大韓電氣協會 電氣分野 調査研究論文

우리나라 將來住宅의 電力需要

A Power Demand of the Housing in Future in Korea (2)

黃 錫 永
檀國大學校 工科大學 敎授
李 性 午
檀國大學校 工科大學 講師

나. 全電化 住宅의 消費電力量

全電化 住宅의 消費電力量은 表7에서 보는 바와 같이 煖房, 炊事, 給湯에 연탄, 유류, 가스류, 신탄 등을 熱기구에 써서 얻었던 熱에너지를 다음 式과 같이 電氣 에너지를 쓰는 電氣器具에서 얻는 것으로 하여 구한다.

$$\text{電氣量[kWh]} = \frac{\text{純熱消費量}[10^3\text{kcal}]}{0.86\left\{\frac{10^3\text{kcal}}{\text{kWh}}\right\}} \cdot \frac{\text{熱기구效率 } y_H}{\text{電氣기구效率 } y_e} + \text{현재 消費 電力量[kWh]} \quad \cdots\cdots (3)$$

여기서 (純熱消費量[10^3kcal]) = (總熱量表示 消費에너지[10^3kcal]) − (0.86×현재 消費 電力量[kWh])

式(3)을 使用하여 家口當 月평균 에너지 消費量을 나타내는 **표 12**의 에너지 消費量을 12倍하여 全電化 家口當 年間 電力 消費量을 구하면 **표 13**과 같다.

表 13에서 E는 현재의 消費電力量이고, TM은 總 消費 에너지量으로서 電力量은 1kWh를 860 kcal로 환산하여 熱量으로 加算한 것이고 H는 TM에서 E를 공제한 純粹 熱에너지量이다. HR은 式(3)의 우변의 1항과 같이 純粹 熱에너지를 電氣 에너지로 換算한 量이며 TE는 현재 使

〈표 12〉 에너지源別 家口當 에너지 消費(月平均)

(單位 : 10^3kcal)

에너지원 \ 지역		전 국	서 울	도 시	농 촌
總 에 너 지		1,496.8	1,838.4	1,473.1	1,141.7
연 탄		1,166.4	1,204.0	1,231.4	899.2
석유류	소 계	158.2	423.7	92.6	37.0
	등 유	25.5	15.7	25.8	37.0
	경 유	47.3	148.4	20.7	0.0
	B-C유	85.4	259.6	46.1	0.0
가스류	소 계	66.8	103.9	65.1	25.6
	프로판	57.3	72.5	61.1	25.6
	도시가스	9.5	31.4	4.0	0.0
전 력		84.8	106.7	84.0	60.9
신 탄		20.6	0.0	0.0	119.1

〈표 13〉 家口當 年間 에너지 消費

	全 國	서 울	都 市	農 村
E〔kWh〕	1,183.4	1,489.1	1,172.7	829.0
TM〔Mcal〕	17,961.6	22,060.8	17,677.2	13,700.4
H〔Mcal〕	16,943.9	20,780.2	16,668.7	12,987.5
HR〔kWh〕	14,073.0	17,259.3	13,844.4	10,786.9
TE〔kWh〕	15,090.7	18,539.9	14,852.9	11,499.9
IE〔TE/E〕	14.8	14.5	14.7	16.1

註 : E : 現在의 消費電力量
TM : 總消費 에너지 量
H : 純粹 熱 에너지 率
HR : H를 電氣 에너지로 換算한 量
TE : E+HR
IE : TE/E

用하는 電力量 E에 上記 換算 電力量 HR을 합한 것으로 全電化 家口가 消費하는 總 電力量이다. IE는 TE/E로서 全電化가 될 경우 현재 使用하는 電力量의 몇 倍가 되는가 하는 倍數를 나타낸다.

表 13은 式(3)의 熱機器效率을 55%, 電氣器具의 效率을 77%로 보고 計算한 것인데 電氣器具의 效率이 技術進步에 의하여 向上될 것을 考慮하면 消費 電力量은 이보다 적게 될 餘地가 많고 특히 排氣 및 換氣가 거의 필요치 않게 되어 에너지 節約을 보다 쉽게 할 수 있을 것으로 본다.

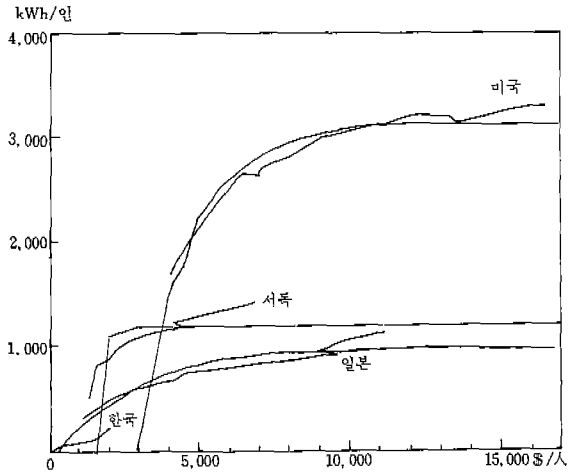
〈表 14〉 家口當 季節別 에너지 消費 現況

		E kWh	TM 10^3kcal	H 10^3kcal	HR kWh	TE kWh	IE 배	IER 배(년평균에)
봄	全 國	265.5	4,240.4	4,012.1	3,392.9	3,658.4	13.8	17.7
	서 울	362.0	4,802.3	4,491.0	3,797.9	4,159.9	11.5	20.1
	都 市	253.8	4,307.6	4,089.3	3,458.2	3,712.0	14.6	17.9
	農 村	180.2	3,276.6	3,121.6	2,639.8	2,820.1	15.6	13.6
여름	全 國	340.9	885.8	592.6	501.1	842.1	2.5	4.1
	서 울	424.0	873.0	508.4	429.9	853.9	2.0	4.1
	都 市	342.1	909.4	615.2	520.3	862.3	2.5	4.2
	農 村	250.2	900.9	685.7	579.9	830.1	3.3	4.0
가을	全 國	315.9	4,567.0	4,295.3	3,632.4	3,948.3	12.5	19.1
	서 울	375.2	5,746.6	5,423.9	4,586.8	4,962.0	13.2	23.9
	都 市	321.5	4,417.2	4,140.7	3,501.6	3,823.2	11.9	18.4
	農 村	223.8	3,634.2	3,441.7	2,910.5	3,134.4	14.0	15.1
겨울	全 國	261.0	8,268.4	8,043.9	6,802.5	7,063.5	27.1	34.1
	서 울	328.1	10,639.2	10,357.0	8,758.6	9,086.7	27.7	43.8
	都 市	339.0	8,848.2	7,751.7	6,555.3	6,894.3	20.3	33.3
	農 村	194.8	5,889.2	5,721.7	4,838.6	5,033.4	25.8	24.3
1 월	全 國	87.1	2,877.3	2,802.4	2,369.9	2,457.0	28.2	35.6
	서 울	108.3	3,809.9	3,716.8	3,143.2	3,251.4	30.0	47.1
	都 市	84.5	2,772.0	2,699.3	2,282.7	2,367.2	28.0	34.3
	農 村	68.5	2,028.9	1,970.2	1,666.1	1,734.4	25.4	25.1

表 13에서 全電化 住宅의 年間 消費 電力量은 非全電化時의 15倍 정도로 크게 되는데 같은 방법으로 表 8의 季節別 에너지 消費 現況과 또 에너지 消費가 가장 많은 1月의 것을 취하여 全電化時의 消費 電力量을 구하면 **표 14**와 같다.

表 14에서 보면 겨울철은 消費 電力量이 現在보다 25~27倍로, 여름철은 2~3倍로 되어 非全電化時보다 電力消費 패턴이 크게 變하며 특히 가장 추운 1月은 現在보다 最大 30倍 크고 月平均値에 比해서는 最大 47倍까지 되어 年間 全體를 通하여 볼 때 需用率은 계절에 따라 변화가 심하고, 負荷率은 극히 낮을 것이 예상된다. 그리고 全電化 住宅의 年消費 電力量이 현재(1985年 기준)보다 15倍라 보면, 表 9에서 電力費의 비중이 28.6%인 점을 고려할 때 全電化時 住宅의 에너지 費用은 현재보다 4.3倍(=0.286×15)로 된다. 한편 1인당 GNP에 대한 1인당 住宅消費電力量의 관계를 보면 **그림 4**와 같이 國民所得이 높은 先進國에서는 1인당 住宅消費電力은 각국의 기후조건, 생활풍습, 주거공간의 크기, 생활가치관 등에 따라 다르지만 어떤 飽和値에 머문다.

이는 1인당 住宅消費電力이 電力費 支出에 拘碍받지 않는다 해도 住宅이란 特殊性(非生産, 居住 場所)으로 因하여 限度가 있음을 보인다. 우리나라의 경우 全電化가 되면 이 값은 表 13의 家口當 年間 전국평균 消費電力量 15,090〔kWh〕/(年·家口)〕에서 家口當 전국평균 인원수 4.86〔人/家口〕을 考慮하면 3,190〔kWh/人〕 정도로 된다.



〈그림 4〉 1人當 GNP 대 住宅 消費 電力量

그림 4의 飽和曲線은 다음 式에서 最少 自乘法으로 係數를 구하여 그린 것이다.

$$P_H = P_0\left(1-e^{-\frac{G-G_S}{G_J}}\right) \cdots\cdots (4)$$

위 式에서 P_0는 飽和値이고 G_J는 飽和値에 도달하는 程度를 나타내는 GNP 定數인데, 미국, 日本, 西獨의 경우 G_J는 각각 1,744〔$/人〕 2,423〔$/人〕, 308〔$/人〕이다. 式 (4)에서 $G-G_S$의 값이 G_J의 1倍이면 飽和値 P_0의 63.2 %에 도달하게 되므로 G_J가 적을수록 빨리 飽和値에 도달하게 된다. 우리나라의 G_J는 消費 電力 P_H가 GNP 증가와 더불어 계속 增加하는 추세이므로 아직은 구할 수 없는 상태이다.

다. 住宅의 電力需要

電力需要의 豫測에는 巨視的 豫測方法과 微視的 豫測方法이 있는데 여기서는 巨視的 豫測方法을 취하고 이것에 住宅 全電化率을 고려할 수 있도록 한다.

(1) 全電化 不考慮 需要豫測

住宅의 全電化가 이루어지기 以前의 과거실적 자료에서 最少 自乘法을 써서 다음의 係數를 정한다.

$$\frac{\Delta P}{P_i} = \alpha_1\frac{\Delta G}{G_i} + \alpha_2\frac{\Delta P_0 P}{P_0 P_i} + \alpha_3\frac{\Delta H}{H_i} + \alpha_4\frac{\Delta M}{M_i} + \alpha_5\frac{\Delta C}{C_i} + \alpha_6\frac{\Delta P}{P_{i-1}} \cdots\cdots (5)$$

式 (5)에서 i년도의 住宅 電力需要의 增加率 $\Delta P/P_i$는 i년도의 1인당 GNP의 增加率 $\Delta P_0 P/P_0 P_i$, 住宅增加率 $\Delta H/H_i$, 物價上昇率 $\Delta M/M_i$ 電力料金 上昇率 $\Delta C/C_i$, 前年度 電力需要 增加率 $\Delta P/P_{i-1}$에 각각 比例하는 것으로 하여 比例係數 $\alpha_1 \sim \alpha_6$를 구한다.

본 방법에서는 人口가 總 GNP와 住宅에 영향을 주므로 人口의 영향을 分離하기 위하여 G

NP는 1인당 GNP를 취하였으며 또 物價上昇과 電力料金 上昇을 따로따로 考慮할 수 있도록 하였다. 式(5)에 1968年에서 1985年까지의 實積資料를 넣어 比例係數$\alpha_1 \sim \alpha_6$를 구하면 다음 式과 같다.

$$\left.\begin{array}{llll} \alpha_1=0.31 & \alpha_2=6.55 & \alpha_3=-0.12 & \\ \alpha_4=0.24 & \alpha_5=-0.31 & \alpha_6=0.24 & \end{array}\right\} \cdots(6)$$

式 (6)에서 보면 係數 α_2가 가장 크므로 住宅의 電力需要 增加에 대하여 人口增加率이 가장 銳敏하게 作用하고 있음을 알 수 있고, 다음으로 1인당 GNP 增加率이 된다. 그리고 物價上昇率과 電力料金 上昇率에 對한 係數의 絶對값이 다르므로 電力料金 上昇率에 物價 上昇率을 나눈 實質 電力料金 上昇率이란 槪念을 적용할 수 없음을 式 (5)와(6)에서 알 수 있다.

式 (5)에 式 (6)의 係數를 써서 구하는 電力需要 豫測式(全電化·不考慮)은 다음 式과 같다.

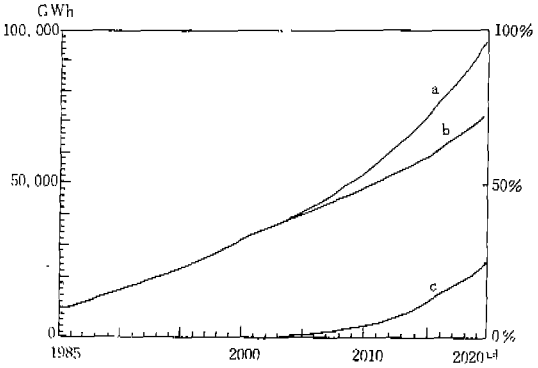
$$P_t=\left\{1+\alpha_1\frac{\Delta G}{G_1}+\alpha_2\frac{\Delta P_o P}{P_o P_t}+\alpha_3\frac{\Delta H}{H_t} +\alpha_4\frac{\Delta M}{M_t}+\alpha_5\frac{\Delta C}{C_t}+\alpha_6\frac{\Delta P}{P_{t-2}}\right\}P_{t-1}\cdots(7)$$

式 (7)에 의하여 2020年까지 豫測한 결과는 **그림5**의 曲線 b와 같다.

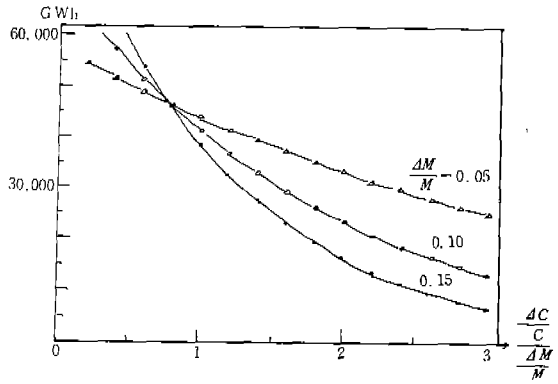
그림 5에서 曲線 a는 1986年부터 人口全體의 0.0032%가 全電化되었다고 볼 때 全電化를 考慮한 需要豫測이다. 曲線 C는 이 경우의 全電化 比率을 나타낸 것이다. 그리고 式(7)에서 物價上昇과 電力料金 上昇이 電力需要에 미치는 영향을 보면 그림 6과 같다.

그림6은 다른 條件을 같게 하고 物價 上昇率과 電力料金 上昇率을 變化시킬 때 2001年에서의 電力需要의 變化를 나타낸 것이다.

그림은 電力料金의 上昇率이 物價 上昇率에 대한 比가 크면 電力需要는 減少하고 또 그 比가 電力料金 上昇率의 比例係數 α_5에 대한 物價上昇率의 比例係數 α_4의 比인 $\frac{\alpha_4}{\alpha_5}$와 같을 때는 電力需要가 物價上昇과 無關하나 $-\frac{\alpha_4}{\alpha_5}$보다 比가 클 때는 같은 比에 있어서 物價上昇이 많을수록 電力需要가 적게 되고 $\frac{\alpha_4}{\alpha_5}$보다 比가 적을 때는 같은 比에서 物價上昇이 많을수록 電力需要가 많아짐을 보인다.



〈그림 5〉 住宅 電力需要 豫測 및 全電化率 豫測



〈그림 6〉 物價上昇과 電力料金 上昇의 影響

이것에서 電力料金이 相對的으로 석유 및 가스값보다 싸게 되어 그 比가 上記 $\frac{\alpha_4}{\alpha_5}$보다 적고 석유, 가스의 값의 上昇率이 클 경우는 자연히 電力을 많이 쓰게 되는 것을 곧 類推할 수 있다.

(2) 全電化를 考慮한 需要豫測

住宅의 電力需要에서 全電化를 考慮하면 3章 나節에서 구한 全電化時의 住宅 1人當 消費電力量 P_o와 2章나節의 全電化 推移에 관한 式(1), (2)를 使用해서 구한 全電化 住宅의 電力需要에 앞의 (1)항의 非全電化 住宅의 電力需要를 加算하여 다음 式과 같이 구할 수 있다.

$$P_H=P_t(1-F_t)+P_o\cdot P_{opi}\cdot F_t\cdots\cdots\cdots(8)$$

단, P_{ti} : i年度의 全電力 需要量
P_i : i年度의 非全電化 住宅의 電力需要量
F_i : i年度의 住宅 全電化率
P_o : 全電化 住宅의 1人當 年間 平均 電力需要量
P_{opi} : i年度의 人口

式 (8)의 右邊의 1항은 非全電化 住宅의 電力需要量이고 2항은 全電化 住宅의 電力需要量인데 F_i가 0인 경우가 從前 需要豫測方式이다. 式 (8)에 있는 P_i는 式(7)에서 구하고 F_i는 式(1), (2)에서 住宅의 全電化가 시작되는 年度에서 본 全電化 臨界 GNP G_o를 全電化 개시년도 이후 電力需要를 구하려 하는 年度의 價値로 換算(金利 등 考慮)하고 또 每年 달라지는 GNP增加率을 考慮할 수 있도록 다음 式으로 구한다.

$$F_i=\frac{1}{2}-erf\left(\frac{1}{\sqrt{x(1-y)}}\left\{\left(\frac{G_o}{G_m}\right)_i-1\right\}\right)\cdots(9)$$

단, $\left(\frac{G_o}{G_m}\right)_i=\frac{G_o}{G_m}\cdot\frac{\prod_{n=o}^{i}(1+B_n)}{\prod_{n=o}^{i}(1+r_n)}$

式 (8)과 (9)에서 P_o는 3章나節에서 豫測한 3,190〔kWh/人〕을 사용해서 全電化를 考慮한 住宅의 電力需要豫測은 그림 5의 a曲線과 같고 또 全電化 住宅의 比率은 그림 5의 C曲線과 같다.

그림 5에서 從前의 電力需要豫測 方式과 본 方式을 比較하면 표 15와 같다.

表 15는 住宅의 全電化가 1986年부터 全人口의 0.0032〔%〕가 全電化 住宅을 가진 것으로 본 것인데 이는 2章나節에서 다룬 全電化 臨界 GNP는 1986年을 우리나라의 全電化 시점이라 보면 $5,050이고 또 全電化를 하더라도 住宅의 에너지 費用이 從前보다 4.3倍정도 비싸나 所得分布가 다소 不均等한 점을 考慮하면 上記 推定은 현실적으로 無理가 없다고 본다.

表 15는 全電化를 考慮하여도 2004年 까지는 從前의 電力需要豫測과 비슷한 값이 되나 그 以後부터는 差異가 많음을 보인다. 2020年頃 全電化 比率이 24%로 되고 이때는 從前 方式의 電力需要豫測量보다 電力需要가 31% 정도 많이 필요하게 된다.

住宅이 全電化되기 시작하면 그림3에서 보는 바와 같이 全電化 比率이 50%되는 年度 부근에서 住宅의 電力需要는 急增하다가 다시 緩慢하게 될 것으로 展望된다. 이는 中産層이 대부분 全電化 臨界 GNP에 도달하기 때문이다.

(다음호에 계속)

〈표 15〉 從前의 電力需要 豫測과 본 方法의 比較

年度	P 〔GWh〕	ΔP 〔%〕	Pt 〔GWh〕	ΔPt 〔%〕	Pt/P 〔%〕	Erf 〔P.U〕	ΔErf 〔%〕
1986	10,299		10,303			000032	
1987	11,269	8.6	11,275	9.4	100.09	·000053	66.1
1988	12,381	9.8	12,392	9.9	100.09	·000092	75.7
1989	13,577	8.8	13,593	9.7	100.12	·000130	41.1
1990	14,857	8.6	14,880	9.5	100.15	·000183	40.3
1991	16,213	8.4	16,245	9.2	100.20	·000256	39.9
1992	17,635	8.1	17,672	8.8	100.21	·000299	16.6
1993	19,134	7.8	19,183	8.6	100.26	·000395	32.2
1994	20,702	7.6	20,764	8.2	100.30	·000493	24.8
1995	22,332	7.3	22,409	7.9	100.34	·000617	25.2
1996	24,008	7.0	24,099	7.5	100.38	·000735	19.1
1997	25,754	6.8	25,857	7.3	100.40	·000829	12.8
1998	27,495	6.3	27,612	6.8	100.42	·000947	14.3
1999	29,302	6.2	29,442	6.6	100.48	·001138	20.2
2000	31,138	5.9	31,290	6.3	100.49	·001245	9.4
2001	33,000	5.6	33,174	6.0	100.53	·001436	15.5
2002	34,546	4.5	34,824	5.0	100.80	·002305	60.3
2003	36,055	4.2	36,502	4.8	101.24	·003727	61.7
2004	37,603	4.1	38,271	4.8	101.78	·005609	50.5
2005	39,210	4.1	40,151	4.9	102.40	·007956	41.8
2006	40,883	4.1	42,261	5.3	103.37	·011742	47.6
2007	42,628	4.1	44,485	5.3	104.36	·015951	35.8
2008	44,447	4.1	46,964	5.6	105.66	·021815	36.8
2009	46,343	4.1	49,681	5.8	107.20	·029204	33.9
2010	48,321	4.1	52,739	6.2	109.14	·039057	33.7
2011	50,383	4.1	55,997	6.2	111.14	·050184	28.5
2012	52,532	4.1	59,536	6.3	113.33	·063358	26.3
2013	54,774	4.1	63,246	6.2	115.47	·077648	22.6
2014	57,111	4.1	67,462	6.7	118.12	·096208	23.9
2015	59,548	4.1	71,835	6.5	120.63	·115944	20.5
2016	62,089	4.1	76,460	6.4	123.15	·137838	18.9
2017	64,738	4.1	81,313	6.3	125.60	·161792	17.4
2018	67,500	4.1	86,364	6.2	127.95	·187658	16.0
2019	70,380	4.1	91,464	6.9	129.96	·214091	14.1
2020	73,383	4.1	96,813	5.8	131.93	·243241	13.6

P : 종전의 전력수요예측
P_t : 전전화를 고려한 수요예측
E_{rf} : 주택의 전전화 비율
ΔP : 증가율
ΔP_t : 증가율
ΔE_{rf} : 증가율