

## 森林水文試験流域における深部浸透量の評価

## —東大千葉演習林、袋山沢における検討—

東京大学大学院農学生命科学研究科 ○小田智基 鈴木雅一

## 1. はじめに

流域内で起こる流出過程などを把握する上でまず水収支を知ることが不可欠であるが、流域から量水堰を通過せずに岩盤に浸透することで流出する水が存在するため、正確に水収支を把握できない可能性がある。そのため岩盤に浸透する量を評価する必要がある。千葉演習林袋山沢流域は、およそ1haの新第三紀層砂岩、泥岩互層の流域が二つ隣接している。本試験流域は水文観測から得られた、降水量と流出量の残差である損失量がおおよそ1500mmであり推定される蒸発散量よりも著しく大きい。岩盤深部に浸透する量を直接測ることは困難であるため、この量を把握することは容易ではない。そこで本研究ではCl<sup>-</sup>の物質収支を用いて岩盤を通り流域外に浸透する水の量を推定した。

## 2. 流域の概要

研究対象地は東京大学農学部附属千葉演習林袋山沢流域である。対照流域法により皆伐実験が行われ、隣接する二つの流域のうち対象区をA流域（流域面積0.802ha）、処理区をB流域（1.087ha）としている。本流域は北緯35°12′東経140°06′に位置し、標高は125.5mから230.2m、地質は新第三砂岩泥岩互層である。もともと70年生のスギ、ヒノキ人工林であったが、B流域のみ1999年4月に皆伐を行い、2000年4月にスギ・ヒノキを植林した。年平均降水量は2170mm、年平均気温は14.2°Cである。流出量はA流域が平均約900mm、B流域で伐採前は900mm、伐採後は1200mmとなっている。伐採後流出量はおよそ300mm/year増加したと報告されている。（真板, 2005）また、袋山沢の流出には、降雨後の直接流出が90%近いという特徴がある。

## 3. 方法

Cl<sup>-</sup>の袋山沢流域における収支を評価するために、林外雨・林内雨・樹幹流のCl<sup>-</sup>濃度、流出水の濃度、地下水の濃度、また、洪水流出時の渓流水濃度を計測した。林外雨は袋山沢流域からおおよそ200m離れた新田露場において、林内雨・樹幹流はそれぞれA流域内に一箇所ずつプロットを選定し、ポリボトルに採水した。渓流水はA・B堰において採水した。それぞれの採水は1998年から2005年まではほぼ1~2週間に一度行った。洪水流出時のサンプルは2000年に3イベント、2002年に1イベントのサンプルを自動採水器により採取した。サンプルはイオンクロマトグラフにより濃度を測定した。

深部浸透量の推定計算はCl<sup>-</sup>の物質収支により、次のように行った。Cl<sup>-</sup>は降水からの供給がほとんどであり、植生や土壌からの溶出が無視できるほど小さいため、次のように表すことができる。

$$(a_1 \times C_R + a_2 \times C_{Tn} + a_3 C_{St}) \times P = C_Q \times Q + C_L \times Q_L + \Delta C_G \times Q_G \quad (1)$$

(a<sub>1</sub>:全降水量における林外雨の割合、a<sub>2</sub>:林内雨の割合、a<sub>3</sub>:樹幹流の割合、P:降水量(mm/year)、Q:流出量(mm/year)、Q<sub>L</sub>:深部浸透量(mm/year)、Q<sub>G</sub>:地下水量(mm)、C<sub>R1</sub>:林内雨中のCl<sup>-</sup>濃度(μmol/l)、C<sub>R2</sub>:樹幹流中のCl<sup>-</sup>濃度(μmol/l)、C<sub>L</sub>:深部浸透のCl<sup>-</sup>濃度(μmol/l)、C<sub>Q</sub>:渓流水中のCl<sup>-</sup>濃度(μmol/l)、C<sub>G</sub>:地下水中のCl<sup>-</sup>濃度(μmol/l)) 1年間という期間で考えるとΔC<sub>G</sub>×Q<sub>G</sub>=0であると見なせる。また、既往の観測から伐採前a<sub>1</sub>=0、a<sub>2</sub>=0.79、a<sub>3</sub>=0.06伐採後a<sub>1</sub>=1という値が与えられる。深部浸透する水が渓流水と同濃度であるとし、水質観測結果から深部浸透量Q<sub>L</sub>を推定する。

#### 4. 結果

林外雨、林内雨、樹幹流の  $\text{Cl}^-$ 濃度はそれぞれ平均が約  $70 \mu \text{eq/l}$ 、 $200 \mu \text{eq/l}$ 、 $250 \mu \text{eq/l}$  となった。

A、B 流域の平水時の渓流水  $\text{Cl}^-$ 濃度を図 1 に示す。1998 年～2005 年までの A 流域の平均濃度は  $295 \mu \text{eq/l}$ 、B 流域は 1999 年に伐採後濃度が低下した。伐採後、2005 年に到達した  $\text{Cl}^-$ 濃度は約  $100 \mu \text{eq/l}$  と推定された。洪水時の流出水の濃度は基底流出よりも低い値となっており、2000 年、2002 年における計 4 回のイベント観測の結果から、A 流域における洪水流出後の増水時の渓流水平均濃度はおよそ  $230 \mu \text{eq/l}$  となった。観測結果を基に上記の (1) 式により物質収支から、深部浸透量を計算する。

A 流域において、平均流出濃度として

平水時の渓流水濃度を用いたところ平均  $430 \text{mm/year}$  の深部浸透が推定された。袋山沢流域は直接流出が多く、 $\text{Cl}^-$ の流出は降雨時に卓越していると考えられる。平水時の平均濃度を用いると  $\text{Cl}^-$ 流出量を過大評価することになるため、洪水流出時の  $\text{Cl}^-$ 平均濃度を  $C_0$  として用い (1) 式に代入して深部浸透量を推定した場合、A 流域の深部浸透量は平均約  $600 \text{mm}$  となった。B 流域について伐採後の定常状態における深部浸透量はおよそ  $500 \text{mm/year}$  となった。

#### 5. 考察

以上の結果から、袋山沢流域では A 流域からは  $400 \text{mm} \sim 600 \text{mm}$  が深部浸透していると計算され、平均  $20\% \sim 30\%$  近くの量が深部に浸透していることが示された。B 流域においても、伐採後に流入が林外雨に変化し、流出濃度が大きく変化した。伐採後、およそ  $500 \text{mm}$  となり A 流域における計算結果に近い値が得られた。B 流域に関しては洪水流出のデータは取られていないが、洪水流出時は降水の寄与の影響から濃度は低下すると考えられる。今回得られた B 流域の深部浸透量は平水時の濃度ですべて流出した場合の計算値であるため、直接流出が多い袋山沢においては過小評価されていると考えられる。また、この結果を用い、水収支法から蒸発散量を計算すると A 流域で  $800 \sim 1000 \text{mm}$  であった。熱収支から得られた森林の蒸発散量はおよそ  $800 \text{mm}$  であるため、 $\text{Cl}^-$ の収支から得られた結果とほぼ合致した。

#### 6. まとめ

このように、 $\text{Cl}^-$ 濃度観測の結果から  $\text{Cl}^-$ の物質収支を考察することによって、深部浸透量が A 流域で  $400 \text{mm} \sim 600 \text{mm/year}$ 、B 流域で  $500 \text{mm}$  以上であると推定することができた。袋山沢流域において降水量のおよそ  $20 \sim 30\%$  が深部浸透量として流域外に抜けていることが分かった。また、伐採後雨などの条件が変わっても A 流域と同程度の深部浸透量が推定された。

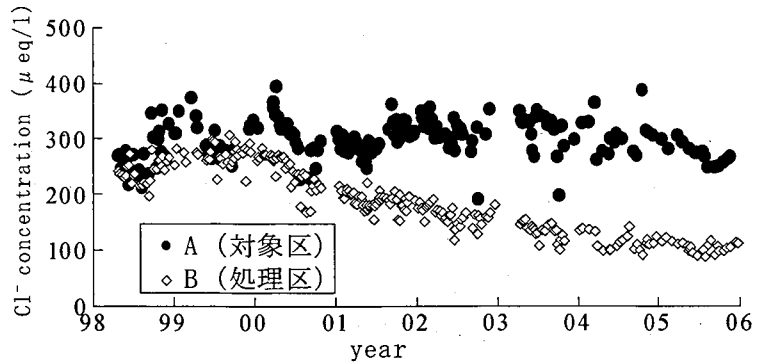


図 1 渓流水の  $\text{Cl}^-$ 濃度変動

表 1 袋山沢 A・B 流域の水収支

	(mm/year)		
	降水量	流出量	深部浸透量
A流域平均 (1998-2002)	2285.0	893.0	433~616
B流域伐採後平均 (2000-2002)	2305	1116	498