

樹林化した採石場跡地と森林地における土壌呼吸量の比較

Comparison of soil respiration rate in vegetated quarried site and forest site

井上真由美^{*1}・大類和希^{*1}・豊泉恭平^{*1}・瀧澤英紀^{*1}Mayumi INOUE^{*1}, Kazuki ORUI^{*1}, Kyohei TOYOIZUMI^{*1} and Hideki TAKIZAWA^{*1}

*1 日本大学生物資源科学部

Coll. Bioresource Sci., Nihon Univ., Fujisawa 252-0880

要旨：56年前にダム建設時につくられた搬出のためのトロッコ用プラットホームの跡地には現在ヤナギ類 (*Salix sachalinensis* Fr. Schm. など)・ニセアカシア (*Robinia pseudoacacia*) が生育している。この採石場跡地は融雪時には冠水し、常時地下水面が高い。林床面は角礫が多く露出し、有機物の蓄積が少ない。本研究は、一般的な森林地と樹林化した採石場跡地、および地上部の草刈りが行われるタワエ地の土壌呼吸量を比較した。すべての場所において地温と共に土壌呼吸量は変動し、ガレ地のタワエ地は低かったが、ヤナギ林やニセアカシア林では森林地と同程度の関係を持っていた (図-4)。また、ヤナギ林やニセアカシア林では地温の高い時でも、地下水面が高いと土壌呼吸量が極端に低くなった。冠水の様な極端に湿潤な飽和状態で、ガス拡散が抑制されたと考えられた。

キーワード：土壌呼吸, 地下水, 地温

Abstract: Forest of willows (*Salix sachalinensis* Fr. Schm.) and black locust (*Robinia pseudoacacia*) was established in railway platform which was used to the rock transport for a dam construction 56 years ago. This quarried site was flooded during the snowmelt period, and the groundwater level was high all the time. A lot of debris deposit has cropped out at the forest floor, and there were few accumulations of organic matter of the soil surface. We measured the soil respiration rates at several sites; a broadleaf forest, four debris sites under willows and black locust stands, and a debris site. The soil respiration rates were changed by the soil temperatures in all sites. The respiration rate in the debris site was small, the amount of the rate in these four debris sites under the willows and black locust stands were same level in the broadleaf forest site (fig.4). When the soil temperature was high and the groundwater level was high in the willows and black locust stands, the soil respiration was sometimes very small by the restraint of diffusion rate in the soil.

Keyword: soil respiration, groundwater level, soil temperature

I はじめに

日本大学付属みなかみ演習林には56年前の藤原ダム建設時に使用されていた採石場跡地がある。跡地の土壌は礫径の大きなものが多く存在し、地下水位が高く融雪期などには冠水するところもみられ、ニセアカシア (*Robinia pseudoacacia*)、ヤナギ類等 (*Salix sachalinensis* Fr. Schm. など) の植生の侵入が見られる (6)。大類ら (4) によれば本調査地は地下水位の変動によりニセアカシア、ヤナギ類の植生分布が影響を受けていることが示された。一方、それ以外の森林土壌地では火山灰が厚く堆積しているところもあり、50~60年生の雑木林でミズナラ (*Quercus crispula*)・コナラ (*Quercus serrata*)・ブナ (*Fagus crenata*) 等が分布し、林床にはクマザサ (*Sasa veitchii*) が見られ、リター層も発達した土壌である。土壌呼吸は根呼吸とリターの分解呼吸、土壌有機物の分解

呼吸の3つの要素からなる (例えば, 5)。植生分布や土壌環境の異なる地点では根の量やリターの量、土壌有機物量にも違いがあると想定され、気象条件が同じでも土壌呼吸量は大きく異なると考えられる。

本研究では、ニセアカシア・ヤナギ類が生育する礫の多い場所とミズナラ・コナラなど広葉樹が生育する土壌環境が良い場所の土壌呼吸量を比較した。

II 方法

1. 調査地 調査地は群馬県みなかみ町にある日本大学生物資源科学部付属水上演習林である。

2. 調査事項

1) 土壌呼吸 図-1, 図-2に土壌呼吸の測定場所を示した。測定は採石場跡地のヤナギ林内2点, ニセアカシア林内2点, そして林分から50m離れた採石場跡地林

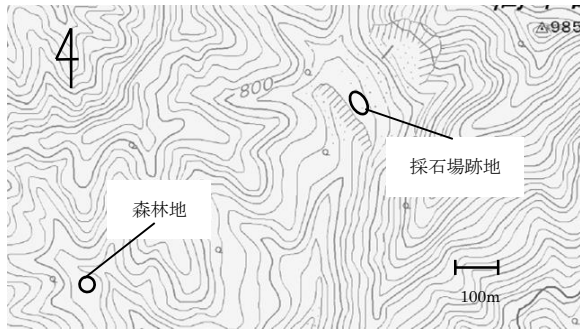


図-1. 試験地
Fig.1 Study site

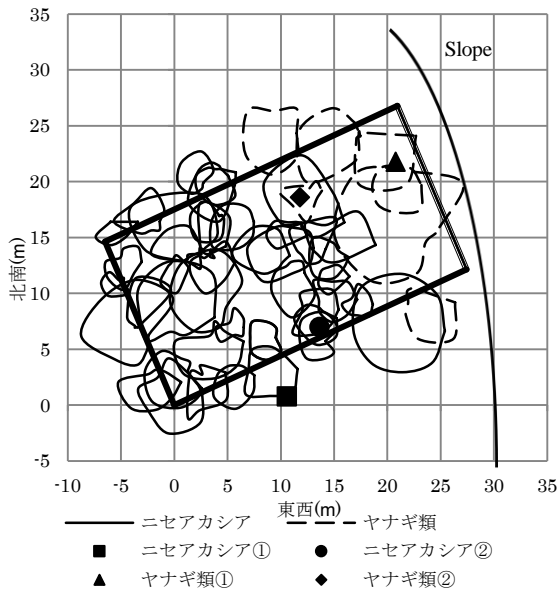


図-2. 採石場跡地の樹冠投影図と土壌呼吸測定場所
Fig.2 Layout of crown covers and measurement points of soil respiration rates

外(タワー地)1点と650m離れた場所にある森林地1点で行った。土壌呼吸量は自作の閉鎖循環型チャンバー(縦32cm,横16.5cm,高さ8cm)を土台(総体積約9590cm³)の上に置き,赤外線CO₂/H₂Oガスアナライザー(LI-6262,LI-COR社)でCO₂濃度変化を10秒間隔6回

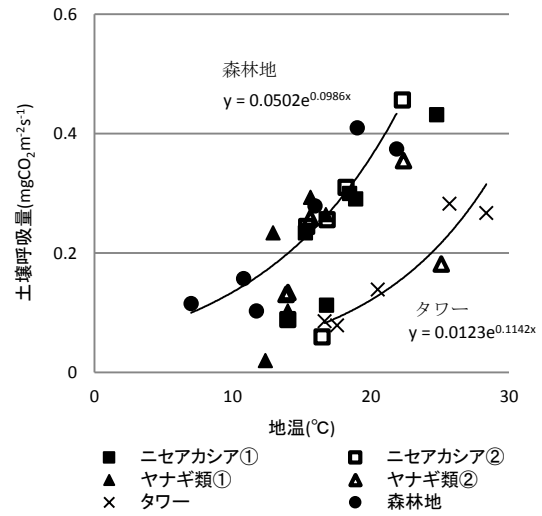


図-4. 地温と土壌呼吸量の関係
Fig.4 Relationship between soil temperatures and soil respiration rates

の測定を1セットとし,3セット行い平均を求めた。同時に,地温は棒状温度計(AD-5612A,A&D)により,土壌の体積含水率は土壌水分センサー(SM-150,Delta-T Dev.Ltd)を使用し,3回計測し平均を求めた。測定は消雪後の2015年5月2日より,およそ1か月間隔で行った。

2) 気温 気温の測定は,採石場跡地にある6mの気象観測タワーを用いて,温湿度センサー(HMP155,VAISALA)により,10分間隔で計測し,日平均を求めた。

3) 地下水位 図-2のヤナギ林内2か所,ニセアカシア林内2か所の土壌呼吸量測定場所とともに井戸を作成し,ダイバー水位計((株)大起理化)をヤナギ類①は深さ65cmに,ヤナギ類②は45cmに,ニセアカシア①は120cmに,ニセアカシア②は90cmに設置し,1時間間隔で計測した。

4) 酸素濃度 土壌呼吸は酸素を消費して二酸化炭素と水をつくる。そこで,土壌中の酸素濃度に関して,

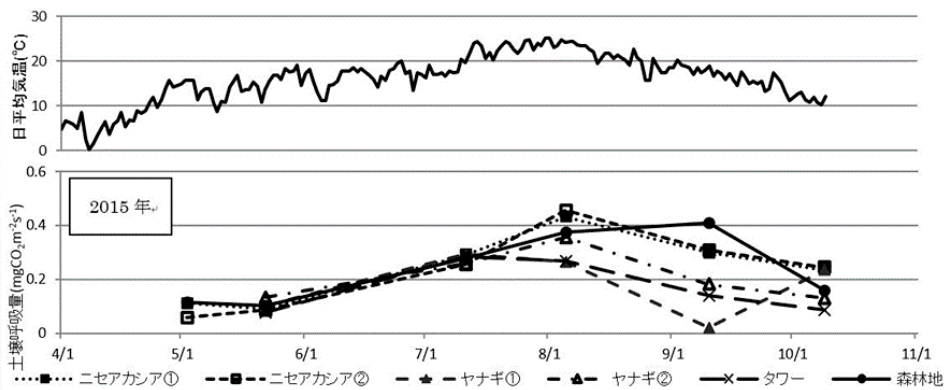


図-3. 土壌呼吸量と日平均気温の変化
Fig.3 Variations of soil respiration rates and daily average temperature

2015年9月10日～10月9日まで測定した。ヤナギ類①とニセアカシア②付近において、土壌酸素センサー(MIJ-03, 日本環境計測(株))を各2深度埋設し、10分間隔で計測を行った。各深度はヤナギ類①では10cmと50cmにニセアカシア②では30cmと60cmであり、常に地下水のある場合と地下水位の上昇で浸水する場合を想定して設置した。

III 結果

1. 土壌呼吸量の季節変化 図-3に2015年4月1日～10月9日の場所ごとの平均土壌呼吸量と日平均気温の変化を示した。土壌呼吸量は概ね地温の変動に比例するとされる(例えば, 3)。日平均気温は8月1日に最も高くなった。地温は全ての場所において8月に最も高くなり、森林地以外では土壌呼吸量も同時に最大値を示した。一方、森林地では9月に最高値を示した。春先の5月22日, 7月11日では土壌呼吸量は全ての場所ではほぼ同程度の値を示したが, 8月5日では最大最少の差は $0.19\text{mgCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (ニセアカシア②とヤナギ類①) 9月では $0.39\text{mgCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (森林地とヤナギ類①) とさらに大きな差となった。

2. 地温と土壌呼吸量 図-4に地温と土壌呼吸量の関係を示す。図には森林地とタワー地における近似曲線を示した。すべての場所で地温の上昇に伴い土壌呼吸量の上昇が見られ, 上記の2つの曲線上に分布しているように見える。大まかにはヤナギ類①, ヤナギ類②, ニセアカシア①, ニセアカシア②は森林地の曲線付近に, タワー地は下方の離れた曲線上に分布した。

3. 地下水位 図-5に2015年4月1日～10月9日のヤナギ林2か所とニセアカシア林2か所の地下水位と平均土壌呼吸量の変化を示した。地下水位0cmは地表面を示し, 0cm以上である場合は冠水を示す。地下水位はヤナギ林の方がニセアカシア林よりも常に高く, ヤナギ

林では融雪時(3～4月の融雪期)や大きな降雨時(7月30日, 8月14日, 9月10日)には冠水が見られた。ヤナギ林2か所において冠水した直後の8月5日, または冠水時9月10日の土壌呼吸量が大幅に下がる結果になり, ニセアカシア林もヤナギ林ほどではないがヤナギ林が冠水時には土壌呼吸量が低下する結果になった。この結果は図-4にも示されており, ヤナギ林2か所とニセアカシア林2か所の土壌呼吸量が地温から想定される値より低い値をとった。

4. 酸素濃度 図-6にヤナギ林とニセアカシア林各1か所の地下水位と土壌中の酸素濃度を示した。極端に湿潤状態で機器を設置した後, 地表面に近いヤナギ類10cmとニセアカシア30cmでは酸素濃度は急激に低下し, 9月14日に地下水位がニセアカシア②で地表面から約34cm, ヤナギ類①で約15cmになった時に酸素濃度は急激に上昇し, 大気中と同程度となった。一方, 常時湛水する深部のヤナギ類50cm, ニセアカシア60cm土壌間隙酸素濃度は徐々に低下し, ニセアカシアでは9月21日ころにはほぼ0%となった。

IV 考察

1. 採石場跡地における土壌呼吸量の特徴 ガレ地のヤナギ林やニセアカシア林の土壌呼吸量は森林地とほぼ同様な地温との関係を示した(図-4)。過湿地の樹木根系の呼吸量は大きい, ガレ地でも有機物の蓄積やその分解量が大きい可能性が考えられる。一方, タワー地における地温との関係は大きく下方に分布し, 約20年前から露場として定期的な草刈りにより, 根呼吸やリターの分解呼吸が少なかったと考えられる。

2. 地下水位が土壌呼吸量に影響を与える可能性 図-4においてヤナギ林やニセアカシア林のいくつかの観測値は, 森林土壌地の近似曲線から大きく下へ外れていた。特にヤナギ林で大きく, 外れた点は8月5日と

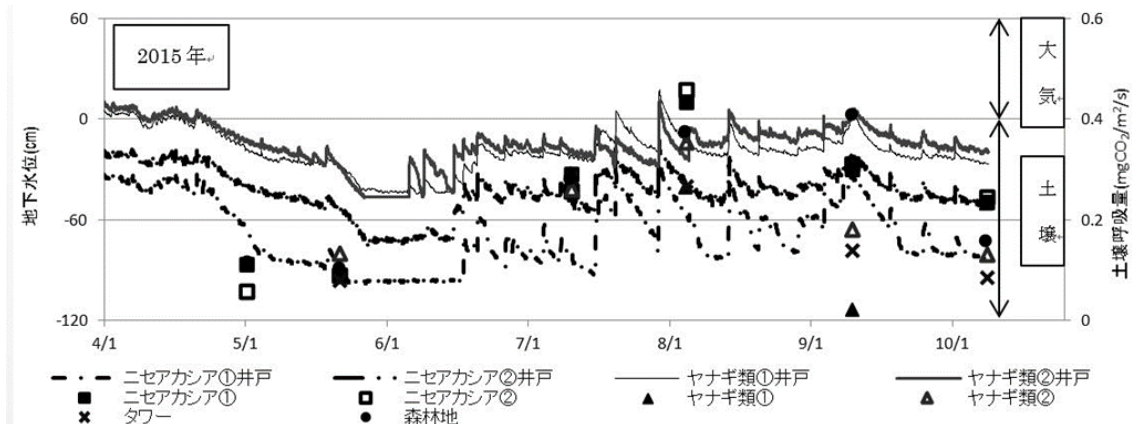
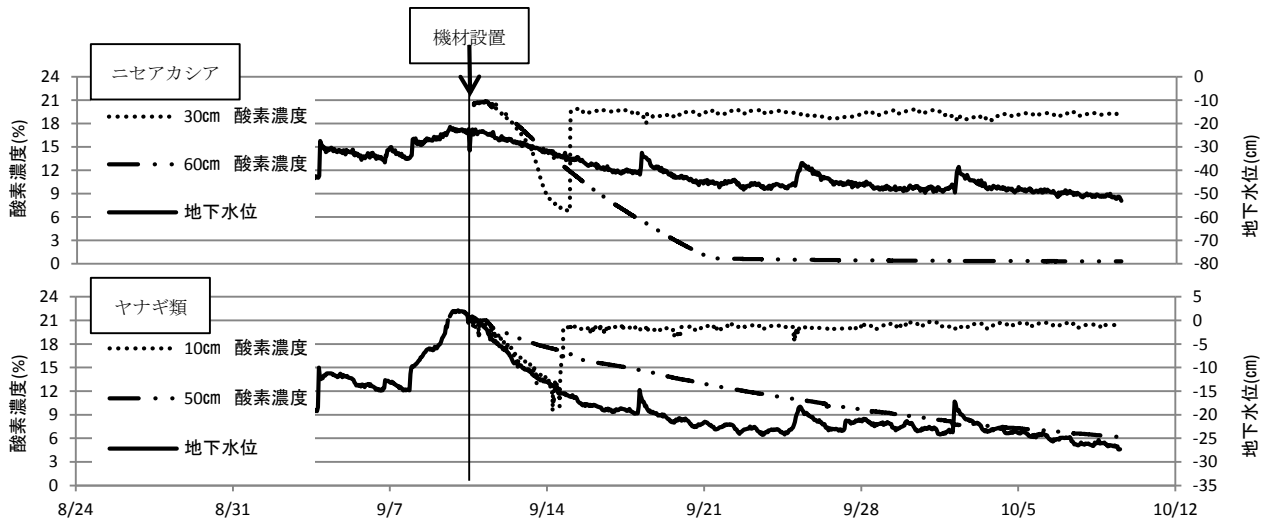


図-5. 地下水位と土壌呼吸量の変化

Fig.5 Variations of the groundwater levels and the soil respiration rates



図一六．ヤナギ類とニセアカシアの地下水位と酸素濃度の変化

Fig.6 Variations of the oxygen concentrations of soil and groundwater levels

9月10日の地下水位が地表面付近まで上昇した時の値であり、地表からの土壌呼吸量が制限された可能性があると考えられる。土壌呼吸量は土壌含水率の変動と強い相関がある場所もあり(1)、4年間に渡る体積含水率と地温による長期間の土壌呼吸量の推定も試みられている(2)。また、推定式として含水率の低い乾燥状態と飽和状態の両方の時にフラックスが減少する式などが検討されている(2, 3, 7)。本研究は、冠水の様な極端に湿潤な飽和状態で、ガス拡散が抑制されるのを見ている。地下水中には根呼吸や分解呼吸が行われにくいため土壌呼吸量が低くなると考えられる。しかし、ゼロではなく微量ながらも土壌呼吸量があることから、地下水中に溶けた二酸化炭素が放出したと考えられる。

地表近くの酸素濃度はニセアカシア 30 cmとヤナギ 10 cmにおいて大きく変動することが確認された。しかし、図一五の9月10日の冠水時、ヤナギ類①の土壌呼吸量が低い値であることから溶存酸素を利用して呼吸が生じたか、あるいは、地下水中では酸素が不十分のため呼吸が出来ず土壌呼吸量が上昇しなかったか、両者の可能性が考えられた。

V まとめ

ニセアカシア・ヤナギ類林が成立する採石場跡地と落葉広葉樹が生育する森林地の土壌呼吸量の比較し、ニセアカシアやヤナギ類林の過湿なガレ地でも森林地と遜色無い土壌呼吸が生じた事を明らかにした。本研究では冠水のような極端に湿潤な飽和状態であると土壌呼吸が制限されることが明らかになった。これは、地温が高い時期に冠水が生じるガレ地のヤナギ林やニセアカシア林だからこそ観測されたものと考えている。冠水時、地

下水中における二酸化炭素の動きは不明瞭である。

引用文献

- (1) HASHIMOTO, S., TANAKA, N., SUZUKI, M., INOUE, A., TAKIZAWA, H., KOSAKA, I., TANAKA, K., TANTASIRIN C., and TANGTAM, N (2004), Soil respiration and soil CO₂ concentration in a tropical forest, Thailand, JFR, 9(1), 75-79.
- (2) KUME, T., TANAKA, N., YOSHIFUJI, N., TANTASIRIN, C., IGARASHI, Y., SUZUKI, M., and HASHIMOTO, S. (2013) Soil respiration in response to year-to-year variations in rainfall in a tropical seasonal forest in northern Thailand. Ecohydrol 6:134-141
- (3) 三谷智典・小杉緑子・尾坂兼一・大久保晋治郎・高梨聡・谷誠 (2006) 人工ヒノキ林小流域における土壌呼吸の時空間分布. 日林誌 88:496-507
- (4) 大類和希・森脇康行・豊泉恭平・立野敦史・瀧澤英紀 (2015) 隣接するヤナギ類およびニセアカシア分布域と地下水位の関係. 関東森林研究 66:207-210
- (5) 佐々木隆史・壇浦正子・植松千代美・小南裕志 (2011) 落葉広葉樹林と常緑広葉樹林間での土壌呼吸, 根呼吸特性の違い. 日本森林学会大会データベース 122:295
- (6) 瀧澤英紀・森脇康行・堀口昇平・豊泉恭平・小坂泉・相原翔一(2014) 採石岩屑堆積地における植生遷移. 関東森林研究 65:177-180
- (7) 玉井幸治・小南裕志・深山貴文・後藤義明 (2005) 山地小流域における地温, 土壌含水率からの土壌呼吸量時系列データの推定とその空間変動—京都府南部における風化花崗岩地域の場合—. 日林誌 87:331-339