

오존램프를 이용한 한약재 저장 장치의 특성 연구

(A Study of Characteristic of Oriental Herbal Medicine Storage System using Ozone Lamp)

우성훈* · 이광식

(Sung-Hun Woo · Kwang-Sik Lee)

요 약

본 연구에서는 한약재 저장장치를 제작하여 한약재 저장 특성을 연구하였다. 저장장치 내에 있는 램프는 ‘살균 및 오존선을 방사하는 저압 자외선램프(이하, OZ-Lamp)’이다. 방전에서 발생하는 단파장 자외선의 방사 특성을 이용하여, 살균 및 오존 램프의 역할을 수행하고 있는 OZ-Lamp는 한약재 저장을 위한 용도로 사용된다. 본 연구에서는, 한약재의 고품질 유지를 목적으로 한약재 저장 장치의 오존발생 및 전기적 특성을 연구하였으며, 오존처리, 저장에 따른 한약재의 품질 및 성분 특성을 연구하였다.

Abstract

We made a oriental herbal medicine storage system and studied a preservation characteristic of oriental herbal medicine in this research. The lamp(OZ-Lamp) in a storage system is the low pressure ultraviolet lamp which radiates the sterilizing and ozonic rays. We made research ozone generation and electric discharge characteristic of a oriental herbal medicine storage system, which have radiation feature of ultraviolet rays of a short wavelength to be happened in the electric discharge. Also, we made research an ingredient and quality characteristic of oriental herbal medicine according to ozone treatment storage.

Key Words : Oriental Herbal Medicine, Ozone Lamp, Ultraviolet Lamp, Sterilizing And Ozonic Rays

1. 서 론

현재 세계 각국들의 자국산 생약에 대한 관심이 더욱 고조되어가고 있으며, 우리나라의 경우도 이와 마찬가지로이다. 특히 국민 생활수준이 높아지면서 건강에 대한 관심이 높아지고 한약에 대한 수요가 늘고

있는 실정이다. 해마다 새로운 유효한 생약이 발굴되면서, 한약에 대한 임상 응용의 폭이 넓혀지고 있으며, 한방의학적 치료에 접근하는 추세가 강하게 일고 있기 때문에 한약에 대한 적극적인 사고방식이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 즉 우수한 한약재 품질을 보존·개량하고 병충해의 예방으로부터 품질을 유지시키는 일련의 사항들이 중요한 문제로 대두된다고 할 수 있다. 특히 채집한 약물은 그의 성능을 보존하기 위하여 습기와 곰팡이가 슬거나 벌레 먹고 변색하는 등의 변화를 방지하도록 잘 보관하여야 한다. 대체로 한약은 저장법이 중요하고 저장법이 나쁘

* 주저자 : 아시아대학교 소방행정학과 교수
Tel : 053-819-8171, Fax : 053-813-1978
E-mail : huniof@hanmail.net
접수일자 : 2006년 8월 23일
1차심사 : 2006년 9월 7일, 2차심사 : 2006년 10월 19일
심사완료 : 2006년 10월 24일

면 30[%] 이상의 수분을 갖게 된다. 수분이 많게 되면 효소의 활동이 좋아지게 되어 곰팡이의 발생을 촉진한다. 따라서 우선 건조 상태로 보존하는 것이 선결 문제이다. 광선의 영향, 온도에 따른 변화, 미생물의 침입 등을 고려한 뒤에 꼭 같은 방법이 아니라 해도 가장 좋다고 생각되는 방법이나 수단을 구비해 나가는 것이 필요하다[1].

본 연구에서는 경제성과 저장 효과를 염두에 두고 한약재의 변질 방지 및 고품질 유지를 위한 효율적인 한약재 저장 장치(저장 챔버 및 OZ-Lamp를 포함한 주변장치)를 제작 하였다. 저장장치 내에 있는 램프는 '살균 및 오존선을 방사하는 저압 자외선램프'이며, 방전에서 발생하는 단파장 자외선의 방사 특징을 이용하여, 살균 및 오존 램프의 역할을 수행하고 있다. 본 연구에서는, 한약재의 고품질 유지를 목적으로 한약재 저장장치의 오존발생 및 전기적 특성을 연구하였으며, 오존처리 저장에 따른 한약재의 품질 및 성분 특성을 외관상 변화, 일반성분의 변화, 생리활성물질의 변화를 바탕으로 연구하였다.

2. 한약재 저장 장치

2.1 한약재 저장 장치의 배치

그림 1은 오존발생장치인 한약재 저장장치의 배치도로서 저장챔버, OZ-Lamp, 전원장치, 계측장치 등 주변 장치로 구성되어 있으며, 오존생성특성 및 전기적 방전특성을 조사하도록 연결되어 있다.

그림에서부터 알 수 있듯이 원료 가스는 대기공기로부터 공급되는 공기로서 오존발생장치의 OZ-Lamp로부터 오존이 생성되어 한약재와 반응하도록 되어 있으며, 한약재의 성분 변화 없이 살균과 저장 능력을 지닐 수 있는 오존농도를 분석하기 위한 오존농도 측정 장치가 연결되어 있다. 오존농도 측정은 자외선 흡수방식의 기상용 오존 모니터로 측정하였다.

방전특성 평가에서 방전전압 · 전류는 오실로스코프를 측정 후 출력하였으며, 방전전력은 파워메타를 이용하여 방전시의 전력, 전원장치의 전력손실, 선로손실 등을 포함한 전원 입력측에서 오존발생장치 전체회로에 소모되는 전력을 측정하였다.

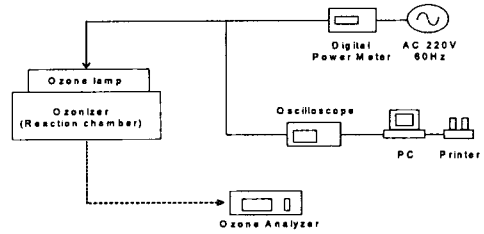


그림 1. 한약재 저장 장치의 배치도

Fig. 1. Arrangement diagram of oriental herbal medicine storage system

2.2 OZ-Lamp

사진 1은 본 연구에서 제작한 OZ-Lamp의 외관을 나타내고 있다. 살균 및 오존 램프로서의 역할을 수행할 수 있도록 제작하였다. 제작된 OZ-Lamp는 살균 및 오존선을 모두 포함한 방사선 타입으로서, 램프 점등시 수은 증기압이 $10^3 \sim 10^4$ [torr] 정도의 압력 하에서 자외선의 공진선이 184.9[nm] 및 253.7[nm]에서 최대로 방사를 할 수 있도록 설계 및 제작하였다. OZ-Lamp는 유리관 대신 자외선을 효율적으로 투과시키는 I 타입의 석영관을 사용하였으며, 램프의 양 끝에 텅스텐 필라멘트가 있고 필라멘트 외부에 산화바륨, 산화칼슘, 산화 스트론튬 등 열전자를 방사하기 쉬운 물질로 도포하여 열전자 방출을 원활히 하는 구조로 하였다.

OZ-Lamp의 규격은 직경 12[mm], 길이 130[mm]이며, 이때 석영은 급냉 및 급열의 내성에 강하며, 절연내력이 최대 40[kV/mm]이 되도록 하였다. 또한 자외선 투과효율이 좋은 99.9[%]의 SiO₂와 0.1[%]의 B₂O₃를 용융한 투명 석영유리를 사용하였다.



사진 1. OZ-Lamp 외관

Photo 1. Appearances of OZ-Lamp

2.3 한약재 저장 챔버

그림 2는 내부에 OZ-Lamp가 설치된 한약재 저장 챔버의 개략도를 나타내고 있다. 한약재 저장 챔버

오존램프를 이용한 한약재 저장 장치의 특성 연구

는 내부에서 오존이 발생되고, 한약재를 저장하는 장치로서, 그 크기는 790×740×450[mm]이다.

구조는 위에서 첫 번째 세 번째에 있는 큰 보관함 L(350×110×340[mm]) 및 두 번째, 네 번째에 있는 작은 보관함 S(160×110×340[mm])로 구성되며, 구조적으로 분리되어 있다.

한약재 저장 챔버는 1.5[mm]의 철판 두께에 유성 도료를 입혀, 외관 및 절연 특성을 좋게 하였을 뿐 아니라 오존으로 인한 내부의 산화 방지 특성을 우수하게 하였다. OZ-Lamp로부터 방사되는 자외선과 공기와의 접촉확률을 증가시키고 오존발생의 특성을 향상시키기 위하여 챔버 좌·우측면에는 직경 100[mm]의 홀(hole)이 각각 4개씩, 후면은 직경 150[mm]의 홀 2개가 메쉬(mesh) 형태로 구조되어 있다. 그 외 후면의 직경 50[mm] 홀 4개는 공기순환 역할 및 전선 인입을 위한 용도로 사용되고 있다.

2.4 한약재 저장함

OZ-Lamp에서 나오는 자외선과, 이 자외선으로 인해 생성된 오존이 인체에 유해하므로, 저장함을 열더라도 시야에 드러나지 않기 구조로 하였고, 발생되는 오존의 인체 유해성을 고려하여, 기상청에서 오존 주의보를 내리는 대기 중 0.12[ppm] 이하의 오존농도가 되도록 고려하였다[4]. 이를 위해, 다양한 형태의 한약재 저장함을 제작하여 실험을 수행하였다.

그림 3의 구조는 기초 실험을 통하여 선택한 챔버이며, 몇 가지 다른 구조에 비해 상대적으로 낮은 농도임을 확인하였다[2-3].

그림 2 (c)의 한약재 큰 저장함(이하, L(Large)) 및 작은 저장함(이하, S(small))은 시중에 유통되고 있는 한약재 저장함의 크기 및 형태와 같게 하였다. 챔버 후면의 내부에 2개의 OZ-Lamp를 설치하여 L, S 저장함 내부에 있는 한약재를 직·간접적으로 조사(照射)하고 있는 구조이다.

챔버 내 각 저장함 오존농도는 0.03~0.26[ppm] 정도이며, 챔버 주위의 실내 대기 중 오존농도는 0~0.02[ppm] 이하여서 개폐시간 직접적인 접촉에도 인체에 문제가 없는 구조로서, 낮은 오존농도에서 저장되는 시료의 저장에 적합한 구조라고 사료된다[4].

즉 한약재는 특성상 건조된 제품이므로 아주 적은 오존농도에서도 저장하는데 문제가 없기 때문에, 그림 2와 같은 형태가 효율성 및 한약재 보관 활용성이 양호하며, 직접 자외선이 시료(한약재)에 조사되는 일반 자외선램프와 달리, 제작한 OZ-Lamp는 직접 조사 및 오존생성으로 인한 간접적인 시료 처리의 역할도 수행하므로 이러한 구조(챔버 후면 내부에 2개의 램프를 설치하는 구조)에서 충분한 효과를 얻을 수 있다고 사료되었다[2-3].

3. 오존생성 및 전기적 방전 특성

3.1 오존생성 특성

한약재 저장 장치의 구조는 사진 2와 같이 저장 챔버 내부에 OZ-Lamp를 2개를 설치하고, L 저장함 및 S 저장함 모두 한약재를 저장할 수 있는 구조로 되어 있다. 사진에서 볼 수 있듯이, 한약재 저장 챔버 후면 내부에 OZ-Lamp가 2개 설치되어 있다.

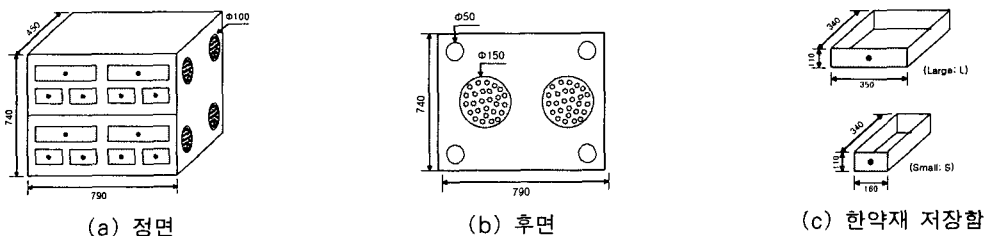


그림 2. 한약재 저장 챔버의 개략도

Fig. 2. Schematic of chamber for oriental herbal medicine preservation

12개 저장함에 번호를 붙여 각각의 오존 농도를 조사하였다. 맨 위에 있는 1번과 2번을 4F 그룹, 3~6번을 3F 그룹, 7번과 8번을 2F 그룹, 9~12번을 1F 그룹으로 4단계로 구분하여 측정한 결과를 표 1 및 그림 3에 나타내었다.

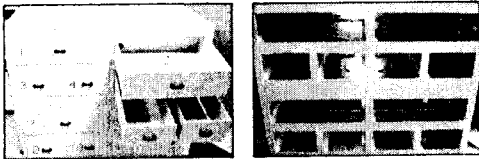


사진 2. 한약재 저장 장치
Photo 2. Oriental herbal medicine storage system

표 1. 저장함 내의 오존 농도(단위: [ppm])
Table 1. Ozone concentration of chamber

① 0.21~0.26	0.26~0.21			4F
③ 0.17	④ 0.19	⑤ 0.16	⑥ 0.15	3F
⑦ 0.10~0.14		⑧ 0.14~0.10		2F
⑨ 0.04	⑩ 0.07	⑪ 0.07	⑫ 0.03	1F

언뜻 보기에 1F 그룹~4F 그룹간의 농도 차이가 나는 것 같지만, 이는 2개의 OZ-Lamp의 위치에 따른 오존농도 분포 특성에 기인한 것으로, 실험에 있어서 큰 문제가 되지 않는 미소한 차이이며, 결국, 오존 농도는 0.03~0.26[ppm]으로서 전체적으로 큰 차이가 없는 것이라 할 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 한약재 오존처리 저장 실험을 수행하였다.

그림 4는 OZ-Lamp 점등 후 포화될 때까지의 오존농도를 나타내고 있으며, 시간에 따라 농도가 급격히 상승하다가 포화되는 특성을 나타내고 있다. 이는 초기에는 챔버 내의 오존생성비율이 분해비율 보다 높게 되어 오존농도가 증가하지만, 시간이 증가할수록 램프에서 방사되는 자외선과 챔버 내의 공기와의 반응할 시간이 길어져 일정시간이 지나면 생성된 오존이 분해되는 반응으로 인해 오존생성비율과 분해비율이 일정한 포화상태로 나타나기 때문이다.

반응 후 포화시간은 1F 그룹에서 4F 그룹으로 갈수록 25[초]에서 15[초]로 빠르게 나타났다. 포화시간이 빨라진다는 의미는 오존 상승률이 증가하고, 차후 분해 반응도 빨리 시작됨을 의미하지만, 전체적으로 30초 이내에 이루어지므로 특정 부분

에 오존이 집중된다고 할 수 없다. 따라서 제작된 저장 장치는 전체적으로 균일한 오존을 유지한다고 할 수 있다.

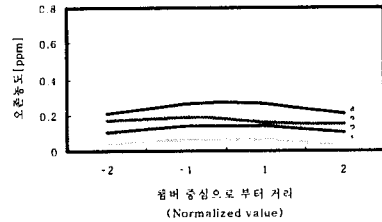


그림 3. 챔버 내 오존농도 분포
Fig. 3. Ozone concentration distribution of chamber

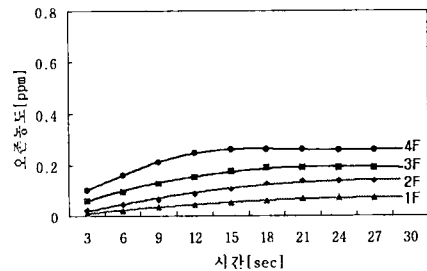


그림 4. 점등 시간에 대한 오존의 포화 특성
Fig. 4. Ozone saturation according to turn on time

3.2 전기적 방전 특성

전원장치의 특성은 정격입력전압 220[V], 정격입력전류 20[mA]의 특성을 가지고 있으며, 그림 5는 OZ-Lamp를 통한 방전전압 및 방전전류의 파형을 측정하는 것이다.

$$W_d = \frac{1}{T} \int_{t=0}^{t=T} p dt = \frac{1}{T} \int_{t=0}^{t=T} v_g(t) \cdot i(t) dt$$

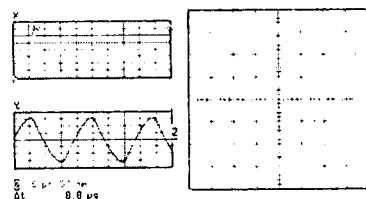


그림 5. 방전전압 · 방전전류의 리사주 도형
Fig. 5. Lissajous figure of discharge voltage · current

오존램프를 이용한 한약재 저장 장치의 특성 연구

두 그림에서 전압과 전류파형이 90[°]의 위상차를 보이고 있음을 알 수 있다. 방전전력은 OZ-Lamp에 인가된 전압과 그에 따른 전류를 이용한 Lissajous 도형의 V-I 특성곡선에서 구할 수 있다. 즉 교류 전압을 인가할 때 순시전력을 p 라고 정의하면, 이 순시전력 p 는 부하에 가해진 전압 $v_g(t)$ 와 OZ-Lamp에 흐르는 전류 $i(t)$ 의 곱이 되므로, 이때, 1주기 전력 즉, 방전전력 (W_d)은 앞의 식과 같게 된다. 그림 5의 원 면적은 방전전력을 나타내고 있으며, 전압·전류의 위상차가 90[°]임을 의미하고 있다.

표 2. 방전전압·전류·전력(실험치)
Table 2. Discharge voltage and current(r.m.s)

구 분	방전전압 [V]	방전전류 [mA]	방전전력 [W]
OZ-Lamp(A)	26.90	104.9	2.012
OZ-Lamp(B)	26.68	106.6	2.020
OZ-Lamp(A+B)	26.79	211.5	4.032

4. 한약재 특성 평가

저장함에 저장된 한약재를 오존농도 0.03~0.26[ppm]의 범위 내에서 하루 4시간씩 6개월간 시료에 직·간접적으로 조사(照射)하여 저장 특성 연구를 하였다. 한약재는 대구 약전골목에서 현재 가장 많이 사용되고 유통되고 있는 작약(Paeoniae Radix), 백출(Atractylodis Rhizoma Alba), 황기(Astragali Radix), 감초(Glycyrrhizae Radix), 당귀(Angelicae gigantis Radix)를 구매하여 실험에 이용하였고, 모든 추출액은 원심분리 한 후, 여과지(whatman No.2)로 여과하여 실험에 사용하였다. 사진 3은 눈으로 확인한 외관상 변화를 나타내고 있다.



사진 3. 오존 처리전(a)·후(b)의 '백출' 외관
Photo 3. Appearance of 'Atractylodis Rhizoma Alba' according to ozone treatment

일반성분 분석에서 갈색도 탁도는 추출액을 UV-분광광도계로 420[nm]에서 흡광도를 측정하였고, 탁도는 색의 영향을 적게 받으면서 빛의 분산에 의해 흡광도의 차이를 주는 558[nm]에서 측정하였다. [pH] 및 전기전도도는 [pH] meter 및 EC meter로 측정하였다. 가용성 고형물 함량은 일정량의 추출액을 100 [°C]에서 증발 건조시킨 후 건물량(%)을 측정하였고, [°]Brix 당도는 디지털 당도계를 이용하여 조사하였다. 환원당은 DNS 법에 준하여 실험하였고, 총당 함량은 phenol-sulfuric acid법에 준하여 실시하였다. 조단백 함량은 Bradford Assay 법에 준하여 Bovine Serum Albumin(BSA)를 표준 단백질로 사용하여 조사하였다. 표 3은 오존 저장에 따른 백출의 일반성분의 변화특성을 보여주고 있다.

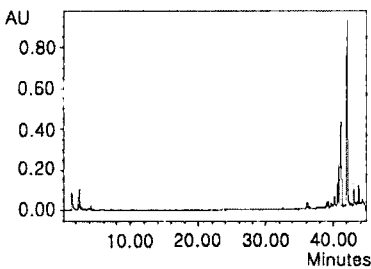
표 3. 오존저장에 따른 '백출'의 일반성분 변화
Table 3. Change of general ingredient of 'Atractylodis Rhizoma Alba' according to ozone treatment

pH	Control		Ozone Treatment		
	갈색도 (OD)	탁도 (OD)	pH	갈색도 (OD)	탁도 (OD)
5.03 ±0.01	1.291 ±0.007	0.470 ±0.004	5.02 ±0	1.834 ±0.011	0.781 ±0.004
전기 전도도 ($\mu\text{s/g/cm}$)	가용성 고형물 함량 (%)	단백질 함량 (mg%)	전기 전도도 ($\mu\text{s/g/cm}$)	가용성 고형물 함량 (%)	단백질 함량 (mg%)
145.8 ±0.8	4.72 ±0.06	1.074 ±0.023	152.0 ±0.4	4.86 ±0.02	1.138 ±0.158
°Brix 당도	환원당 ($\mu\text{g}\%$)	Total sugar (총당) ($\mu\text{g}\%$)	°Brix 당도	환원당 ($\mu\text{g}\%$)	Total sugar (총당) ($\mu\text{g}\%$)
4.9 ±0.1	456.24 ±14.82	58.75 ±0.31	5.3 ±0.1	511.85 ±7.09	58.53 ±0.62

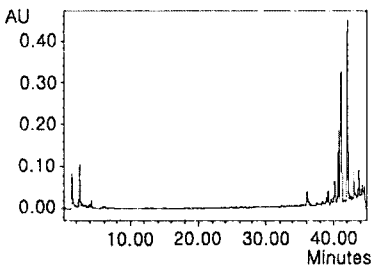
생리활성물질의 변화를 알아보기 위해 분쇄시료를 80[%] 에탄올에 가하여 상온에서 24시간 추출 후 용액을 3,000[rpm]에서 10분간 원심분리한 후 분말을 완전 제거하여, 5[°C] 저온에서 하루 동안 방치한 후 0.45[μm]의 membrane filter를 이용하여 HPLC(유량 1.0[ml], 온도 30[°C])로 분석하였다. 그림 6은 백출의 생리활성물질의 함량 변화를 나타내고 있으며 오존 저장 전·후의 pattern이 거의 일치함을 확인하였다. 이상과 같이 한약재를 오존 처리 6개월 후 오존저

장에 따른 외관상의 변화, 일반성분의 변화, 생리활성 물질의 변화를 조사한 결과, 자연 상태와 비교 하였을 때 외관상 색깔의 변화는 조금 있었지만, 각 한약재의 유효성분인 생리활성물질의 변화의 차이는 나타나지 않았다. 또 오존처리구와 무처리구의 일반성분을 비교하였을 때 갈색도와 탁도의 변화, 전기전도도, 당도, 환원당, 총당, 단백질 함량의 차이는 있었지만, 거의 일정하였다.

결국 제작된 한약재 저장 장치는 한약재를 장기간 저장시 성분 및 특성 변화 없이 초기의 한약재 품질을 유지할 수 있으며, 한약재를 저장하는 장치로서 적합함을 의미한다고 할 수 있다.



(a) Control(오존 저장 전)



(b) Ozone treatment(오존 저장 후)

그림 6. 생리활성물질의 함량 변화
Fig. 6. Change of physiological activity ingredient

5. 결 론

한약재 저장 장치 내부에 OZ-Lamp를 설치하여, 6개월 동안 한약재를 하루 4시간씩 184.9[nm]의 오존선 및 253.7[nm]의 살균선에 직·간접으로 노출, 저장 실험하였다. 챔버 내 한약재 저장 실험은 오존의 인체 유해성, 효율성 및 저장 활용성을 고려하여, 챔

버 내의 오존농도 범위가 0.03~0.26[ppm](대기중 오존농도 0~0.02[ppm])인 OZ-Lamp로서 연구를 수행하였다.

제작된 OZ-Lamp는 방전전압 26.9[V], 방전전류 104.9[μ A], 방전전력 2.012[W]의 실효치 특성을 가지고 있으며, 제작된 한약재 저장 장치는 오존 농도가 높을수록 급격히 상승하다가 빨리 포화되는 경향을 보였고, 각 저장함 내의 오존은 30초 이내에 모두 포화되는 장치임을 확인할 수 있었다.

이러한 한약재 저장 장치에 저장된 한약재는 품질 및 성분 특성에 있어서 초기 특성과 큰 변화를 보이지 않았고, 저장 장치로서 적합함을 확인할 수 있었다.

향후 기존의 저장 방법에 대한 우수성을 검증하기 위한 장기간의 저장 실험이 필요하다고 사료된다.

이 논문은 2004년도 학술진흥재단 지방대육성지원사업 연구비에 의하여 연구되었음.

References

- [1] N. I. Back, "Oriental Herbal Medicine Analysis Experiment", Kyunghee Univ. Press, 2005.
- [2] S. H. Woo, K. S. Lee, "A Study on the Characteristics of Ozone Generation Using Photochemical reaction Lamp", KIEE, pp.321~323, 2004. 11.
- [3] S. H. Woo, K. S. Lee, "Characteristics of Ozone Lamp for Preservation of Oriental Herbal Medicine I", KIEE, pp.2205~2207, 2005. 7.
- [4] 石井啓夫, "オゾン利用の新技術", 三秀書房, pp.152~153, 昭和61年.

◆ 저자소개 ◆

우성훈 (禹盛薰)

1970년 9월 16일생. 1993년 영남대학교 전기공학과 졸업. 2001년 동 대학원 졸업(박사). 한국전기연구원 위촉연구원. LG전선 주임연구원. (주)은일연구소 이사. 아시아대학교 소방행정학과 교수.

이광식 (李廣植)

1948년 10월 20일생. 1971년 영남대학교 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 졸업(박사). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙교수. 한국조명·전기설비학회 회장. 영남대학교 전기공학과 교수.