

広域モニタリングのための 大気 - 森林系物質循環に関する研究

2010 年 3 月 自然環境学専攻 076889 今村直広

指導教員 山本博一 教授

キーワード; 広域モニタリング, 乾性沈着量, 樹冠での吸収・溶脱量, Canopy Budget Model

1. はじめに

森林衰退現象や渓流水域の窒素飽和現象を解明するためには, 大気から森林樹冠へのそれぞれの物質の流入量, 森林樹冠でのそれぞれの物質の吸収・溶脱量, そして林床へのそれぞれの物質の供給量を理解しなくてはならない. 更に, 森林衰退現象や窒素飽和現象の予測, 大気汚染物質の発生源の特定や発生源対策を打ち出すためには, 大気 - 森林系の物質循環を長期に, かつ広域にモニタリングすることが必要である. モニタリングのための有効な手段が, 樹冠部物質収支モデル法 (Canopy Budget Model method: CBM) である. 森林衰退現象や窒素飽和現象が報告されている日本においても, 樹冠部物質収支モデルを用いた大気 - 森林系物質循環の広域モニタリングが不可欠である.

そこで, 本研究は通常の植物生理状態が維持されていると考えられる秩父山地で, 冷温帯林を代表する落葉広葉樹ブナと常緑針葉樹ツガを対象とした, 最適な樹冠部物質収支モデル CBM を作成し, 重回帰分析法, 葉面洗浄法で求めた乾性沈着量と吸収・溶脱量を, 最適な CBM で求めた乾性沈着量と吸収・溶脱量と比較することにより, 本モデルの適用可能性を明かにすることを目的とした.

2. 材料と方法

2.1. 観測サイト

調査は, 植物生理状態が正常に保たれていると考えられる, 東京大学秩父演習林の大面積長期生態系プロット (LTER サイト) において行った. 同サイトは, 標高 1280 m に位置するブナ, イヌブナ, ツガを主体とする冷温帯落葉広葉樹林の天然林である. 観測時期は, 2008 年 10 月から 2009 年 9 月の 1 年間である.

2.2. サンプリングと分析

林内雨, 樹幹流, 林外雨, 霧水の水量と水質の測定を, 1~4 週間間隔で行った. 林内雨サンプリングは, ブナ, ツガのそれぞれ 1 個体を対象として, 合計 12 個の林内雨サンプラーを用いて行った. 樹幹流サンプリングは, 林内雨サンプリングの対象となったブナに樹幹流採取装置を設置し行った. 林外雨サンプリングは, 近傍の気象観測露場においてバルクサンプラー 1 台を用いて行った. 採取されたサンプルの pH は, ガラス電極法により採水時に測定した. 実験室に持ち帰ったサンプルのイオン成分 (NH_4^+ , NO_3^- , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-}) はイオンクロマトグラフ法により測定した.

2.3. 物質沈着量

物質沈着量は, それぞれの平均観測水量に平均物質濃度をかけることによって求めた. また, 本研究では, 1 年間の物質沈着量を積算することにより, 年間物質沈着量として計算

に用いた。

2. 4. 重回帰モデル法

純林内雨沈着量(林内雨沈着量+樹幹流沈着量-湿性沈着量)は,乾性沈着(Dry Deposition: DD)と樹冠での吸収・溶脱量(Canopy Exchange: CE)に等しいと仮定した。また,乾性沈着量は沈着速さと非降水時間の関数に等しく,吸収・溶脱量は溶脱速さと降水量に等しいと仮定した。純林内雨沈着量を従属変数,非降水時間と降水量を独立変数として,重回帰分析をおこなうことにより,乾性沈着速さと溶脱速さを求めた。更に,乾性沈着速さと溶脱速さに,年間の非降水時間と降水量を掛けることにより,乾性沈着量と吸収・溶脱量を求めた。

2. 5. 葉面洗浄法

樹冠層頂上に位置する枝葉に,純水を吹きかけ,乾性沈着物を洗い流した。乾性沈着物と非降水時間の関係から,乾性沈着速さを導き,年間の非降水時間を掛けることにより,森林樹冠への乾性沈着量を求めた。

3. 結果と考察

重回帰モデル法,葉面洗浄法,最適な CBM でそれぞれ求めた,落葉広葉樹ブナと常緑針葉樹ツガの乾性沈着量(DD)と樹冠での吸収・溶脱量(CE)を図-1に示した。

常緑針葉樹ツガに関して,最適 CBM は,Cl⁻を除くほぼ全ての物質で等しい,乾性沈着量(DD)と吸収・溶脱量(CE)を示すことができた。これは,常緑であるため,落葉,展葉と言った生物季節変化による年間の物質質量変化が小さい為,重回帰モデル法,葉面洗浄法,CBM それぞれの手法で,年間の物質質量データを用いて上手く計算できたと考えられる。つまり,常緑針葉樹を対象とした,年間物質質量データを用いた CBM の適用可能性を示すことができた。

一方,落葉広葉樹ブナに関して,重回帰モデル法,葉面洗浄法において,乾性沈着量(DD),吸収・溶脱量(CE)を計算できなかつたり,最適 CBM と等しい結果を示すことができなかった。この理由は,落葉,展葉と言った生物季節変化を示す落葉広葉樹の物質変化を,年間の物質質量データを用いて計算した為だと考えられる。落葉広葉樹を対象として,CBM の適用可能性を検討するためには,生育期,休止期に分離して,重回帰モデル法,葉面洗浄法,CBM でそれぞれ計算する必要があると考えられた。

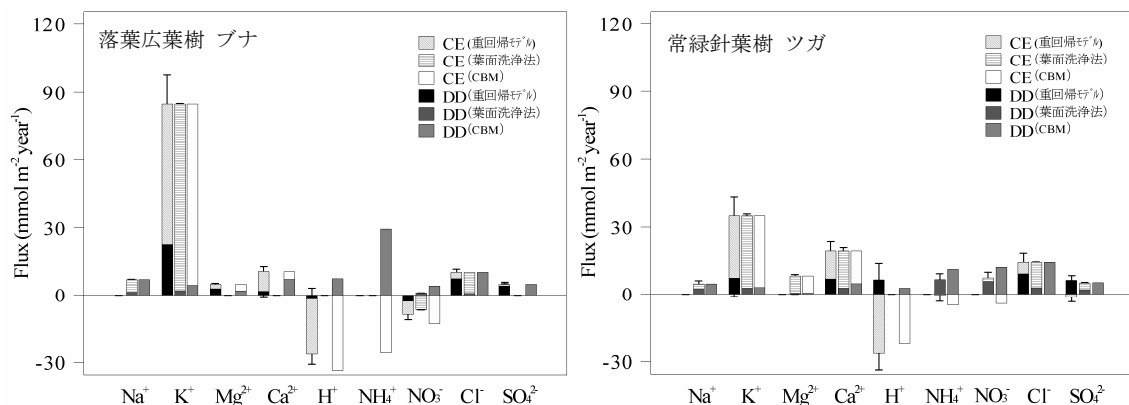


図-1 重回帰モデル法,葉面洗浄法,CBMで求めた,乾性沈着量と吸収・溶脱量の比較
エラーバーは標準誤差を示す。重回帰モデル法 N=38 (ブナ), N=19 (ツガ), 葉面洗浄法 N=3。

A study of nutrients cycling between atmosphere and forest for wide area monitoring

Mar.2010, Department of Natural Environmental Studies, 076889, IMAMURA Naohiro
Supervisor; Professor YAMAMOTO Hirokazu

Keywords; wide area monitoring, dry deposition, canopy uptake and leaching, Canopy Budget Model

1. Introduction

It is important to understand process of nutrients cycling process between atmosphere and forest, which means amounts of each input materials, amounts of each exchange materials in the forest canopy, and amounts of each pass way materials to forest floor to assess forest decline and nitrogen saturation on the forest area. Furthermore, It is necessary to monitor nutrients cycling process between atmosphere and forest for long term and wide area, in order to expect forest decline and nitrogen saturation on the forest area, identify and control source of air pollutants. Available method for monitoring is Canopy Budget Model method (CBM). Canopy budget model is essential to monitor nutrients cycling process between atmosphere and forest, because forest decline and nitrogen saturation on the forest area have happened in Japan.

This study developed best suited Canopy Budget Model for *Fagus crenata* of the deciduous broad-leaved tree and *Tsuga sieboldii* of coniferous needle-leaved tree that major cool- temperate forest at the Chichibu forest that keep regular plant physiology. Furthermore, dry deposition and canopy uptake and leaching calculated by CBM was compared to that calculated by regression model method and foliar rinsing method, to check the ability of this model.

2. Material and Method

2.1. Study site

Study site was at Long-Term Ecological Research Network site (LTER site) at university Forest in Chichibu of the Tokyo University. This site is in a cool temperate deciduous broad-leaved forest. Major species is *Fagus crenata*, *Fagus japonica* and *Tsuga sieboldii*. Elevation is about 1280m. Study period is from October 2008 to September 2009.

2.2. Sampling and analysis

Sampling of quantify and quality of throughfall, stemflow, precipitation and fog was 1~4 times per months. Sampling of throughfall was observed by using total 12's throughfall sampler about *F.crenata* and *T.sieboldii*. And sampling of stemflow was observed by using stemflow sampler. Sampling of precipitation was observed by using bulk sampler at meteorological open site.

Analysis of pH was measured by glass electrode method. And analysis of ion concentration (NH_4^+ , NO_3^- , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-}) was measured by ion chromatography method.

2.3. Deposition

Deposition was the product of mean water volume and mean concentration of each observation period. This study used annual depositions that sum of each period depositions observed for one

year.

2.4. Regression model method

Net throughfall deposition (throughfall deposition + stemflow deposition – wet deposition) was assumed equal to the sum of dry deposition (DD) and canopy exchange (CE) components. The dry deposition was assumed equal to the product of a mean dry deposition rate and the antecedent period. And canopy exchange was assumed equal to the product of a mean exchange coefficient and the amount of precipitation. Multiple regression was using the net throughfall depositions as the dependent variable and the antecedent periods and precipitation amounts as independent variables to calculate dry deposition rate and exchange coefficient. Furthermore, dry deposition and canopy uptake and leaching was calculated by multiplying dry deposition rate and exchange coefficient by annual antecedent periods and amount of precipitations.

2.5. Foliar rinsing method

Foliar rinsing method removed accumulated dry depositions on the foliar by using deionized water. Annual dry deposition was calculated by multiplying dry deposition rate that relationship between amounts of dry deposition and antecedent periods by annual antecedent period.

3. Result and discussion

Dry deposition (DD) and Canopy exchange (CE) at *F.crenata* and *T.sieboldii* by calculated Regression model method, Foliar rinsing method and Suitable CBM was showed at Fig.1

For *T.sieboldii* that Coniferous tree, Suitable CBM showed equal dry deposition (DD) and canopy uptake and leaching (CE) for all materials except Cl^- . All method could compute result by using annual deposition data, because Coniferous trees have a little variation of phenology for one year. In the result, suitable CBM for coniferous trees could use annual deposition data, to compute dry deposition and canopy uptake and leaching.

For *F.crenata* that deciduous tree, suitable CBM didn't show equal dry deposition and canopy exchange for many materials. This reason is that all method was calculated by using annual deposition data despite deciduous trees have a big variation of phenology. For check up ability of CBM, we should compute dry deposition and canopy uptake and leaching by using 3 methods about growing-season data and dormant-season data.

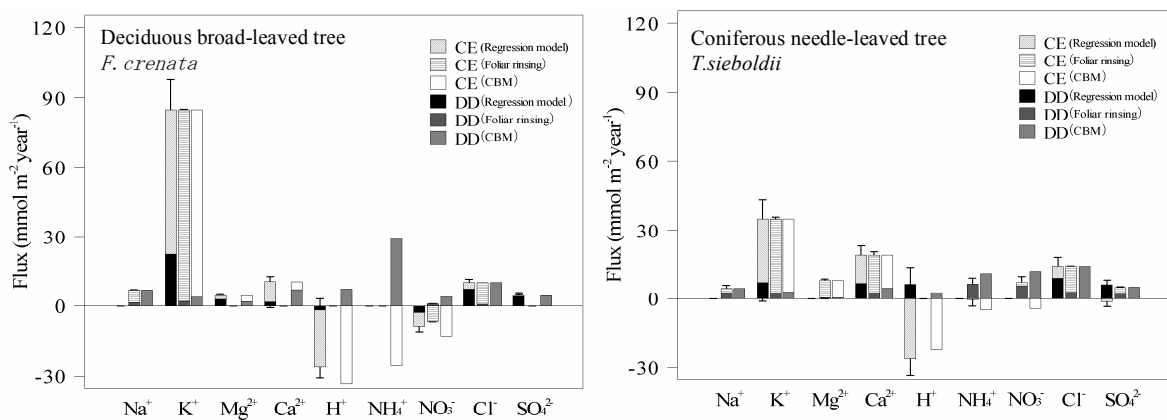


Fig.1 Dry deposition (DD) and Canopy uptake and leaching (CE) calculated by Regression model Method, Foliar rinsing method and Canopy Budget Model method.

Error bars indicate standard error. Regression model method N=38(*F.crenata*), N=19(*T.sieboldii*). Foliar rinsing method N=3.