

人間と土壌

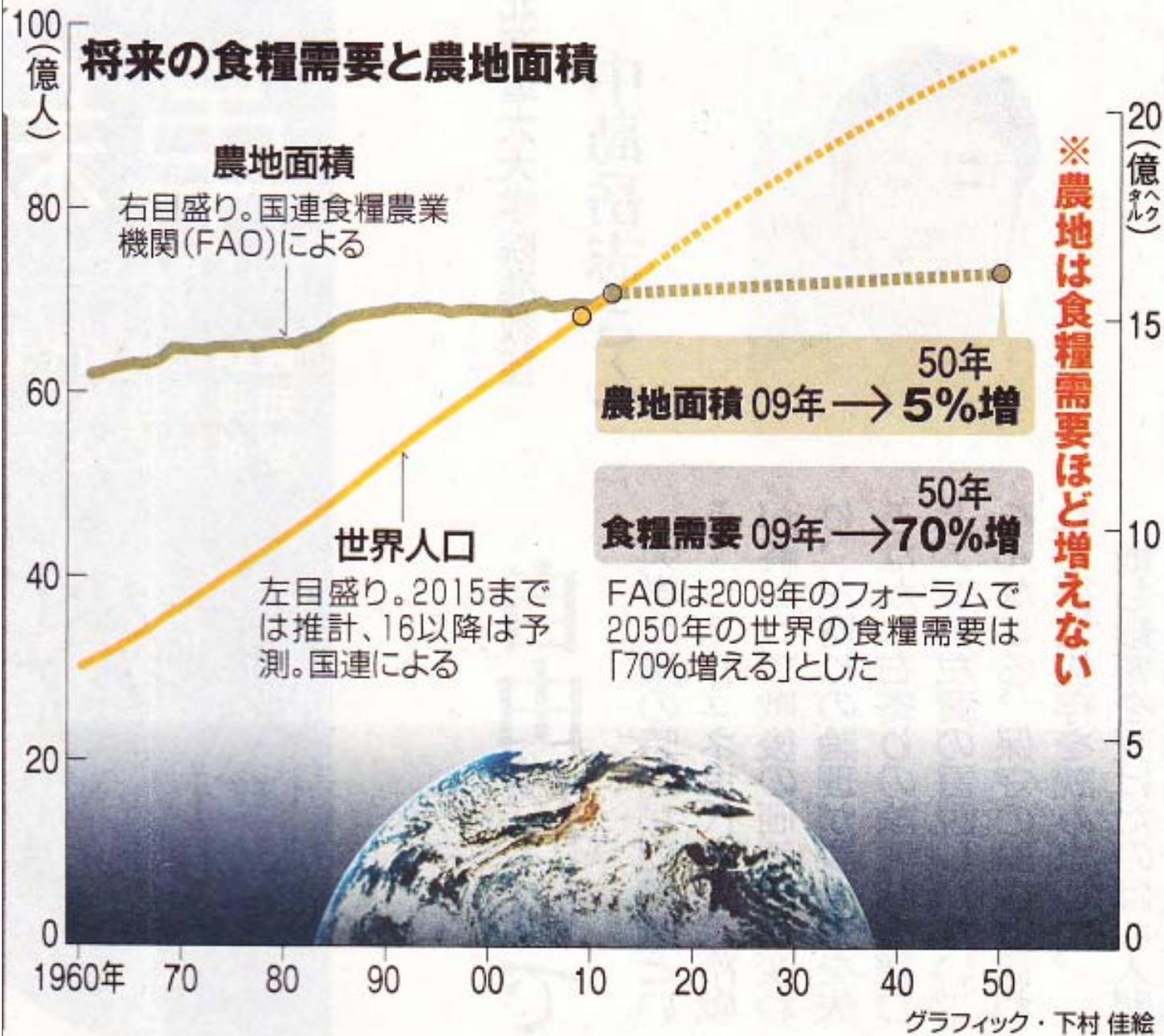
—食料は足りるのか—

平成28年3月12日
東京大学名誉教授
宮崎 毅

構成

1. 土地は足りているか？
2. 土壌の健康診断
3. 土壌はなぜ大切なのか？
4. これからどうすれば良いのか？

1. 土地は足りているか？



朝日新聞
2015年9月27日
より

1. 土地は足りているか？

地球人口

- 国連広報センターの予測によると、世界人口は2010年の**69億人**から2050年までに**90億人**に増加。
- 増加人口のほとんどが開発途上国。
- 急激な人口増加は地球上の**資源と環境**に大きな負担をかけ、しばしば開発努力を追い越す。
- 世界の**60歳以上**の人口は2009年の7億3700万人から2050年には20億人強に増えるとも予測。
- 史上初めてのことであるが、現在、世界人口の半数は**都市**に住んでいる。

1. 土地は足りているか？

日本の場合

2016年1月1日人口 1億2682万人

2015年 耕地面積 449.6万ha

0.03545 ha/1人 (354.5m²)

この面積で、カロリーベースの自給率39%を保っている。この自給率を100%に引き上げるためには、

0.03545 ÷ 0.39 = 0.091 ha/1人

ざっくり言えば、**1人0.1ha(1000m²)**の耕地があれば、食料は自給できる。

1. 土地は足りているか？

世界の場合

1人に必要な耕地面積を日本と同じく0.1haと仮定すると、

$$0.1\text{ha}/1\text{人} \times 73\text{億}2500\text{万人} = 7.3\text{億ha}$$

が必要。さて、世界の土地は足りているか？

2015年の世界の耕地面積は15億7500万haであり、7.3億haの約2倍である。つまり、十分な耕地面積を持っている。

1. 土地は足りているか？

世界の場合

穀物生産量で見る

人間は、1人が年間穀物量**0.18トン**以上であれば生きて行ける。

世界の穀物年間生産量(2015年)は24.7億トンなので、1人当たり

24.7億トン ÷ 73.25億人 = 0.337トン/人
が生産されている。すなわち、食料は足りている。

1. 土地は足りているか？

ただし

- **飢餓**が原因で1日に**4~5万人**（1年間に1500万人以上）の人が亡くなっており（FAOより）、そのうち7割以上が子どもたちである。
- 穀物の6割は家畜飼料用なので、肉食を中心とする先進国での消費に**偏っている**。
- 飢餓は、耕地面積の不足や食料生産量の不足ではなく、**政治的・社会的・経済的条件**で発生する。
- 「世界の富裕層上位**62人**が持つ富と、全人口の約半分**36億人**の貧困層が持つ富は同額だ。」

1. 土地は足りているか？

フードマイレージ

(食料の量t) × (輸送距離km)

※単位:トン×キロメートル

国名	総量	国民一人当たり
日本	9002億800万	7093
韓国	3171億6900万	6637
アメリカ合衆国	2958億2100万	1051
イギリス	1879億8600万	3195
ドイツ	1717億5100万	2090
フランス	1044億700万	1738

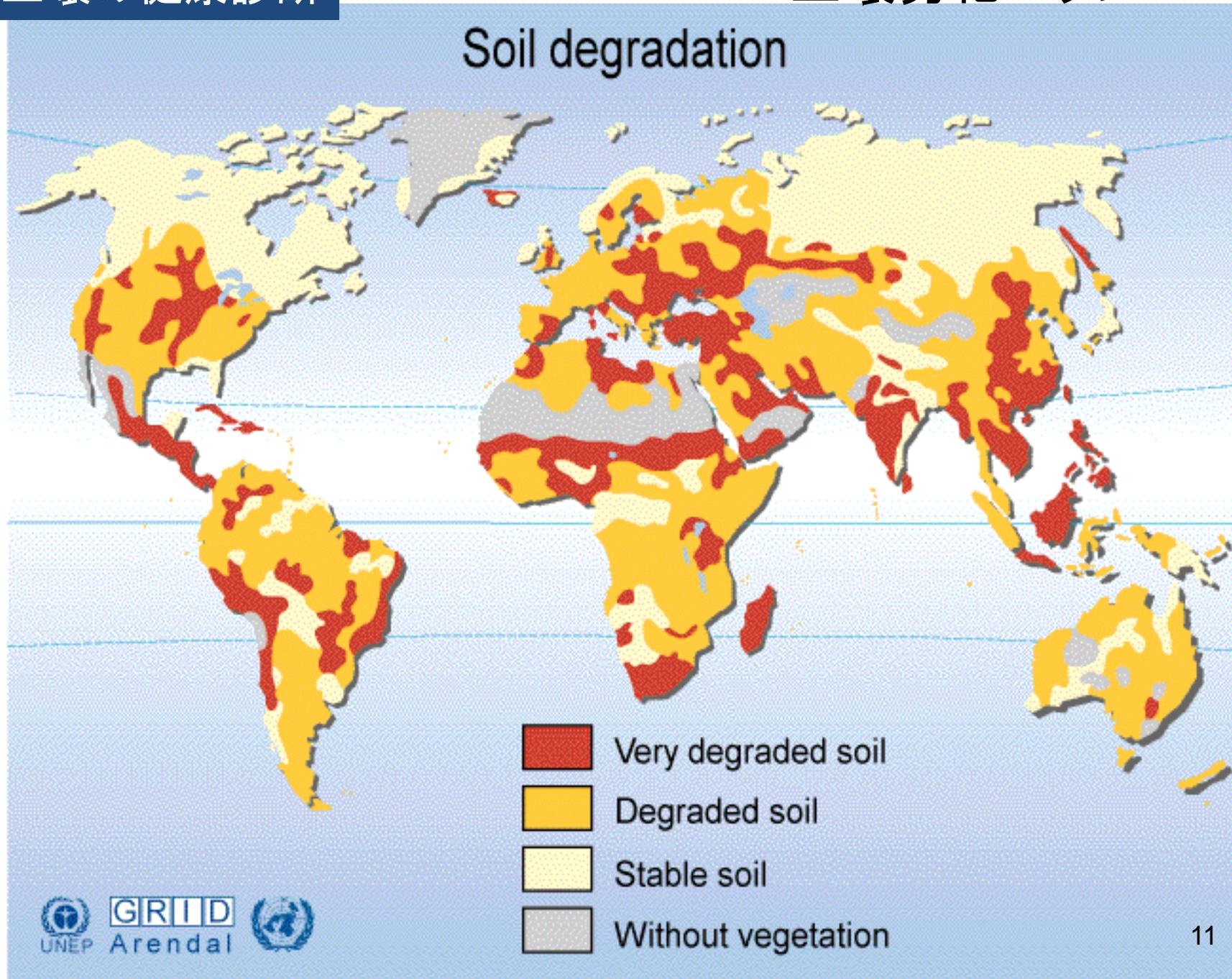
Wikipediaより

素朴な疑問:しかし、なぜか先進6か国のフードマイレージしか数値が見当たらない。貧しい国や発展途上国のフードマイレージが公表されていないのはなぜだろう？

1. 土地は足りているか？

答え

土地は足りている



2. 土壌の健康診断

世界の土壌劣化20億ha

UNEP代表 ISRICの1991年調査報告より

- 土壌侵食（風食4.3億ha, 水食4.7億ha）
- 土壌の酸性化（酸性雨の影響も）
- 土壌の塩類化
- 土壌の湛水化（ウォーターロギング）
- 土壌汚染
- 土壌からの溶脱や有機物損失
- 土壌圧縮
- 土壌の目詰まり

2. 土壌の健康診断



アメリカ・アリゾナ州、
2011年7月5日発生の砂嵐(高さ1500m)



2005年4月26日イラクの砂嵐

すさまじい風食



中国ゴビ砂漠の砂嵐 2010年、毎年3月～5月に多発



1935年テキサス州スタートフォードのダストボール

2. 土壌の健康診断



Water logging

過剰な灌漑が地域の排水能力を超えた結果
地下水面が地上にあふれ出て耕作不能となる



世界の土壌劣化

- 2011年11月28日、FAO調査報告書
- 世界の土壌の4分の1が「著しく劣化している」
- 土壌劣化とは、風食、水食、圧縮、塩類化、アルカリ化、酸性化、汚染などによる土壌の物理性、化学性、生物相の劣化をいう。
- 世界全体で劣化の程度が大きかった土壌は全体の25%で、劣化の程度が中程度だったのは44%。
- 「改善されている」土壌は10%に過ぎなかった。
- FAOのジャック・ディウフ(Jacques Diouf)事務局長は、「人類はもうこれ以上、必要不可欠な資源をあたかも無尽蔵であるかのように扱うことはできない」と述べた。

2. 土壌の健康診断

土壌の劣化がもっとも激しかった地域

- ・ 南北アメリカ大陸の西岸地域
- ・ 欧州と北アフリカの地中海沿岸部
- ・ サハラ砂漠南縁に位置する西アフリカのサヘル地域
- ・ アフリカ北東部の「アフリカの角」地域
- ・ アジア全域

劣化している土壌の約40%が、最貧地域に位置していた。

日本の土壌劣化

- 先進国である日本では、温帯モンスーンという比較的恵まれた自然環境の中で、著しい土壌劣化を指摘される場面は少なかった。
- しかし、都市では無理な住宅地開発によって、人工地層や人工斜面が増加し、土と水に関する災害リスクが高まっていないか。舗装下土壌はアルカリ化、砂漠化が進行していないか。
- また、農地では、大型機械導入がもたらす土壌劣化が潜在的に進行しているのではないか。
 - ① 大型機械導入により広範囲に硬盤が形成されているのではないか？
 - ② 耕耘機の高速ロータリーにより表土が過剰に破碎されているのではないか？

2. 土壌の健康診断

硬盤形成

踏圧の発生要因	およその踏圧 kgf/cm ²
人間の足	0.15
4トン・トラクタ	0.17
6トン・トラクタ	0.20
23トン・トラクタ	0.50
通常の自動車	1.00
牛の蹄	1.75

効率を重視した大型機械の導入が硬盤形成を促進し、**浸透阻害、排水不良、表土喪失、植物根の成長阻害**などに影響していないだろうか。

団粒破碎

- 播種前の畑地整備時に耕耘機の**高速ロータリー**をかけて、土の表面を布団のように柔らかくふっくらさせることができる。
- しかし、もしその直後に強い降雨があると、**団粒を失った土壌**は急速に収縮し、また細粒子が土壌間隙を閉鎖して、予期せぬ**浸透不良**、**排水不良**問題を起こすことが危惧される。
- 土壌の**適度な不均一性**が、むしろ好ましい、という議論に一理あり。

2. 土壌の健康診断

2. 土壌の健康診断

結果区分		意味	
A	異常なし	異常な所見が認められません。	
B	有所見健康	治癒した所見や処置が不要な所見はありますが、日常生活には支障がありません。	今回の結果で油断せず、より健康的な生活を心がけましょう。
C	要経過観察	緊急性はないものの、定期的に経過を観察する必要があります。	医師などに相談して、生活習慣(食事など)を改めましょう。
D1	要再検査	データに異常が認められ、一時的な変動かどうかの確認を要します。	必ずしも「病気がある」と診断されたわけではないので、なるべく早めに再検査ないし精密検査を受けましょう。
D2	要精密検査	異常な所見が認められ、健康障害や疾病を確定する必要があります。	
E	要治療	医師による医療措置または検査を必要とします。	
F	治療中	現在治療中で、なおかつ今後も医療措置(服薬など)を必要とします。	専門医や主治医の指示に従ってください。

3. 土壌はなぜ大切なのか？

1955年(改訂1974年)名著『土と文明』 Carter & Dale

- チグリス川とユーフラテス川の肥沃な流域と流水の恵みによって、約6000年前からおよそ2000年間にわたって文明が栄えた**メソポタミア**(現在のイラクあたり)は、森林伐採と過放牧によって、**食料供給のメカニズムが破壊**され、これが再三再四メソポタミアの没落の要因になった。
- 文明は、それらが培われたと同じ地理的環境で衰微した。というのは、**主として文明人自身がその文明の発達に寄与した環境を収奪し、荒廃させたからである。**

3. 土壌はなぜ大切なのか？

1985年、岩田進午著『土のはなし』

土は“**地球の宝物**”である。

第一には、人間の食料生産のなくてはならない場として。

第二には、大切に扱わなければ、いつかは破損してしまうものとして。

第三には、**科学の宝庫**として。

3. 土壌はなぜ大切なのか？

1990年、小山雄生著『土の危機』

- 土は、**生命の源**であり、農業にとって重要である。
- アフリカや中国では砂漠化や塩類化が進んでいる。
- 熱帯林は激しい勢いで伐採され急減しつつある。
- わが国でも農地は減り、耕地も土地が痩せている。
- 重金属汚染、酸性雨、放射能汚染、土壌流失などが、土を脅かしている。
- すでに**土は病んでいる**。
- 土の価値を見直し、土の生命力を回復する努力が、いま、切実に求められている。

3. 土壌はなぜ大切なのか？

2001年、農業土木学会（現農業農村工学会）
ビジョン：新たなく水土の知の定礎に向けて

- 土は水を受け止め、物質**循環**の場であり、広がりとしての大地である。
- 水と土が空気や生物に広く**開放された状態**（開水面や開土面）で存在していることは、**循環**を維持していくために重要であり、生物圏や人類圏にとって大きな意義を有している。
- 水と土は自然そのものではなく、**循環**の仕組みを増進しつつ恵みが受け入れやすいように人工物が組み込まれて**基盤**として形成される。

3. 土壌はなぜ大切なのか？

多面的機能評価額

- 2001年、日本学術会議からの提言において、**農業の公益機能**（国土の保全、水源の涵養、自然環境の保全、良好な景観の形成、文化の伝承等）を**8兆2千億円**と見積もった。
- これを当時の耕地面積467万ヘクタールで除すと、**180万円/ha**となる。
- 同様に計算すると、森林の評価額は**280万円/ha**となる。

3. 土壌はなぜ大切なのか？

2010年、デイビッド・モンゴメリー著『土の文明史』

- 多くの文明の歴史は共通の筋をたどっている。
- 最初、肥沃な谷床での農業によって人口が増え、それがある点に達すると**傾斜地での耕作**に頼るようになる。
- 植物が切り払われ、継続的に耕起することでむき出しの土壌が雨と流水にさらされ、急速な斜面の**土壌侵食**が起きる。
- その後の数世紀で農業はますます集約化し、そのために**養分不足や土壌の喪失**が発生し、地域の住民を圧迫する。
- やがて**土壌劣化**によって、農業生産力が急増する人口を支えるには不十分となり、文明自体が破綻へと向かう。
- 土壌侵食が土壌形成を上回る速度で進むと、その繁栄の基礎、土壌を保全できなかった**文明は寿命を縮める**。

3. 土壌はなぜ大切なのか？

日本の展望—学術からの提言 2010

提言

持続可能な世界の構築のために



平成22年(2010年)4月5日

日本学術会議

日本の展望委員会

持続可能な世界分科会

日本学術会議 日本の展望委員会 持続可能な世界分科会

- | | | |
|------|---------------|-------------------------------------|
| 委員長 | 山内 皓平 (第二部会員) | 愛媛大学社会連携推進機構教授
南予水産研究センター長 |
| 副委員長 | 宮崎 毅 (連携会員) | 東京大学大学院農学生命科学研究科教授 |
| 幹事 | 上野千鶴子 (第一部会員) | 東京大学大学院人文社会系研究科教授 |
| 幹事 | 福井 弘道 (連携会員) | 慶應義塾大学総合政策学部教授
グローバルセキュリティ研究所副所長 |
| | 酒井 啓子 (第一部会員) | 東京外国語大学大学院地域文化研究科教授 |
| | 野口 伸 (第二部会員) | 北海道大学大学院農学研究院教授 |
| | 真木 太一 (第二部会員) | 筑波大学北アフリカ研究センター客員教授
九州大学名誉教授 |
| | 飯塚 堯介 (第二部会員) | 東京家政大学家政学部教授
東京大学名誉教授 |
| | 山本 雅 (第二部会員) | 東京大学医学研究所教授 |
| | 嘉門 雅史 (第三部会員) | 香川高等専門学校校長
京都大学名誉教授 |
| | 前田 正史 (第三部会員) | 東京大学理事・副学長 |

※ 名簿の役職等は平成22年3月現在

3. 土壌はなぜ大切なのか？

「持続可能な世界の構築のために」
でうたわれた**ハーマン・デイリーの3原則**

- ① **再生可能な資源**（**土壌**、水、森林、魚など）の消費ペースは、その再生ペースを上回ってはならない。
- ② **再生不可能な資源**（化石燃料、良質鉱石、化石水など）の消費ペースは、それに代わりうる持続可能な再生可能資源が開発されるペースを上回ってはならない。
- ③ **汚染の排出量**は、環境の吸収能力を上回ってはならない。

3. 土壌はなぜ大切なのか？

2010年、粕渕辰昭著『土と地球』

「土壌は地球にしかない、生物自身がつくってきたかけがえのない生命維持システム」

2013年、長谷川周一著『土と農地』

「土は作物生産のみならず、大気圏と地殻圏に挟まれ、物質循環に重要な役割を果たしている」

2013年、高村薫著『地に足をつけて』(朝日新聞寄稿)

「この大地と、是も非もなく向き合うとき、初めて『どう生きるか』という意志と選択の問いが始まる」

2015年、大橋欣治著『水と土の文化論』

「人の生存に直接関わる穀物は、広い大地(土)を抜きにしては成り立たない」

3. 土壌はなぜ大切なのか？

世界の土

- 2015年は国際土壌年

2013年12月20日、第68回国連総会決議

- 優良な土壌管理を含めた土地管理が経済的および社会的に重要である理由

経済成長

生物多様性

持続可能な農業と食糧の安全保障

貧困撲滅

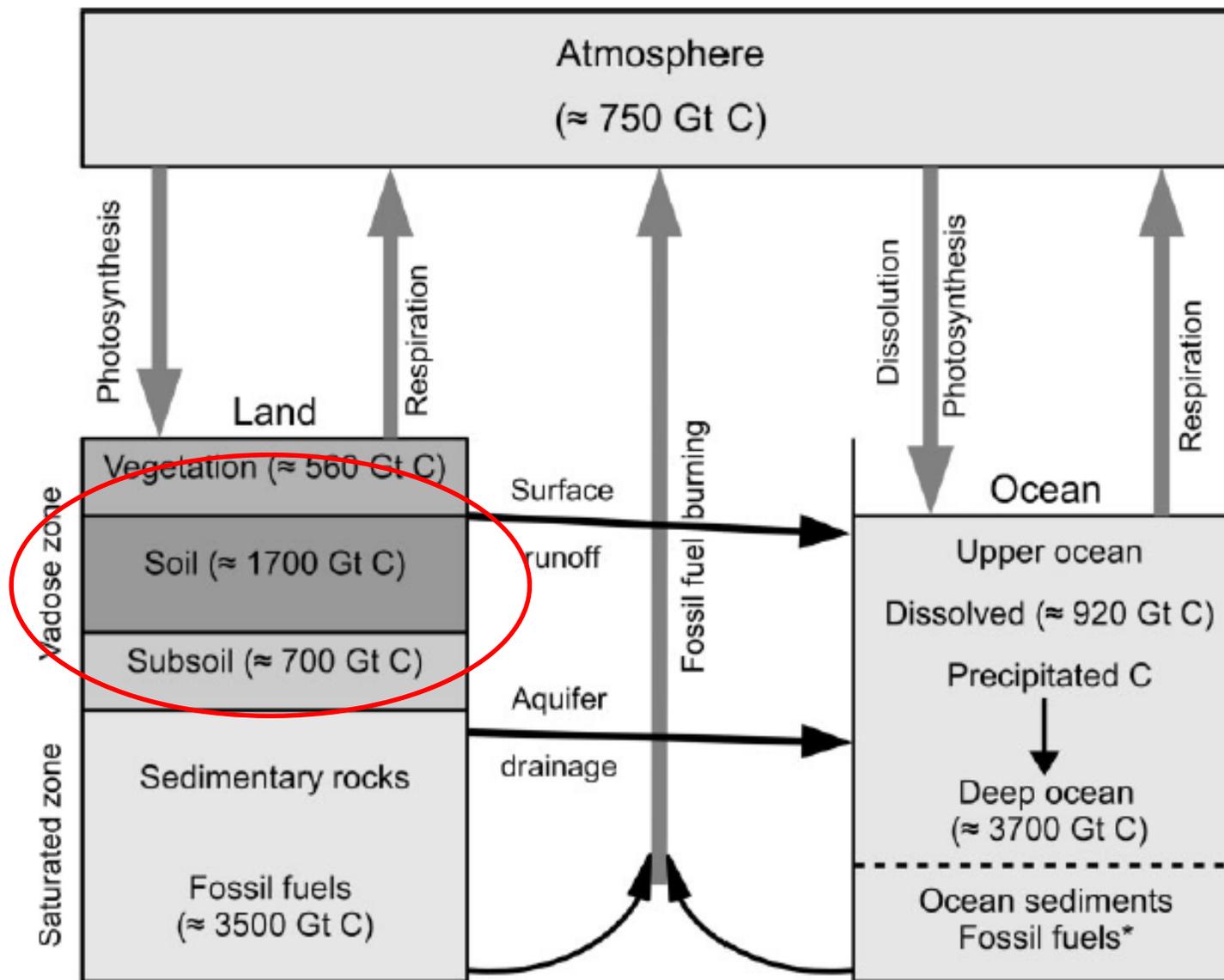
女性の地位向上

気候変動への対応

水利用の改善

3. 土壌はなぜ大切なのか？

炭素貯留機能



3. 土壌はなぜ大切なのか？

3. 土壌はなぜ大切なのか？

答え

- ① **食料生産にとって不可欠**：人間の生命に直結する。
- ② **人間と生態系の環境にとって不可欠**：水、空気、炭素、生物や化学物質などの貯留と循環の場を提供する。

4. どうすればよいのか？

ステレオタイプの議論で良いのか？

- 地球人口が今世紀中に90～100億人に達する見込み。
- 土を酷使して土壌劣化を起こしているので、やがて食料生産に危機が訪れる。
- 人類の歴史では、土壌劣化が文明を滅ぼしたという過去の教訓がある。
- 21世紀に入った今、地球規模の土壌保全を行わないと、環境と食料は守れない。

生き残るための地球環境学

- 2015年6月、朝日新聞「私の視点」欄、愛媛大学名誉教授(環境科学)立川涼氏の提言
- 日本でも**土壌に関する教育**を強化することが望ましい。
- 私は『**生き残るための地球環境学**』を新設し、ここで土壌についての学習を深めることを提案したい。
- もちろん**土壌**だけでなく、**大気・水・生態系**と合わせて実践的に学ぶ。
- 社会・経済的視点も入り、文字通り**文理融合**の教科になる。
- これからの時代の変革に対応できる教科にもなろう。

4. どうすればよいのか？

海外ニュースから

最新ニュース SWCS Conservation News (2016年2月14日付) より
Healthy Ground, Healthy Atmosphere: Recarbonizing the Earth's Soils
(健康な土地、健康な大気: 土壌の炭素貯留)

- オハイオ州中部在住農家Dave Brandt氏は約240ha借地で小麦、トウモロコシ、大豆栽培。
- 小麦収穫後の農地を10種類以上のカバークロープで覆い、裸地状態を作らない。
- 1972年以降不耕起栽培。
- 年間平均960Kg の炭素を土壌中に貯留。
- カバークロープにより土壌侵食無し。

4. どうすればよいのか？

日本学術会議 農学委員会 土壌科学分科会

提言

緩・急環境変動下における土壌科学の基盤整備
と研究強化の必要性



平成28年（2016年）1月28日

日本学術会議
農学委員会
土壌科学分科会

委員長	南條 正巳 (第二部会員)	東北大学大学院農学研究科教授
副委員長	木村 真人 (連携会員)	独立行政法人農林水産消費安全技術センター理事長
幹事	小山 博之 (連携会員)	岐阜大学応用生物科学部教授
幹事	間藤 徹 (連携会員)	京都大学大学院農学研究科教授
	大杉 立 (第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	國分 牧衛 (連携会員)	東北大学名誉教授
	三枝 正彦 (連携会員)	豊橋技術科学大学先端農業バイオリサーチセンター特任教授
	丹下 健 (連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科長
	西澤 直子 (連携会員)	石川県立大学生物資源工学研究所教授
	藤井 克己 (連携会員)	公益財団法人いわて産業振興センター顧問兼連携推進センター長
	宮崎 毅 (連携会員)	東京大学名誉教授
	三輪 睿太郎 (連携会員)	農林水産技術会議会長
	森 敏 (連携会員)	石川県立大学客員教授
	山本 洋子 (連携会員)	岡山大学グローバルパートナーズ センター長・資源植物科学研究所教授
	白戸 康人 (特任連携会員)	国立研究開発法人農業環境技術研究所上席研究員
	中西 友子 (特任連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授

提言の作成にあたり、以下の方々に御協力いただきました。

犬伏 和之 (特任連携会員)	千葉大学園芸学研究科教授
小崎 隆 (特任連携会員)	京都大学名誉教授、首都大学東京都市環境学部教授

4. どうすればよいのか？

「土壌科学分科会からの提言」2016

土壌の基本的役割の再評価

- ①生産機能
- ②景観形成機能
- ③生態系サービス形成機能

提言

- ① **土壌観測ネットワークの形成と国際的な土壌情報の整備及び日本の貢献強化**
 - ・土壌の一元的な観測、情報化、日本土壌観測ネットワークを形成
- ② **土壌科学の新展開と土壌教育の充実**
 - ・農学を超える新しい土壌科学を展開、小中高校の土壌教育を拡充
- ③ **土壌保全に関する基本法の制定**
 - ・土壌保全の理念と原則、観測と情報整備・公開、学術・教育の推進

4. どうすればよいのか？

日本の水

「水循環基本法」(2014年)前文抜粋

- **水**は生命の源であり、多大な恩恵を与え続けてきた。
- 我が国は、**水循環の恩恵**を大いに享受し、豊かな社会と独自の文化を作り上げることができた。
- 近年、様々な要因が**水循環に変化**を生じさせ、それに伴い、渇水、**洪水**、水質汚濁、生態系への影響等様々な問題が顕著となってきている。
- このような現状に鑑み、**健全な水循環**を回復するための施策を包括的に推進することが不可欠である。
- ここに、**水循環に関する施策**について、この法律を制定する。

4. どうすればよいのか？

日本の土

「土壌保全基本法」前文私案

- **土壌**は生命の源であり、多大な恩恵を与え続けてきた。
- 我が国は、**土壌の恩恵**を大いに享受し、豊かな社会と独自の文化を作り上げることができた。
- 近年、様々な要因が**土壌に変化**を生じさせ、それに伴い、**土壌侵食、土壌汚染、排水不良**、生態系への影響等様々な問題が顕著となってきた。
- このような現状に鑑み、**健全な土壌**を回復するための施策を包括的に推進することが不可欠である。
- ここに、**土壌保全に関する施策**について、この法律を制定する。

4. これからどうすれば良いのか？

答え

- 土壌が多面的機能、すなわち、
 - ①食料生産機能
 - ②景観形成機能
 - ③生態系サービス形成機能
 - ④物質(水、炭素、その他)循環維持機能を有するということを再評価すること。
- 人間と土壌が向き合うネットワーク形成、教育充実、土壌保全基本法の制定を行うこと。

情報、教育、法律が鍵になる！