

Polyethylen Glycol을 이용한 水浸針葉樹材의 安定化*

Per Hoffmann**

鄭兩好 譯**

要 約

4種의 상태가 좋은 그리고 2種의 劣化된 水浸 針葉樹材(*Pinus massoniana*, *Pinus densiflora*, *Cunninghamia lanceolata*, *Cryptomeria japonica*)를 PEG400과 PEG4,000용액으로 처리하였다. 모든 種이 安定化處理에 똑같이 반응을 보였다. 전체적으로 健全材나 약간 劣化된 水浸材는 PEG400 20%용액으로 처리한 결과 值數安定化가 달성되었다. PEG4,000의 50%용액으로 처리한 목재의 건조에 대한 수축은 심하게 劣化된 목재에 대해 劣化되지 않은 목재에서는 1/2에서 1/3정도 감소하였다. 엄격한 相關關係가 最適安定化를 위해 PEG와 목재의 密度간에 존재한다. 最適으로 처리된 목재는 86%相對濕度 이하에서는 축축하게 되지 않는다. PEG400과 PEG4,000으로 처리한 2段付舍浸이 黃海에서 구조된 中國 정크선의 목재를 安定化시키는데 대해 추천된다.

概 要

1976년부터 1984년까지 9년간의 夏節期에 韓國 다이버들은 西南海岸 新安에서 침몰된 中世 中國의 難破船(정크선)을 인양하였다. 진흙탕물의 수심 20m로부터 그리고 강한 조류에서도 그들은 20,664점의 陶瓷器, 28톤의 中國銅錢, 1,017편의 紫檀木(약1~2m길이)그리고 2,118점의 다른 유물(선원들의 일상필수품 포함 뿐만 아니라 이들 화물을 수송했던 배를 인양하였다. 나무 상자의 木簡에는 中國年代記錄을 判讀할 수 있는 文字를 發見할 수 있었다. ;AD1323, 길이 12.7m, 폭 71cm, 두께가 50cm인 龍骨로부터 1m의 작은 外板에 이르기까지 445개의 船體片이 발견되었다. 韓國文化財管理局은 西南海岸에 곧 건설될 海洋博物館의 중심 遺物로 展示하기 위하여 이 독특한 선박유물을 보존해야 된다는 결정을 하게 되었다. 1985년에 文化財研究所는 新安船의 保存을 위한 기술교류를 위하여 著者を 招請한 바 있으며 訪韓當時 12kg의 水浸木材 샘플을 保存處理 실험을 위하여 수집해오게 되었다. 건조되면서 발생하는 과도한 收縮에 대하여 水浸木材를 安定化시키기 위하여서는 많은 방법이 있다. 대형 목재와 구조물은 수용액 상태의 PEG로 처리하는 것이 유일한 방법으로 일반화되어 있다. (cf. Grattan and Clarke 1987) 그러나 사용된 PEG의

* 이 論文은 Holzforschung.Vol.44(1990)No.2에 게재된 것으로 原著者는 獨逸海洋博物館 Dr. Per Hoffmann이다. Dr. Hoffmann은 新安船材의 保存處理를 위해 本 處理所와 공동연구를 수행하였으며 이 論文 역시 新安船材 安定文處理에 관한 研究報告書이다.

** 獨逸海洋博物館

*** 木浦海洋博物館

분자량, 목재내로 濕入되는 PEG의 量, 그리고 침투에 대해 요구되는 시간 등 모든 것이 처리하는 목재의 劣化정도와 樹種에 따라 다르다.(Grattan1988. Hoffmann 1984) 건조되는 동안 水浸考古木材는 두가지 mechanism 에 따라서 수축한다. 즉 細胞膜의 體積收縮과 조직이 어느 정도의 劣化가 지났을 때 細胞의 붕괴에 의하여 收縮한다. 따라서 그들 목재의 안정화는 두 가지 현상을 방지해야 한다. 健全하거나 약간 膨潤하여 劣化정도가 약하지만 완전한 細胞膜을 가진 목재는 저분자의 PEG(Mw200~600)가 細胞膜내의 수분을 부분적으로 直換할 수 있다. 그리고 殘餘水分이 증발되었을 때 膨潤한 상태에서 그 상태를 유지할 수 있다. 細胞膜이 그들의 본래 모습과 기계적 강도를 잃었을 때는 높은 분자량의 PEG(Mw>1,500)가 細胞腔을 膨潤狀態로 유지하기 위해 그리고 조직이 붕괴되는 것을 방지하기 위해 필요하다. 많은 考古學的 목재는 다양한 정도로 劣化된 組織으로 구성되어 있다. 이들 목재들을 가지고 2段階處理(처음에는 저분자량의 PEG로 그리고 나서 고분자량으로 처리)가 만족할 정도로 그들을 안정화시키는데 성공적임을 입증하였다. 때로 100%의 水浸木材 值數安定화가 달성되었다.(Hoffmann 1986)

新安船의 構造材는 중국적송(*pinus massoniana*)과 중국전나무(*Cunning hamia lanceolata*)로 확인되었다. (Park 1984;Richtes) 水浸木材의 안정화에 대해 체계적인 연구가 아직 많이 발표되지 않았기 때문에 船體處理에 대한 최적의 媒介變數를 정하기 위해 실험실적조사가 필요했다.

중국적송(*P.massoniana*)과 중국전나무(*C.lanceolata*)는 中國에서만 生育하기 때문에 韓國에서는 健全材를 구할 수 없었다. 따라서 古學的 목재들과 구조적이나 기술적 특성에 있어 매우 유사한 種인 적송(*P.dlensiflora*)과 삼나무(*Cryptomeria japonica*)의 샘플이 비교용으로 선택되었다. 후에 中國 木材工業研究所의 Mr.Pyiyuan Wang씨가 친절하게도 中國製健全材를 제공해 주어서 4種의 목재와 이들 두 劣化된 고고학적인 목재가 이 연구에 포함되었다.

實 驗

약 40×40×40mm의 試片을 放射方向(radial)과 接線方向(tangertial)으로 橫斷板을 切取(cross-section)하였다. 健全材 샘플은 일련의 眞空含浸裝置를 이용하여 水浸狀態로 만들었다. 그리고 수주동안 水飽化狀態로 두었다.

각 목재와 그들의 最大鹹水率은 다음과 같다.;

PM1-Pinus massoniana 건전재 최대 함수율(Umax)=223%

PM2-Pinus massoniana 약간부후 최대 함수율(Umax)=275%

PM3-Pinus massoniana 중간부후 최대 함수율(Umax)=349%

PM4-Pinus massoniana 심한부후 최대 함수율(Umax)=486%

PD1-Pinus densiflora 건전재 최대 함수율(Umax)=197%

CC1-Cunninghamia lanceolate 건전재 최대 함수율(Umax)=323%

CC2-Cunninghamia lanceolate 약간부후 최대 함수율(Umax)=237%

CJ!-Cryptomeria japonica 건전재 최대 함수율(Umax)=249%

한 種內에서 증가하는 최대함수율은 오랜 기간의 水浸동안 炭水化合物의 加水分解로 인한 목질의 손실이 증가하는 것을 나타내 준다. (eg.Hedge등 1985:Hoffmann 1981)샘플 CC2는 健全材인 CC1보다 낮은 최대함수율을 보여준다. 왜냐하면 그것은 CC1 과 비교해 더 좁은 年輪을 가지고 있기 때문이다. 그림1과 2는 劣化된 것과 劣化되지 않은 중국적송(*Pinus massoniana*)과 중국전나무(*Cunninghamia*)샘플의 전형적인 微視的 그림을 보여준다.

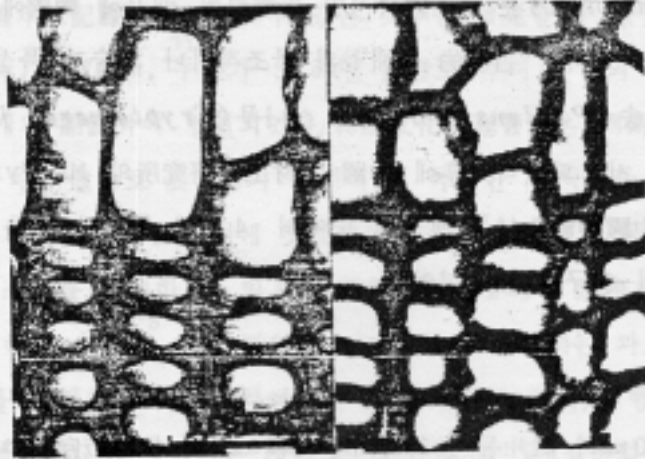


그림 1. *Pinus massoniana* : 건전재 (왼쪽), 부후재 (오른쪽) 열화된 목재 내에서 2차細胞膜은 중간층(middle lamella system)에서 검은 알갱이 상태로 분해되었다.

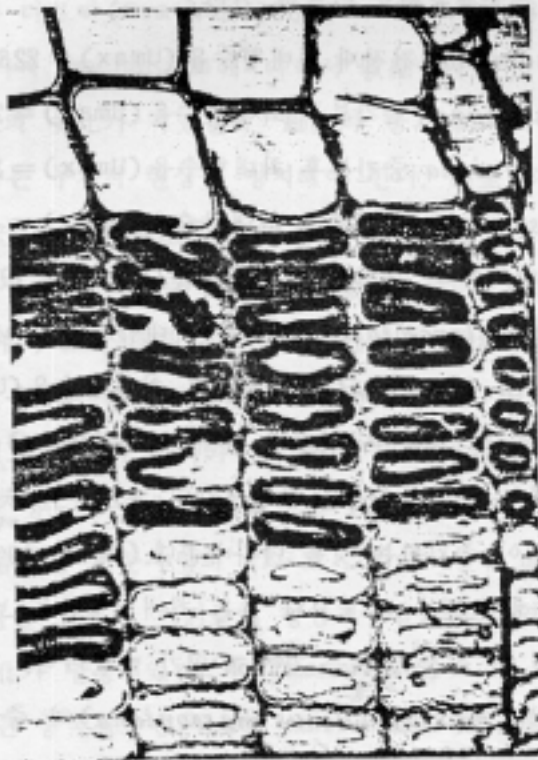


그림 2. *Cunninghamia lanceolata* : 열화목재, 열화는 바깥쪽 秋材에서 2차細胞膜에 영향을 미칠때 까지이다.

샘플은 60°C에서 PEG200, 400 그리고 4,000의 10%수용액에 침적하였으며 용액의 농도는 매 2주마다 10%씩 상승하였다. 3 혹은 4개의 비교샘플을 각 단계에서 처리 종료하였다. 그런 후 가볍게 닦아내고 무게를 달고 放射方向과 接線方向의 치수를 측정하고 96%, 75%, 65%, 52%, 34%의 相對濕度 순으로 천천히 건조하였다. 그리고 그들은 다시 相對濕度 96%까지 역단계로 되돌려졌다. 그리고 마지막으로 105°C에서 24시간동안 건조하였다. 減濕과 上濕의 각 단계에서 稱量하고 值數를 측정하였다. 橫斷面(cross-section)수축은 $\beta_{cs} = \beta_r + \beta_t$ 로서 계산되었다. β_r 과 β_t 는 각각 放射方向(radial)과 接線方向(tangential)이다. PEG함량은 처리된 것과 처리되지 않은 샘플의 무게와 그리고 목재의 최대함수율로부터 계산되었다. 再吸濕循環은 吸收等溫線을 결정하기 위해 그리고 특히 처리된 샘플이 PEG의 吸濕性 때문에 수분을 받아들이거나 젖은 표면으로 되는 相對濕度를 확인하기 위해 수행되었다.

結果 및 考察

1. 值數安定化

이미 행했던 실험 중 oak목재에 대해 얻어진 가장 좋은 결과의 범위에 따라 健全材와 劣化 정도가 약한 新安船木材는 30~50% PEG 400 용액으로 처리하였다. 모든 경우 안정화는 거의 100%였다. 그래서 두 번째 실험에서는 선택된 샘플을 10~30%용액에 함침한 후에 조사하였다. 전체 안정화 효과는 20%용액으로서도 달성되었다. 10%용액은 미세한 殘餘收縮을 방지하기에 충분치 못했다. 단 삼나무 건전재에서는 예외였다. (그림3-5) 健全材 중국적송(Pinus massoniana)과 중국전나무(Cunninghamia lanceolata)는 PEG200으로 처리하였으며 PEG400에서와 같은 특성을 보였다.

모든 목재는 PEG4,000으로 처리되었다. 이들 처리로부터의 결과는 약간 놀라운 것이었다. Choi등은 (1988) 두편의 열화된 적송(Pinus massoniana)를 10~50%농도로 상승시킴으로 안정화효과를 보았었다. 이 실험에서도 높은 농도는 약간 영땡한 결과를 낳게 했다. 실험에서 가장 좋은 안정화는 50%용액으로 모든 목재에서 얻어졌다. 고농도로 처리하였을 때는 殘餘收縮이 불규칙적으로 발생하거나 未處理材보다 收縮의 정도가 더 크기도 했다. 특히 80%에서 90%로 含浸溶液의 농도를 증가시키는 것은 모든 考古學的 샘플에 대해 부정적이었다.

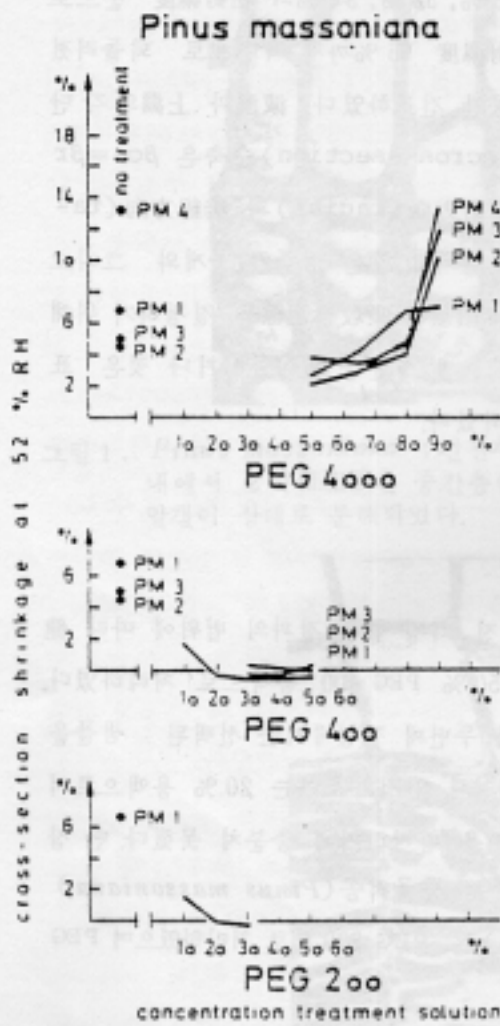


그림 3. PEG 처리하지 않은 것과 PEG 4,000, 400, 200의 각기 다른 농도로 처리한 *Pinus massoniana*의 橫斷面收縮

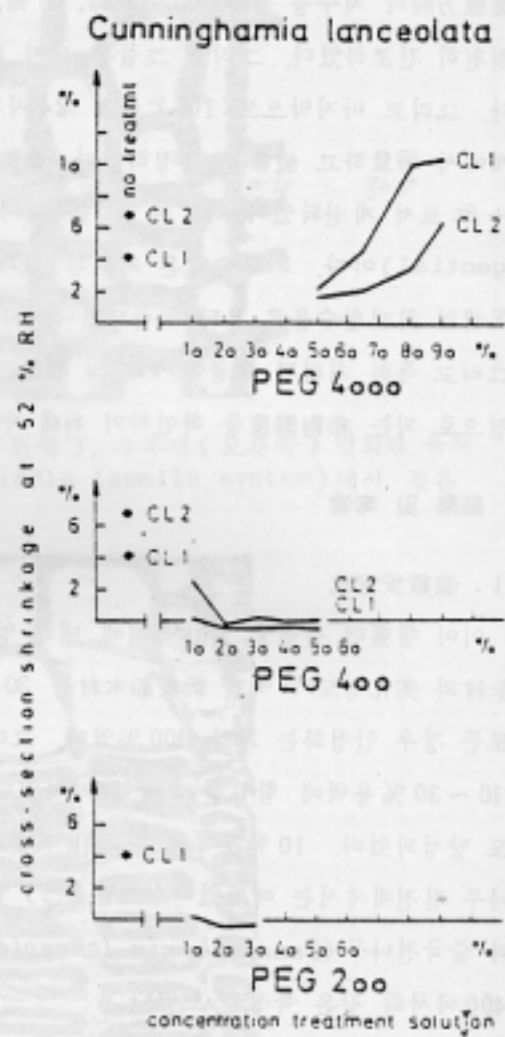


그림 4. PEG 처리하지 않은 것과 PEG 4,000, 400, 200의 각기 다른 농도로 처리한 *Cunninghamia lanceolata*의 橫斷面收縮

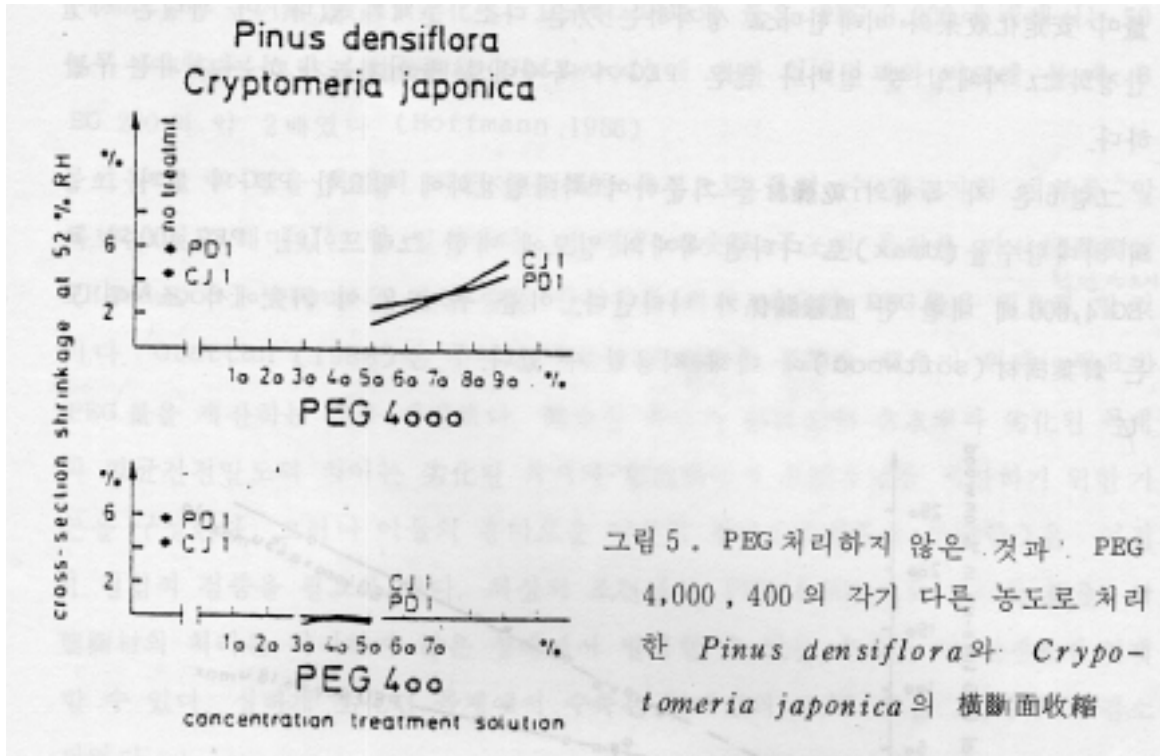
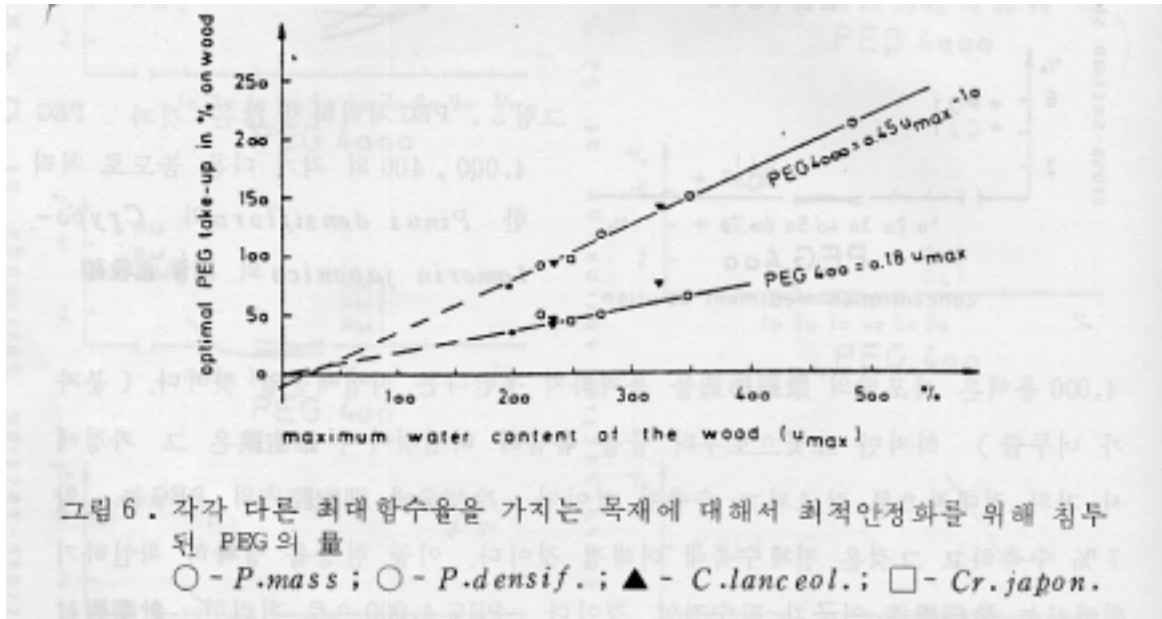


그림 5. PEG 처리하지 않은 것과 PEG 4,000, 400의 자기 다른 농도로 처리한 *Pinus densiflora*와 *Cryptomeria japonica*의 横断面收縮

收縮은 春材에서 그리고 接線方向에서 가장 명확히 나타났다. 아마 그것은 PEG4,000용액은 세포막의 微細構造를 통과하지 못한다는 사실 때문일 것이다.(분자가 너무 큼) 하지만 그곳으로부터 물을 흡수해버릴 것이며 細胞膜은 그 과정에서 거의 절대적으로 건조되고 수축될 것이다. 冷却 중에 細胞腔內의 PEG는 약 7%수축하고 그것은 전체 수축에 더해질 것이다. 이들 현상을 명확히 확인하기 위해서는 微細構造연구가 필수적일 것이다. PEG4,000으로 처리한 針葉樹材(softwood)의 안정화를 위해 처리용액에 대한 최대농도는 약 50%가 될 것으로 보인다. 명백히 거의 100%농도의 >P.E.G 용액에서 발생된 水浸木材의 bulking(전통적으로는 안정화의 좋은 수단으로 생각되었음)은 針葉樹材(softwood)에 대해서는 피해야만 한다. 이미 행했던 실험은 oak부재 실험재에 대해서도 처리용액농도의 비슷한 최대치를 나타내 주었다. 고농도로 하였을 때 안정화에 대해 다소 나쁜 결과를 가지나 PEG3,000에 대해서는 70%가 적당한 것으로 思料된다. (Hoffmann 1986) 처리용액의 농도와 안정화효과를 관련짓는 것은 실제 보존처리자의 의도에 따르게 된다. 이 관계에서 함침은 목재내 수분이 처리용액의 PEG농도와 평형에 이를 때까지 수행되는 것이 일반적인 것으로 여겨지고 있다. 이 점은 대형목재에서는 쉽게 도달되기는 어렵다. 그러나 목재 內에 침투된 PEG 量이 安定化效果에 비례한다고 생각하는 것은 다소 문제가 있다. 이 관련은 사실 안정화 그 자체일 뿐 얼마나 많은 PEG가 목재내로 들어가는가 하는 것과는 무관하다.

그림6은 각 목재의 乾燥材를 기준하여 최대 안정화에 필요한 PEG의 量과 그들의 최대함수율(Umax)로 나타낸 목재의 밀도에 대한 그래프이다. PEG400과 PEG4,000에 대한 한 直線關係가 나타난다. 이들 두 線은 이 研究에서 조사된 모든 針葉樹材(softwood)에 대해 적용할 수 있다.



다음 函數는 그 의존성을 설명해 주는 것으로 보인다.

$$\text{PEG } 4,000 = 0.45 U_{\max} - 10$$

$$\text{PEG } 400 = 0.18 U_{\max}$$

健全材와 劣化목재가 같은 관계로 일치하는 것은 주목할 만한 일이다. 처리의 종료 여부를 고려한 이 커브로 진행중인 보존처리의 실제상태를 관찰하는 것은 쉬운 일이다. 목재샘플의 작은 木心(core)으로부터 PEG含量과 含水率은 목재표면에서 다른 간격으로 결정될 수 있다. 그리고 실제 요구되는 PEG含量과 비교될 수 있다.

지난 실험에서도 비슷한 直線函數가 水浸 oak재에서 발견되었다. 최대함수율(U_{\max})에 근거해 最適安定化에 요구된 PEG의 양은 PEG3,000에 대해서는 50%이상이었다. 그리고 針葉樹材(softwood)에 대한 현재 결과와 비교해 볼 때 PEG200의 약 2배였다. (Hoffmann 1986)

이들의 차이점을 목재의 다른 解剖學的 특징으로 돌릴 수 있는지의 여부를 알아보는 것은 재미있는 일일 것이다. 이 경우 비슷한 구조적 특징을 가진 闊葉樹材(hardwood)group은 가장 좋은 안정화를 위해 비슷한 PEG량을 필요로 할 것이다. Grattan(1988)은 주어진 샘플의 細胞膜內 空隙을 채우기 위해 필요한 PEG량을 계산하는 것을 개발했다. 健全한 목재의 纖維飽和 含水率과 劣化된 목재의 평균건전밀도의 차이는 劣化된 목재의 細胞膜에서 孔隙부피를 계산하기 위한 기본을 구성한다. 그러나 이들의 흥미로운 이론적 접근(목재종과 무관함)은 여전히 실험적 검증을 필요로 한다. 최상의 조건에서 PEG 4,000으로 처리한 健全 針葉樹材의 처리는 처리하지 않은 상태에서 발생할 수 있는 수축의 약 반 정도를 억제할 수 있다. 심하게 劣化된 목재에서 수축은 원래 값의 1/3 혹은 그 이하로 감소되었다.

2. 收縮과 膨潤特性

최상의 値數安定化를 가지는 샘플에 대한 收縮과 膨潤曲線이 그림 7에서 9까지 주어져 있다. 그들은 처음의 乾燥와 再吸收循環의 결과를 보여주고 있다. PEG 400으로 처리한 샘플에 대한 커브는 샘플의 치수변화가 없었기 때문에 언급할 필요가 없다.

PEG 4,000으로 처리한 모든 샘플은 처리하지 않은 샘플보다 기후변화에 대해 약간 다르게 반응한다. 그들은 주변공기의 相對濕度(RH)가 80~75%이하로 떨어질 때만 收縮하기 시작한다. 劣化된 것과 마찬가지로 健全材인 처리하지 않은 목재에서 이 과정은 100~98%RH이하로 이미 시작된다. 75%와 65%고사이에 PEG처리된 샘플은 대부분 수축하게 된다. 65%고와 34%고사이에서는 수축뿐만 아니라 膨潤現象도 없다는 것이 명백하다.

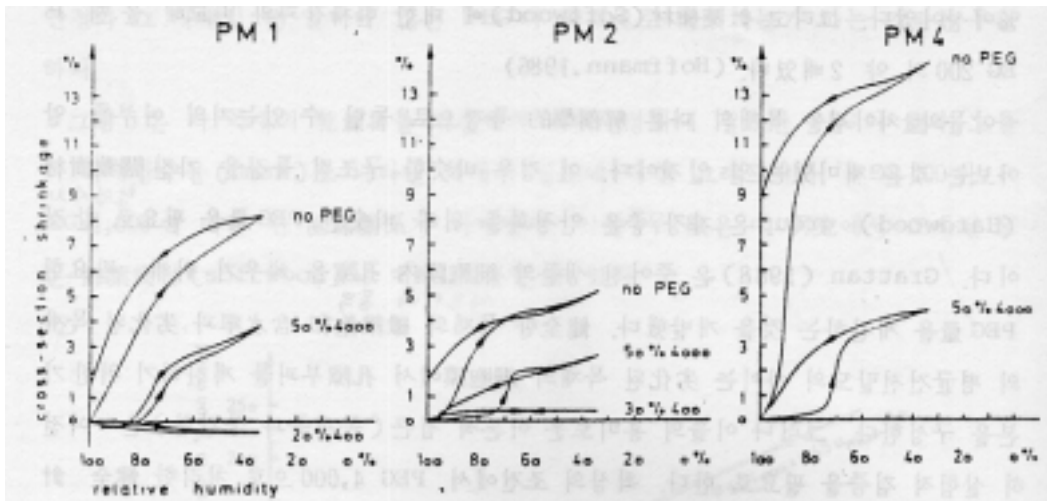


그림 7. 처리된 것과 처리되지 않은 *Pinus massoniana*의 收縮 - 膨潤 特性

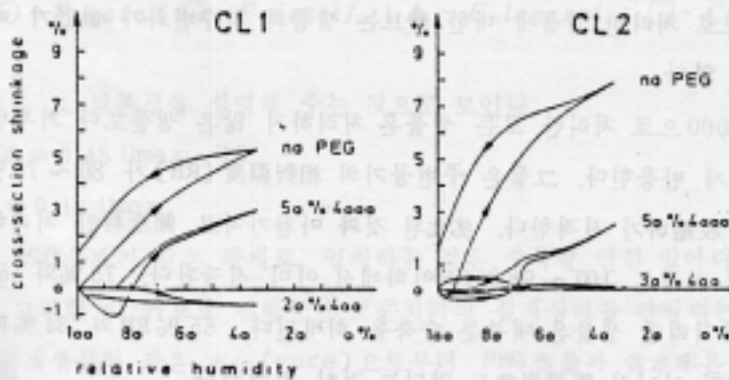


그림 8. 처리된 것과 처리되지 않은 *Cunninghamia lanceolata*의 收縮 - 膨潤 特性

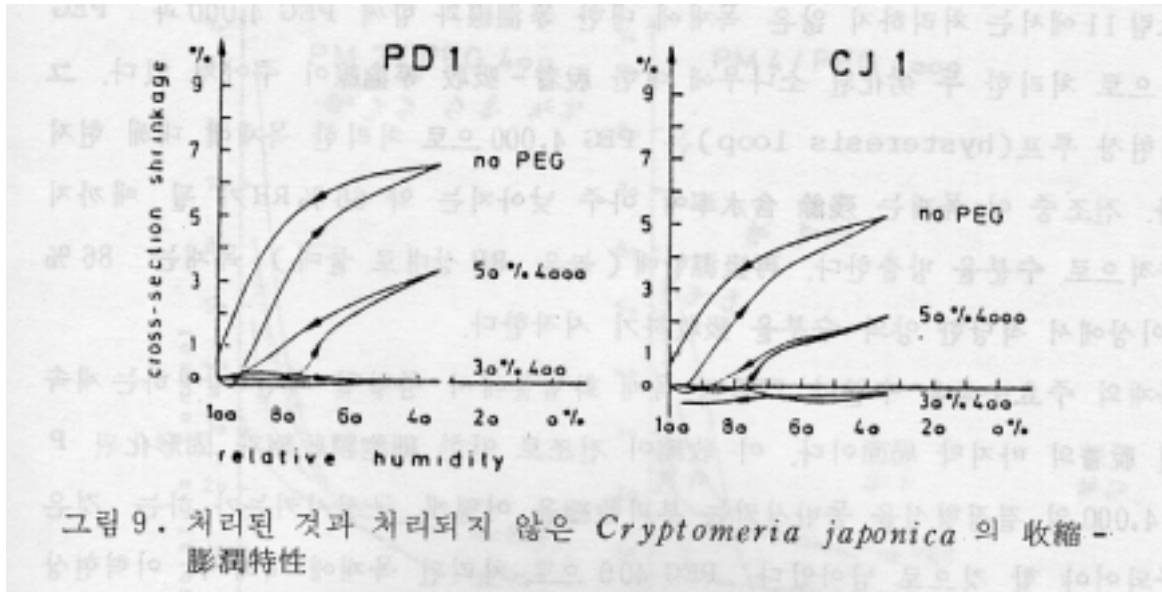


그림 9. 처리된 것과 처리되지 않은 *Cryptomeria japonica* 의 收縮 - 膨潤特性

保存處理者의 관점으로부터 PEG4,000으로 처리한 이들 收縮現象은 일반적으로 일치한다. PEG로 안정화된 對象物이 정상 博物館 기후인 50~60%RH와 평형이 되었다는 것을 의미한다. 그리고 그 對象物은 이동되지도 않을 것이고 相對濕度(RH)가 약간 변할지라도 많은 stress는 받지 않을 것이다.(비를 흠뻑 적신 많은 방문객들은 빈약한 환경조절시설을 가진 博物館에서는 환경에 영향을 미친다)

PEG처리한 목재를 언급하면서 전래의 방법으로 샘플의 含水率에 대해 收縮/膨潤 그래프를 그린다는 것은 별 의미가 없다. 그것으로는 얼마나 많은 수분이 목재에 부착되었는지 그리고 PEG에 부착되었는지 이야기할 수는 없다. 잘 알려져 있지는 않지만 微細構造를 구성하는 것으로 목재, PEG, 물의 세 성분을 가정하는 것은 당연할 것이다. 평형 相對濕度에 대해 收縮/膨潤 그래프를 그려보는 것은 위에서 있었던 것과 같은 실질적 결론에 도달하게 할 것이다.

3. 水着特性(Sorption Characteristics)

목재와 PEG는 吸濕性물질이다. 낮은 분자량의 PEG는 높은 분자량의 PEG보다 吸濕性이 훨씬 크다. 목재와 PEG의 化合物체는 목질과 PEG분자량에 의존하는 吸水特性을 가진다. 그림 10에서는 PEG400으로 함침한 針葉樹材(softwood)에 대한 전형적인 脫着 等溫線group을 보여준다. 많은 PEG가 침투되었을수록 等溫線이 순수한 PEG400에 대한 것과 유사하다.

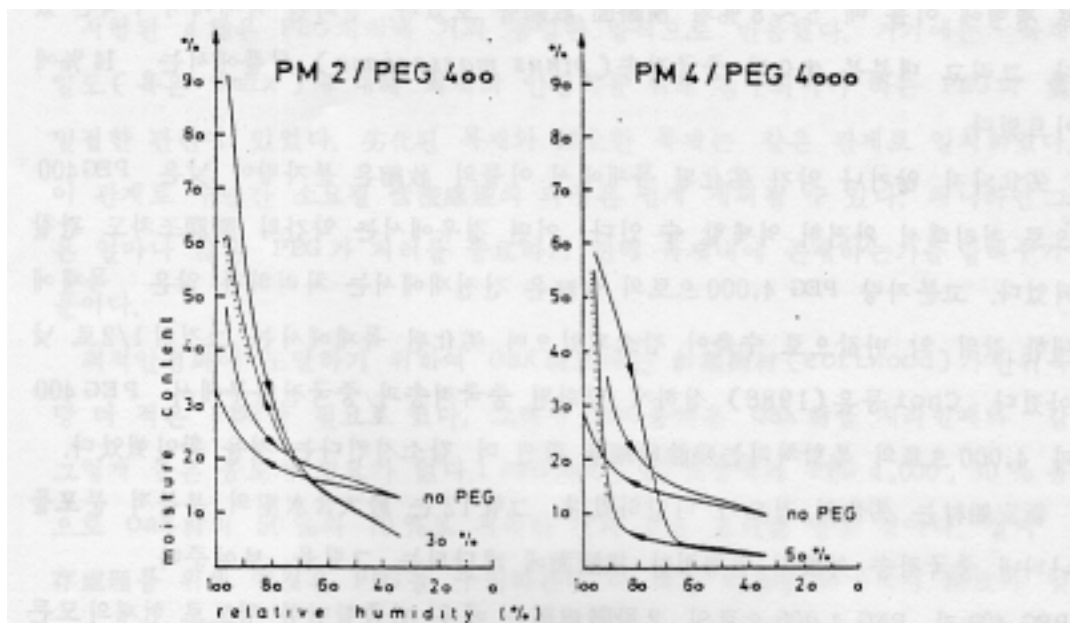
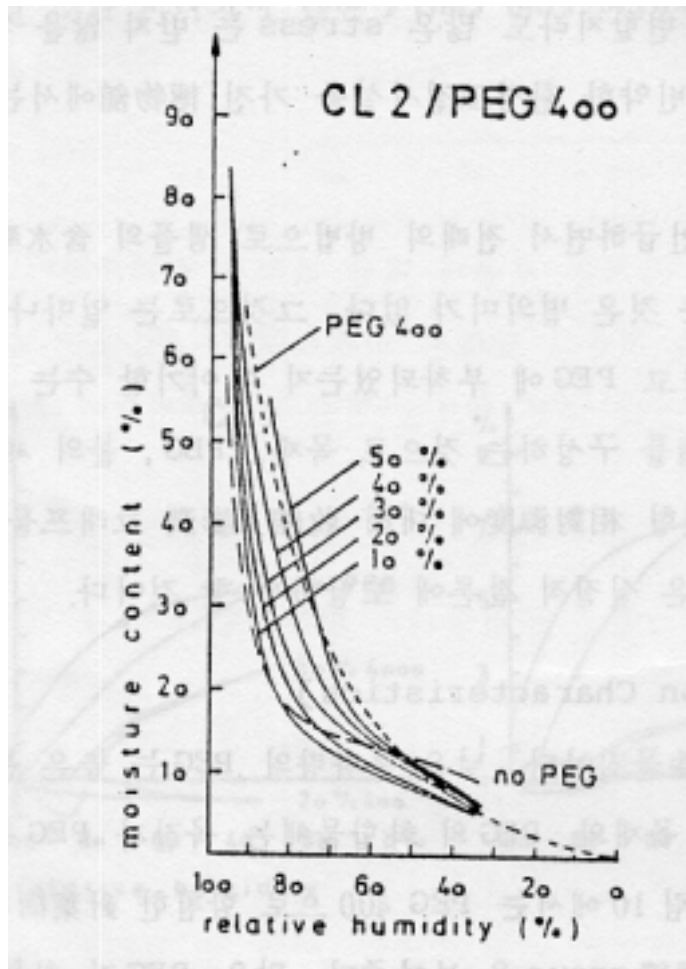


그림 11. PEG 처리하지 않은 것과 PEG 4,000 과 PEG 400 으로 처리한 두 열화된 *Pinus massoniana*에 대한 吸着等溫線 ; 함수율은 목재 + PEG 에 근거한다.

그림 11에서는 처리하지 않은 목재에 대한 等溫線과 함께 PEG4,000과 PEG400으로 처리한 두 劣化된 소나무에 대한 脫着-吸收 等溫線이 주어져 있다. 그 이력현상 루프(hysteresis loop)는 PEG4,000으로 처리한 목재에 대해 현저하다. 건조중 이 목재는 殘餘 含水率이 아주 낮아지는 약66%RH가 될 때까지 계속적으로 수분을 방출한다. 再吸濕할 때(높은 RH상태로 들 때)목재는 86% RH이상에서 적당한 양의 수분을 吸收하기 시작한다.

목재의 주요수축은 수분이 PEG와 목재 화합물에서 증발할 때만 발생하는 지속적인 脫着의 마지막 局面이다. 이 收縮이 건조로 인한 細胞膜收縮과 固化된 PEG4,000의 결정형성을 동반시키는 부피 收縮을 어떻게 구성시키는가 하는 것은 연구되어야 할 것으로 남아있다. PEG400으로 처리된 목재에 대해서 이력현상루프(hysteresis loop)는 매우 좁다. 그리고 脫着과 吸收는 보다 고르게 전영역의 RH범위에서 발생한다. 이 脫着-吸收 循環은 목재의 현저한 치수변화를 동반하지 않는다.

脫着等溫線 그 자체로는 PEG로 함침한 목재가 눅눅해지거나 吸濕이 발생하는 相對濕度(RH)에 대해 이야기할 수는 없다. 이것은 관찰로서만 가능하다. 본실험을 하는 동안 어떤 샘플도 86% RH 혹은 그 이하에서 눅눅해지거나 吸濕하는 것을 느끼지 못했다. RH가 86%에서 96%사이에서는 어느 곳에서나 PEG400과 4,000의 고농도로 처리한 대부분의 샘플은 축축해지게 된다. 이것은 7%와 60%사이의 含水率에 해당한다.(cf.그림 11에서 접선으로 그래프되어진 부분)) 최적안정화를 위해 PEG200과 PEG3,000으로 처리한 考古學的 oak 목재는 75%와 86% RH사이에서 이미 축축하게 되었다. 하지만 이들 목재는 여기에서 논의되었던 針葉樹材(softwood)와 비교해서 더욱 많은 양의 PEG가 침투되었다.(Hoffmann 1984)

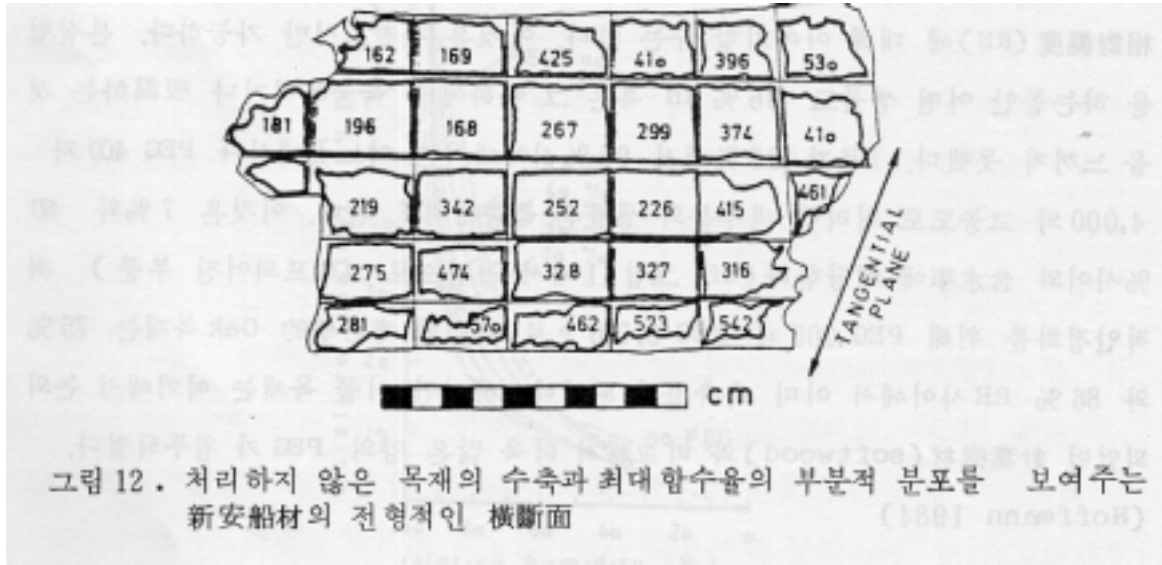
結 論

이 論文에서 연구된 4種의 中國과 韓國產 針葉樹材는 水浸狀態로부터 32% RH로 평형에 이를 때 5~8%의 橫斷面 收縮을 보였다. 열화된 목재에서 수축은 컸다. 그리고 대부분 劣化된 중국 적송(*pinus massoniana*)샘플에서는 14%에 이르렀다.

劣化되지 않거나 약간 劣化된 목재에서 이들의 수축은 분자량이 낮은 PEG400으로 처리해서 완전히 억제할 수 있다. 어떤 경우에는 약간의 膨潤조차도 관찰되었다. 고 분자량 PEG4,000으로의 浸潤은 건전재에서는 처리하지 않은 목재에 대한 값의 약 반 값으로 수축이 감소되었으며 劣化된 목재에서는 그것의 1/2로 낮아졌다. Choi등은 (1988)심하게 劣化된 중국적송과 중국전나무에서 PEG400과 4,000으로의 복합처리는 殘餘收縮을 더 감소시킨다는 것을 확인했었다.

新安船材는 劣化의 정도가 다양하였다. 그림12는 最大含水率의 부분적 분포를 나타낸 중국 적송 外板의 전형적인 橫斷面に 해당되는 그림을 보여준다.

PEG400과 PEG4,000으로의 2段階處理는 매우 만족할만한 정도로 현재의 모든 목재를 안정화시킨다. PEG400과 PEG4,000의 혼합물로 전체를 처리한 2段階處理의 利點은 이미 토의되었으며(Hoffmann 1986) 이 부분에서는 설명할 필요가 없을 것 같다.



시험된 4종은 PEG 처리에 거의 동일한 방식으로 반응했다. 거기에는 목재의 밀도 (혹은 U_{max})에 대해 최적의 안정화를 위해 침투되어야 하는 PEG의 량과 밀접한 관련이 있었다. 劣化된 목재와 健全한 목재는 같은 관계로 일치하였다. 이 관계로 수년간 소요될 含水處理의 과정은 쉽게 계획될 수 있다. 왜냐하면 그것은 얼마나 많은 PEG가 처리를 종료하기 전에 목재 내에 존재하는가를 말해주기 때문이다.

최적안정화에 도달하기 위하여 oak材보다는 針葉樹材(softwood)가 단위목재당 더 적은 PEG를 필요로 했다. 그래서 PEG용액은 oak材를 처리할 때와 같이 그렇게 높은 농도가 필요없다. PEG400, 20%용액과 PEG4,000, 50%용액으로 oak材의 50%와 70%로 처리한 것과 같은 효과를 얻을 것이다. 실지 保存處理를 위해 이것은 PEG를 구입하는데 더 작은 비용을 의미하며 粘度가 낮으므로 가열도 덜 필요하다. 4種의 針葉樹材(softwood)는 성질이 유사하므로 용기 속에서 모든 新安船 목재를 처리하는 것이 가능하다.

안정화된 목재의 비교적 낮은 PEG함량은 PEG처리를 하지 않은 考古學的 oak材보다 적은 吸濕性을 지닌다. 이것은 展示 혹은 保管設備에서 항상 발생할 수 있는 相對濕度의 커다란 변동을 허용할 수 있다. 相對濕度가 약 80%에 이르더라도 安全限界에 이르기 전까지는 짧은 기간은 허용될 수 있다.

PEG4,000의 50% 탱크로부터 나온 목재는 물론 전체적으로 固形化된 PEG와 함께 bulk현상이 일어나지는 않는다. 이것은 아주 자연스럽게 보이도록 하며 전혀 목재를 왁스칠한 것처럼 보이게 하지는 않는다. 그렇지만 심하게 腐朽된 목재는 soft한 채로 남아있게 되고 어찌면 스펀지나 코르크와 같이 된다. 따라서 처리된 對象物에 手作業이 많이 필요할 때 그리고 新安船고 같이 대형구조로 조립되어야 할 때는 목재의 외부부분의 固形化가 필요할 것이다. 이 분야에 보고된 많은 실험은 없다. 그렇지만 17세기 戰艦“wasa”의 보존팀은 목재표면내로 固形化된 PEG6,000층을 녹여넣었다. 그 결과 목재 내로 몇 mm 정도 침투되는 번질거리고 단단한 래커층이 형성되었다. 그래서 번질거리는 표면이 보이지 않는 곳의 경우에는 이 방법이 개발되어야 하지 않는가 하는問

題가 남아 있다.

參 考 文 獻

Choi. K. N, Kim. I. J and Cheong. Y. H, 1988, Conservation Study on the Shinan Shipwreck IV.(Text in Korea),Conservation Studies 9,70-85.

Grattan.D.W, 1988, Treatment of waterlogged wood.In:Wet site Archaeology,B.A.Purdy ed, The Telford Press Inc,Caldwell New Jersey, 237-254.

Grattan.D.W,and R.W Clarke,1987,Conservation of Waterlogged Wood. In : Conservation of Marine Archacological objects,C.Pearson ed., Butterworths. London etc,164-206.

Hedges.J.I,G.L.Cowie,J.R.Ertel,R.JBarbour,and P.G.Hatcher,1985,Degradation of Carbohydrates and lignins in buried woods.

Geochimica Cosmochimica Acta 49,701-711.

Hoffmann.P, 1981, Chemical wood analysis as a means of characterizing archaeological wood. Proc.ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference, Ottawa. 73-83

Hoffmann.P, 1984, On the stabilization of waterlogged oakwood with PEG.Molecular size Versus degree of degradation. Proc. 2nd ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference, Grenoble, 95-115

Hoffmann.P, 1986. On the stabilization of waterlogged oakwood with PEG.II. Designing a two-step treatment for multiguallity timbers. Studies in Conservation 31, 103-113

Park.s.j.1984.Inentification of the woods on a sunken old ship in the offing of shinan country.I.Wood relics of the hull construction.J.Kor.For.Sci.67.31-41.