

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：80122

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00530

研究課題名(和文) 山地森林の霧水沈着分布と空間不均一性の評価手法の開発

研究課題名(英文) A development of estimation method about spatial variety of fog deposition amount on mountainous forest

研究代表者

山口 高志 (YAMAGUCHI, Takashi)

地方独立行政法人北海道立総合研究機構・環境・地質研究本部環境科学研究センター・研究主任

研究者番号：90462316

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は山地森林への霧沈着量及びその偏在性について詳細な把握を目的として摩周湖及び六甲山で霧沈着量の測定を行った。その結果、六甲山の林縁への霧水沈着量の推定について従来のモデルより大幅に精度を向上することができた。また杉の霧捕捉率はダケカンバの2倍程度と推測された。一方でより詳細な霧沈着量推定モデルには個々の樹木の樹冠構造に関する情報が必要と考えられ、ドローンによる撮影を行った。今後これら情報をもとに新たな霧沈着量推定モデルを検討する。

研究成果の概要(英文)：In this research, fog deposition amounts were measured at Lake Mashu and Mt. Rokko for the purpose of detailed understanding of fog deposition in mountainous forest and its spatial distribution. The results showed that fog capture efficient of cedar would be twice that of *Betula ermanii* and the estimation model of fog deposition amount at forest edge was improved the accuracy than the conventional model considerably. On the other hand, it was thought that information of canopy structure of individual trees was necessary for more detailed estimation model. Therefore, we took high-resolution pictures of the canopy by a drone. We will examine the estimation model of the new mist deposition based on these information.

研究分野：大気汚染物質

キーワード：霧沈着 窒素沈着 生態系影響

1. 研究開始当初の背景

森林への栄養物質の供給として、生態系の維持に重要であることが報告されており、霧が頻発する山地森林での霧水沈着は大気中物質の地表面への流入経路として重要である。

また霧中の大気汚染物質濃度は雨に比べて高く、森林への影響が大きいとされ、酸性霧による森林影響に関する研究が 80 年代から進められている。日本の国土の 7 割が森林であり山地も多いため、これら地域への霧水沈着量の評価は極めて重要と言える。このため、霧水沈着の定量的評価方法が必要である。

しかし山地では気象条件や電源が限られることなどから長期の評価は国内では少ない。

また、霧沈着量は林縁部に偏在するなど、地形や森林構造に応じて数倍以上の変動があり、高精度の評価は難しく、定量的な把握に関する研究は進展していない。

2. 研究の目的

本研究では、山地森林への霧水沈着量評価手法の確立を目的とする。このため、山地森林で霧沈着量を測定し、地形及び樹冠構造と風速などに応じた霧水沈着量のモデル化を試みる。

樹種によって葉の形態及び密度が異なり、霧の捕捉量が大きく異なると予想されることから広葉樹及び針葉樹について検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 研究地点

北海道摩周湖と兵庫県六甲山の 2 地域で行う。摩周湖は夏季に霧が頻発し、主要な広葉樹であるダケカンバへの霧沈着量について検討が行われてきた。六甲山は従来の観測結果により、林縁での霧水沈着量の増加のメカニズムについて検討が行われている。

(2) 樹冠構造及び気象情報の把握

- ・ 樹冠構造: 毎木調査及び葉面積指数の測定を行う。これらの結果と地形データをもとに林縁及び林内など樹冠構造を把握するとともに、大気暴露量などのモデルに必要なパラメータ算出方法を検討する。
- ・ 気象情報: 六甲山では国土交通省の公開する気象情報(水文水質データベース: <http://www1.river.go.jp/>)を収集する。現地に超音波風速計を設置し、より詳細な風向風速を把握する。

摩周湖では道路気象局から気温及び指定データを取得し、霧発生状況とその気象条件を検討する。

(3) 地点選定及び機器の設置

- ・ 摩周湖: 第一展望台とダケカンバで構成される林分(図 2 上)に雨量計及び霧捕集装置を設置する。この地点では従来の研究により雨量に対する霧沈量の比が把

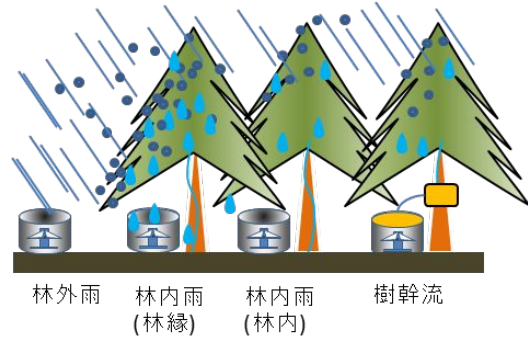


図 1 林内雨・林外雨法の概念図

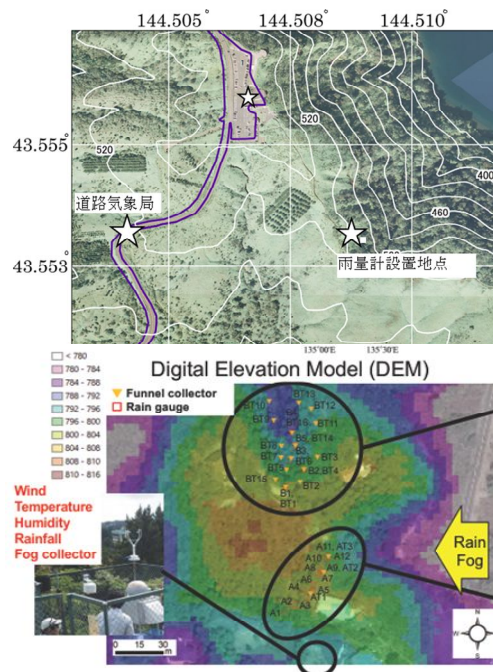


図 2 摩周湖(上)と六甲山(下)の設置地点

握されており、葉面積指数(LAI)は約 $1 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ である。なお林分は小さく、林縁部のみと見なせる。

- ・ 六甲山: 摩周湖より広く林縁と林内及びギャップなどの樹冠構造による比較が可能な林分を対象として地点選定を行い、林分を有する一般住宅及び NPO に協力を求め雨量計など観測機器を設置する(図 2 下)。主要な樹木は杉で、LAI は約 $5 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ である。

(4) 霧沈着量の測定

林内に雨量計及びバルクサンプラーを設置し、林内雨・林外雨法による霧水沈着量の観測を実施する(図 1)。

(5) 霧発生時間と大気中霧水量の把握

霧捕集装置によって霧発生時間を把握する。霧捕集装置のサンプリング量を測定し、時間当たりの大気中霧水量を把握する。

(6) 霧水沈着量のモデル化

これらの情報及び観測結果を基に、樹冠構

造及び気象条件との霧水沈着量の関係を明らかにし、山地森林の霧水沈着量を評価できるモデル式を開発する。

4. 研究成果

(1) 霧水量の測定

測定された霧水量は摩周湖では 100 ~ 200 mg m⁻³ だったが六甲山では最高で約 120 mg m⁻³ と低い傾向にあった。これは摩周湖で観測される霧の多くが海からの移流霧である一方、六甲で観測される霧は滑昇霧など発生機構が異なるためと考えられる。

(2) 林縁の霧沈着量

六甲山の観測結果で、林縁の霧沈着量は林内に比べ大きな傾向にあり当初予想と一致したが、個々の樹木ではバラツキが大きかった(図3)。これは林内外以外に個々の樹木の高さや林内のギャップなど樹冠構造の差異によると考えられた。また全体には風速により林内外の沈着量差は小さくなることが明らかとなり、風による林内への吹き込みを考慮する必要性が明らかとなった(図4)。

(3) モデルの改善

六甲山の林縁に対する霧沈着量を従来モデルで計算すると実測値に対して 1/10 程度と乖離が大きかったが、大気への暴露面積の不均一性を考慮し、林縁部の垂直面の捕捉と沈着速度を考慮したモデルでは大きく精度が改善された(図4)。このことは同時に林縁部へは霧沈着により多くの水分及び窒素などが供給されていることを示唆する結果であった。

一方摩周湖ではおおむね従来モデルで一致することが報告されている。今回の結果から、杉の LAI がダケカンバの5倍程度大きいことを考慮しても、杉の霧捕捉率はダケカンバの2倍程度大きいと考えられる。この要因としては葉の形状の違いや、樹形がダケカンバと大きく異なること、特に林縁部では暴露面積が大きいことなどが要因として考えられる。

(4) ドローンによる樹冠構造の把握

六甲山では当初の研究計画ではすでに得られている地形データ及び航空機写真などから樹冠構造を把握することを検討していたが、より詳細な情報が必要と考えられたため2017年12月にドローンによる撮影と樹冠の立体構造について詳細な情報を得た。今後のこのデータをもとに大気曝露量などのパラメータ算出に関する検討を行う。

以上、3年間の研究により、針葉樹及び広葉樹で大きく沈着量が異なること、また針葉樹の林縁部での霧水沈着量は従来モデルによる推定量よりきわめて大きいことが示された。今回、森林の暴露面の不均一性を考慮することで大きくモデルを改善することができた。今後、本研究によって得られたデータからより詳細なモデルを検討し、その成果を活

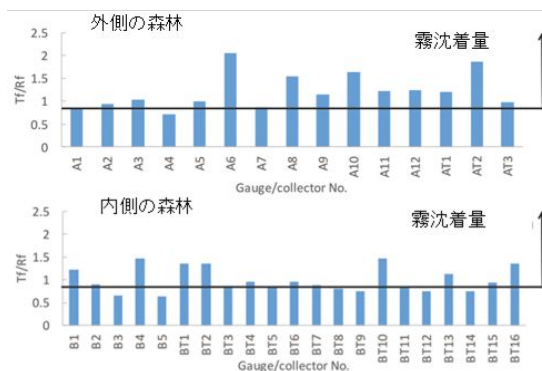


図3 各地点での雨量に対する林内雨の比

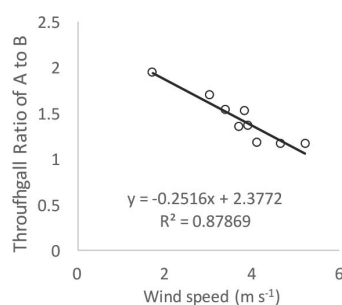


図4 風速(x軸)と林縁、林内の霧沈着量比(y軸)の関係

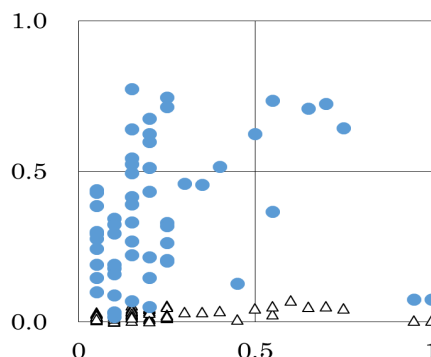


図5 林縁の霧沈着量の実測値(x軸)とモデル計算(y軸)の関係

：従来モデル ：本研究によるモデル

用することで国内山岳部における霧水沈着量を広範囲で評価することが期待できる。

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)

〔学会発表〕(計10件)

山口高志, 堅田元喜, 堀江洋佑, 福島慶太郎, 摩周湖外輪山における景観変化の検証 - 大気環境と地域環境に着目して - 第65回日本生態学会大会, 2018年3月17日, 北海道札幌市
Genki Katata, Takashi Yamaguchi, Yosuke Horie, Keitaro Fukushima and Takatoshi Hiraki, How to estimate local-scale fogwater

deposition at forest stands? - multi-point observational approach, IUFRO Tokyo 2017, 2017年10月22日, 東京都府中市

堀江 洋佑, 山口 高志, 堅田元喜, 福島慶太郎, 平木 隆年, 六甲山における林内雨-林外雨法による霧水沈着雨水中の成分濃度比較, 第58回大気環境学会年会, 2017年9月6日, 兵庫県神戸市

堅田元喜, 山口高志, 堀江洋佑, 福島慶太郎, 平木隆年, 山地に発生する霧はスギ林への水や栄養物質の供給源となっているか?, 日本生態学会第64回全国大会, 2017年3月16日, 東京都

山口高志, 第57回大気環境学会特別集会, 摩周湖周辺の樹木減少についての調査, 2016年9月7日, 札幌市

堅田元喜, 山口高志, 堀江洋佑, 平木隆年, 藍川昌秀, 小林 禎樹, 霧と雨による山地森林への水・物質流入量の空間変動解析, 第63回日本生態学会大会, 2016年3月24日, 宮城県仙台市

山口高志, 野口泉, 摩周湖における樹木減少について, 第63回日本生態学会大会, 2016年3月24日, 宮城県仙台市

山口高志, Fog and atmospheric chemistry at the tree decline site on the rim of Lake Mashu, THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ATMOSPHERIC SCIENCES AND APPLICATIONS TO AIR QUALITY, 2015年11月11日, 兵庫県神戸市

堅田 元喜, 山地森林への霧水沈着モデリング: 空間不均一性をどう扱うか?, 第56回大気環境学会年会, 2015年9月16日, 東京都新宿区

山口 高志, 野口 泉, Fog and atmospheric chemistry at the tree decline site on the rim of Lake Mashu, 第56回大気環境学会年会特別集会, 2015年9月15日, 東京都新宿区

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山口 高志 (YAMAGUCHI Takashi)
地方独立行政法人北海道立総合研究機構・環境・地質研究本部環境科学研究センター・研究主任
研究者番号:90462316

(2) 研究分担者

堅田 元喜 (KATATA Genki)
茨城大学・地球変動適応科学研究機関・講師

研究者番号:00391251

堀江 洋佑 (HORIE Yousuke)
(財)ひょうご環境創造協会(兵庫県環境研究センター)・兵庫県環境研究センター大気環境科・研究員(移行)
研究者番号:70554525

福島 慶太郎 (FUKUSHIMA Keitaro)
首都大学東京・都市環境科学研究科・特任助教
研究者番号:60549426

渡辺 幸一 (WATANABE Kouichi)
富山県立大学・工学部・教授
研究者番号:70352789

(3) 研究協力者

平木 隆年 (HIRAKI Takatoshi)