

# 무인 항공기용 연료 전지 동력 시스템 개발

김태규\* · 심현철\* · 권세진\*

## Development of Fuel Cell Power System for Unmanned Aerial Vehicle

Taegy Kim\* · Hyunchul Shim\* · Sejin Kwon\*

### ABSTRACT

Fuel cell power system was developed for high-endurance unmanned aerial vehicle (UAV). Liquid chemical hydride was selected as a fuel due to its high energy density. Liquid storage of the fuel is an ideal alternative solution of the existing compressed hydrogen storage. The fueling system that extracts hydrogen from chemical hydride consists of catalytic reactor, micro-pump, fuel cartridge, separator, and controller. The fuel cell power system including the fueling system and the fuel cell that generates electricity was integrated into a proposed UAV. The performance verification of the fuel cell power system was performed to use as a power plant of the UAV.

### 초 록

장기 체공 무인 항공기를 위한 연료 전지 동력 시스템을 개발하였다. 기존의 고압 수소 저장 방식의 문제점을 해결하기 위해 높은 에너지 밀도를 갖는 액상의 화학 수소화물을 연료로 사용하였다. 수소화물을 전환하여 수소를 발생하는 연료 공급 장치는 촉매 반응기, 펌프, 연료 카트리지, 분리기, 제어기로 구성되어 있으며, 전력을 발생하기 위한 연료전지 스택과 함께 연료 전지 동력 시스템을 무인 항공기에 탑재하였다. 연료 전지 동력 시스템을 무인 항공기에 적용하기 위한 성능 검증을 수행하였다.

Key Words: Fuel cell(연료 전지), Chemical hydride(화학 수소화물), UAV(무인 항공기), High-endurance (장기 체공)

### 1. 서 론

기존에 무인 항공기의 동력원의 경우 보편적인 가솔린 엔진을 사용하였으나 낮은 효율, 진동

및 소음으로 인해 임무수행 및 제어하는 데 있어 어려움이 발생하였다. 이를 해결하기 위해 2차 전지를 사용하고 있으나 낮은 에너지 밀도로 인해 임무범위가 매우 제한적일 수밖에 없다.

본 연구에서는 이에 대한 대안으로 연료전지를 무인항공기의 동력장치로 이용하였다. 연료전지는 연료의 화학적 에너지를 직접 전기에너지

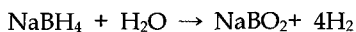
\* 한국과학기술원 항공우주공학과  
연락처, E-mail: trumpet@kaist.ac.kr

로 변환하기 때문에 장치가 단순하고 소음이 없으며 효율이 높다. PEM (polymer electrolyte membrane) 타입 연료전지는 연료로 수소를 사용하게 되는데, 수소는 밀도가 매우 낮기 때문에 비행체에 내장하기가 매우 곤란하다. 본 연구에서는 액상의  $\text{NaBH}_4$ 로부터 촉매반응을 통하여 수소를 발생시키는 방식을 통하여 이 문제를 해결하고자 하였다. 제안된 연료전지의 효율성을 입증하기 위해, 본 연구에서는 에너지 효율이 우수한 것으로 알려진 blended wing-body형상의 무인항공기를 채용, 연료전지를 사용한 장기 체공 비행이 가능함을 보이고자 한다.

## 2. 연료 공급 장치

### 2.1 액상 화학 수소화물 연료

연료 전지를 구동하기 위해 필요한 수소를 요구 에너지 밀도로 저장하기 위해서는 고압 혹은 저온 액상 상태의 저장 방식이 요구된다. 따라서 연료전지로 무인 항공기를 구동하기 위해서는 에너지 밀도가 높은 액상 연료로부터 수소를 추출하여 사용하여야 한다. 최근 화학 수소화물의 가수분해로부터 수소를 생성할 경우, 생성된 수소의 순도가 높고 제어가 용이한 장점 때문에 많은 주목을 받고 있다. 이 연구에서는 여러 수소화물 중에  $\text{NaBH}_4$ 를 사용하였다.  $\text{NaBH}_4$ 는 상대적으로 높은 수소 함량을 가지고 있고, 안정한 물질이며, 불연성의 알칼리 용액으로 가수분해 반응의 제어가 용이하고, 친환경적이며 재생 가능한 연료이다. 특정 촉매 상에서  $\text{NaBH}_4$ 의 알칼리 용액은 다음과 같은 화학 반응 경로로 통해 가능하다 [1].



### 2.2 수소 발생기

$\text{NaBH}_4$  용액으로부터 수소를 생성하기 위해 관형의 PTFE (polytetrafluoroethylene) 반응기를 사용하였다. 촉매는 다공성 세라믹 지지체에 코

팅된 코발트 계열 촉매로, 함침법 (Wet impregnation method)을 이용하여 실험실에서 자체 제작하였다. 실험에 사용한  $\text{NaBH}_4$  연료의 조성은 25%  $\text{NaBH}_4$ , 5%  $\text{NaOH}$ , 70%  $\text{H}_2\text{O}$ 로 하였고, 반응 실험은 반응기 내부의 반응 진행 상태를 확인하기 위해 외부 단열제가 없이 상온 상태에서 수행하였다. Fig. 2는 반응이 진행되는 상태에서 반응기의 모습을 보여주고 있다. 촉매 표면에서 활발한 반응이 나타남을 알 수 있으며, 반응이 진행되는 동안 촉매가 벗겨지지 않고 견고하게 코팅되었음을 확인하였다. Fig. 1은 20 ml/h 유량 조건에서 시간에 따른 수소 생성율을 나타내었다.

반응초기에는 반응기 내부 온도가 낮고 반응 속도가 느리기 때문에 수소 생성율도 낮게 측정되었다.  $\text{NaBH}_4$  가수분해 반응은 발열 반응이기 때문에 반응이 진행되면서 발생하는 열로 반응기 온도가 증가하게 되고, 반응기 온도가 320 K을 넘게 되면서 반응 속도가 급격하게 증가하였다. 반응 시작 후 80초 이후에 이론값에 근접한 수소 생성율을 얻을 수 있었고, 이는 제작된 촉매 하에서  $\text{NaBH}_4$  수용액이 거의 100% 전환되었음을 의미한다.

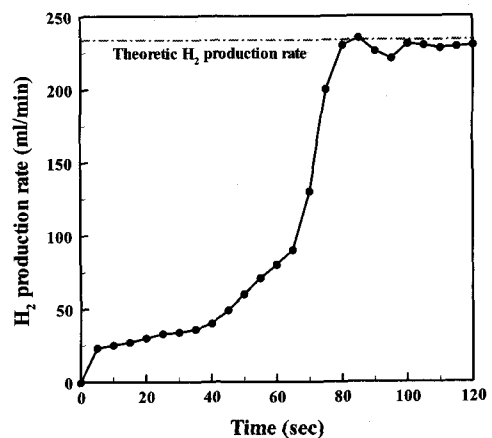


Fig. 1 Hydrogen production rate as a function of reaction time

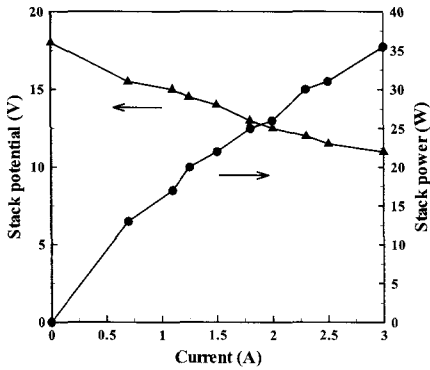


Fig. 2 I-V and I-P curve of the stack as a function of current

### 3. 연료 전지 시스템

#### 3.1 연료 전지

본 연구에서 시험할 무인 항공기를 구동하기 위해 20 W급의 상용 연료전지 스택을 사용하였다. 10 cm<sup>2</sup>의 전극 면적을 갖는 20개의 단위 셀로 구성되었으며, 음극에 생성되는 물을 효율적으로 제거하기 위해 MEA (membrane and electrode assembly)는 자기 가슴이 되도록 제작되었다. Fig. 2에 최대 수소 공급 조건에서 스택의 I-V 곡선과 I-P 곡선을 나타내었다. 1.5 A에서 14 V, 22 W의 성능을 보임을 확인하였다.

#### 3.2 시스템 설계

연료 전지 시스템은 Fig. 3과 같이 연료 생성 및 공급을 위한 촉매 반응기, 펌프, 연료 카트리지, 분리기, 제어기와, 전력을 발생하기 위한 연료전지 스택으로 구성되어 있다. 연료 카트리지에 액상 저장되어 있는 수소화물 연료를 마이크로 펌프를 이용하여 촉매 반응기에 공급하게 되고 촉매 반응을 통해 생성된 생성물 중 NaBH<sub>4</sub>는 분리기에서 제거되고 순수한 수소만 연료 전지에 공급되게 된다. Fig. 4는 통합된 시스템과 각 부품의 명칭을 나타내고 있으며, Fig. 5는 무인 항공기에 탑재된 연료 전지 시스템을 보여주고 있다.

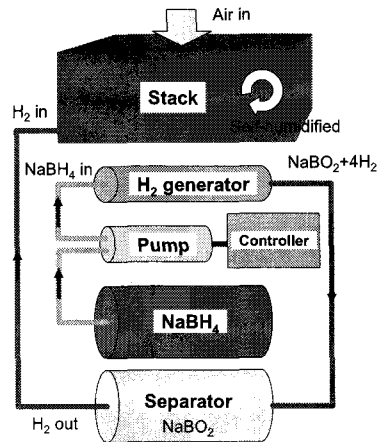


Fig. 3 Layout of the fuel cell power system

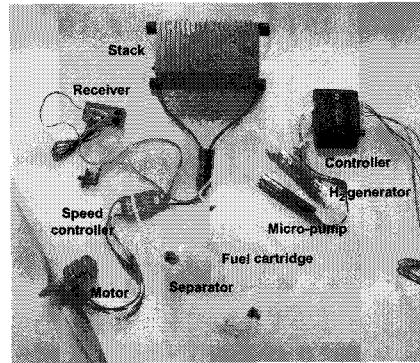


Fig. 4 Components of the fuel cell power system

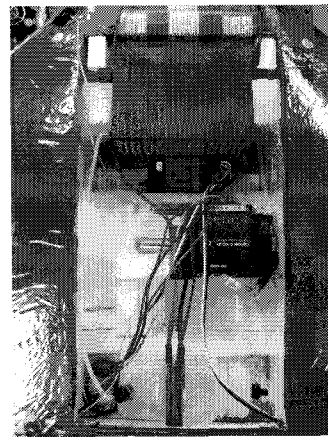


Fig. 5 Integration of the fuel cell power system into UAV

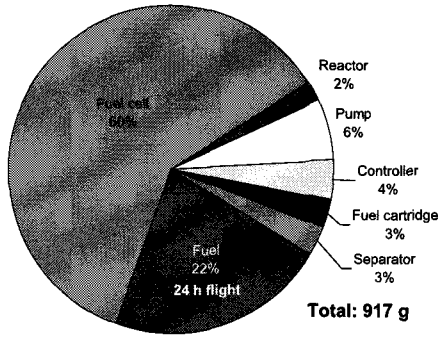
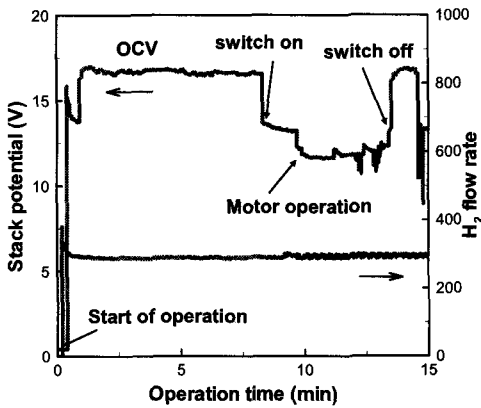


Fig. 6 Weight distribution of the fuel cell power system



개발된 연료 전지 동력 시스템의 무게 분포를 Fig. 6에 나타내었다. 연료 전지가 시스템 무게의 60%를 차지하고 있으며 연료 공급 장치는 모두 17.6%로 충분히 경량화 되었다는 것을 알 수 있다. Fig. 7은 무인 항공기에 탑재된 연료 전지 동력 시스템의 작동 시험 결과를 보여주고 있다. 일정한 수소 생성을 하에서 전기 모터가 원활히

구동되었음을 확인하였다.

#### 4. 결 론

무인 항공기의 동력장치로써 연료전지 시스템을 구축하였다. 액상의  $\text{NaBH}_4$ 에서부터 촉매반응을 통해 수소 생성하였고, 20 W급 상용 연료전지의 성능 검증을 수행하였다. 연료 전지 시스템을 구성하기 위해 연료 전지 스택, 촉매 반응기, 펌프, 연료 카트리지, 분리기, 제어기를 통합 설계하였고 무인 항공기에 탑재하여 성능 시험을 수행하였다. 본 연구에서 액상의 연료 및 연료전지를 통해 구동하는 무인 항공기는 장기체공 및 높은 추진 효율 획득이 가능할 것으로 판단된다.

#### 후 기

이 연구는 방위사업청 지정 국방 MEMS 특화센터의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- 1 H.I. Schlesinger, H.C. Brown, A.E. Finholt, J.R. Gilbreath, H.R. Hockstra, E.K. Hyde, Sodium borohydride, its hydrolysis and its use as a reducing agent and in the generation of hydrogen, J. Am. Chem. Soc. 75 (1953) 215.