

阿武隈川流域内の森林の蒸発散による河川流出への影響評価*

日本大学工学部土木工学科 橋本 佑紀
日本大学工学部土木工学科 朝岡 良浩

1. はじめに

森林の表面に付着した水や土壤内の水は蒸発散によって大気中に戻る。地表水が大気中に戻ることにより河川への流出量が変化する。蒸発散量が多いと流出量の減少によって使用できる水資源が減少する。本研究では、正規化植生指標¹⁾(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)を用いて、流域水収支の観点から森林の蒸発散による河川流出への影響を評価する。

2. 対象地域および対象期間

本研究では、一級河川阿武隈川流域内の須賀川流量観測所(阿武隈川本川、流域面積 910.2km²、標高 229m)、西川流量観測所(釈迦堂川、流域面積 275.8km²、標高 231m)、光大寺流量観測所(大滝根川、流域面積 180.0km²、標高 347m)の流域を対象とする。阿武隈川は福島県西白河郡西郷村旭岳を水源とし、大滝根川、荒川、摺上川等の支流を合わせて、福島県中通り地方を北流し阿武隈川渓谷の狭窄部を経て宮城县に入り、白石川等の支川を合わせて太平洋に注ぐ一級河川である²⁾。須賀川流量観測所の流域は白河、石川、玉川アメダス観測所の気象データを使用した。西川流量観測所の流域は長沼アメダス観測所の気象データを使用した。光大寺流量観測所の流域は船引アメダス観測所の気象データを使用した。流量データは水文・水質データベース³⁾より取得した。須賀川流域は2009～2012年の4年間を対象期間とした。西川流域は2006, 2007, 2010, 2011年の4年間を対象期間とした。光大寺流域は2003, 2004, 2008, 2009年の4年間を対象期間とした。流量、気象データの欠測日が年間15日以内の年を対象期間とした。

3. 研究方法

3.1 流域内の年間水収支の評価

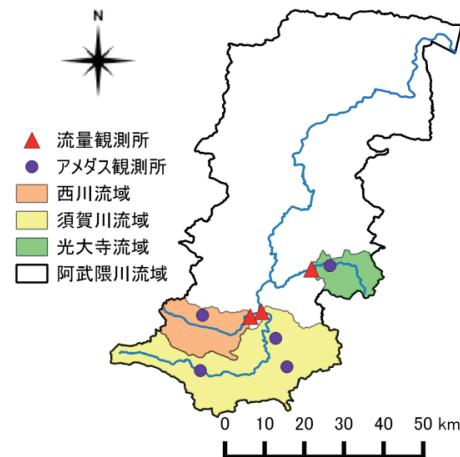


図-1 阿武隈川流域

* Impact assessment of evapotranspiration on river runoff in the Abukuma River basin by Yuki Hashimoto and Yoshihiro Asaoka

流域内の年間水収支は式(1)を用いて表すことができる。

$$R = P - E \cdots (1)$$

ここで、 R :河川流量(m^3)、 P :降水量(m^3)、 E :実蒸発散量(m^3)である。実蒸発散量は流量データと降水データを用いて式(1)より算出した。また流出率 F は次式で表すことができる。

$$F = \frac{R}{P} \cdots (2)$$

次に式(3)に示す Hamon の式を用いて可能蒸発散量を算出した。

$$E_H = 0.14Do^2Pt \cdots (3)$$

ここで、 E_H :可能蒸発散量(mm/d)、 D_0 :可照時間(12hour/day を 1 とした値)、 Pt :平均気温($^\circ\text{C}$)に対する飽和絶対湿度(g/m^3)である。蒸発効率 β は式(1)、(3)より次式で表す。

$$\beta = \frac{E}{E_H} \cdots (4)$$

3.2 NDVI

NDVI は、人工衛星 SPOT4 に搭載されている VEGETATION センサーの近赤外の波長帯($0.61\sim0.68\mu\text{m}$)と可視域赤の波長帯($0.79\sim0.89\mu\text{m}$)の反射率のデータを用いて式(5)より算出する。SPOT4 の空間分解能は約 1km である。解析には月最大値の合成データを使用した。

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \cdots (5)$$

ここで、 NIR :近赤外の反射率、 RED :可視域赤の反射率である。阿武隈川流域の 2012 年 1~12 月の月最大値の NDVI を図-2 に示す。3 流域に共通して月最大値の NDVI は 12~3 月に 0.3~0.5 の値を取り、5 月以降は 0.6 以上となり 7~9 月の期間に最大となる。

4. 各流域の水収支

各流域の降水量、流出率、実蒸発散量、蒸発効率、年平均 NDVI を表-1、2、3 に示す。表-1 より須賀川流域では、流出率と年平均 NDVI は各年ほぼ一定であり、降水量の増加に伴い実蒸発散量、蒸発効率は増加した。表-2 より西川流域では、NDVI は各年ほぼ一定であり、降水量の増加に伴い実蒸発散量、蒸発効率は増加した。表-3 より光大寺流域では、NDVI は各年ほぼ一定であり、降水量の増加に伴い実蒸発散量、蒸発効率は増加した。各流域において蒸発

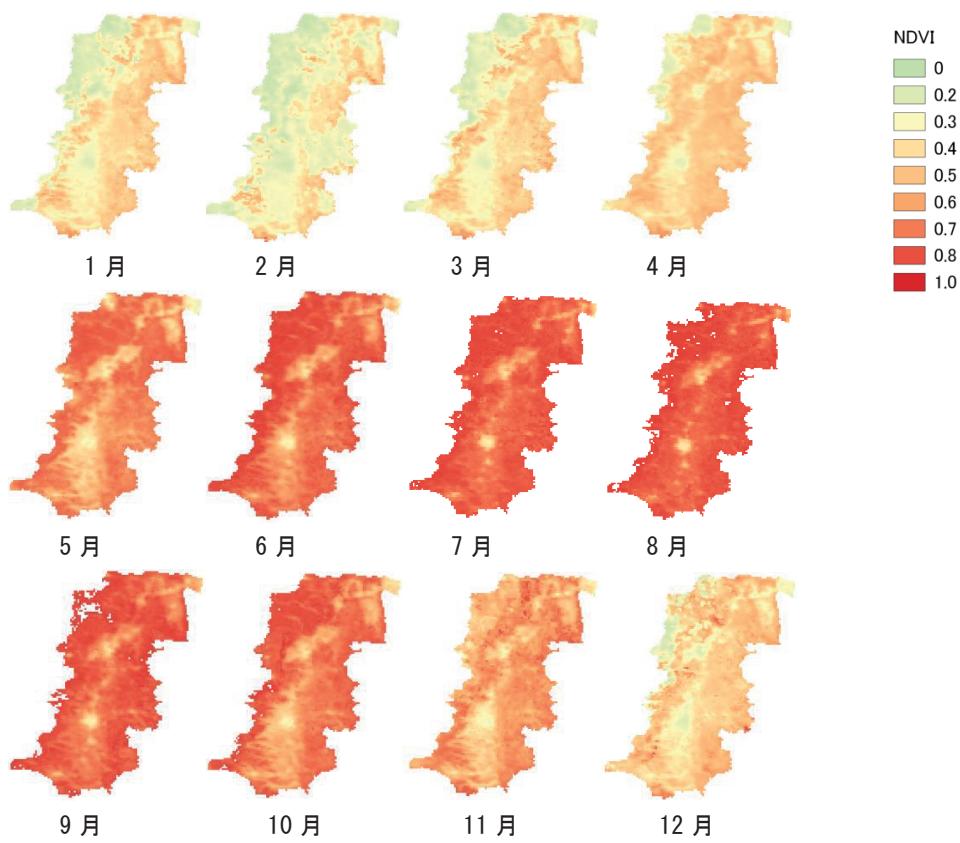


図-2 月最大値 NDVI (2012 年)

表-1 須賀川流域の水収支

年	P (m)	F	E (m)	β	年平均 NDVI
2009	1.282	0.67	0.421	0.60	0.60
2010	1.574	0.67	0.525	0.71	0.61
2011	1.237	0.66	0.424	0.59	0.60
2012	1.165	0.66	0.395	0.55	0.58

表-2 西川流域の水収支

年	P (m)	F	E (m)	β	年平均 NDVI
2006	1.695	0.65	0.596	0.91	0.59
2007	1.323	0.67	0.438	0.65	0.63
2010	1.680	0.70	0.504	0.72	0.62
2011	1.314	0.75	0.333	0.49	0.61

表-3 光大寺流域の水収支

年	P (m)	F	E (m)	β	年平均 NDVI
2003	1.140	0.64	0.413	0.69	0.59
2004	1.541	0.54	0.707	1.09	0.62
2008	1.044	0.63	0.384	0.62	0.63
2009	1.109	0.57	0.477	0.76	0.64

効率と降水量は概ね正の相関がある。

5. 結果および考察

須賀川流域における年間降水量と蒸発効率が最も高い 2010 年の月降水量と月平均 NDVI を図-3 に示す。7 月に 240mm, 9 月に 300mm の降水があり、いずれの月も NDVI が 0.75 以上であった。同様に西川流域における年間降水量と蒸発効率が最も高い 2006 年の月降水量と月平均 NDVI を図-4 に示す。7 月に 320mm, 9 月に 260mm, 10 月に 250mm の降水があり、7 月の NDVI は 0.7 以上、9 月は 0.8、10 月は 0.65 以上であった。同様に光大寺流域における年間降水量と蒸発効率が最も高い 2004 年の月降水量と月平均 NDVI を図-5 に示す。5 月に 170mm, 7 月に 330mm, 10 月に 420mm の降水があり、5 月の NDVI は 0.7 以上、7 月は 0.75 以上、10 月は 0.75 以上であった。いずれの流域も NDVI が高く、降水量の多い月が蒸発効率の増加に起因していると考えられる。

図-6 に流出率と蒸発効率の関係を示す。須賀川流域では流出率は一定であったが、西川、光大寺流域では負の相関があった。図-7 に蒸発効率と降水量の関係を示す。各流域ともに正の相関を示した。図-8 に蒸発効率と NDVI の関係を示す。須賀川流域では正の相関を示し、西川、光大寺流域では負の相関を示した。

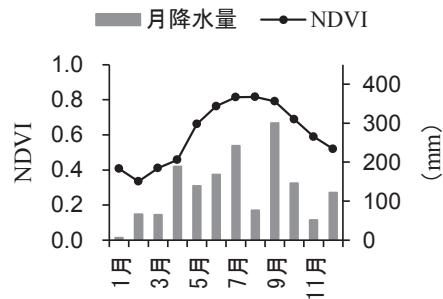


図-3 月降水量と月平均 NDVI
(須賀川流域, 2010 年)

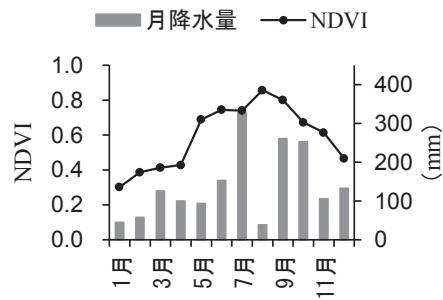


図-4 月降水量と月平均 NDVI
(西川流域, 2006 年)

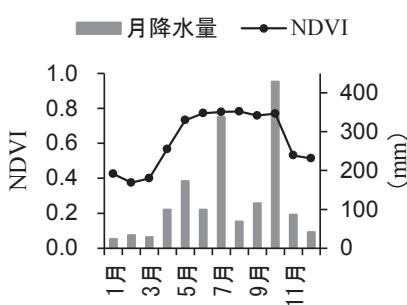


図-5 月降水量と月平均 NDVI
(光大寺流域, 2004 年)

以上の傾向を踏まえ、蒸発効率を目的変数とする重回帰分析の結果(表-4)を示す。降水量と NDVI を説明変数とする。重相関係数は各流域ともと高い値を示した。降水量の偏回帰係数は各流域ともに正の値を示し、NDVI の偏回帰係数は須賀川、光大寺流域は正の値となり、西川流域は負の値を示した。

5. まとめ

本研究では、一級河川阿武隈川上流域を対象として、水収支の観点から森林域の蒸発散が河川流出に及ぼす影響を評価した。植生活動には SPOT 衛星の VEGETATION センサーから得られる NDVI の月最大値合成したデータを使用した。須賀川流域では、年間の流出率がほぼ一定であったが、西川、光大寺流域では蒸発効率の増加によって流出率は減少する傾向を示した。各流域において蒸発効率は降水量と正の相関を示し、植生活動の影響を受けることが明らかになった。

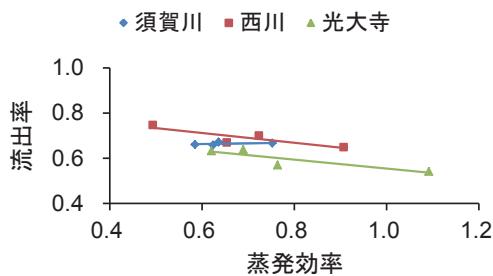


図-6 流出率と蒸発効率

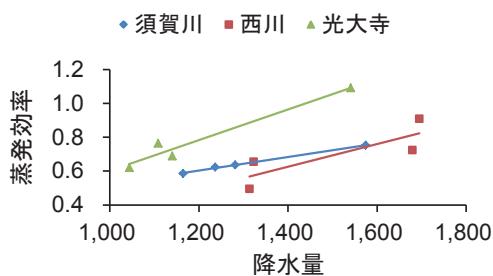


図-7 蒸発効率と降水量

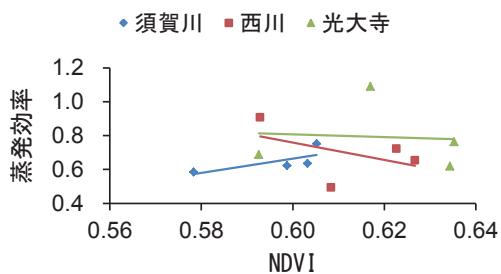


図-8 蒸発効率と NDVI

表-4 蒸発効率の重回帰分析の結果

	偏回帰係数		切片	重相関係数
	降水量	NDVI		
須賀川	0.00038	0.34	-0.06	1.00
西川	0.00062	-1.84	0.89	0.85
光大寺	0.00093	1.53	-1.29	0.99

参考文献

- 1) P. Maisongrande, B. Duchemin and G. Dedieu (2004):VEGETATION/SPOT: an operational mission for the Earth monitoring;presentation of new standard products, International Journal of Remote Sensing, Vol.25 (1), pp. 9-14.
- 2) 国土交通省, 水管理・国土保全:
http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/82020/82020-1.html
- 3) 国土交通省, 水文・水質データベース:<http://1.river.go.jp/>