

温暖化による渇水の頻度・規模及び利水安全度の変化に関する研究

岐阜大学工学部 正会員 宝 馨
(財)日本気象協会 牧 宏幸
岐阜大学工学部 学生員 ○岡田 裕

1 はじめに

本研究では、いくつかの地球温暖化シナリオを設定し、それらのもとで河川流域において発生する渇水の頻度、規模等の分析を行い、シナリオに応じて利水安全度がどのように変化するか検討する。

2 方法

対象流域は琵琶湖南部の野洲川流域とし予測期間を2030年までとする。この流域を選んだ理由は、降雪が少ないこと(流出計算には融雪出水は考慮しない)と、この流域の温暖化シナリオを考慮にいた将来(2000～2030年)の予測流量データ¹⁾が入手できるためである。このデータは野洲川流域にタンクモデルを設定し、1963年から1980年(N=18)までの降雨データをもとに多数回計算したものである。温暖化シナリオを設定するにあたっては、気温変化が1991年から2030年まで線形的に増加するものとし2030年の時点で $\Delta T=+3^{\circ}\text{C}$ とし、降水量も気温変化に伴って線形的に増加するものとして $\Delta P=-10\sim+10\%$ とする。その中で温暖化シナリオを5種類を設定し、温暖化しない場合($\Delta T=0, \Delta P=0$)と共に1991年から2030年までの10年ごとの分析を行って渇水の生起頻度、期間長、期間内最大不足量、総不足量などの利水安全度指標について、その平均値、分布などを導きだす。本研究では特に安全度評価の視点の違いにより表-1のように分類された指標について検討する。

表-1 (文献²⁾を参考に作成)

分類	表現内容	利水安全度指標	定義
渇水の頻度を表す指標	第1群 <頻度>	(1)渇水の発生頻度	渇水の発生頻度= n/T T=計算対象年数 n=基準流量 Q^* を下回った回数
渇水の程度を表す指標	第2群 <長さ>	(2)基準流量不足発生日数	基準流量不足発生日数=D/T D=基準流量 Q^* を下回った日数
	第3群 <大きさ>	(3)総不足量 (4)不足%・日	総不足量= $1/T \times \sum (Q^* - Q_i) \times 86400$ Q_i =i日の流量 但し、 $Q^* - Q_i \geq 0$ 不足%・日= $\sum S_i$ $=1/T \times \sum \frac{Q^* - Q_i}{Q^*} \times 100$ 但し、 $Q^* - Q_i \geq 0$ S_i =i日における不足率
	第4群 <厳しさ>	(5)最大不足率 (6)渇水被害関数	計算対象期間中の不足率 S_i の最大値 (不足%) ² ・日= $1/T \times \sum S_i^2$ $=1/T \times \sum \left\{ \frac{Q^* - Q_i}{Q^*} \times 100 \right\}^2$

3 結果と考察

温暖化なし($\Delta T=0$, $\Delta P=0$)の場合と5つの温暖化シナリオの場合について、各安全度指標について比較検討した。計算結果及び各温暖化シナリオの場合と温暖化しない場合との比を表-2に示した。

(1) 渇水の発生頻度 全体的にそれぞれのシナリオによる発生頻度の差は比較的小さい。2030年で見ると温暖化しない場合(NONWARMING)に比べて温暖化した場合では最高1.72倍の頻度になることが予測される。しかし温暖化しても降水量が10%増加すれば温暖化しない場合とほとんど変わらない頻度になることも分かる。

(2) 基準流量不足発生日数 上記の発生頻度に比べると各シナリオによる影響の違いは比較的大きく現れている。年毎に温暖化しない場合と各温暖化シナリオの場合と比較すると2000年では最高でも1.4倍であるにもかかわらず2030年では最高2.4倍の日数が基準流量を下回ることが分かる。しかし温暖化しても降水量が10%増加すれば温暖化しない場合よりも規準流量を下回る日数は減少することが分かる。

(3) 総不足量 ここでも各温暖化シナリオによる違いはかなり大きい。温暖化した場合の総不足量が温暖化しない場合に比べて2000年においては1.94倍でしかなかったが2030年では7.59倍にもなっている。また10%の降水量増加があれば温暖化しても総不足量は減少することが分かる。

(4) 不足%・日 この指標は温暖化する場合としない場合の比率において、上記の総不足量と同じ結果が得られている。温暖化なしの場合一日あたり4%程度の不足率であるが2030年において $\Delta T=3$ 、 $\Delta P=-10$ のとき10891%・日であり一日あたり約30%の不足率となる。

(5) 最大不足率 現状では40%の最大不足率であるが、 $\Delta T=3$ 、 $\Delta P=-10$ の場合では2030年には100%近い不足が生じる(つまりほとんど流量がなくなる日が生じる)。また10%の降水量の増加があれば温暖化しても不足率は最大でも26%におさえられることも分かる。

(6) 渇水被害関数 (不足%)²・日で表す。不足率を二乗することにより渇水の度合いをより大きく評価する指標であるため6種類の指標の中でも各温暖化シナリオによる影響が最も顕著に現れている。温暖化しない場合との比率は2000年では最高で2.45倍であるにもかかわらず、2010年以降の最高値は10倍以上、特に2030年では20倍近くの値になっている。

参考文献

- 宝 馨・小尻利治・牧宏幸・B.L. TAN: 温暖化による流域水文応答変化に関する検討, 水文・水資源学会 1991年研究発表会要旨集, pp.138～141。
- 山内彪: 利水安全度指標について, 水文・水資源学会誌, 第3巻2号, 1990, pp.3～8。

(1)	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
NONWARMING	8.9	6.5	6.9	7.7	1.00	1.00	1.00	1.00
$\Delta P = -10$	11.7	12.6	12.2	12.1	1.32	1.92	1.77	1.58
$\Delta P = -5$	11.1	12.5	12.8	12.8	1.25	1.91	1.86	1.67
$\Delta P = 0$	10.5	10.8	12.7	13.2	1.18	1.65	1.85	1.72
$\Delta P = +5$	9.6	8.8	10.4	11.2	1.08	1.34	1.51	1.46
$\Delta P = +10$	9.7	6.8	7.2	8.1	1.09	1.04	1.04	1.06

(2)	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
NONWARMING	134	98	98	112	1.00	1.00	1.00	1.00
$\Delta P = -10$	191	224	262	268	1.43	2.29	2.67	2.39
$\Delta P = -5$	177	201	243	247	1.32	2.05	2.48	2.21
$\Delta P = 0$	164	169	210	219	1.22	1.72	2.14	1.96
$\Delta P = +5$	150	134	158	172	1.12	1.37	1.61	1.54
$\Delta P = +10$	134	97	96	107	1.00	0.99	0.98	0.96

(3)	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
NONWARMING	99375	554808	704885	779811	1.00	1.00	1.00	1.00
$\Delta P = -10$	1939860	2596580	4595580	5922520	1.94	4.68	6.52	7.59
$\Delta P = -5$	1858580	1932170	3434270	4384530	1.66	3.48	4.87	5.62
$\Delta P = 0$	1429580	1348240	2327140	2930870	1.43	2.43	3.30	3.76
$\Delta P = +5$	1201210	897984	1356980	1682730	1.20	1.62	1.93	2.16
$\Delta P = +10$	994110	542792	683513	739040	0.99	0.98	0.98	0.95

(4)	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
NONWARMING	1838	1020	1296	1434	1.00	1.00	1.00	1.00
$\Delta P = -10$	3567	4778	8451	10891	1.94	4.68	6.52	7.59
$\Delta P = -5$	3050	3553	6315	8062	1.66	3.48	4.87	5.62
$\Delta P = 0$	2629	2479	4279	5389	1.43	2.43	3.30	3.76
$\Delta P = +5$	2209	1651	2495	3094	1.20	1.62	1.93	2.16
$\Delta P = +10$	1828	998	1275	1359	0.99	0.98	0.98	0.95

(5)	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
NONWARMING	50.54	25.07	41.58	39.99	1.00	1.00	1.00	1.00
$\Delta P = -10$	59.58	68.11	81.35	97.00	1.18	2.72	1.96	2.43
$\Delta P = -5$	57.15	52.28	71.09	83.79	1.13	2.09	1.71	2.10
$\Delta P = 0$	54.62	46.00	60.42	68.23	1.08	1.83	1.45	1.71
$\Delta P = +5$	52.33	41.09	48.37	54.83	1.04	1.64	1.16	1.37
$\Delta P = +10$	50.05	24.73	39.97	25.96	0.99	0.99	0.96	0.65

(6)	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
NONWARMING	2120460	675577	1237110	1457030	1.0	1.0	1.0	1.0
$\Delta P = -10$	5194320	6991800	18521700	27678800	2.4	10.3	15.0	19.0
$\Delta P = -5$	4120050	4455830	11955700	17044500	1.9	6.6	9.7	11.7
$\Delta P = 0$	3404920	2579170	6569180	9383160	1.6	3.8	5.3	6.4
$\Delta P = +5$	2689420	1447710	3203000	4138490	1.3	2.1	2.6	2.8
$\Delta P = +10$	2077690	626851	1101650	994099	1.0	0.9	0.9	0.7

表-2