

## 전기자동차의 도입가능성 평가: 주행실태를 중심으로

임 기 추

에너지경제연구원 에너지절약정책연구팀

### Evaluation of Introduction of Electric Vehicles in the City

Ki-Chu Lim

Energy Conservation Team, KEEI

#### 1. 서 론

자동차가 일상 생활에서 차지하는 비중이 커지고 있는 만큼 자동차 에너지 소비증가로 인한 대기오염 등의 환경문제가 점차 심각해지고 있다(환경부<sup>1)</sup>). 지금까지 국내 자동차 산업계는 기술개발 등의 노력으로 정부의 배출가스 규제정책에 부응하여 자동차 배출가스 저감에 상당한 기여를 하였다. 그러나, 경제성장의 급속한 발전에서 야기되는 대기환경의 악화와 기후변화협약 대응 등의 국제환경규제는 더욱 강화된 규제와 향상된 기술수준을 요구하고 있다.

결국 국내외적으로 향후 자동차에 대한 배출가스 규제는 더욱 강화될 것이며, 이에 따라 배출가스 방지기술 개발, 연비개선 기술개발, 저공해연료 자동차 개발 등이 중요하게 작용할 것으로 보인다. 따라서, 본고에서는 현재 국내 자동차업계에서 개발(에너지경제연구원<sup>2)</sup>), 실용화단계에 들어선 전기자동차<sup>3)</sup>를 대상으로 저공해 자동차의 도입 가능성을 진단, 분석하고자 한다.

전기자동차는 주행성능, 특히 1회 충전으로 주행이 가능한 거리가 충분하지 않다는 점이 보급을 저해하는 최대의 요인이다. 그러므로, 전기자동차의 도입가능성

을 고려할 경우 제1단계로 기존 내연기관 자동차의 주행거리와 전기자동차의 1회충전 주행거리를 비교하는 것이 필요하다. 그런데도, 기존 자동차의 주행거리에 대해서 설문조사에 기초한 통계자료는 공표되어 있지만, 주행실태를 상세하게 파악할 수 있는 자료조사는 거의 보고되어 있지 않다.

본고에서는 기존의 내연기관 자동차에 대한 1년간의 1일 주행실태를 조사하고, 이를 전기자동차의 1회충전 주행거리와 비교함으로써, 전기자동차의 도입가능성을 평가하였다.

#### 2. 자료수집과 분석방법

자동차의 주행실태에 대한 자료는 국내 주요한 공기업에서 업무용으로 사용하고 있는 내연기관 자동차중 전기자동차로 대체가 가능한 휘발유 자동차를 대상으로 수집하였다(에너지경제연구원<sup>2)</sup>).

이번 조사는 기초적인 제1차 조사라고 하는 성격이 있으나, 차량의 운행지역이나 용도가 한정적이며, 조사대수 또한 매우 적은 53대에 불과하다.

차량의 주행실태를 파악하기 위한 원자료는 운전자가 일상업무의 일환으로 기록하고 있는 "차량운전일지"를 이용하였다.

분석대상기간은 1년간이며, 원칙적으로 1995년 1월 1일부터 12월 31일까지 12개월간이다. 대상 차량은 "차량운전일지"의 입수관계로 12개월이 채 되지 않는 표본도 있다.

본고에서는 "차량운전일지"에 기입되어 있는 자료중에서 1) 운행일자, 2) 주행거리(누적 주행계기판 기록), 3) 휘발유 주유량 등을 PC에 입력하고, 차량이 가동된 날자의 1일 주행거리(단위 : Km), 1년간 총주행거리(단위 : Km), 1년간 총가동일수(단위 : 일), 1일당 주행거리

<sup>1)</sup> 자동차가 대기오염물질 배출량에서 차지하는 비중은 서울 80.6%, 부산 85.6%, 대구 67.4%, 인천 70.1%, 광주 79.7%, 대전 74.4% 등과 같으며, 특히 이 비중은 갈수록 커지는 심각성을 안고 있음.

<sup>2)</sup> 서울 지역에서 오존주의보가 1996년중 모두 10차례 발령되었음.

<sup>3)</sup> 1975년 한국과학기술연구원에서 코로나 전기차 실험제작이후 기아자동차사는 1986년 베스타 전기차, 1988년 프라이드 전기차 개발. 현대자동차사는 1993년 엑셀 및 그레이스 전기차 개발. 대우자동차사는 1994년 르망 전기차 개발. 삼성자동차사는 1996년 일반승용형 전기차 개발시작.

<sup>4)</sup> 일본에서 2,000여대 보급. 영국 24,000여대 가동. 프랑스 300대 가동. 스위스 4,000여대 운행중.

의 평균값(단위 : Km), 1년간 평균 연비(단위 : Km/l) 등을 산출하였다.

### 3. 자동차의 주행실태

조사된 휘발유 자동차에 대한 1일 주행거리는 각 차량마다 1년간 빈도 분포의 형태로 정리하였다. 어느 특정 조사차량에 대한 빈도분포의 예를 Fig. 1에 나타냈다.

Fig. 1에서 왼쪽에는 어느 자동차에 대한 1일 주행거리의 평균적인 분포를 그렸는데, 대부분 하루 100 Km~150 Km 이내의 주행거리를 운행하고 있음을 알 수 있다. 이에 반해 오른쪽에는 주행거리가 긴 차량을 나타낸 것이다.

Fig. 2 및 Fig. 3은 조사된 각 차량의 1일 주행거리 평균과 최대치를 집계한 것이다. 각 차량의 1일 주행거리 평균치는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 80~120 Km에 집중되어 있다.

반면에, 최대치는 평균치의 약 7배가 넘는 경우도 있으며, 거리대별로 고루 분포하는 것으로 보인다(Fig. 3 참조). 기존 통계자료에서는 1일당 주행거리의 연간 평균이나 월간 평균 등이 제시되어 있는 경우가 많다. 그러나, 이번 조사결과를 보면 그러한 평균치만으로 전기자동차의 이용가능성을 판단하기에 충분치 않다고 하겠다.

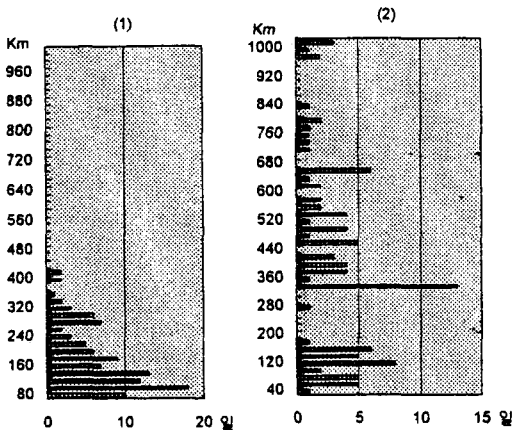


Fig. 1. Distribution of running distances per day.

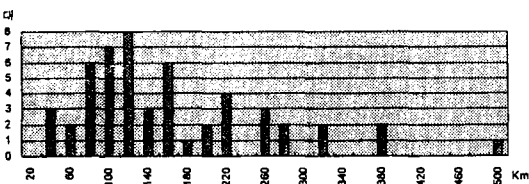


Fig. 2. Average of running distances per day.

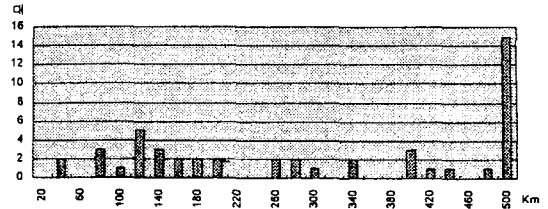


Fig. 3. Maximum of running distances per day.

### 4. 전기자동차의 1회충전 주행거리의 설정

본고에서는 가상적인 전기자동차를 상정하고, 그 1회 충전 주행거리를 계산하여 설정하였다. 여기서 구하는 1회충전 주행거리는 전철에서 분석한 주행실태와 비교하여 전기자동차의 도입가능성을 평가하기 위한 것이다(蓮池宏 외<sup>16)</sup>). 따라서, 실제 주행에서 1회 충전으로 어느 정도 주행이 가능한가를 추정할 필요가 있다.

실제 주행에서의 1회충전 주행거리는 다음과 같은 공식으로 산출하였다.

$$\begin{aligned} & \text{실주행시 1회충전 주행거리} \\ &= \text{정속주행시 1회충전 주행거리} \times \\ & \quad \text{실주행시 주행거리 감소율} \times \\ & \quad \text{차량 주행조건의 차이에 따른 보정계수} \end{aligned}$$

우선, 전기자동차의 제원에서 비교적 용이하게 추정할 수 있는 "정속주행시 1회충전 주행거리"를 계산했다. 이에 "실주행에 따른 1회충전 주행거리의 감소율"을 곱하고, 다시 차량마다 주행조건 차이에 따른 보정을 실시하여 실주행에서의 1회충전 주행거리를 산출하였다.

#### 4-1. 정속주행에 따른 1회충전 주행거리

가상 전기자동차의 차종은 주행실태 조사대상 자동차 중에서 대수가 많은 휘발유 사용 승용차로 하였다. 가상 전기자동차 정속주행에서의 1회충전 주행거리는 현재 시점에서 최신 실용 전기자동차의 제원을 참고하여 계산하였다. 사용전지의 종류는 납전지를 상정하였다. 참고로 한 전기자동차의 1회충전 주행거리는 190 km의 공표치(에너지경제연구원<sup>17)</sup>)를 얻을 수 있다.

#### 4-2. 실주행시 1회충전 주행거리 감소율

실주행에서의 1회충전 주행거리는 출발, 정차, 가속, 에어컨이나 power steering의 사용 등에 따라 전항과 같이 산출된 정주행시 1회충전 주행거리에 비해 감소된다. 그리고, 전지의 약화에 의해서도 1회충전 주행거리가 짧아지기 때문에 사전에 고려해 둘 필요가 있다. 이러한 요인을 정량적으로 추정한 결과를 이용하여, 실주

행에서 1회충전 주행거리는 40 Km/h로 일정한 경우 50~70% 범위가 될 것으로 상정하였다. 그러므로, 본연구에서는 40 Km/h로 일정한 1회충전 주행거리에 대해서, 실주행시 1회충전 주행거리의 감소율이 0.5, 0.6, 0.7배인 3가지 경우에 대해 분석해 보았다.

**4-3. 차량의 주행조건 차이에 따른 보정**

전항에서 가정한 실주행시 1회충전 주행거리의 감소율은 일반적인 실주행을 했던 경우의 수치이다. 이 점에 대해 이번엔 분석한 53대의 차량은 승차인원, 고갯길의 경사도, 도로의 노면상황과 같이 주행시 에너지소비율에 크게 영향을 주는 조건이 각 차량에 따라서 당연히 다르다고 여겨진다. 따라서, 동일 제원의 전기자동차를 도입한 경우에도 실제로 주행할 수 있는 거리가 달라지게 마련이다.

이러한 주행조건 차이에 따라 1회충전 주행거리에 미치는 영향은 휘발유 자동차의 연비자료를 이용하여 보정하였다. 다시 말해서, 주행조건 차이는 현재 사용하는 휘발유 자동차의 연비실적치에 반영된다고 생각하여 60 Km/h 정속주행연비(발표자료)와 실제 연비(분석대상기간의 평균치)의 비율을 [연비저하율]로 정의하고, 이것을 지표로 이용하였다. 53대 차량의 연비저하율은 0.678~0.196 사이에 분산되어 있고, 평균은 0.407 이다<sup>6)</sup>.

이 수치를 이용하여 다음 식에 의해 "각 차량의 주행조건 차이에 따른 보정계수"를 산출하였다. 이것은 전 차량의 연비저하율의 평균치를 1로 하여, 각 차량의 연비저하율을 규격화한 것이다.

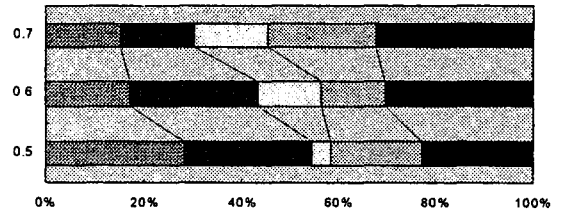
$$\text{각 차량의 주행조건 차이에 따른 보정계수} = \frac{\text{각 차량의 연비저하율}}{\text{전차량 평균 연비저하율}}$$

이상의 요인을 고려한 결과, 설정된 가상 전기자동차에 대한 실주행에서의 1회충전 주행거리는 최대 187 km, 최소 46 km로 산출되었다.

**5. 전기자동차의 도입가능성 평가**

3절에서 집계한 자동차의 1일 주행거리의 분포와, 4절에서 추정된 가상 전기자동차의 실주행에서 1회충전 주행거리와의 비교에 따라 전기자동차의 도입가능성을 평가하였다. 즉, 가상 전기자동차의 1회충전 주행거리가 Fig. 1에서 보듯이 자동차의 1일 주행거리의 분포를 어느 정도 충족(cover)시킬 수 있는가를 다음 식과 같이 정의되는 충족율로 나타내고, 이 수치에 기초하여 평가하였다(蓮池宏 외<sup>6)</sup>).

<sup>6)</sup> 일본의 경우에는 0.617~0.278사이로 평균은 0.452임(蓮池宏 외<sup>6)</sup>, p. 30).



**Fig. 4. Coverage rate of running distances of per charge standard electric vehicles.**

■ 81~100%, ▀ 61~80%, ▄ 41~60%, ▒ 21~40%, □ 0~20%.

$$\text{충족율} = \frac{\text{총가동일수중 1일 주행거리가 전기자동차의 실주행 1회충전 주행거리 이하의 일수}}{\text{대상기간내 총가동일수}}$$

전기자동차의 실주행시 1회충전 주행거리 감소율이 0.5, 0.6, 0.7배로 했을 때 상기 충족율이 어떻게 변하는가를 Fig. 4에 나타냈다.

실주행시 1회충전 주행거리 감소율이 0.5인 경우 1년 중에 80% 이상이 충족되는 차량은 대상 차량 53대 중 약 28% 이다. 60%이상 충족되는 차량은 45% 가까운 24대나 된다. 그러나, 충족율이 100%로 분석된 차량이 11대로 많은 편<sup>6)</sup>이고, 반면 충족율이 0인 경우도 나타났는 바, 4대나 조사되었다.

이러한 점에서 볼 때 본고에서 분석한 주요 공기업의 차량은 대부분 낮에는 현재 실용 전기자동차로 달릴 수 있는 거리 밖에 주행하지 못하지만, 때때로 장거리를 달릴 경우가 있기 때문에 현재 전기자동차를 휘발유 자동차와 함께 사용하기에는 곤란한 문제가 제기될 수 있다.

그런데, 이것은 1대의 휘발유(내연기관) 자동차를 1대의 전기자동차로 대체한다고 하는 것을 가정한 경우이다. 일반적으로 기업에서는 복수의 같은 형태의 자동차를 사용하는 수가 많다. 이러한 경우 복수 차량 중의 일부를 전기자동차로 바꾸어 주행거리에 따라 내연기관 자동차와 전기자동차를 적절히 사용한다면 실제 지장없이 전기자동차를 도입한다는 것이 가능해질 수 있다.

**5. 맺는말**

본고에서는 주요 공기업이 보유한 53대에 대해 1일당 주행거리의 실패를 1년간에 걸쳐 조사함으로써, 보유

<sup>6)</sup> 전기자동차 도입가능성에 대한 충족율이 비교적 높게 평가된 것은 표본의 제약에 의한 결과로 판단되는데, 즉 공기업의 업무용 자동차의 주행거리가 비교적 짧은 실패에 기인하는 것으로 사료됨(반면, 경영층의 주행거리는 매우 긴 편으로 보임).

자동차의 전기자동차 도입가능성을 평가하였다.

표본의 제약하에서 분석한 결과, 가동일수의 80%이상으로 실용 전기자동차의 1회충전 주행거리로 충족할 수 있는 차량은 상당한 차량에 이르고, 나아가 100% 커버되는 차량은 14대나 가능함을 발견하였다. 따라서, 현재 성능의 전기자동차를 주요 공기업이 휘발유 자동차와 완전 동일하게 사용할 수도 있다고 말할 수 있겠다.

더우기, 복수의 차량을 소유한 기업에서는 주행거리 에 따라 전기자동차와 내연기관 자동차를 적절히 나누어 사용할 수 있다면, 어느 기업에서라도 복수차량의 일부를 전기자동차로 대체한다는 것은 충분히 가능하리라고 판단된다.

이번 검토는 기존 차량의 1일 주행거리와 전기자동차 1회충전 주행거리의 비교를 통해 이루어졌다. 다시 말해서, 전기자동차는 아침 만충전 상태로 출발하여 그 날 주행이 종료되기 까지 도중에 충전하지 않는 것을 상정하고 있다. 그러나, 전기자동차는 30분 정도의 빈 시간만 있으면 보충전이 가능하여 1일 주행가능 거리는 상당히 길어지게 된다. 이번 원자료로 사용한 차량운행일지에는 운행시간의 기록도 기재되어 있기 때문에, 하루 중에 보충전을 했을 경우 전기자동차의 도입가능성이 어느 정도 증가될 것인가에 대해서도 앞으로 검토할 필요성이 제기된다.

그리고, 실용화되고 있는 전기자동차의 성능을 상정하여 평가하였지만, 전기자동차의 성능이 향상되었을

경우에 대한 도입가능성의 분석도 쉽게 이루어지리라고 본다. 이번 분석·평가는 기존 차량의 주행거리에만 한정된 것으로, 전기자동차의 실제 도입여부를 판단하려면 전기자동차에 대한 시범운행<sup>7)</sup>을 통해서 앞으로 전기자동차의 제원이나 성능에 영향을 주는 요인(승차인원, 도로상태, 에어컨 등의 사용상황 등)의 실태에 대해서도 추가적인 평가와 경제성 분석을 실시할 필요가 있다.

## 참고문헌

1. 교통신문사, 무공해의 꿈 전기차, 자동차저널 (1994. 8.).
2. 에너지경제연구원, 정부투자기관 주행실태 조사자료 (내부자료) (1995).
3. 에너지경제연구원, 자동차제작사 대체에너지 자동차 개발상황(내부자료) (1997).
4. 환경자동차신문, 전기차 실용화 활기 (1997. 6. 4).
5. 환경부, 국립환경연구원, 95년도 대기오염물질 배출량 자료집 (1996).
6. 蓮池宏, 村卓可, 內燃機關自動車の走行實態と 電氣自動車の 導入可能性, エネルギー經濟, 第20卷 第4號, 日本 エネルギー經濟研究所 (1994. 4.).
7. 森下眞夫, 電氣自動車の 現狀と 將來, エネルギー資源, Vol. 15, No. 5, 日本エネルギー資源學會 (1994).
8. 三上 薫, 21世紀は 電氣自動車の 時代, 省エネルギー, Vol. 49, No. 1, 省エネルギーセンター(1997).

<sup>7)</sup>한국전력공사는 1998년중 자동차3사의 전기자동차를 대상으로 시범운행에 들어갈 계획으로 알려짐(환경 자동차신문<sup>4)</sup>).