

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 10 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22780139

研究課題名（和文）山地林生態系における湿性・乾性沈着量の定量化と樹冠収支モデルの適用

研究課題名（英文）Observations of wet and dry depositions of nutrients in montane forest ecosystems: application of a canopy budget model

研究代表者

田中 延亮（Nobuaki Tanaka）

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号：10323479

研究成果の概要（和文）：本研究はアジアの 2 箇所の山地林生態系をモデルサイトとして、森林の樹冠部における無機イオン物質の循環プロセスの解明を目的とした。日本のブナ林サイトを構成する主要 3 樹種であるブナ、イヌブナ、ツガを対象にした観測した結果から、1) ブナとイヌブナの林内雨や樹幹流によって樹冠下へ供給される 1 年間の K の量は、同サイトのツガより多いこと、2) 常緑針葉樹であるツガの樹冠下に供給される Mg と Ca と NO₃ の量はブナやイヌブナよりも大きいことを明らかとした。タイの丘陵性常緑林においては、森林の樹冠部における無機イオン物質の循環プロセスに大きな影響を与える霧の発生パターン（日変化、季節性、年々変化）やその林内雨量への影響を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：This study investigated nutrient cycling processes in canopy for two montane forest ecosystems, a beech forest in Japan and a hill evergreen forest in Thailand. The analyzed data showed that, for the beech forest site where *Fagus crenata*, *F. japonica*, *Tsuga sieboldii* dominated, an annual total of throughfall and stemflow K depositions of both *Fagus crenata* and *F. japonica* were much larger than that of *T. sieboldii*. In contrast, for ions such as Mg, Ca, and NO₃, the annual total deposition of the evergreen *T. sieboldii* was much larger than those of the two deciduous beech trees. For the hill evergreen forest, fog occurrence patterns on diurnal, seasonal and inter-annual time scales were clarified and its impact on throughfall generation was discussed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：森林樹冠，物質循環，湿性沈着，乾性沈着，山地林生態系，霧，モデル

1. 研究開始当初の背景
世界の山地林生態系は、現在、地球温暖化やそれに伴う雲低高度の上昇（Still et al. 1999, Pounds et al. 2001）、低地の土地利用の改変

に伴った雲低高度の上昇（Lawton et al. 2001）、大気中の人為起源の窒素化合物負荷量の上昇（Galloway and Cowling 2002）など多様な大気環境の変化に晒されている。そ

のため、山地林生態系は地球上で最も脆弱な生態系の一つとされており、変化する大気環境に対して同生態系の物質循環がどのように応答しているかの理解や予測が急務となっている (Foster 2001)。

一般に、森林-大気間のインターフェースとなる樹冠部における養分物質の循環は、降水による湿性沈着、粒子状・ガス状物質による乾性沈着、樹冠部での各物質の溶脱・吸収といったプロセスから成り立っている。ただし、霧が頻繁に発生するような比較的標高の高い山地林生態系においては、上記のプロセスに加えて、霧を介して樹冠部に湿性沈着する物質を考慮する必要がある (次ページの図参照)。なぜなら、霧水に含まれる各物質濃度は降水のものよりも顕著に高いため、霧による湿性沈着量 (= 霧水沈着量 × 各成分濃度) は降水による湿性沈着量に匹敵する場合が多いからである (例えば、Lovett and Lindberg 1993)。我が国をはじめとするアジア地域の森林の多くは、平地ではなく山地に立地していることから (UNEP-WCMC 2004)、潜在的には、上で述べたような霧の影響を受ける山地林生態系が多い地域であるといえる。にもかかわらず、霧を森林生態系の物質循環の一部を担うものとして位置づけてその影響を定量的に評価する研究は、主に、欧米の温帯山地林や中南米の熱帯山地林で実施されており、アジア地域の山地林生態系を対象にした研究事例は極めて少ない。そのため、アジア地域の幾つかの山地林生態系において、樹冠部における物質循環過程に関する定量的な観測研究を早急に進める必要があると考えた。

森林樹冠部の物質循環は、欧米地域の主要な森林生態系を対象にして 1980-90 年代にかけて精力的に調べられ、その成果の一つが樹冠収支モデル (canopy budget model, 例えば、Staelens et al. 2008, 次ページの注釈も参照) という形で集約されている。CBM は、これまで多大な労力が必要であった森林タワーを用いた乾性沈着量の観測を行わず、純林内雨沈着量データ (次ページ図中の NTF) だけを用いて、各物質の乾性沈着量、溶脱・吸収量を推定することができる実用的なモデルであり、現在、多様な森林でその適用性・問題点が検討されている。ただし、CBM には、前提としている仮定が多く、また、霧の影響を受けるような山地林に適用された事例はほとんどないため、山地林生態系への適用可能性については未知数である。

2. 研究の目的

山地林生態系における養分物質の循環を理解するためには、樹冠部における物質循環プロセス、すなわち、樹冠部への降水・霧による湿性沈着、樹冠部への粒子状・ガス状物質

の乾性沈着、樹冠部での物質の溶脱・吸収の把握が不可欠である。こういった一連のプロセスは、これまで欧米では精力的に調べられてきたが、アジアの山地林生態系を対象にした研究事例は極めて少ない。本研究は、この知見不足を補うため、アジアの2箇所の山地林生態系において、上で挙げた樹冠部の物質循環プロセスの全容を定量的に明らかとすることを第一目的とした。また、近年、主に霧の影響を受けない低地林を対象にして、純林内雨沈着量だけをインプットデータとして、上記の物質循環プロセスを推定できる実用性の高い樹冠収支モデルが盛んに試用されている。本研究では、観測対象とする霧の影響を受ける山地林生態系にもそのモデルへ適用し、その適用性や問題点を整理することを第二目的とした。

3. 研究の方法

日本のブナ・イヌブナ林サイト (日本サイト) とタイの熱帯山地林サイト (タイサイト) を対象として、2週間単位で、1) 降水・霧による湿性沈着量の観測、2) 粒子状・ガス状物質の乾性沈着量の観測、3) 林内雨・樹幹流による全沈着量の定期的な観測を行い、4) 樹冠による養分物質の溶脱・吸収はこれらの残差として与えた (図1参照)。現地での試料のサンプリングは、日本サイトでは研究協力者である大学院生に、タイサイトでは現地ワーカーにそれぞれ依頼し、タイサイトでは、3-4ヶ月に一度の頻度で試料の受け取りと現場のメンテナンス等を行った。すべての化学分析は、既存の水質分析機器 (イオンクロマトグラフ、原子吸光計) を用いて行った。また、以上の観測データを用いて、樹冠収支モデルの適用や改良を行った。

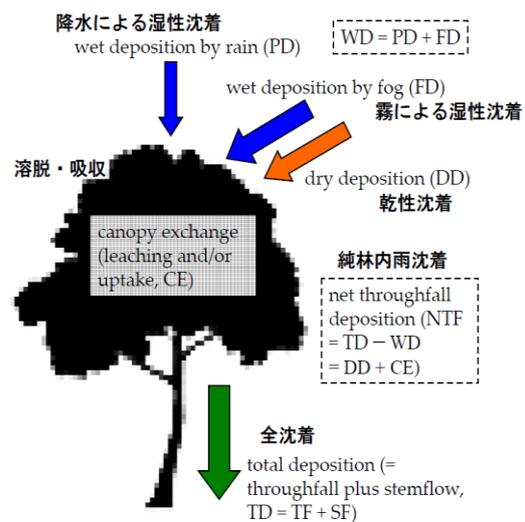


図1:霧の影響を受ける山地林生態系の樹冠部における養分物質の循環過程

4. 研究成果

日本のブナ林サイトを構成する主要3樹種であるブナ、イヌブナ、ツガを定期的な観測した結果から、1)ブナとイヌブナの林内雨や樹幹流によって樹冠下へ供給される1年間のKの量は、同サイトのツガより多いこと、2)常緑針葉樹であるツガの樹冠下へ供給されるMgとCaとNO₃の量はブナやイヌブナよりも大きいことが明らかとなった(今村ら, 2012)。

タイの丘陵性常緑林サイトにおいては、まず、樹冠部における物質循環プロセスに大きな影響を与える可能性のある霧の発生パターン(日変化、季節性、年々変化)やその林内雨量への影響を明らかにした(Tanaka et al. 2010, Tanaka et al. 2011)。また、同サイトの乾季から雨季への移行期の降水・林内雨に含まれる各物質濃度が高くなる傾向が見られ、同サイトの物質循環過程が、降水の季節性(雨季・乾季)に対応して変化することが明らかとなった。

取得された観測データを既存の樹冠収支モデルへの適用した結果、本研究が対象にしたような山地林生態系においては、樹冠収支モデルの重要なトレーサーイオンである降水・林内雨のNa濃度が低いため、既存モデルの改良が必要であることがわかり、今後の課題となった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ①Kume, T., Tanaka, N., Yoshifuji, N., Tantasirin, C., Igarashi, Y., Suzuki, M., Hashimoto, S. (2013) Soil respiration in response to year-to-year variations in rainfall in a tropical seasonal forest in northern Thailand. *Ecohydrology*. 6: 134-141. DOI: 10.1002/eco.1253. 査読有
- ②Igarashi, Y., Tanaka, N., Tanaka, K., Yoshifuji, N., Sato, T., Tantasirin, C., Suzuki, M. (2013) Seasonality of water and carbon dioxide exchanges at a teak plantation in northern Thailand. *Ecohydrology*. 6: 125-133. DOI: 10.1002/eco.284. 査読有
- ③今村直広・田中延亮・大手信人・山本博一 (2012) 奥秩父の落葉広葉樹林における樹冠部での降水の移動に伴う溶存物質動態. *日本森林学会誌*, 94: 74-83. 査読有
- ④Tanaka, N., Kuraji, K., Tantasirin, C., Takizawa, H., Tangtham, N., Suzuki, M. (2011) Relationships between rainfall, fog and throughfall at a hill evergreen forest site in northern Thailand. *Hydrological Processes*. 25: 384-391.

DOI: 10.1002/hyp.7729. 査読有

- ⑤Yoshifuji, N., Komatsu, H., Kumagai, T., Tanaka, N., Tantasirin, C., Suzuki, M. (2011) Interannual variation in transpiration onset and its predictive indicator for a tropical deciduous forest in northern Thailand based on 8-year sap-flow records. *Ecohydrology*. 4: 225-235. DOI: 10.1002/eco.219. 査読有

[学会発表] (計5件)

- ①Igarashi, Y., et al., Estimate of six-year evapotranspiration over a teak plantation in northern Thailand, 3rd International Conference on Forests and Water in a Changing Environment, 2012年09月19日, Fukuoka Institute of Technology, Fukuoka, Japan.
- ②吉藤奈津子ら, タイ北部落葉性チーク人工林の蒸散・展葉開始日の年々変動—土壌水分増加とのタイムラグ—, 第124回日本森林学会大会, 2013年03月26日, 岩手大学(岩手県).
- ③Imamura N., et al., Inorganic ion budget in the forest canopy of a beech forest in The university of Tokyo Chichibu forest. The Fourth Symposium of Asian University Forests; International Symposium on Long-Term Monitoring and Experiments of University Forest, 2011年7月1-2日, Nantou, Taiwan.
- ④Imamura N., et al., Estimating of total sulfur and nitrogen deposition by using canopy budget model, The 8th International Conference on Acid Deposition; Acid Rain 2011, 2011年6月17日, Beijing, China.
- ⑤今村直広ら, 秩父山地ブナ・イヌブナ林の樹冠部における物質循環プロセス, 日本地球惑星科学連合, 2010年5月26日, 幕張メッセ国際会議場(千葉).

[図書] (計1件)

- ①Tanaka, N., Kuraji, K., Tantasirin, C., Takizawa, H., Tangtham, N., Suzuki, M. (2010) Relationships between rainfall, fog and throughfall at a hill evergreen forest site in northern Thailand. In *Tropical Montane Cloud Forests*. (eds.) Bruijnzeel, L. A., Scatena, F. N., Hamilton, L. S., Cambridge University Press, Cambridge, UK. 324-331.

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 延亮 (TANAKA NOBUAKI)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教
研究者番号：10323479

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

今村 直広 (IMAMURA NAOHIRO)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・大学院生