

定山溪森林理水試験地における乾性沈着量の推定

森林総合研究所北海道支所 相澤 州平
 阪田 匡司
 伊藤 江利子

はじめに

森林域において物質の流入負荷量を測定する場合、林外雨を常時開放式で採取する方法が用いられることが多い。この方法では湿性沈着とともに乾性沈着の一部が採取されるが、乾性沈着の採取量は不明である。乾性沈着量は湿性沈着量と同程度との報告もあるため(2)、流入負荷量を正確に求めるためには乾性沈着の影響を明らかにする必要がある。さらに、森林では裸地よりも乾性沈着量が多いという報告もある(1)。森林域における物質の流入負荷量に対する乾性沈着の寄与を明らかにするため、林内雨による負荷量から乾性沈着量を推定した。

方法

札幌市南区定山溪(石狩森林管理署定山溪事業区2441林班)の豊平川支流小樽内川支流に設定された森林総合研究所北海道支所定山溪森林理水試験地の「時雨1の沢」において林外雨、林内雨を採取した。林外雨は量水堰下流の開空地で、林内雨1は左岸の尾根上で、林内雨2は右岸の尾根上で採取した。植生はトドマツ、ミズナラ、カツラ、イタヤカエデなどの天然生針広混交林である。林内雨1はトドマツが優占する林分、林内雨2は広葉樹とトドマツが同程度の林分に位置する。採取装置は高さ1.5mに設置した直径21cmのポリエチレン製ロートと遮光したポリエチレン製貯留容器からなり、1週間毎に試料を回収し、採取量、pH、EC、溶存イオン濃度(Na, NH₄, K, Ca, Mg, Cl, NO₂, NO₃, PO₄, SO₄)を測定した。降雪期は雪面にポリプロピレン製コンテナを設置して雪を採取し、室温で融解後分析した。

2008年4月～2009年6月の林外雨、林内雨による物質負荷量のデータを用いて、養分収支法(1, 3)により林内雨から乾性沈着成分と樹冠溶脱成分を分離した。計算方法を以下に示す。

林内雨による物質負荷量は林外雨による負荷量に乾性沈着成分と樹冠溶脱成分を加えたものである(式1)。

$$T_i = R_i + D_i + L_i \quad (1)$$

(T_i:成分iの林内雨負荷量, R_i:成分iの林外雨負荷量, D_i:成分iの乾性沈着量, L_i:成分iの樹冠溶脱量)

乾性沈着物質の組成は林外雨による負荷物質の組成に一致し、樹冠からのSO₄の溶脱は起こらないと仮定することにより、各イオンの乾性沈着による負荷量を求めた。

乾性沈着量D_iはSO₄の乾性沈着成分D_{SO4}にR_iとR_{SO4}の比を乗じたものとして表される(式2)。

$$D_i = D_{SO4} \times R_i / R_{SO4} \quad (2)$$

L_{SO4} = 0の仮定によりD_{SO4} = T_{SO4} - R_{SO4}であるから、これを式2に代入するとD_iは式3で表される。

$$D_i = (T_{SO4} - R_{SO4}) \times R_i / R_{SO4} \quad (3)$$

また、樹冠溶脱量L_iは式4で表される。

$$L_i = T_i - D_i - R_i \\ = T_i - T_{SO4} \times R_i / R_{SO4} \quad (4)$$

式3および式4により、林内雨1および林内雨2を採取した林分における乾性沈着量と樹冠溶脱量を求めた。養分収支法では乾性沈着は林冠から完全に洗脱されると仮定しているが、1週間毎の負荷量では林冠への残留が無視できないと考えられるため、乾性沈着成分の分離は3ヶ月間の負荷量を対象とした。2008年4月～2009年3月の積算値を年間負荷量とした。

結果

降水量は10～3月に多かった(図-1)。林外雨のNa, Cl, Mg濃度は10～3月に高く他の月は低かった。SO₄濃度も変化の傾向は類似していたが4～6月の値が相対的に高かった。K濃度は7月および10月に高かった。他のイオンは11月および3月に濃度が高い傾向は共通していたが、4～6月の濃度は年によって異なり、季節的な傾向は不明瞭であった。林外雨による物質負荷量を3ヶ月毎に積算すると(図-2)、多くのイオンで夏季よりも冬季の濃度が高いことと、冬季の降水量が多いことのため、

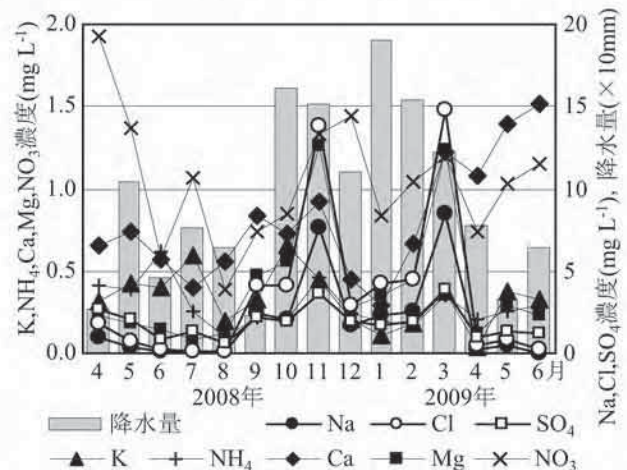


図-1 月毎の降水量および林外雨の溶存イオン濃度

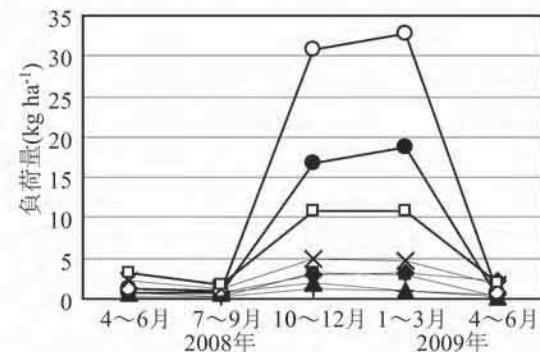


図-2 3ヶ月毎の林外雨負荷量 (シンボルは図-1と同様)

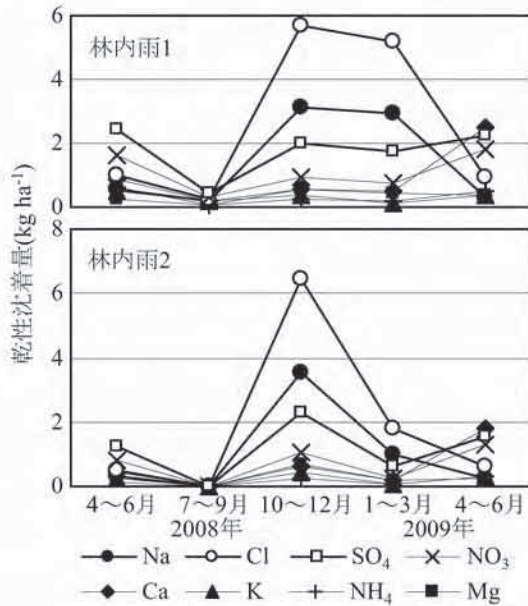


図-3 3ヶ月毎の乾性沈着量

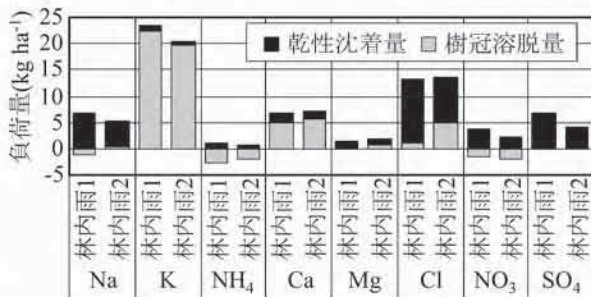


図-4 年間の乾性沈着量と樹冠溶脱量

表-1 年間の林外雨負荷量に対する乾性沈着量の比率

	Na	K	NH ₄	Ca	Mg	Cl	NO ₃	SO ₄
林内雨1	0.18	0.28	0.31	0.26	0.20	0.18	0.28	0.25
林内雨2	0.13	0.17	0.18	0.15	0.14	0.13	0.16	0.15

物質負荷量は10~12月および1~3月に他の期間に比べて非常に大きかった。この傾向は特にNa, Clで顕著であった。図には示していないが、林内雨の溶存イオン濃度は林外雨より高いものが多い、特にK濃度は4~11月に林外雨より顕著に高かった。NH₄濃度は林外雨と同等以下であった。林内雨の年間採取量は年降水量の6~7割であった。林内雨による年間の物質負荷量はKが林外雨の6倍前後と顕著に大きく、ついでCaが林外雨の1.8倍であり、NH₄は林外雨の0.5~0.6倍と小さかった。他のイオンは林外雨の1.1~1.2倍程度であった。

養分収支法により求めた乾性沈着量の季節変化(図-3)は、林内雨1では林外雨による物質負荷量の季節変化と同様に10~12月および1~3月が他の期間に比べて多く、林内雨2では10~12月が多かった。Ca, NO₃, SO₄の乾性沈着量は林外雨の変動傾向とは異なり、4~6月が多かった。年間の乾性沈着量(図-4)は、Naが4.8~6.8, Clが8.7~12.1, SO₄が4.1~6.6, NO₃が2.1~3.6, Caが1.3~2.2, Mgが0.9~1.3, Kが0.7~1.2, NH₄が

0.6~3.4(単位はkg ha⁻¹)であり、林内雨1の方が林内雨2より多かった。樹冠溶脱量はK, Caで多く、特にKではほとんどを樹冠溶脱量が占めていた(図-4)。NH₄, NO₃では樹冠溶脱量がマイナスの値となり、これらのイオンが林冠で消費されたことを示していた。林外雨負荷量に対する乾性沈着量はNa, Mg, Clが林内雨1では18~20%, 林内雨2では13~14%であり、その他のイオンが林内雨1では25~31%, 林内雨2では15~18%であった(表-1)。

考察

降水量が冬季に多いこと、北西季節風が強まる11月から3月にかけてNa, Cl, Mg濃度が上昇する(図-1)ことから、当試験地は冬季の北西季節風による降雪とそれに含まれる海塩の影響を強く受けていると考えられる。乾性沈着量も林外雨負荷量と同様に10~12月および1~3月が大きかった。ただし、林内雨2の1~3月の乾性沈着量は林内雨1の約35%と小さかった。林内雨1がほぼ完全にトドマツの樹冠下に位置するのに対して、林内雨2は半分以上広葉樹に覆われており、10月下旬から4月までは落葉のため開空度が大きくなっている。このため1~3月は林内雨2の乾性沈着の捕捉率が下がり、乾性沈着量が林内雨1より小さくなると考えられる。Na, Cl, Mgのように冬季の乾性沈着量が大きいイオンでは、この期間の差が年間沈着量の差の原因であると考えられる。

4~6月は降水量が比較的少ないため林外雨負荷量が10~3月に比べて極めて小さかったのに対し、乾性沈着量は減少幅が小さく、4~6月の乾性沈着量は林外雨負荷量の38~110%に達した。この季節には乾性沈着の影響が特に強いといえる。

年間の乾性沈着量は林外雨負荷量の2~3割と推定された。流域単位での物質収支を考える際は林外雨による負荷量のみならず乾性沈着による負荷量も考慮する必要があると考えられる。また、林内雨1と林内雨2で林相の違いにより乾性沈着量の季節変動と年間沈着量が異なっていた。乾性沈着量の推定を流域単位に拡大するためには流域内の林相の分布を把握するとともに、林相の違いによる乾性沈着量の差異を明らかにする必要がある。

本研究における林外雨に対する乾性沈着量の割合は他の報告(1, 2, 3)に比べて小さかった。乾性沈着量が小さい理由として、林外雨自体が、負荷量の大きい積雪期には乾性沈着を含んでいること、樹幹流を無視していることが考えられる。また、養分収支法では林外雨による負荷物質の組成と乾性沈着の組成が等しいと仮定しているが両者は異なる可能性があり、林冠への捕捉率もイオン種により異なるため、必ずしも仮定が正しいとはいえない。他の手法による推定と比較するなどの検討が必要である。

引用文献

- (1) 小林禎樹・中川吉弘・玉置元則・平木隆年・正賀充(1995) 森林樹冠への酸性沈着の影響評価—乾性沈着と溶脱の分別評価法の検討—。環境科学会誌 8(1): 25-34.
- (2) 尾保手朋子(2004) 乾性沈着による大気—森林系の物質輸送。地球環境 9: 113-121.
- (3) 佐々木重行(2005) 数種の落葉広葉樹とスギの幼齢林分における乾性沈着量と溶脱量について。森林立地 47: 1-7.