

# 전기 동력 추진식 수상오토바이 인증기준 개발 연구

강대곤\* · 김신효\*\*†

\*, \*\* 선박안전기술공단

## A Study on the Certification Criteria for Personal Watercraft Using Electric Power Propulsion

Dae-Kon Kang\* · Shin-Hyo Kim\*\*†

\*, \*\* Korea Ship Safety Technology Authority, 27, Areumseo-gil, Sejong-si 30100, Korea

**요 약 :** 본 연구는 융복합기술을 사용하여 국내 자동차 산업의 배터리 및 전기시스템과 수상레저기구 중 접근이 용이한 수상오토바이를 결합하여 전기 동력 추진식 수상오토바이 개발과 전기 동력 추진식 수상오토바이 실용화를 위한 등록 및 제작을 위해 전기 동력 추진식 수상오토바이의 안전검사 기준(안)과 형식승인 기준(안)을 개발하였다. 전기 동력 추진식 수상 오토바이 인증기준은 기존 내연기관 동력 수상오토바이의 인증기준과 선박 전기 시스템과 관련된 인증기준을 기본으로 구조 및 시스템 설치 안과 전기시스템 안의 두 분류로 구분을 하였고, 최종적으로 안전검사 기준(안)과 형식승인 기준(안)으로 개발하였다. 안전검사 기준(안)의 내용은 총 7개의 범주로 구분되어 수상오토바이의 안전한 운행을 위한 설비의 확인을 목적으로 작성되었고, 형식승인 기준(안)은 총 7개의 범주로 구분되어 수상오토바이의 안전한 제작을 위한 목적으로 작성되었다. 본 연구를 통해 국내 친환경 수상오토바이 제작의 환경 조성과 전기 동력 추진 선박의 인증기준에 대한 정책 수립 기초 자료로 활용이 가능하다.

**핵심용어 :** 인증기술, 전기동력추진, 형식승인, 안전검사, 전기 수상 오토바이, 융복합기술

**Abstract :** This study developed an electric power propulsion personal watercraft by combining a battery and an electric system from the domestic automobile industry with water motorcycle from marine leisure industry in a convergence of technology. It also developed a safety inspection plan and type approval standard for personal watercraft that use electric power propulsion. For the registration and production of the electric power PWC (Personal Watercraft), a safety inspection standard (draft) and type approval standard (draft) have been established. PWC that use this electric power propulsion certification standard have been divided into two categories according to the use of gasoline engines as related to the ship's electrical system. The contents of these safety inspections standards is divided into 7 categories, and their purpose is to confirm the facilities used for the safe operation of PWC. Type approval is divided into 7 categories and is intended to ensure the safe production of PWC. This is basic data can be used to establish criteria for safety inspection and type approval of electric power propulsion vessels and to guide the production of the environmentally friendly PWC in Korea.

**Key Words :** Certification criteria, Electric power propulsion, Type approval, Safety inspection, Electric PWC (Personal Watercraft), Convergence technology

### 1. 서 론

기상청 통계(Climate Information Portal, 2016)에 따르면 대한민국의 이산화탄소 연평균 대기 농도는 2015년 407.0 ppm, 배출량은 2013년 694.5백만 톤으로 1990년대 감시를 시작한 이

래로 꾸준한 증가 추세를 보이고 있다. 이는 화석연료의 연소와 토지이용의 변화로 인한 CO<sub>2</sub> 배출을 지구 온난화의 주요 원인으로 꼽을 수 있다. 이러한 결과로 올해 8월 영천의 최고 기온이 39.6℃를 기록하여 관측 사상 역대 4위를 기록하는 등 올여름 무난히 더운 날씨를 보였고, 국제적으로는 탄소 배출 규모로 G2인 미국과 중국이 9월 3일 ‘파리 기후 협정’을 통해 탄소 배출을 줄여 지구온난화를 막는 노력을 하고 있다.

\* First Author : dkkang@kst.or.kr, 044-330-2333

† Corresponding Author : shkim@kst.or.kr, 044-330-2347

최근 산업화 현장에서도 풍력, 태양광등을 이용한 신재생 에너지를 사용하려는 노력이 있고 2014년 말 기준 자동차 등록 2,011만 대(Ministry of Land) 중 친환경 자동차(하이브리드, 플러그인 하이브리드, 전기차, 수소차)는 18만 대로 0.9%의 비율을 차지하고 있지만 매년 11.3%의 성장을 하고 있으며 환경부는 2020년까지 자동차 등록대수의 10%인 220만 대를 친환경 자동차로 보급할 계획을 가지고 있다(Ministry of Environment, 2015).

해양 분야에서도 온실가스 절감, 엔진의 NOx, SOx에 대한 규제의 강화 등 지구온난화 방지를 위한 노력과 연구가 진행되고 있으나 그 연구의 방향이 대형 상선을 위주로 하고 있으며 최근 조선 경기 침체의 어려움으로 인해 관련 연구의 축소 가능성이 제기되고 있는 실정이다. 해양수산부 통계연보(Ministry of Oceans and Fisheries statistics annual report, 2015)와 국민안전처 통계연보(Ministry of Public Safety and Security statistics annual report, 2015)에 따른 Fig. 1에 따르면 2014년 일반 선박은 9,313척으로 최근 5년간 132척이 증가하여 0.01%의 증가율을 보였고 동력 어선은 2014년 67,191척으로 최근 5년간 11.1%의 감소를 나타내고 있다. 반면 동력수상레저기구는 2014년 3,446척으로 2010년 1,392척 대비 248% 증가하였고, 매년 평균 4,260명이 수상 레저 활동을 하고 있어 미래에는 수상 레저 제작과 이를 이용하는 인원의 증가가 예상되어 기존의 친환경 선박추진 시스템 관련 연구와 더불어 수상레저기구의 친환경 연구도 병행되어야 할 필요성이 있다.

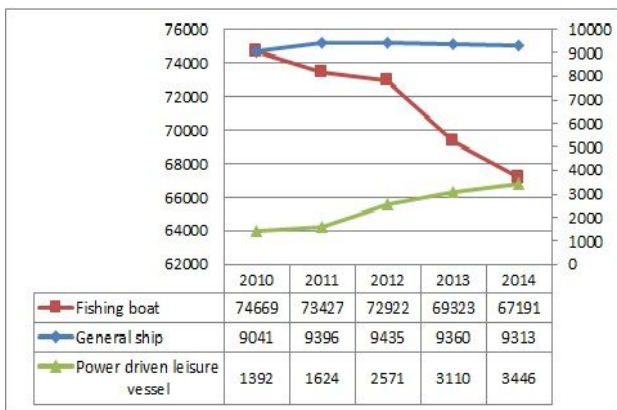


Fig. 1. Registration status of Fishing boat, General ship, Power driven leisure vessel.

이에 따라 본 연구는 융복합기술을 활용하여 국내 자동차 산업의 배터리 및 전기시스템과 수상레저기구 중 접근이 용이한 수상오토바이를 결합하여 전기 동력 추진식 수상오토바이 개발을 진행하였다. 하지만 국내에는 아직 해당 제품

에 대한 안전검사 및 형식승인 기준이 없어 실용화가 불가능한 상황으로 Fig. 2와 같은 개념으로 전기 동력 추진식 수상 오토바이와 관련된 인증기준을 개발하고 정책제안을 하였다.

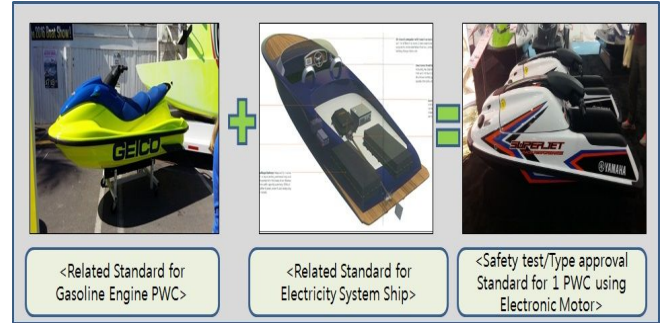


Fig. 2. Concept of PWC (personal watercraft) using electric power propulsion.

## 2. 국내 수상오토바이 현황

### 2.1 수상오토바이 등록 현황 및 등록 제도

국내 수상오토바이의 등록은 국민안전처 해양경비안전본부에서 업무를 하고 있다. Fig. 3에 따르면 2014년 총 12,143척의 동력수상레저기구가 등록되어 있으며 그 중 21.9%인 2,662척의 수상오토바이가 등록되어 있다. 수상오토바이는 2010년 351척에서 2014년 723척으로 51.4% 증가된 등록 추이를 보이고 있다.

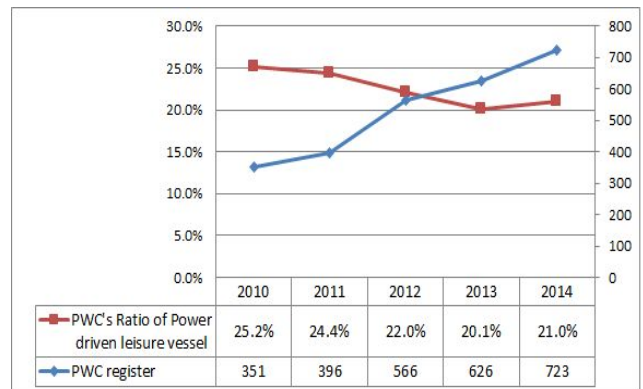


Fig. 3. PWC's ratio of Power driven Leisure Vessel & Register.

수상오토바이를 등록하기 위해서는 수상 레저안전 법 제 37조에 따른 안전검사를 안전검사 대행 기관인 선박안전기술공단, 한국수상 레저 안전협회, 한국수상 레저 안전연합회, 충청남/북도 지방자치단체를 통해 안전검사를 수검 후

동법 제30조에 의해 해당 지자체에 등록 신청을 하면 된다 (Ministry of Public Safety and Security, 2016). 수상오토바이는 국내 제작실적은 없고 국외수입에 전적으로 의존하고 있으며 국외수입 대륙별 분포는 미국, 캐나다의 북미가 66.2%, 일본이 29.5%의 수입현황을 보인다(KST, 2013).

### 2.2 수상오토바이 인증기준 현황

국내 수상오토바이 인증기준 현황은 수상레저안전법 제 47조 형식승인·검정과 동법 제37조에 안전검사 기준이 있다. 그 중 형식승인 기준은 적용 실적이 전무(Um, 2013)하여 그 실효성이 떨어진다는 사유로 인해 2016년 7월 8일부로 삭제 (국민안전처)되었고 현재는 안전검사 기준을 통해 수상오토바이 인증이 진행되고 있는 실정이다. 전기 동력 추진식 수상 오토바이는 현재 안전검사 기준이 없고 내연기관을 추진 기관으로 사용하는 수상오토바이의 안전검사 기준 밖에 없어 전기 동력 추진 수상오토바이의 운영 및 제작을 위해선 관련된 안전검사 기준과 형식승인 기준이 필요하다.

### 3. 전기 동력 추진식 수상 오토바이 인증기술 개발 방법 및 범위

국내외 기존 내연기관 동력 추진 수상오토바이와 관련된 인증기준과 전기 추진시스템과 관련된 인증기준을 기본으로 구조 및 시스템 설치 기준과 전기시스템 기준으로 구분하여 각각 안을 도출 하였고 도출한 기준(안)을 전문가 (선박 검사원, 전기자동차 기술자등)의 검토를 통해 야간 운항 장비 설비보완, 용어 정의, 복원성 기준을 추가하여 안전 검사 기준과 형식승인 기준 두 개의 기준(안)으로 구분하여 개발하였다.

#### 3.1 구조 및 시스템 설치 기준

내연기관을 추진 동력으로 사용하는 수상오토바이에 대한 안전검사 기준과 형식승인 기준을 기본으로 하여 그 중 내연기관과 관련된 검사 기준을 제외하고 일반확인사항, 선체, 조타설비, 계선설비, 전기설비, 구명설비, 시운전 7개의 기본 범주로 구성하였다. 추가로 Table 1과 같이 KS V 13590 (2015) 소형선박-개인용 워터크래프트, RCD 2015/53/EU, 일본 소형선박검사규칙을 기반으로하여 수상오토바이-구조 및 시스템 설치요건에 대한 인증 기준을 개발 하였다. 전기 동력 추진식 수상오토바이도 구조와 기본 시스템은 기존 내연기관 동력 추진식 수상오토바이와 같은 프레임을 구성하고 있기에 축전지, 동력모터, 전기설치 관련 안전사항을 제외하고는 기존 내연기관 추진 수상오토바이와 같은 조건으로 개발 되었다.

Table 1. Related standard to create a standard for structure

Related Standard
Safety inspection standard for water leisure apparatus
Rules of Water-related Leisure Activities Safety
KS V ISO 13590-Personal watercraft-Construction and system installation
RCD 2013/53/EU
Small ship inspection rules - Japan

#### 3.2 전기 시스템 기준

Table 2와 같은 국내/외 전기 추진 시스템 관련한 기준을 Table 3과 같이 10개의 범주(일반 사항, 모니터링 및 표시 시스템, 라벨링(Labelling) 및 경고 표시, EMC(Electromagnetic compatibility;전자파 적합성), 접지 시스템의 보호, 배터리의 스위치 및 분리기, 배터리의 안전한 절연, 과전류보호, 배터리 모니터링 및 설치, 전기의 설치)로 구분하여 관련 내용을 정리하였다.

Table 2. Related standard to create a standard for electric system

Related Standard
ISO/FDIS 16315, Small craft-Electric propulsion system
RCD 2013/53/EU
Small ship inspection rules - Japan
ABYC TE-30, Electric propulsion system
Storage battery Fishing boat Facility standard
Standards for automobiles and auto parts-Electric vehicles
GL/DNV Rules-Tentative Rules for Battery power(2012)

Table 3의 10개의 범주로 구분한 전기 동력 추진식 수상오토바이 전기시스템 기준이 실제 현장에서 적용됨에 있어 제작자가 기준이 과도하여 형식승인에 있어 제약을 갖지 않도록, 탑승자가 전기 추진 방식으로 인해 감전에 대한 심리적 불안감을 느끼지 않도록, 등록자가 안전검사 기준이 과도하여 구입을 꺼려하지 않도록 하여 수상 레저활동이 좀 더 대중화될 수 있도록 하기 위한 목적으로 수상레저기구 검사원, 대학교 교수, 수상오토바이 제작사, 수상오토바이 설계자에게 검토를 의뢰하여, 최종적으로 전기 동력 추진 수상 오토바이에 적용 가능한 기준들을 선별하여 다시 7개의 범주(일반 사항, 작동 모드 및 상태 표시 기능, 축전지의 배치 및 요건, 축전지 제어 및 감시 기능, 비상 차단 장치, 추진용 전동기 안전성 및 내구성 인증, 충전설비)로 정리하여 수상 오토바이-전기시스템 인증 기준을 개발하였다.

Table 3. Sector table of Related standards of Electric propulsion

Standard \ Section	General	Controls, monitoring, system alerts and trips alarms	Labelling and warnings	Electromagnetic compatibility (EMC)	Grounding/earthing system protection	Battery switches and disconnecter	Safety isolation of batteries	over current protection	Battery monitoring and installation	Electrical Installation
ISO/DIS 16315 (Small craft-Electric propulsion system)	Chap 4. General	Chap 5. Display and notification	Chap 6. Labelling and Warning	Chap 7. Electromagnetic compatibility (EMC)	Chap 8. Grounding/Earthing System	Chap 9. Battery Switches and disconnecter	Chap 10. Safety isolation of batteries	Chap 11. Over-current protection	Chap 12. Battery monitoring and installation	Chap 13. Electrical Installation
ABYC TE-30 (Electric propulsion system)	General	Fault Monitoring	General	General	Fault monitoring, Grounding	Battery Disconnect, Disconnection equipment	Safety isolation of current producing sources	Overcurrent protection	-	Installation, Electrical wiring and connection
Standards for automobiles and auto parts -Electric vehicles	High power electronic device	High power electronic device	High power electronic device	-	High power electronic device	-	High power electronic device	-	Driven storage battery	-
Storage battery Fishing boat Facility standard	Chap 3. Control of battery facility	Chap 3. Control of battery facility	-	-	-	Chap 3. Control of battery facility	Chap 2. Installed battery facility	Chap 3. Control of battery facility	Chap 2. Installed battery facility	Chap 2. Installed battery facility
GL/DNV (Tentative rules for battery power)	Sec 1~3, Sec.5 Fire Safety	Sec.7 Control, Monitoring and Safety System				Sec.4 Battery		Sec.6 Electrical Systems		Sec.8 Installation

전기시스템 기준에서 가장 핵심적인 추진용 전동기에 대한 안전성 및 내구성 검토가 중요함에 따라 추진용 전동기 안전성 및 내구성 확인을 위해 ‘해양 환경 모사 장비’ 시스템을 선박안전기술공단 내에 구축을 하여 사전 인증 확인 절차를 형식승인 기준에 포함을 하였다. 이 시스템의 완성도를 높이기 위해 수상오토바이를 해상에서 운행하였고, Fig. 4와 같이 선박동특성 기록 장치를 이용하여 스로틀의 변화에 따른 3축 자이로 정보, 3축 가속도 정보, 자세 정보 (Roll/Pitch)를 Fig. 5와 같이 추출하였고 이를 이용하여 수상오토바이의 엔진 추력, 파도에 의한 부하, 수상오토바이의 최종 추력 부하 프로파일 정보를 만들었다. 이때 작성된 프로파일 값은 추후 ‘해양 환경 모사 장비’를 통해 수상오토바이 전기 시스템의 안전성을 인증하기 위한 시뮬레이션의 기초 입력값으로 사용된다.

이를 위해 Fig. 6과 같은 ‘해양환경모사장비’ 배치 계획을 세워 Fig. 7과 같은 실험실을 구축하고 있다. 해양환경 모사 시스템을 이용하여 추진용 전동기를 수상오토바이에 설치 전 전동기의 RPM(Revolution per minute), 토크(Torque), 연속과 부하, 외부온도 변화, 항습, 운항가능거리 예측, 부하반복 신뢰성을 육상 시험을 통해 해상에서의 운용 적정 여부를 사전 파악하여 제작 단계에서의 불필요한 공수를 줄이고 해상에서의 전기 추진 시스템의 성능을 예측함으로써 수상오토바이에 대한 안전성 확보가 가능하다.



Fig. 4. Ship's data recorder of dynamic characteristics.

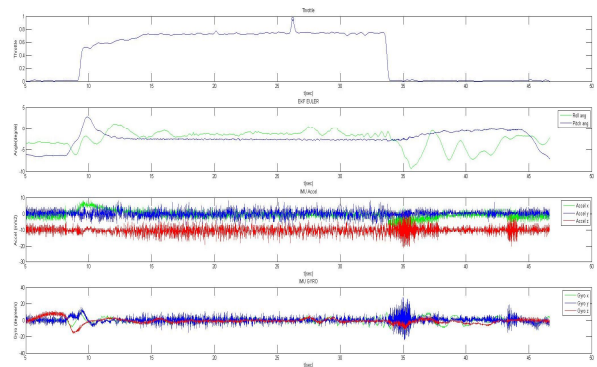


Fig. 5. Analysis of PWC's running test.

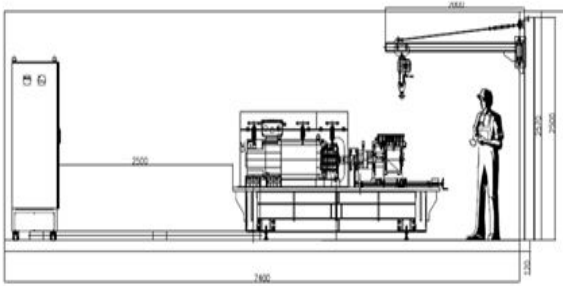


Fig. 6. Plot plan of Marine environment simulator.



Fig. 7. Installed Marine environment simulator.

#### 4. 전기 동력 추진식 수상 오토바이 안전검사 기준 및 형식승인 기준

구조 및 시스템 설치 기준과 전기 시스템 기준을 종합하여 안전검사 기준과 형식승인 기준으로 구분하였다. 안전검사는 수상 오토바이의 안전한 운용과 관련된 설비의 확인을 목적으로 작성이 되었고 형식승인은 수상 오토바이의 안전한 제작을 위해 강도, 재료시험, 축전지의 방수등급 및 추진용 전동기 안전성 및 내구성 관련 인증을 목적으로 개발되었다.

##### 4.1 전기 동력 수상 오토바이 안전검사 기준

전기 동력 수상 오토바이 안전검사 기준을 건조자 명판, 외관검사, 복원성 및 계선설비, 구명설비, 야간 운항장비, 전기시스템, 시운전 분야의 7개 범주로 Table 4와 같이 구분하였다. 건조자 명판은 KS V 13590, RCD 2013/53/EU, 수상레저기구 안전업무 처리규정을 적용, 외관검사는 수상레저기구 안전검사 기준을 적용, 복원성 및 계선설비는 RCD 2013/53/EU, 수상레저기구 안전업무 처리규정과 일본소형선박검사 규칙을 적용, 구명설비는 수상레저안전법, 수상레저기구 안전업무 처리규정, 일본소형선박검사 규칙을 적용, 야간운항장비 설치하는 수상레저안전법 제21조를 추가 적용, 전기시스템은

Table 2의 관련 기준을 적용하여 축전지의 화재로부터의 보호, 축전지의 방수등급 확인, 축전지의 용량/상태/안전한 운행을 위한 경보설비, 추진용 전동기 안전성 및 내구성에 관련된 인증 확인을, 시운전은 수상레저안전검사 기준을 적용하여 전기 동력 수상 오토바이 안전검사 기준을 개발하였다.

Table 4. Safety inspection standard for PWC Using Electric Power Propulsion

Items	Content
Builder's plate	Manufacturer's name, maximum load, number of persons
Visual inspection	Compared with the specification
Stability & moorings arrangement	- Confirmation to have buoyancy to remain afloat in the inverted position - Towing lines over 10 meters
Life-saving apparatus	Number of life jacket (with whistle)
Sailing apparatus at night	Confirmation of facility arrangement in accordance with Article 18 of Water leisure Safety enforcement regulation
Electric system	- Confirmation of general details - Confirmation of operating mode & failure display function - Confirmation of installed condition & spec of battery - Confirmation of operating mode & failure display function of battery - Confirmation of emergency equipment - Confirmation of charging equipment - Confirmation cert' for safety & durability of propulsion motor
Sea trial	Test of start, stop & emergency button

##### 4.2 전기 동력 수상 오토바이 형식승인 기준

전기 동력 수상 오토바이 형식승인 기준을 건조자 명판, 외관검사, 강도 및 효력시험, 재료시험, 작동시험, 전기시스템 분야의 6개 범주로 Table 5와 같이 구분하였다.

건조자 명판은 KS V 13590을 적용, 외관검사는 수상레저기구 안전업무 처리규정을 적용, 강도 및 효력시험은 수상레저기구 안전검사 기준, 수상레저기구 안전 업무 처리규정, KS V 13590을 적용, 재료시험은 수상레저기구 안전 업무 처리규정을 적용, 작동시험은 수상레저기구 안전 업무 처리규정, KS V 13590을 적용, 전기시스템은 Table 2의 관련 기준을 적용하여 전기추진시스템의 설치 장비에 대한 표준 인증 제품 여부 확인 및 적절한 설계 확인, 축전지 및 모터의 성능 확인, 축전지 난연성 및 외함의 방수등급 확인, 추진용 전동기 안전성 및 내구성 인증 시험을 수상레저안전검사 기준을

적용하여 전기 동력 수상 오토바이 형식승인 기준을 개발하였다. 특히 축전지, 모터 및 외함의 방수등급을 적용하는데 있어 Table 2의 국제 기준들의 내용을 확인하였고, 국제적으로 전기 추진 모터 선도기업인 Ocean volt와 Torqeedo 社の 담당자와 업무회의 등을 실시하였다.

Table 5. Type approval standard PWC Using Electric Power Propulsion

Items	Content
Builder's plate	Character size, Marking/Symbol size, nameplate contents
Visual inspection	Compared with the specification.
Strength and Effectiveness Test	- Drop Test - Dynamic stability Test
Material Test	- Buoyant material Test - Water resistant Test
Operation Test	- Steering system Test (Axial Rigidity, Tangential strength, Fatigue strength, Shock)
Electric system	- Confirmation the general contents installation - Confirmation waterproof level of storage battery and fire retardant related safety - Certification for electric propulsion motor safety and durability.

### 5. 결론

대한민국은 조선과 IT 산업의 강국이지만 대형 선박과 자동차 제조 분야에서만 관련 기술이 적용되고 대부분의 수상 레저기구는 수입을 하고 있는 실정이다. 최근 조선업계가 어려움을 겪고 있지만 전 세계적인 수상레저기구 시장은 2013년 생산량 532,170척, 시장규모는 \$75.5억 수준으로 2011년 이후 10% 이상 발전하고 있어 미래의 수입 창출원이 될 수 있으며 수상오토바이의 생산량은 39,400척으로 13.5%, 시장규모는 \$4.8억으로 6.3%를 차지하고 있다(ICOMIA Statistics Book, 2013). 본 연구를 통하여 다음의 결론은 얻었다.

1. 전기 동력 추진식 수상오토바이에 대한 안전검사와 형식승인이 국내 친환경 수상오토바이 등록과 제작의 계기가 될 수 있으며, 아울러 친환경 전기 동력 추진 선박의 안전검사와 형식 승인의 정책 수립 시 기초 자료로 사용이 가능 하도록 인증기준을 개발하였다.
2. 방수 등급의 지정이 필요한 축전지와 전동기 및 전기 액세서리에 대해서는 전기 레저기구 산업과 연계된 산

학연의 공청회를 통해 안전성과 경제성을 고려한 방수 등급을 설정하여 전기 동력 추진 레저 기구의 시장이 활성화 될 수 있도록 기여 할 것이다.

3. 현재 수상레저안전법에는 형식승인이 삭제되어 현재로서는 기준의 활용이 어렵지만, 현재 정부와 산업계가 국내 해양레저산업 경쟁력 재고와 발전을 위해 많은 노력을 하고 있는 만큼 향후 수상오토바이의 제작 환경이 활성화 되고 더 나아가 전기 동력 추진식 보트 등 레저기구의 제작환경이 조성될 시 본 연구를 통한 형식승인 기준이 정부 정책의 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 후 기

본 연구는 한국산업기술평가관리원 산업융합촉진사업 “전기 동력 추진식 1인용 수상 오토바이 및 인증 기술 개발” 연구과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

### References

- [1] Climate Information Portal(2016), www.kma.go.kr.
- [2] ICOMIA Statistics Book(2013), pp. 30-31.
- [3] KST(2013), Korea Ship Safety Technology Authority, Study on Type approval improve of Water leisure apparatus, p. 32.
- [4] Ministry of Environment(2015), Eco-friendly Car, p. 49.
- [5] Ministry of Oceans and Fisheries statistics annual report (2015), p. 5.
- [6] Ministry of Public Safety and Security statistics annual report(2015), p. 323.
- [7] Ministry of Public Safety and Security(2016), Water leisure Safety Act.
- [8] Um, H. C.(2013), Improvement Plan for Water Leisure Apparatus Certification System, Autumn Annual Conference 2013, COSME, pp. 84-86.

Received : 2016. 11. 15.

Revised : 2017. 01. 10. (1st)

: 2017. 02. 09. (2nd)

Accepted : 2017. 02. 25.