

島根大学三瓶演習林に植栽されたスギの個体サイズと樹幹流の水量および水質の関係

大内謙輔¹・葛西絵里香²・片桐成夫³

Relationships between tree-size parameters and stemflow properties of Japanese red cedar (*Cryptomeria japonica* D.Don) planted in the Sambe Forest, Shimane University

Kensuke OUCHI, Erika KASAI, and Shigeo KATAGIRI

Abstract We investigated the amount of stemflow and its water chemistry of Japanese red cedar trees planted in the Sambe Forest, Shimane University. Stemflow properties were related to the several tree-size parameters, *i.e.*, DBH, tree crown projection area, tree crown surface area, tree crown volume and plant biomass. Of tree-size parameters, crown surface area showed the highest correlation with the stemflow amount. The electric conductivity (EC) and pH values of the stemflow water were also related to tree-size. EC of stemflow water increased with tree diameter. On the other hand, pH of stemflow decreased with tree diameter. The stemflow chemistry of trees with thinner diameter reflected the condition of precipitation outside forest. This is due to the difference in the water volume, which passed through the crown of cedar trees. Crown of the thinner trees collected more water than that of the thicker trees.

Keywords: crown surface area, Japanese red cedar, stemflow, water chemistry,

1. はじめに

現在、世界各地で顕在化している森林衰退の主な原因の一つとして、酸性雨による土壌の酸性化が挙げられている。森林土壌が酸性化されることによって有害金属イオンが遊離し、それらが林木の細根や菌根に機能障害をもたらすと考えられている。

降水は大気中に浮遊している様々な物質を溶かし込み森林に落下してくる。林分上へ降下した雨滴が林木に全く触れることなく土壌に達することは極めて稀であり、ほとんどすべての雨滴は林木の一部と接触したあと、土壌に到達する。この過程で、雨水は林木上の各種付着物質や林木自体に含まれている様々な水溶性物質を溶解し、森林上空の雨水とは性質の異なった林内雨や樹幹流として林床に到達する。したがって、雨水による森林土壌の

酸性化を検討するためには、林外の降雨だけではなく林内雨や樹幹流による物質負荷を考慮する必要がある（佐々 1992）。

広葉樹林では樹幹流の pH は林外雨、林内雨に比べて高くなり、逆にスギなどの針葉樹林では林外雨、林内雨に比べて低くなることが知られている（佐々 1992, 佐々ら 1991）。スギ林では樹幹流による水素イオンの負荷によって樹幹を中心に土壌の酸性化を引き起こし、森林の衰退につながるとされている（松浦 1992, 松浦ら 1991）。

樹幹流量は降雨強度、樹種、個体サイズ、樹冠表面の平滑さ、樹冠の疎密度などの要因によって変動するためばらつきが大きくなることが予想される。樹幹流量を高い精度で測定するには標本数を多くする必要があるが、多大の労力を要するため標準木を選んで測定されている場合がほとんどである。これまでに樹幹流量と個体サイズとの関係については、落葉広葉樹林とスギ林において標準木測定によって検討されてきた（片桐 2008）が、スギ林では測定した個体の直径の範囲に偏りがあった。そこで本研究では、小径個体を含むスギの個体サイズと樹幹流量および溶存イオン濃度との関係を明らかにするこ

¹ 島根大学大学院生物資源科学研究科

² 島根大学生物資源科学部附属生物資源教育研究センター

³ 島根大学生物資源科学部

とを目的とする。

2. 材料と方法

1) 調査地

調査地を島根大学生物資源科学部附属生物資源教育研究センター三瓶演習林内のスギ人工林に設けた(図1)。2001年から2007年間の三瓶演習林の年平均気温は約13℃, 平均年降水量は約2000mmであった。

38年生スギ人工林である獅子谷団地8林班は小班からスギ3個体(No. 11-13)。11年生スギ人工林である多根団地23林班り小班からスギ4個体(No. 21-24), 計7個体のスギを樹幹流測定対象木として選んだ。

樹幹流測定対象木はスギの個体サイズの範囲を広くとるため, 胸高直径に差のある個体を選んだ。各測定木の胸高直径はそれぞれNo. 11は30.1cm, No. 12は22.9cm, No. 13は32.0cm, No. 21は5.2cm, No. 22は7.1cm, No. 23は10.7cm, No. 24は14.4cmである。

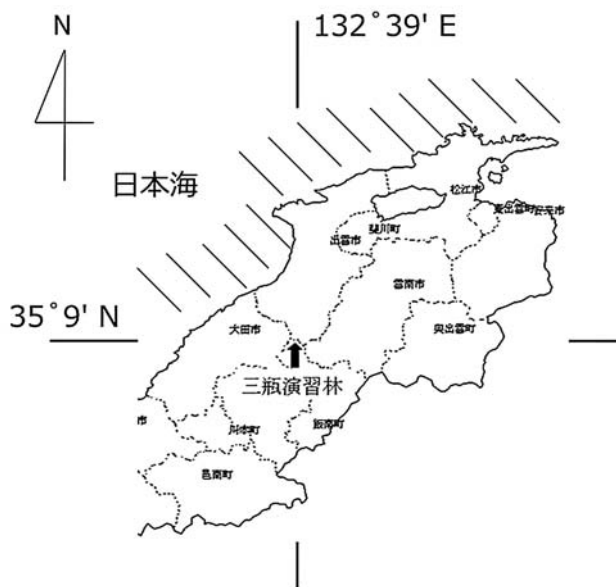


図1 調査地の位置図

2) 各個体の個体サイズ

樹幹流を採水する各個体についてサイズを表すパラメータとして胸高直径, 樹高, 生枝下高, 樹冠投影面積, 幹重量, 枝重量, 葉重量をそれぞれ測定または推定した。

胸高直径は直径割巻尺を用い測定した。

樹高と生枝下高は多根団地の個体は測高竿を用い, 獅子谷団地の個体はVertex IV (Höglöf, Sweden) を用いて測定した。

樹冠投影面積は斜面下方向を軸として16方向の水平枝

張り長を巻尺によって測定し, 16点を頂点とする十六角形の面積を算出した。

樹冠表面積と樹冠体積は樹冠を16角錐形と仮定し, 樹冠投影面積を底面, 樹冠長を高さとして算出した。

2010年11月5日に多根団地の各個体を伐採し, 幹重量, 枝重量, 葉重量を測定した。伐採した各個体の幹, 枝, 葉の一部を実験室に持ち帰り, 105℃で乾燥して乾燥率を求め, 重量を乾燥重量で表した。調査対象木の個体サイズパラメータを表1に示した。対象木のデータと玉垣(1988)のスギ個体データ10本, 根岸ら(1988)のデータ73本, 長山(私信)のデータ5本を用いて相対成長関係を求め(図2), 獅子谷団地の調査対象木の重量推定式を得た(1式, 2式, 3式)。

$$W_s = 0.03575 (D^2H)^{0.8817} \quad 1 \text{ 式}$$

$$W_B = 0.00355 (D^2H)^{0.8838} \quad 2 \text{ 式}$$

$$W_L = 0.01768 (D^2H)^{0.8048} \quad 3 \text{ 式}$$

ここで, W_s は幹乾重(kg)を, W_B は枝乾重(kg)を, W_L は葉乾重(kg)を, D は胸高直径(cm)を, H は樹高(m)をそれぞれ示す。

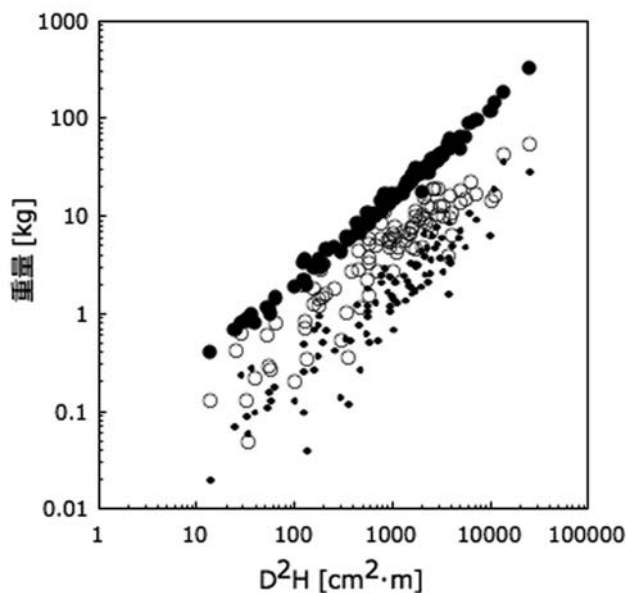


図2 スギ個体の D^2H と幹(●), 枝(·), 葉(○)乾重との関係。縦軸, 横軸ともに対数である。

3) 雨量の測定

樹幹流の採水にはウレタンラバー巻き付け法を用いた。各個体樹幹の胸高の位置にウレタンラバーを巻き付けて固定し, チューブでウレタンラバーから貯留タンクに樹幹流を誘導した。林内雨が入らないようウレタンラバー

表1 調査対象木の個体サイズ

No.	胸高直径 [cm]	樹高 [m]	樹冠投影面積 [m ²]	樹冠表面積 [m ²]	樹冠体積 [m ³]	幹重量* [kg]	枝重量* [kg]	葉重量* [kg]
11	30.1	20.4	16.7	59.6	43.9	206	21.0	48.0
12	22.9	17.0	15.4	42.6	29.3	109	11.0	26.7
13	32.0	18.6	15.7	48.2	34.0	212	21.5	49.2
21	5.6	4.0	1.9	6.4	1.6	3	0.5	2.0
22	8.6	6.1	2.8	11.8	3.6	9	1.3	4.6
23	10.0	7.9	3.8	19.0	6.8	15	2.6	8.6
24	15.3	8.7	6.3	23.6	10.7	18	4.6	10.4

*No. 11, No. 12, No. 13 の幹重量, 枝重量, 葉重量は相対成長関係から推定した値

の周りには上部にシートを巻き付けた。貯留タンクは個体サイズに合わせて、20Lから50Lのものを使用した。それぞれのタンクには1L毎に2方向または4方向に目盛りを打ち、全方向の読み値の平均値を貯留量として記録した。貯留量が少なく目盛りによる水量の判別が困難である場合にはメスシリンダーを使用した。また、測定期間中のオーバーフローによる欠測を防ぐため、樹幹流量が多いと予測される No. 11, No. 13, No. 23, No. 24 の4個体には転倒桁式量水計（ウイジン社 UIZ-TB200）を接続し、10分間の転倒回数をデータロガー（ウイジン社 UIZ 3912）に記録した。No. 12 には50Lのタンクを2個つなげた。

樹幹流を採水する多根団地り小班の林外に採水装置を一式設置した。採水装置は直径20cmのポリロートと20Lの貯留タンクで構成されている。タンクには1L毎に2方向に目盛りを打ち、2方向の読み値の平均値を貯留量として記録した。貯留量が少なく目盛りによる水量の判別が困難である場合にはメスシリンダーを使用した。

水量測定後、300mL容のポリボトルで雨水を採水し実験室に持ち帰った。雨量の測定および雨水の採水は原則として2週間に1回行った。島根大学演習林で測定している多根団地の林外雨のデータも使用する。2010年3月29日から2010年10月28日まで測定・採水を行った。

4) EC, pH の測定

持ち帰った樹幹流と林外雨は変質を防ぐため、孔径0.8μmのメンブレンフィルター（Advantec セルロース・エステル混合）を使用して吸引濾過をした。その後、導電率メーター（（株）堀場製作所 ES-51）を用いて電気伝導度（EC）を、比較電極式 pH メーター（（株）堀場製作所 D-21）を用いて pH を測定した。

3. 結果及び考察

1) 個体サイズと樹幹流量の関係

樹幹流は枝葉に捕捉された降水が幹を伝って流下してくるために、個体のサイズに強く影響を受けると考えられる。そこで、降水の捕捉に関する個体サイズパラメータとして樹冠投影面積、樹冠表面積、樹冠体積、葉重量、枝重量、幹重量を選び、調査期間中の最大樹幹流量との関係を図3と図4に示す。

個体の中でも樹冠に関連したパラメータと最大樹幹流量との相関が高いことが明らかになった（図3）。とくに樹冠表面積との相関が高く、決定係数 $r^2=0.9325$ であった。一方、器官重量と最大樹幹流量の相関は低く（図4）、

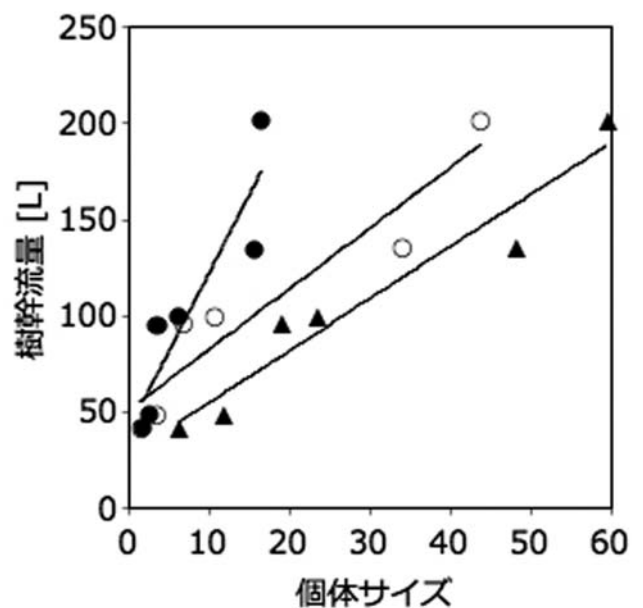


図3 個体サイズパラメータ（樹冠関連）と期間最大樹幹流量の関係。●は樹冠投影面積を示し単位は [m²]、○は樹冠体積を示し単位は [m³]、▲は樹冠表面積を示し単位は [m²]。

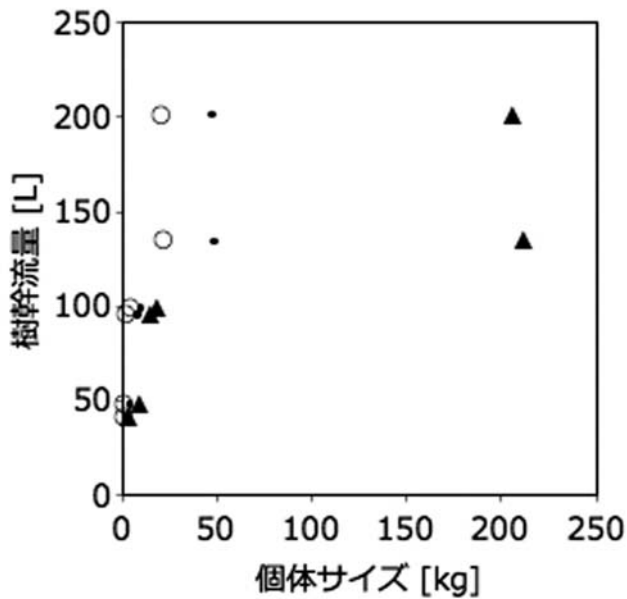


図4 個体サイズパラメータ（重量関連）と期間最大樹幹流量の関係。○は枝重量を，・は針葉重量を，▲は幹重量をそれぞれ示し，単位は [kg]。

葉重量，枝重量，幹重量ともに最大樹冠流量との回帰直線の決定係数は $r^2 < 0.8$ であった。

この結果から降水と森林樹木のインターフェースとしての樹冠の機能を評価する場合，樹冠表面積がより重要な因子として寄与していると考えられる。その他の因子も高い相関は見られるが，成長ともなって胸高直径が大きくなると林分の密度に左右されて，下枝が枯れたり，樹冠が小さくなったり，一定に保たれることが考えられる。そのため樹冠表面積よりは直接的な関係が小さいと考えられる。樹冠流の捕捉効果という観点からすれば，葉や枝の量ではなく，葉や枝の量によらずよりどれだけの樹冠表面積を獲得しているかが重要であることが明らかになった。

2) 林外雨量と樹幹流量の関係

樹冠表面積と樹幹流量の関係を，降水量つまり林外雨量の異なるいくつかの観測期間ごとに示した（図5）。

基本的には，林外雨量の増加ともなって樹幹流量が増加する傾向にあった。

2010年6月1日から6月15日に観測された林外雨量38 mmの期間では，樹冠表面積の小さな個体よりも大きな個体の樹幹流量が少なくなる傾向にあった。それ以外の期間には，樹冠表面積の大きな個体からは小さな個体からよりも多くの樹幹流が得られた。サイズの大きな個体は樹冠による遮断が大きく，林外雨量が少ないときには樹幹流が林床まで到達しにくいと考えられる。

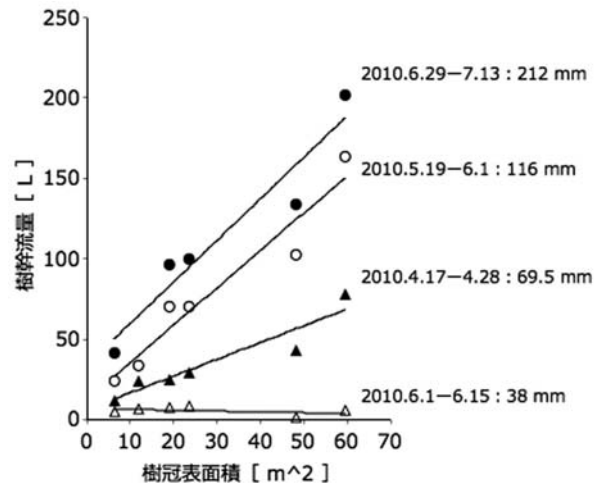


図5 林外雨量の異なる4観測期間における樹幹流量と樹冠表面積の関係。

3) 個体サイズと樹幹流の電気伝導度と pH の関係

図6から，胸高直径の大きい個体ほど電気伝導度が高くなる傾向にあり，pHは低くなる傾向があった。より大きな個体から得られる樹幹流は，より多くの電解質を含み，とくに酸性物質を多く溶かし込んでいることが明らかになった。

上記のような個体サイズと樹幹流水質の関係は，図7に示すように，個体サイズと樹幹表面積あたり樹幹流量が負の相関を示すことから説明が可能である。つまり，より小さな個体は樹幹表面積あたりの捕捉雨量がより大きな個体よりも多く，より小さな個体で得られる樹幹流は降水の影響をより強く受けていることが明らかである。

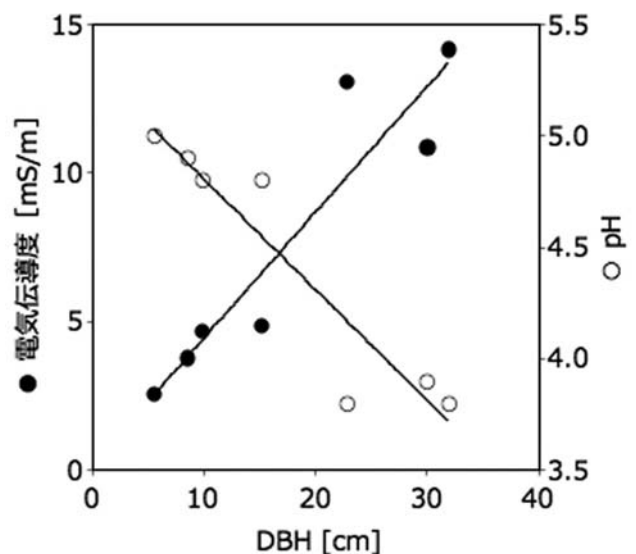


図6 樹木の胸高直径（DBH）と樹幹流の電気伝導度と pH の関係。電気伝導と pH は全観測期間の平均値を示す。図中の実線は傾向線である。

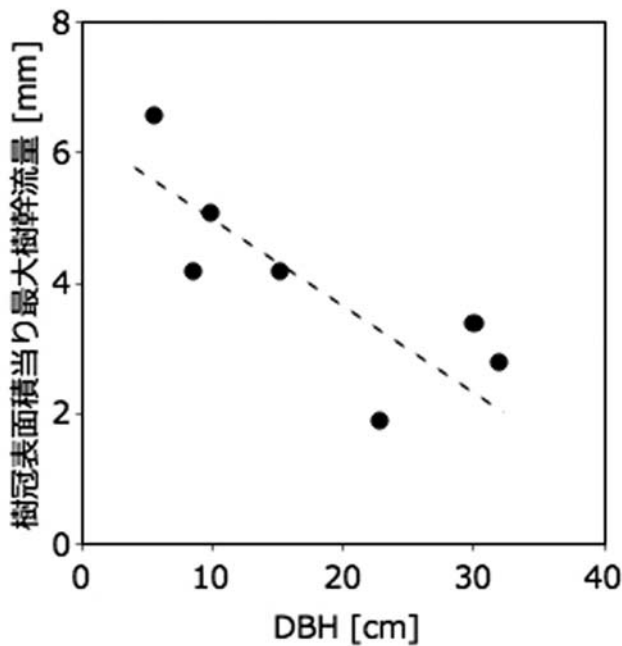


図7 樹木の胸高直径と樹幹表面積あたり最大樹幹流量の関係。図中の破線は傾向線である。

る。したがって、より小さな個体から得られた樹幹流は林外雨に近い電気伝導度およびpHを示したと考えられる。

4. まとめ

本研究では、小径木個体を含むスギの個体サイズと樹幹流量と樹幹流水質との関係を明らかにすることを目的とした。

いずれの個体も林外雨量の増加にともなって樹幹流量が増加する傾向が明らかで、高い相関を示した。個体サイズの大きい個体ほど林外雨量の増加に伴って樹幹流量の増加量が多くなる傾向を示した。また、林外雨量が極端に少ない場合は個体サイズの大きい個体では樹幹流量が少なくなる傾向を示した。個体サイズが大きい樹木は樹冠による遮断が大きく、林外雨量が少ないときには樹幹流が林床まで到達しにくいと考えられる。

個体サイズパラメータのうち樹幹流量と高い相関が認められたのは樹冠表面積である。樹幹流は樹冠を通過して流下してくるため、降水の受口としての樹冠の機能に

樹冠表面積がより関係していると考えられる。

個体サイズは、さらに、樹幹流の水質形成にも影響を及ぼしており、小さな個体では雨水に近い水質を、大きな個体ではよりスギ樹幹流固有の水質を形成することが明らかになった。

5. 謝 辞

本研究を進めるにあたり、川口英之准教授、山下多聞准教授、藤巻玲路助教には多くの助言をいただきました。また高橋絵里奈助教には、樹冠投影面積の測定にあたり測定方法をご指導いただきました。そして森林環境学講座のEcology系研究室の皆さまには本研究の調査におけるご協力や助言をいただきました。本論文の作成に携わっていただいた全ての方々から感謝を申し上げます。ありがとうございました。

引用文献

- 片桐成夫 (2008) 落葉広葉樹林およびスギ・ヒノキ林における樹幹流量の推定方法の検討。島根大学生物資源科学部研究報告 13: 11-18
- 松浦陽次郎 (1992) 樹幹流と土壌の酸性化の実態。森林立地 34(1): 20-25
- 松浦陽次郎・堀田庸・荒木誠 (1991) 関東地方におけるスギ林表層土壌のpH低下。森林立地 32(2): 65-69
- 根岸賢一郎・鈴木誠・佐倉詔夫・丹下健・鈴木貞夫・斯波義宏 (1988) スギ幼齢林における地上部現存量の経年変化。東京大学農学部演習林報告 78: 31-57
- 佐々朋幸 (1992) 樹幹流の性質とその役割—落葉広葉樹を対象とした調査結果より—。森林総研所報 49: 4-5
- 佐々朋幸・後藤和秋・長谷川浩一・池田重人 (1991) 盛岡市周辺の代表的森林における林外雨、林内雨、樹幹流の酸性度ならびにその溶存成分—樹種による樹幹流のpH固有値—。森林立地 32(2): 43-58
- 玉垣雅史 (1988) スギ人工林における現存量と養分量に関する研究。島根大学農学部林学科卒業論文