



Munich Personal RePEc Archive

Relationships among the Non-Genetically Modified Soybean and Energy Prices

Aruga, Kentaka

Center for Environmental Information Science

1 June 2011

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/38186/>
MPRA Paper No. 38186, posted 19 Apr 2012 05:18 UTC

非遺伝子組換え大豆とエネルギーの価格関係について
Relationships among the Non-Genetically Modified Soybean and
Energy Prices

有賀 健高*
Aruga, Kentaka

要旨 : アメリカでは大豆のエネルギー利用が注目されている。エネルギーのため
の大豆利用が増えれば、日本では大豆油に利用される遺伝子組み換え大豆
(non-GMO)だけでなく、食物用として消費される非遺伝子組換え大豆の価格が高騰
することが懸念される。本研究では共積分の手法を用いて非遺伝子組換え大豆及び
遺伝子組み換えも含めた一般大豆がアメリカの石油及びエタノールといったエネ
ルギーと価格の面で関係性を持つかどうかを検証した。研究では、non-GMO 大豆及
び一般大豆とアメリカのエネルギー価格の間には価格連動性がないことが明らか
となり、現状では、アメリカのエネルギー市場が日本の大豆市場に影響を与えてい
ないということがわかった。

キーワード : 非遺伝子組換え大豆、一般大豆、原油、エタノール、共積分

Abstract : In the United States, recently the use of soybeans as an energy
source has drawn attention. It is concerned in Japan that if the use of soybeans
for energy keeps increasing, not only the price of conventional soybeans, which
is used for soybean oil, but also the price of non-genetically modified organism
(Non-GMO) soybeans, which is consumed for food, will increase. This paper
examines the price relationships between the non-GMO and conventional
soybean prices, and energy prices such as those of crude oil and ethanol using
the cointegration methods. The results suggest that the prices of the non-GMO
and conventional soybeans do not have price relationships with those of the
energy prices. This implies that the non-GMO and conventional soybean
markets are not affected by the energy markets.

Key Words : non-GMO soybeans, conventional soybeans, crude oil, ethanol,
cointegration

* 石川県立大学生物資源環境学部生産科学科 E-mail: kentak.aruga@gmail.com

1. はじめに

2000 年以降、アメリカでは遺伝子組換え大豆の生産が急速に増えている。図 1 にあるように、2010 年度には、全米大豆耕作地の 9 割以上が遺伝子組換え大豆の生産に使われている¹。伝子組換え大豆がアメリカの大豆生産者に受け入れられた背景には、アメリカの遺伝子組み換え大豆は除草剤に対して耐性があり、除草に関わる時間を削減したり、より少量の殺虫剤で栽培ができるという利点があるからだと言われている (Detre *et al.*, 2011)。

一方、アメリカから大量に大豆を輸入している日本では、遺伝子組換え大豆に対する消費者の懸念から 2001 年には JAS 法が改正され、遺伝子組換え大豆には表示義務が課されることとなった。2000 年 5 月には世界初の非遺伝子組換え大豆 (non-GMO) の市場が東京穀物商品取引所 (TGE) において設立された (Aruga, 2011)。

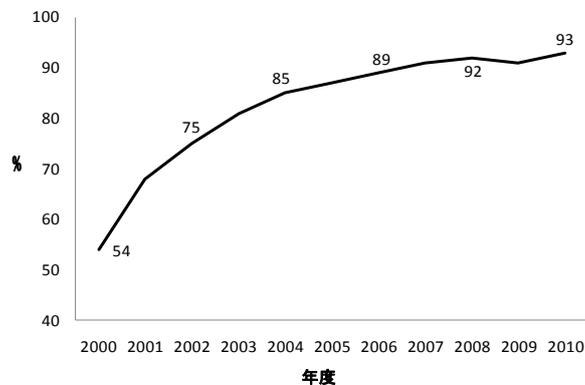


図 1 遺伝子組換え大豆が全米大豆耕作地に占める割合

アメリカでは、大豆のほとんどは植物油として利用されており、近年では大豆ディーゼル燃料としての大豆油需要も増えている。Tyner (2008) によれば、アメリカ政府は 1970 年代後半からバイオエネルギーを増やすための政策を推進してきたものの、バイオエネルギーの真のブームは 2005 年以降に始まったということである。バイオブームの中で、とうもろこしや大豆といった作物のエネルギー利用が増え続ければ、やがて耕作地不足からとうもろこしや大豆の価格が上昇するという議論も起こっている (Economist, 2011)。Searchinger *et al.* (2008) は、アメリカでとうもろこしのエネルギーとしての需要が増えることで、とうもろこしと大豆の価格はそれぞれ 40%、20% 上昇すると推定しており、同様に大豆のエネルギー需要が進めばこれらの作物価格に影響が出る可能性は高い。

TGE の非遺伝子組換え大豆の大半はアメリカ産であり、アメリカにおいてとうもろこしや大豆のエネルギーとしての利用が増えれば、TGE の非遺伝子組換え大豆市場も少なからず影響を受けるかもしれない。TGE の非遺伝子組換え大豆市場は食用のために設立された市場であり、仮に TGE

¹ 図 1 は USDA (U. S. Department of Agriculture) のホームページを参考に筆者が作成。

参照 : <http://www.ers.usda.gov/data/biotechcrops/extentofadoptiontable3.htm> (5/16/2011 referred)

の大豆市場の価格がアメリカのバイオエネルギー市場の影響を受けているとすると、アメリカにおけるエネルギー需要の増加によって非遺伝子組換え大豆の価格も増加し、エネルギーのために食用大豆が手に入らないといった状況が起こることも考えられる。

そこで本研究では、食用の非遺伝子組換え大豆の価格がアメリカのエネルギー価格と連動しているかを探り、アメリカにおけるエネルギー市場の動向が日本の非遺伝子組換え大豆市場に影響を与える可能性があるかについて見る。TGE では遺伝子組み換え大豆が分別されていない一般大豆も取引されており、本研究では一般大豆とエネルギーの価格関係についても分析する。ただし、TGE の一般大豆は主に大豆油や大豆ミールに加工され、燃料の大豆ディーゼルとして使われることもあるため、ここでは主として代替エネルギーとしての大豆と石油やエタノールの価格関係を探る。

このような農産物価格とエネルギー価格の関係を見る研究としては Gohin and Chantret (2010)、Hertel and Beckman (2011) などがあるが、これらの研究はデータそのものの分析ではなく計算可能な一般均衡 (CGE) などの経済モデルを使った政策影響評価の分析に焦点をおいている。直接農産物価格とエネルギー価格の関係を時系列データを使って分析している研究としては Harri *et al.* (2009) がある。こういった農産物価格とエネルギーの市場の関係を見る研究が近年増え始めているが、その背景には、アメリカ政府などの農業生産国が温室効果ガス削減のためにバイオエネルギーを推進する政策を採り始めたことと関係している (Hertel and Beckman, 2011)。農業経済学におけるこの手の研究では、需要動向に関する情報は全て市場価格に反映されており、市場同士の関連性は価格の連動性に関わっているという前提を置く (Aruga, 2011)。本研究でもこの前提を基に価格の側面から大豆とエネルギー市場の関係性を明らかにする。

2. 研究方法

本研究では、大豆のデータは TGE の非遺伝子組換え大豆及び一般大豆の先物価格を使用し、エネルギー価格に関してはアメリカのエネルギー情報局 (EIA) の原油の時価価格及びシカゴ先物市場 (CME) のエタノールの先物価格を用いて分析を行う²。

表 1 データの概要

使用データ	データの出所	価格の単位
非遺伝子組換え大豆	東京穀物商品取引所 (TGE)	非遺伝子組換え大豆1トン当たりの価格 (円)
一般大豆	東京穀物商品取引所 (TGE)	一般大豆1トン当たりの価格 (円)
原油	エネルギー情報局 (EIA)	1バレル当たりの価格 (米ドル)
エタノール	シカゴ先物市場 (CME)	1ガロン当たりの価格 (米ドル)

表 1 のように入手した大豆とエネルギーの価格の単位は異なっているため、先行研究の手法に

² TGE の non-GMO 大豆と一般大豆の元データに関しては出来高の 1 番多い 6 番限 (1 番決済期限が遠い先物取引) の価格を使用している。

習い、大豆に関してはアメリカで一般に使われている1ブッシェル当たりの米ドル価格に変換したものを使っている³。さらに分析にはそれぞれの価格を対数表示にしたものを用いている。

データに関しては、エタノールの先物取引が開始されたのは2005年3月以降であるため、2005年3月から2010年12月までの週次データを使用している。図2はこの期間における各価格をグラフにしたものである。この図を見ると非遺伝子組換え大豆と一般大豆はほぼ同じような動きをしているものの、エタノールはこれらの大豆価格と同じようには動いていないように見える。原油はエタノールと比べると大豆と同じような動きをしているように見えるが、2006年当たりと2009年あたりに着目すると若干違う動きが見られる。

表2 データの記述統計

価格データ	サンプル数	平均	標準偏差	最大値	最小値
非遺伝子組換え大豆	287	2.546	0.309	3.310	2.079
一般大豆	287	2.402	0.260	3.003	1.993
原油	287	4.264	0.260	4.979	3.527
エタノール	287	0.674	0.221	1.369	0.140

備考：価格データは全て対数変換したものを使用している。

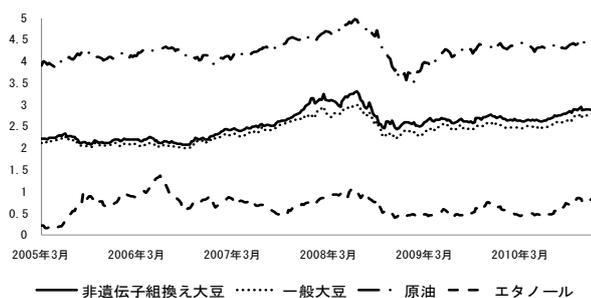


図2 大豆とエネルギーの価格（価格は対数表示）

次にデータの特徴をつかむため、分析で扱った価格の記述統計を調べてみた。表2で各価格の標準偏差を比較すると、対象となった価格データの中でエタノール価格の標準偏差が最も小さいことがわかる。一方で、標準偏差が一番大きかったのは非遺伝子組換え大豆であることが見てとれる。

これらのデータを使って大豆とエネルギーの価格関係を検証するわけであるが、手法としては以下で説明する共和分の手法を使う。共和分の検定では、使用する変数が全て同次元で定常になることが必要条件とされる。

まずこれを検証するために、予備検定として Augmented- Dickey-Fuller (ADF) (Dickey and Fuller, 1981) 及び Phillips-Perron (PP) (Phillips and Perron, 1988) 検定を実施する。どちらの検定でも各時系列データが単位根を持つという帰無仮説を検定する。次にこの検定結果を踏まえて各価格間の共和分を Engle and Granger (EG) (Engle and Granger, 1987) 及び Phillips

³ 一般にアメリカでは大豆1メトリックトンは約36.74ブッシェルであるため、これを用いて変換している。さらにOANDA社が提供している円ドル為替変換レートの日次データを使って円建て大豆価格を米ドル建てに変換している。

and Ouliaris (PO) (Phillips and Ouliaris, 1990) の共和分検定によって検証する。これらの共和分検定ではまず変数間の関係を最小二乗法 (OLS) で推定し、それによって得られた OLS 残差が定常かどうかを単位根の検定によって検証するため、残差に基づく共和分検定 (residual-based cointegration test) とも呼ばれている⁴。OLS 残差が定常であれば共和分の関係が見られることになる。これらの共和分検定では共和分関係がないという帰無仮説を検定するため、本研究で扱う価格データの間には共和分関係があるためにはこの検定によって帰無仮説が棄却される必要がある。

この検定によって共和分関係が見られれば変数間には価格関係があり、どちらか一方の価格が変化すればもう一方の価格も変化するというような価格連動性があるということになる。

3. 結果と考察

表 3 のように単位根検定では、ADF 検定と PP 検定ともに全ての価格データが水準の系列に関して単位根を持つという帰無仮説が棄却できなかったが、一階の差分をとった系列に関しては 5% 有意水準で棄却されている。したがって本研究で扱った価格データは全て 1 階の差分を取れば定常となるという結果が得られた。

表 3 単位根検定

変数	価格データ		一階差分データ	
	ADF	PP	ADF	PP
非遺伝子組換え大豆	-1.122	-1.154	-16.033*	-16.051*
一般大豆	-1.070	-1.144	-16.765*	-16.780*
原油	-1.960	-2.247	-17.443*	-17.574*
エタノール	-2.679	-2.765	-14.358*	-14.588*

備考：*は5%有意水準で有意であることを示す。全ての単位根検定には切片を含んでいる。ADF、PPはそれぞれAugmented Dickey Fuller検定とPhillips-Perron検定の略である。

表 4 共和分検定

変数	Engle and Granger		Phillips and Ouliaris	
	Z_{α}	Z_{τ}	Z_{α}	Z_{τ}
非遺伝子組換え大豆	-7.995	-1.977	-8.227	-2.006
原油	-12.378	-2.553	-13.864	-2.693
非遺伝子組換え大豆	-2.584	-1.109	-2.959	-1.190
エタノール	-11.982	-2.670	-13.162	-2.763
一般大豆	-7.893	-1.911	-8.218	-1.953
原油	-12.146	-2.525	-13.639	-2.668
一般大豆	-2.727	-1.068	-3.148	-1.160
エタノール	-12.026	-2.676	-13.208	-2.768
非遺伝子組換え大豆	-41.547*	-4.628*	-41.911*	-4.647*
一般大豆	-41.781*	-4.618*	-42.432*	-4.653*
原油	-7.392	-1.929	-8.126	-2.021
エタノール	-9.213	-2.314	-12.374	-2.626

備考：帰無仮説は共和分なしとする。*は5%有意水準で有意であることを示す。

共和分検定では検定対象となる価格データが同次元で定常であることが必要条件とされるが、単位根検定によってこの条件が満たされていることが確認できたため、次に共和分検定を行った。

⁴ EG と PO の共和分検定の主な違いは、この OLS 残差を検定する際に ADF 単位根検定を使うか PP 単位根検定を使うかにある。ADF 検定を使うのが EG の共和分検定であり、PP 検定を使うのが PO の共和分検定である。

表 4 が非遺伝子組換え大豆、一般大豆、原油、エタノールの四つの価格データの全ての組み合わせについて共和分検定を行った結果である。EG 及び PO どちらの共和分検定でも非遺伝子組換え大豆と一般大豆の間以外からは共和分がないという帰無仮説を 5% 有意水準で棄却することはできず、共和分がないという結果を得た。すなわち、本分析で扱った大豆とエネルギーの価格には価格連動性はないと言える。

非遺伝子組み換え大豆と一般大豆の価格関係には先行研究でも共和分があることが確認されており (Aruga, 2011)、今回の分析でも価格連動性が見られた。その理由としては、これらの大豆は両者ともに TGE で取引されており、TGE の市場参加者の中には同時に両方の市場で取引を行っているものなどもおり、二つの大豆市場は価格情報を共有しやすいためであると考えられる。

非遺伝子組み換え大豆及び一般大豆のどちらもエネルギー価格と共和分の関係がないという結果からは、アメリカにおける大豆のエネルギー利用拡大の下でも、石油やエタノールの価格に左右されて日本の大豆価格が上昇する、すなわちエネルギー価格が直接大豆価格に影響を及ぼすようなことは現状では起こっていないことが示唆される。

一方、遺伝子組み換え大豆も含まれる一般大豆は食用ではなくエネルギーとして利用されることもあることを考慮に入れると、石油やエタノールの価格の影響を受けて変化している可能性が考えられたが、本分析からは両者の間に価格関係は見られなかった。したがって石油やエタノールなどのエネルギー資源の価格上昇に伴い、大豆が大量に大豆ディーゼル用に使用されるために大豆価格が上昇するというのも本分析の結果を見た限りでは今のところ起こっていない。

最後に原油とエタノールの共和分検定の結果からは、原油価格の上昇でとうもろこしを主な原料とするエタノール価格が上昇すると言われているが (Hertel and Beckman, 2011)、エタノールの価格は原油価格と価格連動性を持っていないということがわかった。これはアメリカでは政府のバイオエネルギー推進政策の下で車などの燃料としてのエタノール需要は増えてはいるものの、今のところは石油市場に影響を与えるほどには発展していないことを示唆していると言えよう。

以上、ここで示した非遺伝子組み換え大豆及び一般大豆と原油、エタノールのようなエネルギー資源価格の関係性の結果を踏まえると、現状では TGE の大豆市場はアメリカのエネルギー市場の影響に左右されていないと言える。

このような結果が得られた原因として考えられるのは、作物のエネルギー利用は、アメリカではこれまで大豆よりもトウモロコシを中心に行われてきたということである。しかし今後大豆のエネルギー利用が進み、大豆を使った大豆ディーゼルなどが石油市場に影響するくらいの規模になれば結果は変わってくるかもしれない。

4. おわりに

本研究では日本の食用大豆市場である非遺伝子組換え大豆市場がアメリカのエネルギー市場の影響を受けているかどうかを見た。分析結果から、対象期間である 2005 年～2010 年の間に関しては、アメリカのバイオエネルギー推進政策によってとうもろこしや大豆のエネルギー利用が

進む中、原油やエタノールといったエネルギー市場から直接非遺伝子組換え大豆市場が影響を受けていないことが統計的に示唆された。しかし今回の研究ではエネルギーの価格として原油とエタノールしか扱っていないため、今後の課題としては、これらのエネルギー以外の価格でも同様の分析を進め、より詳しく大豆とエネルギーの市場関係を見ていくことが重要である。また本研究では価格の側面からのみ大豆とエネルギー市場の関係をみたが、データの入手が可能であるのなら大豆需要がエネルギー市場に与える影響の面からも大豆とエネルギーの市場関係について今後精査していく必要がある。

参考文献

- Aruga, K. (2011) Are the Tokyo Grain Exchange non-genetically modified organism (non-GMO) and conventional soybean futures markets integrated? *Agricultural Finance Review*, 71(1), 84-97.
- Detre, J. D., H. Uematsu and A. Mishra (2011) The influence of GM crop adaption on the profitability of farms operated by young and beginning farmers. *Agricultural Finance Review*, 71(1), 41-61.
- Dickey, D., and W. Fuller (1981) Likelihood ratio tests for auto regressive time series with a unit root. *Econometrica*, 49, 1057-1072.
- Economist* (2011) A special report on feeding the world: Biofuels are an example of what not to do, February 26, 6-6.
- Engle, R.F., and C. W. J. Granger (1987) Co-integration and error correction, representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55, 251-276.
- Gohin, A., and F. Chantret (2010) The long-run impact of energy prices on world agricultural markets: The role of macro-economic linkages. *Energy Policy*, 38(1), 333-339.
- Harri, A., L. Nalley, and D. Hudson (2009) The relationship between oil, exchange rates, and commodity prices. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 41(2), 501-510.
- Hertel, T., and J. Beckman (2011) Commodity price volatility in the biofuel era: An examination of the linkage between energy and agricultural markets. *National Bureau of Economic Research Working Paper*, 16824.
- Phillips, P. C. B., and S. Ouliaris (1990) Asymptotic properties of residual based tests for cointegration. *Econometrica*, 58(1), 165-193.
- Phillips, P.C.B. and P. Perron (1988) Testing for a unit root in time series analysis. *Biometrika*, 75, 335-346.
- Searchinger, T., R. Heimlich, R. A. Houghton, F. Dong, A. Elobeid, J. Fabiosa, S. Tokgoz, D. Hayes, and T-H. Yu (2008) Use of U.S. croplands for biofuels

increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science*, 319, 1238-1240.

Tyner, W. E. (2008) The US ethanol and biofuels boom: Its origins, current status, and future prospects. *Bioscience*, 58(7), 646-653.