベルを基にした運用を行うことにより、施設のみでなく住民の視点に立った新たな湧水調整の可能性が確認された。

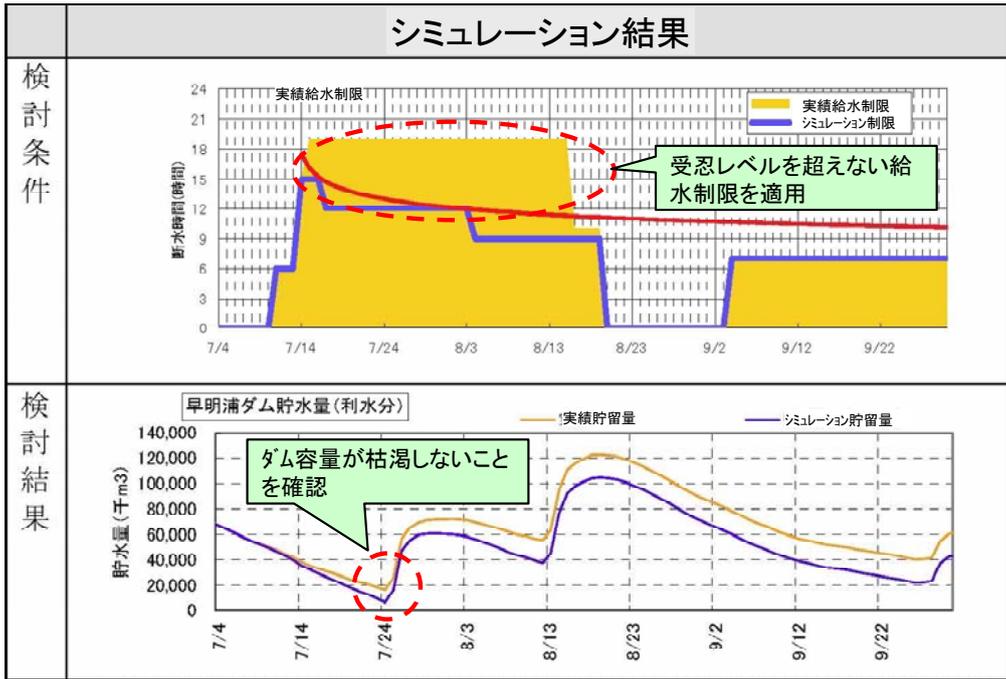


図-Ⅲ.2.2.2 湯水受忍度を基にした湯水調整シミュレーション