

地球温暖化による豪雪地域の水循環 過程の変化に関する研究

金沢大学自然科学研究科 正会員 宇治橋康行
金沢大学大学院工学研究科 学生 望 月 真
金沢大学工学部学生 松元香保里

1. はじめに 産業革命以来人類の石化燃料の使用量は増え続け、これに伴い地球上の CO_2 濃度も増加し続けている。 CO_2 は温室効果を持つ気体であり、近年 CO_2 の増加による地球規模の気候変動、特に地球温暖化に関するシミュレーションがGCM(大気大循環モデル)を用いて行われ、その防止対策について世界的に論議されている。本研究では現在公表されている代表的なGCMアウトプットを用い、地球温暖化により豪雪地帯の水循環過程がどのように変動するかを検討した。

2. 対象流域および解析方法 解析対象流域は石川県南西部に位置し、標高2700mの白山を水源に持つ手取川ダム流域($A=247.2\text{ km}^2$)である。流域の年降水量は4000mmを越え、その20~50%が降雪である。解析は表-1に示す9種類の温暖化シナリオ(季節変動無しシナリオ5種類、季節変動を考慮したシナリオ4種類)を用い、各シナリオによる気温、降水の変化を考慮した流出解析を行い、現況、すなわち温暖化の無い場合との流況、積雪域等の変化について検討した。解析には1990年12月~1991年10月までのデータを基準データとして用いた。流出解析には筆者らの分布型融雪モデルと分布型流出モデルであるメッシュタンクモデルを用いた。

3. 解析結果 計算結果を図-1、図-2および表-2に示す。図-1は季節変動を考慮した4つのシナリオを用いた計算結果と温暖化の無い場合の累積流出量を比較したものである。図を見ると温暖化した場合としない場合では20日頃(12月20日)から120~150日頃

表-1 解析に用いた温暖化シナリオ

	$\begin{smallmatrix} 1, 2 \\ \Delta T \\ \Delta P \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 3, 4, 5 \\ \Delta T \\ \Delta P \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 6, 7, 8 \\ \Delta T \\ \Delta P \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 9, 10, 11 \\ \Delta T \\ \Delta P \end{smallmatrix}$
GFDL/UMKO	5 +10	4.5 +10	4 +10	4.5 +10
GISS	3 0	3 -5	3 -10	3 -5
NCAR	5 0	4 +10	3 +20	4 +10
CCC	3 -20	3 -20	3 -20	3 -20
(3, -10)	3 -10	3 -10	3 -10	3 -10
(3, -5)	3 -5	3 -5	3 -5	3 -5
(3, 0)	3 0	3 0	3 0	3 0
(3, +5)	3 +5	3 +5	3 +5	3 +5
(3, +10)	3 +10	3 +10	3 +10	3 +10

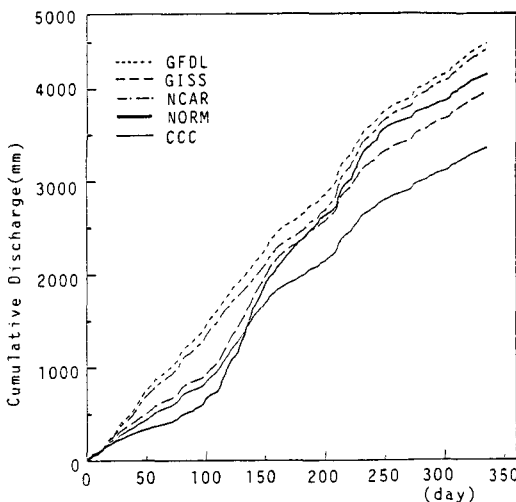


図-1 温暖化による流況変化(季節変化有り)

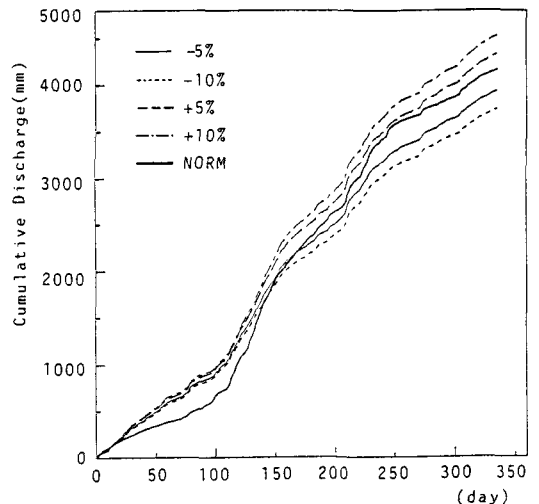
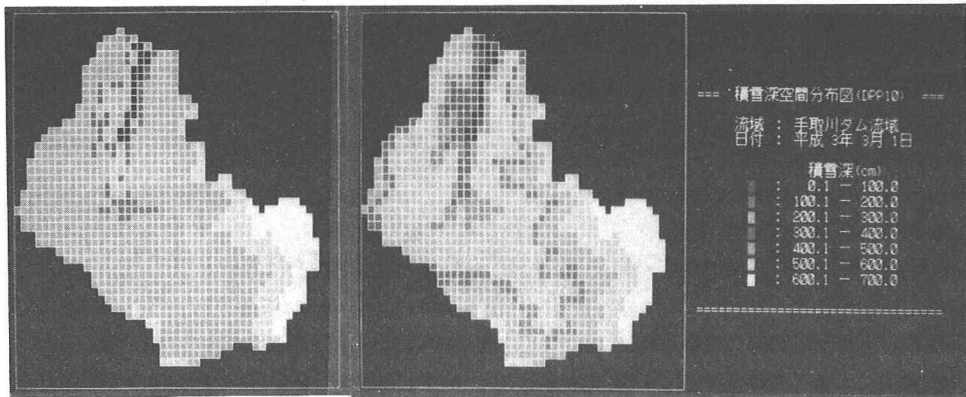


図-2 温暖化による流況変化(季節変化無し)



(a) 現況

(b) 温暖化した場合 ($\Delta T = 3^{\circ}\text{C}$ 、 $\Delta P = +10\%$)

図-3 積雪深の空間分布の比較

表-2 温暖化シナリオの違いによる流況変化の比較

流 出 量 (m ³ /s)										
(Δ T, Δ P)		1 位	2 位	3 位	30 位	50 位	95 位	185 位	275 位	
シ ナ リ オ	季 節 変 動 な し	(0, 0)	183.88	175.36	158.13	82.77	63.63	42.00	22.55	12.50
		(3, -10)	126.12	96.45	88.47	59.65	52.64	39.66	24.52	15.42
		(3, -5)	133.39	102.00	95.73	63.75	55.51	41.17	25.75	16.02
		(3, 0)	140.54	107.52	102.63	66.09	59.94	43.09	26.72	16.42
		(3, +5)	147.81	113.07	110.44	70.50	64.46	44.92	28.21	17.11
		(3, +10)	155.02	118.59	116.93	73.36	66.26	47.07	29.18	17.62
	G C M	GFDL/UKMO	154.07	117.62	112.07	66.44	55.25	46.44	34.19	19.94
		GISS	126.86	100.94	97.19	64.98	57.94	41.11	26.06	15.79
		NCAR	167.02	127.43	116.96	62.54	53.93	44.66	32.45	20.37
		CCC	111.55	85.15	78.08	51.61	48.04	35.33	22.63	13.96

ΔT : 気温変化量 ($^{\circ}\text{C}$), ΔP : 降水量変化率 (%)

(4月から5月)、すなわち降積雪期および融雪期、の流況にもっとも顕著な差が見られ、温暖化した場合のほうが流量が大きくなっている。これは従来流域の高度の低い地域で降雪であったものが温暖化により降雨に変わり、流域に雪の形で貯留されることなく早く流出してくることおよび気温の上昇により融雪が早くなったためである。気温上昇の大きいGFDLおよびNCARでは気温上昇幅の少ないシナリオであるCCC、GISSよりこの時期の流出が多い

ことから分かる。積雪、融雪期以外の流況は、降水の割り増しに対応して増減しており、温暖化による蒸発散の影響はほとんど現れていない。図-2は季節変化の無い4種類の温暖化シナリオによる計算結果と現況を比較したものであり、この場合も季節変化のある場合のシナリオと同様、降積雪、融雪期の流況に大きな変化が見られ、温度上昇幅が同じであるため降水の割り増し率にほとんど関係なく同じような流況となっていることが分かる。降水の割り増し率の差は融雪の末期頃から現れ始め、総流出量はほぼ降水の割り増し率と同じだけ増減する。図-3は3月1日の現況(計算)と $\Delta T = 3^{\circ}\text{C}$ 、 $\Delta P = +10\%$ の場合の積雪深の空間分布の変化を示したものであり、この図からも標高の低い部分で積雪が減少していることが分かる。しかし、標高の高い部分ではほとんど変化はみられない。また、表-2から分かるように、年最大流量を始め流量の大きいところでは温暖化することにより流量が減少し、下位の小さい流量は現状より増加し、この流域では流況が改善されているように見える。今後は解析例を増すとともに実流域での水需要を調査し、利水安全度の変化についても検討していく予定である。