

校内の山林を用いた森林生態系における 炭素収支の測定とバイオチャー散布による炭素隔離効果の検証



実施担当者 浅野中学・高等学校
教諭 小山 悠太

1 はじめに

近年、地球温暖化の進行に伴い、世界でも SDGs などに取り組む意向が示され、環境問題に関する関心も高くなってきている。しかし、高校生物における生態系の物質循環や物質収支の事例は世界的な指標が多く、近隣の森林や草原での物質収支の大きさを伝えられていないのが現状である。

本校は創立 100 年という歴史があり、校内には陽樹と陰樹が存在する混交林が広がる山林(以下、銅像山)を有している(図 1)。また、銅像山は神奈川県鳥獣保護区にも指定されており、様々な生物が生息する貴重な生態系としても機能している。しかし、森林生態系や草原生態系における炭素収支や、その季節変化などに着目した測定はされていなかった。よって、校内の山林を有効に活用し、今後の野外実験や生徒の研究活動に活用ができないかと考えた。

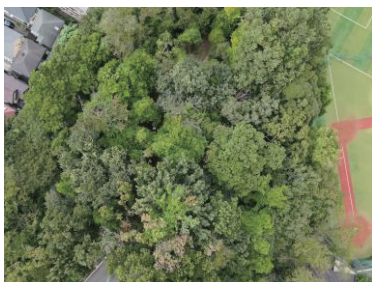


図 1 銅像山の空撮

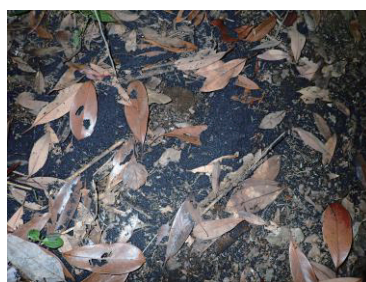


図 2 バイオチャー(散布後)



図 3 大学院生との意見交流会

本研究では銅像山の炭素収支を推定するとともに、林床にバイオチャーを散布することで森林生態系における炭素固定機能の改善に応用できるかの検証を行った。バイオチャーとは、木材や生物の遺骸を嫌気的条件下で加熱し炭化させたものであり、土壌改良効果や炭素隔離効果、植物の成長促進に関与しているなどの報告がされている(図 2)¹⁾。一方で、農地に使用される研究は多く見られるが、森林に応用した研究はほとんどなかった。本研究を行うことで生徒の研究に対する意識の向上を図るとともに、バイオチャーによる効果を定量化することで環境問題への関心も深めることを目的とした。研究者の方との交流を通じ、生徒自身の成長につながることを期待している(図 3)。

2 本年度の研究結果

2-1 校内の山林における炭素収支の測定方法

本研究では森林生態系における炭素収支を生態学的手法によって評価した(図4)²⁾。その中でも炭素収支の指標となる NEP(生態系純生産量)の経年変化を比較することで、環境要因との関係性やバイオチャーが与える影響の検証を行った。

調査区は 15m×15mの区画が2つ(A区:コントロール区、B区:バイオチャー散布区)あり、B区には2021年7月にバイオチャーを10t/ha分散した(図5)。

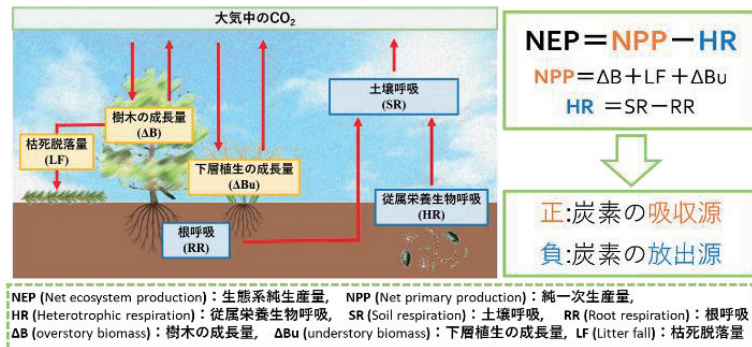


図4 森林生態系における炭素収支の算出方法



図5 バイオチャー散布の様子

毎木調査(樹木の位置、種類、胸高直径の測定)を定期的に行い、樹木の成長量を算出した(図6)。枯死脱落量は各区画にリタートラップ(1m×1m)を4つ設置し、月に1度回収し、乾燥させ、各器官の重量の測定を行った(図7)。土壌呼吸量は赤外線ガス分析器を用いて、密閉法による多点測定を行った(図8)。また、地温、土壌含水率も同時に測定することで相関図の作成に用いた。地温は連続測定も行い、他の測定データも用いて解析し、季節や各月に分けて比較を行った。



図6 胸高直径の測定



図7 リタートラップ



図8 土壌呼吸量の測定

2-2 バイオチャー散布が森林生態系の炭素収支に与える影響

(1) 樹木の成長量(ΔB)の経年変化

樹木の成長量(ΔB)は両区ともに減少する傾向がみられ、特にA区では著しい減少がみられた(図9)。これは2022年の日照時間が短かったこと(図10)³⁾と年間の降水量が少なかったことにより、年間の光合成量が減少につながったと推察された。また、2021年の冬期の平均気温が高かったため、常緑樹の多い銅像山では年間の光合成量も高くなり、ΔBの値も高い値を示した。

一方で、光合成量に起因する日照時間や気温の条件が悪かった2022年でもB区のΔBに大きな減少はみられなかった。これはバイオチャー散布によって、土壌改良の促進や窒素などの栄養分の供給を促し、光合成活性を高めたことが示唆された。

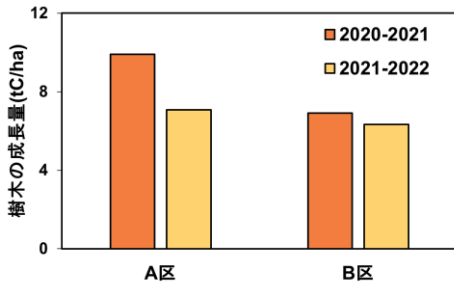


図9 樹木の成長量の経年変化

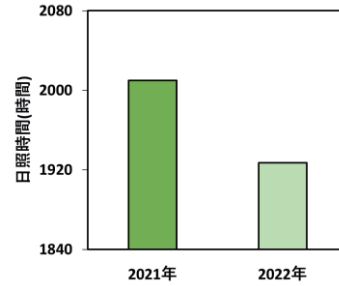


図10 日照時間の比較

(2) 枯死脱落量(LF)の経年変化

A区の枯死脱落量(LF)は2020年から2022年にかけて大きな変化はみられなかった。一方で、B区のLF量は著しく増加した(図11)。これは2022年の大型台風の影響により、枝の脱落が多かったことも1つの要因であるが、その他の項目に含まれる花や実の増加も大きく起因していることが考えられる。また、葉の枯死脱落量もA区では減少していたが、B区では増加していた。これもΔBと同様に、バイオチャーによって炭素固定機能が促進されたことが示唆された。

葉の現存量や落葉・展葉期間の時期を比較するためにドローンを用いた空撮を定期的実施した。毎木調査では本校の山林は80%が常緑樹、20%が落葉樹であったが、林冠を占める割合は両樹ともに50%であることが空撮により明らかになった(図12)。受け取る光量にも差が出ていることが推察されるため、今後は照度の測定値も含めながら研究を進めていく必要がある。

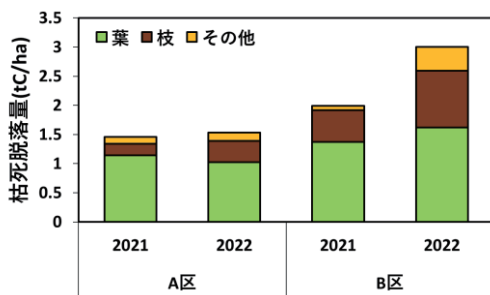


図11 枯死脱落量の経年変化

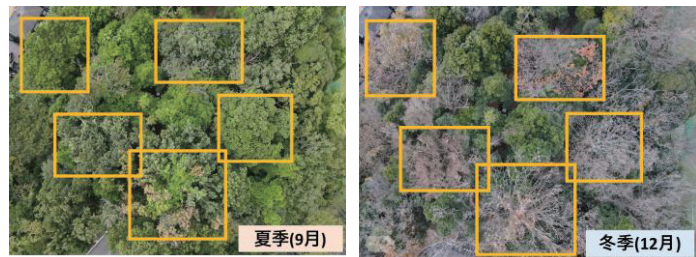


図12 空撮による林冠の比較(左図:夏季、右図:冬季)

(3) 土壌呼吸量(SR)の経年変化

土壌呼吸量(SR)は両区ともに減少する傾向がみられた(図13)。特にB区では2022年にかけて著しい減少がみられた。これはB区の2021年における温度呼吸曲線が、15℃以上の温度帯で高いSR量を示していることに起因している(図14)。バイオチャー散布直後はバイオチャーの多孔質な構造に微生物が吸着し、微生物の活動が活発になる⁴⁾。よって、2021年のSR量は微生物の活性化によって、高い値を示したと推察された。また、バイオチャーを散布していないA区と比較しても、2022年度のSR量の総量はほとんど変わらないことが明らかになった(図13)。したがって、バイオチャー散布直後は土壌呼吸量の値が高くなることが示唆された。

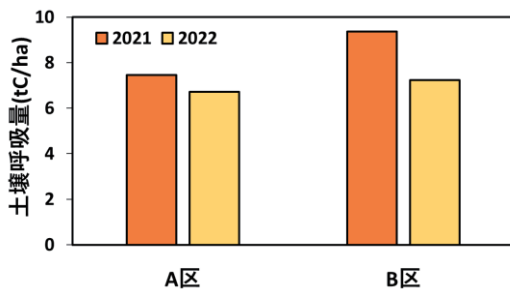


図13 土壌呼吸量の経年変化

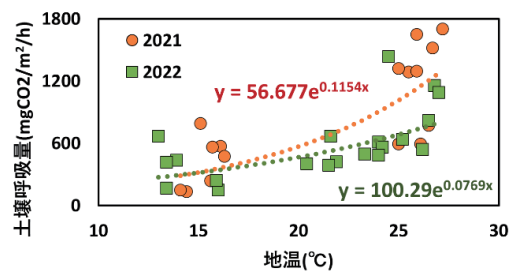


図14 温度呼吸曲線の経年変化(B区)

3 まとめ

炭素固定量と炭素放出量の差を用いて、NEPの経年変化を算出した。A区では減少傾向、B区では増加傾向を示した(図15)。A区は気象条件の影響を受け、 ΔB が著しく減少したことによりNEPは減少したと推察される。一方、B区ではバイオチャー散布によって気象条件に関係なく、 ΔB を維持することができた(図9)。また、バイオチャー散布によってSR量の増加が懸念されていたが、2年目の2022年のSR量はA区と変わらない値となった(図13)。さらに、LF量も2021年より葉や実の量が増加したことによって、NEPの増加につながったと推察された。したがって、現状ではバイオチャー散布によって森林生態系の炭素固定機能を促進させることができると考えている。

本研究ではバイオチャーを10t/ha散布したが、バイオチャーに含まれる炭素量は72%であるため、7.2t/haの炭素を隔離していたことになる。バイオチャー散布区であるB区の炭素放出量(2021~2022年の2年間)は、A区よりも2.5t/ha多い結果にとどまった(図13)。一方、A区の炭素固定量は減少したが、B区では増加傾向を示した(図16)。このことから、炭素隔離効果を継続しつつ、炭素固定機能を促進させることが示唆された。今後もバイオチャーの効果を経年的に比較することは、非常に意義のある研究であると考えている。

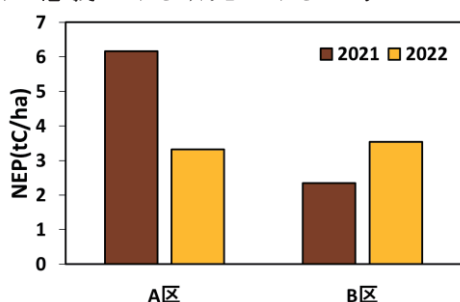


図15 NEPの経年変化

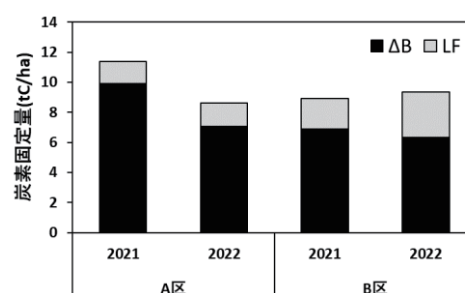


図16 炭素固定量の経年変化

本研究の結果を用いて、様々な学会への参加につなげることができた(図17、18)。また、生態系呼吸量の測定実験を考案し、実験授業の開発へ応用することにも成功した(図19)。



図17 学会発表の様子



図18 学会において優秀賞受賞

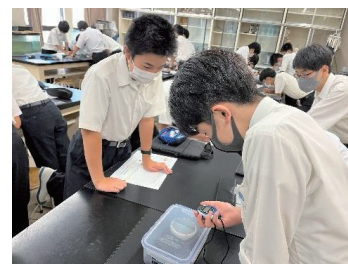


図19 実験授業の様子

謝辞

本研究は、令和4年度公益財団法人中谷医工計測技術振興財団の助成を受けて成果をまとめることができました。また、早稲田大学の吉竹先生、玉川大学の友常先生にも本研究を遂行するにあたり様々な助言をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) バイオ炭の農業利用と脱炭素～国内外の動向と今後の展望 岸本文紅 2022
- 2) 生態学的手法による植物の生産と枯死の定量 大塚俊之 2005
- 3) 気象庁HP 過去の気象データ検索
- 4) Effects of the application of biochar to plant growth and net primary production in an oak forest Ohtsuka et al., 2021