



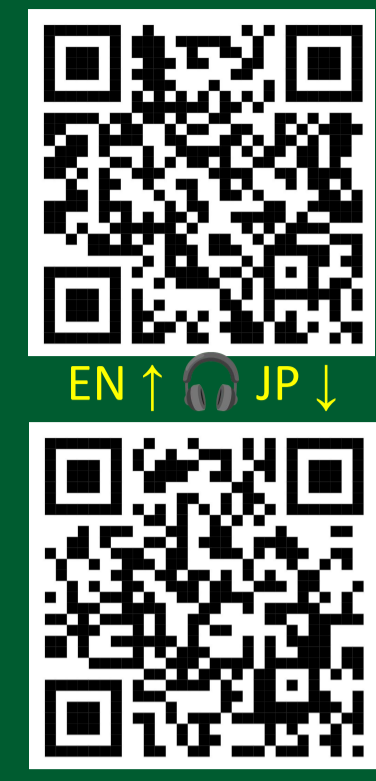
MONITORING OF ALTERNATIVE WET AND DRY RICE PADDIES IN BANGLADESH AND THAILAND BY INTEGRATING LOW-COST GROUND-BASED SENSORS AND SAR OBSERVATIONS TO MITIGATE CH₄ EMISSIONS

Bangladesh and Thailandにおける代替的な湿潤と乾燥の稲作の監視:
低コストの地上センサーと SAR観測の統合による CH₄排出の緩和

Xuan Truong Trinh^{1*}, Khin Myat Kyaw¹, Md. Rahedul Islam², Wataru Takeuchi¹

¹ Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Tokyo, Japan.

² Department of Geography and Environment, Pabna University of Science and Technology, Pabna, Bangladesh.



Abstract: The significance of methane (CH₄) as a potent greenhouse gas necessitates innovative approaches to monitor and mitigate its emissions, particularly from agricultural sources like rice paddies. This study introduces a novel framework for methane emission monitoring in rice paddies across Asian countries, utilising an integration of low-cost ground-based sensors and satellite imagery. With the aim to refine the accuracy of CH₄ emission estimates, this research focuses on the Alternate Wetting and Drying (AWD) cultivation method, which has shown potential in reducing emissions while sustaining yield. The methodology adopts a bottom-up approach, as per IPCC guidelines, employing water level sensors in the field to gather precise data.

要旨: メタン(CH₄)は強力な温室効果ガスであり、その排出を監視し軽減するための革新的なアプローチが必要とされています。特に水田のような農業からの排出源において、その重要性は高いです。この研究では、アジア諸国における水田のメタン排出監視のための新しい枠組みを紹介します。低コストの地上センサーと衛星画像を統合することで、メタン排出推定の精度を向上させることを目指しています。本研究は、収量を維持しながらメタン排出を削減する可能性を示す代替湿潤乾燥(AWD)栽培法に焦点を当てています。IPCCガイドラインに従い、フィールドでの正確なデータ収集を行うために水位センサーを使用するボトムアップアプローチを採用しています。

1. Introduction はじめに

- Rice paddies are a notable source of CH₄, accounting for approximately 8% of global anthropogenic methane emissions (Saunois et al., 2020).
- Various factors influence emission level, but Alternate Wetting and Drying (AWD) cultivation method has proven effective in reducing methane emissions while maintaining yield (Islam, Kim and Takeuchi, 2024).
- Objectives: Implement CH₄ Monitoring, Reporting and Verification using satellite and low-cost ground-based sensors.
- 水田はメタンの重要な排出源であり、世界の人為的メタン排出の約8%を占めています (Saunois et al., 2020)。
- 排出レベルにはさまざまな要因が影響しますが、代替湿潤乾燥(AWD)栽培法は収量を維持しながらメタン排出を削減する効果的な方法として証明されています (Islam, Kim and Takeuchi, 2024)。
- 目的: 衛星および低コストの地上センサーを用いたメタンの監視、報告および検証を実施する。このプロジェクトは、メタン排出削減戦略を強化し、政策に情報を提供し、水田の管理手法を改善し、環境の持続可能性目標に整合させることを目的としています。

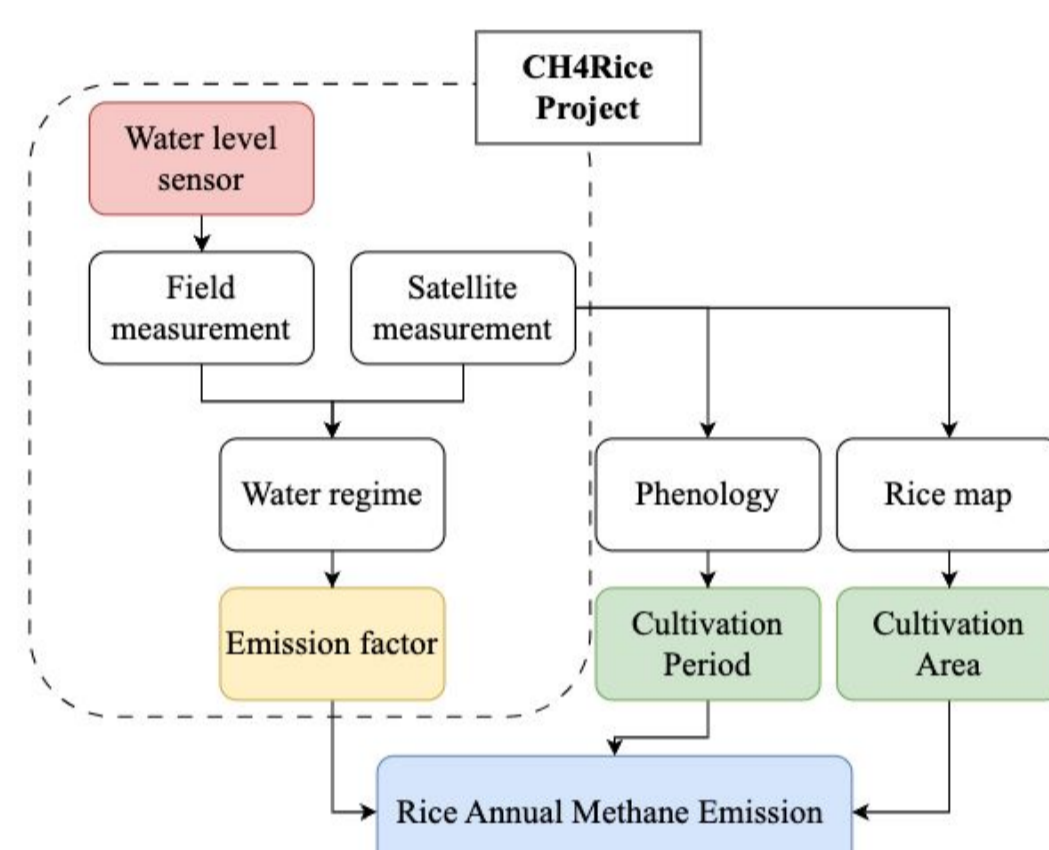


Figure 1. Flowchart showing the scope of study to estimate rice methane emission

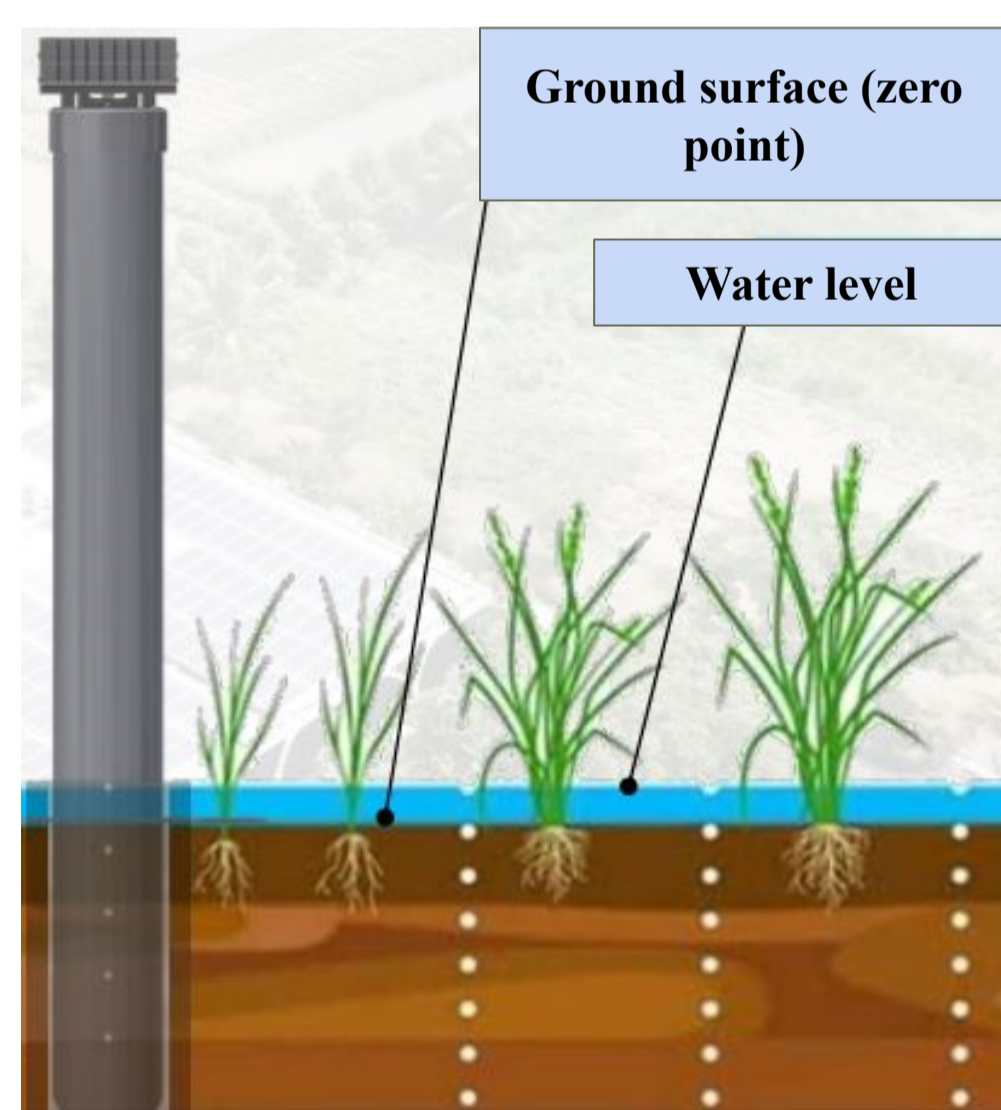


Figure 2. Schematics of water level sensor

Table 1. Sensor's specifications

Parameter	Description
Sensor Type	Laser
Measurement Range	± 20 cm
Accuracy	± 2 cm
Measurement Frequency	Hourly
Communication	4G LTE/RF
Power supply (Solar rechargeable)	12 V DC - 3400 mAh



Figure 3. The rice field where a water level sensor is installed in Rajshahi, Bangladesh.

3. Results & Discussion 結果と考察

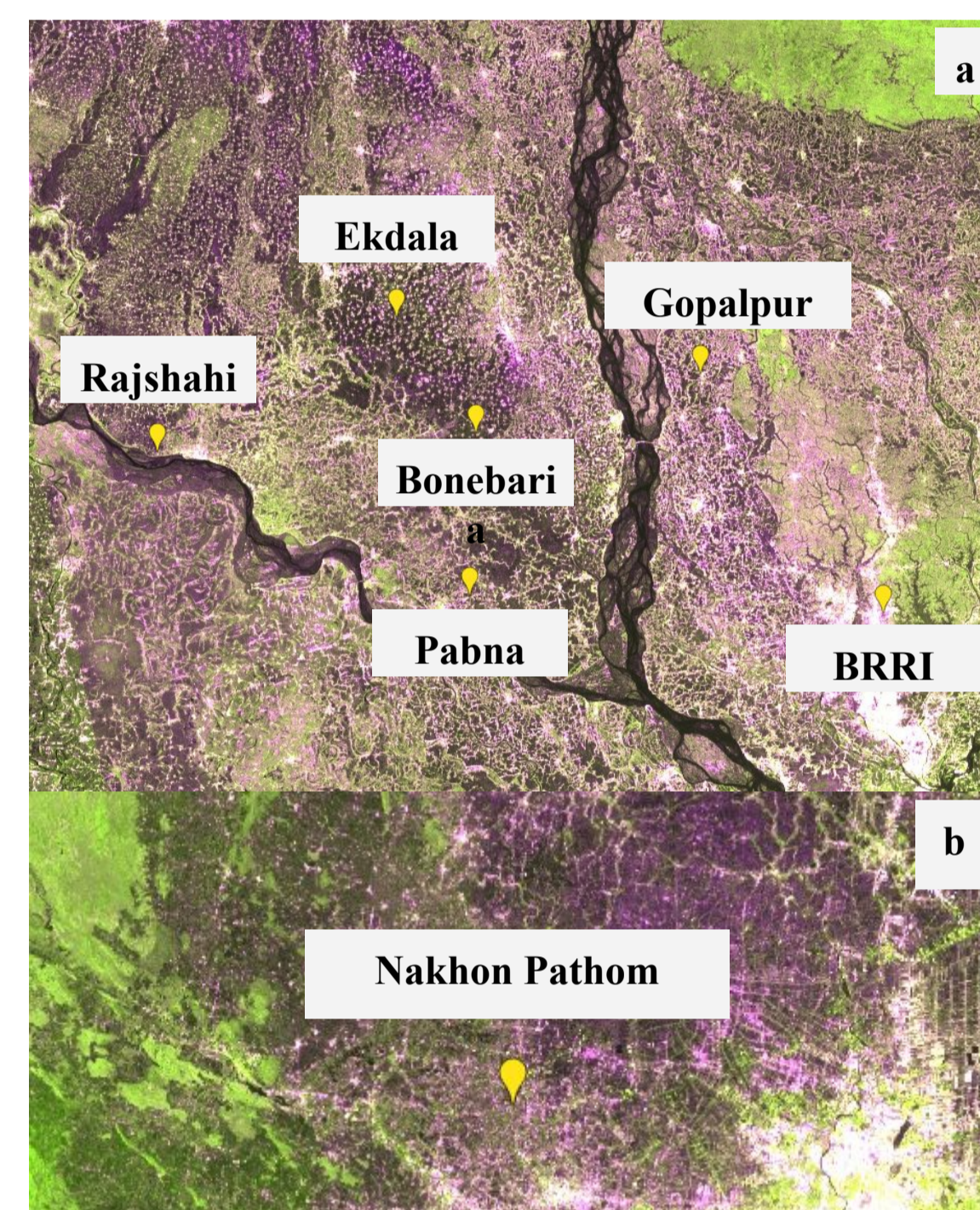


Figure 4. Location of 8 installed stations in (a) Bangladesh (Dhaka, Ekdala, Bonebaria, Pabna, Gopalpur, and Rajshahi) and in (b) Thailand (Nakhon Pathom), overlaid on a PALSAR-2 ScanSAR image composite from 2024-02-01 to 2024-02-18, showcasing HH:HV:HH-HV bands.

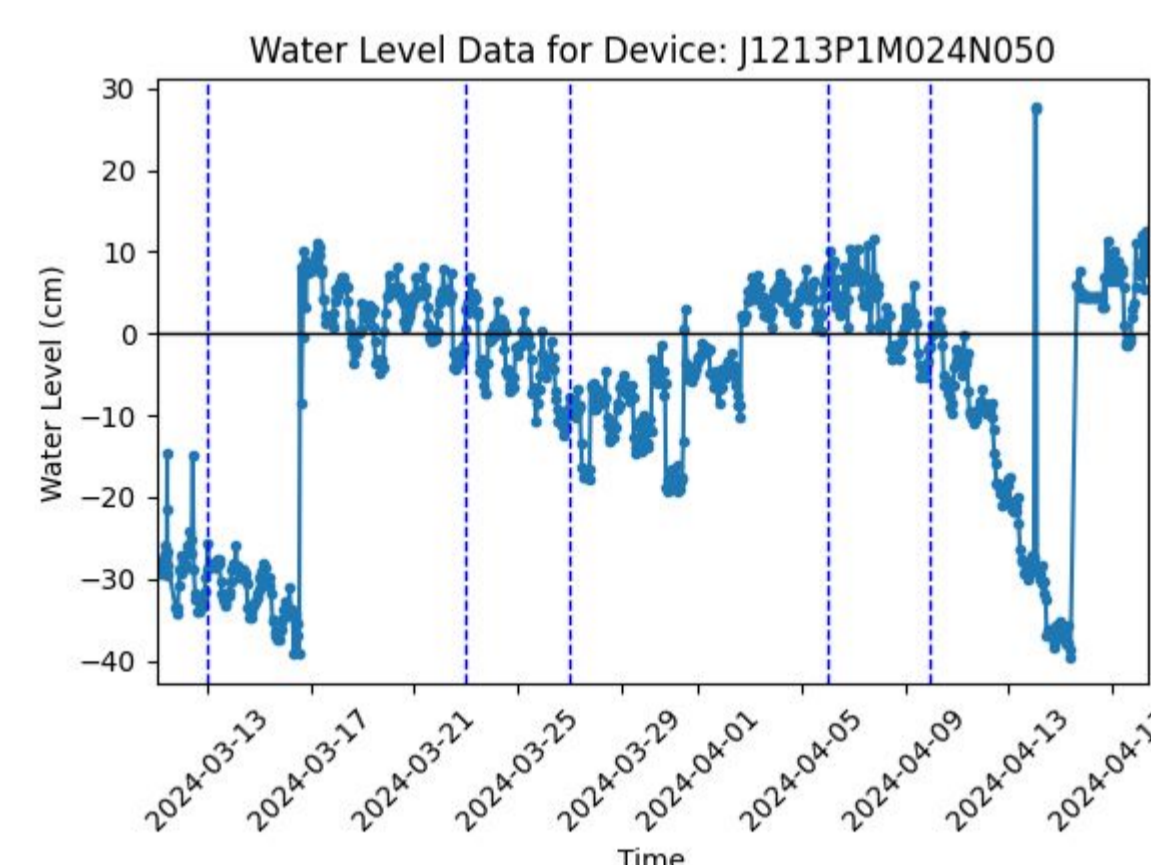


Figure 5. The water level measurements from a sample station at the Bangladesh Rice Research Institute (BRRI) in Dhaka, from 2024-03-11, to 2024-04-18. The vertical line denotes the availability of PALSAR-2 data.

4. Conclusion 結論

- Mitigating methane emissions from rice paddies is crucial due to their significant environmental impact. This study highlights the need for precise water regime measurements, integrating ground-based sensors and satellite imagery.
- From 8 installed sensors, plans to expand to 50 sensors installed in rice fields to gather data, improving methane emission estimates and understanding of water usage for sustainable agriculture.
- 水田からのメタン排出を軽減することは、メタン排出のもたらす重大な環境影響を抑制するために重要です。本研究は、地上センサーと衛星画像を統合した正確な水管理測定の必要性を強調しています。
- 現在設置されている8つのセンサーから、水田に50のセンサーを設置してデータを収集し、メタン排出推定を改善し、持続可能な農業のための水使用に関する理解を深めていくことを計画しています。

Saunois, Marielle, Stavert, Ann R., Poulter, Ben, Bousquet, Philippe, Canadell, Joseph G., Jackson, Robert B., Raymond, Peter A., et al., 2019. The global methane budget 2000–2017. *Earth System Science Data Discussions*, 2019, pp.1-136.

Islam, M.R., Kim, H., Takeuchi, W. (2024). Physio-Climatic and Socio-Economic Suitability Assessment of Alternate Wetting and Drying (AWD) Irrigation Water Management in Bangladesh. In: Ahamed, T. (eds) Remote Sensing Application II. New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives, vol 77. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-1188-8_14

Selected references:

Arai, H., Takeuchi, W., Oyoshi, K., Nguyen, L.D., and Inubushi, K., 2018. Estimation of methane emissions from rice paddies in the Mekong Delta based on land surface dynamics characterization with remote sensing. *Remote Sensing*, 10(9), p.1438.



Bangladeshおよびタイにおける代替的な湿潤と乾燥の稲作の監視： 低コストの地上センサーと SAR観測の統合による CH₄排出の緩和

Xuan Truong Trinh^{1*}, Khin Myat Kyaw¹, Md. Rahedul Islam², Wataru Takeuchi¹

¹ Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Tokyo, Japan.

² Department of Geography and Environment, Pabna University of Science and Technology, Pabna, Bangladesh.



要旨: メタン(CH₄)は強力な温室効果ガスであり、その排出を監視し軽減するための革新的なアプローチが必要とされています。特に水田のような農業からの排出源において、その重要性は高いです。この研究では、アジア諸国における水田のメタン排出監視のための新しい枠組みを紹介します。低コストの地上センサーと衛星画像を統合することで、メタン排出推定の精度を向上させることを目指しています。本研究は、収量を維持しながらメタン排出を削減する可能性を示す代替湿潤乾燥(AWD)栽培法に焦点を当てています。IPCCガイドラインに従い、フィールドでの正確なデータ収集を行うために水位センサーを使用するボトムアップアプローチを採用しています。これらのセンサーは、Bangladesh、タイ、ベトナム、インドネシアの50サイトに設置され、1つあたり約500米ドルのコストで毎時水位測定を提供しています。センサーデータはクラウドベースのサーバーに送信され、ALOS-2衛星データと組み合わせて、より広範な地域での氾濫レベルを推定し、地域規模でのメタン排出量推定精度向上に貢献します。現在までの結果から、ターゲット国でのセンサーの配置とデータ取得の成功と、PALSAR画像が氾濫レベルの推定に役立っていることがわかりました。この研究は、効果的な排出管理実践方法を開発し、地球規模の気候変動緩和努力に貢献するために、正確なメタン排出監視のための拡張性が高く費用対効果に優れたソリューションを提供する上で極めて重要です。また、農業からのメタン排出の課題に対処するために、データ、ツール、および知識を共有する国際協力の重要性も強調しています。

1. はじめに

- メタン(CH₄)は、100年間の地球温暖化係数が二酸化炭素(CO₂)の30倍であり、気候変動への影響力では二番目に重要な要素です(IPCC, 2021)。
- 大気中のメタン濃度は2007年以降増加しており、その主な原因は化石燃料と農業からの排出です。メタン排出の迅速な削減は気候変動緩和のために極めて重要です(IPCC, 2021)。
- 水田はメタンの重要な排出源であり、世界の人為的メタン排出の約8%を占めています(Saunio et al., 2020)。
- 排出レベルにはさまざまな要因が影響しますが、代替湿潤乾燥(AWD)栽培法は収量を維持しながらメタン排出を削減する効果的な方法として証明されています(Yang et al., 2017)。
- 目的: 衛星および低コストの地上センサーを用いたメタンの監視、報告および検証を実施する。このプロジェクトは、メタン排出削減戦略を強化し、政策に情報を提供し、水田の管理手法を改善し、環境の持続可能性目標に整合させることを目的としています。

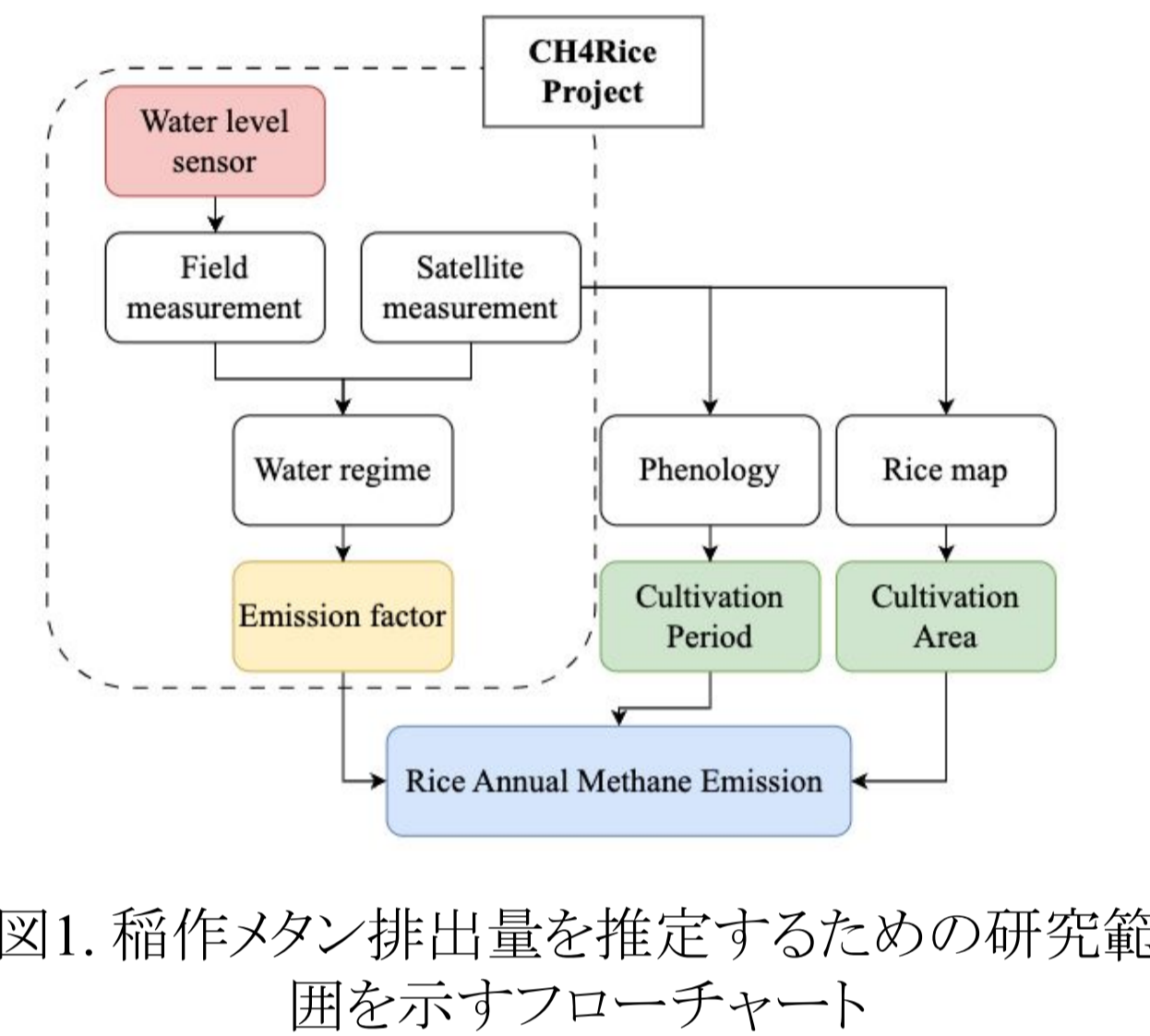


図1. 稲作メタン排出量を推定するための研究範囲を示すフローチャート

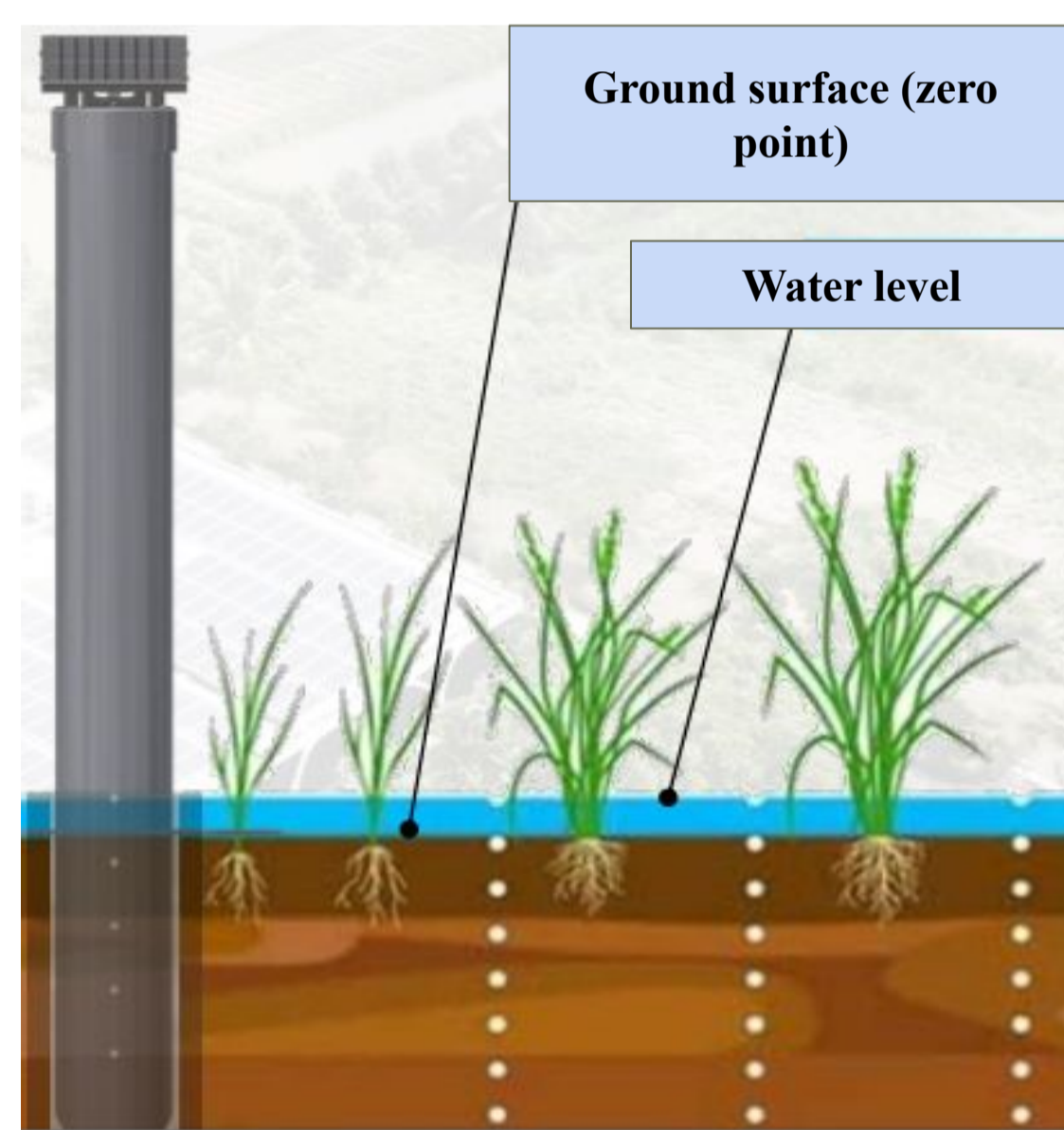


図2. 水位センサーの概略図

表1. センサーの仕様

パラメータ	説明
センサータイプ	レーザー
測定範囲	± 20 cm
精度	± 2 cm
測定頻度	毎時
通信	4G LTE/RF
電源供給 (太陽光充電式)	12 V DC - 3400 mAh



図3. Bangladesh, Rajshahiに水位センサーが設置されている稲田

3. 結果と考察

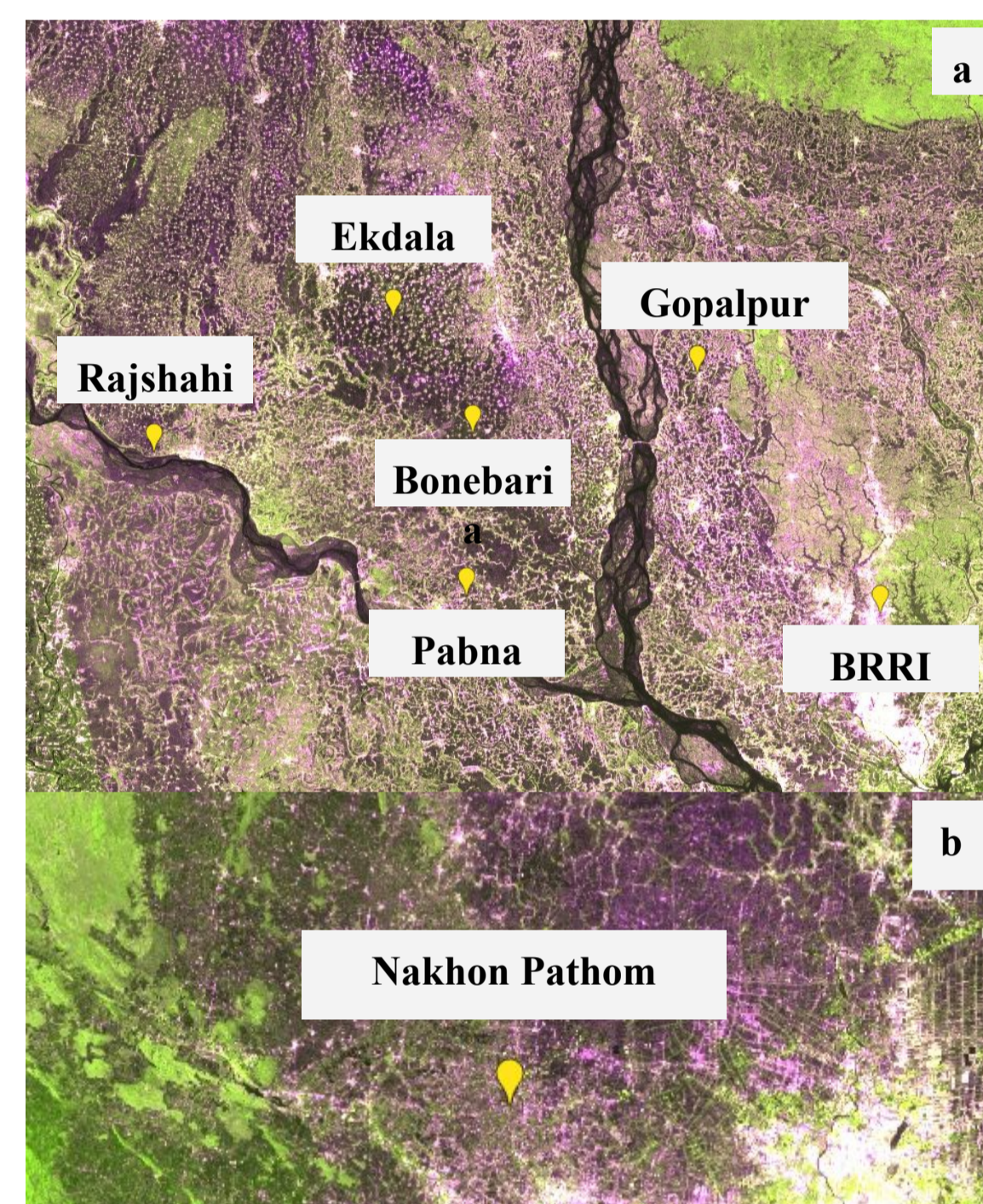


図4. 8つの設置ステーションの位置 (a) Bangladeshおよび(b) タイに設置された8つのステーションの位置を示し、2024年2月1日から2024年2月18日までのPALSAR-2 ScanSAR画像コンポジット上にHH:HV:HH-HVバンドを重ねています。

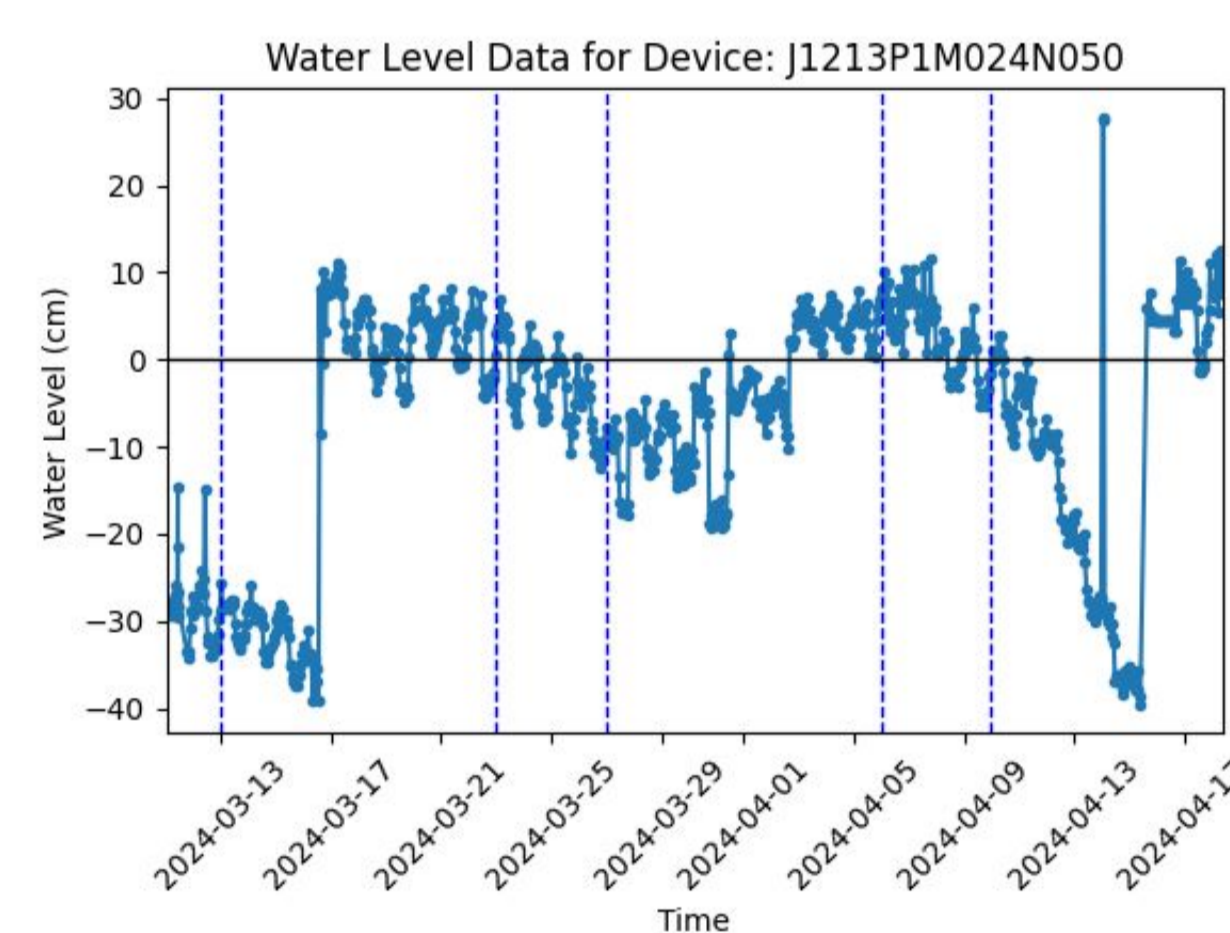


図5. Bangladesh稲研究所Daccaにおけるサンプルステーションからの水位測定値。2024年3月11日から2024年4月18日までのデータ。垂直線はPALSAR-2データの利用可能性を示します。

4. 結論

- 水田からのメタン排出を軽減することは、メタン排出のもたらす重大な環境影響を抑制するために重要です。
- 本研究は、地上センサーと衛星画像を統合した正確な水管理測定の必要性を強調しています。
- 精密なメタン排出量のモニタリングは、農業を持続可能性と環境保護の目標に整合させるために、関係者が管理手法を改善するのに役立ちます。
- 本研究は、Asia-Rice/GEOGLAMやUNEPのメタンイニシアチブなどの世界的な取り組みや、SAFE AgrometやRice Monitoringといったプロジェクトとの統合に貢献しています。
- 現在設置されている8つのセンサーから、水田に50のセンサーを設置してデータを収集し、メタン排出推定を改善し、持続可能な農業のための水使用に関する理解を深めていくことを計画しています。

- センサーの水位測定が正確であると仮定すると、ゼロ以下の読み取り値は浸水がないことを示し、これはリモートセンシングデータにおける低いダブルバウンス散乱に対応する可能性があります。
- しかし、地形の不均一さは、水の分布やセンサーの読み取り値に影響を与えることから、結果の解釈性にも影響が存在する可能性があります。
- フィールドの乾燥状態を特定する閾値は、厳密に水位がゼロであるとは限りません。センサーのキャリブレーションや環境要因に基づいて「水田が乾燥している」と見なされる基準には若干の幅があるかもしれません。
- 代替湿潤乾燥(AWD)フィールドが厳密な灌漑スケジュールに従っているという仮定も、不確実性を追加します。このスケジュールは、地域の灌漑慣行や気象条件などの様々な影響により、正確に守られない場合があります。
- 低コストの太陽光パネルを利用したデバイスの導入は、農業環境モニタリングにおける大きな進歩を示しています。これらのデバイスは、継続的な水位トラッキングに特に役立ちます。
- IoTシステムと統合し、UAVおよび衛星データと同期させることで、これらのデバイスは環境評価の精度を高め、例えば水田のメタン排出追跡に貢献します。
- これらのモニタリングツールの使用は、精密灌漑技術の進展を支援し、農業運営の持続可能性と効率を大幅に向上させます。

Selected references:

Arai, H., Takeuchi, W., Oyoshi, K., Nguyen, L.D., and Inubushi, K., 2018. Estimation of methane emissions from rice paddies in the Mekong Delta based on land surface dynamics characterization with remote sensing. *Remote Sensing*, 10(9), p.1438.

Saunio, Marielle, Stavert, Ann R., Poulter, Ben, Bousquet, Philippe, Canadell, Joseph G., Jackson, Robert B., Raymond, Peter A., et al., 2019. The global methane budget 2000–2017. *Earth System Science Data Discussions*, 2019, pp.1-136.

Yang, Jianchang, Zhou, Qun, and Zhang, Jianhua, 2017. Moderate wetting and drying increases rice yield and reduces water use, grain arsenic level, and methane emission. *The Crop Journal*, 5(2), pp.151-158.