

.....만약 가솔린價格이 電力料金보다 급격히上昇할 경우 電氣自動車가 費用 效果比率面에서 및 價格面에서 보다 有利해지며, 電氣自動車の 에너지節約效果, 汚染減小效果 등 社會의效果를 고려하면 電氣自動車が 選好될 것이며 또한 選好되어야 한다는 實証的, 當爲的 結論에 到達하고 있다.

電氣自動車の 經濟性分析

[動力資源部刊「에너지資源시리즈」第17卷에서 발췌·수록]

1. 自動車 購入價格의 比較

1. 現在價格 分析

[표 1]은 內燃機關 自動車(小型과 超小型) 2종과 리튬/금속황화물 電池를 사용한 電氣自動車を 所有하는데 필요한 費用을 1977年 基準 달러로 表示한 것이다. 內燃機關 自動車の 價格은 1977年度 價格의 平均値이다. 電氣自動車の 原價는 ICE 小型 自動車보다 높은 875달러로 假定하였으나, 蓄電池 購入費用은 여기에 包含되지 않고 리튬/황화철 蓄電池의 價(項)에 넣었다. 自動車の 수명은 7年으로 假定하였다. 재래식 自動車와 電氣自動車の 主要價格差異는,

- 補修費와 維持費의 差異
- 車를 運行하는데 따른 燃料費差異로 假定할 수 있다.

재래식 自動車の 燃料費는 가솔린과 오일費用의 總으로 계산하였으며 t 年의 가솔린 費用은 갤런당 가솔린 價格과 年平均 走行마일을 갤런당自動車 走行마일로 나눈 값의 곱, 즉

$$\text{가솔린價格} \times \frac{\text{年平均 走行마일}}{\text{갤런 走行마일/갤런}} \text{으로 표시한다.}$$

이때 가솔린價格은 갤런당 0.6달러~0.75 달러로 假定했다.

電氣自動車에 대한 動力費는 蓄電池 充電에 所要된 電力費用을 運行마일로 나누어서 計算하였다.

자동차가 1 마일을 走行하는데 소요되는 電力은 리튬/금속황화물 축전지에서 0.45KWH로 가정하였다. 電氣의 非尖頭(전기를 가장 덜 쓰는 시간) 기적은 KWH 당 0.019~0.035달러로 가정했다.

위와 같은 검토 결과 現在 自動車を 所有할 경우 가솔린의 現在價格 (0.60\$/gallon) 으로서는 小型電氣自動車 運行費用이 小型 가솔린자동차(0.26 MPG) 運行費用과 거의 비슷함을 알 수 있다.

[표 1] 자동차 가격

(1977년 미국달러 기준)

투 자 구 분 (총 7 년)	가솔린 사용자 등 차		전 기 자 동 차
	소 형 (26 MPG)	초 소 형 (40 MPG)	리튬/금속황화물 бат 데 리
소 유 기 간 (년)	7	7	7
초 기 가 격 / a	\$ 3700	\$ 3500	\$ 4375
초기배터리가격 / b	N/A	N/A	1200
수리 / 운영 / 타이어	2019	1910	931
공해 방지 장치 / b	716	716	0
보 험 세 금 / b	3612	3416	3685
가 스 전 기 / c	1619~2289	1050~1488	599~1103
오 일	136	124	0
연간주행거리(마일)	10000	10000	10000
소유자 총 가격	11798~12472	10716~11154	10790~11294

(a) \$ 40/KW-h에서 30KWh (\$ 35/KWh, 풍장도 가격)

(b) 이 값은 High Performance Batteries for Stationary Energy and Electric-Vehicle Propulsion, Progress Report; 1977, Argonne National Laboratory에서 계산

(c) 가솔린가격: gallon당 \$ 0.60, \$ 0.85

(d) 연간 오일가격은 소형차는 \$ 19.5,

전기요금: KWH 당 \$ 0.019, \$ 0.035

초소형차는 \$ 17.8로 가정

만약 가솔린價格이 電力費보다 급속히 증가하면 電氣自動車가 마일당 運行費面에서 보다 有利하게 될 것이다. 그러나 實用性 있는 電氣自動車가 美國自動車 市場으로 流出되는 속도만큼 高性能 蓄電池 시스템 開發速度가 1990년까지는 크게 진전 되리라고는 豫測되지 않는다. 따라서 自動車를 所有하는데 必要한 費用의 比較는 經濟的인 側面에서 變動 가능한 모든 事項을 고려함으로써 1990년까지 移越되어야 하며 이러한 目的을 위해서는 미래의 經濟的인 側面으로 設定될 필요가 있다.

2. 1977년부터 2000年度까지 未來像

에너지, 商品, 資本, 勞動에 관한 未來의 自動車를 所有하는데 必要한 費用의 比較를 1990년까지 移越하는데 중요한 要因이 된다. 그러나 經濟的 側面에서 未來를 展覽한다는 것은 어려운 작업이다.

i) 에너지 가격

이러한 목적으로 賦存資源을 4 가지 즉 石炭, 石油, 天然가스, 우라늄으로 구분하여 에너지 査定

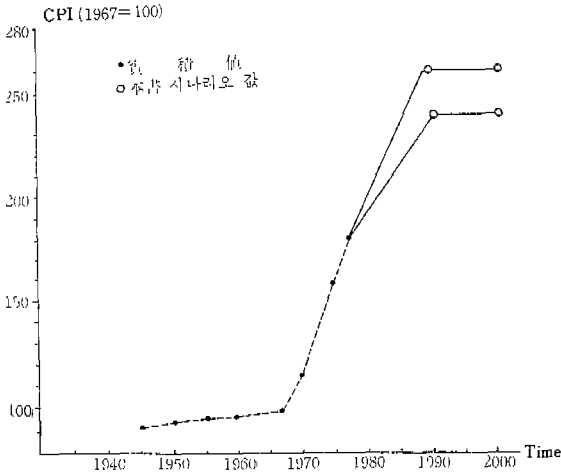
을 마친하였다. 石炭과 우라늄의 부존량은 2000년 까지 나타내었으며 이들의 가격은 環境處理 費用과 技術開發費用에 의해 크게 좌우 된다. 오일과 가스의 부존량은 2000년도까지 枯竭될 것으로 豫측된다 그러나 어느 누구도 미래 에너지價格을 確實히 전망할 수는 없다. 역사적으로 살펴볼 때 에너지가격은 投資費用, 情勢, 必要性 기타 여러가지 條件의 國家별로 다르기 때문에 이러한 制限條件이 組合되어 형성되었다.

여기에서는 既存研究를 整理하고 가능한 미래의 값을 여러가지 자료에 의해서 推定하여 그림 1, 2, 3에 나타내었으며 그 값은 0 포로 표시하여 굵은 선으로 연결하였다.

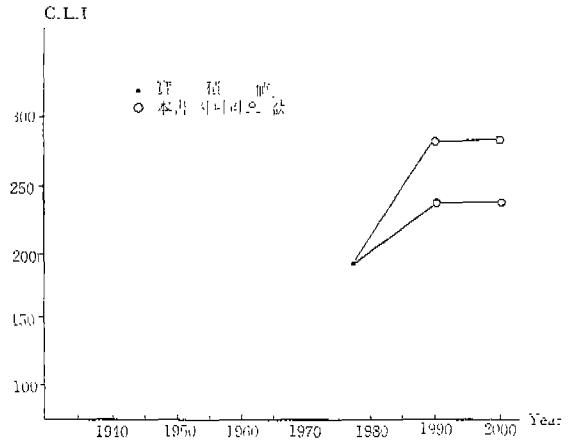
ii) 價格指數

消費者 價格指數(CPI)에 대한 資料를 (그림 1)에 표시하였으며, 이것은 1940~1960과 1966~1975년까지의 傾向을 근거로 하여 나타낸 것이다. 勞動 費用指數(CLI)는 (그림 2)에 나타내었다. 消費者 價格指數는 自動車, 蓄電池, 公害調節裝置, 保險料, 税金, 賃金 등의 費用에 영향을 미치며 노동비용지

[그림 1] 과거 및 미래의 소비자 가격지수



[그림 2] 과거 및 미래의 노동費用지수



[표 2] 未來 시나리오

연 도	원 유 \$/BBL	천연가스 \$/MCF	석 탄 \$/TON	우 라 늄 \$/Lb	CPI (1967=100)	CLI (1967=100)	收益率	AFI
	a)	b)	c)		d)	d)		
1977	\$8.49	\$0.66	\$19.42	\$22.00	181.8	188.96	10%	12%
1990 (I)	20.00	1.75	24.00	32.00	260.0	260.0	10%	15%
2000 (II)	17.25	1.30	20.00	25.00	235.0	235.0	10%	12%

※ 모든 價格은 '77년 달러價格

a) '77년 4월 國內生産 價格 (資料: Minerals & Materials 10, '77)

b) '77년 2월

c) '77년 5월

d) '77년 6월 I) 에너지 低成長時 的의 시나리오 II) 에너지 高成長時 的의 시나리오

e) 資料 1) Nuclear Fuels Policy Report of the Atlantic Council's Nuclear Fuels Policy Working Group ('76)

2) Nuclear Power Issues and Choices, MITRE Rep. ('77)

수는 補修와 유지비에 영향을 미친다.

iii) 資本費用

收益率(rate of return)을 10%로 가정하고 자동차 金融利率 (AFI)을 3년 償還期間 동안 12%로 가정하였다. 전체적으로 [표 2]에 要約하였다.

3. 未來의 自動車 費用

1977년 1990-2000년간의 自動車 價格 傾向은 다음 시나리오와 같이 가정하였다. (1977.對比)

[표 3] 미래의 自動車費用 시나리오

	代案 I	代案 II
燃料費用 比率(ICE)	2.36	3.03
에너지費用 比率(EV)	1.54	1.26
消費者 價格指數 比率	1.43	1.29
勞動價格 指數 比率	1.43	1.26

※ I : 에너지低成長時 II : 에너지高成長時

內燃機關自動車の 연료비는 원유가격 推移에 따라 上昇되고 반면에 전기자동차의 動力費는 [표 2]에

서 보여준 4 가지 에너지의 平均값에 따라 決定된다. 부가해서 다음의 假定과 條件들을 未來의 自動車費用을 計算하는데 使用하였다.

- a) 自動車는 7 년동안 所有하거나 最初費用은 3 년후 회수된다.
- b) 自動車는 10% 割引으로 金融支援되며 [표 2] 에서 주어진 바와 같이 3 년동안 償還한다.

c) 電氣自動車에 부착한 最初의 蓄電池는 최소 7 년동안 使用할 수 있다.

미래의 시나리오와 가정을 이용하여 自動車 소유費用을 [표 4]에 나타내었다. [표 4]에서 분석한 費用의 結果는 소형 電氣自動車 運行費用을 소형 가솔린自動車와 비교할 때 대안 I에서는 같거나 약간 높고 대안 II에서는 비교적 낮다.

[표 4] 1990년도 자동차 가격

(1990년 달러基準)

	IC 엔진을 가진 자동차		전 기 자 동 차
	소 형 (26 mpg)	초 소 형 (40 mpg)	리튬-황화물
연 간 주 행 거 리	10,000	10,000	10,000
(代 案 I) 윗부분 숫자 (代 案 II) 아래부분 숫자			
최 초 자 동 차 가 격	5,291 4,773	5,005 4,515	6,256 5,645
초 기 bat 테 리 가 격	0 0	0 0	1,716 1,548
수리, 운영, 타이어비	2,887 2,544	2,731 2,407	1,331 1,173
공 해 장 치	1,024 924	1,024 924	0 0
보 험, 세 금	5,165 4,659	4,885 4,407	5,270 4,754
연 료, 전 기	4132-5723 3555-4923	2771-3804 2383-3272	923-1699 755-1423
연 간 費 用 1)	2945-3172 2624-2819	2631-2778 2348-2476	2914-3025 2393-2488
총연간비용, 첫째 2)	4511-4738 3950-4145	4112-4260 3603-3731	5274-5385 4390-4486
총연간費用 둘째, 세째해	3982-4209 3473-3668	3612-3760 3151-3279	4477-4588 3671-3767
총 비 용 (7 년 간)	24255-25844 21392-22757	21860-22892 19297-20193	25884-26661 21304-21971

1) 최초 자동차 가격+배터리 가격 $X \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + (\text{연간 유지 관리비})$

2) 총연간 비용 (첫해) = (자동차와 축전지 비용의 10%) + [(기타 차량 및 축전지 비용) $\times \frac{(i(1+i)^T}{(1+i)^T - 1} + \text{연간 유지관리비}$

3) 총연간 비용 (둘째, 세째해) = 첫해의 총투자비 - 차량과 축전지 비용의 10%

주 : r=10% n= 3년간 i=15%(대안 I) i=12%(대안 II) T= 7년간

그러나 전체적으로 주로 最初 自動車 購入費와 蓄電池費用, 에너지費用, 소유기간동안의 金融利率에 좌우된다.

소유기간이 길면 길수록 電氣自動車는 ICE(재래식 自動車) 소형 自動車나 초소형 自動車보다 더욱 더 經濟的이다.

1990년까지는 電氣自動車 및 蓄電池 産業部門에서 規模의 經濟가 達成될 것이므로, 價格面에서 電氣自動車の 競爭力이 強化될 것이다.

만약 가솔린價格이 電氣價格보다 急速히 上昇한다면 電氣自動車는 相對的으로 運行費가 적어져 더욱 選好될 것이다.

II. 電氣自動車の 社會的 利点

1. 電氣自動車와 에너지 節約

에너지 節約面에서 전기자동차의 效果는 전기자동차對 ICE(재래식)자동차의 需要構成과 재래식 자동차의 經濟的 燃料效率의 증진에 좌우된다.

승용차나 승객 수송을 위한 자동차數와 型態는 개개인의 收入이나 人口數, 연령分布, 가족의 性格이나 生活方式에 따라 영향을 받는다. 자동차 需要는 自動車の 經濟性, 安樂感 및 性能向上에 따라 결정된다. 연료의 부족이나 가솔린 價格의 상승은 재래식 소형자동차를 이용하는 人口를 증대시킬 것이지만 이보다는 재래식 소형자동차 대신에 전기자동차 利用人口를 증대시키는 데 영향을 줄 것이다.

추측컨데 輕量級 재래식 소형자동차는 1985년 中반에 交通이 혼잡한 도시에 가솔린 1 개럴당 40 마일을 달릴 수 있게 될 것이다. 그렇다면 문제는 미국사회의 자동차 人口로 하여금 전기자동차를 이용하도록 어떻게 市場進出을 할 것인가에 달려있다.

기존 자료의 부족으로 전기자동차의 市場進出 여부를 검토하는 것은 거의 불가능하나 快樂選折模型(hedonic choice model)이라고 불리는 接近方

法이 고려될 수도 있다. 이 모델은 個人이 經濟的 函數 아래 特定 自動車を 選折하는 確率을 說明하도록 考案된 것이다. 자동차의 형태에 따라 개별적으로 V 값을 주면 i 번째 사람이 j 번째 자동차를 택하는 函數值 Vij는 다음과 같이 표시된다.

$$V_{ij} = B_0 + B_1 C_j + B_2 S_j + U_{ij}$$

단, C_j = j 번째 자동차 價格

S_j = j 번째 자동차의 經濟지수

U_{ij} = i 번째 사람과 j 번째 자동차 特性

(Stochastic term) $E(U_{ij}) = 0$

個人이 M 번째 選擇機會中에, 타입의 自動車を 選擇하는 確率 P_{ij} 는 다음과 같다.

$$P_{ij} = \frac{e^{V_{ij}}}{\sum_{k=1}^m e^{V_{ik}}}$$

전기자동차를 선택할 確率을 예측하기 위해서는 우선 實際需要와 부수된 인자에 대한 이용 가능한 자료를 사용해서 방정식(6)의 파라미터를 決定해야 한다.

그리고 實驗結果와 情報을 使用하여 c^* 와 s^* 같은 전기자동차에 대한 방정식 變數값을 決定하는 것이 필요하다. 이렇게 했을 경우 새로운 전기자동차를 選擇하는 p^* 확률은 다음과 같다.

$$P^* = \frac{e^{V^*}}{\sum_{j=1}^n V_{ij} + e^{V^*}}$$

이 방정식은 장차 전기자동차가 차지할 市場占有率을 豫測하는 快樂選折方程式(hedonic choice equation)이라 볼 수 있다.

이 방정식은 簡便한 方法論이 있지만 이의 應用에는 많은 노력과 시간이 요구되므로 여기에서는 제외하였다.

따라서 보다 實用的인 方法論을 택하여, 既存의 文獻情報과 妥當한 假定에 의해서 分析하기로 하였다.

전기자동차는 미국자동차 利用者들에게 다음과 같

이 浸透하리라고 假定하였다.

- a) 1985년에 전기자동차를 商業的으로 처음 생산한다.
- b) 전기자동차가 1990년~1994년 사이에 연간 總販賣量 1,360萬대 중의 2%를 차지한다.
- c) 전기자동차가 1995~1999년 사이에 자동차 연간 총판매량 1,410만대 중 5%를 차지한다.
- d) 2,000년도부터는 연간 자동차 총판매량의 10%를 차지한다.
- e) 재래식 소형자동차는 가솔린 1 갈론당 40마일을 走行한다.
- f) 전기자동차는 10년간 사용할 수 있다.
- g) 모든 자동차의 연간 주행거리는 10,000마일이다.
- h) 모든 자동차가 석유를 사용하지 않은 發電所에서 充電한다.
- i) 원유 1 바렐에서 가솔린 0.8바렐을 생산한다.
- j) 1990년대 후반의 원유가격은 20\$/바렐이고, 비첨두전력가격은 0.02\$/KWh이며, 전기자동차에 부착된 축전지로 1 마일을 달리는데 0.45 KWh의 에너지가 소모된다.

1990년과 1994년 사이에 신형자동차를 소유하는

비율은 10% 불민이라고 보았다. 미국 交通省 高速道路 管理所(Federal Highway Adm.) 발표에 의하면 1990년도의 자동차 수는 1억 3,620만대로 1972년보다 41%를 증가할 것이라고 한다.

이의 분석 결과는 [표 5]와 같다.

이 표에서 보는 바와 같이 만약 전기자동차 市場占有率과 에너지 가격이 변하지 않는다면 상당량의 에너지가 節約될 것이다.

2. 電氣自動車와 環境

축전지를 이용한 전기자동차 개발의 주요한 長点 중 하나는 環境汚染이 없다는 것이다. 자동차의 保有數가 많아지면 많아질수록 자동차에서 排出되는 汚染분제가 더욱더 惡化된다.

수송차량으로부터 나오는 배출물은 다양하고 복잡해서 연구하여야 할 분야이나, 汚染物 排出은 자동차의 壽命과 型態, 道路의 型態, 平均速度, 大氣溫度, 운전사의 習慣, 가솔린이나 기름의 質에 따라 變化한다.

<P.51에서 계속>

[표 5] 電氣自動車の 에너지에 對한 영향

연 도	電氣자동차수	원 유 절 약		
		(BBL)	\$	\$
1990	272,000	2.0×10^6	40.0×10^6	15.52×10^6
1995	2,065,000	16.13×10^6	322.6×10^6	305.01×10^6
2000	5,345,000	39.78×10^6	795.6×10^6	747.49×10^6

[표 6] 電氣自動車の 使用에 依한 環境汚染의 減少值

연	연간 汚染物質量(Tons) ¹⁾			汚染 價 值 (\$) ²⁾		
	HC	CO	NO	HC	CO	NO _x
1990	1,115.2	9,248.0	1,088.0	107,059	57,522	344,895
1995	8,466.5	70,210.0	8,260.0	812,784	436,706	2,618,420
2000	21,914.5	181,730.0	21,380.0	2,103,792	1,130,360	6,777,460

1) 1978년 연방 모터 자동차 標準排出量: Hydrocarbons=0.41g/mile Oxides=0.40g/mile Carbon Monoxides=3.4g/mile

2) 都市地域의 汚染排出 社會的 費用(74\$/Ton) HC=\$ 96, CO=\$ 6.22, NO_x=\$ 317

資料: Kenneth A. Small, 'Estimating the airpollution costs of Transport modes; J. Trans, Economic & Policy, May 1977.

[表-5] 送電線프로그램

1976年末 工事中인 送電線(NPC)					
	230KV	138KV	69KV	計	
루 손	205 km	—	299 km	504 km	
튀 사 야	—	51 km	163 km	214 km	
민 다 나 오	—	578 km	312 km	890 km	
計	205 km	629 km	774 km	1,608 km	

9. 電氣料金

필리핀에 있어서는 電氣料金は 公益事業法 13條 및 14條에 의해서 公益事業委員會에 의해서 規制되고 있다. 그러나 電力公社(NPC)만은 이 規制를 안 받게 되어있다. 料金は 原價主義를 原則으로 해서

레이트 베이스로 하고 있다.

1976年の NPC의 平均販賣單價는 민다나오地區가 0.0298페소/KWh로 특별히 싸고 루손地區 0.1403 페소/KWh, 튀사야地區 0.1420 페소/KWh로 平均 0.1131 페소/KWh이다.

[表-6] 필리핀 電氣料金

	販賣量 (1976) 百萬KWh	販賣收入 百萬페소	單位(A) 페 소 kWh	1975年 單價(B)	比 率 (A/B) %
루 손	2,269.1	318,432	0.1403	0.1265	110.9
튀 사 야	9.9	1,406	0.1420	0.1348	105.3
민다나오	744.9	22,167	0.0298	0.0298	100.0
計	3,023.9	342,005			

(注) 1 US 달러=7.40 페소(1977年11月)

1 페소 ≈ 0.135 US 달러



<P. 28에서 계속>

배출물을 평가한다는 것은 자동차에 부착된 汚染 制御裝置에 따라 달라지기 때문에 어려운 문제이다.

大氣汚染에 대한 社會的 費用의 평가는 더욱더 어려운데 이유는 費用函數가 汚染水準(Pollution level)에 대하여 非線型的이고, 限界費用이 噌증하기 때문이다.

1978년에 정한 자동차 배출량 기준은 2000년까지 마일당 排出最高水準이 계속 適用되는 것으로 假定 하였으며 [표 6]에서 나타낸 바와 같이 電氣自動車의 使用으로 因하여 일산화탄소, 탄화수소, 질산화물의 排出量이 減小될 것으로 假定하였다.

都市地域 汚染排出의 單位社會的 費用에 根據하여 역시 [표 6]에 나타낸 바와 같이 電氣自動車의 使用에 따른 汚染減少價値 (value of pollution reduction)를 計算하였다. 이 數値는 正確하지 않지만 示唆的인 무엇을 가지고 있다.

III. 結 論

이 研究에서는 1977년과 미래에 있어서 자동차를 소유하는데 소요되는 費用을 比較分析하였다.

전기자동차의 시장침투율과 에너지價格展望을 가정하여 총에너지 節約과 空氣汚染除去를 1990, 1995, 2000년도를 구분 평가하였다.

만약 전기자동차의 상용화가 1980년대 후반에 이루어진다면, 이에 대한 費用分析結果는 소형전기자동차의 운전비용이 1990년도 推定價格의 소형재래식자동차(갤런당 40마일)와 거의 동일하다는 것을 시사한다. 만약 豫見되는 바와 같이 کاهش된 가격이 전력비보다 급속히 噌증한다면 전기자동차의 마일당 運行비용이 아주 저렴하게 되므로 충분한 經濟性이 있다고 판단된다.