

환경변화에 따른 전기이륜차의 에너지소비효율에 관한 연구

길 범 수 · 김 강 출*

한국에너지기술연구원 산업효율센터

Study of Energy Consumption Efficiency of Electric Two-wheeled Vehicle by Change of Environment Variation

Bumsoo Kil · Gangchul Kim*

Industrial Energy Efficiency Center, KIER, 71-2 Jang-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-764, Korea

(Received 14 April 2011 / Revised 9 September 2011 / Accepted 14 September 2011)

Abstract : Environment has become a main issue nowadays. People began to show big interest in “futuristic means of transportation”, which is an efficient method in CO₂ emissions reduction and decreasing use of oil. Due to the noise and emissions of two-wheel vehicle of internal combustion engine, electric two-wheeled vehicles have been supplied in downtown. The electric two-wheeled vehicles use battery as power source. The performance of lithium-ion battery changes as the ambient temperature changes. In this paper, analysis of performance variance of electric two-wheeled vehicles influenced by the temperature using the chassis dynamometer and the environmental chamber was carried out.

Key words : Chassis dynamometer(차대동력계), Environmental chamber(환경챔버), Electric two-wheeled vehicle(전기이륜차), Lithium polymer batteries(리튬폴리머 배터리), Temperature(온도)

Nomenclature

a, b, c : Coefficient of polynomial function
 F_E : Road load of chassis dynamometer

1. 서 론

21세기 지구촌을 관통할 공통의 화두 하나를 꼽으라면 단연 환경일 것이다. 최근 기후변화협약, 교토의정서, 발리로드맵 등 온실가스를 감축하기 위한 국제적 노력이 가속화 되고 있다. 코펜하겐 UN (United nations) 기후변화 당사국 총회(15th Conference of the parties, COP 15)를 통해 포스트교토(2013년~2020년)체제의 온실가스 감축에 관한 국제적 논의가 진행 중이다. 우리나라는 최근 저탄소

녹색성장 기본법 제정과 더불어 포스트교토체제에서의 중기 온실가스감축목표(2020년까지 온실가스 배출전망치 대비 30% 감축)를 발표하는 등 국제적 온실가스 감축 노력에 동참하고 있다.¹⁾

세계 각국은 교토의정서 발효 이후 의무화된 규제조항을 만족하기 위해 집중적 연구와 막대한 자본을 투입하고 있다. 우리나라의 경우 온실가스 배출량이 세계 9위에 달하고 있으며, 전체 온실가스 배출량의 82.5% 정도가 화석에너지의 사용에 의해 발생되고 있다. 이중 이산화탄소의 경우 전체 배출량의 27%를 자동차에서 배출되고 있으며, 이로 인해 세계 각국에서는 자동차에서의 배출가스를 규제하는 조항을 법제화하고 있다.²⁾

지구 온난화의 주범인 CO₂ 배기가스를 감소하고 석유사용 증대를 억제할 수 있는 효율적인 방안으로 청정에너지를 사용하는 “미래형 이동수단”에 큰

*Corresponding author, E-mail: kimgc@kier.re.kr

관심을 갖기 시작했다. 세계 각국 정부의 자동차 연비 및 배기가스 규제가 갈수록 강화되면서 전기자동차의 입지는 갈수록 확고해질 전망이다. 휘발유를 에너지원으로 하는 내연기관(Internal combustion engine) 이륜차의 경우 도심지에서 운행하며 소음 공해와 배기가스 배출로 인해 국내·외적으로 전기이륜차의 보급을 추진하고 있다.

국내의 경우 수도권 대기환경개선에 의한 특별대책으로 정부의 보조금 지급에 의한 전기이륜차 보급 사업을 진행하였다. 2006년에는 대당 1백만원의 보조금을 지급하여 396대를 보급하였다. 2007년과 2008년에는 대당 50만원의 보조금을 지급하여 228대를 보급한 바 있다. 그러나 국내 도로 및 사용조건에 적합하지 않는 등 전기이륜차 성능 미달로 인해 보급 사업이 중단되었다. 그러던 중 2010년 서울시 공공부문에 128대가 보급되었고, 민간 사업자를 대상으로 대당 135만원의 보조금을 지급하고 있다.

전기이륜차의 에너지원으로 배터리(Battery)를 사용하고 있으며, 주로 사용되는 2차 전지는 납축전지(Lead acid battery)와 리튬이온전지(Lithium Ion battery)가 사용되고 있다. 국내의 경우 리튬이온전지가 주로 사용되고 있다. 하지만 리튬이온전지의 경우 온도(저온, 고온)에 따라 배터리용량의 변화가 크게 일어나는 특징을 갖고 있다. 이에 국내에서 주행하는 전기이륜차는 겨울철의 저온 주행성능과 여름철의 고온 주행성능의 차이가 발생한다. 2009년 기상청의 국내 기온변화 통계 자료에 따르면 연중 최고온도는 34.4°C(2009년 8월 16일)이고, 최저기온은 -12.9°C(2009년 12월 31일)로 나타났다. 이에 온도변화가 크게 일어나는 국내환경속에서 전기이륜차의 성능변화에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 국내에 보급된 전기이륜차 모델을 대상으로 환경챔버(Environmental chamber)와 차대동력계를 이용하여 전기이륜차의 작동 온도를 다양하게 변화시켜 전기이륜차 성능 시험을 진행하였다. 이를 통해 전기이륜차의 주변 온도 변화에 따른 전기이륜차의 성능변화를 비교, 분석하였다.

2. 전기이륜차

전기이륜차는 에너지원으로 배터리를 사용하며 전기모터의 구동력으로 주행하기 때문에 배출가스 및 소음을 발생하지 않는 장점이 있다. 그러나 전기 에너지를 공급하는 배터리의 긴 충전시간, 배터리의 높은 가격 및 짧은 배터리 수명 등의 단점을 가지고 있다. 이러한 한계에도 불구하고 단거리 위주의 주행패턴 특성을 갖는 이륜차의 특성으로 인해 전기이륜차에 대한 수요가 증가하고 있다.³⁾

본 연구에서는 국내에 보급된 1.5kW급 전기이륜차를 대상으로 차대동력계에서 성능시험을 진행하였다. 차대동력계는 환경챔버 안에 설치하여 다양한 온도조건에서 성능시험을 실시하였다.

2.1 전기이륜차

전기이륜차는 모터, 제어기 및 배터리 등으로 구성되어 있다. 전기이륜차는 모터 및 배터리의 용량 크기로 인해 등판성능, 가속성능, 최고속도 및 1회 충전 주행거리 등이 성능이 차이가 난다. 언덕지형이 많고 주행거리 및 가속성능에 대한 목표치가 높은 국내 여건에 따라 에너지 밀도가 높은 배터리와 1.5kW이상의 전기모터가 사용되는 전기이륜차의 보급이 확대되고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 정격출력 1.5kW급 전기모터를 사용하며 48V, 40Ah의 리튬폴리머 전지(Lithium polymer batteries)를 갖춘 전기이륜차를 시험 대상으로 선정하였다. 시험대상인 전기이륜차는 2009년 9월 생산되었으며, Fig. 1과 같은 형태와 Table 1과 같은 사양을 갖고 있다.



Fig. 1 Electric two-wheeled vehicle

Table 1 Specifications of the electric two-wheeled vehicle

Item		Unit	Specification
Weight (incl. battery)		kg	95.9
Driving motor	Type		48V DC
	Rating output	W	1,500
Battery	Type		Lithium polymer
	Rating capacity	V(Ah)	48(40)
	Weight	kg	15
Passenger		kg	1(75kg)

2.2 배터리

초기 전기이륜차 및 저가형 전기이륜차의 경우 납축전지(Lead-acid battery)가 널리 사용되고 있으나 Table 2에서 보는바와 같이 에너지밀도(30~40Wh/kg)가 낮아 주행거리가 짧은 단점을 갖고 있다. 이러한 단점을 보완하고자 고성능 및 고사양의 전기이륜차에는 리튬 배터리를 사용하고 있다.

높은 에너지 밀도, 고출력 및 높은 이론 전압 등의 장점을 가지고 있는 리튬이온 폴리머 전지는 하이브리드 자동차와 전기자동차의 동력원으로 가장 유력한 후보라고 할 수 있다. 그러나 리튬 이온 폴리머 전지는 다른 배터리에 비해 안정성이 단점으로 지적되고 있다.⁴⁾

리튬 폴리머 전지는 각각 상온에서 다른 용량, DCIR, 펄스파워를 나타낸다. 온도변화에 따른 배터리의 용량은 Fig. 2에서 보는바와 같이 고온일 때 용량이 증가하며 반대로 저온인 경우 용량이 감소한다. 또한 배터리는 저온인 경우 상온에 비해 Open circuit voltage(OCV)가 크며, 고온일 경우 상온에 비

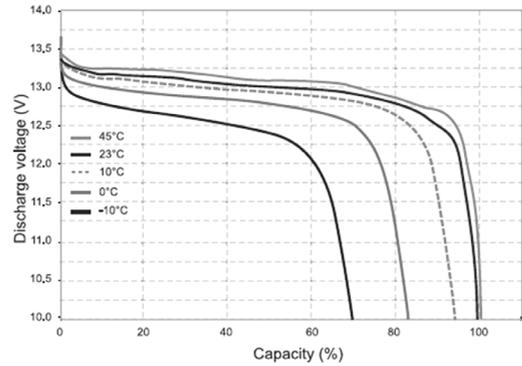


Fig. 2 Temperature performance(lithium ion battery : C/5 Rate) (출처 : www.valence.com)

해 OCV가 작다. 이러한 경향으로 인해 높은 SOC보다 낮은 SOC에서 SOC의 추정이 어렵다.⁵⁾

전기이륜차의 좁은 공간에 배터리를 배치해야 하기 때문에 충·방전시 발생하는 열의 분산이 문제된다. 배터리의 성능은 내부온도에 영향을 받으며, 온도가 비정상적으로 분포될 경우 증발과 응축에 의하여 온도가 높은 부분에서 낮은 부분으로 전해질 중 물의 이동이 발생한다. 이러한 경우 단기적으로 적극과 격리판의 건조에 의한 성능저하를 예측할 수 있다.⁶⁾ 온도 변화에 민감한 배터리의 특성으로 인해 본 연구에서는 환경챔버의 온도 변화에 따른 전기이륜차의 성능변화를 시험하였다.

3. 차대동력계 시험

전기이륜차의 성능을 시험하기 위한 방법으로

Table 2 Battery characteristics (February 2010)

Characteristics		NiCd	NiMH	Li-ion	Li-ion polymer	Lead-acid
Energy density	Wh/kg	40~60	30~80	100~160	130~200	30~40
	Wh/L	50~150	140~300	270	300	60~75
Nominal cell voltage (V)		1.2	1.2	3.6	3.7	2.1
Charge / Dis-charge efficiency (%)		70~90	66	80~90	99.8	70~92
Self discharge (%/month)		20	30	5	5	3~4
Fast charge time (hours)		1	2~4	<1.5	<1.5	8~16
Cycle durability		1,500	500~1,000	~1,200	~1,000	500~800
Memory effect		Yes	No	No	No	No
Safety (stable:1~unstable:3)		2	2	3	3	1
Toxicity (High:1~Low:4)		1	3	4	4	2
Cost (Wh/US\$)		n.a.	1.37	2.8~5	2.8~5	5~8

(출처: mainly BatteryUniversity.com)

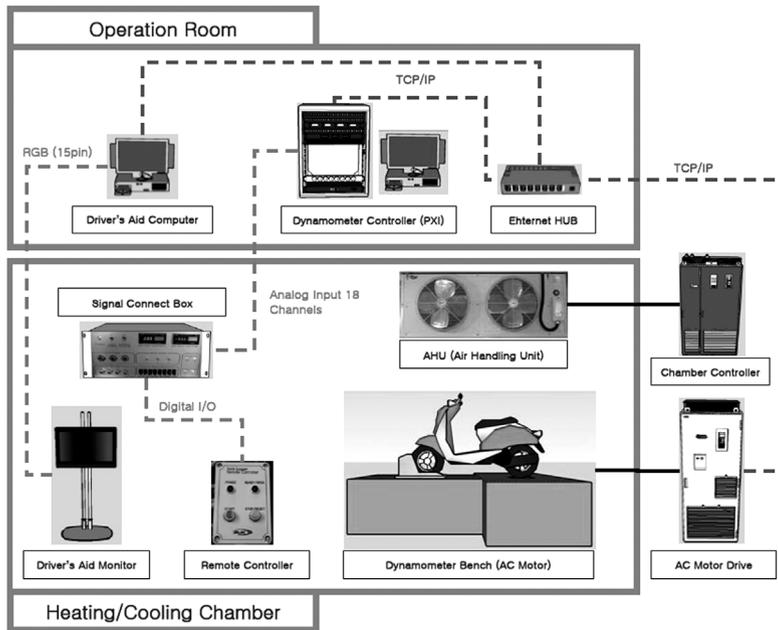


Fig. 3 Schematic diagram of chassis dynamometer

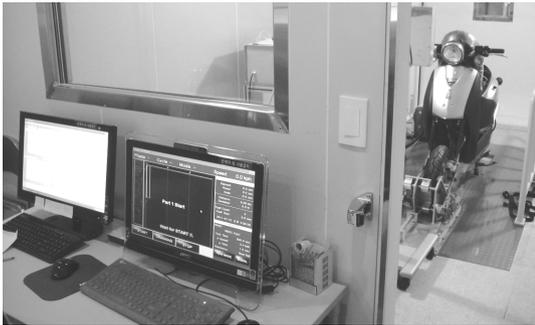


Fig. 4 Chassis dynamometer at KIER

실내에서 실시하는 차대동력계 시험과 야외에서 실시하는 도로 주행시험이 있다. 도로 주행시험은 전기이륜차의 도로주행 조건과 일치하는 시험 방법이다. 하지만 성능시험에 있어서 바람의 영향과 운전자의 변화에 의해 시험결과에 변화를 주기 때문에 재현성이 떨어진다. 이에 비해 차대동력계에 의한 성능시험은 시험환경을 동일한 조건임으로 재현성이 뛰어난 장점이 있다. 또한 주행시험장에서는 일정한 모드를 주행하면서 성능을 평가하기가 매우 어렵기 때문에 차대동력계 의한 성능평가가 필요하다.

3.1 차대동력계 시스템

전기이륜차 차대동력계는 시험대상인 전기이륜차의 도로주행조건을 시험실 내에서 재현하여 해당 차량의 성능시험을 수행할 수 있는 시스템이다.⁷⁾ 전기이륜차용 차대동력계는 Fig. 4와 같고, Fig. 3에서 보는바와 같이 차대동력계 시스템과 임의의 온도를 구현할 수 있는 환경챔버 시스템 등으로 크게 두 부분으로 구성된다. 시험에 사용된 차대동력계는 임의의 도로주행조건 하에서의 각종 운전모드 시뮬레이션 기능과 속도/토크 단독 제어를 통한 차량 동력 성능 점검 기능 등이 있다.

차대동력계 시스템은 10kW급 AC모터를 사용하였으며, 직경 506mm, 등가관성력 79.55kg의 롤을 사용하였다. 차대동력계에서의 차량시험은 임의의 도로주행조건 하에서의 각종 운전모드 시뮬레이션이 가능하다. 또한 차대동력계를 환경챔버 안에 설치하여 다양한 온도조건(-15°C ~ 50°C) 설정이 가능하고, 이를 통해 주변 온도변화에 따른 전기이륜차의 성능변화를 시험하였다.

3.2 도로부하 설정

차대동력계를 이용한 자동차 시험은 차대동력계

Table 3 Classification of equivalent inertial mass and running resistance

기준질량, m_{ref} (kg)	등가 관성 질량, m_i (kg)	전륜부의 구름저항, a (N)	공기 항력 계수, b ($N/(km/h)^2$)
$135 < m_{ref} \leq 145$	140	12.3	0.0221
$145 < m_{ref} \leq 155$	150	13.2	0.0223
$155 < m_{ref} \leq 165$	160	14.1	0.0224
$165 < m_{ref} \leq 175$	170	15.0	0.0226
$175 < m_{ref} \leq 185$	180	15.8	0.0227
$185 < m_{ref} \leq 195$	190	16.7	0.0229
$195 < m_{ref} \leq 205$	200	17.6	0.0230
$205 < m_{ref} \leq 215$	210	18.5	0.0232
$215 < m_{ref} \leq 225$	220	19.4	0.0233
10kg 당	10kg 당	$a = 0.088 m_i^a$	$b = 0.000015m_i + 0.0200^b$

(출처: KS R ISO 11486:2009)

가 시험 차량에 도로를 주행하는 것과 같은 적절한 부하가 설정되어야 한다. 따라서 적절한 도로부하 설정을 통해 차대동력계 시험에서 실제 도로주행 시험과 같은 결과를 얻어 시험 결과에 신뢰성 있는 시험을 진행할 수 있다.

KS R ISO 11486:2009 (모터사이클-새시 동력계의 주행 저항 설정법)⁸⁾ 시험표준에 따라 타력주행시험 (coasting test) 측정에 의한 동력계 설정과 주행저항표를 이용한 동력계 설정으로 나눌 수 있다. 시험대상이 되는 전기이륜차의 형태 및 기계적 특성 등 다양한 특이점이 반영하기 위해서는 타력주행을 통해 얻어지는 데이터를 이용하여 차대동력계의 도로부하를 설정하여야 한다. 하지만 이륜차에 대한 타력주행 시험은 바람, 기상 및 기온 등의 환경적 영향과 시험차량의 주행자에 의한 오차 등 다양한 변수가 존재하기 때문에 KS R ISO 11486:2009 에 기재되어 있는 Table 3과 같은 주행 저항표를 이용한 차대동력계 설정을 사용하고 있다.⁹⁾

본 연구의 시험 대상이 되는 전기이륜차는 공차 무게 95.9kg과 운전자의 무게 75.0kg을 더하여 총 무게는 170.9kg이 되었다. 따라서 주행 저항표에 의한 기준질량은 165kg ~ 175kg이고, 이에 따라서 등가 관성 질량 170kg, 전륜부의 구름저항 15.0, 공기 항력 계수 0.0226이 된다. 이러한 설정값을 식 (1)에 적용하여 차대동력계에서의 설정 주행 저항력을 계산하였다. 이를 통해 속도에 따른 도로부하력을 계산

하여 차대동력계에 적용하였다.

$$F_E = E_T = a + b \times v^2 \quad (1)$$

4. 결과 및 고찰

본 연구에서는 기후변화에 따른 전기이륜차의 에너지소비효율 및 성능변화에 대한 시험을 진행하였다. 차대동력계의 도로부하는 주행 저항표를 이용한 방법으로 설정하였다. 시험대상인 전기이륜차를 환경챔버 내부에 위치한 차대동력계와 함께 위치한 상태에서 환경챔버 내부온도를 -15°C, 0°C, 20°C 및 50°C로 변화를 주어 시험을 진행하였다. 시험차량 및 차대동력계는 설정된 온도상태에서 최소 1시간 이상을 완전충전(SOC, 100%)된 상태로 노출시켜 충분한 열평형(Soaking)이 되도록 하였다.

4.1 가속도 및 최고속도 시험

차대동력계를 이용한 전기이륜차의 가속도 및 최고속도 시험은 동일한 조건하에서 3회 반복 시험하였다. 최고속도 시험은 전기이륜차가 최고속도에 도달할 수 있게 충분한 시간동안 가속을 할 수 있게 하였다. 최초 1회 실험결과를 비교해보면 Fig. 5와 같다. 최고속도 시험을 3회 반복 시험할 결과의 평균값을 비교해 보면 50°C일 때 58.493km/h로 가장 빨랐으며, 20°C(57.590km/h), 0°C(53.640km/h), -15°C(51.387km/h) 순으로 나타났다.

가속도 시험은 0km/h에서부터 50km/h에 도달하는 시간을 측정하여 시험 결과를 비교하면 Table 4와 같다. 가속시험 3회 평균 시간을 확인해 보면

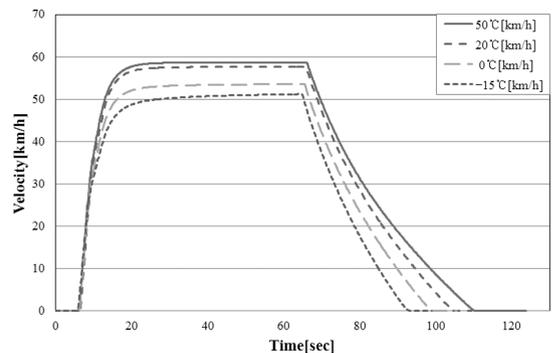


Fig. 5 Acceleration test and maximum speed test of electric two-wheeled vehicle by using the chassis dynamometer

Table 4 Acceleration test of electric two-wheeled vehicle by temperature variation (0km/h→50km/h) (sec)

	-15°C	0°C	20°C	50°C
One time	21.500	10.201	7.300	7.100
Two time	13.099	9.301	7.100	7.199
Three time	12.400	9.199	7.200	7.201
Average	15.666	9.567	7.200	7.167

50°C일 때 7.167초 로 가장 빨랐으며, 그 다음으로 20°C(7.200초), 0°C(9.567초), -15°C(15.666초) 순서로 가속성능이 빠른 것으로 나타났다.

가속도 시험에서 온도에 따른 성능 저하는 배터리 및 구동 모터의 작동온도에 따른 영향으로 보인다. 배터리의 경우 온도에 따라 초기 배터리 전압이 20°C일 때 54.1V, -15°C에서는 53.7V로 차이를 보였다. 또한 0°C 이하 온도조건에서 가속도 시험 결과를 살펴보면 각 주행 횟수가 증가할수록 50km/h 도달 시간이 단축되는 양상을 보였다. 이는 시험 초기 모터가 냉각된 상태로 주행시험을 하기 때문에 모터의 냉각으로 인한 것으로 생각되며, 이후의 가속도 시험 결과는 모터의 가열에 따른 가속도 성능이 향상되는 것으로 판단된다.

4.2 모드주행 시험

특정한 모드주행시험이 가능한 차대동력계 실험의 장점을 이용하여 환경챔버의 온도를 실험조건에 맞게 설정한 후 정속주행시험과 도시주행모드(CVS-40) 주행시험을 진행하였다. 정속주행시험은 0km/h, 5km/h, 10km/h, 15km/h, 20km/h, 25km/h, 30km/h, 35km/h, 40km/h, 45km/h, 50km/h 및 55km/h 구간을 설정하여 주행시험을 하였다.

각각의 주행시험을 진행하는 동안 전압(V), 전류(Ah) 등의 데이터를 측정해 전기이륜차의 에너지소비효율(Wh/km)을 계산하였다. 정속주행모드에서의 전기이륜차의 전류는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 온도에 따라 영향을 많이 받는 것을 볼 수 있었다. 가장 영향을 많이 받는 속도는 5km/h일 때이고, 50°C(2.09A)에서 -15°C(5.42A)로 온도가 낮아지면 전류는 약 259.3% 증가하는 것을 알 수 있다.

정속주행모드에서의 전기이륜차 에너지소비효율은 Fig. 7과 같이 나타내었다. 전기이륜차의 에너

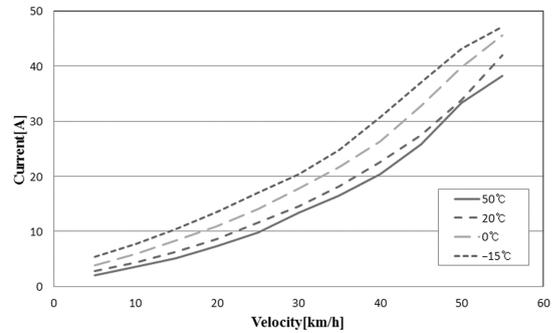


Fig. 6 Electric two-wheeled vehicle current of temperature variation (Constant speed)

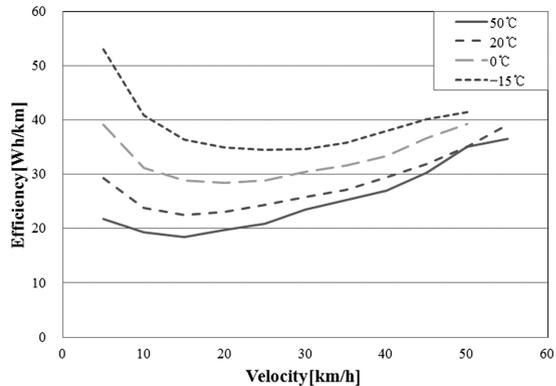


Fig. 7 Electric two-wheeled vehicle efficiency of temperature variation (Constant speed)

지소비효율은 1km를 주행하기 위해 필요한 에너지이므로 작은 값이 더 효율적이라고 할 수 있다. 전기이륜차의 에너지소비효율은 각각의 온도영역에서의 패턴은 비슷한 경향을 보이는 것을 볼 수 있다. 가장 효율이 좋은 주행 온도는 50°C이고, 20°C, 0°C, -15°C의 순서로 효율이 좋은 것으로 나타났다. 또한 각 온도에서의 가장 좋은 에너지효율을 갖는 주행 속도를 보면 50°C일 때 15km/h(18.480Wh/km)의 속도가 가장 효율적이었으며, 20°C일 때 15km/h(22.446Wh/km), 0°C일 때 20km/h(28.430Wh/km), -15°C일 때 25km/h(34.429Wh/km)로 나타났다.

도심주행모드에서의 전기이륜차의 에너지소비효율 시험을 진행하였다. 시험은 CVS-40 주행모드를 3회 반복시험을 하였으며 시험결과의 평균값을 구하였다. 시험결과를 보면 Table 5와 같이 나타났다. 전기이륜차의 에너지소비효율은 50°C일 때

Table 5 Electric two-wheeled vehicle efficiency per on charge of temperature variation(CVS-40 mode) (Wh/km, km)

	-15°C	0°C	20°C	50°C
One time	50.901	44.260	40.053	33.839
Two time	44.718	40.650	38.066	33.873
Three time	43.904	39.940	37.223	32.867
Average	46.508	41.617	38.447	33.527

33.527Wh/km로 가장 좋은 효율을 보였으며, 20°C일 때 38.447Wh/km, 0°C일 때 41.617Wh/km, -15°C일 때 46.508Wh/km의 순서로 효율이 높게 나타났다. 전기이륜차의 외부온도 주행조건 중 50°C와 -15°C를 비교해 보면 에너지소비효율의 경우 38.72%, 1충전주행가능거리(CVS-40)의 경우 27.9%(50°C:59.6km, -15°C:43.0) 감소되는 것으로 나타났다.

도심주행모드(CVS-40)에 의한 1충전 주행거리는 고온 및 저온상태에서의 장시간의 주행이 어려우므로 에너지소비효율을 기준으로 전기이륜차의 주행거리를 추산하였다. 에너지소비효율을 기준으로 2kW급 배터리를 사용할 경우 1회 충전 주행 가능거리는 50°C일 때 59.653km, 20°C일 때 52.020km, 0°C일 때 48.057km, -15°C일 때 43.003km로 추정된다. 그러나 이 결과는 배터리의 성능이 온도에 영향을 받지 않았을 경우이다. 배터리 제조사 및 연구기관의 연구 논문에 따르면 온도에 따라 배터리의 성능은 크게 저하가 되는 것으로 나타난다. 20°C 환경조건에 대비하여 0°C일 때 약 85%(1.7kW), -15°C의 경우 약 60%(1.2kW)정도의 에너지 용량을 보이는 것으로 나타난다. 따라서 이 기준을 적용할 경우 20°C 온도조건 대비 0°C일 때 주행거리는 약 36.553km (29.7% 감소), -15°C일 때 약 25.802km(50.4% 감소)로 추정된다.

5. 결론

본 연구에서는 기온변화가 많은 국내 기후환경을 고려한 전기이륜차의 성능 및 에너지소비효율의 변화를 환경챔버와 차대동력계를 이용하여 연구를 진행하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 환경챔버를 이용한 전기이륜차의 성능시험에서 주변의 온도를 변화시키면 전기이륜차에 내장

되어있는 배터리의 온도를 변화시켜 전기이륜차의 성능에서 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

- 2) 리튬 폴리머 배터리의 경우 높은 온도에서 일반적으로 높은 전압이 발생하며, 이로 인해 전기이륜차의 가속성능 및 최고속도 성능이 향상되는 것을 볼 수 있다. 하지만 영상의 온도에 비해 영하의 온도에서는 전기이륜차의 가속성능 및 최고속도 성능이 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있다.
- 3) 모드주행시험(정속 및 도시주행모드)에서의 에너지소비효율은 고온의 조건일 때 전기이륜차의 효율이 좋게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 저온에서의 전류소모량이 고온에 비해 최대 약 2.6배 이상 소모하기 때문이다. 또한 각각의 속도별 에너지소비효율의 경향은 각각의 온도에서 비슷한 양상을 보였다. 이는 배터리의 특성이 주변 온도에 따라 효율이 변화하기 때문으로 보이며, 전기모터¹⁰⁾ 등 다른 부수적인 전기부품에도 영향이 미치는 것으로 판단된다.
- 4) 전기이륜차의 에너지원인 배터리의 경우 기온 변화에 따른 배터리 특성 변화가 심하고 온도가 낮아질수록 배터리 용량이 감소되는데 이는 배터리 전극 물질의 퇴화로 인해 활성을 가진 리튬이온의 감소가 야기된다.⁴⁾ 이는 배터리의 성능 저하 및 수명저하를 야기할 것으로 판단된다.
- 5) 이와 같은 연구를 통해 전기이륜차의 경우 전기이륜차가 작동하는 지역의 기후를 고려한 배터리 팩 및 모터 등에 방열 및 열차폐 기술 등이 고려된 설계가 필요하다. 또한 전기이륜차의 성능 평가 방법에 있어서 다양한 온도조건을 설정하여 온도에 따른 전기이륜차의 성능에 대한 검증 및 연구가 필요하겠다.

References

- 1) C.-K. Lee and S.-J. Suh, "A Study on the Greenhouse Gas Intensity of Energy-intensive of Building Groups and Regional in Korea," Proceedings of SAREK Conference, SAREK, pp.1506-1511, 2010.
- 2) J.-H. Nam, "High Power Li Battery Pack and Battery Management System for Electric Bike,"

- Proceedings of KIEE Summer Annual Conference, KIEE, pp.1217-1218, 2009.
- 3) B. Kil, G. Kim, E. Lee and S. Oh, "The Analysis of a Electric Scooter's Performance through Motor and Battery Capacity Changing," Annual Conference Proceedings, KSAE, pp.3169- 3173, 2009.
 - 4) U. S. Kim, J. Lee, J. Yi, C. B. Shin, J. H. Choi and S. Lee, "Modeling of the Cycle Life of a Lithium-ion Polymer Battery," Korean Chem. Eng. Res., Vol.47, No.3, pp.344-348, 2009.
 - 5) J. H Kim, S. J. Lee, J. M. Lee and B. H. Cho, "The Characteristics Analysis of Li-ion Fresh Battery for Temperature," Proceedings of KIPE Conference, KIPE, pp.66-68, 2007.
 - 6) C.-Y. Yun, C. B. Shin, C.-N. Yang, S.-Y. Park and S. V. Bereznoj, "Modeling of the Thermal Behavior of an Electric-vehicle Battery," Journal of the Korean Institute of Chemical Engineers, Vol.38, No.5, pp.603-608, 2000.
 - 7) R. Widmer, M. Gauch and P. Schlienger, "Developing a Simple Test Method to Compare the Mileage of E-scooters," EVS24 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, pp.1-6, 2009.
 - 8) Korean Agency for Technology and Standards, Motorcycles-Methods for Setting Running Resistance on a Chassis Dynamometer, pp.1-23, 2009.
 - 9) B. Kil, C. Cho, Y. Pyo and G. Kim, "A Study on Setting Road Load of Electric Two-wheel Vehicle," Proceedings of KSME 2010 Fall Annual Meeting, KSME, pp.1309-1311, 2010.
 - 10) S. W. Lim, "Motor Selection from the Viewpoint of Heat and Temperature," Journal of the Korean Society for Heat Treatment, Vol.17, No.5, pp.307-312, 2004.