

1. 全球水資源モデルを利用した 世界水リスクツールの開発と公開

花崎 直太¹

¹ 正会員 国立環境研究所 気候変動適応センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

E-mail: hanasaki@nies.go.jp

企業活動に伴う水資源や水利用に関する環境リスク、いわゆる水リスクへの社会的な関心が高まっている。全球水資源モデル H08 を利用して世界の水資源と水利用に関する詳細なシミュレーションを行った結果を水リスク指標に変換し、ウェブインターフェースを介して表示する H08 水リスクツールを開発し、公開した。このツールを利用することで、世界の水リスクの地理的な分布の他、その時間的な変動やその要因までを分析することが可能である。

Key Words: water risk, water resources, climate change

1. はじめに

持続可能な開発目標の浸透に見られる通り、世界における環境意識は高まっており、企業活動にも持続可能性が求められるようになった。その中心となっているのは温室効果ガス排出削減であるが、水資源と水利用についても関心が向けられている。世界経済フォーラムのグローバルリスク報告書は影響度と発生の可能性の観点から様々なリスクを評価しているが、水危機（2021 年版より資源リスクに統合）は発生の可能性が高く影響も甚大だと捉えられている。本稿では水資源と水利用に係るリスクの総称である水リスクに焦点を当てる。

イギリスを拠点とする非営利組織 CDP は 2010 年、グローバル企業 500 社を対象に水リスクへの認識や取り組みに関する情報開示の要求を開始した。2020 年の調査対象となった日本企業は 333 社に上り、203 社が回答を行った。調査対象となった大企業の事業はグローバルに展開されており、回答にあたっては世界各地の事業拠点や原材料調達先での水リスクの把握が必要である。

日本企業が自社の水リスクを把握する際、よく参照しているのが World Resources Institute (WRI) による Aqueduct というオンラインの水リスク評価ツールである¹⁾。世界の水リスクを 5 段階に指標化して地図に投影するもので、直感的で分かりやすいが、結果をもたらした根拠が分からないため、対策につなげにくいという課題がある。そこで、水リスク指標の計算結果の根拠や指標変化の要因まで表示できる、新しいタイプの世界水リスクツールの開発を行い、公開を開始したので報告する。水利用の持続可能性の評価には水需給バランスの把握が必要である

が、時空間詳細なグローバルな情報は観測・統計からは入手できないため、筆者の開発する全球水資源モデル H08 を使ったシミュレーションにより推定した²⁾。

2. 方法

(1) モデル

全球水資源モデル H08 は自然の水循環だけでなく人間の水利用も含めて、0.5 度の空間解像度で日単位でシミュレーションすることができる³⁾。H08 は農業・工業・生活の 3 種類の水利用の水源を河川、貯水池、運河導水、海水淡水化、その他の表流水、再生可能地下水、再生不能地下水の 7 つに求めることができる。H08 に気候データと土地利用といった地理データを与えることにより、水循環と水需要・水利用を時空間詳細にグローバルに分析することができる。

(2) シミュレーション

本研究では国際プロジェクト Inter Sectoral Impacts Model Intercomparison Project (ISIMIP) Phase 3 に準拠したシミュレーションを行った³⁾。計算期間は 1901 年から 2100 年までの 200 年である。1901-2015 年を過去期間とし、過去の実績値をもとにした気候・社会経済データを用いた。2016-2100 年は将来期間とし、複数の気候モデルと排出シナリオを利用して予測された気候シナリオを用いた。具体的には、放射強制力シナリオ SSP1-RCP2.6 (21 世紀末に産業革命比 2 度未満の昇温) と SSP3-7.0 (同 3 度以上)、SSP5-8.5 (同 4 度以上) に基づく GFDL-ESM4、UKESM1-0-LL、MPI-ESM1-2-HR、IPSL-CM6A-LR、MRI-

ESM2-0 の5つの気候モデルの全球気候予測をバイアス補正したものである。なお、将来の人口や土地利用などの社会経済シナリオは執筆時点で開発されておらず、2016年以降は2015年時点の世界で固定した。

(3) 指標化

H08 から出力されるのは水循環と水利用に関する各種の物理量である。しかし、これらから水リスクを考察するのは困難ため、複数の指標に変換した。指標は WRI Aqueduct に採用されている水利用に関する5指標、すなわち、水ストレス指標、水デプレッション指標、流出量の年々変動、季節変動、地下水位低下である。さらに、本ツール独自の指標として、インフラや年々変動や季節変動も含めて水利用の持続可能性が評価できる「水持続可能性指標」を加えた。さらに、水リスク指標計算時に必要な基本的な変数である、総取水量、河川流量（水資源量）、持続可能な水源からの取水量についても表示できるようにした。H08 の計算結果は年々変動を示すが、結果の解釈が難しいため、30年の移動平均を取った。

(4) ウェブインターフェース

上述の指標をウェブブラウザに表示するウェブインターフェース「H08 水リスクツール」の開発を行った。計算を実施したすべての期間・シナリオの主要な計算結果を Google 社の Google map と重ね合わせて投影できるほか、任意の地点・変数の時系列を表示することもできる。https://h08.nies.go.jp/h08/viewer_j.html

(5) 解説書

上記のウェブインターフェースは WRI Aqueduct と操作性を近づけており、同ツールに習熟していれば直感的な利用が可能であるが、指標や設定項目は専門性が高く、利用や結果の解釈には解説を必要とする。そこで、水リスクの基礎から指標・モデル・シミュレーションの詳細までを網羅的に解説したオンラインの解説書を整備した。<https://sites.google.com/site/naotahanasaki/japanese-contents/water-risk>

3. 結果

H08 水リスクツールのスクリーンショットを図-1に示す。図-1 (a)に表示されているのは 2000 年の北米の水ストレス指標である。この指標は年間取水量を年間水資源量（河川流量）で除したもので、経験的に0.2を超えると中程度の、0.4を超えると高い水逼迫と判定される。例えば Los Angeles 市の値は 0.8 を超えて極めて高い水逼迫状況にある。ここまでが WRI Aqueduct 等の既存ツールと同等の機能である。



図-1 H08 水リスクツールのスクリーンショット。
(a)2000 年の水ストレス指標の地図、(b) Los Angeles 地点の水ストレス指標の時系列、(c) 取水量の時系列、(d) 河川流量の時系列。

図-1 (b)に表示されているのが時系列パネルで H08 水リスクツール特有のものである。図は Los Angeles の水ストレス指標の 1950-2050 年の変動を示す。1950 年時点から指標はから 2 前後と高いが、増大傾向があり、特に 2000 年代後半には鋭敏なピークがある。こうした指標の時間変化をつかむことができる。さらに、この水ストレス変化の要因を分析する機能を持たせた。図-1 (c)に示されているのは総取水量の時系列である。これを見ると、20 世紀後半に顕著に増加し、シナリオに基づき、2015 年以降は一定になっている。水ストレス指標の期間中の増加傾向の主な要因であることが分かる。図-1 (d)に示されているのは河川流量（水資源量）の時系列である。水ストレス指標のピークのある 2000 年代後半に極小になっており、これが水ストレスピークの原因であることが分かる。

このように、表示される水リスク指標がどのように時間的に変化し、変化の直接的な原因は何かについて情報を提供することができるようになった。ただし、入力データの精度やモデルやシミュレーションの前提や仮定などにより、特に 0.5 度の格子単位において、表示される情報の全てが現実を完全に再現している保証はないことには注意が必要である。

4. まとめと今後の課題

全球水資源モデル H08 および国際プロジェクト ISIMIP Phase 3 の枠組みを利用した H08 水リスクツールの開発を行った。これにより、現在標準的に使われている世界水リスク評価ツールでは難しい、指標の時間変化や要因の分析を簡単かつ柔軟に行うことができるようになった。

ツールの提供する機能は企業が自社の活動に伴う水リスクを検討するのに役立つが、データはモデルやシミュレーションによるものであり、不確実性もある。特に企

業は生産拠点があるピンポイントの結果を求めがちであり、今後も可能な限りモデルとシミュレーションの精度を高めていく必要がある。

謝辞：本研究は、（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（2RF-1802）により実施された。

- 2) Hanasaki, N., Yoshikawa, S., Pokhrel, Y., and Kanae, S.: A global hydrological simulation to specify the sources of water used by humans, Hydrol. Earth Syst. Sci., Vol.22, pp.789-817, 2018.
- 3) Inter Sectoral Impact Model Intercomparison Project (ISIMIP): ISIMIP3 Simulation Protocol, <https://protocol.isimip.org/>

参考文献

- 1) World Resources Institute (WRI): Aqueduct Global Maps 3.0, <https://www.wri.org/our-work/project/aqueduct>

(Received April, ?, 2019)

(Accepted July, ?, 2019)

DEVELOPMENT AND PUBLICATION OF A GLOBAL WATER RISK ASSESSMENT TOOL USING A GLOBAL HYDROLOGICAL MODEL

Naota HANASAKI

There is a growing social concern about environmental risks on water availability and use associated with corporate activities, so-called water risks. We have developed and published the H08 Water Risk Tool that converts the results of detailed simulations of global water availability and use using the H08 global water resources model into water risk indicators and displays them via a web interface. This tool enables the users to analyze not only the geographical distribution of global water risk, but also its temporal variation and the causes of the variation.