

磷酸鹽이 環境에 미치는 影響

(Phosphorus & Potassium No.172, Mar. ~ April 1991)

編輯者 註

肥料가 食糧供給으로 生命유지에 중요한 역할을 하고 있는데는 의심할 여지가 없지만 環境에 미치는 影響은 좀 더 신중한 생각을 하지 않을수 없다. 모든 화학제품과 같이 肥料使用은 環境에 영향을 미치는 것이다. 肥料使用의 利點은 쉽게 판단될 수 있지만 해로운 影響은 특히 總體的인 規模의 量的 판단은 어려운 것이다. 최근 유럽에서 激論의 主題가 되어온 窒酸鹽과 磷酸鹽의 環境에 미치는 影響과 肥料使用을 統制하도록 政府가 法律的 조치를 하라는 壓力이 급속히 증대되고 있다. 環境에 해로운 物質의 使用이 統制되는 것은 대단히 중요한 것이지만 磷酸鹽의 使用으로 인한 被害額은 처음부터 결론을 낼수 있는것이 아니다. 科學的인 방법보다 감정적인 배경의 法律的 措置를 강요하는것은 위험스러운 것이다. 다음은 PK紙에 게재된 內容을 紹介하고자 한다.

1980年代는 農業 및 工業用 磷酸鹽의 製造業者나 需要者들에게 매우 어려운 10年間이었다. 1980年代는 특히 磷酸鹽의 使用에 따른 環境問題의 罣려와 생태계에 미치는 影響으로 시끄럽게 되었던 期間이었다. 많은 나라들은 環境問題 전문가들의 磷酸鹽 사용 反對에 應하여 어느정도 사용금지나 제한을 하였다. 磷酸鹽뿐만 아니라 需要

가 대단히 많은 肥料關聯 化學物質도 자세히 조사해보면 窒素나 窒酸鹽이 地下水에 녹아들어가 결점이 있게 됨으로 世界保健機構는 食水中의 窒酸鹽 制限値를 半으로 낮추도록 促求하였다. 1980年代에 未來를 爲한 霧圍氣는 이제 造成되었으므로 우리는 좀더 좋은 방어대책이 있기를 기대하는 것이다.

○ 磷酸鹽사용이 왜 우려되는가?

環境과 磷酸鹽間의 有害로운 關係는 궁극적으로 두가지 主要 視點에서 지적되는데 그것은 磷酸鹽이 地表水나 地下水에 녹아들어가 는 문제가 있고 한층 더 명백한 현상으로는 富營養化의 役割을 하는 것이다. 後者는 물속의 酸素缺乏의 原因이 되는 藻類 번창이 확산될때 발생되며 水中的 生態系에 심각한 위협을 줄수 있다. 이런 극단적인 상황에서 水中的 모든 生命體에 絶滅될수도 있다. 磷酸鹽의 溶解는 農系에 사용한 磷酸質肥料나 動物의 畜糞으로부터 흘러나오기 때문이라 생각된다. 현저한 富營養化의 役割을 한다고 믿어지는 磷酸鹽의 根源은 農業에서도 흘러나와 水路로 들어가기 때문이기도 하지만 주로 生活下水의 合成洗劑中の 磷酸鹽과 關聯되어 있다.

磷酸鹽이 녹아들어가 는 문제는 磷酸質 肥料中에 重金屬이 포함되어 있기 때문에 두가지 問題點이 있는 것이다. 이들 重金屬은 原料로 사용하는 磷鑛石에서 由來되는 것이다. 重金屬中 가장 注目을 끄는것은 腎臟에 심한 毒性을 주는 성질을 가지고 分解되지 않는 物質인 카드뮴 (Cd)이다.

上述한 要因外에도 磷酸質肥料 사용에 대한 우려는 인광석으로 磷酸을 제조할때 副産物로 나오는 磷酸石膏 (Phosphogypsum)의 問題와 함께 나타나는 것이다. 이 문제점은 인산석고로부터 라돈 (Rn)이 放出되기 때문에 그 重要性이 커지고 있는 것이다. 라돈은 磷酸石膏에 들어 있는 라듐 (Ra)이 崩壞되어 放出하는 放激性 가스이다.

○ 不確定的인 證據

地表面水等에 들어 있는 磷成分의 量을 적절히 추정하는 것은 쉽지만 人성분이 原因이 되는것으로 믿어지는 實際 損害의 정도를 評價하는 것은 그리 쉬운것이 아니다. 1980年代以來 일반적으로 磷酸鹽이 富營養化의 役割을 한다고 인식되어 왔으나 磷酸鹽이 富營養化에 기여하는데 대해서는 여러가지 相反된 見解가 있다. 분명한 것은 磷이 植物成長에 필수적인 것이지만 그러나 磷이 富營養化에 영향을 미치는데는 어떤 조건이 정확히 필요한지를 추정하는 것은 어려운 것이다. 磷만이 植物成長에 필수적인 유일한 영양분은 아니며 물속에 녹아 있는 窒素成分도 重要な 營養素이다. 그러나 富營養化에 있어서 磷에 초점이 되는것은 植物成長이 정상적으로 窒素보다는 磷에 依하여 制限된다는 사실에서 由來되는 것으로 생각된다.

프랑스의 合成洗劑 製造業體인 Rhone Poulenc 社는 磷酸鹽이 들어있지 않은 洗劑와 磷酸鹽이 들어있는 洗劑가 環境에 미치는 영향을 比較하는 研究를 실시하였다. 이 研究結果는 대중적인 확산에 反하여 藻類成長의 첫 단계에서 富營養化에 중대한 영향을 미치는것은 磷酸鹽이 들어있지 않은 合成洗劑를 사용할때 급속히 進行된다는 결론을 얻어냈다.

카드뮴에 관해서도 또다른 理由로 論爭의 대상이 되고 있다. 카드뮴은 호흡기계통이나 또는 消化器系統을 통하여 人體에 들어갈 수 있다. 우리가 먹는 食品에서도 나올수 있는 카드뮴의 5%만이 人體에 의해서 吸收되고 吸入된 量의 約 50%가 허파에 체류하게 된다. 첫째로 식품고리 (Food Chain)에 들어가 있는 카드뮴이 상당히 멀리까지 영향을 미칠수 있을지 없을지는 土壤의 酸度 (PH)에 따라 特定한 植物의 發生的 特性에 이르는 여러가지 要因에 좌우된다. 카드뮴의 毒性에 관해서는 論爭이 없다. 環境問題에 있어서 카드뮴의 安全濃度나 許容濃度を 인정하는 것은 相對的으로 똑바르게 하여야 한다. 카드뮴에 관한 논쟁은 禁止나 또는 制限이 필요한지 필요하지

않은지에 대해서는 논쟁의 중심이 되지는 않으나 短期間の 카드뮴 함량을 매우 철저히 줄여서 制限을 하여야 한다.

○ 環境問題의 초점이 되고있는 카드뮴

集約的 營農을 하고 있는 화란과 같은 나라에서는 카드뮴에 관한 염려가 매우 높다. 世界保健機構는 1985 年에 砂質土壤과 粘土에 대해서 土壤 1 kg當 카드뮴의 위험농도(Critical Cd level)를 각각 0.5 mg과 1.0 mg으로 정하였다. 이것을 정할당시 화란의 土壤에 존재하는 카드뮴의 濃度는 砂質土壤 1 kg當 0.3 mg, 粘土 1 kg當 0.4 mg으로 추정되었다.

世界保健機構가 정한 위험농도와 화란토양의 카드뮴濃度差異가 增加될지 또는 減少될지는 肥料의 施用率, 磷酸質 肥料中の 카드뮴濃度, 大氣로부터의 카드뮴堆積, 곡물에 의한 카드뮴의 脫落 및 溶解에 의존될 것이다. 일반적으로 100 年當 토양 1 kg중의 카드뮴 含量이 0.1 ~ 0.2 mg의 범위에서 어느 한쪽방향으로 변하고 있다는 것이 추정된바 있다.

CMC Engrais에 의하면 “가장 심한 경우” 許容할 수 없을 정도로 增加하는데 걸리는 예상시간은 유럽토양에 대하여 “平均” 約 300 年이 걸린다. 그러나 長期間의 肥料施用으로부터 農土中の 카드뮴 增加는 計算的인 카드뮴의 增加量보다 더 낮게 測定된 증거를 얻게되었다. 결과적으로 肥料中の 카드뮴에 대하여 직접적인 立法規制를 뒷받침할만한 科學的인 證據는 없다고 믿는다.

○ 農業과 肥料産業에 미치는 영향

環境的 壓力은 肥料에 대하여 活動中인 몇가지 機構를 마련하게 되었다. 美國에서는 磷酸石膏의 수송에 제한을 가한바 있으며 人산석고를 쌓아 올리는데 적용할 매우 엄격한 標準이 마련되어 있다. 美國農民들은 좀더 일반적인 수준의 새로운 施肥系統

인 肥料低投入營農方法 (LISA) 을 채택하도록 요구받고 있다. 그렇지만 이 系統은 窒素質肥料에 대해서 더 밀접한 關係를 가지고 있는 것이다.

西歐에서는 環境問題 로비스트들이 주로 磷酸質肥料製造와 相關한 카드뮴문제를 초점으로 모으고 있다. 이것은 나라에 따라 다르나 문제점은 農場에서 生産되며 肥料로 사용되는 畜糞이 磷酸鹽 問題와 함께 環境에 미치는 영향이 초점이 되고있는 화란에서 특히 심각하다. 磷酸質肥料 生産業者들은 그들의 工場에서 카드뮴을 함유한 폐기물이 나오지 않게 制限하도록 요구받고 있으며 카드뮴이 들어있지 않은 폐기물이 나올수 있는 새로운 生産工程을 개발하기 위한 研究에 投資를 하고 있다. 그러나 이것은 특히 北아프리카나 美國의 生産業者와 경쟁을 해야하는 西유럽 生産業者들에게는 비용부담이 되는 것이다.

磷鑛石 生産業者도 그들의 磷鑛石에 대해서 카드뮴 含量의 制限을 강요하고 있는 나라에 供給하기가 점점 더 어렵게되고 있다. 카드뮴含量이 높은 磷鑛石을 生産하는 業體들은 세네갈, 나우루 및 토고등이 있다. 세네갈과 토고는 西歐에 대한 중요한 磷鑛石 供給者들이다.

○ 화란의 事情

年産 220,000 吨 (P_2O_5) 규모의 Kemira 磷酸工場과 화란의 Vlardingene 에 있는 Hydro Agri의 磷酸工場은 1995 年까지 그들의 工場에서 방출되는 카드뮴에 대해서 화란정부의 制限에 効果적으로 충족시켜야 한다. 현재 카드뮴방출에 대한 法的 制限은 없지만 이들 두 工場들은 政府로부터 許可를 받아 運轉하고 있으며 구체적인 것은 알수가 없다. 두 會社들은 生産工程으로부터 카드뮴을 제거할 수 있는 가장 좋은 방법을 조사하기 위한 研究프로그램을 진행시키고 있다. 두 회사중 어느 회사도 그들의 研究活動으로부터 結果를 發表한것은 없지만 좋은 진전이 이루어지고 있는것으로 믿어진다.

화란정부는 畜糞에 대하여 地方의 잉여분을 管理하기 위한 法令을 制定하였으며 이 法令의 施行總則은 今年 1월에 定하였는데 畜糞잉여물의 量은 900萬屯을 초과할 수 없도록 규정하고 있다. 이 量中 300萬屯은 銀行補助金을 받는 輸送수단을 사용하여 이른바 영양결핍경작지로 配布된다. 나머지 600萬屯은 積置場所가 없으므로 1991年 末까지 처리를 해야하는데 충분한 收容能力이 있을지는 의문이다. 화란에는 현재 20基의 畜糞處理工場이 있으며 畜糞 1屯을 肥料로 處理하는데 150~350길더 (Guilder)의 매우 높은 費用이 所要된다.

Table 1 Cadmium content of selected phosphate rocks		
Source	Cadmium content mgCD/kg phosphate ore	Average Content mgCD/kg P ₂ O ₅
South Africa	1- 5	9
Israel	15-30	72
Kola, USSR	1- 9	6
Morocco	8-75	69
Nauru	80-90	265
Senegal	66-90	234
Togo	42-80	172
Tunisia	25-35	94
Florida, US	6-15	25
N.Carolina, US	38-43	125

Limits	250	200	150	100	50
	none	Senegal	Senegal	Senegal	Senegal
	-	-	Togo	Togo	Togo
	-	-	-	USA(N.Carolina)	USA(N.Carolina)
	-	-	-	Morocco(Bu Craa/ Youssoufia)	Morocco(all)
	-	-	-	Tunisia	Tunisia
	-	-	-	Israel(some)	Israel

○ 磷酸鹽事業에 미치는 環境의 영향

經濟的 規模의 溫式磷酸工場이나 熱式磷酸工場을 運轉할 수 있는 磷酸鹽工業의 能力은 合成洗劑等の 事業에 판매할 수 있는 실질적인 磷酸의 量에 의거하게 된다. 工業製品 名單에서 磷酸鹽系合成洗劑를 빼내버리는 것은 여러가지로 깊은 영향을 미칠 것이며 全産業의 經濟的인 問題에도 매우 해로운 영향을 미치게 될것이다. 重磷酸소다(STPP)와 같은 重磷酸鹽들은 주로 가정의 세탁용 洗劑를 만드는데 사용된다. 이들은 세탁工程이나 또는 洗劑生産 工程에서 하나의 機能을 가지고 있는 各 成分의 複合混合物이다. 洗濯기에서 세탁의 成分들이 세탁기능을 다하고 나면 光學的 漂白劑와 軟化劑를 제외한 모든 성분들은 家庭廢水의 일부가 되어 씻겨나간다.

肥料流失이나 예를들면 법적규제로 제거할 수 없는 氣候처럼 管理가 불가능한 다른 要因과는 달리 磷酸鹽 合成洗劑는 법적규제로 완전히 管理될수가 있다. 立法議員

들은 이와같은 사실을 가지고 그들의 選舉區 住民들에게 環境問題에 關해서 어떤 뚜렷한 費用을 들이지 않고도 선심적인 일을 나타낼수가 있는 것이다. 그러나 富營養化 問題는 合成洗劑中の 磷酸鹽使用을 禁止하는 것으로서 解決되지는 못하였다.

○ 適切한 解決方法의 모색

需要者가 직접 費用을 들여서 磷酸鹽을 제거할 수 있는 적절한 해결방법은 家內廢水處理施設을 設置하는 것이다. 스웨덴이나 그밖의 지역에서 사용해온 이러한 解決方法은 家庭廢水에 관한 인산염문제를 완전히 해결하였다.

家庭用 合成洗劑中の 磷酸鹽使用을 처음 禁止나 制限하였을 때 合成洗劑 生産業者들에게는 매우 어려운 상황에 부딪치게 되었다. STPP나 또는 類似한 重磷酸鹽을 사용하지 않고는 효과가 좋은 粉末洗劑를 생산할 방법이 없었다. 1970년무렵 그 당시 가능한 代替物들을 사용해본 결과 거의 理想的인 性質을 가진 STPP보다 효과가 훨씬 적었다. 다만 니트릴로 3 酸소다 (NTA)는 STPP의 成績과 比較가 되었으나 그의 毒性에 대한 경고보고서에 따라 보급을 금지하였다.

○ 지오라이트에 의한 代替物의 補强

이와 같은 상황의 결과로 성능이 좀 낮은 粉末合成洗劑가 磷酸鹽使用이 禁止된 지역에 보급되게 된것이다. 이것은 合成洗劑 製造會社들에게는 더 좋은 非磷酸鹽系製品을 개발하게 하고 化學製品 生産會社들에게는 더 좋은 代替品을 개발하게 하는 매우 큰 자극을 주게된 것이다. 이들 努力으로 두가지의 중요한 개발을 하게 되었다. 첫째는 품질이 낮은 非磷酸鹽系 粉末洗劑를 성능이 좋은 액체형洗劑로의 代替이었으며 이들 액체세제는 어떤 형태의 모양을 갖추고 있는것은 아니다. 이 液體洗劑는 磷酸鹽을 함유하고 있는 粉末洗劑만큼 效果的이지는 못하지만 일반적으로 非磷酸鹽系 粉末洗劑보다 사용하기가 더 좋았다.

둘째 개발은 지오라이트 代替物이었다. 지오라이트를 함유하고 있는 粉末洗劑는 처음에 STPP를 함유한 粉末洗劑보다 효과가 낮았으나 다른 非磷酸系 粉末洗劑보다는 효과가 더 좋았다.

立法者들은 이들 開發을 注目하고 磷酸鹽의 代替物사용이 가능하게 된 地域에 磷酸鹽 사용을 禁止할 준비를 하였다. 이들 代替物系流에 대한 研究는 1980年代를 통해서 계속되어 왔다. 성능이 좋은 液體洗劑와 지오라이트로 만든 粉末洗劑의 成績은 사용자가 磷酸鹽을 함유한 製品과 磷酸鹽은 含有하지 않은 製品間의 差異를 구별하기 어려울만큼 改善되었다. 비록 消費均衡의 變化와 다른 成分의 同一性이 1960年代와 1970年代에 流行的으로 많이 사용하였던 粉末洗劑中の STPP 消費量을 減少시키고 있다고 할지라도 오늘날 빈약한 기술의 바탕에 있어서 STPP는 아직도 성능이 우수한 粉末洗劑의 原料로 選好되리라고 말할수가 있다.

○ 磷酸鹽洗劑의 消滅可能性

20여년전부터 磷酸鹽사용을 조금씩 禁止하여 왔는데 磷酸鹽사용 禁止나 制限을 받고 있는 世界人口의 比率은 꾸준한 증가가 계속되고 있다. 日本은 실질적으로 非磷酸鹽系 洗劑를 사용하고 있는 나라이며 美國人口의 約 40%는 사용금지령에 영향을 받고 있고 스위스, 오스트리아, 독일, 화란, 이탈리아 및 기타 유럽국가들은 磷酸鹽系 合成洗劑의 사용을 禁止하거나 엄격한 制限을 하고 있다. 合成洗劑를 많이 사용하고 있는 나라중에는 프랑스, 영국, 스페인 등이 있는데 이들 나라들은 立法措置나 또는 사용자의 감정이 非磷酸鹽系製品을 選好하도록 措置를 하고 있다. 磷酸鹽을 거의 사용하지 않고서도 성능이 좋은 合成洗劑는 北美地域과 西歐地域에서 상당히 큰 市場을 차지하게 되었다. 合成洗劑를 超高濃度化하거나 치밀하게 성형하는 새로운 技術의 成功은 合成洗劑中の STPP需要를 억제하는데 영향을 미치게 되었다.

지난 20년동안은 대부분의 磷酸鹽 製造業體들에게는 매우 어려운 기간이었다. 磷

酸鹽製造業體들은 合成洗劑產業에서의 磷酸鹽사용이 다른 모든 용도의 磷酸鹽사용의 平均成長率에 比하여 사양화되고 있는 것으로 전망하였다. 어떤 관측자들은 産業用 磷酸鹽產業은 이제 合成洗劑를 製造하는데에 磷酸鹽의 使用이 消滅될 可能性에 직면하여 있다고 믿고 있다. 産業用 磷酸鹽의 主要 製造業體들은 구체적인 時日이 지나가면 合成洗劑에 磷酸鹽을 사용하지 않게 된다는 가정하에서 그들의 장래사업을 계획하고 있다.

磷酸鹽의 使用이 완전히 소멸된다는 것은 아마도 극단적인 見解일지도 모른다. 北美나 西歐地域에서는 磷酸鹽 需要억제를 계속하기 위해서 使用禁止, 억제 및 재형식화등의 새로운 對策을 내놓고 있다. 그러나 需要量の 增加는 아시아, 南美, 아프리카 및 合成洗劑의 需要가 急速히 增加하고 있는 東歐地域 그리고 환경문제의 억제가 要求되지 않거나 아직 고려할 필요가 없는 여러나라에서 지속되고 있다. 각 나라에 따라 分析해보면 磷酸鹽系 合成洗劑의 全世界的 需要量은 北美나 西歐에서 감퇴되고 있음에도 불구하고 서서히 增加할 수 있다는 것을 시사하고 있다. 그러나 프랑스, 스페인 및 영국에서의 磷酸鹽系 合成洗劑의 쇠퇴로 年間 約 30 万屯의 STPP 使用量이 減少될 수 있기 때문에 이 分析은 뒤집힐 수가 있다. 이것은 約 1.8%의 世界的인 成長을 2.2%의 減退로 변화시키게 되고 또한 全體의인 産業用 磷酸鹽產業의 成長을 배제하게 될 것이다.

그러나 磷酸鹽을 함유하지 않은 洗劑의 형식이 市場의 商品으로서 자리를 잡게 되고 合成洗劑工業協會가 이를 채택하게 될 때까지는 磷酸鹽系 合成洗劑의 使用은 계속될 것이다.

지혜모아 기술혁신 정성모아 원가절감