

研究・活動紹介

ラオス農民によるコウモリ糞利用についての一考察

松尾 和之（静岡県立農林環境専門職大学）

I. はじめに

私は子供の頃に半挿しになったソケットを触って感電して以来、目に見えない電気というものからはできるだけ遠くにいたいと思うようになった。したがって、物理学は余り好きではない。また、化学についても高校の授業で居眠りをしてチョークの洗礼を受けた人間である。にもかかわらず、本学では短大1年生に「農林業のための科学」という授業（演習）を受け持つことになった。農林業に必要な科学的基礎知識を養うことが授業目的であろうと理解するが、私のような人間が物理や化学の基礎的法則を人様に教えるのは少々気が重く、荷が勝ちすぎる。そこで、農林業を取り巻く環境、環境の制御、栽培技術について概説しながら、土壌調査や施肥、試薬・農薬の調整等について演習を行うことにした。というのも、本学の短大生には農業高校出身と非出身者がいて農林業に対する理解度には大きな開きがあるので、その溝を少しでも埋められればと思ったのである。そして、その授業の1コマ目には「科学と技術」というタイトルで講義を行った。大仰なタイトルであるが、中身は私の海外での経験談である。私自身は科学と技術の違いについて、「技術とは問題を解決するための手段・方法であり、実際に有効であることが求められるが、普遍性はそれほど問題にされないもの」、一方、「科学とは現象がなぜ起きるのか、技術がなぜ有効なのかを明らかにする学問であり、明らかにされた知識が実際に役立つかどうかはそれほど重要ではないもの」、というように単純に考えている。もちろん、科学と技術をことさら対峙させて論じることは余り意味のあることではなく、実際、「日本では、技術と科学の峻別が、実践と思弁の対立と捉えられることなく、時代を超えて科学と技術は渾然一体として発達してきた」（土屋、1999）²⁾とされている。この授業で学生に話したのは、ラオスの中山間地でのコウモリ糞利用に関する話題である。教育や

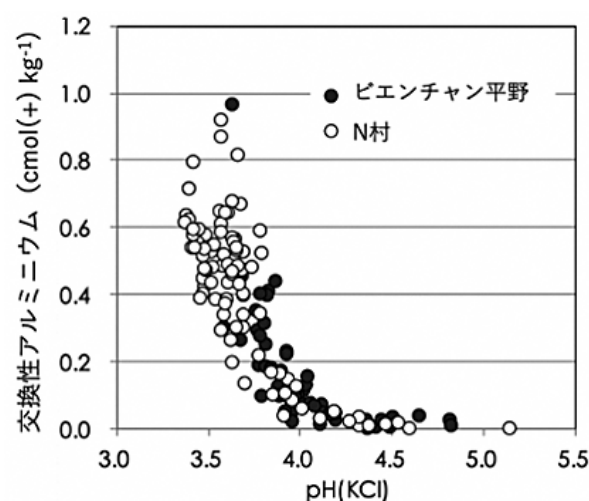
情報の質が決して高いとは言えないラオスの中山間農村の農民が開発したコウモリ糞の利用技術は、私に技術と科学の違いを強く意識させるものであった。Lichtfouse et al., 2009)³⁾は、農学研究のキーポイントは、おのおのの発見の有効性の範囲を定義することにあるとしている。この話題を取り上げたのも、農業技術に付いて回る“適用の限界”を学生諸君に理解して貰えればと考えたためである。本稿では、この講義でお話した内容と講義後に学生諸君から提出頂いた感想の一端を紹介したいと思う。

II. ラオス中山間農村の水田裏作でのコウモリ糞利用

独立研究開発法人・国際農林水産業研究センター（JIRCAS）は、2011年から2016年までの5年にわたり、ラオス農林業研究所（NAFRI）およびラオス大学（NUOL）と共同で「インドシナ農山村プロ」を実施し、著者も長期滞在研究者として参画した。ラオスでは1980年代に実施された森林再分配事業によって農民の焼畑制限と平地への移住政策が行われてきたが、この研究プロジェクトはこの事業によって移住を強いられた農民の生計の改善をねらったものであった。プロジェクトでは中山間農村の問題を包括的に検討するため、作物栽培、土壌、森林、水産、経営、畜産など多くの分野の研究者でチームが編成された。そして研究サイトとして、ラオスの首都ビエンチャンから北西へ180kmほど離れたところにあり、戸数300、水田面積130haほどの規模で、小学校だけがある小村のN村が選ばれた。地形的には、東側のなだらかな丘陵と西側の石灰岩でできた急峻な山塊（高さ約600m、幅800m、長さ3.3km）に挟まれて水田が広がり、その東側の縁部に集落がある。村民によれば、25年程前（2011年当時）に最初のグループが他の地方の山岳地帯から移住してきて水田の開墾を始めたという。ラオス中部

は、熱帯モンスーン気候に属し、明瞭な乾期と雨期が存在し、乾期（11～4月）には殆ど降雨がない。したがって雨期の水稻単作が一般的であるが、乾期にも家の近くの小さな家庭菜園では日常使いのための野菜類の栽培が行われている。また、村の東に広がる丘陵地には複数のダムも存在しており、この水を使った水田裏作での畑作物の栽培も研究テーマの一つとなった。その手始めとしてトウモロコシを水稻収穫後の水田に播種してみたところ、土壌には十分な水分が残っているにもかかわらず、芽が出てしばらくすると生育を停止して枯死してしまう。その水田は石灰岩の山塊に隣接していたのだが、土壌pH（H₂O）とpH（KCl）を計てみると、それぞれ4.7、3.5程度と強い酸性を示した。なお、pH（H₂O）は土と水とを混ぜて計り、pH（KCl）は土と1Mの塩加カリウム溶液とを混ぜて計る方法であり、後者では土壌コロイドに吸着されている水素イオンやアルミニウムイオンがカリウムイオンに置換されて溶液中に出てくるためpH（H₂O）より低い値を示す。第1図にビエンチャン近郊の水田土壌やN村の土壌のpH（KCl）と作物に有害な交換性アルミニウムとの関係を示したが、このN村の土壌は交換性アルミニウムが高い水準にある。どうやら、トウモロコシの枯死は土壌の低pHに伴うアルミニウム害によるものらしい。なお、雨期の水稻栽培ではこのことが特に問題となることはない。イネは比較的酸性に強い作物であること、水田の乾いた土を湛水条件に置くとpHが1ユニット程度上昇するため、水稻栽培ではアルミニウムの害が顕在化しないものと考えられる（Matsuo et al., 2015）⁴⁾。なお、このpHの上昇は我が国の水田でも知られており、藻類の増殖が原因とされる（Usui et al., 2003）⁷⁾。

このようにして、私達のトウモロコシ栽培は出鼻を挫かれることになったのだが、この村の農家の家庭菜園を覗くとトウモロコシが元気に育っている。農園主になにか秘訣があるのかと聞くと、「植え穴を掘ってコウモリの糞を混ぜた土を入れ、そこにトウモロコシの種子をまくと元気に育つ」という。そこで、その畑のトウモロコシの株元とうね間から土を採取し、pH（H₂O）、pH（KCl）、交換性アルミニウム、リン酸を測定してみた（第1表）。うね間土壌のpH（H₂O）やpH（KCl）は、



第1図 ビエンチャン平野とN村の水田から収集した土壌のpH（KCl）と交換性アルミニウムとの関係

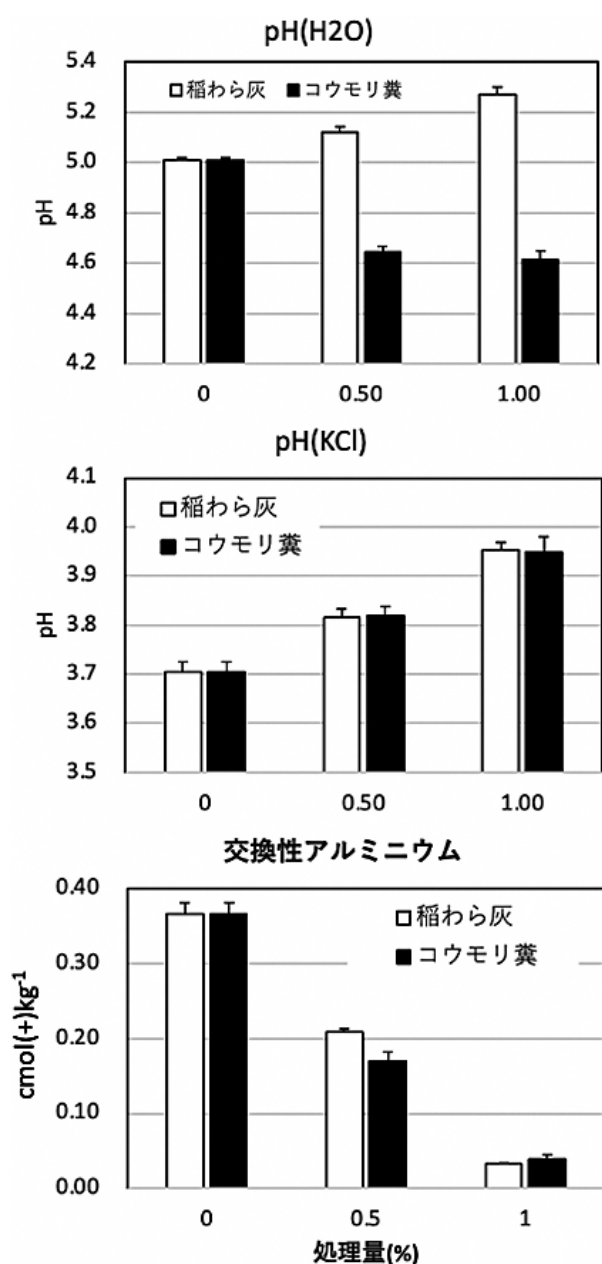
表1 農家トウモロコシほ場土の化学性

採取位置	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	交換性アルミニウム cmol(+) kg ⁻¹	有効態リン mg P kg ⁻¹
畦間	5.1	4.0	0.42	26.7
植え穴	4.8	4.2	0.05	99.2

くだんの水田と同等に低く、また交換性アルミニウムも高い値を示した。しかし、植え穴部分の交換性アルミニウムはうね間に比べ劇的に低下し、その一方、有効態リン酸の含有率は大きく増加している。土壌のpH（H₂O）は、植え穴部分が畦間に比べて低く、pH（KCl）はこれとは逆に植え穴部分が高い値を示す。ところで、稲わら灰も農村で入手可能な資材であるが、酸性土壌に加えるとpH（H₂O）、pH（KCl）ともに上昇するという中和反応によって交換性アルミニウムを低下させる。一方、コウモリ糞はpH（H₂O）を低下させるがpH（KCl）を上昇させる。この挙動からも、コウモリ糞による交換性アルミニウムの低下は稲わら灰処理とは全く違う機作で生じていることが示唆される（第2図）。また、コウモリ糞は土壌のリン酸肥沃度上げる効果があるが、稲わら灰はリン酸肥沃度を増大させることはない。

種明かしをすれば、コウモリ糞はリン酸を多く含む資材であり、交換性アルミニウムの低下はリン酸によって交換性アルミニウムが固定されたことを示している。土壌中のリンはカルシウム型、アルミニウム型、鉄型に分画されるが、コウモリ糞を土壌に施用すると、アルミニウム型リンが増

えることが分析の結果からも明らかになっている。川のこちら岸から見てのアルミニウムの無毒化も、向こう岸から見ればリン酸の不可給態化ということになる。我が国では高いリン酸吸収係数を示す黒ボク土壌の改良の方策として、リン酸の多量施用を官民上げて推進してきた歴史があるが、ラオスの中山間地で教育水準が決して高くはないこと、普及等の行政サービスも充実していないことなどを考慮すると、アルミニウムの害が発生しやすい土壌にコウモリ糞を混ぜた土を客土して畑作物を作るという彼ら農民の知恵にはただただ驚かされるばかりであった。



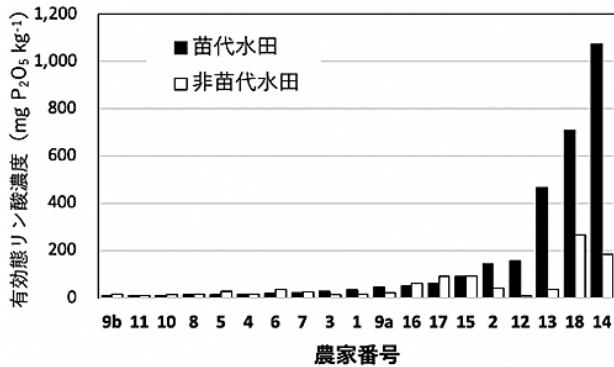
第2図 土壌のpH (H₂O), pH (KCl), 交換性アルミニウム含量に及ぼす稲わら灰とコウモリ糞の処理効果

Ⅲ. 異常なリン酸肥沃度を示す水田

この村の大半の水田は脊薄なリン酸肥沃度 (<20 mg P₂O₅ kg⁻¹) を示すが、まれに異常に高いリン酸肥沃度 (>1,000 mg P₂O₅ kg⁻¹) を示す圃場が存在する (Matsuo et al., 2015)⁴⁾。農家に聞いても、肥料 (ラオス語でケミ: Chemi) は一切使っていないというし、その理由がつかめない。論文には「生活雑排水の流入などの可能性も考えられるが不明な点が多く、今後さらに検討が必要」と書いた。ところが、私のカウンターパートであるラオス人研究者がこの村で聞き取り調査を行ったところ、この村でのコウモリ糞の採掘と利用の実態が明らかになってきた。すなわち、この村の西にある石灰岩の山塊には多数の洞窟が存在し、そのうち大規模な3つの洞窟で販売業者から委託された農民がコウモリ糞の採掘を行っている。年間の採掘量は20 ~ 30tに達し、その大半は都市部での園芸農家や家庭菜園用に流通しているという。また一部は、村内の農家に廉価で販売されており、畑での野菜や水稻の栽培に使われているという。ようやくここで、異常値との関連性に思い当たった。コウモリ糞は私達の物差しでは20%程度のリン酸を含む良質なリン酸肥料であるが、彼らにとってそれはあくまでキー・チアオ (ラオス語でコウモリ糞、ちなみに牛糞はキー・ヌア) であり、ケミではなかったのである。そして、彼らは水田で化学肥料 (ケミ) は使っていないとは言ったが、キー・チアオを使っていないとは言っていない。

そこで、稲作農家17戸の苗代とそれに隣接する非苗代圃場の土壌を採取し、有効態リン酸 (ブレイ II 法) の分析を行ってみた。そのうち5戸の農家の苗代では100 ~ 1000 mg P₂O₅ kg⁻¹ と高い有効態リン酸含量を示し、苗代と隣接する非苗代圃場のリン酸肥沃度とには大きな差があることがわかった。一方、残余のリン酸肥沃度の低い農家については苗代と非苗代との間にリン酸肥沃度の差異は見られない。このことから、この村の一部の稲作農家は、意図的に苗代にコウモリ糞を施用していることが示唆された (松尾・サイカム, 2021)⁶⁾。

その後、リン酸肥沃度の高い苗代を保有する農家に聞き取り調査を行ったところ、「元気な苗を育てようとコウモリ糞を施用している。苗代に2



第3図 N村の苗代水田および非苗代水田のリン酸肥沃度

袋まいたけれども苗代の面積はよくわからない」という大雑把な答えが返ってきた。渡邊ら(2007)⁸⁾は、我が国の水稻栽培において、水稻移植前のリン酸施用によって本圃での初期生育とリン酸吸収の促進が可能になることを報告している。苗代にリン酸を多く含むコウモリ糞を施用して苗を育て、その苗をリン酸肥沃度の低い本圃に移植するというアイデアは実に理にかなったものと言える。しかし、問題はその量であり、3カ所の苗代では有効態リン酸が500～1000 mg P₂O₅ kg⁻¹に達しており、そしてこれが水田の土壌調査で見られた異常なリン酸肥沃度の原因と考えられた。この濃度は、我が国においてリン酸の蓄積がかなり進んだ野菜栽培などの圃場で観測される値である。また同村のリン酸肥沃度の低い水田土壌を用いてポット試験を行うと、跡地の有効態リン酸濃度が30 mg P₂O₅ kg⁻¹を超えると水稻の収量は頭打ちになることから、これら圃場では明らかに過剰な水準にあるということになる。

IV. 技術の限界

内陸国のラオスは国土の大半が山岳地帯であり、そこには数多くの洞窟が存在すると言われる。洞窟はコウモリの生息地となっており、私達の調査でもラオス全土でコウモリ糞が採取されていることが明らかになった。コウモリ糞は都市部や国境を接するタイなどで流通し、都市近郊の野菜生産や家庭菜園などで愛用されており、また中山間地の作物生産でも利用されている。しかしながら、ラオスにおけるコウモリ糞の採取の現状や成分、肥料的効果についての知見はほとんどない。そこで、ラオス国内16カ所からコウモリ糞を収集して分析を行ったところ、リンの含有率は0.9%か

ら11.4%とかなりの幅が見られ、全炭素や全窒素はリンやカリと負の相関を示す。つまり、有機物の分解が進むとリンおよびカリウム含量が高く、分解が進んでいない場合にはリン、カリ含量は低くなるなど、産地によってその品質は大きく異なっている(松尾・サイカム, 2021)⁵⁾。もちろん、土壌の化学性も地域や圃場ごとに異なる。残念ながら、資材や土壌の化学性に関する情報を農家に提供するサービスはラオスには存在しない。つまり、コウモリ糞のような品質にばらつきのある資材を使って作物を育てるというのは、闇夜に鉄砲を撃つのに等しい行為とも言える。

しかし、トウモロコシの栽培において適正なコウモリ糞の施用量を求めるのはそれほど難しいことではないかも知れない。つまり、植え穴ごとに土に混ぜるコウモリ糞の量を変えてトウモロコシを育てれば、トウモロコシの生育・収量を最大にする施用量がどの程度であるかは観察によって容易に判断できる。そのようにして、最適化されたコウモリ糞を用いたトウモロコシ栽培は、適用場面をその農場に限れば完成した技術となる。もちろん、農家にとってよその洞窟のコウモリ糞の品質や、他人の圃場の化学性を心配する必要はない。これに対して、水稻苗代でコウモリ糞の量を変えて苗を育てて本圃に移植し、その生育や収量から最適施用量を求める、ということは農家にできる話ではない。その意味で、トウモロコシ栽培におけるコウモリ糞の利用を成功例とすれば、水田苗代での利用は失敗例といえよう。

コウモリ糞に含まれるリン酸の効果、すなわち肥料的効果と作物に有毒な交換性アルミニウムを固定する効果は明らかであり、科学的にエビデンスのあるものと言えるが、量の問題が解決できない。この村で認められたトウモロコシ栽培への効果も、土壌やコウモリ糞の化学性が変わると、どこでも通用するというわけにはいかず、限界がある。また、水稻栽培への適用も土壌やコウモリ糞の化学性について情報がない状況では適正な利用は難しい。

V. さいごに (学生の感想)

以上のようなことを授業で喋り、学生に感想文の提出を求めたところ、いろいろな意見が寄せられた。ラオスのような発展途上国の山間地、しか

も科学的な情報もないところで農家が土壌の制約を乗り越える技術を生み出したことは驚くべきことであるという意見が多数を占めた。さらに、そのような技術も科学的な裏付けがあつてこそ、安定的で負荷の少ないものになるという意見もあつた。その一方、コウモリ糞のような怖いものを使つては駄目だという意見もあり、COVID-19の蔓延による非常事態宣言発令下では、少々なまぐさい話であつたかと反省した。また、数人の学生はコウモリ糞処理に伴うpH (H₂O) の低下をめざとく見つけ、土壌を酸性化するような技術は問題があるのではないかと指摘してきた。酸性雨や酸性霧の植物への影響は、直接影響と間接影響に大別される。直接的な影響は、植物の地上部、特に葉への接触によって生じるとされるが、可視害が発現するpHは農作物で3.0～3.5とされる(平野ら, 1994)¹⁾が、ここでの議論と直接関係するものではない。一方、間接影響は植物の成長に必要な交換性塩基の土壌からの溶脱、植物に有害なAl³⁺の土壌溶液への溶出、土壌微生物の現象および機能低下などが挙げられており、土壌酸性化の原因は違つても、コウモリ糞の効果はこの間接影響の緩和にあるわけである。また、コウモリ糞を入れて作物の生育が悪くなっているのならともかく、良くなっているのに、教科書的に酸性化を悪者にするのは如何なものかというようなことも話した。

冒頭に述べたように、“農学研究のキーポイントは、おのおのの発見の有効性の範囲を定義することにある”、“農業技術の適用範囲には限界がある”、“農業の現場は単純な科学的知見だけで押し切れるほどに単純なものではない”、という戒めをこの話題を通して学生諸君に理解して貰えればと思っている。

引用文献

- 1) 平野高司, 相賀一郎 (1994) 酸性雨の植物への影響, 環境技術 23 (12), 728-732.
- 2) 土屋 俊, 問われる化学/技術, 岩波書店, 1999.
- 3) Lichtfouse E., M. Navarrete, P. Debaeke, V. Souche`re, C. Alberola, J Me ´nassieu (2009) Agronomy for sustainable agriculture, A review, Agron. Sustain. Dev. 29 1-6.
- 4) Matsuo, K., N. Ae, S. Vorachit, and S. Thadavon (2015) Present soil chemical status and constraints for rice-based cropping systems in Vientiane plains and neighboring areas, Lao PDR. Plant Production Science 18 (2), 314-322.
- 5) 松尾和之, サイカム・ボラチット (2021) ラオス中山間地水田に見られるリン酸高肥沃度の原因, 日本熱帯農業学会, 129回講演会 講演要旨集.
- 6) 松尾和之, サイカム・ボラチット (2021) ラオス国内で収集したコウモリ糞の化学性と肥料効果, 日本熱帯農業学会, 129回講演会 講演要旨集
- 7) Usui, Y., Mowjood, M.I.M. and Kasubuchi, T. (2003) Absorption and emission of CO₂ by ponded water of a paddy field, Soil Sci. Plant Nutr., 49, 853-857.
- 8) 渡邊和洋, 新野孝男, 村山徹, 南条正巳 (2007) 移植前リン酸苗施用による水稻の初期生育促進, 日本作物学会紀事 76 (2), 181-188.