

우리나라 친환경농산물 시장에 대한 정보이론적 접근 : 신뢰재의 정보비대칭성 지표로서의 정보엔트로피 측정

송양훈*

A Theoretic Approach to the Organic Food Market
in Korea: An Estimation of Information Entropy
as a Measure of Information Asymmetry for Credence Goods

Yanghoon Song

국문요약 ■

ABSTRACT ■

I. 서 론 ■

II. 우리나라 친환경농산물 시장의 문제점 ■

III. 친환경농산물시장의 정보비대칭성(Information Asymmetry)과 정보엔트로피(Information Entropy) 측정 방법 ■

IV. 2003~2006년간 우리나라 친환경농산물시장의 정보엔트로피(Information Entropy) 측정 ■

V. 요약 및 정책제언 ■

참고문헌 ■

* 충북대학교 농업경제학과 교수, E-mail: yshong@chungbuk.ac.kr

** 이 논문은 2007년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었다. 본 논문의 작성과정에
서 GSJ의 이정환 박사님과 농축경제연구원의 김창길 박사님의 조언 및 익명의 심사자들의 조언에 감사드린다.

국문요약

우리나라 친환경농산물시장은 외형적으로 꾸준히 증가하고 있지만, 친환경농산물에 대한 소비자들의 신뢰도는 낮은 것으로 나타나, 친환경농산물시장의 발전에 걸림돌이 되고 있다. 따라서 친환경농산물시장을 활성화하고 궁극적으로 국민 건강의 증진 및 개방화시대에 우리나라 농업이 살아남기 위해서는, 친환경농산물을 비롯한, 한우와 수입우 등 '신뢰재(Credence Good)' 시장에서의 정보비대칭성(Information Asymmetry) 문제가 해소되어야 한다. 게임이론을 통하여 이러한 정보비대칭성을 계측할 수 있으나, 게임 참가자들의 보상(payoff)을 계측하는 문제의 해결이 용이하지 않고, 가능하더라도 유의성을 담보할 수 없다. 따라서 대안으로 Shannon(1948)에 의하여 주창된 정보엔트로피(Information Entropy; 정보무질서도 또는 정보교란도)의 측정을 통하여 정보비대칭성 지표를 개발하고 이를 토대로 친환경농산물시장을 관리하여야 한다. 본 연구에 따르면, 2003년 이후 친환경농산물시장의 정보엔트로피는 꾸준히 감소하고 있으며, 정책적 제언으로 인증제도의 개선 및 지표의 개발을 통하여 친환경농산물시장을 활성화시킬 것을 주장하였다.

Keywords | 정보엔트로피, 정보비대칭성, 친환경농산물, 신뢰재

Abstract

Although the size of the organic food market in Korea has increased significantly, its further development is hampered by the information asymmetry between the producers and consumers of organic food. It isn't just about revitalizing the market; it's also about Korean farmers surviving an era of trade liberalization. In order to produce more value-added products, the information asymmetry issue has to be resolved regarding the organic food market and other agricultural credence goods such as Han-woo (Korean beef).

Therefore, measuring information asymmetry has become a central issue. One way to measure asymmetry is to use Game Theory. However, in practice, estimating payoffs at the industry level is hard to accomplish, and even when it is possible, the reliability of the estimated payoffs is not guaranteed.

As an alternative, the concept of Information Entropy (disorder level of information), developed by Shannon (1948), was used in this study. It is proposed that this measure should be used when assessing the level of information asymmetry in the Korean organic food market. Using recent data, it was found that information entropy in the Korean organic food market has been decreasing constantly since 2003. Therefore, it was proposed that measures should be adopted by the government to improve the certification system of organic food.

Keywords | organic food market, information asymmetry, information entropy, game theory

I 서론

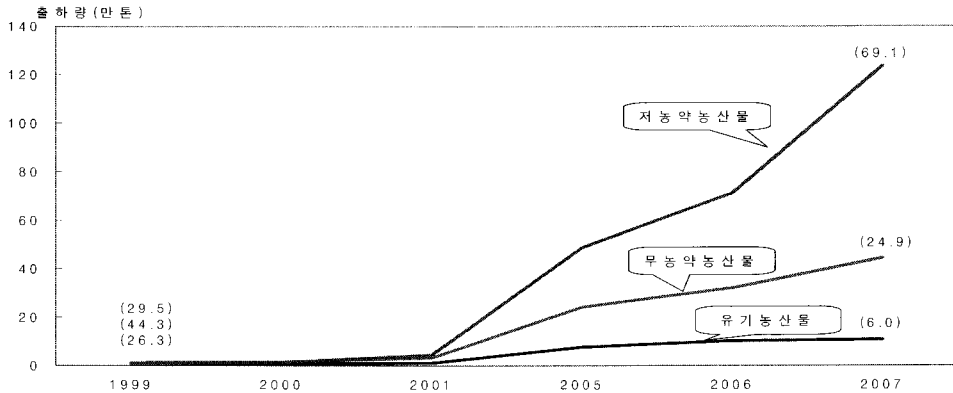
신용광 외(2008)에 따르면, 우리나라 소비자들의 90%가 농산물을 구입할 때 식품안전성(Food Safety) 문제를 고려하는 것으로 나타났으며, 구입 농산물의 안전성에 대하여서는 소비자의 4% 정도만이 확실히 신뢰한다고 응답하였고, 44%는 어느 정도 신뢰한다고 응답하여, 소비자의 농식품에 대한 식품안전성 신뢰도는 48% 수준인 것으로 나타났다. 또한 김창길 외(2005)에 따르면, 소비자의 64%는 농산물에 잔류된 농약에 대한 우려를, 71%는 농산물에 함유된 중금속을 가장 우려하고 있는 것으로 나타났다. 이에 더하여 식품 안전성 문제는 식중독균과 같은 병원성미생물에 의한 오염도 포함하고 있으므로(Cho, 2004; 김윤지 외, 2006), 이를 포함하면 우리나라 농식품 안전성에 대한 소비자의 신뢰는 더 낮을 수 있다.

이러한 농산물의 식품안전성에 높은 관심과 낮은 신뢰도를 극복하고, 보다 안전한 먹거리를 제공하며, 친환경농산물 시장을 활성화 및 개방화시대의 농업발전을 위하여, 우리나라는 농산물의 안전성 특성을 표시하기 위한 “친환경농산물”인증 제도를 2001년 도입하여 시행하고 있다. 또한, 친환경농산물과는 별도로 2003년 우수농산물(GAP)인증제도가 시행되어 안전성을 표시하는 또 다른 농산물로 인식되고 있다. “친환경농산물”은 유기농산물, 무농약 농산물, 저농약 농산물 등으로 분류되며, 인증을 받기 위해서는 친환경농업육성법에 명시된 인증기준과 관련한 경영관리 등의 인증지침을 준수하여 인증기관의 심사절차를 통과되어야 한다.¹⁾

이러한 소비자들의 농식품의 안전성에 대한 관심증가로 인해 친환경농산물시장은 확대되고 있으며(서종혁, 1992; 김 호, 1999; 박현태, 1999; 윤석원, 1999; 조완형, 2004; 정은미, 2006), 정부도 이에 부응하여 ‘친환경농업육성 5개년 계획’(농림부, 2006)을 수립하는 등, 친환경농산물시장의 정착에 노력하고 있다. “친환경농산물” 인증 면적은 1999년 1,306ha에서 2007년 12만 2,882ha로 늘어나 전 경지면적의 약 7%를 차지하고 있고, 출하량은 1999년 27만톤에서 2007년 179만 톤으로 연평균 69% 증가하였다<그림 1>.

1) 친환경농산물은 친환경농업육성법에 의해 “친환경농업을 영위하는 과정에서 생산된 농산물”로 규정되고, 유기농산물은 “3년 이상 농약과 화학비료를 사용하지 않은 토양에서 재배된 농산물”이다. 그리고 무농약 농산물은 “유기합성농약을 사용하지 않고 화학비료는 가급적 권장시비량의 1/3 이내로 사용하여 생산된 농산물”이며, 저농약 농산물은 “제조제를 사용하지 않고 유기합성농약은 농약안전사용기준의 1/2 이하, 화학비료는 가급적 권장시비량의 1/2 이내로 사용하여 생산된 농산물”을 말한다. 저농약 농산물 인증제도는 2010년부터 폐지되어 GAP에 통합될 예정이다.

그림1 연도별 친환경농산물 출하량 추이



자료 : 국립농산물품질관리원, 2008

“친환경농산물” 중 유기농산물은 연평균 41%, 무농약 농산물은 57%, 저농약 농산물은 연평균 88% 늘어나 친환경농산물 성장의 약 70%는 저농약 농산물 증가에 기인한 것이었다. 친환경농산물은 소량 다품목이고 외관이 떨어지므로 일반농산물과 차별화하기 위해서 직거래나 생산자조직을 통한 판매가 주류를 이루고 소비지에서는 전문매장이 중심이 되고 있다. 친환경농산물 취급 소매업체수가 2000년 352개 점포에서 2006년에는 1,556개로 늘어났고 특히 전문매장이 31개에서 502개로 늘어나 전체 소매업체의 32%를 차지한다(신용광 외, 2008).

친환경농산물을 구매하는 소비자의 28%는 ‘안전성이 높아서’ 구입한다고 응답했으나 44%는 ‘가족의 질병 예방과 치유를 위해서’ 구입한다고 답하여, 친환경농산물이 단순히 위해물질로부터 안전할 뿐만 아니라 건강을 증진시키는 적극적 기능을 할 것이라는 기대감이 높은 것으로 나타났다(김창길 외, 2005). 따라서 친환경농산물을 구입하고 있는 소비자의 90%가 현재의 구입수준을 유지하거나 늘리겠다고 응답했고, 구입하고 있지 않은 소비자도 69%가 소득 등 여건이 되면 구입하겠다는 의향을 나타내, 앞으로 수요가 늘어날 수 있는 잠재력이 매우 큰 것으로 추정된다(김창길 외, 2005).

친환경농산물로 인증된 상품에 대한 신뢰도가 높다는 소비자는 2%에 지나지 않았고, 신뢰도를 100분위로 평가한 경우에는 평균 64점에 그쳐 인증 농산물에 대한 신뢰가 높지 않은 것으로 나타났다(김창길 외, 2005; 신용광 외, 2008). 비록 최근 수년 사이 친환경 인증 농산물의 소비가 급증하였고, 잠재적 수요도 높지만 소비자의 신뢰도가 높지 않기 때문에

친환경농산물 시장은 큰 취약성을 안고 있는 것으로 판단된다. 이러한 신뢰도가 취약한 친환경농산물의 생산이 계속 늘어나는 경우 수요가 신뢰문제로 갑자기 침체되거나 감소하여, 판로가 막히고 가격이 급락하는 상황이 올 수도 있다. 이외에도 우리나라 친환경농산물 신뢰도의 향상은 소비자보호뿐 아니라 수입품과의 차별화를 통한 생산자 소득증가로 이루어지게 하는 효과 또한 간과할 수 없다.

따라서, 친환경농산물 시장의 활성화를 위하여 선결되어야 하는 과제의 핵심은 친환경농산물로 인증된 농식품의 신뢰도라고 할 수 있다. 이러한 낮은 신뢰도는 친환경농산물에 대한 소비자와 공급자의 정보비대칭성(Information Asymmetry)에 기인하며(McCluskey, 2000; 김창길 외, 2005), 생산-유통-소비단계에서의 이러한 정보비대칭성은 어떻게 생성되며, 그 구조는 어떠한지에 대한 연구가 필요하게 된다.

이러한 관점에서 본 연구의 목적은 다음과 같다. 1) 게임이론적(Game Theoretic) 관점에서 친환경농산물시장의 정보비대칭성 구조를 분석하고, 2) 게임이론으로 정보비대칭성을 계측하는 문제점의 제기 및 대안으로써 정보이론(Information Theory)에서 개발된 정보엔트로피(Information Entropy)의 개념을 이용한 정보비대칭성의 계측방법을 제안하며, 3) 제안된 계측 방법을 이용한 우리나라의 친환경농산물시장의 정보비대칭성을 계측하여, 4) 정보비대칭성 계측의 정책적 의미를 도출하는 것이다. 이를 위하여 우리나라 친환경농산물 시장의 신뢰도 관련 문제점을 간단히 서술하면 다음과 같다.

II 우리나라 친환경농산물 시장의 문제점

농축산물의 크기나 색깔과 같은 외형적 특성은 소비자가 구매하기 전에 정확히 알 수 있으므로, 선호도에 따라 얼마나 높은 가격을 주고 구입할 것인지를 쉽게 결정할 수 있고, 당도나 맛과 같은 특성은 구매시에는 모르지만 소비 후에는 알 수 있으므로, 재구입시에 그 정보를 이용하여 구매 여부와 구매가격을 결정할 수 있다. 따라서 일반농축산물은 경험재

2) 본 연구에서 응용된 정보엔트로피(Information Entropy)는 E.T. Jaynes 가 1957에 제안한 열역학 및 계량경제학 등에서 이용되는 maximum entropy에 기반한 것이 아니라, 1948년 Shannon이 제안한 Information Entropy에 기반한 것으로 접근 방법 및 이용이 약간 상이하다. Maximum Entropy는 유일한 베이즈안확률분포를 결정하기 위하여 가용한 질적인(qualitative) 정보를 분석하는 방법으로, 주어진 정보를 반영하는 최저편의된(least biased) 분포는 정보엔트로피를 극대화시키는 분포라는 것이다(Wikipedia).

(Experience Good)로 불리기도 한다. 이에 비해 친환경 인증 농산물은, 그것을 생산한 공급자는 그 농산물이 인증제도가 규정대로 생산되었는지 여부를 알고 있으나, 소비자는 구매하기 전은 물론 소비한 후에도 규정대로 생산되었는지, 안전한 농산물인지를 단기적으로는 알 수가 없다. 따라서 소비자는 생산자가 주장하는 친환경농산물의 특성을 '신뢰'하고 구매할 수밖에 없으므로, 친환경농산물은 '신뢰재(Credence Good)'로 분류된다(Nelson, 1970; Darby and Karni, 1973; McCluskey, 2000).³⁾

따라서 친환경 인증 농산물 생산자는 비용은 적게 들이고 높은 값을 받기 위해 “가짜 친환경농산물”을 생산하려는 유인을 가지게 되고, 소비자는 “친환경농산물”에 대한 욕구는 높지만 혹시 “속지나 않을까” 하는 불안감으로 구입 여부와 지불가격을 결정하는데 어려움을 겪게 된다. 한편, 인증제도에 규정된 방법에 따라 생산한 생산자는 이를 위해 추가로 소요된 비용만큼 일반 농산물보다 더 높은 가격을 받아야 하지만, 소비자들은 이를 신뢰할 수 있는 정보가 부족하므로, 그만큼 높은 값을 지불하려 하지 않고, 생산자는 가짜 친환경 농산물을 생산하려는 유혹에 더욱 빠져드는 악순환이 반복되게 된다. 결국 소비자는 구매하려고 하는 농산물이 진짜 “친환경농산물”일 확률, 반대로 말하면 가짜 “친환경농산물”일 가능성을 고려하여 구매여부와 구매가격을 결정할 수밖에 없다. 따라서 소비자는 완전히 신뢰하는 경우보다 낮은 값을 지불하려고 하고 그 가격은 생산자가 요구하는 가격보다 낮아지기 쉽다. 이러한 ‘신뢰재’에 대한 계량적(quantitative)인 국내외연구는 미진하다. Roe and Sheldon (2007)은 수직적상품차별화모형(model of vertical product differentiation)을 이용하여 신뢰재의 상표표기(labeling)를 분석한 결과, 기업들은 사적인 상표표기를 선호한다고 보고하고 있고, 소비자들은 정부주도의 의무적 상표표기를 선호하는 것으로 나타났다. Kirchhoff (2000)는 기업의 환경영향에 대한 비대칭정보하에서 독점기업의 법적인 환경기준에 대한 자발적 과대추종(overcompliance) 모형을 제안하고, 이러한 상황이 벌어지는 조건을 도출하면서, 제3자 환경상표시스템을 분석하였다.

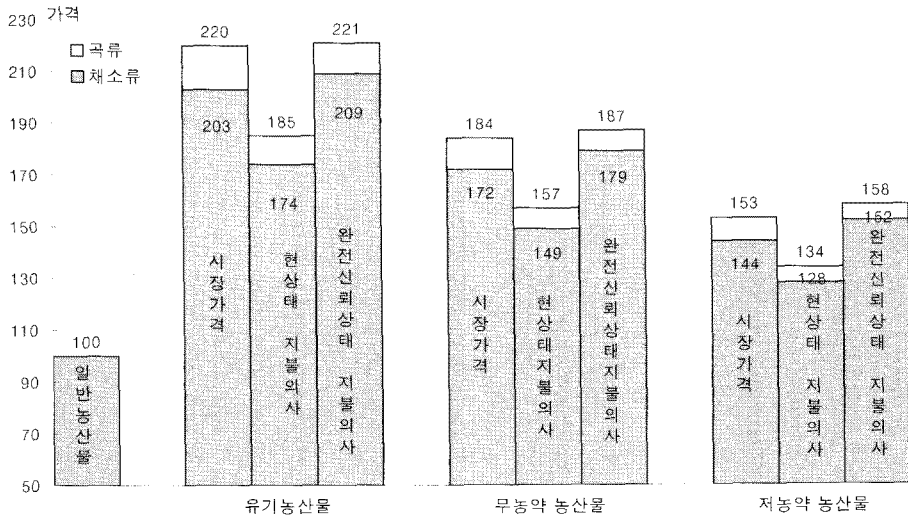
김창길 외(2005)의 연구에 의하면, 실제로 일반 농산물에 비해 유기농산물의 시장가격은 103~120%나 높지만, 소비자는 74~85% 정도만 더 지불할 의사를 가지고 있으며, 이는 무농약 농산물이나 저농약 농산물도 마찬가지여서 결국 소비자는 친환경농산물이 너무 비싸다고 생각하게 되어, 가격이 비싼 것이 친환경농산물 구입을 주저하게 되는 중요한 이유

3) 이와 같이 상품의 공급자와 소비자 사이에 상품의 정확한 특성에 대해 가지고 있는 정보량이 같지 아니하므로 이를 정보의 비대칭성(Asymmetric Information)이라 한다.

라고 답하게 된다<그림 2>.)⁴⁾

그러나 “친환경농산물”임을 확실히 신뢰하는 경우의 지불의사 가격은 시장가격 이상인 것으로 나타나, 결국 소비자 신뢰도가 친환경 농산물의 거래를 결정하는 가장 중요한 요소임을 나타내고 있다. 즉, 친환경농산물의 성패는 일차적으로 생산자가 “친환경농산물”의 규정을 준수하도록 관리기관이 얼마나 철저히 감시·관리하는가에 달려있다고 할 수 있고, 소비자가 이러한 관리기관의 관리를 얼마나 신뢰할 수 있도록 하는가에 달려있다고 볼 수 있다.

그림 2 친환경 농산물의 가격과 소비자 지불의사 가격 차이



자료 : 김창길 외(2005)

농산물품질관리원이 친환경농산물 인증 제도를 도입하고, 출하 유통되는 친환경농산물 중 일부를 수거하여 규정대로 생산 유통되고 있는지를 검사하여 위반 시에 행정처분을 내리는 것은, 이러한 친환경농산물 특성에 대한 신뢰도를 높이기 위한 것인데, 여기에는 대중매체가 결정적 역할을 한다.

4) 김창길 외(2005)의 소비자들의 지불의사보다 시장가격이 높게 책정되었다는 의미는 ‘평균’ 소비자 지불의사가 ‘평균’ 시장가격보다 낮다는 것이다. 하지만 유기농산물에 대한 지불의사가 시장가격보다 높은 소비자들은 존재하며, 시장가격이 낮아질 경우, 유기농산물에 대한 지불의사가 낮은 소비자들을 추가로 시장에 유입시킬 수 있어 유기농산물시장이 보다 활성화될 수 있다. 즉, 친환경농산물 구입에 있어 정보비대칭성이 감소하여 risk가 줄어든다면 지불의사가 높아져 보다 많은 소비자가 시장에 참여하게 될 것이라는 내용이다.

친환경농산물에 대한 대중매체 기사의 부정적인 기사가 신뢰도에 매우 큰 영향을 미치는 데(김창길 외, 2005), 2007년 10월 16일 D일보는 “무늬뿐인 친환경농산물 판친다”라는 제목으로 “지자체 실적주의와 허술한 관리 맞물려 함량미달 인증품(을) 양산”하고 있다고 보도하였다. D일보는 농산물품질관리원의 ‘친환경인증농산물 행정처분 현황’을 인용하여, 인증기준을 위반해 행정처분을 받은 사례가 2003년 153건에서 2006년 553건으로 4배 가까이 늘었고 인증 기준 위반정도가 심각해 친환경인증이 취소된 경우는 107에서 352건으로 3배 이상 늘었다고 보도하였다<표 1>.

표1 친환경인증농산물 행정처분 현황

(단위 : 회, 건)

년도	사후관리실적 (출장회수)	적발 건수	고발	행정처분						주의·시정 등 행정지도
				계	취소	정지 6월	정지 3월	정지 2월	정지 1월	
2003	12443	213	12	153	107	3	17	1	25	48
2004	15982	346	32	259	143	4	61	-	51	55
2005	18069	374	18	322	202	3	68	-	51	34
2006	23619	621	15	553	352	1	134	-	66	53

* 출처 : 원출처 농산물품질관리원, 동아일보 2007.10.16일자 “무늬뿐인 친환경농산물 판친다”에서 발췌. 사후관리실 적은 출장회수이고 나머지는 고발 등 처분건수이다. 1회 출장 시 복수의 건수를 처리하고 있으므로, 처분건 수의 실적대비 비율은 더 낮을 수 있다.

이에 대하여 농산물품질관리원은 ‘농가수가 늘어난 만큼 인증 기준을 위반해 적발된 건 수도 그만큼 늘어난 것’이라고 해명하였다. D일보와 농산물품질관리원의 엇갈린 주장을 공정하게 판단하기 위하여 전체 위반단속 건수를 기준으로 행정처분 현황을 백분율로 표시하더라도 2003년 1.71%에서 2006년 2.63%로 증가하고 있다<표 2>.

표2 사후실적대비 친환경인증농산물 행정처분 현황

(단위 : %)

년도	사후관리실적 (출장회수)	고발 건수	고발	행정처분						주의·시정 등 행정지도
				계	취소	정지 6월	정지 3월	정지 2월	정지 1월	
2003	100	1.71	0.10	1.23	0.86	0.02	0.14	0.01	0.20	0.39
2004	100	2.16	0.20	1.62	0.89	0.03	0.38	-	0.32	0.34
2005	100	2.01	0.10	1.73	1.09	0.02	0.37	-	0.27	0.18
2006	100	2.63	0.06	2.34	1.49	0.00	0.57	-	0.28	0.22

* 출처 : <표 1>을 검사건수 대비 고발건수 및 행정처분건수로 저자가 계산한 비율임.

그러나 행정처분 비율은 증가하였지만 ‘고발’과 같은 강한 조치와 ‘주의 시정 등 행정지도’ 등 약한 조치는 감소 추세에 있다. 또한 가장 강력한 행정처분인 인증 ‘취소’의 비중은 증가하고 있지만, ‘정지6월’이나 ‘정지2월’, ‘정지1월’ 등의 처분은 감소하거나 변화가 거의 없는 것으로 나타나는 등 위반의 종류와 정도가 매우 다양하다. 따라서 단순한 ‘행정처분 건수’나 이를 단순하게 가공한 ‘행정처분 비율’자료만으로는 친환경농산물시장 전반의 정보비대칭성으로 인한 문제의 정도를 계량화하기 어렵고, 더욱이 유통단계 별로 문제의 정도가 다르므로 현재의 상황이 개선(약)되고 있는지, 개선(약)되고 있다면 유통의 어느 단계에서 개선(약)되고 있는지 판단하기 어렵게 된다. 이러한 문제점을 해결하려면 정보엔트로피 이론 등을 이용하여 정보비대칭성 문제의 정도를 종합적으로 나타내는 정교한 지표가 필요하다. 다음 절에서는 이러한 지표를 개발하는 방안에 대하여 논하고자 한다.

III 친환경농산물시장의 정보비대칭성(Information Asymmetry)과 정보엔트로피(Information Entropy) 측정 방법

3.1 게임이론적 관점에서 바라본 우리나라 친환경농산물 시장의 구조

현대 경제학이론 중, 정보의 비대칭성(Information Asymmetry)을 가장 엄격하게 다루고 있는 분야는 게임이론(Game Theory)이며, 특히 정보비대칭성을 다루는 베이저안 게임(Bayesian Games)으로 친환경농산물시장의 정보비대칭성을 계측할 수 있다.⁵⁾

게임이론(Game Theory)적 관점에서 보면, 정보의 비대칭성은 친환경농산물 시장 전반에 걸쳐 나타나는데, 친환경농산물 인증농가와 소비자 사이에 나타나는 문제는 역선택(Adverse Selection; 거래이전에 발생한 정보비대칭성으로 제품의 질에 대해 판매자가 소비자를 속이는 문제)라고 할 수 있고, 인증을 하여주는 기관과 인증을 받는 농가 간에는 도덕적 해이(Moral Hazard; 거래(인증) 후에 발생한 정보비대칭성으로 관리가 되지 않는 문제)가 발생하게 되는 것이다.

친환경농산물시장을 게임나무를 이용하여 설명하면 <그림 3>과 같다.⁶⁾ <그림 3>의 가장

5) 구체적인 예는 Gibbons(1992, pp.152-154)를 들 수 있다. 이들 예에서 보는 바와 같이, 정보비대칭성이 소진되면, 게임의 해는 혼합전략(Mixed Strategy)의 균형으로 수렴한다.

6) <그림 3>은 McCluskey(2000)의 그림에 유통업자를 참가자로 추가하고, 농가와 유통업자의 전략들을 추가하여 확장한 것이다.

상위 의사결정점(Decision Node)에서 농가는 친환경농산물 인증을 신청하여 허가를 받을 것인지(전략 '인증신청/허가' 선택, 선택확률은 P_{OC}), 아닌지(전략 '인증신청하지않음' 선택, 선택확률은 P_{NOC})를 전략으로 선택하게 된다.

농가가 인증신청을 통하여 인증을 획득하게 되면, 농가는 실제로 친환경농산물을 기준에 맞추어 생산할 것인지(전략 '친환경농산물생산' 선택, 선택확률은 P_O), 아니면 '고발'될 정도로 기준을 많이 위반할 것인지(전략 '위반수준(고)' 선택, 선택확률은 P_H), '취소'될 정도로 위반할 것인지(전략 '위반수준(중)' 선택, 선택확률은 P_M), '정지'될 정도로 위반할 것인지(전략 '위반수준(저)' 선택, 선택확률은 P_L)를 결정하게 된다.)⁷⁾ 이어서 유통업자는 친환경농산물인증 받은 농가로부터 농산물을 구입해 소비자에게 판매하게 되는데, 다른 전략, 즉, 유통업자가 친환경인증 농가로부터 구입한 농산물을 '비친환경농산물로판매'하는 경우는 없다고 가정한다.⁸⁾ 따라서, 소비자는 농가가 인증을 받아 인증마크가 찍혀있는 농산물을 구입할 때, 의사결정점 A~D에 있다는 것을 알게 된다.

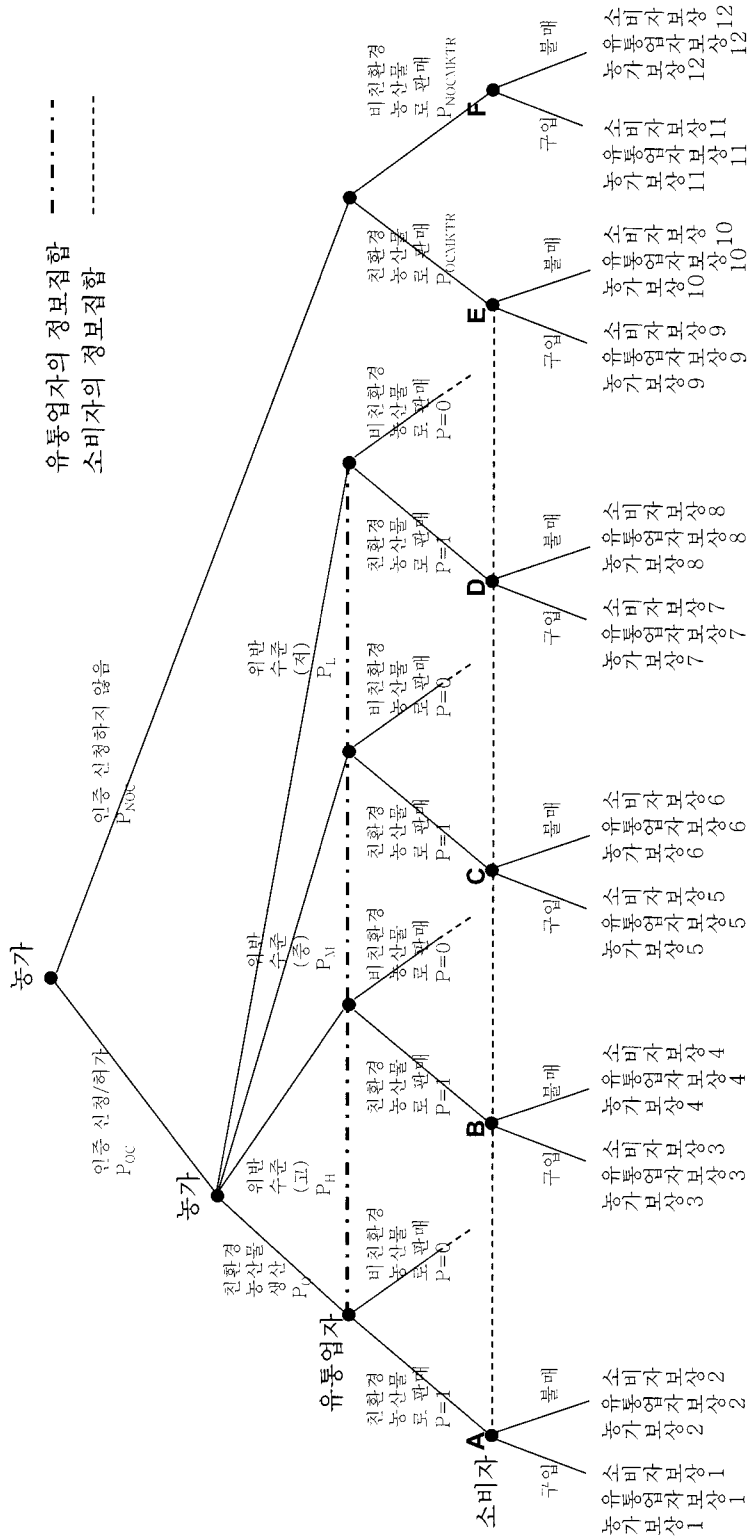
농가가 인증을 신청하지 않고, 일반농산물을 생산했음에도 불구하고, 유통업자는 이를 친환경농산물로 속여 판매할 수 있으며(전략 '친환경농산물로판매' 선택, 선택확률은 P_{OCMKTR}),⁹⁾ 소비자 입자에서는 인증마크만을 보고 구입여부를 결정하게 되므로, 역시 이때에도 자신이 의사결정점 E에 도달하였는지 A~D에 도달 하였는지 확신할 수 없다.(전략 '비친환경농산물로판매' 선택, 선택확률은 P_{NOC}). 즉, 농가가 인증신청을 하고 친환경농산물을 생산하지 않는 위반의 경우도 있지만, 유통업자가 비인증 농산물을 친환경농산물로 파는 경우도 발생하게 된다. 소비자가 특정 의사결정점(예를 들면, A)에 도착했는지에 대한 불확실성을 계량화한 것이 바로 '소비자가 특정 의사결정점에 도달 할 확률(예를 들면, P_A)'이며, 이 확률은 농산물품질관리원에서 수집하는 '친환경인증농산물 행정처분 현황'을 이용하여 계산해 낼 수 있다.

7) 행정지도 이하의 경미한 조치는 실질적 제재가 아니므로, 본 연구에서 농가들의 전략으로 고려하지 않았다.

8) 실제로도 친환경농산물이 일반농산물 수준에서 싸게 팔리기는 하지만 친환경농산물이 아닌 일반농산물로 팔리지는 않는다. 따라서 본 연구에서는 유통업자가 친환경농산물로 구입한 농산물을 비친환경농산물로 판매하는 경우는 없는 것으로 가정한다.

9) 농가가 인증을 받지 않았음에도 유통업자에게 친환경농산물로 판매하는 경우를 생각해 볼 수 있으나, 이는 판매시 인증서를 확인하게 되고, 인증기관에 확인하는 절차를 거치므로 일어날 가능성이 없다. 따라서 농가의 그러한 전략은 본 연구에서는 제외되었다. 참고로 농산물품질관리원은 친환경농산물정보시스템(www.enviagro.go.kr)에서 인증번호로 친환경농산물을 손쉽게 검색할 수 있게 하고 있다.

그림 3 우리나라 친환경농산물 시장의 비대칭정보 게임



친환경농산물시장에 대한 비대칭정보 문제를 다룬 논문은 McCluskey (2000) 등을 들 수 있으며, 국내에서도 이러한 친환경농산물 시장의 정보비대칭성 문제를 제기한 연구가 존재한다(김창길 외, 2005). 문제는 게임을 구성하는 참가자(players)들의 수가 농산물시장 및 친환경농산물시장의 경우 매우 많으며(다수의 공급자와 다수의 소비자), 정보비대칭성을 계측하기 위해 필요한 친환경농산물시장의 참가자들의 보상(payoff)을 계측하는 문제가 매우 어려우며, McCluskey(2000)도 게임이론으로 유기농산물시장을 이론적으로 구성하였을 뿐 실제 정보비대칭성을 측정하지는 않고 있다.

한 가지 방법은 진화론적 게임(Evolutionary Game)의 관점에서, 또는 신정치경제학(New Political Economy)의 이해관계자그룹이론(Interest Group Theory)과 유사하게 공급자와 소비자를 대표하는 그룹간의 게임으로 구성하는 방법이 있다. 하지만, 여기서도 그룹의 효용을 계측하는 문제는 소진되지 않으므로, 게임이론을 친환경농산물시장과 같이 커다란 게임들(Large Games)에 적용하는 것은 어려움을 가지고 있다.

3.2 엔트로피(Entropy), 정보이론(Information Theory), 그리고 정보엔트로피(Information entropy)

그러면 어떻게 이러한 문제점들을 해결할 수 있을까 하는 문제가 대두된다. 즉, 게임 참가자들의 보상들을 계측하지 않고, 비대칭정보게임에서 정보비대칭성을 구성하는 자신이 어떠한 의사결정점에 도달했는지를 암시하는 확률만을 가지고 정보의 비대칭성을 계측할 수 있는가 하는 것이다. 이는 '정보엔트로피(Information Entropy)'에 의하여 계량화 될 수 있다.

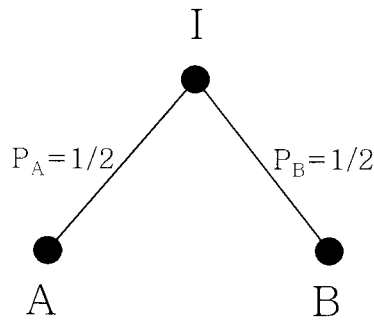
엔트로피(Entropy)는 열역학(Thermodynamics)에서 고안된 개념으로 간단하게 말해 '무질서의 정도'라고 할 수 있다. 예를 들어 자동차가 생산되어 이용되면, 시간의 흐름에 따라 타이어 등의 부품들이 마모되어 고장을 일으키게 되는데, 이를 엔트로피의 증가에 따른 현상이라고 할 수 있다. 이러한 엔트로피는 모든 시스템에 적용되는데 심지어 사랑도 엔트로피의 영향을 받아, 열정적으로 사랑하던 연인의 관계가 시간의 흐름에 따라 심드렁해지는 것을 엔트로피의 증가에 따른 현상으로 해석할 수 있다.

엔트로피가 존재한다면, 엔트로피의 가역성(reversibility)을 의미하는 부의엔트로피(Negative Entropy; Maxwell의 도깨비)도 존재하는데, 이전 예에서 소모된 타이어를 교체하는 행위 등을 예로 들 수 있다. 가장 극단적이면서 포괄적인 예는 엔트로피가 극에 이르면

혼돈(Chaos; 창조 이전의 상태 또는 Big Bang이전의 무한한 증력과 시간이 일치되어 있고 모든 개체가 한 개의 개체로 통합되어 있는 극도의 혼란상태) 상태이며, 창조행위 또는 Big Bang이 극단적인 부의 엔트로피라고 할 수 있다. 문제는 부의엔트로피가 지속적으로 제공 된다고 하여도 엔트로피는 계속적으로 증가하는 성질이 있으며, 이는 인간이 수명의 연장을 위하여 아무리 노력하여도 결국은 모두 사망하고 만다는 사실로 반증된다.

이러한 엔트로피의 개념을 정보에 적용한 것이 바로 정보엔트로피(Information Entropy)이다(Shannon, 1948). 정보론(Information Theory; 응용수학에의 한 분야로 정보의 계량화를 연구) 분야에서는 정보의 비대칭성문제를 정보엔트로피(Information Entropy)라는 개념으로 설명하고 있는데, 이를 고안한 사람이 바로 Shannon(1948)이다. Shannon의 정보엔트로피를 게임이론의 전략선택의 개념을 응용하여 그림으로 단순화하면 <그림 4>와 같다.

그림4 단순화된 정보엔트로피 개념도



<그림 4>의 최초 의사결정점(Initial Node)에서 소비자가 A를 선택할 수도 있고, B를 선택할 수도 있다고 하고, A를 선택할 확률을 P_A , B를 선택할 확률을 P_B 라고 하면, <그림 4>에서는 A나 B점에 도달할 확률이 각각 1/2이며, 이 상황에서는 어느 점에 도달할 것인지 매우 불확실하고 이 때 정보엔트로피가 극대화되어 있다고 정의한다. Shannon(1948)에 따르면 정보엔트로피는 다음과 같이 정의된다. 일어날 확률이 p_1, p_2, \dots, p_n 인 사건의 집합이 있다고 가정하고, 이러한 확률들은 알려져 있지만 이 확률들이 어떠한 사건이 일어날지에 대해 알려진 모든 것이라고 가정한다. 이 경우, '선택의 폭'이 얼마나 되는지, 또는 결과

가 얼마나 불확실한지를 측정하려는 것이 정보엔트로피이다. 이러한 정보엔트로피, 즉, $H(p_1, p_2, \dots, p_n)$, 는 다음과 같은 가정을 갖는다.

1. H 는 p_i 에 있어 연속적이다.
2. 만일 모든 p_i 가 같다면, 즉, $p_i = \frac{1}{n}$, 이면, H는 n 의 단조증가함수 (monotonic function of n)이다. 일어날 확률이 모두 같은 사건들의 경우, 선택의 폭이 넓거나, 또는 불확실성(uncertainty)이 많으며, 가능한 사건이 더 많아지게 된다.
3. 만일 한 개의 선택이 두개의 연속적인 선택으로 분리될 수 있으면, 원래의 H 는 각 H 값들의 가중평균(weighted sum)이다.

위의 3가지 가정을 만족하는 H는 다음과 같은 형태를 갖는다.¹⁰⁾

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (1)$$

<그림 4>에서 정보엔트로피를 수학적으로 표현하기 위하여 로그(Log)함수를 이용하여 정의대로 표현하면, 정보엔트로피, H는¹¹⁾

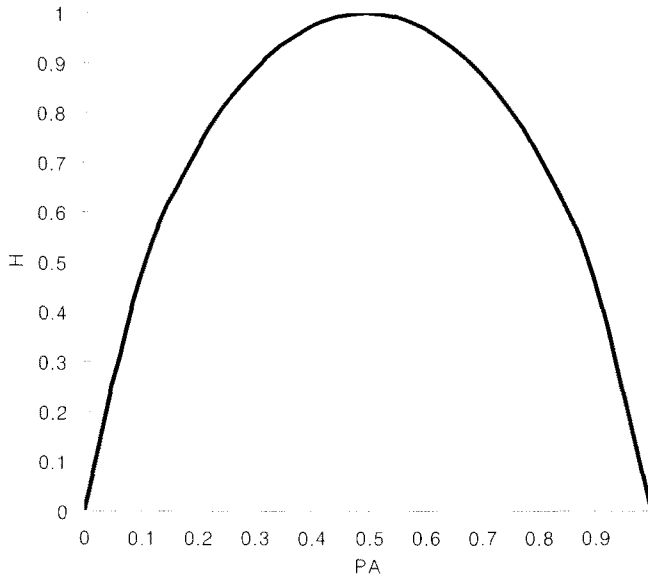
$$H = -(P_A \log_2 P_A + P_B \log_2 P_B) \quad (2)$$

로 표현될 수 있으며, 위의 경우를 그래프로 나타내면 <그림 5>과 같다.

10) 이에 대한 증명은 Shannon(1948)의 Appendix 2에 상술되어 있다. 또한 원문에는 $H = -K \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$ 로 정의되어 있으나, K는 측정단위의 선택에 따른 것 일뿐이므로, Shannon도 K=1 인 H를 원문에서 사용하고 있다.

11) 로그함수의 밑수(base)는 경우의 수이다. <그림 4>와 같이 2가지 경우의 수가 있는 경우에는 \log_2 를 이용하여 H를 계산하고, <그림 3>에서와 같이 6가지의 경우의 수가 있는 경우는 \log_6 을 이용하게 된다.

그림5 두 개의 가능성이 있는 경우 정보엔트로피



<그림 5>을 보면, A라는 사건이 일어날 확률이 1/2이라고 하면, B라는 사건이 일어날 확률도 1/2이며, 이때, 정보엔트로피, H 는 1이 되는데, 이는 사건A가 일어날지, 사건B가 일어날지 아무도 모르는, 즉, 불확실성이 극대화된, 다른 말로 정보엔트로피가 극대화된 상황인 것이다. 만일, A라는 사건이 일어날 확률이 0에 가까워지면, B라는 사건이 일어날 확률은 1에 수렴하게 되고, 이 경우 어느 사건이 일어날지에 대한 불확실성이 0으로 수렴하게 되므로, 정보엔트로피는 극소화되게 된다. 또는 B라는 사건이 일어날 확률이 0에 가까워지면, A라는 사건이 일어날 확률은 1로 수렴하므로, 이때에도 정보엔트로피는 극소화되게 된다. 즉, 사건A나 사건B 중 어떠한 사건의 확률이 커지게 되면, 정보엔트로피는 감소하게 되며, 이를 계량화하는 식이 H 이다. 즉, P_A 가 좌측으로 수렴하던지, 우측으로 수렴하던지 정보엔트로피는 0으로 수렴하게 된다.

이와 같이 정보엔트로피의 개념을 이용하면, 게임이론을 이용하여 정보비대칭성을 계측하는 경우보다 매우 간단하게 정보비대칭성을 계측할 수 있다. 즉, 농산물품질관리원의 친환경인증농산물 행정처분 통계자료만으로 친환경농산물시장의 정보비대칭성을 간접적으로 계측할 수 있게 되는 것이다.

3.3 상대적 정보엔트로피의 측정

정보엔트로피의 정의를 위한 가정 2는 정보엔트로피를 친환경농산물시장의 정보비대칭성을 측정하는데 중요한 의미를 가지는데, H 는 사건의 경우의 수(n)가 많아질수록 증가하는 성질을 가지게 된다. 예를 들어, 친환경농산물 시장 자체가 없고 일반농산물시장만 있는 경우($n=1$)와, 농산물시장이 친환경농산물시장과 일반농산물시장의 두 가지 경우로 나뉘는 경우($n=2$)의 정보엔트로피는 후자가 높게 된다. 즉, 일어날 수 있는 사건의 경우의 수가 늘어나는 것 자체가 정보엔트로피를 증가하게 만든다.

가정 2가 중요한 다른 이유를 친환경농산물시장 도입의 예를 들어 설명하면 다음과 같다. 친환경농산물구입과 일반농산물구입의 두 가지 경우의 수를 고려할 때, 친환경농산물시장이 꾸준히 확대되어 친환경농산물을 구입할 확률이 증가하게 되면, 정보엔트로피는 증가하게 된다. 따라서 친환경농산물 시장의 확대 자체가 정보비대칭성을 증가시키게 하는 것으로 오해할 여지가 있다. 본 연구에서는 이를 정규화하기 위해서 ‘상대적’ 정보엔트로피(Relative Information Entropy; H^R)를 정의하고 측정하였다. 상대적 정보엔트로피를 정의하면 다음과 같다.

$$H^R = \frac{H^E}{H^M},$$

여기서, H^R 은 상대적정보엔트로피, H^M 은 해당 경우의 정보엔트로피의 극소값, H^E 는 해당 경우 측정된 정보엔트로피이다.

예를 들어 <그림 3>에서 보면, 소비자와 관리기관이 원하는 상황은, 1) 인증 받은 농가는 친환경농산물을 생산하고 유통업자는 친환경농산물로 판매하거나, 2) 인증 받지 않은 농가가 생산한 농산물은 유통업자에 의해서 일반농산물(비친환경농산물)로 판매되는 것이 확실한 것이다. 즉, 1) 인증 받을 확률이 곧 소비자가 친환경농산물을 구입하는 확률과 같아지게 되거나 ($P_{OC} = P_A$), 2) 인증 받지 않은 확률이 유통업자가 일반농산물로 판매할 확률과 같아지게 되는 상황($P_{NOC} = P_F$)이 벌어질 때, 해당 경우의 정보비대칭성은 극소가 되는 것이다. 따라서 이러한 최선의 상황(즉, 정보엔트로피가 주어진 조건하에서 극소화된 경우)에서의 정보엔트로피와 현재 상황에서의 정보엔트로피를 비교하면, 현재의 정보엔트로피가 사건의 가능성 수와 관계없이 측정될 수 있다. 다음 절에서는 이러한 상대적 정보엔트로피를 실제로 측정하였다.

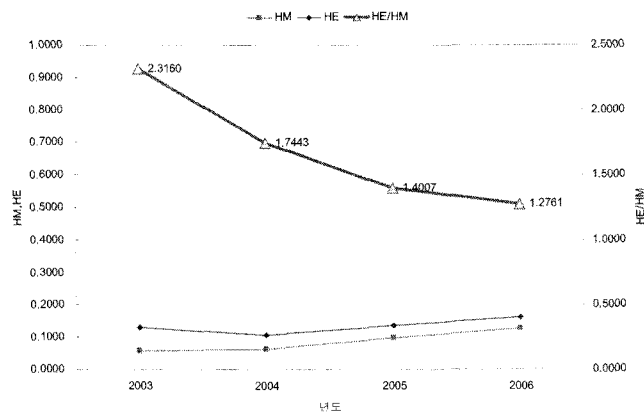
IV 2003~2006년간 우리나라 친환경농산물시장의 정보엔트로피(Information Entropy) 측정

측정대상은 2003~2006년간 우리나라 친환경농산물시장의 상대적 정보엔트로피이다. 이를 위하여 친환경농산물 인증현황, 농산물총생산량 및 친환경농산물의 비중, 위반 및 처분 현황(생산단계와 시판단계, <표 1>)이 필요하게 된다.¹²⁾

2007년의 경우 인증현황 및 위반시 처분 현황은 집계되었지만, 친환경농산물인증 비중 등을 계산하기 위해서는 우리나라 전체 농산물생산량이 집계되어야 한다. 2008년2월26일 현재, 품목 일부만 집계되어 발표(www.maf.go.kr 및 www.naqs.go.kr)되고 있으므로 자료가 불충분하다. 따라서 2007년 분석은 제외되었다. 측정된 정보엔트로피와 상대적 정보엔트로피를 그림으로 나타내면 <그림 6>과 같다.

<그림 6>에서 보이는 것과 같이, 우리나라 친환경농산물시장의 정보엔트로피(H^F)는 증가하고 있으며, 이는 자칫 친환경농산물시장 정보의 교란정도가 증가하여 신뢰도가 저하하고 있는 것으로 해석될 수 있다. 하지만 전술한 바와 같이 이는 친환경농산물시장의 확대에 기인한 것이며, 이는 각년도의 최소화된 정보엔트로피(H^M)가 역시 증가하고 있다는 사실로 반증된다.

그림6 우리나라 친환경농산물시장의 상대적정보엔트로피 추이



12) 정보엔트로피의 유의도와 관련하여 정보엔트로피는 '추정'되는 것이 아니라, '계산'되어 지므로 Golan et al(1996)에서 소개되는 econometrics 적 접근과는 방향이 다르다. 하지만, 품관원의 단속은 sampling을 통하게 되므로 단속결과는 '추정치'이다. 농산물품질관리원의 '추정치'에 대한 통계적 유의성 검정은 자료의 희특성문제로 어려우며, 본 연구에서는 유의한 것으로 가정하였다. 또한 품관원은 <표 1>에 나타난 것 보다 자세한 자료의 공개를 하지 않는 것을 전제로 자료를 제공하여 <표 1>은 실제계산에 이용된 자료보다 상세하지 않음을 밝힌다.

따라서, 친환경농산물시장확대추세를 고려하여 정보엔트로피가 줄어들고 있는 지를 판단하기 위해 상대적정보엔트로피($E^R=H^E/H^M$)를 계산한 결과 2003년 이후 계속 감소하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 우리나라 친환경농산물시장의 정보교란 정도는 감소하고 있으며, 상대적 정보엔트로피가 1로 수렴하고 있다는 것은 H^E 와 H^M 가 수렴하고 있음에 기인한다. 즉, 주어진 상황에서 최소화된 정보교란정도와 비교한 추정된 정보교란정도의 차이가 줄어들고 있다고 해석될 수 있다.¹³⁾

V 요약 및 정책제언

확대되고 있는 우리나라 친환경농산물시장의 활성화를 위해서는 생산자, 유통업자, 소비자 간의 정보비대칭성 또는 정보교란도(정보엔트로피)를 저감하는 것이 필수적이며, 이를 위해서는 정부차원의 관리가 필요하게 된다. 다시 효과적인 관리를 위해서는 이러한 정보교란도를 지수화하여 이 지수를 관리하는 것이 필요하게 된다. 본 연구에서는 정보이론의 정보엔트로피 측정을 통하여 이러한 정보비대칭성의 측정을 제안하였으며, 실제 정보비대칭성을 계측한 결과, 2003년 이후 꾸준히 개선되고 있는 것으로 나타났다.

모형과 관련하여 연구의 발전 방향은 농산물품질관리원의 단속 및 관리체계를 내생화하여 모형에 포함시키는 것과 정보엔트로피를 계산하는데 이용된 농산물품질관리원의 위반 확률 등 추정치의 유의도를 향상시키는 것이다. 또한 본 연구에서는 모든 친환경농산물의 정보비대칭성을 년도별로 측정하였지만, 품목군별, 품목별, 지역별 정보엔트로피의 측정을 장기적으로 시도할 것이다. 보다 거시적인 시작에서 정책 방향을 제안하면 다음과 같다.

생산과 수요의 결정은 시장에 맡기고 정부는 신뢰도 제고에 집중한다. 이제까지 생산지원 혹은 시장개척 지원 등에 투입되었던 정부예산과 노력을 줄여 생산과 소비가 시장에서 자율적으로 결정되도록 한다. 정부는 인증과정을 감시하는 역할과 생산된 친환경 농산물에 대한 검사하는 역할을 대폭 강화하여 거짓 친환경농산물이 시장에서 거래될 확률을 낮추는데 집중적 노력을 기울이도록 한다. 아울러 현재까지는 농가만 집중 관리하는 '생산' 인증

13) 본 연구에서는 정부가 불법유통을 단속하는 행위와 빈도가 외생적으로 결정되는 것으로 가정하였다. 그 이유는 농산물품질관리원의 담당자와의 면담에 의하여, 단속 target 이나 frequency 같은 의사결정이 random하게 결정되는 것으로 파악되어 내생화하기 어려웠기 때문이다. 하지만 농산물품질관리원의 의사결정과정을 내생화하면, 모형은 보다 정밀해 질 수 있으며, 향후 이에 대한 추가적인 연구를 진행할 계획이다.

제도를 '유통' 인증제도로 확대하여 자격이 갖추어진 업체만이 친환경농산물을 취급할 수 있도록 관리함으로써 친환경농산물이 아닌 농산물을 친환경농산물인 것처럼 유통한 업체는 친환경농산물 시장에서 퇴출시켜야 한다. 소비자가 원하는 경우 인증된 기관에 안전성 검사를 요청할 수 있는 제도를 도입하여 구매 후에 안정성을 확인하고 보상도 받을 수 있도록 하는 방안을 검토할 필요가 있다.

소비자에게 필요한 정보를 제공하여 인식의 정확도를 높이는 것도 중요하다. 거짓 “친환경농산물”이 유통되는 확률이 매우 낮더라도 소비자가 이를 인식하지 못하면 문제가 해결되지 않으므로 정부가 소비자와 언론에 정확한 정보를 제공하여 실제 상황을 정확히 이해하도록 하는 것이 중요하다. 가령 정부의 감시활동과 위반건수 적발 등을 적극적으로 공개함으로써, 소비자가 정부의 감시활동이 활발히 이루어지고 있음을 인식하고 사실 이상으로 불신감을 갖는 것을 방지할 수 있을 것이다. 앞에서 정부의 감시 결과 위반 확률은 3%미만이었지만 소비자의 신뢰도는 64점에 불과할 만큼 친환경농산물에 대한 신뢰도가 낮은 것은 정부의 감시활동 및 이에 대한 이해부족에서 기인했을 가능성이 높다.

'친환경농산물'에 더하여, 'GAP인증 농산물'과 '생산이력추적 농산물'이 새로운 안전성 인증 농산물로 인식되어 소비자에게 혼란을 주고 있으므로, 인증과 표시 제도를 단순화하여 모호성을 줄여야 한다. 그 명칭만으로는 성격이 모호한 “친환경농산물”이라는 인증 및 표시 제도를 가지고 있는 나라가 거의 없으므로, 가령 유기농산물, 무농약농산물, 등으로 표기하는 것을 검토하고 GAP나 이력추적제도가 안전성 제도로 인식되지 않도록 하여야 한다.

마지막으로, 정보의 비대칭성 문제를 객관적으로 판단하는 공식적인 지표를 개발하여야 한다. 친환경농산물의 활성화는 상품특성에 대한 신뢰도의 제고가 핵심이므로, 정보의 정보엔트로피의 개념을 이용하여 각 유통단계별로 정보전달의 문제를 지표화 하면 문제의 상태, 개선의 정도, 개선하여야 하는 유통단계 등이 명확해질 수 있다. 따라서 이러한 지표를 산출하여 정기적으로 표시-모니터하면서 정책의 방향을 결정해 나가고 소비자에게도 전달하여야 할 것이다.

참고문헌

- 김윤지 외. 2006. 「Quantitative Microbial Risk Assessment를 이용한 돈육의 유해 미생물 관리시스템 개발」 한국식품개발원 연구보고서, 농림부.
- 김창길 외. 2005. 「친환경농산물에 대한 소비자 선호와 구매행태 분석」 한국농촌경제연구원, R500.
- 김 호. 1993. 「유기농산물 생산 및 소비 실태와 유통계열화에 관한 연구」 고려대학교 박사학위 논문.
- 농림부. 2006. 「친환경농업육성 5개년 계획」 농림부.
- 동아일보. 2007. "무늬뿐인 친환경농산물 판친다?" 웹문서, www.donga.com
- 박현태. 1999. 「친환경농산물의 유통개선 방향」 한국농촌경제연구원.
- 서종혁. 1992. 「유기 농산물의 생산 및 유통실태와 장기발전방향」 한국농촌경제연구원.
- 신용광 외. 2008. "농산물 안전성에 대한 소비자 신뢰 구축" 「농업전망」 2008 (I) 한국농촌경제연구원.
- 윤석원. 1999. 「유기농산물 생산-소비-유통-제도개선에 관한 연구」 중앙대학교, 농림부.
- 정은미. 2006. 「친환경농산물의 거래 특성」 연구보고서 W32. 농촌경제연구원.
- 조완형. 2004. 「친환경농산물의 생산-소비-유통의 특성 분석과 개선방향에 관한 연구」 고려대학교 박사학위 논문.
- Cho, Bo-Hyun. 2004. *Three Studies on the Economics of Food Safety*. Ph.D. Thesis, Ohio State University.
- Darby, M. and E. Karni. 1973. "Free Competition and the Optimal Amount of Fraud" *Journal of Law and Economics* 16: 67-88.

- Gibbons, R. 1992. *Game Theory for Applied Economists*. Princeton
- Kirchhoff, S. 2000. "Green Business and Blue Angels" *Environmental and Resource Economics* 15(4)
- McCluskey, J. J. 2000. "A Game Theoretic Approach to Organic Foods: An Analysis of Asymmetric Information and Policy" *Agricultural and Resource Economics Review* 29(1): 1-9.
- Nelson, P. 1970. "Information and Consumer Behavior" *Journal of Political Economy* 78: 311-329.
- Roe, B. and I. Sheldon. 2007. "Credence Good Labeling: The Efficiency and Distributional Implications of Several Policy Approaches" *American Journal of Agricultural Economics* 89(4): 1020-1033.
- Shannon, C.E. 1948. "A Mathematical Theory of Communication" *The Bell System Technical Journal* 27: (JUL)379-423, (OCT)623-656.
- Golan, A., G. Judge and L. Karp. 1996. "A Maximum Entropy Approach to Estimation and Inference in Dynamic Models or Counting Fish in the Sea with Maximum Entropy" *Journal of Economic Dynamics and Control* 20: 559-582.
- Lee, T.C. and G. Judge. 1996. "Entropy and Cross-Entropy Procedures for Estimating Transition Probabilities from Aggregate Data" In D.A. Barry et al. (ed.) *Bayesian Analysis in Statistics and Econometrics*. New York: John Wiley and Sons.