

$$NDVI = \frac{\text{channel2} - \text{channel1}}{\text{channel2} + \text{channel1}}$$

NOAA の画像データの処理を行う。まず、画像の誤差を修正するのに Af_{in} 変換を行う。Af_{in} 変換は地点ごとに異なる誤差を均等配分し、再配列する変換で目安となる地点に地形からわかりやすい支笏湖・雄冬・苫前・朱鞠内湖・利尻・礼文・鶴川・十勝岳・大雪などの10カ所の地点のうちから確認のとれる4カ所を用いて変換を行う。衛星のメッシュデータを国土数値のデータに重ね合わせ石狩川流域の切り取りを行い植生ごとに抽出を行った。NOAA の画像データより式から石狩川流域と定山渓流域の NDVI の変化を図にした。

図4、5より両流域とも5、6月にかけて上昇し、7、8、9月にかけてピークが現れ、10、11月にかけて減少しているのがわかる。また、ピーク時の NDVI 値は石狩川流域よりも定山渓流域の方が高いことがとがわかる。図6より、針葉樹林と長草・笹混交林の変化が同様の傾向を示すことと広葉樹林が9月にピークとなっているのが認められる。図7では、水田・畑地・草地在7月まで同様に上昇しているが水田が9月になると畑地・草地と異なった下降を示している。これは、稲刈りによる植生の減少が原因と考えられる。図8より、通常水域は負の値で現れるはずであるが、今回はそうした結果が得られなかった。

3. 流域の水収支法による蒸発散量の推定

1992年から1996年間の定山渓ダム管理年報より流出量と降水量、水象月報より日平均気温、アメダス降水量データ(喜茂別・小金湯・赤井川)、定山渓ダム地点8カ所の降水量データを使用して流域水収支を推定した。水収支法による蒸発散の推定を行うために図9のフローチャートの手順で解析を行っていく。

● メッシュ降水量とメッシュ積雪量の推定

標高と定山渓ダム管理所の降水量の重回帰式から1kmメッシュの降雨量と降雪量を推定した。この際用いたデータはアメダス月降水量データ、定山渓ダム地点8カ所月降水量データと降水量データの地点標高、それに定山渓ダム管理所月降水量の3つを用い重回帰式(1)式を求めた。

$$Y = 0.106 \times X_1 + 0.675 \times X_2 + 19.574 \quad (1)$$

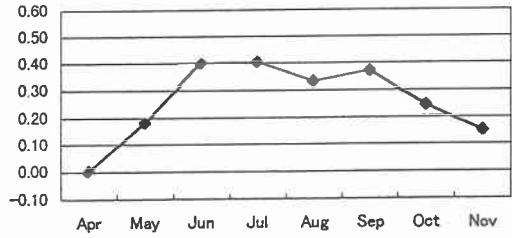


図4 針葉樹林のNDVIの季節変化
(石狩川流域)1994-1997平均

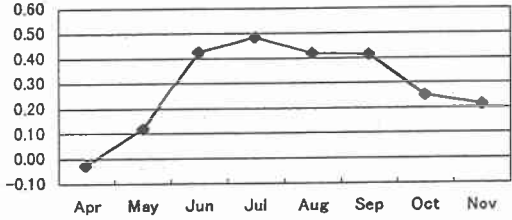


図5 針葉樹林のNDVIの季節変化
(定山渓ダム流域)1994-1997平均

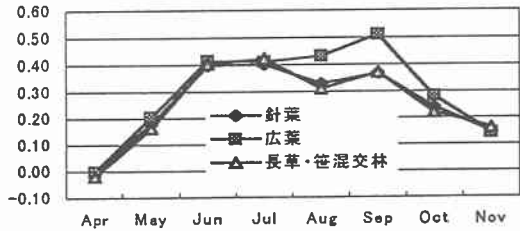


図6 森林のNDVIの季節変化
(石狩川流域)1994-1997平均

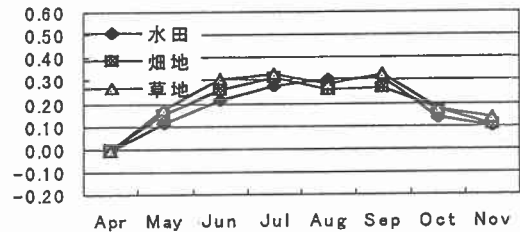


図7 水田・畑地・草地のNDVIの季節変化
(石狩川流域)1994-1997平均

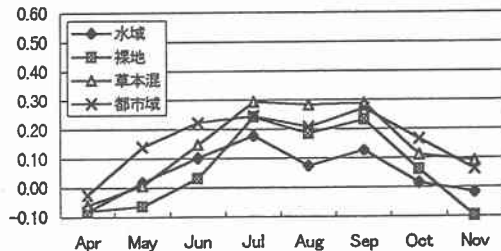


図8 水域・都市域・裸地・草地のNDVIの季節変化
(石狩川流域)1994-1997平均

ここで、 X_1 ：標高、 X_2 ：定山溪ダム管理所月降水量である。

次に(1)式を日平均降水量の推定式として用いるため、各月の降水日数 n で除したものを日平均降水量推定式とする。

$$y = 0.106n \times X_1 + 0.675 \times X_2 + 19.574/n \quad (2)$$

ここで、 n ；降水日数、 X_1 ；標高、 X_2 ；定山溪ダム管理所日降水量である。

(2)式よりメッシュの標高と定山溪ダム日降水量を代入しメッシュ数で除けば流域平均日降水量が推定できる。次に雨と雪の判別を行う。この際各メッシュの気温は定山溪ダム管理所の気温から100mあたり0.65℃の気温減率で補正をして求めている。各メッシュの気温が0度以上であれば雨、0度以下であれば雪と判別し(2)式より雨であれば降雨量、雪であれば降雪量となる。

- メッシュ降雪量を積雪水量(スノーサーベイ)に置換する

降雪量の推定精度は降雨量に比べて劣るため、ダム管理所で毎年実施されているスノーサーベイ¹⁾から得られた最大積雪水量の結果を用いる。すなわち降雪量と判定された結果をスノーサーベイで求められた積雪水量に置き換える。その結果を表1に示す。

- 降水量と流出量データの整理

上記の方法で求められた降水量と定山溪ダム管理年報より求められた流出量データを月ごとにまとめる。それを年度ごとにまとめる際に春水の影響が出ないようにするために水年データ(11月～翌10月)を用い降水量と流出量データを整理する。すなわち平成5年の結果は、平成4年の11月から平成5年の10月のデータを用いて求めたものである。

- 蒸発散量の推定

水収支法により、蒸発散を求めるには流域貯留量を無視し下式による。

$$E = R - Q \quad (3)$$

ここで E；蒸発散量、R；降水量、Q；流出量である。また、比較のために月平均気温で可能蒸発散量を Thornthwaite 法、Hamon 法によって求めてみた。その結果を表1に示す。

表1 水収支法による蒸発散量の推定結果

	降雨量	降雪量	積雪水量	スノーサーベイ 実施日	流出量	水収支* (メッシュデータ)	水収支** (スノーサーベイ)	Hamon	Thornthwaite
H4	993	831	968	H5.3	1407	417	554	446	455
H5	1085	889	1115	H6.3	1634	340	566	503	505
H6	1175	821	1000	H7.3.9	1564	432	611	468	490
H7	983	1049	1379	H8.3.11	1863	169	499	462	459
平均	1059	897	1116		1617	339	558	470	477

水収支* メッシュ降雪量使用 水収支** 降雪量をスノーサーベイデータに置換

表1より、降雪量を用いたの蒸発散量は可能蒸発散量より低く、積雪降水量を用いた蒸発散量は可能蒸発散量より多いことが確認された。平成7年度の降雪量と積雪水量が例年より大きい。また、比例するように

流出量も大きくなっていることが表1よりわかる。以上からこの4カ年の平均では森林域の蒸発散量は約560mmという結果となった。

4. NDVI からの蒸発散量の推定

本研究では NDVI と蒸発散量との間に相関があると仮定し、既存の方法によって流域全体の蒸発散量を求め、NDVI を用いて流域内での月別蒸発散量を求める。また、その過程において NDVI と蒸発散量との関係を明らかにする。ここでは(4)式を用いて蒸発散量の推定を行う。

$$E = k \times \sum NDVI \quad (4)$$

ここで、 E ；年蒸発散量 k ；係数である定山溪流域の各月の NDVI の和を求め水収支(スノーサーベイ)の蒸発散量を E とし係数 k を算出する。その結果は、 E が 558、NDVI の和が 2.321 となり、よって係数 k は 2.404×10^2 となった。この k 値を用いて定山溪ダム流域の針葉樹林の月ごとの NDVI を代入し月別蒸発散量を推定する。

$$E_m = 2.404 \times 10^2 \times NDVI_m \quad (5)$$

ここで、 E_m ；月蒸発散量 $NDVI_m$ ；月 NDVI である。その結果を2に示す。月蒸発散量を再現したところ図10より Thornthwaite 法の結果に近い図となった。Thornthwaite 法の結果と比較してみるとピーク時である7月までの上昇は表2の値で確認してもさほど違いはないが下降時の9月を過ぎてからは Thornthwaite 法の結果より多いことが図10及び表2よりわかる。また、石狩川流域全体では NDVI から針葉樹林からの蒸発散量は表2より492mmとなった。

表2 針葉樹林における蒸発散量の推定結果

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
定山溪	0	0	0	0	28	102	116	100	99	59	50	0	554
石狩川流域	0	0	0	0	43	95	96	79	87	57	35	0	492
Hamon	8	10	18	29	50	71	96	84	50	27	15	10	469.6
Thornthwaite	0	0	0	5	54	85	115	109	72	36	1	0	477.1

5. まとめ

本研究では、水収支法から蒸発散量の推定を行い、その蒸発散量と NDVI の比較により係数 k 値を求め石狩川流域の蒸発散量の推定を試みた。その結果 表2及び図10より NDVI と蒸発散量の関係から森林域の蒸発散量を指定した結果が Thornthwaite 法の結果に類似していることがわかった。

今後は精度を高めるために4年間のデータを10年間にのぼし、対象流域を定山溪流域だけでなく豊平峡の流域など増やすことによって精度を高めたい。また、今回は、針葉樹林だけとなったが広葉樹林の検討を行い森林域全体の推定を行う必要がある。

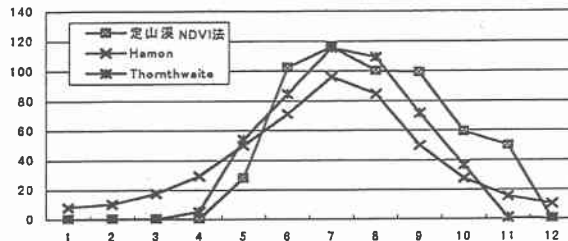


図10 月蒸発散量の推定結果 (定山溪ダム流域)1994-1997平均

参考文献

- 1) [財] 日本気象協会北海道本部、1997；直轄維持の内豊平川流域内 積雪包蔵水量検討業務報告書；pp.25
- 2) 建設省土木研究所、北海道土木開発研究所、1995；GERF 研究報告書 地球温暖化による水収支への影響評価に関する研究；pp.205~208