

# 本 棚

後沢 昭範

## 「土 地球最後のナゾ」

藤井一至著

光文社、2018年8月発行、219ページ、920円



ことの発端は…

人口扶養力の視点から、世界の土壌を俯瞰的に捉え、スコップ片手に、自らの足で確認して歩くというユニークな1冊をご紹介します。

国連の『世界人口予測（2017年版）』によれば、現在の76億人が、2100年には112億人…。対して、我々が食料の95%は、陸地の土壌から産まれたもの。

では1人当たり、如何程の土地で養われているのか。穀物収穫面積で見ると、50

年前は1人当たり20a程度、その後の人口増加（約2倍）で、今や10aと半減…。この間、農地の開発も進みましたが、一方で、砂漠化を含む壊廃と転用で相殺されて然程増えず、品種改良・施肥・防除・土壌改良・灌漑・排水等の技術改良や基盤整備による単収増（約2倍）で稼いで来ました。しかし、頼りの単収も近年は伸び悩みです。

一方、土地の生産力は、地理的条件も含め、土壌の種類によって大きな差があります。ならば、何処の、如何なる土壌に、更なる食糧増産の可能性を見出し得るのか。著者は“人口100億人時代”の到来に備えるべく思いを巡らし、世界の土壌を検証します。

本書は…

副題は「100億人を養う土壌を求めて」と壮大です。構成も「1.月の砂、火星の土、地球の土壌」、「2.12種類の土を探せ!」、「3.地球の土の可能性」、「4.日本の土と宮沢賢治からの宿題」と、かなり個性的です。コンパクトな新書版ですが、随所の写真はオールカラーで、土の状況がよく分かります。

著者は、(国研) 森林研究・整備機構 森

林総合研究所の主任研究員。現場に足を運び、“土の成り立ちと持続的な利用方法”の研究を続けています。学会賞も多く、著書に、以前ご紹介した『大地の5億年』があります。

### 肥沃な土壌は地球だけ

ところで、“そもそも土壌とは何か…”ですが、複雑な自然物でもあり、学術的な定義は国際的にも漠とした記述に留まっています。簡単に言えば“地殻の表層に存在し、岩石の風化物と生物の遺体やその分解物等の有機物が混じって生成したもので“植物をはじめとする生物を養い、物質の保持や循環等の機能を持つ”という辺りでしょうか。

土壌は“母材の種類、堆積様式、地形、気候、植生等の影響を受けながら、長い年月を経て生成されたもの”です。そして、岩石の風化物である粘土と、生物の分解物である腐植の存在が“肥沃な土壌”のポイントとなります。

SFでは、月や火星への移住とか、巨大ドーム内の作物栽培等が登場しますが、大気も水も無く、生物もない月や火星の表面は、岩や砂ばかりです。月は地球とルートが一緒なので、岩石の成分は殆ど同じですが、風化が進まないの粘土も殆ど無く、腐植もありません。火星は、かつて存在した大気と水による風化で、粘土（赤い酸化鉄鉱）はあるものの、腐植はありません。食料を安定的に生産出来る“肥沃な土壌”の存在は地球だけの様です。

### 世界の土は12種類

土壌の分類は目的によって異なります。日本の例で見ても、典型的には、土木建築の支持基礎や材料として、物理性を重視する工学的分類（「地盤工学会基準」等）と、作物の生育基盤として、構造や構成を重視する土壌学的分類（「農耕地土壌分類」等）があります。

「農耕地土壌分類」では、上位から〔24土壌群⇒77亜土壌群⇒204土壌統群⇒303土壌統〕に分け、土壌図でそれらの分布を示し、作物の適地判断や土地生産力の評価、施肥設計等に活かします。

今回、著者は視野を世界に広げ、米国農務省の土壌分類「Soil Taxonomy」を使って、地球上の土壌全てを対象に、大きく12種類に分けて俯瞰します。この分類は、大雑把に言えば、「未熟土」を出発点に、母材と生成過程（気温〔寒冷～温暖（熱帯）〕、降水量〔乾燥（草原）～湿潤（森林）〕と時間軸〔土壌化の進行度合〕）、結果としての特徴を組み合わせて大きく括ったものです。世界の代表的な土壌の分布、それらの成因と特色がよく分かります。

### 土はカラフル、それには理由が

具体的には、「未熟土」、「若手土壌」、「永久凍土」、「砂漠土」、「チェルノーゼム（黒土）」、「粘土集積土壌」「ポドソル」、「泥炭土」、「ひび割れ粘土質土壌」、「黒ぼく土」、「強風化赤黄色土」、「オキシソル」の12種類です。（※名称の一部は、敢えてイメージし易い和訳になっています。※これらは

「Soil Taxonomy」の最上位の区分〔目Order〕です。詳細には、更に〔⇒亜目⇒大群⇒亜群⇒ファミリー⇒土壌統〕と細分類されます。）

見れば、表層・断面ともに個性的でカラフル。腐植は黒、砂は白、粘土は黄～赤で、土の色は、腐植・砂・粘土のバランスと粘土の種類によってほぼ決まり、世界各地の原風景のベースとなります。

このため、世界各国の児童画を見ても“土の色”は実に様々です。日本では“黒色～焦げ茶～黄土色～灰色”辺りが多いのですが、アフリカ中央部では“赤”、中国黄土高原では“黄”、スウェーデンでは“白”…。土の色は、子供達の脳裏にしっかり刻まれています。

### 地図上に、土と人を重ねると…

世界地図上に、12種類の土壌と降水量、気温、更に人口密度を重ねると、土壌の肥沃度と水の豊富さと気温…要は“土地生産力の高さ”と“人口密度”が見事に一致します。

当然と言えば当然ですが、“土・水・温度”何れも必要条件です。“土壌は肥沃なのに人が少ない地域は水不足、雨は多いのに人が少ない地域は土壌が不良、また、何れにせよ極寒地帯はどう仕様もない…”という姿が浮かび上がって来ます。なお、乾燥していても人が多い地域には大河が流れています。“気温はコントロール不可、乾燥地の灌漑にも限界…”となれば、頼りは土壌です。

ちなみに、土壌の種類との関係で人口分布を見ると、12種類の土壌の内、その半数で、世界人口の大部分を養っていることが分かります。

古来、豊かな土地（土壌）を求めて民族の移動と攻防が繰り返されて来たのも“故あること”と実感出来ます。今日は形を変え、食糧確保のために国外の肥沃な農場を戦略的に買収する“Global Land Rush（世界農地争奪戦）”が起きていますが、これもまた深刻な問題です。

### 土の可能性を求めて

著者は“肥沃な土地を奪い合うより、肥沃でない土地（土壌）を肥沃に変える方が良策…”と、世界各地を回り、12種類の土壌を自らの目で確認し、改良と開拓の余地を探ります。

実態として、先進国が多い温帯地域には開拓の余地が殆ど残っていませんが、“途上国が多い熱帯地域には、まだまだ余地がある”と見ます。

ただ、熱帯地域でも、肥沃な土地（土壌）は既に開拓済みで、残るのは貧栄養で扱いにくい土壌地帯ばかりです。そう言えば、食糧増産に成功した「緑の革命」も“水が豊富で肥沃な土地（沖積土）”が中心でした。扱いにくい貧栄養土壌…アフリカや南米の赤い「オキシソルOxisol」や東南アジアの「強風化赤黄色土Ultisol」等は埒外だった様です。

「オキシソル」の問題は“強い酸性と強いリン酸固定力”です。数少ない改良の例と

して、ブラジルの“セラードの奇跡”が有名です。日本を含む外国資本が中心となって、サバンナの広大な草原を牧草地や畑に変えましたが、一口で言えば、大プランテーションを形成して、大量の石灰肥料で酸性を中和し、リン酸固定力を上回るリン酸肥料を投入するもので、お金も掛り、しかも対象は輸出用の農畜産物（肉牛・大豆・トウモロコシ）です。

著者は“途上国の人々が、効率は悪くても、あまりお金を掛けずに食糧を自給する方途がないか”と、インドネシアはボルネオ島の焼畑地帯に行き着きます。

此処の「強風化赤黄色土」は熱帯各地に広く分布しますが、この土の問題は“強い酸性とアルミニウムの溶出”です。厄介な土ですが、著者は地元大学と共同で調査区を設け、自生する植物の根の働きと、繁茂した茎葉の土壤還元によって、誠に徐々にですが、肥沃度を高めることに目途を付けつつあります。

その方法は、ある意味では、人間の営みのペースをも調整しながら、ゆったりとした土壌の生成過程をなぞって、それを上手に持続的に加速させている様に見えます。

## 日本の土は

目を転じて我が国の土壌ですが、米国流の12分類で見ると、大括りに、“山には「若手土壌（褐色森林土）」と「未熟土」、低地にはその堆積物から成る「未熟土」、緩傾斜地や台地には「火山灰土（黒ぼく土）」が広がります。何れも縄文時代以降の1万

年間に出来た新しい土です。新しい土には栄養分を供給出来る鉱物が多く残っています。火山の噴火や地震があり、傾斜地が多くて雨も多く、植物も盛んに繁茂する…となると、土壌の生成も早くなります。

これに対し、例えば、アフリカ中央平原の地質は5億年以上の古さです。岩盤は安定し、雨も少なく…で、土壌の生成も“1000年掛けて1cm程度”と極々緩やかです。極端な長期風化を受けた土には、栄養分を供給する新しい鉱物が残っていません。風化は岩石を土壌化する重要な過程ですが、度が過ぎれば老化した貧栄養土壌になってしまいます。著者は“新戦力の獲得に失敗した野球チームの様なもの”と言います。成る程、言い得て妙です。

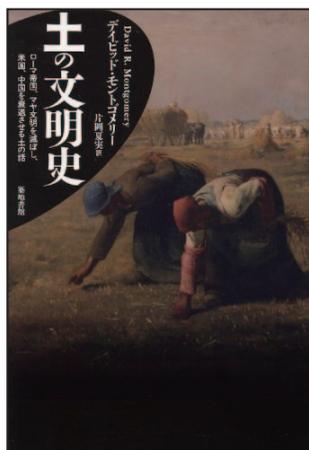
世界レベルで俯瞰すると、日本の土壌は、施肥や土壌改良、基盤整備でカバーもしていますが、“相対的には恵まれている方だ”ということが分かります。

著者の挑戦的・実践的な調査と研究はまだまだ続きます。それにしても、著者の調査活動は、国内は未だしも、海外では、スコップの機内持ち込みを拒まれ、穴を掘る怪しい輩と咎められ、採取した試料（土壌）は税関で怪しまれ…と、苦労が尽きません。この辺りの話…、内容は学術的なのに、随所で頬を緩ませながら読み進むことになります。

読み終えると、足元の土が貴重な資源に見えて来ます。ポーッと踏んでいると叱られる…？

## 「土の文明史」

ディビッド・モントゴメリー著 片岡夏実訳  
築地書館、2010年4月発行、338ページ、  
2,800円



### 土が支配する文明の寿命…古代文明の盛衰

出版は少々前ですが『土の文明史』⇒『土と内臓』⇒近著の『土・牛・微生物』と続く3部作の第1作です。何れも土という切口から人類・文明・環境を論じ、持続性への途を手繰るものですが、特に、ご紹介の第1作(原作名Dirt: The Erosion of Civilizations)は、副題を「ローマ帝国、マヤ文明を滅ぼし、米国、中国を衰退させる土の話」とある様に“数千年に亘る文明の興亡と我らの未来”を“土との関わり”から論じる大作です。

構成は〔1.泥に書かれた歴史〕、〔2.地球の皮膚〕、〔3.生命の川〕、〔4.帝国の墓場〕、〔5.食べ物にされる植民地〕、〔6.西へ向かう鋤〕、〔7.砂塵の平原〕、〔8.ダーティ・ビジネス〕、〔9.成功した島、失敗した島〕、〔10.文明の寿命〕の10章立。

著者David R. Montgomeryは米国の地質

学者で、ワシントン大学 地球宇宙科学科・地形学研究グループの教授です。本書は2008年のワシントン州図書館賞を受けています。

### 常に迫られる農地の拡大…喰わせ…やがて衰退へ

著者は“土が文明の寿命を決定し、土を使い尽くした時に文明は滅亡する”と説きます。

何万年もの間、人類は狩猟採集の小集団に分かれ、気候変動による植生の変化に連れ、活動範囲を変える野生動物を追って移動を繰り返して来ました。1万年程前になると、徐々に採集植物を栽培品種化し、野生動物の一部を家畜化し、水と肥沃な土のある場所に定住し始めたときれます。農耕による食糧増産で人口は増え、職業が分かれ、階級が生まれ、村から町へ、都市へ、更に帝国へと発展して行きます。

人口の増加と食糧の増産は、どちらが先か“鶏と卵”の関係ですが、ともかく、常に更なる農地の拡大を迫られ、その拡大によって、国なり文明が興隆し、やがて土の衰えが、それらの衰亡を招いています。本書から見てみましょう。

### 中近東では…メソポタミアを始め…

中近東では、例えば紀元前1800年頃の古代メソポタミアは、灌漑によって農地を広げ、大いに繁栄しましたが、乾燥地帯のため〔降水量+灌水量〕より〔蒸発散量〕が多く、土壌に塩類が集積してしまい、遂

には耕作不能となって放棄されます。

更に凄まじかったのが土壌侵食です。人口の増加に伴って低平地の農地だけでは食糧を賄えなくなると、周辺傾斜地の森林に手を付けます。建築や造船の用材、燃料需要も背景に、次々と伐採し、跡地を耕して小麦や大麦等の栽培を広げます。

しかし、傾斜地で剥き出しになった上、耕起された土は激しい侵食に晒されます。時を掛けた変化ですが、最終的に、傾斜地の畑は岩盤が剥き出しになって放棄され、更に、流れた土や吹き飛んだ土は河床や用水路に堆積し、低平地の畑を埋め、遂には都市をも呑み込み、港も埋めて行きます。古代の用水路の上に10mも堆積していたり、かつて栄えた港町が今や200km以上も内陸になってしまった例さえあります。

### 地中海沿岸では…ギリシャ・ローマも

ギリシャやローマが栄えた地中海沿岸も、森林伐採と傾斜地の耕起、羊の過放牧が土壌侵食を招き“石灰岩が剥き出し、辛うじて土の残った畑にはオリーブと葡萄…”という、今日、お馴染みの景観に至ります。

ギリシャ時代の記録では、地中海沿岸は一面の麦畑…。また、今では砂漠ばかり目に付く北アフリカ沿岸も、かつては豊かな穀倉地帯で、ローマ市民への穀物供給を担っていたとのこと…。3度のポエニ戦争でカルタゴを破ったローマ軍はカルタゴの復活を恐れ、最後には周辺の土地に塩を敷いて不毛化したとの話も伝えられています。

土壌断面を調べると、更に古い時代の地中海沿岸は森林に覆われていたことが分かります。今では、想像し難いのですが。

### 新大陸でも…例えば古代マヤでも

また、あまり知られていませんが、紀元前から栄えたマヤ文明も、同じ様な経過を辿ったと言われます。当初は、一定年限で移動する焼畑農業でしたが、人口が増えて都市が出現すると土地に余裕がなくなり、全面を畑地化してトウモロコシ等の連作を始めます。熱帯雨林地帯のユカタン半島の表土は薄く、簡単に侵食されます。都合の悪いことに家畜がいなかったので厩肥も無く、生産力は急速に落ちて行きます。

それを補うために、更に低湿地や急傾斜地まで畑を広げて行きます。一部の傾斜地では、遺跡にも残る“水路付の見事な階段畑”も作られましたが、多くは傾斜畑のまままで耕されて表土は流れ、低湿地には土砂が堆積し、何れも耕作が難しくなって放棄されて行きます。

密林の中に忽然と現れる異様な古代遺跡群の様に見えますが、その地域の土壌断面を調べると、かつては耕されていたことが分かります。人々が居なくなって1000年、森林に還るにつれて土壌の再生が始まり、今の姿になっています。

### 時代は下り、開拓時代のアメリカも

これは古代に限った話ではありません。例えばアメリカ。西部劇でお馴染み、新天地を求めて西へ西へと進む幌馬車隊。開拓

者と言っても、その多くは東部からの移住農民です。

ヨーロッパから東部海岸に入植した人々は、まず農場を拓きましたが、何年かの収奪的な連作の末、土壌が劣化して作物が出来なくなると、新たな土地を求め、更に内陸部へ移住して原野を開墾し、また連作して…。この繰り返しです。1700年代にアメリカを旅行した多くのヨーロッパ人は、“畑に厩肥を施さない、いわば使い捨て農法”に驚いています。

問題は、一方的な収奪による地力の低下もありますが、特に深刻なのは、此处でも“侵食による土そのものの喪失”でした。本来、定住するなら、既存農地の“土づくり”と“侵食対策”が不可欠ですが、当時は、新しく農地を拓いた方が簡単で安上がりだったのです。

しかし、風の強い半乾燥地帯、剥き出しの耕土は、時を経ずして強風で飛ばされ、また、水食でガリ（Gully）だらけになります。冬場に雪で覆われない南部では、特に顕著でした。この状況はフロンティア（西部の開拓地）が無くなる1890年頃まで続きます。

### 土壌侵食は“国家的脅威”に

フロンティアが無くなると、農民各自による土地（土壌）の適切な管理が必須になります。危機感を持った政府は専門部署を設けて、土壌侵食の調査や研究、農民のための土壌保全展示プログラム（等高線耕作、被覆作物の栽培、輪作、マルチング、厩肥

の投入etc.）等の支援対策に取り掛かりますが、なかなか追い付きません。

1900年代になると、第一次世界大戦による小麦の高騰と技術的にはトラクターやコンバインの発達を背景に、それまで放牧地だった半乾燥の大草原（Great Plains）に鋤を入れて芝を剥がし、広大な小麦畑へと変えて行きます。そこで起きたのが“ダストボール”で知られる1930年代の大砂塵。たった1日で、表土を全て失う農地もあったそうです。

土壌侵食を“国家的脅威”と捉えた政府は、1935年に「土壌保全法」を定め、農務省に「土壌保全部」を設置して“侵食対策”を強化します。当時、荒廃して放棄してしまった農地は既に2,000万ha。更にその2～3倍の面積が4～20年毎に3cmのペースで表土を失い続け、畑地の3/4で“土壌が生成されるより速く失われていた”とも言われます。

1970年代には、ソ連の穀物輸入等で穀物価格が高騰し、コーンベルト地帯を中心に過剰な作付（耕起）が行われて土壌侵食が激化します。続く1980年代は、今度は、穀物価格が低迷して農業不況に陥り、土壌の管理が疎かになって、これまた侵食が激しくなります。

この頃、アメリカでは、毎年40億tという凄まじいペースで土壌が失われており、“独立から2世紀で表土の1/3を剥ぎ取ってしまった！”と言われます。このまま行くと“残り1世紀で、アメリカの表土が無くなる！”と危惧されました。

## 今も続くアメリカの土壌侵食

その後の推移を、本書以外の資料の情報も交え、追ってみましょう。

この様な状況を背景に成立した「1985年農業法」。ここで長期の「土壌保全留保計画」が定められ、農業者に対しては、“作物価格支持等の受給資格”として“土壌保全の履行”が義務付けられました（Cross Compliance）。

また、「低投入持続型農業」（Low Input Sustainable Agriculture: LISA）が推奨され、土壌侵食を軽減する“不耕起栽培”も、その一環です。日本で言う「環境保全型農業」と思想的にはほぼ同義ですが、殊“土壌侵食”という面では、温帯モンスーン地帯に位置し、雨が多くて常に地面が湿り、直ぐに緑が茂って地面を覆ってしまう日本と比べ、アメリカのそれは遙かに深刻であり、政策上も、その軽減が最重点課題の一つとなっています。

その後、1994年、「土壌保全局」は、施策の対象を“水・大気・植物・動物”まで広げ、「自然資源保全局」に改組して今日に至ります。「2002年農業法」では“持続的環境保全と経済性を両立させ、強い農業を将来にわたって維持する”ことを目標に掲げ、“環境保全対策”の中に“土壌保全”も位置付けています。現在は「2014年農業法」ですが、「次期農業法」の検討が急がれます。

なお、侵食によるアメリカの土壌喪失ペースは、近年、年間15億t程度に押さえられている様ですが、それでも、まだ土壌の生成速度をかなり上回っています。

## 土壌は“必須の相続財産”

さて、目を転じてGDPランキング世界第3位の経済大国日本。巷には豊富な食品が溢れ“飽食日本”の声すら聞こえます。農地の少なさや食糧自給率の低さは耳にしても、輸入も含めた食糧確保の限界、海外も含めた農地確保の限界、まして“培地たる土壌の有限性に思いを巡らす”などということは、殆どなかったかと思えます。しかし、本書を読むと…、もしかすると私達の次の世代辺りでしょうか…、安穩として居られない状況が近づきつつあることを予感させます。

陸地は地球の表面積の3割弱。その岩盤を薄く覆っているのが土壌…。人の営みは全て土壌の上です。生成速度は遅く、しかも気象条件や地形条件、更には生態系バランス等々の制約があり、食糧生産に使える土地（土壌）は極めて限定的です。

現に、おおよそ陸地面積の1/10が作物生産に、1/4が放牧に使われていますが、何れも、これ以上の適地は殆ど残っていません。熱帯雨林の開発可能性も挙げられますが、これとて土壌は痩せて癖があって適地とは言えず、生態系保全上の大きな問題もあります。

著者は“土壌侵食が、土壌生成の速度を上回り続ける限り、農業が人口を支えきれなくなるのは時間の問題！”と警告します。そして、“私達の文明の寿命を延ばすためには、土壌を価値ある相続財産として扱うことに掛かっている”との言葉で、本書は締め括られます。

それでも、何れは限界が

ここで閉じれば「比較的穏当な締め括り」なのですが、本書からは、更に重苦しい現実と言うか、厳しい未来が見えて来ます。著者は“文明の寿命を延ばす”としか言っていません！

かつて、開発途上国の食糧危機対策として「緑の革命」(1940~60年頃)が一世を風靡し、多収品種の導入と農薬・化学肥料の投入、灌漑施設の整備等を組み合わせ、穀物の生産を飛躍的に増やしました。しかし、それでも飢餓は終わりませんでした。人口が並行して増えたからです。言葉は悪いのですが“人口増加と食糧増産のイタチごっこ”。著者は“緑の革命は時間稼ぎに過ぎなかった”と言い切ります。

しかも、この方法は、土壌から見れば、天然の土壌肥沃度から生み出し得る生産量を遙かに超える生産を強いるものです。人間で言えば、栄養剤等の補給はあるものの“過労死ラインを超える酷使状態”とでも言いましょうか。

著者は、今後の在り方として、土壌保全を核に“環境保全的で持続的な農業”への代替を説きます。それはその通りで、先ずは実行すべきことです。同時に、見えて来るもう一つの現実、そこでの生産も、何れ量的な限界から逃れ得ないのも事実です。

例えば、本書で評価している有機農業。確かに“農法それ自体としては持続性がある”のかもしれませんが、“生産性の面で、今の人口を養えるか”と言えば、それはとても無理でしょう。今いる人をあぶれさせる訳に

も行きませんし。

問題は、科学技術によって飢餓や疾病等の人口制限因子を外し、生物学的には、既に異常繁殖とも言える状態の人類…、しかも、途上国の多産少死を背景に、更に増えるとされる人口を何処まで扶養出来るのか…ということなのです。バイオテク等、更なる科学技術の進歩と導入による生産性の向上はあるとしても、何れ、限界が来るのは明らかです。

著者が漏らした重苦しい言葉、“最終的には、土壌の能力に合わせざるを得ないことになる…”が脳裏から離れません。

この事を分かっている、当面の人道的配慮や諸々の気遣い、特に国際的な場では紛糾のタネになるため、然るべき立場の人々も、口にするのを避けて来た“人口問題”が鎌首をもたげます。

本書でも、“かつて、ヨーロッパは飢餓問題を食糧の輸入と人間の輸出で解決した”と、歴史を振り返っています。厳しく言えば“植民地への侵略的な移民と、其処からの収奪的な食料確保”です。今日、EU諸国やアメリカに押し寄せる“アフリカや中南米等からの大量の不法移民や難民の報道”、過去の歴史と鏡文字の様に重なって見えて来ます。

ただ、当時の世界人口は、現在の1/10程度。まだ無限と思えた未開の地が広がっていたはず。満タン状態の今日、状況はかなり異なります。

読み進むほどに考えさせられます。時間の取れる時、是非、じっくりお読み下さい。