

地下水取水を考慮した全球陸域水循環モデルの評価 Validation of Global Land Surface Model Considering Groundwater Withdrawal

○塩尻大也・田中賢治・田中茂信・浜口俊雄

○Daiya SHIOJIRI, Kenji TANAKA, Shigenobu TANAKA, Toshio HAMAGUCHI

This study aims to verify the validity of the hydrological model, which consists of land surface model (SiBUC) and river routing model (Kinematic-wave), and calculates global water scarcity and groundwater depletion. Water stress is expressed as the ratio of water demand excess to total water demand, and groundwater depletion is calculated as integrated value of the difference between groundwater withdrawal demand and groundwater recharge amount that is assumed to be a part of the base flow component of the land surface model. Validation is conducted by using GRDC river discharge data and terrestrial water storage (TWS) variations data observed by the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE), and the comparison with other models.

1. はじめに

近年世界の人口は急激に増加しており、また経済も著しく発展している。それに伴い水需要も大きくなっており、今後さらに増加する水需要を満たすことのできる水資源管理を行うことは重要な課題である。そこで本研究において、補正された解像度 20km の GCM 出力値を気象強制力として全球陸域水循環解析を行い、水の逼迫度合いと地下水資源量の変化について解析した。解析期間は現在気候の 1979-2003 年である。また解析結果に対する検証を行うことでモデルの妥当性について評価を行った。

2. 解析手法

本研究において使用したモデルの概要図を図 1 に示す。

本モデルは陸面過程モデル SiBUC¹⁾(Simple Biosphere Model including Urban Canopy)と流出モ

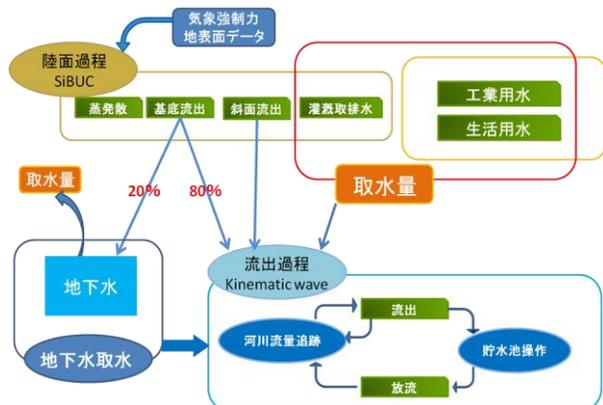


図 1 モデル全体像

デル Hydro-BEAM²⁾を結合させたものである。陸面過程モデル SiBUC は鉛直方向の水収支の解析に適しており、その出力である表層・基底流出を引き継ぎ変数とすることで流出モデル Hydro-BEAM と結合し、空間的・時間的な拡がりを持った解析を行うことができる。ただし流出過程では Kinematic-wave 式を用いた河川流量追跡のみを行っている。

流出過程において取水量変数として農業・工業・生活用水を扱う。農業用水需要量としては SiBUC の出力である灌漑要求水量を用い、工業・生活用水は AQUASTAT より得た国別データを GPW により提供されるメッシュ毎の人口によって割り振った。

また地下水取水についても流出過程において考慮する。AQUASTAT よりデータから総取水量のうち地下水取水量の占める割合を国ごとに求め、その値と総取水量をかけあわせたものを地下水取水量とした。また地下水涵養量を SiBUC 出力値である基底流出量の 5%として、涵養量と地下水取水量の差し引きしたものを積算する。この積算値が負であれば地下水を過剰に取水していることを示し、そのような地域では持続不可能な地下水利用をしていることとなる。

3. 解析内容

本研究では河川取水逼迫度と地下水資源量の変化について解析を行った。河川取水逼迫度はメッシュ毎に以下の式で求めた指標である。

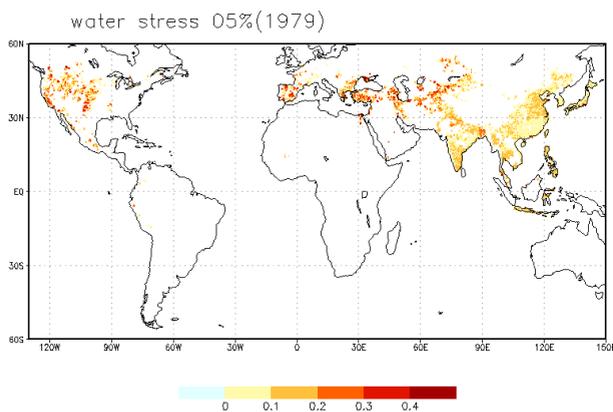


図2 河川取水逼迫度(1979年の値)

$$WSI = \frac{S}{W} \quad (1)$$

ここで WSI は河川取水逼迫度, W はそのメッシュでの河川からの取水需要量 [m^3/yr], S は需要量が流量を上回ってしまい河川から取水できなかった量の年積算値である. この河川取水逼迫度が 0 に近いほど水資源が足りていることを表している.

また地下水資源量の変化については, 前章で述べた涵養量と地下水取水量を差し引きした値の積算値として表される. ただし河川から取水できなかった分は地下水から取水される.

4. 解析結果

図2に河川取水逼迫度, 図3に地下水位の変化の1979年の1年分の結果を示す. ここで地下水位の変化は地下水資源量の変化からメッシュ面積と空隙率を割ることで求めている. これらでは水資源の不足している地域を概ね表すことができている. しかしアフリカ等灌漑農業を行っていない地域では実際は水不足状態にあるにも関わらず, それを表すことができなかった.

次に表1に世界の取水量と流出量について本研究と Hanasaki *et al.* (2016)³⁾, Döll *et al.* (2012)⁴⁾, Wada *et al.* (2014)⁵⁾の3つのモデルの比較を行った. これより本研究では他のモデルと比較して水消費量が大きいことが分かる. これは需要量の大きい農業用水の復帰水について考慮できていないことが原因であろう. また地下水取水量も少ないが, 河川的环境流量を考慮していないため, 河川の取水の割合が大きくなっているためだと考えられる.

河川流量・GRACEでのモデル評価は现阶段では行っていないが, 後日これらは示す.

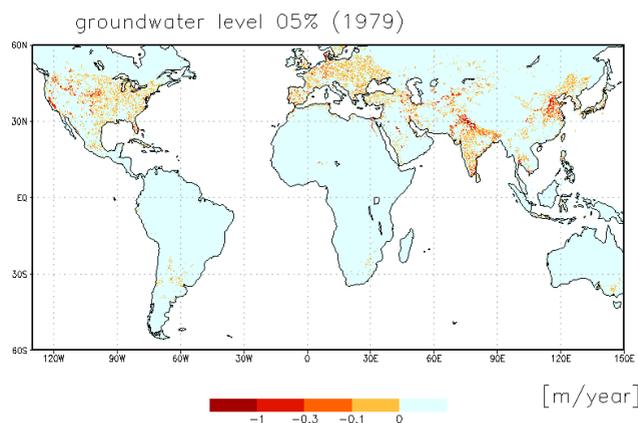


図3 地下水位の変化

表1 モデル比較 (単位: km^3/yr)

	本研究	Hanasaki <i>et al.</i> (2016)	Döll <i>et al.</i> (2012)	Wada <i>et al.</i> (2014)
水消費量	2,461	1,466	1,436	1,970
取水量	2,868	3,727	4,340	4,436
表層水	2,317	2,750	2,812	3,484
地下水	551	977	1,528	952
流出量	36,673	41,820	38,800	36,200

5. 結論

本研究では陸域水循環解析を行い, 河川取水逼迫度と地下水資源量の変化についての解析を行った. 今後の課題として灌漑農業が行われていないアフリカ等の地域での水逼迫度を表すことや, 農業用水の復帰水, 環境流量をモデルに加えること等が挙げられる.

参考文献

- 1) Kenji Tanaka: Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model, doctoral dissertation, Kyoto University, 2004.
- 2) 小尻利治, 東海明宏, 木内陽一. シュミレーションモデルでの流域環境評価手順の開発, 京都大学防災研究所年報, 第41号B-2, pp119-134, 1998.
- 3) 花崎直太, 吉川沙耶花, 鼎信次郎. 全球水資源モデルH08の取水モデルの改良, 水文・水資源学会2016年度研究発表会要旨集, pp10-11
- 4) Döll *et al.* : Impact of water withdrawals from groundwater and surface water on continental water storage variations, *Journal of Geodynamics* 59-60 pp143-156, 2012
- 5) Wada *et al.*, Global modeling of withdrawal, allocation and consumptive use of surface water and groundwater resources *Earth Syst. Dynam.*, 5, pp15-40, 2014