

授賞業績

## 食糧安全保障強化と気候変動緩和のための 持続的土壌管理手法の確立

ラタン・ラル 博士

1944年9月5日生まれ(74歳、米国)  
オハイオ州立大学 特別栄誉教授／炭素管理・隔離センター センター長

### 概要

土壌は、食糧生産だけでなく、炭素隔離、環境浄化、物質循環、生物多様性の維持など環境保全にも重要で幅広い機能をもっています。ラル博士は、アフリカのサブサハラ地域で、「不耕起栽培法」によって、土壌侵食を防ぐとともに生物生産を安定化できることを実証し、その普及に努めました。通常の農業では土壌を耕すのに対し、土壌を耕さないことを基本とする不耕起栽培法は、ラル博士が土壌有機物の流出メカニズムに着目することで確立したものです。この成果を踏まえて、ラル博士は土壌と地球環境問題の関係の研究に歩を進めました。地球規模の炭素循環を解析した結果、土壌を適切に管理すれば、土壌が炭素を隔離し、大気中のCO<sub>2</sub>を減少させるだけでなく、土壌が肥沃になり食糧生産も向上することを見いだしました。そして、ラル博士は、適切な土壌管理の重要性を国際社会に訴え続けた結果、その理念は、「フォーバーミル・イニシアチブ」という土壌保全の国際的な取り組みとして政策化され、国連の持続可能な開発目標(SDGs)の推進とも密接に関わっています。

### 人類は土壌を痛めつけてきた

土壌は長い時間をかけてつくられます。例えば、山崩れが発生した直後、地表は岩石に覆われます。その岩石は風化してしだいに細かくなり、砂に、さらには粘土へと変化していきます。その一方で、植物が少しずつ増えていき、枯れた植物を微生物が長い時間をかけて分解し、「腐植」と呼ばれる有機物ができあがります。粘土と微生物や腐植が団粒をつくり、安定した土壌となるまでには、数百年以上もの時間がかかります。

人類が農耕を始めて以来、土壌は人為的な変化にさらされるようになりました。土壌を耕すと酸素の供給が増えて微生物の活動が活発になり、有機物の分解が進みます。そして、分解された有機物が栄養となって、農作物が育ちます。つまり、農耕とは、本来は長い年月をかけて土壌中に蓄積された有機物を取り出して、農作物に変える営みなのです。人類は、農業の経験を重ねる中で、肥料の使用などにより生産性を上げてきましたが、それは土壌中の有機物の減るスピードが速くなることです。

実は、地球全体を平均すると、土壌の厚さは30~40cmほどしかありません。そのわずかな土壌が、70億人を超える人類の食糧を生み出しています。現在のようなスピードで、土壌中の有機物をどんどん使ってしまうと、増え続ける人類の食糧をまかないきれなくなる恐れがあります。

さらに、土壌中の有機物は最終的にはCO<sub>2</sub>となって、大気中に放出されます。産業革命直前の1750年から2017年の間に大気へ放出されたCO<sub>2</sub>は、森林伐採など人為的な土地利用変化によるものが235±95ギガ(10億)トン(炭素換算)で、化石燃料の燃焼とセメント生産による430±20ギガトンの半分近くにも及んでいます。\*

このように、土壌は、食糧生産と地球環境に大きな影響を与えています。ラル博士は、こうした観点から土壌の管理の重要性に着目し、大きな業績を2つあげました。

### 「耕さない」農業が土壌を守る

ラル博士の1つ目の業績は、土壌侵食に悩むアフリカのサブサハラ地域で、土壌有機物を安定な状態に保ち、作物の生産量を上げる方法として、土壌を耕さないことを基本とする「不耕起栽培法」を確立し、それを世界に普及させたことです。

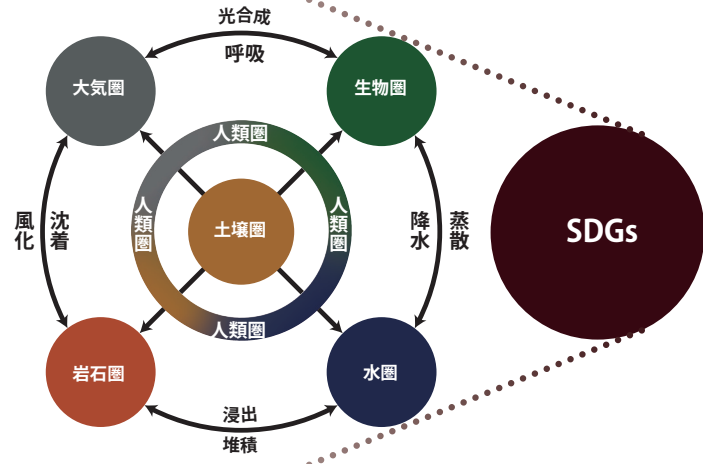
ラル博士はインドに生まれ、パンジャブ農業大学を卒業し、インド農業科学研究所から修士号を得た後、米国に渡り、1968年にオハイオ州立大学から博士号を得ました。1970年に、ナイジェリアにある国際熱帯農業研究所(IITA)で研究を始めたラル博士は、土壌の侵食という問題に取り組みました。当時のサブサハラ地域では、森林伐採や耕作に重機が使われて土壌が劣化し、雨や風で侵食が起りやすく、作物が十分に生育しない状況でした。

土壌物理学を専門とするラル博士は、雨粒のサイズ分布や運動エネルギーなどを詳しく調べ、土壌侵食が起こる条件を明らかにしました。また、マルチ(土壌表面を覆う方法)による土壌侵食防止効果も定量化しました。そして土壌を耕すと、土壌侵食が起りやすくなるだけでなく、土壌表面の温度上昇や雨粒の影響で土壌中の団粒がこわれやすくなり、土壌有機物が失われるというメカニズムを明らかにしたのです。こうした解析に基づき、土壌侵食を防ぐとともに生物生産を安定化させる方法として、ラル博士は不耕起栽培法を考案しました。徐々にスケールをあげながら栽培試験を繰り返し、農家に受け入れられるだけの生産量を上げられるまでに手法

を洗練させていきました。

その方法は、①森林を伐採する際に表面土壌と根や切り株を残す、②伐採後すぐに被覆作物(マメ科の植物など)を育てる、③被覆作物が枯れたところに目的の作物の種をまく、というものです。枯れた被覆作物は、土壌侵食を防ぐとともに、目的の作物のマルチや堆肥になります。

「耕さない」という逆転の発想で、土壌の侵食を防ぎ、作物の生育を向上させたラル博士は、不耕起栽培法を広めるべく、故郷であるインドや、ブラジル、オーストラリアなどに自ら出向きました。また、世界各国からIITAに集まる研究者に、不耕起栽培法を教え、不耕起栽培法は、世界中で使われるようになりました。土壌物理学という学問の成果を、実際に使える栽培法にまで発展させたところが、ラル博士の大きな業績です。



SDGs との関係から見た土壌圏と地球の生態圏の関係。土壌圏は中心にあってすべてとかわりをもち、SDGsの達成に大きな役割を果たす。"Soil and Sustainable Development Goals" Catena soil sciences publications edited by R. Lal et al. の Fig.15-2 をもとに作成

## 土壌に炭素を隔離する

1987年、オハイオ州立大学の教授となったラル博士は、IITAでの20年近くの研究を前提に、土壌と地球環境問題の関係について研究を進め、食糧生産と地球環境の保全という大きな問題の解決には、土壌の適切な管理が重要であることを明らかにしました。それだけでなく、この学問的な成果が社会に定着するように、土壌の適切な管理の実行を訴え続け、ついには、国際的な取り組みの実現にまでつながりました。これが、ラル博士の2つ目の業績です。

土壌に含まれる有機物は、見方を変えれば、炭素を土壌中に隔離していることとなります。ラル博士の推定によれば、土壌有機物として存在する炭素は1550ギガトンで、土壌無機物として存在する950ギガトンを合わせると2500ギガトンとなります。これは、大気中に含まれる炭素(800ギガトン)の3倍以上、植物として存在する炭素(560ギガトン)の4.5倍です。

土壌という巨大な「倉庫」に炭素をもっと閉じ込められれば、大気中のCO<sub>2</sub>の増加を抑えることができ、地球温暖化の緩和につながると考えられます。また、農業による土壌有機物の減少を食い止めることができ、食糧生産の向上も期待できます。さらに、水質汚染の軽減や、生物多様性の保全などの副次的効果も期待されます。炭素の隔離法には、技術的な難しさやコスト、環境への悪影響などの問題のあるものが多いなかで、土壌の管理は比較的簡単で安全かつ安価な方法であり、優位性は高いのです。

そこで、ラル博士は、地球上の炭素の循環をデータに基づいて解析するとともに、土壌と環境や農業生産との関係を詳しく考察し、土壌をどのように管理すれば、炭

素の隔離量を増やせるかを研究しました。そして、その成果を2004年にScience誌に発表しました。

この論文では、土壌侵食地域での不耕起栽培法だけでなく、さまざまなタイプの土壌の適切な管理方法が提案されており、これらによって世界中で毎年0.4~1.2ギガトンの炭素を土壌に隔離できると推計しています。

ラル博士はこの論文の発表後、関連諸学会、各国政府機関、国際機関で委員を務め、講演を行い、対策の実行を訴えてきました。この熱意はついに実を結び、2015年にパリで行われた気候変動枠組み条約第21回締約国会議(COP21)の際に、「全世界の土壌炭素を毎年4/1000(フォーパーミル)ずつ増やそう」という取り組み(フォーパーミル・イニシアティブ)が始まりました。この目標が達成されれば、化石燃料の燃焼などによる増加分が相殺され、大気中のCO<sub>2</sub>の年間増加量がほぼゼロに抑えられると計算されており、2016年のマラケシュでのCOP22で採択されたAAAイニシアティブ(アフリカ農業の気候変動への適応の取り組み)にも反映されています。

さらに、ラル博士の理念は、2015年に国連が策定した「持続可能な開発目標(SDGs)」の全17項目のうち、4つ(目標1: 貧困をなくそう、目標2: 飢餓をゼロに、目標13: 気候変動に具体的な対策を、目標15: 陸の豊かさを守ろう)の達成に貢献することが期待されています。

サブサハラ地域の土壌侵食を食い止める研究からスタートし、地球規模の食糧問題と環境問題の解決に資する活動にまで発展させたラル博士は、一貫して土壌の重要性を社会に伝え続けてきました。その熱意と探究心はとどまるところを知らず、最近では都市と土壌の関係に研究を進めています。

※国連気候変動に関する「グローバル・カーボン・バジェット2018」による。