

39. 黄河流域の地域別食糧生産に関する研究

Study on Regional Characteristics of Food Productions in Yellow River Basin

大西暁生*・古川将大**・韓驥***・園田益史*・井村秀文*

Akio ONISHI, Masahiro FURUKAWA, Ji HAN, Masufumi SONODA and Hidefumi IMURA

ABSTRACT; The Yellow river basin is an important region for Food production of China. However, it is the region where is suffered from serious water shortage. By this reason, it is necessary to understand whether the food supply for increase of food demand by economic growth and population increase is possible. The purpose of this study is to estimate amount of potential food supply ability under the disturbance such as natural conditions in the Yellow river basin. The productivity of the Yellow river basin and the change of cultivated areas are examined. And, the food production change is estimated by each scenario, such as natural conditions. In conclusion, the changes of food productions are shown by each region.

KEYWORDS; Yellow river basin, regional agricultural productions, water resource

1. はじめに

1978 年の改革開放政策以来, 市場経済へ移行し, 中国の社会経済体制は大きく変容した. 農業も例外ではなく, 生産技術や農民生活の向上が, 経済成長と共に急激に進んでいる. とりわけ, 人民公社が解体され農家経営請負制度が導入されることにより, 農民の農業生産への意識は大きく変わった. その結果, 農民の生活水準を引き上げるため, 農業生産の効率化が進められた. 一方, 都市化や工業化の進展によって, 多くの農民はより高い収入を求め, 農業・農村を離れることによって, 放棄される耕地が増加した. しかし, 近代農業の発達により, 機械化や化学肥料などが向上し, 単位面積当たりの生産量, すなわち土地生産性(以後, 生産性とのみ記す)は飛躍的に増加した. これによって, 農業・農村離れといった問題は顕在しているものの, 国全体の食糧生産は大きな減産にはつながらずにいる. しかしながら, 将来の食糧生産の展望は, 耕地面積でみると, 食料需要と反比例に, 大量の耕地が工場用地や住宅用地あるいは道路などの公共用地に転用されてきており, 同様に, 生産性に関しても, 技術的な最大可能収量に達すると生産性は逡減してしまう恐れがある. このように, 中国の食料生産は, 耕地面積の確保と生産性の向上に強く依存しており, これらの展望は楽観視できない.

国内での生産がその需要量をまかなえない場合, 国際市場にその補完を頼らざるを得ない. 2001 年の WTO 加盟以来, ますます経済がグローバル化している. しかし, 中国政府は, 食糧安保と農業維持の観点から, 輸入依存型の供給体制に転じることを懸念している. 仮に, 中国のような大国が, 食糧輸入国となった場合, 世界の市場に重大な混乱を起こす恐れがある^{1), 2)}. そのため, 国内外の食糧需給のバランスを安定化させるためにも生産力をあげる必要がある.

中国は, 広大な面積を誇るため, 多様な自然条件を有する. また, 国内の社会経済も不均一な成長によって, 沿岸部と内陸部, 都市と農村の格差が拡大している. このため, 中国の農業生産の問題を一元的に捉えることはできない. このことから本研究では, 中国有数の穀倉地帯である黄河流域に着目し, 地域別の食糧生産量の動向をシナリオに従い推計する.

具体的には, まず, 地域別(黄河内を 5 流域に分類)において, 生産性を決定する要因を同定する. さらに, 社会経済

*名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻 Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya City, Japan 464-8601.

**NTT コムウェア株式会社 NTT COMWARE Corporation.

***名古屋大学大学院 工学研究科 社会基盤専攻 Graduate School and School of Engineering, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya City, Japan 464-8603.

動向によって変容する土地の利用形態の変化を耕地面積の変動を中心に推計する。最後に、これら生産性と耕地面積から、2025年までの食糧生産量を推計する。

2. 県市行政界と流域の区分

本研究の対象地域を図-1に示す。一般に、黄河流域は、上流(河源～托克托)、中流(托克托～桃花峪)、下流(桃花峪以下)に分類される^{3),4)}。そのため本研究では、これらの分類を参考に流域界を設定する。また、汾河流域や渭河流域は、同じ中流域に属しているものの、その自然条件や社会条件が大きく異なる。そのため、これら流域は、中流域とは別に分析する。

具体的な分類は、以下の手順で行う。まず、中国国家基礎地理情報センターの100万分の1データ⁵⁾を用いてDEM(Digital Elevation Model: 数値標高モデル)から集水域を区分し、上流域・中流域・下流域・汾河流域・渭河流域の5つの自然流域界を設定

する。ここで、自然地理境界と県市行政界で区切られた境界は完全には一致しない。そのため、ある県市の一部が黄河の本流、支流で形成される流域のどこかを含めば、原則としてその県市は黄河流域に属するものとする。

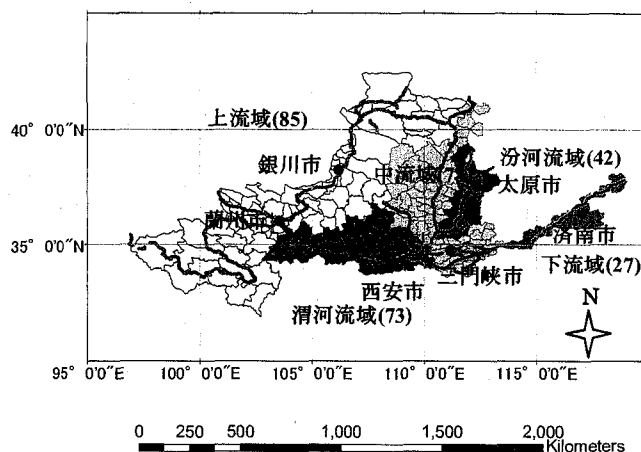


図-1 黄河流域内の5流域

図中の括弧内の値は県市数である

3. 地域別の生産性の同定

ここでは、黄河流域内における生産性とそれに関わる諸要因(有効灌漑率、機械化、化学肥料、労働力、水資源など)との関係を考察する。

3.1 使用データ

本研究では、生産性に関する分析を5流域ごとに行う。このため、入手した社会経済データを流域単位に再編する必要がある。そこで、公開されている統計の最小行政単位である県市についてデータを整理した。県市単位データは、主に中国城市統計年鑑⁶⁾と中国県(市)社会経済統計年鑑⁷⁾に掲載されており、各省統計年鑑⁸⁾にも一部掲載されている。しかし、県市のデータは省レベルのデータに比べると入手が難しく、また、必ずしもすべての年次において完全なデータが入手できるわけではない。そこで統計資料がない場合には推計を行った。推計の方法については、参考文献9)を参考とされたい。

3.2 地域別による生産性の要因の同定

地域別における生産性とその決定要因の関係を明確にするため、豊田¹⁰⁾やIMURA et al.¹¹⁾の食糧生産性に関する経験式の導出を参考に分析を行う。重回帰分析に用いた非説明変数は生産性であり、説明変数については、表-1に示す項目を用いた。ここで、各省の統計データから、省ごとの作付け回数(耕地面積あたりの作付け面積)、主要作付け品種の割合を用いる。主要作付け品種は、黄河流域の小麦である。残りの変数については、各県市の値を用いる。生産性を表すモデル式は、式(1)の対数線形モデルを仮定する。回帰分析で用いた各変数は、地域ごとの県市の値であり、式中の*i*は各地域を表す。

$$\begin{aligned} \ln V_i = & a_0 + a_1 \ln I_i + a_2 \ln M_i + a_3 \ln F_i + a_4 \ln L_i + a_5 \ln P_i + a_6 \ln W_i \\ & + a_7 \ln K_i + a_8 \ln T_i + a_9 \ln R_i + a_{10} y^1_i + a_{11} y^2_i + a_{12} y^3_i \end{aligned} \quad (1)$$

3.3 地域別による生産性の要因の結果

表-1 に、ステップワイズ法を用いた変数選択の結果を示す。この結果の解釈を以下に地域別にまとめる。

上流域：生産性に対して統計的に有意で、且つ、正の影響を与えたのは、有効灌漑面積率、機械化、労働力、年平均気温、年平均日射であり、特に有効灌漑面積率の係数は、他の流域と比較して大きな値を示した。また、小麦の作付け割合は生産性に負の影響を与えている。

中流域：作付け回数、機械化、化学肥料の大きな県市で生産性が高い。一方、水資源量が少ない県市、年平均日射時間が長い県市で生産性が低い。

下流域：生産性に影響を与えた変数の中でも労働力、機械化、化学肥料の係数が他の変数と比較して高い値を示した。この他に作付け回数、主要作付け品種の割合が生産性に正の影響を与えている。一方、年平均気温が高い県市で生産性が低い傾向がある。

汾河流域：労働力、化学肥料、年平均日射時間の高い県市で生産性が高い。他方、水資源量の少ない県市で生産性が低い。

渭河流域：有効灌漑面積率、機械化、化学肥料、労働力、作付け回数の高い県市で生産性が高い。その中でも、作付け回数、機械化、労働力の寄与が他の変数に比べ大きい。一方、主要作付け品種の割合、年平均日射時間の大きな県市で生産性が低い。

表-1 生産性の要因の結果

	上流域	中流域	下流域	汾河流域	渭河流域
有効灌漑率	0.42 *** (8.64)				0.11 *** (5.03)
機械化		0.33 *** (5.86)	0.26 *** (4.36)		-0.22 *** (4.64)
化学肥料	0.10 *** (3.02)	0.21 *** (4.41)	0.11 *** (2.99)	0.29 *** (5.61)	0.10 *** (5.00)
労働力	0.20 *** (3.07)		0.49 *** (6.49)	0.71 *** (8.67)	0.22 *** (3.16)
作付け回数		0.84 *** (5.38)	0.54 *** (3.15)		0.43 ** (2.07)
水資源量		-0.22 *** (-3.09)		-0.27 * (-1.80)	0.07 ** (2.15)
主要作付け品種の割合	-0.33 ** (-2.48)		1.97 *** (3.30)		-0.45 *** (-3.37)
年平均気温	0.28 *** (3.37)		-0.18 *** (-2.94)		0.30 *** (2.87)
年平均日射時間	0.28 * (1.92)	-0.55 *** (-3.90)		0.48 * (1.79)	-0.45 *** (-3.39)
1980年ダミー		0.66 *** (6.06)	-0.26 *** (-3.21)	0.37 *** (3.24)	
1991年ダミー		0.35 *** (3.86)		0.31 *** (3.34)	0.24 *** (6.07)
1997年ダミー	0.18 *** (2.64)	0.32 *** (3.24)		0.38 *** (4.12)	
定数項	5.33 *** (7.91)	9.40 *** (13.99)	7.42 *** (17.74)	4.20 *** (6.29)	7.37 *** (17.79)
Obs	224	296	100	160	272
重相関係数	0.71	0.54	0.79	0.62	0.76
調整済み重相関係数	0.70	0.52	0.77	0.61	0.75

3.4 生産性の各要因の将来推計と結果

同章2節「地域別による生産性の要因の同定」で定めた各説明変数が将来どのように変化するかを推計する。この推計によって、2025年までの生産性を求める。その際、変数ごとに、一定の妥当性を持つと考えられる仮定をおく。

社会経済条件に影響される機械化、化学肥料は、GDPとの弾性値から推計する。また、有効灌漑面積率、労働力、作付け回数、主要作付け品種については1980年と2000年の変化率をもって推計する。ここで、弾性値や変化率を使用した場合、その上限値を設定する必要がある。そのため、1980年から2000年の全省の値のうち最大のものを上限値とする。ただし、有効灌漑面積の増減については、その地域の自然条件、つまり水資源量と深く関係するため、5流域(上流域・中流域・下流域・汾河流域・渭河流域)に属するそれぞれの県市の最大値を上限とする。

自然条件のシナリオは、黄河の特有の問題である水不足を考慮し、水資源量を基に設定する。ここで、気象・気候条件が将来にわたりどのように変化し、水資源量に影響を与えるかを推測することは難しい。そのため、過去30年間における水資源量の推移から、その特徴的なパターンを決定する¹²⁾。まず、流域全体で平均的な水資源状況(水資源量:約580億m³)であった2000年をシナリオとして設定する。さらに、最も深刻な断流現象が発生した1997年の水資源状況(水資源量:約470億m³)を他方のシナリオとして設定する。ここで、年平均気温と年平均日射時間についても、それぞれ2000年と1997年の値を用いる。

表-2 地域別の穀物生産性の結果(2000年シナリオ)

	上流域	中流域	下流域	汾河流域	渭河流域
2000	2148	2077	3778	1975	2159
2005	2162	2102	3785	1995	2174
2010	2177	2128	3790	2017	2189
2015	2191	2154	3795	2038	2203
2020	2206	2179	3799	2060	2218
2025	2220	2205	3804	2082	2233

単位: kg/ha

地域別の穀物生産性の結果(2000 年シナリオ)を表-2 に示す。この結果、下流域において、生産性が圧倒的に高く、次いで渭河流域、上流域となっている。しかし、その増加では、中流域の伸びが高く、2025 年では 2000 年と比較して 1.06 倍増加している。ここで、下流域の生産性が停滞しているのは、すでに高い生産性に達しているため、その伸びが鈍化したと考えられる。

4. 地域別の耕地面積の推計

近年の急速な社会経済の発展によって、土地の利用が大きく変化し、特に、耕地面積が住宅地や工場用地、インフラ設備のための土地に代替されていくようになった。こうした土地利用の変化を引き起こす主要なドライ

ビングフォースは、産業化、都市化、資本投下であると言われている。また、中国の場合、社会資本の整備は、国家の投資の規模やその投資先によって大きく規定される。

ここでは、耕地面積の変動をこれら社会経済の変化、国家の投資の動向、農村単位による建設の動向、農業構造の変化など、社会経済の構造的な変化の要因に従い推計する。具体的には、一人当たり GDP を社会経済の基礎指標とし、増減要因と減少要因に分け、それぞれの項目ごとに構造式を設定し、2025 年までの耕地面積の増減量を推計する。

ここで、地域における土地利用は、社会経済の進展速度や産業形態の変化などにより決定される。つまり、農業を主要産業として振興する地域と、工業化やサービス産業を推奨する地域では、土地利用の変容スピードは大きく異なる。本研究では、これら地域によって異なる社会経済の進展具合によって引き起こされる土地利用の変化を、耕地面積の変動を中心に推計する。

4.1 使用データ

使用するデータは、「増加要因」または「減少要因」によって大別する。表-3 に耕地面積の変化の諸要因をまとめる。ここでは、中国で刊行されている統計書や資料などから可能な限りデータを収集し、その中から関係性が見出せるものを選定する。しかし、こうした耕地面積の変動を表わすデータは、県市単位では入手が難しく、国単位もしくは省単位のみで入手することができる。そのため、省ごとのデータを用いて、各年の耕地面積を推計する。ここで、使用するデータは主に、各省統計年鑑や中国統計年鑑¹³⁾の 1988 年から 2000 年までのデータを用いる。また、県市の耕地面積の推計には、省ごとで推計した耕地面積を用い、2000 年の各県市の耕地面積の割合に準じて導く。

4.2 分析フレーム

耕地面積の推計フローを図-2~7 に示す。これら推計フローは、各要因の相関関係から構成されている。このような関係については、豊田ら、IMURA et al., 王ら¹⁴⁾の研究を参考に設定している。

4.3 地域別の耕地面積の結果

地域別の耕地面積の増減結果を図-8 に示す。ここでは、各地域の 2005 年から 2025 年における耕地面積の増減量を示している。2000 年の耕地面積は、上流域:3314 千 ha, 中流域:3448 千 ha, 下流域:2602 千 ha, 汾河流域:1532 千 ha, 渭河流域:4351 千 ha, である。この結果、耕地面積の変化は、微小であることがわかる。また、耕地面積が増加したのは、

表-3 耕地面積の変化の諸要因

諸要因	
増加要因	① 新規開墾地
	② 海、湖沼、湿地等の浅瀬を排水した、もしくは埋め立てた土地
	③ 災害で損失した耕地の再利用
	④ 農業構造の変化による他の農業用地化から耕地への転換
減少要因	⑤ 国家による建設 ・都市部の拡張 ・水利管理システムの建設 ・町部の拡張 ・採鉱設備、工場の建設 ・鉄道建設 ・高速道路建設 ・その他インフラ建設
	⑥ 農村単位による建設 ・郷鎮企業の発展 ・地方水利管理システムの建設 ・地方道路建設 ・その他インフラ建設
	⑦ 農業構造の転換による減少 ・茶園、果樹園等への転換 ・森林への転換 ・牧草地への転換 ・養殖地への転換
	⑧ 農民の住宅建設
	⑨ 災害
	⑩ 耕地の放棄

上流域と下流域である。これら流域は、黄河流域の中でも、有数の大型灌漑区を有しており、農業生産が非常に盛んな地域である。しかし近年、下流域では、中国沿岸部の急速な経済成長に伴い工業化などが進んでおり、耕地面積の増加は2025年で264haと僅かである。一方、耕地面積が減少したのは、中流域、汾河流域、渭河流域である。その中でも最も低下したのは、渭河流域の7108haであり、これは社会経済の進展による都市化スピードが速いことが起因していると考えられる。このように、耕地面積の増減には、社会的・経済的な進展度合いやその地域固有の産業形態が大きく影響していることがわかる。

減少要因

増加要因

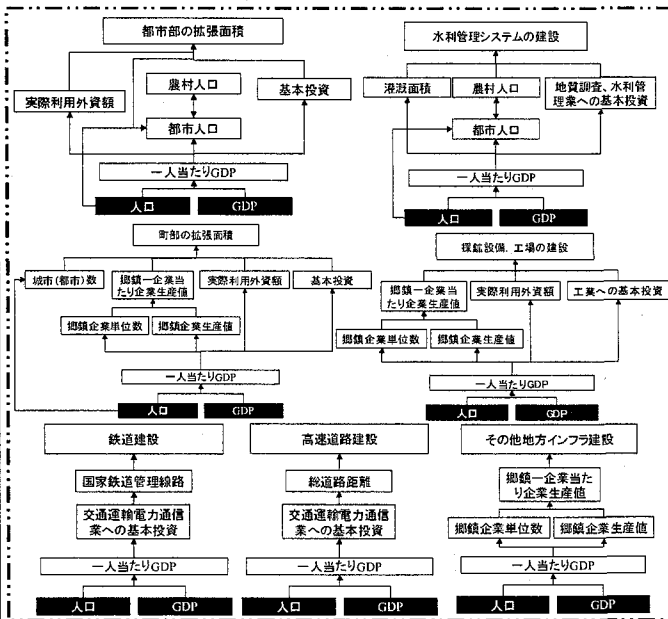


図-4 ⑤ 国家による建設

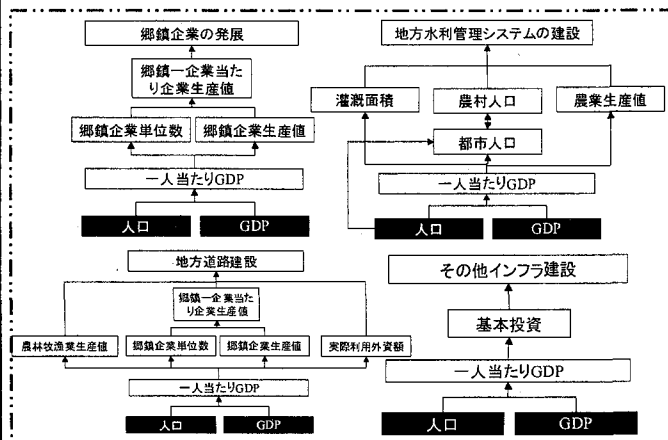


図-5 ⑥ 農村単位による建設



図-2 ① 新規開墾地

図-3 ③ 災害で損失した耕地の再利用

注) ②「海、湖沼、湿地等の浅瀬を排水した、もしくは埋め立てた土地」、④「農業構造の変化による他の農業用地から耕地への転換」については、データ期間の平均的な年間変化量を用いて推計している。

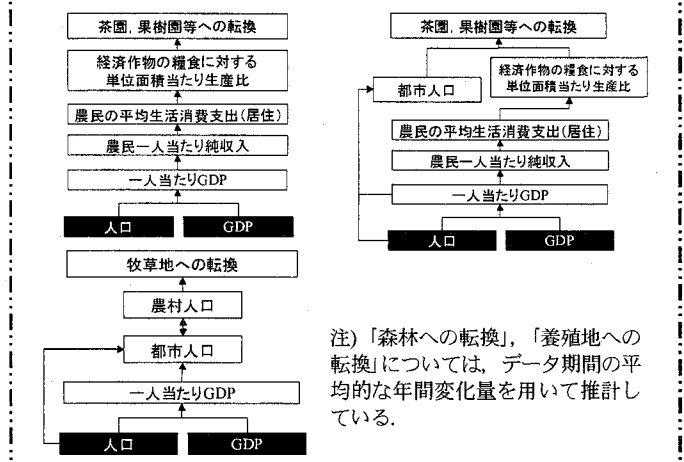


図-6 ⑦ 農業構造の転換による減少

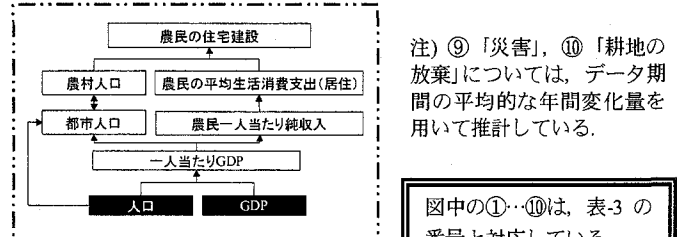


図-7 ⑧ 農民の住宅建設

注) ⑨「災害」、⑩「耕地の放棄」については、データ期間の平均的な年間変化量を用いて推計している。

図中の①…⑩は、表-3の番号と対応している。

5. 地域別の食糧生産量

この章では、2025年までの食糧生産量を推計する。食糧生産量は、以下の式で算出する。

$$\text{食糧生産量}_{jt} = \text{生産性}_{jt} \times \text{耕地面積}_{jt} \quad (2)$$

j: 黄河流域の305県市, t: 2025年までの各年

流域別の食糧生産量の結果を図-9 に示す。この結果、黄河流域の生産量は、「2000 年シナリオ」で 3677 万 t、「1997 年シナリオ」で 3506 万 t である。また、1997 年と 2000 年を比較すると、中流域と汾河流域において食糧生産量が低下する。その低下は 2025 年において、中流域で 11 万 t、汾河流域で 1 万 t である。つまり、これら流域では、安定的な食糧の供給は難しく、自然条件を考慮した対策が必要である。

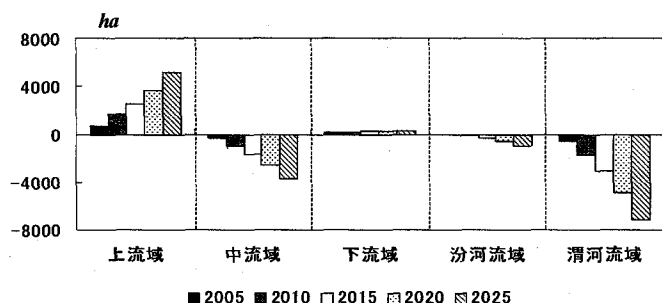


図-8 地域別の耕地面積の増減量

注) 2000 年の各地域の耕地面積と比較した場合の増減量

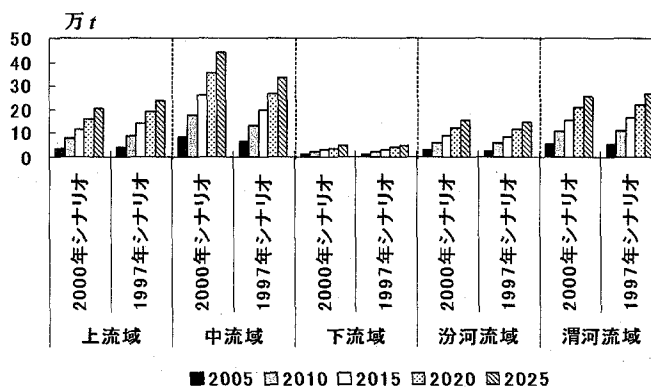


図-9 地域別の食糧生産の増減量

注) 2000 年の各地域の食糧生産と比較した場合の増減量

6. 結論

本研究では、黄河流域における将来の食糧生産の動向を地域別によって考察した。ただし、こうした分析は、過去のトレンドを反映させて構築したものであり、技術の飛躍的な進歩や農業政策の転換が起こった場合には、当然のことながら、この推測から逸脱する。しかし、現段階における食糧の供給可能性を把握することは、今後の対策において有用である。特に、黄河は流域全体が、農業を主産業としており、その生産物を各地域に移出・輸出している。そのため、この地域の生産の動向が、将来の中国の食糧事情を左右することは間違いない。

参考文献

- 1) 沈才彬, 柴田明夫:これからどうなる? 中国経済, 世界の需給, 週刊東洋経済 2005 年 7 月 9 日号.
- 2) Brown, L. R.: *Who Will Feed China: Wake-up Call For a Small Planet*, World Watch Institute, 1995.
- 3) 朱曉原, 張学成:黄河水資源变化研究, 黄河水利出版社, 1999.
- 4) 陳維達, 彭緒鼎:黄河一過去, 現在和未来一, 黄河水利出版社, pp.4, 2001.
- 5) 1:100 万中国数值地図データ:中国国家基礎地理情報センター.
- 6) 中華人民共和国国家統計局編:中国城市統計年鑑, 中国統計出版社.
- 7) 中華人民共和国国家統計局編:中国県(市)社会経済統計年鑑, 中国統計出版社.
- 8) 各省統計局編:青海省, 四川省, 甘肅省, 寧夏回族自治区, 内蒙古自治区, 山西省, 陝西省, 河南省, 山東省統計年鑑, 中国統計出版社.
- 9) 大西曉生, 井村秀文, 韓驥, 方偉華:黄河流域の地域別穀物生産性の変化に関する研究, 環境システム研究論文集, Vol.33, pp.79-88, 2005.
- 10) 豊田高士, 陳晋, 井村秀文:中国の食料生産に関する経験的關係式の導出とそれを用いた将来予測, 環境システム研究, Vol. 25, pp. 111-120, 1997.
- 11) H. IMURA, T. TOYODA and J. CHEN: An Empirical Analysis and Forecasting of Grain Production in China, *Journal of Global Environment Engineering*, Vol. 5, pp. 37-56, 1999.
- 12) 大西曉生:黄河流域の社会経済・生産活動と水資源需給空間構造の把握に関する研究, 名古屋大学大学院博士課程後期, 2006.
- 13) 中華人民共和国国家統計局編:中国統計年鑑, 中国統計出版社.
- 14) 王勤学, 尾藤章雄, 近藤昭彦, 大坪国順:中国主要穀物生産量の将来予測, LU/GEC プロジェクト報告書 VII, 大坪国順編, CGER-REPORT, CGER-1048-2001, pp. 23-32, 2001.