

整備後の里山林における土壌含水率の年変動と気象条件

星川 圭介

(工学部環境・社会基盤工学科)

要約: 間伐等による林相の変化が土壌含水率に与える影響を、気象条件を考慮しつつ明らかにするために、富山県射水市南部に広がる里山林のなかで管理状況や林相の異なる 7 か所に土壌含水率センサと地温センサを設置して、2018 年 5 月末から 10 分間隔で継続観測を行った。冬季の中断をはさむ 2019 年 12 月末までの 1 年半の観測の結果、間伐等の整備を行った地点では未整備の地点に比べて土壌含水率の年較差が小さくなる傾向がみられ、蒸発散が抑制されることにより、気象条件が土壌の水収支に与える影響が低下することが示唆された。

キーワード: 里山林, 広葉樹, 間伐, 土壌含水率, 蒸発散

1. はじめに

近年、野生鳥獣による被害の軽減や生物多様性の保全などを目的として、里山林と呼ばれる居住地に近い混交林でも間伐を含む山林整備がすすめられている。半自然の状態で放置されてきた森林に対して間伐などを行えば、必然的に林床における日照や土壌含水率、地温などといった環境変化が生じる。このうち土壌含水率は土砂災害の危険性や河川への流出率のほか、林床の生物相にも大きな影響を与える重要な因子である。

間伐などが土壌含水率に与える影響について、国内でもヒノキ人工林については荒木ら (2002) や篠宮ら (2004) などの事例がある。一般的に森林施業の対象とはならない広葉樹の混交林に関して国内の研究は少ないものの、国外における研究事例としては Bréda et al. (1994) と Darenova et al. (2018) がそれぞれフランスとチェコのフユナラ林において検証を行っている。

これらの研究ではいずれも間伐により土壌含水率が増加することが共通して報告されており、原因として蒸散抑制を挙げている。しかし蒸散量は気温や日射量によって大きく変化するほか、含水率の変化は降水によってももたらされるため、間伐による土壌含水率上昇効果は各年の気象条件に応じて年々変化する可能性があるが、既往の研究では気象条件の影響にまでは言及していない。

本研究では、里山林において 2018 年 6 月から

2019 年 12 月の 1 年半わたって連続観測された土壌含水率と地温のデータに基づいて、里山林整備が土壌含水率に与える影響を、気象条件の影響を考慮しつつ評価する。

2. 手法

2.1 対象地域

富山県射水市の北陸自動車道以南には、南部丘陵地域と称される、標高 70 m 前後、傾斜 30~50% 程度のなだらかな丘陵が連なっている。植生はコナラなどの広葉樹が中心であるが、一部アカマツ等の針葉樹が混交しているほか、水田の広がる谷底との境目などには第二次世界大戦前後に植林されたスギ林分が散見される。本地域では一般社団法人「金山里山の会」が間伐などの森林整備を行っており、整備の有無や整備形態に応じた様々な林相が分布していることも特徴である。

本研究ではこの南部丘陵地域の 2 地区を対象とした。一つは丘陵頂部とその周辺に広がる領域、もう一つはため池北側の斜面である (図 1)。

2.2 観測地点

2018 年 5 月から 6 月上旬にかけて、林相の異なる 2 地区 6 地点 A~G に土壌含水率センサを 2 基ずつ、地温センサを 1 基ずつ順次設置した (図 1)。地温は土壌面からの蒸発量に影響する重要な因子

として観測を行った。土壌含水率センサは 2 m 程度の間隔を空け、地温センサはその中間付近に設置した。

地点 A は丘陵の頂部に位置する。周囲の樹木は皆伐されており、上空視界を遮るものは少なく日当たりがよい。一部ごく低い樹木や雑草があるものの、多くは土壌がむき出しとなっている。イノシシのえさ場となっているとみられ、センサがしばしば掘り起こされて連続的な観測が望めないことに加え、ロガーが故障したことから 2019 年 9 月 29 日をもって観測を終了した。

地点 C はアカマツとコナラが混交する地域にありいずれも傾斜はほとんどない。この地点では 2013 年ごろにアカマツの保全を目的として中低木の除去が行われた。さらにその後 50%程度のアカマツが松枯れによって失われた。結果として林床は比較的明るく草本などの植生が多い。

地点 B については C と条件が近く、加えて獣害によるセンサ破損を度々受けて連続的な観測が望めないことから 2019 年 3 月をもって撤去した。

地点 D は尾根近傍にある。コナラ等の広葉樹が密に生い茂っており薄暗く、下層植生は少ない。D-W1 とともに D-W2 と多くの落ち葉に覆われている。

地点 G は 2019 年 3 月 31 日に新設したものである。本地点の周辺では 2018 年にコナラ等が皆伐されたのち、コナラを中心に萌芽更新が生じ始めている。年較差を求められないため本研究では使用しない。

隣接する地点 E と F はともにコナラ等の広葉樹林にある。もともとは同じ植生状態にあったものの F の周辺では地点 B および C で森林整備が行われた一年後にコナラ以外の樹木の除去が行われ、結果として E の林床は薄暗く下草が生えていないのに対して林床は明るくシダなどの下草に覆われた状態となっている。

センサ設置地点の粒径分布はほぼ等しく(星川・石井, 2019)、土壌物理性の違いが地点・センサ間の土壌含水率の違いに与える影響は小さいものと考えられる。

2.3 観測方法

土壌含水率および地温は METER 社の 10HS および RT-1 によって 10 分間隔で測定した。土壌含水率センサ 10HS は地表面から長さ 100 mm のプローブを付け根までほぼ垂直方向に埋設した。また地温センサ RT-1 については長さ 20 mm のセンサ部分を 50 mm 程度の深さに埋設した。2018 年 12 月から 3 月にかけての期間はデータの回収を行っていない。

2.4 気象条件

図 2 から 4 に富山地方気象台で観測された気象観測データから算出した値を示す。

図 2 は日平均気温の 10 日間移動平均を取って気温の傾向を示したものである。1 年を通じてみると 2018 年と 2019 年の気温に大きな差はなく、特に 4 月から 10 月にかけては交互に入れ替わるような形で互いの年の気温を上回っている。ただし記録的な猛暑となった 2018 年 7 月から 8 月上旬にかけては 2019 年の同時期の気温を連続して上回っている。一方 2019 年は 8 月上旬から中旬にかけて高温の時期が続いたことが見て取れる。

図 3 には全天日射量の同じく 10 日間移動平均を

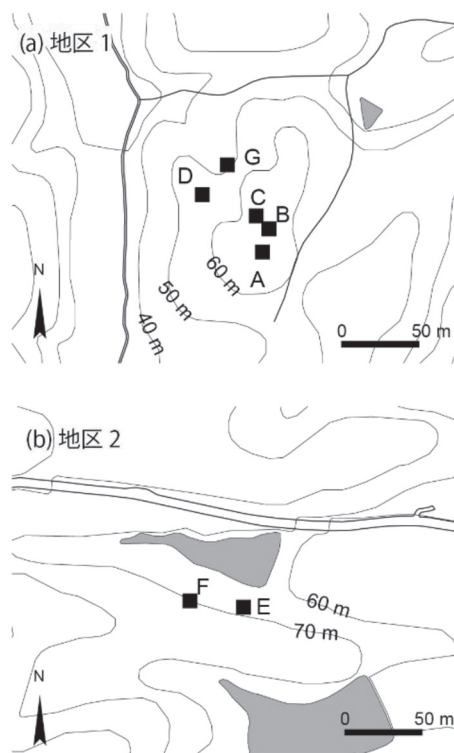


図 1 センサ設置箇所 (等高線間隔 10m)
(国土地理院基盤地図情報を加工)

示す。7月から8月上旬にかけて2018年の日射量が2019年を大きく上回っている一方で、5月については高い晴天率により2019年の日射量が2018年を大きく上回っている。

図4は日降水量を各年1月1日から積算したものである。2018年は早い梅雨明けの後に晴天が続いた年であったが、年間降水量は平年（1981年から2010年：2299.1 mm）を大きく上回る2751 mmであった。冬季の大雪に加え、7月の豪雨と9月の台風が値を大きく押し上げている。一方2019年の年降水量は2097.5 mmで平年をやや下回った。

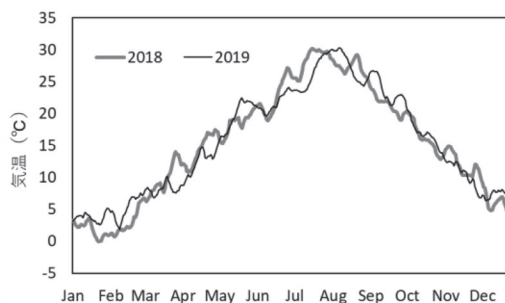


図2 10日間移動平均気温

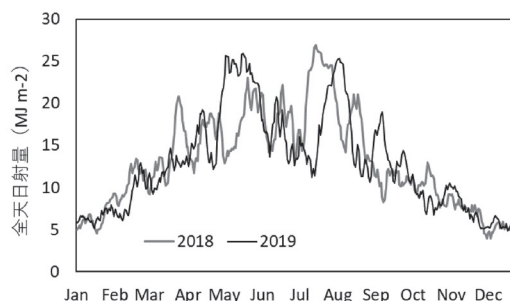


図3 10日間移動平均全天日射量

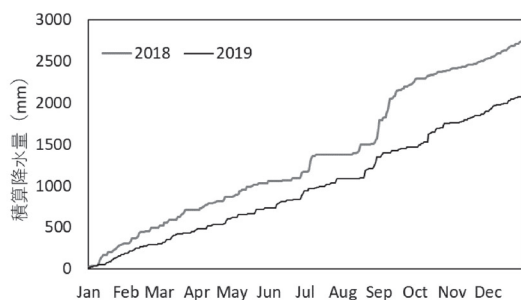


図4 積算降水量

3. 結果

3.1 地温

図6にA皆伐, Cアカマツ整備済み, D混交林未整備, Eコナラ未整備における地温の日平均値の推移を示す。いずれの地点も各年の気温や全天日射量と同様の傾向を示して推移しており、7月から8月上旬にかけて2018年の地温が2019年の地温を上回っている。各年とももっとも地温が高く推移したのがA皆伐、続いてCアカマツ整備済みであり、DとEの未整備林についてはいずれも最も低く推移し、地点間ではほとんど差がみられなかった。

2018年と2019年の年較差に着目すれば、A皆伐において年較差が他の地点より大きく、それ以外の地点間ではほとんど差がみられなかった。つまり間伐をはじめとする森林整備は地温の上昇をもたらすが、気温や全天日射の変動に対する変動幅はほとんど変化しないということになる。

3.2 土壌含水率

土壌含水率は降雨による急上昇とその直後の流出によって大きな変動を繰り返す。樹木からの蒸散が影響するのはそうした大きな変動を除いた基底部分の含水率であると考えられる。したがって図7には観測期間を5日ごとに分け、各5日間の下位5%の土壌含水率を示した。最低値としなかったのは観測ノイズによる外れ値を除くためである。

まず2018年の各地点における推移に注目すると、未整備地点であるDとEにおいて7月上旬から8月上旬にかけて、それぞれ約0.12および約0.20と、整備済み地点のCとFにおける約0.25に比べて低い含水率が記録されている。

しかし2019年に最も低い含水率（約0.20）を記録したのは整備済み地点のうちアカマツが生えるCであり、その他の地点に関しては0.26前後で大きな差がみられない。

各地点における年較差はDとEにおいて比較的大きく、これは2018年の7月から8月上旬にかけて低下した含水率が2019年同時期にあまり低下しなかった結果である。一方アカマツ整備済みのCでは8月に2019年の含水率が2018年を下回った結果となった。2019年のコナラ整備済みのFにおい

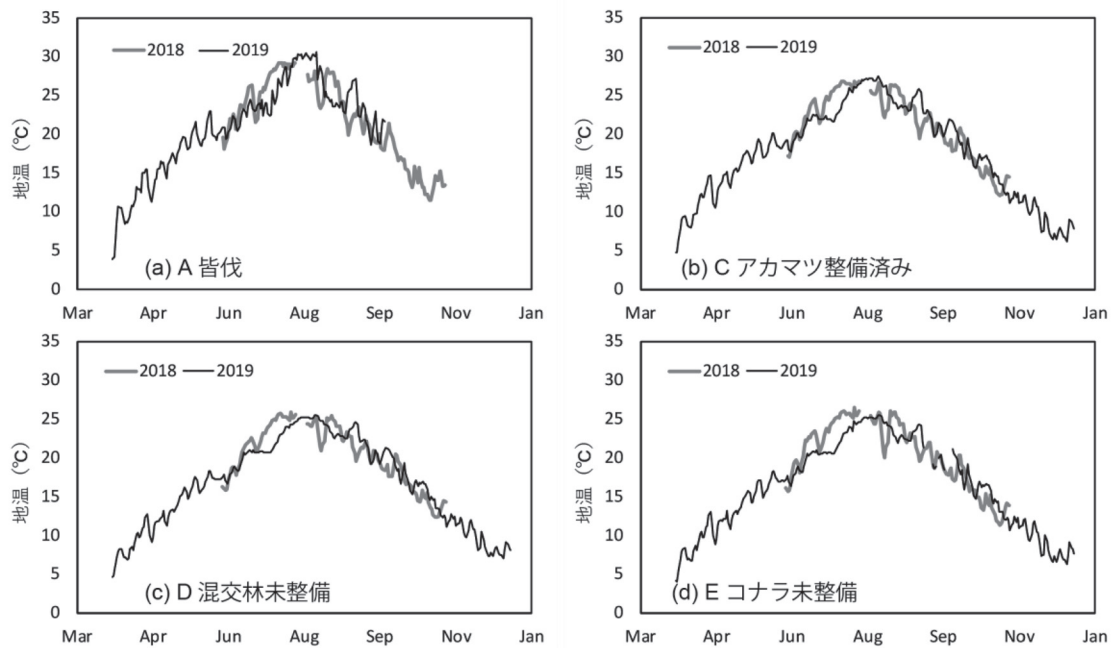


図6 各地点における日平均地温

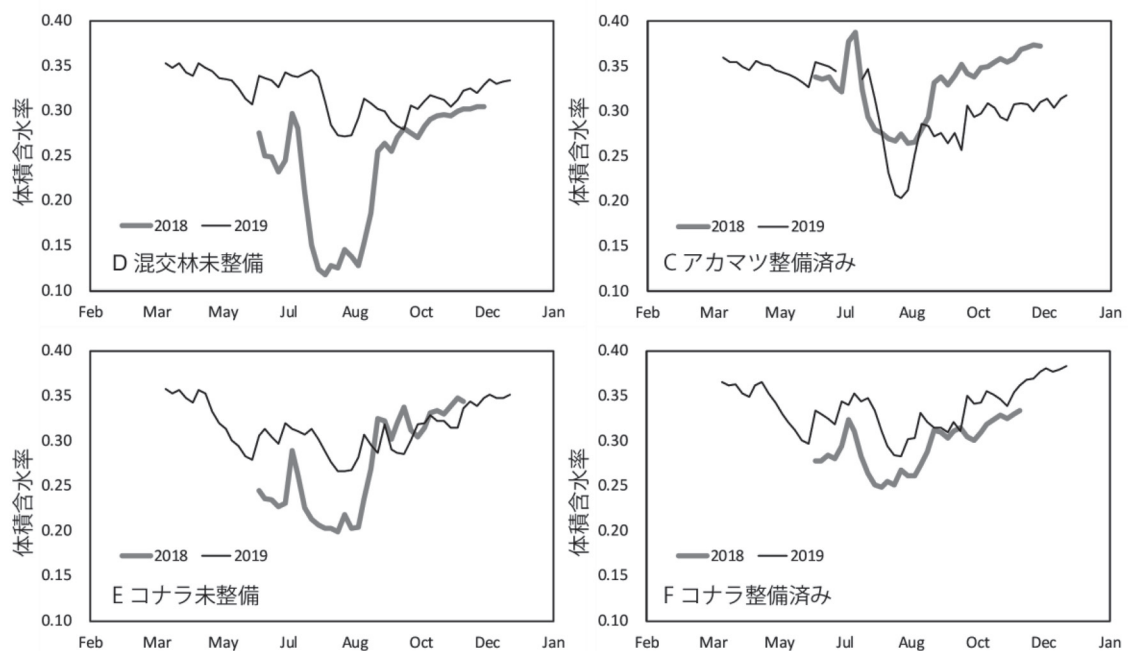


図7 各地点における5日間下位5%土壌含水率

てはDやEと類似の推移を見せ、2018年に大きな低下がみられなかったことと合わせて2018年と2019年の差は小幅なものにとどまった。

4. 考察

2018年の7月から8月上旬においてCを除く地点で含水率が2019年の同時期を下回る結果となったのは、2018年の高い気温と全天日射量であったと考えられる。7月1日から8月10日までの平均気温および平均全天日射量の平年値は25.4℃および16.6 MJ m⁻² d⁻¹であるのに対し、2018年の同期間平均は28.1℃および21.3 MJ m⁻² d⁻¹であった。そして未整備の2地点においてその較差が顕著にみられたことは、全天日射量と気温が高い状態において間伐などの森林整備による蒸散抑制効果がより大きく現れることを示しており、一方で2019年のように気温や日射量が平年をやや上回る程度の年には森林整備による蒸散抑制効果が相対的に小さく、必ずしも土壌含水率の差となって発現しない可能性を示唆する。

整備済みのCやFにおいて猛暑の2018年とほぼ平年並みの2019年の間で土壌水分の差があまりない、あるいは逆に2018年年の方が高い結果となったのは、2018年7月上旬までの降水量が2019年の同時期に比べて多かったことも一つの要因であろう。

図6にみられる通り、間伐等の整備による地温上昇幅は限定的であり、かつ気温や全天日射の変動に対して、未整備の森林と同程度に安定的である。つまり表面土壌からの蒸発は森林整備によって大きく増加することはない。一方で蒸散は整備前と比べて抑制されることから、整備済みの里山林からの蒸発散は減少する。つまり土壌水収支における降水量や流出の割合が高くなり、降雨イベントに伴う急激な含水率の上昇と低下を除いた基底的な土壌含水率変化は、気象条件に影響されにくく安定化する可能性が示唆される。

5. まとめ

間伐等による里山林整備による土壌含水率上昇

効果は、気温が高く日射量が多い猛暑の年に顕著に表れる一方で、平年並みの年には整備前の地点との差があまり見られないことも明らかになった。別の見方をすれば整備済みの森林における土壌含水率の年較差は小さく、里山林整備は土壌含水率を安定化させる可能性がある。

参考文献

- 荒木誠・加藤正樹・宮川清・小林繁男・有光一登 (2002)「ヒノキ林における皆伐および間伐が表層土壌水分状態に及ぼす影響」『森林立地』44 (2): 1-8
- 久保田多余子・坪山良夫・延廣竜彦・澤野真治 (2013)「常陸太田試験地における間伐による蒸発散量の変化」『日本森林学会誌』95 (1): 37-41
- 篠宮佳樹・稲垣善之・深田英久 (2004)「間伐がヒノキ林の表層土壌水分に及ぼす影響」『森林応用研究』13: 139-143
- 星川圭介・石井孝宗 (2019)「里山林整備が土壌含水率に与える影響」『富山県立大学紀要』29: 70-76
- Darenova E., Crabbe R.A., Knott R., Uherková B., Kadavý J. (2018). Effect of coppicing, thinning and throughfall reduction on soil water content and soil CO₂ efflux in a sessile oak forest. *Silva Fennica* 52(2) 20 pages (Online) DOI: 10.14214/sf.9927
- Bréda N, Granier A, Aussenac G. (1995) Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). *Tree Physiol.* 15(5):295-306. DOI: 10.1093/treephys/15.5.295

謝辞

現地への観測機器の設置および機器の管理にあたっては、射水市南部丘陵地域において森林管理活動に取り組む一般社団法人「金山里山の会」のご支援・ご協力を頂きました。記して謝意を表します。

Annual variance of soil water content due to climate conditions in forests after thinning

Keisuke HOSHIKAWA

Department of Environmental and Civil Engineering,
Faculty of Engineering

Summary

This study aimed to evaluate the effects of forest management techniques such as thinning on the soil water content while taking into account the annual variation of climate conditions. Soil water content and temperature were measured at seven points in a hilly area mainly covered by a deciduous broad-leaved forest in Imizu City, Toyama, Japan. The results of the measurements from the end of May to the end of December, 2019 carried out at ten-minute intervals indicated that the annual fluctuation of the soil water content in the thinned forest was smaller than that of the control. This indicates that the restriction of the evaporation and transpiration in thinned forests weakened the effect of climate conditions on the water balance.

Keywords: secondary forests, deciduous broad-leaved forests, thinning, soil water content, evapotranspiration