

極端現象：水資源の変動と農業への影響と対策

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

農村工学研究所

増本 隆夫

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の特別報告書（2011）や第五次報告書（AR5）（IPCC, 2014）では、両極端現象（渇水と洪水）の増大は確実とされ、農業分野もその影響を多大に受ける可能性がある。ここでは、気候変動と水田地域における水利用の関係を明らかにするために、多様な水利用のモデル化、次に気候変動に対する水循環モデルを利用した水田水利用への気候変動影響評価の方法、さらにその対応策などについて紹介する。

2. 人為的活動（灌漑・農業）のモデル化

これまで、流域水循環のモデル化に際して、水田田主体地域の水利用過程が複雑である等から人為的な活動である灌漑や農業活動のモデルへの組込は行われていなかった。モンスーンアジア地帯における水利用は、水田が主体である、灌漑形態が様々である、乾季と雨季が存在する、干ばつと洪水が発生するなどの特徴がある。そこで、上記の特徴を解析するための個々の要素モデル（蒸発散量推定、作付時期・作付面積推定、水田水利用、流出）から構成され、多様な水田水利用を考慮できる分布型水循環モデルを開発・提案した。さらに、それに熱収支法に基づく積雪融雪モデル、貯水池を対象にしたダム管理モデル等を組み込んで、統合モデル（DWCM-AgWU、図1）を開発し、融雪期の貯留、夏場の渇水期における補給的な放流などの水資源管理の過程が表現可能との開発を導入し冬季の観測流量の再現性の格段の向上を達成した。これらの改良を行った結果としての様々な地点でのモデル再現性を検討し、良好な結果が得られた（例えば、吉田ら、2012）。

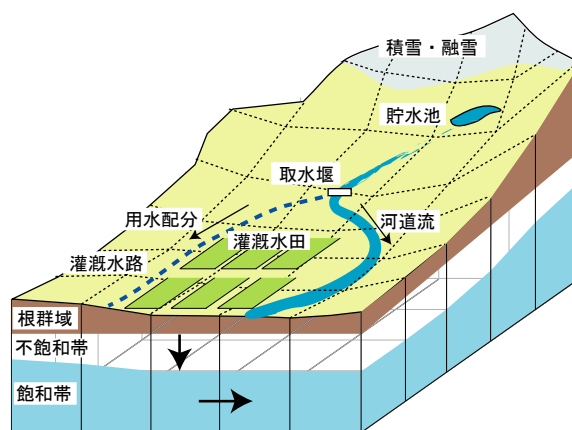


図1 農地水利用を考慮した分布型水循環（DWCM-AgWU）モデルの概要

3. 灌漑と農業への影響評価

1) 定量的評価法

上記の農地水利用過程を考慮できる分布型水

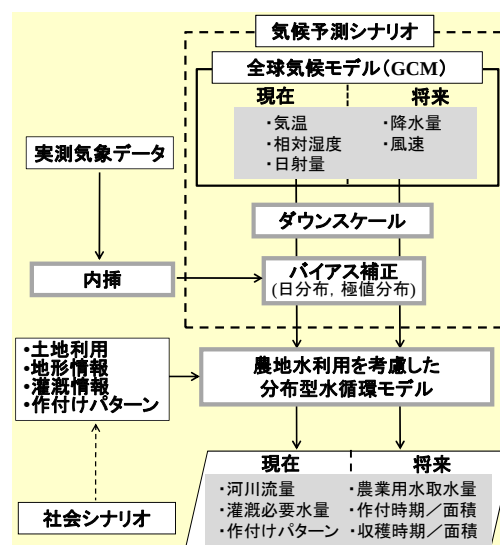


図2 気候変動影響の定量的評価法

循環モデルを利用した農業水利用や水田灌漑に対する定量的な温暖化影響評価法（図 2）を開発した（工藤ら、2012）。その際、影響評価法の構成要素の一つである全球気候モデル出力値のバイアス補正法について、確率分布を用いる方法を適用するとともに、極値分布を用いた極値補正を同時に付加して利用する。

提示した気候変動影響評価法を用いることにより、これまで定性的にのみ行われてきた農業水利用等への影響評価は、従来推定可能な河川流量や土壌水分量だけではなく、主要水利施設における取水量、水田への供給水量、水稻の作付時期・面積、収穫時期・面積、水田等からの実蒸発散量など、具体的な評価結果や情報が任意の地点と時間についての出力として実現される。

ここで利用するデータは、海外流域での入力データは、気象研究所の革新プロジェクト（2007～2011）の結果で、20km メッシュの現在（1979～2003）、近未来（2015～2039）、21 世紀末（2075～2099）のそれぞれ 25 年間分である。日降水量、日最高・最低気温、日最大風速は実験結果から取り出し、風速の日平均と湿度の日最高・最低値は、アジア域 6 時間地上データから間接的に推定した。一方、日本国内の流域には温暖化実験（MIROC3_2_HIRES）を 1km にダウンスケールした値を、現在（1981～2000）、近未来（2046～2065）、21 世紀末（2081～2100）として切り出し利用した。

ここでのバイアス補正法としては、確率分布を用いたバイアス補正法を採用し、日降水量、日平均風速、日平均気温、日平均湿度の 4 要素についてバイアス補正を行った。また、補正した日流量の中から更に月ごとに最大日降水量を抽出し、極値分布の一つである Gumbel 分布を適用することで、極値のみのバイアス補正も併用した。極値のバイアス補正を併用することで、月最大の日降水量も実測値に近い値に補正された。

2）極端現象への影響評価

気候変動影響の評価結果を、代表例として日本の関川流域（1,140km²）と採り上げ以下に示す（工藤ら、2012）。切出しデータを分布型水循環モデルに入力して諸量の推定を行った。例えば、灌漑主体の関川流域の例では、河川流量（取水可能量）に対して、将来の年最大日流量が増加する、すなわち、洪水時には、ある代表地点における現在、近未来、21 世紀末の 3 期間の年最大日流量は、将来増大している（10 年確率流量で 265m³/s、374m³/s、431m³/s と変化）。また、現在に比べ将来では、分布の傾きが小さくなり、年最大流量の年毎のばらつきが将来大きくなる。さらに、現在の日雨量 10 年確率規模の洪水発生が増加が予測され、排水計画に利用される 10～20 年確率の計画洪水量を変化させる可能性がある。

一方、取水地点の本川取水可能流量と水利権水量を比較すると、将来後者を確保できない可能性がでてきた。すなわち、将来の気温上昇により 4～5 月の融雪流出量が大きく減少した。また降水量の増加により、6 月以降に流量の増加がみられた。さら

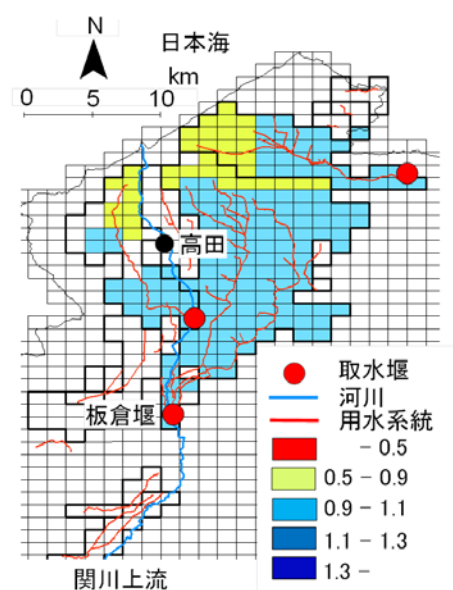


図 3 水田供給水量の将来変化（現在[1981-2000 年]に対する 21 世紀末[2081-2100 年]の比率）

に、水利権水量を下回る流量が現在も存在しない 5、6 月にも発生すると予測された。灌漑用水を供給する上流ダムでは、冬季貯水量の増加が予想され、反対にダム流入量となる融雪流出量の減少から春先の貯水量の減少がみられる。その結果、代かき期に水田域への供給水量が減少し、特に灌漑地区下流部で用水の不均衡が起き易くなる（図 4）。

次に、気候変動による自然条件の変化が最大の利水者である水田灌漑に与える影響のマクロ的評価を行い、日本の全河川流域の水田水利システムでの気候変動に対する影響評価を行った。A1B の気候シナリオのもと、各水利システムにおける現在と将来（2046-2065）の代かき期の用水充足率（取水量／必要取水量（=取水施設の取水能力））を比較した（図 4）。現在では不足水量はほとんど発生しない一方で、将来の充足率が大きく低下している水利システムがみられる。特に北海道、東北、北陸、北関東などで充足率が低下している。東日本では代かき期に、融雪流出量減少の影響を受けていることが分かる。

3）評価法の応用

一連の農業水利用に対する気候変動影響評価法の普及の対象は、日本の行政・普及機関、公的研究機関、民間会社、国際研究機関、さらには国際協力機構(JICA)が支援する世界の現地行政機関・プロジェクト事務所等である。さらなる普及予定地域として、日本の全国 336 河川流域、メコン河全流域、ラオス国ナムグム川流域、カンボジア国プルサット川流域、タイ国ナム・チー川流域、同チャオピヤ川流域等を手始めにモンスーンアジア地域の全流域が期待される。また、農林水産省で策定中の「土地改良長期計画の中間取りまとめ」の中に、「気候変動が農地、農業水利施設に及ぼす中長期的な影響の予測・評価のフォローアップを行いつつ、短期的適応策の具体的検討を進め、統合（分布型）水循環モデルなど新技術の活用を図り、管理基準等への反映を検討する」と提案技術が言及されている。

さて、評価法の応用例として、内戦等から基本データが全く存在せず、現在でも天水農業が主体のカンボジア国の灌漑施設や同国プルサット州プルサット川流域の水利用計画を例示しながら、極端にデータの少ない地域の灌漑計画を立案するための新たな考え方、「流域灌漑方策」を提案している（長井ら、2011）。そこでは、GCM による各種推定データの水循環モデルに入力し諸量の気候変動影響評価を行うと、各諸量の長期データを発生させること

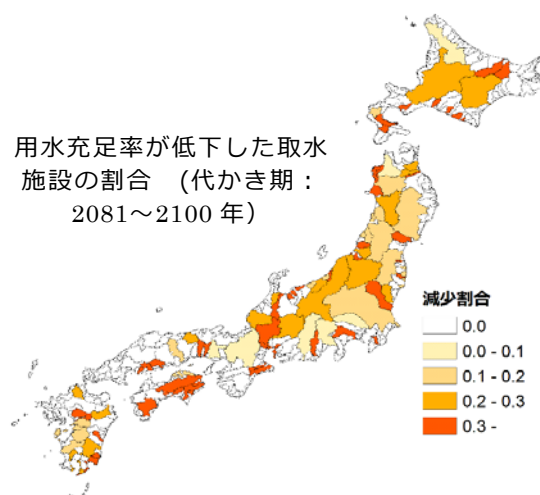


図 4 渇水への影響（必要な農業用水量に対する取水可能水量の割合〔充足率〕を算定）

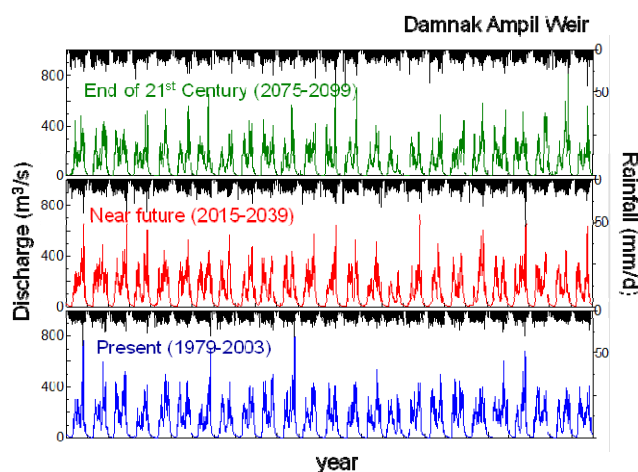


図 5 流域灌漑方策による長期模擬観測データの作成

により、ある頭首工地点での擬似観測日流量データが図5のように得られた。

4. 灌漑・農業、水資源、自然災害の境界を強調した適応策

気候変動に伴って発生する豪雨や災害に対しての対策の一つに水田の洪水貯留機能の利用がある。具体的には、平成16年の7.13新潟豪雨により発生した氾濫に対して、農業農村整備事業により導入あるいは増強した施設が持つ災害軽減効果について検討している（増本、2012）。今次の豪雨により発生した蒲原平野南部の氾濫災害については、河川の破堤による流入量は地区内の排水施設（排水路と排水ポンプ）の整備水準で対応できるものではない規模であったが、刈谷田川右岸地区の機械排水による内水排除施設が、大氾濫に対しても十分な効果を発揮したことが実証された（図6）。このような機能を気候変動により発生する超過洪水時の流域水資源管理に活かすことが1つの洪水対応策となる。

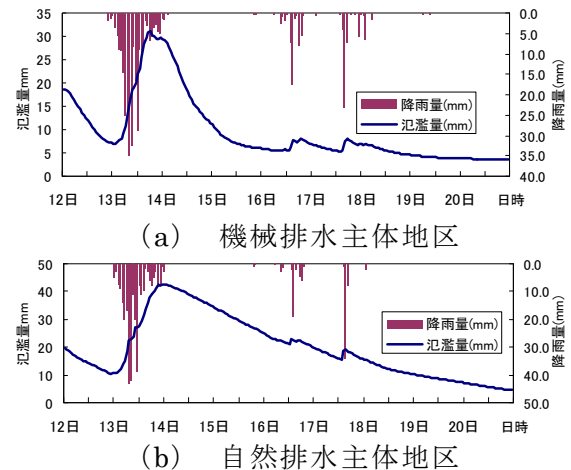


図6 農業用ポンプの活用による水田氾濫量の削減

5. おわりに

気候変動と水田地域における水利用の関係をモデル化の過程で明らかにしながら、気候変動が農地水利用や灌漑に及ぼす影響を評価するための評価法とその適用結果、さらに気候変動の影響に対する対応策の考え方を示した。

引用文献

- IPCC (2014): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. (環境省 http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5_wg2_spmj.pdf 政策者向け要約.)
- IPCC (2011): Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX) (<http://ipcc-wg2.gov/SREX/report/>).
- 工藤亮治・増本隆夫・吉田武郎・堀川直紀 (2012): 気候変動が灌漑主体流域における農業水利用に与える影響の定量的評価法, 農業農村工学会論文集, 277, pp.31-42.
- 増本隆夫 (2012) 気候変動と水田の水利用, Journal of Rainwater Catchment Systems (日本雨水資源化システム学会誌), Vol.17, No.2, pp.79-85.
- 皆川裕樹・増本隆夫・堀川直紀・吉田武郎・工藤亮治・北川 巖・瑞慶村知佳 (2013): 水稻減収尺度の策定のための実水田圃場内に清水・濁水区を設けた模擬冠水試験—試験手法の提案と生育概況調査—, 農村工学研究所技報, 214, pp.111-121.
- 長井 薫・渡邊雅彦・井原昭彦・増本隆夫・吉田武郎 (2011): データが極端に少ない地域における新たな流域灌漑方策, 農業農村工学会誌, 79(4), pp.15-18.
- 吉田武郎・増本隆夫・工藤亮治・谷口智之・堀川直紀 (2012): 広域水田灌漑地区の用水配分・管理モデルの実装による流域水循環のモデル化, 農業農村工学会論文集, 277, pp.9-19.