

## 온실가스 배출권거래제(ETS)가 국내 항공사에 미치는 영향 및 항공사들의 전략적 대응방안 연구

윤한영<sup>1</sup>, 임종빈<sup>2</sup>, 박강성<sup>2</sup>, 박완규<sup>2</sup>, 박성식<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>한서대학교 항공융합학부, <sup>2</sup>한국교통대학교 글로벌융합대학원, <sup>3</sup>한국교통대학교 항공운항학과

## The Effect of Emission Trading System on Air Transport Industry and Airlines' Strategic Responses in Korea

Han-Young Yoon<sup>1</sup>, Jong-Bin Lim<sup>2</sup>, Kang-Sung Park<sup>2</sup>, Wan-Kyu Park<sup>2</sup>, Sung-Sik Park<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Comprehensive Aviation Studies, Hanseo University

<sup>2</sup>Graduate School of Global Convergence, Korea National University of Transportation

<sup>3</sup>Department of Flight Operation, Korea National University of Transportation

**요 약** 파리협정 및 ICAO CORSIA 시행으로 우리나라의 온실가스 의무감축목표가 강화된 만큼 국내선과 국제선의 항공기에서 배출되는 배출량 감축을 위한 항공사들의 전략적 대응은 절실히 보인다. 본 논문은 국내 항공운송산업에서 항공사들이 온실가스 배출량 감축을 위하여 다양한 노력을 기울임에도 불구하고 어떠한 제도적 문제점을 갖고 있는지 살펴보고, 향후 어떠한 방향으로 나아가야 하는지에 대해 논의하였다. 분석결과 첫째, 국내항공사들은 지난 3년간 배출량은 약 551만 KAU 였던 반면 할당량은 약 485만 KAU에 불과하여 실제 할당량 대비 약 116% 온실가스가 배출되었고 이로 인해 국내 항공사들에는 약 107억 원의 추가 비용 부담이 발생하는 결과가 초래되었다. 둘째, 항공사들은 국내선뿐만 아니라 국제선 노선에서도 할당량 과부족에 따라 초과 배출량을 상쇄시키기 위해 초과할당량 유상 구매가 증가하게 되어 항공사의 추가비용 부담이 불가피한 전망이다. 셋째, 항공사들은 배출권거래제에 따른 전략적 대응으로 대규모 투자를 통한 친환경 고효율 항공기의 조기도입을 검토 중이나 천문학적인 비용이 투입되기 때문에 장기투자의 관점에서 점진적으로 추진할 수밖에 없다. 또한 항공사들은 엔진 세척, ULD 및 카트 경량화, 플랩 사용 확대 및 APU 사용 억제 등의 전략적 대응방안들을 적극 시행하고 있지만 단기적으로는 감축 여력이 극히 제한적인 것으로 나타났다.

**Abstract** Airlines need to reduce their greenhouse gas (GHG) emissions because of the Paris Climate Agreement and ICAO CORSIA. This examined the degree of the strategic responses to which the airlines have made and the problems in the emission trading system (ETS). According to the analysis, the total amount of emission all the airlines made in the last three years was 116% more than the emission allowance imposed by the central government resulting in 10.7 billion KRW additional emission expense. Airlines would also face an increased carbon cost due to the implementation of ICAO CORSIA by purchasing an additional paid-in emission allowance in international routes. Although it is effective to retire the old aircraft early and induce the brand-new fuel-efficient aircraft to reduce GHG emissions, it is impractical in the short-term due to the tremendous amount of investment. To reduce the emission, airlines are washing engines, using ultra-light ULD and carts in the cabin, increasing the use of flaps and preventing the use of APU. On the other hand, these are very limited measures for reducing emissions according to the ICAO's mandatory emission target.

**Keywords** : Paris Agreement, ETS, Emission Allowance, Strategic Response, ICAO CORSIA

\*Corresponding Author : Sung-Sik Park(Korea National University of Transportation)

Tel: +82-43-849-1523 email: sunsikpark@hotmail.com

Received February 8, 2019

Revised February 21, 2019

Accepted March 8, 2019

Published March 31, 2019

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경

산업혁명은 기술의 발전을 기반으로 하여 사회적, 경제적, 사회적, 문화적 생활부분에 급격한 변화를 가져왔고 이를 통하여 인간은 질 높은 삶을 살아갈 수 있게 되었다. 더 나은 삶을 살아가기 위한 큰 변화를 가져온 산업혁명은 초창기에는 경제적 성장이라는 긍정적인 면이 도드라졌으나, 시간이 흐르면서 서서히 부정적인 영향이 나타나기 시작하였다. 그 중 대표적인 것이 온실가스(GHG, Green House Gas)이다.

온실가스의 배출량 및 농도는 인위적인 배출원의 급격한 증가로 산업혁명이 이후부터 크게 증가였고[1], 인위적 발생원에 의한 온실가스의 전 지구적 연 배출량은 1970년 28.7 GtCO<sub>2</sub>-eq/yr로 보고되었으며, 2004년 49.0 GtCO<sub>2</sub>-eq/yr로 증가로 약 1.7배 증가하였다[2].

Uherek et al(2010)에 의하면 기후변화에 상당한 영향을 미치는 온실가스의 배출은 도로, 철도 등과 같은 수송교통 큰 영향을 미친다고 하였고, 실제로 우리나라에서 2016년 배출된 온실가스량은 694.1 백만 톤 CO<sub>2</sub>-eq로 수송부문이 포함된 에너지 부분의 총 배출량의 87.1%(604.8 백만 톤 CO<sub>2</sub>-eq)를 차지하고 있다[3]. 이 중에서 수송부문은 98.7 백만톤 CO<sub>2</sub>-eq였다. 에너지 분야 중 수송부문에서 배출되는 양은 크지 않지만 전년 대비 증감률은 4.8%로 가장 높고, 1990년부터 2016년도까지의 증감률 역시 178.1%로 지속적으로 온실가스 배출량이 증가하고 있으며, 향후 이러한 추세가 지속될 것으로 보인다[4].

수송부문(CRF코드 1A3)은 이동활동에 사용된 연료의 연소에 의한 온실가스 배출량을 포함하며, 배출원은 민간항공(1A3a), 도로수송(1A3b), 철도(1A3c), 해운(1A3d), 기타수송(1A3e)으로, 특히 국민의 소득수준 향상, 국제선 노선 확장, 저비용 항공사의 성장가속화 등 민간항공의 수송으로 인한 운항 수요가 증가할 전망으로 이로 인한 온실가스 배출량의 증가도 예상되고 있다.

항공기에서 배출되는 온실가스 배출량의 증가가 예상되지만, 학계에서는 아직까지 항공부문에서 발생하는 온실가스 배출량산정과 대책 등에 관한 연구가 미흡한 실정이다.

정부는 저탄소녹색성장기본법에 따라 온실가스·에너지 목표관리 운영지침을 제정·고시하였다, 또한 기존 교

토의정서 체제 하에서 배출전망치 대비 30%의 자발적 목표치를 新기후체제를 앞두고 최근 2030년까지 우리나라 온실가스 감축목표율을 배출전망치대비 37%로 확정함에 따라 기후변화 대응을 위한 노력을 더욱 강화할 것을 선언하였다[5]. 수송부문 중 항공분야를 관할하는 정부기관인 국토교통부는 2010년부터 「항공분야 온실가스 자발적 감축협약」을 체결하고 기후변화 및 온실가스 배출규제에 대응하였다. 국내선의 경우 「배출권거래법」에 따라 국가 배출권거래제 적용대상이고, 국제선은 동 협약에 따라 자발적 감축을 이행하여 왔다. 현재 파리협정 및 ICAO(International Civil Aviation Organization) CORSIA 시행으로 우리나라의 의무감축목표가 강화된 만큼 국내선과 국제선의 항공기에서 배출되는 배출량 감축을 위한 항공사들의 노력은 절실히 보인다. 따라서 본 논문은 국내 항공운송산업에서 항공사들이 온실가스 배출량 감축을 위하여 어떠한 노력을 기울이고, 다양한 노력을 기울임에도 불구하고 어떠한 제도적 문제점을 갖고 있는지 살펴보고, 향후 어떠한 방향으로 나아가야 하는지에 대해 논의하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 기후협약과 교토의정서

세계 각국은 지구온난화에 따른 기후변화에 대응하기 위해서 1992년 리우 UN 환경개발회의에서 기후변화협약을 채택하였다. 이후 1997년 교토의정서 그리고 2015년 파리협정을 통해 국제사회가 공동 대응할 수 있는 기반인 기후변화협약을 채택하였다. 기후변화협약은 인류의 활동이 기후시스템에 위협 및 악영향을 주지 않도록 대기 중 온실가스 농도를 안정화하는 데 그 취지가 있다. 기후변화협약의 기본원칙은 첫째, 세계 각국이 공동의 차별화된 책임과 부담을 가진다. 둘째, 회원국들이 개발도상국의 특정한 경제 및 사회적 상황을 배려한다. 마지막으로 기후변화에 대한 예방적 조치를 시행함으로써 모든 국가의 지속가능한 성장을 담보하는 것이다.

교토의정서(제3차 기후변화협약 당사국 총회, COP3)는 기후변화협약을 이행하기 위해 채택된 구체적 방안이라고 할 수 있다. 선진국(부속서 1 회원국)들은 구속력

1) COP : Conference of Parties by United Nation Framework Convention on Climate Change

Table 1. GHG Emission per year (Unit : Million ton  $CO_2eq$ )

Classification	1990	2000	2010	2014	2015	2016	2015-2016 Increase	1990-2016 Increase
Total Emission	292.9	501.4	657.4	690.9	692.9	694.1 (100%)	0.2%	136.9%
Net Emission	254.7	442.2	603.0	648.3	650.1	649.6 (93.6%)	-0.1%	155.1%
Energy	241.5	410.8	565.8	598.8	602.4	604.8 (87.1%)	0.4%	150.5%
Industrial process	19.8	50.2	54.4	56.0	53.5	51.5 (7.4%)	-3.4%	160.2%
Agriculture	21.3	21.6	22.2	20.8	20.9	21.2 (3.1%)	1.6%	-0.1%
Land Use, Land-use Change and Forestry	-38.2	-59.3	-54.4	-42.7	-42.9	-44.5 (-6.4%)	3.7%	162.2%
Waste	10.4	18.8	15.0	15.4	16.4	16.5 (2.4%)	1.0%	58.8%

Table 2. GHG Emission per industry (Unit : Million ton  $CO_2eq$ )

Classification	1990	2000	2010	2014	2015	2016	2015-2016 Increase	1990-2016 Increase
Total	241.5	410.8	565.8	598.8	602.4	604.8	0.4	150.5
1A Fuel consumption	236.4	408.2	562.0	594.7	598.6	600.9	0.4	154.2
1A1 Energy industry	47.9	135.1	255.8	259.3	261.5	262.8	0.5	449.1
1A2 Manufacturing	76.6	129.9	161.8	194.7	189.4	184.3	-2.7	140.7
1A3 Transport	35.5	69.9	85.4	88.7	94.2	98.7	4.8	178.1
1A4 Others	76.3	70.9	56.0	49.2	50.4	52.1	3.3	-31.7
1A5 Unclassified	0.2	2.4	2.9	2.9	3.1	3.1	-0.8	1589.9
1B Omission	5.1	2.7	3.8	4.1	3.8	3.9	3.7	-23.0
1B1 Solid fuel	4.8	1.2	0.6	0.5	0.5	0.5	-2.2	-90.0
1B2 Petrol & LNG	0.3	1.5	3.2	3.6	3.3	3.4	4.6	1134.2

있는 온실가스(이산화탄소를 포함한 총 6종) 감축목표를 설정하는 데 합의하였다. 아울러 회원국들은 교토 메커니즘(Kyoto Mechanism)이라는 시장원리를 새로운 감축수단으로 도입하였다. 교토 메커니즘은 온실가스 감축 공동이행, 청정에너지 개발체제 구축 및 배출권거래제 도입을 의미한다. 교토의정서는 세계 각국이 온실가스 배출을 직접적으로 규제(국제사회의 제재 및 대응)하기로 합의한 최초의 국제협약을 담고 있는데 그 의의가 있다. 교토 의정서 채택으로 주요 선진국의 온실가스 감축이 본격화되는 계기가 되었다[6].

교토의정서 이행기간은 2008년부터 2012년이었다. 이 기간에 대한 평가는 선진국부터 먼저 감축을 이행하는 Top-down 방식의 체제가 국가별 온실가스 감축을 이행하는 데 성공적이지 못했다고 할 수 있다. 영국, 독일 및 동유럽 국가들은 온실가스 감축목표를 대부분 달성했

는데 반해 미국 및 캐나다 등 북미권 국가들은 목표를 달성하지 못했다. 온실가스 최대 배출국들 중 하나인 중국과 미국이 온실가스 감축목표를 자체적으로 설정하지 않아 교토의정서의 실효성이 없었다는 평가였다. 대한민국의 경우 비부속서 국가로서 온실가스 감축의무가 없었고 배출량 정보만 보고하도록 권고되었다.

## 2.2 新기후변화체제와 파리협정

2015년 12월 파리협정을 통해 세계 각국은 교토 의정서가 만료되는 2020년 이후 新기후변화체제에 대한 국제 사회의 합의를 이끌어 냈다. 파리협정은 新기후변화체제에 공동 대응하기 위한 협정으로서 2100년까지 지구 평균기온의 상승폭을 섭씨 2도 이하로 유지하고자 한다.

파리협정에는 교토 의정서에서 자체적인 감축 목표를 제시하지 않았던 미국과 중국이 참여했다. 아울러 선진

국들에만 온실가스 감축 의무가 있었던 기존 교토의정서와 달리 파리협정은 개발도상국들을 포함한 196개 회원국들에게 법적 구속력을 부여하였다. 회원국들은 2020년 이후 매 5년마다 자발적으로 온실가스 감축목표를 제출해야 한다. 선진국은 2025년까지 개발도상국 기후변화 지원 사업을 위해 매년 약 1천억 USD를 납부할 것을 합의했다. 파리협정은 교토 메커니즘을 개선하여 새로운 국제 탄소시장 체제로 전환, 지속가능한 개발 메커니즘(SDM, Sustainable Development Mechanism) 및 협력적 접근법을 제시하였다는 데 그 의의가 있다[7].

2017년 6월에 트럼프 행정부가 미국의 사회적 고려 및 경제적 부담 등을 이유로 파리협정 탈퇴를 공식적으로 선언하였다. 하지만 미국 내 500여개 지방자치단체가 파리협정을 지지한다고 선언하였으며 캘리포니아주, 뉴욕주 등 13개주가 미국기후동맹(United States Climate Alliance)을 별도로 구성하여 기후변화에 대한 국제사회의 공동 대응에 참여하겠다고 공표하였다.

파리협정에 명시된 국가별 감축목표는 다음과 같다. EU는 2030년까지 1990년 대비 40% 이상 감축하는 목표를 제시하였으며, 중국은 2030년까지 2005년 GDP당 배출량 대비 60~65% 감축 그리고 일본은 2030년까지 2013년 대비 26% 감축한다는 목표를 설정하였다. 대한민국은 2030년까지 온실가스 배출전망치(BAU, Business As Usual) 대비 37%를 감축하겠다고 선언하였다. 하지만 최근 정부는 해외 감축분 11.3%를 국내에서 감축하는 방향으로 선회한 바 있다.

파리협정에 따라 기후변화와 관련된 탄소비용(Carbon cost) 및 탄소리스크(Carbon risk)에 대한 국제사회의 관심이 높아지고 배출권거래제가 더욱 활성화 될 것이다. 1997년 교토의정서 발효로 2005년부터 국제사회에 탄소 배출권거래제가 EU에서 처음으로 시행되었고 캐나다 Quebec 주 등에서도 시행되었다. 대한민국은 제1차 탄소배출권거래제 기간이 2017년 종료되었으며 2018년부터 제2차 기간이 시작되었다.

### 2.3 국제민간항공기구(ICAO)와 CORSIA

1997년 교토의정서는 제3차 기후변화협약 당사국 총회를 통해 국제 항공 분야의 온실가스 감축은 개별 국가가 시행하는 것이 아니라 UN 산하기구인 ICAO를 통해서 감축하도록 규정하였다.

ICAO는 국제 항공 분야의 온실가스 감축을 위해

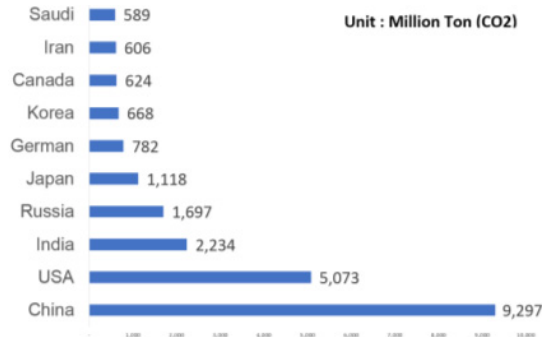


Fig. 1. Top 10 CO2 Emission per Country (data from UNFCCC, 2017)

UNFCCC의 자문을 구하였으며 2010년 개최된 ICAO 제 37차 총회(2013)를 통해 회원국들이 국제 항공 분야 감축목표를 채택하였다. 그 결과 2050년까지 매년 연료효율을 전년 대비 2% 개선하고 2020년부터 탄소중립성장(CNG, Carbon Neutral Growth)하기로 결의하였다. CNG 2020을 달성하기 위한 구체적인 수단으로서 ICAO는 첫째, 항공기 녹색 기술표준, 둘째, 항공기 운영 개선, 셋째, 지속가능한 대체 연료 개발 그리고 전 세계적인 감축 이행 메커니즘을 2016 환경보고서를 통해 제시하였다[8].

ICAO는 제39차 총회(2016)에서 회원국들은 탄소배출량 상쇄를 위한 글로벌 시장기반 조치(GMBM, Global Market-Based Measure) 결의안을 채택하였다.

GMBM 결의안은 현재 국제 항공운송 분야의 탄소배출량은 전 세계 배출량의 2% 미만에 불과하지만 2050년까지 3배 이상 증가가 예상된다고 언급하였다. 따라서 2020년 이후 탄소배출량을 2020년 수준으로 동결함과 동시에 2050년까지 연료효율을 매년 2%씩 개선한다는 내용이다.

### 2.4 국내 항공사 배출권거래제

우리나라는 자발적인 감축을 유도하기 위하여 “배출권거래제”를 도입하였다. 온실가스 배출권거래제는 정부가 온실가스를 배출하는 사업장을 대상으로 연 단위로 배출권을 할당한다. 사업장에서는 할당범위 내에서 배출이 가능하며 할당된 사업장의 실질적 온실가스 배출량을 평가하여 여분 또는 부족분의 배출권에 대하여서는 사업간 간에 거래를 허용토록한 제도이다. 1차 계획기간은 2015년부터 2017년으로, 업체별 배출권 할당량은 ‘국가

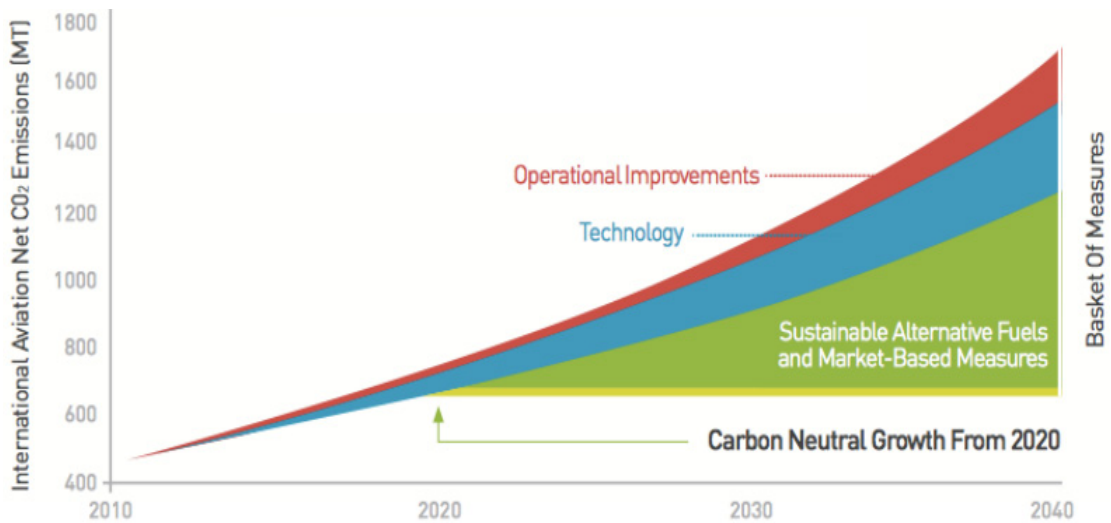


Fig. 2. ICAO CORSIA 2010-2040 (source:www.icao.int)

배출권 할당계획’에 따라 확정된 업종별 할당량을 해당 업종에 속한 할당 대상 업체 간에 할당을 통하여 결정된다.

온실가스 배출권을 할당받은 사업장은 매년 온실가스 배출량을 산정하고, 외부 전문기관의 검증 후 환경부에 보고하여야 한다. 또한 직접 온실가스를 줄이거나, 배출권 거래를 통해 배출권을 취득, 또한 온실가스 감축사업을 실시하여 얻은 감축실적을 배출권으로 전환이 가능하도록 한 제도이다. 배출권거래제 할당 대상 업체는 환경부가 고시하여(제2016-158호, ‘16.8.1) 정하고 있다[9].

1차 계획기간동안 환경부에 고시된 배출권거래제 할당 대상 업체는 602개로 나타났으며, 이들 중 항공운송 산업 부문의 항공사들은 대한항공, 아시아나항공, 제주항공, 진 에어, 에어부산, 이스타 항공, 티웨이 항공 등 총 7개로 파악되었다. 항공화물만 운송하는 에어인천 및 에어 부산과 공동 운항하는 에어 서울은 대상 업종에서 제외되었다.

Table 3는 환경부가 7개 항공사에 부여한 온실가스 배출권 할당량을 보여주고 있다. 7개의 대상 항공사들에 할당된 배출권은 1차 기간인 3년 동안 약 485만 KAU(Korean Allowance Unit)였으나, 실제 배출량은 약 551만 KAU였던 것으로 나타나 1차 기간 할당량은 실제 배출량에 대비하여 약 16% 부족하였던 것으로 분석되었다. 1차 기간 나타난 할당량 부족분(약 66만 톤)은 항공사들이 상쇄해야하는 배출량으로서, 2015-2016년 KAU 장내거래 평균단가인 16,627원/톤을 적용하면 항

공사들은 약 107억 원의 비용을 추가로 부담해야 하는 것으로 나타났다.

7개 국내 항공사들이 부담해야 하는 약 107억의 추가 발생 비용은 7개 항공사들이 1차 계획기간 동안 15,540편(5,180편/년)의 항공기를 운항하거나 2,937,140명의 승객을 국내선 노선에서 수송해야만 벌어들일 수 있는 금액이다(2015- 2016년 국내선 김포-제주 평균운임 52,275원, 국내 항공사들의 평균 영업이익률 6.97%을 산정하였으며 국내에서 운용 중인 최신 기종인 189인승 Boeing 737MAX를 투입한다고 가정함).

2021년 ICAO CORSIA 제도가 시행되게 되면 국내 항공사들은 현재 시행 중인 국내 배출권거래제에 따른 비용부담뿐만 아니라 CORSIA 참여국으로 운항 중인 국제선 노선에서 초과 배출량에 대해 상쇄배출권을 구매해야만 하므로 지금보다 훨씬 더 비용증가에 따른 재무적 부담이 가중될 것이다. 국내선 노선은 수송 분야 중 유일하게 배출권 거래제 대상으로 선정되었기 때문에 할당량 부족에 따른 유상구매가 향후 지속적으로 증가하게 될 것이므로 이에 따른 국내 항공사들의 국제 경쟁력 저하가 우려된다. 항공협회 및 7개 항공사들은 제2차 계획기간인 2018년부터 2021년까지 현재와 같은 수준인 66만톤의 부족분이 발생할 경우 KAU 2017년 장내거래 단가(21,150원)를 기준으로 산정했을 때, 약 140억 원의 추가비용이 발생할 것으로 전망하고 있기 때문이다.

Table 3. Emission Allowance of Airlines (Unit : Ton  $CO_2eq$ )

1 <sup>st</sup> Stage Year of Korean Allowance Unit (KAU)		2015	2016	2017	Total	
Korean Airline	Initial allowance		531,366	518,568	518,718	1,568,652
	Additional allowance	New route	621	2,045	3,226	5,892
		Early reduction	-	79,431	-	79,431
		Safe operation	-	3,627	138	3,765
Total		531,987	603,671	522,082	1,657,740	
Asiana Airline	Initial allowance		311,043	309,026	308,737	928,806
	Additional allowance	New route	-	-	-	-
		Early reduction	-	21,452	-	21,452
		Safe operation	-	2,322	-	2,322
Total		311,043	332,800	308,737	952,580	
Jeju Airline	Initial allowance		191,954	187,311	187,114	566,379
	Additional allowance	New route	-	47,091	43,539	90,630
		Early reduction	-	-	-	-
		Safe operation	-	558	-	558
Total		191,954	234,960	230,653	657,567	
Jin Air	Initial allowance		-	154,032	153,871	307,903
	Additional allowance	New route	-	-	-	-
		Early reduction	-	-	-	-
		Safe operation	-	-	-	-
Total		-	-	-	-	
Air Busan	Initial allowance		133,684	130,450	130,312	394,446
	Additional allowance	New route	-	22,965	58,967	81,392
		Early reduction	-	-	-	-
		Safe operation	-	-	-	-
Total		133,684	153,415	189,279	476,378	
Estar Jet	Initial allowance		112,701	109,976	109,861	332,538
	Additional allowance	New route	-	-	-	-
		Early reduction	-	-	-	-
		Safe operation	-	-	-	-
Total		112,701	-	-	-	
T-way Air	Initial allowance		-	140,940	140,792	281,732
	Additional allowance	New route	-	-	-	-
		Early reduction	-	-	-	-
		Safe operation	-	468	-	468
Total		-	141,408	140,792	282,200	

Table 4. Overview of Air Transport Industry (Unit : ton  $CO_2eq$ )

KAU	2015	2016	2017	Total
Initial allowance	1,280,748	1,550,303	1,549,405	4,380,456
Additional allowance	621	264,660	206,438	471,719
Sum	1,281,369	1,814,963	1,755,843	4,852,175
Deficit	2015	2016	2017	Total
K A U (a)	1,281,369	1,814,963	1,755,843	4,852,175
Emission (b)	1,744,662	1,879,351	1,887,720	5,511,733
Deficit : (a) - (b)	-463,293	-64,388	-131,877	-659,558
Emission	2015	2016	2017	Total
Domestic routes	1,613,113	1,744,205	1,749,929	5,107,247
Building / Vehicle	131,549	135,146	137,791	404,486
Sum	1,744,662	1,879,351	1,887,720	5,511,733

Table 5. Fuel efficiency per type of long-haul aircraft (source : fuel economy in aircraft, Wikipedia)

Type	Year	Seats	Flight range	Fuel burn	Fuel per seat
Airbus A330-200	1997	241	6,000 nmi(11,000 km)	6.4 kg/km (23 lb/mi)	3.32 L/100 km
Airbus A330neo-800	2017	248	4,650 nmi(8,610 km)	5.45 kg/km (19.3 lb/mi)	2.75 L/100 km
Airbus A330neo-900	2017	300	4,650 nmi(8,610 km)	5.94 kg/km (21.1 lb/mi)	2.48 L/100 km
Airbus A340-300	1992	262	6,000 nmi(11,000 km)	7.32 kg/km (26.0 lb/mi)	3.49 L/100 km
Airbus A350-900	2013	315	4,972 nmi(9,208 km)	6.03 kg/km (21.4 lb/mi)	2.39 L/100 km
Airbus A350-900	2013	315	6,542 nmi(12,116 km)	7.07 kg/km (25.1 lb/mi)	2.81 L/100 km
Airbus A380	2005	525	7,200 nmi(13,300 km)	13.78 kg/km (48.9 lb/mi)	3.27 L/100 km
Airbus A380	2005	544	6,000 nmi(11,000 km)	13.78 kg/km (48.9 lb/mi)	3.16 L/100 km
Boeing 747-400	1988	416	6,000 nmi(11,000 km)	11.11 kg/km (39.4 lb/mi)	3.34 L/100 km
Boeing 747-8	2011	467	6,000 nmi(11,000 km)	10.54 kg/km (37.4 lb/mi)	2.82 L/100 km
Boeing 747-8	2011	405	7,200 nmi(13,300 km)	10.9 kg/km (39 lb/mi)	3.35 L/100 km
Boeing 777-200ER	1996	301	6,000 nmi(11,000 km)	7.42 kg/km (26.3 lb/mi)	3.08 L/100 km
Boeing 777-200ER	1996	301	6,000 nmi(11,000 km)	7.44 kg/km (26.4 lb/mi)	3.09 L/100 km
Boeing 777-200LR	2005	291	4,972 nmi(9,208 km)	7.57 kg/km (26.9 lb/mi)	3.25 L/100 km
Boeing 777-300ER	2003	365	6,000 nmi(11,000 km)	8.49 kg/km (30.1 lb/mi)	2.91 L/100 km
Boeing 777-300ER	2003	344	7,200 nmi(13,300 km)	8.58 kg/km (30.4 lb/mi)	3.11 L/100 km
Boeing 777-9X	2020	395	7,200 nmi(13,300 km)	9.04 kg/km (32.1 lb/mi)	2.85 L/100 km
Boeing 787-8	2011	243	4,650 nmi(8,610 km)	5.38 kg/km (19.1 lb/mi)	2.77 L/100 km
Boeing 787-9	2013	294	4,650 nmi(8,610 km)	5.85 kg/km (20.8 lb/mi)	2.49 L/100 km
Boeing 787-9	2013	304	4,972 nmi(9,208 km)	5.63 kg/km (20.0 lb/mi)	2.31 L/100 km
Boeing 787-9	2013	291	6,542 nmi(12,116 km)	7.18 kg/km (25.5 lb/mi)	3.08 L/100 km

### 2.5 항공기 온실가스 감축을 위한 대응방안

국내 항공사들은 정부당국(국토교통부, 환경부, 인천 국제공항공사 및 한국공항공사)과 함께 항공기 온실가스 감축을 위한 다양한 전략적 대응방안을 시행 중에 있다 (Table 6참조).








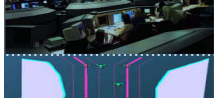
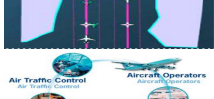


우선 항공사가 시행 중인 온실가스 감축을 위한 전략적 대응은 다음과 같다. 첫째, 친환경 항공기 도입이다. 연료 효율이 우수하고 탄소 배출량이 적은 최신형 항공기재를 도입하고 기존의 구형 기재를 조기 퇴역시켜 온실가스를 감축할 수 있다(Table 5 참조). 둘째, 항공기의 적재량을 감소시키는 경량화 전략이다. 경량 단위적용기(ULD, Unit Load Device)를 사용함으로써 항공화물 적재 시 사용하는 ULD를 경량화 하여 총 중량을 감축한다. 아울러 기내 승객에게 제공하는 음식물 및 면세품을 적재하는 카트를 경량으로 교체하여 총 중량을 감소할 수 있다. 셋째, 항공기가 유도로 또는 이동지역에서 지상 이동 시 하나 혹은 두 개 이상의 엔진 가동을 정지하여 가동엔진 숫자를 최소로 하여 온실가스 배출을 감축하는 것이다. 넷째, 착륙 할 때 항공기의 안전성이 충분히 확

보 될 수 있는 범위 내에서 역추력장치(Reverse Thrust) 사용을 최소화 하는 것이다. 다섯째, 항공기 이·착륙 시 고양력장치(flap) 강하 각도를 최적화하여 발생하는 항력(drag)을 최소화하고 연료소모 및 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있다.

다음으로 정부당국이 항공사의 전략적 대응을 위해 지원하는 대책들을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 항공기들의 흐름을 원활히 하여 연료를 저감할 수 있도록 하기 위한 항공교통흐름통제 센터(ATFM, Air Traffic Flow Management) 건설이다. 국토교통부는 항로상에서 항공교통량뿐만 아니라 공항 주변 공역에서 지연, 회항 등을 고려하여 최적의 항공교통흐름을 달성하기 위한 통합관리센터인 항공교통본부 2017년 개설하여 운영 중이다. 제1본부는 대한민국 공역의 서쪽을 제2본부는 공역의 동쪽을 관할하여 운영 중이다. 둘째, 항로의 복선화이다. 단선 항로를 복선화하여 상대편 항공기에 의한 대기 비행 및 우회비행 등의 항로상 교통체증을 미연에 방지함으로써 항공기 연료 효율을 증대시킬 수 있다.

셋째, 공항협동사의결정(A-CDM, Airport Collaborative

Table 6. Overview of airline's strategic responses (Source : Ministry of Land, Infrastructure and Transportation)

	Strategic Response of Airlines	Expected reduction in 2025 (Thousand ton CO <sub>2</sub> )
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Early retirement and introducing the brand-new aircraft (CS300, B787, B737-Max and etc.)</li> </ul>	2,899
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Washing aircraft engines on regular basis</li> </ul>	48
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Change to ultra-light ULD(Unit Load Device) for air cargo</li> </ul>	9
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Change to ultra-light meal &amp; sales cart used in passenger cabin</li> </ul>	5
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decrease engine power during ground maneuvering</li> </ul>	49
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimize reverse thrust of engines when an aircraft is landing</li> </ul>	27
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimize the use of flap to maximize lift or minimize drag in case of landing and take-off</li> </ul>	58
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operate ATFM center : Manage air traffic flow of aircraft in air space to prevent delay and to reduce fuel</li> </ul>	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Double tracking of air routes : Implement of double tracking air route to optimize air traffic flow</li> </ul>	89
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implement A-CDM system : Operate collaborative decision making system at airport among government authorities, airlines and ground operators</li> </ul>	72
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevent the use of APU : Instead of using APU, aircraft get power during the engine-off from ground power unit</li> </ul>	88

Decision Making) 시스템의 구축이다. ATFM 센터, 관제기관, 항공사 및 공항공사 등이 협업 시스템을 구축하여 공항 내 항공기 이동시간 및 엔진 시동 후 이륙까지 소요되는 시간을 단축시킬 수 있다.

마지막으로 항공기 보조동력장치(APU, Auxiliary Power Unit) 사용 억제이다. 항공기 지상조업 시 항공기에 장착된 APU를 사용하는 대신 공항 지상에 설치된 지상전원 장치(GPU, Ground Power Unit) 사용을 확대함으로써 항공기의 불필요한 연료 소모를 방지하여 온실가

스 감축을 유도할 수 있다.

한국기후변화연구원과 교통안전공단(2017)<sup>2)</sup>에 따르면 Table 4에 제시된 바와 같이 항공사의 온실가스 감축을 위한 전략적 대응이 효율적으로 추진된다면 2025년경 항공운송산업분야에서 약 33백만 톤의 배출량을 감축할 수 있을 것으로 분석한 바 있다. 본 분석 자료에서 국내항공사들이 항공기를 조기퇴역 시키고 최신형 항공

2) 한국기후변화연구원, 교통안전공단 (2017), “항공부문 온실가스 규제 국내의 동향 및 대응”



기를 도입함에 따른 예상 감축 효과가 약 290만 톤으로 제시되어 있고 이는 2025년 감축 예상량의 절대 다수인 약 86.6%를 차지한다. 즉, 국내 항공사들이 대규모 투자를 통해서 환경 친화적인 고효율 차세대 항공기를 도입할 때 가능한 전망이다. 국내 저비용항공사들이 가장 많이 사용하는 B737의 최신 고효율 기종인 B737-MAX만 해도 대당 가격이 약 970억원에 이르기 때문에 이러한 예상 감축 배출량은 항공사들의 대규모 투자가 수반되지 않는 한 현실적으로 달성하기 어려운 수치로 사료된다.

### 3. 결론

국내에서 시행된 배출권거래제는 정부가 배출권거래제 대상인 경제주체들에게 배출허용총량을 설정하여 배출권을 할당 또는 판매하고 기업들은 배출권 시장을 통해 부족분 또는 여유분을 자유롭게 거래할 수 있도록 한 제도이다. 본 배출권거래제의 목적은 기업들이 자체적으로 배출량 감축목표를 달성하거나 다른 기업으로부터 잉여배출권을 구매함으로써 감축의무를 자발적으로 이행하게 유도하려 함이다[10].

2005년 유럽의 탄소배출권(EU-ETS) 1기를 시작으로 2008년 뉴질랜드, 2009년 미국 북동부지역 주 연합(RGGI, Regional Greenhouse Gas Initiative), 2010년 일본 동경 및 2013년 스위스 등이 배출권거래제에 참여해오고 있다[11]. 우리나라 역시 2015년부터 2017년까지 제1차 배출권거래제 계획기간이 시행된 바 있다. 이러한 배출권거래제 도입 및 시행은 국내 항공사들에 다음과 같은 영향을 미치고 있다.

첫째, 총 7개 국내항공사들이 대상이 된 제1차 계획기간이 시행된 결과 배출량은 약 551만 KAU였던 반면 할당량은 약 485만 KAU에 불과하여 실제 할당량 대비 약 116% 온실가스가 배출되었고 이로 인해 국내 항공사들에는 약 107억 원의 추가 비용 부담이 발생하는 결과로 초래되었다.

둘째, 2021년부터 국제민간항공기구(ICAO)의 탄소상쇄감축제도가 시행됨에 따라 우리나라는 의무감축대상국에 포함되어 있다. 항공사들은 국내선뿐만 아니라 국제선 노선에서도 할당량 과부족에 따라 초과 배출량을 상쇄시키기 위해 초과할당량 이상 구매가 증가하게 되어 항공사의 추가비용 부담이 불가피한 전망이다.

셋째, 항공사들은 배출권거래제에 따른 전략적 대응의 일환으로 대규모 투자를 통한 친환경 고효율 항공기의 조기도입을 검토 중이나 천문학적인 비용이 투입되기 때문에 장기투자의 관점에서 점진적으로 추진할 수밖에 없다. 또한 항공사들은 주기적 엔진 세척, ULD 및 카트 경량화, 플랩 사용 확대 및 API 사용 억제 등의 전략적 대응방안들을 적극 시행하고 있지만 단기적으로는 감축 여력이 극히 제한적이다.

항공운송산업은 철도 및 해운산업과 같이 국가 경제발전의 근간이 되는 국가 간 경제교류의 중추적 역할을 수행하고 있다(국제여객 95.9%, 국제화물 27.6%, 한국항공협회). 하지만 배출권거래제 도입 및 시행에 따른 여러 영향들을 고려했을 때 항공사의 재정적 부담에 따른 국제경쟁력 약화 및 이로 인한 운임상승으로 국민편익 감소는 불가피한 상황으로 판단된다. 일부 전문가들은 항공운송산업의 온실가스 배출량 규제는 항공운송산업 자체의 성장을 역행하는 것이라는 급진적인 의견을 제시하기도 하였다.

국내 항공사들의 국제경쟁력을 강화하고 중장기적으로 ICAO의 온실가스 배출량 감축목표를 적극적으로 대응할 수 있도록 정부 및 관계당국의 관심과 배려와 관심이 요구된다. 이를 위해 정부 및 관계당국은 국내 배출권거래제 제2차 계획기간 중 항공운송산업의 무상할당업종 지정, 조정계수 및 할당량 총량 조정 등의 정책적 배려를 해주어야 한다. ICAO가 요구하는 2020년 이후 탄소중립 목표는 국내 상황을 감안하면 현실적으로 달성이 어려운 것으로 사료된다. 따라서 항공운송산업의 국내외 온실가스 배출저감 목표 달성 및 항공운송산업의 국제경쟁력 약화를 방지하기 위한 정책적 지원이 필요할 것이다.

### References

- [1] T. J. Blasing, Recent Greenhouse Gas Concentrations, Carbon Dioxide Information Analysis Center(CDIAC), Oak Ridge National Laboratory(ORNL), Oak Ridge, TN, United States, 2013.  
DOI: <https://doi.org/10.3334/CDIAC/ATG.032>
- [2] S. K. Song, Y. K. Kim, Y. H. Kang, J. H. Sohn, J. H. Jung, "The Impact of Large-scale Increase of Traffic Density during Beach Opening Period in Summer on the Coastal Air Quality", Journal of Korea Society for Atmospheric Environment, Vol. 2011, No. 10, pp.278-287, 2011.
- [3] E. Uherek, T. Halenka, J. Borken-Kleefeld, Y.

Balkanski, Yves T. Bernsten, C. Borrego, M. Gauss, P. Hoor, K. Juda-Rezler, J. Lelieveld, D. Melas, K. Rypdal, S. Stephan, "Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport", Atmospheric Environment, Vol. 44, pp.4772- 4816, 2010.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.01.002>

- [4] H. B. Kim, J. K. Kim "Calculating Carbon Dioxide Emissions in the City and Key Sectors for Low- Carbon City", Journal of Korea Planning Association, Vol 2, pp.35-48, 2010.
- [5] I. S. Uhm, J. Y. Jang, D. B. Lim, "Evolving Emission Trading System market and the Corporate Response against Carbon Cost", Issue Monitor, KPMG Economy Research Center, Vol. 87, pp.4-6, 2018.
- [6] R. Kumazawa, M. S. Callaghan, "The Effect of the Kyoto Protocol on Carbon Dioxide Emissions", Journal of Economics and Finance, Vol. 36, No. 1, pp.201- 210, 2010.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12197-010-9164-5>
- [7] A. Ollila, "Challenging the Scientific basis of the Paris Climate Agreement", International Journal of Climate Change Strategies and Management, Vol. 11, No. 1, pp.18-34, 2019  
DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-05-2017-0107>
- [8] International Civil Aviation Organization, On board a Sustainable Future, ICAO Environmental Report, pp. 97-98, 2016.
- [9] R. M. Park, "Preparation and Schedule of Emission Trading System of Green House Gas in the future", Environmental Information, Ministry of Environment, Sep-Oct., pp.11-13, 2014.
- [10] M. E. Johnson, A. Gonzalez, "Effects of Carbon Emissions Trading System on Aviation Financial Decisions", Journal of Aviation Technology and Engineering, Vol. 2, No. 2, 2013.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.7771/2159-6670.1073>
- [11] A. Piera, "Getting Global Cooperation : ICAO and Climate Change", Occasional Paper Series, Center for Research in Air and Space Law, No. 10, pp. 1-29, 2016.

**윤한영(Han-Young Yoon) [정회원]**



- 1988년 2월 ~ 1999년 6월 : 한국 공항공사 재직
- 1999년 6월 ~ 2018년 3월 : 인천 국제공항공사 재직
- 2004년 2월 : 한국항공대학교 경영 대학원 (항공경영학석사)
- 2012년 2월 : 한국항공대학교 대학 원 (경영학박사)

• 2018년 4월 ~ 현재 : 한서대학교 항공융합학부 부교수

<관심분야>

항공경영, 공항운영, 공항서비스

**임종빈(Jong-Bin Lim) [정회원]**



- 2011년 2월 : 한국교통대학교 글로 벌융합대학원(경영학석사)
- 2014년 2월 : 한국교통대학교 일반 대학원 경영학과 박사과정 수료
- 2014년 3월 ~ 현재 : 부발농협 재 직중

<관심분야>

생산관리, 품질경영, 인적자원관리

**박강성(Kang-Sung Park) [정회원]**



- 2010년 2월 : 한국교통대학교 글로 벌융합대학원(경영학석사)
- 2014년 2월 : 한국교통대학교 일반 대학원 경영학과 박사과정 수료

<관심분야>

서비스 품질, 서비스경영, 마케팅

**박완규(Wan-Kyu Park) [정회원]**



- 2018년 2월 : 한국교통대학교 경영 대학원(경영학석사)
- 2013년 2월 : 한국교통대학교 일반 대학원 경영학과 박사과정 수료
- 2013년 3월 ~ 현재 : 에스원종합 건설주식회사 대표이사

<관심분야>

운영관리, 서비스 품질, 공정관리

박 성 식(Sung-Sik Park)

[정회원]



- 2002년 2월 : 고려대학교 통계학과 (경제학사)
- 2003년 12월 : Univ. of Illinois, Urbana-Champaign(회계학석사)
- 2007년 5월 ~ 2014년 3월 : 인천국제공항공사 재직
- 2014년 3월 ~ 현재 : 한국교통대학교 항공운항학과 부교수

<관심분야>

항공정책, 항행안전시설, 공항운영