

## 第6章 中国の水問題は解決可能か？ —産業連関モデルからのアプローチ—

岡本 信広<sup>1</sup>

### 要約：

本稿では、中国の水問題を整理し、水供給が少ない中で汚染と需要が拡大していることを示し、第11次五カ年計画における水問題への取り組みを整理する。そして中国の取り組みにより水問題の解決が可能かどうか、水の産業連関モデルを提示して検証する。結論として、CODの排出削減は可能かもしれないが、水需要の削減は難しいことを主張する。

### キーワード：

水需要 水汚染 COD 排出量 環境産業連関モデル

<sup>1</sup> 水問題の専門でない筆者は、本稿を作成するにあたって以下の専門家の協力を仰いだ。中国水問題の定性的事実については、興津正信氏（天津商業大学外国語学院日本語学科専任教員・大東文化大学大学院アジア地域研究科博士課程）から、水問題のIOモデルへの適用の仕方や関連データの推計にあたっては、岡寺智大氏（独立行政法人国立環境研究所アジア自然共生研究グループアジア水環境研究室研究員、工学博士）から協力をいただいた。本来ならば共著とすべき貢献ではあるが、本文への誤謬はすべて筆者が責任を持つという意味で単独著者とするものである。

## はじめに

通商白書 2008 年版では、「第 3 章 地球的課題に対応する「持続的発展のための市場」の創造」と題して、環境、資源、食料、水等の「地球的課題」の解決と経済成長を両立するために、「課題先進国」としての経験で培ってきた日本の技術やシステムを活用し、課題を解決し、貢献していくことが述べられている（経済産業省 [2008]）。日本政府自ら現在の地球的課題にどう取り組むべきか、環境問題に向かい合う 1 つの方向性を示したとあっていいだろう。

このように環境問題は現在重要な地球的課題である。とくに水は人間の生活に欠かせないものであり、持続的な経済成長を目指す中で、おそらく最も重要な課題の 1 つであろう。

従来の水問題は洪水などの水過剰問題が対象であったが、現在では水需要の増大、水供給の増加の停滞（衛生設備、水供給システムの未整備）による水不足問題が深刻化している。推計によれば 2025 年に世界で 18 億人が絶対的水不足（1 人あたり年間水使用量  $1000\text{m}^3$ ）、55 億人が水ストレス（ $1700\text{m}^3$  以下）になるという予測もある（経済産業省 [2008, p.347]）。

需要面を見てみると、人口増加と食糧需要増加、また所得の増加に伴う食生活やサービス消費の拡大によって確実に需要は増加している。供給面では、世界的に水は地理的に偏在している。アジアでは世界人口の 60% が住むが、水は 36% しかない。アジアの水供給設備不足人口は世界の 5 割、衛生設備不足人口は世界の 6 割強となっている（経済産業省 [2008, p.349]）。またアジアでは排水設備不足による中国の水質汚染が注目的になっている。

本稿では、中国の水問題とは何かをテーマに、統計資料を中心としながら、水供給が少ない中で需要と汚染が拡大していることを示す。そして第 11 次五カ年計画における中国政府の水問題への取り組みを紹介し、この取り組みが可能かどうか、水の産業関連モデルによって検証する。

結論として、COD の排出削減は可能かもしれないが、水需要の削減は難しいことを主張する。

## 1. 中国の水問題とは

### 1.1 水資源

最初に、中国の水資源の状況を把握する。水資源とは、海を除けば降雨という形で提供されるものである。井村 [2007, pp.101-102]) によれば、中国では年間降水量 6.1 兆トンのうち、地表水（河川など）と地下水で利用可能な水資源量が、2.8 兆トンあり、1 人あたりに換算すれば 2000 トン程度になり、世界的な水準の 3 分の 1 であるという。しかも水ストレスを感じる  $1700 \text{ m}^3$  に非常に近い。

地表水の代表は、長江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、遼河の七大水系である。長江、珠江以外は北方に位置し、水量が小さい。とくに黄河の断流は有名な事実である。

水資源全体を眺めてみる（表 1）。全体の水資源量は  $2.4 \text{ 兆 m}^3$  から  $2.8 \text{ 兆 m}^3$  であり、ここ 8 年の平均では  $2.6 \text{ 兆 m}^3$  ほどで、増加しているという傾向はみられない。したがって総量的に上限が決まっていると考えられる。そして地表水と地下水では 3:1 の比率であることを考えると、地表水が重要な水源であることは間違いない。したがって河川の管理が中国水資源の確保にとって重要な意義を持つことになる<sup>2</sup>。

---

<sup>2</sup> したがって井村 [2007] でも言われているように、中央政府による水資源の配分能力の強化や取水許可証の取引などが導入されてきている。

表1 中国の水資源

(単位：億立方メートル)

	水資源 総量	地表水	地下水	重複量	1人あたり 水資源量 (m <sup>3</sup> )
2000	27,701	26,562	8,502	7,363	2,194
2001	26,868	25,933	8,390	7,456	2,113
2002	28,261	27,243	8,697	7,679	2,207
2003	27,460	26,251	8,299	7,090	2,131
2004	24,130	23,126	7,436	6,433	1,856
2005	28,053	26,982	8,091	7,020	2,152
2006	25,330	24,358	7,643	6,671	1,932
2007	25,255	24,243	7,617	6,605	1,916

(出所) 中国統計年鑑 2008 年版。

表2 2007年地域別水資源

	水資源 総量	地表水	地下水	重複量	1人あたり 水資源量 (トン)
華北	554	302	424	172	392
東北	1,100	908	413	220	1,055
華東	4,708	4,412	1,339	1,044	1,394
華南	6,158	5,991	1,654	1,487	2,085
西南	10,594	10,593	2,683	2,681	33,194
西北	2,142	2,037	1,105	1,000	3,650

(出所) 中国統計年鑑 2008 年版。

次に、地域別の水資源の状況を見る(表2)。水資源のもっとも少ない地域は華北(北京、天津、河北、山西、内モンゴル)であり、554億立方メートルしかなく、1人あたりの水資源量は392トンである。絶対的水不足の地域である。この地域には海河があるにもかかわらず、水資源の主役は地下水となっている。

水資源の総量からみると、華北の他に東北（遼寧，吉林，黒竜江），西北（陝西，甘肅，青海，寧夏，新疆）が少ない。中国の北側の地域は全体に水が不足しているといえる。幸い西北地域の人口が小さいため，1人あたり水資源量は3000トンを超えている。

1人あたり水資源量をみると，華北，東北，華東（上海，江蘇，浙江，安徽，福建，江西，山東）の水資源量は2000トン割っている。長江下流域でも1人あたりで見ると水資源が豊富とは言えないようである。水量の多い長江中流域，珠江流域の華南（河南，湖北，湖南，広東，広西，海南）は水資源量全体としては豊富でも1人あたりでは2000トンという水準である。つまり経済発展の中心である華東，華南においても水ストレス水準をкаろうじて超えている程度であり，経済発展の制約としての水問題が想像されうる。

## 1.2 水汚染

水資源の少ない中国にとって，とくに重要水源である地表水（河川）の管理は重要となる。とりわけ，水汚染が進む中国では，第11次五カ年計画の環境対策の重点は飲用水源の保護を含む水汚染対策となっている。以下，大塚 [2008b] の記述から，中国の水汚染の状況を確認しよう。

2006年に水利部が水質観測を行った全国の河川総延長は約13万9000キロメートルである。そのうち2割を超える約3万キロの河川が，いかなる利水機能も満たすことができないほど汚染されている劣V類に相当する。

松花江，遼河，海河，黄河，淮河といった主要河川流域において飲用水源として利用できる河川延長は5割に満たない。特に北京，天津にとって重要な海河では飲用水として利用できる部分は3割ほどである。

水汚染対策として重要視されている海河，淮河，遼河の「三河」では利水機能を喪失した劣V類の河川延長は約4割から5割になっている。また汚染対策の重点湖沼流域となっている太湖，滇池，巢湖の「三湖」

は、V類（農業用水などに適用される水源）または劣V類に属している。主な汚染物質は窒素とリンであり、富栄養化が深刻な問題となっている（以上、大塚 [2008b]）。

中国の環境汚染対策は、廃水、廃ガス、固形廃棄物という「三廃」の排出量削減に注力されてきた。1996年に「環境保護の若干問題に関する国務院の決定」が發布されて以降、全国すべての工業汚染源について汚染物質の排出基準を満たすことが求められた。そして代表的な水質指標であるCOD（化学的酸素要求量）を含む主要な汚染物質の総量抑制が目標として設定されるようになる。それ以降、企業による自己資金調達を中心に工業廃水処理対策が進められた。また増加する生活排水対策として都市の下水処理場の整備が進められてきたのである（以上、大塚 [2008b]）。

実際に汚染の排出状況をみてみよう（表3）。

表3 中国の廃水

（単位：万トン）

	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
<b>工業廃水排出量</b>	<b>2,466,493</b>	<b>2,401,946</b>	<b>2,431,121</b>	<b>2,211,425</b>	<b>2,122,527</b>	<b>2,071,885</b>	<b>2,026,282</b>
うち基準値到達	2,260,719	2,178,461	2,217,093	2,005,680	1,892,891	1,830,394	1,768,996
基準値到達率	92%	91%	91%	91%	89%	88%	87%
COD排出量	511.1	541.5	554.7	509.7	511.8	584	607.5
アンモニア窒素排出量	34.1	42.5	52.5	42.2	40.4	42.1	41.3
<b>生活排水排出量</b>	<b>3,102,001</b>	<b>2,966,341</b>	<b>2,813,968</b>	<b>2,612,669</b>	<b>2,470,115</b>	<b>2,322,940</b>	<b>2,302,341</b>
COD排出量	870.8	886.7	859.4	829.5	821.1	782.9	797.3
アンモニア窒素排出量	98.3	98.9	97.3	90.8	89.2	86.7	83.9

（出所）中国統計年鑑各年版及び大塚 [2008b] の表2などに基づいて作成。

中国の廃水の主役は急速な都市化に伴う生活排水である。2007年には310億トンを突破し、工業廃水246億トンを遙かに上回る。また観察期間における工業廃水の伸び率は21%、生活排水の伸び率は34%程度になっ

ており、汚染の原因としての生活排水の重要性は増してきている。実際、工業廃水の基準値到達率は改善されてきており、COD 排出量、アンモニア窒素排出量もむしろ減少しているという傾向も観察される。一方で、生活排水の中の COD 排出量は 870 万トンであり、工業廃水からの COD 排出量に比べて 1.7 倍となっている。アンモニア窒素排出量においては、工業廃水の約 3 倍が生活排水から排出されているのである。

### 1.3 需給バランス

水資源が地域で偏在していること、そして水汚染が進んでいるということから、中国では確実に水供給が制約されている。供給された水は使用されることになるが、その需給バランスをみてみよう。需給バランスとはいえ、水が不足している中国では供給が需要を作り出していると考えられる。

水の需給バランスをみてみよう（表 4）。

表 4 中国の水の需給バランス

(単位：億立方メートル)

	水供給量				水使用量					1人あたり 水使用量 (m <sup>3</sup> )
	地表水	地下水	その他		農業	工業	生活	生態		
2000	5,531	4,440	1,069	21	5,498	3,784	1,139	575		435
2001	5,567	4,451	1,095	22	5,567	3,826	1,142	600		438
2002	5,497	4,404	1,072	20	5,497	3,736	1,142	619		429
2003	5,320	4,286	1,018	16	5,320	3,433	1,177	631	79	413
2004	5,548	4,504	1,026	17	5,548	3,586	1,229	651	82	428
2005	5,633	4,572	1,039	22	5,633	3,580	1,285	675	93	432
2006	5,795	4,707	1,066	23	5,795	3,664	1,344	694	93	442
2007	5,819	4,724	1,069	26	5,819	3,600	1,403	710	106	442

(出所) 中国統計年鑑 2008 年版。

水資源自体は 2007 年に 2.5 兆トンあったわけであるが、実際に利用されて供給される水は、約 0.6 兆トン (5819 億 m<sup>3</sup>) である。この水供給を

支えている地表水が 81%を占める。供給された水は農業、工業、生活に利用される。農業が 3600 億 m<sup>3</sup> (約 62%)、工業が 1403 億 m<sup>3</sup> (約 24%)、生活 710 億 m<sup>3</sup> (約 12%) である。経済発展に伴う産業構造の変化で、農業の需要量は微減、工業の需要量は増加、生活の需要量も急速に増加している。

以上の考察から水の循環をまとめてみよう。

**水資源 2.5 兆トン→水供給 (5819 億トン) →水需要  
→排水 (556 億トン) うち COD 排出量<sup>3</sup> (1381 万トン)**

存在する水資源の約 1/5 が供給され、農業、工業、生活の需要を満たし、供給量の約 1/10 が廃水となる構図である。

#### 1.4 第 11 次五カ年計画の環境政策

2006 年 3 月の全人代で行われた政府活動報告において、第 10 次五カ年計画期間の環境面での成果は、経済力が一層高まり生活は改善されているとしながらも、経済構造が合理的でなく、経済成長のパターンの転換が遅れ、エネルギー消費が多く、環境汚染が深刻化したとして総括されている。

これを踏まえ、第 11 次五カ年計画の特徴を挙げると以下のとおりである。

- ① 年平均経済成長率を 7.5%とし、GDP を 2005 年の 18 兆元から 26 兆元にする。
- ② 単位 GDP あたりのエネルギー消費削減量を 2005 年の消費量の 20% 削減する。

---

<sup>3</sup> 表 3 にも明らかなように、ここでは農業部門からの廃水は含まれていない。表 5 では係数しか示していないが、農業部門からの COD 排出量は約 1.9 億トンと推計されている。



③ 単位工業生産（付加価値）あたりの水使用削減量を 2005 年使用量の 30%削減する。

④ COD を含む主要汚染物質の削減量を 2005 年排出量の 10%削減する。

これらの実行性を高めるために、環境関連の目標（②から④）は、必ず達成することとされる「拘束性」目標とされた（以上、経済産業省 [2006, pp.141-142]）。

水問題に関して第 10 次五カ年計画を振り返ると、工業廃水の COD 排出量の目標値は到達したが、生活排水の増加により COD 排出総量抑制の目標値を達成することはできなかった。またアンモニア窒素排出量については第 10 次五カ年計画の目標値は達成した（大塚 [2008b]）。

目標を到達できなかった理由として、大塚 [2008b] は環境保護 15 年計画の評価を引きながら、3 つにまとめている。第 1 に紙関連製品の需要増加による増産に廃水処理施設の整備が追いつかなかったこと、第 2 に重点流域の水汚染対策事業が計画通りに進まなかったこと、第 3 に下水処理施設の建設の遅れと運転管理の不備である。また環境政策を有効に実施するために、ガバナンスの再構築が重要視される（大塚 [2006, 2008a, 2008b]）。

ここでは詳細な環境政策までは踏み込まないが、中国の水問題は、以下のようにまとめられる。

- ① 地理的に偏在し、元々少ない水資源の中で、汚染をどこまで減らし、供給源を確保するか。
- ② 都市化や所得の増加に伴う水需要の拡大、その上食生活の変化による畜産、サービス産業の水需要の拡大という状況の中で需要を抑制しながらの経済発展は可能か。
- ③ 以上の根本的問題に対して、第 11 次五カ年計画にて水問題を解決できるのだろうか。

以上の水問題について、次節より産業関連モデルを用いて分析し、中国の水問題は解決可能かどうか検証していく。

## 2. 水問題への解決に向けて

### 2.1 生態系と経済活動

18世紀後半に英国で始まった産業革命は、技術革新によって急速な経済発展を可能とした。産業革命の波がアメリカに渡ると、大量生産、大量消費という社会構造が成立した。それまでは、ヨーロッパとアメリカを中心とした局地的な経済成長であったが、第2次大戦後の20世紀後半はアジアの急速な経済発展を生み、徐々に経済活動の制約として環境問題がクローズアップされるようになったのである。

環境問題の本質は生態系と人間の社会・経済活動との摩擦である。生態系は、太陽の光、気候としての温度や湿度、降雨、歴史的に形成されてきた地形や化石資源などを人間社会に提供している。人間の社会・経済活動は生態系から提供されているさまざまな自然の恵みを利用し、そして使い終わった廃棄物を生態系に返還している。廃棄物が許容量以内であれば、生態系それ自体は廃棄物を自然に再生してきてくれた。これにより生態系と人間の社会・経済活動は摩擦を起こすことがなかったのである。

現在の我々の社会・経済活動が生み出す廃棄物の量は生態系を破壊し、自然再生が難しい状況まで来ているといっても過言ではないかもしれない。したがって、人間がなんからの形で生態系を守る必要がある。「コモングスの悲劇」としても知られるように、農民が自分の利益を最大化するために多くの牛を公有の牧草地に放牧すれば、当然牧草地は破壊される。このため環境を保護する必要があるのである。

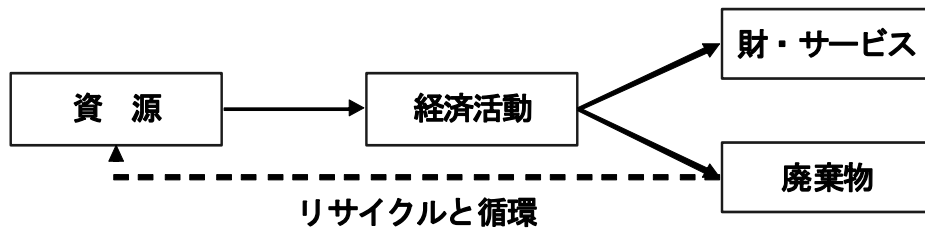
この方法として2つの方法が考えられる。1つは政府による環境資源と経済資源の計画的配分、もっと簡単に言えば政府による規制であり、2つめは市場メカニズムの導入による外部経済の内部化、例えば排出権取引などである。

後者の外部経済の内部化を少し考えてみたい。経済活動は生態系から

資源を利用して、財・サービスの生産活動に入る。生産された財・サービスは家計や企業などの経済主体に配分される。生産・消費・分配されたあと財・サービスは廃棄物として生態系に戻されるのである。このとき、生態系の自然再生能力を上回らないように、廃棄物を適正に処理すれば、再資源化が進み、次期の経済活動へとつながるのである。これが持続的経済成長の枠組みとなるであろう。

これを図に示すと以下のようなになる。

図1 生態系と経済活動の関係



(出所) 筆者作成。

## 2.2 水の産業関連モデル

資源を投入して経済活動を行い、副産物を排出する。この考えはまさに産業関連モデルにぴったりあてはまっている。本来の意味ではないが、外部経済を内部化しやすいという意味でも、環境の産業関連モデルはかなり初期から研究されてきたのである。

以下、吉岡ほか [2003, pp.51-61] より環境の産業関連分析史を簡単にみてみよう<sup>4</sup>。

最初の環境産業関連モデルは、産業関連分析の創始者レオンチェフによって1970年に考案された公害分析用産業関連表に端を発している。その特徴は、汚染因子の取引を産業関連表の下に置き、天然資源の採取・採

<sup>4</sup> 詳細は Miller and Blair [1985] を参照。

掘の取引もその下に置くこと，汚染因子を除去する活動を産業連関表の中に取り込むこと，の2つが挙げられる。

ところが，汚染因子を除去する活動を生産活動と切り離して得ることは難しいことから，一般的には図のような簡略化された産業連関モデル（一般化産業連関モデル）が利用される。

図2 簡略化された（一般化）産業連関モデル

	<b>経済活動</b>
<b>経済活動</b>	
<b>汚染因子</b>	
<b>天然資源</b>	

（出所）吉岡ほか [2003] の図 2.4 を参照して作成。

ここで経済活動は通常の産業連関モデルの部分であり，汚染因子は因子ごとに物量表示で示される。また天然資源も種類ごとに物量表示で示される。

また一方で金額・物量表示を同時に取り込み，経済活動と生態系（エコシステム）自体との取引，また生態系内部での取引を意図した完全な統合タイプの環境産業連関モデルも存在する。

図3 完全統合の環境産業連関モデル

	<b>経済活動</b>	<b>生態系</b>
<b>経済活動</b>		
<b>生態系</b>		

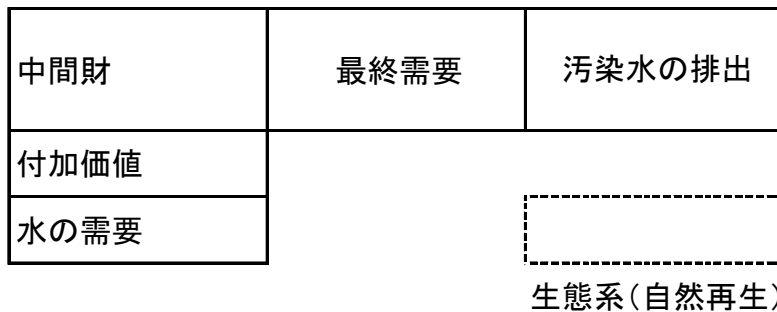
（出所）吉岡ほか [2003] の図 2.5 を参照して作成。

近年では、シュターマー [2003] の物的産業連関表の中で完全統合タイプが見受けられるが、自然環境内部での取引を記述するには困難が伴うと考えられるし、吉岡ほか [2003, p.56] は「これを完全に達成することは不可能である。多くの場合その一部だけが取り出されて連関関係を分析していることが多い。」としている。

さて、いよいよ水問題を分析する水の産業連関モデルについて考えてみよう。水の産業連関モデル、特に中国の水問題を分析するモデルでは、Okadera, Watanabe and Xu [2006] , Guan and Hubacek [2007, 2008] の成果が出ている。ここではそのモデルを紹介し、検討したあと我々のモデルを提示する。

図4は水の産業連関モデルの概念図を示している。

図4 水の産業連関モデル (概念図)



(出所) 筆者作成。

Okadera, Watanabe and Xu [2006] 及び Guan and Hubacek [2007] のモデルでは、水の需要（天然資源の採取）と汚染水の排出（汚染因子）が表に取り込まれている。汚染水の排出は産業からの産出という意味を示しているため、右側に置かれているが、水の需要の下に置いてかまわない。すなわち、簡略化された環境産業連関モデルである。一方、Guan and Hubacek [2008] では第4象限に生態系を入れた水の完全統合型産業連関モデルを提案した（図中の第4象限の点線で示されたマトリックス）。こ

のマトリックスの中には対角に（つまり地表水から地表水，地下水から地下水へ）数値が存在している。そして自然再生分を示しているが総投入と総産出の関係が曖昧であり，また分析もそのマトリックス単独で行われているため，吉岡ほか [2003] の言う「一部の連関関係の分析」になっている。

以上の問題から，我々が用いる水の産業連関モデルは Okadera, Watanabe and Xu [2006] 及び Guan and Hubacek [2007] のモデルを踏襲することとする。

さて，以上から水の産業連関分析モデルの構造は以下のようになる。

$$W^C = \hat{R}^{WC} (I - A)^{-1} F$$

$$W^P = \hat{R}^{WP} (I - A)^{-1} F$$

$(I - A)^{-1}$  と  $F$  は一般の産業連関分析に用いられるレオンチェフ逆行列と最終需要である。ここでは輸入の内生化を行わない。 $W^C$  は水の需要量であり，立方メートルという物量で記載されている。 $W^P$  は水の汚染量であり，COD（化学的酸素要求量）排出量が用いられる。単位はトンである。

しかし，普通の産業連関分析では金額表示になってしまうため，金額から物量表示に変換するために，水需要量を総生産額で割った水需要係数，水の汚染量を総生産額で割った以下のような水汚染係数を導入する。

$R^{WC}$  水消費係数（式のハットは対角を示す。）

$R^{WP}$  水汚染係数

したがってモデルの意味は，最終需要によって総生産額が増加し，その結果水の需要量がいくらになるか，また水の汚染排出がどうなるかを計測することとなる。

### 2.3 中国の水問題と経済活動

分析にあたってはアジ研で進んでいる 2005 年アジア国際産業連関表の

プロジェクトで推計された 2005 年中国延長表（76 部門）である。それを 15 部門に統合した。また水需要係数と水汚染係数については、2000 年のものを用いた。

部門と水需要係数と水汚染係数は以下のとおりである。

表 5 部門，水需要係数と水汚染係数

	水需要／総産出額 (億 m <sup>3</sup> /万元)	COD 排出量／総産出額 (1000t/万元)
1 Agriculture, forestry, fishery	0.0000103	0.000522
2 Mining and quarrying	0.0000002	0.000001
3 Food, beverage & tobacco	0.0000001	0.000009
4 Textile	0.0000001	0.000003
5 Other light manufacturing	0.0000004	0.000021
6 Chemicals	0.0000003	0.000006
7 Non-metallic mineral products	0.0000001	0.000001
8 Metal products	0.0000002	0.000001
9 Machinery, Electrical equipment	0.0000000	0.000000
10 Other manufacturing	0.0000003	0.000016
11 Electricity and gas	0.0000033	0.000012
12 Water supply	0.0000061	0.000022
13 Construction	0.0000000	0.000000
14 Trade and transport	0.0000000	0.000000
15 Services	0.0000000	0.000000

(出所) 岡寺氏推計<sup>5</sup>。

ここから以下のことが言える。

- ① 水需要と水の汚染では農業部門が主体である。
- ② 工業部門の水需要・水汚染では、電気ガス、水供給、製紙業を含む  
その他軽工業が目立つ。

さて、以上のデータから、まず中国経済と水需要／水汚染の構造を明

<sup>5</sup> 水需要は中国水資源公報の公表値を元に推計された。COD 排出量は工業部門とサービス業は中国環境年鑑の COD データから推計され、農林水産業は流域下水道総合計画および農総研の参考値を下に推計されている。これらは 2000 年が対象であるが、前節でみたように大きく違うわけではないので、そのまま用いている。

らかにする。

表 6 中国経済と水需要／水汚染構造

	水需要量 (億m <sup>3</sup> )	COD排出量 (1000トン)	水需要量 (%)	COD排出量 (%)
1	0.000028	0.001415	55.7%	87.4%
2	0.000001	0.000004	1.3%	0.3%
3	0.000000	0.000015	0.5%	1.0%
4	0.000000	0.000006	0.4%	0.3%
5	0.000001	0.000051	1.9%	3.1%
6	0.000002	0.000035	3.6%	2.1%
7	0.000000	0.000001	0.3%	0.1%
8	0.000001	0.000004	1.8%	0.3%
9	0.000000	0.000001	0.3%	0.1%
10	0.000000	0.000023	1.0%	1.4%
11	0.000010	0.000036	19.2%	2.2%
12	0.000007	0.000025	13.8%	1.5%
13	0.000000	0.000000	0.0%	0.0%
14	0.000000	0.000001	0.1%	0.1%
15	0.000000	0.000001	0.1%	0.1%
<b>Total</b>	<b>0.000050</b>	<b>0.001619</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>

(出所) 筆者作成。

(注) 最終需要 1 万元あたりの水需要／COD 排出量。

表 6 は産業連関モデルを用いて、最終需要が各部門において 1 万元発生したときに、必要となる水の需要量と COD 排出量を求めたものである。最終需要が各部門に 1 万元（合計 15 万元）発生したとき、水の需要は 5000m<sup>3</sup>、COD は 1.6 トン発生する。そして、経済における水の需要と汚染の中心的産業は農業であることがわかる。農業に 1 単位の最終需要が発生すると 2800 m<sup>3</sup> の水需要が発生し、COD は 1.4 トン排出されるのである。とくに汚染の重点は農業であることがわかる。工業部門でみれば、



電気ガス、水供給を除いて、化学やその他軽工業の水需要と水汚染が大きい。化学は、水需要は大きいものの水汚染の割合は小さいようである。これは化学産業のような装置産業では比較的廃水処理設備が導入されやすいということかもしれない。

表7 水需要／水汚染の誘発依存度

	農村消費	都市消費	政府消費	資本形成	在庫	輸出	輸入	誤差項	総産出	水需要量	COD排出量
1	23%	36%	6%	24%	5%	17%	-14%	4%	100%	3,909	539,765
2	11%	33%	13%	66%	2%	63%	-87%	-1%	100%	33	926
3	19%	42%	6%	9%	13%	15%	-10%	5%	100%	35	3,992
4	6%	27%	4%	10%	0%	67%	-17%	3%	100%	27	1,562
5	9%	27%	13%	44%	2%	49%	-35%	-8%	100%	62	7,920
6	10%	29%	10%	50%	2%	58%	-56%	-4%	100%	163	18,985
7	4%	13%	5%	69%	2%	23%	-16%	0%	100%	14	145
8	6%	19%	7%	67%	1%	67%	-61%	-6%	100%	87	1,915
9	5%	17%	6%	63%	1%	63%	-53%	-3%	100%	26	817
10	6%	26%	7%	49%	3%	82%	-71%	-3%	100%	29	1,881
11	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	643	7,094
12	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	60	242
13	1%	3%	2%	99%	0%	2%	-1%	-5%	100%	4	54
14	10%	28%	9%	39%	2%	29%	-25%	8%	100%	8	575
15	10%	32%	32%	22%	1%	14%	-12%	1%	100%	18	1,452
<b>Total</b>	<b>22%</b>	<b>35%</b>	<b>6%</b>	<b>26%</b>	<b>5%</b>	<b>18%</b>	<b>-15%</b>	<b>4%</b>	<b>100%</b>	<b>5,119</b>	<b>587,326</b>

(注) 水需要量は億立方メートル，COD 排出量は 1000 トンである。

(出所) 筆者作成。

水需要／水汚染をもたらすのはどの最終需要項目かという観点から計算したのが誘発依存度である。これをみると、都市住民による消費によって 35%の需要と汚染が発生している。農民と都市住民全体では 57%となり、家計消費が水需要と水汚染を最も左右するということと言える。農業においてもその傾向があるが、工業部門は往々にして資本形成による誘発が大きい。すなわち工業部門の拡大は投資を呼び、それが水の水需要と汚染を拡大させており、家計所得の増大も水需要と汚染をさらに拡大させるという構図が読み取れる。

ところで、農産物貿易を介して水を輸出入しているという考え方として「バーチャルウォーター貿易」がある。全体の水需要量と水汚染量のうち、輸出が 18%であり、輸入が 15%である。したがって水のバーチャ

ルウォーター貿易では、輸出が輸入より多いので、水不足の中国でも水の輸出国とすることができる。水汚染で言えば、輸出によって汚染発生量が輸入による汚染発生量を上回っているため、汚染の輸入国となる。ちなみにバーチャルな水の純輸出は 153 億 m<sup>3</sup>、汚染の純輸入は 1762 万トンであると解釈できるであろう。

## 2.4 第 11 次五カ年計画達成に向けての課題

第 11 次五カ年計画のポイントは経済発展を続けながら（毎年の成長率 7.5%）、環境負荷を押さえる（エネルギー消費を削減し、汚染の排出を削減する）というものであった。そこで、ここではシミュレーション分析を行う。

基本モデルは以下のようになる。

$$\Delta W = \hat{R}(I - A)^{-1} \Delta F$$

まず経済が順調に発展したとして、その分だけ支出面での GDP は拡大する（ $\Delta F$ ）。その時にこの 5 年間に必要となる水の需要量および排出するであろう汚染の量（ $\Delta W$ ）を計測する。つまり 5 年間の経済拡大で必要となる水需要量、排出するであろう汚染量を計測しておくのである。

なお、支出面の GDP（最終需要）の構造は 2005 年と同じものとするもの（シナリオ 1）と、構造が少し変わったもの（シナリオ 2）の 2 つを用意した。とくに構造変化では、第 11 次五カ年計画で GDP に占めるサービス産業の割合を 40 ポイントから 43 ポイントに拡大することを目指していることを鑑み、農業のシェアが 1%縮小し、サービス産業が 1%拡大（工業は不変）するという産業構造を考えた（シナリオ 2）。つまり少しの構造変化でどれくらい経済が反応しているかをみる一種の感度分析を試みているのである。

さて、表 8 からシナリオ分析の結果をみてみよう。

表 8 シナリオ分析の結果

	シナリオ1		シナリオ2		感度分析 (削減量)	
	水需要量 (億m <sup>3</sup> )	COD排出量 (1000トン)	水需要量 (億m <sup>3</sup> )	COD排出量 (1000トン)	水需要量 (億m <sup>3</sup> )	COD排出量 (1000トン)
1	1,631	83,076	1,536	78,234	95.0	4,841.9
2	15	103	15	103	-0.0	-0.3
3	15	963	14	962	0.0	0.7
4	11	308	11	309	-0.0	-0.6
5	29	1,578	29	1,586	-0.2	-8.2
6	74	1,424	74	1,423	0.0	0.5
7	6	37	6	37	-0.0	-0.0
8	40	192	40	192	-0.1	-0.5
9	12	81	12	82	-0.0	-0.2
10	13	600	13	602	-0.0	-1.7
11	271	1,025	272	1,028	-0.8	-2.9
12	27	99	28	99	-0.1	-0.5
13	2	21	2	21	-0.0	-0.0
14	3	57	3	57	-0.0	-0.0
15	8	149	8	153	-0.2	-3.2
<b>Total</b>	<b>2,156</b>	<b>89,711</b>	<b>2,063</b>	<b>84,886</b>	<b>93.6</b>	<b>4,824.9</b>
per year	431	17,942	413	16,977	18.7	965.0

(出所) 筆者作成。

経済が計画通り拡大していくと、5年間の追加的水需要は2156億m<sup>3</sup>(年間431億m<sup>3</sup>)であり、予想される5年間の追加的COD排出量は8971万トン(年間1794万トン)となる。つまり経済が拡大することによって水の需要と汚染は拡大する。

一方で農業のシェアが縮小し、サービス産業のシェアが拡大するというシナリオ2のケースを見てみると、農業が水需要/汚染の重要対象産業であるので、削減が大きく可能となっている。水需要は93億m<sup>3</sup>(うち農業は95億m<sup>3</sup>)削減でき、水汚染は482万トン(うち農業は484万トン)削減することができる。これらは必要水需要量の4%強、予想COD排出量の5%強であるので、第11次五カ年計画の目標を達成するためには、産業構造の高度化がカギとなる。計画が目指すようにサービス産業のシェア3ポイント拡大が農業部門からであるとすると、水需要量は約12%程度削減可能となるので、水需要削減の目標達成は楽観的ではない。し

かし、COD 排出量は約 15%削減可能となるので、第 11 次五カ年計画の目標は達成可能かもしれない<sup>6</sup>。この意味で環境対策のみならず産業構造を節水型にするという選択肢もあり得ると言えるだろう。次に、実際に節水型技術を各産業が導入して水需要を削減し、そして汚染対策が功を奏して COD 排出量が削減できるというシナリオを考えてみよう。このシナリオでは、各産業水需要が 1%削減し、COD 排出量も 1%減少したと考える。すなわちモデルの *R* をパラメーターとして変化させてみた。結果は表 9 に示されている。

表 9 節水／排出削減の分析

	オリジナル		節水／排出削減		削減量	
	水需要量 (億m <sup>3</sup> )	COD排出量 (1000トン)	水需要量 (億m <sup>3</sup> )	COD排出量 (1000トン)	水需要量 (億m <sup>3</sup> )	COD排出量 (1000トン)
1	1,631	83,076	1,614	82,245	16.3	830.8
2	15	103	15	102	0.1	1.0
3	15	963	14	953	0.1	9.6
4	11	308	11	305	0.1	3.1
5	29	1,578	29	1,562	0.3	15.8
6	74	1,424	73	1,410	0.7	14.2
7	6	37	6	36	0.1	0.4
8	40	192	40	190	0.4	1.9
9	12	81	11	81	0.1	0.8
10	13	600	13	594	0.1	6.0
11	271	1,025	268	1,014	2.7	10.2
12	27	99	27	98	0.3	1.0
13	2	21	2	21	0.0	0.2
14	3	57	3	56	0.0	0.6
15	8	149	7	148	0.1	1.5
<b>Total</b>	<b>2,156</b>	<b>89,711</b>	<b>2,135</b>	<b>88,814</b>	<b>21.6</b>	<b>897.1</b>

(出所) 筆者作成。

各産業が節水技術を習得して 1%節水に成功し、排出削減が 1%可能と

<sup>6</sup> しかし、第 11 次五カ年計画で、農業を含まない工業・生活排水からの COD 排出削減が目標である場合、この結果は条件付きとなる。なぜならサービス、工業部門の拡大ゆえに、これらの部門の COD 排出量は増加するからである。

なった場合、21 億 m<sup>3</sup>（うち農業が 16 億 m<sup>3</sup>）節水される。そして COD 排出量は 89 万トン（うち農業が 83 万トン）削減される。これらは第 11 次五カ年計画の目標値（水需要 1689 億 m<sup>3</sup> 削減）にはほど遠いが、COD 排出量は目標 141 万トン削減<sup>7</sup>なので、汚染の抑制については可能性が存在すると言える。

## おわりに

中国の水問題は、元来少ない水資源が地理的に偏在しており、それらが汚染されつつあるという状況の中で、経済発展に伴う水需要拡大を抑制しながら水の需給バランスを図らなければならないということに集約される。

本稿では、環境産業連関モデルの流れから水の産業連関モデルを提示し、第 11 次五カ年計画の環境目標の実現可能性について検討した。その結果、技術的に水需要を削減する技術を各産業が身につけるのは難しいこと、しかし COD の排出量削減では農業部門の COD 排出量削減効果が大きいので、農業部門を考慮に入れば、十分達成可能であることを示した。それ以上に、水問題の要である農業の GDP 縮小がサービス産業のシェア拡大という産業構造高度化は水問題解決の 1 つのアプローチになることを示した。とはいえ、今後まだ課題は多い。

1 つは急増する生活排水をどのように産業連関モデルに導入するかという問題がある。おそらく家計内生化によって所得上昇→生活排水の増加という形で取り込むべきかもしれない。

また、農業部門が水問題の主役であるならば、農業内部での部門細分化によって、より一層詳細な分析が可能となるかもしれない。とくに畜

---

<sup>7</sup> 表 3 でみた農業を含まない工業・生活排水からの産出された COD 排出量削減目標。大塚 [2008b] ではこの数値が削減目標であるとしている。

産業は肉食の増大による水需要の増加が考えられるので、単独産業にすべきかもしれない。

最後は、水のバーチャル貿易である。地域間産業連関モデルや国際産業連関モデルを利用することによって、水の貿易が明示的に扱うことが可能かもしれない。とくに水が地域的に偏在する中国では地域間産業連関モデルの取り組みが必要であろう<sup>8</sup>。

### 〔参考文献〕

- 井村秀文 [2007]『中国の環境問題 今なにが起きているのか』化学同人。
- 大塚健司 [2006]「環境政策の実施状況と今後の課題」（大西康雄編『中国胡錦涛政権の挑戦—第 11 次五カ年計画と持続可能な発展』日本貿易振興機構アジア経済研究所）。
- 大塚健司 [2008a]「中国の環境政策とローカルガバナンス」（『アジア研ワールドトレンド』第 149 号，2008 年 2 月号，日本貿易振興機構アジア経済研究所）。
- 大塚健司 [2008b]「中国の水汚染対策—第 11 次五カ年計画期の動向と課題」、『東亜』，No.492，2008 年 6 月号，財団法人霞山会。
- 経済産業省編 [2008]『新たな市場創造に向けた通商国家日本の挑戦・通商白書 2008』日経印刷。
- 経済産業省編 [2006]『『持続する成長力』に向けて：グローバル化をいかけた生産性向上と『投資立国』・通商白書 2006』ぎょうせい。
- 吉岡完治・大平純彦・早見均・鷲津明由・松橋隆治 [2003]『環境の産業連関分析』日本評論社。
- シュターマー編著（良永康平訳）[2003]『持続可能な社会への 2 つの道

---

<sup>8</sup> 中国の地域間産業連関モデルを用いた水分析は岡寺氏を中心に現在進行中であることを付記しておく。

—産業連関表で読み解く環境と社会・経済』ミネルヴァ書房。

Miller, R. and P. D. Blair [1985] *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, Prentice-Hall.

Okadera, T., M. Watanabe and K. Xu [2006] “Analysis of Water Demand and Water Pollutant Discharge Using a Regional Input-Output Table: An Application to the City of Chongqing, Upstream of the Three Gorges Dam in China,” *Ecological Economics*, 58(2), 221-237.

Guan, D. and K. Hubacek [2007] “Assessment of Regional Trade and Virtual Water Flows in China,” *Ecological Economics*, 61, 159-170.

----- [2008] “A New and Integrated Hydro-Economic Accounting and Analytical Framework for Water Resources: A Case Study for North China,” *Journal of Environmental Management*, 88, 1300-1313.