

# 21世紀의 變革과 材料科學의 發展

金 基 衡

〈韓國科學技術院 理事長, 工博〉

## 1. 21世紀의 變革展望

지금 20世紀末葉의 世界는 70餘年의 東西이데올로기冷戰 終熄後 世界情勢가 流動化되어 經濟와 生産技術競爭 및 先進工業國들의 後發工業國에 對한 技術移轉忌避, 關稅障壁化가 激化되고, EC나 NAFTA같은 地域經濟圈의 台頭로 말미암아 環境問題와 南北對立問題가 激化되는 등 人類史의 一大轉換이 必然視되고 있다.

世紀的 大轉換이 일고 있는 人類 次元의 原因은 무엇일까?

첫째는 環境生態系의 惡化·破壞問題이다.

地球人口는 20世紀에 들어서면서 急激히 增加하기 시작하여 現在는 54億인데 每 約 35年만에 倍加하고 있는 것으로 보아 2025년에는 約 100億이 예상되는데 特記할 點은 그 增加分의 3/4가 後發國에서 일어나 南北兩極化現象을 增幅하게 된다는 것이다. 그리고 21世紀에도 大都市人口集中이 繼續되어 全人口의 折半이 都市居住者가 됨으로써 都市環境惡化를 더욱 加重시킬 것이라는 점이다.

둘째는 에너지問題이다.

人類는 薪炭에너지에서 石油·石炭 등 化石에너지로 轉換함으로써 大規模工業化 文明建設에 成功하였다. 그러나 人口의 激增과 産業規模, 經濟規模의 擴張에 따라 에너지消費가 急增하였고, 또 石油資源의 偏在와 埋藏量限界에 따라 1,2次 石油波動을 經驗하였다. 現存의 工業體系는 CO<sub>2</sub>를 空中에 無制限으로 放出토록 設計되어 있는 시스템이므로 CO<sub>2</sub>量의 過多排出이 地球溫暖化나 氣

候異變을 招來하고, 酸性비에 의한 土壤酸性化, 森林喪失, 오존層 파괴의 擴大威脅 등 人類의 生態系에 重大한 異變을 豫感하게 되었다.

따라서 昨年 6月의 리우國際環境會議가 開催되다시피 21世紀에서는 各種 環境會議가 열려 公害와 環境惡化를 防止하려는 各種 立法處理가 있을 것이며, 企業과 科學技術界도 本格的인 對策을 講究하게 될 것으로 展望된다.

現在 化石燃料의 大量消費로 大氣中の CO<sub>2</sub>濃度는 産業革命 當時보다 約20% 上昇하여 이런 趨勢로 가면 2030年頃에는 現在의 倍가 되므로 地球全體溫度는 1.5°~5.4℃가 上昇, 海面은 極地水의 溶解로 곳에 따라 120~20cm 정도 높아질 것으로 豫測되고 있다. CO<sub>2</sub>의 發生을 抑制하는 方途로는 에너지使用效率의 向上, 原子力發電, 太陽光發電, 또는 CO<sub>2</sub>發生이 적은 代替燃料의 開發, 水素에너지利用 등 多角的 對策이 進行中에 있다. 長期的으로 보면 人類는 公害發生이 적거나 없는 太陽光에너지나 水素에너지를 利用하는 技術을 開發할 것으로 전망된다.

셋째는 人類社會의 國際化와 多角化現象이다.

科學技術의 急激한 發達과 經濟活動의 擴大로 世界는 一日生活圈으로 바뀌고, 工業先進國과 一部中進國에서는 物質의 豐饒化, 長壽化, 價値觀의 多角化 등이 일어나고 있다. 反面 世界人口의 3/4에 달하는 後進國들에서는 人口爆發과 環境惡化, 貧困加速化가 進行中이다. 아직도 政治面에서나 經濟面에서 새로운 世界政府나 새로운 經濟秩序가 樹立되기까지는 民族·宗教葛藤이나 猖獗하는 테러犯罪나 麻藥問題, 環境問題 등이 합쳐

서 人類社會는 當分간 混亂과 對立을 免할 수 없을 것으로 보인다.

이와같은 與件속에서 韓國이 當面할 未來를 展望하고 아울러 特別히 材料科學의 新方向에 대해 살펴보기로 한다.

1993年 3月에 出發한 文民政府가 新韓國創造를 위한 여러 改革을 展開하고 있으나 要諦는 科學技術力 先進化를 통한 經濟再活性化에 歸一되어야 한다고 본다.

東西冷戰은 終熄되었으나 韓半島에서는 南北冷戰狀態가 嚴存하고 있다는 事實이다. 反面, 先進國들이 工業中進國 進出을 牽制하려는 技術移轉抑制가 強化되고 知的所有權이 強調되고 있다. 國際化가 進行되는 반면에는 經濟大國인 日本이나 中進國 進出에 對應하려는 EC 및 NAFTA의 結成이 世界經濟를 블럭經濟化하지는 않을까 念慮하는 專門家도 있다. 韓國은 先進技術이 아직 定着되지 않은 때에 政治不安定에 따른 勞賃暴騰·物價昂騰이 일어나 先進工業大國인 日本과 低勞賃으로 日本의 資本技術導入에 成功한 東南亞 및 中國사이에서 國際競爭力을 잃고 苦戰中에 있다.

新韓國이 激甚한 國際技術貿易戰爭에서 이기기 위해서는 우리國民이 忍耐하고 協力하여 우리産業構造를 高度化하고, 輸出競爭力이 蘇生하도록 能率의인 制度를 導入하여 科學技術이 先進化하도록 集中努力을 다하여야 할 것이다. 資源없는 小國 瑞西가 科學技術에 卓越하고, 海外進出을 積極化하여 世界第一의 GDP를 維持하고 있는 先例를 洞察하여야 할 때인 것이다.

## 2. 技術革新過程의 變革

材料科學을 包含한 産業技術分野에서 大變革이 일어나고 있으며 研究開發過程에서도 一大革新이 일어나고 있는 技術이 Reengineering (Reverse Engineering; 逆工學)이다.

從來 新製品 開發過程은 試驗室研究結果를 開發部에 넘겨 開發에 成功하면 應用部나 Pilot Plant를 거쳐서, 製造·販賣로 들어가는 過程인데 普通 直線型 (Linear Model)라고 呼稱한다. 이와같은 方式은 主로 西歐 大學이나 研究室에서 使

用하여 온 方式으로서 Science Pull 方式이라고도 불린다.

最近 日本에서는 製品開發方式에 있어 從來의 方式을 逆으로 實施하는 逆工學을 樹立하였다. 逆工學의 特徵은 新製品開發에서 우선 市場販賣動向, 流行, 顧客, 環境 등을 分析한 後, 新製品의 研究, 開發, 製造, 營業問題를 並列的으로 進行하면서 相互間에 情報를 교환하며 協同하는 方式이다. 이 過程은 non-linear型이며 Technology Push 方式의 代表的 例가 된다.

MIT의 Daniel Roos 教授와 協力者들은 Sloane財團에서 5百萬弗의 支援을 받고 5年間 日本自動車産業을 徹底히 調査分析하여 그 結果를 最近 “The Machine that Changed the World”라는 著書로 發表하였다. 그 要點은 GM社가 10年 걸려서 新車를 開發生産할 때 日本은 Reverse Engineering으로 3年 半이 걸리고, 自動車組立數地도 GM의 折半程度이며 自動車部品은 部品倉庫를 經由하지 않고 必要에 따라 直接 組立工場에 配達되는 Just-In-Time시스템을 使用하고 있다. 各 組立工場內는 소위 「看板시스템」으로 一目瞭然하게 整備되고 組立工場은 各 組長의 判斷에 따라 運轉停止가 可能하여 責任所在가 明確히 구분되어 있다. 結果的으로 日本自動車는 GM車보다 故障이 적고, 性能이 優秀하여 美國市場을 相當部分 蠶食하는데 成功하였다. Roos教授는 이와같은 日本生産方式을 Lean Process (날씬하고 굳살없는 過程)이라고 評하였다. 이 方法은 GM과 豐田의 California合作工場에서도 成功하고, 우리 昌原工場에서도 實施되고 있어서 새로운 生産工學으로 確立되어 있다.

이 方法은 各種 産業에도 適用可能하여 利潤創出 極大化에 寄與할 것이며, 研究開發에 適用擴大될 것으로 展望된다.

## 3. 材料科學의 展開

21世紀에 期待되는 材料의 開發은 高度情報社會와 High Tech - High Touch라는 말에서 象徵되듯이 人間性·環境性이 重視되는 Needs를 充足시키는 方向으로 發展이 이루어질 것으로 展望된다.

材料에는 構造材料과 機能材料로 大別되어 왔으며 次世代의 材料는 構造面으로나 機能面에서 더 우수하고, 多機能을 具備한 새로운 材料가 登場하는 趨勢에 있다.

知能세라믹재료(Intelligent Ceramic Materials)는 從來의 機能材料 特性外에 自己診斷機能(Sensing)과 自力修理, 環境判斷, 時間軸機能 등의 作動(Actuating)機構가 具備되어 있는 세라믹스를 總稱한다.

예를 들면 壓電세라믹스 材料는 機械의 에너지를 電氣의 에너지로 轉換시키는 順壓電機能과 電氣의 에너지를 機械의 에너지로 바꾸는 逆壓電機能을 모두 가지고 있다. 小型이지만 電氣/機械變換效率이 높아서, 光學機器나 精密切削加工機, 微動位置決定裝置, 超音波모-터驅動素子 등에 사용되고 있다. 그리고 장차 마이크로機械시스템과 더불어 醫療用으로 많이 利用될 것으로 보인다.

現在 市販되고 있는 自動車에는 約 50餘個의 感知機能과 作動機能이 부여되어 있을 뿐아니라 더 安全한 運轉과 排氣가스 探知 등에 더 優秀한 知能세라믹스 材料의 開發이 要望된다. 知能세라믹스가 더 開發되면 HA, OA, FA에도 劃期的인 改革이 可能해진다. 지금 「知能세라믹스」 概念을 시멘트에 適用하여 보기로 한다.

現在 시멘트의 大部分은 포틀랜드시멘트 生産에 集中되어 왔다. 포틀랜드시멘트를 Micro Degect Free, 즉 MDF시멘트로 하면 超高強度인 30~180MPa가 되고, 물과 시멘트 比率을 낮추고 高性能減水劑를 添加함으로써 60~100MPa의 壓縮強度를 얻을 수 있다. 시멘트의 知能化는 單純한 強度增進에 그치는 것이 아니다.

英國化學研究所는 시멘트와 殺虫劑를 混合하여 適時에 殺虫劑가 放出되도록 하는 소위 Bio-cement를 開發하였다. 콘크리트橋梁이나 建物이 龜裂·破壞되는 것을 防止하려면 시멘트, 콘크리트내에 龜裂을 感知하여 그 龜裂을 自己補強할 수 있는 시멘트를 開發하여야 될 것이다.

大阪大學의 宮本欽生 助教授는 中心部分에 炭化Titanium과 Nickel, 그리고 外例에  $Al_2O_3$ 와 TiC, 最外層은  $Al_2O_3$ 라는 5層構造의 傾斜機能材料를 이루는 재료로서 表面의  $Al_2O_3$ 層에 龜裂이

생겨도 内部에 있는 TiC의 酸化물이 龜裂中에 成長하여 그 龜裂을 메워버리는 Intelligent Ceramic 材料를 開發하였다. 시멘트에도 類似한 FGM 原理의 適用可能性이 있다.

기존 콘크리트表面에서 美麗한 結晶이나 鑛物이 析出하여 美裝役割을 다하면 建築費의 輕減이 可能하게 된다. 内部에서 析出되는 現象이 어렵다면, 콘크리트固化表面을 FGM 材料로 處理可能할 수 있을 것이다. 이와같은 方法은 環境과 어울리지 않는 大型原子爐建物を 美化할 수 있게 될 것이다.

포틀랜드시멘트가 第1世代 시멘트이고, MDF나 CBC(D. Roy-Chemically Bonded Cement)가 第2世代 시멘트라면 Intelligent시멘트는 第3世代 시멘트 혹은 Super시멘트라고 불릴 수 있을 것이다. 시멘트도 Fine Ceramics化 할 時代가 오고 있다.

生體를 構成하는 材料는 知能을 가진다는 點에서 究極的 知能材料이다. 知能化는 材料科學에서 遺傳子制御에 該當되는 原子나 分子水準의 材料設計으로써 材料의 物理的·化學的·電磁氣的·力學的 特性을 統制하는 人工材料의 創出을 뜻한다. 따라서 量子效果를 利用하는 半導體 超格子의 開發도 知能化 過程이며, 3次元의 超格子의 創出은 各種 原子를 創出하는 結果가 되며, 3次元의 原子格子를 配列시킨 究極的 人工材料의 開發에 歸着된다. 높은 Tc를 가지는 세라믹스 超電導體의 合成도 이와같은 超格子 構成으로 可能할 것으로 展望된다.

21世紀 材料科學의 한가지 特徵은 各 材料의 特性을 極大化할 뿐 아니라 各 材料를 複合의 또는 各 機能을 連續的으로 傾斜시키는 design을 하게 된다는 點이다.

傾斜機能材料(FGM; Functionally Gradient Materials)는 design과 製造條件을 適切히 處理함으로써 材料를 構成하는 金屬, 세라믹스, 纖維, micropore 등의 機能을 連續的으로 傾斜시킨 材料이다.

원래 FGM에 關한 研究는 宇宙抗空機用 部材의 熱應力 緩和를 目的으로 시작되었다. 現在까지 開發된 傾斜機能材料는  $ZrO_2$ -W系, TiC-Ni系, SiC-C系, TiN-Ti系,  $ZrO_2$ -Ni系 등이 있으며, 耐

傾斜機能材料의 實施例

<表-1>

原料系	手法	方法	實施例
氣相	化學的	化學氣相析出(CVD)法 化學氣相浸透(CVI)法	SiC/C, SiC/TiC, TiC/C, diamond/WC C/C/C Composite, C/Composite
	物理的	Ion-Plating法	Ti/TiN, Ti/TiC, ZrO <sub>2</sub> /Cu, C/Cr
液相 (融體)	化學的	電着法	Ni/Cu
	物理的	溶射法 共晶反應法	YSZ/NiCrAlY, YSZ/Ni-Cr Si/ZrSi <sub>2</sub>
固相	化學的	自己發熱反應(SHS)法 塗布法	TiB <sub>2</sub> /Cu, TiB <sub>2</sub> /Ni, TiC/Ni, MoSi <sub>2</sub> -SiC/TiAl ZrO <sub>2</sub> /Ni, PZT/Ni, PZT/Nb
	物理的	燒結法 擴散法	YSZ//SUS304, YSZ/Mo, Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> /Ni, W/Cu Ni/Al

資料：日本 セラミックス協會(1991)

熱性, 斷熱性, 耐蝕性, 耐摩耗性 등의 表面特性이나 接合部分에서의 應用緩和가 期待된다.

FGM의 概念은 各種 化學工場의 파이프 라인에서 内部는 耐蝕性, 外面은 機械的 強度를 갖는 材料로 design할 수 있게 하며, 核融合容器的 内部에서 高溫에 견디는 層, 中性子照射를 막는 層이 必要하므로, 耐熱·耐放射性, 高強度를 지닌 核의 傾斜機能材料가 要請되는 것이다.

生體分野에서는 人體適合성과 強度 및 韌性을 共有하는 人工骨이나 人口齒材料에도 傾斜機能材料의 應用이 可能해질 것이다. 장차 FGM의 概念과 知能세라믹스의 概念을 複合한 新材料의 出現도 期待해 볼만 하다.

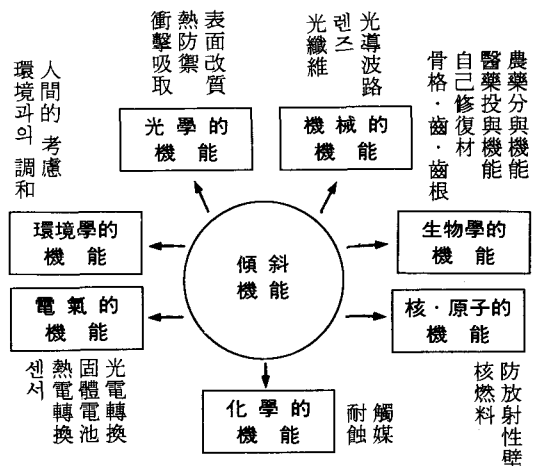
光纖維는 半徑方向으로 dopant 濃度分布를 導入하여 屈折率을 制御한 代表的인 傾斜機能材料로서 이 方法으로 紫外線으로부터 赤外線에 걸친 廣範圍한 波長圈에서 低損失 送信이 可能하게 되었다.

세라믹스 複合材料의 傾斜化 및 構成에 關한 여러 方法 및 材料의 應用例를 <表-1>과 <그림-1>에 要約하였다.

傾斜機能材料도 巨視的으로 보면 複合材料이며, 微視的으로 보면 nano(10<sup>-9</sup>m)의 超微細分散相을 包含하는 複合材料의 일종이다. 콘크리트는 시멘트鐵筋, 砂礫, 水分의 混合 複合材料라고 볼 수 있다. 콘크리트의 耐海水性を 強化하기 위한

Polymer混合, 強度強化를 위한 各種 纖維를 混合한 FRC도 開發使用中이다.

土木用인가, 建築用인가에 따라서 所要콘크리트 強度는 40MPa에서 100MPa가 된다. American concrete Institute(ACI)에서는 40MPa以上을 最強度 콘크리트로 規定하고 있다. 콘크리트의 強度發現에는 시멘트硬化體와 骨材의 性質, 空隙의 形態 등과 重要한 關係가 있다. 시멘트硬化體는 各種의 시멘트Gel, 未反應cement, 空隙으로 構成된다. 포틀랜드시멘트의 主要 構成化合物은 C<sub>3</sub>S(50~70%), C<sub>2</sub>S(20~38%), C<sub>3</sub>A(5~12%), C<sub>4</sub>AF(3~5%) 및 石膏(3~5%)로 되어 있으며 이들과



<그림-1> 傾斜機能材料의 應用

물이 水和化合物을 構成하면서 硬化가 일어난다.

시멘트 硬化體中에는 시멘트 粒子 사이에 물로 차 있는 空隙이 있으나 水和物의 析出로 毛細管空隙과 水和物 Gel 粒子間的 Gel 空隙으로 變하면서 硬度·強度發現에 寄與한다. 空隙率이 減少하면 壓縮強度가 上昇하며, Hot press를 하면 壓縮強度는 約 650MPa에 달한다고 1973年 Della Roy et al. 가 報告한바 있다.

따라서 콘크리트의 高強度化는 水分調節로 水和物 사이의 空隙을 減少시키고, 骨材도 粒徑이 적은 良質의 것을 擇하여야 한다. 시멘트 硬化體에서 強度增進을 위하여 물/시멘트 比率을 減少시키면 콘크리트의 流動性이 惡化한다. 이 對策으로 強力한 振動이나 加壓成形하는 方法도 있고 作業이 便利한 물/시멘트 比로 製造한 콘크리트를 加壓成形함으로써 水分을 짜내는 方法도 있다.

化學的인 方法으로는 高性能減水劑의 使用이 있다. 펠라민樹脂술폰酸鹽 등을 콘크리트에 混入하면 시멘트에 吸着하여 靜電反撥力으로 시멘트를 分散시킬 뿐 아니라, 콘크리트의 流動性을 改良하는 役割을 한다. Bache(1985)는 高性能減水劑를 多量使用하고, 시멘트 粒子보다 1~2單位 微少한 粒子를 併用하여, 물/시멘트 比가 30%以下에서 100MPa以上の 強度를 얻어 내고, 270MPa까지도 얻었다고 報告하고 있다. 이 材料들은 DSP (Densified systems containing homogeneously arranged ultra-fine particles) 材料라고 呼稱된다.

混合하는 微粒子로서는 微粉碎된 高爐슬래그나 실리카폼이 利用된다. MDF (Macro-defect free) 콘크리트는 물/시멘트 比를 10~15%로 하고 水溶性高分子를 사용하여 強力混合한 것으로서 曲強度가 30~180MPa가 된다. 高強度에는 水溶性高分子가 重要な 役割을 하고 있으므로 MDF는 시멘트 水和物과 水溶性高分子와의 複合材料라고도 생각할 수 있다. 硬化된 콘크리트에 有機 monomer를 浸透시킨 後 加熱하여 重合시킴으로써 高強度 콘크리트를 製造할 수 있는데 이 方法은 주로 放射性廢棄物容器나 埋藏用容器 등에 利用되고 있다.

骨材와 시멘트 페이스트와의 附着性을 改善할 목적으로 強度를 增進하는 方法으로서 超微粒子의

利用이 있다. 이것은 骨材界面에서의 水酸化石炭生成을 抑制하는 效果가 있고, 粒子充填性 向上에도 效果가 있다. 또한 骨材表面에 界面反應을 促進하여 附着性能을 改善할 수도 있다. 이와같이 混合材料는 콘크리트의 性能改善이나 新機能을 賦與할 수 있는 것이다.

$C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$  (에트링가이트)가 콘크리트 硬化體組織 形成時期보다 먼저 생기면 急結性을 띄며, 硬化體 形成時期와 同時에 形成시키면 超高強度性이 나타나며, 硬化體形成後에 에트링가이트를 生成시키면 膨脹性을 나타낸다.

이와같은 性質을 利用하여 NATM 工法에 使用되는 急結劑가 開發利用되어 왔다. 水溶性高分子를 콘크리트에 添加하면 粘稠性이 생기며 水中에서도 混合材料가 分離·擴散되지 않으므로 水中에서도 콘크리트 工事を 實行할 수 있게 되었다. 이와같이 特殊條件을 滿足시키는 特殊·高強시멘트가 21世紀에도 繼續 開發되리라 展望된다.

現在 우리나라 시멘트 生産能力이 5千萬噸/年 이 달하여 世界 7位에 進入하게 되었다. 그러나 우리는 次後 포틀랜드시멘트 量産一邊倒에서 脱却하는 方向이 바람직하다. 시멘트의 高機能·高附加價值化, 多角化에 努力할 뿐 아니라, 시멘트 製造設備를 Mechatronics 原理로 開發하여 世界에 輸出하는 段階에 들어가야 하며, 시멘트 科學에서도 世界的 研究가 活潑히 展開되도록 Fellowship이나 基金制度가 設定되기를 希望하는 바이다.

21世紀社會는 高度情報社會이며, 世界一日圈時代이므로 情報技術의 發達과 그에 必要한 材料科學技術의 顯著한 發展이 期待된다. 材料中에서도 通信·計測·調節作動에 必須的인 電子材料와 電子技術의 發展이 特記할만 하다. 電子裝置技術도 集積化·시스템化·知能化가 進展하며, 電子裝置材料도 薄膜·積層·超格子化 形態가 많이 利用될 것으로 보인다. 당분간 Si 中心의 半導體를 使用한 微小回路化·集積化 및 裝置化가 進展할 것으로 보인다.

從來 基板材料로서는 알루미늄( $Al_2O_3$ )가 高性能化·低廉化로 많이 使用中이나 低誘電率을 가지며, 放熱效率이 좋은 AlN, 혹은 低溫燒結基板이 開發中에 있다. 近來 自動化·知能化·로봇

化에 따라 많은 센서와 actuator가 開發되고 있다. 센서는 環境判斷機能, 自己修復機能, 自己診斷機能, 時間軸機能 등이 要求되며, 知能材料가 將次 더 많이 必要하게 될 것이다. 세라믹스센서가 汎用化된 理油로는 세라믹스의 耐熱性, 耐環境性, 堅固性, 耐久性에 起因한다.

세라믹스壓電體를 活用한 actuator는 큰 變位를 利用하여 微動變位素子, 高速變位素子, 壓力發生素子로서 活用되고 있다. 카메라나 레이저등의 加工이나 半導體칩加工에서의 位置決定에 對한 精密度는 1 $\mu$ m以下이며, 이 정도의 搖動은 室溫이 약간 變化하거나 사람이 걸어다닐 때에도 일어날 수 있는 정도이다. 이러한 苛酷한 與件에서 近來 세라믹스壓電 actuator가 脚光을 받게된 것이다. 壓電材料로서는 PZT, PLZT, PMN(Cross, et al. 1980) 등이 많이 利用中이다.

磁性材料에서도 Ferrite時代에서 通信, 情報, 計算機時代가 到來하면서, 軟質, 硬質의 中間磁化特性을 가진 材料가 重視되었다. 磁氣tape, Disk의 재료인  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>나 Mn-Mg系 ferrite가 記錄·記憶用材料로서 많이 쓰이게 되었다.

其他 螢光體, 超電導體, 메모리, 磁性體, display 등 다양한 電子材料의 發展이 豫見되나 紙面上 省略하기로 한다. 다만 材料科學의 發展은 材料自體뿐 아니라 材料研究를 可能케하는 많은 最新分析機器의 發展과 여러가지 Process技術의 發展없이는 不可能하다는 事實이다.

最近 sol-gel法, 光 CVD, Plasma CVD, MO-CVD, 이온蒸着法, 熱蒸着法 등 많은 薄膜材料技術과 厚膜材料技術이 開發되고 있다. 이와같이 材料科學은 文名進歩와 더불어 多角的으로 無限히 發展할 것이 分明하다.

#### 4. 結 語

21世紀에는 國際産業技術競爭이 激化하고 環境問題, 資源問題, 南北問題, 經濟圈對立이 擡頭되는 多價値觀時代-高度情報社會가 普遍化되리라고 展望된다. 科學技術의 發展도 이와같은 社會變動에 副應하여 發展할 것이며, 材料科學의 發展方向도 Reengineering方法이 主軸을 이룰 것

로 보인다.

특히 高度情報社會 構築에 必要한 많은 Soft와 Hard 技術이 豫見된다. 電子材料, 通信材料 특히 光通信材料 Optoelectronics材料의 急展開에 따라 大容量光通信을 비롯한 情報處理, 計測, 表示, 醫療, 加工, 電力發生, 照明 등 各分野에 利用될 것이다.

交通機關도 革新이 繼續되어 自動車, 高速電氣鐵道, 航空機의 技術革新에서 많은 新材料가 活用될 것이다. 21世紀에서는 環境惡化防止와 石油波動念慮로 電氣自動車, 알콜自動車, 水素自動車 등이 市場化될 것이며, 高速電鐵도 車輪驅動式에서 浮上式으로 轉換할 수 있는 時期가 新超電導材料의 發明과 그 應用技術의 展開에 따라 決定될 것이다.

化石에너지에서 多樣化한 에너지源으로 轉換하는 것이 21世紀의 最大關鍵이 되는 까닭에, 太陽에너지電力轉換, 太陽電池開發, 超電導에너지, 水素에너지利用에 關한 큰 發展이 豫見된다.

全般的으로 材料의 機能高度化가 深化되면서, 더 빨리, 더 좋게, 더 싸게 만들수 있는 努力이 繼續될 것이다. 同時에 材料의 輕少短薄化, 質과 美觀까지 따지고 材料의 知能化(intelligent化)가 普遍化되기 시작할 것이다.

High Tech - High Touch에 要約되는 科學技術의 先進化와 人間化, 環境과의 調和가 同時에 要請되는 것이 21世紀 材料科學의 特徵이라고 할 수 있다.

마지막이나마 每年 시멘트심포지엄을 開催하여 시멘트科學技術의 發展과 시멘트人들의 和合에 寄與하여주시는 韓國洋灰工業協會 및 韓國窯業學會側의 諸任員들에게 深甚한 感謝를 올립니다.

解放當時 10萬屯에 못 미치는 시멘트生産能力에서 出發하여 現在 年5千萬屯의 生産能力으로 擴充한 偉業을 達成하신 시멘트任職員, 學界, 財界, 官界 關係人士의 勞苦에 衷心으로 尊敬과 感謝의 말씀을 드립니다. 여러분들은 지금 沈滯하는 産業界에 對하여 「하면 된다」는 偉대한 우리 民族의 先驅者인 까닭입니다.

(註: 本 講演은 1993年 7月 8日 忠北 水安堡에서 開催된 第21回 시멘트심포지엄에서 있었다.)