

농업정책결정지원을 위한 국가간 식량 수급 모델링 및 GIS 분석에 관한 연구

김대식 * · 이상무 **

서울대학교 대학원 농공학과 * · 경북대학교 농과대학 **

A Study on the Import-Export Modeling and GIS Analysis of the International Provisions for the Agricultural Policy Decision Support

Kim, Dae Sik * · Lee, Sang Mu **

* Dept. of Agricultural Eng., Graduate School, Seoul Nat'l Univ.

** Agricultural College, Kyung-Buk Nat'l Univ.

ABSTRACT

In this study, a model was developed to analyze the capacity and the total price of the agricultural products marketing between nations through the estimation of the production and consumption amount of the agricultural products in each nation and the analysis of the price and transport cost to each nation. The method which can contribute to the agricultural policy decision support was devised. The main concept of the method is to compute the potential import-export amount and total cost among the nations. In the application, wheat was selected to evaluate the model. The application results showed that the model could analyzed the unit consumption and storage amount per capital of each nation and the price and transport cost per unit weight from each export nation, provided the policy decision maker with the basic data analyzed by GIS.

I. 서 론

GATT/UR협상의 타결로 국제무역 자유화가 진전되어 농산물의 무역이 확대되고 있으며, 최근 발생한 엘니노와 라니냐 현상은 전세계의 기온과 강우패턴에 영향을 미치고 있어 잠재적으로 세계식량안보에 많은 영향을 끼칠 것으로 예측되고, 전세계의 토양 비옥도의 저하와 더불어 수자원의 희소성과 부적절한 분배, 환경보존에 의한 개발제한 등은 식량생산을 제약하고 있다. 또한 세계 인구의 2/5이상이 살고 있는 중국과 인도와 같이 인구가 많은 나라들의 빠른

경제성장으로 미래의 곡물 수요, 식량생산능력, 수출입 정도에 많은 변화를 가져올 것이며, 이렇게 인구가 많은 나라들의 급격한 경제 성장과 더불어 수요의 급증에 의한 자국내 농업정책의 변화가 여타 주변 국가들에게도 상당한 영향을 주어 앞으로 세계의 식량문제를 더욱 야기시킬 것으로 보인다.¹³⁾¹⁴⁾

미국, 캐나다 등의 주요 곡물생산국들의 기후조건이 열악해진 지난 1994, 1995년에는 주요 곡물인 밀과 옥수수가 그 전년도에 비해 2배 이상 폭등하는 양상을 보였으며, 인도, 파키스탄 등의 주요 곡물 수입국이 자국의 경제적 이익

을 위하여 순수출국으로 바뀌는 결과를 초래하였다. 이것은 세계 곡물량과 곡물가격은 언제든지 변할 수 있다는 것을 뜻하며, 상시 이에 대한 자국의 대비체계를 갖추어야함을 보여주는 중요한 의미를 가진다. 곡물가격 상승과 재고량의 감소에 영향을 주는 중대한 요소들은 서유럽과 북미지역의 정책적인 가격보조 감소, 구소련지역의 생산량 감소, 중국의 육류 및 사료곡물에 대한 수요의 급증 등 많이 존재하고 있다.¹⁴⁾

이제 농산물은 더 이상 식품으로서의 기능만 가지는 것이 아니라 국가간에 무역 상품으로 유통이 이루어지는 현대적 의미의 산업으로 변모되었으며, 전세계 곡물 선진국들이 정보화에 초점을 맞추고 있는 중점 산업으로 바뀌었다. 이는 자급위주의 폐쇄적 유통구조로부터 시장경제에 의한 개방적 유통구조로의 전환을 의미하며, 농산물의 생산과 아울러 유통과 가공이 가격결정에 중요한 수단이 되고, 농업에 종사하는 관련인의 경제적 이익을 결정하는 중요한 요소가 되고 있으며, 국가의 식량안보에 있어서도 중요한 역할을 하고 있다.³⁾⁴⁾⁶⁾⁷⁾¹⁵⁾

그러나 대부분의 국가들이 농업부문에 대한 정부의 개입을 축소하고 있는 실정이므로 생산부족과 수입가격의 급변에 대한 위험관리는 국가 식량안보에 필수적요소가 되었다. 이러한 국가식량안보와 환경보존이라는 두가지 문제를 감안한 최선의 농업정책방안은 국내 생산을 안정시키고 국내외 농산물에 대한 수출입의 다변화를 위한 정보체계를 갖추는 것이다.¹⁶⁾ 농산물은 특성상 변질되기 쉬운 유기질로 구성되어 있으므로 공산품과는 다른 유통특성을 가지고 있고, 공급의 계절성이 분명하며, 지역적인 특성을 가지고 있을 뿐 아니라, 생활 필수품에 해당하여 수요의 탄력성이 낮아 수급에 차질이 생기면 가격이 급변하는 성질이 있으므로 농산물의 수급 안정을 유지하기 위해서는 주요 품목별 생산 국가에 대한 생산량과 소비량 및 수출입 가능량을 항상 빠르게 파악할 수 있는 방법이 모색되어야 한다.⁷⁾¹⁵⁾

본 연구의 목적은 농산물 생산국의 생산량, 소비량을 분석하여 수출입 가능량과 수출입비용을 분석할 수 있는 모델을 개발하고, GIS를 이용하여 국가간의 공간적인 수출입 잠재량, 수출입 대상국에 이르는 비용최소거리 및 전체 수출입 가격 곡면을 추정하여 농업정책수립을 지원할 수 있는 방법을 개발하는 것이다.

I. 세계 식량 문제와 농산물 유통의 정보화

2.1 농수산물의 수출입 현황

최근 우리나라의 대외 농산물 수출입 현황을 살펴보면, 1994년부터 1997년까지 농수산물 전체 수출입에 의한 무역수지는 <표 1>에서 보는 바와 같이 매년 57억, 70억, 86억, 79억으로 4년 합계 292억불, 년평균 73억불의 무역적자를 기록하고 있다. 이 중에서 순수 농산물은 매년 적자액의 65%인 48억불을 기록하고 있으며, 중요한 곡물이 전체 농수산물 무역적자의 매년 평균 27%를 기록하고 있다. 곡물 중에서 밀의 무역적자액은 매년 평균 6.4억불로 전체의 약 9%를 차지한다. 앞으로 농산물 무역자유화와 국내 농업생산기반의 증가율의 둔화로 볼 때 농수산물의 무역적자는 점점 더 증가할 것으로 보인다.

2.2 세계 식량 문제

현재 식량불안 상태에 있는 세계 인구는 약 10억에 달하며, 여기에 부족한 식량문제의 해결책은 식량부족국의 생산량을 증대시키는 것이 최우선 방안이다. 또한 식량안보가 불안한 국가의 지도자들의 사고가 근본적으로 전환될 필요가 있다. 지난 25년동안 세계의 농업생산성 향상을 위해 연구개발에 집중적으로 투자하여 농업생산량이 인구증가보다 빠른 속도로 증가해왔으나, 실제로 1985년부터는 인구증가와 동일한 증가 속도를 유지하고 있는 실정이다.¹⁷⁾ 세계 곡물의 생산량, 소비량 및 재고량 자료를 살펴보면 1993년부터 1998년까지 재고량/소비량 비율이 <표 2>와 같이 1993년 19.1%에서 1997년 14.9%로 점차 감소하고 있다.¹⁴⁾

그러나 이런 완만한 세계 곡물량 변동과는 달리 1995년 이후 세계 곡물 재고량의 감소에 따라 곡물가격이 폭등하였고, 이는 세계 각국의 식량안보문제를 야기시켰다. 또한 주요농산물 생산국의 농업정책이 시장지향성, 환경분야에 대한 관심의 증가로 점차 생산량의 증가가 둔화될 것으로 보이며 장기적으로 가격하락이 기대되지 않는다. 또한 몇몇 곡물 생산 선진국을 제외한 대부분의 저소득 국가들은 식량의 공급이 인구의 증가를 따라가지 못할 것으로 예측되므로 필히 식량불안에 직면하게 될 것으로 보인다.¹⁸⁾ 이러한 세계의 식량생산능력은 식량수입에 대한 의존도가 심화되고 있는 상당수 개발도상국의 식량안보에 중요한 의미를 가진다. 저소득 국가의 경우에 곡물 소비에서 수입이 차지하는 비중이 1980년 8%에서 1996년에 12%로 증가하였으며,

<표 1> 농수산물 수출입량

단위 : 백만(kg, \$, %)

년도	품목	수출중량	수출금액	비율*	수입중량	수입금액	비율*	무역수지	비율*
94	농수산물	1,621.1	3,046.3		29,819.9	8,722.7		-5,676.4	
	농산물	770.7	833.3	27	19,098.4	4,507.1	52	-3,673.8	65
	곡류	3.0	3.1	0	11,991.2	1,513.3	17	-1,510.3	27
	밀	2.1	1.2	0	6,056.5	783.5	9	-782.3	14
95	농수산물	1,652.7	3,467.7		32,878.3	10,520.6		-7,052.9	
	농산물	781.0	1,085.7	31	21,002.7	5,677.1	54	-4,591.4	65
	곡류	8.1	5.3	0	12,552.5	1,898.5	18	-1,893.2	27
	밀	7.1	3.3	0	2,342.0	467.3	4	-464.0	7
96	농수산물	1,745.5	3,464.4		34,246.1	12,020.5		-8,556.1	
	농산물	904.9	1,164.1	34	22,940.9	6,911.7	57	-5,747.6	67
	곡류	11.3	6.6	0	13,304.9	2,597.2	22	-2,590.7	30
	밀	10.5	5.2	0	3,183.6	725.0	6	-719.8	8
97	농수산물	1,891.7	3,339.5		33,298.1	11,248.3		-7,908.8	
	농산물	979.2	1,190.0	36	21,650.0	6,336.0	56	-5,145.9	65
	곡류	14.1	7.1	0	11,916.3	1,916.7	17	-1,909.5	24
	밀	13.5	6.0	0	3,325.8	594.2	5	-588.2	7

주) * : (해당품종 수출입금액 또는 무역수지/각년도의 농수산물 수출입금액)×100(%)

자료 : 농림부, 1998. 농산물 수출입통계.

<표 2> 세계 곡물의 생산량, 소비량 및 재고량¹⁴⁾

단위: 백만톤

구분	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98(예측)
생산량	1,729	1,782	1,728	1,877	1,869
소비량	1,764	1,801	1,796	1,847	1,867
재고량	345	318	258	282	280
재고량/소비량 (%)	19.1	17.7	14.0	15.1	14.9

특히 북아프리카 지역은 식량소비의 50%를 수입에 의존하고 있는 실정이다.¹⁸⁾ 1996년 11월 이탈리아 로마에서 열린 세계식량정상회의(World Food Summit)에서는 식량원조 수혜국의 가능성이 있는 나라를 66개국으로 지정하고, 이들 국가에 대한 식량안보상황을 평가한 결과, 1인당 소비량을 기준으로 할 때 2007년에는 1800만톤의 식량이 부족할 것으로 예측되었으며, 이를 1인당 최소영양필요량을 기준으로 볼 때 2007년에는 2400만톤의 식량이 부족할 것으로 예측되고 있으며, 2007년에는 66개국 중에 39개국이 영양필요량을 충족할 수 없을 것으로 보이고 이에 해당하는 인구는 약 12억으로 예측되며 이 수치는 66개 개도국의 2007년 예측 인구인 29억의 41%에 해당된다.¹⁸⁾ 이러한 예측 결과들은 앞으로 곡물 선진국과 후진국사이에 농산물의 수출입량이 점차

증가될 것을 의미한다. 세계 농산물 시장의 자유화는 식량 수입국의 시장접근성을 증가시키고 시장의 효율성을 증대시킬 것이다. 이에 따라 수출구조를 다변화시킨 나라들은 이익을 보고 그렇지 못한 국가는 손해를 볼 가능성이 많다. 또한 아시아 지역에서도 영양필요량을 기준으로 할 때 2007년에 687만톤의 식량이 부족할 것으로 예측된다.¹⁹⁾

2.3 국가 농산물 유통의 정보화

정부가 개입해야할 필요가 있는 산업과 규제방식에는 시장진입 등과 같은 경제적 규제와 안전, 환경 등에 관한 사회적 규제가 있다. 이 중에서 물류운수산업에 관한 규제는 규모의 경제, 파괴적인 경쟁지양, 유치산업의 보호, 내부

보조에 의한 비수익서비스 유지를 그 목적으로 하고 있으며, 최근들어 세계 각국은 이러한 물류우수산업에도 시장의 원리에 의한 경쟁이 도입될 수 있다는 인식을 변화시키고 있으며 경쟁력을 위해서는 정보화가 필수적이다라는 인식을 같이하고 있다.¹⁾ 현재 우리나라의 물류관련 정보화는 건설교통부의 종합물류정보망과 지능형교통시스템, 통상산업부의 상역망과 산업망, 관세청의 통관시스템, 재정원의 금융망과 보험망, 국방부의 국방망, 조달청의 조달 EDI 등으로 기관 부처별로 구축되어 있어 통합된 정보를 생산하기 어려운 실정이다.²⁾ 이러한 물류체계의 비효율성은 고비용경제구조를 심화시키며, 이를 극복할 수 있는 정책대안 중에 가장 기본적인 것은 물류정보화의 체계화와 신속한 서비스의 제공이라 할 수 있다. 이에 따라 우리나라는 최근에 물류비 절감과 산업정보화를 위하여 종합물류망 구축사업을 실시하고 있는 실정이나 미국, 일본, 네덜란드, 싱가포르 등의 주요 물류 선진국들은 이미 1980년대 초반부터 물류부문의 정보화를 추진하여왔으며, 최근에는 첨단통신기술을 이용하여 실시간에 화물과 화물차량을 관리할 수 있도록 물류운영의 첨단화를 달성하였다.²⁾

다른 선진국에 비해 현재 우리나라는 이부문에서 경쟁력이 매우 낮은 편이다. 이러한 물류체계의 개선을 위하여 물류체계를 계층별로 세분화하여 개선대안을 체계적으로 정립해야 할 것으로 보고 있다.²⁾ OECD는 물류체계를 5단계인 물류정보기반(Infrastructures), 물류정보운용(Operations), 물류정보시스템(Logistics Information Systems), 물류정보자원(contents), 물류정보관련제도(institutions)로 분류하고 있다. 우리나라의 경우에 각 단계별로 현재 실태를 파악해보면 물류정보기반에서는 사용자 수용환경의 미조성, 전국적 무선통신망의 미구축, 물류정보운용에서는 정보망간 연계 운영체제 미비, 사용자에 대한 서비스 제공체제 미비, 물류정보시스템에서는 정보의 공동이용에 대한 인센티브 부족, 물류정보자원에서는 정보의 서비스 미흡과 일관된 종합서비스 제공 체제의 미비, 물류정보관련제도에서는 관련법규의 부처별 분산, 정보망간 연계 운영 미흡 등의 많은 문제점을 가지고 있다.²⁾

이들 문제점을 종합적으로 분석해보면 물류에 관한 정보의 수집, 분석, 체계적 종합 및 사용자에 대한 제공 등 모든 것이 미흡한 상태이다. 이들 중에서 물류정보의 체계적 종합 및 사용자에 대한 정보의 제공은 현재 진행중에 있는 국가 종합 물류망 구축 사업이 완료되면 어느정도 해결될

것으로 기대된다. 그러나 정보의 수집 및 분석에 대해서는 앞으로 많은 연구와 기반의 구축이 요구되며 세계 무역자유화 시대를 맞이하여 이부문에 더욱더 많은 투자를 해야 할 필요가 있다. 특히 대외 무역의 경우에 공산품에 비해 생산 및 출하와 수출입량이 국가별·시기별로 불확실한 제 1차 유통산업⁶⁾으로 분류되는 농수산물의 경우에는 더욱더 빠른 정보의 수집과 분석이 절실히 요구될 것으로 판단된다.

Ⅲ. 국가간 농산물 수급 모델링

3.1 공간적 균형 모델 (Spatial Equilibrium Model)

다지역(multi-regional) 또는 다국가(multi-country)간의 무역해석에 이용될 수 있는 모델들 중에서 경제(economy), 공간(space) 및 운송(transport)에 관한 요소들을 고려할 수 있는 모델들은 <표 3>과 같이 여섯 개로 정리할 수 있다.¹⁶⁾ 특히 공간해석모델에서 중요한 것은 상호지역 또는 국가간에 운송에 의한 경제효과를 해석할 수 있느냐하는 가능성이다. 이에 대하여 이들 모델들은 각기 장단점을 가지고 있는데, <표 3>과 같이 가격, 수송가격/비용, 수송활동효과, 상호연결, 수송의 생산성 및 계산의 용이성의 여섯가지의 기준(criteria)으로 평가해보면, 3번과 6번을 제외하면 대부분 다양하게 효율적이지 못한 것으로 분석된다.¹⁶⁾ 3번과 6번 중에서도 6번인 일반균형모델이 모든 점에서 더욱 포괄적이다. 그러나 여섯번째 계산의 용이성과 결과의 확실성 측면에서 용도가 없는 것으로 나타난다. 그러므로 일반적인 공간균형모델을 바탕으로 하여 본 연구의 목적에 해당되는 신속한 정보의 분석 및 제공이 가능한 방안이 강구되어야 한다.

3.2 모델의 개발

임의 농산물에 대한 국가별 수급 해석은 국가별 시기별 생산량, 소비량으로부터 유통량(수출입량)을 분석해내는 것이다. 이의 분석에 의해 외국의 각 국가별 수출입 가능량을 예측할 수 있으므로 우리나라의 국내외 농산물의 수출입 정책과 국내 농업정책에 효율적으로 수립할 수 있을 것이다. 임의 지역별 농산물 수지는 이(1996) 등이 국내 임의 지역의 농산물 생산량과 소비량의 차이에 대한 공급여력을

〈표 3〉 경제, 공간 및 운송사이의 관계해석에 이용되는 다지역 모델들의 비교¹⁶⁾

criteria model	endogenous prices	endogenous transport price/cost	effect of transport activity on economic variables	intersectoral linkage	production of transport included	computability easy and certainly solvable
1. input-output	no	no	no	yes	no	yes
2. econometric	no	no	no	no	no	yes
3. hybrid sequential	possible	possible	no	possible	possible	yes
4. spatial price equilibrium	yes	no	no	no	no	no
5. linear endogenous price	yes	no	no	yes	no	yes
6. computable general equilibrium	yes	yes	yes	possible	yes	no

분석한 식 (1)의 유통잠재력공식(Marketing potential equation)에 의해 해석이 가능하다.

$$\Phi_i^t = P_i^t - C_i^t + \Delta_i^t \quad (1)$$

여기서, i 는 지역, t 는 시기를 나타내고, Φ_i^t 는 공급여력 즉, 유통량이며, P_i^t 는 생산량, C_i^t 는 소비량, Δ_i^t 는 저류량(재고량)이다. 식 (1)에 의해 임의지역의 임의 시기에 농산물의 유입량 또는 유출량의 분석이 가능하다. 위 식 (1)을 농산물 생산 및 소비국가를 하나의 단위로하고 국가별 수출입량과 국가별 가용 농산물에 대한 수지식으로 전개하면 식 (2)와 같이 정의할 수 있다.

$$P_i^t - C_i^t + I_i^t - E_i^t + \Delta_i^{t-1} - \Delta_i^t = 0 \quad (2)$$

여기서, i 는 국가, t 는 시기, I_i^t 는 수입량, E_i^t 는 수출량이며, Δ_i^{t-1} 는 이전 시기의 저류량이 현재의 가용량으로 된 것을 말한다. 식 (2)에서 국가별 저류량은 매 시기마다 거의 일정하고 이것을 각국이 항상 유지한다고 가정하면 실제 가용량을 기준으로하여 식 (2)로부터 식 (4)와 같이 간략히 국가별 농산물 수지식(national agricultural products balance equation)을 정의할 수 있다.

$$\Delta_i^{t-1} - \Delta_i^t = 0 \quad (3)$$

$$P_i^t - C_i^t + I_i^t - E_i^t = 0 \quad (4)$$

식 (4)를 만족하기위해서 각국은 무역자유화와 시장경제의 원칙에 의해 수출입정책을 시행하고, 자국내의 인구당

가용 농산물을 충족하도록 생산, 소비, 수출입량을 결정한다는 가정이 필요하다. 이것은 국가내 생산량과 소비량의 차이는 수입량과 수출량의 차이와 같다는 것을 의미한다. 또한 생산국은 잉여량만큼 수출하며 수입국은 부족량 만큼 수입하고, 각국은 재수출(re-exports)를 하지않는다는 전제하에서, 임의 수입국가가 임의 품목에 대하여 수입해야할 수입총량은 수출국과의 관계에서 식 (5)와 같이 정의할 수 있으며, 수출국의 경우에는 식 (6)과 같이 정의할 수 있다.

$$I_i^t = \sum_j E_{ij}^t \quad (5)$$

$$E_j^t = \sum_i I_{ij}^t \quad (6)$$

여기서, i 는 수입국, j 는 수출국이다. 식 (5)와 식 (6)에 각국의 수출품의 가격과 수송비용을 고려하면 다음과 같이 수입총액과 수출에 의한 수출총액에 대한 식을 정의할 수 있다.

$$IC_i^t = \sum_j (p_j E_{ij}^t + d_{ij} E_{ij}^t) \quad (7)$$

$$EB_j^t = \sum_i (p_i I_{ij}^t - d_{ij} I_{ij}^t) \quad (8)$$

여기서, IC_i^t 는 수입국 i 의 수입총액, EB_j^t 는 수출국 j 의 수출총액, p_j 는 수출국 j 의 단위가격, d_{ij} 는 i 국과 j 국 사이의 시장이익을 포함한 단위수송비용¹⁶⁾을 나타낸다. 식 (7)은 수입국이 수송비용을 부담할 경우를 나타내며, 수출국이 수송비용을 부담할 경우에는 수송비용항을 무시할 수 있다. 식 (8)은 수출국이 수송비용을 부담할 경우이며 수입

국이 수송비용을 부담할 경우 수송비용항을 무시할 수 있다. 수출입국간의 단위수송비용은 단위무게 및 거리당 수송비와 운송거리로부터 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$d_{ij} = ux_{ij} \quad (9)$$

여기서, u 는 단위무게 및 거리당 수송비용, x_{ij} 는 i , j 국간의 거리이다.

각 수입국이 정해진 수입물량을 최소의 비용으로 수입한다¹⁶⁾는 전제하에 임의 수입국의 수입비용을 최소화 할 수 있도록 식 (7)에 의해 식 (10)과 같은 목적함수를 유도할 수 있다.

$$\text{minimize } IC_i^t = \sum_j (p_j + d_{ij})E_{ij}^t \quad (10)$$

subject to:

$$-I_i^t + \sum_j E_{ij}^t \geq 0 \quad \forall i \quad (11)$$

$$E_j^t - \sum_i I_{ij}^t \geq 0 \quad \forall j \quad (12)$$

$$E_j^t \geq 0 \quad \forall j \quad (13)$$

한편, 수출국에 대해서는 수출이익을 최대화할 수 있도록 식 (8)에 의해 식 (14)와 같은 목적함수를 유도할 수 있다.

$$\text{maximize } EB_j^t = \sum_i (p_j - d_{ij})I_{ij}^t \quad (14)$$

위에서 유도된 지배방정식 (10), (14)는 결국 수송물량과 가격이 정해진 상태에서 수송비용을 최소화¹⁶⁾하는 것을 의미한다. 식 (10)으로부터 세계 모든 수입국이 동시에 수입을 한다고 하면, 각 수입국의 수입량을 최대한 만족하면서 수입비용 전체를 최소화하는 식을 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\text{minimize } \sum_i IC_i^t \quad (10)$$

3.3 GIS에 의한 수급 모델링

GIS의 기능은 공간자료를 저장, 검색, 연산할 수 있는 공간데이터베이스로서 지형정보를 대상으로하는 분야에 많이 사용되고 있다. 본 연구에서는 국가별·농산물별 연간 수출입량을 분석하기 위한 모형을 개발하기 위하여 GIS 소프트웨어인 ARC/INFO의 기능을 이용하였다.

3.3.1 자료층의 설계

본 연구에서는 세계의 국가별 Polygon자료를 구축하여 속성자료를 생산량, 수요량, 수출입량, 인구, 국가번호, 국가명, 물품가격 등으로 설정하여 입력하였다. 이로부터 모형의 분석에 필요한 각 격자지도를 생성하고, 이 격자지도 중에서 수출입량의 잠재력도는 등잠재력도를 생성하는데 이용되도록 하였다.

3.3.2 격자지도 분석

가) 수출입 잠재량 수치지도모델

수출입량을 수치지형 모델로 나타내기 위해서는 생산량과 수요량을 격자자료로 표현한 후 식(4)를 수행한다. 생성된 DTM으로부터 포텐셜 흐름을 해석하기 위해 적절한 DTM으로 변환하는데 필터링(Filtering)을 이용한다. 이의 최종처리에 필요한 ARC/INFO의 기능은 latticecontour, watershed 등이다.

나) 수출입 최적화 분석

수입비용을 최소화하고 수출이익을 최대화할 수 있는 최적해를 GIS 분석 기법을 통해서 얻기 위해서는 격자자료로 구성된 각국의 수출입잠재량 격자지도, 가격 격자지도, 공간적인 위치에 의한 수송비 격자지도로부터 수입최적화 대상국가와 물량, 수출최적화 대상국가와 물량을 산정한다. 여기에 사용되는 GIS 함수는 GRID 모듈에서 기본적인 지도대수(map algebra)와 COSTALLOCATION, COSTPATH 등이다.

IV. 모형의 적용

모형의 적용을 위해 우리나라 수입 곡물 중에 대표적인 밀을 선택하였다. 밀은 우리나라에서 두 번째로 많이 소비되는 곡물로서 생산량이 비교적 적어 대부분 수입에 의존하며 <표 1>에서와 같이 전체 농수산물 무역적자의 9%를 차지한다. 그러므로 수입의 다변화를 위한 정책수립에 많은 유통정보가 필요한 품목이다. 1997년 밀의 자료를 이용하여 각 생산국의 인구당 일별 단위 소비 및 보유량을 분석해보고, 각 국간의 공간적인 수출입 잠재량과 수입최적화 방안을 분석하는데 적용하였다.

4.1 밀 생산국의 인구당 일별 단위소비 및 보유량 분석

본 연구에서 인구당 일별 단위소비 및 보유량이라고 하면 직접 소비량 및 국내 보유량을 합한 것으로서 국가내에서 인구 1인당 1일 필요량으로 환산한 것이다. 이것은 식 (4)로부터 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$C_{ij} = 365c_{ij}N_{ij}$$

$$c_{ij} = \frac{(P_{ij} + I_{ij} - E_{ij})}{365N_{ij}}$$

여기서, C_{ij} 는 일별 단위 소비 및 보유량, N_{ij} 는 인구 수를 나타낸다. 식 (17)에 의해 1997년 밀의 생산국에 대한 인구당 1일 단위소비 및 보유량을 분석한 결과는 21개국에 대하여 <표 4>와 같이 나타났다. <표 4>는 생산량이 많은 순으로 정리한 것인데, 26개 밀 생산국 중에서 생산량이 122.6 백만톤으로 가장 높은 중국은 수출량 없이 52백만톤을 수입하였으며, 국내 단위소비 및 보유량이 높으면서 수출량이 높은 나라는 *표시한 미국, 오스트레일리아, 캐나다, 아르헨티나 순으로 나타났다. 또한 1997년에는 수출량이 없거나 적지만 앞으로 수출이 가능한 나라는 단위소비 및 보유량이 700(인구 1인당 1일 곡물 섭취량을 평균 350g³⁾으로 볼 때, 보유량을 감안하여 본 연구에서는 700g으로 정의한다.)

이상으로만 볼 때 <표 4>에서 **표시한 브라질, 터키, 루마니아, 헝가리, 불가리아로 나타났다.

4.2 밀 생산국의 수출입량의 공간적 분석

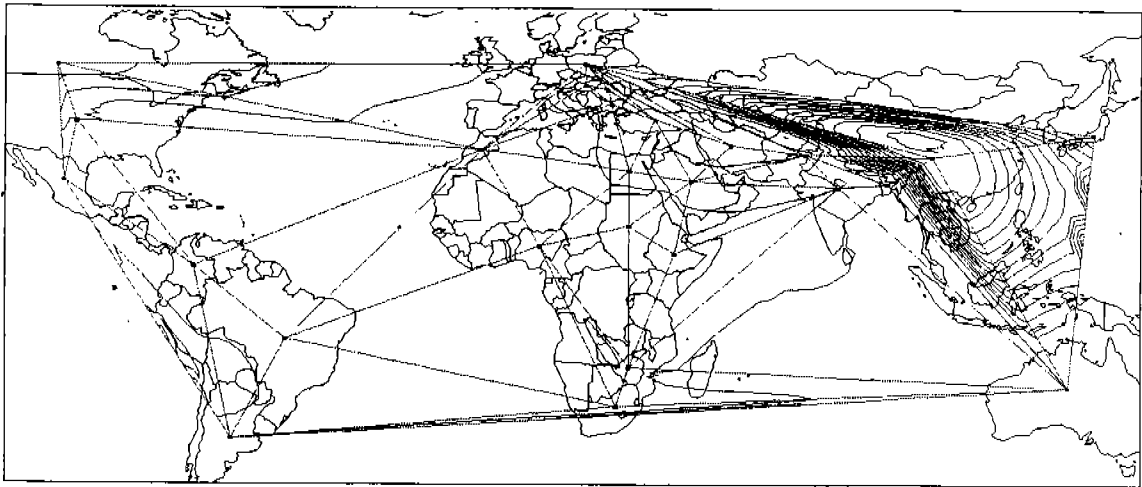
앞으로 여러 가지 요인에 의하여 농산물의 생산량은 국가별로 많은 변화를 가져올 것이다. 이에 따라 본 연구에서는 장차 임의의 국가에서 생산량, 소비량 또는 인구당 단위 소비 및 보유량이 급격히 변할 경우에 수출입량의 잠재량이 어떻게 변할 것인가를 모의 분석하고 이에 따라 국내의 농산물 수출입 정책수립을 위한 기초자료를 제공하기 위한 예로서, 1997년의 각국의 생산량을 고정시키고 자국내 인구당 단위소비 및 보유량을 각 100%이내에서 임의로 증감시킨 시나리오를 설정하여 각국의 수출입 잠재량을 계산하였다. 이에 대하여 밀의 생산국별 단위소비 및 보유량과 자국내의 판매가격을 <표 5>와 같이 임의로 설정하였다.

이로부터 시나리오에 의해 분석한 결과를 부족국과 잉여국으로 나타내면 <그림 1>과 같으며, 이들의 구체적 수치는 <그림 2>와 같다. <그림 2>에서 수출입량이 음의 값을 가

<표 4> 밀 생산국의 생산량, 수출입량, 인구당 단위소비 및 보유량 (1997년)

국가명	인구	밀생산량 (백만톤)	밀수입량 (백만톤)	밀수출량 (백만톤)	단위소비 및 보유량(g)
중국	1,247,315	122.6	5.2	0.0	276.8
미국*	268,189	68.8	0.0	27.0	675.3
인도	970,230	68.7	1.5	0.6	192.6
브라질**	167,046	36.8	6.5	0.0	710.2
캐나다*	30,101	24.3	0.0	17.9	2,211.7
터키**	64,293	18.7	0.0	0.9	796.9
오스트레일리아*	18,550	18.6	0.0	18.3	2,658.5
파키스탄	148,686	16.3	2.4	0.1	307.7
아르헨티나*	35,405	14.3	0.0	9.4	1,067.9
이란	70,136	10.2	6.9	0.0	668.0
폴란드	38,521	8.2	0.0	0.1	583.2
루마니아**	22,720	7.0	0.0	0.2	844.1
이집트	64,445	5.8	6.9	0.0	522.9
헝가리**	10,037	5.3	0.0	0.7	1,446.7
불가리아**	8,686	3.8	0.0	0.0	1,198.6
멕시코	97,245	3.4	1.9	0.0	149.3
모로코	28,092	2.3	1.6	0.0	380.4
남아프리카공화국	43,325	2.3	0.0	0.1	145.4
에티오피아	58,414	1.7	0.1	0.0	84.4
사우디아라비아	19,072	1.5	0.1	0.0	229.8
방글라데시	125,898	1.5	1.1	0.0	56.6
일본	125,672	0.6	5.9	0.4	130.8
수단	29,631	0.6	0.5	0.0	101.7
짐바브웨	11,764	0.3	0.0	0.0	69.9
나이지리아	118,369	0.1	0.0	0.0	2.3
콜롬비아	36,200	0.1	0.9	0.0	75.7

주) *, **: 단위소비 및 보유량이 700g이상인 국가로서 수출이 가능한 국가로 분류함.



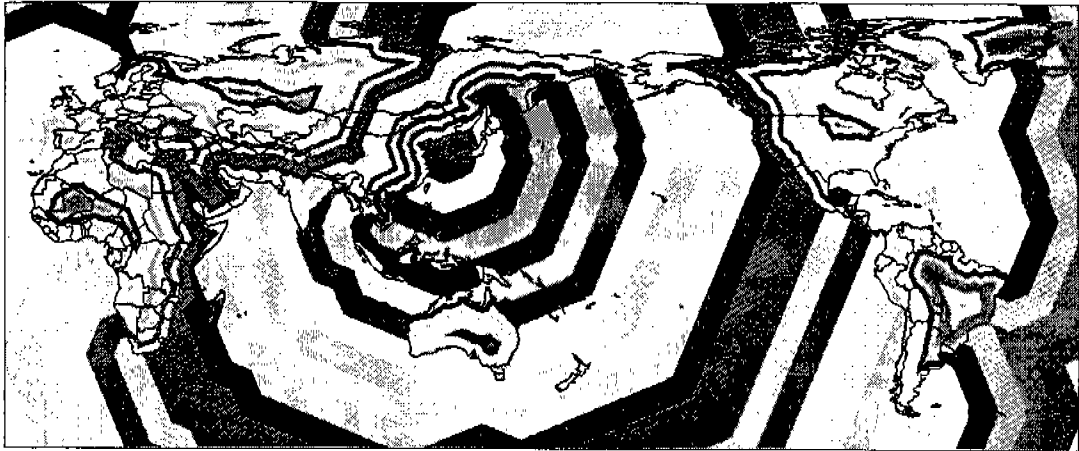
〈그림 3〉 밀의 수출입 잠재력도

99.7%(441백만톤/442백만톤)가 해상으로 운송된 것¹⁾을 감안하여, 해상운송로의 거리에 비례하여 증가하는 것으로 하였으며, 단위무게 및 거리당 수송비용(u)을 $1\$/\text{톤}/100\text{km}$ 로 가정하였고 육상운송은 해상운송의 다섯배인 $5\$/\text{톤}/100\text{km}$ 로 가정하였다. 이로부터 모의 분석한 결과는 〈그림 4〉, 〈그림 5〉, 〈그림 6〉과 같이 나타났다. 〈그림 4〉는 우리나라에서 해상운송비와 육지운송비를 고려하여 생성한 수송누가비용 격자지도이며, 〈그림 5〉는 수송누가비용 격자지도에 의해 모의 생성된 각 수출국에 이르는 비용 최단거리(cost shortest path) 격자지도이고, 〈그림 6〉은 우리나라에서 각 수출국에 이르는 상대적 수송비용을 고려한 단위무게당 물품가격 격자지도(식 (10)의 $p_j + d_{ij}$ 를 말한다.)를 단위무게당(톤) 3차원 수입비용 곡면(price and transport cost surface)으로 나타낸 것이다. 분석결과로부터 분석대상시기에 세계 각국의 수출입 가능량, 가격정보 및 각 수출국에 이르는 수송비용을 신속히 분석할 수 있었으며, 이로부터 각 수출국에 대한 국내의 수출입 정책 수립시에 공간적인 의사결정을 신속히 지원할 수 있는 가능성을 보였다. 〈그림 4〉~〈그림 6〉은 임의의 가상 시나리오에 의해 분석된 결과이며, 실제 자료와 정보를 사용하여 〈그림 6〉의 결과를 도출하므로써 각 수출국에 대한 수입량과 수입비용을 실시간에 신속하게 도출할 수 있을 것으로 보인다.

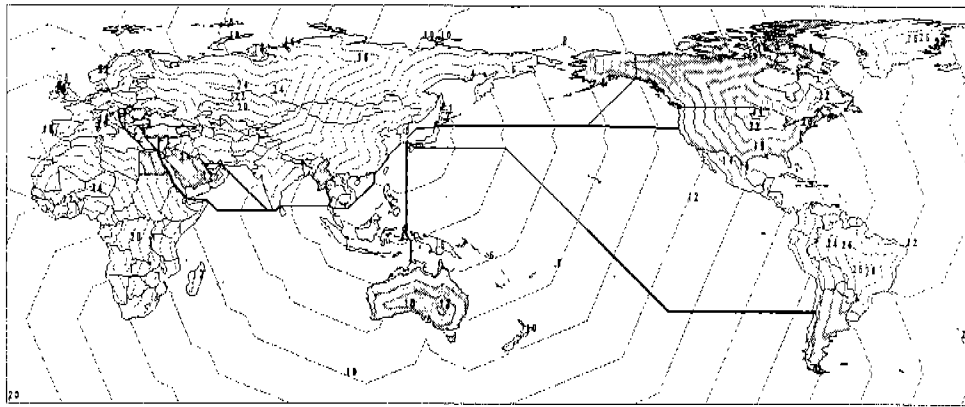
V. 요약 및 결론

본 연구에서는 주요 농산물 생산국의 생산량, 소비량을 분석하여 수출입 가능량을 분석하고 수출입비용을 최적화할 수 있는 모델을 개발하였으며, 국가간의 공간적인 수출입 잠재량과 농산물의 단위무게당 가격 및 수송비용을 공간적으로 분석하여 국가의 수출입 다변화 정책에 기여할 수 있는 방법을 개발하였다. 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 국가 단위의 농산물의 수지를 생산량, 소비량, 수출입량으로부터 분석할 수 있는 간략화된 모델을 개발하였다.
2. 개발된 모델로부터 밀의 생산국에 대하여 국가별 인구당 단위소비량을 분석하여 장차 수출입 가능성을 분석하였으며, 국내 단위소비 및 보유량이 높으면서 수출량이 높은 나라는 미국, 오스트레일리아, 캐나다, 아르헨티나 순으로 나타났고 앞으로 밀의 수출이 가능한 나라는 단위소비량이 700g이상인 국가만으로도 볼 때 브라질, 터키, 루마니아, 헝가리, 불가리아의 순으로 나타났다.
3. GIS 공간분석에 의하여, 임의로 설정된 장래의 자국내 생산, 소비의 급변에 대한 시나리오를 설정하기위하여 각 국의 단위소비량을 100%내에서 증감시켜 국가간 공간적 수출입 잠재량을 분석한 결과, 수출입의 가능지역을 공간적으로 신속히 분석·파악할 수 있었다.
4. 공간분석 기법을 이용하여 우리나라의 신속한 수입정책 수립시에 응용할 수 있도록 각 수출국에 이르는 비용 최단거리(cost shortest path)와 수입가격 및 수출입량의 변화시에 즉각 단위무게당 수입총액을 산정할 수 있게 하였다.

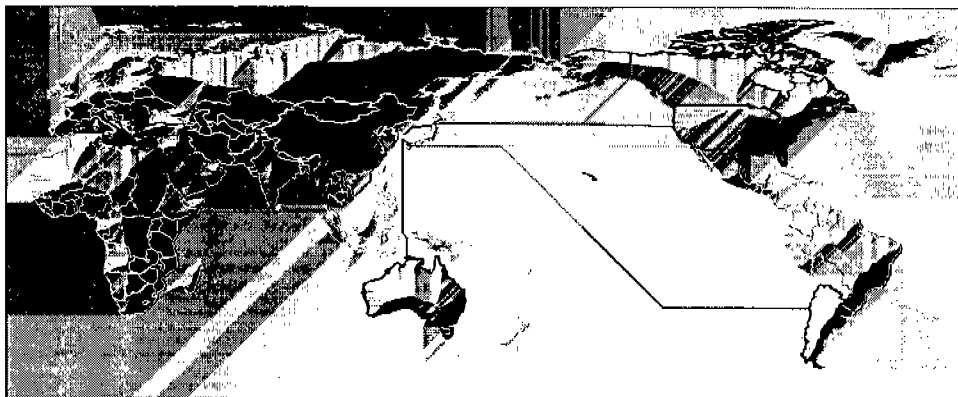


<그림 4> 수송누가비용 격자지도 (격자의 색은 각 누가비용을 등간격으로 구분한 것임.)



— 등수송비용선 — 최단거리노선 수출국

<그림 5> 우리나라에서 각 수출국에 이르는 비용 최단거리 격자지도



— 수출국 경계 — 최단거리노선 단위무게당 가격표면

<그림 6> 단위무게당 3차원 수입비용 곡면

GIS를 포함한 세계 유통에 관한 정보체계를 통합구축하고 세계 농산물에 대한 생산, 소비량 및 가격정보를 더욱 신속히 구할 수 있는 방안을 강구한다면 우리나라 농산물

의 국내 생산과 더불어 변화하는 국외 정세에 능동적으로 대처할 수 있는 농업정책을 수립할 수 있을 것으로 사료된다.

參 考 文 獻

1. 교통개발연구원, 1997, 물류·운송분야 규제에 대한 구조적 개혁방안.
2. 교통개발연구원, 1997, 물류정보화 촉진방안 연구.
3. 김광웅, 1995, 농수산물 유통정보의 발전방안, 농수산물 유통조사 월보, 제6호.
4. 김홍우, 1995, 일본의 농산물유통구조와 우리의 과제, 농수산물 유통조사 월보, 제5호.
5. 보건사회부, 1994, '92국민영양조사 결과 보고서.
6. 신세돈, 1992, 유통산업의 개방효과와 대응전략.
7. 이정재, 김대식, 정하우, 1996, 농산물 유통시설의 적정배치와 운영을 위한 GIS-응용모형 개발, 한국농공학회지 제38권 제2호.
8. 장영국, 1995, WTO출범에 따른 국내농업의 기본적인 대응방향(Ⅰ), 농수산물 유통조사 월보, 제1호.
9. 장영국, 1995, WTO출범에 따른 국내농업의 기본적인 대응방향(Ⅱ), 농수산물 유통조사 월보, 제2호.
10. 조병찬, 1995, 21세기를 맞는 생산자·유통인 그리고 우리의 자세, 농수산물 시장과 유통, 제1,2호.
11. ESRI, 1991, ARC command reference.
12. ESRI, 1991, GRID command reference.
13. IFPRI, 1998, 최근의 세계식량 상황과 그 전망(Ⅰ), 국제식량농업 제40권 제1호.
14. IFPRI, 1998, 최근의 세계식량 상황과 그 전망(Ⅱ), 국제식량농업 제40권 제2호.
15. Jeong J. Lee, Dae S. Kim, Ha W. Chung, 1996, Development of the agricultural products marketing analysis model using GIS, 1996 ASAE Annual International Meeting.
16. Jeroen C.J.M. van den Bergh, Peter Nijkamp and Piet Rietveld, 1996, Recent Advances in Spatial Equilibrium Modelling, Springer.
17. Mathew Shane, Terry Roe, Liloyd Teign & Munisamy Gopinath, 1998, 세계 식량안보와 정책적 딜레마, 국제식량농업 제40권 제2호.
18. USDA-ERS, 1998, 세계 식량 안보 전망, 국제식량농업 제40권 제2호.
19. USDA-ERS, 1998, 아시아지역의 식량안보전망, 국제식량농업 제40권 제2호.