

## 제조업체의 에너지성과지표 고도화에 관한 연구

### A Study on the Development of the Advanced Energy Performance Indicator for the Manufacturing Companies

노경완\*† · 송명호\*\*

Rho Kyung-Wan\*† and Song Myung-Ho\*\*

(Received 15 September 2015; accepted 28 October 2015)

**Abstract :** It is important to improve the energy performance in the industrial sector, and therefore most of the manufacturing companies need the energy performance indicators to identify the target and to verify the energy savings. However, the conventional energy performance indicators such as the total energy consumption and the energy intensity are not proper to use. The reason is that they do not consider adequate relevant variables including productions in the boundary of the manufacturing companies.

Therefore, the study provides the advanced energy performance indicator using by the linear regression model according to each energy source to manage the target and to verify the energy performance properly.

**Key Words :** 에너지성과지표(Energy performance indicator), 에너지사용총량(Total energy consumption), 에너지원 단위(Energy intensity), 선형회귀모델(Linear regression model), 경계(Boundary), 영향인자(Relevant variables)

#### 1. 서 론

우리나라의 2014년 최종에너지 소비는 전년 대비 1.8% 증가한 213.9백만toe로서 2000년부터 연평균 2.6%가 상승할 정도로 꾸준히 증가하고 있다. 이 중에서 산업부문의 최종에

너지 소비는 가정·상업부문 및 수송부문의 소비 감소 추세와는 현저히 다르게 전년 대비 4.3%가 상승할 정도로 그 증가 폭이 지속적으로 크다. 이러한 상황에서 최근 정부는 Post-2020 대응을 앞두고 2030년 국가온실가스 감축목표를 공표하며 산업부문에서 BAU

\*† 노경완(교신저자) : 한국에너지공단 산업에너지실, 동국대학교 신재생에너지공학과  
E-mail : kwrho@energy.or.kr, Tel : 031-260-4213  
\*\*송명호 : 동국대학교 기계로봇에너지공학과

\*† Rho Kyung-Wan(corresponding author) : Industrial Energy Division, Korea Energy Agency. Department of New & Renewable Energy Engineering, Dongguk University.  
\*\*Song Myung-Ho : Department of Mechanical, Robotics and Energy Engineering, Dongguk University.

대비 12%의 온실가스 감축이 달성되어야 함을 촉구하였기 때문에 산업부문에서 효과적인 에너지성과 개선은 매우 중요한 과제라 할 수 있다.

하지만 대부분의 제조업체가 일반적인 성과지표로 사용하고 있는 에너지사용총량 또는 에너지원단위의 비합리성을 해소하지 못하고 있는 현 시점에서 사업장 내에 에너지성과가 얼마나 개선되었는지 명확히 확인하기란 매우 어려운 실정이다.

왜냐하면 제조업체의 사업장은 제품 생산만을 위한 공장들뿐만 아니라 제품 생산을 지원하기 위한 다양한 부대시설 및 건물 등이 밀집되어 있기 때문에 에너지원별로 생산량 이외의 영향인자들이 충분히 고려되어야만 명확한 에너지성과를 확인할 수 있기 때문이다. 그러므로 제조업체가 추진한 다양한 에너지절감 프로젝트의 성과 확인 및 성과 개선의 지속적인 모니터링과 타당한 목표 부여를 위해서는 이에 해당하는 적절한 성과지표 설정이 필요하다.

그러므로 본 연구는 실제 제조업체의 데이터를 토대로 기존 성과지표들의 문제점을 분석하고, 현실적인 고찰과 함께 보다 고도화된 에너지성과지표라 할 수 있는 선형회귀모델(linear regression model) 사용의 타당성을 제시하고자 한다.

## 2. 에너지성과지표 고도화를 위한 고찰

ISO 50006에 따르면 에너지성과지표는 크게 에너지사용량, 에너지효율, 통계적 모델 및 공학적 모델로 구분된다. 여기에서 국내 제조업체가 일반적으로 사용하는 에너지성과지표에는 각각 에너지사용량과 에너지효율에 해당하는 에너지사용총량과 에너지원단위(에너지

사용총량/제품생산총량)가 있다. 그러나 에너지사용총량과 에너지원단위는 사업장 내의 에너지 흐름과 손실, 영향인자에 의한 영향도 등을 제대로 반영하지 못하기 때문에 성과지표로 사용할 경우 불명확한 목표설정 및 부정확한 성과확인이 이루어지기 쉽다. 그러므로 통계적 기법을 활용하여 각 에너지원별로 그에 맞는 영향인자를 발굴하고 이를 적용하는 선형회귀모델을 에너지성과지표로 사용함이 보다 타당함을 제시하고자 한다.

### 2.1 기존 성과지표의 문제점

에너지사용총량은 전년도와 당해 연도 에너지사용량의 단순 비교를 위해 사용하는 성과지표로서 제조업체의 제품 생산량 증가분에 따른 에너지사용량 증가분을 제대로 반영하지 못한다는 단점 때문에 특수한 경우를 제외하고는 에너지성과지표로 사용하기 힘들다.

이러한 에너지사용총량의 단점을 보완하고자 대부분이 에너지원단위를 성과지표로 사용하고 있으나 에너지원단위는 전체 에너지사용량이 전체 제품 생산량과 매우 밀접한 관계를 형성하고, 이 이외의 인자에 거의 영향을 받지 않는다는 전제 조건을 충족해야만 지표로서 그 활용 가치가 크다고 하겠다. (Table 1)은 10여 가지 이상의 전자제품을 생산하는 제조업체의 연간 에너지사용량과 제품 생산량을 매월별로 집계한 데이터를 가지고 전체 에너지사용량과 제품 생산량의 상관관계를 분석해 본 결과이다. 그 결과를 보면 전체 생산량의 p-value가 0.1보다 크고,  $R^2$ 가 0.231에 불과할 정도로 전체 에너지사용량과 전체 생산량의 상관관계가 매우 적음을 알 수 있다. 그러므로 에너지원단위를 해당 사업장의 성과지표로 사용하기에 적절하지 않음을 보여준다.

Table 1 Correlation of the total energy consumption vs. the total production

Period	Total Energy (GJ)	Total Production (ea)
Jan	95,040	622,043
Feb	87,202	517,199
Mar	85,695	604,227
Apr	89,074	708,296
May	86,799	760,033
Jun	88,102	783,033
Jul	101,645	868,671
Aug	93,424	661,228
Sep	82,877	677,738
Oct	85,184	723,563
Nov	90,510	692,534
Dec	84,084	487,916

p-value	F-test	R <sup>2</sup>	Linear Regression Equation
0.114	0.114	0.231	$Y = 0.024 X + 73065.64$

Y : total energy consumption  
X : total production

따라서 이러한 성과지표를 사용하게 되면 사업장 내에서 이루어진 에너지성과의 판단을 보다 어렵게 하여 적극적인 에너지절감 프로젝트의 투자 유도를 저해할 뿐만 아니라 기업이 지속가능한 에너지관리 체계를 구축하는 데에도 매우 큰 장애요인으로 작용하게 된다.

이와 같은 결과가 발생하는 가장 큰 이유는 일반적인 제조업체 사업장의 에너지 흐름과 손실을 간과했기 때문이다. Fig. 1처럼 일반적인 제조업체의 사업장은 물리적 경계 내에서 제품 생산만을 위한 공장들뿐만 아니라 제품 생산을 지원하기 위한 사무실, 창고, 연구개발, 유틸리티 등 다양한 건물과 시설이 함께 위치해 있다. 그러므로 오로지 제품 생산량만을 영향인자로 사용하기 보다는 이러한 경계 내에서 각각의 에너지원별로 에너지사용량과 가장 밀접한 관계가 있는 영향인자들을 추가로 발굴하여 그에 적합한 선형회귀모델을 지표로 사용하는 것이 보다 바람직하다. 이 중에서 관련변수(relevant variables)라 할 수 있는

영향인자는 에너지원별로 각기 다를 수 있으며, 사업장 상황에 따라 추가로 다른 영향인자들을 발굴하여 적용할 수 있다.

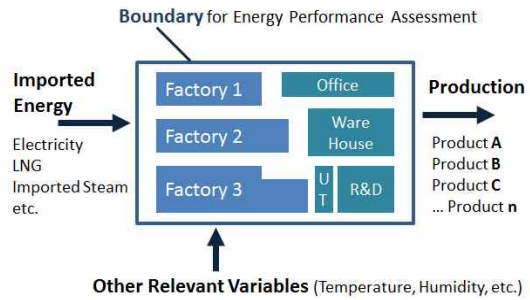


Fig. 1 Schematic diagram of the energy flow of a manufacturing facility in the physical boundary

## 2.2 선형회귀모델의 장점

선형회귀모델은 에너지사용량에 밀접한 관계가 있는 영향인자로 구성되어 있어서 에너지원단위의 한계를 극복하는 장점이 있으며, 이 모델을 토대로 베이스라인 기간과 보고 기간의 영향인자 조건을 동일하게 적용하면 보다 명확하고 실질적인 에너지성과를 도출하는데 기여하게 된다. 그 밖에도 선형회귀모델을 사용하게 되면 각 에너지원별로 발굴된 영향인자를 토대로 보다 많은 에너지절감 개선기회를 도출할 수 있게 되며, 해당 에너지원별로 기저부하(base load)를 명확히 산출하게 되어 생산량이 없을 때 에너지사용량을 알 수 있다는 장점이 있다.

사업장에서 에너지원단위를 성과지표로 사용한다는 개념은 제품 생산이 없을 경우에는 에너지사용량도 없어야만 한다. 하지만 실제 산업 현장에서 이러한 일은 발생하지 않는다. 제품 생산이 없어도 실제 에너지는 손실되고 있으며, 그 이유는 앞의 Fig. 1에서 설명한 것처럼 실제 사업장은 제품의 직접적 생산 이외에도 간접적으로 필요한 시설 및

건물에서 지속적으로 에너지를 사용하고 있기 때문이다. 그러므로 선형회귀모델로 에너지성과지표를 고도화하게 되면 각 에너지원별로 부합되는 영향인자 및 에너지사용량의 기저 부하를 발굴하게 되어 사업장에서 보다 명확한 목표 설정, 관리 및 성과확인이 가능하게 된다.

Table 2 Correlation of the LNG consumption vs. the product A

Period	LNG (GJ)	Product A (ea)
Jan	1,334	480,771
Feb	1,119	376,833
Mar	1,271	450,180
Apr	1,502	562,176
May	1,632	624,806
Jun	1,634	625,994
Jul	1,784	698,452
Aug	1,395	510,182
Sep	1,365	495,713
Oct	1,411	518,016
Nov	1,362	494,372
Dec	1,042	339,603

p-value	F-test	R <sup>2</sup>	Linear Regression Equation
0.000	0.000	0.9197	Y = 0.0021 X + 339.462

Y : LNG consumption  
X : product A

Table 2는 Table 1에서 언급된 전자제품 사업장의 전체 에너지사용량 중에서 A 제품의 도장공정에만 사용되는 LNG 사용량과 A 제품의 생산량과의 상관성 여부를 분석한 결과이다. 그 결과를 보면 p-value가 0에 가까우며, R<sup>2</sup>가 0.9 이상으로 A 제품의 생산량이 LNG 사용량의 명확한 영향인자임을 확인할 수 있으며, 이에 해당하는 기저부하가 339.46GJ임을 알 수 있다. 즉, 이 사업장은 A 제품을 전혀 생산하지 않아도 매월 339.46GJ의 LNG가 일정하게 소요된다는 추정이 가능하다.

### 3. 고도화된 에너지성과지표의 발굴

에너지성과지표를 에너지원단위에서 선형회귀모델로 고도화하기 위한 해당 사업장은 Table 3에서 보는 바와 같이 냉장고, 세탁기, 오븐 등 다양한 가전제품을 같이 생산하는 사업장으로 연간 8백만 대 이상을 생산하는 대표적인 다품종 대량생산 사업장이다. 이렇게 다양한 제품을 생산하고 있기 때문에 그동안 영향인자와 상관관계가 전혀 없거나 매우 적은 에너지사용총량과 부가가치원단위만을 에너지성과지표로 사용하고 있었다. 사업장에서 사용하고 있는 에너지원으로는 전기, LNG와 외부 소각장으로부터 공급받는 스팀이 있으며, 후보 영향인자로 제품생산량, 조업시간, 냉방도일(CDD), 난방도일(HDD)을 발굴하여 에너지원별 상관관계를 검토해 보았다.

Table 3 Overview of the Manufacturing Company

<b>Energy Consumption</b>	1,070 TJ/year in 2013
<b>Energy Sources</b>	Electricity, LNG, Steam
<b>Company Site Size</b>	284,546 m <sup>2</sup>
<b>Main Products</b>	Freezers, Washing Machines, Ovens, Microwaves, etc.
<b>Main Utilities</b>	Compressed Air System, HVAC, Steam System, etc.

Table 4는 후보 영향인자와 전기 사용량과의 통계적 유의성 분석 결과를 보여준다. 후보 영향인자는 해당 사업장 경계 내에서 에너지검토(energy review)를 실시하여 각 에너지원별로 에너지사용량과 상관성이 가장 높을 것으로 예상되는 인자들을 도출한 것이다. 여기에서 제품생산량과 CDD를 영향인자로 갖고 있는 6번 선형회귀모델만이 t-test, F-test 및 조정된 R<sup>2</sup>가 매우 높은 통계적 유의성 기준 조건을 만족하고 있다. 1번 모델을 보면 조정된

Table 4 Identification of the Linear Regression Model according to the Electricity Consumption (TJ)

No	t-test				F-test	R <sup>2</sup>	adj R <sup>2</sup>	Linear Regression Model
	p-value				p-value			
	A	B	C	D				
1	0.002				0.002	0.64	0.60	+ 0.000067 A + 25.712740
2		0.006			0.006	0.55	0.51	+ 0.026699 B + 12.090888
3			0.013		0.013	0.47	0.42	+ 0.148008 C + 68.442320
4				0.021	0.021	0.43	0.37	- 0.030481 D + 76.806951
5	0.133	0.502			0.008	0.66	0.58	+ 0.00005 A + 0.008976 B + 17.740364
<b>6</b>	<b>0.001</b>		<b>0.007</b>		<b>0.000</b>	<b>0.85</b>	<b>0.81</b>	<b>+ 0.000054 A + 0.103605 C + 32.581286</b>
7	0.046			0.802	0.010	0.64	0.56	+ 0.000062 A - 0.003837 D + 30.051387
8		0.005	0.010		0.001	0.79	0.75	+ 0.021215 B + 0.110343 C + 22.145172
9		0.063		0.248	0.013	0.62	0.53	+ 0.019728 B - 0.014952 D + 30.260102
10			0.060	0.096	0.013	0.62	0.54	+ 0.106257 C - 0.019992 D + 72.876091
11	0.089	0.424	0.010		0.001	0.86	0.81	+ 0.00004 A + 0.007364 B + 0.102217 C + 25.948586
12	0.337	0.502		0.743	0.028	0.66	0.53	+ 0.000041 A + 0.009564 B - 0.005215 D + 23.114848
13	0.006		0.008	0.426	0.001	0.86	0.81	+ 0.000066 A + 0.112843 C + 0.008808 D + 23.233692
14		0.028	0.027	0.613	0.004	0.80	0.72	+ 0.019128 B + 0.103085 C - 0.005249 D + 27.862383
15	0.099	0.508	0.013	0.511	0.003	0.87	0.79	+ 0.000052 A + 0.006376 B + 0.110889 C + 0.007614 D + 18.757097

A : total production, B : total working hours, C : CDD, D : HDD

R<sup>2</sup>에 따라 생산량만으로는 전기 사용량과 상관성이 다소 떨어짐을 알 수 있으며, CDD를 추가 영향인자로 고려했을 경우 6번 모델과 같이 상관성이 높은 선형회귀모델을 도출해낼 수 있다.

실제 사업장에서 전기 에너지의 사용이 62.7%로 가장 많고 건물 냉방을 위하여 전기 에너지만을 사용하고 있기 때문에 이러한 공학적 판단에 따라 선형회귀모델이 바람직하게 도출되었다고 충분히 유추할 수 있으며, 전체 생산량과 냉방도일에 따른 전기 사용량의 기저 부하가 매월 32.581TJ에 해당함을 알 수 있다.

Table 5는 스팀 사용량과 후보 영향인자와의 통계적 유의성 결과를 보여준다. 본 분석 결과를 보면 4번과 9번 모델만이 어느 정도 통계적 유의성을 충족하고 있으나 9번 모델의 경우 조업시간의 계수가 음의 값을 가지고 있기 때문에 공학적 유의성 기준을 충족하지 못하고 있다. 이 선형회귀모델의 의미는 작업자의 조업시간이 증가할수록 에너지사용량이 증

가하여야 하나 오히려 감소하는 양상을 보여 주고 있기 때문이다.

그러므로 스팀 사용량의 경우에는 4번 선형 회귀모델을 적용함이 타당하다. 본 분석 결과를 보면 해당 사업장의 경우에는 스팀이 제품 생산량 보다는 주로 난방에 사용되고 있음을 보여준다. 또한 난방도일에 따른 스팀 사용량의 기저 부하가 매월 10.569TJ이 됨을 알 수 있으며, 이는 난방을 전혀 하지 않아도 매월 10.569TJ의 스팀이 일정하게 소요됨을 추정할 수 있다.

Table 6은 A 제품의 도장 공정에 사용하는 LNG 사용량과 후보 영향인자와의 통계적 유의성 결과를 제시하고 있다. 후보 선형회귀모델을 보면 1번과 2번 모델이 모두 통계적 유의성 기준을 충족하고 있어서 어떤 모델을 선택해서 사용해도 문제가 되지 않는다. 다만, 전기 사용량과 동일한 영향인자 사용 조건을 적용한다면, A제품의 작업시간 보다는 생산량을 영향인자로 한 1번 선형회귀모델을 적용하는 것이 보다 바람직하다고 하겠다.

Table 5 Identification of the Linear Regression Model according to the Imported Steam Consumption (TJ)

No	t-test				F-test	R <sup>2</sup>	adj R <sup>2</sup>	Linear Regression Model
	p-value				p-value			
	A	B	C	D				
1	0.001				0.001	0.66	0.63	- 0.000049 A + 49.876040
2		0.016			0.016	0.45	0.40	- 0.017437 B + 55.116936
3			0.117		0.117	0.23	0.15	- 0.073692 C + 17.876042
<b>4</b>				<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.93</b>	<b>0.92</b>	<b>+ 0.032437 D + 10.569095</b>
5	0.044	0.953			0.008	0.66	0.59	- 0.000051 A + 0.000558 B + 49.380750
6	0.004		0.235		0.004	0.71	0.65	- 0.000045 A - 0.037116 C + 47.415422
7	0.244			0.000	0.000	0.94	0.93	- 0.00001 A + 0.028228 D + 17.955309
8		0.036	0.234		0.031	0.54	0.43	- 0.015108 B - 0.046869 C + 50.846350
9		0.192		0.000	0.000	0.94	0.93	- 0.003657 B + 0.029559 D + 19.198379
10			0.631	0.000	0.000	0.93	0.92	- 0.007496 C + 0.031697 D + 10.846418
11	0.058	0.901	0.263		0.015	0.71	0.61	- 0.000047 A + 0.001146 B - 0.037332 C + 46.382908
12	0.744	0.523		0.000	0.000	0.94	0.92	- 0.000004 A - 0.002671 B + 0.028613 D + 19.892142
13	0.253		0.579	0.000	0.000	0.94	0.92	- 0.00001 A - 0.008508 C + 0.027275 D + 18.469329
14		0.219	0.647	0.000	0.000	0.94	0.92	- 0.003617 B - 0.006897 C + 0.028909 D + 19.358792
15	0.718	0.580	0.639	0.001	0.000	0.95	0.91	- 0.000005 A - 0.002452 B - 0.007564 C + 0.027734 D + 20.190700

A : total production, B : total working hours, C : CDD, D : HDD

Table 6 Identification of the Linear Regression Model according to the LNG Consumption (TJ)

No	t-test				F-test	R <sup>2</sup>	adj R <sup>2</sup>	Linear Regression Model
	p-value				p-value			
	A	B	C	D				
<b>1</b>	<b>0.000</b>				<b>0.000</b>	<b>0.920</b>	<b>0.912</b>	<b>+ 0.000002 A + 0.339462</b>
2		0.000			0.000	0.928	0.920	+ 0.001591 B + 0.370523
3			0.420		0.420	0.066	-0.027	+ 0.001344 C + 1.378634
4				0.004	0.004	0.585	0.544	- 0.00087 D + 1.562496
5	0.903	0.343			0.000	0.928	0.912	- 0 A + 0.001818 B + 0.376131
6	0.000		0.442		0.000	0.925	0.908	+ 0.000002 A - 0.000408 C + 0.317765
7	0.000			0.342	0.000	0.928	0.912	+ 0.000002 A - 0.00015 D + 0.474653
8		0.000	0.230		0.000	0.939	0.925	+ 0.001661 B - 0.000597 C + 0.336590
9		0.000		0.652	0.000	0.929	0.914	+ 0.001509 B - 0.000073 D + 0.436910
10			0.644	0.007	0.017	0.595	0.506	- 0.000594 C - 0.000928 D + 1.584476
11	0.540	0.167	0.201		0.000	0.942	0.920	- 0.000002 A + 0.002861 B - 0.00072 C + 0.358859
12	0.875	0.662		0.662	0.000	0.930	0.903	+ 0 A + 0.001112 B - 0.000092 D + 0.444782
13	0.000		0.251	0.207	0.000	0.939	0.917	+ 0.000002 A - 0.000633 C - 0.000211 D + 0.495818
14		0.000	0.177	0.395	0.000	0.945	0.924	+ 0.001521 B - 0.000723 C - 0.000138 D + 0.454862
15	0.847	0.433	0.207	0.560	0.000	0.945	0.913	- 0.000001 A + 0.002003 B - 0.000752 C - 0.000118 D + 0.446025

A : products A, B : working hours for products A, C : CDD, D : HDD

Fig. 2, Fig. 3과 Fig. 4는 Table 4, Table 5 및 Table 6에서 각각 도출된 선형회귀모 델 및 해당 데이터를 도식화한 결과이다.

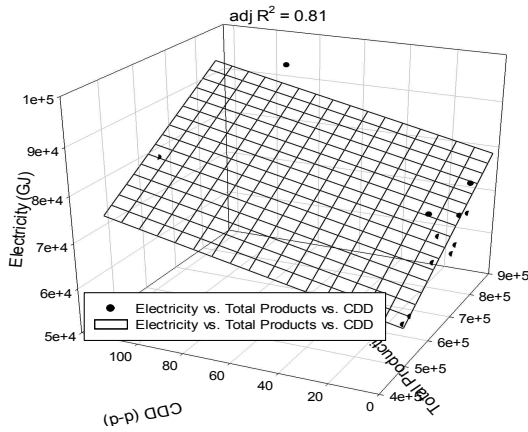


Fig. 2 Graph of the Linear Regression Model for the Electricity

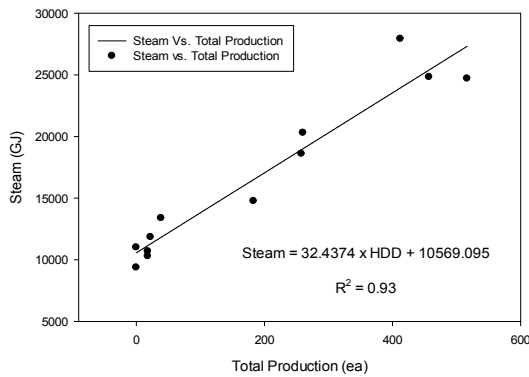


Fig. 3 Graph of the Linear Regression Model for the imported Steam

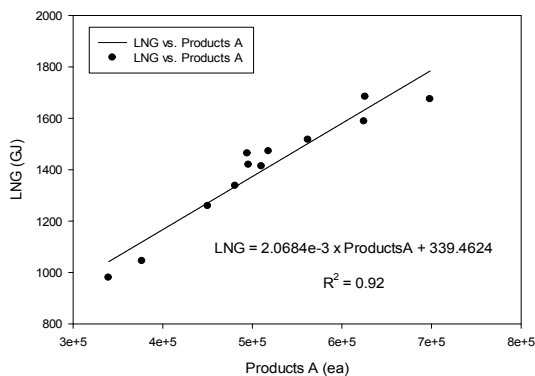


Fig. 4 Graph of the Linear Regression Model for the LNG

이렇게 전기, 스팀 및 LNG 사용량별로 도출된 선형회귀모델은 해당 사업장의 생산계획에 따른 에너지사용 원가를 보다 정확하게 추정하는데 사용될 수 있다. 또한 Table 7에서 보는 바와 같이 해당 사업장의 보고 기간인 2014년 데이터와 비교해 보면 에너지사용총량을 지표로 하였을 경우 3.95%, 에너지원단위는 6.36%의 성과가 있는 것으로 보여 지고 있지만, 에너지원별 선형회귀모델을 사용할 경우에는 3.14%의 에너지성과 개선률을 보여준다. 이는 기존 성과지표들을 사용할 경우 그 결과가 보다 과장되거나 과소평가되는 경향을 보임을 알 수 있다.

왜냐하면 본 연구에서 보는 바와 같이 베이스라인 기간인 2013년 데이터로 수립된 선형회귀모델을 적용하면, 각 에너지원별로 도출된 영향인자를 보고 기간과 동일하게 베이스라인 기간에 적용할 수 있기 때문에 사업장 내에서 실제 에너지절감 활동을 통하여 추출된 에너지절감량만을 산정할 수 있기 때문이다.

Table 7 Compared Results of the Conventional Energy Performance Indicators with Linear Regression Model

	Total Energy Consumption	Energy Intensity	Linear Regression Model
Y2013	1,070 TJ	131.9 TJ/M	1,061 TJ
Y2014	1,027 TJ	123.5 TJ/M	1,027 TJ
Energy Saving	42 TJ	68 TJ	33 TJ
<b>Energy Performance</b>	<b>3.96%</b>	<b>6.36%</b>	<b>3.14%</b>

그러므로 선형회귀모델이 기존 성과지표인 에너지사용총량 및 에너지원단위에 비해 보다 우수한 에너지성과지표임을 알 수 있다.

## 4. 결 론

제조업체는 제품 생산을 위하여 모든 에너지를 사용하지 않고, 제품 생산에 간접적인 시설 사용 및 일반적인 에너지 손실이 있다. 그러므로 에너지원별로 서로 다른 영향인자를 가질 수 있음을 실제 데이터 분석을 토대로 확인해 보았으며, 이러한 손실을 명확히 파악하고 실질적인 에너지절감성과를 산정하기 위해서는 해당 제조업체의 사업장 마다 선형회귀모델을 도출하여 에너지성과지표로 사용함이 타당함을 알 수 있다. 그러므로 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 보편적인 성과지표로 사용하고 있는 에너지사용총량과 에너지원단위가 에너지성과지표로 사용하기에는 부족함을 Table 1과 Fig. 1을 통하여 제시하였다.
- (2) 실제 제조업체 사업장의 데이터를 이용하여 고도화된 에너지성과지표인 선형회귀모델을 Table 4, Table 5과 Table 6을 통하여 각 에너지원별로 도출하였다.
- (3) 어떤 에너지원의 경우 제품 생산량 보다 다른 영향인자와 상관성이 보다 높을 수 있으며, 선형회귀모델을 발굴하기 위해서 필요한 영향인자가 하나 이상일 수 있음을 알았다.
- (4) 명확한 목표 설정 및 성과 확인 등을 위한 에너지성과지표는 선형회귀모델이 에너지사용총량과 에너지원단위 보다 우수함을 Table 7의 결과로 확인하였다.

마지막으로 본 연구에서 제시한 방법론에 따라 제조업체가 에너지성과지표를 고도화하면 보다 효과적인 지표 관리 및 절감 목표 달성 여부 확인이 용이할 것으로 사료된다.

## 후 기

본 연구는 한국에너지공단의 2014년도 우수에너지성과프로그램 시범사업 추진 결과에 의하여 이루어진 성과임

## Reference

1. U.S. DOE, M&V Guidelines: Measurement and Verification for Performance-Based Contracts Version 4.0 Prepared for the U.S. DOE Federal Energy Management Program, pp. 8-10, 2015
2. U.S. DOE, Energy Intensity Baselineing and Tracking Guidance, pp. 5-27, 2015
3. ISO, ISO 50006, Energy Management Systems - Measuring energy performance using energy baselines(EnB) and energy performance indicators(EnPI) - General principles and guidance, pp. 4-28, 2014
4. ISO, ISO 50015, Energy Management Systems - Measurement and verification of energy performance of organizations - General principles and guidance, pp. 4-12, 2014
5. U.S. DOE, Superior Energy Performance Measurement and Verification Protocol for Industry, pp. 6-19, 2012