

# 製紙 Sludge-Cement Board의 製造可能性에 關한 研究( I ) \*1

## —水和反應에 依한 硬化障害指數測定—

金 思 翼 · 吳 正 壽 \*2

# Studies on Manufacturing Possibility of Paper Sludge-Cement Board ( I )

## —Measurement of Inhibitory Index by Hydration Reaction—

Sa-Ick Kim · Jung-Soo Oh \*2

### ABSTRACT

This experiment was carried out to investigate the reaction of hydration of paper sludge during the setting of portland cement in a paper sludge, wood-cement-water mixture. The percentage of paper sludge per cement is 7.5%, 15%, 30% respectively. The result indicated that the sludge of 7.5% had the most effect on reaction of hydration, and the sludge of 15% had moderately inhibitory effect but there is still possibility to make sludge-cement board.

Paper sludge of 30%, *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc and *Populus euramericana* Guinier were proved to have the worst inhibitory effect on cement hydration, so pretreatment will be needed before making board with paper sludge-cement mixture.

**Keywords:** Paper sludge, paper sludge-cement-water, wood-cement-water mixture, reaction of hydration, inhibitory index

### 1. 緒 論

1960年代부터의 經濟開發計劃의 持續으로 인하여 우리나라 産業이 크게 育成 發展 되었고, 生活水準 向上으로 인한 消費量의 增大는 필연적으로 原資材 수요의 급팽창을 가져왔으며 重化學工業의 급성장은 人口의 都市 集中現象과 다량의 産業廢

棄物에 의한 生活環境의 汚染現象을 심화시켰다. 이러한 문제들을 解決하기 위한 研究와 對策들이 여러분야에서 검토 수립되어지고 있으나 發生되는 문제들과 비교할 때 아직은 未洽한 실정에 있다. 과거 廢棄物의 가장 흔하고 손쉬운 處理方法은 埋立이었으나, 현재 埋立地의 선택은 갈수록 어려움을 더해가고 있고 環境汚染 防止 側面에서도

\*1 接受 1993年 8月 20日 August 20, 1993

\*2 東國大學校 農科大學 College of Agriculture, Dongguk University, Seoul, 100-715, Korea

制約事項이 너무 많은 실정이다. 특히 廢棄物 處理 施設은 국가 및 지역사회의 安寧 福祉를 위한 基礎施設이자 社會, 經濟的 基幹施設임에도 불구하고, 내마을 내이웃에 立地하는 廢棄物 處理施設의 設置 및 運營은 집단적으로 반대하는 소위 “님비 현상<sup>1)</sup>” (NIMBYs: Not In My Back Yard syndrom)의 環境利己主義로 인하여 쾌적한 生活 環境 保全과 產業經濟의 持續的 發展 및 地域社會의 균형있는 開發에 심대한 障礙를 招來하고 있다.

우리나라에서 發生되는 產業 廢棄物중 金屬系 廢棄物, 建設廢棄物, 廢플라스틱, 廢윤활유, 廢다이아, 下水汚泥, 金屬加工廢棄物, 종이廢棄物이 거의 90%以上을 차지하고 있으며 이들 廢棄物의 대부분이 資源으로 再活用될 수 있음에도 현실은 그렇지 못한 實情이며, 廢棄處理되는 各種 廢棄物중 製紙工場에서 發生되는 슬러지는 年間 60萬톤 以上에 달하는 상당히 많은 量이며 그 成分이 纖維質이고 乾燥時 發熱量이 높아 (3,000~3,500 kcal/kg) 에너지로서의 潛在價値가 높지만, 製紙 슬러지의 乾燥前 水分含量은 60~80%에 달하고 있어 現在로서는 대부분 再活用되지 못하고 오히려 별도의 費用支給과 함께 단순히 埋立 處理되고 있는 實情이다<sup>2)</sup>.

펄프·製紙공장에서 工場 廢棄物을 줄이는 가장 最上의 方法은 原料를 公場에서 效率的으로 利用하는 것이며, 또한 廢棄物을 再活用할 方案이 緊要時되고 있다.

이에 대한 研究로는 Herman R. Amberger 등<sup>3)</sup>, J. Eugene McAliley 등<sup>4)</sup>, G. J. Kehrberger 등<sup>5)</sup>, W. Bruce Mccuaig 등<sup>6)</sup>, John M. Harkin 등<sup>7)</sup>, Kenneth R. Gilbreath<sup>8)</sup>, Orlando B. Andersland<sup>9)</sup>, William J. Gillespie<sup>10)</sup>의 보고가 있으며, 그 외의 研究로는 Alan S. Rosenfeld 등<sup>11)</sup>, Thomas W. Joyce 등<sup>12)</sup>, W. J. Frederick 등<sup>13)</sup>, Risto M. Kekki 등<sup>14)</sup>이 슬러지의 燃料化를 통하여 에너지 回收 등에 관한 研究, Richard E. Ward well 등<sup>15)</sup>, Steven Shimek 등<sup>16)</sup>은 土壤埋立에 의하여 슬러지 處理에 관한 研究를 하였다. Joo-Hwa Tay<sup>17, 18, 19)</sup>은 슬러지를 燒却한 ash로 建築材料의 一部로 活用하는 方案에 대하여 報告하였으며, Craig O. Thomas 등<sup>20)</sup>은 廢水處理에 의해 生成된 슬러지로부터 얻은 fibers를 cement와 結合시켜 建築材料의 原料로서 利用하는 方案, 日本의 下野建一<sup>21)</sup>은 製紙슬러지를 堆肥, 壁用素材, 지렁이 飼料, press board의 原料, cement 原料로서의 利用方案과 製紙슬러지를 燒却하여 炭化實驗,

粉體原料, 特殊시멘트 原料, 不燃性材 보드 原料로서의 利用可能性을 提示하였다.

國內에서의 製紙슬러지의 利用에 관한 研究로는 Jo 等<sup>22)</sup>이 펄프·製紙工場의 침전지박 슬러지를 原料로 한 輕量 防火板 製造에 관한 研究를 始作으로, 趙 等<sup>23)</sup>이 製紙슬러지에 無機 添加劑인 시멘트나 석고 및 석회 등을 添加하여 인장 및 압축강도가 좋고 내화성을 가진 板이나 block을 生産할 수 있다고 報告하였다. 金<sup>24)</sup>은 製紙工場 廢水에서 發生되는 슬러지를 燒却하고 남은 ash를 콘크리트 材料로서 使用하기 위한 基礎的인 實驗을 實施하였으며, 最近에 李 等<sup>25)</sup>은 슬러지·과티콜 보드의 製造可能性 및 構成比率에 대하여 報告하였다.

우리나라 大部分의 펄프 및 製紙工場에서, 產業 廢棄物인 슬러지를 部分的으로 燒却하거나, 分散埋立 등과 같은 方法을 使用하고 있으며 그 燒却費用이 過多하고, 또한 分散埋立된 슬러지가 漸次 分解되어 惡臭를 誘發하며 漸進的으로 地下水의 汚染源이 되고 있어 大氣, 土壤, 水質環境에 影響을 끼치고 있다. 따라서, 本 研究는 產業廢棄物인 製紙슬러지의 보다 恒久的이며 效率的인 處理方法 등에 대한 研究의 必要性和 大部分의 原料材를 輸入하고 있는 現實情에 비추어 資源 再活用在 容易한 製紙슬러지를 木質시멘트와 比較, 檢討하여 슬러지와 시멘트를 混合하였을 때 發生하는 水和熱로 水和反應을 測定, 製紙슬러지·시멘트 보드 生産에 필요한 基礎資料를 얻기 위하여 實施하였다.

## 2. 材料 및 方法

### 2.1 供試材料

#### 2.1.1 製紙슬러지

本 研究에서 使用한 슬러지는 레자크지 生産을 專門으로 하는 S 製紙工場에서 試料를 分讓 받은 後 實驗의 均一性을 도모하기 위하여 Wiley mill을 使用하여 20~40mesh로 粉碎하여 風乾하였다. 이 슬러지는 含水率 62.6%, pH 8.0, 15~17%의 ash와 약 70%의 fiber가 主成分을 이루고 있는 것으로 分析되었다.

#### 2.1.2 木質材料의 調製

本 實驗에 使用될 試料를 얻기 위하여 比較的인 시멘트와의 硬化가 良好하다고 알려져 있는 잣나무 (*Pinus Koraiensis* Sieb. et Zucc), 이태리포플라 (*Populus euramericana* Guinier)를 中部 林業試驗場에서 選定 伐採하였다. 伐採原木의 樹齡은 25~30年生으로 地上部 1m에서 길이 50cm의

原板을 採取하였다. 採取된 原板은 製材톱으로 4 分割한 後 등근톱을 使用하여 톱밥을 낸 後製紙 슬러지와 試料와 同一하게 하기 위하여 Wiley mill 을 利用하여 20~40 mesh로 粉碎하여 風乾시켰다.

### 2. 1. 3 Cement

本 實驗에서 使用된 cement는 市販되는 쌍용 cement type I 을 使用하였으며 供試한 cement의 物理, 化學的 性質은 Table 1. 과 같다.

Table 1. Chemical composition of potland cement, type I\* (unit : %)

Items	Contents
SiO <sub>2</sub>	20.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.9
CaO	62.4
MgO	3.4
S <sup>3</sup> <sub>3</sub>	
When C3A = 8%	—
When C3A = 8%	1.6
Loss on ignition	0.9
Insoluble residue	0.21
C3S	47
C2S	24
C3A	8.8
C4AF + 2C3A	—

\* Courtesy Ssang Yong Cement Co. Ltd.

Table 2. Physical composition of potland cement, Type I\*

Fineness, specific surface, air permeability	Min.	3,250 (cm <sup>2</sup> / g)
Autoclave expansion %	Max.	0.18
Time of setting Gillmore test		
Initial set min.	Min.	180
Final set hr.	Max.	5 : 40
Compression strength kg / cm <sup>2</sup> (psi)		
3 days	Min.	186 (2645)
7 days	Min.	262 (3730)
28 days	Min.	341 (4850)

## 2. 2 實驗方法

### 2. 2. 1 供試材料的 混合

供試材料的 混合은 Table 3의 混合比率에 따라 슬러지를 시멘트 重量에 대한 木質의 含有量을 基準으로 7.5% ( I ), 15% ( II ), 30% ( III )를 添加하였다. 물의 量이 많으면 시멘트의 分散이 不均一하고 적으면 材質과 強度가 劣化되는 點을 勘案하여 蒸溜水는 50 ml를 基準으로 하여 5ml씩 添加하여 가장 混合이 良好한 水準을 定하여 15l용 500 rpm의 攪拌機로 충분히 교반, 均質化한 slurry를 製造하였다. 對照區로는 添加物을 넣지 않고 시멘트 180 g, 蒸溜水 56 ml의 重量比로 混合, 製造하였다.

Table 3. Mixing ratio of raw material

Specimens	Sludge (g)	Cement (g)	Wood meal (g)	Distilled water (ml)
Sludge ( I )	15	200		70.5
Sludge ( II )	30	200		90.5
Sludge ( III )	60	200		130.5
Korean pine		200	15	90.5
Italian poplar		200	15	90.5
Control		180		56.0

### 2. 2. 2 水和熱 測定

Table 2와 같은 比率로 混合하였을 때 발생하는 水和熱 測定은 公히 Micro processer를 塔在한 Programmable interigent 180mm의 打點式 機種으로서 6點 入力用이며, 溫度, 壓力, 流量, 壓差, 露點, 濕度, pH 등의 記錄이 可能한 日本 Yokogawa社 製品의  $\mu$ R 180 記錄計를 選定하였다. 混合物을 스티로폴 컵에 넣고 放熱을 막기 위하여 비닐과 솜으로 몇겹 째 다음 다시 Dewar flask에 넣어  $\mu$ R180 記錄計의 熱電帶를 插入하여 熱傳導가 되지 않도록 Dewar flask를 完全 密封시켜 6種類의 複合體를 동시에 48時間 測定하였다. 각 複合體 當 完全任意配置法에 의하여 3回 反復하였으며, 이 때 實驗室 內의 平均溫度는 20~24℃ 였다.

Fig. 1은 木質-시멘트 反應의 典型的인 模式圖를 나타낸 것으로서 Moslemi, A. A. 등<sup>31)</sup>이 이 曲線으로 부터 供試體間의 硬化障害指數(Inhibitory Index, I)를 測定한 것이다. 最高水和溫度(T<sub>2</sub>)와 이 때 걸린 時間(t<sub>2</sub>), 初期水和溫度(T<sub>0</sub>)와 最高水和溫도의 差( $\Delta$ T), 그리고 最高溫度上昇率(S-max)을 利用하여 아래의 公式에 의거하여 硬化障害指數를 測定하였다.

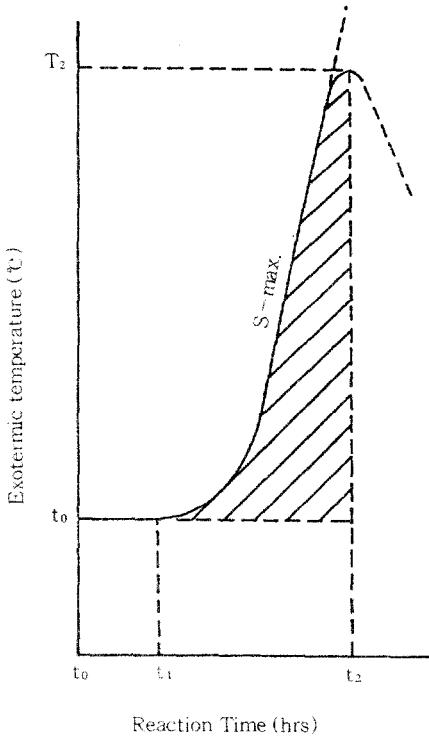


Fig 1. A schematic representation of the typical behavior of sludge (wood) - cement reaction.

- t<sub>0</sub> : initial time, start of hydration experiment
- t<sub>1</sub> : time at which exothermic reaction begins
- t<sub>2</sub> : time at which maximum temperature is reached
- T<sub>0</sub> : temperature at start of experimentation
- T<sub>2</sub> : maximum hydration temperature
- S<sub>max</sub> : maximum slope of hydration curve

硬化障害指數( I ) =

$$\left[ \left( \frac{t_2 - t'_2}{t_2} \right) \cdot \left( \frac{T'_2 - T_2}{T_2} \right) \cdot \left( \frac{S'_2 - S_2}{S_2} \right) \right] \times 100(\%)$$

- t<sub>2</sub> : t<sub>2</sub> of sludge(wood)-cement-water
- t'<sub>2</sub> : t<sub>2</sub> of cement-water
- T<sub>2</sub> : T<sub>2</sub> of sludge(wood)-cement-water
- T'<sub>2</sub> : T<sub>2</sub> of cement-water
- S<sub>2</sub> : S-max of sludge(wood)-cement-water
- S'<sub>2</sub> : S-max of cement-water

### 3. 結果 및 考察

#### 3. 1 結果 및 考察

##### 3. 1. 1 水和熱 測定

##### 3. 1. 1. 1 木質-cement間 水和熱의 變化

各 試驗片에 대한 時間 當 水和溫度의 變化曲線은 Fig. 2와 같다. Korean pine의 最高溫度는 43.0℃, Italian poplar 는 39.0℃를 나타내었으며, 이때 control은 69.0℃였다. 또한 最高溫度에 到達하는 時間은 Korean pine 이 29時間, Italian poplar 는 30.5時間, Control은 8.5時間이 걸렸다.

A. D. Hofstrand 等<sup>40)</sup>이 Northern Rocky Mountain에서 採取한 9樹種의 시멘트와의 水和熱 測定에 關한 報告에 의하면 가장 良好한 反應을 보인 樹種은 Lodgepole pine 으로서 最高溫度 74.5℃였으며 最高溫度에 到達時間은 12時間, 가장 不良한 反應을 보인 樹種은 larch 로서 最高溫度 25.8℃, 最高溫度에 到達時間은 24時間이었다. 또한, Moslemi 等<sup>41)</sup>은 12種의 southern hardwoods의 水和反應을 測定한 結果 가장 良好한 反應을 보인 樹種은 chestnut oak로서 最高溫度 59.8℃, 最高溫度에 到達時間은 11.3時間, 가장 不良한 反應을 보인 樹種은 red maple로서 最高溫度 48.3℃, 最高溫度에 到達時間은 44.3時間이었다.

Sanderman 等<sup>42)</sup>은 13種의 針葉樹와 86種의 闊葉樹를 供試材料로 하여 시멘트와의 水和反應에 關한 報告에서 最高溫度 50℃ 以上을 나타낸 樹種을 시멘트와의 水和反應이 良好한 樹種으로, 50℃ 以下를 나타낸 樹種을 水和反應이 不良한 樹種으로 分類하였으며, Garcia<sup>38)</sup>는 9種의 침엽수와 시멘트와의 水和反應에 關한 報告에 의하면 最高溫度에 到達하는 時間이 20時間을 넘는 樹種을 시멘트와의 水和反應에 대하여 높은 障害를 갖는 樹種으로 分類하였다.

上記 報告內容과 本 實驗에서 나타난 結果를 보면 대체로 木材成分 構成에 따라 針葉樹보다는 闊葉樹가 시멘트와의 硬化에 있어서 높은 障害를 나타나는 것으로 볼 수 있으며 飽和시멘트 水溶液에 依한 抽出 單糖類가 木質시멘트 複合體의 硬化에 미치는 影響을 報告한 崔<sup>43)</sup>의 結果와도 類似하였다.

##### 3. 1. 1. 2 슬러지 含量에 따른 水和熱의 變化

슬러지 ( I ) 最高溫度는 57℃, 最高溫度 到達時間은 12.5時間으로 各 試驗片 中에 가장 좋은 反應을 보였다. 슬러지 ( II ) 最高溫度는 47.5℃, 最高溫度 到達時間은 18時間, 슬러지 ( III ) 最高溫度는 38.5℃, 最高溫度 到達時間은 27.5時間이었다.

따라서, Sanderman 等<sup>27)</sup>과 Garcia<sup>28)</sup>의 報告에 依하면 슬러지 (Ⅱ)까지는 시멘트와의 水和反應이 良好한 것으로 分類할 수 있으며 슬러지 (Ⅲ) 시멘트와의 水和反應에 높은 障害를 갖는 것으로 思料된다.

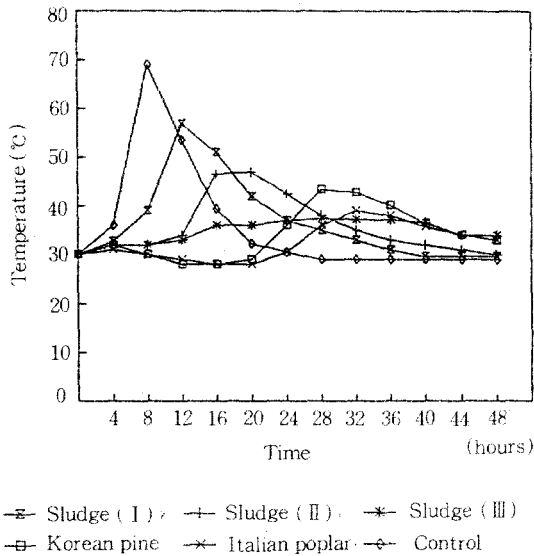


Fig. 2. A comparison of the effects of specimens on the reaction of hydration with portland cement.

### 3. 1. 2 硬化障害指數의 測定

#### 3. 1. 2. 1 木質·시멘트間 硬化障害指數의 測定

Fig. 2의 時間 當 溫度 變化에 對한 水和熱 曲線으로 부터 測定한 發熱時間 ( $t_1-t_0$ ), 最高溫度 到達時間 ( $t_2-t_0$ ), 發熱溫度( $t_0$ ), 最高溫度( $t_2$ ), S-max를 綜合하여 計算된 硬化障害指數는 Table 4와 같다. Korean pine의 硬化障害指數는 75.00, Italian poplar는 99.11의 값을 보였다. A. D. Hofstrand 等<sup>30)</sup>이 Northern Rocky Mountain에서 採取한 9樹種의 시멘트와의 水和反應을 測定, 硬化障害指數(I)를 나타낸 報告에 의하면 'Lodgepole pine은 2.57, Western white pine은 3.85의 값을 보였으며 가장 높은 硬化障害를 나타낸 樹種은 Larch로서 118.26의 값을 보였다.

또한, Moslemi 等<sup>31)</sup>은 12種의 남부활엽수계의 水和反應을 測定한 結果 가장 良好한 反應을 보인 樹種은 Chestnut oak로서 硬化障害指數(I)는 14.0, 가장 높은 障害를 보인 樹種은 Red maple로서 212.4

로 나타났다.

Garcia<sup>28)</sup>는 硬化障害指數(I)가 50이 넘는 樹種을 시멘트와의 水和反應에 대하여 높은 障害를 갖는 樹種으로 分類하였다. 上記한 報告內容과 本 實驗에서 얻은 data의 結果를 檢討하면 Korean pine과와 Italian poplar는 시멘트와의 水和反應에 대하여 높은 障害를 갖는 樹種은 아니지만 前處理 過程이 必要한 것으로 分類할 수 있다. 이는 시멘트와 石膏는 無機質 接着劑로서 自體의 불륨에 의한 充填 기능과 接着性質을 內包하고 있는 無機物質로서, 물과 시멘트는 發熱反應을 하며 結晶質을 形成하는 硬化體系를 지니고 있다. 이에 混合材料로서 보통 사용되는 木質은 물에 溶出될 수 있는 糖類와 탄닌 등의 抽出物을 含有하고 있어 이러한 化學成分이 시멘트의 水和反應 즉, 硬化를 沮害시킨다고 한 Sanderman<sup>27)</sup>, Simatupang 等<sup>30)</sup>, 徐<sup>31)</sup>의 報告와 一致하였다.

이러한 糖類 등의 硬化抑制作用을 中和 또는 減少시키기 위하여 木質-시멘트 混合時 各種 無機物을 添加시킬 수 있는데 Christensen<sup>32)</sup>, Kleinnogel<sup>33)</sup>, 茅原 等<sup>34)</sup>, 朴 等<sup>35)</sup>은  $CaCl_2$ ,  $Al_2SO_4$  및  $AlCl_3$ 의 效果를 報告하였다. 이와 같은 各種 添加劑의 混入과 아울러 硬化不良 樹種은 前處理 過程을 반드시 階伴하게 되므로 Royack<sup>36)</sup>, Bible 等<sup>37)</sup>은 可溶性 糖類의 豫備인 熱水 抽出로 硬化性を 增大시킨다고 밝혔으며 NaOH 處理效果는 屋代眞<sup>38)</sup>, Broeker<sup>39)</sup>, Simatupang<sup>40)</sup>의 實驗에서 報告되었다.

#### 3. 1. 2. 2 슬러지 含量에 따른 硬化障害指數의 測定

슬러지 (I) 硬化障害指數는 4.15, 슬러지 (II) 添加時에는 23.96, 그리고 슬러지 (III)은 87.32의 값을 나타내었다. Garcia<sup>28)</sup>가 硬化障害指數(I) 50이 넘는 樹種을 시멘트와의 水和反應에 높은 障害를 갖는 樹種으로 分類한 報告에 의하면 슬러지 (I)과 슬러지 (II) 添加時에는 시멘트와의 水和反應이 良好한 것으로 分類할 수 있다.

이는 木質의 水和反應을 沮害하는 糖類, 탄닌 등의 抽出物이 펄프, 製紙工場에서의 pulping 過程中에 溶出된 것으로 思料된다. 그러나, 슬러지 (III)에서는 높은 硬化障害를 나타내었다. 이는 슬러지·파티클보드 製造에 있어서 슬러지 混合比率가 20%까지 機械의 性質을 調査한 實驗에서 파티클보드와 비슷한 性質을 보였다고 報告한 李 等<sup>25)</sup>의 研究와 슬러지를 燒却한 ash를 10% 前後로 시멘트와 混合하였을 때 가장 좋은 壓縮強度를 나타낸 報告한 Tay<sup>17)</sup>, 18)의 研究와 類似한 結果를 나타냈다. 따라서 슬러지 (III)의 경우는 前處理 過程이 必要한 것으로 思料된다.

Table 4. Average values obtained for the specimens studied

Specimens	t <sub>1</sub> -t <sub>0</sub> (hr.)	t <sub>2</sub> -t <sub>0</sub> (hr.)	T <sub>0</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	Smax (°C/hr.)	I- value
Sludge (I)	5.5 <sup>a</sup>	12.5	33	57.0	10.0	4.15
Sludge (II)	9.7	18.0	28	47.5	6.3	23.96
Sludge (III)	11.3	27.5	33	38.5	2.3	87.32
Korean pine	18.4	29.0	28	43.0	3.7	75.00
Italian poplar	24.2	30.5	31	39.0	2.33	99.11
Cement	2.2	8.5	32	99.0	20.7	1.00

#### 4. 結 論

製紙工場에서 發生되는 슬러지를 再活用하기 위한 方案으로 製紙 슬러지-시멘트 보드 製造를 위한 基礎資料를 얻기 위하여 木質-시멘트 混合體와 比較하여 製紙 슬러지를 시멘트 重量比 7.5%, 15%, 30%로 시멘트와 混合하였을 때 發生하는 水和熱로 硬化障害指數를 구한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 슬러지를 7.5% 添加하였을 때 最高溫度는 57°C, 最高溫度에 到達하는 時間은 12.5時間, 硬化障害指數(I)는 4.15를 나타냄으로서 가장 良好한 시멘트와의 硬化反應을 보였다.
2. 슬러지를 15% 添加하였을 때 最高溫度는 47.5°C, 最高溫度에 到達時間은 18時間, 硬化障害指數(I)는 23.96을 나타냄으로서 약간의 硬化障害을 일으켰으나 시멘트와의 보드 製造 可能性을 나타내었다.
3. 슬러지 30% 添加時는 Korean pine과 Italian poplar와 같이 硬化沮害 現象이 나타나므로 前處理 過程이 필요한 것으로 判斷되었다.

#### 參 考 文 獻

1. 장 원, 1993. 폐기물 처리시설 주변 영향지역 지원 등에 대한 조사연구. 과학기술처 보고서.
2. 박영성 외, 1990. 제지 슬러지의 유동층 건조장치 적용시험 연구(상). 제지계, 통권 제 209호 : 1~12
3. Herman, R. Amberg. 1974. The economic impact of the federal water pollution control act amendments on the pulp and paper

industry. *Tappi*. 57(9) : 62~66

4. Eugene J. McAliley. 1974. A pilot plant study of a rotating biological surface for secondary treatment of unbleached kraft mill waste. *Tappi*. 57(9) : 106~111
5. Kehrberger, G. J. T. J. Mulligan, W. D. South, and B. Djordjevic. 1974. Thickening and dewatering characteristics of kraft mill sludges from a high-purity oxygen treatment system. *Tappi*. 57(9) : 119~122
6. Bruce W. McCuaig, P. F. Atkins, Jr., and Bernard L. Lueck. 1974. Physical-chemical treatment of combined municipal pulp and paper wastes. *Tappi*. 57(9) : 145~148
7. John, M. Harkin, D. L. Crawford, and Elizabeth McCoy. 1974. Bacterial protein from pulps and paper mill sludge. *Tappi*. 57(3) : 131~134
8. Kenneth, R. Gilbreath. 1976. Operating experience with a high-purity-oxygen activated sludge waste treatment system. *Tappi*. 59(9) : 59~60
9. Orlando B. Andersland. 1977. An experimental high-ash paper mill sludge landfill. *Tappi*. 60(1) : 114~117
10. William, J. Gillespie, D. W. Marshall, and Alan M. Springer. 1974. A pilot-scale evaluation of rotating biological surface treatment of pulp and paper mill wastes. *Tappi*. 57(9) : 112~117
11. Alan, S. Rosenfeld, T. R. Aspitarte, and H. R. Amberg. 1973. Pulp and paper mill sludge disposal by combustion. *Tappi*. 56(10) : 97~100
12. T. W. Joyce, A. A. Webb, and H. S. Dugal. 1979. Composition of pulp and paper mill primary sludges. *Tappi*. 62(4) : 83~84
13. Frederick, W. J. T. M. Grace, and T. W. Joyce. 1981. Disposal of secondary sludge in the kraft recovery system. *Tappi*. 64(1) : 59~62
14. Risto M. Kekki. 1981. Incineration and heat recovery of primary clarifier sludge. *Tappi*. 64(9) : 149~151
15. Richard, E. Wardwell, S. R. Cooper, and

- W. A. Charlie. 1978. Disposal of paper mill sludge in landfills. *Tappi*. 61(12) : 72~76
16. Steven, S. M. Nessman, T. Charles, and D. Ulrich. 1988. Paper sludge land application studies for three Wisconsin mills. *Tappi* 71(9) : 101~107
17. Joo-Hwa Tay. 1986. Potential use of sludge ash as construction material. *Resources and Conservation*. 13 : 53~58
18. \_\_\_\_\_, 1989. Sludge ash as filler for portland cement concrete. *Journal of Environmental Engineering*. 113 (2) : 345~351
19. \_\_\_\_\_, Woon-Kwong Yip. 1989. Sludge ash as light weight concrete material. *Journal of Environmental Engineering*. 115(1) : 56~64
20. Craig O. Thomas, Robert C. Thomas, M. ASCE and Kenneth C. Hover, M. ASCE. 1987. Wastepaper fibers in cementitious composites. *The Journal of Environmental Engineering*. Vol 113 (1) : 16~31
21. 下野健一. 1981. 製紙スラッジの有効利用について. 紙パ技協誌. 35 (9) : 755~766
22. Jo, Byung-Muk, Yun, Byung-Ho. 1979. Study on the manufacture of fire retardant board with pulp sludge. *The Journal of Tappik*. 11(2) : 21~31.
23. 조병린. 1980. 펄프 및 제지공장의 폐기물 처리에 관한 연구. 과학기술저. 과학기술저 보고서 R-80-12
24. H. G. Kim. 1990. Sludge ash reuse of paper industry. The 7th International Symposium on Environmental Techniques Development. October, 18~19. Dong-A University : 145~168
25. 이필우, 윤형운, 김대준, 손정일. 1993. 슬러지-파티클 보드의 제조 가능성 및 구조 비율에 관한 연구. 목재공학. 21 (2) : 57~65
26. Moslemi, A. A., and J. F. Gracia, (1983), Effect of various treatments and additives on wood-portland cement-water system. *Wood and Fiber Sci*. 15 (2) : 164~179
27. Sandermann, W. and M. Brendel. 1956. Studies on mineral bonded particleboard. The cement inhibiting action of wood components and its dependency of chemical constitutions. *Holz als Rohw. Werkstoff*. 14 (8) : 37~313
28. Garcia, J. F. 1981. An evaluation of the rate of heat evolution of portland cement, northern Rocky Mountain species. M. S. thesis. Univ. of Idaho, Moscow, Idaho
29. Sandermann, W., H. J. Preusser, and W. Schwiens. 1960. The effect of wood extractives on the setting of cement-bonded wood materials. *Holzforschung*. 14 (3) : 70~77
30. Simatupang, M. H. 1969. On the aptitude of some wood species for WCC manufacture (German). *Holz-Zentrablatt* Nr. 31 : 475~476
31. 徐珍錫. 1993. 韓國産 樹種의 시멘트보드 및石膏보드複合體의 製造適性. 林業研究院, 公務海外研修歸國報告書.
32. Christensen, L. E. and E. CT. Lyneis. 1949. The effect of sugar and wood extracts of the properties of portland cement. Unpublished thesis for B. S. degree, Univ. of Wis, Madison
33. Kleinogel, A. 1950. Influences of concrete (translated by F. S. Morgenroth). Frederick Ungar Publish. Co, New York. p. 279
34. 牙原正毅, 田近克司, 中川 宏. 1979. 木質セメント 板の強度増加について. 木材學會誌 25 (8) : 552~557
35. 朴種瑩, 李華珩. 1982. 韓國 落葉松材의 木質시멘트板 材質에 미치는 前處理 및 添加劑 效果. 忠南大 農業科學研究報告. 9 (1) : 250~259
36. Royack, S. M., A. F. Cherkasowa, and A. F. Yashina. 1968. Effect of thermal-oxidation treatment on the setting of slag portlandcement. E. T. (USSR) : 197~203. *Ascted in Chem. Abst*. Vol. 71 : 128~219m.
37. Biblis, E. J. and C. F. Lo. 1968. Sugars and other wood extractives; effect on the setting of southern pinecement mixtures. *For. Prod. J*. 18(8) : 28~34
38. 室代 眞, 川村惠洋, 依木本毅三男, 繼 田視明. 1968. 木毛セメント 板の製造條件に關す研究 (第I報). 硬化不良樹種による木毛セメント板の製造. 木材工業 23 (9) : 25~29
39. Broeker, F. W. and M. H. S. imatupang. 1974. Removal of cementsetting inhibitors from woods. *Gen. Offen*. 2, 312, 261 (CIC O

- 4 b), *Appi.* p. 2312-261, 4. As cited in *Chem. Abst.* vol. 82, 1975. 7264m.
40. A. D. Hofstrand, A. A. Moslemi, and Jose F. Garcia. 1984. Curing characteristics of wood particles from nine northern Rocky Mountain species mixed with portland cement. *For. Prod. J.* 34(2) : 57~61
41. A. A. Moslemi, and Y. T. Lim. 1984. Compatibility of southern hardwoods with portland cement. *For. Prod. J.* 34(7, 8) : 22~26
42. 崔惇廈. 1984. 飽和세멘트 水溶液에 의한 抽出 單糖類가 木質세멘트 複合體의 硬化에 미치는 影響. 서울大學校 碩士學位 論文.