

# 10 L 급 미세조류 배양용 평판형 광생물 반응기 케이스 개발에 관한 연구

## A Study on the Development of 10 L Class Flat-panel Photobioreactor (FPA) Case for the Microalgae Cultivation

#안동규<sup>1</sup>, \*조창규<sup>2</sup>, 안영수<sup>2</sup>, 정상화<sup>1</sup>, 이통기<sup>3</sup>

<sup>#</sup>D. G. Ahn(smart@mail.chosun.ac.kr)<sup>1</sup>, \*C. G. Cho<sup>2</sup>, Y. S. Ahn<sup>2</sup>, S. H. Jeong<sup>1</sup>, D. G. Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 기계공학과, <sup>2</sup>조선대학교 일반대학원 기계공학과, <sup>3</sup>조선대학교 메카트로닉스공학과

Key words : Microalgae, Photobioreactor, S/V ratio, Rapid prototyping

### 1. 서론

전 세계적으로 석유/석탄/천연가스 등 주요 에너지원의 고갈 현상이 심화 되고 있어 신재생에너지원의 개발이 절실히 요구되고 있다. 또한 기후변화협약에 의하여 친환경적인 대체에너지원에 대한 연구가 이루어지고 있다. 특히, 온실가스의 주범인 이산화탄소 가스를 포집함과 동시에 신재생에너지 생산이 가능한 바이오 연료/에너지원에 대한 기술개발에 대한 관심이 높아지고 있다.<sup>1</sup> 최근 이산화탄소를 고정화할 수 있는 광합성 미생물인 미세조류 (Microalgae) 를 고밀도 배양하여 바이오매스로 활용하는 방법과 미세조류 대량 배양이 가능한 광생물 반응기(Photobioreactor) 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>2</sup> 배양 효율을 높이기 위해서 여러 가지 형태의 반응기가 설계/제작되고 있으며 미세조류 대량 배양시스템에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다.<sup>3</sup>

본 논문에서는 10 L 급 미세조류 배양용 평판형 광생물 반응기 케이스를 설계/제작하고 배양 효율을 고찰 하였다.

### 2. 10 L 급 평판형 광생물 반응기 케이스 3 차원 설계 및 제작

광생물 반응기 케이스 3 차원 설계 시 반영되는 설계 변수로는 체적 대비 표면적율 (Surface to volume ratio : S/V ratio) 이다. 광생물 반응기 케이스 표면의 동일한 조도에서 광생물 반응기내로 전달되는 광속을 증가시키기 위하여 반응기 표면 형상 설계 시 광접촉 표면이 최대화 될 수 있는 사각형 평면을 가진 광생물반응기 케이스 표현 형상으로 설계가 이루어졌다.

Fig. 1 은 단위 구조형상을 가진 평판형 광생물 반응기 케이스 설계이다. 각 단위구조는 약 2.5 L 이며 전체 체적은 10 L 이다. 광생물 반응기 케이스 단위 구조 형상은 체적 대비 표면적율이 최대화되는 사각형 평면 형상이다. 반응기 케이스 크기는 550 mm × 510 mm × 85 mm 이며, 케이스 두께는 4 mm 로 외부 하중에 충분히 견딜 수 있도록 하였다. 반응기 외곽부분에 보강부 (Stiffener) 을 주어 반응기 케이스의 강성을 증가시켰다. 또한 각 단위 구조형상은 각각 독립적 내부 순환구조를 가지고 있으며, 각 단위 구조에 공기 및 CO<sub>2</sub> 를 독립적으로 부여할 수 있어 다양한 시험조건으로 미세조류 배양 시험을 할 수 있도록 하였다.

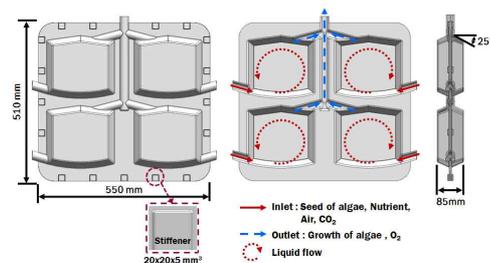


Fig. 1 Design of the 10 L flat panel photobioreactor case

평판형 광생물 반응기 케이스는 쾌속조형 (Rapid prototyping) 기술을 이용하여 제작하였다. 쾌속조형기술은 3 차원 모델의 2 차원 단면화를 통해서 재료를 체계적으로 한 층씩 적층하여 실제 3 차원 모델을 빠른 시간에 제작할 수 있는 기술로서 제품 개발과정 중 시제품 개발에 많이 이용된다.

Fig. 2 는 쾌속조형기술을 이용한 평판형 광생물 반응기 케이스 제작 과정을 나타낸다. 평판형 광생물

물 반응기 케이스 3D modeling 을 STL 데이터로 변환한 후, 광조형 (Stereo lithography : SLA ) 기술을 이용하여 1차 제품을 제작하였다. 그 후 1차 제품을 후가공하고 투명 도료를 도포하여 최종 제품을 제작하였다.

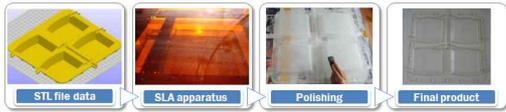


Fig. 2 Procedure of rapid prototyping

평판형 광생물 반응기 케이스 제작은 iPro 9000 장비를 사용하였고 제작시 단위 적층 두께는 0.1 mm 였다. Accura 60 광경화성 수지를 사용하였고, 총 제작시간은 60 시간이 소요되었다. 캐속조형으로 제작된 평판형 광생물 반응기 케이스를 후처리 과정인 폴리싱과 투명 스프레이 코팅과정을 마친 후 최종적으로 평판형 광생물 반응기 케이스를 조립하여 미세조류 배양 시험을 수행하였다.

### 3. 배양실험 및 결과 고찰

미세조류 배양 시험은 제작된 평판형 광생물 반응기 케이스와 배양 시험 연구에 사용되는 플라스크에서 미세조류를 배양하여 균체성장률을 비교 분석하였다. Table 1 은 미세조류 배양을 위한 시험 조건을 나타낸다. 광생물 반응기와 플라스크에 동일한 배양 조건에서 배양 시험을 실시하였다.

Table 1 Conditions of cultivation for the microalgae

Microalgae	Medium	Light strength	Light/Dark
Chlorella sp.	TAP	6300 Lux	12 h/12 h

Fig. 3 은 Chlorella sp. 미세조류를 평판형 광생물 반응기와 플라스크에서 배양하여 취득된 Chlorella sp. 미세조류의 시간에 따른 성장률이다. 총 7 일 동안 시험배양이 이루어졌으며 시간이 지남에 따라 균체성장률은 모두 증가하는 경향을 나타내었다. 평판형 광생물 반응기와 플라스크에서 배양한 균체성장률을 비교한 결과, 평판형 광생물 반응기의 균체성장률이 플라스크 균체성장률보다 높게 나타남을 알 수 있었다. 특히 제작된 평판형 광생물 반응기를 사용할 경우 Chlorella

sp. 의 최대 균체 성장율이 플라스크를 사용할 때 보다 약 33 % 증가하는 것을 알 수 있었다.

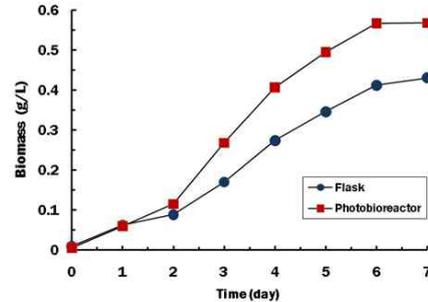


Fig. 3 Results of cultivation

### 4. 결론

본 논문에서는 10 L 급 미세조류 배양용 평판형 광생물 반응기 케이스의 설계/제작 방법에 대하여 기초 연구를 수행하였다. 그 결과 광학 특성이 향상되고 미세조류 광합성을 향상시킬 수 있는 평판형 광생물 반응기 케이스를 제작할 수 있었다. 또한 제작된 평판형 광생물 반응기와 플라스크에서 동시 Chlorella sp. 미세조류를 배양하여, 제작된 평판형 광생물 반응기 케이스의 효율성을 검증하였다.

### 후기

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20103020090020)

### 참고문헌

1. 조병훈, 차형준, "미세조류 해양 바이오매스를 이용한 바이오디젤 생산기술," 한국생물공학회지, Vol. 25, pp. 109 - 115, 2010.
2. Inci, E., Altan, T., Ufuk, G., Ela, E. and Meral, Y., "Hydrogen production by rhodobacter sphaeroides O.U.001 in a flat plate solar bioreactor," International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 33, pp. 531 - 541, 2008.
3. Sierra, E., Acien, F. G., Fernandez, J. M., Garcia, J. L., Gonzalez, C. and Molina, E., "Characterization of a flat plate photobioreactor for the production of microalgae," Chemical Engineering Journal, Vol. 138, pp. 136 - 147, 2008.