

総合的な水系内貯留能力評価に基づく 流域治水方策検討手法に関する研究

和泉征良¹・中西一宏¹・久保裕基¹・永谷言¹・小島裕之¹・角哲也²

Study on River Basin Management Method For Flood Risk Reduction Based on Integrated Basin-Scale Assessment of Reservoir Storage Capacity

Masayoshi IZUMI¹, Kazuhiro NAKANISHI¹, Hiroki KUBO¹,
Gen NAGATANI¹, Hiroyuki KOJIMA¹ and Tetsuya SUMI²

Abstract

In recent years, the frequency of floods exceeding the planned magnitude has been increasing in Japan which is forcing society to cope with such increasing external forces. In this study, in order to assess available storage functions in sub-basin scales for class A river systems, existing storage capacity was evaluated by flood control storage of dams as well as hydropower and agricultural water dams, additionally by retarding basins and agricultural ponds, and paddy field storages. As a result, the storage capacity by basin flood control measures was quantified in terms of equivalent rainfall evaluation (mm) storage volume (m³) by catchment area (km²), which is expanded to a nationwide map to make possible to evaluate whole river basins in Japan on the same scale. These outputs can be utilized to enhance river basin flood management such as to select possible new dam sites and so on.

キーワード：流域治水，洪水リスク評価，貯留能力評価，事前放流，水田貯留

Key words: river basin management, flood risk assessment, reservoir storage assessment, pre-release operation, storage function of paddy fields

1. 背景と目的

近年，日本国内では，計画規模を上回る洪水の発生頻度が増加傾向にあり，増大する災害外力への

対応が逼迫した課題である。国土交通省では，洪水の発生頻度の増加傾向への対応として，「ダム再生ビジョン」¹や平成30年7月豪雨を踏まえ

¹ 株式会社建設技術研究所
CTI Engineering Co., Ltd.

² 京都大学防災研究所
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

本稿に対する討議は2024年11月末日まで受け付ける。

た検討委員会²⁾において、既設ダムの治水機能の評価と機能強化が提案された。令和2年には「流域治水」政策³⁾が打ち出され、氾濫原管理などとともに、流域内の既存の多目的ダムや利水ダムの治水機能強化が謳われており、令和3年3月には全国109全ての一級水系において、流域治水プロジェクト（プロジェクト数は119）が作成・公表されている⁴⁾。特に、このうち89プロジェクトにおいては、「田んぼダム（水田貯留）」の取り組み、ため池、排水施設及び農業用ダムの事前放流など、農地・農業利水施設の活用が位置づけられている⁵⁾。これらの取り組みに対して、各種の技術指針^{6,7)}や支援事業⁸⁾も整備されつつあり、施設改造を含むハード対策やソフト対策が進んでいる状況である。これに対して、各種の流域治水対策の取り組みに対する個別の治水効果の評価⁹⁻¹¹⁾は実施されているものの、一級水系規模での流域単位や全国単位を対象として、流域治水対策に将来的に期待できる能力（ポテンシャル）の評価は実施されていない状況である。

このような背景から、著者らはこれまで、青木ら¹²⁾が提案しているダムの貯留能力（治水耐力）の概略判定が可能な無次元化指標である比較定数 α （＝流域平均降雨量/洪水調節容量の相当雨量）に基づいて、個別ダム及び水系内の治水基準点を対象に既設ダムの治水耐力を求めるとともに、治水機能強化（ダム再生）の有効性を定量評価する手法について検討を行ってきた^{13,14)}。ここで、洪水調節容量の相当雨量（mm）は、ダムの洪水調節量（ m^3 ）をダム流域面積（ km^2 ）で除したものである。さらには、近年洪水災害が発生した4水系（球磨川水系、肱川水系、信濃川水系（中上流）、高梁川水系）を対象に、水系内を細区分したサブ流域を設定したうえで、サブ流域単位でのダムの貯留能力による流域の既存貯留能力を評価する指標として修正比較定数（＝流域平均雨量/[対象流域内の合計貯留可能量/対象流域の流域面積]）¹⁵⁾を提案した。ここで、合計貯留可能量は、サブ流域単位、水系単位での既設、及び新規ダム、事前放流による貯留能力を全て合算したものとして評価している。

表1 ダム・水田・遊水地の収集一覧

項目	総数		単位
ダム	治水ダム	320	基
	電力ダム	409	
	新規ダム	22	
	ダム再生	32	
	農業用ダム	188	
	合計	971	
遊水地	170		箇所
水田面積	20,600		km^2
ため池	66,026		箇所

なお、上記の修正比較定数を用いたサブ流域単位、水系単位での評価は、近年洪水被害の発生した4水系を対象にダムのみの貯留能力を評価しており、今後の全国的な流域治水対策の検討に向けて、サブ流域単位での貯留能力評価を全国展開することや、事前放流の実施、新規ダム建設等に加え、流域治水対策として位置づけられる遊水地・ため池や水田貯留等の貯留効果を考慮することなどが重要と考えられる。

そこで本研究では、上記の修正比較定数を用いた検討手法を全国の一級水系（以下、全国109水系と記載）に展開するとともに、治水施設として治水ダムのみでなく、農業用ダム、既存の遊水地・ため池に加え、水田貯留も考慮した水系全体の貯留可能能力を概略的に評価した。また、これらの評価結果に基づいて今後の効果的な流域治水方策の検討手法を提案した。整理した対策毎の対象施設数を表1に示す。

2. 検討方法

本研究は、以下のとおり実施した。

- ①中西ら¹⁵⁾の提案手法に基づいて、全国の一級水系（109水系）を対象にサブ流域分割を実施した。
- ②一級水系内の既設ダム（多目的ダム、治水専用ダム、電力ダム）のダム貯留量を整理した。
- ③将来の流域治水方策として、新規ダム建設・ダム再生、既設ダムの事前放流、及び水田貯留、遊水地、農業用ダム、ため池による貯留量を整理し、相当雨量により各対策の貯留能力を分析した。

- ④上記で整理した水系のサブ流域分割図、及び相当雨量を用いて、相当雨量のマップを作成した。
- ⑤中西ら¹⁵⁾が提案したサブ流域の貯留能力評価指標である修正比較定数 α_a により、将来の流域治水方策を実施した場合のサブ流域毎の貯留能力の向上度合いを評価した。
- ⑥上記で検討したサブ流域毎の貯留量や貯留能力の向上度合いの評価結果の今後の活用方策について提案した。

3. 各対策の貯留量評価

3.1 水系毎の“サブ流域”分割

全国の一級水系109水系を対象に、水系内を細区分したサブ流域を設定した。水系内のサブ流域分割は、中西ら¹⁵⁾の手法と同様に、流域面積500 km²程度以下を目安に、既設ダム地点、新規ダム計画地点、合流点、治水基準点等を考慮した上で水系内を10流域程度に分割することを基本とした。

ただし、流域面積が10,000 km²程度以上の非常に大きい流域については、サブ流域を1,000 km²程度以下、水系の総分割数を30流域程度に分割することを目安とした。図1に全国109水系のサブ流域分割図を図中の表に示す。また分割数とサブ流域面積を示す。なお、109水系のサブ流域の総分割数は1,044流域である。

3.2 各対策の水系内貯留量の整理

既設ダム(①)の他、今後の流域治水対策として、②新規ダム建設・ダム再生の実施、③既設ダムの事前放流、④水田貯留、⑤既設遊水地、⑥農業用ダム、⑦ため池の事前放流に着目し、各分割流域内の貯留量を下記の方針で整理した。

(1) 既設ダム

既設ダムの洪水調節容量としては、中西ら¹⁵⁾の研究と同様に、一級水系内の治水ダム(洪水調節容量を有するダム)の洪水調節容量に加え、既設電力ダムについては、既設ダムで行われている予備放流を伴う遅れ操作等の効果を参考に有効容量の10%が洪水調節に寄与しているものと仮定した。

(2) 新規ダム建設・ダム再生

新規・再生中のダムの洪水調節容量については、表2に示す2022河川データブック¹⁶⁾に示される現在事業実施中のダムを対象とし、現時点での計画洪水調節容量を考慮した。

(3) 既設ダムの事前放流

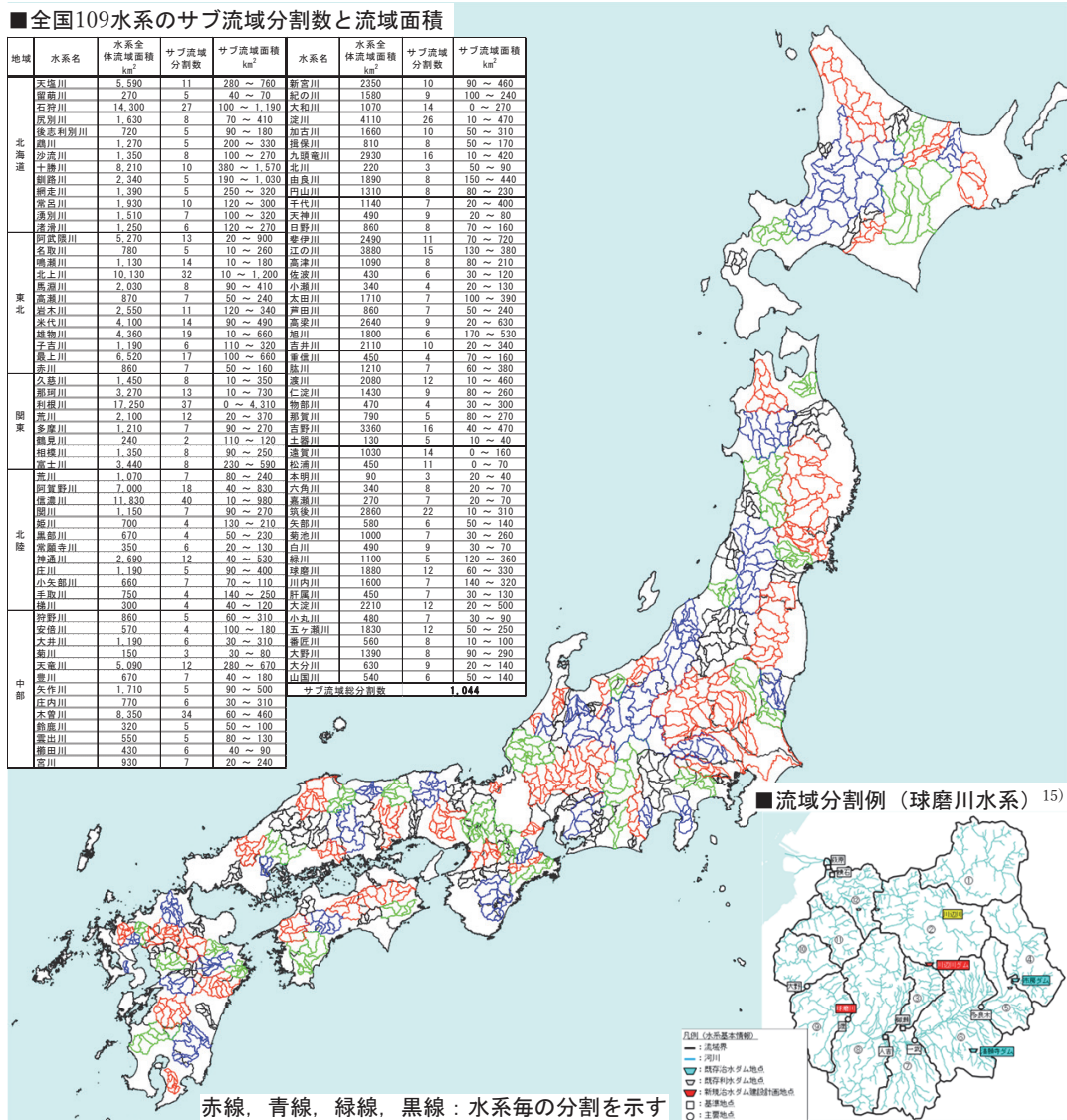
事前放流については、前述で整理した既設ダムを対象に、現行の洪水調節容量(電力ダムの場合はゼロ)に加えて、先行研究¹⁴⁾を参考に相当雨量50 mmに相当する容量(最低水位までを上限)を考慮した。なお、ここで設定している相当雨量50 mmは、表3に示す近年の国内での豪雨発生時における事前放流実施ダムの洪水調節容量の確保量¹⁷⁾(令和元年東日本台風における草木ダムの水位低下量が相当雨量評価で約50 mm強)から設定されたものである。なお、表3に示した3ダムにおける事前放流量の平均は相当雨量評価で約30 mm程度あり、このことから現時点では相当雨量評価で50 mmの事前放流を全ダムで実施することは現実的ではない可能性もあると考えられる。しかしながら、近年、長時間アンサンブル降雨予測を用いた事前放流の実施に関する研究¹⁸⁾も進められており、事前放流の高度化等を考慮した場合には近い将来相当雨量50 mm程度の事前放流は実施可能となると判断した。ただし、現行施設において目標とした事前放流を実施するための十分な放流設備が無い場合には施設改造が必要となるため、今後、より詳細な検討では個別のダムの放流設備諸元などを踏まえることが必要である。なお、上記の新規・ダム再生中のダムについては、新規ダム建設・ダム再生による効果を明確にするため、事前放流は見込まないものとした。

(4) 水田貯留

各分割流域内の水田貯留量は、水系毎の水田の面積を国土数値情報¹⁹⁾から収集し、GISソフトを利用し各分割流域内の面積を算出した。また、各水田の貯留可能な畦の高さを「田んぼダム」の手引き⁷⁾に示される許容湛水深から30 cm程度と設定した。このとき、近年では、ICTを活用した遠隔操作による「スマート田んぼダム」⁷⁾の取り組みも実施されており、事前排水等も考慮されてい

■全国109水系のサブ流域分割数と流域面積

地域	水系名	左側		右側				
		水系全流域面積 km ²	サブ流域分割数	水系全流域面積 km ²	サブ流域分割数			
北海道	天塩川	5,590	11	280 ~ 760	10	90 ~ 460		
	釧路川	270	5	40 ~ 70	9	100 ~ 240		
	石狩川	14,300	27	100 ~ 1,190	14	0 ~ 270		
	利根川	1,630	8	70 ~ 410	410	26	10 ~ 470	
	後志利別川	720	5	90 ~ 180	加古川	1660	10	50 ~ 310
	釧路川	1,270	5	200 ~ 330	播磨川	810	8	50 ~ 170
	沙流川	1,350	8	100 ~ 270	九段川	2930	16	10 ~ 420
	十勝川	9,210	10	260 ~ 1,570	北川	220	3	50 ~ 90
	釧路川	2,340	5	190 ~ 1,030	山良川	1890	8	150 ~ 440
	網走川	1,390	5	250 ~ 320	円山川	1310	8	80 ~ 230
東北	荒古川	1,930	10	120 ~ 300	千代川	1140	7	20 ~ 400
	多摩川	1,510	7	100 ~ 320	天神川	499	9	20 ~ 80
	漆川	1,250	6	120 ~ 270	白野川	860	8	70 ~ 160
	阿武隈川	5,270	13	20 ~ 900	斐伊川	2490	11	70 ~ 720
	矢野川	780	5	10 ~ 260	江の川	3880	15	130 ~ 380
	増田川	1,130	14	10 ~ 180	津津川	1090	8	80 ~ 210
	矢上川	10,130	32	10 ~ 1,200	佐渡川	430	6	30 ~ 120
	馬淵川	2,030	8	90 ~ 410	小瀬川	340	4	20 ~ 130
	高瀬川	470	7	50 ~ 240	太田川	1710	7	100 ~ 390
	荒川	2,550	11	120 ~ 340	野田川	860	7	50 ~ 240
関東	荒川	4,100	14	90 ~ 490	高瀬川	2640	9	20 ~ 630
	碓氷川	4,360	19	10 ~ 660	加川	1800	6	170 ~ 530
	子高川	1,190	6	100 ~ 300	北津川	2110	10	20 ~ 340
	真上川	6,520	17	100 ~ 660	華保川	450	4	70 ~ 160
	赤川	860	7	50 ~ 160	旗川	1210	7	60 ~ 380
	久慈川	1,450	8	10 ~ 350	渡川	2080	12	10 ~ 460
	新田川	2,270	13	10 ~ 730	仁淀川	1430	9	80 ~ 260
	利根川	17,250	37	0 ~ 4,310	物部川	470	4	30 ~ 300
	荒川	2,100	12	20 ~ 370	那賀川	790	5	80 ~ 270
	多摩川	1,210	7	90 ~ 270	吾野川	3360	16	40 ~ 470
北陸	利根川	240	2	110 ~ 120	七瀬川	130	5	10 ~ 40
	根川	1,350	8	90 ~ 250	遠賀川	1030	14	0 ~ 160
	富士川	3,440	8	230 ~ 590	松浦川	450	11	0 ~ 70
	荒川	1,070	7	80 ~ 240	本明川	90	3	20 ~ 40
	阿賀野川	7,000	18	40 ~ 830	大島川	340	6	20 ~ 70
	信濃川	11,830	40	10 ~ 980	真淵川	270	7	20 ~ 70
	関川	1,150	7	90 ~ 270	須後川	2860	22	10 ~ 310
	堀川	240	4	130 ~ 210	矢野川	590	6	50 ~ 140
	黒部川	670	4	50 ~ 230	菊池川	1000	7	30 ~ 260
	常陸寺川	350	6	20 ~ 130	白川	490	9	30 ~ 70
中部	神通川	2,690	12	40 ~ 530	緑川	1100	5	120 ~ 360
	庄川	1,190	5	90 ~ 400	球磨川	1880	12	60 ~ 330
	小矢部川	680	7	70 ~ 110	川内川	1600	7	140 ~ 320
	手取川	750	4	140 ~ 250	肝風川	450	7	30 ~ 130
	揖尾川	300	4	40 ~ 120	大湫川	2210	12	20 ~ 500
	狩野川	860	5	60 ~ 310	小丸川	480	7	30 ~ 90
	安曇川	570	4	100 ~ 180	五ヶ瀬川	1830	12	50 ~ 250
	大井川	1,190	6	30 ~ 310	豊原川	560	8	10 ~ 100
	築川	150	3	30 ~ 80	大野川	1390	8	90 ~ 290
	安曇川	5,090	12	280 ~ 670	大分川	630	9	20 ~ 140
近畿	豊川	670	7	40 ~ 180	山田川	540	6	50 ~ 140
	矢作川	1,710	5	90 ~ 500	サブ流域数分割数 1,044			
	庄内川	770	6	30 ~ 310				
	本曾川	8,350	34	60 ~ 460				
	鈴鹿川	320	5	50 ~ 100				
	粟田川	550	5	80 ~ 130				
	柳田川	430	6	40 ~ 90				
	安川	930	7	20 ~ 240				



赤線、青線、緑線、黒線：水系毎の分割を示す

図1 全国109水系のサブ流域分割図

ることから、許容湛水深分の全量を貯留可能と想定した。一方で、全水田を対象に水田貯留を実施することは現実的ではないと考えられることから、「水利施設整備事業（流域治水推進型）」の実施要件⁸⁾が受益面積の5割以上で「田んぼダム」の取り組みが実施又は実施見込みとされていることを踏まえて、全水田の50%が水田貯留を実施するものと仮定した。なお、新潟県見附市においては、

95%以上の高い実施率を実現²⁰⁾しており、将来的には全水田の50%で田んぼダムを実施することは十分可能と想定する。

(5) 既存遊水地

既存の遊水地の貯留容量は、日本の遊水地リスト²⁰⁾より整理した。また、遊水地の貯水面積のみ把握でき、貯留容量が不明な遊水地については、図2の貯水面積(千m²)と貯留容量(千m³)の関

表2 事業実施中のダム

地方	水系	河川	ダム名	事業内容	
北海道	石狩川	幾春別川	新桂沢ダム	ダム再生	
		幾春別川	三笠ぼんべつダム	新規ダム	
		雨竜川	雨竜第一ダム	ダム再生	
		雨竜川	雨竜第二ダム	ダム再生	
		沙流川	額平川	平取ダム	新規ダム
東北	阿武隈川	北須川	千五沢ダム	ダム再生	
		川内沢川	川内沢ダム	新規ダム	
	鳴瀬川	筒砂子川	鳴瀬川ダム	新規ダム	
		鳴瀬川	漆沢ダム	ダム再生	
	北上川	北上川	四十四田ダム	ダム再生	
	雄物川	零石川	御所ダム	ダム再生	
成瀬川		成瀬ダム	新規ダム		
子吉川		子吉川	鳥海ダム	新規ダム	
関東	利根川	南摩川	南摩ダム	新規ダム	
		利根川	藤原ダム	ダム再生	
		檜俣川	奈良俣ダム	ダム再生	
	相模川	相模川	相模ダム	ダム再生	
北陸	高瀬川	高瀬川	大町ダム	ダム再生	
		高瀬川	高瀬ダム	ダム再生	
	信濃川	高瀬川	七倉ダム	ダム再生	
		裾花川	裾花ダム	ダム再生	
		裾花川	奥裾花ダム	ダム再生	
	関川	儀明川	儀明川ダム	新規ダム	
利賀川		利賀川	新規ダム		
中部	天竜川	三峰川	美和ダム	ダム再生	
		松川	松川ダム	ダム再生	
		天竜川	佐久間ダム	ダム再生	
	豊川	豊川	設楽ダム	新規ダム	
		矢作川	矢作ダム	ダム再生	
		木曾川	木曾川	新丸山ダム	新規ダム
近畿	淀川	宇治川	天ヶ瀬ダム	ダム再生	
		大戸川	大戸川ダム	新規ダム	
		前深瀬川	川上ダム	新規ダム	
	揖保川	安威川	安威川ダム	新規ダム	
		引原川	引原ダム	ダム再生	
		九頭竜川	九頭竜ダム	ダム再生	
中部	旭川	都治川	波積ダム	新規ダム	
		旭川	湯原ダム	ダム再生	
		旭川	旭川ダム	ダム再生	
四国	肱川	鹿野川	鹿野川ダム	ダム再生	
		肱川	野村ダム	ダム再生	
		河辺川	山鳥坂ダム	新規ダム	
	那賀川	那賀川	長安口ダム	ダム再生	
		那賀川	小見野々ダム	ダム再生	
九州	本明川	吉野川	早明浦ダム	ダム再生	
		本明川	本明川ダム	新規ダム	
	筑後川	城原川	城原川ダム	新規ダム	
		白川	白川	立野ダム	新規ダム
		球磨川	川辺川	川辺川ダム	新規ダム
大淀川	岩瀬川	岩瀬ダム	ダム再生		

表3 2019年台風19号豪雨における主な事前放流実施ダムの貯水位低下量¹⁷⁾

ダム名	(a) 流域面積 [km ²]	(b) 事前放流量 [$\times 10^3$ m ³]	(c) 相当貯水容量 (b)/(a) [mm]
草木ダム	254	15,000	59
宮ヶ瀬ダム	214	5,000	23
大川ダム	826	5,890	7

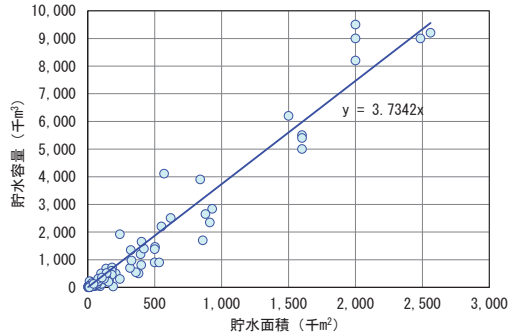


図2 遊水地の貯水面積と貯水容量の関係

係から、貯水面積の3.5倍程度（平均水深3.5 m程度）の貯水容量があるものと仮定して貯留容量を設定した。

(6) 農業用ダム

既存の農業用ダムの貯留容量は、国土数値情報¹⁹⁾を参考に整理した。本研究における農業用ダム（以下、農水ダムと示す。）の事前放流量は、東海農政局²⁰⁾において、河川管理者、ダム管理者及び関係利水者間で締結された治水協定において有効容量の約15%が洪水調節可能量として活用するとされていることを参考に、有効貯水容量の15%が事前放流可能と設定した。

(7) ため池の事前放流

既存のため池の位置、及び総貯留量は、農林水産省ホームページ²³⁾にて公開されている令和4年3月末時点の農業用ため池一覧データに基づいて整理した。ため池による事前放流量は、田中丸ら¹¹⁾の研究結果によると総貯水量の30%を事前放流することで、ピーク低減率が28.6%となることが示されていることを参考に、本研究においても総貯水量の30%を事前放流により治水容量として確保可能と仮定した。なお、治水対策としての活

用を実現するためには、既設ため池のハード面での改造、利用可能量や放流方法のマニュアル化などソフト面での検討も必要となることに留意が必要である。

3.3 各対策の水系内貯留量の相当雨量評価

上記で設定した各貯留容量に基づいて、各流域治水対策による貯留量の増加量を相当雨量により評価した。ここで、評価地点は各サブ流域の末端の全地点とし、その評価対象地点における相当雨量は、評価対象地点上流の各対策による合計貯留量/合計流域面積により算出した。ここで、相当雨量は、各流域治水施策を実施した場合の貯留可能量を雨量換算したものであり、相当雨量が大きいほど貯留可能量が大きいことを示す。

図3左図は、評価対象地点毎の流域面積と貯留容量の関係を両対数グラフで示したものである。相当雨量は貯留容量を流域面積で除したものであることから、各ケースの容量に対してどの程度の相当雨量に相当するかを直線で把握できる。また、右図は各ケースの相当雨量分布とその効果が発揮する地点数の関係を示したものである。上流域の貯留可能施設の規模が同じ場合、下流に行くほど効果を発揮することが可能な地点が増加する反面、相当雨量が小さくなる傾向があることに留意する必要がある。さらに、これらに基づいて算定した相当雨量の平面分布を既設ダムと比較する形で視覚的に図示したマップを図4、5、6に示す。これらより流域治水対策毎の貯留量については、以下のような傾向が確認できる。相当雨量の最大値は既設ダムが最も大きく、次いで新規ダム・ダム再生、事前放流、水田貯留、ため池、農水ダム、遊水地の順となる。これは、既設ダムについては、貯水効率の良いダムサイトから順に建設が進められて来たことなどに起因すると考えられる。また、事前放流については、個別ダムでの貯留量は新規ダム・ダム再生には及ばないものの、電力ダムも含めた既設ダムで相当雨量50 mm程度の事前放流が実現された場合には、サブ流域全体では平均的に10 mm程度の貯留能力の増加が期待される。一方で、水田貯留については、あまり大きな貯留

効果は期待できないものの、5 mm以上の相当雨量がある地点が、総分割数1,044地点に対して約930地点あり、サブ流域全体では平均的に10 mm程度の貯留能力と評価された。遊水地については、施設数が限られること、設置箇所が低平地であり、ダムや水田と比較して流域の下流に位置することから貯留効果が期待できる地点は限定的である。また、ため池貯留、農水ダムについては、貯留効果としては多くの地点で相当雨量5 mm程度以下であり施設直下地点のみで効果が期待できると想定される。ただし、ため池については約760地点で相当雨量5 mm以上となっており、比較的広範囲に貯留能力がある。なお、上記の貯留量は、既設ダム、農水ダム、ため池各施設の事前放流については、既設ダムは現行施設の放流能力、利水影響の大小によらず相当雨量50 mm(最大最低水位まで)、農水ダムは有効容量の15%、ため池は総貯水量の30%がそれぞれ事前放流可能と仮定していること、水田貯留については、全水田による貯留量の50%が貯留可能と仮定していることから、現時点では過大評価となっている可能性があり、各対策の持つポテンシャルと捉える必要がある。

4. 修正比較定数 α_{ca} に基づく流域治水対策による貯留能力評価

4.1 修正比較定数 α_{ca}

修正比較定数 α_{ca} (=流域平均雨量(mm)/[対象流域内の貯留可能量(千 m^3)/対象流域の流域面積(km^2)])は、中西ら¹⁵⁾の先行研究において提案されたサブ流域の貯留能力を概略的に評価判定する指標である。この評価指標は、上記のとおり図1に示したサブ流域毎に将来的な貯留能力の概略評価が可能であることから、効果的な流域治水対策を提案することを目的に提案されたもので、貯留能力評価上の検討外力は全国の水系を対象としたDAD解析により設定されている想定最大規模降雨²⁴⁾(計画降雨継続時間48時間)を検討対象地点毎に適用し、貯留能力が評価されている。本研究においても、将来起り得る最大規模に対する流域治水による貯留効果を評価することを目的として、中西ら¹⁵⁾の検討と同様に想定最大規模降

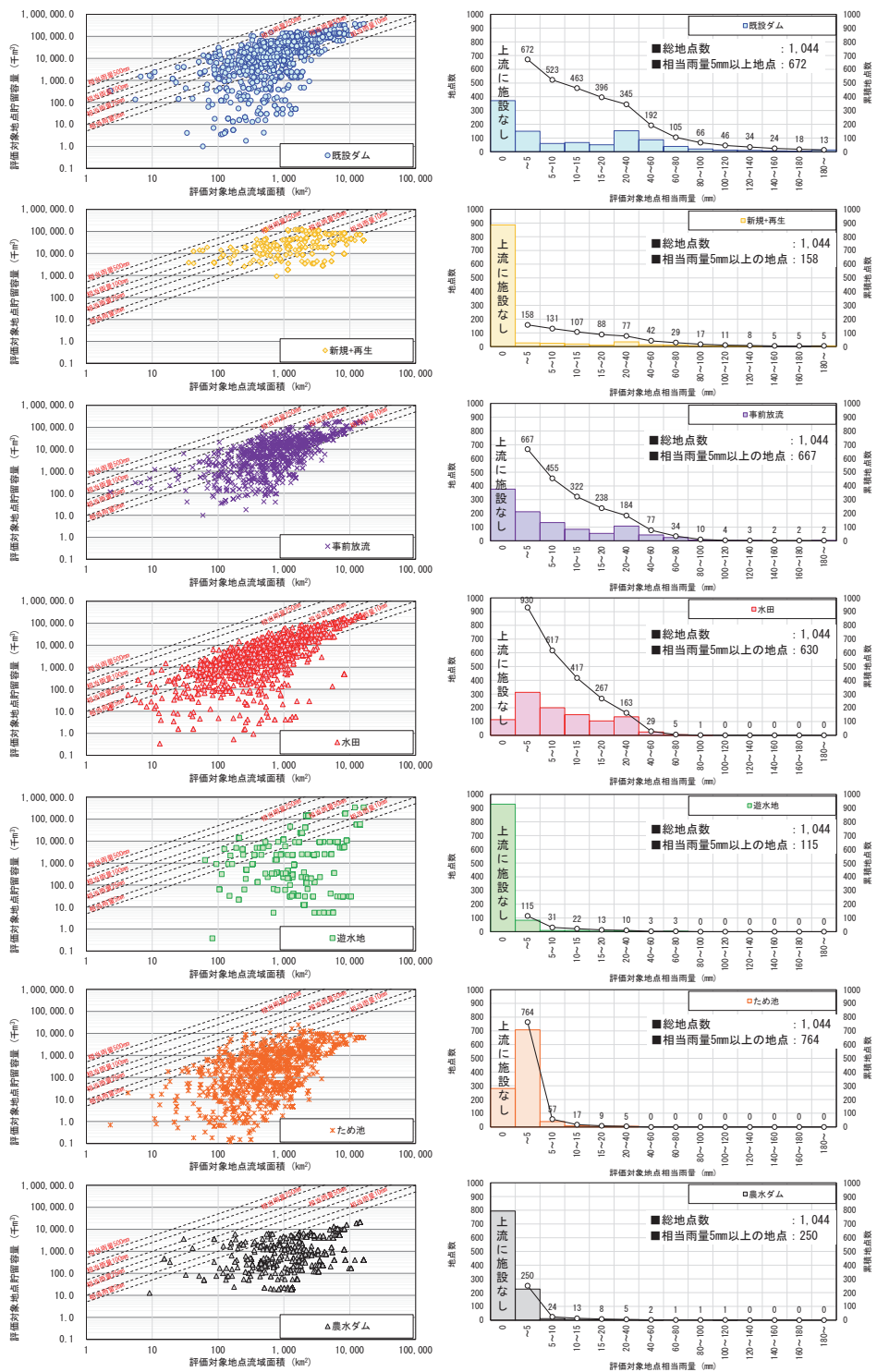


図3 評価対象地点毎の流域面積と貯留容量の関係 (左図) 及び各ケースの相当雨量の分布 (右図)

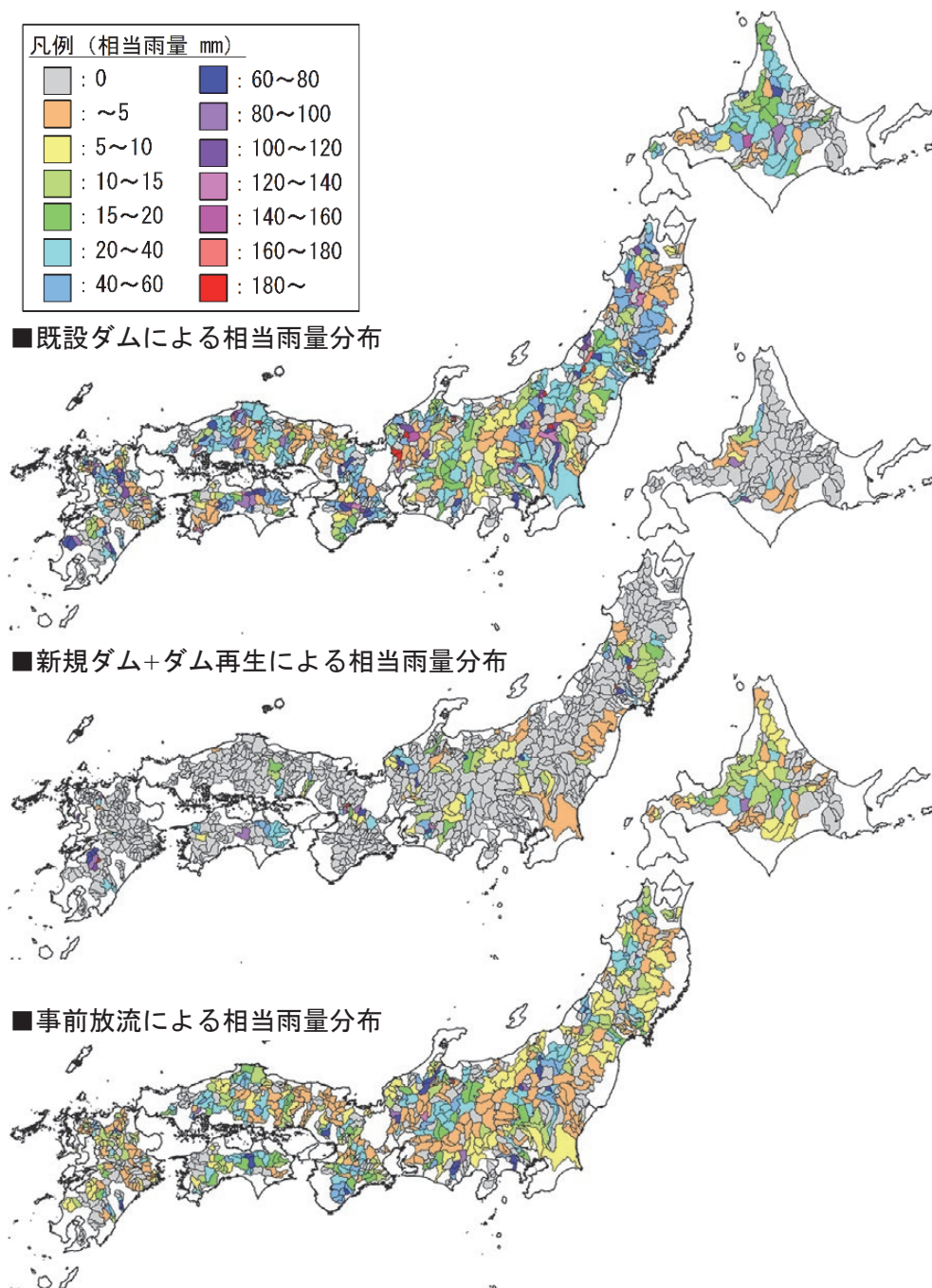


図4 全国109水系のサブ流域毎の相当雨量コンター 【既設ダム, 新規ダム+ダム再生, 事前放流】

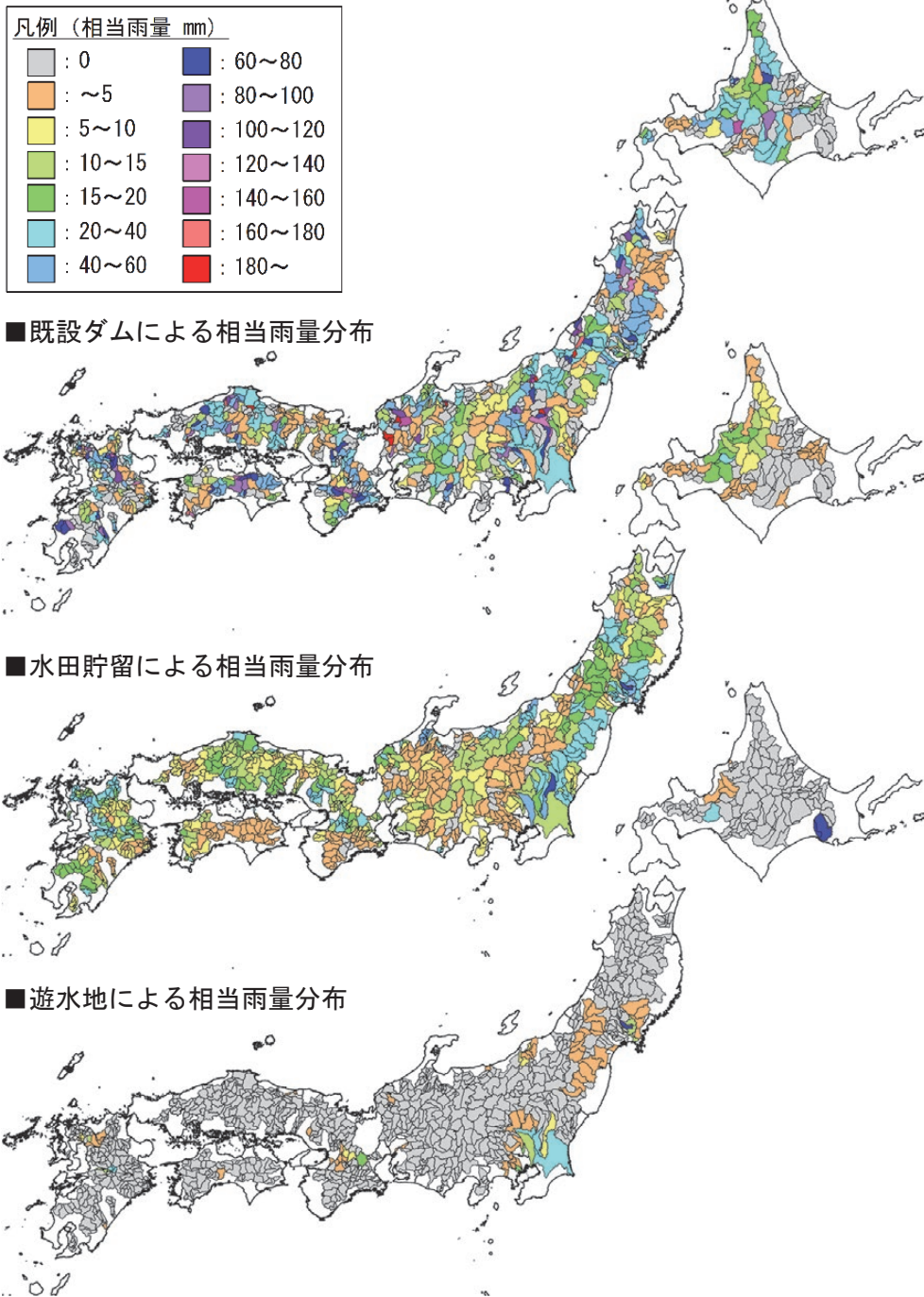


図5 全国109水系のサブ流域毎の相当雨量コンター【既設ダム, 水田貯留, 既設遊水地】

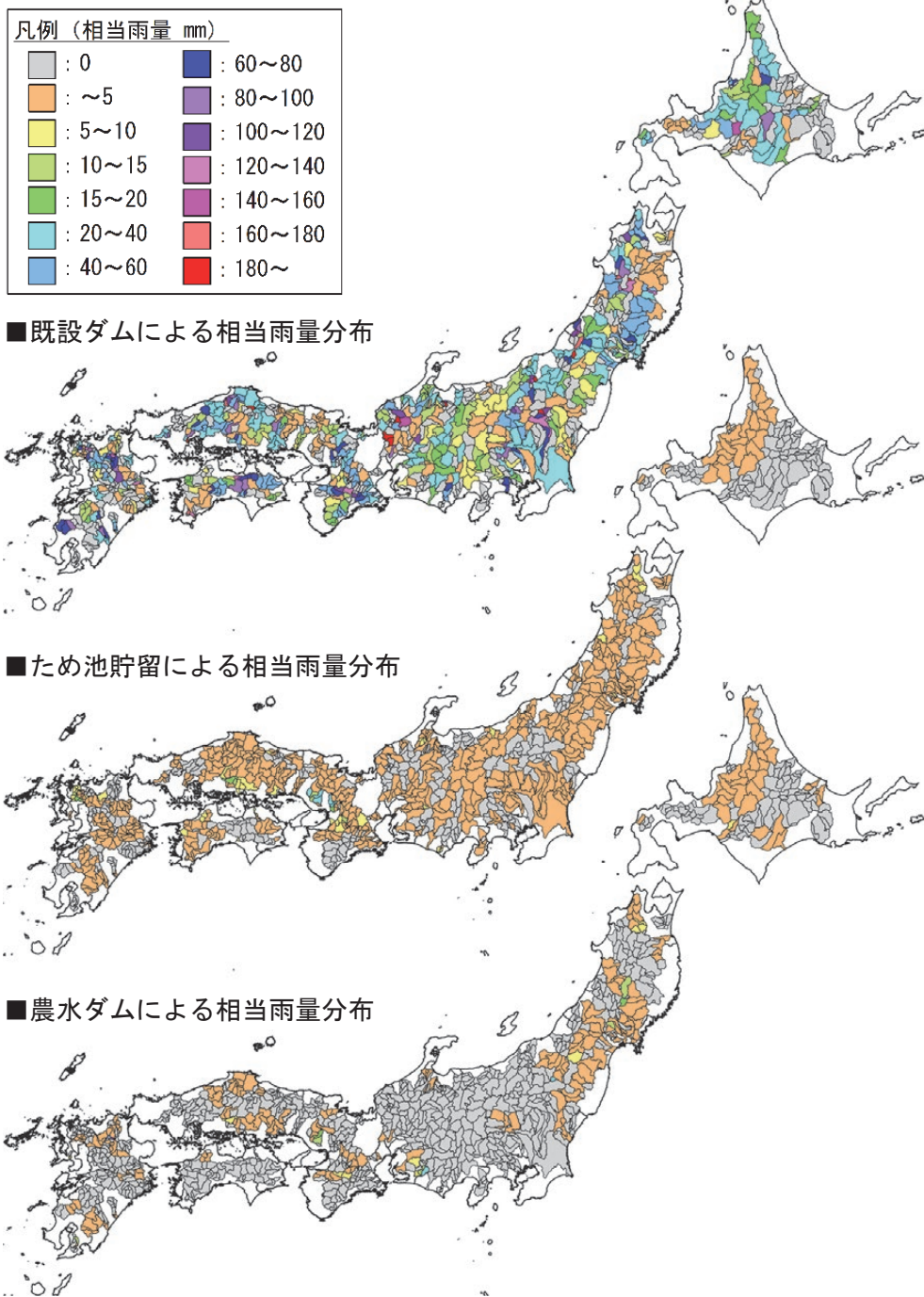


図6 全国109水系のサブ流域毎の相当雨量コンター【既設ダム、ため池、農水ダム】

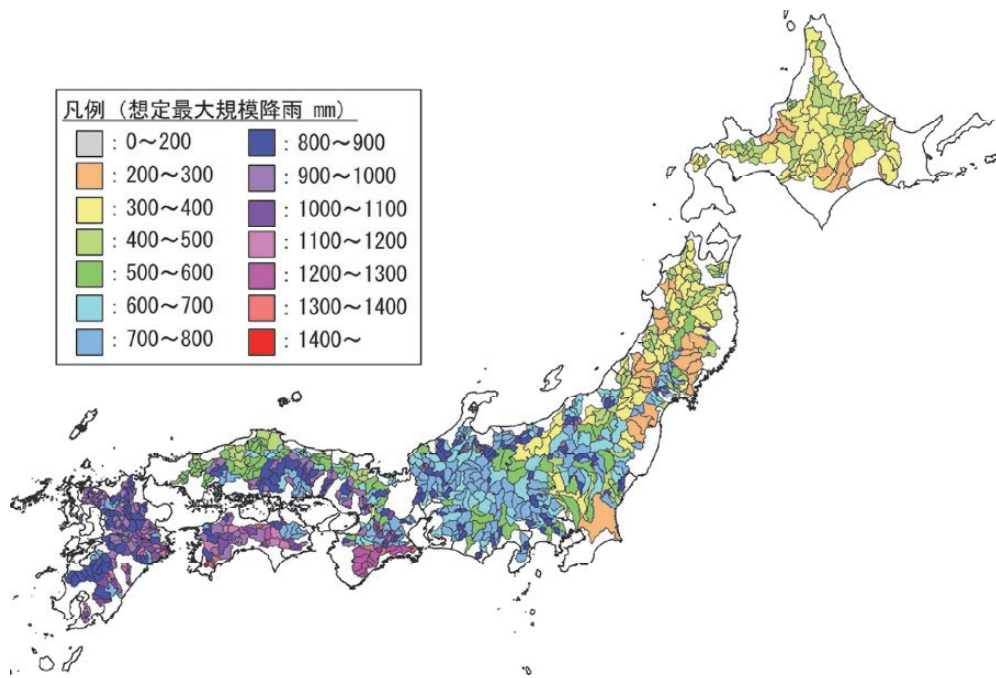


図7 全国109水系のサブ流域毎の想定最大規模降雨（降雨継続時間48時間）

雨を検討対象地点毎に適用する。全国109水系のサブ流域単位での想定最大規模降雨（計画降雨継続時間48時間）のマップを図7に示す。次に、上記で整理した当該地点相当雨量より修正比較定数 α_{ca} （=検討対象地点における想定最大規模降雨/検討対象地点上流の相当雨量）を算定し、全国109水系のサブ流域単位での貯留能力を評価する。

4.2 修正比較定数 α_{ca} による貯留能力評価

修正比較定数 α_{ca} による貯留能力の評価ケースとしては、既設ダムの各流域治水対策の貯留量評価結果を踏まえ、以下のとおりとした。

- ① 現行（既設ダム＋遊水地）
- ② 現行＋新規＋ダム再生
- ③ 現行＋事前放流
- ④ 現行＋水田貯留
- ⑤ 現行＋ため池
- ⑥ 現行＋農水ダム
- ⑦ 現行＋新規＋再生＋事前放流＋水田貯留（対策1）
- ⑧ 現行＋新規＋再生＋事前放流＋水田貯留＋ため

池＋農水ダム（対策2）

上記のケース①～⑧の各対策別に横軸に現行施設による α_{ca} 、縦軸に対策考慮後の α_{ca} をプロットした図を図8に示す。また、修正比較定数のコンター図を図9、10、11に示す。

なお、中西ら¹⁵⁾によると近年の洪水災害の発生した4水系を対象にサブ流域単位での修正比較定数 α_{ca} と実際の被害発生地点の関係を比較した結果、修正比較定数 $\alpha_{ca} = 40$ 程度を閾値として、 α_{ca} がそれ以下であれば洪水被害の発生の危険性が低減されると評価できる可能性があると指摘している。

図9、10より、①現行施設の洪水調節容量に加え、新規ダム＋ダム再生の貯留量を考慮した場合は、事業対象水系において、対策前の修正比較定数が50～80程度の流域の多くで、対策後は40以下まで低減している。このことから、中西ら¹⁵⁾の提案する $\alpha_{ca} = 40$ を閾値として評価した場合には、新規ダム＋ダム再生により概ね閾値以下とすることが可能となると評価できる。同様に、相当雨量評価で50 mm 相当の事前放流の実施を考慮した場合にも、現行施設のみときに修正比較定数が

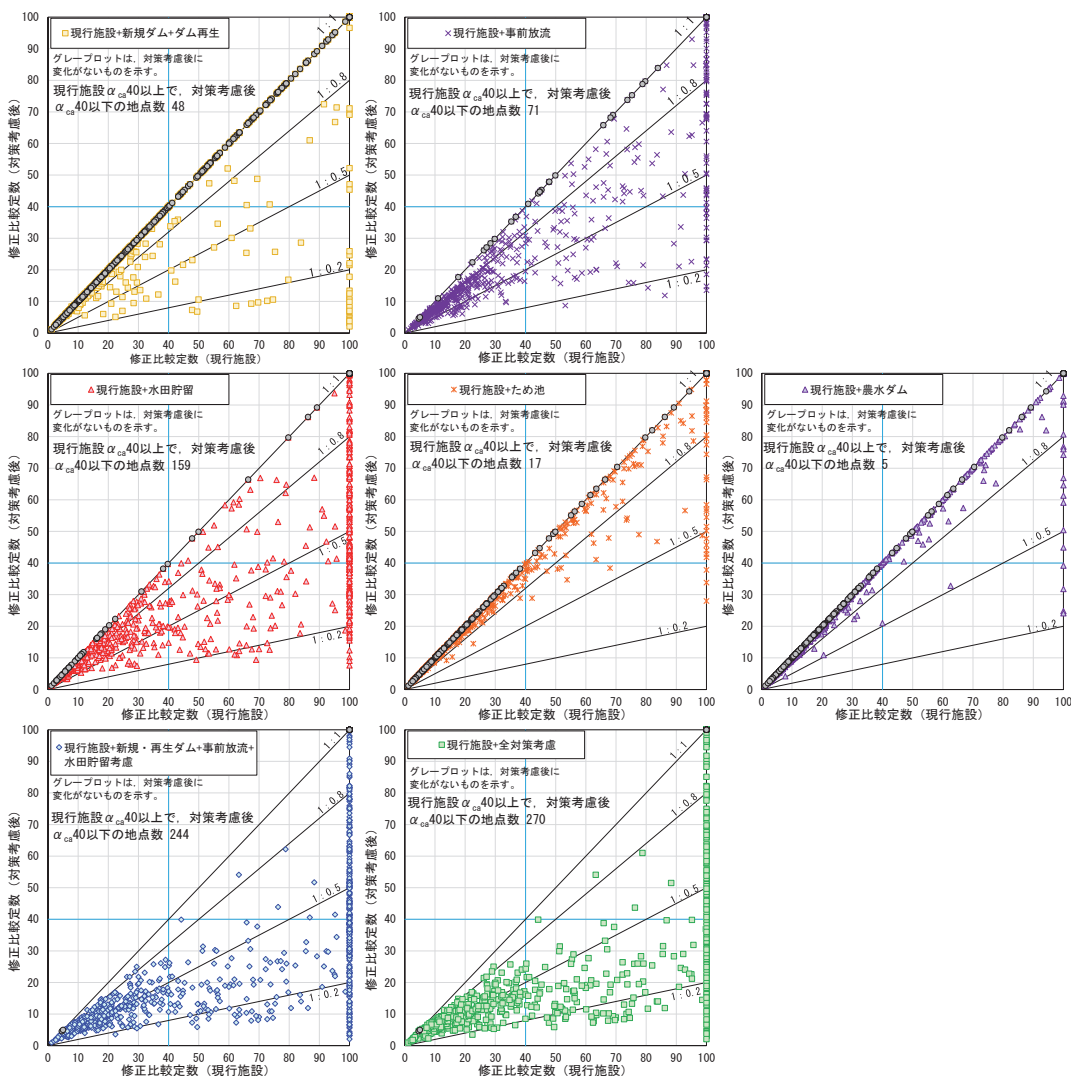


図8 現行施設と対策考慮後の修正比較定数の関係

$\alpha_{ca} = 50 \sim 60$ 程度のサブ流域で、対策実施後には閾値の $\alpha_{ca} = 40$ 以下となる傾向が確認できる。

また、水田貯留については、今回想定している全水田の50%で貯留を実施した場合には、図5のとおり相当雨量分布で見ると20~30 mm程度以下の地点が多い。貯留量は少ないものの、多くのサブ流域で分散型の効果がある。また、ダムがない流域やダムと組合せることで修正比較定数 α_{ca} が40以下となり、一定の効果が期待できると考えられる。一方、ため池や農水ダムによる効果は、

上記の対策に比べると、効果は限定的な結果となった。これは、今回設定した確保可能容量が少ないことや、一級水系のみを対象としたことからため池や農水ダムの影響度の高い水系が対象となっていないことなどが要因と考えられる。今後、実態に合わせた実施率、貯留可能量の設定等が重要となる。

また、図11より仮に全対策が実現した場合には、ほとんどのサブ流域で修正比較定数 α_{ca} が現行施設のみの場合と比較して50%程度以下まで低減し

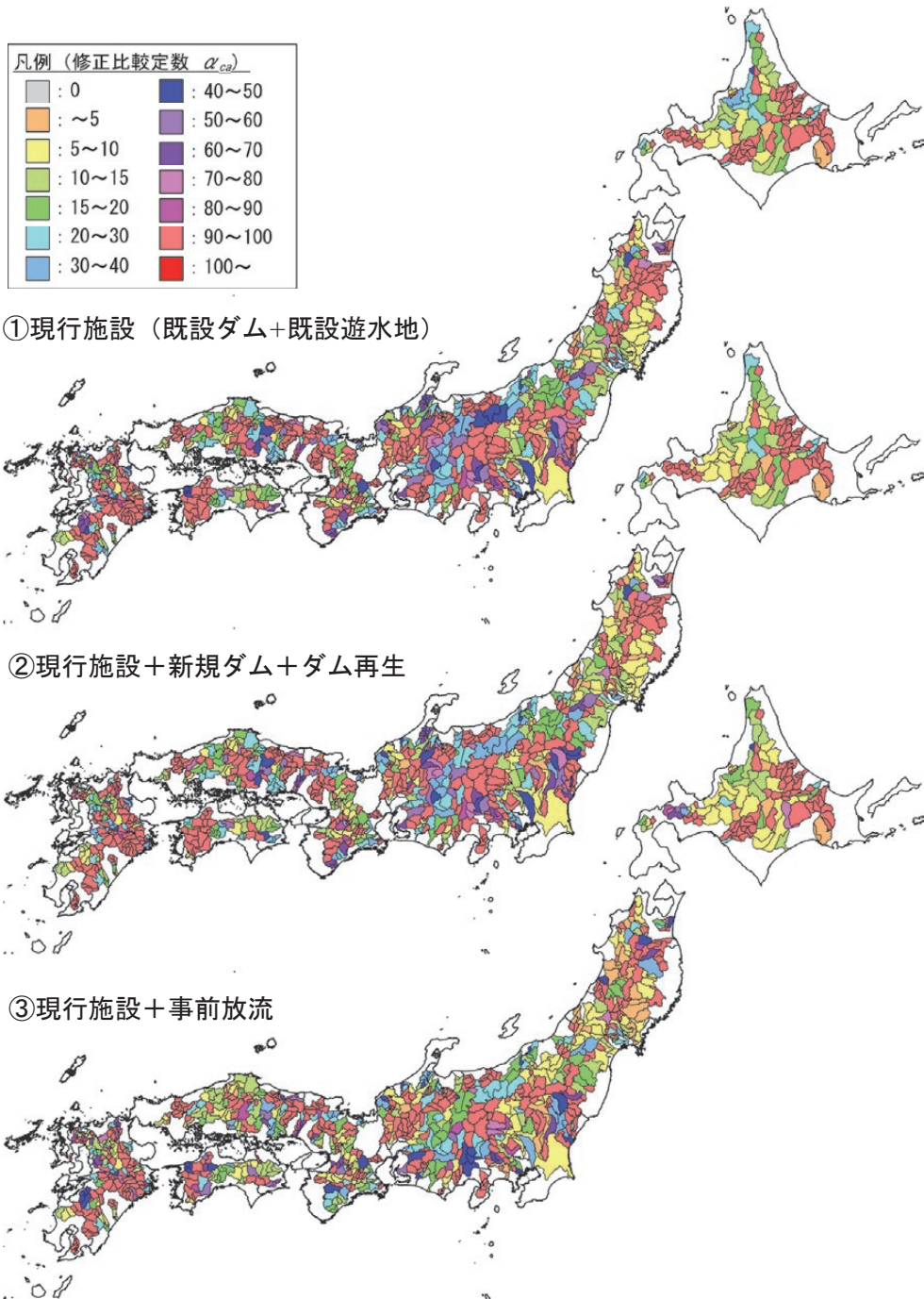


図9 全国109水系のサブ流域毎の修正比較定数コンターマップ【現行施設, 新規ダム+ダム再生, 事前放流】

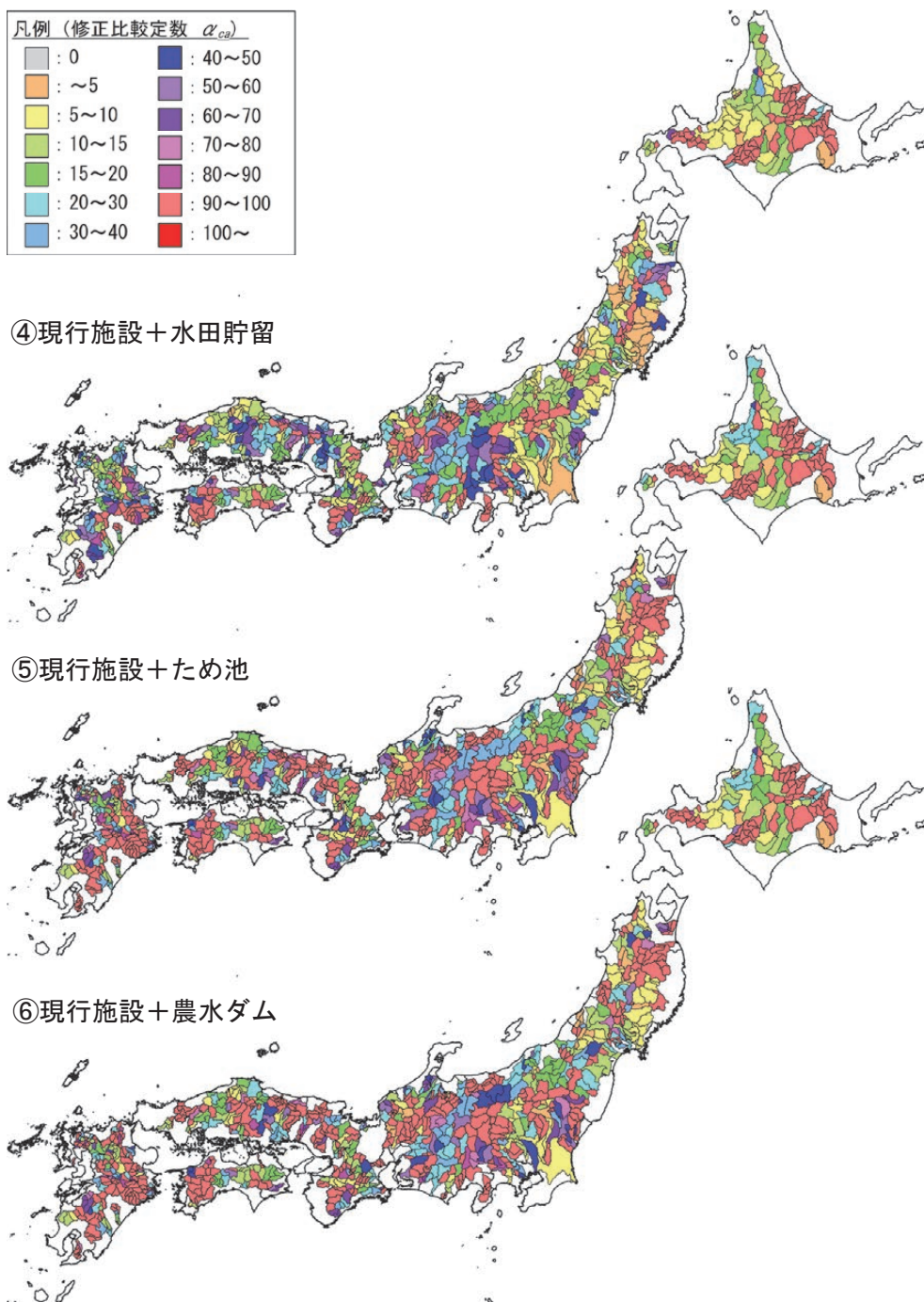


図10 全国109水系のサブ流域毎の修正比較定数コンターマップ【水田貯留, ため池, 農水ダム】

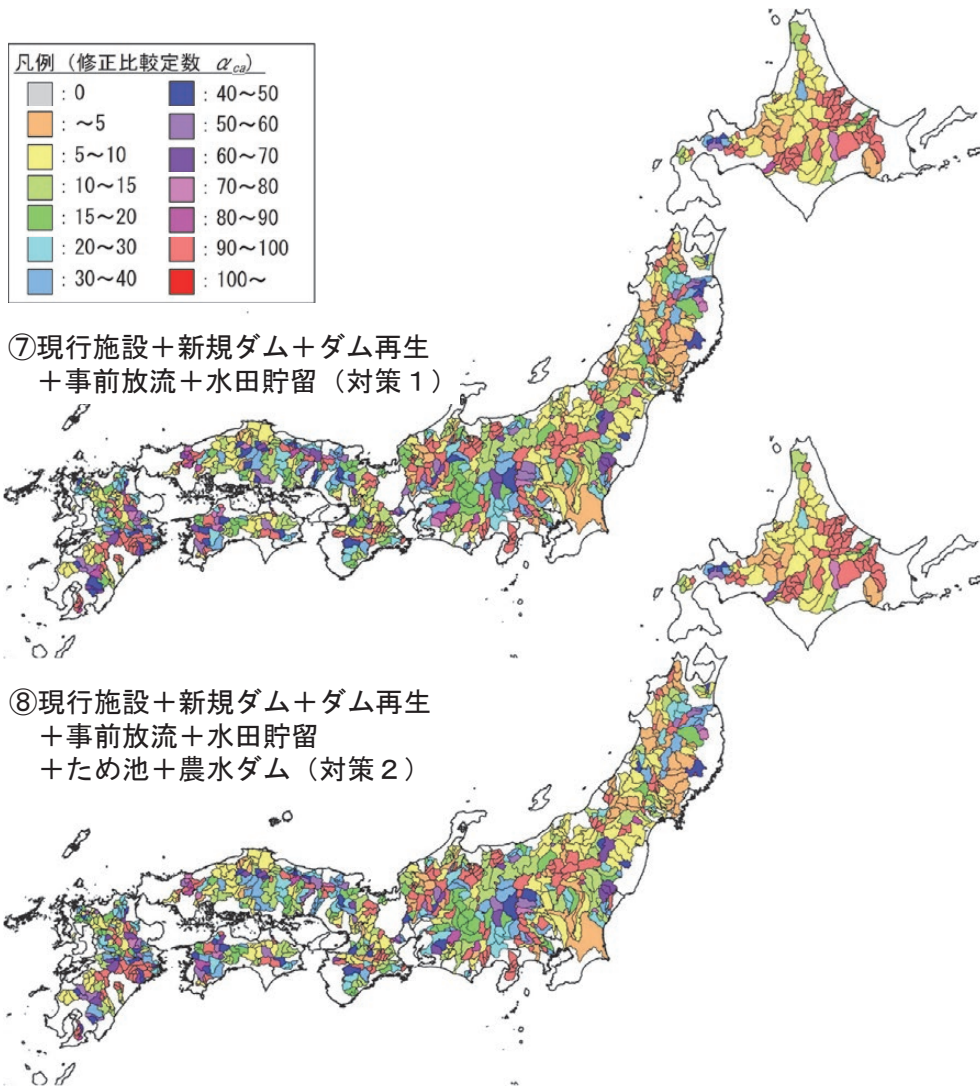


図11 全国109水系のサブ流域毎の修正比較定数コンターマップ【対策1, 対策2】

ている。これは、流域治水による貯留可能量のポテンシャルは現行施設（既設ダム+既設遊水地）と同等程度以上であることを意味しており、今後の流域治水の推進が重要であることが再認識できる。なお、上記で算定した修正比較定数は、評価対象地点毎に貯留量のみを設定し、その流域の治水耐力を評価したものであり、降雨波形、洪水調節操作や放流設備の放流特性等は考慮していない。実際の洪水調節効果は、降雨や流量の時間変化やピーク到達時間等の違いにより大きく影響を受け

るため、今後は時間変化を踏まえた貯留能力評価が必要と考える。

4.3 サブ流域単位での修正比較定数 α_{ca} に基づく流域治水対策の検討手法

上記のとおり、修正比較定数 α_{ca} を用いることにより、流域治水対策によるサブ流域単位での貯留能力向上度合いが定量的に評価可能となる。

今後、本研究で作成した全国109水系のサブ流域単位での貯留能力をベースとして、以下の手順

で個別水系での流域治水対策を検討することにより、効果的な流域治水対策の立案が可能となると考える。

- ①対象水系内のサブ流域単位での修正比較定数 α_{ca} を評価し、比較的貯留能力の小さいサブ流域・評価対象地点を抽出する。
- ②評価対象地点上流について、既設ダムの有無、水田面積、遊水地の適地の有無等を確認する。
- ③①②の結果に基づいて、事前放流実施、水田貯留、遊水地整備等を実施した場合の修正比較定数 α_{ca} を評価し、効果的な対策を評価する。
- ④上記の検討により、一定の効果が期待できる対策を抽出し、具体的な詳細検討を実施する。

5. 結論及び今後の課題

本研究で得られた結論及び今後の課題は以下のとおりである。

- 1) 中西ら¹⁵⁾の研究では4水系のみを対象としていたサブ流域単位での貯留能力評価(相当雨量(mm))を全国の一級水系109水系に展開するとともに、複数の仮定条件下であるものの、既設ダム、新規ダム・ダム再生、事前放流、水田貯留、遊水地等の流域治水対策による貯留能力を相当雨量評価で整理し、全国マップを作成することにより、国内の水系を同一尺度で評価することを可能とした。
- 2) 電力ダムを含めた既設ダムで相当雨量50 mm程度の事前放流が実施された場合には、サブ流域全体で平均的に10 mm程度の貯留能力の増加が期待される。同様に水田貯留についても平均的に10 mm程度の貯留能力と評価された。
- 3) サブ流域単位での修正比較定数 α_{ca} を用いた各流域治水対策の貯留量評価を行い、 $\alpha_{ca}=40$ を閾値とした場合に、現行施設に加えて新規ダム+ダム再生により対策効果が認められた。これに、事前放流や水田貯留を加えることで効果の向上が期待される。
- 4) 現在の修正比較定数 α_{ca} は流域治水対策による貯留能力のみを対象とした指標であり、河道整備状況等が考慮できていないため、今後、

河道改修の効果等を考慮する必要がある。

- 5) 本研究では、全国109水系を同一の手法で検討することを目的として、各流域治水対策による確保可能量の評価は一部の事例を全国に展開するなどの仮定を加えた上で設定しており、また、修正比較定数 α_{ca} を評価する際の対象外力を想定最大規模降雨(降雨継続時間48時間)で統一している。個別水系での検討においては、対象とする流域の特性、目標とする洪水規模等を踏まえ、降雨波形も考慮した上で対象外力を設定する必要がある。また、流域治水対策についても、事前放流による確保可能量の算出において、既設ダムの放流能力、施設改造の必要性、及び利水への影響、水田貯留については実施可能な水田範囲等を地域の実情に合わせて設定することが重要であると考えられる。
- 6) 本研究では、上述のとおり水田貯留量や遊水地、農水ダムの治水としての活用可能量は、一部の事例等に基づいて設定し検討したものであり、実際の施設諸元や流域特性、地域特性等は考慮できておらず、必ずしも適切な評価となっていない可能性もある。そのため、今後は、各地域の活用可能な容量などを調査するなど実情に合わせた設定をすることで実態に近い流域治水耐力の評価に繋がると考える。
- 7) 上記のような課題や不確定要素を有するものの、本研究で作成した全国109水系のサブ流域単位での貯留能力は非常に貴重なデータベースとなり得ると考えられ、本研究で提案した効果的な流域治水対策の立案の他、レーダ雨量や予測雨量と組み合わせることによりリアルタイムでの水系内貯留可能量評価、新規ダムサイト候補地の選定等、数多くのシーンで活用されることを期待する。

引用文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：ダム再生ビジョン, 2017.
- 2) ダムの洪水調節に関する検討会：第1回 ダム

- の洪水調節に関する検討会 配付資料, 2019.
- 3) 国土交通省：総力戦で挑む防災・減災プロジェクト～いのちとくらしをまもる防災減災～, 2020年9月.
 - 4) 国土交通省ホームページ, https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki_pro/index.html
 - 5) 農林水産省ホームページ, https://www.maff.go.jp/j/nousin/mizu/kurasi_agwater/ryuiki_tisui.html
 - 6) 農林水産省 農村振興局 整備部 防災課：ため池の洪水調節機能強化対策の手引き, 平成30年5月.
 - 7) 農林水産省 農村振興局 整備部：「田んぼダム」の手引き, 令和4年4月.
 - 8) 流域治水の推進に向けた関係省庁実務者会議：流域治水対策等の主な支援事業集, 令和5年4月.
 - 9) 宮津進, 吉川夏樹, 阿部聡, 三沢眞一, 安田浩保：田んぼダムによる内水氾濫被害軽減効果の評価モデルの開発と適用, 農業農村工学会論文集, No.282, pp.15-24, 2012.
 - 10) 相原星哉, 吉田武郎, 上山泰宏：農業用ダムにおける事前放流の治水効果の類型化, 農業農村工学会論文集, No.316, I_29-I_37, 2023.
 - 11) 田中丸治哉, 立林信人, 多田明夫：事前放流による洪水軽減効果が大きいため池の選定手法の提案, 水文・水資源学会2019年度研究発表会.
 - 12) 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, 土木学会関西支部年次学術講演会, II-12, 2006.
 - 13) 倉橋実, 永谷言, 川村育男, 角哲也：超過洪水に対する既設ダムの治水機能評価と機能向上に向けた再開発手法の検討, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.74, No.4, I_1357-I_1362, 2018.
 - 14) 和泉征良, 中西一宏, 永谷言, 小島裕之, 倉橋実, 川村育男, 角哲也：気候変動適応策の検討に向けた既設ダムの治水機能評価に関する研究, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.77, No.2, I_55-I_60, 2021.
 - 15) 中西一宏, 和泉征良, 久保裕基, 永谷言, 小島裕之, 角哲也：流域の貯留能力を踏まえた流域治水方策に関する研究, 河川技術論文集, 第28巻, 2022.
 - 16) 2022河川データブック, 令和4年8月, 水管理・国土保全局.
 - 17) ダムの洪水調節に関する検討会：第1回 ダムの洪水調節に関する検討会 配付資料, 2019.
 - 18) 例えば, 木戸研太郎, 角哲也, 道広有理, 木谷和夫：長時間アンサンブル降雨予測を用いた大型台風接近時における効果的なダム事前放流方法の検討, ダム工学, 30 (2), 138-148, 2020.
 - 19) 国土交通省, 国土数値情報ダウンロードサービス, <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
 - 20) 新潟県農知部：多面的機能支払制度 令和2年度活動取組事例集, 令和3年3月. <https://www.maff.go.jp/tokai/noson/sekkei/200903.html>
 - 21) 湿地の調査・研究のための情報プラットフォーム, 湿地データベース, 日本の遊水地リスト, https://wetlands.info/tools/wetlandsdb/retardingbasin_list/
 - 22) 東海農政局ホームページ, <https://www.maff.go.jp/tokai/noson/sekkei/200903.html>
 - 23) 農林水産省 農業用ため池一覧, https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/ichiran.html
 - 24) 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.

(投稿受理：2023年6月26日
訂正稿受理：2023年9月25日)

要 旨

近年, 日本国内では, 計画規模を上回る洪水の発生頻度が増加傾向にあり, 増大する災害外力への対応が逼迫した課題である。本研究では, 全国一級水系を対象に水系内を細区分したサブ流域を設定したうえで, サブ流域単位毎に, 治水施設としてダムのみでなく, 農業用ダム, 既存の遊水地・ため池, 水田貯留を考慮した既存貯留能力を算定し, これに基づき水系全体の貯留能力を評価した。その結果, 複数の仮定条件下ではあるものの, 流域治水対策による貯留能力を相当雨量評価で整理し, 全国マップを作成することにより, 国内の水系を同一尺度で評価することを可能とした。今後, 本研究で作成した全国マップが新規ダムサイト候補地の選定等, 数多くのシーンで活用されることを期待する。