

中部圏のスマート農業に関する調査研究 農業最前線 ～持続可能性への挑戦～ 「持続可能な農業生産の実現と中部圏の大学発スタートアップ」

公益財団法人中部圏社会経済研究所（以下、「中部社研」）は、地域の産業振興、地球温暖化対策、および食料安全保障などの観点で重要性が増す農業分野において、技術革新がもたらす持続可能な農業生産のあるべき姿と中部圏における普及の課題を探るため、2020年から「中部圏のスマート農業に関する調査研究」を実施し、生産者や関連団体と意見を交換しています。

2月末に訪問してヒアリングした、サグリ株式会社（兵庫県丹波市）に経営者として参加している岐阜大学応用生物科学部の田中貴准教授と、地球温暖化ガスの削減に寄与することが期待される土壌化学性評価技術を研究している名古屋大学大学院生命農学研究科フィールド科学教育研究センターの村瀬潤教授から、持続可能な農業生産に資する大学発スタートアップについて貴重な情報を得たので以下の通りご報告いたします。

株式会社共同通信社アグリラボ所長 石井 勇人
公益財団法人中部圏社会経済研究所部長 鈴木 剛

1. はじめに

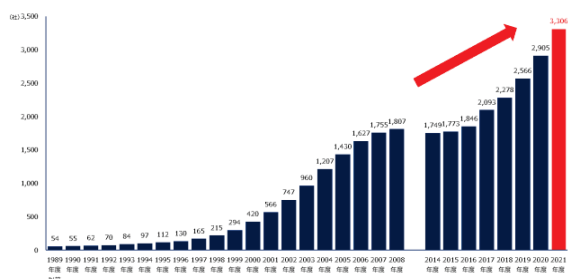
「大学発スタートアップ」とは、研究室に眠っている魅力的な技術を社会で活用するために起業することである。中でも、大学の研究成果に基づいた高度な専門能力・技術や創造的才能を生かして新たな分野の事業に挑戦する「大学発ベンチャー」は、大学に潜在する研究成果を掘り起こし、新規性の高い製品により新市場の創出を目指す「イノベーションの担い手」として期待されている。

大学発ベンチャーは増え始めており（図1）、農林水産業・食品産業分野では、東京大学発の株式会社ユーグレナが成功事例として紹介されることが多いが、欧米などと比べると出遅れているのが実状だ。

このため、政府・自民党は「成長戦略」の中で、学術界の先端的な研究を新たなイノベーションの源泉と位置づけ、起業に向けた成長段階（ステージ）に応じた支援を施しビジネスに結びつける政策を推進している。

スタートアップの成長段階は、通常以下の4段階に分類される。

図1. 日本における大学発ベンチャー数の推移



出所) 経済産業省「大学発ベンチャーデータベース」

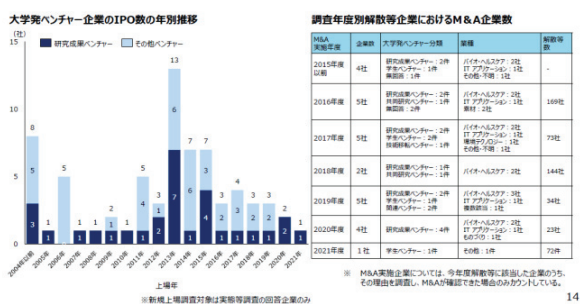
ここで、大学発ベンチャーは、研究成果ベンチャー、共同研究ベンチャー、技術移転ベンチャー、学生ベンチャー、関連ベンチャーのいずれかに当てはまる企業を指す

- (1) シード（商業的事業が立ち上がっていない発想の段階）
- (2) アーリー（初期のマーケティング、製造及び販売活動を実施している段階）
- (3) ミドル（製品・サービスを発売し、販売量が増加している実用化の段階）
- (4) レイター（持続的なキャッシュ・フローがあり、株式の公開などを直前に控えた段階）

このうち最初の関門であり、関係者の間で「死

の谷」と言われるほどハードルが高いのは「シード」から「アーリー」への移行であり、製品・サービスの概念が確立しているかを問う概念実証 (Proof of Concept) が必要になる。PoC (ボックス) と呼ばれ、製品やサービスの簡易版を作って改善点を洗い出す試行錯誤を繰り返して、実現性を探る手続きであり、PoCを実施済みだと製品を開発する「アーリー」へ移行する。「ミドル」から「レイター」にかけても「ダーウィンの海」と呼ばれる厳しい淘汰が始まり、経営環境に対応する進化を怠れば生存できない。

図2. 大学発ベンチャーのIPO・M&Aの状況



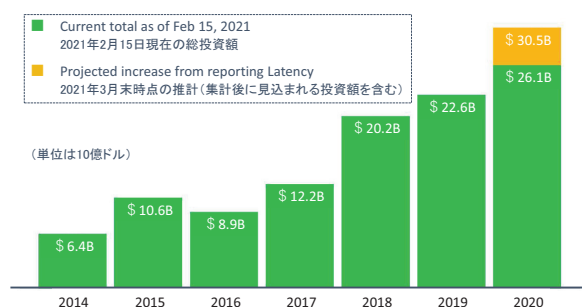
出所) 経済産業省「大学発ベンチャーデータベース」

無事に新規株式公開 (IPO) など事業化に成功した場合でも、大学発ベンチャー企業の生存率は、日本の場合で78.9% (2019年時点の過去5年の生存率、経済産業省「令和2年度大学発ベンチャー実態等調査」)、米国では24.5% (同) と厳しい競争が続く (図2)。「死の谷」「ダーウィンの海」を経て生存率が高いベンチャー企業を生み出すためには、それぞれの段階でさまざまな官民の支援が必要だ。

政府は、技術的優位性を確保・維持するため、先端的な重要技術に係る研究開発や実用化を支援する基金を設け、人工知能・量子・バイオ・核融合・宇宙・海洋などの分野における研究開発投資を後押ししている。

日本の大学の中には、農林水産業や食品産業が抱える課題の解決、新しい市場の創出が可能となるような、革新的な研究・技術シード (種) を持つ研究所が多く、農林水産省は、「大学発ベンチャー

図3. アグリ・フードテックの投資額の推移



出所) Agfunder「AgriFoodTech Investment Report 2021」
2021年に国内で資金を調達したスタートアップを部門別に見ると、フードテック分野が伸びているという調査もある。2020年の129.9億円から318.0億円と前年比約145%の伸びで、今後も拡大が期待される。

の起業促進実証委託事業」を2018年度から2021年度まで実施し、各年度3社、合計9社の事業が採択され、支援対象となった。

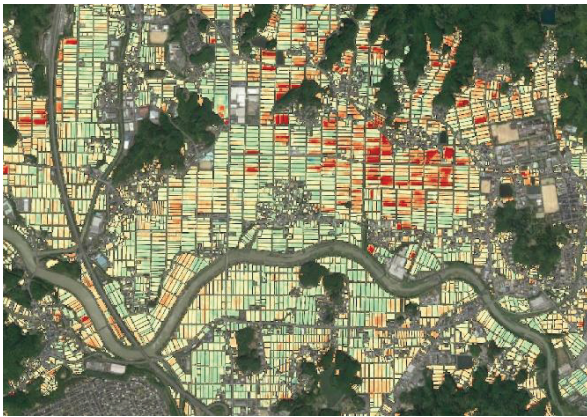
2021年度からは支援体制を本格化し「スタートアップ総合支援プログラム」(SBIR支援)を実施している。SBIRでは、前述のシード、アーリー、ミドル、レイターに対応して、フェーズ0～フェーズ3の4段階の支援メニューを整備し、例えばフェーズ1ではPoCなどを通じた技術課題を明確にしてビジネスモデルの構築を支援する。フェーズ2では経営人材のマッチングや資金調達、フェーズ3では企業のマッチングや設備投資・市場開拓等の助言など、伴走型の支援を継ぎ目がないように提供している。どの段階からでも支援を受けられる点特徴だ。

本稿では、中部圏の実例として「大学発ベンチャーの起業促進実証委託事業」で採択された9社の中から、サグリ株式会社 (坪井俊輔代表取締役CEO) (以下、「サグリ」) を紹介する。

2. 衛星データと人工知能で農業支援

サグリは、2018年6月14日に創業、2021年度に前述の「アーリー」の段階にある企業として農林水産省の大学発ベンチャーに認定された。同年6月に第三者割当増資を実施、リアルテックファンなどから総額約1億5,500万円を調達し事業を拡大している。

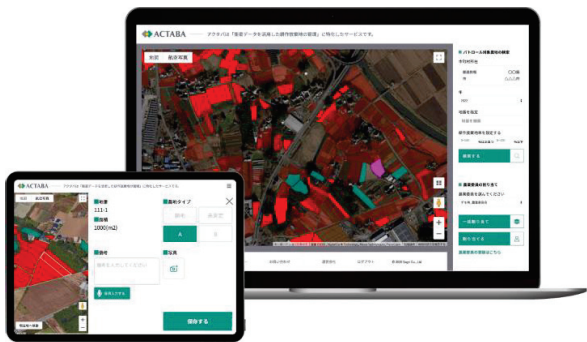
図4. サグリ 衛星データを活用した土壌化学性評価技術



出所) サグリのホームページより

同社は、ビジョンとして「人類と地球の共存を実現する」を掲げ、「衛星データと地上データを活用し、地球上に暮らす人類の営みを最適化する」をミッションに、人工衛星から得られるデータの解析と人工知能（AI）の機械学習を融合して開発した農業を支援する3種類（営農支援、耕作放棄地調査、作物作付け調査）のアプリケーションサービスを提供している（図4）。

図5. 農地パトロールアプリ アクタバ



出所) サグリのホームページより

同社の基幹的なアプリケーションである「アクタバ」は、耕作放棄地を「見える化」し、目視で確認する作業を大幅に軽減できる。各市町村の農業委員会事務局や「人・農地プラン」を策定する一般社団法人農業会議所や農地中間管理機構向けを想定している。既に多くの契約実績があるという（図5）。

農地管理を省力化する「Sagri（サグリ）」は、ほ場の状態（成育・土壌）を「見える化」し、農

業従事者が毎日の作業内容を入力するだけで、蓄積されたデータを自動的に分析して農薬・肥料の適切な使用量を示すなど、農地に最適な情報を提供する。効率的な農業を実現する。

作付け調査を効率化する「デタバ」は、農作物の種類を「見える化」する。実際に作付けされた作物が書類上申請した作物と一致しているかを確認できる。一致しない恐れがある場所だけを現地で目視調査すれば良いため、作業を効率化でき各市町村の経営所得安定対策を支援できる。

これらのアプリケーションサービスは、いずれも判定結果をパソコンやタブレット型の端末で入力し、データ管理はタブレット上のアプリで完結する。タブレット一つで調査でき、台帳システムへの登録が短時間で完了する。

写真1. 田中貴CTO



同社の技術開発責任者（CTO）である田中貴・岐阜大学准教授は、両親が海外青年協力隊員だったこともあり、途上国の農業分野での貢献を志し、京都大学の学生のころから中国雲南省の湖沼環境に関する営農を研究してきた。岐阜大学の助教になってからは、研究論文を書くことはできても研究成果を実際に現場に普及することが難しく、農業現場での相談に応じて技術を普及する「アグロノミスト」のような役割が必要だと痛感していた。

そこで、理工系大学生・大学院生15名人が創業した株式会社リバネス（丸幸弘代表取締役 グループCEO）が主催する連携・協業の場であるテッ

クプランター (TECH PLANTER) に参加、坪井氏と出会いサグリのCTOとして経営に参画した。リバネスの丸代表取締役もサグリの経営顧問として「伴走者」として支援している。彼も田中CTOと同様に農学博士である。

また、サグりは、農林中央金庫などJAグループがスタートアップを支援するために創設したAgVenture Lab (アグベンチャーラボ、東京・大手町) のアクセラレータープログラム4期(2022年)の対象企業に採択され、JAグループやその関連組織と、後継者不足、耕作放棄地の増加、気候変動や鳥獣害被害対策など生産現場の課題を共有している。田中CTOは「実証試験に協力してくれるJA全農の県本部や支店につないでもらえたのは大きかった。特にモデル開発のための土壌データの蓄積につながった」と評価、2023年度も実証を継続する予定だ。

岐阜大学の准教授との兼業のため両立は大変だが、田中CTOは「経営について理解することができ、経営者や、資金の提供者であるベンチャーキャピタル (VC)、農家らとつながることで視野が広がり、研究がどのように役に立つのかなど民間企業の視点を意識できるようになった」という。こうした実業分野の経験を研究活動や教育に活かす形で還元でき、研究者がベンチャー企業に参画することを前向きに評価している。

農事組合法人・元丈の里営農組合^(※1)(三重県多気町) は、デジタル田園構想の一環として、植生診断や土壌解析でサグリの情報を活用しており、「省力化を期待できる。土壌解析のpH(水素イオン濃度)はかなり正確だ」(高橋幸照組合長)と評価している。データに基づいて化学肥料の使用量を減らし、牛ふん堆肥、発酵鶏ふん、緑肥作物など地域の未利用資源の活用を目指しており、「積算温度の情報が充実するとありがたい」(同)と、衛星からの情報の拡充に期待している。

特に、サグリの事業を展開する上では、土壌分析や植生分析についてAIに学習させるための「教師データ」として現場の地上の情報を蓄積す

ることが極めて重要になる。農家、VC、地域金融機関、地方自治体とのネットワークが、大学における研究や教育にも有益に作用することが期待できる。現場との連携が深まるほど教師データの量が増え、データが増えるほど分析精度が向上して、自治体・農家などユーザーはもちろん、研究・教育に還元できる点が、サグりが目指す好循環だ。

さらに、田中CTOは「人工衛星から得られるデータの活用はまだ開発途上にあり、農作業の効率化だけでなく、さらに高付加価値の生産方法を確立できる」と抱負を語る。将来の目標として、田中CTO自身が中国で研究した経験があり、坪井CEOの「発展途上国の子供の自己実現を支援したい」という思いを共有、海外展開を重視している。サグりはすでにインドに現地法人を置き、ケニア、ブラジルでも事業を展開しており、東南アジア諸国連合 (ASEAN) を中心に事業を拡大することを目指している。

3. 土壌化学性評価技術

地球温暖化ガス (GHG) の削減で、日本の技術に期待される分野の一つとして水田から発生するCH₄(メタン)の削減がある。CH₄は二酸化炭素よりも1分子当たりの温暖化効果が大きいとされ、欧米では主に牛など家畜から排出されるCH₄の削減が大きな課題となっており、その研究や技術の開発も急ピッチで進んでいるが、水田から排出されるCH₄に対する関心は相対的に低い。

一方、日本は稲作が耕種作物の基幹であり、品種改良や栽培技術の蓄積があり、水田の面積も大きい。土壌化学性評価技術はCH₄発生ホットスポットの検出にも応用でき、GHGの排出削減や、クレジット(排出枠)の売買市場への貢献が期待できる「シード」となりうる技術である。

欧州連合 (EU) の農場から食卓 (Farm to Fork) 戦略、米国の農業イノベーションアジェンダなど、持続可能な農業の実現に向けた取り組みは世界の潮流になっており、農水省も2021年5

(※1) 問合せ先：農事組合法人・元丈の里営農組合 E-mail: e-genjyo@ma.mctv.ne.jp TEL: 090-2185-7027

図6. みどりの食料システム戦略の概要

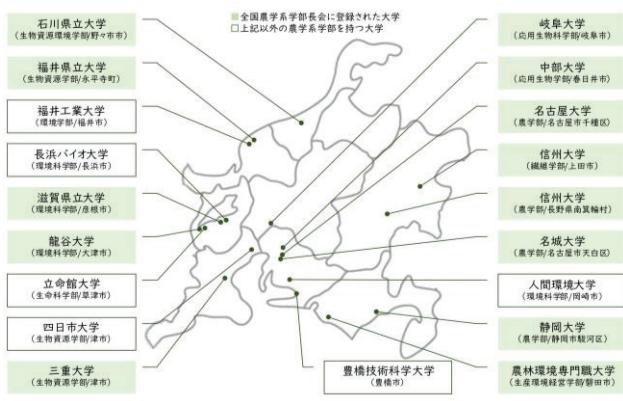


出典：農林水産省のホームページより

月に「みどりの食料システム戦略」（以下、「みどり戦略」）を策定、その実施法として2022年4月に環境と調和のとれた食料システムの確立のための環境負荷低減事業活動の促進等に関する法律（以下、「みどりの食料システム法」）が成立した。

みどり戦略では、「食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現する」としており、2050年までに目指す姿として、農林水産業のCO₂ゼロエミッション化の実現や化学農薬・化学肥料の使用量削減や、有機農業の拡大などを掲げている（図6）。

図7. 中部圏の農学系学部・学科を持つ大学



中部社研が作成

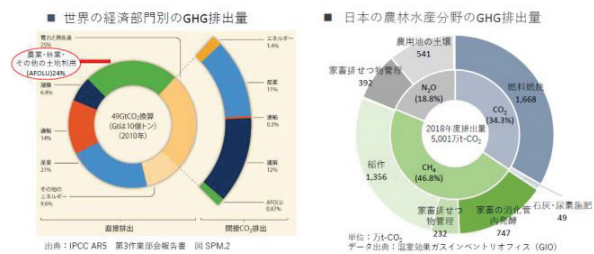
持続可能な農業生産を実現するためのイノベーションの源泉として、大学に求められる役割は研究開発、人材育成、スタートアップの育成など多岐にわたる。中部圏には農学系学部・学科を有す

る19の大学があり、地域に根差したさまざまな研究や教育に取り組んでいる（図7）。

経済産業省の「大学発ベンチャーデータベース」によれば、中部圏の大学発、もしくは関係する、食料・農業分野のベンチャーが18社確認できる。

農業生産そのものから、持続可能な農業生産を支援する事業まで幅広く展開されており、農林水産分野におけるゼロエミッション実現に資するサービスを提供する、株式会社TOWINGやサグリといったスタートアップも生まれている。

図8. 農林水産業に由来する温室効果ガス排出



出典：農林水産省のホームページより

世界のGHG排出量は、CO₂換算で490億ト、そのうち約4分の1が農林水産業に由来すると言われている。日本の農林水産業に由来するGHGは全体の4%だが、海外に比べ水田由来のCH₄の割合が多いという特徴がある。また、水田の93%がアジアに分布していることから、水田由来のCH₄削減は、主にアジアに対して波及効果が大きいと考える（図8）。

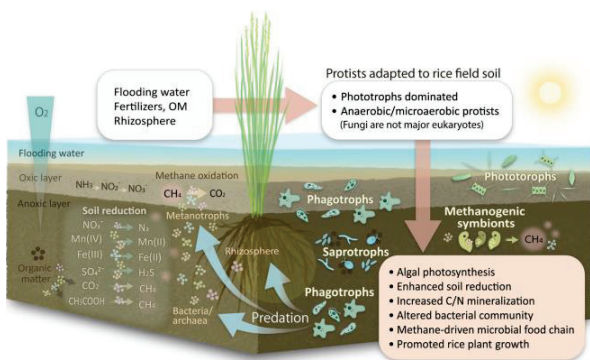
そこで、本レポートでは、「農林水産業のCO₂ゼロエミッション化」に資する水田由来のCH₄の発生抑制に係る最新の研究について、名古屋大学大学院生命農学研究科フィールド科学教育研究センターの村瀬潤教授にヒアリングした。

4. 水田由来CH₄の抑制に関する研究

農林水産分野における主なCH₄発生原因は反芻家畜と水田に由来する。

図9に水田土壌中におけるCH₄発生の様式図を示した。CH₄は土壌中で限られた酸素供給の下、

図9. 水田におけるCH₄発生メカニズム



出典：Murase J. and Asiloglu R. 2023 Biol. Fertil. Soils.

嫌気性環境で発酵細菌とメタン生成古細菌の複雑な微生物叢により産生される。

その産生量は、酸素濃度、含水率によって大きく影響され、そのほか炭素源、酸化還元電位、pHなどによって影響を受ける。水田は湛水条件と落水条件を繰り返し、それに応じて土壌も酸化と還元の状態を交互に繰り返している。水田由来のGHGは全体の5%を占めると推定されている。

還元条件下（酸素が供給されない）にある水田土壌中で生成されたCH₄は、表層および植物の根圏に存在する酸素により酸化されるため、CH₄生成と酸化のバランスがCH₄の放出を制御する。

排水し、土壌表面を空気に触れさせることで酸素が供給され、CH₄の生成を抑制する。土壌や気象条件等により頻度や期間が異なるが、「中干し」と呼ばれる、水田への入水・落水を適切に繰り返すことで4～5割のCH₄を削減できることが確認されている。

また、CH₄生成の元となる、稲わらなど有機物の賦存量を制御することでもCH₄を抑制することができる。稲わら等を堆肥やバイオ炭にしてから水田に投入することでもCH₄の生成が抑制されるが、土壌中の有機物は栽培における稲への養分供給源としての役割もあるので、生産性とのトレードオフの関係もあり、注意を要する。

さらに、硫酸根肥料、藍藻類の利用、鉄鋼スラッグの活用、新品種の導入や土壌微生物の活用など、今後実用化に向けた技術開発が進んでいる。

土壌は陸上最大の有機炭素の貯留の場であり、土壌有機炭素の維持・増進はCO₂の固定および持続的な食料生産を実現する上でも重要である。

植物の根は土壌微生物に特徴的な生育環境を提供し、植物の根圏に住む微生物群集は植物の成長に影響を与える。村瀬教授はこの根圏における微生物群集のはたらきについて研究している。

図10. 水田におけるCH₄発生抑制の技術

技術の区分	主な内容
水管理	○栽培期間中の水田の水管理（中干し、断続的注排水等） ○植付前の圃場の水管理
有機物による補正	○稲わらの水田からの持ち出し ○稲わらのすき込みから湛水までのインターバル確保 ○たい肥化した稲わらの施用 ○バイオ炭の施用によるCH ₄ 低減の可能性
肥料等による補正	○硫酸根肥料の施用 ○アソラ・藍藻類等の施用 ○硝化阻害剤、二価鉄・シリカを含む鉄鋼スラッグ等の施用
植付および栽培管理	○直播 ○乾田期間の確保、畑作物との輪作 ○イネ強化農法（低投入・疎植・間断灌水等）
イネの品種の選択と育種	○メタン抑制に係る生理的・形質的特徴の把握
稲わらの燃焼利用	○稲わらの野焼き ○稲わらのたい肥・エネルギー利用
新たな技術の可能	○植物成長促進根圏細菌の利用 ○遺伝子導入（オムギ遺伝子等） ○微生物燃料電池

現在、水田由来CH₄発生抑制に最も効果的な方法は栽培期間中の水管理である（図10）。水を張ったままの水田は土壌が還元状態にあるが、適度に

写真2. 村瀬潤教授の研究室にて



特に、原生生物による捕食作用は、細菌・糸状菌の群集構造や活性に影響を与える重要なファクターであるが、原生生物は、病原性生物や土壌中の養分代謝に関わる微生物とは異なり農業関係試

験研究機関ではあまり注視されてこなかった。

CH₄はメタン酸化菌により消費される。土壌にはメタン酸化菌を捕食する原生生物が一定の密度で存在することが確認されている。原生生物の捕食作用は餌細菌の密度を抑える一方でその活性を増大させることが知られており、この微生物叢を上手く制御することによりCH₄の大气放出を抑制する可能性がある。

水田土壌中における原生生物のはたらきについて研究が始められたところで、今後は安定同位体プロービング^(※2)やメタバーコーディング^(※3)を含む新しい分子生物学的解析手法の利用によってそのメカニズムの解明が進められているところである。

5. 終わりに

持続可能な農業生産を実現するためのイノベーションは、生産現場で起きていることの「見える化」と、科学的エビデンスを付与した「現象の解明」が、車の両輪のごとく一体となって進歩していく中で実現できると考える。

農業分野の場合、1年1作だと試行錯誤の繰り返しのサイクルに1年を要し、事業化までに時間がかかり、天候などの不確定要素も大きい。それでも多くのVCが食農分野を重視しており、成長期待は強い。

現在、大学における研究課題は、短期的な成果や実現可能性を強く求められている面があるが、官民を挙げたベンチャー支援に加えて、大学・研究機関による異分野・広域連携や、先行事例の情報共有など、イノベーションを醸成する風土の醸成が必要である。

サグリの田中CTOの例が示すように、人的なネットワークが極めて重要であり、人と人のマッチングが成否の鍵を握る。村瀬教授らが研究しているメタンの排出に関しては、水田稲作に関する

日本の技術蓄積は他を圧倒しており、シーズとして認識が深まれば、日本の大学発スタートアップにとっては大きなチャンスである。

(※2) 安定同位体プロービング (SIP) 法とは、自然界にはほとんど存在しない、¹³Cなどの安定同位体 (識別可能な元素) でマーキングした物質を添加して一定期間培養し、DNAをはじめとする微生物の生体成分を解析することにより、安定同位体を同化した、すなわちマーキングした物質を利用した微生物群集を解析する実験手法のこと。複雑な環境微生物群から実際に機能している微生物を明らかにする手法として有効である。

(※3) メタバーコーディングとは、土壌中のDNAを網羅的に解析することで、そこに存在する微生物を推定する手法であり、微生物群の構成を解明する手法として有効である。