

## 中国の社会経済発展と詳細水需給ギャップの把握

### Understanding of Detailed Water Supply and Demand Gap under Rapid Socio-economic Development in China

大西 暁生\*・石 峰\*\*・森杉 雅史\*\*\*・田中 広樹\*\*\*\*・井村 秀文\*\*  
Akio Onishi \*・Feng Shi \*\*・Masafumi Morisugi \*\*\*・Hiroki Tanaka \*\*\*\*・Hidefumi Imura \*\*

Water is a vital and precious resource in this 21 century. Regions where are located at arid and semi-arid climate conditions concern that water will become more severe constraint of economical growth. 'Dry-up' is one of most representative phenomena of water issues. It is said that increases in water demand associated with rapid socio-economic development and decreases, or say unstable, in water resource (water supply) lead the sever water shortage especially in the arid and semi-arid regions. However, the causes of the water shortage, especially relationship between spatial allocations of water supply and demand structures, have not been completely understood. Therefore, this study clarifies relationship between the water supply and demand gaps in China. Firstly, the regional water demand was estimated by using the socio-economic macro framework. Secondary, the allocation of water resource was assessed by using the observed climate data. Finally, the gaps between water demands and supplies were shown by the fine spatial resolutions.

**Keywords:** China, Socio-economic Development, Water Supply and Demand Gap  
中国, 社会経済発展, 水需給ギャップ

#### 1. はじめに

1978年の改革開放以来、中国の経済は飛躍的に成長し、今後もさらに加速すると予測されている<sup>1)</sup>。特に、WTO加盟による市場の自由化や国内での経済構造改革が進むことによって、生産拡大・産業轉換・生活レベル向上などがより一層促進されることが見込まれている<sup>1)</sup>。一方、このような経済成長は、「先富論」<sup>2)</sup>や「はしご理論」<sup>3)</sup>といった沿海部への傾斜政策によって支えられてきたものの、沿岸部と内陸部、また都市と農村といった地域間経済格差の拡大が進み、現在ではその是正が進められている。

他方、中国の急速な経済発展によってもたらされた資源の過剰消費や生活環境の悪化など、早急に対処すべき問題が山積しており、現在、この解決に向けた対策が急がれている。特に、乾燥・半乾燥地帯の広がる中国北部では、急速な経済発展に伴い水需要が増加することによって、水資源の枯渇を招くと同時に、上流域と下流域といった典型的な河川の水資源共有問題を引き起こしている。つまり、経済発展の早い地域ほど水を優先的に利用し、経済発展の遅い地域は水を十分に利用できず、これら地域の間で資源の不均等によって、経済的な格差が拡大することが懸念されている。そのため、中国政府が進めている「和諧(調和)社会の構築」<sup>4)</sup>を目指すならば、公平な水資源の配分と水利権のあり方といった、適正な水資源管理の方法を模索する必要がある。

そのため本研究では、こうした議論の前段階として、中国全土を対象に、社会経済発展と水需要増加の関係を明らかにし、更に1995年から2050年までの社会経済発展の違いによる各地域の水需給ギャップを詳細に把握する。また、得られた結果を、中国の主要流域ごと(図-1)にまとめることによって、各流域の水需給



【図-1】中国の主要流域

の問題を明らかにする。特に、経済成長が見込まれる地域では、工業用水や都市生活用水などの新規の水需要が増加することが見込まれ、その結果水需給ギャップが深刻化することが懸念されている。そのため、このような人間活動の影響を十分に加味した分析が重要であると考えられる。こうした人間と資源利用の関係を解明するといった観点から分析を積み重ねることによって、今後の水資源の合理的且つ効率的な利用方法を模索することができる。

#### 2. 分析方法

中国の水需給ギャップを考える場合、その主眼は社会経済成長によって増加が懸念される水需要におかれる。特に、近年の社会経済成長に伴い増加し続ける工業用水や都市生活用水が、水需給

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

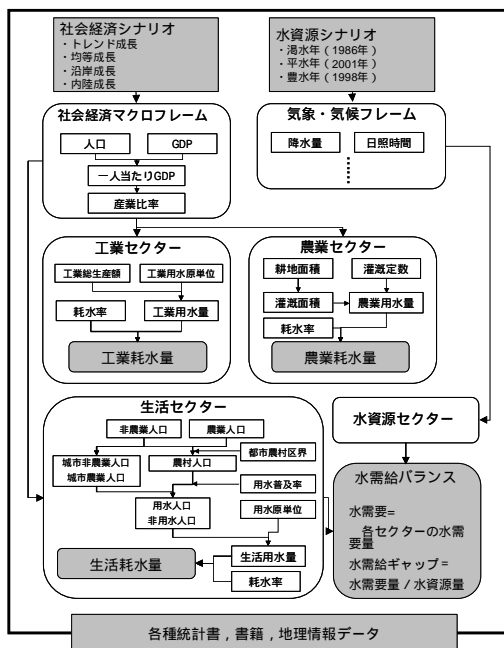
\*\* 非会員 名古屋大学大学院環境学研究科(Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University)

\*\*\* 正会員 名城大学都市情報学部(Faculty of Urban Science, Meijo University)

\*\*\*\*非会員 名古屋大学地球水循環研究センター(Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University)

ギャップにどの程度影響するのか問題となる。そこで本研究では、国際協力銀行<sup>5)</sup>、一ノ瀬<sup>6,7)</sup>、筆者らの従前の研究<sup>1),8)-10)</sup>を参考に、水需要を決定する人口・経済(例えば人口、GDP など)といったマクロな因子をまとめた。

本研究では、このようなマクロ因子を出来る限り詳細な空間単位で整理することによって、自然境界である流域の水需給構造を出来るだけ正確に把握する。この際、中国で刊行されている省などの統計データ<sup>11)</sup>を用いて推計することによって、上記の要因を中心に詳細な空間にダウンスケールしていく。また、土地利用の状況を把握するため、各種の GIS データ<sup>12)-14)</sup>を用いる。さらに、水資源量を推計するには、気象データが必要となる。そのため、中国の気象観測所で得られたデータを用いる。最後に、水需要と水資源量を推計するため、これらに関わる各種の統計データや資料<sup>16)-18)</sup>を整理する。本研究では、このような統計データや空間情報をもとに、中国の水需要と水資源量を 0.5 度格子ごとに推計する。本研究の分析フレームを図-2 に示す。



【図-2】分析フレーム

(1) 人口・経済マクロ因子

a) 人口, GDP, 一人当たり GDP

まず、中国科学院の空間情報<sup>12)</sup>を利用し、水需要を決定するマクロ因子のもととなる人口、GDP、またこれらから得られる一人当たり GDP のデータを整備した。次に、将来の人口及び GDP の推計ため、本研究では、国際協力銀行の研究<sup>5)</sup>や中国工程院の報告書<sup>18)</sup>を参考に成長率を仮定した。ここで、中国全体の経済成長率を一定にしたまま、空間的な成長の違いを考慮するため、4つのシナリオを設定した。用いたシナリオは、過去の実績を踏まえて成長する「トレンド成長」、どの地域も同様の成長率で成長する「均等成長」、沿岸地域の成長をより促進する「沿岸成長(沿岸部が内陸部の2倍の成長率)」、内陸地域の成長をより促進する「内陸成長(内陸部が沿岸部の2倍の成長率)」である。

b) 産業構造

次に、前項の一人当たり GDP を用いて産業構造を推計した。この推計方法は、国際協力銀行<sup>5)</sup>を参考とした。使用したデータは、国家统计局総公司<sup>11)</sup>に記載されている 1952 年から 2000 年までのものである(しかし省などによっては用いた年次は多少異なる)。ここで得られた各省の推計式を用い、それぞれの省に属する格子に適用することで産業構造を推計した。

(2) 水需要量

a) 農業用水量

中国の全用水量のおよそ 7 割は農業用水量によって占められている<sup>16),17)</sup>。この農業用水量は、灌漑面積と単位面積当たりの水使用量(以下、灌漑定数と記す)によって推計できる。したがってここでは、灌漑面積と灌漑定数の双方のデータを整備する必要がある。まず、0.5 度格子の灌漑面積のデータを得るため、中国科学院の格子形式の空間情報<sup>13)</sup>で整備されている耕地面積と、中国科学院地理科学・資源研究所<sup>14)</sup>のポリゴン形式の灌漑地域データを用いた。灌漑面積の推計には、耕地面積の格子データをもとに、ポリゴンで表された灌漑地域がこの耕地面積格子に含まれていればその全面積を灌漑面積とし、一部灌漑地域のみが格子内に含まれる場合は、その含まれる面積の割合を算出し、耕地面積から灌漑面積を推計した。灌漑定数は、中国水資源公報など<sup>16),17)</sup>に省ごとに整備されているため、それぞれの省に属する格子に適用した。将来推計においては、灌漑面積を 2000 年と同様と仮定し、灌漑定数は 2004 年の値をそのまま用いた。

b) 工業用水量

工業用水量は、工業総生産額に単位工業総生産当たりの水使用量(以下、工業用水原単位と記す)を乗じることによって求められる。まず、各格子の工業総生産額の推計には、国家统计局総公司<sup>11)</sup>に記載されている 1952 年から 1998 年までの(1998 年以降はある一定規模以上の企業の生産額しか計上されていないため時系列的な継続性がないため使用できない)各省の第 2 次産業生産額の値と工業総生産額の値を用い、各省ごとに求めた。そして、ここで得られた各省の推計式と、前節 b)「産業構造」の推計によって得られた第 2 次産業生産額の値を用い、それぞれの省に属する各格子の工業総生産額を推計した。工業分類は郷鎮企業を含む 20 部門を採掘業、製造業、郷鎮企業に分類し用いているが、この産業構造は変わらないものとした。また、原単位については、一人当たり GDP との関係から推計した。

c) 生活用水量

生活用水量は、人口に 1 日 1 人当たり水使用量(ℓ・日・人)(以下、生活用水原単位と記す)を乗じて求めることができる<sup>9)</sup>。中国では、都市の市街地帯においては、経済発展とともに近代的な上水道が設置され、各戸、各ビルに水道水が給水されているのに対して、農村部や都市の郊外では上水道にアクセスできない人口も多い<sup>5)</sup>。そのため、生活用水量の推計には、国際協力銀行<sup>5)</sup>などの研究を参考に、上水道にアクセスできる「用水人口」とア

クセスできない「非用水人口」の値、またそれぞれの生活用水原単位を知るため、都市非農業人口と都市農業人口の値、都市非農業人口と都市農業人口に対する用水普及率、都市生活用水原単位(上水道あり)と農村生活用水原単位(上水道なし)を求めて推計した。将来推計においては、都市非農業人口と都市農業人口は一人当たり GDP との関係から求めた。また、用水普及率については、都市非農業人口は 2010 年に、また都市農業人口は 2050 年にそれぞれ普及率が 100% に達すると仮定した。原単位については、中国工程院の報告書<sup>18)</sup>の値を参考に設定した。

### (3) 水供給量(水資源量)

中国で一般的に公表されている水資源量の定義は、河川・湖沼などの地表水または地下水の形で人間が実際に利用できる水の量を示している<sup>5), 8), 9), 16)</sup>。流域において使用できる水資源量は降水量と良好な関係がある<sup>1), 8), 9)</sup>。そのため、中国の気象観測所で得られた降水量のデータを Kriging 補間法<sup>15)</sup>により点データから面データに補間したものを省ごとにまとめ、水資源公報など<sup>16), 17)</sup>に記載されている 1995 年から 2005 年までの各省の水資源量との関係から推計した(しかし省によっては 1997 年から 2005 年までの値を用いている)。ここで得られた各省の推計式を用い、それぞれの省に属する格子に適用した。将来推計については、推計した 1971 年から 2005 年までの中国全体の水資源量のうち、最も水資源量が多かった 1998 年を「豊水年」とし、最も水資源量が多かった 1986 年を「渇水年」とし、平均的な水資源量に最も近い 2001 年を「平水年」と設定した。

## 3. 結果

### (1) 主要流域ごとの水需要量と水資源量の結果

表-1 に、主要流域ごとの 2000 年及びシナリオ別の水需要量の結果を示す。この結果、中国全体においては、水需要量は内陸成長において一番増加することが分かった。この場合、水需要量が最も少なかった沿岸成長と比較して、535 億 m<sup>3</sup> も水需要が多いことが分かった。また、主要流域ごとの結果を見ると、当然ではあるが、流域が存在する地理的位置や個々の流域の中で人間活動が比較的活発な場所において経済成長が促進されると水需要量が増加する結果となった。表-2 に、主要流域ごとのシナリオ別の水資源量の結果を示す。ここでは中国全体の水資源量の変動を基に最も典型的なパターンとしてシナリオを設定したが、当然、個々の流域の水資源変動がそれに該当するとは限らない(例えば、東北諸河川流域の場合、平水年の水資源量が渇水年の水資源量より少ない)。そのため今後、各流域の特徴を考慮し、水資源量のシナリオを設定する必要がある。水資源量は、一般的に中国南部の流域で多く、北部の流域で少ないことが分かる。

### (2) 主要流域ごとの水需給ギャップの結果

本研究では、水需給ギャップを水資源量に対する水需要量の値で表す。つまり 1 の値を境に、その値が大きければ水需要過多、つまり水資源の枯渇を意味しており、その値が小さければ水資源量が豊富にあることを示している。表-3 に、2000 年及び渇水年

【表-1】シナリオ別の水需要量の結果

主要流域	2000年 (億m <sup>3</sup> )	トレンド成長 (億m <sup>3</sup> )	均等成長 (億m <sup>3</sup> )	沿岸成長 (億m <sup>3</sup> )	内陸成長 (億m <sup>3</sup> )
東北諸河川流域	468	539	685	419	870
海河流域	351	431	398	446	383
黄河流域	402	463	450	429	550
淮河流域	964	1346	1301	1388	1225
長江流域	1880	2374	2456	2257	2669
東南諸河川流域	703	821	912	858	713
珠江流域	273	397	367	432	296
西南諸河川流域	37	41	43	39	46
内陸河川流域	431	406	413	392	443
中国全体	5510	6818	7026	6659	7194

注) シナリオ別の水需要量の結果は、2050 年の値を示す。

【表-2】シナリオ別の水資源量の結果

主要流域	2000年 (億m <sup>3</sup> )	渇水年 (億m <sup>3</sup> )	平水年 (億m <sup>3</sup> )	豊水年 (億m <sup>3</sup> )
東北諸河川流域	1644	1894	1395	2088
海河流域	234	194	182	263
黄河流域	619	556	695	784
淮河流域	1325	920	915	1431
長江流域	10945	9241	9906	12216
東南諸河川流域	4268	4541	5659	4752
珠江流域	2384	1828	2257	2345
西南諸河川流域	6032	4265	5932	5775
内陸河川流域	1254	1019	1100	1476
中国全体	28705	24458	28040	31130

【表-3】シナリオ別の水需給ギャップの結果  
(水資源量: 渇水年)

主要流域	2000年	トレンド成長	均等成長	沿岸成長	内陸成長
東北諸河川流域	0.285	0.285	0.362	0.221	0.459
海河流域	1.501	2.224	2.055	2.304	1.978
黄河流域	0.651	0.832	0.810	0.771	0.989
淮河流域	0.728	1.463	1.414	1.508	1.332
長江流域	0.172	0.257	0.266	0.244	0.289
東南諸河川流域	0.165	0.181	0.201	0.189	0.157
珠江流域	0.114	0.217	0.201	0.236	0.162
西南諸河川流域	0.006	0.010	0.010	0.009	0.011
内陸河川流域	0.344	0.398	0.405	0.385	0.434
中国全体	0.192	0.279	0.287	0.272	0.294

注) シナリオ別の水需給ギャップの結果は、2050 年の値を示す。

における各経済成長シナリオでの水需給ギャップを示す。この結果、中国北部の流域、特に海河流域、淮河流域、黄河流域で非常に厳しい水需給アンバランスが発生していることが分かった。

### (3) 水需給ギャップの空間分布の結果

図-3 に、内陸成長シナリオにおける 2050 年の水需要量の空間分布の結果を示す。また図-4 に、渇水年シナリオにおける水資源量の空間分布を示す。さらに図-5 に、これらの水需給ギャップの空間分布を示す。この結果、海河流域や淮河流域、また黄河流域下流域の広がる華北平原や黄河の河川沿いの灌漑地域などにおいて水需給ギャップが発生することが分かった。またそれ以外でも、例えば新疆ウイグル自治区の一部、東北諸河川流域の主要都市周辺、長江流域の成都市、重慶市、武漢市周辺などでも水需給のアンバランスが発生することが分かった。

## 4. まとめ

本研究では、急速な社会経済成長と水資源枯渇が懸念される中国を対象に、2050 年までの社会経済発展の違いによる各地域の水需給ギャップを詳細に把握することを試みた。この結果、社会経済成長と水需要の関係性を明らかにするとともに、水需給ギャップの空間分布を示した。このような流域全体にわたる水需給構造の

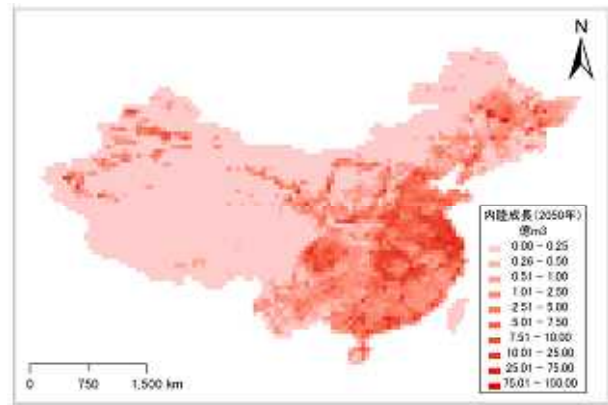
特徴を示すことによって、適正な水資源管理に向けた水利用のあり方について議論可能となった。今後は、シナリオ設定の妥当性の検討や推計方法の改善、また主要流域を対象に流出量の推計を行いたい。さらに、水資源分配や水利権転換といった水資源利用の具体的な議論を進めていきたい。

謝辞

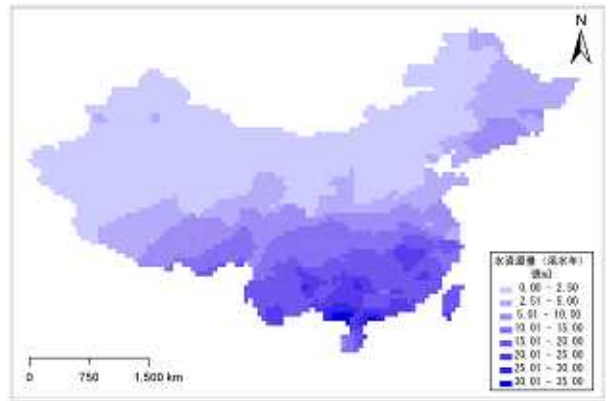
本研究は、財団法人クリタ水・環境科学進行財団(萌芽的研究)「中国の社会経済発展と水資源需給構造の詳細時空間把握」(研究代表者:大西暁生),大学共同利用機関法人・人間文化研究機構・総合地球環境学研究所のプロジェクトである「急激に変化する中国・長江流域の人間活動と自然の相互作用」(研究代表者:田中広樹),科学研究費補助金(基盤研究B)「メコン川水資源に関する経済環境解析と流域管理計画への指針」(研究代表者:森杉雅史)の一環として行われたものである。記して深謝する。

参考文献

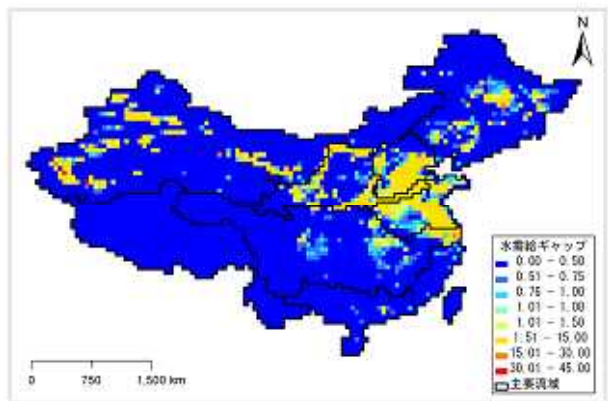
- 1) 大西暁生・佐藤嘉展・井村秀文・石峰・森杉雅史・東修・白川博章(2008) 黄河流域における詳細水需給空間構造の把握に関する研究, 環境システム研究論文発表会講演集, Vol.36, pp.315-323.
- 2) 佐々木信章編(1997) 現代中国経済の分析, 世界思想社
- 3) 加藤弘之(2003) シリーズ現代中国経済 6-地域の発展, 名古屋大学出版会
- 4) (財) 霞山会監修・中国総覧編集委員会編(2006) 中国総覧 2005~2006年, 株式会社ぎょうせい
- 5) 国際協力銀行(2004) 中国北部水資源問題の実情と課題 - 黄河流域における水需給の分析 -, JBIC Research Paper, No. 28.
- 6) 一ノ瀬俊明・原田一平・イーモンシャン・大坪國順(2008) 黄河全流域地下水資源需要分布の推計, 環境科学会誌, Vol. 21, pp.365-377.
- 7) Ichinose, T., Harada, I., Ee, M., Otsubo, K. (2008) Estimation of groundwater resource demand in the Yellow River Basin, China, *Hydrological change and management: from headwater to the ocean*, Taylor & Francis, pp.477-482.
- 8) 大西暁生・井村秀文・白川博章・韓驥(2006) 黄河流域水資源需給の時空間構造の把握に関する研究, 環境システム研究論文集, Vol.34, pp.611-622.
- 9) 井村秀文・大西暁生・岡村実奈・方偉華(2005) 黄河流域の県市別データに基づく水資源需給空間構造の把握に関する研究, 環境システム研究論文集, Vol. 33, pp.477-485.
- 10) Onishi, A., Imura, H., Han, J., Shi, F. and Fukushima Y. (2007) Socio-economic activities and the balance between water resource supply and demand in the Yellow River basin, China, *IAHS Publication* 315, pp.320-327, 2007.
- 11) 国家统计局総局(2005) 新中国五十五年統計資料匯編, 中国統計出版社
- 12) 中国科学院資源環境科学データセンター・販売シービーエス株式会社: 社会経済 1995年・2000年データ.



【図3】水需要量の結果  
(2050年の内陸成長)



【図4】水資源量(湯水年)の結果



【図5】中国の水需給ギャップ(内陸成長+湯水年)

- 13) 中国科学院資源環境科学データセンター・販売シービーエス株式会社: 土地利用変化データ 1995年・2000年データ.
- 14) データ提供・監修: 中国科学院地理科学・資源研究所, 提供: 日本スーパーマップ株式会社: Geoinfo.China digital 400.
- 15) Stein, M.L (1999) Interpolation of Spatial Data: Some Theory for Kriging, Springer Series in Statistics, America.
- 16) 中華人民共和国水利部: 中国水資源公報 1997-2000, 中国水利部, 1997-2000.
- 17) 中国科学院地理科学与資源研究所 中国自然資源データベース.
- 18) 錢正英, 張光斗他(2001) 中国可持續發展水資源策略研究報告集, Vol. 1~9, 中国水利水电出版社