

大学発アーバンイノベーション神戸 研究成果報告書

2024 年 5 月 7 日

申請区分		一般助成型	課題番号	A22102
研究課題名		土壌中の炭素貯留による低炭素社会の構築のための学校校庭の芝生化と有機農業の推進		
研究期間		2022 年 7 月～2024 年 3 月		
研究代表者	氏名	菊川 裕幸		
	大学等	神戸学院大学		
交付決定額(研究期間全体)		2856 千円		

○研究成果の概要（400 字以内）

本研究は①学校校庭芝生の調査および土壌分析、②給食調理残さや地域資源の竹チップを用いた堆肥化の検証の 2 点を実施した。①については、校庭芝生化に取り組んでいる 8 小学校を対象に、芝地および裸地の土壌を採取し、炭素貯留量の測定を行った。また、サンプリングした土壌の深さと重量を測定した。分析は全有機体炭素計を用いた全炭素分析に加えて、芝生化された経過年数や土壌の有機化の状況も調査した。結果、校庭を芝生化することで裸地よりも全炭素量は大幅に増加することが明らかとなり、校庭芝生地の間年炭素貯留量も合わせて推定できた。②については、地域の未・低利用資源の一つである学校給食の「調理残さ」、放置竹林から伐採した竹を破碎した「竹チップ」を用い、堆肥化およびその特性評価を試みた。調理残さと竹チップの混合堆肥の肥料成分は低かったが、堆肥化が可能なことや、化学肥料との併用で有用な資材となることがわかった。

○研究成果の学術的意義や社会的意義（200 字以内）

政府は 2050 年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言し、手段として、森林管理等による温室効果ガスの排出削減・吸収量をクレジットとして認証する J-クレジット制度が挙げられている。本研究の学校校庭芝生化による炭素貯留量の推定や、地域資源を用いた堆肥製造などは、J-クレジット制度の一環として位置付けられる。本研究ではこれらの取組において一定の成果を見ることができた。今後は神戸市内への普及が重要な課題である。

1. 研究開始当初の背景

1) 学校校庭芝生の調査および土壌分析

先行研究で芝地は 1 年間に 1cm 程度の有機土壌を生成し、炭素貯留することが明らかになっている。そこで、現在芝生化されている神戸市内の 29 校園を対象に調査可能な校園において、芝生化された経過年数や土壌の有機化の状況も調査することで、年次間の変動も明らかにする。これにより、芝生化が行われていない学校に芝生化を推進するためのバックデータとなる。

2) 給食調理残さや地域資源の竹チップを用いた堆肥化の検証

当初は学校内の菜園における給食残渣を使用した有機肥料の投入による炭素貯留量および土壌成分の変化の調査を予定していた。神戸市内の小中学校の菜園において、有機肥料の投入前と投入後の炭素貯留量および土壌成分を分析し、その効果を定量化する。有機質肥料を投入していない慣行栽培（対照区）と有機肥料区の 2 区をプランターで設け、作物の生育試験や栽培後の土壌分析を行い、成分量や微生物量を明らかにすることを計画していたが、より広範な地域資源の利用を目指すために、給食調理残さや竹チップの堆肥化を試みた。

2. 研究の目的

1) 学校校庭芝生の調査および土壌分析

芝草はスポーツ施設、住宅地や商業地、公共自治体（公園、学校、道路脇）など、幅広く利用され（Ruying et al, 2022）、芝生化によって気温上昇抑制効果や照り返し防止効果、騒音緩和効果や飛砂防止効果など人の生活環境の改善効果が期待されている。こうした背景から、日本の教育現場においても校庭の芝生化にむけた取り組みが行われている。日本においても屋上緑化による芝生の炭素貯留量や微生物量を調査した研究がみられるが、学校校庭の芝地に関する知見は数少ないのが現状である。そこで本研究は、学校校庭の芝生化による炭素貯留の効果を定量化するために、兵庫県神戸市内において、敷地内に芝生帯のある小学校 8 校を対象に芝地土壌をサンプリングし、分析を行った。

2) 給食調理残さや地域資源の竹チップを用いた堆肥化の検証

化学肥料の代替可能性や持続的な農業生産等を目的とし、地域の未・低利用資源の一つである学校給食の「調理残さ」、放置竹林から伐採した竹を破砕した「竹チップ」を用い、堆肥化およびその特性評価を試みた。

3. 研究の方法

1) 学校校庭芝生の調査および土壌分析

(1) 芝地土壌のサンプリング

サンプリングにはホールカッター（ホール直径 10.5cm、高さ 19.5cm）を用い、芝地とその比較のために裸地の土壌も人力で掘削できる深さまで採取した。芝地については、根域、有機層（根域を除いたサンプル）の 2 層に分け（図-2）、裸地はサンプル全体を分析に使用した。加えて、サンプリングした土壌の深さと重量を測定した。併せて、芝生のサンプリング時に学校職員に芝生の経年や管理上の課題等について尋ねたアンケート調査を実施した。

(2) 分析方法

全炭素の分析は全有機体炭素計（株式会社島津製作所社製、全有機体炭素計（TOC-V））を用いた全炭素分析を実施した。炭素量の推定は、サンプリングした土壌の層厚、重量、ホールカッターの半径の値を用いて、比重を計算した。土重量を m^2 あたりに換算し、 m^2 あたりの炭素量を求めた。続いて、 ha あたりの炭素量から二酸化炭素換算の蓄積量を求めた。最終的にこれらの値を用いて、調査対象となった芝地の炭素総量ならびに炭素増量を推定した。

2) 給食調理残さや地域資源の竹チップを用いた堆肥化の検証

竹チップと調理残さの混合割合を重量比で 5:5、7:3、3:7 とした試験区に加えて、竹チップおよび調理残さのみの 2 区を設け 5 試験区とし、それぞれ 100kg になるように調製し、2 か月間で堆肥化を行い、発酵温度、発芽阻害試験、堆肥の成分分析等により堆肥の特性を評価した。

4. 研究成果

1) 学校校庭芝生の調査および土壌分析

土壌種別の分析結果を表-1 に示した。土壌の層厚は有機層が $7.7 \pm 3.7cm$ と裸地、根域よりも厚くなった。重量は有機層が $1138.4 \pm 566.2g$ と最も重く、次いで裸地の $898.6 \pm 345.8g$ となり、根域は低値となった。土 1kg あたりの全炭素濃度は根域が $19618.3 \pm 12180.8mg/kg$ と有機層、裸地に比べて多くなった。

芝地における炭素貯留の推定を表-2 に示した。表-1 の結果をもとに、根域と有機層を合算し、総炭素量を求めると、 $45.0 \pm 20.0t-CO_2/ha$ となる。裸地の総炭素量から芝地化することによる炭素増量は $25.8 \pm 24.1t-CO_2/ha$ となった。学校校庭を芝生化してからの経年は、平均 10.4 ± 7.5 年となり、最も古い学校で 22 年、新しい学校で 4 年であった。これらから、年あたりの炭素増量を求めると、 4.6 ± 4.1

t-CO₂/ha/年となった。表には示していないが、年間の炭素増量は築造後 4～5 年の校庭が 7～9 t-CO₂/ha/year、14 年の校庭が 4 t-CO₂/ha/year、20 年以上経過している校庭が -0.1～0.2 t-CO₂/ha/year となった。一部の学校をのぞき、築造年数が経過するにつれて、年間の炭素増量は低下し、Ruying et.al. (2022) の報告と同様の傾向を示した。

現在、神戸市においては 29 校園の芝生化がなされている。神戸市内の小中学校数と芝生化が可能と考えられる屋外運動場の面積をみると小学校は 163 校あり、面積は 100.3ha (0.6ha/校)、中学校は 84 校あり、面積は 79.3ha (0.9ha/校) となっている。1 校あたりの面積に本研究で得られた年炭素増量を乗じると、1 年間で小学校では 2.8t/ha/校、中学校で 4.3 t/ha/校となる。仮に神戸市内の小中学校 247 校をすべて芝生化することができれば、年間 826t の炭素貯留が期待できる。今後は、本研究で得られた知見を活かし、芝生化校を増加させる取り組みを行政等と連携して推進していくことが重要である。

表－1 土壌種別の重厚、重量、炭素量

種別	層厚 (cm)	重量 (g)	比重	全炭素 (mg/kg)	炭素量 (t/ha)	炭素量 (t-CO ₂ /ha)
裸地	5.0±2.1	898.6±345.8	2.4±0.6	8,417.4±4,151.4	10.0±8.4	19.7±16.5
根域	4.0±1.5	413.0±142.0	1.3±0.3	19,618.3±12,180.8	10.9±8.1	21.5±16.0
有機層	7.7±3.7	1138.4±566.2	1.9±0.4	10,503.4±8,937.1	12.0±4.0	23.6±7.8

表－2 芝地における炭素貯留の推定

総炭素量 (t-CO ₂ /ha)	20cm深炭素量 (t-CO ₂ /ha)	炭素増量 (t-CO ₂ /ha)	芝地経年 (年)	年炭素増量 (t-CO ₂ /ha/年)
45.0±20.0	78.2±43.7	25.8±24.1	10.4±7.5	4.6±4.1

2) 給食調理残さや地域資源の竹チップを用いた堆肥化の検証

竹チップと調理残さを混和した区、調理残さのみの区は数日間で温度が上昇し、順調に発酵が進んだが、調理残さのみの試験区は途中で腐敗が進行し、堆肥化ができなかった。発芽阻害試験では、調理残さ以外の区で 43 日目以降は 60%を越える発芽がみられた。堆肥の熱水抽出液から測定した pH、EC はいずれの試験区も植物の生育に悪影響を及ぼす値ではなかった。堆肥の総細菌数、全炭素、全窒素はおおよその試験区で経過日数とともに緩やかな上昇がみられた。最終的な C/N 比は竹チップのみの区が 199 と最高値となり、次いで竹チップの混和割合が高い 7：3 区は 99、5:5 区は 70、3:7 区は 69 となった。以上のことから、調理残さと竹チップの混合堆肥の肥料成分は低かったが、堆肥化が可能なことや、化学肥料との併用で有用な資材となることがわかった。今後、農業教育の現場においても減化学肥料の農業生産が求められ、地域資源を教材として活用することが重要となる。

<引用文献>

Ruying Wang, Clint M. Mattox, Claire L. Phillips and Alec R. Kowalewski(2022)Carbon Sequestration in Turfgrass–Soil Systems. Plants 2022, 11(19), 2478; <https://doi.org/10.3390/plants11192478>

※大学発アーバンイノベーション神戸による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、神戸市の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。