

# 小島嶼開発途上国での SDGs 達成に向けた 農業農村工学的課題

## Rural Engineering Tasks toward Achieving the SDGs in Small Island Developing States

木村 匡臣\* 藤 勝雄\*\* 飯田 晶子\*\*\*  
(KIMURA Masaomi) (FUJI Katsuo) (IDA Akiko)  
乃田 啓吾\*\*\*\* 大澤 和敏\*\*\*\*\*  
(NODA Keigo) (OSAWA Kazutoshi)

### I. はじめに

主に熱帯に属する太平洋島嶼国地域では、国土の狭小性や分散性、大国からの隔離性などの地理的背景に起因した、エネルギーや水資源の安定供給の面での課題、観光開発に伴う海洋資源への影響や農村部からの人口流出、耕作放棄の増加、食料自給率の低下などの食料の安全保障に関する懸念、台風の頻発や海面上昇、高潮や塩害などの主に沿岸域の気候変動に対する脆弱性など、その自然的、社会・経済的特性から、きわめて複雑で幅広い問題を抱えている。国連においても、小島嶼開発途上国 (SIDS) に属する地域としてその持続可能な開発の困難さ、重要性が広く認識されている<sup>1)</sup>。しかしこれまでの技術支援や研究取組みを俯瞰してみると、トランスディシプリナリーアプローチにより地域循環型社会の構築を目指す農業農村工学が、太平洋島嶼国での SDGs 達成に貢献できる分野は多岐にわたるといえる。

本報ではパラオ共和国を対象に、現在進行中の資源循環型社会へ向けた取組みや、付随して実現が望まれる、食やエネルギーの安全保障、農業農村の活性化へ向けた構想について紹介する。さらに、著者らが持続可能な開発や農村再生を目指して取り組んできた研究調査内容について概説し、今後農業農村工学分野が解決すべき課題について述べる。

### II. パラオ共和国の概要

パラオ共和国は、日本から約 3,000 km 南下した、ミクロネシア地域カロリン諸島の西に位置する数百におよぶ島々から構成される島嶼国である (図-1)。バベルダオブ島に代表される主に北部の島々は火山島であり、南部の比較的規模の小さい島々は隆起サンゴ礁

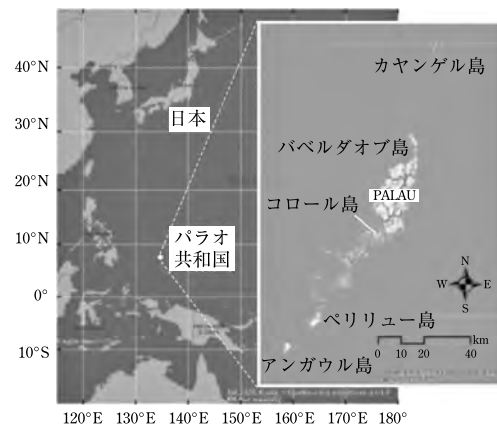


図-1 パラオ共和国の位置

により形成されている<sup>2)</sup>。気候区分は熱帯雨林気候に属し、平均気温は約 28℃、年間降水量は 3,000 mm 以上にもおよぶ。主要産業は観光業であり、その収入は GDP (2017 年一人当たり 12,417 US ドル<sup>3)</sup>) の約半分を占めるとされている。日本はこれまでに ODA による経済協力を積極的に行ってきた (米国に次いで第 2 位)、2012~2016 年の実績の合計は約 4,500 万 US ドルである<sup>4)</sup>。

パラオにおける主食は、タロイモやキャッサバなどのイモ類であり、バナナやココナッツなどの果実も多く消費される。一つの土地単位において樹木を栽培し、樹間で農作物の栽培や家畜の飼育を行う混農林業 (アグロフォレストリー) が特徴的な伝統農法の一つであり<sup>5)</sup>、その面積は国土全体の 2.4%、約 1,100 ha を占め、いわゆる耕作地の面積は約 400 ha あるとされている<sup>6)</sup>。しかし、相当な面積において耕作が放棄されており、2 万人以上の人口の食料需要を満たすためには海外からの輸入に頼らざるを得ず、また食の嗜好の変化の影響もあって、コメや小麦、パスタ・麺類

\*東京大学大学院農学生命科学研究科

\*\*パラオ共和国コロール州廃棄物管理事務所

\*\*\*東京大学大学院工学系研究科

\*\*\*\*岐阜大学応用生物科学部, \*\*\*\*\*宇都宮大学農学部



パラオ共和国、太平洋島嶼国、資源循環型社会、持続可能な農業、沿岸域農地、塩害、タロイモ栽培

を中心に食料の輸入が増加傾向にある。生鮮野菜の国内需要の急増に対応するため、国外からの出資を受けた農園がすでに展開しているものの、品質よりも重量を重視する市場の傾向もあって、化学肥料や農薬の多投が常態化している。このため、パラオにおける食料の安全保障は、エネルギーと同様に、供給、アクセス、利用、安定のすべての面において深刻な状況である<sup>7)</sup>。

### III. 持続可能な農村開発に向けた取組み

#### 1. 資源循環型社会へ向けた取組み

島外より続々と持ち込まれる飲料容器やプラスチック、その他の廃棄物を低環境負荷でどのように処理するかは、観光立国と資源循環型社会の両立を目指す上での重要な課題である。パラオにおける廃棄物処理は埋立て処分が主流であり、処分場の残存容量のひっ迫や、マイクロプラスチックの海洋への流出が懸念されている。そこで現在コロール州では、生ゴミや有機廃棄物、破碎した廃木材や紙ゴミを原料としたコンポストの製造、農家への販売といった事業や、廃プラスチックを油化装置により生成油に還元し、リサイクルセンターにおける燃料として再利用する取組みなど、エネルギーの自給や廃棄物の有効活用を目指したプロジェクトが稼働中である。そのほかにも、飲料容器のデポジット回収システムが導入されていて、回収された空き瓶を原料とするガラス産業も実現しており、現地における雇用の創出、人材育成にもつながっている。

さらに、平成30年度は新たにバイオガスプラントが竣工予定で、以前より地域住民参加型の資源循環システムの構築を目指したデモ施設の見学会やゴミ分別・回収の試行調査が行われている<sup>8)</sup>。家庭や飲食店から排出される生ゴミや下水処理汚泥を中心に、1日3tの有機廃棄物のメタン発酵処理を予定しており、生成されたバイオガスはガラス工場のグローリーホールの燃料として利用される計画である。また、残さとして生じる消化液を液肥として農地に施用することができれば、国産有機野菜の市場への安定供給への展開も期待できる。現在葉菜類や根菜類を対象に現地実証試験が進められており、適切な施肥方法や生育への影響、土壌改良剤としての機能などについて、さらなる知見の蓄積が求められている。消化液施用の実装を予定している有機農園は観光農園としての運営も予定されており、ガラス工房と組み合わせたエコツーリズムの創出、農村の活性化も期待できる。これらの事業の展開には、農業農村工学分野におけるこれまでの知見の活用が必須であり、熱帯島嶼国ならではの研究課題の抽出にもつながる可能性がある。

#### 2. 開発による土砂流出とその抑制

一般に地形が急峻で年間降雨量の多い太平洋島嶼国において、人間活動による過剰な土地資源の利用は、陸域における土壌侵食および海域への土砂および栄養塩類の流出を加速させ、物質循環や生態系の持続性を低下させる。現在、太平洋地域のサンゴ礁の50%が危機に瀕しており、その半分は陸域から流入した環境負荷の影響を受けている<sup>9)</sup>。特に、陸域から流入した土砂や栄養塩類は、サンゴ礁生態系の多様性喪失の誘因であり、観光資源としての価値を著しく低下させる。Golbuuら<sup>10)</sup>は、バベルダオブ島の4流域を対象に現地観測を実施し、陸域の人間活動による土地開発(未舗装の道路、住宅地、農地)が海域への土砂流出量を増加させていることを示した。また、ガルブク(Ngermeduu)川河口部において、海水中の浮遊土砂濃度とサンゴの生態に関する調査を実施し、陸域から海域に流出した土砂によりサンゴの個体数や多様性に悪影響があることを示している<sup>11)</sup>。

土壌侵食・土砂流出解析モデルを活用した研究では、たとえば工藤ら<sup>12),13)</sup>が、ガリキル(Ngerikiil)川流域内の造成地を含む小流域を対象に、現地観測およびGeoWEPPによる数値シミュレーションを実施し、土地開発過程において裸地状態とする期間に大量の土砂が流出することを定量的に示している。

以上を踏まえて著者らは、バベルダオブ島の主要な25流域を対象にSWATを適用し、長期の土地利用変化による土砂流出量の変化を推計した。20世紀初頭の漁労・採集と粗放的な農業による自給自足の時代(「自給自足」期)から、20世紀前半における日本委任統治下の農業・鉱業振興による資源開発の時代(「資源開発」期)を経て、現在の観光振興を支える自然保護の時代(「自然保護」期)へと土地資源利用形態は変化し、単位面積当たり年平均土砂流出量は「自給自足」期<「自然保護」期<「資源開発」期となったが、単位面積当たり一人当たり年平均土砂流出量で比較すると、「自給自足」期>「資源開発」期>「自然保護」期と単調に減少し、観光産業の振興が土地資源利用効率の向上にも寄与していることを示唆した<sup>14)</sup>。

またKoshiharaら<sup>15)</sup>は、バベルダオブ島の3カ所のタロイモ栽培圃場における土砂収支を観測し、圃場における土砂補足が陸域からサンゴ礁生態系への流出負荷を緩和していることを示した。以上のことから、観光業の展開も含む持続可能な開発のためには、流域全体の土地利用計画を策定し考慮することが有効といえる。

#### 3. 沿岸域農地の塩害リスクと耕作放棄

パラオの沿岸域に分布する混農林地帯では、古くよりタロイモの栽培が盛んである。一般にタロイモ栽

培農地は水田に近い構造を持っており、周囲は低い土手（畦畔）で囲まれ、額縁明渠のように掘削された溝を介して用水の灌漑および余剰水の排水が行われる。そのため、地下水涵養や生態系の保全、海洋への土砂・栄養塩流出の抑制などの多面的機能を有することが報告されている<sup>15)</sup>。また、パラオにて栽培されているタロイモの品種は100を超えるとされ、近代化が進んだ現代でもそれぞれに適した栽培管理方法が各家庭内で母から娘へと受け継がれるなど、伝統文化の伝承や食糧安全保障の面からも重要な役割を果たしており、その持続性が強く求められている<sup>16)</sup>。

しかし他の島嶼国の沿岸部と同様、その農地は気候変動による海面上昇、地下水への塩水浸入、高潮、台風などによる高い塩害のリスクにさらされている。以前は大きな台風の影響を受けることはまれであったにもかかわらず、近年では2012年に台風24号BOPHAが接近、2013年には台風30号HAIYANがパラオ北東部を直撃し、カヤンゲル島では沿岸部の建物が全壊したほか、主要な作物であるタロイモ栽培農地が広範囲にわたり塩害の被害を受け、いまだ作付けが困難な状況が続いている。わが国の農地塩害対策や除塩技術は、農地に真水を湛水させて水の浸透により塩分を下方に押し流す方法（縦浸透法、リーチング）や、水田における代かきを行い、水に塩分を溶出させて水尻から排水路へ流す方法（溶出法）が主流といえる<sup>17)</sup>。しかし多くの島嶼国では、日本のように地中に排水暗渠を埋設したり、排水機場を設置することが技術的・経済的な制約から困難であり、また、土砂や栄養塩を多く含む濁水を排水路に流出させれば、観光資源であるサンゴ礁や海洋生態系への悪影響は避けられない。そこで、島嶼国に対応した新たな塩害復旧策として、前述したウッドチップや有機廃棄物を利用したコンポストによる農地の嵩上げが考えられ、カヤンゲル島において実証を進めている。コンポストによる土壌の肥沃化も期待できるものの、嵩上げによって圃場への用水の供給が困難になる地区もあると想定され、水源との位置関係や用水系統を複合的に勘案した計画策定が必要である。また、除塩の効果を高めるために石灰質の土壌改良剤として現地では比較的入手しやすいコーラルサンドを併せて施用することも考えられ、その効果の検証が求められている。

また、近年耕作放棄地の増加が顕著であり、このことが地表からの淡水の浸透量を減少させ、地下水中の塩淡水境界が上昇することで塩害リスクをさらに増大させていると予想できる。しかし、塩害リスクの上昇は耕作放棄の発生要因であるとも考えられ、その因果関係の解明には自然的要因や人為的要因を考慮した多角

的な観点からの検討が必要である（図-2）。

最後に、著者らが現在観測中の、タロイモ圃場における地下水位および地下水中の電気伝導率の連続観測の結果の一部を紹介する<sup>18)</sup>。図-3は、バベルダオブ島の2地点の観測圃場に観測井を設けて計測した地下水位および電気伝導率の変動の様子を、降雨量および付近の潮位の変動と併せて示したものである。Plot AはPlot Bに比べて、海岸までの直線距離は長いものの、圃場を取り囲む素掘りの小水路の末端がマングローブ水域（感潮水域）に接続しているという特徴がある。観測結果から、Plot Aの地下水位はPlot Bに比べて降雨よりも潮位変動に大きく影響を受けて変動していること、特に大潮の際には圃場が冠水してしまうこともあること、地下水中の電気伝導率は比較的高く、変動は緩やかで、一度塩水を被ってしまうと自然には除去されにくいことが示唆された。

#### IV. おわりに

本報では、パラオ共和国における持続可能な開発、資源循環型社会の構築、食やエネルギーの安全保障、

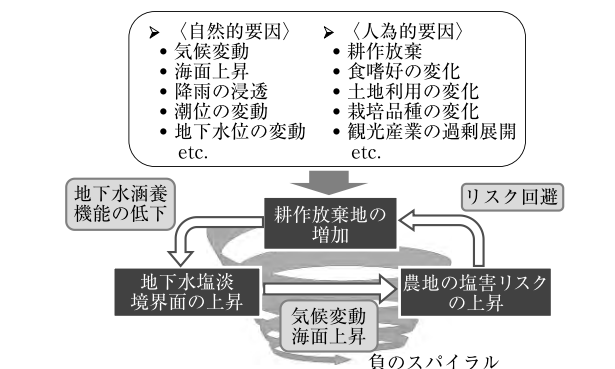


図-2 沿岸域農地の耕作放棄に関する因果関係（仮説）

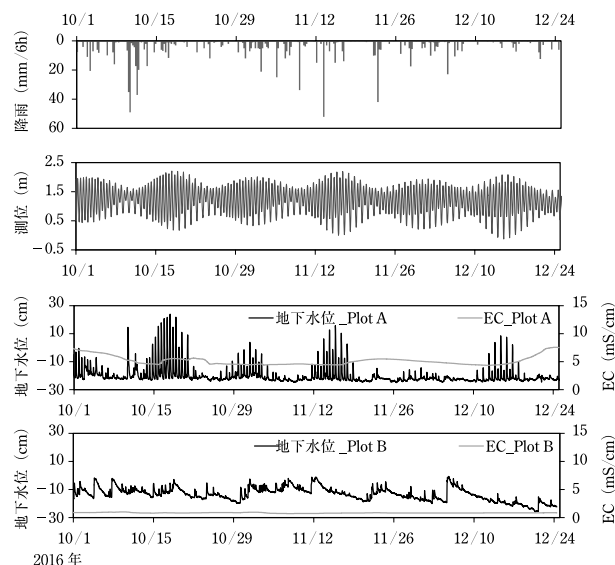


図-3 観測圃場における地下水位およびECの計測結果

農業農村の活性化に向けた取組み事例について概説し、構想・展望について紹介した。とりあげた内容は、SDGsに掲げられている項目に照らせば Goals 2, 7, 12, 13, 14 に特に関連する。同様の課題は他の SIDS においても共通するものと考えられ、農業農村工学の貢献が期待されている分野は広範囲にわたるといえるだろう。本報がその課題発見・解決の糸口となれば幸いである。

**謝辞** 本研究調査は、JSPS 科研費 JP26870164 および環境省地球環境研究総合推進費 (4RF-1401) の助成を受けたものである。調査の遂行に当たり、Ann Kitalong 氏、Clarence Kitalong 氏、Kiblas Soaladaob 氏に多大なるご配慮を頂いた。記して深謝の意を表す。

### 引用文献

- 1) Division for Sustainable Development Goals, UN-DESA : Small Island Developing States (2018), <https://sustainabledevelopment.un.org/topics/sids> (参照 2018 年 7 月 17 日)
- 2) 坂上澄夫, 八田明夫 : パラオ諸島の歴史と地質, 地学雑誌 99(3), pp.230~246 (1990)
- 3) The World Bank Group : World Bank Open Data (2018), <https://data.worldbank.org/indicator> (参照 2018 年 7 月 17 日)
- 4) 外務省 : 政府開発援助 (ODA) 国別データ集 2017 (2018), <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/files/000367699.pdf> (参照 2018 年 7 月 17 日)
- 5) 飯田晶子ほか : ミクロネシア島嶼パラオ共和国における集落の文化的景観に関する研究—バベルダオブ島アイライ集落を事例に, 都市計画論文集 45(3), pp.97~102 (2010)
- 6) FAO : Country Report on the State of Planet Genetic Resources for Food and Agriculture in the Republic of Palau, 20p. (2008)
- 7) McGregor, A. et al. : The Palau PACC Food Security Project - A Benefit Cost Analysis, 57p. (2012)
- 8) 須永裕之 : 太平洋島嶼地域における循環型システムの構築—パラオを事例に, アジ研ワールド・トレンド 244, pp.36~39 (2016)
- 9) Burke, L. et al. : Reefs at Risk Revisited, World Resources Institute, 114p. (2011)
- 10) Golbuu, Y. et al. : Effects of Land-Use Change on Characteristics and Dynamics of Watershed Discharges in Babeldaob, Palau, Micronesia, Journal of Marine Biology 2011 (981273), pp.1~17 (2011)
- 11) Golbuu, Y. et al. : River discharge reduces reef coral diversity in Palau, Marine Pollution Bulletin 62(4), pp.824~831 (2011)
- 12) 工藤将志ほか : パラオ共和国ガリキル川流域での土地開発に伴う土砂流出の現地観測および解析, 土木学会

- 論文集 B1 (水工学) 69(4), pp.I\_937~I\_942 (2013)
- 13) 工藤将志ほか : パラオ共和国での造成地を含む小流域における土砂流出の現地観測および GeoWEPP の適用, 土木学会論文集 B1 (水工学) 70(4), pp.I\_943~I\_948 (2014)
  - 14) 乃田啓吾ほか : パラオ共和国バベルダオブ島における土地資源利用効率の検討, 応用水文 28, pp.31~40(2016)
  - 15) Koshiha, S. et al : 2000 years of sustainable use of watersheds and coral reefs in Pacific Islands: A review for Palau, Estuarine, Coastal and Shelf Science 144, pp.19~26 (2014)
  - 16) Kitalong, A.H. : A Personal Tour of Palau, Continues, The Environment, Inc., pp.36~47 (2014)
  - 17) 農林水産省農村振興局 : 農地の除塩マニュアル (2011), <http://www.maff.go.jp/j/press/nousin/sekkei/pdf/11062401.pdf> (参照 2018 年 7 月 17 日)
  - 18) 木村匡臣ほか : パラオ共和国沿岸地域のタロイモ圃場における地下水位・塩分観測, 平成 29 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.364~365 (2017)
- [2018.8.29.受理]

### 木村 匡臣 (正会員)



**略歴**  
1983年 千葉県に生まれる  
2011年 東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程修了  
東京大学大学院農学生命科学研究科  
現在に至る

### 藤 勝雄



1944年 生まれる  
2004年 パラオ共和国コロール州廃棄物管理事務所 (JICA シニアボランティア)  
2006年 同事務所 (コロール州職員 (コンサルタント))  
現在に至る

### 飯田 晶子



1983年 東京都に生まれる  
2012年 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了  
東京大学大学院工学系研究科  
現在に至る

### 乃田 啓吾 (正会員)



1980年 埼玉県に生まれる  
2010年 東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程修了  
茨城大学農学部, 東京大学生産技術研究所を経て  
2017年 岐阜大学応用生物科学部  
現在に至る

### 大澤 和敏 (正会員)



1976年 群馬県に生まれる  
1999年 宇都宮大学農学部卒業  
2004年 東京大学大学院修了  
東京工業大学助手  
2007年 宇都宮大学准教授  
現在に至る