

校庭の芝生化による地球温暖化対策に関する探究学習の提案

○渡会英明（神戸学院大学）、松田文雄（ソイル・コミュニケーション）

キーワード：校庭芝生化，地球温暖化対策，土壌中炭素蓄積量

1. はじめに

芝生化された校庭は，生徒の転倒時の外傷リスクを軽減するとともに，緑視効果によるストレス緩和・情緒安定に寄与する．さらに，芝の蒸散作用と照り返しの緩和により地表面温度を低下させる効果も有する．加えて，芝地が持つ CO_2 の吸収・貯留能力を活かした地球温暖化対策への応用についても関心が高まっている．このような多面的な効果を有する校庭の芝生化を推進しつつ，学校を探究学習の場として活用することで，生徒が「自分たちの学校が地球温暖化対策に貢献している」ことを定量的に把握し，体験できる．本稿では，生徒の環境保全意識の醸成を図ることを目的として，生徒主体で実施可能な CO_2 収支の計測・算定手法を中心に，探究学習の方法を提案する．

2. 方法

1) CO_2 排出量の算定

学校で発生する温室効果ガスは，GHG プロトコルに準拠して，暖房，給湯，給食調理などのための燃料燃焼に伴う直接排出が「スコープ 1」，電力使用に伴う間接排出が「スコープ 2」，学校内で使用される資材の購入等に伴う間接排出が「スコープ 3」に該当する．これらの CO_2 排出量は，それぞれのエネルギー使用量に排出係数を乗じて算出することができる．

2) CO_2 吸収・貯留量の算定

大気中の CO_2 は芝の光合成により植物体内に取り込まれ，炭素として植物体（バイオマス）に固定される．植物体内に取り込まれた CO_2 は，植物の葉および根からの呼吸により再び大気中に放出されるとともに，根から糖類やアミノ酸として土壌中に供給される．また，刈芝を現地に残置した場合，その炭素分が土壌有機炭素（SOC: Soil Organic Carbon）として蓄積される．

本探究学習の主目的は，上述の炭素循環において芝地が大気から正味どれだけの CO_2 を固定・蓄積しているかを定量的に求めることであり，具体的には次式で示される：

$$\text{NEP} = \Delta \text{AGB} + \Delta \text{BGB} + \Delta \text{SOC} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで，NEP: Net Ecosystem Production（正味生態系生産量：単位： $\text{t-CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ）

AGB: Above-ground biomass carbon（地上部におけるバイオマス量）

BGB: Below-ground biomass carbon（地下部におけるバイオマス量）

SOC: Soil organic carbon（土壌有機炭素量）

芝の刈高を一定とし，刈芝を現地に残置する場合， ΔAGB は最終的に ΔSOC に反映される． ΔBGB は，芝根の回転サイクルが 2 年程度であると推定されるため，長期的に $\Delta \text{BGB} \approx 0$ と仮定する．以上より，本提案では ΔSOC の計測が中心課題となる．

土壌中の炭素量の測定方法としては，地表面から 20cm 程度の土をホールカッターで採取し，腐植化により暗色を呈する上部層（以下，有機化層）と下

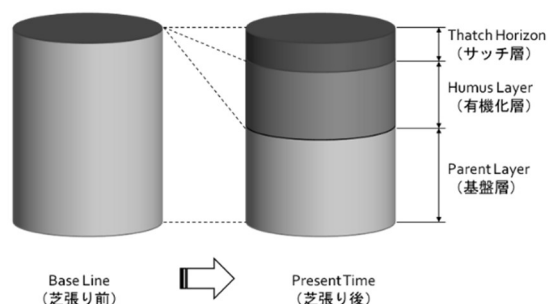


図-1 芝生化による土壌断面の変化

部基盤層を目視で区分する．この有機化層の厚さは目視にて計測を行うが，土壤中の炭素量については分析機関に委託して全有機炭素濃度を測定する．また，採取した土の容積重を別途測定し，単位面積あたりの炭素量 ($\text{t-CO}_2 \text{ ha}^{-1}$) を算出する．これらの工程は生徒主体で実施可能である．

3. 考察

Wang ら (2022)¹⁾ は，芝地の SOC 増加率が造成直後に最大となり，その後経時的に低下する傾向を報告している．著者らによる先行研究（造成後 5～20 年の校庭芝地，および造成後 45 年のゴルフ場芝地）において SOC 増加率を計測した結果^{2) 3) 4)}，同様の傾向が認められた (図-2)．これらの SOC 年増加率は $2.0 \sim 8.0 \text{ t-CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ の範囲にあり，造成年数が長いほど低下する傾向が示された．

学校の類似事例としてゴルフ場における研究結果²⁾ を参照すると，電気・燃料等に起因する CO_2 排出量に対し，芝光合成・呼吸による正味吸収量が対策後は均衡していることが確認された (図-3)．学校においても同様の収支評価が可能と考えられるが，芝の管理方法・施設面積・利用形態がゴルフ場と大きく異なるため，今後は複数校での計測データを蓄積し，校種・規模別の比較検討が必要である．

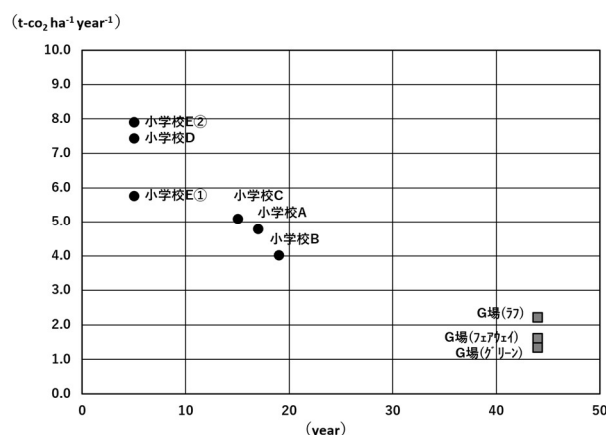


図-2 芝地における SOC の年増加率^{2) 3) 4)}

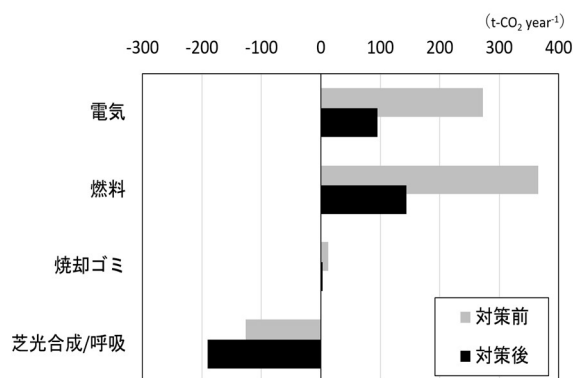


図-3 ゴルフ場における CO_2 排出/吸収量²⁾

4. まとめ

本稿では，校庭の芝生化を活用した地球温暖化対策に関する探究学習の方法として， CO_2 排出量 (スコープ 1～3) と CO_2 吸収・貯留量 (NEP) の算定手順を提案した．今後の課題としては，①複数校での計測に基づく ΔSOC の定量的評価，②省エネ機器導入等の効果モニタリング，③校種・学年段階に対応した単元計画モデルの確立，および，④探究学習プログラムとしての教育効果の検証が挙げられる．

以上のように，本提案の教育的意義は，生徒自らの計測・計算を通じて CO_2 の吸収・排出量を定量的に把握し，エネルギーと環境の両面から地球温暖化対策を考える主体的行動者へ成長する点にある．

参考文献

- 1) Ruying Wang, Clint M. Mattox, Claire L. Phillips and Alec R. Kowalewski (2022) Carbon Sequestration in Turfgrass-Soil Systems, *Plants* 2022, 11, 2478.
- 2) 渡会英明, 埴 安男, 小林忠広, 宇城正和, 山本恭輔, 木村正一 (2024) ゼロカーボン・ゴルフ場の実現化に向けて (続報), 日本芝草学会 2024 年度春季大会
- 3) 菊川裕幸, 渡会英明, 江田英里香, 松田文雄 (2024) 校庭芝生地における炭素貯留量の測定, 日本芝草学会 2024 年度春季大会
- 4) 松田文雄, 西屋宗紀, 渡会英明 (2025) 京都市の校庭芝生化による土壌炭素貯留量の増分測定 (試行), 日本芝草学会 2025 年度秋季大会