

黄河流域の穀物生産性に関する研究

大西暁生, 園田益史, 白川博章, 井村秀文

1. はじめに

改革開放政策に転じて以来, 中国農業は大きな転換を経験した. 単位土地面積あたりの生産性 (土地生産性) の向上によって, 国全体の食糧生産は増大してきた. 中国の重要な穀倉地帯である黄河流域においてもこの事情は同じであるが, 生産性の向上が実現された要因についてはまだ十分な分析がなされていない. ここで, 土地生産性は地域ごとの自然条件や社会条件に大きく依存する. このため, 本研究では, 黄河流域を上流域・中流域・下流域・汾河流域・渭河流域の 5 流域に分類し, 1980 年, 1991 年, 1997 年, 2000 年の 4 年次を対象として, 流域別に土地生産性に影響を与えた要因の同定を行った. その結果, 生産性に影響を与えた要因は流域によって異なることを確認した. また, 生産性向上のための方策を流域別に検討した.

2. 縣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^{1), 2)}. 本研究ではこれらの分類を参考に流域界を設定した. また汾河流域・渭河流域は, 同じ中流域でも黄河本流域とは自然条件が大きく異なるので分離することにした.

具体的な分類は, 以下の手順で行った. 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³⁾を用いて DEM (Digital Elevation Model: 数値標高モデル) から集水域を同定し, 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した. しかし, 自然流域界と行政界は一致しないため, 縣市の行政界に合わせるように境界を設定した. この際, 同じ縣市が 2 つの流域にまたがる場合は, その縣市の中心点を含んでいる方の流域に属するように定めた.

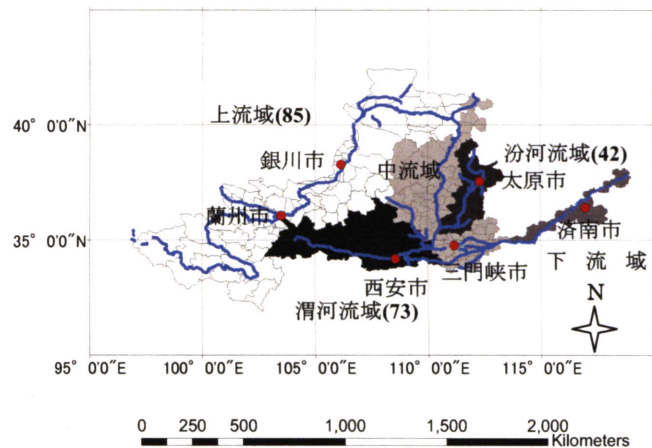


図-1 黄河流域内の 5 流域
図中の括弧内の値は縣市の数である

3. 流域別にみた穀物生産性の要因分析

流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, 豊田ら⁴⁾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および説明変

数を表-1に示す。ここで、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は各省の統計書⁵⁾の値を用いる。主要作付け品種は、黄河流域の小麦である。

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、流域ごとの県市の値であり、式中の*i*は各流域を表す。

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

表-1に、全変数を用いた回帰分析の結果とステップワイズ法を用いた変数選択の結果を示す。その結果の解釈は以下のとおりである。

- ① 上流域：生産性に対して統計的に有意で、かつ、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。ただし、小麦の作付け割合の係数は流域間で異なる。したがって、この符号の向きが妥当かどうかについては、さらに検討する必要がある。
- ② 中流域：作付け回数、機械化、化学肥料の値の大きな県市で生産性が高い。一方で、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。
- ③ 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。しかし、上流域と渭河流域では気温の係数は正であり、この符号の妥当性についてもさらに検討する必要がある。

表-1 穀物生産性の要因分析

	上流域		中流域		下流域		汾河流域		渭河流域	
	全変数	変数選択	全変数	変数選択	全変数	変数選択	全変数	変数選択	全変数	変数選択
有効灌漑率	0.46 *** (7.45)	0.42 *** (8.64)	0.07 (1.57)		0.03 (0.29)		0.00 (-0.01)		0.12 *** (4.44)	0.11 *** (5.03)
機械化	-0.09 (-1.34)		0.22 *** (2.82)	0.33 *** (5.86)	0.25 *** (3.77)	0.26 *** (4.36)	-0.05 (-0.56)		0.22 *** (4.34)	0.22 *** (4.64)
化学肥料	0.11 *** (2.83)	0.10 *** (3.02)	0.17 *** (3.24)	0.21 *** (4.41)	0.11 *** (2.97)	0.11 *** (2.99)	0.31 *** (5.17)	0.29 *** (5.61)	0.10 *** (4.11)	0.10 *** (5.00)
労働力	0.23 *** (3.06)	0.20 *** (3.07)	0.15 (1.35)		0.51 *** (6.04)	0.49 *** (6.49)	0.72 *** (5.77)	0.71 *** (8.67)	0.21 *** (3.07)	0.22 *** (3.16)
作付け回数	-0.07 (-0.37)		0.83 *** (4.52)	0.84 *** (5.38)	0.68 ** (2.41)	0.54 *** (3.15)			0.42 ** (2.00)	0.43 ** (2.07)
水資源量	-0.06 (-0.30)		-0.19 ** (-2.48)	-0.22 *** (-3.09)	0.01 (0.21)		-0.22 (-1.28)	-0.27 * (-1.80)	0.06 (1.45)	0.07 ** (2.15)
主要作付け品種の割合	-0.36 ** (-2.36)	-0.33 ** (-2.48)	-0.40 (-1.00)		2.20 ** (2.48)	1.97 *** (3.30)			-0.46 *** (-3.40)	-0.45 *** (-3.37)
年平均気温	0.26 ** (2.56)	0.28 *** (3.37)	0.13 (1.04)		-0.14 (-1.20)	-0.18 *** (-2.94)	0.15 (0.88)		0.29 *** (2.66)	0.30 *** (2.87)
年平均日射時間	0.36 (1.20)	0.28 * (1.92)	-0.62 *** (-3.39)	-0.55 *** (-3.90)	-0.11 (-0.62)		0.36 (1.04)	0.48 * (1.79)	-0.43 *** (-3.02)	-0.45 *** (-3.39)
1980年ダミー	-0.05 (-0.48)		0.50 *** (3.58)	0.66 *** (6.06)	-0.29 ** (-2.08)	-0.26 *** (-3.21)	0.33 ** (2.23)	0.37 *** (3.24)	0.00 (-0.01)	
1991年ダミー	0.06 (0.53)		0.27 ** (2.32)	0.35 *** (3.86)	-0.09 (-0.60)		0.25 ** (2.30)	0.31 *** (3.34)	0.25 *** (4.45)	0.24 *** (6.07)
1997年ダミー	0.22 * (1.97)	0.18 *** (2.64)	0.27 ** (2.50)	0.32 *** (3.24)	0.03 (0.37)		0.31 *** (2.73)	0.38 *** (4.12)	0.03 (0.50)	
定数項	5.46 *** (7.81)	5.33 *** (7.91)	9.27 *** (12.40)	9.40 *** (13.99)	7.74 *** (13.46)	7.42 *** (17.74)	4.00 *** (4.35)	4.20 *** (6.29)	7.39 *** (17.69)	7.37 *** (17.79)
Obs	224	224	296	296	100	100	160	160	272	272
重相関係数	0.71	0.71	0.55	0.54	0.80	0.79	0.63	0.62	0.76	0.76
調整済み重相関係数	0.69	0.70	0.53	0.52	0.77	0.77	0.60	0.61	0.75	0.75

***1%, **5%, *10%有意水準を示す。Obs：サンプル数

④ 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．他方で，水資源量の少ない県市で生産性が低い．

⑤ 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という結果を得た．

4. 流域別にみた生産性変化の要因分析

各年次間における生産性変化の要因を流域別に以下の方法で検討した．まず，各年次間における要因別の変化の差を求め，次に，重回帰分析の結果から得られた生産性の推計式を偏微分して，要因別の変化の差による生産性の変化量を推計した．その際，変化の差としては，各年次における諸要因の平均値を用いた．また，用いた回帰式は統計的な効率性を考慮して変数選択による結果とした．結果を図-2 に示すとともに，その概要を以下にまとめる．

① 上流域：1980年から1991年までと1991年から1997年までの生産性の上昇は，化学肥料の増加による生産性への寄与が大きい．この化学肥料の増加による生産性の上昇は，1980年から1991年までは167kg/haであり，それは生産性変化の41%に当たる．1991年から1997年までの生産性の上昇は59kg/haで，生産性変化の96%となっている．一方，1997年から2000年までの生産性の低下には，年平均気温と年平均日射時間の低下が影響している．

② 中流域：1980年から2000年にかけての生産性の上昇は，化学肥料と機械化の増加による寄与が高い．1991年と1997年までは，水資源量の低下が生産性に負の影響を与えており，生産性は163kg/ha低下した．さらに，1997年と2000年では，年平均日射時間と水資源量の増加が生産性上昇に影響している．

③ 下流域：1980年から1991年にかけての生産性の上昇は，機械化，化学肥料，労働力の増大に起因している．この年次間における生産性上昇への各要因の寄与度は，機械化は53%，化学肥料は27%，労働力は9%であった．一方，1991年から1997年までの生産性の大幅な低下は，労働力，作付け回数，主要作付け品種の割合の低下に起因する．特に，労働力の減少による負の影響は強く，生産性は1139kg/ha低下した．また，1997年と2000年の若干の生産性低下には作付け回数，主要作付け品種の割合，労働力の低下が寄与している．

④ 汾河流域：1980年から1991年までと1991年から1997年までの生産性の上昇には，化学肥料の増加の影響が強い．1980年から1991年までの化学肥料の増加により，生産性は673kg/ha増加し，これは生産性変化の86%に当たる．また，1991年から1997年にかけては，生産性は370kg/haの上昇であり，生産性変化の160%に当たる．一方，1997年と2000年の間での生産性の低下は，年平均日射時間の低下が影響した．

⑤ 渭河流域：1980年から1991年にかけての生産性の上昇には，化学肥料，機械化，労働力

働力, 年平均日射時間の増加が大きく寄与している. 一方, 1991年と1997年までの生産性の低下は, 有効灌漑面積率と労働力の減少と年平均日射時間の増加の影響である. さらに, 1997年と2000年にかけて, 年平均気温と水資源量が減少したことが影響し生産性が低下した.

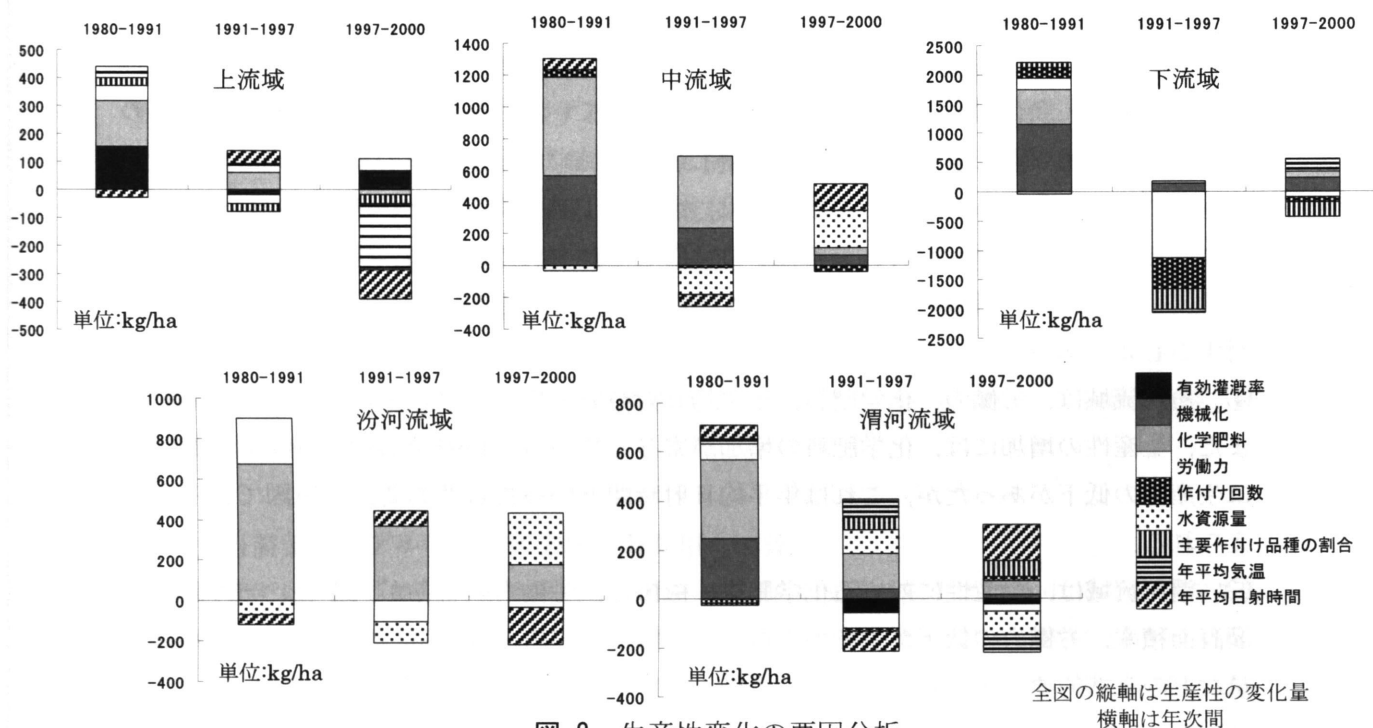


図-2 生産性変化の要因分析

5. 結論

本研究では, 黄河流域の地域特性を検討するため, 黄河流域内を上流域・中流域・下流域・汾河流域・渭河流域の5流域に分類した. また, 研究対象年次を1980年, 1991年, 1997年, 2000年に設定し, 流域別の生産性とそれに関わる諸要因の動向を考察した. また, 重回帰分析を用いて生産性と諸要因の関係を流域別に検討し, 最後に, 各年次間における生産性変化の要因を流域別に検討した.

本研究によって得られた知見をもとに, 流域別における生産性向上のための課題を以下にまとめる.

- ① 上流域は, 有効灌漑面積率の違いが流域内の生産性の格差に強く影響を与えていた. また, 化学肥料の増加は, 生産性の増加に貢献していた. 1997年から2000年にかけては, 生産性が低下していたが, これは年平均気温や年平均日射時間といった自然的要因が主な原因と考えられる. 自然的要因が生産性の変化に大きく影響している場合は, その影響を緩和することで, 生産性を改善する可能性も考えられる. 今後, 分析対象とする年を増やし, どの程度, 自然的要因が生産性に影響しているかを詳細に検討する必要がある.
- ② 中流域では, 機械化, 化学肥料が流域内の格差の主な原因になっている. また, 機械化の進展や, 化学肥料使用量の増大が生産性上昇の主要な要因と考えられる. 一方, 水

資源量の多寡が生産性に影響し、1997年のような水資源量の少ない年には土地生産性に負の影響を与えている。そのため、節水型農業の推進など水資源の利用効率を高めることが重要である。また、黄河上流域の灌漑面積率の増大に見られるように、上流での水の消費が増加すれば、下流では水の確保が難しくなる。そのため、黄河流域全体での水の適切な配分が必要である。

③ 下流域は、労働力、機械化、化学肥料の値の大きな県市で生産性が高い。また、これらの要因が生産性の変化にも影響を与えている。一方、近年の生産性の低下には、労働力、作付け回数、主要作付け品種の割合の低下が寄与している。特に、1991年から1997年の労働力の影響は顕著であり、経済成長が著しい下流域では産業構造の変化による農業離れが進んでいると考えられる。この地域では、今後も工業化や都市化が進展していくと考えられるため、引き続き、農村人口の減少は進むと予想される。今後、機械化の進展や化学肥料使用の増加で、労働力の減少による土地生産性の低下をどこまで補えるかについて検討する必要がある。

④ 汾河流域は、労働力、化学肥料、年平均日射時間の値の大きな県市で生産性が高い。また、生産性の増加には、化学肥料の増加が寄与している。1997年から2000年にかけては生産性の低下があったが、これは年平均日射時間といった自然的要因が原因であると考えられる。

⑤ 渭河流域は、生産性に対する化学肥料、機械化、労働力の寄与が大きい。一方、有効灌漑面積率、労働力の低下が生産性の低下に影響している。同様に、年平均気温、水資源量などの自然的要因が生産性の低下に影響している。

参考文献

- 1) 朱曉原，張学成：黄河水資源变化研究，黄河水利出版社，1999.
- 2) 陳維達，彭緒鼎：黄河—過去，現在和未来—，黄河水利出版社，pp.4，2001.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.