

グリーン・ブルースポットを用いた流域全体での洪水調節機能評価 —京都府亀岡市の支流域をケースとした試行的解析—

Evaluation of Flood Control Function in Inland Using Green Blue Spots
-A Case Study Focusing on Tributary Areas in Kameoka City, Kyoto Prefecture-

焦英楠¹・武田史朗²・花岡和聖³・中島秀明⁴・章俊華⁵

Yingnan Jiao, Shiro Takeda, Kazumasa Hanaoka, Hideaki Nakashima and Junhua Zhang

¹千葉大学大学院 園芸学研究院 ランドスケープ学専攻 博士前期課程 (〒271-8510 千葉県松戸市松戸648)

Graduate Student, Graduate School of Horticulture, Chiba University

²千葉大学大学院 教授 園芸学研究院 ランドスケープ・経済学講座 (〒271-8510 千葉県松戸市松戸648)

Professor, Graduate School of Horticulture, Chiba University

³立命館大学准教授 文学部地域研究学域 (〒603-8577 京都市北区等持院北町56-1)

Associate Professor, Area Studies Program, College of Letters, Ritsumeikan University

⁴株式会社建設技術研究所 大阪本社防災室 (〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1丁目6-7 北浜MIDビル)

Disaster Mitigation Section, Osaka Main Office, CTI Engineering Co.,Ltd.

⁵千葉大学大学院 教授 園芸学研究院 ランドスケープ・経済学講座 (〒271-8510 千葉県松戸市松戸648)

Professor, Graduate School of Horticulture, Chiba University

In this research, we focus on the basin-wide comprehensive flood disaster prevention, which has been widely recognized in recent years, instead of the conventional hydraulic control that collects and flows down as much flood as possible within the rivers themselves. To analyze the flood control ability of the basin, we proposed the concept of green-blue spot (GBS) and applied it on the DEM data using ArcGIS. As a result, the flood accommodation capacity in the entire Kameoka basin and in each of the five tributaries enabled by GBSs were clarified under tentative conditions.

Keywords: basin-wide comprehensive flood disaster prevention, Green Blue Spot, Blue Spot, GIS, Retention basin

1. 背景

土地の高度利用化が進むにつれて、多くの先進国では、経済成長期の開発用地確保などのために、工学技術による堤防強化や河道掘削など河道内に雨水を閉じ込めることを優先する治水政策が主流となってきた。

しかし近年、気候変動に伴って河川整備計画の計画当初の想定をこえる豪雨が予想されるようになり、2020年7月には、わが国でも堤内地を含む流域全体で雨水を受け止める流域治水への全国的な転換方針が国の政策として示された。2021年2月には、「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律案」(流域治水関連法案)が閣議決定され、同年5月10日に公布、同年11月1日にはその全ての規定が施行された。

流域治水のためには、市街地や農地における雨水の一時貯留を含め、堤防の内外に渡り、行政区分や専門領域を横断した土地利用計画や景観デザインの検討が必要となるが、わが国では従来の治水の考えに基づく、人々の生活空間と水との接点を減らすことを重視する傾向が強く残存しており、流域治水のための調節池としての堤内地の活用に関する議論は十分にはなされていないと認識する。

海外の事例もその方法論は国や地域ごとにさまざまであり、それぞれの国の文化や歴史に即した方法論の構築が必要であろう。例えば我が国では、霞堤と呼ばれる歴史的な治水方策がある。これは堤外に洪水を閉じ込める現代の治水システムとは考え方が大きく異なるが、気候変動による雨量の増加が予測される今、本川の遊水池だけでなく支川も含む広い流域での雨水貯留で対応する必要の認識は広まってきている。調節池の機能を持った土地利用の仕組みを再評価するとともに、農地や公園緑地における雨水貯留能力を高めることなどを含め、水とうまく付き合うことで、市街地から農村までの一体的にみた歴史的景観を保全しつつ防災力を向上する方向性を探ることが、我が国の歴史都市防災においても今後求められるだろう。

以上より、現時点で重要な研究課題の一つとして、流域治水のために有効な堤内地の評価に関する客観的な調査分析を行い、実際の政策議論が行われる際に有用な知見を蓄積することがあると考える。

2. 対象地と研究の目的

京都府亀岡市は、亀岡盆地の低地部の街道沿いに古代から集落が立地し、その後、亀岡城の城下町として発展してきた。そうした亀岡盆地の中心部を流れる保津川（大堰川・桂川）は、盆地の出口部分が保津峡の狭窄部に当たり、水位が上昇しやすく、歴史的に氾濫を繰り返してきた。そのため伝統的な治水対策として、昔から霞堤が設けられており、溢れ出した水を周辺の土地に逃し一時的に貯めることで市街地や農地への甚大な被害を防いできたとされる。他方で、保津川は、この地域の農業・生活用水として、また舟運の動脈として人々の生業を支えてきた歴史がある。実際、河川によって形成された沖積平野には豊かな水田地帯が広がり、亀山城の堀も保津川の支川の一部となっていることから、亀岡市を特徴づける景観が、河川との深い関わりのなかで形作られていることがわかる。また、亀岡市は、京都・大阪へのアクセスや住環境が充実していると同時に、従来からの田園景観も残る。そうした都会と農村の両面を持ち合わせる亀岡市を「トカイナカ」と称し、都市部からの移住者を呼び込む取り組みが行われている。

一方、現在の河川整備計画は本川に着目し、霞堤の嵩上げや河道掘削などが計画され、一部実施もされている。また従来霞堤によって浸水被害が多い狭窄部周辺の地域には下流地域の犠牲になっているという被害者意識が強く、市としても、市民の財産を守る観点から、広域行政に対してこの霞堤の嵩上げによる連続堤への変更を強く訴えてきた歴史がある¹⁾。しかし同時に、保津川の下流には歴史都市として名高い嵐山があり、ここでは歴史的景観の保全のために堤防自体の嵩上げを行っていくため、亀岡を含む保津川上流の河川整備計画の進捗の制約ともなっており、亀岡市の立場ではこれが課題として指摘されることがある²⁾。

しかし、近代以降近年までの都市開発が、もともと溢れやすい位置にある河川への雨水流入量自体を増加させてきたことも否めない。さらに、前述のように、近年では気候変動による雨量の増加を見込み、本川の治水に頼る考え方から、支流や堤内地を活用した雨水の受け止めを含む面的な治水への転換が主流化している。この考え方に基づけば、既存の河川整備計画に基づく本川の流下能力の向上に頼るだけでなく、本川に流れ込む雨水を、全流域が協力して低減させることの可能性を同時に検討することが重要であると考えられる。

実際、保津川流域内での近年の浸水被害の原因は、多くが、保津川から支川への逆流や、排水量を超えた内水氾濫であるとの指摘もある³⁾。また、保津川の支流では、整備計画は10年確率雨量を想定しているため、そもそもそれ以上の豪雨時には、本川沿いだけでなく支流流域での氾濫被害は避けられないことになっており、これは、本川の流下能力を向上するだけでは解決できない。

以上のことを考慮すると、同地域においては、保津川本川の治水だけに着目するのではなく、同時に、支川沿いの農地や緑地を積極的に遊水池として活用する方策を検討することの意義が大きいと考える。また、このことには、防災面だけでなく、亀岡市の歴史的な田園景観を守り、現代的な防災計画に有効なものとしてさらに育てていくという意味もあると考える。

本研究では保津川本川および各支流を対象として、その地形を解析し、雨水の貯水能力を持つ窪地として機能し得る農地と緑地（以下、グリーン・ブルースポット、GBS）の分布を把握する。さらに、その窪地の位置、面積、満水容量などを評価し、これらの窪地を調節池として用いた場合の氾濫の調節能力を支流ごとに明らかにする。さらにこれらの知見に基づき、保津川本川に対する流域全体でのGBSによる調節可能性を評価する。それによって、本川沿いのみではなく、流域ごとの農地と緑地の調節機能を明らかにし、保津川流域の雨水を河川だけでなく、支流流域の堤内地を含め面的に負担する流域治水の検討が、より具体的に可能になると考える。

3. 研究の位置付け

本研究では解析手法として「ブルースポット」（以下、BS）と呼ばれる降雨時に雨水が流れ込む局所的な窪地の抽出を採用する。BS はデンマークで洪水リスクを解析するために開発され、これを用いた研究としては、コペンハーゲン北部にある排水流域の調査（Balstrøm,2015）⁴⁾や、洪水スクリーニングモデルの開発（Nasrin Baby et al., 2021）⁵⁾などがある。これらはいずれも地形の解析を通じた洪水や氾濫リスクの評価であり、GBS に着目して緑地の雨水調節機能を評価する本稿には、その目的と解析手法の用い方において独自性がある。流域治水の目的のための農地活用に関する研究としては、田んぼダムの研究（吉川ほか、2009）⁶⁾などがあり、農業用ダムやため池などの活用可能性も指摘されている⁷⁾。低地部の土地面積が限定される我が国においては緑地や農地に対しても雨水の調整機能が期待されるが、地形的な特徴を考慮して、流域内に分布する緑地・農地の雨水調節能力を面的に評価した既往研究は管見の限りない。堤内地における面的雨水貯留の確率年を考慮した氾濫抑止効果を評価する点、また支流毎に貯留可能量を集計し、小流域毎と全流域でその効果を評価する点にも、新しい治水計画と都市計画に資する本稿の的方法的新規性があると考えられる。

4. 方法

本研究ではGBSの抽出を以下に示す標高データと手順で行う。まず標高データに関して、国土地理院の基盤地図情報（数値標高モデル）から亀岡盆地全域を網羅する範囲の、5mメッシュ（低地部）及び10mメッシュ（山間部）を組み合わせて構築された5mメッシュのDEMを使用する。次に、BSの計算には、Cloudburst Modelsで提供される「ブルースポット満水値の識別（Identify Bluespot Fill Up Values）」を ArcGIS上で実行する。具体的には、このツールを使用して、DEMの地形起伏から一定規模以上のBSを抽出し、それぞれのBSが満水になるまでに必要な降雨量を求める（この際、区域区分に関わらず60.0mm/hを超える雨量が下水、排水や浸透の能力を超えて地表に流れるものとする単純化した設定を市内全域に適用して計算を行った）。このようにして算出したBSの分析結果を、保津川に接続する五つの支川の流域（以下、支流）ごとに分割し整理した。さらに、農地や緑地と重複するBSのみをGBSとして抽出し、そのGBSを調節池として用いた場合の雨水の調節能力を評価した。

5. 調査および結果

(1) 亀岡市内の各流域の概要

本研究で調査対象とする亀岡市内に含まれる五つの保津川支流の概要をまとめたものが表1である。

表1 亀岡市内の各流域の概要

支流	総延長※1 (km)	流域面積※1 (km ²)	市街地面積※2 (km ²)	農地面積※2 (km ²)	林地面積※2 (km ²)	備考
年谷川・西川・鶴ノ川流域	17.91	31.72	4.68	4.32	21.2	上流部は亀岡市南の山地部を流れ、中・下流部は市街地化が進んでいるが、下流部にはなお広い農地があり、石積み水制「下内膳」や「野橋立」が残されている。1951年7月、集中豪雨により源流部にあった平和池ダムが決壊し、年谷川流域に大水害をもたらした。
古川・七谷川・愛宕谷川流域	23.54	42.11	2.77	12.62	20.79	亀岡市東北部に流れる。昔から内水氾濫が多発した氾濫原の緩流河川である。平野部の農地や緑地比例が高く、川は蛇行しながら流下する。
千々川流域	5.71	9.82	1.36	2.93	5.57	亀岡市の北西部を東向きに進み、保津川の右岸に注ぐ支川の流域である。流域内には国道9号から鉄道周辺に住宅地が存在し、たびたび浸水被害が生じている。
犬飼川流域	26.07	53.95	4.18	14.03	32.52	亀岡市の西南の山地を源流とし、亀岡運動公園を通り保津川右岸に注ぐ支川の流域である。流域の集水面積が大きく、新しく開発された街並みと古い集落の両方がある。平成29年の台風21号では、霞堤からの流入により1.17haが浸水した ⁸⁾ 。
曾我谷川流域	16.25	18.76	3.12	3.6	11.9	亀岡市曾我部町南境の山地部から流れ、保津川の右岸に注ぐ支川の流域である。曾我谷川にはアユモドキの産卵地がある。
亀岡全流域	89.48	156.36	16.11	37.3	90.64	亀岡市は盆地に位置し、保津川は保津峡の狭窄により流下力が制限されることから、治水安全度は低い。流域内に弥生時代の遺跡や古墳があり、さらにアユモドキなどの天然記念物も生息しており、豊かな生態系が保たれている。

※1 淀川水系桂川上流圏域河川整備計画（2018）⁹⁾を引用した。

※2 国土数値情報の土地利用細分メッシュデータ（2016）もとに、本研究で独自に流域ごとに分割し算出した。

(2) 亀岡市内全支流流域のGBSの概要

亀岡市内の全支流流域に対して農地と緑地に限ったGBSを算出し、諸元をまとめたものが表2である。

古川・七谷川・愛宕谷川流域は、GBSの数、総面積、総容量についていずれも最大であり、千々川流域は、総面積、総容量がともに最も小さい。曾我谷川流域のGBS総数は千々川と大きく変わらないが、総容量は2番目に大きい。

犬飼川流域はGBSの総数と総面積が2番目に大きいですが、総容量は全市流域中、下から2番目で千々川流域に並んで極めて小さい。GBS総数が最も小さいのは年谷川・西川・鶴ノ川流域だが、その総容量は全支流流域中で3番目、曾我谷川流域と並んで大きい。単純にGBSの総計を見た場合、河川への流出前に地表に降った雨水を貯留する調節機能が最も高い流域は古川・七谷川・愛宕谷川流域であり、次の2番目は曾我谷川流域、3番目は年谷川・西川・鶴ノ川流域とわかった。一方、河川からの氾濫を計画的に受け止める遊水池としての効果を考える場合、河川沿いの立地が必要である。そこで、地形図と航空写真から判別した堤防から100m未満の範囲にあるGBS容量を計算すると、年谷川・西川・鶴ノ川流域が最も大きく、古川・七谷川・愛宕谷川流域と曾我谷川流域が続いてこれら3つの支流流域のGBSが重要な役割を果たし得ることがわかる。

表2 亀岡市内における GBS の概要

GBS の諸元	総数	総面積 (m ²)	総容量 (m ³)	容量按分	堤防から 100m 未満 GBS 総容量 (m ³)
年谷川・西川・鶴ノ川流域	<u>336</u>	519,447	530,639	20.38%	462,394
古川・七谷川・愛宕谷川流域	1774	3,180,621	963,301	37.00%	456,496
千々川流域	378	<u>475,827</u>	<u>251,062</u>	<u>9.64%</u>	<u>61,822</u>
犬飼川流域	1273	1,079,849	258,013	9.91%	163,966
曾我谷川流域	380	582,162	600,277	23.06%	424,725
合計	4,141	5,837,906	2,603,291	100%	1,569,404

注) 表中の太字は各項目での最大値、下線は各項目での最小値を示す。

(3) 各支流流域におけるGBS分布の特徴

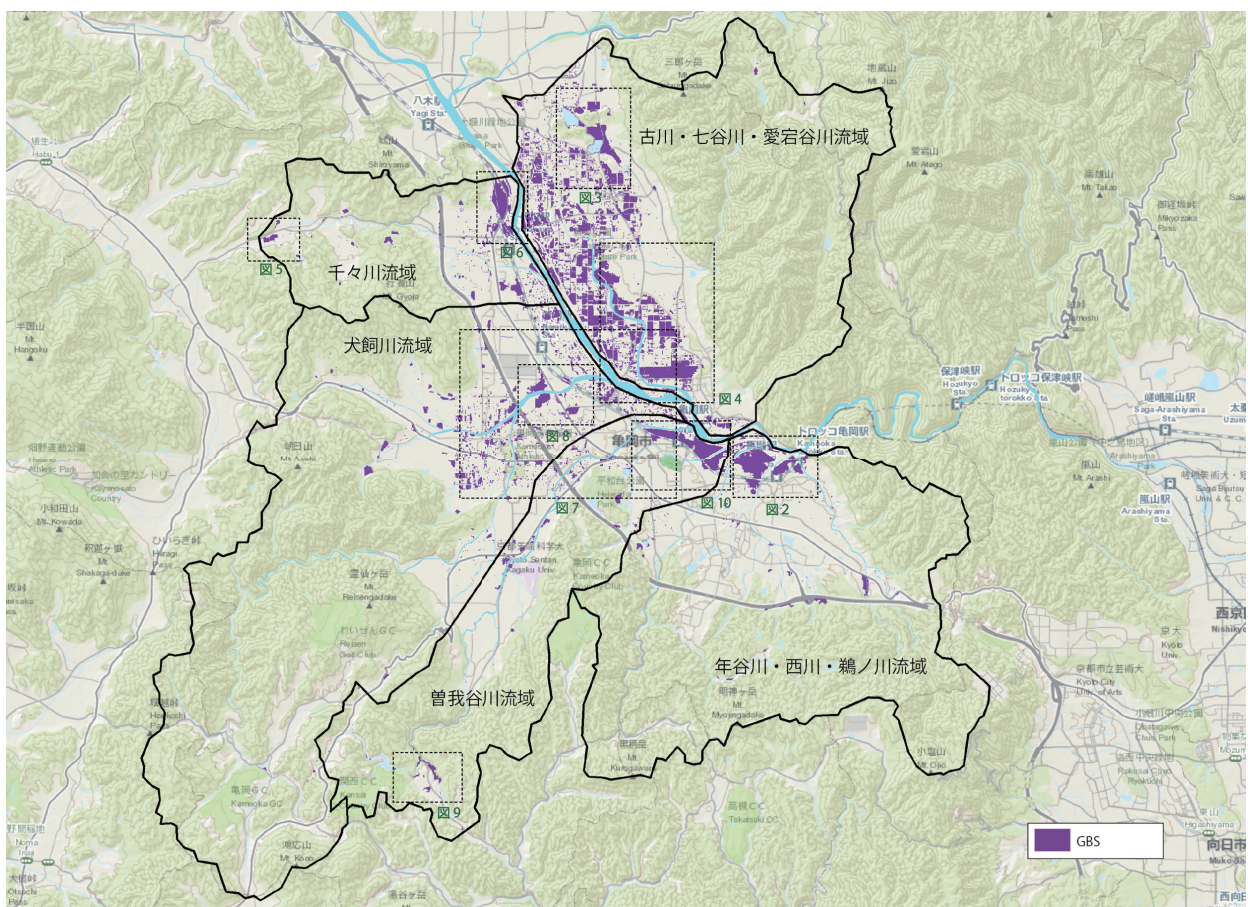


図1 亀岡市内における GBS の分布

本項では、より具体的な各支流流域におけるGBSの分布の特徴を把握する。全体の様子を図1に、特徴的な部分の様子を図2から図13に示している。

a) 年谷川・西川・鶉ノ川流域

年谷川・西川・鶉ノ川流域の流域面積は広いが、農地面積は他の流域に比べ小さい。流域の中流部から下流部がほぼ市街化されGBSは少ない。下流部河口近くの農地に容量の大きいGBSが見られる（図2）。

b) 古川・七谷川・愛宕谷川流域

流域西側の平野部は農地が大半で、その中に集落が散在する。農地が多くGBSの総数や面積も大きい。そのため雨水の調節能力が突出して優れ、流域全体にわたり大量な雨水を貯留する能力がある（図3、図4）。

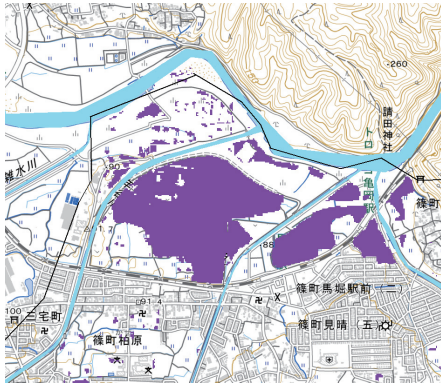


図2 年谷川・西川・鶉ノ川下流農地 GBS

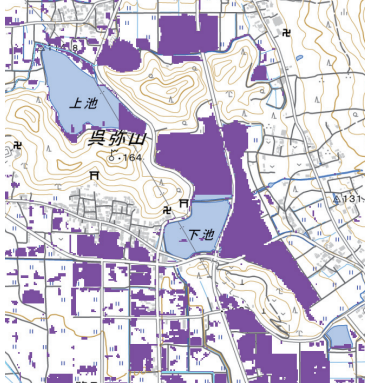


図3 古川・七谷川・愛宕谷川流域
上流部 GBS

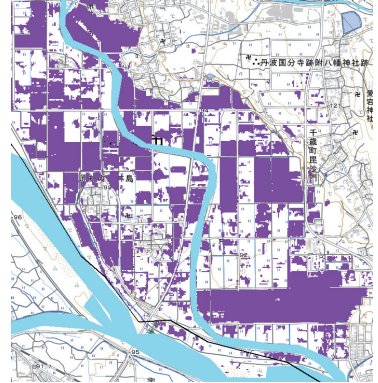


図4 古川・七谷川・愛宕谷川流域
中・下流部 GBS

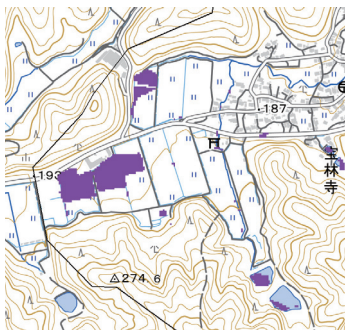


図5 千々川流域上流水田内 GBS

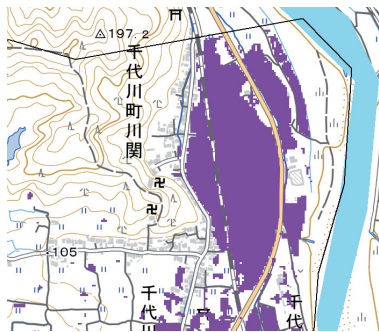


図6 千々川流域下流農地内 GBS

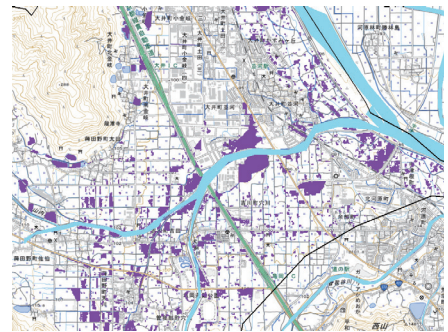


図7 犬飼川流域中・下流部の GBS

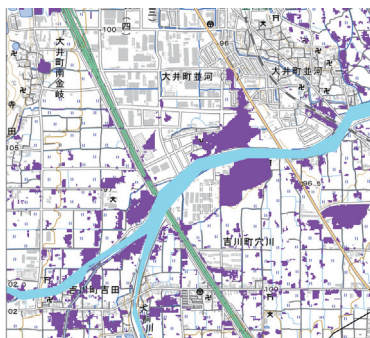


図8 犬飼川流域合流点周辺 GBS



図9 曾我谷川流域上流部 GBS

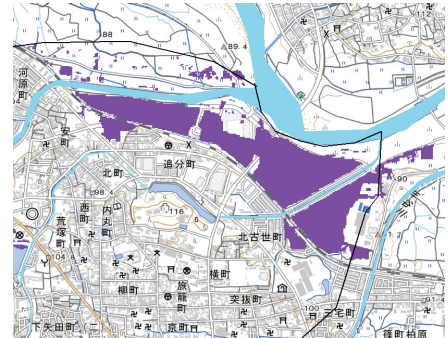


図10 曾我谷川流域下流部 GBS

c) 千々川流域

流域面積が最も小さい。上流の山間部にも水田があり、宝林寺周辺の農地にGBSが見られる（図5）。下流部は市街化が進行しているが千代川町川関の農地には面積や容量の大きなGBSが見られる（図6）。

d) 犬飼川流域

山地部の上・中流部には雨水を貯留できる農地が少ない。また下流の平野部に農地と市街地が混在し、GBSは面積や容量が低いものが大半である（図7）。そのため他の流域のように大容量のGBSに恵まれず、雨水の調節能力は他の流域に劣る。最も調節能力が高いGBSは犬飼川と山内川の合流点付近にある（図8）。

e) 曾我谷川流域

中流の平野部に広い農地があり、GBSは数や容量が小さい。上流のエコトピア亀岡近辺の農地や緑地に、

容量の大きな GBS がある (図 9)。下流部の JR 線の南側では市街化が進行し雨水を貯留できる農地が少ないが、JR 線の北側では亀岡駅周辺の農地に大容量の GBS が見られる (図 10)。

6. GBSによる雨水調節能力の評価

(1) 全GBSを調節池として活用した場合の調節能力

以上で得た GBS の容量を 30 年確率、100 年確率の降雨時に河川の氾濫を防止するために流域内の堤内地に必要となる貯留量^{注1)} と対照し、各流域の調整能力を評価した結果が表3である。現行の河川整備計画に従い、10年確率の降雨は河川のみで流下可能と仮定した。そして、それ以上の流量を流域内の堤内地で貯留するものとした。

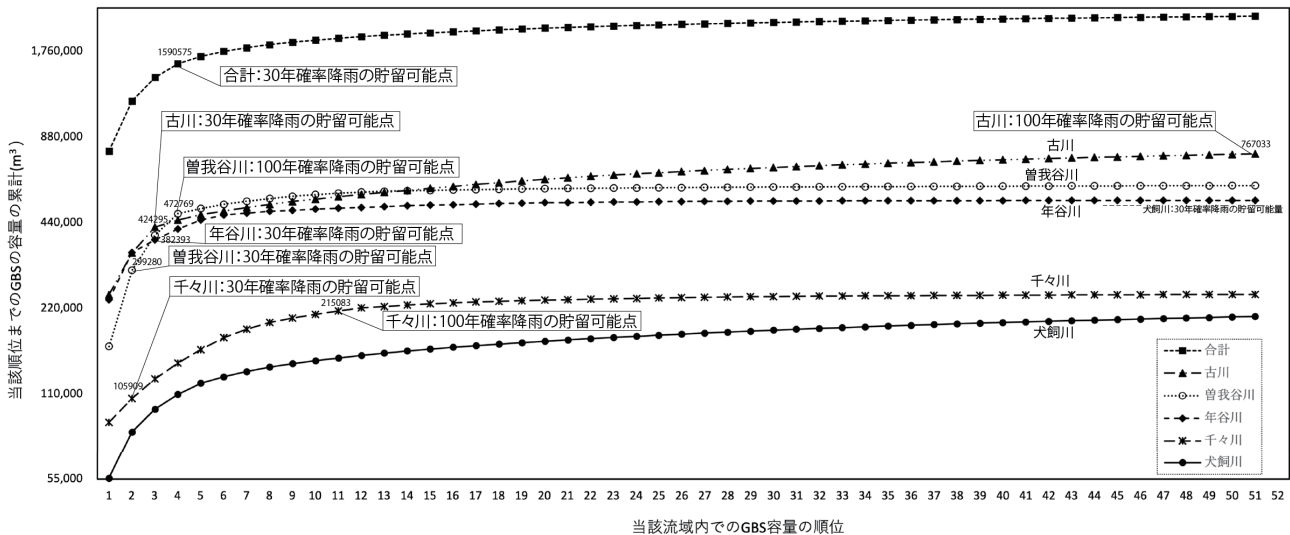
亀岡市の各支流で、100年確率規模の降雨に対して100%以上のピークカットが GBS によってできるのは、古川・七谷川・愛宕谷川流域、千々川流域、曾我谷川流域の3つである。年谷川・西川・鶴ノ川流域の GBS は 30 年確率規模の降雨を受け止めることはできるが、100 年確率規模ものは受け止めきれない。犬飼川流域は 30 年確率規模の降雨量さえも調節することができないことがわかる。GBS による調節能力は支流間で大きな隔りがあるといえる。

表3 各流域における GBS の調節能力

流域	GBS の総容量 (m ³)	30 年確率の降雨時		100 年確率の降雨時	
		超過総流量 (m ³)	GBS での貯留によるピークカット率 (%)	超過総流量 (m ³)	GBS での貯留によるピークカット率 (%)
年谷川・西川・鶴ノ川流域	530,639	344,430	154.1	726,416	73.0
古川・七谷川・愛宕谷川流域	963,301	363,452	265.0	766,535	125.7
千々川流域	251,062	100,216	250.5	211,359	118.8
犬飼川流域	258,013	507,927	50.8	1,071,238	24.1
曾我谷川流域	600,277	212,006	283.1	447,130	134.3
全流域合計	2,603,291	1,528,031	170.4	3,222,678	87.1

(2) 各 GBS の規模を考慮した支流ごとの調節可能性評価

図11は、支流ごとに、x番目に大きな容量の GBS までの容量を累積した結果を y として描いた 5 つのグラフに、各支流で x 番目に大きな容量の GBS までの容量を全流域で合計した結果のグラフを重ねたものである。ここで支流ごとに計上したのは、計画流量以上の雨量に際しての氾濫リスクは各支流で存在するので、流域全体だけでなく、各支流で域内の氾濫リスクを低減するための調節池を設定し、それらの総合的な効



(各流域で容量の大きな GBS から順に累計した容量が各年確率における必要貯留量を充足する点をマークしている。)

図 11 各流域の GBS 累計容量 (縦軸は対数目盛)

果で流域全体の治水効果を高めることを一つの合理的な想定と考えたためである。

グラフを見ると、古川流域以外の4つの支流では30年確率規模の降雨における計画流量に対する超過流

量を、各支流で2番目もしくは3番目に大きな容量を持つGBSまでの活用で受け止められることがわかる。これらは、集水面積に対して大きな容量を持つGBSが複数あり、これらに調節機能を持たせることで、少ない数のGBSで効率的に超過流量を貯留することができることを示している。実際にGBSを活用して超過流量を受け止める場合は、管理や合意形成、補償制度などの検討のためにも数を少なめにするのがより現実的になると考えられるだろう。曾我谷川流域では4番目、千々川流域では、11番目に大きなGBSまでを活用すれば、100年確率規模の降雨においても、超過流量を堤内に貯留し、河川に負荷をかけずに受け止められる。古川流域では100年確率規模の降雨による超過流量を受け止めるためには51番目の容量のGBSまでを活用する必要があるが、小さなGBSが農地内に多数分布しているため、一帯の農地に面的な田んぼダムとしての運用を適用することが効果的と推察される。

これらに対して、犬飼川流域では集水面積が広いにも関わらず、他の流域のように大容量のGBSがないため、雨水の調節機能は他の支流に比べて極めて低い。50番目の容量のGBSまで活用しても貯留可能な量は30年確率規模の半分に満たない。本研究の解析条件では、犬飼川が今後も計画流量以上を受け入れず、かつ現状の地形条件のままであるとすれば、豪雨に対しては極めて脆弱な流域であるということになる。

(3) 保津川本川に対する流域全体でのGBSによる調節可能性評価

一方、全流域合計のグラフからは、流域全体に生じる30年確率規模の降雨での超過流量は、各支流が4番目に容量の大きいGBSまでを活用した時点で、合計として受け止められていることがわかる。つまり、これらの20ヶ所のGBSが調節機能を発揮することによって、30年確率規模の降雨がある場合でも、保津川本川に流入する雨水は計画流量である10年確率規模の流量と同等までに抑制できる。計画流量以上の雨水が保津川本川に流入すれば本川の氾濫というより大きな被害の危険性が増すため、本川沿いに多くの市街地を有する亀岡市にとって、これらのGBSの調節機能は大きな防災効果を持つといえるだろう。

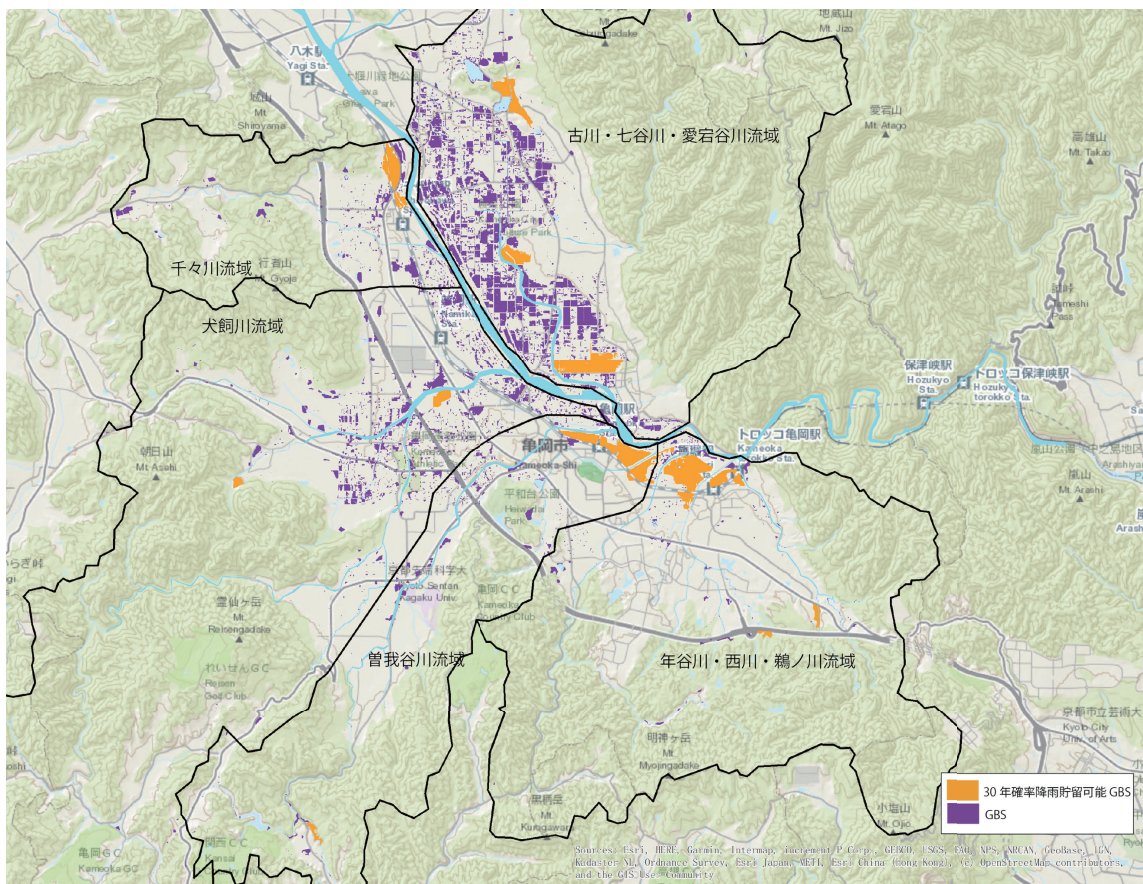


図12 全流域のGBS及び各支流で4位までの容量の(30年確率規模の超過流量を受け止める)GBSの分布
 なお、集水面積に対して大きなGBSの少ない犬飼川流域では、前述のように流域単独ではGBSによる30年確率規模降雨による超過流量を受け止めることはできないという結果になっている。そのため、この場合犬

飼川に限っては堤防の嵩上げ等で河川の計画流量を増し、本川への流出抑制は他の支流に頼ることにするか、新たな調節池や遊水池を独自に設定することで、自流域での安全な雨水貯留能力を増やすなどの対策が必要になるものと考えられる。

最後に、全流域のGBSの中に30年規模の降水量を貯留できるGBSを特定した(図12)。これらはほとんどが農地であり、調節池として利用すれば農産物の被害が生じ地権者の損害となる。したがって特に効果が大きいGBSに特定された農地の地権者には特別な補償措置を行うなどの制度設計が求められるものと認識する。また地権者の高齢化などで耕作放棄地が増える場合、GBSの調節機能も低下する。田園と川がつくってきた町の歴史的景観を維持するためにも、GBSの保全目的を兼ねた、新たな農地の管理計画が求められるだろう。

7. まとめ

保津川は亀岡市中心部に流れ、古くから物資や木材の運びなど、人たちの生活にとって重要な役割を担ってきた。同時に、昔から度々水害が発生し、霞堤や、そこから流入する水を受け止めてきた農地など、水と共に暮らす知恵が美しい田園景観や歴史的景観として残されてきた。

本研究では堤外地に可能な限り多くの雨水を集めて流下させる従来型の治水ではなく、近年重要性が広く認識されてきた流域治水に着目し、亀岡市の全流域内の農地や緑地の雨水調節能力に関して、グリーン・ブルースポット(GBS)という概念を提案し、ArcGISによるDEMデータの解析を行った。その結果、一定の条件のもとで亀岡全流域と各5つの支流域の調節能力を明らかにすることができた。流域治水に関する客観的な議論を推進する上で有益な、知見を得られたものとする。なお、本研究では、BSという既存の解析手法の性質から、地表の浸透能や排水能力を一律にした条件のもと解析したものとなっている。今後の展開として、BSの計算過程に土地利用に応じた浸透能や排水能力を加味する過程を加え、各GBSの貯まり易さを比較するなど、より実務的に活用しやすい解析手法へと改良することが考えられる。

謝辞:本研究は科学研究費助成事業、基盤(C)20K12290の支援を得て実施しています。記してお礼を申し上げます。

注

注1) 京都府の降雨強度式を採用し、降雨波形は中央集中型で設定、また流出計算は合成合理式を使用した。

そして、30年確率、100年確率の降雨に対して計画高水流量を超過する流量を、河川の氾濫を防止するために必要となる流域内の堤内地での貯留量とした。

参考文献

- 1) 京都新聞(2019)「いつまで京都市の犠牲に...」桂川上流の亀岡、堤防かさ上げへ:京都新聞ウェブ版 2019年6月7日: <https://www.kyoto-np.co.jp/articles/-/8069> (2022年3月20日閲覧)
- 2) 亀岡市(2017):桂川・支川対策特別委員会会議記録:平成29年12月8日
- 3) 国土交通省(2019)淀川水系における中上流部の河川改修の進捗状況との影響検証にかかる委員会 第2回委員会資料 2-1
- 4) Balström, T. (2015). *Assessment of Flood Risks for Residential Areas Caused by Cloudbursts*. Abstract from Esri User Conference 2015, San Diego, United States.
- 5) Sultana Nasrin Baby, Colin Arrowsmith, Gang-Jun Liu, David Mitchell, Nadhir Al-Ansari and Nahala Abbas: Finding Areas at Risk from Floods in a Downpour Using the Lidar-Based Elevation Model: *Journal of Civil Engineering and Architecture* 15, pp. 1-16, 2021.
- 6) 吉川夏樹・長尾直樹・三沢眞一: 田んぼダム実施流域における洪水緩和機能の評価, 農業農村工学論文集, 77(3) pp. 273-280, 2009.
- 7) 内閣官房国土強靱化推進室(2021): 事前防災・複合災害ワーキンググループ(第2回)参考資料4: 2021年3月5日
- 8) 京都府(2017): 平成29年台風18号及び台風21号による被害等について: 第19回木津川・桂川・宇治川圏域河川整備計画検討委員会 最近の話題 資料3
- 9) 淀川水系桂川上流圏域河川整備計画:平成30年8月:京都府