

## 실내 포름알데히드 농도에 미치는 식물의 영향

박 소 영 · 성 기 준\*  
부경대학교 해양공학과, '생태공학전공'  
(2006년 9월 21일 접수; 2006년 12월 14일 채택)

## Plant Effects on Indoor Formaldehyde Concentration

So-Young Park and Ki-June Sung\*  
Department of Ocean Engineering, 'Ecological Engineering Major,  
Pukyong National University  
(Manuscript received 21 September, 2006; accepted 14 December, 2006)

Formaldehyde is a typical indoor air pollutant that has numerous adverse health problems in modern living conditions. Phytoremediation that use plants to remove contaminants from polluted media can be applied to improve indoor air quality. Two sets of experiments; 1) two rooms in newly built auditorium and 2) a bed room in 2-year-old apartment; were performed to investigate plant effects on indoor formaldehyde concentration.

It was observed from the experiments that plant can help decontaminating formaldehyde at low concentration level (0.1 ppm) but the effects decreased considerably at high concentration (1ppm). The purification effects of indoor plant also showed the periodic pattern due to its physiological activity. More purification was observed as increasing plant density in the bed room but the formaldehyde concentration returned the original concentration level in two days after removing plants. It was suggested from the results that air purification using plants is an effective means of reduction on indoor formaldehyde level, though, reduction of source is highly desirable when the concentration level is high. The results also suggest that introducing supplementary purifying aids and/or efficient ventilation could be considered due to periodic removal pattern of plant.

Key Words : Formaldehyde, Indoor plant, Air purification, Periodic removal pattern

### 1. 서 론

제한된 공간에서 많은 시간을 보내고 있는 도시민들에게 건축물의 밀폐와 사용 건축자재에서 발생하는 유해물질로 인한 실내공기질의 악화는 외부공기질의 저하와 더불어 건강을 위협하는 중요한 원인으로 부각되고 있다 (US EPA, 1982; 박소영 외, 2005a). 인체에 대한 실내공기오염물질의 영향은 광범위한 증세로 나타날 수 있는데 특히 감수성이 예민한 사람에게 감기 혹은 기관지천식과 같이 다른 질병에 걸렸을 경우 그 피해는 더 크게 나타날 수 있는 것으로 알려져 있다. 대표적인 실내 오염물질

인 포름알데히드는 구토, 설사, 인후자극 및 호흡곤란 등을 일으킨다고 알려져 있으며 자극적인 냄새가 나며 물에 잘 녹는 무색의 기체로서, 요소계와 페놀계의 포름알데히드 합성수지의 생산에 이용된다. 포름알데히드 합성수지는 파티클보드, 섬유판, 베니아판 등을 생산할 때 접착제로서 또 발포 단열재로서 사용되므로 가구, 건축재료에서 많이 포함되어 있으며 포름알데히드 수지를 함유하고 있는 직물류에서 발생할 수 있다 (손부순, 양원호, 2002). 0.04 ppm의 농도에서 민감한 아이들에게 아토피성 피부염을 유발하며, 신경조직의 자극이 시작되며, 일반적으로 0.05 ppm 이상에서 냄새를 맡을 수 있으며, 그 이상의 농도에서는 기침, 두통, 폐기종, 폐렴 등을 유발하는 것으로 알려져 있다 (김강석 2001; Sittig, 2001). 국내에서 2004년부터 다중이용

Corresponding Author : Ki-June Sung, Ecological Engineering Major, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea  
Phone: +82-51-620-6444  
E-mail: ksung@pknu.ac.kr

시설등의 실내공기질 관리법령에 의하여 규제받기 시작한 실내 포름알데히드 농도는 실내온도, 실내습도, 건축물의 수명, 실내 환기율에 따라 크게 좌우되기 때문에 실내 포름알데히드가 방출된 건물 또는 주택에서는 알맞은 환기시설을 하고 오염물질의 발생원을 찾아내어 제거하거나 대체함으로써 실내 중 포름알데히드가 인체에 미치는 영향을 줄여야 한다 (환경부 2002).

식물은 오염원 제거나 원활한 환기가 어려운 곳에서 포름알데히드와 같은 실내오염물질을 제거하는데 기여할 수 있는 것으로 알려져 있는데 (Wolverton, 1986; Wolverton et al., 1989; Wolverton and Wolverton, 1993; 박소영 등, 2005a), 이는 식물을 이용하여 오염물질을 제거하는 phytoremediation의 일환으로 식물과 식물의 서식공간을 활용하는 것으로 식물자체에 의한 오염물질 흡수, 토양매체의 오염물질 흡착 및 서식 미생물의 분해 작용을 이용하는 것이다 (Godish & Guindon, 1989; 박소영의 2005b). 식물은 잎 표면에 있는 기공을 통해 수분과 광합성 산물인 산소를 방출하고 동시에 광합성 재료인 이산화탄소를 흡수하는 기작을 가지는데 이때 이산화탄소와 더불어 휘발성 유기물질 등의 각종 대기오염물질도 흡수되며 흡수된 물질의 일부는 식물체에 의해 대사적으로 분해되는 것으로 밝혀졌다 (Wolverton, 1996). 대기중의 오염물질은 확산을 통하여 토양으로 유입되기도 하는데 이때 유입된 오염물질은 식물의 근권내에 존재하는 미생물에 의하여 분해되거나 식물의 뿌리에 의하여 흡수되어 제거된다. 이러한 정화기작을 가지는 식물을 이용한 오염된 실내공기의 정화방법은 기존의 실내정화 시

스템의 인위적인 공기정화기의 사용을 줄일 수 있는 동시에 실내조경의 미관적인 효과도 얻을 수 있는 장점을 갖는 친환경적인 실내오염정화법이라고 할 수 있다. 최근에 식물을 이용한 공기정화에 관한 관심이 점차 늘고 있지만, 실제로 이에 대한 연구는 아직 국내에서 많이 진행되지 않은 상태이며, 특히 실제 실내환경에서의 실험은 거의 전무하다고 할 수 있다. 또한 기존의 연구가 일반적인 생활환경과는 달리 식물의 양이 상대적으로 많은 경우가 많아, 실험조건보다 식물의 양이 상대적으로 작은 실제 주거환경에서 식물에 대한 지나친 의존은 오히려 건강상에 더 큰 위험으로 작용할 수 있으며 이에 대한 연구 또한 매우 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실제 생활환경조건에서의 식물의 정화효과를 살펴봄으로써, 실내공기정화를 위한 실내식물의 적용에 있어서의 실내 대기질에 미치는 영향과 고려해야할 요인들을 파악하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 적용 I

현장적용 대상지로 OO 대학교의 신축된지 3개월 미만의 건물 내의 강당을 선택하여 강당 내 무대 양편에 있는 두개의 조정실에서 실험을 하였다. 두 방의 높이는 모두 2.7 m 였고 방의 부피 역시 약 25 m<sup>3</sup> 로 비슷한 크기였다 (Fig. 1). 실험당시 room A 에는 의자들을 보관 중이었고 room B에는 책상들이 보관되어 있었다.

본 현장실험에서 포름알데히드의 농도는 휴대용 포름알데히드 검출기(Riken Keiki 사의 FP30)를 이

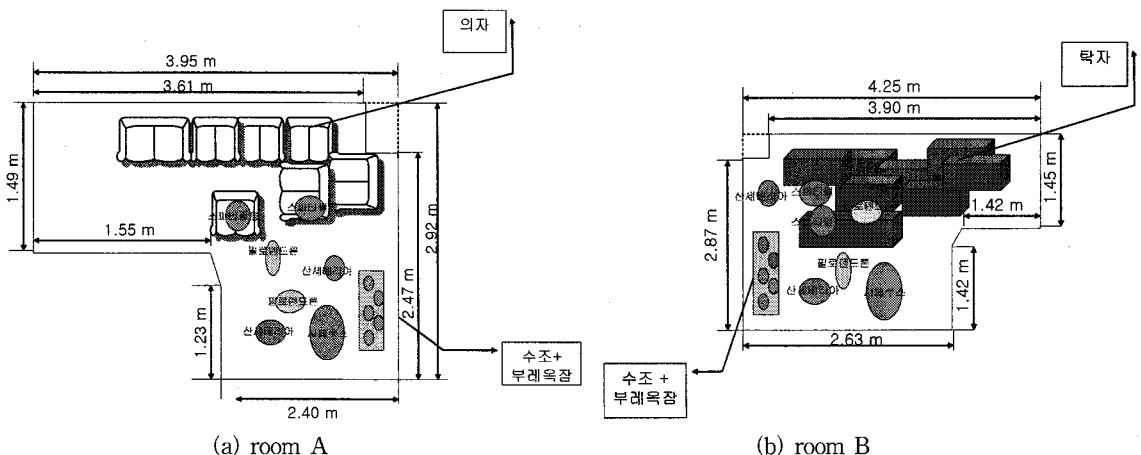


Fig. 1. Schematic illustration of rooms in newly built auditorium.

실내의 포름알데히드 농도에 미치는 식물의 영향

용하여 측정하였다. 본 연구를 위해 사용된 식물의 종류는 *Philodendron selloum* 2본, *Spathiphyllum sp.* 2본, *Sansevieria trifasciata* 2본, *Cyperus alternifolius* 1본, 그리고 물을 13cm 높이까지 채운 수조(가로 35 cm × 세로 1m × 높이 20 cm)에 담긴 *Eichhornia crassipes* 13본으로 Room A와 B에 동일하게 적용하였다 (Fig. 1). 사용한 각 식물의 특성은 Table 1에 정리하였다. 식물도입 전과 도입 후 시간별로 포름알데히드 농도를 측정하여 식물도입의 효과를 조사하였으며 동시에 외부농도의 변화도 함께 측정하여 외부농도에 의한 영향유무도 알아보 고자 하였다.

2.2. 적용 II

주거조건하의 적용실험으로 건축 된지 2년 경과 된 아파트의 침실을 선정하였다. 선정된 침실의 총 부피는 21.8 m<sup>3</sup>, 면적은 9.1 m<sup>2</sup>, 높이는 2.4 m 이었다 (Fig. 2). 적용II를 위해 사용된 식물로는 처음에는 *Dracaena marginata* 1본, *Dracaena angustifolia* 1 본을 도입하였고, 2일 후에 *Chlorophytum comosum* 1본, *Echinodorus paleofolius* 1본을, 다시 2일 후에 *Epipremnum aureum* 2본을 추가하여 식물추 가에 따른 오염물질 저감 효과를 보고자 하였다 (Fig. 2). 사용한 각 식물의 특성은 Table 2에 정리 하였다.

Table 1. The plants used for two rooms in the auditorium (Wolverton, 1996; 서정남 외 2003)

| plant | General name             | Scientific name                | 특성  |
|-------|--------------------------|--------------------------------|---|
| 필로덴드론 | Saddle leaf philodendron | <i>Philodendron selloum</i>    | 공기가 건조하고 광이 부족한 환경에 비교적 강한 편이라서 실내식물로 널리 이용되고 있다.   |
| 스파티필름 | Peace lily               | <i>Spathiphyllum sp.</i>       | 실내에 두기 좋은 상록 다년초로 광이 부족한 장소에서도 잘 견디며 크기에 비해 증산량이 많아 건조한 환경에서도 잘 견딘다.  |
| 산사베리아 | Snake Plant              | <i>Sansevieria trifasciata</i> | 다른 식물이 자라기 어려운 빛이 적은 곳이나 낮은 습도, 너무 덥거나 차가운 바람이 부는 곳에서도 잘 자라는 강건한 다육식물이다. 밤에 산소를 만들어 내어 방출하고 이산화탄소를 흡수하는 독특한 특성을 지니고 있다. |
| 시페루스  | Umbrella plant           | <i>Cyperus alternifolius</i>   | 정수수생식물로 직사광선이나 밝은 빛이 필요하나 그늘에서도 잘 성장하며 높이 1.5m 정도 자란다. 잎은 선형이고 5-8°C에서 월동 가능하며 건조하지 않도록 관리해야 한다.                        |
| 부레옥잠  | Water Hyacinth           | <i>Eichhornia crassipes</i>    | 부수수생식물로서 물옥잠과에 속하며 제한조건이 없다면 최고의 생산력을 보일 정도로 이상적인 속도로 생육, 증식하며, 잎은 달걀꼴 타원형이다.   |

Table 2. The plants used for the bedroom in the apartment (Wolverton, 1996; 서정남 외 2003)

| plant     | General name           | Scientific name                | 특성  |
|-----------|------------------------|--------------------------------|---|
| 드라세나 마지나타 | Dragon tree            | <i>Dracaena marginata</i>      | 광이 부족한 장소나 겨울철의 건조한 환경에서 잘 견디기 때문에 주거환경에 이상적인 식물이다.                             |
| 드라세나 자바   | Narrow-Leaved Pleomele | <i>Dracaena angustifolia</i>   | 반음지성 식물로 광이 부족한 실내 환경과 겨울철 건조한 환경도 잘 견디며 잎이 조밀하며 수형이 풍성하다.                      |
| 접란        | Spider plant           | <i>Chlorophytum comosum</i>    | 잎이 부드러운 곡선으로 아름다우며, 포기나누기로 쉽게 번식할 수 있는 실내식물이다.                                  |
| 에키노도로스    | Amazon sword           | <i>Echinodorus paleofolius</i> | 정수수생식물이지만 물 안에서 여항 내 수초로도 사용되고 있어 실내조경에 다목적으로 사용될 수 있다. 잎이 달걀형으로 봄에 하얀색 꽃을 피운다. |
| 스킨답서스     | Golden pothos          | <i>Epipremnum aureum</i>       | 덩굴성 식물로서 생장이 빠를 뿐만 아니라 다양한 실내환경에 잘 견디며 해충에도 강하다.                                |

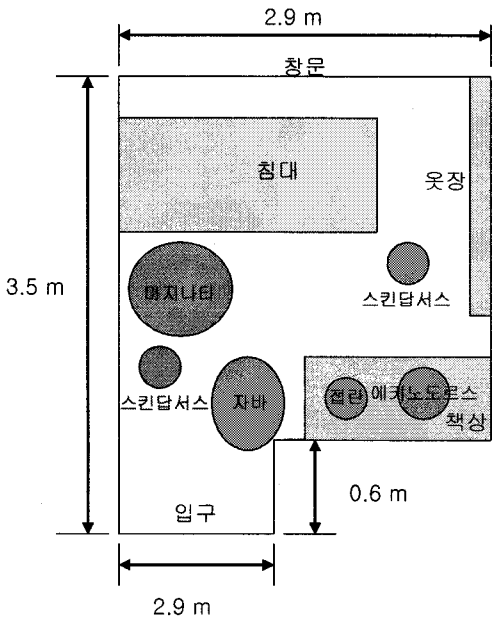


Fig. 2. Schematic illustration of room C in the 2 year old apartment.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 적용 I

식물도입 전의 대학교 신축강당 내 room A와 B의 포름알데히드 초기농도를 측정된 결과 각각 0.11, 1ppm 으로 나타났다. 이처럼 상이한 수준의 초기농도조건은 저농도와 고농도의 포름알데히드에 대한 식물효과를 비교할 수 있는 환경을 제공하고 있다고 할 수 있다. 포름알데히드 초기농도가 실내 공기질 유지기준(0.1ppm) 수준인 0.11ppm으로 나타난 room A에 대한 식물의 정화효과는 식물 도입 후 약 2시간 경과시 0.1 ppm으로 감소되었다가 4시간 경과후 오히려 0.12 ppm으로 증가하는 경향을 보였으나 이후 시간이 경과함에 따라 포름알데히드 농도가 점차 감소하여 12시간 이후에 0.04 ppm으로 감소하였다 (Fig. 3). 0.1 ppm 정도의 저농도인 경우에는 단시간내에(12시간 내) 식물에 의해 실내공기질 유지기준이하로 저감될 수 있음을 보여주었다.

한편 실내공기질 유지기준의 포름알데히드 농도 수준에서 식물의 포름알데히드 정화효과를 장기간에 걸쳐 모니터링 한 결과 뚜렷한 주기성을 보여 주어 식물의 생리적 활동에 따른 오염물질의 저감효과를 뚜렷이 볼 수 있었다 (Fig. 4). 한편 같은 시간대에 room A 외부의 포름알데히드 농도가 점차 증가하는데 이와 더불어 내부농도 역시 점차적으로

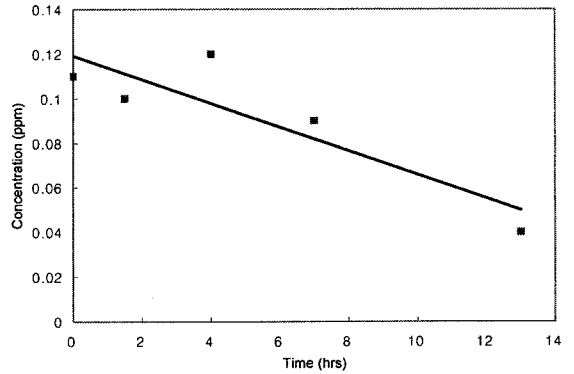


Fig. 3. Changes of formaldehyde concentration at low concentration level from the continuous source (room A) during short period of experiment.

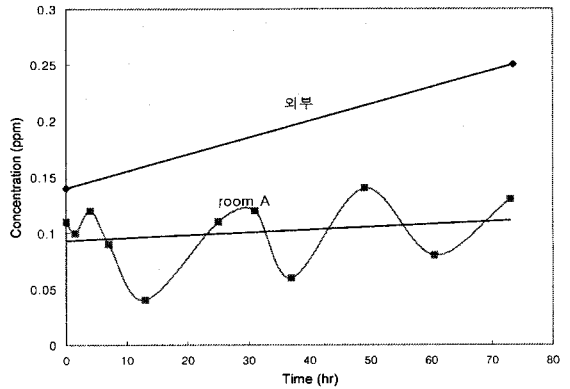


Fig. 4. Changes of formaldehyde concentration at low concentration level from the continuous source (room A) during long period of experiment.

증가하는 추세를 보여 외부농도의 영향을 받는 것으로 추측된다. 이 실험을 통하여 식물이 포름알데히드 저감에 기여할 수 있지만 식물의 일주기성에 영향을 받아 저감효과가 24시간 동안 지속되기 어려우므로 식물만으로는 오염공기의 정화를 일정수준으로 유지하기는 어려움을 보여주었다. 또한 외부에 지속적인 오염원이 있을 경우 그 정화효과는 떨어질 수 있음을 또한 보여주었다. 이런 경우 보조정화제를 사용하면 지속적인 효과를 얻는데 도움을 줄 수 있으리라 사료되며, 식물을 실내공기 정화에 도입할 경우 이를 충분히 고려해야 할 것이다.

식물 도입전 1ppm의 비교적 고농도 수준을 보여준 room B에 대한 식물정화효과는 Fig. 5에 나타내었다. 실험은 약 240여 시간 동안 계속되었으나 농도의 변화는 거의 없어 식물의 정화효과가 거의 없었음을 알 수 있었다. 외부의 포름알데히드 초기농도는 0.14ppm 수준이었으나 240여 시간 경과 후에

실내의 포름알데히드 농도에 미치는 식물의 영향

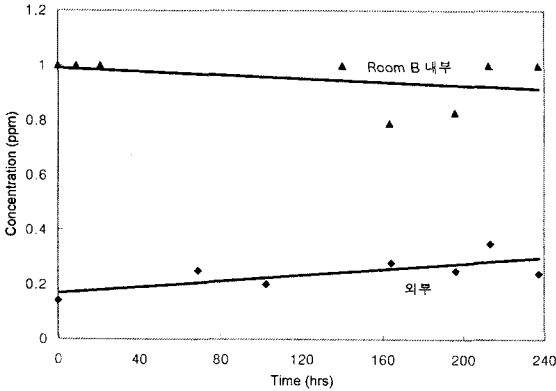


Fig. 5. Changes of formaldehyde concentration at high concentration level from the continuous source (room B) during long period of experiment.

0.24-0.35 ppm 으로 증가하였음을 보여주었다 (Fig. 5). 이는 room B의 고농도 포름알데히드의 영향으로 외부의 농도가 증가하였을 가능성을 배제할 수 없다. 이와같은 결과로 고농도 수준의 지속적인 오염원이 존재할 경우 식물에 의한 정화능력은 상당히 어려울 수 있다는 것을 파악 할 수 있었다. 따라서 오염원의 제거가 선행되어야 할 것이며 필요에 따라서는 정화보조 장치 혹은 공기정화기와 같은 물리적 장치와 함께 사용해야 될 것이다.

3.2. 적용 II

아파트 주거 공간내 식물도입전 포름알데히드 초기농도는 0.385 ppm으로 측정되어 비교적 높은 수준으로 나타났다. 식물의 도입에 따른 농도변화는 Fig. 6에 나타나 있다. 0.385 ppm의 초기농도에서 식물도입 이후 실내농도가 0.3 ppm 수준으로 감소하였으며, 이후 첫 번째 식물 보충으로 0.225 ppm

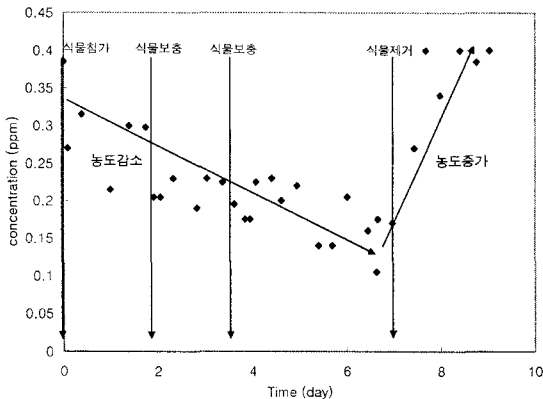


Fig. 6. Changes of formaldehyde concentration in room C after plants introduced and after plant removed.

수준으로, 두 번째 식물 보충으로 0.105 ppm 이하 수준까지 농도가 감소하였고 식물제거 후 2일 이내에 초기농도 수준인 0.4 ppm 으로 증가하였다. 이는 제한된 공간에 많은 수의 식물을 도입할수록 정화효과가 증가함을 보여준다. 또한 지속적인 감소의 경향 속에서 주기적으로 농도가 변화하고 있음을 보여주었는데 이는 현장적용 1의 room A에서와 마찬가지로 식물의 정화효과가 있을 지라도 식물의 생리적 활동에 따라 주기적인 효율의 변화를 보여주는 제약이 따른다. 따라서 지속적인 정화효과를 얻기 위하여 식물 이외에 다른 정화제의 도입이 고려되어야 함을 보여준다. 식물을 더 도입하는 경우도 생각해 볼 수 있겠지만 위의 Fig. 2에서 보는바와 같이 이미 상당한 주거공간을 식물이 차지하고 있어 추가적인 식물의 도입은 인간 활동에 제한을 줄 수도 있다.

식물도입 이후 온도와 습도를 모니터링 하였는데 온도는  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 유지되어 거의 변화가 없었으나 습도는 농도의 감소경향에 반하여 증가하였다 (Fig. 7). 이는 식물의 도입으로 오염물질의 저감 외에도 습도의 조절의 효과도 함께 얻을 수 있음을 보여준 것이다. 식물도입전과 식물증가에 따라 그리고 식물제거에 따른 농도저감효과 및 습도증가 효과가 분명히 나타나 있음을 보여준다. 초기 식물 도입시 평균 18.6%의 농도감소를, 첫 번째 식물 추가시 전체적으로 34 %의 농도감소 (15.4 %의 식물추가 효과)를, 두 번째 식물 추가시 전체적으로 45.1%의 농도감소 (11.1 %의 식물추가 효과)를 보여주었다. 한편, 식물의 추가적인 도입에 따라 포름알데히드 농도감소는 이루어지나 그에 따른 오염물질 제거율은 점차 저하되고 있는데 이러한 효율의 저하는 식물의 도입만으로 오염물질의 완전제거가 어려움을 나타내는 것이다. 세 차례의 식물의 도입을 함께 고

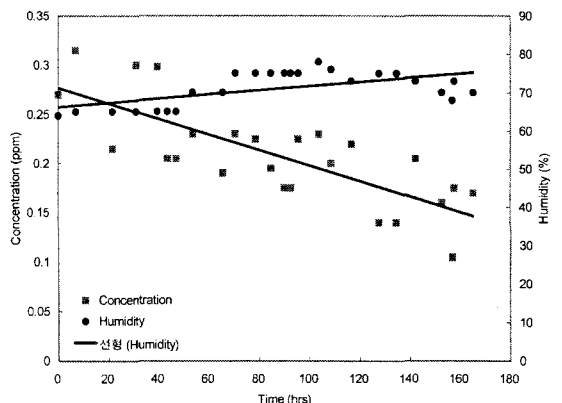


Fig. 7. Changes of formaldehyde concentration and humidity in room C after introducing plant.

려하면 전체 식물도입으로 인하여 평균 36.5%의 포름알데히드 농도감소가 있었음을 알 수 있었으며 식물의 제거 후 오히려 초기농도수준으로 급격히 증가되고 있어 식물의 도입이 오염물질제거에 중요한 역할을 하고 있음을 보여주었다. 아울러 오염물질의 감소와 습도의 변화가 서로 밀접하게 관련이 있어 식물의 증산작용에 의하여 포름알데히드의 실내 농도가 영향을 받음 또한 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

실제 오염된 현장조건하에서 포름알데히드에 대한 식물의 정화효과를 살펴보기 위해 두 가지 현장 적용실험을 실시하였다. 신축건물 내 강당에서 실시한 첫 번째 적용실험의 결과를 살펴보면 실내공기질 유지기준 수준의 저농도하에서는 전반적으로는 식물의 정화효과를 확인할 수 있었지만 식물의 생리적 활동에 따른 주기성을 보여주어 그 효과가 24시간동안 계속적으로 지속될 수 없었음을 알 수 있었다. 즉 식물만으로는 오염공기의 정화효과를 일정 수준으로 지속하기는 어렵다고 할 수 있는데 식물을 실내공기 정화에 도입할 경우 이를 충분히 고려해야 할 것이다. 한편 포름알데히드의 고농도수준(1ppm)을 나타내고 지속적인 오염원이 존재할 경우 식물의 정화효과가 상당히 감소됨을 확인할 수 있었다. 또한 이와 같은 수준의 포름알데히드 오염은 정화식물만으로는 효과적인 저감을 기대할 수 없으며 오염원의 제거가 선행되어야 할 것이라 판단된다. 두 번째 적용실험은 신축한지 2년 경과된 아파트 주거조건하에서 실시하였다. 제한된 공간 내에 도입되는 식물의 수가 증가할수록 포름알데히드의 농도는 더 감소하였으며 식물의 제거 후 2일 이내에 초기 농도수준으로 다시 증가하였다. 또한 포름알데히드 농도가 지속적으로 감소하는 경향 속에서 주기적으로 농도변화가 발생함을 볼 수 있었는데 이는 첫 번째 현장적용의 경우와 마찬가지로 식물의 생리적 활동에 따른 주기적인 정화효율의 변화를 보여준 것이라 할 수 있다. 따라서 지속적인 정화효과를 얻기 위해 식물이외에 다른 정화제의 도입 등이 고려되어야 할 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 2003년도 젊은 과학자 지원사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사의 뜻을 표하는 바입니다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 김강석, 이희선, 공성용, 구현정, 2001, 실내공기 오염에 대한 국민의식 조사와 정책방안연구, 한국 환경정책·평가연구원.
- 2) 서정남, 최지용, 허무룡, 박천호, 2003, 실내식물, 부민문화사.
- 3) 박소영, 김정, 장영기, 성기준, 2005, 포름알데히드로 오염된 실내공기의 정화에 미치는 식물효과에 관한 연구, 환경영향평가학회지, 14(4), 47-53.
- 4) 박소영, 김정, 장영기, 성기준, 2005, 실내오염물질 정화를 위한 수생식물의 이용가능성에 관한 연구, 한국환경복원녹화기술학회지, 8(5), 1-9.
- 5) 손부순, 양원호, 2002, 실내공기오염, 신평문화사.
- 6) 환경부, 2002, 실내공간 실내공기오염특성 및 관리방법 연구.
- 7) Godish, T. and C. Guindon, 1989, An assessment of botanical air purification as a formaldehyde mitigation measure under dynamic laboratory chamber conditions, Environmental pollution, 61, 13-20.
- 8) Marshall Sittig, 2001, Sittig's Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens, William Andrew Publisher.
- 9) US Environmental Protection Agency, 1982, Assesment of health risks to garment workers and certain home residents from exposure to formaldehyde, Office of Pesticides and Toxic Substances.
- 10) Wolverton, B. C., 1986, Space bio-technology in housing, NASA, USA
- 11) Wolverton, B. C., Johnson A, Bounds K., 1989, Interior landscape plants for indoor air pollution abatement-Final report. NASA, Stennis Space Center, MS, USA
- 12) Wolverton, B. C. and J. D. Wolverton, 1993, Plants and soil microorganisms : removal of formaldehyde, xylene, and ammonia from the indoor environment, J. Miss, Acad. Sci., 38(2), 11-15.
- 13) Wolverton, B.C., 1996, How to grow fresh air, Penguin Putnam Inc.