

中国黄河の流域水資源管理の課題

STUDY ON THE WATER RESOURCE MANAGEMENT IN THE YELLOW RIVER BASIN

三枝 裕司*・金子 慎治**・陳 晋*・井村 秀文*
Yuji MIEDA*, Shinji KANEKO**, Chen JIN*, Hidefumi IMURA*

ABSTRACT; The shortage of water is emerging as a serious threat to the sustainable development in the North China due to its adverse economic and environmental impacts. Focusing on the Yellow River basin, this paper evaluates the past meteorological data related to climate change, and discusses their implications for water supply-and-demand balance of the region. Firstly, the temperature and precipitation data during 1951-1997 are analyzed. Then, the Yellow River basin is classified into six areas according to the indices derived from the temperature and precipitation data, and the relationship between agricultural water consumption and climate changes is discussed. Finally, an evaluation model about water supply-and-demand balance is proposed.

KEYWORDS ; basin of the Yellow river, water cutoff, supply-and-demand balance, climate change

1. はじめに

黄河の断流がはじめて観測されたのは1972年のことであったが、この現象はその後毎年深刻さを増しつつある¹⁾。とりわけ、1990年代に入ってから断流はより一層顕著さを増し、黄河下流域の広範な地域で問題が慢性化しつつある(図1)。断流の原因としてまず指摘されるのが、流域全体を通しての水消費量の増大である。1980年代以降、中国の急速な経済成長は、工業生産の拡大、都市の人口増大と市民生活の物的豊かさの向上、農業の近代化をもたらした。その結果、都市部では、工業用水、生活用水の大幅な需要増加が起り、その水源として、地下水とともに河川水が大量に使用されるようになった。他方、農村部では、灌漑設備の整備と農法の近代化により、河川水が大量かつ効率的に農業用水として利用できるようになった。

断流が観測された当初、1970年代から1980年代初頭にかけて、断流の起こる時期は初夏(5,6,7月)に限られていた。これは、農業用水利用による影響が大きかったためと考えられる。このことは、当時の農業用水使用量が都市用水(都市生活用水、工業用水)使用量に比べてはるかに大きかったこと、さらに、その集中的発生時期が農繁期と一致したことから容易に推察できる。これに対して、1990年代においては、断流の観測される期間が長くなり、ほぼ年間を通して現象が生じている。このように、年間の時期を問わずに断流現象が起きようになった一つの原因としては、季節的に使用時期が集中している農業用水だけでなく、年間を通して使用される都市用水の需要が顕著に増大したことが考えられる。

一方、地球温暖化による長期的な気候変動が一つの原因であるとの指摘もある。「黄河下流域断流状況及び対策」¹⁾によれば、1990年から1997年の黄河流域の降水量は例年に比べ10%~21%減少したと指摘されている。日本の気象庁の報告書によると、1990年代の黄河流域は、平年に比べ高温、少雨がが続いている地域である(地球温暖化監視レポート²⁾、気候変動監視レポート³⁾)。気温が上昇することは、すなわち蒸発散量の増加を意味し、

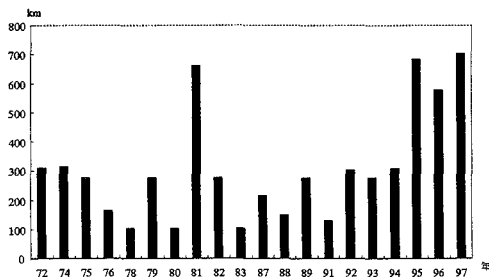


図1 黄河断流の年間最高長(km)¹⁾

* 九州大学大学院工学研究科環境システム科学研究センター

* Institute of Environmental Systems, Graduate School of Engineering, Kyushu University

** (財) 地球環境戦略研究機関

** Institute for Global Environmental Strategies

さらに降雨量が減少すれば、急速な乾燥化をもたらす。黄河下流域の広い範囲がモンスーン気候帯に含まれており、夏季に降雨が集中するのがこの地域の特徴である。同時に、黄河は上流、中流、下流のそれぞれが気候的に大きく異なる特徴を有している。すなわち、上流部の一部は寒冷地帯であり、中流から上流にかけては砂漠地帯に近い地域があるなど、多様性に富んでいる。気候条件にしたがって農業が営まれることを考えると、地球温暖化による気温や降雨量の変化については、年間の平均値ばかりでなく、季節的な差異とその地域的な分布について長期の経年的な変化が問題となる。

2. 巨大流域の水資源管理にとっての政策課題

長期にわたって、水資源を効率的、戦略的に管理し、水の安定供給を実現することは、21世紀の中国にとっての大きな政策課題の一つである。我が国では、急峻な河川の洪水を制御する一方で、ダムやため池などにより渇水を回避する努力が重ねられてきた。また、流域面積が小さいため、河川流量やダムの貯水量などの詳細なモニタリングが可能であり、それらに基づく制御システムが完備されている。その結果、限られた水資源をいくつかの地域、用途相互に細かく転用することも可能である。それに対して、黄河流域ではそうした狭い地域や個別の都市を対象とした緻密な水資源管理は不可能である。しかし、水資源管理のための手だてを講じなくてはならないことは確かである。したがって、まず、断流の原因を追求することによって、中国の持続可能な発展を考える上で多くの示唆を得る事ができると考えられる。

断流の原因については、前述のようにいくつかの理由が考えられるものの、いずれも確定的ではなく、仮説の域を出ていない。何が原因であるか、あるいはどの原因がどの程度影響しているかといった結論を得るには、より定量的な分析が求められる。そのためには、長期にわたって整備された社会科学と自然科学の両方のデータが必要となる。さらに、需給バランスを視野に入れて評価するためには、両者の情報について、精度、時間・空間的スケールなどに関して、それなりの整合をとる必要がある。例えば、水消費量に関する情報は、県単位という小さな行政単位の情報が得られる反面、長期的な情報を入手、把握することは困難である。一方、気温や降水量に関する情報は、細密な観測データを網羅的に得る事は困難であるものの、特定の観測点では長期のデータが存在する。こうしたデータを共通の分析の枠組みのもとで利用するための工夫が求められる。

以上の視点から、著者らは、これまでの研究において、中国の地域別社会経済データを整備し、それを利用することによって最近数年間の用途別水使用量の推計を行い、さらにそれに基づいて水需要の将来予測を行った⁴⁾。次に、それら水使用量の空間分布と現在の気温、降水量から推計された水資源量の地理的分布を比較し、その結果と断流現象との関係について考察した⁵⁾。しかし、以上の研究は水資源の需要面に視点を当てたものであり、供給側の問題は看過したままであった。そこで、本論においては、黄河流域を対象とし、水資源の需要、供給の両面について、時間的、空間的变化を分析し、それをもとに黄河流域における水資源管理にとっての政策課題をまとめる。このため、まず水の供給可能性を決定する気象等の自然データの長期経年変化に着目し、過去約50年間の気温及び降水量の推移を分析する。さらに、黄河流域における気温と降水量の面的分布の時系列データから、降水量、可能蒸発散量、夏季(7,8,9月)の降雨量の集中度、夏季(7,8,9月)の可能蒸発散量の集中度とそれぞれの長期的変化から、流域内の細かな地域特性を明らかにする。次いで、地域的に見た水の供給可能性と農業区分、農業用水、都市用水の使用量の変化と地域特性との関連性について考察する。

3. 過去の気温と降水量の変化(1951年～1997年)

3.1 黄河流域内の気象観測局

中国では、国家気象局が全国160の観測局の気象観測データを蓄積・整備している⁶⁾。図2に、黄河流域と全観測局を示す。黄河流域内の観測局は20局である。本研究では、黄河流域における気温と降水量の分析には、黄河流域内にある20の観測局の観測値を用いる。また、黄河流域全体の面的分布を求めるためには、全国の観測局の観測値を対象として、広い範囲で内挿を行い、その後流域を切り出して用いる。使用したデータは、1951年から1997年までの気温及び降水量の月平均データである。

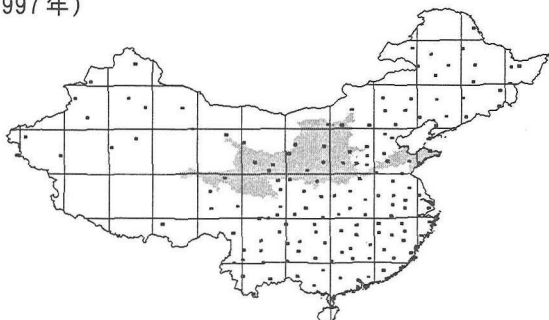


図2 中国の気象観測局(160局)の配置と黄河流域(流域内20局)

3.2 気温の変化

図3は黄河流域内の観測点の年平均気温の推移である。変化のトレンドが分かるように、5年移動平均も併記した。5年移動平均を見ると、はっきりと上昇傾向がみてとれる。特に、1970年以降は1980年から1984年において減少しているものの、それ以外の期間では上昇しており、その上昇温度は28年間に約1℃である。一方、月別にみても、表1のようになる。これは黄河流域の全観測点における月別平均気温の5年移動平均値による変化を表したものである。気温上昇は主に冬季に偏っており、夏季における気温上昇は小さい。このことと年平均気温の変化を合わせてみると、年平均温度の上昇は冬季の温度の上昇によるものと考えられる。また、1月の気温は2℃も上昇しており、最も気温の上昇が低い9月と比べると、1.6度の差がある。その1月と9月の平均気温の偏差の推移を図4に示す。1月の年変動が大きいのに対し、9月の年変動は小さい。

3.3 降水量の変化

図5は黄河流域の年間降水量の推移を表したものである。5年移動平均をとってみると、1970年代後半から20～30mm程度減少しているのが分かる。図6は黄河流域における降水量の夏季(7,8,9月)への集中度を表したものである。移動平均でみると、1960、70年代には降水量の夏季集中度がおよそ60%程度であったが、1980年代は55%程度に下がっている。これは、夏季以外の季節に降水量が分散していることを示している。しかし、90年代に入ると夏季集中度が再び増加してきている。また、月別にみると平均降水量が最も多い月は7月で、114mm(1951から1997年の平均)である。最も少ない月は1月で、4mm(同上)である。1、7月と、年間降水量の月平均値の推移を図7に示す。7月の平均降水量は年変動が非常に大きく、1987年と1988年では平均降水量が3倍になっている。1月は、ほぼ毎年が10mm以下で

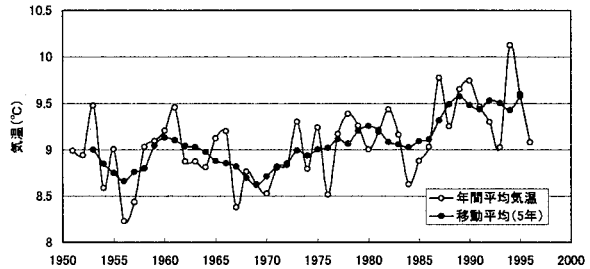


図3 黄河流域の年平均気温の推移 (対象観測局の平均)

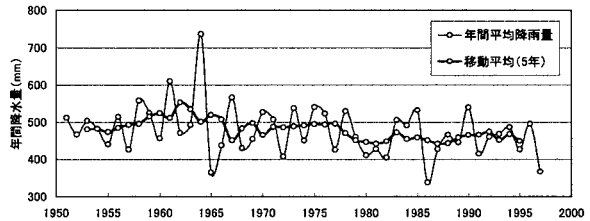


図5 黄河流域の年間降水量の推移 (対象観測点の平均)

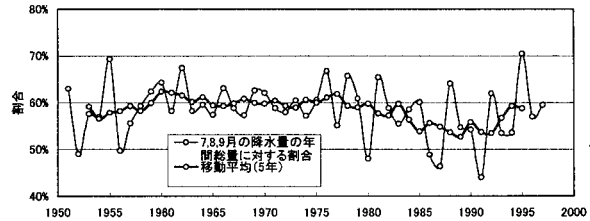


図6 黄河流域の夏季(7、8、9月)における降雨の集中度 (対象観測点の平均)

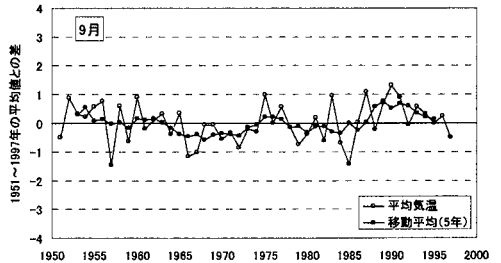
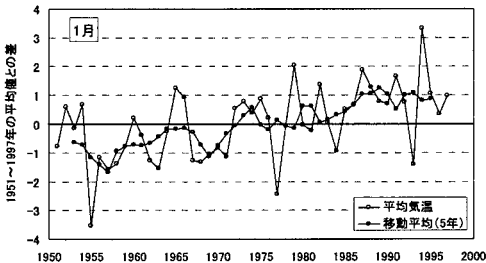


図4 黄河流域の全観測点における1月と9月の平均気温の年差(年平値との差)の推移

表1 黄河流域の全観測点における月別平均気温の変化(単位:℃;5年移動平均値による)

期間\月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1955-1965	0.961	-0.295	0.477	-0.138	0.489	0.186	0.026	0.275	-0.469	0.523	-0.100	-0.786
1965-1975	0.146	1.119	-0.125	0.545	-0.677	-0.299	-0.183	-0.463	0.593	-0.030	0.045	1.066
1975-1985	0.466	-0.468	-0.837	0.163	0.807	-0.008	-0.041	-0.134	-0.220	0.201	0.420	0.575
1985-1995	0.430	1.541	1.281	-0.097	0.376	0.767	0.751	0.447	0.136	-0.070	0.299	0.861
合計	2.003	1.897	0.796	0.473	0.995	0.646	0.553	0.125	0.040	0.624	0.664	1.716

あり、年変動はあまり見られない。

4. 黄河流域内の地域的气候特性

4.1 観測データの指標化及び指標分布図の作成

ここでは水資源量に影響を与える自然条件を基に指標を作成し、それらの特徴ごとに黄河流域内をいくつかの小地域に分類する。さらに、それぞれの小地域が持つ特徴とその地理的分布特性を分析する。

指標は流域内の観測点における47年間(1951年～1997年)の月別平均気温と降水量を用い、以下の式により算出する。各指標は、表2に示すとおりである。なお、PET(可能蒸発散量)の推計は、月別気温データから容易に推計が可能なThornthwaite法⁷⁾を用いる。すべての指標はまず観測点ごとに計算する。次にその指標計算値を面的に評価するため、空間配置された観測点から補間法による各指標計算値の内挿を行う。補間法はKriging法⁸⁾を用いる。さらに、0.5度×0.5度のメッシュデータに変換する。これを、黄河流域について切り出すと、合計402メッシュが得られる。

$$X1 = \frac{1}{47} \sum_y \sum_m P, \quad X2 = \frac{\sum_{y=1990}^{1997} \sum_m P \times \frac{1}{8}}{\sum_{y=1951}^{1959} \sum_m P \times \frac{1}{9}} \times 100, \quad X3 = \frac{1}{47} \sum_y \sum_m PET, \quad X4 = \frac{\sum_{y=1990}^{1997} \sum_m PET \times \frac{1}{8}}{\sum_{y=1951}^{1959} \sum_m PET \times \frac{1}{9}} \times 100,$$

$$X5 = \frac{1}{47} \sum_y \sum_{m=7}^9 P, \quad X6 = \frac{\sum_{y=1990}^{1997} \sum_{m=7}^9 P \times \frac{1}{8}}{\sum_{y=1951}^{1959} \sum_{m=7}^9 P \times \frac{1}{9}} \times 100, \quad X7 = \frac{1}{47} \sum_y \sum_{m=7}^9 PET, \quad X8 = \frac{\sum_{y=1990}^{1997} \sum_{m=7}^9 PET \times \frac{1}{8}}{\sum_{y=1951}^{1959} \sum_{m=7}^9 PET \times \frac{1}{9}} \times 100$$

4.2 クラスター分析による地域的气候特性分類

得られたメッシュを対象として、8つの変数を用いたクラスター分析により、6グループに分類する。分析手法はWard法、クラスター間の距離は平方ユークリッド距離とする。類型化されたグループを図8に示す。類型化されたグループの指標の平均値を表3に示す。

まず、補間を行った結果から流域全体の特徴について記述する。黄河流域は年降水量が414.2mm、年可能蒸発散量が629.8mmである。全国年降水量の640mmと比較すると全体として水資源に乏しい地域であると言える。また、夏季(7,8,9月)での降水量、可能蒸発散量の集中度は高く、それぞれ72.1%、71.5%である。1950年代(1951～1959年)と1990年代(1990～1997年)を比較すると、降水量は減少し、可能蒸発散量は増加している。また、夏季降水量の集中度も減少しているため、この時期の降水量は大幅に減少している。全体の蒸発散量が増えているが、蒸発散の夏季集中度はほとんど変化しておらず、夏季に水不足が起こりやすい状態へと長期的に変化したと見られる。

それぞれのグループの特徴は次のとおりである。

グループA: 黄河の中流域一帯に位置しており、比較的流域全体の特徴を表した地域である。ただし、夏季への降雨が集中傾向にあるものの、降水量の減少が大きく、蒸発散量も比較的大きく増加する

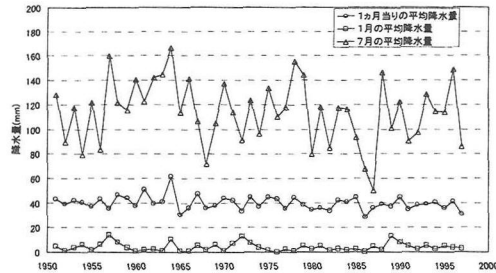


図7 黄河流域の全観測点における1ヵ月当りの降水量と月別降水量(1, 7月)の推移

表2 地域氣候特性の分析のための指標

記号	説明
X1(mm/y)	年平均降水量
X2(%)	X1の変化率(1990年代/1950年代)
X3(mm/y)	年平均PET(可能蒸発散量)
X4(%)	X3の変化率(1990年代/1950年代)
X5(mm/y)	7月から9月までの降水量が年平均に占める割合
X6(%)	X5の変化率(1990年代/1950年代)
X7(mm/y)	7月から9月までのPETが年平均に占める割合
X8(%)	X7の変化率(1990年代/1950年代)

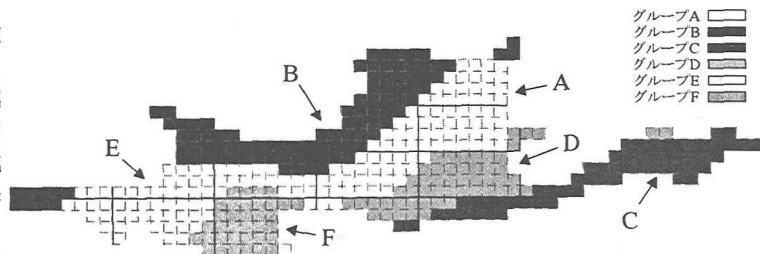


図8 黄河流域における地域的气候特性の分類結果

表3 クラスター分析の結果

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
グループA	401.6 (97.0)	91.8 (97.1)	633.5 (100.6)	101.7 (100.4)	72.6 (100.6)	100.5 (101.8)	70.7 (99.0)	99.0 (99.9)
グループB	240.1 (58.0)	96.2 (101.8)	621.6 (98.7)	101.5 (100.1)	74.2 (102.8)	102.7 (104.0)	71.9 (100.7)	99.0 (99.8)
グループC	629.7 (152.0)	94.0 (99.4)	789.0 (125.3)	101.5 (100.1)	71.0 (98.5)	95.4 (96.7)	69.2 (96.8)	98.5 (99.3)
グループD	538.6 (130.0)	88.6 (93.8)	718.8 (114.1)	100.1 (99.5)	68.4 (94.8)	94.9 (96.1)	69.0 (96.6)	99.2 (100.1)
グループE	341.4 (82.4)	102.0 (107.9)	430.2 (68.3)	101.0 (99.7)	74.2 (102.9)	97.0 (98.3)	78.9 (110.4)	99.8 (100.7)
グループF	502.0 (121.2)	97.7 (103.4)	522.3 (82.9)	100.7 (99.4)	69.7 (96.6)	95.4 (96.7)	69.4 (97.1)	100.1 (101.0)
流域全体	414.2 (100)	94.5 (100)	629.8 (100)	101.3 (100)	72.1 (100)	98.7 (100)	71.5 (100)	99.1 (100)

注: () 内は流域全体との比較である

ため、水資源量の厳しい減少が予想される。

グループB: 内陸地に位置しゴビ砂漠に隣接するグループBは、降水量が流域全体の平均値より非常に小さい。しかし、降水の夏季への集中度は高く、その度合いも高まっている。

グループC: 黄河の下流域に位置する地域で、降水量は流域全体で最も大きく湿潤であるが、可能蒸発散量も大きい。夏季の降水、可能蒸発散量の集中は比較的小さく、長期的にみてもその傾向が強まっている。

グループD: 中流域から下流域に位置しており、降水量は比較的多いが、最も降雨量が減少している。可能蒸発散量も多いが、夏季への集中は小さくなっている。降水の夏季集中度も小さくなっている。

グループE: 黄河の上流域に位置しており、海拔が高く年平均気温が低いため、可能蒸発散量は夏季に集中しているが、年間の量は流域全体の平均値より非常に小さい。つまり、冬季の蒸発散は小さい。また流域全体にわたり、ほとんどの地域で降水量が減少しているが、この地域だけは増加している。それでも流域全体の平均と比較すると小さい。

グループF: 上流域域に位置するグループFは、グループEと同じく高地であるので年平均気温は低く、可能蒸発散量は小さい。それに対して、降水量は比較的多く、夏季において、降水量の集中は減少する一方で可能蒸発散量は集中する傾向がある。

5. 農業区分と水消費量と地域特性の関連性について

図9は中国の大局的な農業区分である。黄河流域でその農業区分をみると、上流域では牧畜、中流域では牧畜と穀物農業の混合地帯、下流域は穀物農業地帯である。特に、牧畜と穀物農業の混合地帯では、その年の気象条件によって牧畜をしたり穀物農業を営んだりすることが特徴である。

図10は筆者らが推計した1990年の農業用水使用量、図11は同じく1989年から1991年までの期間の農業用水使用量の増加をみたものである⁴⁾。図10、図11を図9と比較してみると、上流域の牧畜地帯では農業用水使用量は小さい。本論文で言うグループEとFが黄河上流域にあたり、寒冷地である。穀物農業は寒冷地では不向きであり牧畜地帯である理由が理解できる。中流域にあるのはグループAとBとDである。この牧畜、穀物農業の混合地帯では、黄河本流及び渭河沿いで農業用水の集中が見られ、かなり大きな穀物農業が営まれている。さらに、最近の中流域における農業用水の使用量増大は、特に注目すべき点である。この地域では、もともと牧畜あるいは穀物農業との混合農業が営まれてきたわけであるが、最近、水需要の大きな穀物農業が

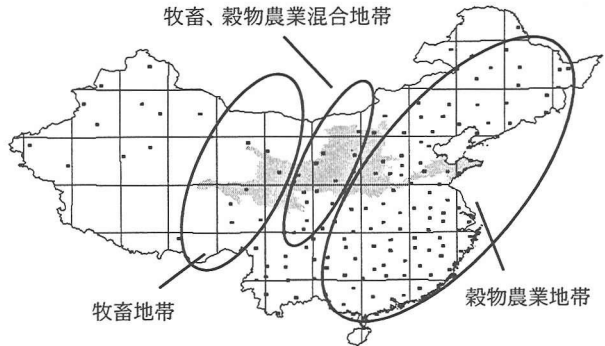


図9 中国の大局的な農業区分

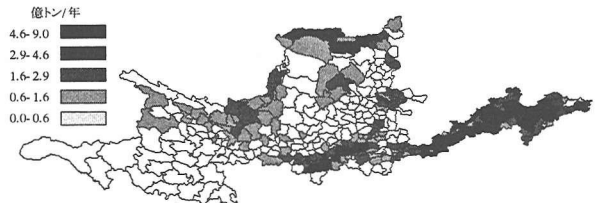


図10 県別農業用水使用量 (1990年)



図11 農業用水使用量の増加量 (1989～1991年)

活発化している。これは、平均気温の上昇及び夏季の降雨の集中が下流のグループC、Dから中流域のA、Bへシフトしたことが一つの理由であると考えられる。降水量が非常に少ないグループBの一部の地域でも農業用水の集中が見られるが、これは最近の急速な灌漑能力の改善によるものである。下流域では全体的に農業用水使用量が大きく、この地域が大規模な穀倉地帯であることが分かる。グループCがこれにあたり、その気候特性の降水量の多さから穀物農業に適した地域であることが分かる。この地域は、太古から農業が営まれており、灌漑率は流域内では際立って高い。



図12 都市用水使用量（1992年）

図12は1992年の都市用水（都市生活用水と工業用水の和）使用量の図である⁴⁾。都市用水は大都市での使用量が大きい。それらの大都市は、下流域ばかりでなく、中流域においても都市用水の大消費地として点在している。

6. 黄河流域の気候特性と水需給の現状

黄河流域の地域的気候特性の長期的な変化の分析をまとめると以下のとおりである。

1) 過去28年間で平均気温が約1℃上昇している。さらに、気温上昇は、夏季ではなく冬季に起こっている。
2) 流域全体の年間降水量は過去約40年間で20～30mm減少している。さらに、1980年代に入り、夏季に集中する降雨の割合が減少している。

3) 気候特性の面的な分布の長期変化を分析することにより、6つの小地域に分けられた。

4) これらの小地域を農業区分、農業用水使用量の変化と比較した結果、特に、中流域での農業形態と農業用水使用量の急激な変化が確認できた。

5) 工業用水及び都市生活用水の大量消費地は主に下流域に集中しているが、中流域にもいくつかの大都市が存在しており、農業用水と合わせて、この地域の影響の大きさが示された。

黄河断流の原因を流域全体としてマクロに捉えれば、次のことが考えられる。供給面では、平均気温が上昇し、降雨量が減少したため、全体として乾燥化している。需要面では、経済発展にともない、農業、工業、都市生活のいずれの用途についてもその使用量が大幅に増加している。一方、地域的にみると下流域では降水量の減少が大きく、また、夏季に集中してもたらされる降雨量が減少している。このことは、この時期に大量に必要な農業用水にとって、河川への依存度が高くなることを意味する。同時に、従来それほど穀物農業の盛んでなかった中流域において、気候の変化にともない、農業用水の需要量が大幅に増加した。下流域で断流が起きている一方で、こうした急激な増加をみると、流域全体の水資源に対する配慮が不足したといえる。同時に、経済成長にともなう都市用水の大消費地が中流域から下流域にわたり広く分布することになった。これらの都市での水使用量は、流域全体の水需給に大きな影響を及ぼす規模となっている。

7. まとめ：今後の政策課題と研究展望

上のような知見に基づき、長期的な水資源管理政策にとって必要な政策課題を以下にまとめる。

- (1) 水需給バランスに大きな影響を与える長期気候変動を監視及び予測すること
- (2) 直接的な影響を受ける農業について、流域全体の持続可能な農業のあり方を検討すること
- (3) 農業用水と都市用水の調整を行うこと（産業政策）
- (4) 上流、中流、下流間の調整を行うこと（地域発展政策）
- (5) 効率的、安定的な水供給インフラの整備と恒常的な節水に取り組むこと

このような視点から、今後の中国の水資源管理政策について、具体的な提案を行うには、以下のような分析が必要となる。

① 気候変動の影響、広域の水資源の移動量を考慮した賦存量推計モデルの開発。筆者らは気候因子による大まかな水資源量の推計を行った⁵⁾。しかし、水は実際には河川などの地表水、地下水などによって移動する。また冬季の積雪や水河などの雪解けとともに流出する影響なども考慮する必要がある。そのために本論文で示した気候特性による地域区分を行い、その区分間での水の移動を考える。こうした時間変化を含めたより精度の高い水資源量の推計が求められる。

②経済成長にともなう工業化、都市化の予測とそれにともなう需要構造の変化を組み込んだ需要量推計モデルの開発。筆者らは農業用水、工業用水、都市生活用水の3用途に限定して需要量の推計を行った⁴⁾。しかしより精度の高い推計を行うためには、水の利用プロセスを解明することが必要となる。一般的に、水は上流で取水されその残りが下流へと流出する。そのため上流でどれほどの水が取水され放出されているのかを解明する必要がある。また、経済成長にともなう技術進歩の効果も具体的に考慮して行く必要がある。

③インフラ整備のための資金調達とそれに基づいた供給可能量推計モデルの開発。このモデルは、灌漑施設、ダム、配水管、浄水施設などの様々な供給のためのインフラを考慮したモデルであり、人が実際に利用可能な量を推計するモデルである。どのインフラがどれほどの影響を持つのか問題であるが、中国の場合はこうしたインフラを整備するための資金の問題が大きい。これは、優先的に解決すべき課題であると同時に、実際どの程度の資金が用意できるか、将来の見通しが求められる。それにより、どういった用途に対して、いつまでにどの程度の量の水供給が可能となるかを見積もることができる。また、再利用を目的とした水質の問題もある。再利用に用いる水の場合、それぞれの用途によって満たすべき最低限の水質がある。例えば、工業用水の中で用いる冷却水や洗浄水などには、それほど高い水質は求められない。しかし、飲料などの家庭用水については人体への影響を考えて高い水質が求められる。こうした水質の問題も考慮に入れたモデルが必要となる。

④水資源需給バランスの推計モデル。このモデルは、前述のモデルで推計した需要量と供給可能量を比較し、水需給のバランスの評価を行うモデルである。このバランスの評価によって、どの地域で水の供給不足および供給過多が生じているか把握し、有効的な地域間調整の政策を立てることができる。また、インフラの整備の際にもどの地域を優先すべきかを決定でき、水資源管理政策の有効な情報になる。しかし、この評価の精度は各モデルの精度によるので、各モデルでの精度が相当高い必要がある。

以上が、自然システムと社会システムをリンクさせた水需給の総合評価モデルである。このモデルの開発により、具体的な水資源管理政策の提示ができる。さらに、その政策の取り扱いが可能な総合モデルにすることで、長期的な戦略を考察することができる。今後は、この水需給の総合評価モデルの構築を行い、上記の5つの政策課題について具体的な政策を提示することを目指す。

参考文献

- 1) 除効国：黄河下流断流状況及び対策，1998（私信）
- 2) 気象庁：地球温暖化監視レポート 1994，1995
- 3) 気象庁：地球変動監視レポート 1997，1998
- 4) 金子慎治、三枝裕司、松本亨、井村秀文：中国の長期的水需要予測、土木学会第6回地球環境シンポジウム講演論文集、pp.315-322、1998
- 5) 三枝裕司、金子慎治、陳晋、井村秀文：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、vol26、pp.501-506、1998
- 6) 中国気象局：中国観測点気象観測資料集（1951-1997）、CD-ROM、1998
- 7) 梶根勇：水と気象、朝倉書店、1989
- 8) Burrough, P.A.: “Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment”, Oxford University Press, 1986