

磷酸鹽 및 合成洗劑와 環境

金 根 泳*

磷酸鹽 및 合成洗劑와 環境

내가 戰爭으로 폐허가된 서울을 떠나 美國에 留學을 간 것은 거의 20年前인 1954年이었다. 그 當時에는 몹시 파괴된 건물과 타버린 집들이 인적이 드문 거리에 幽靈처럼 서 있었고 허물어진 工場굴뚝에서는 연기도 나을 리 없었다. 그러나 지금은 高層建物이 서울에 버섯처럼 솟아오르고 工場에서는 製品이 쉬지 않고 生産되고 있다. 김포공항에 비행기가 着陸할 때는 내가 故國이 아닌 다른 나라에 오지않았나 錯覺할 정도로 大韓民國은 경이적인 發展을 거듭하여 자랑스러운 産業國이 되어가고 있는 것이다. 産業化의 물결에 휩싸여 있는 故國에 돌아와 내가 경험하고 알고 있는 것에 관해 여러분께 소개할 機會를 갖게 된 것을 무한의 榮光

으로 생각한다.

여기에서는 磷이 얼마나 우리의 日常生活에 必要한가 어떻게 磷酸鹽工業이 發達하였고 磷酸鹽工業이란 어떤 特性을 갖고 있으며 合成洗劑속의 磷酸鹽과 環境保存에 대한 論難은 무엇인가, 이같은 論難이 磷酸鹽工業에 어떤 影響을 주었으며 앞으로 어떻게 될 것인가 하는 것을 考察코져 한다. 美國에서는 磷酸鹽工業에 많은 일들이 일어났고 日本에서도 정도의 差異는 있었으나 같은 일이 美國에 이어 일어나고 있다. 先進國에서의 磷酸鹽의 發達史를 철저히 把握함으로써 韓國 産業界는 磷酸鹽工業을 最適의 方向으로 이끌고 나갈 수 있으리라 믿는 바이다.

그림 1은 Monsanto Industrial Chemicals Co. 研究開發部 로비에 展示된 歷史를 말하는 抽象畫의 解說圖이다. 宇宙에는 太陽界(A), 銀河水(B) 및 달(D)이 있고

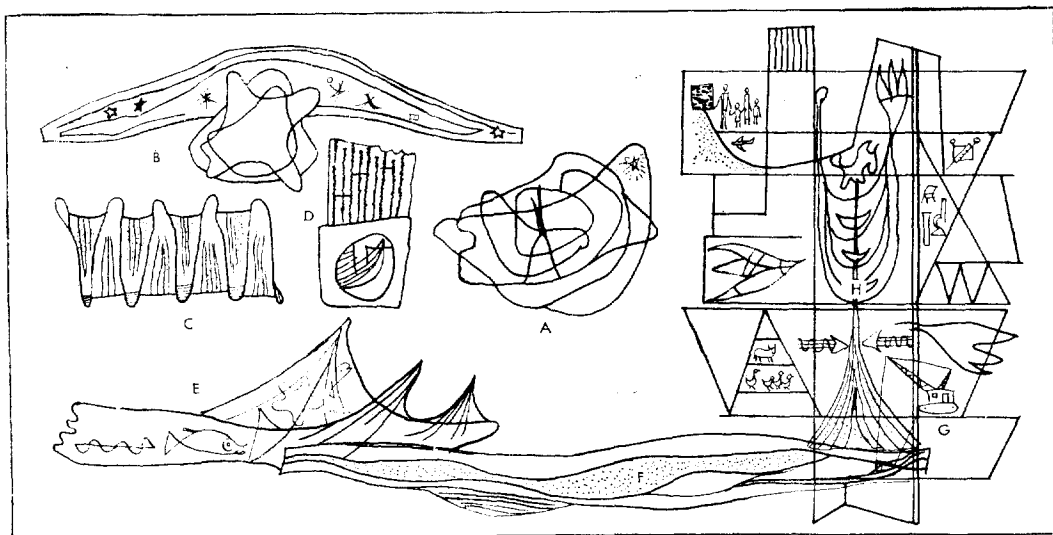


Fig. 1 Story of Phosphorus

* Monsanto Industrial Chemicals Co.
 St. Louis, Mo., U.S.A. 200-117

하늘과 바다(E) 사이에는 降雨과 蒸發의 cycle(C)이 無限이 繼續되고 있으며 바다에 살던 魚類가 沈積하여 몇 萬年後에 磷礫石(F)이 되었고 그것을 發掘하여(G) 磷礫爐(H)에서 元素磷으로 環元하여 人類의 福祉를 爲한 여러 磷化合物이 製作되고 있다는 뜻을 나타내고 있다. Monsanto는 現在 世界第一가는 元素磷 生産會社이며 아직도 人類를 위한 새로운 用途를 開發코저 繼續 研究하고 있다.

磷이 얼마나 有用한가를 알기 위해 우선 우리몸 속에서 磷을 찾아 보기로 한다. 우리의 몸은 약 650 g의 磷을 지니고 있고¹⁾, 이 중 약 86 %가 굳고 溶解가 잘 안되는 hydroxyapatite, $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$ 로 存在한다. 이 物質은 뼈와 잇몸의 構成體이며²⁾ 우리는 몸을 지탱하기 위하여 약 3 kg의 磷酸石灰를 끌고 다니고 있는 셈이다. 우리 身體의 支柱로서의 機能의 重要性은 더 說明할 必要가 없으리라고 보며 기타 나머지 磷은 身體의 軟質組織(soft tissue)에 含有되어 있는데, 이것은 adenosine triphosphate의 高에너지 結合形成에 必須의 인 物質이다. 이 adenosine triphosphate는 遺傳上으로

重要한 DNA 같은 物質의 合成에 先行하는 物質이며, 體液과 細胞間 사이의 緩衝能力을 갖고 있다. 生體內에서의 磷酸鹽의 역할이란 대단히 복잡하고 廣範圍해서 여기에 이루 다 論할 수 없으나 단지 磷이 우리의 營養素로서 우리의 身體속에서, 그리고 日常生活속에서 얼마나 重要한 역할을 하고 있는나는 事實을 다시 한번 想起시키고 싶을 뿐이다.

現代生活에 있어서 磷의 다른 역할을 살펴 보면 우리는 매일 第二 磷酸石灰(DCP)가 들어 있는 치약으로 이를 닦는데 이 DCP는 齒牙의 構成體인 hydroxyapatite $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$ 와는 姊妹별이 되는 化合物이다. 그러나 DCP가 치약에 使用되는 것은 우연한 일은 아니고 齒牙보다는 DCP가 더 軟質이어서 이를 깨끗이 하고 윤내게 하는 能力을 갖고 있는 것이다. DCP의 2水和物(DCPD)이 뼈 生成過程에서 hydroxyapatite의 形成에 선행한다는 事實은 科學的으로 證明되어 있다³⁾. DCPD와 다른 磷酸의 칼시움鹽이 體液으로 부터 生成되고 다음 서서히 hydroxyapatite로 轉換되니 DCPD를 써서 hydroxyapatite로 된 이를 닦는데 使用하는

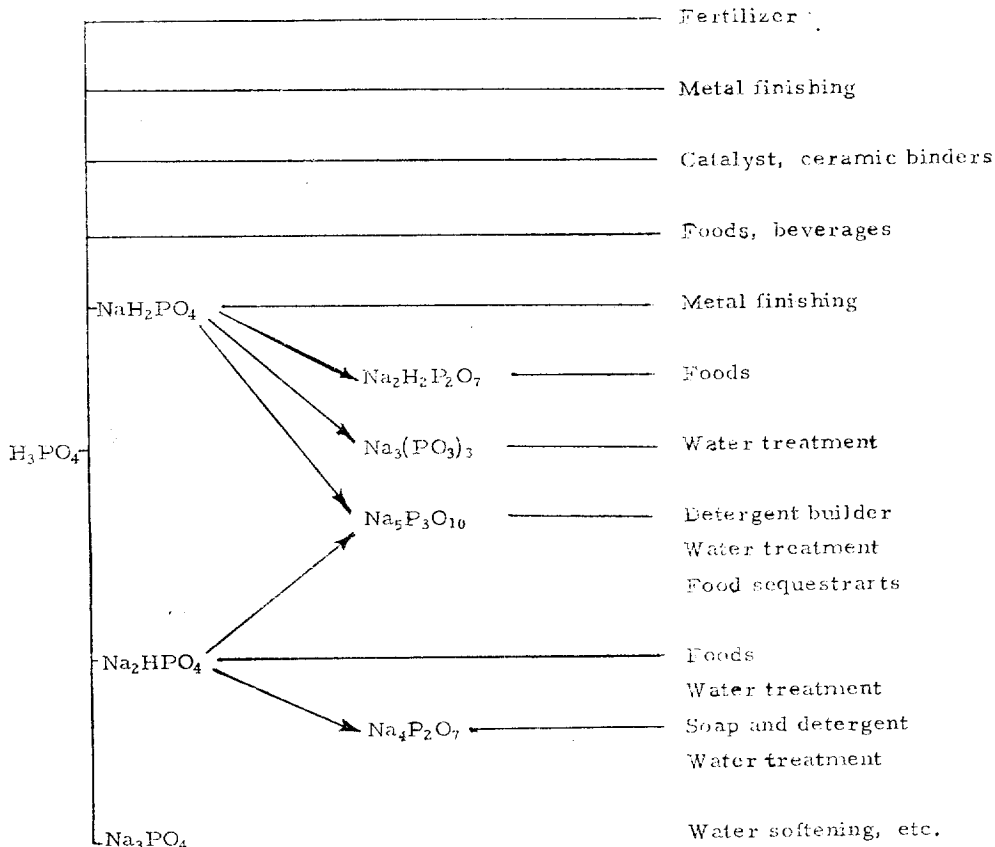


Fig. 2-1 Phosphorus Compounds Applications

것은 당연한 일이라 하겠다.

또한 우리는 現代의 세탁방법에 革命을 가져온 合成洗劑에는 sodium tripolyphosphate(STP, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)가 들어 있는데 STP 産業에 관해서는 나중에 상세히 論하기로 하고 지금은 이 化合物을 洗滌劑로 필요불가결하게 만든 性能이 무엇인가 간단히 살펴 보기로 하겠다⁴⁻⁵⁾. STP는 다음과 같은 性質을 갖는다.

1. 硬性 이온을 포착하여 물을 軟化시킨다.
2. 세탁에 필요한 알칼리성을 주며 세탁도중에 알칼리성의 변화를 방지한다.
3. 먼지를 현탁시킴으로서 때의 再沈澱을 막는다.
4. 界面 活性劑의 效率를 증가시킨다.
5. 기름이나 구리스狀의 固形物을 乳化시킨다.

이상의 월등한 性能때문에 STP는 우리 日常生活의 세탁에 利用되고 있으며 오늘날까지 效率, 價格, 安全性面에서 STP가 가장 實用的인 合成洗劑의 重要한 成分으로 인정되고 있는 것이다.

또 다른 磷의 특수 應用例를 살펴 보면 수많은 量의 磷의 polyphosphate가 用水處理에 使用되고 있다⁶⁾. 어떤 磷化合物은 칼슘化合物의 核이나 成長面에 흡착하여 칼슘의 沈澱을 막는 結果를 가져 오는데 이를 threshold effect라 부른다. 그러므로 보일라 用水를 어떤 polyphosphate나 polyphosphonate로 처리하던 scale의 生成을 억제할 수 있다. 以上은 磷이 오늘날 人類에게 이바지하는 수많은 應用例 중의 일부에 불과하며 磷酸鹽 및 磷化合物의 무수한 應用例를 간추리면 그림 2-1, 2-2, 및 2-3과 같다. 주요 用途별로 구분하면 磷의 使用분포율은 그림 3과 같다. P_2O_5 로 환산하여 美國에서⁷⁾ 약 5백만톤의 磷酸이^{8,9)} 消費되고 있다. 美國에서 使用되는 여러 形態의 磷 중 거의 80%는 動植物의 營養劑 즉 肥料, 飼料, 食品, 清涼食料 및 醫藥品으로 利用되며 營養劑로서 使用되는 이 막대한 量의 대부분이 직접, 간접으로 단지 人間의 營養을 위한 것이라 할 수 있겠다. 다음으로 消費量이 큰 것은 合成

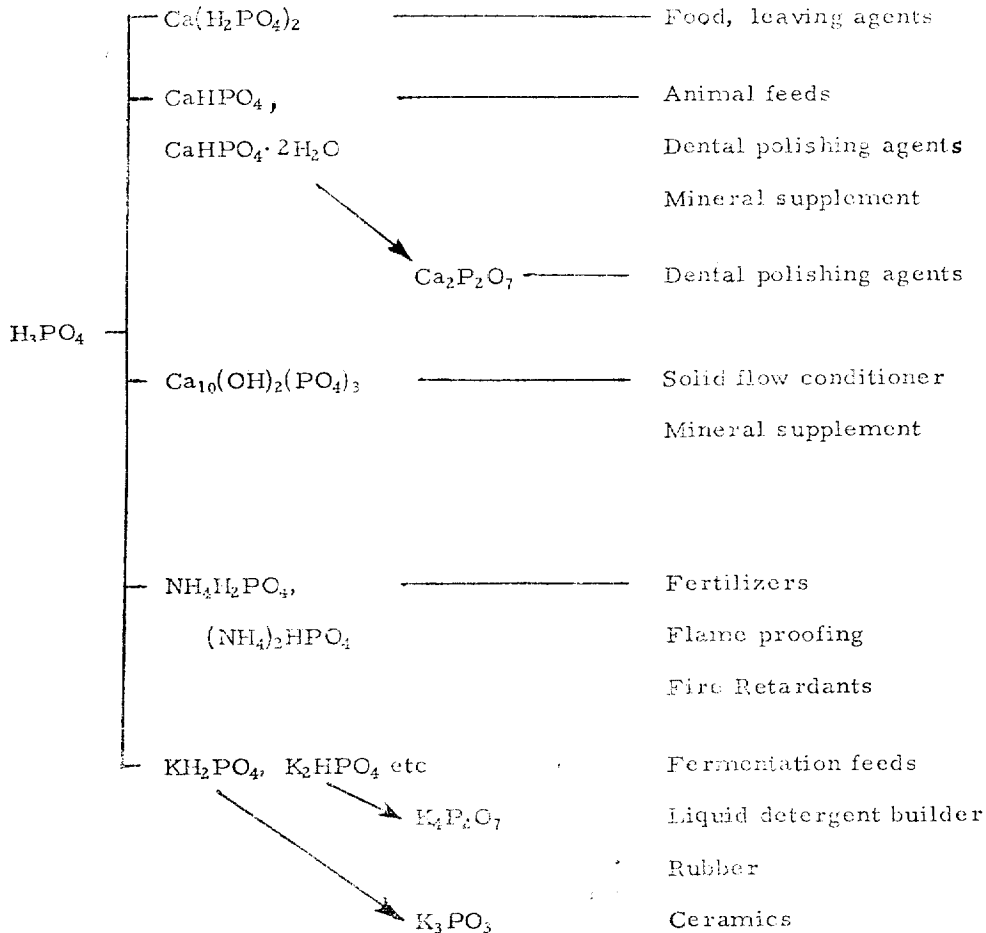


Fig. 2-2 Phosphorus Compounds Applications

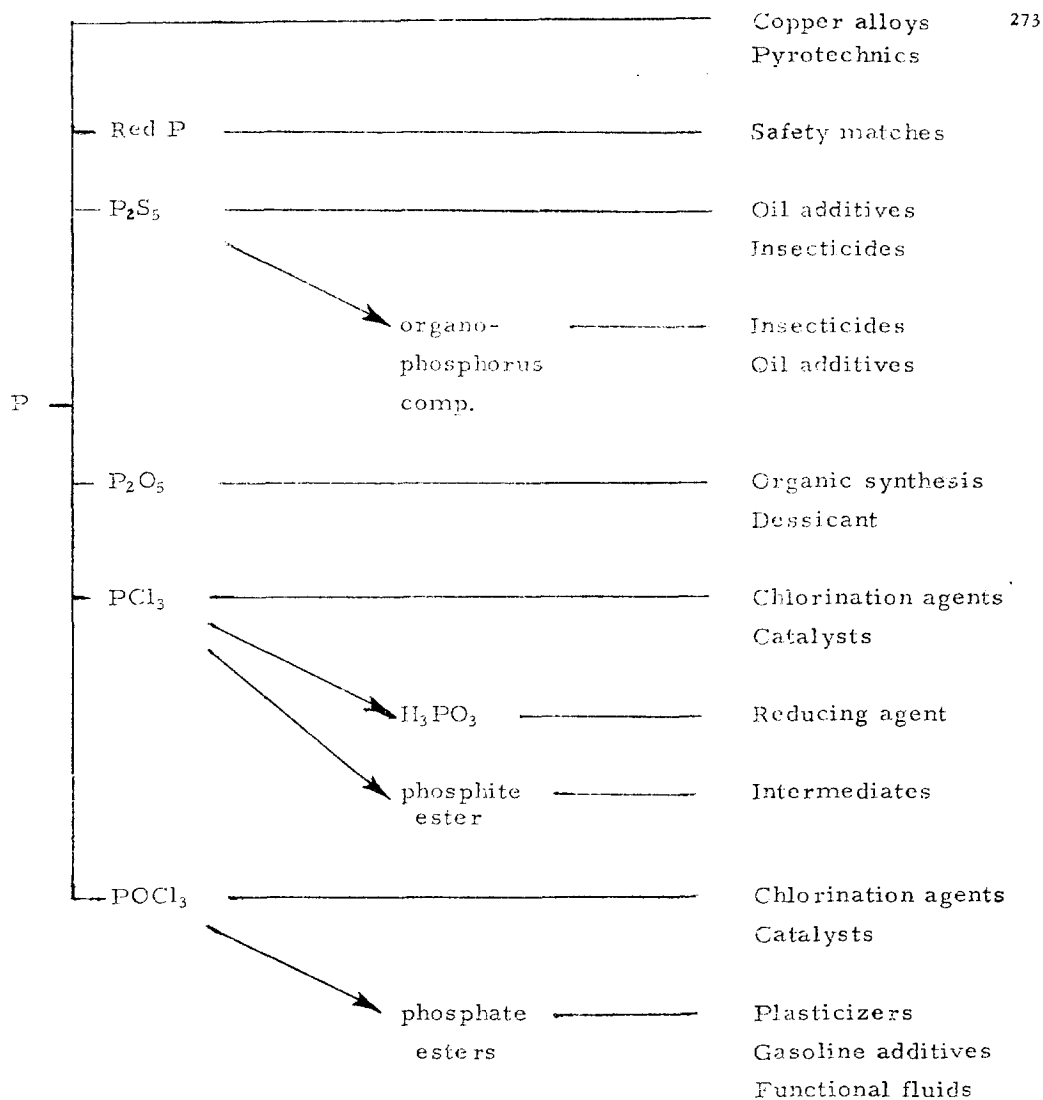


Fig. 2-3 Phosphorus Compounds Applications

洗劑用으로서 전체 磷量の 7%이며²¹⁾ 실제로 모든 磷이 磷酸鹽의 형태로 使用되고 있다. 日本에서의 消費構造도 비슷하다⁸⁾.

美國의 磷酸鹽工業發達에 가장 놀라운 일의 하나는 合成洗劑의 builder로 쓰이는 STP의 급속한 生産量 증가라 하겠다. 1945年에서 1955年에 이르는 10年 동안에 STP는 實驗室內의 일개 好奇心을 끌던 化學藥品으로부터 年販賣量이 백만톤이 넘는 商品이 되었으며, 그림 4는 제 2차 대전 이후의 美國의 合成洗劑의 成長과 동시에 비누가 이 合成洗劑로 代替되어 가는 趨勢를 보여 준다. 合成洗劑의 증가에 비례해서 STP는 놀랄 정도로 成長하였다. 日本은 이보다 약 10年後에 비누

Fertilizers	73 %
Detergents	7
Animal feed, foods	4
Metal finishing	3
Others	10

Fig. 3 Phosphorus Utilization(U. S.)

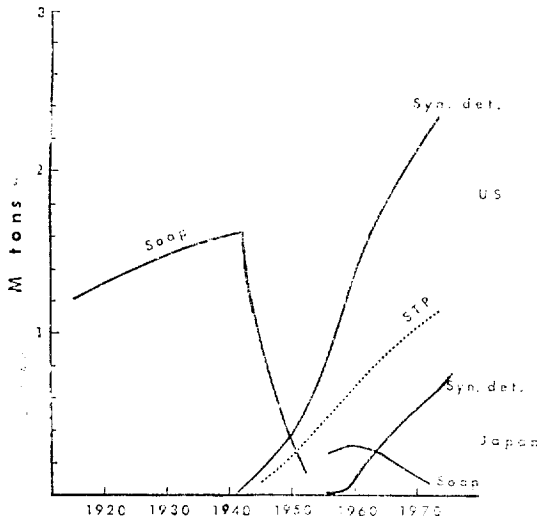
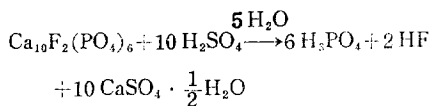


Fig. 4 Rise of Synthetic Detergent Industry

가 합성洗劑로 代替되기 시작하여 그 趨勢는 美國과 유사하다⁹⁾. 誘導時期(induction period)라고 할 수 있는 數年이 지난 후 1959년부터 합성洗劑가 成長하기 시작하여 1960年の 10萬톤에서 1972年の 80萬톤이라는 年 증가율 60~70%를 보여 주었다.

現在 日本은 世界 第2의 合成洗劑 生産國이며²²⁾ 이 期間동안 비누는 비례적으로 代替되어 왔던 것이다.

磷酸 및 磷酸鹽의 製造工程에는 두가지가 있다. 첫째는 所謂 濕式 工程인데 磷礦石을 黃酸으로 處理하여 비교적 不純한 粗磷酸과 黃酸石灰를 沈澱시키는 方法이고, 비료用 過磷酸鹽은 주로 이 方法으로 製造하며, 전체 總 磷酸의 약 80%가 濕式磷酸이다. 이 反應을 式으로 표시하면 다음과 같다.

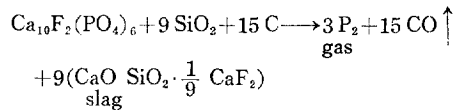


韓國에도 複合肥料工場인 鎭海化學과 嶺南化學에서 濕式工程을 利用하고 있다. 不純物의 含量이 کم으로 濕式磷酸은 보통 精製해서 使用해야 하며 高度의 精製를 거쳐도 濕式에 의한 磷酸鹽은 食用으로는 적합치 않다. 그러나 濕式에 의한 磷酸鹽이 非食用級의 磷酸鹽 특히 洗劑用 STP로 使用되고 있으며 現在 世界的으로 成功度의 差異는 있으나 많은 精製工程이 開發되어 있다. 필요한 磷酸鹽을 製造기 위해 精製工程을 선택하는 것은 그 經濟性으로 좌우된다. 濕式磷酸의 약 10%가 飼

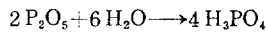
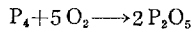
料用 및 産業用으로 精製되고 있다¹¹⁾.

다른 또 하나의 生産工程은 電氣爐를 使用하는 乾式法이다. 電氣爐法에서는 電氣爐에 磷礦石, silicon, 그리고 코크스를 넣어 元素磷을 製造한다. 高溫 反應에 의해 磷礦石은 白磷으로 전환되고, 이것은 다시 燃焼塔에서 酸化하고 水化시켜 高純度의 磷酸을 製造한다. 反應을 式으로 표시하면 다음과 같다.

Furnace phosphorus



Furnace phosphoric acid



1969년에 美國에서는 P_2O_5 로 환산하여 약 백萬톤의 磷酸을 이 方法으로 生産하였고, 이 乾式磷酸은 食品用을 포함한 高純度의 磷酸鹽 製造에 使用할 수 있다. 美國의 磷酸工業의 요약을 그림 5에 表示하였다⁷⁾.

최근에는 濕式 工程으로 製造된 磷酸의 비율이 증가하는 趨勢인데 그 例로 乾式磷酸의 비율이 1964年の 27.8%에서 1968년에는 18.7%로 줄어 들었다⁷⁾.

가장 결정적 要因은 濕式 工程과 電氣爐法의 주요 原料인 硫黃과 電力의 價格으로 보여지며, 電力값의 硫黃價에 대한 比가 두 工程 중 택일하는 선택의 기준이

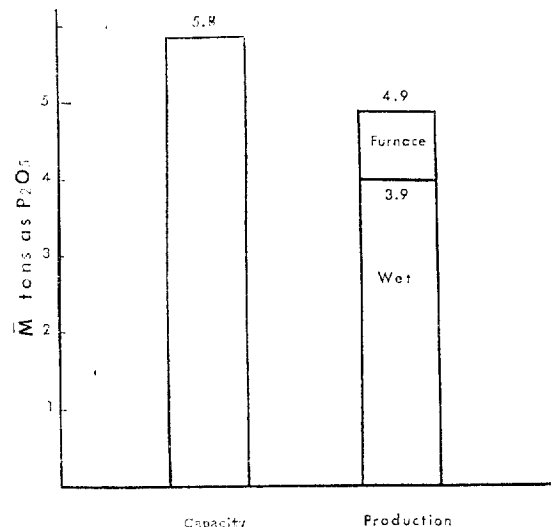


Fig. 5 U. S. Phosphoric Acid Production(1969)

라고 할 수 있겠다. 최근 電力값이 상당히 올랐으며, 美國이 봉착하고 있는 에너지 危機로 電力값은 더 오를 것 같으며 반면에 硫黃값은 下落하는 경향이 있다. 이같은 趨勢가 계속된다면 濕式磷酸의 生産業體가 肥料 이외의 磷酸鹽 市場에도 진출하기 위하여 새로운 精製工程을 開發하는데 투자하는 것이 經濟的으로 有利하게 되는 것이다.

電氣鹽法에 의한 生産이 有利한 要素의 하나는 磷酸 生産地를 原料 生産地에서 최종 市場 근처로 옮긴다는 것이다²⁹⁾. 元素磷 生産工場에서 磷酸을 계속 製造하여 磷酸을 輸送하는 것보다는 元素磷을 輸送하여 磷酸을 製造하는 것이 더 費用이 적게 들기 때문에 經濟的으로 有利한 것이다. 이것이 電氣鹽法이 濕式 工程에 비해 價格上으로 有益한 점의 하나인데 더구나 농축 過磷酸鹽 및 diammonium phosphate 같은 高品位의 肥料 製品의 需要에 따라 元素磷은 아마 肥料用으로 그 需要가 증가할 것으로 본다

元素磷 生産의 약 50~60 %가 磷酸鹽소다의 製造에

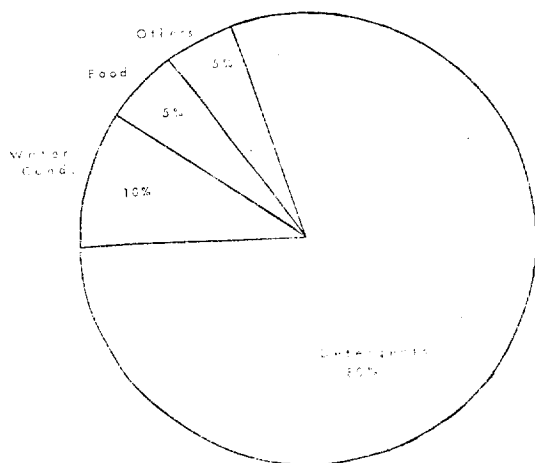


Fig. 6 Sodium Phosphates

使用된다. 그림 6 과 같이 磷酸鹽소다의 20 %가 洗劑用, 10 %가 水質조절, 5 %는 食品및 醫藥用 그리고 나머지 5 %가 기타의 用途로 使用된다. STP 는 合成洗劑 製造에서 단일 品目으로는 가장 많이 使用되고 있는데, 美國에서는 어떤 heavy duty 洗劑는 50 %나 STP를 含有하고 있고⁷⁾ 우리나라와 日本에서는 STP 含量이 상당히 낮아서 20~25 %에 불과하다²²⁾. 1967년에는 비누및 洗劑工業이 總 磷 生産의 41.5 %를 消費한 것으로 推定되었으며⁷⁾ 거의 100 만톤에 이르는 洗劑用 磷酸鹽소다 중 STP가 88 %를 차지하고 있다⁷⁾. 비록 磷酸鹽의 全

生産量과 그 消費에 비해서는 작은 규모이지만 洗劑用 磷酸鹽은 元素磷 市場에서 重要な 몫을 차지하고 있다.

오늘날 磷工業이 直面한 가장 重要的 문제의 하나는 아마도 合成洗劑에 磷酸鹽을 使用하지 않을지도 모른다는 可能性이다. 특정 地域에서 洗劑속의 磷酸鹽이 문제가 된 것은 근본적으로 生態學的으로서 美國內 水路에 磷酸鹽의 濃도가 많아져 호수의 富營養化(eutrophication)를 초래했다는 嫌疑에서다. 먼저 eutrophication의 意味부터 說明하여 보면 江이건 湖水이 건간에 모든 水路는 時間이 지남에 따라 나이를 먹게 되는 데 磷과 다른 營養物이 水路에 축적되면 그 물은 營養이 많아지는 現象을 일으킨다. 이같은 過程은 自然的이나 우리가 물에 廢水를 버릴 때 이 過程은 人間의 行動에 의해 촉진된다(文化的 富營養化). 藻類는 營養이 풍부한 물에서 잘 자라는데 藻類가 죽으면 썩으면서 냄새를 피우며 이 腐敗過程에서 溶存 酸素가 고갈됨으로서 魚類가 죽게 되는 것이다. 그러므로 磷酸鹽이나 다른 營養物이 魚類를 죽이는 것이 아니고 酸素 부족으로 죽는 것이 eutrophication의 結果의 하나이다.

美國內의 eutrophication 문제는 오래전부터 湖水를 下水道 排出物의 收容에 사용해진 지역, 즉 Michigan, Minnesota, New York, Wisconsin, 그리고 Florida와 같은 地域에서 주로 發生했다⁹⁾. 이 eutrophication 문제가 어느 곳에나 있는 것은 아니고 대개는 下水道 排出物을 작은 中間 水路로 내 보내는 人口가 조밀한 都市와 같은 곳의 地域적인 문제인 것이다. 그리고 eutrophication이 단지 洗劑속의 磷酸鹽에만 局限된 것이 아니고 肥料, 人間및 動物의 廢棄物속의 磷酸鹽이 비에 씻겨 내리는 것도 역시 水路의 磷酸鹽 濃도를 높이는 역할을 하고 있다. 美國內 都市 下水中 洗劑用 磷酸鹽의 濃도를 전체 磷酸鹽 含量의 60 %까지 추정해 보고가 있으나¹⁰⁾ 다른 推算値는 이보다 작다. 그러나 1970년에는 磷生産의 단지 7%만이 洗劑에 使用되고 80 %가 肥料用으로 消費되었다. 따라서 洗劑內 磷酸鹽이 끼친 生態學的 피해에 관해서, 또한 정말로 磷酸鹽이 eutrophication 現象에 있어서 所謂 限界營養(limiting nutrient)인지에 관해서는 의견이 분분하다. 어떤 水路에서는 窒素가¹¹⁾, 또는 炭素¹²⁾가 eutrophication 現象의 限界營養素라고 제안된 理論도 있다. 磷酸鹽에 관한 論難은 科學的인 局面을 넘어 政治的 및 感情的인 문제로 되었다고 보겠다.

그러면 eutrophication 문제가 韓國에는 얼마나 관련이 있는지를 보면 최근 eutrophication이 英國에서는 별 문제가 아님이 보도되었다¹³⁾. 韓國과 日本의 경우 처럼 英國에서는 少量의 下水道 排出物만이 湖水로 흘

러 드며 대부분은 江 또는 바다로 버려진다. 水路의 磷酸塩 含量중 단지 16~30 %가(美國의 50 %에 비해) 洗劑內 磷酸塩에 의한 것으로 推算되었다. 더구나 English Standing Technical Committee(英國常設技術委員會)는 磷酸塩 洗劑의 除去가 藻類의 繁殖力에 별 뚜렷한 영향을 미치지 못한다는 結論을 내렸다. 같은 結論이 韓國에도 적용된다고 본다. 즉 磷酸塩 洗劑에 의한 eutrophication은 韓國에서는 문제가 되지 않는다. 그러나 eutrophication 문제가 생기지 않을가를 항상 지켜 보아야 하며, 특히 비교적 停滯된 水路는 더욱 감시를 게을리 해서는 아니된다.

최근 수년간의 環境保護運動 期間중 너무 경솔하게 意見을 피력하고 論文을 發表한 사람이 많았다. 지나치게 熱誠인 科學者나 特種記事를 찾는 사람들의 事物을 一般化하고 싶은 욕심때문에 美國의 科學과 技術이 最近에 損傷을 받았다. 한 例로 최근 Dayton 박물관이 出刊한 “環境便覽”에는 다음과 같이 記述되어 있다. “옷을 세탁하는데 사용되는 磷酸塩은 致命的인 水質 汚染의 주요 原因이다.” 이 冊을 編輯하는데 존경받을 만한 科學者들이 도운 것으로 알려져 있으나 이같은 磷酸塩 洗劑에 관한 非難은 타당치 않다고 생각한다. 이같이 根據가 없는 非難에 대한 應答으로서 磷酸塩 化學分野의 巨匠인 E. J. Griffith 박사는 “環境과 磷”이라는 編覽(Environmental Phosphorus Handbook)에 쓴 論說에서 다음과 같이 말했다.

“磷酸塩은 사람이 알고 있는 가장 安全한 物質의 하나이다. 人間의 營養에 磷酸塩은 필요 불가결하며, 食品과 清涼飲料, 醫藥과 비타민정제에 들어 있고, 치약에도 利用되는데 이 모든 것이 전부 使用者의 利益을 위해서이다.”

“물이라는 環境속에 含有된 磷酸塩으로 인해 죽음이 發生한 일은 한번도 없으며 앞으로도 그럴 것이다. 우리들 水源에 含有된 磷酸塩때문에 병이 發生한 일도 없으며 죽음을 생각할 수도 없다.”

“人類는 磷을 禁止시킬 수는 없고 使用해야만 한다. 그러나 必要하면 磷의 使用을 조절할 수는 있다.”

“지구상의 신선한 水源은 保護해야만 한다. 적절한 下水道 處理를 통해 신선한 水源을 保護하지 않는다면 이들 水源이 人口 爆發의 충격을 견디지 못할 것은 自명한 일이다.”

磷酸塩 工業中的 STP 工業의 將來는 洗劑工業의 將來에 달려 있다고 보겠다. 이 工業에 영향을 주는 要因은 여러가지로 많은데 우선 最近 2年間 美國에서 일어난 일들을 간단히 review 해 보기로 한다.

60年代 후반에서 地方 혹은 州政府 單位로 洗劑의

磷酸塩 許容量을 줄이기 위해 이를 法的으로 規定하려는 動運이 始作되었다. 學界, 產業界, 政府등 여러 分野에서 generate된 磷酸塩에 관한 data에 의해 이같은 움직임을 고무시켰던 것이다. 많은 지역에서 磷酸塩 許容量을 보통 최고 8.7 % (約 35 % STP)의 磷으로 制限하고 일정 期間後에는 全然 禁止하는 規制를 만들게 되었다. 例로서 Chicago가 磷 使用을 不法化시킨 最初都市가 되었는데 磷酸塩 許容量을 1970年 7月에는 8.7 %로 줄어지고 1970年 10月 14日자로 1972年 6月以後부터는 磷酸塩 洗劑를 不法化하였다. 이같은 規制가 잇달았다면 STP 需要量은 급격히 줄었을 것인데 1972

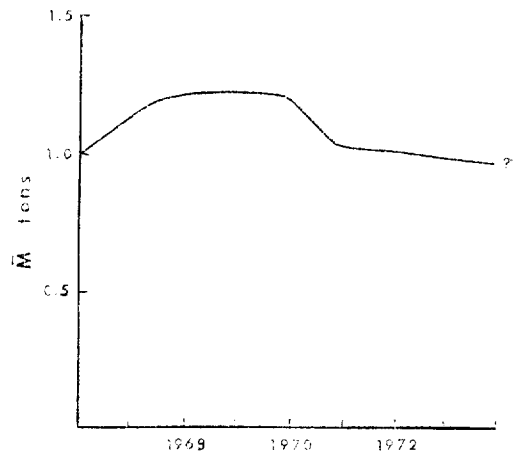


Fig. 7 STP

年은 磷酸塩 洗劑로는 景氣가 좋은 해였다¹⁵⁾. 그림 7에서 보는 것같이 STP 需要가 1971年 減少된 後 1972年에는 일정해졌고 市場의 減少는 우려했던 것보다는 完만한 것으로 나타났다. 사람들은 磷酸塩이 現在로서는 가장 좋은 洗劑이고 결코 나쁘거나 해롭지 않음을 알기 시작했다고 보겠다. 非磷酸塩 洗劑의 알칼리성때문에 한 얘기가 悲劇의으로 죽은 事件이 있던 直後인 1971年 9月 한 政府機關은 磷酸塩 洗劑에 대한 立場을 바꾸었다¹⁶⁾. 磷酸塩 代替品은 苛性소다 또는 탄산소다 때문에 대개가 알칼리성이 강한데 한 작은 事故가 이같은 옛으로의 復元을 촉발한 것 같으나 사실상 非磷酸塩 洗劑의 有害性을 보여주는 資料는 許多하다. 美國公衆保健局(NEH)의 J. L. Steinfeld 氏는 記者會見에서 다음과 같이 陳述했다. “저는 가정주부들에게 磷酸塩 洗劑를 使用할 것을 忠告하고 싶으며 사람의 健康의 見地에서는 磷酸塩 洗劑가 가장 安全합니다.” 이런 公式의인 環元의 渦中에서 가장 混亂을 느낀 사람은 가정 주부들이었으며, 이들은 누구를 믿어야 할

을지 몰랐다. 現在 많은 지역에서 磷酸鹽 使用 禁止令의 施行을 延期하고 있고 禁止令을 撤廢하려는 사람도 많다. 최근 비누 및 洗劑 組合과 磷酸鹽 製造業體가 공동으로 Chicago에서提起한 訴訟에서 聯邦政府判事 T. R. McMillen氏는 磷酸鹽 禁止令은 州間的 通商을 不當히 간섭함으로서 結局 美國 憲法에 違背된다는 判決을 내렸다¹⁷⁾. 이 判決은 Chicago의 下水 排出이 Illinois 州의 江줄기에 버려지던 Michigan 湖에 투입되는 것이 아니라는 事實에 根據하였던 것이다. 그러므로 다른 都市가 Michigan 湖로 磷酸鹽을 버리지 못하게 하도록 Chicago市가 州間的 通商을 간섭할 수는 없다는 것이다. McMillen判事는 또 다음과 같이 부연했다. “磷酸鹽으로 된 洗劑가 非磷酸鹽 洗劑보다 Chicago 물에게는 더 效率의인 洗滌劑이다.” 이러한 일들이 豫測된 磷酸鹽의 需要 減退를 억지시키지는 못한다 하더라도 적어도 遲延시키고 있음은 事實인 것이다.

洗劑用 磷酸鹽 需要의 減退가 일어나는 것 같음에도 불구하고 磷酸鹽 製造業者는 施設 過剩으로 困難을 받고 있지 않다¹⁸⁾. 現在 STP는 供給量에 比較적 여유가 없으며 그것은 거의 20%의 元素磷 製造 施設이 閉鎖되었기 때문이다. 費用이 많이 들고 pollution 문제를 惹起하는 舊式의 電氣爐들은 閉鎖되었고 한편 磷酸鹽의 다른 用途가 증가하고 있다. 더구나 남아메리카나 다른 開發途上國은 계속 STP를 必要로 할 것으로 推測된다¹⁹⁾.

洗劑用 磷酸鹽 문제의 解決策으로 現在 여러가지가 檢討되고 있는데 한 方法은 代替品이 發見되었는데, nitrilotriacetate(NTA)의 제삼 소다鹽이 바로 그것이다. NTA는 builder로서 좋은 性能을 가졌고 1967년부터 洗劑用으로 고려되어 왔는데 비록 NTA가 완전한 代替品은 아닐지라도 좋은 評價를 받아왔다. 그러나 1970년 12월에 Surgeon General은 갑자기 많은 量의 카드미움 및 수은과 함께 多量의 NTA를 쥐어 주사했을 때 畸形 出生率이 증가한다는 豫備實驗 結果를 根據로 하여 洗劑業者들이 自進하여 NTA를 市場에서 回收해줄 것을 忠告했다. 그 後의 研究 結果, 카드미움이나 수은의 teratogenicity(畸形兒發生力)는 NTA 때문에 커지지 않으며 처음의 研究 結果는 잘못이었음이 判明되었다. 광범위한 研究結果는 또한 NTA를 가장 높은 許容量으로 洗劑에 使用했을 때 環境이나 人間에게 위험성이 매우 적음을 말해 주고 있다¹⁹⁾. 1972년 5월 캐나다 政府는 NTA의 制限된 使用을 권장했다²⁰⁾. 그러나, NTA의 使用與否에 관한 初期의 문제는 만족스럽게 解決되었으나 美國 政府는 다른 有毒性도 완전 檢討될 때까지는 NTA의 使用을 장려할 것인지를 계속

숙고할 것이다.

탄산鹽이나 규산鹽이 含有된 非磷酸鹽 洗劑도 磷酸鹽의 不運을 틈타 짧은 동안 급속도의 成長을 보았다. 탄산鹽이나 규산鹽 洗劑가 알칼리성의 증가나 緩衝劑로서의 역할같은 磷酸鹽의 性能을 지니고 있으나 硬度를 조절하고 먼지를 현탁시키는데 있어서는 效率이 磷酸鹽에 比較가 안되고 옷에 까칠까칠한 칼시움의 沈澱을 남긴다. 그러므로 洗滌力이 磷酸鹽만 못하다고 보도되어 있고 더군다나 강 알칼리성때문에 탄산鹽이나 규산鹽 洗劑는 해롭다. 비록 價格上, 安全上, 그리고 效率上 磷酸鹽과 類似한 代替品을 發見하려고 계속 研究가 進行되고 있지만 오늘날까지 모든 條件을 만족시켜 기꺼이 代替시킬 수 있는 것은 하나도 發見되지 못한 形便이다.

다른 또 하나의 方法은 磷酸鹽이 eutrophication을 惹起한다는 汚名을 씻기 위해 廢水處理가 長期的인 眼目에서 가장 좋은 解決策으로 확신하는 사람이 많다. 앞으로의 發展, 특히 上述한 두가지 方法중의 어느 한쪽의 대성공이 미래의 磷酸鹽 工業에 큰 影響을 줄 것이다.

以上을 要約하면

1. 磷은 人類에게 必須의인 重要 元素로서 磷의 主化合物인 磷酸鹽은 우리들 日常生活에 이바지하고 있다.
2. 美國에서는 量的으로 磷酸鹽 生産의 거의 80%가 여러가지 應用을 통해 直接, 間接으로 人間の 營養分으로 利用되고 다음으로 큰 需要는 合成洗劑인데 약 7%에 상당한다.
3. 磷酸 製造方法은 濕式 및 電氣爐法의 두가지 주요 工程으로 구별되어 비료는 대부분 濕式磷酸으로 産業用 磷酸鹽은 乾式磷酸으로 製造된다. 乾式磷酸이 根本적으로 純粹하여 食品用으로 적합하다.
4. 經濟性때문에 乾式磷酸으로 만들던 磷酸鹽의 일부는 濕式磷酸으로 生産하게 되었다. 濕式磷酸 精製工程이 계속 開發되고 있다.
5. 오늘날 磷工業이 直面하고 있는 가장 重要한 문제는 合成洗劑에 磷酸鹽을 使用치 않을 可能性이다. 磷酸鹽이 湖水의 eutrophication(富營養化)를 招來했다는 非難을 받고 있다.
6. Eutrophication 문제는 지역적 性質의 것으로 eutrophication을 水質汚染으로 誤解해서는 안된다. 磷酸鹽에 관한 論爭은 계속되고 있으며 合成洗劑에서 磷酸鹽을 除去하는 것이 반드시 eutrophication 문제의 解決策이 아니라는 主張도 있다.

7. 人類는 磷酸鹽을 禁止할 수는 없고 使用해야만 한다. 그러나 磷酸鹽의 使用을 計量 및 調節해야 한다. 한가지 解決策은 水路로 排出되는 下水의 磷含量을 감

소토록 廢水處理를 하는 방향이다.

8. 비록 美國 政府가 洗劑에 磷酸鹽을 使用하는 것을 줄이고 終局에는 中止하라고 권장했음에도 불구하고 STP의 需要의 減少率은 매우 적다. 1972년에는 減少하는 대신 일정량에 머물고 있다.

9. STP는 아직도 가장 實用的인 洗劑의 builder로서 가장 安全하며 市場에 신을 보이는 非磷酸鹽 洗劑는 강 알칼리성때문에 해롭고 STP만큼 効果도 없다.

10. 現在까지 効果의인 STP의 代替品은 없다. 環境의으로 安全한 새로운 實用的 builder를 開發하려고 많은 研究를 하고 있다.

11. 새로운 값싼 洗劑 builder가 開發될 때까지는 磷酸鹽이 비록 그 量은 줄어들지언경 계속 洗劑에 使用될 것이다. 새로운 builder는 効率의이면서도 環境의으로 安全해야 된다.

環境의으로도 安全해야만 됨을 다시 強調하고 싶다. 오늘날 우리들 Chemical Engineer들은 우리나라에 새로운 産業을 일으키는 것뿐만 아니라 安全하고도 有益한 産業을 開發한다는 重要한 使命에 直面하고 있다. 여러분께 꼭 전하고 싶은 말은 環境에도 해롭지 않은 産業이다. 우리가 實驗室에서 化學이나 工學의 매혹적인 方程式을 풀면서나, pilot plant에서 成功的으로 scale up 作業을 즐기면서나, 경쟁자보다 앞서 人氣 商品을 市場에 내놓으려고 하면서나, 방금 商品化한 製品의 收入을 즐기면서나 언제든지 人類의 安全을 잊어서는 안된다. 우리가 사는 環境이오, 우리는 그 環境 속에 살고 있는 것이니 環境에 損傷을 주지 않는 製品을 生産할 環境의으로 精鍊한 工程을 開發하고 運轉하는 것은 우리들 Chemical Engineer에게 주어진 責任이라 하겠다.

Referances

1. F. C. McClean and M. R. Urist; Bone, an Introduction to the Physiology of the Skeleton, University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 1958.
2. W. F. Newman and M. W. Newman; The Chemical Dynamics of Bone Mineral, University of Chicago Press, Chicago, Illinois 1958.
3. M. D. Francis; Calc. Tiss. Res. 3, 151(1969).
4. J. R. VanWazer and M. E. Tuvell; *J. of the American Oil Chemist's Society*, 35, 10, 552(1958).
5. C. Y. Shen; *J. of the American Oil Chemist's Society*, Vol. 45, No. 7, 510, 1968.
6. J. R. VanWazer; Phosphorus and Its Compound, Vol. II Technology, Biological Functions, and Application, Interscience Publishers, Inc., New York, 1961.
7. E. D. Jones; III, Chap. 36, Phosphorus as a Factor in the United States Economy in Environmental Phosphorus Handbook, Editors E. J. Griffith, et al, in press 1973, John Wiley & Sons, New York.
8. S. Tomiyama, Yukagaku, 21, 10, p. 84(1972).
9. T. Fujii, Yukagaku, Japan 21, 10, p. 705(1972).
10. "Phosphates in Detergents and the Eutrophication of America's Water", Twenty-third Report by the Committee on Government Operations, House Report No. 91-1004. House of Representatives, Committee on Government Operation, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 1970.
11. C. N. Sawyer; *J. Water Pollution Control Federation*, 38, 737(1966).
12. L. E. Kuentzel; *J. Water Pollution Control Federation*, 41, 1737(1969).
13. S. Ellison; Detergent and Specialties, Sept. p. 22, 1971.
14. E. J. Griffith; Chap. 37, Environmental Phosphorus-An Editorial, in Environmental Phosphorus Handbook, Ed. E. J. Griffith, et al. in press, John Wiley & Sons, New York.
15. Chemical Engineering News, October 16, 1972.
16. Wall Street Journal, September 16, 1971.
17. Wall Street Journal, March 7, 1973.
18. Chemical Week, October 25, 1972.
19. A. D. Little; Inc., Current Status of the Environmental and Human Safety Aspects of Nitrotriacetic Acid(NTA), September 13, 1971.
20. Buffalo Evening News, June 7, 1972.
21. E. Guccione; *Engineering and Mining J.*, 136, March, 1971.
22. Chemical Economy & Engineering Review, 5, No. 1(No. 57) 48, January, 1973.
23. G. E. Haddeland; Stanford Research Institute, Report No. 8A, Wet Process Phosphoric Acid, July, 1967.
24. G. E. Haddeland; Stanford Research Institute, Report No. 52, Furnace Phosphorus and Phosphoric Acid, July, 1969.