

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：82105

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2022

課題番号：17KK0159

研究課題名（和文）雨は樹木の垂直構造をどう旅して地面に達するのか？化学分析を活用した物理モデル開発

研究課題名（英文）How does rain journey through the vertical structures of tree canopy?  
Development of physical model using chemical analysis

研究代表者

南光 一樹（Nanko, Kazuki）

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：40588951

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,200,000円

渡航期間： 8ヶ月

研究成果の概要（和文）：林内外で同時観測した雨滴データを用いて、樹冠通過雨を直達雨・飛沫雨・葉からの滴下雨・樹皮からの滴下雨の4成分に分離する手法を確立した。常緑針葉樹、広葉樹（展葉中）、広葉樹（落葉後）の成分比の違いを明らかにした。アメリカブナ林での野外観測データから、樹冠通過雨の生成過程について降雨イベント内での変動と季節変動を示した。樹種、着葉状況、枝葉の構造や撥水性が樹冠による雨水の分配プロセスに与える影響を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水循環に対する森林の影響評価に必要な樹冠による雨水分配プロセスについて、樹種、葉の有無、葉の量、葉や枝の表面の構造や撥水性が与える影響を解明した。本成果により、森林管理や樹種転換に伴う樹冠遮断損失量の変化を、仮想的に比較・予測することができるようになる。針広混交の育成複層林の造成等へ転換に対応するために、樹種による水源涵養機能の差異を評価するための基礎データとなり、森林の多面的機能に関わる様々な国の施策や社会的ニーズに合致している。

研究成果の概要（英文）：Using raindrop data observed inside and outside the forest, we established a method to separate rainfall passing through the canopy into four components: direct throughfall, splash throughfall, canopy drip from leaves, and canopy drip from the bark surface. We clarified the differences in component ratios among evergreen conifers, foliated broadleaf trees, and unfoliated broadleaf trees. Field observations in an American beech forest showed variability within rainfall events and seasonal variation in the throughfall generation process. The study determined the effects of tree species, defoliation status, branch and leaf structure, and water repellency on the process of rainfall partitioning by the canopy.

研究分野：森林水文学

キーワード：樹冠遮断 樹冠通過雨 雨滴 濡れ 撥水性 樹幹流

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

樹冠は雨水を再分配する場である（図 1）。遮断蒸発により林外雨の 10～50%が大気に戻される（Roth et al. 2007）。樹冠から生み出される林内雨や樹幹流は、地面へ到達する水の量と化学物質の分布を変化させ、林内の生物動態や土壌水分動態をばらつかせる（Levia et al. 2011）。

水循環に対する森林や樹木の影響を評価すべく、雨水再分配プロセスについて数多くの事例研究がある。遮断蒸発の定量化を主な目的として、観測地に依存した結果が世界中で得られている。しかし、それらは測定データに基づいた経験的な事例研究の集合知となっており、いまなお雨水再分配プロセスを決定づける統一的な要因が不明瞭なままである。そのため樹種間比較や地域間比較が十分に行えないという課題がある。そこで、樹冠の雨水再分配プロセスを、雨水の付着・蒸発・樹冠内移動の基礎的な物理現象の組合せで捉え直し、多点測定した雨滴データを活用して、樹木の濡れ乾き過程を物理的に再現することを目的に JSPS 科研費 JP 15H05626「雨滴の多点観測を活用した樹木の濡れ乾きの 3次元物理シミュレーション」を実施した。本課題は、基課題を発展させるための課題である。

基課題において、樹冠での雨水の付着・移動における、植物表面の濡れやすさの影響を明らかにした。葉に比べて枝は濡れやすく（＝撥水性が小さく）撥水性が低い樹種ほど、雨水が付着しやすく、大きな水滴を作って滴下した。また、樹木の濡れ具合による、林内雨の生成経路の変化を明らかにした。雨滴データを用いた林内雨の 3成分（直達・滴下・飛散、図 1）の分離手法を開発し、30 台のレーザー雨滴計を用いた野外降雨観測と人工降雨実験の雨滴データを解析した。その結果、降雨開始直後は滴下成分が少なく、樹冠が濡れるに従い枝と葉からの滴下が増え、樹冠が飽和する頃に枝からの滴下が減る（濡れきった枝の表面では撥水性が下がるため、雨水が幹に流れ込むようになる）ことがわかった（図 2）。これらの時間変化の様子は、降雨強度、樹種、葉の有無、上層樹冠の枝葉の量や配置によって変化した。

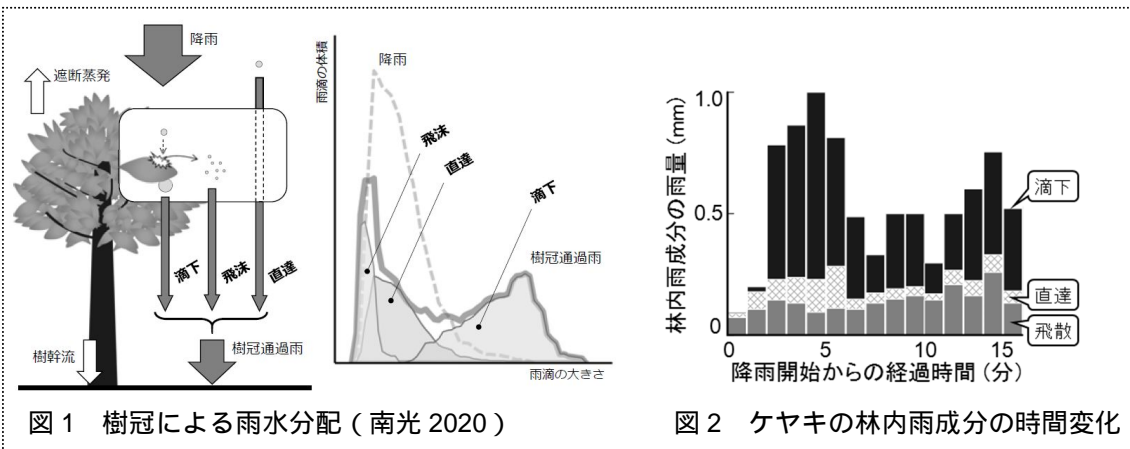


図 1 樹冠による雨水分配（南光 2020）

図 2 ケヤキの林内雨成分の時間変化

2. 研究の目的

基課題では雨滴の多点観測を活用して、樹冠内での雨水の付着・移動を把握した。樹種毎の枝葉の濡れやすさの違いと、その枝葉の配置が雨水再分配プロセスを決定づけた。樹冠は水循環だけでなく物質循環や水質形成にも大きな影響を与える。本研究では基課題を発展させ、水移動によって駆動される樹冠内の物質の移動も解明し、樹冠による水・物質の再分配を予測するための物理モデルを開発する。降雨イベント内の空間分布、降雨イベント毎の違い、季節ごとの樹冠形状や葉の有無の違いを抽出し、樹冠による水・物質の分配プロセスの決定要因を特定する。

3. 研究の方法

初年度の 2018 年 6 月から 2019 年 2 月にアメリカ合衆国デラウェア大学（Prof. Dr. Delphis F. Levia）及びコロラド大学コロラドスプリングス校（Prof. Dr. Curtis D. Holder）に滞在し、野外観測と野外実験・室内実験を行った。コロナ禍により 2019 年以降に予定していた海外での追加観測ができなかったため、オンラインでの議論を重ねて研究を進めた。

(1) アメリカブナ林における野外観測

アメリカ滞在時に、Levia 教授とともにメリーランド州北部の Fair Hill Natural Resources Management Area のアメリカブナ林で降雨観測をした。平均樹高は 23m、平均胸高断面面積は 44 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>、観測期間は 2018 年 9 月から 12 月である。マイコン（Arduino UNO）で制御する自作のレーザー雨滴計（ディストロメータ）（Nanko et al., 2006；Pinos et al., 2020）を、林外に 1 台、林内に 18 台設置し、林外雨と樹冠通過雨の雨滴の粒径と落下速度を同時に計測した。ディストロメータを通過した雨滴を下部に設置した貯留ボトルで採取し、林外雨と樹冠通過雨の安定同位体比と溶存体炭素を分析した。

(2) アメリカブナの苗木を用いた野外実験と室内実験

アメリカ滞在時に、Holder 教授とアメリカブナの苗木を使った実験計画を立てた。枝葉の濡れ方の季節変化を明らかにするために、9～12 月に毎月苗木を送付し、主に Holder 教授が実験を行った。野外実験では、人工降雨装置で 3 種類の降雨強度及び雨滴粒径分布を再現し、与える

雨の違いと葉の有無によるアメリカブナの雨水貯留量の差異を調べた。室内実験では、葉について、撥水性の季節変動を調べた。枝について、水滴を人工的に滴下させ、水滴の粒径・落下高・滴下間隔の違いに応じた枝の濡れ方と枝からの滴下水滴の発生過程の違いを調べた。実験後、枝葉の表面の撥水性、走査電顕による物理構造撮影を継続した。

### (3) 室内での数値計算と解析

樹冠通過雨の生成過程を明らかにするために、これまでに得た雨滴計測結果から林内雨滴のデータベースを構築して解析を行った。樹幹流の生成過程を明らかにするために、Levia 教授のこれまでの国際共同研究相手とも連携を取りながら、共同に解析を進めた。

## 4. 研究成果

### (1) 樹冠の状態による樹冠通過雨の降り方の違いを解明した

これまでに日本、アメリカ、タイの3か国における12樹種で測定した、世界最多の樹冠通過雨の雨滴データをメタ解析し、以下のことを明らかにした。樹木に葉がついている場合、滴下雨が樹冠通過雨の主成分である。樹木に葉がついている場合、広葉樹の方が針葉樹よりも滴下雨が樹冠通過雨量に占める割合が高く、滴下雨滴の粒径も大きい。樹木に葉がない場合、直達雨が樹冠通過雨の主成分であるが、枝からの滴下雨が集中滴下する場所では滴下雨が主成分となり、滴下雨の粒径は大きくなる。

また、葉と枝とで濡れ方や滴下雨の生まれ方が違うことを明らかにした。葉（特に針葉樹）では重力方向の最下点が滴下雨の生成点となる。樹冠が濡れるほど滴下雨の生成点に水が集まり、生成点の数も増えていき、濡れきった後の方が滴下雨滴の量も大きさも増大した（図3）。それに対し枝（樹皮）では、濡れきった後の方が濡れきる前よりも滴下雨滴が減る現象が確認された（図3）。タイムラプスカメラで枝が濡れていく様子を撮影したところ、雨の降り始めでは枝の途中部分でも滴下雨の生成点となっていたが、濡れに従いその生成点が消えていく様子が確認された。雨により樹皮が濡れ始め、濡れる前に高かった撥水性が徐々に失われていき、水滴にとって樹皮から剥離するよりも枝に沿って下方に滑落する方がエネルギーを使わずにすむために、滴下雨生成点が消滅するメカニズムであることがわかった。

以上の成果を、Levia and Nanko et al. (2019)、南光 (2020) で発表した。

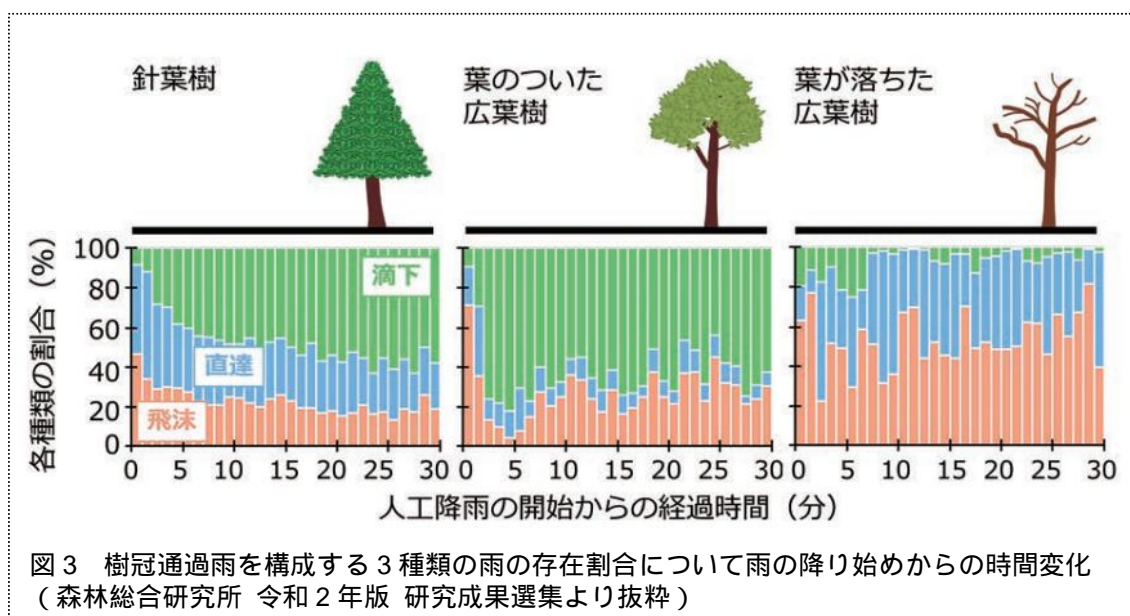


図3 樹冠通過雨を構成する3種類の雨の存在割合について雨の降り始めからの時間変化 (森林総合研究所 令和2年版 研究成果選集より抜粋)

### (2) 様々な樹種で樹冠通過雨の成分分離手法を応用し、樹冠通過雨の生成過程を明らかにした。

ドイツにおいて、ヨーロッパブナ (*Fagus sylvatica* L.) とヨーロッパトウヒ (*Picea abies* (L.) H. Karst) の森林を対象に雨滴計測を行い、樹冠通過雨の成分分離を行った。ヨーロッパトウヒよりもヨーロッパブナの方が滴下雨の粒径が大きいこと、林外の降雨強度が大きくなると飛沫雨が増えるが滴下雨に比べると雨量への貢献が極めて小さいことなどを明らかにした。以上を、Lüpke et al. (2019) で発表した。

スペインにおいて、ヨーロッパアカマツ (*Pinus sylvestris* L.) の森林を対象に雨滴計測を行い、樹冠通過雨の成分分離を行った。同時に水同位体組成の時系列変動を調べた。観測期間全体で、樹冠通過雨は直達雨 19%、飛沫雨 16%、滴下雨 65% で構成されていた。同位体比の変化は、気象因子、樹冠通過雨の雨滴数、雨滴の落下速度、樹冠通過雨量、雨滴の運動エネルギーとは直接の関係は見られなかった。既存の研究で言われている通り、平均的に、降雨初期ほど 18O の林内外の差が大きかったが、降雨初期ほど樹冠通過雨に占める飛沫雨の割合が大きく、高い飽差に基づく大きな蒸発要求によって飛沫が蒸発していることが示唆された。降雨中の蒸発経路を、樹冠通過雨の成分分離から明らかにできた。以上を、Pinos et al. (2020) で発表した。

タイにおいて、チーク (*Tectona grandis* Linn. f.) の人工林で行った雨滴計測結果を使って、



樹冠通過雨の成分分離を行った。林内4か所での測定を比較した結果、滴下雨について樹冠中間の位置と比較すると、樹冠ギャップでは数が少なく粒径も小さく、幹付近では太い枝が低い位置についているため、粒径は大きい落下速度が遅かった。その結果、樹冠通過雨の運動エネルギーは、樹冠ギャップや幹付近の位置よりも、樹冠中間の位置で高かった。以上を、Nanko et al. (2020) で発表した。

### (3) 雨滴データを活用して樹冠内の雨水通過経路を解明した

アメリカブナの森林で行った雨滴計測結果を解析した。まず、イベント間での樹冠による降雨分配の違いを解明した。樹冠通過雨全体の粒径分布及び樹冠通過雨の各成分の量や雨滴粒径分布は落葉に伴って変動した。落葉開始前の10月26日から完全落葉後の12月14日のイベントにおける樹冠通過雨の粒径分布を示す(図4)。まず、直達雨率と飛沫雨率は、落葉の進行とともに増大した。これは落葉によって上空が開け、葉によって遮断されていた雨滴が直接林床に落下するようになったためである。また枝は葉よりも弾性率が小さいために雨滴衝撃力が減衰されず、落葉によって枝に直接衝突する雨滴の数が増えたことが、飛沫雨率の増大に貢献したと考えられる。滴下雨率は滴下雨の粒径によって変動傾向が異なった。粒径5.5mm以下の滴下雨率は落葉に伴って減少した一方で、粒径6.6mm以上の滴下雨率は落葉によっても減らず、むしろ微増した(図4)。これらのことから、本観測地のアメリカブナ林では粒径5.5mm以下の滴下雨は主に葉で生成され、粒径6.6mm以上の滴下雨は主に枝で生成されたとと言える。

次に、イベント内での樹冠による降雨分配の違いを解明した。イベント内の林外雨量に対する樹冠通過雨率及びその成分の割合の変動について、10月26日の降雨イベントの例を示す(図5)。林外雨量の累積にともなって樹冠通過雨率が上昇し、次第に安定した値に近づいていった。直達雨と飛沫雨は降雨初期からすぐに発生し、葉を主体とした滴下雨もすぐに観測された一方で、枝を主体とした滴下雨は発生のタイミングが遅れた。葉を主体とした滴下雨はほかの成分に比べて安定するまでに必要な林外雨量が多かった。これは林外雨の累積に伴って次第に樹冠全体が濡れていき、葉からの滴下雨の生成点が樹冠の濡れに従って増えていったと考えられる。枝を主体とした滴下雨はその量は増えていかなかった。

以上より、樹冠内の雨水流路を推定した。葉からの滴下雨を生成する葉への雨水流路は、雨水の滞留時間が短めであり、小さめの雨滴を生み出すが、濡れに従って流路とその出口が増えていった。一方で、枝からの滴下雨を生成する枝への雨水流路は、雨水の滞留時間が長めであり、大きめの雨滴を生み出すが、濡れによって流路とその出口は増えにくかった。

以上の成果を、Nanko et al. (2022) に発表した。

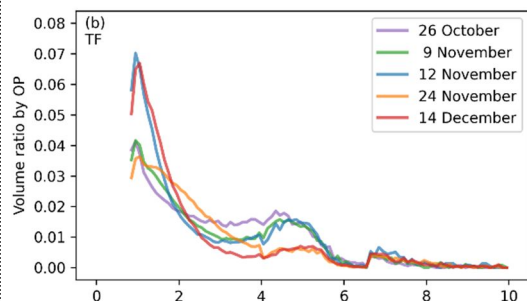


図4 アメリカブナ林の樹冠通過雨の雨滴粒径分布

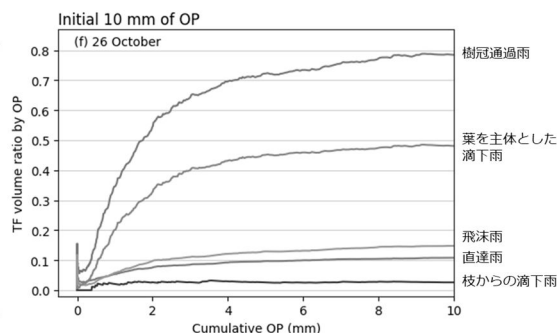


図5 2018年10月26日の初期10mmにおける累積林外雨量と樹冠通過雨の各成分への分配比の関係

### (4) 葉の撥水性が低いほど枝葉の雨水貯留量が大きいことを示した。

アメリカブナの接触角を調べた。9月から11月にかけて、水滴の接触角は葉の表面では56.0、51.0、36.4°、葉の裏面では66.0、63.9、54.0°に減少した。葉の裏面より表面の方が濡れやすいこと、落葉直前の方が葉は濡れやすいことが分かった。苗木の枝葉を用いた人工降雨実験において、枝葉の単位面積当たりの雨水貯留量は、9月から11月にかけて、69.0、69.5、125.8 g/m<sup>2</sup>と変化し、落葉直前の雨水貯留量が多いことを明らかにした。植物表面の撥水性が低いほどより多くの雨水を貯留できることを意味しており、同一樹種でも季節によって雨水貯留容量が変化することが分かった。

### (5) 生態水文過程における樹幹流の重要性を提言し、樹幹流の生成プロセスを数理的に解明した。

樹幹流の浸透面積当たりの幹集水比を改めて提唱し、森林域の水・物質の分配プロセスにおいて樹幹流を軽視すべきではないことを提言した(Carlyle-Moses et al. 2018)。この提言を支持するための樹幹流の野外人工実験を行い、樹幹流は根元の0.1m<sup>2</sup>未満の面積に局所的に浸透し、その局所的な部分に野外降雨の32~250倍雨量が集中することを示した。

そのほか、大きな樹木の幹に苔がむしているイランのコーカサスブナ (*Fagus orientalis*) の森林では、苔が樹幹流の水分を吸収するため、通常とは逆に、樹木サイズが大きいほど樹幹流が減少することを明らかにした (Dezhban et al. 2020)。また、幹の表面の凹凸を基に樹幹流のネットワークモデルを構築し、樹幹流に含まれる溶質の濃度と量を数学的に推定する新たな手法を確立した (Tucker et al., 2020)。

(6) 世界の水危機に対し、生態水文学がどう貢献していくかについて提言を出した

Levia 教授が主催の「Ettersburg Ecohydrology Workshop」(2018年10月1日~6日)に招待参加し、国際的に著名な研究者とともに(全29名)、世界の水危機に対して森林を主とする生態系をどう生かして回避していくかというテーマで議論を重ねた。本ワークショップを基に、21世紀の生態水文学をどのように前進させていくべきか (Guswa et al., 2020)、大規模面積での植物の多様性の喪失が、水循環の変化を通じて環境変化に対する地球全体の回復力にどのような影響を与えるのかについて、科学的に定量化する必要があることの提言 (Levia et al., 2020 in *Nature Geoscience*)、地下水資源から穀物生産の未来を占う (Mrad et al., 2020 in *PNAS*) という成果を出した。

(7) まとめ

コロナ禍の影響で追加の海外滞在ができなかったため、当初の予定より観測期間を確保できず、通年での観測や、十分な化学分析試料の収集ができなかった。そのため、物質移動をベースにした物理モデル開発には至れなかった。しかしながら、雨滴データを活用することで、これまで不可能だった樹冠による水の分配プロセスにおける、葉面と樹皮面を通る雨水経路の分離の手法開発に成功した。今後、国内外で化学分析データや詳細な樹冠遮断観測を行っている場所で本手法を適用していくことにより、樹冠による雨水分配プロセスの解明が達成される。これらの成果は、針広混交の育成複層林の造成等へ転換に対応するために、樹種による水源涵養機能の差異を評価するための基礎データとなり、森林の多面的機能に関わる様々な国の施策や社会的ニーズに合致している。

予期していなかった成果として、Levia 教授の有する国際共同研究者ネットワークにより、当初の予定以上の国際的な研究展開ができた。さらに、本課題の成果の一部が、令和元年度(第15回)「若手農林水産研究者表彰」農林水産技術会議会長賞を受賞した(2019年11月20日)。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 12件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Nanko Kazuki, Keim Richard F., Hudson Sean A., Levia Delphis F.	4. 巻 612
2. 論文標題 Throughfall drop sizes suggest canopy flowpaths vary by phenophase	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Hydrology	6. 最初と最後の頁 128144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jhydrol.2022.128144	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Llorens Pilar, Latron Jerome, Carlyle Moses Darryl E., Nathe Kerstin, Chang Jeffrey L., Nanko Kazuki, Iida Shin'ichi, Levia Delphis F.	4. 巻 15
2. 論文標題 Stemflow infiltration areas into forest soils around American beech ( <i>Fagus grandifolia</i> Ehrh.) trees	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecohydrology	6. 最初と最後の頁 e2369
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eco.2369	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Saidin Zul Hilmi, Levia Delphis F., Kato Hiroaki, Kurihara Momo, Hudson Janice E., Nanko Kazuki, Onda Yuichi	4. 巻 818
2. 論文標題 Vertical distribution and transport of radiocesium via branchflow and stemflow through the canopy of cedar and oak stands in the aftermath of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 151698
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2021.151698	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 南光 一樹	4. 巻 144
2. 論文標題 雨滴測定から見えてくる葉や枝での雨の振る舞い	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土壌の物理性	6. 最初と最後の頁 17~23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34467/jssoilphysics.144.0_17	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Dezhban Atefeh, Attarod Pedram, Zahedi Amiri Ghavamudin, Pypker Thomas G., Nanko Kazuki	4. 巻 13
2. 論文標題 The variability of stemflow generation in a natural beech stand (Fagus orientalis Lipsky) in relation to rainfall and tree traits	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecohydrology	6. 最初と最後の頁 e2198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eco.2198	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Pinos Juan, Latron Jerome, Nanko Kazuki, Levia Delphis F., Llorens Pilar	4. 巻 24
2. 論文標題 Throughfall isotopic composition in relation to drop size at the intra-event scale in a Mediterranean Scots pine stand	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Hydrology and Earth System Sciences	6. 最初と最後の頁 4675 ~ 4690
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/hess-24-4675-2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tucker Amy, Levia Delphis F., Katul Gabriel G., Nanko Kazuki, Rossi Louis F.	4. 巻 88
2. 論文標題 A network model for stemflow solute transport	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Mathematical Modelling	6. 最初と最後の頁 266 ~ 282
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apm.2020.06.047	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Levia Delphis F., Nanko Kazuki (24人中4番目)、ほか	4. 巻 13
2. 論文標題 Homogenization of the terrestrial water cycle	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Geoscience	6. 最初と最後の頁 656 ~ 658
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41561-020-0641-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Guswa Andrew J., Nanko Kazuki (30人中21番目)、ほか	4. 巻 13
2. 論文標題 Advancing ecohydrology in the 21st century: A convergence of opportunities	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecohydrology	6. 最初と最後の頁 e2208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eco.2208	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 南光一樹	4. 巻 8(4)
2. 論文標題 雨滴測定に基づいた森林内の雨と土砂の動きの解明	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JATAFFジャーナル	6. 最初と最後の頁 12-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 南光一樹	4. 巻 73
2. 論文標題 降ってくる雨や雪の量を測る	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 砂防学会誌	6. 最初と最後の頁 83~86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11475/sabo.73.3_83	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Levia Delphis F., Nanko Kazuki, Amasaki Hiromasa, Giambelluca Thomas W., Hotta Norifumi, Iida Shin'ichi, Mudd Ryan G., Nullet Michael A., Sakai Naoki, Shinohara Yoshinori, Sun Xinchao, Suzuki Masakazu, Tanaka Nobuaki, Tantasirin Chatchai, Yamada Kozo	4. 巻 33
2. 論文標題 Throughfall partitioning by trees	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Hydrological Processes	6. 最初と最後の頁 1698~1708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/hyp.13432	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する



1. 著者名 Lupke Marvin、Leuchner Michael、Levia Delphis、Nanko Kazuki、Iida Shin'ichi、Menzel Annette	4. 巻 33
2. 論文標題 Characterization of differential throughfall drop size distributions beneath European beech and Norway spruce	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Hydrological Processes	6. 最初と最後の頁 3391 ~ 3406
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/hyp.13565	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nanko K.、Tanaka N.、Leuchner M.、Levia D. F.	4. 巻 12
2. 論文標題 Throughfall Erosivity in Relation to Drop Size and Crown Position: A Case Study from a Teak Plantation in Thailand	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Forest-Water Interactions	6. 最初と最後の頁 279 ~ 298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-26086-6_12	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Carlyle-Moses Darryl E.、Iida Shin'ichi、Germer Sonja、Llorens Pilar、Michalzik Beate、Nanko Kazuki、Tischer Alexander、Levia Delphis F.	4. 巻 121
2. 論文標題 Expressing stemflow commensurate with its ecohydrological importance	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Water Resources	6. 最初と最後の頁 472 ~ 479
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.advwatres.2018.08.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計29件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 Nanko, K.
2. 発表標題 Forest, as a modulator of rain and wind.
3. 学会等名 10th Japanese-French Frontiers of Science (JFFoS) Symposium (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 南光一樹・Keim Richard・Hudson Sean・Levia Delphis
2. 発表標題 林内外の雨滴粒径分布の違いを活用した樹冠内の雨水流路の推定
3. 学会等名 水文・水資源学会 / 日本水文科学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 南光一樹・Keim Richard・Hudson Sean・Levia Delphis
2. 発表標題 雨滴データを活用した樹冠内の雨水通過経路の推定
3. 学会等名 第134回日本森林学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nanko, K., Tanaka, N., Leuchner, M., Levia, D.F.
2. 発表標題 Variability of throughfall erosivity among crown positions in a teak plantation based on raindrop measurements and throughfall partitioning.
3. 学会等名 EGU General Assembly 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南光一樹
2. 発表標題 雨が降ると樹木はどうやって濡れていくのか？
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Llorens, P., Latron, J., Carlyle-Moses, D.E., Nathe, K., Chang, J.L., Nanko, K., Iida, S., Levia, D.F.
2. 発表標題 Stemflow infiltration areas into forest soils around American beech trees.
3. 学会等名 EGU General Assembly 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Saidin, Z.H., Onda, Y., Kato, H., Hudson, J.E., Nanko, K., Levia, D.F.
2. 発表標題 Vertical variation in the depositional flux and biomass inventory of radiocesium through stemflow partitioning between tree canopy and trunk.
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Carlyle-Moses, D.E., Llorens, P., Latron, J., Nathe, K., Nanko, K., Chang, J., Iida, S., Levia, D.F.
2. 発表標題 Investigating infiltration areas and infiltration funneling ratios for American beech trees.
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tucker, A.M., Levia, D.F., Katul, G.G., Nanko, K., Rossi, L.F.
2. 発表標題 A network model for stemflow solute transport.
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Levia, D.F., Nanko, K. (24人中4番目), ほか
2. 発表標題 Planetary resilience jeopardized by homogenization of the terrestrial water cycle.
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Saidin, Z.H., Onda, Y., Kato, H., Hudson, J.E., Nanko, K., Levia, D.F.
2. 発表標題 Vertical variation in branchflow and stemflow cycling of radiocesium between coniferous and deciduous forests in Japan.
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Levia, D.F., Nanko, K.
2. 発表標題 The role of forests and trees as modulators of water and biogeochemical cycles.
3. 学会等名 6th IAHR Europe Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nanko, K., Levia, D.F., Seitz, S.
2. 発表標題 Sustaining the soil: management strategies of forest-water interactions to protect forest soils.
3. 学会等名 6th IAHR Europe Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Carlyle-Moses, D.E., Iida, S., Germer, S., Llorens, P., Michalzike, B., Nanko, K., Tischere, A., Levia, D.F.
2. 発表標題 Stand-scale metrics for expressing stemflow commensurate with its ecohydrological importance.
3. 学会等名 EGU General Assembly 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Pinos, J., Latron, J., Cayuela, C., Nanko, K., Levia, D.F., Llorens, P.
2. 発表標題 Can drop characteristics explain differences in isotopic composition between open rainfall and throughfall?
3. 学会等名 EGU General Assembly 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Iida, S., Carlyle-Moses, D.E., Germer, S., Llorens, P., Michalzike, B., Nanko, K., Tischere, A., Levia, D.F.
2. 発表標題 Quantifying stemflow to better express its ecohydrological significance.
3. 学会等名 JpGU Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nanko, K.
2. 発表標題 Interactions among forest canopy, raindrop, wind, and soil.
3. 学会等名 Tsukuba Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 飯田真一・Darryl E. Carlyle-Moses・Sonja Germer・Pilar Llorens・Beat Michalzik・南光一樹・Alexander Tischer・Delphis F. Levia
2. 発表標題 樹幹流の生態水文学的重要性を表現するための指標.
3. 学会等名 2019年度日本水文科学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南光一樹
2. 発表標題 雨滴測定から見えてくる葉や枝での雨の振る舞い.
3. 学会等名 2019年度土壌物理学大会 第61回シンポジウム「土壌・水環境のサステナビリティとコロイド界面現象」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nanko, K., Levia, D.F., Iida, S., Sun, X., Shinohara, Y., Sakai, N.
2. 発表標題 Effect of tree species, leaf states, and rainfall intensity on throughfall generation and throughfall partitioning by use of a large-scale rainfall simulator.
3. 学会等名 2019 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南光一樹・田中延亮・Michael Leuchner・Delphis F. Levia
2. 発表標題 樹冠通過雨の成分分離とそれに基づく雨滴衝撃エネルギーの空間的なばらつき.
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Singla, B., Latron, J., Nanko, K., Levia, D.F., Molina, A.J., Cayuela, C., Oromi, M. and Llorens, P.
2. 発表標題 Preliminary insights into the relationship between throughfall drop size and isotopic composition
3. 学会等名 EGU General Assembly 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nanko, K., Levia, D.F., Iida, S., Sun, X., Shinohara, Y. and Sakai, N.
2. 発表標題 Importance of the canopy wet-up phase for throughfall drop generation revealed by use of a large-scale rainfall simulator
3. 学会等名 EGU General Assembly 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Levia, D.F., Iida, S., Nanko, K., Sun, X., Shinohara, Y. and Sakai, N.
2. 発表標題 Disentangling the relative influence of canopy structure on stemflow: insights from a large-scale rainfall simulator and Bayesian statistics
3. 学会等名 EGU General Assembly 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Iida, S., Levia, D.F., Nanko, K., Sun, X., Shinohara, Y. and Sakai, N.
2. 発表標題 Stemflow and canopy structure: revelations from the NIED large-scale rainfall simulator
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Singla, B., Latron, J., Nanko, K., Levia, D.F., Molina, A.J., Cayuela, C., Oromi, M., Gallart, F. and Llorens, P.
2. 発表標題 Relationship between throughfall drop size and isotopic composition: Preliminary insights from an ongoing experiment in Mediterranean conditions (Vallcebre, North-Eastern Spain)
3. 学会等名 17th Biennial Conference ERB 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nanko, K., Tanaka, N., Leuchner, M. and Levia, D.F.
2. 発表標題 Effect of throughfall type on drop size distribution and soil erosion potential in a teak plantation in northern Thailand
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nanko, K., Carlyle-Moses, D.E., Iida, S., Germer, S., Llorens, P., Michalzike, B., Tischere, A. and Levia, D.F.
2. 発表標題 Righting a wrong: expressing stemflow commensurate with its ecohydrological importance
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Levia, D.F., Iida, S., Nanko, K., Sun, X., Shimizu, T., Tamai, K. and Shinohara, Y.
2. 発表標題 The importance of gauge calibration in quantifying canopy interception loss
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting
4. 発表年 2018年

## 〔図書〕 計3件

1. 著者名 Levia, D.F., Carlyle-Moses, D.E., Iida, S., Michalzik, B., Nanko, K., Tischer, A.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Ecological Studies, No. 240, Springer Nature, Switzerland AG	5. 総ページ数 628
3. 書名 Forest-Water Interactions	

1. 著者名 大槻 恭一、久米 朋宣、笠原 玉青	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 256
3. 書名 森林水文学入門	

1. 著者名 三枝 信子、柴田 英昭、高梨 聡	4. 発行年 2022年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 208
3. 書名 森林と水	

## 〔産業財産権〕

## 〔その他〕

<p>プレスリリース：植物の多様性は水危機に強い土地をつくる（2020.11.26）  <a href="http://www.ffpri.affrc.go.jp/press/2020/20201126/index.html">http://www.ffpri.affrc.go.jp/press/2020/20201126/index.html</a></p> <p>テレビ番組の取材協力と出演「アマゾンの“空飛ぶ川” 見えてきた地球規模の水循環」（NHK BS『コズミックフロント』）（2022.03.24）      所属先ウェブサイトでの広報「雨滴のサイズから明らかとなった森林の中で降る雨の違い」  <a href="http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2019/20190426-01.html">http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2019/20190426-01.html</a></p> <p>森林総研成果選集での成果普及（2020.07）  <a href="https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/seikasenshu/2020/documents/p6-7.pdf">https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/seikasenshu/2020/documents/p6-7.pdf</a></p> <p>本課題の成果の一部が、令和元年度（第15回）「若手農林水産研究者表彰」農林水産技術会議会長賞を受賞（2019.11.20）。</p> <p>依頼講演5件： 森林総研公開講演会（2018.10.16・ヤクルトホール・一般向け）、土壤物理学会大会第61回シンポジウム（2019.10.26・筑波産学連携支援センターつくば農林ホール・研究者向け）、新潟大学災害・復興科学研究所&amp;森林総合研究所連携協定締結記念シンポジウム（2020.12.07・アートホテル新潟駅前・一般向け）、第69回日本生態学会大会（2022.03.17・オンライン・研究者向け）、Special seminar of soil erosion in forested area（2022.06.17・九州大学宮崎演習林・研究者向け）</p>
---

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	レヴィア デルフィス  (Levia Delphis)	デラウェア大学・Department of Geography & Spatial Sciences・Professor	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ホルダー カート  (Holder Curt)	コロラド大学コロラドスプリングス校・Department of Geography & Environmental Studies・Professor	

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
				他2機関
アメリカ合衆国	University of Delaware	University of Colorado, Colorado Springs	Louisiana State University	
スペイン	IDAEA			
ドイツ	Technische Universität München	RWTH Aachen University	University of Tübingen	
アメリカ合衆国	University of Colorado, Colorado Springs			