

## SEM-EDS를 이용한 PEG처리재 세포벽내의 PEG분포 분석\*<sup>1</sup>

권 구 중\*<sup>2</sup> · 김 남 훈\*<sup>2†</sup>

## PEG Distribution in the Cell Walls of PEG-treated Woods using SEM-EDS\*<sup>1</sup>

Gu-Joong Kwon\*<sup>2</sup> · Nam-Hun Kim\*<sup>2†</sup>

### 요 약

PEG처리재의 치수안정성 기구를 조사하기 위해 에너지분산스펙트럼분석법(SEM-EDS)을 이용하여 세포벽 내에 존재하는 PEG분자들의 분포를 분석하였다. 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 무처리재의 세포들은 건조에 의한 수축이 발생하여 세포들이 찌그러진 형태를 나타냈지만, PEG처리재의 세포는 세포벽이 무처리재에 비해 다소 팽윤되었고, 세포들은 거의 원형을 유지하고 있었다. SEM-EDS법으로 분석한 결과, 세포벽에 K이온이 고르게 분포되어 있는 것이 관찰되었다. 따라서 PEG분자는 세포벽 내까지 침투하여 목재의 치수안정성 증대에 기여하는 것이 확인되었다.

### ABSTRACT

This study was carried out to investigate the distribution and penetration of PEG molecules into the cell wall of wood by SEM-EDS method. SEM observation indicated that the cell walls of PEG-treated specimen were swollen, and didn't show any change in their shapes, while the cells of untreated specimen were more or less collapsed. The results of X-ray analyses of potassium stained samples revealed the distribution of the impregnated chemicals within the cell walls, when considering the distribution of potassium ions in the cell walls. Consequently, this study supported the possibility of PEG molecules penetrated into the wood cell wall play an important role in enhancing the dimensional stability of wood.

\*<sup>1</sup> 접수 2006년 4월 13일, 채택 2006년 6월 19일

\*<sup>2</sup> 강원대학교 산림과학대학 College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

† 주저자(corresponding author) : 김남훈(e-mail: kimnh@mail.kangwon.ac.kr)

**Keywords:** dimensional stability, SEM-EDS, polyethylene glycol (PEG), potassium permanganate

## 1. 서 론

목재의 치수안정성을 증진시키기 위해서 아세틸화, WPC (wood plastic composite)화 등과 같은 여러 가지 화학 처리 방법이 시도되어 왔다(鈴木과 徳田 編 1993; 日刊木材新聞社編 1995). 그 중 PEG 처리 방법은 목재 세포벽이나 내강에 PEG가 충전되어 좋은 치수안정효과를 나타내는 것으로 알려져 왔다(佐道 1989). 저자 등도 PEG를 이용하여 국내산 주요 수종에 대한 치수안정성을 보고하였다(권과 김 2002a, b; 2003). 그러나 PEG처리에 있어서 중요한 것은 PEG를 목재 내에 균일하게 분포시켜 PEG를 세포벽 중에 충분히 확산시키는 것이다. 그렇지 않으면 PEG의 평균 함유율이 높게 되어도 재내에 균일하게 분포하지 않을 경우, 치수안정성에 영향을 주게 된다. 따라서 목재 내에 PEG가 어떻게 존재하는지에 대해서 분석하는 것은 중요한 과제의 하나이다.

현재까지 목재 내의 PEG 존재 상태에 관련된 연구를 보면 Tarkow 등(1966)이 용질배제법에 의한 Non-Solvent Water (NSW)의 정량에 의해서 PEG 3000이 목재의 일시공극 중에 침입할 수 없다는 결과를 보고하였다. 富永과 佐道(1990)는 고분자량의 PEG가 목재 세포벽 중에 존재하는 가능성에 대해 자유감쇠진동형 점탄성 측정법으로 비교 검토하였다. 坂井 등(1991)은 PEG 함침 처리 재내의 약제 분포 분석을 위해 Soft X-ray Densitometer가 약제 주입 상태의 확인, 파악에 유효하다고 보고하였다. Wallström & Lindberg (1995, 1999)은 *Pinus sylvestris*재와 potassium으로 염색된 PEG 사이의 상호작용을 이용하여 조사한 결과, SEM/EDS와 X선 회절법으로 PEG처리된 목재에서 주입된 시료에서 PEG가 free상태로 존재하는 것을 밝혔고, STEM/EDS를 이용하여 생재상태인 목재를 처음 건조할 때 형성된 micro-crack들로 인하여 화학물질이 세포벽에 균일하지 않게 분포됨을 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 PEG 처리재의 치수안정화가

구를 구명하기 위한 연구의 일환으로, 국내산 침엽수 재를 이용하여 SEM-EDS법으로 목재 세포벽 내의 PEG 분포 상태를 조사, 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험재료

이전의 연구에서 저자(권과 김 2002b)는 여러 조건 하에서 PEG처리한 목재의 치수안정성을 조사하여 활엽수재보다 침엽수재가 치수안정성이 더 우수한 것으로 보고하였다. 따라서 본 실험에서는 침엽수재 중 특히 치수안정성이 우수하게 나타난 잣나무(*Pinus koraiensis*)와 일본잎갈나무(*Larix kaempferi*)재를 분자량 1000의 polyethylene glycol (PEG, Kanto Chemical Co.) 30% 수용액으로 처리하여 시료로 이용하였다.

### 2.2. 실험방법

#### 2.2.1. SEM 관찰

PEG처리된 시편의 횡단면을 마이크로톰으로 포삭하여 깨끗한 단면을 제작하였다. 제작된 시편은 SEM용 시료대에 도전성 접착제로 접착시킨 후 ion sputter coater (SEM auto coating unit E 5200)를 사용하여 18 mA에서 약 3분간 금 증착하였다. 금 증착된 시편을 강원대학교 공동실습관에 설치된 주사전자현미경(JEOL, JMS- 5410)으로 20 kV의 가속전압 하에서 관찰하였다.

#### 2.2.2. SEM-EDS 분석을 위한 PEG처리

SEM-EDS (scanning electron microscopy coupled with energy dispersive x-ray spectrometry)분석을 위해 Wallström & Lindberg (1999)가 이용한 potassium 염색법을 사용하였다. 즉, 500 ml의 증류수에

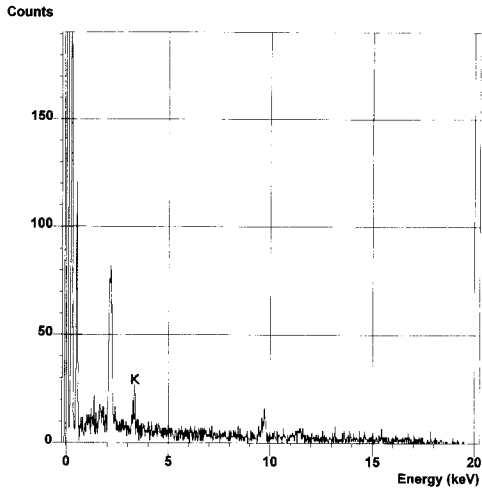


Fig. 1. The EDS spectrum for potassium distribution in the cell wall of wood treated with PEG 1000.

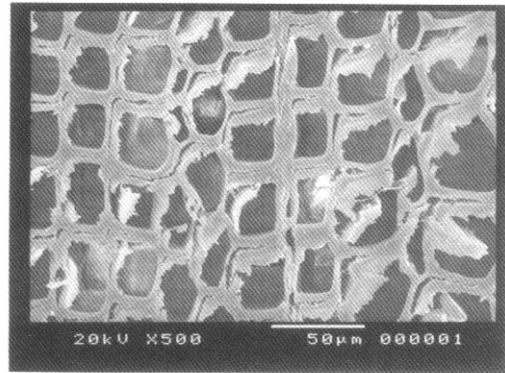
PEG 1000의 150 g을 넣어 30%의 PEG수용액을 만든 후에  $KMnO_4$  20 g을 첨가하였다. 그 후 침전된  $MnO_2$ 는 필터로 여과시켰다.

Potassium으로 염색된 PEG 1000의 30% 수용액에 포수상태의 시료를 30분간 감압 처리하여 2일 방치 후  $60^\circ C$ 에서 3일간 건조하였다. 세포벽 중에서 K이온의 분포 상태는 SEM-EDS장치(Oxford : ISIS)를 이용하여 3.3075 KeV 피크(Fig. 1)를 가지는 K원소의  $K_\alpha$  특성 X선의 강도를 비교, 분석하였다.

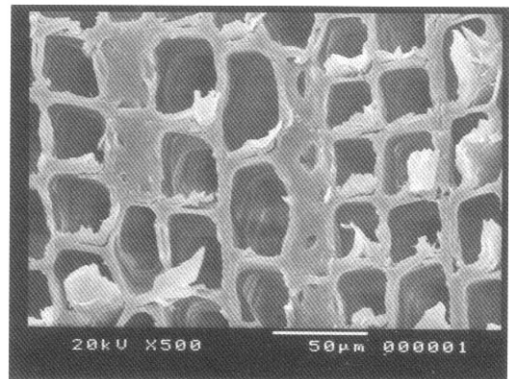
### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. PEG처리재의 SEM 관찰

Fig. 2와 3은 잣나무재의 미처리재(A)와 PEG 처리재(B)의 횡단면을 주사전자현미경으로 관찰한 사진이다. 미처리재는 가도관 세포의 형태가 찌그러져 있는 경우가 많았다. 반면, PEG 처리재는 가도관 세포의 형태에 거의 변화가 없었으며 세포벽이 다소 팽윤되어진 형태로 관찰되었다. 이전의 연구(권·김, 2002b)에서 본 실험에 이용한 PEG-1000의 30% 수용액의 처리 목재가 가장 치수안정성이 좋은 것으로 보



(A) Untreated



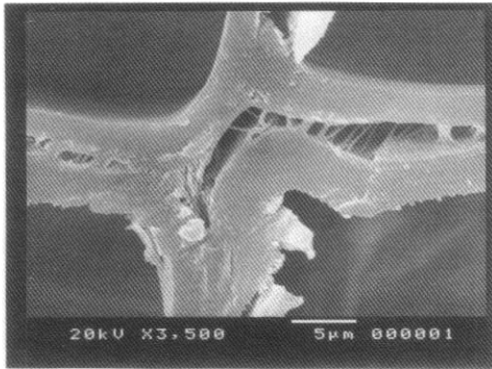
(B) Treated with 30% aqueous solution of PEG-1000.

Fig. 2. Scanning electron micrographs of *Pinus koraiensis* wood.

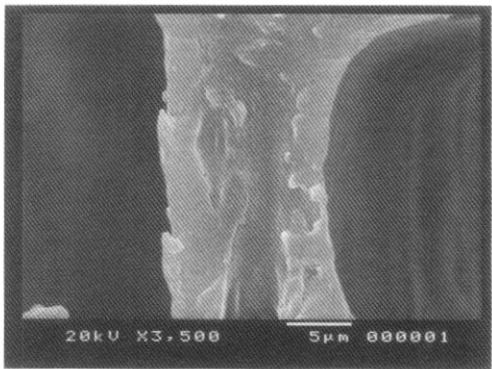
고하였다. 따라서 우수한 치수안정성을 나타내는 중요한 이유의 하나는 PEG처리에 의해 목재 세포벽이 팽윤되어지는 용적 효과에 의해 건조 후에도 세포의 형태에 변화 없이 좋은 치수안정효과를 나타내는 것으로 생각되었다.

#### 3.2. SEM-EDS에 의한 PEG분포 분석

Fig. 4는 PEG처리 잣나무재의 횡단면을 주사전자현미경으로 관찰한 2차전자상(A)과 back scattered X-ray 사진(B)이다. Back scattered X-ray 사진에서 세포벽 내에 K 이온이 고르게 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이것은 세포벽 중에 PEG가 침투되어



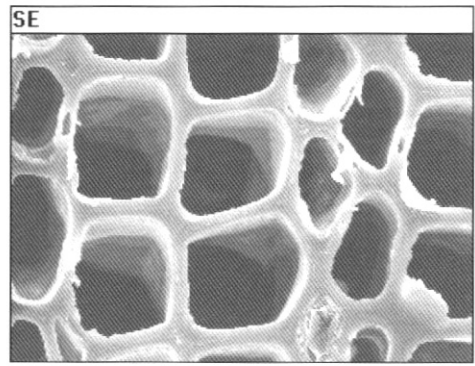
(A) Untreated



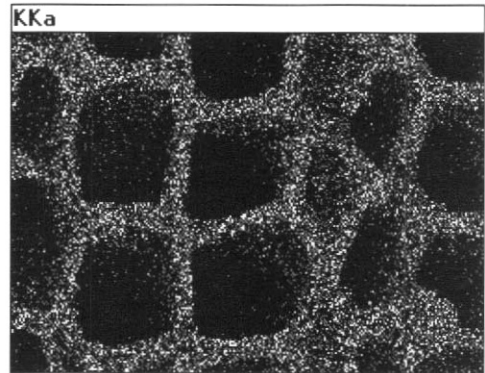
(B) Treated with 30% aqueous solution of PEG 1000.

Fig. 3. Scanning electron micrographs of the tracheid cell wall of *Pinus koraiensis* wood.

고르게 분포하는 것을 증명하는 결과로 생각된다. Fig. 5는 두개 세포의 세포벽을 횡으로 linescan한 2차 전자와 X선의 강도 분포를 나타낸 것이다. linescan은 Fig. 5A에서 보여주는 것과 같이 선택되어진 부분을 세포벽 표면을 따라 왼쪽에서 오른쪽으로 가로질러 측정하며, 이 때 세포벽 내에 K이온의 존재 정도에 따라 2차 전자와 X선의 강도가 변화한다. 본 연구에서는 세포벽의 각 벽층에서 거의 차이 없이 K 이온이 고르게 분포하고 있는 것을 알 수 있다. Fig. 6과 Fig. 7은 낙엽송재의 PEG 처리재를 관찰한 결과로서 Fig. 4와 Fig. 5의 잣나무재와 동일한 결과를 보여주었다.



(A)

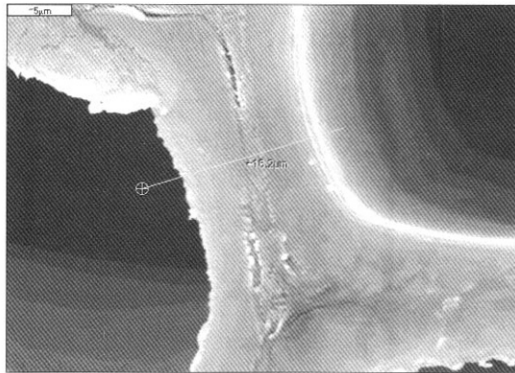


(B)

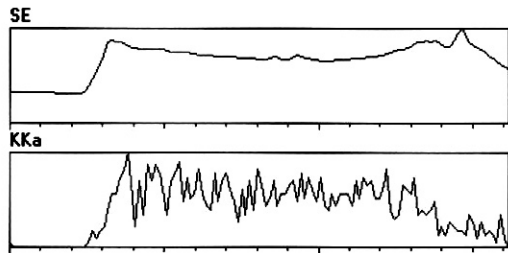
Fig. 4. Secondary electron image (A) and potassium  $K\alpha$  X-ray image (B) on the cross section of *Pinus koraiensis* wood treated with potassium-added 30% aqueous solution of PEG-1000.

세포벽 내에 PEG의 침투 및 분포 위치에 대하여, 古野와 後藤(1974)은 분자량이 다른 PEG에 질산은과 혼합해서 처리한 목재의 세포벽을 전자현미경과 형광현미경으로 관찰한 결과, PEG 분자량 400과 1000에서 은 입자가 가도관 내, 특히  $S_2$ 층을 횡단하고 있는 것을 보고하였다. 따라서 팽윤에 의한  $S_2$ 층의 마이크로피브릴 방향과  $S_2$ 층을 횡단하는 방사방향으로 일사공극이 형성되어 그 곳에 PEG가 침투, 침지한 것이라고 제시하였다.

Norimoto (1993)는 화학 처리에 의한 세포 구조 변화를 세 가지로 구분하였다. 그 중 PEG 처리에 의한 목재 세포는 세포내강과 세포벽에 침지하는 특징을



(A)



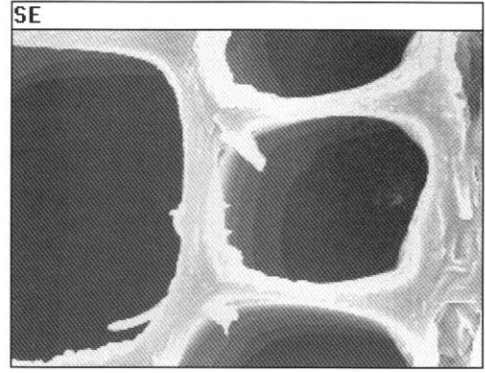
(B)

Fig. 5. Secondary electron image (A) and EDS-linescan (B) of the tracheid cell wall of *Pinus koraiensis* wood treated with potassium-added 30% aqueous solution of PEG-1000.

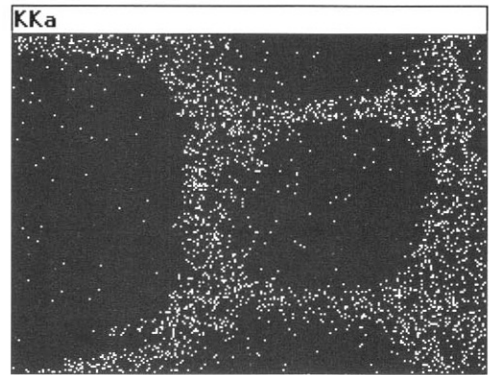
갖는다고 보고하였다.

Wallström & Lindberg (1995)는 potassium으로 염색된 PEG-200과 glycerol을 *Pinus sylvestris*재의 세포벽에 침투하는 SEM-EDS와 Wide angle X-ray scattering (WAXS)을 이용하여 분석한 결과, 세포벽 중에 침투하여 분포하고 있는 것으로 보고하였다. 또한 건조된 *Pinus sylvestris*재의 세포벽에는 건조 과정에서 발생한 미세할열이 존재하고, 이 부분에 PEG가 침투되므로 PEG는 매우 불규칙하게 분포하는 것으로 보고하였다.

본 연구에서는 상기의 연구자들의 연구 결과와 유사하게 PEG가 목재의 세포벽 내까지 침투하여 분포하고 있는 것을 재확인하였다. 이것으로 PEG는 목재의 세포내강뿐만 아니라 목재의 세포벽 내에도 침투하여 목재의 치수안정성을 증대시키고 있는 것으로



(A)



(B)

Fig. 6. Secondary electron image (A) and potassium  $K\alpha$  X-ray image (B) on the cross section of *Larix kaempferi* wood treated with potassium-added 30% aqueous solution of PEG-1000.

생각되었다. 서론에서 밝힌 것처럼 현재까지 목재 세포벽 중에 PEG를 비롯한 화학약품을 침투시켜 그 분포 상태를 가시화하여 나타낸 연구는 많지 않다. 본 연구 결과는 앞으로 보존처리, WPC 등 목재 성능 향상을 위한 연구에 좋은 기초 자료를 제공하는데 응용될 수 있을 것으로 생각된다.

## 4. 결 론

PEG 처리제를 SEM-EDS분석하여 다음의 결론을 얻었다.

## 참 고 문 헌

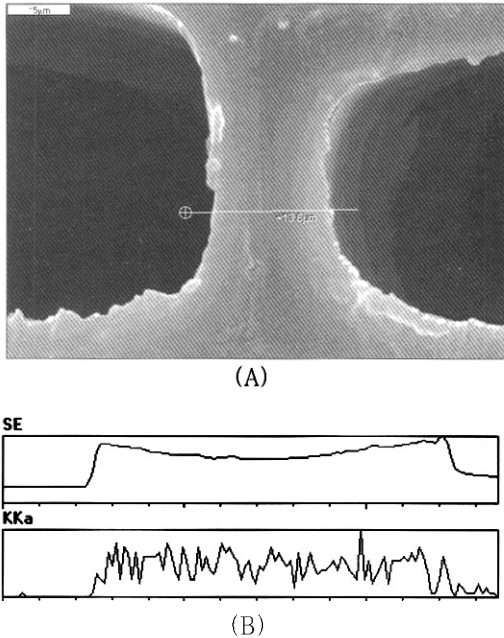


Fig. 7. Secondary electron image (A) and EDS-linescan (B) of the tracheid cell wall of *Larix kaempferi* wood treated with potassium-added 30% aqueous solution of PEG-1000.

1) 미처리재의 가도관은 세포의 형태가 찌그러지고, PEG 처리재의 가도관은 형태의 변화 없이 세포벽이 다소 팽윤되어진 형태로 관찰되었다.

2) 특성 X선 분석 결과, 세포벽 중에 K이온이 고르게 분포하는 결과로부터 PEG가 목재의 세포벽 내까지 침투하여 분포하는 것이 증명되었다.

따라서 목재 세포벽 내에 PEG가 존재하고 있는 것이 재확인되었으며, PEG는 목재의 세포내강 뿐만 아니라 세포벽 내까지 침투하여 목재의 치수안정성을 증대시키고 있는 것으로 생각되었다.

## 사 사

본 연구는 2002년도 강원대학교 기성회지원 해외 파견 연구비에 의해 수행되었음.

1. Norimoto, M. 1993. Structure and properties of chemically treated wood. In: Recent Research on Wood and Wood-based Materials. Eds. N. Shiraishi, H. Kajita, and M. Norimoto. Elsevier applied Science, London and New York: 135~154.
2. Tarkow, H, W. C. Feist, and C. F. Southerland. 1966. Interaction of wood with polymeric materials, Penetration versus molecular size. Forest Products Journal. 16(10): 61~65.
3. Wallström, L. and K. A. H. Lindberg. 1995. Wood surface stabilization with polyethylene glycol. Wood science and technology 29: 2~9.
4. Wallström, L. and K. A. H. Lindberg. 1999. Measurement of cell wall penetration in wood of water-based chemicals using SEM/EDS and STEM/EDS technique. Wood Science and Technology 33: 111~122.
5. 古野 毅, 後藤輝男. 1974, 木材-合成高分子界面の構造 第5報. 木材學會誌 20(9): 446~452.
6. 鈴木正治, 徳田迪夫 編. 1993. 木質資源材料. 海青社: 19~72.
7. 富永洋司, 佐道 健. 1990. ポリエチレングリコール含浸木材のねじり振動. 木材學會誌 36(4): 264~268.
8. 日刊木材新聞社編. 1995. 新しい木質建材. 日刊木材新聞社: 145~166.
9. 佐道 健. 1989. 木材の科學と利用技術 -寸法安定化-. 日本木材學會研究分科會報告書: 520~524.
10. 坂井茂後, 近藤正巳, 太田貞明, 藤原 健. 1991. 含浸處理材における藥劑の在內分布. 日本木材學會 第41回大會要旨: 275.
11. 권구중, 김남훈. 2002a. Polyethylene glycol 처리 과정 중 목재 치수안정성의 경시적 평가, 한국가구학회지 13(1): 1~8.
12. 권구중, 김남훈. 2002b. PEG (Polyethylene glycol) 처리에 의한 국내산 주요 소경재의 치수안정화에 관한 연구. 목재공학 30(1): 40~47.
13. 권구중, 김남훈. 2003. PEG (Polyethylene glycol) 처리에 의한 국내산 소경재의 치수안정화에 관한 연구 II-환공재와 산공재의 비교. 목재공학 31(4): 8~15.