

省市区レベルの地域間産業連関表を用いた 中国国内の仮想水分析 — 黄河流域を中心にして —

幡野 貴之¹・奥田 隆明²

¹ 学生員 農修 名古屋大学博士後期課程 大学院環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

² 正会員 工博 名古屋大学助教授 大学院環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

水紛争の時代と比喻されるいま、効果的な水利用と配分のための水戦略が求められている。そこで財・サービス生産に要した水を“仮想水”として扱う Virtual Water の概念が注目されている。本研究では中国の地域間産業連関表を用い、11 産業交易に関し国内の仮想水動態を推計した。水資源が乏しい黄河流域内では中流域に他流域の仮想水が集中していることが判明した。これら結果から財取引を通じた地域レベルでの水戦略の必要性、特に黄河流域では水配分公平の観点から水集約財を多く生産する下流域と、他地域に水集約財生産を依存している中流域への対策必要性が認識された。

Key Words: virtual water, multi-regional IO analysis, Yellow River Basin, water strategy

1. はじめに

1995 年、世界銀行副総裁であった I. Serageldin は、「21 世紀は水紛争の時代となる」と発言し波紋を呼んだ¹⁾。そして現在、開発途上国を中心とする世界各地で水不足、水質汚染、洪水被害の拡大等の水問題が多発し、これら水問題に起因する食糧難、伝染病の発生などの影響が漸次拡大している。特に食糧問題に関する水問題は甚大である。UNEP によれば、地球上の水資源総量 14 億 km³のうち、利用可能な淡水資源はそのわずか 2.5%と推計している²⁾が、その淡水資源の大部分は農業分野で利用され、農業による占有割合はおおよそ 70%³⁾、条件が異なれば約 90%⁴⁾ともいわれている。淡水資源の主供給源である地下水が農業用水として取水される量はいまでは賦存量を大きく上回っている。つまり地下水資源は激減の途を辿っているのである。特に中国北部、インド北部、西アジアや北アフリカ地域では急激な汲上げにより、10 年以内で地下水資源が枯渇するであろうと予測されている^{5), 6)}。

日本の約 26 倍の国土面積と 12 億の人口を有する中国にとって水資源確保と適正配分は喫緊の課題である。中国の淡水資源量は 2800 km³/年と世界第 6 位の賦存量であるが、1 人当りでは 2300m³/年で世

界平均の約 1/4 である。また中国の淡水資源は地域的に極めてアンバランスに分布し、その大半は長江以南に集中しており、逆に 3H 流域(黄河、淮河、海河)はじめ北西部地域では世界平均の 1/16 という状況にある⁷⁾。

図-1 には 2002 年の中国における地域別利用水量を示したが、水資源の多くが東部沿海・南東部に集中し、これからも利用可能な水資源の地域不均衡が伺える⁸⁾。

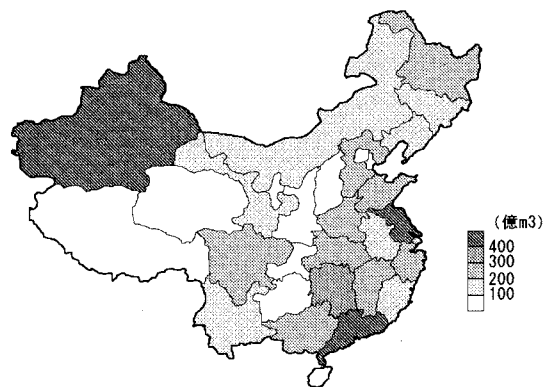


図-1 省市区別の利用水量(2002 年)

このような状況の中、高い食料自給率維持政策、人口増加そして所得向上による食生活変容が農業生産および農業用水需要増加を招くことは必至と予想されている⁹⁾。更に2000年のWTO加盟による市場経済メカニズムによる農業生産への影響^{10)・12)}、第2次および第3次産業比率の増加¹³⁾も中国の水需要を増加させる要因であると考えられる。

水資源の地域的な消費性向は局所的な事情からばかりでなく、生産財(サービス)の他地域との取引に依存する割合も大きい。Allanは財(サービス)生産に消費された(内包された)水をVirtual Water (VW)と呼び、仮想的な水の空間移動を把握することで水資源の公平配分を援用する概念を提案した¹⁴⁾。

しかしながら、

1. 既存のVWに関する研究の多くは国際交易での仮想水移動が大半であり、国内地域間の水移動を扱った研究は僅少である
2. 更に、多くの研究で使われVW算定根拠となる交易データは財・サービスの輸出入取扱量のみであり、例えばここには財輸出国で当該財(サービス)製造に費やされた財輸出国以外からの水は勘案されていない

という観点においてVW推計には不確定要因があると思われる。地球規模のマクロ視点のみならず、より戦略的な水資源政策を展開するには地域間レベルのミクロ視点でVW移動を把握する必要がある。特に中国のように国土面積が広くかつ水資源賦存量の地域間ギャップが大きい国では、国際間よりも国内地域間のVW移動を考えねばならない¹⁵⁾。

上述した問題を受け、本研究では奥田ら¹⁶⁾が作成した1997年中国29省市自治区の地域間産業連関表(地域間表)を用いて中国国内のVW動態を推計した。そして、これら推計結果から国内レベルでの水移動を系統的に把握し中国における水需要戦略のための基礎資料を提供することを本研究の目的としている。本論文の構成は、第2章ではVWに関する既往研究を概観し、次いで地域間表を用いた中国国内のVW移動推計手法を第3章で解説する。第4章では主要最終需要発生地域ならびに水資源量が特に乏しい黄河流域に焦点を当てVW動向を考察し、この結果を受け本研究の総括ならびに提言を第5章で実施する。

2. Virtual Waterに関する既往研究

(1) Virtual Water とは?

Virtual Water (VW)とは、1990年代初頭にロンドン大学のJ.A. Allanにより導入された概念である。その意味を簡単に言えば”財・サービス生産に投入

された仮想水”であり、「製品内包水」もしくは「外因性水」とも呼ばれる¹⁴⁾。VWは、ある地域が必要とする財(サービス)が他地域で生産された際、その他地域が代替した水資源量と解釈できる。そしてヘクシャー・オリーンの定理に従えば、水資源が豊富な地域は水集約型財を多く生産・輸移だし、逆に水資源が乏しい地域はそれら財を輸移入することが水資源の観点から理想的な交易であると言える。水資源の動態を取り財(サービス)に内包された、すなわち間接的に把握することは国際取引の立場から適正な水配分の政策決定を可能にする。

(2) VWに関する既往研究

VWに関する大半の研究が水集約型産業である農林水産業を対象としたものである。分野別では国際取引に関する研究^{17)・18)}のほか、エジプト¹⁹⁾、南部アフリカ開発共同体(SADC)²⁰⁾、日本^{21)・22)}などの特定地域を対象としたものがある。また地域を限定しない水戦略に関しても研究がなされている^{23)・25)}。これら研究の多くは二国間取引データを基礎にVW移動を把握しているのに対し、中村ら²⁶⁾は生産要素の中間投入を考慮した多地域間産業連関表を用いてアジア環太平洋10カ国間のVW動態を示している。

水使用原単位も農林水産業に関し精緻な推計がなされており、穀物と畜産物のそれぞれについて品種別に原単位が推計されている。穀物別原単位推計の詳細はHoekstra and Hung²⁷⁾に譲るが、端的に示せばFAO Penman-Monteith式から算定した基準蒸発散量を基礎に作物定数、灌漑日数や単収等乗じて導いている。そしてその他必要なデータの大半もFAOが公表したものを利用している。簡易的には式(1)のとおりである。

$$SWD[n, c] = \frac{CWR[n, c]}{CY[n, c]} \quad \text{式(1)}$$

SWD: 地域nにおける穀物cの水要求量 (m³/ton)

CWR: 地域nにおける穀物cの単位面積当りの水要求量 (m³/ha)

CY: 地域nにおける穀物cの単収 (ton/ha)

この他にも、能動的な穀物の水利用観点から灌漑栽培手法に基づく穀物水消費原単位の算出法²¹⁾や、畜産物別原単位推計に関しては家畜生産に費やす水原単位には前述の穀物原単位を肥育飼料に適用し、別途算出した項目(飲料用、加工用、流通用)を付加する方法¹⁷⁾などが挙げられている。

表－1 地域区分一覧

No	省市区名	No	省市区名	No	省市区名
1	北京市	11	浙江省	21	重慶市
2	天津市	12	安徽省	22	四川省
3	河北省	13	福建省	23	貴州省
4	山西省	14	江西省	24	雲南省
5	内蒙古自治区	15	山東省	25	陝西省
6	遼寧省	16	河南省	26	甘肅省
7	吉林省	17	湖北省	27	青海省
8	黒龍江省	18	湖南省	28	寧夏回族自治区
9	上海市	19	広東省	29	新疆維吾爾自治区
10	江蘇省	20	広西壮族自治区	30	その他地域

(3) 本研究の位置付け

前述既往研究の大半は、最終製品交易ベースのデータを基に国際間の仮想水移動を推計している。よって、これら推計には中間投入された原材料生産に係る VW はその量、移動地域ともに勘案されていないことになる。本研究では、地域間産業連関表を用いることで中間投入財および当該財の地域移動を考慮した VW 推計を可能としている。また、中国のように広大な国土とアンバランスな水資源分布を有する地域を細分化して解析することで、中国の VW 動態を国内地区別に概観している。

3. 中国国内の VW 動態推計

(1) 地域間産業連関表の推計

中国国家统计局公表の 1997 年地域産業連関表(29 省市区、38 産業)を、競争移入型地域間表として推計した。詳しくは奥田・橋本²⁸⁾ならびに奥田ら¹⁶⁾を参照されたいが、概要は以下のとおりである。

- 1) 両側制約付エントロピーモデルによる地域表および地域間交易表の一次推計
- 2) エントロピーを用いた地域間産業連関表のバランス調整
- 3) RAS 法による最適解の導出

なお、今回の解析では産業分類を 11 産業としておこなった。表－1 に対象地区を、表－2 には産業分類を示す。

(2) 産業別水使用量の推計

前項で述べた手法での原単位推計値は世界平均値を示し、どの地域の VW 算出にも多用されている。一方、気候や土壌等の自然環境の違いは水使用原単位に反映しその値は地域毎に変動するとの主張²⁶⁾から、地域特性を反映した原単位の推計が必要とな

ってくる。

本研究では、各地域、各産業での水使用量推計は以下の手順で実施した。

・データソース

中国水資源公報の地域別(省市区)、セクター別(農業、工業、生活)水使用量実績値

・按分方法

①第一次産業:公報値をそのまま利用

②第二次、三次産業:各地域産業連関表(地域表)の各セクターが水道事業部門に需要した額を使用比率とみなし全体量を按分

また、以下の仮定も設定した。

- 1) 水資源公報値は実態水使用値であること
- 2) 公報値は地域別に公表されているため、地域間差は特段考慮する必要がないこと
- 3) 第二次、三次産業では、各セクターの水道事業部門需要額が水使用量比率に一致すること
- 4) 公報値には地下水は含まれるが、再生水は勘案していないこと

表－2 産業分類

No	産業名
1	農林水産業
2	鉱業
3	食料品
4	化学
5	金属
6	機械
7	その他製造業
8	建設業
9	公益事業
10	商業・運輸
11	サービス

全産業水使用量の約 70%を消費する第一次産業は地域表では 1 部門(農林水産業)でのみ計上されているため(表－2)、水道事業部門を利用した按分が必

要ない。すなわち公報値をそのまま利用することが可能である。よって、仮想水移動を考える上で最大消費部門である第一次産業の水消費精度がここで担保されたと考えられる。第二次、三次産業でセクター別按分する方法については、公報値以上に正確、かつより産業細分した水使用量が入手できない事由から上記 3) の仮定を適用した。水使用原単位は、こうして求めた産業別水使用量を式(2)にしたがい生産額で除して算出した。

$$\varepsilon[r, j] = \frac{WC[r, j]}{X[r, j]} \quad \text{式(2)}$$

$\varepsilon[r, j]$: 地区 r の産業 j における水消費原単位($m^3/\text{元}$)

$WC[r, j]$: 地区 r の産業 j における水使用量(m^3)

$X[r, j]$: 地区 r の産業 j における生産額(元)

(3) Virtual Water 量の推計

Virtual Water 推計値は前項で求めた原単位に地域間表から導出された生産額を乗ずることによって得ることができる。具体的には中村ら²⁶⁾の方法に従い国内取引活動に伴う Virtual Water 量を推計した。基本式を以下に示す。

$$X[r, s, i] = B \times FD[r] \quad \text{式(3)}$$

$$B = \{I - (\hat{I} - M)A\}^{-1} \quad \text{式(4)}$$

$$FD[r] = (\hat{I} - M)F[r] + Ex[r] \quad \text{式(5)}$$

$$VW[r, i] = \varepsilon[r, i] \times \sum_s X[r, s, i] \quad \text{式(6)}$$

$X[r, s, i]$: 地域 r の最終需要により地域 s で誘発された産業 i の生産量ベクトル(元/年)

B : レオンチェフ逆行列

$FD[r]$: 地域 r における全最終需要ベクトル(元/年)

I : 単位行列

$\hat{M}$: 輸入額が対角要素の対角行列

A : 投入係数行列

$F[r]$: 地域 r における最終需要額ベクトル(元/年)

$Ex[r]$: 地域 r における輸出額ベクトル(元/年)

$VW[r, i]$: 地域 r における産業 i の Virtual

Water 量ベクトル($m^3/\text{年}$)

式(3)～式(5)では、輸入額 M を内生化したレオンチェフ逆行列に全最終需要を乗じて生産額を算出している。また、全最終需要ベクトルを輸出額とそれ以外の項目に要因分解することで国外取引による影響を把握することが可能である。そして最終需要発生地から見た Virtual Water 量は、式(6)に示すように前項で求めた原単位に生産額を乗じることで推計することができる。更に式(6)については、式(7)のように最終需要発生地域($r=s$)とそれ以外の生産誘発地域($r \neq s$)に分解することができる。

$$VW[r, i] = \varepsilon[r, i] \times \{X[r, r, i] + \sum_{r \neq s} X[r, s, i]\} \quad \text{式(7)}$$

4. 推計結果および考察

(1) 主要最終需要発生地における Virtual Water

前述したように Virtual Water の基本概念は、需要発生地(輸入地域)が他地域(輸出地域)に代替させた財・サービス生産に要する用水量を、需要発生地が負った場合の仮想的な用水量に置き換えること、である。近年、経済成長率が年 9% と躍進著しい中国ではあるが、東部沿海地域を先行発展させ順次内陸部へと浸透させる雁行型発展政策はいまだ効果を奏せず、国内経済の地域格差は縮小どころか拡大の一途にあると指摘されている。その結果、中国の主要な最終需要地域は東部沿海部に多く偏在し、多地域産業連関分析からもこれら地域は数多くの地域との取引によりその経済は成立している¹⁶⁾。その観点から本項では主要最終需要地域として上海市、広東省ならびに山東省について、11 産業合計の Virtual Water 動態を求めた。その結果を図-2 に示す。

一人当たり GDP が 4800 元を超え中国最大の市場規模を擁する上海市の最終需要が誘発した Virtual Water 総量は 91 億 m^3 であり、うち上海市以外の国内地域での誘発量は 52%、47 億 m^3 であった。被誘発地域は高い順に江蘇省(10.3 億 m^3)、浙江省(8.8 億 m^3)、安徽省(5.5 億 m^3)の上海市近隣であり、これら上位 3 地域の VW で全体の 53% を占める(図-2a)。したがって、上海市は生産活動においては隣接地域に多くの水を代替使用させていることがわかる。

長江以南の水資源豊富な広東省においては多少事情が異なる。広東省が誘発した VW 総量は 344 億 m^3 であるのに対し、広東省以外の地域で誘発された VW 量は全体の 34% の 116 億 m^3 である。広西自治区(25 億 m^3)、湖南省(19 億 m^3)、重慶市(15 億 m^3)

等の周辺地域での代替が多い反面、河北省(6.0 億

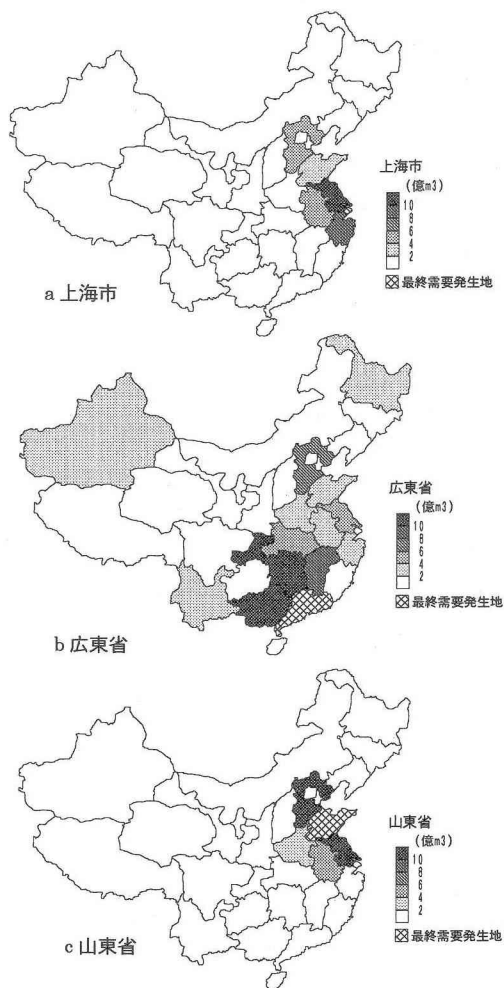


図-2 主要最終需要地から見た
Virtual Water の地域別動態

m³)や黒龍江省(2.0 億 m³)などの空間的に離れた地域での水使用代替を誘発している。図-2b でも明らかなように、広東省の最終需要により広範な地域が水を代替していることがわかる。豊富な水資源を有する南部に対し頻繁な断流が生じる黄河河口に位置する山東省ではあるが、地理的優位性と潤沢な海外投資ゆえに国内有数の市場規模を有する。山東省が誘発した VW 総量は 218 億 m³ であるのに対し、山東省以外の地域で誘発されたのは全体の 24%、52 億 m³ である。被誘発地域も高い順に河北省(19 億 m³)、江蘇省(12 億 m³)、安徽省(5.3 億 m³)であり、黄河流域と言われる地区はここには含まれていない。

よって、周辺地域といえども水資源が乏しい黄河流域との交易面での結びつきは弱いことが伺える(図-2c)。

2) 黄河流域における仮想水移動

広大な国土と水資源の不均衡な地域分布を有する中国では、前項で検討した最終需要地ベースの VW と同時に水資源が窮乏している地域からの仮想的な水流出を把握することが肝要である。ここでは特に水資源が乏しいとされ国際規模の対策がなされている黄河流域を例に挙げ、省市レベルで生産に伴う水消費が国内外含めどの地域の影響を受けているかについて考察する。



図-3 黄河流域省区

黄河流域は源流の青海省から河口の山東省までの 9 省区相当する。図-3 には黄河流域地区を示すが、上流から中流にかけての地域は暖温帯や中温帯の高温・乾燥気候帯に位置し、年間降水量が 200mm にも達しない地域もある。黄河流域各省区で全 11 産業活動において消費された仮想水量の行先を推計した結果が表-3 である。これより黄河流域全体で費やされた仮想水量は 1180 億 m³ と推計され、これは 1997 年に中国全体の用水量の約 23% に相当する。省区別では河口の山東省が最も水を用いており(260 m³)、次いで同じ下流の河南省(211 m³)と続いている。仮想流出水のうち、各地区から他地域(国内・国外)へ移動した割合(移輸出率)は 9.0%~36% と地域によりばらつきが見られるが、上位は山東省(36%)、陝西省(32%)、河南省(31%)と下流地域が占めている。

図-4 では上・中・下流の代表的な省区を取り上げ仮想流出水の移動を示している。例えば上流に位置する甘粛省に関しては、流出先が比較的隣省市県へと限定されているのに対し、中流、下流へと進むにつれ波及域が広範になっているのがわかる。おお

表－3 省区別の仮想水移動

		移入先			合計	移輸出率 %
		自地域	国内他地域	海外		
移出元	山東省	166	59	35	260	36
	河南省	146	56	9.0	211	31
	陝西省	56	22	4.3	82	32
	山西省	51	5.8	4.5	61	17
	内蒙古自治区	121	18	6.3	145	17
	寧夏自治区	72	2.8	4.3	79	9.0
	甘肅省	86	31	4.0	121	29
	四川省	167	22	6.2	195	14
	青海省	19	4.9	1.0	25	24

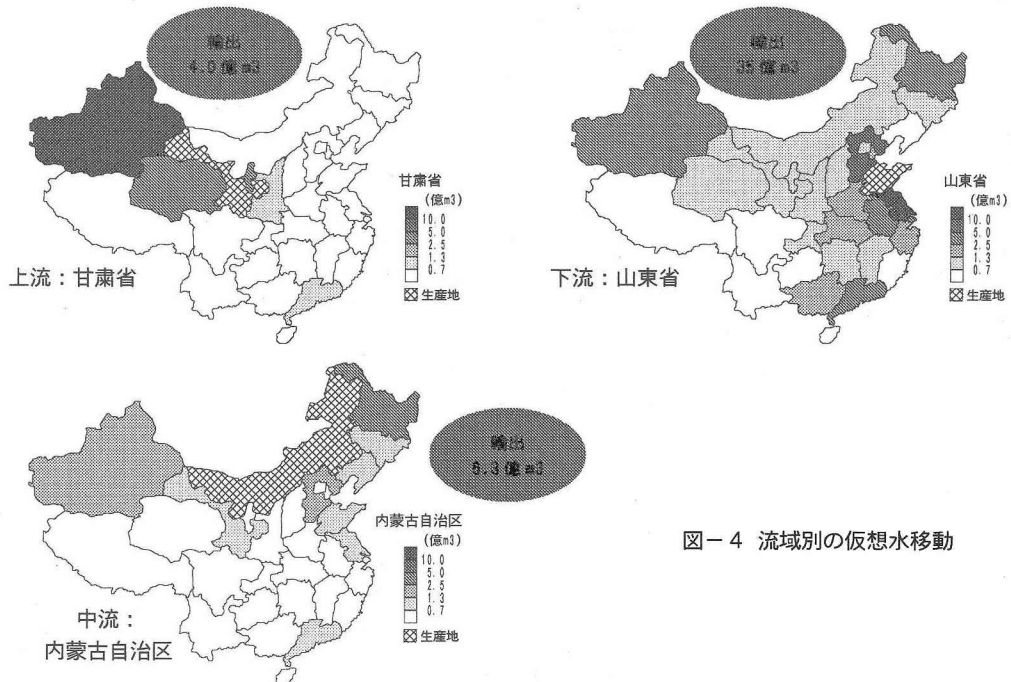
※移輸出率 = (国内他地域+海外)/合計 × 100

まかではあるが図－4より仮想水の空間的拡散は上流→中流→下流の順で大きくなることが伺える。

次に黄河流域をマクロ視点で捉え水資源の動態を考える。中国政府はもちろん、世界銀行などの国際機関も黄河の水資源管理にはまず流域全体の戦略策定が重要であるとしている。ここでは黄河流域省区を1つのまとまりと考え、中国他地域または海外と

の仮想水移動がどの程度であるかを推計する。ここで行う作業は以下のとおりである。

- 1) 地理的位置から流域を上、中、下流に区分し、流域内での仮想水動態を推計
- 2) 流域全体とその他の中国国内地域、および海外との関係を推計



図－4 流域別の仮想水移動

流域内での動態を図－5に、流域全体と国内他地域および海外との関係を図－6に示す。流域内の仮想水動態では、下流域（陝西、河南、山東省）が上流

域(青海、四川、甘肅省)および中流域(寧夏、内蒙古自治区、山西省)へ流入量を超える仮想水を流出している。逆に中流域は他の流域からの仮想水流入が流出を超過していることがわかる。したがって、黄河

流域間においても不均衡な水移動が生じており、中流域に仮想水が集中している。これは高温乾燥気候帯に位置する中流域の自然環境特性を勘案すれば、水資源が不足しているため他地域に水集約財(特に農林水産業)の生産を依存していることで説明できる。

図-6では黄河流域省区を1単位とした場合の流域から海外含めた他地域への仮想水流入出を示した。黄河流域9省区から国内他省市県への水流出は170億 m^3 におよび、逆に黄河流域への仮想水流入では171億 m^3 であった。また輸出財として黄河流域から74億 m^3 、そして中国他省市県からは実に482億 m^3 の仮想水が海外に流出している。今回、海外からの流入量は把握していないが、経済発展地域が東部沿海に偏在していることから多くの仮想水流入が当該流域にあるとは考えにくい。国内のみの動態という観点から、黄河流域全体からの仮想水流出は他地域からの流入量をやや下回るもののほぼ同等と考えてよい。

図-7には各省市県の仮想水評価指標をHoeskstra and Hungの方法²⁶⁾を参考に算出した。図-7で示した貢献度は生産地で生じた仮想水のうち他地域(海外含む)への流出分の割合を示し、依存率は最終需要地において要求される仮想水のうち他地域からの流入分を表わしている。45度線より上の部分に位置する省市県は他地域からの依存度が大きいことを、下に位置する地域は他地域への貢献度が大きいことを示している。これより、主要最終需要地でもありかつ中国における生産拠点でもある東部沿海地域に位置する省市県は概して貢献度が大きく、内陸部へ西進するほど依存度が貢献度を上回っている傾向にある。しかし四川省や内蒙古自治区はわずかなではあるが貢献度が上回っており、比較的生産面に係る水資源に余裕があることが伺える。そしてこれら指標から省市県別に仮想的な水資源の余裕度合を測り知ることが可能である

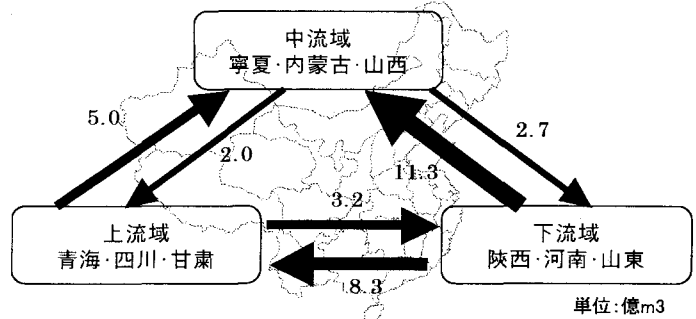


図-5 黄河流域での仮想水移動

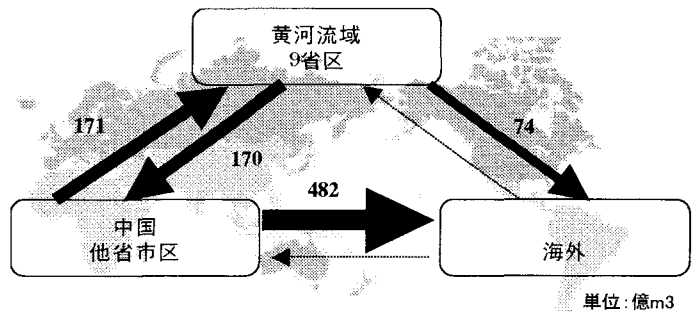


図-6 黄河流域と他地域との仮想水移動

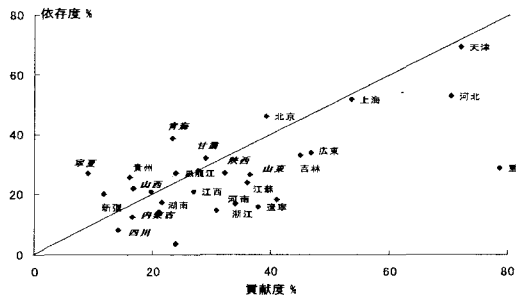


図-7 仮想水評価指標の地域分布

5. まとめ

本研究では、従来の多くは一国として扱われてきた中国の水問題を財・サービス交易と連結させた仮想水として、かつ省市県レベルで検討した。経済発展著しい東部沿海地区の多くは Virtual Water として財に内包した水を国内各地から調達し、そして水資源の乏しい黄河流域をはじめとした中国北部は周辺地域を中心にそこでの最終需要に呼応して財を生

産、その結果として水を消費していることが判明した。特に黄河流域に着目すれば、4. で実施した分析からは以下の知見が得られた。

- 1) 省市区別の仮想水流出量は山東省および河南省で多く、下流域に集中している
- 2) 流域内の仮想水動態では、下流域が他流域へ自地域への流入量を超える仮想水を流出している。そして中流域に多くの仮想水が集中している
- 3) 流域全体と他地域の関係では、流域全体からの流出量と流入量はほぼバランスしている

これらの結果から、今後の水戦略策定の上で、制約条件となる水資源を実存量のみならず動態把握できる仮想量でも積極的に扱うべきであることが示唆される。特に黄河流域では各省市区の個別対応の前段で流域全体での対策が必須である。価格や資本移動を視野に入れた CGE モデルなどを使った水資源適正配分予測に本研究の成果が資することが期待される。なお、今後の課題としては以下の点が挙げられる

- 1) 1 分野として扱った農林水産業を、例えば数種の主要穀物と畜産業に分割する必要がある。原単位の例で言えば、単位重量あたりの米と牛肉では生産に費やす仮想推量は 20 倍の開きがあるとされている。地域により農業の生産特性も変わるため、より詳細な分析にはこの作業は必要である。
- 2) 地域間表の延長推計により多年度に渡る仮想水動態が可能である。中国の地域産業連関表は今後公表される可能性が薄く、将来予測などに対処するためにも複数年度での評価が必要である。また多年度比較はその間に施行された国内外政策、例えば西部大開発や WTO 加盟による経済影響などの影響を水需要に反映させることを可能とする。
- 3) 各産業、特に第二次、三次産業における水使用量および原単位推計に曖昧さが含まれた。当該産業における水消費量は全産業に対し現在ではさして大きな影響は与えない量と考えられるが、今後の経済成長と産業構造転換(第一次→第二次、三次)を勘案すれば無視できない分野となってくる。精緻な解析のためにも実態値の入手と利用が必要であろう。

参考文献

- 1) 高橋 裕：地球の水が危ない、岩波新書、2003
- 2) UNEP : UNEP Annual Report in 2002、2003
- 3) Benett, A.J. : Environmental consequences of increasing production: some current perspectives, Agric. Ecosys. Environ., 82, 89-95, 2000
- 4) Allan, J.A. : Virtual water: a long term solution for water short Middle Eastern economies?, Proceedings of the Paper Presentation at the 1997 British Association Festival of Scientists, University of Leeds, Water and Development Session, 1997
- 5) 中国情報局 : http://news.searchina.ne.jp/2001/1121/general_1121_005.shtml, 2001
- 6) (財)アジア人口・開発協会：発展の制約・中国・インドを中心に、日本財団、<http://nippon.zaidan.info/seikabutsu/1998/00560/mokuji.htm>, 1998
- 7) Nickum, J.E. : Is China living on the water margin? The China Quarterly, 156, 880-898, 1998
- 8) 中華人民共和国水利部：中国水資源公報、1997-2002
- 9) Tao, F., Yokozawa, M., Hayashi, Y. and Lin, E. : Future climate change, the agricultural water cycle, and agricultural production in China, Agric. Ecosys. Environ., 95, 203-215, 2003
- 10) 沈金虎：WTO 加盟と中国農業への影響、農業と経済、第 68 巻 第 5 巻、72-85、2002
- 11) Diao, X., Somuwaru, A. and Tuan, F. : Regional and national perspectives of China's integration into the WHO: a CGE inquiry with emphasis on the agricultural sector, RURDS, 15, 84-105, 2003
- 12) Fullar, F., Beghin, J., De Cara, S., Fabiosa, J., Fang, C. and Matthey, H. : China's accession to the World Trade Organization: what is at stake for agricultural markets?, Rev. Agric. Econ., 25, 399-414, 2003
- 13) 小沢亮輔、小川茂、方偉華、井村秀文：中国黄河流域の水資源需要将来予測に関する研究、第 31 回環境システム研究論文発表会講演集、295-302、2003
- 14) Allan, J.A. : Virtual water: a strategic resource. Global solutions to regional deficits, Ground Water, 36(4), 545-546, 1998
- 15) Hoekstra, A.Y. : Virtual water: An introduction, in Virtual Water Trade: Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, IHE Delft, 2003
- 16) 奥田隆明、種蔵史典、幡野貴之、斉舒暢：中国省市区レベルの地域間産業連関表の推計とその分析、第 28 回土木計画学研究発表会・講演集、2003
- 17) Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. : Virtual water

- trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international trade of livestock and livestock products, in Virtual Water Trade-Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, IHE Delft, 2003
- 18) Zimmer, D. and Renault, D. : Virtual water in food production and global trade: Review of methodological issues and preliminary results, in Virtual Water Trade-Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, IHE Delft, 2003
- 19) Wichelns, D. : The role of 'virtual water' in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt, *Agric. Water Manage.*, 49,131-151,2001
- 20) Earle, A. and Turton, A. : The virtual water trade amongst countries of the SADC, in Virtual Water Trade-Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, IHE Delft, 2003
- 21) 三宅基文、沖大幹、虫明功臣：日本を中心とした仮想水の輸出入、第6回水資源に関するシンポジウム論文集、728-733、2002
- 22) Oki, T., Sato, M., Kawamura, A., Miyake, M., Kanae, S. and Musiake : Virtual water trade to Japan and in the world, in Virtual Water Trade-Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, IHE Delft, 2003
- 23) Turton, A.R. : A strategic decision-makers guide to virtual water, presented at Workshop Virtual Water in Southern Africa, 2000
- 24) Warner, J. : Virtual water - virtual benefits? Scarcity, distribution, security and conflict reconsidered, in Virtual Water Trade-Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, IHE Delft, 2003
- 25) Wichelns, D. : The policy relevance of virtual water can be enhanced by considering comparative advantages, *Agric. Water Manage.*, 66, 49-63, 2004
- 26) 中村英佑、森杉雅史、井村秀文：国際的相互依存と環境公平性に関する研究、環境システム研究論文集 Vol.31、395-403、2003
- 27) Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q. : Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, in Virtual Water Trade-Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, IHE Delft, 2003
- 28) 奥田隆明、橋本浩良：地方生活圏レベルの地域間産業連関表の推計 ～地域間距離の設定方法の検討～、第28回土木計画学研究発表会・講演集、2003

VIRTUAL WATER ANALYSIS USING PROVINCIAL LEVEL MULTI-REGIONAL INPUT-OUTPUT TABLES IN CHINA

— FOCUS ON THE YELLOW RIVER BASIN —

Takayuki HATANO and Takaaki OKUDA

Water strategy is one of the most essential policies to develop in the era all over the world. In order to manage the water strategy effectively, the concept of 'Virtual Water' has been focused on. In this study we employed the concept and estimated its regional distributions using the China MRIO tables that we have calculated.

The results provided that virtual water distributions varied in each province among the Yellow River Basin, in which water shortage has become serious. This study indicates both a possibility and necessary of the water strategy at a regional level utilizing the virtual water perspective.