

에너지절감형 하이브리드 추진시스템 기술동향분석

황태규, 추진훈, 권 욱, 김성규, 김정환
(한국조선해양기자재연구원)

1. 서론

지구 온난화 가속화에 따라 세계적으로 환경에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이를 해결하기 위하여 유엔기후변화협약 (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change, 1992년)에서 교토의정서(Kyoto Protocol, 1997년)를 채택하였다. 이에 따라, 해운분야 및 항공분야의 온실가스 배출을 감축하는 문제는 각각 국제해사기구(IMO) 및 국제민간항공기구(ICAO)에서 관련 논의를 하고 있다. 교토의 정서에 의해 2008년부터 2012년까지 Annex I 국가들은 자국 내 온실가스 배출총량을 1990년대 수준대비 평균 5.2%를 감축 하기 위해 각고의 노력을 아끼지 않고 있다.

해운분야의 경우 1997년 선박대기오염방지 내용이 MARPOL 부속서 VI로 채택되어 2005년 발효됨으로써 선박의 환경문제가 해양오염에서 대기오염으로 확장되었으나, 여전히 선박대기오염이 아닌 해양오염문제가 주된 관심사였다.

최근 지구 온난화의 주범인 온실가스(Green House Gas : GHG)가 부각됨과 동시에 선박에서 배출되어지는 CO₂에 대한 관심이 높아지면서 전 세계적으로 선박의 환경오염을 규제해야 한다는 공통 목표를 가지게 되었다.

그림 1은 선박 온실가스 발생추이와 시나리오별 추정을 나타낸 것으로, 2007년 기준으로 세계 해운업은 전 세계 CO₂ 배출량의 3.3%에 해당하는 10억 톤의 CO₂를 배출하였으며, 그 비중은 아직 미미하지만, CO₂ 배출량 증가 추세에서는 1990년에서 2007년까지 약 두 배 늘었으며, 최근 5년간 33%로 급증하였다. IMO는 선박에서 배출되어지는 온실가스가 전 세계

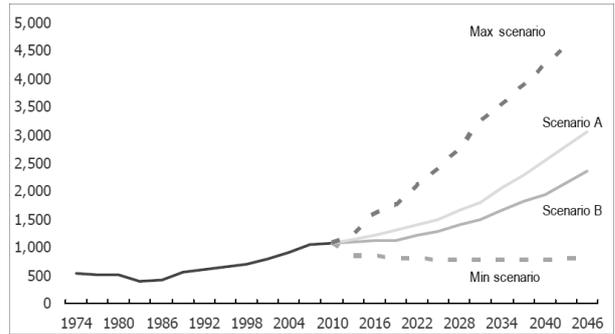


그림 1. 선박 온실가스 발생 추이와 시나리오별 추정 (백만 톤)

배출량의 12~18%정도를 차지할 것이라 예상 하고 있다.

이와 같이 선박에서 발생하고 있는 CO₂ 배출을 감축한다는 것은 선박에서 사용하는 연료를 줄인다는 의미로 연료 사용량을 줄이는 에너지효율과 CO₂ 발생량 간 상관관계가 있으므로, 이를 이용하여 IMO에서 논의하고 있는 선박 온실가스 규제 방안은 기술적 조치(Technical Measures), 운항적 조치 (Operational Measures) 및 시장기반 조치(Market Based Measures)로 구성되며, 기술적 조치는 “신 조선에너지효율 설계지수(EEDI, Energy Efficiency Design Index)”로 구체화되었으며, 운항적 조치는 “현 조선에너지효율 운항지수(EEOI, Energy Efficiency Operational Indicator)”, “선박에너지효율관리계획서(SEEMP, Ship Energy Efficiency Management Plan)”로 구체화되었다. 시장기반 조치는 아직 관련 논의가 초기단계에 있지만, “해운분야 배출권 거래제도(Marine Emission Trading Scheme)” 및 “국제 온실가스 기금

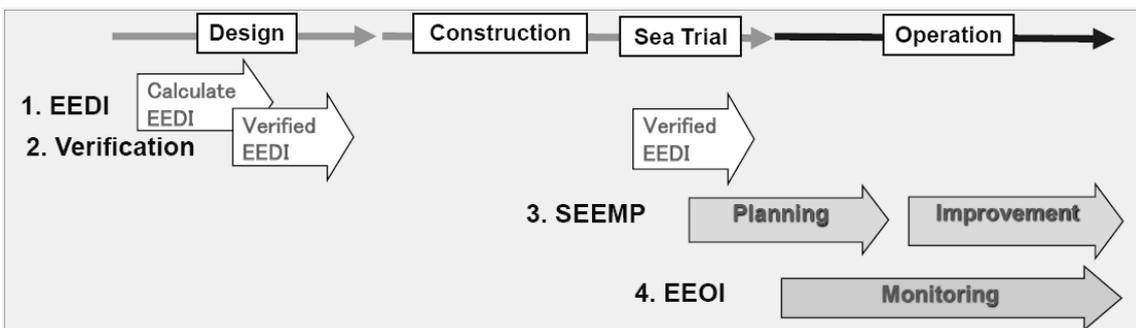


그림 2. 선박건조 과정별 온실가스 관리

(International GHG Fund)”을 근간으로 논의가 진행되고 있으며, 관련 논의는 2012년 또는 2013년경에 종료될 것으로 예상된다. EEDI와 EEOI는 모두 선박의 에너지효율을 측정하기 위한 지표로서 EEDI는 선박의 설계에 대한 에너지효율(CO₂ 배출량)을 측정하고, EEOI는 선박의 운항측면에서의 에너지효율(CO₂ 배출량)을 측정한다. 그림 2는 IMO에서 논의되고 있는 규제에 대해서 선박건조 과정별 적용프로세스를 도식화 한 것이다.

상기와 같은 여러 가지 기술적인 사항을 고려해 볼 때, IMO의 CO₂ 규제 전략은 단기적으로 선박 에너지효율 향상기술들을 개발하는 것과 장기적으로는 현재 선박의 동력원으로 사용되고 있는 디젤엔진을 대체할 수 있는 차세대 동력원을 개발하는 것으로 판단된다.

따라서 온실가스 관련 규제의 도입이 가속화 되면서 다량의 CO₂를 배출하는 디젤엔진을 대체할 수 있는 동력원에 대한 수요가 증가하고 있으며, 다양한 대체 동력원이 연구되어지고 있다. 현재 선박의 차세대 동력원으로 고려할 수 있는 동력원으로는 연료전지, 원자력, 풍력, 태양광, 해양에너지 등의 다양한 형태가 있으나, 이러한 동력원이 100% 디젤엔진을 대체하기에는 아직 한계가 있다. 즉 원자력은 안전상의 문제점

으로 인해 선박의 동력원으로 적용하기에는 무리가 있으며, 풍력, 태양광 및 해양에너지 등은 낮은 에너지효율 등으로 인해 선박에 적용하기에 무리가 있다. 따라서 선박에 적용 가능한 차세대 동력원은 그림 3과 같이 디젤엔진과 복합한 하이브리드 추진시스템으로 발전할 것으로 예상되어진다. 다만, 디젤엔진의 경우 2030년 이후 초전도모터로 대체되어지리라 예상되며, 이때에도 역시 추진보조 및 전력생산을 위한 하이브리드 추진시스템이 사용될 것이다.

본 기사는 현재 개발된 혹은 개발되어지고 있는 선박에서의 에너지절감형 하이브리드 추진시스템에 대한 기술동향을 분석하는데 그 목적이 있다.

2. 하이브리드 선박

현재 다량의 CO₂를 배출하는 디젤엔진을 대체할 수 있는 동력원에 대한 수요가 증가하고 있으며, 연료전지, 원자력, 풍력, 태양광, 해양에너지 등 다양한 형태의 에너지원들이 연구되어지고 있으나, 이들 에너지원들은 자체 특성상 주추진원으로 사용되기 보다는 추진보조 및 전력생산을 위한 하이브리드 추진시스템의 형태로 개발되어 지고 있다.

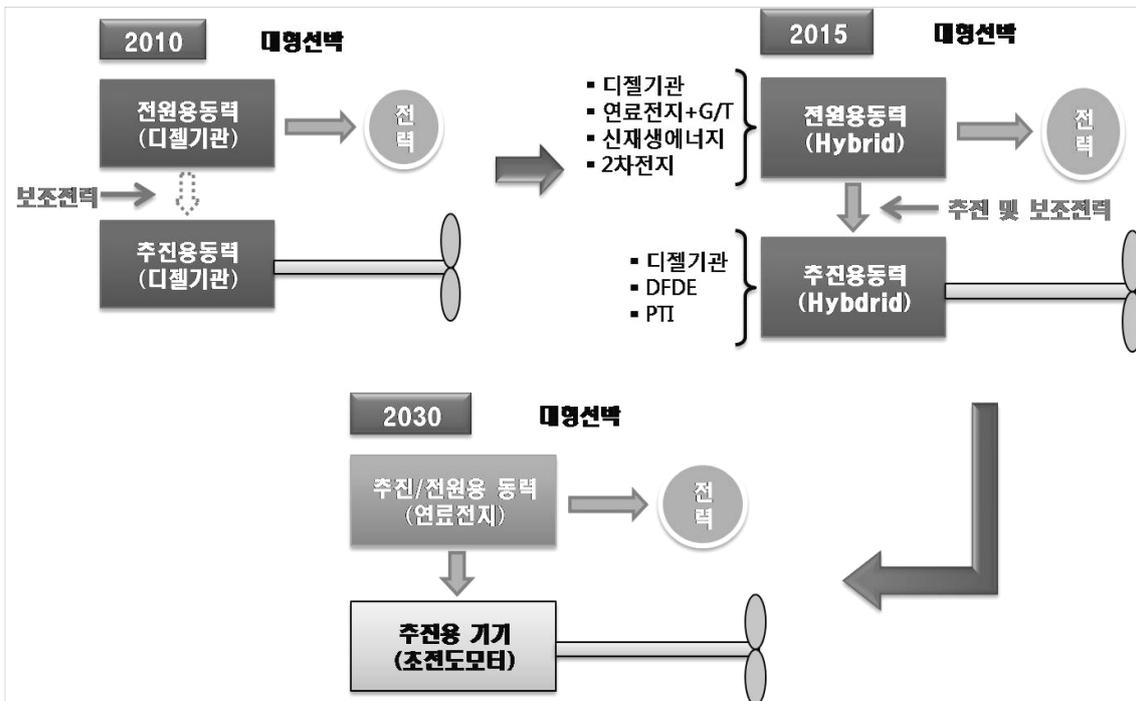


그림 3. 선박 동력원의 발전 개념도
by 신개념 동력원 선박 적용 기반기술 개발, 지식경제기술혁신사업계획서, 지경부, 2011

2.1 하이브리드 선박 적용 사례

그림 4는 일본의 산요와 미쯔비시중공업 및 Mitsui O.S.K. Lines이 공동으로 개발하고 있는 “Hybrid Car Carrier Ship” 개념도를 나타낸 것으로, 일본 국토교통성에 의해 2010년 CO₂절감을 위한 신기술로 선정되었으며, 태양광을 이용한 하이브리드선박의 경우 주로 일본에서 자동차를 수출하기 위한 Car Carrier Ship으로 사용하기 위하여, 닛산, 도요타 등에서 연구개발이 지원되고 있는 실정이다.



그림 4. 태양광을 이용한 하이브리드 추진시스템 선박

그림 5는 2007년 독일의 SkySails사에서 화물선에 대형 패러글라이더 모양의 연을 설치하여 풍력을 이용한 선박을 시험 운행하였으며, 추후 약 40 여 척의 선박에 연을 추가로 설치할 예정이라고 한다.

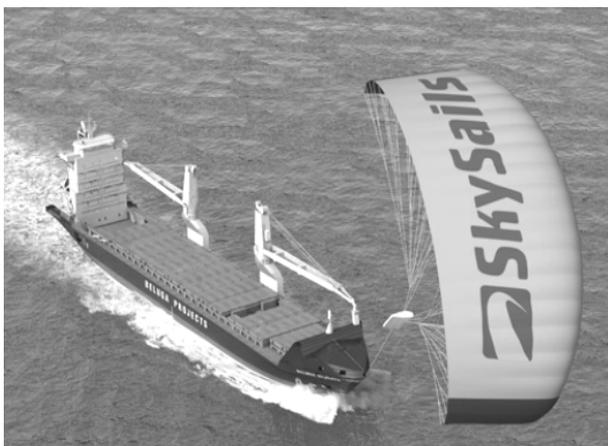


그림 5. 풍력을 이용한 하이브리드 추진시스템 선박

그림 6과 7은 최근에 이슈화되고 있는 연료전지를 보조추진원 및 전력원으로 사용하는 선박으로, 그림 6은 아이슬란드의

Elding호로 125톤, 최대승선인원 150명인 고래탐사선으로 연료전지를 보조엔진으로 사용한다. 그림 7은 바질라(Wartsila)의 연료전지(SOFC)가 장착된 알레니우스사의 자동차운반선을 나타낸 것이다.



그림 6. 연료전지를 이용한 하이브리드 추진시스템 선박 - 고래탐사선



그림 7. 연료전지를 이용한 하이브리드 추진시스템 선박 - 자동차운반선

3. 하이브리드 추진시스템 선박 특허동향조사

3.1 조사 개요

본 조사는 디젤, 신재생, 하이브리드 및 연료전지 분야로 구분하여 진행하였으며, 각 분야에 해당하는 키워드를 표 1과 같이 선정하여 검색식을 수립하였다. 수립된 검색식을 이용한 1, 2차 검색을 통하여 한국, 미국, 일본 및 유럽을 포함한 국가에서 총 2834건의 특허 및 실용이 모집단으로 도출되었으며, 중복제거와 노이즈 제거 후 총 1094건의 유효집단이 추출되었다.

표 1. 하이브리드 추진시스템 선박 검색 키워드

| 국가 | 대상 | 검색식 | 건수 |
|----|-------|---|------------|
| 국문 | 디젤 | AB=[(디젤)*(전력+동력+엔진+추진+전원+에너지))*(선박+조선+유조선+여객선+바지선+화물선)] | 144 / 182 |
| | 신재생 | AB=[(대체+신재생+태양력+태양광+파력+풍력+원자력)*(전력+동력+엔진+추진+전원+에너지))*(선박+조선+유조선+여객선+바지선+화물선)] | 89 / 182 |
| | 하이브리드 | AB=[(하이브리드+복합+통합)*(전력+동력+엔진+추진+전원+에너지))*(선박+조선+배+유조선+여객선+바지선+화물선)] | 14 / 129 |
| | 연료전지 | AB=[(연료전지+2차전지+MCFC+SOFC+PEMFC)*(선박+조선+유조선+여객선+바지선+화물선)] | 26 / 28 |
| 영문 | 디젤 | AB=[(diesel)*(force+energy+generation+engine+plant+power)*(vessel+ship+barge)] | 243 / 357 |
| | 신재생 | TL=[wind+wave+solar+nuclear+atomic+renewable]*AB=[(force+energy+generation+engine+plant+power)*(vessel+ship+barge)] | 274 / 1384 |
| | 하이브리드 | TL=[hybrid+integrate]*AB=[(force+energy+generation+engine+plant+power)*(vessel+ship+barge)] | 252 / 307 |
| | 연료전지 | TL=[fuel*cell]*AB=[(force+energy+generation+engine+plant+power)*(vessel+ship+barge)] | 52 / 265 |

3.2 연도 및 국가별 특허출원동향

“에너지절감형 하이브리드 추진시스템”의 기술과 관련하여 그림 8의 연도에 따른 국가별 특허출원동향을 살펴보면, 2000년 이후, 특허출원건수가 전반적으로 증가하는 추세를 알 수 있다. 특히, 2007~2010년 사이 특허출원건수가 활발히 진행되었음을 확인할 수 있다. 이를 통해, 전 세계적으로 온실가스 배출을 감축시키기 위한 기술개발이 진행되고 있음을 유추할 수 있다. 참고로, 2010년 이후 감소세를 나타내는 것을 특허공개제도에 따른 비공개 특허들이 존재하기 때문인 것으로 판단할 수 있다.

또한, 국가별로는 일본(JP)이 총 1094건 중 472건으로 43%를 차지하여 가장 많은 특허출원을 한 것으로 보이며, 다음 미국(US)이 251건으로 23%를 차지하였다. 뒤이어 한국(KR)은

273건으로 25%를 차지하였으며, 유럽은 98건으로 9%를 차지하는 것으로 조사되었다.

3.3 기술별 특허출원동향

“에너지절감형 하이브리드 추진시스템”의 기술과 관련하여 기술별 특허출원동향을 그림 9에 그래프로 표기하였으며, 이를 살펴보면, 총 1094건 중 선박의 디젤동력 관련 기술이 387건으로 36%, 신재생에너지 관련 기술이 363건으로 33%, 하이브리드 동력 관련 기술이 266건으로 24%, 마지막으로 연료전지 관련 기술이 78건으로 7%를 차지한 것으로 조사되었다.

조사된 바와 같이, 선박의 동력으로 사용되는 연료전지에 관한 특허출원은 대부분의 국가에서 아직 미비한 수준인 것으로 나타났다.

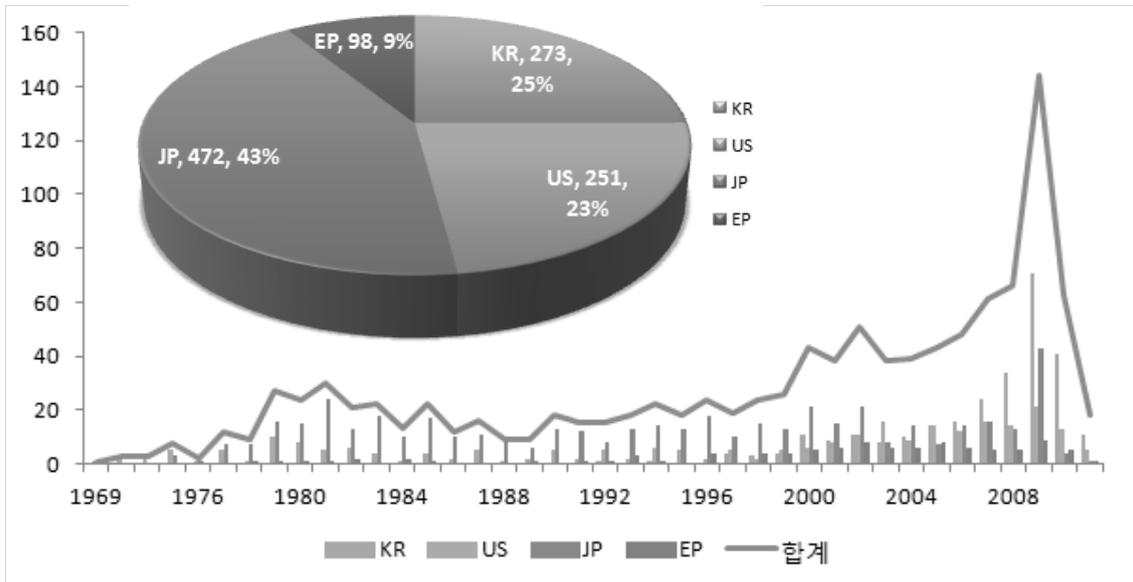


그림 8. 연도에 따른 국가별 특허출원동향

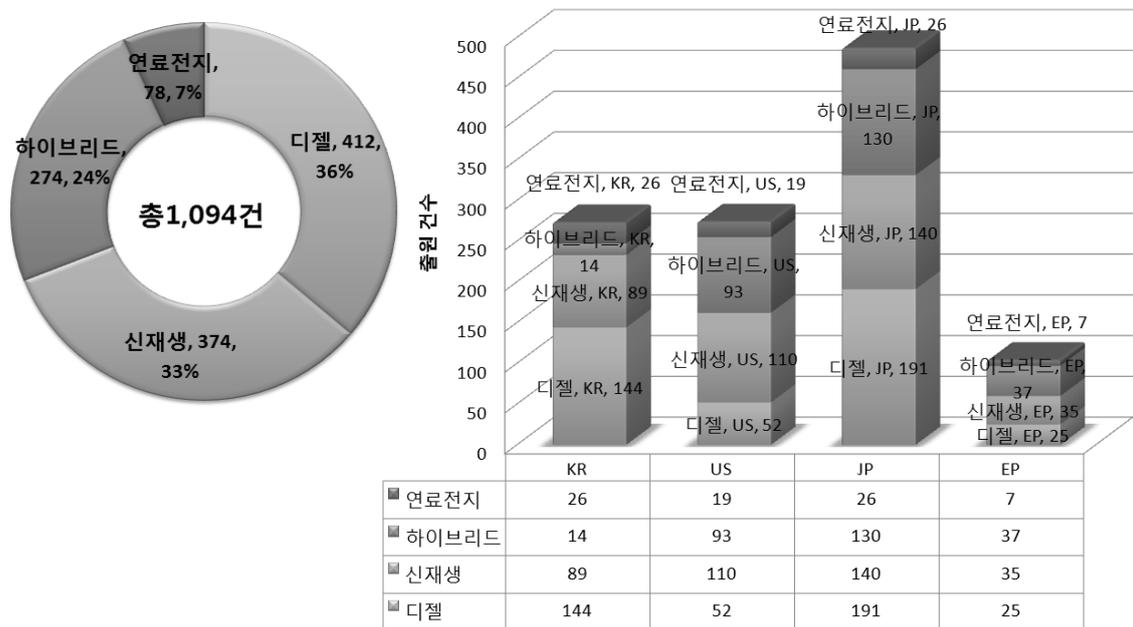


그림 9. 기술별 특허출원동향

4. 결론

선박의 차세대 동력원으로 고려할 수 있는 동력원으로는 연료전지, 원자력, 풍력, 태양광, 해양에너지 등의 다양한 형태가 가능하다. 하지만, 원자력은 안전상의 문제점으로 인해 선박

의 동력원으로 적용하기에는 무리가 있으며, 풍력, 태양광 및 해양에너지 등은 낮은 에너지 효율 등으로 인해 선박에 적용하기에 무리가 있다. 따라서, 선박에 적용 가능한 차세대 동력원은 연료전지가 가장 현실적인 대안이다.

그러나 이상에서 살펴본 바와 같이 현 개발단계에서 연료전

지에 관한 특허출원은 아직 활발하게 진행되고 있지 않다. 그러므로, 연료전지에 관한 원천기술 또는 공백기술을 빠르게 확보하여 특허출원함으로써 이러한 기술이 법적으로 보호받을 수 있도록 해야 할 것이다.

참고 문헌

- 황태규 등 [친환경 선박 개발을 위한 ET-조선 기술융복합 산업 기술인력 수급 전략, 지식경제부/한국산업기술진흥원] (2011).
- 황태규 등 [선박에너지효율등급 도입에 따른 친환경-고효율 조선 요소부품 경쟁력 제고 전략, 지식경제부/한국산업기술진흥원] (2012).
- 이경우 등 [신개념 동력원 선박 적용 기반기술 개발(지식경제 기술혁신사업계획서), 지식경제부] (2007).



황 태 규

- 1974년생
- 2005년 한국해양대학교 기계공학박사
- 현 재 : 한국조선해양기자재연구원 해양에너지시스템설계팀장
- 관심분야 : 해양에너지시스템, 친환경선박, 선박에너지효율등급
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : andrew@komeri.re.kr



추 진 훈

- 1973년생
- 2011년 부산대학교 기계공학과 졸업
- 현 재 : 한국조선해양기자재연구원 해양에너지시스템설계팀 선임연구원
- 관심분야 : 해양에너지시스템, 연료전지선박
- 연 락 처 : 010-2564-9650
- E - mail : choo73@komeri.re.kr



권 옥

- 1979년생
- 2009년 부산대학교 기계설계학과 졸업
- 현 재 : 한국조선해양기자재연구원 해양에너지시스템설계팀 선임연구원
- 관심분야 : 해양에너지시스템, 선박공조시스템
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : john316@komeri.re.kr



김 성 규

- 1980년생
- 2006년 동아대학교 토목공학과 졸업
- 현 재 : 한국조선해양기자재연구원 해양에너지시스템설계팀 연구원
- 관심분야 : 해양에너지시스템, 선박에너지효율등급
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : izisho@komeri.re.kr



김 정 환

- 1968년생
- 2003년 한국해양대학교 기계공학과 졸업
- 현 재 : 한국조선해양기자재연구원 에너지해양연구본부장
- 관심분야 : 신재생에너지
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : jhkim@komeri.re.kr

AMEC 2012/5th PAAMES

일 시: 2012년 12월 10일~12일

장 소: 대만 타이페이

초록마감: 2012년 5월 15일

최종논문 접수: 2012년 10월 1일

<http://www.amec2012-paames.org.tw>