

京都大学工学部 学生員 ○塩尻 大也
 京都大学防災研究所 正会員 田中 賢治
 京都大学防災研究所 正会員 田中 茂信
 京都大学防災研究所 正会員 浜口 俊雄

1. 本研究の背景と目的

近年の人口増加や経済発展に伴い水需要は急激に増加しており、今後も増加してゆく水需要を満たすためには適切な水資源管理を行わねばならない。そのためには人間活動の影響を考慮した陸域水循環システムへの理解と把握を行い、水の不足する地域を正確に予測することが必要である。また現在地下水からの取水への依存度が高まり、地下水位低下が問題視される中、そのような持続不可能な取水による地下水への影響の評価も同時に行うべきである。そこで本研究において20kmのメッシュ毎に全球水循環解析を行い、水の逼迫する地域と過剰な地下水取水を行っている地域を可視化した。

2. 研究手法

本研究では陸面過程、河川流下過程の要素をもつ分布型の水文モデルにより陸域水循環解析を行った。陸面過程にはSiBUC¹⁾ (Simple Biosphere Model including Urban Canopy)を用い鉛直方向の水収支を求め、河川流下過程 Hydro-BEAM²⁾ により空間的・時間的変動を追跡する。ここでSiBUCの出力である表層流出と基底流出を引き継ぐことで結合し、Hydro-BEAMにおいてkinematic wave式を用いた河川水量追跡を行った。その際、取水量変数としてSiBUCより求めた農業用水需要量とAQUASTATより算定した工業用水需要量・生活用水需要量を使用する。また基底流出量を河川への流出と地下水涵養に割り振ることで、地下水からの取水を考慮可能にした。用いたモデルの全体像を図1に示す。

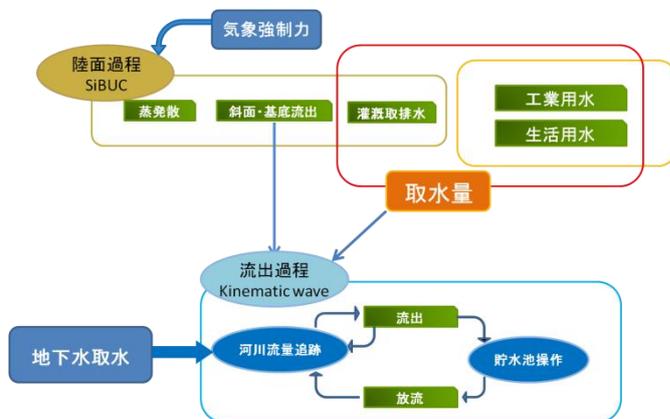


図1 モデル全体像

また基底流出量を河川への流出と地下水涵養に割り振ることで、地下水からの取水を考慮可能にした。用いたモデルの全体像を図1に示す。

3. 解析内容と結果

本研究において水逼迫度を以下のように定義した。

$$\text{逼迫度} = \frac{\text{取水不可能量}}{\text{取水需要量}} \tag{1}$$

取水不可能量は上記のモデル中のHydro-BEAMの計算過程において、メッシュ毎に取水需要量と取水できなかった量を一定時間積分することによって求めることができる。

さらに地下水の影響についてもこれと同時に解析した。地下水涵養を基底流出の20%、30%、40%の3パターンに仮定し、涵養量から地下水の取水需要量を差し引いたものを積算する。これを地下水ストックとし、後年取水不可能になった際に使用できるようにした。ただし負の値となった場合涵養量を上回る取水を行っていることを表し、地下水位の低下が起こると考えられる。ここで地下水の取水需要量とは、総取水需要量に国ごとの地下水使用率をかけあわせたものである。国ごとの地下水使用率は、AQUASTATより得られる地下水取水量と総取水量のデータからそれらの比をとることで求めた。データの無い国では地下水使用率を0とした。

解析結果を2003年のものを一例として示す。

(I) 逼迫度

図2では基底流出の20%を地下水涵養としたときの逼迫度を示した。この図では、アメリカ中央部やインド南部、中国北東部で逼迫度の高い地域が見られるが、これらの地域はいずれも深刻な水不足に直面しており、水不足の状況を正確に表せている。しかし干ばつ等が多く発生するアフリカでは水の逼迫がほぼ全く見られない。これはアフリカで灌漑農業があまり行われていないことが原因であろう。本研究においては取水状況によって逼迫度を求めているが、天水農業ではそもそも取水を行わないため、いくら水が不足しようが逼迫度に結びつかないのである。

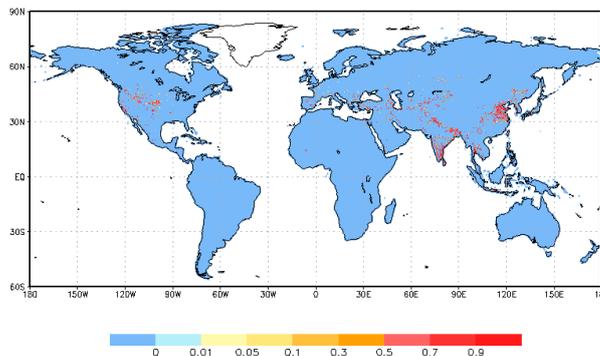


図2 水逼迫度

(II) 地下水ストック

次に地下水ストックを1日毎に表したものを図3に、積算値を図4に示す。図3では変動に季節性が見られ、灌漑農業の影響が大きいことが分かる。また図4ではストックの負の値が大きい地域がアメリカ中部、インド北西部、中国北西部にあり、地下水位低下の著しい地域と一致した。またそれらは穀倉地帯であり農業用水需要量が非常に大きいため、ストックの変化量から灌漑農地面積・空隙率を割ることで大まかな地下水位の変動を求めた。これを涵養量が20%のときを代表として図5に表す。

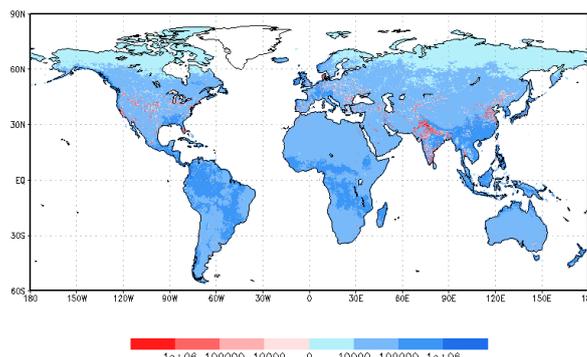


図4 地下水ストック

しかし実際は1年に1m以上の地下水位低下が起こっている地域でもここでは0.1m以下となっている。これは地下水使用率を一つの国で平均した値を用いているため過小評価されているのであろう。メッシュ毎の使用率を求めるのは非常に難しいが、セクター別の水使用量を用いることで、より現実に近い値を求めることができると考えられる。

また涵養量の割合は、30%と40%のときではあまり差はなく30%以下としてよいと考えられるが、最適な割合については更なる検討が必要である。

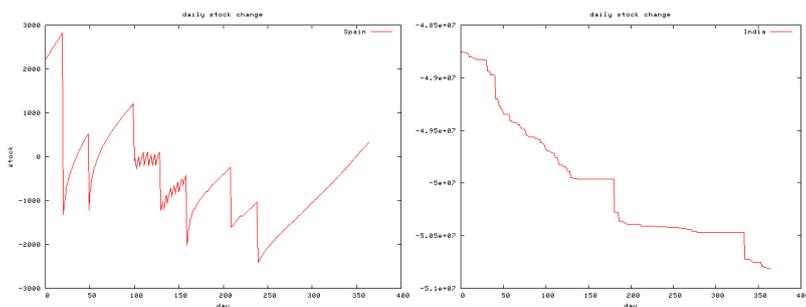


図3 地下水ストックの日変化 (左：スペイン，右：インド)

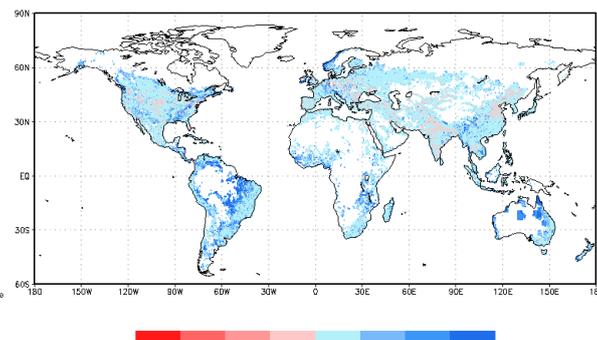


図5 地下水水位変動

4. 結論

本研究では陸域水循環解析を行い、水の逼迫する地域の可視化に成功したが、アフリカ等灌漑農業の盛んでない地域は考慮できなかった。また地下水取水の過剰な地域も可視化できたが、その度合いは過小評価されていた。

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.