

II-16

ランドサットTMデータを用いた 常呂川流域の蒸発散量季節変化の推定

北見工業大学大学院 根田 聖児
北見工業大学工学部 正 員 佐渡 公明
北見工業大学工学部 正 員 中尾 隆志

1. はじめに

従来水文学の分野において蒸発散の研究は降水、流出に比べて活発ではなかった。しかし、水資源の有効利用や長期流出解析モデルへの導入などの観点から蒸発散の研究は最近多くみられるようになった。また、広域蒸発散については最近の地球温暖化との関連で今後益々重要になってくるものと思われる。

本論文は、ランドサットTMデータと国土数値情報標高メッシュデータを用いて、常呂川流域を対象に流域規模の広域の月蒸発散量を推定するものである。まず、ランドサットTMデータ(1989.5.19観測)と国土数値情報標高メッシュデータとを重ね合わせ、これらから常呂川流域を(1930km²)を切り出すことにより、250×250mを1画素とする常呂川流域の衛星及び標高画像を求める。次に常呂川流域の土地被覆分類と月平均気象資料を用い、積雪期に小島の式を非積雪期にMorton式を適用して、月蒸発散量の平均値と標準偏差を求め常呂川流域の蒸発散量季節変化を推定する。最後に、この常呂川流域の蒸発散量季節変化に対する土地被覆分類カテゴリー、土地開発、地球温暖化に伴う気温上昇の影響及び水収支の季節変化を検討する。

2. ランドサットTMデータと国土数値情報標高メッシュデータとの重ね合わせ

2. 1 TM画像と標高画像の重ね合わせ

ランドサット5号の場合、常呂川流域はパス106、ロー29のサブシーンCとパス106、ロー30のフルシーンに含まれている。これらから間引き率4で5枚の画像(1枚の画像は512pixel×400line)に流域が入るように切り出し、さらに、これらの画像を間引き率2で間引き1枚の画像に合成した。結局間引き率8の常呂川流域を含む1枚の画像が得られた。次に、ランドサットTMデータ解析用ソフトRemoto10を用いて真北が真上にくるようにアフィン変換による幾何補正を行った。この時、国土数値情報250mメッシュの標高画像と重ね合わせができるように1画素が東西11.25"、南北7.5"となるようなリサンプリング画像(400pixel×320line)をニアレストネイバー法により求めた。この結果、ランドサットTMデータと国土数値情報標高メッシュデータが1対1で対応したことになる。

2. 2 常呂川流域の切り出し

2. 1で得られたそれぞれの画像にデジタイザーを用いて読み込んだ常呂川流域の分水界をアフィン変換後に描かせ、ランドサットTMデータは流域外の輝度値を0、国土数値情報は流域外の標高を負とすることにより、1画素を250×250mとする常呂川流域のランドサットTM画像及び標高画像を求めた。

3. 常呂川流域の土地被覆分類

土地被覆分類は、Remoto10を用いて行った。手法については、教師データ付き分類手法の中のセル分類法を用い、重複部分については最短距離のカテゴリーに分類してある。分類項目は、市街地、住宅地、草地、水田、畑、裸地、森林、水域、雪の9種類である。表1がその結果である。観測日が5月19日のため上流山間部の標高600-700、700-800、800-1000、1000m以上の区間にそれぞれ雪が1、6、61、246画素存在していた。この

雪の部分は国土数値情報の植生分布データから融雪時には森林と判断できることから、後の月蒸発散量の計算のときには森林としている。面積割合は、森林が過半数を占め、次いで草地、畑となっている。

表1 常呂川流域の標高別土地被覆分類

標高(m)	市街地	住宅地	草地	水田	畑	裸地	森林	水域	雪	未分類	合計	割合(%)
1000 以上	0	0	181	0	0	3	338	0	246	224	1012	2.98
800-1000	0	0	322	0	0	0	1868	0	61	185	2436	7.16
700- 800	0	0	131	0	0	1	1920	0	6	47	2105	6.19
600- 700	0	0	167	0	0	0	2122	2	1	37	2329	6.85
500- 600	0	0	293	0	1	0	2867	11	0	47	2719	8.00
450- 500	0	0	289	0	6	0	1369	4	0	65	1733	5.10
400- 450	0	0	398	0	12	6	1449	5	0	144	2014	5.92
350- 400	0	3	477	0	43	23	1426	0	0	154	2126	6.25
300- 350	0	14	554	0	102	44	1233	2	0	163	2112	6.21
250- 300	4	39	664	0	123	26	1132	0	0	158	2146	6.31
200- 250	5	105	1005	3	277	52	1160	0	0	260	2867	8.43
150- 200	3	215	1093	2	381	72	1170	1	0	356	3293	9.68
100- 150	9	361	1106	37	520	87	864	1	0	401	3386	9.96
50- 100	60	412	726	28	446	71	439	1	0	309	2492	7.33
0- 50	6	131	407	43	197	40	200	0	0	209	1233	3.63
合計	87	1280	7813	113	2108	425	19057	27	314	2779	34003	100.00
割合(%)	0.26	3.76	22.98	0.33	6.20	1.25	56.05	0.08	0.92	8.17	100.00	

表2 常呂川流域の蒸発散量と流出率

	年蒸発散量 (mm/yr)	流出率 (%)
開 拓 前	497.6	34.4
現 状	519.8	31.4
宅地造成	272.9	64.0

4. 常呂川流域の蒸発散量季節変化の推定

4. 1 月平均気象データ

常呂川流域にある4ヶ所のアメダス観測所ー常呂(標高H=4m)、北見(H=84m)、境野(H=190m)、北見大和(H=325m)ーの1976~'88(13年間)と鹿の子ダム管理所(H=460.5m)の1984~'88(5年間)の月平均気象データを用いて、標高に対する月平均気温、風速、水蒸気圧の回帰直線を求め、1画素ごとの月平均気温、風速、水蒸気圧をそれぞれ推定した。月平均気圧は海面気圧と標高による推定式を用いた。月平均の全天日射量と雲量は北見アメダスの日照率を用いて推定し、雲量、水平面全天日射量は流域全体で一定とし、1/2画素(1画素を対角線で分割)ごとに斜面日射量を求めた。月平均アルベドについては、北見工業大学寒地気象観測システムの露場における実測値を草地に対するアルベドとし、その他のカテゴリーに対するアルベドは草地を1とする比率より決定した。月別流域平均降水量は、13観測所における1976~'88(13年間)のデータからティーンセン法を用いて常呂川流域の年平均降水量を758mmと求めた。

4. 2 月蒸発散量の推定

1画素ごとの蒸発散量の算定には、積雪期(月平均気温が負となったとき積雪ありとする)には雪面蒸発量を与える小島の式を用い、非積雪期には補完関係式の1つであるMorton式を用いた。市街地、住宅地の場合には草地に相当する浸透面積が蒸発散量に影響するため、本研究では植物の活力度を表すNVI(正規化植生指標)から浸透面積を算出した。このとき、草地のNVIを100とすると、市街地、住宅地のNVIはそれぞれ31, 41である。そこで、市街地には草地相当の浸透面積が31%含まれ、残りの69%が不浸透面とし、同様に、住宅地の場合は浸透面、不浸透面をそれぞれ41%, 59%と仮定し

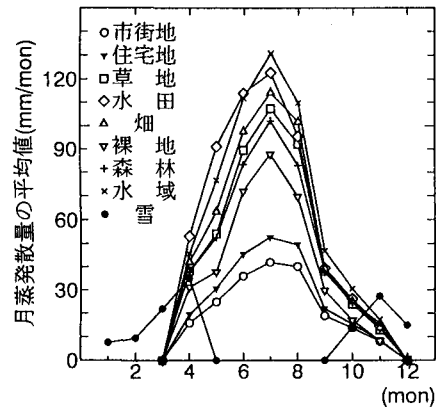


図-1 土地被覆別の月蒸発散量の平均値

た。不浸透面の流出率は、0.9と仮定した。

図-1, 2は常呂川流域における土地被覆別の蒸発散量季節変化を、月蒸発散量の平均値と標準偏差を用いて表している。図-1を見ると、いずれの категорияも蒸発散量の平均値は、7月をピークとする左右ほぼ対象的な年変化を示している。また、アルベドが小さい категорияほど蒸発散量の平均値は大きくなっていることが分かる。図-2の月蒸発散量の標準偏差をみると、夏期の森林、草地の活力度のばらつきが大きいこと、また水域以外のどの категорияも8月に活力度の違いが最も大きいことが分かる。

図-3は月蒸発散量の平均値と標準偏差の相関図であるが、両者は正の相関を示し、平均値が大きいほど標準偏差も大きくなることが分かる。

図-4は蒸発散量の季節変化に対する土地開発の影響を示している。図-4、表2より、仮に常呂川流域が開発される前(草地、水域以外の全画素が森林)であったとすると、年蒸発散量が現在より22.2mm増え、流出率は現状より3.0%小さかったと予想される。逆に、宅地造成後(市街地、水域以外の全画素が住宅地)を仮定すると現状に比べて不浸透域が増え、年蒸発散量が224.7mm減り、流出率は29.6%増えたと予想される。標準偏差については図は省略するが、開発前では、標準偏差の大きい森林が20%しか増えないので、現状とほぼ同じ値となっている。宅地造成後は、標準偏差の大きい森林、草地が標準偏差の小さい住宅地に96%もかわるので、現状と比べ標準偏差はかなり減少している。

図-5は、 r (月平均降水量)、 q (月平均流出高)、 $q + E$ (月平均流出高+月平均蒸発散量)を表したものであるが、春期には冬期に積雪として貯留された降水が大量の融雪水として流出し、夏期には降水量より蒸発散量の方がかなり多く流出高が減り、渇水期をむかえていることが分かる。また、9, 10月には、 $q + E$ より降水量の方がかなり多くなっており、土壌水分や地下水として貯留されていることが分かる。1年間の合計値を示すと、 $r=758\text{mm/yr}$ 、 $q=412.8\text{mm/yr}$ 、 $E=497.6\text{mm/yr}$ となる。計算値の蒸発散量(E)より実測値の蒸発散量($r - q$)がかなり多くなってしまった。この原因としては色々なことが考えられるが、現段階でははっきりしておらず、今後原因の解明を検討していく必要がある。

図-6は地球温暖化により気温が現状より一様に2、 図-4 蒸発散量季節変化に対する土地開発の影響

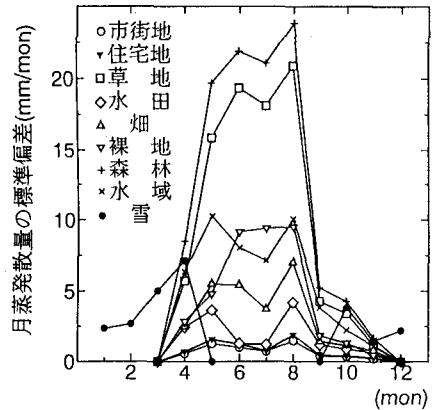


図-2 土地被覆別の月蒸発散量の標準偏差

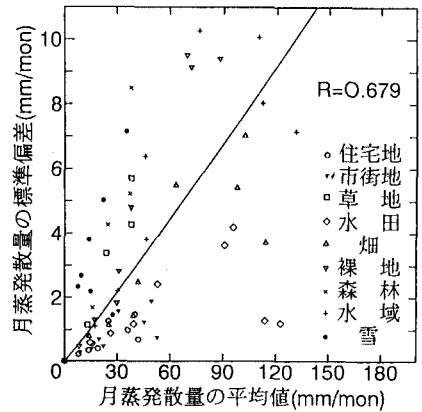
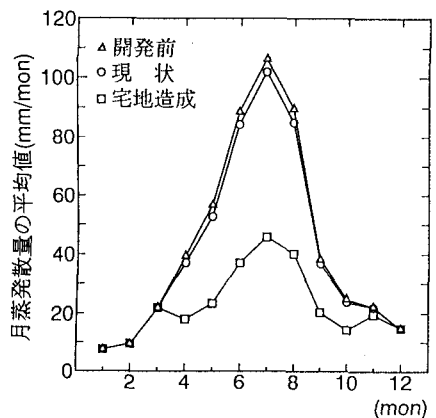


図-3 土地被覆別の月蒸発散量の平均値と標準偏差との相関



4℃上昇した場合の影響を示している。気温上昇に伴う蒸発散量の増加は夏期で大きく、特にピークとなる7月では2.4℃の上昇に対し現状より各々6, 12mm/monの増加である。標準偏差については省略するが6, 7, 8月で増加量が大きく約2~5mm/monの増加である。

5. 結論

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 補完関係式としてMorton式、雪面の蒸発量算定式として小島の式を用いて、常呂川流域の月平均実蒸発散量を求め、年平均蒸発散量は497.6mmと得られた。この蒸発散量の年変化は、夏期に大きく冬期に小さい7月をピークとするほぼ対称形となる。
- 2) 常呂川流域における土地被覆別の蒸発散量季節変化を月蒸発散量の平均値、標準偏差の形で推定できた。特に、アルベドの小さい水域、水田、森林、草地、畑で蒸発散量が大きく、不浸透面を有する市街地と住宅地で蒸発散量が小さい結果となった。
- 3) 常呂川流域実蒸発散量季節変化に対する土地開発の影響は、宅地造成の場合に月平均値が著しく減少し、さらに気温上昇の影響については、7月が最も顕著で2℃の上昇に対し月平均値が6mm/monの増加となった。
- 4) 常呂川流域において、降水、流出、蒸発散という水文サイクルを考慮した水収支の季節変化を推定することができた。

謝辞

本研究は平成4年度財団法人北海道河川防災研究センターの研究助成を受けて遂行された。ここに記して感謝する。

<参考文献>

- 1) 小島賢治：融雪機構と熱収支，気象研究ノート，No.136，pp.1-38，1979.
- 2) Morton, F. I.: Estimating evapotranspiration from potential evaporation: practicality of an iconoclastic approach, J. Hydrol., Vol.38, pp.1-32, 1978.
- 3) Ktoda, K.: Estimation of river basin evapotranspiration, Environmental Research Center Papers Univ. Tsukuba, No.8, pp.24-26, 1986.
- 4) 建設省監修：下水道施設設計指針と解説，日本下水道協会，pp.40-44，昭和50年
- 5) 大槻恭一他：気象試料から推定したわが国の蒸発散量－実蒸発散量推定に関する研究(3)－，農土論集，No.112，pp.25-32，1984.
- 6) 宇宙開発事業団 地球観測センター編：地球観測データ利用ハンドブック－ランドサット編・改訂版－(財)リモート・センシング技術センター，pp.6-3~6-5，昭和61年

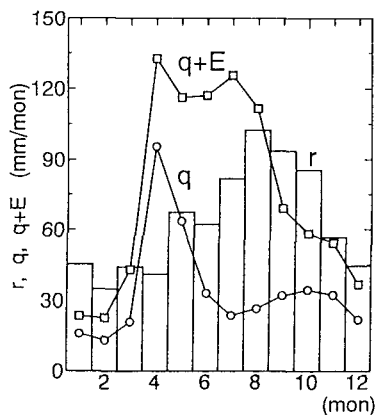


図-5 月平均の r , q , $q + E$

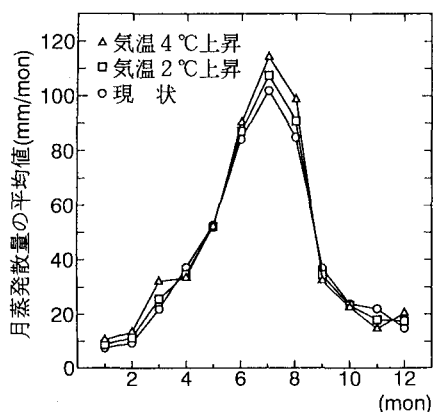


図-6 月蒸発散量の平均値に対する
気温上昇の影響