

Research Paper

한반도 단위의 환경자원 소비량 추이와 예측

여민주* · 김용표**

이화여자대학교 환경공학과*, 이화여자대학교 화학신소재공학과**

Trend and Prediction of Environmental Resources Consumption in the Korean Peninsula

Min Ju Yeo* · Yong Pyo Kim**

Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University*
Department of Chemical Engineering & Materials Science, Ewha Womans University**

요약 : 본 연구에서는 남한과 북한의 자료를 통합하여 한반도 단위로 식량과 에너지 자원 소비량 추이를 살펴보고, 여러 Case를 생성하여 통합 이후 한반도의 식량과 에너지 자원 소비량을 예측하고 자원 관리 방향을 제시하였다. 1990년대 이후 북한의 일인당 식량 공급량, 열량 공급량, 단백질 공급량은 모두 남한, 동아시아, 세계보다 낮으며, 동물성 식품군 공급 비중도 남한, 동아시아, 세계보다 매우 낮은 상황이다. 통합 이후 북한이 2011년 남한 수준으로 식량을 소비한다면, 2055년까지의 예상 통합 인구가 최대일 때 통합 한반도의 식량 소비량은 2011년 통합 소비량에 비해 약 25% 증가할 것으로 예상된다. 따라서 사전에 통합 이후 안정적인 식량 공급과 환경 영향 최소화를 위해 소비를 줄이고 농업 생산성을 향상시키기 위한 방안을 마련해야 한다. 북한의 에너지 소비량은 남한에 비해 매우 적으며, 지난 15년간 석탄 사용 구성비가 매우 높았다. 북한의 일인당 에너지 소비량이 2011년 남한 수준으로 증가하면, 통합 한반도의 에너지 소비량은 남한에서의 증가분을 제외하더라도 2011년 통합 한반도의 에너지 소비량에 비해 약 45% 증가할 것으로 예상된다. 따라서 에너지 소비에 의한 환경 영향을 최소화하기 위해 북한의 석탄 구성비를 줄여나가는 방향의 에너지 계획을 수립하고 에너지 설비 확충에 선진 기술 적용하는 방안을 마련해야 할 것이다.

주요어 : 북한, 통합 한반도, 식량 소비, 에너지 소비, 환경자원 관리

Abstract : Trends of food and energy consumptions in South Korea, North Korea, and the Korean Peninsula were shown and consumptions of food and energy for the integrated Korean Peninsula with several Cases were predicted, and the directions for the environmental resources management were suggested in this study. The Food Supply Quantity, the Protein Supply Quantity, and the Food

Corresponding Author: Min Ju Yeo, Dept. of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University, Tel: +82-2-3277-2830, E-mail: iamdasom@empas.com

Co-Author: Yong Pyo Kim, Dept. of Environmental Science and Engineering/ Dept. of Chemical Engineering & Materials Science, Ewha Womans University, Tel: +82-2-3277-2832, E-mail: yong@ewha.ac.kr

Received: 10 May, 2016. Revised: 17 August, 2016. Accepted: 22 August, 2016.

Supply of North Korea were less than those of South Korea, the Eastern Asia, and World after 1990s. However, it is expected that the food consumption in North Korea will increase, if two Koreas are integrated. If the Food Supply Quantity of North Korea is the same as that of South Korea with the maximum projected population of integrated two Koreas by 2055, the food consumption in the Korean Peninsula would increase by 25% compared with the 2011 food consumption of integrated two Koreas. Thus, the choice of diet should be carefully considered and the increase of agricultural productivity is required. Energy consumption in North Korea is very small comparing to that of South Korea and fraction of coal in energy usage of North Korea is very high. If the energy consumption per capita of North Korea after integration be the same as that of South Korea in 2011, the energy consumption in the Korean Peninsula would increase by 45% compared with the 2011 energy consumption of integrated two Koreas. To minimize the environmental effects caused by energy consumption, the energy plan with the reduced fraction of coal in energy supply of North Korea should be adopted and advanced technology with higher efficiency should be applied to establish or expand the energy facility in North Korea.

Keywords : North Korea, Integrated Korean Peninsula, Food Consumption, Energy Consumption, Environmental Resources Management

I. 서론

최근 사회적으로 통일에 대한 관심이 높아지고 있다. 통일 과정과 통일 이후의 한반도 환경문제를 최소화하고 환경자원을 효율적으로 관리하기 위해서는 남한뿐만 아니라 북한의 환경문제, 환경관리 현황에 대한 이해가 필요하다. 북한의 경우 제한적인 정보 공개로 인해 자료 취득에 제한이 있지만, 우리 정부 및 기관에서 북한의 통계자료를 체계적으로 정리하기 위해 노력하고 있으며(KSPI 2013; BOK 2014; KOSTAT 2015), 국제기구와 국내 관련기관에서 북한 환경에 대한 연구를 진행하고 있다.

유엔 환경 계획 (United Nations Environment Programme, UNEP)은 지속적으로 국제전문가들의 참여 하에 북한 환경에 대한 정보를 제공하는데(UNEP 2003, 2012), 2003년 보고서에서 북한 환경실태에 대해 산림 고갈, 수질 오염, 대기 오염, 토지 황폐화, 생물다양성에 대한 결과를 제시하였으며, 2012년에 발간한 북한 환경과 기후변화 전망 보고서에서는 북한의 환경 문제가 심각한 상태이며 경제 회복에 부정적인 영향을 미치고 있는 것으로 평가하였다. 이 결과들을 기반으로 하여 국내에서도 북한의 환경실태에 대한 연구가 수행되고 있으며(KIEP 2012; STEPI

2014a, 2014b), 북한의 에너지 사용 및 대기환경 현황과 관련하여서도 연구 결과가 제시되고 있다(Kim et al, 2011; Kim et al, 2013; KEEI 2013; Kim et al, 2014; KEEI 2015).

북한의 핵문제 해결이 지연되면서 국제사회의 북한 환경부문 지원 사업 규모가 축소되고 대부분의 사업 집행이 중단된 상태이며, 북한지역의 환경문제를 개선하기 위해서는 국제사회의 자금과 기술 지원이 필요하다. 북한 정부는 나름대로 환경문제 해결을 위한 다양한 노력을 기울이고 있으나, 자금 및 설비부족, 관련 정책 시스템 미구축 등으로 효과는 미미하고, 북한의 연구개발 수준은 대부분 이론 중심적이고 환경문제 해결을 위한 체계적 접근을 못하고 있는 것으로 판단된다(STEPI 2014a, 2014b).

국내에서 진행된 북한의 환경 관련 연구의 대부분은 실태를 파악하거나 환경 분야에서의 남북 협력 방안을 찾고자 하는 것으로 남한과 북한의 환경문제에 대해 개별적 접근을 취해오고 있어 한반도에 대한 환경, 사회, 경제에 대한 연구는 미진한 것으로 판단된다. 각종 사회, 경제, 환경지표도 남한과 북한에 대해서 개별적으로 제시되며, 한반도 단위로 제시하는 경우는 인구수 외에는 찾아보기 어렵다.

남한과 북한의 통합 및 통일은 양국뿐만 아니라 동

북아, 나아가 전지구 차원에서도 큰 변화를 가져올 것이라 예상된다. Park (2013)에 의하면, 한반도의 통일은 곧 동북아·동아시아 공동체를 만드는 역사로 이어질 것이고, 한반도 통일을 계기로 중국의 동북 3성 뿐만 아니라 러시아의 연해주와 극동지역도 크게 발전할 것이다. 통일한국의 경제 발전은 동아시아 지역은 물론 글로벌 경제 발전의 촉매 역할을 할 것이라는 전망 결과도 있다(KNDA 2014). 사회 경제 전반에 걸친 변화는 환경에도 영향을 주게 될 것이다. 환경자원 소비량에 영향을 주고 환경자원 소비 과정에서 대기오염물질과 온실가스 배출 등의 환경 영향이 발생할 것이고, 이를 관리하기 위한 정책과 기술적인 대안에도 영향을 주게 될 것이다.

통일 이후 한반도 단위에서 환경 문제를 해결하고, 효율적으로 환경을 관리 및 개선하기 위해서는 남한과 북한을 통합하여 한반도 차원에서 결과를 살펴보는 것이 필요하다. 예를 들어, 대외 환경지표의 하나인 환경성과지수(Environmental Performance Index, EPI)의 경우 2010년 남한은 57.0점으로 163개국 가운데 94위(2014년의 경우, 63.8점으로 178개국 가운데 43위), 북한은 41.8점으로 147위로(Emerson et al, 2010; Hsu et al, 2014) 남한과 북한의 지수 결과가 다르고, 남한과 북한의 결과를 통합하여 한반도 단위로 동일한 지수를 산정한다면 그 결과는 또 다를 것이라는 점을 예상할 수 있다. 남한의 경우 2030년까지의 온실가스 감축 목표를 2030년 기준 시나리오(Business As Usual, BAU) 대비 37%로 설정하였는데(UNFCCC 2016), 통합 한반도의 온실가스 감축 목표를 설정한다면 그 결과는 상이할 것이다. 에너지 소비에 의한 환경 영향을 최소화하기 위한 에너지 정책을 수립할 경우나 대기환경 정책 수립을 위해 우선관리 대상 물질 또는 우선관리 대상 지역 등을 설정할 때에도 남한과 북한에 대한 각각의 결과와 한반도 단위로 살펴본 결과는 상이할 것이라 예상할 수 있다. 예시에서와 같이 인식의 전환을 통하여 통합 한반도 단위로 환경 영향 지표를 살펴보고 환경관리 방향을 설정하고 목표를 수립하는 것은 향후 실질적인 통합 과정에서 갈등과 시행착오를 줄이는데 크게 기여할 것이라 기대된다.

일반적으로 남한과 북한의 분단을 극복한 상황을 '남북통일'이라 명하지만 본 연구에서는 '통일'과 '통합'이라는 두 용어를 사용하였다. Lee (2011)에 의하면 통합은 통일을 이루기 위한 충분조건인 반면, 통일은 통합이 되기 위한 필요조건이다. 통합은 과정과 동시에 결과이지만 통일은 결과에 더 무게가 주어지는 것으로 통합은 화학적 결합으로 통일은 물리적 결합으로 표현할 수 있다. 통합은 통일을 이루는 과정에서 반드시 필요하고 통일 이후에도 끊임없이 이루어져야 한다는 측면에서 매우 중요하다(Lee 2011). 본 연구에서는 체제가 단일화된 결과보다는 통일을 준비하는 과정에서부터 이후 서로 결합하고 화합해가는 과정에서 환경자원 소비를 예측하고자 하였으므로 통일보다는 주로 통합이라는 표현을 사용하였다. Park et al. (2013)에 의하면 통합개념은 통일에 비해 상대적으로 가치중립적이고 분석적인 논의를 가능하게 하고, 장기적이고 포괄적인 과정으로 남북 관계에 접근할 수 있게 해주며, 이질화나 긴장을 적극 수용한다는 점에서 장점이 있다.

통합 및 통일 과정과 통일 이후 남한과 북한의 사회 경제 전반에 큰 변화가 생길 것이라는 것은 자명하며 개별 국가로 존재하는 것보다 빠르게 변화가 생길 것이라는 점을 예상할 수 있다. 독일의 예를 보면, 통일로 인하여 구동독지역에서 과거에 존재하지 않았던 새로운 환경오염이 시작되었는데, 구동독 지역의 생활수준이 상승하여 더 많은 제품을 소비하고, 더 많은 폐기물을 만들어냈기 때문이다(Kim 1994). 독일이 1990년에 통일을 하였는데, 1990년대 초반에 바로 이러한 소비와 폐기물에 대한 문제가 논의된 것을 보았을 때, 한반도의 경우에도 구동독 사례처럼 북한 지역 주민들의 생활수준이 빠르게 상승한다면 한반도의 환경자원 소비는 역시 빠른 속도로 증가할 것이라 예상된다.

현재 일인당 환경자원 소비량은 남한이 북한보다 많지만, 남한뿐만 아니라 북한도 주어진 자연자원보다 더 많은 환경자원을 소비하고 있는 상황이고(GFN 2016), 통일 이후, 주어진 자연자원보다 더 많은 자원을 소비할 때 발생하는 생태적지는 더욱 커질 것으로 예상된다. 그러므로 통합 및 통일 이전부터 한반도 단위로 통합이 된 상황을 가정하여 환경자원 소비

량의 변화를 예측하고 환경관리 방향을 설정하는 것은 인식제고 뿐만 아니라 효율적인 국가 환경 계획 수립, 나아가 동북아 환경협력의 측면에서 중요하다.

본 연구에서는 (1) 남한과 북한의 식량 공급량 추이를 동아시아 및 세계와 비교하여 살펴보고, (2) 남한과 북한, 통합 한반도의 에너지 공급량 추이를 비교하여 살펴보았으며, (3) 남한과 북한, 한반도 단위의 환경자원 소비량을 예측하여 환경자원 관리 방향에 대해 제시하였다.

II. 연구자료와 방법

1. 북한 자료

1) 북한 식량 자료

북한통계는 자료 자체에 결함이 있고 국제표준에 부합하지 않는다는 문제점이 있으며, 비정기적으로 제공되는 것이 많다는 한계가 존재한다. 정기적으로 제공되는 통계조차 대부분이 신뢰성이 없거나 추정치이거나 거울 통계 형태로 존재하는 실정이다(KSPI 2013). 그럼에도 불구하고 보건, 식량 등의 특정 주제에 대해서는 비교적 연속적이고 신뢰성 있는 시계열 데이터를 제공하고 있는데, 이는 세계식량계획(World Food Programme, WFP)과 국제연합식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 등이 북한에 식량지원을 하면서 북한에 대한 현지실사를 해왔고, 북한 조사원들에 대한 통계교육을 함께 수행했기 때문이다. 국제연합식량농업기구의 농림수산 관련 통계는 1995~2004년까지 북한에서 직접 조사하여 생산하였으므로 북한 상황을 보다 정확하게 반영하였다(KSPI 2013). 농촌진흥청에서도 매년 북한의 식량생산에 관한 통계를 추정해 발표해왔지만 2010년 추정치부

터는 일반에 발표하지 않고 있다(BOK 2014).

1990년대 중반 이전 자료는 국제연합식량농업기구 발표 자료이더라도 신뢰도가 낮지만(BOK 2014), 북한 자료의 제한성과 비정기성으로 장기적인 증감 등의 거시적인 추이를 살펴볼 수 있는 자료이므로 본 연구에서는 현재 국제연합식량농업기구에서 제공하는 최장기간인 1961년부터 2011년까지의 식량수급균형표(Food Balance Sheets)의 식량 공급량 자료(FAO 2016)를 활용하였다. 남한 자료도 일관성을 유지하기 위해 북한 자료와 동일하게 국제연합식량농업기구의 자료(FAO 2016)를 활용하였다. 국제연합식량농업기구의 식량수급균형표는 국가별, 국가그룹별 국내식량공급(Domestic Supply)과 국내식량사용(Domestic Utilization) 현황, 일인당 단백질, 열량, 지방 공급량 등의 자료를 제시한다.

본 연구에서는 식량수급균형표에서 제시하는 연간 식량 공급량(Food), 일인당 연간 식량 공급량(Food Supply Quantity, FSQ), 일인당 일일 열량 공급량(Food Supply, FS), 일인당 일일 단백질 공급량(Protein Supply Quantity, PSQ)의 추이를 살펴보았다. 남한과 북한의 절대적인 식량 소비 수준을 살펴보기 위하여 세계 및 동아시아의 결과와 비교하여 살펴보았다. 국제연합식량농업기구의 식량수급균형표에는 고기, 계란 등의 식품군이 포함되는 7개의 동물성 식품군과 곡류, 구근류, 두류 등을 포함하는 13개의 식물성 식품군(Table 1 참조) 자료가 제시되는데, 본 연구에서는 곡류를 제외한 식물성 식품군의 합과 동물성 식품군의 합, 그리고 곡류(Cereals - Excluding Beer)의 3가지 식품군에 대한 추이를 살펴보았다.

2) 북한 에너지 자료

북한의 에너지 자료는 정기적으로 여러 국제기구

Table 1. Items in the group of the vegetal products, cereals, and animal products (FAO 2016).

Vegetal Products	Alcoholic Beverages, Fruits - Excluding Wine, Oilcrops, Pulses, Spices, Starchy Roots, Stimulants, Sugar & Sweeteners, Sugar Crops, Treenuts, Vegetable Oils, Vegetables
Cereals*	-
Animal Products	Animal fats, Aquatic Products - Other, Eggs, Fish - Seafood, Meat, Milk - Excluding Butter, Offals

* Excluding Beer

및 기관에서 제시되고 있다. 북한의 에너지 자료를 활용하기에 앞서 통계청, 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA), 미국에너지정보청(U.S. Energy Information Administration, EIA), 세계은행(World Bank) 자료를 비교하였다(EIA 2015; IEA 2015a, 2016; KOSIS 2016a; World Bank 2016). 총에너지공급량(Total Primary Energy Supply, TPES) 자료에 대해 주로 비교하였는데, 미국에너지정보청은 총에너지소비량(Total Primary Energy Consumption, TPEC)으로 자료를 제공하므로 총에너지소비량 값을 사용하였다.

각 기관별 자료를 비교한 결과는 Figure 1과 같다. 네 기관의 결과가 모두 있는 시점은 1990년 이후이고, 세계은행 자료는 국제에너지기구 자료를 그대로 제공하므로 국제에너지기구 결과와 일치한다. 미국에너지정보청이 제공하는 총에너지소비량 값이 가장 큰데, 가장 작은 값을 보이는 통계청의 총에너지공급량보다 30~70% 크다. 하지만 모든 기관의 추이는 일치하여 1990년까지는 증가하는 추세를 보이다가 이후 감소하고, 1990년대 중반 이후 다소 증가하다가 2005년 이후 다소 감소하는 추세를 보인다.

현재 북한의 에너지 통계를 추정하여 주기적으로 발표하는 기관은 한국 통계청이 유일하고, 국내외 관련기관들이 이 자료를 활용한다(KOSIS 2016f). 세

계에너지기구도 북한 에너지 소비량 추정에 한국 통계청 자료를 활용하고 있다(IEA 2015b; KOSIS 2016c). 통계청의 에너지 자료는 북한에도 없는 에너지 자료를 추정한다는 점에서 한계가 있지만, 한국은행이 추정하는 경제성장률, 산업별 성장률 등과 같은 북한 경제 전반에 대한 분석과 연동되어 있다는 점에서 신뢰할 만한 추정결과로 인식되고 있다(KOSIS 2016f). 그러므로 본 연구에서는 통계청 자료(KOSIS 2016a, 2016b)를 북한 에너지 자료로 활용하였다. 남한 자료도 일관성을 유지하기 위해 북한 자료와 동일하게 통계청 자료(KOSIS 2016a, 2016b)를 활용하였다.

2. 환경자원 소비량 예측 방법

1) 식량 소비량 예측 방법 및 고찰

북한의 곡물 생산이 증가했음에도 주민들의 식량 소비는 부족하고, 식단은 다양하지 못하며, 단백질 섭취가 부족하여 영양적으로 적절한 식량소비를 하고 있는 가계는 16%에 불과하다. 북한 주민 일인당 1일 총 섭취량은 2013년 약 1,250 kcal로 권장섭취열량인 2,100 kcal보다 부족하며, 북한 주민의 70%는 식량배급제를 통해 주로 식량을 조달하는데 북한 정부는 배급 목표를 일인당 평균 573 g으로 잡고 있지만 매년 미달되고 있다(FAO & WFP 2013). 북한 주민의 식량 소비는 양적으로 질적으로 모두 개선될 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 통합 이후 북한 지역 식량 공급 상황이 이전보다 개선되고, 북한 지역 주민의 일인당 연간 식량 공급량(FSQ)이 이전보다 증가한다고 가정하였다. 북한 지역 주민의 일인당 연간 공급량을 Case 1) 2011년 북한 공급량이 그대로 유지, Case 2) 2011년 남한 공급량과 동일, Case 3) 2011년 동아시아 공급량과 동일, Case 4) 2011년 세계 공급량과 동일한 경우를 고려하여 한반도의 연간 식량 공급량(Food)을 추정하였다. 식량공급량이 섭취량과 동일한 것은 아니다. 취사, 조리, 폐기 등의 과정에서 감량이 일어나기 때문이다. 하지만 국내식량공급량은 해당국가 내에서 생산된 양에 수입한 양을 더하고 수출한 양을 제한 것으로 소비량의 개념에 해당한다.

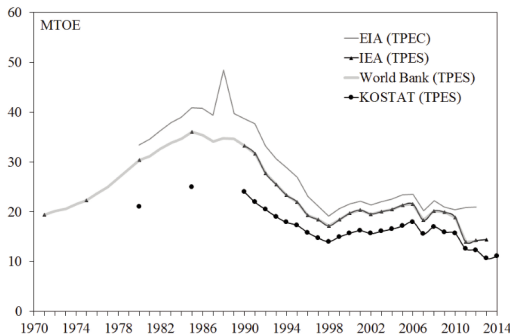


Figure 1. Total Primary Energy Supply (TPES) of North Korea in the Statistics Korea (KOSTAT), the International Energy Agency (IEA), and the World Bank Statistics and Total Primary Energy Consumption (TPEC) of North Korea in the Energy Information Administration (EIA) Statistics (data from EIA (2015), IEA (2015a, 2016), KOSIS (2016a), and World Bank (2016)).

남한의 경우 1961년부터 2011년까지의 일인당 식량 공급량은 전반적으로 증가하는 추이를 보였으며, 추세 연장법을 적용할 경우(추세식: $y = 8.1904x - 15635$, 결정계수(R^2): 0.8969) 일인당 식량 공급량은 계속해서 증가할 것으로 예상된다. 하지만 증가 추이가 감소한 1985년 이후 자료만으로 추세연장법을 적용할 경우 증가폭이 낮아지며, 동일한 기간으로 2차 다항식을 적용하면 소비량은 특정 시점 이후 감소하는 결과를 나타내었다. 남한의 일인당 식량 공급량은 2011년 기준 209개국 가운데 68위로 매우 많은 편은 아니지만 비교적 양호한 상황이다. 그리고 남한의 2012년 권장 섭취량 대비 단백질 섭취비율은 150%를 넘고 대부분의 영양소의 섭취비율이 양호하며, 에너지 섭취비율도 에너지 필요추진량에 가까워(KCDCP 2013) 건강 및 영양적인 측면에서 공급량의 증가가 요구되는 상황은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 남한의 일인당 식량 공급량은 2011년과 동일하다고 가정하였다.

한반도 단위의 연간 총 식량 공급량을 남한과 북한의 연간 식량 공급량을 예측한 결과를 통합하여 산정하였다. 남한과 북한의 연간 식량 공급량은 북한과 남한 각각의 일인당 연간 공급량과 인구수를 곱하여 산정하였다. 남한과 북한의 정확한 통합 시점을 예측하는 것은 불가능하므로 2055년까지의 통계청(KOSIS 2016d, 2016e)의 예상 통합 인구수 중 최고값과 최저값에 대한 결과를 앞의 4가지 경우에 대해 모두 산정하였다. 통합 한반도의 최대 및 최소 추정 인구는

2032년 78,542 천명, 2055년 72,133 천명이다. 2011년 남한과 북한의 인구는 각각 49,755, 24,227 천명이었고, 남북한의 통합 인구는 73,266 천명이었으므로 통합 한반도의 최대 추정 인구는 2011년 인구수보다 5,276 천명 많으며, 최소 추정 인구는 1,133 천명 적다.

2) 에너지 소비량 예측 방법 및 고찰

남한과 북한의 에너지 소비량과 소비 형태는 차이가 매우 크고, 북한의 미래 에너지 계획 자료가 부재하므로 통합 이후 에너지 수요 변화에 대한 예측은 매우 어렵다. 통합 이후 경제상황을 비롯한 다양한 영향 요인까지 고려한다면 미래 에너지 수요 예측은 불확실성이 더욱 커질 것이다.

한반도의 에너지 소비량을 예상하기에 앞서 독일의 통합에 따른 에너지 수요 변화 사례를 살펴보았다. 독일의 경우 통합 이후 에너지 소비는 두 가지 경향을 나타낸다. 총에너지 소비량은 구동독과 구서독의 지난 소비량을 합한 것이 꾸준히 유지되는 것과 일인당 에너지 소비량은 서독과 유사해진다는 것이다(Figure 2 참조). 일인당 에너지 소비량은 소비 수준이 더 작은 서독 수준으로 수렴되었는데 이는 통일 시점 서독의 인구가 동독 인구보다 훨씬 많았기 때문으로 이해할 수 있다. 통일 시점 동독의 인구는 서독 인구의 약 25%에 불과하였다(Kim 2010). 본 연구에서는 통일독일의 총에너지 소비량이 구서독과 구동

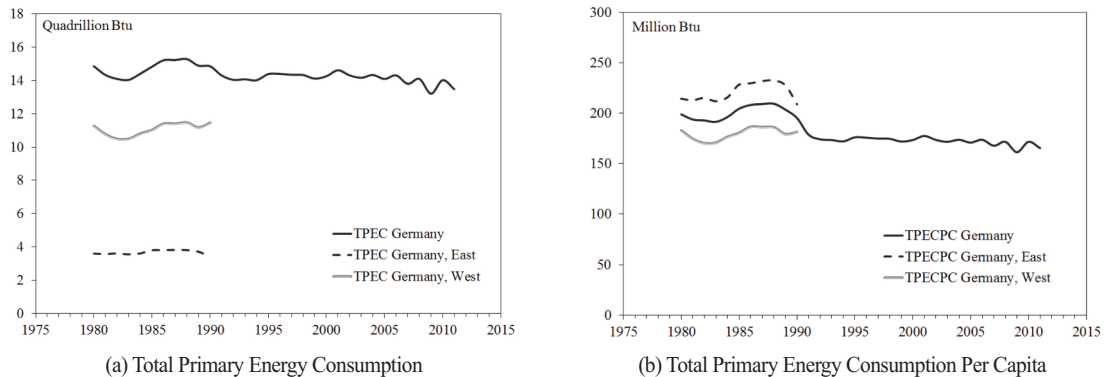


Figure 2. Trends of the Total Primary Energy Consumption (TPEC) and the Total Primary Energy Consumption Per Capita (TPECPC) in the Former East Germany, the Former West Germany, and Germany between 1980 and 2011 (data from EIA (2016)).

독의 합과 유사해진다는 점에 따라 한반도의 총에너지 소비량이 남한과 북한의 소비량을 합한 수준이 된다고 가정하여 통합 한반도의 에너지 소비량을 예측해 보았다.

통일 전 독일과 지금의 한반도는 분단 상황이라는 점에서는 동일하지만 양국의 에너지 소비수준의 차이는 다르다는 점에 유의해야 한다. 독일은 통일시점인 1990년 일인당 에너지 소비량의 차이가 15% 이하(EIA 2016)로 차이가 작고, 양국 모두 세계 평균 일인당 에너지 소비 수준보다 3배 이상 높았다. 반면, 남한과 북한의 경우(EIA 2015) 2011년 일인당 에너지 소비량의 차이가 약 7배이고, 남한은 세계 평균보다 3배 이상 크고, 북한은 세계 평균의 절반에도 이르지 못하여 양국의 차이가 매우 크다. 또한 독일은 온실가스 배출 감축 의무를 지닌 기후변화협약의 부속서 I 국가로 적극적인 온실가스 완화 정책을 펼쳐왔기 때문에 에너지 소비 추이는 이에 의한 영향을 받았을 것이라고 예상할 수 있다.

북한의 경우 미래 에너지 수요 및 계획에 대한 자료가 부재하므로 높은 불확실성을 고려하여 일부 경우에 대해 과거 자료를 바탕으로 하여 통합 이후 에너지 수요량을 추정하였다. 통합 시점 북한의 에너지 소비량에 대해 Figure 1의 통계청 결과 중 북한의 총에너지 소비가 가장 많았던 경우와 가장 적었던 경우를 고려하였다. 북한의 에너지 소비량이 가장 많았던 때는 1985년(24.9 MTOE)이고, 가장 적었던 때는 2013년(10.6 MTOE)이다(Figure 1 참조).

높은 불확실성에도 불구하고 북한의 미래 최종에너지 수요에 대한 예측 결과가 있는데(Nautilus Institute 2012; KEEI 2015), 이들이 제시하는 미래 북한의 에너지 수요 변화량은 모두 과거 북한의 에너지 소비량 범주에 포함된다. Nautilus Institute (2012)는 북한의 재건을 가정한 상황(Redevelopment Case)에서 2030년 최종에너지 수요량을 제시하였는데, 이는 1990년대 초반 북한의 최종에너지 사용량과 유사하다. 북한의 급변사태 발생으로 에너지부문에 혼란이 올 경우에 대한 대책을 제시한 연구도 있는데(KEEI 2015), 주변국과의 공조방안을 모색하여 남한 주도로 에너지를 지원하는 것이다. 연구에서 제시하는 방

향과 방안대로 긴급대응 조치가 잘 추진될 경우 북한에 급변사태가 발생하더라도 현재 북한의 에너지 공급 수준이 유지될 수 있을 것으로 기대된다.

남한의 경우 제2차 에너지기본계획에서의 에너지 계획 및 수요 전망에 근거하여 2011년부터 이후 가장 소비량이 많은 경우와 낮은 경우에 대해 가정하였다. 제2차 국가에너지기본계획(KMOTIE 2014)에서는 2035년 에너지 수요가 총에너지는 378 백만 TOE, 최종에너지는 254 백만 TOE로 가장 높을 것으로 예상하였고, 2035년의 최종에너지 기준수요량의 13%를 줄여 221 백만 TOE를 목표 수요로 계획하였으며, 2011년 에너지 수요가 총에너지와 최종에너지 각각 276과 206 백만 TOE로 가장 낮다. 본 연구에서는 총에너지를 기준으로 하였고, 남한에서의 에너지 소비량에 대해 가장 많은 경우로 2035년 378 백만 TOE, 가장 적은 경우로 2011년 276백만 TOE를 적용하였다.

통합 직후 북한과 남한의 에너지 수요량은 차이가 클 수 있지만, 이후 수요량의 차이는 줄어들 것이라 예상된다. 따라서 북한 주민의 일인당 에너지 소비량이 2011년 남한의 일인당 에너지 소비량과 동일한 경우에 대해서도 한반도 통합 에너지 수요량을 추정해 보았다. 인구수는 식량 소비 예측에서 가정한 것과 동일하게 2055년까지의 통계청(KOSIS 2016d, 2016e)의 통합 예상 인구수 중 최 값과 최저값을 보이는 연도의 북한 인구수를 적용하였다.

본 연구에서는 한반도의 에너지 소비량을 Table 2와 같이 Case I) 남한의 2035년 총에너지 수요량에 a) 북한의 에너지 소비량이 1985년과 동일할 경우, b) 북한의 에너지 소비량이 2014년과 동일할 경우, c-1)과 c-2) 북한의 일인당 에너지 소비량이 남한의 2011년과 동일하고 최대와 최소 인구인 경우, Case II) 남한의 2011년 에너지 소비량에 Case I)과 동일하게 a), b), c-1), c-2)를 각각 고려하여 결과를 살펴보았다.

III. 결과 및 고찰

1. 남한, 북한, 동아시아, 세계 식량 소비 추이와 고찰

남한, 북한, 동아시아, 세계의 식량 공급량(Food)

Table 2. Cases for the estimation of the energy demand in the Korean Peninsula.

		South Korea (SK)	North Korea
Case I	a)	Max. TPES between 2011 and 2035 → 2035 data	Max. TPES between 1980 and 2014 → 1985 data
	b)		Min. TPES between 1980 and 2014 → 2014 data
	c-1)		2011 TPES per capita of SK & POP_max
	c-2)		2011 TPES per capita of SK & POP_min
Case II	a)	Min. TPES between 2011 and 2035 → 2011 data	Max. TPES between 1980 and 2014 → 1985 data
	b)		Min. TPES between 1980 and 2014 → 2014 data
	c-1)		2011 TPES per capita of SK & POP_max
	c-2)		2011 TPES per capita of SK & POP_min

* Max.: Maximum/ Min.: Minimum/ TPES: Total Primary Energy Supply/ POP: Population

은 지난 50여 년간 꾸준히 증가하였다. 2011년 식량 공급량(Food)은 남한이 약 39 million metric ton (MMT)으로 약 11 MMT인 북한의 약 3.5배이고, 동아시아와 세계는 각각 약 1,337 MMT와 약 4,711 MMT이다. 일인당 연간 식량 공급량(FSQ)은 남한, 동아시아, 세계가 모두 증가한 반면, 북한은 1990년 이전까지 증가하다 이후 1990년대 중반 대기근 시기 까지 급격히 감소하였고 그 이후에는 완만하게 증감하며 일정한 수준을 유지해왔다(Figure 3 참조). 동아시아의 경우 특히 1990년대 이후 크게 증가하는 추이를 보이는데 중국의 경제성장과 소비 증가에 의한 것이라 예상된다. 2011년 일인당 연간 식량 공급량은 남한이 약 791 kg/capita/yr인데 북한은 약 459 kg/capita/yr로 남한의 약 58% 수준에 해당한다. 동아시아와 세계의 2011년 FSQ는 각각 834 kg/capita/yr과 688 kg/capita/yr로 북한보다 약

1.8배, 약 1.5배 크다.

식품군별 공급 비중을 살펴보면, 모든 경우 식물성 식품군의 비중이 가장 높다. 세계는 지난 50여 년간 동물성 식품군이 약 24%, 식물성 식품군이 약 50%, 나머지 약 26%가 곡물로 거의 변하지 않은 반면, 남한과 동아시아는 동물성 식품군의 비중이 1960년대 10% 미만이었다가 2000년 이후 20% 전후로 크게 증가하였고, 북한은 1960년대 10%를 넘는 수준이었다가 1990년 이후 10% 미만으로 감소하였다. 곡물의 경우 세계는 거의 일정하지만 미미하게 감소하였고, 동아시아는 1980년대 중반까지 곡물의 비중이 증가하다 이후 감소하였다. 식품군별 비중은 국가별 식소비 문화 및 경제상황 등과 관련되는데, 남한과 북한의 경우 분단 이전 동일한 식소비 문화권이었으며 1960년대의 유사한 비중 추이가 이를 반영한다. 하지만 이후 사회 경제, 문화 차이가 식품군별 비중 차

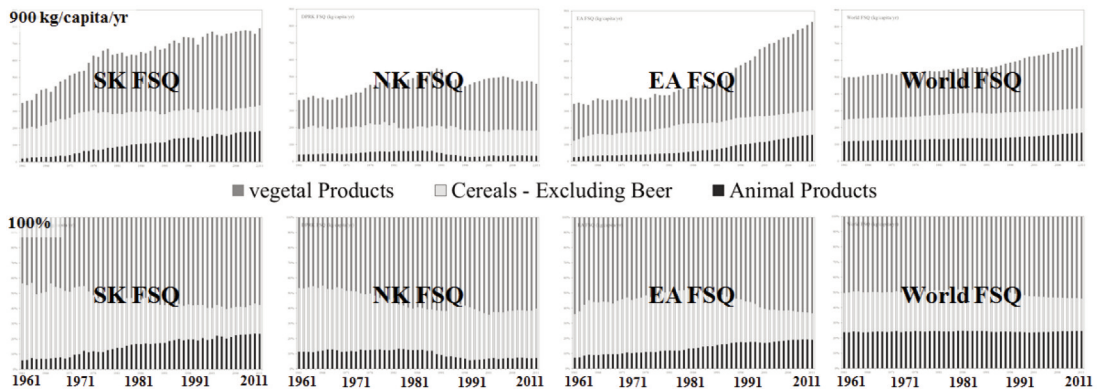


Figure 3. Trends of the Food Supply Quantity (FSQ) in South Korea (SK), North Korea (NK), the Eastern Asia (EA), and the World between 1961 and 2011 (data from FAO (2016)).

이를 야기했을 것이라 예상할 수 있다.

일인당 일일 단백질 공급량(PSQ)의 경우 증감 추이는 일인당 연간 공급량과 유사하게 북한을 제외하고 모두 증가했으며 동아시아가 가장 가파르게 증가했다. 2011년 남한이 약 96.0 g/capita/yr로 가장 높은 값을 보였고, 동아시아는 남한과 거의 비슷한 값인 약 94.5 g/capita/yr, 세계는 약 80.5 g/capita/yr이며, 북한은 약 56.3 g/capita/yr로 가장 낮은 값을 보였다(Figure 4 참조). Figure 4에서 단백질 공급 식품군별 비중을 보면, 세계의 동물성 식품군 공급 비중은 변화가 크지 않지만 1961년 약 32.0%이었다가 2011년에는 약 39.5%로 다소 증가하여 곡물 비중과 유사하지만 식물성 식품군보다는 높았다. 남한과 동아시아는 매우 가파르게 증가하여 1961년에는 각각 10.4%, 13.9%이었다가 2011년에는 각각 46.6%,

40.7%로 식물성 식품과 곡물보다 높은 비중을 보인 반면, 북한은 1961년 19.5%이었던 동물성 식품군 공급 비중이 증가 추이를 보이다 1990년 이후 감소하여 계속해서 20% 미만 수준을 유지해왔다. 북한은 곡물을 통한 단백질 공급 비중이 약 49%로 가장 높다(Figure 4 참조).

일인당 일일 열량 공급량(FS)의 경우 증감 추이는 일인당 연간 공급량, 일인당 일일 단백질 공급량과 유사하게 북한을 제외하고 모두 증가했으며 동아시아가 가장 가파르게 증가했다. 2011년 남한이 약 3,329 kcal/capita/yr로 가장 높은 값을 보였고, 동아시아는 3,043 kcal/capita/y, 세계는 2,870 kcal/capita/y이며, 북한은 2,100 kcal/capita/y로 가장 낮은 값을 보였다(Figure 5 참조). 일인당 일일 열량 공급량은 곡물의 비중이 가장 높는데, 곡물의 비중이 1961년

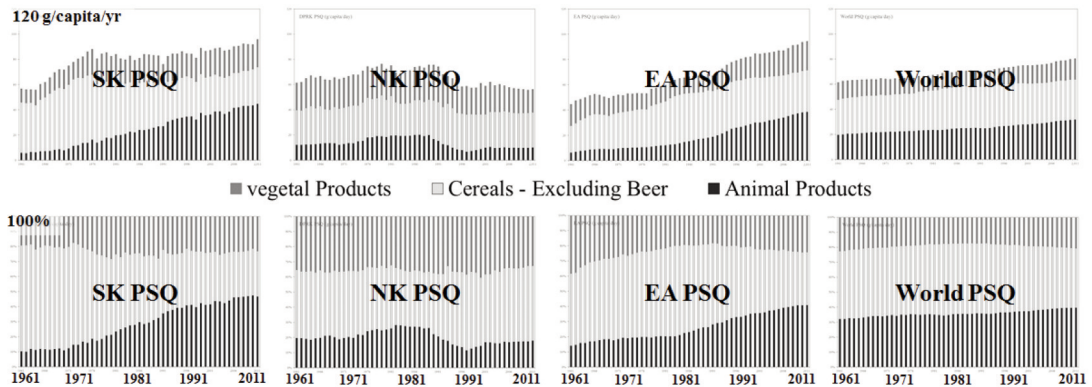


Figure 4. Trends of the Protein Supply Quantity (PSQ) in South Korea (SK), North Korea (NK), the Eastern Asia (EA), and the World between 1961 and 2011 (data from FAO (2016)).

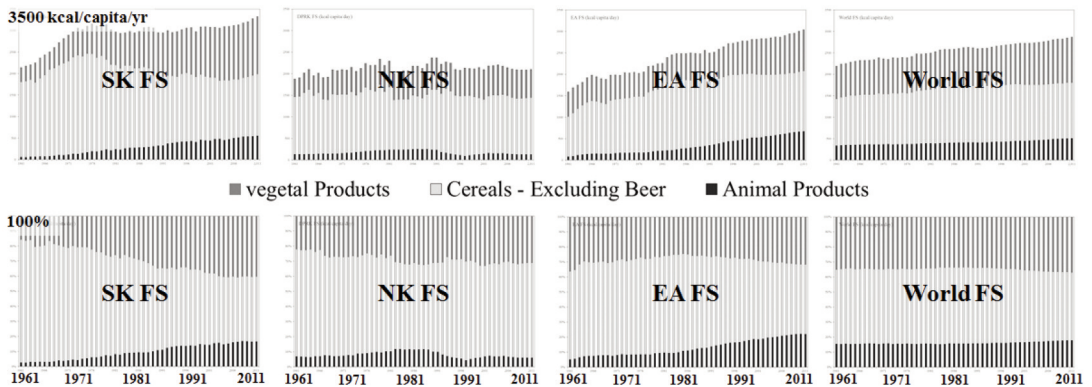


Figure 5. Trends of the Food Supply (FS) in South Korea (SK), North Korea (NK), the Eastern Asia (EA), and the World between 1961 and 2011 (data from FAO (2016)).

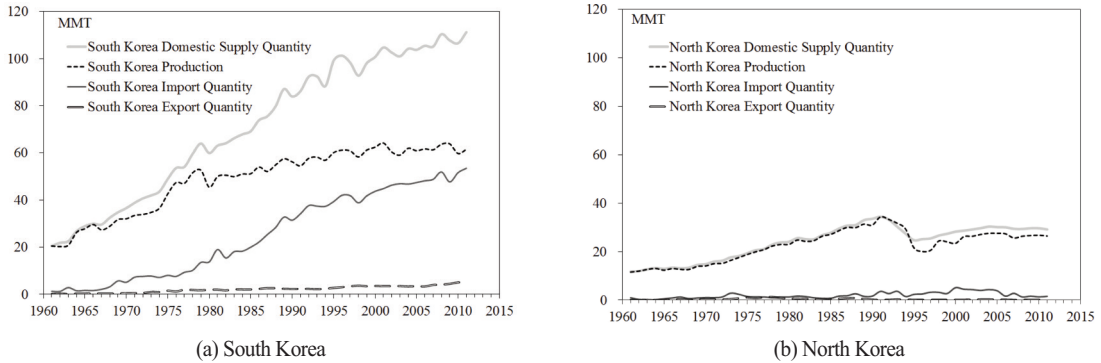


Figure 6. Trends of the Domestic Supply Quantity, the Export Quantity, the Import Quantity, and the Production in South Korea and North Korea between 1961 and 2011 (data from FAO (2016)).

약 81.6%이던 남한의 경우 비중이 크게 감소하였음에도 2011년 43.0%로 40.1%와 16.6%인 식물성 및 동물성 식품군에 비해 높은 비중을 보였다. 북한의 경우 일인당 일일 열량 공급량에서 곡물의 비중이 지난 50여 년간 꾸준히 60~70%로 매우 높았다. 동아시아의 경우 곡물의 비중이 줄었지만 1961년 58.5%에서 2011년 46.2%로 남한에 비해서 감소폭이 작고, 세계의 경우 곡물의 비중이 거의 변하지 않아 1961년 49.5%에서 2011년 45.1%를 보였다(Figure 5 참조).

남한과 북한의 식량 수급 상황을 Figure 6과 같이 비교해 보면, 남한은 식량 공급량(Domestic Supply Quantity)에서 국내 생산량(Production)의 비중이 점차 줄어들고 수입 비중이 늘어나는 반면, 북한은 국내 공급량의 대부분이 국내 생산량인 것을 알 수 있다. 식량 자급도는 북한이 남한보다 높지만, 북한

의 절대적인 식량 공급량이 부족하다는 점을 고려하면 향후 북한의 생산성이 크게 증대되지 않는다면 이런 높은 자급도는 유지하기 어려울 것이라 예상된다. 또한 북한은 식량 공급량 가운데 사료로 쓰이는 비중이 매우 낮고, 이를 통해서 고기의 국내 생산과 공급 비중이 낮을 것이라는 점을 예상할 수 있다.

2. 남한, 북한, 한반도 통합 에너지 추이와 고찰

남한과 북한의 1990년부터 2014년까지의 지난 15년간 총에너지 소비량, 일인당 에너지 소비량, 에너지 구성비 추이는 매우 다르다(Figure 7, 8, 9 참조). 지난 15년간 남한의 총에너지 소비량은 1990년과 2014년 각각 93, 283 MTOE로 3배 가까이 증가한 반면, 북한의 총에너지 소비량은 1990년과 2014년 각각 24, 11 MTOE로 절반 이하로 감소하였다

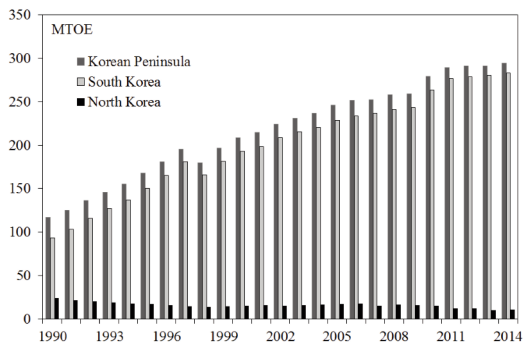


Figure 7. Trends of the Total Primary Energy Supply in South Korea, North Korea, and the Korean Peninsula between 1990 and 2014 (data from KOSIS (2016a)).

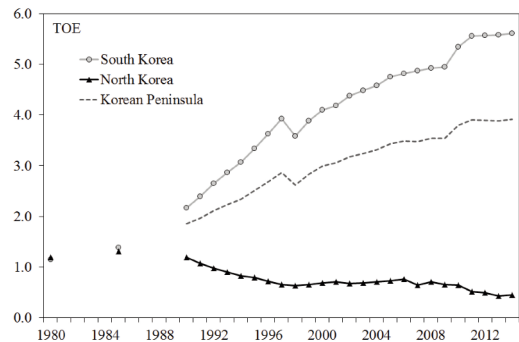


Figure 8. Trends of the Total Primary Energy Supply per capita in South Korea, North Korea, and the Korean Peninsula between 1980 and 2014 (data from KOSIS (2016b)).

(Figure 7 참조). 동기간 일인당 에너지 소비량 역시 총에너지 소비량 추이와 유사하게 1990년과 2014년 남한은 각각 2.2, 5.6 TOE로 2배 이상 증가한 반면, 북한은 각각 1.2, 0.5 TOE로 절반 이하로 감소하였다(Figure 8 참조).

에너지 구성비를 살펴보면 남한은 1990년대에는 석유 사용 비중이 높았지만, 석유 비중은 점차 감소하였고, 석탄, 천연가스, 기타 에너지원 비중이 점차 증가하여 2000년 이후 에너지원별로 구성비 차이가 줄어들고 있다. 원자력의 경우 지난 15년간 구성비의 큰 변화를 보이지 않는다. 북한은 남한과 달리 지난 15년간 지속적으로 석탄 사용 구성비가 매우 높으며 수력이 차지하는 비중이 높다(Figure 9 참조). 북한의 석탄 구성비가 높은 이유는 에너지 문제를 자력으로 해결하기 위해 석탄을 주 에너지원으로 사용하는 주탄중유의 에너지 공급정책을 펼쳤기 때문이다.

양국의 자료를 통합하여 한반도 단위로 총에너지 소비량, 일인당 에너지 소비량, 에너지 구성비 추이를 살펴본 결과도 Figure 7, 8, 9에 제시하였다. Figure 7에서 한반도의 총에너지 소비량은 1980년과 2014년에 각각 117, 294 MTOE인데, 이 중 남한의 에너지 소비량이 1980년과 2014년에 각각 93, 283 MTOE로 80%와 96%를 차지하여 남한의 에너지 소비가 차지하는 비중이 크며, 시간이 지날수록 증가하였다는 것을 알 수 있다. Figure 8에서 남한과 북한의 일인당 에너지 소비량 추이를 보면 1980년대에는 거의 동일하지만, 1990년에는 남한이 북한의

1.82배, 2014년에는 12.47배로 일인당 에너지 소비량 차이가 지난 15년간 크게 증가하였다.

에너지 소비량에서 남한이 차지하는 비중이 크기 때문에 에너지 구성비 또한 양국의 자료를 통합한 결과가 남한의 추이와 매우 유사하다. 예를 들어, 2014년 북한 에너지 가운데 비중이 29%인 수력(Figure 9(c) 참조)이 한반도 통합 결과(Figure 9(b) 참조)에서는 2%에도 미치지 않는다. Figure 8을 보면 한반도 평균 일인당 에너지 소비량은 남한과 북한 결과 사이에 해당하지만, 형태와 값은 남한 결과에 가깝다.

양국의 에너지 소비 추이는 양과 구성비 모두에서 큰 차이를 나타내므로 향후 한반도 단위로 에너지 수요 및 소비를 효율적으로 관리하기 위해서는 이를 조율하는 것이 중요할 것이다.

3. 환경자원 소비량 예측 및 환경자원 관리방안 제시

1) 한반도 통합 식량 소비량 예측 및 고찰

북한 지역 주민의 일인당 연간 식량 공급량과 인구수 추정에 따른 Case별 결과는 Figure 10과 같다. 비교를 위해 2011년 일인당 연간 식량 공급량과 인구수 과거 자료를 그대로 통합하여 적용한 기준 사례(Base Case)를 함께 제시하였다. 통합 이후에도 북한 지역 주민의 일인당 연간 식량 공급량이 2011년과 동일하다고 가정한 Case 1)에서 인구수가 최저일 때(Case 1_POP_min)를 제외하고는 모든 경우 기준 사례(Base Case)보다 결과가 높게 나타났다. 일인당 연

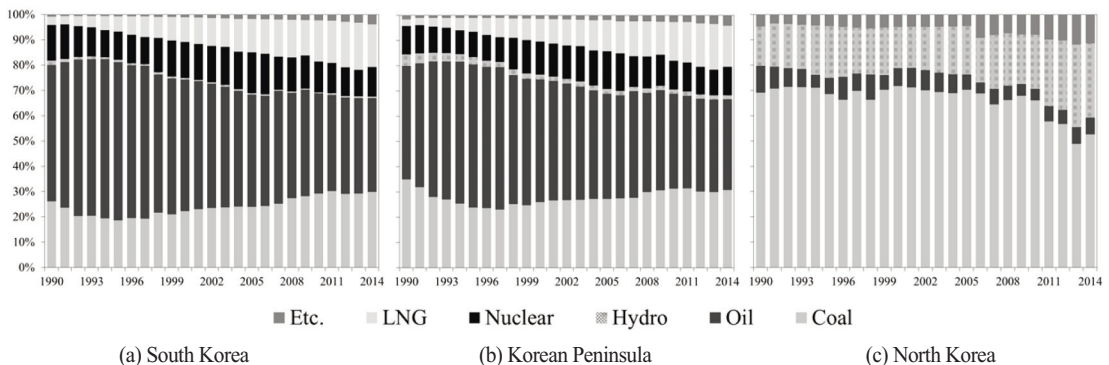


Figure 9. Trends of the energy supply mix in South Korea, the Korean Peninsula, and North Korea between 1990 and 2014 ((a) and (c) data from KOSIS (2016a)).

간 식량 공급량이 남한, 동아시아, 세계와 동일한 Case 2), 3), 4)에서 인구가 최저인 경우(POP_min)에도 Case 1)의 인구가 최대일 때(POP_max)보다 통합 한반도의 식량 공급량은 많은 것으로 추정되었다. 일인당 연간 식량 공급량이 남한 및 동아시아, 세계와 동일한 Case 2), 3), 4)에서 인구가 최대일 때(POP_max) 통합 한반도의 식량 공급량은 각각 62, 63, 60 MMT로 기준 사례에 비해 각각 25%, 27%, 20% 증가하였으며, 일인당 연간 식량 공급량이 동아시아와 동일한 Case 3)의 결과가 가장 높은 값을 나타내었다.

Case별 결과 차이는 북한 지역 주민의 일인당 연간 식량 공급량에 대한 가정에 의한 것으로 Figure 11을 보면 2011년 동아시아의 일인당 연간 식량 공급량이 834 kg/capita/yr로 가장 많다. 하지만 일인당 일일 공급 열량을 살펴보면 남한이 3,329 kcal/capita/yr로 가장 높으므로 식량 공급량이 최대인 경우이더라도 공급 열량은 최대가 아닐 수도 있다는 점에 유의해야 한다.

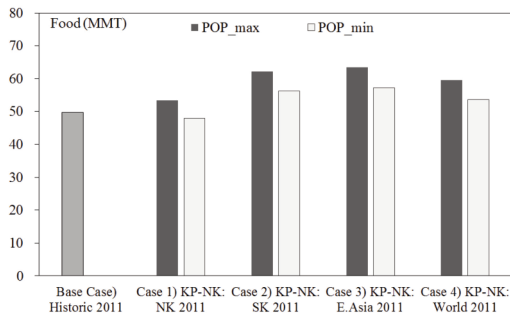


Figure 10. Annual Food in the Korean Peninsula by Case.

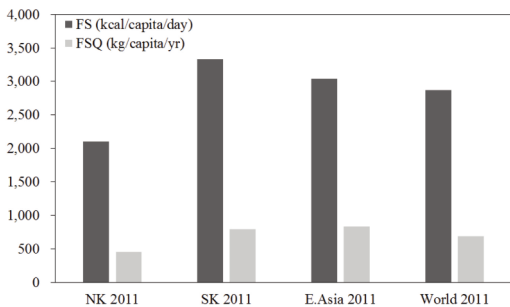


Figure 11. Food Supply Quantity (FSQ) and Food Supply (FS) of South Korea (SK), North Korea (NK), the Eastern Asia (EA), and the World in 2011.

최근 식량 소비에 따른 환경 영향에 대한 관심이 증가하고 있는데, 육류 소비에 의한 환경 영향에 대해 많은 기관과 연구자들에 의해 결과가 제시되고 있다 (Pimentel & Pimentel 2003; DEFRA 2006; Williams et al. 2006; EWG 2011; Joyce et al. 2012; Sanders & Webber 2014; Tilman & Clark 2014). 농작물에 비해 육류 소비에 의한 환경 영향이 크고, 육류 가운데에서도 닭고기나 돼지고기에 비해 쇠고기와 양고기의 소비가 환경 영향이 크다. 따라서 육식 위주 식단으로 음식을 소비하는 것이 채식 위주 식단으로 음식을 소비하는 것보다 환경 영향이 크고, 육류 가운데에도 쇠고기 비중이 높은 경우 환경 영향이 크다. 또한 수입 쇠고기를 소비할 때 국내산 쇠고기를 소비할 때보다 이산화탄소 배출량이 많다 (Yeo & Kim 2015). 남한의 경우 지난 40여 년간 육류 섭취량이 크게 증가하였고, 쇠고기 소비에서 수입 쇠고기 소비 비중이 크게 증가하여 남한에서의 쇠고기 소비에 의한 환경 영향 또한 증가하였다.

통합 이후 북한 주민의 육류를 포함한 식량 소비는 단기간에 크게 증가할 가능성이 있으며, 이로 인한 환경 영향도 함께 급증할 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고 현재 북한 지역의 열악한 영양 공급 상태를 고려할 때 식량 공급을 늘리는 것은 선택이 아니라 필수 사항이다. 남한과 북한이 통합하게 되면 북한 주민의 영양과 건강 측면을 고려한 식량 공급 정책을 최우선적으로 실행해야 하고, 식량 수요 증가에 따른 환경 영향을 줄이기 위한 정책적 노력도 뒷받침 되어야 한다.

최근 세계적으로 지속가능한 식량 공급에 대한 문제가 제기되고 있는 상황이므로 (Brown 1998; WRI 2013) 식량 수급에 문제가 발생할 수 있다는 점에도 주의해야 한다. 환경 영향 측면뿐만 아니라 식량 안보 차원에서도 수입에 의존하여 수요 증가에 대응하는 것 이상의 노력이 필요하다. 식량의 수요 증가에 대응하기 위해서는 식량의 지속가능한 공급을 위해 세계자원연구소가 제시하는 방안을 참고할 수 있다. WRI (2013)는 소비를 줄이거나, 동일한 토지에서 더 많은 식량을 생산하거나, 식량 생산에 의한 환경 영향을 줄이는 방안을 지속가능한 식량 공급 방안으로 제시한다 (WRI 2013).

소비를 줄이는 방안에는 식량과 폐기물 손실을 줄이는 것, 비만을 줄이는 것, 대체출산율 2.1을 달성하는 것, 식습관의 변화로 육류 소비를 줄이는 것, 육류 중에서도 쇠고기 소비를 줄이는 것이 있다(WRI 2013). 북한의 경우 식량공급이 충분하지 않기 때문에 영양과 건강을 고려하여 식량 소비량은 증가할 수밖에 없는 상황이고, 단백질 섭취가 부족한 상황이므로 단백질 주요 공급원인 육류 소비 역시 증가할 것으로 예상된다. 그러므로 육류 가운데 생산할 때 에너지 집약도가 높은 쇠고기를 가금류와 어류로 대체하고, 두류 등 단백질이 풍부한 식물성 식품 섭취를 늘리는 방안으로 식소비 문화를 형성해나갈 필요가 있다.

식량 수요 증가에 대응하기 위한 또 다른 방안은 농업 생산성을 높이는 것이다. 남한과 북한의 농경지(Cropland)의 2012년 국가생산성인자(Yield Factor) 값은 각각 1.43 wha ha⁻¹, 0.90 wha ha⁻¹으로 남한의 세계평균 생산성보다 1.43배 높은 반면, 북한은 세계 평균 생산성의 0.9배에 불과하다(GFN 2016). 따라서 한반도 단위의 생산성을 높이기 위해 북한 지역의 농업 생산성을 높이는 방안이 우선적으로 마련되어야 한다. 현재 북한 정부는 농업 생산성을 높이기 위한 노력을 하고 있는 상황(BOK 2014)이고, 통합 이후 토질 개선을 위한 비료 공급 등이 원활해질 것으로 기대되므로 북한 지역 농업 생산성은 증대될 것이라 기대된다.

2) 한반도 통합 에너지 소비량 예측 및 고찰

에너지 수요량 추정에 따른 Case별 결과는 Figure 12와 같다. 비교를 위해 2011년 에너지 수요량 자료를 그대로 통합하여 적용한 기준 사례(Base Case)를 함께 제시하였다. Table 3에서 기준 사례와 Case별 결과를 비교한 결과를 보면, 대부분 통합 한반도의 에너지 수요량이 기준 사례보다 크다.

과거 자료를 기반으로 하여 북한 에너지 수요를 가정한 a)와 b)의 경우 통합 한반도의 에너지 수요량의 차이는 크지 않은 반면, 남한의 에너지 수요 차이를 반영하는 Case I과 Case II에 의한 차이는 크게 나타났다. Case I의 경우 a)와 b) 모두 기준 사례보다 30% 이상 증가하였지만, Case II의 경우 a)와 b) 모

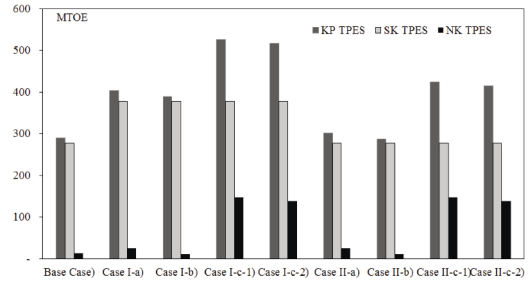


Figure 12. Total Primary Energy Supply (TPES) of South Korea (SK), North Korea (NK), and the Korean Peninsula (KP) by case.

두 기준 사례와의 차이가 5% 미만으로 작다. Case I과 II의 경우 모두 a)와 b)의 차이는 5% 이하로 근소하다. 곧, 북한의 과거 에너지 소비량의 차이가 통합 한반도의 에너지 소비량 변화에 미치는 영향은 작고, 남한의 에너지 수요변화가 통합 한반도 에너지 소비량 변화에 미치는 영향은 크다는 것을 보여준다. 이는 과거 북한의 에너지 소비량이 남한에 비해 매우 적기 때문이다.

하지만 북한의 일인당 에너지 수요가 남한과 유사해진다고 가정한 c-1)과 c-2)의 경우, 북한에서의 에너지 수요량 증가로 인해 통합에너지 수요량이 기준사례보다 Case I은 약 80%, Case II는 약 45% 증가할 것으로 예상된다.

통합 이후, 북한 지역의 가정 부문을 비롯하여 산업 및 이동 부문 등 전 부문에서 에너지 수요가 증가할 것으로 예상되며, Goldman Sachs (2009)는 남

Table 3. Ratio of the Total Primary Energy Supply in the Korean Peninsula of each Case to the Base Case.

Base Case: Historic (2011)		1.00
Case I - SK: 2035	a) NK: 1985	1.39
	b) NK: 2014	1.34
	c-1) NK: 2011 SK (POP_max)	1.82
	c-2) NK: 2011 SK (POP_min)	1.79
Case II - SK: 2011	a) NK: 1985	1.04
	b) NK: 2014	0.99
	c-1) NK: 2011 SK (POP_max)	1.47
	c-2) NK: 2011 SK (POP_min)	1.44

* SK: South Korea/ NK: North Korea/ POP: Population/ max: maximum/ min: minimum

북한이 점진적으로 통합을 해나가면 2050년 통일한 국은 일본, 독일, 영국을 앞선 경제대국이 될 것이라 전망한 바 있다. 그러므로 c-1), c-2)경우와 같은 에너지 수요 증가 상황에 대비한 사전 준비가 필요하다. 남한의 경우 에너지 자원의 해외 의존도가 높으며, 북한도 에너지 공급을 늘리게 될 경우 해외 의존도가 높아지게 될 것이다. 단기간에 에너지 수요가 급증하면 원활한 에너지 공급이 어렵고 에너지 설비가 수요를 감당하지 못하는 문제가 발생할 수 있으므로 사전 교류와 협력을 통해 통합 이전부터 북한 지역 내의 에너지 설비를 확충해나가는 과정이 중요할 것이다.

통합 한반도의 에너지 소비량이 크게 증가할 경우 온실가스 및 대기오염물질 배출량도 크게 증가하는 등 환경영향, 나아가서 인체위해성도 증가할 것으로 예상된다. 에너지 소비 증가에 따른 환경 영향 및 건강 위해도 또한 사전에 예측하여 한반도 통합 이전부터 체계적으로 줄여나가는 방안을 마련해야 할 것이다. 예를 들어, 남한에서 2000년대 이후 활발하게 추진된 대기오염물질과 온실가스 배출을 동시에 저감할 수 있는 통합환경전략(Integrated Environmental Strategies, IES)과 같은 연구(KMOE 2008, 2009; Chae 2010)를 한반도 단위로 진행하면 한반도 단위로 효율적인 환경관리방안을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

에너지 수요 증가에 대응하기 위해 현재 북한의 에너지 구성비를 그대로 유지한다면, 환경영향은 더욱 커질 것이다. 예를 들어, 일차에너지를 1 TJ 소비할 때 이산화탄소 배출량이 2013년 북한은 약 78.8 tCO₂/TJ로 51.8 tCO₂/TJ인 남한에 비해 높는데, 이는 북한의 에너지 구성비에서 석탄이 차지하는 비중이 매우 높기 때문이다. 북한의 에너지원 구성비 및 효율 등이 그대로 유지된다면, 남한의 에너지 수요 증가로 인한 증가분을 제외하고도 c-1)과 c-2)의 통합 한반도의 에너지부문 이산화탄소 배출량이 2013년에 비해 약 76% 증가할 것으로 예상된다. 하지만 북한에 석탄이 비교적 풍부하게 매장되어 있더라도 에너지 수요가 급증할 경우 현재의 설비와 석탄만으로 에너지 수요를 감당할 수 없을 것으로 예상된다. 석탄은 환경영향과 위해도가 높은 에너지원이므로

북한의 석탄 구성비를 줄여나가는 방향의 에너지 계획 수립이 필요하고, 에너지 설비 확충에 선진 기술을 적용하는 방안을 마련해야 할 것이다.

북한 내부에서도 새로운 에너지원 개발에 대한 관심이 높으며 특히 재생에너지 기술력 확보를 위해 노력하고 있다. 북한의 신재생에너지 잠재량은 태양광 발전이 8,902 TWh로 가장 크며, 풍력발전과 소수력 발전도 각각 8 TWh, 5 TWh이며, 2013년 북한은 재생에너지 산업 활성화 및 국토환경 보호를 위해 '재생에너지법'을 제정한바 있다(HRI 2015). 그러므로 통합 이전부터 신재생 에너지 분야에서 기술을 지원받는 등의 협력 방안은 북한의 에너지 공급을 증대하면서 환경 영향을 최소화하는 대안이 될 수 있다. 북한의 에너지 수급 상황과 설비가 안정화되기 전까지 남한에서 직접적으로 에너지를 공급하는 방안도 고려할 수 있지만, 현재 북한과 남한은 전력계통망이 연계되어 있지 않는 등 에너지 통합을 위한 인프라가 구축되어 있지 않은 실정으므로 이 방안을 실행하기 위해서는 양국의 에너지 인프라를 통합하는 것이 우선적으로 추진되어야 할 것이다.

IV. 결론 및 앞으로의 연구방향

본 연구에서는 (1) 남한과 북한의 식량 공급량 추이를 동북아시아 및 세계와 비교하여 살펴보았고, (2) 남한과 북한, 통합 한반도의 에너지 공급량 추이를 비교하여 살펴보았으며, (3) 남한과 북한, 한반도 단위의 환경자원 소비량을 예측하여 환경자원 관리 방향에 대해 제시하였다.

지난 50여 년간 북한은 국내 식량 공급량의 대부분이 국내에서 생산된 것으로 식량 자급도가 매우 높았지만(Figure 6(b) 참조), 식량 공급량이 부족하여 일인당 식량 공급량, 일인당 열량 공급량, 일인당 단백질 공급량 등이 모두 남한, 동아시아, 세계보다 낮은 수준이다(Figure 3, 4, 5 참조). 또한 육류 소비가 급증한 남한과 동아시아와는 달리 육류 소비 비중이 매우 낮은 상황이고(Figure 3, 4, 5 참조) 단백질 섭취가 부족하여 영양적으로 적절한 식량 소비를 하는 가계가 16%에 불과한 실정이다.

그러므로 남한과 북한이 통합하게 되면 최우선적으로 북한 주민의 영양과 건강 측면을 고려한 식량 공급 정책이 필요할 것이다. 통합이후 북한 주민이 2011년 남한, 동아시아, 세계 수준으로 식량을 소비한다면, 2055년까지의 예상 통합 인구가 최대일 때 식량 소비량은 각각 2011년 통합 소비량에 비해 25%, 27%, 20% 증가할 것으로 예상된다. 따라서 식량 소비 증가에 의한 환경 영향을 최소화하면서 안정적인 식량 공급을 위한 노력이 필요하다. 식량 소비에 의한 환경 영향을 최소화할 수 있는 식소비 문화를 형성해나가고, 북한 지역의 농업 생산성을 높이는 방안을 적극적으로 마련되어야 할 것이다.

2014년 북한의 에너지 소비량은 남한의 약 8%에 불과하고, 지난 15년간 석탄 사용 구성비가 매우 높았으며, 남한과는 달리 수력이 차지하는 비중이 높았다. 통합 이후 북한 지역의 에너지 수요가 증가할 것으로 예상되므로 사전 교류와 협력을 통해 통합 이전부터 북한 지역의 에너지 설비를 확충해나갈 필요가 있을 것이다. 에너지원별 비중과 수요량은 환경 영향과 매우 밀접하므로 이에 대한 계획을 수립할 경우에는 환경 영향을 함께 고려하는 것이 반드시 필요하다. 환경 영향과 더불어 건강 위해도 또한 사전에 예측하여 한반도 통합 이전부터 체계적으로 줄여나가는 방안을 마련해야 할 것이다.

통일이 되면 개별 국가로 존재할 때 발생하는 변화보다 더욱 빠르게 큰 변화가 생길 것이라고 예상할 수 있다. 그러므로 사전에 인식의 전환을 통하여 한반도 단위로 통합이 된 상황을 가정하여 여러 측면의 변화를 예측하는 것은 향후 실질적인 통합 과정에서 갈등과 시행착오를 줄이는데 크게 기여할 것이라 기대된다. 통합이 단순한 자료 통합을 의미하는 것은 아니지만, 본 연구에서 에너지 소비량 추이를 살펴본 것과 같이 자료를 통합하여 한반도 단위로 살펴보는 것도 한반도 단위 현상 이해에 유용할 것이라 기대된다.

사전에 인식의 전환을 통하여 한반도 단위로 환경 영향 지표들을 살펴보는 것 또한 한반도 단위 현상 이해에 매우 유용할 것이다. 예를 들어, 최근 남한에서 크게 관심을 갖고 있는 초미세먼지의 발원지에 대한 연구에서 지금은 남한을 수용원으로 고려하여 주

로 연구를 수행하고 있지만, 통합 이후에는 한반도를 수용원으로 고려하여 연구를 진행하게 될 것이다. 현재는 백령도와 안면도, 제주도 고산 지역 등을 배경 지역으로 선정하여 장거리 이동 영향을 살펴보고 있지만, 한반도 단위로 살펴보게 되면, 북한에서 새로운 배경 지역을 선정하여 함께 연구를 진행할 수 있을 것으로 기대된다. 남한과 북한의 통합은 양국뿐만 아니라 동북아 차원에서도 큰 변화를 가져올 것으로 예상되므로, 동북아 단위에서 한반도 통합의 의미를 살펴보고, 환경 영향을 비롯한 미래를 예측하는 연구가 필요할 것이다. 또한 통합 한반도 관점의 동북아 환경협력에 대한 논의가 필요할 것이다.

본 연구는 전반적으로 북한 자료의 신뢰성 문제, 통합 이후의 불확실성을 내포한다는 점에서 한계가 있다. 하지만 본 연구에서는 가장 신뢰받는 최장기 시계열 자료를 활용하였고, 일관성을 유지하기 위하여 남한과 북한 모두 동일한 기관의 자료를 사용하였으므로, 시계열 자료의 연도별 추이와 남한과 북한의 비교 결과는 의미가 있을 것이라 판단된다. 통합 한반도의 환경자원 소비량에 대한 불확실성이 커서 본 연구에서는 다양한 Case를 제시하였지만 단순한 가정에 의한 예측을 하였다는 한계가 존재한다. 따라서 향후 더 정교하고 분석적인 장래 예측을 하는 추가적인 연구가 필요할 것이다.

본 연구는 통합 이후 한반도의 식량과 에너지 소비량을 예측하여 기존의 남한과 북한에 대해 개별적인 접근을 취한 연구들과의 차별성을 가지며, 향후 본 연구와 같이 한반도를 단위로 하는 연구들의 선행 연구 사례가 될 것으로 기대된다. 향후 한반도 단위의 환경자원 소비량을 바탕으로 하여 온실가스 배출량, 대기오염물질 배출량, 생태발자국 등의 환경 영향을 예측하고 환경 관리 방안을 마련할 필요가 있으며, 한반도 단위로 연구를 진행하고 관리방안을 수립하는 과정과 결과는 남한과 북한의 통합 이후 시행착오를 줄여나가는 데에 도움이 될 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부; 교육

부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(NRF-2014R1A2A2A05007038; NRF-2015R1D1A1A02061679).

References

- BOK (Bank of Korea). 2014. Understanding the economy of North Korea with the statistics. Seoul. [Korean Literature]
- Brown LR. trans. Edith Ji KH, Lee IW, Han SS, Kim SM. 1998. Who will feed China?. Ddanim.
- Chae Y. 2010. Co-benefit analysis of an air quality management plan and greenhouse gas reduction strategies in the Seoul metropolitan area. *Environmental Science and Policy*. 13: 205-216.
- DEFRA (Department for Environment, Food & Rural Affairs). 2006. Environmental impacts of food production and consumption. London.
- EIA (U.S. Energy Information Administration). 2015. International Energy Statistics - Total Energy: Total Primary Energy Consumption (North Korea and South Korea). [cited 2015 March 08]. Available from: <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=44&pid=45&aid=2&cid=KN,KS,ww,&syid=1980&eyid=2012&unit=QBTU>.
- EIA (U.S. Energy Information Administration). 2016. International Energy Statistics - Total Energy: Total Primary Energy Consumption (Germany, East Germany, and West Germany). [cited 2016 January 14]. Available from: <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=44&pid=44&aid=2&cid=GM,GC,GE,&syid=1980&eyid=2012&unit=QBTU>.
- Emerson J, Esty DC, Levy MA, Kim CH, Mara V, de Sherbinin A, Srebotnjak T. 2010. 2010 Environmental Performance Index. New Haven.
- EWG (Environmental Working Group). 2011. Meat eaters guide: Methodology. Washington, DC.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016. Food Balance Sheets: Standard Download. [cited 2016 March 14]. Available from: <http://faostat3.fao.org/download/FB/FBS/E>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) and WFP (World Food Programme). 2013. FAO/WFP crop and food security assessment mission to the democratic people's republic of Korea. Rome.
- GFN (Global Footprint Network). 2016. National Footprint Accounts 2016 Edition: Korea, Democratic People's Republic of and Korea, Republic of. Oakland.
- Goldman Sachs. 2009. A United Korea? Reassessing North Korea Risks (Part I) - Global Economics Paper No: 188. Seoul.
- HRI (Hyundai Research Institute). 2015. Potential of the cooperation of South Korea and North Korea in the renewable CDM project - HRI VIP Report No: 636. Seoul. [Korean Literature]
- Hsu A, Emerson J, Levy M, de Sherbinin A, Johnson L, Malik O, Schwartz J, Jaiteh M. 2014. The 2014 Environmental Performance Index. New Haven.
- IEA (International Energy Agency). 2015a. CO2 emissions from fuel combustion highlights 2015 edition. Paris.
- IEA (International Energy Agency). 2015b. World energy balances 2015 revised edition. Paris.
- IEA (International Energy Agency). 2016. Korea, Democratic People's Republic of: Balances for 1990~2013. [cited 2016 March 08].

- Available from: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=Korea&product=balances>.
- Joyce A, Dixon S, Comfort J, Hallett J. 2012. Reducing the environmental impact of dietary choice: Perspectives from a behavioural and social change approach. *Journal of Environmental and Public Health*. 2012(9786720): 1-7.
- KCDCP (Korea Center for Disease Control and Prevention). 2013. Korea Health Statistics 2012: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANESV-3). [Korean Literature]
- KEEI (Korea Energy Economics Institute). 2013. Study on the energy consumption behaviors of the household, commerce, and public sectors in North Korea. Gyeonggi. [Korean Literature]
- KEEI (Korea Energy Economics Institute). 2015. Short- and long-term strategies in the energy sector in case of unification of the Korean peninsula. Ulsan. [Korean Literature]
- KIEP (Korea Institute for International Economic Policy). 2012. Environmental problem of North Korea and the international support measures. *KIEP Regional Economic Focus*. 6(38). [Korean Literature]
- Kim CK. 2010. East-West migration and demographic change in the former GDR since the German reunification and lessons for Korea. *Korean International Economic Journal*. 28: 28-55. [Korean Literature]
- Kim IS, Lee JY, Kim YP. 2011. Energy usage and emissions of air pollutants in North Korea. *J Korean Society for Atmospheric Environment*. 27(3): 303-312. [Korean Literature]
- Kim IS, Lee JY, Kim YP. 2013. Impact of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) emissions from North Korea to the air quality in the Seoul Metropolitan Area, South Korea. *Atmospheric Environment*. 70: 159-165.
- Kim NK, Kim YP, Morino Y, Kurokawa JI, Ohara T. 2014. Verification of NOx emission inventory over North Korea. *Environmental Pollution*. 195: 236-244.
- Kim TG. 1994. The implication of German environmental policy since 1990 into the reunification processes of Korea. *Korean International Economic Journal*. 12: 143-163. [Korean Literature]
- KMOE (Korea Ministry of Environment). 2008. The 4th Integrated Environmental Strategies. Seoul. [Korean Literature]
- KMOE (Korea Ministry of Environment). 2009. The 5th Integrated Environmental Strategies. Seoul. [Korean Literature]
- KMOTIE (Korea Ministry of Trade, Industry and Energy). 2014. The 2nd Energy Master Plan. Sejong.
- KNDA (Korea National Diplomatic Academy). 2014. 2040 Unified Korea Vision Report - United Korea as a global leader. Seoul. [Korean Literature]
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2016a. Total primary energy supply and total primary energy supply by sector: South Korea and North Korea. [cited 2016 February 23]. Available from: http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ZGA72&conn_path=13. [Korean Literature]
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2016b. Total primary energy supply and total primary energy supply per capita:

- South Korea and North Korea. [cited 2016 February 23]. Available from: http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ZGA71&conn_path=I3. [Korean Literature]
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2016c. North Korea statistics - North Korea energy statistics. [cited 2016 February 23]. Available from: <http://kosis.kr/bukhan/statisticsList/analList.jsp>. [Korean Literature]
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2016d. Population estimate and projection (1960~2060): South Korea. [cited 2016 March 11]. Available from: http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1B01001&conn_path=I3. [Korean Literature]
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2016e. Population estimate and projection (1993~2055): North Korea. [cited 2016 March 11]. Available from: http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ZGA01_001&conn_path=I3. [Korean Literature]
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2016f. North Korea energy statistics. [cited 2016 March 11]. Available from: http://kosis.kr/bukhan/statisticsList/analView.jsp?pageNo=1&anl_id=ANL007. [Korean Literature]
- KOSTAT (Statistics Korea). 2015. 2015 Major statistics indicators of North Korea. Daejeon. [Korean Literature]
- KSPI (Korea Statistics Promotion Institute). 2013. Support and cooperation for the statistic of North Korea. Seoul. [Korean Literature]
- Lee K. 2011. A plan for Korean unification in view of other cases of unification. Korean Journal of Political Science. 18(3): 49-78. [Korean Literature]
- Nautilus Institute. 2012. Foundations of energy security for the DPRK: 1990-2009 energy balances, engagement options, and future paths for energy and economic redevelopment. Berkeley.
- Park MG, Kim BY, Kim BR, Jung EM. 2013. Inter-Korean Integration Index 2008~2013. Institute for Peace and Unification Studies, Seoul National University. Seoul. [Korean Literature]
- Park SI. 2013. Advanced unification strategy. Book21. Gyeonggi. [Korean Literature]
- Pimentel D, Pimentel M. 2003. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. The American Journal of Clinical Nutrition, 78: 660S-663S.
- Sanders KT, Webber ME. 2014. A comparative analysis of the greenhouse gas emissions intensity of wheat and beef in the United States. Environmental Research Letters. 9(044011): 1-9.
- STEPI (Science and Technology Policy Institute). 2014a. A Study on the Current State of Environment Technology in North Korea for S&T Cooperation Methods between South-North Korea. Sejong. [Korean Literature]
- STEPI (Science and Technology Policy Institute). 2014b. Cooperation in environmental science and technology between South Korea and North Korea. STEPI Insight, 144, Sejong. [Korean Literature]
- Tilman D and Clark M 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. Nature 515: 518-522.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. State of the environment: DPR

- Korea. Pathumthani.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2012. Democratic People's Republic of Korea environment and climate change outlook. Pyongyang.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2016. Intended Nationally Determined Contribution (INDCs): Submission by the Republic of Korea on June 30. [cited 2016 January 16]. Available from: http://unfccc.int/focus/indc_portal/items/8766.php.
- Williams AG, Audsley E, Sandars DL. 2006. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report. Defra Research Project IS0205. Bedford: Cranfield University and Defra.
- World Bank. 2016. World Development Indicators: Energy use and population. [cited 2016 February 25]. Available from: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&type=metadata&series=EG.USE.PCAP.KG.OE#>.
- WRI (World Resources Institute). 2013. Creating a sustainable food future: A menu of solutions to sustainably feed more than 9 billion people by 2050. Washington, DC.
- Yeo MJ, Kim YP. 2015. Prediction of the carbon dioxide emission change resulting from the changes in bovine meat consumption behavior in Korea. J Korean Society for Atmospheric Environment. 31(4): 356-367. [Korean Literature]