

和歌山大学システム工学部	正会員	石塚 正秀
和歌山大学大学院システム工学研究科	学生員	○曾根 由実
和歌山大学システム工学部	正会員	井伊 博行
和歌山大学システム工学部	正会員	平田 健正

1. はじめに

和歌山県は、南側は太平洋、西側は紀伊水道に面し、北側には和泉山地（400～900m）、東側には高野山（900m）や護摩壇山（1372m）、紀南には大塔山（1122m）や法師山（1120m）などの山々が存在する。このような地形特性に加えて、県南東部と県北西部では年間 1500mm の降水量差が生じる。地表水の安定同位体は地理的変化の検討に適することから、以前に和歌山県において溪流水の安定同位体比の空間分布を調べ、同位体比に影響を与える効果（緯度効果、高度効果、内陸効果）の影響度を重回帰分析を用いて解析した¹⁾。その際、降水量と同位体比との関係がみられなかった。そこで、本研究では、レイリー過程で示される降り始めの雨水の同位体比重という同位体分別過程に着目し、降水量と安定同位体比の関係について考察した。

2. 降雨開始係数の定義

降水量の多い場合に同位体比が軽く、降水量の少ない場合に同位体比が重いとされる関係は雨量効果²⁾とよばれる。石塚ら(2003)¹⁾が 2001 年に実地した現地調査の結果、降水量の多い地域で同位体比が重くなる結果が得られた。そこで、最も早く雨が降る地点を表す降雨開始係数（The Earliest Rain Coefficient, 以下 ERC と略す）を考えた。雨量データには AMeDAS 観測所の 2000 年降水量データ(1 時間間隔)を用いた。

まず、降雨の有無を示す変数 RI (rain index) を以下に定義する。ここで、i は観測地点番号、t は時間を表す。

$$RI(i, t) = \begin{cases} 0(\text{no rain}) \\ 1(\text{rain}) \end{cases}$$

全ての地点において RI=0 の場合を降雨終了時と考え、最も早く次の降雨が始まる地点を決定するために、各時間毎に RI の最大値 (0or1) を求める。ここで、N は観測地点数を表す。

$$RIM(t) = \text{MAX}(RI(1, t), RI(2, t), \dots, RI(N, t))$$

上式を時間微分し、RI を乗することで最も降雨開始の早い場所であることを示す係数 EST の抽出を行う。

$$EST(i, t) = RI \times \frac{\partial RIM}{\partial t}$$

その結果を解析対象時間 TN において合計し、各地点毎の ERC を算出する。

$$ERC(i) = \sum_{t=1}^{TN} EST(i, t)$$

3. 結果と考察

(1)和歌山県における ERC 分布特性

図-1 は、ERC の空間分布を表す。重い同位体が分布する潮岬と西川で大きい値が得られた。また、高野山においても大きな値を示した。そこで、雨量効果を総雨量効果（従来の雨量効果）と ERC 効果（降雨初期の同位体比が重くなる効果）に分類して考える。つまり、レイリー過程の初期段階の影響が強く表れる場合は、ERC 効果＞総雨量効果となり、レイリー過程の終了段階の影響が強い場合は逆の関係になる。紀南地方は、ERC が大きいことから、総雨量効果よりも ERC 効果の影響を強く受けていると考えられる。

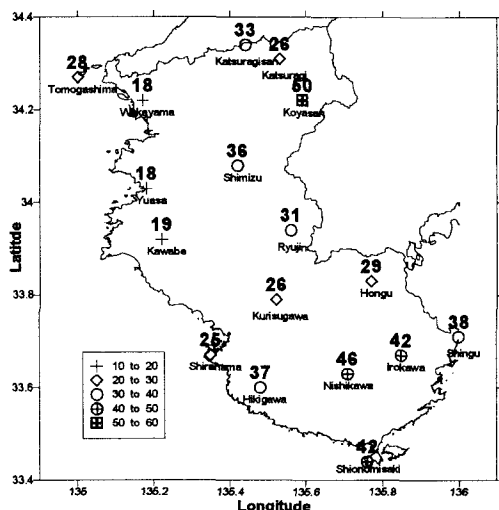


図-1 和歌山県の ERC 分布 (2000 年)

(2)ERC の季節変化

降水の特性は季節毎に変化するため、ERCの月毎の変化を調べた。ここでは、ERCの大きい値を示した西川と高野山について示す(図-2 参照)。その結果、高野山は冬季に高く、また西川においては6~10月(梅雨~台風期)に高い傾向を示し、地点毎に異なる季節変化を示すことが明らかとなった。ここで、降雨開始時の重い雨水が渓流水の同位体比に与える影響を考えるためには、最も早く雨が降った降雨時の降水量の影響を考慮する必要がある。そこで、以下に示すERCフラックスを各月毎に算定した(図-3 参照)。

$$ERC_{i \text{ FLUX}} = ERC_i \times R_i$$

ここで、 R は降水量、 i は月を表す。この結果、西川の ERC フラックスは 6~10 月に高く、この時期の雨水が重い地表水を形成している結果が示された。また、高野山では ERC が冬季に高い値を示しているがフラックスでみると、最も早く雨が降る降雨時の降水量が少ないため、降雨開始が早いことにより地表水の同位体比が重くなる影響が小さいと考えられる。

(3) 降雨時の風速・風向の特性

降雨の降り始めを判断するためには、雨雲の移動経路を考慮する必要があるが、今回は簡単に、降水時の風速・風向の比較を行った。その結果、西川では、風速 4m/s 以下の南風が多い結果が得られ、太平洋側から紀伊半島に向かう降雨の影響を多く受けることにより、降雨開始時の重い雨水の影響が表れたと考えられる。一方、高野山については、風速 4m/s 以下の西風が多い結果となった。

4. おわりに

本研究は、和歌山県の地表水の安定同位体比と降水量との関係を見るために、レイリー過程において降り始めの同位体比が重い点に着目し、降雨開始係数(ERC)を提案した。その結果、西川と高野山でERCが大きくなる結果が得られ、降水量の多い西川において同位体比が重くなる原因は、降り始めの重い同位体が生産されるためであることが明らかとなった。ただし、ERCを算定する際には指定範囲に依存するという点に注意する必要がある。高野山の特徴についてはERCフラックスを算定することで、その関係を示した。

【参考文献】

- 1) 石塚正秀ら, 水工学論文集, 第 47 巻, p.1045-1050, 2003. 2) 早稲田周ら, 地球化学, vol.17, pp.83-91, 1983.

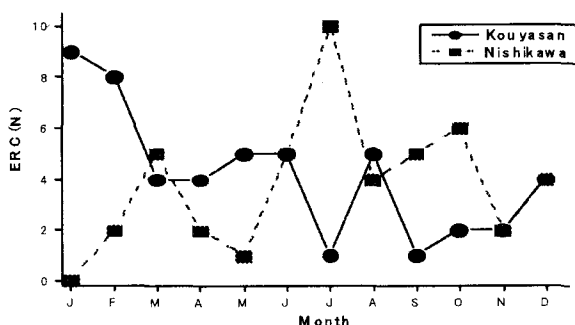


図-2 ERC の月変化 (2000 年)

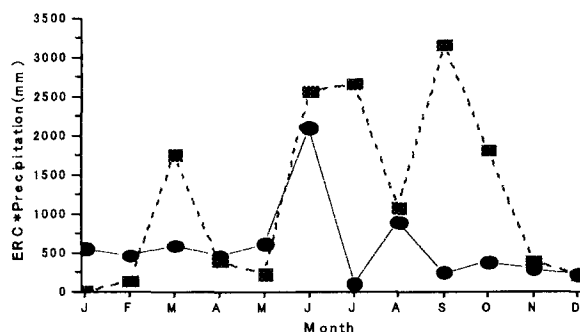


図-3 ERC フラックス(2000 年)