



논문

북한 육류 소비 행태 변화에 따른 이산화탄소 배출 변화량 예측

Estimation of the Carbon Dioxide Emission Change due to the Change of the Meat Consumption Behavior in North Korea

여민주, 김용표^{1)*}

이화여자대학교 환경공학과, ¹⁾이화여자대학교 화학신소재공학과

Min Ju Yeo, Yong Pyo Kim^{1)*}

Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University

¹⁾Department of Chemical Engineering & Materials Science, Ewha Womans University

접수일 2018년 11월 1일
 수정일 2018년 11월 30일
 채택일 2018년 12월 24일

Received 1 November 2018
 Revised 30 November 2018
 Accepted 24 December 2018

*Corresponding author
 Tel : +82-(0)2-3277-2832
 E-mail : yong@ewha.ac.kr

Abstract A consumption based study on the carbon dioxide (CO₂) emission change due to the changes in meat consumption behavior in North Korea was carried out. It was found that if the meat consumption amount per capita and meat supply mix in North Korea be equal to that of South Korea in 2027, the CO₂ emissions be 4,102 ktCO₂. This amount is equivalent to almost 5 times of the CO₂ emissions with the current meat consumption pattern in North Korea, at about 873 ktCO₂. It is expected that the meat consumption amount in North Korea be increased which is related to the Sustainable Development Goals (SDGs) in terms of 'No Poverty' and 'Good Health and Well-Being'. However, to minimize the greenhouse gases (GHGs) emissions and to achieve the SDG 12, 'Responsible Production and Consumption', it is required to encourage the rabbit meat and poultry centered consumption like as currently. In addition, North Korea needs to increase livestock and agricultural productivities through external assistance and to raise agricultural labor productivity internally by modifying the farm type.

Key words: Meat consumption in North Korea, Meat supply mix, Consumption based carbon dioxide emissions, Embodied energy

1. 서론

남북정상회담(2018. 4. 27)으로 한반도에 평화 분위기가 조성되고 있다. 남북정상회담에서 발표된 '한반도의 평화와 번영, 통일을 위한 판문점 선언'의 후속조치들도 진행되고 있어 산림협력과 같은 실질적인 협력도 가시화되고 있다.

북한은 자급자족 사회를 지향하는데, 지난 50여 년간 경제 상황이 나아지지 않아 제한된 양의 환경자원이 공급 가능한 상황에서 인구가 2배 가까이 증가하게 되어 일인당 소비할 수 있는 환경자원(에너지, 식량 등) 공급량이 줄어들었다. 북한의 일인당 에너지 소비량(KOSTAT, 2016)은 2014년 0.45 TOE (Tonne of

Oil Equivalent)로 5.61 TOE/capita인 우리나라의 약 8%, 1.88 TOE/capita (IEA, 2016)인 세계평균의 약 25%이다. 일인당 연간 식량 공급량도 2011년 459 kg으로 791 kg인 우리나라의 약 58%, 688 kg인 세계평균의 약 67%에 불과하다 (FAO, 2016). 2013년 북한의 육류 소비량은 328 kt으로 3,134 kt인 우리나라의 약 10.5%에 불과하다 (FAO, 2018). 부족한 식량과 에너지 등의 환경자원 수요량을 채우기 위해 산림자원을 부문별하게 사용하여 훼손시키고, 이 과정에서 생태계가 자연 재해에 취약해지고, 결과적으로 환경과 경제 상황이 나빠지는 빈곤의 악순환이 반복되고 있다 (Yeo and Kim, 2018a).

한국은행에 따르면 (BOK, 2018), 지난해(2017년)

북한은 대북제재에 가뭄까지 겹치면서 경제성장률이 20년 만에 최저치를 보였지만, 2016년에는 대북 제재에도 불구하고 경제성장률이 3.9%로 17년만에 최고치를 기록하였다. 1990년 사회주의 붕괴 이후 북한 경제성장률은 1990년부터 1998년까지 9년 연속 감소하였지만 이후 2005년까지 연속해서 증가하였고, 이후 증감을 반복하고 있다. 따라서 2000년대 북한의 경제는 1990년대보다는 다소 호전된 것으로 파악되고 있다. 하지만 아직까지는 경제위기 이전 수준을 회복하지 못하고 있다(MOU, 2018).

최근 북한은 경제를 발전시키기 위해 총력을 다하고 있다. 지난 4월 노동당 중앙위원회 제7기 전원회의에서는 과학기술사업을 통한 전면적 경제발전 방안을 제시하는 등 과학기술을 성장 동력으로 삼아 '과학기술 집약형 경제개발'을 추진하겠다고 밝혔다(KDB, 2018). 현재 평화 분위기 속에서 북한을 지원하는 사업들도 추진될 것으로 기대되므로 앞으로 북한의 환경자원 소비가 증가할 것으로 예상된다.

북한 주민의 영양 상태가 열악한 것으로 알려져 있는데(Lee, 2017), 북한 주민의 영양과 건강 상태를 개선하기 위해서는 식량 공급량을 우선적으로 증가시켜야 할 것이다. 북한 식량 소비의 증가는 유엔의 첫 번째 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)인 '빈곤 퇴치', 두 번째 목표인 '굶주림 없는 세상', 세 번째 목표인 '건강한 삶'에 부합한다(UN, 2015).

육류를 포함한 동물성 식품은 단백질과 칼슘의 주요 공급원인데, 1990년대 중반 '고난의 행군' 시기를 겪으며 육류 섭취량이 더욱 줄어들었고(그림 1), 이때 유아기를 겪은 현재의 청소년들에게 신체 왜소화(Kim, 2013)가 진행되었다. 최근 김정은 체제에서는 영양부족 문제 해결을 위해 축산업을 국가 주요정책으로 강조하고 있다. 축산업을 강조하는 또 다른 이유는 최근 북한 중산층의 소득과 생활수준이 향상되면서 축산물 수요가 증대되었고, 축산 분뇨를 부족한 화학비료를 대체하여 농업생산성 향상에 기여할 수 있다고 보기 때문이다(GS&J Institute, 2015). 따라서 앞으로 북한의 육류 소비는 증가할 것으로 예상된다.

하지만 육류 소비는 기후변화를 유발한 주요 원인의 하나로 지목되었고, 육류에 의한 인위적인 온실가스 배출량은 전체 온실가스 배출의 18%에 달한다(FAO, 2006). 유엔의 12번째 지속가능발전목표인 '소비와 생산에 대한 책임'에서 언급된 지속가능한 소비(UN, 2015)를 위해서는 육류 소비를 줄이는 것이 권고되는 상황이다. 육류를 생산할 때 농작물에 비해 상대적으로 화석 에너지를 많이 투입하기 때문이다(Sanders and Webber, 2014).

Springmann *et al.* (2018)에 의하면, 육류 제품 생산은 반추 동물의 장내 발효 및 분뇨 배출 등으로 많은 온실가스(총 농업 배출의 72~78%)를 배출하고, 가축을 먹이기 위한 사료 생산 과정에서 많은 물을 사용하고 질소와 인을 많이 배출한다. 또한 육류 생산 과정에서 식물성 식품을 생산할 때보다 더 많은 에너지를 사용(Godfray *et al.*, 2018; Joyce *et al.*, 2012; Pimentel and Pimentel, 2003)하고 온실가스와 대기오염물질 등을 배출하게 된다(Sanders and Webber, 2014). 최근에는 육류 소비에 의한 환경 영향뿐만 아니라 환경의 한계를 고려하여 푸드시스템을 유지하기 위한 방안에 대한 연구(Springmann *et al.*, 2018)와 육류 선택 의사결정 시스템에 대한 연구(Godfray *et al.*, 2018)도 진행되었다.

국제적으로는 육류 소비에 대한 연구가 증가하고 있지만, 지금까지 북한의 육류 소비에 대한 연구는 거의 진행되지 않았다. 본 연구에서 (1) 지난 50여 년간 북한의 육류 소비 추이를 우리나라와 비교하여 살펴보고, (2) 북한의 육류 소비 증가에 대한 여러 시나리오를 생성하여 시나리오별 이산화탄소 배출량 변화를 살펴보고, (3) 북한 육류 소비 증가로 인한 환경 영향을 최소화할 수 있는 방안을 제시하였다.

2. 연구자료와 방법

2.1 시나리오 생성

본 연구에서는 북한의 육류 소비가 증가할 것이라

Table 1. Scenarios for meat consumption predictions of North Korea.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Meat consumptions per capita	Same to 2013 meat domestic supply quantity in North Korea (NK)	Same to 2013 meat domestic supply quantity in South Korea (SK)	Same to half of 2013 meat domestic supply quantity in SK	Same to predicted 2027 meat domestic supply quantity in SK
Meat supply mix	[3 cases for every scenario] a) Same to 2013 meat supply mix (ratio) in NK b) Same to 2013 meat supply mix (ratio) in SK c) 50%: Same to 2013 meat supply mix (ratio) in NK & 50%: Same to 2013 meat supply mix (ratio) in SK			
Population	[2 cases for every scenario] - 2013 POP: 2013 estimated population in NK - 2027 POP: 2027 estimated population in NK			
Carbon Intensity	[2 cases for every scenario] - Min CI: Min value between 1961 and 2012 in NK - Max CI: Max value between 1961 and 2012 in NK			

*Each scenario has 12 cases, thus, total 48 results are estimated.

고 가정하여 북한 육류 소비 증가에 대한 여러 시나리오를 생성하였다. 북한의 육류 소비에 대한 시나리오를 생성할 때 공급량을 기준으로 하였는데, 이는 일반적으로 사람들이 식품을 섭취할 때 단백질 함량이나 열량보다는 양을 기준으로 삼기 때문이다. 육류 소비량은 공급량과 동일하다고 간주하여 일인당 육류 소비량에 따라 4가지 시나리오를 표 1과 같이 생성하였다.

시나리오 1은 북한의 현재 일인당 육류 소비량이 유지되는 경우로 북한의 2013년 일인당 육류 공급량이 유지될 경우, 시나리오 2부터 4까지는 북한의 일인당 육류 소비량이 증가하는 경우이다. 시나리오 2는 2013년 우리나라 일인당 육류 공급량만큼 증가할 경우, 시나리오 3은 우리나라 일인당 육류 공급량의 50%만큼 증가하는 경우, 시나리오 4는 우리나라의 미래 일인당 육류 공급량만큼 증가하는 경우로 가정하였다. 시나리오 4에서 우리나라의 미래 일인당 육류 공급량은 KREI (2018)에서 전망한 시점인 2027년의 예상값으로 가정하였다. 본 연구에서 활용한 국제연합식량농업기구 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) (2018)에 북한 육류 공급량 자료가 최대 2013년까지 제공되므로 현재 시점을 2013년으로 고려하였다.

우리나라의 지난 50여 년간 육류 공급량 추이는 북

한과 동일하게 FAO (2018) 자료를 활용하여 살펴보았는데, 시나리오를 생성할 때는 우리나라의 2013년 육류 공급량은 우리나라의 2027년 육류 공급량 전망 결과와 동일하게 농촌경제연구원 (Korea Rural Economic Institute, KREI) (2018)의 값을 적용하였다.

네 가지의 시나리오에서 육류별 공급비율(육류 종류별 비율, meat supply mix)을 각각 a) 현재 (2013년) 북한의 육류 공급비율이 유지되는 경우, b) 우리나라의 현재 육류 공급비율과 동일해지는 경우, c) 공급량의 50%는 북한의 2013년 육류 공급비율과 동일하고, 나머지 50%는 우리나라의 2013년 육류 공급비율과 동일한 경우와 같이 3가지로 고려하였다. 또한 인구는 2013년과 동일한 경우와 2027년과 동일한 경우로 살펴보았다. 마지막으로 탄소강도를 지난 50여 년간의 최대값과 최소값 두 가지로 고려하였다. 따라서 각 시나리오별로 12개의 결과, 전체 48개 결과를 제시하였다.

2.2 육류 소비에 의한 이산화탄소 배출량 산정방법

육류 소비 과정에서 온실가스는 다양한 경로로 발생한다. 가축 사육, 도축, 가공 및 보관 과정에서의 연료 및 전력 사용으로 간접적으로 발생하기도 하고, 가축의 장내발효 등으로 직접 발생하기도 한다(EWG,

2011). 본 연구에서는 고기 생산과 관련하여 사용된 에너지에 의한 이산화탄소 배출량을 고려하였다.

육류 소비량은 생산량에 수입량을 더하고 수출량을 제하여 산정한다. 육류 소비에 의한 이산화탄소 배출량은 식(1)과 같이 해당국가 내에서의 육류 생산 과정에서 발생하는 이산화탄소 배출량에서 해당국가에서 수입한 육류를 생산하는 과정에서 수입국에서 발생한 이산화탄소 배출량을 더하고, 해당국가에서 수출하는 육류를 생산하는 과정에서 해당국가에서 발생한 이산화탄소 배출량을 제하여 산정한다.

$$CO_2emission_i^C = CO_2emission_i^P + CO_2emission_i^I - CO_2emission_i^E \quad (1)$$

C는 소비량, P는 국내생산, I는 수입, E는 수출을 의미한다. 본 연구에서는 육류 소비에 의한 이산화탄소 배출량을 국제생태발자국 네트워크(Global Footprint Network, GFN)의 국가발자국 계정(National Footprint Accounts, NFA)에서 수입과 수출물품에 내재된 탄소발자국을 산정하는 방법론(GFN, 2016)을 활용하였다. 탄소발자국을 산정하는 과정에서 식(2)~(4)와 같이 에너지와 탄소강도를 이용하여 이산화탄소 배출량을 산정한다. 동일한 방법론으로 우리나라 쇠고기 소비에 의한 이산화탄소 배출량을 산정한 연구(Yeo and Kim, 2015)에서도 볼 수 있듯이, 소비재의 국내생산에 의한 이산화탄소 배출량의 경우에는 식(2), 수입 및 수출에 의한 이산화탄소 배출량은 각각 식(3), (4)와 같이 산정할 수 있다.

$$CO_2emission_i^P = EN_i * CI^d \quad (2)$$

$$CO_2emission_i^I = EN_i * CI^w \quad (3)$$

$$CO_2emission_i^E = EN_i * CI^m \quad (4)$$

여기서, EN은 에너지($GJ yr^{-1}$), CI는 탄소강도(Carbon Intensity) (tCO_2TJ^{-1}), i는 소비재, d는 국내값, w는 세계평균값, m은 세계평균과 국내의 혼합값을 의미한다.

특정 국가에 고기 공급량을 늘리기 위해서는 해당

국가 내에 가축 사육두수를 늘리거나, 외부에서 수입이나 지원 등의 형태로 고기를 들여와야 한다. 그림 3에서 확인할 수 있듯이 지난 50여 년간 북한은 북한 내에서 생산된 육류가 북한 내에서 거의 다 소비되고, 수입과 수출이 거의 없어 육류 소비량과 생산량이 거의 동일하다. 또한 본 연구의 목적이 북한의 고기 소비로 인한 환경영향의 최대치를 파악하기 위한 것이어서 본 연구에서는 시나리오별로 북한에서 늘어나는 육류 소비량을 기존과 같이 북한 내에서 생산하는 양으로 공급하는, 육류 자급도가 100%인 상황을 가정하였다. 따라서 식(1)은 식(5)와 같이 나타낼 수 있고, 이는 식(2)와 동일하다.

$$CO_2emission_i^C \text{ of North Korea} = CO_2emission_i^P \text{ of North Korea} \quad (5)$$

식(2)에서 에너지(EN)는 식(6)과 같이 소비재의 소비량에 내재에너지(Embodied energy)를 곱하여 산정하였다. 국내 생산에 대한 탄소강도(tCO_2GJ^{-1})는 식(7)과 같이 총1차에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 이용하여 산정하였다.

$$EN_i = Amt_i * EmbEn_i \quad (6)$$

$$CI^d = \frac{CO_2emission_i^P}{TPES^P} \quad (7)$$

여기서, Amt는 양($t yr^{-1}$), EmbEn는 내재에너지($GJ t^{-1}$), TPES는 총1차에너지 공급량(Total Primary Energy Supply)을 의미한다. ‘내재에너지’는 Yeo and Kim (2015)에서도 정리하였듯이 일반적으로 재화나 서비스를 생산하는데 직간접적으로 필요한 에너지를 의미하며(Cleveland and Morris, 2009), 본 연구에서 활용한 GFN (2016)의 내재에너지는 소비재 단위 무게당 소비재 생산과 관련하여 사용된 모든 에너지의 합을 의미한다.

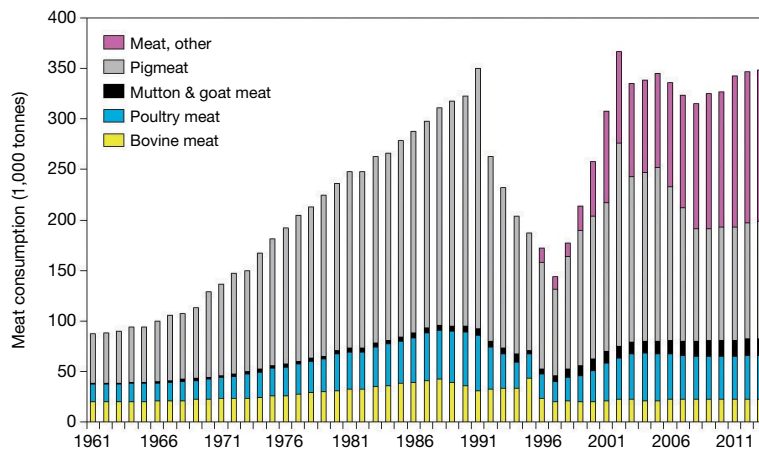
본 연구에서 활용한 자료와 자료원은 표 2에 정리하였다. 시나리오별 육류 소비량은 KREI (2018)과 FAO (2018) 자료, 육류의 내재에너지는 GFN (2016)에서 제공하는 값을 주로 활용하였다. GFN (2016)에

Table 2. Data used in this study related with meat consumptions for calculating carbon dioxide emissions.

Data	Source
- Population (million people)	- KOSTAT (2018)
- Annual bovine meat, pigmeat, poultry meat, and other meat consumption amounts of South Korea (SK) and North Korea (1961~2013) (t yr ⁻¹)	- FAO (2018)
- Bovine meat, pigmeat, poultry meat* consumption amount of SK in 2013 (t capita ⁻¹ yr ⁻¹)	- KREI (2014a)
- Other meat consumption amount of SK in 2013 (t capita ⁻¹ yr ⁻¹)	- FAO (2018)
- Bovine meat, pigmeat, poultry meat* consumption projections of SK in 2027 (t capita ⁻¹ yr ⁻¹)	- KREI (2018)
- Other meat consumption projection of SK in 2027 (t capita ⁻¹ yr ⁻¹)	- Assmued**
- Embodied energy (GJ t ⁻¹)	- GFN (2016)
- Carbon dioxide emissions from bovine meat, pigmeat, poultry meat, and other meat consumption (tCO ₂)	- Clune <i>et al.</i> (2017)
- Annual carbon intensity (1961~2013) (tCO ₂ GJ ⁻¹)	- GFN (2016)

*Including chicken meat and duck meat.

**Other meat consumption amount was assumed same to the 2013 value from FAO (2018).

**Fig. 1.** Trends of meat consumptions in North Korea between 1961 and 2013 (data from FAO (2018)).

서 제공하지 않는 일부 육류(예: 토끼고기)의 자료는 Clune *et al.* (2017) 값을 참고하였다. 북한의 탄소강도는 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)의 자료를 활용하여 산정한 GFN (2016) 값을 활용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 남북한 육류 소비 추이와 고찰

지난 50여 년간 우리나라에서는 돼지고기, 쇠고기, 가금류의 소비량이 가장 많았고(그림 2), 북한에서도 비슷한 추이를 보이다 2000년대 중반 이후 쇠고기와

돼지고기 소비가 감소(그림 3)하였고, 염소고기 소비가 다소 증가하였고, 토끼고기 소비량이 급증하였다(그림 1).

우리나라는 1990년대 후반 금융위기 등으로 육류 소비량이 일시적으로 감소하기도 했지만, 대체적으로 지난 50여 년간 육류 소비가 크게 증가하였다. 북한의 육류 소비량도 그림 1을 보면 우리나라에 비해서는 완만하지만 1990년대 이전까지는 지속적으로 증가하였다. 하지만 ‘고난의 행군’ 시절로 불리는 1990년대 중반 급감하였고, 2000년대 이후 다시 회복되는 추이를 나타낸다. 남북한의 육류 소비량은 1970년대 중반부터 차이가 나기 시작하여 2013년 북한의 육류 소비량은 328 kt으로 3,134 kt인 우리나라의 약 10.5%

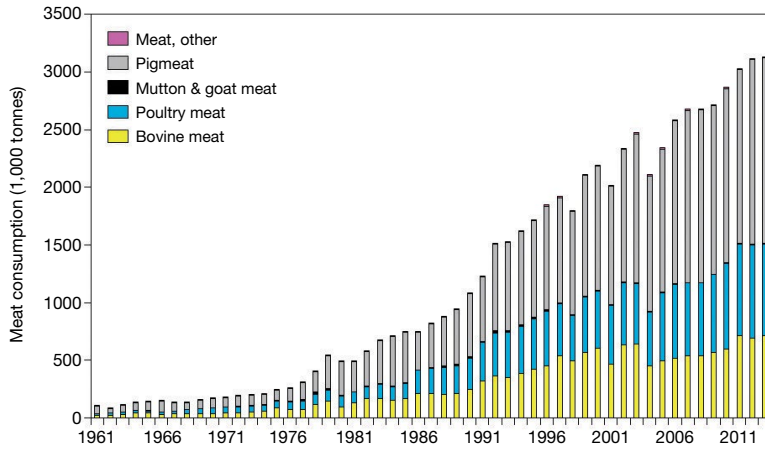


Fig. 2. Trends of meat consumptions in South Korea between 1961 and 2013 (data from FAO (2018)).

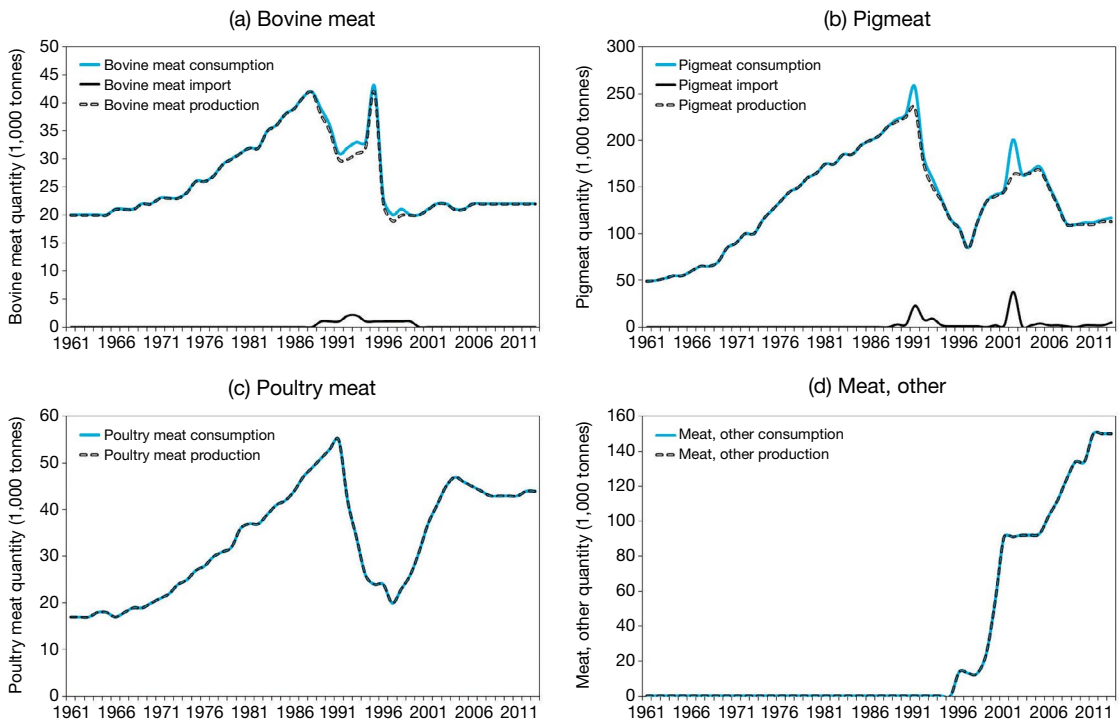


Fig. 3. Trends of consumption, production, and import quantities of bovine meat, pigmeat, poultry meat, and meat, other in North Korea between 1961 and 2013 (data from FAO (2018)).

에 불과하다.

우리나라는 1960년대 이후 축산정책이 비교적 성공을 거두어 대량생산이 가능해지면서 축산업이 발전

하였다. 우량종축의 개발, 번식기술을 중심으로 기술적 발전이 이루어졌고, 가축을 기업형으로 대량 생산하기 위하여 사료의 수급과 가공기술, 생산효율 개선

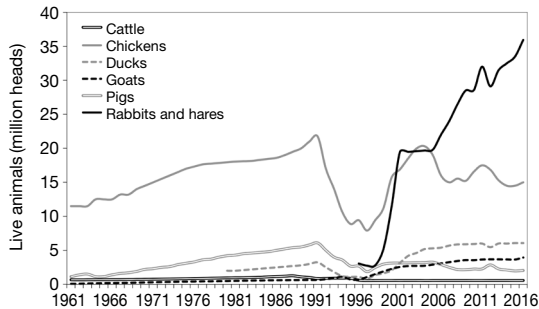


Fig. 4. Trends of live animals in North Korea between 1961 and 2016 (data from FAO (2018)).

기술, 가축의 질병 방제기술이 더불어 발전하게 되었다 (Hong, 2001). 최근에는 육류 수입량도 증가(FAO, 2016)하여 우리나라 육류 소비량 증가에 기여하고 있다.

북한의 가축 사육두수 추이를 그림 4에서 보면, 육류 소비량과 마찬가지로 1990년대 중반 급감하다 이후 증가하는 추이를 나타낸다. 특징적인 것은 소와 돼지의 사육두수는 1990년대 중반 이후에도 이전만큼 증가하지 않은 반면, 가금류의 사육두수는 거의 예전 수준만큼 증가하고, 염소 사육두수가 다소 증가하고, 토끼 사육두수가 크게 증가하였다는 것이다(그림 3).

가축을 사육하기 위해서는 먹이 자원이 확보되어야 하는데, 북한은 계획적인 목초 생산과 조사료 자원 확보가 충분하지 못한 실정이다(Hong, 2001). 김정은 체제의 4대 축산업 발전 과제는 1) 좋은 가축(집짐승) 종자 확보, 2) 사료문제 해결, 3) 과학적인 사양관리, 4) 철저한 수의방역대책 수립이다. 이를 위해 북한은 부족한 사료를 확보하는 것과 동시에 사료를 적게 소비하고, 번식률은 높이고, 면역력을 높인 가축육종사업을 강화하고자 한다(GS&J Institute, 2015).

북한에서는 학교마다 토끼동산을 갖추어 사육을 하고, 군대에서도, 일반 가정에서도 토끼를 기른다. 북한 정부는 주민들의 단백질 섭취를 위해 정책적으로 토끼고기 요리를 보급한다(MBC, 2014). 토끼는 풀을 먹이로 하여 키울 수 있고, 가축의 활용도가 높으며, 번식률이 높아 북한에서의 사육 선호도가 높은 것으로

판단된다.

앞으로 북한의 축산업은 발전할 가능성이 높을 것으로 예상된다. 북한 정부는 ‘축산에 힘을 넣어 인민들에게 더 많은 고기와 알이 차려지게 하자’라는 구호 아래 염소 사육 두수를 늘리기 위해 적극 노력하고 있으며, 돼지의 증체율을 늘리기 위한 과학적인 방안을 적극 모색하고 있다(KREI, 2014b).

또한, 북한 가축 생산량(젖소 1두당 연간 착유량 지육량 등)이 가축 유전능력의 차이, 사료부족으로 인한 사양관리의 부적절, 사육기술의 낙후 등으로 우리나라에 비해 크게 떨어지므로 북한의 축산물을 증산할 수 있는 잠재력은 매우 클 것이라는 전망이 있다(Hong, 2001). 최근 몽골 정부는 북한의 축산업 발전을 도울 것을 밝혔으며, 2014년 말 몽골이 북한에 송아지 100여 마리를 무상으로 지원하였고, 앞으로도 몽골에서 북한에 가축을 무상으로 지원할 예정이다(VOA, 2015). 따라서 앞으로 북한의 육류 소비 패턴, 비중에 변화가 생길 가능성도 높을 것으로 예상된다.

3.2 북한 육류 소비에 의한 이산화탄소 배출량 및 고찰

3.2.1 시나리오 생성 결과

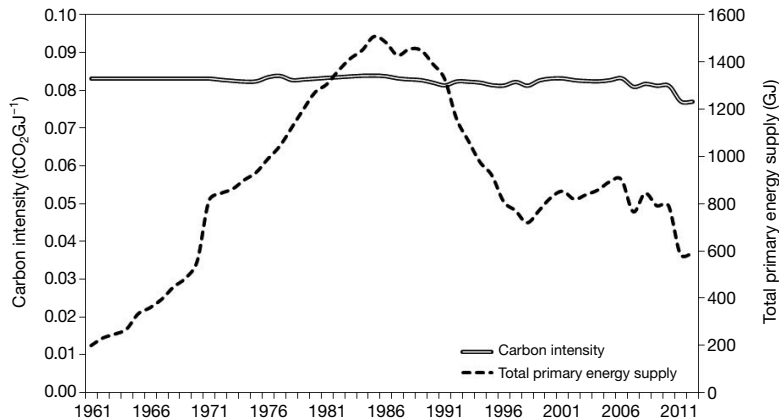
본 연구의 시나리오별 육류 소비량과 육류별 공급 비율은 표 3과 같다. 2013년 북한의 육류 소비량과 동일하다는 가정을 한 시나리오 1에서의 일인당 소비량이 13.4kg으로 가장 적고, 2027년 우리나라의 예상 육류 소비량과 동일하다고 가정한 시나리오 4에서 57.5kg으로 가장 많다. 본 연구에서는 우리나라와 북한에서 가장 많이 소비하는 육류 3가지(우리나라는 돼지고기, 가금류, 쇠고기, 북한은 토끼고기, 돼지고기, 가금류)를 고려하여 선정한 돼지고기, 쇠고기, 토끼고기, 가금류 소비 변화에 의한 이산화탄소 배출 변화량을 살펴보았다.

북한의 인구수(KOSTAT, 2018)는 2013년과 2027년 각각 약 2,450만 명과 2,610만 명으로 2027년 2013년에 비해 약 6.5% 증가할 것으로 예상된다. 북한의 탄소강도는 그림 5에서 볼 수 있듯이 지난 50여 년간 변

Table 3. Meat consumption amounts and ratios by meat type and scenario.

Scenarios (NK: North Korea, SK: South Korea)		Scenario 1 (Same to 2013 amount in NK)		Scenario 2 (Same to 2013 amount in SK)		Scenario 3 (Same to half of 2013 amount in SK)		Scenario 4 (Same to 2027 amount in SK)	
		Amount	Ratio	Amount	Ratio	Amount	Ratio	Amount	Ratio
		(kg/capita)	(%)	(kg/capita)	(%)	(kg/capita)	(%)	(kg/capita)	(%)
a) (same to 2013 ratio in NK)	Bovine meat	0.9	6.6	3.0	6.6	1.5	6.6	3.8	6.6
	Pigmeat	4.7	35.1	16.1	35.1	8.1	35.1	20.2	35.1
	Poultry	1.8	13.2	6.1	13.2	3.0	13.2	7.6	13.2
	Meat, other*	6.0	45.1	20.7	45.1	10.3	45.1	25.9	45.1
	Sum	13.4	100.0	45.9	100.0	22.9	100.0	57.5	100.0
b) (same to 2013 ratio in SK)	Bovine meat	3.0	22.2	10.2	22.2	5.1	22.2	13.6	22.2
	Pigmeat	6.0	45.3	20.8	45.3	10.4	45.3	25.6	45.3
	Poultry	4.3	32.1	14.7	32.1	7.3	32.1	18.1	32.1
	Meat, other*	0.1	0.4	0.2	0.4	0.1	0.4	0.2	0.4
	Sum	13.4	100.0	45.9	100.0	22.9	100.0	57.5	100.0
c) (half & half of 2013 ratios in NK & SK)	Bovine meat	2.0	14.8	6.8	14.7	3.4	14.7	8.5	14.7
	Pigmeat	5.8	43.4	19.9	43.4	9.9	43.4	24.9	43.4
	Poultry	2.6	19.2	8.8	19.2	4.4	19.2	11.1	19.2
	Meat, other*	3.0	22.7	10.4	22.7	5.2	22.7	13.0	22.7
	Sum	13.4	100.0	45.9	100.0	22.9	100.0	57.5	100.0

* Rabbits and hares

**Fig. 5.** Trends of the carbon intensity and the total primary energy supply in North Korea between 1961 and 2012 (data from GFN (2016)).

화가 거의 없다가 2000년대 후반에 다소 감소하였다. 북한의 탄소강도는 동기간 중 1985년 약 0.0838 tCO₂ GJ⁻¹로 최대값을 나타내어, 2012년 약 0.0770 tCO₂ GJ⁻¹에 비해 8.8% 높은 값을 나타내었다. 이는 2009년 0.0537 tCO₂ GJ⁻¹인 우리나라나 0.0566 tCO₂ GJ⁻¹인 세계평균 값(Yeo and Kim, 2015)과 비교했을 때

약 50% 가까이 높은 값이다.

탄소강도는 에너지원별 공급 비중과 에너지 효율에 따라 달라지는데, 북한의 경우 현재까지 활용된 자료와 앞으로의 상황에 대한 불확실성이 높다. 북한에서는 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 포함한 대부분의 환경 관련 통계 자료를 제한적이고 비정기

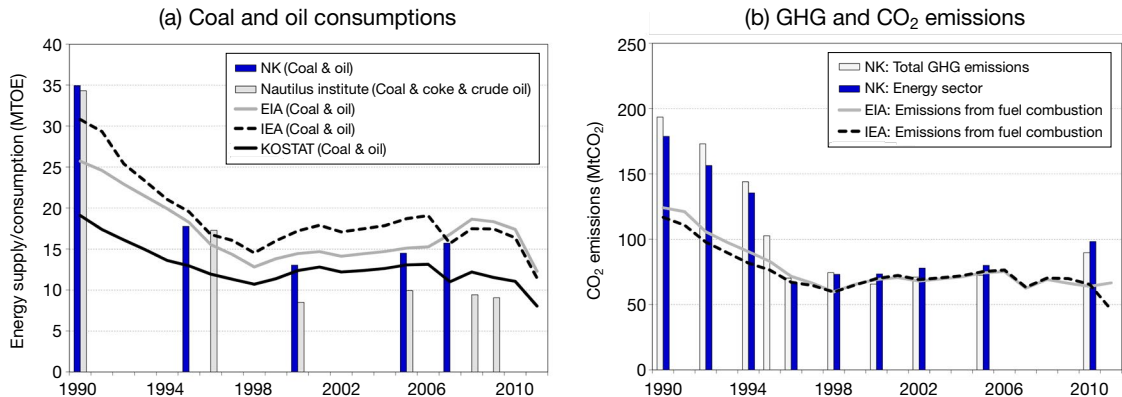


Fig. 6. Trends of coal and oil consumptions, and the greenhouse gases (GHGs) and the carbon dioxide emissions in North Korea between 1990 and 2011 (data from NCCE, 2012; KOSTAT, 2016; Nautilus Institute, 2012; IEA, 2016; EIA, 2017).

적으로 외부에 발표해왔다(그림 6). 북한 외부에서는 거울 통계 등을 활용하여 북한의 통계 자료를 추정해왔다(KSPI, 2013). 이 결과는 기관 또는 연구자마다 차이가 있으며, 북한 자체에서 제공하는 값과도 차이가 있다(Yeo and Kim, 2018b).

그림 6은 북한의 화석에너지(석탄, 석유) 소비량과 온실가스 및 이산화탄소 배출량을 북한에서 공식적으로 발표한 자료와 북한외부에서 추정한 결과를 비교하여 나타낸 것이다. 1990년대 중반 이후 북한 외부, 예를 들어, IEA에서 북한의 화석에너지 소비량은 과대 추정하고, 에너지 소비에 의한 이산화탄소 배출량은 과소 추정한 것을 볼 수 있다. 더 많은 화석에너지를 사용하는데 이산화탄소 배출량은 더 적다고 추정한 것이다. 따라서 북한 자체에서 제시하는 값에 기반하여 북한의 탄소강도를 구하면 본 연구를 포함하여 북한 외부에서 추정한 값보다 클 것으로 예상된다.

2010년 IEA의 에너지 소비량(2010년 북한에서 제시한 에너지 소비량 자료는 부재하여 IEA 값 적용)과 2010년 북한에서 제시(NCCE, 2012)한 에너지 소비에 의한 이산화탄소 배출량을 이용하여 탄소강도를 추정하면, 북한의 탄소강도는 약 $1.242 \text{ tCO}_2 \text{ GJ}^{-1}$ 로 GFN (2016)의 최대값인 1985년의 탄소강도 $0.812 \text{ tCO}_2 \text{ GJ}^{-1}$ 보다 약 53% 크다.

하지만 현 북한 정부는 2013년 ‘재생에너지법’을

제정하는 등 신재생에너지 개발 및 확대에 적극성을 보여주고 있어 북한 내 비화석 에너지 비중도 증가할 것으로 예상되는 상황이므로 북한의 탄소강도가 감소할 가능성도 있다. 따라서, 본 연구에서는 불확도가 높은 북한의 탄소강도 값으로 지난 50여 년간 GFN (2016) 자료의 최대값과 최소값을 모두 적용하였다.

3.2.2 시나리오별 북한 육류 소비에 의한 이산화탄소 배출량 및 고찰

시나리오별, 인구수별, 탄소강도 값별, 육류 공급비율별, 북한 육류 소비에 의한 이산화탄소 배출량을 산정한 48가지 결과를 그림 7에 제시하였다. 2013년 인구수에 최소 탄소강도 값에 대한 이산화탄소 배출량 결과는 육류 종류별로 나타내었고 나머지 결과들은 합계 값을 제시하였다. 2027년 인구에 탄소강도 최대 값을 적용한 경우 이산화탄소 배출량이 가장 많았다(그림 7).

48가지 경우 중 2013년 인구수에 최소 탄소강도 값을 적용하여 현재 북한의 일인당 육류 공급량(시나리오 1)과 육류별 공급비율(a 경우)대로 소비하는 경우 이산화탄소 배출량이 약 0.87 MtCO_2 로 가장 적었다. 2027년 우리나라와 동일한 일인당 육류 공급량(시나리오 4)을 우리나라와 동일한 육류별 공급비율(b 경우)로 소비하는 경우 이산화탄소 배출량이 약 4.10

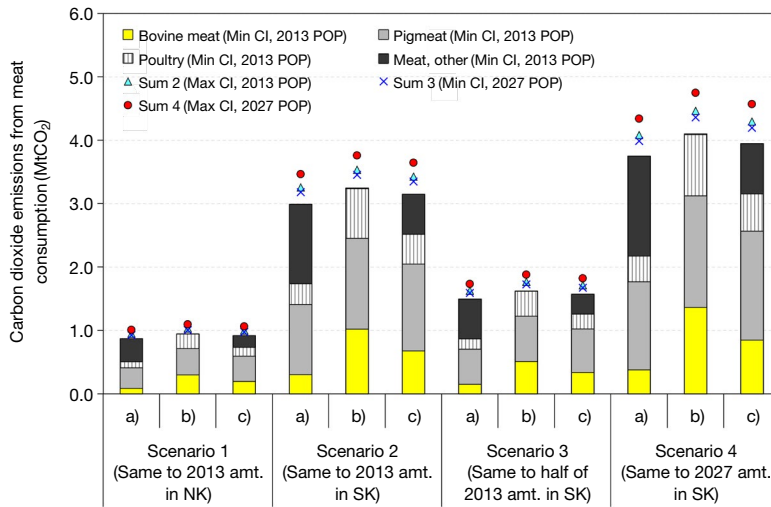


Fig. 7. Sum of the carbon dioxide emissions by scenario, carbon intensity, and population and the carbon dioxide emissions by meat type in case with minimum carbon intensity and 2013 population.

MtCO₂로 가장 많았는데, 이는 2010년 북한 이산화탄소 배출량 98.3 MtCO₂ (NCCE, 2012)의 약 4.2%에 해당하는 값이다. 북한의 2010년 이산화탄소 배출량은 같은 해 우리나라와 세계의 이산화탄소 배출량 550.7, 30,434 MtCO₂ (IEA, 2017)의 약 18%와 0.32%에 해당한다.

시나리오 1~4는 육류 소비량의 차이를 보여주고, a)~c)는 육류별 공급비율의 차이를 반영한다. 시나리오 1~4 가운데 육류 소비량이 가장 많았던 시나리오 4의 이산화탄소 배출량이 시나리오 1의 약 4.3배로 가장 많았다. 시나리오 2와 3의 이산화탄소 배출량은 각각 시나리오 1보다 약 3.4배, 1.7배 많았다. a)~c) 중에서는 우리나라의 육류 공급비율과 동일하게 소비하는 b)의 경우 a) 경우에 비해 이산화탄소 배출량이 약 9%, c)에 비해서는 약 5% 많았다. 이는 우리나라 육류 공급비율에서 쇠고기 소비 비율이 높기 때문이다.

본 연구에서 산정한 1톤의 고기 소비량당 이산화탄소 배출량(표 4)은 쇠고기, 돼지고기, 가금류, 토끼고기 순으로 높으며, 최소 탄소강도 값일 때 각각 4.08, 2.80, 2.17, 2.48 tCO₂, 최대 탄소강도 값일 때 각각 4.44, 3.05, 2.36, 2.70 tCO₂로, 동일한 양의 고기 생산과 관련하여 사용된 에너지에 의한 이산화탄소 배출량은

Table 4. The embodied energy, the carbon intensity, and the carbon dioxide emissions by meat type.

Meat type	Embodied energy (GJ t ⁻¹)	Carbon intensity (tCO ₂ GJ ⁻¹)		Carbon dioxide emissions (tCO ₂ t ⁻¹)	
		Min	Max	Min	Max
Bovine meat	53.0			4.08	4.44
Pigmeat	36.4	0.077	0.084	2.80	3.05
Poultry	28.2			2.17	2.36
Meat, other*	-			2.48	2.70

*There was no data of the embodied energy for the rabbit meat (meat, other), thus, the carbon dioxide emissions of the rabbit meat (meat, other) estimated with the carbon dioxide emissions of the poultry the ratio of the carbon dioxide emissions of poultry and rabbit meat in the Clune *et al.* (2017).

쇠고기가 가장 많다.

육류 소비에 의한 온실가스 배출량은 고려한 범위에 따라 산정 결과가 다르다. 생산 단계만 고려한 경우와 유통 및 소비 단계까지 고려한 경우가 다르고, 생산 단계에서 가축 사육 과정에 사용된 에너지에 의한 것만 고려한 경우와 반추 동물의 장내 발효 및 분뇨를 포함한 경우도 다르다. 본 연구에서는 고기 생산과 관련하여 사용된 에너지에 의한 이산화탄소 배출량을 고려하였다. 하지만 소와 같은 반추 동물의 장내 발효 및 분뇨 등을 고려하게 되면 이들의 온실가

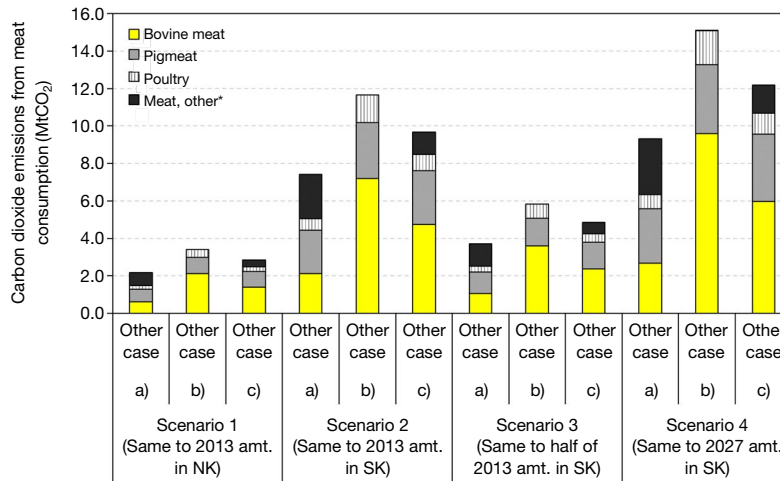


Fig. 8. Carbon dioxide emissions by scenario and meat type in case with 2013 population and the carbon dioxide emission per meat production value in Clune *et al.* (2017).

스 배출량은 크게 달라질 수 있다.

예를 들어, 그림 8에서는 Clune *et al.* (2017)이 제시하는 단위(1톤) 육류 소비에 의한 이산화탄소 배출량 값(쇠고기, 돼지고기, 가금류, 토끼고기 각각 28.7, 5.9, 4.1, 4.7 tCO₂ t⁻¹)을 적용하여, 2013년 인구수에 대해 시나리오 1~4, a)~c) 경우에 대한 12가지 결과를 제시하였는데, 그림 7에서 제시한 2013년 인구수에 대한 시나리오별 결과와 차이를 보였다. 모든 경우에서 Clune *et al.* (2017) 값을 적용한 경우의 이산화탄소 배출량이 그림 7에서 제시한 결과보다 많았는데, a) 경우는 약 2.5배, b) 경우는 약 3.6배, c) 경우는 약 3.1배 많았다.

Clune *et al.* (2017) 값을 적용한 그림 8에서 같은 시나리오 내에서 b) 경우는 a) 경우보다 약 1.6배, c) 경우보다는 약 1.2배 높은 값을 나타내었다. 쇠고기 공급 비율이 가장 높은 b) 경우의 이산화탄소 배출량이 다른 경우에 비해 높아 시나리오 2의 b)와 c)의 결과가 시나리오 4의 a) 결과보다 높은 값을 나타내었다. 이는 육류 소비량이 적은 경우에도 쇠고기 비율이 높으면 육류 소비에 의한 이산화탄소 배출량이 더 많아질 수 있다는 것을 보여주는 결과이다.

그림 7과 8에 제시된 결과를 통해, 육류 소비량뿐만

아니라 육류별 공급비율도 육류 소비에 의한 이산화탄소를 포함한 온실가스 배출량에 영향을 주는 주요 요인이라는 것을 확인할 수 있다. 본 연구 결과, 북한에서의 육류별 공급비율을 유지하는 것이 우리나라와 동일한 공급비율(b 경우)을 가지거나 우리나라 공급비율과 섞이는 경우(c 경우) 가운데 이산화탄소 배출을 최소화할 수 있는 것을 알 수 있었다.

앞으로 북한에서 육류 소비량이 증가할 가능성이 높은 상황이다. 또한, 북한은 온실가스를 2030년 BAU (Business As Usual) 대비 국내에서 8% 감축(국제 지원이 있을 경우 32%를 추가 감축)한다는 목표를 국제사회에 제시하였다(UNFCCC, 2016). 북한이 육류 소비에서 온실가스 배출을 최소화할 수 있는 가장 효과적인 방법은 지금과 같이 가금류와 토끼고기 위주의 육류 소비를 권장하고 확대하는 것으로 판단된다.

북한에서는 부족한 육류 섭취를 대신하여 단백질 공급원으로 콩기름을 짜고 남은 잔여물을 이용하여 만든 콩고기를 섭취하는 문화가 널리 퍼져있다. 육류를 대신하여 콩류 등의 식물성 식품을 통해 단백질을 섭취하는 것도 육류 소비에 의한 온실가스 배출을 줄이는 방안으로 (Sanders and Webber, 2014) 논의되고 있으므로 이 역시 지금과 같이 권장하고 확대하는 것

이 육류 소비량을 줄여 온실가스 배출을 최소화할 수 있는 방안의 하나가 될 수 있을 것으로 기대된다.

하지만 육류 소비 증가에 의한 온실가스 배출을 최소화하기 위해서는 식소비 단계에서만 아니라 가축을 사육하는 단계에서부터 온실가스 배출을 저감할 수 있는 방안을 마련해야 한다. 북한에서 가축을 사육하는 단계에서 온실가스 배출을 줄이기 위해서는 축산 생산성을 향상시켜야 한다.

북한 축산의 생산성 제고를 위해서는 사료문제가 우선 해결되어야 하고, 이를 위해서는 농업 생산성을 높일 수 있는 방안이 함께 마련되어야 한다. 북한은 현재 식량 공급량이 충분하지 않아 사료 작물 재배보다 식량 공급 증대를 위한 농작물 재배를 우선시해야 하는 상황이므로 전방위적인 농업 분야 생산성 향상을 위한 노력이 필요하다.

국제식량정책연구소(International Food Policy Research Institute, IFPRI) (2018)에 의하면, 북한의 토지 생산성이 1990년 수준에 머물러 있고, 농업 관련 노동 생산성은 아시아 저개발국가들 평균의 60%에 불과한 수준이다. 북한의 토지 생산성은 비료 투입량과 농업 기술 수준과 관련이 되는데, 북한의 농업 관련 노동생산성이 낮은 것은 협동농장 방식을 채택한 북한 농업 형태의 한계라는 의견이 있다(RFA, 2018).

실제로 북한 소토지의 대부분은 경사가 심한 산에 있어 토질이 좋지 않고 물품을 운반하기도 힘든 열악한 조건에도 불구하고 개인소유로 인식되는 소토지의 평당 수확량은 정부에 귀속되어 있는 협동 농장보다 높다(RFA, 2010). 따라서 북한의 농업 생산성을 단기 간에 높이기 위해서는 북한 외부에서 기술 개선과 비료 공급을 위한 지원을 해주어 토지 생산성을 높이고, 북한 기존의 농업 형태를 노동생산성을 높일 수 있는 방향으로 수정해나갈 필요가 있을 것으로 보인다.

북한은 남한에 비해 산악지형 및 구릉지역이 많아 경작지보다는 초지 조성에 유리한 지역이 많으므로(Hong, 2001), 토끼를 포함한 초식동물 사육에 적합한 환경이라고 판단된다. 북한 축산의 생산성을 증가시키기 위해서는 종축의 개량, 사양기술의 보급, 가축

질병의 예방관리 등이 선행되어야 할 것이며 이는 남북한의 단기 협력에 적합한 분야이다(Hong, 2001).

최근 축산 부문에서 남북협력에 대해서 논의가 진전되고 있다. 남북한의 육류 공급을 위해 양국의 농업 및 축산 생산성에 대한 비교우위를 고려하여 농업 생산성이 높은 우리나라에서 사료를 주로 생산하고, 초지 조성에 유리한 북한에서 가축을 사육하는 협력 방식도 양국의 환경영향을 최소화하는 데에 도움이 될 것으로 기대된다.

4. 결 론

북한은 1990년대 중반까지는 우리나라와 유사하게 쇠고기, 돼지고기, 가금류 위주로 육류를 소비하였다. 하지만 1990년대 중반 대기근을 겪으며 사육에 상대적으로 많은 먹이와 에너지가 필요한 쇠고기 소비 비중이 줄고, 토끼 고기 소비량이 크게 증가하였다. 가축 사육두수에서도 이러한 경향이 나타났으며, 북한은 고기 소비량의 대부분을 자급자족해온 것으로 판단된다.

앞으로 북한의 육류 소비량이 증가할 것으로 예상되는데, 앞으로도 지금까지 자급자족하여 육류를 소비한다고 가정하여 다양한 시나리오와 경우에 대한 이산화탄소 배출량을 산정하였다. 본 연구에서는 북한의 육류 소비량을 일인당 공급량, 인구수, 육류별 공급비율에 따라 설정하였고, 고기 생산과 관련하여 사용된 내재에너지에 의한 이산화탄소 배출량을 산정하였다.

인구수 2가지, 탄소강도 2가지, 일인당 육류 소비량 4가지(시나리오 1~4), 육류별 공급비율 3가지(a)~(c) 경우)를 고려하여, 모두 48가지 경우의 이산화탄소 배출량을 산정하였다. 2013년 인구수에 최소 탄소강도 값을 적용하여 현재 북한의 일인당 육류 공급량과 육류별 공급비율대로 소비하는 경우 이산화탄소 배출량이 약 873 ktCO₂로 가장 적었고, 2027년 우리나라와 동일한 일인당 육류 공급량을 우리나라와 동일한

육류별 공급비율로 소비하는 경우 약 4,102 ktCO₂로 가장 많아 약 4.7배 차이를 보였다.

육류 소비에 의한 이산화탄소 배출량은 일인당 육류 소비량이 2027년 우리나라와 동일한 시나리오 4에서 2013년 북한과 동일한 시나리오 1보다 약 4.3배 많았고, 동일한 시나리오 내에서 육류 공급비율이 우리나라와 동일한 b) 경우 북한과 동일한 a) 경우보다 이산화탄소 배출량이 약 9% 많았다.

반추 동물의 장내 발효 등까지 고려하여 육류 소비에 의한 온실가스 배출량을 산정할 경우, 이산화탄소 배출량은 고기 생산과 관련하여 사용된 내재에너지에 의한 이산화탄소 배출량을 산정한 결과보다 더 많아졌다. 또한, 쇠고기 공급 비율이 높은 경우 전체 육류 공급량이 더 적더라도 이산화탄소 배출량은 더 많을 수도 있다는 점을 확인하였다.

따라서 북한에서 앞으로 육류 소비가 증가할 때 지금과 같이 가금류와 토끼고기 위주의 육류 소비를 권장 및 확대하는 것이 온실가스 배출량을 최소화하기 위한 가장 효과적인 방안이 될 것으로 판단된다. 북한의 콩고기 섭취문화를 지켜나가는 것 또한 온실가스 배출을 줄이는데 도움이 될 것이다. 이들 방안은 유엔의 SDGs의 빈곤퇴치, 굶주림 없는 세상, 건강한 삶에 부합하면서, 소비와 생산에 대한 책임에도 부합하여 지속가능발전에 기여할 수 있다. 하지만 앞으로 북한 주민들의 식 소비 선호가 바뀔 경우 쇠고기 공급비율이 급증하는 등 육류 공급비율이 바뀔 수 있으므로, 현재의 식소비 문화를 유지하기 위한 사회적인 노력과 정책적인 뒷받침이 필요할 것으로 보인다. 또한 북한에서 가축을 사육하는 단계에서부터 온실가스 배출을 줄이기 위해 축산 생산성을 향상시키는 노력이 필요하다.

본 연구에서는 북한의 육류 소비량이 증가하는 상황에서도 육류 자급도가 100%인 상황을 가정하였는데, 본 연구에서 가정한 시나리오 2와 4에서처럼 육류 소비량이 단기간에 3~4배 이상 급증하게 될 경우 북한 내부에서 육류를 100% 공급하기 어려운 상황이 될 것이고, 이는 본 연구의 한계점의 하나이다.

본 연구에서는 육류 소비의 관점에서 앞으로 북한에서 육류 소비량이 증가할 경우 어떤 식소비 행태를 가지는 것이 가장 온실가스 배출 증가를 줄일 수 있는지를 살펴보았다. 하지만 육류를 생산하기 위해 가축을 사육하는 과정에서 최근 우리나라와 동아시아에서 문제가 되고 있는 미세먼지 생성에 크게 기여하는 것으로 알려진 암모니아가 많이 발생하므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

북한의 육류 공급량을 증가시키기 위해서는 북한 외부의 지원과 내부적인 노력이 병행되어야 할 것으로 판단된다. 육류를 수입하게 될 경우, 소비에 의한 이산화탄소 배출량은 수입에 의한 탄소강도를 고려하여 산정하게 되고, 수입에 의한 배출량은 북한 내부의 온실가스 감축 목표에는 영향을 주지 않는다는 점에 주의가 필요하다.

또한, 본 연구는 북한 자료 신뢰성의 문제, 북한 육류 소비량 증가 가능성에 대한 불확실성을 내포한다는 점에서 한계가 있다. 하지만 본 연구에서 활용한 보건, 식량 등의 특정 주제에 대해서는 북한에서도 비교적 연속적이고 신뢰성 있는 시계열 데이터를 제공하고 있다고 평가되고(KSPI, 2013) 있으며, 본 연구에서 시나리오별 비교 과정에서 일관되게 동일한 자료를 활용하였으므로 결과가 의미있을 것이라 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(미래창조과학부, 교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(NRF-2017R1A2B4006760; NRF-2017R1A6A3A11029726).

References

Bank Of Korea (BOK) (2018) Gross Domestic Product estimates for North Korea in 2017, Seoul.

- Cleveland, C.J., Morris, C.G. (2009) Dictionary of Energy, 1st Ed., Amsterdam.
- Clune, S., Crossin, E., Vergheze, K. (2017) Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories, *Journal of Cleaner Production*, 140(2), 766-783.
- Environmental Working Group (EWG) (2011) Meat eaters guide: Methodology, USA.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2006) Livestock's long shadow: environmental issues and options, Italy.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2016) Food Balance Sheets: Standard Download, <http://faostat3.fao.org/download/FB/FBS/E> (accessed on Mar. 14, 2016).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2018) Definitions and standards - Food Balance Sheets, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> (accessed on Aug. 29, 2018).
- Global Footprint Network (GFN) (2016) National Footprint Account, 2016 Ed., Oakland, USA.
- Godfray, H.C.J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J.W., Key, T.J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R.T., Scarborough, P., Springmann, M., Jebb, S.A. (2018) Meat consumption, health, and the environment, *Science*, 361(6399), eaam5324.
- GS&J Institute (2015) Agriculture, forestry and livestock industry of Kim Jong Eun regime, Seoul. (in Korean)
- Hong, S.-K. (2001) Prospective of livestock production in North Korea by economic cooperation with South and North Korea, *The Journal of the Korean Society of International Agriculture*, 13(4), 266-277. (in Korean with English abstract)
- International Energy Agency (IEA) (2016) Korea, Democratic People's Republic of: Balances for 1990~2013, <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=Korea&product=balances> (Accessed on Mar. 8, 2016).
- International Energy Agency (IEA) (2017) CO₂ emissions from fuel combustion highlights 2017, Paris.
- International Food Policy Research Institute (IFPRI) (2018) Global food policy report 2018, Washington, DC, USA.
- 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, 978672, 1-7.
- Kim, Y.H. (2013) Foucault and the Political Economy of the North Korean Body Dwarfishness, Ingan Sarang Publishing, Seoul, pp. 19-22 (in Korean)
- Korea Development Bank (KDB) (2018) Latest science and technology-based economic development strategy and implications in North Korea, Seoul. (in Korean)
- Korea Rural Economics Institute (KREI) (2014a) Future agriculture 2014 (I), Seoul. (in Korean)
- Korea Rural Economics Institute (KREI) (2014b) Agricultural trends in North Korea, Seoul. (in Korean)
- Korea Rural Economics Institute (KREI) (2018) Future agriculture 2018, Korea, Naju. (in Korean)
- Korea Statistics Promotion Institute (KSPI) (2013) Support and cooperation for the statistics of North Korea, Seoul. (in Korean)
- Lee, S.-K. (2017) North Korean children: nutrition and growth, *Annals of Pediatric Endocrinology & Metabolism*, 22(4), 231-239.
- Munhwa Broadcasting Corporation (MBC) (2014) High nutrition food in North Korea, the rabbit meat, http://imnews.imbc.com/weeklyfull/weekly07/3497786_17999.html (accessed on Oct. 23, 2018). (in Korean)
- Ministry Of Unification (MOU) (2018) Economic Growth, <http://nkinfo.unikorea.go.kr/nkp/overview/nkOverview.do?sumryMenuId=EC205> (accessed on Nov. 23, 2018). (in Korean)
- National Coordinating Committee for Environment (NCCE) (2012) DPR Korea's second national communication on climate change, Pyongyang.
- Nautilus Institute (2012) Foundations of energy security for the DPRK: 1990-2009 energy balances, engagement options, and future paths for energy and economic redevelopment, CA, USA.
- 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.
- Radio Free Asia (RFA) (2010) [Lanckoff column] Forest farmland and land reform, <http://www.rfa.org/korean/commentary/lankov/cu-al-12232010095145.html> (accessed on Jul. 17, 2014). (in Korean)
- Radio Free Asia (RFA) (2018) IFPRI "North Korea's agricultural productivity is 60% of the Asian average," https://www.rfa.org/korean/in_focus/food_international_org/ne-jk-03212018122903.html (accessed on Oct. 23, 2018). (in Korean)
- Sanders, K.T., Webber, M.E. (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.
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Leon Bodirsky, B., Lassaletta, L., de Vries, W., Vermeulen, S.J., Herrero, M., Carlson, K.M., Jonell, M., Troell, M.,

- DeClerck, F., Gordon, L.J., Zurayk, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, H.C.J., Tilman, D., Rockstrom, J., Willett, W. (2018) Options for keeping the food system within environmental limits, *Nature*, 562, 519-525.
- Statistics Korea (KOSTAT) (2016) North Korea statistics - North Korea energy statistics, <http://kosis.kr/bukhan/statisticsList/analList.jsp> (accessed on Mar. 14, 2016). (in Korean)
- Statistics Korea (KOSTAT) (2018) Estimation of Population in North Korea, http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_02_02&vwcd=MT_BUKHAN&parmTabId=M_02_02#SelectStatsBoxDiv (accessed on Aug. 29, 2018). (in Korean)
- United Nations (UN) (2015) Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development, USA.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2016) Intended nationally determined contribution of Democratic People's Republic of Korea, Bonn.
- U.S. Energy Information Administration (EIA) (2017) International_data, <https://www.eia.gov/beta/international/data/> (accessed on Jul. 21, 2017).
- Voice Of America (VOA) (2015) Mongolia supports over 100 calves to North Korea. Expansion of livestock cooperation, <https://www.voakorea.com/a/2595123.html> (accessed on Oct. 23, 2018). (in Korean)
- Yeo, M.J., Kim, Y.P. (2015) Prediction of the carbon dioxide emission change resulting from the changes in bovine meat consumption behavior in Korea, *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 31(4), 356-367. (in Korean with English abstract)
- Yeo, M.J., Kim, Y.P. (2018a) Trend and affecting factors of ecological deficit in North Korea, *Journal of Environmental Impact Assessment*, 27(1), 56-72. (in Korean with English abstract)
- Yeo, M.J., Kim, Y.P. (2018b) Electricity supply trend and operating statuses of coal-fired power plants in North Korea using the facility-specific data produced by North Korea: characterization and recommendations, *Air Quality, Atmosphere & Health*, 11, 979-992.

Authors Information

여민주 (이화여자대학교 환경공학과 연구교수)
김용표 (이화여자대학교 화학신소재공학과 교수)