

溪畔林内の渓流水中の日射量を推定する試み

久保田多余子¹・吉村真由美²

1 森林総合研究所

2 森林総合研究所関西支所

要旨：多地点で渓流水中の日射量を推定し、日射量の時間変化や季節変化を調べた。まず、林内の日積算日射量は観測期間中の平均で林外のそれの約 8.5%であった。そして、水中の日射量は林内の日射量の約 50%であった。渓流水中の日射量は落葉期でかつ日射が強くなる 3-5 月に大きくなる傾向があった。また、どの地点も光がスポット的に差し込むことがあるが、その時期や時間帯は場所によって異なった。

キーワード：溪畔林、照度、日射量

Estimation of solar radiation in a stream in a riparian forest

Tayoko Kubota¹, Mayumi Yoshimura²

Forestry and Forest Research Institute 1

Kansai Research Center, Forestry and Forest Research Institute 2

Abstract. We estimated solar radiation in the stream water at several locations and investigated the temporal and seasonal variations in solar radiation. The average daily solar radiation in the forest was about 8.5% of that outside the forest during the period of observation. Solar radiation in the water averaged about 50% of the total radiation in the forest. Solar radiation in the stream water tended to be greater during March-May when was the deciduous season and sunlight was more intense. All of the sites had occasional spotlighting, but the timing and time of the spotlighting varied by location.

Key-word: riparian forest, illuminance, solar radiation

I はじめに

水中の光量は藻類の発生に影響を及ぼし、発生した藻類は物質循環や植物網の起点として生態系に影響を及ぼす。溪畔林を伐採すると水中の光環境が変わり、藻類の量が増え、それを食物とする生物も変化すると考えられる。既往の研究で、藻類の増殖には河床に到達する光が重要であること(1)、濁水による光量不足が藻類増殖の阻害要因となること(2)、瀬と淵における光環境の違いが付着藻類や底生動物に影響を及ぼすこと(3)などが明らかになっている。また、強い光は光合成を阻害する(4)。このように溪畔林を含む森林の伐採やそれによる濁水の発生は、渓流水中の光環境を変化させ生態系へ影響を及ぼす。しかしながら、これまでに林内の渓流水中の日射量を測定した例はほとんどない。そこで、本研究では茨城県常陸太田市にあるスギ・ヒノキ人工林(溪畔林域は落葉広葉樹)内で、湧水に近い地点から約 3km 下流までの、林内外の状況が異なる 7 地点において渓流

水中の日射量を測定することを試みた。また、水中の日射量の場所による違いや季節変化について調べた。

II 調査地と方法

1. 調査地 調査は茨城県北部にある茨城森林管理署管内堂平国有林内で行った(図-1)。湧水点に近い No. 1 から約 3 km 下流の No. 7 までの 7 地点を設定した。No. 1~No. 3 は約 32 年生のスギ林内にあり、晴天時の溪流の幅は 1 m 未満、水深 10cm 未満である。No. 4 と No. 5 は川幅が 2 m 程度、水深 15cm 程度である。No. 4 と No. 5 は橋をはさんで 20m ほどしか離れていないが、No. 5 は溪流の東側と南側、No. 4 は西側と南側が開けている。No. 6 と No. 7 は川幅が 3 m 程度であり、水深は 20cm 程度である。林道をはさんで河川の西側の斜面が皆伐されている。

2. 開空度 溪流の周囲は落葉広葉樹であるため冬季に葉が落ち、冬季の方が夏季より開空度が高い(表-1)。

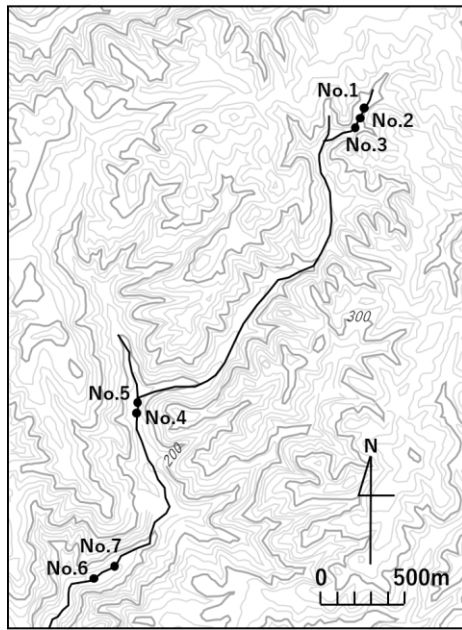


図-1. 日射量観測地点 (茨城森林管理署管内堂平国有林内)

Fig.1 Solar radiation observation points in Dodaira National Forest, Ibaraki Forest Management Agency.

表-1. 1月と7月の開空度の比較

Table 1 Comparison of canopy openness in January and July

観測地点	開空度 (%)	
	1月	7月
No. 1	11.6	10.5
No. 2	11.0	11.2
No. 3	11.8	10.9
No. 4	14.7	12.1
No. 5	14.7	8.4
No. 6	27.2	14.5
No. 7	19.4	10.8

No. 1 - 3は溪畔林の周囲が立木密度の高い32年生のスギで囲まれているため、冬季と夏季で開空度があまり変化しなかった。No. 5は冬季と夏季の開空度の差が大きく、夏季に葉が茂り溪流内が暗い。No. 6は右岸側は林道を挟んで皆伐地となっており、右岸側が開けている。No. 7も右岸側に皆伐地があるがNo. 6ほど開けていない。

3. 調査項目 測定は2019年12月1日から2020年7月31日にかけて行った。水中の日射量を日射計フィルム(オプトリーフ R-3D, 大成ファインケミカル社製)により測定した。また林内と水中の照度をそれぞれ、温度・照度計測データロガーUA-002-64(Onset社製)とMX22021(Onset社製)により測定した。



写真-1. 水中の日射量観測

Photo1. Solar radiation monitoring in stream water.

No. 2において林内の日射量を日射センサー(S-LIB-M003, Onset社製)とオプトリーフを用いて測定し、データをデータロガー(H21-002, Onset社製)に記録した。水中用の温度・照度計測データロガーはブロックまたは溪流内の石にワイヤーで固定した。日射計フィルムは観測地点ごとに5点、石に結びつけたワイヤーにクリップで固定した(写真-1)。

この日射フィルムはフィルムの色素が日射によって退色する度合いを求めて、その退色率からあらかじめ求めた検量線によって積算日射量に換算するものである。フィルムの退色率はオプトリーフ専用の吸光度測定器(D-Meter RYO-470M, 大成ファインケミカル社製)を用いて測定した。吸光度は5点の平均値を1観測地点の値とした。退色率を日射量に変換する検量線はオプトリーフのマニュアル内に掲載されている式を使用した。検量線はフィルムの温度によって異なり、最高気温平均値で10°C, 20°C, 31°C用の検量線が作成されている。本研究では12~3月までを10°C用の検量線、11月と4~7月は20°C用の検量線を適用した。

林外の日射量は気象庁アメダスのつくば(館野)観測地点のデータ(5)を使用した。また、全天空写真を魚眼レンズ(LC-ER1, Nikon社製)とカメラ(COOLPIX4500, Nikon社製)により測定し、全天写真解析プログラムCanopOn 2(6)により開空度を算出した。

III 結果と考察

1. 林内の日射量 図-2はNo.2における1, 4, 7月の林外の日射量に対して林内のそれをプロットしたものである。12-2月は林外の日射量も弱い、太陽高度が低い、溪流周囲にあるスギに遮られて林内にほとんど光が入らないと考えられた。3月以降に林内

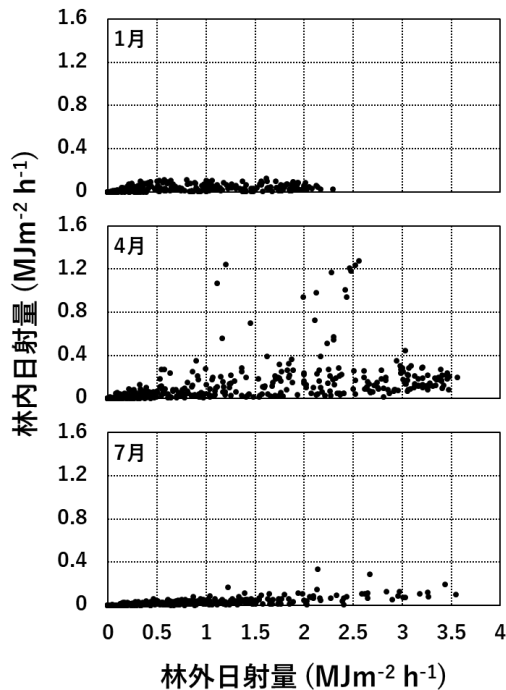


図-2. 林外と林内の時間積算日射量
Fig.2 Hourly solar radiation outside and inside the forest.

の日射量が増え始めた。4、7月にはときどき大きな値が見られ、林内にスポット的に直射光が入ると考えられた。6-7月は林外の日射量は大きくなったが、太陽高度の変化や葉の繁茂のため、林内の日射量は広葉樹の葉が茂る前の4-5月よりも小さくなったと考えられる。林外日射量に対する林内日射量の割合は平均で8.5%であった。

2. オプトリーフによる林内および水中日射量の測定
測定日から測定日までの積算日射量を日射センサーとオプトリーフで比較した(図-3)。林内の日射量はオプトリーフで測定したものは日射センサーで測定したものよりも17%大きくなった。しかし、オプトリーフによって林内のおおむね正しい日射量が測定できることが確認できた。水中の日射量は林内の日射量の約43.3%であった。マングローブ林内の水中日射量を測定した研究では、水中へ入射する日射量の多くが水表面付近において吸収され、水表面から10cmのところでは水表面のその約50%になり、20cmでは30%程度となる(7)。このことから、本研究のオプトリーフを使った水中の日射量の測定値はおおむね妥当と考えられる。

3. 水中日射量の季節変化 オプトリーフを使用して測定した水中の日射量の季節変化を地点ごとに比較した(図-4)。No.1-3はほぼ同じ変化を示すためNo.2の

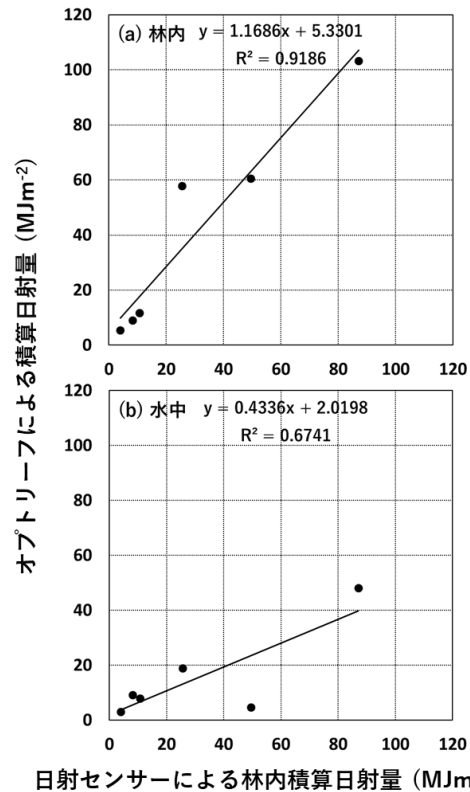


図-3. 日射センサーで測定した林内の日射量 (x) とオプトリーフで測定した(a)林内および(b)水中の日射量 (y) の比較。

Fig.3 Comparison of solar radiation in the forest measured by the solar radiation sensor (x) and solar radiation (a) in the forest and (b) in stream water measured by the OptoLeaf.(y)

み示した。No.7は欠測がおおかったため除外した。

No.6を除き、3月から5月にかけて水中の日射量が高かった。これは3-5月は葉が茂る前で開空度が高い上、太陽高度が徐々に高くなり、林内に光が入りやすく、また日射が強くなるためと考えられる。6月以降の水中の日射量が小さいのは、6月以降は葉が茂り、日射量が強くても林内に光が入りにくくなるためと考えられる。

オプトリーフによって測定した水中の日射量を観測地点ごとに比較した(図-5)。No.1-3は立木密度が高い32年生のスギに囲まれているため暗い。開空度はNo.4よりもNo.6とNo.7の方が大きい、日射量はNo.4の方が大きかった。これはNo.4は溪流の南側が開けており、日が入りやすいためと考えられる、また、No.4とNo.5は河川に平行に通っている林道よりも1-2m低い位置にあるが、No.6とNo.7よりも林道4-5m低い位置に溪流があり、溪流が深い谷の中を流れているようになっており光が届き難いのではないかと考えられた。

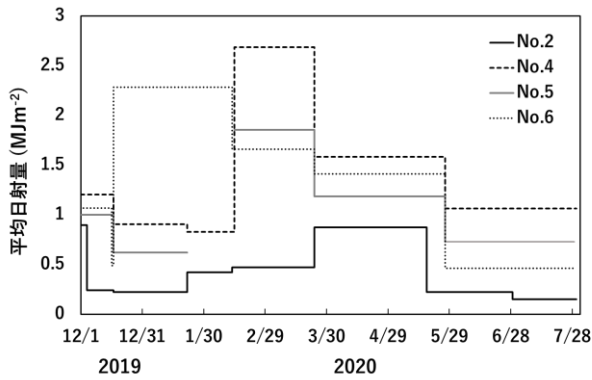


図-4. 渓流水中の日射量の季節変化

Fig.4 Seasonal change in solar radiation in stream water.

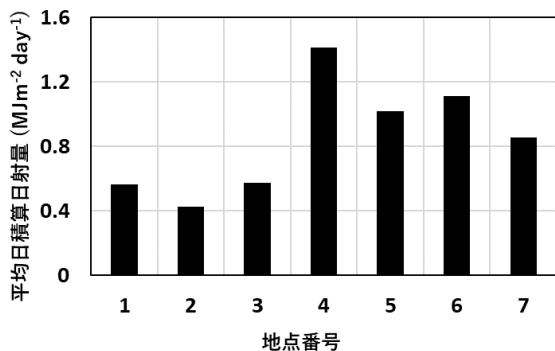


図-5. 渓流水中の日射量の場所による違い

Fig.5 Differences in solar radiation in stream water by location.

4. 水中照度の時間変化 オプトリーフは手動で計測する必要があるため、短い時間単位の日射量の計測は難しい。このことから水中の光環境の時間変化については照度によって調べた。図-6は1時間ごとの同じ時間の水中照度を全観測期間(12-7月)で平均したものである。No. 5のみ午前中に日が差し込んでいた。これはNo. 5だけが渓流に沿って走る林道が東側にあつて東側が開けているため、午前中の太陽光が林内に入りやすいためと考えられる。No. 6以外は光が強く差し込む時間が数時間あった。No. 6の照度の変化は薄曇りの日のような緩やかな変化を示した。

IV まとめ 林内の日積算日射量は観測期間中の平均で林外のその約8.5%であった。そして、水中の日射量はさらにその約50%であった。すなわち、林内の渓流水中の日積算日射量は林外の約4%とわずかであった。しかし、渓流水中の日射はつねに弱いのではなく季節によってはスポット的に強い直射光が当たる時間帯があった。水中の日射量は場所により、開空度の違いだけでなく、

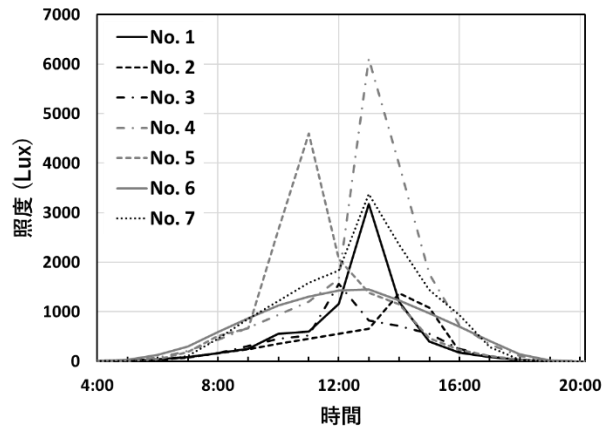


図-6. 渓流水中の照度の時間変化

Fig.5 Differences in illuminance in stream water by location.

周囲の地形や太陽高度の影響を受け、日が当たる季節と時間帯が非常に多様であった。このことから場所によって藻類量にもかなりの違いがあると考えられるため、光量と藻類量を合わせて引き続き調べていく。

謝辞：本研究は（国研）森林研究・整備機構森林総合研究所交付金プロジェクト(課題番号 201809)の支援を得ました。

引用文献

- (1)三崎貴弘・土屋十圀 (2008) 河川の光環境と濁度が付着藻類の増殖速度に与える影響に関する研究. 環境システム研究論文集, 36: 437-444
- (2)津田松苗 (1971) 汚水生物学, 北隆館, pp24-25
- (3)諸田恵土・土屋十圀・朝田聡 (2004) 底生動物と光環境に基づく瀬淵構造の検討. 水工学論文集, 48: 1555-1560
- (4) Masayuki Takahashi, Sooji Shimura, Yukuya Yamaguchi, Yoshihiko Fujita (1971) Photo-inhibition of Phytoplankton Photosynthesis as a Function of Exposure Time. Journal of the Oceanographical Society of Japanese, 27(2) 43-50.
- (5) 気象庁 (2002) 過去の気象データ観測. <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (20201017 閲覧)
- (6) 竹中明夫 (2009) 全天写真解析プログラム CanopOn 2. <http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/> (20201017 閲覧)
- (7) 二瓶泰雄・綱島康雄・佐藤正也・青木康哲・佐藤慶太・灘岡和夫 (2002) 現地観測に基づくマングローブ域の水温・放射環境に関する研究. 海岸工学論文集, 46: 1206-1210