

[農環研報 39,
1-14(2018)]

Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management

持続可能な土壌管理のための自主ガイドライン

国際連合食糧農業機関 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)

前島勇治*・神山和則**・八木一行*** 訳

(平成 30 年 2 月 23 日受理)

First published in English as Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management
by the Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO) (2017)

©FAO, 2017

Japanese translation: ©Institute for Agro-Environmental Sciences (NIAES),
National Agriculture and Food Research Organization, 2018

Responsibility for the translation lies entirely with the Institute for Agro-Environmental Sciences (NIAES),
National Agriculture and Food Research Organization

本書は国際連合食糧農業機関 (FAO) から Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management
として英語で出版された (2017)。

© 国際連合食糧農業機関 (FAO), 2017

日本語訳: © 国立研究開発法人農研機構農業環境変動研究センター (NIAES), 2018
日本語訳の責任はすべて国立研究開発法人農研機構農業環境変動研究センター (NIAES) にある。

* 農研機構 農業環境変動研究センター 環境情報基盤研究領域 土壌資源評価ユニット

** 農研機構 農業環境変動研究センター 環境情報基盤研究領域長

*** 農研機構 農業環境変動研究センター 温暖化研究統括監

目次

日本語訳出版にあたって……………	3	3.2 土壌有機物含量の増大……………	9
序文……………	4	3.3 土壌の養分バランスと循環の適正化……………	9
1. はじめに……………	5	3.4 土壌の塩類集積とアルカリ化の防止、 最小化と軽減……………	10
1.1 背景および論拠……………	5	3.5 土壌汚染の防止と軽減……………	11
1.2 目的……………	6	3.6 土壌酸性化の防止と軽減……………	11
1.3 特徴と対象とする領域……………	6	3.7 土壌の生物多様性の保全と強化……………	11
1.4 対象となる者……………	6	3.8 土壌被覆の最小化……………	12
1.5 持続可能な土壌管理の定義……………	6	3.9 土壌圧密の防止と低減化……………	12
2. 持続可能な土壌管理を実現するための取り組み……………	7	3.10 土壌水分管理の改善……………	13
3. 持続可能な土壌管理のためのガイドライン……………	8	4. 本ガイドラインの普及、利用および評価……………	13
3.1 土壌侵食の最小化……………	8		

日本語訳出版にあたって

本書は、国際連合食糧農業機関（FAO）より2017年1月に出版された「Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management: VGSSM」を翻訳したものである。原著は、土壌資源の持続的管理を目的とする国際的なネットワークである「地球土壌パートナーシップ（Global Soil Partnership: GSP）」のもと、その政府間科学パネルである「土壌に関する政府間技術パネル（Intergovernmental Technical Panel on Soils: ITPS）」が中心となり、GSPの5つの活動の柱（ピラー）のうちのピラー1「持続可能な土壌資源管理の推進」の一環として作成された。

序文および本文にあるとおり、本書は、GSPの成果物である「改訂世界土壌憲章¹」と「世界土壌資源報告²」を補完するものであり、前者により提起された持続可能な土壌管理に向けた行動の原則を具体的に明示することにより、後者により明らかにされた世界の土壌劣化の脅威を軽減し、食料安全保障や地球環境保全に関する今日の課題克服に寄与することを目的としている。

この日本語訳を出版するにあたり、本書が、我が国の研究者、技術者、政策担当者だけでなく、全国各地での土壌管理に係わる方々に、「持続可能な土壌管理」の意義を確認し、それを実現するための行動指針を提供することにより、我が国の豊かな土壌資源を保全するための一助になることを切に願う。さらに、本書に示された問題解決策を進めるために、国際的な重要性を高めているGSPの活動に対する、ご関心とご協力を願ってやまない。

なお、本書の原文は、FAOのGSPホームページ³にてダウンロード可能である。また、日本語訳に当たっての参考情報（訳者注）は、すべて該当ページに脚注として示した。

訳者を代表して

国立研究開発法人 農研機構 農業環境変動研究センター
温暖化研究統括監
八木一行

1 <http://www.fao.org/3/a-i4965e.pdf>

2 <http://www.fao.org/documents/card/en/c/39bc9f2b-7493-4ab6-b024-feeaf49d4d01/>
（日本語訳：<http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/publish/bulletin/niaes35-3.pdf>）

3 <http://www.fao.org/documents/card/en/c/5544358d-f11f-4e9f-90ef-a37c3bf52db7/>

序文

人類は農業の大きな課題に直面している。気候は変化し、世界の人口は急速に増加し、都市は拡大し、食習慣は大きく変化し、土壌はますます劣化している。この急速に変化する世界において、飢えをなくし、食料安全保障と栄養を確保することが急務であり、持続可能な土壌管理を理解し達成することは、これまでになく重要な課題となっている。

実際、「持続可能な目標 (Sustainable Development Goals: SDGs⁴)」では、劣化土壌を復元し、土壌の健康を改善する必要性が提示されている。食料生産を支援するだけでなく、より清潔な水を貯蔵・供給し、生物多様性を維持し、炭素を隔離し、変化する気候の中で回復力を高めるためには、土壌の潜在能力を十分に育み、解き放つ必要があるという合意が広まっている。この目標のためには、持続可能な土壌管理を広く実行することが必要である。

土壌は、食料生産と多くの不可欠な生態系サービスの基盤である。持続可能な土壌管理は、食料生産の増加、食料の栄養素含有量の向上、気候変動への適応および緩和に寄与することが示されている。

したがって、土壌の保全と責任ある管理は、FAO の飢餓、食料不安、栄養失調の排除を支援するための中心的課題となっている。FAO 理事会は、土壌の農業と食料生産への不可欠な寄与を、その重要な生態系サービスへの寄与とともにより確実に認識するために、地域から地球規模までのすべてのスケールでの土壌管理と持続可能な開発を推進し、実施する意欲的なパートナーの連合として、GSP を 2012 年 12 月に設立した。それ以来、GSP は持続可能な土壌管理を促進するための積極的な活動を実施してきた。

GSP の下で、持続可能な土壌管理に向けた行動のための主要な原則とガイダンスを含む「世界土壌憲章⁵」が、過去 30 年間の主要政策と科学的発展に照らして、2015 年に改訂された。さらに、2016 年 12 月に開催された第 155 回 FAO 理事会において承認された「持続可能な土壌管理のための自主ガイドライン」には、施策と意思決定へ盛り込むために、「世界土壌憲章」において定められた上記の原則と行動がさらに詳細に示されており、その意味で「世界土壌憲章」を補完するものである。

本ガイドラインは、実務者を指導し、世界中の持続可能な管理下に置かれる土壌の面積を劇的に拡大するために必要な支援を生み出すのに、時宜を得て役立つと期待している。私は、本ガイドラインの作成を可能とした協力的かつ包括的な努力を称える。FAO は、本ガイドラインへの理解を強く奨励し、健全な土壌に向けた効果的な施策と行動を実施する上で加盟国を継続的に支援する用意がある。

国連食糧農業機関 (FAO) 事務局長
ジョゼ・グラジアーノ・ダ・シルヴァ

4 国連「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」の中核をなす、人間、地球および繁栄のための国際社会共通の目標。17 の目標と 169 のターゲットが掲げられている。

5 1982 年に FAO により策定された、世界の土地資源の最適利用、その生産性の改善、さらに将来世代のためのその保全の原則。

1. はじめに

「持続可能な土壌管理のための自主ガイドライン」（以下、「本ガイドライン」という）⁶は、GSPの枠組みの中でさまざまな関係者が参加するプロセスを通じて開発された。本ガイドラインは、幅広いステークホルダー（利害関係者）を対象として、持続可能な土壌管理（Sustainable Soil Management: SSM）に関する一般的な技術や政策提言を提供することを目的としている。本ガイドラインは、第4回GSP総会（ローマ、2016年5月25日）で採択され、第25回FAO農業委員会によって承認され（ローマ、2016年9月28日）、最終的には第155回FAO理事会によって承認された（ローマ、2016年12月6日）。

1.1 背景および論拠

土壌は、生態系と人類の生存に不可欠なサービスを提供しうることのできない、再生不可能な天然資源である。土壌は、作物、飼料、繊維、および燃料を生産するために必要不可欠な基盤であり、毎年数万km³の水を濾過し、浄化している。土壌は、また、炭素の主要な貯蔵庫として気候を調節するために重要な二酸化炭素や他の温室効果ガスの排出量を調節するのに役立っている。SSMは、持続可能な土壌管理の不可欠な構成要素であると同時に、貧困撲滅、農業・農村開発、食料安全保障の促進、栄養改善のための礎となる。

土壌は、地球上で最大の陸域の炭素プールであり^{1,2)}、世界の食料の約95%が土壌から生産される³⁾。SSMは、気候変動に適応するための有益なツールであり、生態系サービスと生物多様性を保全するための手段となる。土壌は生態系サービスを通して社会に計り知れない価値を提供しているため、SSMによってこれらのサービスが支えられ、増大され、その結果、投資に対する高いリターンが保証される。広くSSMを普及させることは多様な社会経済的便益を生み出す。このことは、特に、生計を

直接、土壌資源に依存している小規模農家や世界的規模の農業生産国に対して効果が大きい。

しかし、「世界土壌資源報告（Status of the World's Soil Resources: SWSR）⁷」や他の研究で示された新たな証拠は、世界の土壌の約33%が中度～高度に劣化していることを示している^{4,5)}。すなわち、これらの土壌では持続不可能な管理が行われていることが明らかとなっている。地球全体では、年間750億トンもの耕地土壌が失われていると推定されるが、そのための農業生産損失額は約4,000億米ドルに相当すると見積もられる⁶⁾。この損失は、同時に、炭素、養分および水を貯留・循環する土壌の能力を大幅に低下させる。侵食による穀物生産量の損失は、年間760万トンと推定されている。

世界の土壌の現状に対する懸念が高まっているが、ここに来て、GSPの設立、国連総会による国際土壌年（2015年）の宣言、FAOによる「世界土壌憲章」の改訂の採択に至った。より広い影響力を持つ2015年に採択された「持続可能な開発のためのアジェンダ2030（The 2030 Agenda for Sustainable Development）⁸」においても、土壌に関連する多くの目標が設けられた。すなわち、劣化土壌を回復すること、土地劣化ニュートラルな世界⁹を実現するために努力すること、徐々に土壌の質を改善し、土壌汚染を最小限にし、活力ある農業を実現することが目標とされている。SSMは、気候変動への適応と緩和、砂漠化防止や生物多様性の促進に向けた共同の努力に大いに貢献し、国連気候変動枠組み条約（UNFCCC）、国連砂漠化対処条約（UNCCD）、国連生物多様性条約（UNCBD）と緊密に関連している。

改訂された世界土壌憲章は、SSMの原則と行動の取り組みを政策指針へ取り込むことを呼びかけている。これに対し、GSPは、SSMを促進するというその全体的な目標に合わせて、本ガイドラインを策定することを決定した。

6 本ガイドラインは、“Voluntary Guidelines（自主ガイドライン）”とされているが、これは、FAO等の国連組織から公表されるガイドラインであり、国際条約等に基づく強制力のある取り決めではないことを強調するための措置である。

7 GSPとITPSによる土壌と土壌に関わる問題を地球規模で包括的に評価した初めての報告書。脚注2参照。

8 2015年9月25日の国連総会で採択された2030年までの持続可能な開発の指針を策定したもの。脚注4参照。

9 土地劣化ニュートラルな世界（land degradation neutral world）：土地劣化を抑制するとともに、劣化した土地を復元し、土地全体の劣化の純増率をゼロにしようという概念。2013年に開催された国連砂漠化対処条約（UNCCD）第11回締約国会議（COP11）で提案された。

1.2 目的

本ガイドラインの目的は、一般に受け入れられ、実践的に証明され、科学的に裏付けられたSSMを推進するための原理・原則を提示し、それらを、農業、牧畜、林業の現場で、より一般的な天然資源の管理のために、いかに活用するかについて、すべての利害関係者を対象とした指針を提供することである。

1.3 特徴と対象とする領域

本ガイドラインは、任意なものであり、法的に拘束するものではない。それらはSWSRに示された証拠を考慮しながら、改訂世界土壌憲章に提示された原理・原則を詳しく説明するものである。本ガイドラインは、持続可能な管理下に置かれた土壌の主な特性、重要な課題とそれらに対処するために可能な解決法を含むSSMの技術的側面を取り扱う。記載された原理・原則の多くは管理下および非管理下の双方の土壌系における生態系サービスに大きな影響を及ぼすが、本ガイドラインは、主として、食品、繊維、飼料、木材や燃料を生産する広義の農業に焦点を当てる。

本ガイドラインは、詳細な推奨事項を提供するものではなく、すべての関連するレベルにおいて、戦略的、かつ状況に応じた意思決定に対して情報を提供できるように設計されている。本ガイドラインが持続可能な開発における土壌の重要性を示すことにより、飢餓と貧困の撲滅に向けて、世界全体、各地域および各国の努力に貢献することを意図している。

1.4 対象となる者

幅広い利害関係者が容易に入手でき、かつ、理解しやすい情報を提供することにより、本ガイドラインは以下を対象とする：政府関係者、政策立案者、農家、畜産農家、森林や土地の管理者、普及や農業の指導員、開発従事者、市民社会、民間部門、研究者、その他。

1.5 持続可能な土壌管理の定義

本ガイドラインでは、SSMを改訂世界土壌憲章の原則3に従い、以下のように定義する：

“土壌が提供する基盤サービス、供給サービス、調節サービスおよび文化的サービスが、これらのサービスを可能とする土壌の機能や生物多様性を甚だしく阻害することなしに、維持されるか強化される場合、土壌管理は

持続可能である。植物生産のための基盤、供給サービスと、土壌が水質と水利用、さらには大気中の温室効果ガス組成に対して発揮する調節サービスとのバランスをとることが、特に重要である”

生態系サービスの種類とここで定義された土壌の機能は、以下のように詳述できる：

- 基盤サービスとしての、一次生産、養分循環および土壌生成機能；
- 供給サービスとしての、食料、繊維、燃料、木材および水の供給機能、原材料としての機能、表土の安定化機能、生息地や遺伝資源の供給機能；
- 調節サービスとしての、水の供給と水質、炭素隔離、気候調節、洪水や侵食の制御などの調整機能；
- 文化的サービスとしての、土壌の利用から派生する美的・文化的な便益機能。

SSMは、以下のように特徴付けられる：

1. 水や風による土壌侵食が最小である；
2. 土壌構造は劣化しておらず（例えば、土壌が圧密されていない）、空気、水および熱の動き、さらには根の伸長のために安定した物理性を有する；
3. 土壌を保全するための十分な表土被覆が存在する（例えば、生育中の植物や植物残渣など）；
4. 土壌有機物の貯留が安定化または増加し、その地域環境での最適なレベルにある；
5. 養分の可給性と動態は、土壌肥沃度と生産性を維持または向上させるのに適切であり、かつ養分の環境への損失が軽減されている；
6. 土壌の塩類集積、ソーダ質化およびアルカリ化は最小限に抑えられている；
7. 水（例えば、降水と灌漑のような補助的な水源から）が効率よく浸透し、植物の必要性を満たすために保持され、余剰水の排水が確保されている；
8. 汚染物質は、毒性レベル以下、すなわち、植物、動物、人および環境に害を引き起こすレベル以下である；
9. 土壌の生物多様性が、その生物機能を最大に発揮できる状態にある；
10. 食料、飼料、燃料、木材および繊維を生産するための土壌管理システムが、投入資材の最適で安全な使用に基づいている；
11. 適切な土地利用計画によって土壌被覆が最小化され

ている。

2. 持続可能な土壌管理を実現するための取り組み

土壌は、多様な化学的、物理的および生物的特性を有する。その結果、土壌は、管理作業に対する反応、生態系サービスを提供する潜在能力、そして、攪乱に対する回復力や劣化に対する脆弱性が異なる。「世界土壌資源報告」は、SSMの達成を妨げる10の脅威を示した。これらの脅威は、水や風による土壌侵食、土壌有機態炭素の損失、土壌養分の不均衡、土壌塩類集積、土壌汚染、土壌酸性化、土壌生物多様性の減少、土壌被覆、土壌圧密および湛水である。これらの脅威はすべてSSMを実現するために対処する必要があるものの、地理的な状況に応じて、その強度や傾向が異なる。

SSMは、以下のように、地球規模での課題解決に寄与し、国際的な取り組みに込めるものである：

- 持続可能な開発のための2030アジェンダにおいて、SSMはその合意された目的・目標のいくつかの達成に直接的または間接的に貢献しうる；
- 飢餓ゼロへの挑戦（飢餓と栄養失調をなくし、増加する人口のための食料安全保障を確保する）；
- 気候変動の適応と緩和。特に、UNFCCC COP21（国連気候変動枠組み条約第21回締約国会議）で採択されたパリ協定に照らして、気候変動に対処し、その過程において農業に重要な役割を与えるための強い関与を具体化する；
- 砂漠化に対処し、干ばつの影響を緩和することに関与。特に、UNCCD COP12（国連砂漠化対処条約第12回締約国会議）において決議された、すべての人々に対する潜在的な便益に着目し、土地劣化ニュートラルな世界を達成するための取り組み；
- 愛知目標（Aichi Targets）¹⁰。生物多様性と生態系サービスの提供を維持するために重要な課題が強調された；
- 「国家の食料安全保障の文脈における土地所有、漁業、森林の責任あるガバナンスのため任意自主ガイドライン（VGGT）¹¹」の下での土地保有の確保。
 - これらは、SSMを推進するための主な機会である。上記を考慮すると、SSMの推進を可能にする環境は、以下の主要な活動によって育まれる。
- 包括的なSSMを支えるための農業・環境政策の確立と強化
 - 必要に応じて、SSMを推進するための包括的な政策が農業・環境政策とリンクすべきであり、その実行により、多くの便益が提供可能である。そのような政策がすでに存在するならば、SSMを主流化するため適切に再検討する。
- SSMの推進を目的とした投資と積極的なインセンティブの増加
 - 必要に応じて、世界食料安全保障委員会において採択された「農業及びフードシステムにおける責任ある投資のための原則（CFS-RAI）¹²」に従い、SSMにおける適切な責任ある投資を増加すべきである。それにより、生態系サービスの価値を認識し、SSMの原則を実行した利害関係者に対して、インセンティブが提供される。
- VGGTに応じた土地保有権の保障の推進
 - SSMは、そこに居るか居ないかにかかわらず、土地保有権の保障に影響される。利用と保有権は、SSMが土地利用者によって適切に実行されるとともに、長期的な計画を可能にするための重要な要因となる。
- 対象となる土壌研究に対する助成とその強化
 - 国家的な研究プログラムとその協力者が土地利用者と連携し、彼らが土壌により提供される生態系

10 2010年10月に開催された第10回生物多様性条約締約国会議（COP10）で合意された20項目の目標。

11 Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security (VGGT)。国連の下に設置された政府間プラットフォームである世界食料安全保障委員会（CFS）により2012年5月に策定されたガイドライン。特に途上国における脆弱な土地所有管理が社会的不安をもたらし、投資や経済成長の抑制を招いていることを踏まえ、その改善を図ることを目的としている。

12 Principles for Responsible Investment in Agriculture and Food Systems (CFS-RAI)。2014年10月に世界食料安全保障委員会（CFS）にて採択された農業の投資を責任ある形で進めていくための国際的な原則。

サービス（すなわち、土壌の生産性）を高めるために直面している制約を特定し、それらに対処することを可能とするよう、土壌研究への投資を増やすことが不可欠である。

- 土壌劣化を防止または最小限に止め、劣化土壌の修復・復元を行う（歴史上の劣化土壌を含む）

- 土壌劣化はSSMにより最小化されるが、特に、その成功が検証されている土壌保全の取り組みが有効である。また、土壌の復元や修復も劣化土壌の生産性を取り戻すために優先されるべきであり、特に、歴史的農業や危機的な状況下にある他の生産システムにおいて重要である。

- 効果的な教育プログラムの推進

- 必要に応じて、土壌に関する教育（公式、非公式にかかわらず）を強化すべきである。土壌教育は学校のカリキュラムにおいてその重要性を反映した形で開始し、さらにより専門的なレベルに展開できるだろう。より多くの専門家が最先端の手法や道具を持つことができるよう、SSMにおける能力開発を強化する必要がある。

- 普及活動においてSSMが十分に導入されていること

- 農業普及活動では、SSMの原則と実践を促進すべきである。

- 土壌情報システムの確立および強化

- 土壌は「生きている」ことから、いかなるSSMの導入を計画する場合でも、その状態の評価が必須条件となる。土壌のデータと情報（地域の知識を含む）は土壌機能の現状と変化傾向を把握し、生産性を高めるための目標を設定するために必須である。必要に応じて、信頼できる土壌モニタリングが可能となるように、国家的な土壌情報システムが適切に確立・強化されるべきである。これらの国家システムは、GSPが推進する地球土壌情報システム（Global Soil Information System: GLOSIS）に寄与するであろう。

- 土壌に関する国際協力と連携の育成

- 土壌に関する国際協力では、知識、技術および情報の交換を促進すべきである。その目的のために、「南北」、「南南」、および「三角」といった協力を含むさまざまな構図が活用できる。

- SSMの実践におけるコミュニケーションの推進

- 国際土壌年2015の取り組みを継続し、重要な生態系サービスを提供する土壌機能を考慮して、SSMの実践を促進し、普及すべきである。

3. 持続可能な土壌管理のためのガイドライン

以下は、SSMを妨げる土壌の脅威に対処するための技術指針を示している。これらは、優れた実践の完全なリストと見なすべきではなく、むしろ、具体的な状況に適応すべき技術参考資料である。特定の技術マニュアルは、相補的な手段を提供するために、今後、開発されるだろう。

3.1 土壌侵食の最小化

SWSR報告書は、世界的な土壌および土壌が提供する生態系サービスへの最も重大な脅威が水や風による土壌侵食であることを示した。土壌侵食は、有機-無機養分のプールとしての表土や土壌層位の部分的あるいは全体の損失を引き起こし、植物生育に適さない下層土を露出させるだけでなく、民間や公共のインフラへの被害、水質の悪化と堆砂といった土壌以外の部分にまで影響を及ぼす。土壌侵食は、植物とその残渣による被覆の減少、耕耘およびその他の農作業を通じて、人間活動によって加速され、土壌の安定性を低下させ、土壌クリープ（葡行：土壌が斜面下方へ移動する現象）や地滑りにつながりうる。

- 森林伐採や草原から農地への不適切な転換などの土地利用の変化は、表面被覆と土壌炭素の損失を引き起こし、それらを回避すべきである。やむを得ない場合には、慎重に計画し、適切に実行する必要がある；
- 侵食から土壌表面を守るため、植物の成長や他の有機態および非有機態残渣による被覆は、以下のような方法の適用により維持されるべきである：マルチ、ミニマムティレッジ（省耕起）¹³、除草剤の使用を

13 施肥や播種のための溝状の耕起だけを行うこと（部分耕）や、プラウ耕をせずに浅い層の土壌だけを耕起する（浅耕）など、作物の生育に必要な最小限の耕耘を行う技術。

減らした不耕起直播、被覆作物、農業生態学的アプローチ、農業機械の制御、連続的な被覆作物の栽培や輪作、等高線栽培、アグロフォレストリー、防風林、適切な家畜の放牧強度；

- 傾斜地における水食は、表面流去の速度を下げる以下のような方法によって最小化されるべきである：等高線栽培、輪作、間作、アグロフォレストリー、斜面に直交するような障害物の設置（例えば、草、等高線に沿った畝、石を置く）、テラスの構築と維持管理、草生水路や植生緩衝帯；
- 必要に応じて、河岸緩衝地、緩衝帯、湿地、集水農業（雨水活用）、被覆作物が利用されるべきである。これらは、土壌系からの土壌粒子、養分や汚染物質の流出を最小限に抑え、下流域に有害な影響を及ぼさないようにする。
- 風食（砂嵐も含む）は、植物（樹木や灌木）や石壁などの人工障害物によって風速を下げ、最小化すべきである。

3.2 土壌有機物含量の増大

土壌有機物（SOM）は、土壌の機能を維持し、土壌劣化を防止する上で中心的な役割を果たしている。土壌は、陸域で最大の有機態炭素プールであり、気候を調節し、温室効果ガス排出量と炭素隔離との間でのトレードオフを介して、気候変動の緩和に重要な役割を果たしている。このような理由から、SOMは、気候変動への適応と緩和のための戦略として重要であり、SOMの地球規模の貯留は、安定化または増加されるべきである。不適切な土地利用、粗雑な土壌管理あるいは栽培による土壌有機態炭素（SOC）の損失は、土壌の質や土壌構造の低下を引き起こし、土壌侵食を加速し、大気中への炭素の排出につながる。一方、適切な土地利用と土壌管理は、SOCの増加につながり、大気中のCO₂の上昇を部分的に軽減し、土壌の質の改善につながる。

- 植物の水利用効率を増加することにより、バイオマス生産が増加することから、土壌侵食や養分の溶脱を最小限に抑えることができる。その方法として、点滴灌漑やマイクロスプリンクラー（微細な霧を形成し灌水する散水装置）を用いた灌漑、灌漑計画、土壌水分や蒸発散量に対する水の損失量のモニタリングなどの灌漑管理や、被覆作物の利用や施肥の適正化、有機資材の有効利用、アグロフォレストリーとアレックロッピング（マメ科植物を列植えし、そ

の間で作物を栽培する農法）、森林再生や植林の実施などの肥培・土地管理がある。

- 泥炭地、森林、牧草地などの有機態炭素に富む土壌を保全する。
- 以下の取り組みにより土壌有機物含量を増加させる：作物残渣の管理、収穫飼料でなく放牧による給餌、有機農業の実践、総合的な土壌肥沃度管理および総合的病害虫管理（IPM）の適用、動物の糞尿や炭素が豊富な他の廃棄物の利用、マルチの施用や恒久的な土壌被覆の提供。
- 土地管理上必要な場合を除き、火入れはできるだけ避ける。必要な場合でも、火入れの時期や燃焼の強度は土壌機能の損失をできるだけ抑えるよう計画されるべきである。火災が自然に発生するイベントである場所では、火災後の土壌侵食を最小限に抑え、植生の回復を促すようにする。
- 動物の厩肥や適切な処理がされた人間の廃棄物などのあらゆる投入有機物の利用を最適化する。
- 被覆作物、改良された休閒植物種、省耕起または不耕起栽培、生垣などの管理方法は、土壌が十分に被覆されるように設計されるべきである。
- 除草剤の使用を増加させることなく省耕起や不耕起を実施することにより、土壌有機物の分解速度を減少させる。
- 輪作の導入、マメ科作物（豆類を含む）の栽培、混作の改良を実施する。

3.3 土壌の養分バランスと循環の適正化

充足と利用効率の概念は、土壌－水－養分－植物根の間の養分動態に特に当てはまる。植物の栄養は、作物の要求、その地域の土壌の特性や状態、および気象パターンに起因する。植物の栄養は、養分の循環利用、または無機（化学）肥料、有機肥料、および一次的供給源（例えば、リン鉱石）および二次的供給源（下水汚泥からのリンなど）を含む土壌改良資材などの施用によって強化することができる。ある土地利用に対して土地の適性を評価すると同時に、適切な植物養分管理方法と取り組みを選択することが重要である。

植物のニーズに十分かつバランスのとれた養分供給の有益性は十分に確立されている。すなわち、食料、飼料、繊維、木材の生産、および燃料のレベルを、特定の地理的な条件の下、最適状態に近づける。また、害虫駆除対策、系外からの有機資材、無機資材、化学肥料の

施用、農薬の不適切な使用に起因する汚染を軽減する。さらに、バイオマス生産とその土壌への還元により土壌炭素隔離を増加する。

必要最小限な養分の不足は、作物の生育を阻害し、収量および作物栄養価の低下を引き起こす。一方、土壌中の養分過剰は、a) 陸域と水域の生態系において富栄養化や水質劣化を引き起こす農地からの過剰な養分（特に窒素とリン）の流出、b) 温室効果ガスである一酸化二窒素の土壌から大気への放出増加、c) 人間の健康への潜在的な影響のある溶存態窒素の人間が使用する水への流出、d) 穀物の不作、につながる。

- 土壌の自然肥沃度と自然界の養分循環は、土壌有機物の保護・増化を通じて向上・維持されるべきである。土壌肥沃度の改善は、マメ科作物、緑肥、厩肥、被覆作物との輪作に、除草剤の使用を制限した省耕起あるいは不耕起を組み合わせるなどの土壌保全管理により達成することができる。また、アグロフォレストリーも有効である。養分循環は、耕畜連携や耕畜林連携などの統合システムにより最適に管理される。
- 養分利用効率は、適切なバランスに配合された有機、無機資材（堆肥や石灰資材など）や革新的な肥料（緩効性肥料や肥効調節型肥料など）、ならびにリサイクルや養分の再利用により最適化されるべきである。
- 施肥方法、種類、頻度と時期が適切であれば、肥料の損失を制限し、バランスのとれた作物の養分吸収を促進する。これらの設計は、土壌と植物の分析に基づいて行われるべきであるとともに、短期的な取り組みではなく、長期的な努力が必要である。
- 土壌への施肥設計において、土壌の微量元素の添加を考慮すべきである。
- 植物養分の実用的な供給源として、有機資材、無機資材、化学肥料などの正確かつ賢明な使用を検討し、利用されるべきである。これらの資材および副産物には、液体、半固体または固体の厩肥、作物残渣、コンポスト堆肥、緑肥、家庭ゴミ、バイオエネルギー生産時のクリーン灰（有害物質を含まない焼却灰）、土壌改良資材と接種材がある。その効果を高めるために、このような資材の利用は水不足などの他の制限要因の軽減効果と組み合わせて適用されるべきである。有害物質や汚染物質、および労働者

の健康の許容レベルなどに関するこれらの資材の安全性は、保証されるべきである。

- 土壌や植物組織の分析と圃場試験を実施する必要がある。これにより、植物栄養、塩分、ソーダ質化、極端な pH 条件に関連した作物生産の制限要因を診断し補正するための有益な指針が提供される。このような指針は、情報に基づいた判断と栽培状況をモニタリングするための鍵となる。
- 必要に応じて、家畜の移動や放牧は、ふんや尿の蓄積を最適化するために管理されるべきである。
- 酸性土壌における石灰施用は、土壌中の最適な養分利用効率の前提条件であり、コンポストのような有機資材の施用は、アルカリ土壌やその他の土壌に対しても適切な土壌栽培管理として考慮されるべきである。
- リン鉱石やカリなどの天然に存在する鉱物肥料資源は、将来の世代のため、適量の継続的な利用を確保しつつ、効率的かつ戦略的に配分する必要がある。

3.4 土壌の塩類集積とアルカリ化の防止、最小化と軽減

塩類集積は、土壌中のナトリウム、マグネシウムおよびカルシウムの水溶性塩の蓄積により生じる。これは、高い蒸発散量、内陸への海水の侵入、および不適切な灌漑などの人為的な処置の結果である。塩類集積がある閾値を超えると、完全に作物生産を阻害し、作物の収量を減少させる。

- 表土被覆は、蒸発損失を低減するために最適化されるべきである。
- 灌漑水は、搬送、分配、および圃場への導入方法の改善により、その利用効率を向上させるべきである。灌漑方法は、低圧で行い、土壌に水を直接導入すべきである。水供給の自動化や作物上部への散水は、蒸発損失を低減するために避けるべきである。
- 灌漑管理は、植物の生育のための十分な供給と塩類集積の問題を回避するために効率的な排水を確保する必要がある。
- 灌漑水の水質を調べ、モニタリングすべきである。可能な場合、水の脱塩を行うべきである。
- 表土および次表層へ排水システムを導入し、地下水面の上昇と土壌の塩分濃度の制御を維持するべきである。これらのシステムの設計は、当該地域における水収支の完全な理解に基づいている必要がある。
- 土壌がすでに劣化し、防止はもはや選択肢としてな

い場合は、塩類集積土壌の再生は、塩類の脱塩処理、耐塩性品種の栽培、農牧システムにおける自生の塩生植物の植栽、化学的処理および有機資材の施用のようなさまざまな技術を用いて達成することができる。

3.5 土壌汚染の防止と軽減

土壌は、汚染物質を浄化し、固定し、中和しうが、pHの低下により重金属が遊離するなど、条件が変われば汚染物質も放出する。したがって、持続可能な開発目標に応じた健全な土壌や食品の安全性を維持するための最善の方法として、土壌汚染の防止に努めるべきである。

汚染物質は、農業における投入、副産物の土地への施用、大気降下物、洪水、灌漑水、不慮の流出、不適切な都市廃棄物や排水管理など、さまざまな汚染要因から土壌に入ってくる。汚染物質の添加速度がその土壌系からの除去速度を超えた場合、蓄積と汚染が発生する。その悪影響の結果として、植物への毒性による収量の低下、土砂の流出による水や当該地域以外の汚染、食物連鎖を通じた蓄積による人間と動物の健康上のリスク増加などが引き起こされる。

- 政府は、人間の健康と幸福を守るため、汚染物質の蓄積を基準値以下に制限する規制を制定して実行し、さらにこれらのレベルを超えて汚染された土壌の浄化を促進することが奨励される。
- 地域の土壌汚染の管理には、バックグラウンドレベルを制定し、汚染の可能性のある場所を特定するために汚染物質のレベルをモニタリングし、評価する必要がある。人間と生態系へのリスクを低減するために、総費用算定を含んだリスク評価が適用され、土壌の修復が実施されるべきである。
- 拡散しやすい汚染物質による有害な影響を最も受けやすい土壌の特定が必要である。これらの土壌への汚染物質の負荷を低減するために適切な注意が払われるべきである。
- 汚染土壌のある地域の情報は、公開されるべきである。
- 汚染された土壌は、食料や飼料の生産に利用すべきでない。

- 土壌改良資材として利用される排水や他の廃棄物を起源とする再利用養分は、汚染物質や植物の利用可能な養分が安全なレベルで含まれていることを保証するために、適切に処理され、検証される必要がある。たとえば、合成有機化合物は、土壌肥沃度と人間の健康に深刻な予測できない不可逆的な脅威を与える場合がある。
- 肥料や農薬を施用した水田からの田面水の流出は、系外への影響を回避するために最小限とすべきである。

3.6 土壌酸性化の防止と軽減

農地土壌と森林土壌の人為的な酸性化は、主として塩基性陽イオンの収奪、土壌緩衝能の低下、あるいはマメ科草地への肥料投入や大気降下物などによる窒素および硫黄の付加増大と関連している。年代の古い土壌、強風化土壌、石英に富む母材から発達した土壌など、土壌中の風化しやすい鉱物含量が低い場合、低いpH緩衝能や高いアルミニウム含量の土壌は最も酸性化しやすい。

- 土壌の酸度をモニタリングし、石灰、石膏、クリーン灰などの適切な資材を施用することにより、表土および下層土の土壌の酸性化を最小限に抑える。
- 投入と収奪の均衡のとれた施肥や有機資材の施用。
- 適切な種類の酸性肥料の使用。

3.7 土壌の生物多様性の保全と強化

土壌は、地球上の生物多様性の最大の貯蔵庫のひとつであり、土壌生物は、多くの生態系サービスの提供において重要な役割を果たしている。土壌の主要な機能を維持するために必要な生物多様性の程度については、ほとんど明らかになっていない。しかし、生化学的手法やDNA分析による新しい方法により、この分野における重要な進展が可能である。

- 集団的な生態毒性などの生物学的指標や現場での早期警戒信号などを用いた、土壌の生物多様性のモニタリングプログラムを実施すべきである。
- 土壌の生物多様性を支える土壌有機物のレベルは、以下の取り組みにより、維持・助長すべきである：被覆作物や混作などによる十分な植被の提供、養分

の最適な添加、多様な有機資材の施用、土壌攪乱の最小化、塩類集積の回避、生垣や防風林などの植生の維持・復元。

- 農業システムにおける農薬の認可と使用は、「農薬管理に関する国際行動規範」¹⁴と関連する国内法規による勧告に基づくべきである。総合的病害虫管理(IPM)が奨励されるべきである。
- 窒素固定するマメ科の植物種、微生物の接種、菌根(胞子、菌糸、および根の断片)、ミミズおよび他の有益な小型、中型、大型土壌生物の利用は、適切な場合、奨励されるべきである。ただし、地域の生物多様性を有効利用することにより侵入生物種のリスクを制限するとともに、土壌による生態系サービスの提供を阻害するリスクを避ける必要がある。
- 生態系における植物の生物多様性を復元することにより、土壌の生物多様性を育む。
- 圃場において輪作、間作を行うことや、圃場の縁、生垣、および生物多様性の避難場所を確保することが推奨される。
- 高い生物多様性を有する場所で土地利用を改変する場合、UNCBD、UNCCDやその他の関連する国際協定および国の法律に沿う形で、土地利用計画を立案すべきである。

3.8 土壌被覆の最小化

土地転換とそれにとまなうインフラ整備や居住のための土壌被覆は、すべての土壌に影響を与える。しかし、食料生産、食料安全保障、栄養、および循環経済に関する目標に対して重要であるため、特に、生産性の高い土壌や耕作に適する土壌において、その影響が危惧される。多くの場所で、都市のスプロール化(無秩序な拡大)は、都市や集落に隣接する最も生産性の高い土壌に影響を与える。土壌被覆と土地転換は、土壌の機能とそれが提供する生態系サービスの一部またはすべてについて不可逆的な損失を引き起こす。

- 土壌の総合的な価値を考慮しつつ、生産性の高い土壌や耕作に適する土壌の保全を確実にを行い、既存の政策や、集落やインフラの整備に関連する法律や土地利用計画の手順を適切に見直すべきである。
- 政策や法律により土地転換を最小限にする場合、放棄地や汚染された土地のような都市や工業地帯の土地を集約化したり再利用する、あるいは埋め立て処理後の近隣地域を復元するなどの対策を強化すべき

である。また、採石場や鉱山の生態系の復元は奨励されるべきである。

- 高い土壌炭素貯留、高い生物多様性、および高い農業への適合性を有するなど、高い生態系サービスを提供できる土壌は、特別立法により集落やインフラ整備のための土地転換から保護されるべきである。

3.9 土壌圧密の防止と低減化

土壌圧密は、機械や家畜の踏圧の応力による土壌構造の劣化により引き起こされる。土壌圧密は、孔隙の連続性を減少または破壊することであり、土壌団粒と粗孔隙を破壊し、土壌の通気性を低下させ、さらに排水性や浸透能を減少させ、より多くの表面流去を引き起こす。圧密は、高い物理的抵抗により根の伸長や種子の発芽を制限し、土壌の生物多様性に影響を与え、表土のクラスト(皮殻)形成を引き起こす。

- 不適切または過剰な耕耘による土壌構造の劣化を防止すべきである。
- 車両の走行を最小化すべきであり、特に裸地の土壌において必要である。そのため、作業の回数と頻度の低減化、交通制御システムの開発、土壌の水分含量がより深い位置まで適切に低下している場合のみ農業・林業活動を行うなどの対策が必要である。
- 圃場で使用される機械と車両は、土壌強度に合せて選択されるべきであり、接触面積などの面圧を減少させるために、タイヤ空気圧制御システム、または他の手段を装備する必要がある。また、重機の使用は避けるべきである。森林における作業では、走行量を制御することなどにより機械の通行を制限する必要がある。ブラッシュマット(タイヤに付着した泥・砂を落とす)は、露出した土壌を物理的な破壊から保護するために使用される。農地土壌では、可能な場合は、走行量の制御や通行路の整備を行うべきである。
- 作付体系において、作物とともに、牧草やアグロフォレストリー植物を含むように選択すべきである。アグロフォレストリー植物の強力なタップ根(密な繊維状の根系)は、圧密を受けた土壌に貫入し、壊すことができる。
- 適切な量の土壌有機物の施用は、土壌構造を改善・安定化するため、維持されるべきである。
- 大型動物の活動および微生物(特に糸状菌)の活性化は、土壌の通気性、透水性、熱伝導と根の成長を

促すための土壌の孔隙率を向上させるため、推進すべきである。

- 放牧においては、家畜による踏圧と侵食から土壌を保護するため、十分な植被を維持すべきである。家畜管理については、放牧強度と時期、動物の種類や飼養率を考慮に入れる必要がある。

3.10 土壌水分管理の改善

持続的に管理された土壌では、速やかに水が浸透し、植物が利用可能な水分が最適な状態で土壌中に貯蔵されており、飽和されても効率的な排水性が保持されている。これらの条件が満たされていない場合、湛水および水不足の問題が生じる。一方、湛水状態、すなわち土壌が水で飽和されている場合、多くの植物に根の障害が発生し、その結果、収量が低下する。また、ヒ素およびメチル水銀などの汚染物質の土壌中における移動性が増加する。他方、蒸発、表面流去、浸透による水分欠乏は、不作を引き起こす可能性がある。

- 降水量が蒸発散量を上回る湿潤地域では、根が養分吸収できるように通気性を確保するために追加的な排水システムが必要である。特に、高い保水能を持つ細粒質土壌で重要である。
- 表層および次表層へ排水システムを設置し、地下水面の上昇を制御・維持し、湛水のリスクを軽減する。
- 送水、分配、計画的な点滴またはマイクロスプリンクラー灌漑などへの灌漑方法の改善により、植物による灌漑水利用効率を向上すべきである。そのことから、灌漑水の蒸発と浸透損失が低減化される。また、土壌水分の高精度な推定、より良い作物種または品種の選択および給水期間と量の設計の改善も効果的である。
- 乾燥地における作付体系では、水の利用効率を最適化する対策が実施される必要がある。そのために、前作の作物、飼料、休耕などによる土壌被覆の管理、播種時の土壌水の利用を高めるための水管理、表面流去と土壌表面からの蒸発損失の低減、作物生育の各段階で利用可能な十分な水があることなどの対策が挙げられる。これらの対策は、多くの場合、トレードオフとリスクを伴うが、そのことを認識した上で、適切に管理されるべきである。
- 適切な品種と農作業の時期を慎重に選択することで、作物による最適な土壌水分の吸収が促進され

る。

- 養分や潜在的な有害物質に対して、灌漑水の水質を定期的に監視する。

4. 本ガイドラインの普及、利用および評価

本ガイドラインの任意な性質を損なうことなく、すべての利害関係者は、それぞれの個人または団体のニーズ、任務、能力、および関連する国内の状況に応じて、本ガイドラインを啓発し、支持し、使用することが推奨される。本ガイドライン使用の成功には、包括的で、参加型で、性別に配慮し、費用対効果が高く、持続可能な方法で、多様な利害関係者が共同して行動することが必要である。その場合、証拠に基づいた科学的な知見だけでなく、地域の知識も必要に応じて利用する必要がある。

各国政府が、その国民の食料安全保障と栄養に関する目標を達成するために一義的な責任を持つことの認識から、以下を奨励する：

- 本ガイドラインの利用と評価の促進を先導する。
- 必要に応じて、地方、国および地域レベルでの共同的な行動のために、関連するプラットフォーム（基盤）やフレームワーク（枠組み）を立ち上げる。あるいは、本ガイドラインを啓発するために、既存の組織を利用する。
- 適切な研究・教育機関に依拠する効果的な普及活動を推進し、その活動において、SSMを主流化する。
- 本ガイドラインの利用と改善された土壌管理が、食料安全保障や土壌の機能に関連した生態系サービス、さらに持続可能な開発目標の達成に向けた取り組みに与える影響を評価する。

この取り組みにおいて、各国は、必要に応じて、FAOや他の国際および地域機関からの技術サポートを求めることができる。地域（サブ地域を含む）の土壌パートナーシップは本ガイドラインの普及とその利用促進に役立つ。

開発パートナー、関連する国際連合の専門機関と計画、国際金融機関、および地域機関には、以下を奨励する：

- 本ガイドラインの普及と実施を支援する。
- 必要に応じて、SSMの推進を目的とした、技術協力、

資金援助、能力開発、知識の共有と技術の移転を促進する。

他の利害関係者には、以下を求める：

- 土壌管理に関わる民間企業には、プラスの影響を最大化し、マイナスの影響を最小限に抑えるリスク管理に焦点を当て、その背景や状況に合わせて、本ガイドラインの利用を促進することを求める。
- 土壌管理に関連した市民社会組織には、SSM に寄与することを目的とし、その方針やプログラムに本ガイドラインの内容を取り入れ、本ガイドラインの適切な運用を支持し、そのメンバーの能力育成を支援することを求める。
- 研究機関、大学、学会、普及組織、事業組織には、それぞれの方針やプログラムに本ガイドラインの内容を取り入れ、SSM に貢献するための知識の交換とスキルの開発を促進することを求める。

FAO が事務局を担当する GSP は、異なる利害関係者が互いの経験から学び、本ガイドラインの実施とその妥当性、有効性、および影響に向けた進捗状況を評価する国際会議を開催する。GSP 事務局と土壌に関する政府間技術パネル (ITPS) は、諮問機関として、本ガイドラインの実行状況を GSP 総会に報告するとともに、その影響と土壌管理改善への貢献を評価する。

地域レベルでのガイドラインの普及と推進は、すべての利害関係者、特に地域土壌パートナーシップを通じて、支持される必要がある。

本ガイドラインの利用を促進する上で、持続可能な土壌管理に関連する他の取り組みとの相乗効果と協調を探求することができるはずである。

文献

- 1) Carbon sequestration in dryland soils. FAO, 2004.
- 2) Land use, land use change, and forestry. Summary for policy-makers. IPCC, 2000 (pp. 3-4).
- 3) Healthy soils are the basis for healthy food production, FAO, 2015.
- 4) Status of the World's Soil Resources (SWSR). Main Report. FAO and ITPS, Rome, 2015 (p. xix).

- 5) The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW). Managing systems at risk. FAO, Rome and Earthscan, London, 2011 (p. 113).
- 6) The value of land: Prosperous lands and positive rewards through sustainable land management. The Economics of Land Degradation (ELD) Initiative, 2015 (p. 80).