

Global modeling of irrigation water requirements.

By Petra DÖLL and Stefan SIEBERT

In: *J Water Resources Research*, **38**(4),8-1 ~ 10 (2002)

演者：安形康 agata@iis.u-tokyo.ac.jp

0 . 要旨

[1]現在世界の水消費の90%は農業用水であり,農作物の40%は灌漑で栽培されている.従って,将来の水及び食糧事情を予測するには,灌漑用水必要水量をモデリングする必要がある.我々は,新たに作成した灌漑面積ラスタマップに基づく灌漑水量予測モデルを提案する.このモデルは空間解像度0.5度で,農作業のパターン(cropping pattern),栽培期間,ネットおよびグロスでの灌漑水量需要量,農作物の種類(米とそれ以外),をそれぞれシミュレートする.長期の月単位気象データを用いて,現状における灌漑取水量をモデル推計し,また気候変動のインパクトを検証した.モデルの結果と,独立に集めた灌漑水量推計との一致の程度から,このモデルはグローバルないし大陸スケールにおける研究に十分な精度を持つと判断された.

1 Introduction

[2]農業用水予測の重要性:UNEPのGEO2000¹では,将来の深刻な環境問題として一番多くとり上げられているのが気候変動,次が水不足である.取水ベースでは67%,消費(取水マイナスreturn flow)ベースでは87%が農業用水であり,

¹ Global Environmental Outlook. 環境研にミラーがある(<http://www-cger.nies.go.jp/geo2000/>).ただし最近これに続く版であるGEO3が出た(<http://www-cger.nies.go.jp/geo/geo3/>).

将来の人口増大に伴って農業用水需要が高まることが予想される.

[3]「(灌漑)必要水量 water requirements」:作物が理想的な生長ができるようにするために与えることが求められる水の量.これを他のデータから推算できれば社会的にも学術的にも有意義.

[4]既存データの悪口:灌漑使用量をきちんと把握するシステムがある国はほとんどない.データとして得られるのはおなじみWRIの国別データが最良であろうが,国別というスケールは目的によっては大雑把過ぎる.さらにWRI統計では取水量データの取得年次が1970-95年とバラバラで,しかしセクター毎の取水量比を推計した年度が1987年に固定されているなど不整合がある.さらに,取水量データはあっても使用量データはない.

[5]WaterGAP (Water-Global Assessment and Prognosis):著者らが開発しているモデル.解像度0.5度で,流域単位推計を目的.

ただしこれまで灌漑は必要水量でなく使用量をモデリングしていた.

Version1(1997年発表)での灌漑必要水量モデリングはデータ不足から極めてラフ.そのため国の中での灌漑面積分布までモデリングを行う必要があった.これは著者らの知る限り灌漑面積データを国より細かいレベルでグローバルに推計しようとした初の試みである.

[6]本論文の目的と構成:灌漑必要水量に関する

る新しい推定手法を提示し、現状に対して適用する。これは0.5度灌漑面積率マップ(2章)と、気象・cropping intensity・農作物の種類の数として単位面積あたりの灌漑必要水量を求めるモデル(3章)からなる。なお、灌漑地における作物種類に関する情報が乏しいので、cropping pattern と生育期間も合わせて自前でモデリングしている。なお、作物種類については「米」と「米以外」の二種類のみに分けている。4章で必要水量推定結果を紹介する。ここでは平均年のみならず典型的な渇水年についてもアセスメントを行っている。5章でモデルの信頼性を検討し、6章でモデルの適用可能性について述べる。

2 Digital Global Map of Irrigated Areas

[7]データセットの組み合わせ:225か国中174か国で灌漑(FAO)。FAOは国総計灌漑面積データしか出していないが、いくつかの大縮尺地図がある。しかしこれらのデータを全てあわせてある国の灌漑面積を求めると過大になる。この種の地図で出している灌漑地はその一部のみが現実に灌漑設備を備えているからだ。

有用なデータセットを作るなら、このような細かい分布データを、国や流域といった単位あたりの総灌漑面積とリンクさせる必要がある。

[8]灌漑面積マップの完成:そのようなマップは世界に存在していなかったため、Döll and Siebert(2000)は、各種大縮尺マップ、FAO統計(1995年の国別灌漑面積)、そして(もし入手可能なら)国毎・流域毎・地方毎といった国家統計データを利用して、自力で作った。その成果をFig.1に示す。これは0.5度グリッドセルごとに、灌漑面積率をあらわしたものである。

全球で2549093km²灌漑され、うちアジア68%、アメリカ16%、欧州10%、アフリカ5%、オーストラリア1%となっている。

[9]データソース:多くの国についてAchtlich(1980)のマップを利用し、それとFAO

のAQUASTAT²およびFAOSTAT³による国別灌漑面積データとを併用した。

上位三国(インド中国米国。この三つだけで全体の47%)についてはさらに詳しいデータを入手した:

- ・インド stateごと(役所レポート+私信)
- ・中国 CIESIN⁴より1990年、1:1MのGISマップ
- ・アメリカ USGS⁵より、1995年州を数個に分けた単位ごと。

上位十国(全体の66%をしめる)のうち6ヶ国についてはこのようなsub-nationalデータが手に入った。

最終的に、全灌漑面積の

- ・44%は細密マップ+国の総計により
- ・27%は郡の統計により
- ・25%は細密マップ+州の統計

によりそれぞれアサインされた。

[10]データの意義:もちろん種々の不確実な要素を含む。しかしグローバルや大陸スケールでの検討には充分有効である。

3 Methodology for Computing Irrigation Water Requirements

[11]net と gross:水が作物生育の制約条件にならないためには可能蒸発散量を保つように水を与える。十分な灌漑を行ったときと灌漑を行わなかったときの蒸発散量の差、これを灌漑必要水量と定義する。

² <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/main/index.htm>

³ <http://apps.fao.org/>

⁴ <http://sedac.ciesin.org/china/pophealth/popagri/census90.html>

⁵ <http://water.usgs.gov/watuse/pdf1995/html/>

もっとも、与えた灌漑水のうち実際に作物の蒸発散に使われるのは一部である。残りは土壌の塩分を溶脱したり灌漑水路から無益に漏出・蒸発したり流出してしまう。

純粋なる灌漑必要水量

net irrigation water requirement

水源から取水する水の量

gross irrigation water requirement

灌漑水使用効率

net / gross

水供給がより厳しい条件下では農民は理想的な量より少ない量の水しか使わないので、実際の使用水量は gross より少なくなる。このばあい、実際に消費される水(withdrawal minus return flow)も net より少なくなる。しかし現時点では、我々のモデルは net と gross しか計算できない。

[12]作物種：可能蒸発散は作物種と生育段階によって異なる。各グリッドセルにどんな作物が植わっているかという情報が重要。しかしこれは難題。国総計ですら、作物種類ごとの灌漑面積データはなかなかない。

例外はコメ。IRRI (International Rice Research Institute)が、主要米算国について統計をだしている。

上記の事情により、現状の本モデルでは作物種として「米」と「米以外」の二種類しか扱わない。

[13]計算ステップ：3ステップ：[1]各セル内で first growing season と second g.s.(もしあれば)における米の灌漑面積と米以外の灌漑面積(cropping pattern)を推定する。[2]最適な生育季節を米と米以外について推定する。[3]生育期間中の全日について、daily の net を米と米以外について計算する。そして gross を、灌漑水使用効率を考慮して計算する。

各ステップの計算にはグリッドセルごとの気候データが必要。[1]では気候値、

3.1 Climate Input

[14]月データ：必要なデータ 各セルの降水量・気温・可能蒸発散量。New et al.[2000]の 1901 ~ 1995 月データを利用。ただし降水量は Legates and Willmot[1990]で補正(雨量計補正)。

[15]日データをつくる：計算間隔は daily。気温・日照 月データから三次のスプライン補間で daily 時系列を作る。

降水量 各月内の wet day と dry day の並びをシミュレートし、補正済み月降水量データを wet day に対して均等にばらまく。融雪は簡単な degree-day 法(融雪量は気温のみに依存)。

[16]：月可能蒸発散量 E_{pot} ：Priestley-Taylor 法を用いた。純放射は Shuttleworth[1993]の方法。アルベドは 0.23 に固定。⁶は Jensen et al.[1990]によれば湿潤地域では 1.26、乾燥地域では 1.74 が観測に best fit。Shuttleworth[1993]の推奨に従い、相対湿度 60%以上の領域で $=1.26$ 、そうでないところで $=1.74$ とした。

E_{pot} に crop coefficient を乗ずれば作物ごとの可能蒸発散量が出る。

3.2 Cropping Pattern

[17]グリッドセル内で灌漑されているのが「米だけ」「米以外だけ」「両方」なのか判定することと、米及び米以外について生育季節が一つか二回か判断する。これが cropping pattern。本研究では米も米以外も生育期間長は 150 日とする。

必要なデータは、全灌漑面積・長期平均の気温・土壌の水田への適合性、国毎の irrigated rice の栽培面積、大陸(地域)別の cropping intensity (年に平均して「何回」栽培するか。二毛作や二期作なら 2.0)と灌漑水使用効率(表 1)。

⁶ Priestley-Taylor 法は、熱収支に関する項にマジックナンバー を乗じて可能蒸発散量を求める。 $=1.26$ が、湿潤温帯ではなじみのある値。

[18]FAO 水田に適合しない面積の国別データがある。ただし FAOSTAT 米作面積データは米の栽培様式を区別しない。1988 年までなら、米作 113 か国中 41 カ国について IRRI データから irrigated rice area が得られる。本研究では 1985 ~ 1987 の平均を利用。

ヨーロッパ・北アフリカの国は全水田を灌漑していると仮定。

なお、Harvested irrigated area は irrigated area とは一般には合致しない。二毛作二期作の場合も考えて、「延べ」で出したのが harvested のほう。

[19] Cropping Intensity: データは稀。世界を 19 の地域に分ける。農業に関する条件ではそれぞれ均質とみなせる地域。その地域ごとに決めた(表 1)。アフリカは FAO[1997]、インドは私信、他の発展途上国は Alexandratos[1995]、残りの国々はオランダの未公開資料がもと。

[20] 計算の第一ステップ: 各セル毎に、二つの生育期間(候補)ごとに米の灌漑栽培が行える面積を推算すること(土壌タイプの制約により、全灌漑地の一部しか水田として使用できない)

つぎに生育可能期間(150 日間、気温 12 度以上の日が続くこと)を抽出し、気温を元にランク付けする(Doorenbos and Kassam, 1979)。

第二ステップ: 各国の harvested area of irrigated rice を、最もランクの高いセル/生育期間の組み合わせに対して配分する。

第三ステップ: それで埋まらなかったセル/期間の組み合わせ(もちろん灌漑可能なもの)に対しては、「米以外」の作物種を与え、グローバル総計があうようにする。なお、米以外についてもセルのランク付けが必要になる場合がある。また、最適な生育期間と判定された期間については必ず灌漑栽培を行なうとしている。

結局パターンとしては簡単なものから複雑な

ものまで 17 種類が考えられる⁷。

3.3 Growing Season

[21] 栽培期間の開始日をより詳しく決める。今度は表 2 のように気温と降水量のクライテリアの組み合わせとなる(気温クライテリアは前出の Doorenbos and Kassam, 1979)。栽培期間「候補」各日について表 2 の基準(の片方)を満たしていたら 1 点を加え⁸、その結果から「最適な 150 日間」を決定する⁹。

3.4 Net Irrigation Requirement

[22] Smith[1992]の CROPWAT の考え方: net irrigation requirement, I_{net} は、その作物の可能蒸発散量 E_{pot_c} と有効降水量 P_{eff} の差。つまり、

$$I_{net} = E_{pot_c} - P_{eff} = k_c E_{pot} = P_{eff} \quad (\text{if } E_{pot} > P_{eff})$$

$$I_{net} = 0 \quad (\text{if } E_{pot} \leq P_{eff}) \quad (1)$$

ここに E_{pot} は(気候データから求められる)可能蒸発散量、 k_c は crop ごとの係数。なお、 k_c 以外の単位は mm/d。

[23] 詳細情報なしで P_{eff} をまともに算定するのは困難。USDA の簡便法を使う:

$$P_{eff} = P(4.17 - 0.2P) / 4.17 \quad (P < 8.3 \text{ mm/d})$$

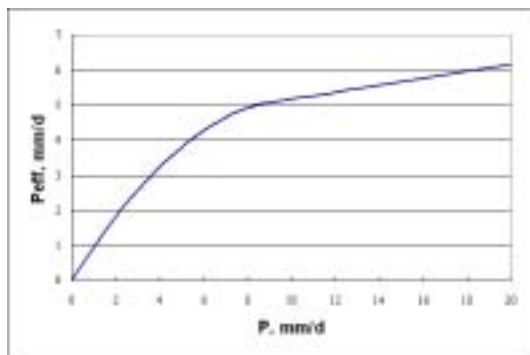
$$P_{eff} = 4.17 + 0.1P \quad (P \geq 8.3 \text{ mm/d}) \quad (2)$$

(安形注: これはこんな感じのグラフになる:

⁷ 安形個人メモ: 米を R, それ以外を C と書く。ここで、水田可能地域で米の二期作、それ以外で米以外を一期作というばあい [RR|C] と書くとする。この書き方でいうと、次の 10 種類が考えられる: [CC|CC], [C|CC], [CC|C], [C|C], [R|CC], [R|C], [RR|CC], [RR|C], [RC|CC], [RC|C]。そして、灌漑面積全体が水田に可能という場合は [R], [RC], [RR], [C], [CC] の 5 通り、灌漑面積全体が水田に使用不可能という場合は [C], [CC] の 2 通り。これで合計 17 種類となる。

⁸ 安形注: 両方満たしていたら二点か? この点不明。

⁹ 安形注: 連続する 150 日間の各日の点数を加算する?



)

ただし CROPWAT では月や decad のデータでこれらの式を使っていた．日データで直接(1)を使うと， I_{net} を過大評価する可能性がある．CROPWAT との整合性も考えて，(1)を適用する場合は 10 日平均の降水量を考えるようにした．ただし，アジアの米に関しては三日平均とした．表層水体貯留・土壌水分貯留の時定数が短いからである．

[24]作物ごとの係数 k_c は生育期間によって図 2 のように決める．

[25] I_{net} の計算は気温と降水量の時系列データから行なう．1961-1990 の I_{net} から平均的な I_{net} を求めることができる．気候値から直接に平均的 I_{net} を求めるよりもより現実に近いと思われる．直接求める方法と今回の 30 年コツコツ法とでは，前者のほうが I_{net} は小さく求まる．これは(1)式が全体としては線形でないからである．グローバルではその差は 2.4% ほどであるが，一部の地域，とくに I_{net} がもともとあまり大きくないところではその差は 50% にも達することがある．日本はその一例である．

3.5 Gross Irrigation Requirement

[26] 水源からの取水量 gross irrigation requirement を， I_{net} を水の使用効率 (いわゆる project efficiency of irrigation water user) で割ることにより求める．この効率は取水(河川から，貯水池から，地下水から etc.)された水のうち農地での蒸発散に用いられる水の量であり，各灌漑プロジェクトの計画において重要である．

なお，一つの灌漑プロジェクトにより取水された水が下流の別の灌漑プロジェクトの水源になりうる．つまり水が複数回使い回しされることも考慮に入れる必要がある (Seckler,1996)．

[27] 表 1 の右カラムに世界 19 地域ごとの灌漑水利用効率をしめす．Bos and Negteren[1978] のプロジェクト資料と，地域ごとにいろいろなソースとから，大雑把に見積もった値である．

4 Results

[28]図 3 に I_{net} の分布を示す(単位灌漑面積あたりであることに注意．単位 mm/yr)．乾燥地や気温の高い地方では 1000mm/yr を超える一方で，冷涼な地域や湿潤熱帯では 100mm/yr より小さい場合がある(ポーランド，ベラルーシ)．あるセルがモデルにより二毛作や二期作と判定された場合 I_{net} はそうでない場合に比べて大きくなる．この図はそのようなモデル内栽培パターンと，気候・生育期間を反映した図でもある．

[29]平均より暑いまたは乾燥した年には I_{net} が大きく，逆に使用可能な水は少ないことが予想される．水不足のリスクが顕在化するのはいった年においてである．

1901-1995 年の気候データから毎年の I_{net} を計算し，各セルごとに I_{net} の時系列の中で上位 9 位の I_{net} を求めた (1-in-10 dry year I_{net})．この I_{net} (渇水年 I_{net})が平均 I_{net} (図 3) に比べてどの程度増大しているか示したのが図 4 である．大雑把に言うと，平均 I_{net} が高いところでは図 4 の増加率が高いが，地域的な違いもまた目立つ：北米と欧米・アフリカ南部とアフリカ北部をそれぞれ比べると，平均 I_{net} では似たような値なのに渇水 I_{net} では大きく異なる¹⁰．

平均 I_{net} が 900mm/yr と極めて高いところでは，

¹⁰ 演者注：原文は，for the same average values the variability is higher in North America and southern Africa than in Europe and northern Africa. どこどこをどう比べているのか，図 3，図 4 との整合性がちょっと分かりにくい．

渇水 I_{net} の増加率はそれほど大きくない(例：アフリカ北部 = 10% 以下)。

平均 I_{net} が 300-600mm/yr の地域では、渇水 I_{net} の増加率は大きくなる(例：ヨーロッパ南部 10 ~ 30% , USA 西部 10 ~ 30%)。

平均 I_{net} が 150-300mm/yr の地域では、渇水 I_{net} の増加率がさらに大きくなる(例：中国 30 ~ 50% , USA 東部 50 ~ 100% !)。

渇水 I_{net} が平均 I_{net} の 2 倍以上になることは稀であり、そういう例は日本・中国東北部・メキシコのように平均 I_{net} が非常に小さい(3-40mm/yr)地域に限られる。

[30] 「長年平均値が小さいほど、渇水年の増加率が高い」というのは、流量の時系列についてもいえることである(Döll *et al.*, 1999) 。したがって、流量については渇水年における増大率は乾燥・高温地域で高いのに対し、 I_{net} においてはむしろ逆に湿潤・寒冷地域で高い。

[31] 図 5 にグリッドセルあたりの net irrigation requirement を示した。

最も大きな値、500mm/yr 以上が見られるのはインド・パキスタン(インダス川流域)・ウズベキスタン・イラク・トルコ・エジプトである。

300mm/yr 以上の階級には、USA(カリフォルニア, 中西部), ギリシア・ルーマニア・イラン・旧ソ連の南部・アフガニスタン・バングラデシュ・中国(北京より南)・オーストラリア(Murray-Darling 流域)がある。

さらに下の、100mm/yr の階級には、チリ, アルゼンチン, メキシコ, スペイン, イタリア, フランス, スーダンの一部のセルである。

表 3 の二つ目のカラムにこの値の地域ごとの合計と世界の総計計を示した。

5 Comparison of Model Results to Independent Data

[32] (cropping pattern, 栽培期間, 灌漑水量に

ついて、他の独立した推定や実測データとつき合わせて検証することの重要性を述べている)

[33] 表 4 に、世界各地の reference point における cropping pattern , 生育期間開始日 E_{pot} , $E_{pot,c}$, の計算値を示した($E_{pot,c}$ は土壤水分ストレスが存在しなかったときの蒸発散量を表していること、 I_{net} は蒸発散量が $E_{pot,c}$ になることを実現するために農地に加える水の量であることに注意)。

ヨーロッパの北部・中部では主としてジャガイモ, 甜菜, 野菜, 牧草¹¹が灌漑されている。ここでは二期作二毛作は行われぬ。モデルで出された生育期間は、ジャガイモ・甜菜についての実際の生育期間とよく合致している。

ドイツの I_{net} は 80-100mm/yr であり (Roth, 1993) , モデルの結果 (72mm/yr . ドイツ全体平均だと 112mm/yr) と比較的一致している。

中国南部は、米と小麦の二毛作。これもモデルでちゃんと出されている。

中国の五ヶ所の灌漑地域に関する資料 (unpublished) をもとに I_{net} の適合性を検討した結果、 I_{net} は作物種ごとに異なるが、推定 I_{net} はおおむね実測 I_{net} の範囲であった。

エジプト北部では5 ~ 10月に米を栽培する(El Guindy *et al.*, 1987) が、モデルでは4月に米の栽培を「始めて」しまうセルがある。

ブラジル北東部ではモデルと実際の栽培期間はよく一致している。

USAでは、南東部とカリフォルニアで米作が行われているが、後者では気温土質条件が水田に合わない判断され、モデルの中では米作が行われていない。

インド北西部についてもカリフォルニアと同様のことがおこっている。

¹¹ 演者注：原文 grass

[34]灌漑データが正確に揃っている国は少ない。そのような国を対象に、今回求めた I_{net} および gross irrigation requirement (I_{gross}) と、既存データから求めた相当する値を表 5 に列挙する。スペインと USA では実際の消費量 (I_{net} に対応する値) までデータがあるがこれは稀な例である。

[35]スペインでは 13 の河川流域で I_{net} が計算されている(私信)。USA では郡レベルで水消費量が求められている(Solley *et al.*, 1998¹²)。

これらのデータとモデル計算結果を比較した。スペインでは 40% ほど過大評価であった。この理由は二つ考えられる：<a>実際には冬に灌漑が行われているが、表 4 に示す気温クライテリヤからは、夏の灌漑ということになってしまう、灌漑の経験を積むことにより需要量を減らすようになる¹³、つまり現時点で起こっている水不足のため、農民が理想的な水の量より少なめに水を使うようになっていることを意味しているのかもしれない。

イスラエルにも同様の理由があてはまると思われる(50%の過大評価)。もっとも、ここでは表 2 の irrigation efficiency で中東の値 0.6 を用いたのだが、これにも問題があるかもしれない。仮に 0.8 だとすると、誤差は 15% にまで減少する¹⁴。

[36]USA の例ではモデルと現実とは極めてよく一致している。州ごとのエラーが打ち消しあって結果として値がよくなっているだけかもしれないので、州ごとの比較を図 6 に示した。これもまたよく一致している。Modeling efficiency は 0.975 である。

[37]インド・エジプト・南アフリカについての I_{gross} はそれぞれ 44%, 28%, 15% の過大評価であった一方で、中国に関してはこの値は 13% の過小評価だった。グローバルでみると、WRI 統計(1987 年ころに相当)に比べて 11% の過大評価だった。

[38]現段階では表 5 からこのモデルの有効性をジャッジするのは難しいが、グローバル、あるいは大陸スケールなら有効であろうと考えられる。

6 Summary and Conclusions

[39]我々の知る限り、グローバルな灌漑水必要量を spatially explicit manner で推定するモデルはこれが世界で始めてである。

(この部分はモデル自体の簡単な説明で、すべて繰り返しなので省略)

[40]灌漑面積・作物種類・栽培期間・年間栽培回数・水利用効率など不確実性を含むデータを使ったモデルなので、出てきた結果も当然不確実性をはらむ。しかしシンプルで無理のない仮定にもとづくモデルにより、これまで得られなかったグローバルな灌漑必要水量を算出することができた(ことは重要である)。

モデルが単純な方式で内部的に算出している変数(栽培期間, cropping pattern)を、フィールドデータで検証した結果、比較的よい一致がみられた。しかし、モデルが単純であるため各セルを優占している農業形態を強く反映している。また、現実と合わない点もあることは確かである。

現段階ではこのモデルの妥当性を充分検証するのは難しい。信頼にたる灌漑データがなかなか得られないからである。比較的信頼度が高いと思われるデータを用いて国毎にモデル結果を検討した結果、モデルのほうが過大評価をする傾向が見られた。これはこのモデルが実際の灌漑水量ではなく「理想的な」灌漑水量を算定

¹² オンライン資料あり(前出)

¹³ 演者注: 原文 the basic plant water requirement was adjusted to actual good irrigation practices.

¹⁴ 演者注: サンドラ・ポステル「水不足が世界を脅かす」第八章によると、イスラエルはドリップ灌漑を精力的に普及させている第一人者である。

するものであることと整合的である。

著者らは Solley et al(1995)のデータがこの種のデータセットの中では世界で最も信頼性が高いと考えている。このデータとモデル結果が高い一致を示したことは喜ばしい。以上を総合して、著者らは、このモデルはグローバルスケールあるいは大陸スケールの検討には適切に使用できると信ずる。

[41]グローバルな灌漑統計もこのモデルから出すことができる。灌漑面積は 2.5Mkm^2 、 I_{net} は $1100\text{km}^3/\text{yr}$ 、 I_{gross} は $2500\text{km}^3/\text{yr}$ である。渇水年や高温の年では I_{net} は大きくなる。この増加率は、流出の場合とは逆に、高温・乾燥地域で小さく、湿潤冷涼地域で大きい。

[42]将来は、気候変化が灌漑に与える影響をアセスするために灌漑モデルが用いられるようになるであろう。WaterGAP(水文モデル)との組み合わせにより、このモデルは流域における水不足の解析を改良することができる。我々の私見ではあるが、水不足のインディケータは、平均的な状態と渇水状態の両方を含み、かつ、水取水量と水消費量を両方考慮するものでなければならない。それに加えて、この改良された灌漑モデルを用いれば、食糧危機・水危機に関する複雑な連関をより現実的にアセスメントできるようになるだろう。たとえば、工業・生活など他のセクタの水利用アセスメントおよび水供給に関する推定と同時にこのモデルを用いることにより、ある流域についてどの程度まで灌漑面積を増やすことができるか推定できるようになる。

最後に、広域水文モデル・陸面モデルの実測流量に対するキャリブレーションにこのモデル結果が使えることを指摘しておきたい。いくつかの大河川では、natural な流量がなんらかの水消費で「消えて」しまっているため、実測流量はそれを考慮した補正が必要だからである。

[43]グローバル灌漑マップが改訂されれば、

この方式の信頼性はさらに高まる¹⁵。この目的のために、国別灌漑マップ・灌漑資料をさらに精力的に集める予定である。また、灌漑農業に関する基礎データがさらに集まれば、モデル自体のさらなる高度化も可能になる。

¹⁵ 現実にはこの後 Version2 が出ている