선박용 수소 연소 엔진 기반 전기 추진선 '휘광환(輝光丸)' 실증





수소 엔진 '6AYEL-H2'

선내 수소 발전·전기 추진 시스템 구성 개념도

수소 탱크 컨테이너 (고압 수소 저장) → 수소 엔전 발전기 컨테이너 (6AYEL-H2 × 2기) → 배전반 (전력 분배) → 전기 추진 시스템






- 수소 연료 비율 ≥95%
- CO_2 배출 감축 0.74톤 (시험 사례)
- 배기가스 규제 IMO Tier II 대응

paul@sneresearch.com

수소 전소 엔진 → 전기 추진 선박 실증 항행

- 일본재단은 수소 전소 엔진을 탑재한 유조선 '휘광환(輝光丸)'의 실증 항행에 성공했으며, 약 2시간 동안 33km를 운항해 기존 연료 대비 CO_2 배출량을 약 1.2톤 감축.
- 수소 全燒 엔진을 발전기로 활용해 기존 전기 추진 시스템에 전력을 공급하는 방식. 고압 수소 저장·공급 및 전력 전환 기술을 통합하여 수소 추진 선박의 실용화 가능성을 입증.
- 건조 단계부터 수소 연료 전환을 고려한 'Hydrogen-Ready' 설계와 기존 선박의 운항을 유지하면서 수소 추진 시스템으로 단계적 전환이 가능한 탈탄소화 모델을 제시.

1 실증 항행 개요 및 선박 제원



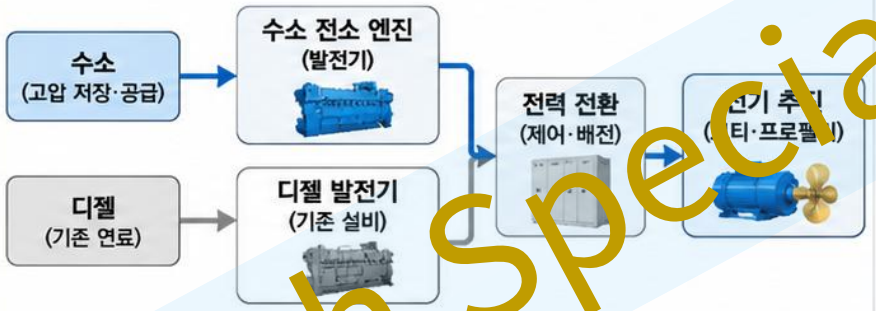
수소 전소 엔진 실증 항행 유조선 '휘광환(輝光丸)'

- 일본재단은 2026년 9월 25일 오사카만에서 수소 전소 엔진 탑재 유조선 '휘광환'의 실증 항행에 성공했으며, 같은 달 30일 선내를 보도에 공개했음
- 약 2시간, 약 33km(약 18해리)를 항행해 기존 연료 대비 CO_2 배출량을 약 1.2톤 감축했으며, 파일럿 점화 방식의 수소 전소 엔진을 탑재한 선박의 실증 항행은 세계 최초임 (2026년 9월 시점, 일본재단 조사)

소유·운항	우에노 트랜스텍(上野トランステック)
건조·완공	후쿠오카 조선 나가사키 공장, 2025년
선종	내항 유조선(전기 추진 탱커)
전장	약 94.9 m
총톤수	약 4,500 GT
적재량	약 5,000 kL

2 기술 구성 및 주요 특징

시스템 구성(개념도)



주요 기술 특징

- 수소 전소 엔진을 발전기로 사용해 기존 전기 추진 시스템에 전력을 공급하는 구조로, 엔진 전소기술과 함께 고압 수소의 저장·공급, 전원 전환, 선박 안전 설계를 종합적으로 구현했음
- 건조 단계에서 '수소연료 레이디' 설계를 적용해 수소저장설비의 배치와 안전요건을 사전에 반영했음
- 우선 디젤 발전기를 갖춘 전기추진탱커로 완성한 후, 수소엔진 발전설비와 수소탱크를 추가하는 레트로핏 방식으로 실증에 대응했음
- 추가기기 배치와 안전요건을 건조단계부터 설계에 포함해, 기존 연료 운항을 유지하면서 수소 연료로 전환할 수 있는 확장성을 확보했음

3 사업 배경 및 의의

- 일본재단이 2022년에 시작한 '제로 방출 선 프로젝트'의 실선 시험선으로, 해운 분야의 탈탄소화를 위한 실증 플랫폼임
- 수소 전소 엔진의 실제 운항을 통해 선박 분야에서 수소의 실용성과 CO_2 저감 효과를 검증했음
- 기존 선박을 수소 연료 대응으로 전환할 수 있는 레트로핏 방식을 통해, 단계적·현실적인 탈탄소 전환 모델을 제시했음

4 개발 컨소시엄 및 역할

구분	기관(기업)	주요 역할
사업 주관	일본재단 (日本財団)	• '제로 방출 선 프로젝트' 추진 및 실선 시험 운영
수소 엔진 개발	안마 파워 솔루션 (Yanmar Power Solution)	• 수소 전소 엔진 및 관련 기기 개발
선박 개조·운항	우에노 트랜스텍 (上野トランステック)	• 선박 개조(Retrofit) 및 승무원 교육·운항

자료: 日本財団(일본재단) 보도자료(2026.09.30), ITmedia(船のデジタル化, 2026.11.17), 우에노 트랜스텍, 안마 파워 솔루션 등 언론·공개자료 종합, SNE Research 정리(2026.11)

SNE Research Special Insight

수소 전소 엔진 → 전기 추진 선박 실증 항행

- 휘광환은 1,300kW급 디젤 발전기 4기와 1,650kW급 추진 전동기 2기를 탑재하고, 인버터 제어를 통해 2축 프로펠러를 구동하는 전기 추진 시스템을 구축.
- LIB로 추진 전동기의 부하 변동을 흡수하고 발전기 운전을 최적화하며, 공통 배전 계통을 통해 추진 동력과 선내 설비 및 카고 펌프에 전력을 공급하는 통합 전력 [illegible] 기술을 적용.
- 기존 디젤 발전기와 축전지 중심의 전기 추진 시스템에 수소 전소 엔진 발전기를 추가하고 전원을 전환하는 방식으로, 수소 연료 기반의 친환경 전기 추진 [illegible]을 실증.

5 발전·추진 시스템 구성 및 제원



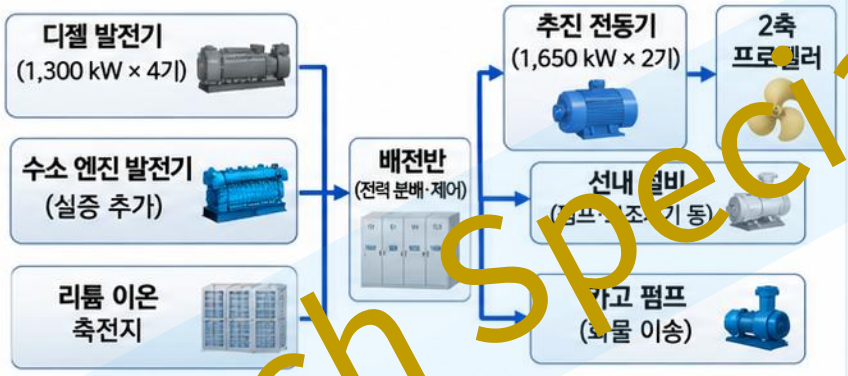
선체 내 디젤 기관실

- 통상 항행 시 디젤 발전기로 전력을 생산해 배전반을 거쳐 추진 전동기에 공급하고, 인버터로 회전속도를 제어해 2축 프로펠러를 구동함
- 발전기와 추진 전동기를 기계적으로 직결하지 않아 동력원과 추진장치의 배치 유연성이 높음

디젤 발전기	1,300 kW × 4기 (합계 5,200 kW)
추진 전동기	1,650 kW × 2기 (합계 3,300 kW)
추진 방식	인버터 제어 전기 추진(2축 프로펠러)
축전지	리튬 이온 축전지(부하 변동 흡수·부하 평준화)

6 전력 계통 구성 및 운용 개념

전력 계통 구성(개념도)



운용 특징

- 리튬 이온 축전지가 항행 중 추진 전동기의 부하 변동을 흡수하여 발전기의 부하를 평준화하고, 전력 수요에 따라 발전기 운전 대수를 제어함
- 정박 시에는 축전지로 전력을 공급해 발전기 운전을 억제할 수 있음
- 추진 전동기 외에도 선내 설비와 카고 펌프에 공통 배전 계통으로 전력을 공급할 수 있어, 유조선의 화물 이송 등 대용량 동력 수요에 대응 가능함
- 실증 운항에서는 기존 디젤 발전기에 더해 수소 엔진 발전기를 추가하여 전원을 전환해 운항함

7 제어·배전 설비(기관 제어실)



배전 설비

- 발전기와 축전지의 전력을 배전 계통에 모아 추진 전동기 및 각종 선내 부하에 공급함



조작 테이블 (기관 제어실)

- 다수의 아날로그 계기, 표시 장치 및 조작 스위치로 구성되어 발전기·축전지·추진 전동기를 협조 제어함

자료: 日本財団(일본재단) 보도자료(2026.09.30), ITmedia(船のデジタル化, 2026.11.17), 우에노 트랜스텍, 안마 파워 솔루션 등 언론·공개자료 종합, SNE Research 정리(2026.11)

SNE Research Special Insight

수소 전소 엔진 → 전기 추진 선박 실증 항행

- 전기 추진 방식의 기기 배치 자유도를 활용해 수소엔진 발전기와 고압수소 저장설비를 추가 설치하여 기존 추진 시스템을 유지하면서 수소 연료로 전환할 수 있는 기술적 기반을 확보.
- 수소 전소 엔진 '6AYEL-H2'를 적용한 450kW급 발전기 2기(총 900kW)와 LIB를 연계하여 항행에 필요한 전력을 공급하고, 기존 3,300kW급 추진 전동기 시스템을 그대로 활용.
- 수소 엔진 발전기와 LIB에서 생산·저장한 전력을 배전 계통에 공급해 전동기와 선내 설비를 구동함으로써, 수소 기반 전기 추진 선박으로 단계적으로 전환할 수 있는 가능성을 입증.

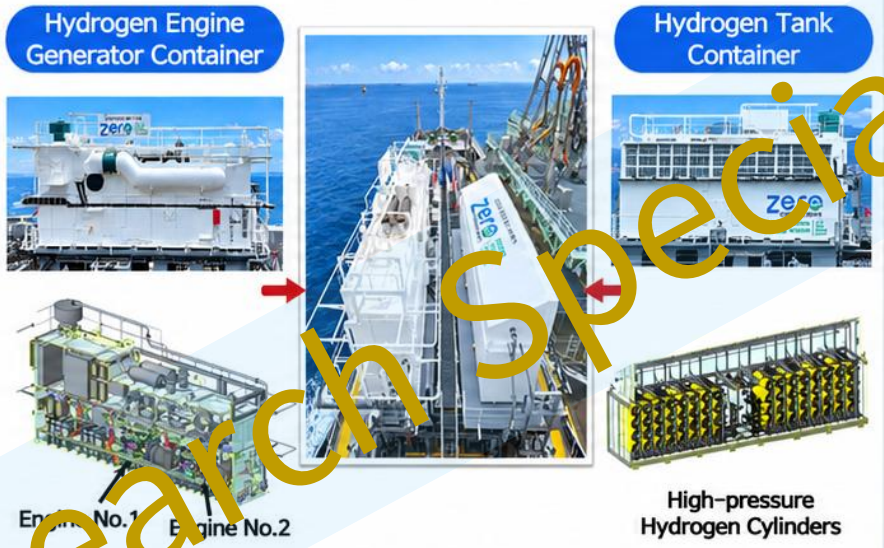
8 기기 배치의 자유도 및 기술적 의의

- 전기 추진 방식은 발전기와 추진 전동기를 전력 케이블로 연결할 수 있어, 주기관과 추진축계로부터 떨어진 갑판 등 다양한 위치에 발전 설비를 배치할 수 있음
- 이러한 배치 유연성을 활용해 갑판에 수소 엔진 발전설비를 추가할 수 있었으며, 수소 연료 적용과 실증 운항을 가능하게 한 핵심 요인으로 작용함
- 수소 엔진 발전기(450 kW × 2기, 합계 900 kW)와 축전지를 조합해 실증 항행에 필요한 출력을 확보했고, 추진 전동기(합계 3,300 kW)는 기존과 동일하게 운용함

주요 제원 및 구성

수소 엔진 발전기	450 kW × 2기 (합계 900 kW)
추진 전동기	1,650 kW × 2기 (합계 3,300 kW)
연료 공급	고압 수소 저장·공[illegible] 시스템 (수소탱크 컨테이너)
발전기 배치	갑판 상 [illegible]테이너(수소 [illegible]진 발전기)
실증 운항	[illegible] + [illegible] 조합으로 추진 전력 공급

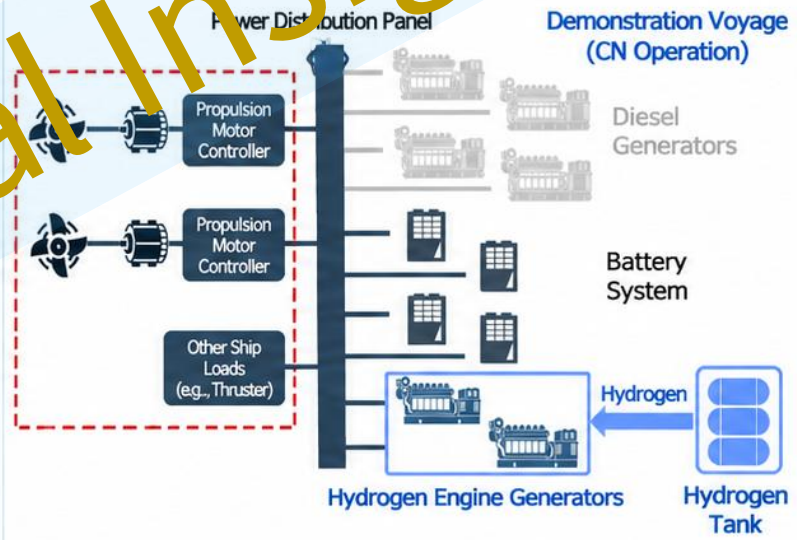
9 갑판상의 수소 관련 설비 배치 및 구성



설비 구성 및 기능

- **수소 엔진 발전기 컨테이너:** 수소 전소 엔진 '6AYEL-H2' 2기와 발전기, 운전에 필요한 보조 기기를 탑재
- **수소탱크 컨테이너:** 수소 엔진에 연료를 공급하는 고압 수소 저장 설비
- **고압 수소 용기군:** 수소를 고압으로 저장해 안정적으로 공급

10 실증 항행 시 전력 계통 구성



운용 개요

① 수소 엔진 발전기로 전력을 생산하여 배전 계통에 공급함
② 리튬 이온 배터리로 전력을 저장하고, 전력 수요 변동을 보완함
③ 추진 전동기를 통해 프로펠러를 구동하고, 선내 설비(펌프, 보조기기 등)에 공통으로 전력을 공급함

자료: 日本財団(일본재단) 보도자료(2026.09.30), ITmedia(船のデジタル化, 2026.11.17), 우에노 트랜스텍, 안마 파워 솔루션 등 언론·공개자료 종합, SNE Research 정리(2026.11)

SNE Research Special Insight

수소 전소 엔진 → 전기 추진 선박 실증 항행

- Yanmar 파워 솔루션은 기존 선박용 디젤 엔진을 기반으로 직렬 6기통 수소 전소 엔진 '6AYEL-H2'를 개발했으며, 1기당 490kW의 기관 출력과 450kW의 발전기 출력을 확보.
- 소량의 HVO(전체 에너지의 5% 미만)를 점화원으로 사용하는 파일럿 착화 방식을 적용하고, ECU 기반 수소 분사·연소 제어와 실린더 내압 감지를 통해 안정적인 수소 연소를 구현.
- 수소의 높은 착화성, 누출 위험 및 금속 취성에 대응하기 위해 연소 제어·안전 대책·재료 평가 기술을 개발했으며, 2029년 수소 전용 불꽃 점화 방식의 육상 시험을 추진하고 있음.

11 수소 엔진 '6AYEL-H2'의 주요 사양



수소 엔진 컨테이너(좌현·내부)

- 얀마 파워 솔루션이 개발한 수소 전소 엔진 '6AYEL-H2'를 수소 엔진 발전기에 적용
- 선박용 디젤 엔진을 기반으로 한 전자 제어식 직렬 6기통 4스트로크 기관으로, 1기당 기관 정격 출력은 490kW, 발전기의 정격 전기 출력은 450kW

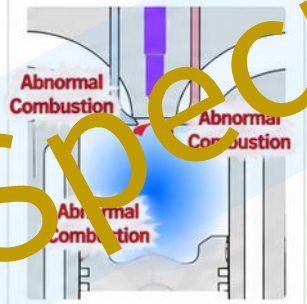
엔진 형식	전자 제어식 직렬 6기통 4스트로크 (디젤 엔진 기반)
실린더 내경	155 mm
행정	180 mm
정격 회전 속도	1,800 rpm
기관 정격 출력	490 kW (1기당)
발전기 정격 출력	450 kW (1기당)
탑재 대수	2기 (총 900 kW)

12 연소 방식과 제어 기술

파일럿 착화 방식의 수소 전소

- 소량의 액체 연료를 착화원으로 사용해 수소와 공기의 혼합기를 연소
- 파일럿 연료로 HVO(수소화 식물유)를 사용하고, 투입량을 전체 에너지의 5% 미만으로 억제
- 수소를 주연료로 하고 소량의 HVO로 점화하는 방식을 '수소 전소'로 정의하고, 이번 실증을 탄소 중립 항행으로 추진
- 향후 수소만으로 혼합기를 연소하는 불꽃 점화 방식도 개발 중이며, 2029년 육상 시험을 예정

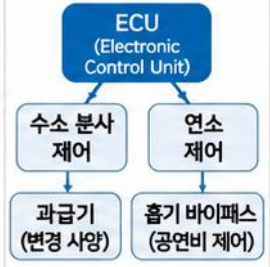
연소 방식 개념도 (파일럿 착화)



수소 연소에 대응한 주요 제어 기술

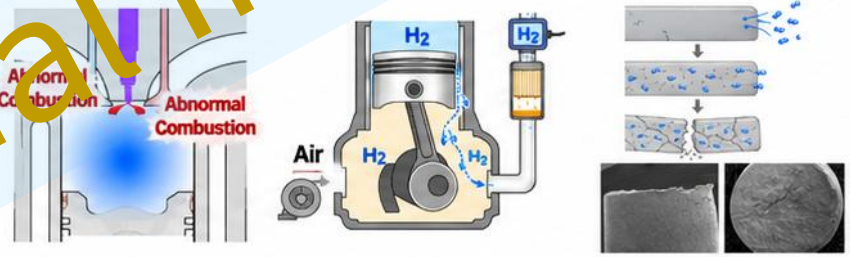
- 수소의 높은 반응성으로 인한 이상 연소에 대응하기 위해 실린더 내압 센서를 추가하여 이상 연소를 실시간으로 검지
- ECU(Electronic Control Unit)가 수소 분사량과 연소를 정밀하게 제어
- 과급기 변경 및 흡기 바이패스(흡기 우회)로 공연비를 제어하여 안정적인 연소를 구현

제어 시스템 개념



13 수소의 주요 특성과 기술 과제

점화하기 쉽다 | 누출되기 쉽다 | 금속을 취약하게 한다



연소 제어 기술 | 안전 대책 기술 | 재료 평가 기술

수소의 특성과 대응 과제

수소의 특성	발생할 수 있는 문제	주요 대응 기술
점화하기 쉽다	예정된 시점 이전의 점화로 이상 연소(노킹) 발생	• 실린더 내압 센서로 이상 연소 검지 • ECU를 통한 연소 제어
누출되기 쉽다	배관 및 엔진 내부에서 수소 가스 누출 위험	• 수소 취급 설비의 기밀성 확보 • 누출 감지 및 안전 시스템 구축
금속을 취약하게 한다	부품의 강도 저하 및 내구성 악화	• 수소 환경에 적합한 재료 선정 • 재료 평가 및 내구성 검증

자료: 日本財団(일본재단) 보도자료(2026.09.30), ITmedia(船のデジタル化, 2026.11.17), 우에노 트랜스텍, 얀마 파워 솔루션 등 언론·공개자료 종합, SNE Research 정리(2026.11)

SNE Research Special Insight

수소 전소 엔진 → 전기 추진 선박 실증 항행

- 얀마 파워 솔루션은 기존 선박용 디젤 엔진의 피스톤, 캠축, 과급기 및 연료 분사 계통을 개량하여 수소 연소에 적합한 엔진을 개발.
- 수소 공급 배관의 이중관 구조, 벤트 밸브, 크랭크 케이스 소기 및 ECU 제어 기술을 적용하여 수소 누출 방지와 연소 안전성을 강화.
- 수소 접촉 부품의 취화 평가와 내구성 검증을 실시했으며, 일본 해사협회(NK)의 사용 승인과 NOx 인증을 취득하고 IMO Tier II 규제에 대응.

14 엔진 개량 범위 및 인증 현황

주요 개량 범위

- 기존 선박용 디젤 엔진을 수소 대응으로 개량해 연소실, 급기, 연료 공급, 가스 배출, 제어 장치 등 광범위한 변경을 실시
- 피스톤의 압축비와 형상, 캠축의 밸브 타이밍을 조정하여 수소 연소 상태를 최적화
- 수소 분사 밸브와 주변부의 누설 방지, HVO 미량 분사를 위한 디젤 연료 분사 계통도 개량

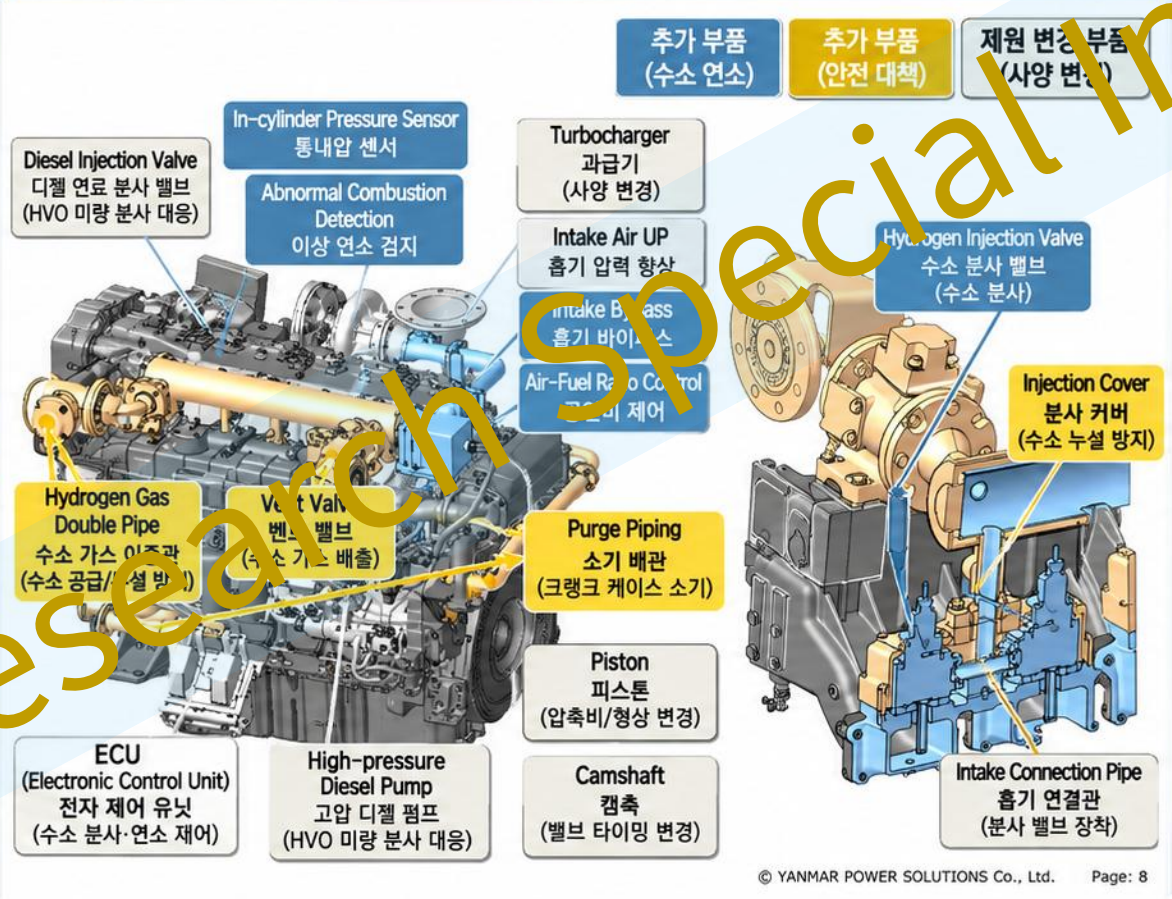
인증 및 규제 대응

사용 승인	일본 해사협회(NK) 사용 승인 취득
NOx 인증	NOx 인증 취득
배기가스 규제	IMO Tier II 대응

기술적 특징

- 수소 누설 대책으로 공급 배관 이중관, 벤트 밸브에 의한 가스 배출, 크랭크 케이스 소기를 적용
- 수소 접촉 금속 부품은 수소 취화에 대한 재료 평가를 실시해 내구성을 검증

15 엔진 개량 개소 및 주요 추가·변경 부품



16 주요 변경 항목과 효과

변경 항목	주요 내용 및 효과
연소실 (피스톤)	• 압축비 및 형상 변경 • 수소의 연소 특성에 맞춰 연소 상태 조정
밸브 계통 (캠축)	• 밸브 타이밍 변경 • 연소 안정성 및 효율 향상
연료 공급 (수소/HVO)	• 수소 분사 밸브 및 주변부 누설 방지 강화 • HVO 미량 분사를 위한 디젤 연료 분사 계통 개량(전체 에너지의 5% 미만)
가스 배출·크랭크 케이스	• 벤트 밸브로 수소 가스 배출 • 크랭크 케이스 소기 적용
공급 배관	• 수소 공급 배관에 이중관 채용 • 수소 누설 위험 저감
재료	• 수소에 접하는 금속 부품의 수소 취화 평가를 통해 내구성 검증
제어 장치 (ECU)	• ECU로 수소 분사·연소 최적 제어 • 통내압 센서로 이상 연소 실시간 검지

자료: 日本財団(일본재단) 보도자료(2026.09.30), ITmedia(船のデジタル化, 2026.11.17), 우에노 트랜스텍, 얀마 파워 솔루션 등 언론·공개자료 종합, SNE Research 정리(2026.11)

SNE Research Special Insight

수소 전소 엔진 → 전기 추진 선박 실증 항행

- 휘광환은 갑판에 수소 엔진 발전기 컨테이너와 수소 탱크 컨테이너를 설치하고, 기존 전기 추진 시스템과 연계하는 수소 추진 구조를 구현.
- 수소 전소 엔진 '6AYEL-H2' 2기와 고압 수소 용기 64개를 탑재하고, 저장된 수소를 감압·공급하여 발전하는 시스템을 구축.
- 수소 저장·발전 설비를 분리한 모듈형 컨테이너 구조를 적용해 설치 유연성과 안전성을 확보하고, 기존 디젤 발전 시스템의 수소 전환 가능성을 입증.

17 갑판상 수소 설비의 구성과 설치 개요



브릿지 옥상에서 본 갑판상의 수소 설비



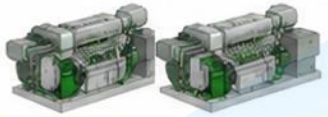
우현측에서 본 갑판상의 수소 관련 컨테이너

18 설비 구성과 연료 공급 계통

갑판상 수소 설비의 구성

수소 엔전 발전기 컨테이너

- 수소 전소 엔전 '6AYEL-H2' × 2기
- 발전기(Generator)
- 보조 기기(운전에 필요한 설비)

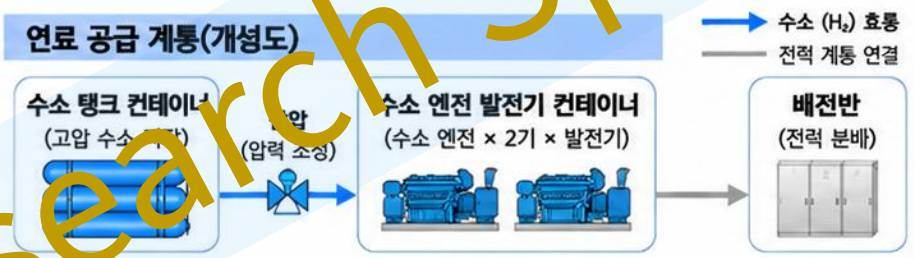


수소 탱크 컨테이너

- 고압 수소 용기 × 64개
- 고압 수소 저장 설비
- 압력 조정 장치(감압)



연료 공급 계통(개념도)



주요 구성 및 사양

수소 엔전 발전기 컨테이너	• 수소 전소 엔전 '6AYEL-H2' × 2기 발전기 및 운전 보조 기기
수소 탱크 컨테이너	• 고압 수소 용기 × 64계 고압 저장 및 압력 조정(감압) 설비
연료 공급 방식	• 고압 저장학 수소를 괄랍하여 엔진으로 공급
설치 위치	• 갑판 상(기존 확를 배런 및 보로 인접)

19 설치 특징과 설계상의 고려사항

주요 특징

- 수소 엔진 발전기 컨테이너와 수소 탱크 컨테이너로 구성
- 수소 저장 구획과 발전 구획을 분리하고 배런으로 연료를 공급
- 수소 이용 기기를 컨테이너 단워로 접악해 전기 추전선의 전력 계통에 연결
- 기준의 디젤 발전 동 동력원을 유지하면서 추가 설치가 가능

설계상의 고려사항

- 견조 단계부터 수소 탱크의 배치를 성정하여 선체의 안전 설계를 고려
- 갑판 상 설치 시 보로나 배란과의 긴넙, 운용 및 안전성 확보를 반영

설치 효과

기존 동력원의 유지	디젤 발전 동 기존 시스탱을 유지하며 수소 설비를 추가
모듈형-유연한 설치	컨테이너 단워로 구성해 갑판상에 효율직으로 배치
전기 추진과의 연계	선박의 기존 배전 계통과 연결해 추전 전동기 구동 가능
안전성 확보	수소 자장-공급 발전의 분리와 선채 안전 설계를 반영

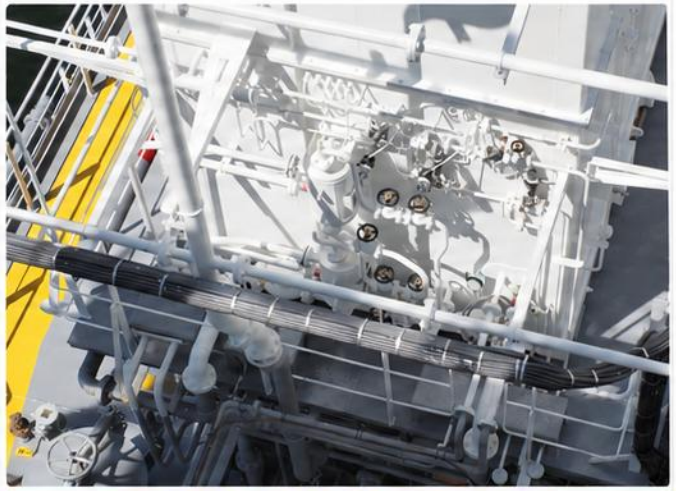
자료: 日本財団(일본재단) 보도자료(2026.09.30), ITmedia(船のデジタル化, 2026.11.17), 우에노 트랜스텍, 안나 파워 솔루션 동 연료-공개자료 종합, SNE Research 정리(2026.11)

SNE Research Special Insight

수소 전소 엔진 → 전기 추진 선박 실증 항행

- 휘광환은 갑판에 수소 연료 공급 배관과 누출 감지·가스 배출 설비를 설치하고, 수소 저장부터 엔진 공급까지의 안전성을 강화.
- 수소 저장탱크와 엔진 발전기를 컨테이너 단위로 모듈화하고 기존 디젤 발전 시스템과 연계하여, 수소·디젤 운항 간 전원 전환과 설비 운용의 유연성을 확보.
- 이동식 수소 스테이션을 이용한 항만 내 수소 충전부터 선내 발전과 전기 추진 항행까지 전 과정을 실증하여, 수소 연료 선박의 통합 운용 가능성을 확인.

20 수소 설비 주변 배관 및 안전 설계



갑판상의 수소 설비 부근 배관·피팅·밸브류

주요 특징

- 저장탱크부터 엔진까지의 수소 연료 공급 배관과 함께 누설 검지 및 가스 배출 경로를 포함한 안전 설계 적용
- 갑판 상 수소 설비 주변에 다중 배관, 피팅, 밸브를 밀집 배치하여 안정적 연료 공급과 안전 운전을 확보
- 선박 전체의 화재·폭발 위험을 고려한 설비 배치와 배출 경로를 검토하고, 화물구역 상부에 수소 설비를 설치

21 컨테이너 방식의 설비 구성과 시스템 연계

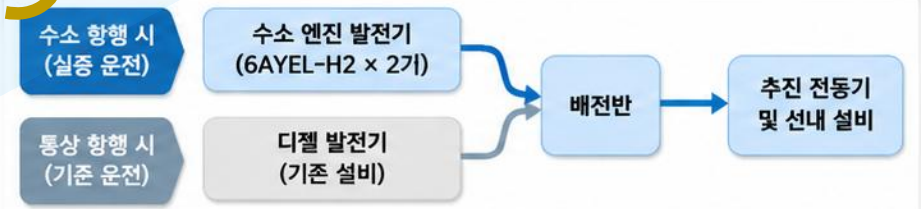
컨테이너 방식의 주요 특징

- 엔진, 보조기기, 연료 저장 설비를 컨테이너 단위로 일체화하여 설치·운용이 용이
- 기준 디젤 발전기를 유지하여 통상 항행과 수소 항행 시 전원 분리 운전 가능
- 선체 건조 단계부터 수소 설비 추가를 고려해 설치 공간, 배관 경로, 전력계통 연결 동을 사전 준비

설비 구성 개념도



시스템 운용 개념

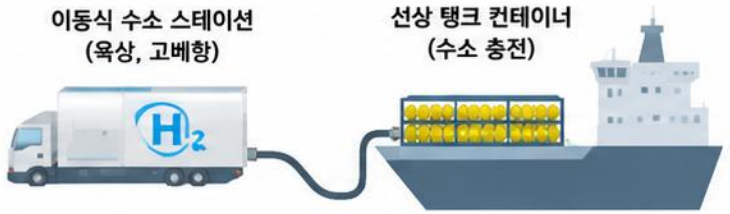


22 안전 대책과 연료 보급(벙커링)

주요 안전 대책

엔진 측 대책	● 이중 배관 및 소기 계통 적용 ● 누설 검지 및 이상 시 가스 배출
저장·공급 측 대책	● 탱크의 누설 검지 및 감압 시스템 적용 ● 가스 배출 경로 확보 및 확산을 고려한 배치
선체 안전성 확보	● 화물구역 상부에 수소 설비 설치 ● 화재·폭발 대책을 포함한 선체 안전 검토

연료 보급(벙커링) 실증



실증 범위

- 항만의 이동식 수소 스테이션에서 전용 호스로 선상 탱크에 수소를 충전(벙커링)하여 연료 보급 절차 검증
- 수소 보급, 선내 발전, 전기 추진 항행까지의 전 과정을 하나의 시스템으로 설증

자료: 日本財団(일본재단) 보도자료(2026.09.30), ITmedia(船のデジタル化, 2026.11.17), 우에노 트랜스텍, 안마 파워 솔루션 등 언론·공개자료 종합, SNE Research 정리(2026.11)

SNE Research Special Insight

수소 전소 엔진 → 전기 추진 선박 실증 항행

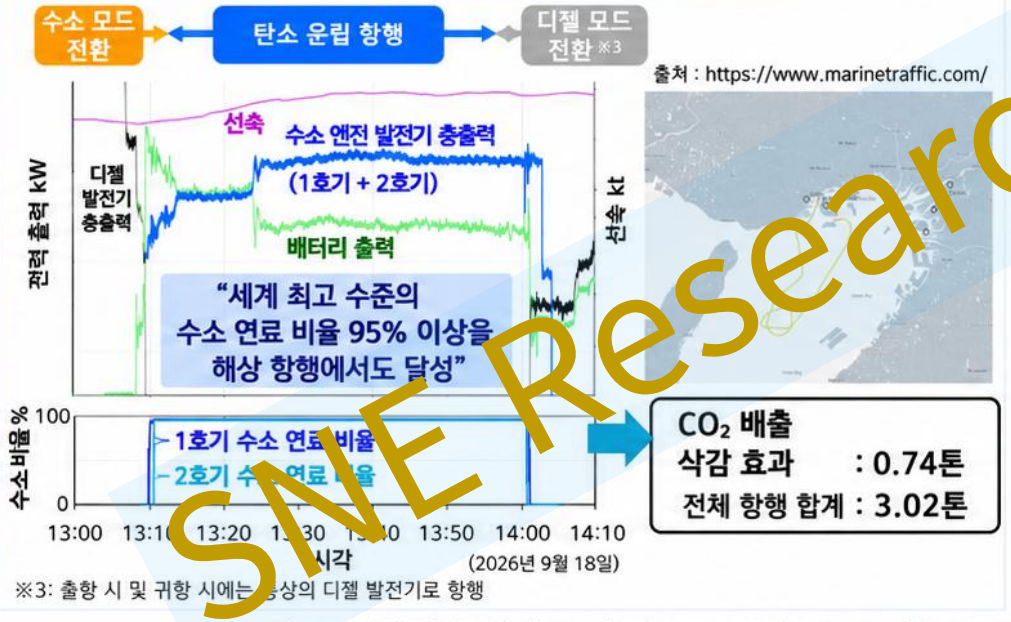
- 휘광환은 2026년 9월 해상시험에서 수소 엔진 2기 모두 수소 연료 비율 95% 이상을 달성했으며, CO_2 배출량을 0.74톤 감축하여 수소 전기 추진의 실효성을 입증.
- 수소 엔진 발전기와 축전지를 연계한 전기 추진 항행에 성공했으며, 상용화를 위해 수소 공급 인프라 확충, 충전시간 단축, 승무원 안전교육 및 연료비 절감이 요구됨.
- 수소 연료 보급부터 선내 발전·추진까지 통합 시스템을 실증했으며, 향후 녹색 수소 확대와 Well-to-Wake 관점의 탄소 감축 및 지속적인 상용운항 검증을 추진할 예정.

23 해상시험 결과(2026년 9월 18일)

시험 운전 개요

- 2기의 수소 엔진이 모두 수소의 에너지 비율 95% 이상으로 운전
- 출항/귀항 시에는 기존 디젤 발전기를 사용하고, 항행 중에 전원을 수소 모드로 전환하여 운전
- 본 시험 사례의 CO_2 배출 삭감 효과는 0.74톤 (9월 25일 실증 항행의 약 1.2톤과는 다른 결과)

시험 운전 데이터(예시)



※3: 출항 시 및 귀항 시에는 통상의 디젤 발전기로 항행

24 상용운항을 위한 운영 과제

승무원 교육과 안전한 운용

- 승무원은 수소 취급에 높은 긴장감으로 업무에 임함
- 사전 교육을 통해 수소에 대한 공포심을 완화하고 안전하게 작업할 수 있는 상태를 형성하는 것이 중요
- 일본재단은 향후 실증에서 얻은 지견을 바탕으로 교육내용과 지원체제를 검토할 방침

주요 운영 과제

수소 공급 거점의 정비	• 선박용 수소의 공급 인프라 구축
보급 시간의 단축	• 수소 충전(보급) 시간 단축과 효율화
선박용 기기의 확충	• 수소 대응 엔진, 연료 공급 시스템 등의 확대
연료 가격	• 수소 연료의 경제성 확보 (비용 절감)

25 향후 전망 및 의의

Well-to-Wake 관점과 녹색 수소

- 선상에서의 수소 연소·배출뿐만 아니라, 제조에서 공급까지를 포함한 "Well-to-Wake"의 관점이 중요
- 녹색 수소의 이용 확대가 필요

실증의 성과와 의의

- 수소 엔진의 개발과 전기 추진선에의 실장
- 연료 보급(충전)과 승무원의 운용을 조합한 실증
- 해상에서의 높은 수소 연료 비율(95% 이상)과 CO_2 배출 삭감 효과 확인

향후, 지속적인 상용운항을 위한 검증을 진행할 예정

SNE Research Special Insight

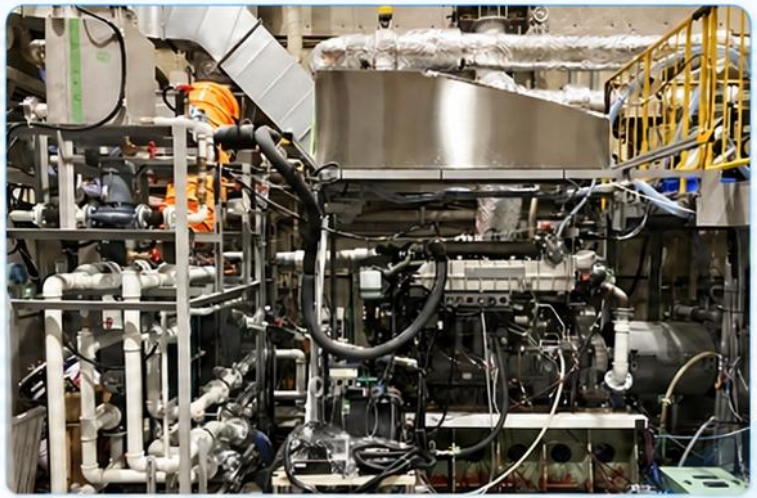
자료: 日本財団(일본재단) 보도자료(2026.09.30), ITmedia(船のデジタル化, 2026.11.17), 우에노 트랜스텍, 안마 파워 솔루션 등 언론·공개자료 종합, SNE Research 정리(2026.11)

본 과제의 이전 실험 : 수소 전소 엔진 육상에서 실증('24.10)

- 얀마 파워 테크놀로지는 2024년 파일럿 착화식 6기통 수소 4스트로크 고속 엔진의 육상 실증에 성공했으며, 약 500kW의 정격 출력과 세계 최고 수준의 수소 연료 비율을 달성.
- 소량의 디젤 연료를 점화원으로 사용하는 수소 엔진을 개발하고, 바이오연료 적용과 불꽃 점화식 수소 전소 엔진의 병행 개발을 통해 제로에미션 기술을 고도화하고 있음.
- 수소 엔진 발전기와 배터리를 결합한 하이브리드 전기 추진선을 개발하여 2026년 실증운항 및 선급인증을 추진하고, 2030년경부터 내항선박의 탄소중립 전환에 기여할 계획.

얀마, 제로에미션선용 수소 엔진 육상 실증 성공 (정격 출력 500kW)

YANMAR



파일럿 착화식 수소 4스트로크 고속 엔진(6기통) 시험 벤치

수소 엔진 실증 개요

엔진 형식	파일럿 착화식 수소 4스트로크 고속 엔진
구성	6기통
정격 출력	약 500kW
연소 방식	소량의 디젤(또는 바이오연료)을 점화원으로 한 수소 예혼합 연소
주요 성과	동일 방식 수소 엔진 중 세계 최고 수준의 수소 연료 비율과 약 500kW 출력 달성

수소 엔진 대응 하이브리드 전기 추진선 개념도

컨테이너형 수소 발전장치 (갑판 탑재)



수소 엔진 (파일럿 착화식 / 불꽃 점화식)



수소 연료 공급 시스템 (저장·공급·안전)



수소 엔진 대응 하이브리드 전기 추진선

기술 및 개발 방향

- 파일럿 연료를 바이오연료로 전환해 제로에미션화 시험을 지속 추진
- 2026년 실증운항을 위한 선급인증 취득을 목표로 개발 진행
- 파일럿 착화식과 불꽃 점화식(수소 전소) 엔진을 동형식으로 개발해 육상 실증을 병행 실시

프로젝트 개요 (일본재단 제로에미션선 프로젝트)

- 2050년 내항 분야 탄소중립을 목표로 수소 연료 선박 개발 추진
- 수소 엔진 발전기와 배터리를 조합한 하이브리드 전기 추진선 개발
- 얀마(엔진 개발), 우에노 트랜스텍(선박 개발·건조) 등 컨소시엄 참여

개발 로드맵 및 목표

2024년	2036년	2030년경~
육상 실증 개시 (6기통 수소 엔진)	실증운항 (선급인증 취득)	내항선박 수소 기반 제로에미션화 추진

SNE Research Special Insight