

# 국가 교통부문 온실가스 배출량 보고서

2010. 12



「국가 교통부문 온실가스 배출량 보고서」는 다음 연구진에 의해 수행되었습니다.

### 참 여 연 구 진

#### 【교통안전공단】

녹색교통안전연구원장	정 희 돈(경영학박사)
녹색교통인증실 실 장	박 응 원(교통공학석사)
녹색교통인증실 교 수	김 중 현(교통공학박사)
녹색교통인증실 과 장	장 철 응(기계공학사)
녹색교통인증실 연구원	김 여 숙(환경공학석사)
녹색교통인증실 연구원	김 필 수(환경공학석사)

요 약 .....	1
<b>제1장 서 론</b> .....	4
제1절 조사 배경 및 목적 .....	4
제2절 조사 범위 및 기준 .....	5
<b>제2장 국내외 온실가스 배출 현황</b> .....	6
제1절 국내 현황 .....	6
제2절 국외 현황 .....	8
제3절 UNFCCC 부속서 I 국가 현황 .....	13
<b>제3장 온실가스 배출량 산정방법</b> .....	17
제1절 개요 .....	17
제2절 교통수단별 온실가스 배출원 및 방법론 .....	31
제3절 불확도 및 시계열 일관성 .....	44
제4절 품질보증(QA)/품질관리(QC) .....	45
<b>제4장 교통부문 온실가스 배출량 산정</b> .....	48
제1절 산정방법론 .....	48
제2절 교통수단별 배출현황 .....	62
제3절 지역별 배출현황 .....	75
<b>제5장 결론 및 시사점</b> .....	94
제1절 결 론 .....	94
제2절 시사점 .....	95
<b>참고 문헌</b> .....	97

# CONTENTS

# 표 차례

<표 2-1> 우리나라 에너지 소비량(1990~2008년) .....	6
<표 2-2> 우리나라 온실가스 배출량(1990~2006년) .....	8
<표 2-3> 국가별 1차에너지 공급 .....	9
<표 2-4> 국가별 CO <sub>2</sub> 배출량 .....	10
<표 2-5> 국가별 순위(2008년 기준) .....	11
<표 2-6> 교통부문 국가별 온실가스 배출량(2008년 기준) .....	12
<표 2-7> 부속서 I 국가 온실가스 감축목표 .....	14
<표 2-8> 부속서 I 국가 교통부문 온실가스 배출량 .....	16
<표 3-1> 1996 IPCC 가이드라인 온실가스 배출 분류 .....	18
<표 3-2> 1996 IPCC 가이드라인 온실가스 배출 분류(계속) .....	19
<표 3-3> 에너지부문 배출원 .....	20
<표 3-4> 연료별 총발열량 .....	22
<표 3-5> 연료별 순발열량 .....	23
<표 3-6> 단위 전환계수 .....	24
<표 3-7> 탄소배출계수 .....	25
<표 3-8> 산화계수 .....	26
<표 3-9> CH <sub>4</sub> 배출계수 .....	28
<표 3-10> N <sub>2</sub> O 배출계수 .....	28
<표 3-11> NO <sub>x</sub> 배출계수 .....	29
<표 3-12> CO 배출계수 .....	29
<표 3-13> NMVOC 배출계수 .....	30
<표 3-14> 교통부문 배출원 .....	31
<표 3-15> LTO 단계의 항공기별 연료소비량 및 배출계수 .....	34
<표 3-16> 순항단계의 항공기별 NO <sub>x</sub> 배출계수 .....	35
<표 3-17> 항공 연료소비량 및 기본 배출계수 .....	36
<표 3-18> 국내 및 국제항공 구분 .....	37
<표 3-19> 도로부문 배출원 분류 .....	37

<표 3-20> 외항선의 배출계수 .....	43
<표 3-21> 국내 및 국제 항해 구분 .....	43
<표 3-22> 교통부문별 CH <sub>4</sub> 및 N <sub>2</sub> O 배출계수 불확도 .....	44
<표 4-1> 연료별 발열량 .....	50
<표 4-2> 이동연소 CO <sub>2</sub> 불확도 .....	51
<표 4-3> 민간항공부문의 CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O 배출계수 .....	52
<표 4-4> 항공부문 연료 소비량 .....	53
<표 4-5> 도로부문의 CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O 배출계수 .....	54
<표 4-6> 도로부분 연료 소비량 .....	55
<표 4-7> 철도부문의 CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O 배출계수 .....	57
<표 4-8> 철도부문 에너지 사용량 .....	57
<표 4-9> 선박부문의 CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O 배출계수 .....	59
<표 4-10> 선박부문 연료별 소비량 .....	59
<표 4-11> 국제빙커링 부문의 배출계수 .....	61
<표 4-12> 국제빙커링 부문 연료별 소비량 .....	62
<표 4-13> 연도별·교통부문별 에너지 소비량 .....	63
<표 4-14> 연도별·교통부문별 온실가스 배출량 .....	64
<표 4-15> 국내 및 국제 운항의 온실가스 배출량 .....	65
<표 4-16> 온실가스 종류별 지구온난화지수 .....	66
<표 4-17> 국가별 교통부문 1인당 온실가스 배출량 .....	67
<표 4-18> 교통부문 국가 온실가스 총 배출량 및 국제빙커링 .....	68
<표 4-19> 교통부문 온실가스 종류별 배출량 .....	69
<표 4-20> 항공부문 온실가스 종류별 배출량 .....	70
<표 4-21> 도로부문 온실가스 종류별 배출량 .....	71
<표 4-22> 철도부문 온실가스 종류별 배출량 .....	72
<표 4-23> 선박부문 온실가스 종류별 배출량 .....	73
<표 4-24> 국제빙커링 온실가스 종류별 배출량 .....	74
<표 4-25> 시·도별 에너지 소비현황 .....	76
<표 4-26> 시·군·구별 온실가스 배출량(도로부문) .....	82
<표 4-27> 시·군·구별 온실가스관련 지표(도로부문) .....	88

# CONTENTS    그림 차례

<그림 2-1> 2008년 부문별 CO <sub>2</sub> 배출량 .....	11
<그림 2-2> 부속서 I 국가 온실가스 배출추이(UNFCCC) .....	15
<그림 2-3> 부속서 I 국가 부문별 배출량(에너지부문) .....	15
<그림 3-1> 항공부문의 방법론 의사결정도(GPG 2000) .....	32
<그림 3-2> 항공부문 Tier 2 방법론 구조 .....	33
<그림 3-3> 도로부문 CO <sub>2</sub> 산정방법론 의사결정도(GPG 2000) .....	38
<그림 3-4> 도로부문 CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O 산정방법론 의사결정도(GPG 2000) .....	39
<그림 4-1> 2008년 교통부문 연료별 소비현황 .....	63
<그림 4-2> 연도별·교통부문별 온실가스 배출량 .....	64
<그림 4-3> 2008년 교통부문별 온실가스 배출비중 .....	65
<그림 4-4> 우리나라 교통부문 1인당 온실가스 배출량 .....	66
<그림 4-5> 우리나라 GDP 대비 교통부문 온실가스 배출량 .....	67
<그림 4-6> 교통부문별 온실가스 배출 추이 .....	68
<그림 4-7> 교통부문 온실가스 종류별 배출 추이 .....	69
<그림 4-8> 항공부문 온실가스 종류별 배출 추이 .....	70
<그림 4-9> 도로부문 온실가스 종류별 배출 추이 .....	71
<그림 4-10> 철도부문 온실가스 종류별 배출 추이 .....	72
<그림 4-11> 선박부문 온실가스 종류별 배출 추이 .....	73
<그림 4-12> 국제병커링 온실가스 종류별 배출량 .....	74
<그림 4-13> 시·도별 온실가스 배출량(도로, 철도, 선박) .....	77
<그림 4-14> 시·도별 온실가스 종류별 배출량(도로부문) .....	77
<그림 4-15> 시·도별 온실가스 종류별 배출량(철도부문) .....	78
<그림 4-16> 시·도별 온실가스 종류별 배출량(선박부문) .....	78
<그림 4-17> 시·도별 면적대비 온실가스 배출량 .....	79
<그림 4-18> 인구수 및 자동차등록대수 대비 온실가스 배출량(도로부문) .....	80
<그림 4-19> 인구수·자동차등록대수와 상관관계(도로부문) .....	81

# 요 약

## □ 조사목적

- 국가 및 지방자치단체가 기후변화협약<sup>1)</sup>에 대응하여 교통물류체계의 온실가스 배출원 및 배출량을 파악하고 이에 대한 감축조치를 이행할 수 있도록 기초자료를 제공함
- 교통물류체계의 지속가능한 발전을 위하여 교통물류의 온실가스 배출량 현황을 지속가능성 관리지표로 활용함

## □ 조사범위 및 기준

- 조사범위
  - 1990~2008년 항공, 도로, 철도, 선박부문 온실가스 배출량
  - 2008년 16개 시·도별 도로, 철도, 선박부문 온실가스 배출량
  - 2008년 232개 시·군·구별 도로부문 온실가스 배출량
- 조사기준
  - 국제기준인 1996 IPCC 가이드라인 Tier 1방법을 기반으로 교통수단별·지역별 연료소비량에 따른 온실가스 배출량 산출

<Tier 1 방법>

$$\text{온실가스 배출량} = \text{연료소비량} \times \text{총발열량} \times \text{배출계수} \times \text{전환계수}$$

연료소비량	:	국가승인통계
총발열량	:	에너지기본법 시행규칙 제5조 1항(2006.9.1)
배출계수	:	1996 IPCC기본배출계수
전환계수	:	순발열량/총발열량

1) UNFCCC(Unted Nations Framework Convention on Climate Change)

## □ 조사결과

- 2008년 교통부문 온실가스 배출량은 8,167만 톤 CO<sub>2</sub> eq(이산화탄소 환산 톤, 이하 톤)로서 2007년 8,378만 톤 대비 2.5%(211만 톤) 감소했음
- 1990~2008년 교통부문 온실가스 배출량은 연평균 5.2%씩 증가하였지만, 2008년에는 유류가격 급등 및 금융위기 등으로 인한 에너지 사용량 감소에 기인하여 온실가스 배출량이 감소했음

〈표〉 연도별·교통부문별 온실가스 배출량

(단위 : 백만 톤 CO<sub>2</sub> eq)

구 분	1990년	1995년	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년
국내	32.94	60.88	65.88	76.77	77.54	83.78	81.67
항공	0.83	1.34	1.43	1.04	0.95	0.90	1.05
도로	28.95	55.15	60.96	72.31	73.34	79.60	77.31
철도	0.78	0.84	0.87	0.72	0.66	0.67	0.66
선박	2.37	3.55	2.64	2.70	2.59	2.62	2.65

- 2008년 온실가스 배출량 산정 결과 교통수단별 비중이 도로(94.7%), 선박(3.3%), 철도(0.8%), 항공(1.3%) 순으로 나타났음. 특히, 도로부문 1인당 온실가스 배출량은 1.56 톤으로 세계 평균(0.72 톤)보다 2배 이상 높았음
  - 항공 및 선박부문에서 국제운항(국제항공, 국제선박)의한 온실가스 배출량은 4,412만 톤으로 국내운항(370만 톤)의 12배에 이룸
- 전국 16개 시·도별 도로부문의 온실가스 배출량을 살펴보면, 총 배출량은 7,731만 톤이며, 수도권지역(서울·인천·경기)이 전체의 43.4%를 차지했음
- 지역별로는 경기지역이 1,950만 톤으로서 전국 최대 배출량을 기록하였고, 수원, 고양, 용인 등 전국에서 자동차등록대수가 가장 높은 지역이 밀집해 있기 때문에 경기지역의 온실가스 배출량이 높은 것으로 판단됨
  - 경기 다음으로는 서울(979만 톤), 경남(582만 톤), 경북(582만 톤) 순으로 온실가스 배출량이 많음
  - 면적당 온실가스 다배출지역은 서울로서 우리나라 전체 면적(10.01만 km<sup>2</sup>)의 0.6%에 불과하지만, 전국 평균(772 톤/km<sup>2</sup>)에 비해 21배(16,177 톤/km<sup>2</sup>)의 온실



가스를 배출했음

- 1인당 온실가스 배출량은 충남이 2.34 톤/인으로 전국에서 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 이유는 다른 지역에 비하여 1인당 자동차 보급률(0.38 대/인)과 지역총생산량(29.83 백만원/인)이 높기 때문인 것으로 판단됨<sup>2)</sup>

## □ 개선사항

- 교통부문 온실가스 배출량의 정확도를 높이기 위해서는 기존 통계의 일부를 수정 및 보완할 필요가 있으며, 일부 새로운 통계의 개발이 필요함
  - 현재 순발열량 기준의 IPCC 기본 배출계수에 전환계수(순발열량/총발열량 비율)를 적용하여 사용하는데, 이를 개선하기 위해서는 순발열량 기준의 에너지통계 자료에 대한 보완이 필요함
  - 순수하게 이동배출원에 의한 배출량만 산정하기 위해서 산업분류 기준이 아닌 교통수단 중심의 에너지통계 자료가 필요하며, 이륜 및 건설기계 등 미분류된 통계자료의 구축도 필요함
  - IPCC 가이드라인에 의한 국제병커링을 명확히 구분하기 위해서는 연료공급량이 내국적 항공의 국내 및 국제항공, 외국적 항공의 국내 및 국제항공, 내국적 선박의 국내 및 국제해운, 외국적 선박의 국내 및 국제해운 등으로 세분화되어야 함
  - 연료별·부문별 국가 고유의 탄소함량을 분석하여 국내 실정에 적합한 Tier 2 수준의 배출계수를 개발하여 이를 배출량 산정에 적용해야 함
  - non-CO<sub>2</sub> 배출량 산정시, 바이오연료 사용에 따른 온실가스 배출량을 포함해야 함
  - 도로교통의 특성을 반영한 온실가스 배출량 산정을 위해 차종별, 도로별 등 활동자료 구축 및 배출계수 개발이 필요함

2) 전국 평균 : 자동차 보급률(0.34대/인), 지역총생산량(21.16백만원/인)

# 제1장 서론

---

## 제1절 조사 배경 및 목적

지구온난화 문제가 UN 등 국제기구를 중심으로 본격화됨에 따라 1992년 브라질 리우의 유엔환경개발회의(UNCED, United Nations Conference on Environment and Development)에서 유엔기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)이 채택되었다. 이후 기후변화가 실효성이 없다는 인식하에 구속력 있는 온실가스 감축의무를 규정하기 위해 1997년 제3차 당사국총회에서 교토의정서가 채택되었고, 2005년 공식 발효되었다. 이에 따라 선진국 등이 포함된 부속서 I 국가(Annex I)에게 제1차 공약기간(2008~2012)동안 1990년 대비 평균 5.2%의 온실가스<sup>3)</sup> 감축의무를 부과하였다. 우리나라는 비부속서국가(non-Annex I)로 온실가스 감축의무는 없지만, 세계 10위 온실가스 다배출국이자 OECD 회원국으로서 감축의무에 대한 국제적 압력이 가중되고 있다.

현재 우리나라는 기후변화협약 제4조 및 제12조에 따라 온실가스 통계, 온실가스 저감정책 및 향후 계획 등을 담은 국가보고서(NC; National Communication)를 제출해야 하고, 1998년과 2003년 두 차례에 걸쳐 제출한 바 있다. 하지만 부속서 I 국가는 교토의정서의 제5조와 제7조에 의해 매년 NIR(National Inventory Report)와 CRF(Common Reporting Format)을 작성하여 제공해야 한다.

이에 우리나라는 국가차원의 온실가스 인벤토리 구축을 위하여 건물·교통, 산업·

---

3) 감축대상 온실가스는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 수소불화탄소(HFCs), 육불화황(SF<sub>6</sub>), 염화불화탄소(CFCs)의 6종임

발전, 농업·축산, 폐기물 등 부문별 관장기관이 온실가스 배출량을 산정하여 보고토록 하고 있다. 부문별 관장기관에서 1990~2008년 동안 국가 온실가스 배출량을 부속서 I국가의 수준으로 작성하였다.

본 보고서는 기후변화협약에 대응하여 교통물류체계의 온실가스 배출원과 배출량을 파악하여 국가 및 지방자치단체가 시행하는 감축조치의 기준 및 자료를 제공하고자 한다. 또한, 교통물류체계의 지속가능한 발전을 위하여 교통수단별·지역별 온실가스 배출현황을 파악하고자 한다.

## 제2절 조사 범위 및 기준

본 보고서의 주요 내용은 교통부문 국가 온실가스 총 배출량과 지역별 분포이다. 항공, 도로, 철도, 선박부문에서 연료연소에 의해 배출되는 3대 온실가스(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) 배출량을 산정하였고, 지구온난화지수<sup>4)</sup>을 적용하여 이산화탄소 환산농도(CO<sub>2</sub> eq)로 표현하였다. 또한, 인구수 및 자동차등록대수 등을 기초로 교통물류의 온실가스 관련 지표를 산출하였다.

1990~2008년 교통부문 온실가스 배출량은 UNFCCC가 채택한 국제 기준이자 IPCC가 개발한 1996 IPCC 가이드라인<sup>5)</sup>, GPG 2000<sup>6)</sup>을 적용하였다. 1996 IPCC 가이드라인의 Tier 1 수준을 기초로 온실가스 배출량을 산출하였고, 활동자료 및 배출계수는 각각 국가에너지통계인 석유류수급통계와 IPCC 기본배출계수(Default Emission Factor)를 적용하였다.

제1장은 조사 개요를 소개하였고, 제2장은 국내외 에너지 소비 및 온실가스 배출 현황을 살펴보았다. 제3장은 1996 IPCC 가이드라인의 방법론을 다뤘고, 제4장은 본 보고서에서 적용한 방법론과 산정결과를 설명하였다. 마지막으로 결론 및 시사점을 제시하였다.

4) 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potential)는 각 온실가스가 지구온난화에 미치는 정도를 수치화한 것으로서 IPCC 제2차 보고서에서 발표한 값을 사용하였음

5) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

6) Good Practice Guidance and Uncertainty Management for National Greenhouse Gas Inventories (2000)

## 제2장 국내외 온실가스 배출 현황

### 제1절 국내 현황

#### 1. 에너지 소비

우리나라 최종에너지 소비는 1990년대 높은 증가세를 보였지만 2000년대 초반부터 지금까지 증가폭이 크게 완화되었다. 2008년 전체 에너지 소비는 1억8천만 toe로 1990년과 비교하여 143% 증가하였으며, 1990~2008년 매년 5.06%씩 상승하였다. 연평균 증가율이 1990~1995년에 10.18%, 1995~2000년에 4.20%, 2000~2005년에 2.66%의 증가를 보였지만, 유가급등 및 금융위기 등에 기인하여 2008년에는 0.6%로 소폭 상승하였다.

〈표 2-1〉 우리나라 최종에너지 소비량

(단위 : 1,000 toe)

부문	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
산업	36,150	62,946	83,912	94,366	97,235	104,327	106,458
가정·상업	21,971	29,451	32,370	36,861	35,986	37,916	36,225
수송	14,173	27,148	30,945	35,559	36,527	37,068	35,793
철도	391	463	512	505	474	441	424
도로	11,205	21,218	23,554	28,144	28,588	29,195	28,532
해상	1,669	3,618	4,705	4,092	4,437	4,235	3,762
항공	908	1,849	2,174	2,819	3,028	3,197	3,074
공공·기타	2,812	2,416	2,625	4,068	3,836	4,144	4,100
합계	75,107	121,962	149,852	170,854	173,584	181,455	182,576

주: 2007년 이후는 개정열량 환산계수 적용

자료: 지식경제부, 에너지통계연보(2009)

수송부문 에너지 소비는 1990년 14백만 TOE<sup>7)</sup>를 보여 전체 에너지 소비에서 19%를 차지한 것으로 나타났으며, 2000년도에 20%정도로 그 비중을 꾸준히 유지하고 있다. 수송부문은 철도, 도로, 해운, 항공으로 구분되며, 2008년 기준으로 철도 1.8%, 도로 79.7%, 해운 10.5%, 항공 8.6%를 차지하는 것으로 나타났다. 특히, 도로부문 에너지 소비가 철도·해운·항공의 4배에 달하는 것으로 기록되었다. 이와 같은 높은 비중은 차량등록대수의 증가에 기인한 것이며, 교통수요의 상승에 따라 항공 및 해운은 1990년 기준으로 각각 3.4배, 2.3배 증가하였다. 반면 철도의 에너지 소비는 1.1배 수준에 그쳤는데, 이는 주요 이동수단이 도로교통으로 집중된 것이 주된 원인으로 사료된다.

## 2. 온실가스 배출

우리나라는 「저탄소 녹색성장 기본법」에 의하여 온실가스 배출활동을 농업·산림·어업(농림수산식품부), 에너지·산업공정(지식경제부), 폐기물(환경부), 건물·교통(국토해양부)으로 분류하여 부문별 관장기관이 온실가스 정보 및 통계를 구축토록 하였다. 금년은 각 부문별 관장기관이 1990~2008년의 온실가스 배출량을 산정하였으며, 온실가스종합정보센터에서 검증절차를 걸쳐 최종 고시될 예정이다. 동 시행령이 발효되기 전까지는 지식경제부에서 국가 온실가스 배출량을 산정하였다.

2006년 국가 온실가스 총 배출량은 599.5백만 톤 CO<sub>2</sub> eq(이산화탄소 환산톤, 이하 톤)으로 1990년 보다 101.1% 증가되었으며, 1999년 이후 증가율은 둔화되었다. 전년 대비 증가율을 보면, 1999년 9.7%, 2000년 6.4%, 2005년 0.7%의 감소세에서 2006년에는 0.9%로 소폭 증가세로 반전했다. 이는 총 배출량의 10.6%를 차지하는 산업공정은 1.8% 감소하였으나, 폐기물에 의한 배출이 증가세로 전환한 것에 기인한다. <표 2-2>의 순배출량은 총배출량에 흡수원을 포함한 값으로서 총배출량이 5.2% 감소되었고, 2000년도 이후 토지이용 임업의 흡수량이 감소하고 있다.

온실가스 배출원별로 살펴보면, 에너지부문은 2006년 505.4 백만 톤에서 2005년 498.5 백만 톤으로 1.4% 증가하였으며, 총 배출량의 84.3%를 차지했다. 산업공정은 2006년에 63.7 백만 톤을 배출하였으며, 이는 총 배출량의 10.6%를 차지하였다. 뒤

7) TOE : 석유환산톤(ton of Oil Equivalent), 석유 1톤을 연소할 때 발생하는 에너지

이러 폐기물부문이 2.6%, 농업부문이 2.5% 차지하였다. 에너지 중 전환부문은 1990~2006년 동안 10.2%의 높은 연평균 증가율을 기록하였고, 에너지부문에서 차지하는 비중이 35.3%로 가장 높은 점유율을 나타내었다. 그 다음으로 산업, 수송, 가정·상업, 탈루성, 공공·기타 부문의 순서로 비중이 높게 나타났고, 가정·상업과 공공·기타 부문의 온실가스 배출량은 감소세에 있다.

〈표 2-2〉 우리나라 온실가스 배출량(1990~2006년)

(단위 : 백만 톤 CO<sub>2</sub> eq)

부문	1990	1995	2000	2005	2006
에너지	247.7	372.1	438.5	498.5	505.4
전환	38	83.2	125.9	171.1	179.6
산업	87.6	133.5	153.1	156.9	158.3
수송	42.4	77.2	87.1	98.1	99.8
가정·상업	67.2	70.4	64	61.6	57.2
공공·기타	7	4.7	4	4.9	4.3
탈루성	5.4	3.2	4.4	5.9	6.2
산업공정	19.9	47.1	58.3	64.8	63.7
농업	13.5	0	17.0	16.1	15.1
토지이용/임업	-23.7	-21.2	-37.2	-32	-31.2
폐기물	17.0	17.2	17.2	14.9	15.4
총배출량	298.1	453.2	531.0	594.4	599.5
순배출량	274.4	431.9	493.8	562.4	568.4

자료: 지식경제부, 지식경제통계포털(<http://statistics.mke.go.kr>)

## 제2절 국외 현황

### 1. 에너지 소비

국제에너지기구(IEA, International Energy Agency)에 따르면 2008년에 공급된 1차 에너지가 122억 67백만 TOE이었고, 이 중 OECD 국가가 44%, Non-OECD 국가가 53%의 비중을 차지한다. 1971~2008년 사이 세계 1차 에너지 공급량은 2배 이상 증가하였고, 이는 화석연료 소비의 증가에 기인한 것이다. 원자력, 수력 등 비화석연료의 비중이 14%에서 19%로 증가하였지만, 지난 35년간 세계 에너지공급량의 80% 이상

을 화석에너지가 차지하고 있다.

<표 2-3>와 같이 2008년 전 세계 1차 에너지<sup>8)</sup> 공급량(12,267백만 TOE)은 1990년 보다 약 40% 증가하였으며 이란, 중국, 한국, 인도, 인도네시아, 브라질 등 개발도상국을 중심으로 에너지 수요의 급증이 두드러진다. 특히, OECD 국가 중 한국이 1차 에너지 공급량 증가율(1990~2008년)이 가장 높은 반면, 독일, 일본, 영국 등 선진국들은 감소추세가 나타났다.

<표 2-3> 국가별 1차에너지 공급

(단위 : 백만 TOE)

부문	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
OECD	4,479	4,828	5,234	5,460	5,450	5,490	5,422
미국	1,915	2,067	2,273	2,319	2,297	2,337	2,284
일본	439	496	519	521	520	515	496
독일	351	337	337	339	341	333	335
캐나다	209	231	251	272	269	272	267
프랑스	224	237	252	270	267	264	266
한국	93	145	186	210	214	222	227
영국	206	216	223	222	219	210	208
멕시코	121	130	145	170	172	176	181
기타	921	969	1,048	1,137	1,153	1,161	1,158
Non-OECD	4,099	4,187	4,524	5,664	5,959	6,217	6,510
중국	872	1,057	1,107	1,707	1,865	1,977	2,131
러시아	879	637	619	652	671	673	687
인도	319	386	459	537	564	595	621
브라질	140	161	189	215	223	235	249
이란	68	94	119	165	179	194	202
인도네시아	104	134	155	179	181	191	199
기타	1,717	1,718	1,874	2,209	2,276	2,353	2,423
국제병커링	199	226	267	306	322	336	335
합계	8,777	9,241	10,025	11,430	11,731	12,043	12,267

자료: IEA, CO<sub>2</sub> Emission from Fuel Combustion(2010)

8) 가공되지 않은 천연자원 상태에서 공급되는 에너지로서 석유, 석탄, 원자력, 수력 등이 있음

## 2. 온실가스 배출

<표 2-4>와 같이 2005년을 기준으로 OECD 국가의 CO<sub>2</sub> 배출량은 감소한 반면 Non-OECD 국가는 증가추세에 있다. 2008년 전세계 CO<sub>2</sub> 배출량 293억81백만 톤 중 50% 이상이 Non-OECD 국가에서 배출되고 있으며, 중국, 이란, 인도네시아, 인도 등은 1990년 보다 2배 이상 증가하였다. 이는 개발도상국들은 석탄 수요상승에 따라 온실가스 배출량이 증가한데 반해 선진국들의 석탄 및 석유 수요는 감소한데 기인한 것으로 보인다. 한편, 교토의정서의 부속서 I 국가의 2008년 총 배출량이 139억4백만 톤으로 최초로 1990년 보다 낮은 배출량을 기록하였다.

<표 2-4> 국가별 CO<sub>2</sub> 배출량

(단위 : 백만 톤 CO<sub>2</sub> eq)

부문	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
OECD	11,045	11,554	12,476	12,903	12,841	12,970	12,630
미국	4,869	5,139	5,698	5,772	5,685	5,763	5,596
일본	1,064	1,148	1,184	1,221	1,205	1,242	1,151
독일	950	869	827	811	823	801	804
캐나다	432	465	533	559	544	571	551
프랑스	352	354	377	388	380	373	368
한국	229	359	421	468	477	490	501
영국	549	517	524	532	533	521	511
멕시코	265	291	346	390	397	418	408
기타	2,333	2,413	2,567	2,762	2,798	2,792	2,739
Non-OECD	9,307	9,543	10,198	13,282	14,190	14,939	15,719
중국	2,244	3,022	3,078	5,108	5,649	6,076	6,550
러시아	2,179	1,575	1,506	1,516	1,580	1,579	1,594
인도	591	785	981	1,160	1,250	1,338	1,428
브라질	194	240	302	326	331	345	365
이란	180	253	311	411	451	483	505
인도네시아	141	192	268	324	339	365	385
기타	3,778	3,475	3,753	4,438	4,590	4,755	4,892
국제 병커링	613	697	823	944	993	1,036	1,033
합계	20,965	21,794	23,497	27,129	28,024	28,945	29,381

자료: IEA, CO<sub>2</sub> Emission from Fuel Combustion(2010)



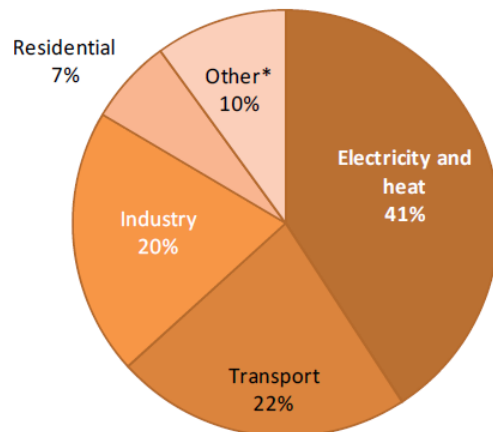
<표 2-5>는 1차 에너지 공급량과 CO<sub>2</sub> 배출량의 세계 10위권을 나타내며, 전세계 에너지 공급량과 온실가스 배출량 중 각각 62.6%, 65.3%를 차지한다. 특히, 중국은 교토의정서상 온실가스 감축의무국이 없는 비부속서국가지만, 세계 1위의 온실가스 다배출국이다.

<표 2-5> 국가별 CO<sub>2</sub> 순위(2008년 기준)

구분	1차에너지 공급량		CO <sub>2</sub> 배출량	
	순위	비중 (%)	순위	비중 (%)
1	미국	18.6	중국	22.3
2	중국	17.4	미국	19.0
3	러시아	5.6	러시아	5.4
4	인도	5.1	인도	4.9
5	일본	4.0	일본	3.9
6	독일	2.7	독일	2.7
7	캐나다	2.2	캐나다	1.9
8	프랑스	2.2	영국	1.7
9	브라질	2.0	이란	1.7
10	한국	1.9	한국	1.7

자료: IEA, CO<sub>2</sub> Emission from Fuel Combustion(2010)

세계 온실가스 배출량을 부문별로 살펴보면, 수송에 의한 온실가스 배출량이 22%를 차지하고, 이 중 70% 이상이 도로부문에서 배출되는 것으로 분석되었다.



<그림 2-1> 2008년 부문별 CO<sub>2</sub> 배출량

자료: IEA, CO<sub>2</sub> Emission from Fuel Combustion(2010)

국가 교통부문 온실가스 배출량 보고서

<표 2-6> 교통부문 국가별 온실가스 배출량(2008년 기준)

(단위 : 백만 톤 CO<sub>2</sub> eq)

국가	총 배출량	교통부문 배출량		
		교통	도로	기타
전세계	29,381.4	6,604.7	4,848.4	1,756.2
OECD	12,629.6	3,386.5	2,999.4	387.0
캐나다	550.9	162.0	126.9	35.1
멕시코	408.3	151.4	146.8	4.6
미국	5,595.9	1,691.6	1,455.9	235.7
호주	397.5	79.7	67.9	11.9
일본	1,151.1	226.2	202.6	23.7
<b>한국</b>	<b>501.3</b>	<b>84.2</b>	<b>78.8</b>	<b>5.4</b>
프랑스	368.2	124.7	118.7	6.0
독일	803.9	148.4	139.9	8.5
이탈리아	430.1	117.0	109.6	7.4
네덜란드	177.9	35.0	33.8	1.1
폴란드	298.7	44.2	42.7	1.5
스페인	317.6	109.1	95.2	13.8
터키	263.5	45.1	39.5	5.6
영국	510.6	124.8	114.9	9.9
아프리카	889.9	211.6	197.4	14.2
이집트	174.0	38.1	35.0	3.0
남아프리카공화국	337.4	45.8	42.3	3.5
중동	1,492.3	326.6	324.2	2.4
이란	505.0	110.2	110.2	0.0
사우디아라비아	389.2	96.0	94.0	2.0
Non-OECD 유럽	268.6	50.8	47.1	3.8
구소련	2,426.5	329.7	200.6	129.1
러시아	1,593.8	243.3	131.9	111.4
우크라이나	309.6	32.4	24.0	8.4
라틴아메리카	1,068.2	361.8	326.8	34.9
아르헨티나	173.8	42.7	39.8	2.8
브라질	364.6	149.5	134.6	15.0
베네수엘라	145.7	45.2	44.9	0.3
아시아	3,022.8	447.7	418.5	29.2
대만	264.3	34.6	33.4	1.3
인도	1,427.6	131.9	121.1	10.8
인도네시아	385.4	75.9	69.0	7.0
말레이시아	180.9	42.1	41.5	0.7
타이	229.5	51.1	50.7	0.5
중국	6,550.5	456.9	334.4	122.6

자료: IEA, CO<sub>2</sub> Emission from Fuel Combustion(2010)

### 제3절 UNFCCC 부속서 I 국가 현황

1990년 스위스의 제2차 세계기후회의에서 기후변화방지협약을 제정하기로 합의하였고, 1992년 브라질 리우데자네이로에서 열린 유엔환경개발회의에서 166개국이 서명하여 기후변화협약이 채택되었다. 기후변화협약에서는 “공통적이지만 차별적인 책임원칙”을 기초로 온실가스 배출량 감축의 필요성을 언급하면서 선진국들에게 역사적으로 온실가스 배출책임을 지게 하면서 우선적인 감축노력을 촉구하였다.

기후변화협약의 모든 당사국은 온실가스 감축노력을 객관적으로 평가받기 위해 온실가스 통계량, 온실가스 저감 정책의 현황 및 향후 계획 등을 담은 국가보고서(National Communication)를 제출토록 되어있다. 선진국들은 협약발효 후 6개월 이내에 1차 국가보고서를 제출토록 되어있으며, 개발도상국들은 협약 발효 후 3년 이내에 또는 선진국의 재정·기술지원이 충분이 이루어진 후에 국가보고서를 제출토록 되어 있다. 부속서 I 국가(Annex I)는 2010년까지 제15차 국가보고서를 제출하였고, 우리나라는 제1차 및 제2차 국가보고서를 1998년과 2003년에 정식으로 제출하였다.

특히, 부속서 I 국가로 분류된 OECD 국가들과 시장경제전환국가(EIT, Economies in Transition) 등 40개국과 유럽연합에게 2000년까지 1990년 수준으로 온실가스 안정화 노력을 부담하는 비구속적인 의무를 부여하였다. 그 후, 1997년 일본 교토에서 열린 제3차 당사국총회에서 구속력을 가지면서 기후변화협약보다 구체적인 이행계획을 담은 교토의정서(Kyoto Protocol)를 채택하였다. 교토의정서에서 부속서 I 국가들은 1차 이행 기간(2008~2012년)동안 온실가스 배출량을 1990년 기준배출량보다 평균 5.2%의 배출량을 감축해야 하며, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF<sub>6</sub>)의 6대 온실가스가 지정되었다.

아울러 의무감축이 부과된 부속서 I 국가들의 경제적 부담을 완화하기 위하여 시장경제체제(Kyoto Mechanism)를 활용하고, 산림 및 토지에 의한 온실가스 흡수를 인정하는데 합의하였다. 또한, 선진국이 온실가스 감축의무 달성에 소요되는 비용을 최소화할 목적으로 시장기능을 활용하기 위해 배출권거래제(ET, Emission Trading), 공동이행(JI, Joint Implementation), 청정개발체제(CDM, Clean Development Mechanism)가 포함된 교토메카니즘을 도입하였다.

<표 2-7>은 교토의정서에 의한 국가별 온실가스 의무 감축목표이며, 감축목표는

각국의 경제적 여건에 따라 -8%에서 +10%까지 차별화하였다. 부속서 I 국가는 유럽연합과 40개국이 지정되었지만, 1997년 교토의정서 채택당시 기후변화협약을 미비준한 터키와 벨라루스를 제외한 38개국에 감축목표를 부과하였다.

<표 2-7> 부속서 I 국가 온실가스 감축목표

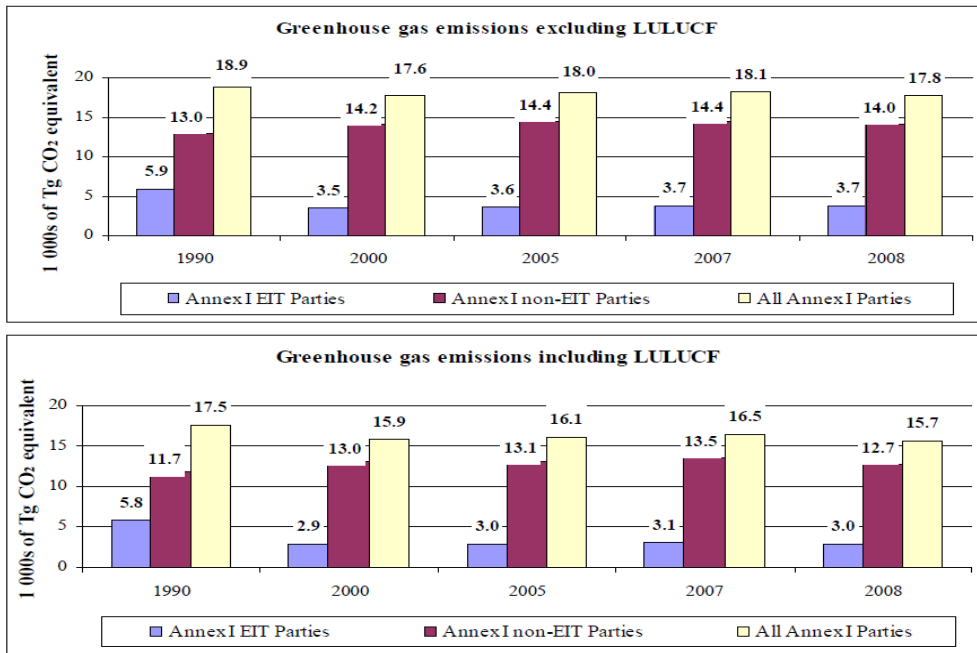
구분	나라	감축목표	나라	감축목표	
Annex I (41개국)	Annex I non EIT (27개국)	호주	+8 %	리히텐슈타인	-8 %
		오스트리아	-8 %	룩셈부르크	-8 %
		벨기에	-8 %	모나코	-8 %
		캐나다	-6 %	네덜란드	-8 %
		덴마크	-8 %	뉴질랜드	0 %
		유럽연합	-8 %	노르웨이	+1 %
		핀란드	-8 %	포르투갈	-8 %
		프랑스	-8 %	스페인	-8 %
		독일	-8 %	스웨덴	-8 %
		그리스	-8 %	스위스	-8 %
		아이슬란드	+10 %	터키	-
		아일랜드	-8 %	영국	-8 %
		이탈리아	-8 %	미국	-7 %
		일본	-6 %		
Annex I EIT <sup>1)</sup> (14개국)	벨라루스	-	리투아니아	-8 %	
	불가리아	-8 %	폴란드	-6 %	
	크로아티아	-5 %	루마니아	-8 %	
	체코	-8 %	러시아	0 %	
	에스토니아	-8 %	슬로바키아	-8 %	
	헝가리	-6 %	슬로베니아	-8 %	
	라트비아	-8 %	우크라이나	0 %	

자료: UNFCCC, Kyoto Protocol

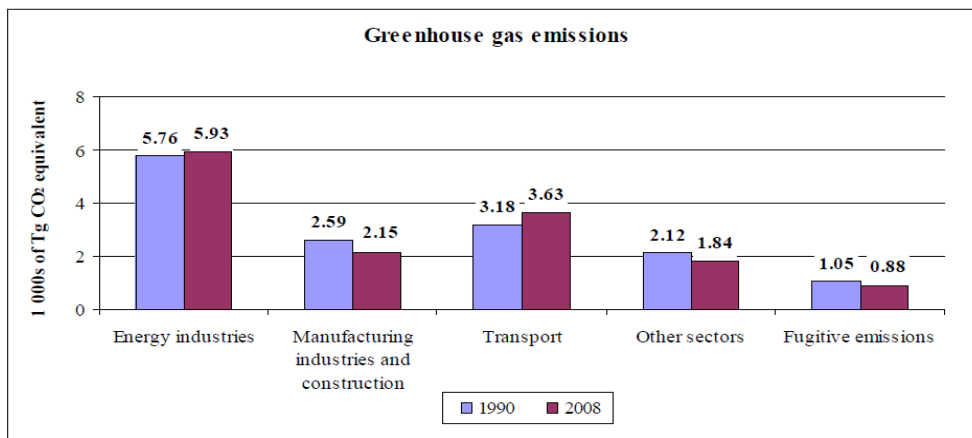
1990~2008년 부속서 I 국가의 온실가스 배출추이는 <그림 2-2>와 같다. 토지이용, 토지이용변화 및 임업(LULUCF, land use, land-use change and forestry)를 제외한 부속서 I 국가의 1990년 온실가스 배출량은 189억8백만 톤으로 2008년 177억63백만 톤과 비교하여 6.1% 감소하였다. 2000~2008년 사이 LULUCF를 포함한 총 배출량은 1.1% 감소하였지만, LULUCF를 제외한 총 배출량은 0.8% 증가하였다. 같은 기간동안 OECD 국가 및 유럽연합은 온실가스 배출량이 감소하였지만, 헝가리, 러시아 등 시

장경제전환 부속서 I 국가는 증가하였다.

부속서 I 국가의 2008년도 온실가스 배출량을 부문별로 살펴보면, 모든 부문의 배출량이 1990년 보다 감소하였으며 LULUCF에 의한 흡수가 50% 이상 증가하였다. 에너지부문은 3.5% 감소하였지만, 교통부문의 배출량 13.9%로 크게 증가하였다. 미국의 교통부문 배출량이 3억 톤 이상 증가하였고, 미국은 2008년도 부속서 I 국가 교통부문 총 배출량(36억 톤)의 49% 비중을 차지했다.



〈그림 2-2〉 부속서 I 국가 온실가스 배출추이(UNFCCC)



〈그림 2-3〉 부속서 I 국가 부문별 배출량(에너지부문)

〈표 2-8〉 부속서 I 국가 교통부문 온실가스 배출량

(단위 : 백만 톤 CO<sub>2</sub> eq, %)

국가	1990	2008	증감	국가	1990	2008	증감
호주	62	80	▲29	라트비아	3	4	▲20
오스트리아	14	23	▲61	리히텐슈타인	0	0	▲19
벨라루스	13	6	▽51	리투아니아	8	5	▽30
벨기에	20	28	▲35	룩셈부르크	3	7	▲146
불가리아	7	9	▲16	모나코	0	0	▽1
캐나다	145	198	▲36	네덜란드	26	36	▲36
크로아티아	4	6	▲53	뉴질랜드	9	14	▲63
체코	7	19	▲151	노르웨이	11	15	▲35
덴마크	11	14	▲30	폴란드	25	44	▲99
에스토니아	3	2	▽7	포르투갈	10	19	▲91
유럽연합(15)	698	838	▲20	루마니아	8	15	▲153
유럽연합(27)	778	962	▲24	러시아	341	218	▽36
핀란드	13	14	▲7	슬로바키아	5	7	▲34
프랑스	120	132	▲10	슬로베니아	3	6	▲202
독일	165	154	▽6	스페인	57	104	▲80
그리스	15	23	▲54	스웨덴	19	21	▲9
헝가리	8	13	▲66	스위스	15	17	▲14
아이슬란드	1	1	▲57	터키	26	48	▲82
아일랜드	5	14	▲176	우크라이나	88	44	▽49
이탈리아	103	124	▲20	영국	119	129	▲9
일본	216	231	▲7	미국	1,485	1,788	▲20

자료: UNFCCC

## 제3장 온실가스 배출량 산정방법

### 제1절 개요

기후변화와 관련된 전 지구적 위협을 평가하고 국제적 대책을 마련하기 위해 세계기상기구(WMO, World Meteorological Organization)와 유엔환경계획(UNEP, United Nations Environment Programme)은 1998년 공동으로 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)를 설치하였다. IPCC는 기후변화협약과 교토의정서의 이행과 관련하여 특별보고서를 작성하고 있으며, 1990년 이후 4차례에 걸쳐 특별보고서를 발표하였다. 이 보고서들은 인간 활동이 기후변화에 끼치는 영향을 과학적, 기술적, 사회·경제학적으로 분석한 결과를 제공하고 있다.

IPCC는 국가 온실가스 인벤토리 구축을 위한 1996 IPCC 가이드라인<sup>9)</sup>, 국가 온실가스 인벤토리에 관한 우수실행지침 및 불확도 관리<sup>10)</sup>(GPG 2000), 토지이용, 토지이용변화 및 산림에 대한 우수실행지침<sup>11)</sup>(GPG-LULUCF)를 개발하였다. 이 지침서들은 국제적으로 합의된 방법론으로서 현재 기후변화협약에 의한 국가 온실가스 배출량 산정에 이용되고 있다. IPCC 가이드라인은 배출원 및 흡수원에 따라 카테고리를 분류하고 국가 인벤토리의 적용범위를 정의한다. GPG 2000과 GPG-LULUCF는 불확도 산정, 시계열 일관성, 품질보증 및 품질관리를 권고하고 산정방법의 선택 및 개선에 관한 추가적인 지침을 제공한다.

9) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

10) Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories

11) Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry

1996 IPCC 가이드라인은 온실가스 배출원을 에너지, 산업공정, 용제 및 기타 제품 사용, 농업, 폐기물로 분류하였고, 배출원 혹은 흡수원은 토지이용 변화 및 임업으로 정의하였다. 여기서 분류된 모든 배출원 및 흡수원은 인간에 의한 인위적인 활동으로 그 범위를 제한한다.

〈표 3-1〉 1996 IPCC 가이드라인 온실가스 배출 분류

대분류	중분류
에너지 (Energy)	연료연소 (Fuel Combustion Activities)
	탈루배출 (Fugitive Emissions From Fuels)
산업공정 (Industrial Processes)	광물산업 (Mineral Products)
	화학산업 (Chemical Industry)
	금속산업 (Metal Production)
	기타산업 (Other Production)
	HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> 생산 (Production of Halocarbons and Sulphur Hexafluoride)
	HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> 소비 (Consumption of Halocarbons and Sulphur Hexafluoride)
	기타 (Other)
용매 및 기타제품 사용 (Solvent and Other Product Use)	페인트 응용 (Paint Application)
	탈지 및 드라이클리닝 (Degreasing & Dry Cleaning)
	화학제품, 제조 및 공정 (Chemical Products, Manufacture & Processing)
	기타



〈표 3-2〉 1996 IPCC 가이드라인 온실가스 배출 분류(계속)

대분류	중분류
농업 (Agriculture)	장내발효 (Enteric Fermentation)
	분뇨관리 (Manure Management)
	벼농사 (Rice Cultivation)
	농지 (Agricultural Soils)
	초원화입 (Prescribed Burning of Savannas)
	농업부산물 (Field Burning of Agricultural Residues)
	기타 (Other)
토지이용 변화 및 산림 (Land-Use Change & Forestry)	산림변화, 목질 바이오매스 (Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks)
	산림 및 초원 전용 (Forest and Grassland Conversion)
	경영토지 방치 (Abandonment of Management Lands)
	토양의 CO <sub>2</sub> 배출 및 흡수 (CO <sub>2</sub> Emissions and Removal from Soil)
	기타 (Other)
폐기물 (Waste)	고형폐기물 매립 (Solid Waste Disposal on Land)
	폐수 처리 (Wastewater Handling)
	폐기물 소각 (Waste Incineration)
	기타 (Other)
기타 (Other)	

에너지부문은 온실가스 인벤토리에서 가장 중요한 부문이며 선진국에서는 CO<sub>2</sub> 배출량의 90%, 총 배출량의 75% 이상을 차지하고, 나머지는 non-CO<sub>2</sub>가 차지한다. 1996 IPCC 가이드라인에 따르면 에너지부문은 연료연소와 탈루배출로 구성되고, 연료연소는 크게 고정연소(stationary Combustion)와 이동 연소(Mobile Combustion)로 분류된다. 에너지산업, 제조업 및 건설업 등이 고정연소에 포함되고 이동연소는 교통부문을 의미한다. 고정연소는 일반적으로 에너지부문 온실가스 배출량의 약 70%를 차지하고, 이들 배출량의 절반정도가 발전소 및 정유공장 등 에너지산업에 의해 발생된다. 이동연소의 경우는 에너지부문 배출량의 약 20% 정도로 나타난다.

〈표 3-3〉 에너지부문 배출원

대분류	중분류	소분류
에너지 (Energy)	연료연소 (Fuel Combustion Activities)	에너지산업 (Energy Industry)
		제조업 및 건설업 (Manufacturing Industries & Construction)
		교통 (Transport)
		기타부문 (Other Sectors)
		미분류 (Not else-where specified)
	탈루배출 (Fugitive Emissions From Fuels)	고체연료 (Solid Fuels)
		석유 및 천연가스 (Oil and Natural Gas)

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines

## 1. CO<sub>2</sub> 배출량

### 가. 기준 추정방법

연료의 연소과정에 발생하는 CO<sub>2</sub>의 배출량은 연료에 포함되어 있는 탄소량에 의해 결정되며, 그 양은 탄소량에 비례하는 것이 일반적이다. CO<sub>2</sub>배출량을 추정하기 위한 가장 기초적인 자료는 국가에너지통계이며, 연료의 형태별로 총 투입량과 탄소함유량을 고려하여 온실가스 배출량을 산정하고 이를 합하여 국가 온실가스 총 배출량을 추정할 수 있다. 1996 IPCC 가이드라인의 기준방법론에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량 산정절차는 6단계로 이루어진다.

#### 1) 1 단계 : 연료별 소비량 조사(고유단위)

국가의 연료별 소비량을 추정하는 방법이다. 연료별 생산량에 수입량을 더하고, 수출량, 국제병커링, 재고변동량을 제함으로써 1차 에너지의 명시적 소비량이 산정된다.

$$\text{명시적 소비량}_{1\text{차에너지}} = \text{생산량} + \text{수입량} - \text{수출량} - \text{국제병커링} - \text{재고변동량}$$

1차 에너지 명시적 소비량에 2차 에너지(휘발유, 경유, 윤활유 등)의 생산량이 포함되어 있으므로 중복산정을 막기 위하여 2차 에너지의 생산량(제조)은 계산에서 제외되어야 한다. 단, 국내에서 생산된 2차 에너지가 아닌 경우에는 계산시 고려되어야 한다.

$$\text{명시적 소비량}_{2\text{차에너지}} = \text{수입량} - \text{수출량} - \text{국제병커링} - \text{재고변동량}$$

#### 2) 연료제품별 고유단위를 공통단위로 전환

화석연료별 고유단위는 하나의 공통단위로 통일시켜야 한다. 1996 IPCC 가이드라인은 기본단위로 GJ(또는 TJ<sup>12)</sup>)를 사용하도록 권고하고 있다.

12) 테라줄(Tera Joule)은 에너지 소비량단위로서 23.88 TOE와 같음

〈표 3-4〉 연료별 총발열량

제 품	단 위	총발열량	
		kcal	MJ 환산
원 유	kg	10,750	45.0
휘발유	ℓ	8,000	33.5
실내등유	ℓ	8,800	36.8
보일러등유	ℓ	8,950	37.5
경 유	ℓ	9,050	37.9
B-A유(경질중유)	ℓ	9,300	38.9
B-B유(중유)	ℓ	9,650	40.4
B-C유(병커C유)	ℓ	9,900	41.4
프로판	kg	12,050	50.4
부 탄	kg	11,850	49.6
나프타	ℓ	8,050	33.7
용 제	ℓ	7,950	33.3
항공유	ℓ	8,750	36.6
아스팔트	kg	9,900	41.4
윤활유	ℓ	9,250	38.7
석유코크	kg	8,100	33.9
부생연료1호	ℓ	8,850	37.0
부생연료2호	ℓ	9,700	40.6
천연가스(LNG)	kg	13,000	54.5
도시가스(LNG)	Nm <sup>3</sup>	10,550	44.2
도시가스(LPG)	Nm <sup>3</sup>	15,000	62.8
국내무연탄	kg	4,650	19.5
수입무연탄	kg	6,550	27.4
유연탄(연료용)	kg	6,200	26.0
유연탄(원료용)	kg	7,000	29.3
아역청탄	kg	5,350	22.4
코크스	kg	7,050	29.5
전 력	kWh	2,150	9.0
신 탄	kg	4,500	18.8

자료: 에너지기본법 시행규칙 제5조 제1항, 에너지열량환산기준(2006.9.1)

〈표 3-5〉 연료별 순발열량

제 품	단 위	순발열량	
		kcal	MJ 환산
원 유	kg	10,100	42.3
휘발유	ℓ	7,400	31.0
실내등유	ℓ	8,200	34.3
보일러등유	ℓ	8,350	35.0
경 유	ℓ	8,450	35.4
B-A유(경질중유)	ℓ	8,750	36.6
B-B유(중유)	ℓ	9,100	38.1
B-C유(벙커C유)	ℓ	9,350	39.1
프로판	kg	11,050	46.3
부 탄	kg	10,900	45.7
나프타	ℓ	7,450	31.2
용 제	ℓ	7,350	30.8
항공유	ℓ	8,200	34.3
아스팔트	kg	8,350	39.1
윤활유	ℓ	8,650	36.2
석유코크	kg	7,850	32.9
부생연료1호	ℓ	8,350	35.0
부생연료2호	ℓ	9,200	38.5
천연가스(LNG)	kg	11,750	49.2
도시가스(LNG)	Nm <sup>3</sup>	9,550	40.0
도시가스(LPG)	Nm <sup>3</sup>	13,800	57.8
국내무연탄	kg	4,600	19.3
수입무연탄	kg	6,400	26.8
유연탄(연료용)	kg	5,950	24.9
유연탄(원료용)	kg	6,750	28.3
아역청탄	kg	5,000	20.9
코크스	kg	7,000	29.3
전 력	kWh	2,150	9.0
신 탄	kg	-	-

자료: 에너지기본법 시행규칙 제5조 제1항, 에너지열량환산기준(2006.9.1)

고체, 액체, 기체 연료의 물리적 단위를 에너지 단위로 전환하기 위해서는 발열량(calorific values)이 필요하다. 발열량은 총발열량(GCV, gross calorific values)과 순발열량(NCV, net calorific values)으로 구분된다. GCV은 연료 연소과정에 생기는 수증기의 잠열을 포함하고, NCV은 총발열량에서 수증기의 잠열을 제외한 발열량을 말한다. 따라서 석탄 및 석유의 NCV는 GCV보다 약 5% 작고, 천연 및 제조가스의 경우는 10%정도 작다.

IPCC는 기본 배출계수가 순발열량(net calorific values)을 기반으로 개발되었기 때문에 순발열량의 적용을 권고하고 있다. 해당 자료가 부족할 경우에는 가이드라인에서 제공하는 순발열량을 사용할 수 있다.

〈표 3-6〉 단위 전환계수

단위	전환계수
J, MJ, GJ	$10^{12}$ TJ/J, $10^6$ TJ/J, $10^3$ TJ/J 나누기
$10^6$ toe	41868 TJ/ $10^6$ toe 곱하기
Tcal	4.1868 TJ/Tcal 곱하기

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines

### 3) 탄소배출계수를 곱하여 탄소함유량 계산

위의 과정에서 계산된 에너지단위의 연료소비량에 탄소배출계수를 곱하여 탄소함유량을 계산한다. 탄소배출계수는 단위발열량 당 탄소함유량으로 표시하며, 연료별로 그 값이 상이하다.

### 4) 몰입탄소 산정

연료가 연소하지 않고 제품의 중간재 혹은 최종제품으로 사용되는 경우에는 화석 연료에 포함되어 있는 탄소가 이산화탄소로 대기 중에 배출되지 않고 재화 내에 탄소형태로 남게 된다. 이와 같이 제품에 포함되어 연소반응을 일으키지 않는 탄소를 몰입탄소(carbon stored)라 하고, 몰입탄소는 대기 중에 배출되지 않으므로 온실가스 배출량에서 제외된다.

〈표 3-7〉 탄소배출계수

구분		배출계수 (톤 C/TJ)	
Liquid Fossil	Primary fuels	Crude oil	20.0
		Orimulsion	22.0
		Natural Gas Liquids	17.2
	Secondary fuels/products	Gasoline	18.9
		Jet Kerosene	19.5
		Other Kerosene	19.6
		Shale Oil	20.0
		Gas/Diesel Oil	20.2
		Residual Fuel Oil	21.1
		LPG	17.2
		Ethane	16.8
		Naphtha	20.0
		Bitumen	22.0
		Lubricants	20.0
		Petroleum Coke	27.5
		Refinery Feedstocks	20.0
		Refinery Gas	18.2
Other Oil	20.0		
Solid Fossil	Primary fuels	Anthracite	26.8
		Coking Coal	25.8
		Other Bituminous Coal	25.8
		Sub-bituminous Coal	26.2
		Lignite	27.6
		Oil Shale	29.1
		Peat	28.9
	Secondary fuels/products	BKB & Patent Fuel	25.8
		Coke Oven/Gas Coke	29.5
		Coke Oven Gas	13.0
		Blast Furnace Gas	66.0
Gaseous Fossil	Natural Gas(Dry)	15.3	
Biomass	Solid Biomass	29.9	
	Liquid Biomass	20.0	
	Gas Biomass	30.6	

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

5) 연소되지 않은 탄소량 조정

연료에 포함되어 있는 탄소는 대부분 연소과정에서 산화되어 CO<sub>2</sub>로 배출되지만 일부는 불완전 연소되어 CO<sub>2</sub>로 전환되지 않는다. 일반적으로 연료의 산화율은 연료 종류, 기술 등에 따라 상이하고, 탄소가 산화되어 이산화탄소로 전환되는 비율을 산화계수로 표현한다.

<표 3-8> 산화계수

구 분	탄소 산화율
Coal	0.98
Oil and Oil product	0.99
Gas	0.995
Peat for Electricity Generation	0.99

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

6) 산화된 탄소량을 이산화탄소 배출량으로 전환

위의 5)에서 계산된 탄소량을 CO<sub>2</sub> 배출량으로 전환하기 위해 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 탄소(C)의 질량비(44/12)를 곱하여 준다.

$$\text{CO}_2 \text{ 배출량} = (\text{연료소비량} \times \text{순발열량} \times \text{배출계수} - \text{몰입탄소}) \times \text{산화계수} \times 44/12$$

**나. 부문별 추정방법**

에너지산업, 산업공정, 교통 등 각 부문별 배출량을 계산하여 그 결과를 합하여 국가 총 배출량을 산정한다. 에너지산업에서 연소되는 연료소비량, 전력 및 열 생산에서 발생하는 배출량, 국제병커링, 바이오연료 소비량, 고정 및 이동 배출활동 등에 대한 정보가 고려되어야 한다.



## 2. non-CO<sub>2</sub> 배출량

에너지부문에서 non-CO<sub>2</sub> 배출비율은 적지만, non-CO<sub>2</sub> 배출량은 연소 종류, 기술, 환경 등에 크게 좌우되기 때문에 국가고유배출계수를 이용하는 것을 권장한다. 단, 국가내 연료종류, 기술 및 운용조건에 대한 상세한 정보가 없을 경우에는 IPCC는 기본 배출계수를 사용토록 권고하고 있다.

### 가. Tier 1

Tier 1은 각 부문별 연료소비량과 해당 배출계수를 기준으로 배출량을 산출한다.

$$Emission = \sum_{a,b} [Fuel_{a,b} \times EF_{a,b}]$$

Emission	=	배출량 (kg)
EF <sub>a</sub>	=	배출계수 (kg/TJ)
Fuel <sub>a</sub>	=	연료소비량 (TJ)
a	=	연료종류
b	=	부문별(에너지산업, 전환, 교통 등)

한편 SO<sub>2</sub> 배출량은 연료의 황 함유량과 황산화물 배출저감기술 등에 직접적인 영향을 받으므로 배출량 추정시 이러한 점들이 고려되어야 한다. 아래 식은 SO<sub>2</sub> 배출계수를 추정하는 식이다.

$$EF_{SO_2} = 2 \times \left( \frac{s}{100} \right) \times \left( \frac{1}{Q} \right) \times 10^6 \times \left( \frac{100-r}{100} \right) \times \left( \frac{100-n}{100} \right)$$

EF	=	배출계수 (kg/TJ)
2	=	SO <sub>2</sub> /S
s	=	연료내 황함유량(%)
r	=	회분(ash)의 황포획율(%)
Q	=	진발열량(TJ/kt)
10 <sup>6</sup>	=	전환계수
n	=	저감기술의 효율 그리고/또는 저감효율 (%)

〈표 3-9〉 CH<sub>4</sub> 배출계수

(단위 : kg/TJ)

		석탄	천연가스	석유	목재/ 폐목재	목탄	기타 바이오매스·폐기물	
에너지산업		1	1	3	30	200	30	
제조업/건설업		10	5	2	30	200	30	
교통	항공			0.5				
	도로		50	휘발유				
				20				경유
	철도	10		5				
선박	10		5					
기타	상업/기관	10	5	10	300	200	300	
	가정	300	5	10	300	200	300	
	농업 임업 어업	고정	300	5	10	300	200	300
		이동		5	5			

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

〈표 3-10〉 N<sub>2</sub>O 배출계수

(단위 : kg/TJ)

		석탄	천연가스	석유	목재/ 폐목재	목탄	기타 바이오매스·폐기물	
에너지산업		1.4	0.1	0.6	4	4	4	
제조업/건설업		1.4	0.1	0.6	4	4	4	
교통	항공			2				
	도로		0.1	휘발유				
				0.6				경유
	철도	1.4		0.6				
선박	1.4		0.6					
기타	상업/공공	1.4	0.1	0.6	4	1	4	
	주거	1.4	0.1	0.6	4	1	4	
	농업 임업 어업	고정	1.4	0.1	0.6	4	1	4
		이동		0.1	0.6			

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

〈표 3-11〉 NOx 배출계수

(단위 : kg/TJ)

		석탄	천연가스	석유	목재/ 폐목재	목탄	기타 바이오매스·폐기물	
에너지산업		300	150	200	100	100	100	
제조업/건설업		300	150	200	100	100	100	
교통	항공			300				
	도로		600	휘발유				
				600				경유
	철도	300		1200				
선박	300		1500					
기타	상업/기관	100	50	100	100	100	100	
	가정	100	50	100	100	100	100	
	농업 임업 어업	고정	100	50	100	100	100	100
		이동		1000	1200			

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

〈표 3-12〉 CO 배출계수

(단위 : kg/TJ)

		석탄	천연가스	석유	목재/ 폐목재	목탄	기타 바이오매스·폐기물	
에너지산업		20	20	15	1000	1000	1000	
제조업/건설업		150	30	10	1000	4000	4000	
교통	항공			2				
	도로		400	휘발유				
				8000				경유
	철도	150		1000				
선박	150		1000					
기타	상업/공공	2000	50	20	5000	7000	5000	
	주거	2000	50	20	5000	7000	5000	
	농업 임업 어업	고정	2000	50	20	5000	7000	5000
		이동		400	1000			

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

〈표 3-13〉 NMVOC 배출계수

(단위 : kg/TJ)

		석탄	천연가스	석유	목재/ 폐목재	목탄	기타 바이오매스·폐기물	
에너지산업		5	5	5	50	100	50	
제조업/건설업		20	5	5	50	100	50	
교통	항공			50				
	도로		5	휘발유				
				1500				200
	철도	20		20				
선박	20		20					
기타	상업/기관	200	5	5	600	100	600	
	가정	200	5	5	600	100	600	
	농업 임업 어업	고정	200	5	5	600	100	600
		이동		5	200			

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

### 나. Tier 2, Tier 3

Tier 2 방법은 연료 및 기술에 따라 구분하고 있으며, Tier 3 방법은 연료소비를 기준으로 하지 않고 주행거리 등과 같은 활동자료와 배출계수를 사용하여 온실가스 배출량을 산정한다.

$$Emission = \sum_{a,b,c} [Fuel_{a,b,c} \times EF_{a,b,c}]$$

Emission = 배출량 (kg)

EF<sub>a,b,c</sub> = 배출계수 (kg/TJ)

Fuel<sub>a,b,c</sub> = 연료소비량 (TJ)

a = 연료종류

b = 차량종류

c = 배출제어기술

## 제2절 교통수단별 온실가스 배출원 및 방법론

교통부문의 배출원은 항공, 도로, 철도, 선박과 같이 교통수단별로 분류하여 배출량을 산정한다.

〈표 3-14〉 교통부문 배출원

대분류	중분류	소분류
교통 (Transport)	민간항공 (Civil Aviation)	국제항공(International Aviation)
		국내항공(Domestic Aviation)
	도로 (Road Transport)	승용차(Cars)
		소형트럭(Light Duty Truck)
		중형트럭/버스(Heavy Duty Truck and Buses)
		오토바이(Motorcycles)
		증발배출(Evaporative Emission from Vehicles)
	철도(Railways)	
	해운 (Navigation)	국제해운(International Marine)
		국내해운(Domestic Navigation)
	기타 (Other)	파이프라인 수송(Pipeline Transport)
비도로(Off-road)		

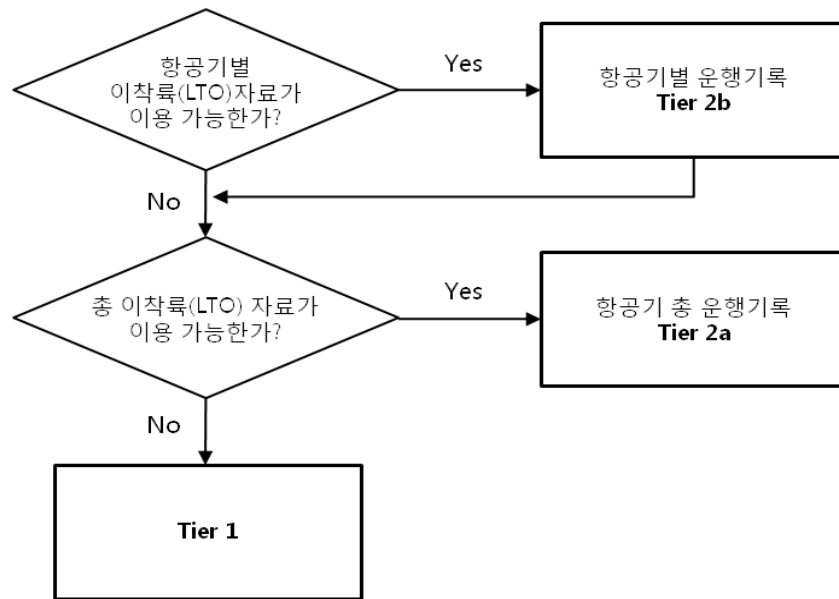
자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

### 1. 민간항공

민간 및 일반항공(농업용, 자가용 등)을 포함하는 민간 상업용 비행기가 사용하는 제트연료와 항공취발유의 연료연소에 의해 발생하는 온실가스를 포함한다. 이중 항공취발유는 일반항공에 주로 사용되며, 항공부문 연료 소비량의 1% 미만을 차지한다.

#### 가. 방법론

1996 IPCC 가이드라인에 따르면, 항공부문의 온실가스 배출량을 산정하는 방법은 Tier 1과 Tier2(Tier 2a, Tier 2b) 두 가지 방법이 있다. Tier 1은 연료사용량, Tier 2는 연료사용량과 이착륙(LTO, Landing and Take Off) 횟수를 기반으로 배출량을 산출한다. 모든 Tier의 연료사용량은 국내항공과 국제항공을 구분하고, 배출량도 구분하여 산정한다. <그림 3-1>은 산정방법론을 선택하는 의사결정도이다.



〈그림 3-1〉 항공부문의 방법론 의사결정도(GPG 2000)

1) Tier 1

Tier 1 방법은 연료소비량과 평균 배출계수의 곱으로 온실가스 배출량을 산정하며, 여기서 사용되는 배출계수는 연료의 10%가 LTO에 소비된다는 가정 하에 모든 비행과정에 걸쳐 평균한 값이다.

$\begin{aligned} \text{온실가스 배출량} &= \text{연료소비량}_a \cdot \text{배출계수}_a \\ a &= \text{연료종류} \end{aligned}$
---

기본적으로 Tier 1 방법은 소형비행기에만 사용되는 항공취발유의 배출량 산정에만 이용가능 하지만, 항공기 운행 자료가 없을 경우에는 제트연료 비행기에도 적용될 수 있다.

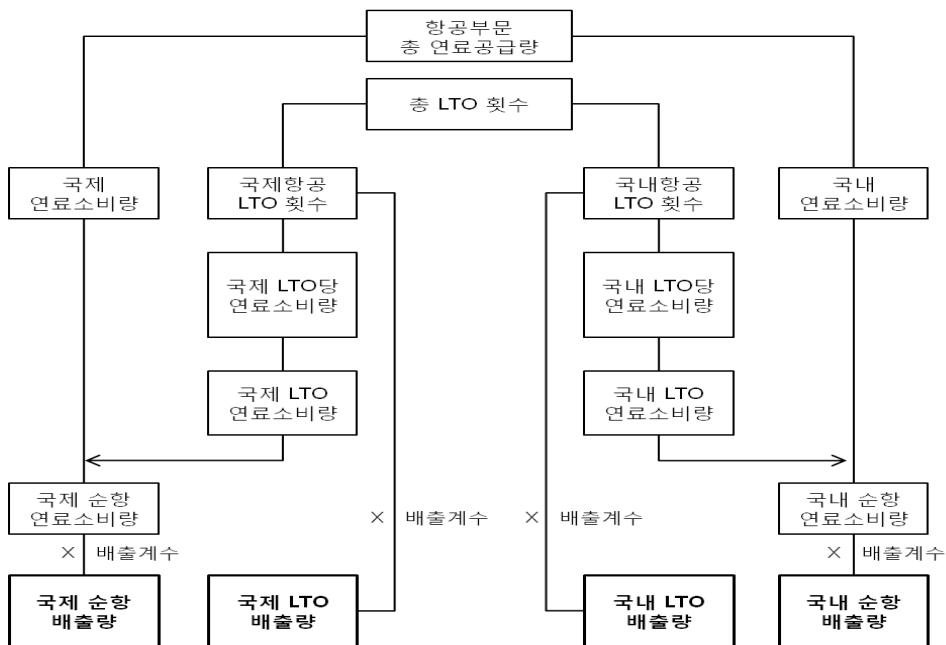
2) Tier 2

Tier 2 방법은 제트연료를 사용하는 항공기의 배출량을 산정할 때 적용이 가능하며, 고도 914m(3,000ft)을 기준으로 이착륙(LTO)과 순항으로 구분한다. LTO는 고도 914m 아래에서 일어나는 모든 활동을 의미하고, 이는 엔진 공회전, 지상이동(taxi-in and out), 이륙 및 하강을 포함한다. LTO 단계에서의 온실가스 배출량은 LTO 횟수(총 횟수/기종)와 기본 배출계수 또는 LTO당 연료사용량으로 산정이 가능하다.

온실가스 배출량	=	LTO 배출량 + 순항 배출량
LTO 배출량	=	LTO 횟수 · 배출계수
LTO 연료소비량	=	LTO 횟수 · LTO당 연료소비량
순항배출량	=	(총 연료소비량 - LTO 연료소비량) · 배출계수 <sub>순항</sub>

위의 식에서 LTO당 전체 배출계수는 Tier 2a, LTO당 항공기별 배출계수는 Tier 2b 방식이다. 순항에서의 배출량은 비행거리 및 소요시간, 운전 형태 및 횟수, 엔진 종류 및 효율, 사용연료 등에 따라 다양하게 변한다. 따라서 순항단계는 총 연료사용량과 LTO 연료사용량을 기초로 배출량을 산출한다.

Tier 2 방법은 ①국내 및 국제 항공의 총 연료소비량 산정 ②국내 및 국제 항공의 이착륙과정 연료소비량 산정 ③국내 및 국제 항공의 순항과정 연료소비량 산정 ④ 국내 및 국제 항공의 이착륙과 순항 과정의 온실가스 배출량 산정의 순으로 배출량이 산정된다. <그림 3-2>는 항공부문의 Tier 2 방법을 도식화하였고, 이착륙 및 순항 과정의 배출계수는 기본배출계수 또는 항공기별 배출계수를 사용할 수 있다. 항공부문의 배출계수는 연료종류, 비행고도, 엔진종류 및 효율, 항공기 형태 등에 따라 변하며, Tier 2는 제트연료를 사용하는 항공기에 적용되는 방법론이다.



<그림 3-2> 항공부문 Tier 2 방법론 구조

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

<표 3-15> LTO 단계의 항공기별 연료소비량 및 배출계수

Aircraft Type	Emission Factor(kg/LTO)							Fuel Consumption (kg/LTO)
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	MNVOC	SO <sub>2</sub>	
A300	5,470	1.0	0.2	27.21	34.4	9.3	1.7	1,730
A310	4,900	0.4	0.2	22.7	19.6	3.4	1.5	1,550
A320	2,560	0.04	0.1	11.0	5.3	0.4	0.8	810
BAC1-11	2,150	6.8	0.1	4.9	67.8	61.6	0.7	680
BAe 146	1,800	0.16	0.1	4.2	11.2	1.2	0.6	570
B707 *	5,880	9.8	0.2	10.8	92.4	87.8	1.9	1,860
B727	4,455	0.3	0.1	12.6	9.1	3.0	1.4	1,410
B727 *	3,980	0.7	0.1	9.2	24.5	6.3	1.3	1,260
B737-200	2,905	0.2	0.1	8.0	6.2	2.0	0.9	920
B737 *	2,750	0.5	0.1	6.7	16.0	4.0	0.9	870
B737-400	2,625	0.08	0.1	8.2	12.2	0.6	0.8	830
B747-200	10,680	3.6	0.3	53.2	91.0	32.0	3.4	3,380
B747 *	10,145	4.8	0.3	49.2	115	43.6	3.2	3,210
B747-400	10,710	1.2	0.3	56.5	45.0	10.8	3.4	3,390
B757	4,110	0.1	0.1	21.6	10.6	0.8	1.3	1,300
B767	5,405	0.4	0.2	26.7	20.3	3.2	1.7	1,710
Caravelle *	2,655	0.5	0.1	3.2	16.3	4.1	0.8	840
DC8	5,890	5.8	0.2	14.8	65.2	52.2	1.9	1,860
DC9	2,780	0.8	0.1	7.2	7.3	7.4	0.9	880
DC10	7,460	2.1	0.2	41.0	59.3	19.2	2.4	2,360
F28	2,115	5.5	0.1	5.3	54.8	49.3	0.7	670
F100	2,340	0.2	0.1	5.7	13.0	1.2	0.7	740
L1011 *	8,025	7.3	0.3	29.7	112	65.4	2.5	2,540
SAAB 340	945	1.4	0.03	0.3	22.1	12.7	0.3	300
Tupolev 154	6,920	8.3	0.2	14.0	116.81	75.9	2.2	2,190
Concorde	20,290	10.7	0.6	35.2	385	96	6.4	6,420
GAjet	2,150	0.1	0.1	5.6	8.5	1.2	0.7	680

\* 구형배출장치가 부착된 항공기

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories



〈표 3-16〉 순항단계의 항공기별 NO<sub>x</sub> 배출계수

Aircraft	Emission Factor for NO <sub>x</sub> (kg/LTO)		
	ANCAT	NASA	Average
A300	NAV	14.4	NAV
A310	11.5	13.6	12.5
A320	11.7	12.1	11.9
BAC1-11	7.1	9.3	8.2
BAe 146	6.7	7.7	7.2
B727	8.0	8.7	8.4
B737-200	6.8	7.7	7.3
B737-400	8.3	9.6	9.0
B747-200	16.7	14.2	15.5
B747-400	15.8	13.9	14.9
B757	13.1	12.6	12.9
B767	10.0	12.2	11.1
DC8	12.4	5.6	9.0
DC9	7.6	8.1	7.9
DC10	17.5	13.2	15.4
F28	8.5	8.5	8.5
F100	8.4	6.4	7.4
MD80	8.3	10.6	9.5
TU154	NAV	8.7	NAV
Concorde	19.9	NAV	NAV
GAjet	6.7	NAV	NAV

주: NAV(not available)

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

〈표 3-17〉 항공 연료소비량 및 기본 배출계수

	Fuel Consumption	Emission Factors						
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	SO <sub>2</sub>
Domestic								
LTO average fleet (kg/LTO)	850	2,680	0.3	0.1	10.2	8.1	2.6	0.8
LTO old fleet (kg/LTO)	1000	3,150	0.4	0.1	9.0	17	3.7	1.0
Cruise (kg/t fuel)		3,150	0	0.1	11	7	0.7	1.0
International								
LTO average fleet (kg/LTO)	2,500	7,900	1.5	0.2	41	50	15	2.5
LTO old fleet (kg/LTO)	2,400	7,560	7	0.2	23.6	101	66	2.4
Cruise (kg/t fuel)		3,150	0	0.1	17	5	2.7	1.0

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

## 나. 활동자료

민간항공은 이착륙을 포함하는 국제 및 국내항공 운항으로부터 배출되는 온실가스를 포함하며, IPCC 가이드라인은 국내 및 국제항공을 구분하여 보고하도록 하고 있다. 국내 및 국제항공의 구분은 항공기 국적에 관계없이 출발과 도착지점으로 구분하여 활동자료를 분류해야 한다. 따라서 동일 국가 내의 두 공항사이에 일어난 승객 및 화물 수송은 국내항공에 포함된다.

GPG 2000<sup>13)</sup>에 따르면 동일 국가 내에서 여객 및 화물을 싣고 내리는 것까지 구분하도록 되어 있지만, 대부분의 비행자료는 이륙 및 착륙 지점을 중심으로 수집되며 중간 경유지는 따로 구별하지 않는다. 그러므로 비행구간 자료(출발 및 도착 지점)를 기준으로 국내 및 국제항공을 구분하는 것이 용이하고 불확도를 줄일 수 있다.

13) Good Practice Guidance and Uncertainty Management for National Greenhouse Gas Inventories (2000)

〈표 3-18〉 국내 및 국제항공 구분

구분	국내	국제
동일 국가에서의 출발 및 도착	○	×
한 국가에서 출발 후 다른 국가에 도착	×	○
한 국가에서 출발, 같은 국가에서 정차한 후 승객 또는 승객을 내리거나 실지 않고 출발하여 다른 나라에 도착	×	○
한 국가에서 출발, 같은 국가에서 정차하여 승객 또는 화물 내리거나 실은 후 출발하여 다른 나라에 도착	국내일부	국제일부
한 국가에서 출발, 같은 국가에서 정차하여 승객 및 화물을 실은 후 출발하여 다른 나라에 도착	×	○
다른 국가의 도착을 목적으로 한 국가에서 출발 후 승객 및 화물을 실지 않고 목적지 국가에서 중간 기착	×	○

자료: GPG 2000

## 2. 도로

도로교통은 도로를 주행하는 승용차, 소형트럭, 중형트럭 및 버스, 이륜차 등의 연료 연소 및 증발에 의한 배출량을 포함한다. 승용차와 트럭은 삼원촉매기기 장착여부에 따라 세분류된다.

〈표 3-19〉 도로부문 배출원 분류

대분류	중분류	세분류	비고
도로	승용차	삼원촉매기기 장착	- 12인승 이하
		삼원촉매기기 미장착	- 차량 총중량 3,900 이하
	소형트럭	삼원촉매기기 장착	- 차량 총중량 3,900 이하
		삼원촉매기기 미장착	- 비도로용 4륜구동 장비
	중형트럭·버스		- 12인승 초과 - 차량 총중량 3,900 초과
	오토바이		- 차량 총중량 680 kg 이하 - 지면에 닿는 바퀴 3개 이하
증발배출		- 도로교통에 의한 증발배출	

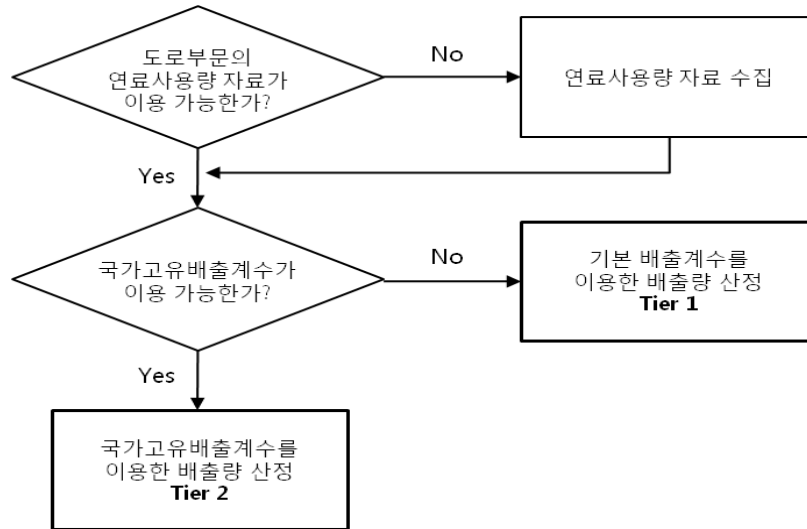
자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

### 가. 방법론

#### 1) CO<sub>2</sub> 배출량

CO<sub>2</sub> 배출량은 연료종류 및 탄소함유량을 기초로 산정하는 것이 가장 정확하며, Tier 1과 Tier 2의 두 가지 방법이 있다. 연료별 국가고유의 탄소함유량(국가고유배출

계수)에 관한 정보가 있을 경우에는 Tier 2를 적용하고, 그렇지 않을 경우에는 기본 배출계수를 활용한 Tier 1을 사용할 수 있다.



〈그림 3-3〉 도로부문 CO<sub>2</sub> 산정방법론 의사결정도(GPG 2000)

하향식(top down) 접근법인 Tier 1은 연료소비량에 기본배출계수의 곱하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 산정한다. Tier 2는 국가고유 탄소배출계수를 사용하는 것을 제외하면 Tier 1과 동일하다. Tier 2는 해당 국가에서 소비된 연료의 실제 탄소함유량을 기준으로 한 배출계수를 이용하기 때문에 국가의 특성을 반영할 수 있다. IPCC 가이드라인에서는 Tier 2 방법보다 CO<sub>2</sub> 배출량을 정확하게 산정할 수 있는 방법론은 존재하지 않는다.

$$Emission = \sum_a [Fuel_a \times EF_a]$$

Emission	=	배출량 (kg)
EF <sub>a</sub>	=	배출계수 (kg/TJ)
Fuel <sub>a</sub>	=	연료소비량 (TJ)
a	=	연료종류

## 2) CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O 배출량

CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O 배출량은 배출제어기술에 크게 영향을 받기 때문에 차량별 등록대수, 주행거리, 오염물질 저감기술 등을 고려한 높은 수준의 접근법이 고려되어야 한다. 도로부문 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O 배출량 산정을 위한 세 가지 방법 중 Tier 1과 Tier 2 방법은 연료소비량을 기준으로 하고, Tier 3 방법은 차량주행거리(VKT, Vehicle kilometers travelled) 기준으로 한다. 동 방법은 차종, 차량, 배출제어기술 등 세부분류에 따른

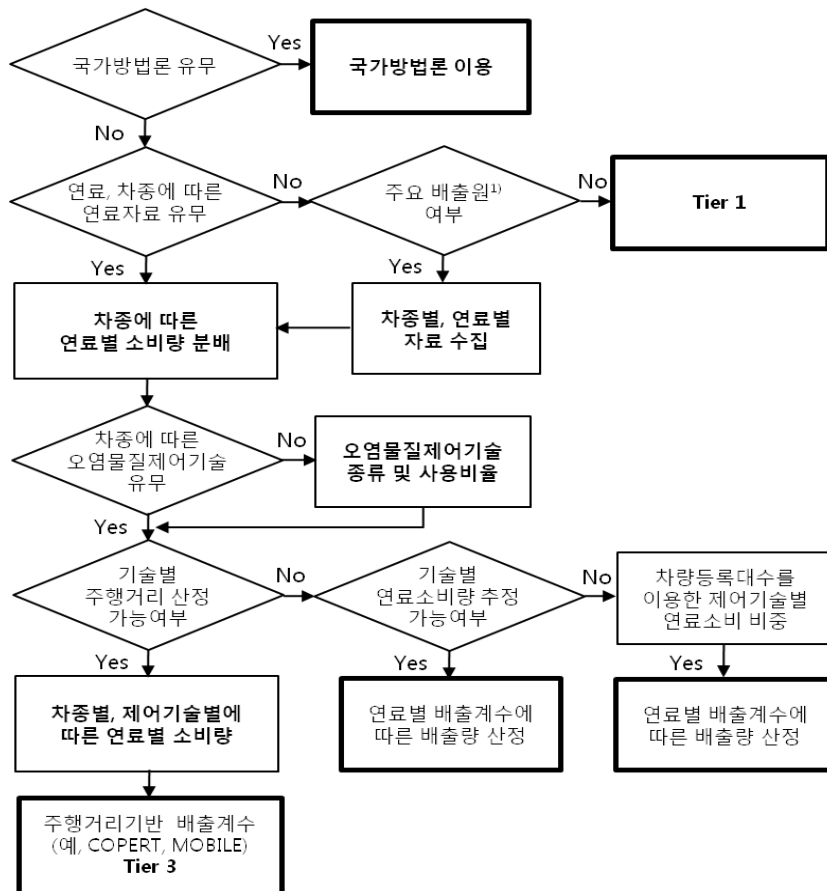
활동자료 및 배출계수를 사용하기 때문에 세부적인 국가고유 자료가 필요하며, 여기에는 국가 모형도 포함될 수 있다. <그림 3-4>는 기술, 주행거리 등을 기초로 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O 산정방법론을 결정하는 의사결정도이다.

① Tier 1

Tier 1은 휘발유, 경유, LNG 등 연료종류에 따른 소비량과 기본배출계수를 이용하여 산정하며, 테라줄(TJ, terajoules)을 공통단위로 사용한다.

$$Emission = \sum_a [(Fuel_a \times EF_a) - CS] \times OF_a \times \frac{44}{12}$$

Emission	=	배출량 (kg)
EF <sub>a</sub>	=	배출계수 (kg/TJ)
Fuel <sub>a</sub>	=	연료소비량 (TJ)
CS <sub>a</sub>	=	탄소물입량
OF <sub>a</sub>	=	산화계수
a	=	연료종류



<그림 3-4> 도로부문 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 산정방법론 의사결정도(GPG 2000)

② Tier 2

Tier 2는 승용차, 소형트럭, 중형트럭 등 차량을 구분하고, 이에 따른 배출제어기술을 분류하여 연료·차량·기술에 따른 배출계수를 적용한다.

$$Emission = \sum_{a,b,c} [Fuel_{a,b,c} \times EF_{a,b,c}]$$

Emission	=	배출량 (kg)
EF <sub>a,b,c</sub>	=	배출계수 (kg/TJ)
Fuel <sub>a,b,c</sub>	=	연료소비량 (TJ)
a	=	연료종류
b	=	차량종류
c	=	배출제어기술

③ Tier 3

Tier 3에는 미국의 MOBILE과 같은 배출량 모형이 사용될 수 있으며, 차종별 주행거리 산정을 위한 연료별, 차종별, 배출제어기술별, 운전조건에 따른 세부적인 분류가 필요하다. 또한, 예열단계(cold start)의 배출량을 포함하여 총 배출량을 산정하고, 예열단계는 엔진 작동이 시작된 순간부터 정상수준에 이르기 전까지로서 이 단계에서는 CH<sub>4</sub> 배출량이 증가한다.

$$Emission = \sum_{a,b,c,d} [Distance_{a,b,c,d} \times EF_{a,b,c,d}] + \sum_{a,b,c,d} C_{a,b,c,d}$$

Emission	=	배출량 (kg)
EF <sub>a,b,c,d</sub>	=	배출계수 (kg/TJ)
Distance <sub>abcd</sub>	=	차량의 주행거리 (km)
C <sub>a,b,c,d</sub>	=	예열단계(cold start)의 배출량 (kg)
a	=	연료종류
b	=	차량종류
c	=	배출제어기술
d	=	운전조건

non-CO<sub>2</sub>가 주요배출원인 경우에는 차량종류, 배출제어기술, 기후, 운전 조건 등 세부적인 자료가 필요하다. IPCC 가이드라인은 미국과 유럽에서 사용하는 Tier 2와 Tier 3 배출계수를 제공하고 있으며 미국에서 개발한 일부 대체연료차량을 위한 배출계수도 제공한다. 국가 자료가 불충분할 때는 IPCC에서 제공하는 기본배출계수 혹은 다른 나라의 모형값을 사용할 수 있다.

## 나. 활동자료

하향식 방법을 이용할 경우에는 국가에너지통계에서 도로부문의 연료 총 소비량을 연료종류별로 파악하고, CNG(compress natural gas)와 바이오 연료 등의 소비량도 국가에너지통계에서 확인이 가능해야 한다. IPCC 가이드라인은 바이오연료에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량은 국가 총 배출량에는 제외하지만, 바이오연료에 의한 non-CO<sub>2</sub> 배출량은 국가 총 배출량에 포함토록 하고 한다. 또한, 국가에너지통계에서 교통부문의 연료소비량으로 분류되어 있지만 다른 목적으로 사용된 경우나 밀수입 또는 밀수출 연료소비량을 파악할 수 있어야 한다.

## 3. 철도

철도는 일반적으로 동력형태에 따라 디젤, 전기, 증기로 구분되고, 수송목적에 따라 여객을 수송하는 객차와 화물을 수송하는 화차로 구분된다. 대부분의 철도교통에 이용되고 있는 디젤기관차는 추진모터에서 필요한 전기를 생산하기 위해 교류기 또는 발전기의 조합으로 이루어진 디젤엔진을 사용한다. 전기 기관차는 고정식 발전소에서 생산된 전기를 공급받으므로 고정연소에 해당한다. 증기 기관차는 현재 관광용 등 국한된 용도로만 사용하고 있으며, 온실가스 발생량이 비교적 적다.

### 가. 방법론

철도부문 CO<sub>2</sub> 배출량은 연료의 총 탄소함유량을 기준으로 산정하고, 국가고유 탄소함유량 정보에 따라 Tier 1 혹은 Tier 2 방법을 적용할 수 있다. CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O 배출량은 기관차별 고유 활동자료 및 배출계수를 사용할 수 있을 경우 Tier 3, 기관차 종류별 연료 통계자료가 사용 가능할 경우 Tier 2, 이러한 자료들을 사용할 수 없으면 Tier 1을 이용한다.

#### 1) Tier 1

Tier 1은 철도부문에서 소비된 모든 연료는 단일 철도차량에 의해 소비된다고 가정하고, 연료별 기본배출계수를 적용하여 온실가스 배출량이 산정된다.

$$Emission = \sum_a [Fuel_a \times EF_a]$$

Emission	=	배출량 (kg)
EF <sub>a</sub>	=	배출계수 (kg/TJ)
Fuel <sub>a</sub>	=	연료소비량 (TJ)
a	=	연료종류

2) Tier 2

연료종류에 다른 탄소함유량에 대한 국가고유배출계수를 적용하여 온실가스 배출량을 산정한다. CO<sub>2</sub>는 연료별 탄소함유량 자료로 비교적 정확한 배출량을 산출할 수 있지만, CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O는 철도차량 종류 및 기술에 따라 세분화하여 구함으로써 배출량의 정확도를 높일 수 있다.

$$Emission = \sum_b [Fuel_b \times EF_b]$$

Emission	=	배출량 (kg)
EF <sub>b</sub>	=	배출계수 (kg/TJ)
Fuel <sub>b</sub>	=	연료소비량 (TJ)
b	=	철도차량 종류

3) Tier 3

non-CO<sub>2</sub> 배출량을 Tier 3 수준으로 산정하기 위해서는 철도차량에 대한 세부적인 자료가 필요하다. 이는 화석연료를 사용하는 철도차량의 운행시간, 평균 정격동력 등의 세부자료를 이용함으로써 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O 배출량의 정확도를 높일 수 있다.

$$Emission = \sum_b [N_b \times H_b \times P_b \times LF_b \times EF_b]$$

Emission	=	배출량 (kg)
N <sub>b</sub>	=	철도차량 수
H <sub>b</sub>	=	철도차량 사용시간 (h)
P <sub>b</sub>	=	철도차량 평균 정격동력(kw)
LF <sub>b</sub>	=	철도차량 부하계수(0~1)
b	=	철도차량 종류



## 4. 선박

선박부문은 어선을 제외하고 호버크래프트(hovercraft)와 수중익선(hydrofoil)을 포함한 선박의 항해로부터 발생된 온실가스 배출량을 포함하고, 사용되는 연료는 주로 벙커유다. 연안과 외항뿐만 아니라 내륙 수로를 항해하는 선박에 대해서도 적용된다. 선박의 국적에 관계없이 출발항과 도착항을 기준으로 국내 및 국제 항해를 구분한다.

### 가. 방법론

1996 가이드라인은 선박부문에 대한 배출량 산정방법론을 구체적으로 언급하고 있으며, 국가의 부문별 연료소비량과 기본배출계수를 기초로 하는 Tier 1과 연료·선박·엔진 종류를 기초로 하는 Tier 2 방법으로 구분할 수 있다. 다음 <표 3-20>은 IPCC 가이드라인에 제안되어 있는 Tier 2 수준의 배출계수이다.

<표 3-20> 외항선의 배출계수

	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NM <sub>VOC</sub>
외항선(디젤엔진)	0.007	0.002	1.8	0.18	0.052

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories

### 나. 활동자료

IPCC 가이드라인은 국내항해와 국제항해를 구분하여 보고하도록 하고 있다. 국내 및 국제 항해를 선박의 국적에 관계없이 출발항과 도착항으로 구분하여 활동자료를 분류해야 한다.

<표 3-21> 국내 및 국제 항해 구분

구분	국내	국제
동일 국가에서의 출발 및 도착	○	×
한 국가에서 출발 후 다른 국가에 도착	×	○
한 국가에서 출발, 같은 국가에서 정차한 후 승객 및 화물의 싣고 내림 없이 출발하여 다른 나라에 도착	×	○
한 국가에서 출발, 같은 국가에서 정차하여 승객 및 화물의 싣거나 내림 후 출발하여 다른 나라에 도착	국내부문	국제부문
한 국가에서 출발, 같은 국가에서 정차하여 승객 및 화물을 실은 후 출발하여 다른 나라에 도착	×	○

자료: GPG 2000

### 제3절 불확도 및 시계열 일관성

#### 1. 불확도 평가

불확도는 다양한 데이터에 대해 정확도에 대한 비교와 특정 수치의 측정 신뢰성을 포함하여 표현된 광범위한 개념이다. 온실가스 배출량의 불확도는 실측할 경우에는 표본 수와 분석과정에서 산정할 경우에는 활동자료와 배출계수에 의해 야기된다. 또한 배출량 산정방법은 불확도와 매우 밀접한 관계가 있으며 산정수준이 높을수록 불확도는 낮아진다. GPG 2000에 제시된 배출량 불확도를 산출하는 방법은 아래와 같다.

$$U = \sqrt{U_{EF}^2 + U_A^2}$$

U	=	배출량의 불확도(%)
U <sub>EF</sub>	=	배출계수의 불확도(%)
U <sub>An</sub>	=	활동자료의 불확도(%)

#### 가. 배출계수의 불확도

교통부문의 온실가스 배출량을 산출하기 위해 적용되는 기본 배출계수에 대한 불확도는 CO<sub>2</sub> 배출계수에 대한 불확도와 non-CO<sub>2</sub> 배출계수에 대한 불확도로 구분되어 GPG 2000에 제시되어 있다.

Tier 1 수준의 CO<sub>2</sub> 배출계수의 경우 교통부문에 사용되는 대부분 유종에 대해 약 5%의 불확도를 갖으며, 산정수준이 높아짐에 따라 적용되는 배출계수의 불확도는 재산정해야 한다.

non-CO<sub>2</sub> 배출계수의 경우 교통수단별로 배출계수의 불확도를 제시하고 있으며, 이는 <표 3-22>와 같다.

<표 3-22> 교통부문별 CH<sub>4</sub> 및 N<sub>2</sub>O 배출계수 불확도

IPCC 배출원 범주		온실가스	배출계수 불확도(%)
이동연소부분	민간항공	CH <sub>4</sub>	200
		N <sub>2</sub> O	10,000
	도로	CH <sub>4</sub>	40
		N <sub>2</sub> O	50
	철도	CH <sub>4</sub>	-
		N <sub>2</sub> O	-
	선박	CH <sub>4</sub>	200
		N <sub>2</sub> O	1,000

자료: GPG 2000

## 나. 활동자료의 불확도

온실가스 배출량을 산정하기 위해 적용된 활동자료는 기본적으로 국가 승인통계를 사용함을 원칙으로 하며, 통계가 구축되지 않은 연도에 대해서는 내삽법(interpolation)으로 추정할 수 있다. 통계자료에 대한 기본적 불확도를 적용하여 배출원에 대한 배출량 불확도를 산출하여야 한다.

현재 국가 승인통계의 불확도는 산정하고 있지 않으며, 에너지통계에 대한 조사가 전수조사로 시행하고 있기 때문에 IPCC에서 제안하고 있는 5%의 불확도를 적용하였다.

## 2. 시계열 일관성

시계열 일관성이란 온실가스 배출량 산정 결과에 대해 의미있는 비교가 될 수 있도록 하기 위하여 기준연도부터 일관성을 유지하여 산정하는 것을 의미한다. 이를 위하여 동일한 온실가스 배출계수와 활동자료를 적용하여 일관된 산정방법론을 적용하여야 하며, 국가 고유의 온실가스 배출계수가 개발된다면 이를 적용하여 산출할 필요가 있다.

## 제4절 품질보증(QA)/품질관리(QC)

품질보증(QA, Quality Assurance)/품질관리(QC, Quality Control) 계획은 인벤토리 구축 참가자들의 역할 분담, 보고서 작성 일정 등 국가 온실가스 인벤토리 보고서 작성의 시작부터 최종보고서 편찬까지 모든 활동의 세부사항을 기록하여 관리하는 것을 말한다.

### 1. QA/QC의 범위

QA/QC의 범위는 교토의정서 7.1조에 규정되어 있는 바와 같이 기후변화협약 하의 인벤토리를 준비, 보고, 검토하는 과정과 교토의정서 3.3조, 3.4조 하의 흡수원에 대한 추가적인 정보를 포함한다.

## 2. QC 활동

일반적인 QC 절차는 모든 배출원과 흡수원 카테고리에 적용할 수 있는 계산, 자료의 처리, 완전성, 문서화에 관계된 일반적 항목들을 확인할 수 있도록 하며, 이는 각 편집자에 의해 이행된다. 각 부문별 배출량 산정 및 저감량 평가를 취합하는 부문별 전문가(SE), 부문별 전문가로부터 정보를 통합(CRF<sup>14</sup>), NIR<sup>15</sup>)하는 국가 인벤토리 편집자(NIC), 배출량과 저감량을 산정하는데 적용되는 활동자료와 기타 자료를 제공하는 자료 제공자에 의해 수행되는 QC 활동은 다음과 같다.

### 가. 부문별 전문가(SE, Sectoral Expert)

- 활동자료 및 배출계수 가정과 선택 기준 확인
- 데이터 입력 및 인용 오류 확인
- 인벤토리 작성 과정의 자료 이동에 따른 오류 확인
- 시계열 일관성 확인
- 온실가스 배출량 계산의 정확성 확인
- 매개변수와 배출단위 및 환산계수의 적정성 확인
- 파일 적합성 확인
- 부문별 데이터 일관성 확인
- 불확실성 평가 확인
- 과거 배출량과 비교 확인

### 나. 국가 인벤토리 편집자(NIC, National Inventory Compiler)

- 부문별 전문가(SE)가 제공한 CRF 자료의 누락 확인
- 문서에 필요한 정보가 적절하게 입력되었는지 확인
- “NE(Not Estimated)”와 “IE(Included Elsewhere)”의 이유가 올바르게 입력되었는지 확인
- 재계산이 올바르게 수행되었는지 확인
- 온실가스 배출량 계산의 정확성 확인

---

14) CRF : Common Report Format

15) NIR : National Inventory Report

- 매개변수와 배출단위 및 환산계수의 적정성 확인
- 시계열의 일관성 확인
- 인벤토리 완전성 확인
- 인벤토리 작성 과정의 자료 이동에 따른 오류 확인
- 데이터 입력 및 인용 오류 확인

#### 다. 자료 제공자

- 데이터 입력 및 인용 오류 확인
- 활동도 자료 검증 수행여부 확인
- 자료 불확실성 평가 확인
- 활동도 자료의 시계열 일관성 확인(통계 분류 및 방법)
- 계산식에 의한 자료일 경우, 자료의 완전성 확인
- 샘플링에 의한 자료일 경우, 샘플의 적절성 확인
- 자료의 평가 방법 QA 수행여부 확인
- 자료 평가·전문가 검증에 관한 정보의 문서화 확인
- 통계 및 연구 절차 문서화

### 3. QA 활동

QA는 인벤토리 작성에 직접적으로 관여하지 않은 제3자에 의한 검증을 말하며, 온실가스 인벤토리 검증 자문이나 온실가스 관련 전문위원회 등을 통해 실시한다. 이를 위해 인벤토리에 특정 이해관계가 없고, 어떠한 특정 기관 또는 이해관계자에 의해 영향을 받지 않아야 한다. 또한, 객관적으로 판단할 수 있는 능력을 보유하고, 인벤토리 QA를 위한 충분한 능력이나 지식, 경험을 갖추고 있어야 한다.

## 제 4 장 교통부문 온실가스 배출량 산정

### 제1절 산정방법론

#### 1. CO<sub>2</sub>

##### 가. 배출원 개요

교통부문의 배출활동을 민간항공, 도로, 철도, 선박으로 분류하여 각 부문별 CO<sub>2</sub> 배출량을 추정하기 위한 방법론이다.

##### 나. 방법론

###### 1) 방법론

이동연소 부문의 CO<sub>2</sub> 배출량은 각 부문별 연료소비량과 기본배출계수를 기초로 Tier 1 수준으로 산정하였다.

$$Emission = \sum [(Activity_i \times GCV_i \times (EF_i \times CF_i) - CS_i) \times OF_i] \times 44/12$$

Emission : CO<sub>2</sub> 배출량[톤 CO<sub>2</sub>]

Activity i : 연료i의 사용량[톤, kL, m<sup>3</sup>]

GCV i : 총발열량[MJ/kg, MJ/L, MJ/m<sup>3</sup>]

EF i : 연료i에 대한 탄소배출계수[톤 C/TJ]

CF i : 기본 배출계수의 전환계수(순발열량 기준→총발열량 기준)

CS i : 탄소물입량

OF i : 연료i의 산화계수

i : 연료의 종류

온실가스 배출량을 산정하기 위하여 Revised 1996 IPCC 가이드라인과 GPG 2000의 방법론을 참조하여 적용하였다. 우리나라 국가 에너지통계가 총발열량 기준으로 작성된 점을 고려하여 IPCC 기본배출계수는 <표 4-1>의 전환계수<sup>16)</sup>을 곱하여 총발열량 기준으로 전환하였다.

#### 2) 배출계수 및 산화계수

발열량 단위로 산정되는 연료별 탄소 함량이 탄소배출계수로 사용되며, 교통부문의 온실가스 배출량을 산정하기 위해 1996 IPCC 가이드라인에서 제안하고 있는 각 부문별 Tier 1 수준의 기본배출계수에 <표 4-1>의 전환계수를 적용하여 총발열량 기준 배출계수로 전환하여 적용하였다. 적용된 기본 탄소배출계수는 앞서 제시한 3장의 <표 3-7>과 같다. 산화계수 또한 1996 가이드라인에 제시된 기본 값을 사용하였으며, <표 3-8>과 같다.

#### 3) 활동데이터

국가 차원에서 작성된 에너지통계(National Energy Statistics)를 활동자료로 사용하여 배출량을 산출하였다. 사용된 에너지통계는 한국석유공사에서 매년 발간되는 석유류수급통계이며, 이는 원유 수입에서 석유제품 생산 및 수출입, 소비 등 국내 석유수급 및 유통과 관련된 주요정보를 수록한 국가 승인 통계로서, 정부의 에너지정책 수립과 시행에 기초자료로 활용하는데 주된 목적이 있다.

민간항공부문은 각 운영관장기관에서 에너지 사용 자료를 관리하고 있어 이를 취합하여 적용하였다. 이는 국내 석유류수급통계 자료에 재고량 등이 포함되어 있기 때문에 운영주체에서 관리되는 자료를 적용하여 신뢰도를 높였고, 향후 Tier 2 수준의 배출량 산정을 위한 자료수집의 목적도 있다. 철도와 선박은 석유류수급통계를 이용하고, 도로는 석유류수급통계와 에너지통계연보의 LNG 통계를 적용하였다.

에너지 수급량은 각 단위 에너지원당 발열량(MJ/kg, MJ/L, MJ/m<sup>3</sup>)으로 동등하게 적용하였다.

#### 4) 총발열량(Gross Calorific Values)

2006년 9월 1일자로 한국 정부는 ‘에너지기본법 시행규칙 제5조 1항’에 의해 연료

16) 우리나라 2007년 통계부터 적용되는 순발열량과 총발열량의 비율

별 신규 발열량을 고시하였다. 이에 따라 2007년부터 에너지부문 온실가스 배출통계 작성은 개정된 발열량을 적용하였다.

〈표 4-1〉 연료별 발열량

제 품	단 위	총발열량		순발열량		순발열량 /총발열량(%)
		kcal	MJ환산	kcal	MJ환산	
원 유	kg	10,750	45.0	10,100	42.3	93.95%
휘발유	ℓ	8,000	33.5	7,400	31.0	92.50%
실내등유	ℓ	8,800	36.8	8,200	34.3	93.18%
보일러등유	ℓ	8,950	37.5	8,350	35.0	93.30%
경 유	ℓ	9,050	37.9	8,450	35.4	93.37%
B-A유(경질중유)	ℓ	9,300	38.9	8,750	36.6	94.09%
B-B유(중유)	ℓ	9,650	40.4	9,100	38.1	94.30%
B-C유(병커C유)	ℓ	9,900	41.4	9,350	39.1	94.44%
프로판	kg	12,050	50.5	11,050	46.3	91.70%
부 탄	kg	11,850	49.6	10,900	45.7	91.98%
나프타	ℓ	8,050	33.7	7,450	31.2	92.55%
용 제	ℓ	7,950	33.3	7,350	30.8	92.45%
항공유	ℓ	8,750	36.6	8,200	34.3	93.71%
아스팔트	kg	9,900	41.4	8,350	39.1	84.34%
윤활유	ℓ	9,250	38.7	8,650	36.2	93.51%
석유코크	kg	8,100	33.9	7,850	32.9	96.91%
부생연료1호	ℓ	8,850	37.1	8,350	35.0	94.35%
부생연료2호	ℓ	9,700	40.6	9,200	38.5	94.85%
천연가스(LNG)	kg	13,000	54.4	11,750	49.2	90.38%
도시가스(LNG)	Nm <sup>3</sup>	10,550	44.2	9,550	40.0	90.52%
도시가스(LPG)	Nm <sup>3</sup>	15,000	62.8	13,800	57.8	92.00%
국내무연탄	kg	4,650	19.5	4,600	19.3	98.92%
수입무연탄	kg	6,550	27.4	6,400	26.8	97.71%
유연탄(연료용)	kg	6,200	26.0	5,950	24.9	95.97%
유연탄(원료용)	kg	7,000	29.3	6,750	28.3	96.43%
아역청탄	kg	5,350	22.4	5,000	20.9	93.46%
코크스	kg	7,050	29.5	7,000	29.3	99.29%
전 력	kWh	2,150	9.0	2,150	9.0	100.00%
신 탄	kg	4,500	18.8	-	-	-

주 : 에너지기본법 시행규칙 제5조 1항, 에너지열량환산기준(2006.9.1)



## 다. 불확도 및 시계열 일관성

### 1) 불확도

교통부문 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 불확실성 평가는 GPG 2000에서 제공하는 Tier 1 방법에 의해 실시하였으며, 활동자료 및 배출계수에 대한 불확실성은 GPG 2000에 제시된 표준치를 이용하였다.

〈표 4-2〉 이동연소 CO<sub>2</sub> 불확도

연료유	활동자료 불확도(%)	배출계수 불확도(%)
휘발유	5	5
등유	5	5
경유	5	5
BA	5	5
BB	5	5
BC	5	5
JP4	5	5
LPG	5	5
기타유	5	5
LNG(CNG)	5	5

자료: GPG 2000

### 2) 시계열 일관성

교통부문의 CO<sub>2</sub> 배출량을 산출하기 위해 적용되는 활동자료의 시계열 일관성을 유지하기 위하여 석유류수급통계를 연도별로 모두 적용하였고, 기준년도 1990년부터 동일한 배출계수를 적용하였다.

## 라. QA/QC

품질관리 활동은 활동자료와 배출계수를 위한 매개변수의 입증과 참고 자료의 수집/기록에 초점을 맞추어 이행하였으며, 산정결과에 대해 제3자(외부전문가) 검증을 실시하였다.

## 마. 재계산

Revised 1996 IPCC 가이드라인을 기반으로 Tier 1 수준의 배출원에 대한 특이사항이 없어 반영하지 않았다.

## 2. CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

### 2.1. 민간항공

#### 가. 배출원 개요

민간항공 부문의 연료소비로부터 배출되는 CH<sub>4</sub>과 N<sub>2</sub>O의 양을 추정하기 위한 방법론이다. 대한민국 여객기의 국내 운항에 따른 온실가스는 주로 제트연료에 의해 배출되고, 경비행기와 헬기에 사용되는 소량의 항공 휘발유 또한 CH<sub>4</sub>과 N<sub>2</sub>O의 배출원이 된다.

#### 나. 방법론

##### 1) 산정 방법론

민간항공부문의 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O 배출량을 산출하기 위하여 국내항공의 연료소비량과 기본배출계수를 기초로 하는 Tier 1 수준의 접근법을 사용하였다.

##### 2) 배출계수

민간항공부문 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O의 배출계수는 Revised 1996 IPCC가이드라인에 제시된 기본값을 적용하였고, <표 4-3>와 같다. JET유의 경우 “항공유”의 총발열량과 전환된 배출계수를 적용하였고, 수집된 활동자료 중 항공유는 성분이 휘발유와 유사하여 “휘발유”의 총발열량과 전환된 배출계수를 적용하였다.

<표 4-3> 민간항공부문의 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 배출계수

구 분		Oil	
		CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O(kg/TJ)
Transport	Aviation	0.5	2

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory

##### 3) 활동데이터

Tier 1 수준으로 민간항공부문의 온실가스 배출량을 산출하기 위해 에너지 사용량에 대한 자료는 각 운영기관(항공사)에서 관리하고 있는 자료를 수집하여 적용하였다. 이는 국내 석유류수급통계만으로는 국내 수급량과 국제 수급량이 정확히 구분되지 않고, 운영기관에서 실제 소비한 연료량을 관리하고 있기 때문에 각 운영기관

으로부터 자료를 취합하여 적용하였다. 활동자료를 적용하기 위한 연료별 총발열량은 국내 에너지열량환산기준에 제시된 값을 사용하였다.

운영기관으로부터 취합된 중량단위(톤, kg 등)의 연료사용량은 제트연료의 비중<sup>17)</sup>을 고려하여 적용하였다. 제트연료의 비중이 고려된 연료 사용량은 <표 4-4>과 같다.

<표 4-4> 항공부문 연료 소비량

구 분	연료 소비량						
	1990년	1995년	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년
JET 유(kL)	341,583	551,460	584,998	427,486	389,615	367,239	428,199
항공유(kL)	-	-	-	-	-	-	566

자료: 항공사 관리자료 취합(대한항공, 아시아나항공, 제주항공, 에어부산, 진에어, 이스타항공 등)

#### 다. 불확도 및 시계열 일관성

##### 1) 불확도

GPG 2000에 주어진 배출계수 불확도 기본값(CH<sub>4</sub> 200%, N<sub>2</sub>O 10,000%)이 적용되었다. 또한 활동 자료는 국내 여객기를 운영하는 기관으로부터 직접 관리하고 있는 자료를 취합한 것이므로 불확도는 5%이내 이다. 결과적으로, 배출량의 불확도는 CH<sub>4</sub> 200%, N<sub>2</sub>O 10,000%로 결정되었다.

##### 2) 시계열 일관성

배출계수는 기준년도부터 같은 값이 사용되었으며, 항공부문 활동자료는 각 항공사에서 수집되는 자료를 토대로 기준년도(1990년)부터 일괄적으로 사용되고 있다.

#### 라. QA/QC

품질관리 활동은 활동자료와 배출계수를 위한 매개변수의 입증과 참고 자료의 수집·기록에 초점을 맞추어 이행하였으며, 산정결과에 대해 제3자(외부전문가) 검증을 실시하였다.

#### 마. 재계산

Revised 1996 IPCC 가이드라인을 기반으로 Tier 1 수준의 배출원에 대한 특이사항이 없어 반영하지 않았다.

17) Jet A-1, JP-8 평균값 0.7947 kg/l 적용

## 2.2. 도로

### 가. 배출원 개요

도로부문에서 화석연료의 연소로 인한 CH<sub>4</sub>과 N<sub>2</sub>O의 배출량을 추정하기 위한 방법론이다. 국내 도로부문의 non-CO<sub>2</sub> 배출량은 연료종류별 사용량을 바탕으로 산정하였다.

### 나. 방법론

#### 1) 산정 방법론

도로부문의 온실가스 배출량을 산출하기 위하여 Tier 1 수준의 접근법을 사용하였다.

$\text{도로수송 부문 연료사용량에 따른 CH}_4\text{와 N}_2\text{O 배출량} \\ = \text{연료별 배출계수} \times \text{국내 도로수송 부문 연료별 소비량}$
---

#### 2) 배출계수

CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O의 배출계수는 1996 IPCC 가이드라인에 제시된 연료종류별 기본값을 적용하였고, 제시되지 않은 LPG의 경우 2006 IPCC 가이드라인에서 제시한 기본값을 적용하였다. 적용된 연료별 배출계수는 아래와 같다.

〈표 4-5〉 도로부문의 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 배출계수

	구 분	kg-CH <sub>4</sub> /TJ	kg-N <sub>2</sub> O/TJ
도로수송	휘발유	20.0	0.6
	등유	5.0	0.6
	경유	5.0	0.6
	경질유	5.0	0.6
	중유	5.0	0.6
	B-C유	5.0	0.6
	Natural gas	50.0	0.1
	LPG <sup>1)</sup>	62.0	0.2
	기타제품	50	0.1

주: 1) 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory

#### 3) 활동자료

Tier 1 수준으로 도로부문 온실가스 배출량을 산정하기 위하여 한국석유공사와 예

너지경제연구원에서 매년 발행하는 석유류수급통계와 에너지통계연보를 사용하였다. 석유류수급통계의 지역별 산업(중)별 수요처별 판매현황 중 도로부문 에너지사용량과 에너지통계연보의 도시가스별 용도별 공급량 현황 중 수송용 통계치를 적용하였다. 다음 <표 4-6>은 연도별 국내 도로부문에 사용된 연료별 총 사용량이다.

<표 4-6> 도로부문 연료 소비량

구 분	연료 소비량(천 bbl)						
	1990년	1995년	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년
휘발유	22,178	57,041	59,744	56,928	57,396	60,432	60,896
등유	155	226	53	71	56	38	47
경유	48,017	80,787	83,462	106,229	106,793	108,482	101,623
경질중유	20	25	-	34	15	14	13
중유	1	65	-	2	1	1	1
B-C유	64	411	20	141	70	57	83
LPG(프로판)	153	145	65	1	3	1	3
LPG(부탄)	11,122	16,144	31,770	43,148	44,660	47,498	47,638
LNG <sup>1)</sup> (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	-	-	-	323,097	452,519	582,779	736,302
기타제품	-	-	-	4	5	3	4

주: 1) 에너지통계연보, 도시가스사별 공급량 현황

자료: 석유류수급통계, 지역별 산업(중)별 수요처별 판매현황

LPG의 부피단위(배럴)를 질량단위(킬로그램)로 환산하기 위해 부탄 1 배럴당 91.912 kg, 프로판 1 배럴당 80.775 kg(한국석유공사, 석유제품간 환산표)을 적용하였다. 또한, LNG는 한국가스공사에서 고시하고 있는 천연가스 열량정보를 통해 LNG 밀도(0.7976 kg/m<sup>3</sup>)를 적용하였다.

#### 다. 불확도 및 시계열 일관성

##### 1) 불확도

배출계수의 불확도는 GPG 2000에 주어진 기본값(CH<sub>4</sub> 40%, N<sub>2</sub>O 50%)을 적용하였다. 활동자료인 석유류수급통계는 전수조사된 내용을 토대로 하기 때문에 불확도는 5% 이내이다. 결과적으로 배출량의 불확도는 CH<sub>4</sub>의 경우 40%, N<sub>2</sub>O의 경우 50%로 추정되었다.

2) 시계열 일관성

배출계수는 기준년도부터 같은 값을 사용하였으며, 활동자료는 한국석유공사와 에너지경제연구원에서 매년 발행하는 석유류수급통계와 에너지통계연보를 사용하였다. LNG의 경우, 2001년 이전 사용량에 대한 통계는 집계되지 않아 추정이 어려웠으나 2001년부터 동일한 자료와 배출계수를 이용하여 배출량을 산출하였다.

**라. QA/QC**

품질관리 활동은 활동 자료와 배출계수를 위한 매개변수의 입증과 참고자료의 수집 및 기록에 초점을 맞추어 이행하였으며, 산정결과에 대해 제3자(외부전문가) 검증 실시하였다.

**마. 재계산**

Revised 1996 IPCC 가이드라인을 기반으로 Tier 1 수준의 배출원에 대한 특이사항이 없어 반영하지 않았다.

**2.3. 철도**

**가. 배출원 개요**

철도부문의 에너지 소비로부터 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O의 배출량을 추정하기 위한 방법론이다. 철도운영에 의해 배출되는 온실가스는 주로 경유를 사용하는 디젤엔진 기관차로부터 CH<sub>4</sub>과 N<sub>2</sub>O가 배출된다.

**나. 방법론**

1) 산정 방법론

철도는 교통부문의 주요 배출원은 아니며, 배출량은 1996 가이드라인에 제시된 기본 배출계수와 발열량 단위로 환산된 연료소비량에 기초하여 산출하였다.

<p>디젤엔진 기관차의 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O 배출량 = 철도의 디젤엔진의 배출계수 × 디젤기관차의 경유 소비량</p>
--

## 2) 배출계수

철도부문 CH<sub>4</sub>과 N<sub>2</sub>O의 배출계수는 Revised 1996 IPCC 가이드라인에 제시된 기본값을 적용하였다(표 4-7).

〈표 4-7〉 철도부문의 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 배출계수

구 분		Oil	
		CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O(kg/TJ)
Transport	Railways	5	0.6

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory

## 3) 활동데이터

철도부문은 한국석유공사에서 발간되는 석유류수급통계를 이용하여 Tier 1 수준으로 온실가스 배출량을 산정하였다.

〈표 4-8〉 철도부문 에너지 사용량

(단위 : 천 bbl)

구 분	1990년	1995년	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년
휘발유	0.2	-	-	-	-	-	-
등유	0.5	0.2	3.9	1.4	1.5	2.0	1.0
경유	2,050.6	2,201.9	2,295.9	1,912.5	1,744.3	1,603.0	1,576.7
중유	2.6	4.3	-	0.2	-	-	-
병커C유	27.6	21.9	6.3	7.7	5.2	2.0	2.5
LPG	-	-	0.5	-	-	-	-
부생연료유	-	-	-	-	0.4	1.0	3.1

주 : 석유류수급통계, 지역별 산업(소)별 제품별 판매현황-철도운수업

## 다. 불확도 및 시계열 일관성

## 1) 불확도

배출계수의 불확도 기본값은 1996 가이드라인과 GPG 2000에 제시되지 않았다. 활동자료로 이용되는 석유류수급통계 자료가 전수조사된 내용을 토대로 하기 때문에 불확도는 5% 로 평가하였다.

2) 시계열 일관성

기준년도 1990년부터 같은 값의 배출계수를 사용하였다. 철도부문 활동자료는 석유류수급통계의 시간적 일관성을 토대로 1990년도부터 동일한 추정 방법으로 자료를 사용하여 계산되었다.

라. QA/QC

품질관리 활동은 활동 자료와 배출계수를 위한 매개변수의 입증과 참고자료의 수집/기록에 초점을 맞추어 이행하였으며, 산정결과에 대해 제3자(외부전문가) 검증을 실시하였다.

마. 재계산

Revised 1996 IPCC 가이드라인을 기반으로 Tier 1 수준의 배출원에 대한 특이사항이 없어 반영하지 않았다.

2.4. 선 박

가. 배출원 개요

선박부문의 에너지 소비로부터 CH<sub>4</sub>과 N<sub>2</sub>O의 배출량을 추정하기 위한 방법론이다. 국내 선박운항에는 경유와 B-C유 등이 사용되고, 이로 인해 CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O가 배출된다.

나. 방법론

1) 산정 방법론

선박부문의 온실가스 배출량을 산출하기 위하여 Tier 1 수준의 접근법을 사용하였다.

$$\begin{aligned} & \text{선박의 국내 항해에 의한 CH}_4, \text{ N}_2\text{O 배출량} \\ & = \text{선박의 연료별 배출계수} \times \text{국내선박 연료별 소비량} \end{aligned}$$



## 2) 배출계수

선박부문의 CH<sub>4</sub>과 N<sub>2</sub>O의 배출계수는 Revised 1996 IPCC 가이드라인에 제시된 기본값을 적용하였다<표 4-9>.

〈표 4-9〉 선박부문의 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 배출계수

구 분		Oil	
		CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O(kg/TJ)
Transport	Navigation	5	0.6

주 : Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory

## 3) 활동데이터

Tier 1 수준으로 선박부문 온실가스 배출량을 산출하기 위해 활동자료는 한국석유공사와 에너지경제연구원에서 매년 발행하는 석유류수급통계와 에너지통계연보를 사용하였다. 제품별 수요실적은 크게 내국적연안 및 내륙항로수송업, 내국적외항수송업, 외국적수상수송업, 수상운수보조서비스업 부분으로 분류된다. 그 중 내국적연안 및 내륙항로수송업과 수상운수보조서비스업에 대한 에너지 사용량을 국내 배출량 산정에 적용하였다. 나머지 내국적외항수송업과 외국적수상수송업은 에너지 사용량은 국제빙커링으로 분류하여 산정하였다.

〈표 4-10〉 선박부문 연료별 소비량

구 분	연료소비량(천 bbl)						
	1990년	1995년	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년
휘발유	1.7	2.3	-	-	2.0	1.0	-
등유	0.4	1.9	23.0	2.0	1.0	-	-
경유	1,521.5	1,841.9	2,467.0	1,745.0	1,899.0	1,948.0	1,825.0
경질중유	332.2	465.8	662.0	586.0	797.0	749.0	661.0
중유	175.9	232.4	194.0	217.0	236.0	220.0	221.0
B-C유	3,298.1	5,330.9	2,771.0	3,526.0	2,980.0	2,898.0	3,144.0
LPG	-	0.2	5.0	5.0	3.0	4.0	22.0
기타제품	-	-	-	-	-	-	12.0

자료: 석유류수급통계, 지역별 산업(소)별 제품별 판매현황

## 다. 불확도 및 시계열 일관성

### 1) 불확도

GPG 2000에 주어진 배출계수 불확도 기본값(CH<sub>4</sub> 200%, N<sub>2</sub>O 1,000%)이 적용되었다. 활동자료로 이용되는 석유류수급통계는 전수조사된 내용을 토대로 하기 때문에 불확도는 5%이다. 결과적으로, 배출량의 불확도는 CH<sub>4</sub> 200%, N<sub>2</sub>O 1,000%로 추정되었다.

### 2) 시계열 일관성

배출계수는 기준년도인 1990년부터 같은 값이 사용되었다. 활동자료는 한국석유공사에서 매년 발간되는 석유류수급통계를 사용하여 기준년도부터 일관된 산정 방법을 적용하고 있다.

## 라. QA/QC

품질관리 활동은 활동 자료와 배출계수를 위한 매개변수의 입증과 참고자료의 수집 및 기록에 초점을 맞추어 이행하였으며, 산정결과는 외부전문가에 의한 제3자 검증을 실시하였다.

## 마. 재계산

Revised 1996 IPCC 가이드라인을 기반으로 Tier 1 수준의 배출원에 대한 특이사항이 없어 반영하지 않았다.

## 2.5. 국제빙커링

### 가. 배출원 개요

국제 항공 및 선박에서 소모된 연료연소에 의한 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 배출량을 추정하는 방법론이다. 항공 및 선박의 국제적 이동에 사용된 빙커 연료의 배출량은 국가 총량으로 산정하지 않고, 메모항목<sup>18)</sup>으로 보고한다.

---

18) 국제항공 및 선박과 다국적 작전(multilateral operation)에 의한 배출량은 메모항목으로 나타내도록 함

## 나. 방법론

### 1) 산정 방법론

배출원으로부터의 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 배출량은 운항에 관련하여 소비된 각 연료사용량과 배출계수의 곱으로 추정한다.

$$\begin{aligned} & \text{제트연료를 사용하여 순항하는 동안에 국제 항공의 온실가스 배출량} \\ & = \text{제트연료 소비와 관련된 배출계수} \\ & \times \text{국제 항로에서 순항하는 동안에 항공기에 의한 제트연료 소비} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{선박의 국제 운항에 의한 온실가스 배출량} \\ & = \text{선박의 연료별 배출계수} \times \text{국제 운항의 연료별 소비량} \end{aligned}$$

### 2) 배출계수

CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 배출량 산정을 위한 배출계수는 1996 IPCC 가이드라인에 제시된 연료유별 배출계수를 적용하였다.

〈표 4-11〉 국제빙커링 부문의 배출계수

이동수단	연료 구분	C 배출계수	CH <sub>4</sub> 배출계수	N <sub>2</sub> O 배출계수
항공	항공유	19.5 [톤-C/TJ]	0.5 [kg-CH <sub>4</sub> /TJ]	2 [kg-N <sub>2</sub> O/TJ]
선박	경유	20.2 [톤-C/TJ]	5 [kg-CH <sub>4</sub> /TJ]	0.6 [kg-N <sub>2</sub> O/TJ]
	B-A유(경질중유)	20.2 [톤-C/TJ]	5 [kg-CH <sub>4</sub> /TJ]	0.6 [kg-N <sub>2</sub> O/TJ]
	B-C유	21.1 [톤-C/TJ]	5 [kg-CH <sub>4</sub> /TJ]	0.6 [kg-N <sub>2</sub> O/TJ]

자료: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory

### 3) 활동데이터

국제 항공에 의한 온실가스 배출량을 산정하기 위해 적용된 활동자료는 각 운영 기관(항공사)에서 관리하고 있는 자료를 수집하여 적용하였으며, 국제 선박부분에 대한 활동자료는 석유류수급통계에서 제공하는 자료를 사용하였다. JETA-1(항공부문의 국제빙커링 사용량)을 제외한 국제빙커링 공급량과 내국적외항수송업, 외국적수상수송업 부분의 에너지 사용량을 더하여 선박부분의 국제빙커링에 의한 온실가스 배출량을 산정하였다.

<표 4-12> 국제빙커링 부문 연료별 소비량

구 분	연료소비량(천 bbl)						
	1990년	1995년	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년
JET유 <sup>1)</sup>	1,750,505	3,441,523	3,928,658	5,086,389	5,478,896	5,876,719	6,350,722
등유	0	0	-	2	-	-	
경유	3,021	7,259	8,197	7,024	6,598	6,366	5,751
경질중유	441	986	1,321	570	642	795	738
중유	106	48	3	15	2	34	26
B-C유	12,976	39,036	56,865	61,021	61,493	56,363	54,085

주: 1) JET유는 1,000L 단위로 표현함

자료 : 석유류수급통계, 산업(소)별 제품별 판매현황

항공사 관리자료 취합(대한항공, 아시아나항공, 제주항공, 에어부산, 진에어, 이스타항공)

## 제2절 교통수단별 배출현황

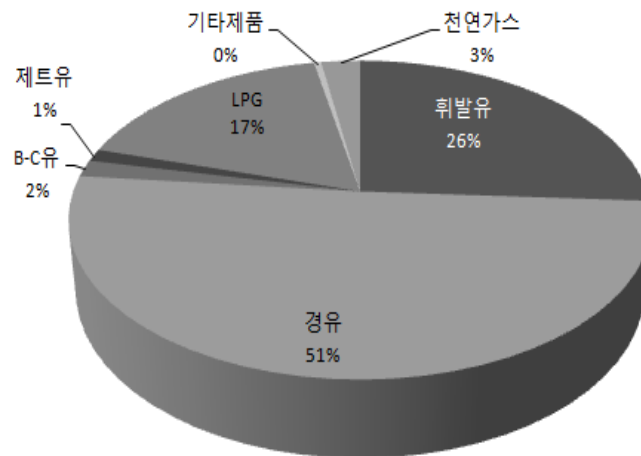
### 1. 에너지 소비현황

교통부문의 온실가스 배출량을 산정하기 위하여 각 부문별로 조사된 활동자료는 <표 4-13>와 같다. 연료별 고유단위를 공통단위(TJ)로 전환할 때, 1990~2006년은 1990년의 열량 환산계수를 적용하였고, 2007년 이후는 2006년의 열량 환산계수를 적용하였다. 교통부문의 에너지소비는 2008년 1,249천 TJ로 1990년 기준으로 152.8% 증가하였고, 연평균 5.3% 증가율을 나타내었다. 교통부문별로 살펴보면, 도로부문이 1990년 88.5%에서 2008년 95%로 꾸준히 높은 점유율을 기록하였고, 교통부문 에너지소비 증가량의 대부분을 차지하였다. 2008년 항공과 선박부문의 에너지소비는 1990년 보다 각각 26.2%, 12.4% 증가하였으나 철도부문은 16.2% 감소하였다. 이는 주요 이동수단이 도로교통으로 집중된 것이 주요 원인으로 판단된다. 2008년도 국제빙커링은 1990년과 비교하여 3배 이상 급증하였지만, 2006년 이후에는 국제빙커링이 소폭 감소하였다.

〈표 4-13〉 연도별·교통부문별 에너지 소비량

(단위 : TJ)

구분	1990년	1995년	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년
국내	494,164	916,433	1,001,756	1,169,669	1,183,537	1,278,065	1,249,381
항공	12,434	20,073	21,294	15,560	14,182	13,441	15,691
도로	437,112	834,606	930,632	1,105,793	1,123,284	1,218,055	1,186,791
철도	11,385	12,180	12,586	10,489	9,557	9,690	9,541
선박	33,233	49,574	37,244	37,827	36,514	36,879	37,358
국제	169,052	428,271	570,279	628,763	644,189	629,559	627,804
항공	63,718	125,271	143,003	185,145	199,432	215,088	232,436
선박	105,334	303,000	427,275	443,618	444,757	414,471	395,368



주: 기타제품은 등유, B-A유, B-B유 등 포함

〈그림 4-1〉 2008년 교통부문 연료별 소비현황

2008년도 최종 에너지 소비를 연료종류별로 살펴보면, 경유가 63만 TJ로 전체 에너지소비의 51%를 점유하였고, 휘발유와 LPG가 26%, 17% 비중을 나타내었다. 경유, 휘발유, LPG가 교통부문 에너지소비량의 90% 이상을 점유하였고, 대부분 도로 부문에서 소비되었다.

## 2. 온실가스 배출현황

2008년 교통부문의 온실가스 총 배출량은 8,167만 톤 CO<sub>2</sub> eq(이하 톤)로 1990년 대비 147.9% 증가하였지만, 전년보다는 2.5% 감소하였다. 교통부문의 온실가스 배출량은 지속적으로 증가추세를 보이고 있으나, 1998년과 2008년에 감소한 것으로 나타났다. 그 이유는 경제 및 금융 위기, 고유가 등의 영향으로 에너지 소비가 감소했기 때문인 것으로 판단된다.

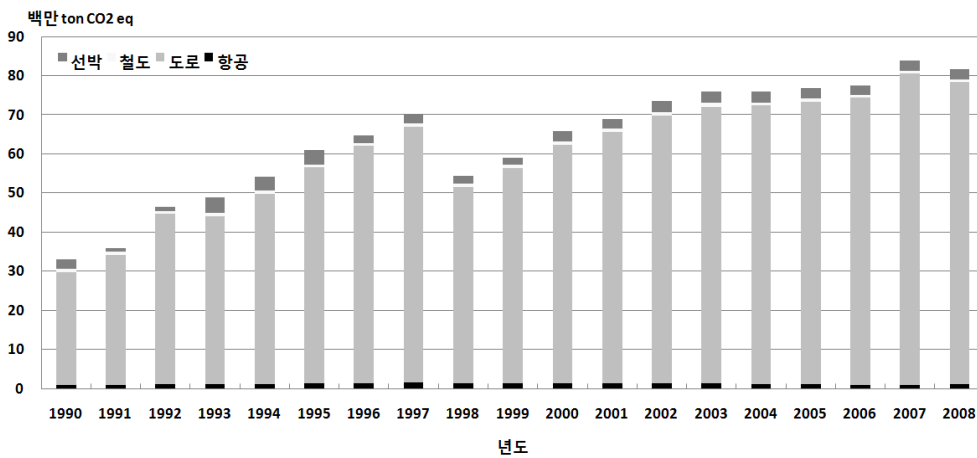
국제빙커링의 경우 국가 총 배출량에는 포함되지 않지만 1990년 1,184만 톤에서 2008년 4,412만 톤으로 3배 이상 증가하였다.

〈표 4-14〉 연도별·교통부문별 온실가스 배출량

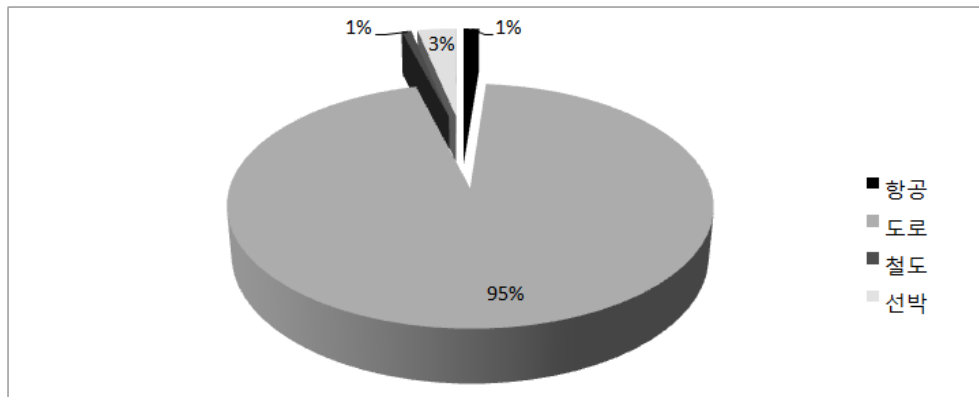
(단위 : 백만 톤 CO<sub>2</sub> eq)

구분	1990년	1995년	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년
국내	32.94	60.88	65.88	76.77	77.54	83.78	81.67
항공	0.83	1.34	1.43	1.04	0.95	0.90	1.05
도로	28.95	55.15	60.96	72.31	73.34	79.60	77.31
철도	0.78	0.84	0.87	0.72	0.66	0.67	0.66
선박	2.37	3.55	2.64	2.70	2.59	2.62	2.65
국제	11.84	30.21	40.40	44.44	45.49	44.33	44.12
항공	4.26	8.38	9.57	12.39	13.35	14.40	15.56
선박	7.58	21.83	30.82	32.05	32.14	29.93	28.56

2008년도 교통부문별로 살펴보면, 도로부문이 94.7%로 가장 높은 점유율을 기록하였으며 선박(3.3%), 철도(1.3%), 항공(0.8%) 순으로 나타났다.



〈그림 4-2〉 연도별·교통부문별 온실가스 배출비중



〈그림 4-3〉 2008년 교통부문 별 온실가스 배출비중

2008년 국내 및 국제 운항의 온실가스 총 배출량 4,782만 톤 중 국내 운항에 의한 배출량은 370만 톤, 국제 운항에 의한 배출량은 4,412만 톤으로 총 배출량의 90% 이상이 국제병커링으로 산정되었다. 1990~2008년 온실가스 배출량 중 국제병커링 부문은 272.6%로 크게 증가한 반면, 국내 운항의 증가율은 15.6%에 그치는 것으로 분석되었다.

〈표 4-15〉 국내 및 국제 운항의 온실가스 배출량

(단위 : 백만 톤 CO<sub>2</sub> eq)

구분	1990년	1995년	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년
항공	11.84	9.73	11.00	13.43	14.30	15.29	16.61
국내	0.83	1.34	1.43	1.04	0.95	0.90	1.05
국제	4.26	8.38	9.57	12.39	13.35	14.40	15.56
선박	9.95	25.38	33.46	34.75	34.74	32.55	31.21
국제	2.37	3.55	2.64	2.70	2.59	2.62	2.65
국내	7.58	21.83	30.82	32.05	32.14	29.93	28.56
국내운항	3.21	4.89	4.06	3.74	3.54	3.52	3.70
국제운항	11.84	30.21	40.40	44.44	45.49	44.33	44.12
합계	15.05	35.11	44.46	48.18	49.03	47.84	47.82

교통부문은 6가지의 온실가스 중 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O가 배출되며, 총 배출량은 이산화탄소 환산농도(CO<sub>2</sub> eq)로 표현한다. 지구온난화지수는 온실가스가 지구온난화에 영향을 미치는 정도를 수치화한 것으로서 온실가스가 대기 중에 배출된 특정기간(100

년) 동안 그 기체 1kg의 적외선 흡수능력(가열 효과)을 이산화탄소 1kg의 가열효과와 비교하여 산출하며, IPCC에서 주기적으로 발표한다.

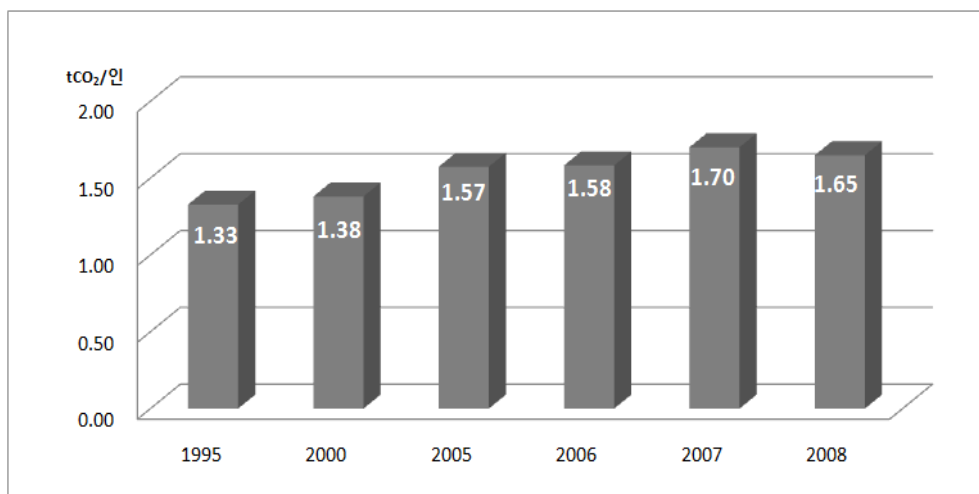
〈표 4-16〉 온실가스 종류별 지구온난화지수

온실가스	지구온난화지수
이산화탄소	1
메탄	21
아산화질소	310
수소불화탄소	150~11,700
과불화탄소	6,500~9,200
6불화황	23,900

자료: IPCC Second Assessment Report

IPCC 제2차 평가보고서의 지구온난화지수를 사용하여 1990~2008년 동안 교통부문의 총 배출량을 산정하였고, 이 중 CO<sub>2</sub>가 90% 이상 비중을 점유하였다.

교통부문 1인당 온실가스 배출량을 살펴보면, 1995년부터 2008년까지 연평균 1.68%씩 증가하였지만, 2008년에는 1.65 톤/인으로 전년(1.70 톤/인)보다 감소했다. 이는 2008년 상반기 유류가격 급등과 하반기 금융위기 등으로 인한 경기침체 영향으로 교통부문 에너지 사용량이 감소한 것이 주된 요인으로 작용한 것으로 판단된다.



〈그림 4-4〉 우리나라 교통부문 1인당 온실가스 배출량



국제에너지기구(IEA, International Energy Agency)에 의하면 2008년 OECD 국가의 교통부문 1인당 온실가스 배출량은 2.85 톤/인으로 Non-OECD 국가(0.40 톤/인)보다 7배 이상 높은 수준이었다. OECD국가들 중에서 룩셈부르크가 13.17 톤/인으로 가장 높은 배출량을 기록하였고, 그 다음으로 미국(5.55 톤/인), 캐나다(4.86 톤/인), 호주(3.71 톤/인), 뉴질랜드(3.23 톤/인) 순으로 높게 나타났다. IEA 보고서에 따르면 우리나라는 1.73 톤/인으로서 OECD 국가 중 24위를 기록하였다.

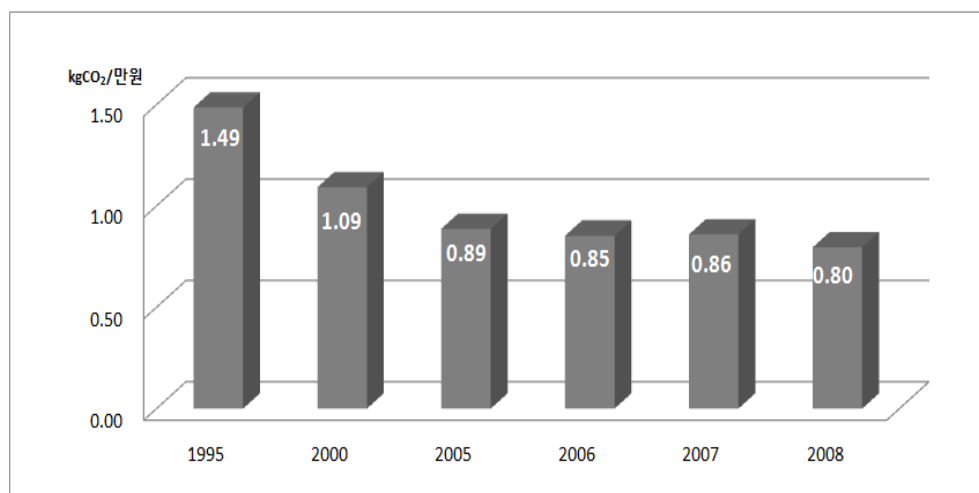
〈표 4-17〉 국가별 교통부문 1인당 온실가스 배출량

(단위 : 백만 톤 CO<sub>2</sub> eq, 톤 CO<sub>2</sub> eq/인)

국가	총 배출량	1인당 배출량
세계	6,604.7	0.99
OECD	3,386.5	2.85
Non-OECD	2,185.1	0.40

자료: IEA(2010), CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion

한편, 우리나라 GDP 대비 교통부문 온실가스 배출량을 살펴보면 2008년 0.80 kg CO<sub>2</sub>/만원으로 전년대비 7.4% 감소했고, 1995년 대비 53.8% 감소했다. GDP가 증가함에 따라 온실가스 배출량은 감소하는 것으로 나타났다.



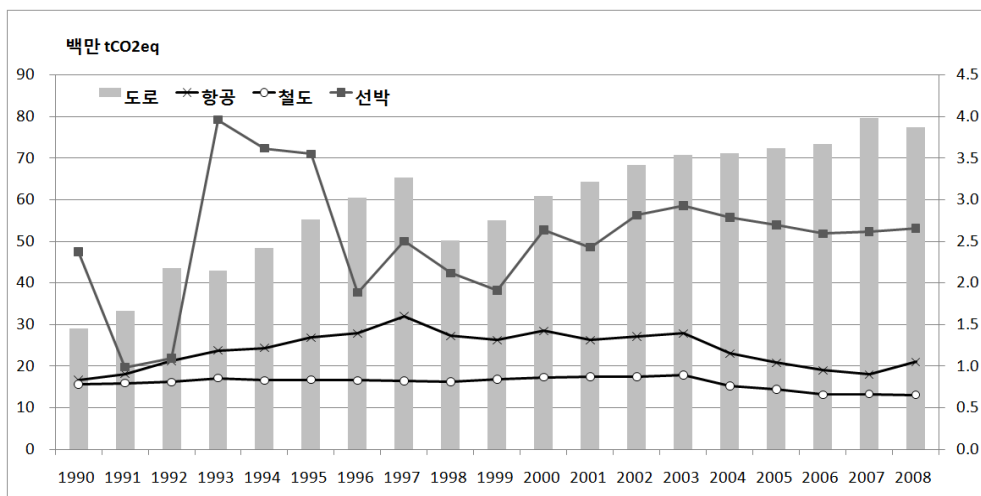
〈그림 4-5〉 우리나라 GDP 대비 교통부문 온실가스 배출량

다음 표(4-18~4-24) 및 그림(4-6~4.12)은 교통부문별(항공, 도로, 철도, 선박) 온실가스 배출량과 국제병커링의 연도별 현황 및 추이를 나타낸다.

〈표 4-18〉 교통부문 국가 온실가스 총 배출량 및 국제병커링

(단위 : 천 톤 CO<sub>2</sub> eq)

년도	교통부문 총 배출량	교통부문별 배출량				국제병커링
		항공	도로	철도	선박	
1990	32,942.2	832.1	28,953.0	783.3	2,373.8	11,839.8
1991	35,946.3	908.5	33,253.0	797.0	987.7	17,021.5
1992	46,496.6	1,063.2	43,527.8	811.0	1,094.7	20,894.4
1993	48,873.0	1,190.3	42,867.0	856.2	3,959.6	22,402.2
1994	54,151.1	1,218.4	48,487.8	829.1	3,615.7	26,071.1
1995	60,878.6	1,343.4	55,146.6	837.9	3,550.7	30,211.4
1996	64,682.0	1,393.1	60,575.0	828.7	1,885.2	35,873.9
1997	70,180.4	1,603.5	65,250.2	824.2	2,502.6	39,430.0
1998	54,406.1	1,363.8	50,111.0	811.6	2,119.7	39,215.2
1999	59,048.7	1,313.5	54,979.8	844.8	1,910.6	43,000.0
2000	65,884.7	1,425.1	60,957.3	865.2	2,637.1	40,395.3
2001	68,838.8	1,314.5	64,221.2	873.7	2,429.3	38,689.1
2002	73,421.6	1,356.8	68,378.7	873.5	2,812.6	39,165.0
2003	75,889.9	1,394.0	70,673.1	893.1	2,929.7	42,558.9
2004	75,947.8	1,150.5	71,244.8	763.8	2,788.7	44,704.6
2005	76,773.6	1,041.4	72,314.0	721.2	2,697.0	44,442.9
2006	77,536.1	949.2	73,335.8	657.0	2,594.1	45,489.4
2007	83,778.7	899.6	79,596.6	666.1	2,616.4	44,325.8
2008	81,671.9	1,050.1	77,311.3	655.9	2,654.6	44,115.2

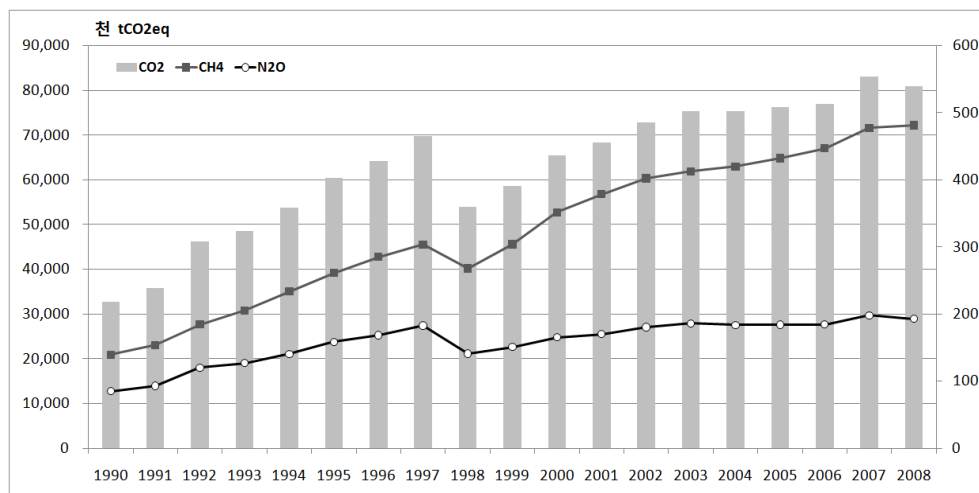


〈그림 4-6〉 교통부문별 온실가스 배출 추이

〈표 4-19〉 교통부문 온실가스 종류별 배출량

(단위 : 톤 CO<sub>2</sub> eq)

년도	교통부문 총 배출량	온실가스 종류별 배출량		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
1990	32,942,177	32,718,176	139,228	84,774
1991	35,946,289	35,699,702	153,544	93,043
1992	46,496,632	46,192,257	184,388	119,987
1993	48,872,989	48,540,817	205,209	126,963
1994	54,151,092	53,777,217	233,453	140,421
1995	60,878,581	60,459,257	261,038	158,286
1996	64,681,995	64,228,375	285,099	168,521
1997	70,180,406	69,694,051	303,475	182,880
1998	54,406,104	53,997,035	268,033	141,037
1999	59,048,662	58,593,782	304,072	150,808
2000	65,884,706	65,368,114	351,293	165,299
2001	68,838,789	68,290,100	378,583	170,106
2002	73,421,562	72,838,833	402,120	180,610
2003	75,889,929	75,291,397	412,596	185,936
2004	75,947,805	75,344,652	419,650	183,503
2005	76,773,613	76,157,278	432,214	184,120
2006	77,536,097	76,904,976	446,785	184,336
2007	83,778,666	83,103,331	477,314	198,021
2008	81,671,932	80,997,552	481,489	192,891

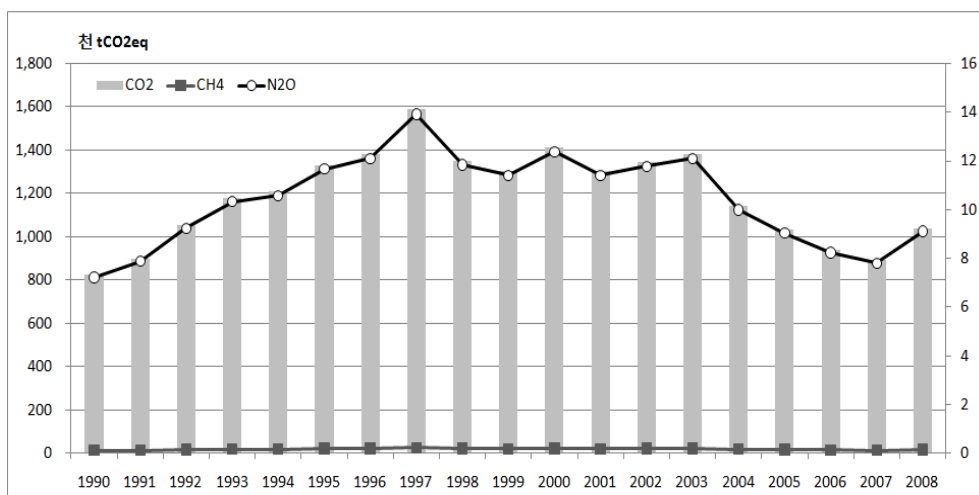


〈그림 4-7〉 교통부문 온실가스 종류별 배출 추이

〈표 4-20〉 항공부문 온실가스 종류별 배출량

(단위 : 톤 CO<sub>2</sub> eq)

년도	항공부문 총 배출량	온실가스 종류별 배출량		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
1990	832,139	824,792	122	7,224
1991	908,538	900,516	134	7,888
1992	1,063,245	1,053,858	156	9,231
1993	1,190,254	1,179,746	175	10,333
1994	1,218,434	1,207,677	179	10,578
1995	1,343,426	1,331,565	198	11,663
1996	1,393,123	1,380,823	205	12,095
1997	1,603,470	1,589,314	236	13,921
1998	1,363,780	1,351,739	201	11,840
1999	1,313,513	1,301,917	193	11,403
2000	1,425,127	1,412,545	210	12,372
2001	1,314,527	1,302,922	193	11,412
2002	1,356,761	1,344,782	199	11,779
2003	1,394,015	1,381,708	205	12,102
2004	1,150,536	1,140,379	169	9,988
2005	1,041,410	1,032,216	153	9,041
2006	949,151	940,771	140	8,240
2007	899,555	891,613	132	7,810
2008	1,050,092	1,040,821	154	9,117

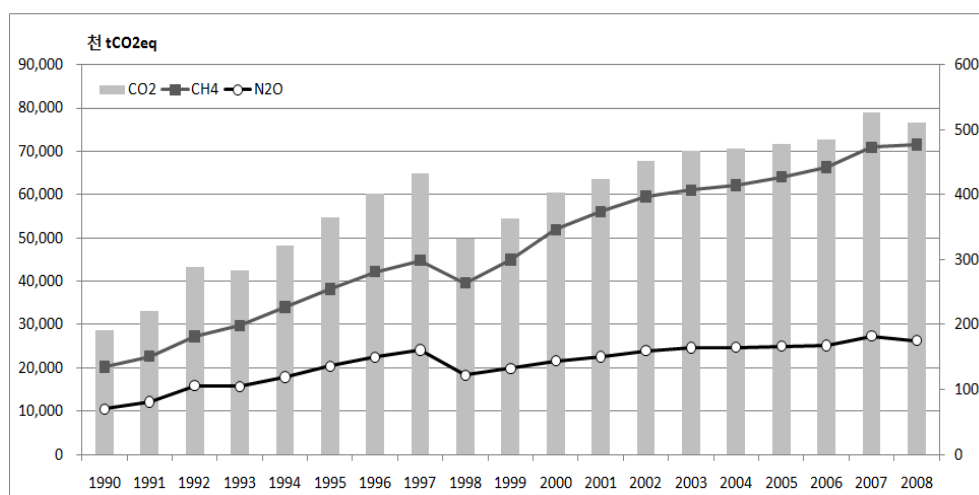


〈그림 4-8〉 항공부문 온실가스 종류별 배출 추이

&lt;표 4-21&gt; 도로부문 온실가스 종류별 배출량

(단위 : 톤 CO<sub>2</sub> eq)

년도	도로부문 총 배출량	온실가스 종류별 배출량		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
1990	28,952,967	28,748,514	134,701	69,752
1991	33,252,998	33,021,410	150,890	80,698
1992	43,527,764	43,240,220	181,542	106,003
1993	42,866,979	42,563,824	198,351	104,804
1994	48,487,843	48,141,811	227,105	118,926
1995	55,146,608	54,756,048	254,738	135,822
1996	60,575,013	60,144,267	281,075	149,672
1997	65,250,183	64,790,865	298,586	160,732
1998	50,111,015	49,725,391	263,698	121,925
1999	54,979,778	54,547,454	299,830	132,494
2000	60,957,256	60,466,876	346,149	144,231
2001	64,221,210	63,696,948	373,739	150,523
2002	68,378,746	67,822,299	396,732	159,715
2003	70,673,066	70,101,666	407,017	164,384
2004	71,244,774	70,665,547	414,492	164,734
2005	72,314,009	71,720,100	427,272	166,637
2006	73,335,828	72,725,695	442,085	168,048
2007	79,596,608	78,941,959	472,570	182,079
2008	77,311,339	76,659,138	476,611	175,590

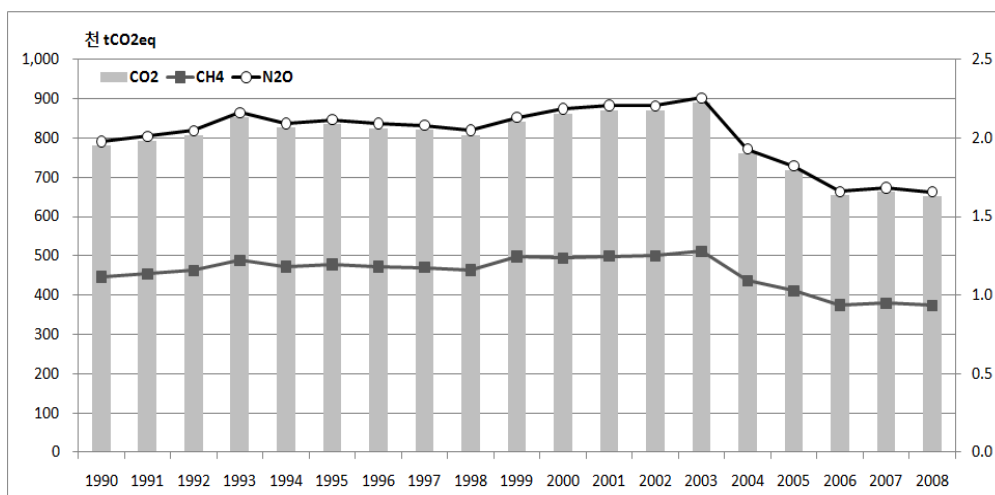


&lt;그림 4-9&gt; 도로부문 온실가스 종류별 배출 추이

〈표 4-22〉 철도부문 온실가스 종류별 배출량

(단위 : 톤 CO<sub>2</sub> eq)

년도	철도부문 총 배출량	온실가스 종류별 배출량		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
1990	783,297	780,203	1,117	1,978
1991	797,015	793,866	1,136	2,012
1992	810,960	807,757	1,156	2,047
1993	856,159	852,776	1,221	2,162
1994	829,093	825,818	1,182	2,094
1995	837,893	834,583	1,194	2,116
1996	828,679	825,405	1,181	2,093
1997	824,188	820,931	1,176	2,082
1998	811,584	808,374	1,160	2,050
1999	844,798	841,421	1,246	2,131
2000	865,205	861,783	1,236	2,186
2001	873,730	870,274	1,249	2,207
2002	873,485	870,029	1,250	2,206
2003	893,115	889,581	1,278	2,256
2004	763,817	760,794	1,093	1,929
2005	721,175	718,325	1,028	1,822
2006	657,041	654,444	937	1,660
2007	666,070	663,437	950	1,683
2008	655,868	653,276	935	1,657

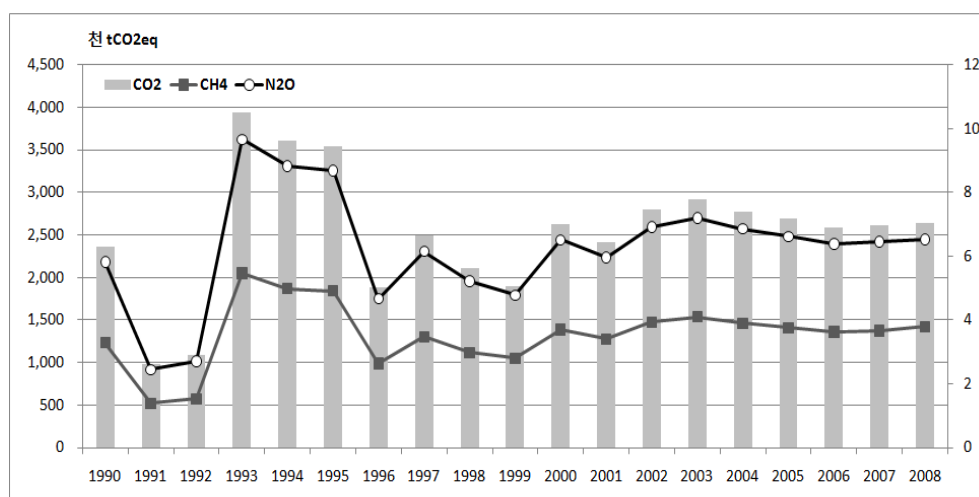


〈그림 4-10〉 철도부문 온실가스 종류별 배출 추이

〈표 4-23〉 선박부문 온실가스 종류별 배출량

(단위 : 톤 CO<sub>2</sub> eq)

년도	선박부문 총 배출량	온실가스 종류별 배출량		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
1990	2,373,775	2,364,667	3,288	5,820
1991	987,738	983,909	1,385	2,445
1992	1,094,663	1,090,422	1,534	2,707
1993	3,959,596	3,944,470	5,462	9,664
1994	3,615,722	3,601,911	4,987	8,824
1995	3,550,654	3,537,060	4,908	8,686
1996	1,885,180	1,877,880	2,638	4,663
1997	2,502,565	2,492,942	3,478	6,146
1998	2,119,726	2,111,530	2,975	5,222
1999	1,910,573	1,902,990	2,803	4,779
2000	2,637,118	2,626,909	3,698	6,510
2001	2,429,322	2,419,956	3,402	5,964
2002	2,812,571	2,801,723	3,938	6,909
2003	2,929,733	2,918,442	4,096	7,195
2004	2,788,678	2,777,932	3,896	6,851
2005	2,697,020	2,686,638	3,761	6,621
2006	2,594,077	2,584,065	3,624	6,388
2007	2,616,433	2,606,322	3,661	6,450
2008	2,654,632	2,644,317	3,789	6,527

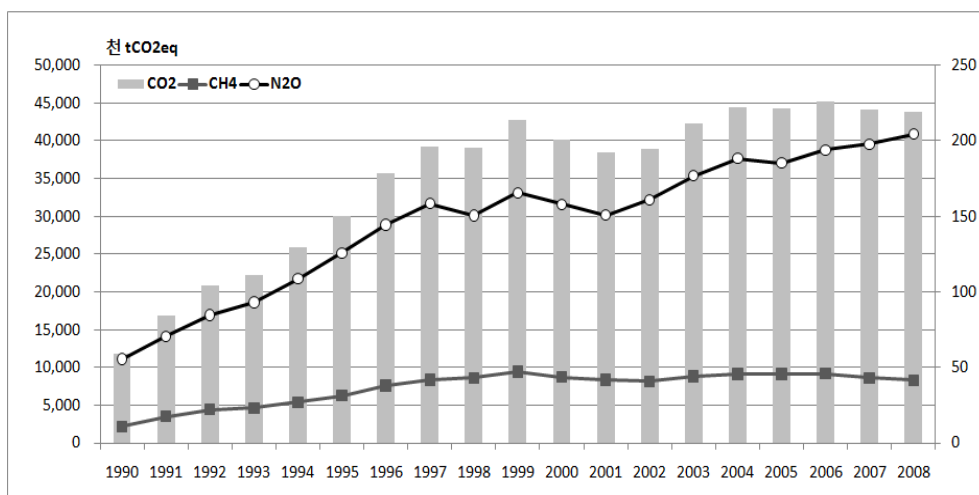


〈그림 4-11〉 선박부문 온실가스 종류별 배출 추이

〈표 4-24〉 국제빙커링 온실가스 종류별 배출량

(단위 : 톤 CO<sub>2</sub> eq)

년도	국제빙커링 총 배출량	온실가스 종류별 배출량		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
1990	11,839,841	11,773,297	11,053	55,491
1991	17,021,512	16,933,098	17,639	70,775
1992	20,894,420	20,787,719	22,101	84,600
1993	22,402,200	22,285,888	23,205	93,107
1994	26,071,077	25,935,496	26,951	108,630
1995	30,211,446	30,054,283	31,233	125,930
1996	35,873,871	35,691,179	38,117	144,574
1997	39,430,015	39,229,489	41,931	158,595
1998	39,215,195	39,021,469	43,065	150,661
1999	42,999,980	42,787,173	47,182	165,625
2000	40,395,323	40,193,546	43,725	158,052
2001	38,689,127	38,496,237	41,946	150,944
2002	39,165,043	38,963,169	40,887	160,987
2003	42,558,935	42,338,006	44,014	176,915
2004	44,704,633	44,470,593	45,739	188,300
2005	44,442,868	44,211,675	45,769	185,424
2006	45,489,355	45,249,400	46,025	193,930
2007	44,325,755	44,084,881	43,173	197,701
2008	44,115,245	43,869,359	41,454	204,433



〈그림 4-12〉 국제빙커링 온실가스 종류별 배출 추이



### 제3절 지역별 배출현황

지역별 배출량은 석유류수급통계의 산업별/지역별 연료소비량과 IPCC의 기본배출계수를 기초하여 Tier 1 수준으로 산출하였다. 2008년도 도로, 철도, 선박부문의 지역별 온실가스 배출량을 산정하였으며, 항공부문은 제외하였다. IPCC 가이드라인에 따르면, 항공부문은 국내 및 국제항공으로 구분하여 온실가스 배출량을 산정토록 되어 있으며, 국가 총 배출량에는 국내항공만 포함된다. 본 보고서에서 이용한 석유류수급통계는 국내항공 및 국제항공의 활동자료가 명확히 구분되지 않아 각 항공사에서 관리하고 연료사용량 자료를 취합하여 국가 배출량 산정에 적용하였다. 하지만 각 항공사의 활동자료는 총 연료사용량 기준으로 관리되고 있기 때문에 지역별 온실가스 배출량을 산정이 불가능하였다.

#### 1. 연료 소비현황

<표 4-25>는 2008년도 16개 시·도에서 소비한 도로, 철도, 선박부문의 연료량을 나타내고 있다. 경기도 도로부문에서 총 에너지소비량의 25.2%를 점유하였고, 서울, 경남, 경북, 충남 순으로 연료소비량이 많았다. 철도 부문에서는 서울이 3천 TJ로 총 연료소비량의 31.8%를 기록하였고, 서울과 부산의 에너지소비량이 전체의 50% 정도를 점유하였다. 부산은 선박에서 가장 높은 연료소비량을 기록하였고, 인천, 전남, 울산 등 항만시설이 발달한 지역에 에너지소비가 높게 나타났다. 도로, 철도, 선박부문의 전체 에너지 소비량을 살펴보면, 도로부문의 연료소비량은 전국에서 경기와 서울이 각각 1위와 2위를 기록하였고, 서울·경기·부산·경남이 총 에너지소비량의 절반 이상을 점유하였다. 또한, 제주도의 연료사용량이 전국에서 가장 낮았다.

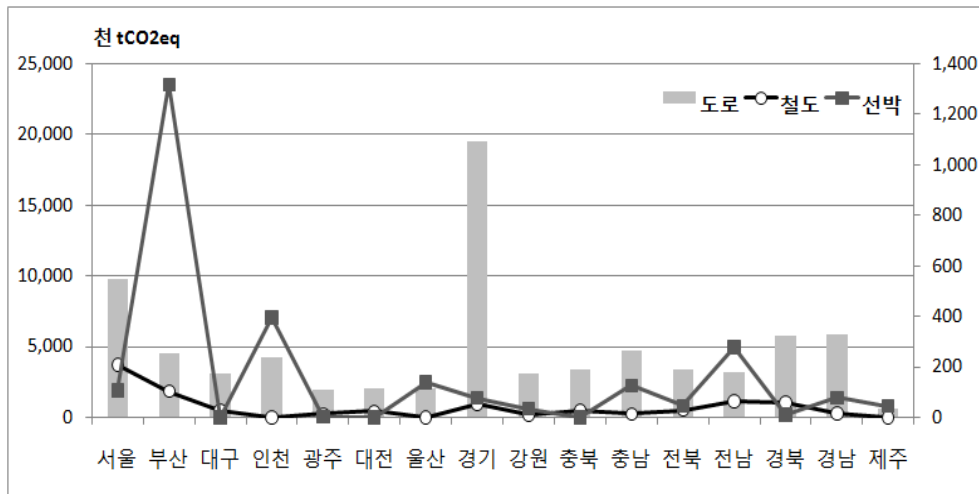
<표 4-25> 시·도별 에너지 소비현황

(단위 : TJ, %)

지역	도로		철도		선박	
	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중
서울	154,558	13.0	3,036	31.8	1,507	4.0
부산	70,491	5.9	1,517	15.9	18,450	49.4
대구	47,602	4.0	417	4.4	0	0.0
인천	66,220	5.6	0	0.0	5,614	15.0
광주	30,252	2.5	223	2.3	26	0.1
대전	31,403	2.6	374	3.9	0	0.0
울산	30,840	2.6	0	0.0	1,978	5.3
경기	298,870	25.2	755	7.9	1,070	2.9
강원	46,690	3.9	127	1.3	495	1.3
충북	51,511	4.3	406	4.3	0	0.0
충남	71,390	6.0	216	2.3	1,771	4.7
전북	51,395	4.3	424	4.4	652	1.7
전남	48,947	4.1	935	9.8	3,910	10.5
경북	88,226	7.4	865	9.1	142	0.4
경남	88,664	7.5	247	2.6	1,102	3.0
제주	9,734	0.8	0	0.0	642	1.7
합계	1,186,793	100.0	9,541	100.0	37,359	100.0

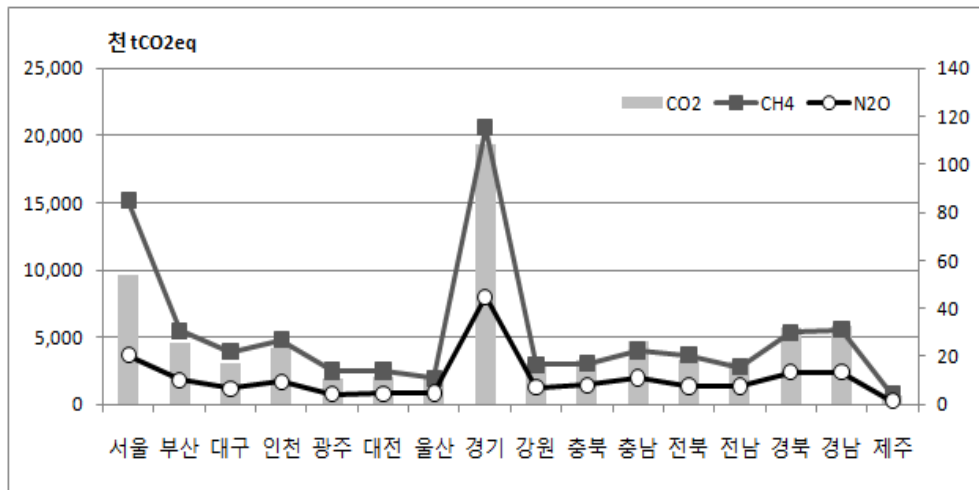
## 2. 온실가스 배출현황

2008년도 도로, 철도, 선박부문의 16개 시·도별 온실가스 배출량은 <그림 4-13>과 같다. 도로부문은 경기, 철도부문은 서울, 선박부문은 부산이 16개 시·도에서 가장 높은 배출량을 보였다. 특히, 도로부문에서 경기가 1,950만 톤 CO<sub>2</sub> eq(이하 톤)로서 전지역 배출량의 25%를 점유하였고, 철도와 선박의 합계보다 6배 정도 높은 것으로 나타났다. 철도부문의 총 배출량은 66만 톤이며, 이는 도로부문 배출량의 0.8%, 선박부문 배출량의 24.7%에 해당하는 수치이다. 철도는 서울이 21만 톤, 부산이 10만 톤을 배출하였고, 두 지역의 합계가 총 배출량의 47.7%를 차지하였다. 선박은 부산이 132만 톤으로서 가장 높은 배출량을 보였고, 전지역 배출량의 절반정도 비중을 기록하였다.



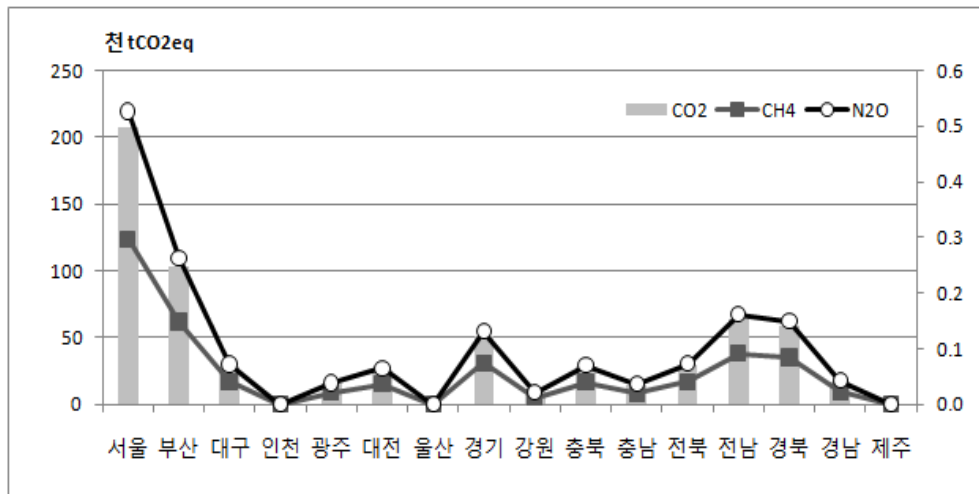
<그림 4-13> 시·도별 온실가스 배출량(도로, 철도, 선박)

<그림 4-14>은 2008년도 16개 시·도의 도로부문 온실가스 종류별(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) 배출량을 도식화하였다. 경기지역이 1,950만 톤으로 전국 최대 배출량을 기록하였고, 서울(979만 톤), 경남(582만 톤), 경북(582만 톤)이 그 뒤를 따랐다. 경기의 온실가스 배출량이 높은 것은 수원, 고양, 용인 등 전국에서 자동차등록대수가 많은 지역이 포함되어 있기 때문인 것으로 판단된다.



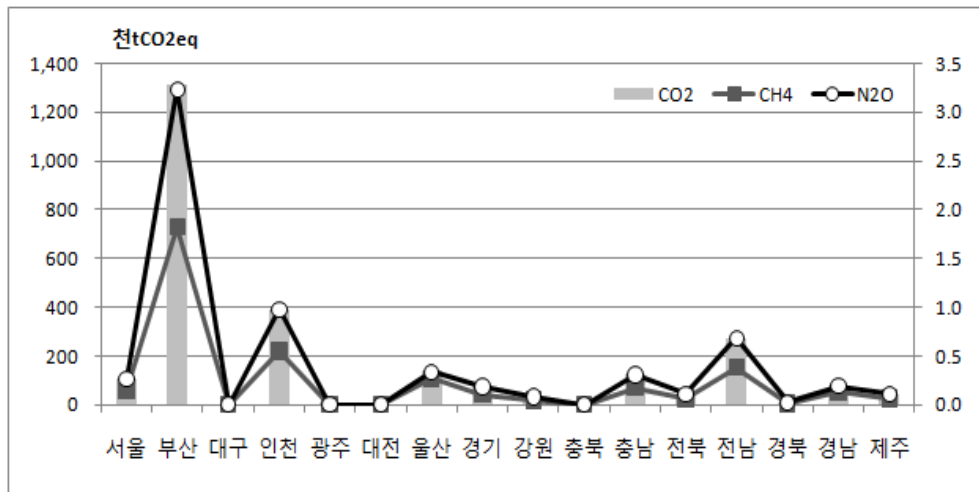
<그림 4-14> 시·도별 온실가스 종류별 배출량(도로부문)

철도부문은 교통부문 중 가장 적은 배출량을 기록하였고, 서울과 부산이 각각 21만 톤, 10만 톤을 배출하였다.



<그림 4-15> 시·도별 온실가스 종류별 배출량(철도부문)

<그림 4-16>은 선박부문의 온실가스 배출량을 나타낸 것이며, 석유류수급통계 분류에 따라 내국적 연안·내륙항로 수송업과 수상운수보조서비스업을 포함하는 국내 운항에 대한 배출량이다.

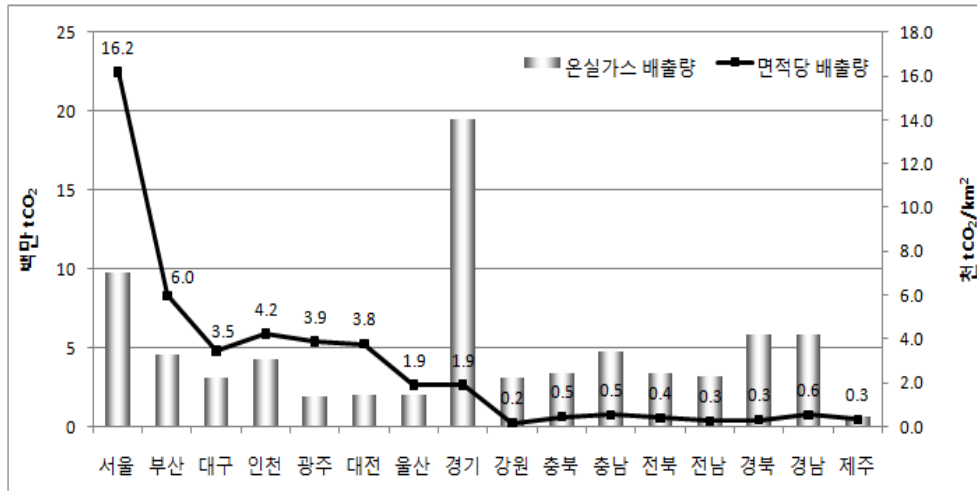


<그림 4-16> 시·도별 온실가스 종류별 배출량(선박부문)

선박은 부산이 132만 톤을 배출하여 총 배출량 265만 톤의 49.7% 비중을 차지하였다. 그 다음으로 인천(14.9%), 전남(10.4%), 울산(5.2%) 순으로 나타났다.

도로부문의 온실가스 배출량은 면적, 인구 등 지표를 바탕으로 지역별로 비교하였다. 수도권지역(경기·서울·인천)의 온실가스 배출량은 3,399만 톤으로서 총 배출량

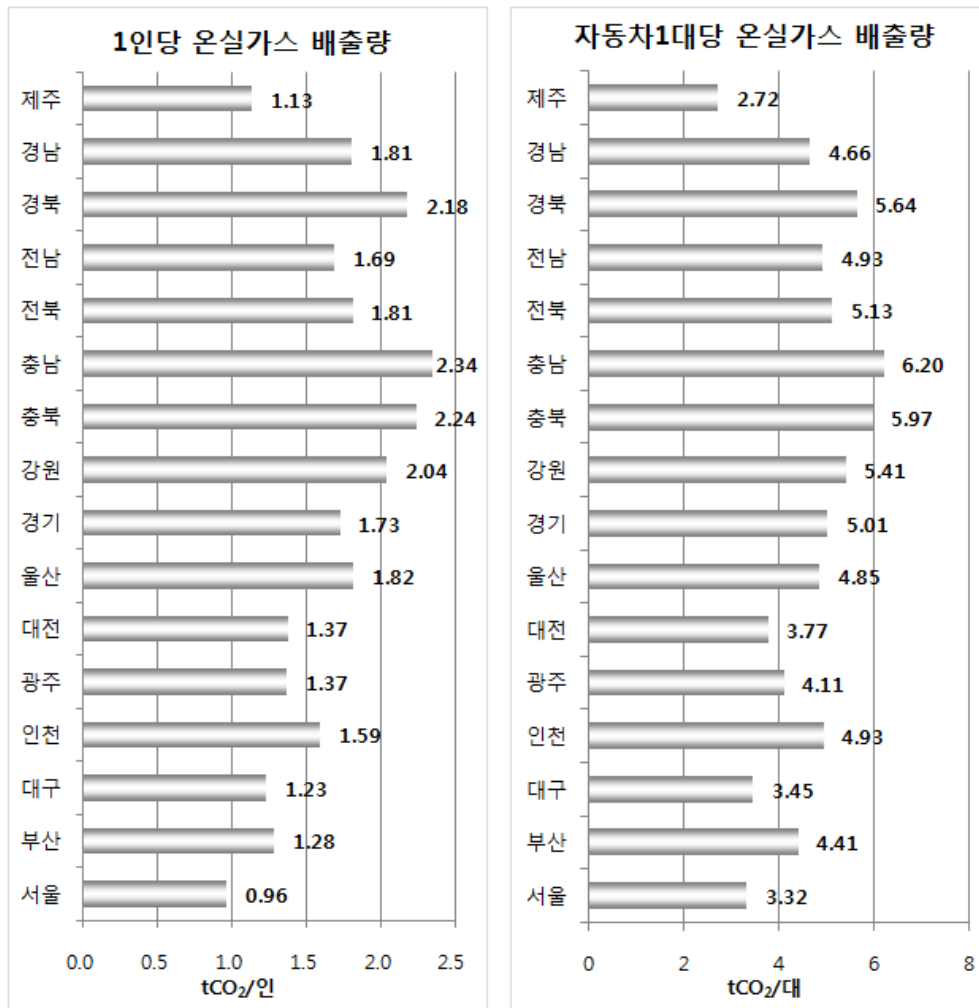
(7,731만 톤)의 43.4%를 차지하는 것으로 나타났다. 이 지역은 우리나라 전체 면적(10만  $\text{km}^2$ )의 11.8%인데도 불구하고 면적 대비 약 3.69배의 온실가스를 집중적으로 배출하고 있다. 232개 시군구 중에서는 서울 광진구(3.3만  $\text{톤}/\text{km}^2$ ), 양천구(2.5만  $\text{톤}/\text{km}^2$ ), 영등포구(2.3만  $\text{톤}/\text{km}^2$ ) 순으로 면적당 배출량이 높게 나타났다.



〈그림 4-17〉 시·도별 단위면적당 온실가스 배출량

서울은 경기지역 다음으로 온실가스 배출량이 많지만,  $1\text{km}^2$ 당 온실가스 배출량(16.2천 톤)은 우리나라에서 가장 높았다. 이는 서울의 인구밀도( $16,853 \text{인}/\text{km}^2$ )가 우리나라 평균( $495 \text{인}/\text{km}^2$ )의 34배이고, 인구밀도가 낮은 강원지역의 189배에 이르기 때문이다. 서울의 면적은 전체 국토의 0.6%에 불과하지만, 전체 인구의 5분의 1가량인 1,020만 여명이 집중되어있어 면적대비 온실가스 배출량이 가장 높게 나타났다.

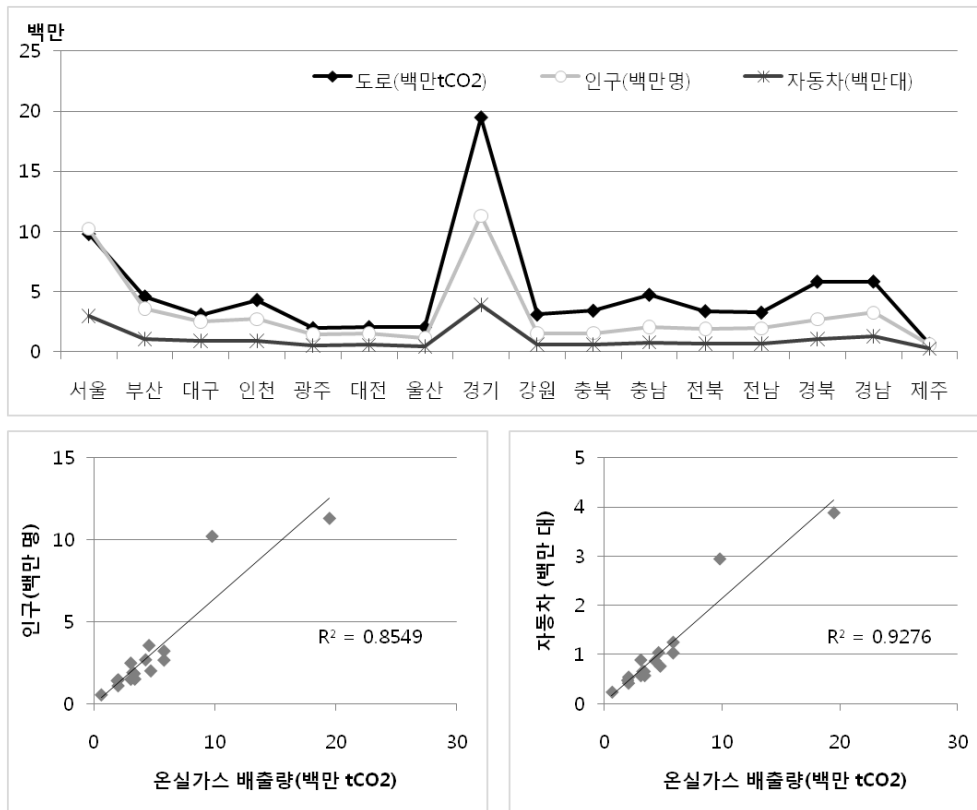
도로부문 1인당 온실가스 배출량은 1.56 톤/인으로 세계 평균(0.72 톤/인) 보다 2배 이상 높고, OECD 평균(2.52 톤/인)에는 못 미치는 수준이다. 지역별로는 충남지역이 2.34 톤/인으로 전국에서 가장 높은 것으로 나타났는데, 이는 다른 지역에 비하여 1인당 자동차 보급률(0.38 대/인)과 지역총생산량(29.83 백만 원/인)이 높기 때문인 것으로 판단된다. 전국 인구대비 자동차보급률은 0.34대/인, 지역총생산량은 21.16백만 원/인으로 충남지역이 울산 다음으로 지역총생산량이 높게 나타났다. 시·군·구별로 살펴보면 부산 강서구(9.03 톤/인)가 우리나라 평균의 5.8배이고, 그 다음으로 인천 중구(6.63 톤/인), 경남 함안군(4.29 톤/인), 경북 칠곡군(4.23 톤/인), 충북 괴산군(4.08 톤/인) 순으로 나타났다.



<그림 4-18> 인구수 및 자동차등록대수 대비 온실가스 배출량(도로부문)

자동차 1대당 온실가스 배출량을 살펴보면, 충남·충북지역이 각각 6.20 톤/대, 5.97 톤/대로서 전국에서 가장 높은 값을 기록하였다. 서울·경기가 총 자동차등록대수의 40.7%를 차지하지만 1대당 배출량은 비교적 낮은 수준에 머물렀다.

<그림 4-19>는 도로부문 온실가스 배출량과 인구수 및 자동차등록대수의 상관관계를 도식화하였다. 온실가스 배출량의 선형회귀분석 결과, 결정계수(R<sup>2</sup>)가 인구수에 대해서는 0.85, 자동차등록대수에 대해서는 0.93으로서 자동차등록대수와 온실가스 배출량이 상당히 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.



〈그림 4-19〉 인구수·자동차등록대수와 상관관계(도로부문)

<표 4-26>와 <표4-27>는 전국 232개 시·군·구별 도로부문의 온실가스 배출량과 그와 관련된 지표이다.

〈표 4-26〉 시·군·구별 온실가스 배출량(도로부문)

시도	시군구	합계 (톤 CO <sub>2</sub> eq)	CO <sub>2</sub> (톤 CO <sub>2</sub> )	CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> )	N <sub>2</sub> O (kg N <sub>2</sub> O)
전국 합계		77,311,465	76,659,263	22,695,767	566,421
서울	종로구	88,088	87,463	18,711	748
	중구	145,298	144,434	23,316	1,210
	동대문구	316,284	312,509	149,654	2,038
	성동구	347,410	344,112	119,867	2,519
	성북구	376,694	373,152	128,450	2,726
	도봉구	263,236	260,191	119,356	1,737
	서대문구	250,802	248,360	89,824	1,791
	은평구	307,874	304,688	120,418	2,118
	마포구	158,762	157,685	31,460	1,342
	용산구	215,628	214,142	43,845	1,826
	영등포구	569,922	564,228	210,718	4,095
	동작구	166,824	165,076	65,864	1,177
	강남구	839,967	830,227	379,143	5,737
	강동구	404,235	399,773	172,380	2,718
	강서구	675,119	667,669	289,054	4,453
	구로구	374,396	369,518	199,265	2,238
	관악구	280,684	277,967	99,452	2,026
	노원구	452,979	446,701	260,531	2,603
	양천구	440,701	435,994	180,104	2,985
	중랑구	374,151	369,921	165,093	2,460
서초구	725,647	718,947	236,702	5,577	
송파구	551,521	546,442	181,581	4,083	
광진구	555,667	550,708	174,465	4,178	
강북구	276,360	273,034	132,569	1,748	
금천구	187,114	185,402	61,507	1,357	
서울 합계		9,791,858	9,686,354	4,045,672	66,272
부산	중구	16,474	16,369	2,954	139
	동구	224,166	221,084	128,313	1,247
	영도구	122,058	120,972	38,658	884
	부산진구	258,386	256,859	40,786	2,160
	서구	69,138	68,544	20,895	503
	동래구	238,134	235,987	76,456	1,749
	남구	439,336	436,638	77,380	3,464
	북구	318,276	315,043	121,474	2,200
	해운대구	327,909	325,744	63,693	2,667
	사하구	382,201	378,498	137,314	2,646
	강서구	470,971	467,914	91,456	3,666
	금정구	336,311	333,179	113,637	2,405
	연제구	220,275	217,533	110,387	1,367
	수영구	153,527	151,519	81,825	934
사상구	680,018	673,672	231,729	4,776	
기장군	264,175	262,101	69,722	1,966	
부산 합계		4,580,299	4,539,480	1,458,474	32,876



## 제4장 교통부문 온실가스 배출량 산정

시도	시군구	합계 (톤 CO <sub>2</sub> eq)	CO <sub>2</sub> (톤 CO <sub>2</sub> )	CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> )	N <sub>2</sub> O (kg N <sub>2</sub> O)
대구	중구	60,725	60,343	10,680	510
	동구	442,518	438,737	132,111	3,246
	서구	355,157	352,187	103,315	2,583
	남구	160,598	159,238	46,686	1,223
	북구	570,359	565,270	181,310	4,133
	수성구	465,602	460,365	203,035	3,138
	달서구	662,866	656,524	232,533	4,705
	달성군	254,770	252,972	56,707	1,958
대구 합계		3,067,607	3,038,844	1,049,869	21,665
인천	중구	588,047	585,009	74,860	4,729
	동구	105,493	104,869	17,407	833
	남구	489,676	485,142	164,028	3,515
	부평구	545,862	540,279	209,937	3,789
	서구	996,492	988,670	262,836	7,428
	남동구	657,808	651,744	218,802	4,740
	연수구	156,369	155,427	25,518	1,309
	계양구	437,717	434,326	112,622	3,309
	강화군	93,071	92,502	15,981	750
옹진군	13,152	13,081	1,772	109	
인천 합계		4,292,014	4,255,419	1,286,825	30,877
광주	동구	99,133	98,062	40,974	680
	서구	318,940	315,882	112,286	2,260
	북구	689,496	682,259	275,376	4,689
	광산구	571,102	567,288	115,868	4,454
	남구	202,033	200,202	65,209	1,489
광주 합계		1,948,586	1,930,285	669,363	13,692
대전	동구	287,916	285,483	84,634	2,113
	중구	431,891	427,151	183,741	2,844
	서구	356,041	352,807	114,972	2,642
	유성구	372,375	369,496	93,860	2,927
	대덕구	551,964	547,367	159,429	4,030
대전 합계		2,033,593	2,015,077	665,991	14,615
울산	중구	200,274	199,086	31,866	1,675
	남구	651,918	646,471	188,830	4,778
	동구	107,884	106,993	30,184	831
	북구	321,524	319,134	77,327	2,472
	울주군	683,131	678,486	143,017	5,294
울산 합계		2,020,608	2,004,985	520,324	15,148
경기	수원시	1,496,766	1,482,928	497,841	10,915
	성남시	893,093	883,063	389,035	6,003
	의정부시	555,213	550,115	183,957	3,986
	안양시	721,773	715,488	221,217	5,287
	부천시	914,672	906,630	283,890	6,711
	동두천시	99,275	98,466	27,588	739

국가 교통부문 온실가스 배출량 보고서

시도	시군구	합계 (톤 CO <sub>2</sub> eq)	CO <sub>2</sub> (톤 CO <sub>2</sub> )	CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> )	N <sub>2</sub> O (kg N <sub>2</sub> O)
	광명시	324,421	322,041	76,439	2,499
	이천시	515,675	512,187	106,911	4,009
	평택시	961,485	954,678	215,065	7,389
	구리시	223,997	221,754	83,943	1,548
	과천시	82,514	81,555	37,642	545
	안산시	778,563	771,817	236,827	5,719
	오산시	229,899	228,025	63,940	1,715
	의왕시	294,025	291,694	77,950	2,240
	군포시	237,732	235,421	85,262	1,678
	시흥시	938,168	931,685	200,298	7,345
	남양주시	918,736	912,634	182,980	7,291
	하남시	363,330	359,633	139,391	2,484
	고양시	1,576,648	1,562,118	523,434	11,413
	용인시	1,564,437	1,552,127	408,757	12,021
	양주시	447,469	444,494	89,891	3,509
	여주군	335,338	332,902	77,860	2,586
	화성시	1,221,135	1,213,327	228,703	9,694
	파주시	576,439	572,342	129,205	4,464
	광주시	921,067	915,236	170,307	7,272
	연천군	75,657	75,136	16,163	585
	포천시	476,916	473,957	84,886	3,794
	가평군	148,970	147,902	33,710	1,163
	양평군	223,788	222,050	57,721	1,697
	안성시	509,304	505,790	108,953	3,955
	김포시	452,287	449,570	75,016	3,685
	<b>경기 합계</b>	<b>19,501,879</b>	<b>19,341,810</b>	<b>5,486,558</b>	<b>144,681</b>
	춘천시	453,543	449,703	133,714	3,331
	원주시	636,509	631,286	179,021	4,719
	강릉시	469,349	465,858	113,501	3,572
	속초시	131,736	130,385	51,091	898
	동해시	196,568	194,991	53,707	1,450
	태백시	96,331	95,579	25,196	718
	삼척시	126,164	125,235	30,017	962
	홍천군	184,582	183,316	39,326	1,419
	횡성군	116,885	116,141	21,569	936
	영월군	81,300	80,777	15,575	633
	평창군	153,203	152,159	32,121	1,193
	정선군	70,338	69,908	12,203	560
	철원군	49,023	48,674	11,117	374
	화천군	30,314	30,114	5,958	240
	양구군	34,791	34,563	6,850	270
	인제군	85,385	84,817	17,221	665
	고성군	51,882	51,546	9,997	409
	양양군	90,571	89,979	17,562	719
	<b>강원 합계</b>	<b>3,073,243</b>	<b>3,049,521</b>	<b>788,723</b>	<b>23,092</b>

## 제4장 교통부문 온실가스 배출량 산정

시도	시군구	합계 (톤 CO <sub>2</sub> eq)	CO <sub>2</sub> (톤 CO <sub>2</sub> )	CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> )	N <sub>2</sub> O (kg N <sub>2</sub> O)
충북	청주시	881,678	874,036	268,717	6,447
	충주시	429,478	426,311	102,493	3,272
	제천시	330,428	328,135	71,866	2,529
	청원군	599,075	595,169	116,311	4,720
	보은군	66,708	66,269	13,216	523
	옥천군	141,249	140,244	31,857	1,084
	영동군	86,443	85,878	16,871	680
	진천군	215,378	214,029	39,246	1,690
	괴산군	149,218	148,361	23,143	1,197
	음성군	326,676	324,397	71,344	2,520
	단양군	111,928	111,202	21,776	866
	증평군	34,473	34,208	8,785	260
	충북 합계		3,400,588	3,375,566	810,102
충남	천안시	1,204,946	1,195,465	317,601	9,070
	공주시	395,924	393,138	87,508	3,058
	아산시	528,883	525,249	112,464	4,103
	보령시	190,546	189,175	43,616	1,468
	서산시	397,649	395,022	79,144	3,114
	논산시	328,254	325,946	72,909	2,508
	계룡시	50,263	49,926	10,163	401
	금산군	129,107	128,175	29,755	992
	연기군	227,862	226,301	48,496	1,752
	부여군	124,766	123,940	25,003	969
	서천군	99,207	98,474	23,791	752
	청양군	66,550	66,118	12,831	524
	홍성군	193,216	191,745	48,492	1,461
	예산군	195,682	194,485	33,853	1,567
	당진군	473,307	470,353	85,717	3,721
태안군	94,607	94,089	13,118	784	
충남 합계		4,725,698	4,692,056	1,066,366	36,286
전북	전주시	985,897	976,701	335,154	6,958
	군산시	521,584	517,360	144,581	3,834
	익산시	578,008	573,194	166,627	4,240
	남원시	159,693	158,463	41,101	1,184
	정읍시	225,301	223,505	60,876	1,667
	김제시	199,643	198,134	49,729	1,497
	완주군	233,006	231,354	52,464	1,778
	진안군	32,041	31,830	6,366	251
	무주군	48,606	48,250	11,394	374
	장수군	42,575	42,249	10,808	320
	임실군	92,556	92,041	13,610	740
	순창군	26,576	26,405	5,010	210
	고창군	97,094	96,389	22,682	739
부안군	68,975	68,457	17,033	517	
전북 합계		3,358,779	3,330,660	978,933	24,391

국가 교통부문 온실가스 배출량 보고서

시도	시군구	합계 (톤 CO <sub>2</sub> eq)	CO <sub>2</sub> (톤 CO <sub>2</sub> )	CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> )	N <sub>2</sub> O (kg N <sub>2</sub> O)
전남	목포시	299,250	296,551	96,776	2,152
	여수시	513,887	509,810	138,132	3,795
	순천시	499,402	495,380	137,196	3,680
	나주시	209,632	208,299	38,994	1,656
	광양시	421,276	418,597	79,276	3,270
	담양군	89,175	88,604	16,833	701
	곡성군	67,379	66,990	10,483	545
	구례군	45,521	45,174	11,599	336
	고흥군	71,829	71,341	15,055	552
	보성군	97,285	96,648	19,192	756
	화순군	107,116	106,394	21,913	846
	장흥군	44,436	44,116	10,270	337
	강진군	55,787	55,404	11,855	431
	해남군	81,133	80,648	13,479	652
	영암군	189,459	188,511	22,005	1,566
	무안군	96,806	96,279	13,401	792
	함평군	69,454	68,984	14,402	543
	영광군	70,089	69,624	14,081	548
	장성군	96,022	95,417	17,557	763
완도군	35,363	35,090	9,059	265	
진도군	30,598	30,436	3,967	254	
신안군	19,123	19,016	2,773	157	
전남 합계		3,238,513	3,215,262	743,331	24,647
경북	포항시	1,026,479	1,018,582	261,938	7,731
	경주시	883,622	878,136	158,436	6,965
	김천시	269,028	266,987	67,254	2,028
	영주시	196,442	194,964	48,408	1,486
	영천시	301,134	299,282	53,170	2,372
	안동시	349,749	346,999	92,411	2,612
	구미시	638,230	632,586	200,164	4,649
	문경시	175,234	173,935	42,152	1,333
	상주시	175,500	174,389	32,474	1,384
	경산시	483,097	479,121	136,765	3,560
	군위군	73,561	73,057	15,663	566
	의성군	98,626	97,955	20,710	762
	청송군	41,847	41,550	9,407	322
	영양군	13,637	13,565	1,789	112
	영덕군	82,291	81,708	18,441	631
	청도군	108,874	107,987	30,277	810
	고령군	77,984	77,506	13,703	614
	성주군	92,588	91,992	17,738	723
	칠곡군	492,718	488,794	132,944	3,654
	예천군	82,290	81,732	17,204	635
봉화군	40,956	40,715	6,637	328	
울진군	73,561	72,983	19,368	552	
울릉군	3,464	3,446	430	29	

시도	시군구	합계 (톤 CO <sub>2</sub> eq)	CO <sub>2</sub> (톤 CO <sub>2</sub> )	CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> )	N <sub>2</sub> O (kg N <sub>2</sub> O)
경북 합계		5,818,923	5,775,257	1,430,884	43,926
경남	마산시	741,173	734,639	231,458	5,399
	창원시	530,369	525,892	154,314	3,987
	진주시	497,241	493,199	138,025	3,689
	진해시	248,506	246,409	72,392	1,862
	통영시	218,245	216,448	61,622	1,622
	사천시	279,960	277,819	70,506	2,128
	김해시	1,052,607	1,045,374	222,976	8,226
	밀양시	207,474	206,072	42,979	1,612
	거제시	266,922	264,910	65,396	2,058
	양산시	546,190	542,688	103,571	4,282
	의령군	44,152	43,846	9,509	343
	함안군	283,374	281,381	62,620	2,186
	창녕군	171,553	170,351	37,889	1,310
	고성군	151,237	150,152	34,385	1,170
	남해군	55,035	54,568	16,314	400
	하동군	91,491	90,880	18,534	718
	산청군	94,871	94,188	21,849	724
	함양군	96,407	95,762	19,672	749
	거창군	100,172	99,434	23,946	759
합천군	72,207	71,719	14,958	563	
경남 합계		5,824,948	5,780,054	1,489,488	43,920
제주	제주시	468,853	464,182	175,475	3,179
	서귀포시	165,476	164,451	29,387	1,317
제주 합계		634,329	628,633	204,863	4,496

<표 4-27> 시·군·구별 온실가스관련 지표(도로부문)

시도	시군구	1인당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /인)	면적당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> )	차량1대당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /대)	단위도로당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /m)
전국 합계		1.56	772.0	4.60	0.74
서울	종로구	0.52	3,684.1	1.07	
	중구	1.11	14,588.2	2.08	
	동대문구	0.85	22,273.5	3.55	
	성동구	1.11	20,617.8	4.07	
	성북구	0.80	15,331.5	3.43	
	도봉구	0.70	12,716.7	2.81	
	서대문구	0.76	14,250.1	3.13	
	은평구	0.67	10,362.6	2.87	
	마포구	0.41	6,651.1	1.47	
	용산구	0.91	9,859.6	2.83	
	영등포구	1.40	23,205.3	3.88	
	동작구	0.42	10,203.3	1.76	
	강남구	1.51	21,243.5	3.44	
	강동구	0.86	16,445.7	3.11	
	강서구	1.17	16,299.4	3.92	
	구로구	0.89	18,617.4	2.76	
	관악구	0.53	9,492.2	2.37	
	노원구	0.74	12,781.6	2.95	
	양천구	0.88	25,327.7	3.07	
	중랑구	0.87	20,213.4	3.67	
서초구	1.79	15,439.3	4.34		
송파구	0.82	16,278.7	2.69		
광진구	1.48	32,571.3	6.10		
강북구	0.81	11,705.2	3.87		
금천구	0.76	14,382.3	2.63		
서울 합계		0.96	16,177.4	3.32	1.20
부산	중구	0.33	5,841.8	0.99	
	동구	2.18	22,920.8	7.70	
	영도구	0.80	8,656.6	3.72	
	부산진구	0.65	8,705.7	2.48	
	서구	0.53	4,995.5	2.71	
	동래구	0.84	14,302.4	3.03	
	남구	1.47	16,597.5	5.15	
	북구	1.00	8,069.9	3.66	
	해운대구	0.77	6,372.1	2.57	
	사하구	1.05	9,335.6	3.70	
	강서구	9.03	2,627.2	16.21	
	금정구	1.31	5,161.3	4.44	
	연제구	1.04	18,234.6	2.69	
	수영구	0.87	15,051.7	3.10	
사상구	2.61	18,868.4	8.10		
기장군	3.26	1,211.8	9.09		
부산 합계		1.28	5,980.0	4.41	1.54

시도	시군구	1인당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /인)	면적당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> )	차량1대당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /대)	단위도로당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /m)
대구	중구	0.77	8,577.0	2.15	
	동구	1.34	2,428.6	3.72	
	서구	1.55	20,271.5	5.03	
	남구	0.92	9,208.6	2.89	
	북구	1.24	6,059.9	3.40	
	수성구	1.03	6,089.5	2.90	
	달서구	1.11	10,633.1	3.01	
	달성군	1.49	596.7	3.78	
대구 합계		1.23	3,469.6	3.45	1.29
인천	중구	6.63	5,102.4	13.74	
	동구	1.41	14,672.1	4.35	
	남구	1.16	19,705.3	3.71	
	부평구	0.96	17,063.5	3.35	
	서구	2.53	8,778.1	7.24	
	남동구	1.46	11,568.9	4.42	
	연수구	0.58	4,637.3	1.79	
	계양구	1.28	9,607.5	4.26	
	강화군	1.38	226.3	3.71	
	옹진군	0.76	77.3	2.00	
인천 합계		1.59	4,248.0	4.93	1.78
광주	동구	0.90	2,028.9	3.10	
	서구	1.05	6,825.2	2.94	
	북구	1.45	5,663.7	4.46	
	광산구	1.78	2,562.4	5.00	
	남구	0.95	3,308.2	3.12	
광주 합계		1.37	3,887.2	4.11	1.30
대전	동구	1.17	2,107.6	3.57	
	중구	1.63	6,951.4	4.72	
	서구	0.71	3,732.9	1.98	
	유성구	1.43	2,100.8	3.57	
	대덕구	2.61	8,061.4	6.64	
대전 합계		1.37	3,767.0	3.77	1.09
울산	중구	0.86	5,412.8	2.45	
	남구	1.90	9,031.8	4.80	
	동구	0.61	3,006.8	2.02	
	북구	1.93	2,043.1	4.83	
	울주군	3.56	904.7	8.62	
울산 합계		1.82	1,910.7	4.85	1.20
경기	수원시	1.40	12,368.9	4.18	
	성남시	0.95	6,301.8	3.11	
	의정부시	1.29	6,809.1	4.58	
	안양시	1.16	12,346.4	3.83	
	동두천시	1.09	1,037.8	3.58	

국가 교통부문 온실가스 배출량 보고서

시도	시군구	1인당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /인)	면적당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> )	차량1대당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /대)	단위도로당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /m)
경기	광명시	1.04	8,426.5	3.95	
	이천시	2.62	1,117.9	6.47	
	평택시	2.36	2,114.9	5.93	
	구리시	1.14	6,726.6	3.81	
	과천시	1.19	2,301.0	3.84	
	안산시	1.10	5,243.6	3.17	
	오산시	1.53	5,375.2	4.40	
	의왕시	2.19	5,443.9	6.69	
	군포시	0.86	6,538.3	2.85	
	시흥시	2.39	6,971.6	6.28	
	남양주시	1.82	2,003.7	5.55	
	하남시	2.53	3,905.1	7.42	
	고양시	1.68	5,896.0	5.09	
	용인시	1.92	2,645.7	5.13	
	양주시	2.49	1,442.5	6.74	
	여주군	3.12	551.8	6.55	
	화성시	2.72	1,774.2	6.50	
	파주시	1.85	857.2	4.70	
	광주시	3.92	2,137.2	8.91	
	연천군	1.66	108.7	3.11	
	포천시	2.98	577.0	6.88	
	가평군	2.61	176.6	7.04	
	양평군	2.49	254.9	6.39	
	안성시	3.00	920.1	7.25	
김포시	2.05	1,635.2	4.97		
경기 합계		1.73	1,914.7	5.01	1.49
강원	춘천시	1.73	406.2	4.60	
	원주시	2.09	733.8	5.50	
	강릉시	2.15	451.4	5.51	
	속초시	1.56	1,251.1	4.57	
	동해시	2.06	1,091.6	5.80	
	태백시	1.89	317.4	5.24	
	삼척시	1.78	106.4	5.29	
	홍천군	2.62	101.5	6.67	
	횡성군	2.69	117.2	6.83	
	영월군	2.02	72.1	5.40	
	평창군	3.51	104.6	7.69	
	정선군	1.70	57.7	4.40	
	철원군	1.03	54.6	2.73	
	화천군	1.26	33.3	3.70	
	양구군	1.63	49.6	4.48	
	인제군	2.70	51.9	6.80	
	고성군	1.72	78.1	4.93	
양양군	3.22	144.0	8.19		
강원 합계		2.04	182.1	5.41	0.32



시도	시군구	1인당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /인)	면적당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> )	차량1대당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /대)	단위도로당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /m)
충북	청주시	1.38	5,730.0	3.88	
	충주시	2.08	436.6	5.63	
	제천시	2.43	374.2	6.47	
	청원군	4.05	735.8	9.57	
	보은군	1.90	114.2	5.12	
	옥천군	2.59	263.0	7.20	
	영동군	1.72	102.2	4.92	
	진천군	3.55	529.2	8.44	
	괴산군	4.08	177.2	10.69	
	음성군	3.65	627.7	8.60	
	단양군	3.51	143.5	9.14	
	중평군	1.07	421.2	2.82	
충북 합계		2.24	457.5	5.97	0.50
충남	천안시	2.24	1,893.9	5.88	
	공주시	3.16	421.0	8.61	
	아산시	2.20	975.5	5.62	
	보령시	1.78	334.9	4.96	
	서산시	2.53	537.0	6.64	
	논산시	2.57	591.6	7.01	
	계룡시	1.21	827.5	3.24	
	금산군	2.28	224.0	5.95	
	연기군	2.90	630.5	7.60	
	부여군	1.63	199.7	4.65	
	서천군	1.64	277.1	4.63	
	청양군	2.01	138.8	5.69	
	홍성군	2.19	435.2	5.87	
	예산군	2.22	360.9	5.92	
	당진군	3.47	710.6	8.53	
태안군	1.49	187.3	4.03		
충남 합계		2.34	549.4	6.20	0.62
전북	전주시	1.56	4,783.4	4.51	
	군산시	1.98	1,337.0	5.48	
	익산시	1.87	1,140.5	5.27	
	남원시	1.81	212.2	5.12	
	정읍시	1.83	325.3	5.50	
	김제시	2.08	366.3	5.48	
	완주군	2.78	284.1	6.84	
	진안군	1.18	40.6	3.34	
	무주군	1.87	76.9	5.52	
	장수군	1.78	79.8	5.21	
	임실군	2.97	155.0	9.06	
	순창군	0.86	53.6	2.67	
	고창군	1.61	159.8	4.58	
부안군	1.13	139.9	3.34		
전북 합계		1.81	416.6	5.13	0.43

국가 교통부문 온실가스 배출량 보고서

시도	시군구	1인당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /인)	면적당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> )	차량1대당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /대)	단위도로당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /m)
전남	목포시	1.22	5,992.2	3.86	
	여수시	1.74	1,023.7	5.43	
	순천시	1.85	550.3	5.35	
	나주시	2.26	344.7	5.79	
	광양시	2.98	929.3	7.39	
	담양군	1.84	196.0	4.63	
	곡성군	2.07	123.1	6.31	
	구례군	1.64	102.7	5.06	
	고흥군	0.94	92.5	3.23	
	보성군	1.95	146.6	5.79	
	화순군	1.52	136.2	4.16	
	장흥군	1.04	71.9	3.10	
	강진군	1.36	111.5	4.15	
	해남군	1.00	82.1	2.90	
	영암군	3.15	320.4	7.86	
	무안군	1.45	216.2	4.01	
	함평군	1.86	176.8	5.37	
	영광군	1.21	148.0	3.68	
	장성군	2.06	185.2	5.43	
	완도군	0.64	89.4	2.21	
진도군	0.89	69.6	2.70		
신안군	0.42	29.2	1.40		
전남 합계		1.69	265.2	4.93	0.32
경북	포항시	2.02	909.9	5.13	
	경주시	3.28	667.2	8.26	
	김천시	1.95	266.6	5.35	
	영주시	1.72	293.7	4.62	
	영천시	2.89	327.2	6.91	
	안동시	2.09	229.9	5.78	
	구미시	1.62	1,036.9	4.17	
	문경시	2.32	192.3	6.82	
	상주시	1.67	139.9	4.50	
	경산시	2.03	1,173.4	5.14	
	군위군	2.91	119.8	7.15	
	의성군	1.64	83.9	4.37	
	청송군	1.53	49.5	4.09	
	영양군	0.73	16.7	2.09	
	영덕군	1.93	111.0	5.87	
	청도군	2.44	156.2	6.36	
	고령군	2.24	203.0	5.04	
	성주군	2.06	150.3	4.47	
	칠곡군	4.23	1,092.8	9.89	
	예천군	1.71	124.5	4.95	
봉화군	1.18	34.1	3.38		
울진군	1.39	74.4	4.16		
울릉군	0.34	47.5	1.03		

시도	시군구	1인당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /인)	면적당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> )	차량1대당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /대)	단위도로당 배출량 (tCO <sub>2</sub> /m)
경북 합계		2.18	305.8	5.64	0.48
경남	마산시	1.80	2,242.1	4.74	
	창원시	1.05	1,811.9	2.00	
	진주시	1.50	697.5	4.19	
	진해시	1.47	2,067.6	4.27	
	통영시	1.60	914.0	5.47	
	사천시	2.48	703.0	6.95	
	김해시	2.20	2,272.1	5.78	
	밀양시	1.87	259.8	4.77	
	거제시	1.23	664.6	3.66	
	양산시	2.25	1,127.5	6.05	
	의령군	1.44	91.4	3.93	
	합안군	4.29	679.9	9.91	
	창녕군	2.78	322.0	7.24	
	고성군	2.70	292.4	7.85	
	남해군	1.09	153.9	3.80	
	하동군	1.71	135.5	5.03	
	산청군	2.71	119.4	7.13	
	함양군	2.38	133.0	6.47	
	거창군	1.58	124.6	4.62	
합천군	1.30	73.4	4.12		
경남 합계		1.81	553.1	4.66	0.46
제주	제주시	1.15	479.5	2.81	
	서귀포시	1.08	190.0	2.48	
제주 합계		1.13	343.2	2.72	0.20

## 제5장 결론 및 개선사항

### 제1절 결론

기후변화협약 등 국제규제에 대비하고, 국가 온실가스 정보를 구축하기 위하여 1996 IPCC 가이드라인의 Tier 1 수준으로 우리나라 교통부문의 온실가스 배출 규모를 추정하였다. 1990~2008년 동안 항공, 도로, 철도, 선박부문에서 배출한 온실가스 배출량을 산정하고, 2008년도 지역별 배출분포를 분석하였다. 교통부문별 온실가스 정보는 온실가스 감축 목표 및 계획, 교통물류체계의 지속가능성 평가 및 조사 등에 기초자료와 기준을 제공할 수 있다.

1990~2008년 동안 교통부문 온실가스 배출규모를 산정한 결과, 1990년 3,294만 톤 CO<sub>2</sub> eq에서 2008년 8,167만 톤 CO<sub>2</sub> eq로 연평균 5.17% 증가하였다. 특히, 도로부문이 교통부문 총 배출량의 90%이상을 점유하였고, 연평균 증가율이 5.61%로서 평균 증가율을 상회하였다. 1990~2008년 동안 항공 및 선박은 연평균 1.30%, 0.62%씩 증가하였으나, 철도는 오히려 매년 0.98%씩 감소하였다. 국제 항공 및 선박에 의한 배출량은 2008년 4,412만 톤으로 국내 총 배출량(8,167만 톤)의 54%에 달하는 규모로 1990년 보다 272.6% 증가하였다.

2008년도 지역별 배출분포에서 도로부문은 경기, 철도부문은 서울, 선박부문은 부산이 16개 시·도에서 가장 높은 배출량을 기록하였다. 도로에서 경기지역의 배출량은 1,950만 톤으로 총 배출량의 25% 비중을 차지하였고, 제주는 63만 톤으로 가장 낮은 배출량을 나타내었다. 철도부문은 서울과 부산이 각각 21만 톤, 10만 톤을 배출하였고, 교통부문에서 배출규모가 가장 작은 것으로 분석되었다. 부산이 선박에서

가장 높은 배출량을 기록하였고, 국내 선박부분 배출량의 절반가량을 차지하였다.

## 제2절 시사점

향후 교통부문 온실가스 배출정보의 정확도를 높이기 위해서는 기존 통계를 일부 수정 및 보완할 필요가 있으며, 새로운 통계의 개발도 필요하다. 또한, 국가 특성에 적합한 배출계수가 개발되어야 할 것이다. 세부적으로 필요한 개선사항은 아래와 같다.

1. IPCC 기본 배출계수를 적용하기 위해서는 순발열량 기준의 에너지통계에 대한 보완이 필요하다. 우리나라 에너지통계는 총발열량으로 집계되어 있으나, IPCC 기본 배출계수는 순발열량 기준으로 개발되었다. 따라서 IPCC 기본 배출계수에 전환계수를 곱하여 배출계수를 우리나라 에너지통계에 적합하게 수정하였다. 이에 순발열량 기준으로 집계된 에너지통계가 새롭게 구축될 필요가 있다.
2. 순수하게 교통수단에만 공급된 에너지통계 자료가 구축되어야 한다. 현재 에너지통계는 산업분류 기준으로 작성됨에 따라 교통부문으로 분류된 연료 공급량에 난방 및 조명 등에 사용된 고정배출원이 포함되어 있다. 이등 배출원에 의한 배출량을 정확하게 산정하기 위해서는 각 부문의 연료공급량이 교통수단 중심으로 분류되어야 하며, 미분류된 이륜차 및 건설 기계 등에 대한 통계자료의 구축도 필요하다.
3. IPCC 가이드라인은 바이오연료 사용에 따른 non-CO<sub>2</sub> 배출량을 산정토록 되어있지만, 이에 대한 자료가 부족한 실정이다. 따라서 연료종류별 에너지통계에서 바이오연료에 관한 정보도 추가될 필요가 있다.
4. 국제 항공 및 선박은 국가 온실가스 통계에 포함하지 않고, 국제병커링으로 분리하여 산정한다. IPCC에서 정의한 국제병커링을 정확하게 산출하기 위해서는 내국적 항공 및 선박의 국내 운항과 국제 운항을 구분하여 연료사용량, 항공기

및 선박 종류, 운항노선 등에 관한 정보가 구체적으로 관리되어야 한다. 예를 들어 항공부문의 경우, 순항과정과 이착륙과정의 배출량을 구분하여 추정함으로써 온실가스 배출량 산정등급을 향상시킬 수 있다. 이를 위해서는 국내 및 국제 항공의 이착륙 횟수에 대한 자료가 필요하다.

5. 국가 고유 배출계수의 개발 및 검증이 필요하다. 연료별 혹은 부문별 국가 고유의 탄소함량을 분석하여 국내 실정에 적합한 배출계수를 개발하여 이를 배출량 산정에 적용할 필요가 있다. 현재 부문적으로 배출계수가 개발되고 있으나, 아직까지 국가차원의 고유배출계수는 없는 상황이다. 국가 고유 배출계수를 지속적으로 개발·보완하여 국가 온실가스 통계의 신뢰도를 높일 필요가 있다.

## 참고 문헌

1. IEA(2010), CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion
2. IPCC(1996), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
3. IPCC(2000), 2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories
4. 에너지경제연구원(2008), 기후변화협약 대응 국가온실가스 IPCC 신규 가이드라인 적용을 위한 기획연구
5. 에너지경제연구원(2007), 기후변화협약 제3차 대한민국 국가보고서 작성을 위한 기반 구축 연구
6. 에너지경제연구원(1999), 온실가스 배출통계 작성 및 운영방안에 관한 연구
7. 에너지관리공단(2006), 석유류 및 기타에너지원 열량기준 개선방안 연구
8. 한국교통연구원(2008), 수송부문 온실가스 배출통계체계 구축 및 관리
9. 한국교통연구원(2008), 항공교통 부문 온실가스 배출규모 추정 및 관리 방안
10. 한국환경정책·평가연구원(2009), 온실가스 저감잠재성 분석 및 감축정책 연구, 수송 및 건물부문
11. 지식경제부, 에너지통계연보(2009)
12. 한국석유공사, 석유류수급통계(1991~2009)
13. UNFCCC([www.unfccc.int](http://www.unfccc.int))
14. 한국은행, 경제통계시스템(<http://ecos.bok.or.kr>)
15. 국가통계포털([www.kosis.kr](http://www.kosis.kr))
16. 국토해양부([www.mltm.go.kr](http://www.mltm.go.kr))
17. 지식경제부, 경제통계포털(<http://statics.mke.go.kr>)
18. 행정안전부([www.mopas.go.kr](http://www.mopas.go.kr))