

〈指定研究〉

「中国西北部・乾燥地における大規模開発と環境保全政策に関する研究」

中国の水資源問題分析のための視点と手法

林 宰 司

1. はじめに

水は生態環境の維持に必要であるだけでなく、人体の60%以上を占める構成要素であり、生命の維持に不可欠であることは言うまでもない。また、それと同時に、食料生産、産業活動、エネルギー供給、保健衛生などの多様な領域と関係しており、持続可能な発展を進める上で不可欠な資源である。しかし、中国をはじめとして、世界の多くの国では水資源が不足し、深刻な問題となっている。顕著な経済成長を続ける中国は、GDPの伸びとともに水資源問題が深刻化している。本稿では、中国の水資源問題の論点を整理するとともに、分析を行うための視点と手法について検討する。

2. 「水資源不足」の定義

国連のミレニアム開発目標では、①極度の貧困と飢餓の撲滅、②普遍的初等教育の達成、③ジェンダーの平等の推進と女性の地位向上、④幼児死亡率の削減、⑤妊産婦の健康の改善、⑥HIV／エイズ、マラリアその他疾病の蔓延防止、⑦環境の持続可能性の確保：安全な水の供給、⑧開発のためのグローバル・パートナーシップの推進、が目標として掲げられており、安全な水資源の確保・供給は持続可能な発展に不可欠な構成要素の1つである。

また、国連開発計画（UNDP）が発表している

人間開発報告書の2006年版は、水資源問題に焦点が当てられており、副題は「水危機神話を越えて：水資源をめぐる権力闘争と貧困、グローバル

表1：中国全土の水資源量（2000-2011年）

	水資源総量 (億m ³)	1人当たり水資源量 (m ³ /人)
2000	27700.8	2193.9
2001	26867.8	2112.5
2002	28261.3	2207.2
2003	27460.2	2131.3
2004	24129.6	1856.3
2005	28053.1	2151.8
2006	25330.1	1932.1
2007	25255.2	1916.3
2008	27434.3	2071.1
2009	24180.2	1816.2
2010	30906.4	2310.4
2011	23258.5	1730.4
平均	26569.8	2035.8

出所：中国統計年鑑2012

表 2：中国の水の需給量

	供給総量 (億 m ³)				需要総量 (億 m ³)					1 人平均需要量 (m ³ /人)
		地表水	地下水	その他		農業	工業	生活	生態	
2000	5530.7	4440.4	1069.2	21.1	5497.6	3783.5	1139.1	574.9		435.4
2001	5567.4	4450.7	1094.9	21.9	5567.4	3825.7	1141.8	599.9		437.7
2002	5497.3	4404.4	1072.4	20.5	5497.3	3736.2	1142.4	618.7		429.3
2003	5320.4	4286.0	1018.1	16.3	5320.4	3432.8	1177.2	630.9	79.5	412.9
2004	5547.8	4504.2	1026.4	17.2	5547.8	3585.7	1228.9	651.2	82.0	428.0
2005	5633.0	4572.2	1038.8	22.0	5633.0	3580.0	1285.2	675.1	92.7	432.1
2006	5795.0	4706.8	1065.5	22.7	5795.0	3664.4	1343.8	693.8	93.0	442.0
2007	5818.7	4723.9	1069.1	25.7	5818.7	3599.5	1403.0	710.4	105.7	441.5
2008	5910.0	4796.4	1084.8	28.7	5910.0	3663.5	1397.1	729.3	120.2	446.2
2009	5965.2	4839.5	1094.5	31.2	5965.2	3723.1	1390.9	748.2	103.0	448.0
2010	6022.0	4881.6	1107.3	33.1	6022.0	3689.1	1447.3	765.8	119.8	450.2

出所：中国統計年鑑2012

な課題」となっている。同書によると、1 年間の水資源量が1人当たり 1700m³ を必要最低基準とし、これ以下の場合を「水ストレス状態」と定義している。また、1000m³ 以下の場合を「水不足」、500m³ 以下を「絶対的な水不足」の状態と定義している。

3. 中国の水資源問題の概況

(1) 水資源の減少

中国の水資源総量は、上下変動をしているものの2000年から2011年の期間、年平均で約2.7兆m³で推移している（表1参照）。年間1人当たりの水資源量は約2000m³であり、世界平均水準の4分の1である。

これに対し、水需要量の方は2000年から2010年の間、増加傾向にある（表2参照）。うち、工業用水と生活用水の増大が大きく、経済発展とともに拡大していることがわかる。

(2) 偏在する水資源分布

中国の水資源分布については、地域的な不均衡が非常に大きい。中国統計年鑑2012のデータに基づき、行政区（省、直轄市、自治区）別に水資源総量を見てみると（表3参照）、チベット自治区が最大で4402.7億m³であり、最少である寧夏回族自治区の8.8億m³の約500倍と顕著な格差がある。急速に経済発展が進む沿海部では、広東省のように第4位で水資源が比較的豊富な地域もあるが、北京市および上海市は、それぞれ26.8億m³、20.7億m³と下位に位置している。上海市と江蘇省を除くと、中国の主な水資源不足地域はそのほとんどが北部地域にあり、南部ほど水資源が豊富であることがわかる。

また、行政区別の年間の1人当たり水資源量を見ると、北部地域の山東省、山西省、河北省、北京市、天津市に加え、河南省、寧夏回族自治区、上海市は、絶対的な水不足（500m³以下）に直面していることが分かる。他方で、南部に位置して雨量の多い亜熱帯性気候の海南省や雲南省などの東南地域は、比較的水資源に恵まれている。経済

表 3：行政区別の水資源量（2011年）

2011 年	水資源総量 (億 m^3)	1 人当たり水資源量 (m^3 /人)
チベット	4402.7	145779.8
青海	733.1	12956.8
海南	484.1	5545.6
新疆	885.7	4031.3
雲南	1480.2	3206.5
広西	1350.0	2917.4
四川	2239.5	2782.9
江西	1037.9	2319.1
福建	774.9	2090.5
貴州	626.0	1802.1
重慶	514.6	1773.3
湖南	1126.9	1711.9
内モンゴ	419.0	1691.6
黒竜江	629.5	1642.0
陝西	604.4	1616.6
広東	1471.3	1404.8
浙江	745.0	1365.7
湖北	757.5	1319.1
吉林	315.9	1149.5
安徽	602.3	1010.1
甘肅	242.2	945.4
遼寧	294.8	673.2
江蘇	492.4	624.6
山東	347.6	361.6
河南	328.0	349.0
山西	124.3	347.0
河北	157.2	217.7
寧夏	8.8	137.7
北京	26.8	134.7
天津	15.4	116.0
上海	20.7	89.1
全国	23258.5	1730.4

出所：中国統計年鑑2012

都市である上海市では 89.1m^3 /年と全国で最も少なく、非常に深刻な状況にある。最も多いチベット自治区では上海市の約1600倍にも達する。また、北部の大都市である北京市は 134.7m^3 /年、天津市では 116.0m^3 /年と、都市部の水資源不足は非常に深刻であると言える。

さらに考慮しておかなければならないことは、1人当たりの水資源量を算出する際に用いられる人口は、公式の人口統計に基づき計算されるということである。都市部では「農民工」と呼ばれる出稼ぎ労働者が多数居住するが、これらの出稼ぎ労働者人口は、人口統計には反映されない。農民工の都市への流入を考慮に入れると、年間の1人当たり水資源量の地域間格差はさらに大きなものになる。

4. 開発と水資源に関する分析手法の課題

開発と環境負荷に関する定量分析の手法の代表的なものは、横軸に1人あたりGDPを取り、縦軸に環境負荷の指標を取る2変数間の関係の分析である。その形状が逆U字になる場合については、「環境クズネッツ曲線」(EKC: Environmental Kuznets Curve)としてよく知られている。環境負荷の増減は、いくつかの要因に分解することができ、以下ようになる。

環境負荷の増減 = 規模効果 + 構造効果 + 技術効果

規模効果は、経済発展により環境負荷が増大する効果で通常プラスとなる。構造効果は、産業構造の変化による影響で、汚染集約的産業のシェアが増大するとプラスの影響、クリーンな産業のシェアが増えるとマイナスの影響となる。技術効果は、技術の発展による環境負荷の削減であり、通常マイナスとなる。

水資源問題の分析についても、同様の手法でアプローチすることになるが、中国の水問題の場合、非常に大きな地域間格差があるため、地域的特性を考慮する必要がある。

中国の水問題について分析した先行研究には、廃水量について分析したDe Groot et al. (2004)、COD、ヒ素、カドミウムによる汚染と水質に関して分析したShen (2006)があるが、いずれもパネルデータを用いた最小2乗法による回帰分析である。こうした一般的な回帰分析で得られるのは、対象地域全体の平均的な関係性(Global relationship)であり、省・地域レベルでの関係性(Local relationship)は一定ではない。この問題

はシンプソンのパラドクス (Simpson's Paradox) として知られている (Simpson, 1951)。

これを回避することができる分析手法として、地理的加重回帰モデルがある (Fotheringham et al., 2002)。地理的加重回帰モデルは、サンプルの地理的情報を使用して重み付けを行い、異なる地点ごとにパラメータを推計する局所的加重回帰分析の応用モデルであり、地理的な異質性を考慮することが可能である。すなわち、通常の最小二乗法 (OLS: Ordinary Least Squares) による回帰分析が、

$$\text{OLS:} \quad y = \beta_o + \sum \beta_{kx_k} + u$$

という推計式を用いるのに対し、地理的加重回帰分析 (GWR: Geographically Weighted Regression) は、

$$\text{GWR:} \quad y_i = \beta_{oi} + \sum \beta_{kix_{ki}} + u_i$$

という推計式を用いて分析を行い、地域 (i) ごとに異なるパラメタ (β_{ki}) を推計する。

この手法を用いることで、各行政区で EKC が成立するかどうかに加え、どの要因が環境負荷 (水資源) の増減をもたらすかの違いについて分析することが可能である。EKC については、安価で効率的な公害防止設備機器・システム、さらに先進国の経験・知見を利用することにより、EKC を左下にシフトさせることができる。また、一般に、伝統的な技術は、近代的な技術に比べて環境負荷が小さく、伝統技術文化を活用した循環型社会の形成は同様に曲線を左下にシフトさせることができる。GWR の分析手法を用いて、どの

地域でどのような要因が環境負荷 (水資源の減少) を小さくし、またどのような施策が有効であるかを明らかにすることが期待できる。

ただし、行政区別の GDP データは比較的容易に入手できるのに対し、水資源量のデータについては各行政区水利部の統計年鑑の各年版を念入りに調べる必要がある。また、地域的特性を表す変数と用いるデータについても各行政区の各部署の刊行物に当たる必要があり多大な時間を要するため、研究上はこれらの実務的課題をいかにクリアし、データ収集を可能にするかが鍵である。

参考文献

- 国連開発計画 (UNDP) (2007), 『人間開発報告書2006—水危機神話を越えて: 水資源をめぐる権力闘争と貧困, グローバルな課題』, 国際協力出版会.
- 中国国家统计局編 (2012) 『中国統計年鑑2012』, 中国統計出版社.
- De Groot, Henri, Cees Withagen and Zhou Minliang (2004), "Dynamics of China's regional development and pollution: an investigation into the Environmental Kuznets Curve", *Environment and Development Economics*, 9 (4), pp.507-537.
- Fotheringham, Stewart, Chris Brunsdon and Martin Charlton (2002), *Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships*, Chichester, West Sussex, John Wiley and Sons.
- Shen, Junyi (2006), "A simultaneous estimation of Environmental Kuznets Curve: Evidence from China", *China Economic Review*, 17 (4), pp.383-394.
- Simpson, Edward (1951), "The interpretation of interaction in contingency tables", *Journal of the Royal Statistical Society (Series B)*, 13, pp.238-241.