

RI/放射線の土木 및 排煙處理에의 利用

金 載 祿

韓國에너지研究所

I. RI의 土木分野 利用

RI의 利用한 港灣의 漂砂移動調査나 댐의 漏洩탐사 등도 넓은 의미의 土木분야 이동이라고 볼 수 있는데 이와같은 利用技術에 관한 研究는 이미 1970년대 초에 당시 原子力研究所에서 일부 항만청등 관계 기관과 협력하여 상당한 개발성과를 올린 바 있다.

그런데, 최근에는 특히 土木분야의 施工관리와 地盤調査分野 利用技術이 開發, 實用化됨에 따라 IAEA에서는 同 技術에 관한 세미나를 각국에서 開催하는 등 그 普及擴散策을 쓰고 있다.

1. 土壤密度/水分計

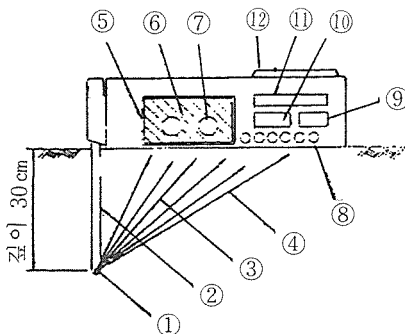
γ 線密度計나 中性子水分計는 일반적으로 잘 알려져 있는데 그 土木분야 施工관리에의 利用방법은 비교적 근래에 개발되었다.¹⁾

그 圖개는 그림 1에 利用방법과 성능등은 表1에 각각 要約하였다.

- 1) 방사선원 (^{60}Co 및 ^{252}Cf)
- 2) 선원격납봉
- 3) 중성자선
- 4) 감마선
- 5) 열중성자 흡수체
- 6) 감속재
- 7) 열성중자검출기
- 8) 감마선검출기
- 9) 프래암프
- 10) 고압장치
- 11) 소형컴퓨터
- 12) 조정패널

密度測定을 위한 γ 線源으로는 ^{137}Cs 나 ^{60}Co 를 水分測定을 위한 中性子線源으로는 $^{241}\text{Am-Be}$ 나 ^{252}Cf 를 각각 사용하고 있다.

(表1) 土壤密度/水分計



(그림 1.) 土壤밀도/水分計

密 度 計			水 分 計		
型式	測定法	利 用	型 式	測定法	利 用
表面型(透過型)	線源棒 地中挿入	○댐, 道路, 空 港 등의 盛工 地管理 ○硬化前 콘크리 트 및 아스팔트 密度管理	表面型 散乱 透過型	線源을地 表面에 設置 線源棒地 中構入	土工 및 아 스팔트舍 量管理 土工管理
深度型(散乱型)	線源棒 試錐孔內 挿入	○처리중 또는 盛土 地盤의 密 度調査	深度型	線源을試 錐孔內 挿入	○地盤水 分測定 ○盛土內 經時의 水 分度化測 定

密度計은 콘크리트포장때에 포설기뒤에 장치하거나 아스팔트포장때에 다짐롤러뒤에 장치함으로써 다짐관리를 연속적으로 할 수 있어서 편리하다.

土壤密度와 土壤水分/水分計가 만들어져 市販되고 있으며 비교적 부피가 작아 휴대성도 좋다.

가. 利用上 特徵 및 長点

RI 을 利用하여 실시하는 土壤密度와 土壤水分測定에 의한 施工管理上의 特徵을 表2에 在來法과 比較하여 要約하였다. RI 計器使用에 의해 簡便하게 現場에서(In-situ) 測定됨으로 時間節約뿐만 아니라 多數 測定이 가능하여 全般的으로 施工管理技法이 向上된것이다.

盛土의 다짐관리에 관한 시방규정에는 施工面에서의 乾燥密度가 상당한 범위로 分散되어있다는 事實을 고려하지 않고 있으며, 이를 고려하여 다짐상태의 신뢰도를 盛土의 중요성에 따라 설정할 수 있도록 통계적 品質관리技法을 적용해야하는데 在來法(치환법 : 일정부피의 다짐흙을 파내어 乾燥前後의 무게를 다는 방법)에는 그 實騾回數에 한계가 있어서 그와같은 統計的 處理에는 不通하나 RI 計器法에 의해 測定回數를 充分히 증가시킬 수 있으므로 統計的 다짐관리기법에 의한 施工관리향상이 가능해진 것이다.

(表2) RI 土壤密度/水分計 利用上 特徵

測定	在來法	RI法
場所	現場+實驗室	現場
時間	數 10分~數時間	數分以內
對象	破壞	非破壞~部分破壞
作業性	不便	簡便
作業量	극히 制限	多數測定可

나. 安全性

盛土器管理技法향상은 安全性向上에 직결된다. 道路인 경우 철저히 다져 施工함으로써 耐候性이 좋아져 路面損傷이 防止될 수 있다. 路面의 凹凸은 高速交通上 極히 위험한 것이다.

한편 다짐관리용 RI 게이지 類에는 최근 100 μ Ci 의 密度 RI 線源(⁶⁰Co 70 μ Ci 및 ²⁵²Cf 30 μ Ci 등)을 사용하고 있어 RI 取扱免許없이 그 기기 1대 만은 取扱이 가능하게 되어 있다.

2. 地下水流量計

댐, 저수지, 運河, 터널 등에서의 浸水資源調査 地下水流量流速調査를 목적으로 非 RI 追跡子인 금속 ̳화물, 각종 電解質 有機색소 금속착화합물 등이 이용되기도 하지만 이들은 地盤내에서 이온交換, 吸着 또는 침전되기쉬워 소기의 목적달성에는 너무나도 미흡한것이 단점이다. 그러나 半減期가 짧은 RI 追跡子를 사용하면 效果적인 경우가 많다. 또 RI 追跡子도 쓰지않고 密封 RI 線源을 쓰는 RI 計器만을 地下에 捕入하여 流量·流速을 測定할 수도 있다.

中性子를 감속 또는 吸收하는 硼砂(borax)를 지하수에 녹여 熱中性子の 흐름方向과 速度를 測定함으로써 地盤內를 흐르는 물의 流量·流速을 測定한다.

이때 中性子水分計를 試孔軸을 중심으로 回轉시키며 60° 각도로 視準(collimate)시킨다. 그 測定原理의 열개 및 測定上의 特性을 그림 2 및 표 3에 각각 나타내었다.

2. 中性子水分計 作動原理

中性子水는 荷電되어있지 않아 比較的 透過力의

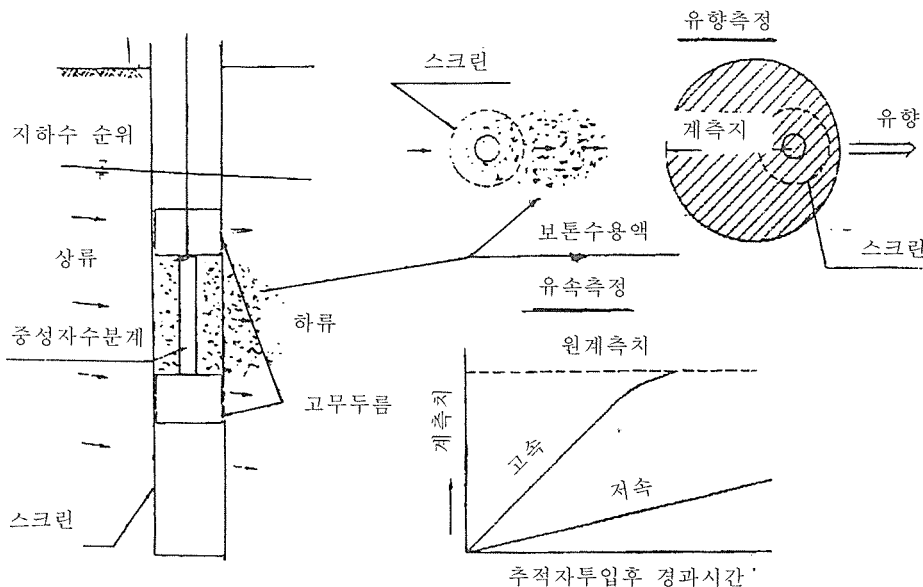


그림 2. 地下水유량測定原理

(표3) 地下水 流向流速 測定器¹⁾

項 目	特 徵
中性子源	²⁵² Cf 50 μ Ci
測定깊이	地下 100m 까지
測定流速	10 ⁻¹ ~10 ⁻⁵ cm/sec
精密度	±15%
所要時間	3시간/個所

강하나 자기의 質量과 비슷한 水長原子 등과 충돌할 때에는 彈性散亂에 의해 그 에너지 交換이 最大가 된다. 즉 中性子は 能量을 가장 많이 잃게되어 速中性子は 熱中性子로 되며 일부, 熱中性子は 흡수되기 쉽게된다.

中性子は 荷電되지 않아서 檢出할 때에 (n, α), (n, p), (n, γ) 등 핵반응을 일으키게 하고 그 2차 방사선을 計測하게 된다. 즉 BF₃ 카운터에서는 ¹⁰B(n, α)⁷Li, ³He 카운터에서는 ³He(n, p)³H 등의 핵반응이 이용된다.

이와 같은 핵반응 단면적은 비교적 열중성자에대 해크므로 열중성자의 측정이 용이하다.

한편 카드뮴(Cd)은 중성자 흡수단면적이 매우 커서 (2,500barn) 약 2mm 두께에 의해서도 대부분의 중성자는 흡수된다.

물, 피라핀, 석유와 경유 아스팔트 등은 모두 수소 원자가 많아 탄소중들로 인해 속중성자는 열중성자로 되어 위 반응에 따라 검출된다.

3. 土木分野 NDT

가. 물달충填檢査

調査내부에 물달이나 콘크리트를 充填하여 사용하는 경우 강관내부의 충전상태 점검에 RI 계기를 사용한다. 사용원리는 RI 밀도계와 같은 것이다.

나. 間隙(Clearance) 檢査

原油나 原油加工物을 저장하는 저유탱크는 이를 비우고 탱크밑바닥과 基礎地盤을 檢査하여 地盤沈降으로 인한 탱크과열이나 안전여부를 檢査한다.

이때 탱크밑판과 基礎地盤 사이에 간격이 있는지의 여부를 표면산란형 RI 수분계를 써서 檢査할 수 있다. 탱크밑판위에 중성자수분계를 놓고 비파괴법으로 측정하는데 20cm까지의 간격이 확인될 수 있다.

II. 電子線照射에 의한 排煙處理

火力發電, 製鐵, 시멘트, 精油 등 産業體에서 發生되는 排煙에 電子線을 照射하여 酸性비(acid rain)의 主犯(SO₂와 NO_x)을 除去해 硫酸肥料를 만들 때 農産物增産에 利用케 하는 획기적 新技術이 開發되어 그 實用化에 拍車를 가하고 있다.

1. 開發沿革

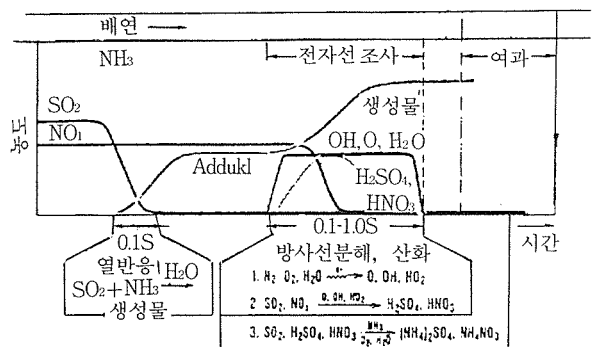
關聯基礎研究은 이미 1970년에 日本原子力研究所(JAERI, Takasaki)와 東京大學에서 시작되었으며 곧 美國 Ebara社에서 그 技術開發에 本格的으로 着手하였고 첫 파일럿施設을 1977년에 建設 運營해 왔다.

第2段階研究開發은 1985년 美國과 西獨에서 시작되었는데, 특히 西獨에서는 SO₂와 NO_x 發生抑制에 관한 法制定음직임이 있으면서부터 有害排煙物質의 經濟的인 同時除去法研究開發이 더욱 活潑해졌었다. 그리하여 1984年以來 西獨의 Karlsruhe에 1985年以來 美國의 Indianapolis에 각각 두 개의 原子線照射研究施設과 두개의 파일럿施設이 運營되고 있다.

그 동안 粗油, 가스, 石炭 등을 使用하는 보일러 排氣處理에 관한 많은 運營實績이 쌓였으며 높은 效率로 除去하는데 영향을 미치는 여러 因子들이 폭넓게 檢討되었다.²⁾

2. 原理

排煙中 含有된 SO₂와 NO_x는 암모니아가스存在下에 原子線을 照射함으로써 同時에 除去한다. 이 物理·化學的反應經路는 대류권과 成層圈에서 일어나는 光化學反應과 유사하다. 電子線의 照射로 인해 反應速度는 매우 빨라진다. 즉 가속된 電子가 排氣 가스안에 질소이온과 산소이온을 만들고 매우 複雜한 反應經路 질소이온과 산소이온이 H₂O와 O₂分子와 반응하여 OH, HO₂, O 등 라디칼이 生成된다. NO_x와 SO₂가 습기많은 大氣中에서 HNO₃와 H₂SO₄가 生成된다. 最終적으로 이 酸들은 化學量論上 適量인 NH₃와 結合함으로써 암모늄鹽이 되는데 그것은 곧 固形인 肥料이다. 이 처리메카니즘을 그림 3에 나타내었다.



(그림3.) 배연처리 메카니즘

3. 處理法의 特徵

이 處理過程의 特徵은 다음과 같다.

- SO₂ 와 NO_x의 高效率同時除去,
- 建造狀態의 過程이며 廢水發生없음.
- 單純過程
- 排煙의 再加熱不必要 · 處理費 低廉

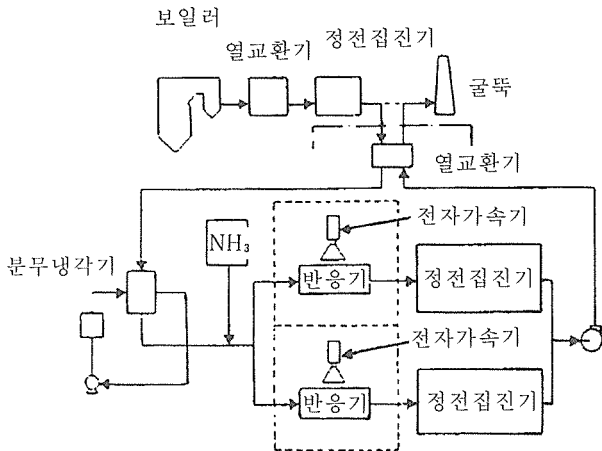
4. 處理過程

가. 決過된 排煙은 熱交換基나 噴霧型 冷却器에 의해 70~80℃가 된다.

나. 排煙이 反應室內에 들어가기전에 化學量論的으로 適量인 NH₃와 混合된다.

다. 反應室內에 流入된 排煙은 公害物質溫度에 따라 다르나 大略 2Mrad까지의 加速電子線照射(300~800 kV)를 받는다.

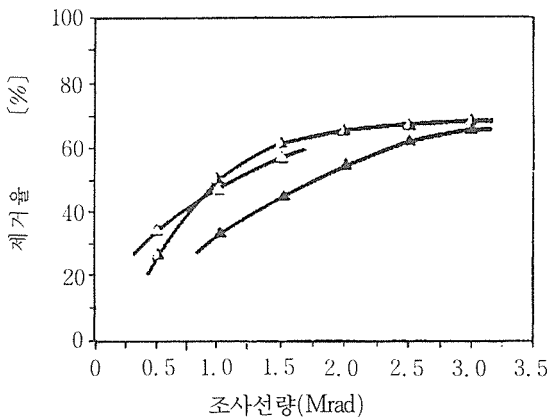
라. 최종적으로 生成物을 決過함으로써 排煙으로부터 除去된다. 그림 4에 화력발전소에서 的 排煙處理過程을 圖示하였다.



(그림 4.) 화력발전소에서의 排煙處理工程圖

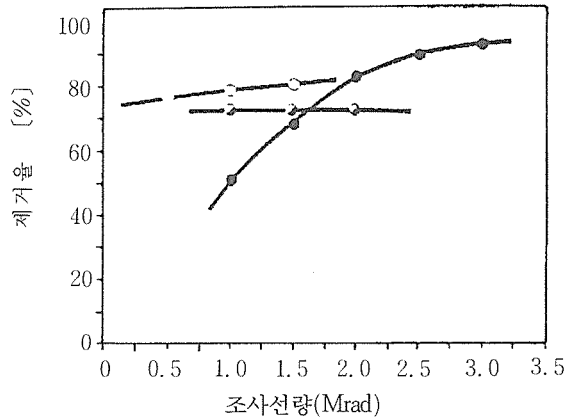
5. 除去效率

NO_x, SO₂ 등의 전자선照射量別 除去率(%)과 이들의 NH₃量에 따른 除去率 등을 각각 그림 5, 그림 6 및 그림 7에 나타내었다.



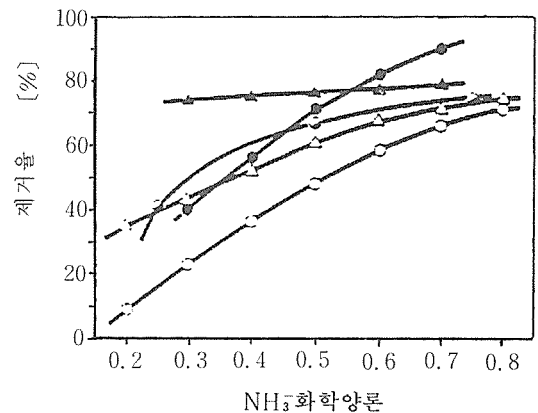
연구기관	AGATE	RDK 7	EBARA
NO _x	△	▲	▲
NO _x 粗가스농도 (vpm)	325	400	300
SO ₂ 粗가스농도 (vpm)	540	400	300
照射後의 온도(℃)	75	68	88
H ₂ O	16	7	
NH ₃ 화학양론	0.64	1.0	0.85

(그림 5.) NO_x제거율과 조사선량 관계



연구기관	AGATE	RDK 7	EBARA
SO ₂	○	Ⓛ	●
SO ₂ 粗가스농도 (vpm)	540	250	1000
NO _x 粗가스농도 (vpm)	325	400	300
照射後의 온도(℃)	75	64	88
H ₂ O(vol-%)	16	8	
NH ₃ 화학양론	0.64	1.0	0.85

(그림 6.) SO₂ 제거율과 조사선량 관계



연구기관	AGATE	RDK 7	EBARA
NO _x	△		▲
SO ₂	○	●	●
NO _x 粗가스농도 (vpm)	370	400	
SO ₂ 粗가스농도 (vpm)	540	290	2100
照射後量 (Mrad)	1.25	1.7	2.0
온도(℃)	56	66	93
H ₂ O(vol-%)	5	5	

(그림7.) SO₂/NO_x 제거율과 암모니아양 관계

6. 追加開發되어야 할 技術

- 가. 高에너지이면서 廉價인 電子加速器製造技術
- 나. 照射反應器의 標準化
- 다. 生成物決過法의 最適化

- 라. SO₂ 除去工程의 熱反應究明
- 마. NO_x SO₂ 제거공정에서의 不均一反應영향 究明
- 바. 모델開發, 計算法 改良 등

參考文獻

- 1) T. Yamamoto, IAEA/RCA/UNDP Expert Mission 자료(1987) 및 RI 토목분야 이용 經營관리인 세미나, 한국건설기술연구서(1980)교재
- 2) S. Jordan, Radiat. Physics. Chem. 31(1)21~28 (1988) 및 전자선조사에 의한 배연처리기술세미나, 한국에너지연구소(1989. 10.10)교재



사무실 이전

아래 회원사가 사무실을 이전하여 성업중임을 알려드리며 아울러 무궁한 발전을 기원합니다.

「엔디아아이·코퍼레이션」

주소 : 서울특별시 강남구 포이동 168-5

전화 : (02)574-3697~8

FAX : (02)572-9195

「(주)이원양행」

주소 : 서울특별시 송파구 방이동 219-8(이원빌딩)

전화 : (02)420-0921

FAX : (02)413-8584