

2. 水文・水質・気象**■ 2026年8月27日(木) 11:00～12:40 | 第7会場(501教室)****[7-6] 水文・水質・気象⑥**

座長:田中 健二(神戸大学大学院農学研究科)

農業・生態・インフラ・応用

11:00～11:15

[7-32] バリ島スバック下でのAWD導入が単収および水利用効率に及ぼす影響

*穂吉 万紘¹、Mukhes Sri Muna²、吉田 貢士¹ (1. 東京大学、2. ウダヤナ大学)

11:15～11:30

[7-33] バリ島におけるコーヒー収量と気候要因の関係性分析

*立本 浩大¹、Mukhes Sri Muna²、吉田 貢士¹ (1. 東京大学大学院、2. ウダヤナ大学)

11:30～11:45

[7-34] ビエンチャンおよびコンケン周辺の溜め池が有する生態系サービス評価

田中 彩¹、小田 広希¹、牧 雅康²、乃田 啓吾¹、*吉田 貢士¹ (1. 東京大学、2. 福島大学)

11:45～12:00

[7-35] 大切畑ダム復旧事業における基礎地盤状況について

*前川 恒輝¹、大林 市幸¹ (1. (株) 三祐コンサルタンツ)

12:00～12:15

[7-36] 植生繁茂を抑制する覆土の検討

*山本 凌¹、守屋 健一¹、加藤 北人¹、武田 琢真¹、八木澤 順治² (1. 戸田建設株式会社、2. 埼玉大学大学院理工学研究科)

12:15～12:30

[7-37] 面的貯水適地自動抽出アルゴリズムの開発と大分県全域の面的貯水効果の評価

*大木 智志¹、宮崎 旺也²、谷口 智之³、岩田 幸良³ (1. 九州大学農学部生物資源環境学科、2. (株) オリエンタルコンサルタンツ、3. 九州大学大学院農学研究院)

12:30～12:40

セッション総括

バリ島スバック下での AWD 導入が単収および水利用効率に及ぼす影響

Effects of AWD irrigation on rice yield and water use efficiency under the Subak system in Bali, Indonesia

○穂吉万紘*, Mukhes Sri Muna**, 吉田貢士*

AKIYOSHI Mahiro, Mukhes Sri Muna, YOSHIDA Koshi

1. はじめに

水田は世界の農業用水利用の大きな割合を占め、主要なメタン排出源でもあり、水管理の改善は水資源管理と温室効果ガス削減の両面から重要な課題となっている。近年、その対策の一つとして、断続的に湛水を行う灌漑方法である Alternative Wetting and Drying (AWD) が注目されている。AWD は水使用量の削減やメタン排出削減が期待される技術¹⁾であり、水利用効率の向上も報告されている²⁾。一方で、一般的な AWD は水田ごとに水位を測定し、灌漑を個別に制御することを前提としており、圃場レベルでの AWD の導入は労働力の制約等により実装が困難である。バリ島では水田灌漑がスバックと呼ばれる伝統的な共同管理組織の下で運用され、灌漑開始時期や給水量などの用水管理はスバックの灌漑地区内においてはほぼ一様とみなすことができる。そこで本研究では、バリ島のスバック灌漑地区レベルでの AWD の実装可能性を考慮し、地区全体で灌漑 1 回量と灌漑間隔を固定した形での AWD 管理を想定した。バリにおける米生産量を推定可能な作物生長モデルを構築し、AWD 導入が水稲の単収および水利用効率に及ぼす影響をモデルシミュレーションにより評価することを目的とした。

2. 研究方法

作物生長は光合成有効放射 (PAR) に基づくバイオマス生成モデルにより計算した。日別潜在バイオマス生成量は次式で表される。

$$\Delta Bp,i = BEj \times PARi \times REG \quad (1)$$

ここで、 $\Delta Bp,i$: i 日の潜在バイオマス生成量、 BEj : j 年のバイオマス変換係数、 $PARi$: i 日の光合成有効放射量、 REG : 水分や温度ストレスを考慮したストレス係数である。また、作物の生育ステージは積算温度に基づ

く指標 HUI (Heat Unit Index) により表現した。HUI は次式で定義される。

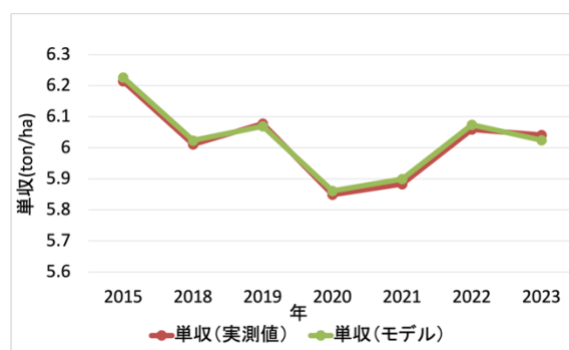
$$HUI_i = \frac{\sum_{k=1}^i (T_i - T_b)k}{PHU} \quad (2)$$

ここで、 HUI_i は i 日における生育指数、 T_i は日平均気温、 T_b は生長停止温度、 PHU は成熟までに必要な積算温度である。

気象データには 2015–2023 年の日別観測データを用い、降雨量は Mambal 観測所、平均気温・風速・湿度は Ubung 観測所のデータを使用した。

水田の水収支はインプットを灌漑水・降雨、アウトプットを浸透・蒸発散・オーバーフローの要素とし、計算を行った。

土壌は一般的な水田土壌とし、浸透量は 3mm day^{-1} と設定した。また、モデルのバイオマス変換係数 BE は実測単収から逆算して調整した。Fig.1 に単収の実測データと、モデルの計算結果を示す。



本研究では、バリ島 Tungkub 灌漑地区の水田 (991ha) を対象とした。Tungkub 堰では約 $2\text{m}^3/\text{s}$ の水が取水されており、これを面積換算すると約 17mm/day となるため、本研究では 1 回の灌漑量を 17mm に固定した。灌漑間隔を変化させることで AWD シナリオを設定し、検証を行った。対照条件として、対象地域で

【所属】*東京大学 (The University of Tokyo) **ウダヤナ大学(Udayana University)

【キーワード】AWD, スバック, 単収, 水利用効率、作物生長モデル

一般的な常時湛水によるフル灌漑を設定した。栽培管理条件として、移植後 2 週間は毎日灌漑を行い、その後 AWD を開始した。また、開花期の 1 週間は毎日灌漑を行い、生殖期の水分ストレスを回避する設定とした。水利用効率 (Water Use Efficiency: WUE) は次式により算出した。

$$WUE = \frac{Y}{W} \quad (3)$$

ここで、WUE：水利用効率 (kg m^{-3})、Y：単収 (kg ha^{-1})、W：灌漑水量 ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) である。また、作物生長モデルに用いた主なパラメータを Table.1 に示す。

Table.1 使用したパラメータとその値

パラメータ	内容	値
BE	バイオマス変換係数	年毎に小数点第一までで調整
LAI _{max}	最大葉面積指数	5
PHU	成熟までの積算温度	1300
T _b	基準温度	15 °C
T _o	最適温度	30 °C
浸透量	深層浸透量	3 mm day ⁻¹
灌漑量	1回あたり灌漑量	17 mm

3. 結果と考察

常時完全灌漑をした場合と、AWD を導入した場合の年間の単収変化を Fig.2 に示す。AWD 導入の結果、2 日および 3 日間隔の灌漑では AWD 無しとほぼ同等の単収が維持された。一方、単収の年変動は降水量の少ない年において大きくなる傾向が見られた。

AWD 導入時の灌漑間隔と単収の関係を Fig. 3 に示す。ここでは実用性を考慮し、灌漑間隔は 7 日間までを対象とした。また、AWD の適用は乾季作を対象として検討を行った。乾季作の収量は AWD 無しで 6.53 t ha^{-1} であり、3 日間隔では 6.43 t ha^{-1} (AWD 無し比 98.6%) とわずかな減収にとどまったが、4 日以上では減収が顕著となった。例えば 4 日間隔では 5.83 t ha^{-1} (89%)、5 日間隔では 5.43 t ha^{-1} (83%)、7 日間隔では 4.85 t ha^{-1} (74%) となった。同様に灌漑間隔と水利用効率の関係を Fig. 3 に示す。水利用効率は灌漑間隔の延長に伴い増加し、乾季では AWD 無しの 0.31 kg m^{-3} から、3 日間隔で 0.70 kg m^{-3} (約 2.3 倍)、5 日間隔で 0.78 kg m^{-3} (約 2.5 倍)、7 日間隔で 0.81 kg m^{-3} (約 2.6 倍) となった。これらの結果から、灌漑間隔の延長は水利用効率の向上に有効で

ある一方、収量低下とのトレードオフが存在することが示された。たとえカーボンクレジット制度が確立され多少の収入が得られたとしても、農家が需要可能な減収率は 10%程度までと考えられる。収量維持と節水のバランスを考慮すると、本地域における実用的な AWD 管理としては 3 日程度の灌漑間隔が適切である可能性が示唆された。

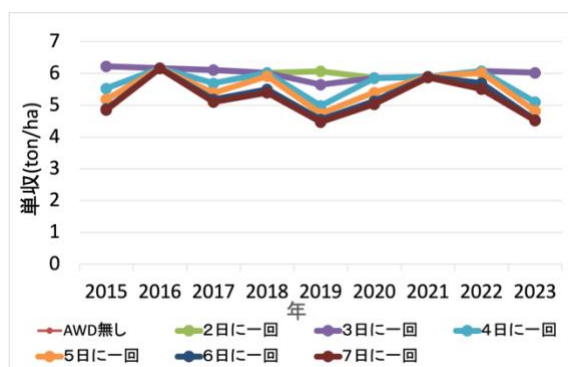


Fig.2 AWD 導入による年別の単収変化

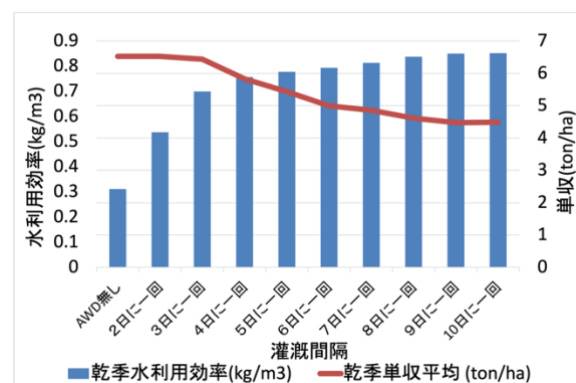


Fig.3 乾季における AWD 灌漑間隔の違いによる単収と水利用効率の変化

【参考文献】

- 1) Bouman, B. A. M. and Tuong, T. P. (2001): Field water management to save water and increase productivity in irrigated rice. *Agricultural Water Management*, 49(1), 11–30.
- 2) Carrijo, D. R., Lundy, M. E. and Linquist, B. A. (2017): Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 203, 173–180.
- 3) Okura, F., Goldramijaya, W., Fitriyah, A., and Sulastri, N. (2023): Analysis of water allocation mechanism of a subak system in Tungkub irrigation area, Badung regency, Bali, Indonesia.

バリ島におけるコーヒー収量と気候要因の関係性分析 Analysis of the Relationship Between Coffee Yields and Climatic Factors in Bali

○立本浩大*, Mukhes Sri Muna**, 吉田貢士*
Kodai Tachimoto*, Mukhes Sri Muna, Koshi Yoshida*

1. 先行研究

コーヒーは熱帯・亜熱帯地域の小規模農家の生計を支え、グローバルな供給網を通じて先進国の消費を支える重要な換金作物であり、その生産安定性は経済的・社会的に重要である。しかし、近年は気候変動により生産環境の不安定化と収量変動の拡大が懸念されている¹⁾²⁾。

既存研究では、高温や早魃が主要リスクとされ³⁾、適地モデルでは将来的な生産適地の縮小(バリ島でもアラビカの減少)が予測されている¹⁾²⁾。また、生育段階ごとの気候影響を分析する実証研究も進んでいる。

しかし、多くの研究は気候リスクを一律に捉え、生育段階・標高・品種の違いを統合した理解は不十分である。特に降水は不足に偏って議論され、過剰降水の影響は十分検証されていない。

バリ島は多雨で雨季・乾季が明確であり、標高や品種分布の地域差も大きい。このため、気候要因の影響は生育段階や地域に応じて異なると考えられる。本研究では、気温・降水と単収の関係を統計的に分析し、1. 降水の影響時期、2. 気温影響の地域差、3. 生育段階ごとの支配的ストレスの変化、をそれぞれ明らかにする。これにより、気候リスクが地域特性に依存して顕在化する構造を示す。

2. 手法

本研究では、バリ島におけるコーヒー単収と気候要因の関係を単回帰分析により検証した。単収データは2000~2024年の年次データを用い、島全体および主要生産県(Bangli、Tabanan、Buleleng)を対象とした。また、気候データとして、降水量と気温をそれぞれ以下のように整理した。



Fig 1. Municipality in Bali province (Brown areas indicate the target Municipality in this study)

(i) 降水量：観測所8地点のデータを基に、2016~2023年の平均日降水量から月別降水量を算出した。

(ii) 気温：デンパサール観測所の2000~2024年の月別平均気温に標高補正を施した。

コーヒーのフェノロジーに基づき、開花期(9~10月)、果実拡大期(11~4月)、収穫期(5~8月)に区分し、各時期の気候要因と単収の関係を分析した。単回帰モデル($Yield_t = \beta_0 + \beta_1 Climate_t + \varepsilon_t$)を用い、相関係数 r および有意確率 p を評価指標とした。また、Leave-One-Out(LOO)法により外れ値依存性を検証した。

3. 結果と考察

降水量については、開花期(9~10月)に単収との一貫した負の相関が確認された(Table 1 参照)。LOO 検証でも符号は100%維持され、結果は安定していた。Bangli および Tabanan でも同様の傾向が見られ、特に Bangli では相関が強かった。Buleleng でも9月に負の相関が確認され、地域・品種を超え

【所属】*：東京大学大学院(The University of Tokyo)、**：ウダヤナ大学(Udayana University)

【キーワード】コーヒー収量、気候要因、単回帰分析

Table 1: Correlation between coffee yield and rainfall (Bali and target Municipality)

	開花期		拡大期前半			拡大期後半			収穫期			
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
Bali Total	-0.80	-0.56	-0.45	-0.62	-0.12	-0.02	0.32	0.20	-0.09	0.51	0.13	0.52
Bangli	-0.70	-0.78	-0.49	-0.41	0.03	-0.21	-0.07	-0.36	-0.07	0.24	-0.41	0.26
Tabanan	-0.44	-0.72	-0.41	-0.13	-0.06	0.12	0.18	0.35	0.29	0.73	0.08	0.51
Buleleng	-0.68	-0.21	-0.05	-0.58	-0.05	-0.17	0.20	0.10	-0.42	0.36	0.17	0.44

Table 2: Correlation between coffee yield and air temperature (Bali and target Municipality)

	開花期		拡大期前半			拡大期後半			収穫期			
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
Bali Total	-0.05	0.04	0.11	-0.29	0.03	0.09	0.09	0.23	-0.10	0.12	-0.04	-0.24
Bangli	0.03	-0.19	-0.15	-0.26	-0.40	-0.25	-0.45	-0.47	-0.58	-0.32	-0.16	-0.22
Tabanan	0.00	0.07	0.16	-0.12	0.17	0.25	0.23	0.38	0.02	0.05	-0.03	-0.24
Buleleng	-0.09	0.02	0.02	-0.34	-0.02	-0.01	0.02	0.12	-0.09	0.16	-0.03	-0.16

※Table 1・2 共に、赤字は $p < 0.1$

て開花期降水の負の影響が共通して示唆された。

気温については、島全体では有意な関係はなく、符号も一定しなかったが、県別では差異が確認された (Table 2 参照)。Bangli では果実拡大後半期 (特に 5 月) に負の相関が確認され、LOO 検証でも頑健であった。一方、Tabanan では同時期に正の相関が見られ、Buleleng では有意な関係は確認されなかった。

開花期降水と単収の負の相関は、乾燥後の降雨による開花同期というメカニズムと整合的である⁴⁾⁵⁾。過剰降水は乾燥蓄積を妨げ、開花の分散を通じて着果・成熟のばらつきを拡大し、また降雨強度の増大は落花の原因となり、単収低下につながると考えられる。この傾向が地域を問わず観察されたことは、同メカニズムの広域的な妥当性を示唆する。

気温の影響は標高・品種によって異なり、高地アラビカでは高温が光合成低下や呼吸増大を通じて単収を抑制する一方³⁾、ロブスタでは温度上昇が生育促進として作用する可能性が示された。また、島全体で有意な関係が見られなかったのは、地域ごとの影響が相殺されたためと考えられる。

以上より、気候要因の影響は単一ではなく、生育段階・標高・品種の相互作用として決定

されることが示された。

4. 結論

本研究は、気候要因とコーヒー単収の関係が一律ではなく、生育段階・標高・品種に依存して顕在化することを示した。特に、開花期における過剰降水が単収低下と関連することを定量的に示した点に意義がある。また、気温の影響が高地アラビカでは負、低地ロブスタでは正に作用する可能性を示し、従来の一律的な気候リスク評価の限界を明示した。

本研究は、作物モデルにおいて過剰降水や開花同期メカニズムを考慮する必要性を示唆する一方、データ期間や分析手法の制約を有する。今後は多変量分析や長期データの導入などが課題である。

参考文献

- 1). Bunn, C. et al., 2015, Climatic Change, vol. 129, pp. 89–101.
- 2). Ovalle-Rivera, O. et al., 2015, PLOS ONE, vol. 10.
- 3). DaMatta, F. M., Ramalho, J. D., 2006, Brazilian Journal of Plant Physiology, vol. 18, pp. 55–81.
- 4). Rees, A. R., 1964, Journal of Ecology, vol. 52, pp. 1–7.
- 5). Rendón-Sáenz, J. R. et al., 2025, Frontiers in Sustainable Food Systems, vol. 9

ビエンチャンおよびコンケン周辺の溜め池が有する生態系サービス評価 Assessment of Ecosystem Services Provided by Retain Ponds in Vientiane and Khon Kaen

田中彩*, 小田広希*, 牧雅康**, 乃田啓吾*, ○吉田貢士*
Aya Tanaka, Hiroki Oda, Masayasu Maki, Keigo Noda and Koshi Yoshida

1. はじめに

良好な環境を維持する溜め池では多くの生態系サービスが発揮されるが¹⁾, 東南アジアの中規模都市では, 都市化により農業が衰退する中で²⁾, 管理者不在となる事例が多くみられる. 管理者不在となった溜め池は急激に水環境が悪化し, 埋め立てられ消滅していく³⁾. 溜め池が放棄され減少が続けば, 洪水被害の増大・生物多様性の損失や水環境のさらなる悪化などが懸念されるが, 適切な維持管理により再生すれば, 溜め池は地域資源としてその機能を最大限発揮するようになる⁴⁾. そこで本研究では, 東南アジアの中規模都市に残存する溜め池の生態系サービスを, 複数の観測データに基づいて定量的に評価し, 保全・管理の科学的根拠を提示することを目的とした. それにより, 現地の行政や住民に溜め池の有用性を説明し, 価値を再認識するための仕掛けづくりを目指す.

2. 対象地域および調査対象ため池

調査対象地域はラオス国首都ビエンチャン市(人口 90 万人)とタイ東北部コンケン市(人口 40 万人)とし, ビエンチャンにおいて9箇所(L1~L9), コンケンにおいて8箇所(T1~T8)の溜め池を調査対象とした. 各溜め池は, 現地調査の実施可能性(アクセス, 採水点の確保, 聞き取り可能性)を踏まえて選定した.

3. 分析手法

本研究は, 溜め池の生態系サービスを「調整サービス(水質浄化・洪水緩和)」「生育地サービス」「供給サービス」「文化的サービス」として整理し, 各サービスに対応する観測データを収集・統合した. 1) 水質データ(COD,

NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P 等)を複数時期に計測し, 時期変動と溜め池間の差を評価した.

2) 流入・流出が明確な溜め池について, 同日採水の流入・流出濃度から浄化率(増減率)を計算し, 水質浄化機能を議論した. 3) 植生調査により, 種数や水辺植物の有無を把握し, 生育地サービスを代理指標で評価した. 4) GISにより集水面積, 溜め池面積, 流出口周辺 300m の人口密度・土地利用を整理し, 洪水緩和機能・水供給サービスのポテンシャルを評価した. 5) 質問票調査により, 利用実態, 重要度認識, 移動距離・頻度などを取得し, 文化的サービスを把握した. 6) 5項目の生態系サービスを全て5点満点で評価し, レーダーチャートを作成し可視化した.

4. 結果

流入口, 流出口ともに明確な溜め池においてはCOD・NH₄-NとNO₃-N合計値・PO₄-Pのうち少なくとも1項目の浄化作用がみられたほか, 溜め池のほとりでは多様な植物が生育し, 水辺に主に生育する種も含まれた. また, 一定の仮定の下ではあるが, 溜め池には洪水被害を緩和したり, 人々の生活や農業に必要な水を供給したりするポテンシャルを有しており, 質問票調査の結果からは多くの溜め池で娯楽等を目的とした来訪者の存在が確認できた. Table1に5つの生態系サービス評価スコアの結果を整理し, 各溜め池が有する多次元の生態系サービス指標を直感的に比較するため, 各池についてレーダーチャート図による可視化を行った.

5. 考察・持続的管理手法の提案

5つの生態系サービス指標ごとに溜め池を1~17位まで順位付けし, その順位が最も高

【所属】*東京大学(The University of Tokyo), **福島大学(Fukushima University)

【キーワード】ため池保全, 多面的機能, 環境モニタリング, タイ, ラオス

Table1 溜め池機能の5段階評価

ため池	水質浄化	生育地	洪水緩和	供給	文化的	総合評価
L1	1	3	2	2	2	10
L2	1	—	2	2	2	7
L3	1	3	3	3	2	12
L4	4	3	2	3	4	16
L5	2	5	3	3	2	15
L6	1	3	5	4	2	15
L7	4	4	2	2	2	14
L8	2	4	4	3	2	15
L9	2	4	2	2	2	12
T1	3	3	2	4	5	16
T2	3	4	3	3	2	15
T3	4	5	2	3	4	18
T4	2	3	2	2	2	11
T5	3	3	2	3	3	14
T6	2	4	3	3	3	15
T7	5	5	2	2	2	16
T8	2	4	2	2	2	12

いサービスをその溜め池の代表サービスとし、4つのグループに大別した。そして、受益と負担の合意形成や住民参加型のため池維持管理の促進を促すため、それぞれの強みや課題は何か、どのような保全のための取り組みが有効かについて検討を行った。

①調整サービス型（L2, L3, L6, L7, L8, T2）は、水質浄化や洪水緩和といった水環境と安全を支える力が強みである一方、都市排水や農地排水などの負荷が大きいと浄化が追いつかず悪臭・富栄養化や機能低下に直結しやすいという課題があるため、流入口での沈砂・沈殿や植生帯による負荷低減を優先しつつ、必要に応じて曝気・循環や底泥管理など池内対策を組み合わせ、さらに流域側でも雨水流出抑制や施肥管理・緩衝帯整備といった発生源対策まで一体で進めることが重要である⁵⁾。

②生育地サービス型（L5, L9, T3, T8）は、都市化が進む環境でも水辺の生物多様性が高く環境教育や地域の誇りにつなげられることが強みであるが、護岸のコンクリート化やゴミの散乱、水質悪化が起これば生育地価値が減少するため、植生帯を確保・維持しながら、流入口での負荷低減と池内の水質予防管理を併用し、管理の精度を上げていく必要がある⁶⁾。

③供給ポテンシャル型（L1, T7）は、灌漑や取水、釣り場など生計に直結する形で地域の生産と暮らしを支える水インフラとして活用できる点が強みである反面、水量確保や水質悪化に弱いことが課題になりやすいため、取水・渇水時の運用ルールを明確化し、流入口

対策と底泥管理等で水質の最低ラインを守る予防型の維持管理を軸に据える必要である。

④文化的サービス型（L4, T1, T4, T5, T6）は、散歩や運動、祭り、親水空間といった便益が直感的で住民参加や来訪を生みやすいことが強みであるが、人が集まるほどゴミや汚濁が目立って景観価値が落ちると利用も減る悪循環に陥りやすく、また見た目重視の整備が行き過ぎると水質浄化機能や生育地サービスを削りかねないという課題があるため、景観と水質を両立させる流入口の負荷低減等を行いながら、定期的な清掃・点検・小修繕を実施可能な運営体制を敷くことが有効である。

6. 結論および今後の課題

東南アジアの中規模都市近郊に残存する溜め池について、生態系サービス評価を行った。ラオスのL2溜め池は2025年8月時点で既に消失しており、溜め池を地域資源として活用していくためには、価値の再評価と適切な維持管理を促す仕組みが必要となる。今後の課題として、各生態系サービスの評価は、本研究の簡易推計を起点に段階的に精緻化する必要がある。また、作成した指標を現地住民の議論や地域の意思決定に役立てるには、現地からのフィードバックが必要と考える。

【参考文献】

- 1) Suwit et al., 2019, Impact of Land Use and Land Cover Change on Ecosystem Service Values: A Case Study of Khon Kaen City, Thailand, Environment and Natural Resources Journal, 17(4), 43-58.
- 2) Keovongsa et al., 2024, Analysis of Paddy Field Changes (1989-2021) Using Landsat Images and Flooding-Assisted MLC in an Urbanizing Tropical Watershed, Vientiane, Lao PDR, Sustainability, 16, 9776.
- 3) 猪原章, 2017, 大阪府和泉市のため池の変化と周辺住民の ため池に対する意識, 人文地理, 69(2), 229-247.
- 4) 松本瑛実香, 2014, メガシティ・ジャカルタ近郊のため池が有する多面的機能の定量評価, 茨城大学卒業論文.
- 5) 山本富久ら, 2005, 農業用ため池における流出負荷の削減, 水環境学会誌, 28(1), 29-36.
- 6) 環境省自然環境局自然環境計画課生物多様性主流化室, 生態系と生物多様性の経済学, <https://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/policy/valuation/teeb.html>

大切畑ダム復旧事業における基礎地盤状況について

Foundation Ground Conditions in the Revitalization Project of Okirihata Dam

○前川恒輝*, 大林市幸*

○Koki Maekawa, Kazuyuki Obayashi

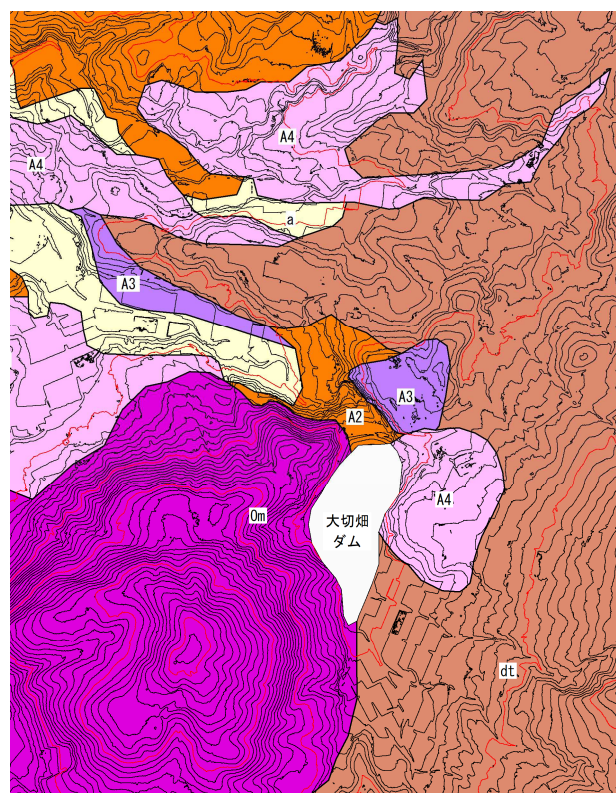
1. はじめに 熊本県阿蘇郡西原村に位置する大切畑ダムは、西原村および隣接する益城町や菊陽町の田畑の農業用水確保に重要な役割を果たしていた。しかし、平成28年4月14、16日に発生した「平成28年(2016年)熊本地震」(以下、熊本地震)によって、堤体や取水設備を始めとするダムの運用および安全上、極めて重要な施設の損傷が多数確認された。本稿では、熊本地震発生後より実施されているダム復旧事業のうち、地質調査によって判明したダム及びその周辺地域の基礎地盤状況について報告する。

2. 熊本地震による被災状況 熊本地震では、堤体直下を横切る活断層(布田川断層から派生した北向山断層)が横ずれを起こしたことで、堤体およびダム付帯設備に大きな損傷が確認された。主な被災状況としては、1) 堤体の開口亀裂、2) 洪水吐上流部の側壁傾倒、3) 取水設備操作室の傾倒、4) 池敷法面の地すべり、5) 地表地震断層による法枠の圧縮隆起等が挙げられる。

3. ダムサイトの地形・地質 大切畑ダムは阿蘇外輪山の一部をなす俵山(標高1094.3m)の西側山麓部の低地に位置しており、ダムの西側には阿蘇火山の側火山とされている軽石やスコリアからなる火砕丘の大峯(標高407.8m)がある。この大峯の出現により、大峯の東側に隣接する大切畑ダムの上流域には低地が形成されている。本地区周辺の地質図をFig.1に示す。本地区周辺に分布する地質は、Aso-2火砕流堆積物

(A2)、Aso-3火砕流堆積物(A3)大峯火山を噴出元とした火山碎屑物部類(0m)、Aso-4火砕流堆積物(A4)が分布する。また、阿蘇外輪山の山麓や大切畑ダム上流の低地には、崖錐堆積物(dt)が広く分布する。

4. ダム周辺の基礎地盤状況 本ダムの左岸側および池敷には大峰火山を噴出元とした軽石やスコリア等の火砕岩の降下堆積物(以下大峰火山岩類と呼称)が分布する。



dt : 崖錐堆積物 a : 沖積層 0m : 大峰火山岩類

A2 : Aso-2火砕流堆積物 A3 : Aso-3火砕流堆積物 A4 : Aso-4火砕流堆積物

Fig.1 大切畑ダム周辺の地質図

Geological Map of the Vicinity of the Okirihata Dam

本層は非溶結部層と溶結部層が存在し溶結部は2層確認されている。溶結部分は上下の成層堆積物と平行に地形に沿って分布するため、これも降下堆積物（アグリチネート）であると考えられる。非溶結部層（wPS, PS 等）には軟弱な部分が見られ、溶結部層（PSwt 等）は亀裂性岩盤である等、築堤を行う上で課題となる特徴を有する。このため本ダムでは堤体基礎の地盤改良や貯水池内の遮水対策工を実施した。本ダムの左岸側には阿蘇山を噴出元とした火砕流堆積物である Aso-4 火砕流堆積物が分布する。本層は阿蘇カルデラ形成期の約 27 万年前～9 万年前の 4 回の大規模火砕流噴火の内、最後の約 9 万年前に噴出したものであり、本地区では主に軽石凝灰岩および凝灰角礫岩（マトリックスに軽石を含む）として存在する。本堤右岸側には凝灰角礫岩として広く分布しており、右岸堤体基礎地盤および洪水吐基礎地盤としている。

5. 終わりに 本稿では、熊本地震で被災し復旧工事中である大切畑ダムの基礎地盤並びに周辺地質の状況について紹介した。本ダムでは基礎地盤の複雑な地質特性を考慮し、ダム形状、遮水形式等を決定している。最後に、ご指導いただきました熊本県大切畑ダム復興事務所ならびに熊谷・杉本・藤本・肥後建設工事共同企業体の関係各位に謝意を表します。

Table.1 大切畑ダム周辺の地質層序
Geological Stratigraphy of the Vicinity of the Okirihata Dam

地層	層相	コア写真
崩壊土	Dt	硬湿り砂質土 H29-B-45:0.5m~1.0m
湖成堆積物	Ld	シルト・砂 H04-B-7:6.5m~7.0m
泥流堆積物	Mf	シルト・砂 掘削法面にのみ出現
土石流堆積物	Df	玉石混り砂礫 H29-B-39:4.0m~4.5m
ローム層	Lm	ローム層 H29-B-23:5.0m~5.5m
Aso-4火砕流堆積物	wTb	凝灰角礫岩風化部 H29-B-23:7.0m~7.5m
	Tb	凝灰角礫岩 H29-B-23:21.0m~21.5m
	Aso-4	軽石凝灰岩 H29-B-23:40.0m~40.5m
Aso-4/3間堆積物	Od2	礫層～シルト層 H29-B-23:43.0m~43.5m
大峯火山岩類	wPS2	凝灰岩風化部 H29-B-25:13.5m~13.0m
	PSwt2	凝灰岩溶結部 H29-B-44:14.5m~15.0m
	wPS1	凝灰岩風化部 H29-B-12:36.5m~37.0m
	PSwt1	凝灰岩溶結部 H29-B-21:15.5m~16.0m
	Sc	スコリア密集層 H29-B-34:32.5m~33.0m
	PS	凝灰岩 H29-B-34:51.5m~52.0m
Aso-4/3間堆積物	Tf	シルト質 H3-B-01:30.0m~30.5m
Aso-3火砕流堆積物	Aso-3	スコリア含有、凝灰質 H30-B-6:7.5m~8.0m
		軽石含有、非溶結 H30-B-6:10.5m~11.0m
Aso-3/2間堆積物	Od1	角礫～亜角礫層 H30-B-6:14.5m~15.0m
Aso-2火砕流堆積物	Aso-2	非溶結～弱溶結 H30-B-6:21.5m~22.0m

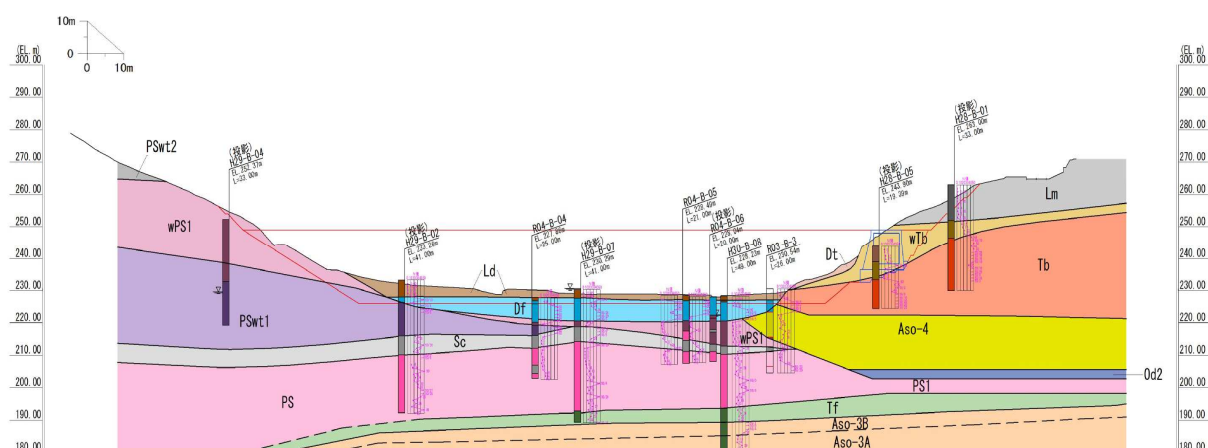


Fig. 2 ダム軸地質縦断面図
Geological Longitudinal Section along the Dam Axis

植生繁茂を抑制する覆土の検討

Study on topsoil to suppress vegetation growth

○山本 凌* 守屋健一* 加藤北人* 武田琢真* 八木澤順治**

YAMAMOTO Ryou MORIYA Kenichi KATOU Hokuto TAKEDA Takuma YAGISAWA Junji

1. 背景および目的

法面の保護工として用いられる張芝工は、被度が高く根毛層が厚いほど越流水に対して耐侵食性を発揮するとされるが、良好な状態を維持するためには年複数回の草刈りが必要となる。近年では管理費削減のため草刈り回数が減少したことで雑草が繁茂し、張芝の耐侵食性能の低下や巡視の視認性低下が課題となっている。そこで著者らは、雑草の繁茂を抑制しつつ、張芝と同等以上の耐侵食性を有する覆土材の検討を進めてきた。本稿では、覆土材の植生繁茂抑制効果に関する実験結果を報告する。

2. 発芽実験

(1) 実験概要

覆土材に求められる物理的要件を把握するため、覆土の土壌硬度や混合する固化材量、空隙材の影響が発芽に与える影響を確認する発芽実験を行った。使用材料を表 1 に、実験水準を表 2 に示す。

実験方法として、土に固化材、空隙材、トールフェスクの種子を混合してモルタルミキサーで混練し覆土を作製する。混練した覆土を試験容器（横 177×縦 125×高さ 34mm）に充填し一週間湿潤養生後、人工光栽培実験室（室温 25℃、自動灌水 2 回/日）で育成し、28 日経過時点の発芽数と土壌硬度（山中式土壌硬度計）を計測した。

表 1 使用材料 Materials used

材料名	仕様
土	自然土
固化材	普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末
空隙材	真珠岩系パーラメント、メサライト

表 2 実験水準 List of test cases

項目	実験範囲
固化材量 (kg / m ³)	50～700
固化材に対する高炉スラグ置換率 (%)	0, 70, 100
空隙材割合 (vol%)	0～75

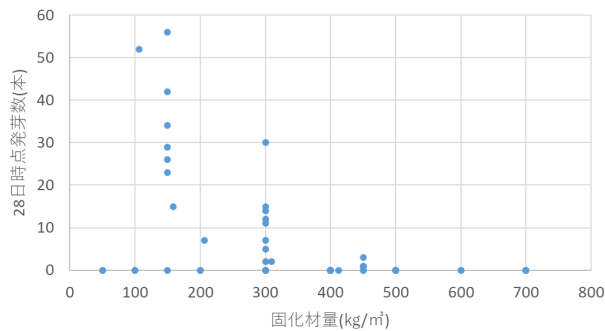


図 1 固化材量と発芽数の関係

Diagram of solidifying agent and germination

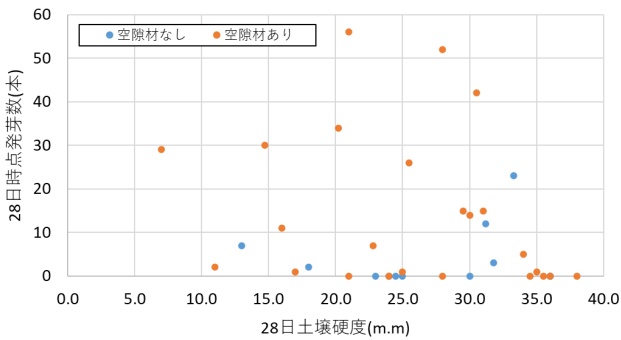


図 2 土壌硬度と発芽数の関係

Diagram of hardness and germination

* 戸田建設株式会社 (TODA CORPORATION)

** 埼玉大学大学院理工学研究科 (Graduate School of Science and Engineering, Saitama University)

(2) 実験結果

固化材量と発芽数の関係を図 1 に、空隙材の有無による土壌硬度と発芽数の関係を図 2 に示す。傾向として、固化材量が多くなるほど発芽量は少なくなることがわかった。土壌硬度と発芽量では、相関は見られなかったが、空隙材により覆土内の気相・液相が確保された方が、植物は発芽しやすいという傾向が見て取れた。

3. 実物大堤防吹付実験

(1) 実験概要

覆土の長期における植生繁茂抑制効果を確認するため、実物大堤防模型（堤高 2m、天端幅 2m、堤脚長 10m（図 3））を製作し、南北法面（法勾配 1:2）に幅 1m、厚さ 5cm で覆土を吹付施工した。本実験では空隙材として半炭化木質チップを使用した。実験水準を表 3 に示す。施工後は自然環境下で曝露し、2025 年 5-12 月の実験期間中に植生繁茂状況（50cm×50cm コドラート内の草本数）、土壌硬度（山中式土壌硬度計、週 1 回測定）を継続的に計測した。植生繁茂抑制効果は、無添加区に対する草本数の減少率（繁茂軽減率）として算出した。

(2) 実験結果

土壌硬度の経時変化を図 4 に示す。空隙材 10% 区では施工後約 4 週間で、一般に草本根の侵入を抑制するとされる土壌硬度 30 mm に到達し、その後安定した値を示した。一方、空隙材 5% 区では強度発現までに 7 週間以上を要する区画や土壌硬度が 30 mm 未満にとどまる区画がみられたことから、空隙材 10% 配合は早期かつ安定した強度発現特性を有することが示唆される。

各配合における植生繁茂軽減率を図 5 に示す。固化材および空隙材を混入した区画では、無添加区と比較して草本数が減少することがわかった。特に空隙材 10% 区では、植生繁茂抑制効果が高いことが示された。空隙材 5% 配合では、固化材量の増加に伴い抑制効果が向上する傾向がみられたが、空隙材 10% 配合では固化材量の違いによる差は小さかった。

4. まとめ

本実験では、空隙材 10% で必要最低限の固化材を併用する配合が、植生繁茂抑制、施工後の強度安定性の観点からバランスの良い条件であることが示唆された。



図 3 実物大堤防模型

Full-scale embankment model

表 3 実験水準 List of test cases

No.	固化材量 (kg/m ³)	空隙材量 (vol%)	斜面方位
無添加区	—	—	南のみ
1	0	5	北,南
2	100		
3	150		
4	200		
5	0	10	北,南
6	100		
7	150		
8	200		

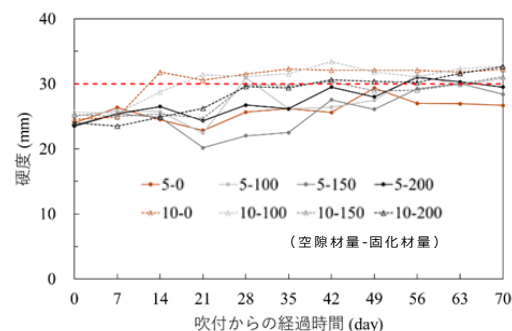


図 4 土壌硬度の経時変化

Changes in hardness over time

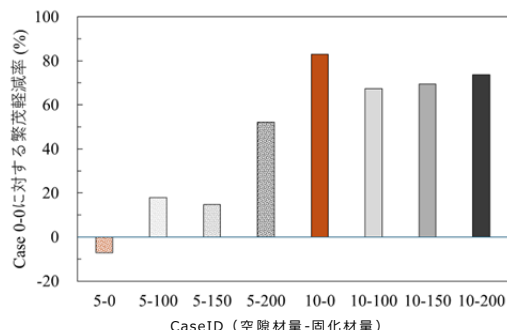


図 5 植生繁茂軽減率

Reduction rate of vegetation density

面的貯水適地自動抽出アルゴリズムの開発と大分県全域の面的貯水効果の評価 Development of an Algorithm for Automatically Identifying Suitable Sites for Surface Water Storage and Evaluation of the Effects of Surface Water Storage Across Oita Prefecture

○大木智志*・宮崎旺也**・谷口智之***・岩田幸良***

○Satoshi OHKI, Tetsuya MIYAZAKI, Tomoyuki TANIGUCHI, Yukiyooshi IWATA

1. 背景と目的

流域治水対策の一つとして、全国で田んぼダムが推進されている。しかし、田んぼダムの治水効果は流域面積に占める水田面積の割合（水田面積率）に依存するため、傾斜地を多く含む流域ではその効果は限定的である。

宮崎ら（2025）¹⁾は、田んぼダムが適さない地域でも導入可能な対策として、農地と農道の標高差による広域な雨水貯留現象を「面的貯水」と定義し（図1）、浸水被害額が大きい園芸用施設を除外することで、幹線道路で囲まれた面的貯水適地を抽出するアルゴリズム（以下、アルゴリズム）を開発した。本研究では、本アルゴリズムを傾斜地が多く水田面積率が小さい大分県全域に適用し、面的貯水の貯留可能量を評価した。

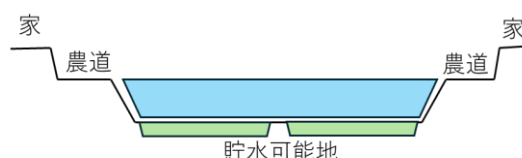


図1 面的貯水のイメージ
Diagram of rainwater storage in farmland surrounded by roads

2. 面的貯水適地の抽出アルゴリズム（図2）

まず、道路データから道路標高ポイントデータの作成する（処理①）。さらに、筆ポリゴンと数値標高モデル（以下、DEM）から農地データ（処理②）、道路標高ポイントデータと筆ポリゴンから道路の標高情報を持つ幹線道路データ（処理③）をそれぞれ作成する。

農地データのうち、園芸用施設が含まれる農地と1ha未満の農地を不適地として除外し（処理④）、最後に、幹線道路データとの標高差が0.5m以上ある農地データを面的貯水の適地として抽出する（処理⑤）。

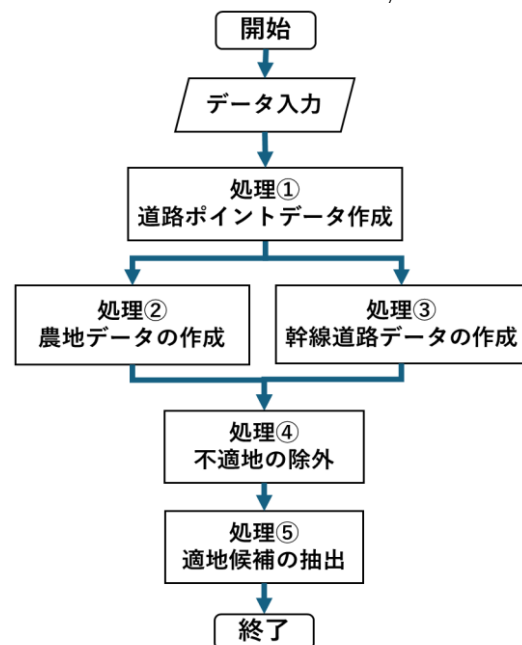


図2 アルゴリズムの処理フロー
Algorithm Flowchart

4. 大分県へのアルゴリズムの適用

大分県の面積は6,340 km²と広く、処理に用いるデータ量が膨大であるため、山国川、番匠川・五ヶ瀬川、南東2級河川、筑後川、大分川、

*九州大学農学部生物資源環境学科 Department of Bioresource and Bioenvironment

** (株) オリエンタルコンサルタンツ Oriental Consultants Co., LTD.

***九州大学大学院農学研究院 Faculty of Agriculture, Kyushu University

キーワード 大規模降雨、洪水流出、園芸用施設、筆ポリゴン、流出抑制

大野川，北東 2 級河川の 7 流域に分割した（図 3）．使用データは，農地筆ポリゴンデータ（提供：農林水産省），DEM（提供：基盤地図情報），道路中心線 2020（提供：CGIS Japan）である．園芸用施設の抽出には 2020 年の衛星データ（Sentinel-2）（2020 年の被雲率が高い北東 2 級河川のみ，2021 年の衛星データ）を用いた．

流域ごとの面的貯水適地数と農地ポイントデータに対する適地の割合を表 1 に示す．面的貯水適地数は大分県全域で 5,891 地点，流域ごとに見ると，最小は番匠川・五ヶ瀬川流域（131 地点），最大は北東 2 級河川流域（2,699 地点）となった．また，農地ポイントデータ数に占める面的貯水適地数の割合は，大分県全域で 3.4%であった．大分県は傾斜地が多く，農地区画が小さいため，宮崎ら（2024）²⁾が対象とした福岡県宝満川流域（7%）よりも適地の割合が小さくなったと考えられる．

4. 大分県における面的貯水の貯留可能量の推定

各適地の面積に農地標高と幹線道路データとの標高差を乗じて，各流域における面的貯水の貯留可能量を推定した（表 2）．田んぼダムの貯留可能量（すべての水田に 0.3 m 貯留できると仮定）と比べて，面的貯水の推定貯留可能量は 2~11 倍となった．ただし，本アルゴリズムでは農地標高と幹線道路データとの標高差が 10 m を超える農地（幹線道路が少ない谷筋の農地，棚田のような傾斜地の農地）も適地として抽出した．このような貯留を農地で貯留することは現実的ではないため，貯留深に上限を設定した．仮に貯留深の上限を 2 m とした場合，大分県内の 3~4%の農地で田んぼダムの約 1.5 倍の貯留可能量があると推定された．

謝辞 本研究は JSPS 科研費 24K09128 の支援を受けて実施されました．

引用文献： 1)宮崎ら（2025）：農業農村地域の微地形を利用した面的貯水による降雨流出抑制． 2)宮崎ら（2024）：農業農村地域が有する雨水貯留ポテンシャルの評価と活用策

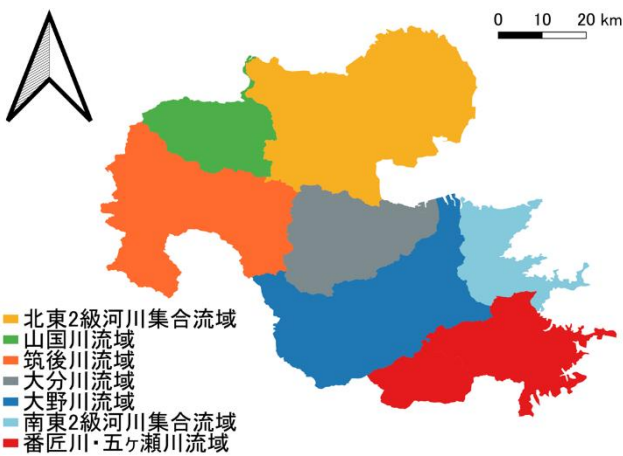


図 3 大分県流域分割画像
Map of River Basins in Oita Prefecture

表 1 流域ごとの面的貯水の個数とその割合
Number of surface water storage facilities by watershed and their percentage

	山国川	番匠川・ 五ヶ瀬川	南東 2級河川	筑後川	大分川	大野川	北東 2級河川
面的貯水適地(個)	192	131	209	675	599	1,386	2,699
農地データに対する割合(%)	3.1	1.5	1.4	3.1	2.7	3.9	4.2

表 2 推定降雨貯留可能量の比較
Comparison of Estimated Rainwater Storage Capacity

	山国川	番匠川・ 五ヶ瀬川	南東 2級河川	筑後川	大分川	大野川	北東 2級河川
田んぼダム貯留量(千 m ³)	4,752	5,572	6,108	19,948	16,098	38,900	63,014
面的貯水貯留量(千 m ³)	25,803	10,955	24,710	199,354	135,533	434,706	263,827
上限値2 m時貯留量(千 m ³)	7,366	4,963	6,542	30,644	22,223	65,796	55,183