



사단  
법인 **한국신뢰성학회**  
THE KOREAN RELIABILITY SOCIETY

2025 FALL CONFERENCE  
OF THE KOREAN RELIABILITY SOCIETY

# 2025 한국신뢰성학회 추계학술대회

주제 : 글로벌 리스크 대응을 위한 신뢰성 경영

2025. 11. 20(목) ~ 21(금)

장소 여수 베네치아호텔

주최 한국신뢰성학회

후원



LG 에너지솔루션



LG 전자



국방기술품질원



서울과학기술대학교  
소재부품신뢰성연구실



ISSCFT

FAMTECH  
Leaders in Test and Analysis



한국건설기계연구원

KIMM

한국기계연구원  
KOREAN INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

(사)한국신뢰성학회  
내재화신뢰성연구회

KIMS

한국재료연구원

KETI

한국전자기술연구원

kcarbon  
한국탄소산업진흥원

한양대학교 제조장비 전주기 신뢰성 연구실  
한양대학교 대형상용차 스틱 내구성 연구실

HYUNDAI  
MOTOR GROUP

## 학술대회 조직위원

조직위원장	정민	LG전자
부조직위원장	김성준	조선대학교
조직위원	강지훈	한국공학대학교
조직위원	권대일	성균관대학교
조직위원	김상문	LIG넥스원
조직위원	김용수	경기대학교
조직위원	동승훈	큐통랩
조직위원	박민재	홍익대학교
조직위원	박부희	램스큐솔루션
조직위원	박승환	충남대학교
조직위원	선경호	한국기계연구원
조직위원	송광윤	조선대학교
조직위원	신윤호	부산대학교
조직위원	안세영	현대자동차
조직위원	오기용	한양대학교
조직위원	오승규	현대트랜시스
조직위원	위신환	한국자동차연구원
조직위원	이관훈	한국전자기술연구원
조직위원	정지훈	한양대학교
조직위원	최종성	한국뉴욕주립대학교
조직위원	허석환	창원대학교

●●●●●

## 인사의 말씀



존경하는 한국신뢰성학회 회원여러분,

안녕하십니까.

깊어가는 가을만큼이나, 연구자 여러분의 노력으로 이룩한 연구 성과가 더욱 빛을 내는 풍성한 계절입니다. 이러한 시기에 한국신뢰성학회가 ‘꿈과 낭만의 도시’ 여수에서 2025 추계학술대회를 개최하게 되어 매우

뜻깊게 생각합니다.

이번 추계학술대회는 “글로벌 리스크 대응을 위한 신뢰성 경영”을 주제로 진행됩니다.

최근 세계는 예측 불가능한 지정학적 리스크, 기술 패권 경쟁, 그리고 기후 위기 등 복합적인 도전에 직면해 있으며, 이러한 변화는 제품과 시스템의 신뢰성에 직접적인 영향을 미치는 새로운 위협으로 부상하고 있습니다.

이에 한국신뢰성학회는 이번 학술대회를 통해 글로벌 리스크에 선제적이고 효과적으로 대응하기 위한 방안을 함께 모색하고자 합니다.

특히 LG전자 장중순 전문고문께서 “Global Risk: 대응을 위한 K-신뢰성”을 주제로 기조강연을 진행하시며, 기업 현장에서의 생생한 경험을 바탕으로 신뢰성 경영의 실제적 접근법을 공유해 주실 예정입니다.

이번 학회에는 “전쟁 패러다임의 변화, K-방산 신뢰성의 새로운 도전”,

“민간 AI 신뢰성 검인증 제도” 등 두 개의 특별강연과 함께, 제24회 소재부품안전심포지엄, 신진연구자 세션, 우주신뢰성 특별세션, 그리고 대학생 프로젝트 경진대회가 진행됩니다. 이를 통해 우리 젊은 세대가 이끌어갈 한국 신뢰성 산업의 미래를 엿볼 수 있을 것입니다.

이번 학술대회에서는 총 38편의 구두 논문 발표와 39건의 포스터 논문이 준비되어 있으며, 우리 학회의 권위 있는 상인 신뢰성 대상 시상식도 함께 진행됩니다. 신뢰성 발전을 위해 헌신해 주신 제조 및 공공부문, 중소·중견기업 관계자분들께 감사를 드리며, 그간의 노고에 존경의 마음을 전하고자 합니다.

오늘날 세계는 모든 분야에서 기술이 빠르게 변화하고 있으며, 최고가 아니면 생존이 어려운 시대에 놓여 있습니다. 특히 AI 기술을 통한 소재·부품·장비(소부장) 산업의 신뢰성 향상은 국가 경쟁력의 핵심 과제가 되고 있습니다. 한국은 APEC 정상회의를 통해 “AI를 통한 혁신(Innovation through AI)”이라는 화두를 전 세계에 제시하며, AI 기술 개발과 활용에 국가적 역량을 집중할 것을 선언하였습니다.

---

이제 AI는 단순한 효율성 향상의 도구가 아니라 그 자체가 경쟁력이자, 산업과 비즈니스 혁신을 이끄는 원동력이 되었습니다. 한국신뢰성학회는 앞으로 AI를 활용한 신뢰성 향상과 경영 혁신 사례를 지속적으로 발굴하고 공유하는 플랫폼이 되겠습니다.

회원 여러분들께서도 이러한 기술 혁신의 흐름에 적극적으로 참여하셔서, 우리 산업의 미래를 함께 만들어가는 주역이 되어 주시리라 믿습니다. 이번 추계학술대회가 국내외 전문가 간의 소중한 교류와 정보·경험 공유의 장이 되기를 진심으로 바랍니다.

끝으로, 이번 학회를 준비해 주신 사무국과 여러 임원 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

회원 여러분 모두의 건강과 발전을 기원합니다.  
감사합니다.

한국신뢰성학회 배 석 주 회장

---

# 2025 한국신뢰성학회 추계학술대회 행사일정



주제 : 글로벌 리스크 대응을 위한 신뢰성 경영

» 2025년 11월 20일(목) : 1일차

시간	프로그램			
11:00~13:00	등 록			
13:00~13:10	개회사(장소: 페스타홀)			
13:10~13:50	기조강연 Global Risk : 대응을 위한 K-신뢰성 장중순 전문고문 (LG전자)			
13:50~14:00	Break Time			
	Session A (장소:페스타홀)	Session B (장소: 부라노1)	Session C (장소: 부라노3)	Session D (장소: 부라노2)
14:00~14:50	특강 1. “전쟁 패러다임의 변화, K-방산 신뢰성의 새로운 도전” (장지형, 국방기술품질원 기술연구본부 본부장)	교류의 장	포스터세션 C-1	제 16회 대학생 프로젝트 경진대회
14:50~15:00	Break Time			
15:00~15:50	특강 2. "민간 AI신뢰성 검인증 제도" (배동석, 한국정보통신기술 협회(TTA) AI 신뢰성센터 팀장)	교류의 장		
15:50~16:00	Break Time			
16:00~17:30	Session A-1 제24회 소재부품 안전신뢰성심포지엄	Session B-1 신뢰성 및 신뢰성공학		
17:30~17:45	Break Time (만찬 준비)			
17:45~18:45	신임 임원 위촉식 및 시상식 (장소: 페스타홀) ( 신뢰성대상 / 학술 / 논문 / 공로상 / 대학생경진대회)			
18:45	만 찬 (장소: 1층 피렌체 레스토랑)			



» 2025년 11월 21일(금) : 2일차

시간	학/술/대/회			
	Session A (장소: 페스타 홀)	Session B (장소: 부라노 1)	Session C (장소: 부라노 3)	Session D (장소: 부라노 2)
09:00~10:20	Session A-2 신진연구자 특별세션(1)	Session B-2 우주신뢰성 특별세션	Session C-2 고장물리	Session D-1 신뢰성 시험
10:20~10:30	Break Time			
10:30~12:00	Session A-3 신진연구자 특별세션(2)	Session B-3 신뢰성 응용기술	Session C-3 신뢰성분석	Session D-2

# 목 차



## 기조강연



- Global Risk : 대응을 위한 K-신뢰성 ..... 2  
장중순 전문고문(LG전자)



## 특강



### 특강1

- 전쟁 패러다임의 변화, K-방산 신뢰성의 새로운 도전 ..... 4  
장지형 본부장(국방기술품질원 기술연구본부)

### 특강2

- 민간 AI신뢰성 검인증 제도 ..... 5  
배동석 팀장(한국정보통신기술협회(TTA) AI 신뢰성센터)

11월 20일(목) 16:00~17:30

Session  
A-1

좌장: 양원준(한국재료연구원)

제24회 소재부품안전신뢰성심포지엄



- 폴리머 생산 반응기의 내면 손상 및 제품 변색 원인분석 ..... 7  
박이호, 양원준(한국재료연구원)
- 반도체 패키징용 글라스 인터포저 제조 공정 최적화를 위한 통계적 파괴강도 평가 ..... 8  
박민혁, 박수현, 김해탄, 김동오, 박창규, 좌성훈, 변재원(서울과학기술대학교)  
오정원, 신치호, 신현록, 박지웅(제이더블유엠티)
- 산업용 볼트 손상 원인 분석 사례 연구 ..... 9  
양원준, 박이호, 하영수(한국재료연구원)
- 가스배관용 강재의 수소 운송 활용을 위한 수소취성 평가 ..... 10  
어윤경, 김동오, 이진영, 이정재, 박민혁(서울과학기술대학교), 김상훈(한전 KPS),  
변재원(서울과학기술대학교)
- 3D-DIC를 활용한 첨단 기계적 특성 평가 및 기술 ..... 11  
하영수, 권준범, 이승용, 김용남(한국재료연구원), 서경두(더블유에스에어로)

Session  
B-1

좌장: 박민재(홍익대학교)

신뢰성 및 신뢰성공학



- 다변량 일반화된 코시 프로세스 기반 연료전지 열화 모델의  
효율적 매개변수 추정법 ..... 13  
안하윤, 배석주(한양대학교)
- 원샷(one-shot) 장치에 대한 가속 수명 실험의 베이지 최적 설계 ..... 14  
김지수, 배석주(한양대학교)
- 베이지안 네트워크 기반 복합시스템 신뢰도 모델링 및 기회정비 정책 최적화 ..... 15  
나재영, 배석주(한양대학교)
- 신뢰도 블록 다이어그램을 활용한 재할당 대상 장비 신뢰도 분석 사례연구 ..... 16  
윤연아, 최영원, 김경록, 송초아(LIG넥스원)

11월 21일(금) 09:00~10:20

Session  
A-2

신진연구자 특별세션(1)

좌장: 김성준(조선대학교)



선박용 액체수소 연료공급시스템의 센서 개발 및  
상태기반 예지보전 기술 적용에 관한 연구 ..... 18  
채선규, 김용진(한국기계연구원)

Introduction to Industrial Operations & Data Analytics (IODA) Lab ..... 19  
Barde Stephane(한양대학교 ERICA)

Data-driven prognostics of machining tools under various operating conditions ..... 20  
김경호(고려대학교)

Session  
B-2

우주신뢰성 특별세션

좌장: 박정원(경기대학교)



국산 우주급 Custom magnetics의 신뢰성 검증 ..... 22  
한우제, 최은혜, 오주홍, 김경희(한국산업기술시험원)

우주분야 COTS BGA 부품 활용을 위한 공정 연구 ..... 23  
이창수(한국우주기술), 정두원(엘트로닉스)

우주용 태양전지의 1 MeV equivalent electron fluences 영향 비교 ..... 24  
이관훈, 김철희, 이영빈, 마병진(한국전자기술연구원)

우주시스템 신뢰성예측방법 비교 및 문제 해결 위한 대안 연구 ..... 25  
이정오, 박정원(경기대학교)

Session  
C-2

고장물리

좌장: 박종훈(대구가톨릭대학교)



열분석 기술을 통한 첨단 반도체패키지 비파괴 결함 분석 ..... 27  
마병진, 이영빈, 이관훈, 김철희, 황순미, 김제민, 최성순, 이주호,  
이규석, 백주희(한국전자기술연구원)

Dynamic Gate Stress에 의한 SiC MOSFET의 열화 평가 ..... 28  
방민지, 최성순, 김상아, 김제민, 마병진(한국전자기술연구원)

Double Pulse Test를 이용한 SiC Power MOSFET 소자의 특성변화 분석 ..... 29  
최성순, 방민지, 김상아, 마병진(한국전자기술연구원)

자동차용 전장품에 적용된 유연/무연솔더 평가 분석을 통한 신뢰성 비교 ..... 30  
송민식, 김상수, 이도영, 이동기, 송재천(현대케피코)

Session  
D-1

신뢰성 시험

좌장: 이관훈(한국전자기술연구원)



MIL-STD-461G RE102 시험에 대한 방산분야 표준화 제언 ..... 32  
지성민(국방기술품질원), 백선웅((재)FIT시험연구원),  
박순우, 허진호, 김준수(국방기술품질원)

시트 착좌 시 눌림(주름) 필드클레임 재현 평가법 개발 ..... 33  
정신영(현대트랜시스)

베어링 그리스 저감에 따른 BLDC 액추에이터의 성능 향상과 내구성 검증 ..... 34  
이철주(현대케피코)

공기차단밸브 소프트랜딩 특성 기반 내구성 검증 연구 ..... 35  
박지훈, 전성복, 송재천(현대케피코)

지상 무기체계 핵심부품구성품 신뢰성시험 수행 사례 ..... 36  
이재현(한화에어로스페이스(주))

11월 21일(금) 10:30~12:00

Session  
A-3

신진연구자 특별세션(2)

좌장: 정지훈(한양대학교)

- 조선해양 스마트 기술 트렌드와 신뢰성 플랫폼 ..... 38  
김영기, 이태현, 김용진, 조유희, 류경해(한국기계연구원)
- 롤투를 공정 데이터 품질 확보와 AI 최적화를 통한 제조 장비 신뢰성 향상 ..... 39  
변윤선, 이택민, 김인영(한국기계연구원)
- Real-time adaptation for time-series signal prediction using  
label-aware neural processes ..... 40  
정석현(고려대학교), Raed Al Kontar(University of Michigan-Ann Arbor)

Session  
B-3

신뢰성 응용기술

좌장: 변재원(서울과학기술대학교)

- 고체추진기관 절단공정에서 DWS 열화모형 연구 ..... 42  
류혜준, 정민철(국방기술품질원), 박승환(충남대학교)
- 실사용환경 고려 시뮬레이션 기반 FPCB 내구성 평가 ..... 43  
최조은, 서성미, 최선남(삼성전자)
- 유도무기 ASRP의 부품단위에서 체계단위 확대를 위한 데이터 기반 신뢰도 관리 연구 ..... 44  
임다훈, 김영현, 박순우(국방기술품질원), 김용수(경기대학교)
- Machinability estimation of titanium alloy: An integrated approach with  
enhanced feature extraction and physics-guided deep multi-task learning ..... 45  
김경호(고려대학교), 박소연, 양상민(울산과학기술원), 김동민, 김동찬(한국공학대학교),  
이훈희(한국생산기술연구원), 최재경(경북대학교), 전수진(울산과학기술원),  
임성훈(고려대학교), 박형욱(울산과학기술원)
- 인터포저 언더범프 메탈러지 성능 평가를 위한 테스트 베드의 설계 및 공정 최적화 ..... 46  
문정우(한국전자기술연구원, 연세대학교), 김제민, 최성순, 마병진, 이영빈(한국전자기술연구원)



새로운 Concave형 결함 탐지율 함수를 고려한 소프트웨어 신뢰성 모형에 관한 연구 .....	48
오트공바야르 우진, 김윤수, 송광윤, 장인홍(조선대학교)	
병렬 구조를 포함한 시스템 신뢰도 분석 시 유효고장률, 대등고장률, 전유효고장률에 대한 비교.....	49
모시현, 강민수, 강혁준(LIG넥스원)	
Cost-Effective Planning of Accelerated Degradation Reliability Demonstration Tests Based on Degradation Model Selection .....	50
김효중, 김성준(조선대학교), 배석주(한양대학교)	
보증데이터 기반의 필드 신뢰성 모니터링 방법론 개발 .....	51
정진희, 김성준(조선대학교)	
ANSYS Workbench를 활용한 에스컬레이터 Step roller 신뢰성 및 피로수명 평가 .....	52
이유선, 이상민(국립한국교통대학교)	

# Poster Session



## 포스터세션

좌장: 김성준, 송광윤(조선대학교)



- P1. 무기 체계의 부품 단종 대응을 위한 대책 선정 방안 연구 ..... 57  
이영훈, 안재현(LIG넥스원)
- P2. 신뢰성물리학분석을 활용한 신뢰성시험 수행 방안 연구 ..... 58  
황성국, 김건웅(LIG넥스원)
- P3. 선박용 드라이브 수냉각시스템의 비정상 운전조건 분석 및  
제어대책 평가를 위한 FMEA 적용 연구 ..... 59  
나경원, 유시안, 추진훈((재)한국조선해양기자재연구원)
- P4. CFRP의 가속 노화 조건에서 나타나는 구조적 열화와 비틀림 강도 성능 저하 특성 연구 ..... 60  
정연우, 강영웅, 오정택((재)FTI시험연구원)
- P5. 소방 환경용 경량 복합구조재의 내충격성 평가법 개발 ..... 61  
강영웅, 이서진, 오정택((재)FTI시험연구원)
- P6. 인버터용 무연솔더링 전장품의 환경 신뢰성 시험에 따른 고장분석 연구 ..... 62  
서동완, 송민우((재)FTI시험연구원)
- P7. 리사이클 PP/PA 복합소재의 열적 거동에 따른 물성 변화 및  
자동차 내장재 적용성 평가 ..... 63  
김태균, 김지수, 허꽃보라, 오정택((재)FTI시험연구원)
- P8. 유도탄용 열전지 신뢰성 확보 및 시험 절차 표준화 연구 ..... 64  
이경은, 민경석((재)FTI시험연구원), 홍성돈, 김준수(국방기술품질원)
- P9. 공항철도 사례를 통한 철도분야 치명도 분석기준 검토 ..... 65  
신영석, 송미옥, 정용우(공항철도(주))
- P10. 수명 데이터에 따른 저장탄약신뢰성평가 시료수 산정 ..... 66  
이찬호(국방기술품질원, 인하대학교)
- P11. A Study on Improving the Reliability of Results and  
Preventing Musculoskeletal Disorders through the Automation of  
Reliability Testing and the Utilization of Assistance Tools ..... 67  
허진호, 지성민, 박소연, 이지은, 이민희(국방기술품질원)
- P12. 화생방물자 시험시료 대표성 강화를 위한 방안 연구 ..... 68  
윤효진, 권미현(국방기술품질원)
- P13. 화생방장비 · 물자 저장수명 예측을 위한 데이터 기반 접근 ..... 69  
배만재, 문원경(국방기술품질원)

## Poster Session

P14. CSRP 데이터 기반 성능저하 요인 분석 연구 .....	70
권미현, 윤희진(국방기술품질원)	
P15. 위험등급 추진제 신속선별을 위한 저장 신뢰성평가 연구 .....	71
문원경, 천보하, 배만재(국방기술품질원)	
P16. A Study on the Development Direction of the Ammunition Stockpile Reliability Program (ASRP) for Guided Missiles from the Perspective of the Life Cycle Sustainment Plan (LCSP) .....	72
Seongdon Hong, Soonwoo Park, Yeonghyeon Kim, Dahoon Lim, Junsoo Kim (Defense Reliability Research Center, Defense Agency for Technology and Quality, DTaQ)	
P17. AI 기반 유도탄 저장신뢰성평가(ASRP) 연계 문서 자동분석 프레임워크 제안 .....	73
임다훈, 박순우, 김영현, 홍성돈(국방기술품질원)	
P18. An AI-based Comparative Analysis Toolkit for Reliability Estimation of Heterogeneous ASRP Stockpiles .....	74
박순우, 김영현, 임다훈, 김준수(국방기술품질원), 이정수(CSI-VISION), 홍성돈(국방기술품질원)	
P19. A Study on Integration Plan between ASRP and Missile Overhaul for Enhancing the Effectiveness of Guided Missile ASRP .....	75
김영현, 박순우, 홍성돈(국방기술품질원), 장돈훈, 김철수, 박종훈, 한성재(안보경영연구원)	
P20. 금속 소재 피로수명 시험 데이터의 통계적 불확도 분석 .....	76
백진수, 김동오, 이진영, 박민혁, 최형구, 박문규(서울과학기술대학교), 석무영, 권용남(한국재료연구원), 조인식(엠브로지아), 김종한, 변재원(서울과학기술대학교)	
P21. 줄꼬임 구동기의 반복 구동 수명 특성 및 신뢰도 분석에 관한 연구 .....	77
강민수, 윤종환, 이승재(선문대학교)	
P22. 무인 산업용 트럭에 대한 신뢰성 및 안전성 확보를 위한 ISO 3691-4 적용방안 .....	78
김창현, 이채훈, 차지호, 최재호(세이프월드엔지니어링)	
P23. S-Series 기반 통합체계지원(IPS) 규격의 도입 필요성 및 국내 적용방안 연구 .....	79
이정행, 이기영, 김 용, 배성재, 김가현(주모아소프트)	
P24. 반도체 CMP 공정에서의 신뢰성 있는 MRR 예측 모델링 기법 .....	80
김준협, 송성훈, 이승민, 안민기, 허효범(충남대학교), 변윤선(한국기계연구원), 박승환(충남대학교)	
P25. 45톤급 굴절식 덤프트럭용 프레임 힌지의 재질 개선 및 가속수명시험 기반 신뢰성 평가 .....	81
강명철, 이승주, 정 건, 조용근(한국건설기계연구원)	
P26. 기능분석 기반 반자율 임업기계용 다공정 작업틀의 시스템 설계 및 고장모드 분석 .....	82
한승철, 이승주, 김윤수, 조용근(한국건설기계연구원)	
P27. xEV 전원 특성을 반영한 교류 중첩 전압시험의 개정 방향과 적용 검토 .....	83
홍석용(한국산업기술시험원)	

## Poster Session

- P28. 고온용 반도체 기판 가속수명평가를 위한 시험법 개발 ..... 84  
 김성규, 홍정표, 고미영, 유상우(한국산업기술시험원)
- P29. 민간 항공기 건전성 진단을 위한 Si기반 anomaly detection 알고리즘 개발 ..... 85  
 정성필, 조준희, 정해철(한국자동차연구원)
- P30. 무기체계 배터리 상태 진단용 센서 개발 ..... 86  
 이필구, 박재현(한국자동차연구원), 최보욱(현대로템)
- P31. SiC MOSFET 전력 소자의 열저항 측정 방법에 관한 연구 ..... 87  
 최성순, 김상아, 방민지, 마병진(한국전자기술연구원)
- P32. Reliability and Availability Prediction of Navigation Satellites  
 During the Ground Phase ..... 88  
 이서윤, 박근영(한국항공우주연구원)
- P33. 모빌리티용 고기능성 플라스틱 소재의 S-N 커브 기반 피로 특성 분석 및 수명 예측 ..... 89  
 문기용, 고용주, 양지윤, 유진규(한국화학융합시험연구원)
- P34. 밸브 접촉력 변화에 따른 기밀 성능 및 발열 분석 ..... 90  
 이용규(현대케피코)
- P35. Ping test를 활용한 고성능 제어기용 이더넷 통신 신뢰성 검증 ..... 91  
 정현택, 김상수, 김우엽, 이도영(현대케피코)
- P36. 급속충전기 파워모듈의 신뢰성 향상을 위한 고장분석 사례 공유 및  
 연속 운전 구조 제안 ..... 92  
 이홍서, 이도영, 박천수(현대케피코)
- P37. 전원단-커패시터 사이의 이격거리에 따른 전압펄스 내성 관계 연구 ..... 93  
 송민식, 김상수, 이도영, 이동기, 송재천(현대케피코)
- P38. 실차 사용 환경을 고려한 전기이륜차 구동모터 내구시험 모드 개발 ..... 94  
 송원곤(현대케피코)
- P39. ETC 가속시험을 통한 주요 고장 유형 확인 및 분석 절차 연구 ..... 95  
 송원곤(현대케피코)
- P40. 신뢰성안전 기반 수소투과저감 Type4 소구경 수소저장장치의  
 건전성해석(PHM) 기술개발 ..... 96  
 오봉식(아주대학교), 김기홍(코리아에프티(주)), 서금석(신일화학공업(주))
- P41. 위험관리(RM)기반의 유도탄 저장신뢰성평가(ASRP) 안전성 향상 방안 연구 ..... 95  
 박소연, 박순우, 홍성돈(국방기술품질원), 오정일((재) 피플)

# 제16회 대학생프로젝트 경진대회



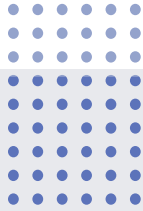
## 제16회 대학생프로젝트 경진대회



Enhancing Reliability and Performance of SOM Devices ..... 98 홍윤재, 양태준, 김동현(서울과학기술대학교)	98
RAG 기반 개인 맞춤형 정책 추천 및 Q&A 에이전트 개발 ..... 98 정형준, 박정욱, 노예은(조선대학교)	98
잡음 환경에 강건한 수직형 풍력터빈 최적 설계 조건 도출 ..... 99 이동근, 김수연, 백지윤, 여은솔, 박유진, 김도완, 이정빈, 조수권, 조민정(경기대학교)	99
충전 방식의 차이에 따른 리튬 이온 배터리 열화 요인 분석 ..... 99 국태웅, 백승원, 윤혜린, 이서연, 한소연(성균관대학교)	99
Multi Chemical Safty Drone (MCSD) 데이버 기반 설비 신뢰성 및 점검 품질 혁신 방안 ..... 100 박태건, 김경현, 송정훈, 이수원(전남대학교)	100
반도체 패키징용 글라스 인터포저 제조 공정 최적화를 위한 통계적 파괴강도 평가 ..... 100 박수현, 어윤경(서울과학기술대학교)	100
전기화학 임피던스 분광법 기반 리튬이차전지 잔류수명 예측: 인공지능 모델 비교 연구 ..... 101 노준혁, 최혁준(서울과학기술대학교)	101
반도체 CMP 공정에서의 신뢰성 있는 MRR 예측 모델링 기법 ..... 102 김준협, 안민기, 이승민, 송성훈(충남대학교)	102
Transformer 및 LLM 기반 End-to-End 구조를 활용한 반도체 설비의 RUL 예측 PHM 시스템 개발 ..... 102 김재엽, 김준식, 박승아, 이강진(한양대학교)	102
초고온 환경용 다층 세라믹 열차폐 코팅의 고장분석 및 수명 평가 ..... 102 김시원, 백진수(서울과학기술대학교)	102



## 기초강연



Global Risk 대응을 위한 K-신뢰성  
장중순 전문고문 (LG전자)



# Global Risk 대응을 위한 K-신뢰성

발표자: 장중순 전문고문 (LG전자)



## 특강

### 특강1

- 전쟁 패러다임의 변화, K-방산 신뢰성의 새로운 도전  
장지형 본부장(국방기술품질원 기술연구본부)

### 특강2

- 민간 AI신뢰성 검인증 제도  
배동석 팀장(한국정보통신기술협회(TTA) AI 신뢰성센터)

# 전쟁 패러다임의 변화, K-방산 신뢰성의 새로운 도전

장지형 본부장(국방기술품질원 기술연구본부)

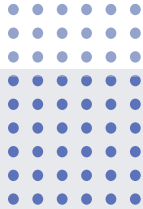
# 민간 AI신뢰성 검인증 제도

배동석 팀장(한국정보통신기술협회(TTA) AI 신뢰성센터)



## 제24회 소재부품안전심포지엄

좌장: 양원준(한국재료연구원)



### 폴리머 생산 반응기의 내면 손상 및 제품 변색 원인분석

박이호, 양원준(한국재료연구원)

### 반도체 패키징용 글라스 인터포저 제조 공정 최적화를 위한 통계적 파괴강도 평가

박민혁, 박수현, 김해탄, 김동오, 박창규, 좌성훈, 변재원(서울과학기술대학교)  
오정원, 신치호, 신현록, 박지웅(제이더블유엠티)

### 산업용 볼트 손상 원인 분석 사례 연구

양원준, 박이호, 하영수(한국재료연구원)

### 가스배관용 강재의 수소 운송 활용을 위한 수소취성 평가

어윤경, 김동오, 이진영, 이정재, 박민혁(서울과학기술대학교),  
김상훈(한전 KPS), 변재원(서울과학기술대학교)

### 3D-DIC를 활용한 첨단 기계적 특성 평가 및 기술

하영수, 권준범, 이승용, 김용남(한국재료연구원),  
서경두(더블유에스에어로)

# 폴리머 생산 반응기의 내면 손상 및 제품 변색 원인분석

박이호<sup>†</sup>, 양원준(한국재료연구원)

## 요약

본 연구에서는 폴리머를 생산하는 SUS 304 재질의 반응기 내면에서 생성된 균열과 폴리머 변색 이슈에 대한 원인분석 결과를 공유하고자 한다. 폴리머 생산품은 투명한 색깔을 지녀야 하나 노란색으로 변질되는 이슈가 있었고, 반응기 내면에 균열이 일부 탐지되었다. 손상원인분석 결과, 반응기 내면 위치에 따라 CI-SCC가 발생한 부분, Pitting Corrosion 이 발생한 부분이 관찰되었음. 공정 반응물인 Al-Mg 산화물이 표면에 흡착되면서 미세한 틈을 만들고 Pitting Corrosion으로 이어지는 현상이 관찰됨. 이로 인해 Cr이 용출되고 산화 환경에서 Cr+6로 전환되면서 변색을 유발한 것으로 사료됨. 손상원인분석에 대한 자세한 내용은 발표를 통해 소개하고자 한다.

**Keywords:** Pitting Corrosion, SUS 304, 손상원인분석

발표자 / 이메일                      박이호 / ihhopark@kims.re.kr

발표자 소속 및 직위                      한국재료연구원

발표형태                                      구두 발표( ), 특별세션 발표(✓), 포스터 발표( )

# 반도체 패키징용 글라스 인터포저 제조 공정 최적화를 위한 통계적 파괴강도 평가

박민혁, 박수현, 김해탄, 김동오, 박창규, 좌성훈(서울과학기술대학교),  
오정원, 신치호, 신현록, 박지웅(제이더블유엠티), 변재원<sup>†</sup>(서울과학기술대학교)

## 요약

고성능 반도체 패키징 기술의 발전에 따라 Silicon interposer가 널리 사용되어 왔으나 공정 복잡성, 높은 비용, 물성의 한계로 인해 이를 대체할 수 있는 소재의 필요성이 제기되고 있다. Glass interposer는 표면 품질, 내열성, CTE 및 저비용 가공 측면에서 우수한 특성을 보이지만 취성 재료 특성상 dicing 공정 중 발생하는 균열 및 박리 현상이 주요 과제로 남아있다. 본 연구는 glass interposer dicing 공정 시 발생하는 파괴 거동을 분석하고 이를 바탕으로 최적의 dicing 공정 조건을 도출하는 것을 목표로 한다. 이후 최적 공정 조건에서 via hole을 형성한 glass interposer의 파괴 거동을 분석하였다. 공정 조건에 따라 3점 굽힘 시험(3-point-bending test)을 실시하여 파괴 강도와 변형률을 측정하였으며 통계적 분석 처리를 통해 신뢰성 데이터를 구축하였다. 분석 결과 결함가공이 증가할수록 glass 내 균열 및 결함이 제거되어 파괴 강도가 향상되는 경향을 보였으며 특정 Laser power 조건이 파괴 강도 향상에 높은 연관성을 가지는 것을 확인하였다. 분포 적합도 평가 결과 Weibull 분포가 가장 적절하였으며 특정 결함가공 조건에서 형상모수가 크게 감소했다가 증가하는 경향을 보였다. 더불어 초음파현미경을 통해 측정된 결함영역의 깊이를 Griffith 파괴 이론과 연계하여 분석함으로써 파괴거동을 분석하였다. 이는 향후 glass interposer 공정의 기계적 안정성 확보와 결함 문제 해결에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 (2025-0177) 「과학기술정보통신부」 차세대반도체대응미세기판기술개발사업의 연구과제의 지원에 의해 이루어졌습니다.

**Keywords:** 3PB test, Weibull Distribution, 통계적 분포 분석

발표자 / 이메일 박민혁 / 15125318@seoultech.ac.kr

발표자 소속 및 직위 서울과학기술대학교

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ✓ ), 포스터 발표( )

## 산업용 볼트 손상 원인 분석 사례 연구

양원준<sup>†</sup>, 박이호, 하영수(한국재료연구원)

### 요약

본 연구는 산업 현장에서 광범위하게 사용되는 볼트의 파손 사례를 분석하여 원인을 규명하고 향후 재발 방지를 위한 대책을 마련하기 위하여 수행되었다. 분석 대상은 발전 플랜트, 및 수송기기에서 사용된 볼트로 사용중 조기에 파손이 발생하였으며 분석/평가를 위해 화학 성분 분석, 기계적 특성 평가, 미세조직 관찰 및 파단면 분석을 수행하였다. 분석/평가 결과 파손은 제조 및 사용 환경에 따라 수소에 의한 지연 파괴와 피로 파괴에 의해 발생하였으며 이를 바탕으로 볼트의 제조 공정 관리 등 파손 방지를 위한 대책을 제안하였다. 본 연구는 산업용 볼트의 신뢰성 향상 및 설비 안전을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**Keywords:** Failure Analysis, Bolt Failure, Hydrogen Embrittlement, Fatigue Fracture

발표자 / 이메일 양원준 / wjyang@kims.re.kr

발표자 소속 및 직위 한국재료연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표(✓), 포스터 발표( )

# 가스배관용 강재의 수소 운송 활용을 위한 수소취성 평가

어윤경, 김동오, 이진영, 이정재, 박민혁(서울과학기술대학교), 김상훈(한전 KPS),  
변재원<sup>†</sup>(서울과학기술대학교)

## 요약

수소의 안정적인 운송 및 저장은 친환경 탄소중립 시스템 구축에 핵심적인 과제이다. 기존 천연 가스 배관망에 수소혼소가스를 이송하는 방법은 별도의 설비 증설 없이 운용할 수 있어 경제적 효율성이 높으나, 수소 원자가 재료 내부에 침투해 기계적 열화를 촉진하는 수소취성(hydrogen embrittlement)이 문제가 될 수 있어 기존 배관소재의 수소 안전성 평가가 필요한 상황이다.

본 연구에서는 수소 혼소 가스 운송에서의 안전성 확보와 적용성 검증을 위해 고주기 피로시험 및 저속변형률시험(SSRT, Slow Strain Rate Test)를 수행하여 API 5L X42 배관강의 수소 피로 거동을 정량적으로 평가하였다. 시험에는 전기화학적 장입 방식(in situ, pre-charging)으로 실제 운송 환경을 실험적으로 모사하여 수소 장입을 진행하였다. 열 탈착 분광법(TDS, Thermal Desorption Spectroscopy) 분석을 통해 시편 내 수소 흡착량을 규명하였다. 파면 분석을 통해 피로수명(Nf)과 단면적 감소(reduction of area) 및 연신율(elongation)의 감소에 수소가 영향을 미친 것을 확인하였다.

본 연구 결과는 수소 주입된 가스배관용 강재의 수소취성 거동 및 손상 메커니즘을 정량적으로 분석하였으며, 이는 배관 시스템의 안전성 및 운용 신뢰성 확보를 위한 핵심적인 설계 기술 구축의 기반을 제공한다.

본 연구는 「RIST」 “수소산업용 고인성·내수소취화 금속소재 실증 기반구축”의 지원에 의해 이루어졌습니다.

**Keywords:** pipeline steel, hydrogen embrittlement, fatigue CBM+, PHM, PM

발표자 / 이메일 어윤경 / yuui77@seoultech.ac.kr

발표자 소속 및 직위 서울과학기술대학교

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표(✓), 포스터 발표( )

## 3D-DIC를 활용한 첨단 기계적 특성 평가 및 기술

하영수<sup>†</sup>, 권준범, 이승용, 김용남(한국재료연구원), 서경두(더블유에스에어로)

### 요약

최근 고기능 소재 및 정밀부품의 신뢰성 확보를 위해, 복잡한 응력·변형 거동을 정밀하게 계측할 수 있는 비접촉 광학기반 계측 기술의 중요성이 증대되고 있다. 본 연구에서는 3차원 DIG (3D-Digital Image Correlation, 3D-DIC)을 활용하여 다양한 금속 및 복합소재의 기계적 거동을 정밀하게 분석하고, 변형 메커니즘과의 상관관계를 규명하였다.

특히, 나노/마이크로 스케일에서의 변형 분포를 측정하기 위해 고해상도 스테레오 카메라 시스템과 정밀 보정 알고리즘을 적용하였으며, 이를 통해 시편 표면의 변형률 분포를 고정밀로 평가하였다. 제안된 3D-DIC 기반 평가 기술은 기존의 접촉식 계측 한계를 극복하며, 다양한 산업 분야에서의 소재 신뢰성 평가 및 내구성 향상 기술 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**Keywords:** 3D-DIC, 비접촉 변형 계측, 소재 신뢰성, 기계적 특성

발표자 / 이메일                      하영수 / yeongsu.ha@kims.re.kr

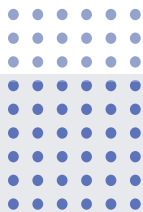
발표자 소속 및 직위                  한국재료연구원

발표형태                                  구두 발표( ), 특별세션 발표(✓), 포스터 발표( )



## 신뢰성 및 신뢰성공학

좌장: 박민재(홍익대학교)



다변량 일반화된 코시 프로세스 기반 연료전지 열화 모델의  
효율적 매개변수 추정법

안하윤, 배석주(한양대학교)

원샷(one-shot) 장치에 대한 가속 수명 실험의  
베이지 최적 설계

김지수, 배석주(한양대학교)

베이지안 네트워크 기반 복합시스템 신뢰도 모델링 및  
기회정비 정책 최적화

나재영, 배석주(한양대학교)

신뢰도 블록 다이어그램을 활용한 재할당 대상 장비  
신뢰도 분석 사례연구

윤연아, 최영원, 김경록, 송초아(LIG넥스원)

# 다변량 일반화된 코시 프로세스 기반 연료전지 열화 모델의 효율적 매개변수 추정법

안하윤, 배석주<sup>†</sup> (한양대학교)

## 요약

연료전지는 높은 에너지 밀도, 변환 효율, 친환경적인 특징으로 인해 차량, 발전소 등 다양한 곳에서 활용되고 있다. 그러나 가동 중 발생하는 열화로 인해 수명이 단축되고 유지보수 비용이 증가하여 연료전지 열화 모델링을 통한 정확한 수명 예측이 요구된다. 연료전지의 열화 과정은 현재 상태뿐만 아니라 과거의 열화에도 영향을 받기 때문에 장기 의존성(Long-Range Dependence, LRD)을 나타내며, 전압이 일시적으로 회복되는 국소적 불규칙성(Local irregularity)을 가진다. 또한 연료전지 스택 내 셀의 직렬 또는 병렬 구성으로 인해 셀 간 높은 상관관계를 가지며, 이는 단일 셀의 열화가 인접 셀 및 시스템 전반의 열화 과정에 영향을 미칠 수 있음을 의미한다.

본 연구에서는 변수 간 상관성과 장기 의존성, 불규칙성을 모두 반영할 수 있는 다변량 일반화된 코시 프로세스(MGCP; Multivariate Generalized Cauchy Process) 열화 모델을 적용하였으며, 막대한 연산 비용을 줄이기 위해 크로네커 곱(Kronecker product)을 기반으로 한 효율적인 모델 공분산 구조와 이에 대한 최대우도법 매개변수 추정 절차를 제안한다. 실제 PEMFC 열화 데이터를 이용한 사례 연구 결과, 제안 방법이 기존 방법 대비 연산시간을 크게 단축하고 모델 예측 성능 또한 향상시킴을 확인하였다. 본 연구 결과는 고차원 연료전지 시스템의 신뢰성 기반 열화 모델링 및 수명관리에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**Keywords:** Kronecker product, Lifetime prediction, Efficient parameter estimation, Stochastic process

발표자 / 이메일                      안하윤 / anha1029@psm.hanyang.ac.kr

발표자 소속 및 직위                  한양대학교

발표형태                                  구두 발표( ✓ ), 특별세션 발표(   ), 포스터 발표(   )

# 원샷(one-shot) 장치에 대한 가속 수명 실험의 베이즈 최적 설계

김지수, 배석주<sup>†</sup>(한양대학교)

## 요약

국제해사기구의 강력한 온실가스(GHG) 규제에 대응하여, 수소는 유망한 무탄소 선박 연료로 부상하고 있다. 특히 질량당 에너지 밀도가 높은 액체수소(LH<sub>2</sub>)는 -253°C의 극저온 상태로 저장해야 하므로, 안전성, 신뢰성 확보 및 관련 센서 기술 통합에 있어 기술적 난제를 안고 있다. 이에 본 연구에서는 극저온 및 수소취성 등 극한 환경에 노출되는 선박용 액체수소 저장 및 공급 시스템의 핵심 구성요소인 온도, 압력, 유량, 레벨 센서를 개발하고 그 성능을 평가하고자 한다. 개발되는 각 센서는 실시간 모니터링과 내구성이 필수적인 수소연료추진 선박의 운용 요구조건을 충족하도록 설계된다. 또한, 액체질소(LN<sub>2</sub>)와 액체수소(LH<sub>2</sub>)를 활용한 통합 극저온 테스트베드를 구축하여 개발 센서의 성능을 검증하고, 이를 통해 해상 안전 규격과의 정합성을 확보할 계획이다. 센서 부품이 해상 환경에서 겪게 될 주기적인 열적·기계적 응력에 대한 장기 거동 특성 역시 신뢰성 있는 운용을 위해 중요하게 고려된다. 아울러, 향후 실선 탑재 및 인증을 촉진하기 위해 관련 선급 기관과의 협력 시험을 진행하며, 제어 시스템과의 센서 통합 전략을 연구하여 운용 피드백과 시스템 응답성을 최적화하고자 한다.

더 나아가, 고정밀 센서류가 탑재된 연료공급시스템을 대상으로 상태기반 예지보전(Condition-Based Maintenance Plus, CBM+) 기술을 개발한다. 이를 위해, 다양한 운용 및 예상 고장 시나리오에 따른 시스템 데이터를 체계적으로 생산하고, 수집된 데이터를 기반으로 이상 상태를 감지하고 잔여수명(RUL)을 예측하는 인공지능(AI) 모델을 구축한다. 최종적으로는 AI 모델의 예측 결과를 바탕으로 최적의 유지보수 시점을 결정하고 선제적으로 대응할 수 있는 운용 시나리오를 수립하는 것을 목표로 하며, 다양한 센서가 통합된 전체 연료공급시스템의 안전성과 신뢰성을 포괄적으로 향상시키는 데 기여할 것이다.

**Keywords:** 고장 진단, 극저온, 신뢰성, 인공지능, 잔여수명 예측

발표자 / 이메일 김지수 / kimjs18300@gmail.com

발표자 소속 및 직위 한양대학교

발표형태 구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# 베이지안 네트워크 기반 복합시스템 신뢰도 모델링 및 기회정비 정책 최적화

나재영, 배석주<sup>†</sup> (한양대학교)

## 요약

여러 서브시스템으로 이루어진 복합 시스템은 서브시스템 간의 상호 의존성과 고장 전파로 인해 예지보전에 어려움이 존재한다. 이러한 이유로 많은 복합 시스템은 서브시스템별로 정해진 주기에 따라 정비를 수행하는 주기기반 유지보수(Time-Based Maintenance, TBM) 방식을 채택하고 있다. 그러나 일반적인 TBM은 서브시스템 간의 고장 전파나 의존성을 반영하지 못해 실제 열화 상태와 불일치하며, 이로 인해 정비 시기가 부적절하게 지연되거나 불필요한 조기 정비가 발생하여 비용 손실을 초래하는 한계가 있다.

본 연구에서는 베이지안 네트워크(Bayesian Network)를 활용하여 서브시스템 간의 고장 전파 관계를 모델링하고, 부모 노드의 고장 발생 시 자식 노드의 조건부 고장률을 동적으로 갱신함으로써 서브시스템별 신뢰도를 실시간으로 업데이트하는 방법을 제안한다. 이를 기반으로 각 서브시스템의 정비 효과와 주기 단축 비용을 함께 고려하는 정비효율지수(Maintenance Effectiveness Index, MEI)를 정의하고, 이를 활용한 지연형 기회정비(Deferred Opportunistic Maintenance, DOM) 정책을 수립한다. 제안된 방법은 실제 CNC 고장 데이터를 기반으로 한 모형 구축과 시뮬레이션을 통해 그 효과를 검증하였으며, 고장 데이터가 제한된 환경에서도 고장 전파 특성과 경제적 의존성을 함께 반영하여 불필요한 정비를 최소화하고 복합 설비의 유지보수 효율과 가용성을 향상시킬 수 있다.

**Keywords:** 복합 시스템, 베이지안 네트워크, 비례 위험 모델, 기회정비

발표자 / 이메일 나재영 / nark@psm.hanyang.ac.kr

발표자 소속 및 직위 한양대학교

발표형태 구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# 신뢰도 블록 다이어그램을 활용한 재할당 대상 장비 신뢰도 분석 사례연구

윤연아<sup>†</sup>, 최영원, 김경록, 송초아(LIG넥스원)

## 요약

무기체계의 고도화 및 복잡화에 따라 체계 신뢰성 확보의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 이에 따라 임무 지속성 및 운용가용도 향상을 위해 체계 구성품 간 이중화 및 재할당 구조를 갖는 장비의 비중이 확대되고 있다. 일부 장비의 경우 물리적으로 하드웨어는 분리되어 있으나, 소프트웨어를 통해 기능이 재할당되는 형태로 운용된다. 하드웨어 관점의 분석으로만으로는 재할당 구조가 반영된 시스템 특성을 반영하기에 한계가 존재한다. 본 연구에서는 신뢰도 블록 다이어그램을 활용하여 재할당 설계를 고려한 신뢰도 분석을 수행한다. 하드웨어 기준 독립 분석과 재할당을 고려한 통합 분석 결과를 비교하여, 재할당 고려 시 신뢰도 분석 결과에 미치는 영향을 정량적으로 확인하였다. 해당 연구를 통해 보다 현실적인 운용 특성을 반영한 신뢰도 분석의 차이를 사례를 통해 확인하였으며, 향후 유사체계의 신뢰도 분석 시 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

**Keywords:** Reliability Block Diagram, Reduncancy, Relocation

발표자 / 이메일                      윤연아 / yeonah.yoon@lignex1.com

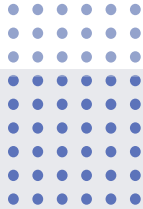
발표자 소속 및 직위                  LIG 넥스원

발표형태                                  구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )



## 신진연구자 특별세션(1)

좌장: 김성준(조선대학교)



선박용 액체수소 연료공급시스템의 센서 개발 및  
상태기반 예지보전 기술 적용에 관한 연구  
채선규, 김용진(한국기계연구원)

Introduction to Industrial Operations &  
Data Analytics (IODA) Lab  
Barde Stephane(한양대학교 ERICA)

Data-driven prognostics of machining tools under  
various operating conditions  
김경호(고려대학교)

# 선박용 액체수소 연료공급시스템의 센서 개발 및 상태기반 예지보전 기술 적용에 관한 연구

채선규, 김용진<sup>†</sup>(한국기계연구원)

## 요약

국제해사기구의 강력한 온실가스(GHG) 규제에 대응하여, 수소는 유망한 무탄소 선박 연료로 부상하고 있다. 특히 질량당 에너지 밀도가 높은 액체수소(LH<sub>2</sub>)는 -253°C의 극저온 상태로 저장해야 하므로, 안전성, 신뢰성 확보 및 관련 센서 기술 통합에 있어 기술적 난제를 안고 있다. 이에 본 연구에서는 극저온 및 수소취성 등 극한 환경에 노출되는 선박용 액체수소 저장 및 공급 시스템의 핵심 구성요소인 온도, 압력, 유량, 레벨 센서를 개발하고 그 성능을 평가하고자 한다. 개발되는 각 센서는 실시간 모니터링과 내구성이 필수적인 수소연료추진 선박의 운용 요구조건을 충족하도록 설계된다. 또한, 액체질소(LN<sub>2</sub>)와 액체수소(LH<sub>2</sub>)를 활용한 통합 극저온 테스트베드를 구축하여 개발 센서의 성능을 검증하고, 이를 통해 해상 안전 규격과의 적합성을 확보할 계획이다. 센서 부품이 해상 환경에서 겪게 될 주기적인 열적·기계적 응력에 대한 장기 거동 특성 역시 신뢰성 있는 운용을 위해 중요하게 고려된다. 아울러, 향후 실선 탑재 및 인증을 촉진하기 위해 관련 선급 기관과의 협력 시험을 진행하며, 제어 시스템과의 센서 통합 전략을 연구하여 운용 피드백과 시스템 응답성을 최적화하고자 한다.

더 나아가, 고정밀 센서류가 탑재된 연료공급시스템을 대상으로 상태기반 예지보전(Condition-Based Maintenance Plus, CBM+) 기술을 개발한다. 이를 위해, 다양한 운용 및 예상 고장 시나리오에 따른 시스템 데이터를 체계적으로 생산하고, 수집된 데이터를 기반으로 이상 상태를 감지하고 잔여수명(RUL)을 예측하는 인공지능(AI) 모델을 구축한다. 최종적으로는 AI 모델의 예측 결과를 바탕으로 최적의 유지보수 시점을 결정하고 선제적으로 대응할 수 있는 운용 시나리오를 수립하는 것을 목표로 하며, 다양한 센서가 통합된 전체 연료공급시스템의 안전성과 신뢰성을 포괄적으로 향상시키는 데 기여할 것이다.

**Keywords:** 고장 진단, 극저온, 신뢰성, 인공지능, 잔여수명 예측

발표자 / 이메일

채선규 / sgchae@kimm.re.kr

발표자 소속 및 직위

한국기계연구원

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ✓ ), 포스터 발표( )

# Introduction to Industrial Operations & Data Analytics (IODA) Lab

Barde Stephane(한양대학교 ERICA)

## 요약

Industrial Operations & Data Analytics(IODA) 연구실은 AI와 데이터 기반 분석을 결합해 산업 운영의 신뢰성과 효율을 정량적으로 향상시키는 방법론을 개발합니다. IODA의 핵심 관심사는 PHM(Prognostics & Health Management)을 활용한 예지 정비와 상태 진단, 산업 시스템의 RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety) 분석 및 개선, 리튬이온 배터리의 상태 평가(SOH)와 잔여수명(RUL) 예측 모델링, 배터리 관리 시스템(BMS)과 전기 에너지 저장 시스템(EES)의 성능 최적화, 그리고 스마트 제조 시스템과 반도체 공정의 AI 기반 운영·품질 최적화입니다. 본 연구실은 기계학습·통계적 신뢰성 모델·시스템 최적화 기법을 통합하여, 복잡한 제조·에너지 인프라의 가용성과 안전성을 높이고 전주기 품질을 향상시키는 실증 연구를 수행합니다. 연구책임자인 Stéphane Barde 교수는 KAIST에서 산업및시스템공학 전공으로 학사·석사·박사를 모두 취득하였으며, 졸업 후 삼성전자 DS부문 AI센터에서 2년간 스태프 엔지니어로 재직하며 대규모 제조 데이터 분석과 지능형 품질 관리 프로젝트를 수행했습니다. 2023년 3월 한양대학교 ERICA 캠퍼스 산업경영공학과에 부임한 이후, IODA는 제조와 에너지 분야에서 지속 가능하고 지능적인 운영을 구현하기 위한 데이터 중심의 연구를 선도하고 있습니다.

**Keywords:** PHM, CBM, Battery

발표자 / 이메일 Barde Stephane / sbarde@hanyang.ac.kr

발표자 소속 및 직위 한양대학교

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표(✓), 포스터 발표( )

# Data-driven prognostics of machining tools under various operating conditions

김경호(고려대학교)

## 요약

Given the importance of machining tools and the need for accurate data-driven prognostics to sustain high productivity and process efficiency, this work addresses existing challenges encountered in real-world milling processes. To this end, key problem scenarios are identified based on the type of manifestation of various operating conditions, which result in limited generalizability, modeling inefficiency, and a lack of adaptability. Accordingly, three innovative deep learning (DL)-based methods are proposed to enable effective, efficient, and robust prognostics of machining tools under multiple, time-varying, and novel operating conditions. First, a multi-domain mixture density network is proposed for effective domain-invariant representation learning under multiple machining conditions. Second, a Fisher-informed continual learning is developed for efficient generalization and adaptation under time-varying machining conditions. Third, an unsupervised domain adaptation approach with a physics-guided adjustments is introduced for robust physics-compliant prediction under novel operating conditions. Collectively, the proposed methods advance prognostics and health management (PHM) of machining tools by enhancing productivity and cost-effectiveness.

**Keywords:** Smart manufacturing, Machining tools, Tool condition monitoring, Deep learning, Prognostics and health management (PHM)

발표자 / 이메일 김경호 / kkh0608@korea.ac.kr

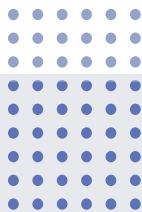
발표자 소속 및 직위 고려대학교

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ✓ ), 포스터 발표( )



## 우주신뢰성 특별세션

좌장: 박정원(경기대학교)



### 국산 우주급 Custom magnetics의 신뢰성 검증

한우제, 최은혜, 오주홍, 김경희(한국산업기술시험원)

### 우주분야 COTS BGA 부품 활용을 위한 공정 연구

이창수(주)한국우주기술, 정두원(엘트로닉스)

### 우주용 태양전지의 1 MeV equivalent electron fluences 영향 비교

이관훈, 김철희, 이영빈, 마병진(한국전자기술연구원)

### 우주시스템 신뢰성예측방법 비교 및 문제 해결 위한 대안 연구

이정오, 박정원(경기대학교)



## 국산 우주급 Custom magnetics의 신뢰성 검증

한우제<sup>†</sup>, 최은혜, 오주홍, 김경희(한국산업기술시험원)

### 요약

국내, 외 우주산업은 매년 급속도로 성장하고 있으며, 위성 개발에 필요한 전기·전자 부품의 수요도 꾸준히 증가하고 있습니다. 하지만, 국내 위성 개발에 사용되는 전기·전자 부품은 전량 수입에 의존하고 있습니다. 설계의 복잡성과 우주 방사선 환경에 노출될 가능성, 생산 난이도가 매우 높아 국내 전자부품을 우주에 활용하기에는 어려움이 많습니다.

또한, 국내 전자 부품제작 업체는 아직 위성 및 우주 환경의 경험과 기술이 조금 부족하고 고신뢰성을 위한 재료 선정부터 생산 공정, 시험, 검증 등에 대한 제품 품질관리를 적용하기 힘들어 우주급 부품 개발과 양산에는 많은 어려움이 있습니다.

실제 우주급 Magnetic 부품은 독일 ASP(Advanced Space Power Equipment GmbH) 등 해외에서 수입에 의존하고 있어 이러한 현상을 극복하기 위해 국내에서는 우주 등급의 고신뢰성 부품을 연구 개발하기 위한 연구가 수행되었습니다.

한국산업기술시험원은 센서피아(주) 및 엠아이디(주)와 협력하여 우주 등급의 고신뢰성 Custom magnetics 개발을 수행하였고, 본 연구를 통해 우주용 Custom magnetics 소재, 공정 및 검증 기법 관련 기술을 확보하였습니다. 이를 통해 높은 품질과 제품의 신뢰성을 확보하고 이를 다양한 위성의 부품으로 활용하는 것을 기대합니다.

**Keywords:** Custom magnetics, Space, EEE parts

발표자 / 이메일 한우제 / wooje@ktl.re.kr

발표자 소속 및 직위 한국산업기술시험원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표(✓), 포스터 발표( )

# 우주분야 COTS BGA 부품 활용을 위한 공정 연구

이창수<sup>†</sup> (㈜한국우주기술), 정두원(엘트로닉스)

## 요약

뉴스페이스 시대를 맞아 초소형 위성개발이 급증하고, 이들의 다양한 임무에 따라 많은 정보를 신속하게 수집·처리해야 하므로 고집적 패키지의 적용이 증가하고 있다. BGA 부품은 패키지 하단 전체에 솔더볼 배열을 사용하여 열 및 진동에 취약할 수 있으므로 우주 환경에서의 안정적인 신뢰성과 품질을 위한 연구가 필수적이다. 본 논문에서는 256 BGA 및 165 BGA를 대상으로 가혹한 우주환경 신뢰성 확보를 위한 우주급 재료 및 공정에 따른 솔더 접합 신뢰성 특성을 비교 분석하였다. 본 연구를 위해 샘플 보드를 제작은 우주급 규격인 ECSS-Q-ST-70-61를 기준으로 하여 제작하고 공정을 검증하기 위한 환경시험 (진동시험·충격시험·열주기 시험·마이크로 섹션)을 실시하였다.

BGA 부품의 SMT 제작공정 이후 우주분야에서 일반적으로 적용하고 있는 우주급 부품의 강건성 확보를 위한 Parylene coating, Staking, Side underfill 공정들을 각기 적용하여 발사진동, 분리충격, 열주기 상황에서 BGA 솔더 접합 부위 변화를 분석하였다. 그 결과 각 공정에 적용된 재료 및 공법에 따라 BGA 솔더볼 접합 신뢰성 향상에 적합한 항목과 부적합한 항목을 식별할 수 있었다. 본 연구의 결과를 통하여 COTS 부품 BGA를 우주 분야에 적용하기 위해 공정분야에서 적용할 수 있는 신뢰성 확보 방안으로 제시하고자 한다.

**Keywords:** Staking, Side underfill, BGA rework, Verification, Satellite

발표자 / 이메일 이창수 / lee.cs@space-tech.co.kr

발표자 소속 및 직위 (주)한국우주기술

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표(✓), 포스터 발표( )

# 우주용 태양전지의 1 MeV equivalent electron fluences 영향 비교

이관훈<sup>†</sup>, 김철희, 이영빈, 마병진(한국전자기술연구원)

## 요약

우주 공간에서 에너지를 얻는 가장 보편적인 방법은 태양전지를 활용하여 전기를 생산하는 것이다. 그러나, 우주용 태양전지가 사용되는 우주 공간은 매우 열악한 환경을 갖고 있다. 100 °C 이상의 온도 편차, 원자산소 침식 영향(주로 400 km 이하 고도), 그리고 우주 방사선 환경 등에 쉽게 노출된다.

특히 우주 방사선은 태양전지의 수명을 좌우하는 매우 중요한 요소이며, 우주용 태양전지 관련 가장 대표적인 시험규격인 AIAA-S-111에서도 전자(electron) 및 양성자(proton) 방사선 시험을 규정하고 있다. 지구 주변의 우주 방사선 소스는 크게 먼 우주로부터 오는 고에너지 우주선(GCR, Galactic Cosmic Ray), 태양으로부터 오는 고에너지 우주선(SCR, Solar, Cosmic, Ray), 지구 자기장에 포획된 우주 입자(TP, Trapped Particles) 등이 있으며, 태양전지의 성능저하, 수명과 관련 있는 방사선은 주로 전자(electron)와 양성자(proton)로 알려져 있다. 또한 다양한 에너지를 갖는 우주방사선의 영향 평가를 위해서는 미국 JPL 연구소의 등가 플루언스 방법(Equivalent Fluence Method)을 많이 사용하고 있다.

본 논문에서는 우주용 태양전지가 사용되는 우주 공간의 운용 고도별(LEO~EOG), 커버글라스 두께, 태양전지 구조에 따라서 1 MeV equivalent electron fluences에 대한 영향을 비교 분석하였다.

분석을 위한 시뮬레이션은 SPENVIS의 EQFLUX(Damage equivalent fluences for solar cells)를 활용하였으며, 시뮬레이션 결과는 우주용 태양전지를 개발하는 개발자에게 우주방사선의 영향을 이해하고, 설계하는데 유용하게 활용 가능하다.

\* 본 연구는 “저궤도 위성용 데이터 전송부품 국산화 및 패키징 기술 개발” 사업의 지원으로 수행되었습니다.

**Keywords:** 우주용 태양전지, Equivalent Fluence Method, AIAA-S-111, SPENVIS

발표자 / 이메일 이관훈 / leekh@keti.re.kr

발표자 소속 및 직위 한국전자기술연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표(✓), 포스터 발표( )

# 우주시스템 신뢰성예측방법 비교 및 문제 해결 위한 대안 연구

이정오, 박정원<sup>†</sup>(경기대학교)

## 요약

2024년 국내에 우주항공청이 설립되고, 정부의 우주개발진흥시행계획이 수립됨에 따라, 우주 개발이 본격화될 것으로 예상된다. 이에 따라 임무보증(Mission Assurance) 체계에 대한 관심이 급증하고 있으며, 이는 우주 시스템의 성공적인 운영과 고장 방지를 위한 필수적인 요소로 자리잡고 있다. 임무보증은 NASA의 챌린저호 사고 이후 임무 성공률을 높이기 위한 핵심 개념으로 발전하였으며, 우주시스템의 수명주기 각 단계에서 체계적으로 요구사항을 충족하는지를 점검하는 과정을 포함한다.

이 과정에서 우주시스템의 신뢰성 평가를 위한 신뢰성 예측 방법은 필수적이다. 신뢰성 예측은 주로 미국 국방 분야에서 사용되던 MIL-HDBK-217, 이후 민간기업에서 제시한 RiAC-HDBK-217, 그리고 유럽 우주산업 분야에서 개발하여 활용되는 FIDES와 같은 표준을 기반으로 이루어진다. 그러나 이러한 방법들은 다음과 같은 몇 가지 문제점을 안고 있다. 첫째, 기존에 수집된 데이터가 오래 되어 현실과의 차이가 발생할 수 있다. 둘째, 모든 구성품이 지수분포를 따른다는 가정이 실제 시스템에서는 부합하지 않을 수 있다. 셋째, 우주시스템 설계에서 리턴턴시가 자주 사용되는데, 모든 부품이 직렬로 연결되어 있다는 전제 하에 신뢰성 예측을 진행하면 부품 수가 많아져 오히려 리턴턴시 설계가 신뢰성을 감소시키는 오류를 초래할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 우주 산업 분야에서 널리 사용되는 MIL-HDBK-217, RiAC-HDBK-217, FIDES 방법을 비교하고, 이들 방법이 지니고 있는 문제점들을 해결할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

**Keywords:** 우주시스템, 신뢰성예측, MIL-HDBK-217, RiAC-HDBK-217, FIDES

발표자 / 이메일 이정오 / gh07044@naver.com

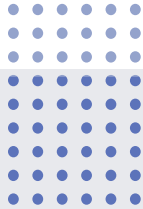
발표자 소속 및 직위 경기대학교

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표(✓), 포스터 발표( )



## 고장물리

좌장: 박종훈(대구가톨릭대학교)



**열분석 기술을 통한 첨단 반도체패키지 비파괴 결함 분석**  
마병진, 이영빈, 이관훈, 김철희, 황순미, 김제민, 최성순, 이주호,  
이규석, 백주희(한국전자기술연구원)

**Dynamic Gate Stress에 의한 SiC MOSFET의 열화 평가**  
방민지, 최성순, 김상아, 마병진(한국전자기술연구원)

**Double Pulse Test를 이용한 SiC Power MOSFET 소자의  
특성변화 분석**  
방민지, 최성순, 김상아, 김제민, 마병진(한국전자기술연구원)

**자동차용 전장품에 적용된 유연/무연솔더 평가 분석을 통한  
신뢰성 비교**  
송민식, 김상수, 이도영, 이동기, 송재천(현대케피코)

## 열분석 기술을 통한 첨단 반도체패키지 비파괴 결합 분석

마병진<sup>†</sup>, 이영빈, 이관훈, 김철희, 황순미, 김제민, 최성순, 이주호, 이규석, 백주희  
(한국전자기술연구원)

### 요약

최근 모든 산업에 AI의 적용이 큰 이슈이고, 이를 가능하게 하는 AI 반도체에 대한 연구개발 또한 매우 활발하게 진행되고 있다. 여러 가지 AI 반도체는 칩렛 형태의 2.5D, 3.0D 첨단패키지 구조를 갖게 되는데 이중 칩을 하나의 패키지에 집적하기 위해 Interposer가 핵심 부품으로 사용되고 있다.

기존의 TSV(Through silicon via) 기술을 적용한 Si Interposer가 주로 사용되고 있으나 가격경쟁력 및 기술적 향상을 위해 Glass Interposer 이 큰 관심을 모으고 있다. 그러나 Glass Interposer를 빠르고 정확하게 검사하는 기술은 개발중에 있으며 정확도 및 검사능력의 향상이 필요하다.

기존에 사용되던 vision 또는 X 선 방식의 한계를 극복하고자 동적 열특성을 이용한 TGV 및 TSV의 비파괴 결합 분석법을 제안하고, 시뮬레이션을 통한 타당성을 검증하였다.

본 연구는 산업통상자원부 소재부품산업기술개발기반구축(실증기반강화-소부장핵심기술, AI반도체 공급망 강화를 위한 실증 및 기반구축, RS-2024-00466889)의 지원을 받아 수행됨.

**Keywords:** 품질 산포, 신뢰성, 피드백, 산포 민감도

발표자 / 이메일                      마병진 / bjma77@keti.re.kr

발표자 소속 및 직위                  한국전자기술연구원

발표형태                                  구두 발표( ✓ ), 특별세션 발표(   ), 포스터 발표(   )

# Dynamic Gate Stress에 의한 SiC MOSFET의 열화 평가

방민지, 최성순, 김상아, 김제민, 마병진<sup>†</sup> (한국전자기술연구원)

## 요약

본 연구에서는 1.2 kV SiC Trench MOSFET 를 대상으로 Dynamic Gate Stress (DGS) 시험을 수행하여, 스위칭 주파수와 온도에 따른 소자의 신뢰성을 평가하였다.

시험은 AQG-324 표준에 따라 설정한 조건에서 수행되었으며, 스위칭 주파수는 100 kHz, 200 kHz, 400 kHz, 측정 온도는 25 °C 및 150 °C로 각각 적용되었다.

시험 결과, 스위칭 주파수와 온도가 증가할수록  $V_{GS,TH}$ 와  $R_{DS(on)}$ 의 증가가 뚜렷하게 나타났으며, 특히 400 kHz와 150 °C 조건에서 가장 큰 특성 변동이 관찰되었다. 이는 고주파 및 고온 환경에서 SiC Trench MOSFET의 게이트 산화막과 채널 계면에서 charge trapping이 가속화됨을 시사한다.

본 연구는 2024년도 산업통상자원부의 재원으로 미래차 전장부품 시스템반도체 신뢰성검증센터 구축의 지원을 받아 수행하였음. [P0027774]

**Keywords:** SiC MOSFET, dynamic gate stress,  $V_{th}$  shift,  $R_{DS(on)}$  degradation, gate oxide reliability

발표자 / 이메일 방민지 / minjibang@keti.re.kr

발표자 소속 및 직위 한국전자기술연구원

발표형태 구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# Double Pulse Test를 이용한 SiC Power MOSFET 소자의 특성변화 분석

최성순<sup>†</sup>, 방민지, 김상아, 마병진(한국전자기술연구원)

## 요약

SiC, GaN, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등 WBG (Wide Band-Gap) 반도체 소자는 전력변환 시스템에 적용되고 있다. 밴드갭이 넓어 방사선 내성도 높을 것으로 기대되어 우주용 반도체로서도 개발이 진행되고 있다.

그러나 이러한 반도체 소자는 기존 Si 계열 반도체 대비 결함 (Defect) 밀도가 높은 문제로 인하여 여러 가지 신뢰성 제약이 보고되고 있다. SiC MOSFET 소자의 가장 취약한 신뢰성은 게이트 산화물로 알려져 있으며, 게이트 산화물과 반도체 계면에서의 결함밀도가 높아 charge trapping이 더 빈번하게 발생할 수 있다. 이로 인해 문턱전압  $V_{th}$ 의 변화, 채널 저항 RDS의 변화가 다수 보고되고 있다. 문턱전압의 변화는 스위칭 타이밍의 변화도 야기하기 때문에 고속 스위칭 환경에서 중요한 문제로 작용할 수 있다.

고온 게이트 바이어스 신뢰성시험 HTGB 시험을 수행하였으며, 중간 평가항목으로서 double pulse test를 수행하여 SiC MOSFET의 열화에 의한 특성변화를 확인하였다. DC 평가항목에서는 확인하기 어려운 특성변화가 과도응답 특성으로 더 확연히 관찰되는 것을 확인하였으며, 이러한 특성변화는 알려져 있는 열화 메커니즘에 부합하는 것으로 추정된다.

본 연구는 2024년도 산업부의 재원으로 미래차 전장부품 시스템반도체 신뢰성검증센터 구축의 지원을 받아 수행된 연구임(P0027774)

**Keywords:** SiC, WBG, 전력반도체

발표자 / 이메일 최성순 / css8032@keti.rekr

발표자 소속 및 직위 한국전자기술연구원

발표형태 구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# 자동차용 전장품에 적용된 유연/무연솔더 평가 분석을 통한 신뢰성 비교

송민식, 김상수, 이도영<sup>†</sup>, 이동기, 송재천(현대케피코)

## 요약

안전환경에 대한 관심으로 인하여 약 20년전부터, 자동차용 전장품 특히 제어기에 적용되는 솔더에는 납을 첨가하지 않은 무연(Pb-Free)솔더를 적용하여, PCB에 소자를 실장하고 있다.

다만 납이 첨가되지 않은 솔더를 적용한 역사가 없었기에 지금까지 우리는 무연솔더에 대한 신뢰성 분석을 지속해왔다. 다만 솔더 분석을 위한 휘스커분석(Whisker Inspection), 단면분석(Cross Inspection)에 필요한 사전 작업으로 인해 파괴가 발생할수 있고, 또한 이를 분석하는데 소요되는 시간과 비용이 적지 않다.

이에 자동차가 보장하는 수명 15년이 지난 유연솔더가 적용된 제어기와 가속시험을 통해 15년의 내구시험을 진행한 무연솔더가 적용된 제어기의 각 솔더를 분석하여, 차이점을 비교하고 무연솔더에 대한 신뢰성을 평가하였으며 이를 통해 향후 무연솔더 적용시 분석의 필요성에 대하여 고찰해보았다.

**Keywords:** 솔더, Solder, 무연, Pb-free, 유연, Pb, 제어기, ECU, 크랙, Crack, 파손

발표자 / 이메일 송민식 / Minsik.Song@hyundai-kefico.com

발표자 소속 및 직위 현대케피코

발표형태 구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# D1

## 신뢰성 시험

좌장: 이관훈(한국전자기술연구원)

### MIL-STD-461G RE102 시험에 대한 방산분야 표준화 제언

지성민(국방기술품질원), 백선웅((재)FITI시험연구원),  
박순우, 허진호, 김준수(국방기술품질원)

### 시트 착좌 시 눌림(주름) 필드클레임 재현 평가법 개발

정신영(현대트랜시스)

### 베어링 그리스 저감에 따른 BLDC 액추에이터의 성능 향상과 내구성 검증

이철주(현대케피코)

### 공기차단밸브 소프트랜딩 특성 기반 내구성 검증 연구

박지훈, 전성복, 송재천(현대케피코)

### 지상 무기체계 핵심부품구성품 신뢰성시험 수행 사례

이재현(한화에어로스페이스(주))

## MIL-STD-461G RE102 시험에 대한 방산분야 표준화 제언

지성민(국방기술품질원), 백선웅<sup>†</sup>((재)FITI시험연구원), 박순우, 허진호, 김준수(국방기술품질원)

### 요약

본 연구는 「유도무기 ASRP 대상부품(전자부품류) 확대를 위한 EMI 환경 및 평가기법 표준화 방안 연구」 과제의 일환으로 수행되는 것으로, 국내 방산분야의 규격(MIL-STD-461G)을 적용하는 과정에서 측정결과의 편차 가능성이 확인되었다.

이는 MIL-STD-461G 표준이 범용적으로 적용되고 있으나, 일부 절차에 있어서는 시험기관의 인프라 또는 시험자의 해석에 따라서 결과에 영향을 미칠 수 있는 요인이 존재하기 때문이다. 대표적으로 표준서 내에 안테나 높이는 명확히 정의되어 있으나 시험테이블 높이는 80~90 cm의 범위로 제시되어 있어, 시험소 간 보유 장비의 물리적 차이가 존재하였고 시험결과의 불확도로 이어질 가능성이 확인되었다.

이러한 사례로부터 본 연구에서는 방산분야 전자기적합성 시험에서 활용되는 주요 안테나(Rod, Biconical, Horn)를 대상으로한 전자파 시험환경의 표준화 방안을 제시함으로써 측정결과의 신뢰성 향상과 기관간 시험결과의 재현성에 기여할 것으로 기대된다.

**Keywords:** MIL-STD-461G, Standardization, EMC, Guided Missiles

발표자 / 이메일                      백선웅 / bus@fiti.re.kr

발표자 소속 및 직위                      (재)FITI시험연구원

발표형태                                      구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# 시트 착좌 시 눌림(주름) 필드클레임 재현 평가법 개발

정신영(현대트랜시스)

## 요약

최근 자동차 트렌드는 전기차 및 차량 내외장품 고급화에 초점이 맞춰져 있다. 대표적인 차량 내장부품 중 최고급 가죽시트는 고급 차량에 장착이 되어 다양한 편의 및 오토 전자기기의 기능을 내포하고 있으며, 외관 품질 및 착좌 편안성이 우수하다. 이에 따라 소비자들의 눈높이는 더욱 높아져 시트 외관 품질에 대한 사소한 문제도 매우 민감하게 반응할 수 있다. 본 과제에서는 가죽시트 외관에 대한 소비자 불만을 해결하고자 클레임률이 높은 쿠션 착좌부의 눌림(주름) 문제에 대한 연구를 신뢰성분석 절차에 맞춰 원인 분석 및 고장모드 재현 평가법을 연구하였다. 향후 신규 개발품에 대한 외관 클레임률을 예측하여 선제적 대응이 가능하다.

**Keywords:** 시트, 가죽들뜸, 눌림, 외관 변형, 신뢰성 수명

발표자 / 이메일	정신영 / enjoy@hyundai-transys.com
발표자 소속 및 직위	현대트랜시스
발표형태	구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# 베어링 그리스 저감에 따른 BLDC 액추에이터의 성능 향상과 내구성 검증

이철주(현대케피코)

## 요약

본 연구는 자동차용 소형 BLDC 액추에이터에서 저온 피구동토크 성능 개선을 위한 윤활 조건 최적화를 다룬다. 기존 설계에서는 저온 환경에서 피구동토크가 과도하게 증가하여 성능 저하 문제가 발생하였다. 이를 해결하기 위해 베어링 그리스량을 저감한 조건을 적용하고, 기존 조건과 비교 실험을 수행하였다. 그 결과, 저온 피구동토크가 기존 대비 유의미하게 감소하여 성능이 향상되었다. 그러나 그리스 저감은 내구성 저하 가능성을 내포하므로, OEM 내구 기준(15년/30만 km 상당)을 반영한 작동내구 시험을 실시하였다. 시험 결과, 그리스 저감 조건에서도 내구성 요구사항을 만족하였다. 본 연구는 윤활 조건 변화가 BLDC 액추에이터의 성능과 신뢰성에 미치는 영향을 실험적으로 규명하며, 향후 전동화 차량용 액추에이터 설계 최적화에 기여할 수 있는 근거를 제공한다.

**Keywords:** BLDC 액추에이터, 피구동토크, 베어링 그리스 저감, 저온 성능, 작동내구 시험, 신뢰성

발표자 / 이메일 이철주 / Cheoljoo.Lee@hyundai-kefico.com

발표자 소속 및 직위 현대케피코

발표형태 구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# 공기차단밸브 소프트랜딩 특성 기반 내구성 검증 연구

박지훈<sup>†</sup>, 전성복, 송재천(현대케피코)

## 요약

수소연료전지차량(FCEV)의 대중화를 위해서는 핵심 전장품의 신뢰성 확보가 필수적이다. 본 연구에서는 FCEV 스택 주변에 장착되어 공기 유입을 제어하는 공기차단밸브의 내구 특성을 검증하였다. 해당 밸브는 고무 디스크를 회전시켜 공기를 완전히 차단하는 기능을 수행하며, 디스크가 완전 열림 상태에서 닫힘 위치로 이동할 때 발생하는 충격이 내구 수명에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이를 완화하는 소프트랜딩 특성은 구동 메커니즘과 제어 알고리즘에 따라 달라지며, 내구성 확보를 위한 핵심 인자로 작용한다. 본 연구에서는 닫힘 시 전류 특성을 측정하여 소프트랜딩 정도를 정량화하고, 이를 기반으로 내구성 검증 방법을 제시하였다. 본 접근법은 향후 전동화 부품의 신뢰성 향상 및 시험 설계 최적화에 기여할 수 있다.

**Keywords:** 공기차단밸브, 소프트랜딩(Soft Landing), 신뢰성 검증, 내구성

발표자 / 이메일                      박지훈 / Jihun.park@hyundai-kefico.com

발표자 소속 및 직위                  현대케피코

발표형태                                  구두 발표( ✓ ), 특별세션 발표(    ), 포스터 발표(    )

## 지상 무기체계 핵심부품구성품 신뢰성시험 수행 사례

이재현(한화에어로스페이스(주))

### 요약

핵심부품구성품에 대한 신뢰성 확보는 무기체계 수명주기간 안정적 운용을 위한 필수조건이다. 이에 따라 최근 국방부 및 방위사업청에서는 관련 규정의 개정을 통해 핵심부품구성품에 대한 신뢰성시험 수행을 개발시험평가 항목으로 포함하여 의무화하였다. 다만, 세부적인 핵심부품구성품 선정 방법, 시험 절차 등이 구체화되어 있지 않고 선행 사례 또한 미흡하여 업무 수행에 현실적인 어려움을 겪고 있다. 본 논문에서는 핵심부품구성품 선정에서부터 D-FMEA를 통한 신뢰성설계, 시험계획 수립 및 수행 단계까지 핵심부품구성품 신뢰성시험 수행 방안에 대한 연구 결과를 사례를 통해 제시하고자 한다.

**Keywords:** 핵심부품구성품 신뢰성시험

발표자 / 이메일

이재현 / jh0121.lee@hanwha.com

발표자 소속 및 직위

한화에어로스페이스(주)

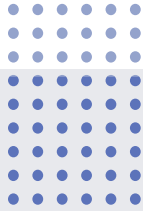
발표형태

구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )



## 신진연구자 특별세션(2)

좌장: 정지훈(한양대학교)



조선해양 스마트 기술 트렌드와 신뢰성 플랫폼  
김영기, 이태현, 김용진, 조유희, 류경하(한국기계연구원)

롤투롤 공정 데이터 품질 확보와 AI 최적화를 통한  
제조 장비 신뢰성 향상  
변윤선, 이택민, 김인영(한국기계연구원)

Real-time adaptation for time-series signal prediction  
using label-aware neural processes  
정석현(고려대학교), Raed Al Kontar(University of Michigan-Ann Arbor)

## 조선해양 스마트 기술 트렌드와 신뢰성 플랫폼

김영기<sup>†</sup>, 이태현, 김용진, 조유희, 류경하(한국기계연구원)

### 요약

최근 조선해양 산업은 AI, 빅데이터, IoT 기술을 기반으로 자율운항 선박과 친환경 에너지 전환이라는 혁신적 변화를 경험하고 있다. 특히 자동계류 시스템, 친환경 선박 기술, AI 기반 자율운항 선박 등 핵심 스마트 기술은 항만 운영 효율화, 환경 규제 대응, 인적 오류 최소화를 실현하며 선박의 운항 효율성과 안전성을 크게 향상시키고 있다.

그러나 이러한 첨단 기술의 도입은 시스템의 복잡성을 증가시키고 예측하기 어려운 새로운 고장 메커니즘을 발생시킨다. 특히 다수의 스마트 시스템 간 상호작용과 소프트웨어 의존도 심화로 인해, 단일 구성요소의 고장이 전체 시스템의 연쇄적 장애로 확산될 위험이 커지고 있으며, 이는 기존의 신뢰성 평가 방법론만으로는 충분히 관리되기 어렵다.

이에 본 발표에서는 조선해양 스마트 기술의 신뢰성을 체계적으로 평가하고 관리하기 위한 신뢰성 AI 플랫폼(Reliability AI Platform)의 개념과 구축 방안을 제안한다. 이 플랫폼은 개별 스마트 기술에서 수집되는 실시간 운용 데이터를 AI 알고리즘으로 분석하여 고장을 사전 예측하고 잠재적 위험요소를 조기에 식별함으로써, 신뢰성 중심 유지보수(Reliability-Centered Maintenance, RCM) 전략을 효과적으로 지원한다. 본 플랫폼은 조선해양 산업의 안전성 확보와 기술 경쟁력 강화를 위한 핵심 인프라로 활용될 것으로 기대된다.

**Keywords:** 신뢰성 AI, 조선해양, 신뢰성 중심 유지보수

발표자 / 이메일 김영기 / ykkim@kimm.re.kr

발표자 소속 및 직위 한국기계연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표(✓), 포스터 발표( )

# 롤투롤 공정 데이터 품질 확보와 AI 최적화를 통한 제조 장비 신뢰성 향상

변윤선<sup>†</sup>, 이택민, 김인영(한국기계연구원)

## 요약

현대 산업에서는 장비 이상, 공정 변수 불안정, 센서 관측 한계 등으로 인해 생산 품질과 운영 안정성이 위협받으며, 이는 기업과 글로벌 공급망에 큰 리스크를 초래한다. 이러한 리스크를 사전에 식별하고 대응하는 것은 신뢰성 경영과 경쟁력 확보를 위해 필수적이다. 본 연구는 두 가지 관점에서 제조 장비의 적용 안정성을 높이고, 리스크를 최소화하는 AI 활용 방안을 제안한다. 첫째, 모델 개발 관점에서의 데이터 신뢰성 확보이다. 공정 또는 장비에서의 이상 징후를 빠르게 포착하고 사전 조치를 취하기 위해서는 실시간 장비 상태 모니터링이 중요하다. 이를 위한 AI 모델 학습 단계에서는 고품질의 정상 상태 데이터가 요구되지만, 극심한 노이즈나 초기 이상 징후와 같은 불완전 데이터로 인해 신뢰할 수 있는 데이터를 선별하는 것은 쉽지 않다. 본 연구는 AI 학습에 적합한 신뢰성 있는 데이터셋을 확보함으로써, 잘못된 데이터로 인한 탐지 오류와 공정 리스크를 줄이는 데 기여한다. 둘째, 제조 장비의 현장 적용 관점에서의 AI 모델 신뢰성 검토이다. 실제 현장에서는 제품 품질과 생산성을 높이기 위해 최적 운영 조건을 기반으로 장력 안정화, 부품 설계, 센서 설치 최적화와 같은 리스크 최소화 방안을 모색한다. 본 연구는 부품 설치와 실험 반복을 최소화하면서 장비 운영의 효율성과 안정성을 높일 수 있는 AI 적용 방안을 제안한다. 본 연구에서 제시한 제조 데이터 품질 확보와 AI 최적화 방안은 장비 운영의 리스크를 최소화하고, 글로벌 신뢰성 경영 실현에 기여할 수 있음을 보여준다.

**Keywords:** 데이터 신뢰성, 공정 운영 조건 최적화, AI 모델 최적화, 공정 안정화, 리스크 관리

발표자 / 이메일                      변윤선 / yunseon@kimm.re.kr

발표자 소속 및 직위                  한국기계연구원

발표형태                                  구두 발표( ), 특별세션 발표( ✓ ), 포스터 발표( )

# Real-time adaptation for time-series signal prediction using label-aware neural processes

정석현<sup>†</sup>(고려대학교), Raed Al Kontar(University of Michigan-Ann Arbor)

## 요약

Building a predictive model that rapidly adapts to real-time condition monitoring (CM) time-series data is critical for engineering systems/units. Unfortunately, many current methods suffer from a trade-off between representation power and agility in online settings. In this talk, we propose a neural process-based approach that addresses this trade-off. It encodes available observations within a CM signal into a representation space and then reconstructs the signal's history and evolution for prediction. Once trained, the model can encode an arbitrary number of observations without requiring retraining, enabling on-the-spot real-time predictions along with quantified uncertainty and can be readily updated as more online data is gathered. Furthermore, our model is designed to incorporate partial information on qualitative factors (e.g., missing labels) from individual units. This integration not only enhances individualized predictions for each unit but also enables joint inference for both signals and their associated labels. Numerical studies on both synthetic and real-world data in degradation modeling highlight the advantageous features of our model in real-time adaptation, enhanced signal prediction with uncertainty quantification, and joint prediction for labels and signals.

This talk ends with a brief introduction of the ongoing research programs in the System Intelligence and Analytics Lab at Korea University.

**Keywords:** condition monitoring, degradation, meta-learning, neural processes, real-time adaptation

발표자 / 이메일 정석현/ csh8901@korea.ac.kr

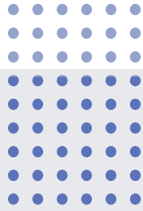
발표자 소속 및 직위 고려대학교

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ✓ ), 포스터 발표( )



## 신뢰성 응용기술

좌장: 변재원(서울과학기술대학교)



### 고체추진기관 절단공정에서 DWS 열화모형 연구

류혜준, 정민철(국방기술품질원), 박승환(충남대학교)

### 실사용환경 고려 시뮬레이션 기반 FPCB 내구성 평가

최조은, 서성미, 최선남(삼성전자)

### 유도무기 ASRP의 부품단위에서 체계단위 확대를 위한 데이터 기반 신뢰도 관리 연구

임다훈, 김영현, 박순우(국방기술품질원), 김용수(경기대학교)

### Machinability estimation of titanium alloy: An integrat- ed approach with enhanced feature extraction and physics-guided deep multi-task learning

김경호(고려대학교), 박소연, 양상민(울산과학기술원), 김동민, 김동찬  
(한국공학대학교), 이훈희(한국생산기술연구원), 최재경(경북대학교),  
전수진(울산과학기술원), 임성훈(고려대학교), 박형욱(울산과학기술원)

### 인터포저 언더범프 메탈러지 성능 평가를 위한 테스트 베드의 설계 및 공정 최적화

문정우(한국전자기술연구원, 연세대학교),  
김제민, 최성순, 마병진, 이영빈(한국전자기술연구원)



## 고체추진기관 절단공정에서 DWS 열화모형 연구

류혜준, 정민철(국방기술품질원), 박승환<sup>†</sup>(충남대학교)

### 요약

야전부대에 실전배치된 로켓이나 미사일은 일정 기간이 지나면 저장신뢰성평가(ASRP)를 받는다. 고체추진기관을 사용하는 로켓이나 미사일의 저장신뢰성평가(ASRP)는 추진기관 내부의 추진제를 추출하여 각종 성능시험을 하는데 그 추출과정의 일부가 고체추진기관 절단공정이다. 본 연구에서는 고체추진기관 절단공정의 핵심기능을 수행하는 다이아몬드 와이어 쏘(Diamond Wire Saw, 이하 DWS)의 마모를 열화(degardation)현상으로 분석해 보았다. DWS의 성능이 일정수준 이하로 저하되거나 누적 열화량이 일정수준을 초과하는 시점을 열화에 의한 고장판정 시점으로 본다는 점에 착안하여 절단공정에 투입된 DWS가 점차 마모되어 일정수준 이하의 성능으로 저하되는데 걸리는 소요 시간을 분석하여 절단공정의 DWS 수명 예측에 적용해 보았다.

DWS의 마모(열화)에 따른 절단공정의 소요 시간 변화를 수집한 데이터를 기초로 고체추진기관 절단공정에서 DWS 사용시간에 대한 통계량을 정리하고 DWS교체시기를 예측할 수 있는 최적의 열화 모델을 일반열화경로 모형별 분석을 통해 찾아보았다. 이번 연구의 결과를 바탕으로 절단공정에서 DWS 마모에 영향을 주는 요인(온도, 습도, 절단물과 DWS간의 힘 등)을 추가 적용하여 최적의 예측 모델을 찾는다면 DWS 열화에 따른 화재위험을 최소화하고 공정의 효율성 향상에도 기여할 수 있을 것이다.

**Keywords:** 고체추진기관, 절단공정, Diamond Wire Saw, 열화모형

발표자 / 이메일 류혜준 / c13687@naver.com

발표자 소속 및 직위 국방기술품질원

발표형태 구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# 실사용환경 고려 시뮬레이션 기반 FPCB 내구성 평가

최조은, 서성미, 최선남<sup>†</sup>(삼성전자)

## 요약

본 연구에서는 FPCB(Flexible Printed Circuit Board)의 실사용환경을 고려한 내구성 평가를 하기 위한 열특성 및 탄·소성 복합 물성을 고려한 구조 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 상온에서의 정적 기계적 물성을 활용하여 개발된 CAE 모델은 단축 인장 시험 결과를 통해 검증하였다. 실사용환경에서의 FPCB 신뢰성을 확인하기 위해, 구리와 폴리이미드 단일층의 물성을 선행하여 모델링하였으며 구리는 98%, 폴리이미드는 97%로 높은 정확도를 갖는 단일층 시뮬레이션 모델을 획득하였다. 이를 기반으로, FPCB의 실사용환경인 온도와 복합응력에 반복노출되는 상황을 모사하여 적층모델링 기법을 사용해 개발된 최종 시뮬레이션 모델은 90% 이상의 정합성을 확보하였다. 결론적으로 개발된 시뮬레이션 모델을 통해 복합 환경에서의 FPCB 수명 예측이 가능하다고 판단된다.

**Keywords:** Lifetime Distribution, Durability, Numerical Analysis, CAE, FPCB

발표자 / 이메일                      최조은 / joeun0.choi@samsung.com

발표자 소속 및 직위                  삼성전자

발표형태                                  구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# 유도 무기 ASRP의 부품단위에서 체계단위 확대를 위한 데이터 기반 신뢰도 관리 연구

임다훈<sup>†</sup>, 김영현, 박순우(국방기술품질원), 김용수(경기대학교)

## 요약

유도탄은 양산 후 장시간 보관되어 일회성으로 사용되고 폐기되는 대표적인 “one-shot-device” 품목이다. 따라서 장기간 보관간에도 언제든지 사용가능해야 하므로, 신뢰도 확인이 매우 중요하나, 현재는 구성품 특성에 따라 각기 다른 방식으로 신뢰도를 확인하고 있다. 유도탄은 주로 화공품과 전자 부품으로 구성되는데, 화공품은 유도탄 저장탄약신뢰성평가(ASRP)를 통해 안전성, 사용가능성, 신뢰성을 확인하고 있으며, 전자부품은 군 자체의 주기점검, 신뢰도 관리프로그램과 같은 위탁점검 등을 통해 신뢰도를 확인하고 있다. 결국 이는 산발적인 데이터 관리와 분석이며, 이로 인해 체계단위의 통합적인 신뢰도 산출은 제한되는 것이 현실이다.

본 연구에서는 유도탄의 체계단위 신뢰도 산출을 목표로 데이터 기반의 관리 방안을 도출해 보고자 한다. 이를 위해 화공품은 현재의 이항분포 기반 평가에서 신뢰도, 신뢰수준을 고려한 정량적 평가 지표로 변경하여 품목의 신뢰도를 추정하는 방식을 고려하였다. 한편, 전자구성품은 주기점검 데이터를 활용하여 신뢰도와 연계된 각종 파라미터를 계산하고, 두 개의 결과를 종합하여 체계단위 신뢰도를 산출한다.

또한, 이러한 연구결과가 일회성이 아닌 지속가능한 업무로 적용되도록 일련의 과정을 프로세스화 하여 유도탄 ASRP의 범주에 포함하고 절차를 정립하고자 한다.

**Keywords:** One-shot-device, ASRP, System Reliability

발표자 / 이메일

임다훈 / gav4l4550@dtqa.re.kr

발표자 소속 및 직위

국방기술품질원

발표형태

구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

## Machinability estimation of titanium alloy: An integrated approach with enhanced feature extraction and physics-guided deep multi-task learning

김경호(고려대학교), 박소연, 양상민(울산과학기술원), 김동민, 김동찬(한국공학대학교), 이훈희(한국생산기술연구원), 최재경(경북대학교), 전수진(울산과학기술원), 임성훈<sup>†</sup>(고려대학교), 박형욱(울산과학기술원)

### 요약

Titanium alloy is one of the most widely adopted materials in various industries due to its desirable mechanical properties. However, its thermal properties require special considerations to ensure quality and productivity, particularly from the perspective of machinability estimation, including tool wear, surface roughness, and cutting force. Not only is each factor of machinability difficult to estimate, but there also exists a highly complex underlying dynamics. However, existing approaches are limited to providing inefficient and partial estimations, failing to utilize physical knowledge shared across machinability factors. Hence, this work proposes a novel data-driven method that effectively estimates machinability in various aspects. First, a deep multi-task learning (MTL)-based approach is proposed to estimate multiple factors of machinability simultaneously with a single predictive model. Second, a physics-guided encoder (PGE) is developed to enable efficient representation learning suitable for each machinability factor while preserving physical constraints. Third, a temporal-aware cross-task attention (TACTA) mechanism is developed to facilitate knowledge transfer between different machinability factors. Comprehensive experiments are conducted using a real-world dataset collected during the milling process of a titanium alloy. The experimental results consistently demonstrate the effectiveness of the proposed method in estimating various factors of machinability using vibration input signals. In particular, the proposed method exhibits superior performance compared to conventional data-driven approaches as well as state-of-the-art approaches, indicating real-world practical applicability.

**Keywords:** Deep learning, Smart manufacturing, Machining, Machinability estimation, Multi-task learning, Physics-guided learning

발표자 / 이메일 김경호 / kkh0608@korea.ac.kr

발표자 소속 및 직위 고려대학교

발표형태 구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# 인터포저 언더범프 메탈리지 성능 평가를 위한 테스트 베드의 설계 및 공정 최적화

문정우(한국전자기술연구원, 연세대학교), 김제민, 최성순, 마병진, 이영빈<sup>†</sup>(한국전자기술연구원)

## 요약

본 논문은 첨단패키징용 인터포저 배선의 언더범프 메탈리지(Under Bump Metallurgy, UBM)의 성능을 평가하기 위한 테스트 베드의 설계와, 공정 조건에 따른 성능 분석 및 고장 분석 방법론을 제시한다. 제안된 UBM 평가용 테스트 베드는 두 개의 포토마스크 레이어로 구성되어 있으며, 각 공정 단계별 최적화를 통해 구현되었다. 그 결과, 100% 수율을 달성하여 다양한 공정 조건에서 통계적으로 신뢰할 수 있는 데이터를 확보하였다. UBM 성능 평가의 주요 지표는 접촉저항(contact resistance,  $R_c$ )으로, Kelvin probe 기반의 4-point 저항 측정법을 사용하여 측정하였다. UBM 증착 공정조건 스플릿을 통해, 전기적 성능 변화가 X선 광전자 분광(XPS) 분석에서 확인된  $Al_2O_3$  및  $Ti(C_7H_7)(C_5H_5)$  형성과 상관관계가 있음을 확인하였다. 개발된 테스트 베드는 인터포저용 UBM의 성능 및 기계적/전기적 신뢰성 평가를 통해 공정 기술 검증에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술진흥원의 소재부품기술기반혁신사업(소재부품산업기술개발기반구축사업)의 일환으로 수행하였음. [RS-2024-00466889]

**Keywords:** Under bump metallurgy (UBM), interposer, Test vehicle, Process evaluation

발표자 / 이메일

문정우 / shien@keti.re.kr

발표자 소속 및 직위

한국전자기술연구원, 연세대학교

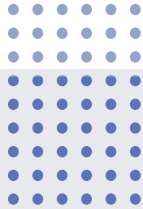
발표형태

구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )



## 신뢰성 분석

좌장: 정 민(LG전자)



새로운 Concave형 결함 탐지율 함수를 고려한  
소프트웨어 신뢰성 모형에 관한 연구

오프공바야르 우진, 김윤수, 송광윤, 장인홍(조선대학교)

병렬 구조를 포함한 시스템 신뢰도 분석 시 유효고장률,  
대등고장률, 전유효고장률에 대한 비교

모시현, 강민수, 강혁준(LIG넥스원)

Cost-Effective Planning of Accelerated Degradation  
Reliability Demonstration Tests Based on Degradation  
Model Selection

김효중, 김성준(조선대학교), 배석주(한양대학교)

보증데이터 기반의 필드 신뢰성 모니터링 방법론 개발

정진희, 김성준(조선대학교)

ANSYS Workbench를 활용한 에스컬레이터 Step roller  
신뢰성 및 피로수명 평가

이유선, 이상민(국립한국교통대학교)



# 새로운 Concave형 결함 탐지율 함수를 고려한 소프트웨어 신뢰성 모형에 관한 연구

오트공바야르 우진, 김윤수, 송광윤, 장인홍<sup>†</sup>(조선대학교)

## 요약

소프트웨어 신뢰성 모형화는 테스트 및 개발 과정에서 소프트웨어 시스템의 품질과 안정성을 이해하고 예측하는 데 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 소프트웨어 테스트 및 결함 탐지의 특성을 반영하는 새로운 신뢰성 모형을 제시한다. 제안한 모형은 Concave형 결함 탐지율 함수를 특징으로 하며, 이를 통해 테스트가 진행함에 따라 증가하는 신뢰성을 더욱 잘 표현할 수 있다. 모형의 효율성을 평가하기 위해, 오픈소스 소프트웨어 프로젝트와 산업 프로젝트에서 수집된 두 가지 데이터셋을 사용하여 기존 소프트웨어 신뢰성 성장 모형(Software Reliability Growth Model; SRGM)과 비교하였다. 결과, 제안한 모형은 기존 모형보다 높은 적합 정확도와 예측 신뢰성을 달성하는 것으로 나타났다. 이는 시간 민감형 결함 탐지 메커니즘을 통합으로 실제 신뢰성 성장을 반영하는 모형의 성능이 크게 향상함을 시사한다.

본 논문은 2025학년도 조선대학교 학술연구비에 지원을 받아 연구되었음.

본 논문은 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 G-램프(LAMP) 사업 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00285353).

**Keywords:** 결함 탐지율(Fault detection rate), 소프트웨어 신뢰성, Concave 모형

발표자 / 이메일 오트공바야르 우진 / ujin7709@chosun.kr

발표자 소속 및 직위 조선대학교

발표형태 구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# 병렬 구조를 포함한 시스템 신뢰도 분석 시 유효고장률, 대등고장률, 전유효고장률에 대한 비교

모시현<sup>†</sup>, 강민수, 강혁준(LIG넥스원)

## 요약

시스템 설계자는 신뢰성을 향상 시키기 위해 병렬 구조를 이용하며 시스템을 설계한다. 병렬 구조를 갖고 있는 시스템의 신뢰도 분석시 ILS(RAM) 실무에서는 병렬 구조를 단일 블록으로 간략화하여 지수 함수를 이용한 신뢰도 분석 할 것을 권장한다. 때문에 병렬 구조 시스템의 고장률을 산출할 시 MTTF(평균고장시간)을 역수 취한 유효고장률을 이용할 것을 권장하고 있다. 하지만 병렬 구조의 신뢰도 함수는 지수 함수가 아니므로, 이를 단일 블록으로 간략화하여 신뢰도 분석을 진행한다면 정확한 분석이 이루어지지 않는 문제점이 있으며 이에 대한 대안으로는 Kececioglu와 RIAC이 제안한 대등고장률과 전유효고장률이 있다. 하지만 유효고장률의 어떤 특성으로 인해 정확한 신뢰도 분석이 이루어지지 않는지에 대한 연구는 미비하며 대등고장률과 전유효고장률은 정비주기 (T)를 갖는 시스템 이어야만 이용할 수 있다는 점이 있다. 이에 본 연구는 병렬 구조로 이루어진 시스템의 신뢰도 분석 시 유효고장률을 이용하여 분석하였을 때의 문제점에 대해 말하며 대등고장률과 전유효고장률의 관계와 이를 이용하여 시스템의 신뢰도를 분석할 때의 특징에 대해 설명한다.

**Keywords:** 병렬 구조 시스템 신뢰도, MTTF, MTBF, 유효고장률, 대등고장률, 전유효고장률

발표자 / 이메일                      모시현 / sihyeon.mo@lignex1.com

발표자 소속 및 직위                      LIG넥스원

발표형태                                      구두 발표( ✓ ), 특별세션 발표(    ), 포스터 발표(    )

# Cost-Effective Planning of Accelerated Degradation Reliability Demonstration Tests Based on Degradation Model Selection

김효중, 김성준<sup>†</sup>(조선대학교), 배석주(한양대학교)

## 요약

Reliability Demonstration Tests (RDTs) are widely used during the product development stage to verify whether a product meets its required reliability level. However, for highly reliable products, traditional lifetime-based RDTs often require excessive time and cost, making them impractical for real-world implementation. To address this challenge, Accelerated Degradation Tests (ADTs) have been increasingly adopted, leading to the design of Accelerated Degradation Reliability Demonstration Tests (ADRDTs) that shorten test durations by accelerating the degradation process.

A key element in ADRDT planning is the selection of an appropriate degradation model. This study presents a practical guideline for selecting between two major degradation modeling approaches: the General Path Model (GPM) and the Stochastic Process Model (SPM). Based on the selected model, a cost-effective ADRDT plan is proposed, which explicitly considers both producer's and consumer's risks.

To evaluate the proposed method, sensitivity analyses and operating characteristic (OC) curves are provided using various numerical examples. Additionally, the practical applicability of the approach is demonstrated through a real-world case study using degradation data from an automotive Electronic Control Unit (ECU). The proposed methodology helps reduce testing burden while ensuring statistical confidence in reliability demonstration.

**Keywords:** Reliability Demonstration Tests(RDT), Accelerated Degradation Tests(ADT), Wiener Process, Multi Criteria Decision Making(MCDM)

발표자 / 이메일 김효중 / gywnd0107@chosun.kr

발표자 소속 및 직위 조선대학교

발표형태 구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# 보증데이터 기반의 필드 신뢰성 모니터링 방법론 개발

정진희, 김성준<sup>†</sup> (조선대학교)

## 요약

제품의 필드 신뢰성은 기업의 경쟁력과 직결되는 핵심 지표로, 고객 만족 및 브랜드 가치에 결정적인 영향을 미친다. 필드 보증데이터에 기반한 신뢰성 분석 및 모니터링은 신뢰성 문제를 조기에 감지하고 선제적으로 대응하는데 필수적이며, 이를 통해 제조사는 보증 기간 내 고장 및 관련 품질 비용을 효과적으로 예측하고 관리할 수 있다. 하지만 기존의 보증데이터 분석 방법들은 판매 시점 차이로 인해 발생하는 제품별 상이한 사용 기간을 적절히 반영하지 못하여 실제 클레임률과 예측값의 차이를 야기한다. 또한, 제품의 동질성을 전제로 데이터를 통합 분석함으로써, 제품 출시 초기에 빈번하게 나타나는 초기 품질 불안정이나 로트(lot)별 품질 변동과 같은 이질적 특성을 반영하지 못하는 한계가 있다.

이에 본 연구는 이러한 한계점을 극복하고, 필드 보증데이터의 특성을 정교하게 반영하여 클레임률 예측 정확도를 높이고 신뢰성 문제를 효과적으로 조기에 감지할 수 있는 순차적 이상감지 방법론을 제안한다.

첫째, 각 판매월별 실제 누적 사용기간(Month-in-Service)과 수명분포 모수 추정 과정에서 발생하는 불확실성을 함께 고려한 몬테카를로 시뮬레이션을 통해, 목표 시점(예: 36개월)에서의 클레임률 분포를 예측한다. 둘째, 매월 누적되는 최신 보증 데이터를 기반으로 예측 클레임률을 갱신하고, 이를 사전에 설정된 목표 클레임률과 순차적으로 비교 검정하여 p-value를 산출한다. 이후 잔여 유수 수명(RUL) 개념을 활용하여, p-value의 시계열적 추세를 분석한다.

이를 기반으로 위험 상태를 '보류(Holding)', '주의(warning)', '불통과(Fail)'로 구분함으로써 이상 징후를 감지하는 RUL 기반 순차적 의사결정 판단 프레임워크를 수립한다.

본 연구에서 제안하는 방법론을 통해서 제조사는 보다 현실적이고 신뢰성 있는 클레임률을 예측하고, 필드 신뢰성 문제를 조기에 식별하여 선제적으로 대응함으로써 품질 비용 절감, 고객 신뢰도 향상, 나아가 브랜드 가치 제고에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**Keywords:** 필드신뢰성(Field Reliability), 보증데이터(Warranty Data), 클레임률예측(Claim Probability Prediction), 순차검정(Sequential Testing)

발표자 / 이메일 정진희 / 7454h@chosun.kr

발표자 소속 및 직위 조선대학교

발표형태 구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# ANSYS Workbench를 활용한 에스컬레이터 Step roller 신뢰성 및 피로수명 평가

이유선, 이상민<sup>†</sup>(국립한국교통대학교)

## 요약

에스컬레이터는 장시간 반복적으로 운전하는 기계·운송 설비로서, 구조·전기·제어부품이 지속적인 하중과 환경적 요인에 의해 마모와 부식, 피로누적 등에 쉽게 노출된다. 이로 인해 고장 가능성이 증가하며, 이는 단순한 설비 결함을 넘어 이용자들의 안전사고로 이어질 수 있어 예지보전을 통한 주요 부품의 내구성과 신뢰성 확보가 필수적이다.

현행법에서는 승강기 부품 제조·수입업자에게 부품별 권장 교체주기 정보를 인터넷 홈페이지에 공개하도록 규정하고 있으나, 국내·외 관련 업체에서 공개한 정보를 확인하여 본 결과, 에스컬레이터 스텝 관련 항목은 대다수 ‘디딤판 및 그 부속품’으로 통합 표기되어, 에스컬레이터 스텝롤러 등 단일 부품에 대한 교체주기가 명확하지 않은 실정이다.

이에 본 연구에서는 대한민국의 ‘한 줄 서기’ 보행문화를 고려하여 ANSYS Workbench를 활용한 에스컬레이터 스텝롤러의 피로수명 해석을 진행하였으며, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 운행 속도 및 이용 강도에 따른 피로수명을 비교·분석하였다. 분석 결과, 에스컬레이터의 장기적 신뢰성을 확보하기 위해서는 운영 환경을 반영한 부품별 교체주기 설정과 구조적 피로 거동에 대한 체계적 관리가 필요한 것으로 확인된다. 본 연구 결과는 향후 에스컬레이터 부품의 예지보전 및 교체주기 산정 기준 마련에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**Keywords:** 유한요소해석, 유지보수, 예지보전, 에스컬레이터, 피로수명

발표자 / 이메일                      이유선 / gywnd0107@chosun.kr

발표자 소속 및 직위                      dldbts@ut.ac.kr

발표형태                                  구두 발표(✓), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( )

# Poster Session

## 포스터세션

좌장: 김성준, 송광윤(조선대학교)

- P1. 무기 체계의 부품 단종 대응을 위한 대책 선정 방안 연구  
이영훈, 안재현(LIG넥스원)
- P2. 신뢰성물리학분석을 활용한 신뢰성시험 수행 방안 연구  
황성국, 김건웅(LIG넥스원)
- P3. 선박용 드라이브 수냉각시스템의 비정상 운전조건 분석 및 제어대책 평가를 위한 FMEA 적용 연구  
나경원, 유시안, 추진훈((재)한국조선해양기자재연구원)
- P4. CFRP의 가속 노화 조건에서 나타나는 구조적 열화와 비틀림 강도 성능 저하 특성 연구  
정연우, 강영웅, 오정택((재)FITI시험연구원)
- P5. 소방 환경용 경량 복합구조재의 내충격성 평가법 개발  
강영웅, 이서진, 오정택((재)FITI시험연구원)
- P6. 인버터용 무연솔더링 전장품의 환경 신뢰성 시험에 따른 고장분석 연구  
서동완, 송민우((재)FITI시험연구원)
- P7. 리사이클 PP/PA 복합소재의 열적 거동에 따른 물성 변화 및 자동차 내장재 적용성 평가  
김태균, 김지수, 허꽃보라, 오정택((재)FITI시험연구원)
- P8. 유도탄용 열전지 신뢰성 확보 및 시험 절차 표준화 연구  
이경은, 민경석((재)FITI시험연구원), 홍성돈, 김준수(국방기술품질원)
- P9. 공항철도 사례를 통한 철도분야 치명도 분석기준 검토  
신영석, 송미옥, 정용우(공항철도(주))
- P10. 수명 데이터에 따른 저장탄약신뢰성평가 시료수 산정  
이찬호(국방기술품질원, 인하대학교)
- P11. A Study on Improving the Reliability of Results and Preventing Musculoskeletal Disorders through the Automation of Reliability Testing and the Utilization of Assistance Tools  
허진호, 지성민, 박소연, 이지은, 이민희(국방기술품질원)

# Poster Session

## 포스터세션

- P12. 화생방물자 시험시료 대표성 강화를 위한 방안 연구  
윤효진, 권미현(국방기술품질원)
- P13. 화생방장비 · 물자 저장수명 예측을 위한 데이터 기반 접근  
배만재, 문원경(국방기술품질원)
- P14. CSRP 데이터 기반 성능저하 요인 분석 연구  
권미현, 윤효진(국방기술품질원)
- P15. 위험등급 추진제 신속선별을 위한 저장 신뢰성평가 연구  
문원경, 천보하, 배만재(국방기술품질원)
- P16. A Study on the Development Direction of the Ammunition Stockpile Reliability Program (ASRP) for Guided Missiles from the Perspective of the Life Cycle Sustainment Plan (LCSP)  
Seongdon Hong, Soonwoo Park, Yeonghyeon Kim, Dahoon Lim, Junsoo Kim  
(Defense Reliability Research Center, Defense Agency for Technology and Quality, DTaQ)
- P17. AI 기반 유도탄 저장신뢰성평가(ASRP) 연계 문서 자동분석 프레임워크 제안  
임다훈, 박순우, 김영현, 홍성돈(국방기술품질원)
- P18. An AI-based Comparative Analysis Toolkit for Reliability Estimation of Heterogeneous ASRP Stockpiles  
박순우, 김영현, 임다훈, 김준수(국방기술품질원), 이정수(CSI-VISION),  
홍성돈(국방기술품질원)
- P19. A Study on Integration Plan between ASRP and Missile Overhaul for Enhancing the Effectiveness of Guided Missile ASRP  
김영현, 박순우, 홍성돈(국방기술품질원), 장돈훈, 김철수, 박중훈, 한성재(안보경영연구원)
- P20. 금속 소재 피로수명 시험 데이터의 통계적 불확도 분석  
백진수, 김동오, 이진영, 박민혁, 최형구, 박문규(서울과학기술대학교),  
석무영, 권용남(한국재료연구원), 조인식(엠브로지아), 김종한, 변재원(서울과학기술대학교)
- P21. 줄꼬임 구동기의 반복 구동 수명 특성 및 신뢰도 분석에 관한 연구  
강민수, 윤종환, 이승재(선문대학교)

# Poster Session

## 포스터세션

- P22. 무인 산업용 트럭에 대한 신뢰성 및 안전성 확보를 위한 ISO 3691-4 적용방안  
김창현, 이채훈, 차지호, 최재호(세이프월드엔지니어링)
- P23. S-Series 기반 통합체계지원(IPS) 규격의 도입 필요성 및 국내 적용방안 연구  
이정행, 이기영, 김 용, 배성재, 김가현((주)모아소프트)
- P24. 반도체 CMP 공정에서의 신뢰성 있는 MRR 예측 모델링 기법  
김준협, 송성훈, 이승민, 안민기, 허효범(충남대학교), 변윤선(한국기계연구원), 박승환(충남대학교)
- P25. 45톤급 굴절식 덤프트럭용 프레임 힌지의 재질 개선 및 가속수명시험 기반 신뢰성 평가  
강명철, 이승주, 정건, 조용근(한국건설기계연구원)
- P26. 기능분석 기반 반자율 임업기계용 다공정 작업틀의 시스템 설계 및 고장모드 분석  
한승철, 이승주, 김윤수, 조용근(한국건설기계연구원)
- P27. xEV 전원 특성을 반영한 교류 중첩 전압시험의 개정 방향과 적용 검토  
홍석용(한국산업기술시험원)
- P28. 고온용 반도체 기판 가속수명평가를 위한 시험법 개발  
김성규, 홍정표, 고미영, 유상우(한국산업기술시험원)
- P29. 민간 항공기 건전성 진단을 위한 AI기반 anomaly detection 알고리즘 개발  
정성필, 조준희, 정해철(한국자동차연구원)
- P30. 무기체계 배터리 상태 진단용 센서 개발  
이필구, 박재현(한국자동차연구원), 최보욱(현대로템)
- P31. SiC MOSFET 전력 소자의 열저항 측정 방법에 관한 연구  
최성순, 김상아, 방민지, 마병진(한국전자기술연구원)
- P32. Reliability and Availability Prediction of Navigation Satellites During the Ground Phase  
이서윤, 박근영(한국항공우주연구원)

# Poster Session

## 포스터세션

- P33. **모빌리티용 고기능성 플라스틱 소재의 S-N 커브 기반 피로 특성 분석 및 수명 예측**  
문기용, 고용주, 양지윤, 유진규(한국화학융합시험연구원)
- P34. **밸브 접촉력 변화에 따른 기밀 성능 및 발열 분석**  
이용규(현대케피코)
- P35. **Ping test를 활용한 고성능 제어기용 이더넷 통신 신뢰성 검증**  
정현택, 김상수, 김우엽, 이도영(현대케피코)
- P36. **급속충전기 파워모듈의 신뢰성 향상을 위한 고장분석 사례 공유 및 연속 운전 구조 제안**  
이흥서, 이도영, 박천수(현대케피코)
- P37. **전원단-커패시터 사이의 이격거리에 따른 전압펄스 내성 관계 연구**  
송민식, 김상수, 이도영, 이동기, 송재천(현대케피코)
- P38. **실차 사용 환경을 고려한 전기이륜차 구동모터 내구시험 모드 개발**  
송원곤(현대케피코)
- P39. **ETC 가속시험을 통한 주요 고장 유형 확인 및 분석 절차 연구**  
송원곤(현대케피코)
- P40. **신뢰성안전 기반 수소투과저감 Type4 소구경 수소저장장치의 건전성해석(PHM) 기술개발**  
오봉식(아주대학교), 김기홍(코리아에프티(주)), 서금석(신일화학공업(주))
- P41. **위험관리(RM)기반의 유도탄 저장신뢰성평가(ASRP) 안전성 향상 방안 연구**  
박소연, 박순우, 홍성돈(국방기술품질원), 오정일((재) 피플)

# 무기 체계의 부품 단종 대응을 위한 대책 선정 방안 연구

이영훈<sup>†</sup>, 안재현(LIG넥스원)

## 요약

현대 무기체계는 장기 운용을 전제로 개발되지만, 상용 전자부품(COTS)의 기술 발전 속도와 생산 주기가 짧아 부품 단종(Obsolescence) 문제가 지속적으로 발생하고 있다. 부품 단종은 체계 신뢰성 저하, 유지비 증가, 전력 공백 등의 심각한 문제로 이어질 수 있으므로, 이에 대한 체계적 대응이 필수적이다.

본 연구에서는 무기체계 부품 단종 발생 시 적용 가능한 두 가지 주요 대응 방안인 재고 확보>Last Time Buy)와 재설계(Redesign) 전략을 중심으로 분석하였다. 재고 확보와 재설계의 장단점을 비교하여 단종 대책 방안 선택 시, 고려해야 할 항목들을 식별하고 합리적인 의사결정을 할 수 있는 절차를 제안한다.

**Keywords:** 단종, 재고확보, 재설계

발표자 / 이메일 이영훈 / yeonghun.lee@lignex1.com

발표자 소속 및 직위 LIG넥스원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 신뢰성물리학분석을 활용한 신뢰성시험 수행 방안 연구

황성국<sup>†</sup>, 김건웅(LIG넥스원)

## 요약

국방 무기체계 연구개발 사업은 무기체계 RAM업무지침(방위사업청, '2021)에 따라 신뢰성시험을 수행해야 한다. 신뢰성시험은 핵심부품구성품 선정, 신뢰성시험 설계, 시험수행 및 신뢰성인증의 단계로 수행된다. 핵심부품구성품 선정은 고장모드 및 고장메커니즘 분석이 중요하며, 주로 D-FMEA 분석을 통해서 핵심부품구성품을 선정해 오고 있다. 이 단계에서 D-FMEA 분석 대신 신뢰성물리학 분석(RPA) 시뮬레이션 도구인 Sherlock을 활용하여 고장모드 및 고장메커니즘 분석을 보다 실질적으로 수행할 수 있다. 또한, 실제 시험을 수행하기 전에 시험 프로파일대로 Sherlock을 활용하여 시뮬레이션을 수행함으로써 사전 검증도 수행할 수 있다. 이에 본 연구에서는 국방 무기체계 신뢰성시험 수행 시 신뢰성물리학분석(RPA) 시뮬레이션 도구인 Sherlock을 활용하여 보다 효과적인 분석과 비용 효율적인 신뢰성시험 수행 방안을 제안한다.

**Keywords:** 신뢰성시험, 신뢰성물리학분석, RPA, Sherlock, 가속수명시험

발표자 / 이메일                      황성국 / seongguk.hwang@lignex1.com

발표자 소속 및 직위                LIG넥스원

발표형태                                구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( ✓ )

# 선박용 드라이브 수냉각시스템의 비정상 운전조건 분석 및 제어대책 평가를 위한 FMEA 적용 연구

나경원<sup>†</sup>, 유시안, 추진훈((재)한국조선해양기자재연구원)

## 요약

최근 전기추진선박 및 친환경 선박의 건조가 확대되고 있으나, 전기추진선박의 핵심기자재인 드라이브 및 수냉각 시스템은 여전히 해외 기술과 제품에 대한 의존도가 높다.

특히 냉각시스템은 전력변환장치, 배터리, 구동모터 등 열원부의 안정적 운전을 보장하는 핵심 구성품으로, 시스템의 신뢰성과 안전성을 확보하기 위해서는 국산화와 함께 기능안전성 검증이 필수적이다.

이에 본 연구에서는 선박용 드라이브 범용 수냉각 시스템 개발의 일환으로, 냉각계통의 비정상 운전 조건 및 정지 조건에 대한 위험성 평가와 안전관련 제어기능(자동·수동 대책)의 유효성 검토를 목적으로 FMEA(Failure Mode and Effects Analysis)를 수행하였다.

※ 사사 : 이 논문은 산업통상자원부의 조선해양 산업핵심기술개발 사업의 일환으로 수행하였음 (No. RS-2024-00429709 / 선박용 드라이브 범용 수냉각 시스템 개발)

**Keywords:** FMEA, 선박용 수냉각시스템, 기능안전성, 비정상상태, 제어대책

발표자 / 이메일 나경원 / kwna@komeri.re.kr

발표자 소속 및 직위 (재)한국조선해양기자재연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# CFRP의 가속 노화 조건에서 나타나는 구조적 열화와 비틀림 강도 성능 저하 특성 연구

정연우, 강영웅, 오정택<sup>†</sup> ((재)FITI시험연구원)

## 요약

최근 복합재료의 내구성 평가에서는 단순 기계적 시험을 통한 물성 저하 측정만으로는 장기 신뢰성을 충분히 설명하기 어려운 한계가 지적되어왔다. 특히 노화 조건에 따른 비선형적 열화 거동과 내부 구조 변화는 기존의 경험적 모델로는 정밀한 수명 예측에 제약을 보인다. 본 연구에서는 Tg 이하 및 Tg 근접 조건에서 CFRP 시편의 가속 노화를 수행하고, 비틀림 특성 평가와 X-ray 현미경 기반 3차원 내부 구조 분석을 통해 열화 과정에서의 성능 저하 메커니즘을 규명하였다. 그 결과, Tg 이하 조건에서는 비교적 안정적인 거동을 보였으나, Tg 근접 조건에서는 기계적 물성 저하와 내부 균열·기공의 발생이 명확히 관찰되었다. 이러한 분석을 바탕으로 본 연구는 복합재료의 장기 신뢰성 평가와 수명 예측 모델 개발에 활용 가능한 기초 데이터를 제공하며, 향후 다양한 열화 조건을 고려한 정량적 평가 기법으로 확장될 수 있다.

**Keywords:** 탄소섬유복합소재, 3D X-ray 분석, 노화 거동 평가

발표자 / 이메일 정연우 / yeonwoo@fiti.re.kr

발표자 소속 및 직위 (재)FITI시험연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 소방 환경용 경량 복합구조재의 내충격성 평가법 개발

강영웅, 이서진, 오정택<sup>†</sup>((재)FITI시험연구원)

## 요약

본 연구는 소방 환경용 경량 복합구조재의 신뢰성 확보를 위하여 실제 사용 조건을 고려한 내충격성 평가법 개발을 목표로 한다. 아라미드와 탄소섬유의 평직 및 주자직 원단을 활용하여 프리프레그를 제조하고, 다양한 적층 수로 복합재 시편을 제작하였다. 제조된 복합재를 대상으로 섬유 소재, 조직 형태, 적층 수에 따른 기계적 거동을 분석하여 기초 물성을 규명하였다. 이후 실제 사용 환경을 고려한 열환경 전처리를 수행하고, 낙하충격시험 및 펜듈럼 충격시험을 실시하여 에너지 흡수 특성과 파손 거동을 평가하였다. 열환경 전처리에 따른 강도 변화와 파손 형상을 비교하여 복합재의 내충격성 변화를 정량적으로 평가하고, 시험 체계의 적합성을 검증하였다. 본 연구 결과는 소방용 경량 복합재의 구조 설계 최적화 및 신뢰성 확보를 위한 평가체계 구축에 기초 자료를 제공한다.

**Keywords:** 아라미드, 탄소섬유, 복합재, 소방 환경, 내충격성, 신뢰성 평가

발표자 / 이메일                      강영웅 / ywkang@fiti.re.kr

발표자 소속 및 직위                (재)FITI시험연구원

발표형태                              구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 인버터용 무연솔더링 전장품의 환경 신뢰성 시험에 따른 고장분석 연구

서동완, 송민우<sup>†</sup>((재)FITI시험연구원)

## 요약

최근 전기차의 고전압·고출력 요구가 증가하면서 전력변환 및 전달장치 전장품의 고신뢰성 확보가 필수적으로 요구되고 있다. 이와 별개로, RoHS 등의 환경규제에 대응 가능한 무연솔더링 기반 전장품의 사용이 보편화되었으나, 주석 휘스커 발생, 금속간 화합물 성장, 표면 열화 등 신뢰성 확보에 관한 문제가 꾸준히 제기되고 있다.

본 연구에서는 무연솔더링 기반 인버터 전장품을 대상으로 환경 신뢰성 시험을 수행하고 고장 특성을 분석하였다. 연구결과는 인버터용 무연솔더링 전장품의 내구성 평가 사례를 제시하며, 향후 인버터를 포함한 전력변환 및 전달장치 전장품의 신뢰성 검토에 관한 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

**Keywords:** 인버터, 무연솔더링, 환경 신뢰성 평가

발표자 / 이메일                      서동완 / sdw5367@fitti.re.kr

발표자 소속 및 직위                  (재)FITI시험연구원

발표형태                                  구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 리사이클 PP/PA 복합소재의 열적 거동에 따른 물성 변화 및 자동차 내장재 적용성 평가

김태균, 김지수, 허꽃보라, 오정택<sup>†</sup> ((재)FITI시험연구원)

## 요약

최근 자동차 내장재 분야의 재활용 플라스틱 적용이 확대됨에 따라, 차량 내부의 고온 환경을 견딜 수 있는 소재 신뢰성에 대한 요구가 높아지고 있다. 이러한 환경에서 부품의 변형이나 손상을 방지하기 위해, 소재의 열적 특성을 명확히 파악하는 것이 중요하다. 특히 재활용 소재는 원료의 이력 및 가공 공정에 따라 열적 거동이 달라질 수 있으므로, 이의 평가는 부품의 내구 수명 예측 및 소재 선정을 위한 핵심 단계이다.

본 연구에서는 자동차 내장재용 재활용 폴리프로필렌(PP) 및 폴리아미드(PA) 기반 복합소재들을 대상으로 열분석(TGA, DSC)을 통해 물성을 평가하였다. 이와 함께, 고온 환경에서의 내열성 시험 및 현미경을 통한 미세 구조 관찰을 수행하여 복합소재의 전반적인 열적 물성과 미세 구조를 비교 분석하였다.

본 연구 결과는 자동차 부품 설계에 필요한 재활용 소재의 열적 특성을 정량화 하며, 이는 요구되는 내열성을 만족하는 최적의 소재를 선정하고 신뢰성을 확보하는 공학적인 근거로 활용될 수 있다. 또한, 본 연구에서 제시된 신뢰성 평가 방법은 실제 부품의 내구성을 평가하고 수명을 예측하며 고신뢰성 부품 개발의 정확도와 성공률을 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.

**Keywords:** 재활용 플라스틱, 자동차 내장재, 열적 특성, 신뢰성 평가

발표자 / 이메일 김태균 / xorbs226@fiti.re.kr

발표자 소속 및 직위 (재)FITI시험연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

## 유도탄용 열전지 신뢰성 확보 및 시험 절차 표준화 연구

이경은<sup>†</sup>, 민경석((재)FITI시험연구원), 홍성돈, 김준수(국방기술품질원)

### 요약

현대 유도무기체계의 핵심 에너지원인 열전지는 장기간 저장 후 즉시 고출력을 안정적으로 공급해야 하는 특수 전력원으로서, 고온·저온 등 극한 운용 환경에서의 신뢰성과 운용 안전성 확보가 매우 중요하다. 따라서, 현행 저장 탄약 시험 절차서(ASTP)에 따라 수행되는 시험 항목과 절차를 재검증하고 시험 결과의 타당성을 면밀히 검토하는 것은 필수적이다. 특히 본 연구는 시험환경, 측정장비, 전지 운용 방식 등 세부 항목별 시험 수행 조건을 중점적으로 비교·분석하여, 시험 기관이 동일한 조건에서 일관되게 시험을 수행할 수 있도록 시험환경 및 측정조건의 기준(안)을 제시하고자 한다. 또한 점화·방전 방식 등 시험 프로세스를 표준화하여 반복성과 재현성을 확보함으로써, 유도탄 열전지의 수명 예측 기술과 시험 절차를 제도화하고 통합된 국방 표준서 제정의 기반을 마련하고자 한다. 이를 통해 군의 시험 자립 역량 강화하고 유도무기 전력의 품질관리 체계를 고도화하는 데 기여할 것으로 기대한다.

**Keywords:** 열전지, 유도무기체계, 저장 탄약 신뢰성 평가 (ASRP), 시험 표준화, 성능 예측

발표자 / 이메일 민경석 / ksmin@fiti.re.kr

발표자 소속 및 직위 (재)FITI시험연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 공항철도 사례를 통한 철도분야 치명도 분석기준 검토

신영석, 송미옥, 정용우(공항철도(주))

## 요약

사회가 발전하고 선진화됨에 따라 대중교통의 안전성과 서비스 품질에 대한 시민들의 요구 수준이 점차 높아지고 있다. 철도 분야에서 열차 운행의 안전성과 정시성을 확보하기 위한 기술로 각광받고 있는 RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety)는 2004년 KTX 차량에 최초로 적용된 이후, 2014년 철도안전관리체계 도입을 통해 의무화되었고, 이를 통해 철도 산업 전반에 확산되었다.

공항철도는 차량, 신호, 전기, 통신, 기계 등 열차 운행과 관련된 주요 기계·전기 시스템에 RAMS를 확장 적용한 최초의 국내 철도 운영기관으로, 데이터 기반의 과학적 유지관리로 안전하고 편리한 철도 서비스를 제공하며, 대한민국의 관문철도로서 중요한 역할을 수행하고 있다.

본 논문에서는 철도 분야에서 강조되는 안전성, 정시성, 고객 편의성 등을 고려하여 고장의 치명도를 정량적으로 분석하는 방법을 제안하고, 이 결과를 유지관리에 어떻게 활용했는지에 대한 사례를 소개하고자 한다.

**Keywords:** RAMS, RCM, 철도, 공항철도

발표자 / 이메일 송미옥 / pinkpink@arex.or.kr

발표자 소속 및 직위 공항철도(주)

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 수명 데이터에 따른 저장탄약신뢰성평가 시료수 산정

이찬호(국방기술품질원, 인하대학교)

## 요약

저장탄약의 신뢰성 평가는 국방 자원의 효율적 운용 및 군의 안전 확보를 위한 필수적인 절차이다. 현행 평가는 모든 로트(Lot)에 동일한 시험 수량을 적용하여 안정적인 신뢰도를 확보하고 있으나, 탄약의 노후화 상태를 반영한다면 평가의 효율성을 더욱 높일 수 있다. 본 연구는 실제 국방 데이터 분석을 통해 탄약의 저장 수명에 따라 시험 수량을 차등 적용하는 방안을 실증적으로 제안하는 것을 목적으로 한다.

이를 위해 국방기술품질원에서 10년간 축적한 KM006 및 M004 신관의 저장 신뢰성 시험 데이터를 활용하였다. 먼저, 탄약의 수명비율(저장기간/저장수명)과 신뢰도 간의 통계적 상관관계를 규명하였다. 이를 바탕으로, 수명비율에 따라 시험 수량을 기존 40발에서 36발 또는 32발로 차등 적용하는 '계층화 규칙(Stratified Rule)'을 수립하고 그 타당성을 통계적으로 검증하였다.

연구 결과, 초기 신뢰도가 높은 KM006 신관은 수명비율이 낮은 로트(신품)의 경우 시험 수량을 32발로 축소하여도 기존과 동등한 안전 수준을 확보할 수 있었다. 수명비율이 중간 단계인 로트는 36발, 노후화가 진행된 로트는 현행 40발을 유지하는 것이 합리적인 것으로 분석되었다. 반면, 수명이 초과된 M004 신관은 모든 경우에서 시험 수량 축소가 부적절하다는 결론을 도출하였다.

결론적으로, 본 연구는 데이터에 기반하여 저장탄약의 상태에 따라 시험 규모를 동적으로 최적화하는 새로운 평가 패러다임을 제시한다. 제안된 계층화 규칙은 군의 안전 수준을 저하시키지 않으면서, 신뢰도 높은 탄약에 대한 시험 비용 및 자원을 약 20% 절감할 수 있는 효과적인 실무적 대안이 될 수 있음을 시사한다.

**Keywords:** 저장탄약신뢰성평가, 실험계획법(DOE), 표본수 산정, 신뢰성 분석

발표자 / 이메일

이찬호 / dlcksgh131@naver.com

발표자 소속 및 직위

국방기술품질원, 인하대학교

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# A Study on Improving the Reliability of Results and Preventing Musculoskeletal Disorders through the Automation of Reliability Testing and the Utilization of Assistance Tools

허진호, 지성민, 박소연<sup>†</sup>, 이지은, 이민희(국방기술품질원)

## 요약

This study aims to enhance the repeatability and reproducibility of test results, while also preventing musculoskeletal disorders (MSDs) among testers, by automating the specimen manufacturing process and introducing assistance tools used in the Ammunition Stockpile Reliability Program (ASRP). For this purpose, a semi-automatic marking-cutting machine and a three-dimensional measuring device were implemented, reducing working time and improving uniformity. As a result, variability in test results was reduced thanks to increased specimen precision. Moreover, posture-assessment tools (such as RULA and REBA) showed improved indicators, confirming a reduction in musculoskeletal burden and the incidence of respiratory diseases caused by dust exposure. The additional benefit of reduced specimen manufacturing time was also attained. The results of this study are expected to contribute to securing excellence in the field of testing reliability by improving specimen-manufacturing precision and efficiency, alongside increasing the safety of the working environment.

**Keywords:** Reliability Testing(신뢰성 시험), Musculoskeletal Disorder Prevention(근골격계 질환 예방), Process Automation(자동화), ASRP(Ammunition Stockpile Reliability Program)(저장탄약신뢰성 평가), Ergonomics(인간공학)

발표자 / 이메일 허진호 / hjh0914@dtaq.re.kr

발표자 소속 및 직위 국방기술품질원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

## 화생방물자 시험시료 대표성 강화를 위한 방안 연구

윤효진<sup>†</sup>, 권미현(국방기술품질원)

### 요약

우리 군에서 보유하고 있는 화생방물자는 화생방전을 대비하여 획득 및 저장 중이며, 저장 중인 화생방물자는 저장 환경, 운용 조건 등의 다양한 요인에 따라 성능이 저하될 수 있으므로 주기적 신뢰성평가를 통해 사용가능성을 판단하고 있다. 화생방물자 신뢰성평가는 품목별 로트번호를 기준으로 다양한 시험과 분석을 통해 수행되고 있다. 시험을 위해서는 군에서 저장하고 있는 화생방물자의 일부를 채취하여 시료로 활용한다. 하지만 우리 군은 전국에 위치하고, 저장 시설과 운용조건 등이 다양하여 저장 환경이 상이하다. 이에 따라 지속적으로 환경적 요인이 최소화된 시험 시료 확보를 위한 방안 수립 필요성이 지속적으로 제기되었다. 본 연구에서는 시험 시료 대표성 강화를 위하여 최초 화생방물자 획득 시 일부의 수량을 확보하여 동일한 환경에서 저장하는 방안을 검토해 보았다. 시료 저장 시설 구축 필요성 및 제반사항, 시료 저장 및 관리 절차, 저장 시료 수량 및 환경 조건 선정 등 다양한 검토가 필요하다. 본 연구를 통해 화생방물자의 저장 기간 경과에 따른 성능 저하 원인 파악 및 고장분석, 수명 예측, 신뢰성평가 결과의 신뢰도 향상 등을 기대할 수 있으며, 향후 저장 화생방물자 신뢰성 향상에 기여할 수 있을 것이다.

**Keywords:** 화생방물자, 저장신뢰성평가, 시험시료, 대표성, 고장분석, 수명 예측

발표자 / 이메일

윤효진 / yoonhj@dtaq.re.kr

발표자 소속 및 직위

국방기술품질원

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

## 화생방장비 · 물자 저장수명 예측을 위한 데이터 기반 접근

배만재<sup>†</sup>, 문원경(국방기술품질원)

### 요약

화생방장비와 물자는 저장수명(shelf-life) 동안 일정 환경조건에서 저장되며, 시간 경과에 따라 지속적으로 노화가 진행되어 물성 및 성능 저하가 일어난다. 따라서, 저장된 화생방장비와 물자의 신뢰성 평가를 위하여 기품원은 저장수명이 도래하는 시점에 시효연장 여부를 결정하기 위하여 저장 화생방장비 · 물자 신뢰성평가를 2006년도부터 수행하고 있다.

화생방물자에 사용되는 방호용 원단에 대하여 가속 수명시험을 통하여 시험 데이터를 획득하고, 이를 기반으로 저장수명 예측을 하였다. 방호용 원단을 3가지 온도(70℃, 80℃, 90℃)에서 6주 동안 가속노화를 진행하였으며, 매주 흡착성능을 측정하였다. 온도별 기간별로 측정된 시험 데이터로 활성화 에너지, 가속계수, 고장 시간을 구하고 상온에서 예상 수명을 추정하였다. 계산된 저장수명을 비교하면 각 방법으로 계산된 저장수명의 차이를 확인할 수 있었다.

**Keywords:** 저장 화생방장비 · 물자 신뢰성평가, 저장수명, 가속 수명시험, 수명 예측

발표자 / 이메일

배만재 / mjbae@dtaq.re.kr

발표자 소속 및 직위

국방기술품질원

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# CSRP 데이터 기반 성능저하 요인 분석 연구

권미현<sup>†</sup>, 윤효진(국방기술품질원)

## 요약

CSRP(Chemical Materiel Stockpile Reliability Program) 시험결과는 각 군에 장기 보관 중인 화생방장비·물자의 성능 및 안정성을 주기적으로 시험하여 계속 보관 여부를 결정하는 자료로 사용되고 있다. 본 연구는 '06년부터 실시하였던 CSRP 시험데이터를 활용하여 주요 화생방장비·물자의 수명과 부적합 판정 요인을 실증적으로 분석하였다. 침투성보호의 등 일부 품목에서는 저장기간과 부적합 여부 간의 통계적 유의성이 확인되었으나, K-1 방독면 등 다른 품목에서는 표본 불균형, 초기 데이터의 오류 등으로 저장기간 간의 통계적 유의성은 확보되지 않았다. 또한 시료를 샘플링한 지역을 기반으로 환경적 요인 분석 결과, 저장기간 외의 지역간의 기온차, 강우량과 같은 환경 변수들은 부적합 판정에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 이는 표본의 제약 및 데이터 결측치, 관리방법 등 다른 영향을 반영하지 못했을 가능성을 내포하며, 단순히 환경적 변수, 저장기간만이 성능 열화를 설명하기에는 한계가 있음을 보여주었다. 따라서 편향적 샘플링 방법을 지양하고, 군 치장 물자 관리 강화 등으로 다각화된 개선방법이 필요할 것으로 판단된다.

**Keywords:** 저장 화생방장비·물자 신뢰성평가, 저장기간, 환경적 요인

발표자 / 이메일

권미현 / gjskdl@dtqa.re.kr

발표자 소속 및 직위

국방기술품질원

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 위험등급 추진제 신속선별을 위한 저장 신뢰성평가 연구

문원경<sup>†</sup>, 천보하, 배만재(국방기술품질원)

## 요약

추진제는 질산에스테르 화합물을 주원료로 제조되며, 장기간 저장 시 시간 경과에 따라 자연 분해되어 스스로 발화하는 경향이 있다. 단기추진제에 Diphenylamine(DPA), 복기추진제에 Ethyl Centralite(EC) 안정제를 첨가하여 추진제의 자연분해 생성물인 질소산화물(NO<sub>x</sub>)과 반응하여 추진제의 자연분해반응을 지연시킨다. 이 때 소모되는 안정제 함량 분석을 통해 추진제의 저장 신뢰성평가를 수행하여 추진제 내 안정제 함량에 따라 위험등급 추진제를 선별하고 있다.

본 연구에서는 위험등급 추진제의 탄약을 신속하게 조기 선별하여 추진제 자연발화를 방지하고 저장 신뢰성평가 대상의 우선순위를 결정할 수 있도록 가열시험법을 적용하는 저장안정성 평가를 수행하였다. 단기추진제와 복기추진제를 대상으로 가열시험법 적용 가능성을 연구하였으며, 가열시험법을 통한 탄종별 위험등급 기준을 제시하고자 한다.

**Keywords:** Propellant, Stabilizer, Heat stability test, ASRP

발표자 / 이메일                      문원경 / juliawk@dtaq.re.kr

발표자 소속 및 직위                  국방기술품질원

발표형태                                구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# A Study on the Development Direction of the Ammunition Stockpile Reliability Program (ASRP) for Guided Missiles from the Perspective of the Life Cycle Sustainment Plan (LCSP)

Seongdon Hong<sup>†</sup>, Soonwoo Park, Yeonghyeon Kim, Dahoon Lim, Junsoo Kim  
(Defense Reliability Research Center, Defense Agency for Technology and Quality, DTaQ)

## 요약

The nature of guided missile systems as one-shot devices makes reliability during long-term storage a decisive factor for readiness. The current ASRP determines whether munitions should be maintained or discarded by conducting sampling tests. However, the ASRP only considers the operation and maintenance phase, lacking and lacks an integrated management framework that encompasses the entire system life cycle. In contrast, the Total Life Cycle Systems Management (TLCSM) and its core execution framework, the Life Cycle Sustainment Plan (LCSP), emphasize a systematic approach that integrates reliability, maintainability, and supportability across development, production, operation, and disposal stages. This study reinterprets the ASRP from the LCSP perspective.

In the development phase, we recommend considering reliability requirements early on and creating a test data database. In the production phase, we emphasize integrating manufacturing quality data and stockpile reliability assessments. In the operation and storage phase, we suggest predictive reliability management based on condition-based CBM+. We propose incorporating the ASRP into the LCSP from the design stage to establish a data-driven life cycle reliability management framework. This integrated approach is expected to reduce costs and improve reliability throughout the system's life cycle, thereby contributing to the institutional and technical advancement of the ASRP.

**Keywords:** Guided Missile, ASRP, LCSP, TLCSM, one-shot device

발표자 / 이메일

홍성돈 / sdhong@dtaq.re.kr

발표자 소속 및 직위

국방기술품질원

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# AI 기반 유도탄 저장신뢰성평가(ASRP) 연계 문서 자동분석 프레임워크 제안

임다훈, 박순우, 김영현, 홍성돈<sup>†</sup>(국방기술품질원)

## 요약

유도탄 저장탄약신뢰성평가(Ammunition Stockpile Reliability Program, ASRP)는 시험 결과에 대한 분석, 시간 경과에 따른 신뢰도 저하 모니터링, 결과 평가 등을 위해 다양한 문서(LCSP(Life Cycle Sustainment Plan), 유도탄 ASRP 결과보고서, 유도탄 ASRP 중·장기계획서, NATO AOP-48, DA PAM 742-1 등)를 종합 분석해야 한다.

그러나 문서들의 포맷과 출처가 상이하여 검토에 많은 시간이 소요되며, 1년 단위로 시험과 평가가 이루어지는 ASRP 일정상 특별한 경우가 아니라면 고장모드간 상관관계나 열화 메커니즘 분석 등 심층 분석이 제한된다.

본 연구는 이를 개선하기 위해 소형언어모델(sLM, Small Language Model)과 Vector Database(VectorDB) 기반 RAG 아키텍처를 활용한 ASRP 자동분석 프레임워크를 제안하고자 한다. 제안 프레임워크 활용시 유도탄 ASRP 평가의 객관성과 효율성이 동시에 향상되며, 축적된 데이터를 기반으로 신뢰도 예측이 가능할 것으로 기대한다.

**Keywords:** Guided Missile, ASRP, sLM, VectorDB, AI

발표자 / 이메일                      임다훈 / gav414550@dtaq.re.kr

발표자 소속 및 직위                  국방기술품질원

발표형태                                구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# An AI-based Comparative Analysis Toolkit for Reliability Estimation of Heterogeneous ASRP Stockpiles

Soonwoo Park, Yeong Hyeon Kim, Dahoon Lim, Jun Su Kim(Defense Agency for Technology and Quality), Jeongsoo Lee(CSI-VISION), Seongdon Hong<sup>†</sup>(Defense Agency for Technology and Quality)

## 요약

The Ammunition Stockpile Reliability Program (ASRP) is a critical element for maintaining defense readiness. However, in operational environments, assessing the reliability of heterogeneous stockpiles—comprising various production years and lots—presents a significant challenge. In particular, the process of generalizing limited sampling test results from specific lots (e.g., initial production) to the reliability of the entire stockpile is fraught with inherent uncertainty.

This study proposes to develop an AI-based analysis tool (Tool) to address this heterogeneous stockpile estimation challenge. The proposed tool will simultaneously execute and compare various statistical techniques based on identical sampling data inputs (e.g., number of samples, number of failures, and test time). The tool will provide a capability to visually analyze how reliability estimates for the entire stockpile change based on the differing statistical assumptions of each technique (e.g., single-lot representativeness, identical distribution across lots, or consideration of inter-lot variability). Furthermore, it aims to derive the reliability of untested lots and the mean reliability of the entire stockpile, complete with uncertainty intervals.

The significance of this study lies in its presentation of a practical analytical tool. It aims to support ASRP managers in reducing potential errors in statistical interpretation that arise from limited information, enabling them to make more rational decisions by clearly understanding the advantages and disadvantages of each approach.

**Keywords:** ASRP, Heterogeneous Stockpile, Reliability Estimation, Comparative Analysis

발표자 / 이메일                      박순우 / soonpark@dtaq.re.kr

발표자 소속 및 직위                  국방기술품질원

발표형태                                  구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# A Study on Integration Plan between ASRP and Missile Overhaul for Enhancing the Effectiveness of Guided Missile ASRP

김영현, 박순우, 홍성돈<sup>†</sup>(국방기술품질원), 장돈훈, 김철수, 박종훈, 한성재(안보경영연구원)

## 요약

The availability and safety of the guided missiles are verified by Ammunition Stockpile Reliability Program(ASRP) during their lifetime. When their service life is reached, Overhaul of the missiles is conducted to maintain the readiness of the missile inventory. However, the connectivity of the two processes, one is ASRP and the other is missile overhaul, is not well designed yet which gives limitation on various effects of both processes. First of all, the missile overhaul is planned 2-3 years before the end of the missile's service life, while ASRP results are derived at the end of expiration year of the target missile.

This study explored the feasibility of integration between missile overhaul and guided missile ASRP for enhancing the effectiveness of guided missile ASRP. The missile overhaul status of domestically developed guided missiles and ASRP processes for each military service are analyzed. From the results of the analysis, institutional improvement measures for guided missile ASRP are derived.

The results of this study will support an establishment of the missile overhaul plans more cost-effectively and

**Keywords:** Ammunition Stockpile Reliability Program (ASRP), Depot Maintenance, Guided Missile, Economic Effect Analysis, Life Cycle Management

발표자 / 이메일 김영현 / yhkim1014@dtaq.re.kr

발표자 소속 및 직위 국방기술품질원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( ✓ )

## 금속 소재 피로수명 시험 데이터의 통계적 불확도 분석

백진수, 김동오, 이진영, 박민혁, 최형구, 박문규(서울과학기술대학교),  
석무영, 권용남(한국재료연구원), 조인식(엠브로지아), 김종한, 변재원<sup>†</sup>(서울과학기술대학교)

### 요약

수송기, 우주항공, 플랜트 등에 사용되는 주요 금속 부품들은 기계적 반복 하중이 가해지는 피로 환경에서 장시간 사용되고 있으며 설계된 조건에서 사용 시 피로 균열 전파에 의한 마모고장을 일으킨다. 주어진 사용응력 조건에서 피로 파괴 수명(Cycle)을 구하기 위해 기계식 피로시험에 의한 고주기 피로(HCF, High Cycle Fatigue, ~107 Cycle) 및 초음파 진동에 의한 초고주기 피로(VHCF, Very High Cycle Fatigue, ~109 Cycle)시험 등의 시험법이 적용된다. 피로시험 데이터는 인장강도 등의 다른 기계적강도에 비해 편차가 큰 확률적 파괴 물성이기 때문에 시험평가 데이터의 의미를 해석하는데 데이터의 정확한 통계적 분석이 중요하다.

본 연구에서는 경량구조 금속재료로 널리 사용되는 6061 합금 등에 대해 고주기 피로수명 문헌데이터 및 KS Q ISO/IEC 17043(숙련도 시험 일반 요구사항)에 따라 3개의 독립 시험 기관에서 다자 비교 시험을 통해 생산된 초고주기 피로수명 시험 데이터를 대상으로 하였다. 피로시험 데이터의 통계적 분석은 ISO 12107 기준을 적용하여 측정 불확도 등을 추정하였으며, 다양한 통계 파라미터를 비교 분석하여 데이터의 유효성 등을 고찰하였다.

**Keywords:** Al 6061-T6, VHCF, S-N curve, Statistical assessment method

발표자 / 이메일

백진수 / skdltmwlstn@seoultech.ac.kr

발표자 소속 및 직위

서울과학기술대학교

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 줄꼬임 구동기의 반복 구동 수명 특성 및 신뢰도 분석에 관한 연구

강민수<sup>†</sup>, 윤종환, 이승재(선문대학교)

## 요약

본 연구에서는 줄꼬임 구동기(Twisted String Actuator, TSA)의 반복 구동 수명 특성을 실험적으로 분석하고, 이를 기반으로 경험적 수명 예측 모델을 정립하였다. Dyneema® SK78 고강도 섬유를 적용한 다중 스트링 구동기를 제작하여, 하중(15 - 25 kg) 및 스트링 개수(2 - 7줄)를 변수로 설정한 반복 구동 시험을 수행하였다. 각 조건에서의 파단 사이클 수를 측정하고, 실험 결과를 미니탭(Minitab)을 이용한 통계적 신뢰도 분석 및 분포 적합도 검정을 통해 검증하였다. 특히 와이블(Weibull) 분석과 회귀모델 검정을 병행함으로써 데이터의 적합성과 예측 모델의 타당성을 확보하였다. 분석 결과, 스트링의 수가 증가할수록 내구성이 향상되고, 하중이 증가함에 따라 수명이 비선형적으로 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과를 바탕으로 TSA의 반복 수명 거동을 정량화하고, 구동 효율과 신뢰성 간의 상관관계를 규명하였다. 본 연구는 줄꼬임 구동기의 내구 수명 예측 및 설계 신뢰성 평가에 대한 실험적 근거를 제시함으로써, 군사용 외골격 시스템과 웨어러블 로봇 등 고신뢰 구동기 설계 분야에 활용 가능한 핵심 기초자료로서 활용하고자 한다.

**Keywords:** 줄꼬임 구동기(Twisted String Actuator, TSA), 스트링(String), 신뢰성평가(Reliability Test), 내구수명산출

발표자 / 이메일

강민수 / kang10101@sunmoon.ac.kr

발표자 소속 및 직위

선문대학교

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 무인 산업용 트럭에 대한 신뢰성 및 안전성 확보를 위한 ISO 3691-4 적용방안

김창현<sup>†</sup>, 이채훈, 차지호, 최재호(세이프월드엔지니어링)

## 요약

자율주행 기술의 확산에 따라 탑승자 없이 운행하는 무인 산업용 트럭의 활용이 물류, 제조, 항만 등 다양한 산업 현장에서 증가하고 있으며, 이로 인해 사람과 AGV, AMR 간 자연스러운 상호작용이 이루어지게 된다. 그러나 AGV, AMR 사용 증가에 따른 작업자 안전에 영향을 미칠 수 있는 위험을 초래할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 무인 산업용 트럭의 일반, 안전기능 요구사항 및 안전 관련 제어시스템의 목표 성능수준(Performance Level, PL)을 규정하는 국제 안전 표준인 ISO 3691-4이 발행되었다.

본 연구는 ISO 3691-4를 효과적으로 적용하기 위한 방법을 제안함으로써, 무인 산업용 트럭의 안전 기능 적용 및 안전 무결성 확보를 목표로 하며, 이를 위해 적용하고자 하는 무인 산업용 트럭 시스템에 요구되는 일반 및 안전 기능에 대한 요구사항, 안전 관련 제어시스템의 성능수준(PL) 제시한다.

ISO 3691-4 표준에서 제시한 안전 요구사항을 적용한 무인 산업용 트럭 시스템은 제조자에게는 제품의 안전성 및 신뢰성을 확보하여 시장 경쟁력을 향상시키고, 시스템 통합자에게는 검증된 안전 시스템 도입을 통해 작업장 내 안전을 보장하는 데 기여한다.

**Keywords:** ISO 3691-4, 무인 산업용 트럭, AGV, AMR, 안전 기능 요구사항

발표자 / 이메일

김창현 / Bucky.kim@safeworld-eng.com

발표자 소속 및 직위

세이프월드엔지니어링

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# S-Series 기반 통합체계지원(IPS) 규격의 도입 필요성 및 국내 적용방안 연구

이정행<sup>†</sup>, 이기영, 김 용, 배성재, 김가현((주)모아소프트)

## 요약

S2000M, S3000L, S4000P, S5000F, SX000i 등을 기반으로 한 통합체계지원(IPS: Integrated Product Support) 로 전환하고 있다. 이는 무기체계의 설계·운용·정비·폐기 전 과정에서 데이터 기반 의사결정과 수명주기관리(LCM) 를 가능하게 하며, RAMS 확보와 LCC 절감을 동시에 추구한다.

국내 방위산업은 현재 S1000D 일부만 도입된 초기 단계로, PLM/SLM과 연계된 통합 데이터 관리 체계 및 CSDB 구축은 미흡하다. 본 연구는 S-Series 규격이 제시하는 표준 프로세스와 데이터 구조를 분석하고, 이를 국내 PLM·SLM 환경에 적용하기 위한 실무적 도입 방안을 제시한다. 또한 EU, 미국 등 주요국의 S-Series 적용 사례를 비교하여 운용가용도(Availability) 향상과 정비 효율화 전략을 도출하였다.

이를 통해 본 연구는 한국형 무기체계가 NATO 및 수입국 요구(STANAG/ALP)에 부합하는 RAMS 기반 디지털 군수지원체계로 발전할 수 있는 구체적 방향을 제시한다.

**Keywords:** 통합체계지원(IPS), S-Series, RAMS, 수명주기관리(LCM), 운용가용도, 수명주기비용

발표자 / 이메일 이정행 / jh\_lee@moasoftware.co.kr

발표자 소속 및 직위 (주)모아소프트

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( ✓ )

## 반도체 CMP 공정에서의 신뢰성 있는 MRR 예측 모델링 기법

김준협, 송성훈, 이승민, 안민기, 허효범(충남대학교), 변윤선(한국기계연구원),  
박승환<sup>†</sup>(충남대학교)

### 요약

최근 제조 산업에서는 스마트 팩토리 구현을 위한 장비 건전성 예측 및 관리, 즉 PHM(Prognostics and Health Management) 기술의 도입이 활발하게 논의되고 있다.

PHM 시스템은 장비의 이상 징후를 사전에 탐지하여 예지 정비를 가능하게 하고, 평균 수리 시간(MTTR)을 단축함으로써 공정 안정성과 생산 수율을 향상시킬 수 있다는 점에서 산업 전반의 핵심 기술로 주목받고 있다. 특히 반도체 제조 공정은 복잡한 장비와 고정밀 공정 조건이 요구되므로 PHM 적용에 따른 효과가 매우 클 것으로 기대된다. 그중에서도 CMP(Chemical Mechanical Polishing) 공정은 장비 성능의 열화가 뚜렷하게 나타나며, 공정 품질의 핵심 지표인 MRR(Material Removal Rate)을 정밀하게 예측하는 것이 장비 상태 진단 및 유지보수 효율화에 필수적이다.

물리식을 기반으로 하면 공정 변수와 MRR 간의 인과 관계를 명확히 해석할 수 있어, 현장 엔지니어가 모델의 결과를 신뢰하고 유지보수 의사결정에 반영할 수 있다는 장점이 있다. 기존 연구들은 주로 공정 변수의 통계적 특성(평균, 표준편차 등)을 이용한 데이터 기반 모델링에 집중되어 왔으며, 일부 연구에서 물리식 기반 접근이 시도되었으나 소수에 불과하다.

이에 본 연구는 물리식 모델과 머신러닝 기법을 융합하여 CMP 공정의 MRR 예측 정확도와 해석 가능성을 동시에 향상시키는 것을 목표로 하였다.

이를 통해 PHM 기술이 CMP 공정에서 실질적으로 적용될 수 있는 가능성과 한계를 분석하고, 향후 반도체 공정 내 PHM 도입 방향을 제안하였다.

본 연구의 결과는 데이터 기반 예지보전 체계 구축을 위한 기초 연구로서, 반도체 장비 관리의 고도화에 기여할 것으로 기대된다.

**Keywords:** 건전성 예측 및 관리, PHM, CMP, 재료 제거율, MRR, 머신러닝

발표자 / 이메일 김준협 / junhyup.k@o.cnu.ac.kr

발표자 소속 및 직위 충남대학교

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 45톤급 굴절식 덤프트럭용 프레임 힌지의 재질 개선 및 가속수명시험 기반 신뢰성 평가

강명철, 이승주, 정 건, 조용근<sup>†</sup>(한국건설기계연구원)

## 요약

굴절식 덤프트럭(ADT, Articulated Dump Truck)은 전·후방 프레임이 힌지(Hinge)로 연결되어 조향 실린더를 통해 좌우 굴절이 가능한 대형 건설장비로, 비포장 도로나 광산, SOC 건설현장 등 고하중·진동 환경에서 운용된다. 특히 45톤급 ADT는 HD현대인프라코어, 볼보코리아 등에서 생산되며, 카자흐스탄, 몽골, 남아프리카공화국, 브라질, 호주 등 자원 개발 현장에서 주로 사용되고 있다.

프레임 힌지는 전·후방 프레임을 연결하고 조향 실린더의 하중을 전달하는 핵심 부품으로, 주로 구상흑연주철(GCD500)이 사용되고 있다. 그러나 반복 충격 및 굽힘 하중에 의해 피로균열과 파손이 빈번하게 발생하여, 높은 강도와 연성을 동시에 확보할 수 있는 대체 소재 적용이 필요하다.

본 연구에서는 기존 GCD500 대비 항복강도와 연신율을 향상시킨 고용강화 구상흑연주철(EN-GJS-600-10)을 적용하여 45톤급 굴절식 덤프트럭용 프레임 힌지를 제작하였다. 제작된 힌지에 대해 실제 운용 환경을 반영한 하중조건을 설정하고, 유한요소해석(FEA)을 통해 주요 응력 집중부를 도출하였다. 이를 기반으로 하중 이력 및 사용 환경을 고려한 가속수명시험 조건을 제시하고, 굽힘 피로시험을 수행하여 신뢰성을 검증하였다.

본 연구는 대형 건설장비용 주요 부품의 신뢰성 확보를 위한 가속수명시험법 제시와 소재 개선의 실증적 근거를 마련하였다는 점에서 의의가 있다. 향후 실차 장착시험 및 장기 운용 데이터를 통한 수명 예측모델 고도화를 추진할 예정이다.

이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원(KIAT)의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호: RS-2025-01152978).

**Keywords:** 굴절식 덤프트럭, 프레임 힌지, 구상흑연주철, 가속수명시험, 굽힘 피로

발표자 / 이메일 강명철 / myckang916@koceti.re.kr

발표자 소속 및 직위 한국건설기계연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 기능분석 기반 반자율 임업기계용 다공정 작업틀의 시스템 설계 및 고장모드 분석

한승철, 이승주, 김윤수, 조용근<sup>†</sup>(한국건설기계연구원)

## 요약

본 연구는 국내 산악지형과 고령화된 노동 환경에서의 산림작업 효율화를 위해 반자율 임업기계용 다공정 작업틀(하베스팅 및 그리퍼 툴)의 기능 중심 설계와 고장모드 기반 신뢰성 향상을 목표로 하였다. 기존 임업기계의 수입 의존과 숙련도 중심 작업체계를 극복하기 위해 기능분석(Function Analysis) 접근법을 적용하였다.

선진사 제품(JAK, KONRAD, AFM-FOREST 등)을 대상으로 엔지니어링 시스템 구조와 기능 상호작용도(Interaction Map)를 구축하고, 주요 부품(유압모터, 로테이터, 체인톱, 피드롤러 등)의 순·역기능을 구분하였다. 이를 통해 반복하중, 마찰열, 유압누설 등 유해 요인(Failure Cause)을 도출하고, 부품별 기능-고장 매트릭스(Function-Failure Matrix)를 구성하여 주요 고장모드(Failure Mode)를 체계적으로 식별하였다.

또한, 기능분석 결과를 토대로 모듈화 설계체계(A-B-C Part)를 확립하고, 하베스팅·그리퍼 툴 간 공용부품 활용률을 높였다. 제어 시스템은 CAN 2.0 기반 반자율 제어 알고리즘으로 파지-이송-절단 과정을 자동화하였으며, 향후 AI 기반 상태인지(Self-Perception) 및 가속수명시험 기반 신뢰성 검증으로 확장할 예정이다.

본 연구는 혁신적인 기능-고장 연계형 시스템 설계 프레임워크를 제시함으로써, 임업기계의 자율화·고신뢰성화를 위한 기술적 기반을 제시하였다.

## 후기

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업 ' (FTIS RS-2024-00405072) ' 의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

**Keywords:** 기능분석, 반자율 임업기계, 다공정 작업틀, 유압제어, 모듈화 설계

발표자 / 이메일 한승철 / bmhans84@koceti.re.kr

발표자 소속 및 직위 한국건설기계연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( ✓ )

# xEV 전원 특성을 반영한 교류 중첩 전압시험의 개정 방향과 적용 검토

홍석용(한국산업기술시험원)

## 요약

전기차(xEV) 확산에 따라 차량의 전원 생성원이 기존 알터네이터(Alternator)에서 DC-DC 컨버터로 전환되면서 전장품이 노출되는 전원 특성이 변화하고 있다. 이에 맞춰 OEM 사양과 국제 시험 규격이 개정되고 있으며, 특히 ISO 16750:2023 시리즈는 2012년 이후 11년 만에 개정되어 Part 2(Electrical Loads)에 xEV 전원 특성을 반영한 시험 항목이 새로 포함되었다. 그중 교류 중첩 전압(Superimposed Alternating Voltage) 시험은 DC-DC 컨버터의 스위칭 리플 특성을 고려해 주파수 범위를 200 kHz까지 확대한 것이 특징이다. 이러한 개정 내용은 OEM 및 주요 부품사의 자체 사양 서로 확산되며, 시험기관과 개발 현장에서도 적용이 확대되고 있으나, 구체적인 해석과 수행 방법은 여전히 논의 중이다. 본 발표에서는 ISO 16750-2:2023의 리플 시험 항목을 중심으로 기존 대비 주요 차이점과 실질적인 시험 접근 방법을 정리하여, 향후 xEV 전원망 기반 시험 표준화에 참고가 될 기초 자료를 제시하고자 한다.

발표자 / 이메일

홍석용 / syhong@ktil.re.kr

발표자 소속 및 직위

한국산업기술시험원

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

## 고온용 반도체 기판 가속수명평가를 위한 시험법 개발

김성규, 홍정표, 고미영, 유상우<sup>†</sup>(한국산업기술시험원)

### 요약

일반 산업을 비롯한 자동차, 항공우주 등 다양한 산업에 전력변환기술이 널리 활용됨에 따라 고전압 및 고전류 제어와 같은 전력반도체 및 전력변환부품의 수요도 함께 증가하고 있다. 이에 전력반도체의 급격한 발열 및 온도변화로 인한 주변 부품 및 세라믹 기판의 휨, 뒤틀림 및 평탄도 변화가 발생되고 이는 부품 및 모듈 단위에서의 신뢰성 저하 문제를 야기하고 있다. 본 연구에서는 세라믹 기판 및 PCB의 휨 및 뒤틀림에 대한 신뢰성 검증을 위하여 급속온도변화 조건 하에서의 상태변화를 관측하였으며, 누적 사이클에 따른 휨 및 뒤틀림 값을 제시하였다.

**Keywords:** PCB, 세라믹 기판, 열충격시험, 신뢰성

발표자 / 이메일

김성규 / skkim@ktl.re.kr

발표자 소속 및 직위

한국산업기술시험원

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 민간 항공기 건전성 진단을 위한 AI기반 anomaly detection 알고리즘 개발

정성필<sup>†</sup>, 조준희, 정해철(한국자동차연구원)

## 요약

엣지 컴퓨팅(Edge computing)기술의 발달로 항공기, 무기체계등 복잡한 수송기에서 발생하는 수많은 센서 데이터를 체계내에서 수집하고, 분석 및 모니터링 수행이 가능하게 되었다. 특히 엣지 컴퓨팅 H/W의 처리 능력이 향상됨에 따라 복잡한 AI알고리즘을 적용하면서도 실시간으로 데이터의 이상치를 탐지할 수 있게 되었으며, 이를 바탕으로 체계내 핵심 부품의 이상여부를 진단하고, 향후 고장으로 진행될 가능성을 예측하는 연구가 활발히 진행중이다. 본 연구에서는 항공기에서 생성되는 센서데이터의 이상치 탐지가 가능한 인공지능 알고리즘을 개발하였다. 전처리를 통해 생성된 센서데이터중 분석에 활용될 유효한 센서데이터를 선별하였고, LSTM AE, VAE, Transformer등 여러 가지 인공지능 알고리즘에 대한 이상치 탐지 성능을 비교하였다. 알고리즘의 이상치 탐지 성능과 실시간 데이터 처리성능을 종합 비교하여 현 항공기 데이터에 적합한 알고리즘을 제안하였다.

## 후기

이 논문은 2022년 정부(산업통상자원부 및 우주항공청)의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2022-00155650, 항공기 운영 데이터 수집 및 분석 소프트웨어 개발)

**Keywords:** Edge computing, Aircraft sensor data, LSTM AE, VAE, Transformer

발표자 / 이메일 정성필 / spjung@katech.re.kr

발표자 소속 및 직위 한국자동차연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

## 무기체계 배터리 상태 진단용 센서 개발

이필구<sup>†</sup>, 박재현(한국자동차연구원), 최보욱(현대로템)

### 요약

본 연구에서는 무기체계용 배터리(납축전지)의 배터리 냉간시동성을 나타내는 지표인 CCA(Cold Cranking Ampere) 측정이 가능한 IoT 센서 개발하였다. 온도 변화에 따른 출력 특성(CCA 등) 변화 DB를 확보하고, 배터리 상태 확인하기 위한 머신러닝기반 알고리즘을 센서에 삽입하였다. 센서는 2개의 직렬연결된 배터리의 상태를 동시에 측정할 수 있으며, 측정 결과는 블루투스 통신을 통해 외부 IoT 단말기에 데이터를 송신한다. 신규 배터리와 사용후 배터리에 대한 분위기 온도별 충/방전 시험을 통해 납축전지 성능 MAP을 구축하고, 머신러닝 모델을 이용하여 분위기 온도에 따른 납축전지 상태지표를 예측할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 끝으로, 배터리 상태 측정데이터를 이용하여 잔여 수명을 예측할 수 있는 방법론을 제시하였다.

### 후기

이 논문은 2022년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방기술진흥연구소의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRIT-CT-22-081, 무기체계 CBM+ 특화연구센터)

**Keywords:** Lead storage battery, Cold cranking ampere, Machine learning, IoT sensor, Residual life prediction

발표자 / 이메일 이필구 / pglee@katech.re.kr

발표자 소속 및 직위 한국자동차연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# SiC MOSFET 전력 소자의 열저항 측정 방법에 관한 연구

최성순<sup>†</sup>, 김상아, 방민지, 마병진(한국전자기술연구원)

## 요약

전력전자 분야에서 Si MOSFET은 핵심 전력 소자로 오랜 기간 사용되어 왔으며, 열저항(thermal resistance) 측정 방법이 정형화 및 표준화 되어 있다. 최근 SiC MOSFET이 넓은 밴드갭 특성을 기반으로, 고전압, 고주파, 고열 환경에서 우수한 성능을 보여 전력 반도체로 주목받고 있다. 그러나 패키징 구조, 열전달 경로, 온도 민감 전기 파라미터(TSEP: Temperature Sensitive Electrical Parameter) 등이 Si MOSFET과 상이하기 때문에 기존 Si MOSFET 측정방법을 그대로 적용하는 데 한계가 있다는 지적이 여러 연구에서 제기되고 있다.

이에 본 연구에서 Si MOSFET의 전통적인 열저항 측정 방법을 체계적으로 정리하고, SiC MOSFET에 적용할 때 고려해야 할 사항 및 측정시 차이점을 비교 분석함으로써, SiC 기반 전력 반도체의 열저항 측정 방법을 제시하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술진흥원의 소재부품기술기반혁신사업(소재부품산업기술 개발기반구축사업)의 일환으로 수행하였음. [RS-2023-KI002797]

발표자 / 이메일 김상아 / ksa2022@keti.re.kr

발표자 소속 및 직위 한국전자기술연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# Reliability and Availability Prediction of Navigation Satellites During the Ground Phase

이서윤<sup>†</sup>, 박근영(한국항공우주연구원)

## 요약

Satellite reliability prediction is the process of evaluating mission success over the design life of a satellite in orbit. Navigation satellite systems provide continuous positioning and timing services, where availability is a critical performance indicator. To maintain service stability, multiple satellites operate as a constellation, and additional backup satellites are stored on the ground until needed for deployment, replacement, or constellation expansion. Satellites that are stored for extended periods or delayed in development due to additional testing or launch schedule need to have their reliability reassessed to evaluate the impact on mission success. This study evaluates the effects of ground operations and storage on satellite reliability using MTBF conversion factors. These findings are essential for improving mission success rates and refining navigation satellite design and operational strategies.

**Keywords:** Reliability Prediction, Availability, Satellite Reliability

발표자 / 이메일 이서윤 / seoyoon@kari.re.kr

발표자 소속 및 직위 한국항공우주연구원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 모빌리티용 고기능성 플라스틱 소재의 S-N 커브 기반 피로 특성 분석 및 수명 예측

문기용, 고용주, 양지윤, 유진규<sup>†</sup> (한국화학융합시험연구원)

## 요약

최근 산업 현장에서 제품의 경량화와 높은 신뢰성 확보에 대한 중요성이 커지면서, 우수한 내구성과 안정성을 갖춘 고기능성 플라스틱 소재에 대한 수요가 증가하고 있다. 그러나 이러한 고기능성 플라스틱의 장기 내구성을 체계적으로 평가한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 기존 플라스틱 소재와 신규 개발된 고기능성 플라스틱 소재에 대한 반복 하중 조건에서의 S-N 커브(Stress - Number of Cycles to Failure)를 바탕으로 각 소재의 피로 수명을 평가하고자 한다.

연구 대상은 모빌리티용 댐퍼 적용을 목표로 개발된 고기능성 플라스틱 소재와 기존의 플라스틱 소재이며, 시험편은 노치(notch)를 가진 ISO 179-1 규격으로 제작하였다. 각 소재의 최대 인장 응력을 기준으로 10개의 응력 조건을 설정하였고, 각 응력 조건별 최소 3개 이상의 시험편을 사용하여 피로 시험을 수행하였다. 피로 시험은 응력비(Stress Ratio, R) 0.1, 피로 한도를 100,000회로 설정하였다. 수집된 데이터를 바탕으로 소재별 S-N 커브를 도출하였으며, 관측값과 예측값 간 오차 제곱합을 최소화하는 최소제곱법(Least Squares Method)을 적용하여 피로 수명 예측식을 산출하였다.

연구 결과, S-N 커브를 통해 기존 소재와 고기능성 소재 간의 피로 특성을 정량적으로 비교·분석하였고, 두 소재 간 피로 수명의 유의미한 차이를 확인하였다. 본 연구의 결과는 고기능성 플라스틱 소재의 피로 특성 평가 및 설계 기준 수립을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

**Keywords:** 피로시험, 수명평가, S-N Curve, Fatigue

발표자 / 이메일                      문기용 / kidragon@ktr.or.kr

발표자 소속 및 직위                      한국화학융합시험연구원

발표형태                                  구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표( ✓ )

## 밸브 접촉력 변화에 따른 기밀 성능 및 발열 분석

이용규(현대케피코)

### 요약

최근 차량 및 산업용 밸브 시스템에서는 소형화 및 저비용 구현을 위해 브러시드 DC 모터를 이용한 구동 방식이 널리 채택되고 있다. 그러나 반복적인 밸브 개폐 동작에서 발생하는 기계적 충격, 열 누적, 그리고 기밀 저하 문제는 밸브 시스템의 내구성과 신뢰성에 직접적인 영향을 미친다. 본 연구에서는 브러시드 DC모터 기반 밸브 시스템의 누름력, 기밀 성능, 및 발열 특성 간의 상호 연관관계를 해석적으로 규명하였다.

밸브 닫힘 구간의 힘-변위 특성에 따라 내부 압력 및 누설 유량 측정 시스템을 구축하여 밸브의 기밀 유지 한계 조건과 누름력의 관계를 정량적으로 평가하였다.

그 결과, 일정 수준 이상의 누름력 증가는 기밀 성능 개선에는 유효하나, 모터의 발열 및 효율 저하를 유발하는 상충 관계가 확인되었다. 본 연구는 밸브 시스템의 열-기계적 통합 설계 기준을 제시함으로써, 향후 고신뢰성 밸브 제어기의 설계 및 제어전략 최적화에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

**Keywords:** 브러시드 DC모터, 밸브 액추에이터, 누름력, 기밀성능, 열분석

발표자 / 이메일

이용규 / YongGyu.Lee@hyundai-kefico.com

발표자 소속 및 직위

현대케피코

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# Ping test를 활용한 고성능 제어기용 이더넷 통신 신뢰성 검증

정현택<sup>†</sup>, 김상수, 김우엽, 이도영(현대케피코)

## 요약

소프트웨어 정의 차량 (Software Defined Vehicle, SDV) 시대에는 차량 내 데이터 통신량이 급증하면서, 이더넷 통신 기술이 필수적으로 요구되고 있다. 특히 자율주행, 첨단 운전자 보조시스템 (ADAS), 인포테인먼트 등 다양한 기능이 통합되면서 제어기 간의 신속하고 안정적인 통신이 중요해지고 있다. 본 논문에서는 당사에서 개발중인 고성능 제어기 VPC-P (Vehicle Platform Controller - Performance)에 적용되는 APU (Application Processor Unit)의 이더넷 통신 검증을 위한 Ping test 적용 사례를 연구하였다. Ping 테스트는 통신 지연 시간 및 패킷 손실률을 측정하여 이더넷 통신의 안정성을 평가하는 데 사용되는 방법이다. Ping test 수행이 가능한 시뮬레이터 장비 개발을 통해 고온 내구, 진동 내구, 온도 싸이클, 온습도 싸이클 등의 환경 조건과 전자파 (EMC) 시험을 통한 가혹 환경에서 이더넷 통신의 신뢰성을 검증하였다.

발표자 / 이메일

정현택 / hyuntaek.chung@hyundai-kefico.com

발표자 소속 및 직위

현대케피코

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 급속충전기 파워모듈의 신뢰성 향상을 위한 고장분석 사례 공유 및 연속 운전 구조 제안

이홍서, 이도영<sup>†</sup>, 박천수(현대케피코)

## 요약

최근 급속충전기 산업에서는 잦은 고장으로 인한 가동률 저하가 주요 문제로 대두되고 있다. 특히 교류전력을 직류로 변환하는 핵심 부품인 파워모듈은 고장 발생 빈도가 높으며, 이를 해결하기 위해 고장분석 및 내구시험 모드를 개발하여 신뢰성 평가를 수행하고 있으나, 파워모듈 하나의 고장만으로도 전체 충전기의 동작이 중단되는 문제가 지속된다.

본 연구에서는 파워모듈의 신뢰성 향상을 위한 고장분석 사례 소개와 내구시험 모드 설명 그리고 파워모듈 개별 제어 및 모듈 단위 차단기 적용을 통해 고장 모듈을 분리 후, 시스템의 연속 운전을 가능하게 하는 구조 제안을 통하여, 급속충전기 가동률 향상과 운영 신뢰성 확보에 기여할 것으로 기대된다.

**Keywords:** 신뢰성, 파워모듈

발표자 / 이메일 이홍서 / Hongseo.Lee@hyundai-kefico.com

발표자 소속 및 직위 현대케피코

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 전원단-커패시터 사이의 이격거리에 따른 전압펄스 내성 관계 연구

송민식, 김상수, 이도영 이동기, 송재천(현대케피코)

## 요약

자동차 전장품은 모두 배터리를 통해 전원을 공급받고, 배터리로부터 공급받은 전원으로 구동하고 있다. 자동차용 전장품으로는 내연기관 기준으로 엔진제어기, 변속기제어기 혹은 파워트레인 제어기 (엔진제어기와 변속기제어기 통합) 및 기타 수많은 제어기와 모터, 센서 및 구동부 등이 실장된다. 모든 전자/전기 관련 부품들이 그렇듯 수많은 전장품이 구동 중에, 서지(Surge, 이상전압)이 발생할 수밖에 없고 이에 대한 내성의 신뢰성을 요구받을 수밖에 없다. 서지에는 대표적으로 시동 켜 때와 시동 꺼 때의 서지가 있다.

이런 서지를 포함한 다양한 서지에 대해 내성평가를 요구받고 있으며, 이를 만족하기 위해 커패시터, 다이오드 등이 적용된 보호회로가 전장품의 전원단에 적용된다.

우리는 이런 자동차환경에서 발생할수 있는 서지에 대해 보다 높은 강건성을 확보하기 위한 서지를 모사한 전압 펄스 내성평가를 하던 중, 커패시터와 전원 입력단의 거리에 따른 내성이 다름을 확인하였고 이를 고찰해보았다.

**Keywords:** 전원단, 커패시터, 서지, 이상전압, Surge, 전기적성능, IC, 반도체

발표자 / 이메일 송민식 / Minsik.Song@hyundai-kefico.com

발표자 소속 및 직위 현대케피코

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 실차 사용 환경을 고려한 전기이륜차 구동모터 내구시험 모드 개발

송원곤(현대케피코)

## 요약

전기이륜차는 기존 내연기관 이륜차와 달리 배터리를 원동력으로 움직이기 때문에 탄소 배출량이 없고, 소음도 적어서 친환경 이동수단으로 주목을 받고 있다. 전기이륜차를 구성하는 주요 부품들은 구동모터, MCU, VCU, DCDC 컨버터, EWP, 라디에이터, 리저버 탱크가 있다. 이 중 구동모터는 전기이륜차의 구동을 위한 동력을 생성하고 전달하는 장치로 모터, 감속기, 커넥터, 하우징 등의 다양한 부품으로 구성되어 있고, 고전압/고전류로 제어가 되는 제품이라서 내열/내진동 측면에서 높은 신뢰성이 요구되고 있다.

본 논문에서는 전기이륜차 구동모터 실차 사용 환경 기반으로 내구시험 장비를 구성하고, 내구수명(5년/5만km) 기준에서 아레니우스 모델을 적용하여 사용자 환경에 대해 고온 가속한 내구시험 모드를 개발하였다. 또한 내구 후 열화 수준을 분석하는 방법에 대한 부분도 가이드로 제시하였다.

**Keywords:** 전기이륜차, 구동모터, 내구시험, 고온 가속

발표자 / 이메일

송원곤 / WonGon.Song@hyundai-kefico.com

발표자 소속 및 직위

현대케피코

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# ETC 가속시험을 통한 주요 고장 유형 확인 및 분석 절차 연구

송원곤(현대케피코)

## 요약

ETC (Electronic Throttle Control)는 ECU의 제어 신호에 따라 밸브 플레이트가 구동하여, 흡입 공기량을 제어하는 DC 모터 및 기어 트레인 기반 액추에이터이다. 제품 장착 위치는 엔진룸에 위치하여 고온 환경에 대한 작동 내구성 측면 및 내진동성 측면에서 높은 신뢰성이 요구되고 있다.

본 논문에서는 ETC 실차 사용 환경을 가속하여 고온작동내구시험 및 진동내구시험을 실시하였고, 해당 시험을 통해 제품의 주요 고장 부품, 고장 유형, 고장 메커니즘을 확인하였다. 또한 고장 유형별 분석 절차에 대한 가이드도 제시하였다.

**Keywords:** ETC, DC 모터, 기어 트레인, 고장 유형, 분석 절차

발표자 / 이메일

송원곤 / WonGon.Song@hyundai-kefico.com

발표자 소속 및 직위

현대케피코

발표형태

구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 신뢰성안전 기반 수소투과저감 Type4 소구경 수소저장장치의 건전성해석(PHM) 기술개발

오봉식<sup>†</sup>(아주대학교), 김기홍(코리아에프티(주)), 서금석(신일화학공업(주))

## 요약

- Purpose: 국내완성차(현대차, 기아차, 한국GM, KG모빌리티, 르노코리아 등) 및 국외완성차(도요타, BMW 등) 에서 증가되는 신차개발 비용 절감 및 플랫폼 공용화 확대를 위해 수소전기차 플랫폼에 기존 대구경 수소저장장치를 수소전기차 배터리 장착 공간에 적용이 가능한 보다 더 경량화 소재를 적용한 소구경 수소저장장치 기술개발이 요청된다.

수소전기차 수소공급시스템의 핵심인 수소저장장치는 기체상태의 부피가 큰 수소를 700bar의 고압으로 압축 저장해야 하므로 수소투과차단성, 강도 및 내구성 있는 라이너 소재로 경량화 기술개발이 필요하며, 이 분야의 '고장예지 및 안전관리 건전성(PHM)' 관련 기술개발이 필요하다.

- Methods: 수소전기차 공용 플랫폼용 소구경 수소저장장치 구성품의 고장모드 분석 및 고장영향인자 도출, 핵심부품의 안전강화 DB 수집, 잔존수명(RUL) 예측 및 필드 리스크레벨 평가방안을 제시한다. 특히 수소저장장치는 안전신뢰성 및 기능안전 표준 평가 승인을 위하여 요구기준을 중심으로 테스트 데이터 확보 방안 연구와 이 분야에 부합하는 '상태 기반 정비(CBM) 및 고장예지 및 신뢰성안전 기반 건전성해석(PHM)' 기술개발한다.

- Results: 기능안전 국제표준(IEC61508), ECE GTR 표준, ISO/TS 15869 표준(\*2) 및 수소충전소 표준(\*3) 규격 등 필수 요구조건 Feature 선정 및 Feature Extraction 데이터 기반과 관련지어서 테스트 기술 방법을 연구하고, '상태 기반 정비(CBM) 및 고장예지 및 안전관리 건전성(PHM)'을 활용하여 건전성 해석 평가(Assessment)한다.

- Conclusion: 국내, 외 소구경 수소저장장치의 리스크(예, 환경조건, 온도, 압력, 진동, 충격 등)를 리부하고, Feature Selection 및 Future Extraction 안전 기반의 테스트 방법과 연계하여 '상태 기반 정비(CBM) 및 고장예지 및 안전관리 건전성(PHM)' 모니터링을 통한 수집데이터 Feature 전조에 해당하는 데이터를 검출 이후에 장치의 고장발생으로 이어지는 것을 LSTM-autoencoder AI 알고리즘을 통하여 확인하였다. 일부 유효한 결과가 얻어 지긴 했지만, 조금 더 실제적인 데이터로 결과를 증명할 필요가 있다. 또한 향후 다른 모델과의 성능 비교도 이루어져야 한다.

본 연구는 산업통상자원부 공고 제 2023-131 호 (과제명) (전기수소차/공용 수소저장 탱크 제품 전환형) 수소투과저감 및 경량화 라이너 소재적용 소구경 수소저장탱크 기술개발 (연구과제번호 20024911) 연구비 지원에 의해 수행되었다.

**Keywords:** ISO/TS15869:2009, IEC61508, CBM, PHM(Prognostics and Health Management), RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety)

발표자 / 이메일 오봉식 / bonjour2001@ajou.ac.kr

발표자 소속 및 직위 아주대학교

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)

# 위험관리(RM)기반의 유도탄 저장신뢰성평가(ASRP) 안전성 향상 방안 연구

박소연, 박순우, 홍성돈<sup>†</sup>(국방기술품질원), 오정일((재)피플)

## 요약

유도탄은 개발, 양산, 운영유지(장기보관)의 전 순기에 걸쳐 인적오류나 기술적 결함을 포함한 다양한 요인에 의해 폭발과 같은 위험을 내포하고 있어 안전관리가 매우 중요하다. 특히 유도탄 저장신뢰성평가(ASRP)는 배치되어 있는 저장탄을 시험 및 평가하기 위하여 운반하거나 완성탄을 분해하는 일련의 과정이 필요한데, 이 과정에서 위험성은 더욱 증가할 우려가 있음에도 불구하고 현재까지는 이에 대한 연구는 많지 않은 것이 현실이다.

본 연구는 이러한 유도탄 저장신뢰성평가 과정의 전반에 대한 안전성 확보를 위해 UN, NATO 등의 탄약 안전관리에 대한 문헌조사와 함께 FGI(Focus Group Interview)와 같은 현장 인터뷰를 병행하여, ASRP 전순기(계약-분해-이송-시험-반납-폐기)에 걸쳐 발생 가능한 위험요인을 체계적으로 식별 및 분석하였다. 이를 바탕으로 국내 실정에 적합한 위험관리(Risk Management) 기반의 신뢰성시험 안전관리 가이드라인을 제시함으로써, ASRP 전반의 안전성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

**Keywords:** Risk Management, Safety, Ammunition Stockpile Reliability program, guide-line

발표자 / 이메일 박소연 / sypark@dtaq.re.kr

발표자 소속 및 직위 국방기술품질원

발표형태 구두 발표( ), 특별세션 발표( ), 포스터 발표(✓)



## 제16회 대학생프로젝트 경진대회

### Enhancing Reliability and Performance of SOM Devices

지도교수: 최병준 / 팀원: 홍윤재, 양태준, 김동현(서울과학기술대학교)

### RAG 기반 개인 맞춤형 정책 추천 및 Q&A 에이전트 개발

지도교수: 김성준 / 팀원: 정형준, 박정욱, 노예은(조선대학교)

### 잡음 환경에 강건한 수직형 풍력터빈 최적 설계 조건 도출

지도교수: 성시일 / 팀원: 이동근, 김수연, 백지윤, 여은솔, 박유진, 김도완,  
이정빈, 조수권, 조민정(경기대학교)

### 충전 방식의 차이에 따른 리튬 이온 배터리 열화 요인 분석

지도교수: 권대일 / 팀원: 국태웅, 백승원, 윤혜린, 이서연, 한소연(성균관대학교)

### Multi Chemical Safty Drone (MCSD) 데이버 기반 설비 신뢰성 및 점검 품질 혁신 방안

지도교수: 김상훈 / 팀원: 박태건, 김경현, 송정훈, 이수원(전남대학교)

### 반도체 패키징용 글라스 인터포저 제조 공정 최적화를 위한 통계적 파괴강도 평가

지도교수: 변재원 / 팀원: 박수현, 어윤경(서울과학기술대학교)

### 전기화학 임피던스 분광법 기반 리튬이차전지 잔류수명 예측: 인공지능 모델 비교 연구

지도교수: 변재원 / 팀원: 노준혁, 최혁준(서울과학기술대학교)

### 반도체 CMP 공정에서의 신뢰성 있는 MRR 예측 모델링 기법

지도교수: 박승환 / 팀원: 김준협, 안민기, 이승민, 송성훈(충남대학교)

### Transformer 및 LLM 기반 End-to-End 구조를 활용한 반도체 설비의 RUL 예측 PHM 시스템 개발

지도교수: 송재욱 / 팀원: 김재엽, 김준식, 박승아, 이강진(한양대학교)

### 초고온 환경용 다층 세라믹 열차폐 코팅의 고장분석 및 수명 평가

지도교수: 변재원 / 팀원: 김시원, 백진수(서울과학기술대학교)

# Enhancing Reliability and Performance of SOM Devices via a Carbon Buffer Layer

홍윤재, 양태준, 김동현

*Seoul National University of Science and Technology, Korea*

**Advanced Nano Electronics Laboratory(ANEL)**

[제16회 대학생 신뢰성 프로젝트 경진대회]

## RAG 기반 개인 맞춤형 정책 추천 및 Q&A 에이전트 개발

조선대학교 산업공학과

팀원 : 박정욱, 정형준, 노예은

지도교수 : 김성준 교수님

- 1 프로젝트 개요
- 2 프로젝트 기획
- 3 AI Agent 개발
- 4 AI Agent 시스템 아키텍처 구현
- 5 결론 & 참고문헌
  - 성능 평가
  - 기존 시스템과 비교
  - 결론 및 기대효과

신뢰성학회 대학생 경진 대회 2025

## 잡음 환경에 강건한 수직형 풍력터빈 최적 설계 조건 도출

소속: 경기대학교 산업경영공학과  
지도교수: 성시일  
발표자 연락처: 010-2405-7866  
팀원: 이동근, 김수연, 백지윤, 여은솔, 박유진, 김도완, 이정빈, 조수권, 조민정

2025 제16회 대학생 신뢰성 프로젝트 경진대회

## 충전 방식의 차이에 따른 리튬 이온 배터리 열화 요인 분석

성균관대학교 시스템경영공학과 fir스트 팀  
국태웅 백승원 윤혜린 이서연 한소연





전남대학교  
(여수캠퍼스)

# Multi-Chemical Safety Drone

(데이터기반 설비 신뢰성 및 점검 품질 혁신 방안)



TEAM : SCP - 005

Leader : 박태건

Member : 김경현, 송정훈, 이수원

Adviser : 김상훈 교수님

2025. 11. 20 제 16회 대학생 신뢰성 프로젝트 경진대회

## 반도체 패키징용 글라스 인터포저 제조 공정 최적화를 위한 통계적 파괴강도 평가

서울과학기술대학교 신소재공학과

**박수현**, 어윤경

psh11277@seoultech.ac.kr

지도교수 : 변재원

byeonjw@seoultech.ac.kr



제16회 대학생 신뢰성 프로젝트 경진대회

## 전기화학 임피던스 분광법 기반 리튬이차전지 잔류수명 예측 : 인공지능 모델 비교 연구

서울과학기술대학교 신소재공학과

노준혁, 최혁준

tkxkd0326@seoultech.ac.kr

지도 교수 : 변재원

byeonjw@seoultech.ac.kr

## 반도체 CMP 공정에서의 신뢰성 있는 MRR 예측 모델링 기법

김준협<sup>1</sup>, 안민기<sup>1</sup>, 이승민<sup>1</sup>, 송성훈<sup>1</sup>, 박승환<sup>2,#</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 기계공학부, <sup>2</sup>충남대학교 기계공학과

발표자: junhyup.k@o.cnu.ac.kr

# 교신 저자: sh.park@cnu.ac.kr



제16회 대학생 신뢰성 프로젝트 경진대회

# Transformer 및 LLM 기반 End-to-End 구조를 활용한 반도체 설비의 RUL 예측 PHM 시스템 개발

김재엽, 김준식, 박승아, 이강진  
한양대학교 산업공학과

지도교수: 송재욱

## 초고온 환경용 다층 세라믹 열차폐 코팅의 고장분석 및 수명 평가

서울과학기술대학교 신소재공학과 학사과정

김시원

000ppy@seoultech.ac.kr

백진수

지도교수

변재원

byeonjw@seoultech.ac.kr



# 2025 한국신뢰성학회 추계학술대회

주제 : 글로벌 리스크 대응을 위한 신뢰성 경영

사단법인 한국신뢰성학회

서울특별시 강남구  
테헤란로 7길 22,  
한국과학기술회관 1관 910호

#910, 22, Teheran-ro 7-gil,  
Gangnam-gu, Seoul,  
Republic of Korea, 06130

Tel. (02)561-2872~3  
Fax. (02)561-2868  
E-mail. [koras@koras.or.kr](mailto:koras@koras.or.kr)



[koras.or.kr](http://koras.or.kr)