

가축 사육분야의 탄소중립

Net Zero in Livestock Industry

이유경(Yookyung Lee)

농촌진흥청 국립축산과학원 동물영양생리과

Animal Nutrition and Physiology Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

서론

국민 1인당 육류 소비량은 1990년대 초 11.3kg에서 2020년 기준 53.7kg으로 약 5배 증가하였고, 이를 반영하듯 축산업은 생산성 향상과 규모화, 전업화 등을 통해 지속해서 성장을 이루었다. 2020년 농업 생산액(약 501.4천억원)의 40%정도를 축산업이 차지하고, 농업생산액 상위 6대 품목 중 5개 품목이 축산물이다. 그러나 이러한 축산업의 성장은 약취, 수질오염, 토양 양분 과잉뿐만 아니라 온실가스 배출과 같은 환경문제로 대두되었다. 축산분야 온실가스 배출량은 우리나라 전체 배출량의 1.4%내외이지만 국내 메탄 배출량의 약 21%를 차지하고 있으며, 미세먼지의 원인물질로 대두되는 암모니아의 경우 국가 전체 배출량의 약 73%를 배출하고 있다. 이에 최근 이목이 집중되고 있는 탄소중립의 배경과 가축 사육과정에서 온실가스를 줄일 수 있는 방안에 대해 논해 보고자 한다.

탄소중립이란

탄소중립(넷-제로, Net-Zero)은 대기 중에 이산화탄소(온실가스) 농도가 더 이상 증가하지 않도록 순 배출량이 0이 되도록 하는 것을 의미한다. 즉, 인위적인 활동으로 배출되는 온실가스는 줄이고, 남은 양은 흡수해서 순 배출량을 0으로 만드는 것을 말한다. 최근 이상기상 현상이 빈번하게 발생하고, 자연재해 발생 빈도가 늘어남에 따라 지구 평균 온도 상승을 산업혁명 이전(1850~1900년 평균) 대비 1.5℃ 아래로 억제하기 위한 전 세계적인 노력이 필요하다는 국제적 공감대가 형성되었다. 전 세계 기후학자들은 지구 평균 온도가 2℃ 이상 상승하면 기후변화의 속도와 강도가 통제 불

*Corresponding author: Yookyung Lee

Animal Nutrition and Physiology Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

Tel: +82-63-238-7460

Email: yoo3930@korea.kr

표 1. 국가별 2050 탄소중립 추진현황

구분	법제화	정책 문서화	선언	제안/논의중
국가 수	17	38	16	57
주요 국가	한국, 독일, 영국, 프랑스, EU, 캐나다, 뉴질랜드, 일본 등	미국, 이탈리아, 그리스, 호주, 터키, 중국 등	브라질, 아르헨티나, 말라위, 베트남, 인도 등	스위스, 페루, 수단, 예멘, 인도네시아 등

*자료: 영국 기후변화 비영리조직 에너지 및 기후정보 유닛(Energy & Climate intelligence unit, 2022년 9월 기준).

가능할 정도로 커지게 될 가능성이 클 것으로 전망하고 있다(IPCC, 2021). 2015년 파리협정에서 지구 평균 온도를 1.5℃ 아래로 억제하기 위한 노력의 중요성이 강조되었고, 기후 저지선(climate defense line, 지구 평균 온도 상승 제한) 기준을 1.5~2.0℃로 설정하였다(IPCC, 2018).

온실가스 관련 국제협약

국제사회는 기후변화 문제에 대한 심각성을 인식하고 이를 해결하기 위하여 1997년 12월에 교토의정서를 채택하였다. 교토의정서는 기후변화협약의 구체적 이행을 위해서 선진국의 의무적인 온실가스 감축 목표를 규정하였고, 전 세계 192개국이 가입, 우리나라는 1998년 9월부터 부속서 2 국가(의무감축 없음)로 참여하였다. 교토의정서 채택 이후 일부 선진국의 참여 거부와 탈퇴가 발생하였는데, 이는 개발도상국이 온실가스 감축 의무를 갖지 않는 점, 계획기간이 정해져 지속적인 체제 유지가 불확실하다는 점 등이 한계로 지적된다. 이에 따라 이전과는 다른 새로운 방식의 기후변화 체제 구축 필요성이 제기되었고, 2015년 파리협정에 따라 교토의정서를 잇는 새로운 형태의 기후체계라는 의미에서 “신(新)기후체계”가 출범하게 되었다. 파리협정은 몇 가지 특징적인 요소가 있다. 먼저, 인류 생존을 위한 목표 온도(1.5~2.0℃)에 합의하였다. 기후변화협약(1992년)은 온실가스가 기후체계에 ‘위험한 영향을 미치지 않을 수준’으로 대기 중 온실가스 농도를 안정화하는 데 목적이 있고, “위험한 영향”의 수준을 구체적으로 밝히지는 않았다. 이를 법적 구속력이 있는 문서로 명시된 것은 파리협정이 처음이다.

“2℃ 목표”란 산업화 이전 수준과 비교하여 지구의 평균 온도가 2℃ 이상 상승하지 않도록 온실가스 배출량을 줄이는 것을 의미한다. 유럽연합에서는 1990년대 중반부터 목표 온도 2℃를 주장하였으며, 2009년 코펜하겐 합의에서 논의, 2010년 칸쿤 합의에서 공식적으로 채택하였다. 파리협정에서는 지구의 평균 온도 상승을 2℃보다 훨씬 아래(well below, 1.5℃)로 유지하여야 한다는 내용도 포함하고 있다.

두 번째, 다양한 분야를 포괄한 기후변화 협정이다. 교토의정서는 주로 온실가스 배출량을 감축하는 데 집중했다면, 파리협정은 감축(mitigation)뿐만 아니라 적응(adaptation), 재원(finance), 기술(technology), 역량 배양(capacity-building), 투명성(transparency) 등 다양한 분야에 관심을 두고 있다. 즉, 기후변화에 대응하기 위하여 온실가스 배출량을 줄이는 것뿐만 아니라 이미 발생한 기후변화에 적응하는 것을 목표로 하고, 이러한 목표를 달성하기 위해 개발도상국에 재정과 기술, 역량배양 측면의 지원도 포함하고 있다. 또한, 파리협정은 온실가스 배출과 관련하여 모든 과정에서 점차적으로 투명성을 지킬 것을 강조하고 있다.

세 번째, 국가별 감축목표를 스스로 결정하여 제출하여야 한다. 교토의정서 체제에서는 감축 의무를 하향식(top-down)으로 결정함에 따라 시간과 비용이 많이 소요되고 국가 간 의견 대립이 심하여 범국가적 감축목표에 도달하기 어려운 문제가 발생하였다. 이에 파리협정에서는 더욱 많은 나라의 참여를 유도하고 기후변화에 신속하게 대응하기 위하여 상향방식(bottom-up)을 채택하였다. 즉, 각 당사국이 스스로 각국의 상황을 고려하여 자발적으로 감축목표를 정하고, 이러한 목표를 “국가 결정 기

표 2. 교토의정서와 파리협약의 비교

구분	교토의정서	파리협정(신기후체제)
채택&발효	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ('97) 채택 → ('05.2.) 발효 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ('15.12.) 채택 → ('16.11.) 발효 - 전 세계가 기후변화의 심각성과 대응의 시급성 인식
범위	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온실가스 감축에 초점 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 감축을 포함한 포괄적 대응 - 감축, 적응, 재원, 기술, 투명성, 역량배양
감축대상 국가	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부속서 1 국가(선진국 및 EU) - 1990년 당시 OECD 국가 및 EU 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 모든 당사국
감축목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1990년 수준 대비 5% 이상 감축 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2100년까지 지구 온도를 2℃ 이하로 유지 - 1.5℃ 이하로 제한하도록 노력
규제대상	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 이산화탄소 농도 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지구 평균 상승 온도
감축목표 설정방식	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 하향식(Top-down) - 글로벌 감축목표를 선진국 대상으로 하향식 차등 부과 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 상향식(Bottom-up) - 국가별 여건과 역량에 따라 감축목표 설정
적용시기	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차 공약기간: 2008~2012년 ▪ 2차 공약기간: 2013~2020년 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2021년~(post-2020)

여(NDC: Nationally Determined Contribution)”라고 한다. 이때 제출한 NDC에는 감축, 적응, 재원, 기술, 역량배양, 투명성 등 6개 분야를 포함해야 한다.

네 번째, 파리협정에 참여하는 모든 당사국이 감축 의무를 갖는다. 파리협정은 모든 당사국에게 NDC를 제출할 의무를 부과하여 기후변화 대응에 동참하도록 하였는데, 모든 당사국에게 동일한 수준의 의무를 부과하고 있는 것은 아니다. 선진국은 경제 전반에 걸쳐 온실가스 배출량의 절대량(economy-wide-absolute)을 감축하도록 하고, 개발도상국에게는 경제 전반에 걸친 감축 방식을 적용하도록 권장하고 있다. 특히, 선진국에는 개발도상국에 재원을 지원하고 기술을 지원하는 등 추가 의무도 부여하고 있다. 또한, 기후변화 때문에 발생하는 부정적인 영향에 취약한 국가와 기후대응 역량에 한계가 있는 최빈 개발도상국(LDCs, Least Developed Countries), 군소도서개발도상국(SIDs) 등에 대해서는 별도로 고려하고 있다.

다섯 번째, 주기적 점검과 지속적인 감축목표 상향이 요구된다. 파리협정 당사국총회는 당사국이 제출한 NDC가 2℃ 목표에 부합하는지 5년마다 조사(전 지구적 이행 점검, global stocktake, GST)를 통해서 전 세계 국가들의 노력에 대하여 전체적인 점검을 계획하고 있고, 우리

나라도 내년(2023년) 첫 점검을 앞두고 있다. 전 지구적 이행점검은 모든 당사국의 이행상황을 통합하여 점검한 후 전 지구적으로 2℃ 목표를 달성하려면 얼마만큼의 노력이 요구되는지에 초점을 두고 있다. 또한, 파리협정에서는 종료 시점 없이 주기적으로 이행상황을 점검하고 당사국에서는 그 결과를 고려한 새로운 목표를 설정하고 제출함으로써 기후변화에 지속적으로 대응할 수 있는 체계를 구축하였다.

온실가스 관련 국내 정책동향

우리나라에서는 2030 NDC와 2050 탄소중립 시나리오를 발표하기에 앞서, 장기저탄소 발전전략(LEDs, long-term low greenhouse gas emission development strategies)을 발표한 바 있다. 이는 지속 가능한 녹색사회 실현을 위하여 기후위기에 대응하는 대한민국 2050 탄소중립 전략으로, ‘2050년 탄소중립을 목표로 나아가자’는 비전과 5대 기본방향, 부문별 추진전략을 제시하였다. 농축산분야 주요 내용으로는 스마트농업 확대(4차 산업기술을 활용한 스마트팜·스마트 축사 확대), 저탄소 농업기술 확산(저메탄 사료 개발, 토양탄소 저장, 저투입 농업, 논물관리 등 지속적인 연구와 개발된 기술의 현

표 3. 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)

구분	국가 전체	전환	산업	건물	수송	농축수산	폐기물	수소	탈루	흡수·국외
'18년 배출량	727.6	269.6	260.5	52.1	98.1	24.7	17.1	-	5.6	△41.3
'30년 배출목표 ('18 대비)	436.6 (△40.0)	149.9 (△44.4)	222.6 (△14.5)	35.0 (△32.8)	61.0 (△37.8)	18.0 (△27.1)	9.1 (△46.8)	7.6	5.2	△72.2

그림 1. 2030 국가 온실가스 감축목표 수립 경과



장 보급·교육 확대), 친환경 에너지(가축분뇨 에너지화, 태양광 보급, 지열 히트펌프 활용), 국민 인식개선(음식물 쓰레기 감소, 식생활 개선) 등이 있다.

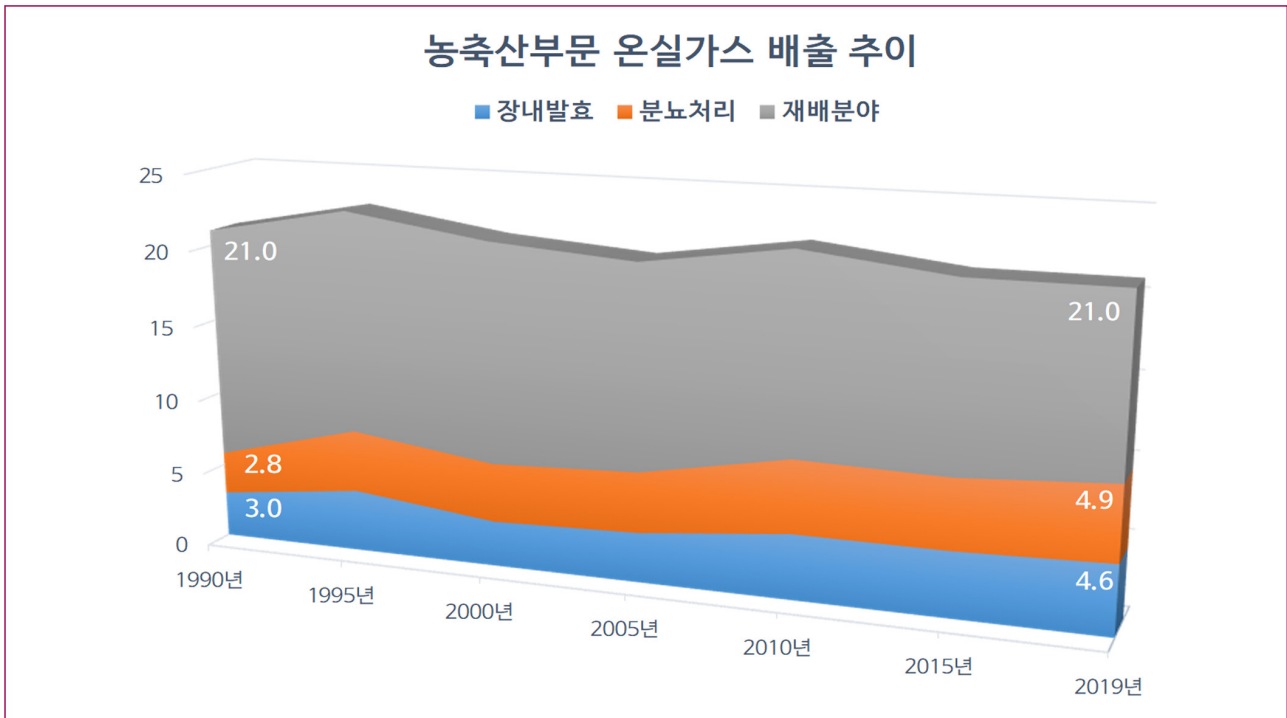
지난해 10월에는 2018년 배출량(727.6백만 톤CO₂e.) 대비 291백만 톤을 감축(△40%)하는 2030 국가 온실가스 감축목표와 2050년 국가 전체 순 배출량을 '0'(Net-zero)으로 하는 2050 탄소중립 시나리오를 제시하였다. 농축수산 부문은 2018년 배출량(24.7백만 톤 CO₂e.) 대비 2030년에는 6.7백만 톤 감축(△27.1%, 감축 후 배출량 18.0백만 톤 CO₂e.), 2050년에는 9.3백만 톤 감축(△37.7%, 감축 후 배출량 15.4백만 톤 CO₂e.)의 목표를

제시하였다.

우리나라의 온실가스 배출 현황

2019년 국가 온실가스 총 배출량은 이산화탄소 환산량(이하동일) 기준 701.4백만 톤으로 1990년 대비 140% 증가하였고, 전년(2018년)보다 3.5% 감소하였다. 에너지 분야 배출량은 611.5백만 톤(국가 총 배출량의 87.2%)이고, 산업공정은 52.0백만 톤(7.4%), 폐기물 17.6백만 톤(2.5%), 농업에서 21.0백만 톤(3.0%)을 배출하였다. 농업 분야의 2019년 배출량은 국가 총 배출량의 3.0%에 해당

그림 2. 농축산부문 온실가스 배출량 변화(1990~2019)



하는 21.0백만 톤으로 1990년 대비 0.03%, 전년(2018년)보다 0.8% 감소하였다. 세부적으로는 육류 소비증가에 따라 1990년보다 장내발효 부문에서 55%, 가축 분뇨처리 부문에서 72% 증가하고, 논 면적 감소로 벼재배 배출량은 44% 감소하였다. 배출원 별로는 벼재배 부문이 농업 분야 배출량의 28.2%를 차지하며, 농경지 토양에서 26.5%, 가축 분뇨처리 23.4%, 장내발효 21.9% 순으로 배출된다.

반추가축 장내발효 메탄 생성과 저감

반추가축¹⁾은 사료를 소화(분해)하는 과정에서 메탄을 생성하고 반추(되새김질)하는 과정에서 메탄을 배출하게 된다. 돼지와 같은 단위동물이나 말 등의 가축에서도 후장발효로 소량의 메탄이 생성·배출된다. 반추가축이 섭취

한 사료는 반추위 내 미생물 발효로 휘발성 지방산과 암모니아, 이산화탄소와 수소 등으로 분해된다. 이때 생성된 수소와 이산화탄소를 메탄생성세균이 이용하는 과정에서 메탄이 생성·배출되고 이는 가축으로서는 섭취한 에너지 손실이 된다. 그래서 반추가축의 장내발효 메탄을 줄이는 연구는 영양·사료적 방법과 화학적 방법을 중심으로 과거부터 꾸준히 이어진 연구이다. 사료의 반추위 소화·이용성 개선, 가축 생산성 향상을 목적으로 수행되던 연구는 20세기 이후 반추동물의 장내발효 메탄에 관한 관심과 우려가 커지면서 보다 집중적으로 이루어져 왔다.

소에서 메탄 배출량을 줄이는 일반적인 방법은 사료의 급여량과 종류를 바꾸는 것이다. 일반적으로 조사료와 같이 구조 탄수화물이 많은 사료를 급여하면 농후사료를 먹일 때보다 메탄이 많이 배출된다. 또한 사료 내의 단백질

1) 되새김 동물이라고도 한다. 소, 양, 염소, 기린, 사슴, 낙타 등이 있으며, 한번 삼킨 먹이를 다시 게워 내어 씹는 특성(반추, 되새김질)과 미생물을 통해 사료의 소화가 이루어지는 두 가지 특징을 가지고 있다.

그림 3. 소의 장내발효 메탄 생성과정



질 비율이 높아지면 메탄 발생량이 감소하고, 사료 중 섬유소 함량이 높아지면 메탄생성량이 증가하는 경향이 있다. 사료 섭취와 메탄 생성과의 관계를 보면, 사료 섭취량이 증가할수록 총 메탄생성량은 증가하고, 사료의 급여 횟수가 적을 때 메탄생성량이 줄어든다. 여름철에 사료의 에너지 함량을 높이기 위해 사료에 첨가하는 지방이 메탄 생성을 억제하기도 한다. 특히 불포화지방산은 반추위 내에서 메탄생성에 필요한 수소를 이용하여 메탄 발생량을 줄일 수 있다. 프로피온산 증진물질(푸마르산, 말산 등)이나 환원적 초산 생성균 역시 메탄생성 재료가 되는 이산화탄소나 수소를 이용하여 메탄 배출량을 줄일 수 있다. 그뿐만 아니라 많은 연구자가 사포닌(saponin), 탄닌(tannin), 에센셜 오일(essential oil)과 같은 식물유래 천연물이 반추위 메탄 생성 저감에 효과가 있다고 보고하였다. 그러나 이러한 메탄 저감 사료는 반추위 미생물 생태계를 변화시켜야 하고, 더 나아가 가축의 건강이나 축산물을 소비하는 사람의 건강에 부정적인 영향을 주지 않아야 하므로 관련 연구성과는 많지 않은 실정이다. 특히, 할

로겐 화합물이나 항생제와 같은 화합물 첨가는 메탄 억제 효과가 있더라도 생산성 개선 목적의 항생제 사용이 금지되고, 잔류독성 우려 등으로 관련 연구가 제한적으로 수행되었다.

사료 단백질 조절과 탄소 저감

사료 단백질 조절에 따른 질소 감소 효과는 축종별 차이는 있으나, 사료 중 단백질을 1% 줄일 때, 분뇨로 배출되는 질소를 3~9% 저감할 수 있는 것으로 보인다. 홀스타인 거세우에서 사료 단백질 2% 저감 시 총 질소 배출량이 6.9~12% 감소하였고(Kamiya 등, 2020), 육우(British × Continental)에서 사료 내 단백질을 1.5% 낮추었을 때 총 질소 배출량이 17~21% 줄었다(Cole 등, 2006). 젖소 사료의 조단백질 함량을 16%에서 13%로 줄였을 때에는 유성분과 유량에 영향 없이 질소 배출량이 25% 감소했으며, 슬러리에서 아산화질소 배출량이 50% 감소하였다(Higuchi 등, 2019). 양돈사료 내 단백질 1%

감축은 분 및 뇨의 일일 질소 배출량을 각각 3.8 및 9.4% 감소시키고, 슬러리 내 질소 및 암모니아의 함량은 각각 4.8 및 8.2%씩 저감할 수 있다. 가금 사료 내 단백질 1% 감소는 분과 뇨로 배설되는 질소 배출량을 약 9.4% 감소될 뿐만 아니라, 질소 섭취량 대비 질소 축적량은 1.1%

증가한다. 이러한 연구결과에 기초하여, 지난해 농림축산식품부에서는 돼지에 대해 사료 내 단백질 급여 수준은 1~2% 낮추고, 소와 가금에 대한 사료 조단백질 급여 기준을 신규로 설정하여 발표하였다.

표 4. 소 사료 내 조단백질 함량 조정안

사료의 명칭	허용기준(변경 전)	허용기준(변경 후)
고기소용 배합사료	〈신설〉	어린송아지: 24% 이하 / 육성우: 18% 이하 번식우: 16% 이하 / 종모우: 17% 이하 임신우: 15% 이하 / 포유우: 18% 이하 큰소전기: 17% 이하 / 큰소후기: 15% 이하
젖소용 배합사료		어린송아지: 24% 이하 / 중송아지: 19% 이하 큰송아지: 18% 이하 / 임신우: 17% 이하 종모우: 17% 이하 / 비유초기: 24% 이하 비유중기: 19% 이하 / 비유말기: 18% 이하 건유기: 17% 이하 / 고능력우: 22% 이하
섬유질 배합사료 (고기소용)		어린송아지: 22% 이하 / 중송아지: 20% 이하 큰소전기: 19% 이하 / 큰소후기: 17% 이하 번식우: 15% 이하
섬유질 배합사료 (젖소용)		어린송아지: 22% 이하 / 큰송아지: 17% 이하 비유기: 20% 이하 / 건유기: 16% 이하

출처: 농식품부, 2021.

표 5. 돼지 사료 내 조단백질 함량 조정안

변경 전			변경 후		
사료의 명칭	용도 범위	허용기준	사료의 명칭	용도 범위	허용기준
포유자돈	이유 이전	23% 이하	포유자돈	~이유 초기	20% 이하
이유돈전기	7~11kg	21% 이하			
이유돈후기	11~25kg	20% 이하	이유돈	이유초기~25kg	18% 이하
육성돈전기	25~45kg	19% 이하	육성돈	25~65kg	16% 이하
육성돈후기	45~65kg	18% 이하			
비육돈전기	65~85kg	17% 이하	비육돈	65kg~출하	14% 이하
비육돈후기	85kg~출하	16% 이하			
번식용모돈	25kg 이상	14% 이하	- 삭제 -		
번식용모돈	25kg 이상	16% 이하	번식용모돈	25kg 이상	15% 이하
임신모돈	임신중	16% 이하	임신돈	임신중	13% 이하
포유모돈	포유중	20% 이하	포유돈	포유중	19% 이하

출처: 농식품부, 2021.

표 6. 가금 사료 내 조단백질 함량 조정안

변경 전		변경 후			
사료의 명칭	용도 범위	명칭	용도 범위	허용기준	비고
산란용 어린병아리	6주령 또는 10주령 이전	산란어린병아리	6주령 이전	21% 이하	산란용 →산란
산란용 중병아리	6~12주령 또는 산란개시 2주전	산란중병아리	6~12주령	18% 이하	
산란용 큰병아리	12주령~산란개시 2주전	산란큰병아리	12주령~산란개시 2주전	16% 이하	
산란전	산란개시 2주전~산란개시	산란전	산란개시 2주전~산란개시	17% 이하	산란계 삭제
산란계 산란초기	산란개시~40주령	산란초기	산란개시~40주령	19% 이하	
산란계 산란중기	40~65주령	산란중기	40~65주령	18% 이하	
산란계 산란말기	65주령 이후	산란말기	65주령 이후	17% 이하	
산란계 산란종계	산란종계 또는 육용종계	산란종계	산란종계	19% 이하	육용종계 →육용
육용종계 어린병아리	3주령 또는 6주령 이전	육용어린병아리	3주령 이전	20%이하	
육용종계 중병아리	3주령 또는 6주령 ~산란개시 이전	육용중병아리	3주령~산란개시 이전	17% 이하	
육용종계	육용종계	육용종계	육용종계	16% 이하	신설
육계전기	3주령 이전	육계초기	1주령 이전	23% 이하	
		육계전기	1~3주령	22% 이하	통합
육계후기	3주령~출하전 7일부터 10일	육계후기	3주령~출하	20% 이하	
육계출하	출하 전 7일부터 10일~출하				
육용오리 전기	3주령 이전	육용오리 전기	3주령 이전	21% 이하	
육용오리 후기	3주령~출하	육용오리 후기	3주령~출하	19% 이하	
종오리 어린오리	3주령 이전	종오리 어린오리	3주령 이전	22% 이하	
종오리 육성오리	3주령~산란개시	종오리 육성오리	3주령~산란개시	18% 이하	
종오리 산란오리	산란개시~	종오리 산란오리	산란개시~	20% 이하	

출처: 농식품부, 2021.

스마트·ICT·정밀영양을 통한 가축 생산성 향상

최근 중국에서는 사물인터넷과 인공지능 기반 양돈 종합 관리 서비스 도입으로 생산비는 30%, 사료는 10% 줄이면서 출하기간을 5~8일 단축하는 결과를 발표했다. 우리나라에서도 축산농가에 스마트팜 기술을 접목하면 양돈에서는 모든 두당 연간 출하 자돈 수(Marketted-pigs per Sow per Year; MSY)가 11.1% 늘어나고, 낙농분야에서는 두당 평균유량이 14.1% 향상되었으며, 한우에서는 출하두수가 12% 증가, 양계에서는 육성률을 1.6% 높이는 등 가축 생산성을 크게 개선할 수 있을 것으로 전망하고 있다. 이러한 가축 생산성 향상은 일정량의 단위 축산물을 생산하는데 필요한 사육두수가 줄어들어 온실가스를 감축할 수 있을 것으로 기대한다. 예를 들어 기존에 착유우 10마리에서 생산되던 원유를 8~9마리의 착유우에서 생산할 수 있는 것이다. 또한, ICT(정보통신기술, information and communications technology) 정밀

영양기술을 활용하여 개체별 맞춤형 관리가 가능해지면, 잉여 영양소의 배출을 줄여 환경부하물질도 저감할 수 있을 것으로 생각된다.

결론

국민 소득 증가에 따라 축산업은 꾸준히 성장해 왔고, 삶의 질 개선이나 인구 증가에 따라 지속적으로 성장할 것으로 전망된다. 그동안 양질의 축산물을 안정적으로 공급하기 위한 노력을 아끼지 않았고 우리는 지금 새로운 환경변화에 직면해 있다. 시장 개방, 환경규제 강화, 질병 관리, 동물복지 등 소비자들의 관심사가 다양해지고 축산물의 선택기준도 맛과 기능성을 넘어 본인의 가치 판단에 기초하여 제품을 구매하는 가치소비를 추구하는 사람들이 늘어나고 있다. 위기는 곧 위대한 기회라고 한다. 앞으로 주어진 길이 녹록하다고는 할 수 없겠으나, 그동안 지나온 길을 되짚어보며 충분히 극복할 수 있을 것이라 믿어 의심치 않는다.

참고문헌

1. 온실가스종합정보센터. 2022. 2021 국가 온실가스 인벤토리 보고서.
2. 대한민국 정부. 2020. 대한민국 2050 탄소중립 전략.
3. 관계부처합동. 2021. 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안.
4. 관계부처합동. 2021. 2050 탄소중립 시나리오.
5. 농림축산식품부. 2021. 2050 농식품 탄소중립 추진전략(안).
6. IPCC. 2021. IPCC 제 6차 평가보고서.
7. IPCC. 2018. IPCC 1.5°C 특별보고서 .
6. Kamiya M, Yamada T, Higuchi M. 2020. Influence of dietary crude protein content on fattening performance and nitrogen excretion of Holstein steers. *Animal Science Journal* 91(1), e13438.
7. Cole NA, Defoor PJ, Galyean ML, Duff GC, Gleghorn JF. 2006. Effects of phase-feeding of crude protein on performance, carcass characteristics, serum urea nitrogen concentrations, and manure nitrogen of finishing beef steers. *Journal of Animal Science* 84(12), 3421-3432.

8. Higuchi K, Nonaka I, Ohtani F, Motoshima T, Yunokawa K. 2019. Low CP diet with synchrony of ruminal nitrogen and energy decreased nitrogen excretion in dairy cow. In EAAP Scientific Series (pp. 251-263). Wageningen Academic Publishers.
9. 농림축산식품부. 2021. 환경부담 저감 사료 개발·보급을 위한 정책 방안 연구 용역과제 최종 보고서.
10. 농림축산식품부 & 농림수산식품교육문화정보원. 2020. 팜 스마트해지다.
11. 농림축산식품부 & 농림수산식품교육문화정보원. 2019. 스마트팜 축산의 미래를 키운다.