

中国黄河流域の農業生産と水資源配分に関する研究

Agricultural product and distribution water in Yellow River basin in China

小澤 亮輔*

Ryosuke Ozawa

小川 茂*

Sigeru Ogawa

方 偉華*

Fang Weihua

井村 秀文*

Hidefumi Imura

ABSTRACT: China witnessed a rapid economic growth in the past 2 decades and water supply becomes a critical issue. Yellow River Basin, the second largest river basin of China and the key agriculture area of China, is suffering from serious water shortage. In order to estimate the crop evapotranspiration (ET), an important part of water cycling, firstly, a database about Yellow River Basin is established under the support of GIS. The items in the database include empirical crop ET coefficient of wheat, corn, cotton, bean and rice using province as spatial unit. Temperature and precipitation time series of 21 stations, plant area time series of the 5 crops and other social-economic data is also included. Then, after the analysis of basic situation of Yellow River Basin, the total ET of each crop in every province is estimated.

KEYWORDS; Water Resources, Water Balance, Agricultural Change, Evapotranspiration

1 はじめに

海河、淮河、黄河、中国北部を流れるこれら3つの大河（海淮黄三河）の流域は、古来より中国における政治・経済の中心舞台となり繁栄してきた。現在においても全国 GDP の 35%、工業生産額の 31% がこの地域に集中し、さらに首都北京を擁している。これら三河の流域面積の合計はおよそ 130 km²（中国全土の 15%、日本全土の 3.5 倍程度）であり、ここには 4 億 2 千万人（中国の総人口の 45%、日本の総人口の 3.4 倍）もの人々が居住している。またここで海淮黄三河の中でも特に黄河は、残る海河・淮河の 5 倍以上もの河川長を有し、さらに流域面積の広大さ、地域内の環境条件の多様さ、これらに起因する環境問題の重大さといった面でも注目を惹く。

1972 年 4 月 23 日、山東省の利津観測所で黄河下流における最初の断流が記録された。以後黄河下流における断流現象は頻繁に発生し、特に 1990 年代は毎年断流を観測、さらに発生期間や日数、断流の長さは共に拡大傾向にある。このような水の不足は、海河・淮河も含め中国北部全体に見られる慢性的な傾向である。中国における 1 人あたりの水使用可能量は世界平均の 1/20 にも満たないが、さらにこの希少な水資源が中国においては南部地域へと偏在しているのである。北部は主に乾燥地となっており、すなわち水の供給量が極めて少ない。しかしその一方、前述のように海淮黄三河の流域では人口や産業が集積、その成長と共に需要量は年をおって増加してきた。さらに生活スタイルの変化（シャワーの利用など）は都市生活用水を増大させ、需要量の増加を助長してきた。特に 1978 年の改革开放路線への政策転換以降は経済成長と都市化の速度が飛躍的に上昇し、これに伴って水の需要量の増加も拡大、これが水需給のギャップを生じさせ、断流をはじめとした水が不足するという事態を引き起こしてきたのである。さらに現在においても中国では依然として高度な経済成長が続いており、今後もこの傾向は持続するものと予想されている。そして前述したように、このような高度な経済成長は生産規模の拡大や都市化、生活スタイルの変化等に伴う水需要量の増加と水需給ギャップの顕在化を意味する。すなわち水資源の制約が今後、中国北部の経済成長のボトルネックとなりうる可能性が非常に高いのである。

*名古屋大学大学院環境学研究科 Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

水資源の不足はまた、様々な環境問題も引き起こしている。例えば地下水の過剰な汲み上げは地下水位を低下させ、地盤沈下などの問題が生じている。さらに水の使用量の増大に対して使用後に発生する污水处理施設の建設が追いついておらず、これが水質の悪化を招いている。

以上のように中国北部地域では、慢性的な水不足が地域経済、さらには環境にとっての大きな問題点となっており、その解消のためには水の需給、供給両面での対策の検討が求められている。そしてその検討には、水資源の現状を数量的に把握することが重要となる。ただし一概に中国北部地域といっても極めて広大で、調査あるいは分析に要するデータ、時間に限りもあるため、本論においては、これら中国北部地域の各河川流域の中で最も人口の集中する黄河流域を取り上ることとする。さらに水資源は農業、工業、商業などの産業や都市、農村での生活に利用されることとなるが、このうち現在最も使用量の高い農業に着目し、数量的な評価を進めていくこととする。

以下ではまず GIS(地理情報システム)を用いて現在の黄河流域の解析を行い、さらに農業蒸発散(Evapotranspiration: ET)量を推計するためのモデル式の作成及び、この推計式を用いた農産物の蒸発散量の評価を行う。蒸発散とは農地から大気中に蒸発・発散することを示すが、詳しくは3章で後述する。

2 黄河流域の基礎解析

2.1 断流現象の基礎解析

華北平原を流れる黄河の水が河口まで届かずに途絶えてしまうことを断流と呼ぶ。1972年に最初の断流が発生してから年々増加している(図2.1参照)。特に1997年はこれまでで断流日数、距離が最大となっており、観測史上最も厳しいものとなった。

断流は主に下流域で発生する。最も水を必要とする農業はこの下流域に集中しているためかなりの影響を受けることになる。

断流が発生する原因としては降水量の減少による

水供給量の減少と需要量の増加、黄河流域の月別降水量と農産物栽培の時期に隔たりがあることなどである。黄河流域の降水は6月から10月に集中するが、主要な灌漑期間は3月から6月である。また黄河流域は降水量の年変動が大きいというのも原因の一つである。

このように黄河の断流は様々な要因が重なって発生した現象である。この解決は流域全体の水循環における収支を保つことであり、そのために水需給システムの解明が必要である。

断流による影響は水資源不足以外にも様々である。流量の減少により河道堆積を促進し河床の上昇を招き、また自浄能力も減少させ水質を悪化させる原因となっている。

今後断流に対する対策としては、流域全体に及ぶ総合的な水管理の充実、水の再利用率の向上、各用水の節水などがある。黄河の断流に関しては即座に対応できる問題ではなく、長期的な視野で取り組むべき問題である。

2.2 社会経済状況

まず中国全土の経済構造をGDPで見ると、ここ十年ほどで急速に伸びていることがわかる(図2.2参照)。特に工業を含む第二次産業の成長が著しく、第一次産業の増加は緩やかである。この理由としては言うまでもなく工業化による急激な経済発展が起きているからである。

こうした産業構造の変化は国民所得を増やし、食生活を豊かにしてゆく。よって一人あたりの食物の消費量は増加し、さらに人口そのものも増加している中国では自給するために農業生産量を増加していく必要がある。しかし

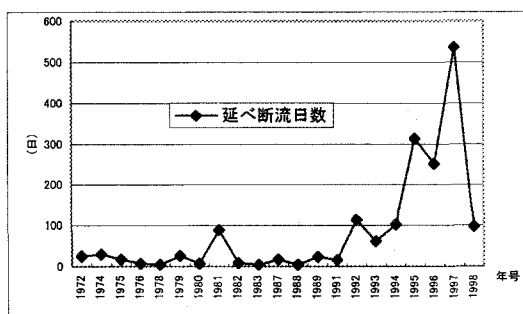


図 2.1 黄河下流の断流状況

ながら水資源を最も多く使う農業は、GDP で見るとかなり少ない。このような生産性の少ない農業から工業に変化することは容易に想像できる。このままでは日本のように食糧をまったく自給できずに外国に頼る可能性もある。日本と違うことは人口が世界一ということでそれが最大の問題なのである。さらに WTO に加盟することで自由に食糧を輸入することになり、食糧危機に拍車をかけることになるのではないかと考えられる。

次に黄河流域について説明する。黄河流域の GDP は 1999 年に約 10600 億円で、中国全土の 8 分の 1 を占めている。この地域でも工業化が特に下流域で起こっているが、まだ農業生産を中心とした地域である。今後も水資源不足は厳しいものになると予想されるため、水資源の豊かな南部に工業の発展が移動していく可能性もある。次に黄河の省別 GDP を図 2.3 に示した。上位 4 番目までの河南、陝西、山西、山東は全て東部地域の省であり、いかに東部に経済が集中しているかがわかる。

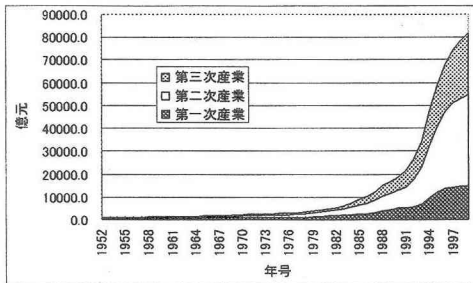


図 2.2 中国全土の GDP

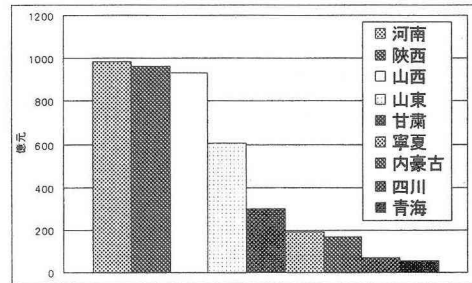


図 2.3 黄河流域の省別 GDP(1999)

出典：中国統計年鑑 2000

続いて図 2.4 は 1999 年の農業労働人員と農村人口を県単位で作成した黄河流域での分布図である。この図からも明かなように東部を中心として分布している。

以上から黄河流域ではほとんどの分野が東部の下流域に集中しており、今後の経済発展によってさらに進行して行くものと考えられる。このことが今後の黄河流域にどのような影響を及ぼすかを予測する必要がある。

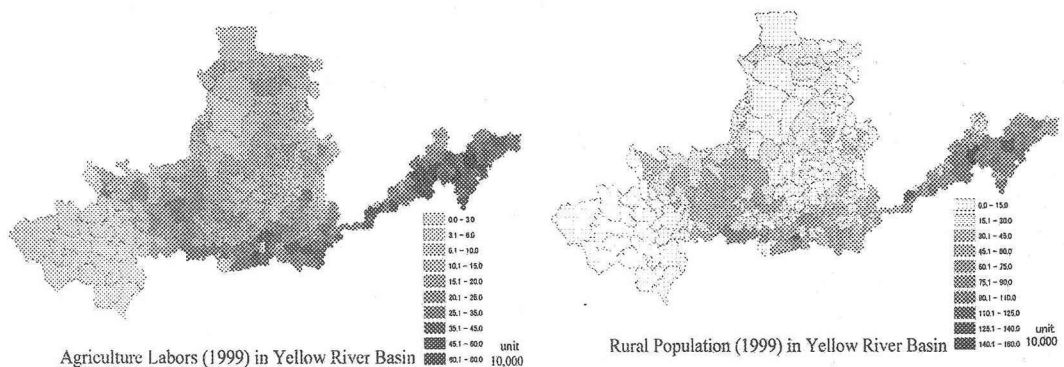


図 2.4 黄河流域の 1999 年人口分布図

出典：中国農村統計年鑑 2000

2.3 農業

中国では米、小麦、とうもろこしなどの穀物や綿花を主に産出しており、灌漑面積は世界第一位である。水資源の少なく灌漑率の低い黄河流域では小麦や雑穀作、綿花などを生産している。海河、淮河を併せた水資源の少ない中国北部で耕地面積の40%、黄河のみだと13%（1980年）を占めているため、農業への水資源を確保することの重要さがわかる。

現在の問題は毎年耕地面積が減少していることである。工業化などによる農地から非農業用途への転用や生産性の低い農地の放棄、多毛作の減少、国民所得の上昇が果物や野菜の需要と価格を引き上げるため穀物から収益の上がる作物へと移ることなどが耕地面積に影響を与えている。

生産量そのものは年々増加しているが、これが人口の増加に追いついておらず、また中国人の肉などへの食生活の変化やWTO加盟による食料の輸入の増加が予想される。

図2.5は黄河流域・全県の糧食（米、小麦、とうもろこし、など）、綿花、油料（落花生、菜種）の生産量の総計であり、断流の最も多かった97年に生産量が大幅に減少している。黄河流域下流では主に農作物が栽培されており、水が枯渇する断流現象が農業生産にかなりの打撃を与えることがわかる。

しかし97年以外では緩やかに生産量は増加している。その背景としては農業技術の向上や水管理体制の充実化、水使用量の少ない農作物へのシフトなどが考えられる。

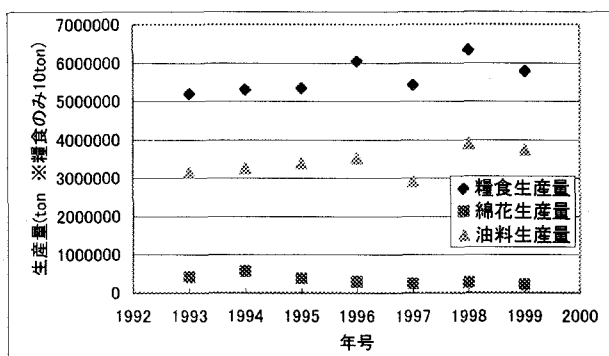


図 2.5 黄河流域の農産物生産量

3 農業蒸発散量の推計

3.1 推計方法

1章で前述のとおり本論では農産物の蒸発散量を求め、これを評価する。したがって最初に蒸発散について説明を行う。まず土地の水収支を図3.1に示した。図の四角形は農地のことで、降雨による水の入力から表流水として最初に流れ、残りの浸透した水が地表水として出力する。そして蒸発散とは植物と地表からの蒸発、または発散のことである。農業分野において農産物の種類ごとでは蒸発散にそれほど差はない。蒸発散の場所による差はその土地の特徴による。温度や風、土壤などの違いによって地域によって蒸発散量は変化するのである。

次に本論における蒸発散量の推計方法を説明する。まず中国の農業に関する既往研究より、『需水量』、即ち農産物の種類別、省別で単位面積あたりの水の蒸発散量を得る。この需水量は農産物と土地2つの蒸発散量を合計した値である。需水量とは即ち農産物の種をまいてから収穫までに必要な単位面積あたりの水の蒸発散量である。この値に各農産物の面積を乗ずることにより農業蒸発散量を得ることができる。

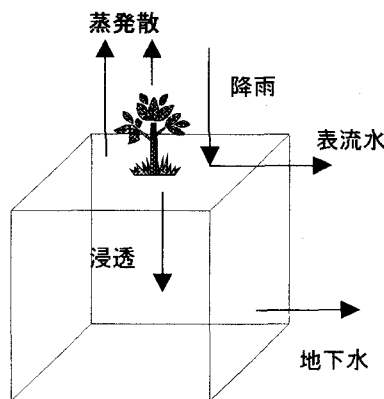


図 3.1 水収支の構造

3.2 農業蒸発散推計モデルの概要

まず農業蒸発散推計のモデル式を構築し、次節でこれを用いた分析を行っていく。

本論では農業蒸発散推計を各農産物の生態データにより求める。既往研究によって得られた各農産物の需水量によって農業蒸発散量を推計する。需水量とは農産物単位面積あたりの水の蒸発散量を示し、農産物が収穫されるまでに必要な水の量を実験的に求められた値である。この需水量は農産物が使用できなかった農地での水の蒸発などすべての蒸発散量を考慮に入れて求められた値であるので、この値に各農産物の面積を乗ずることにより農業蒸発散量を求めることができ次式で表される。

$$ET = \sum_{i=1}^9 (ETc_i \times S_i) \quad (3.1)$$

ここでETは水需要を示し、ET_cが需水量、Sが省ごとの種類別農産物の総面積である。

この推計式の特徴は各地域で異なる農産物の分布を農業蒸発散量に表せることである。将来の農産物の面積を予想できれば、農業蒸発散も予測可能である。例えば WTOへの加盟により米の輸入が増え他の水使用量の少なく生産性の高い作物にシフトすると仮定すれば農業蒸発散の変化も予測できる。

3.3 農業蒸発散推計結果

今回の分析では使用可能データの制限上、黄河の農業蒸発散全体の推計を行わず入手可能な農産物の面積を用いて、作成したモデルの評価を試みた。

まず適用範囲たが得られる需水量の値(以降ET_c値と表す)が省単位であるため、黄河流域に重なっている青海、甘肅、四川、寧夏、内蒙古、陝西、山西、河南、山東の9省、自治区を対象とする。次に扱う農産物の面積データだが、ET_c値と農産物データの両方がそろえる米、小麦、とうもろこし、豆、綿花を用いる。また一部のみET_c値の存在しない省があるためにその省は周りに存在する省の平均値として計算した。図3.2に農業蒸発散量の推計結果を示す。

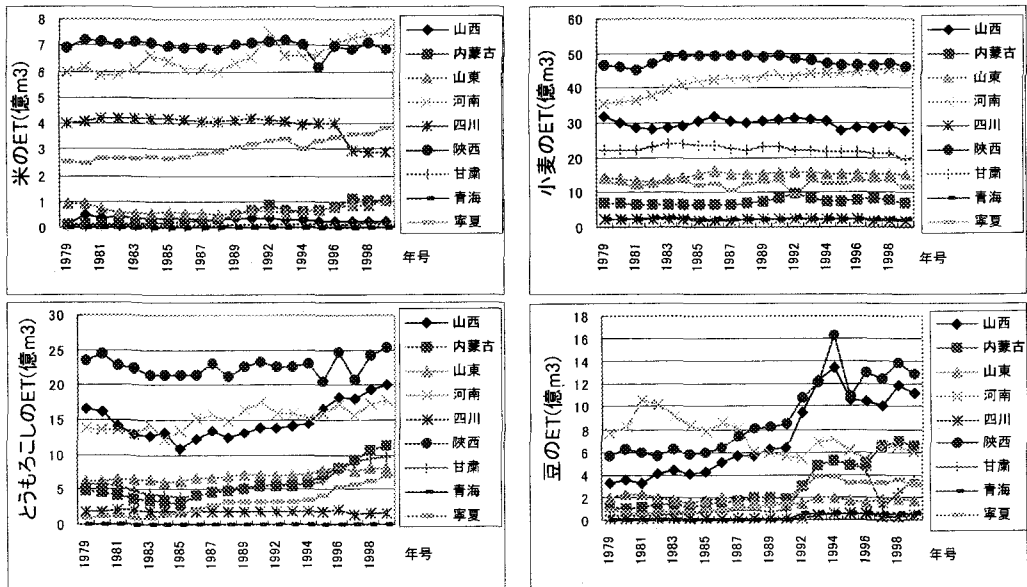


図 3.2 黄河流域省別と流域合計の ET

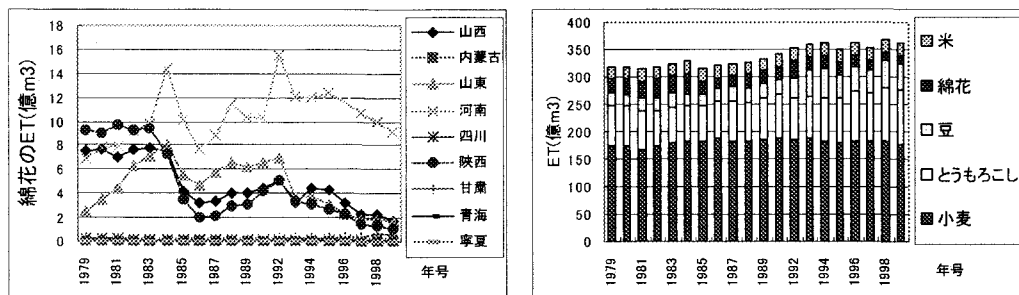


図 3.2 黄河流域省別と流域合計の ET

以上の結果よりとうもろこしや豆などの需水量が小さい、つまり水の使用量の少ない作物の蒸発散量が増加していることがわかる。これは水資源不足や食生活の変化による影響だと考えられるが、今後も経済成長、WTOへの加盟などにより進展するものと考えられる。

4 おわりに

本論では、中国の水問題の中で重要な位置にある農業用水を取り上げ、黄河流域の基礎解析を行い水資源不足の深刻さに関して GIS を用いて把握した上で、これを解消するために水収支の観点から農業蒸発散量というものに注目してきた。この農業蒸発散量の利点は農産物の種類ごとに解析することが可能なことで、農産物の総耕地面積及び灌漑率のみを使用して予測を行った既往研究とはこの点で異なる。このことは、生産している農産物の構成や時系列の農産物の変化等、より妥当性のある予測モデルを創ることを意味している。

水蒸発散量の推計式は様々だが、今回は中国の既往研究より現在入手可能な需水量と農産物耕地面積を用いて推計式を作成し、農産物の一部のみを計算するのみにとどまった。今後黄河流域の水需給に関する研究を続けていくにあたって、県単位での多種にわたる農産物の面積や、より多くの地域及び農産物の需水量を入手することによって精度の高い黄河流域の農業蒸発散量を求めることができる。また、今回需水量は農産物について時系列は一定としたが、気候変動による同じ地域での変化が存在し、これを考慮に入れるべきである。

参考文献

- 1) 金子慎治, 三枝祐司, 松本亨, 井村秀文(1998): 中国の長期的水需要予測, 第6回地球環境シンポジウム講演論文集, pp.315-322
- 2) 国家統計局(1993-2000): 中国統計年鑑 1993-2000, 中国統計出版社
- 3) 国家統計局城市社会経済調査総隊(2001): 中国城市統計年鑑 2000, 中国統計出版社
- 4) 国家統計局農村社会経済調査総隊(1994-2000): 中国農村統計年鑑 1994-2000, 中国統計出版社
- 5) 国家統計局農村社会経済調査総隊(2001): 中国県(市)社会経済統計年鑑 2001, 中国統計出版社
- 6) 三枝祐司, 金子慎治, 松本亨, 井村秀文(1998): 黄河流域の水資源需給に関する基礎的研究, 環境システム研究, Vol.26, pp.501-506
- 7) 水利部黄河水利委員会(1998): 黄河年鑑 1998
- 8) 沈振榮, 汪林, 干福亮, 劉斌(2000): 節水新概念, 中国水利水電出版社
- 9) 堀井健三, 篠田隆, 多田博一(1996): アジアの灌漑制度, 新評論
- 10) 李志東(1999): 中国の環境保護システム, 東洋経済新報社