

報告

都市域土壌の現状と課題



令和2年（2020年）9月15日

日本学術会議

農学委員会

土壌科学分科会

この報告は、日本学術会議農学委員会土壌科学分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

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)	東北大学名誉教授
副委員長	犬伏 和之	(連携会員)	千葉大学大学院園芸学研究科
幹事	山本 洋子	(連携会員)	岡山大学名誉教授
	丹下 健	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	小崎 隆	(連携会員)	愛知大学国際コミュニケーション学部教授、京都大学名誉教授
	中西 友子	(連携会員)	星薬科大学学長、東京大学大学院農学生命科学研究科特任教授、東京大学名誉教授
	西澤 直子	(連携会員)	石川県立大学学長、石川県立大学名誉教授、東京大学名誉教授
	丸山 幸夫	(連携会員)	筑波大学名誉教授
	宮崎 毅	(連携会員)	東京大学名誉教授
	宮下 清貴	(連携会員)	元公益財団法人日本植物調節剤研究協会理事長
	山岸 順子	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	川東 正幸	(特任連携会員)	東京都立大学大学院都市環境科学研究科地理環境科学域准教授

本報告の作成にあたり、以下の方々に御協力いただいた。

波多野隆介	(特任連携会員)	北海道大学大学院農学研究院教授
三輪睿太郎		元農林水産技術会議会長
岡崎 正規	(有)	日本土壌研究所代表取締役、東京農工大学名誉教授、石川県立大学名誉教授

本件の作成にあたり、以下の職員が事務を担当した。

事務局	高橋 雅之	参事官(審議第一担当)
	酒井 謙治	参事官(審議第一担当)付参事官補佐
	原澤 千春	参事官(審議第一担当)付審議専門職

要 旨

1 都市域土壌の捉え方と背景

宅地、商業用地、工業用地、都市公園などの都市的地域の土壌やその他の人為を強く受けた土壌に対して国内外において様々な用語が用いられている。これらの用語を定義すること自体が今後の課題だが、本報告では関連用語を土地利用や地理的分布に基づいて整理し、都市域土壌と仮称する。

2050年には世界人口の2/3以上が都市部に住むという2011年の国連の報告は衝撃的であった。日本は都市への人口集中が著しい国の一つであり、都市的土地利用の在り方について関心が払われつつある。だが、都市的土地利用が論議される際に、その構造物の下などに存在する土壌に注意が向けられることは必ずしも多くなかった。その一方、人口減少による都市域の縮退現象が進み、都市周辺地域の再緑地化や再農地化の可能性も考えられる。このような中、20世紀後半からは都市域の土壌に関しても土壌学的データに基づいて論議されるようになり、2000年には国際土壌科学連合（IUSS）の第3部門に人為の影響を受けた土壌を扱うワーキンググループが組織された。その学術活動を通じて研究が進み、日本国内においても研究論文や書籍の出版がなされるようになった。これらの活動を通じて抽出された課題や将来に解決すべき課題について検討し、本報告を取りまとめた。

2 都市域土壌の現状

(1) 都市域土壌の性質

都市域土壌の性質は、これまでにデータ集積のある農地・林地など自然に近い土壌とは大きく異なり、多様でもある。公園等の都市緑地の土壌もあれば、構造物の下では重機で固めるために著しく固結した土壌もある。これらの土壌はコンクリートやアスファルトに代表される人工物質を多く含むこともある。また、混入する人工物質が土壌をアルカリ性にしており、農地や林地の土壌と性質を異にする。農地等のような生物活動は著しく損なわれていたり、偏っていたりする現状も報告され、ある程度の土壌生物の活動があってもいびつな生態系として存在している可能性が指摘されている。

(2) 都市域土壌の管理

都市的土地利用においては土地の造成や構造物が完成された後は地表面に出ている構造物の下にあってもその土壌の性質は不変であるということが通念かも知れない。そのため、これらの土壌に注目した管理はほとんど行われない。しかし、実際にはその土壌に変化が認められることもある。都市緑地の土壌でも生物生産に関わる特性は損なわれていることが多い。

(3) 都市域土壌と土壌生成因子

自然界における各種土壌の生成はそれぞれの土壌の母材、気候、地形、生物、時間、人為などの因子（土壌生成因子）に分けて論議される。これらのうち前5者は自然的な因子だが都市域土壌では人為の影響が強く、その影響はその前5者にも及ぶ。母材には自然にない組合せと分布が起り、気候には被覆物や都市熱の影響が加わり、地形は均平化傾向、生物活動は制限される。時間スケールも自然土壌の生成時間より大幅に短い、都市域土

壤が造成された後にその環境条件に応じた性質変化がありうる。

(4) 都市域土壌の生態系サービス

土壌の大きな役割は生態系の基盤となり、多面的な生態系サービスを支えることである。都市域土壌の生態系サービスとして期待されるのは、都市緑地としての景観の形成やレクリエーションの場、壁面緑化や屋上緑化などにおける植生の培地となることである。都市域の生産緑地を除けば積極的な生物生産が期待されることは少なく、植物は適度に生育し、ある程度で成長停止することが望まれる場面も少なくない。

3 都市域土壌に関する主な課題

(1) これまでに形成された都市域土壌

公園など都市緑地となっている土壌や都市構造物の下にあつてその基盤となっている土壌など都市域土壌のおかれている環境は多様である。土地の造成と都市的土地利用の開始後に認められる都市域土壌の変化に次のようなことがある。植栽管理や落ち葉清掃が有機物の蓄積を妨げたり、根の露出を促進したり、土壌劣化が進行することが知られている。また、道路や建物など構造物下の土壌では地表面を不透水層で被覆するために土壌の変化はわかりにくい、補修やインフラの交換で土壌が掘り上げられ、還元状態から酸化状態になることがある。土壌材料に海成堆積物を含む場合では酸化・酸性化の問題も指摘されている。また、構造物の下の土壌に一旦水の通り道ができると侵食が進む可能性がある。レクリエーション施設における定期的な植栽と土壌の管理が地盤強度を低下させる可能性もあり、長期的な管理・利用を考慮した場合、定期的なモニタリングと必要に応じた修復が望まれる。

近年の異常気象により頻発するようになった都市域土壌の土砂崩れへの対策は喫緊の課題である。特に造成で盛土がなされた土壌で発生していることに鑑み、地盤の強度や脆弱性の予測を可能とする新旧地形図のデジタル標高モデルの整備を通じた造成履歴のデータベースの構築が望まれる。現状では各自治体単位でのみ把握されている都市域土壌の改変（造成、土壌汚染など）に関する地図情報と地質地盤情報データベース及び土壌情報を国土交通省と農研機構が協力する等の体制で一元化し、更新していく必要がある。

(2) これからの都市域土壌

都市域の多様な土壌はそれぞれに長期的に望まれる機能を果たすような管理法を確立する必要がある。人口が減少傾向になり、今後面積の増加が見込めない都市域や縮退現象に直面している都市では、これまでに拡大した都市域の土地利用変化を想定しておく必要がある。従来の都市的土地利用から農村的土地利用への転換もありうる。その際には生物生産を意識した造成・施工をすることが望ましい。現在の対応としてコンパクトシティー化が計画されているが、残存する都市縁辺部の都市的土地利用下にある土壌に対する対策として人工的手法により自然を生み出す技術を要することになる。衰退した都市域では自然または半自然条件に任せた管理、いわゆるグリーンインフラを整備することが望ましい。そのグリーンインフラには緑地や将来のスマート農業への転換が図れる可変性を持たせた整備施工法を用い、潜在土壌分布等のデータベースを構築しておく必要がある。

目 次

1	はじめに	1
2	都市域土壌の現状	2
(1)	都市域土壌の捉え方	2
①	人為の影響が大きい土壌に対する名称	2
ア	都市土壌	2
イ	造成土	2
ウ	人工土壌	3
②	都市域土壌の位置付け	3
ア	土地利用から見た都市域土壌	3
イ	地理的分布から見た都市域土壌	3
③	土壌学的な分類における都市域土壌	4
ア	国際的な土壌分類	4
イ	日本の土壌分類	4
(2)	都市域土壌の性質	5
(3)	都市域土壌の管理	7
(4)	都市域土壌と土壌生成因子	7
①	母材	7
②	地形	8
③	生物	8
④	時間	8
⑤	気候	9
(5)	都市域土壌の生態系サービス	9
①	供給サービス	9
②	文化サービス	9
③	土地利用の変化と生態系サービス	10
3	都市域土壌に関する主な課題	10
(1)	これまでに形成された都市域土壌	10
①	都市域土壌の性質から見た課題	10
ア	造成における課題	10
イ	管理における課題	11
②	都市域土壌の学術的位置付け・情報収集に関する課題	11
ア	生産の見地からの課題	11
イ	造成の見地からの課題	12
ウ	管理の見地からの課題	12
(2)	これからの都市域土壌	12
①	統計データから見たこれからの都市域（面積、分布、人口）	12

② 増加する縮退都市における都市域土壌の将来	13
③ 世代を超えて利用できる都市域土壌の在り方	13
<用語の説明>	15
<引用文献>	16
<参考資料> 土壌科学分科会審議経過	19

1 はじめに

世界の人口の半数以上は都市部に住み、都市部の土壌は、主として宅地、商業用地、工業用地、都市公園などの都市的土地利用下にある。その土壌が本報告で取り上げる「都市域土壌」である。都市的土地利用下にある土壌に対する利用意志は農林地を含む自然的土地利用下にある土壌とは必ずしも同じではない。

カーターとデールはその著書「土と文明」において「文明人は地球の表面を渡ってすすみ、その足跡に荒野を残していった。」と、有史以前からの人類による土壌への働きかけが収奪的であったことを指摘した[1]。この生物生産のための土壌の積極的な利用はすでに数千年以上の長い時間継続しているものの、近現代に至り土壌に対する人類の影響は絶大となって、たゆまぬ修復がなければ荒地となりそれが世界各地に散在することとなった。この現状を鑑みて、20世紀末には「持続的な土地・土壌管理」「持続的な生物生産」と不毛な土地を生み出さない技術開発に努力が払われるようになった。さらに21世紀の現在、達成すべき持続可能な開発目標(SDGs)が国連により掲げられ、その中で、目標2「飢餓人口をゼロに」、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」は土壌を持続的に利用してこそ達成される目標である。土壌中に有機物を貯めることにより、生物生産に必要な元素の循環を高めるような土地・土壌利用が必要である。生態系自身を強靱化するEco Intensificationの概念[2]を取り入れることや比較的粗放な管理でありながら、土壌有機物を蓄積し、生産力を回復する不耕起・省耕起栽培を活かした保全農業[3]はこれからの土地・土壌利用に際し、取り組むべきとの提案である。このような課題と提案は本報告のテーマにも直接・間接に関わる話題として、公開シンポジウム「土と持続可能な開発目標(SDGs) -アフリカの土・市街地の土」[4]の中で取り上げて、高い関心を得た。これらの概念および技術提案の前提は土壌を「生物生産のために積極的に利用する」という山林、農地を含む自然的土地利用下の土壌に対する概念に基づいている。

一方、歴史的には農地などの生産地域から発生した集落に様々な機能が付与されて街や都市が発展する経緯から、農地も都市域も絶大な人為の影響を受けた土地として論議されることがある。しかしながら、人口が集積し、様々な社会的機能が集積した都市における土地と土壌への役割は従来の農地の土壌に求める役割とは根本的に異なっている。このことは国際土壌年(2015年)に国連食糧農業機関(FAO)から発行された「世界の土壌資源の現状」の中で生態系サービスの違いとして説明されている[5]。「都市域土壌」には生物生産を基礎とした土壌に対する概念は弱く、したがって、その利用においてもSDGsに挙げられた目標達成に資する土壌の特性はほとんど顧みられない。現在、荒廃農地の拡大・進行を抑える世界的課題がある一方で、部分的には著しい人口減少が進行する国や地域での都市域の荒廃がある。いずれも土地に関わる問題であり、地表には土壌が存在する。現在までの科学であれば、前者が農学における土壌学の課題であり、後者は都市工学や土木工学の課題であろう。しかし、将来世代を含めた長期的土地利用の視点に立つなら、このような課題の仕分けでない学問領域を超えた土壌のあり方に対する

論議が必要になってくる。

土壌は本来、我々にとって身近な存在であった。農業生産に限らず、遊びや生活の中で土壌に対する認識を自然と身に着けていたといえる。しかしながら、すでに都市圏人口が95%を超え、今後の30年間も都市域への人口集中が予測されている現在の日本[6]では土への認識も薄れ、教科書における土壌の扱いは弱まった。これは世界的な趨勢でもあり、世界的に土壌教育の重要性が叫ばれるようになり、日本では2017年の小学校教科書によろやく「土の粒」として復活することとなった[7]。このような土壌に対する認識の変化に対して「都市域土壌」は少なからず関係があり、関心の弱かった「都市域土壌」に対して意識を改めることは、前半の農業生産と土壌劣化の問題、後半の土壌教育とその認識、それらとの関わりの中で広く将来の土壌に対する資源的価値や自然物としての存在について新しい概念を構築するために貢献するものとする。このような背景のもと、本報告は「都市域土壌」の現状を概観・整理し、現在の課題の抽出と今後の対応について検討した内容である。

2 都市域土壌の現状

(1) 都市域土壌の捉え方

本報告における都市域土壌は、次の都市土壌に造成土や人工土壌も含めて人為の影響を強く受けた土壌を対象とする。都市的地域には残存農用地が混在することもあり[8]、都市的土地利用下にある土地と農用地の相互転用の可能性も考慮に入れる。

① 人為の影響が強い土壌に対する名称

ア 都市土壌

一般に都市域とは主として住宅や商業施設、工業地域とそれらを結ぶ道路等のインフラストラクチャーが整備された地域であり、生物生産を主体とした農業・農村的土地利用に対して、都市的土地利用がなされている地域である。従って、都市土壌や市街地土壌といった場合に、想起される土壌は都市的土地利用の領域に分布する土壌である。これらの領域はコンクリートやアスファルトなどの人工構造物で被覆されているため、土壌として認識しにくい。一方、これらの構造物に付随して設けられる都市緑地や街路樹の生育範囲では土壌が目視可能なため、一般的に土壌の存在を意識しやすい。

イ 造成土

造成とは土地利用に合わせて土壌の掘削・移動を伴って地形を改変することであり、土壌との関わりは深く、造成によって改変された土地を被覆する土壌を造成土と呼ぶ。造成に伴って生じる盛土や切土がそれに相当する。従って、宅地や道路建設に伴う都市的土地利用による造成のみならず、工業的土地利用のための造成や大規模な埋立によって形成された土地の土壌も含まれる。大規模な土地改変を含むため、造成土の名称からは生物生産との関わりが乏しい印象があるが、農地においても大規模な造成が増えつつあるため、必ずしも農地土壌と区別される名称ではない。造成土は国内外の土壌分類において一つのカテゴリーとして位置付けられている[9]。

ウ 人工土壌

この名称は主に生物生産を意図して人工的に調製した土壌（植物生育のための培地・培土）に対して用いられる。室内や屋上などの比較的小さな面積で植物を育てる目的で養水分保持が可能な材料から調製して人工的に作られる。建物や構造物に負荷をかけないように軽い材料で調製されることが望ましいが、自然の土壌を混ぜ合わせる場合もある。都市土壌や造成土は現地でかなりの長期間にわたり存在するのに対して、植物生育のために調製された人工土壌は比較的短期間に廃棄されることが多い。意図する利用が終了すると植物と共に撤去されたり、再利用のために回収されて調製されたりすることも多い。そのため、植物生育や一次生産に関わりながらも土壌学的な見地から取り扱われることが少ない。

② 都市域土壌の位置付け

ア 土地利用から見た都市域土壌

都市域土壌は主に比較的強く人為の影響を受けた土壌で、①アのように主に都市的土地利用下にある。その土地利用は住宅や商業施設、工業地域、都市緑地とそれらを結ぶ道路などである。本報告ではゴルフ場やアルペンスキー場[10]などのレクリエーション施設も都市域土壌の延長上にあると見て対象に含める。いずれの土地利用も切土・盛土や埋立を通じ、小中または大規模な造成を伴う。農用地のような生産性は重視されない。

このうち、宅地、道路および工業地などの大部分はコンクリートやアスファルトの硬盤に被覆されており、土壌に関する情報を得にくく、既往データも限られている。それ以外のゴルフ場やスキー場を含むレクリエーション施設や都市緑地では地表面を植物が被覆する土地利用の部分もある。

都市緑地は市街地内だけでなくその周辺部や湾岸域または近海の埋立地にも立地しており、土壌への人為の影響はさまざまである。近年の市街地面積拡大に伴って広がる丘陵地や山地緩斜面にある雑木林を利用した緑地は地形や土壌が自然に近い状態で維持されているのに対して、埋立地の都市緑地は完全に外来土壌を用いて造成されるため大きく人為の影響が土壌に残る。

大規模造成を伴う土地改変であっても、その場における在来の土壌を用いて造成する場合と外来の土壌を用いて造成する場合で土壌分類上の位置付けが大きく異なる。この詳細については次の③に記載した。

イ 地理的分布から見た都市域土壌

都市域は人口密度の高い地域であり、その領域は時代と共に変化する。各大都市圏で人口増加に伴って急激に都市域面積は拡大しており、各都市域をつなぐ交通網の広がりも顕著である。これらの領域は車両の移動を基本にして計画されているため土地の均平化が図られている。均平化は切土・盛土による大規模な造成によって達成される。従って、自然のままの土壌が存在していることはほとんどない。また、都市域の拡大に伴う土地改変はその都市域内にとどまらず、その周辺の丘陵地や山地にも影響がおよぶ[10]。造成の際に使用する切土と盛土は均等に使用されること

が望ましいが、構造物の築造に十分な強度を期待できない場合には周辺の山地を切り崩して良質な砕石を採取・利用する。このとき、砕石地は都市域近郊から調達されることが多く、その土地も砕石採取とその後の利用によって大規模な改変を受けることから、これらは都市域に含まれないが、人為の影響を受けた土壌の分布域になる。

③ 土壌学的な分類における都市域土壌

ア 国際的な土壌分類

農業生産と区別して人為の影響を受けた土壌について分類の最上位カテゴリーに独立した分類名が設けられたのは2006年のことである。国際的に広く用いられているFAO発行の世界土壌照合基準(WRB) [11]において、テクノソル(Technosols)が32種類ある土壌群の一つに設けられた。テクノソルは廃棄物や人工物質および加工された岩石を土壌中に一定の割合で含む土壌である。農業生産を意図して人工改変を受けた土壌は含まない。この土壌は2006年に突然取り込まれたわけではなく、概念としてはFAOによる世界土壌図凡例の中に以前から現れていた。これらの人工的に造成された土壌は固結していない未熟な土壌「レゴソル(Regosols)」に分類され、人工的な影響を表す修飾語「アンソロピック」と組み合わせ、「アンソロピックレゴソル」と命名されていた。テクノソルを細分する分類名として、人工的にゴミが埋められていること「ガービック」、埋立地でメタン発生に至る強還元状態であること「レダクティック」、移動盛土で被覆されていること「トラスポーティック」などの修飾語と組み合わせたものがある。なお、人工的な未熟土壌であることの定義は、土壌生成因子の影響が及んでいないか、その影響が兆候として見られないことである。人工物質を含み、人工的に埋立や盛土によってできた土壌であっても、おかれた環境の影響を受けて土壌が変化する兆候が認められれば、土壌生成を受けた土壌として認定される。

もう一つの国際土壌分類であるアメリカ農務省が発行するソイルタクソノミーの短縮版でも2014年の改訂版[12]で生物生産と関わりのない土壌を人工改変および移動土壌(Human-Altered and Human-Transported Soils: HAHT soils)として記述を大幅に増やしている。廃棄物で埋立てられた土壌(アンソロピック)、重機で硬化した土壌(アンソロデンシック)、外部から持ち込んで積み上げた土壌(アンソロポーティック)、深くまで攪乱した土壌(アンソロオルティック)などの修飾語を設けている。この分類がWRBと異なるところは、農地に同様の人工改変や移動が認められた場合にも関連する用語を与えることができることである。すなわち、WRBが農業生産と関わりのない土壌を一括して区別したのに対して、アメリカの分類では人工的な影響を表す「活動」に対して定義しており、影響を受けた土壌そのものに対する分類ではない。なお、HAHT soilsの分類はまだ検討中であり、人工的な影響が強い土壌分類名を独立させることも提案されている[13]。

イ 日本の土壌分類

日本でも造成を受けた土壌は「造成土」として上位のカテゴリーで分類される[9]。

さらに造成土には、人工的な材料を多く含む「人工物質土」と外来の土壌を持ち込んで造成した「盛土造成土」がある。盛土造成を受けた土壌は古くから日本の農地にも存在していたことから、農耕地土壌分類には含まれていた。しかしながら、農業生産と関わりが少なく人為の影響を強く受けた土壌に対して「造成土」の分類カテゴリーを与えたのは2002年のことである[14]。その後、用語の改訂を重ねて現在も造成土は分類カテゴリーとして存在する。日本の造成土の分類では側面や底が別の材料で囲まれていて物質循環が生じない系の土壌（例：屋上緑化に用いられる土壌や植木鉢）は分類対象としないことが前出の国際分類との相違点の一つである。

(2) 都市域土壌の性質

都市域土壌は外部から持ち込まれた材料を多く含み、自然環境下や生産環境下にある土壌において認められる性質とは異なる側面を多く持っている[15]。その一方で、時間の経過に伴って変化する性質もある[16]。それらを物理的性質、化学的性質、生物的性質に整理し、都市的土地利用の形態を三つに大別して表1にまとめた。

表1 都市域土壌の性質と管理に関する現状

	都市緑地	道路・建物用地	レクリエーション用地
物理的性質	<p>都心部の緑地では、地形造成のために建設廃棄物の砕石、廃コンクリート、廃アスファルトなどの埋設も合わせて実施するため、レキ含量が高い。重機による造成が土壌を硬化させて、地表面付近で匍匐伸長する植物根が認められる。物理性改良として、30 cm程度の盛土による植栽基盤が施工されたり、掻き起しされたりする場合は良好な物理性が得られるものの、硬化した下層に対して表土のみが膨軟なため、芝などの植被がない場合は降雨による侵食が発生する。</p> <p>埋立地に設けられた緑地も下層は埋立地の基底に至るまで廃棄物等の外来材料で構成されることが多く、重機を使った造成時に植栽基盤が硬化させられる。また、造成土の材料として近隣の山地や段丘を使用した緑地では全て砂質土壌で構成された事例がある[17]。</p> <p>都市郊外の緑地では、元来の地形や植生を活かした緑地が多く、部分的な盛土・切土造成や、崩壊防止の土留め補強で硬化しているものの、概ね近隣の山地や丘陵地の土壌と類似する。</p>	<p>道路や建物用地において、土壌は構造物の支持機能が要求される。十分な強度を確保して築造された後には強度の低下を防ぐために水や植物根の侵入防止が必要とされ、構造物下の土壌は隔離される。従って、構造物として完成した後、土壌の性質は変化しないと考えられがちだが、舗装の経年劣化などで亀裂が生じて水の浸透が生じると路床土壌の強度低下が生じて交通荷重により窪地が発生したり、波状面を形成したりする。このため隔離による強度の維持は重要である。従って、十分な強度に造成された道路や建物の基盤土壌は硬度が極めて高く粗粒質のため、使われなくなった後に生物生産を期待する緑地などの別の土地利用に転用することは難しいと考えられる。</p>	<p>大面積のレクリエーション施設としてはゴルフ場とアルペンスキー場が挙げられる。これらは自然の地形を利用しながらもコースを演出するために大規模な造成が行なわれる。水の浸透による微地形の崩壊を防ぐために重機を使って固められるため、植物生育の場としての土壌の物理性は不良であることが多い。恒常的に利用されて草本植生が維持されている間はこの堅硬な物理性は維持されるものの、アルペンスキー場などが放棄された後の斜面崩壊の事例が報告され[18]、造成後の管理が影響していると考えられる。</p>

<p>化学的性質</p>	<p>造成を受けた都市緑地の土壌はコンクリートなどの建設廃棄物を含むことが多く、これらに由来してアルカリ性を示すことが多い[19]。造成初期段階では無機態炭素含量がカルシウム含量との良い相関関係を示すことから炭酸カルシウムを生成していることが指摘されている。カルシウム塩は混合された材料に由来するものと解釈されている[22]。その一方、緑地では地表面が大気と接しているため降雨を直接受けることや植物根を介した物質の交換も生じるため、土壌 pH や塩基含量に変化を生じる。アルカリ性混入物の影響が小さければ、造成緑地は概ね中性から酸性を示し、比較的短い時間で自然条件下の土壌と類似した化学性を示すと考えられる。</p> <p>臨海部の埋立地では外部から隔離された系であるにも関わらず、植物根の水平伸長や昆虫類の活動によると見られる土壌有機物の含量増加例もある[23]。</p>	<p>道路や建物の基盤となる土壌では土壌粒子同士を強固に締固めるために石灰(フィラー)を加えることも多く、造成初期状態では顕著なアルカリ性になる。年数が経過した同様の土壌で中性付近の土壌 pH が確認されている[20]ことから、経時的な土壌 pH の変化や土壌中の物質移動が指摘されている。また、道路や宅地開発地で問題視される土壌 pH は海成堆積物の露出による酸性化である。大規模造成において、パイライトを含む海成堆積物が掘削・暴露された場合に極度に酸性化し[21]、金属やコンクリートで築造された構造物を劣化させる恐れがある。場合によっては含有重金属の溶出を引き起こす懸念もある。都市域土壌の汚染は過去の廃棄物等の混入によって引き起こされたと見られる。土壌汚染対策法に基づき、汚染の調査と対策がなされている[24]。</p>	<p>ゴルフ場やアルペンスキー場などの造成では現地材料を利用することが一般的であり、都市部に見られる混合材料に由来するアルカリ化は認められず、化学的特性は近隣の攪乱を受けていない林地の土壌に類似することが多い。また、ゴルフ場(窒素やリン酸肥料)、アルペンスキー場(雪面硬化剤としての硫酸アンモニウム)で使われる栄養塩類の環境影響が懸念された。</p>
<p>生物的性質</p>	<p>都市域の緑地では植栽の過度な生育は緑地内の地表面に光が届きにくくなり、景観および防犯上の理由から望ましくないと考えられる。また、枝葉部が空間を侵犯したり、地下部が構造物の下部に潜り込み舗装や構造物を押し上げたりすることも望ましくない。その一方で、植生が自然に近い構成に発達することを期待する場合がある。このような視点は緑地を一つの生態系として成立する期待に基づくものであり、植生のみならず鳥類や昆虫など動物相の生態系メンバーとしての発達をモニタリングしている研究もある。生態系として成立するためには生物サイズに応じた面的な広がりが必要であり、明治神宮や自然教育園などの東京都内の都心部に位置しながらも広い面積が確保されている緑地では生態系としての生物相の発達が確認されている。</p>	<p>全く生物活動とはかかわりがないように見られる道路や建物などの構造物存在下でも、多孔質アスファルトやインターロッキングを用いた舗装では孔隙に微生物活動が認められることもあり、構造物材料の性質によって生物活性が異なるものと考えられる。</p>	<p>レクリエーション施設として管理する場合、自然植生の侵入、特に木本植生の侵入・遷移は望ましくないため、定期的な刈り取りにより草本植生の維持が図られており、その密生した植物根が土壌浸食の防止に役立っている。一方で、放棄されたアルペンスキー場では、侵入した木本植生の根伸長が過去に固められた下層と表層の分離を促し、物理的性質の項目で示したように表層崩壊を引き起こす事例がある。</p> <p>植生維持のためのゴルフ場内における農薬散布の場内および周辺環境への影響については汚染防止が指導され調査指針が策定されているが、一般環境基準の 10 倍まで認められており、生物への影響も留意すべきである。</p>

<p>管理</p>	<p>市街地面積の増加が著しかった 20 世紀後半には都市圏での農地面積減少に歯止めをかけるために生産緑地法[25]が設けられて、農業的土地利用に税制優遇措置を適用することによって生産緑地の維持を図ってきた。2022 年にはその措置が終了するために土地利用転換が図られる可能性が論議されている。農地を維持すれば土地管理は従来と変わらないが、土地利用が宅地や商業地などに転換されると土壌はこれまでの生産力を失う。しかし、人口減少が進行する現在においては宅地化も避けられる可能性があり、農地の維持(特定生産緑地)または都市緑地へ転換する可能性も考えられる。緑地の管理は景観維持のための植栽の剪定などが主体であり、農地のように定期的な土壌管理を行うことはほとんどない。緑地の規模や目的によって異なるが、小規模な都市緑地では落葉枝の掃除・廃棄が養分循環を遮断し、土壌の肥沃度が低下する。</p>	<p>建造物の下の地盤としての土壌を管理することはほとんどないが、道路は部分的に頻度高く土壌の掘削や埋め戻しが行なわれている。主たる目的は埋設した水道管やガス管などのライフライン設備の管理のためである。基本的にはもともと使用されていた材料を掘り上げて、設備工事完了後に埋め戻すことになるが、この間に土壌材料が変化することがある。掘削と埋め戻しの埋設した設備への影響は必ずしも明らかになっていないが、土壌材料に硫化物が含まれていれば、その酸化による極度な酸性化への懸念がある。</p>	<p>植栽のあるレクリエーション施設では定期的な管理を行なうものの、花壇や芝生でない限り土壌の管理は稀である。しかし、アルペンスキー場ではコースの起伏維持・変更のため必要に応じて造成する。また、植栽の刈り込みや、融雪によるコース内の土壌侵食も生じるため、その修復を必要とする。これらの地表面に対する管理も重機を用いた土木工事として実施するために土壌は圧密される。このような圧密化を受けた土壌では融雪水や雨水の浸透が弱まるため、植栽の生育が不十分なコースでは表層崩壊を生じることもある。計画段階では不変で永久的な土地利用を考慮した造成であるが、実際には予期せぬ経時変化が生じるかもしれない。植栽の維持や防災等の目的に応じた定期的なモニタリングや管理が必要である。</p>
-----------	---	---	--

(3) 都市域土壌の管理

都市的土地利用下にある緑地、道路、宅地、工業用地などの管理において土壌が論議されることは少ない。構造物の地盤に相当する土壌は、施工した際に構造物や設備に対して十分な強度を確保し、劣化を誘発する要因を建造時に排除し、造成完了後には不変なものとして捉えられている。しかしながら、表 1 に大別したそれぞれの都市的土地利用における土壌管理の現状がある。

(4) 都市域土壌と土壌生成因子

一般に各種土壌の成り立ちはそれぞれの土壌の母材、気候、地形、生物、時間などの因子(土壌生成因子)に分けて論議される。人為も土壌生成因子の一つとして扱われることがあるが、都市域土壌では全ての土壌生成因子に人為の影響が及ぶ。

① 母材

都市域土壌の土壌生成因子のうち、人為の影響を強く受ける因子の一つは母材であろう。自然条件下では起こり得ない土壌の材料が存在する場合、異種土壌物質や人工物を含む土壌材料という解釈で人工母材と称する。具体的には建設廃棄物に由来する廃コンクリート、廃アスファルト、鉄筋片などである。また、浚渫土や外部から運び込まれた残土などの原位置に存在しない土壌が加えられた場合も異種土壌物質と判

断される。土壌調査する際には異種土壌物質の大きさや層を形成している場合にはその厚さおよび土壌断面中の占有面積割合の記録が望ましい。これらの記録からその造成地の土壌が造成土または自然土壌の造成相に分類するかを判断する。

② 地形

ゴルフ場やアルペンスキー場などのレクリエーション施設を除いて、特別な理由がない限り意図的に起伏ができるように造成することは稀であり、基本的に土地造成とは地表面を均平化することである。造成地では均平化するために切土で窪地を埋める（盛土）過程で造成土となる。深層の土壌が地表に露出して表土となる切土面に対して、盛土では深層と表層の混合土壌が表面に現れるため、両者では異なった特徴を示す。また、盛土面は攪乱された材料で満たされているために構造物を支える強度は確保されるものの物理的に脆弱であり、災害で崩れやすい。新旧の地形図を比較すると造成履歴が明らかとなり、切土と盛土の範囲も推測できる。農地造成でも大規模に土壌が移動することがあるが、多くの場合、切土を元来の表土（作土）と下層土（心土）に分けて盛土に使用するため、造成後も表土と心土は同じ土壌の層位構成となり、多大な攪乱を受けていても現行分類上の造成土にならないことが多い。

均平化された造成地では下層土壌が重機の踏圧によって硬盤層が形成されることが多く、透水性が低下し排水不良となることがある。そのため、造成緑地で均平化に伴う硬盤層の形成は植栽木の生育を著しく阻害することがある。また、排水不良は造成地でありながら還元層の生成を促すことになる。

③ 生物

ゴルフ場やアルペンスキー場などのレクリエーション施設を含めてある程度の植物生育を期待する土地利用では、そのための管理が行われる。地表面のマルチおよびバークや堆肥の混合が土づくりの段階で実施されるため、植栽された初期段階の土壌は地表面に限り肥沃であることが多い。一方、植栽密度が高いことや、初期段階の管理が雑草の繁茂を促す場合も含めて有機物の供給もある。しかし、硬化した下層にまで有機物の供給が及ぶことは稀であり、表層の生成を主とする生物因子の働きとなる。植物根も側方伸長が著しく、浅根なため倒れやすくなる。移植の際に根鉢で発育したミミズや甲虫の幼虫などの土壌動物が緑地土壌に入ることも多く、土壌生物や微生物バイオマスは表土に限り高い。極度に硬化し、生物活性が低い下層とのコントラストが明瞭であることが多い。

④ 時間

造成時が都市域土壌の生成時間の開始である。造成された都市域土壌の断面に経時的な土層の発達や変化を認めることは難しいが、土壌 pH、電気伝導度や塩基含量の変化に時間の経過を見ることができる。表 1 の化学的性質に示したように造成初期段階にアルカリ資材の影響がある場合、アルカリ性で塩基含量に富む土壌特性を示すことが多い。その後の時間経過に伴って土壌中への水の浸透や酸化還元状態に変化がある場合には、土壌 pH も変化する。表層における有機物の集積や植物根伸長に伴う土壌孔隙の増加なども比較的短時間に生じる土壌の発達過程である。建設廃棄物・残土や

浚渫土などの植栽に好ましくない材料を用いる場合でも、非固結の土壌材料を適度に管理することによって短期間で植栽を維持できる土壌に改良することも可能である。

一方、道路や建造物などの基盤は外部からの土壌材料を用いながらも、構造強度の観点から外部の影響を遮断し変化を生じないように造成しているため、経時的な変化はほとんどない。しかしながら、構造物の経年劣化を通して、基盤内の土壌に変化が認められる場合もあり[26]、不変を維持することは困難であり、環境条件に応じた変化が生じている可能性がある。

⑤ 気候

気候の影響は土壌に対する水分と温度の影響として捉えられる。気候帯の異なる環境下で都市域土壌の特性を比較した事例は見当たらず、気候の違いが都市域土壌、造成土の発達や生成に与える影響について記述することは難しいが、自然環境下の土壌に気候条件が及ぼす影響から推測するなら、日本では土壌に及ぼす影響としては降水量が多いことが挙げられる。その影響が及ぶ条件では、土壌の pH、電気伝導度や有機物含量が比較的短時間で変化することが特徴である。また、地表近くでの凍結-融解の影響も考えられる。

(5) 都市域土壌の生態系サービス

私たちが生態系から受ける多様な利益は生態系サービスとして認識される。土壌の役割は生態系を支える基盤となって、生態系サービスを十分に機能させることである。生態系サービスは次のような内容を持つとされる。「供給サービス：食品や水などの生産・提供。調整サービス：気候などの制御・調節、水涵養、水質浄化。文化サービス：レクリエーションなど精神的・文化的利益。基盤サービス：栄養循環や光合成による酸素の供給。保全サービス：多様性を維持し、様々な出来事から環境を保全すること」。都市域土壌が関与する生態系サービスの内容は供給サービスよりも文化サービスの寄与が大きく評価されている[5]。

① 供給サービス

都市域でも農地において生産活動は行われている。ほとんどが小規模な生物生産であり、商業的な意図は小さく、近隣の組合内での販売や自家消費が主体であり、生産性も高くはない。しかし、多くは古くからの優良農地であることも少なくない。地場野菜を栽培し、伝統農業を継承している地域もある。一方で、都会の屋上を利用した菜園も都市農地として存在している。廃熱を利用したビニールハウス栽培なども行われており、軽量素材で作った人工土壌を管理することによって生産しており、未来的な農業の一つとも見られる。

② 文化サービス

都市域で機能する生態系サービスとして社会・文化活動や経済活動に対する文化サービスが挙げられており、これらは土壌から直接的に生産されるサービスとは言い難いが、土壌を管理することによって創出し、制御できるサービスでもある。

建物間や建物内部または屋上などの自然景観と無縁の場所に庭園や緑地を設けて

自然らしさを演出するために土を持ち込むことがある。この場合は園芸用の培土を使用し、ガレキを取り込むことはない。恒久的な存続を意図することは少なく、一定期間経過後の除去や定期的な入れ替えが計画されている。その培土の自浄効果があまり期待できないため、好まれざる植物の生育や虫の発生防止を考慮した上での管理である。また、都市景観を良好にするための壁面緑化、屋上緑化も同様に恒久的な植栽の存在は期待されておらず、一時的な管理によって維持されている。これらの培土は、日本の土壌分類では学術的命名を行うことができず、学術的報告も稀である。だが、WRBでは深さ方向に底があり、水の下方浸透に制限がある人工的に造成された土壌「リニック テクノソル (Linic Technosols)」と命名される。

③ 土地利用の変化と生態系サービス

現代社会において都市域は拡大し続けており、土地利用は、市街地を含む人工的な土地利用である開発地が生産地である農地と山地と置き換わるように変化してきた。すなわち、生物生産に関わる生態系サービス（供給サービス）を社会・文化・経済活動の生態系サービス（文化サービス）の場に変換するように土地利用を変えてきた。この変化の過程において、生産するための機能を発揮する目的で存在していた土壌が構造物を支える土壌に変えられていったとも解釈できる。養水分保持や水分・空気の移動が要求される機能であった土壌は物理的強度を支える機能を発揮できるように姿を変えさせられたのである。土壌の特性を表す指標に三相分布（固相、液相、気相）があり、自然の土壌はこの三相が均衡を保って供給サービスを発揮している。しかし、都市の土壌は構造物を支える強度を発揮するために硬化させられ、その役割は固相の機能のみに偏っている。この固めた土壌を再び三相が均衡して供給サービスが機能するように戻すことは容易ではない。従って、現代の土地利用における開発地の拡大は不可逆的であった。将来、生産的土地利用への転換を図る際にはこの物理性の不可逆的变化に次の3 (2)のような留意が必要である。

3 都市域土壌に関する主な課題

以上のような都市域土壌の現状から都市域土壌の主な課題として以下のことが考えられる。これまでに形成された都市域土壌については造成後の土壌の変化に注目すること、都市的土地利用下にある土壌の情報を収集し、学術的な整理を行い将来の土壌利用に役立てることである。これからの都市域土壌については都市の縮退現象等で土地利用が変化する場合にその後が土壌の劣化した放棄地や荒野にならないような対策が望まれる。

(1) これまでに形成された都市域土壌

① 都市域土壌の性質から見た課題

ア 造成における課題

都市公園などの緑地においても土木工事による造成時には、自然土壌や農地土壌のような生産機能は考慮されていない。従って、土壌の物理性が不良になることが多く、透水性、通気性および植物根伸長に問題が発生する。これらの問題は造成完

了後では解決することが困難であるため、計画時に造成の工夫が必要である。緑地や公園など植栽する予定がある土地を造成する場合には、少なくとも1 m深程度の植栽土領域を設ける必要があり、その深さ範囲における透水性と保水性および通気性の確保が必要である。しかし、外来の土壌は自然に生成する土塊（土壌構造）が採取時に崩壊しがちなために、盛土または埋立て造成をした場合には受食性が高くなることに注意が必要であり、造成地の傾斜、植被、一定間隔の土留めなど侵食防止の配慮が必要となる。スキー場のように頻度高く造成工事を行う場合も侵食に対する対策が必要であり、植被率の低下を起こさないような管理が必要である。

イ 管理における課題

道路、トンネル、橋梁や建造物の場合、施工前の地盤調査は綿密に行われるが、工事完了後はこれらの建造物の検査を実施することがあっても地盤の再調査まで行うことは稀である。すなわち、都市的土地利用においては建造物完成後に地盤再調査、地盤補修などを行うことはほとんどない*。それは、意図した土地利用に対して十分な強度確保が達成されており、その後、その強度に対して気象現象や周辺土地利用などの外部環境が影響を及ぼさないという通念のためかも知れない。緑地や植被がある施設に対しても同様であり、植物生育に伴って植物根が伸長し、建造物に影響したり、地盤の強度低下が発生したりしても気づかれにくい。従って、特に植栽が関与する道路法面やトンネル接触面、植生では植生と土壌の調査をセットで実施し、地盤が経時的変化を生じることに留意した管理が望まれる。

② 都市域土壌の学術的位置付け・情報収集に関する課題

現在、都市域土壌には学術的な位置づけは存在せず、また日本の土壌分類体系では命名できない土壌も含まれている。将来の土地利用転換を考慮する際に建造物に被覆されている領域も含めて土壌に関する情報を引き出せるシステムの構築が必要である。将来の都市域土壌の有効な利用に対し、造成前の土壌や潜在的土壌の分布図の整備は課題の一つとして挙げられる。様々な主題の土壌図を作成し、将来の土壌利用に役立てることが望まれる。

ア 生産的見地からの課題

都市域では都市農地以外の土地利用において土壌の理化学性データはほとんどない。このような情報不足は都市域土壌の学術的な分類・命名や将来的な土地利用・管理を困難にする。現状の都市農地以外にも植被がある土地利用を実施している地域は土壌調査や分析によるデータベース作成をすることが望ましい。建造物によって土地被覆がある地域でも、もし造成前の土壌名や潜在的土壌名の情報が得られるならその理化学性を推測することが可能となり、緑地や農園などの植被を伴う土地利用が発生した場合に管理指針を策定できる。すでに造成を受けて地表面にある土壌がその場所の自然土壌と異なる場合にはその造成履歴を明らかにし、現存する土

* 建設中・建設後又は利用開始後に構造上の不具合や汚染が検出された場合に地盤および植栽土壌の再調査された事例もある。

壤の理化学性や生産性により、土壤図を作成することも可能であろう。市街地における土壤図の整備は現状把握だけでなく将来の土地利用に対しても有用であると考えられる。

イ 造成の見地からの課題

多くの都市域は何らかの造成を受けており、地表面は切土や盛土となっている。もし、その土地の新旧地形図のデジタル標高モデル (Digital Elevation Model: DEM) が比較可能になれば、それらを差し引きすることによって切土と盛土の分布を把握することが可能であり、その領域を地図として示すことが可能であろう。そのためには旧版地形図の DEM 整備が必要である。これまでも発生している土砂崩壊や道路崩落個所は盛土であることが報告されている。したがって、施工前に過去の盛土地域や土砂崩れ、表層崩壊の発生個所を古い地形図から抽出した DEM データを利用して視覚化しておくことが災害防止には重要である。このような地図情報は土砂災害等への対策や将来の土地利用や都市計画における地盤の強度や脆弱性の予測[27]に考慮すべき情報である。

ウ 管理の見地からの課題

都市域土壤は掘削、埋め戻しの繰り返しを受けている地域を含んでおり、それらの履歴を把握することも課題の一つに挙げられる。先述の切土・盛土の場合は地形図に変化が現れるため、地図から情報抽出することが可能であるが、インフラ整備や構造物築造のための土壤掘削と埋め戻しは過去の情報提供を関係部局に求めなければ得られない。土質や土壤の理化学性に関する情報を得るために都市域内における土木工事等の履歴情報を収集・整理する必要がある。自治体では土壤汚染対策法に基づいて指定された要措置区域や形質変更時要届出区域に関する地図情報を把握している。指定区域を新たな土地利用に転用する場合に誤った施工をした場合には汚染が広がる可能性もある。そのため、関連する地図情報を全国で一括して取りまとめる必要がある。これまでに地震防災や地下水資源活用に加えて土壤汚染対応をも視野に入れた地質地盤情報の共有化を求める提言がなされ[27]、地質地盤情報データベースが既に運用されている。これに包括的土壤情報を持つ農研機構が協力する等の体制で土壤情報を含めて一元化し、データを更新していく必要がある。

(2) これからの都市域土壤

① 統計データから見たこれからの都市域 (面積、分布、人口)

人口増加および都市への人口集中に伴って都市域面積は現在に至るまで増加の一途をたどっており、その大部分は増加する道路および宅地面積に占められている。全開発地に対する面積割合は小さいものの工業用地、埋立地、緑地も同期間に著しく増加している。しかしながら、東京都心部を除く国内のほとんどの都市では人口が減少傾向にあるため、将来は都市域面積が増加するとは考えにくく、都市域を構成する土地利用にも増加は見込めない。従って、これまでに拡大した市街地内における将来の土地利用変化を想定しておく必要がある。例えば、都市農地が宅地や緑地に代わる場

合、土壌と地盤は大々的に造成されることとなる。このような土地利用変化はこれまでも頻度高く生じていることであり、対応に困ることはない。ところが、最近では都市域でも宅地の需要が伸びない地域が増加しており、道路も過剰供給気味であることから都市的土地利用を適用し得ない土地が発生する。宅地、道路、レクリエーション施設、工業用地以外の都市域の土地利用として考えられているのが市民農園のような商業的付加価値を持たない農産物の生産地や自然に近い緑地などへの転換である。日本国内ではこれまでに広がった市街地の都市的土地利用を緑地や都市農地に転換する場合には再び造成が必要であり、その際には従来と異なって生物生産を意識した造成・施工をすることが望ましい。このような都市的土地利用から農地や緑地的な土地利用への転換がこれまでに広がった都市域でも進行する可能性が考えられる。

② 増加する縮退都市における都市域土壌の将来

現在進行中の人口減少は地方都市において顕著であり、将来も人口減少に歯止めがかからないと予測されている。人口減少に伴って、空き家が増加し、小売業やガソリンスタンド、学校、役所、公共交通機関が撤退し、「陸の孤島」や「限界集落」といった消滅の危機にある自治体も増えてきている。これらが、約10年前から懸念されてきた都市の縮退現象である。その対策としてインフラや都市機能を集中させたコンパクトシティー化が計画されているが、残存する都市縁辺部の都市的土地利用下にある土地に対する対策は見当たらず、都市的土地利用の土地を別の土地利用に効率よく転換する方策について、現在のところ具体策は挙げられていない[28]。当然のことながら、農業・農村的土地利用から開発地を造成するよりも開発地を農地や緑地、山林に転換する方が時間を要し投入できる費用も含め困難が予想される。農業・農村的土地利用から開発地への造成は不可逆的であるとさえ言われていることから、その逆は人工的手法により自然を生み出す技術を要することになる。この不可能に思える対策が欧米では既に始まっている。コンパクトシティー化として、経済や商業的な土地利用を中心に集約するだけでなく、中心部の周辺に空き地、農地、緑地を集約する計画が立てられている[29]。この際、土地転換するための工事費用に比べて将来使用しない構造物インフラの維持経費が上回ると見積もられれば農地・緑地への転換が図られる[30]。しかしながら、実際に転換した事例報告および経過報告は認められず、将来に向けて長期にわたるモニタリングをもって適切な造成技術の確立が必要である。また、実行の可否は経費に関わることであるが、実現は土壌の復元にかかっている。現在、日本のみならず世界的にも都市的土地利用によって構造物で被覆されている土地の土壌情報はほとんど存在しないが、将来の農業・農村的土地利用への転換を鑑みると、その土壌情報が必要となると考えられる。過去の土壌図、断面情報または地形図と現在の土地利用図との比較を通じて復元を図るなど手法の構築も必要であろう。

③ 世代を超えて利用できる都市域土壌の在り方

都市域は人が集まることによって形成される土地・空間であり、目的や機能が多様であり、利用のされ方は国、地域や時代によって異なる。長期にわたる将来を考慮した都市域の開発もあったであろうが、基本的には現在のニーズに対応することで発展

してきている。現存する都市域は現在と近未来への対応が精一杯であり、半世紀や一世紀後を見越して計画されているとは言えない。今後、自動且つ遠隔からの定期的なデータ集積型モニタリングシステムを構築したインフラ管理が確立される可能性もあるが、縮退した都市域全体にそのようなモニタリング網を設置することは経済的および人的資源の観点から容易ではない。衰退した都市域は自然または半自然条件に任せられた管理が可能となるグリーンインフラを整備することが望ましい。そのグリーンインフラも将来のスマート農業への転換が図れる可変性[31]を持たせた整備施工法を構築しておく必要がある。現在においては、潜在土壌の分布の推測と気候を含めた自然条件に立脚した植生を含む生物相の構成についてデータベースを構築しておくことが望まれる[32]。

<用語の説明>

開発地

宅地、商業用地、工業用地、道路、ゴルフ場、アルペンスキー場およびレクリエーション用施設、公園・緑地などの土地利用下にある土地。大規模な土地改変、すなわち切土・盛土、埋立を通じた造成を伴うことが多い。

土性

土壌の砂、シルト、粘土の割合によって示される土壌の性質。粘土が10～30%ほどで、残りを砂とシルトが約半分ずつ占める程度が植物の生育に好適とされる。

土壌構造

土壌の乾湿の繰り返しによって、自然に形成される土壌粒子の集合体。集合体の内部は微細な孔隙が多く、集合体と集合体の間の孔隙は粗大で排水、通気に役立つ。

緑地

都市緑地法では、樹林地、草地や農地などで良好な自然的環境を形成している土地として定義しており、無秩序な市街化の防止、防災、生態系の維持、自然景観の創出などの役割が期待されている。また、都市公園法では、都市計画区域内に設置する公園または緑地に相当する土地として都市公園を定義しており、本報告の中の「緑地」は後者の都市公園を意図している。この他に本報告において、造成緑地はゴルフ場、アルペンスキー場などに相当し、生産緑地は都市農地に相当する。

コンパクトシティー

人口減少社会において、利便性を維持しながらも、エネルギー消費を抑制した都市を構築するために、都市機能を街中心部、公共交通ターミナルや沿線に集中し、人口密度が適度に維持された都市を指す。

都市的土地利用

宅地や商業用地、工業用地および道路・鉄道などの交通に関わる用地の他、公園、ゴルフ場などのレクリエーション用地も都市的土地利用に含まれる。一方、山林や農地、河川や海浜を自然的土地利用と称する。本報告では都市域土壌に生産緑地（都市農地）の土壌を含めるが、生産緑地を都市的土地利用には含めない。

グリーンインフラストラクチャー

都市での生活や居住環境および都市の防災・減災機能の向上を目的として林地、農地、水域などの自然環境が持つ多様な機能を積極的に利用する都市計画における概念であり、自然環境に相当する場や景観を指す。例えば、都市緑地や水田、遊水池などが該当する。

これに対して、道路や建物などのコンクリートやアスファルトによる人工構造物で形成された社会基盤をグレーインフラストラクチャーとよぶ。

<引用文献>

- [1] カーター、V. G.、デール、T. 著、山路 健 訳：土と文明、家の光協会（1975）。
- [2] Lal、 R. : Eco-intensification through soil carbon sequestration: Harnessing ecosystem services and advancing sustainable development goals. *Journal of Soil and Water Conservation* 74(3): 55A-61A (2019).
- [3] 金子信博: 耕さない農業が地球温暖化を抑制する-有機物を増やして土壌浸食を防ぐ保全農業の展開を. 論座、朝日新聞 DEGITAL、 2019年6月10日.
- [4] 南條正巳、犬伏和之、山本洋子：日本学術会議公開シンポジウム「土と持続可能な開発目標 (SDGs) -アフリカの土・市街地の土-」開催概要、土壌の物理性、143: 29-32 (2019).
- [5] FAO and ITPS : 3. 6. 6 Soils and ecosystem goods and services (pp. 40-42)、 3. 7. 2 LADA-GLADIS: the ecosystem approach (pp.45-46)、 In: Status of the World' s Soil Resources(SWSR)-Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils、 Rome、 Italy (2015).
- [6] 国土交通省：新たな「国土のグランドデザイン」(骨子) 参考資料[2] 平成26年3月28日、 <https://www.mlit.go.jp/common/001033678.pdf>
- [7] 平井英明：新学習指導要領における「土の粒」の新設、ペドロジスト、61、81 (2017).
- [8] 岩田俊二、波多野憲男、漆原浩雄、川嶋雅章、村山元展：地方都市近郊の都市的土地利用と農林業的土地利用の共存のあり方に関する研究-神奈川県秦野市における調査をもとに-、農村計画学会誌、4(3)、30-44 (1985).
- [9] 小原 洋、大倉利明、高田祐介、神山和則、前島勇治、浜崎忠雄：農業環境技術研究所報告、29、1-73 (2011).
- [10] 渡辺亮佑、San Cristobal Gaston Guido、山下亜紀郎、橋下操：長野県北信地域のスキー場周辺における土地利用の変容：戸狩温泉スキー場および野沢温泉スキー場の周辺地域を事例に、筑波大学人文地理学研究、36、55-75 (2016).
- [11] IUSS working group WRB : World Reference Base for Soil Resources 2014、 update 2015 International soil classification for naming and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO、 Rome (2015).
- [12] Soil survey staff : Keys to soil taxonomy、 12th ed. United States Department of Agriculture、 National Resources Conservation Services、 pp. 32-66、 323-325 (2014).
- [13] Galbraith、 J. : Human-altered and human-transported (HAHT) soils in the U.S. soil classification system. *Soils Sci. Plant Nutr.*、 64、 190-199 (2018).

- [14] 日本ペドロジー学会第4次土壌分類・命名委員会編：日本の統一的土壌分類体系-第二次案（2002）-、博友社（2002）。
- [15] 岡崎正規：都市の土地と土壌、沼田 真編「都市の生態学」岩波新書、pp. 81-103（1988）、岡崎正規：都市と土壌、松井 健・岡崎正規編「環境土壌学-人間の環境としての土壌学」朝倉書店、pp. 106-133（1993）、Levin、M. J.、Kim、K.-H. J.、Morel、J. L.、Burghardt、W.、Charzynski、P. and Shaw、R. K.：Soils within cities、Global approaches to their sustainable management - composition、properties、and function of soils of the urban environment. Schweizerbart Science Publisher、Stuttgart（2017）。
- [16] Huot、H. Simonnot、M.-O.、Morel JL.：Pedogenetic trends in soils formed in technogenic parent materials. *Soil Sci.*、180、182-192（2015）。
- [17] Ono、K. and Imaya、A.：Soils on newly-constructed coastal berms for reforestation of coastal forests damaged by the 2011 Mega-Tsunami. In Watanabe and Kawahigashi：Anthropogenic Soils in Japan. *AJG Library 9*. Springer. pp. 59-85（2019）。
- [18] Kawahigashi、M.：Soils on ski slopes. Watanabe and Kawahigashi：Anthropogenic soils in Japan. *International Perspectives in Geography、AJG library 9*. Springer. pp. 25-31（2019）。
- [19] 木田仁廣、川東正幸：都市化により拡大する道路舗装下土壌の特徴付け、2015年度日本地理学会春季学術大会発表要旨集、411（2015）。
- [20] 小関宣裕、桐山 栄、木戸健二：石灰および石灰複合系固化材による地盤改良、セッコウ・石灰・セメント・地球環境の科学、12、512-515（2005）。
- [21] 山田幹雄、辰野智規、佐野博昭、田辺和康：貝殻粉砕物の混入が酸性発生土の安定処理効果におよぼす影響、材料、54、1117-1122（2005）。
- [22] Kida、K and Kawahigashi、M.：Influence of asphalt pavement construction processes on urban soil formation in Tokyo. *Soil Sci. Plant Nutr.* 61、135-146（2015 issue sup 1）。
- [23] Matsudaira、H.：Soils on man-made islands in Tokyo Bay. In Watanabe and Kawahigashi Ed. *Anthropogenic Soils in Japan. AJG Library 9*. Springer. pp. 117-133（2019）。
- [24] 一般社団法人土壌環境センター：「土壌汚染状況調査・対策」に関する実態調査結果（平成29年度）<https://www.gepc.ro.jp/04resukt/press29.pdf>（2018）。
- [25] 国土交通省・都市局・都市計画課：特定生産緑地指定の手引
<http://www.mlit.go.jp/common/001282537.pdf#search=%27特定生産緑地の手引き%27>（2019）。
- [26] Kida、K.：Soils sealed by technic hard materials in urban and traffic areas. In Watanabe and Kawahigashi Ed. *Anthropogenic Soils in Japan. AJG Library 9*. Springer、pp. 1-23（2019）。

- [27] 日本学術会議地球惑星科学委員会：提言『地質地盤情報の共有化に向けて-安全・安心な社会構造のための地質地盤情報に関する法整備-』2013年1月31日.
- [28] Artmann, M. and Sartison, K. : The role of urban agriculture as a nature-based solution: a review for developing a systemic assessment framework. Sustainability 10 1937 (2018).
- [29] 小林庸至、小林寛：縮退都市におけるインフラの在り方～米国ラストベルトの事例から～、土木計画学研究・講演集 (2011).
- [30] Hoornbeek, J. and Schwarz T. : Sustainable infrastructure in shrinking cities, Options for the future, Kent State University (2009).
- [31] 日本学術会議農学委員会農業生産環境工学分科会：報告『持続可能な都市農業の実現に向けて』2017年7月19日.
- [32] 川東正幸：土壌のモニタリングとアセスメント、環境計画に基づく土壌質の改善と管理、岡崎正規編、土壌環境学、pp. 172-184 (2020).

<参考資料> 土壌科学分科会審議経過

平成 30 年

- 3月9日 第24期土壌科学分科会（第1回）
今期の主要審議課題を都市域土壌に決定
- 9月12日 分科会（第2回）
都市域土壌に関する審議

令和元年

- 9月2日 分科会（第3回）
公開シンポジウム「土と持続可能な開発目標（SDGs）ーアフリカの土・市街地の土ー」の開催

令和2年

- 8月13日 日本学術会議幹事会（第296回）
報告「都市域土壌の現状と課題」について承認