

気候変動による気温上昇と降水量変動の国内水収支への影響に関する考察

(株) エイト日本技術開発 正会員 中村徹立

中央大学大学院 学生会員 ○並河奎伍

中央大学研究開発機構 フェロー会員 山田 正

1. 目的

気候変動により、渇水リスク¹⁾の増加が懸念される国、地域があり、気候変動による気温上昇、降水量変動の国内の水収支への影響の傾向を検討する。

2. タンクモデルによる水収支

図1、(1)、(2)、(3)式のタンクモデルにより GWL(全球平均気温上昇) 2℃前後の日雨量、月平均気温²⁾を入力して、流域面積 100km²のモデル流域において通年の水収支を計算し、GWL2℃前後の流量差を算定する。

流出(浸透)量($\frac{\text{mm}}{\text{日}}$) = 流出(浸透)係数 × 流出(浸透)水深(mm) ・ ・ (1)

当日タンク水深H (mm) = 前日タンク水深H' (mm) + 降水量(mm/日) - 蒸発散量(mm/日) - 流出・浸透量(mm/日) ・ ・ (2)

河川流量 = 流出・浸透量($\frac{\text{mm}}{\text{日}}$) × 流域面積 - 取水量 × 還元率 ・ ・ (3)

現況渇水年は、ハード、ソフトの渇水対策で維持流量が確保されていて、GWL2℃前後で河川維持流量は変化しないと仮定し、GWL2℃後の維持流量からの不足量を算定する。気候変動の用水需要への影響は明らかでないため上水モデルの生活用水使用量及び農水モデルの水田用水需要の気候変動による変化は無視した。表1、図2のとおり GWL2℃後の年平均降水量は東日本1.1倍、西日本1.0倍とし、春期、夏期、冬期の代表少雨年について、GWL2℃前後の水収支解析を行う。図3のとおり地表地被率が高く流出係数1の土地利用は不透水で、降雨後すみやかに地表は乾燥し、気温上昇による蒸発散量の増加はないと考えられる。流出係数が小さく浸透しやすい土地利用は気温上昇で最大限の蒸発散量の増加となるため、流出係数と蒸発散率は図3の線形関係を仮定した。図5のモデル流域の年間流量波形は図4の実績波形⁴⁾と同様の特性となるように、タンクモデルの係数を同定した。維持流量を下回った場合が渇水状態ある。北海道モデルは気温上昇が大きいため、夏期の蒸発量差が多く融雪終了から秋期まで渇水リスクが高まる。

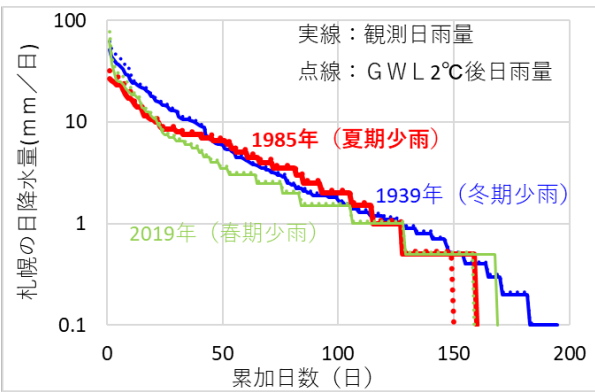


図2. 札幌のGWL2℃前後の日降水量

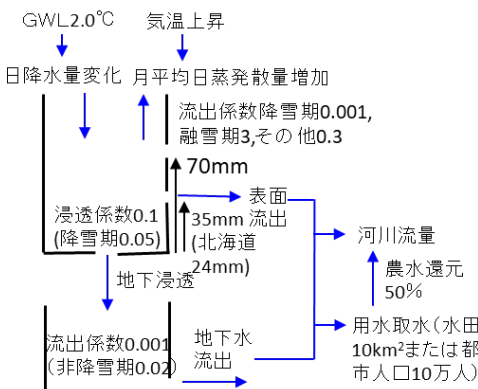


図1. タンク水収支モデル

表1. 水収支解析のケース

	現況	GWL 2℃		
日雨量	春期（2～5月）， 夏期（6～9月）， 冬期（10～翌1月）の雨量の少ない渇水年を抽出	現況比率	東日本	西日本
		上位10日	1.2	1.1
		降雨日の下位10日	0.0	0.0
		年平均(上下位除く)	1.1 (1.04)	1.0 (0.93)
気温	渇水年の月平均気温	現況に北海道3℃,東北2.5℃,関東以西2℃を加算		
初期水位	解析最終水位と概ね一致する初期水位を設定			
同定	タンクモデルの係数は,計算結果の流量波形が地域の実績流量波形と傾向が一致するよう同定			

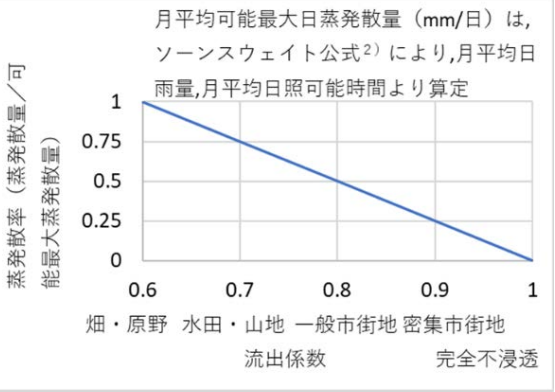


図3. 流出係数と蒸発散率の関係

キーワード：気候変動, 水収支, 渇水リスク, タンクモデル, 蒸発散, 降水量変動 連絡先：〒164-8601 東京都中野区
本町 5-33-11 エイト日本技術開発 TEL03-5341-5160, e-mail：CZC10765@nifty.com

3. 実績流量のGWL2℃による蒸発散量、日降水量補正

現況の実績日
流量から(4)式
により GWL2℃
前後の降水量
差、蒸発散量差
を引いて、GWL
2℃後の日流量
を算定する。

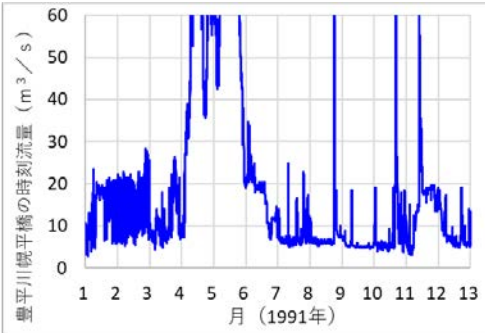


図4. 石狩川水系豊平川の時刻流量

流域平均雨量は、分割流域内の雨量観測所の日雨量の
単純平均値を、分割流域面積の荷重平均で算定する。

$$GWL2℃後基準点日流量Q' = 現況基準点日流量Q + (日平均流域平均雨量の増加量\Delta R - 蒸発散率\alpha \times 月平均日蒸発散増加高\Delta E) \times 有効流出率F \times 基準点流域面積A \cdots \cdots (4)$$

$$有効流出率 = 維持流量以下の年総流量 / (年総雨量 - 年蒸発散量 \times 蒸発散率) / 流域面積 \cdots \cdots (5)$$

維持流量以上を洪水時の無効流出とし、維持流量以下の有効
流出の GWL2℃後の変化量を(4)、(5)式により算定し、維持
流量以下を渇水と評価する。有効流出率は GWL2℃前後で変
化しないと仮定する。東日本は降水量の増加により蒸発散
量の増加の影響が軽減される。図6のとおり西日本は年降
水量の増加なしとし、渇水時は蒸発散により 44m³/s の流量
減少となる可能性がある。これは、淀川流域の夏期気温が
高く蒸発散量の増加が大きいこと、常時の降水量は減少を
想定していること、有効流出係数が大きいためである。

4. 考察

上記の水収支解析を農業用水及び上水
の全国地域で実施した結果を表2に示す。
地表被覆率の低い農業用水流域は蒸発散
率が高く、東海関東では GWL2℃による降
水量の増加よりも夏期の蒸発散量の増加
が多く、夏期の渇水リスクが高まる。地
表被覆率の高い上水流域は蒸発率が低く、
東日本では降水量の増加により蒸発散量
の増加の影響が軽減される。高緯度の北
海道・東北は気温の上昇が大きいため、
また、西日本は年降水量の増加が想定さ
れないため、渇水リスクが高まると想定
される。

参考文献

1) IPCC : 6th assessment report, WG II, chapter11, pp. 1554, 2022. 2) 気象庁 : 過去の気象データ・ダウンロード
3) 国土技術政策総合研究所 : 水循環解析モデルの構築, PP. 23, <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0883pdf/ks088308.pdf> (2023/03/10 参照) 4) 国土交通省 : 水文水質データベース,
5) 国土交通省河川局河川環境課 : 正常流量検討の手引き(案), pp. 66, 平成 19 年 9 月

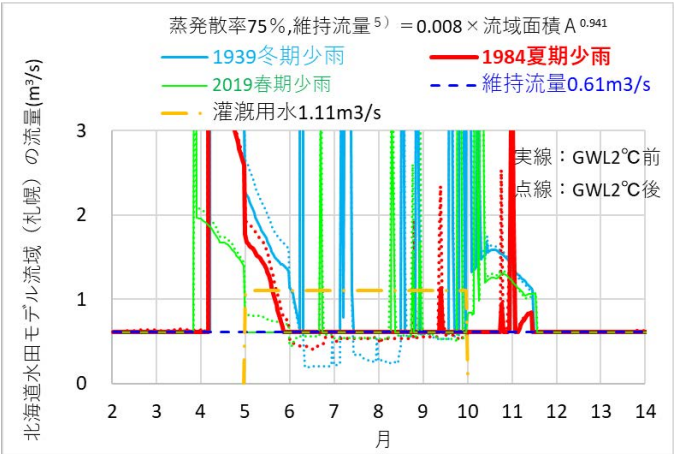


図5. GWL2℃前後の流量(北海道,農水モデル)

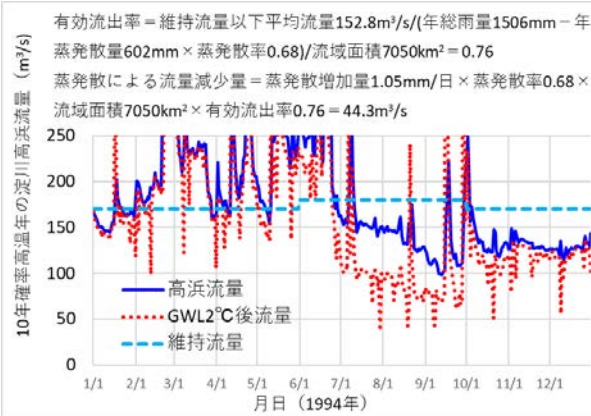


図6. 淀川のGWL2℃前後の日平均流量

表2. GWL 2℃の水収支への影響

	タンクモデル(上水)	タンクモデル(農水)	実績流量の降水,蒸発散量補正モデル
北海道	夏期・秋期の蒸発散量の増加により,夏期・秋期渇水のリスクが高まる(0.4~1.4)	気温上昇が大きいため,融雪出水終了から秋期まで渇水リスクが高まる(0.6~1.9)	冬期はGWL 2℃後も気温零下で蒸発散量が増加しないため,冬期渇水リスクは増加しない
東海関東	地表被覆により蒸発散率が小さく,年間降雨パターンが変化しなければ降雨倍率1.1により秋期から冬期に若干渇水リスクが高まる(0.2~0.7)	農地は蒸発散率が高く,夏期蒸発散で特に夏期に渇水リスクが高まる(1.0~1.5)	降雨倍率1.1により降雨時流量は増加するが,無降雨時の蒸発散量増加により,渇水リスクは高まる.降雨倍率1.1をダムで貯留し,渇水時に補給できれば渇水リスクを緩和できる可能性がある
西日本	年降雨倍率1.0のため,降雨の少ない冬期に渇水リスクが高まる(0.0~0.8)	年降雨倍率1.0のため,灌漑期及び降雨の少ない冬期に渇水リスクが高まる(0.3~0.9)	梅雨後の夏期に渇水リスクが高まる
沖縄	年降雨倍率1.0で,通年で蒸発散量が増加するため,通年で渇水リスクが高まる(1.5~2.5)	農地は蒸発散率が高く,春期から冬期に渇水リスクが高まる(2.9~6.7)	灌漑期に渇水リスクが高まる

タンクモデルのカッコ内数字は,小雨年のGWL2℃後の維持流量以下の不足量 (百万m³/100km²)