

国際農林業協力

JAICAF

Japan Association for
International Collaboration of
Agriculture and Forestry

亜熱帯地域でのトマト栽培

ブータンの園芸農業：発展と振興の可能性

ケニアの 21 世紀の森林面積の変化と森林減少要因について

モンゴル国の劣化した放牧地における飼料木を用いた保全林育成
の試み

参加型水管理を促進する 10 のノウハウと適用事例

Vol. 44 (2021)

No. 4

公益社団法人
国際農林業協働協会

巻頭言

- ICT による灌漑水管理システムの近代化等に係る技術協力の展望
大平 正三 1

掲載記事

- 亜熱帯地域でのトマト栽培
中山 正和 2
- ブータンの園芸農業：発展と振興の可能性
湯浅一充・吉澤由美子・寺本さゆり 8
- ケニアの 21 世紀の森林面積の変化と森林減少要因について
加藤和久・佐藤嘉彦 16
- モンゴル国の劣化した放牧地における飼料木を用いた保全林育成の試み
黄 勝澤 27
- 参加型水管理を促進する 10 のノウハウと適用事例
金森 秀行 35



ICT による灌漑水管理システムの 近代化等に係る技術協力の展望

(一社) 海外農業開発コンサルタンツ協会 企画部長

大平 正三

新型コロナウイルス感染症の終息の様子がはっきり見通せない状況が2年以上継続しています。昨年末からオミクロン株の蔓延状況が顕著になり、再び、海外との往来が制限されるようになってきました。このような状況下、現場での活動を主とする灌漑水管理システムの技術協力では、ICTを活用して、現地と日本との情報共有を進めながら技術協力を行うことが必要になって来ています。

灌漑排水システムの整備は、日本では1970年代以降進められ、建設された施設を有効に活用するための灌漑水管理に関する維持管理制度も構築され、データに基づく定量的な管理が行われて来ています。一方、アジア諸国は著しい経済発展を背景に灌漑排水施設整備を進めて来ています。整備された施設を効果的効率的に活用する必要性や、整備された施設の劣化に伴う維持管理や補修更新等のため、灌漑排水システムの近代化が各国で議論されています。

灌漑水管理システムの近代化を考えるうえで、水管理のためには計測が重要と国際機関等で認識されて来ています。ICTを活用したデータに基づく水管理が今後技術協力には

不可欠となってきます。

現在、携帯電話網はアジア各国の農村部やダムサイトまで行き渡っています。携帯電話網からはクラウドサーバーおよびインターネットに安価な料金で接続可能です。計測されたデータはリアルタイムで入手できる環境が整って来ました。またスマートフォン上での操作の簡便さや見やすい表示の搭載が進められ、GPSと関連付けられたシステムが開発されてきています。

以上の状況の下、今後、灌漑水管理に関する技術協力では、ICTを取り込み、データをリアルタイムにモニターし、オンラインで現地の活動をサポートしながら技術協力を進めてゆくことが重要な柱となり得ると思われます。データの蓄積が進むことにより、データの時系列の様子やその分析を通じて、従来は見逃されていた部分についての知見が新たに相手方と共有可能となり、より現場の状況を捉えた技術協力へと発展する可能性があります。

灌漑水管理分野の技術協力では、参加型灌漑水管理、灌漑施設の維持管理能力の向上や統合水管理などが進められて来ています。今後はICTを組み込み、水位、雨量、塩分濃度などのデータを共有する形で技術協力が展開するものと思われます。

OHIRA Shozo: A Prospect of Technical Cooperation for the Modernization of Irrigation Water Management Using ICT.



亜熱帯地域でのトマト栽培

中山 正和

はじめに

トマトは南米が原産の野菜で世界的に重要な園芸作物の1つであり、南米や欧米のみならず今日では世界中で食べられている野菜である。東南アジアや南アジアといった熱帯・亜熱帯地域においても、経済発展に伴う食の欧米化や多様化、人口増加などの影響もあり、トマトの需要は増加している。FAOの統計によると、2008年には東南アジアと南アジアのトマト生産量は合わせておよそ1500万tであったが、2019年には2500万t以上にまで増加しており（FAOSTAT 2019）、これら地域にとってもトマトは重要な野菜となってきた（図1）。このような状況を受け、筆者は沖縄県石垣市において亜熱帯地域に適応したアジアモンスーンモデル植物工場¹の開発やトマトの周年生産技術について研究を行っている。本稿では、高温多湿な熱帯・亜熱帯地域でのトマト生産技術としての植物工場の利用と可能性について考えていきたい。

NAKAYAMA Masakazu : Tomato Cultivation in a Subtropical Area.

¹ 高温多湿な環境に対応した太陽光型植物工場システム。ハウス内外の環境を各種センサーでモニタリングし、換気扇や遮光カーテン、細霧冷房、ヒートポンプ、CO₂発生装置などの環境制御装置をプログラムで管理する統合型制御システムを備えている。

1. 亜熱帯地域でのトマト栽培

トマトの栽培に適した気温は日平均で15～25℃といわれており（Kawasaki and Yoneda, 2019）、高温環境下では収量の減少や果実の品質が低下することが知られている。高温によるトマトの減収や品質低下の要因としては、着果率の低下や植物体の活力の低下、果実の果皮が裂ける裂果や果実の一部が黒く腐ったようになる尻腐れ果といった障害果の増加が挙げられる（Suzuki, 2019）。トマトは気温が26℃を超えると花房あたりの果実数が減少し、裂果の発生が38%以上増加するという報告もある（Wadaほか2006）。また、日中の気温が30℃を超えると光合成速度が低下し（Heuvelink and Dorais, 2005）、花粉による着果も困難となるため、開花時に植物ホルモン剤の散布や単為結果性の品種の利用などを検討する必要がある。トマトなど果実を収穫する果菜類の収穫量については、植物が光合成によって生成した光合成産物が果実へどの程度分配されたかという指標である、果実への分配率が重要な要因となる。トマトの果実分配率は気温に影響されることが知られており、18～22℃では果実分配率が61%を超えるが、それよりも高温となると果実分配率は低下した（Adamsほか2001）。また、熱帯地域であるタイ国で平均気温26.5～29.5℃環境下での栽培では果

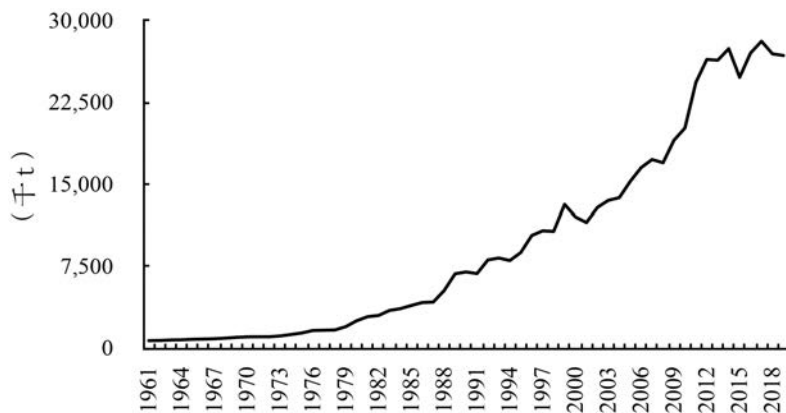


図1 南・東南アジアのトマト生産量の推移

出典：FAOSTAT を基に筆者作成

実分配率は16～19%だったという報告もある（Kleinhenz ほか 2006）。

亜熱帯地域では、年間を通じて気温が低くなる期間がないため、ハダニやコナジラミといった害虫の活動も年間を通じて活発である。さらに高温多湿な環境では病害のリスクも高く、温帯地域での栽培以上に病害虫対策に注意が必要となる。このような環境では、一度発生した病害虫を駆除することは非常に困難であるため、ハウス栽培などにより物理的に病害虫をハウス内へ持ち込まないことも重要である。

2. 低段密植栽培

トマトの栽培方法の1つとして低段密植栽培がある。低段密植栽培とは、トマトを第1～4段花房で摘心し短期栽培を繰り返す栽培方法であり、この方法のメリットとして①栽培期間が短く、繰り返し栽培を行うことができる、②生産に関するデータが得やすく、次作に応用可能である、③万一失敗しても、一度リセットして次作で挽回可能であり、長期



写真1 トマトの低段密植栽培

栽培と比べてリスクが分散する、④季節に適した品種を栽培できる、⑤ハイワイヤ誘引などで必要となる高所作業がない、⑥高糖度トマトの生産が容易（鈴木ほか 2011）といったことが挙げられる（写真1）。とくに高温多湿な亜熱帯地域はトマト栽培にとって不適な環境となる期間が長く、病害虫の発生の可能性も高いことから栽培失敗のリスクが高くなる。仮に栽培を失敗したとしても、直ぐにやり直しが可能となる低段密植栽培のメリットは重要であると考え。筆者は栽培試験として低段密植栽培によりトマトを年3～5作

行っているが、同じ栽培管理作業を2～3ヵ月毎に繰り返し行うことになるので、作業者の技能習得も年1作の栽培と比較して早いように感じている。また、短期栽培を繰り返し行うことにより農繁期や農閑期がなくなり、年間を通じての栽培管理作業量の均平化も行われる。

短期栽培を繰り返し行うには、栽培計画とその遂行が重要となる。効率的に繰り返し栽培を行うためには、ハウスで今作のトマト栽培を行っている最中にも次に栽培するためのトマト苗を育苗し、今作のトマト収穫終了後には直ちに株の撤去やハウスの消毒等を行い、次作のトマト苗をハウスへ定植しなければならない。そのためには、予め播種日、定植日、栽培終了日などのスケジュールを決め、そのスケジュールに合わせて作業を行っていく必要がある。したがってハウスの稼働率を最大化するためには栽培計画は欠かせない。一方で、トマトの生育は気温に大きく影響されることから、年間を通じて気温が高く安定し季節による変動の小さい亜熱帯地域では、このような栽培スケジュールを立てることは比較的容易であるかもしれない。

低段密植栽培では数ヵ月ごとに大量の苗が必要となることから、育苗のための設備やスペースの確保も必要となる。苗生産は、ハウスなど本圃での栽培と比較すると集約的な管理が可能であるが、苗の生育のばらつきは栽培スケジュールの遅れに直結するため、均一に生育した苗を生産する育苗管理は非常に重要である。生育の揃った苗を生産するためには、育苗空間の温度や灌水、施肥などのムラを小さくすることが重要となってくる。小型の育苗ハウスなどを利用して育苗することも可能であるが、生育の揃った高品質な苗を安

定的に生産する方法として、コンテナなどの閉鎖空間で気温や光、CO₂濃度といった環境を高度に制御して育苗を行う閉鎖型苗生産システムがある。国内では製品化され販売されているが、筆者らはイラク国において現地で入手可能な資材で簡易な閉鎖型苗生産システムを開発した（Nakayama ほか 2016）。閉鎖型苗生産システムであれば、亜熱帯地域であっても外界の影響を最小限に育苗が可能であり、定植後のハウス内の環境を制御するよりも小規模、省エネルギーで集約的に管理ができる。育苗期間を長くすることで、トマトにとって好適な環境で育つ時間を長くし、定植後のハウス内での栽培期間を極力短くするという考え方は熱帯・亜熱帯地域のような不適な環境での栽培の考え方として理にかなっているのではないだろうか。

3. 植物工場

植物工場とは施設園芸の一種であり、ハウス内外に環境を計測するセンサー類やさまざまな環境制御装置を備え、ハウス内の環境を植物の生育に適した環境に調整することにより、収量増加や収穫物の高品質化を可能にする栽培施設である。一般的なビニールハウスやガラス温室、フェンローハウスなどに環境制御設備を備え太陽光を栽培に利用する太陽光型植物工場と、コンテナなどの閉鎖空間で蛍光灯やLEDなどの人工光を使用する人工光型植物工場とに大別される。トマトのように強い光を好み、植物体も大きくなる植物は太陽光を利用する太陽光型植物工場で栽培されることが一般的である。石垣島に設置したアジアモンスーンモデル植物工場では、人工光型植物工場で確実に花芽分化したトマト苗を育苗し、その苗を太陽光型植物工場に定植



写真2 アジアモンスーンモデル植物工場



写真3 ヒートポンプ（左）と細霧冷房（右）

し周年栽培を行っている。石垣島の太陽光型植物工場は、日本で一般的なパイプハウスを基に作られている（写真2）。これは、オランダなど施設園芸先進地域で多く見られる軒高の高いハウスと比較して建設費が安価で済むことに加え、大型の台風が毎年通過する石垣島では強風の影響を小さくするという面でも軒高の低いハウスは有効であると思われる。

熱帯・亜熱帯地域でのトマト栽培を考えた場合には高温対策が重要となる。トマトの高温対策については、これまでも換気や遮光、ヒートポンプ、細霧冷房など様々な研究が行われている（写真3）。Wada ほか（2006）は気温 25℃ を超える夏季に遮光を行い日射量を 5～6 MJ/m² まで減少させると裂果の発生率が減少し、可販果の収量が増加すると報告している。また、遮光カーテンと超微粒ミストの間欠噴霧とを組み合わせることで夏季のハウス内の気温を 1.3～2.6℃ 低下させ収量が遮光のみの場合と比べて増加する（樋井 ほか 2015）といった報告や、河崎・安（2015）は日射がなく冷房負荷の小さい夜間に開花花房付近のみを局所的にヒートポンプで冷却することで花粉稔性の向上が認められ 1 果重の増加による収量増加効果を報告している。

近年ではハウスを被覆する素材についても

様々な研究が進められている。筆者らは石垣島において遮熱フィルムを展張したアジアモンスーンモデル植物工場ではトマトの低段密植栽培を行い遮熱フィルムの有効性について調査した（Nakayama ほか 2021）。遮熱フィルムとは一般的なハウス被覆素材である農業用ポリオレフィン（以下、農 PO）と比較して、植物の光合成に利用される波長域 400～700 nm の光を 22 %、近赤外線（700～1050 nm）を 59 %、紫外線（250～400 nm）を 66 % 減少させるフィルムである。その結果、夏季の栽培では、遮熱フィルムハウスでは農 PO ハウスと比較して日最高気温が最大で 3.6℃ 低かった。収穫量は農 PO フィルムのハウスで栽培したトマトよりも遮熱フィルムハウスで栽培したトマトの方が多く、裂果率も改善し可販果の割合も増加した。この栽培での果実分配率は、遮熱フィルムハウスも農 PO ハウスも 40 % を超えており、同程度の気温で栽培した Kleinhenz ら（2006）のタイ国での結果（16～19 %）と比べて高かった。これはヒートポンプによる夜間冷房の影響が大きかったと考えられる。夜間が高温であると植物は呼吸による消耗が激しくなるのに対し、夜間冷房で気温を下げることにより呼吸による消耗を軽減させられたためだと思われる。

た。Li ほか (2014) は散乱光が光合成に及ぼす影響について調査しており、散乱光により植物の光合成は高められるが、この効果は直達光を和らげ光が各方面へ均等に分散されたという効果だけではなく、植物体の生理や形態的な順応もみられると報告しており、遮熱フィルムにも散乱光と同様の効果が期待でき、強日射によるダメージの軽減効果があると考えられた。

おわりに

トマト栽培は世界中で行われ様々な方法があるが、石垣島のような亜熱帯地域や、さらに高温強日射環境である熱帯地域では、遮熱フィルムによる気温上昇抑制効果とトマトへの強日射ダメージの軽減は有効であると考えられる。遮熱フィルムでは日射量は農 PO と比べて低下するが、熱帯・亜熱帯地域の夏期にはトマトの生育に十分な日射量が得られた。また、低段密植栽培は茎を短く切断し果実数を制限する栽培であるため、必要な光合成産物も少なくすむ。このような低段密植栽培と遮熱フィルムの組み合わせは熱帯・亜熱帯地域でのトマト栽培に有効であると考えられる。

引用・参考文献

- Adams, S.R., Cockshull, K. E. and Cave, C. R. J. (2001) : Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Ann. Bot.* 88: 869-877.
- FAOSTAT (2019) : <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>> (アクセス日 : 2021 年 11 月 9 日)
- Heuvelink, E. and Dorais, M. (2005) : Crop growth and yield in E. Heuvelink (ed.) TOMATOS. CABI publishing. Wallingford. 85-144.
- 樋江井清隆・伊藤緑・番喜宏・大藪哲也 (2015) : 自然換気下のトマト施設栽培において昇温抑制に及ぼす超微粒ミスト噴霧及び遮光の併用効果. *愛知農総試験報* 47 : 41-49.
- 河崎靖・安東赫 (2015) : 夏季高温期の夜間における開花花房付近の局所的な冷却がトマトの果実収量に及ぼす影響. *植物環境工学*. 27 (3) : 137-143.
- Kawasaki, Y. and Yoneda, Y. (2019) : Local temperature control in greenhouse vegetable production. *Hort. J.* 88 (3) : 305-314.
- Kleinhenz, V., Katroschan, K., Schutt, F. and Stutzel, H. (2006) : Biomass accumulation and partitioning of tomato under protected cultivation in the humid tropics. *Europ. J. Hort. Sci.* 71: 173-182.
- Li, T., Heuvelink, E., Dueck, T. A., Janse, J., Gort, G. and Marcelis, L. F. M. (2014) : Enhancement of crop photosynthesis by diffuse light: quantifying the contributing factors. *Ann. Bot.* 114: 145-156.
- Nakayama, M., Hussein, A., Bapir, S. M., Kiriwa, Y., Suzuki, K. and Nukaya, A. (2016) : Development of a simplified closed-type transplant production system and its potential for tomato seedling production during winter in the Kurdistan region, northern Iraq. *J. Arid Land Studies* 26 (1) : 9-16.
- Nakayama, M., Fujita, S., Watanabe, Y., Ando, T., Isozaki, M. and Iwasaki, Y. (2021) : The effect of greenhouse cultivation under a heat insulation film

covering on tomato growth, yield, and fruit quality in a subtropical area. Hort. J. 90 (3) : 304-313.

鈴木克己・水上宏二・土屋和・安場健一郎・中野有加・高市益行 (2011) : トマト低段密植栽培の二次育苗における徒長抑制と果実収量について. 園学研, 10 (2) : 183-189.

Suzuki, K. (2019) : Physiological disorders and their management in greenhouse tomato cultivation at high temperature in T. Izumi, R. Hirata, R. Matsuda (eds.) ,

Adaptation to climate change in agriculture. Springer Nature Singapore Pte Ltd. Singapore. 81-96.

Wada, T., Ikeda, H., Matsushita, K., Kambara, A., Hirai, H. and Abe, K. (2006) : Effect of shading in summer on yield and quality of tomato grown on a single-truss system. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 75 (1) : 51-58.

(国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点 研究員)



ブータンの園芸農業：発展と振興の可能性

湯浅一充*・吉澤由美子**・寺本さゆり***

はじめに

日本人と同じような顔立ちをした人たちが、日本の着物に似た伝統衣装の Gho（ゴ）を羽織る男性や艶やかで色鮮やかな Kira（キラ）を身に纏う女性の写真や映像がテレビやウェブサイトで紹介されるようになり、ブータンという国名を一度は耳にしたことがあるという人は増えていると思う。「幸せの国」という形容とともに、山々に囲まれた谷合いの街の風景や、サンスクリット語が記されたマニ車を時計回りに回しながら熱心に念仏を唱える老大人を想像する方もいるかもしれない。「幸せの国」と呼ばれる所以は、第4代国王 Jigme Singye Wangchuck（ジグメ・シンゲ・ワンチュク）が提唱した国民総幸福量（Gross National Happiness：GNH）にある。GNH とは、国内総生産や国民総所得といった指標から国の発展を計るのではなく、国民1人1人の精神的な豊かさの向上が国の発展につながるという考え方である。ブータンはこの GNH を基本理念にし、大黒柱として国政を支えている。

ヒマラヤ山系の東方に国土を構えるブータ

ンは、その東西と南の三方をインドに囲まれており、北は中国と国境を接している。日本の九州と同規模の国土面積に約 74 万人が生活しているとされている。国土面積が日本より小さいとはいえ、その気候は多様性に富んでいる。インド平野に繋がる南部地域は標高 100～200m とブータンで最も高度が低い地域にあり、亜熱帯気候で雨季の降水量も多い。南部地域からいくつもの谷を縫うように北上して高度を上げていくと照葉樹林が広がり始め、やがて落葉樹が山を覆うようになる。ブータンはその大部分を温帯夏雨気候に区分されるのだが、谷や川が入り組んだ地形が多いために風の流れが複雑になることで（写真1）、同じ地域にあっても谷ごとに気温や降水量が異なってくる。さらに北上すると針葉樹が目立つようになり、亜寒帯気候に入ることが判る。標高 2600m を超えたあたりからハイマツのように背丈の低い樹木が目立ち始めて、そのままヒマラヤ山系が目前に広がってくる。国土の7割以上が森林地帯で占められているブータンの土壌は、降雨などによる激しい洗脱により塩基類が枯渇して酸性化傾向にある赤色をした粘土質の Ultisol（アルティソル）と呼ばれる森林性土壌であることが多い。そのため作物生産力の低い場所が多く、降雨の極めて少ない乾季には耕作地の表土はひび割れて、さながら日干し煉瓦のよう

YUASA Kazuyoshi, YOSHIZAWA Yumiko and TERAMOTO Sayuri : Potentiality of Horticulture Development and Future Tasks in Bhutan.



写真1 自然の地形を利用して街が作られる (Wangdue Phodrang 県 Bajo 周辺)。



写真2 自青トウガラシを使った Shamu Datshi (左) と Ema Datschi (右)。

になり、雨が降れば水はけの悪いぬかるみになることが多い。

1964 年から始まった農業農村開発分野における日本とブータンの関係は、今日まで半世紀以上にわたって続いてきた。独立行政法人国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency: JICA) の前身組織である海外技術協力事業団 (Overseas Technical Cooperation Agency: OTCA) による協力事業を起点に、園芸作物の栽培技術改善、灌漑施設の整備、農業機械化、技術普及の支援など、技術協力プロジェクトや無償資金協力、草の根技術協力事業等を通じて、これまで多くの先人達がブータン農業の発展と向上を想いながら尽力してきた。牛引き鋤に代わって耕うん機が導入され、石だらけの荒地を開墾し、新しい野菜や果物が持ち込まれてきたのである。本稿では、2016～2021 年に行われた「中西部地域園芸農業振興プロジェクト」を通じて見たブータンの食、農業の現状、農業に対する意識について紹介し、ブータン農業の課題と今後の農業振興について提言したい。

1. ブータンの食事情

ブータンの料理は世界一辛いと紹介される

こともあるほど、トウガラシがふんだんに使用されている (写真2)。香辛料としてよりも、むしろ野菜として食されることが多いのだが、ハバネロのように猛烈な辛味を持つ品種やシシトウのような甘味種はあまり好まれない。料理に利用される品種は数多く栽培されている。代表的なものには、シシトウに形の似た全長が 10～15cm の “Sha Ema (シャエマ)” や “Urkha (ウルカ)” といった品種がある。また、より辛みの強い小型の “Bji-Tsi Ema (ビィツィエマ)” 種は、薬味の Ezay (エゼ) の材料として使われることが多い。料理によって使用するトウガラシの品種を変えるこだわりを持つほど、ブータン人のトウガラシへの思いは非常に強い。冬季になると品薄になって市場価格が高騰することもあり、一攫千金を狙ったトウガラシ密輸事件も起きるほどである。このトウガラシをふんだんに使ったブータン料理には、新鮮な Ema (エマ: トウガラシ) と Datshi (ダツィ: カッテージチーズ) を塩とバターで調味した Ema Datshi、そこに Kewa (ケワ: ジャガイモ) が加わった Kewa Datshi、Shamu (シャム: キノコ) を入れた Shamu Datshi があり、いずれもブータンの代表的な家庭料理である。

その他、干した脂身の多い豚肉、乾燥トウガラシとダイコンを煮込んだ Paksha Paa（パークシャ・パー）、ミルクスープの Jaju（ジャジュ）などあるが、料理のバリエーションはそう多くはないため、炊いた赤米とともに3食同じ料理が食卓に並ぶことも珍しくはない。時には Ezay や塩を付けた生のトウガラシだけをおかずにして、大量のご飯を食するのもブータン流である。食卓を彩るのはインゲン、キャベツ、ブロッコリー、ダイコンといった一般的な野菜の他、ワラビやゼンマイなどの山菜やキノコ類（ヒラタケ、シイタケ、キクラゲ、マツタケ）も好んで用いられている。穀類は主要換金作物のコメとジャガイモの他に、トウモロコシ、ソバ、コムギ、オオムギ、雑穀類が栽培されている。果物を見ると、カンキツ類を筆頭にリンゴ、バナナ、核果類、ナシの順に年間生産量が多い。興味深いのは、ビンロウジ¹の生産量が1万6106tとカンキツ類に次いで多い（カンキツ類は2万7529t、リンゴは4321t、いずれも2019年のデータ）。ブータンには他のアジア諸国同様、ビンロウジを石灰と一緒にキンマの葉で巻いたものを噛む習慣が古くより根付いており、法的な制限なく自由販売されている。輸入果物は、スイカ、バナナ、マンゴー、パイナップル、リンゴの取扱量が多い。

各地で生産された野菜や果物が首都圏や地方の市場に並ぶのだが、ビニールハウス栽培が普及途上ということもあり、旬を外した作物は棚に並ぶことはなく、並んでいたならば大抵はインド産である（写真3）。市場では



写真3 首都ティンブーの野菜市場。1階で輸入青果物を取り扱う業者たちが見える。

量り売りが基本であるため、生産者を含めて売る側は高品質の作物を生産・販売するよりもいかに多く生産して出荷するかが重要になる。市場に陳列している青果物の品質は統一されておらず、収穫期を大幅に逃した野菜（たわし用ヘチマのように育ったズッキーニなど）さえも当たり前のように店先に並んでいる。たとえ糖度が高い・可食部が多いなど高品質な作物を狙って生産できたとしても、低品質のものとはほとんど同じ重量価格で取り扱われることになり、品質による差別化を図ることは難しい状況である。一方の買う側は売られている野菜が無農薬・無化学肥料で栽培されたか、ブータン産なのか輸入物なのかについて特にこだわる。国民の間には、「ブータン産の作物は、価格は高いが安全で質が良く、輸入物は農薬を多く使って多収のために価格が安い」という考えが広く定着している。無農薬で国内産の野菜にこだわるとはいえ、実際のところは価格の安い輸入品に手を出すことが多いようである。

さて、時代の移り変わりとともに食の志向に変化が出てきた。ここ数年首都ティンブーではブータン・ネパール料理以外を提供するレストラン（韓国、日本、中華、ロシア料理

¹ 高木性のヤシ（*Areca catechu* LINNE）の種子で、生薬、染料として使用されるほか、東南アジアなどでは噛みタバコのような嗜好品として扱われる。

など) やカフェ、洗練されたスイーツやパンを販売するおしゃれな雰囲気のお店が続々とオープンしている。ブータンには世界的なファストフード店の参入はまだないが、ピザやハンバーガーを提供するお店が目立って増えている。食に対して保守的な国だが、新しい時代のレストランは若い世代のブータン人や援助関係者を中心に大いに賑わっている。トウガラシたっぷりの風土料理を堪能するだけでなく、慣れ親しんだ味も楽しめるような食の多様化が進んだことで一息入れられる場所が増えたことはうれしい。

最近、ブータン人の間では塩分の過剰摂取、肥満、高血圧、不健康な食品の過剰摂取などの蔓延が問題視されている。もともとブータンの食事は塩分が非常に高く、食用油の使用量も多い。加えて有塩バターやチーズをふんだんに使うため、高塩分・高カロリーの料理が当たり前になっている。ブータン保健省はポスターなどを作って食育に関する啓発活動を進めているが、食や栄養価に対する理解がなかなか追いつかないこともあり、結果として保守的な食生活に合致したものが必然的に栄養価の高いものとなっている。現在では全国の Primary School²を中心に、農業の授業を通じて野菜の有機栽培実習や収穫した野菜を学校給食で利用するなど、食への意識改革が少しずつ進められている。

2. 農業技術の変遷と生産販売状況

ブータン農業はいまや“有機農業（オーガニック）”がスローガンになっている。各地の郡や村単位で有機栽培区域が設けられてお

り、中には全県にわたって化学肥料と化学農薬の使用を禁止している自治体もある。ブータン有機農業のルールは、2019年に National Centre for Organic Agriculture (NCOA: 国立有機農業センター) と National Organic Program (NOP: 国家有機プログラム) によりまとめられた。農園の管理方法、有機農園の認定条件、作物生産、家畜、養殖の方法、加工品の作り方や貯蔵方法、資材の仕様条件などが記載されており、化学肥料や農薬を一切使用していないというルールに準拠した生産品や加工食品には“BHUTAN ORGANIC”というブランドマークを付けて販売できるようになる。有機農園の認定を受けるには、研修受講者が有機農業を実践してから12ヵ月後にNCOA職員が農園の評価を行い、その結果を受けて第三者機関のBhutan Agriculture and Food Regulatory Authority (BAFRA: 農業食品規制局) が有機農園の認定をする仕組みになっている。ブータンの有機農法の規制について具体的に明記したものはこれが初めてで、今後は農家に対してより現実に則した農法指導が行われることが期待できる。ところで、ブータン農家のいう有機農法とは積極的に有機資材を使用するというより、消極的に化学肥料・農薬を使わないから有機農業である、という意味合いが強い。そのためか、最低限の耕起や堆肥を入れて播種した後は、農園を放置したままにすることが多い。もちろん、熱心に手を入れる農家もいるのだが、それでも除草や追肥をするという概念に乏しい(写真4)。そのような中でも、家畜の糞を使った堆肥作りだけは広く行われている。乳牛や耕うん用の牛を飼う農家も多く、おおよそ家畜を保有する農家は堆肥を作って自分の農園に施肥することで肥料分としている。

² 日本の小中学校にあたる。高校にあたるのは Secondary School になる。



写真4 堆肥を撒いてから畝立て、播種まで1日で済ませてしまうことが常態化している。

採卵用の鶏舎で購入できる鶏糞は、50kgバッグあたり90～120ヌルタム（約135～180円）の価格で取引されている。貴重な窒素源であるために常に人気が高く、品切れになることが多い。牛糞堆肥が最も一般的な有機肥料として利用されているのだが、発酵しきっていない未熟な堆肥を播くことで作物の生育を阻害している例が良くある。病害虫対策はどうかという、たとえキャベツがヨトウガの幼虫に食い荒らされたとしても、1匹ずつ捕まえては当たり前のように隣の畑に逃がす。カミキリムシの被害に遭っていたあるカンキツ農家は、樹幹に開いたカミキリムシの穴に綿を詰めて自然に死ぬのを待つという（写真5）。害虫の対処をしたいのだから、自分の手では到底捕殺できないのでいろいろと考えを巡らしたのであろう。被害をもたらした害虫といえども、命を大切に扱うのがブータン人である。そうかと思えば、「殺虫剤を分けて欲しい」とこっそり無心に来る農家も1人や2人ではないところに本音が見える。各県にある政府公認の農業用品販売所では、多少の農業資材と化成肥や農薬が販売されているのだが、購入に来る農家には殺虫剤と殺菌剤の区別が付かない、適正濃度への希釈計算が出

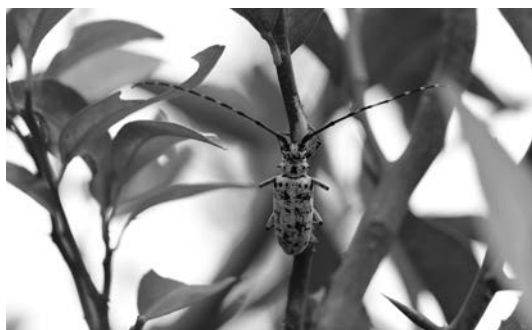


写真5 カンキツ樹を食害するブータンのカミキリムシ。

来ないといったように、化学農薬を適切に使用できない人が数多くいる。ブータンのある地域にジャガイモ産地として全国的に有名な村がある。その村のジャガイモを好んで購入していたある婦人が、雑草の一斑もないきれいな畑を見てきれいに管理の行き届いた畑だと生産農家を褒めた。すると、その生産農家は「除草剤を使って綺麗にしているから」と答えたという。地上部の茎葉が収穫の際に邪魔になるから、という理由で収穫の度に除草剤を散布していたらしい。

そのようなジャガイモも集荷されるのかは定かではないが、各県には毎日開かれている小規模の常設市場と売り手が大勢やってくる週次市場が開かれる公設市場がある。収穫期が来ると農家や仲買人たちが耕うん機やピックアップトラックを用いて、野菜や果物を公設市場まで出荷をするのである。輸送手段を持たない農家は、籠いっぱいの野菜を背負って文字通り山を越え、谷を越えてやってくる。この公設市場というのは場所代を支払えば誰でも使用できる施設である。場所代は自治体により多少の差異はあるが、たとえばTsirang（チラン）県の場合は売り手1人1日当たり20ヌルタム（約30円）を支払えば



写真6 農家研修の様子。摘果作業は最も理解の難しい技術の一つ。

誰でも利用できるようになっている。首都ティンブーの公設市場を覗くと地方の市場とは少々趣が異なり、1階にはインドなどからの輸入青果が並び、2階では国産の野菜や果物が並んでいる。販売階を分けることで、ブータン産の作物が有機栽培であることを強調しているわけである（前掲写真3）。

3. 今後の農業振興の可能性

これまで見てきたブータン農業の現状を振り返って、どのように効果的な農業振興を進められるのか考察したい。第一には、農家への肥培管理技術の定着である。これまでの粗放栽培から脱却して、適切な施肥と水管理の実施、育苗と土づくり技術を定着させて、より持続的な農業生産性の向上を図ることが必要である。また、多様性に満ちたブータンの地理的、気候的優位性にもっと意識を傾けることで、地域に応じた推奨作目の具体的な栽培計画を形作ることに繋がってくると思われる。現状は栽培作目を自治体ごとに推奨するだけにとどまっているため、具体的な技術内容とともに、普及活動を行うことができるようになれば良い効果が表れてくるだろう（写真6）。

次に、Agriculture Research and Development Centre（ARDC：国立農業開発センター）の有り方である。ARDCの研究員は、研究員であるがゆえに水耕栽培の推進や蔬菜の交配育種やICT農業技術開発といった先進的技術に深い興味を持っている。高い意欲を持って臨む姿勢は大変に良いのだが、基本的な圃場管理や栽培技術に関する経験と知識が不十分であるために、どうしても計画内容が中途半端なものになってしまい、十分な結果を残せないままいつの間にかフェードアウトしていることが多く見受けられた。農家の農業に対する姿勢を変えて技術の向上を図るためにも、彼ら公務員が地道な努力を怠っていないことは農業の礎はいつまで経っても出来上がらないであろう。

そして、県内各郡に配置されている農業普及員は、農業技術の情報素材や種子を農家に広く配布する活動が主体で、担当郡を隅々まで知りつくしていることから大変重要な存在である。だが、展示圃場の管理・指導を任せるとなると話が変わる。彼らは技術指導員というより、中央政府や地方政府からの意向を伝えるメッセンジャーとしての役割が強い。農家を熱心に巡回し、指導できる普及員もいるのだがその数は極めて少ないといわざるを得ない。彼らを情報伝達要員とするのか技術指導員を目指して育成するのかで技術普及をする時の役割、行動、重要度が変わってくる。以前、ブータンの王立人事院に対してこの課題について提言したが、今後どのように変わるのか見守りたい。

2020年から世界中で起こった新型コロナウイルス感染症のパンデミックを受けて、ブータン国内にも陽性者が出たことでこれまで計2回の全国ロックダウンが実施された。

同時にインドとの輸出入の玄関口となっていた国境沿いの都市も封鎖されたことで、農産物をはじめとした物流が著しく滞る事態となった。ロックダウン中は野菜が配給制になり、ロックダウン後も都市部を中心にタマネギ、トマトやトウガラシといったインドからの輸入に頼ってきた主要野菜が特に不足し、市場価格が高騰した。今般のコロナ禍は、はからずもブータンの野菜自給率の低さを国民全体に再認識させる結果となった。もちろん、ブータン農林省はこの事態に対して黙していることは無く、様々な対処を試みた。1つは、旅行ガイドといったコロナ禍で雇用を失ってしまった人たちを中心に耕作地の貸し出し事業を行い、生計補助と同時に国内産野菜の流通を少しでも取り戻そうと試みた。さらには国内生産振興のためにと地域推奨作目の設定や市場価格の調整など、様々な取り組みを実施しているのだが、予算や技術支援など業務の運営面で行き届かないことが多くあり、残念ながらどの試みも良い結果がまだ出せない。

おわりに

ブータン農業は収穫した作物を家族や集落といった周辺に住む人たちを中心とした自給的農業から、市場や沿道で販売する商業的農業に移り変わりつつある。商業的といっても、自家消費以外の余剰分を市場に出荷するような小規模な家族農業が大半であるが、その家族農業を支えてきた子息・子女といった家内農業労働者数が2014年の12万1518人をピークに、2019年には9万264人になった。5年間で25.7%減少したことになる。農業従事者の減少が食料自給率や農業生産力の減少に直接繋がることは想像に難くない。ブータ

ン農業の現実を把握して、必要な技術の有効性と有用性を正しく実感することを第一歩として、その上で技術を習得して責任を持った普及活動へと繋げていけるように導くことが先決であろう。その理解の上で、共同生産や共同出荷に繋がるような農家組合等のグループ化や出荷用保冷库、鮮度を保つ保冷車といった将来を見据えた設備投資を計画的に実施していくことが次に求められてくるだろう。インターネットを閲覧しただけで技術を会得したつもりになっている研究員や普及員を見るのは、農場で技術指導をする身からすると非常に寂しい思いがある。今後も実情に応じた技術普及に加え、付加価値向上のための技術や機材の支援を積み上げ、売するためのノウハウをいかに農家に伝えるか、ブータンならではの実情に合わせて持続可能な好事例を積み上げていくことが農業生産振興の一端を支援していく道筋であると考えている。

引用・参考文献

- Bhutan Broadcasting Service (2020) : Urban Agriculture Initiative engages sixty tourism employees. <http://www.bbs.bt/news/?p=132038> (2021年10月閲覧)
- Bhutan Broadcasting Service (2021) : Vendor slapped more than Nu 2 M in fines for selling banned chillies, Thimphu. <http://www.bbs.bt/news/?p=144350> (2021年10月閲覧)
- 平山修一 (2005) : 現代ブータンを知るための60章. 明石書店. 355p.
- 今枝由郎 (2008) : ブータンに魅せられて. 岩波新書 191p.
- 国際協力機構 (2015) : ブータン王国園芸作物研究開発・普及支援プロジェクト終了時

評価調査報告書. 37p.

Kuensel (2020) : Urban agriculture initiative supplies 500kg of vegetables during lockdown. <https://kuenselonline.com/urban-agriculture-initiative-supplies-500kg-of-vegetables-during-lockdown/> (2021 年 10 月閲覧)

Kuensel (2021) : Urban agriculture initiative struggling to keep beneficiaries. <https://kuenselonline.com/urban-agriculture-initiative-struggling-to-keep-beneficiaries/> (2021 年 10 月閲覧)

Ministry of Agriculture and Forests (2019) : Bhutan Organic Standard BOS 01. <http://www.bafra.gov.bt/guideliense-standards/bhutan-organic-standard-2019/> (2021 年 10 月閲覧)

Ministry of Agriculture and Forests (2020) :

Agriculture Statistics 2019 online. <http://www.moaf.gov.bt/agriculture-statistics-2019-online/> (2021 年 9 月閲覧)

National Statistics Bureau (2020) : Statistical Yearbook. <https://www.nsb.gov.bt/publications/statistical-yearbook/> (2021 年 9 月閲覧)

United States Department of Agriculture (1999) : Soil Taxonomy. <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/survey/class/taxonomy/> (2021 年 9 月閲覧)

(ブータン国「中西部地域園芸農業振興プロジェクト」元 JICA 専門家

* 園芸技術 / 病虫害管理、

** 業務調整 / 研修、

*** チーフアドバイザー / 園芸技術)



ケニアの 21 世紀の森林面積の変化と 森林減少要因について

加藤 和久*・佐藤 嘉彦**

はじめに

独立行政法人国際協力機構（以下「JICA」）は、2016 年 6 月～2021 年 10 月までの 5 年 4 ヶ月間、ケニア国において、持続的森林管理のための能力開発プロジェクト¹（Capacity Development Project for Sustainable Forest Management in the Republic of Kenya（CADEP-SFM）、以下「本プロジェクト」）を実施した。本プロジェクトでは、5つのコンポーネントで構成され、その中のコンポーネント 3 である REDD+ 準備段階コンポーネント（以下、「本コンポーネント」）の主な活動は、開発途上国における森林減少・森林劣化に由来する二酸化炭素排出量の削減と、森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の増強からの温室効果ガス排出削減（REDD+）の実施により得られる成果支払い²に必要な 4 つの要件のうち、国家森林モニタリングシステム（NFMS）と森林参照レ

ベル（FRL）の開発を支援することであった。本報告は、この FRL を開発するにあたって設定された 2002 年～2018 年の参照期間での森林面積の変化をその森林減少要因とともに分析したものである。

1. 分析の方法

1) FRL の開発

FRL とは、図 1 に示されたように、REDD+ を実施しなかった場合の将来の推定排出量であり、REDD+ を実施した場合と比較するためのベンチマークである。FRL の構築のためには、様々な必要条件を決定しながら開発することになったが、条件の 1 つに参照期間と参照年がある。これらは、FRL を設定するにあたり、過去の排出データを設定する期間を参照期間といい、その設定した参照期間の間で使用した時点を参照年というが、ケニアでは、LANDSAT³ 4、5、7、8 の衛星画像の雲量によりデータの無いエリアの率およびセンサーエラーによるストライプ状の欠損画像などの画質を慎重に検討し、これらの影響が比較的小さい 2002 年、2006 年、2010 年、2014 年、2018 年の 5 時点が参照年として設定された。結果として、2002～2018 年までの参照期間における過去の排出量を 4 年間隔で推定することになった。

この 4 年間隔での排出量を推定するため

KATO Kazuhisa and SATO Yoshihiko : Forest Area Change and Deforestation Drivers During the First Two Decades of the 21st Century in Kenya.

¹ プロジェクト概要は、<https://www.jica.go.jp/project/kenya/014/outline/index.html> を参照のこと。

² 削減量に応じて支払われるクレジットや資金など、経済的なインセンティブ（報酬）

³ アメリカ航空宇宙局（NASA）などが打ち上げている人工衛星。種類としては地球観測衛星にあたる。

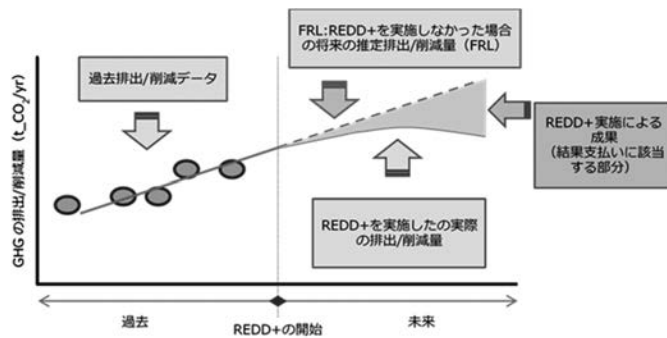


図1 FRL および REDD+ の基本的考え方

出典：JICA (2016)

に、5時点の参照年の土地被覆／土地利用図が作成され、それに基づいて、4年間間隔の土地被覆／土地利用変化図が本コンポーネントで作成された。これを基に、土地被覆／土地利用変化図の間隔である2002年～2006年、2006年～2010年、2010年～2014年、2014年～2018年の4年間隔で森林面積の変化を分析した。

2) 土地被覆／土地利用図および同変化図の作成

土地被覆／土地利用図の作成において森林を抽出するためには、森林の定義が必要であるが、ケニアの森林の定義は、最低樹冠率15%、最低面積0.5ha、最低樹高2.0mである。

また、ケニアにおける土地利用は、IPCC⁴の基準に従い、森林、農地、草地、湿地および統合された居住地とその他の土地の5つのカテゴリーに分類された。また、「森林」は、図2に示したように4つの森林タイプ、すなわち山岳林・西部熱帯降雨林 (M&W 林)、

海岸林・マングローブ林 (M&C 林)、乾燥地林 (D 林) および官公人工林に分類されている。さらに、官公人工林以外は樹冠率に基づいて、密 (樹冠率65%以上)、中 (樹冠率40%以上、65%未満)、疎 (樹冠率15%以上、40%未満) に分類される。農地は多年生作物地と単年生作物地に細分され、草地は灌木草地と開放草地に細分され、湿地は植生湿原と水域に細分された。表1に土地被覆／土地利用図の分類一覧を示す。

以上の土地被覆／土地利用区分に基づいて、衛星画像データの画像解析には教師つき分類法⁵であるランダムフォレストアルゴリズムを用いた。画像解析ののち、土地被覆／土地利用図を作成し、グラントゥールズ調査により結果を検証した。また、森林定義の最低面積が0.5haであることを鑑みて、LANDSAT画像の1ピクセルは0.09haであることから、6ピクセル以上からなる同一分類は同一の分類の区画として維持し、6ピクセル未満である区画は周辺の土地被覆／土地利用分類への統合というフィルタリングを適用した。これにより、土地被覆／土地利用図が作成された。

一方、土地被覆／土地利用変化図は、2002年、

⁴ 気候変動に関する政府間パネル

⁵ 分類する地物の特徴データを教師データとして分類する手法

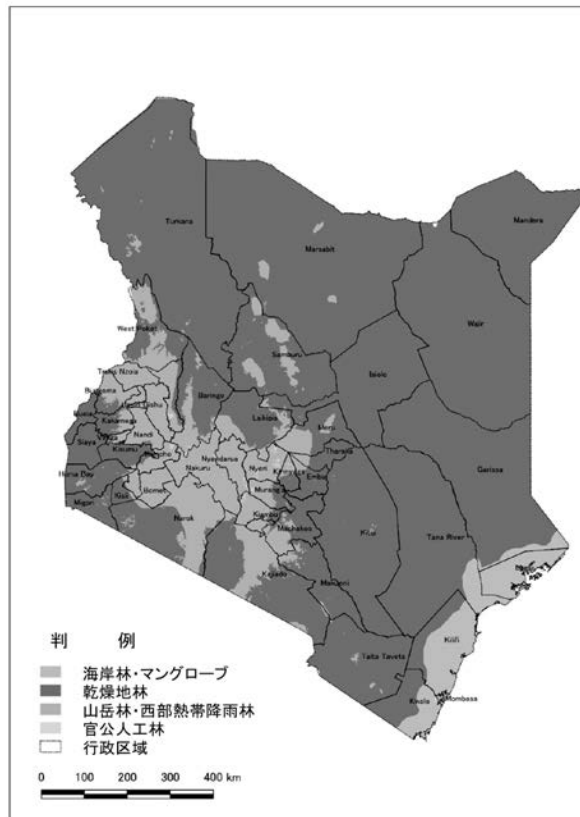


図2 ケニア国の森林タイプ区域
出典：GOK（2020）より引用し一部改変

表1 土地被覆・土地利用区分一覧

土地被覆・土地利用		クラス
森林	山岳林・西部熱帯降雨林 (M&W 林)	密
		中
		疎
	海岸林・マングローブ林 (M&C 林)	密
		中
		疎
	乾燥地林 (D 林)	密
中		
疎		
官公人工林		－
非森林	農地	多年生作物地
		単年生作物地
	草地	灌木草地
		開放草地
	湿地	植生湿原
		水域
居住地・その他の土地		－

出典：GOK（2020）より引用して一部改変

表2 土地被覆 / 土地利用変化の分類と REDD+ 活動

No	Forest Cover Change	The Legend of Forest Cover Change Map	REDD+ activities
1	Forest remaining as Forest (No Change)	Forest (No Change)	-
2	Forest remaining as Forest (Degradation)	Forest (Degradation)	Reducing emissions from degradation
3	Forest remaining as Forest (Enhancement)	Forest (Enhancement)	Enhancement of forest carbon stocks
4	Cropland converted to Forest	Cropland to Forest	Enhancement of forest carbon stocks
5	Grassland converted to Forest	Grassland to Forest	Enhancement of forest carbon stocks
6	Other Land uses converted to Forest	Wetland and Other Lands to Forest	Enhancement of forest carbon stocks
7	Forest converted to Cropland	Forest to Cropland	Reducing emissions from deforestation
8	Forest converted to Grassland	Forest to Grassland	Reducing emissions from deforestation
9	Forest converted to Other Land uses	Forest to Wetland and Other Lands	Reducing emissions from deforestation

出典：JICA（2021）

2006 年、2010 年、2014 年、2018 年の連続する 2 時点の土地被覆 / 土地利用図を比較し、土地被覆 / 土地利用分類の変化が観測された地域を検出することによって作成された。表 2 に「土地被覆 / 土地利用変化図」の分類一覧を示す。この土地被覆 / 土地利用変化図を使用して、土地利用変化面積を集計した。

2. 結果

1) 土地被覆 / 土地利用

ケニアにおける 2002 年、2006 年、2010 年、2014 年、2018 年の各年の土地利用区分の面積と割合を表 3 に示す。草地面積は各年時において最大面積で、国土の約 7 割を占める。一方、森林の面積は国土の 5.8%～6.6%（約 330 万～380 万 ha）の間にとどまり、官公人工林を除く M & W 林、M & C 林、D 林の割合は約 3：1：3 であった。

2) 土地被覆 / 土地利用変化

まず、土地被覆 / 土地利用の全タイプの変化についてみる。図 3 は 2002 年のケニアの各土地被覆 / 土地利用タイプの面積を 100% として、2018 年までの面積の変動を示している。2018 年の農地面積は 2002 年と比較して約 130% に増加した。他の土地被覆 / 土地

利用タイプの面積の変動割合は 10% 未満であった。

次に、表 2 に示した分類により作成した土地被覆 / 土地利用変化図を森林に着目して変化を見てみる。2002～2018 年の期間を通して、①森林に関連する土地被覆・土地利用の変化が検出された地域は、とくにケニア南部に位置していること、②森林として維持されている地域の多くは森林保護区であること、③森林タイプの各クラスに変化がない面積（1 期間において同じ森林タイプ・クラスに維持されていること）に比べて、森林炭素蓄積の増強（森林増強）および森林劣化として検出された面積は小さいことが特徴である。

各期間での変化の特徴としては、図 4 の全森林タイプを合算した土地被覆 / 土地利用変化分類ごとの面積から、まず、各期間において同じ森林タイプのまま維持されている面積が最も多いことが見て取れる。変化した区分をみると、森林から草地、草地から森林の変化が他の変化よりも多く、2002 年～2006 年および 2006 年～2010 年は、草地から森林へ転換した土地の面積が、森林から草地に転換した土地の面積より大きいことが見てとれる。しかし、2010 年～2014 年および 2014 年～2018 年はそれが逆転している。森林面積

表3 土地被覆 / 土地利用の面積と割合

(面積 :1,000ha)

土地被覆 / 土地利用タイプ	クラス	2002		2006		2010		2014		2018	
M & W 林	密	1,120	1.9%	980	1.7%	1,058	1.8%	1,090	1.8%	1,054	1.8%
	中	216	0.4%	239	0.4%	219	0.4%	201	0.3%	199	0.3%
	疎	153	0.3%	105	0.2%	97	0.2%	103	0.2%	105	0.2%
M & C 林	密	169	0.3%	281	0.5%	301	0.5%	422	0.7%	266	0.5%
	中	342	0.6%	136	0.2%	261	0.4%	119	0.2%	215	0.4%
	疎	38	0.1%	69	0.1%	13	0.0%	5	0.0%	18	0.0%
D 林	密	703	1.2%	819	1.4%	1040	1.8%	973	1.6%	828	1.4%
	中	456	0.8%	276	0.5%	403	0.7%	287	0.5%	400	0.7%
	疎	399	0.7%	346	0.6%	415	0.7%	305	0.5%	317	0.5%
官公人工林	-	73	0.1%	68	0.1%	71	0.1%	75	0.1%	60	0.1%
森林計		3,670	6.2%	3,320	5.6%	3,878	6.6%	3,583	6.1%	3,463	5.8%
農地	単年生作物地	4,996	8.4%	5,799	9.8%	5,801	9.8%	5,902	10.0%	6,456	10.9%
	多年生作物地	282	0.5%	300	0.5%	262	0.4%	300	0.5%	284	0.5%
草地	開放草地	8,985	15.2%	9,299	15.7%	9,332	15.8%	8,822	14.9%	8,981	15.2%
	灌木草地	33,447	56.5%	32,287	54.5%	31,742	53.6%	32,389	54.7%	32,271	54.5%
湿地	水域	1,213	2.0%	1,178	2.0%	1,215	2.1%	1,224	2.1%	1,227	2.1%
	植生湿原	29	0.0%	41	0.1%	46	0.1%	39	0.1%	40	0.1%
その他の土地	その他の土地	6,582	11.1%	6,981	11.8%	6,927	11.7%	6,947	11.7%	6,481	10.9%
合計		59,204	100%	59,204	100%	59,204	100%	59,204	100%	59,204	100%

出典：GOK（2020）より引用して一部改変

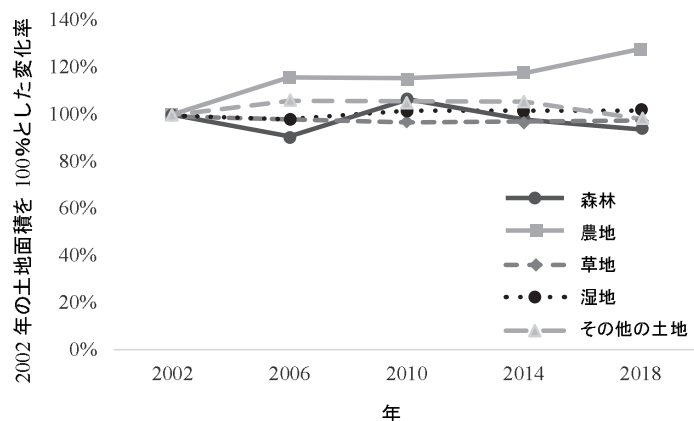


図3 土地被覆・土地利用区分による面積の変動

出典：JICA（2021）

約330万～380万haの中で、約100万haが草地から森林に、同じく約100万haが森林から草地にそれぞれの期間で変化した。また、2002年～2014年では、森林増強面積が森林劣化面積を上回ったが、2014年～2018年に

は森林劣化面積が森林増強面積を上回った。

同様に、各森林タイプ別に土地被覆 / 土地利用変化分類ごとの面積を図5、表4および表5から見てみると、同じ森林タイプで維持されているのはM & W林で多いことが分か

表4 森林減少面積の推移

森林タイプ	変化カテゴリー	森林減少面積 (ha)					
		2002-2006	2006-2010	2010-2014	2014-2018	平均	年平均
M&W 林	森林から農地	136,088	66,650	85,184	106,676	98,650	24,662
	森林から草地	282,025	218,803	204,147	197,231	225,552	56,388
	森林からその他の土地	959	2,469	896	879	1,301	325
	森林から湿地	422	316	365	504	402	100
M&C 林	森林から農地	13,162	1,440	6,592	10,097	7,822	1,956
	森林から草地	185,658	106,079	200,157	213,389	176,321	44,080
	森林からその他の土地	1,790	555	1,301	1,070	1,179	295
	森林から湿地	942	1,780	1,387	2,100	1,552	388
D 林	森林から農地	64,442	42,171	47,162	33,334	46,777	11,694
	森林から草地	770,008	605,221	964,383	769,633	777,311	194,328
	森林からその他の土地	15,005	10,459	16,139	7,599	12,301	3,075
	森林から湿地	5,694	6,804	6,089	6,548	6,284	1,571

出典：GOK（2021）より引用して一部改変

表5 森林劣化面積の推移

森林タイプ	森林劣化面積 (ha)				
	2002-2006	2006-2010	2010-2014	2014-2018	平均
M&W 林	29,655	16,622	19,108	20,461	21,461
M&C 林	9,168	7,634	5,874	22,830	11,377
D 林	18,689	21,016	24,572	43,316	26,898
合計	57,512	45,272	49,555	86,607	59,736

出典：GOK（2021）より引用して一部改変

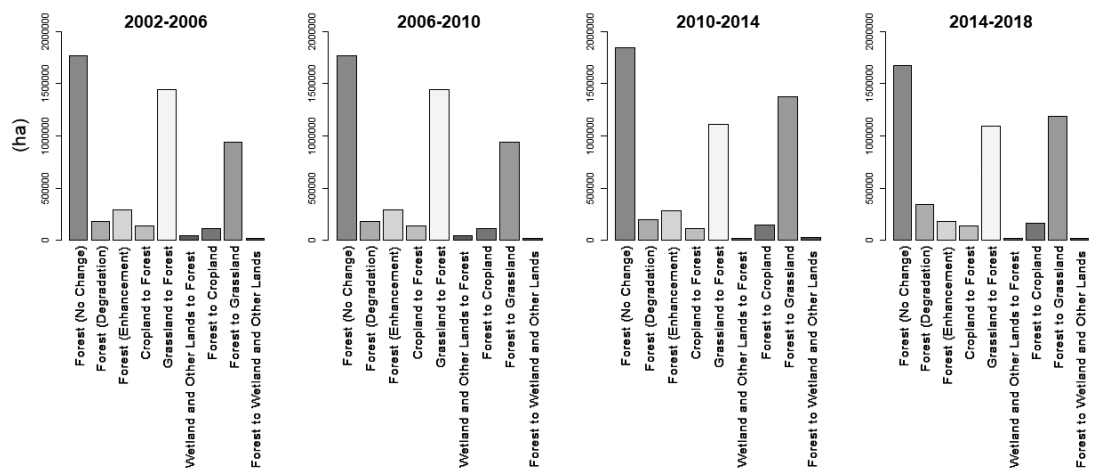


図4 土地被覆 / 土地利用変化分類ごとの面積

出典：JICA（2021）

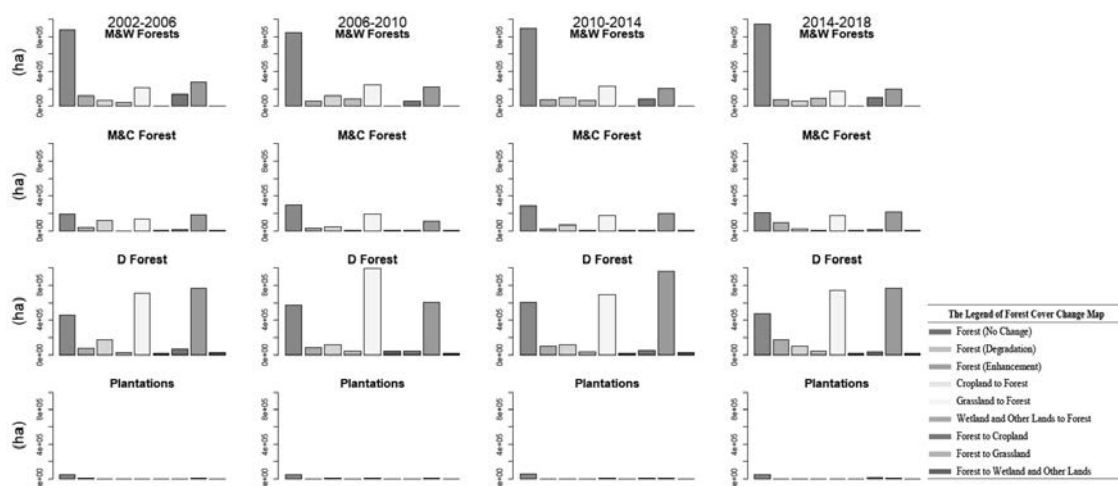


図5 森林タイプ別の土地被覆面積・土地利用変化分類ごとの面積

出典：JICA（2021）

る。また、森林と草地の間での転換は主にD林において発生していること、さらに森林から農地への変化はM & W林で多いことが分かる。また、各期間を見てみると、D林での森林から草地への変化は2010年～2014年がもっと多いこと、一方、草地から森林への変化は2006年～2010年に最も多いことが見て取れる。M & W林での森林から農地への変化は2002年～2006年が最も多い。また表5からも、森林劣化はD林およびM & W林で多いことが確認できるが、表3の各森林タイプの面積から森林劣化面積の割合を算出すると、各森林タイプはほぼ同じ割合だが、M & C林における森林劣化が若干高い割合で発生している。

さらに、D林の草地から各森林クラス（密・中・疎）に変更された面積は、2002年～2006年でそれぞれ34.3万ha、13.2万haおよび22.9万ha、2006年～2010年でそれぞれ48.6万ha、23.0万haおよび27.7万ha、2010年～2014年でそれぞれ38.6万ha、13.5万haおよび16.8万ha、2014年～2018年で

それぞれ37.8万ha、20.8万haおよび15.8万haであった。すべての期間において、密の森林への転換が最も多かった。

3. 考察

本節では上記の土地被覆／土地利用変化の結果について、とくに森林減少・劣化要因を踏まえつつ、若干の考察を試みたい。なお、森林減少・劣化要因についてはケニアで作成されている国家REDD+戦略のドラフト（バージョン2）を参考にしている。

1) 森林の農地への転換

各土地被覆／土地利用分類の面積の変化から、農地は2002年～2018年の間に約30%増と最も高い増加率を示している（図3）。したがって、農業の拡大が森林減少の大きな要因であるのは間違いがない。この農業の拡大は、以下のようにいくつかのパターンがある。

- ① 共同体の土地で発生する焼畑移動耕作であり、コミュニティが森林を伐採し、短期間のローテーションで栽培した

後、その土地を放棄するパターン（放棄された後、森林に戻る可能性あり）

- ② 永続的な自給自足の農業であり、森林を完全に農地に変えてしまうパターン
- ③ 森林が茶葉等の多年生作物用地に転換される恒久的な商業農業のパターン
- ④ 一時的に森林が伐採された地域で、木が再生する前に移住してきた小農民が作物を植えるパターン

土地被覆／土地利用変化に関しては、図5や表4に示すように、M&W林では森林から農地への変化が多い。M & W林では上記の4つの全てのパターンが発生していると考えられる。なお、表3から、単年性作物の農地面積は多年生作物の農地面積よりも大きく、多くの作物がトウモロコシやキャッサバなどの食料自給作物であると推測される。

一般的に開発途上国では、人口増加に伴う食料・薪炭材（家庭用燃料）の需要増大により森林の農地への転換や過剰な薪炭材の消費により森林の減少・劣化につながる懸念されている。したがって、ケニアの人口動向と人間活動は、間接的な土地被覆／土地利用変化の要因の1つであると考えられる。図6にケニアの人口密度を示す（Andy 2017）。この数字から、ケニアの人口が一部の地域に集中していることが確認できる。人口が集中している地域は、首都ナイロビを含む中央部、キシイ県、ビヒガ県を含む西部、モンバサ県を含む南東部の3つの地域に分けられる。

図2のケニア国の森林タイプ区域図と図6の人口密度図を重ね合わせると、人口密度が高い中央部と西部の一部はM&W林に位置している。また、南東部の人口密度が高い地域はM & C林に含まれている。このような人口集中地域との地理的關係からも、M &

W林で森林から農地への変化が多いことが理解できる。

また、いくつかの県では、農地の面積は森林のそれよりも多く、これは農地への転換の多くがこれらの県で既に完了した可能性がある。一方、農地と森林の面積との間に大きな差がない県もある。これらの県では将来森林が農地に転換される危険性が高いため、M & W林での将来的な綿密なモニタリングが必要である。さらに、M & W林では森林と農地の変化が繰り返されるパターンがあることが確認されている。したがって、M & W林では森林が農地に転換された後に森林に回復するかどうかを予測する必要もある。

また、図7（World Bank Open Data）に示すように、ケニアの人口は増加傾向にある。今後増加する人口の食料源確保のため、耕作地への転換が進むと考えられることから、とくに人口が集中する地域における土地被覆／土地利用変化の動向に注目する必要がある。したがって、今後のREDD+活動においては、森林部門のみならず関係省庁と連携し、中長期的な計画に基づいて森林の農地への転換に向けた方策を検討することが重要である。

2) 農地転換以外の森林減少・劣化

農業の拡大以外の森林減少・劣化要因としては、①柱、薪炭材などの木材生産を目的とした樹木の伐採、②過放牧、③森林火災、④居住地・道路・ダム等のインフラの開発、⑤鉱山開発があげられる。このうち、①の樹木の伐採については、それ自体が悪ではなく、持続可能な方法による伐採ではない場合に、森林減少・劣化の要因となる（森林減少まで至らなくても森林劣化にはつながる）。なお、木材消費量として最も大きなものは薪炭材で

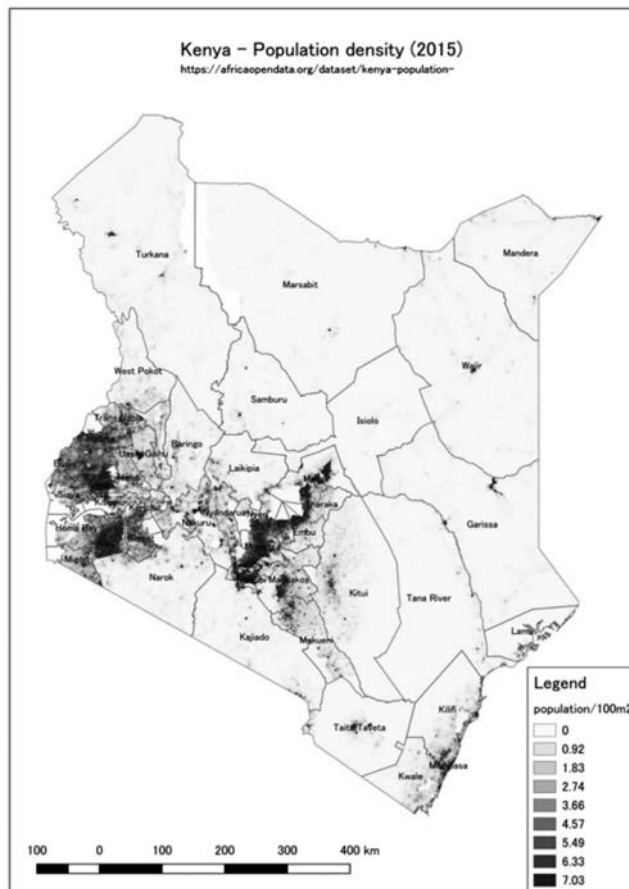


図6 ケニアの人口密度

出典：Andy Tatem (2017) より引用して一部改変

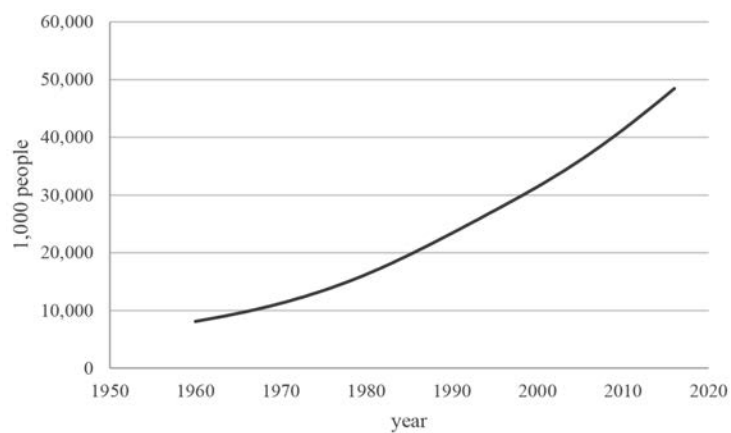


図7 ケニアの人口動向

出典：World Bank Open Data より作成

ある。また、違法伐採は持続可能かどうかの前に許される伐採行為ではないのは言うまでもない。②の過放牧については、しばしば森林の自然再生能力を低下させる。しかしながら、森林が賦存している場所での持続不可能な家畜の放牧は、主に小規模な土地しか持たない零細農家の生活を支えるための生存ニーズとして行われることから、放牧を少なくすることは簡単ではない。また、放牧を行っているコミュニティは牧草地の改善やダニの駆除のために森林に火をつける伝統があるため、放牧は森林火災とも関連している。③の森林火災については、主にD林や泥炭地で発生し、場合によっては隣接する森林にまで延焼していく。森林火災の多くは、火の不始末、蜂蜜採取、牧草地の改良、炭焼き、農用地の開拓などに関連している。

このような森林減少・劣化要因を踏まえて、農地転換以外の森林からの転換をみると、D林では森林と草地の間に比較的大規模な変化が発生しており、また、表5からも森林劣化の面積も最も多い。これらの転換は、上記の①～③の森林減少・劣化要因により、発生しているとみられる。

とくにD林において過去に大きな変化があった県では、現在の森林が存在するエリアを定期的にモニタリングするなど、森林減少を防止する活動が重要となる。また、これまでに発生した大規模な森林減少の原因を究明し、今後の対策につなげていくことも重要である。

また、D林では、草地から変更された森林の多くが「密林」に分類されている。森林の成長には長い時間がかかると予想されているが、この傾向は4年という短い期間で確認されている。現在、D林における草地が密林に

変化する過程を詳細に説明することは困難である。今後は、モニタリング調査や地域住民による森林利用・保全の調査を通じて変化の過程を検証し、変化につながる必要条件を検討することが重要である。一方、今回の分析では5時点の土地被覆／土地利用図を利用しているが、その精度は75～89%であり、それを重ね合わせて作成する土地被覆／土地利用変化図の精度はさらに落ちる。とくにD林においては、灌木草地とD林との間でミス分類が生じていることも想像に難くない。したがって、D林における森林と草地の間の変化は、上記の説明困難な部分も含めて、誤差が大きい可能性を付記しておく。

おわりに

今回、ケニアでFRLが策定されたことにより、統一的な方法で時系列の土地被覆／土地利用図が作成され、本分析も可能となった。今後は、ケニアにおいてもREDD+の実施のステージに移っていくことになるが、本分析で使用された地図に基づく土地被覆／土地利用面積や土地被覆／土地利用変化面積はREDD+の実施戦略だけではなく、ケニアの持続可能な森林管理の方策を検討する上でのベースとなるデータである。また、ケニア国政府は2010年に制定された憲法と国家発展計画である「Vision2030」(2008年)において、森林被覆率を2030年までに10%とすることを目標に掲げている。したがって、今後も持続的に作成されるであろう土地被覆／土地利用図は、この目標をモニタリングするためにも重要である。しかしながら、誤差の問題もあることから、土地被覆／土地利用図や土地被覆／土地利用変化図の作成方法の改善を検討し、分析の精度を向上させる必要がある。

引用・参考文献

Andy Tatem (2017) : Kenya – Population density (2015) . openAFRICA. <https://africaopendata.org/dataset/kenya-population-density-2015>

GOK (2020) : The National Forest Reference Level for REDD+ Implementation submitted to the UNFCCC. Government of Kenya, Ministry of Environment and Forestry. Modified submission.

GOK (2021) : The National REDD+ Strategy (2022-2026) draft version 2. Government of Kenya, Ministry of Environment and Forestry

JICA (2016) : ケニア国持続的森林管理のた

めの能力開発プロジェクト（REDD+ 準備段階コンポーネント）業務計画書．独立行政法人国際協力機構

JICA (2021) : ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクト（REDD+ 準備段階コンポーネント）業務完了報告書（最終）（2016 年 6 月～2021 年 10 月）．独立行政法人国際協力機構

World Bank Open Data: World Bank. <https://data.worldbank.org/country/kenya?display=>（2017 年 9 月 15 日閲覧）

(* アジア航測株式会社海外プロジェクト部技師長

** 同技師)



モンゴル国の劣化した放牧地における 飼料木を用いた保全林育成の試み

黄 勝澤

はじめに

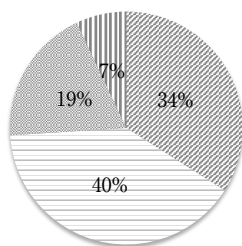
モンゴル国（以下、モンゴルとする）における家畜の過放牧を主要原因とする放牧地の砂漠化問題は2000年代から注目されるようになり、近年に至ってその深刻さが増している。このような背景のもと、筆者が以前勤めていた当時の一般社団法人海外林業コンサルタント協会（2019年8月に「一般社団法人ジョフカ」と改名、2021年5月に解散し6月からアジア航測株式会社に事業譲渡）は2015年からモンゴルにおける劣化した放牧地における植林による砂漠化防止に関する調査および実験を行い、2018年から公益財団法人国土緑化推進機構が運営する「緑の募金中央事業」の助成（2年間）と公益財団法人「第29回イオン環境活動」の助成（1年間）を活用して、ボルガン県ダシンチレン郡で飼料木を用いた植林活動を行った。ここではこれらの植林活動を例にモンゴルの草原地帯における灌木資源の育成と有効利用を目指した実践活動を紹介する。

1. 放牧地の劣化・砂漠化と牧畜業の課題

1990年代初め頃に始まった民主化体制への移行に伴う家畜の私有化で、モンゴルの第一次産業において主流である移動放牧による牧畜業は大きく変化した。社会主義時代最後の年となった1989年に2467万頭登録されていた家畜は2019年末では7094万頭に達していて、3倍近くに増えた（MONSAMED 2020）。しかし、社会主義時代には全国の放牧地に政府が整備した家畜の飲用水用井戸の維持管理が自由化とともに途絶えてしまい、数年のうちにそのほとんどが使えなくなったことで、河川や湖など自然水源が利用できる放牧地が酷使されるようになった。このため、家畜密度が比較的高い中部の草原地域で過放牧による草地の砂漠化が深刻な問題になり、2000年頃から多くの研究者が警鐘を鳴らした。

草地の砂漠化で放牧地の牧養力が低下したことに加え、この十数年では気候変動の影響もあって、栄養が不足した家畜を中心に寒雪害（ゾド）や干害（ガン）などの自然災害を受けやすくなった。晩秋から春先まで草地飼料が最も不足している期間中の家畜体重のロスも大きくなり、頭数の優勢も結果的に半減されるほどであった。実際、ボルガン県および周辺県での調査で、羊の場合では11月に50kgあった体重が翌年の4月には35kgにまで減ってしまうことが分かった。このように、

HUANG Shengze : Attempt to Grow Protection Forests Using Forage Trees in Degraded Grazing Land in Mongolia.



● 重度劣化(牧草被覆率25%以下) ● 中度劣化(牧草被覆率50%前後)
 ■ 軽度劣化(牧草被覆率75%前後) ■ 無劣化(牧草被覆率90%以上)

図1 ボルガン県ダシンチレン郡の放牧地劣化状況 (2015年)

出典：モンゴル国ボルガン県ダシンチレン郡政府役場
 土地管理室（課）による提供

牧畜業の生産効率性の低下もまた大きな課題であった。また、家畜生産性の低下を頭数で戻そうとすることで、結果的にさらなる過放牧を引き起こし、草地の砂漠化が加速していく。モンゴルの牧畜業のもう1つ注目すべき変化は定住・半定住形式の家畜飼養が増え、放牧の移動回数や移動範囲は減少していることで、草原への放牧負荷が一層強められ、砂漠化の進行に拍車をかけるという悪循環をもたらしている。

実際、植林活動対象地ダシンチレン郡の牧民を対象にアンケートとワークショップを行った結果、牧民の95%が草地の牧養力低下に困っていた。郡政府が2015年に専門家に依頼して調査した結果、図1に示したとおり、郡内の放牧地の劣化状況をみると、家畜放牧の生産性を顕著に低下させている重度劣化と中度劣化の割合は74%に達していた（写真1）。そのために95%の牧民世帯は恒常的に家畜飼料を購入していることが分かった。

放牧地の砂漠化および牧畜業の課題を改善すべく、モンゴル政府は集約的畜産の推進（2003年承認「集約的畜産開発支援国家プロジェクト」、2010年承認「モンゴル家畜国家



写真1 ダシンチレン郡の重度～中度の劣化放牧地。点々とある緑の植生はカラガナ木（草本類が退化したところに多く自生）
 ※写真はすべて筆者撮影

プログラム」等）を通じて畜産業改革および近代化を促すとともに、砂漠化対策を重要視し始めた。2005年、モンゴル政府は当時の当国の全土の70%以上の土地が砂漠化の影響を受けている現状を危惧して、「グリーンベルト全国計画（モンゴル政府決議第44号：2005年3月9日）」をスタートさせた。この計画は、モンゴルのゴビ砂漠と砂漠性草原帯の過渡地帯を中心ラインにほぼ東西に横断するベース・ゾーン（幹線緑地）とこれから主に南北に分岐するサブ・ゾーン（支線緑地）を造成することとなっている。この事業はいまでも継続しているが、筆者の調査では資金不足が足かせになっているほか、現地にマッチした緑化技術の開発や経済効果を持つ森林経営の模索も重要な課題であるように見受けられた。

特記すべきは、2021年6月に就任したオフナー・フレルスフ大統領が第76回国連総会で気候変動と砂漠化対策に最適な方法は植林であると強調し、モンゴルは2030年までに10億本の植樹キャンペーンを実施すると宣言したことである。この「10億本植樹国民計画」は2021年10月から正式にスタートした。モ

ンゴル政府の見解によれば、全土の76.9%に砂漠化が進行していて、この計画が効率的に実施できれば、砂漠化の深刻な影響を受けている1億2000万haの土地の4%が回復できる。同時に全国の森林率を7%から9%に引き上げられる(MONSAME 2021)。

総じて、砂漠化の進行とその影響が牧畜業に与えているダメージはモンゴルにおける深刻な課題であり、早急に対策を講じる必要性と重要性は明らかであった。そこで、劣化した放牧地に飼料木を用いた保全林育成によって、草地砂漠化進行の軽減と家畜飼料の生産による牧畜業振興への寄与を両立させる可能性を模索した。

2. 植林活動対象地の概況

植林活動の対象地ダシンチレン郡はボルガン県の南端に位置し、地形的には典型的な草原地帯に属している。ウランバートルから西に約220km離れているが、モンゴルの東西幹線道路がこの郡を通っているため、交通は便利である。また、郡の周りにモンゴルでも比較的大きいオルホン河が流れていることもあって、古くから牧畜業が盛んであった。同郡の2020年末の世帯数は634世帯、人口2187人であった。世帯数のうち348世帯は専業牧民で、残りは兼業牧民（出稼ぎなど生計補助手段を有する牧民）と役場、学校、病院、銀行などのサラリーマン世帯であった。2020年末の郡全体の家畜頭数は25万9449頭で、羊が14万6783頭、ヤギが8万5305頭、牛が1万3383頭、馬が1万3877頭、ラクダが101頭になっていた。同郡の放牧地面積は22.4万haで（郡全体の土地面積は23.2万

ha）放牧家畜密度（1ha当たりの放牧家畜頭数）は1.06頭とかなり高い。ボルガン県全体の放牧家畜密度は約0.6で、全国平均密度は約0.3になっている。この数字からも同郡の放牧地劣化の深刻度が分かる。

モンゴルでの植林において、最大の制限因子となっているのは水分条件である。モンゴル国の年間降水量は全国平均で約200mmであり(NSOM 2021)、放牧に利用されている高原地帯（ステップと呼ばれ、国土の約80%を占める）の年平均降水量は50（ゴビ砂漠）～400mm（北部山岳地域）（環境省 2015）となっている。ボルガン県県庁所在地ボルガン市の年間（2005～2020年）平均降水量は312.2mmと、比較的降水量が多いが、ボルガン市より約110km南にあるダシンチレン郡になると年間降水量は200mm前後まで減少する。直近3年間の降水量は2018年235.7mm、2019年163.0mm、2020年164.5mmとなっていた¹。

3. 植林樹種の選定

本植林活動ではモンゴル国内のステップ地帯に広く自生しているマメ科ムレスズメ属の*Caragana microphylla* Lam.を植林樹種とした。また、植林地に自生している*Caragana leucophloea* Pojark.をそのまま残して飼料木林の構成樹種として育成した。地元の人々はこれらムレスズメ属低木類をハルガナと呼んでいるが、モンゴルや日本の研究者の間では便宜上「カラガナ（木）」で表現するケースが多いため、本稿でも「カラガナ木」を使用する。なお、近年モンゴルではグミ科ヒッポファエ属*Hippophae rhamnoides* Linn.（英名 Sea-buckthorn、モンゴル語でチャッチャルガナ）²の果実から作るジュースや果実のエキスを使用した化粧品の人気が高く、地元の牧民からこのチャッチャルガナも植え

¹ 郡政府気象観測ステーション提供のデータによる。

てほしいと要望があり、カラガナ飼料木林の外縁部に2000本を植栽した。ただし、果実収穫を目的とするチャッチャルガナの植林においては少なくとも数年間の定期灌水が必要であり、飼料木林とはその植栽および育成手法が異なるため、本稿では紹介を省略した。

カラガナ木は乾燥気候の砂質土地帯の固有種であり、かつ耐寒性も高いため、とりわけモンゴルではほぼ全土にわたって分布している。カラガナ木は古くから牧草地上で点々と草本類に混じって生育し、春先の若葉は家畜（ヤギ、羊）も摂食する。とくに積雪が多い冬は貴重な救荒用飼料（刈り取り砕いて利用）となり、吹雪時に身を隠す場所にもなるため、牧民にとってはありがたい存在であった。また、カラガナ木は草本類が繁茂しづらい場所によく生育し、地表面風食の拡散を抑制できるため、多くの牧民は「カラガナ木は草地の砂漠化を防いでくれる」との認識を持っていた。実際、カラガナ木は草本類が衰退傾向にある草地（劣化放牧地）に点在することで、近地表面の風速を減速させ、地表面風食を軽減させている。

一方、放牧草地に自生するカラガナ木が増えすぎると牧草の生育を阻害するようになり、結果的に放牧草地の牧養力が落ち、放牧地としての利用価値が大きく下がる。実際、ダシンチレン郡の牧民からは、カラガナ木が昔（社会主義時代）に比べ「多くなったように感じる」との声が少なくなかった。モンゴルの牧畜業にとって、将来的にカラガナ木の

増えすぎによるマイナス効果が従来の有用性を上回ることも局所的に発生すると推察された。これらのリスクを回避するためには、牧畜業にとって最適となるカラガナ木と牧草の共生パターンを見出して、そのバランスを維持していくことも重要になると考えられた。

草地に点在して自生するカラガナ木をそのまま家畜飼料として利用できるのは春先の若葉のみで、嗜好性も牧草に劣るため、利用価値は低い。しかし、カラガナ木の地上部（幹、枝葉）を刈り取り、粉碎してペレットに加工すれば、栄養面でも嗜好性の点でも良質な粗飼料になりうるだけでなく、従来の採草地からの牧草生産量を上回る飼料生産が可能である（国際緑化推進センター2016）。また、カラガナ木は極めて高い萌芽再生力を有し、繰り返し地上部を刈り取っても旺盛な再生力を維持できるため、更新コストはかからない。カラガナ木飼料林を数年間で分割して収穫することで、保全林の機能を保持しながら持続的かつ効率的に利用できる。カラガナ木の飼料化に関する研究や実践は1990年代末から中国で盛んに行われたが、カラガナ木の収穫の機械化はいまだ実用化に至っておらず、近年中国の経済発展で輸入飼料が割安になったことや国内人件費の上昇とあいまって、カラガナ木飼料の産業化を頓挫させている。筆者の調べでは、現在、寧夏回族自治区と内モンゴル自治区でカラガナ木飼料生産業者が2社残っていた（Aiqicha 2021）。しかし、モンゴルの劣化放牧地は平原または緩やかな丘陵地で、総じて地表は平坦であるため、カラガナ木の収穫は比較的楽に（エンジン背負い式刈り払い機の利用と車での運び出し）できることと、平坦地仕様の自走式草刈機であれば開発も比較的容易であると推察し、近い将

² *Hippophae rhamnoides* Linn.: 中国、モンゴル、ロシアなど砂質土の乾燥・半乾燥地に分布する低木で、日本では中国名の「サジー」でよく知られているが、モンゴル語では「チャッチャルガナ」と呼ばれている。本稿ではチャッチャルガナの名称を使用する。

来への可能性を見据えてカラガナ木飼料林の育成に取り組むことにした。

4. 植林方法

本植林活動は劣化放牧地における飼料木を用いた植林で、目的は林分の保全林としての機能と飼料木林としての利用を両立し、かつ汎用性の高い植林（ステップ地帯で普及できる）方法を立証することにあつた。そのため無灌水による植林を基本方針とした。

カラガナ木の植林は中国の西北地域ではよく行われていて、とりわけ寧夏回族自治区、内モンゴル自治区、陝西省の北部、甘肅省の西部、新疆ウイグル自治区で多く植林されている。筆者が2021年5月まで勤めていた一般社団法人ジョフカは20年間にわたり、中国の上述地域で植林活動を行い、カラガナ木の植林も多く実施してきた。これらの経験から、本植林活動では植林した年（植栽初年度）の乾燥対策に重点を置いた。

1) 地^じ拵^{こしら}え

ダシンチレン郡の春季はおおよそ5月から6月までと短く、乾いた強い風の日が多い。数年にわたる現地での放牧地植生調査で感じたことは、体感では無風に感じるほどの弱い風の時も、地表面では常に地上より強く流れる気流があつた。この「地表風」が植栽した苗木に最も強いダメージを与えていると考えられた。その対策として、本植林活動では地拵えとして深さ30cmと幅30cmの溝（以下「植栽溝」という）を作り（写真2）、植栽溝の底に苗の植え付けと種子の直播を行った。

2) 苗木の植栽と種の直播併用

本植林活動は無灌水で行うため、ポット苗



写真2 5m間隔に掘り起こした植栽溝

を用いても植栽後2週間以上降雨がなかった場合、枯死するリスクは非常に高くなることはこれまでのカラガナ木の植林で経験していた。一方、種子の直播の場合、播種から1ヵ月以上経ってからでも発芽するケースがよく見られた。ただし、乾燥・半乾燥地における直播の場合、たとうまく発芽してもその幼苗は強い日照と乾いた風にさらされるため、生存率はかなり低くなってしまった。したがって、本植林活動ではポット苗の植栽とタネの直播を互いに「保険」として併用した。

3) ポット苗の育苗と直播の種子の処理

本植林活動で選定したカラガナ木（*Caragana microphylla* Lam.）の苗木生産業者はモンゴルにはなく、またその種子を扱う業者もなかったため、隣国の中国で種子を調達した。苗木の育成は現地の苗木生産業者や育苗施設を有する経験者に委託した（写真3）。使用する培養土の注意事項、ポットのサイズ、種子の発芽処理、播種時期、水分・温度管理、日照コントロールなどは当方で指導した。

ポット苗の播種は温室を利用できる場合（2019年）2月上旬に行い、野外育苗の場合は（2020年）4月下旬に播種した。いずれ



写真3 カラガナ木の野外育苗



写真5 ポット苗の植え付け



写真4 カラガナ木の種の直播



写真6 中国寧夏回族自治区のカラガナ木植林地

も約3ヵ月間の育苗後に植栽した。大部分の苗木の苗高は5～25cmと不揃いであったが、根系は比較的に発達していた。植栽後の水分蒸散の抑制の視点からみると、苗高が伸びなかったことは本植林においてむしろ好都合ともいえた。

直播の種子は播種直前に8～10時間常温水に浸ける処理のみを施した。播種時の最重要事項として、種子を播く深さを5cm以上7cm未満に保つことと、覆土をしっかりと押し固めることを徹底した。理由は播いた種子の湿润環境をなるべく長く保つためであった。なお、直播は1穴に種子を3～5粒入れた。写真4と写真5は種子の直播とポット苗を植え付けた様子である。

4) 苗木の植栽密度と直播の植え付け間隔

立地の水分条件を考慮して、最終的に植栽密度を1000～2000本/haに設定した。また、将来の飼料木林としての生産活動（カラガナ木の刈り取りと運搬）を考えて、5m間隔で列を作り、列に沿って苗木を2m間隔で植栽し、列上の苗木と苗木の間に直播種子を1ヵ所播いた。よって、苗木と直播種子の発芽幼苗が100%活着した場合は立木密度2000本/haになるが、仮に苗木と直播種子の発芽幼苗を合わせた活着率が50%になった場合は立木密度1000本/haになる。カラガナ木は根元で分蘖^{ひこばえ}のように個体を増やして「群れ（コロニー）」を作る場合が多い（落下した種子による実生個体と根萌芽による繁殖個体も混じっていると推測される。写真6）。

表1 カラガナ木植林の内訳および植林成績の主な指標³

区分	植林面積 (ha)	植え付け数量		植え付け 時期	苗木活着 率(%)	直播発芽 率(%)	残存率(%)*		樹高成長(cm)**	
		苗木植栽 (本)	種子直播 (穴)				苗木	直播	苗木	直播
2019年	10	10,000	10,000	6月	57	46	50	43	28	12
2020年	15	18,000	12,000	7～8月	63	58	-	-	21	7

(*) 残存率は植林2年目の10月時点の数値、(**) 樹高成長は2020年10月の調査時の平均値

初期植栽密度を低く設定しても成長につれバイオマス量は補われるため、飼料木林としての生産性にも支障がないと判断し、植林コストの削減を優先して植栽密度を設定した。

5) 植林時期

灌水を行わないため、植え付けはできる限り降雨が集中する6～8月に行った。2019年には6月、2020年には7～8月に3回に分けて植え付けを行った。ポット苗を使用することで、植え付け時期の制限はなかったため、苗木の植栽と種子の直播は可能な限り天気予報の降雨日(の1週間前)に合わせて植え付けした。結果的に2019年は植え付け後の2週間、2020年は植え付け後1週間から10日間降雨がなかったが、曇天が比較的に多かった。

5. 植林成績

本植林活動は2019年と2020年の2年間で延べ25haのカラガナ木と2000本のチャッチャルガナを植林した。ここではカラガナ木について紹介する。植林成績は表1にまとめたとおりである。2019年植林の苗木活着率と直播発芽率は当年の10月上旬に調査した。



写真7 直播タネから発芽した幼苗



写真8 苗木植栽2年目のカラガナ木

2020年植林の苗木活着率、直播発芽率、2019年植林地の残存率と全植林地の樹高成長量は2020年の10月に調査した。2021年以降の植林地モニタリングは新型コロナウイルスの影響等で継続できなかった。なお、写

³ 2019年の苗木活着率と直播発芽率は筆者が調査し、そのほかの結果は植林地の管理を委託している現地業者に依頼して調査した。

真7は直播種子から発芽した幼苗。写真8は2019年に植栽したカラガナ木の2020年10月の様子である。

おわりに

本植林活動の当初目標は2021年までの3年間で延べ40haの飼料木を用いた経営型保全林造成だったが、新型コロナウイルスの影響と活動実施団体であった旧一般社団法人ジョフカの解散により中断せざるを得なくなった。そうした状況であったが、2年間の植林活動を通じて、カラガナ木は年間降水量が200mm前後のステップ地帯であれば、無灌水でも植林は可能であることを示せた。一方、植林初期の成長が遅いなど新たな課題も現れた。今後もモンゴルの環境問題の改善や伝統牧畜業の振興に寄与できる活動にかかわれるようチャレンジし続けるとともに、社会からより多くの関心や支援が得られることを期待したい。

参考・引用文献

Aiqicha, <https://aiqicha.baidu.com/> (2022年1月15日閲覧)。

環境省 (2015) 「モンゴルにおける気候変動—GCMによるアウトプット」 https://www.env.go.jp/earth/ondanka/pamph_gcm/gcm_mongolia_ja.pdf (2022年1月15日閲覧)。

国際緑化推進センター (2016)、途上国森林ビジネスデータベース、<https://jifpro.or.jp/bfpro/sanpin/sanpin-05/1311/> (2022年1月17日閲覧)。

MONSAME (2020), <https://montsame.mn/jp/read/212041> (2022年1月11日閲覧)。

MONSAME (2021), <https://www.montsame.mn/jp/read/277215> (2022年1月11日閲覧)。

NSOM (2021) Mongolian Statistical Yearbook 2020. National Statistics Office of Mongolia, Ulaanbaatar, 789p.

(アジア航測株式会社
社会インフラマネジメント事業部
海外プロジェクト部
技術二課 技術部長)



参加型水管理を促進する 10 のノウハウと適用事例

金森 秀行

はじめに

開発途上国（以下「途上国」という）では、政府が計画・建設・管理してきた灌漑施設の配水管理と施設の維持管理（以下、「水管理」という）の一部を農民に移管する取組みが1970年代後半から開始された。この農民が参加する水管理を「参加型水管理」という。その多くは、灌漑施設の末端部分を担当する水利グループ（以下、「水利G」という）、その上流部分を担当する水利組合、大きな灌漑区ではさらに上流を担当する水利組合連合からなる重層的な農民組織が政府主導で設立されて、政府から移管された水管理を実施する方式である。これら農民組織（以下、「水管理組織」と総称する）の名称は国によって異なるが、本論文では、上述の名称に統一する。

しかし、水管理組織の設立と持続的な運営は極めて困難な状況にある（佐藤ほか2007）。

日本では1949年に制定された土地改良法の下で「土地改良区」と称する水利組合が設立されており、それは参加型水管理の望ましい形と評されている（稲木・皆川・大串

2006, p.14）。この「土地改良区」の知識と経験を基に、独立行政法人国際協力機構（JICA）では参加型水管理を促進する技術協力事業を実施してきた。その協力活動の中で得られた知見が論文や報告書を通じて情報提供されている。

筆者は2005年から計5件の参加型水管理を含む技術協力事業に関与してきた。その相手国政府職員・水利組合役員らと接する中で、これら指導者が農民を相手に参加型水管理を進める際に直面する主な課題は、①当事者意識の醸成による水管理組織の設立強化と②農民の利己的な行動や利害対立に起因する紛争の抑制であると認識した。これら2課題の解決を支援するため、提供された情報から引用した、もしくは情報を参考に筆者が考えた方法・知識・原理をノウハウとして提案・適用してきた。最終的に10ノウハウになったが、その大半は他著者の文献から引用した情報を課題解決の視点から解釈・位置づけ・構成したものである。

これら10ノウハウのうち9は筆者が関与／引用した事業の協力成果の達成に寄与しており、残る1ノウハウは相手国政府職員への説明で強い関心を得た。そこで本論文では、10ノウハウを説明したうえで、それらが大型の技術協力プロジェクト・アドバイザー専門家・研修事業に適用された事例を紹介する。

KANAMORI Hideyuki : Ten Know-how to Promote Participatory Irrigation Management and Applied Cases.

その目的は、これらノウハウと適用方法を技術協力で働く日本人専門家（以下、「専門家」という）に情報提供することで、参加型水管理への技術協力活動を支援することである。

1. 参加型水管理を促進する 10 のノウハウ

ここでは筆者が認識した 2 つの課題への対応策に分けて 10 ノウハウを説明する。

1) 水管理組織の設立強化策

(1) 政府補助で組織の設立を動機づける

政府が施設を建設／改修する土地改良事業では、農民が申請要件などで促されて水利組合（土地改良区）を設立することが一般化している。これより、水管理組織の設立を政府の補助事業を実施する前提条件として組織設立を動機づけることをノウハウとして提案した。以下、このノウハウを「No.1 政府補助」という。

このノウハウの有効性を示唆する途上国の事例として、鬼丸（2012, p.281）は、タイ王国（以下、「タイ」という）で小用水路の改良工事が農民の水管理組織の設立に対する態度に与える影響を観察した結果、工事による利水条件の改善が組織設立の動機づけになったと考え、農民が設立を発意した水管理組織が小用水路の新設・改良・更新工事や維持管理への技術的・財政的支援を政府へ要望できる制度を作ることを提案している。なお、政府補助は施設建設に限らず、筆者が 2006 年に JICA 事業で調査したスリランカ国では肥料配布の補助事業で水利組合の結成を動機づけていた。

(2) 各事業プロセスの決定に農民を参加させる

土地改良事業では、農民が申請を通じて計画策定に参加し、設計段階では意見を述べかつ用地交渉を通じて内容を確認し、実施段階

では工事の説明を受け、実施後の維持管理を担当することを通じて、各プロセスの決定に参加している。このことから、施設建設に係る政府補助事業の各プロセスで農民が決定に参加する機会を設けて当事者意識の醸成を図ることをノウハウとして提案した。以下、このノウハウを「No.2 農民参加」という。

このノウハウの有効性を示唆する途上国の事例として、稲木・皆川・大串（2006, p.15）は、カンボジア国で土水路による末端用水路整備の計画・施工・操作・維持管理の各段階に農民を参加させる実証調査を行い、得られた結果の 1 つとして、施設に対する農民の理解と関心が深まると報告している。

(3) 水利組合に総代会を設ける

佐藤ほか（2007）は、農民間の対立こそが持続的な水管理活動を可能にすることを、次のように説明している。

- ① 農業用水の利用では、限られた水資源量を配分するので、ある地域が多く取れば他の地域は減るため、全ての水路レベルで用水確保への農民間の利害対立がある。
- ② 末端用水路の水利 G 内部でも対立はあるが、支線用水路からの用水確保のためには団結して他の水利 G らに対抗しないと内部の共通利益を確保できないので、その対抗のために内部対立を超えて水利 G を結成して水管理活動を行う動機が働く。
- ③ よって、灌漑区内の水利 G が用水確保を主張し合うテーブルと、その合意を水管理に反映できるシステムが用意されれば、水利 G の結成と持続的活動が可能になる。その前提として、農民が上述の対立の構造を理解し、かつ配水量などの情報が農民に公開される必要がある。
- ④ このためには、水利組合は、水利 G と同

時に設立することが必要である。

日本の水利組合（土地改良区）では、総代会もしくは総会（以下、「総代会」と総称する）が、各水利Gの利益を主張し合うテーブルであり、その議決が水管理に反映されるシステムになっている。よって、水利組合を水利Gと同時に設立して総代会で主張し合う仕組みを作ることは、水管理組織の設立と持続を可能にするノウハウといえる。以下、このノウハウを「No.3 総代会設置」という。

（４）組合活動と資金管理の透明性を確保する

佐藤勝正・佐藤政良（2006）は、ガーナ国で水利費徴収率が高・低の2灌漑区を比較して、組合活動と資金管理の透明性を保つことが水利費支払いの必要性意識を高めることを示した。透明性を保つ方法として同著者らは、政府機関職員の支援を得て組合の役員が水管理に係る情報の伝達と報告を農民集会等で行う説明責任・役員の兼務でなく専従職員を雇用して収支記録に基づく会計報告を組合員に対して行う明朗会計の行使を挙げている。この研究結果を基に、組合活動と資金管理の透明性を確保して当事者意識を高めることをノウハウとして提案した。以下、このノウハウを「No.4 経営透明化」という。

（５）水利費の一部で営農を支援して増収を図る

佐藤勝正・佐藤政良（2006）は上述のガーナ国の研究で、水利費の一部を営農活動に運用して収量の増加と安定化を図ることも水利費支払いの必要性意識向上に効果的であることを示した。運用の例として同著者らは、耕うん機の購入頭金や修理などの機材調達・種籾や乾燥用シート等の資材購入への支出を挙げている。この研究結果を基に、水利費を営農活動に運用して農業生産を増加・安定化する方法で当事者意識を高めることをノウハウ

として提案した。以下、このノウハウを「No.5 営農支援」という。

２）紛争の抑制策

（１）機能による政府と農民の役割分担を行う

水管理を農民へ移管する場合、基幹レベルの用水路を政府が管理し、末端レベルの用水路を農民に移管する方法がある。佐藤ほか（2007）は、この方法を「空間的役割分担論」とし、それに対して水管理を独立の機能をもつ4プロセスと捉えたうえで各内容を表1のように考察し、4プロセスを用水路のレベルに応じて政府と農民で分担する「機能的役割分担論」を提案している。

この機能分担は紛争抑制策として論じられたものではないが、空間的役割分担論では基幹レベルの管理が農民から不透明になるために利己的な行動に出る可能性があることと述べられていることから、筆者は、機能的役割分担論を紛争抑制の対策と位置づけ、用水路のレベルに応じて表1を基に分担を検討することをノウハウとした。以下、このノウハウを「No.6 機能分担」という。

なお、佐藤ほか（2007）の論文では、機能分担は水利組合と水利Gの同時設立と共に水の公平・合理的な配分を達成するための方策を論じた一部なので、No.3・No.6 ノウハウを原理として広く適用するには当該論文を直接参照する必要がある。

（２）配水管理状況を重層的に随時監視する

豊川用水の灌漑区（受益面積約1.8万ha）の水管理は、Konoほか（2007, pp. 4-5）によると、独立行政法人水資源機構（JWA）が水源～幹線用水路を、水利組合連合が支線用水路～調整池を、水利組合と水利Gが調整池～末端用水路を役割分担している。公的手順では水利組合と水利Gが圃場の配水状況を

表1 水管理のプロセスと機能および役割分担と理由

No.	水管理のプロセスと機能	役割分担と理由
1	決定プロセス：水配分の目標と計画を決める	水利 G 間の利害対立と水不足時の用水配分の調整は農民が行うのが合理的なので、農民が分担する。政府スタッフは、科学技術的な知識を提供・解説して、農民の合理的な判断を支援する。
2	操作プロセス：決定された目標と計画に沿って水配分する	利害関係者による施設の操作は不公平な水配分・混乱の原因になることと、専門的な知識が必要なので、基本的に政府スタッフが担当する。ただし、支線用水路レベル以下では、事情に応じて共同操作が適切な場合がある。
3	モニタリング・プロセス：実際の水配分操作を監視して用水配分の結果を把握・評価する	不正な操作（政府スタッフおよび関係農民によるものを含め）に対する監視には多くの関係者の眼が必要になることと、水資源の配分に農民間の対立があるので相互監視が動機づけられることから、基本的に農民が分担する。政府は、水量の計測等の技術的に高度なものを担う。
4	フィードバック・プロセス：モニタリング結果を操作プロセスもしくは決定プロセスに反映させて水配分を修正・調整する	当初計画による用水配分に齟齬があれば用水配分を調整する必要がある、意図的に不正な操作があれば当該水利 G もしくは農民に対して制裁的な用水配分が必要なので、農民と政府スタッフが意見を交換しながらこのプロセスを担う。

出典：佐藤ほか（2007）より作成

監視して上流の水利組合連合へ報告・配水調整されるが、Kono ほか（2007, p.10）によると、水利組合らは配水不足の場合は直ぐに報告するが過剰な場合は報告しない傾向があるので水利組合連合も圃場の配水状況を監視・調整しており、重ねて JWA も支線用水路の各施設における農民の配水管理を監視するので、農民の利己的な行動があれば容易にわかるシステムである。同著者らによると水利組合連合と水利組合の農民代表は個別に選出されて重複しないので、相互監視が有効になっていると考えられる。この事例を基に、上流側組織と政府機関が下流側の配水管理状況を随時に監視することを紛争抑制のノウハウとして提案した。以下、このノウハウを「No.7 重層監視」という。

なお、Kono ほか（2007）の論文では、重層監視は豊川用水の水管理に係る農民と政府の役割分担を論じた一部なので、このノウハウを原理として広く適用するには当該論文を直接参照する必要がある。

（3）水管理組織に監事職を設ける

日本の水利組合（土地改良区）は監事職が設置されているが、筆者が調査したアジアの複数の水利組合にはなかった。監査実務の手引（土地改良事業団体連合 2000）によると、監事は水利組合の業務・経理と財産管理および理事の権限行使を監査・報告する。よって、監事職がないと組合の運営・財政管理が適正に実施されない恐れがあり、不適正な管理は紛争の原因になる可能性があるので、筆者は監事職を設置することを紛争抑制に役立つノウハウとして提案した。以下、このノウハウを「No.8 監事設置」という。なお、監事への外部からの干渉を避けかつ監査の疎放を防ぐため、上述の手引を参考に、①総代会で監事を選任する、②定期監査を義務づける、③監査結果は役員会と総代会の両方で報告する、④複数の監事を置く、⑤一定の様式の監査簿を設けて監査することも提案した。

（4）配水計画・実施を透明化する

次章で紹介するタイの協力事例を筆者が

2005年にJICA事業で調査したとき、各小用水路の取入れ口脇の掲示板に配水計画が示されており、農民が自ら計画を確認できるようになっていた。また、「水の文化センター」のWebサイトによると、香川県の伝統では、拍子木・太鼓・旗などで配水の進捗を周囲へ知らせる方法で実施したとある。このように配水計画と実施を透明化して農民に公開することは、計画どおりの配水を実現する前提である。筆者の課題認識の視点からは、配水の透明化は農民による相互監視を可能にするので、結果的に利己的な取水を抑制する効果があると考え、ノウハウとして提案した。以下、このノウハウを「No.9 配水透明化」という。

（5）渇水時の配水ルールを事前に決めておく
「水の文化センター」のWebサイトによると、1994年に歴史的な渇水になった香川県で深刻な水不足に直面した農民が厳しい配水管理を混乱もなく整然とできたのは、伝統的な慣行水利権に基づく配水ルールがあったからと説明されている。この情報を参考に、事前に渇水時の配水ルールと、できれば犠牲になる圃場の補償も決めておくことを、危機に直面して利害を調整するときの紛争を緩和するノウハウとして提案した。このノウハウを「No.10 渇水事前策」という。

このノウハウの有用性を示唆する途上国の事例として、筆者が2011年にウズベキスタン国をJICA事業で調査した際、スイス援助機関が、栽培期前に早ばつが気象予報されたときに灌漑優先順位を事前に決めることを指導していた。

2. 大型技術協力プロジェクトへの適用事例

1) 技術協力と参加型水管理の背景と概要

技術協力プロジェクト（以下、「技プロ」

という）は、複数の協力手段を組み合わせる1つの事業として実施されるJICA事業である。

大型の技プロ事例として、6年半にわたり長期派遣（任期1年以上）の専門家5名（最後の1年半は3名）で実施されたタイの「水管理システム近代化計画」（以下、英語の略称から「MWMS」という）を、JICA報告（JICA 2003）を引用して紹介する。タイの農業はチャオプラヤ川の水源に大きく依存しており、下流デルタ地帯は大農業地帯である。1996年当時、経済成長による工業など他分野の開発が進んだため、同河川流域の水需要が著しく増大した。そのため、水需要の大半を占める農業分野では乾季の灌漑水源不足の問題が起り、水資源の効率的利用が課題になった。しかし、タイの技術的な習熟度が十分ではなかった。そこで、上流域から末端圃場まで至る水系全体の効果的な灌漑排水システム管理の促進を目的とする技プロを日本へ要請し、表2に示すMWMSが実施された。そのなかで、アウトプット③が参加型水管理への技術協力であった。

JICA報告（JICA 1999）と研究報告（鬼丸 2012）によると、協力前の参加型水管理の状況は次のようであった。タイの大規模灌漑区では、幹線用水路・支線用水路の水管理は政府機関のRIDが担うが、末端の小用水路は農民が担うように法整備され、1963年から水管理組織の設立が促進されていた。しかし、日本の水利権に相当する法制度がないので様々な不備があった。また、ライニングされた末端の小用水路の建設とその後の水管理の指導・モニタリングを行う補助事業「小用水路建設事業」が実施されてノウハウ「No.1 政府補助」は適用されていたが、水管理よりも建設が中心であった。そのため、全土で約

表2 水管理システム近代化計画（MWMS）の概要

1	相手国実施機関	王立灌漑局（RID）、農業・協同組合省（MOAC）・農業普及局（DOAE）
2	対象地域	対象地域はチャオプラヤ川デルタ、モデルエリアは Khok・Kathiam（コカティアム）維持管理事業区の支線用水路 18R の受益地
3	対象グループ	受益地の農民と RID・DOAE の技術系職員
4	実施期間	1999 年 4 月 1 日～2005 年 9 月 30 日（6.5 年間）
5	上位目標	持続的営農システムの改善により農家所得が向上する
6	プロジェクト目標	乾季に灌漑用水の効率的利用を通じ、モデルエリアの乾季畑作物の作付面積が拡大され、併せて作物多様化が促進される
7	アウトプット*（説明：プロジェクト目標を達成するために実現しなければならない事項のこと）	①モデルエリアの支線用水路レベルの施設が整備され、関連ガイドラインが拡充される
8		②チャオプラヤデルタ上流東岸域における主要水管理施設の操作方法の決定を支援するシステムが開発される
9		③圃場レベルの灌漑排水施設の操作・維持管理を担当する水利 G**が設立・育成・強化され、RID と水利 G が、支線用水路レベル以降の灌漑排水施設の操作・維持管理を協力して行えるようになる
10		④乾期の畑作物が決定されて営農が活発化する
11		⑤関係職員と農民グループのリーダーに対して研修とセミナーが実施される

*③は原文のまま、他のアウトプットは要約したものを示す。

**タイでは、水利 G を Water Users Group: WUG、水利組合を Integrated WUG というが、ここでは統一名称を用いた。
出典：JICA 報告（JICA 2003）より作成

1 万 4000 の水管理組織が設立されていたが、それらは水管理機能を十分に発揮していなかった。

2) ノウハウを原理として適用

MWMS の開始当時は筆者が参加型水管理に関与する前で、引用した論文も未発表であったが、研究中のノウハウ「No.3 総代会設置」と「No.6 機能分担」の情報が MWMS にもたらされた。MWMS では、それら情報を原理として現地に適用を工夫し、自らが提案した方策も加えて、水管理組織の設立・強化を行った。JICA 報告（JICA 2001）と研究報告（鬼丸 2012）を引用して以下に適用方法を解説する。

まず、水管理組織の設立は、小用水路建設事業による水路の改良／新設工事の進捗に合わせて水利 G を順次設立し、すべての水利 G が設立された後に上流の支線用水路に係る水利組合を設立していた。そのため、最初の小

用水路の工事開始から水利組合の設立まで数年かかる場合が多かった。そこで、ノウハウ「No.3 総代会設置」の原理に従い MWMS では、小用水路の工事が行われていない区域では暫定的な水利 G を設立することにして、工事が行われる区域に設立された水利 G と合わせて、すべての水利 G と水利組合が同時設立できるようにした。

次に、水利組合の最も重要な任務である各小用水路への適切かつ継続的な水配分を行うため、ノウハウ「No.6 機能分担」の考え方を基に、水利組合・水利 G・政府機関（RID）職員の役割分担を表 3 のように明確化した。

また、MWMS 自らの提案で、ノウハウ「No.8 監事設置」と、配水計画の通知を拡声器から掲示板に変えて「No.9 配水透明化」を強化することも実施された。加えて、タイの農民は「水は無料」という伝統的意識があるので、水を有料化する印象を与える「水利

表3 モデルエリアにおける水管理の役割分担

水管理のプロセス	用水路のレベル	
	支線用水路「18R」	小用水路
決定	水利組合と政府機関 (RID)	水利 G
操作	政府機関 (RID)	水利 G
モニタリング	水利組合	水利 G

出典：研究報告（鬼丸 2012）の Table 4 を一部改変

費」ではなく、維持管理費を含めた「組合費」として徴収するように工夫された。

3) ノウハウの適用結果

MWMS によって水管理組織が設立強化された結果、モデルエリアでは、上流優先の水配分が公平化されて下流地区の農民も乾季に水稲作が行えるようになり、圃場施設の維持管理活動も順調に実施されるようになった（JICA 2003, pp.18-19）。組合費の徴収率は 2002～2004 年の平均で 75% と、2005 年の評価調査で報告された。しかし、調査で面談した水利組合の役員らは、組合員名簿に基づく数値は 75% だが実際に灌漑水を使用した農民は全て組合費を納めているので 100% と認識していた。これら水管理の改善と組合費の高い徴収率は、水管理組織が水管理機能を十分に発揮するようになったことを示す。

協力終了から 4 年後の事後評価（JICA, IC Net Ltd. 2009）によると、モデルエリアで流域レベルの効果的な水管理が実現して灌漑水の供給が安定したことが、乾期稲作の耕作面積拡大と生産性向上（1999～2008 年に 12%）による収量の増加をもたらしており、農家所得の向上につながっている可能性もあると報告されている。これは MWMS 活動全体の効果であるが、同事後評価によると組合費が 2007 年に 2 倍に引き上げられたにもかかわらず 2009 年の徴収率は 90% 以上と高く維持されていることから、支線用水路レベル以

下の水管理効率改善が全体効果へ大きく寄与していることが推測される。一方、モデルエリア外へ MWMS の成果を広げる自立発展性については不十分と、事後評価されている。

3. アドバイザー専門家への適用事例

1) 技術協力と参加型水管理の背景と概要

パキスタンのインダス水系の灌漑排水システムは広大な受益面積で、この技術協力の対象である幹線用水路「Lower Chenab Canal East」(LCC (E)、チュナブ川東岸低地側水路) の灌漑区は 63 万 ha である。水路規模が大きいため、幹線用水路から順に 1 次・2 次・3 次・末端水路と称されている。これら施設は維持管理が不適切で老朽化が進行しており、加えて設計時よりも作付け率が倍増したことで水配分の不適正から、水不足が深刻である。そのため政府は施設改修とともに、水配分の適正化を目指して 1990 年代後半から参加型水管理に係る法制度改革を進めてきた。パンジャブ州は、その政策に従って 1997 年にパンジャブ州灌漑局 (IPD) 内にパンジャブ州灌漑排水公団 (PIDA) を設立し、3 次水路ごとに水利組合を設立して管理移管を進め、全ての設立後に 2 次水路に水利組合連合を設立する方策を進めていた。

政府は、3 次水路の水利組合と 2 次水路の水利組合連合の機能強化を図るため、水利行政アドバイザーの派遣を日本へ要請した。そ

表4 水利行政アドバイザープロジェクトの概要

1	相手国実施機関	パンジャブ州灌漑局（IPD）、パンジャブ州灌漑排水公団（PIDA）
2	対象地域	LCC（E）（チュナブ川東岸低地側水路）灌漑区
3	対象グループ	85 水利組合（1 組合は設立準備中）と水利組合連合*
4	実施期間	2006 年 6 月 24 日～2009 年 6 月 23 日（3 年間）
5	上位目標	ガイドラインに基づく改善された灌漑システムが普及する
6	プロジェクト目標	LCC（E）地区の水利組合*と水利組合連合*の機能強化のガイドラインの確立と PIDA 内にガイドライン普及のための指導体制を整備する
7	アウトプット（説明：表 2 参照）	①水利組合のガイドラインの作成
8		②水利組合連合のガイドラインの作成
9		③ PIDA、水利組合連合、水利組合、水利 G*の役割分担の作成

*パキスタンでは水利組合連合を Area Water Board: AWB、水利組合を Farmers Organization: FO（農民組合）、水利 G を Khai Panchayat: KR というが、ここでは統一名称を用いた。

出典：2009 年 7 月 3 日に JICA 本部で開催された専門家帰国報告会の配布資料より作成

れを受けて JICA は、専門家 1 名を長期派遣して表 4 に示す技プロを 3 年間実施した。

2) ノウハウをチェックリストとして適用

専門家は JICA 予算で現地コンサルタントを雇用して水利組合の活動状況を調査して課題を明確にしたうえで、水管理組織の改善点を見つけ、その対策を基にガイドラインを作成した。その改善点を見つける方法の 1 つとして前述のノウハウがチェックリストのように適用された。すなわち、各ノウハウが水利組合・水利組合連合で考慮されていることの有無と内容を点検することで改善点が特定された。加えて、その他の日本の制度も引用された。なお、当時ノウハウは No.1～8 までしか提案されておらず、「No.5 営農支援」は相手国実施機関が灌漑局なので省略したことから、7 ノウハウが適用された。

3) ノウハウの適用結果

専門家帰国報告会¹での発表によれば、特定された改善点を現地に適用する方法が PIDA の作業グループで検討された結果、次

の方策がガイドラインに採用された。

- ① 「No.3 総代会設置」の考え方を適用して、水利組合連合と水利組合を同時に設立することとし、水利組合連合に水利組合の理事長からなる総代会を新設する。
- ② 「No.8 監事設置」の考え方を適用して、水利組合連合に水利組合の内部監査をする課を設ける。
- ③（日本の制度を参考に）水利組合が水利費未納者に対する強制徴収措置をとれるようにする。

協力終了後は、州の政権交代で水管理の移管に係る活動が見直されたため、ガイドラインの取扱いが不透明になった。それでも、その後にパンジャブ州に派遣された専門家の帰国報告会²で、①の総代会設置が 2010 年に水利組合連合の規定に含まれたとの情報を得て、この点だけは協力効果の持続を確認できた。

4. 研修事業への適用事例

1) 技術協力と参加型水管理の背景と概要

香川県は、ため池の整備と水管理に関して伝統的な知恵と近代的な技術が融合した特徴のある技術・知識をもっている。それら技術・

¹ 2009 年 7 月 3 日に JICA 本部で開催された

² 2012 年 9 月 20 日に JICA 本部で開催された

表5 アジア・アフリカ地域の農家組織によるため池を利用した地域の水管理研修コースの概要

1	実施機関	JICA、香川県庁、香川県土地改良事業団体連合会
2	対象地域	前半はアジア・アフリカ、後半はアジアのみ
3	対象の研修員	ため池の計画・設計・建設・維持管理を担当する途上国の政府職員
4	実施期間	日本の2010～2015年度（6年間）
5	上位目的	普及された知識・技術・技能が途上国で活用される
6	コース目的	水源不足緩和・水源利用率向上を目的とする小規模ため池の修復・運営・維持管理の知識・技術・技能が研修員によって普及される
7	アウトプット*（説明：コース目的を達成するために実現しなければならない事項で、カリキュラムを構成する各分類〔单元〕の目的である）	单元 A. 課題の特定：研修員が自国の小規模ため池に係る課題を特定する
8		单元 B. ソフト技術・知識の移転：土地改良事業の制度・組織的枠組み等のソフト技術・知識を説明する講義と土地改良区の視察から研修員が特定した課題の対応方法を習得する
9		单元 C. ハード技術・知識の移転：施工管理等のハードに係る理論的・技術的知識を説明する講義と関係施設の視察から研修員が特定した課題の対応方法を習得する
10		单元 D. 実践的技能／知識の移転：单元 B・C で習得した技術・知識の現場での適用に必要な技能・知識を習得する
11		单元 E. 帰国後普及の準備：習得した技術・知識を帰国後に活用する行動計画書を作成して研修員の帰国後の普及を強化する

*アウトプットの各单元の内容は要約したものを示す。
 出典：本コースの General Information (GI) から作成

知識を途上国に技術移転して水管理組織によるため池の建設・管理の向上に寄与するため、表5に示す研修コース「アジア・アフリカ地域の農家組織によるため池を利用した地域の水管理」（以下、「本コース」という）が実施された。そして、表5の单元BとDで参加型水管理に係る知識の技術移転が行われた。

2) ノウハウを教授のまとめとして適用

研修事業では技プロと異なり、専門家である県職員などの講師陣は途上国における実務経験のある人材が少ないため、研修員に帰国後の適用方法を助言することが難しいという制約があった。そこで、10 ノウハウを水管理組織に係る教授のまとめとして適用した。すなわち、本コースの单元Dの講義で筆者が各ノウハウを説明するなかで、单元Bで講師陣や視察先の地元の方々が講義した内容を振り返ることで、帰国後の適用を促した。

3) ノウハウの適用結果

本コースは6年間に14カ国から計48名の研修員を受入れた。メールによる帰国後の追跡調査によると、これら研修員は計8928名の同僚技術者・農民らに習得した技術・知識を普及した。この高い普及実績には様々な要因があるが、参加型水管理のノウハウを技術移転したことも貢献していると考えられる。

協力終了後の2016年にJICA調査団は、研修員数が10名と最も多いスリランカ国を訪問し、本コースで技術移転したことの適用状況を5名の帰国研修員に面談調査した。その結果、研修を終えてから3年目の研修員3名から自立的な開発実績が報告され、内2名は参加型水管理に係るノウハウを適用して効果を挙げていた。帰国研修員 Mr. K はノウハウ「No.2 農民参加」・「No.3 総代会設置」・「No.6 機能分担」を適用して農民約40人を指導した結果、当事者意識が高まり土堰堤・

水路の清掃などの共同作業への参加が増えたと報告した。Ms. S は、同じくノウハウ No.2・3・6 を適用して農民約 200 人を指導した結果、水利組合の 1 つでは農民の態度が改善して水配分に係る農民間の紛争が軽減したため、約 300ha で二期作の後作にリョクトウが新たに導入されて農家所得が約 50% 増したと報告した。

おわりに

本論文では、途上国の参加型水管理の課題解決に役立つと考えて提案した方法・知識・原理を 10 ノウハウとして説明し、3 種類の技術協力案件に用いられた事例を通して適用方法を紹介した。これらノウハウは筆者独自の課題認識からの提案だが、そのほとんどは協力成果に寄与した実績があるので本論文で説明した。しかし、3 事例によると、協力終了後の効果持続が示されたノウハウは少なく、自立発展的に適用されたものはさらに少なかった。よって、専門家には、引用・参考文献まで理解を深めて適用の幅を広げ、かつ工夫を重ねて適用の効果を増すことで、参加型水管理をさらに促進する活動が期待される。

引用・参考文献

稲木道代・皆川猛・大串和紀 (2006)：参加型灌漑管理に対する取組み。農業土木学会誌, 74 (5)：13-16.
JICA (1999)：タイ王国水管理システム近代化計画実施協議調査団報告書。65p.
JICA (2001)：タイ王国水管理システム近代化計画運営指導 (中間評価) 調査団報告書。32p.

JICA (2003)：タイ王国水管理システム近代化計画終了時評価報告書：1-34, 38, 63.

JICA・IC Net Ltd. (2009)：アジア地域・技術協力プロジェクト案件別事後評価 (アジア 3、大洋州) 評価報告書：106-134.

Kono, S., Ounvichit, T., Ogawa, W., Ishii, A., and Satoh, M. (2007)：Participatory System for Successful Water Management in the Toyogawa Irrigation Project, Japan, The 4th Asian Regional Conference & 10th International Seminar on Participatory Irrigation Management, Tehran-Iran, May 2-5. 12p.

水の文化センター, <http://www.mizu.gr.jp/kikanshi/no01/01.html> (アクセス日：2021 年 8 月 4 日)。

鬼丸竜治 (2012)：参加型水管理における農民の維持管理労力負担意欲, 第 IV 章 日本型 PIM 支援プロジェクトの優良事例における農民水管理組織の設立支援の現状分析。農工研報 51：273-281.

佐藤勝正・佐藤政良 (2006)：ガーナ国における灌漑事業地区の水利費管理の比較分析。農業土木学会論文集, 242 (74-2)：75-83.

佐藤政良・河野賢・タッサニー ウンウィット・石井敦 (2007)：農民参加型水管理の原理と実現方策。水土の知, 75 (5)：53-58.

全国土地改良事業団体連合会 (2000)：改訂版 土地改良区監事の監査実務の手引。200p.

(元 JICA 国際協力専門員)

JAICAF 会員制度のご案内

当協会は、開発途上国などに対する農林業協力の効果的な推進に役立てるため、海外農林業協力に関する資料・情報収集、調査・研究および関係機関への協力・支援等を行う機関です。本協会の趣旨にご賛同いただける個人、法人の入会をお待ちしております。

1. 会員へは、当協会刊行の資料を区分に応じてお送り致します。
また、本協会所蔵資料の利用等ができます。
2. 会員区分と会費の額は以下の通りです。

賛助会員の区分	会費の額・1口
正会員	50,000 円／年
法人賛助会員	10,000 円／年
個人賛助会員	7,000 円／年

※ 刊行物の海外発送をご希望の場合は一律 3,000 円増し（年間）となります。

3. サービス内容
会員向け配布刊行物（予定）
『国際農林業協力』（年 4 回）
『JAICAF Newsletter』（年 4 回）
その他刊行物（報告書等）（不定期）

ほか、
JAICAF および FAO 寄託図書館での各種サービス
シンポジウム・セミナーや会員優先の勉強会開催などのご案内

※ 一部刊行物は当協会ウェブサイトにて全文または概要を掲載します。
なお、これらの条件は予告なしに変更になることがあります。

- ◎ 個人で入会を希望される方は、裏面「入会申込書」をご利用下さい。
送付先住所：〒107-0052 東京都港区赤坂 8-10-39 赤坂KSAビル 3F
Eメールでも受け付けています。
E-mail : member@jaicaf.or.jp
- ◎ 法人でのご入会の際は上記E-mailアドレスへご連絡下さい。
折り返し手続をご連絡させていただきます。不明な点も遠慮なくおたずね下さい。

年 月 日

個人賛助会員入会申込書

公益社団法人 国際農林業協働協会

会長 松 原 英 治 殿

住 所 〒

T E L

ふり がな
氏 名

印

公益社団法人 国際農林業協働協会の個人賛助会員として令和 年度より入会
したいので申し込みます。

個人賛助会員（7,000 円／年）

- (注) 1. 海外発送をご希望の場合は、一律 3,000 円増しとなります。
2. 銀行振込は次の「公益社団法人 国際農林業協働協会」普通預金口座に
お願いいたします。
3. ご入会される時は、必ず本申込書をご提出願います。

みずほ銀行東京営業部	No. 1803822
三井住友銀行東京公務部	No. 5969
郵便振替	00130 - 3 - 740735

「国際農林業協力」誌編集委員（五十音順）

池 上 彰 英	（明治大学農学部 教授）
板 垣 啓四郎	（東京農業大学 名誉教授）
勝 俣 誠	（明治学院大学 名誉教授）
北 中 真 人	（一般財団法人ササカワ・アフリカ財団 理事長）
高 原 繁	（公益財団法人国際緑化推進センター 専務理事）
西 牧 隆 壯	（公益社団法人国際農林業協働協会 顧問）
原 田 幸 治	（元一般社団法人海外農業開発コンサルタンツ協会 技術参与）
藤 家 梓	（元千葉県農業総合研究センター センター長）

国際農林業協力 Vol.44 No. 4 通巻第 201 号

発行月日 令和 4 年 3 月 31 日

発行所 公益社団法人 国際農林業協働協会

発行責任者 専務理事 藤岡典夫

編集責任者 技術参与 小林裕三

〒107-0052 東京都港区赤坂 8 丁目10番39号 赤坂KSAビル 3F

TEL (03)5772-7880 FAX (03)5772-7680

ウェブサイト www.jaicafor.jp

印刷所 NPC 日本印刷株式会社

International Cooperation of Agriculture and Forestry

Vol. 44, No.4

Contents

A Prospect of Technical Cooperation for the Modernization of Irrigation Water Management Using ICT.

OHIRA Shozo

Tomato Cultivation in a Subtropical Area.

NAKAYAMA Masakazu

Potentiality of Horticulture Development and Future Tasks in Bhutan.

YUASA Kazuyoshi, YOSHIKAWA Yumiko and TERAMOTO Sayuri

Forest Area Change and Deforestation Drivers During the First Two Decades of the 21st Century in Kenya.

KATO Kazuhisa and SATO Yoshihiko

Attempt to Grow Protection Forests Using Forage Trees in Degraded Grazing Land in Mongolia.

HUANG Shengze

Ten Know-how to Promote Participatory Irrigation Management and Applied Cases.

KANAMORI Hideyuki