

## 水文学に関する 3 種類の整合性について

谷 誠

2024 年 9 月に行われた水文・水資源学会の大会<sup>1)</sup>では、プロポーズドセッションとして「2050 年の水文学」が行われ<sup>2)</sup>、発表をしました。発表要旨<sup>3)</sup>とスライド<sup>4)</sup>を掲載するとともに、参加した感想として、下記のように、「3 種類の整合性」を書いてみました。

### 1. プロセスとモデルの整合性

発表で述べたように、水文学に関しては、とくに山地小流域の現場観測で得られるプロセスと流出応答を再現するモデルとの整合性について問題が残されています。そこで 2050 年には、これに関して改善が図られることが必要であり、その方向性を、今回の大会で論文賞をいただいたモデルによる流出再検討の論文<sup>5)</sup>とこれに先立つ、貯留関数法の物理的根拠を論じた論文<sup>6)</sup>で議論しております。これに関する背景としましては、水文・水資源学会において、既往のモデルに一部改良を加えるなりして、流域条件の影響予測を行うが、それが現場から得られる情報との対応関係を論じることが不足している研究発表が多かったという印象があります。

佐山敬洋さんは、RRI モデルを全国河川レベルに適用する重要な仕事をされていますが、「計算できたらそれでよし」とされるのではなく、そこで観測と合わない点を検討し直すという、トップダウン的な手法によって、流出プロセスの理解を深めるということを強調してこられました<sup>7,8)</sup>。このような問題意識を共有することが、2050 年の水文学に向けて必要だと考えています。

このあたりは、日本と西欧との間の考え方のずれがあるのではないかと、いう考えも持っておりまして、今回、中村晋一郎さんとも若干議論しました。中村さんのお考えと合うのかどうかわかりませんが、大澤真幸「資本主義の〈その先〉へ」<sup>9)</sup>を読んで、「社会と無関係の真理を追究する高尚な哲学とすばらしい応用を提供してきたが下世話で野卑なものとされてきた職人芸（高度な建築土木技術や農法など）が並立していた時代から、科学革命を通じて科学が仮説の追及によって社会とに関係を持つ方法論を確立した歴史を持つ西欧と、学問と技術が漠然と融合して進んできた日本との違いとがあるのかな」と私は考えております。

水文学では、Keith Beven さんは、ミクロなプロセスの理論的記述とマクロな流出応答に関する法則性を整合させることには否定的であることと関連しているようで<sup>10)</sup>、多少やりとりはしましたが、この問題に関する理解に悩んでおります<sup>11)</sup>。今後、こうしたミクロなプロセスの理解とマクロな因果関係の応答性のモデルとの整合性に関しては、沖大幹さんのスライドにも指摘されていましたが、ひとつの大きなテーマとして持続的に議論してゆ

くべきことだと思っております。

## 2. 分野間の学際的な整合性

さて、次に学際的な整合性に関して整合性を提起したいと思います。多くのプロジェクトでは、学際性を掲げてチームを組みますが、それが学際的な成果となっていると評価できるかどうか、必ずしも判断の分かれる場合が多いように思います。というのは、メンバーが分野の興味に終始しがちで、相互の整合性の議論を軽視しやすい、こういう点はなかなか避けるにくいところだからです。

したがって、「整合性があるかどうか」を最初に掲げたような研究が有用で、GAME では、気象学と水文学の関係性を、サイエンスとしての興味、社会への情報提供などの観点から議論され、大きな成果がもたらされたと考えております<sup>12)</sup>。

2021年から3年間ほど5回のZOOM研究会で150名ほどの参加により展開してきた、水文・水資源学会の研究グループ「山地流出過程と地形発達過程の整合性を考える研究会」は、研究対象である「山地」と社会的意義「豪雨災害」を共有しながら、時間スケールが異なることから互いに議論しにくかった、水文学と地形学との間での整合性の可能性をテーマとしてきました。ぜひ、中間報告<sup>8)</sup>と最終報告<sup>13)</sup>をお読みいただければ幸いです。ここでの議論の重要な結論は、先のプロセスとモデルとの整合性とも密接に関連し、「流出過程は急斜面の安定性の持続に貢献すべきだが、そうでありながら、安定を崩す侵食崩壊の誘因でもあるためには、どのようなプロセスでなければならないのか。また、侵食崩壊予測モデルはその両者の整合性を前提としていなければならない」という視点であり、2050年の水文学のあり方に重要な示唆を与えるものと考えています。

## 3. 社会との関係にかかわる超学際的な整合性

もうひとつが、社会水文学の視点、科学の生み出す情報と社会応用とのフィードバックに関する「超学際研究」にかかわる整合性です。谷口真人さんはこの点について、「持続可能な社会のための水文学には、限られた土地と気候変動のもとでの持続可能な水利用等、自然・社会・経済のトレードオフ（二律背反）や社会の対立とシナジー（相乗効果）を明らかにし、持続可能な社会への転換につながる研究が重要である」と指摘されています<sup>14)</sup>。この持続社会への転換は、個人の自由意思に基づくものであるべきだというのが、拙著「矛盾の災害対策」の第3部「人新世の災害対策」のテーマとなっています<sup>15)</sup>。

簡単に趣旨を述べます。現代の自然科学の中では、医学は個体限界点である死亡を時間的に引き延ばすことを実用的な目的として個体と外界との相互作用を分析する学問が意味のあるものとして位置付けられているように思います。これに対して、自然環境を扱う地球科学と生物学は、地球活動と人類の活動を含む生物活動を分析することに意味があると考えられており、その目的は、人類の絶滅という限界点に向かう流れの時間的な引き延ばしという実用的な目的と究極的なところでつながっているのだと、私は考えています。再び、安成

哲三さんが提唱された GAME を考えてみますと、気象・水文の観測を東アジアに展開するプロジェクトでしたが、複雑系である地球・生態系相互作用が生み出す大気水循環を把握することをベースに人間活動拡大によって何らかの影響が生じ、そのことで人間社会の未来にフィードバックがあることというかたちで、持続的社会的実現への実用的成果があることを期待したものと考えられます。次世代以降の未来社会の持続性への貢献のため、複雑系の相互作用をいくらかでも理解してゆくこと、これを積み重ねてゆくことが必要と考えることで、個々の分野を越えた科学者の興味を引き出し、一般の多くの方々の賛同を獲得することができたのだと、私は考えております。

ということは、現代の自然と社会の問題点を見つめたとき、それが人類の絶滅への加速につながるという漠然とした危機感とかかわることで、個体死と言う限界点の重要さと似た重要性を獲得することができる、それによって、細かい分野を越えた貢献を社会的実用性の中でも位置づけることができる、というような展望を、「2050年の水文学」のテーマでは議論してはどうかと考えます。

以上、2050年の水文学に対して、私見をまとめました。

#### 文献

- 1) 水文・水資源学会 2024年大会、<https://pub.conf.it.atlas.jp/ja/event/jshwr2024>。
- 2) 2050年の水文学、<https://pub.conf.it.atlas.jp/ja/event/jshwr2024/session/31001-09>
- 3) 谷誠・小島永裕：洪水流出機構と流出モデルの整合性，研究の歴史，現状，そして展望、水文・水資源学会 2024年研究発表会要旨集。  
<https://hakulan.com/wp/wp-content/uploads/2024/09/Tani-20240425.pdf>
- 谷誠・小島永裕：洪水流出機構と流出モデルの整合性，研究の歴史，現状，そして展望、2024、スライド、  
和文 <https://hakulan.com/wp/wp-content/uploads/2024/09/JSHWR2024TaniJpn.pdf>、  
英文 <https://hakulan.com/wp/wp-content/uploads/2024/09/JSHWR2024TaniEng.pdf>
- 5) 谷誠：鉛直不飽和浸透に基づく新しい洪水流出モデルの適用による山地小流域の流出機構の再検討、水文・水資源学会誌 36(1)、20-51。2023、  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jshwr/36/1/36\\_36.1741/pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jshwr/36/1/36_36.1741/pdf-char/ja)
- 6) Tani M, Matsushi Y, Sayama T, Sidle RC, Kojima N. 2020. Characterization of vertical unsaturated flow reveals why storm runoff responses can be simulated by simple runoff storage relationship models. Journal of Hydrology 588: 124982. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.124982. (和文解説：谷誠：貯留関数法は斜面方向流ではなく鉛直不飽和浸透流をパラメータ化している、水文・水資源学会誌 34(2)、115-126。2021。 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jshwr/34/2/34\\_115/pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jshwr/34/2/34_115/pdf-char/ja)
- 7) Sayama T, Yamada M, Sugawara Y, Yamazaki D. 2020. Ensemble flash flood p

- redictions using a high-resolution nationwide distributed rainfall-runoff model: case study of the heavy rain event of July 2018 and Typhoon Hagibis in 2019. *Progress in Earth and Planetary Science* 7(75). doi.org/10.1186/s40645-020-00391-7.
- 8) 谷誠・飯田智之・内田太郎・岩崎健太：山地流出過程と地形発達過程の整合性を考える研究会 第1回・第2回オンライン研究会報告、*水文・水資源学会誌* 35：349-357、2022  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshwr/35/5/35\\_35.349/pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshwr/35/5/35_35.349/pdf)
- 9) 大澤真幸：資本主義の〈その先〉へ、筑摩書房、453pp、2023。
- 10) Beven K, Germann P. 2013. Macropores and water flow in soils revisited. *Water Resources Research* 49: 3071-3092. DOI: 10.1002/wrcr.20156.
- 11) 谷誠ホームページ：E-mail discussion between Keith Beven and Makoto Tani on Tani's paper "Reevaluating the runoff mechanisms of small mountainous catchments by applying a new storm-runoff model based on the vertical unsaturated flow."  
<https://hakulan.com/wp/wp-content/uploads/2024/02/Discussion-with-K.-Beven-2.pdf>
- 12) 安成哲三：ゾアジアモンスーン エネルギー・水循環研究観測計画 (GEWEX Asian Monsoon Experiment GAME)、*天気* 41(8)、15-20、1994。  
[https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/1994/1994\\_08\\_0459.pdf](https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/1994/1994_08_0459.pdf)
- 13) 谷誠・飯田智之・内田太郎・岩崎健太：山地流出過程と地形発達過程の整合性を考える研究会最終報告、*水文・水資源学会誌* 37：270-278、2024。
- 14) 谷口真人：水文学の課題と未来：学際研究と超学際研究の視点から、*日本水文科学会誌* 48(2)、133-146。  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jahs/48/3/48\\_133/pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jahs/48/3/48_133/pdf-char/ja)
- 15) 谷誠：矛盾の水害対策、新泉社、277、2023。