

## 〈研究調査〉

## 우리나라 腐蝕 및 防蝕 實態調査\*

趙 鍾 琇\*\*

Corrosion Survey in Korea

Corrosion Laboratory, Hanyang University

## Abstract

Corrosion survey was covered about forty industrial plants which were deeply related to corrosion problem. This study was discussed them under six sub-divisions, such as fertilizer plants and oil refinery, thermal power plants, water plants, general chemical plants, fiber plants and paper mills, and shipyard, port, and railroad facilities. Corrosion problems in fertilizer plants and oil refinery were considered as the most importance. Generally main corrosion problems were: 1) water treatments in pipelines, heat exchangers, and boilers etc., 2) corrosion problem by fuels such as Banker C and coal etc., and 3) underground pipe lines by low soil resistivity, salt contents, and biological attack etc.

## 초 록

전국적인 중요한 산업시설중에서 부식과 관계깊은 약 40개 업체를 대상으로 부식 및 방식 실태조사를 했다. 이 조사는 중화학공장, 화력발전소, 수도시설, 일반 화학공장, 섬유 및 제지공장, 및 선박, 항만 및 철도시설의 6분야로 나누어 다루어졌다. 이들 중에서 중화학공장 부문이 가장 부식문제가 심각하게 관계되어 있었다. 전반으로 공통된 중요한 부식문제는, 1) 공업 용수의 처리문제, 즉 용수처리법, 파이프라인, 열교환기, 및 보일러 등의 부식 문제, 2) 공업연료에서 오는 부식문제, 즉 방카 C유 및 석탄 등에서 오는 부식문제, 3) 지하매설관의 비저항도, 염분 및 미생물등에 의한 부식문제 등이다. 부식 담당기사 양성이 시급한 문제이며 이번 조사 대상 공장들의 총기술 종업원수 14,660 명에 대하여 부식기술자수 87 이라는 통계였다. 약 40 개 조사업체들의 국부적인 통계자료에 의하여 부식으로 인한 기기 및 장치의 직접손실을 추산한 결과 년간 약 4억원에 달하고 있다. 이 직접손실외에 부식으로 인한 운휴 등의 2차적인 손실을 가산한다면 그 손실액은 아주 막대한 것이 될 것이다.

## 1. 서 론

## 1) 부식문제 조사의 중요성

부식문제는 공업화의 도가 클수록 크게 되며 선진공업국에서는 이미 수차에 걸친 조사통계로 재료의 손실, 운휴 손실, 누설손실, 조업을 저하로 인한 손실, 제품의 오염으로 인한 손실 및 과잉설계 등 자세한 통계자료가 나와 있고 계속 통계조사를 하고 있으나 우리나라는 아직까지 이러한 조사가 없었다.

공업화를 지향하는 우리 한국에서 이번 기회에 이들 자료를 어느정도라도 조사하여 봄은 의의있는 일이 될 것이며, 앞으로의 산업 조사통계에 좋은 기초가 될 것이다. 제한된 시간에 자세한 자료의 통계부족으로 좀더 정확하고 뚜렷한 자료를 조사하지 못하였음을 유감스럽게 생각하나 이번 조사가 기초가 되어 한국공업계의 부식문제 해결책 수립에 다소나마 도움이 될 수 있기를 바란다.

## 2) 조사의 진행

한국과학기술연구원 조사원과 마텔기념연구원측 조사원과의 공동으로 화력발전소, 비료공장, 정유공장, 수도권, 일반 화학공장, 섬유제지공장 및 기타 선박,

\* 대한금속학회지 7권 2호에 실렸던 것임

\*\* 한양 대학교 산업과학연구소 부소장

항단, 철도시설을 방문하여 부식문제에 관한 상세한 자료를 수집하고 방문기관의 관계직원 및 관리자의 부식 및 방식에 관한 의견교환을 하였다. 이 조사에서는 군수공장은 포함되지 않았다. 공장 종별에 따라 부식으로 문제되고 있는 점이 각각 다르므로 방문한 38개 공장을 중화학공장, 화력발전소, 수도시설, 일반 화학공장, 섬유 및 제지공장, 선박, 항만 및 철도시설의 6개 부문으로 나누어 살펴보기로 한다.

## 2. 조 사 내 용

### 1) 중화학공장 부문

이 부문에 속하는 것은 비료공장 5(충주비료, 호남비료, 영남화학, 진해화학, 한국비료), 정유공장 2(대한석유공사, 극동정유), 도합 7개 공장이다. 가동년수는 1.5~10년으로 이와같이 가동년수에 심한 차이가 있으나 전반적으로 부식문제는 심각한 상태에 있으며 공장조업중단의 주원인이 되고 있다. 이들 공장이 공통적으로 갖고 있는 문제는 단일화학종의 매질만을 취급하지 않고 각종 원료를 위시하여 중간생성물, 부생물, 및 최종제품에 이르기까지 여러가지의 매질을 취급하므로 부식현상 및 원인이 다양하다는 것이며, 냉각수 처리문제와, 곳에 따라서는 해안지방의 대기부식 등도 크게 문제시 되고 있다. 기타 부분의 기관수질 관리, 또는 연료중의 불순물에 의한 부식도 중요한 문제들이다. 특히 최근 방카 C유는 각 공장의 연료공급의 중요한 분야를 차지하고 있으며 방카 C유중의 부식성 불순물(유황화합물, 염분, 바나듐분 등)에 의한 부식 문제는 국가적인 큰 문제가 되고 있다.

공장수가 늘어가고, 생산규모가 증대되어 감에 따라 공기 정화(air pollution)와 폐수정화(water pollution) 문제가 시급하게 되었다. 이에 대하여서는 어느 공장에서는 이미 그 대책연구에 착수하고 있는 것으로 알고 있다. 이외에 꼭 잊어서는 안될 정치적인 문제로서, 자본과 기술을 외국에서 수입함으로써 일어나는 여러 가지 문제가 남아 있다. 충분히 우리 손으로 해결할 수 있는 문제가 외국에게 의존하게 된다는 것, 투자와 기술제약한 외국측에서 우리 기술자의 관여를 꺼린다는 것 등등의 복잡한 문제들이 아직도 우리 부식기사의 연구활동을 막고 있다.

#### [문 제 점]

가) 공업용수의 수원별 조사가 필요하다. 수원에 따라 그 질의 차이가 심하나 전체적으로 조사된 것은 없으며 각 공장별로 필요한 조사를 하여 대책을 세우고 있다.

나) 냉각수 및 보일러 용수 부식억제제의 개발이 시급히 요망 된다. 각 공장별로 각각이 다른 근거를 가지고 여러가지 부식 억제제를 상용하고 있으나 그 성능과 효과의 검토가 전연 이루어지지 않고 있다.

다) 연료 중의 불순물에 의한 부식방지를 위한 첨가제, 적당한 전처리방법, 또는 제질개발이 필요하다.

라) 연소기의 버너 틸과 같은 특수고온제의 개발이 필요하다.

마) 가스정제공장의 부식억제제 또는 방식대책의 연구가 필요하다. 국내제작이 불가능한 거대한 탑의 부식은 큰 문제가 될 것이다.

바) "암모늄 카아바메이트"순환 펌프의 내균열성 재질의 연구개발 또는 균열 예방대책 연구가 필요하다.

사) 정유공장 각 부분에서의 방식대책 또는 내식성 재질의 연구개발이 필요하다.

아) 방식대책에 대한 경제성을 고려하여 방식처리 비용에 대한 이익을 크게 하여야 한다.

자) 해안에 접해 있는 공장에서는 해풍에 의하여 공장 구조물의 부식이 촉진됨은 물론 고압 송전선 아차에 염류가 석출하여 송전중단을 일으키는 수가 있다.

### 2) 화력발전소 부문

조사대상으로 선정하였던 5개 화력발전소(서울화력, 부산 화력, 부산 부두발전소, 마산화력, 울산화력)의 가동년수는 20개월부터 40년에 걸쳐 광범한 분포를 이루고 있으며 위치도 해안 또는 내륙으로 각각 특색은 있었으나 그 공정이 비교적 단순하고 가동역사도 오래된 관계로 어느 정도의 기본적인 문제는 해결을 보고, 기술도입 당시에 지시된 엄격한 조업지침에 잘 따르고 있어 화력발전소에서 가장 중요한 기관내 관류의 파열 사고는 별로 문제시 않고 있다. 다만 30년 이상의 가동역사를 가진 곳은 시설의 노후로 심한 곤란을 받고 있다. 일반적으로 관수질 관리는 철저히 되고 있어 특히 문제시 되지않고 있으나 냉각수에서 오는 부식 또는 연료중의 불순물로 인한 부식은 화력발전소에서 조업율이나 경제성에 미치는 영향이 지대하다.

#### [문 제 점]

가) 폐열가스 중의 유황분과 바나듐으로 인한 공기 예열기의 부식은 대단히 중요한 문제이며 시급한 해결을 요하고 있다.

나) 냉각수 특히 해수의 부식과 조개류나 해초류 서식의 방지 대책은 대단히 중요하다.

다) 보일러 용수의 수질관리를 보다 현실적으로 합리화하여 경제성을 높일 수 있도록 기초자료의 수집관리와 연구가 필요하다.

라) 내열재의 개발이 시급하다. 시설의 형태로 보아서 국산화가 가능하다고 보나 재질개발이 뒤늦어 귀중한 소비가 많다.

### 3) 수도시설 부문

상수도 시설의 부식문제는 서울특별시와 부산직할시에 대해서만 조사하였다. 이 두도시의 배수관 총장은 주철관 1,275,000 m 강관 58,000 m로 이루어졌고, 주철관이 86%를 점하고 있다. 지하매설관의 부식은 누설전류에 의한 전식, 토양의 조직차, 미생물에 의한 부식 또는 관내부의 물에 의한 부식으로 나누어 볼 수 있다. 특히 단(斷)수에서 오는 것이 크다. 이와 같은 여러가지 부식 원인들은 지하누수의 원인이 되고 누수지점을 발견하지 못 할 때는 막대한 손실을 일으킨다. 예를들어 서울특별시의 경우는 수량에 비하여 회수율은 50% 이라는 막대한 손실을 보고 있으며 이러한 손실 원인의 중요한 부분이 부식에서 유래하고 있음이 밝혀졌다. 날로 증가하는 도시 인구에 급수업무가 원만하려면 수원의 확보와 시설 확장도 필요하지만 이러한 누수손실을 최대한 억제하여 운영의 묘를 얻는 것도 대단히 중요한 일이다.

1945년에 약 60만이었던 서울인구는 1969년 저음에는 400만이 넘는다. 이와같이 급격히 팽창하여가는 인구에 대비하여 수도시설도 확충하여야 한다. 이 급격한 시설 확충에 따르는 여러가지 문제가 있다.

#### [문 제 점]

가) 현재 수도관은 강관, 주철관 모두 국내 생산이 가능하여 국내 제품으로 충당되고 있다. 그러나 실무자들이 의하면 30년 이상된 외국산 주철관이 배설되지 않던 안되는 국산 주철관보다 내식성이 좋다고 한다. 이에 대한 진위나 과학적인 원인은 판별되지 않았으나 국산의 주철관의 수명이 어느정도 떨어진다는 것은 사실인 것 같다. 따라서 국산의 주철관의 질적 향상이 있어야겠다.

나) 수도관의 방식대책으로 가장 기본적인 방법은 관내외의 피복을 완전하게 하는 것이다. 그러나 이것은 경제적인 문제가 있으므로 현재 사용되는 방법은 아스팔트나 콜타르를 입히는 것이나, 이 피복은 균일치 못하여 공식, 부분부식 등을 일으키기 쉽게 한다. 앞으로 관류의 새로운 피복방법에 대해서 연구해야 할 것이다.

다) 일반적으로 관류의 수명은 피복 이외의 방법으로는 연장이 불가능한 것으로 믿고 있다. 따라서 피복이 개선되지 않는 한 어찌할 방법이 없다고 믿어 포기 상태에 있는 경우가 대부분이다. 적당한 방법으로 이

들에게 다른 관로 수명연장법을 인식시키고 대처 수립에 도움이 되도록 하여야 할 것이다.

- 라) 잦은 누수사고의 약 80%는 연결부의 결함이며, 총전제로 사용되는 납이나 gasket 등의 질적 향상
- 다) 근년 소구경관은 PVC 파이프 대체를 시도하고 있으나 아직국산품의 질이 완전치 못하여 많은 곤란을 당하고 있어 PVC 파이프의 질적 개선
- 바) 서울시나 부산시의 대부분의 토양의 비저항도는 5,000 ohm-cm 이하이며 방식대책을 강구하여야 할 처지에 있다. 따라서 음극방식을 위한 전국개발이 급선무이다.

### 4) 일반 화학공장 부문

이 부문에서 조사대상으로 택한 업체는 12개의 공장으로 화학약품 생산공장이 4개소(동양화학, 백광약품, 조흥화학, 한국농약), 도료공장이 2개소(건설화학, 대한페인트 잉크제조주식회사), 고무제품 공장이 1개소(동신화학), PVC 합성공장이 2개소(공영화학, 대한프라스틱), 제당공장이 1개소(삼양사), 프라스틱 가공공장이 2개소(럭키화학, 삼영화학)이다.

산이나 알칼리를 비롯해서 여러가지 부식성 매질에 접하는 장치가 많은 화학공장에서는 일반적으로 부식문제가 자주 발생하지만 그다지 큰 문제거리는 없는 편이다. 대부분의 공장에서 새로운 시설에 대해서는 이미 적절한 재질선택, lining 등의 방식조치가 잘 되어 있으므로 아직까지 이렇다 할 문제가 안 생겼으며, 또 낡은 시설에서 부식이 일어나도 그것은 오히려 당연한 것이라고 생각하거나 불가피한 것이라고 생각하여 방치하고 사후정비 또는 완전 교체를 할 뿐 별로 대수롭게 여기지 않고 있다.

이들 공장가운데 부식문제가 가장 많은 곳은 화학약품을 생산하는 공장이고, 도료, 고무제품, 프라스틱 가공 공장에서는 부식문제가 별반 없다. 도료공장에서는 많은 문헌을 비치하고 품질 개량 및 방식도료를 비롯한 제품 개발에 노력하고 있었다.

#### [문 제 점]

가) Lining 및 coating 기술개발이 요구된다. 산류물 취급하는 부분은 대부분 lining으로 해결책을 삼고 있으나 기술 미숙으로 손상이 심하여 많은 곤란을 당하고 있다.

나) 각종 국산 관류의 품질 개량이 요구된다. 두께나 재질등 여러가지 개량하여야 합점이 많으며 표준화가 이루어져야 하겠다.

다) 대개의 공장에 공통되는 것으로 용수문제가 있는데 제품 품질에 직접 큰 영향은 미치지 않지만 공장

운영의 경제상 중대한 문제이며 지역적인 수질분석 등 수질관리에 노력할 필요가 있다.

감의 연구개발

5) 섬유 및 제지공장 부문

이 부문의 조사대상 공장은 섬유공장 5(한일나일론, 한국 나일론, 제일모직, 한일합섬, 한국모방), 제지공장 3(신용제지, 대한제지, 한국제지), 합계 8개공장이다. 이 부문의 공장들도 공업용수의 문제가 대두되고 있으며 비교적 부식성 매질을 취급하는 장치가 적어 부식문제는 그다지 심각한 편은 아니다.

(문 제 점)

- 가) 타부문에서와 같이 공업용수계에 대한 조사분석과 처리 방안 또는 부식억제제, 및 더께 방지제 등의 연구 개발
- 나) 연료에서 오는 고온부식에 관하여 연구할 필요가 있다. 이 문제는 어느 공장에서도나 관계를 가지고 있으며 좀 더 적극적인 연구에 노력할 것.
- 다) 공정중의 산 또는 알칼리에 의한 부식의 억제책 연구가 필요하다. 일반적으로 방지하고 있는 이유는 억제할 수 없다고 단정, 포기하는 경우가 많다.

6) 선박, 항만 및 철도시설의 부문

조사대상은 조선소 1(대한조선공사), 해운회사 2(대원해운, 극동해운, 철도연구소 1(철도청 기술연구소), 합계 4개를 택하였다. 선박, 항만의 구조물은 해양분위기 때문에 항상 부식을 당하고 있으며 철도시설 또한 대기에 노출되어 대기부식을 받거나 기관차와 같이 용수에서 오는 부식도 있다. 조사대상 중 조선소만이 제작자에 속하며 나머지는 모두 수요자이다. 이 분야의 부식문제는 수요자의 측에서 깊은 관심을 가지고 있으며 제작자 또는 생산자 측에서 이들의 요구에 응할 수 있도록 제품개발 또는 개선에 주력을 하여야 할 것이다. 이 분야의 구조물은 사고시에는 직접 인명과 관계가 깊어 그 중요성은 더욱 크다 하겠다.

(문 제 점)

이 분야는 물자 및 인명 피해를 크게 가져올 위험성을 내포하고 있으므로 부식문제의 연구 또한 시급하다. 주로 해양분위기에 노출되는 구조물이 큰 비중을 차지하고 있으므로 각종 재료들의 특성에 알맞는 방식대책이 연구되어야 한다. 이 부문의 문제점을 요약하면 다음과 같다.

- 가) 음극방식용 전극의 개발
- 나) 칠감의 점착력 향상 및 도장 기술의 개발
- 다) 해안지구 칠강구조물에 대한 방식대책의 수립
- 라) 해초와 조개류와 같은 미생물의 번식을 막는 칠

3. 연구 과 제

공장의 부식문제를 해결한다는 것은 공장운영의 경제성을 높이는 데 끊지 못할 과제가 있다. 따라서 방식기술의 향상을 위하여 많은 연구과제가 남아 있다.

또 한국에서 현재 생산 이용되고 있는 각종재질은 질적으로나 양적으로 충분치 못하다. 또한 각종 부식억제제가 대부분 외국산에 의존하고 있으며 일부에서 사용하고 있는 전기방식법도 외국산재료 및 기술에만 의존하고 있어 이들의 연구 개발이 시급히 요청된다. 다음에 우리나라에서 당면하고 있는 여러 연구과제를 들어보겠다.

1. 현재 생산되고 있는 각종금속의 재질향상에 관한 연구
2. 각종 내식제의 개발연구
3. 부식억제제의 연구
4. 전기방식법에 관한 연구
5. 전기방식용 각종전극의 개발
6. Lining 재료 및 기술의 연구개발
7. Coating 재료 및 기술의 연구개발

4. 결 론

부식실태 조사에 의하면, 1) 공업용수의 처리에 의한 부식문제, 즉 용수처리법, pipe line 열교환기, 및 보일러등의 부식문제, 2) 공업연료에서 오는 부식문제, 즉 방카 C유등에서 오는 부식문제 및, 3) 지하매질관의 비저항도, 염분 및 미생물 등에 의한 부식문제 등은 당면하고 있는 중요한 공통적인 부식문제라 할 수 있겠다.

한국의 공업계는 방식대책 수립의 필요성이 대단히 중대하고 있음에도 불구하고 경제적, 기술적, 또는 인식부족등의 제한을 받고 있어 전반적으로 만족할 만한 방식관리를 하지 못하고 있으며, 더욱이 앞으로 실행계획중인 석유 화학공업의 육성, 발전은 보다 더 많은 부식문제를 가져올 것임으로 부식 문제의 연구와 방식대책 수립의 필요성은 공업화도와 함께 증가할 것이다.

일부의 공장에서는 부식 전담기사를 양성하고, 각종 문헌과 경험등을 통하여 방식대책 수립에 많은 업적을 남기고 있으나 대부분의 경우 훈련된 인원, 예산, 연구 노력, 및 관리자의 이해 부족등으로 별로 효과를 얻지 못하거나 방치 상태에 있다. 이번 조사 대상공장들

의 기술종업원과 부식기술자의 통계수를 볼때 중화학공장의 일부만이 전문 부식담당기사를 양성하고 있으며, 그 외에는 공업용수처리 담당자가 일반 부식문제에 관여하고 있었다. 공업용수 처리도 방지대책의 하나이므로 이 분야의 담당자도 부식기사에 포함시켰다. 그러나 부식 담당자수가 증가할 종업원 수에 대한 비중이 화력발전소와는 너무나도 낮다. 이 내용을 표 1이 표시했다.

표 1. 부식담당자수와 일반기술 담당자수의 비교

부 문	중화학 공장	화력 발전소	일반화 학공장	섬유제 지공장	선박항 만및 조선 시설	계
기 사 수	880	100	360	350	210	1,900
공 원 수	3,400	810	4,620	3,000	930	12,760
부식담당자수	44	40	3	0	0	87

현재 한국에서 사용하고 있는 방지대책은 지금까지 발표된 방법을 각각이 국부적으로 응용하고 있으며 대부분 외국기술이나 외국의 기술진의 힘에 의존하고 있다. 제일 선택에 있어서는 철강공업의 후진성이 많은 문제를 일으키고 있으며 시급한 연구 개발이 요구되고 있으나 기타의 방법, 즉 각종전기방식법, 부식억제제 등의 연구 개발 내지 활동은 한국의 실정으로 보아 자력으로 해결할 수 있으며 이를 위하여는 학계나 공업계의 부단한 협조와 노력이 필요하게 된다.

외국에서 많이 사용되고 있는 음극방식법은 한국내에서는 이것이 사용된 곳이 극히 적으며 정확한 data가 없고, 각종 전극의 제작자도 전연 없다. 외국에서는 방지회사(즉 음극방식회사, 또는 양극방식회사)나

각종 부식 억제제의 제조업자가 성황을 이루고 있으나 한국의 공업계에 뒤받침 할 만한 이 방면의 활동은 국내에서는 극히 미미한 것이다.

이번 조사대상으로 택한업체들이 대부분이 부식문제에 관하여 관심을 가지고 있었으나, 전연 방치상태에 있었던 곳도 있고, 부식으로 인한 직접 또는 간접손실을 정확히 파악하지 못하고 있는 곳도 있었다. 그중 사원의 부족으로 곤란을 면치 못하는 한국의 공업라이서 부식에 의한 중대한 손실원인을 최소한으로 줄일 수 있다면 그 경제성의 의의가 클것이다. 참고로 약 40개 조사업체들의 국부적인 통계자료에 의하여 부식으로 인한 기기 및 장치의 직접손실은 다음 표 2와 같이 약 4 억원을 추산되나 부식으로 인한 유휴등의 2차적인 손실을 가산할 때 그 손실은 막대한 것이다. 외국의 통계를 참고로 하여 우리나라 공업발달이 만일 인도와 같은 비중이라면 우리나라의 부식손실이 약 40 억원으로 추산되고 만일 공업발달이 미국이나 영국과 같은 비중이라면 2,700억원의 우리나라 부식손실이 산출된다. 이 숫자는 이미 서론에서 설명한 바와 같은 국민 1인당 부식손실액에서 추산된 것이다.

표 2. 부식에 의한 기기 및 장치의 직접손실

(조사대상: 약 40개 업체)

부 문	중화학 공장	화력 발전소	일반화 학공장	섬유제 지공장	선박항 만및 조선 시설	계
년 간 손 실 액 (단 위)	25,600	3,300	860	950	9,300	39,000