



에너지부

중형 차량의 에너지 효율 기준 수립을 위한
예비 기술 보고서

2025년 5월

산티아고 - 칠레

요약 보고서

2021년 2월 13일 에너지 효율 관련 법률 제21.305호가 관보에 공포되었으며, 이 법 제7조에서는 경형, 중형, 대형 차량에 대한 에너지 효율 기준을 수립하도록 명시하고 있다. 이 조항에는 최초의 기준을 경형 차량의 경우 12개월 이내, 중형 차량의 경우 36개월 이내, 대형 차량의 경우 60개월 이내에 제정해야 한다고 규정하고 있다. 이에 따라 경형 차량의 에너지 효율 기준화 규정은 2022년 2월 8일 관보에 게재되었으며, 2024년 2월 8일부터 시행되었다. 본 보고서는 중형 차량의 에너지 효율 기준을 정의하기 위해 작성되었으며, 보고서의 목적은 기준 제안에 고려된 배경 자료와 분석을 제공하는 것이다

에너지 소비 측면에서 칠레는 2023년 운송 부문에서 108,705[Tcal]의 에너지를 소비했으며, 이는 전체 2차 에너지 수요의 33.3%에 해당한다. 이 에너지의 공급원은 주로 석유 제품(98.8%)이며, 이는 국가차원의 온실가스(GEI) 배출에 큰 영향을 미쳤다. 이 부문의 소비량 중 82.8%는 도로 운송과 관련되어 있다(에너지부, 2024). 이러한 이유로 칠레는 운송 부문의 에너지 사용 효율을 개선하고 온실가스 배출 강도를 감소시키기 위한 목표를 설정하였다.

현재 칠레에는 중형 차량을 생산하거나 조립하는 국내 산업이 존재하지 않기 때문에 칠레에서 판매되는 모든 차량은 다양한 해외 시장에서 수입되고 있다. 검토된 문헌에 따르면, 국내 자동차 시장은 분산된 산업구조로 분류되는 지표들이 존재한다. 중형 차량의 경우, 차량 유형별 판매 구성은 비교적 안정적으로 유지되어 왔으며, 디젤 엔진을 탑재한 내연기관 차량이 주를 이루고 있다.

에너지 효율 관련 법률 제21.305호 제7조에서는 국내 에너지 소비 중 육상 운송의 중요성을 인식하여 에너지 효율 목표를 설정할 것을 제시하고 있다. 이 조항에서는 각국의 정의에 따라 규정된 경형 승용차 및 경형 상용차, 경형 또는 중형 트럭 등에 대한 에너지 효율 기준 및/또는 온실가스 배출 기준의 국제적 사례를 참고하여, 이를 국내의 실정에 맞게 적용하여 제안하고 있다.

법률 제21.305호 제7조에 따라, 칠레의 차량 에너지 효율성 기준에는 에너지 효율성 목표를 포함하며, 이 목표의 측정 단위는 휘발류 환산 리터당 킬로미터(km/l)로 계산한다¹. 또한, 이 목표의 이산화탄소(CO₂) 배출량 환산 값은 킬로미터당 그램(g/km)으로 표시한다.

이번 단계의 에너지 효율 기준의 적용 대상이 되는 차량은 중형 차량으로, 1994년 에너지 및 교통부의 DS N°54의 정의에 따라 차량 총중량이² 2,700kg 이상 3,860kg 미만인 차량에 해당한다.

기준은 차량의 기준 중량에 따라 정의되며, 그 정의는 다음과 같다.: 차량의 주행 준비 상태의 중량에서 표준 운전자의 균일한 중량 75kg 을 빼고, 100kg의 고정 중량을 더한 값에 차량의 총 중량의 28%를 더한

¹ 리터당 휘발유에 포함된 에너지의 양과 동일한 단위로, 서로 다른 연료나 에너지원을 사용하는 차량의 에너지 소비량을 비교하는 데 사용된다..

² 차량의 차축 및 차축 조합 중량의 합계(적재 유무에 관계없이). 즉, 차량(또는 차량 조합)의 총중량과 적재 중량의 합계.

값이다.

법률 제21.305호에 따라 차량의 형식 승인을 담당하는 각 차량 브랜드의 수입업체 또는 대리인은 규정 준수에 대한 책임자로 지정된다. 이 각 수입업체 또는 대리인의 에너지 효율 평가는 각 수입업체 또는 대리인 발급한 개별 승인 인증서에 기재된 모든 차량의 평균 에너지 효율성을 기준으로 평가된다.

칠레에서 제안된 연도별 의 각 관리자에게 필요한 에너지 효율기준 값은 아래 식 (I)에 따라 계산된다.

$$standar_{ij}=Estandar_{refj}+a* (M_{ij}-M_0) \quad (I)$$

각 변수는 다음과 같이 정의한다.

$Estandar_{ij}$: 연도j에 책임자i에게 요구되는 기업 에너지 효율 . 단위 (km/lge).

$Estandar_{refj}$: 연도 j에 대해 설정된 에너지 효율. 단위 (단위: km/lge).

a : 2024년에 거래된 중형 차량의 국내 시장 특성선(km/lge/kg)에서 도출된 값으로, -0.0016과 같은 직선의 기울기에 해당. 단위 (km/lge/kg)

M_{ij} : j년도에 책임자 i의 평균 기준 중량으로, j년도에 책임자 i가 유효하게 발급한 개별 형식 승인 인증서를 보유한 모든 차량의 기준 중량의 평균값. 단위(kg)

M_0 : 2024년 한 해 동안 판매된 중형 차량의 테스트 결과 기준 중량의 평균에 해당하며, 평균값은 **2,956kg**

각 연도별 에너지 효율 기준($Estandar_{refj}$)은 아래의 표에 제시되어 있다.

연도	기준($Estandar_{refj}$)
2026 - 2028	11.1km/ lge
2029 - 2031	12.7km/ lge
2032년 이후	15.3km/ lge

기업 에너지 효율 기준($Estandar_{ij}$)은 식 (I)에 따라 계산되며 각 수입업체 또는 책임자가 개별 승인 인증서를 발급했거나 j연도에 거래된 중형 차량의 평균 기준 중량에 따라 달라지므로 각 수입업체 또는 책임자마다 기업 에너지 효율기준은 다르다.

법률 제21.305호에는 전기 및 연료 감독청(이하 SEC)이 제재를 시행할 것이며, 해당 연도에 규정된 기준보다 휘발유 환산 주행거리 리터 0.1킬로미터 미만일 때마다 해당 연도에 발급된 개별 형식 승인 인증서 총 수를 곱하여 최대 0.2 UF의 벌금을 부과할 것이라고 명시하고 있다. 또한 법률 제21.305호에는 특정 연도에 기준을 준수하지 않아 벌금을 납부해야 하는 책임자의 경우, 해당 에너지 효율 기준을

준수하지 않은 것이 적발된 연도의 바로 다음 해에 연간 에너지 효율 목표를 초과하는 경우(공식 1), 해당 연도에 정의된 에너지 효율 기준을 휘발유 환산 리터 당 주행거리 0.1km 초과할 때마다, 산정한 금액을 전년도의 벌금에서 차감 될 수 있다고 명시되어 있다. 전년도 벌금의 전부 또는 공제되고 남은 벌금은 정상적으로 징수된다.

마지막으로, 법률 제21.305호는 에너지 효율 기준의 준수 수준 여부를 평가하고, 각 책임자의 기업별 에너지 효율성을 계산할 때, 외부 충전식 전기 차량 또는 하이브리드 차량, 또는 에너지부 장관의 근거 있는 결정에 따라 무 배출로 분류된 기타 차량에 경우 차량에너지 효율성을 최대 3배까지 반영할 수 있음을 명시하고 있다

본 보고서에서는 중형 차량의 에너지 효율 기준 이행에 대한 분석을 통해 2035년까지 중형 차량 보유 대수를 예측하여 기준 준수에 따른 해당 부문의 에너지 소비량 감소를 추정하는 예비 기준화 제안을 평가하고 있다. 제안된 시나리오의 따르면, 기준 시나리오와 준수 시나리오의 에너지 소비량 차이는 운행 중인 차량의 절감 효과가 누적되어 점진적으로 증가하는 것으로 나타난다..

제안된 기준 도입시, 2026년까지 연간 549[Tcal], 2035년까지 7,644[Tcal]의 에너지를 절감할 수 있을 것으로 예상된다. 동시에 2030년까지 탄소 예산에 대한 대체 대안의 기여도(NDC 2020 목표³)는 270만톤(MM ton) CO₂ 감축이 될 것이며. 이는 2020년부터 2030년까지 필요한 감축 조치에 3.9%를 기여할 수 있는 수치이다.

사용자에 측면의 비용 편익 분석 결과, 차량 에너지 효율 개선은 소비자에게 직접적인 혜택인 연료 소비 비용 감소를 의미하며, 이는 결국 고성능 차량의 가격 인상 가능성을 상쇄한다.

기준 시행 첫 해의 최대 평균 시장 가격 변동률은 2.2%로 추정된다.

그러나 이 추가 비용의 투자 회수 기간은 평균 약 10개월 정도 될것으로 예상된다.. 수익(절감액으로 결정)은 현재 상황과 요구되는 기준 간의 에너지 효율 차이로 계산된다..

³ 2030년까지 기준 시나리오와 NDC(각국 자발적 감축목표)를 달성하는 데 필요한 시나리오 간의 차이는 6800만 톤CO₂eq(이산화탄소 환산)로 예상된다.

목차

요약 보고서.....	2
목차 5	
1. 서 론	7
1.1 에너지 효율에 관한 법률 제21.305와 에너지 효율 기준의 중요성	7
2. 국제적 배경	7
2.1 전 세계 운송 부문의 에너지 소비	8
3. 국가적 배경	13
3.1 칠레의 운송 부문 에너지 소비.....	13
3.2 중형 차량 시장의 특성	13
3.3 중형 차량 판매의 특성화	15
3.4 칠레 중형 차량 보유대수의 과거 연비 추이	18
3.5 국내 시장용 중형 차량의 연비(에너지 효율성)전망을 위한 기초 자료	21
4. 중형 차량에 대한 에너지 효율 기준 제안	23
4.1 기준 유형 및 측정 단위	23
4.2 휘발류 환산기준.....	23
4.3 규제 대상 차량	25
4.4 시험(테스트) 주행 사이클	25
4.5 지 표	25
4.6 기준 준수 책임자	26
4.7 표준화 제안.....	26
4.8 칠레에서 기준 미이행시 제재 조치 제안	29
4.9 미이행시 적용되는 기간 간 크레딧 제도	31
4.10 배수 계수.....	31
5. 중형 차량 에너지 효율 기준의 예상 영향	33
5.1 에너지 소비 및 온실가스(GEI) 배출량 감소 효과.....	33

5.1.1	에너지 절감량 산정 방법론	33
5.1.2	제안된 기준의 에너지 절감 및 배출량	35
5.2	소비자를 위한 비용 및 혜택 분석	38
5.2.1	차량 가격에 미치는 영향	38
5.2.1.1	결과 방법론 1	39
5.2.1.2	결과 방법론 2	40
5.2.2	소비자의 투자 수익률	41
6.	결론	43
7.	부록	45
8.	용어집	47

1. 서론

1.1 에너지 효율에 관한 법률 제21.305와 에너지 효율 기준의 중요성

전 세계적으로 도시내 오염을 줄이고, 화석 연료에 대한 의존도를 낮추며, 에너지 공급의 안전성을 강화하고, 기후 변화 대응 약속이행 등 다양한 목표를 달성하기 위해 여러 국가에서는 현지 정의에 따라 경승용차에 대한 에너지 효율 기준 및/또는 온실가스 배출 기준을 경 상용차 및 소형 또는 중형 트럭까지 적용, 확대하고 있다⁴

다양한 입법 기관이 중형 및/또는 상용차를 어떻게 정의하는지에 대한 공통된 이해는 없지만, 현재 11개 관할권(캐나다, 미국, 유럽연합, 영국, 호주, 뉴질랜드, 일본, 한국, 중국, 멕시코, 사우디아라비아)⁵에서는 이 차량 세그먼트에 대한 온실가스(GHG) 배출 기준 또는 에너지 효율 기준을 확대하고 있다.

국내에서는 2021년에 제정된 에너지 효율법에 따라 에너지부에 경형, 중형, 대형 차량에 대해 에너지 효율 목표가 포함된 에너지 효율 기준을 설정하도록 의무화하고 있다(에너지부, 2021). 이는 경형 차량부터 시작하여 중형 차량, 대형차 순으로 시차를 두고 시행되어, 이 분야의 선진국들과 보조를 맞추는 규제가 될 것이다.

또한, 최근 업데이트된 국가 전기 이동성 전략에서는 2035년까지 경중형 차량 판매의 100%를 무배출 차량으로 전환하는 것을 목표로 제시했다(칠레 정부, 2021). 이 목표를 달성하려면 무배출 차량 구매를 장려하는 인센티브와 함께 기업이 더 효율적인 차량을 시장에 출시하도록 장려하는 규제가 필요하다. 이러한 의미에서 경차 및 중형 차량 부문에 대한 기준은 전기차 구매에 대한 기업 성과 및 인센티브 설정을 통해 중기적으로 제로 및 저공해 차량의 대중화를 가능하게 하는 공공 정책의 주요 수단이 될 것이다.

이 문서 두 번째 섹션에서는 전 세계 중형 및/또는 상용차 기준 이행 현황에 대한 요약을 제시한다. 세 번째 섹션에서는 현재 국내 시장에 대한 데이터베이스 분석 결과를 제시하고, 네 번째 섹션에서는 에너지 효율성 기준에 대한 예비 제안을 제시합니다. 이 섹션에서는 국내 시장과 다른 국가와의 비교분석도 포함한다. 마지막으로 다섯 번째 섹션에서는 국내 시장에서 중형 차량에 대한 예비 기준안의 시행과 그에 따른 영향을 추정하였다.

2. 국제적 배경

⁴ 지역에 따라 정의에 차이가 있지만, 이 보고서에서는 이러한 용어 중 어느 하나를 전체 세그먼트를 지칭하는 데 사용될 것입니다. 단, 칠레의 경우 경형 상업용 차량은 다른 세그먼트에 해당된다.

⁵ 이 연구 발표 시점에 인도를 포함한 다른 국가에서는 이 부문에 대한 기준 확대 가능성을 분석하고 있다(Kaur & Deo, 2024).

2.1 전 세계 운송 부문의 에너지 소비

운송 부문은 전 세계 에너지 소비의 주요 분야 중 하나이며, 인간 활동으로 인한 온실가스(GHG) 배출의 주요 원인 중 하나이다. 국제 에너지 기구(IEA)의 전망 시나리오에 따르면, 전 세계 운송 부문의 에너지 소비와 배출량은 기준 시나리오에서 크게 증가할 것으로 예상된다(그림 1 및 그림 2 참조). 2020년, 팬데믹으로 인한 이동 제한으로 CO₂ 배출량이 크게 감소하였으나, 2021년 전 세계 교통 부문의 CO₂ 배출량은 8% 증가해 약 7.7 Gt의 CO₂에 이르렀다.(그림 1 참조).

국제에너지기구(IEA)에서는 만약 어떤 개선 조치를 취하지 않는다면 인구 증가와 구매력 향상으로 인해, 온실가스 배출량 비중이 증가할 것으로 전망하고 있다.



그림 1 전 세계 운송 부문의 온실가스 배출량 전망 (2000-2030).

출처: 국제 에너지 기구 (IEA) (2023).

그러나 국제에너지기구(IEA)는 감축 조치를 시행할 경우 2030년까지 운송 부문의 온실가스 배출량을 약 20%까지 줄일 수 있다고 전망한다. 이러한 효과적인 감축을 달성하기 위해서는 도로 차량의 신속한

전기화, 운영 및 기술적 에너지 효율성 개선 조치, 그리고 저배출 연소 차량의 상용화 및 생산량 증가(IEA, 2023년)가 필요하다.

에너지 소비 측면에서 국제에너지기구(IEA)는 경제협력개발기구(OECD) 회원국의 운송 부문 에너지 소비 분포를 발표하였으며, 운송부문의 주요 에너지 소비원이 승용차(도로운송)이라는 것을 보여주고 있다. 운송 부문에서는 주로 화석 연료 기반 에너지를 사용하며, 전 세계적으로 소비되는 석유의 65%가 운송 부문에서 사용되고 있다(IEA, 2020b).

운송 부문 영향 모니터링 보고서(IEA, 2023)에 따르면, 운송 부문은 최종 에너지의 거의 91%를 석유 제품에 의존하고 있으며, 이는 1970년대 초에 비해 3.5% 포인트 감소한 수치이다(그림 2 참조).

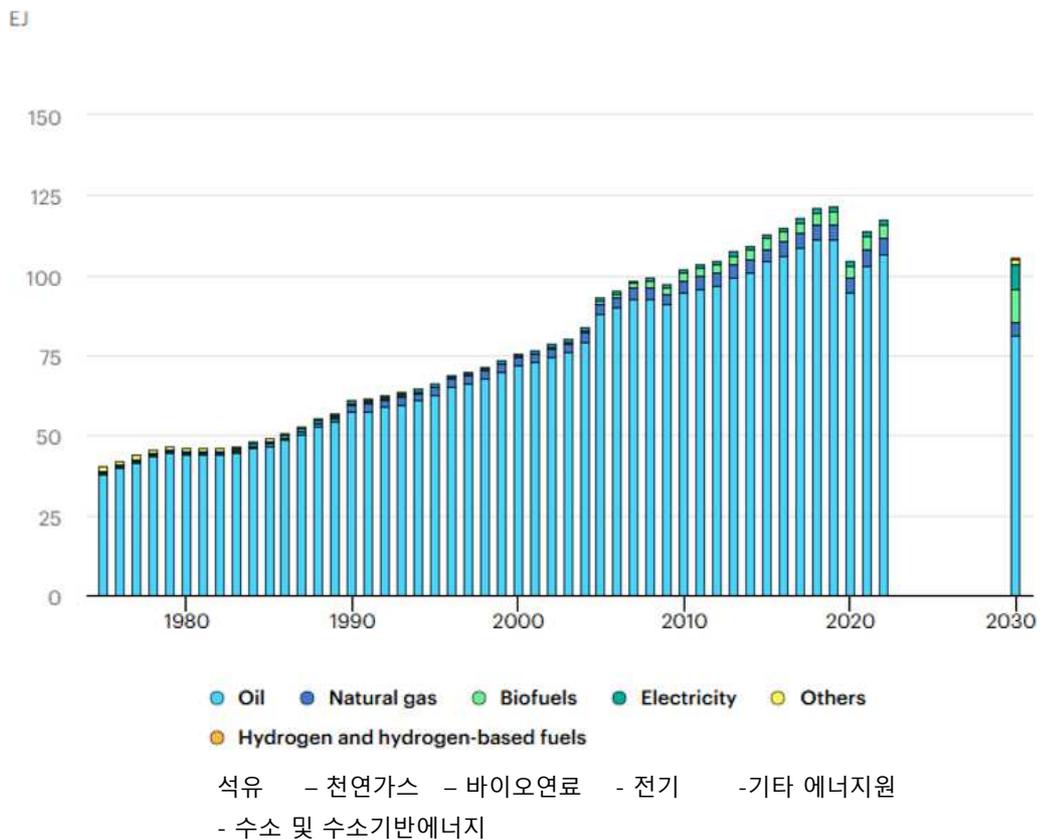


그림 2 운송 부문의 전 세계 에너지 소비량 전망

출처: (IEA, 2023)

이 부문의 배출량이 계속 증가할 것으로 예상되는 만큼, 차량 효율성 개선 정책과 관련된 온실가스 배출 감소 잠재력은 해당 분야의 배출량 목표 달성에 중요한 역할을 한다. 실제로 전체 운송 부문에서 에너지 효율 향상은 2030년까지 운송 부문의 누적 배출 감축량의 60%에 기여할 것으로 예상된다.

도로 운송의 중요성으로 인해, 최근 몇 년 동안 여러 정부는 차량의 에너지 효율성 기준 및/또는 온실가스 배출 규제에 주목해 왔다(Arena, et al., 2014). 그림 3은 중형 차량에 대한 에너지 효율/배출 기준의 규제 현황을 보여주는 세계 지도이다.



그림 3 중형 상용차 기준 적용 지도

출처: ISC(복잡시스템 공학 연구소, 2025)

현재 11개 국가(호주, 캐나다, 미국, 유럽연합, 일본, 한국, 중국, 멕시코, 영국, 뉴질랜드, 사우디아라비아)에서 상업용 경형 차량 또는 중형 차량에 대한 온실가스(GEI) 배출 기준 또는 에너지 효율 기준을 수립하거나 제안하였다. 이러한 기준을 시행하는 국가의 규모는 전 세계 자동차 시장의 상당 부분을 차지하고 있다⁶.

각국 정부는 다양한 주행 사이클, 지표 및 차량 인증 시험 절차를 적용하여 규제를 설계하는 데 서로 다른 접근 방식을 채택하였다. 이러한 설계의 차이는 각 지역에서 판매되는 신형 중형 차량에 대해 각 입법부가 설정한 온실가스 배출량 또는 평균 에너지 효율 목표의 수준에서도 드러난다. 설계와 접근 방식의

⁶ (ICCT, 2020)에 따르면 2020년 전 세계에서 등록된 신규 상용용 차량 등록 대수는 2,400만 대이다. 이 차량 세그먼트에 대한 기준이 있는 국가의 판매량은 2천만 대에 달했으며, 이는 이 세그먼트 시장의 87%를 차지한다.

차이에도 불구하고 기준과 그 목표는 과거 값과 예상치를 공통된 값으로 환산하여 비교할 수 있다. 신형 경형 상용차의 온실가스 배출량(gCO₂/km)은 그림 4에서 확인할 수 있다.

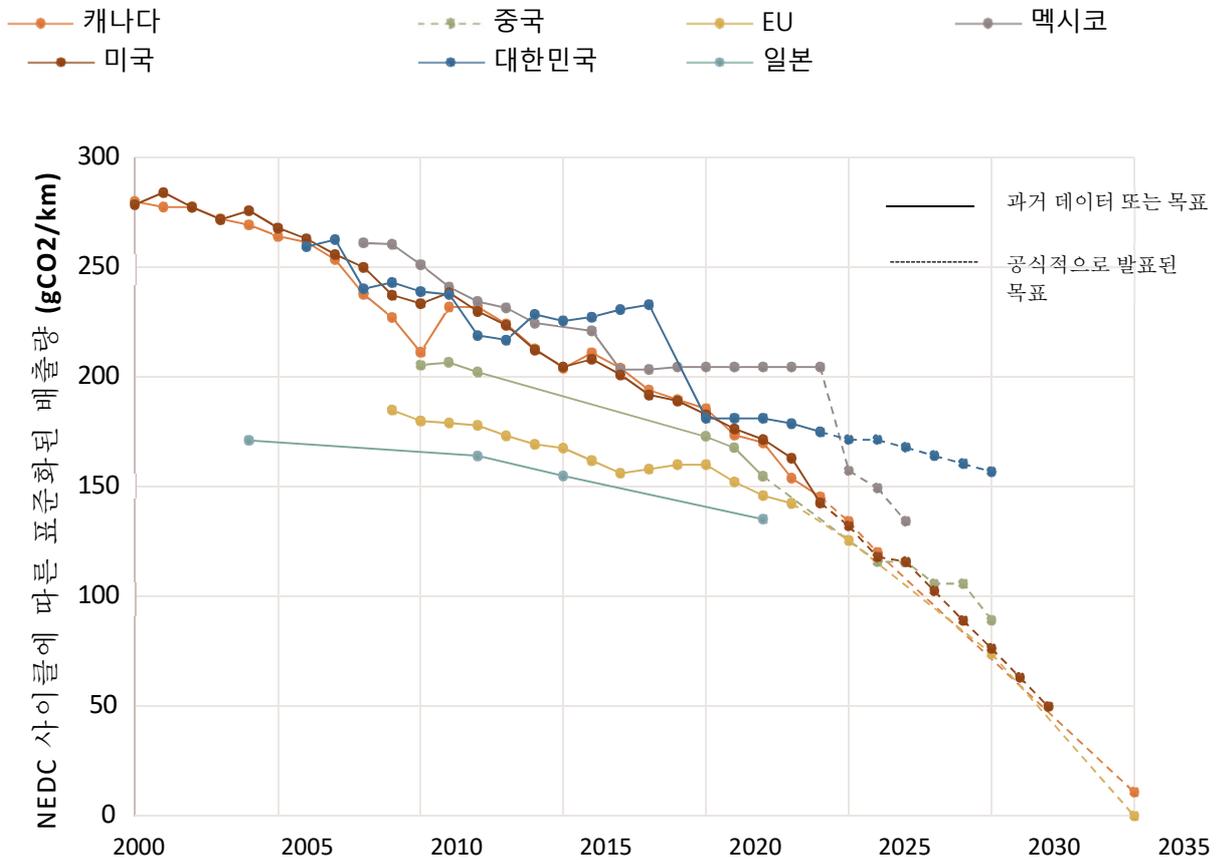


그림 4 NEDC 주행 사이클 기준 표준화된 중형 차량의 배출량 (gCO₂/km).

출처: 자체 작성. 데이터 (ICCT, 2024):

위의 그림에서 가장 높은 수준의 성능 또는 배출량 목표를 가진 관할 지역은 경 승용차와 마찬가지로 유럽연합(EU)과 일본이라는 것을 확인할 수 있다.

반면에 CO₂ 배출량 지표가 유사한 두 번째 국가 그룹은 미국과 캐나다에서 주도적인 역할을 하고 있다. 이 두 번째 그룹의 입법 기관은 기준 설계에서 유사한 특성을 공유하고 있으며, 목표치는 캐나다 또는 미국이 제안한 값과 비슷합니다(멕시코 정부, 2018).

에너지 효율 또는 배출 기준의 주요 특징은 표 1 에 제시되어 있다.

표 1 경형 및 중형 상용차 기준 요약

출처: 에너지부, ISCI와 협력

국가(관할권)	기준유형	규제 대상 차량	측정 단위	변수 및 구조	주행 사이클
미국	CO ₂ 배출량/에너지 효율	중형 승용 차량 및 경형 상용차	g CO ₂ /마일 / mpg (갤런당 마일)	차체 면적 기준 / 기업 평균 기준	미국 복합 주행 사이클
유럽연합	CO ₂ 배출량	N1 등급 차량(총중량(PBV)이 3.5 톤을 초과하지 않고, 화물 운송용으로 설계 및 제작된 차량) 중 기준 중량이 2,610kg 미만인 차량	g CO ₂ /km	공차 중량 기준 / 기업 평균 기준	NEDC / WLTP
일본	연비	총중량(PBV)이 3.5 톤 이하인 경형 및 중형 상용차. 차체 구조, 중량, 연료 종류, 변속기 유형에 따라 구분됨.	km/l	공차 중량 기준 / 조화 평균 기업 기준	JCO8 (2022 년까지) / WLTP
멕시코	CO ₂ 배출량	총중량(PBV)이 3,857kg 을 초과하지 않는 승용차 또는 경형 상용차	g CO ₂ /km	차체 면적 기준 / 기업 평균 기준	미국 복합 주행 사이클
대한민국	CO ₂ 배출량, 에너지 효율	최대 15 인승이며 총중량(PBV)이 3,500kg 인 경형 상용차	g CO ₂ /km / km/l	공차 중량 기준 / 기업 평균 기준	미국 복합 주행 사이클
캐나다	CO ₂ 배출량, 에너지 효율	중형 승용차 및 경형 상용차	g CO ₂ /마일 / mpg (갤런당 마일)	차체 면적 기준 / 기업 평균 기준	미국 복합 주행 사이클
사우디아라비아	에너지 효율	총중량(PBV)이 최대 3.5 톤이며, 멕시코와 동일한 정의에 따라 경형 상용차로 분류되는 차량	km/l	차체 면적 기준 / 기업 평균 기준	미국 복합 주행 사이클
중국	연료소비	총중량(PBV)이 3.5 톤을 초과하지 않고 화물 운송용으로 설계·제작된 N1 등급 차량으로, 연료 종류에 따라 구분됨	L / 100 km	공차 중량 기준 / 기업 평균 기준	NEDC / WLTP

3. 국가적 배경

3.1 칠레의 운송 부문 에너지 소비

2023년 운송 부문의 에너지 소비량은 108,705[Tcal]로 국가 전체 에너지 소비량의 33.3%에 해당한다(에너지부, 2024). 2023년 국가 에너지 수지 보고서에 따르면, 운송 부문의 에너지 소비 중 가장 큰 비중을 차지한 것은 도로 부문으로 전체의 82.8%를, 항공 부문은 12.87%, 해상, 철도, 파이프라인은 각각 3.02%, 0.91%, 0.39%를 차지한다. 이 수치는 그림 7에 제시되어 있으며, 국제적 추세와 유사한 수치이다.

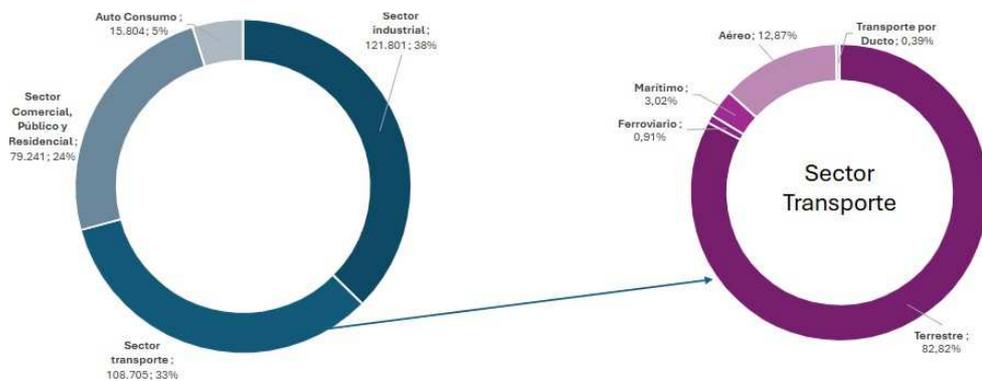


그림 5 국가 차원의 운송 부문 에너지 소비량 [Tcal]

출처: 자체 정교화. 데이터(에너지부, 2024년)

도로 운송의 에너지 소비량 중 경중형 차량 부문은 50%로 추정되며, 이는 국가 에너지 소비량의 약 14%를 차지한다.⁷

3.2 중형 차량 시장의 특성

경형 차량과 마찬가지로 칠레에는 중형 차량을 생산하거나 조립하는 자국 산업이 없기 때문에 칠레에서 판매되는 모든 차량은 다양한 해외 시장에서 수입된다. 그럼에도 불구하고 이 세그먼트에서는 분석 연도에 따라 약 50개의 다양한 브랜드가 경쟁하고 있다. 2024년에는 이들을 에너지 효율법에 따라 기준을 준수할 책임이 있는 30개의 수입업체로 분류하였다. 수입업체의 시장 점유율 분포는 그림 6에 표시되어 있다.

⁷ 중형 및 경형 차량 부문의 에너지 소비량 계산은 BNE(국가 에너지 수지)에서 제공된 데이터와 국가 차량 등록 정보의 특성을 기반으로 ISCI(복잡 시스템 공학 연구소)가 수행한 추정치에 해당한다.

이 세그먼트를 특징짓는 또 다른 중요한 요소는 판매가 픽업 트럭(~63%)에 집중되어 있고 스테이션 왜건(~28%), 미니버스(~3%), 밴(~5%)과 같은 다른 차종은 그다지 많지 않다는 점입니다.

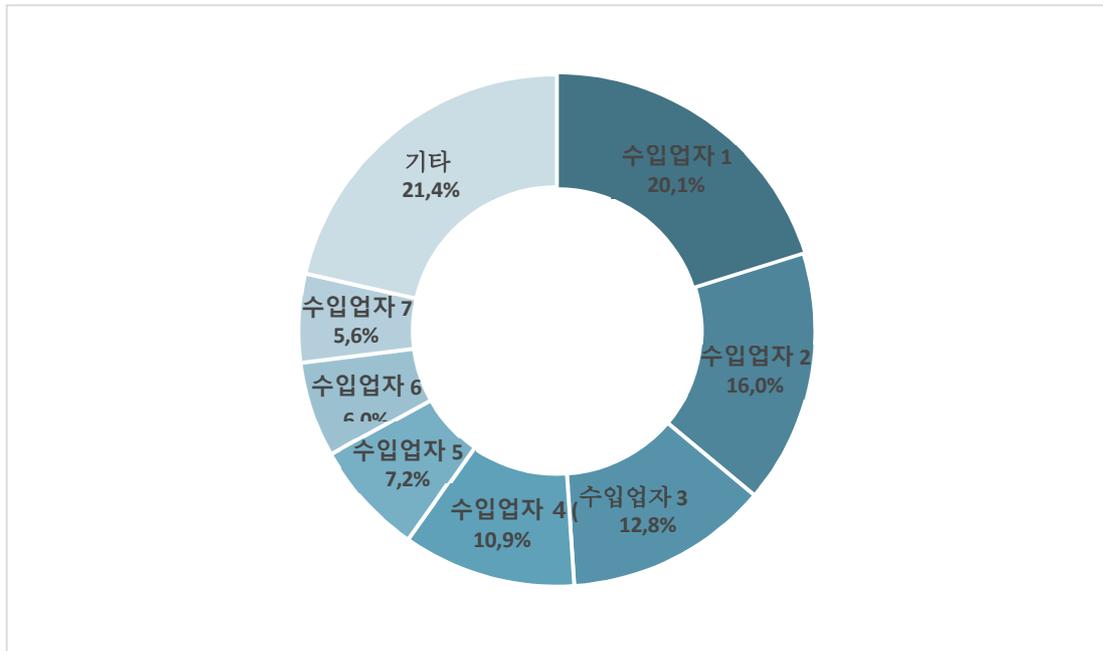


그림 6 2024년 중형 차량 시장의 시장 집중도 수준

출처: 에너지부, ISCI와 협력. 데이터 3CV.

그림 7에 제시된 바와 같이, 2024년 상위4대 수입업체의 집중도비율(CR4)⁸은 60%로 이다. 반면, 허핀달-허쉬만 지수(HHI)⁹,는 2024년 H=1.127을 기록했으며, 2015~2024년 평균 H=914였다. 이 지표의 경우 100에 가까운 값일수록 경쟁이 치열한 산업을 의미하며, 최대 1,500은 집중된 시장이라는 것을 말한다. 시장 집중도 지수는 경형차량 부문에서 관찰된 것보다 약간 높지만, 2022년과 2024년을 제외하고는 2015년 이후 지속적으로 감소하는 추세를 보이고 있다(그림 7 참조).

⁸ 집중도 비율 (CRx)은 경제학에서 사용되는 지표로, 시장의 집중도를 측정하기 위해 산업에 참여하는 X 개 기업의 총 생산량 또는 매출액을 기준으로 이를 정량화 한다. 가장 일반적인 집중도 비율은 CR4 와 CR8 이다.

⁹허핀달-허쉬만지수(HHI)는 시장규모와 기업 규모 사이의 관계 및 기업 간 경쟁 수준을 측정하는 지표이다.

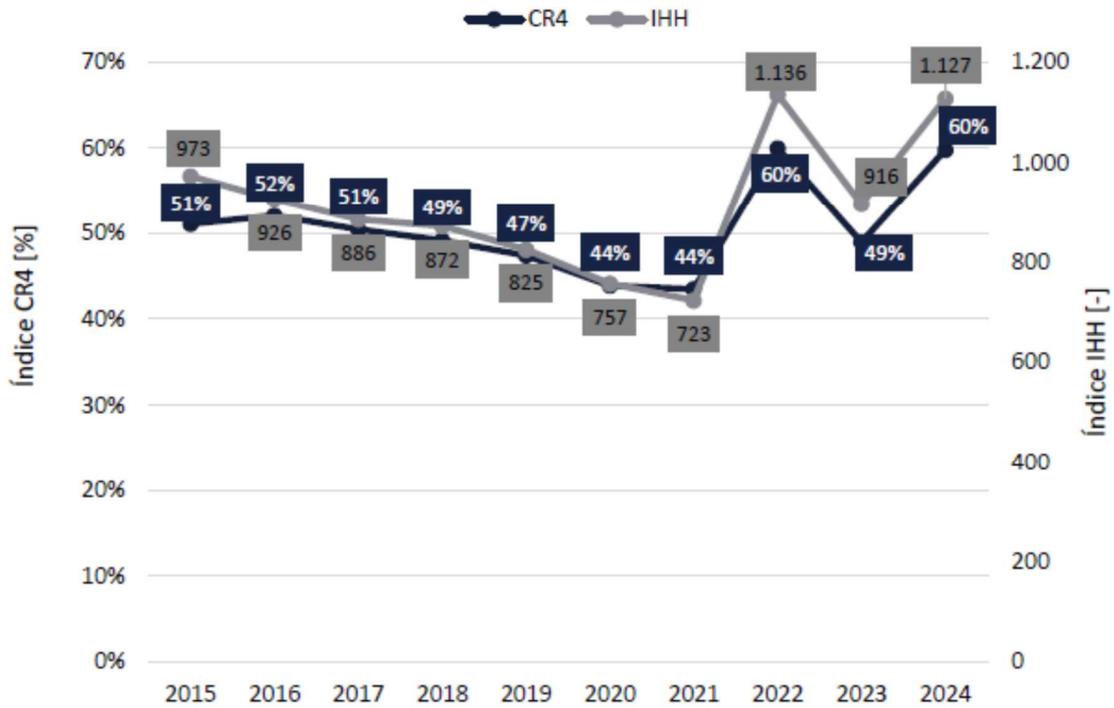
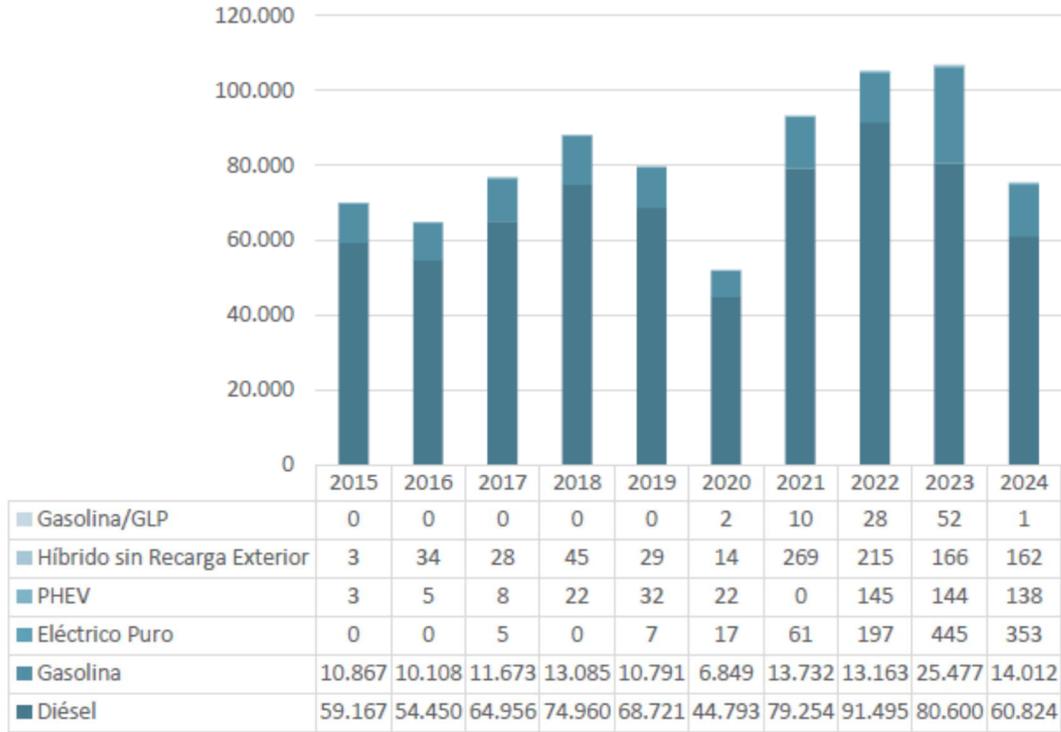


그림 7 칠레 중형 차량 부문 연간 시장 집중도 지수.

출처: 에너지부와 ISCI 공동작성 자료: 교통통신부.

3.3 중형 차량 판매의 특성화

2021년에는 경형 및 중형 차량의 판매량이 크게 증가하였다. 중형 차량의 경우 2020년에는 코로나19로 인한 이동 제한 조치로 인해 전년 대비 35% 감소한 판매량을 기록했다. 그러나 2021년 중형 차량 판매는 크게 증가했으며, 2023년에는 최근 몇 년 중 가장 높은 판매량(중형 차량 106,884대)을 기록했다. 그림 8은 칠레의 중형 차량의 신차 연간 판매량에 대한 것이다.

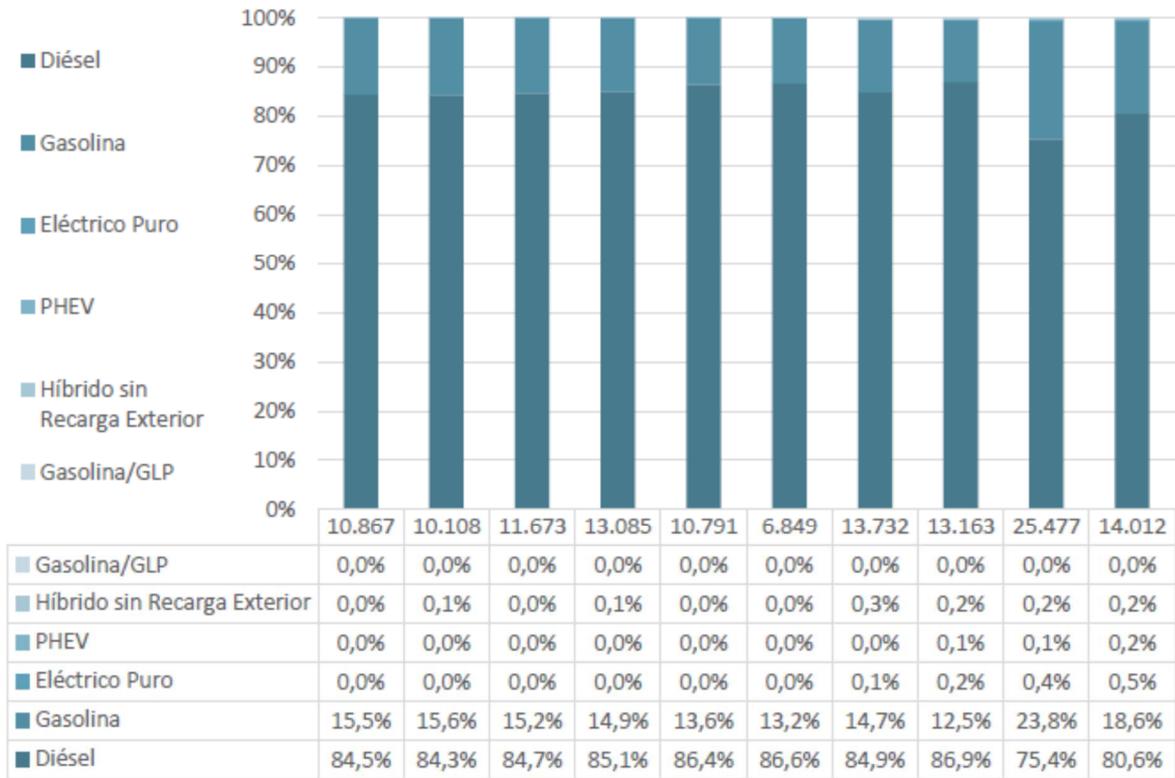


가솔린/액화석유가스(GLP)-자체 충전식 하이브리드-플러그인 하이브리드(PHEV)- 배터리 전기차 - 가솔린-디젤

그림 8 국내 현황 - 중형 차량 연간 판매량. (2015~2024년)

출처: 에너지부와HSCI공동작성.

그림 9에서 알 수 있듯이 2022년까지 기술 별 시장 점유율의 변화는 비교적 안정적으로 유지되었으며, 그 중 디젤 차량의 판매가 약 85%로 주도하였고, 가솔린 차량이 약 15%로 그 뒤를 잇는다는 것을 보여준다. 2024년에도 디젤 차량이 계속 우세하지만 점유율은 80.6%로 감소한 반면, 가솔린 차량은 18.6%로 증가했다.



가솔린/액화석유가스(GLP)-자체 충전식 하이브리드-플러그인 하이브리드(PHEV)- 배터리 전기차- 가솔린-디젤

그림 9 칠레의 연간 중형 차량 판매량 중 기술 유형별 점유율. (2015~2024)

출처: 에너지부, ISCI 공동작성

지난 2년 동안 이 세그먼트에서 무배출 및 저배출 차량의 판매에 의미있는 진전이 관찰되었다. 비록, 이 세그먼트의 판매 비중은 내연기관 차량 판매에 비해 여전히 낮지만, 지난 4년 동안 판매량은 10배 이상 증가했다. 특히 순수 전기차의 판매량은 2020년 17대에서 2024년 353대로 증가했다.

2015년부터 2024년까지의 에너지 효율성 추이를 WLTP¹⁰주행 사이클 추정치를 기반으로 분석한 결과, 복합 연비는 8.6 km/lge로 추정된다. 2024년 판매량의 기준 중량과 혼합 효율을 고려하여, 기준 중량에 따른 중형 차량의 효율을 그림 10에 표시하였다.

¹⁰ 연비는 NEDC 주행 사이클을 기반으로 한 시험에서 측정된다. 이후 WLTP에서의 연비를 추정하기 위해 계수(factor)가 적용되었다. 이는 마지막 사이클이 더 엄격하기 때문에 추정된 연비 변동을 미리 반영하기 위함이다(부록 I 참조).

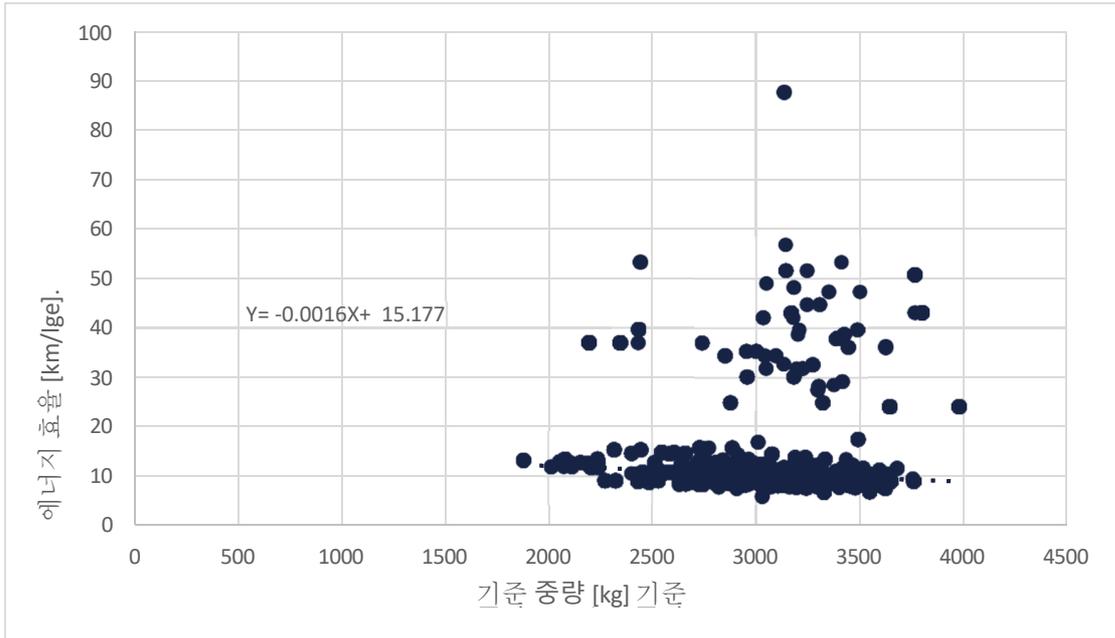


그림 10: 2024년 중형 차량 판매 연비 (NEDC) [km/lge] (참조 중량을 기준으로 함).

출처: 에너지부, ISCI 공동작성 자료 : 교통통신부

2024년 차량 판매량의 대표 직선은 해당 연도의 모든 판매량을 선형 회귀 분석하여 도출한 것으로, 이 과정에서 연비는 소비된 에너지 단위당 주행 거리 (휘발류 환산 리터당 킬로미터/ km/lge)로 표준화 되었으며, 이에 대해서는 4.2절에 상세히 설명되어 있다. 그림 10 에서 평균적으로 기준 중량이 100[kg] 증가할 때마다 효율은 0.16[km/lge] 감소하며, 이는 직선의 기울기 $-0.0016[\text{km/lge/kg}]$ 로 나타난다.

3.4 칠레 중형 차량 보유대수의 과거 연비 추이

2015년부터 2024년까지의 데이터베이스를 기반으로, 칠레 시장에 진입한 차량의 주요 특성을 나타내는 주요 파라미터를 추출할 수 있으며, 이는 표 2에 요약되어 있다.

표 2 2015년부터 2024년까지 중형 차량의 특성 요약.

출처: ISCI, 에너지부.공동작성 자료 : 교통통신부

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
평균복합 연비 ¹¹	[km/lge] 8,3	8,8	8,9	8,9	8,9	8,8	8,5	8,6	8,6	8,5
평균참조중량	[kg] 2.772	2.788	2.791	2.800	2.804	2.797	2.798	2.751	2.837	2.956

표 2 에서는, 국내 시장에 출시되는 신형 중형 차량의 에너지 효율이 평가 기간 동안 비교적 안정적으로 유지되고 있음을 확인할 수 있다. 이 상황은 최근 몇 년간 거의 일정하게 유지되고 있는 평균 배기가스 배출량과 유사하다. 연도별 중형 차량의 복합에너지 효율의 변화는 그림 11에서 확인할 수 있습니다.

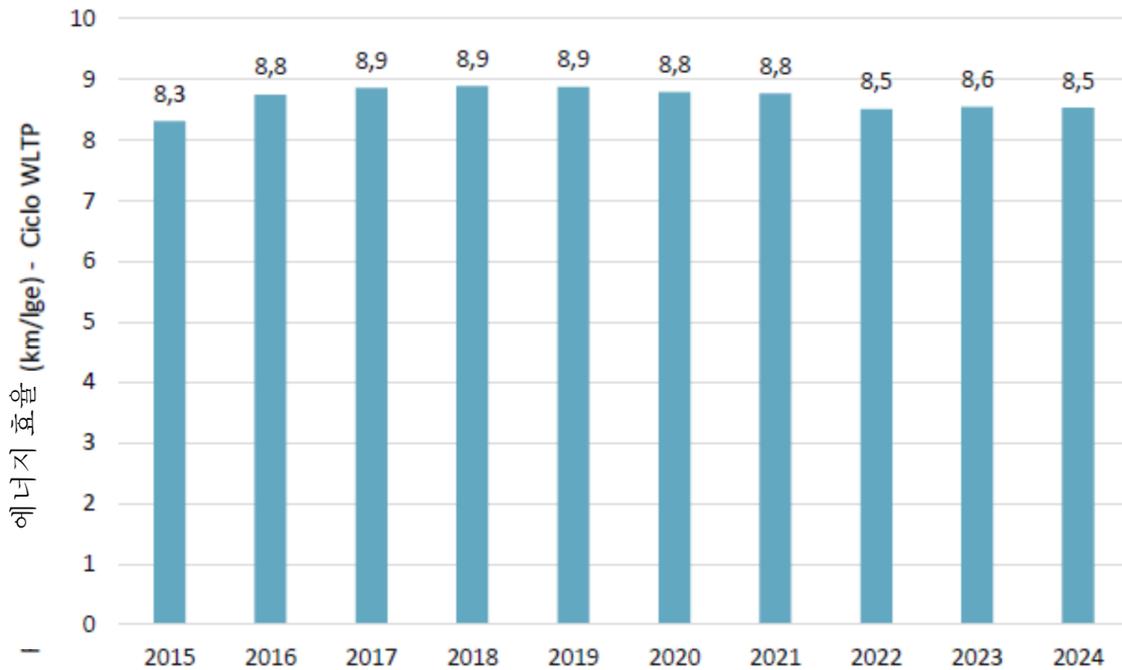


그림 11 시장에 진입한 중형 차량의 과거 평균 복합 연비실적. (2015-2024)

출처: 에너지부, ISCI,공동작성 자료: 교통통신부

¹¹ 이 값들은 참고용으로 모든 내연기관 차량(가솔린 및 디젤)의 연비 성능은 WLTP 사이클 추정 요인에 맞게 조정되었다. NEDC 사이클에서 WLTP 사이클로 전환 시 디젤 차량의 연비 성능은 약 20% 감소, 가솔린 차량의 연비 성능은 약 16% 감소할 것으로 추정됩니다. 이 추정은 수입업체의 평균 연비가 주행 사이클 변경 시 어떻게 변동될 수 있는지 참고자료를 제공하기 위해 수행되었으며, 새로운 시험 기준의 요구사항에 맞는 기준을 설정하기 위한 목적입니다. 자세한 내용은 부록 I을 참조할 것.

그림 12에서 볼 수 있듯이, 2015~2019년 동안 해당 세그먼트의 신차 평균 크기는 중량 기준으로 소폭 증가세를 보였다. 이러한 추세는 2022년 1.7%로 조금 감소하였지만, 2023년에는 전년도 대비 3.1% 증가하여 다시 소폭 증가하는 추세를 보였다.

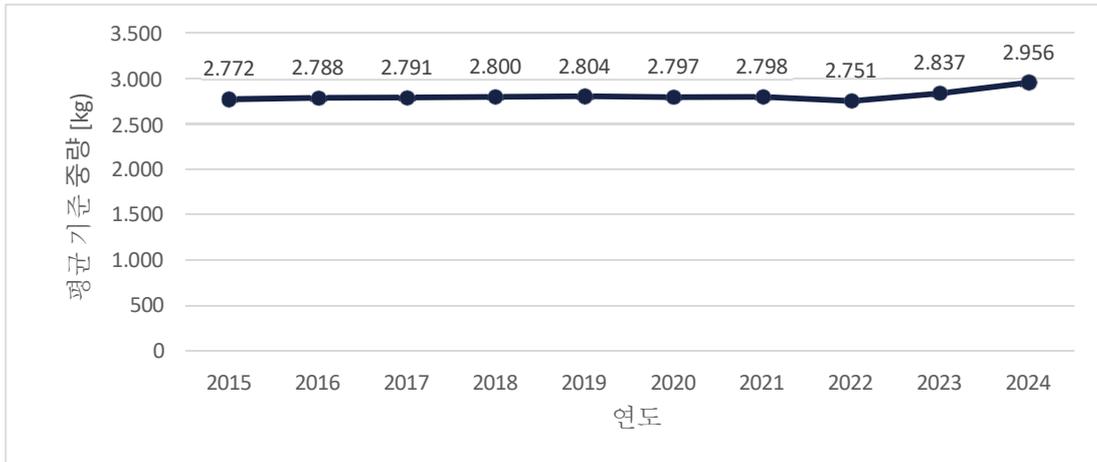


그림 12 국내에서 판매된 신형 중형 차량의 중량 지표.(2015~2024년.)
출처: 에너지부, ISCI 공동 작성

그림 13은 2015년부터 2024년까지 판매된 신형 중형 차량의 기준 중량과 복합 연비의 변화를 비교한 것이다. 표 2의 데이터를 바탕으로 추정된 결과, 복합 연비는 평균 0.032 [km/lge] 개선된 것으로 나타났다.

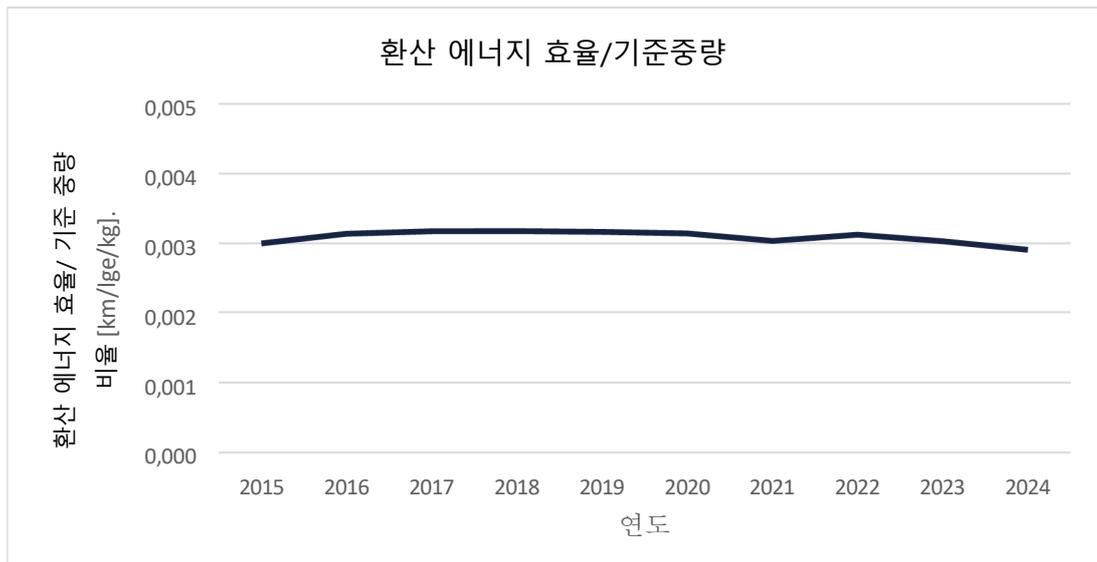


그림 13 국내에서 판매되는 신형 중형 차량의 에너지 효율성과 기준 중량 비율의 진화. (2015~2024)
출처: 에너지부, ISCI 공동작성.

표 2를 보면 에너지 효율은 전년도 대비 5.3%(2016년)에서 -3.3%(2021년)로 변동하였으며, 평균 개선율은 0.4%임을 알 수 있다. 이는, 2015년부터 2024년까지 에너지 효율에 큰 변동이 없다는 것을 의미한다.

기준 중량도 마찬가지이다. 전년 대비 평균 중량 변동은 -1.68%(2022년)에서 4.19%(2024년)로, 평균 변동률이 0.7%로 산출된다.

위 내용과 그림 13의 추이를 고려할 때, 기준 중량의 변동과 복합 에너지 효율 사이에는 직접적인 관계가 없다는 것을 유추할 수 있다. 그러나 차량의 기술적 구성에 따라 중형 차량의 에너지 효율이 비교적 안정적으로 유지되어 왔기 때문에, 에너지 효율은 주로 차량 기술과 관련되어 있다는 것을 짐작할 수 있다.

차량의 연료 소비 개선은 파워트레인¹² 기술의 점진적인 효율성 개선, 시장 변화에 따라 더 효율적인 추진 시스템으로의 전환, 차량 크기 및 성능 증가에 대한 제약 등 세 가지 방식으로 이루어질 수 있다(Craglia & Cullen, 2019).

3.5 국내 시장용 중형 차량의 연비(에너지 효율성)전망을 위한 기초 자료

에너지 효율의 변동을 추정하기 위해, 2015년부터 2024년까지의 효율을 고려한다. 이 기간 동안 연간 평균 0.032[km/lge]의 개선이 이루어졌으며, 이를 자연적 효율 개선율이라 부른다.

그림 4에서 제시된 바와 같이, 이 차량 세그먼트에 대한 에너지 효율성 기준 또는 동등한 기준을 갖춘 관할 구역들은 서로 다른 과거 데이터와 목표를 나타낸다. 이 경우, 비교는 NEDC 주행 사이클을 기반으로 이루어진다. 그러나 2018년부터 차량 인증 절차를 결정하는 글로벌 표준은 NEDC 주행 사이클을 WLTP(Worldwide Harmonized Light-duty Vehicle Test Procedure) 주행 사이클로 대체하였다. WLTP 주행 사이클의 장점은 차량의 실제 사용 조건과 현재 기술 수준을 인증 방법론에 더 정확히 반영한다는 점이다.

WLTP 주행 사이클은 각 차량의 사양, 특히 연료 소비량과 CO₂ 배출량에 영향을 미치는 모든 옵션 장비를 고려하기 때문에 더 정확한 값을 제공한다. 일부 경우 WLTP 주행 사이클의 연료 소비량이 NEDC 주행 사이클 기반 값보다 높을 수 있다. 이는 새로운 방법론이 더 까다롭고 길며, 현재 차량 사용 상황을 더 잘 반영한 기준 시나리오를 기반으로 하기 때문이다.

신규 상용 차량의 배출량(NEDC 주행 사이클 기준으로 표준화)을 비교할 때, 국내 시장에 유입되는 이

¹² 파워트레인 또는 추진 시스템은 차량이 주행 중 이동을 위해 필요한 에너지 양을 생성하는 데 영향을 미치는 모든 구성 요소를 의미합니다.

세그먼트의 차량들의 CO₂ 배출량의 과거 평균치는 비교 대상 국가(사우디아라비아와 한국을 포함)보다 더 높다는 것을 확인할 수 있으며, 이는 그림 14에 반영되어 있다.

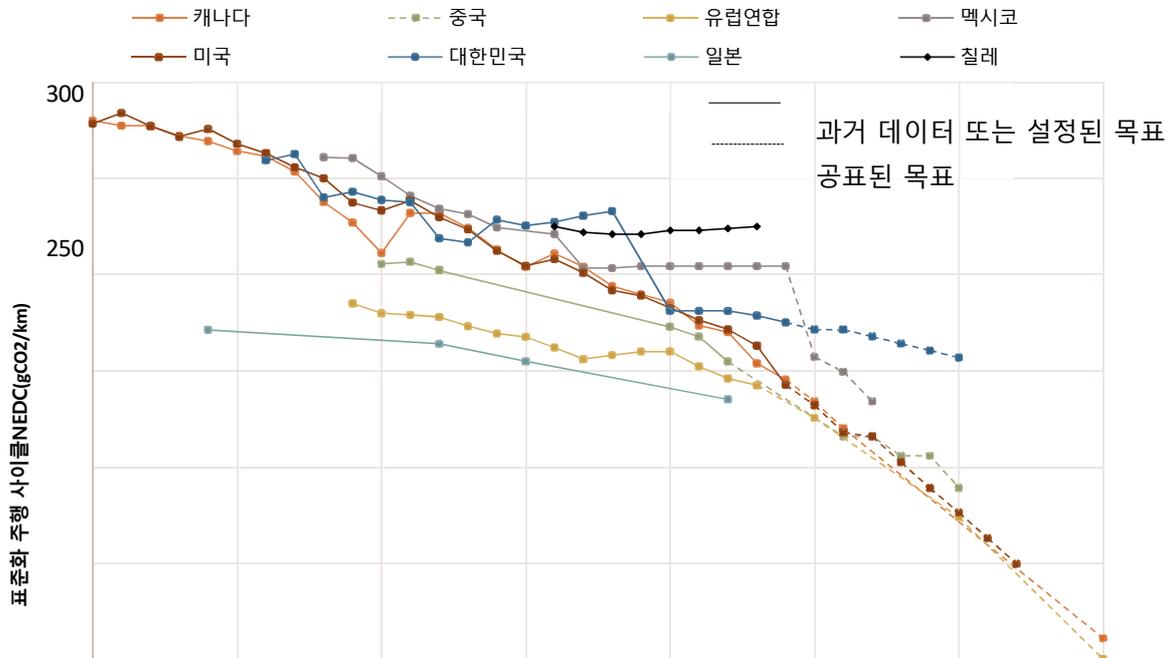


그림 14 신규 경형 상용 차량의 이산화탄소 배출량 (gCO₂/km) (NEDC 주행 사이클 기준).
출처: 에너지부 및 ISCI 공동작성. 자료: 3CV & (ICCT, 2024)

한국의 배출량 및 에너지 효율성 기록과 관련하여, 판매된 차량의 평균 크기에 대한 데이터 확인이 어렵기 때문에, 상대적으로 오래전에 기준을 도입했음에도 이 세그먼트에서 한국의 가장 최근 배출량이 칠레의 배출량 보다 비교적 높은 이유를 설명하기 어렵다. 그러나 설정된 목표로 인해 한국의 배출량은 북미 수준에 도달할 수 있다.

4. 중형 차량에 대한 에너지 효율 기준 제안

국제적 사례와 차량 라벨링을 통해 쌓인 국내 경험, 그리고 에너지 효율성 법에 규정된 정의를 바탕으로 이하에서는 칠레의 신규 중형 차량을 대상으로 제안하는 에너지 효율 기준의 정의에 반영된 주요 특성을 설명한다.

특성들은 다음과 같습니다: 기준 유형 및 측정 단위, 휘발류 환산량, 규제 대상 차량, 시험 주행사이클, 지표, 이행 책임주체, 제안된 기준, 준수 위반 시 제재, 기기 간 크레딧 제도 및 가중 계수. 위 내용은 표 3에 요약되어 있다.

표 3 기준에 정의된 특성 요약.
출처: 에너지부, ISCI 공동작성

기준 유형	에너지 효율 기준
측정단위	휘발유 환산 연비(km/l)
규제 대상 차량	중형 차량
테스트 주기	현재 주기 ¹³
지표	기준 중량 [kg] ¹⁴
산정 방법	기업 평균
이행 책임 주체	수입업체 또는 대리인

4.1 기준 유형 및 측정 단위

칠레의 에너지부는 법률 제21.305호 제7조에 따라 에너지 효율 기준을 설정해야 한다. 이 기준에는 에너지 효율 목표를 포함해야 하며, 측정 단위는 휘발유 환산 리터당 킬로미터(gCO₂/km)이다. 이는 일본 그리고 한국과 동일한 방식이다. 또한, 기업 평균 연비의 환산 값을 이산화탄소(CO₂) 그램당 킬로미터[gCO₂/km]로 표시해야 한다. 두 값은 차량 인증 과정에서 3CV가 수행한 정보에 따라 결정된다.

4.2 휘발류 환산기준

현재 교통통신부 3CV의 차량 형식 승인 과정에서 측정되는 km/l 단위의 연비 측정방법에 경유와 휘발유 간의 에너지 함량 차이를 반영하지 않는다. 이로 인해 경유는 리터 당 에너지 함량이 더 높기 때문에

¹³ 이 보고서에서 제안된 기준은 예상된 주행 사이클 변화로 인한 평균 연비의 감소를 미리 예상 반영한 것이다. 자세한 내용은 부록 I을 참조

¹⁴ 기준중량은 차량의 주행 상태 중량에서 75kg의 운전자 기준 중량을 빼고, 100kg의 균일한 중량을 더한 값에 차량 총 중량의 28%를 더한 값이다.

경유를 사용하는 차량에 단위 리터 당 더 높은 연비를 제공한다. 또한 액체 연료나 다른 에너지를 에너지원으로 사용하지 않는 차량의 경우, 에너지를 공통단위로 환산하지 못한다면 에너지 효율을 정량적으로 설명할 수 없다.

이 기준을 적용하기 위해 경유, 휘발유, 전기 또는 기타 에너지원 간의 에너지 함량 차이를 고려해야 하고 다양한 기술 유형의 차량 연비를 측정할 수 있어야 하기에 공통 단위가 필요하다. 이에 에너지 효율에 관한 법률 제21.305호에 따라 휘발유 환산(등가) 리터(l_{ge})가 공통 기준으로 설정되었다. 연비 환산을 위한 산정방법은 다음과 같다.

a) 액체 연료를 사용하는 차량의 경우, 환산식은 다음과 같다.:

$$\eta_{eq_cl} \left[\frac{km}{l_{ge}} \right] = \eta_{combustible\ original} \left[\frac{km}{l_{combustible\ original}} \right] * \frac{\rho_{gasolina} * PC_{gasolina}}{\rho_{combustible\ original} * PC_{comustible\ original}} \left[\frac{l_{combustible\ original}}{l_{ge}} \right]$$

b) 순수 전기 차량의 경우 환산식은 다음과 같다.

$$\eta_{eq_ep} \left[\frac{km}{l_{ge}} \right] = \eta_{ep} \left[\frac{km}{kWh} \right] * \frac{\rho_{gasolina} * PC_{gasolina}}{3600} \left[\frac{kWh}{l_{ge}} \right]$$

c) 외부 충전식 하이브리드 차량의 경우, 두 가지 이상의 연비가 결정된 경우(에너지원별로 하나씩), 환산 연비는 각 에너지원이 차량에 제공하는 자율 주행 거리 비율에 따라 해당 에너지를 휘발유 환산 연료로 환산한 값을 가중 평균하여 산정한다. 내연 기관의 자율 주행 거리는 에너지부에서 결정한다.

d) 위에 포함되지 않은 기타 유형의 에너지를 사용하는 차량의 경우, 환산방식은 에너지부의 결정에 의해 정해진다.

여기서 ρ (연료 밀도, kg/l) 및 PC(연료 발열량, kJ/kg)는 차량 형식 승인 시 기록되는 특성이며, η_{eq_cl} 은 액체 연료 차량의 효율(연비)(km/lge), η_{eq_ep} 은 순수 전기 차량의 효율(연비)(km/lge)이다. 연료의 밀도 및 발열량은 차량 형식 승인 과정에서 에너지 효율을 계산하는 위해 교통통신부가 사용하는 것과 일치해야 한다.

최종적으로, 주행 사이클에 따라 혼합 연비 또는 복합 연비(휘발유 환산 리터당 킬로미터)가 사용된다, 이는 칠레의 주행 조건을 더 잘 반영하며, 차량 군집을 대표할 때 통계적으로 더 우수한 결과를 제공하기 때문이다.

4.3 규제 대상 차량

위에 명시된 바와 같이 법률 제21.305호 제7조 임시조항을 준수하기 위해 본 기술 보고서는 중형 차량에 대한 에너지 효율 기준의 평가 및 제안에 해당한다. 이 문서의 목적상 중형 차량은 1994년 교통통신부령 제54호 제1조 3항에 규정된 정의에 따라 중형 자동차 또는 이를 대체하는 차량으로 간주되며, 현재 차량 총 중량이 2,700kg 이상 3,860kg 미만인 차량이 이에 해당한다.

4.4 시험(테스트) 주행 사이클

현재 칠레 시장에 출시되는 차량은 *신 유럽 주행 주기*(New European Driving Cycle =NEDC) 주행 사이클에 따라 인증을 받고 있다. 그러나 국제적으로는 NEDC주행 사이클 기준을 규제하거나 규제하던 국가들이 WLTP(*국제기준경차시험절차*)로 전환하는 것이 추세이다. 3.5절에서 언급한 바와 같이, WLTP 절차는 실제 주행 조건을 더 잘 반영하는 기준 시나리오를 기반으로 하며, 연료 소비와 CO₂ 배출에 영향을 미치는 모든 선택사항까지 포함하여 시험을 수행한다. 그 결과 에너지 소비량과 CO₂ 배출량 수치가 NEDC 사이클보다 높게 나타난다(Dornoff, Tietge, & Mock, 2020) (ICCT, 2024).

칠레는 국제적 추세에 따라 WLTP를 도입했으며, 환경부령 제40/2019호에 따라 중형 차량의 배출가스 기준을 개정했다.

따라서 수입업체별 에너지 효율 기준은 WLTC 주행 사이클에 따라 측정됩니다. 본 보고서에서 제안된 기준의 요구 사항은 향후 더 엄격한 주행 사이클로의 전환으로 인해 승인된 차량의 평균 연비(효율)가 궁극적으로 감소할 것을 고려한다(부록 1 참조). 기업 성과는 현재 주행 사이클에 따라 측정된다.

4.5 지표

차량 기준 이행의 다양한 시행 사례를 분석하고 국제적 여러 입법사례를 참고하여, 에너지 효율 목표를 설정하기 위해 지표가 사용할 예정이다. 일반적으로 차량 총중량이 에너지 효율과 밀접한 상관관계를 보이지만, 국제적으로 사용되지는 않는다. 그 이유는 차량이 최대 적재 상태로 주행 된다는 것을 전제로 하는데, 실제 차량이 항상 최대 적재 상태로 주행하지는 않기 때문에 전제가 운행조건을 대표하지 못하기 때문이다. 국제적으로 풋프린트(*footprint*)를 지표로 사용하는 것도 관찰되지만, 이 차량군에 대해 시장에서 관찰된 데이터를 볼 때 이 지표는 분석된 3개 지표 중 가장 적합하지 않다.

마지막으로, 기준 중량은 차량 총 중량 및 연비와 비교하여 대표성이 가장 높은 지표로 국제적으로 많이 사용된다. 또한 이 지표는 칠레의 주요 시장인 한국, 일본, 유럽연합, 중국(대부분의 시장을 커버하는 브랜드의 원산지)과 직접적인 비교가 가능하다. 기준 중량은 주행 중인 차량의 중량에서 운전자의 균일

중량 75kg를 빼고, 100kg의 균일 중량을 더한 후 차량 총 중량의 28%를 추가하여 계산하다.

4.6 기준 준수 책임자

기준 준수의 책임이 누구에게 있는지 이해하려면 칠레의 자동차 시장 구조를 고려하는 것이 중요하다. 자동차 산업의 가치 사슬은 일반적으로 4개의 주요 주체를 중심으로 구성된다(그림 15 참조).

1. 자동차 제조업체.
2. 브랜드의 수입업체 또는 공식 대리인.
3. 브랜드 딜러.
4. 최종 소비자.



그림 15 자동차 산업 가치 사슬

그런 다음 법률 제21.305호에 따라 각 차량 브랜드의 수입업체 또는 대리인은 차량 에너지 효율 기준을 준수할 책임이 있다. 즉, 각 수입업체 또는 대리점(해당되는 경우)에 해당 연도에 해당 책임자가 판매한 모든 차량의 평균 에너지 효율을 기반으로 차량의 에너지 효율이 평가된다. 이 평가는 매년 실시되며, 각 수입업체가 수입하는 차량의 평균 중량은 연도별로 변동될 수 있음을 고려한다.

본 기술 보고서 작성 과정에서 및 본 보고서의 이해를 돕기 위해, 이하에서는 수입업체 및 대리인을 구분 없이 “이행 책임 주체”로 칭한다.

4.7 표준화 제안

이 보고서에서는 칠레의 중형 차량 세그먼트에 적용할 연비 기준의 표준화에 대한 초안을 분석한다. 이 기준은 3년마다 업데이트되며 시장에 유입되는 신규 차량에 대한 에너지 효율성 목표가 설정된다. 시나리오는 점진적인 기준 강화를 기본원칙선진 시장의 수준에 도달하는 것을 목표로 한다.

제안된 기준은 4.5항에 명시된 바와 같이, 기준 중량을 설명변수로 하여 신규 중형 차량 세그먼트를 정의하는 기준선으로 표시된다. 각 책임 당사자의 기준 준수 여부를 확인하기 위해, 자신의 연평균 에너지 효율을 해당 연도의 평균 기준 중량에 의해 결정되는 기준값과 비교한다. 이러한 방식으로 각 책임 당사자는 자신이 매년 판매하는 모든 차량의 기준 중량 평균에 따라 달라지는 특정 성능 기준을 준수해야 한다.

이는 다음식에 따라 산출된다.

$$Estandar_{ij}=Estandar_{refj}+a*(M_{ij}-M_0)$$

각 변수는 다음과 같이 정의한다.

$Estandar_{ij}$: 연도j에 책임자i에게 요구되는 기업 에너지 효율. 단위 (km/lge).

$Estandar_{refj}$: 연도 j에 대해 설정된 기준 에너지 효율 단위 (단위: km/lge).

a : 2024년 동안 거래된 중형 차량의 국내 시장 특성선(km/lge/kg)에서 도출된 값으로, -0.0016과 같은 직선의 기울기에 해당. 단위 (km/lge/kg)

M_{ij} : j 년도에 책임자 i 의 평균 기준 중량으로, j 년도에 책임자 i 가 유효하게 발급한 개별 형식 승인 인증서를 보유한 모든 차량의 기준 중량의 평균값. 단위(kg)

M_0 : 2024년 한 해 동안 판매된 중형 차량의 테스트 결과 기준 중량의 평균에 해당하며, 평균값은 **2,956kg**

기울기 (a)는 2024년 칠레에서 판매된 차량을 특징짓는 직선의 기울기 값에 나타내며, 제안된 기준은 해당 직선과 동일한 기울기를 가진다.

기준 중량은 주행 중인 차량의 중량에서 운전자의 균일 중량 75kg 뺀 후, 100kg 을 더한 값에 차량 총 중량의 28%를 추가한 값이다.

참조기준은 산업이 도달하고자 하는 평균연비 수준이다. 비교를 위해 그림 16은 NEDC 주행 사이클을 기반으로 한 기준화 제안(왼쪽)과 WLTC 사이클 변경에 따른 기준(오른쪽)을 확인할 수 있다. 목표는 표 4에 수치로 요약되어 있다.

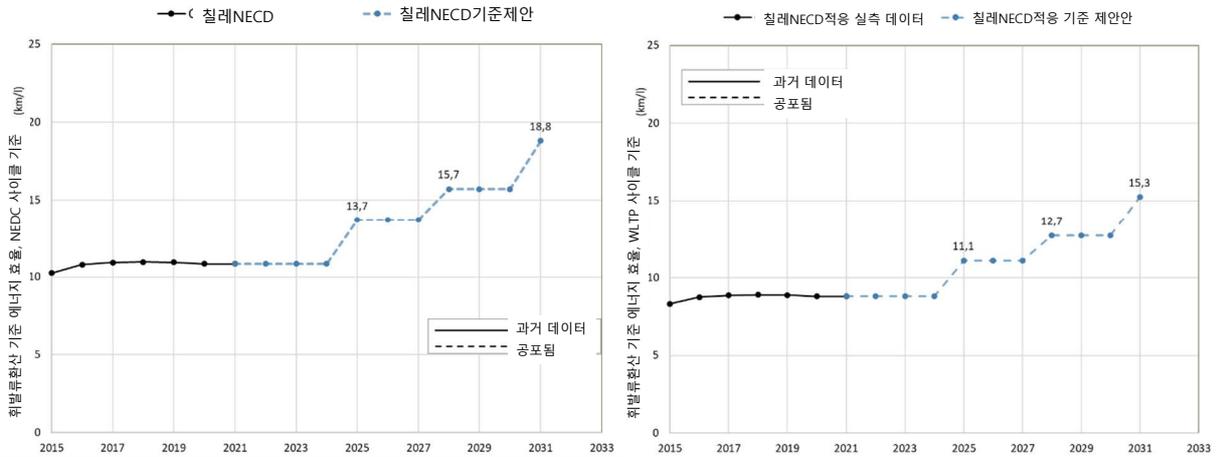


그림 16. 중형 차량의 NEDC사이클(왼쪽)과 조정된 NEDC 사이클(오른쪽)에 대한 연비 기준 제안

표 4. 중형 차량의 에너지 효율 목표 요약.

출처: 에너지부, ISCI와 공동 작성

연도	기준
2026 - 2028	11.1km/lge
2029 - 2031	12.7km/ lge
2032년 이후	15.3km/ lge

그림 16에서 볼 수 있듯이 조정된 NEDC 사이클¹⁵에 설정된 연비기준은 기존 NEDC 사이클의 효율보다 낮다. 그러나 이것이 에너지 절감 전망이 덜 유리하다는 것을 의미하는 것을 아니다. 왜냐하면 과거 연비 기록의 값이 WLTP 사이클에서는 감소하기 때문에, 기준연비를 명목상 더 낮게 설정한 것이다.

이 제안에서는 기울기가 -0.0016인 직선을 설정한다(이는 2024년 시나리오의 회귀 분석 기울기와 일치하며, 제3.3절 그림 10에 그래프로 표시됨). 점차적으로 절편을 증가시키며, 이는 이후 C_t 로 표기된다. 직선의 2026-2028년 기간의 그래프는 그림 17에서 확인할 수 있다

표 4에 표시된 참조 기준은 산업 전반의 에너지 효율 목표를 나타내며, C_t 는 절편(식 $M_{ij} = 0$ 일때의 값)을 나타낸다. 연간 에너지 효율 목표에 해당하는 참조기준(표 4)은 다음의 식으로 정의된다.

$$Estandar_{i-j} = a * M_{ij} + C_t \text{ evaluado en } M_{ij} = M_0.$$

¹⁵ 기준값은 WLTP 사이클로의 전환을 대비하기 위해 그 값을 감소시키는 계수로 곱해집니다. 자세한 내용은 부록 I를 참조.

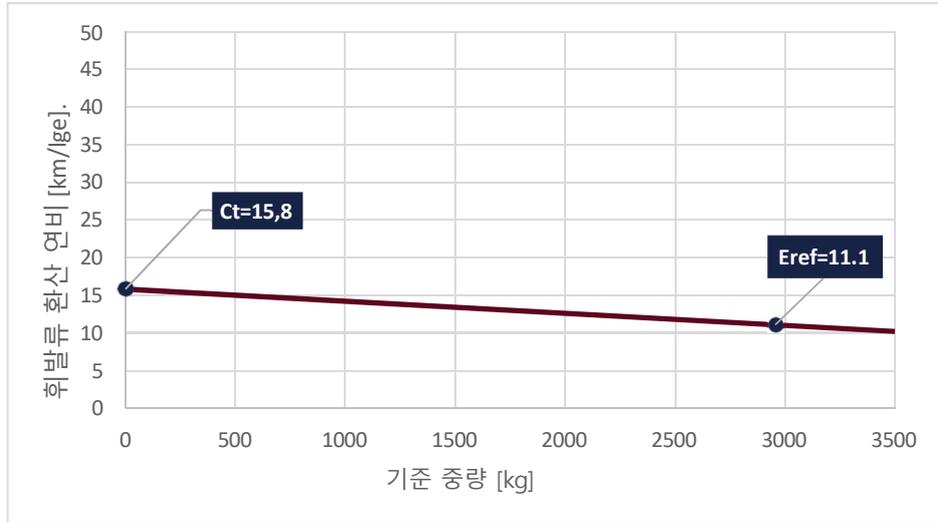


그림 17 기간 2026~2028년동안 예상되는 성능 기준.

출처: 에너지부(2024).

이 제안에서 각 이행 책임 주체가 매년 준수해야 하는 최소 기준값은, 해당 연도에 책임자가 형식 승인을 받은 차량의 평균 기준 중량에 따라 달라지지만, 해당 기준은 모든 책임자에게 동일하게 적용되는 지정된 공식을 기반으로 한다.

4.8 칠레에서 기준 미이행시 제재 조치 제안

법률 제21.305호에 따라, 제재는 전기 연료 감독청(SEC)에 의해 시행되며, 해당 연도에 정해진 기준에 비해 휘발유 환산 연비가 기준에 미달될 경우, 0.1km/lge당 최대 0.2UF의 벌금이 부과된다. 이 벌금은 해당 연도에 발급된 개별 형식 승인 인증서 총 발급건수를 곱하여 부과한다.

연간 기업 평균 에너지 효율성은 각 이행 책임 주체별로 계산되며, 이를 해당 책임자(책임 주체)의 에너지 효율성 기준과 비교한다. 이 기준은 해당 책임자(주체)가 해당 연도에 발급한 인증서를 가진 모든 차량의 기준 질량 평균을 기반으로 산출된다. 이 방식으로 벌금이 적용될 경우 각 책임자에 대한 벌금은 아래에 제시된 공식을 적용하여 산정한다.

$$Multaij [UF] = (Eij - Rij) * 10 * Nij * F$$

각 변수는 다음과 같이 정의한다.

$Multaij$: 책임 당사자(이행 책임 주체)가 i 가 j 년도에 해당 연도의 기준 미준수로 지불해야 하는 벌금 (단위 : UF의)

j

E_{ij} : 책임 당사자(이행 책임 주체) i 가 j 년도에 준수해야 하는 에너지 효율 기준 (단위: km/lge)

R_{ij} : 책임 당사자(이행 책임 주체) i 가 j 년도에 형식 승인 인증서가 발급된 모든 차량에 대해 산정된 실제 에너지 효율값(km/lge)

N_{ij} : 책임자가 j 년도에 발급한 개별 형식 승인 인증서 총 개수

F : SEC의 제재 절차에 따라 결정된 km/lge당 0.1 단위별로 산정되는 위반에 따른 부과 계수(단위 UF)

그림 18은 수입업자들이 고연비 차량의 판매를 촉진하기 위한 조치를 취하지 않을 경우 부담하게 될 단위별 벌금을 요약한 box-and-whisker 다이어그램 (box-and-whisker plot)이다.

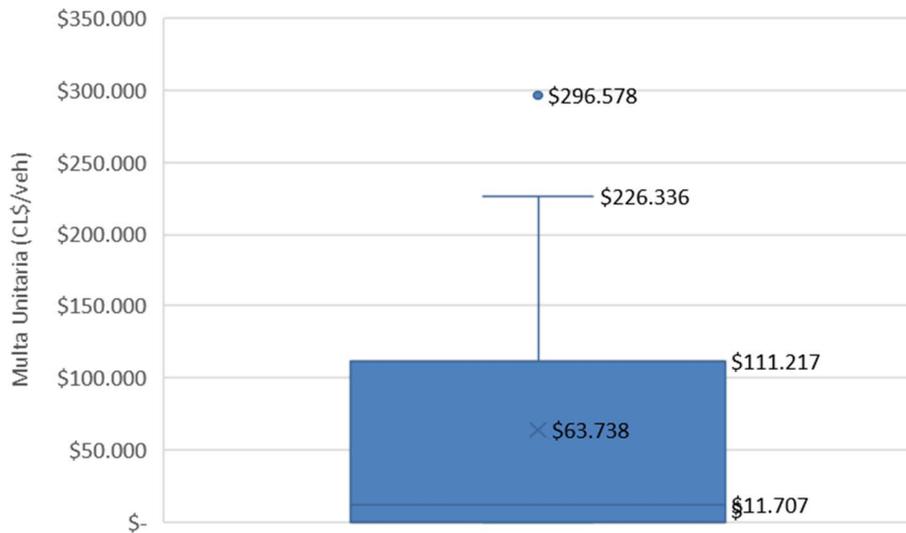


그림 18. 미 이행에 따른 단위 벌금 요약 (수입업자/브랜드별).
출처: 에너지부, ISCI 공동 작성. 자료: ICCT(2021), EPA(2021b).

그림18에서 알 수 있듯이 많은 이행 책임 주체들은 기준 준수 영역에 속할 것으로 예상된다. 실제로 주체들의 4분의 1은 벌금이 없다. 미 이행 영역에 속할 경우에도, 개별 차량당 부과되는 벌금은 \$111,000 이하의 범위에 집중되어 있으며, 대부분 벌금은 중앙값(중앙값≈ \$12,000) 부분에 밀집되어 있다. 소수이긴 하지만, \$200,000를 초과하는 벌금 금액도 일부 부과되며, 이러한 고액 벌금으로 인해 전체 평균값 (≈ \$64,000)은 중앙값의 5배 수준으로 상승한다. 최대 벌금액은 \$296,578로, 상당히 높은 벌금도 산출될 수 있지만 이는 일반적인 경우는 아니다.

4.9 미이행 시 적용되는 기간 간 크레딧 제도

특정 연도에 에너지 효율 기준을 미이행으로 인해 벌금을 납부해야 하는 책임자의 경우, 법률 제21.305호에 의해 해당 에너지 효율 기준을 준수하지 않은 연도의 바로 다음 해에 만약 책임 주체가 연간 에너지 효율 목표를 초과 달성하게 되면, 전년도 벌금에서 이를 차감할 수 있다. 차감금액은 해당 연도 에너지 효율 기준을 초과한 휘발류 환산 연비 (km/lge) 0.1 단위당 산정된 값으로, 앞서 제시된 산식에 따라 계산된다. 전년도 벌금이 전액 또는 일부 차감되지 않은 경우, 차감되지 않은 금액은 징수된다. 이 크레딧 제도 방식은 벌금 산정 방식과 동일하게 계산되며, 이를 통해 위반 책임자는 전년도 벌금을 부분적으로 또는 전액 감면받을 수 있습니다. 크레딧 적용 후 벌금이 남아있는 경우, 해당 기간 내에 납부해야 한다.

4.10 배수 계수

법률 제21.305호 제7조에 따르면 에너지 효율 기준 준수 수준을 산정할 때 외부 전기 충전이 가능한 전기 또는 하이브리드 차량과 에너지부의 결정에 따라 무배출 차량으로 분류되는 기타 차량의 경우 연비는 최대 3배까지 가중하여 산정할 수 있다.

중형 차량에 대해 초기 에너지 효율 기준을 수립할 때, 전기 자동차, 외부 전기 충전이 가능한 하이브리드 및 기타 무배출 차량의 경우 배수율을 3으로 적용한다. 이에 따라 각 책임자의 연간 실적은 다음과 같이 산정한다.

$$R_{ij} = \frac{3 \cdot \sum_{h=1}^{n_{ij}} R_{\sin \text{ emisiones}_{ij}} + \sum_{h=1}^{m_{ij}} R_{\text{con emisiones}_{ij}}}{3 \cdot n_{ij} + m_{ij}}$$

각 변수는 다음과 같이 정의한다.:

R_{ij} : 책임 당사자(이행 책임 주체) 가 j 연도에 형식 승인 인증서가 발급된 모든 차량에 대해 산정된 실제 에너지 효율.(단위: km/lge);

$R_{\sin \text{ emisiones}_{ij}}$: 각 전기 차량, 외부 전기 충전이 가능한 하이브리드 차량 또는 에너지부 결정에 따라 무 배출 차량으로 분류된 차량에 대해 산정된 에너지 효율. (단위: km/lge)

$R_{\text{con emisiones}_{ij}}$: 각 전기 차량, 외부 전기 충전이 가능한 하이브리드 차량 또는 에너지부 결정에 따라 무 배출 차량 분류된 차량을 제외한 모든 차량의 에너지 효율 (단위: km/lge);

n_{ij} : 책임 당사자가 j 연도에 인증서를 발급한 전기 차량, 외부 전기 충전이 가능한 하이브리드 차량 또는

에너지부의 결정에 의해 무배출 차량으로 분류된 차량의 수

이 법에서 허용하는 최대값 3은 현재 전기 차량의 보급률이 다른 유형의 차량에 비해 낮다는 점(그림 8참고)을 고려할때, 전기차 초기 보급 확대를 위한 인센티브가 될 것이다. 이는 신기술의 에너지 효율성 향상과 온실가스 배출 감소에 미치는 다양한 이점을 고려한 것이기도 하다. 이는 또한 전기 이동성 기술의 전면적인 촉진을 목표로 하는 현재의 공공 정책과 일치하며, 특히 이 기술은 2050년까지 칠레의 탄소 중립 목표에 핵심적 역할을 할 것으로 예상된다.

5. 중형 차량 에너지 효율 기준의 예상 영향

다음에서는 칠레 차량에 대한 에너지 효율 기준이 에너지 소비 및 배기가스 감축에 미치는 영향에 대한 분석과 사용자의 비용 편익 분석을 제시한다.

5.1 에너지 소비 및 온실가스(GEI) 배출량 감소 효과

이 섹션에서는 칠레에서 제안된 중형 신차 에너지 효율 기준의 정의를 바탕으로 해당 기준의 적용이 에너지 소비 절감 및 온실가스 배출 감소 측면에 미치는 영향을 추정 분석한다.

5.1.1 에너지 절감량 산정 방법론

제안된 중형 차량 기준 제정으로 인해 예상되는 에너지 절감량을 정량화하기 위해 해당 세그먼트의 판매량 전망과 에너지 소비량이 산정되었다.

5.1.1.1 중형 차량 판매량 전망 산정

장기 차량 보유량 예측 방법은 경형 자동차 에너지 효율 기준 수립을 위한 최종 기술 보고서(에너지부, 2022)에 제시된 경형 자동차에 대한 예측 방법론을 기반으로 한다. 차량 보유량은 Gompertz 함수를 사용하여 예측하며, 차량 보유율(motorization rate)은 1인당 국내총생산GDP의 함수로 설정된다.(Dargay, Gately, & Sommer, 2007)(Singh, Mishra, & Banerjee, 2020)(Wu, Zhao, & Ou, 2014). 일반적으로

$$M_t^* = \gamma * e^{\alpha * e^{\beta * GDP_t}}$$

M_t^* 는 t연도의 차량 보유율(1,000명당 차량 수로 측정, 차량/인구 1000명당); γ 는 각 국가의 고유한 포화수준(1,000명당 차량 수로 측정, 차량/인구 1000명당); GDP_t 는 해당 국가의 t연도 기준 1인당 국내총생산이며, α 와 β 는 각 국가에 고유한 음의 계수로 곡선의 형태를 결정한다. 그러나 위 식은 두 변수 간의 장기적 관계를 설명하므로, 이를 모든 시점에서 유효하도록 다음과 같이 식이 수정된다.

$$M_t = M_{t-1} + \theta * (M^* - M_{t-1})$$

여기서 θ 은 조정 속도 매개변수이다($0 < \theta < 1$). 이 값은 알려진 과거 데이터에 의해 칠레에 맞게 보정되었다¹⁶. 두 식을 결합하면 다음과 같다.:

$$M_t = \gamma * \theta * e^{\alpha * e^{\beta * GDP_t}} + (1 - \theta) * M_{t-1}$$

¹⁶ 사용된 값은 다음과 같다: $\gamma = 500$; $\theta = 0.8$; $\alpha = -5.7$ 및 $\beta = -0.000148$

자동차 보급률의 증가는 1인당 소득에 따라 달라지며, 1인당 소득은 다시 인구와 국내총생산(GDP)에 의해 결정된다. GDP를 예측하기 위해 2021년에 재무부가 작성한 경제 성장 시나리오를 사용하였으며, 인구 성장률 예측은 국립통계청(INE)의 최신 데이터를 기반하였다. 이 전망은 경형 차량과 중형 차량을 모두 포함하여 산정한다. 2007~2019년까지 INE의 차량 등록 데이터베이스에 따르면, 중형 차량은 전체 차량의 평균 27%를 차지하는 것으로 나타난다. 본 전망에서는 시간이 지나도 이 비율이 일정하게 유지될 것으로 가정한다.

시간에 따라 중형 차량의 보유 대수가 확정되면, 다음 식에 따라 연간 판매량을 산정할 수 있다:

$$V_t = S_t - S_{t-1} + R_t$$

여기서 V_t 은 각 연도 t의 연간 중량 차량 판매량 나타내며, S_t 는 각 연도 t의 개인용 차량 재고량, S_{t-1} 은 전년도(t-1)에 등록된 차량 수, R_t 는 각 연도 t에 시장에서 퇴출된 차량 수에 의미한다. 2015~2019년 기간 동안 관찰된 평균 퇴출률은 전체 차량 수의 3.0%로, 이 값은 평가기간 동일 동일하게 적용된다.

5.1.1.2 에너지 소비량 계산

각 연도 t에 에너지 효율 기준이 도입된 후 신규로 유입되는 차량의 에너지 소비량은 다음식을 통해 산출된다(단위:Tcal).

$$\sum_{t=2024}^T V_t * e^{-\left(\frac{T-t}{\beta}\right)^\alpha} * \frac{D}{\eta_t} * \rho_{gasolina} * PC_{gasolina} * 10^{-9}$$

위 식에서 V_t 는 각 연도 t에 판매된 신규 중형 차량의 수 [대]를 나타낸다.; D는 중형 차량의 평균 주행거리 [km/년]로 일정하며 약 25.985km/년으로 설정되었다(GEASUR, 2015); η_t 는 연도 t의 평균 연비 [km/lge]를 나타낸다.; $\rho_{gasolina}$ 는 휘발유 밀도 [kg/l]를, ; $PC_{gasolina}$ 는 휘발유의 저위발열량 [kcal/kg]을 나타낸다. 두 값은 모두 상수이며 (에너지부, 2024)에서 제시된 수치를 사용한다. 지수식 $e^{-\left(\frac{T-t}{\beta}\right)^\alpha}$ 는 각 연도 t에 신규 유입된 차량의 운행 지속 확률을 차량의 사용 연한에 따른 함수로 산정하는데 사용되는데, 이는 차량의 연령에 따라 결정되며, 그 방법론은 (Posada, Yang, & Blumberg, 2017)에 설명되어 있다. 경형 차량과 마찬가지로 국내 시장 이 세그먼트에 대한 α 와 β 의 매개변수를 추정하기에 충분한 정보가 없기 때문에, (Posada, Yang, & Blumberg, 2017)에서 보고된 값인 $\alpha = 1.9$ 및 $\beta = 25$ 를 그대로 적용하였다.

마지막으로, 제안된 기준 적용으로 인해 발생할 에너지 절감량을 산정할 수 있으며, 또한 기준선 시나리오 따른 에너지 소비량도 확인할 수 있다. 이는 그림 19에 표시되어 있다.

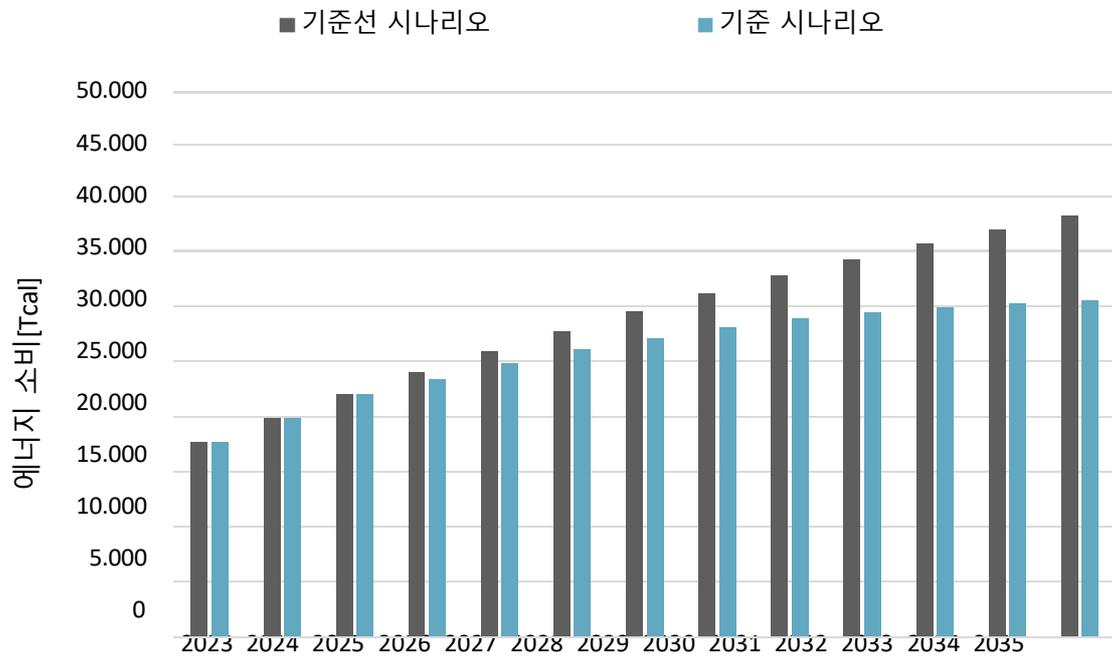


그림 19 2035년까지 연간 에너지 소비량 전망

출처: 에너지부, ISCI 공동작성

그림 19에 제시된 바와 같이, 2026년부터 이 기준 시행으로 인해 해당 부문의 에너지 소비량이 감소하는 것이 관찰된다. 이 차이는 운행 중인 차량의 누적 절감 효과로 인해 점차 확대된다. (효율성이 높은 차량일수록 수명 기간 동안 더 많은 에너지를 절감한다.)

5.1.2 제안된 기준의 에너지 절감 및 배출량

5.1.2.1 에너지 소비 절감 기여 효과

그림 19에서는 제안된 차량 기준의 도입으로 신차의 에너지 소비가 상당히 감소한다는 것을 볼 수 있다. 연간 절감량은 그림 20에 제시되어 있다.

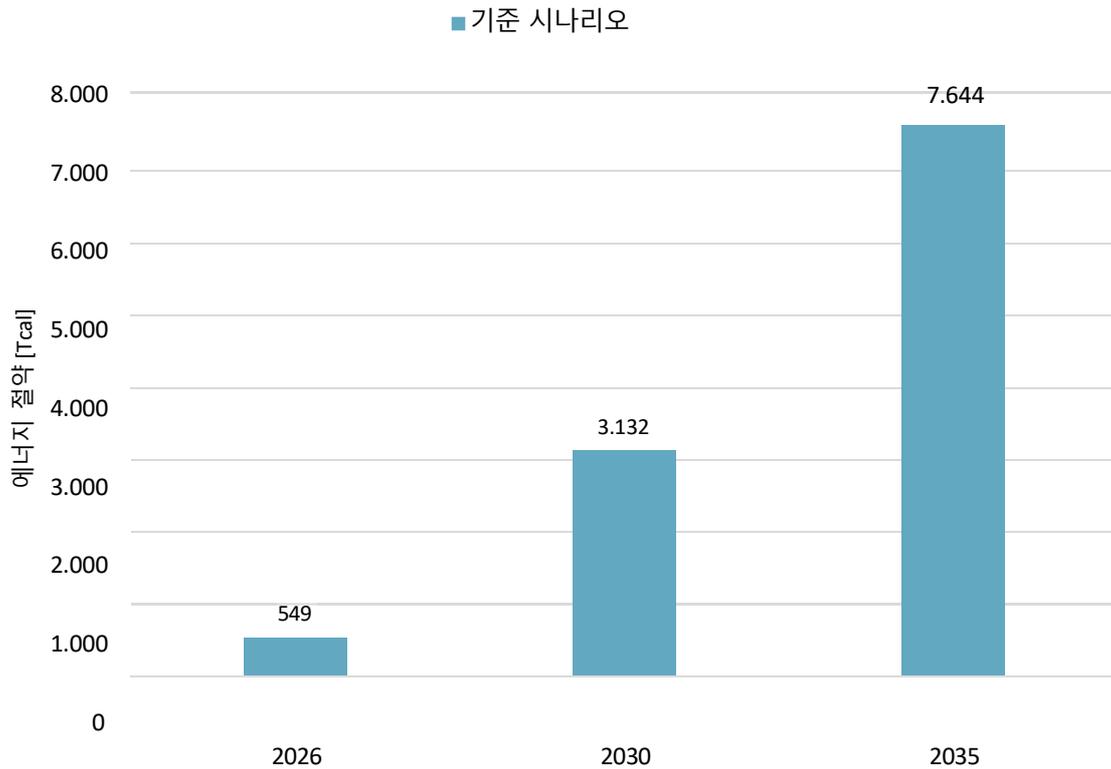


그림 20 각 평가 시나리오별 예상 에너지 절감량.

출처: 에너지부, ISCI 공동작성

연간 에너지 절감량은 누적 효과를 갖는다. 이 효과는 평가 기간이 길어질수록 증가한다. 이러한 기준을 도입할 경우 2026년까지 연간 549[Tcal], 2035년까지 연간 7,644[Tcal]의 절대적 에너지 절감 효과가 나타난다. 경량 차량 기준에 비하면 이 기준의 에너지 절감량은 2026년까지 상당히 낮은 수준이다^[1]. 이는 중형 차량 시장의 차량 수가 적고, 이 두 기준 간의 도입 시차가 있기 때문이다(절감 효과는 누적된다.). 2030년과 2035년 기준으로 중형 기준의 절감 효과는 여전히 경형 차량에 비해 낮지만 2026년에 비해 그 차이는 줄어들었다. 연간 주행거리 증가와 절감 효과의 누적 효과로 인해 2035년 이 정책의 절감 효과는 같은 해 경 상용차 기준의 예상 절감 효과의 약 65%수준에 이를 것으로 예상된다.^[2]

^[1] 경량 차량에 대한 기준은 2025년까지 약 1,100 Tcal의 에너지 절감 효과를 가져왔다.

^[2] 2035년까지 경형 차량에 대한 기준 적용으로 연간 약 11,700 Tcal의 에너지 절감 효과가 예상된다.

5.1.2.2 온실가스 배출량 감축 대한 기여

2020년 최신 업데이트된 국가 온실가스 감축목표(NDC)에서는 온실가스 배출 감축 및 기후 변화 대응을 위해 다음과 같은 조건부 없는 경제 전반에 걸친 완화 목표를 설정하였다.(환경부, 2020b):

- 칠레는 2020년부터 2030년까지 온실가스 배출량을 1,100M톤CO_{2eq} 이하로 관리하며 2025년까지 최대 온실가스 배출량을 달성하기 위해 2030년에는 95M톤CO_{2eq}의 온실가스 배출 수준을 달성할 것을 약속하고 있다.

이 기간 동안 이 탄소 예산을 달성하기 위해서는 기준 시나리오 대비 온실가스 배출량을 줄이기 위한 공공 정책이 필요하다. 칠레의 기준 시나리오에 따른 온실가스 배출 전망과 NDC를 준수하는 데 필요한 온실가스 배출 전망은 그림 21에 나와 있다.

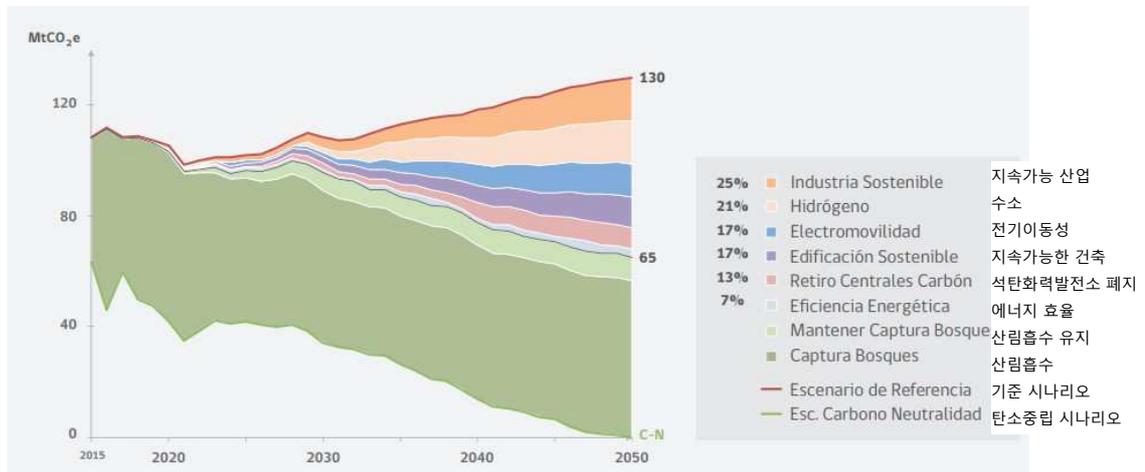


그림 21 2020년 국가온실가스감축목표(NDC) 이행 목표의 그래프 도표.

출처: (에너지부, 2020a).

기준 시나리오(빨간색)와 NDC이행을 위해 필요한 시나리오(녹색) 사이에는 격차가 존재한다. 이 격차는 국가 차원에서 배출량을 줄이는 감축 조치를 통해 줄일 수 있다. 2020년부터 2030년까지 이 차이는 이 약 68M톤CO_{2eq}에 해당한다.

각 기준의 적용 시나리오는 동일한 기간 동안 감축 조치에 대한 기여도 기준으로 평가되었다. 그림 22는 제안된 기준 도입에 따른 2030년까지의 연간 온실가스 배출 감축량을 보여준다.

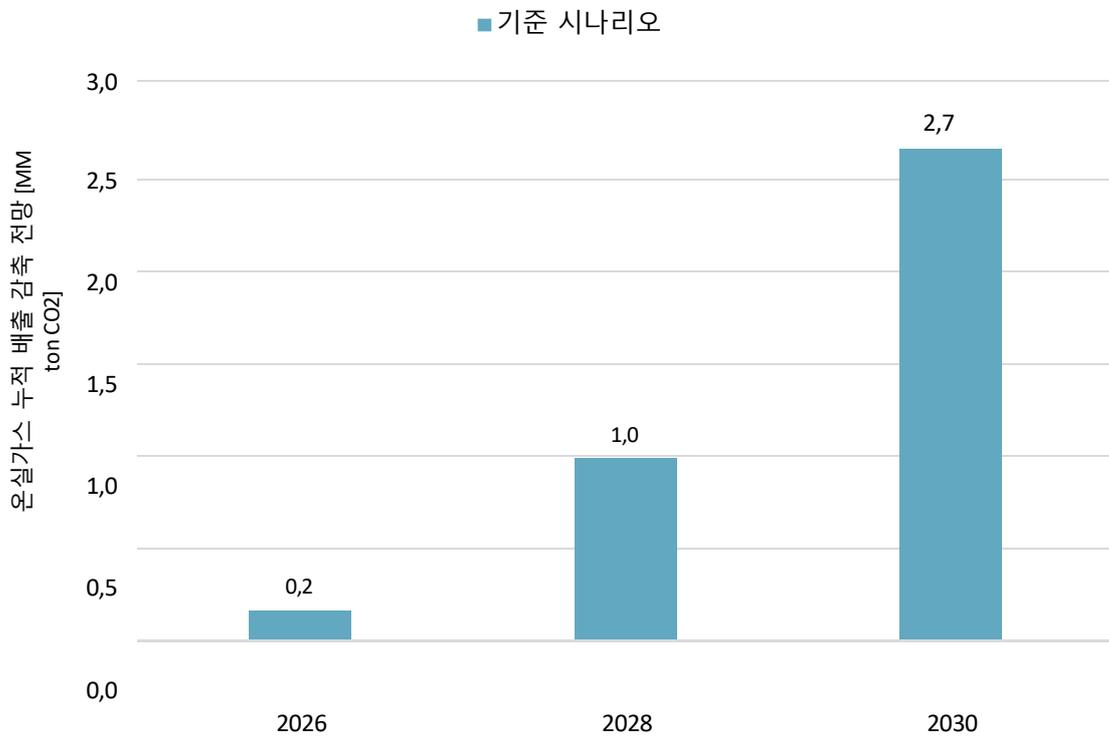


그림 22. 중형 차량 기준의 영향. 2030년까지 온실가스 배출량 누적 감축량.

출처: 에너지부, ISCI 공동 작업.

칠레가 국제적으로 설정된 감축 목표를 달성하는 데 이 정책이 기여하는 정도는 2030년까지 누적 감축량을 기준으로 평가된다. 그림 22에서 확인할 수 있듯이 감축량은 2.7MM 톤CO_{2eq}이며, 이는 중형 차량 시장에서 3.9%에 해당하는 기여도를 보인다.

5.2 소비자를 위한 비용 및 혜택 분석

이 섹션에서는 제안된 기준의 시행으로 인해 소비자에게 발생할 수 있는 잠재적 비용과 혜택을 평가한다. 기준 시행으로 인해 발생할 수 있는 가격 인상에도 불구하고¹⁷, 차량의 성능 개선은 연료 소비 비용 절감으로 이어지며, 이는 소비자들에게 직접적인 혜택이 된다.

5.2.1 차량 가격에 미치는 영향

제조업체, 수입업체 그리고 대리점은 점점 더 까다로워지는 에너지 효율 기준을 준수해야 한다. 이를 위해 국내 시장에 판매하는 중형 차량에 기술적 개선 사항을 적용하거나 기준 미준수에 대한 벌금을 지불해야 한다. 이는 국내 시장에서 차량 가격 상승으로 이어질 수 있다.

¹⁷ EU(유럽연합)를 대상으로 실시한 연구에 따르면 (유럽 연합 집행부,2015), 최초 배출 기준 도입 후 차량 가격이 평균5% 상승할 것으로 예상되었다. 그러나 사후 분석 결과, 평균 4%의 상승이 반영되었다.

이러한 비용 증가가 구매자에게 어떤 방식으로 차량 가격 상승으로 이어지는지에 대해서는 오랜 논의가 이어져 왔다. 이에 미국(CAFE) 규정 검토자들은 다음과 같이 설명하였다.(NHTSA, 2019):

- i. 비용은 적용되는 기준의 엄격도에 따라 신차 구매자에게 전가되는 정도가 다양하다. 덜 엄격한 기준 적용에 비해 엄격한 기준을 적용하면 생산 비용이 더 많이 증가하므로 제조업체는 수익성을 보호하기 위해 이러한 비용 증가분을 구매자에게 전가할 가능성이 있다.
- ii. 제조업체는 고급 차량의 가격을 인상하여 기준으로 인한 비용 증가를 보전할 수 있으며, 다른 시장 부문에는 비용 변동 없이 유지할 수 있다.

이 외에도 엄격한 조건에서 이에 대한 영향을 평가할 필요가 있다. 소비자 가격에 대한 잠재적 영향을 평가하기 위해 두 가지 방법론이 개발되었다. 두가지 방법론 모두 규제 요건 준수에 따라 제조업체(이 경우 수입업체)가 연비 개선을 위해 차량에 적용한 기술적 개선과 관련된 추가 기술 비용 또는 기준 미준수와 관련된 벌금으로 인해 발생하는 비용이 가격 인상 형태로 구매자에게 전가되는 것을 고려한다. 각 방법론의 정의는 다음과 같다:

- 방법론 1: 기준을 충족하지 못하는 차량은 기준을 충족하도록 업그레이드(또는 교체)되어야 한다. 기술 개선에 따른 비용 증가는 다양한 수준으로 소비자에게 전가된다.
- 방법론 2: 기준 미달 차량(원문은 지역으로 되어있지만 앞뒤 문맥상 차량으로 번역)의 수입업체는 기준을 준수하기 위한 노력을 기울이지 않으며, 소비자에게 벌금 비용을 전가한다.

분석은 2024년 판매량의 70%로 가장 많이 판매된 71개 모델(300대 이상 판매된 모든 모델)을 기준으로 실시되었다. 가격은 2025년 4월 기준 리스트가격(정가)를 이용하였다. 개발된 각 방법론은 다음과 같다.

5.2.1.1 결과 방법론 1

이 시나리오의 분석은 미국, 유럽 연합 및 중국에서도 수행되었다. 이 중 미국의 사례를 CO₂ 배출량 감소율에 따른 차량당 비용 변동을 추정하기 위한 참고 자료로 사용하였다. 미국 사례의 대표 곡선은 두 시장 간에 관찰된 배출량의 차이를 고려하여 국가 시장에 맞게 보정되었다.

그림 23은 미국 픽업트럭의 추가 비용 곡선(원본)과 수정된 국내 픽업트럭의 추가 비용 곡선을 보여줍니다.

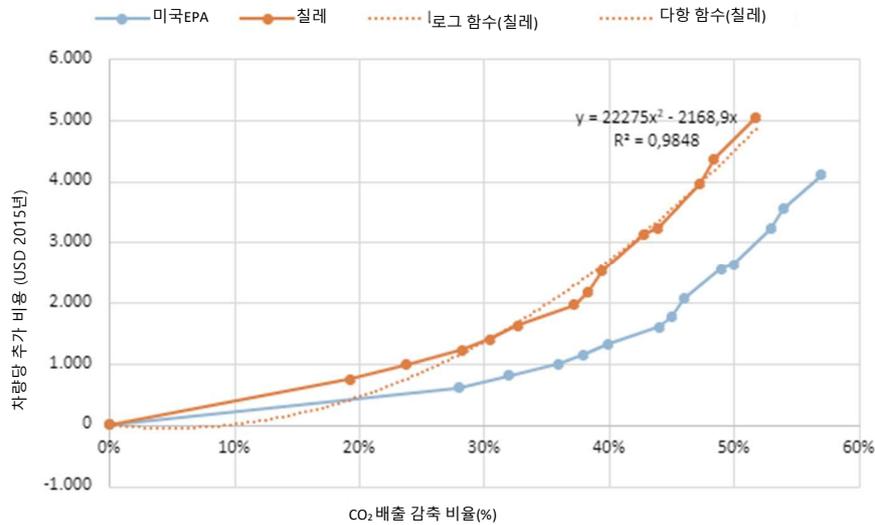


그림 23 픽업트럭의 배기가스 감축 노력 비율에 따른 기술 개선 추가 비용.
출처: (ICCT, 2017).

그림 23에 기록된 결과에서 평균 가격 변동 값을 산출하였으며, 이는 표 5에 제시되어 있다.

표 5 방법론 1을 적용한 평균 시장 가격 변동.

출처: 에너지부, ISCI 공동작성

시나리오	변동
기준	2,2%

평균 변동률은 2.2%가 될 것으로 예상된다. 이는 첫 번째 기준에서 가격 상승이 주로 내연 기관 차량의 기술 개선에 의해 주도되고 무공해 및 저공해 차량의 보급의 영향은 크지 않기 때문이다. 다시 말해, 첫 번째 기준에서는 내연기관 차량이 여전히 주류를 이룰 것으로 예상된다. 이는 신기술로 인해 이 유형의 차량의 에너지 효율성이 개선되고 있으며, 2026년에 평가된 기준 시나리오가 점진적으로 까다로운 시스템의 첫 단계이기 때문이다.

5.2.1.2 결과 방법론 2

이 방법론은 수입업체들이 기준 의무를 준수하지 않는 상황에서 추가적인 노력을 기울이지 않고, 기준 위반으로 인한 추가 비용(즉, 벌금)을 소비자에게 전가하는 극단적인 경우를 가정한다. 따라서, 각 모델의 가격에는 해당 모델의 기준 준수 여부와 관계없이, 수입업자가 기준 위반 상태일 경우 지급해야 하는 단위 벌금

비용(CL\$/차량)이 반영되어 있다.

이 방법론에 따른 평균 가격 변동은 표 6에 제시되어 있다.

표 6. 방법론 2를 사용한 평균 최대 시장 가격 변동을
출처: ISCI와 협력한 에너지부.

시나리오	최대 평균 변동폭
기준	0,13%

5.2.2 소비자의 투자 수익률

이러한 유형의 공공 정책을 평가할 때 중요한 요소는 해당 조치가 소비자에게 미치는 영향과 혜택을 파악하는 것이다. 잠재적 구매자들이 에너지 효율성 개선으로 인한 절감 효과를 충분히 인식한다면, 완전 경쟁 시장에서 제조업체/수입업체는 더 효율적인 차량을 제공할 것이며 차량 가격에는 연료 절감 효과가 충분히 반영될 것이다.

반면, 소비자들은 정보 비대칭성과 같은 시장 실패 또는 실제 의사 결정과 이론적으로 합리적인 의사 결정간의 차이로 인해 미래의 연료 절감 효과를 과소평가하게 되는 경우, 연료 절감 기술이 개선된 차량은 과소평가 될 수 있으며 소비자가 선택하지 않을수도 있다. 그러한 상황에서 에너지 효율 기준의 제조업체와 수입업체가 연료 절감 기술을 채택하도록 유도할 것이다. 구매자가 긍정적인 순이익을 제공하는 기술적 개선이 적용된 차량의 구매를 자발적으로 포기할 가능성을 '에너지 효율성 격차'라고 한다.

경제 이론에 따르면 완전 경쟁 시장에서 개인은 신차가 제공하는 미래의 에너지 비용 절감 효과가 투자 비용 증가를 상쇄하는 경우에만 에너지 효율이 높은 제품을 구매할 것이라고 예측한다. 이 섹션에서는 신차의 연비 개선과 관련된 비용(투자 증가)과 소비자 혜택(연료비 절감)을 평가한다. 비용은 방법론 1에서 도출된 가격 상승분을 바탕으로 결정된다. 한편, 혜택은 현재 상황과 요구되는 기준 간의 성능 차이를 기반으로 계산되며, 이를 정량화하기 위해 연간 평균 주행거리(25,985km/년), 평균 휘발유 가격 1,296 CL\$/l, 평균 경유 가격 988 CL\$/l, 그리고 사회적 할인율에 해당하는 6%의 할인율을 적용하여 정량화하였다.

이에 잠재적인 가격 인상과 성능 향상으로 인한 연료 소비 절감 효과를 비교할 수 있다. 이 연구의 목적은 차량의 추가 비용이 에너지 소비 감소로 얼마나 빨리 회수되는지, 즉 추가 투자에 대한 회수 기간이 얼마나 되는지 산정하는데 있다.

주요 결과는 표 7에 나와 있다.

표 7. 소비자 혜택 요약

출처: 에너지부, ISCI 공동작성

시나리오	평균 투자 비용 증가율(CL\$)	연간 평균 절감액(CL\$/년)	평균 투자 수익 기간(개월)
기준	792.000	974.000	10

표 7에 제시된 평균 증가율은 기준을 충족하지 못하는 모델에 대해서만 적용된다. 차량의 평균 수명과 비해 투자 회수 기간이 짧은 것으로 관찰되며, 이 기간이 지나면 각 차량의 전체 수명 주기에 걸쳐 소비자에게 절대적인 혜택이 주어지는 기간이 시작된다.

위의 내용을 통해 최소 성능 기준은 경형 차량 기준과 마찬가지로 에너지 소비량 감소와 온실가스 배출량 감소라는 측면에서 국가 뿐만 아니라 소비자에게도 직접적인 혜택이 되는 조치라는 결론을 내릴 수 있다. 각 기준을 충족하기 위해 추가 투자 회수 기간에 도달한 모델의 누적 비율은 그림 24에 제시되어 있다.

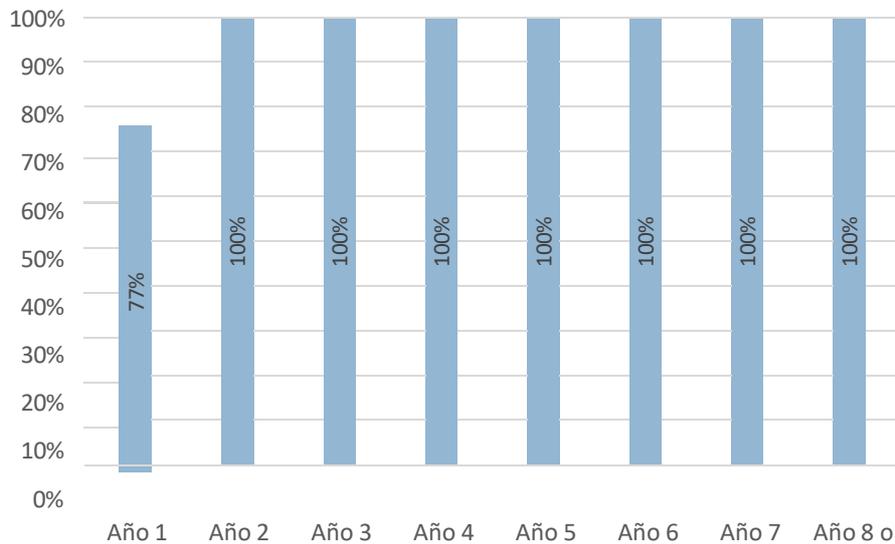


그림 24 추가 투자 회수 기간에 도달한 모델의 누적 비율.
출처: 자체 작성.

6. 결론

2021년에 제정된 에너지 효율법에 따라 에너지부는 경형, 중형 및 대형 차량에 대한 에너지 효율 기준을 설정해야 한다. 본 보고서는 중형 차량에 대한 에너지 효율 기준 제정을 위한 배경 정보를 제공한다.

현재 11개 국가 (캐나다, 미국, 유럽연합, 일본, 한국, 중국, 멕시코, 사우디아라비아, 영국, 뉴질랜드, 호주)는 경상용차 또는 소형 픽업트럭에 대한 온실가스(GHG) 배출량 또는 에너지 효율 기준을 설정하거나 제안하였다.

이 차량 세그먼트에 대한 기준이 부재한 상황에서 국내 시장(2015~2024년 기간)에 진입하는 신규 중형 차량의 복합 에너지 효율은 정체된 상태를 보이고 있다. 기술 별 시장 점유율에는 관련 변화가 없으며 차량 크기는 조금 커진것으로 나타났다. 이는 이 기간 동안 관찰된 평균 중량 증가를 보완할 수 있는 기술적 개선이 부족하여 성능 정체 현상이 발생했을 가능성을 시사한다.

칠레에서 판매되는 신형 중형 차량의 평균 에너지 효율성 또는 평균 배출량을 미국 및 유럽 연합(EU) 시장과 비교(평균 중량으로 표준화함) 분석한 결과, 해당 세그먼트의 차량의 중량 보정 배출량(크기에 따른 배출량)은 미국 및 유럽연합 시장들이 배출 기준 도입하기 이전의 배출량과 유사한 수준을 보이는 것을 확인되었다. 그러나, 이러한 수치는 지속적으로 감소하는 반면, 칠레 시장에서는 일정한 수준을 유지하고 있다.

위의 내용은 이 차량 세그먼트에서 에너지 효율 기준을 수립해야 할 필요성을 뒷받침한다 이러한 맥락에서 경량 차량의 에너지 효율성 기준 평가를 위해 제안된 방법론을 유지하면서 아래와 같이 에너지 효율 목표 달성을 위한 시나리오를 제시하였다.

연도	Estándar(표준)refj
2026 - 2028	11.1km/lge
2029 - 2031	12.7km/ lge
2032년 이후	15.3km/ lge

따라서, 각 연도별로 책임 당사자는 해당 연도에 판매된 모든 차량을 기준 질량 표준에 따라 결정되는 효율성 기준을 준수해야 하며, 다음 식에 따라 산출된다.

$$Estandar_{ij}=Estandar_{refj}+a*(M_{ij}-M_0)$$

각 변수는 다음과 같이 정의한다.

$Estandar_{ij}$: 연도 j 에 책임자 i 에게 요구되는 기업 에너지 효율. 단위 (km/lge).

$Estandar_{refj}$: 연도 j 에 대해 설정된 에너지 효율. 단위 (단위: km/lge).

a : 2024년 동안 거래된 중형 차량의 국내 시장 특성선(km/lge/kg)에서 도출된 값으로, -0.0016과 같은 직선의 기울기에 해당. 단위 (km/lge/kg)

M_{ij} : j 년도에 책임자 i 의 평균 기준 중량으로, j 년도에 책임자 i 가 유효하게 발급한 개별 형식 승인 인증서를 보유한 모든 차량의 기준 중량의 평균값. 단위(kg)

M_0 : 2024년 한 해 동안 판매된 중형 차량의 테스트 결과 기준 중량의 평균에 해당하며, 평균값은 **2,956kg**

해당 조치의 효과를 계산식에 따라 산출한 결과 에너지 절감효과는 2026년까지 549[Tcal], 2035년까지 7,644[Tcal]의 절대값이 될 것으로 예상된다. 또한, 2030년까지 탄소 예산에 대한 대안의 기여도(NDC 2020 목표)는 전체 예상 감축량의 3.9%에 해당하는 2.7M톤 CO₂가 될 것이다.

시장 가격 영향은 두 가지 방법론으로 평가되었다. 방법론1의 결과는 기준을 달성하는데 필요한 기술 개선 비용을 반영하여 평균 2.2%의 가격 상승이 예상된다. 이는 기술 개선 비용이 소비자에게 전액 전가된다고 가정한 결과이다. 첫 번째 기준은 내연 기관 차량의 개선이 중심이 될 것으로 예상된다. 전반적으로 국내에서 판매되는 이 세그먼트의 차량은 개선의 여지가 있으며, 초기 단계에서 기준을 충족하기 위해 필요한 전기 자동차의 비율은 제한적인 수준으로 유지될 것이다.

두 번째 방법론은 수입업체가 기준을 준수하기 위해 노력하지 않으며 프리미엄 비용을 연간 매출에 분배하여 이 비용을 소비자에게 전액 전가한다고 가정한다. 이 방법은 평균 0.13%의 가격 상승을 초래한다.

비용에도 불구하고 이 조치는 제안된 목표를 달성하는 데 크게 기여하고 소비자에게 긍정적인 순이익을 가져다 줄 비용 대비 효과적인 정책임이 입증되었다. 실제로 추가 투자에 대한 회수기간은 평균 10개월 내가 될 것으로 예상되며, 그 이후 소비자에게 더 많은 혜택이 돌아갈 것으로 예상된다.

7. 부록

부록 I: NEDC 에너지 효율(연비) 변환 계수

ICCT 연구 보고서 "On the Way to 'Real-World' CO₂ Values"(2020)에서는, 유럽에서 차량 인증 시험 사이클을 기존 NEDC(New European Driving Cycle)에서 새로운 기준인 WLTP,(Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) 사이클로의 전환을 분석하였다. 이러한 전환의 일환으로 이 연구에서는 두 사이클에 따라 측정된 CO₂ 배출량을 비교하여 WLTP-NEDC 비율을 분석하였다. 이 비율은 NEDC로 얻은 값을 WLTP로 시뮬레이션 하여 현실적인 주행 조건을 더 잘 반영하도록 활용할 수 있다. 연구 결과에 따르면 이 비율의 평균값은 1.21로, WLTP에서의 배출량이 NEDC에서의 배출량보다 평균 21% 더 높다는 것을 나타낸다.

구체적으로 경유 차량의 비율은 1.24, 휘발류 차량의 비율은 1.19이다(그림 25 참조). 이는 두 연료의 특성과 성능의 차이를 반영한 것이다. 이 접근 방식은 NEDC에서 WLTP로 에너지 효율값을 변환할 때 일관된 변환 계수를 적용, 기술적 근거를 제공하며, 차량 연비 분석의 정확성을 향상시킨다.

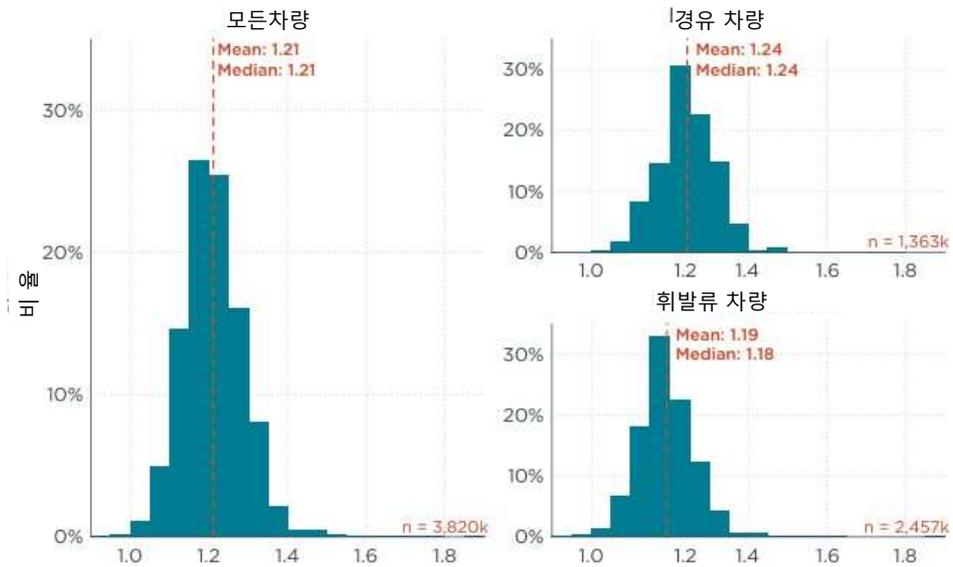


그림 25: WLTP와NEDC 의 CO₂ 배출량 간의 비율비율 (bin width : 0.05)

비율은 다음과 같이 계산됩니다

$$\text{CO}_2 \text{ 비율} = \frac{\text{WLTP 기준CO}_2 \text{ 배출량}}{\text{NEDC 기준CO}_2 \text{ 배출량}}$$

비율 값이 1보다 클 경우 WLTP기준으로 측정된 CO₂의 배출량이 NEDC기준보다 높다는 것을 의미한다. 이 값은 각 시험이 실제 운행조건에서 실제 차량의 연료 소비량(연비) 및 배출량을 얼마나 잘 반영하는지 보여 준다. 예를 들어, 비율이 1.21이면 WLTP기준 하에서 측정된 배출량이 NEDC 사이클보다 평균 21% 더 높다는 것을 의미한다.

ICCT 연구는 유럽 환경청(EEA)의 형식 승인 데이터를 기반으로 한 대표 표본을 사용하여 **2018년에 등록된 약 1,520만 대의 신차를 대상으로 진행되었다.** 이 중 WLTP 와 NEDC의 주행 사이클에서 형식 승인을 받은 CO₂ 값을 갖춘 약 **380만 대의 차량을** 분석하였으며, **183개 차량에** 대해서는 ADAC 에코테스트의 추가 시험 데이터가 사용되어 통제된 조건에서 신고값과 측정값을 비교할 수 있었다. 이러한 풍부한 데이터 양은 WLTP-NEDC 비율 산정의 대표성을 보장하는데 기여한다.

위의 추정치를 바탕으로, 내연 기관 차량의 복합 연비 데이터는 사용 연료에 따라 다음 요소를 곱하여 보정하였다.

$$\text{경유 차량의 보정계수} = \frac{1}{1,24}$$

$$\text{휘발류 차량의 보정계수} = \frac{1}{1,19}$$

위의 보정계수들은 WLTP 주행 사이클이 NEDC보다 요구 조건이 더 엄격하기 때문에, 그에 따른 에너지 효율의 점진적 감소를 사전에 고려하여 반영한 것이다.

8. 용어집

국가결정기여(NDC): 파리 협정 목표 달성을 위해 국가들이 5년마다 이행할 약속과 계획을 제출하는 수단.

디스크립터(Descriptor): 차량의 유용성을 정의하는 매개변수로, 차량의 자체 면적(footpring)또는 중량을 기준으로 설정할 수 있음..

에너지 소비 기준: 차량의 에너지 소비량 또는 이에 상응하는 에너지 효율성에 적용되는 기준. 측정 단위는 주행 거리당 에너지 소비량(예: L/100km) 또는 사용된 에너지 단위당 주행 거리(예: km/L)로 표시.

CO₂ 배출 기준: 차량 배기가스에서 발생하는 CO₂ 배출량에 적용되는 기준으로, 단위 주행 거리당 CO₂배출량(g CO₂/km)로 표시.

***Federal Test Procedure* 또는 연방 시험 절차 (FTP-75):** 각 차량의 연비 및 배출량을 측정하여 이후 인증에 활용하는 국제 표준 시험 프로토콜.

풋프린트 (Footprint): 차량의 차축과 트랙 사이의 면적을 의미.

고속도로 연비 시험(HWFET): 각 차량의 연비 및 배출량을 측정하여 인증을 위한 국제 표준 프로토콜.

수입업자: 자동차를 국내에 수입하여 판매하는 법인으로, 개별 승인 인증서 또는 1994년 교통통신부령 제55호 또는 이를 대체하는 규정에 따른 적합성 인증서를 발급받을 자격을 보유한 자를 말함.

휘발유 환산 리터(lge): 휘발유 1리터에 해당되는 에너지 양. 다양한 연료 또는 에너지를 사용하는 차량의 에너지 소비량을 비교에 사용.

신 유럽 주행 사이클(NEDC): 각 차량의 연비(연료소비) 및 배출량을 측정하여 이후 인증에 활용하는 국제 표준 프로토콜.

주행 중 차량 총 중량(MOM): 주행 중인 차량 총 중량은 공차 중량에 운전자의 표준 중량인 75kg을 합산한 중량이며 공차 중량은 적재되지 않은 상태의 차량 중량에 정상적인 운행에 필요한 모든 액체를 포함한 중량.

기준 중량(RM): 주행 중인 차량의 중량에서 운전자의 균일 중량인 75kg을 뺀 후 100kg의 균일 중량을 더한 값에 차량 총 중량의 28%를 합하여 산출.

차량 총 중량(PBV): 차량 주행이 허용되는 최대 적재 중량

대표자: 하나 이상의 브랜드로부터 적법하게 권한을 위임받은 법인으로, 도매상 또는 최종 소비자에게 자동차 판매를 위해 홍보하고 주선하며, 개별 승인 인증서 또는 1994년 교통통신부령 제55호 또는 이를

대체하는 규정에 따른 적합성 인증서를 발급할 권한을 가진 자.

경형 차량: 차량 총 중량이 2,700kg 미만인 모든 자동차로, 바퀴가 3개 이하인 차량은 제외된다. 경형 차량은 승용차와 상용차로 분류됨.

경형 승용차(LDVs): 주로 사람의 수송을 위해 설계된 모든 경형 차량을 의미. 이 정의에는 원래 승객 운송용으로 설계된 차량에서 파생된 총 중량이 2,700kg 미만의 경형 트럭, 또는 화물차도 포함됨.

경형 상용차: 차량 총 중량 2,700kg 미만의 경형 차량으로, 화물운송 또는 이와 관련된 용도로 설계된 차량

중형 차량: 사람 또는 화물을 운송하기 위해 도로에서 운행되는 모든 차량으로, 차량 총중량이 2,700kg 이상 3,860kg 미만인 차량

WLTP(국제기준경차시험절차): 각 차량의 연료 소비량(연비)와 배출량을 측정하여 인증에 활용하는 국제 프로토콜.