여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사

- 종합보고서 -

1997년 10월

한국산업안전공단
산 업 보 건 연 구 원

목 차

실태조사결과 요약

1. 조사배경 3
2. 조사목적 3
3. 조사계획 수립 4
4. 추진경과 8
5. 여천공업단지의특성 9
6. 조사결과 요약 및 결론 11
7. 고찰 16

I. 서론 23

1. 조사배경 25
2. 조사목적 26
3. 조사계획 수립 27
4. 추진경과 32
5. 여천공업단지의 특성 34
6. 용어의 정의 35

II. 사업장 보건관리 기초조사 37

1. 조사목적 39
2. 조사방법 및 내용 39
3. 조사결과 44
4. 고찰 61
5. 요약 및 결론 64

III. 작업환경 실태조사 67

1. 여천공단 사업장의 주요공정 및 유해인자 69
2. 작업환경측정의 기본방향 99
3. 작업환경 실태조사 결과 104
4. 종합 및 결론 170

Ⅳ. 복합유해물질 폭로평가 173

1. 연구목적 175
2. 연구대상 및 내용 175
3. 연구결과 176
4. 종합 및 결론 192

Ⅴ. 근로자 건강실태조사 193

1. 근로자 특별건강진단 195
2. 근로자 의료이용 및 사망실태 213

Ⅵ. 향후과제 239

표 목 차

表 Ⅱ-1. 여천공단 입주업체의 형태 및 업종 45
表 Ⅱ-2. 사업장의 특성별 분포 46
表 Ⅱ-3. 사업장 특성에 따른 사업장의 근로자 규모별 및 설립년도별 분포 47
表 Ⅱ-4. 성별, 직종별 근로자 분포 47
表 Ⅱ-5. 사업장 특성별 근로자수 48
表 Ⅱ-6. 연령별 근무기간별 근로자 백분율 분포 49
表 Ⅱ-7. 사업장 특성에 따른 근로자의 연령군별 백분률 분포 49
表 Ⅱ-8. 연도별 일반건강진단 결과 50
表 Ⅱ-9. 연도별 직종별·성별 근로자 일반건강진단 결과 50
表 Ⅱ-10. 연도별 사업장 특성별 일반건강진단 결과 51
表 Ⅱ-11. 연도별 특수건강진단 현황 52
表 Ⅱ-12. 여천공단 근로자의 연도별 특수건강진단결과 52
表 Ⅱ-13. 연도별 사업장특성별 일반질병 유소견율 및 요관찰율 : 특수건강진단결과 53
表 Ⅱ-14. 특수건강진단 수진근로자의 직력별 건강진단결과 53
表 Ⅱ-15. 특수건강진단 수진근로자의 연령별 건강진단결과 54
表 Ⅱ-16. 의무실 설치 사업장의 특성 54
表 Ⅱ-17. 연도별 의무실 이용실태 55
表 Ⅱ-18. 연도별 의무실 이용 다빈도 질환 55
表 Ⅱ-19. 업종별 의무실 이용실태 55
表 Ⅱ-20. 근로자 상병결근, 산재요양신청, 사망 및 이직실태 56
表 Ⅱ-21. 상병결근 상위 2개 다빈도 원인질환 57
表 Ⅱ-22. 사업장 특성별 상병조퇴·결근실태 57
表 Ⅱ-23. 사업장 특성별 산업재해 발생률 58
表 Ⅱ-24. 사업장 특성별 산업보건관리 현황 58
表 Ⅱ-25. 사업장 산업보건 교육 현황 59

表 III-1-1. 원유의 특성 71
表 III-1-2. 정유제품 및 용도 72
表 III-1-3. 기초석유화학공정의 원료, 주요공정 및 제품 79
表 III-2-1. 유해인자별 측정방법 100
表 III-3-1. L회사 측정결과 105
表 III-3-2. J회사 측정결과 108
表 III-3-3. N회사 측정결과 109
表 III-3-4. H회사 측정결과 111
表 III-3-5. H석유회사 측정결과 113
表 III-3-6. D회사 측정결과 114
表 III-3-7. K회사 측정결과 115
表 III-3-8. HK회사 측정결과 116
表 III-3-9. LV회사 측정결과 117
表 III-3-10. LS회사 측정결과 117
表 III-3-11. L석유회사 측정결과 118
表 III-3-12. KM회사 측정결과 118
表 III-3-13. DD회사 측정결과 119
表 III-3-14. HB회사 측정결과 119
表 III-3-15. DS회사 측정결과 120
表 III-3-16. IY회사 측정결과 120
表 III-3-17. HS회사 측정결과 120
表 III-3-18. BS회사 측정결과 121
表 III-3-19. JN회사 측정결과 121
表 III-3-20. HT회사 측정결과 121
表 III-3-21. KS회사 측정결과 122
表 III-3-22. H2회사 측정결과 122
表 III-3-23. LK회사 측정결과 123
表 III-3-24. HD회사 측정결과 123
表 III-3-25. 작업환경 측정대상 사업장의 업종별 분포실태 124
表 III-3-26. 업종별 유해물질 종류 및 초과실태 125

表 III-3-27. 유기용제류 127
表 III-3-28. 금 속 류 131
表 III-3-29. 가 스 류 134
表 III-3-30. 무기산류 138
表 III-3-31. 기 타 140
表 III-3-32. 발암성 및 발암성추정 물질 측정결과 142
表 III-3-33 : 암모니아 공장의 옥내외 작업장별 기후조건 149
表 III-3-34 : 암모니아 공장의 측정 위치별 암모니아 농도 149
表 III-3-35. 요소 공장의 옥내외 작업장별 기후조건 150
表 III-3-36. 요소공장의 측정위치별 공기중 암모니아 농도 150
表 III-3-37. 초안 공장의 옥내외 작업장별 기후조건 151
表 III-3-38 초안공장의 측정위치별 암모니아 농도 151
表 III-3-39. 희질산,복비공장의 측정 위치별 기후조건 152
表 III-3-40. 희질산, 복비공장의 측정위치별 암모니아 농도 152
表 III-3-41. 인산 공장의 옥내외 작업장별 기후조건 153
表 III-3-42. 인산공정의 옥내외 측정위치별 공기중 황산, 불산 농도의 비교 153
表 III-3-43. 황산 공장의 옥내외 작업장별 기후조건 154
表 III-3-44. 황산공장의 측정위치별 공기중 황산농도의 비교 154
表 III-3-45. DNT공장의 옥내외 작업장별 기후조건 155
表 III-3-46. DNT공장의 측정위치별 공기중 DNT농도 155
表 III-3-47. Toluidine 공장의 기후조건 156
表 III-3-48. Toluidine 공장의 Toluidine의 공기중 및 개인노출 농도 156
表 III-3-49. MNT 공장의 기후조건 157
表 III-3-50. MNT공장의 측정위치별 공기중 MNT농도 157
表 III-3-51. PVC 생산부 중합조에서의 측정시간대별 일부 VCM 측정결과 160
表 III-3-52. PVC 공정 중합측정점에서의 측정횟수별 풍속과 풍향 162
表 III-3-53. PVC 공정 중합공정에서의 시료포집 방향에 따른 측정결과 162
表 III-3-54. PVC 공정 증류 측정점에서의 측정 횟수별 풍속과 풍향 163
表 III-3-55. PVC 증류공정에서의 시료포집 방향에 따른 측정결과 163
表 III-3-56. 각 측정점에서의 횟수별 풍속, 풍향 165
表 III-3-57. 각 측정점에서의 VCM 측정값 165

표 IV-1. 화학물질 제조 및 사용실태: L회사 ······ 176
표 IV-2. 화학물질 제조 및 사용실태: D회사 ······ 177
표 IV-3. 정량분석의 조건 ······ 179
표 IV-4. 각 물질별 옥외현장근무자(필드맨)와 실내근무자의 농도비교 : 기하평균(범위) ······ 179
표 IV-5. 각 물질별 옥외현장근무자(필드맨)와 실내근무자의 농도비교 : 기하평균(범위) ······ 180
표 IV-6. 뇨중대사산물의 농도 : 평균±표준편차(범위) ······ 183
표 IV-7. P450 동위효소를 유도하는물질 및 P450가 관여하는 대사과정의 기질 ······ 185
표 IV-8. Cytochrome P450 동위효소량 ······ 187
표 IV-9. 조사대상자(남성)의 평균연령 및 근무기간 ······ 190
표 IV-10. 간장계 검사소견 이상자분포 ······ 190
표 IV-11. 신장기능 검사소견 이상자 분포 ······ 190
표 IV-12. 혈액학적 검사소견 이상자 분포 ······ 191
표 IV-13. 흉부엑스선 촬영소견 이상자 분포 ······ 191

표 V-1-1. 폭로력 조사 응답자의 평균연령 및 근무기간 ······ 198
표 V-1-2. 근로자들의 폭로유해인자별 응답현황 ······ 199
표 V-1-3. 업체별 특별건강진단 실시 현황 ······ 202
표 V-1-4. 간장계 검사소견 이상자 분포 ······ 205
표 V-1-5. 신장계 검사소견 이상자 분포 ······ 206
표 V-1-6. 혈액학적 검사소견 이상자 분포 ······ 207
표 V-1-7. 유전독성 검사결과 비교 ······ 208
표 V-1-8. 간이정신진단검사(SCL-90-R) 결과 ······ 209
표 V-1-9. 인지 및 정신운동성 검사 결과 ······ 210
표 V-1-10. 천식관련 검사결과 ······ 211
표 V-2-1. 주요관심질병과 공기오염관련 화학물질 ······ 218
표 V-2-2. 연구대상자의 성별 · 연령별 분포 ······ 219
표 V-2-3. 연구대상자의 재직기간별 분포 ······ 220
표 V-2-4. 연구대상자의 사업장 규모별 분포수 ······ 220

表 V-2-5. 연구대상자의 관찰인년 221
表 V-2-6. 조사군의 직종분포 221
表 V-2-7. 연구대상자의 입원 및 외래 수진량 (남자) 222
表 V-2-8. 연구대상자의 257개 항목군중 다빈도 질병별 순위 (남자) 223
表 V-2-9a. 257개 항목군 질병중 조사군의 표준화수진비가 높은 질병 (남자) 224
表 V-2-9b. 257개 항목군 질병중 조사군의 표준화수진비가 낮은 질병 (남자) 225
表 V-2-10a. 주요관심질병별 표준화수진비 (남자) - 외래 및 입원 226
表 V-2-10b. 주요관심질병별 표준화수진비 (여자) - 외래 및 입원 227
表 V-2-11. 조사군의 연령별 주요관심질환의 수진율 (남자) 228
表 V-2-12. 조사군의 재직기간별 주요관심질환의 수진율 (남자) 228
表 V-2-13. 조사군의 재분류 산업별 주요관심질환의 수진율 (남자) 229
表 V-2-14. 조사군의 거주지별 주요관심질환의 수진율 (남자) 229
表 V-2-15. 조사군의 사업장 소재지역별 주요관심질환의 수진율 (남자) 230
表 V-2-16. 조사군의 직종별 주요관심질환의 수진율 (남자) 230
表 V-2-17. 조사군의 재분류산업별 주요관심질환의 수진율 (남자) 231
表 V-2-18. 조사군과 대조군의 산재발생 질병별 분포 232
表 V-2-19. 조사군과 대조군 남자의 사인별 사망자수 233

그림 목차

그림 Ⅰ-1. 단위별 조사수행체계도 ··· 31

그림 Ⅲ-1-1. 증류공정도 ··· 73

그림 Ⅲ-1-2. 배합공정도 ··· 75

그림 Ⅲ-1-3. 석유화학제품 생산계통도 ··· 78

그림 Ⅲ-1-4. 방향족공정 계통도(Ⅰ) ··· 81

그림 Ⅲ-1-5. 방향족공정 계통도(Ⅱ) ··· 83

그림 Ⅲ-3-1. 톨루엔과 크실렌 농도의 누적분포 ··· 128

그림 Ⅲ-3-2. 아크릴로니트릴, 벤젠, 스티렌 농도의 누적분포 ··· 129

그림 Ⅲ-3-3. 아연(Zn)과 안티몬(Sb) 농도의 누적분포 ··· 132

그림 Ⅲ-3-4. 철(Fe)과 망간(Mn) 농도의 누적분포 ··· 133

그림 Ⅲ-3-5. VCM과 포름알데히드 농도의 누적분포 ··· 135

그림 Ⅲ-3-6. 암모니아와 1,3-부타디엔 농도의 누적분포 ··· 137

그림 Ⅲ-3-7. 황산, 염산, 불산 농도의 누적분포 ··· 139

그림 Ⅲ-3-8. 측정점별 지역시료 채취의 방향 ··· 162

그림 Ⅲ-3-9. 측정점별 지역시료 채취의 방향 ··· 163

그림 Ⅲ-3-10. PVC제조 공정의 외곽 측정 위치 ··· 164

그림 Ⅳ-1. 이물질의 대사과정과 유해 작용 ··· 184

그림 Ⅴ-1-1. 특별건강진단 사업 수행 개요 ··· 197

그림 Ⅴ-2-1. 분석자료의 구축 및 분석 개요 ··· 215

실태조사 결과 요약

1. 조사배경
2. 조사목적
3. 조사계획 수립
4. 추진경과
5. 여천공업단지의 특성
6. 조사결과 요약 및 결론
7. 고찰

여 백

실태조사 결과 요약

1. 조사배경

- 여천공단 지역주민의 환경오염으로 인한 집단이주 문제가 사회적으로 쟁점화되자 공단 근로자의 건강에 대한 우려가 함께 부각됨

- 여천공단은 석유화학공장이 밀집한 장소로서 공정설비가 옥외에 노출되어있는 것이 특징이므로 근로자들이 자체작업환경으로 부터의 오염과 이웃공장으로 부터의 오염의 영향을 동시에 받을 가능성 때문에 작업환경조사와 근로자 건강조사가 기존의 방법과는 다르게 실시되어야 할 필요성이 제기됨

2. 조사목적

전반적 목적 :

- 여천공단 근로자들의 작업환경과 건강수준을 평가하여 필요시 종합보건관리대책 수립

구체적 목적 :

- 여천공단 근로자의 작업환경에 의한 유해물질 폭로실태 파악
- 여천공단 근로자의 건강실태 파악
- 작업환경 오염물질에의 노출과 근로자 건강수준과의 관련성 검토

3. 조사계획 수립

가. 위원회 구성 및 운영

- 『여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사위원회』의 기능 :
  - 실태조사방향 설정
  - 실태조사결과의 공정성 및 신뢰성 확보
- 『여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사위원회』의 명단 :

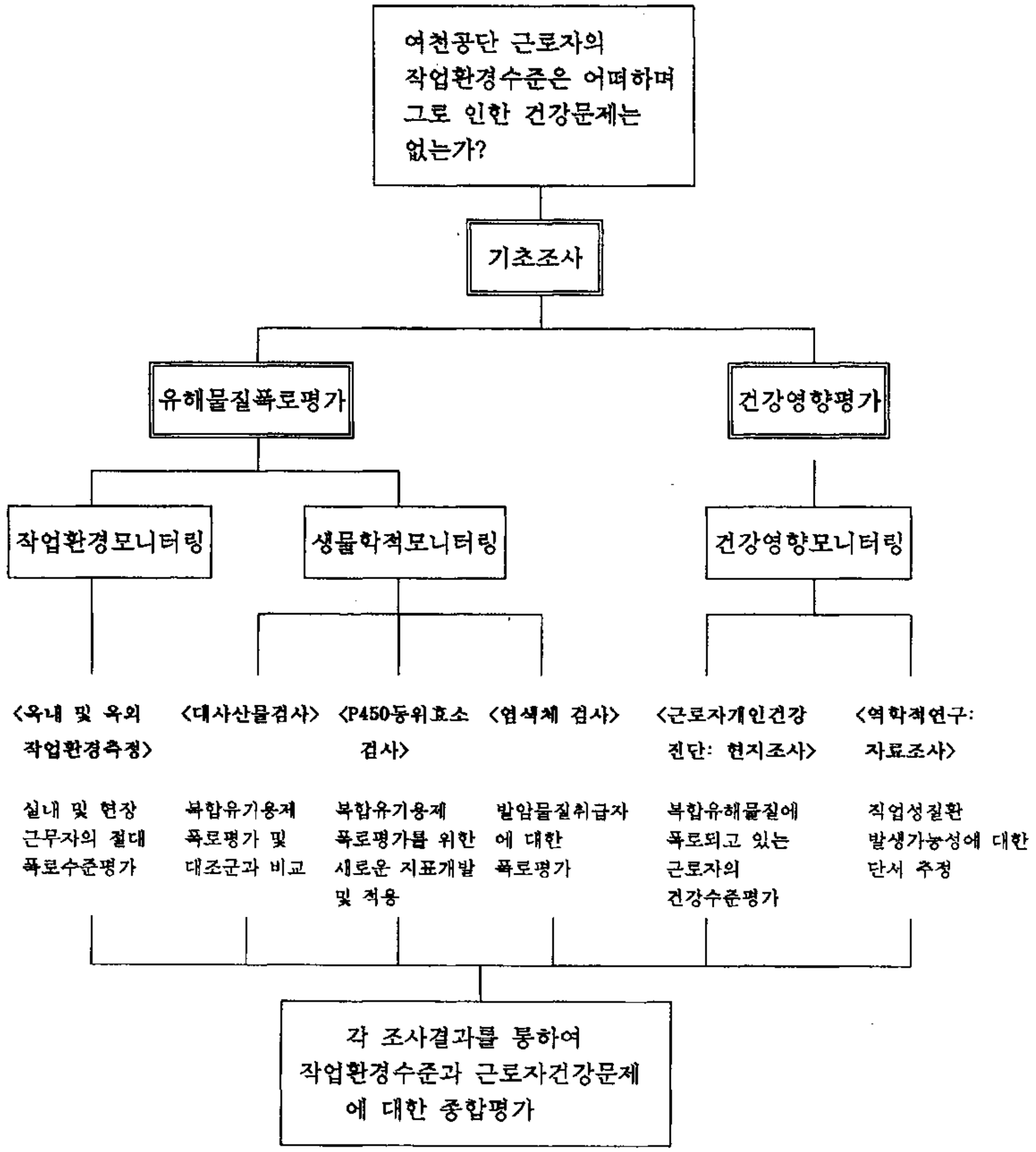
위원장 : 문영한(산업보건연구원장)

건강관리실태조사반 (11명)		작업환경실태조사반 (11명)		관 련 위 원 (6명)	
조선대	김기순	고려대	김광종	한국노총 여천지역지부의장	배용하
전남대	김병우	가톨릭대	김현욱		
조선대	김양옥	서울대	백남원		
전남대	문재동	연세대	노재훈	대림산업노조위원장	이해범
조선대	박 종	순천향대	안규동		
서울대	백도명	공단본부	이경남	여천공단공장장 협의회장(남해화학)	오두영
전남대	손석준	산업안전교육원	이은영		
성수의원	양길승				
				여천공단석유화학 안전관리협의회장 (한화)	윤상천
산보연	박정선(반장)	산보연	오세민(반장)		
산보연	김양호	산보연	정동인		
산보연	안연순	산보연	유기호		
		산보연	김성진	여수지방노동사무소장	고원석
				여천산업안전기술 지도원장	최재수

※ 위원장 포함 총 29명

나. 조사방법 및 수행체계

여천공단의 작업환경수준과 근로자들의 건강수준과의 인과성을 밝히기 위해 아래그림과 같은 조사수행 체계에 따라 여러 성격의 단위조사결과를 종합함으로써 전체 실태를 추정하는 방법을 택하였다.



다. 조사담당기관 및 역할

여천공단의 특성을 고려한 작업환경 실태조사와 근로자 건강상태 파악을 위해 다양한 전문인력이 참여했으며, 전반적인 연구조사 진행상 현지 의료기관 내지 행정기관으로 부터 자료협조의 신속성과 많은 시간이 소요되는 근로자 의료이용조사 및 근로자 특별검진 등을 위하여 지역적인 연고와 전문성을 고려해 지역과 인접한 거리에 있는 대학에 용역을 의뢰하여 추진하였다. 그리고 작업환경평가는 산업안전보건법에 근거한 정기적인 측정방법에 의해 실시하되 신뢰성 제고를 위하여 노·사 합의에 의해 선정된 기관이 측정하도록 하였으며, 옥외작업환경에서의 유해물질 폭로평가는 대학측정기관에 용역을 의뢰하여 측정하였음.

< 참여기관 및 담당역할 >

<u>총괄</u> : 여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사위원회(문영한 위원장)
- 전체조사 기본방향 설정
- 조사계획 및 방법 검토
- 조사결과종합 검토

<u>사업장 보건관리 기초조사</u> : 산업보건연구원

<u>폭로평가</u>
- 옥내작업환경측정 : 작업환경실태조사반 참여하에 개별 사업장별로 노사합의하에 선정한 작업환경측정기관이 실시
- 옥외작업환경측정 : 연세대, 고려대가 '특별작업환경측정' 용역에 의해 실시

- 복합유해물질 폭로평가 : 산업보건연구원

<u>건강영향평가</u>

- 근로자 특별건강진단 : 전남대학병원 산업의학과
- 의료이용 및 사망실태조사 : 조선대학교 의과대학 예방의학교실

라. 조사수행을 위한 기본방침

실태조사의 전체 기본방향은 실태조사위원회 위원 제위의 의견을 수렴하여 결정하였으며, 조사설계에 앞서 조사기간과 사업예산의 제약상 짧은 기간동안 효과적으로 문제점을 파악하기 위해 조사수행을 위해 세웠던 기본방침은 다음과 같다.

첫째, 현지조사시 여천공단의 작업환경수준과 근로자의 전반적인 건강수준 파악과 더불어 석유화학공단의 주요건강문제로 외국문헌에서 발표된 바 있는 호흡기질환(기관지천식을 포함) 및 피부질환과 악성종양에 대해서도 함께 파악한다.

둘째, 여천공단 입주업체 전수를 사업장 기초조사의 조사대상으로 하되, 작업환경조사는 KIST에서 수행한 연구에서 여천공단 주변지역 대기오염의 발생원이라고 추정된 석유화학공장을 위주로 수행한다. 한편, 근로자 건강조사는 여천공단의 전체 근로자를 조사대상으로 하되, 현지조사시는 조사수행에 효율을 기하기 위해 고위험 근로자군을 별도 선정기준에 의거 집중 조사한다.

셋째, '자료조사'를 '현지조사'와 병행함으로써 '단면조사'의 제한점을 최대한 보완한다.

4. 추진경과

o 1996. 9.24 : 제 1차 실무위원회 개최

- 전문가 의견수렴을 통해 조사계획 수립

o 1996.10. 4 : 제2차 실무위원회 개최

- 노·사합의에 의한 작업환경측정기관 선정등 기본방향 설정

o 1996.10 : 여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사계획 수립

o 1996.10 ~ : 전문측정기관이 참여하여 작업환경 정밀 평가

- '96년도 하반기 측정대상 사업장 : 16개소
- '97년도 하반기 측정대상 사업장 : 12개소

o 1996.12.31 : 조선대와 '여천공단 근로자 의료이용실태 조사' 용역계약 체결

o 1997. 2.24 : 전남대와 '근로자 특별검진사업' 용역계약 체결

o 1997. 4. 4 : 여천공단 현지 설명회 개최

- 추진내용을 노·사측에 설명
- 작업환경 측정 및 특별건강진단 업무수행시 협조 당부

o 1997. 4.12 : 특별작업환경측정 용역계약 체결

- 고려대 및 연세대와 옥외 작업환경평가를 위한 ' 특별작업환경측정' 용역계약 체결

o 1997. 5~ : 근로자 복합유해물질 폭로평가 실시

- LG 칼텍스 및 대림산업(주) 근로자에 대한 복합유해물질 폭로 조사

o 1997. 8.14 : 여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사위원회 개최

- 실태조사 및 용역결과의 검토

o 1997. 9 ~ : 실태조사결과를 토대로 종합보고서 작성

5. 여천공업단지의 특성

가. 공단설립역사

- 여천공단은 1967년 여천국가공업단지의 기공과 함께 공단이 조성되기 시작하여 1970년대 이후 본격적으로 석유화학업종을 중심으로 확장되기 시작하였으며 '96년도 현재 모기업 입주업체수는 90개소로 파악되었다.

나. 기상 및 입지적 특성

- 현재 총면적 930여만평으로 여천시 중심부의 북쪽에 위치하면서 광양만을 향하고 있다.

- 여천지역 석유화학공단은 전형적인 계절풍의 영향으로 여름철에는 주로 남풍의 영향을 받고 겨울철에는 북동풍의 영향을 받고 있다.

- 해발 300-400 미터의 산들이 둘러싸고 있는 듯한 지형조건으로 인해 기상상황에 따라 대기오염물질의 정체현상이 발생할 가능성이 있다.

다. 석유화학공업의 특성

- 원료가 밀폐된 수송관을 통해 반응·제조설비로 수송되어 반응이 이루어지도록 설계되어 있는 장치산업이다.

- 생산직 근로자의 작업형태는 조정실 근무자와 현장작업 근무자로 구분되고 현장 근무자는 일정 구역내를 계속 순시하며 옥내외를 왕복하면서 작업한다.

- 생산직 근로자의 주근무형태는 4조 3교대의 교대근무이다.

- 모기업 회사는 다양한 내용(포장, 출하, 청소, 공무, 보수공사 등)의 업무를 상주협력업체 및 일용직 용역근로자에게 맡겨 해결하고 있다.

라. 유해인자종류 및 노출 특성

- 석유화학단지에서 외기로 누출될 가능성이 있는 오염물질은 휘발성이 강한 유기화합물로, 대기중에 누출되면 빠르게 확산되어 저농도이긴 하나 비교적 넓은 지역에서 많은 근로자가 공동으로 폭로될 가능성이 있다

6. 조사결과 요약 및 결론

가. 사업장 보건관리 기초조사 결과

여천공단내에 입주하고 있는 사업장들은 산업안전보건에 관하여 법에서 규정하고 있는 내용(일반 및 특수건강진단, 사업장 규모에 따른 안전 및 보건관리자 고용, 안전보건교육 등)은 대부분의 사업장에서 준수하고 있는 것으로 조사되었다. 일반건강진단결과, 의무실 이용 등의 자료로 미루어 볼 때 대체적으로 비석유화학업종, 협력업체가 석유화학업종, 모기업에 비하여 사후관리가 필요한 일반질환 유소견율 및 요관찰율의 합계율이 높고, 의무실 이용과 산업재해 등이 더 빈번한 것으로 나타났으나 이것은 이들 사업장에 근무하는 근로자들의 평균 연령이 높고 그밖에 건강상태와 의료이용에 관계되는 여러 요인이 두 집단 구성 근로자간에 차이가 있기 때문으로 판단된다.

나. 유해물질 폭로평가 결과

'유해물질 폭로평가' 방법은 크게 나누어 **'작업환경 모니터링'**과 **'생물학적 모니터링'**이 있다.

'작업환경 모니터링'이란 근로자가 작업중 호흡하는 공기중에 어떤 유해물질이 얼마나 들어 있는가를 알기 위해 호흡 위치에서 시료를 채취하여 분석하는 방법이며, **'생물학적 모니터링'**이란 건강에 대한 장해여부와는 상관없이 단지 어떤 유해물질이 인체내에 유입되었는지 알기 위하여 혈액이나 소변 등의 생체시료에서 유해물질이나 그 대사산물의 농도를 측정하는 방법과 유해물질에의 폭로로 인한 생화학적 변화를 측정하는 방법 등을 말한다.

○ 옥내 및 옥외 작업환경측정에 의한 유해물질 폭로평가 결과는 다음과 같다.

- 신뢰성 제고를 위해 사업장별로 노사합의에 의해 선정한 측정기관에서 실시한 여천공단 입주업체 28개소에 대한 작업환경측정결과, 근로자에게 노출되고 있는 유해화학물질의 종류는 총 73종으로 석유화학계 유기화학물제조업이 타업종보다 많은 유해인자를 보유하고 있었다.

- 대상 사업장에서 발생하는 유해화학물질의 평균 농도는 현행 노동부 고시에 규정하고 있는 노출기준에 비해 1/1,000~1/10 수준으로 극히 낮은 것으로 평가되었다.

- '96년도 하반기에 측정한 총 1,815건 중 9건(염화비닐 3건, 황산 5건, 톨루엔 1건)이 각각 작업환경 노출기준을 초과한 것으로 평가되었으나, 작업환경 개선후 '97년도 상반기에 재측정한 결과 노출기준을 초과한 것은 한건도 없었다.

- 사업장에서 취급하고 있는 발암성확인물질 및 발암성추정물질의 종류는 총 11종으로 작업환경 측정결과, 현재의 농도수준은 매우 낮으나 물질의 특성상 유해성이 높은 점을 감안하여 정기적인 시설점검, 근로자에 대한 교육 등 지속적인 관리가 바람직하다.

- 장치산업 2개소에 대하여 대학전문연구기관에 용역을 의뢰하여 유해화학물질을 측정해 본 결과, 평균농도는 옥내 및 옥외 모두 작업환경 노출기준에 비해 극히 낮은 수준이었다.

- 대부분의 합성공정이 옥외에 설치되어 있는 장치산업은 오염원이 대부분 옥외에 존재함으로 대기중의 시료채취를 하는 경우 풍향 및 풍속에 따른 농도차이가 커서 유해물질의 노출평가가 곤란하다. 따라서, 상시작업이 옥외에서 이루어지는 근로자를 대상으로 유해화학물질에 의한 노출량을 파악할 때는 개인시료 채취방법으로 평가하는 것이 바람직하다.

○ 유해물질 폭로평가의 일환으로 어떠한 유해물질이 인체에 유입되었는지를 보기 위해 실시한 생물학적 모니터링결과는 다음과 같다.

- 2개 공장 BTX 추출공정 근로자를 조사군으로 하여 벤젠의 대사산물인 뇨중 페놀, 톨루엔의 대사산물인 뇨중 마뇨산 및 크실렌의 대사산물인 뇨중 메틸마뇨산을 측정해 본 결과, 여천공단내 근로자와 인천지역의 사무직 근로자(사외대조군)의 평균치가 모두 비슷하게 낮은 농도(BEI의 1/10 이하)를 나타내고 있어 인체에 영향을 미치지 않을 수준의 미량으로 폭로됨을 알 수 있었고, 크실렌에 폭로되어야 뇨중에 대사산물로서 배출되는 뇨중메틸마뇨산은 일부의 경우를 제외하고는 거의 대부분 근로자에서 검출되지 않았다(검출한계미만). 극히 일부(대조군 또는 폭로군)에서 검출되었다 하더라도 0.05g/g Cr 이하로 나타나고 있어

크실렌에는 거의 폭로되고 있지 않다고 간주할 수 있다.

- 저농도 복합유해물질 폭로에 대한 새로운 평가방법 개발을 위해 이번 조사에서 우리나라 처음으로 시도된 '싸이토크롬 P450 동위효소검사' 결과, BTX 추출공정 근로자(생산직 및 사무직)는 사외대조군에 비해 싸이토크롬 P450 동위효소인 P4501A1/2 및 P4502B1/2 수치의 차이가 유의하게 있어 향후 집단간의 유해물질 폭로를 평가하기 위한 새로운 방법으로서의 가능성을 시사하고 있으나 P450 동위효소를 근로자집단에 대한 복합유해물질폭로지표로 활용하기 위해서는 향후 용량-반응관계평가와 유전자 분석 등의 추가적인 연구가 더 필요하다고 생각된다.

- 유해물질 폭로평가를 위한 생물학적 모니터링의 일환으로 미소핵 및 자매염색분체교환 발현빈도를 유해물질 폭로를 평가하기 위해 실시한 염색체검사결과, 폭로군(발암물질 취급자)이 대조군에 비해 상대적으로 유해물질 폭로에 차이가 있음을 시사하고 있다. 그러나, 염색체 이상은 특정물질에의 폭로를 특이하게 나타내주지는 않기 때문에 폭로환경에 존재하는 수많은 물질중 어느 물질에 폭로되어 나타났다는 것을 연관짓기가 매우 어려우며, 염색체 이상을 일으킬 수 있는 개인의 행태적 요인 즉 음주·흡연·각종 약제사용 등 생활양식이나 과거 또는 현재의 질병력 등이 염색체 이상 분석결과를 해석하는데 혼란변수로 작용한다. 그러나, 염색체검사는 흡연·음주·연령 외에 성별·인종·약물사용·식이습관·생활양식·유전적 소인 내지는 질병력·환경폭로 등의 다양한 요인에 의한 개인별 빈도 차이를 보일 수 있으나, 이번 검사에서 흡연·음주·연령 외의 변수는 통제하지 못하고 진행되어 의미의 한계가 있다. 또한 이러한 검사로 폭로평가를 할 때에는 검사결과판정을 위한 절대기준치가 있는 대사산물검사과는 달리 집단과 집단을 비교할 때에만 해석이 가능하며 각 개인당 염색체 이상 빈도로 개인별 폭로정도를 판단할 수는 없다. 집단을 대상으로 한다 하더라도 앞으로 이들 두 가지 검사를 여천공단과 같은 근로자집단에서 유해물질 폭로평가지표로 적용하기 위해서는 다양한 집단에서의 많은 경험이 축적되어야 하며 아울러 용량-반응관계연구 등 보다 분석적인 연구가 시도될 필요가 있다.

다. 건강영향평가 결과

직업적 또는 환경적 유해인자에 폭로되어 체내에 유입됨으로써 인체에 미친 건강상의 나쁜 영향을 판단하기 위한 건강영향평가 방법에는 **'근로자 개인건강진단'을 통해 건강영**

향을 직접 평가하는 방법과 '근로자 의료이용조사'와 같이 해당집단에 대한 각종 건강관련자료를 수집하여 분석함으로써 집단의 건강수준을 간접적으로 추정하는 방법이 있다.

본 근로자 건강실태조사에서는 전남대에서 '특별건강진단'을, 조선대에서 '근로자 의료이용 및 사망실태조사'를 각각 담당함으로써 직접 및 간접적인 두 가지 조사방법을 모두 적용하여 근로자 건강영향평가를 시도하였다.

○ 여천공단 작업환경으로 인한 근로자들의 건강영향평가를 위해 전남대학병원에서 실시한 근로자 개인건강진단(직접적인 조사방법)의 주요결과는 다음과 같다.

- 전반적으로 직업적 및 환경적 복합유해물질 폭로에 의한 건강영향을 평가하기 위해 주요신체기능(간, 신장, 혈액 등)과 관련된 공통임상검사를 실시해 본 결과 여천공단 근 로자와 일반인들의 건강이상자 분포의 크기에는 뚜렷한 차이가 없었으며, 여천공단내 폭로군과 대조군간에도 비슷한 수준임이 확인되었다

- 유기용제 폭로의 영향을 보기 위해 중추신경기능검사를 실시해 본 결과, 주관적 증상을 파악하는 '간이정신진단검사'에서 임상적으로 이상(異常)기준에 해당하는 근로자는 한 명도 없었으며, 객관적 검사인 '인지 및 정신운동성검사'에서도 폭로군과 대조군간에 유의한 차이가 없었다.

- TDI 및 MDI 취급근로자에 대한 직업성천식검사결과, 모든 검사항목에서 폭로군과 대조군간에 유의힌 차이를 보이지 않아, 여천공단 근로자에게 직업성천식의 발생 위험이 없는 것으로 판단된다 .

○ 여천공단 근로자의 작업환경으로 인한 건강영향평가를 위해 조선대학교 예방의학교실에서 실시한 의료보험자료 및 사망자료 등을 이용한 역학적연구는 집단의 의료이용 수진율을 산출하여 집단의 실제 질병실태를 추정하려는 간접적인 방법으로 그 조사결과는 다음과 같다.

- 여천공단 근로자는 비교집단인 전남지역 일부 제조업체 근로자집단에 비해 눈·호흡기·피부 등의 이상으로 인한 수진율은 높았으나, 심장·혈액·신장·간장·신경계 등 주요

장기의 질병이나 악성신생물로 인한 수진율은 비교집단보다 낮은 경향이었다.

- 여천공단 근로자집단의 전체 사망율과 악성 신생물에 의한 사망률은 대조군보다 낮았으며, 기타 사망원인에서는 차이를 발견할 수 없었다.

- 근로자 의료이용실태조사는 집단의 유병률이 아닌 의료이용 수진율을 분석하는 것이므로 집단의 질병실태를 직접적으로 추정할 수 없을 뿐 아니라 사업장 및 개인특성별 정보의 부족으로 인해 유해인자 폭로와 그 영향을 개인단위로 확인할 수 없는 제한점, 의료기관 분포의 지역간 차이로 인한 의료이용 차이에서 발생하는 오차 등 연구결과 해석시 감안해야 할 유의점이 많으므로 ('조사결과 해석상의 유의점' 참조), 수진율이 높거나 낮게 나타난 질병군들에 대해서는 실제로 유병률이 높은지의 여부 및 그 원인을 확인하기 위한 지속적인 관찰 및 추가연구를 하는 것이 바람직하다.

라. 종합 결론

○ 이상의 유해물질 폭로평가 및 건강영향평가 결과를 종합해 볼 때, 현재 여천공단의 근로자에게 작업환경으로 인한 뚜렷한 건강장해는 없는 것으로 판단된다.

- 일상적인 작업하에서 여천공단 근로자들은 유해물질에 대한 노출이 작업환경 노출기준의 1/1,000-1/10 수준으로 극히 낮은 농도이므로 현재까지의 지식으로는 향후에도 인체에 특별한 건강장해를 유발할 우려는 없는 것으로 판단되나,

- 저농도 장기노출로 인한 건강장해 발생 개연성에 충분히 대비하기 위하여 여천공단 입주업체가 공동으로 장기적이고도 지속적인 관찰 및 자료축적을 할 필요가 있다.

7. 고찰

가. 여천공단의 특성 및 실태조사 방향

여천공단은 1967년 여천국가공업단지의 기공과 함께 공단이 조성되기 시작하여 1970년대 이후 본격적으로 석유화학업종을 중심으로 확장되기 시작하였으므로 입주업체에 따라서는 20년 이상 가동중인 경우도 있다. 따라서, 근로자 건강영향평가에서는 20년 이상 여천공단의 작업환경영향이 누적되어 나타날 수 있는 건강상의 효과 - 예를 들면, 암발생의 증가 - 를 파악하는데 많은 관심을 두었다.

1996년 10월 현재 가동중인 83개 업체중 37개 업체가 화학제품제조업 및 석유화학업종으로 여천공단의 주 산업을 이루고 있으며, 석유화학공업은 액상의 원료가 밀폐된 수송관을 통해 반응·제조설비로 수송되어 반응이 이루어지도록 설계되어 있는 장치산업이므로 생산직 근로자의 주 작업환경은 대기와 맞닿아 있는 옥외공간이다. 석유화학단지에서 외기로 누출될 가능성이 있는 오염물질은 주로 휘발성이 강한 유기화합물로, 대기중에 누출되면 비교적 넓은 지역에 빠르게 확산될 가능성이 있다. 휘발성이 강한 유기화합물의 독성학적 특성상 비교적 저농도에서도 직접 공기와 접촉하는 신체부위에 자극증상을 유발할 수 있으므로 건강영향평가시 이러한 부분을 특히 유념하여 관찰하였다.

'사업장 보건관리 기초조사'에서 나타난 바와 같이 여천공단내 석유화학계 원청업체(모기업)는 다양한 내용(포장, 출하, 청소, 공무, 보수공사 등)의 업무를 상주협력업체 및 일용직 용역근로자에게 맡겨 해결하고 있음을 알 수 있었는데, 근로자 건강실태조사에서는 조사기간과 조사인력상의 제약으로 정규직 근로자를 중심으로 조사가 진행된 아쉬움이 있다.

본 실태조사에 앞서 여천공단과 흡사한 외국의 석유화학단지 근로자들의 건강문제에 대한 참고문헌들을 검색해 본 결과, 주요건강문제로 관심을 삼고 있는 것은 외부 공기에 노출된 신체부위의 자극증상과 암발생 증가 여부였다. 암발생 증가 여부에 대해서는 모든 연구결과가 일치되는 것은 아니었으며, 피부 및 점막에 대한 신체자극증상의 증가 현상은 대체로 일치되는 결과를 보이고 있었다.

나. 작업환경측정을 통한 유해물질 폭로평가

작업환경측정 결과 사업장에서 발생하는 유해화학물질의 평균농도는 현행 노동부 고시에서 규정하고 있는 노출기준에 비해 1/1,000~1/10 수준으로 낮았다. 따라서 비록 휘발성 유기용제의 특성상 비교적 저농도에서 신체부위에 일시적으로 직접 접촉하여 자극증상을 유발할 수는 있을지라도, 신체의 주요장기에 뚜렷한 영향을 미칠 만큼 체내에 축적되지는 않을 것으로 생각되며, 또한 폭로상태가 장기간 지속되지 않고 있으므로 간장, 신장, 조혈기관 등의 주요장기에 만성적 질병상태까지 이르는 경우는 거의 없을 것으로 추정된다.

다. 생체시료를 이용한 유해물질 폭로평가

생체시료를 이용한 유해물질 폭로평가의 일환으로 '염색체검사'와 '싸이토크롬 P450 동위효소검사'를 본 조사에서 특별히 실시해 보았다. 염색체 이상 발현빈도와 P450 동위효소 발현빈도가 조사군에서 대조군에 비해 유의하게 더 높은 것으로 나타나 일단은 이들 조사군 근로자들이 작업환경에서의 유해화학물질폭로를 반영하는 것으로 추정할 수 있다. 그러나, 이들 검사는 폭로평가를 위한 검사이므로 검사결과 이상으로 나타났다는 것이 건강상 영향을 받았다는 것을 말하는 것은 아니며 단지 당해물질에 폭로되었다는 것을 보여주는 제한적인 의미로 보아야 한다.

우리나라 인구집단에서는 처음 시도되는 '싸이토크롬 P450 동위효소검사'에 비해 연구가 상대적으로 많이 되어온 '염색체검사'의 경우에도 아직 비교의 기준을 삼을 우리나라 일반 인구집단에서의 염색체 이상 빈도 자료가 축적되어 있지 않은 상태이며, 또한 '염색체검사'는 유해화학물질에의 폭로만을 특이하게 보여주는 것은 아니고 여천공단의 작업환경 영향 이외에도 음주・약물복용 등 개인적인 생활양식의 차이나 유전적 소인 내지 과거 또는 현재의 질병 등이 혼란변수로서 검사결과에 영향을 미칠 수 있기 때문에 검사결과의 해석에 제한이 따른다. 특히 이번 검사는 흡연・음주・연령 외의 변수들을 통제하지 못하고 진행되어 그 의미에 한계가 있다. 또한 이러한 검사로 폭로를 평가할 때에는 검사결과판정을 위한 절대기준치가 있는 대사산물검사와는 달리 집단과 집단을 비교할 때에만 해석이 가능하며 각 개인당 염색체 이상 빈도로 개인별 폭로정도를 판단할 수는 없다. 집단을 대상으로 한다 하더라도 앞으로 이들 두 가지 검사를 여천공단과 같은 근로자집단에서 유해물질

폭로평가지표로 적용하기 위해서는 다양한 집단에서의 많은 경험이 축적되어야 하며 아울러 용량-반응관계연구 등 보다 분석적인 연구가 시도될 필요가 있다. 지금까지 연구결과에 의하면 DNA손상이 염색체이상으로 나타나는 정도는 여러 요인들 - 폭로량, 염색체이상으로 전환될 수 있는 DNA상해의 정도, DNA손상이 회복되는 정도 - 에 의해 좌우되는데, 이 요인들은 개인마다 차이가 나며 DNA손상중 일부만 염색체 이상으로 나타나기 때문에 염색체 이상 빈도를 측정한 결과가 폭로의 정도를 직접 반영해 주는 것은 아니다. 즉 조사군(폭로군)에서 비교군보다 염색체 이상 빈도가 증가된 사실은 염색체 이상 유발물질에 폭로된 사실을 의미할 뿐 폭로량을 추정하거나 폭로로 인한 건강상의 장애를 추정할 수는 없다.

라. 직접 및 간접적 조사방법에 의한 건강영향평가

근로자 건강실태조사결과를 정리해 보면, 안질환 · 피부질환 · 호흡기질환으로 인한 의료이용빈도는 대조군에 비해 여천공단 근로자에게서 더 높았으나 악성종양 및 신체주요장기(간, 신장, 혈액 등)의 질병으로 인한 의료이용 증가경향은 포착되지 않았다. 즉, 여천공단 대부분 근로자의 건강수준은 여천공단의 작업환경영향을 받지 않은 대조군과 특별한 차이가 없어 작업환겨으로 인한 건강장해의 증거는 찾을 수 없었다. 근로자 의료이용실태조사는 집단의 유병률이 아닌 의료이용 수진율을 분석하는 것이므로 집단의 질병실태를 직접적으로 추정할 수 없을 뿐 아니라 사업장 및 개인특성별 정보의 부족으로 인해 유해인자 폭로와 그 영향을 개인단위로 확인할 수 없는 제한점, 의료기관 분포의 지역간 차이로 인한 의료이용 차이에서 발생하는 오차 등 연구결과 해석시 감안해야 할 유의점이 많으므로 ('조사결과 해석상의 유의점' 참조), 수진율이 높거나 낮게 나타난 질병군들에 대해서는 실제로 유병률이 높은지의 여부 및 그 원인을 확인하기 위한 지속적인 관찰 및 추가연구를 하는 것이 바람직하다.

마. 여천주민 건강진단결과와의 비교 필요성에 대한 견해

몇가지 검사항목(예를 들어, 주민건강진단에서는 폐기능검사 및 심전도검사가, 근로자 특별건강진단에서는 염색체검사 · 직업성천식검사 및 중추신경기능검사가 더 추가되었음)을 제외하곤 환경부에서 주관한 여천주민 건강진단과 이번에 조사된 근로자 특별건강진단간에 전반적인 건강수준을 절대평가(이상자 판정기준에 의거)할 수 있는 검사항목들이 공통적으로 수행되었다 할 수 있으므로 이들 두 건강진단결과의 비교 자체가 불가능한 것은 아

니나, 여천공단 주변에 사는 주민들과 여천공단의 근로자는 연령범주와 유해물질 폭로양상 및 정기건강진단의 기회 등 건강상태에 영향을 줄 수 있는 여러 요인에서 차이가 있어 근로자 건강실태조사의 일환으로 수행된 근로자 특별건강진단결과와 여천주민 건강진단결과를 단순 비교한다는 것은 큰 의미가 없다 하겠다.

바. 여천공단 근로자 보건관리에 대한 제언

지금까지 살펴 본 여천공단의 작업환경특성과 근로자의 유해물질 폭로양상 및 건강평가결과를 종합해 볼 때, 통상적이 아닌 작업환경하에서 비정기적이고 일시적인 폭로가 만성적으로 지속되면 조직의 병리현상을 동반하는 질병상태로 진전할 가능성을 배제할 수 없으므로 이러한 폭로상황에 대한 폭로저감대책과 함께 향후 안질환·피부질환·호흡기질환 등의 상병양상변화를 장기적으로 관찰하는 지역 질병감시체계를 구축할 필요가 있다. 여천공단 작업환경의 영향이 상당히 장기간 누적되어 나타나는 건강영향지표로는 암발생 증가를 생각할 수 있다. 그러나, 현재로서는 여천공단 근로자에게서 타지역에 비해 암발생증가의 단서가 포착되지 않았으나 앞으로 악성종양도 여천공단지역 질병감시대상질병의 하나로 삼아 지속적인 모니터링을 실시할 필요가 있다. 여천공단의 경우와 같이 저농도의 유해물질에 복합적으로 폭로되는 근로자들에게는 기존의 특수건강진단항목을 늘려 개인별로 정밀하게 건강진단을 한다고 해서 비특이적이고 경미하게 나타나는 건강장해를 작업환경과 관련지어 쉽게 진단할 수 있는 것은 아니므로 그러한 노력보다는 여천공단에 지역질병감시체계를 구축하여 감시대상질병을 정하고 그러한 질병의 발생경향을 시계열적으로 또는 집단적으로 관찰하여 비교 평가하는 것이 비용-효과면에서 훨씬 효과적일 것이다. 감시대상질병은 장차 건강문제로 대두될 수 있으나 잠복기가 길어 발견이 어려운 악성 종양과 일시적인 폭로에서도 눈·호흡기·피부 등 직접 접촉되는 부위에 급성으로 영향이 나타날 수 있는 신체자극증상관련질환으로 하는 것이 좋겠다. 아울러 여천공단 입주업체가 현지와 인접한 대학의 산업의학 전문의와 산업위생전문가를 자문위원으로 위촉하여 의료보험자료·사망자료·의무실 이용기록·건강진단기록 및 유해화학물질에 의한 노출량 평가 등의 자료를 특성에 따라 주기적(월별, 계절별 등)으로 모니터링하여야 할 것이다.

그리고 종합건강진단과 같은 고가의 건강진단기회를 정기적으로 제공하는 방식으로서의 근로자 건강관리보다는 산업의학 전문의와 산업위생전문가를 전임보건관리자로 선임하여 여천공단 작업환경특성에 맞는 집단보건관리를 하는 것이 현명하리라 본다. 그리고,

근로자 건강에 나쁜 영향을 줄 수 있는 비직업적 요인에 대한 관리도 함께 하여야 할 것이다. 여천공단의 조성 역사나 본 조사의 유해물질 폭로평가결과를 감안할 때, 여천공단 근로자의 효과적인 질병예방을 위해서는 발암물질 취급자와 10년 이상 장기근속자들을 일차적인 집중보건관리대상으로 하여, 우선 배치전 건강진단 및 특수건강진단에서 기존의 개인적인 질병이 있는 경우에 작업환경에 의하여 악화되지 않도록 산업보건전문인력이 건강관리를 하여야 하며, 여천공단 입주업체가 주체가 되어 음주·흡연·비만·식생활·운동습관 등의 생활습관(life style) 요인의 변화를 유도하여 만성적 건강장해의 발현에 기여하는 위험요인을 줄여나가야 한다.

사. 조사결과 해석상의 유의점

여천공단과 같은 작업환경 폭로로 인한 건강영향을 평가하는데 있어 애로점의 하나는 병원균과 같이 단일 원인에 의해 발병하는 전염성질환이나 일부 특정한 화학물질에 의한 전형적인 중독증과는 달리 여러 발병인자가 복합적으로 관여하여 비특이적 증상이나 징후 또는 임상검사상의 이상소견을 보인다는 점이다. 여천공단 근로자 건강평가에서의 주 관심사는 입주업체수나 소속근로자수로 볼 때 여천공단에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 석유화학공업에서 근로자들이 어떤 유해물질에 폭로될 수 있는지, 이들 화학물질로 인해 발생할 수 있는 건강장해는 어떤 것인지 등이었다. 작업환경 속에서 가장 폭로 가능성이 많은 유해인자는 대부분 유기용제류와 특정화학물질들이며 이들 유해인자에 과폭로되어 나타날 수 있는 건강장해는 간질환, 신장질환, 정신신경질환, 악성종양 등 병리학적 진단명을 붙일 수 밖에 없는 매우 비특이적인 질병들이다. 따라서 '근로자 특별건강진단'을 통해 파악된 이상자의 건강문제에 여천공단 작업환경이 얼마만큼 영향을 미쳤는가 하는 것은 대조군과의 집단적인 비교를 통한 상대적 평가로서 판단할 수 밖에 없었다. 그 결과 조사군의 건강상태가 뚜렷한 이상을 보이지 않고 있으나 향후 구체적인 필요에 따라서는 특정건강문제와 작업환경과의 관련성을 규명하기 위하여 보다 잘 설계된 분석적 연구를 추가할 수도 있을 것이다.

의료보험자료를 이용한 '근로자 의료이용 및 사망실태조사'는 연구방법론상 '생태학적연구'의 일환인 '자료조사연구'로 여천공단 전체 근로자에 대해 단순한 증상 정도의 가벼운 질

병을 포함하여 모든 상병이 다 분석대상에 포함된다는 점에서 짧은 기간에 매우 포괄적인 상병상태를 파악할 수 있는 방법이다. 그러나 그 결과의 해석시에는 이용자료 자체와 방법론이 갖는 고유한 제한점을 충분히 고려하여야 한다. 쉽게 말하자면, '생태학적연구'는 하나의 생태계로 묶을 수 있는 특정지역 인구집단(여천공단 근로자)이 갖는 여러 특성의 혼합효과를 기존의 자료(의료보험자료, 산재보험자료, 사망자료 등)를 통해 집합적인 모습으로 관찰하는 것으로 숲 전체를 볼 수 있는 장점이 있다. 그러므로 '근로자 특별건강진단'과 같은 직접적인 현지조사연구가 연구내용으로 선정된 검사항목의 범위내에서 나무 한 그루 한 그루를 정밀하게 판정한 후 이를 종합하여 숲의 상태를 판단하려는 방법이라면, '근로자 의료이용 및 사망실태조사'는 나무 한 그루 한 그루의 상태보다는 조금 떨어진 곳에서 숲의 상태를 추정해 보고자 하는 방법이라고 할 수 있다. 그러나 앞에서도 언급한 바와 같이 '근로자 의료이용 및 사망실태조사'와 같은 '생태학적연구'에 의한 결과는 근로자 개개인의 특성과 폭로실태 및 그로 인한 건강영향이 직접적으로 반영된 것이 아니다. 따라서, 수진율이 높게 또는 낮게 나타난 질병군의 실제 유병율 수준 및 그 원인을 확인하기 위해서는 지속적인 관찰 및 추가연구를 하는 것이 바람직하다. 또, 몸이 불편하다고 하여 모두 의료기관을 이용하는 것도 아니고 의료보험자료에 기재된 진단명의 신뢰성 문제도 있다. 또한 '근로자의료이용조사' 결과에서 여천공단 근로자의 주요장기질환으로 인한 의료이용빈도가 대조군에 비해 낮은 것에 대해서도 단지 '단면적 연구'에서 관찰할 수 있는 '건강근로자효과(Healthy Worker Effect : 건강하지 못한 사람은 고용에서 제외됨으로 인해 일반인구집단보다 근로자집단의 전체 사망률이나 이환률이 낮게 나타나는 현상)' 만으로 설명할 수는 없으므로 향후 다양한 심층분석을 통해 확인되어야 할 것이다.

여 백

I. 서　론

1. 조사배경
2. 조사목적
3. 조사계획 수립
4. 추진경과
5. 여천공업단지의 특성
6. 용어의 정의

여 백

Ⅰ. 서론

1. 조사배경

여천공단은 정부의 중화학공업 육성계획의 하나로 전라남도 여천시 낙포동, 월내동, 중흥동, 평려동, 화치동, 월하동, 주삼동등 약 930여만평에 조성된 석유화학공업단지이다. 1967년부터 여수공업단지 조성을 시작으로 하여 몇단계를 거쳐 1979년 10월에 완성되었으며 현재 석유화학을 주업종으로 비금속광물, 금속제련, 운수 및 창고보관등 150여개업체 15,000여명의 근로자가 종사하고 있는 대규모 중화학 공업단지이다.

20여년이상 공단이 가동됨에 따라 석유화학업종의 부산물로 인한 각종 오염물질의 배출과 소음, 진동 등으로 공단주변의 환경변화로 인한 생태계 파괴 및 지역주민들의 건강 유해성의 증가 가능성 등이 사회적 문제로 쟁점화되기 시작하였다. 1994년 환경부는 15년동안의 공단 지역주민 건강조사에 대한 종합분석 및 평가를 통해 주민들의 총증상호소율은 점차로 증가하는 추세에 있으나 타지역 주민과의 차이는 뚜렷하지 않고, 환경오염에 의한 호흡기질환자, 피부질환자, 안과질환자 등으로 판정된 경우는 없으며, 중금속에 중독된 상태라고 판정된 예도 없다고 보고하였다. 그러나 1996년 한국과학기술연구원의 보고에 의하면 여천지역의 환경오염이 매우 심각하므로 가능한 조치와 함께 주민의 단계적 이주가 필요하다는 환경부와 상반된 조사결과를 제시하였다.

이러한 연구결과는 지역주민들과 정부사이에 심각한 갈등을 일으켰고 마침내 공단인근에 위치한 주거지역의 환경오염과 주민의 건강장해 차원에서 공단내 사업장의 환경오염과 근로자의 건강이상에 대한 우려로 여론이 확대되기 시작하였다. 이에 노동부와 산업보건연구원은 여천공단의 작업환경 및 근로자 건강평가를 위하여 학계, 노동계, 경영자 대표 및 정부 관계자 등이 참여하는 실무위원회를 구성하고 여천공단내 사업장의 작업환경 및 근로자 건강상태에 대한 구체적인 조사사업을 착수하였다.

여천공단의 작업환경과 근로자들의 건강상태에 대해서는 두가지 견해가 있을 수 있다. 첫 째는 여천공단은 석유화학공장이 밀집한 장소로서 공정설비가 옥외에 노출되어 있는 것이 특징이므로 근로자들이 자체 작업환경으로 부터의 직접적인 오염과 이웃공장으로 부터의 오염 뿐만 아니라 지역의 대기오염에 의한 영향을 동시에 받을 수 있다는 가능성 때문에 공장내부가 더욱 환경오염이 심하고 근로자들의 건강상태가 공단 주변에 위치한 지역주민의 건강장해에 비하여 더 심각하리라는 견해이다. 둘째는 24시간 폭로되는 지역주민에 비

하여 8시간 폭로되는 근로자들은 누적폭로량이 적을 것이며 건강관리에 있어서도 매년 1회 이상의 건강진단을 받아 왔으며 이상이 있을 경우 사후관리를 하고 있어 근로자들의 건강상태는 지역주민에 비하여 양호할 것이라는 견해이다. 그러나 두번째 견해의 경우에도 기존의 건강진단과 작업환경측정이 갖는 여러가지 한계 때문에 사업장의 작업환경 및 근로자들의 건강상태를 좀 더 객관적으로 파악하여 조사의 신뢰도를 높이고 대책수립안을 마련하기 위하여 종합적인 여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사가 필요한 것이다.

2. 조사목적

전반적 목적 :

여천공단내 위치한 사업장의 옥내·외 작업환경을 측정하여 오염상태를 파악하고 근로자들의 현재 유해물질 폭로상태 및 건강상태를 평가하여 문제점을 분석함으로써 여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 개선에 관한 종합보건관리대책을 수립하고자 하는 것이다.

구체적 목적 :

첫째, 옥내·외 작업환경을 측정하여 여천공단 근로자의 유해물질 폭로수준을 평가한다.

둘째, 자료조사와 현지조사를 통해 여천공단 작업환경으로부터 폭로될 수 있는 물질의 독성으로 인한 건강영향을 평가한다.

셋째, 작업환경 오염물질에의 노출과 근로자 건강수준과의 관련성을 검토한다.

3. 조사계획 수립

가. 조사팀 구성

여천공단의 특성을 고려한 작업환경 실태조사와 근로자 건강상태 파악을 위해 다양한 전문인력이 참여했으며, 전반적인 연구조사 진행상 현지 의료기관 내지 행정기관으로 부터의 자료협조와 많은 시간이 소요되는 근로자 의료이용조사 및 근로자 특별검진 등을 위하여 지역적인 연고와 전문성을 고려해 지역과 인접한 거리에 있는 대학에 용역을 의뢰하였다.

< 참여기관 및 담당역할 >

총괄 : 여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사위원회(문영한 위원장)

- 전체조사 기본방향 설정
- 조사계획 검토
- 조사결과종합 검토

사업장 보건관리 기초조사 : 산업보건연구원

작업환경조사

- 옥내작업환경측정 : 작업환경관리 실태조사반 참여하에 개별 사업장별로 노사합의하에 선정한 작업환경측정기관이 실시
- 옥외작업환경측정 : 연세대, 고려대가 '특별작업환경측정' 용역에 의해 실시

복합유해물질 폭로평가(표본조사) : 산업보건연구원

- 환경시료에 의한 폭로평가
- 생체시료에 의한 폭로평가
  - o 방향족 탄화수소화합물의 대사산물 측정
  - o Cytochrome P450 동위효소 측정
- 문진 및 임상적 검사 등에 의한 건강평가

근로자 건강조사

- 근로자 특별건강진단 : 전남대학병원 산업의학과
- 의료이용 및 사망실태조사 : 조선대학교 의과대학 예방의학교실

<여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사위원회 명단>

위원장 : 문영한(산업보건연구원장)

건강관리실태조사반 (11명)	
조선대	김기순
전남대	김병우
조선대	김양옥
전남대	문재동
조선대	박 종
서울대	백도명
전남대	손석준
성수의원	양길승
산보연	박정선(반장)
산보연	김양호
산보연	안연순

작업환경실태조사반 (11명)	
고려대	김광종
가톨릭대	김현욱
서울대	백남원
연세대	노재훈
순천향대	안규동
공단본부	이경남
산업안전교육원	이은영
산보연	오세민(반장)
산보연	정동인
산보연	유기호
산보연	김성진

관 련 위 원 (6명)	
한국노총 여천지역지부의장	배용하
대림산업노조위원장	이해범
여천공단공장장 협의회장(남해화학)	오두영
여천공단석유화학 안전관리협의회장 (한화)	윤상천
여수지방노동사무소장	고원석
여천산업안전기술 지도원장	최재수

※ 위원장 포함 총 29명

나. 조사설계

실태조사의 전체 기본방향은 실태조사위원회 위원 제위의 의견을 수렴하여 결정하였으며, 조사설계에 앞서 조사기간과 사업예산의 제약상 짧은 기간동안 효과적으로 문제점을 파악하기 위해 조사수행을 위해 세웠던 기본방침은 다음과 같다.

첫째, 현지조사시 여천공단의 작업환경수준과 근로자의 전반적인 건강수준 파악과 더불어 석유화학공단의 주요건강문제로 외국문헌에서 발표된 바 있는 호흡기질환(기관지천식을 포함) 및 피부질환과 악성종양에 대하여도 함께 파악한다.

둘째, 여천공단 입주업체 전수를 사업장 기초조사의 조사대상으로 하되, 작업환경조사는 KIST에서 수행한 연구에서 여천공단 주변지역 대기오염의 발생원이라고 추정된 석유화학공장을 위주로 수행한다. 한편, 근로자 건강조사는 여천공단의 전체 근로자를 조사대상으로 하되, 현지조사시는 조사수행에 효율을 기하기 위해 고위험 근로자군을 별도 선정기준에 의거 집중 조사한다.

셋째, '자료조사'를 '현지조사'와 병행함으로써 '단면조사'의 제한점을 최대한 보완한다.

이상과 같은 조사수행 기본방침을 바탕으로 조사목적에 맞춰 당초 계획된 조사단위별 수행체계는 그림I-1과 같다.

여천공단의 전반적인 작업환경 오염수준과 그로 인한 건강영향을 평가하기 위해 실태조사는 크게 '유해물질 폭로평가'와 '건강영향평가'로 구성되어 있으며, 제한된 조사기간내에 전체 조사를 보다 효율적으로 수행하기 위해 먼저 여천공단 입주업체의 일반적 특성과 산업보건관련 기초자료 수집을 위한 '사업장 보건관리 기초조사'를 수행하고, 여기서 수집된 사업체 목록(원청업체 및 협력업체), 사업장별 화학물질 사용실태, 작업환경측정결과 및 건강진단결과자료 등은 다른 단위조사에 기초참고자료로 활용토록 제공하며, 건강진단결과 및 기타 산업보건관리실태자료는 사업장 특성별로 묶어 분석・비교토록 하였다.

'유해물질 폭로평가'를 위해서는 여천공단의 특성을 잘 대변할 수 있는 사업장의 근로

자를 대상으로 개인시료채취를 통한 '작업환경 모니터링' 방법을 위주로 하되, 여러 가지 유기화합물을 취급하고 있는 일부 표본집단(복합유해물질 폭로 가능 집단)에 대해 혈액 및 소변 등의 생체시료를 이용하여 복합유해물질의 체내 유입량을 정량화하는 '생물학적 모니터링' 방법을 실시함으로써 일부 소규모집단에서나마 다각도의 '폭로평가'를 시도하였다. '생물학적 모니터링'은 이미 특수건강진단시 시행되고 있는 '대사산물검사'와 우리나라에서 처음 시도해보는 '싸이토크롬 P450 동위효소검사'를 복합유기용제에 폭로될 가능성이 있는 일부 소규모 근로자 집단에 대해 실시해 본 것인데' '싸이토크롬 P450 동위효소검사'는 사실상 폭로평가를 위한 것이라기 보다는 저농도 복합유해물질 폭로에 대한 새로운 폭로평가방법의 개발에 그 의미를 두었다. 또한, 일부 발암물질 취급자의 유해물질 폭로실태를 알기 위해 '염색체검사'가 '근로자 특별건강진단'에 포함되어 실시되었다. 또한, '작업환경 모니터링'을 위한 별도의 예산이 실태조사 초기에는 확보되어 있지 않았기 때문에 여천공단의 특성을 대변해주는 28개 사업장에 대해 사업주가 부담하는 법정작업환경측정을 보다 충실히 하도록 현장에서 지도하고 그 측정결과자료를 입수하여 평가하는 것으로 계획되어 있었으나 추후 예산이 추가배정되어 2개 사업장이나마 근로자들의 옥외작업으로 인한 폭로수준을 보다 정확히 추정할 수 있도록 보강되었다.

'건강영향평가'를 위한 '건강모니터링'은 현지에서 이루어지는 '근로자 특별건강진단'이라는 직접적인 조사방법과 기존에 구축되어 있는 DB 등의 기록을 입수하여 분석해 보는 '근로자 의료이용실태조사' 라는 간접적인 방법에 의해 수행되었다. '근로자 특별건강진단'은 업종을 보아 유해물질에 폭로될 가능성이 있는 모든 사업장 근로자를 1차 조사대상으로 폭로력 조사를 시행한 후 일정기준에 의거 폭로군과 대조군을 선정하여 복합유해물질에 폭로되는 근로자들에 대한 절대건강평가를 시도하는 것이며, '근로자 의료이용실태조사'는 역학적 연구방법론중 '생태학적연구'의 성격을 띄는 것으로 즉 여천공단의 개별 근로자의 폭로와 건강영향에 대한 특성을 모르는 채 여천공단 근로자 전체 집단의 폭로 특성과 집단의 건강관련지표(질병군별 수진율 등)만 가지고 그 둘간의 연관성에 대해 추정해 보는 것이다.

여천공단의 작업환경수준과 근로자들의 건강수준과의 인과성을 밝히려면 '유해물질 폭로평가'를 통해 폭로집단과 비폭로집단을 명확히 구분한 후 이들 두 집단에 대한 '건강영향평가'를 전향적으로 실시하는 것이 가장 이상적 조사방법이나, 제한된 여건내에서는 다음과 같이 여러 성격의 단위조사결과를 종합하여 전체 실태를 추정하는 것이 효과적인 방법일 수 있다.

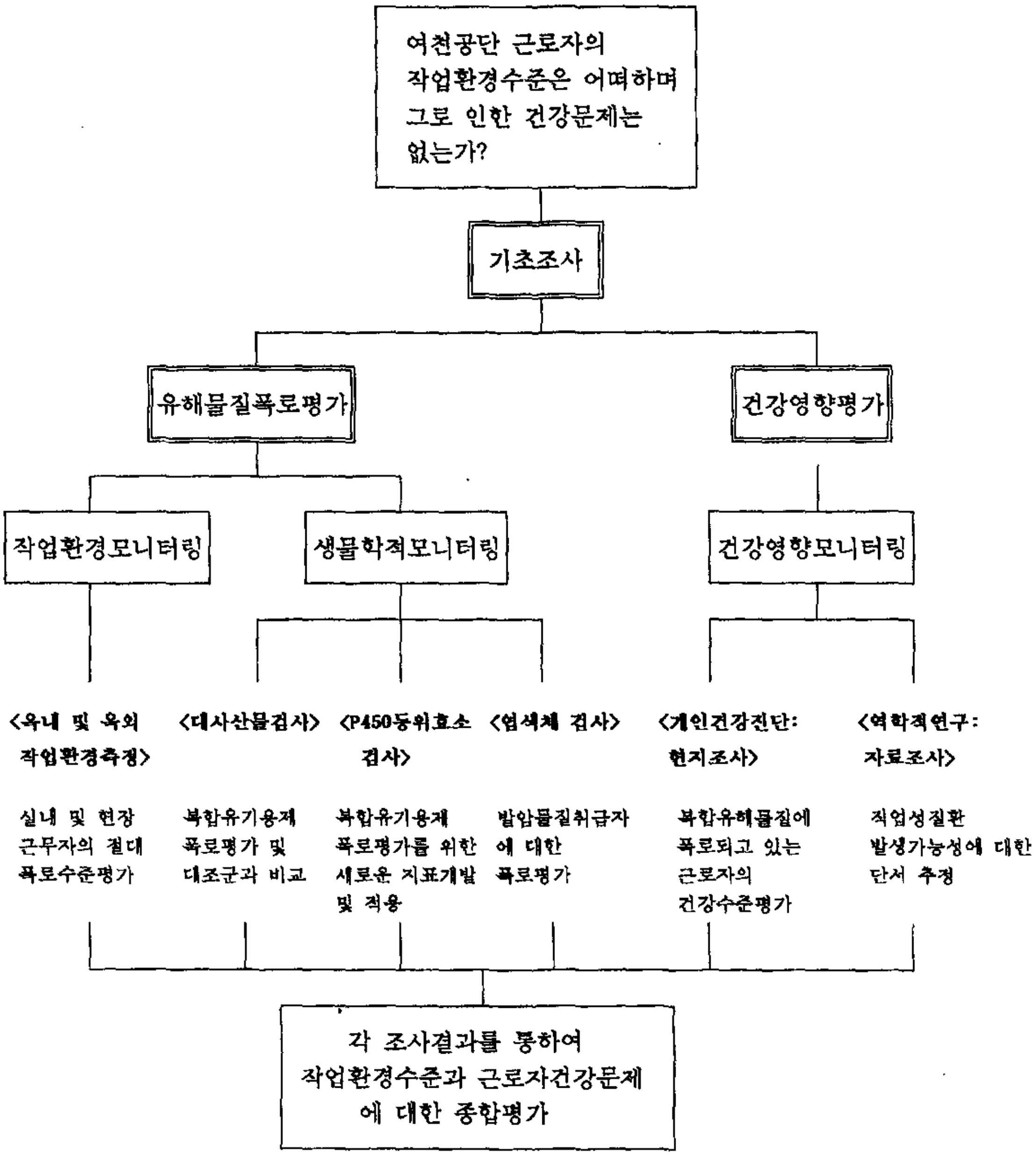


그림 I-1. 단위별 조사수행 체계도

4. 추진경과

☐ 1996. 8. 1(목) - 8. 7(수) : 여천공단 근로자 건강관리실태 예비조사 실시

☐ 1996. 8. 26 : 산업보건연구원 주관으로 여천공단 근로자 건강관리실태 본조사에 대비한 전문가 회의 개최(학계, 노사, 관계전문가 등 28명 참석)

☐ 1996. 9. 17 : 환경부에서 "여천공단주변 대기보전 특별대책 지역지정 및 지역 특별종합대책" 국무회의 보고 : 주요내용 - 여천공단 주변지역 주민을 상대로 건강진단을 실시(1996. 9 중순-1997. 3 중순). 공단주민이 아닌 근로자는 건강진단대상에서 제외됨

☐ 1996. 9. 24 : 산업보건연구원 주관, 1차 전문가 회의를 토대로 조사계획수립을 위한 제1차 실무위원회 개최

☐ 1996. 9. 30 : 노동부장관 공문 접수 - '여천공단 근로자 안전 및 건강관리 실태조사 세부계획 수립추진(환경 68344-356)'

☐ 1996. 10. 4 : 산업보건연구원의 제2차 실무위원회 개최를 통해 기본방향 설정

☐ 1996. 10. : 산업보건연구원 '여천공단 근로자 건강 및 작업환경실태 조사계획(보관연0927-)' 수립

☐ 1996. 10. 1 - 10. 20 :
- '사업장 보건관리 기초조사' 의 조사대상, 조사내용 결정
- '사업장 조건관리 기초조사'를 위한 조사표 고안 및 수정
- 조사표 작성요령 설명회에 관한 대사업장 공문발송(여수지방노동사무소)

☐ 1996. 10. 24 :
- '사업장 보건관리 기초조사'의 조사배경 및 조사표 작성요령에 관한 현지 설명회 개최

☐ 1996. 11. 15 :
- 여천 현지에서 '사업장 보건관리 기초조사' 조사표 회수

☐ 1996. 11. 25 : '여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사 계획' 수립

☐ 1996. 11. 26 : 제1차 현지설명회 개최

☐ 1996. 11. 16 - 12. 31
- '사업장 보건관리 기초조사' 조사표 정리 및 조사표 미제출 사업장 제출독려 공문발송(2차)

☐ 1996. 12. 18 : 전남대 및 조선대에 '여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경 실태조사 협조 요청' 노동부장관 공문(산보 68340-914) 발송

☐ 1996. 12. 31 : 조선대와 '여천공단 근로자 의료이용실태 조사' 용역계약 체결

☐ 1997. 1. 1 - 2. 28
- '사업장 보건관리 기초조사' 조사표 컴퓨터 입력

☐ 1997. 2. 24 : 전남대와 '근로자 특별검진사업' 용역계약 체결

☐ 1997. 3. 1 - 3. 15
- '사업장 보건관리 기초조사'를 위한 조사표 미제출 사업장 제출독려 공문발송(3차)

☐ 1997. 3. 1 - :
- '사업장 보건관리 기초조사' 자료정리 및 보고서 작성

☐ 1997. 3. 20 : 조선대 중간보고서 제출

☐ 1997. 3. 31 : 전남대 1차 중간보고서 제출

☐ 1997. 4. 4 : 제2차 현지 설명회 개최
- 추진내용을 노사측에 설명
- 특별건강진단 업무수행시 협조 당부

☐ 1997. 4. 12 : 특별작업환경 용역계약 체결
- 고려대 및 연세대와 2개 사업장 옥외 작업환경측정 등 특별작업환경측정 용역계약을 체결

☐ 1997. 5 - : 근로자 복합유해물질 폭로평가 실시
- L회사 및 D회사 근로자에 대한 복합유해물질 폭로조사

☐ 1997. 6. 23 : 건강실태조사 용역결과 중간보고회의
- 광주에서 전남대 및 조선대의 용역사업 추진 중간보고회를 개최함

☐ 1997. 7. 9 : 특별작업환경측정·용역결과 보고회 개최

□ 1997. 7. 24 : 건강실태조사 용역결과 보고회 개최

□ 1997. 8. 14 : 여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경실태조사 결과 검토를 위한 실태 조사위원회 개최

□ 1997. 9 - : 여천공단 근로자 건강관리 및 작업환경실태조사 종합보고서 작성

5. 여천공업단지의 특성

가. 공단설립역사

- 여천공단은 1967년 여천국가공업단지의 기공과 함께 공단이 조성되기 시작하여 1970년대 이후 본격적으로 석유화학업종을 중심으로 확장되기 시작하여 '96년도 현재 모기업 입주업체수는 90개소로 파악되었다.

나. 기상 및 입지적 특성

- 현재 총면적 931만평으로 여천시 중심부의 북쪽에 위치하면서 광양만을 향하고 있다.
- 여천지역 석유화학공단은 전형적인 계절풍의 영향으로 여름철에는 주로 남풍의 영향을 받고 겨울철에는 북동풍의 영향을 받고 있다.
- 해발 300-400 미터의 산들이 둘러싸고 있는 듯한 지형조건으로 인해 기상상황에 따라 대기오염물질의 정체현상이 발생할 가능성이 있다.

다. 석유화학공업의 특성

- 원료가 밀폐된 수송관을 통해 반응·제조설비로 수송되어 반응이 이루어지도록 설계되어 있는 장치산업이다.
- 생산직 근로자의 작업형태는 조정실 근무자와 현장작업 근무자로 구분되고 현장 근무

자는 일정 구역내를 계속 순시하며 옥내외를 왕복하면서 작업한다.

- 생산직 근로자의 주근무형태는 4조 3교대의 교대근무이다.
- 모기업 회사는 다양한 내용(포장, 출하, 청소, 공무, 보수공사 등)의 업무를 상주협력업체 및 일용직 용역근로자에게 맡겨 해결하고 있다.

라. 유해인자종류 및 노출 특성

- 석유화학단지에서 외기로 누출될 가능성이 있는 오염물질은 휘발성이 강한 유기화합물로, 대기중에 누출되면 빠르게 확산되어 저농도이긴 하나 비교적 넓은 지역에서 많은 근로자가 공동으로 폭로될 가능성이 있다

6. 용어의 정의

본 실태조사 종합보고중 'III. 작업환경 실태조사'에서 사용하고 있는 '노출'과 'IV. 복합유해물질 폭로평가' 및 'V. 근로자 건강실태조사'에서 사용하고 있는 '폭로'는 같은 의미이나 굳이 하나의 용어로 통일하지 않은 것은 나름대로의 이유가 있다. 즉, 작업환경분야에서는 '노출기준(exposure limit)'을 법적 용어로 사용하게 됨에 따라 '노출' 이라는 용어를 비교적 일관되게 사용하는 경향을 보이고 있으나, 산업의학분야에서는 연구설계시 '폭로군' 또는 '비폭로군' 등으로 대상집단을 구분하는 등 '폭로' 라는 용어를 아직도 익숙하게 사용하고 있어 용어선택의 무리한 통일보다는 이원적인 사용이 독자들의 이해를 돕는데 훨씬 도움이 되리라 판단하였다.

여 백

Ⅱ. 사업장 보건관리 기초조사

1. 조사목적
2. 조사방법 및 내용
3. 조사결과
4. 고 찰
5. 요약 및 결론

여 백

Ⅱ. 사업장 보건관리 기초조사

1. 조사목적

여천공단내 사업장 보건관리 기초조사의 목적은 크게 세가지로 첫째는 현재 여천공단내에 입주하고 있는 사업장의 개요(사업장명, 업종, 주생산품, 입주년도, 위치, 근로자수, 사업장형태)를 파악하는 것이며, 둘째는 사업장에서 실시하고 있는 특수건강진단결과 및 일반건강진단결과를 조사분석하고 근로자 상병 및 이직실태, 의무실 이용실태 등을 조사하여 대략적인 근로자들의 건강상태를 파악하는 것이다. 마지막으로 여천공단 근로자 작업환경 및 건강수준 종합평가(근로자 의료이용도 조사, 근로자 특별건강진단)의 기초자료로 제공하고 다른 조사와 결과를 종합하여 여천공단 근로자 건강보호를 위한 대책을 수립하는데 그 목적이 있다.

2. 조사방법 및 내용

1) 조사대상

조사대상 사업장은 여수지방노동사무소에서 명단을 제공받은 90개 사업장(여천공단내 사업자등록을 한 근로자 5명 이상 사업장)과 90개 사업장내에 상주하고 있는 협력업체를 대상으로 하였다.

2) 조사방법

사업장에 보건관리와 관계된 자료를 요구하여 회수하는 방법으로 이루어졌는데 산업보건연구원 여천공단 실무위원회의 토의를 거쳐 요구자료를 결정하였다. 자료중 몇가지는 산업안전보건법에 명시된 서식을 그대로 복사하여 제출토록 하였으며 서식에 없는 부분은 산업보건연구원에서 고안한 조사표를 배포하고 사업장에서 스스로 작성하여 제출토록 하였다.

조사과정은 실무위원회에 소속된 근로자 건강관리 실태조사반중 산업보건연구원내 위원들의 토의를 거쳐 조사대상 사업장, 조사범위, 필요자료를 결정후 조사표를 고안하였다. 조사표 및 요구자료는 근로자 의료이용 실태조사에도 기초자료로 활용하기 위해 의료이용

조사를 담당하는 조선대학교와의 협의를 거쳐 수정・보완하였다. 다음으로 여수지방노동사무소와의 협의를 통해 조사대상 사업장을 결정하고 대상 사업장에 공문을 보내 사업장 보건관리 기초조사의 취지를 설명하고 조사표 배부 및 작성요령에 대한 설명회 일정을 공지하였다. 여천공단내 위치한 서남관리공단에서 조사대상사업장중 42개 사업장이 참석한 가운데 조사표 작성요령 및 요구자료에 대한 설명회를 개최하고 내용이 모호한 부분에 대한 작성원칙에 관하여 즉석에서 토론회를 갖고 작성방법에 대한 의견을 수렴하여 작성기준을 결정하였다. 설명회에 참석한 사업장중 모기업에 대하여서는 자사업장 협력업체에 조사표를 배포하고 작성토록 할 것을 지도하였으며 설명회에 참가하지 않은 사업체에 대해서는 우편으로 조사표를 송부하고 작성요령에 대하여 전화문의를 받았다. 조사표 배포 3주후 동일장소에서 조사표를 수거하였으며 미제출 사업장에 대하여 3차례의 공문을 보내 조사표 제출을 독려하였다.

최종적으로 자료를 제출한 사업장 82개에 대하여 자료의 충실도를 검토하여 불충분한 부분은 전화통화 또는 Fax를 이용하여 보완하고 정리한 후 데이터베이스를 연도별로 구축하고 SPSS통계 프로그램을 이용하여 분석하였다.

3) 조사내용

사업장에 요구한 자료의 내용은 다음과 같다.

가) 일반건강진단결과표(별지서식, 1992 - 1996)

나) 특수건강진단결과표(별지서식, 1992 - 1996)

다) 유소견자 사후관리 소견서(별지서식, 1992 - 1996)

라) 사업장 보건관리 기초조사표(별도양식)

① 사업장의 일반적 특성 - 업종, 생산품, 근로자 분포

② 산업보건조직

③ 안전보건교육 실태

④ 일반 및 특수건강진단결과

⑤ 의무실 이용실태

⑥ 병가 및 이직실태

⑦ 유해부서 및 유해물질 취급 근로자 분포(작업환경측정에 근거)

4) 자료 이해에 필요한 용어의 정의 및 기준

자료분석을 위하여 사업장을 분류하는 과정에서 정한 기준과 용어의 정의는 다음과 같으며 시종일관 이 기준에 근거하여 분류하였으며 아래 언급한 내용은 별도의 주를 달지 않았다.

가) 자료작성 기준시점

특정년도가 언급되지 않은 자료의 기준시점은 1996년 8월 31일로 근로자수, 근로자 분포, 사업장 보건관리 현황, 1996년 의무실 이용실태, 1996년 상병결근 및 이직실태 등이 이 시점을 기준으로 하였다.

나) 업종

① 석유화학 및 화학제품 제조업종(이하 석유화학업종으로 명명)

석유화학 및 화학제품 제조업종은 한국표준산업분류 중분류 23(석유정제품제조업), 24(화합물 및 화학제품제조업), 25(고무 및 플라스틱제품 제조업)에 해당하는 업종으로 정의하였다.

② 비석유화학업종

비석유화학업종은 한국표준산업분류 중분류 23(석유정제품제조업), 24(화합물 및 화학제품제조업), 25(고무 및 플라스틱제품 제조업)이외의 업종으로 정의하였다.

③ 모기업 업종

협력업체의 경우 모기업의 유해인자에 폭로됨을 고려하여 협력업체가 상주하고 있는 모기업의 업종에 의한 분류를 시도하였다.

다) 사업장 형태

사업장 형태는 사업장이 모기업인가 협력업체인가를 의미하며 협력업체인 동시에 다른 협력업체의 모기업인 사업장은 협력업체로 분류하였다.

라) 직력

직력은 근로자가 현직장에 근무한 기간으로 근로자가 직업에 종사한 전 근무기간을 의미하지는 않는다.

마) 유소견율 및 요관찰율

유소견율 및 요관찰율은 건강진단 수진 근로자수에 대한 유소견자수 및 요관찰자수의 백분율이다.

① 평균 유소견율 및 평균 요관찰율
각 사업장의 유소견율 및 요관찰율을 평균한 값이다.
② 가중평균 유소견율 및 가중평균 요관찰율
전체 사업장의 총수진 근로자수중 유소견자수 및 요관찰자수의 백분율이다.

5) 조사상의 제한점

여천공단 사업장 보건관리 기초조사를 위하여 크게 두가지 자료를 이용하였는데 하나는 사업장에서 스스로 기입하도록 한 조사표이고 다른 하나는 일반건강진단기관 및 특수건강진단기관에서 사업장에 보낸 5개년간의 일반 및 특수건강진단결과표(산업안전보건법 시행규칙 제22호(1)(2) 서식)를 복사하여 제출하도록 한 자료이다. 조사표는 근로자 건강관리 실태조사반중 산업보건연구원내 위원들의 토의를 거쳐 조사대상 사업장, 조사범위, 필요자료를 결정한후 고안한 것으로 이중에서 건강진단결과에 관한 내용은 많은 부분이 복사하여 제출하도록 요구한 자료와 동일하였는데 이중점검을 통해 자료의 신뢰도를 높이기 위하여 시도하였으나 자료 수거후 비교한 결과 두가지 자료가 일치하지 않는 사업장이 많았다. 이런 경우 근로자 건강진단결과는 복사하여 제출한 결과로 통계값을 산출하였는데 건강진단결과표도 1992년부터 1996년까지 5개년간의 자료(건강진단결과표로는 한개 사업장이 일반건강진단결과표 5장, 특수건강진단결과표 10장으로 15회의 건강진단기록이 됨)를 모두 제출한 기관은 많지 않았고 자료의 충실도가 좋지 않았다. 건강진단결과표는 크게 두가지 문제가 있었는데 첫째, 일부 결과만을 기입한 경우이고, 둘째, 결과치의 소계 및 합계가 일치하지

않는 경우이었다. 첫번째 예를들면 일반건강진단에서는 수진근로자수, 유소견자수의 계만 기입하고 성과 직종을 구분하여 기입하지 않은 경우가 가장 흔하였고 특수건강진단에서는 수진근로자의 연령분포와 직력분포를 기입하지 않은 경우가 매우 많았다. 두번째 예는 수진근로자가 100명인 경우 연령분포는 90명만 직력분포는 95명만 분류하여 작성한 예이다. 자료의 이런 제한성은 하나하나 확인하여 100%충실한 자료만을 이용하는 것이 원칙이나 건강진단기관에서 자료자체가 처음부터 잘못 작성된 것이어서 현재 전산화가 안된 우리나라 건강진단기관 및 사업장 현실에서 5개년간 15회에 걸친 자료를 정확하게 확인할 수 있는 방법은 없었다. 자료의 이런 부실은 조사표와의 대조, 질병유소견자 사후관리소견서 등을 이용하여 최대한의 보충을 하였으나 한계가 있었는데 자료의 내용이 부족한 것은 분석에서 자료를 제외시키고 결과처리에서 분석된 사업장수를 명기하는 방법으로 처리하였으나 자료가 일관성이 없는 것은 처리가 어려웠다. 자료에서 제외시키는 것이 원칙이겠으나 완전히 정확한 자료만을 이용하기에는 수가 너무 적어져 대표성이 떨어지므로 1%미만의 오차가 있으면 제외시키지 않았다. 예를들면 수진근로자수가 1,000명인데 연령분포가 998명만 분류되어 있는 경우 분석에서 제외시키지 않았다. 건강진단결과를 제외한 자료는 조사표의 자료를 이용하였고 조사표 수거후 더 필요한 내용은 사업장에 FAX를 보내 확인하였는데 예를들면 사업장 설립년도, 여천공단 입주년도, 노동조합 유무 등이며 조사표에 기입된 내용중에서도 미심쩍은 부분은 사업장에 전화로 확인하여 보충하였다. 금번 보건관리 기초조사는 본 연구원에서 사업장을 방문하여 사업장에 보관된 자료를 확인하여 기입하는 방법이 아니고 자기기입식 또는 복사본으로 제출토록 한 것으로 전체적으로 앞서 지적한 문제점이 있어 자료의 질이 다소 떨어지는 것으로 판단된다.

3. 조사결과

여천공단에 입주하여 공장을 가동중인 모기업 및 근로자를 파견하여 작업하고 있는 상주 협력업체(현지에서는 직영협력업체라고도 불림)수는 총 135개로 파악되었으며 이중 82개 사업장이 조사에 응하였다.

1) 사업장 및 근로자 특성

가) 사업장 특성

조사에 응한 82개 사업장의 사업장 형태는 모기업이 49개(59.8%), 협력업체가 30개(36.5%)였으며 3개업체는 협력업체인 동시에 다른 협력업체를 갖고 있었다(이들 3개업체는 차후 분석에서 협력업체로 분류하여 분석하였음). 모기업의 업종은 석유화학업종이 31개(63.3%)였고 이외의 업종이 18개(26.7%)였다. 협력업체는 3개사업장을 제외하고 27개사업장이 비석유화학업종이었다. 그러나 협력업체의 90%(27개)에서 모기업의 업종은 석유화학업종으로 비석유화학업종인 협력업체도 대부분 석유화학업종 모기업에 상주하고 있어 모기업 근로자들과 유사한 유해인자에 폭로되는 것으로 볼 수 있다(표 II-1).

표 II-1. 여천공단 입주업체의 형태 및 업종

사업장 형태	구 분		사업장 수(%)
전체 사업장			135 (100.0)
	모기업		83 (61.5)
	석유화학업종	37 (44.6)	
	비석유화학업종	46 (55.4)	
	협력업체		49 (36.3)
	석유화학업종	4 (8.2)	
	비석유화학업종	45 (91.8)	
	협력업체인 동시에 다른 협력업체가 있는 사업장		3 (2.2)
	석유화학업종	1 (33.3)	
	비석유화학업종	2 (66.7)	
조사에 응한 사업장			82 (100.0)
	모기업		49 (59.8)
	석유화학업종	31 (63.3)	
	비석유화학업종	18 (26.7)	
	협력업체		30 (36.5)
	석유화학업종	3 (10.0)	
	비석유화학업종	27 (90.0)	
	협력업체인 동시에 다른 협력업체가 있는 사업장		3 (3.7)
	석유화학업종	1 (33.3)	
	비석유화학업종	2 (66.7)	
조사에 응하지 않은 사업장			53 (100.0)
	모기업		34 (64.2)
	석유화학업종	6 (17.6)	
	비석유화학업종	28 (82.4)	
	협력업체		19 (35.8)
	석유화학업종	1 (5.3)	
	비석유화학업종	18 (94.7)	

주) 협력업체인 동시에 다른 협력업체가 있는 사업장은 향후 분석에서 협력업체로 분류하였음

여천공단 입주년도는 1980년이전이 14개(17.1%), 1981년부터 1990년까지가 30개(36.6%), 1991년이후가 38개(46.3%)로 1991년 이후에 입주한 사업장이 가장 많았다(표 II-2).

표 II-2. 사업장의 특성별 분포

사업장 특성	구 분	사업장 수(%)
여천공단내 입주년도		
	1970년이전	1 (1.2)
	1971 - 1975	4 (4.9)
	1976 - 1980	9 (11.0)
	1981 - 1985	6 (7.3)
	1986 - 1990	24 (29.3)
	1991 - 1995	31 (37.8)
	1996년 이후	7 (8.5)
협력업체의 자체업종 및 모기업업종에 의한 업종분류		
	자체업종	
	석유화학업종	3 (10.0)
	비석유화학업종	27 (90.0)
	모기업업종	
	석유화학업종	27 (90.0)
	비석유화학업종	3 (10.0)
1)사업장 위치(모기업)		
	월하동	13 (25.0)
	중흥동	10 (19.2)
	낙포동	9 (17.3)
	화치동	8 (15.4)
	월내동	5 (9.6)
	기 타	7 (13.5)

주 1) 2개이상의 공장을 갖고 있고 2개공장의 위치가 각각 다른 금호석유화학, 대림산업, 한화종합화학은 2개지역으로 표기하였음. 협력업체는 사업장의 위치가 모기업내 또는 모 기업인근, 원근지역등 여러개 사무실을 갖고 있는 경우가 많아 분포를 분류하지 않았음

2) 협력업체는 협력업체 고유업종과 협력업체가 소속된 모기업의 업종에 따른 2가지로 분류하여 표기 하였음

3) 협력업체인 동시에 다른 협력업체가 있는 사업장은 향후 분석에서 협력업체로 분류하였으며 이들 업체의 모기업은 모두 석유화학업종임

사업장의 특성중 석유화학업종과 모기업의 특성을 갖는 사업장이 비석유화학업종과 협력업체의 특성을 갖는 사업장에 비하여 1980년이전에 설립되어 설립년도가 오래된 것으로 조사되었다(표 II-3).

표 II-3. 사업장 특성에 따른 사업장의 근로자 규모별 및 설립년도별 분포

단위 : 사업장수(%)

사업장 특성	사업장수	근로자 규모				설립년도		
		50인미만	50 - 299	300 - 999	1,000인이상	-1980	1981 - 1990	1991-
업종별								
석유화학업종	35	10 (28.6)	17 (48.6)	4 (11.4)	4 (11.4)	15 (42.9)	12 (34.3)	8 (22.9)
비석유화학업종	47	24 (51.1)	23 (48.9)			7 (14.9)	18 (38.3)	22 (46.8)
모기업 업종별								
석유화학업종	61	23 (37.7)	30 (49.2)	4 (6.6)	4 (6.6)	16 (26.2)	23 (37.7)	22 (36.1)
비석유화학업종	21	11 (52.4)	10 (47.6)			6 (28.6)	7 (33.3)	8 (38.1)
사업장 형태별								
모기업	49	18 (36.7)	23 (46.9)	4 (8.2)	4 (8.2)	19 (38.8)	17 (34.7)	13 (26.5)
협력업체	33	16 (48.5)	17 (51.5)			3 (9.1)	13 (39.4)	17 (51.5)

주) 괄호안은 가로줄의 백분율임

나) 근로자 특성

82개 사업장의 총근로자수는 13,741명이었고 이중 근로자의 직종과 성이 완전조사된 62개 사업장의 근로자수는 8,871명으로 남성이 8,384명(94.5%)이었다. 직종별로는 생산직이 6,502명(73.3%)으로 사무직 근로자에 비하여 많았고 남성 근로자는 생산직의 비율이 75.8%로 사무직에 비하여 높았으며, 여성 근로자는 사무직의 비율이 70.6%로 생산직에 비하여 높았다(표 II-4).

표 II-4. 성별, 직종별 근로자 분포

	응답사업장수	총 수(%)	사업장당 평균근로자수	최소 근로자수	최대 근로자수
총근로자수[1]	82	13,741	167.57±319.91	4	1,861
근로자수[2]	62	8,871	143.08±305.09	4	1,861
남성	62	8,384[3](94.5)	135.23±296.01	2	1,776
사무직	62	2,025[4](24.2)	32.66± 76.71	1	436
생산직	62	6,359[4](75.8)	102.57±221.68	1	1,340
여성	62	487[3](5.5)	7.86± 14.14	0	85
사무직	62	344[5](70.6)	5.55± 12.27	0	85
생산직	62	143[5](29.4)	2.31± 5.12	0	26

주 1) 조사에 응한 82개 사업장의 근로자수
2) 82개 사업장중 근로자 분포(생산직/사무직, 남/녀)가 조사된 62개 사업장의 근로자수
3) 전체근로자중 남성과 여성의 백분율임
4) 남성근로자중 생산직과 사무직의 백분율임
5) 여성근로자중 생산직과 사무직의 백분율임

사업장 설립년도, 여천공단 입주년도, 업종, 모기업 업종, 사업장 형태 등 사업장의 특성에 따라 근로자수를 조사하였다. 1980년이전에 입주한 사업장(8,546명, 62.2%), 석유화학업종(10,366명, 75.4%), 모기업(11,514명, 83.8%)에 많은 근로자가 근무하고 있었다. 즉, 많은 근로자가 근무하고 있는 석유화학업종의 대부분이 모기업이고 이들은 상당수가 1980년이전에 여천공단에 입주한 것으로 조사되었다(표 Ⅱ-5).

표 Ⅱ-5. 사업장 특성별 근로자수

사업장 특성	사업장수	근로자수(%)	사업장당 평균근로자수	최소/최대
여천공단 입주년도				
- 1980	14	8,546(62.2)	610.43 ± 589.00	19/ 1,861
1981 - 1990	30	3,343(24.3)	111.43 ± 105.84	13/ 539
1991 -	38	1,852(13.5)	48.74 ± 45.89	4/ 218
사업장 업종				
석유화학업종	35	10,366(75.4)	296.17 ± 456.39	6/ 1,861
비석유화학업종	47	3,375(24.6)	71.81 ± 65.58	4/ 258
모기업 업종				
석유화학업종	61	12,224(89.0)	200.39 ± 363.55	6/ 1,861
비석유화학업종	21	1,517(11.0)	72.24 ± 71.72	4/ 258
사업장 형태				
모기업	49	11,514(83.8)	234.98 ± 398.74	4/ 1,861
협력업체	33	2,227(16.2)	67.49 ± 57.16	6/ 235

전체 근로자, 생산직 근로자 및 생산직 근로자중에서도 유해인자에 폭로되어 특수건강진단을 수진하는 생산직 근로자의 연령 및 직력을 비교하였다. 세집단 모두에서 30대가 가장 많았고 다음으로 20대, 40대순이었다. 40세를 기준으로 40세이상 근로자가 차지하는 비율은 전체 근로자에서 26.6%, 생산직 근로자에서 32.4%, 그리고 특수건강진단 수진 생산직 근로자에서 24.6%로 생산직 근로자에서 가장 높았다. 직력은 세집단 모두에서 5년이상 10년미만 근로자가 가장 많았고 다음으로 10년이상 근로자, 1년이상 5년미만 근로자 순이었다. 특히, 10년이상 근로자가 차지하는 비율은 전체 근로자에서 26.2%, 생산직 근로자에서 29.4%, 그리고 특수건강진단 수진 생산직 근로자에서 24.7%로 생산직 근로자에서 가장 높았다(표 Ⅱ-6).

표 II-6. 연령별 근무기간별 근로자 백분률 분포

연령				직력(현직장근무기간)			
	전체 근로자	생산직 근로자	특수건강진단 수진 생산직 근로자		전체 근로자	생산직 근로자	특수건강진단 수진 생산직 근로자
20세미만	0.6	0.5	2.6	1년미만	12.2	12.2	16.5
20세 - 29세	31.0	33.4	36.1	1년이상 5년미만	25.6	27.0	24.6
30세 - 39세	41.8	33.7	36.7	5년이상 10년미만	36.	31.4	34.2
40세 - 49세	21.1	24.4	18.3	10년이상	26.	29.4	24.7
50세 - 59세	5.2	7.6	6.3				
60세이상	0.3	0.4	-				

전체 근로자와 생산직 근로자에서 업종별, 사업장형태별 근로자 연령분포를 분석한 결과 두집단 모두 석유화학업종, 모기업에서 40대미만 근로자 비율이 비석유화학업종에 비하여 높아 비석유화학업종, 협력업체에 40대이상의 근로자가 더 많이 근무하고 있음을 알 수 있다(표 II-7).

표 II-7. 사업장 특성에 따른 근로자의 연령군별 백분률 분포

사업장 특성	전체근로자							생산직 근로자						
	응답 사업장수	-20	20-29	30-39	40-49	50-59	60-	응답 사업장수	-20	20-29	30-39	40-49	50-59	60-
업종별														
석유화학업종	24	0.3	31.9	43.9	20.3	3.5	0.1	12	-	33.1	34.4	25.8	6.7	0.03
비석유화학업종	30	1.4	28.5	35.8	23.2	9.9	1.2	18	2.1	32.4	31.4	21.0	11.1	2.0
모기업 업종별														
석유화학업종	40	0.6	32.1	40.8	20.9	5.2	0.3	23	0.4	32.8	32.7	25.4	8.2	0.5
비석유화학업종	14	0.2	23.5	48.4	22.3	5.1	0.4	7	1.8	34.6	45.5	16.6	1.5	-
사업장형태별														
모기업	33	0.3	30.7	44.6	20.6	3.7	0.1	18	0.2	33.7	35.6	24.4	6.0	0.02
협력업체	21	2.1	32.6	27.5	23.5	12.8	1.6	12	2.0	28.3	24.3	26.3	16.3	2.7

2) 건강진단결과

1992년부터 1996년까지 5개년동안의 일반건강진단 및 특수건강진단 상·하반기결과를 분석하여 사업장 특성에 의한 유소견율 및 요관찰율, 근로자 특성에 의한 유소견율 및 요관찰율을 비교하였다.

가) 일반건강진단

일반질병 유소견자수는 1992년부터 조금씩 증가하여 1992년에는 수진근로자 100명당

3.39명이었으나 1996년에는 9.57명으로 약 2.8배증가하였다. 요관찰자수도 1992년에는 수진 근로자 100명당 6.03명이었으나 1995년에는 14.04명으로 약 2.3배 증가하였으나 1996년에는 다소 감소하였다. 추적조사 이상의 사후관리가 필요한 요관찰자와 유소견자수의 합이 1995년에는 100명당 20.61명 수준이었다(표 II-8).

표 II-8. 연도별 일반건강진단 결과

수진년도	수진 사업장수	수진 근로자수	일반질병 유소견율		일반질병 요관찰율		합계율
			평균 유소견율	가중평균유소견율	평균 요관찰률	가중평균요관찰율	
1992	50	7,659	4.68	3.39	8.20	6.03	9.42
1993	59	7,519	5.69	5.05	6.82	6.93	11.98
1994	66	7,324	4.79	5.80	11.51	13.07	18.87
1995	75	7,523	6.09	6.57	6.80	14.04	20.61
1996	48	6,290	9.94	9.57	6.84	5.36	14.93

주) 합계율은 가중평균유소견율+가중평균요관찰율을 의미함.

직종별·성별 일반질병 유소견율은 5개년동안의 결과에서 사무직과 생산직 모두에서 여성이 남성에 비하여 유소견율이 일관되게 낮았다.

남성 근로자만을 대상으로 요관찰율의 연도별 추이를 보면 사무직의 경우 '92년부터 '94년까지 약간 감소하던 요관찰율이 95년에 2배이상 증가하였고, '96년에 다시 감소되는 등 일관된 경향을 보이지 않았으나 유소견율은 사무직 및 생산직 모두에서 '94년의 일시적인 감소를 제외하고는 모두 증가하는 경향을 보였다.

남성 근로자만을 대상으로 직종별 유소견율을 비교시 '92년과 '96년에는 사무직 근로자의, 그리고 '93년부터 '95년까지는 생산직 근로자의 유소견율이 높았다. 요관찰율은 사무직 근로자가 5개년동안 모두 생산직 근로자보다 높았다. 요관찰자이상의 사후관리가 필요한 근로자는 '94년에만 생산직과 사무직이 비슷하였을 뿐 나머지 4개연도에서는 모두 사무직 근로자에서 많았다(표 II-9).

표 II-9. 연도별 직종별·성별 근로자 일반건강진단 결과

수진년도		수진사업장수	사무직 수진근로자수	사무직 일반질병 유소견율	사무직 일반질병 요관찰율	사무직 합계율	생산직 수진근로자수	생산직 일반질병 유소견율	생산직 일반질병 요관찰율	생산직 합계율
1992	남	36	1,005	3.38	9.85	13.23	4,135	2.78	3.99	6.77
	여	36	262	1.15	1.15	2.30	57	1.75	7.02	8.77
1993	남	50	1,780	4.66	9.10	13.76	4,547	5.39	6.93	12.32
	여	50	331	1.21	1.51	2.72	80	2.50	7.50	10.00
1994	남	39	514	3.50	8.56	12.06	2,935	4.97	7.12	12.09
	여	39	113	1.77	2.65	4.42	102	0.98	0.00	0.98
1995	남	53	1,135	5.11	19.03	24.14	3,508	5.56	10.40	15.96
	여	53	135	4.44	5.93	10.37	141	2.84	9.22	12.06
1996	남	40	2,756	11.25	5.73	16.98	3,060	8.37	5.42	13.79
	여	40	225	3.56	1.33	4.89	149	2.01	2.68	4.69

주) 합계율은 가중평균유소견율+가중평균요관찰율을 의미함.

여천공단 입주년도, 업종별, 모기업 업종별 및 사업장 형태 등 사업장 특성별로 유소견율과 요관찰율을 비교해 볼 때 사업장 특성에 따른 요관찰율은 연도별로 일관된 경향을 보이지 않았다. 그러나 사후관리가 필요한 요관찰자와 유소견자를 합한 비율은 1981년부터 1990년까지 입주한 사업장군이 1980년이전 입주한 사업장군에 비하여 높았다(1993년만 예외). 또한 협력업체가 모기업에 비하여 높았으며(1994년만 예외) 비석유화학업종이 석유화학업종에 비하여 높은(1994년만 예외)것으로 조사되었다(표 II-10).

표 II-10. 연도별 사업장 특성별 일반건강진단 결과

수진년도	구분	여천공단 입주년도			업종별		모기업업종별		사업장 형태별	
		-1980	1981-1990	1991-	석유화학	비석유화학	석유화학	비석유화학	모기업	협력업체
1992	유소견율	2.78	4.57	6.07	2.68	6.15	3.26	4.56	2.85	7.82
	요관찰율	4.71	9.68	8.27	5.59	7.74	6.13	5.17	5.55	9.95
	계	7.49	14.25	14.34	8.27	13.89	9.39	9.73	8.40	17.77
1993	유소견율	4.45	6.05	6.67	4.51	7.04	5.17	4.15	4.42	9.61
	요관찰율	6.09	8.96	2.86	6.87	7.16	7.25	4.39	6.49	10.17
	계	10.54	10.01	9.53	11.38	14.20	12.42	8.54	10.91	19.78
1994	유소견율	6.17	5.92	3.10	6.52	3.48	6.31	2.42	5.99	4.43
	요관찰율	12.31	16.28	10.77	13.31	12.28	13.30	11.49	13.19	12.15
	계	18.48	22.20	13.87	19.83	15.76	19.61	13.81	19.18	16.58
1995	유소견율	6.53	8.37	3.77	7.02	5.31	6.91	4.21	6.68	5.97
	요관찰율	12.39	17.66	16.29	11.83	20.22	12.96	21.45	13.42	17.33
	계	18.92	26.03	20.06	18.85	25.53	19.87	25.66	20.10	23.30
1996	유소견율	9.21	10.61	10.37	9.01	12.20	9.65	8.73	9.02	15.06
	요관찰율	5.33	5.85	4.68	5.47	4.82	5.36	5.35	5.47	4.20
	계	14.54	16.46	15.05	14.48	17.02	15.01	14.08	14.49	19.26

주) '계'는 유소견율 + 요관찰율을 의미함.

나) 특수건강진단

특수건강진단은 매년 수진근로자수와 수진건수가 증가하였으며 상반기를 기준으로 볼 때 일인당 수진건수도 1992년 1.65건에서 1996년 2.16건으로 증가하였다. 유해인자별 수진건수는 특정화학물질이 전체 수진건수의 30.4%(1992년 상반기)에서 42.6%(1994년 하반기)의 비율로 가장 많았고 다음이 유기용제, 소음 순이었다. 그러나 소음, 분진등 물리적인자에 대한 특수건강진단은 연 1회, 특정화학물질, 유기용제등 화학적인자에 대한 특수건강진단은 연 2회 받는 것을 고려할 때 근로자수로는 소음에 대한 특수건강진단을 받는 근로자가 가장 많은 것으로 판단된다. 매년 특수건강진단 전체 수진건수의 95% 이상이 소음, 분진, 특정화학물질, 유기용제등 4가지 유해인자이고 나머지 유해인자는 모두 합하여 5% 미만이었다. 나머지 유해인자중에서는 유해광선에 대한 수진건수가 가장 많았다(표 II-11).

표 II-11. 연도별 특수건강진단 현황

수진년도	수진 사업장수	실인원	건수	소음	분진	석면	유해광선	특정 화학물질	유기용제	연	수은	크롬	기타 중금속	기타
1992 상	21	2,427	3,997	993(24.8)	622(15.6)	4(0.1)	74(1.9)	1,217(30.4)	1,087(27.2)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
하	24	2,862	4,788	1,210(25.3)	480(10.0)	10(0.2)	187(3.9)	1,579(33.0)	1,322(27.6)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
1993 상	37	3,183	5,374	1,268(23.6)	939(17.5)	0(0.0)	199(3.7)	1,622(30.2)	1,313(24.4)	33(0.6)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
하	29	2,835	4,390	796(18.1)	265(6.0)	8(0.2)	157(3.6)	1,737(39.6)	1,427(32.5)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
1994 상	40	3,426	6,204	1,364(22.0)	917(14.8)	9(0.1)	221(3.6)	2,108(34.0)	1,571(25.4)	0(0.0)	8(0.1)	0(0.0)	0(0.0)	6(0.1)
하	32	3,249	5,114	752(14.7)	321(6.3)	8(0.2)	172(3.4)	2,152(42.1)	1,702(33.3)	0(0.0)	7(0.1)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
1995 상	38	3,818	6,953	1,552(22.3)	1,060(15.2)	0(0.0)	165(2.4)	2,377(34.2)	1,753(25.2)	0(0.0)	7(0.1)	39(0.6)	0(0.0)	0(0.0)
하	43	3,231	5,024	685(13.6)	438(8.7)	8(0.2)	73(1.5)	2,148(42.6)	1,650(32.8)	0(0.0)	10(0.2)	12(0.2)	0(0.0)	0(0.0)
1996 상	51	4,084	8,824	2,146(24.3)	1,046(11.9)	3(0.0)	121(1.4)	3,115(35.3)	2,327(26.4)	0(0.0)	7(0.1)	0(0.0)	69(0.7)	0(0.0)
하	68	5,392	9,367	1,513(16.2)	1,031(11.0)	0(0.0)	161(1.6)	3,626(38.7)	2,929(31.3)	0(0.0)	0(0.0)	38(0.4)	79(0.8)	0(0.0)

주) (　)은 특수건강진단 전체 건수에 대한 해당항목 특수건강진단 건수의 백분율임.

특수건강진단을 통해 발견된 직업병 유소견자는 모두 소음성난청으로 1992년 14명, 1993년 22명, 1994년 6명, 1996년 4명이었다.

일반질병 유소견자수는 1992년부터 조금씩 증가하여 1992년상반기에는 수진근로자 100명당 3.21명이었으나 1996년 상반기에는 9.21명으로 약 2.9배 증가하였다. 요관찰자수는 1994년 상반기에 가장 많아 수진근로자 100명당 20.99명이었다. 추적조사 이상의 사후관리가 필요한 요관찰자와 유소견자수의 합은 1995년 상반기에는 100명당 26.86명 수준이었다 (표 II-12).

표 II-12. 여천공단 근로자의 연도별 특수건강진단결과

수진년도		수진사업장수	수진근로자수	직업병 유소견자수	[1]일반질병자수	일반질병 유소견율		[1]요관찰자수	일반질병 요관찰률		[2]합 계 율
						평균	가중평균		평균	가중평균	
1992	상	21	2,427	3	78(83)	7.39	3.21	231(256)	10.68	9.52	12.73
	하	24	2,862	11	85(86)	2.48	2.97	181(191)	10.31	6.32	9.29
1993	상	37	3,183	20	88(90)	4.45	2.76	259(273)	8.82	8.14	10.90
	하	29	2,835	2	180(183)	7.16	6.35	233(237)	8.78	8.22	14.57
1994	상	40	3,426	6	201(214)	5.45	5.87	719(738)	15.97	20.99	26.86
	하	32	3,249	-	203((213)	7.93	6.25	626(652)	16.96	19.27	25.52
1995	상	38	3,818	-	236(247)	5.38	6.18	632(654)	20.01	16.55	22.73
	하	43	3,231	-	230(234)	5.85	7.12	594(649)	14.36	18.38	25.50
1996	상	51	4,084	-	376(411)	6.55	9.20	448(466)	8.52	10.97	20.18
	하	68	5,392	4	391(421)	8.67	7.25	529(558)	11.02	9.81	17.06

주 1) 괄호안은 일반질병건수 및 요관찰건수임.

2) 합계율은 유소견율+요관찰율을 의미함.

여천공단 입주년도, 업종별, 모기업 업종별 및 사업장 형태 등 사업장 특성별로 유소견율과 요관찰율을 비교해 볼 때 사업장 특성에 따라 연도별로 일관된 경향을 보이지 않았다. 그러나 사후관리가 필요한 요관찰자와 유소견자를 합한 비율을 나타낸 일반질병 합계율은 1981년부터 1990년까지 입주한 사업장군이 1980년이전 입주한 사업장군에 비하여 비교적

높은(1996년 상반기만 예외)것으로 조사되었으나 그밖의 특성간에는 특징적인 경향을 찾기 어려웠다(표 Ⅱ-13).

표 Ⅱ-13. 연도별 사업장특성별 일반질병 유소견율 및 요관찰율 : 특수건강진단결과

수진년도		율	여천공단 입주년도			업종별		모기업업종별		사업장 형태별	
			-1980	1981-1990	1991-	석유화학	비석유화학	석유화학	비석유화학	모기업	협력업체
1992	상	유소견	2.53	6.19	2.60	3.03	4.40	3.03	4.40	3.16	3.83
		요관찰	8.54	11.50	22.08	8.68	15.09	8.68	15.09	8.91	16.94
		계	11.07	17.69	24.68	11.71	19.49	11.71	19.49	12.07	20.77
	하	유소견	2.89	3.10	4.10	2.81	3.94	2.81	3.94	2.75	12.50
		요관찰	6.38	6.37	4.10	5.17	13.30	5.17	13.30	6.29	7.81
		계	9.27	9.47	8.20	7.98	17.24	7.98	17.24	9.04	20.31
1993	상	유소견	2.25	3.87	1.79	2.77	2.74	2.77	2.74	2.52	4.86
		요관찰	8.08	8.12	8.93	7.86	9.49	7.86	9.49	8.27	6.99
		계	10.33	11.99	10.72	10.63	12.23	10.63	12.23	10.79	11.85
	하	유소견	5.94	7.47	6.67	6.34	6.45	6.42	5.64	6.22	13.21
		요관찰	7.20	11.20	3.33	8.08	9.35	8.10	9.40	8.16	11.32
		계	13.14	18.67	10.00	14.42	15.80	14.52	15.04	14.38	24.53
1994	상	유소견	5.84	6.35	3.47	5.82	6.17	5.88	5.79	5.83	6.21
		요관찰	20.48	23.10	14.36	21.67	16.52	21.77	14.74	21.39	17.08
		계	26.32	29.45	17.83	27.49	22.69	27.65	20.53	27.22	23.29
	하	유소견	5.80	7.42	3.77	6.24	6.48	6.21	6.53	6.32	3.61
		요관찰	18.38	21.73	11.32	19.45	17.96	19.47	17.61	19.33	16.87
		계	24.18	29.15	15.09	25.69	24.44	25.68	24.14	25.65	20.48
1995	상	유소견	6.06	6.63	3.20	5.93	8.38	5.89	9.76	6.26	4.79
		요관찰	14.71	20.70	9.13	15.77	23.35	15.97	22.65	16.60	15.79
		계	20.77	27.33	12.33	21.70	31.73	21.86	32.41	22.86	20.58
	하	유소견	6.88	7.31	8.41	6.96	7.95	7.17	6.78	7.07	7.61
		요관찰	17.59	17.64	23.45	18.64	17.05	18.81	15.33	18.65	15.58
		계	24.47	24.95	31.86	25.60	25.00	25.98	22.11	25.72	23.19
1996	상	유소견	9.17	9.63	7.91	8.93	11.58	9.25	3.23	8.93	11.55
		요관찰	11.65	8.37	8.70	11.23	8.75	11.60	3.23	11.26	8.55
		계	20.82	18.00	16.61	20.16	20.33	20.85	6.46	20.19	20.10
	하	유소견	6.74	6.74	12.00	6.55	9.76	6.91	9.53	6.91	9.56
		요관찰	8.09	12.25	14.10	8.14	15.79	8.49	18.63	9.04	15.05
		계	14.83	18.99	26.10	14.69	25.55	15.40	28.16	15.95	24.61

주) '상'은 상반기, '하'는 하반기, '계'는 유소견율 + 요관찰율을 의미함

근로자 직력별로 일반질병 유소견율을 비교시 대체로 직력이 증가할수록 유소견율이 증가하였다(표 Ⅱ-14).

표 Ⅱ-14. 특수건강진단 수진근로자의 직력별 건강진단결과

수진년도		수 진 사업장수	전체		1년미만		1-4년		5-9년		10년 이상	
			수 진 근로자수	일반질병 유소견율	수 진 근로자수	일반질병 유소견율	수 진 근로자수	일반질병 유소견율	수 진 근로자수	일반질병 유소견율	수 진 근로자수	일반질병 유소견율
1992	상	17	2,358	3.18	89	-	1,096	2.65	723	3.18	460	5.11
	하	24	2,861	3.01	245	1.22	1,445	2.28	643	3.27	528	5.49
1993	상	35	2,668	2.92	42	-	1,312	2.59	892	2.69	422	4.74
	하	22	1,855	3.83	299	1.00	887	2.93	275	6.18	372	6.72
1994	상	28	1,463	4.31	114	-	584	3.42	487	5.54	278	5.76
	하	18	1,474	5.70	122	3.28	514	4.28	488	6.76	350	7.14
1995	상	23	1,433	5.93	55	3.64	432	4.40	627	6.22	319	7.84
	하	31	1,398	5.01	112	3.57	477	4.19	506	5.93	303	5.28
1996	하	63	5,266	7.65	629	3.66	1,460	6.64	1,939	8.97	1,238	8.80

근로자 연령별로는 20세미만과 50세이상은 수진근로자수 및 유소견자수가 적어 자료의 안정성이 적으므로 예외로 판단하고 20대, 30대, 40대를 비교시 연령이 증가할수록 유소견

율이 증가하는 결과를 보였다(표 II-15).

표 II-15. 특수건강진단 수진근로자의 연령별 건강진단결과

수진 년도		수진 사업장수	전체		20세미만		20-29세		30-39세		40-49세		50세 이상	
			수진 근로자수	일반질병 유소견율	수진 근로자수	일반질병 유소견율	수진 근로자수	일반질병 유소견율	수진 근로자수	일반질병 유소견율	수진 근로자수	일반질병 유소견율	수진 근로자수	일반질병 유소견율
1992	상	17	2,354	3.19	13	7.69	990	2.12	1,045	2.97	269	5.95	37	16.22
	하	24	2,822	3.05	23	-	1,307	1.30	1,121	3.84	348	6.90	23	8.70
1993	상	35	2,658	3.01	17	-	1,125	1.24	1,113	3.50	363	6.06	40	12.50
	하	22	1,852	3.83	3	-	907	1.98	675	4.15	240	8.33	27	18.52
1994	상	28	1,465	4.30	50	-	470	1.49	695	4.17	221	11.31	29	6.90
	하	18	1,472	5.71	15	6.67	462	3.25	668	6.14	300	8.00	27	11.11
1995	상	23	1,443	5.89	172	-	619	2.91	496	7.66	132	20.45	24	8.33
	하	31	1,394	5.02	5	-	522	3.07	606	4.29	224	8.48	37	24.32
1996	하	63	5,246	7.68	133	1.50	1,778	5.23	2,050	8.24	1,046	9.75	239	15.48

3) 의무실 이용실태

조사대상 82개 사업장중 의무실을 설치하고 근로자들에게 이용하도록 하고 있는 사업장은 16개 사업장(근로자수 8,693명)으로 이중 3개 사업장은 전임 의사와 간호사, 9개 사업장은 간호사, 2개 사업장은 보건관리대행, 2개 사업장은 의사, 간호사외의 전임 보건관리자를 두고 있었다. 업종별로는 석유화학업종이 10개, 비석유화학업종이 6개였고 사업장 형태별로는 모기업이 13개였으며 협력업체도 3개 있었다(표 II-16).

표 II-16. 의무실 설치 사업장의 특성

사업장수	근로자수	보건관리형태				업종		사업장 형태	
		의사 간호사	간호사	보건관리대행	기타	석유화학	비석유화학	모기업	협력업체
16	8,693	3	9	2	2	10	6	13	3

1992년부터 1996년 8월 31일까지 의무실을 이용한 건수는 104,992건이었다. 의무실을 이용하는 원인중 가장 많은 빈도를 차지하는 상위 2개 질환은 5년동안 모두 소화기질환과 호흡기질환으로 이 두가지 질환이 전체 질환의 약 50-60%를 차지하고 있었다(표 II-17)(표 II-18).

표 Ⅱ-17. 연도별 의무실 이용실태

질병명		이용근로자수				
		'92	'93	'94	'95	'96(8월 말까지)
1. 소화기 위염, 위궤양등 위장관질환 및 간장질환		5,176 (32.3)	5,579 (31.8)	6,620 (29.4)	7,800 (28.7)	5,971(27.6)
2. 호흡기 결핵 및 감기, 기관지 염등 호흡기질환		3,863 (24.1)	3,875 (22.1)	5,959 (26.4)	7,767 (28.6)	5,638(26.0)
3. 순환기 고혈압, 부정맥, 기타 심장질환 및 뇌혈관질환		884(5.5)	1,177(6.7)	1,228(5.4)	1,529(5.6)	1,061(4.9)
4. 혈액조혈기(빈혈 등)			11(0.1)	50(0.2)	93(0.3)	41(0.2)
5. 내분비 당뇨, 갑상선질환 등 내분비질환		91(0.6)	187(1.1)	269(1.2)	532(2.0)	269(1.2)
6. 피부질환		435(2.7)	560(3.2)	939(4.2)	991(3.6)	1,227(5.7)
7. 이비인후과 질환		50(0.3)	64(0.4)	308(1.4)	255(0.9)	168(0.8)
8. 안과질환		229(1.4)	267(1.5)	456(2.0)	540(2.0)	396(1.8)
9. 요 통		1,298(8.1)	1,568(8.9)	2,056(9.1)	2,247(8.3)	1,276(5.9)
10. 외 상 골절 및 좌상, 염좌 등 비골절 질환		1,029(6.4)	944(5.4)	1,374(6.1)	1,396(5.1)	1,231(5.7)
11. 화 상		241(1.5)	265(1.5)	398(1.8)	365(1.3)	209(1.0)
12. 신경정신 질환 두통 및 신경정신질환		1,267(7.9)	1,519(8.7)	1,603(7.1)	2,163(8.0)	1,898(8.8)
13. 암					1	
14. 기타		1,450(9.1)	1,530(8.7)	1,290(5.7)	1,483(5.5)	2,266(10.5)
계	사업장수	10	11	13	15	16
	이용근로자수	16,013	17,546	22,550	27,162	21,651

표 Ⅱ-18. 연도별 의무실 이용 다빈도 질환

순위	1992	1993	1994	1995	1996
1	소화기질환(5,176/32.3)	소화기질환(5,579/31.8)	소화기질환(6,620/29.4)	소화기질환(7,800/28.7)	소화기질환(5,971/27.6)
2	호흡기질환(3,863/24.1)	호흡기질환(3,866/22.0)	호흡기질환(5,959/26.4)	호흡기질환(7,767/28.6)	호흡기질환(5,638/26.0)
3	요통(1,298/8.1)	요통(1,568/8.9)	요통(2,056/9.1)	요통(2,247/8.3)	신경정신질환(1,898/8.8)
4	신경정신질환(1,267/7.9)	신경정신질환(1,519/8.7)	신경정신질환(1,603/7.1)	신경정신질환(2,163/8.0)	요통(1,276/5.9)
5	외상(1,029/6.4)	순환기질환(1,177/6.71)	외상(1,374/6.1)	순환기질환(1,529/5.6)	외상(1,231/5.7)

주) (　)은 각각 이용건수/질환별백분율을 나타낸 것임

사업장 특성에 따른 '96년도 의무실 이용실태를 조사하면 비석유화학업종이 월간 1인당 이용건수가 0.66회로 석유화학업종의 0.27회보다 2.4배 많았다(표 Ⅱ-19).

표 Ⅱ-19. 업종별 의무실 이용실태

업종	사업장수	근로자수 이용건수	의무실 이용건수	월간 1인당 이용건수
석유화학업종	10	7,780(62,240)	16,861	0.27
비석유화학업종	6	913(7,304)	4,790	0.66

주) 괄호안은 월간 1인당 이용건수를 구하기 위하여 근로자수에 8을 곱한 숫자임 (96년도 8개월간 이용건수임).

4) 상병으로 인한 조퇴·결근·사망·산재요양신청 및 이직실태

조사에 응한 사업장중 기재된 조사표 내용이 비교적 충실했던 사업장을 대상으로 1992년부터 1996년까지 상병으로 인한 조퇴·결근·사망·산재요양신청 및 이직실태를 집계한 결과는 다음과 같다(표 II-20).

표 II-20. 근로자 상병결근, 산재요양신청, 사망 및 이직실태

구분		원인질환																		
		소화기		호흡기		순환기		혈액조혈기	내분기(당뇨등)	피부질환	이비인후질환	안과질환	외상		화상	신경성질환	정신과질환	암	기타	1)계
		위·장	간질	결핵	기타	고혈압	기타						골절	비골절						
1. 상병조퇴·결근자 가. 1주~2주	'92	15	4	2	1		1		1	1		2	4	14	2				9	56
	'93	5	3									1	3	12					9	33
	'94	7	3	2	1		2		3	1	2	1	6	20					7	55
	'95	12	1			2			1		1		9	10	3			1	1	59(18)
	'96	4	1	2	1	1	1		2		2		11	12	1			1	6	53(8)
나. 3주~8주	'92		1										1	1	1			2	1	7
	'93		2	1		1							4	1	1			1	3	14
	'94	1	1		2		1				1			10					2	18
	'95	3	2		1	1							7	11					4	29
	'96	1	1				1						1	5	1				4	14
다. 8주이상	'92			1			1					1	4	3	3			2	5	20
	'93	1	1	2										1	2			4	1	12
	'94		1									1	1	5			1	1	3	13
	'95			2	1	1						1	3	2				2	10	22
	'96		1					1					7	2					5	16
2. 산재요양신청 근로자	'92					1			1			1	10	9	2				5	35(6)
	'93					1					1		7	4	5	2			2	29(7)
	'94				23								11	10	5				4	56(3)
	'95												15	6	6				2	31(2)
	'96					1							7	6	5				6	27(2)
3. 사망자	'92					1							1	2				1	3	8
	'93													1					4	6(1)
	'94		1		2	1	1												5	10
	'95																		5	5
	'96				1													3	6	10
4. 질병으로 인한 이직자	'92									1				1						2
	'93									2			2		2			1	3	11(1)
	'94		2			2							1					1	3	9
	'95																		4	4
	'96														1			2		3

주) 괄호안은 원인질환이 미분류된 값임

상병으로 인한 1주이상 결근의 다빈도 원인질환은 5년동안 외상이 가장 많았다(1993년의 8주이상 결근 원인에서 화상이 1위를 차지한 것만 예외). 다음으로 1주이상 2주이하 결

근은 모두 소화기질환이 2위였고 3주이상 결근의 경우는 소화기질환외에 암, 화상, 외상, 호흡기질환 등이 많았다(표 Ⅱ-21).

표 Ⅱ-21. 상병결근 상위 2개 다빈도 원인질환

1992			1993			1994			1995			1996		
1주-2주	3주-8주	8주이상	1주-2주	3주-8주	8주이상	1주-2주	3주-8주	8주이상	1주-2주	3주-8주	8주이상	1주-2주	3주-8주	8주이상
1. 외상	1. 외상	1. 외상	1. 외상	1. 외상	1. 화상	1. 외상	1. 외상	1. 외상	1. 외상	1. 외상	1. 외상	1. 외상	1. 외상	1. 외상
1. 소화기	1. 암	2. 화상	2. 소화기	2. 소화기	2. 외상	2. 소화기	2. 호흡기		2. 소화기	2. 소화기	2.호흡기	2. 소화기	2. 소화기	

주) 원인질환이 同數인 것은 같은 순위로 표기하였음

1995년과 1996년 8월 31일까지 업종별로 근로자 100명당 연간(96년은 8개월간) 상병조퇴 율 및 결근율을 비교해 본 결과 비석유화학업종에서 더 높았다(1996년 8주이상 결근만 예외). 사업장 형태별로는 근로자 100명당 조퇴와 1주미만 결근건수는 협력업체가 많았고 1주이상 결근건수는 모기업이 많았다(표 Ⅱ-22).

표 Ⅱ-22. 사업장 특성별 상병조퇴 · 결근실태

	사업장수	1)근로자수	조퇴 현황				1주미만 결근 현황				1주이상 8주미만 결근현황				8주이상 결근현황			
			조퇴자수		2)조퇴율		결근자수		3)결근율		결근자수		3)결근율		결근자수		3)결근율	
			95	96	95	96	95	96	95	96	95	96	95	96	95	96	95	96
업종																		
석유화학업종	12	4,993	125	106	2.50	2.12	59	47	1.18	0.94	61	45	1.22	0.90	16	15	0.32	0.30
비석유화학업종	12	1,408	116	68	8.24	4.83	81	58	5.75	4.12	27	22	1.92	1.56	6	1	0.43	0.07
사업장형태																		
모기업	18	5,623	172	128	3.06	2.28	96	80	1.71	1.42	81	59	1.44	1.05	21	16	0.37	0.28
협력업체	6	778	69	46	8.87	5.91	44	25	5.66	3.21	7	8	0.90	1.03	1	0	0.13	0.00

주 1) 근로자수는 1996년도 8월 31일 기준으로 하였으며, 사업장수 및 근로자수는 상기 항목(조퇴, 결근)에 응답한 사업장을 기준으로 하였음

2) 조퇴율은 연간 근로자 100명당 조퇴건수임

3) 결근율은 연간 근로자 100명당 결근건수임

5) 산재발생현황

1993년, 1994년, 1995년 3개년간의 사업장별 산재발생현황을 조사하였다. 재해건수는 연도별로 각각 52, 59, 65건이었다. 1995년 재해율은 총근로자 13,669명중 65명으로 0.48이었다. 업종별 재해율은 비석유화학업종이 1.15로 석유화학업종의 0.26에 비하여 높았고, 사업장 형태별 재해율은 협력업체가 1.28로 모기업의 0.32에 비하여 높았다(표 Ⅱ-23).

표 Ⅱ-23. 사업장 특성별 산업재해 발생률

업종별				사업장형태별			
석유화학		비석유화학		모기업		협력업체	
근로자수	재해율	근로자수	재해율	근로자수	재해율	근로자수	재해율
10,366	0.26	3,303	1.15	1,1490	0.32	2,179	1.28

6) 산업보건관리 현황

사업장 특성별로 노동조합 유무, 산업보건조직 유무, 보건관리형태 등을 조사하였다. 노동조합과 산업보건조직에 있어 석유화학업종과 모기업이 비석유화학업종과 협력업체에 비하여 조직을 갖추고 있는 곳이 더 많았다. 자료로 제시하지는 않았지만 석유화학업종의 경우 30인이상 사업장은 모두 전임보건관리자를 고용하거나 보건관리대행을 받고 있었으며 50인이하 사업장에서도 5개사업장이 보건관리대행을 하고 있었다. 근로자수 100인미만에서도 전임으로 간호사 보건관리자를 두고 의무실을 운영하는 비석유화학업종 협력업체가 2개 있었다. 전임으로 의사를 고용하고 있는 사업장의 근로자수는 1,000명미만이 1개, 1,00명이상이 2개로 3개 모두 석유화학업종이었다(표 Ⅱ-24).

표 Ⅱ-24. 사업장 특성별 산업보건관리 현황

	사업장수	노동조합			산업보건조직			보건관리형태				
		유	무	미확인	유	무	미확인	의사	간호사	기타[1]	관리대행	[2]계
업종												
석유화학	35	20(57.2)	14(40.0)	1(2.8)	17(48.6)	17(48.6)	1(2.8)	3	9	16	11	29(82.9)
비석유화학	47	12(25.5)	28(59.6)	7(14.9)	11(23.4)	29(61.7)	7(4.9)		4	2	17	23(48.9)
사업장 형태												
모기업	49	24(49.0)	22(44.9)	3(6.1)	20(40.8)	26(53.1)	3(6.1)	3	11	17	15	36(73.5)
협력업체	33	8(24.2)	20(60.6)	5(15.2)	8(24.2)	20(60.6)	5(15.2)		2	1	13	16(48.5)

주 1) 기타는 산업위생관리기사 자격증을 갖고 있는 보건관리자 또는 이에 준하는 교육을 이수하여 보건관리자로 선임된 근로자를 지칭함.
2) 3개 사업장이 의사, 간호사, 기타 보건관리자를 모두 고용, 3개사업장이 간호사와 기타 보건관리자 고용, 1개 사업장이 기타 보건관리자를 고용하고 보건관리대행을 하고 있어 이를 고려하면 의사, 간호사, 기타, 관리대행을 합한 계에서 석유화학업종과 모기업은 10을 감해야 전임보건관리자를 고용하거나 보건관리대행을 실시하는 사업장수가 됨

나) 안전보건교육 현황

사내 안전보건교육 현황중 정기안전보건교육 실시율은 72.0%(59개사업장)로 다른 교육

에 비하여 실시율이 높았으며 기타 교육도 작업내용변경교육을 제외하고는 모두 50%이상 실시하고 있었다. 그러나 교육내용, 교육시간등 질적조사는 수행하지 못하였다(표 II-25).

표 II-25. 사업장 산업보건교육 현황

단위 : 사업장수(%)

	관리감독자교육	정기안전보건교육	작업내용변경교육	특별안전보건교육	채용시교육
유	53(64.6)	59(72.0)	21(25.6)	47(57.3)	52(63.4)
무	29(36.0)	23(28.0)	61(74.4)	35(42.7)	30(36.6)

주) 1996년 8월 31일 기준으로 1996년에 실시한 교육 유무를 나타낸 자료임

7) 공장 보수공사

보수공사는 공장 가동을 모두 중지시킨 상태에서 진행되어 이 기간동안 전혀 생산활동이 불가능하기 때문에 기업 입장에서는 짧을수록 좋을 것이다. 그러므로 철저한 계획하에 24시간동안 많은 인력을 일시에 동원하여 진행하는 노동집약적 공사를 하는 것은 불가피하며 이로 인한 노동강도는 매우 크다고 판단된다. 즉, 보수공사는 석유화학공업의 특성때문에 많은 공정에서 심각한 사고를 초래할 수 있으며 여기에 24시간 단위로 이루어지는 노동집약적 공사 성격이 더하여져 근로자의 보건을 더욱 위협하게 된다.

그러나, 석유화학공장의 보수공사에 참여하는 근로자의 건강보호를 위한 제도적 장치가 전무한 것인가를 살펴보면 반드시 그런 것은 아니다. 보수공사는 대부분 보수성 건설공사로 분류되므로 건설공사에 적용하는 산업안전보건과 관련된 제도적 장치가 있다. 참고로 한 보수공사를 시행하는 협력업체와 모기업인 석유화학공장 사이에 이루어진 "필터와 호퍼의 분해청소 및 칼럼 밸브 교체작업"의 계약서에 첨부된 시방서를 살펴보면 다음과 같은 조항이 있다. "본 공사를 수행함에 있어 안전보건 총괄책임자를 선임하여 공사 완료시까지 산업안전보건법에 규정된 관리업무를 수행해야 하며 근로기준법, 산업재해보상보험법, 조세법 및 기타법령에 규정된 사용주로써 책임을 저야 하며 안전규정을 준수하여야 한다. 계약금액에는 산업안전보건법 및 동시행 규칙에 의한 표준관리비(기본비용+별도계상비용)가 포함되며 표준안전관리비를 관련법령 및 고시에 따라 산업재해 예방을 위해 적절하게 사용하고 그 기록을 유지 보존해야 한다"로 보수공사시의 근로자도 법에 의해 산업안전보건의 측면에서 보호받을 수 있도록 되어 있다. 즉, 건설공사에는 표준안전관리비를 산정하여 공사금액에

포함하도록 되어있는데 이 비율은 공사내용과 금액에 따라 다양하며 안전관리비의 사용기준도 매우 다양하다. 예를들면 보건관리자 등 안전보건관계자의 인건비 또는 업무수당, 각종 개인보호구의 구입, 수리, 관리에 소요되는 비용, 특수건강진단과 같은 근로자 건강진단에 소요되는 비용등 표준안전관리비를 적절히 사용한다면 근로자 보건관리에 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

여천공단내에서 석유화학공장을 건설하고 있는 건설공사장의 경우에는 모든 근로자들에 대하여 채용시 건강진단과 안전교육을 비교적 철저히 하고 있었는데 건강진단을 실시하여 개인표를 제출하고 공사에 참여하기전에 현장에 마련된 상설교육장에서 1시간의 안전교육을 필한 후에 간이수첩을 발급받아야만 공사에 참여하는 것이 허락되고 있었다. 그러나 여기에도 몇가지 문제가 있었는데 타사업장 공사 취업시 발급받은 건강진단을 인정하지 않아(사업장에 따라서는 6개월내에 받은 건강진단개인표 제출시 인정) 1년에도 여러차례 건강진단을 받는 경우가 있었으며 사업장에 따라 건강진단에서 요관찰자나 유소견자로 판정시 무조건 취업을 금지시키는 등의 문제가 있었다. 보수공사도 많은 경우에 새로이 공장을 건설하는 공사에서와 같은 내용이므로 근로자들(특히 용접, 배관, 보온 등 기술자)은 공장건설공사에 참여했을 때 건강진단을 받은 경우가 많았다. 한 공장의 보수공사에서 배관작업을 하던 몇 명의 근로자와 면접을 실시한 결과 최근 1년동안 건설공사에 참여하여 건강진단을 받은 경험이 있었고 심지어 1달에 2회 받았다는 근로자도 있었으며 건강진단결과 요관찰자나 유소견자로 판정받은 근로자가 건강진단결과 개인표를 요구하지 않는 보수공사만 참여하는 경우도 있다고 하였다.

보수공사에서 거의 빠짐없이 이루어지는 것이 모기업 주체로 진행하고 있는 안전교육으로 참석공고, 참석근로자 서명확인, 참석율 저조 사업장에 대한 재교육 실시 등은 비교적 제대로 관리하고 있었으나 교육내용에 있어 보건관리는 다소 미흡하였다.

4. 고찰

본 조사는 처음에 여수지방노동사무소에서 제공받은 90개사업장과 90개 사업장내에 상주하고 있는 협력업체를 대상으로 실시하였으나 90개 사업장에는 포함되지 않으면서 조사에 응한 사업장이 있었다. 또한 90개사업장에 포함되어 있으나 3차례의 자료요구 공문발송에도 응하지 않은 사업장도 있었다. 따라서 본 조사가 여천공단 모든 입주업체와 근로자의 특성을 100%반영한다고는 할 수 없으나 미조사 사업장의 근로자수(2,232명으로 조사사업장 근로자수의 16.2%)가 적은 비율을 차지하므로 본 실태조사 결과에 큰 영향을 미칠 것으로는 판단되지 않는다.

여천공단은 원유를 정제하여 1, 2차 화학제품을 생산하는 몇 개의 대규모 석유화학공장과 이들 대규모 사업장에 기술직 근로자 또는 특별한 기술을 필요로 하지 않는 근로자를 파견하여 일정공정을 담당하는 상주협력업체 및 주로 일용직 근로자를 고용하여 공장의 보수(Shut-down)등 특정작업에만 참여하는 업체들로 이루어진 석유화학공업단지이다. 그러므로 모기업은 석유화학업종이 주이며 협력업체들은 건설업 또는 인력을 공급하는 용역서비스업이 대부분 이었다. 여천공단의 대규모 석유화학공장들은 대부분이 1980년도이전에 입주하였고 이들을 모기업으로 하여 잡급이나 기술인력을 제공하는 협력업체들이 1981년이후 입주한 것으로 조사되었다.

5개년간의 일반건강진단결과를 분석하면 매년 유소견율이 증가하는 경향을 보이는데 기본 유병 근로자수에 신규 수검근로자의 질병이 발견되고 근로자의 연령이 증가하기 때문으로 판단된다.

성별, 직종별로 유소견율을 관찰해 볼 때, 성별 관찰에서는 여성근로자수 및 유소견자수가 적어 자료의 안정성이 적지만 여성근로자의 유소견율이 남성근로자에 비하여 매우 낮았고 이러한 결과는 자료를 제시하지는 않았지만 전국의 근로자를 대상으로 한 최근 몇 년 동안의 결과와도 일치한다. 직종별로는 유소견자와 요관찰자를 함께 관찰시 사무직이 생산직에 비하여 합계율(유소견율+요관찰율)이 다소 높았는데 사무직 근로자의 연령이 생산직 근로자에 비하여 높은데서 나타나는 결과로 판단된다.

5개년간의 일반건강진단결과가 일관된 경향을 보이지는 않지만 비교적 협력업체(비석유화학업종, 1981년부터 1990년사이에 입주)근로자들이 유소견율 및 요관찰률의 합인 합계율이 높으므로 이들 사업장 근로자들에 대한 건강진단후 사후관리가 현실적으로 강화되고 종합적인 보건관리가 필요할 것으로 판단된다. 또, 의사의 의학적 조치를 요하는 요관찰자나

유소견자가 수진근로자의 20%이상을 차지하는 것도 근로자 건강증진측면에서 대책이 필요함을 시사한다.

5개년간의 특수건강진단 실시현황을 관찰하면 양적측면에서 매년 수진사업장수, 수진근로자수, 수진건수가 증가하여 특수건강진단이 정착되고 있음을 짐작할 수 있다. 실제로 1996년에는 조사대상 82개사업장중 특수건강진단의 실시대상이 되는 사업장의 90%이상이 사업장형태(모기업/협력업체)에 관계없이 특수건강진단을 실시한 것으로 조사되었다.

특수건강진단에서도 일반건강진단에서와 마찬가지로 매년 일반질병의 유소견자수가 증가하는 것으로 조사되었으며 사후관리가 필요한 요관찰자와 유소견자를 합한 비율을 나타낸 일반질병 합계율이 비교적 1981년부터 1990년까지 입주한 사업장군이 1980년이전 입주한 사업장군에 비하여 높은(1996년 상반기만 예외)것으로 조사되었으나 그밖의 특성간에는 특징적인 경향을 찾기 어려웠다. 특수건강진단에서는 건강진단결과표에 수진근로자의 연령 및 직력분포를 기록하도록 되어 있어 연령별, 직력별 유소견율을 구할 수 있었는데 사업장 특성별로 유소견율을 관찰할때는 일관성이 적었으나 근로자의 특성인 연령 및 직력에 따라서는 연령 및 직력이 증가함에 따라 일관되게 유소견율이 증가하는 결과를 보였다. 즉, 사업장과 관련된 요인보다는 연령, 근무기간 등 근로자 요인이 건강에 더 많은 영향을 미친다는 사실이 증명된 것으로 사업장이 석유화학업종인가 비석유화학업종인가의 여부에 따라 폭로상태가 달라서 건강진단결과가 차이가 나타나는 것이 아니고 비석유화학업종의 많은 수가 협력업체이고 여기 근무하는 근로자들의 연령이 많아서 석유화학업종의 근로자보다 유소견율이 높게 나타나는 것으로 판단된다.

의무실 이용실태는 건강진단결과와는 다른 측면에서 사업장 근로자들의 건강상태에 대한 중요한 정보를 제공한다. 근로자들이 사업장내에 설치되어 있는 의무실을 이용하는 원인 질병중 소화기 및 호흡기질환이 전체 이용건수의 50-60%를 차지하고 있는 것을 볼 수 있는데 이러한 경향은 일반인구집단에서도 마찬가지다. 또, 외상, 화상 등으로 의무실을 이용하는 근로자가 연간 1,000-1,500건으로 나타나 공식적으로 산업재해 통계에 집계되는 것 외에도 사업장에서 크고 작은 사고가 빈번하게 발생함을 알 수 있다. 비석유화학업종의 의무실 1인당 이용건수가 석유화학업종에 비하여 2배이상 높은 것은 석유화학업종 근로자에서 의무실을 이용하여 치료가 가능한 경증 질환이 적게 발생한다고도 볼 수 있으나 의무실 이용건수는 경영자의 의무실에 대한 관리투자, 의무실 관리자인 의사와 간호사의 성의와 노력, 근로자들의 다른 의료기관 선호도 및 의무실에 대한 인식, 질병의 중증도 등 여러 인자에 의해 영향을 받으므로 이런 인자들을 고려한 자세한 조사가 필요하다. 향후 산업보건사

업은 건강진단과 같은 2차예방보다는 건강을 유지시키고 증진시키는 1차예방으로 추진되어야 함을 고려할 때 근로자들의 의무실 이용실태 파악은 건강증진 대책 수립에 필요하다고 판단된다.

근로자 상병 및 이직 실태조사는 조사표에 응답한 사업장의 수가 적고• 대부분의 사업장들이 이에 대한 기록을 제대로 보관하거나 정확하게 집계하지 않고 있어 조사중 가장 미흡한 부분으로 판단된다. 그러나 적지 않은 근로자가 질병으로 인하여 조퇴나 결근을 하고 있으며 원인도 가장 많은 부분을 차지한 외상 뿐아니라 다빈도 의무실 이용질병으로 밝혀진 소화기질환, 호흡기질환, 화상 등이 상병으로 인한 조퇴 및 결근에서도 많은 원인질환이라는 사실이 밝혀졌다.

산재발생 현황도 협력업체, 비석유화학업종이 더 많은 것으로 나타났다. 즉 거의 모든 항목의 조사에서 협력업체, 비석유화학업종이 모기업,. 석유화학업종에 비하여 더 많은 수의 건강진단이상자(일반건강진단에 의한 일반질병 요관찰자 이상), 다빈도 의무실 이용, 다량의 산재발생 등과 같은 산업보건학적 문제점이 보다 심각한 것으로 나타나 이들 근로자에 대한 종합적인 건강보호 대책이 필요함을 시사하고 있다

사업장의 산업보건관리 현황을 조사한 결과는 거의 모든 사업장이 업종과 규모에 따라 법적으로 갖추어야 할 산업보건관리체계를 갖추고 있는 것으로 조사되어 외적, 양적으로는 그동안의 산업보건정책이 정착되어 가고 있음을 볼 수 있다. 그러나 이러한 산업보건관리체계를 이용하여 근로자 건강보호를 위하여 질적으로 얼마나 적절한 대책을 수립하고 시행하고 있는 가는 향후 질관리차원의 체계적 조사 및 평가가 필요하다고 판단된다.

5. 요약 및 결론

1) 조사에 응한 82개 사업장의 총근로자수는 13,741명이었고 성 및 직종분류가 가능한 62개사업장 8,871명중 남성이 94.5%, 여성이 5.5%이었고 생산직이 73.3%, 사무직이 26.7%이었다. 연령별로는 30대 근로자(41.8%)가, 직력별로는 5년이상 10년미만 근로자(36.1%)가 가장 많았다.

2) 82개 사업장중 모기업이 49개(59.8%), 협력업체가 33개(60.2%)이었고 업종별로는 석유화학업종이 35개(42.7%), 비석유화학업종이 47개(57.3%)이었다. 여천공단 입주년도별로는 1980년이전이 14개(17.1%), 1981년부터 1990년까지 30개(36.6%), 1991년이후가 38개(46.3%)로 1991년이후에 입주한 사업장이 많았다. 근로자 규모별로는 50인미만이 34개(41.5%), 50인이상 300인미만이 40개(48.8%)이었고 300인이상 1,000인미만과 1,000인이상 사업장이 각각 4개이었다.

3) 1992년부터 1996년까지 5개년간 일반건강진단결과를 분석한 결과, 직종별로는 1994년을 제외하고 사무직이 생산직에 비하여 요관찰율과 유소견율의 합이 높았으며, 사업장 특성별로는 대체적으로 1981년부터 1990년까지 입주한 비석유화학업종, 협력업체 근로자의 유소견율 및 요관찰율의 합인 합계율이 높았다.

4) 1992년부터 1996년까지 5개년간 특수건강진단결과를 분석한 결과 일인당 수진건수가 증가하였으며(1992년 1.65건/1996년 2.16건) 유해인자별 수진건수는 특정화학물질이 연도별로 30.4%부터 42.6%로 가장 많았고 다음이 유기용제, 소음 순이었다. 직업병 유소견자는 5년간 소음성난청외에 없었다. 사업장 특성별로는 대체적으로 1981년부터 1990년까지 입주한 사업장군이 1980년이전에 입주한 사업장군에 비하여 일반질병 유소견율 및 요관찰율의 합인 합계율이 높았으나 다른 특성에 의해서는 뚜렷한 경향이 없었다. 근로자 특성별로는 직력과 연령이 증가할수록 유소견율이 증가하였다.

5) 의무실을 운영하고 있는 16개 사업장중 13개 사업장이 모기업이었고 업종별로는 석유화학업종이 10개이었다. 1992년부터 1996년 8월 31일까지 16개사업장의 의무실 이용건수는 총 104,992건이었고 다빈도 원인질환은 소화기질환과 호흡기질환이 전체의 50~60%를 차

지하였다.

6) 1주이상 상병결근의 다빈도 원인질환은 외상이 가장 많았고 다음으로 소화기질환이었다. 1993년부터 1995년까지의 산업재해건수는 각각 52, 59, 65건으로 1995년 재해율은 0.48이었으며 업종별로는 석유화학업종이 0.26, 비석유화학업종이 1.15이었고 사업장형태별로는 협력업체가 1.28, 모기업이 0.32이었다.

7) 노동조합 및 산업보건조직은 석유화학업종과 모기업에서 비석유화학업종과 협력업체에 비하여 각각 더 많이 갖추고 있었고, 석유화학업종의 경우 30인이상 사업장은 전임보건관리자를 두거나 보건관리대행을 100% 시행하고 있었다. 조사에 응답한 82개 사업장중 59개 사업장(72.0%)이 정기안전보건교육을·실시하고 있었다.

8) 공장보수공사에는 용역업체 근로자들이 주로 참여하고 있었으며 이들의 안전보건실태는 일부 근로자들이 안전교육, 건강진단을 받는 외에는 현실적으로 관리가 제대로 되고 있지 못하였다.

이상의 결과에서 여천공단내에 입주하고 있는 사업장들은 산업안전보건에 관하여 법에서 규정하고 있는 내용(일반 및 특수건강진단, 사업장 규모에 따른 안전 및 보건관리자 고용, 안전보건교육 등)은 대부분의 사업장에서 준수하고 있는 것으로 조사되었다. 일반건강진단결과, 의무실 이용 등의 자료로 미루어 볼 때 대체적으로 비석유화학업종, 협력업체가 석유화학업종, 모기업에 비하여 사후관리가 필요한 일반질환 유소견율 및 요관찰율의 합계율이 높고, 의무실 이용과 산업재해 등이 더 빈번한 것으로 나타났으나 이것은 이들 사업장에 근무하는 근로자들의 평균 연령이 높고 그밖에 건강상태와 의료이용에 관계되는 여러 요인이 두 집단 구성 근로자간에 차이가 있기 때문으로 판단된다.

여 백

III. 작업환경 실태조사

1. 여천공단 사업장의 주요공정 및 유해인자
2. 작업환경측정의 기본방향
3. 작업환경실태조사결과
4. 종합 및 결론

여 백

III. 작업환경 실태조사

1. 여천공단 사업장의 주요공정 및 유해인자

가. 석유화학업종의 주요공정 및 유해인자

1) 정유제조업

가) 개요

정유공업은 원유를 이용하여 액화석유가스(LPG, Liquified Petroleum Gas), 가솔린, 등유, 항공유, 디젤유와 각종의 연료유, 윤활유 및 석유화학공업 원료 등 2,500여 가지가 넘는 제품으로 바꾸는 산업이다. 따라서 정유공업이란 원유의 저장에서 시작하여 정제된 제품을 저장하는 것까지를 일컫게 된다. 그러나 가스나 오일의 생산, 제품의 운반 및 분배 등은 원칙적으로 다른 산업의 영역으로 간주된다.

현재 여천공단에는 1969년에 가동하기 시작한 정유회사가 있는데 일반적으로 정유공업은 크게 네개부분으로 나눌 수 있다. 즉 원유분리공정(crude separation process), 경질탄화수소공정(light hydrocarbon process), 중유공정(heavy distillate process), 잔류탄화수소공정(residual hydrocarbon process) 등이다. 또한 정유공업에는 제품을 만들기 위하여 증류, 흡수, 추출, 열분해 및 접촉분해, 이성화(isomerization), 중합 등의 공정이 포함되어 있는데, 이들 공정에 대한 모든 설비를 갖춘 정유공장은 거의 없으며, 각 공장의 특성에 따라 특정한 제품을 생산하기 위하여 제한된 공정을 갖추고 있다.

정유공업의 생산제품은 대부분 가솔린, 납사(naphtha), 등유, 경유, 항공유, 중질유 등이 주종을 이루고 있으며, 기타 프로판, 부탄, 윤활유, 용제 등이 생산되고, 아스팔트와 코크스는 비교적 적은 양이 생산된다. 따라서 올레핀, LPG, 방향족 탄화수소 등으로 이루어지는 석유화학공업의 원료는 정유공업 생산제품의 일부분에 불과하다.

나) 원료

원유에는 3,000여 가지가 넘는 서로 다른 화학물질이 함유되어 있는 것으로 알려지고 있다. 원유는 유황, 질소, 산소를 포함하는 파라핀, 나프텐, 방향족 탄화수소의 혼합물이며, 미량의 무기물과 회분(ash)을 함유하고 있다. 또한 원유는 화학성분이 다양하므로 대표적인 원유를 정의한다는 것은 힘들지만 원소의 구성이나 물리적 성분함량 범위는 대체로 표III-1-1에 나타난 바와 같다.

회분속에는 철, 니켈, 바나듐 등 무기물이 포함되어 있으며 촉매에 대해 촉매독(觸媒毒)으로 작용하는데, 촉매에 금속성분이 축적됨에 따라 촉매의 활성은 점차 감소하게 되므로 높은 농도의 금속을 함유하고 있는 원유는 촉매의 재생을 자주 실시하여 금속성분을 유리시켜주어야 한다. 황화물(sulphur compounds)은 원소나 황화수소의 형태로 존재하거나 티오펜(thiophenes), 머캅탄(mercaptanes), 알킬설파이드(alkyl sulfides) 등 유기화합물에 포함되어 존재하면서 원유와 설비의 부식을 증가시킨다.

다) 제품

정유제품은 석유로부터 약 2,500 종류로 완전히 혹은 부분적으로 생산된다. 대부분의 이들 제품은 여러가지 정제공정으로부터 생산되는 혼합물이다. 또한 정유제품은 성분의 함량비율에 따라 다르지만 연료, 윤활유 등과 같이 몇가지 종류로 나누어질 수 있으며, 증류공정에 의해서 탑상부로부터 분류되는 여러제품 및 용도는 표III-1-2와 같다.

정유제품의 종류는 지역, 기후, 계절에 따라 매우 달라지기도 한다. 겨울에는 난방 연료유에 대한 수요가 많으며, 겨울철 가솔린에는 추운날씨에 엔진의 시동이 잘 걸리도록 휘발성분의 양이 많이 포함되어 있다. 여름에는 캬부레타 증기폐쇄(carburetor vapor lock)의 가능성을 감소시키고 증발손실을 줄이기 위해 휘발성분의 양이 적다. 그러므로 정유공장은 변하는 수요에 따라 가변적인데, 공장의 규모가 커질수록 제품의 종류가 많아지고 공장조작도 보다 더 가변적이 된다.

표Ⅲ-1-1. 원유의 특성

구분	물질 (원소)	함량 (%)
원소성분	C H S N O 회분(ash) Fe Cu Mo Ca Mn Pb Mg Sr Sn Si Ba Na Al B K V Co P Ni Zn Li	83-87 11-14 0-5 0-0.88 0-2 0.01-0.05
대표적인 수율	C_4 & 경질분, <15.6℃ 가솔린 & 납사, 15.6-193℃ 등유, 193-288℃ 경질가스오일, 288-343℃ 중질가스오일, 343-538℃ 잔사유, 538℃+	0 - 3 25 - 45 10 - 25 5 - 15 20 - 30 5 - 25

※ 원유의 비중은 12 - 49 임.

표III-1-2. 정유제품 및 용도

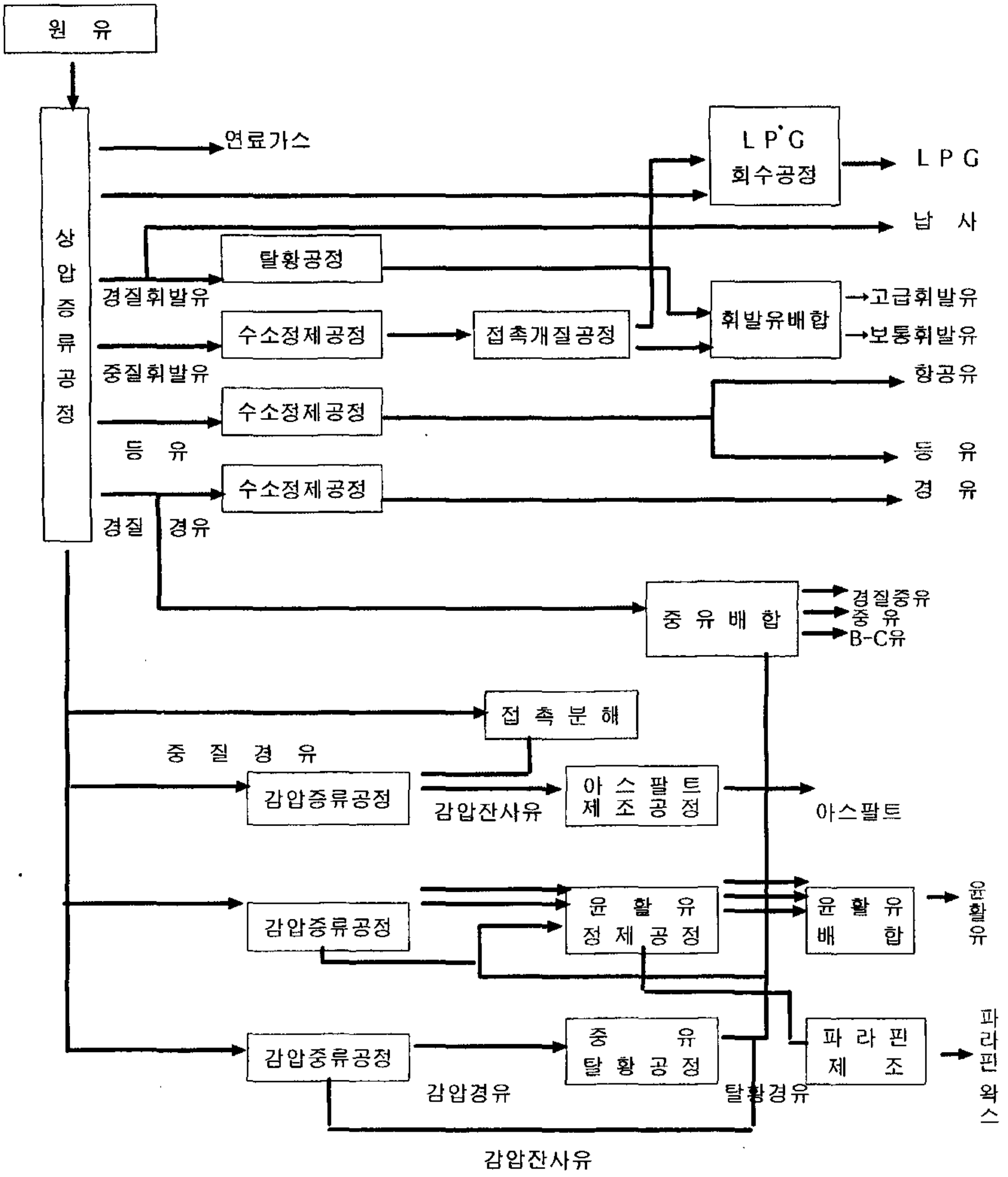
제품	주요용도
L P G	가정 · 상업용 연료, 자동차용 연료
납 사	석유화학원료(섬유, 고무, 수지, 세제, 의약품), 비료공업원료
휘 발 유	자동차, 모터보트, 오토바이 연료
항 공 유	군용기, 민간항공기 연료
등 유	가정난방용, 동력용(농업용발동기), 용매
경 유	버스, 트럭, 디젤차, 버너용
중 유	전력용, 철강용, 공장연료, 대형건물난방, 선박용
아 스 팔 트	도로포장, 방수피복제, 보온절연제, 전기절연제
코 크 스	공업용 연료, 전극재료
유 황	비료, 전기절연제
파 라 핀	초, 밀납제품

라) 정유공정

원유를 물리적 또는 화학적으로 처리하여 각종 석유제품과 반제품을 제조하는 것을 정유(petroleum refining)이라 한다. 정유공정은 증류에 의해 원유를 구성하고 있는 탄화수소를 그 비등점의 차이에 따라 분류하는 공정으로 시작되며, 증류를 통해 휘발유, 등유, 경유, 중유 등의 제품으로 분류된다. 증류공정에는 대기압으로 분류되는 상압증류와 감압으로 분류하는 감압증류의 두가지가 있다.

상압증류공정은 비점의 차이를 이용하여 여러 가지 유분을 분리생산하며, 탑상부로부터 가스유분, 납사, 등유유분, 경유유분의 순서로 분리된다. 감압증류공정은 중유의 분리에 이용된다.

일반적으로 원유의 처리과정은 다음과 같으며 우선 원유중에 포함되어 있는 수분과 염화물을 제거하고 증류과정(상압, 감압)과정을 거쳐서 비점의 차이를 이용하여 혼합물로부터 여러 가지의 유분을 정제하는 것이며 그림III-1-1과 같다.



원 유
상압증류공정
연료가스
LPG 회수공정
LPG
납 사
탈황공정
경질휘발유
고급휘발유
보통휘발유
수소정제공정
접촉개질공정
휘발유배합
중질휘발유
항공유
수소정제공정
등 유
등 유
수소정제공정
경 유
경질 경유
중 유 배 합
경질중유
중 유
B-C유
접 촉 분 해
중 질 경 유
감압증류공정
감압잔사유
아스팔트 제조공정
아스팔트
감압증류공정
윤 활 유 정 제 공 정
윤 활 유 배 합
윤활유
파 라 핀 제 조
파라핀 왁스
감압증류공정
감압경유
중 유 탈 황 공 정
탈황경유
감압잔사유

그림 Ⅲ-1-1. 증류 공정도

(1) 불순물 제거 ─ (2) 증　류 ─ (3) 정　제 ─ (4) 배　합

(1) 불순물 제거

정유공장에 도입되는 원유는 대부분 원유중에 수분 및 염화물이 여러가지 형태로 혼재되어 있다. 이들을 제거하기 위해서 분리가 쉬운 수분 등을 원유탱크를 정치시켜서 제거하고 분리가 어려운 염화물과 에멀션 상태의 고형분은 약품처리 및 고압전자로 에멀션 상태를 파괴시켜 분리 제거한다.

(2) 증류

원유중에 포함된 수분제거, 유종간 혼합, 탈염, 예열 등 전처리과정을 거친 원유가 비점차이에 의해 증류탑에서 LPG, 휘발유 및 납사, 등유, 경유, 중유의 순으로 유출된다.

증류과정에는 상압증류와 감압증류법이 있다(그림 III-1-1 참조). 첫째, 상압증류는 원유를 넣은 솥을 밑에서 가열하여 원유의 온도를 올리면 그 성분 중에서 비등점이 낮은 탄화수소로부터 먼저 증발하여 가스층을 이룬다. 이 증기가 솥의 상부에 붙어있는 파이프를 통하여 냉각기로 보내지면 액체가 되어 용기에 고이게 된다. 이렇게 원유속의 탄화수소를 비점에 따라서 각기 다른 용기에 받아 비등점 범위가 서로 다른 유분을 분리할 수 있다. 현재는 파이프스틸식(pipe-still type)을 이용하는데 이는 단독솥이 아니라 펌프와 파이프를 이용하여 연속적으로 조업할 수 있도록 해 놓은 것이다.

둘째, 감압증류는 상압증류로 경질유를 분류한 나머지 고비점 유분을 증류하는 경우 일정 온도이상 가열하면 열분해에 의해 품질 및 수율저하와 가열관 안에 코크스가 생성부착되어 가열관이 손상되므로 열분해 방지를 위해서 증류탑의 압력을 감압상태로 하여 유분의 비점을 저하시켜 증류하는 것이다.

(3) 정제

증류탑으로부터 유출된 유분을 2차처리하여 불순물을 제거하고 유분의 성상을 개선시키는 공정이다. 현재 정제공정으로 많이 사용하는 것은 수소정제(탈황)공정이다(그림III-1-1 참조). 수소정제공정의 주된 반응은 원료 중의 불포화탄화수소를 수소로 포화시켜 불순물의 유황, 질소, 산소 등을 수소화합물로써 제거하는 것이다.

(4) 배합

배합공정은 정제유를 적절한 비율로 혼합시키고 제품의 성상보완을 위하여 첨가제를 사용하는 공정이며 그림III-1-2와 같다.

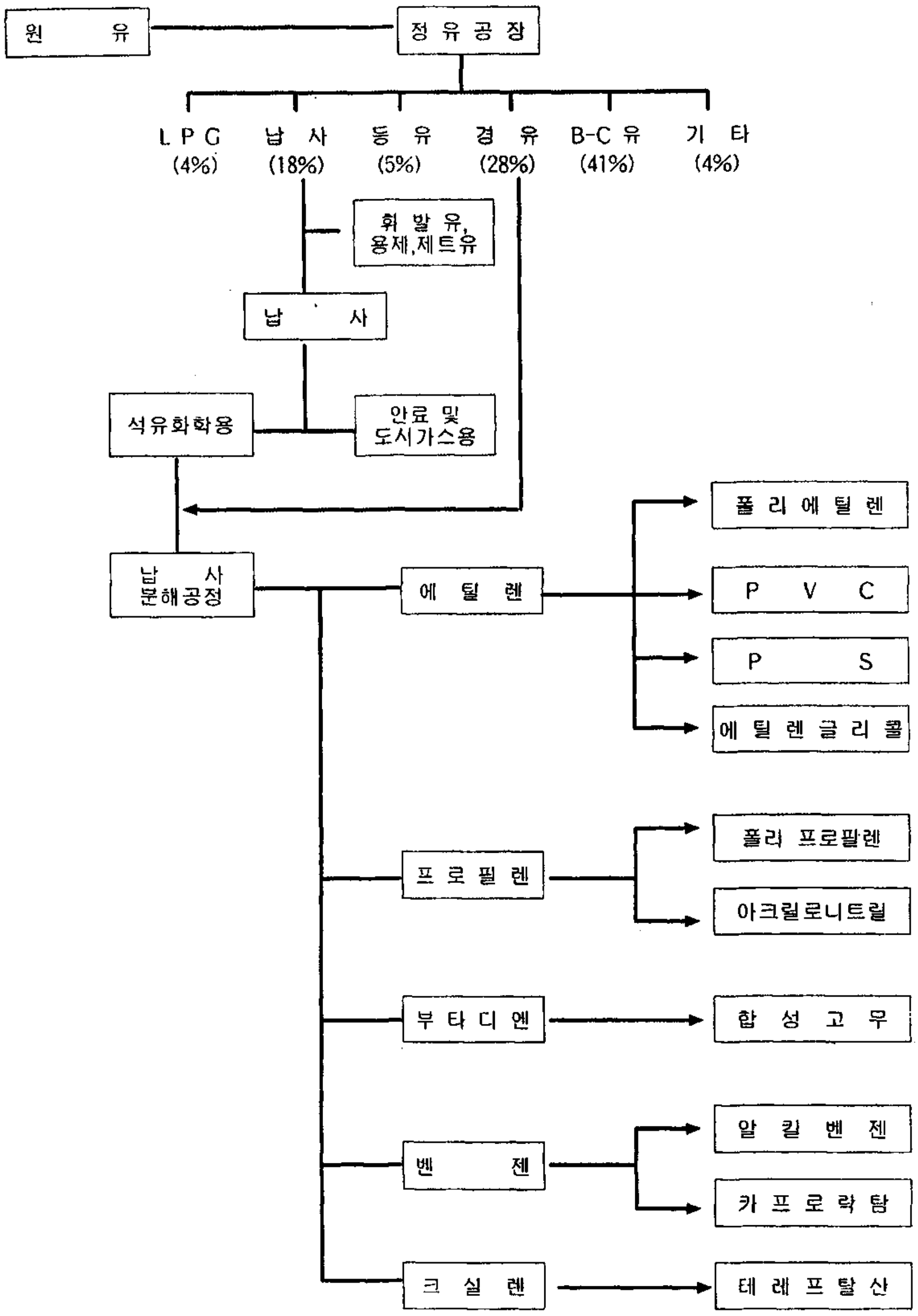

원 유
정유공장
LPG
(4%)
납 사
(18%)
등 유
(5%)
경 유
(28%)
B-C 유
(41%)
기 타
(4%)
휘 발 유,
용제,제트유
납 사
석유화학용
안료 및
도시가스용
납 사
분해공정
에 틸 렌
폴 리 에 틸 렌
P V C
P S
에 틸 렌 글 리 콜
프 로 필 렌
폴리 프로필렌
아크릴로니트릴
부 타 디 엔
합 성 고 무
벤 젠
알 킬 벤 젠
카 프 로 락 탐
크 실 렌
테 레 프 탈 산

그림 Ⅲ-1-2. 배합공정도

마) 정유제조업의 유해인자

정유제조업의 주요공정은 LPG, 납사, 등유, 경유, B-C유, 아스팔트, 탈황공정, 방향족공장, 폴리프로필렌이 있다. 전체공정은 복잡하고 광범위한 시설로 이루어져 있으며 정유공정중 근로자에게 실제로 노출될 수 있는 해당 유해인자는 많지 않다고 할 수 있다. 그것은 공정중에서 발생되더라도 플레어탑(flare tower) 등과 같이 대기로 방출되는 유해물질은 근로자에게 직접 노출되지 않기 때문이다.

LPG공정에서는 상압증류에 의하여 가장 우선적으로 생산되는 LPG와 탈황공정에서 생성된 황화수소(H_2S)가 발생될 수 있다. 한편, 아스팔트 제조과정에서 콜타르 피치(coal tar pitch volatiles)가 발생할 수 있으며, 정유공정 시설중 보일러, 플래어탑 및 열분해시설(cracking unit regeneration)에서 CO와 기타분진이 발생될 수 있다.

2) 석유화학제품 제조업

가) 개요

기초석유화학공업은 정유공업에서 얻어지는 액상탄화수소 및 오일(oil)과 가스제조공업에서 얻어지는 액화천연가스(LNG, Liquified Natural Gas)를 처리하며 이들 원료는 벤젠, 부틸렌, 크레졸, 크레실산, 에틸렌, 나프탈렌, 파라핀, 프로필렌, 톨루엔 및 크실렌 등을 생산하는 산업이다. 이들 제품은 순수한 화학제품이거나 용제 및 화학제품제조용 중간체로써 이용되는 혼합된 화학제품이다. 나머지 기타제품에 속하는 것은 정유공업내의 어떤공정의 원료로 소비되거나 이용된다.

기초석유화학공업은 정유공업과 서로 복잡하게 얽혀있기 때문에 명확하게 한계지어 규정하기는 어렵다. 기초석유화학공업에서 주로 이용되는 공정은 분리 및 정제 공정이며 이밖에 열분해, 수소첨가, 이성화 및 불균등화 반응 같은 약간의 화학적 전환공정이 수행되어 지기도 한다. 하나의 공정은 원료를 제품, 부산물, 중간생성물 또는 폐기물로 전환시키게 되며 표III-1-3와 같이 6개그룹의 운전공정(operation processing)이 기초석유화학공업에 적용된다.

나) 원료

기초석유화학공업은 천연가스와 이에 필요한 원료충당을 정유공업에 의존한다. 일반적으로 기초석유화학공업시설은 정유공장과 필요로 하는 원료의 수급을 고려하여 제조시설의 위치를 정하고 있다. 몇몇 제조시설은 정유공장과 접속되어 있다. 즉 이들 제조시설은 정유공장 내에 또는 인근에 위치하고 있으므로써 정유공장의 폐가스(off-gas)에서 에칠렌을 분리시켜 이용하고 있으며, 원료중의 일부 다른 정유제품(에탄, 개질유, 납사)을 사용한다. 또한 나머지

제조시설은 화학적으로 가공처리한 천연가스나 석유 채굴분야의 응축시설(oil field condensation plant)에서 얻어진 원료를 사용한다.

다) 제품

기초석유화학공업은 용제, 여러 등급의 화학제품 또는 공업용 유기화학 제품을 생산하기 위하여 사용되는 다양한 규격의 제품을 생산한다. 기초석유화학제품중 제품의 일부만이 석유화학공업용으로 전환 사용된다. 방향족화학물 및 기타 석유화학제품의 대부분은 가솔린과 비행기 연료로 사용하기 위하여 정유공장에서 재처리 된다.

약 2,500종류의 유기화학제품이 기초석유화학제품으로부터 직접 또는 간접적으로 생산되고 있다. 기초석유화학제품으로부터 생산되는 공업용 유기화학제품들은 플라스틱과 합성수지, 합성섬유, 탄성중합체(합성고무), 가소제, 계면활성제, 염료, 표면피복제, 의약품 및 살충제 등의 계열제품 제조공업에서 사용된다.

라) 석유화학제품의 생산계통

석유화학공업은 석유 및 천연가스를 원료로 에틸렌, 프로필렌, 부타디엔 등 올레핀계 제품과 벤젠, 톨루엔, 크실렌 등 방향족제품을 생산하고 이들 기초유분을 원료로 사용하여 합성수지원료, 합성고무 등을 제조한다. 또한 의약품, 농약, 염료 등 정밀화학제품과 화학안료, 산, 알칼리, 화학펄프 등의 원료를 제조하는데 여천공단에서 생산되는 석유화학제품 생산계통은 그림Ⅲ-1-3과 같다.

※주) 그림Ⅲ-1-3에서 제시된 제품의 약어설명(기타 약어설명은 해당 제조공정 참조)

EPR: Ethylene Propylene Rubber, MMA: Methyl Meta Acrylate, PMMA: Poly Methyl Meta Acrylate

TPA: TerePhthalic Acid, MTBE: Methyl Tertiary Buthyl Ether

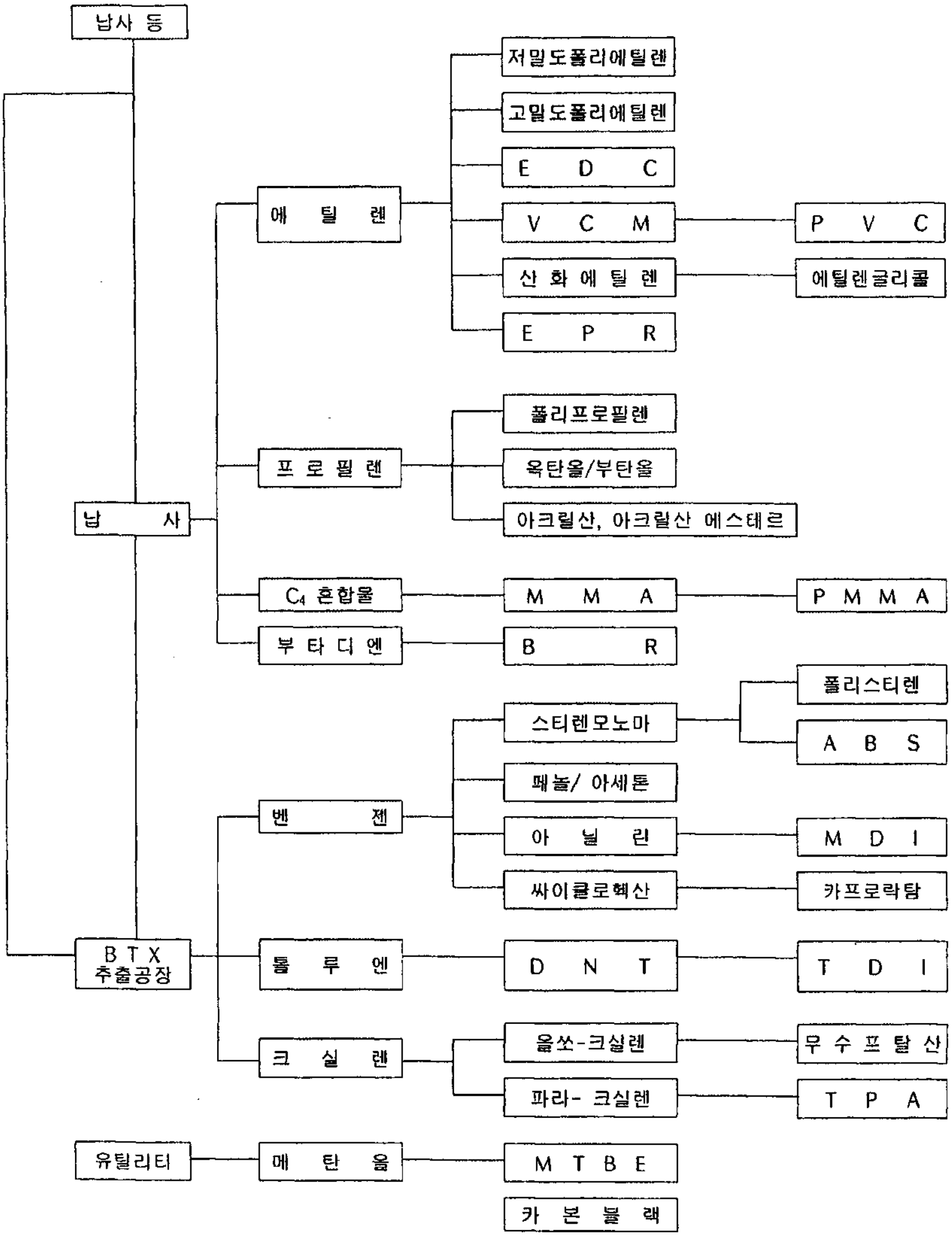


그림 Ⅲ-1-3. 석유화학제품 생산계통도

표Ⅲ-1-3. 기초석유화학공정의 원료, 주요공정 및 제품

원료	주 요 공 정	제품 또는 중간생성물
LNG 정유가스 납사 및 중질원료	올레핀 제조	에틸렌 프로필렌 혼합 C_4 물질 열분해가솔린
올레핀 제조시 얻은 혼합 C_4 물질 정유가스	부타디엔 제조	부타디엔 부텐 이소부틸렌 또는 중합제품
올레핀 제조시 얻은 열분해 가솔린 접촉개질유의 C_6-C_9 분	벤젠, 톨루엔 크실렌 제조	벤젠, 톨루엔, 크실렌 혼합 C_8 방향족제품 분리 C_8 이성질체
중질·개질유 올레핀 제조시 얻은 열분해 가솔린의 중질분 촉매순환오일	나프탈렌 제조	나프탈렌
석유·중유물질의 처리로얻은 가성소다 유출물	크레졸 및 크레실산 제조	혼합크레졸, 분리크레졸, 이성질체, 크레실산, 크실렌올, 페놀
납사 가스·오일 등유	노말파라핀의 분리	C_5 - C_7 노말파라핀 C_{10} - C_{15} 노말파라핀

마) 석유화학제품의 제조공정

(1) 납사 분해공정

(가)제조공정

석유화학제품의 주요 원료는 납사이다. 일반적으로 정유과정중 상압증류에서 얻어지는 중질 휘발유분을 공업용으로 이용하는 경우를 납사라고 부른다. 납사로부터 석유화학공업의 기초 원료로써 에틸렌, 프로필렌, 부타디엔 등의 올레핀계 제품을 생산할 수 있다.

① 분해로 — ② 급 냉 — ③ 압 축 — ④ 냉각 및 정제

① 분해로

원료인 납사를 가열하여 고온(820℃)에서 열분해 시킨다.

② 급냉

급냉공정에서 C_4 이하의 경질유분과 C_5이상의 중질유분을 분리한다. 이때 경질유분은 압축

공정으로 보내고, 중질유분은 열분해가솔린과 연료유로 분리한 후 열분해가솔린은 방향족 유출공장으로 보내고 연료유는 공정내에서 자체소비된다.

③ 압축

C_4 이하의 경질유분은 압축기로 산성가스와 CO_2를 제거한다.

④ 냉각 및 정제

냉동압축시스템을 통해 단열팽창하여 유체온도를 -170℃까지 냉각시킨후 C_2, C_3, C_4 성분을 분리한다. 분리된 C_2는 에틸렌정류탑에서 에탄과 에틸렌으로 분리되며, C_3는 프로필렌 정류탑을 거쳐서 프로판과 프로필렌으로 분리한다.

(나)유해인자

납사분해공정에서 발생하는 유해인자는 에탄, 에틸렌, 프로판, 프로필렌 및 부타디엔 등이며, 탈황공정에서 촉매제로 사용되는 H_2S가 있으나 근로자에게 직접노출 될 가능성은 적다.

(2) 방향족물질 제조공정

방향족물질(BTX, Benzene, Toluene, Xylene)은 중요한 산업화학제품이며, 프라스틱, 합성고무, 섬유생산의 공급원료가 된다. BTX의 생산은 석유화학공정에서 납사를 분해하여 올레핀제품을 제조한 후 부산물로 생성되는 열분해가솔린(PG, Pyrolysis Gasoline)을 이용하는 방법과 정유공장의 개질공정(reformating unit)에서 나오는 개질유(reformate)를 이용하는 방법이 있는데 각각에 대한 방향족공정 계통도는 그림Ⅲ-1-4 및 그림Ⅲ-1-5와 같다.

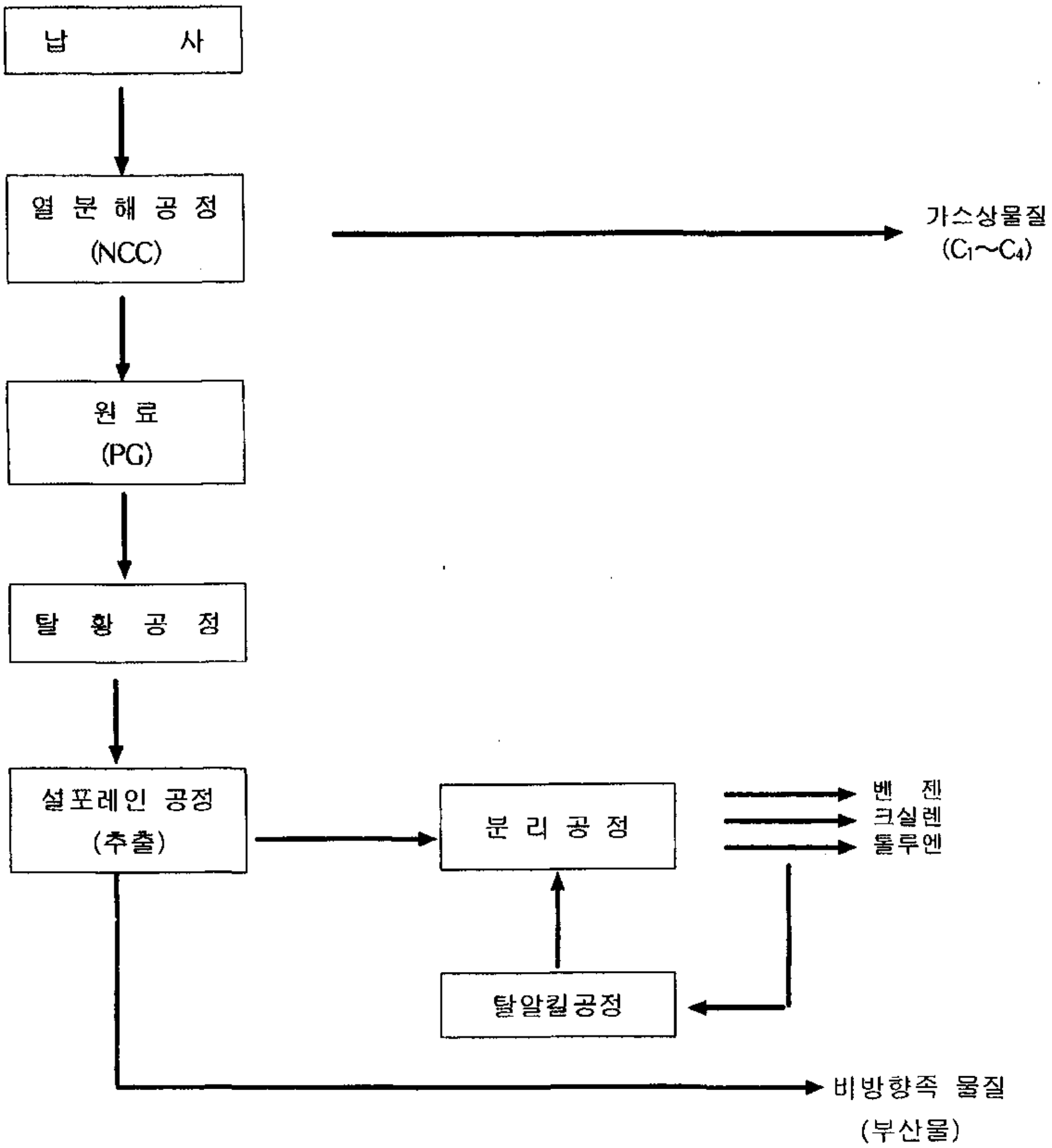


그림 III-1-4. 방향족공정 계통도(I)

(가) 제조공정

BTX 생산은 비방향족물질(nonaromatics)에서 방향족물질(aromatics)을 분리한 후 각종의 aromatics를 분류해 내는데 다음과 같다.

① 열분해가솔린 — ② 추출 — ③ 분리 — ④ 탈알킬화

① 열분해가솔린(pyrolysis gasoline)

PG는 정유과정에서 생성된 납사를 이용하여 만든다. 즉, 납사 열분해공정에서 PG를 생산한다.

② 추출(extraction)

액체 추출법은 비방향족 화합물에서 방향족 화합물을 분리하기 위해서 가장 널리 사용되는 방법이다. PG를 이용한 공정은 우선 PG에 다량 함유되어 있는 이중결합물질을 제거하고 방향족 성분이 포함되어 있는 C_6~C_8을 제외한 C_5와 C_9 이상을 제거하는 공정을 거쳐서 설포레인(sulfolane)이라는 촉매를 이용하여 비방향족 성분으로부터 방향족성분을 추출해 낸다.

③ 분리(fractionation)

방향족성분 혼합물을 증류하면 비점차이에 의해 벤젠, 톨루엔, 크실렌 등으로 분리된다.

④ 탈알킬화(hydrodealkylation)

벤젠은 톨루엔으로부터 만들 수 있다. 톨루엔에서 알킬기를 떼어내면 벤젠이 된다. 즉 고온고압하에서 수소와 톨루엔이 반응하여 벤젠과 메탄을 생성한다(그림III-1-4 참조).

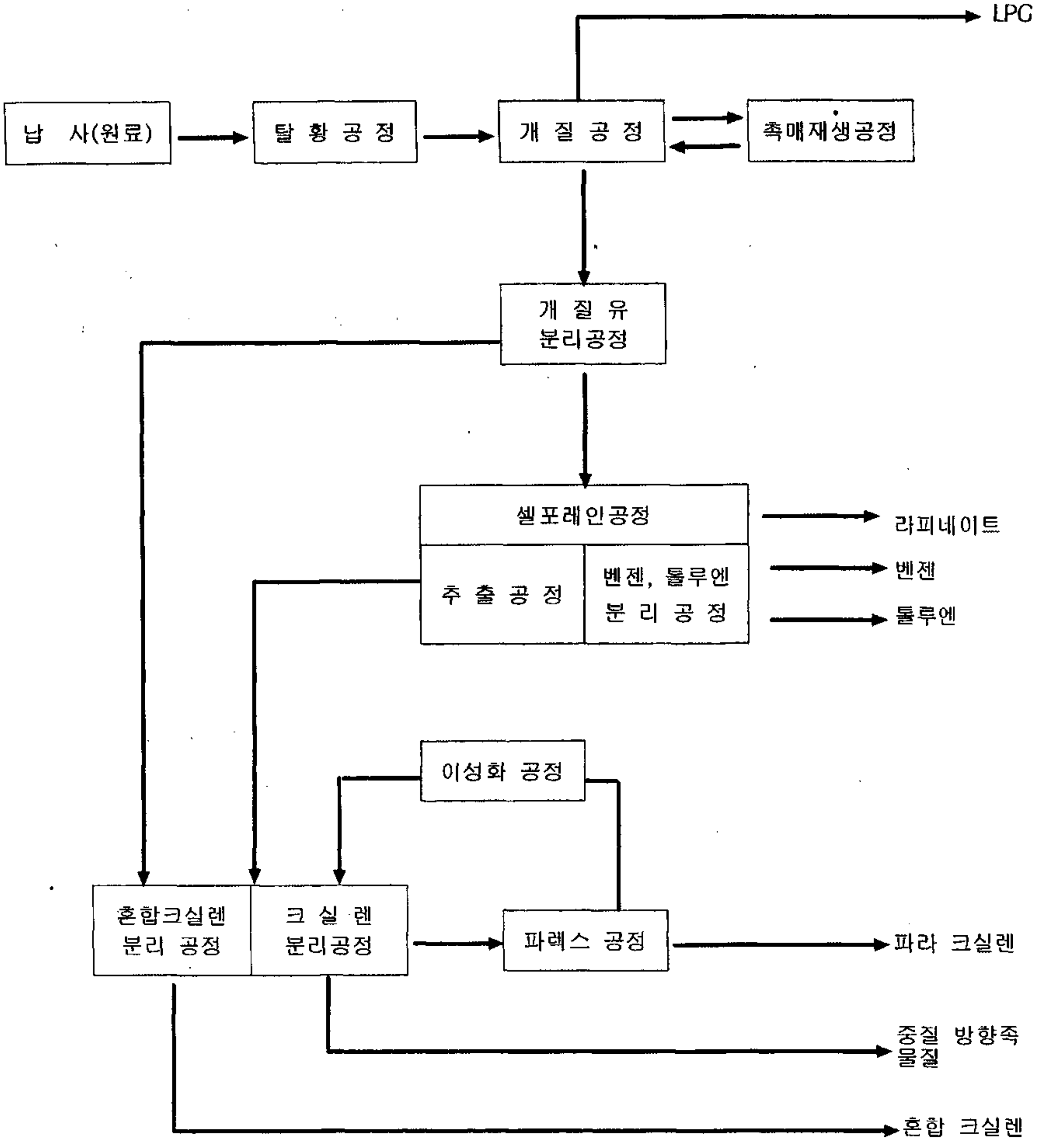


그림 Ⅲ-1-5. 방향족공정 계통도(Ⅱ)

(나) 유해인자

방향족공정의 주요 유해인자는 BTX이다. 현대적인 공장은 자동화된 체계로 되어 있으며, 공정이 폐쇄된 시스템(closed system)이므로 노출량은 적을 수 있지만 밸브를 열 때나 갑작스런 사고 및 설비를 청소하는 과정 등에서 BTX에 다량으로 노출될 수 있다.

(3) 디니트로톨루엔 및 톨루엔디아민 제조공정

디니트로톨루엔(DNT, Dinitrotoluene), 톨루엔디아민(TDA, Toluenediamine), 이소시아네이트(isocyanate)는 톨루엔을 이용하여 만든다. DNT는 혼합산을 이용하여 톨루엔을 질산화(nitration)시켜 만들고, TDA는 고압에서 DNT를 촉매환원시켜 만든다.

(가) DNT 생산공정

① 원료입고, 저장 — ② 질 산 화

① 원료입고, 저장

원료가 파이프라인이나 트럭, 철도차를 통해서 들어올 경우 1차적으로 관심을 가져야 할 것은 톨루엔의 인화성과 질산, 황산의 부식성이다. 톨루엔이 순수하게 정제되지 못한 상태에서는 벤젠이 톨루엔에 섞여 있을 수 있다.

② 질산화

톨루엔의 질산화 과정은 두 단계이다. 질산화 반응은 매우 발열성이고 대기압하에서 일어난다. 전체 반응공정이 폐쇄적이지만, 누출 및 사고 등으로 DNT에 노출 될 수 있다.

(나) TDA 생산공정

① 환 원 — ② 정 제

① 환원

DNT가 TDA로 환원되는 과정은 대기압하에서 일어나며, 펌프로 원료를 이송시킨다. TDA 공정은 대부분 폐쇄된 공정이나 누출, 사고 등이 있을 때 TDA에 노출 될 수 있다.

② 정제

일단 TDA가 생성되면 물과 촉매를 제거하고, 탈수소반응, 타르제거, 이성질체 분리과정 등을 통해 불순물들을 제거한다.

(다) 이소시아네이트 제조공정

원료(톨루엔) — 질 산 화 — 환 원 — TDA+포스겐 — 가 열 — T D I

원료(아닐린, HCHO) — 축합반응 — MDA+포스겐 — 증 류 — M D I

① TDI 및 MDI

TDI(Toluene Diisocyanate)는 톨루엔을 질산화시켜 먼저 니트로톨루엔 이성질체(mono nitrotoluene isomers)를 형성한다. 이것을 다시 질산화시키면 디니트로톨루엔(dinitrotoluene)이 만들어지는데, 여기에는 2,4-dinitrotoluene과 2,6-dinitrotoluene, 미반응 톨루엔, nitrotoluene이 들어있다. dinitrotoluene 이성질체 혼합물들은 환원되어 TDA로 전환되고, TDA는 방향족 용매에 녹여 포스겐(phosgene)과 반응, 가열하여 최종적으로 TDI가 생산된다.

MDI(Methylene Bisphenyl Isocyanate)는 먼저 아닐린(aniline)과 포름알데히드(formaldehyde)를 축합반응(condensation reaction)시켜 메틸렌디아닐린(MDA, Methylene Dianiline)을 형성한다. MDA와 phosgen을 반응시키고 진공증류시켜 MDI를 만든다.

② 폴리우레탄(polyurethanes)

폴리우레탄은 수산기(-OH)와 이소시아네이트기(-NCO-)의 반응생성물을 말하는 것이다.

㉮ 용도

폴리우레탄은 원료인 이소시아네이트나 활성화수소화합물의 종류와 성형방법에 따라서 성질이 다양하다. 침구매트리스, 자동차 의장부품(좌석쿠숀, 사이드보드, 팔걸이, 핸들, 범퍼), 가구(쿠숀, 의자), 구두창, 합성피혁, 인공목재, 탄성우레탄섬유, 토질안정제, 도료, 공업용품 등이다.

㉯ 폴리우레탄의 제조공정

폴리우레탄은 우레탄결합(-NH-COO-) 또는 요소결합(-NH-CO-NH-)에 의해 합성되는 고분자 화합물을 총칭하는 것으로서, 2개의 이소시아네이트기를 가진 디이소시아네이트 및 그 폴

리머와 활성수소화합물과의 중합부가반응(polymerization addition reaction)과 발포반응(blowing reaction)에 의해 만들어진다.

폴리우레탄수지 제조작업에서 사용되는 원료는 이소시아네이트류 및 프레폴리마, 폴리에스테르폴리올, 폴리에테르폴리올, 폴리아민과 촉매제(3급 아민, 유기주석), 발포제(물), 트리클로로메탄, 모노클로로메탄, 실리콘오일, 난연제, 안료 등이다. 각각 용도에 따른 공정과정을 보면 다음과 같다.

㉠ 발포제(blowing agents)

제조과정은 폴리에스테르폴리올과 트리메틸올 프로판의 혼합물에 TDI, 물, 촉매, 유화제, 파라핀유 등을 연속적으로 혼합한 후, 발포판에 혼합기를 좌우로 움직이면서 뿌려 발포와 가교반응(cross reaction)이 일어나도록 한다. 용도는 자동차, 가구 등에 사용되는 연질 발포제와 냉장고, 컨테이너, 건축단열재에 사용되는 경질발포제가 있다.

㉡ 탄성체

제조과정은 폴리에스테르를 TDI와 같은 방향족 디이소시아네이트와 반응시켜서 예비중합체를 만든 후 이 중합체의 말단에 있는 디이소시아네이트기를 이용하여 글라이콜과 황화반응을 일으켜 탄성체를 만든다. 우레탄 고무는 자동차 제조 등에 이용된다.

㉢ 섬유

폴리우레탄은 헥사메틸렌 디이소시아네이트(hexa methylene diisocyanate)와 테트라메틸렌 글리콜(tetra methylene glycol)과 반응시켜 얻은 물질로서 이소시아네이트기와 수산기가 반응한 것이다. 수영복 등에 이용된다.

㉣ 페인트 및 접착제

도료는 고형분 중 약 10% 이상이 디이소시아네이트를 가진것이고, 접착제는 MDI를 불활성인 오쏘클로로벤젠(o-chlorobenzene) 등에 녹여 50%액으로 한 것이다. 도료는 유연성, 강인성, 전기적 성질, 내마모성, 내약품성이 요구되는 곳인 건축재료, 플라스틱 성형품, 차량, 피혁 등에 이용하고, 접착제는 식물섬유, 피혁, 목재, 유리, 폴리아미드(polyamide) 등에 사용된다.

(라) DNT, TDA 및 이소시아네이트 제조공정의 유해인자

일반적으로 DNT와 TDA는 피부와 호흡기, 소화기를 통해서 흡수되며 화학적 질식제(chemical asphyxiant)이다. 또한 DNT공정에는 질산, 황산 같은 자극적인 물질이 있으며 인체에 유해한 톨루엔, 벤젠에 노출 될 수 있다.

TDA용기는 산에 강한 것을 이용해야 하고, TDA, DNT공장에서 나온 쓰레기는 DNT나 TDA

가 묻어 있을 수 있으므로 주의해야 한다. 건조한 DNT는 밀폐공간에서 다 타고나면 폭발하기 쉽기 때문에 소각전에 드럼이나 콘테이너 안의 DNT를 모두 제거해야 한다. 그렇지 않으면 소각 중에 산화질소, 일산화탄소, 이산화탄소가 발생할 수 있다.

이소시아네이트 제조공정에는 제품인 TDI 및 MDI가 발생할 수 있으며 각각의 원료 및 첨가물질로써 사용되는 톨루엔, 질산, 포스겐, 염산, CO 및 포름알데히드등이 미량 발생될 수 있다.

(4) 부타디엔(butadiene) 제조공정

(가) 제조공정

부타디엔은 BR(Butadiene Rubber), SBR(Styrene Butadiene Rubber), NBR(Acrylonitrile Butadiene Rubber) 등의 합성고무 및 ABS(Acrylonitryl Butadiene Styrene)수지의 원료로 광범위하게 사용되며, 제조방법으로는 납사분해공장의 혼합 C_4 유분으로부터 유출되는 방법과 부탄(butane) 및 부텐(butene)의 탈수소화반응에 의해 제조하는 방법이 있다.

납사분해공장에서 생산되는 혼합 C_4 유분은 용매와 함께 1차 유출 분해탑으로 도입되어 용해도 및 선택도 차이를 이용하여 용해도가 낮은 성분과 높은 성분을 나누어 추출한 후, 부타디엔을 포함한 용해도가 높은 탄화수소는 2차 추출탑으로 이송된다. 2차 추출탑에서 정제탑을 거치면서 부타디엔을 추출해 내는데 부타디엔(1,3-butadiene)의 제조공정은 다음과 같다.

혼 합 C_4 — 흡 수 — 정 제 — 부 타 디 엔

(나)유해인자

부타디엔 공정에는 1,3-butadiene이 생성되며 용매속에는 톨루엔, n-Heptane 및 n-Pentane 등이 포함되어 분해와 추출과정에서 근로자가 노출될 수 있다.

(5) 염화비닐(VCM, Vinyl Chloride Monomer) 제조공정

(가) 제조공정

염화비닐은 에틸렌디클로라이드(EDC, Ethylene Dichloride)를 열분해, 탈염산하여 제조한다. 이 염화비닐은 대부분이 폴리염화비닐의 제조에 사용되며 염화비닐, 초산비닐 공중합체(copolymer)의 합성, 염화비닐리덴- 염화비닐 공중합체의 합성에도 사용된다.

에틸렌과 염소, 공기를 반응시켜서 제조한 EDC를 분해로에 도입하여 열분해한 후 탈염산하

여 염화비닐을 정제후 생산하며, VCM제조공정은 다음과 같다.

원 료 — 반 응 — EDC 회수 및 정제 — EDC 열분해

VCM 열분해 — VCM 회수 및 정제 — V C M

(나) 유해인자

염화비닐은 제조과정(oxychlorination reaction)중에 노출 될 수 있으며, 마취성, 자극성, 간장장해, 신경독성 등 여러가지 장해를 유발 할 수 있다. 특히 염화비닐 정제이후의 과정에서는 중합(polymerization)이 종료되고, 제품에서 슬러리(slurry)를 제거한 후 중합조를 청소하는 작업과 슬러리에 잔류하고 있는 염화비닐을 회수하는 작업에서 염화비닐에 노출 될 수 있다. 또한 원료 또는 첨가물질로써 EDC 및 HCl에 근로자가 노출될 수 있다.

(6) PVC(Polyvinyl Chloride) 제조공정

(가) 제조공정

PVC는 가장 광범위하게 이용되는 수지로 경질제품과 연질제품으로 나뉘어 지며, 경질제품은 각종 배관용 파이프, 건축자재, 자동차 부품, 레이저프린트레코드 등으로 사용되고, 연질제품은 전선피복재, 포장재, 시트 및 완구류 등으로 사용되고 있다.

PVC제조공정은 다음과 같으며 염화비닐을 중합시켜서 PVC를 만드는 과정이다. 반응기에 탈이온순수, 분산제, 중합개시제, 염화비닐 등을 넣고 적절한 반응조건에서 교반을 하면 슬러리 상태의 중합물(polymer)이 생성된다. 이 슬러리를 연속 원심분리기에서 탈수하고 건조시킨후 PVC를 생산한다.

원 료 — 반 응 — 회 수 — 증 류 — 건 조 — P V C

(나)유해인자

PVC 제조공정은 제조방법에 따라 다르지만 VCM을 원료로 사용하며 분산제(dispensers)와 촉매제(catalysts) 등을 사용하여 일정한 온도와 압력하에서 반응생산하는데 VCM, methaol, ammonia, 기타 분진 등이 발생되어 근로자가 노출될 수 있다.

(7) 스티렌모노머(SM, Styrene Monomer) 제조공정

(가) 제조공정

SM은 에틸렌과 벤젠을 합성시켜 제조하는 주요 석유화학제품의 중간체로써 합성수지인 폴리스틸렌, ABS, SAN(Styrene Acrylonitrile) 등의 원료로 사용된다.

SM 제조공정은 다음과 같으며 에틸렌과 벤젠이 혼합되어 알킬화(alkylation)반응에 의해 에틸벤젠으로 전환되고 에틸벤젠을 탈수소반응촉매를 통과시켜 SM과 수소로 분해하는 공정을 거친 후 생산된 SM 과 부생성물인 벤젠, 톨루엔을 SM과 분리시킨다.

원 료 — 합 성 — 알 킬 화 — 분 해 — SM

(나)유해인자

SM제조공정에서는 염화알루미늄 및 염화수소를 촉매로 사용하여 에틸벤젠이 발생된다. 특히 탈수소 반응과정과 증류과정에서 SM, 벤젠, 에틸벤젠 및 톨루엔 등이 발생될 수 있다.

(8) 폴리스티렌(PS, Polystyrene) 제조공정

(가) 제조공정

보통 PS는 플라스틱제품을 만드는 원료로 이용되고 있다. 이 PS, ABS 제품은 겉모양이 마치 쌀알모양 또는 밀가루모양이다. 이것을 사출기와 성형기에 넣으면 여러 가지 플라스틱 제품이 생산되어져서 나오는 것이다. 이 PS는 HIPS(High Impact Polystyrene), GPPS(General Purpose Polystyrene), SAN 등으로 분류되며, 단열재, 전기·전자제품의 포장재, 식품용기 등 광범위한 분야에서 쓰인다. PS공정은 다음과 같으며 HIPS공정은 색상 및 광택이 미려하고 성형가공성이 양호한 PS수지를 만들고, GPPS공정은 투과성, 내화학성 및 내수성이 좋고 충격에 약한 PS수지를 생산하며, SAN공정은 색상 및 광택이 수려하고 내열성, 내화학성 그리고 성형수축율이 작고 내충격성이 우수한 PS수지를 생산한다.

원 료 — 고무용액제조제 — 휘 발 — 회 수 — 성 형 — PS

(나) 유해인자

HIPS과 GPPS공정의 주원료는 SM과 에틸벤젠이고, SAN공정은 SM, 아크릴로니트릴 및 에틸벤젠인데 생산제품에 따라 필요한 주원료 및 용해제를 혼합하여 중합공정에서 반응시킨 후 PS를 생산하는 과정에서 SM, 에틸벤젠 및 아크릴로나트릴이 발생될 수 있다.

(9) ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene) 제조공정

(가) 제조공정

ABS는 부타디엔, SM, 아크릴로니트릴을 공중합하여 만든 열가소성(thermo plastic) 수지인데, PS의 장점인 경도와 유동성을 살리고 단점인 연성성질을 보충하기위해 부타디엔을 첨가하여 경도와 유연성을 조화시킨 제품이다. ABS는 자동차, 전기, 사무기기, 통신기기 및 일반잡화 등에 널리 이용되고 있으며 제조공정은 다음과 같다.

원 료 — 중 합 — 건 조 — 압 출 — A B S

(나)유해인자

ABS공정중 중합, 건조, 압출(성형)과정에서 아크릴로니트릴, 부타디엔 및 SM이 발생되어 근로자에게 노출될 수 있다.

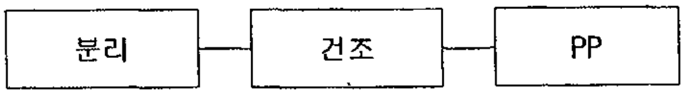
(10) 폴리프로필렌(PP, Polypropylene) 제조공정

(가) 제조공정

분자구조가 입체적, 규칙적이기 때문에 가볍고 강도가 높으며, 전기적 특성, 내약품성, 가공성 등이 뛰어나다. 포장용기, 농·어업자재, 의료기기, 건재, 자동차부품, 통신 및 전기 기기 등에 사용되고 있다.

PP제조공정은 다음과 같으며 중합원료인 프로필렌과 공중합체 원료인 에틸렌을 일산화탄소, 이산화탄소, 물 등 촉매와 반응시킨 후, 프로필렌을 액상 반응기에 주입시켜 적절한 반응조건에서 펌프로 순환시키며, 단중합체(monopolymer) 및 임의 공중합체(copolymer)를 생산한다.

촉매, 조제 — 중 합 (확산) — 배활성화 (메탄올) — 수세



(나) 유해인자

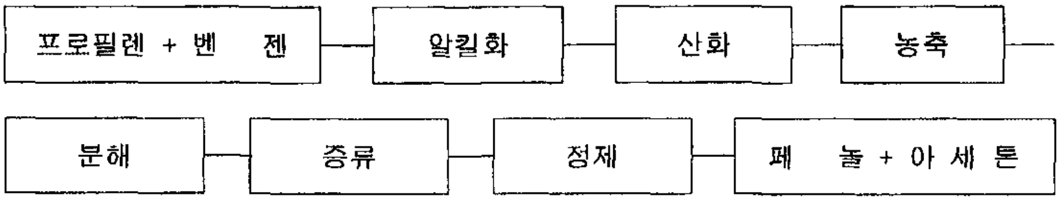
PP공정중 중합, 비활성화, 수세, 분리 및 건조과정에서 메틸아세테이트, 황산, 메탄올 및 기타 혼합유기용제가 발생될 수 있다. 특히 용제회수 공정에서 촉매잔사를 처리하기 위해 중화시키는 과정에서 황산이 사용되면서 근로자에게 노출될 수 있다.

(11) 페놀(phenol) 제조공정

(가) 제조공정

페놀은 페놀수지, 비스페놀에이(BPA, Bisphenol A), 알킬페놀, 아닐린아디픽산(aniline adipic acid) 등의 원료로써 대부분 페놀수지 제조용으로 사용되며, 에폭시수지, 폴리카보네이트(poly carbonate) 등의 원료인 BPA 제조에 사용된다.

페놀제조공정은 다음과 같으며 프로필렌과 벤젠을 알킬반응기로 도입하여 알킬화 반응에 의해 큐멘(cumene)으로 만들고, 큐멘은 산화반응기로 이송되어 산화반응에 의해 큐멘하이드로퍼옥사이드(cumene hydro peroxide)로 전환된 후, 분해반응기로 도입되어 페놀과 아세톤으로 분해된다.



(나) 유해인자

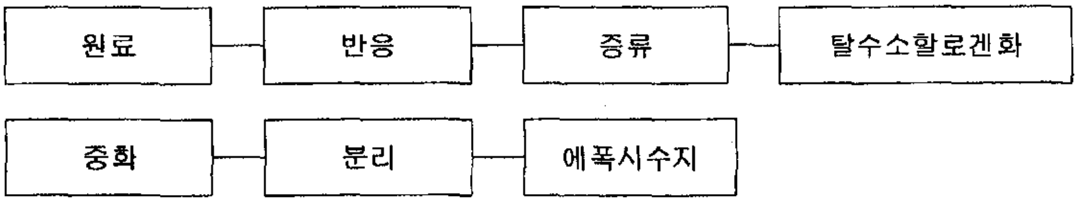
페놀제조공정의 유해인자는 알킬반응, 산화반응, 농축, 분해, 증류, 정제과정에서 벤젠, 큐멘, 페놀 및 아세톤이 발생된다. 또한 정제공정으로부터 발생되어 페놀을 회수하는 과정에서 사용되는 가성소다와 황산이 근로자에게 노출될 수 있다.

(12) 에폭시수지(epoxy resin) 제조공정

(가) 제조공정

에폭시수지는 1분자 중에 적어도 2개이상의 에폭시기를 가지고 있는 것으로서 그 종류가 다양하나 주로 BPA와 에피클로로 히드린(ECH, Epychloro Hydrine)을 알칼리 존재하에서 반응시켜 얻는 기본형 수지가 중심이 되고 있다. 에폭시 수지는 전세계적으로 도료공업에서 가장 많이 이용되고 있고 고성능 접착제로서 금속, 유리, 도자기, 목재, 고무, 플라스틱 등에 이용되고, 전기전자 산업과 토목건축 산업에서 이용된다.

BPA는 페놀과 아세톤을 산촉매 존재하에 가열해서 얻으며 에폭시수지 제조공정은 다음과 같다. ECH는 프로필렌으로부터 만들어 진다. 이 BPA와 ECH를 알칼리성 촉매하에 반응시키면 중합체가 얻어진다.



(나) 유해인자

BPA와 ECH를 원료로 사용하며 반응, 증류, 중화, 분리하는 과정에서 가성소다와 톨루엔을 첨가하므로 유해인자는 톨루엔, 가성소다 및 톨루엔에 불순물로 포함된 크실렌이 발생되어 근로자에게 노출될 수 있다.

나. 기타업종의 주요공정 및 유해인자

여천공단의 사업장중 석유화학업종이외의 업종은 대부분이 비료제조업, 운송업, 조립금속제품 제조업 및 서비스업 등이다. 그 중 전국 생산량의 50% 이상을 차지하고 있는 비료제조업을 대상으로 주요공정 및 유해인자를 파악하였다.

비료제조공업은 납사, 황, 공기 등을 원료로 여러 가지 중간제품을 거쳐 매우 다양한 제품의 비료를 생산하는 공정이며 비료제조를 위한 단위공정을 살펴보면 다음과 같다.

1) 황산 제조공정

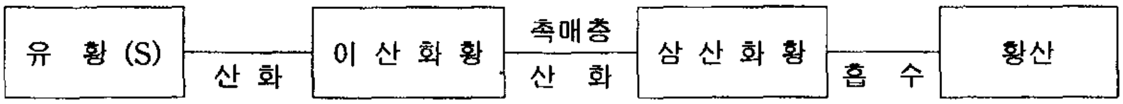
가) 제조공정

용융된 황(sulfur)에 건조한 공기를 가압, 투입하여 이산화황(SO_2)으로 산화시킨다. 이때 연

소가스는 12%의 SO_2를 포함하고 있으며 이 연소가스를 냉각 시킨후 공기를 추가로 혼합하여 4단으로 구성된 오산화바다듐(V_2O_5) 촉매탑을 통과시킨다.

SO_2가스가 첫번째 촉매층을 통과하면 SO_2의 일부가 삼산화황(SO_3)로 전환되며 열을 발생한다. 이 열은 두번째 촉매층을 통과하기 전에 제거된다.

냉각된 가스는 두번째층을 통과하여 SO_2가 SO_3로 전환되고 냉각된 후 흡수탑에서 98% 황산과 향류(抗流)로 접촉하여 대부분의 SO_3는 황산에 흡수된다. 흡수탑을 거친 가스는 세번째 촉매층을 통과하여 여분의 SO_2가 SO_3으로 전환되며, 냉각된 후 네번째 흡수탑에서 98%황산에 흡수하여 황산을 제조하는데 황산 제조공정은 다음과 같다.



나)유해인자

황산제조공정에서 발생하는 유해인자는 SO_2, SO_3, 황산미스트 등이다. 이들 유해물질 중 산화공정에서 생성된 SO_2 및 SO_3는 흡수공정으로 보내지므로 누출시 이외에는 작업환경에 유해하지 않을것으로 판단되나 흡수탑을 통과한 배기가스에는 미반응된 SO_2와 미흡수된 SO_3 그리고 황산미스트가 배출되어 다시 작업장내로 유입될 가능성이 높다.

2) 인산 제조공정

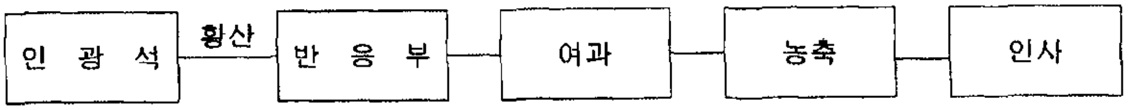
가) 제조공정

인산제조방법은 건식법과 습식법이 있으나 여천공단내에서는 습식법을 채택하고 있다. 습식법은 인광석이나 인광석 농축물을 반응기내에서 황산과 반응시켜 올쏘인산(ortho-phosphoric acid)을 생산하는 공정이며 반응식은 다음과 같다.

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 + 6H_2O \rightarrow 2H_3PO_4 + 3CaSO_4 \cdot 2H_2O$$

여기서 반응이 끝난 슬러리를 연속식 진공 여과장치에 투입하여 습식인산과 이수석고($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)를 분리한다.

분리된 습식인산을 적당한 농도까지 농축하여 제품을 생산하며 제조공정은 다음과 같다.



나) 유해인자

인산제조공정에서 발생하는 유해인자는 불산(HF) 및 황산미스트이다. 불산은 인광석중에 함유된 불소화합물이 황산과 반응하여 반응공정 및 여과공정에서 발생될 수 있으며 반응식은 다음과 같다.

$$Ca \cdot F_2 \cdot 3Ca_3(PO_4)_2 + 10H_2SO_4 + 20H_2O \rightarrow 6H_3PO_4 + 10CaSO_4 \cdot 2H_2O + 2HF$$

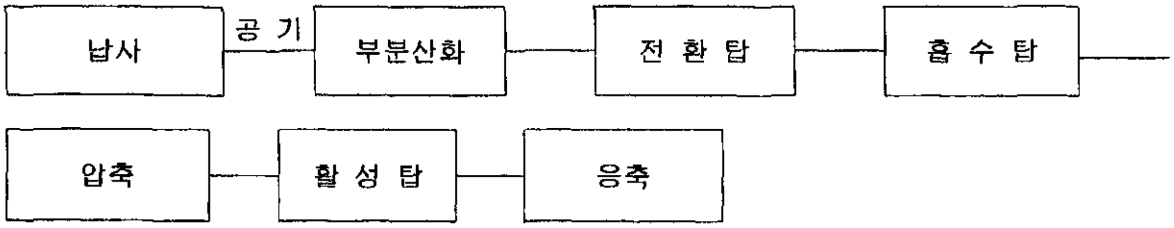
또한 황산미스트는 인광석과 황산이 반응할 때 미스트형태로 발생될 수 있다.

3) 암모니아 제조공정

가) 제조공정

암모니아는 75%의 수소와 25% 질소를 합성하여 생산된다. 수소는 납사를 부분산화하여 일산화탄소(CO)와 수소(H_2)를 생산한 후 전환탑에 공급되며 여기서 일산화탄소는 수증기와 반응하여 이산화탄소로 전환된다. 전환탑에서 나온 가스는 흡수탑에서 이산화탄소를 흡수시키면 수소를 얻을 수 있다.

생산된 수소에 공기를 투입하여 수소와 질소의 몰비율을 3:1로 혼합한 후 압축반응을 거친 뒤 산화철 합성촉매층을 통과시키면 암모니아가 생성되는데 제조공정은 다음과 같다.



나) 유해인자

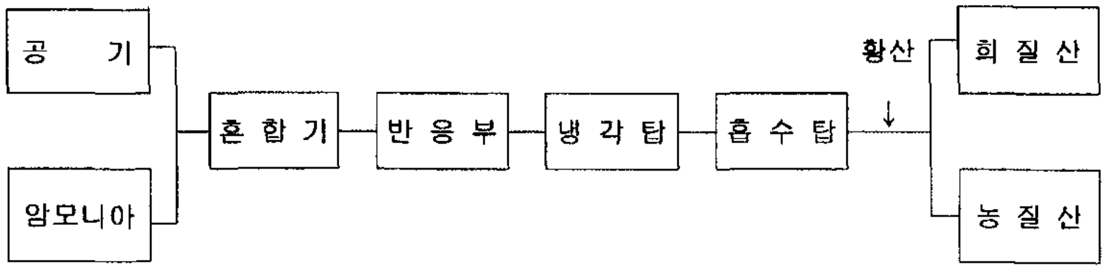
암모니아 제조공정에서 발생되는 유해인자는 암모니아이며 특히 합성탑에서 나온가스중 응축탑에서 암모니아로 응축되지 않은 가스의 일부분은 미반응 물이 장치에 축적되는 것을 방지하기 위해 방출되기 때문에 이들 가스를 정화시키지 않고 배출하는 경우 암모니아가 작업

장내로 유입될 가능성이 높다.

4) 질산 제조공정

가) 제조공정

질산제조공정은 암모니아를 공급받아 백금촉매하에 공기로 1차 산화(반응)하여 일산화질소(NO)를 만든 후 이것을 다시 산화시켜 이산화질소(NO_2)로 만든다. 발열반응이므로 가스를 충분히 냉각시킨후 흡수탑에서 묽은 질산용액과 향류로 접촉시키면 이산화질소는 물과 반응하여 질산을 생성한다. 생성된 희질산용액(50~60%)은 황산과 접촉하여 불순물(NH_3 등)이 제거된 후 제품으로 생산된다. 농질산(95% 이상)은 제품으로 생산된 희질산용액을 농황산에 접촉하여 수분을 제거한 후 제품으로 생산되며 제조공정은 다음과 같다.



나)유해인자

질산제조공정에서 발생하는 유해인자는 흡수탑을 통과한 배기가스중 미반응된 암모니아와 질소산화물(NO, NO_2), 미회수된 황산미스트 및 반응생성물인 질산미스트 등이다.

특히 흡수탑에서는 발열반응이므로 충분한 냉각이 이루어지지 않을 경우 NO_2 발생량이 높으므로 주의를 기하여야 한다.

5) 요소비료 제조공정

가) 제조공정

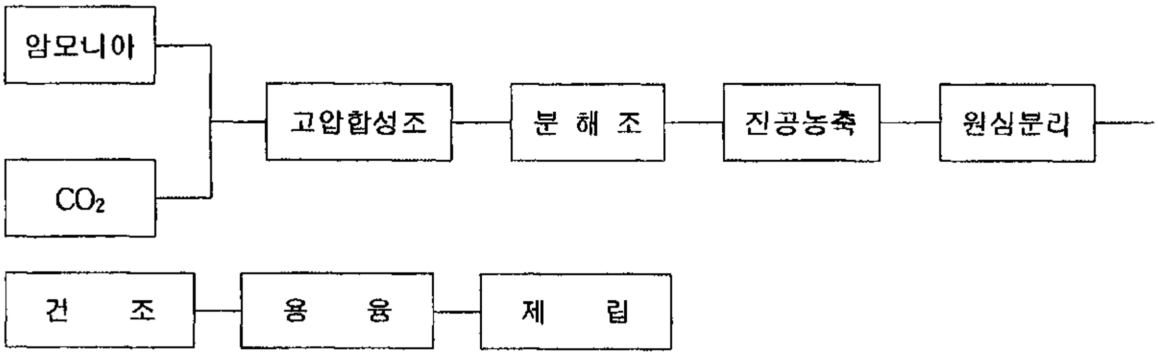
요소비료 제조공정은 암모니아와 납사분해시 생성한 이산화탄소를 고온 고압하에서 반응시켜 암모늄 카바메이트(ammonium carbamate)를 생성하고 이것을 탈수시켜 요소와 물을 얻는다.

$2NH_3+CO_2 \rightarrow NH_4COONH_2$(ammonium carbamate)

$NH_4COONH_2 \rightarrow NH_2CONH_2$(urea)$+H_2O$

반응기에서 나온 수용액 중에 전환되지 않은 암모늄카바메이트를 가열하여 암모니아, 이산화탄소, 수증기로 분해한다. 결정조에서 농축된 요소슬러리는 고속원심분리기에서 분리시켜 요소결정을 얻은 후 물에 세척하여 건조한다.

건조된 요소결정은 프릴링탑(priling tower) 상부에서 스팀으로 가열하여 용융상태로 만든 후 용액상태로 하부로 분산시켜 떨어트리면 탑내부에서 공기와 향류로 접촉하여 작은 구형입자의 요소가 생산되는데 제조공정은 다음과 같다.



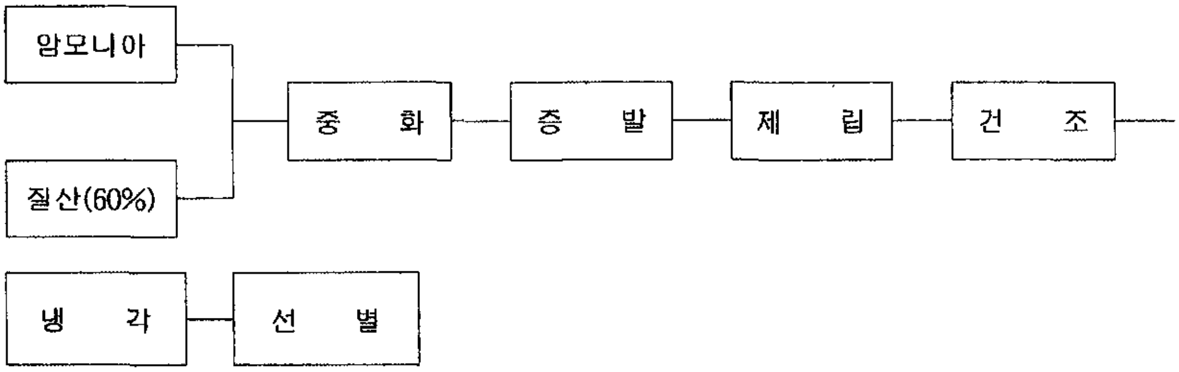
나) 유해인자

요소비료 제조공정에서 발생하는 유해인자는 암모니아이다. 특히 진공결정 또는 원심분리기에서 나온 수증기의 응축수가 폐기될 때 응축수에 함유되어 있는 암모니아와 배기가스에 포함된 암모니아가 발생될 수 있다.

6) 초안 제조공정

가) 제조공정

초안(질산암모늄) 제조공정은 암모니아 가체를 중화조에서 60% 질산과 교반반응한다. 이 반응은 발열반응 이므로 생성된 초안용액은 반응열에 의해 더욱 농축된 초안용액은 증발기에서 96%까지 농축한 후 이 용액을 프릴링탑의 상부에서 분무시켜 상승공기와 접촉하면 고체상 초안으로 된다. 이를 건조·냉각한 후 선별하여 분상초안과 입상초안을 생산한다.



나) 유해인자

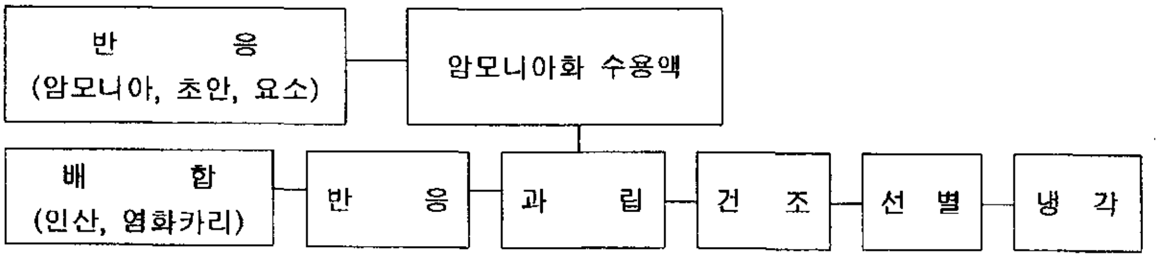
초안제조공정에서 발생하는 유해인자는 암모니아, 질산미스트이며 특히 중화공정 및 건조공정에서의 유해물질 발생량이 높다. 또한 기타 공장에서 나오는 배기가스로부터 미량의 유해물질이 발생될 수 있다..

7) 복합비료 제조공정

가) 제조공정

복합비료 제조공정은 용해공정, 과립공정, 건조공정으로 대별된다. 용해공정은 암모니아 수용액, 초안, 요소 등을 혼합 용해시켜 암모니아화 용액을 생산하는 공정이다. 과립공정은 과인산, 염화카리, 인산암모늄 등 비료배합 원료중 제조하려는 비료성분비에 맞는 물질을 적당히 배합한 후, 암모니아화한 용액을 투입 반응시킨 후 회전식 드럼을 이용하여 과립화하는 공정이다. 이때 많은량의 암모니아를 고정시키기 위해 황산 또는 인산을 공급하기도 한다.

건조공정은 암모니아화한 과립을 회전식 건조기에서 건조하여 냉각한 후 분급기에서 일정 크기의 입자만을 선별, 냉각하여 복합비료를 생산하는 공정인데 제조공정은 다음과 같다.



나) 유해인자

복합비료 제조공정에서 발생하는 유해인자는 매우 다양하나 대표적인 유해물질은 과립기

및 건조로에서 발생하는 암모니아와 불소이다. 이들 유해물질은 암모니아화한 용액에 혼합된 암모니아와 인산에 혼합된 불소성분이 고열에 의해 증발되기 때문이다. 또한 더욱 많은량의 암모니아를 고정시키기 위해 황산을 투입하는 경우 미량의 황산미스트가 발생될 수 있다. 또한 선별공정 및 제품포장, 제품창고의 경우 많은량의 분진이 비산할 수 있다.

2. 작업환경측정의 기본방향

가. 대상사업장및 측정기관 선정

여천공단 입주업체 중 유해물질 취급업체로써 산업안전보건법 제 42조 규정에 의한 작업환경 측정대상 사업장은 51개업체로 이들 사업장중 석유화학제품 제조업 전업체와 여천공단에 입주한지 10년 이상된 업체등 28개소를 대상으로 작업환경측정을 실시하였다.

또한 대표적으로 유기화합물질의 유해인자가 발생하는 사업장 1개소 및 무기화합물질의 유해인자가 발생하는 사업장 1개소를 선정하여 옥외 작업환경측정을 실시하였다.

작업환경측정은 정기적으로 실시하는 작업환경측정의 일환으로 실시하되 신뢰성 확보를 위하여 측정기관 선정은 반드시 노·사 합의로 선정토록 하였으며, 또한 노·사, 학계, 측정기관 및 실태조사반 합동으로 예비조사를 실시하여 측정대상 유해인자, 측정지점등을 확인하였다. 이러한 작업환경 측정은 96년도 하반기에 16개 사업장과 97년 상반기에 12개 사업장에 대해서 실시되었다. 그리고 옥외 작업환경측정은 97년 3월부터 6월까지 약 3개월 동안 대학연구소에 용역을 의뢰하여 옥외 작업환경에서의 유해물질에 대한 노출여부를 파악하였으며 이를 토대로 옥외 작업환경에 대한 측정과 기존의 측정제도와의 연계성을 검토코자 하였다.

나. 작업환경측정 및 분석방법

1) 시료채취 및 분석방법

조사대상 사업장에서 발생되는 유해인자에 대한 신뢰성 있는 측정자료를 얻기 위하여 작업환경측정실시규정(노동부고시제95-25호), 미국국립산업안전보건연구소(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) 공정시험법 또는 미국산업안전보건청(Occupational Safety and Health, OSHA) 공정시험법에 따라 시료채취 및 분석을 실시하였다.

조사대상 업체에 대한 예비조사를 통해 각 사업장 및 공정에서 발생되는 유해인자를 파악한 후, 근로자 개인의 유해물질 노출량 평가를 위해 호흡위치에서 개인시료(Personal sample)을 채취하였고, 옥외의 공기중 농도 또는 작업장내 농도를 평가하기 위해 지역시료(Area sample)도 일부 채취하였다. 유해물질의 경우 근로자가 1일 작업시간 동안 노출되는 평균 농도를 구하기 위해 작업환경실시규정에 따라 6시간 이상 시료를 채취하였고 소음 등 물리적 인자는 동 규정에 의거 측정한 후 평가하였다. 조사대상사업장에서 발생되는 대표적인 유해인자에 대한 작업환경측정 및 분석방법은 표 III-2-1와 같다.

표 III-2-1. 유해인자별 측정방법

유 해 인 자	측 정 방 법	시 료 채 취 매 체	유량, Lpm	분 석 법
Vinyl chloride monomer(VCM)	NIOSH 1007	활성탄관(100/50mg)	0.05	Gas chromatograph-FID
Methanol	NIOSH 2000	실리카겔관(100/50mg)	0.02	Gas chromatograph-FID
NH_3	NIOSH 6015	실리카겔관(100/50mg)	0.2	UV-VIS spectrophotometer
Crabon black	NIOSH 5000	PVC filter(5 um)/ SS screen support pad	1.5	중량분석법
무기산(H_2SO_4, HCl, HF,vHNO$_3$, H_3PO_4 등)	NIOSH 7903	세척한 실리카겔관 (400/200mg)/유리섬유 마개를 포함한 실리카겔관	0.2	Ion chromatograph
1,3-Butadiene	NIOSH 1024 & OSHA 56	활성탄관(400/200mg)	0.05	Gas chromatograph-FID
Cl_2	P&CAM 209	임핀저(methyl orange+ 증류수+HCl)	1	UV-VIS spectrophotometer
Formaldehyde	P&CAM 125	임핀저(1% sodium bisulfite)	0.5	UV-VIS spectrophotometer
organic solvent(acrylonitrile, ethylbenzene, toluene, butane 등)	NIOSH 1501 NIOSH 1604 OSHA CIM	활성탄관(100/50mg)	0.02	Gas chromatograph-FID Gas chromatograph-MSD
Alkaline aerosol(NaOH)	NIOSH 7401	PTFE filter(1 um)	0.5	산-염기 적정법
Acetic acid	NIOSH 1603	활성탄관(100/50mg)	0.7	Gas chromatograph-FID
Propionic acid	NIOSH 1603	활성탄관(100/50mg)	0.02	Gas chromatograph-FID
분진		유리섬유 여과지	1.5-2	중량분석법
소음	노동부고시 95-25호			noise dosimeter sound level meter
중금속(Mn, Fe 등)	NIOSH 7300 등	cellulose ester membrane여과지(0.8 um)	1.5	Atomic absorption spectrophotometer
다핵방향족화합물 (polynuclear aromatic hydrocarbons, PAHs)		filter+sorbent(PTFE filter+washed XAD-2)	2	Gas chromatograph-FID
NO_2		임핀저(과망간산 칼륨)	0.4	UV-VIS spectrophotometer
SO_2		임핀저(triethanol amime)	1	UV-VIS spectrophotometer (P-Rosaline formaldehyde)
o-Toluidine	NIOSH 2002	실리카겔관(100/50mg)	0.2	Gas chromatograph-FID
Monontrotoluene(MNT)		실리카겔관(100/50mg)	0.2	Gas chromatograph-FID
Dinitrotoluene(DNT)		임핀저(ethylene glycol)		HPLC

2) 평가방법

작업환경 측정자료중 노출기준을 초과하는 유해인자에 대한 근로자의 노출량 및 공정에 대한 평가는 작업환경측정실시규정(노동부고시 제25-25호)에 의거 평가하였으며 그 방법은 다음과 같다.

가) 측정농도의 대표값 계산

(1) 대수(기하)정규분포시 기하평균과 기하표준편차를 구하는 방법은 다음과 같다.

- 방법 1 : 대수를 이용하는 방법

① 측정자료를 구한다 : X_1, X_2, X_3, ... , Xn,

② 이를 대수로 변환한다: $\log X_1$, $\log X_2$, $\log X_3$. . . . . . . , log Xn

③ 대수 변환치의 평균을 구한다.

④ 대수 변환치의 표준편차를 구한다.

⑤ 기하평균을 구하기 위해 ③에서 구한 값에 역대수로 재변환한다.

⑥ 기하표준편차를 구하기 위해 ④에서 구한 값에 역대수로 재변환한다.

- 방법 2 : 그래프를 이용한 방법

① 대수확률지에 측정자료를 도시한다. 이때 직선이 나타나면 기하정규분포를 한다고 판단한다.

② 이 직선의 50%에 해당하는 종축값이 기하평균이다.

③ 84.1% 및 15.9%의 종축값을 구한다.

④ 기하표준편차는 다음처럼 구한다.

$$\text{기하표준편차} = \frac{84.1\%\text{값}}{50\%\text{값}} \quad \text{또는} \quad \frac{50\%\text{값}}{15.9\%\text{값}}$$

(3) 측정농도가 노출기준을 초과할 확률은 다음과 같이 계산한다.

① 노출기준을 대수로 변환한다.

② 다음 통계량을 계산한다.

$$\frac{\text{노출기준의 대수값} - \text{평균의 대수값}}{\text{표준편차의 대수값}}$$

③ 위에서 계산한 통계량에 표준정규 분포표에 해당하는 면적을 찾아서 노출기준을 초과할 확률을 계산한다.

나) 측정결과의 평가

(1) 작업시간 전체의 1개의 시료로 측정할 경우

① 측정농도(X), 노출기준(Time Weighted Average : TWA) 및 시료포집분석오차

(Sampling and Analytical Error : SAE)를 구한다

② 측정농도 X를 노출기준으로 나누어 표준화한 값 Y를 구한다.

$$Y(\text{표준화 값}) = \frac{X(\text{측정농도})}{TWA(\text{노출기준})}$$

③ 95%의 신뢰도를 가진 상한치(Upper Confidence Limit : UCL)를 계산한다.

상한치(UCL) = Y + SAE

④ 95%의 신뢰도를 가진 하한치(Lower Confidence Limit : LCL)를 계산한다.

하한치(LCL) = Y - SAE

⑤ 다음과 같이 노출결과를 구분한다.

- 상한치 ≤ 1일 때 노출기준미만
- 하한치 ≤, 상한치 〉1일 때 노출기준초과 가능
- 하한치 〉1일 때 노출기준 초과

(2) 작업시간전체를 측정하되 사료를 여러번 나누어 채취할 경우

① 작업시간 동안에 걸쳐 얻어진 연속적인 n개 시료의 분석결과 X_1, X_2, ... , Xn 과 채취시간 T1, T2, ..., Tn 및 시료포집분석오차를 준비한다.

② 전체 시료에 대한 시간가중평균농도를 구한다.

③ 표준화한 값 Y를 구하기 위하여 X를 노출기준으로 나눈다.

$$Y(\text{표준화 값}) = \frac{X(\text{시간가중평균농도})}{TWA(\text{노출기준})}$$

④ 95%의 신뢰도를 가진 상한치(UCL)를 계산한다.

상한치(UCL) = Y + SAE

⑤ 95%의 신뢰도를 가진 하한치(LCL)를 계산한다.

상한치(UCL) = Y - SAE

⑥ 다음과 같이 노출결과를 구분한다.

- 상한치 ≤ 1일 때 노출기준미만
- 하한치 ≤, 상한치 〉1일 때 노출기준초과 가능
- 하한치 〉1일 때 노출기준 초과

⑦ 만약 하한치 ≤ 1, 상한치 〉1인 경우 하한치(LCL)를 다시 계산한다.

$$LCL = Y - \frac{SAE\sqrt{T_1^2X_1^2 + T_2^2X_2^2 + \ldots T_n^2X_n^2}}{TWA(T_1 + T_2 + \ldots . T_n)}$$

(3) 작업시간 일부에 대한 n개 측정치(Partial Period Consecutive Samples)가 있을 경우

① 하한 및 표준화 값 Y를 (2)의 방법으로 계산한다.

② 부분적인 측정치에 대한 노출기준(Partial Period Limit, PPL)을 다음식으로 구한다.

$$PPL = \frac{8시간}{시료채취시간}$$

③ n개의 시료에 대해 다음과 같이 노출기준 초과 여부를 판단한다.

- 하한치 〉 PPL 일 때 노출기준 초과
- Y〉 PPL, 하한치 ≤PPL 일 때 노출기중초과 가능
- Y≤ PPL일 때 통계적 방법 이용불가

(4) 혼합물질에 대한 평가

① 혼합물질중에서 각각 해당물질에 대한 측정결과 (X)와 노출기준 및 시료포집분석 오차를 구한다.

② 표준화 값을 해당물질별로 구한다.

$Yn = Xn/TWAn$

③ 혼합물의 노출계수를 구한다.

$Em = (X_1 / TWA_1 + ... + X_n/TWA_n)$

④ 총노출율을 구한다.

$R_1 = Y_1 / Em, ..., Rn = Yn/Em$

⑤ 혼합물을 포함하는 물질의 시료분석 포집오차를 구한다.

$$RSt = [(R_1^2 \times SAE_1^2) + (R_2^2 \times SAE_2^2) + \cdots\cdots + (R_n^2 \times SAE_n^2)]^{1/2}$$

⑥ 혼합물의 노출기준(Control Limit, CL)을 구한다.

$CL = 1 + RSt$

⑦ 다음과 같이 노출결과를 구분한다.

- Em ≤CL : 노출기준 미만
- Em 〉 1, Em〉 CL : 노출기준 초과

3. 작업환경 실태조사 결과

가. 작업환경측정 결과

석유화학산업과 같은 장치산업의 경우 유해물질의 종류가 다양할 뿐만 아니라 장치산업에 대한 전반적인 공정을 파악하지 않고는 유해물질의 종류를 파악하는것 조차도 쉽지 않은 문제이다. 따라서 이번에 작업환경 측정대상 사업장으로 선정된 28개 사업장에 대해서는 발생가능한 모든 화학적 유해인자에 대해 정밀한 측정과 근로자에 대한 정확한 노출평가가 이루어 질수 있도록 5개의 대학 측정기관을 포함하여 8개 작업환경 전문측정기관으로 하여금 측정하여 평가토록 하였다. 다음의 결과는 이 28개소에 대한 작업환경 측정 결과를 토대로 장치산업등에 종사하는 근로자들에 대하여 노출될 수 있는 유해인자의 종류 및 개인 노출정도를 알아보기위해 사업장별, 업종별, 물질별등으로 유해화학물질의 노출실태를 분류하여 비교・검토한 것이다.

1) 사업장별 유해화학물질 노출실태

조사대상 사업장별 유해화학물질의 노출실태를 살펴보고 각 유해물질에 대한 노출수준을 현행 노동부의 노출기준과 비교・평가하여 보았다. 조사대상 28개소 중 유해화학물질 취급사업장 24개소에 대한 작업환경 측정결과 L회사에서 23종의 유해물질에 대해 351건을 측정하여 대상사업장중 가장많은 유해물질을 측정하였고, 다음으로는 J회사가 17종의 유해물질에 대해 266건, N회사는 10종에 대해 222건, H회사 14종에 대해 174건, H석유회사 23종에 대해 98건, D회사 17종에 대해 89건, K회사 7종에 대해 89건등이 측정되었다. 사업장별 측정결과는 다음과 같다.

가) L회사

L회사는 PVC공장, SR공장, PE공장등에서 수십종의 각종 화학제품을 생산하고 있는 종합석유화학공장이다. PVC공장은 파이프, 전선피복, 필름등의 원료인 PVC수지를 생산하고있으며 주요 유해화학물질은 VCM(vinylchloride monomer), 메타놀, 염산등이고, Styrene공장은 전자제품 케이스, 완구류, 단열재등의 원료인 ABS(acrylonitrile butadiene styrene), PS(poly styrene), EPS(expandable polystyrene)등을 생산하며 주요 유해화학물질은 스티렌, 아크릴로니트릴, 1,3-부타디엔 등이 있다. PE(polyethylene)공장에서는 농업용필름, 섬유원료, 접착제용제, 전자제품 부품 등의 원료인 PE수지, POM(polyoxymethylene), Acrylate등을 생산하고 있으며, 유해화학물질로는 포름알데히드, 메타놀, 이소프로필알콜등이 있다. L회사의 측정결과는 표 Ⅲ-3-1와

같다.

표 III-3-1. L회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	1,3-부타디엔	23	0	0.028	ND~4.986	10 ppm
2	MIBK	8	0	ND	ND	50 ppm
3	THF	3	0	ND	ND	200 ppm
4	VCM	33	3	0.203	ND~1.762	1 ppm
5	메타놀	36	0	0.127	ND~92.25	200 ppm
6	메틸아크릴레이트	10	0	ND	ND	10 ppm
7	벤젠	5	0	ND	ND	10 ppm
8	부탄	21	0	ND	ND	800 ppm
9	수산화나트륨	5	0	0.014	ND~0.076	C2 mg/m³
10	스티렌	46	0	0.009	ND~0.564	50 ppm
11	아세트산	2	0	ND	ND	10 ppm
12	아크릴로니트릴	50	0	0.015	ND~1.139	2 ppm
13	암모니아	13	0	0.012	ND~0.125	25 ppm
14	에틸벤젠	11	0	0.010	ND~0.375	100 ppm
15	염산	12	0	ND	ND	C5 ppm
16	이소프로필알콜	11	0	ND	ND	400 ppm
17	인산	7	0	ND	ND	1 mg/m³
18	펜탄	15	0	0.364	ND~9.428	600 ppm
19	포름알데히드	21	0	0.180	ND~0.924	1 ppm
20	프로피온산	2	0	ND	ND	10 ppm
21	황산	13	0	Trace	ND~0.076	1 mg/m³
22	철(Fe)	2	0	0.120	0.0871~0.1664	5 mg/m³
23	망간(Mn)	2	0	0.003	0.0013~0.0054	1 mg/m³
총		351	3			

1,3-부타디엔, VCM, 스티렌, 아크릴로니트릴등 23종의 유해화학물질에 대해 총 351건이 측정되었고 VCM을 제외한 22가지의 유해화학물질에 대해서 노출기준을 초과한 물질은 없었으

며 전반적으로 평균적인 노출수준이 낮은 것으로 평가되었다. 물질별로 살펴보면 다음과 같다.

① 1,3-부타디엔에 대해 23건의 측정결과 노출농도의 평균은 0.028(ND~4.986) ppm이었고 노출기준을 초과한 경우는 없었다. 그러나 2건의 경우 노출기준의 약 1/2의 수준인 4.930 ppm, 4.983 ppm으로 측정되었다. 이것은 1,3-부타디엔이 주원료로 사용되는 ABS 중합공정과 PBL(polybutadiene latex)공정에서의 측정결과이다.

② VCM은 33건의 측정결과 노출농도의 평균은 0.203(ND~1.762) ppm이었고 총 측정건수의 39.4%에 해당하는 13건의 측정결과가 노출기준의 1/2의 수준인 0.5 ppm 이상 이었으며 노출기준을 초과한 경우가 3건이 있었다. 이는 주로 VCM이 주 원료로 사용되는 PVC 중합 및 건조·회수등의 공정에서의 측정결과이었다. 특히 노출기준을 초과한 3건의 경우 PVC공장의 옥외 VCM 중합 및 회수공정에서 현장 근로자에 대한 측정결과인데 이 공정은 VCM과 중화제등을 혼합하여 적정온도와 압력하에서 일정시간을 반응시켜 PVC를 제조하는 곳으로, 중합조에는 간헐적으로 근로자들이 수작업을 하고있어 이 공장에서는 VCM의 노출 가능성이 가장 높은 공정이었다. 또한 반제품 이송시 잔류 VCM의 방출과 배출수중의 잔류 VCM의 방출에 의한 영향도 노출농도가 비교적 높았던 이유중의 하나로 보고되었다. 동 공장에서는 이번 작업환경 측정후 반제품 저장조의 밀폐, 잔류 VCM 회수방법 개선, 중합 지역내 배수도랑의 밀폐등 현재 작업환경 개선이 이루어지고 있으며 노출기준을 초과한 공정에 대한 재 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 부분적인 개선효과가 있었던 것으로 판단된다.

③ 스티렌은 46건의 측정결과 노출농도의 평균은 0.009(ND~0.564) ppm이었고 노출기준을 초과한 경우는 없었다.

④ 아크릴로니트릴은 50건의 측정결과 노출농도의 평균은 0.015(ND~1.139) ppm이었고 노출기준을 초과한 경우는 없었으나, 1건의 경우 1.139 ppm으로 노출기준의 1/2의 수준인 1 ppm이상으로 측정되었다. 이는 ABS공정에서의 측정결과로 응집·건조공정에서 미반응된 아크릴로니트릴이 노출된 것으로 판단된다.

⑤ 포름알데히드는 21건의 측정결과 노출농도의 평균은 0.180(ND~0.924) ppm이었고 노출기준을 초과한 경우는 없었으나, 3건의 경우 노출기준의 1/2의 수준인 0.5 ppm이상으로 측정되었다. 이는 POM 공정에서의 측정결과로 동 공정에서는 포름알데히드를 제조하여 중합시의 원료로 사용하고 있어 중합 및 회수등의 과정에서 노출되었던 것으로 판단된다.

⑥ 기타 MIBK(methylisobutyl ketone), THF(tetrahydrofuran)의 물질은 노출기준과 비교할 때 전반적으로 노출수준이 낮은 것으로 평가되었다.

나) J회사

J회사는 ABS공장, EPS공장, PS공장등에서 TV, 냉장고, 카세트, 단열재, 포장재등에 사용되는 원료를 생산하는 공장이다. ABS공장은 TV, 냉장고, 카세트레코더등의 원료로 사용되는 ABS를 제조하고 있으며 유해화학물질로는 아크릴로니트릴, 1,3-부타디엔, 스티렌등이 있다. PS공장은 비디오테이프, 세탁기등의 원료로 사용되는 PS를 생산하는 공장으로 유해화학물질로는 스티렌이 있으며, EPS공장은 단열재, 포장재, 방음재등의 원료로 사용되는 EPS를 생산하고 있고 스티렌, 톨루엔, 펜탄등의 유해화학물질이 있다. 작업환경 측정결과를 살펴보면 표 III-3-2과 같다. 스티렌, 1,3-부타디엔, 아크릴로니트릴등 17종의 유해화학물질에 대한 총 266건의 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며, 전반적으로 노출기준에 비해 노출농도가 낮은 것으로 평가되었다.

물질별로는 스티렌에 대해 63건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.157(Trace~2.430) ppm이었고, 1,3-부타디엔은 31건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.018(ND~1.010) ppm이었다.

아크릴로니트릴은 41건의 측정결과 노출농도의 평균은 0.058(ND~1.670) ppm이었으나 3건의 측정결과가 노출기준의 1/2인 1 ppm을 넘는 것으로 측정되었다. 이 3건의 측정결과는 ABS공정에서의 측정결과로 중합반응이 완료된 후 반응기의 배출구를 개폐하고 청소할 때 노출된 것으로 보고되었다.

기타 MEK(methylethyl ketone), 에틸벤젠, DMF(dimethyl formamide)등의 물질은 노출기준과 비교할 때 전반적으로 노출수준이 낮은 것으로 평가되었다.

표 III-3-2. J회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	스티렌	63	0	0.157	Trace~2.430	50 ppm
2	1,3-부타디엔	31	0	0.018	ND~1.010	10 ppm
3	아크릴로니트릴	41	0	0.058	ND~1.670	2 ppm
4	안티몬(Sb)	36	0	0.003	Trace~0.272	0.5 mg/m^3
5	아연(Zn)	36	0	0.002	0.001~0.188	10 mg/m^3
6	철(Fe)	10	0	0.012	0.001~2.101	5 mg/m^3
7	망간(Mn)	3	0	0.034	0.007~0.270	1 mg/m^3
8	크롬(Cr)	3	0	0.004	0.001~0.007	0.5 mg/m^3
9	카드뮴(Cd)	3	0	Trace	Trace	0.05 mg/m^3
10	구리(Cu)	3	0	0.001	0.001~0.002	0.1 mg/m^3
11	MEK	11	0	ND	ND	200 ppm
12	에틸벤젠	11	0	0.089	0.020~0.300	100 ppm
13	DMF	2	0	0.372	0.330~0.420	10 ppm
14	c-헥산	2	0	ND	ND	300 ppm
15	펜탄	6	0	4.325	1.970~10.790	600 ppm
16	메틸메타크릴레이트	2	0	2.058	0.290~14.610	100 ppm
17	톨루엔	3	0	Trace	Trace	100 ppm
총		266	0			

다) N회사

N회사는 크게 비료공장과 화학제품공장으로 나눌 수 있으며 비료공장에서는 요소와 복합비료를 화학제품공장에서는 암모니아, 황산, 질산등의 수종의 화학제품을 각각 생산하고 있다. 노출가능한 주요 유해화학물질로는 비료공장에서 암모니아와 화학제품공장에서 황산, 불산, 질산, MNT(mononitrotoluene), 톨루이딘등이 있다. 작업환경 측정결과를 살펴보면 표 III-3-3과 같다. 디니트로톨루엔, 불산, 암모니아, 황산등 10종의 유해화학물질에 대한 총 222건의 측정결과 황산에 대해 44건의 측정결과중 5건이 노출기준을 초과한 것으로 나타났고 기타 9종에 대해서는 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출기준과 비교할 때 전반적으로 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다.

표 III-3-3. N회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	디니트로톨루엔	28	0	0.008	ND~0.061	1.5 mg/m^3
2	모노니트로톨루엔	23	0	0.011	ND~0.041	2 ppm
3	불산	25	0	0.025	ND~1.776	
4	암모니아	35	0	0.473	ND~25.98	25 ppm
5	이산화질소	5	0	0.022	ND~0.046	3 ppm
6	이산화황	10	0	0.010	ND~0.045	2 ppm
7	질산	21	0	0.442	0.071~4.637	5 mg/m^3
8	톨루엔	16	0	0.021	ND~2.29	100 ppm
9	톨루이딘	15	0	ND	ND	2 ppm
10	황산	44	5	0.002	ND~7.361	1 mg/m^3
총		222	5			

① 디니트로톨루엔에 대해 28건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.008(ND~0.061) mg/m^{3}으로 평가되었고

② 암모니아는 35건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.473(ND~25.98) ppm이었고 이중 2건의 측정결과가 18.62 ppm, 25.98 ppm으로 노출기준의 1/2의 수준을 넘는 것으로 측정되었다. 수치상으로는 25.98 ppm의 측정결과가 있어 노출기준을 초과한 것으로 보이나 작업환경측정 실시규정상의 시료포집 및 분석상의 오차 20.4%를 감안하면 노출기준을 초과하였다고 단정할 수 없고 노출기준을 초과할 가능성이 있다고 평가해야 할 것이다. 이 1건의 측정치는 희질산을 생산하는 공정의 지역시료 측정결과로 암모니아

를 이용해 질산을 생산하고 있는 공정간의 설비틈새등을 통해 암모니아가 발생되었던 것으로 판단된다.

③ 황산은 44건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.002(ND~7.361) mg/m^3이었으며 노출기준을 초과한 경우가 5건있었다. 황산에 대해 노출기준을 초과한 경우는 황산공장의 옥외 현장설비운전자 개인시료 1건, 농질산공정의 옥내 지역시료 1건, 희질산공장의 옥내 지역시료 1건, 인산공장의 옥내 분석실작업자 개인시료 1건, DNT 폐수처리공정의 옥외 지역시료 1건이었다. 이것은·동 사업장의 경우 황산을 직접 제조하고 있고 황산공정 이외에 질산공장, 인산공장등에서 황산이 사용되고 있으며 공정 설비의 틈새, 이송과정 및 각 반응단계의 개구부등에서 황산의 발생으로 인한 것으로 보고되었다. 비록 노출농도의 평균이 0.002 mg/m^3 이고 전체의 64%에 해당하는 28건의 측정결과가 노출기준의 1/10이하의 수준인 0.1 mg/m^3 이하였으나 25% 정도인 11건의 측정결과는 노출기준의 1/2 이상으로 평가되어 황산 취급설비의 개선이 요구되었다. 또한 분석실 작업자의 측정결과에서도 알 수 있듯이 제품관리를 위한 시료채취 및 시약의 취급과정에서 노출의 가능성이 있으므로 현장 근로자뿐만이 아닌 실험실 작업자의 노출감소를 위한 대책마련이 요구되었다. 한편 상기의 측정결과는 '96년도 하반기 작업환경 측정결과인데 노출기준을 초과한 것으로 평가되었던 공정에 대한 시설개선후에 실시한 '97년도 상반기 작업환경 측정결과에서는 ND~0.0027 mg/m^3으로 평가되어 시설개선의 효과가 있었던 것으로 나타났다.

④ 불산은 총 25건이 측정되었고 노출농도의 평균이 0.025(ND~1.776) ppm으로 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다. 그러나 5건의 측정결과는 1.09~1.78 ppm의 수준으로 노출되는 것으로 나타났다. 이는 인산 생산공정에서의 각 반응기 및 여과기 개구부등을 통해 부반응에 의해 불산의 노출로 인한 것으로 보고되었다. 따라서 개구부의 국소배기장치 성능검정등 설비 및 작업방법 점검과 적정 보호구 착용등이 필요한 것으로 판단된다.

⑤ 질산은 21건이 측정되었고 노출농도의 평균이 0.442(0.071~4.637) mg/m^3으로 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다. 그러나 희질산을 생산하는 공정에서의 1건의 측정결과는 4.637 mg/m^3으로 측정되었다.

라) H회사

H회사는 화성품부, PVC부, PE부로 나눌 수 있으며, 화성품부에서는 합성세제, 식품첨가물, PVC원료에 사용되는 수산화나트륨, 염소, VCM, 에피크로하이딘등을 생산하고 있고, PVC부에서는 VCM을 원료로 PVC수지를 PE부에서는 에틸렌을 주 원료로 수종의 폴리에틸렌 수지를 생산하고 있다. 각 물질의 측정결과는 표 III-3-4과 같다.

표 Ⅲ-3-4. H회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	1,2-디클로로에탄	21	0	Trace	ND~1.5445	10 ppm
2	VCM	47	0	0.0499	ND~0.9408	1 ppm
3	메타놀	8	0	Trace	ND~1.4414	200 ppm
4	수산화나트륨	6	0	ND	ND	C2 mg/m³
5	석면	12	0	0.01개	ND~0.11	2 개/cc
6	알릴클로라이드	10	0	ND	ND	1 ppm
7	암모니아	6	0	ND	ND	25 ppm
8	염산	15	0	0.0057	ND~0.1455	
9	염소	20	0	0.0012	ND~0.1376	1 ppm
10	산화칼슘	3	0		ND~0.9653	2 mg/m³
11	황산	2	0		ND~0.0161	1 mg/m³
12	철(Fe)	8	0	0.0174	0.0023~0.6814	5 mg/m³
13	망간(Mn)	8	0	0.0012	ND~0.1033	1 mg/m³
14	납(Pb)	8	0	0.0002	ND~0.0006	0.05 mg/m³
총		174	0			

1,2-디클로로에탄, VCM, 염소등 14종의 유해화학물질에 대한 총 174건의 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며, 노출기준에 비해 노출농도가 매우 낮은 것으로 평가되었다.

① VCM은 47건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.0499(ND~0.9408) ppm으로 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었으나 5건의 측정결과가 0.6013~0.9408 ppm으로 노출기준의 1/2의 수준인 0.5 ppm이상으로 평가되었다. 이 5건은 PVC 중합공정에서의 측정결과로 작업자의 주의가 요망된다.

② 염소는 20건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.0012(ND~0.1376) ppm이었으며

③ 기타 12종에 대한 측정결과 또한 전반적으로 평균 노출수준은 노출기준과 비교해 매우 낮은 것으로 평가되었다.

마) H석유회사

H석유회사는 각종 수지와 필름등의 원료가 되는 에틸렌, 프로필렌, 폴리프로필렌의 합성과 어망, 로프등에 사용되는 고밀도 폴리에틸렌의 제조및 벤젠, 톨루엔, 크실렌(Benzene, Toluene,

Xylene : B.T.X)등의 방향족화합물을 주로 생산하는 공장이다. 주요 유해화학물질로는 MIBK, PAH, B.T.X 등이 있으며 작업환경 측정결과는 표 III-3-5와 같다.

MIBK, PAH, B.T.X등 23종의 유해화학물질에 대한 총 98건의 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며, 전반적으로 노출기준에 비해 노출농도가 매우 낮은 것으로 평가되었다.

① MIBK에 대해 10건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.448(0.037~5.400) ppm이었다.

② PAH는 4건의 측정결과 ND~Trace의 수준이었다.

③ 벤젠은 2건이 측정되었으며 그 결과는 Trace 와 5.2ppm이었다. 이중 B.T.X. 공정에서의 1건의 측정결과가 노출기준의 1/2의 수준으로 비교적 고농도의 노출결과를 보였다. 이것은 제품의 품질관리를 위한 시료채취과정에서의 노출로 인한 것으로 보고되었다.

④ MEK는 9건의 측정결과 노출농도의 평균이 2.89(ND~153.9) ppm으로 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다. 그러나 PE 생산공정에서의 1건의 측정결과는 153.9 ppm으로 노출기준인 200 ppm에 근접한 것으로 평가되기도 하였으므로 동 공정 근로자의 주의가 요구된다.

⑤ 기타 20종의 유해물질의 측정결과 평균적인 노출수준은 노출기준의 1/1000~1/10 정도로 낮은 것으로 평가되었다.

표 III-3-5. H석유회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	MIBK	10	0	0.448	0.037~5.400	50 ppm
2	MEK	9	0	2.89	ND~153.9	200 ppm
3	PAH	4	0		Trace~ND	0.2 mg/m^3
4	암모니아	2	0	Trace	Trace	25 ppm
5	일산화탄소	2	0	6.89	6.5~7.3	50 ppm
6	일산화질소	2	0		ND~0.1	25 ppm
7	메타놀	4	0	3.42	0.54~20.40	200 ppm
8	에탄올	13	0	1.44	0.20~30.87	1000 ppm
9	2-에톡시에타놀	2	0	1.53	1.04~2.25	5 ppm
10	벤젠	2	0		Trace~5.2	10 ppm
11	부틸아세테이트	2	0	2.73	1.28~5.84	150 ppm
12	이소프로필알콜	5	0	0.40	0.08~1.28	400 ppm
13	에틸아세테이트	10	0	1.109	0.05~28.07	400 ppm
14	에틸렌옥사이드	3	0		Trace~ND	1 ppm
15	크실렌	2	0	2.12	1.16~3.88	100 ppm
16	톨루엔	7	0	0.31	Trace~1.81	100 ppm
17	트리클로로에틸렌	5	0	1.48	0.12~4.53	50 ppm
18	황산	5	0	0.104	0.059~0.200	1 mg/m^3
19	황화수소	1	0	ND	ND	10 ppm
20	망간(Mn)	2	0	0.014	0.012~0.017	1 mg/m^3
21	크롬(Cr)	2	0	0.0014	0.001~0.002	0.5 mg/m^3
22	아연(Zn)	2	0	0.0016	0.0014~0.0018	5 mg/m^3
23	철(Fe)	2	0	0.1156	0.116~0.115	5 mg/m^3
총		98	0			

바) D회사

D회사는 에틸렌, 프로필렌, B.T.X, 스티렌등의 기초화학제품과 고·저밀도의 폴리에틸렌, 폴리프로필렌등의 각종 폴리머등을 생산하는 공장으로 근로자에 대해 노출 가능한 주요 유해화학물질은 PAH, 스티렌, B.T.X 등이 있으며 각 유해물질별 작업환경 측정결과는 표 III-3-6과 같다.

표 III-3-6. D회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	PAH	16	0		ND~Trace	0.2 mg/m³
2	c-헥산	6	0	0.423	0.105~2.208	300 ppm
3	납(Pb)	2	0	0.0042	0.0040~0.0045	0.05 mg/m³
4	망간(Mn)	2	0	0.090	0.085~0.096	1 mg/m³
5	메타놀	6	0	5.434	0.926~102.67	200 ppm
6	벤젠	6	0	1.446	0.866~2.206	10 ppm
7	스티렌	3	0	0.158	0.081~0.486	50 ppm
8	아세톤	2	0	0.475	0.472~0.477	750 ppm
9	에틸벤젠	2	0	1.213	0.469~3.137	100 ppm
10	에틸아세테이트	5	0	0.053	0.010~0.893	400 ppm
11	크롬(Cr)	4	0	0.0058	0.0002~0.1892	0.5 mg/m³
12	크실렌	8	0	0.265	0.045~2.433	100 ppm
13	톨루엔	18	0	0.094	0.005~1.087	100 ppm
14	황화수소	4	0	ND	ND	10 ppm
15	2-에톡시에탄올	3	0	0.115	0.031~1.231	5 ppm
16	MEK	1	0		4.001	200 ppm
17	MIBK	1	0		0.467	50 ppm
총		89	0			

PAH, 벤젠, 톨루엔등 17종의 유해화학물질에 대한 총 89건의 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며, 전반적으로 노출기준에 비해 노출농도가 매우 낮은 것으로 평가되었다.

물질별로는 PAH에 대해 16건의 측정결과 노출범위가 ND~Trace로 노출정도가 매우 낮은 것

으로 평가되었고, 벤젠은 6건의 측정결과 노출농도의 평균이 1.446(0.866~2.206) ppm이었으며 톨루엔은 18건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.094(0.005~1.087) ppm이었다. 메타놀의 경우는 노출농도의 평균이 5.434(0.926~102.67) ppm으로 평균적인 노출수준은 낮으나 노출기준의 1/2인 100 ppm을 넘는 결과도 있었다. 이는 제품에 대한 품질관리를 하는 실험실 작업자에 대한 측정결과로 유해물질 취급시 국소배기시설이 설치되어 있는 곳에서 실험토록 하여야 할 것이다. 기타의 물질에 대해서는 전반적으로 노출농도가 낮은 것으로 평가되었다.

사) K회사

K회사 여천공장은 합성고무를 생산하는 회사로 유해화학물질로는 톨루엔, 헵탄, 펜탄등이 있으며 각 유해물질별 측정결과는 표 Ⅲ-3-7과 같다.

표 Ⅲ-3-7. K회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	벤젠	1	0	Trace	Trace	10 ppm
2	크실렌	1	0	0.276	0.276	100 ppm
3	톨루엔	30	1	0.263	Trace~111.1	100 ppm
4	헵탄	25	0	0.414	Trace~63.67	400 ppm
5	펜탄	22	0	0.254	Trace~155.7	600 ppm
6	암모니아	6	0	0.212	0.150~0.274	25 ppm
7	페놀	4	0	Trace	Trace	5 ppm
총		89	1			

톨루엔, 헵탄등 7종의 유해화학물질에 대한 총 89건의 측정결과 1건을 제외하고는 노출기준과 비교할 때 전반적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다.

물질별로는 톨루엔에 대해 30건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.263(Trace~111.1) ppm이었으며 1건의 측정결과가 노출기준을 초과한 것으로 나타났으며, 헵탄이 25건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.414(Trace~63.67) ppm등 이었다. 노출기준을 초과한 경우는 합성고무를 생산하는 옥내 작업공정에서의 톨루엔에 대한 지역시료의 측정결과이며 원료배합 공정 인접지점에서 취약하다고 판단되는 작업위치에 대해 지역시료를 채취한 결과로 작업자에 대한 보건상의 주의를 위해 참고적으로 측정한 결과이고 현장 작업자에 대해 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출농도의 평균이 0.263 ppm으로 전반적인 작업공정의 톨루엔에 대한 노출정도는 낮은 것으로 평가되었다. 노출기준을 초과한 공정에 대한 작업환경 개선후 동 공정에 대한 재 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출농도는 노출기준의 1/10이하의 수준으

로 측정되어 작업환경 개선의 효과가 있는 것으로 평가되었다.

아) HK회사

HK사는 폴리우레탄의 원료인 TDI(toluene-2,4-diisocyanate)를 생산하는 회사로 노출가능한 유해화학물질로는 주생산품인 TDI와 부산물인 염산등이 있으며 작업환경측정결과는 표 III-3-8과 같다. TDI, 톨루엔, 염산등 9종의 유해화학물질에 대한 총 25건의 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 전체적으로 노출기준에 비해 노출수준이 낮은 것으로 평가되었다.

표 III-3-8. HK회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	TDI	5	0	0.0174	0.0084~0.0429	0.04 mg/m^3
2	벤젠	1	0	Trace	Trace	10 ppm
3	톨루엔	9	0	0.136	Trace~3.082	100 ppm
4	크실렌	1	0		0.7955	100 ppm
5	일산화탄소	2	0		Trace~ 3	50 ppm
6	1-부타놀	2	0	0.174	0.066~0.455	C50 ppm
7	염산	3	0	0.236	0.156~0.339	
8	헥산	1	0		0.482	50 ppm
9	니켈(Ni)	1	0	Trace	Trace	1 mg/m^3
총		25	0			

① TDI에 대해 5건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.0174(0.0084~0.0429) mg/m^3이었다. 수치상으로는 0.043 mg/m^3의 측정결과가 있어 노출기준을 초과한 것으로 보이나 시료포집 및 분석상의 오차가 16.8%를 감안하면 노출기준을 초과하였다고 할 수 없고 노출기준을 초과할 가능성이 있다고 평가해야 할 것이다. 측정결과를 노출기준인 0.04 mg/m^3과 비교할 때 평균적인 노출수준이 비교적 높았던 것으로 나타났다. 노출기준을 초과할 가능성이 있는 1건은 TDI 제품의 포장작업 근로자의 측정결과이며 작업자가 직접 드럼 패킹을 하는 과정에서 노출된 것으로 보고되었으며 환기시설 설치등 작업환경 개선의 필요성이 있는 것으로 판단된다.

② 톨루엔은 9건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.136(Trace~3.082) ppm이었으며,

③ 염산은 3건의 측정결과 노출농도의 평균이 0.236(0.156~0.339) ppm이었다.

④ 벤젠, 크실렌등 기타 물질에 대한 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출수준은 전반적으로 노출기준에 비해 매우 낮은 것으로 평가되었다.

자) 기 타

기타 LV회사, LS회사, L석유회사, HB회사, HS회사등 15개 사업장에 대한 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 전체적으로 노출기준에 비해 그 노출정도가 낮은 것으로 평가되었다(표 III-3-9) ~ (표 III-3-24).

표 III-3-9. LV회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	1,2-디클로로에탄	7	0	ND	ND	10 ppm
2	VCM	8	0	0.013	ND~0.265	1 ppm
3	Xylene	6	0	ND	ND	100 ppm
4	메타놀	2	0	5.74	0.53~61.83	200 ppm
5	수산화나트륨	3	0	0.056	0.026~0.084	C2 mg/m3
6	염산	7	0	ND	ND	
7	염소	4	0	ND	ND	1 ppm
총		37	0			

표 III-3-10. LS회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	벤젠	1	0	ND	ND	10 ppm
2	스티렌	11	0	ND	ND	50 ppm
3	에틸벤젠	12	0	ND	ND	100 ppm
4	톨루엔	3	0	ND	ND	100 ppm
5	철(Fe)	2	0	0.012	0.0057~0.0266	5 mg/m^3
6	망간(Mn)	2	0	0.001	0.0003~0.0025	1 mg/m^3
총		31	0			

표 III-3-11. L석유회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	1,3-부타디엔	13	0	ND	ND	10 ppm
2	DMF	13	0	ND	ND	10 ppm
3	n-헥산	8	0	0.049	ND~1.011	50 ppm
4	벤젠	13	0	0.002	ND~0.422	10 ppm
5	암모니아	2	0	0.0004	0.0002~0.001	25 ppm
6	이산화탄소	2	0	592	500~700	5000 ppm
7	크실렌	8	0		Trace~ND	100 ppm
8	톨루엔	9	0	0.002	ND~0.111	100 ppm
9	황산	2	0	0.0013	0.0005~0.0036	1 mg/m^3
총		70	0			

표 III-3-12. KM회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	MIBK	4	0	0.773	0.197~2.228	50 ppm
2	벤젠	14	0	0.040	Trace~0.758	10 ppm
3	아세톤	18	0	0.035	Trace~3.719	750 ppm
4	염산	2	0	0.052	0.035~0.077	
5	페놀	2	0	0.0003	0.0001~0.0012	5 ppm
6	포름알데히드	2	0	0.046	0.042~0.051	1 ppm
7	헥산	4	0	Trace	Trace	50 ppm
8	황산	2	0	0.0006	0.0001~0.0066	1 mg/m^3
총		48	0			

표 III-3-13. DD회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	암모니아	4	0	0.062	0.05~0.084	25 ppm
2	이산화탄소	3	0	1349	850~1700	5000 ppm
총		7	0			

표 III-3-14. HB회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	MDI	4	0	ND	ND	0.005 ppm
2	니트로벤젠	7	0	ND	ND	1 ppm
3	디클로로메탄	4	0	Trace	Trace	50 ppm
4	벤젠	5	0	0.007	Trace~0.1313	10 ppm
5	아닐린	6	0	ND	ND	2 ppm
6	암모니아	2	0	0.0008	0.0002~0.0036	25 ppm
7	염산	2	0	0.1167	0.1106~0.1231	
8	크실렌	4	0	Trace	Trace	100 ppm
9	톨루엔	3	0	0.006	Trace~0.0668	100 ppm
10	포름알데히드	3	0	0.0115	0.0077~0.0141	1 ppm
11	헥산	3	0	0.150	Trace~0.4257	50 ppm
12	황산	2	0	0.0005	0.0001~0.0026	1 mg/m^3
13	헵탄	1	0		0.112	400 ppm
14	펜탄	2	0	0.395	0.079~1.968	600 ppm
총		48	0			

표 III-3-15. DS회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1·	벤젠	2	0	ND	ND	10 ppm
2	크실렌	2	0	ND	ND	100 ppm
3	톨루엔	2	0	ND	ND	100 ppm
4	헵탄	2	0	0.032	ND~0.16	400 ppm
총		8	0			

표 III-3-16. IY회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	안티몬	2	0	0.100	0.074~0.135	0.5 mg/m^3
2	삼산화안티몬(제품)	2	-	0.133	0.094~0.187	- (A2)
3	포름알데히드	5	0	0.078	0.020~0.218	25 ppm
총		9	0			

표 III-3-17. HS회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	n-헥산	3	0	0.356	ND~3.430	50 ppm
2	메틸에틸케톤	1	0		6.037	20C ppm
3	메틸에틸케톤-퍼옥사이드	5	0	ND	ND	C0.2 ppm
4	아세톤	1	0		8.854	750 ppm
5	에틸에테르	2	0		ND~30.24	400 mg/m^3
6	황산	1	0	ND	ND	1 mg/m^3
총		13	0			

표 III-3-18. BS회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	톨루엔	3	0	ND	ND	100 ppm
2	Xylene	3	0	ND	ND	100 ppm
3	납(Pb)	2	0	0.0148	0.0137~0.0160	0.05 mg/m³
4	니켈(Ni)	2	0	0.0174	0.0160~0.0190	1 mg/m³
5	망간(Mn)	2	0	0.0193	0.0180~0.0208	1 mg/m³
총		12	0			

표 III-3-19. JN회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	n-헥산	4	0	0.089	ND~0.500	50 ppm
2	n-헵탄	4	0	0.015	ND~0.230	400 ppm
3	아세톤	4	0	ND	ND	750 ppm
4	이소프로필알콜	4	0	ND	ND	400 ppm
5	톨루엔	4	0	0.043	ND~2.230	100 ppm
총		20	0			

표 III-3-20. HT회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	암모니아	5	0	2.013	0.879~3.042	25 ppm
2	이산화탄소	5	0	2553	1700~4000	5000 ppm
총		10	0	0		

표 Ⅲ-3-21. KS회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	MIBK	3	0	0.102	0.057~0.251	50 ppm
2	벤젠	9	0	0.002	Trace~0.320	10 ppm
3	톨루엔	7	0	0.035	Trace~8.233	100 ppm
4	크실렌	1	0		4.036	100 ppm
5	큐멘	9	0	0.109	Trace~3.676	100 ppm
6	아세톤	13	0	0.334	Trace~131.2	750 ppm
7	염산	2	0	1.277	0.852~1.913	
8	페놀	5	0	Trace	Trace	5 ppm
9	이산화탄소	3	0	731	600~1000	5000 ppm
10	헥산	4	0	0.134	Trace~1.285	50 ppm
11	황산	2	0	0.127	0.081~0.201	1 mg/m^3
총		58	0			

표 Ⅲ-3-22. H2회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	벤젠	28	0	ND	ND(27건)~ 1.275(1건)	10 ppm
2	톨루엔	27	0	ND	ND	100 ppm
3	크실렌	27	0	ND	ND	100 ppm
총		82	0			

표 III-3-23. LK회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	황화수소	17	0	0.015	N.D~1.228	10 ppm
2	포름알데히드	8	0	ND	N.D	1 ppm
3	톨루엔	2	0	0.495	0.49~0.50	100 ppm
4	크실렌	2	0	8.733	2.460~31.00	100 ppm
5	에틸벤젠	1	0		1.88	100 ppm
6	암모니아	6	0	0.038	N.D~4.561	25 ppm
7	황산	5	0	0.0001	N.D~0.00064	1 mg/m^3
총		41	0			

표 III-3-24. HD회사 측정결과

순번	유해화학물질	측정건수	초과건수	노출평균	노출범위 (최저~최고)	노출기준
1	MDI	5	0		N.D~0.0064 (ND 4건)	0.055 mg/m^3
2	염 산	2	0		0.0013~0.0158	
총		7	0			

2) 업종별 유해화학 물질 노출실태

업종별 유해인자의 분포 및 유해화학물질 노출실태를 비교 분석하기위하여 업종별 유해화학물질 노출실태를 분석하여 보았다. 28개 작업환경 측정대상 사업장의 업종별 분포실태를 살펴보면 표 III-3-25과 같다.

표 III-3-25. 작업환경 측정대상 사업장의 업종별 분포실태

구분	업종	사업장수	분포율(%)
석유화학계	석유화학계 기초유기화합물 제조업	12	42.9
	석유정제품제조업	1	3.6
	원유정제 처리업	1	3.6
	달리분류되지않은 기타화합물제조업	3	10.7
	합성수지 제조업	1	3.6
	소계	18	64.3
비 석유화학계	복합비료제조업	1	3.6
	산업용 가스제조업	3	10.7
	비금속 광물제품제조업	5	17.9
	기타	1	3.6
	소계	10	35.7
계		28	100

작업환경 측정대상 사업장 28개소중 석유화학계 기초유기화합물 제조업이 12개 사업장으로 42.9 %를 차지했으며, 비금속 광물제품제조업이 5개 사업장(17.9 %), 산업용가스제조업이 3개사업장(11.1 %), 달리 분류되지 않는 기타화합물 제조업 2개 사업장 이었고 원유정제 처리업, 복합 비료 제조업, 석유정제품제조업, 합성 수지 제조업이 각각 1개 사업장씩으로 나타났다. 그리고 기타사업으로 비철금속제품 제조업이 1 개 사업장으로 나타났다. 이를 석유화학계와 비석유화학계로 구분하여 보면 석유화학계 사업장이 18개사업장으로 64.3 %를 차지하고 있으며 비석유화학계사업장은 10개 사업장으로 35.7 %를 차지하고 있다.

업종별 작업환경 측정 유해화학물질 인자의 수 및 이들 물질에 대한 노출실태를 살펴 보면 표 III-3-26과 같다.

표 III-3-26. 업종별 유해물질 종류 및 초과실태

구분	업 종	유 해 물 질 종 류	측정건수	노출기준 초과건수	초과율 (%)
석유화학계	석유화학계기초 유기화합물제조업	지방족유기화합물:36종 방향족유기화합물:8종 무기화합물:18종 계:62	1076	3	0.29
	석유정제품제조업	지방족유기화합물:2종 방향족유기화합물:4종 무기화합물:1종 계:7종	89	1	1.12
	원유정제처리업	지방족유기화합물:1종 방향족유기화합물:3종 무기화합물:3종 계:7종	41	0	0
	달리분류되지않은 기타화합물제조업	지방족유기화합물:8종 방향족유기화합물:3종 무기화합물:2종 계:13종	75	0	0
	합성수지제조업	지방족유기화합물:8종 방향족유기화합물:2종 무기화합물:7종 계:17종	266	0	0
비 석 유 화 학 계	복합비료제조업	지방족유기화합물:-종 방향족유기화합물:4종 무기화합물:6종 계:13종	222	5	2.25
	산업용가스제조업	지방족유기화합물:1종 방향족유기화합물:3종 무기화합물:2종 계:6종	25	0	0
	비금속광물제품 제조업	지방족유기화합물:- 방향족유기화합물:2종 무기화합물:3종 계:5종	12	0	0
	기 타	지방족유기화합물: - 방향족유기화합물: - 무기화합물:3종 계:3종	9	0	0
계		지방족유기화합물:35종 방향족유기화합물:11종 무기화합물:27종 계:73종	1815	9	0.50

업종별 유해인자의 종류는 전체 73종 중 석유화학계 기초유기화합물 제조업이 62종으로 가장 많았고, 그 다음으로 합성수지제조업이 17종이었으며, 달리 분류되지 않은 기타화합물 제

조업과 복합비료 제조업은 13종으로 나타났다. 석유화학계 기초유기화합물 제조업의 62종 중에는 지방족 유기화합물이 36종, 방향족 유기화합물이 8종, 무기화합물이 18종으로 조사되었는데 이는 제품의 종류에 따른 다양한 원료화학 물질의 사용 및 반응공정중에서 여러종류의 촉매제 사용 및 반응생성물등 업종자체의 특성을 반영하는 것으로 판단된다. 업종별 노출실태를 살펴보면 1815건의 측정건수중 9건(0.50 %)만이 노출기준을 초과하는 것으로 나타나 전체적으로 매우 낮은 노출기준 초과율을 나타냈다.

복합비료 제조업으로 분류된 N회사의 경우 노출기준 초과건수가 5건(2.25 %)으로 타 업종에 비해 높은 노출기준 초과율을 보이고 있으며 초과 유해인자는 황산이었다. 황산의 경우 설비틈새 및 이송과정에서 미세하게 발생하는 것으로 보아 업종자체의 특성이라기 보다는 사업장 자체 설비의 적절한 관리 부족이 그 원인으로 생각된다.

3) 유해화학물질별 노출실태

물질의 종류별 유해화학물질의 노출실태를 살펴보고 각 유해물질에 대한 노출수준을 현행 노동부의 노출기준과 비교·평가하여 보았다.

가) 물질의 종류별 측정결과

73종의 유해화학물질에 대해 총 1815건이 측정되었으며 화학물질의 종류별로는 유기용제류, 금속류, 가스류, 무기산류, 기타 유해화학물질류등 크게 5종류로 분류할 수 있다.

(1) 유기용제류

B.T.X등 34종의 유기용제에 대해 총 965건이 측정되었으며 측정건수별로는 톨루엔이 15개 사업장에서 측정건수로는 가장많은 143건이 측정되었으며 다음으로는 스티렌이 4개사업장에서 123건, 아크릴로니트릴이 2개사업장에서 91건, 벤젠이 12개 사업장에서 87건, 크실렌이 12개 사업장에서 65건이 측정되었고 기타 메타놀, 펜탄, MIBK등이 측정되었다(표 III-3-27). 측정결과를 살펴보면 다음과 같다.

표 III-3-27. 유기용제류

번 호	물 질 명	사업장수	측정건수	노출초과
1	1,2-디클로로에탄	2	28	-
2	2-에톡시에타놀	2	5	-
3	니트로벤젠	1	7	-
4	디메틸포름아미드	2	15	-
5	디클로로메탄	1	4	-
6	메타놀	5	56	-
7	메틸메타아크릴레이트	2	2	-
8	메틸아크릴레이트	1	10	-
9	메틸에틸케톤 퍼옥사이드	1	5	-
10	메틸에틸케톤(MEK)	4	22	-
11	메틸이소부틸케톤(MIBK)	5	26	-
12	벤젠	12	87	-
13	부타놀	2	2	-
14	부틸아세테이트	1	2	-
15	스티렌	4	123	-
16	시클로헥산	3	9	-
17	아닐린	1	6	-
18	아릴클로라이드	1	10	-
19	아세톤	5	38	-
20	아세트산	1	2	-
21	아크릴로니트릴	2	91	-
22	에탄올	1	13	-
23	에틸벤젠	5	37	-
24	에틸아세테이트	2	15	-
25	이소프로필알콜(IPA)	3	20	-
26	큐멘	1	9	-
27	크실렌	12	65	-
28	테트라하이드로퓨란(THF)	1	3	-
29	톨루엔	15	143	1
30	트리클로로에틸렌(TCE)	1	5	-
31	펜탄	4	45	-
32	프로피온산	1	2	-
33	헥산	6	26	-
34	헵탄	4	32	-
계	34종		965	1

(가) 톨루엔

15개 사업장에서 총 143건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.022(ND~111.1) ppm이었다. 노출기준을 초과한 경우가 1건이 있었으나 노출기준인 100 ppm과 비교할 때 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다(그림 Ⅲ-3-1).

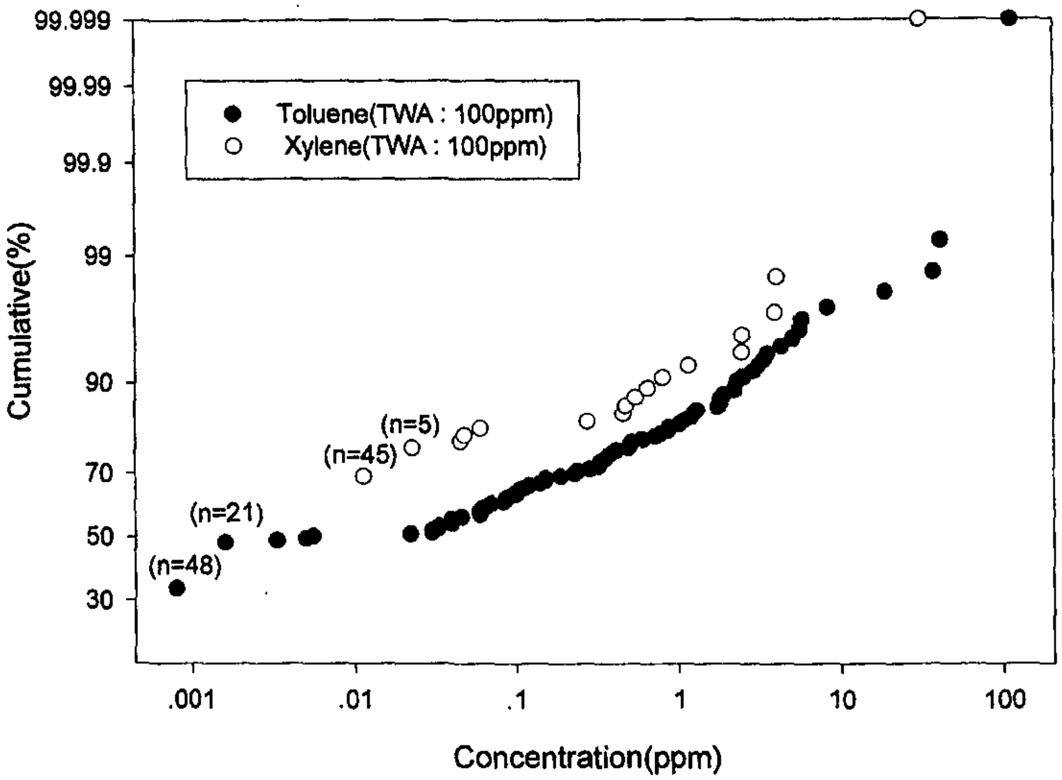


그림 Ⅲ-3-1. 톨루엔과 크실렌 농도의 누적분포

그림에서와 같이 총 측정건수의 64%에 해당하는 91건의 측정결과가 노출기준의 1/1000의 수준인 0.1 ppm이하였으며 97 %에 해당하는 139건의 측정결과가 노출기준의 1/10인 10 ppm 이하로 평가되었다. 그러나 37.7 ppm, 41.3 ppm, 111.1 ppm등 3건의 측정결과에서는 비교적 고농도의 노출수준을 보였으며 특히 1건(111.1 ppm)의 경우 노출기준을 초과한 경우도 있어 동 공정에 대한 작업환경 개선의 필요성이 있는 것으로 평가되었다. 노출기준을 초과한 1건은 H회사의 합성고무를 생산하는 옥내 작업공정에 대한 지역시료의 측정결과이며 원료배합공정 인접지역에서 취약하다고 판단되는 지점을 택하여 현장작업자에 대한 보건상의 주의를 위해 참고적으로 측정한 결과이고, 40 ppm 정도의 2건의 측정지역은 톨루엔이 반응에 사용되는 옥외 중합공정에서의 측정결과이다.

(나) 크실렌

12개 사업장에서 총 65건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.031(ND~31.00) ppm이었다. 노출기준을 초과한 경우는 없었으며, 노출기준인 100 ppm과 비교할 때 노출수준이 낮은 것으로 평가되었다(그림 III-3-1). 그림에서와 같이 총 측정건수의 82%에 해당하는 53건의 측정결과가 노출기준의 1/1000의 수준인 0.1 ppm이하였고 91%인 59건의 측정결과가 1 ppm이하였으며 98.1%에 해당하는 64건의 측정결과가 노출수준의 1/20의 수준인 5 ppm이하였다.

(다) 아크릴로니트릴

2개 사업장에서 총 91건이 측정 되었고 노출농도의 평균이 0.027(ND~1.670) ppm이었다. 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출기준인 2 ppm과 비교할 때 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다(그림 III-3-2).

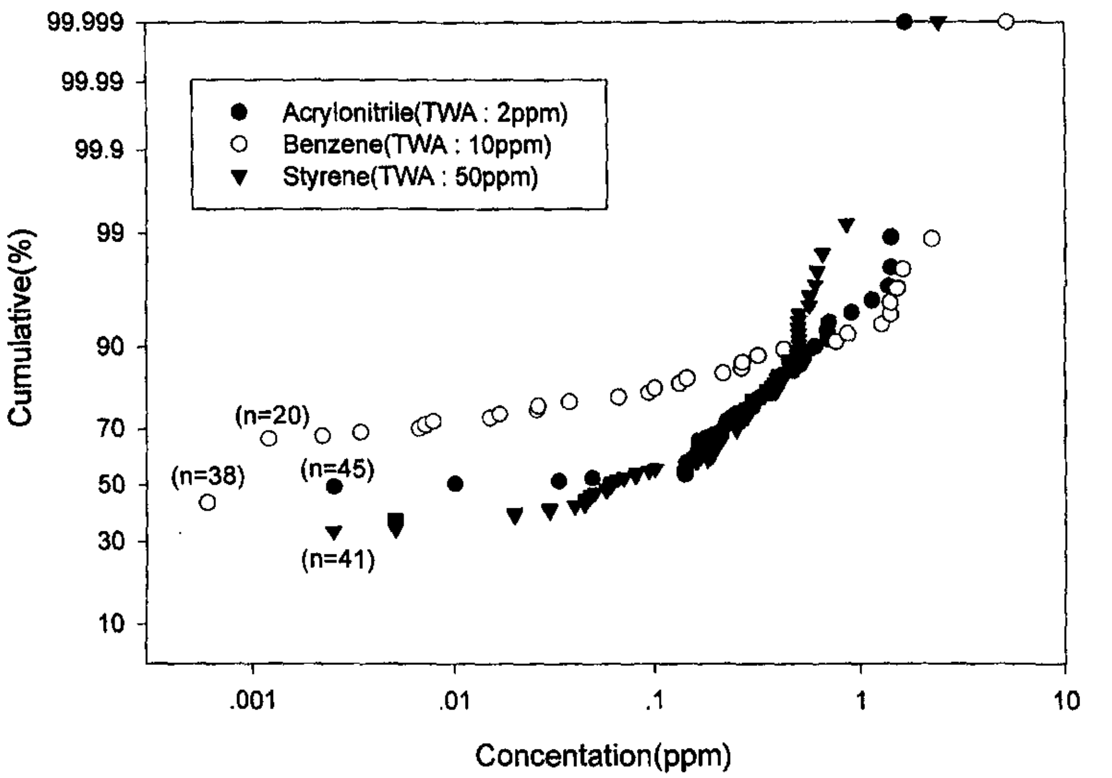


그림 III-3-2. 아크릴로니트릴, 벤젠, 스티렌 농도의 누적분포

그림에서와 같이 총 측정건수의 53 %에 해당하는 48건의 측정결과가 노출기준의 1/40의 수준인 0.05 ppm이하의 수준이었고 68 %인 62건의 결과가 노출기준의 1/10인 0.2 ppm이하 였으며 나머지 38 %인 29건의 측정결과는 0.2~1.67 ppm 정도로 노출되었던 것으로 평가되었다. 그러나 전체의 5.5 %인 5건의 측정결과는 1.14 ppm, 1.40 ppm, 1.67 ppm 등 노출기준의 1/2이상의 농도로 노출되었던 것으로 나타났다. 이는 ABS공정에서의 측정결과로 중합반응 후 청소작업 및 응집·건조작업시의 미반응 물질에 의한 노출로 보고되었다.

(라) 벤젠

12개 사업장에서 총 87건 측정되었고 노출농도의 평균은 0.004(ND~5.2) ppm이었다. 노출기준을 초과한 경우는 없었고 노출기준인 10 ppm과 비교할 때 전반적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다(그림 III-3-2). 그림에서와 같이 총 측정건수의 80 %에 해당하는 70건의 측정결과가 노출기준의 1/100의 수준인 0.1 ppm이하의 수준이었고, 92 %인 80건이 노출기준의 1/10인 1 ppm이하로 평가되었다. 그러나 노출기준의 1/2의 수준인 5.2 ppm의 측정결과도 1건이 있었다. 이것은 H석유회사의 B.T.X공정에서의 측정결과로 제품의 품질관리를 위한 시료채취과정에서의 노출로 인한 것으로 보고되었다.

(마) 스티렌

4개 사업장에서 총 123건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.038(ND~2.430) ppm이었다. 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출기준인 50 ppm과 비교할 때 노출수준이 낮은 것으로 평가되었다(그림 III-3-2). 그림에서와 같이 총 측정건수의 47%에 해당하는 58건의 측정결과가 노출기준의 1/1000의 수준인 0.05 ppm이하였고 99%에 해당하는 122건의 측정결과가 노출기준의 1/50의 수준인 1 ppm이하였으며 나머지 1건의 경우도 2.43 ppm으로 전반적인 노출수준이 매우 낮은 것으로 평가되었다.

(바) 기 타

기타 29종의 물질에 대한 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 전반적으로 평균적인 노출수준은 노출기준과 비교할 때 1/1000~1/10 정도로 낮은 것으로 평가되었다.

(2) 금속류

아연, 안티몬등 10종의 금속에 대해 총 153건이 측정되었으며 종류별로는 아연과 안티몬이 2개 사업장에서 측정건수로는 가장 많은 38건이 각각 측정되었고, 다음으로는 철이 5개 사업장에서 24건, 망간이 7개 사업장에서 21건이 측정되었으며 기타 납, 구리, 카드뮴등이 측정되었다(표 III-3-28).

표 III-3-28. 금 속 류

번호	물질명	사업장수	측정건수	노출초과
1	구리(Cu)	1	3	-
2	납(Pb)	3	12	-
3	니켈(Ni)	2	3	-
4	망간(Mn)	7	21	-
5	삼산화안티몬(Sb_2O_3)	1	2	-
6	아연(Zn)	2	38	-
7	안티몬(Sb)	2	38	-
8	철(Fe)	5	24	-
9	카드뮴(Cd)	1	3	-
10	크롬(Cr)	3	9	-
계	10종		153	-

(가) 아연(Zn)

2개 사업장에서 총 38건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.002(0.001~0.188) mg/m^{3}이었다. 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출기준인 5 mg/m^{3}과 비교할 때 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다(그림 III-3-3). 그림에서와 같이 총 측정건수의 97.4 %에 해당하는 37건의 측정결과가 노출기준의 1/200의 수준인 0.025 mg/m^{3}이하였으며 나머지 1건의 경우도 0.188 mg/m^{3}으로 노출수준이 낮은 것으로 평가되었다.

(나) 안티몬(Sb)

2개 사업장에서 총 38건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.004(Trace~0.272) mg/m^{3}이었다. 노출기준을 초과한 경우는 없었으며, 노출기준인 0.5 mg/m^{3}과 비교할 때 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다(그림 III-3-3). 그림에서와 같이 총 측정건수의 63 %에 해당하는 24건의 측정결과가 노출기준의 1/50의 수준인 0.01 mg/m^{3}이하였으며 89 %에 해당하는 34건의 측정결과가 1/5이하의 수준인 0.1mg/m^{3}이하로 측정되었다. 그러나 0.18, 0.27mg/m^{3}으로 노출기준의 1/2의 수준의 측정결과도 있었다.

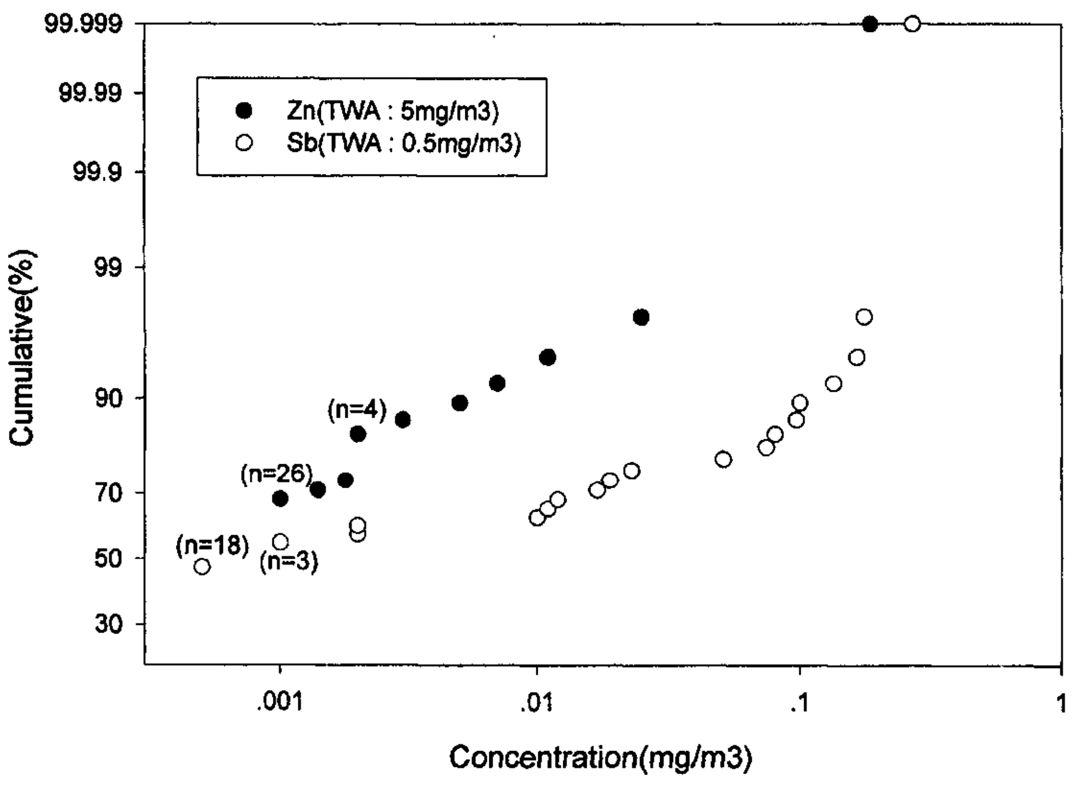


그림 III-3-3. 아연(Zn)과 안티몬(Sb) 농도의 누적분포

(다) 철(Fe)

5개 사업장에서 총 24건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.02(0.001~2.101) mg/m^{3}이었다. 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출기준인 5 mg/m^{3}과 비교할 때 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다(그림 III-3-4). 그림에서와 같이 총 측정건수의 63 %에 해당하는 15건의 측정결과가 노출기준의 1/100의 수준인 0.05 mg/m^{3}이하였으며 92 %에 해당하는 22건의 측정결과가 1/10이하의 수준인 0.5 mg/m^{3}이하로 측정되었다.

(라) 망간(Mn)

7개 사업장에서 총 21건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.005(ND~0.270) mg/m^{3}이었다. 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출기준인 1 mg/m^{3}과 비교할 때 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다(그림 III-3-4). 그림에서와 같이 총 측정건수의 52 %에 해당하는 11건의 측정결과가 노출기준의 1/100의 수준인 0.01 mg/m^{3}이하였으며 90 %에 해당하는 19건의 측정결과가 1/10이하의 수준인 0.1 mg/m^{3}이하로 측정되었다. 나머지 2건의 경우도 0.10, 0.27 mg/m^{3}으로 노출기준에 비해서는 낮은 것으로 평가되었다.

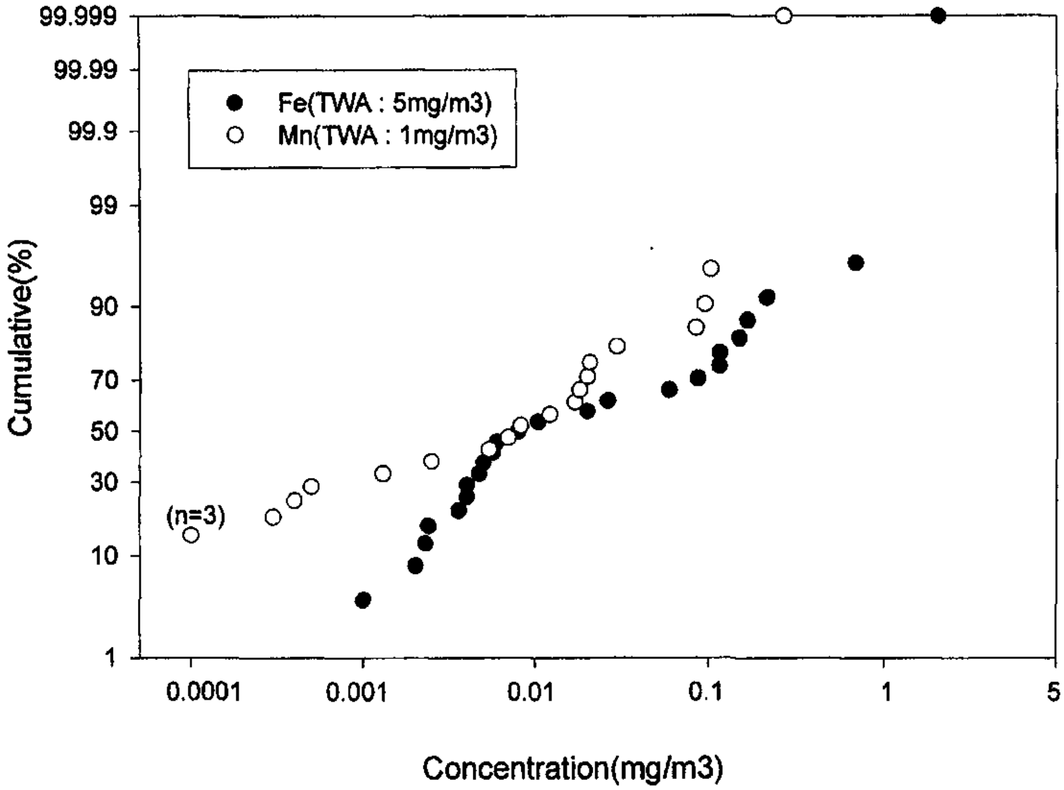


그림 III-3-4. 철(Fe)과 망간(Mn) 농도의 누적분포

(마) 기 타

기타 구리, 납등 6종의 물질에 대한 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출농도의 평균은 노출기준과 비교할 때 전반적으로 매우 낮은 것으로 평가되었다.

(3) 가스류

상온·상압하에서의 가스상태인 물질을 가스류로 분류했으며 조사에 포함된 73종의 유해화학물질 가운데 1, 3-부타디엔, VCM, 암모니아등 14종이 이에 해당된다. 14종의 가스류에 대해 총 381건이 측정되었으며 종류별로는 VCM이 3개사업장에서 88건으로 가장많이 측정되었고, 다음으로 암모니아가 10개 사업장에서 81건이 측정되었다. 그리고 1,3-부타디엔과 포름알데히드가 3개사업장에서 67건, 5개사업장에서 39건이 각각 측정되었으며 기타 염소, 황화수소등이 측정되었다(표 Ⅲ-3-29). 측정결과를 살펴보면 다음과 같다.

표 Ⅲ-3-29. 가 스 류

번 호	물질명	사업장수	측정건수	노출초과
1	1,3-부타디엔	3	67	-
2	부탄	1	21	-
3	암모니아(NH_3)	10	81	-
4	에틸렌옥사이드	1	3	-
5	에틸에테르	1	2	-
6	염소(Cl_2)	2	24	-
7	염화비닐(VCM)	3	88	3
8	이산화질소(NO_2)	1	5	-
9	이산화탄소(CO_2)	4	13	-
10	이산화황(SO_2)	1	10	-
11	일산화질소(NO)	1	2	-
12	일산화탄소(CO)	2	4	-
13	포름알데히드	5	39	-
14	황화수소(H_2S)	3	22	-
계	14종		381	3

(가) VCM(염화비닐)

3개 사업장에서 총 88건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.075(ND~1.762) ppm이었다. 노출기준을 초과한 경우가 3건 있었으나 노출기준인 1 ppm과 비교할 때 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다(그림 III-3-5).

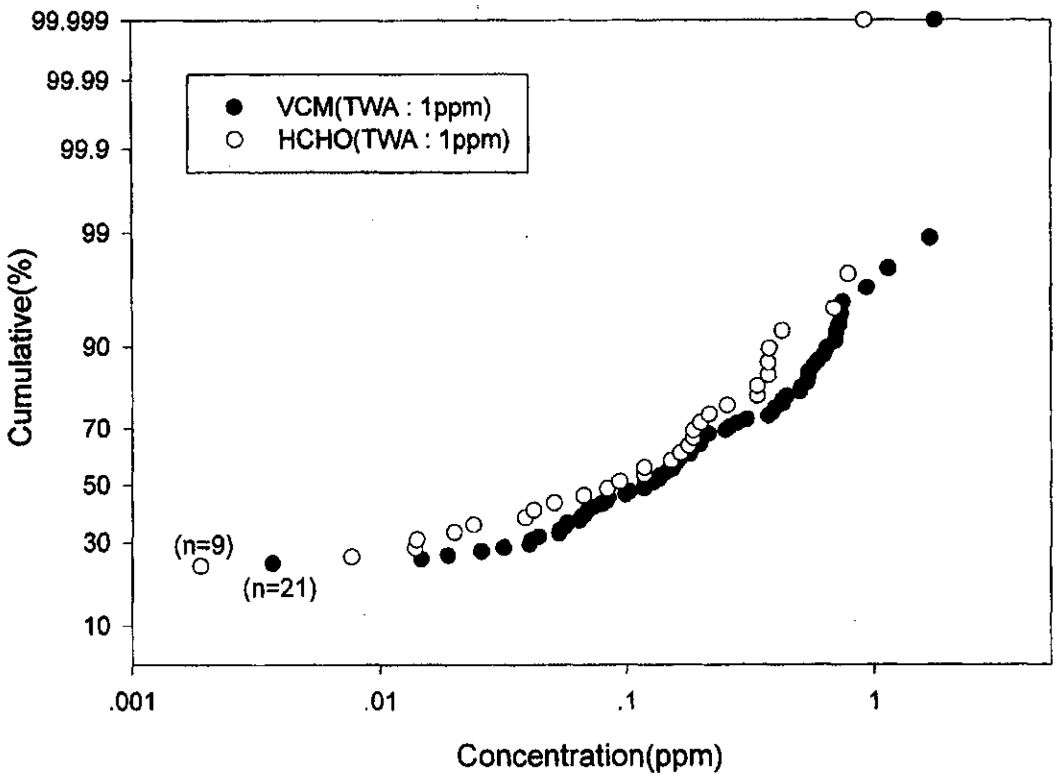


그림 III-3-5. VCM과 포름알데히드 농도의 누적분포

그림에서와 같이 총 측정건수의 47 %에 해당하는 41건의 측정결과가 노출기준의 1/10의 수준인 0.1 ppm이하였으며 65 %에 해당하는 57건의 측정결과가 1/5이하의 수준인 0.2 ppm이하로 측정되었다. 그러나 나머지 35 %인 31건의 측정결과가 0.20~1.76ppm의 수준으로 노출되고 있었으며 이중 3건의 측정결과가 노출기준을 초과한 것으로 평가되었다. 노출기준을 초과한 3건은 L회사 PVC 공장의 옥외 VCM 중합 및 회수공정에서의 현장 근로자에 대한 측정결과인데 이 공정은 VCM을 원료로 PVC를 제조하는 공정으로 중합조에는 간헐적으로 근로자들이 수작업을 하고있어 이 공장에서는 VCM의 노출 가능성이 가장 높은 공정이며 반제품 이송시 잔류 VCM의 방출과 배출수중의 잔류 VCM의 방출에 의한 영향도 노출농도가 비교적 높았

던 이유중의 하나라 생각된다.

L회사의 사업장 노출농도의 평균은 0.203 ppm(범위 ND~1.762)으로 기타 2개 사업장의 노출농도의 평균인 0.013, 0.050 ppm 보다 높았으며($P<0.05$), 노출기준인 1 ppm 보다는 낮으나 비교적 높은 농도의 노출을 보이고 있어 이 사업장에 대한 작업환경개선이 요구되었다. 측정후 동 사업장에서는 반제품 저장조의 밀폐, 잔류 VCM 회수방법 개선, 중합 지역내, 배수도랑의 밀폐등 현재 작업환경 개선이 이루어지고 있으며 노출기준을 초과한 공정에 대한 재 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 부분적인 개선효과가 있는 것으로 평가되었다.

(나) 포름알데히드

5개 사업장에서 총 39건이 측정되어 노출농도의 평균이 0.048(ND~0.924) ppm이었고 노출기준을 초과한 경우는 없었으며, 노출기준인 1 ppm과 비교할 때 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다(그림 III-3-5). 그림에서와 같이 총 측정건수의 51 %에 해당하는 20건의 측정결과가 노출기준의 1/10의 수준인 0.1 ppm이하였으며 70 %정도에 해당하는 27건의 측정결과가 1/5이하의 수준인 0.2 ppm이하로 측정되었다. 그리고 나머지 30 %정도가 0.20~0.92 ppm으로 노출되고 있었으며 전체의 8 %에 해당하는 3건의 측정결과가 0.70~0.92 ppm의 수준으로 노출되고 있다. 이는 L회사의 POM 공정에서의 측정결과로 동 공정에서는 포름알데히드를 제조하여 중합시의 원료로 사용하고 있어 중합 및 회수등의 과정에서 노출되었던 것으로 판단된다. 따라서 취급시설의 점검등 동 공정에 대한 지속적인 관리와 점검이 필요한 것으로 판단된다.

(다) 암모니아

10개 사업장에서 총 81건이 측정되었으며 노출농도의 평균이 0.063(ND~25.98) ppm이었다. 노출기준을 초과할 가능성이 있는 경우가 1건이 있었으나 노출기준인 25 ppm과 비교할 때 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가 되었다(그림 III-3-6). 그림에서와 같이 총 측정건수의 56 %에 해당하는 45건의 측정결과가 노출기준의 1/100의 수준인 0.25 ppm이하였으며 94 %에 해당하는 76건의 측정결과가 1/5이하의 수준인 5 ppm이하로 측정되었다. 그러나 18.62, 25.98 ppm으로 노출기준의 1/2을 넘는 측정결과도 2건이 있었다. 암모니아의 측정 및 분석상의 오차를 감안할 때 25.98 ppm의 측정결과는 노출기준을 초과할 가능성이 있는 것으로 평가할 수 있다. 이 1건은 N회사의 희질산 생산공정에서의 측정결과였으며 생산과정에서 사용되는 암모니아에 대한 옥내 지역시료의 측정결과이다. 이 공정은 암모니아를 이용해 질산을 생산하는 공정으로 공정간 설비 틈새등을 통해 암모니아가 발생되는 것으로 보고되어 설비 및 작업방법 점검등 작업환경 개선의 필요성이 있는 것으로 생각된다. 또한 동 사업장의 암모니

아에 대한 평균적인 노출농도는 0.473 ppm으로 노출기준과 비교할 때 전반적인 노출수준은 낮으나 조사에 포함된 다른 사업장의 노출농도의 평균 0.014 ppm보다는 높은 것으로 평가되었다($p<0.05$).

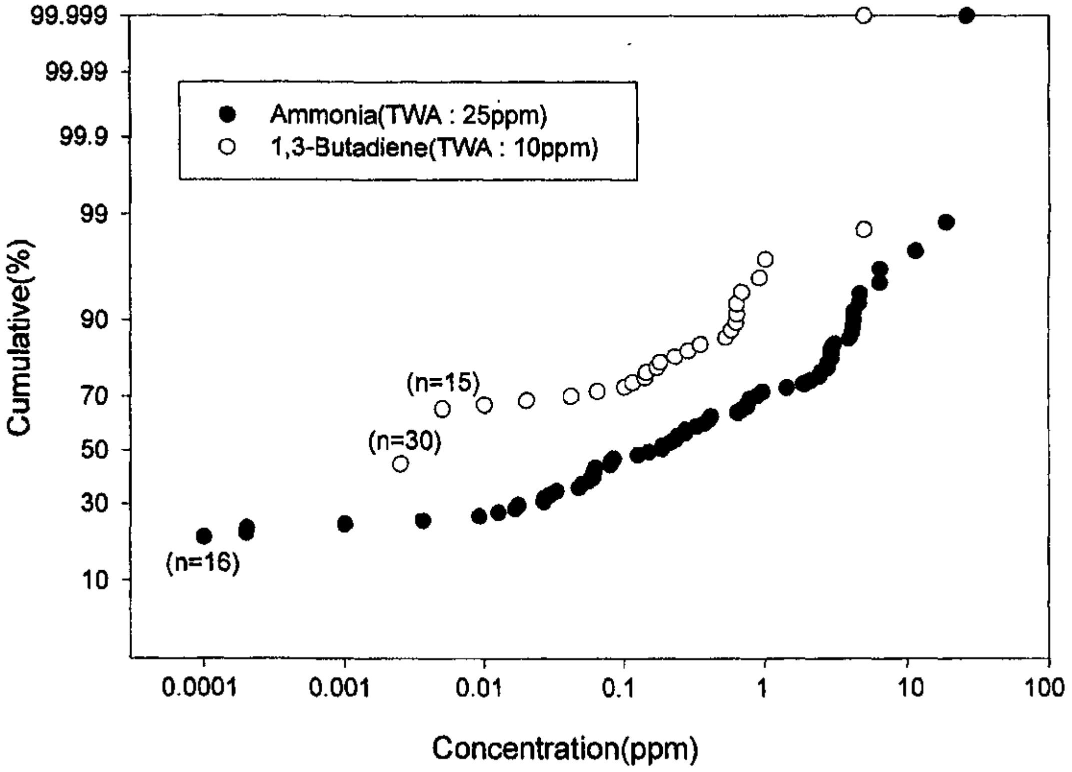


그림 Ⅲ-3-6. 암모니아와 1,3-부타디엔 농도의 누적분포

(라) 1,3-부타디엔

3개 사업장에서 총 67건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.015(ND~4.986) ppm이었다. 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출기준인 10 ppm과 비교할 때 평균적인 노출수준은 낮

은 것으로 평가되었다(그림 III-3-6). 그림에서와 같이 총 측정건수의 73 %에 해당하는 49건의 측정결과가 노출기준의 1/100의 수준인 0.1 ppm이하였으며 96 %에 해당하는 64건의 측정결과가 1/10이하의 수준인 1 ppm이하로 측정되는등 전반적인 노출순준은 매우 낮은 것으로 평가되었다. 그러나 4.93, 4.99 ppm으로 노출기준의 1/2정도의 측정결과도 2건이 있었다. 이는 L회사의 1,3-부타디엔이 원료로 사용되는 ABS 중합공정에서의 측정결과이다.

(마) 기 타

기타 염소, 황화수소등 10종의 물질에 대한 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출농도의 평균은 현행 노동부의 노출기준과 비교할 때 전반적으로 1/1000~1/10 정도로 낮은 것으로 평가되었다.

(4) 무기산류

황산, 염산등 5종의 무기산류에 대해 총 176건이 측정되었으며 종류별로는 황산이 10개 사업장에서 측정건수로는 가장 많은 78건이 측정되었고, 다음으로 염산이 8개 사업장에서 45건, 불산이 1개사업장에서 25건이 측정되었으며 기타 인산, 질산등이 측정되었다(표 III-3-30).

표 III-3-30. 무기산류

번호	물질명	사업장수	측정건수	노출초과
1	불산(HF)	1	25	-
2	염산(HCl)	8	45	-
3	인산(H_3PO_4)	1	7	-
4	질산(HNO_3)	1	21	-
5	황산(H_2SO_4)	10	78	5
계	5종		176	5

(가) 황산

10개 사업장에서 총 78건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.001(ND~7.361) mg/m^3 이었다. 노출기준을 초과한 경우가 5건이 있었으나 노출기준인 1 mg/m^{3}과 비교할 때 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다(그림 III-3-7). 그림에서와 같이 총 측정건수의 63 %에 해당하는 49건의 측정결과가 노출기준의 1/100의 수준인 0.01 mg/m^{3}이하였으며 74 %에 해당하는 58건의 측정결과가 1/10이하의 수준인 0.1 mg/m^{3}이하로 측정되었다. 그러나 나머지 26 %는 0.11~7.36 mg/m^3 으로 노출되고 있었으며 이중 5건의 측정결과가 노출기준을 초과한 것으로 평가되었다. 노출기준을 초과한 5건의 결과는 N회사의 황산취급공정의 측정결과로 설비의 틈

새, 이송과정 및 각 반응단계의 개구부등에서 황산의 발생으로 인한 것으로 보고되었다.

한편 노출기준을 초과한 것으로 평가되었던 공정에 대한 시설개선 후에 실시한 재 측정결과에서는 ND~0.0027 mg/m^{3}으로 평가되어 시설개선의 효과가 있었던 것으로 나타났다.

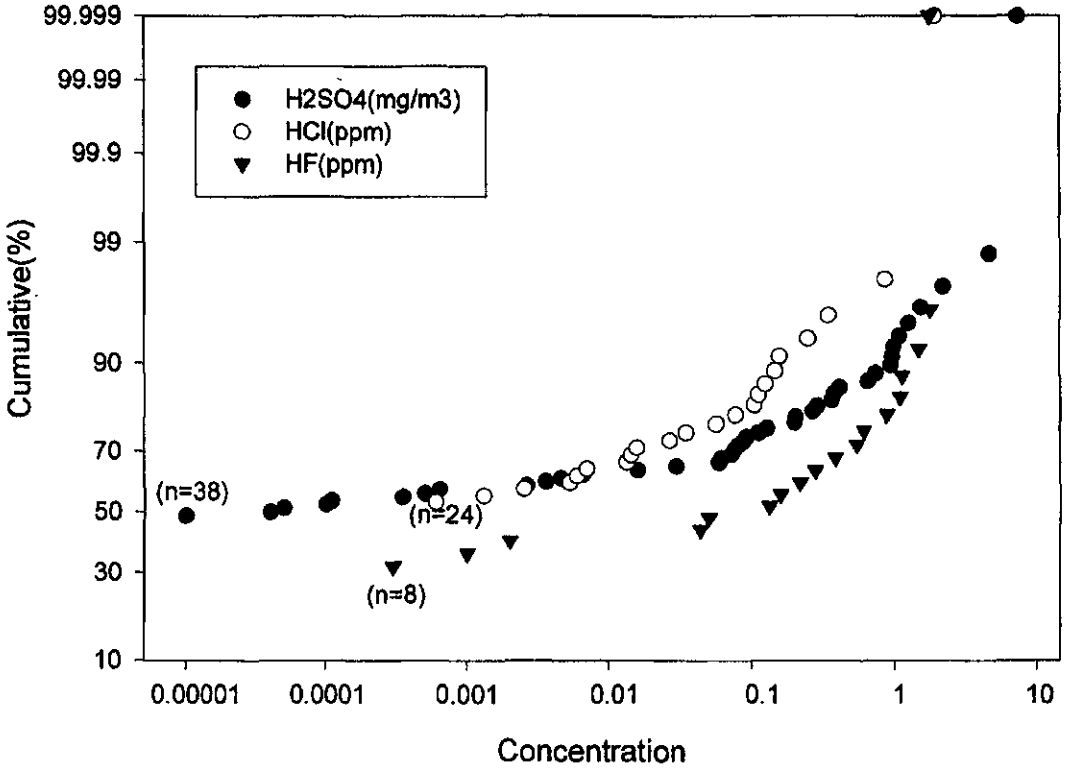


그림 Ⅲ-3-7. 황산, 염산, 불산 농도의 누적분포

(나) 염산

8개 사업장에서 총 45건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.005(ND~1.913) ppm으로 평균적인 노출수준이 낮은 것으로 평가되었다(그림 Ⅲ-3-7). 그림에서와 같이 총 측정건수의 78 %에 해당하는 35건의 측정결과가 0.05 ppm이하였으며 96 %에 해당하는 43건의 측정결과가 0.5 ppm이하로 측정되었다. 그리고 나머지 4%에 해당하는 2건의 경우도 0.85, 1.91 ppm으로 측정되어 전반적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다.

(다) 불산

1개 사업장에서만 43건이 측정되었고 노출농도의 평균은 0.025(ND~1.776) ppm이었다(그림 Ⅲ-3-7). 그림에서와 같이 총 측정건수의 64 %에 해당하는 16건의 측정결과가 0.3 ppm이하

였고 80 %에 해당하는 20건의 측정결과가 1 ppm이하로 측정되었다. 그러나 전체의 20 %인 5건의 측정결과는 1.09~1.78 ppm의 수준으로 측정되었는데 이는 인산 생산공정에서의 각 반응기 및 여과기 개구부등을 통해 부반응에 의해 불산의 노출로 인한 것으로 보고되었다. 동 공정은 옥내 작업공정이므로 개구부의 국소배기장치 성능검정등 설비 및 작업방법 점검과 적정보호구 착용등을 통해 근로자의 노출을 최대한 억제하여야 할 것이다.

(라) 기타 산류

기타 질산, 인산에 대한 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출농도의 평균은 노출기준과 비교할 때 전반적으로 1/1000~1/10 정도의 낮은 농도수준으로 평가되었다.

(5) 기타 유해물질

기타 석면, PAH등 10종의 유해물질에 대해 140건이 측정되었으며 측정결과는 표 III-3-31과 같다.

표 III-3-31. 기타 유해물질

번 호	물 질 명	사업장수	측정건수	노출초과
1	석면	1	12	-
2	다핵방향족탄화수소(PAH)	2	20	-
3	톨루엔-2,4-디이소시아네이트(TDI)	1	5	-
4	니트로톨루엔(MNT)	1	23	-
5	디니트로톨루엔(DNT)	1	28	-
6	디페닐메탄디이소시아네이트(MDI)	2	9	-
7	산화칼슘	1	3	-
8	수산화나트륨(NaOH)	3	14	-
9	톨루이딘	1	15	-
10	페놀	3	11	-
계	10종		140	-

(가) 석면

1개 사업장에서만 12건이 측정 되었고 노출농도의 평균은 0.01(ND~0.11) 개/cc이었다. 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출기준인 2 개/cc와 비교할 때 노출수준은 낮은 것으로 평가되었다.

(나) PAH

2개 사업장에서 20건이 측정 되었고 노출농도는 Trace 및 ND로 대부분 검출한계 정도의 낮은 수준으로 평가되었다.

(다) TDI(톨루엔-2,4-디이소시아네이트)

1개 사업장에서만 5건이 측정 되었고 노출농도의 평균은 0.017(0.008~0.043) mg/m^3 이었다. 노출기준을 초과한 경우는 없었으나 1건의 측정결과는 노출기준을 초과할 가능성이 있는 것으로 평가되었다. 측정결과를 노출기준인 0.04 mg/m^3과 비교할 때 평균적인 노출수준이 비교적 높았던 것으로 나타났다. 이 측정결과는 HK회사의 TDI제품 포장작업 근로자에 대한 측정결과이며 작업자가 직접 제품 드럼을 패킹하는 과정에서 노출된 것으로 보고되어 동 공정에 대한 환기시설의 설치등 작업환경 개선 및 적정보호구 지급의 필요성이 있는 것으로 판단된다.

(라) 기 타

기타 톨루이딘, 니트로톨루엔등 7종에 대한 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출기준과 비교할 때 전반적으로 1/1000~1/10 정도로 낮은 농도수준으로 평가되었다.

4) 발암성 및 발암성추정 물질 측정결과

발암성 및 발암성추정 물질에 대한 근로자의 노출정도를 파악하기위해 73종의 물질에 대한 측정결과중 발암성(A1) 및 발암성추정물질(A2)을 분류하여본 결과는 표 III-3-32와 같다.

표 III-3-32. 발암성 및 발암성추정 물질 측정결과

번호	물 질 명	유해성	사업장수	측정건	초과건	노출평균	노출범위	노출기준
1	다핵방향족탄화수소	A1	2	20	-		ND~Trace	0.2 mg/m^3
2	석면	A1	1	12	-	0.009	ND~0.110	2 개/cc
3	염화비닐(VCM)	A1	3	88	3	0.075	ND~1.762	1 ppm
4	1,3-부타디엔	A2	3	67	-	0.015	ND~4.986	10 ppm
5	디클로로메탄	A2	1	4	-		Trace	50 ppm
6	벤젠	A2	12	87	-	0.004	ND~5.200	10 ppm
7	삼산화안티몬	A2	1	2	-	0.133	0.094~0.187	-
8	아크릴로니트릴	A2	2	91	-	0.027	ND~1.670	2 ppm
9	에틸렌옥사이드	A2	1	3	-		ND~Trace	1 ppm
10	톨루이딘	A2	1	15	-		ND	2 ppm
11	포름알데히드	A2	5	39	-	0.048	ND~0.924	1 ppm
계	11종			428	3			

조사에 포함된 73종의 유해화학물질중 발암성(A1) 물질은 다핵방향족탄화수소(PAH), 석면, VCM의 3종이었으며 발암성추정물질(A2)은 1,3-부타디엔, 벤젠등 8종으로 A1 또는 A2물질은 총 11종이 측정되었다. A1 및 A2물질 11종에 대해 총 428건이 측정되었으며 전반적으로 평균적인 노출수준은 노출기준과 비교할 때 1/1000~1/10정도로 낮은 것으로 평가되었고 이중 노출기준을 초과한 경우는 1종(VCM)에 대해 3건이 있었고 기타 10종에 대해서는 노출기준을 초과한 경우는 없었다. VCM은 3개 사업장에서 총 88건이 측정 되었고 노출범위는 ND~1.762 ppm 이었으며 그 노출농도의 평균은 0.075 ppm으로 노출기준인 1 ppm과 비교할 때 평균적인 노출수준은 낮은 것으로 평가되었으나 L사의 사업장 노출농도의 평균은 0.203 ppm(범위 ND~1.762)으로 기타 2개 사업장의 노출농도의 평균인 0.013 ppm, 0.050 ppm 보다 높았으며 ($P<0.05$), 현행 노동부의 노출기준인 1 ppm 보다는 낮으나 비교적 고농도의 노출을 보이고 있

었다. VCM은 상온·상압하에서 가스상 물질이기 때문에 중합조 및 파이프라인등의 장치에 작은 결함이 발생되어도 높은 농도로 근로자에게 노출될 수 있으므로 시설에 대한 지속적인 검사 및 관리 그리고 작업자에 대한 많은 교육과 주의가 요구된다. 측정후 VCM공장에서는 반제품 저장조의 밀폐, 잔류 VCM 회수방법 개선, 중합 지역내 배수도랑의 밀폐등 현재 작업 환경 개선이 이루어지고 있으며 노출기준을 초과한 공정에 대한 재 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 부분적인 개선효과가 있는 것으로 생각된다.

한편 현행 산안법상 노출기준이 설정되어 있지 않은 A2 물질인 삼산화안티몬의 경우 1개 사업장에서 2건이 측정되어 0.094~0.187 mg/m^{3}의 농도로 노출되고있는 것으로 평가되었다.

동 물질의 경우 관련자료의 부족으로 노출기준이 아직 설정되어 있지않은 물질이므로 가능한 노출을 최대한 억제해야 할 것으로 판단된다.

기타 석면, 벤젠등 9종에 대한 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 노출기준과 비교할 때 전반적으로 평균적인 노출수준은 매우 낮은 것으로 평가되었다.

이상의 발암성 및 발암성 추정물질에 대한 측정결과를 종합해볼 때 비록 이러한 물질들이 발암성 또는 발암성 추정물질로 규정되어 있으나 일부라도 노출되는 것은 상기의 물질들이 여천공단 내에서 생산되고 있는 제품의 주요 원료로 사용되고 있고 노출정도가 극히 미약한 일부물질을 제외하고는 대부분 가스류 또는 비교적 비점이 낮은 유기용제들로 사소한 생산시설의 결함, 시료채취 및 비정상적인 작업과정등에서 순간적으로 높은 농도로 노출될 수 있기 때문인 것으로 판단된다. 예로써 VCM은 생필품인 각종 PVC제품의 원료로 사용되고 있으며 스티렌, 아크릴로니트릴 및 1,3-부타디엔은 전자제품케이스, 완구류, 단열재등의 원료인 ABS(acrylonitrile butadiene styrene)의 원료로 사용되고 있고 이러한 물질들의 측정결과를 살펴보면 전반적인 노출정도는 미약하나 일부 측정결과에서는 비교적 높은 수준으로 노출되는 경우가 있었던 것으로 평가되었다.

5) 요약 및 결론

석유화학산업과 같은 장치산업의 경우 유해물질의 종류가 다양할 뿐만 아니라 장치산업에 대한 전반적인 공정을 파악하지 않고는 유해물질의 종류를 파악하는것 조차도 쉽지 않은 문제이다. 따라서 이번에 작업환경 측정대상 사업장으로 선정된 28개 사업장에 대해서는 발생 가능한 모든 유해인자에 대해 정밀한 측정 및 근로자에 대한 정확한 노출평가 이루어질 수 있도록 5개의 대학 측정기관을 포함하여 8개 작업환경 전문측정기관으로 하여금 측정하여 평가토록 하였다. 다음의 결과는 이 28개소에 대한 작업환경 측정 결과를 토대로 발생가능한 유해인자의 종류 및 개인 노출정도를 알아보기위해 사업장별, 업종별, 물질별로 유해화학물질의 노출실태를 분류하여 비교·검토한 것이다.

가) 사업장별 평가

사업장별 유해화학물질의 노출실태를 살펴보고 각 유해물질에 대한 노출수준을 현행 노동부의 노출기준과 비교·평가하여 보았다.

① L회사는 23종의 유해화학물질에 대해 351건을 측정하였으며 측정결과 평균적인 노출수준은 대부분의 물질이 노출기준의 1/1000~1/10 정도의 낮은 농도수준으로 노출되고 있는 것으로 평가되었으나, VCM의 경우 옥외작업 근로자에 대한 측정결과를 노출기준과 비교했을 때 3건이 초과한 것으로 나타났으며 조사에 포함된 다른 사업장의 노출농도보다 높았던 것으로 나타났다($p<0.05$). 노출기준을 초과한 3건은 PVC공장의 옥외 VCM 중합 및 회수공정에서 현장 근로자에 대한 측정결과인데 이 공정은 VCM과 중화제등을 혼합하여 PVC를 제조하는 곳으로 중합조에는 간헐적으로 근로자들이 수작업을 하고있어 이 사업장에서는 VCM의 노출 가능성이 가장 높은 공정이며 반제품 이송시 잔류 VCM의 방출과 배출수중의 잔류 VCM의 방출에 의한 영향도 노출농도가 비교적 높았던 이유중의 하나로 판단된다. 금번 작업환경측정후 동 공장에서는 반제품 저장조의 밀폐, 잔류 VCM 회수방법 개선, 중합 지역내 배수도랑의 밀폐등 현재 작업환경 개선이 이루어지고 있으며 노출기준을 초과한 공정에 대한 재 측정결과 노출기준을 초과한 경우는 없어 현재 진행중인 환경개선 방법이 효과가 있는 것으로 판단된다.

② N회사는 10종의 유해화학물질에 대해 222건을 측정하였고 측정결과 평균적인 노출수준은 노출기준과 비교할 때 낮은 농도수준으로 노출되고 있는 것으로 평가되었다. 그러나 황산의 경우 황산에 대한 44건에 측정결과중 6건이 노출기준을 초과하거나 초과할 가능성이 있는 것으로 평가되었다. 또한 조사에 포함된 다른 사업장의 측정결과에 비해 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 동 사업장의 경우 다른 사업장과는 달리 황

산을 직접 제조하고 있고 황산공정 이외에 질산공장, 복비공장등 여러공정에서 황산을 원료로 사용하고 있으며 이러한 황산취급 공정 설비의 틈새, 이송과정 및 각 반응단계의 개구부등에서의 누출등 설비적인 영향 때문인 것으로 판단된다. 따라서 생산시설의 검사 및 작업자의 주의가 요망된다. 암모니아의 경우 1건의 옥외작업자에 대한 측정결과를 노출기준과 비교할 때 노출기준 초과 가능성이 있는 것으로 평가되었고 조사에 포함된 다른사업장의 노출농도보다 높았던 것으로 나타났다($p<0.05$).

③ 기타 H회사, LV회사등 나머지 19개 사업장에서는 노출기준을 초과하거나 초과한 측정결과는 없었고 대부분의 유해화학물질의 평균적인 노출수준은 노출기준과 비교했을 때 전반적으로 1/1000~1/10정도로 낮은 것으로 평가되었다.

사업장별 유해화학물질에 대한 노출평가 결과 전반적으로 평균적인 노출수준은 노출기준에 비해 낮은 것으로 평가되었으나 L회사에서 총 351건의 측정결과중 VCM 3건이 N회사에서는 총 222건의 측정결과중 황산 5건이 각각 노출기준을 초과한 것으로 나타나 각 공정에 대한 작업환경 개선을 실시하였으며 개선후의 평가결과 작업환경 개선효과가 있는 것으로 평가되었다.

나) 업종별 평가

업종별 유해인자의 분포 및 유해화학물질 노출실태를 비교 분석하기위하여 업종별 유해화학물질 노출실태를 분석하여 보았다.

① 작업환경 측정대상 28 개사업장을 석유화학계와 비석유화학계로 분류해본결과 각각 64.3 %, 35.7 %를 차지 했으며, 석유화학계에서는 석유화학계 기초유기화합물 제조업이 12개 사업장(42.9 %)으로 가장 많았고 비석유화학계에서는 비금속 광물제품제조업이 5개 사업장(17.9 %)으로 가장 많았다.

② 업종별 유해화학물질 인자의 종류는 전체 73종 중 석유화학계 기초 유기화합물 제조업이 62종으로 가장 많았고 그 다음으로 합성수지제조업이 17종 이었으며, 달리 분류되지 않은 기타화합물제조업과 복합비료제조업에서 13종으로 나타났다.

③ 업종별 유해화학물질의 노출실태를 보면 전체 1815건의 측정건수 중 9건(0.50 %)만이 노출기준을 초과하였으나 전체적으로는 매우 낮은 노출기준 초과율을 보였다.

④ 업종간 발암성 물질의 분포실태를 살펴본 결과 석유화학계 업종이 9종 이었고 비석유석유화학계는 4종으로 나타났으며 석유화학계 9종의 발암성 물질 중에는 발암성 확인물질이 3종이었고 비석유화학계에서는 발암성확인 물질이 없고 모두 발암성 추정물질로 분류된 물질이었다.

28개 사업장에 대한 업종별 분포를 분석해본 결과 석유화학계업종이 64.3 %, 비석유화학계 업종이 35.7 % 분포를 보여 석유화학계 업종이 비석유화학계 업종보다 약 2배 정도 많았다. 업종별 유해인자의 종류에 있어서도 전체 73종 중 석유화학계 기초유기화합물제조업이 62종, 합성수지 제조업이 17종, 기타화합물제조업, 복합비료제조업에서 13종으로 나타나는등 석유화학계업종이 비석유화학계업종의 3-6종보다는 월등히 많은 유해인자를 보유하고 있었다. 업종간 발암성 물질 종류에서도 석유화학계 업종이 9종으로 비석유화학계업종 4종 보다 배이상 분포하는 등 전반적으로 석유화학계업종이 비석유화학계 업종보다 유해인자의 종류 및 발암성물질의 종류가 많아 보다 많은 관심을 가져야 할 업종으로 판단된다.

다) 물질별 평가

물질의 종류별 유해화학물질의 노출실태를 살펴보고 각 유해물질에 대한 노출수준을 현행 노동부의 노출기준과 비교・평가하여 보았다.

① 유기용제류가 34종의 물질에 대해 총 965건을 측정한 결과 노출기준과 비교했을 때 노출농도의 평균이 거의 대부분의 물질에서 전반적으로 1/1000~1/10 정도로 낮은 것으로 평가되었고 노출기준을 초과한 경우는 없었던 것으로 평가되었다.

② 금속류는 10종의 물질에 대해 총 153건을 측정한 결과 노출기준을 초과한 경우는 없었으며 전반적으로 노출수준이 낮은 것으로 평가되었다.

③ 가스류는 14종의 물질에 대해 총 381건을 측정한 결과 전반적으로는 노출기준에 비해 낮은 결과를 보이고 있으나 VCM의 경우 3개 사업장에서 88건의 측정결과중 옥외작업 근로자에 대한 3건의 개인시료 측정결과가 노출기준을 초과하였으며 암모니아는 10개 사업장에 총 81건의 측정결과 1건이 노출기준을 초과할 가능성이 있는 것으로 평가되었다. 이는 상온・상압하에서 가스상태인 가스류의 특성상 생산시설의 작은 결함이 발생하거나 제품의 품질관리를 위한 시료채취등의 과정에서 순간적인 노출의 가능성이 높고 특히 이러한 가스류는 비교적 노출기준이 낮기 때문인 것으로 사료된다.

④ 무기산류는 5종의 물질에 대해 총 176건을 측정한 결과 전반적으로 평균적인 노출농도는 노출기준과 비교했을 1/1000~1/10정도의 저농도의 수준으로 노출되고 있는 것으로 평가되었다. 그러나 황산의 경우 10개 사업장에서 78건의 측정결과 5건이 노출기준을 초과한 것으로 평가되었다. 이는 황산을 제조 또는 사용하고있는 1개 사업장에서의 측정결과로 동 사업장에 대한 작업환경 개선의 필요성이 있어 각 공정에 대한 작업환경 개선후의 평가결과 노출기준을 초과한 공정이 없는 것으로 나타나 작업환경 개선효과가 있는 것으로 평가되었다.

⑤ 기타 석면, 톨루이딘등 10종의 유해화학물질에 대해 140건이 측정되었으나 노출기준을 초과한 경우는 없었고 평균적인 노출농도 또한 낮은 것으로 나타났다.

물질의 종류별 유해화학물질에 대한 노출평가 결과 전반적으로 평균적인 노출수준은 노출기준에 비해 1/1000~1/10 정도로 낮은 것으로 평가되었으나 노출기준과 비교할 때 다른종류의 물질보다는 가스류에 해당하는 물질들이 비교적 고농도로 노출되는 경우가 많았던 것으로 나타났다. 이는 상온・상압하에서 가스상태인 가스류의 특성상 생산시설의 작은 결함이 발생하거나 제품의 품질관리를 위한 시료채취등의 과정에서 순간적으로 노출될 가능성이 있고 특히 이러한 가스류는 비교적 노출기준이 낮기 때문인 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 조사대상 28개소 중 측정대상 유해화학물질이 없는 4개소를 제외한 24개소에 대한 작업환경 측정결과 업종별, 물질별, 사업장별로 다소의 차이는 있으나 노출기준과 비교했을 때 노출농도의 평균은 전반적으로 1/1000~1/10 정도로 낮은 것으로 평가되어 근로자의 유해화학물질에 대한 노출에 수준은 낮은 것으로 평가되었다.

나. 옥외 작업환경 측정결과

산업안전보건법 제 42조에 의한 작업환경측정은 인체에 해로운 작업을 행하는 옥내 작업장에 한하여 실시 하도록 규정되어 있다. 그러나 석유화학산업같은 장치산업의 경우 대부분 유해물질 오염원이 옥외에 위치하는 관계로 기존의 작업환경측정 제도로는 옥외작업환경에서 근무하는 근로자의 유해물질에 대한 노출평가를 할 수가 없는 상황이었다. 따라서 이번에 여천공단에 소재하고 있는 사업장중 무기화합물질을 생산하는 장치산업체중 1개 사업장과 유기화합물질을 생산하는 장치산업체중 1개 사업장을 선정하여 옥내·외의 공기중 유해물질의 농도 수준 및 기상상태(기온, 기류등)를 파악하고 이를 비교 검토하여 이를 토대로 옥외작업환경에 대한 측정과 기존의 측정제도의 연계성을 파악하고자 대학 전문기관에 용역을 의뢰하여 작업환경 실태를 조사하였다. 용역결과는 다음과 같다.

1) N회사

본 조사는 여천공단 지역에 소재한 N회사를 대상으로 옥외작업장의 공기중 유해물질의 농도 수준 및 기상상태(기온, 기류 등)를 조사하고 이것을 중심으로 옥내외 작업장의 공기중 유해물질 농도간의 관련성을 비교·검토 하고자 1997년 4월 21부터 5월 3일까지 작업환경을 측정한 결과 다음과 같은 결과를 보였다.

가) 단위공장별 측정결과

N회사는 암모니아, 요소, 복비공장등 10여개의 단위공장을 보유하고 있는 사업장으로 단위공장별 측정결과를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 암모니아 공장

납사를 탈황처리 한 후 스팀과 공기를 주입하여 개질하고 정제하는 과정에서 발생되는 탄산가스는 요소공장의 원료로 보내지며 압축, 합성공정을 거쳐 암모니아를 생산하는 공장으로서, 측정위치별 물리적 인자 및 암모니아 농도는 표 III-3-33, 34와 같다. 옥내·외 작업장의 온열요소 중 기온은 옥외작업장이 옥내작업장 보다 낮았으나 기류속도는 평균 1.4 m/sec로 옥내보다 7배 이상 빨랐다. 옥외작업장 공기중 암모니아 농도는 전공정의 기하평균이 0.38 mg/m^3 이었고 옥내 작업장의 경우 현장 대기실의 경우 0.37 mg/m^3 으로 나타나 옥내·외 작업장간의 공기중 암모니아 농도에서는 별차이가 없었다. 이는 현장 대기실의 창과 출입구가 항상 개방되어 있어 외기의 영향을 직접적으로 받기 때문인 것으로 판단된다. 개인노출농도는 0.62 mg/m^3로 나타나 옥외작업장이나 옥내작업장의 공기중 농도 보다 높은 농도분포를 보이고 있으나 노출기준 농도인 18.0 mg/m^3 과 비교시는 매우 낮은 상태였다.

표. Ⅲ-3-33 : 암모니아 공장의 옥내외 작업장별 기후조건

항목	옥외	옥내	
		현장대기실	조정실
기온(℃)	18.8 ± 1.0	25.7 ± 4.0	23.5 ± 0.7
기습(%)	42.8 ± 5.5	38.9 ± 11.7	36.0 ± 1.4
기류(m/sec)	1.4 ± 0.6	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0
풍향	SW		

* SW : South West

표 Ⅲ-3-34 : 암모니아 공장의 측정 위치별 암모니아 농도(단위: mg/m^3)

항목	옥외	옥내		개인
		현장대기실	조정실	
시료 채취수(n)	19	8	2	6
산술평균(AM)	1.38	0.40		0.73
기하평균(GM)	0.38	0.37		0.62
기하표준편차(GSD)	4.45	1.56		1.88
범위(Range)	ND - 15.87	ND - 0.61	0.54-0.80	0.29-1.40

* 노출기준: $18mg/m^3$

(2) 요소공장

요소생산의 주원료는 암모니아공장에서 공급받은 암모니아와 부산물인 탄산가스이며 요소 합성과 분해과정을 거쳐 결정화되고 회수, 건조, 제립과정을 거쳐 요소를 생산하는 공장으로, 측정위치별 물리적 인자 및 주 유해물질인 암모니아의 측정결과는 표 Ⅲ-3-35, 36과 같다. 옥외작업장 공기중 암모니아 농도는 기하평균이 9.26 mg/m^3로 옥내작업장의 공기중 암모니아 농도보다 높게 나타났다. 옥내작업장 중 현장 대기실에서 측정한 3건의 지역 시료중 1건이 노출기준을 초과 하였는데 이는 측정당시가 현장 생산라인의 보수공사 완료후 시험 운전과정에서 문제점이 발생한 것으로 생각된다. 옥외작업장의 평균기류속가 1.5 m/sec로 옥내작업장 보다 7배이상 높았음에도 불구하고 옥외 작업장의 공기중 암모니아 농도가 옥내작업장 보다 높게 나타난 것으로 보아 옥외 작업장이 암모니아의 주발생원임을 나타내고 있다. 개인노출 농도의 기하평균값이 7.50 mg/m^3으로 옥내작업장보다는 높고 옥외 작업장보다는 낮게 나타난

것은 작업특성상 근로자가 옥내·외를 번갈아 가면서 근무를 하기 때문인 것으로 보인다.

표 III-3-35. 요소 공장의 옥내외 작업장별 기후조건

항목	옥외	옥내	
		현장대기실	조정실
기온(℃)	21.5 ± 1.4	22.5 ± 2.1	26.0 ± 0.0
기습(%)	51.0 ± 0.6	54.5 ± 16.3	39.0 ± 0.0
기류(m/sec)	1.5 ± 0.6	0.2 ± 0.0	0.1 ± 0.0
풍향	SE		

* SE : South East

표 III-3-36. 요소공장의 측정위치별 공기중 암모니아 농도 〔단위 : mg/m^3〕

항 목	옥외	옥내			개인
		현장대기실	조 정 실	압 축 실	
시료채취수	9	3	1	6	3
산술평균	12.24	8.84		7.83	10.03
기하평균	9.26	4.81		4.39	7.50
기하표준편차	2.27	4.20		4.15	2.82
범위	5.23-27.23	1.15-20.31	2.55	0.42-15.41	2.35-17.13

*노출기준: 18mg/m^3

(3) 초안공장

암모니아와 60% 희질산을 140 ℃에서 중화시킨후 149 ℃에서 증발시켜 액상초안을 만들고 이것을 결정·건조하면 분상초안이 되고, 제립·건조시키면 입상초안이 된다.

이러한 초안공장에서 측정한 위치별 물리적인자 및 암모니아의 농도는 표 III-3-37, 38과 같다. 옥내·외의 기온은 24 ℃ 정도로 거의 비슷하였으며, 옥외작업장의 기류속도는 평균 1.5 m/sec로 옥내보다 약 7배정도 빨랐다. 옥외작업장의 공기중 암모니아 농도는 기하평균값이 0.30(0.23~0.35) mg/m^3로 옥내작업장 0.71 mg/m^3 보다 낮았다. 개인노출농도의 경우 최고값이 0.72 mg/m^3으로 노출기준인 18 mg/m^3 보다 매우 낮은 결과를 나타냈다.

표 III-3-37. 초안 공장의 옥내외 작업장별 기후조건

항목	옥외	옥내	
		입 상 , 분 상	조 정 실
기온(℃)	24.0 ± 0.5	24.2 ± 1.4	23.0 ± 0.0
기습(%)	52.0 ± 3.0	57.5 ± 6.9	29.0 ± 0.0
기류(m/sec)	1.5 ± 0.5	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.0
풍향	NE		

* NE : North East

표 III-3-38 초안공장의 측정위치별 암모니아 농도

(단위 : mg/m^3)

항목	옥 외	옥 내	개 인
시료채취수	3	5	2
산술평균	0.30	0.74	
기하평균	0.30	0.71	
기하표준편차	1.23	1.40	
범위	0.23-0.35	0.41-0.93	0.22-0.72

* 노출기준: 18 mg/m^3,

(4) 희질산 및 복비공장

암모니아와 산소를 반응시켜 이산화질소를 만든후 냉각, 흡수, 탈색공정을 거쳐 희질산을 만드는 희질산공장과 인산, 암모니아, 황산을 주원료로 하여 이를 반응시킨후 제립, 건조, 선별, 냉각, 코팅공정을 거쳐 복합비료를 생산하는 공장으로서, 주요 유해물질은 암모니아이며 모든 공정이 옥내에 있는 작업장이었다. 복비공장의 측정위치별 물리적 인자 및 암모니아 농도 비교 결과는 표 III-3-39, 40와 같다. 희질산공장에 있어 전공정의 공기중 암모니아 농도범위는 0.22 - 1.60 mg/m^3로 나타났으며 조정실에서도 공기중 암모니아 농도범위가 0.24 - 0.28 mg/m^3 로 나타나 조정실 내부의 공기도 공정에서 발생된 암모니아에 오염 되었음을 알 수 있었다. 개인 노출농도의 경우 전체공정의 공기중 평균농도 보다는 낮게 나타났는데 이는 작업자가 암모니아 발생원 즉, 공정에서의 업무 및 조정실내부에서의 업무가 혼재된 작업 특성에 기인하는 것 같다. 복비공장의 경우 역시 희질산 공정과 비슷한 경향을 나타내고 있다.

표 III-3-39. 희질산,복비공장의 측정 위치별 기후조건

항목	희 질 산 공 장		옥 내	
	옥내 (전공정)	조 정 실	현 장 대 기 실	조 정 실
기온(℃)	26.7 ± 3.3	24.0 ± 0.9	27.4 ± 2.0	26.7 ± 1.4
기습(%)	31.6 ± 14.2	40.0 ± 9.8	27.5 ± 3.5	34.7 ± 3.8
기류(m/sec)	0.2 ± 0.1	0.0 ± 0.0	0.4 ± 0.2	0.0 ± 0.0
풍향	-			

표 III-3-40. 희질산, 복비공장의 측정위치별 암모니아 농도

〔단위 : mg/m^3〕

항 목	희 질 산 공 장			복 비 공 장		
	전 공 정	조 정 실	개 인	전 공 정	조 정 실	개 인
시료채취수	8	2	3	11	2	3
산술평균	0.73		0.22	3.20		0.90
기하평균	0.62		0.22	2.37		0.63
기하표준편차	1.91		1.26	2.16		3.16
범위	0.22-1.60	0.24-0.28	0.18-0.28	0.55-12.40	0.66-0.67	0.84-1.69

* 노출기준:18 mg/m^3

(5) 인산공장

합성세제의 원료 및 공업용으로 공급되는 인산은 인광석을 원료로 하여 볼밀로 분쇄한 후 황산을 투입하여 반응시키고, 이 반응물을 여과시켜 인산을 만든 후 규조토를 투입 하여 다시 반응시키고 건조시켜 최종 생산품을 만드는 공장으로서, 반응공정과 여과공정에서 원료 및 부원료의 미반응, 또는 부가반응 물질인 황산 및 불산등이 고온으로 인해 증기 형태로 발생하고 있었다. 인산공장의 측정위치별 물리적인자 및 황산, 불산의 측정결과는 표 III-3-41, 42과 같다. 황산의 경우 옥외작업장과 옥내작업장의 농도는 각각 기하평균값이 0.040 mg/m^3, 0.002 mg/m^3으로 나타나 옥외사업장의 황산농도가 옥내작업장보다 높게 나타났다. 황산 기중농도의 최고치를 살펴보면 옥외의 경우가 0.71 mg/m^3으로 옥내 공기중 농도의 최고치인

0.010 mg/m³보다 높은 수치를 보이는 것으로 보아 옥외 작업장에서 근무하는 작업시간이 길어질수록 황산에 노출될 가능성이 높을것으로 예상된다. 또한 측정당시의 옥외작업장의 평균 기류속도가 2.2 m/sec로 옥내작업장보다 빠르고 기류속도의 표준편차가 1.2 m/sec로 기류의 변화가 심했음에도 불구하고 황산과 불산의 농도가 옥외작업장에서 높게 나타난 것으로 보아 옥외작업장의 생산공정이 황산과 불산의 주 발생원임을 나타내고 있다.

표 Ⅲ-3-41. 인산 공장의 옥내외 작업장별 기후조건

항목	옥외	옥내		
		여 과 기	현 장 대 기 실	조 정 실
기온(℃)	23.9 ± 1.7	23.3 ± 0.8	24.3 ± 0.6	25.3 ± 0.8
기습(%)	52.8 ± 14.0	64.2 ± 8.9	47.0 ± 23.1	50.8 ± 6.2
기류(m/sec)	2.2 ± 1.2	0.6 ± 0.8	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.2
풍향	오전 : SE, 오후 : SW			

* SE : South East, SW : South West

표 Ⅲ-3-42. 인산공정의 옥내외 측정위치별 공기중 황산, 불산 농도의 비교

〔단위: mg/m³〕

항 목	황 산			불 산		
	옥 외	옥 내	개 인	옥 외	옥 내	개 인
시료채취수	8	7	4	8	7	4
산술평균	0.120	0.003		0.965	0.133	
기하평균	0.040	0.002		0.207	0.028	
기하표준편차	15.359	4.380		9.620	10.267	
범위	ND-0.710	ND-0.010	ND-0.001	ND-2.780	ND-0.456	ND-0.043

* 황산 : TWA = 1 mg/m3, 불산 : C2.5 mg/m³

(6) 황산공장

유황을 용융한 후 고온에서 연소시켜 SO_2 가스를 발생시키고 촉매를 이용하여 SO_3 로 전환한 후 이를 다시 황산에 흡수시켜 98%의 황산을 생산하는 공장으로 유황의 연소 및 전환, 흡수공정에서 유황가스 및 황산이 설비의 틈새와 이송과정에서 노출될 수 있으나 전공정이 실외 작업장으로 상주하는 근로자가 없기 때문에 설비점검을 위한 현장 순회시에만 근로자에게 노출될 가능성이 있는 공장이었다. 이 황산 공장의 측정위치별 물리적 인자 측정결과와 황산 농도 결과는 표 Ⅲ-3-43, 44와 같다. 옥외작업장의 기온이 옥내 작업장보다 다소 높았으며

기류속도의 경우 조정실에서는 거의 무풍상태였으나 옥외작업장의 경우 1.5 m/sec로 기류흐름이 활발하였다. 옥외 작업장의 경우 황산 기중농도 최고치가 1.24 mg/m^{3}으로 옥내 공기중 농도 0.004 mg/m^3 보다 훨씬 높아 옥외작업장이 주 발생원임을 나타내고 있다.

표 III-3-43. 황산 공장의 옥내외 작업장별 기후조건

항목	옥외	옥내	
		현 장 대 기 실	조 정 실
기온(℃)	21.5 ± 1.4	22.5 ± 2.1	26.0 ± 0.0
기습(%)	51.0 ± 0.6	54.5 ± 16.3	39.0 ± 0.0
기류(m/sec)	1.5 ± 0.6	0.2 ± 0.0	0.1 ± 0.0
풍향	SE		

* SE : South East

표 III-3-44. 황산공장의 측정위치별 공기중 황산농도의 비교

〔단위: mg/m^3〕

항목	황산		
	옥외	옥내	개인
시료채취수	15	1	4
산술평균	0.35		
기하평균	0.02		
기하표준편차	36.51		
범위	ND-1.24	0.004	ND

* 황산 노출기준 : 1 mg/m^3,

(7) DNT 공장

TDI의 원료로 공급되는 DNT는 톨루엔과 60%, 98% 질산을 주원료로 하고 황산을 부원료로 하여 1차, 2차 질화공정 및 정제공정을 거쳐 생산되는 물질로, DNT 공장의 측정위치별 물리적 인자 및 공기중 DNT농도 결과는 표 III-3-45, 46과 같다. 옥외작업장의 기온이 옥내작업장보다는 다소 낮았으나 기류속도는 약 2배 정도 빨랐다. 옥외작업장의 공기중 DNT농도는 0.009 mg/m^{3}으로 옥내작업장 탱크조부근에서의 공기중 농도와 같았으며 조정실의 농도는 다른 지역보다 낮았다. 이는 DNT의 주 발생원이 옥외공정과 옥내공정 중 탱크조라고 판단되

며, 조정실의 경우 DNT가 낮은 농도로 검출된 것으로 보아 비록 타공정과 조정실이 격리되어 있다고는 하지만 외부의 오염된 공기가 유입되고 있다고 생각된다.

표 III-3-45. DNT공장의 옥내외 작업장별 기후조건

항 목	옥외	옥내	
		반 응, 저 장	조 정 실
기온(℃)	21.1 ± 1.5	22.3 ± 1.4	25.0 ± 0.5
기습(%)	33.5 ± 5.8	30.7 ± 4.7	29.7 ± 2.5
기류(m/sec)	1.0 ± 0.9	0.5 ± 0.6	0.0 ± 0.0
풍향	오전:SW, 오후: NE		

* SW : South West, NE : North East

표 III-3-46. DNT공장의 측정위치별 공기중 DNT농도 [단위 : mg/m^3]

항목	옥외	옥내		
		반응	탱 크 조	조 정 실
시료채취수	8	7	3	2
산술평균	0.140	0.018	0.292	
기하평균	0.009	0.001	0.009	
기하표준편차	33.908	21.819		
범위	0.001-0.624	0.0001-0.094	ND-0.584	0.00002-0.006

* 노출기준 : 1.5 mg/m^3

(8) Toluidine 공장

MNT($C_6H_4CH_3NO_2$)를 수소첨가반응과 여과, 분리, 정류과정등을 거쳐 톨루이딘을 만드는 공장으로 모든작업장이 옥내작업장 이었다. 측정 위치별 물리적 인자 및 Toluidine 농도 결과는 표 III-3 -47, 48와 같다. 작업장 공기중 및 개인 노출농도를 알아보기 위해 측정한 지역시료 및 개인포집시료에서는 Toluidine이 검출되지 않았다.

표 III-3-47. Toluidine 공장의 기후조건

항 목	옥 외
기온(℃)	21.1 ± 1.5
기습(%)	33.5 ± 5.8
기류(m/sec)	1.0 ± 0.9
풍향	-

표 III-3-48. Toluidine 공장의 Toluidine의 공기중 및 개인노출 농도

〔단위 : mg/m^3)

항목	옥 외	개 인
시료채취수	10	5
산술평균		
기하평균		
기하표준편차		
범위	ND	ND

노출기준 : 2 ppm

(9) MNT 공장

MNT는 98% 질산과 톨루엔을 주원료로 사용하고 98% 황산을 부원료로 사용하여 이들 원료물질을 혼합하여 질화공정을 거친후 분리, 증류공정을 거쳐 생산되는 제품으로서, 대부분의 공정이 밀폐공정으로 이루어지고 있었다. 이 MNT 공장의 측정위치별 물리적 인자 및 MNT 농도결과는 표 III-3-49, 50과 같다. 기류속도의 경우 옥외작업장이 옥내작업장 보다는 약 2배 이상 빨랐다. 옥외 작업장 공기중 MNT 산술평균농도가 0.004 ppm으로 옥내작업장 0.002 ppm보다 약간 높았으나 큰 차이는 없었으며, 개인 노출량을 알아보기 위해 측정한 개인시료에서는 MNT가 검출되지 않았다.

표 III-3-49. MNT 공장의 기후조건

항목	옥외	옥내	
		반응, 세척	조 정 실
기온(℃)	18.4 ± 0.9	18.8 ± 0.8	24.0 ± 0.9
기습(%)	49.1 ± 6.7	48.5 ± 6.4	34.7 ± 2.3
기류(m/sec)	1.3 ± 0.7	0.5 ± 0.3	0.0 ± 0.0
풍향	오전:NE, 오후: SE		

* SE : South East, NE : North East

표 III-3-50. MNT공장의 측정위치별 공기중 MNT농도 (단위 : mg/m^3)

항목	옥외	옥내	개인
시료채취수	12	2	2
산술평균	0.004	0.002	
기하평균	0.004		
기하표준편차	1.790		
범위	ND-0.006	0.001-0.002	ND

* 노출기준 : 2 ppm,

나) 결 론

이상의 결과를 종합해보면 각 생산공장의 옥외작업환경측정에 큰 영향을 끼치는 기류문제에 있어서 옥외작업장의 평균기류가 옥내작업장의 기류보다 높게 나타난 것으로 보아 공기중 유해물질이 확산, 희석이 잘 될것임에도 불구하고 본 조사에서는 암모니아공장, 요소공장, 인산공장, DNT공장 등에서 옥외작업장의 공기중 유해물질 농도가 옥내작업장보다 높게 나타났다. 이와같이 석유화학장치산업에 있어서 대부분의 생산시설이 옥외에 설치되어있는 작업장이 주요 생산현장임을 감안할 때에 유해물질의 노출원으로 작용하고 있음을 나타내고 있다.

2) H회사

각 공정의 옥내외작업장을 대상으로 작업환경관리를 위한 유해물질의 발생량을 평가하는 단위작업장소의 지역시료포집법과 근로자들의 노출량을 평가하는 개인시료포집간에 상호 관련성을 평가하고 같은 공정에서 근무하는 근로자들을 대상으로 옥내 근로자와 옥외 근로자들의 유해물질에 대한 노출량을 평가하였다. 그리고 옥외 작업장은 옥내 작업장과 다르게 작업영역이 확실하게 구분되어 있지 않아 작업공정 지역 이외의 외곽 부분에서도 작업환경 평가를 실시하여 유해물질에 대한 노출영역을 평가하고자 1997년 3월부터 1997년 6월까지 작업환경을 측정해본 결과 다음과 같은 결론을 보였다.

가) 부서별 측정결과

파이프, 전선피복, 합성 피혁등의 원료인 PVC 수지 및 PVC 수지의 주원료인 VCM(vinyl chloride)를 생산하는 공정으로, 전해부, EDC/VCM 제조부서등 7개부서의 옥내외 작업장을 대상으로 각 단위작업장소 및 개인에서의 유해인자에 대한 측정결과를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 전해부

암염을 원료로 하여 Diaphragm cell, AGC cell 및 UHDE cell 등의 제조방법을 사용하여 염소, 50% 가성소다, 염산, 수소, 염화암모늄을 생산하는 공정으로 이 전해부의 대표적인 유해물질은 염소가스이며 이외에 가성소다, 염산, 황산 및 암모니아가 있었다. 염소의 경우 현장실험실을 제외한 옥내작업장에서는 검출되지 않았으며, 옥외작업장에서의 기중 평균농도는 0.0053 ppm 으로 나타났다. 옥외 작업장에 위치한 가성소다 제조공정의 경우 공기중 가성소다는 모두 검출되지 않았으며, 염화암모늄의 제조공정에서는 암모니아는 불검출 되었고 염산의 경우 0.0135 ppm과 0.0269 ppm 으로 나타났다. 종합적으로 전해부의 작업환경 측정결과를 살펴보면 가장 대표적인 유해가스인 염소의 경우 노출기준 1 ppm을 초과하는 경우는 없었다.

(2) EDC / VCM 생산부

NCC 부에서 공급되는 에틸렌과 전해부에서 공급되는 염소를 사용하여 EDC를 제조하는 공정과 정제과정 및 EDC를 열분해하여 VCM을 만드는 공정으로 전체과정은 조정실에서 관리하고 있으며 조정실과 품질보증실을 제외하고는 모두 옥외작업장으로 구성되어있다. 대표적인 유해인자로는 VCM, EDC 및 염산이다. 옥내작업장으로 분류된 조정실과 품질보증실의 측정결과를 살펴보면 EDC의 경우 개인 및 지역시료 측정결과는 모두 불검출이었고 VCM의 경우 개인시료의 측정결과(ND - 0.0643 ppm)와 지역시료 측정결과(ND - 0.0656 ppm)는 별차이가 없었다. 유해요인의 발생원이 없는 조정실에서 VCM이 검출된 것으로 보아 비록 조정실이 공기유입구에 필터가 부착된 양압설비가 설치되어 있지만 공기 유입구가 공장안에 설치되어 있어 어느정도의 유해물질이 유입되는 것으로 판단된다. 실험실의 VCM 측정결과를 살펴보

면 지역시료에서는 ND - 0.0726 ppm으로 나타났고 개인시료는 0.0441 - 0.1551 ppm으로 나타나 개인시료에서 근로자들이 시료채취를 위해 옥외로 이동하거나 VCM을 직접 취급하기 때문인 것으로 보인다. 옥외 작업장으로 분류된 작업장별 VCM의 농도를 살펴보면 EDC 열분해작업장의 경우 지역시료에서는 ND - 0.0411 ppm으로 나타났고 개인시료에서는 불검출되어 지역시료에서 약간 높았고, VCM 탱크의 경우 ,지역시료에서는 ND - 0.0189 ppm, 개인시료에서는 0.0259 - 0.0993 ppm으로 나타나 개인시료에서 약간 높게 나타났다.

(3) PVC 생산부

주원료인 VCM을 사용하여 중합개시용 촉매, 분산제 및 기타첨가제를 자동계량 및 삽입하여 운전조건이 자동조절되는 상태에서 반응물을 추출하고 탈기 및 건조하여 PVC를 생산하는 공정으로 대표적인 유해인자는 VCM이며 모든 생산작업장 중 VCM에 노출될 가능성이 제일 높은 작업장 이었다. 먼저 양압설비가 되어있는 옥내 작업장인 조정실과 품질보증 실험실에서의 측정결과를 살펴보면 개인시료는 0.0147 ppm - 0.1186 ppm 으로 나타났고 지역시료는 불검출 - 0.1445 ppm으로 나타나 개인시료 및 지역시료간에 큰차이는 없었다. 또한 근무시간동안 4 회 분할하여 측정한 결과 VCM이 검출된 시간대가 개인 및 지역이 동일한 양상을 나타내는 것으로 보아 VCM에 노출되는 옥내작업장의 지역시료 측정결과와 근로자의 노출수준의 측정결과 사이에는 관련성이 높음을 알 수 있었다. 또다른 옥내작업장인 포장실의 경우 조정실과 달리 양압설비가 구비되어 있지 않았다. 포장실의 경우 PVC수지중 미반응된 VCM과 옥외작업장에서 발생된 VCM이 포장실로 유입되고 있었으며 측정결과는 0.0405 ppm - 0.1524 ppm 으로 평가되었다. 옥외 작업장인 중합 반응조의 경우 VCM 측정결과는 개인시료에서 0.3947 - 0.7568 ppm, 지역시료에서 0.4022 - 0.9408 ppm 으로 개인시료와 지역시료 간의 차이는 별로 없었다. 그러나 근무시간동안 4회 분할한 측정결과는 표 III-3-51에서 보는 바와 같이 단위작업장소에서는 전반적으로 일정하게 평가되었지만 개인시료에서는 변동이 컸다. 이는 옥외작업장(중합조)에 근무하는 근로자들이 항상 중합조 작업장에 상주하지 않기 때문에 VCM에 노출되는 정도가 시간대에 따라 변동이 큰 것으로 보인다. 따라서 옥외작업장에서의 유해물질에 대한 노출평가는 지역시료보다는 개인시료를 포집하는 것이 타당할 것 같다.

표 III-3-51. PVC 생산부 중합조에서의 측정시간대별 일부 VCM 측정결과

〔 단위 : ppm 〕

시료 채취방법	측정위치	측 정 시 간	측정치	8시간작업환산치
개인시료채취	반○복	12:04-13:25	0.2721	0.7568
		13:26-14:56	ND	
		14:56-16:30	0.4243	
		16:30-18:00	2.2972	
지역시료채취	C1	12:13-13:31	0.7634	0.7047
		13:34-14:56	0.5387	
		14:56~16:26	0.5726	
		16:28-18:10	0.9098	

* 노출기준: 1 ppm

(4) ECH 생산부

본 공정은 프로필렌과 염소를 사용하여 중간제품인 아릴클로라이드를 제조한 후 염소 및 수산화칼슘을 첨가 반응시켜 최종 제품인 에피클로로히드린(ECH)을 생산하는 공정으로 전체적인 생산공정 관리는 타공정에서처럼 조정실에서 운영하고 있었다. ECH 제조 전체공정의 대표적인 유해인자로는 알릴클로라이드와 염소였다. 옥내작업장인 조정실 및 품질보증 실험실에서의 개인시료채취결과 알릴클로라이드는 모두 불검출되었다. 옥외작업장인 프로필렌 염소화반응공정의 경우 염소는 0.0025 -0.0060 ppm이었고, 염산은 ND- 0.0567 ppm으로 나타났다.

(5) NCC 부/ 동력부

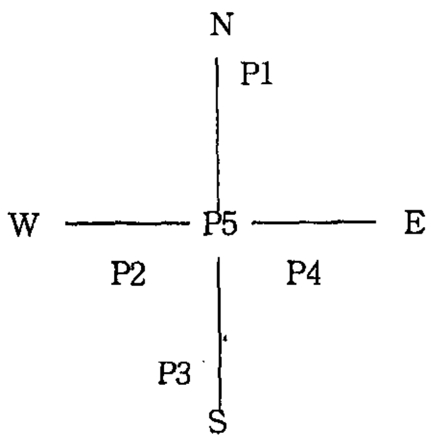
열분해 가솔린을 원료로 하여 가솔린수첨공정, 추출공정, 탈알킬수첨공정등의 과정을 거쳐 벤젠 톨루렌, 크실렌을 각각 생산하고 있으며 HOT, COLD, BTX공정으로 이루어져 있다. 이 NCC 부의 대표적 유해물질은 벤젠, 톨루엔 크실렌이었다. 조정실과 품질보증실 즉 옥내 작업장에서는 모두 검출되지 않았고 옥외 작업장에서도 벤젠 저장탱크 상부에서의 측정결과인 1.275 ppm을 제외하고는 모두 불검출되었다. 벤젠이 검출된 탱크상부에는 밸브가 설치되어 있어 미량의 벤젠이 누출된 것으로 보인다.

나) 풍향 풍속에 따른 측정결과의 변화

옥외작업장의 경우 풍향과 풍속이 옥내작업장과 매우 다르다. 예를 들어 옥내작업장의 경

우는 일반적으로 풍속이 1 m/sec 이하이지만 옥외작업장인 경우는 불규칙 하게 1 m/sec 이상인 경우가 많다. 또한 풍향의 경우도 여천지역은 해안지대의 특성과 건물 및 시설물의 영향으로 매우 불규칙하다. 이러한 기상조건의 특성이 VCM 측정결과에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 PVC 생산부 중합반응조와 증류위치에서 전체 측정시간을 등간격으로 4 회 동안 발연관으로 풍향을 파악하고 열선풍속계로 풍속을 측정하였다.(그림 III-3-8, 그림III-3-9) 또한 습도는 아스만통풍건습계로 측정하였다. 이 지역에서의 시료포집방법은 활성탄관의 시료공기 흡입위치를 동서남북의 네 방향과 상방향으로 선정하였다. 시료포집시간은 1회 포집시간을 100분 이하로 하여 4회 포집하였다. 중합에서 포집 방향에 따른 측정결과는 표 3-53과 같고 증류에서의 포집 방향에 따른 측정결과는 표 3-55과 같다. PVC 공정 중합조 시료포집 지점에서의 기상상태를 관찰하면 풍속은 큰 차이가 없었으나 풍향은 시간에 따라 남서, 북서, 북, 북풍등 차이가 있었다(표 III-3-52). VCM 측정결과 같은지점의 5 방향의 측정결과는 최저가 0.4022 ppm이고 최고가 0.9408 ppm으로 옥외 작업장에서는 풍향 및 풍속의 영향으로 시료포집방향에 따라 측정결과가 약 2.3 배의 차이가 있었다.

PVC 공정중 증류 시료포집 지점에서의 기상상태를 관찰하면 풍속은 큰 차이가 없었으나 풍향은 시간에 따라 많은 차이가 있었다.(표 III-3-54) 이러한 결과는 화학공장 장치설비들인 경우 해안지대에 주로 설치되어 있으며 주변 건물과 시설물에 의하여 풍향의 방향이 변동되기 때문으로 생각된다. VCM 측정결과 같은 지점의 5 방향의 측정결과는 최저가 0.0699 ppm이고 최고가 0.2174 ppm으로 옥외작업장에서의 풍향 및 풍속의 영향으로 시료포집방향에 따라 측정결과가 약 3.1 배의 차이가 있었다(표 III-3-55). 이러한 값은 증류작업장에서 풍향의 변화가 커서 PVC 중합조의 2.3 배 보다 높게 나타난 것으로 생각된다.



* P5 : 바닥면의 수직 상방향

그림 III-3-8. 측정점별 지역시료 채취의 방향

표 III-3-52. PVC 공정 중합측정점에서의 측정횟수별 풍속과 풍향

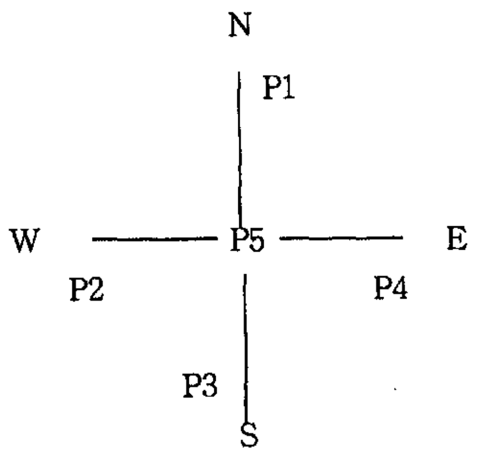
횟수	풍 속 (m/s)	풍 향
1	0 ~ 2.3	SE
2	0 ~ 2.5	NE
3	0 ~ 3.1	N
4	0 ~ 1.3	N

* SE : 남동풍, NE : 북동풍, N : 북풍

표 III-3-53. PVC 공정 중합공정에서의 시료포집 방향에 따른 측정결과

(단위 : ppm)

위 치	1 회	2 회	3 회	4 회	TWA
P1	0.8272	0.5823	0.4474	1.0676	0.7432
P2	0.5060	0.4923	0.4951	0.8580	0.6014
P3	N.D.	0.4482	0.3911	0.6861	0.4022
P4	1.1424	0.7803	0.7462	1.0871	0.9408
P5	0.7634	0.5387	0.5726	0.9098	0.7047



* P5 : 바닥면의 수직 상방향

그림 Ⅲ-3-9. 측정점별 지역시료 채취의 방향

표 Ⅲ-3-54. PVC 공정 증류 측정점에서의 측정 횟수별 풍속과 풍향

횟 수	풍 속 (m/s)	풍 향
1	0 ~ 2.3	WS
2	0 ~ 2.5	NE
3	0 ~ 2.9	NE
4	0 ~ 1.5	SE

* WS : 서남풍, NE : 북동풍, SE : 남동풍

표 Ⅲ-3-55. PVC 증류공정에서의 시료포집 방향에 따른 측정결과

〔단위 : ppm〕

위 치	1 회	2 회	3 회	4 회	TWA
P1	0.4615	N.D.	0.0743	0.0851	0.1520
P2	0.6619	0.0620	0.0695	0.1016	0.2174
P3	0.4335	0.0353	0.1159	0.0920	0.1612
P4	0.0565	N.D.	0.0807	0.0953	0.1591
P5	N.D.	0.0670	0.1132	0.0917	0.0699

다) 외곽통로의 측정결과 변화

옥외작업장의 경우 부서별로 작업형태는 다르지만 유해물질의 분포는 같은 양상을 보일 수 있다. 예를 들어 유해물질 발생원 지역보다 풍향, 풍속에 따라 발생원이 없는 다른 지역이 더 높은 수준을 나타낼 수 있어 그림 III-3-10과 같이 PVC 제조공장의 외곽 통로의 4 개 지점을 선정하여 등간격으로 4 회 풍향과 풍속을 측정하였고 VCM도 등간격으로 4 회 시료포집을 실시하였다.

표 III-3-56 결과에서 보는것 처럼 PVC 제조공정의 외곽통로의 4 개 지점에서 측정한 풍향 및 풍속을 살펴보면 풍속에는 큰 차이가 없지만 측정지점에 따른 풍향의 방향은 건물 및 시설물의 영향으로 많은 차이가 있었다. 시료포집한 지점의 기상상태를 관찰하면 풍속은 큰 차이가 없었으나 풍향은 시간에 따라 정반대 방향도 있어 많은 차이가 있었다. 이러한 결과는 화학공장 장치설비들이 해안지대에 공장이 설치되어 있으며 주변건물과 시설물에 의하여 풍향이 변동되는 경우가 있기 때문인 것으로 보인다. 표 III-3-57의 VCM 측정결과를 살펴보면 0.0785 ppm(P1), 0.0612 ppm(P2), 0.2221 ppm(P3) 그리고 0.0681 ppm(P4)이었다. P3의 측정결과가 가장 높은 이유는 측정 당일 풍향이 대체적으로 P3 위치로 향하였기 때문으로 판단된다. 이러한 PVC 공정의 외곽통로에서 VCM 측정결과 살펴볼때 옥외작업장에서 작업환경측정 대상이 되는 작업장 또는 공정에서 정상적인 작업을 수행하는 동일노출집단의 근로자를 대상으로 근로자의 호흡위치 및 행동범위내에서 유해물질의 노출상태를 고려한 작업장소인 "단위작업장소"를 선정하기가 어렵고 근로자들이 한 지역에서 상주하면서 작업을 하는 것이 아니라 많은 이동을 하기 때문에 근로자의 작업행동 범위에서 호흡기 높이에 고정하여 측정하는 지역시료 포집방법은 부적당 하다고 판단된다.

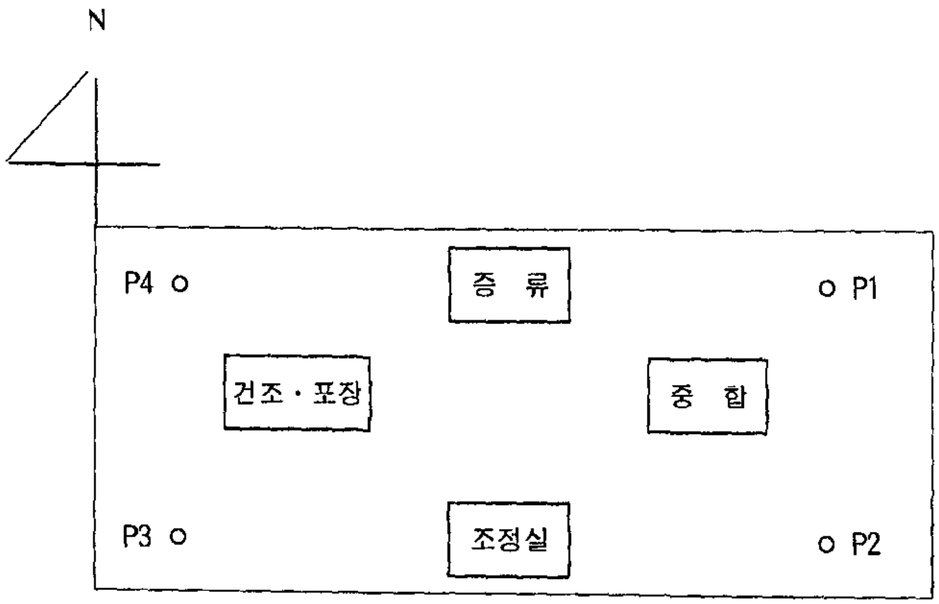


그림 III-3-10. PVC제조 공정의 외곽 측정 위치

표 III-3-56. 각 측정점에서의 횟수별 풍속, 풍향 (풍속단위: m/sec)

횟 수	P1	P2	P3	P4
1	0.2~2.1 (SW)	0.21~2.3 (NE)	0.26~2.1 (SW)	0.22~2.1 (SW)
2	0.22~2.5 (NE)	0.25~2.5 (E)	0.2~2.3 (E)	0.21~2.5 (E)
3	0.2~2.8 (NE)	0.2~3.1 (NE)	0.19~2.6 (E)	0.18~2.9 (E)
4	0.24~2.7 (NE)	0.19~1.8 (NE)	0.22~1.5 (E)	0.2~2.7 (E)

* SW : 남서풍, NE : 북동풍, E : 동풍,

표 III-3-57. 각 측정점에서의 VCM 측정값

〔단위 : ppm〕

위치	1회	2회	3회	4회	TWA
P1	N.D.	0.0880	0.0613	0.1502	0.0785
P2	N.D.	N.D.	0.0810	0.1451	0.0612
P3	0.1023	0.1904	0.1263	0.4318	0.2221
P4	N.D.	0.2182	0.0492	N.D.	0.0681

* ND : 불검출

라) 결론

장치산업으로 이루어진 석유화학공업은 대부분의 제조공정이 옥외에 설치되어 있으며 취급하고 있는 대부분의 물질들이 폭발성, 인화성 그리고 발암성 물질들이다. PVC 수지를 제조하는 공정과 PVC 수지의 주원료인 VCM을 생산하는 공정에서 가장 대표적인 유해인자는 VCM이다. 옥외 작업장의 개인시료 및 지역시료의 VCM 작업환경 측정 결과는 시간변화에 따른 측정 결과의 변동이 심하게 나타났다. 이러한 내용은 옥외 작업장에서 시료포집할 때 풍향 및 풍속의 영향으로 시료포집량이 변하고 장치산업의 특징상 공정상에 문제가 발생될 때만 유해인자가 발생되는 특징이 있고 옥외 작업장 근로자들의 작업형태가 다양하기 때문에 옥외 작업장 근로자들의 노출량이 시간에 따라 많은 변동이 있다. 결론적으로 옥외 작업장 근로자들에게도 유해물질이 노출되므로 옥외 작업장 근로자에게도 노출평가가 필요하다고 판단되며, 다만 단기간 1 회의 측정결과로 평상시의 대표성을 가지는 옥외 작업환경을 평가한다는 것은 바람직하지 못하다. 옥외 작업장의 경우 작업환경 측정을 실시한다면 단위작업장소에 대한 규명이 어려워 지역시료 포집방법은 바람직하지 않으며 개인 시료포집방법을 실시하는 것이 바람직하다. 또한 풍향과 풍속이 날짜별로 일정하지 않고 외부 기온도 계절에 따라 많은 차

이가 있어 일정 기간의 측정결과를 종합적으로 평가하여야 하며 특히 여름철의 경우는 파과현상을 유의하여 측정에 임해야 한다. 아울러 장치산업의 경우 공정상의 문제가 발생할 때 유해물질이 누출되므로 작업환경 측정을 실시 할 때 총 시료포집 시간을 여러 회로 분할하여 시료포집을 할 필요가 있다. 이러한 이유는 공정에 결함이 발생된 시간도 관찰할 수 있으며 순간적으로 근로자들이 노출되는 유해물질 농도의 평가가 가능하기 때문이다.

3) 요약 및 결론

산업안전보건법 제 42조에 의한 작업환경측정은 인체에 해로운 작업을 행하는 옥내 작업장에 한하여 실시 하도록 규정되어 있다. 그러나 석유화학산업같은 장치산업의 경우 대부분의 유해물질 오염원이 옥외에 위치하는 관계로 기존의 작업환경측정 제도로는 옥외작업환경에서 근무하는 근로자의 유해물질에 대한 노출평가를 할수가 없는 상황이었다. 따라서 이번에 여천공단에 소재하고 있는 사업장중 무기화합물질을 생산하는 장치산업 업체중 1개 사업장과 유기화합물질을 생산하는 장치산업 1개 사업장을 선정하여 옥내외의 공기중 유해물질의 농도를 파악하고 이를 비교 검토하여 이를 토대로 옥외작업환경에 대한 측정과 기존의 측정제도의 연계성을 파악하고자 대학 전문기관에 용역을 의뢰 하였다. 2개 사업장에 대한 용역 결과의 요약 및 결론은 다음과 같다.

가) N회사

본 조사는 여천공단 지역에 소재한 N회사를 대상으로 옥외작업장의 공기중 유해물질의 농도 수준 및 기상상태(기온, 기류 등)를 조사하고 이것을 중심으로 옥내외 작업장의 공기중 유해물질 농도간의 관련성을 비교검토 하고자 1997년 4월 21부터 5월 3일까지 작업환경을 측정ㆍ평가한 결과를 요약하면 다음과 같다.

① 암모니아 공장

개인시료 포집결과 개인노출 농도는 모두 노출기준 미만으로 나타났다. 옥내ㆍ외 작업장간의 공기중 암모니아 농도를 알아보기위해 측정한 지역시료의 농도는 별차이가 없었다. 이는 옥내 작업장으로 분류된 지역의 창과 출입구가 모두 개방되어 있어 직접 외기의 영향을 받고 있기 때문인 것으로 보인다.

② 요소공장

개인시료 포집결과 암노아의 농도는 모두 노출기준 미만이었으나 옥내작업장 중 현장 대기실에서 측정한 3건의 지역시료중 1건이 노출기준인 18 mg/m^3를 초과하는 것으로 나타났다.

이는 측정당시가 현장라인의 보수공사가 완료된 시점에서 시험운전과정 중 이었으며 이 시험운전과정 중에서 문제점이 발생된 것으로 생각된다. 옥내·외작업장의 기류속도 측정결과 옥외의 기류속도가 옥내보다 7배 이상 빨라 암모니아의 공기중 희석되는 정도가 옥외작업장이 옥내보다 많았음에도 불구하고 지역시료채취에서 나타난 공기중 암모니아의 농도는 옥외작업장이 높아 암모니아의 주 오염원이 옥외작업장에 존재함을 입증할 수 있었다.

③ 초안공장

. 초안공장에서 측정한 암모니아의 경우 개인노출농도는 노출기준에 비해 매우 낮은 수준 이었다.

④ 희질산 및 복비공장

전 공정이 옥내에 위치한 공장으로 암모니아에 대한 개인시료채취결과 모두 노출기준 미만이었고, 지역시료채취결과 역시 옥내 각 공정간에 공기중 암모니아 농도는 별 차이가 없었다.

⑤ 인산공장

황산과 불산에 대한 개인 노출수준을 알아보기위한 개인시료포집결과는 모두 노출기준 미만이었으나 옥내·외 공기중 황산과 불산의 농도를 알아보기위한 지역시료 채취결과는 옥외작업장이 옥내작업장보다는 높게 나타났다. 옥외작업장의 기류속도가 옥내보다 빠르고 기류속도의 변화가 심했음에도 불구하고 황산과 불산의 농도가 옥외작업장에서 높게 나타난 것으로 보아 이들 유해물질의 주요 발생원은 옥외작업장 임을 알 수 있었고, 개인 노출농도의 경우 비록 금번 조사에서는 노출기준 미만이었으나 옥외작업장에서의 근무하는 작업시간이 길어질수록 노출기준을 초과 할수도 있을것으로 보인다.

⑥ 황산 공장

개인시료 포집결과 황산이 검출되지는 않았다. 그러나 지역시료 채취결과 공기중 황산 농도는 옥외작업장이 옥내작업장보다 높게 나타났다. 옥외작업장이 옥내작업장보다 기류흐름이 활발하였음에도 불구하고 공기중 황산의 농도가 옥외작업장에서 높게 나타난 것으로 보아 옥외작업장이 황산의 주 발생원임을 알 수 있었다. 이번에 실시한 개인 포집시료에서는 황산이 검출되지 않았지만 현장점검, 보수등의 옥외작업시 작업상황에 따라 황산에 노출될 가능성은 잠재하고 있었다.

⑦ DNT공장

DNT공장의 주 유해화학물질인 DNT에 대한 옥내작업환경 측정결과는 모두 노출기준 미만이었다. 측정 위치별로 살펴보면 옥외작업장과 옥내작업장중 탱크조 부근의 공기중 DNT 농도가 비슷하였으며 조정실에서의 농도는 다른 지역보다 낮았다. 이는 DNT의 주발생원이 옥외작업장 및 옥내설비중 탱크조라고 판단되며, 조정실의 경우 낮은 농도나마 검출된 것으로 보아 비록 타 공정과 격리 되었다고는 하지만 외부의 오염된 공기가 유입되고 있는 것으로 보인다.

⑧ Toluidine공장

지역시료 및 개인시료에서 Toluidine은 검출되지 않았다.

⑨ MNT공장

개인시료채취 결과 MNT가 검출되지는 않았으며 옥내・외 작업장 공기중 MNT농도 역시 별 차이가 없었다.

나) H회사

각 공정의 옥내외작업장을 대상으로 작업환경관리를 위한 유해물질의 발생량을 평가하는 단위작업장소의 지역시료포집법과 근로자들의 노출량을 평가하는 개인시료포집간에 상호 관련성을 평가 및 같은 공정에서 근무하는 근로자들을 대상으로 옥내 근로자와 옥외 근로자들의 유해물질에 대한 노출량을 평가하였다. 그리고 옥외 작업장은 옥내 작업장과 다르게 작업영역이 확실하게 구분되어 있지 않아 작업공정 지역 이외의 외곽 부분에서도 작업환경 평가를 실시하여 유해물질에 대한 노출영역을 평가하고자 1997년 3월부터 1997년 6월까지 작업환경을 측정해본 결과를 요약하면 다음과 같다.

① 부서별 측정결과

전해부, PVC 생산부등 5개 단위공정에 대한 VCM 등 13종의 유해화학물질에 대한 개인시료포집 결과는 모두 노출기준 미만으로 평가되었다. VCM을 생산하거나 이를 이용하여 PVC를 생산하는 부서인 EDC/VCM 생산부, PVC생산부의 경우 옥내작업장인 조정실, 실험실, 포장실의 경우 공정상 VCM 발생원이 존재하지 않는 곳이다. 그러나 측정결과를 살펴보면 이들 옥내작업장에서도 VCM이 검출되었다. 이러한 결과는 조정실과 실험실의 경우 동일건물내에 위치하고 있으며 건물내부가 양압을 유지할수 있도록 양압설비가 되어 있으나 공기유입구가 공장안에 설치되어 있어 어느정도의 유해물질의 유입 가능성이 있었다. 또한 실험실 근무자는 옥외작업장에서 시료채취를 위해 직접적으로 VCM을 취급하는 경우가 있어 작업시간동안에 VCM에 노출될 수 있었다. 포장실의 경우 PVC 수지사이의 미반응 VCM과 옥외작업장에서 발생되는 VCM이 유입되어 포장실 근로자에 노출되고 있는 것으로 보인다. 이러한 이유로 VCM 생산 또는 PVC 수지를 생산하는 석유화학공업에서는 포장실과 같이 미 반응된 VCM이 존재하는 옥내작업장에 대해서는 기설치된 환기설비의 개선 또는 지속적인 관리 유지를 통해 VCM의 노출이 최소화 될 수 있도록 해야하며, 외부의 오염된 공기가 실내로 유입되지 않도록 양압설비등 공조설비의 관리 및 점검을 철저히 하는 것이 필요하다고 판단된다.

② 풍향 풍속에 따른 측정결과의 변화

PVC 중합위치에서 시료포집 지점에 대한 기상상태를 관찰하면 풍속에는 큰차이가 없으나 풍향은 차이가 있었다. VCM의 측정결과 같은지점의 측정결과는 최저 0.4022 ppm, 최고

0.941 ppm으로 한 지점의 시료포집 방향에 따라 약 2.3배의 차이가 났다. 증류공정에서는 VCM의 최저와 최고값의 차이가 약 3.1배정도로 차이가 더욱 컸다. 이는 증류공정이 풍향의 변화가 중합위치보다 더 크기 때문인 것으로 보인다. 이러한 결과로 보건데 단지 1회의 작업환경 측정결과로 평상시의 옥외작업장의 작업환경을 대표하기는 어려울 것으로 보인다.

③ 외곽통로의 측정결과 변화

VCM 제조공정과 PVC 제조공정의 지역외곽 통로에서 일정한 간격으로 4개지점을 선 정하여 측정한 결과 VCM 제조공정에서는 작업장에서 VCM이 낮은 농도로 발생되어 작업장 외곽통로 측정결과가 불검출로 나타났다. 그러나 PVC 제조공정의 외각 통로는 0.0785, 0.0612, 0.2221, 0.0681 ppm으로 검출되었다. 측정결과가 가장 높은 지점은 측정 당일의 풍향이 대체적으로 그 시료포집 위치로 향하였기 때문으로 보인다.

현행 작업환경측정에 있어서 옥내·외 작업장에 대한 명확한 구분이 어렵고, 용역대상 사업장으로 선정된 2개업체가 여천공업단지 장치사업 전체를 대표하기엔 미흡한 점이 있으며, 충분한 기간동안 측정한 자료가 아니어서 계절별 등의 변화를 보지 못한 제한점등은 있지만 2개사업장에 대한 용역 결과를 종합해 볼 때 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

옥외작업장의 평균기류속도가 옥내작업장보다 빠르고 기류속도의 변동이 심했음에도 불구하고 유해물질의 공기중 농도가 옥내보다 옥외작업장에서 높게 나타나는 경우가 있었다. 따라서 옥외작업장 근로자들에게도 유해물질이 노출되므로 옥외 작업장의 해당근로자에 대한 노출평가가 필요하다고 판단된다. 옥외 작업장의 경우 작업환경측정을 실시한다면 단위 작업장소에 대한 규명이 어려울 뿐만 아니라 풍향 풍속과 같은 기상조건에 따라 측정결과의 차이도 많기 때문에 지역시료 포집방법은 바람직하지 않으며 개인시료 포집방법으로 실시하는 것이 바람직 하다고 판단된다.

4. 종합 및 결론

본 조사에서는 공단 입주업체의 작업환경 실태를 정밀조사하여 근로자의 유해화학물질에 대한 노출정도를 파악하고자 법적 작업환경측정의 의무가 있는 사업장 51개소중 석유화학제품 제조업 전업체와 공장설립이 10년 이상된 업체 28개소를 조사대상으로 선정하였으며 조사의 신뢰성을 높이기 위해 노동부 및 측정대상 사업장의 협조를 통해 대학측정기관등 전문측정기관이 작업환경 측정을 실시토록 하였다. 이 조사가 끝난후 대표적으로 유기화합물질의 유해인자가 발생하는 사업장 1개소 및 무기화합물질의 유해인자가 발생하는 사업장 1개소를 선정하여 장치산업에 있어서의 옥외환경을 통한 근로자의 유해물질의 노출정도를 전문측정기관을 통해 정밀조사토록하였으며 이를 통해 기존 측정제도와의 연계성을 검토하였다.

가. 28개소에 대한 작업환경 측정 결과를 토대로 발생가능한 유해인자의 종류 및 개인 노출정도를 알아보기위해 사업장별, 업종별, 물질별등으로 유해화학물질의 노출실태를 분류하여 비교・검토한 결과는 다음과 같다.

1) 조사대상 사업장별 유해화학물질의 노출실태를 살펴보고 각 유해물질에 대한 노출수준을 현행 노동부의 노출기준과 비교・평가하여본 결과 대부분의 사업장에서 유해화학물질에 대한 노출수준은 노출기준에 비해 낮은 것으로 평가되었다. 그러나 L회사에서는 총 351건의 측정결과중 VCM 3건이, N회사에서는 총 222건의 측정결과중 황산 5건이 그리고 K회사의경우는 톨루엔 1건이 각각 노출기준을 초과한 것으로 평가되었다.. 한편 동 작업공정들에 대해 작업환경 개선을 실시한 후의 측정결과에서는 노출기준을 초과한 결과는 없었으며 작업환경 개선효과가 있는 것으로 평가되었다.

2) 28개 사업장에 대한 업종별 분포를 분석해본 결과 석유화학계업종이 64.3 %, 비석유화학계업종이 35.7 % 분포를 보여 석유화학계 업종이 비석유화학계 업종보다 약 2배 정도 많았다. 업종별 유해인자의 종류에 있어서도 전체 73종 중 석유화학계 기초유기화합물제조업이 62종, 합성수지 제조업이 17종, 기타화합물제조업, 복합비료제조업에서 13종으로 나타나는등 석유화학계업종이 비석유화학계업종보다 많은 유해인자를 보유하고 있었다.

3) 물질의 종류별 유해화학물질의 노출실태를 살펴보고 각 유해물질에 대한 노출수준을 현행 노동부의 노출기준과 비교・평가하여본 결과 전반적으로 평균적인 노출수준은 노출기준에 비해 1/1000~1/10 정도로 낮은 것으로 평가되었으나 노출기준과 비교할 때 다른종류의 물질보다는 가스류에 해당되는 물질들의 노출농도가 높은 것으로 나타났

다. 이는 상온·상압하에서 가스상태인 가스류의 특성상 생산시설의 작은 결함이 발생하거나 제품의 품질관리를 위한 시료채취등의 작업과정에서 순간적인 노출의 가능성이 있고 특히 이러한 가스류는 비교적 노출기준이 낮기 때문인 것으로 판단된다.

4) 현재 우리나라는 697종의 물질에 대하여 노출기준을 정하고 있는데 발암성 물질로 확인된 물질 12종과 발암성 물질로 추정되는 31종의 물질을 규정하고 있다. 이번에 실시한 28개 사업장에 대한 작업환경 측정 결과를 살펴보면 발암성 확인 물질이 3종(PAH, 석면, VCM)이었고 발암성 추정물질은 8종(1,3-부타디엔, 디클로로메탄, 벤젠, 아크릴로 니트릴, 에틸렌옥사이드, 포름알데히드, 삼산화안티몬, 톨루이딘, 포름알데히드)이었다. 발암성 물질로 분류된 11종의 물질에 대해 총 428건의 작업환경 측정결과 전반적으로 평균적인 노출수준은 낮았으나 VCM 3건이 노출기준 1 ppm을 초과하는 것으로 나타났다. VCM이 노출기준을 초과한 사업장의 경우 설비등을 개선후 재 측정결과 모두 노출기준 미만으로 나타났다.

이상의 작업환경 측정결과를 종합하여볼 때 계절적인 영향의 고려, 비정상적가동시(설비상의 문제발생 또는 보수기간)의 노출평가등의 제한점이 있었으나 조사대상 28개소 중 유해화학물질 취급사업장 24개소에 대한 작업환경 측정결과 업종별, 물질별, 사업장별로 다소의 차이는 있었으나 노출기준과 비교했을 때 노출농도의 평균은 전반적으로 1/1000~1/10 정도로 평가되어 일상적인 작업을 하는 경우 근로자의 유해화학물질에 대한 노출의 수준은 매우 낮은 것으로 평가되었다. 그러나 73종의 유해화학물질에 대한 총 1815건의 측정결과 측정건수의 0.5 %의 수준인 9건의 결과가 노출기준을 초과하였던 것으로 평가되었고 일부물질의 경우 노출기준에 근접한 수준의 측정결과도 있어 근로자의 건강관리를 위해서는 VCM 및 황산취급설비등 일부 시설에 대한 작업환경 개선이 필요한 것으로 나타났다. 또한 본 조사의 분류상 가스류에 해당하는 물질들은 기타 물질류에 비해 노출가능성이 높으므로 동 물질류를 취급하는 사업장에서는 설비에 대한 지속적인 검사와 작업자에 대한 철저한 안전보건교육등 각별한 주의가 요망된다.

조사에서 나타난 근로자에 대한 유해물질의 노출농도에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 물질의 사용량, 작업자의 위치 및 측정시간등에 따라 차이가 있을 수 있으나 주로 시료채취방법, 생산제품을 운반하기위해 탱크로리에 주입시의 대기오염, 설비상의 문제, 유해물질의 종류등인 것으로 특징지을 수 있을 것이다. 시료채취는 생산제품의 품질관리를 위해 불가피한 것이므로 시료채취 방법의 변경 및 생산제품을 운반하기 위한 탱크로리의 주입방법 변경등 노출을 최소화할 수 있는 방안이 고려되어야 할 것이며, 설비상의 문제로 인한 노출은 개선이

되어야할 것이다. 또한 유해물질의 종류에 따른 영향은 우선 시설개선 또는 작업방법 개선을 통해 동 물질의 노출을 최대한 억제하고 차선책으로 개인보호구의 착용과 안전보건교육을 병행해야 할 것으로 판단된다.

한편 보수기간 및 생산설비의 문제발생등 비정상적인 작업상황에서의 노출평가의 부분은 정상적인 작업수행시 사업주의 요구에 의해 작업환경 측정을 실시하도록 되어있는 현행 작업환경측정 실시규정상 정확한 노출실태를 파악하는데에 제한적인 면이 있었다. 그러나 반응기 내부, 각종 연결부위 및 밸브류등의 보수작업시에는 비록 사전에 충분히 유해물질을 제거한다 하더라도 잔류 유해물질의 노출가능성을 완전히 배제할 수는 없으므로 동 작업시의 철저한 안전보건상의 주의를 통해 유해물질의 노출을 최대한 억제하도록 하여야할 것이고 생산설비상의 문제 발생시의 대처방안에 대해서도 충분한 사전 대책마련이 필요하다고 판단된다.

나. 현행 산업안전보건법 제 42조 및 동법시행규칙 제 93조에 의거한 작업환경 측정은 측정대상 사업장을 옥내작업장으로 한정하고 있어 대부분의 작업공정이 옥외에 설치되어있는 장치산업의 경우 작업장 내외의 작업환경평가를 실시하는데 어려움이 따른다. 이러한 문제 때문에 석유화학공업단지 지역 대다수 장치산업들이 옥외에 설치되어 있어 정확한 작업환경 평가가 이루어지지 않고 있다고 보아야 할 것이다. 이번에 용역을 실시한 사업장이 2개사업장으로 대상사업장수가 적어 장치산업전체를 대표하기엔 미흡한 점이 있고, 조사대상 기간이 짧아 계절별등의 영향을 보지못했으며, 인접사업장에서 발생하는 유해물질에 대한 평가가 이루어지지 않은점 등의 제한점은 있지만 옥외작업환경측정 용역 결과을 살펴보면 장치산업의 주 오염원이 옥외 작업장이고, 지역시료 채취결과 풍향 및 풍속에 따른 농도차이가 커 지역시료 채취 보다는 개인시료를 채취하여 평가하는 것이 근로자의 노출평가에 합리적이다는 결론을 얻었다. 따라서 기존의 측정제도를 보완하여 옥내작업장 뿐만 아니라 주 오염원이 옥외에 있는 장치산업의 경우 일상적인 작업이 주로 옥외에서 이루어지는 해당 근로자에 대해서도 노출평가를 실시하여야 할 것으로 판단된다.

IV. 복합유해물질 폭로평가

1. 연구목적
2. 연구대상 및 내용
3. 연구결과
4. 종합 및 결론

여 백

Ⅳ. 복합유해물질 폭로평가

1. 연구목적

본 연구를 통해 여천공단내 2개 사업장의 BTX(벤젠 · 톨루엔 · 크실렌)공정을 중심으로 하여

첫째, 기존의 작업환경평가방법및 생물학적폭로평가방법을 통하여 복합유해물질폭로상태를 평가하고 임상진찰 및 임상검사를 통하여 복합유해물질 폭로로 인한 건강영향여부에 대해 평가하고자 하였다.

둘째, 혈액내 Cytochrome P450 동위효소량을 측정하여 집단간의 유해물질포골를 평가하는 새로운 방법으로서의 적용 가능성을 탐색하고자 하였다.

2. 연구대상 및 내용

납사분해공정(NCC)이 있는 전형적인 석유화학공장중 역사가 오래되고 규모가 큰 D회사와 여천공단의 유일한 대규모 석유정제공장인 L회사를 대상사업장으로 선정하였다. 연구수행계획시 두 사업장의 대표적인 공정인 BTX(벤젠, 톨루엔, 크실렌)추출공정근로자(4조 3교대 작업) 전수를 연구대상(폭로군)으로 하였고 폭로군과 연령 및 성에 따라 짝지은 동일사업장의 사무직 근로자를 비폭로군으로서 사내대조군으로, 인천에 소재한 한국산업안전공단의 사무직근로자를 사외대조군으로 설정하였다. 그러나 자료분석단계에서 사내대조군도 극히 미량이나마 폭로되고 있는 사실이 확인되어 단 혈액임파구내의 Cytochrome P-450 동위효소의 평가와 임상검사자료의 평가에 있어서는 D회사와 L회사의 근로자 전부(폭로군 및 사내대조군)를 관찰군으로 묶어 사외대조군과 비교 평가하였다.

폭로군, 사내대조군에 대하여 개인폭로평가를 중심으로 작업환경측정을 실시하고, 폭로군, 사내대조군, 사외대조군 전체에 대하여 각각 생물학적모니터링, 말초혈액 임파구내의 Cytochrome P450 동위효소량의 측정 및 건강평가를 실시하였다.

3. 연구결과

가. 작업환경평가

1) 사업장 및 공정개요

가) L회사

① 화학물질 제조 및 사용실태

당 사업장의 공정중 방향족공정은 납사(naphtha)와 개질유(reformate)를 원료로 사용하여 벤젠, 톨루엔 및 크실렌을 주로 제조하는데, 당 공정의 화학물질 제조 또는 사용실태는 표 IV-1과 같다.

표 IV-1. 화학물질 제조 및 사용실태 : L회사

화학물질명 (상품명)	제조 또는 사용여부	용 도	취 급 량
납 사	사 용	원 료	120만 KL/년
개 질 유	제 조	원 료	50만 KL/년
벤 젠	제 조	원 료	13만3천 톤/년
톨 루 엔	제 조	원 료	16만4천 톤/년
크 실 렌	제 조	원 료	470만 톤/년

② BTX공정 특성

방향족공정에서는 4조 3교대로 교대근무 근로자가 95명, 주간근무 근로자가 16명, 기타 근무 근로자가 17명으로 총 128명이 생산1과, 생산2과 및 출하과에서 작업하고 있다. 근로자들은 원료투입, 탈황, 개질, 개질유분리, 추출 및 분리 등 그림1과 같은 계통을 통해 벤젠, 톨루엔 및 크실렌을 주로 제조한다. 또한 생산1과 근로자는 원료투입 공정에서부터 설포레인(sulfolane) 공정까지 작업하며, 생산2과 근로자는 그 외의 공정에서 작업한다.
당 공정 근로자는 주로 현장에서 압력계, 온도계 등 각종 계기점검, 시료채취, 누출여부 확인 등을 하거나 조정실에서 모니터를 감시하고 있으며, 현장과 조정실을 오가며 근무하는 근로자도 있다.

당 공정중 설포레인 공정에서 벤젠, 톨루엔, 크실렌 등이 제조·취급되고 있고, 혼합 크실렌공정, 크실렌공정 및 파렉스(parex)공정에서 크실렌이 제조·취급되고 있다. 소음은 당 공정 대부분의 현장에서 발생하고 있다.

나) D회사

① 화학물질 제조 및 사용실태

당 사업장의 공정중 방향족공정은 열분해공정(NCC, Naphtha Cracking Center)에서 납사(naphtha)를 이용하여 생산한 열분해가솔린(PG, Pyrolysis Gasoline)을 원료로 벤젠, 톨루엔 및 크실렌을 주로 제조하는데 당 공정의 화학물질 제조 또는 사용실태는 표 IV-2와 같다.

표 IV-2. 화학물질 제조 및 사용실태 : D회사

화학물질명 (상품명)	제조 또는 사용여부	용 도	취 급 량		비 고
			1공장	2공장	
납사	사용	원료	12만 톤/년	9만 톤/년	납사를 열분해하여 PG 생산
벤젠	제조	원료	8,520 톤/년	7,334 톤/년	
톨루엔	제조	원료	5,380 톤/년	4,446 톤/년	
크실렌	제조	원료	3,443 톤/년	3,085 톤/년	

② BTX공정 특성

제1공장 및 제2공장 방향족공정의 주근무형태는 4조 3교대이며 제1공장의 방향족공정은 교대근무 근로자가 16명, 주간근무 근로자가 6명으로 총 22명이 작업하고 있고, 제2공장의 방향족공정은 교대근무 근로자가 16명, 주간근무 근로자가 4명으로 총 20명이 작업하고 있다. 양쪽 공장은 위치만 다를뿐 공정구조, 기능, 근로자의 업무내용이 동일하고 주요 생산품도 벤젠, 톨루엔 및 크실렌으로서 동일하다.

근로자들은 열분해공정, 탈황, 추출 및 분리 등 그림2와 같은 계통을 통해 벤젠, 톨루엔 및 크실렌을 주로 제조한다.

당 공정 근로자는 주로 현장에서 압력계, 온도계 등 각종 계기점검, 시료채취, 누출여부 확인 등을 하거나 조정실에서 모니터를 감시하고 있으며, 현장과 조정실을 오가며 근무하는 근로자도 있다.

각 공정의 작업내용을 살펴보면 탈황공정(HTU, Hydrogen Treatment Unit)에서는 수소 첨가반응과 황화물질 제거반응을 통해 H/cut(Heat cut, C_6 - C_8 물질), FHTC5(Fully Hydrogen Treatment), C_9 - C_{10} 물질 및 찌꺼기(Heavy End)를 생산한다. 설포레인(sulfolane)공정은 추출공정으로서 탈황공정으로부터 넘어온 H/cut중에 비방향족 물질을 sulfolane이라는 용매를 이

용하여 제거하며, 분리공정(Fractionation Unit)에서 벤젠, 톨루엔 및 크실렌을 생산한다. 또한 탈알킬공정(HDU, Hydrogen Dealkylation Unit)은 탈황공정으로부터 넘어온 C_9 - C_{10} 물질에서 메틸기(CH_3-)를 떼어내 벤젠을 생산한다.

따라서 설포레인공정에서 헥산 등과 같은 비방향족물질이 부산물로서 일부 제조·취급되며, 분리공정에서 벤젠, 톨루엔 및 크실렌이 제조·취급되고 있다. 소음은 당 공정의 대부분 현장에서 발생하고 있다.

2) 측정방법

가) 시료채취

근로자가 4조 3교대 작업 및 사무실 작업을 하는 동안 노출되는 물질중 BTX(벤젠, 톨루엔, 크실렌)를 중심으로 측정했고, 측정 대상은 유해물질에 가장 많이 노출되리라 예상되는 근로자로 하였다. 당 공정이 장치산업의 특성인 옥외작업장임을 고려하였다.

작업환경측정은 미국 국립산업안전보건연구소(NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health)의 분석방법(method 1501) 및 노동부 고시(제95-25호)에 따라 실시했다. 시료는 시료채취전후에 공기유량을 보정(calibration)한 개인용 저유량 공기포집펌프에 활성탄관을 연결하여 포집하였다. 시료는 모두 근로자의 호흡위치에서 채취하였으며 보조적으로 지역시료포집 방법(area sampling)으로도 측정했다. 시료채취 후 즉시 활성탄관의 양끝에 뚜껑을 씌우고 테플론 필름으로 봉한 후 냉장 보관하여 분석실로 옮겨, 시료가 냉장보관된 가운데 최단 시일내에 분석하였다.

나) 시료 정량분석

현장에서 포집한 활성탄관의 양끝을 절단하여 유리섬유를 제거한 후 활성탄 앞층 100 mg을 미리 준비한 공전 시험관에 넣고, 가운데 유리섬유를 제거한후 활성탄 뒷층 50 mg을 다른 공전 시험관에 넣었다. 활성탄관이 들어간 2개의 공전시험관에는 이황화탄소 1ml씩을 넣고, 30분간 흔들어 주면서 탈착시킨 후 분석하였다. 분석은 분석조건(표 IV-3 참조)에 맞도록 조정된 가스크로마토그래피(Gas Chromatography, Hewlett Packard HP 5890 II, U.S.A.)를 사용하였다. 분석하고자 하는 물질의 표준액을 만들어 분석한 후 검정선을 그어서 시료를 정량하였다. 또한 탈착효율을 구하여 보정하였다. 통계처리는 SAS로 실시하였고, 자료의 분석평가는 기하평균으로 표시하였다.

표 IV-3. 정량분석의 조건

	정 량 분 석
기 기	GC, HP 5890 series II
칼 럼	HP-1(25m×0.32mm×0.52μm)
검출기	FID
온 도	
오 븐	55-100 ℃(승온분석)
주입기	220 ℃
검출기	230℃

3) 작업환경측정결과

가) L회사

BTX추출공정의 4조 3교대 근로자에 대한 전체 폭로농도 측정결과(개인시료 52개, 지역시료 4개)는 다음과 같다. 벤젠, 톨루엔 및 크실렌농도의 폭로농도수준은 각각 0.014(ND-0.117)ppm, 0.009(ND-0.454)ppm 및 0.016(ND-1.231)ppm으로 나타났다(ND;미검출).

한편 벤젠, 톨루엔 및 크실렌이외의 물질이 일부 검출되었으나 극미량으로 인해 정성분석을 할 수 없어 구체적인 화학물질명을 확인할 수 없었다.

현재 벤젠, 톨루엔 및 크실렌에 대한 노동부 고시(제91-21호)의 허용농도는 각각 10ppm(A2), 100ppm 및 100ppm이며, 당 공정의 근로자에 대한 노출농도는 모두 노동부 고시의 허용농도 의 1/1000-1/100수준으로 나타났다. 또 옥외현장근로자들보다 폭로상태가 극히 낮기는 하나 실내근무자(사무실 또는 조정실근무자)들도 폭로되고 있었다(표 IV-4).

표 IV-4. 각 물질별 옥외현장근무자(필드맨)와 실내근무자의 농도 비교 : 기하평균(범위)

단위 : ppm

측정물질	현장근무자(n=39)	실내근무자(n=13)	노출기준
벤젠	0.015 (ND-0.117)	0.012 (ND-0.049)	10
톨루엔	0.010 (ND-0.454)	0.007 (ND-0.018)	100
크실렌*	0.030 (ND-1.231)	0.002 (ND-0.037)	100

* $p < 0.001$

나) D회사

제1공장 방향족공정은 '97. 3월말부터 5월28일까지 연차보수(shut down)기간이었다.

제1공장과 제2공장의 BTX추출공정의 4조 3교대 근로자에 대한 전체 폭로농도 측정결과 (개인시료 23개, 지역시료 11개) 벤젠, 톨루엔 및 크실렌농도의 기하평균(범위)는 각각 0.005(ND-0.315)ppm, 0.005(ND-0.125)ppm 및 0.0005(ND-0.042)ppm 이었다.

한편 벤젠, 톨루엔 및 크실렌이외의 물질이 일부 검출되었으나 극미량으로 인해 정성분석을 할 수 없어 구체적인 화학물질명을 확인할 수 없었다. 당 공정의 근로자에 대한 노출농도는 모두 노동부 고시의 허용농도와 ACGIH의 TLV의 1/1000-1/100수준에 못미치고 있었다.

또 옥외현장근로자들보다 폭로상태가 극히 낮기는 하나 실내근무자(사무실 또는 조정실근무자)들도 미량일지라도 폭로되고 있었다(표 IV-5) .

표 IV-5. 각 물질별 옥외현장근무자(필드맨)와 실내근무자의 농도 비교 : 기하평균(범위)

단위 : ppm

측정물질	현장근무자(n=11)	실내근무자(n= 8)	노출기준
벤젠**	0.0346 (ND-0.315)	0.0002 (ND-0.012)	10
톨루엔*	0.0031 (ND-0.036)	0.0003 (ND-0.005)	100
크실렌	0.0003 (ND-0.001)	0.0003 (ND-0.001)	100

*$p < 0.05$, **$p < 0.001$, 제1공장 제외

4) 고찰

L회사 및 D회사의 BTX추출공정에서 유해물질에 노출되는 정도는 모두 노동부 고시의 허용농도의 1/1,000-1/100 수준에 못미치는 매우 낮은 농도였다. 장치산업 특성상 특별한 경우를 제외하고 24시간 연속 가동되며, 근로자가 4조 3교대 근무형태로써 동일한 작업내용과 방법으로 근무하게 되므로 본 측정이 각 교대근무별 1회에 불과한 측정일지라도 평상시 작업의 평균적인 노출수준을 나타내고 있다고 볼 수 있다. 또 당공정의 근로자에 대한 노출농도를 타 기관의 작업환경 측정결과와 직접 비교 할 수 없지만, 한양대 부속병원 및 경상대 의대부속 산업의학연구소의 96년 하반기 법정 작업환경 측정결과와 비교해 볼 경우 큰 차이가 없으므로 위 측정결과를 뒷받침해 주고 있다. 즉 장치산업의 특징상 파이프관으로 연결된 closed system이므로 통상적인 작업하에서는 하루 평균 농도로 볼 때 매우 저농도에

폭로되는 것으로 추정된다. 일반적으로 비상시 또는 정기적인 보수기간(shut down)에 유해물질에 폭로될 가능성이 추정되고 있으나 D회사 1공장의 경우 보수기간(shut down)이 거의 끝나가는 시점에서의 작업환경측정에서는 2공장과 거의 같은 정도의 저농도를 나타내고 있었다. 또 두사업장 모두에서 옥외현장근로자들보다 폭로상태가 낮기는 하나 사무실이나 조정실 근무자들도 극히 미량일지라도 폭로되고 있었다.

(5) 요약

1. L회사 및 D회사의 BTX추출공정에서 당해유해물질에 노출되는 정도는 모두 노동부고시의 허용농도의 1/1,000-1/100수준으로 매우 낮은 농도였다.

2. 오염원이 없는 사무실이나 조정실 근무자들도 옥외 현장근로자들보다 낮은 극히 미량의 유해물질에 폭로되고 있었다.

나. 생물학적 폭로평가

생물학적 폭로평가는 작업환경평가와는 달리 혈액이나 뇨중의 유해화학물질의 대사산물등을 측정하여 피부흡수나 경구흡수등도 고려한 몸안에 흡수된 전체적인 폭로량을 평가하는 방법이다. 그러나 대사산물등의 반감기에 따라 시료채취시점이 중요하고 뇨중의 화학물질량에 대한 해석 및 평가 등도 중요하다.

즉, 반감기가 짧은(수시간정도) 벤젠, 톨루엔, 크실렌등의 경우는 하루중 작업종료전후하여 시료를 채취하고, 반감기가 긴 경우(수십시간정도)는 일주일중 연속하여 4-5일 작업한 날의 작업종료전후하여 시료를 채취하여야 한다. 반감기가 수주 또는 수개월되는 경우(납 또는 수은등)는 시기에 관계없이 시료를 채취해도 된다.

또 대사산물에 따라서는 음식이나 약물등에 의하여도 배출되는 비특이적인 것이 있고 당해유해물질에 폭로되지 않아도 background로서 검출되는 것이 있으므로 검출량의 해석시 유의해야 한다.

1) 측정방법

작업이 끝날 때(end of shift) 채취한 소변중에서 방향족 탄화수소화합물(벤젠, 톨루엔, 크실렌등)의 대사산물을 측정하였다. 각 물질별 대사산물은 다음과 같다.

벤젠- phenol

톨루엔- 마뇨산(hippuric acid)

크실렌- 메틸마뇨산(methyl hippuric acid)

뇨중 페놀은 gas chromatography를 이용하여 NIOSH method 8305에 따라 측정하였고, 뇨중 마뇨산및 메틸마뇨산은 HPLC를 이용하여 NIOSH method 8301에 따라 측정하였다. 또 측정결과는 뇨중creatinine으로 보정을 하였다.

2) 결과 및 고찰

뇨중 마뇨산은 D회사의 BTX추출공정 근로자및 사무직 근로자, L회사의 BTX추출공정 근로자 및 사무직근로자등 여천공단내 근로자와 사외대조군의 평균치가 모두 거의 비슷하게 낮은 농도(BEI의 1/10이하)를 나타내고 있다. 한편 톨루엔의 대사산물인 마뇨산은 비특이적이며 정상인에서도 background level이 측정된다. 그러므로 생물학적 모니터링으로 본 BTX추출공정근로자의 개인폭로수준은 사내비폭로군 및 사외비폭로군과 차이가 없으므로 거의 톨

루엔에 폭로되지 않거나 미량 폭로되지 않은 것으로 간주할 수 있다.

뇨중 페놀도 뇨중 마뇨산과 마찬가지로 비특이적이며 정상인에서도 background level이 측정된다. 즉 BTX추출공정 근로자의 개인폭로수준의 평균치는 사내비폭로군 및 사외비폭로군과 차이가 없으므로(BEI의 1/10수준) 거의 벤젠에 폭로되지 않은 것으로 간주할 수 있다.

뇨중 메틸마뇨산은 기본적으로 크실렌에, 폭로되지않으면 대사산물이 배출되지 않는다. 뇨중메틸마뇨산은 거의 대부분이 검출되지 않았으며(검출한계미만), 극히 일부(대조군 또는 폭로군)에서 검출되더라도 0.05g/g Cr이하로 나타나고 있어 생물학적모니터링으로 볼 때 크실렌에 거의 폭로되고 있지 않다고 간주할 수 있다(표 IV-6).

표 IV-6. 뇨중대사산물의 농도 : 평균±표준편차(범위)

대사산물	D회사		L회사		사외대조군
	폭로군 (n=39)	사내대조군 (n=41)	폭로군 (n=99)	사내대조군 (n=46)	(n=82)
마뇨산	0.24±0.36 (ND-0.60)	0.21±0.36 (ND-0.69)	0.24±0.27 (ND-1.47)	0.20±0.23 (ND-1.03)	0.24±0.26 (ND-0.75)
페놀	4.57±6.64 (ND-28.44)	5.91±6.85 (ND-40.75)	7.65±11.13 (ND-35.70)	5.71±7.89 (ND-78.22)	9.44±9.06* (ND-20.39)

B

E I : 마뇨산(2.5g/g Cr), 페놀(50mg/g Cr), 메틸마뇨산(1.5g/g Cr)

*p<0.05:관찰군(D회사및 L회사의 폭로군 + 사내대조군)과 차이 비교

3) 요약

생물학적 모니터링결과에서도 폭로군은 비폭로군(사내 및 사외 대조군)과 동일한 수준의 낮은 평균치의 대사물질농도를 보이고 있어 유해물질에 거의 폭로되지 않고 있다고 판단된다.

다. Cytochrome P450 동위효소량 측정

우선 본 연구에서 새로이 시도된 방법인 말초혈액내의 Cytochrome P450 동위효소량의 측정의 의미에 대하여 살펴보기로 한다.

Cytochrome P-450 (P450)은 함량에 따른 정도의 차이는 있으나 간장, 폐, 심장, 뇌, 대반 및 신장 등 체내의 전반적인 기관에 분포하고 있는데, 세포질 망상조직의 microsomes에 cytochrome b_5와 함께 single polypeptide의 heme 단백질로 존재하는 독특한 단백질이다.

P450은 hydroxylation, N-oxidation, sulfoxidation, peroxidation, deamination, dehalogenation 및 N-, O-, S-dealkylation 등의 다양한 촉매반응으로 alcohol, halogenated 탄화수소, 지방족 및 방향족 탄화수소, 고리화합물 및 keton체, 많은 유기용제, 약물, 환경오염물질 뿐만 아니라 생체내 구성물질인 지방산, 스테로이드 및 prostaglandin 등의 대사에 관여한다 (그림. IV-1).

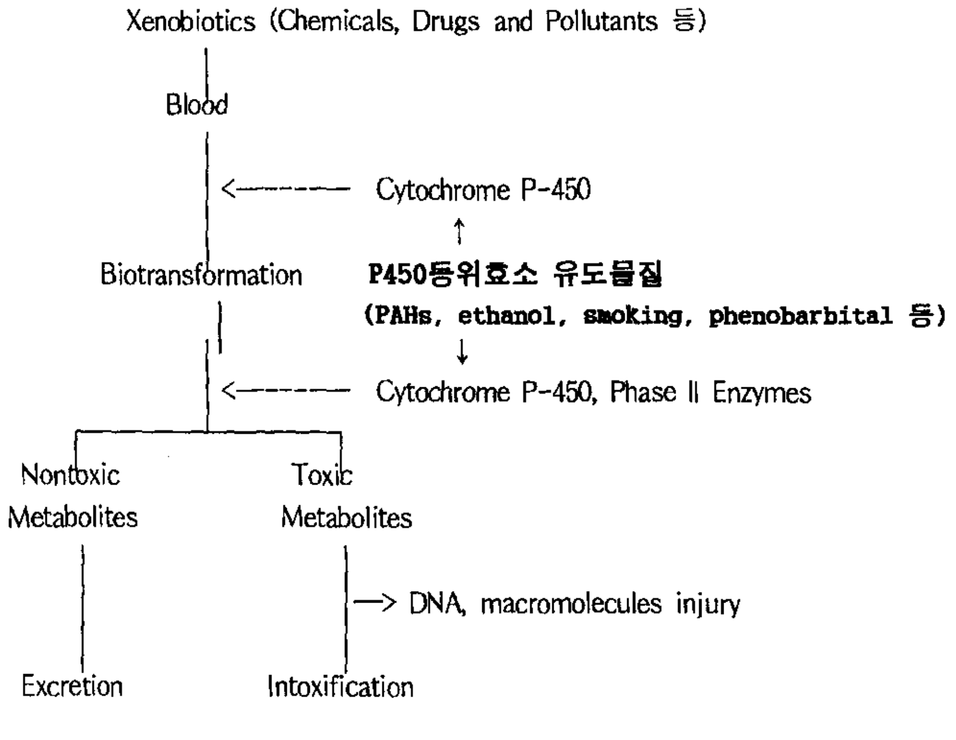


그림. IV-1. 이물질의 대사과정과 유해 작용.

표 IV-7. P450 동위효소를 유도하는물질 및 P450가 관여하는 대사과정의 기질

P450 동위효소	P450 동위효소를 유도하는 물질	P450가 관여하는 대사과정의 기질
P4501A1/2	PAH계(3-Methyl cholanthrene 등), Aromatic amine, Dioxin, Coffee, Caffeine, Cigarette smoking	PAH계(Benz(a)pyrene 등), Caffeine, Phenacetin, Styrene, 1-Hexanol
P4502B1/2	Phenobarbital, m-Xylene, Styrene 등	Toluene, Carbon tetrachloride, Chloroform, Trichloroethylene 등
P4502E1/2	Ethanol, Acetone, Trichloroethylene, Pyrazol, Nitrosamine 등	Benzene, Phenol, Toluene, Styrene, Chloroform, Nitrosamine, n-Pentane, n-Hexane 등
P4503A1/2	Steroid 등	환경오염물질 및 약물 등

P450의 발현은 종 (species), 성별 (sex) 및 환경으로 부터 폭로되는 물질 등의 영향에 따라서도 많은 차이를 보이는데, 사람, 동물 및 미생물 등에 있어서 현재까지 밝혀진 P450의 종류는 수백종에 이른다. P450은 기질에 대한 작용 특이성 및 선택성을 가지고 있고 여러가지의 동위효소로 구성되어 있으며, 폭로물질에 따라서 각기 다른 형태의 동위효소가 유도(induction)되고 유도된 동위효소는 폭로물질의 대사에 관여한다. 벤젠은 P4502E1 동위효소에 의하여, 톨루엔과 크실렌은 P4502B1/2 또는 P4502E1 동위효소에 의하여 대사되는 것으로 알려져 있다. 한편, P4501A1/2 동위효소는 흡연, 카페인 복용 및 환경오염물질의 폭로 등 주로 여러개의 고리를 가진 방향족탄화수소 (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs) 폭로에 의해서 유도된다. P4502B1/2 동위효소는 주로 phenobarbital등 약물에 의하여 유도되며 또 다른 연구자와 저자들의 연구에 의하면 크실렌(m-xylene), 톨루엔 및 사슬이 짧은 지방족탄화수소(short chain aliphatic hydrocarbon)에 의해서도 유도되는 것으로 알려졌다. 또한 P4502E1 동위효소는 알코올, 아세톤, 피라졸(pyrazol)에 의해서 유도된다 (표 IV-7).

그러므로 금번 연구에서는 폭로물질에 따라서 유도되는 P450 동위효소가 다르다는 현상을 감안하여 사람 말초혈액의 임파구를 분리하여, P4501A1/2, P4502B1/2과 P4502E1 형태에 대한 단일항체를 사용하여, 벤젠, 톨루엔, 크실렌 및 기타화학물질에 폭로되리라고 생각되는 근로자를 대상으로 하여 어느 P450 동위효소가 특이하게 유도되는지를 정량하여 폭로정

도를 평가하고 생물학적인 지표로써 사용할 수 있는가를 조사하였다.

1) 방법

가) 혈액의 임파구 분리

말초혈관에서 전혈 2 cc를 취하여 생리식염수 (0.9% NaCl) 2 ml와 혼합한 후, 임파구 분리용 시약(Ficoll-Paque) 3 ml를 첨가하고 2,000 rpm에서 30분 동안 원심분리하여 임파구층을 분리하였다. 분리된 임파구 층에는 임파구 이외의 혈액성분이 포함되어 있으므로 그러한 성분을 제거시키기 위하여 생리식염수를 첨가한 다음 1,000 rpm에서 10분 동안 원심분리하여 세척하였다. 침전된 임파구는 homogenizer를 이용하여 파괴시켰고, 그 homogenate는 단백질 정량과 면역항체 반응에 의한 P450 동위효소의 검정 및 함량을 측정하는데 사용하였다.

나) 면역항체 분석 - Dot blot 분석

Dot blot kit에 Millipore 사 (Bedford, MA, USA)의 Immobilon-P nitrocellulose membrane을 장착한 다음, 분리된 혈액 임파구 homogenate를 Dot blot kit에 넣은 후 (6 ㎍) 4℃에서 24 시간 동안 정치시켜 Immobilon-P nitrocellulose membrane에 단백질을 결합시켰다. 그런 다음 TROPIX 사 (Bedford, MA, USA)의 Western Light-Plus™ kit 시약을 이용하여 membrane에 단백질이 결합되지 않은 부분을 blocking 시킨 후 식염수로 세척하고 P4501A1/2, P4502B1/2과 P4502E1 동위효소에 대한 단일항체를 blocking buffer와 희석시켜 실온에서 2시간 동안 반응시킨 다음, washing buffer로 세척하였다. 제 2차 항체반응은 alkaline phosphatase가 conjugation 된 goat antimouse antibody를 blocking buffer에 희석한 다음, 실온에서 1 시간 동안 반응시키고 washing buffer를 이용하여 세척한 후 chemilluminascent기질과 반응시켰다. 뒤이어서 x-ray film에 노출시키고 chemilluminascent기질이 분해 되면서 방출되는 형광에 의해서 생기는 흑색반점을 Densitometer (Hitach, Japan)로 그 강도를 측정하고 표준검량곡선에 의하여 P450 동위효소의 함량을 계산하였다.

2) 결과

표 IV-8. *Cytochrome* P450 동위효소량

P450 isozyme	사외대조군(n=82)	관찰군(n=225)+
	mean±SD (range)	mean±SD (range)
P450 1A1/2**	1.95±2.01 (0-9.51)	2.82±2.42 (0.33-20)
P450 2B1/2*	1.80±1.57 (0-7.4)	2.33±1.69 (0.29-10.59)
P450 2E1#	1.09±1.78 (0-7.69)	1.50±2.11 (0-9.31)

*P<0.05, **P<0.01, #P>0.1
+(관찰군) : D회사 및 L회사의 폭로군 + 사내대조군
측정단위는 rat liver microsome protein 10 ng 당 함유량임

말초혈액 임파구의 P4501A1/2 동위효소를 함유하는 microsome 단백질량은 사외대조군(비폭로군)의 경우 평균 함량이 rat liver microsome protein 10 ng당 1.95 ng, 관찰군(폭로군)의 경우는 2.82 ng으로 측정되었으며, P4502B1/2 동위효소의 경우는 사외대조군의 경우 1.80 ng, 관찰군의 경우는 2.33 ng 으로 두 군간의 차이는 통계학적으로 유의하였다 (각각, p<0.01, P<0.05). P4502E1의 경우는 사외대조군에서 1.09 ng 으로 관찰군에서는 1.50 ng 으로 측정 되었으나 통계학적으로 유의한 차이는 아니었다.

3) 고찰

P450은 환경오염물질, 유기용제를 포함한 화학물질 및 약물 등 뿐만 아니라 스테로이드나 지방산등 생체내물질의 대사에 중요한 작용을 하는 것으로 알려져 있으며, 기질에 대한 특이성 및 선택성을 가지고 있고 여러 가지의 동위효소가 있다. 예를 들면 하나의 고리를 가진 방향족탄화수소 (monocyclic aromatic hydrocarbons, MAHs)의 대표적인 유기용제인 벤젠, 톨루엔, 크실렌의 대사에 관여하는 Phase I 효소인 P450는 벤젠을 벤젠 epoxide로 변화시키고, 톨루엔과 크실렌의 벤젠 ring에 붙어있는 methyl기를 수산화반응을 통하여 수용성 중간체로 변형시키고, 이들 변형된 중간체는 phase II 효소에 의하여 conjugation 되어 배설되는 것으로 알려졌다. 또한 이들 각각의 유기용제 대사에 관여하는 P450 동위효소는 중복되기도 하는데, 벤젠은 P4502E1, 톨루엔과 크실렌은 P4502B1/2와 P4502E1 동위효소가 관

여한다고 동물의 간장 및 폐 등의 조직을 대상으로 한 연구에서 보고되었다.

사람과 동물을 대상으로 한 연구 결과를 보면, 개개인, 인종, 유전적 요인, 폭로물질, 약물복용, 나이, 성별 및 음식습관 등에 따라서 P450 동위효소의 유도와 이물질의 대사가 영향을 받는다고 보고되고 있다. 이러한 동위효소는 항상 체내에 발현되어 있는 것도 있지만 외부의 화학물질등에 의하여 유도되기도 한다. P4501A1/2 동위효소는 주로 여러개의 고리를 가진 방향족탄화수소 (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs) 폭로에 의해서 유도가 되는데, 사람에서는 흡연, 카페인 복용 및 환경오염물질의 폭로에 의해서 유도된다. P4502B1/2 동위효소는 주로 phenobarbital등 약물에 의하여 유도되며 또 다른 연구자와 저자들의 연구에 의하면 크실렌(m-xylene), 톨루엔 및 사슬이 짧은 지방족탄화수소(short chain aliphatic hydrocarbon)에 의해서도 유도되는 것으로 알려졌다. P4502E1 동위효소는 알코올, 아세톤, 피라졸(pyrazol)에 의해서 유도된다(Table V-8). 벤젠도 P4502E1 동위효소를 유도한다는 일부 연구자의 보고가 있었으나 아직은 명확하지 않은 상태이다.

본 연구에서는 대조군과 관찰군에 있어서 특정한 P450 동위효소의 유도에 영향을 미칠 수 있는 흡연, 음주, 약물복용 및 나이 등의 혼란변수에 차이가 없었으며 또 이들 변수에 따른P450 동위효소 함량에도 차이가 없었다. 즉 혼란변수를 통제한 후 P4501A1/2, P4502B1/2 및 P4502E1 형태의 동위효소 함량을 비교하였을 때, 관찰군에서 대조군보다 P4501A1/2와 P4502B1/2 동위효소의 함량이 높았으며, 특히 P4501A1/2가 더 높았다.

그러면 작업환경에 있는 어떠한 유해물질에 얼마나, 어떻게 폭로되어 이들 효소가 유도되었겠는가를 추론해보자. 우선 P4501A1/2의 유도는 PAH계 물질등과의 관련성을 생각할 수 있으며 PAH계 물질등이 석유화학단지의 여러 사업장에서의 불완전연소과정에서 배출될 것으로 추정될 수 있다. 여천석유화학단지에서 PAH계 물질등이 얼마나 배출되고 있는지에 대해서는 거의 자료가 없으나, 대표적인 PAH계 폭로사업장인 제철사업장의 코크스오븐이나 주물사업장과는 달리, 석유화학단지에서는 그 폭로가 저농도일 것으로 추정되고 있다. P4502B1/2의 유도는 PAH계 물질등 이외에 크실렌(m-xylene), 톨루엔 및 사슬이 짧은 지방족탄화수소(short chain aliphatic hydrocarbon)의 폭로와 관련이 있다고 추정되나 통상적인 작업시에 있어서는 벤젠, 톨루엔, 크실렌등 VOC등도 매우 낮은 수준일 것으로 판단된다. 한편, 벤젠, 톨루엔, 크실렌 등 VOC나 PAH계 물질에 저농도일지라도 장기간 폭로되었을 때의 영향이나 정기적, 부정기적인 보수작업이나 샘플링작업등 특수한 상황에서의 비통상적인 폭로의 영향등에 의하여 이들 P450 동위효소가 유도될 수 있는 가능성도 생각할 수 있으나 아직 이러한 축적폭로의 효과에 대하여 연구된 바가 없다. 또, 조사군의 대상자수를 크게

하였기 때문에 유전적인 원인에 의한 영향은 희석되었을 것으로 생각되나 이들 P450 동위효소의 함량에 영향을 줄 수 있는 유전자 분석 (genetic polymorphysm)을 하지 않아서 개인간의 차이에서 오는 P450 동위효소의 발현에 대한 차이를 설명하기 어려운 제한점이 있다. 그 밖에 흡연, 음주, 약물복용 및 나이 등의 혼란변수는 통제하였으나 개개인의 식이습성 및 기타 작업장이외의 환경적인 요인들에 대하여 본 연구에서 충분히 제어하지 못한 제한점이 있다. 그러므로 이러한 결과는 향후 집단간의 유해물질 폭로를 평가하기 위한 새로운 방법으로서의 가능성을 시사하고 있으나 P450 동위효소를 근로자집단에 대한 복합유해물질 폭로지표로 활용하기 위해서는 향후 용량-반응관계평가와 유전자 분석 등의 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

4) 요약

여천공단의 2개 공장 BTX공정 근로자(생산직 및 사무직)는 사외대조군에 비하여 P4501A1/2 및 P4502B1/2가 유의하게 높게 나타나 향후 집단간의 유해물질 폭로를 평가하기 위한 새로운 방법으로서의 가능성을 시사하고 있으나 P450 동위효소를 근로자집단에 대한 복합유해물질폭로지표로 활용하기 위해서는 향후 용량-반응관계평가와 유전자 분석 등의 추가적인 연구가 더 필요하다고 생각된다.

라. 건강평가

폭로군과 비폭로군에 대하여 문진, 진찰 및 임상검사(혈액검사, 생화학검사 소변검사, 흉부X선검사등)를 실시하여 현재의 질병상태를 평가함과 동시에 복합폭로평가시 영향을 줄 수 있는 혼란변수를 파악하여 제어하고자 하였다.

1) 방법

폭로집단과 비폭로집단에 대하여 산업의학전문의가 문진 및 임상검사등을 시행하였다. 임상검사로는 혈액검사, 생화학검사, 소변검사, 흉부X선검사등을 실시하였다. 임상검사는 시료채취한 후 24시간안에 분석할 수 있도록 신속히 항공편으로 수송하였다.

2) 결과 및 고찰

표 IV-9. 조사대상자(남성)의 평균연령 및 근무기간

특성	D회사		L회사		사외대조군
	폭로군 (n=39)	사내대조군 (n=41)	폭로군 (n=99)	사내대조군 (n=46)	(n=82)
연령(세)	34.9±6.8	35.6±6.4	33.0±7.6	38.8±7.7	35.0±7.6
근무기간(년)	9.6±5.9	10.0±6.0	7.4±7.1	12.6±7.3	5.3±5.3

mean±SD,

※ D회사 및 L회사 근로자를 합하여 관찰군으로 보면, 연령; 35.0±7.6, 근무기간; 9.3±7.0

관찰군과 대조군에서의 간장기능검사소견 이상자분포는 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 간기능(SGOT)이 높은 근로자가 일부 관찰되었으나 대부분이 간기능치의 경계역에 속하고 있었다(표 IV-10).

표 IV-10. 간장계 검사소견 이상자분포

항목	사외대조군(n=75) 인원(%)	관찰군(n=200) 인원(%)
총빌리루빈 (> 1.5 mg/dl)	3(4.0)	8(4.0)
SGOT (> 34 IU)	7(9.4)	37(18.5)
SGPT (> 43 IU)	10(13.3)	19(9.5)
γ - GTP (> 50 IU)	8(10.7)	24(12.0)
ALP (> 110 IU)	1(1.)	3(1.5)

※과거력 및 현병력상 B형간염이 의심되는 대상자 제외

신장기능 검사상으로는 대조군과 관찰군 사이에 유의한 차이를 보이고 있지 않았다(표 IV-11).

표 IV-11. 신장기능 검사소견 이상자 분포

항 목	사외대조군(n=82) 인원(%)	관찰군(n=225) 인원(%)
혈중뇨중질소(>23 mg/dl)	0(0)	6(2.7)
크레아티닌(> 1.7 mg/dl)	0(0)	0(0)

적혈구수와 혈구용적상에 관찰군에서 높은 이상자분포를 보이고 있으나 대부분이 경계역에 속하고 있으며 혈색소, 백혈구 및 혈소판 등에는 유의한 차를 보이고 있지 않았다(표 IV-12).

표 IV-12. 혈액학적 검사소견 이상자 분포

항목	대조군(n=82)	관찰군(n=225)
	인원(%)	인원(%)
적혈구 (10^6/ml)		
<4.5	5(6.1)	50(22.2)*
>5.9	0(0)	0(0)
혈색소(g/dl)		
<13.5	0(0)	12(5.3)
>17.5	1(1.2)	1(0.4)
HCT(%)		
<41	3(3.7)	45(20.0)*
>53	0(0)	0(0)
혈소판(10^3/ml)		
<150	4(4.9)	7(3.1)
>400	0(0)	1(0.4)
백혈구(10^3/ml)		
<4.5	3(3.7)	10(4.4)
>11	1(1.2)	8(3.6)

*P<0.001

흉부엑스선 촬영소견 이상자는 대조군에서 유의하게 더 많이 나타났다(표 IV-13).

표 IV-13. 흉부엑스선 촬영소견 이상자 분포

항목	사외대조군(n=82)	관찰군(n=225)
	인원(%)	인원(%)
이상소견*	17(20.7)	21(9.3)
정상소견	65(79.3)	204(90.7)

*P<0.01, 이상소견은 75-80%가 폐결핵과 관련된 소견임.

이상의 임상검사소견을 종합해 보건대, 관찰군에서 혈액검사치(적혈구수 및 혈구용적치)의 이상소견분포가 많았으나 경계치에 가까운 수치등을 고려하면 임상적 의미를 두기는 어려우며 향후 추적관찰은 필요할 것으로 생각된다. 현재 간기능, 신기능 및 혈액소견에서 뚜렷한 건강장해가 나타나고 있지 않다.

3) 요약

임상검사소견을 종합해 보건대 인체에 뚜렷한 건강장해가 발생한 것을 확인할 수 없었다.

4. 종합 및 결론

이상의 연구결과를 종합하여 보면

첫째, 여천공단의 대표적인 석유화학공정인 BTX추출공정에 종사하는 근로자들은 통상적인 작업수행중에서는 허용농도의 1/1,000-1/100수준의 저농도의 유해물질(BTX)에 폭로되는 것으로 판단된다.

둘째, 생물학적 모니터링결과에서도 폭로군은 비폭로군(사내 및 사외 대조군)과 동일한 수준의 낮은 평균치의 대사물질농도를 보이고 있었다.

셋째, 건강평가에서는 인체에 뚜렷한 건강장해가 발생한 것을 확인할 수 없었다.

넷째, 향후 집단간의 유해물질 폭로를 평가하기 위한 새로운 방법으로서 싸이토크롬 P450 동위효소의 적용가능성을 탐색하기 위하여 같은 조사군을 대상으로 싸이토크롬 P450 동위효소검사를 실시한 결과, 여천공단에 있는 2개 공장의 생산직(BTX추출공정) 및 사무직 근로자는 사외대조군에 비하여 P4501A1/2 및 P4501B1/2 가 유의하게 높게 나타나 새로운 평가방법으로서의 가능성을 시사하고 있으나 P450 동위효소를 근로자집단에 대한 복합유해물질폭로지표로 활용하기 위해서는 향후 용량-반응관계평가와 유전자 분석 등의 추가적인 연구가 더 필요하다고 생각된다.

즉 석유화학공업의 통상적인 작업수행중에서는 극히 미량의 유해물질에 폭로되고 있으나 인체에 뚜렷한 건강장해는 확인되지 않았으며 P450 동위효소를 근로자집단에 대한 복합유해물질폭로지표로 활용하기 위해서는 향후 용량-반응관계평가와 유전자 분석 등의 추가적인 연구가 더 필요하다고 생각된다.

V. 근로자 건강실태조사

1. 근로자 특별건강진단(전남대)
2. 근로자 의료이용 및 사망실태(조선대)

여 백

V. 근로자 건강실태조사

1. 근로자 특별건강진단

가. 연구목적

첫째, 근로자의 일반적인 건강상태를 파악하고

둘째, 근로자의 직업성질환 여부를 파악하며

셋째, 차후 근로자 건강관리를 위한 자료를 확보하고자 함

나. 연구내용

1) 근로자들의 건강상태 절대평가 :

- 주로 유기용제 혼합폭로의 효과를 평가하며
- 간장계, 신장계, 혈액계 및 흉부사진 이상자 분포 평가
- 중추신경계 기능, 염색체검사, 직업성 천식 평가
- 벤젠 폭로 평가

2) 유해물질 폭로와 효과와의 관련성 평가 :

- 대표적인 폭로군과 대조군간의 검사결과 비교

다. 연구방법

1) 기초자료 조사

대상자의 선정 및 검진항목의 결정을 위한 정보수집을 목적으로 '97년 3월 현재 여천공단내 입주해 있는 107개 업체에 대한 자료 수집

- '96년도 정기 작업환경측정결과
- 공단내 각 공장 및 작업장별로 취급하는 유해물질에 대한 자료
- '96년도 업체별 일반 및 특수건강진단 결과표
- 근로자 건강관련기초자료 중 각 공장 및 작업장별 유해인자자료

2) 유해인자 폭로력조사

특별건강진단의 방향을 설정, 검진 대상자의 선정, 검사항목의 결정 및 집단내 폭로효과의 비교시 필수적인 개인별 폭로력 자료 획득

- 유해물질을 취급하여 특별건강진단 대상인 59개 업체
- 인구학적변인, 직업병에 대한 인식과 태도, 현재와 과거의 직업 및 폭로력, 거주환경, 질병력 그리고 가족력 등 조사
- 여천 현지에서의 사전조사를 거쳐 작성소요시간이 15분 정도인 자기기입식 폭로력 조사표 개발
- 7,022명이 조사에 참여하여 공단내 폭로양상을 대변하고 있음

기초자료수집

. 여천공단내 107개 등록업체/노동사무소
. '96년도 정기 작업환경측정결과/노동사무소
. '96년도 일반 및 특수건강진단 결과/노동사무소
. 공장 및 공정별 취급물질/산업보건연구원

폭로력 조사

. 공단내 근로자 6,978명
. 인구학적, 직업 및 폭로, 환경, 질병력
. 신뢰도 평가

특별검진대상자 선정 및 검진항목 결정

. 폭로군 / 787명
  - 발암물질 취급자 / IARC
  - ATSDR Top 20 물질 취급자
. 대조군 / 공단내 사무, 관리직 / 245명
. 장기 근속자, 무작위 추출 / 1,032명

특별건강진단 실시

. 1997. 5. 26 - 6. 19
. 산업단지공단 서남지역본부 및 파견
. 공통임상검사 혼합폭로평가: 833명
. TDI& MDI 직업성 천식: 105명
. 염색체 변이: 105명
. 중추신경계 기능: 146명
. 벤젠 폭로지표: 70명

보고서 작성 및 결과 통보

. 폭로력 조사 신뢰도 평가
. 건강상태 절대평가
. 폭로효과여부 평가
. 최종보고서 작성
. 회사 및 개인별 결과 통보

그림 V-1-1. 특별건강진단 사업 수행 개요

표 V-1-1. 폭로력 조사 응답자의 평균연령 및 근무기간

특 성	응답자	평균±표준편차	최소	최고
연령 (세)	6,809	35.1 ± 8.2	18.4	70.4
근무기간 (년)	6,594	7.5 ± 5.9	0.5	32.5

공단내 근로자들의 연령분포는 다양하며 평균 35.1세이고 평균근무기간은 7.5년이었다

표 V-1-2. 근로자들의 폭로유해인자별 응답현황

유해인자	무폭로		현재폭로		과거폭로		과거,현재폭로	
	인원	%	인원	%	인원	%	인원	%
공업용 목제	6697	96.0	131	1.9	136	1.9	14	.2
규사(silica dust)	6544	93.8	244	3.5	172	2.5	18	.3
석면(asbestos)	4906	70.3	1268	18.2	616	8.8	189	2.7
용접시 퓸(fume)	6037	86.5	543	7.8	320	4.6	78	1.1
유리섬유(fiber glass)	5174	74.1	1109	15.9	534	7.7	161	2.3
접착제	6385	91.5	329	4.7	228	3.3	36	.5
구리(Cu)	6681	95.7	166	2.4	114	1.6	17	.2
납(Pb)	6620	94.9	202	2.9	140	2.0	16	.2
니켈(Ni)	6709	96.1	158	2.3	105	1.5	6	.1
베릴리움(Be)	6888	98.7	43	.6	46	.7	1	.0
비소(As)	6859	98.3	61	.9	57	.8	1	.0
수은(Hg)	6642	95.2	169	2.4	148	2.1	19	.3
아연(Zn)	6721	96.3	156	2.2	90	1.3	11	.2
안티몬(Sb)	6795	97.4	111	1.6	63	.9	9	.1
알루미늄(Al)	6563	94.1	255	3.7	127	1.8	33	.5
카드뮴(Cd)	6803	97.5	97	1.4	74	1.1	4	.1
크롬(Cr)	6631	95.0	174	2.5	161	2.3	12	.2
PBBc	6903	98.9	32	.5	42	.6	1	.0
PCBs	6905	99.0	29	.4	43	.6	1	.0
TDI 또는 MDI	6654	95.4	218	3.1	89	1.3	17	.2
가솔린, 경유, 등유, 항공유	5733	82.2	843	12.1	284	4.1	118	1.7
나프타(naphtha)	5784	82.9	762	10.9	359	5.1	73	1.0
공업용 알콜	6127	87.8	600	8.6	195	2.8	56	.8
노말헥산(n-hehane)	6292	90.2	454	6.5	193	2.8	39	.6
디클로로벤젠(dichlorobenz.)	6551	93.9	291	4.2	116	1.7	20	.3
디페닐아민(diphenylamine)	6790	97.3	107	1.5	71	1.0	10	.1

표 V-1-2. 근로자들의 폭로유해인자별 응답현황 (계속)

유해인자	무폭로		현재폭로		과거폭로		과거,현재폭로	
	인원	%	인원	%	인원	%	인원	%
메틸부틸 케톤(MBK)	6860	98.3	54	.8	58	.8	6	.1
메틸에틸 케톤(MEK)	6869	98.4	58	.8	48	.7	3	.0
벤젠(benzene)	5684	81.5	841	12.1	374	5.4	79	1.1
벤지딘(benzidine)	6905	99.0	28	.4	42	.6	3	.0
1,3부타디엔(1,3-butadiene)	6351	91.0	448	6.4	138	2.0	41	.6
부텐(butane)	6314	90.5	452	6.5	161	2.3	51	.7
사염화에틸렌(PCE)	6882	98.6	54	.8	40	.6	2	.0
사염화탄소(CCl4)	6525	93.5	237	3.4	189	2.7	27	.4
싸이클로 헥산(cyclohexane)	6583	94.3	257	3.7	114	1.6	24	.3
산화에틸렌(ethylene oxide)	6758	96.8	125	1.8	82	1.2	13	.2
삼염화에틸렌(TCE)	6853	98.2	71	1.0	52	.7	2	.0
스티렌(styrene)	6307	90.4	464	6.6	161	2.3	46	.7
신나(thinner)	6159	88.3	446	6.4	338	4.8	35	.5
아닐린(aniline)	6737	96.5	154	2.2	85	1.2	2	.0
아세톤(acetone)	5998	86.0	655	9.4	264	3.8	61	.9
염화비닐(VCM 또는 PVC)	6473	92.8	334	4.8	146	2.1	25	.4
에틸렌(ethylene), PE	5946	85.2	690	9.9	268	3.8	74	1.1
에틸에테르(ethyl ether)	6702	96.0	164	2.4	100	1.4	12	.2
에폭시 수지(epoxy resin)	6794	97.4	95	1.4	81	1.2	8	.1
이브롬화에틸렌	6679	95.7	196	2.8	95	1.4	8	.1
이염화에틸렌	6909	99.0	34	.5	33	.5	2	.0
이황화탄소(CS_2)	6864	98.4	58	.8	53	.8	3	.0
크실렌(xylene)	6171	88.4	532	7.6	217	3.1	58	.8
카본블랙(carbon black)	6624	94.9	226	3.2	108	1.5	20	.3
클로로포름(chloroform)	6708	96.1	144	2.1	109	1.6	17	.2
클로로프렌(chloroprene)	6899	98.9	27	.4	49	.7	3	.0
톨루엔(toluene)	5466	78.3	1036	14.8	376	5.4	100	1.4
페놀(phenol)	6498	93.1	316	4.5	143	2.0	21	.3

표 V-1-2. 근로자들의 폭로유해인자별 응답현황 (계속)

유해인자	무폭로		현재폭로		과거폭로		과거,현재폭로	
	인원	%	인원	%	인원	%	인원	%
포르말린 또는 포름알데하이드	6636	95.1	206	3.0	122	1.7	14	.2
프로필렌(propylene), PP	6049	86.7	648	9.3	207	3.0	74	1.1
과산화수소(H_2O_2)	6584	94.4	197	2.8	181	2.6	16	.2
농약	6739	96.6	50	.7	178	2.6	11	.2
브롬화수소(HBr)	6801	97.5	105	1.5	62	.9	10	.1
산(황산, 염산, 질산)	4953	71.0	1463	21.0	410	5.9	152	2.2
색소	6861	98.3	57	.8	56	.8	3	.0
시안화나트륨(sodium cyanide)	6852	98.2	60	.9	60	.9	5	.1
아황산가스(SO_2)	6215	89.1	551	7.9	162	2.3	50	.7
알칼리(가성소오다 등)	5744	82.3	897	12.9	252	3.6	85	1.2
암모니아(NH_3)	5459	78.2	1039	14.9	397	5.7	83	1.2
염소(Cl_2)	6051	86.7	612	8.8	281	4.0	34	.5
일산화탄소(CO)	6369	91.3	438	6.3	138	2.0	33	.5
플라스틱 수지	6286	90.1	522	7.5	114	1.6	56	.8
황화수소(H_2S)	6293	90.2	446	6.4	199	2.9	40	.6
무거운 것을 드는 일	5009	71.8	1259	18.0	536	7.7	174	2.5
부적절한 조명	5530	79.2	1064	15.2	255	3.7	129	1.8
아주 춥거나 더운 곳	5554	79.6	963	13.8	320	4.6	141	2.0
정신적 스트레스	4223	60.5	2125	30.5	298	4.3	332	4.8
유해광선	6245	89.5	540	7.7	129	1.8	64	.9
소음	3271	46.9	2924	41.9	403	5.8	380	5.4
진동	5012	71.8	1519	21.8	248	3.6	199	2.9

폭로력조사결과, 공단내에는 석면, 비소, 벤젠, 부타디엔 및 염화비닐 같은 IARC의 Group 1 발암물질과 ATSDR의 Top 20 물질 등 건강과 관련이 깊은 물질을 취급했던 또는 취급하고 있는 근로자가 일부 존재함을 확인하였다.

유해인자별 응답 내용이 작업부서별로 일치하고 공정별 유해인자에 관한 기초자료의 내용과 일치하여 폭로력조사의 타당성을 뒷받침해 주었다.

3) 대상자 선정 및 건강진단 실시

폭로력조사결과를 바탕으로 특별건강진단 종류별로 각기 다른 선정기준에 의한 '폭로군'을 선정하였으며, 공단내 사무·관리·경비직 근로자 중 유해인자 폭로력이 없는 근로자를 '대조군'으로 선정하였다.

표 V-1-3. 업체별 특별건강진단 실시 현황

회사명	대상자	실시인원(%)
LG-CALTEX가스	4	4 (100.0)
LG-CALTEX정유	66	23 (34.9)
LG MMA(주)	2	2 (100.0)
LG SM(주)	23	19 (82.6)
LG VCM(주)	25	16 (64.0)
LG석유화학	36	34 (94.4)
LG카본(주)	13	14 (107.7)
LG화학(주)	139	136 (97.8)
광신(주)	6	5 (83.3)
금강(주)	13	9 (69.2)
금호몬산토	13	14 (107.7)
금호미쓰이도아스(주)	31	23 (74.2)
금호석유화학(주)	29	23 (79.3)
금호쉘화학(주)	48	34 (70.8)
금호이피고무	9	7 (77.8)
남우진흥(주)	2	2 (100.0)
남해화학(주)	52	47 (90.4)
대덕공업(주)	3	1 (33.3)
대림산업(주)	86	82 (95.4)
대성환경(주)	5	5 (100.0)
대신기공(주)	2	0 (0.0)

표 V-1-3. 업체별 특별건강진단 실시 현황(계속)

회사명	대상자	실시인원(%)
동특(주)	3	2 (66.7)
범아공신(주)여천사업소	23	20 (87.0)
범아실업공사	19	0 (0.0)
벽산(주)	9	8 (88.9)
삼남석유화학	11	11 (100.0)
세정기업(합)	6	0 (0.0)
신한국자동차서비스	2	2 (100.0)
신화산업(주)	5	0 (0.0)
여천래미콘(주)	2	0 (0.0)
여천자동차공업사	4	2 (50.0)
여천탱크터미널	4	4 (100.0)
여천환경(주)	7	5 (71.4)
영창화성(주)	2	2 (100.0)
오륜(주)	7	7 (100.0)
일양화학(주)	6	6 (100.0)
제원(주)	3	0 (0.0)
제일모직(주)	49	45 (91.8)
진남개발	5	6 (120.0)
칠산(주)	2	0 (0.0)
태원물산(주)	6	7 (116.7)
한국다우케미칼	13	13 (100.0)
한국탄산(주)	2	2 (100.0)
한국화인케미칼	55	42 (76.4)
한전기공	6	6 (100.0)
한전산업개발(주)	5	5 (100.0)
한전여수화력발전	22	5 (22.7)
한전호남화력발전	20	9 (45.0)

표 V-1-3. 업체별 특별건강진단 실시 현황(계속)

회사명	대상자	실시인원(%)
한화바스프우레탄	17	16 (94.1)
한화종합화학(주)1공장	57	55 (96.5)
호남석유화학	39	39 (100.0)
호성(유)	7	7 (100.0)
호일프랜트	7	3 (42.9)
기 타	4	
계	**1,032**	**833 (80.7)**

공단을 대표할 수 있는 표본을 추출하기 위해 업체별로 최소 2명에서 최고 139명까지 대상자를 선정하였으며, 대상자의 80.7%가 특별건강진단에 참여하였는데 52개 업체의 참여율은 회사별로 다양하다.

대상자 이외에도 참여한 경우가 있어 근로자들의 특별건강진단에 대한 관심을 반영해 주고 있다.

라. 연구결과

1) 공통 임상검사 결과

폭로군은 폭로력 조사표상 IARC의 Group 1발암물질 취급자와 ATSDR의 Top 20 물질 취급자, BTX공정 참여자, 일부 특정화학물질 취급자 중 무작위로 추출되었으며 대조군은 공단내 사무·관리·경비직 근로자로서 유해인자 폭로력이 없는 근로자 중 무작위로 선정

표 V-1-4. 간장계 검사소견 이상자 분포

항 목	대조군(n=139) 인 원 (%)	폭로군(n=679) 인 원 (%)	전체(n=818) 인 원 (%)	'95의보# (%)
총단백 (>8.4 g/dl)	0 (0.0)	6 (0.9)	6 (0.7)	
총빌리루빈 (>1.5 mg/dl)	7 (5.0)	43 (6.3)	50 (6.1)	
직접빌리루빈 (>0.2 mg/dl)	0 (0.0)	7 (1.0)	7 (0.9)	
SGOT(AST) (>40 IU)	9 (6.5)	42 (6.2)	51 (6.2)	(12.1)
SGPT(ALT) (>35 IU)	30 (21.6)	143 (21.1)	173 (21.1)	(16.0)
γ-GTP (>63 IU)	10 (7.2)	69 (10.2)	79 (9.7)	(16.0)
ALP (>147 IU)	1 (0.7)	2 (0.3)	3 (0.4)	
α-fetoprotein (>9.6 ng/ml)	0 (0.0)	4 (0.6)	4 (0.5)	
LDH (>200 IU)	2 (1.4)	18 (2.7)	20 (2.4)	
B형 간염항원 (양성)	10 (7.2)	46 (6.8)	56 (6.9)	(6.8)

1995년도 피부양자 건강진단 결과 (남자), 의료보험관리공단

간장계 이상여부 및 발암성을 평가하기 위한 간기능검사 각 검사항목의 주의한계 이상자의 빈도는 '95년도 피부양자 건강진단 결과와 비교하여 높은 수준은 아니며 특별한 경향을 관찰할 수 없었다. α-fetoprotein과 LDH의 경우 폭로군에서 다소 높으나 통계적으로 유의한 차이는 없었으며 나머지 항목들도 폭로군과 대조군사이에 뚜렷한 차이는 없었다.

표 V-1-5. 신장계 검사소견 이상자 분포

항 목	대조군(n=139) 인 원 (%)	폭로군(n=679) 인 원 (%)	전체(n=818) 인 원 (%)
혈중 요소질소 (>23 mg/dl)	1 (0.7)	8 (1.2)	9 (1.1)
크레아티닌 (>1.6 mg/dl)	0 (0.0)	1 (0.1)	1 (0.1)
요 산 (>7.7 mg/dl)	9 (6.5)	14 (2.1)**	23 (2.8)
요 적혈구 (>2/HPF)#	3 (2.2)	17 (2.5)	20 (2.8)
요 백혈구 (>3/HPF)#	7 (5.1)	12 (1.8)*	19 (2.3)

* P<0.05; ** P<0.01, 대조군과의 빈도 유의한 차이
# 대조군 137명, 폭로군 675명

신장계 이상 여부를 평가하기 위한 신장기능검사 각 검사항목의 주의한계 이상자의 빈도는 요산과 요백혈구의 경우 대조군에서 유의하게 높으며 나머지는 두군간에 비슷한 분포를 보이고 있다.

표 V-1-6. 혈액학적 검사소견 이상자 분포

항 목	대조군(n=138) 인 원 (%)	폭로군(n=641) 인 원 (%)	전체(n=779) 인 원 (%)	'95의보[#] (%)
적혈구 (10^6/ml)				
< 4.2	3 (2.2)	12 (1.9)	15 (1.9)	
> 6.3	0 (0.0)	1 (0.2)	1 (0.1)	
혈색소 (g/dl)				
< 12	0 (0.0)	2 (0.3)	2 (0.3)	(2.5)
> 18	0 (0.0)	3 (0.5)	3 (0.4)	
HCT (%)				
< 37	0 (0.0)	2 (0.3)	3 (0.3)	
> 51	1 (0.7)	6 (0.9)	7 (0.9)	
혈소판 (<140 x 10^3/ml)	3 (2.2)	15 (2.3)	18 (2.3)	
백혈구 (10^3/ml)				
< 4.5	6 (4.3)	33 (5.1)	39 (5.0)	(4.2)
> 10.0	3 (2.2)	16 (2.5)	19 (2.4)	(2.2)

1995년도 피부양자 건강진단 결과 (남자), 의료보험관리공단

빈혈 및 혈액학적 이상 여부를 평가하기 위한 각 검사항목의 주의한계 이상자의 빈도는 혈색소의 경우 '95년도 피부양자 건강진단 결과보다 양호한 수준이며, 백혈구의 경우는 비슷한 수준이다. 폭로군과 대조군사이에 유의한 차이는 없었다.

2) 염색체 검사

염색체검사는 유해물질이 세포의 핵내에 미친 손상의 정도를 평가하여 유해물질에의 폭로를 평가하는 방법으로서의 이용이 시도되고 있다.

폭로군1은 IARC의 Group 1 발암물질중 비소, 크롬, 벤젠, 벤지딘, 1,3부타디엔 및 염화비닐을 현재 취급하고 있는 근로자중 무작위로 선정하였고, 폭로군2는 과거에 폭로되었거나 과거부터 지속적으로 취급하고 있는 집단에서 근무기간별 분포상 50 percentile 이상에 속하

는 근로자 가운데 무작위로 선정하였다.

표 V-1-7. 흡연군의 염색체 검사결과 비교

항 목	대조군		폭로군1		폭로군2	
	인원	평균 ± SD	인원	평균 ± SD	인원	평균 ± SD
미소핵 (%)	21	10 ± 5	12	16 ± 7*	27	19 ± 8***
자매염색분체교환 (/세포)	19	5.7 ± 1.3	10	7.7 ±1.2**	24	6.6± 1.5*

*P<0.05; **P<0.01; *** P<0.001, 연령과 음주여부의 효과 배제 후 대조군과 평균치 유의한 차이

검사결과 미소핵 및 자매염색분체교환의 출현빈도는 모두 대조군에 비해 두 폭로군에서 유의하게 높았다.

아직 염색체검사결과와 발암위험성과의 관련성을 명확히 설명할만한 연구결과에 대한 보고는 없지만 염색체손상빈도의 조사는 유해물질 폭로의 정도를 평가하는데 이용되고 있으므로 이상의 결과는 폭로군에서 대조군보다 상대적으로 유해물질에 더 많이 폭로되고 있음을 시사해주고 있다.

그러나, 본 연구는 여러 유해물질에 혼합폭로된 경우를 가정하여 실시되었고 미소핵 및 자매염색분체검사시 연령과 흡연 및 음주 외에도 대상자의 성별, 인종, 약물사용, 생활습관, 환경폭로 및 식이습관 등 많은 요인에 의해 개인별 빈도의 차이를 보일 수 있으므로 차후 이러한 혼돈요인의 통제와 물질별 용량-반응관계 평가등보다 정확한 폭로평가를 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

3) 중추신경계 기능 평가

유기용제는 말초 및 중추신경계통의 신경세포에 친화성이 있어 독성을 유발한다. 본 연구에서는 중추신경계 기능평가를 위하여 간이정신진단검사(Symptom Checklist-90-R, SCL- 90-R)와 여러 가지 인지 및 정신운동성 검사를 실시하였다.

폭로군은 BTX공정에 참여하면서 근무기간별 분포가 50 percentile 이상인 근로자 중 무작위로 추출하였다.

표 V-1-8. 간이정신진단검사(SCL-90-R) 결과

항 목	대조군(n=60) 평균±표준편차	폭로군(n=82) 평균±표준편차
증상차원(Symptom Dimension)		
신체화(SOM)	45.2 ± 6.0	49.2 ± 8.9**
강박증(O-C)	42.8 ± 7.3	44.8 ± 7.5
대인예민증(I-S)	44.2 ± 6.7	46.2 ± 7.0
우울(DEP)	42.2 ± 5.9	44.3 ± 6.6
불안(ANX)	44.3 ± 5.9	46.4 ± 6.5
적대감(HOS)	44.0 ± 4.4	46.3 ± 5.5
공포불안(PHOB)	44.8 ± 3.6	46.9 ± 5.9
편집증(PAR)	42.8 ± 5.8	44.5 ± 6.3
정신증(PSY)	44.2 ± 5.7	45.7 ± 6.0
전체지표(Global Index)		
전체심도지수(GSI)	42.2 ± 5.8	44.8 ± 7.0
표출증상합계(PST)	42.7 ± 9.7	47.1 ±10.0
표출증상심도지수(PSDI)	41.4 ± 7.2	42.8 ± 4.4

** P<0.01, 연령과 학력 통제후 대조군과 평균치 유의한 차이.

표 V-1-9. 인지 및 정신운동성 검사 결과

항 목	대조군(n=60) 평균±표준편차	폭로군(n=81) 평균±표준편차
Critical Fusion Frequency Threshold(CFFT) (Hz)		
CFFT-rising	31.1 ± 2.4	30.3 ± 2.6
CFFT-falling	31.4 ± 2.4	31.0 ± 2.8
CFFT-overall	31.3 ± 2.2	30.7 ± 2.3
Choice Reaction Time(CRT) (ms)		
Recognition Response Time	351 ± 38.6	357 ± 40.4
Motor Response Time	285 ± 51.2	275 ± 62.5
Total Response Time	626 ± 86.1	635 ± 72.2
Compensatory Tracking Test(CTT)		
RMS tracking error (pixels)	30.6 ± 16.5	38.4 ± 25.8
Peripheral Reaction Time (ms)	507 ± 118.9	513 ± 106.8
Digit-Symbol Substitution Test(DSST)		
Number of subject	60	82
DSST	60.7 ± 17.9	54.5 ± 12.7

중추신경계 기능평가의 일환으로 실시한 간이정신진단검사결과 모든 증상차원 및 전체지표에서 임상적 기준을 초과하여 이상자로 판정된 근로자는 없었으나, 연령과 학력을 통제한 후 비교할 경우 신체화(SOM)만 폭로군에서 유의하게 높은 것으로 나타났다.

RMS tracking error와 DSST 같은 예민한 감각-운동 및 인지 능력평가에서 대조군이 더 양호한 것으로 보이나 연령과 학력을 통제한 후 비교했을 때 두 군간에 유의한 차이를 보이는 항목은 없었다.

4) 직업성 천식 평가

공단내 Toluene-diisocyanate cyanate(TDI)와 Methylenediphenyl -diisocyanate cyanate(MDI) 취급자에 있어서 직업성 천식 유병상태를 평가하기 위하여 폭로군과 대조군에 대하여 피부단지시험에 의한 아토피(atopy) 여부, 메타콜린 기관지유발검사, TDI에 대한 특이 항체(IgE) 검사를 실시하였다.

표 V-1-10. 천식관련 검사결과

항 목	대조군(n=26)	폭로군(n=72)
PC20 (<2mg, %)	1 (3.8)	3 (4.2)
BRindex (평균±표준편차)	0.90 ± 0.10	1.36 ± 2.81
아토피 양성(%)	11.5	13.9
TDI 특이항체(IgE) 양성(%)	해당안됨	18.1

폭로군에서 기관지 과민성의 지표인 PC20의 빈도와 BRindex의 평균값, 그리고 아토피의 빈도가 대조군보다 높았으나 두 군간에 유의한 차이는 없었다. 폭로군 중 TDI 특이항체(IgE) 양성율은 18.1%였다.

마. 요약 및 결론

1) 공통 임상검사항목에 의한 건강이상자의 분포는 여천공단 근로자들과 일반인들 사이에 뚜렷한 차이가 없었으며, 폭로군과 대조군간에도 비슷한 수준이었다.

2) 발암물질취급자중 근무력이 오래된 근로자를 폭로군으로 선정한 염색체검사에서는 폭로군에서 대조군보다 미소핵 및 자매염색분체교환의 발현빈도가 높았다.

3) 중추신경기능평가에서는 주관적증상을 파악하는 검사에서 임상적으로 이상기준에 해당하는 근로자는 없었다.

4) TDI 및 MDI 취급자를 폭로군으로 선정한 직업성 천식검사에서는 폭로군과 대조군 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보이는 검사항목은 없었다.

이상의 결과는 본연구의 임상검사상 여천공단내 대부분 근로자들의 건강상태는 일반인들과 비슷한 수준이며 유해물질에 대한 직업적 폭로가 있다 하더라도 건강상태에 뚜렷한 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

2. 근로자 의료이용 및 사망실태

가. 연구목적

의료보험자료와 산재보험자료 및 사망자료를 이용하여 여천공단 특유의 작업환경에 노출되고 있는 근로자의 건강문제를 추정한다.

나. 연구대상

1) 조사군

1994년 1월 1일~1995년 12월 31일의 2개년 동안 여천공단내 67개 사업장에 1개월 이상 근무했던 근로자 15,271명

2) 대조군

제1 대조군 : 광주 제1지구 의료보험조합 관내 상시 근로자 30인 이상 규모의 제조업을 중심으로 한 98개 사업체(식품, 섬유·종이, 기계 및 장비, 조립금속, 비석유화학, 콘크리트제조, 건설업, 출판업 등)에 1994년 1월 1일~1995년 12월 31일의 2개년 동안 1개월 이상 근무했던 근로자 8,978명

제2 대조군 : 전남 제2지구 의료보험조합 관내 상시 근로자 30인 이상 36개 규모의 제조업을 중심으로 한 36개 사업체(식품, 기계 및 장비, 조립금속, 비석유화학, 건설업 등)에 1994년 1월 1일~1995년 12월 31일의 2개년 동안 1개월 이상 근무했던 근로자 5,457명

다. 연구방법

1) 조사기간 : 1996. 12. 31 ~ 1997. 7. 15

2) 연구대상기간 : 1994년 1월 1일 ~ 1995년 12월 31일

3) 연구 내용

① 의료이용에 관한 조사군과 대조군간 비교

② 산업재해 발생에 관한 조사군과 대조군간 비교

③ 사망에 관한 조사군과 대조군간 비교

4) 자료원

① 의료보험자료, 산재보험자료

② 사업장 내부자료

③ 통계청 사망자료

5) 분석방법

의료보험 급여심사완료자료와 피보험자 자격관리자료 그리고 사업장 내부자료를 결합하여 각 질병별, 개인별 데이터 베이스를 구축하였다. 급여자료의 질병코드는 한국표준질병사인분류(KCD) 3차 개정코드로 통일하였으며, 각 근로자의 2개년 동안의 관찰기간이 달라 인년(person-year)을 계산하여 수진율 계산시 분모로 이용하였다. KCD 3차 개정코드에 준하여 21개 장 질병별, 257개 항목군 질병별 그리고 조사군이 노출되고 있는 것으로 알려진 오염물질에 의하여 발생할 수 있는 질병군(주요관심질병)별로 조사군과 대조군간에 수진율과 이용량을 비교하였다. 분석과정에서 수진건수로 되어 있는 의료보험자료는 수진자 위주로 전환하여 분석하였고 간접법을 통한 표준화수진비로 연령교정을 시행하였으며, 95% 신뢰구간을 구하여 통계적 유의성을 검정하였다(그림 V-2-1). 여자 근로자에 대해서는 숫자가 적어 분석결과에 대한 해석시 무리가 따를 수 있으므로 조사결과제시를 생략하기로 하였다.

의료보험 피보험자 자격관리자료	의료보험급여 심사완료자료	사업장 내부자료 (재직자, 퇴직자, 전출자)
1. 주민등록번호	1. 주민등록번호	1. 주민등록번호
2. 성명	2. 성명	2. 성명
3. 주소	3. 요양기관번호	3. 거주지
4. 자격취득일	4. 상병명, 기호	4. 직종, 작업부서
5. 자격상실일	5. 진료형태(입원/외래)	5. 재직기간
6. 자격상실사유	6. 진료일자	6. 특수건강진단 수진종류 및 결과
	7. 내원일수	
	8. 투약일수	

↓

각 질병별, 개인별 파일구성

회사번호
주민등록번호
성별
나이
재직여부
거주지
근무기간
직 종
특수건강진단 수진종류 및 결과
질병 유무
진료형태(입원, 외래)
의료기관별 이용량
(진료일자, 내원일수)

↓

각 연구대상군별로 성별, 연령별, 수진율 및 표준화수진비 산출
산업재해 발생에 관한 조사군과 대조군간 비교
사망에 관한 조사군과 대조군간 비교

그림 V-2-1. 분석자료의 구축 및 분석 개요

라. 용어의 정의

1) 관찰인년(person-year) : 1994.1.1-95.12.31.(24개월)간에 조사군, 대조군 소속 사업장 에 1개월 이상 재직하였던 근로자의 실재직기간을 인년으로 환산

2) 재직기간 : 의료보험 자격취득 이후 동일사업장에 재직한 기간

3) 산업분류 : 한국표준산업분류에 의한 분류

여천공단 사업장의 재분류 - 석유화학계 중심으로

① 석유화학계 제조업 ② 비석유화학계 제조업

③ 인력하청업 ④ 기타산업

4) 직종 : 사업장 내부자료 77개 직종을 재분류

① 사무직 : 관리/사무원

지원직 : 지원부서원

② 생산직 1 : 특수건강진단을 받지 않는 생산직 근로자

생산직 2 : 유기용제 및 특정화학물에 대한 특수건강진단을 받는 생산직 근로자

생산직 3 : 소음, 방사선, 진동 등에 대한 특수건강진단을 받는 생산직 근로자

③ 생산직 A : 조사군 중 지원직, 생산직1, 생산직3을 합한 숫자

생산직 B : 조사군중 생산직 2

5) 의료기관 이용상황;

수진자수 : 1994.1.1.- 95.12.31 동안에 동일질병으로 1회 이상 의료기관을 이용한 수진자수

수진량 : 1994.1.1.- 95.12.31 동안에 의료기관 외래 또는 입원을 1회 이상 이용한 외래급여 건수, 외래방문횟수, 투약일수, 입원건수, 입원일의 총합을 인년으로 나눈 양

수진율 : 1994.1.1.- 95.12.31 동안 의료기관 외래 또는 입원을 1회 이상 이용한 수진자수를 인년으로 나눈 값

6) 질병 : 한국표준질병사인분류(이하 KCD, 1995)에 의한 질병

7) 표준화수진비1 : 제1 대조군을 표준인구로 하여 연령을 표준화하였을 때 조사군에서 계산상 기대되는 수진자 수

표준화수진비2 : 제2 대조군을 표준인구로 하여 연령을 표준화하였을 때 조사군에서 계산상 기대되는 수진자 수

$$표준화수진비1 = \frac{조사군의\ 관찰\ 수진자수}{기대수1}$$

$$표준화수진비2 = \frac{조사군의\ 관찰\ 수진자수}{기대수2}$$

8) 21개장 질병 : KCD의 3단위항목의 21개 질병군

257개 항목군 질병 : KCD의 3단위항목의 257개 질병군

9) 주요관심질병군 :

조사군이 노출되고 있는 것으로 알려진 오염물질에 의하여 발생할 수 있는 질병군(표 1 참조)

10) 사업장 소재지별 분류

한국과학기술원 자료를 참고로 하여 여천공단내 사업장이 소재하고 있는 동(洞)에 따른 분류

표 V-2-1. 주요관심질병과 공기오염관련 화학물질

질 병 명	KCD 3차개정 분류코드	관 련 화 학 물 질*
빈 혈	D50-D77	Te. An. Dt. Bz
호 흡 기 질 환	J00-J99	Ph, Ha, Sa, Na, Am, Vc, Bd, St, Td, Md. Pg. Hf. Ac
천 식	J45-J46	Td. Md
결막 · 각막 질환	H10-H13. H15-H19	Bd. Am. St. Hf. Ha. Sa. Na. Te. An
위 장 관 질 환	K20-K31	Te. Eg. As
심 질 환	I20-I25. I44-I49	Te. Dt. To. As. Hx
신 질 환	N00-N19	Xy. Ct. Ph. Eg. An. As
간 질 환	B15-B19. C22. K70-K14	Xy. Ct. Ph. Te. Vc. Cf. Dt. An. As
피 부 질 환	L10-L99	Bz, To, Xy, Ha, Sa, Na, Am, Te, Vc, St. Pg. Td. Md. Eg. As
정 신 행 동 장 애	F04-F99, G40-G49	An, As, Te, Xy, Ta, Ac, Hg, Vc, Bz, To. St. Me
악 성 신 생 물	C00-C97	Bz. An. Cf. Ac. Vc. Bd. As
중추신경계 장 애	A80, A82, A83-A86, G40-G41,G43-G45, G80-G83	Te, Xy, Ta, Ac, Hg, Vc, Bz, To, An, Hx, Me
증 상 · 징 후	R00-R09,R11-R19, R20-R49, R51-R53, R55-R57, R58-R59	Te, Dt, Ph, Ha, Sa, Na, Am, Vc, Bd, St, Td, Md, Pg, Hf, Ac, Ts, Eg, Xy, Ct, Cf, As. Bz. To. Ta

* Ac ; Acrylonitrile, Am ; Ammonia, An ; Aniline, As ; Arsenic, Bd ; 1,3-Butadiene,
Bz ; Benzene, Cf ; Chloroform, Ct ; Carbon tetrachloride, Dt ; Dinitro-toluene,
Eg ; Ethylene glycol, HF ; Hydrogen fluoride, Ha ; Hydrochloric acid, Hx ; n-Hexane
Md ; Methylene-diphenyl diisocyanate, Me ; Methyl alcohol, Na ; Nitric acid,
Pg ; Phosgene, Ph ; Phenol, Sa ; Sulfuric acid, St ; Styrene monomer,
Ta ; Tetra-alkyl-lead, Td ; Toluene-diisocyanate, Te ; Trichloro-ethane, To ; Toluene,
Vc ; Vinyl-chloride Monomer, Xy ; Xylene,

* 황산화물, 질소산화물, 분진제외

마. 연구결과

1) 연구대상자의 일반적 특성

가) 연구대상자의 일반적 특성

연령별 분포를 보면, 조사군이 제 1 대조군 및 제 2 대조군보다 고연령의 근로자가 많았으며, 재직기간별 분포는 조사군에서 장기근무를 하는 근로자가 대조군에 비해 비교적 많음을 알 수 있었고, 사업체의 규모에 있어서도 차이를 보였는데 여천공단에 비교적 규모가 큰 사업체가 많았다(표 V-2-2, 3, 4).

표 V-2-2. 연구대상자의 성별 · 연령별 분포

단위 : 명(%)

연 령 (세)	조사군(여천공단)		제 1 대조군		제 2 대조군	
	남	여	남	여	남	여
-19	20(0.1)	53(4.6)	125(2.0)	58(2.1)	61(1.2)	14(2.7)
20 - 29	3,571(25.3)	795(68.7)	2,246(36.4)	1,246(44.5)	1,708(34.5)	320(62.7)
30 - 39	5,962(42.2)	94(8.1)	2,211(35.8)	413(14.7)	1,960(39.6)	54(10.6)
40 - 49	3,224(22.8)	165(14.3)	961(15.6)	642(22.9)	814(16.5)	78(15.3)
50 - 59	1,224(8.7)	45(3.9)	526(8.5)	399(14.2)	350(7.1)	39(7.6)
60 -	113(0.8)	5(0.4)	106(1.7)	45(1.6)	54(1.1)	5(1.0)
계	14,114(100.0)	1,157(100.0)	6,175(100.0)	2,803(100.0)	4,947(100.0)	510(100.0)
평 균	36.3±8.9	28.8±9.7	34.3±10.3	35.1±12.3	34.4±9.4	30.6±11.1

표 IV-2-3. 연구대상자의 재직기간별 분포

단위 : 명(%)

재직기간 (년)	조사군(여천공단)		제 1 대조군		제 2 대조군	
	남	여	남	여	남	여
- 4	6,085(43.1)	851(73.6)	4,954(80.2)	2,403(85.7)	4,196(84.8)	472(92.5)
5 - 9	4,759(33.7)	254(22.0)	715(11.6)	333(11.9)	625(12.6)	37(7.3)
10 - 14	1,405(10.0)	39(3.4)	304(4.9)	64(2.3)	98(2.0)	1(0.2)
15 - 19	1,759(12.5)	11(1.0)	202(3.3)	3(0.1)	28(0.6)	-
20 -	106(0.8)	2(0.2)	-	-	-	-
계	14,114(100.0)	1,157(100.0)	6,175(100.0)	2,803(100.0)	4,947(100.0)	510(100.0)

표 V-2-4. 연구대상자의 사업장 규모별 분포수

규모별 (인)	사업장 수 및 인원수(%)					
	조사군(여천공단)		제1대조군		제2대조군	
- 49	19	577 (3.8)	46	1,427 (15.9)	1	47 (0.9)
50 - 99	11	867 (5.7)	24	1,819 (20.2)	13	1,010 (18.5)
100 - 299	27	4,555 (29.8)	23	3,536 (39.4)	18	3,073 (56.3)
300 - 499	3	1,250 (8.2)	4	1,452 (16.2)	4	1,327 (24.3)
500 - 999	2	1,350 (8.8)	1	744 (8.3)	0	-
1,000 -	5	6,662 (43.7)	0	-	0	-
계	잘못된 계산식	잘못된 계산식(100.0)	잘못된 계산식	잘못된 계산식(100.0)	잘못된 계산식	잘못된 계산식(100.0)

나) 연구대상자의 관찰인년

남자의 총관찰인년은 조사군이 22,953인년, 제 1 대조군이 6,156인년, 제 2 대조군이 5,775인년으로 나타났다(표 V-2-5).

표 V-2-5. 연구대상자의 관찰인년

성별	조사군(여천공단)		제 1 대조군		제 2 대조군	
	대상자	인 년	대상자	인 년	대상자	인 년
남자	14,114	22,953	6,175	6,156	4,947	5,775
여자	1,157	1,509	2,803	2,286	510	559

다) 조사군의 재분류 산업별 직종 분포

여천공단 사업장의 산업별 종류는 총 67종이었는데, 이를 석유화학산업 중심으로 재분류하면 석유화학산업이 25개 업체, 비석유화학산업 4개, 인력·하청업 13개, 기타산업이 25개 업체였다. 조사군의 직종별 분포를 보면 남자에서는 유기용제 및 특정화학물에 대한 특수건강진단을 받는 생산직 근로자가 26.0%로 가장 많았고, 여자에서는 사무직이 19.6%로 가장 많았다(표 V-2-6).

표 V-2-6. 조사군의 직종분포

구 분	사무직	지원직	생산직1	생산직2	생산직3	미상	계
남자	1,858	217	2,794	3,674	1,051	4,520	14,114
	(13.2)	(1.5)	(19.8)	(26.0)	(7.4)	(32.0)	(100.0)
여자	227	11	163	13	6	737	1,157
	(19.6)	(1.0)	(14.1)	(1.1)	(0.5)	(63.7)	(100.0)

* 생산직 1 : 특수건강진단을 받지 않는 생산직 근로자
생산직 2 : 유기용제 및 특정화학물에 대한 특수건강진단을 받는 생산직 근로자
생산직 3 : 소음, 방사선, 진동 등에 대한 특수건강진단을 받는 생산직 근로자

2) 의료보험급여자료를 이용한 수진율 및 상병양상

가) 연구대상자의 입원 및 외래 진료 수진량

연구대상자의 입원 및 외래진료 수진량을 보면, 입원건수 및 일수, 외래 건수, 방문회수, 투약일수 등이 조사군에서 연령 직력에도 불구하고 대조군에 비해 낮은 경향을 보였다(표 V-2-7).

표 V-2-7. 연구대상자의 입원 및 외래 수진량 (남자)

단위 : 명 (건 · 일 · 회/인년)

		조사군(여천공단)	제 1 대조군	제 2 대조군
입 원	건수 (100 인년당)	754 (3.3)	257 (4.2)	322 (5.6)
	일 수 (인년당)	7,579 (0.3)	3,229 (0.5)	3,078 (0.5)
외 래	건 수 (인년당)	62,893 (2.7)	17,364 (2.8)	15,633 (2.7)
	방문회수 (인년당)	113,619 (5.0)	34,255 (5.6)	30,570 (5.3)
	투약일수 (인년당)	327,635 (14.3)	107,042 (17.4)	85,108 (14.7)

나) 상병양상 : 남자의 257개 항목군(중분류) 질병별 수진율

남자의 중분류 질병중 조사군과 대조군의 상위 20개 다빈도 질병을 보면, 제1위는 조사군, 제1, 2대조군 모두에서 '급성상기도감염'이었으나, 조사군에서는 제2위가 '기타급성하기도감염'이었으나 제1, 2대조군에서는 그보다 하위인 제6위, 제5위에 위치하고 있었고, 조사군에서 제5위인 '결막의 장애'가 제1, 2대조군에서는 그보다 하위인 제7위, 제6위를 차지하고 있었다. 또 조사군에서 상위를 점하고 있는 '상기도의 기타질환', '진균증', '만성하기도염', '공막, 각막, 홍채 및 모양체의 장애', '안검, 누기 및 안와의 장애' 등이 제1, 2 대조군에서는 그보다 하위에 위치하고 있었다. 한편 제1, 2 대조군에서 상위에 위치한 '손목 및 손의 손상', '간의 질환' 등은 조사군에서는 그보다 하위를 차지하고 있는 것이 특징적이다(표 V-2-8).

표 V-2-8. 연구대상자의 257개 항목군중 다빈도 질병별 순위 (남자)

순위	질병명 (수진율, 명/100인년)		
	조사군(여천공단)	제1대조군	제2대조군
1	급성 상기도 감염 (19.3)	급성 상기도 감염 (14.5)	급성 상기도 감염 (17.1)
2	기타 급성 하기도 감염 (10.0)	식도, 위 및 십이지장의 질환 (10.7)	식도, 위 및 십이지장의 질환 (10.2)
3	식도, 위 및 십이지장의 질환 (9.7)	피부염 및 습진 (6.1)	피부염 및 습진 (6.6)
4	피부염 및 습진 (8.6)	손목 및 손의 손상 (5.1)	간의 질환 (4.9)
5	결막의 장애 (5.1)	간의 질환 (5.0)	기타 급성 하기도 감염 (4.6)
6	상기도의 기타 질환 (5.0)	기타 급성 하기도 감염 (5.0)	결막의 장애 (4.5)
7	간의 질환 (4.5)	결막의 장애 (4.6)	기타 배병증 (4.5)
8	진균증 (4.1)	상기도 기타 질환 (4.5)	상기도 기타 질환 (4.3)
9	기타 배병증 (3.4)	기타 배병증 (4.0)	손목 및 손의 손상 (4.2)
10	만성 하기도 질환 (3.2)	장관 감염 질환 (3.5)	다발성 신체 부위를 포함하는 손상 (3.8)
11	공막, 각막, 홍채 및 모양체의 장애 (3.0)	자연개구를 통해 들어간 이물의 영향 (3.4)	머리의 손상 (3.4)
12	다발성 신체 부위를 포함하는 손상 (2.6)	다발성 신체 부위를 포함하는 손상 (3.2)	피부조직 및 피하조직의 감염 (3.2)
13	손목 및 손의 손상 (2.6)	머리의 손상 (3.0)	복부, 하배부, 요추 및 골반의 손상 (2.8)
14	피부조직 및 피하조직의 감염 (2.6)	피부조직 및 피하조직의 감염 (2.9)	장관 감염 질환 (2.7)
15	안검, 누기 및 안와의 장애 (2.5)	만성 하기도 질환 (2.8)	자연개구를 통해 들어간 이물의 영향(2.6)
16	장관 감염 질환 (2.5)	진균증 (2.7)	진균증 (2.5)
17	복부, 하배부, 요추 및 골반의 손상 (2.0)	공막, 각막, 홍채 및 모양체의 장애 (2.4)	발목 및 발의 손상 (2.5)
18	비뇨기계의 기타 질환 (2.0)	발목 및 발의 손상 (2.3)	두드러기 및 홍반 (2.3)
19	장관의 기타 질환 (2.0)	장관의 기타 질환 (2.2)	만성 하기도 질환 (2.2)
20	외이의 질환 (1.8)	두드러기 및 홍반 (2.2)	비감염성 장염 및 대장염 (2.2)

다) 남자 대상자의 257개 항목군(중분류) 질병별 표준화수진비

표준화수진비 1과 2가 모두 유의하게 높은 질병은 녹내장, 초자체 및 안구의 장애, 피부 및 피하조직을 침습한 증상 및 징후, 인지, 지각, 정서상태 및 행위에 관한 증상 및 징후, 외인의 기타 및 상세불명의 영향 등 21개 질병이었고, 표준화수진비 1과 2가 모두 유의하게 낮은 질병은 남자는 당뇨병, 고혈압성질환, 간질환, 식도, 위 및 십이지장의 질환 등 38개 질병이었다(표 V-2-9a, b).

표 V-2-9a. 257개 항목군 질병중 조사군의 표준화수진비가 높은 질병 (남자)

K C D	질 병 명	수진자수	표준화 수진비1	표준화 수진비2
B35 - B40	진균증	942	1.45	1.61
H00 - H06	안검, 누기 및 안와의 장애	581	1.41	1.18
H10 - H13	결막의 장애	1,168	1.08	1.11
H15 - H22	공막, 각막, 홍채 및 모양체의 장애	678	1.21	1.85
H40 - H42	녹내장	50	3.69	2.41
H43 - H45	초자체 및 안구의 장애	28	3.32	2.66
H49 - H52	안근, 양안운동, 조절 및 굴절의 장애	309	1.81	1.22
I60 - I69	대뇌혈관 질환	48	1.38	1.37
J00 - J06	급성 상기도 감염	4,427	1.30	1.12
J20 - J22	기타 급성 하기도 감염	2,293	1.97	2.08
J30 - J39	상기도의 기타 질환	1151	1.07	1.15
J40 - J47	만성 하기도 질환	724	1.11	1.39
K0 - K14	구강, 타액선 및 악골의 질환	105	2.37	1.35
K90 - K93	소화기계의 기타 질환	42	2.38	1.55
L20 - L30	피부염 및 습진	1,984	1.40	1.28
N20 - N23	요로결석증	137	1.50	1.67
R20 - R23	피부 및 피하조직을 침습한 증상 및 징후	36	7.56	2.64
R30 - R39	비뇨기계를 침습한 증상 및 징후	80	1.50	1.27
R40 - R46	인지, 지각, 정서상태 및 행위에 관한 증상 및 징후	39	3.09	4.16
S10 - S19	목의 손상	212	1.52	1.17
T66 - T78	외인의 기타 및 상세불명의 영향	138	13.22	1.55

* 표준화수진비1 및 표준화수진비2가 모두 1이상이며 통계적으로 유의한 질병군

표 V-2-9b. 257개 항목군 질병중 조사군의 표준화수진비가 낮은 질병 (남자)

KCD	질 병 명	수진자수	표준화 수진비1	표준화 수진비2
A00 - A09	장관 감염 질환	565	0.70	0.88
B15 - B19	바이러스 간염	236	0.70	0.65
B25 - B34	기타 바이러스 질환	111	0.48	0.43
B65 - B83	윤충증	26	0.38	0.36
C00 - C14	입술 구강 및 인두의 악성신생물	1	0.13	0.07
E00 - E07	갑상선의 장애	23	0.52	0.51
E10 - E14	당뇨병	176	0.84	0.81
F20 - F29	정신분열증, 분열형 및 망상성 장애	16	0.43	0.53
F40 - F48	신경증적, 스트레스와 연관된, 신체형 장애	190	0.65	0.52
G40 - G47	우발적 및 발작적 장애	123	0.47	0.48
G50 - G59	신경, 신경근 및 신경총 장애	84	0.53	0.65
G70 - G73	근신경 접합부 및 근육의 질환	2	0.14	0.16
I10 - I15	고혈압성 질환	227	0.83	0.60
K20 - K31	식도, 위 및 십이지장의 질환	2,232	0.89	0.93
K50 - K52	비감염성 장염 및 대장염	351	0.78	0.69
K70 - K77	간의 질환	1,037	0.85	0.88
L00 - L08	피부조직 및 피하조직의 감염	589	0.90	0.84
L50 - L54	두드러기 및 홍반	422	0.82	0.77
M20 - M25	기타 관절 장애	148	0.59	0.56
M30 - M36	전신성 결합조직 장애	10	0.30	0.21
M50 - M54	기타 배병증	786	0.85	0.72
M60 - M63	근 장애	8	0.14	0.26
M70 - M79	기타 연부조직 장애	388	0.86	0.74
M80 - M85	뼈밀도 및 구조 장애	5	0.25	0.24
N10 - N16	신세뇨관-간질성 질환	38	0.50	0.66
N40 - N51	남성 생식 기관의 질환	210	0.86	0.51
R00 - R09	순환기계 및 호흡기계를 침습한 증상 및 징후	143	0.82	0.47
S00 - S09	머리의 손상	407	0.62	0.53
S40 - S49	어깨 및 팔죽지의 손상	255	0.74	0.77
S50 - S59	팔꿈치 및 아래팔의 손상	174	0.84	0.64
S60 - S69	손목 및 손의 손상	597	0.54	0.64
S70 - S79	둔부(엉덩이) 및 대퇴의 손상	72	0.54	0.44
S80 - S89	무릎 및 아래다리의 손상	308	0.80	0.64
S90 - S99	발목 및 발의 손상	417	0.79	0.73
T00 - T07	다발성 신체 부위를 포함하는 손상	602	0.80	0.70
T08 - T14	체간, 사지 또는 신체부위의 상세불명 부분의 손상	76	0.28	0.25
T15 - T19	자연개구를 통해 들어간 이물의 영향	269	0.35	0.45
T90 - T98	손상, 중독 및 외인의 기타 결과의 후유증	15	0.58	0.46

* 표준화수진비1 및 표준화수진비2가 모두 1 이하이며 통계적으로 유의한 질병군

라) 연구대상자의 주요관심질병별 표준화수진비

남자 대상자의 주요관심질병에 대한 표준화수진비의 결과는 외래 및 입원을 포함한 경우 '호흡기질환', '각결막질환', '피부질환' 등이 대조군에 비해 유의하게 높았고, '위장관질환', '심질환', '신질환', '간질환', '정신 · 행동장애'는 유의하게 낮았다. 입원 및 외래, 외래, 입원, 2회 이상 수진의 경우도 비슷하였다. 여자에 있어서는 남자와 비슷한 경향을 보였고 '중추신경계 증상', '증상 · 징후'에서 대조군에 비해 유의하게 높은 의료이용을 보였다(표 V-2-10a, b).

표 V-2-10a. 주요관심질병별 표준화수진비 (남자) - 외래 및 입원

질	수진자수 (명)	기대수1 (명)	표준화 수진비1	95% 신뢰구간	기대수2 (명)	표준화 수진비2	95% 신뢰구간
빈 혈	22	12.20	1.80	(1.13-2.73)	50.62	0.43	(0.27-0.66)
호 흡 기 질 환	5,926	5,076.70	1.17	(1.14-1.20)	5,166.30	1.15	(1.12-1.18)
천 식	138	146.47	0.94	(0.79-1.11)	108.21	1.28	(1.07-1.51)
각막·결막 질환	1,649	1,477.40	1.12	(1.06-1.17)	1,343.90	1.23	(1.17-1.29)
위 장 관 질 환	2,240	2,524.30	0.89	(0.85-0.92)	2,410.60	0.93	(0.89-0.97)
심 질 환	131	164.96	0.79	(0.66-0.94)	220.78	0.59	(0.50-0.70)
신 질 환	73	103.38	0.71	(0.55-0.89)	99.33	0.73	(0.58-0.92)
간 질 환	1,169	1,445.80	0.81	(0.76-0.86)	1,421.50	0.82	(0.78-0.87)
피 부 질 환	2,573	2,078.90	1.24	(1.19-1.29)	2,318.70	1.11	(1.07-1.15)
정신 행동 장애	334	585.05	0.57	(0.51-0.64)	645.61	0.52	(0.46-0.58)
악 성 신 생 물	59	69.56	0.85	(0.65-1.09)	83.72	0.70	(0.54-0.91)
중추신경계 장애	183	188.87	0.97	(0.83-1.12)	117.75	1.55	(1.34-1.80)
증 상 · 징 후	677	570.80	1.19	(1.10-1.28)	750.83	0.90	(0.84-0.97)

* 기대수1 : 제 1 대조군을 표준인구로 했을 때 조사군에서 계산상 기대되는 수진자수

* 기대수2 : 제 2 대조군을 표준인구로 했을 때 조사군에서 계산상 기대되는 수진자수

* $\text{표준화수진비1} = \frac{\text{조사군에서실제관찰된 수진자수}}{\text{기대수1}}$

* $\text{표준화수진비2} = \frac{\text{조사군에서실제관찰된 수진자수}}{\text{기대수2}}$

표 V-2-10b. 주요관심질병별 표준화수진비 (여자) - 외래 및 입원

질	수진자수 (명)	기대수1 (명)	표준화 수진비1	95% 신뢰구간	기대수2 (명)	표준화 수진비2	95% 신뢰구간
빈 혈	4	2.97	1.35	(0.36-3.45)	5.45	0.73	(0.20-1.88)
호 흡 기 질 환	413	378.09	1.09	(0.99-1.20)	411.29	1.00	(0.91-1.11)
천 식	8	6.56	1.22	(0.52-2.40)	5.61	1.43	(0.61-2.81)
각막·결막 질환	172	132.23	1.30	(1.11-1.51)	167.77	1.03	(0.88-1.19)
위 장 관 질 환	173	190.18	0.91	(0.78-1.06)	203.66	0.85	(0.73-1.00)
심 질 환	10	5.89	1.70	(0.81-3.12)	2.80	3.57	(1.71-6.56)
신 질 환	16	18.24	0.88	(0.50-1.42)	8.25	1.94	(1.02-3.00)
간 질 환	34	51.57	0.66	(0.46-0.92)	29.42	1.16	(0.77-1.58)
피 부 질 환	206	232.34	0.89	(0.77-1.02)	244.40	0.84	(0.73-0.97)
정신 행동 장애	47	49.36	0.95	(0.70-1.27)	65.88	0.71	(0.51-0.93)
악 성 신 생 물	5	5.38	0.93	(0.30-2.17)	5.45	0.92	(0.30-2.14)
중추신경계 증상	24	6.82	3.52	(2.25-5.24)	5.61	4.28	(2.74-6.37)
증 상 · 징 후	47	33.06	1.42	(1.04-1.89)	33.99	1.38	(1.02-1.84)

* 기대수1 : 제 1 대조군을 표준인구로 했을 때 조사군에서 계산상 기대되는 수진자수
* 기대수2 : 제 2 대조군을 표준인구로 했을 때 조사군에서 계산상 기대되는 수진자수
* $표준화수진비1 = \frac{조사군에서실제관찰된\ 수진자수}{기대수1}$
* $표준화수진비2 = \frac{조사군에서실제관찰된\ 수진자수}{기대수2}$

마) 조사군의 변수별 주요관심질병의 수진율

주요관심질병에 대해 조사군 남자의 수진율을 연령별, 재직기간별, 재분류 산업별, 거주지별, 사업장 소재지역별, 직종별로 구분하여 보았다. 연령에 따른 수진율은 거의 모든 질환에서 연령이 증가함에 따라 증가하였다. 재직기간별 수진율을 보면 남자는 '호흡기 질환', '위장관질환', '간질환' 등도 재직기간이 길어짐에 따라 수진율이 증가하였다. 재분류 산업별 수진율은 '위장관질환', '피부질환', '호흡기질환' 등이 비석유화학산업에 종사하는 근로자에서 다른 산업 종사자들 보다 높았으며, 조사군의 거주지별 수진율은 여천 공단내에 거주하는 사람들에서 '피부질환', '호흡기질환'이 공단외 지역에서 거주하는 경우보다 높았다. 직종별 수진율은 '위장관질환', '호흡기질환'이 생산직A에서 타직종보다 높았으며, '피부질환'의 경우는 생산직B에서 높았고 대부분의 질환이 사무직보다 생산직에서 수진율이 높았다(표 V-2-11, 12, 13, 14, 15, 16, 17).

표 V-2-11. 조사군의 연령별 주요관심질환의 수진율 (남자)

질 병 명	연령별 (세)					
	- 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 -
빈 혈	0 -	6 (0.1)	7 (0.1)	6 (0.1)	3 (0.1)	0 -
호 흡 기 질 환	1 (20.0)	876 (20.6)	2,708 (25.7)	1,667 (28.2)	618 (29.4)	56 (35.7)
천 식	0 -	15 (0.4)	65 (0.6)	35 (0.6)	19 (0.9)	4 (2.5)
각막·결막 질환	0 -	270 (6.3)	791 (7.5)	446 (7.6)	133 (6.3)	9 (5.7)
위 장 관 질 환	1 (20.0)	257 (6.0)	957 (9.1)	720 (12.2)	281 (13.4)	24 (15.3)
심 질 환	0 -	8 (0.2)	39 (0.4)	53 (0.9)	27 (1.3)	4 (2.5)
신 질 환	0 -	5 (0.1)	40 (0.4)	23 (0.4)	5 (0.2)	0 -
간 질 환	1 (20.0)	145 (3.4)	493 (4.7)	364 (6.2)	157 (7.5)	9 (5.7)
피 부 질 환	1 (20.0)	479 (11.3)	1,143 (10.9)	695 (11.8)	233 (11.1)	22 (14.0)
정신행동 장 애	0 -	43 (1.0)	135 (1.3)	105 (1.8)	45 (2.1)	6 (3.8)
악 성 신 생 물	0 -	8 (0.2)	19 (0.2)	19 (0.3)	11 (0.5)	4 (2.5)
중추신경계 장애	0 -	24 (0.6)	78 (0.7)	59 (1.0)	17 (0.8)	5 (3.2)
증 상 · 징 후	0 -	100 (2.4)	297 (2.8)	201 (3.4)	70 (3.3)	9 (5.7)

* 질병별 수진율 = $\frac{\text{수진자수}}{\text{조사군의 관찰인년}} \times 100$

표 V-2-12. 조사군의 재직기간별 주요관심질환의 수진율 (남자)

단위 : 명(*)

질 병 명	재 직 기 간 (년)									
	< 5		5-9		10-14		15-19		≥20	
빈 혈	10	(0.1)	5	(0.1)	3	(0.1)	4	(0.1)	0	-
호 흡 기 질 환	1,701	(22.9)	2,408	(26.2)	735	(27.5)	1,003	(29.1)	79	(37.3)
천 식	35	(0.5)	53	(0.6)	21	(0.8)	27	(0.8)	2	(0.9)
각막·결막 질환	533	(7.2)	672	(7.3)	182	(6.8)	249	(7.2)	13	(6.1)
위 장 관 질 환	566	(7.6)	824	(9.0)	295	(11.0)	537	(15.6)	18	(8.5)
심 질 환	28	(0.4)	41	(0.5)	18	(0.7)	39	(1.1)	5	(2.4)
신 질 환	21	(0.3)	24	(0.3)	13	(0.5)	14	(0.4)	1	(0.5)
간 질 환	330	(4.5)	443	(4.8)	147	(5.5)	239	(6.9)	10	(4.7)
피 부 질 환	826	(11.1)	1,006	(10.9)	314	(11.7)	398	(11.6)	29	(13.7)
정신 행동 장애	102	(1.4)	138	(1.5)	35	(1.3)	54	(1.6)	5	(2.4)
악 성 신 생 물	15	(0.2)	22	(0.2)	8	(0.3)	14	(0.4)	0	-
중추신경계 장애	61	(0.8)	70	(0.8)	20	(0.8)	30	(0.9)	2	(0.9)
증 상 · 징 후	213	(2.9)	251	(2.7)	91	(3.4)	113	(3.3)	9	(4.3)

* 질병별 수진율 = $\frac{\text{수진자수}}{\text{조사군의 관찰인년}} \times 100$

표 V-2-13. 조사군의 재분류 산업별 주요관심질환의 수진율 (남자)

단위 : 명(*)

질병명	산업							
	석유화학계		비석유화학계		인력·하청		기타	
빈혈	15	(0.1)	1	-	3	(0.1)	3	(0.1)
호흡기질환	4,103	(26.3)	726	(31.4)	543	(26.0)	554	(18.9)
천식	89	(0.6)	11	(0.5)	15	(0.7)	23	(0.8)
각막·결막 질환	1,131	(7.2)	194	(8.4)	164	(7.9)	160	(5.5)
위장관질환	1,317	(8.4)	522	(22.6)	199	(9.5)	202	(6.9)
심질환	98	(0.6)	13	(0.6)	13	(0.6)	7	(0.2)
신질환	55	(0.4)	6	(0.3)	5	(0.2)	7	(0.2)
간질환	709	(4.5)	232	(10.0)	115	(5.5)	113	(3.9)
피부질환	1,791	(11.5)	311	(13.5)	244	(11.7)	227	(7.8)
정신 행동 장애	225	(1.4)	38	(1.6)	41	(2.0)	30	(1.0)
악성신생물	455	(2.9)	75	(3.2)	9	(0.4)	5	(0.2)
중추신경계 증상	30	(0.2)	12	(0.5)	17	(0.8)	21	(0.7)
증상·징후	124	(0.8)	21	(0.9)	68	(3.3)	79	(2.7)

* 질병별 수진율 = $\frac{\text{수진자수}}{\text{조사군의 관찰인년}} \times 100$

표 V-2-14. 조사군의 거주지별 주요관심질환의 수진율 (남자)

단위 : 명(*)

질병명	거주지					
	여천공단내		여천시		기타	
빈혈	0	-	5	(0.1)	10	(0.1)
호흡기질환	111	(28.5)	2,497	(27.2)	1,854	(26.4)
천식	0	-	58	(0.6)	45	(0.6)
각막·결막 질환	28	(7.2)	653	(7.1)	521	(7.4)
위장관질환	28	(7.2)	914	(10.0)	749	(10.7)
심질환	1	(0.3)	56	(0.6)	40	(0.6)
신질환	1	(0.3)	20	(0.2)	20	(0.3)
간질환	10	(2.6)	469	(5.1)	369	(5.3)
피부질환	49	(12.6)	1,082	(11.8)	784	(11.2)
정신 행동 장애	2	(0.5)	92	(1.0)	126	(1.8)
악성신생물	1	(0.3)	18	(0.2)	19	(0.3)
중추신경계 증상	2	(0.5)	92	(1.0)	37	(0.5)
증상·징후	9	(2.3)	278	(3.0)	199	(2.8)

* 질병별 수진율 = $\frac{\text{수진자수}}{\text{조사군의 관찰인년}} \times 100$

표 V-2-15. 조사군의 사업장 소재지역별 주요관심질환의 수진율 (남자)

단위 : 명(*)

질 병 명	사 업 장 소 재 지 역							
	화치·월화동		평여·중흥동		적량·월내동		낙포동	
빈 혈	9	(0.1)	7	(0.2)	5	(0.2)	1	(<0.1)
호 흡 기 질 환	2,919	(24.2)	1,062	(23.0)	984	(34.4)	961	(28.2)
천 식	69	(0.6)	27	(0.6)	26	(0.9)	16	(0.5)
각막·결막 질환	802	(6.7)	335	(7.2)	251	(8.8)	261	(7.7)
위 장 관 질 환	950	(7.9)	397	(8.6)	274	(9.6)	619	(18.2)
심 질 환	59	(0.5)	30	(0.7)	25	(0.9)	17	(0.5)
신 질 환	37	(0.3)	13	(0.3)	13	(0.5)	10	(0.3)
간 질 환	515	(4.3)	243	(5.3)	121	(4.2)	290	(8.5)
피 부 질 환	1,268	(10.5)	523	(11.3)	377	(13.2)	405	(11.9)
정신 행동 장애	170	(1.4)	57	(1.2)	47	(1.6)	60	(1.8)
악 성 신 생 물	26	(0.2)	15	(0.3)	9	(0.3)	9	(0.3)
중추신경계 증상	101	(0.8)	33	(0.7)	20	(0.7)	29	(0.9)
증 상 · 징 후	350	(2.9)	123	(2.7)	99	(3.5)	105	(3.1)

* 질병별 수진율 = $\frac{\text{수진자수}}{\text{조사군의 관찰인년}} \times 100$

표 V-2-16. 조사군의 직종별 주요관심질환의 수진율 (남자)

단위 : 명(*)

질 병 명	직 종					
	사무직		생산직A		생산직B	
빈 혈	2	(0.1)	7	(0.1)	6	(0.1)
호 흡 기 질 환	803	(25.1)	1,916	(27.9)	1,780	(26.6)
천 식	23	(0.7)	33	(0.5)	46	(0.7)
각막·결막 질환	191	(6.0)	519	(7.6)	503	(7.5)
위 장 관 질 환	291	(9.1)	839	(12.2)	581	(8.7)
심 질 환	21	(0.7)	44	(0.6)	33	(0.5)
신 질 환	11	(0.3)	15	(0.2)	18	(0.3)
간 질 환	144	(4.5)	411	(6.0)	308	(4.6)
피 부 질 환	316	(9.9)	771	(11.2)	842	(12.6)
정신 행동 장애	35	(1.1)	104	(1.5)	87	(1.3)
악 성 신 생 물	8	(0.3)	20	(0.3)	8	(0.1)
중추신경계 장애	21	(0.7)	49	(0.7)	63	(0.9)
증 상 · 징 후	81	(2.5)	221	(3.2)	190	(2.8)

* 질병별 수진율 = $\frac{\text{수진자수}}{\text{조사군의 관찰인년}} \times 100$

* 생산직A ; 생산직B를 제외한 생산직근로자

* 생산직B ; 유기용제 및 특정화학물에 대한 특수건강진단을 받는 생산직근로자

표 V-2-15. 조사군의 사업장 소재지역별 주요관심질환의 수진율 (남자)

단위 : 명(*)

질 병 명	사업장소재지역							
	화치·월화동		평여·중흥동		적량·월내동		낙포동	
빈 혈	9	(0.1)	7	(0.2)	5	(0.2)	1	(<0.1)
호 흡 기 질 환	2,919	(24.2)	1,062	(23.0)	984	(34.4)	961	(28.2)
천 식	69	(0.6)	27	(0.6)	26	(0.9)	16	(0.5)
각막·결막 질환	802	(6.7)	335	(7.2)	251	(8.8)	261	(7.7)
위 장 관 질 환	950	(7.9)	397	(8.6)	274	(9.6)	619	(18.2)
심 질 환	59	(0.5)	30	(0.7)	25	(0.9)	17	(0.5)
신 질 환	37	(0.3)	13	(0.3)	13	(0.5)	10	(0.3)
간 질 환	515	(4.3)	243	(5.3)	121	(4.2)	290	(8.5)
피 부 질 환	1,268	(10.5)	523	(11.3)	377	(13.2)	405	(11.9)
정신 행동 장애	170	(1.4)	57	(1.2)	47	(1.6)	60	(1.8)
악 성 신 생 물	26	(0.2)	15	(0.3)	9	(0.3)	9	(0.3)
중추신경계 증상	101	(0.8)	33	(0.7)	20	(0.7)	29	(0.9)
증 상 · 징 후	350	(2.9)	123	(2.7)	99	(3.5)	105	(3.1)

* 질병별 수진율 = $\frac{\text{수진자수}}{\text{조사군의 관찰인년}} \times 100$

표 V-2-16. 조사군의 직종별 주요관심질환의 수진율 (남자)

단위 : 명(*)

질 병 명	직 종					
	사무직		생산직A		생산직B	
빈 혈	2	(0.1)	7	(0.1)	6	(0.1)
호 흡 기 질 환	803	(25.1)	1,916	(27.9)	1,780	(26.6)
천 식	23	(0.7)	33	(0.5)	46	(0.7)
각막·결막 질환	191	(6.0)	519	(7.6)	503	(7.5)
위 장 관 질 환	291	(9.1)	839	(12.2)	581	(8.7)
심 질 환	21	(0.7)	44	(0.6)	33	(0.5)
신 질 환	11	(0.3)	15	(0.2)	18	(0.3)
간 질 환	144	(4.5)	411	(6.0)	308	(4.6)
피 부 질 환	316	(9.9)	771	(11.2)	842	(12.6)
정신 행동 장애	35	(1.1)	104	(1.5)	87	(1.3)
악 성 신 생 물	8	(0.3)	20	(0.3)	8	(0.1)
중추신경계 장애	21	(0.7)	49	(0.7)	63	(0.9)
증 상 · 징 후	81	(2.5)	221	(3.2)	190	(2.8)

* 질병별 수진율 = $\frac{\text{수진자수}}{\text{조사군의 관찰인년}} \times 100$

* 생산직A ; 생산직B를 제외한 생산직근로자

* 생산직B ; 유기용제 및 특정화학물에 대한 특수건강진단을 받는 생산직근로자

표 IV-1-17. 조사군의 재분류산업별 주요관심질환의 수진율 (남자)

단위 : 명(*)

질 병 명	산 업			
	석유화학계		비석유화학계	
빈 혈	17	(0.1)	5	(0.2)
호 흡 기 질 환	5,377	(27.1)	549	(17.8)
천 식	117	(0.6)	21	(0.7)
각막·결막 질환	1,482	(7.5)	167	(5.4)
위 장 관 질 환	2,025	(10.2)	215	(7.0)
심 질 환	121	(0.6)	10	(0.3)
신 질 환	67	(0.3)	6	(0.2)
간 질 환	1,059	(5.3)	110	(3.6)
피 부 질 환	2,344	(11.8)	229	(7.4)
정신 행동 장애	304	(1.5)	30	(1.0)
악 성 신 생 물	55	(0.3)	6	(0.2)
중추신경계 증상	164	(0.8)	19	(0.6)
증 상 · 징 후	606	(3.1)	71	(2.3)

* 질병별 수진율 = $\frac{\text{수진자수}}{\text{조사군의 관찰인년}} \times 100$

3) 연구대상자의 산재보험 급여실태

산재환자의 분포는 조사군과 제1, 2 대조군에서 1994-1995년 동안 발생한 총수는 각각 100명, 47명, 33명이었고, 상병별로는 손상, 골절, 과신장에 의한 산재발생이 가장 많았으며, 조사군에서 가스/증기 흡입, 폐부종, 질식의 환자가 16명, 화상,부식의 환자는 17명인데 반해, 제 1, 2 대조군에서 각 2명씩으로 발생양상에 있어 특이한 현상을 볼수 있었다. 건수율의 비교에 있어서도 조사군의 산재발생이 대조군에 비해 낮았다(표 V-2-18).

표 V-2-18. 조사군과 대조군의 산재발생[1] 질병별 분포

질 병 명		재 해 자 수 (%)		
		조사군(여천공단)	제 1 대조군	제 2 대조군
허혈성 심질환	(I20 - I25)	1 (1.0)	0 -	0 -
뇌혈관질환	(I60 - I69)	2 (2.0)	2 (4.3)	2 (6.1)
가스/증기흡입, 폐부종, 질식	(J68 - J70, J80-J84, T70)	16 (16.0)	0 -	0 -
손상, 골절, 과신장	(S00 - S99, T00 - T19)	63 (63.0)	43 (91.5)	28 (84.8)
화상, 부식	(T20 - T32)	17 (17.0)	2 (4.3)	2 (6.1)
운수사고, 추락, 기타외인사	(V01-V99,W00-W19, W20-299, X00-X59)	1 (1.0)	0 -	1 (3.0)
계		100 (100.0)	47 (100.0)	33 (100.0)
건수율[2]		4.0	5.0	5.1

* 1) 사망자를 포함

2) 건수율(천인률) = $\frac{\text{94 - 95년 동안 발생한 산재환자(건) 수}}{\text{94년도 평균 근로자수 + 95년도 평균 근로자수}} \times 1,000$

4) 연구대상자의 사망실태

조사대상자 중 사망자는 조사군 41명, 제1 대조군 25명(6명은 여자), 제2 대조군 17명이었으며, 세군 모두 손상 중독 및 외인에 의한 사망이 가장 많았고 신생물, 순환기계질환 순이었다. 전체사망율은 조사군이 10만명당 331명으로 두 대조지역에 비해 낮았다(표 V-2-19).

표 V-2-19. 조사군과 대조군 남자의 사인별 사망자수

대 분 류		사 망 자 수 (%)					
		조사군(여천공단)		제 1 대조군		제 2 대조군	
특정감염성및 기생충성질환	(A00-B99)	1	(2.4)	0	-	1	(5.9)
신 생 물	(C00-D48)	6	(14.6)	3	(15.8)	5	(29.4)
정신 및 행동 장애	(F00-F99)	1	(2.4)	0	-	0	-
순환기계의 질 환	(I00- I99)	2	(4.9)	2	(10.5)	0	-
호흡기계의 질 환	(J00- J99)	1	(2.4)	0	-	0	-
소화기계의 질 환	(K00-K93)	3	(7.3)	1	(5.3)	1	(5.9)
손 상, 중 독 및 외 인 에 의 한 특 정 기 타 결 과	(S00-T98)	26	(63.4)	13	(68.4)	10	(58.8)
미 상		1	(2.4)	0	-	0	-
계		41	(100.0)	19*	(100.0)	17	(100.0)
조사망율(/10만명)		331		405		519	

* 여자 6명을 제외한 숫자임

$$\text{조사망률} = \frac{\text{94 - 95년 동안 사망자수}}{\text{94 - 95년 평균 근로자수}} \times 10,000$$

바. 연구의 제한점

본 연구결과를 해석하는데 다음의 제한점을 고려해야 한다.

1) 의료보험 청구자료의 질병명을 사용시 예상되는 오차

가) 의료기관에서(특히 외래단위) 청구하는 질병명은 주로 환자 증상 중심의 임상적 진단명에 해당할 것이므로, 한국표준질병사인분류 (KCD)의 확진(final diagnosis) 질병명과 오차가 발생할 가능성이 있다.

나) 동일 증상이라도 KCD내의 증상중심, 확진중심, 증후군중심 등으로 중복된 분류항목으로 인해 의료기관마다 서로 다른 질병명을 적용할 가능성이 있다.

다) 본 연구의 환자수는 94-95년간 동일 질병명의 환자수이므로 동일환자, 동일질병이라도 진단명이 수정되면 복수로 계산될 수 있다.

라) 초진시 감별을 요하는 진단(R/O)으로 일단 의료보험에 청구된 이상, 재진에서 진단명이 변경되어도 초진시 진단명으로 될 수 있다.

마) 의료기관에서 진료비 청구시 자료에는 주상병과 여러 부상병이 기록되더라도, 의료보험급여심사완료 자료에는 주상병만이 입력되기 때문에 만성질환자의 경우에 있어서는 의료기관 이용시 주소(主訴)만이 기록되었을 가능성이 있으며, 본 연구는 이러한 주상병만을 분석대상으로 한 것이다.

2) 자료수집에 있어서의 오차

가) 사업장 내부자료를 제출한 사업장과 제출하지 않은 사업장의 특성이 다를 수가 있어 오차가 있을 수 있다.

나) 조사군에 있어서 직종의 종류가 다양하고 사업장 분포에 일관성이 부족하고, 사업장 내부자료의 수집이 부족하고 대조군의 직종을 알 수 없는 경우가 많아 직종의 분류 및 분석에서 오차가 있을 수 있다.

3) 근로자들의 거주지역별 의료기관 이용정도의 차이

가) 조사군과 대조군 지역간에 의료기관의 수와 분포가 다름으로서 의료기관의 접근성에 차이가 있을 수 있다.

나) 사업장의 근무시간에 따라 의료기관 이용에 차이가 있을수 있다.

다) 근로자들의 건강에 대한 관심과 경제력 그리고 교육수준 및 환경오염에 대한 관심에 따라 의료이용이 다를 수 있다.

4) 질병과 공단환경오염과의 관련성 평가에 대한 제한점

가) 유해환경에 대한 개인적인 폭로상태에 관한 정보가 부족하였다.

나) 각 근로자의 과거력과 생활습관에 관한 정보가 부족하였다.

5) 사업장에 따른 건강근로자효과 고려

조사군과 대조군의 사업장의 규모의 차이로 인한 소위 건강근로자효과(Healthy worker effect)의 오차를 고려하여야 한다.

사. 요약 및 결론

여천 공단의 작업환경에 노출되고 있는 근로자들의 건강상태를 파악하기 위하여, 1994년 1월 1일 부터 1995년 12월 31일 까지의 2개년 동안에 여천공단 사업장에서 1개월 이상 근무한 근로자 15,271명을 조사군으로 하고, 동일기간의 광주지역 일부 근로자 8,978명을 제1 대조군으로, 여수 · 순천 · 광양지역 일부 근로자 5,457명을 제2 대조군으로 하여 의료보험과 산재보험 이용실태를 비교분석 하였다.

1) 전체질병에 있어 조사군의 수진율, 수진건수, 수진횟수, 투약일수는 제1, 2 대조군보다 낮았다.

2) 한국표준질병사인분류(이하 KCD)에 의한 257개 항목별(이하 중분류)질병군에서 남자 조사군의 표준화수진비가 제1, 2대조군보다 유의하게 높은 질병을 빈도순으로 보면 첫째, 급성 상기도 감염 둘째, 기타 급성 하기도 감염 셋째, 피부염 및 습진 넷째, 결막의 장애 다섯째, 상기도의 기타 장애 등 21개 질병이었고, 조사군이 제1, 2 대조군보다 유의하게 낮은 질병을 빈도순으로 보면 첫째, 식도, 위 및 십이지장의 질환 둘째, 간질환 셋째, 다발성 신체부위를 포함한 손상 넷째, 손목 및 손의 손상 다섯째, 피부조직 및 피하조직의 감염 등 38개 질병이었다.

3) 여천공단에서 취급되는 화학물질들이 그 유발인자의 하나로 작용할 가능성이 있는 질병만으로 재조립한 '주요관심질병(KCD의 2,036개 3단위 항목(이하 소분류))'중 남자 조사군에서 제1, 2 대조군보다 표준화수진비가 유의하게 높은 질병은 '호흡기질환', '각막 결막질환', '피부질환' 등이고, 유의하게 낮은 질병은 '위장관질환', '심질환', '신질환', '간질환', '정신행동장애', '악성신생물' 등이었다.

4) 석유화학공업에서 주목되는 악성신생물을 보면, 전반적으로 조사군의 표준화수진비가 제1, 2 대조군보다 낮으며, 소분류별 각부위의 악성신생물을 보면, 통계적으로 유의하진 않았으나 남자의 경우 소화기계의 악성신생물과 호흡기 및 흉곽내 장기의 악성신생물은 조사군에서 제1, 2 대조군보다 높았다. 입술 구강 및 인두의 악성신생물과 눈, 뇌 및 중추신경계의 기타부위 악성신생물, 불명확한 속발성 및 상세불명 부위의 악성신생물 등은 남자의 경우 조사군에서 제1, 2 대조군보다 유의하게 낮았다.

5) 산재환자 발생 천인율은 조사군에서 제1, 2 대조군보다 낮으나, 가스/증기흡입, 폐부종, 질식과 화상, 부식으로 인한 환자 발생률이 조사군에서 더 높아 화학공단의 특성을 나타내고 있었다.

6) 조사군의 전체사망율과, 신생물에 의한 사망률은 대조군보다 낮은 경향이 있으며, 기타 사망원인에서는 차이를 발견할 수 없었다.

조사결과를 종합해 보면, 여천공단 근로자의 전체 의료기관이용 수진율은 전남지역 일부 제조업체 근로자 집단(대조군)보다 낮음에도 불구하고, 눈, 호흡기, 피부 등 공기와 접촉하는 기관의 증상 및 질병으로 인한 수진율은 대조군보다 유의하게 높았으며, 심장 · 혈액 · 신장 · 간장 · 신경의 장애 및 악성신생물로 인한 수진율은 대조군과 차이가 없거나 낮은 경향이었다.

그러나, 근로자 의료이용실태조사는 집단의 유병률이 아닌 의료이용 수진율을 분석하는 것이므로 집단의 질병실태를 직접적으로 추정할 수 없을 뿐 아니라 사업장 및 개인특성별 정보의 부족으로 인해 유해인자 폭로와 그 영향을 개인단위로 확인할 수 없는 제한점, 의료기관 분포의 지역간 차이로 인한 의료이용 차이에서 발생하는 오차 등 연구결과 해석시 감

안해야 할 유의점이 많으므로(실태조사결과 요약 부분의 '조사결과 해석상의 유의점' 참조), 수진율이 높거나 낮게 나타난 질병군들에 대해서는 실제로 유병률이 높은지의 여부 및 그 원인을 확인하기 위한 지속적인 관찰 및 추가연구가 있어야 될 것이다.

여 백

Ⅵ. 향후과제

여 백

Ⅵ. 향후과제

여천공단 근로자에 대한 질병발생 가능성의 조기예측 및 건간장해 예방을 위한 향후과제는 다음과 같다.

첫째, 여천공단과 같이 저농도의 유해물질에 복합적으로 폭로되는 경우의 건강장해는 비특이적으로 다양한 잠복기를 거쳐서 나타날 수 있으므로 기존의 특수건강진단이나 종합건강진단보다는 여천공단입주업체가 공동으로 질병발생경항을 경시적으로(시계열적으로) 또 집단적으로 비교 평가해야 하며, 건강진단자료뿐만 아니라 의료보험자료・사망자료・의무실 이용기록 등을 종합적으로 평가하여야 한다. 즉 여천공단에 지역별 질병감시체계(surveillance system)를 구축하여 작업환경영향으로 인한 건강장해발생 가능성을 조기에 예측하여 신속히 대처할 수 있도록 한다.

감시대상질병은 여천공단의 특성상 장차 건강문제로 대두될 수 있으나 잠복기가 길어 발견이 어려운 악성종양과 일시적인 폭로에서도 눈・호흡기・피부 등 직접 접촉되는 부위에 급성으로 영향이 나타날 수 있는 신체자극증상관련질환으로 한다.

아울러 현지와 인접한 대학의 산업의학 전문의와 산업위생전문가를 자문위원으로 위촉하여 의료보험자료・사망자료・의무실 이용기록・건강진단기록 및 유해화학물질에 의한 노출량 파악 평가 등을 자료의 특성에 따라 주기적(월별, 계절별 등)으로 모니터링하여야 할 것이다.

항상 공기에 직접 노출되어 있고 공기 속의 어떤 자극물질로 인한 반응이 즉시 나타날 수 있는 신체부분의 질환, 즉 호흡기질환, 결막질환 및 피부질환 등에 대한 발생경향을 평가하려면 장기적인 질병감시자료의 축적이 필요하다. 여천공단 작업환경이 이러한 질병에 영향을 미치는가 여부를 가늠하려면 집단간의 비교 뿐 아니라 시간의 흐름에 따른 발생수준의 변화를 관찰함으로써만 가능하다. 그리하여 이러한 질병의 발생빈도가 비교집단보다 높거나 여천공단지역의 평상시 수준보다 높게 관찰될 때는 보건관리를 더욱 강화하고, 필요시 여천공단 차원에서 전체 정밀조사를 수행하는 제도가 마련되어야 할 것이다.

그러나, 작업관련질환 감시체계의 단독 구축에서 얻는 효과 보다는 옥외작업환경 모니터링체계가 함께 구축되어 서로 정보의 교환이 긴밀히 이루어질 때 그 진가를 발휘할 수 있을 것이다.

둘째, 근로자 건강에 나쁜 영향을 줄 수 있는 비직업적 요인에 대한 관리도 하여야 한다. 여천공단의 조성 역사나 본 조사의 폭로평가결과를 감안할 때, 여천공단 근로자의 효과적인 질병예방을 위해서는 여천공단 입주업체가 주체가 되어 발암물질 취급자와 10년 이상 장기근속자들을 일차적인 집중보건관리대상으로 하여, 우선, 배치전 건강진단 및 특수건강진단에서 기존의 개인적인 질병이 있는 경우에, 작업환경에 의하여 악화되지 않도록 산업보건전문인력이 건강관리를 하여야 하며, 그리고 음주, 흡연, 비만, 식생활, 운동습관 등의 생활습관(life style)요소의 변화를 통하여 만성적 건강장해의 발현에 기여하는 위험요인도 줄여나가야 한다. 산업의학 전문의 등 산업보건 전문가와 협력하여 근로자의 건강보호 및 건강증진을 위한 보건관리활동을 보다 조직적으로 실시하는 것이 필요하다.

셋째, 여천공단입주업체의 정기·비정기적 보수작업시 작업공정 특성상 발생될 수 있는 유해화학물질(휘발성 유기용제 등)의 정확한 폭로농도 파악과 함께 지속적인 폭로저감대책이 필요하다.

넷째, 현재 법적으로 용역업체 근로자 내지는 일용직 근로자에 대한 보건관리의 책임은 그 인력을 고용하고 있는 사업주에게 부여되는 것으로 되어 있고 정기건강진단시에도 수진대상자에 포함시키도록 되어 있으나, 실제로는 사업장 보건관리 대상에서 제외되는 경우가 있다. 그러나, 실제 작업의 내용을 보면, 특별한 상황(정기보수공사 등)이 전개되고 있을 시에 일용직(용역업체) 근로자들이 주로 투입되며 이 때에 안전사고나 유해물질에 고폭로될 위험이 많음을 알 수 있다. '사업장 보건관리 기초조사' 결과에 의하면 정기보수공사는 장치산업의 생산성과 안전성을 위해 매우 중요한 업무로서, 석유화학공업의 특성을 대변하는 것이라고 볼 때에 여기에 투입되는 근로자의 역할은 사업장으로서 결코 무시할 수 없을 것이다. 따라서, 장치산업의 정기적 또는 비정기적 보수공사 등에 투입되는 근로자의 안전보건관리를 강화해 나가는 것이 바람직하다고 여겨진다.

참고문헌

김기웅, 박상신, 김태균, 문영한, 장성근(1996), 흰쥐 간장의 microsomal enzymes의 유도에 있어서 benzene, toluene과 xylene의 복합적인 영향과 그들의 대사산물. *Korean J. Toxicol.* (인쇄중)

노동부(1992), 유해물질의 허용농도, 노동부고시 제91-21호.

노동부(1995), '94년도 건강진단 실시결과 분석.

노동부(1995), '94 산업재해분석.

노동부(1996), '95 산업재해분석.

노동부(1996), 1995년 근로자 건강진단 실시결과.

노재훈 등(1994), 특수건강진단기관의 표준화 및 내실화방안에 관한 연구, *노동부 용역보고서.*

대한의무기록협회(1993), 한국표준질병사인분류.

배상수(1985), 의료이용에 영향을 미치는 요인에 관한 분석. 예방의학회지,1985;18(1):13-24

백도명(1997), 환경오염으로 인한 여천지역 주민건강영향에 대한 역학조사.

안연순, 정상혁, 신동천, 원종욱, 노재훈(1995), 특수건강진단기관의 건강진단결과 분석, *예방의학회지, 1995: 28(3) 663-67.*

여천시(1994), 여천통계연보.

여천시(1995), 여천통계연보.

염용태(1997), 여천공단지역 주민건강조사 - 최종보고서.

유승흠, 이용호, 조우현, 홍영표, 진병원, 김상재(1986), 우리나라 의료이용에 관한 연구. *예방의학회지,* 1986;19(1):137-145

윤명조 외(1992), 산업위생관리, 신광출판사.

의료보험관리공단(1996), 1995년도 피부양자 보건진단 결과분석.

이하연(1997), 석유화학공장의 연차보수 안전, 1997년 7월 1일자 안전신문.

장치산업에서의 손실방지공학, 663-691.

재단법인 대한통계협회(1992), 한국표준산업분류.

정규철(1995), 산업중독편람, 신광출판사.

조우현, 이선희, 박은철, 손명세, 김세라(1994), 지역간 입원 이용 변이에 관한 연구. *예방의학회지*, 1994;27(3):609-626

최귀선(1996), 소득과 질병구성이 의료이용에 미치는 영향. 연세대학교 대학원 보건학과 석사학위논문.

한국과학기술연구원(1996), 여천공단 주변마을 환경영향 및 대책에 관한 연구.

한국산업안전공단(1996), 산업안전보건법령집.

ACGIH(1996), Threshold limit values for chemical' substances and physical agents and biological exposure indices.

Conney, A. H.(1982), Induction of microsomal enzymes by foreign chemicals and carcinogenesis by polyaromatic hydrocarbons G. H. A. Memorial Lecture. *Cancer Res.* *42*:4875-4919.

Nakjima, T. (1997), Cytochrome P450 Isoforms and the metabolism of volatile hydrocarbons of low relative molecular mass. *J. Occup. Health.* 39:83-91

Natarajan, A.T.(1993), Mechanisms for induction of mutationsand chromosome alterations, *Environmental Health Perspective. supplents 101*, 3, 225-229.

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH)(1995), NIOSH manual of analytical methods.

Occupational Safety and Health Administration(OSHA)(1990), Analytical methods manual.

Park, S. S., Fujino, T., Miller, H., Guengerich, F. P., and Gelboin, H. V.(1982), Monoclonal antibodies that inhibit enzyme activity of 3-methylcholanthrene-induced cytochrome P-450. *Cancer Res. 42:1798-1808.*

Park, S. S., Fujino, T., Miller, H., Guengerich, F. P., and Gelboin, H. V.(1984), Monoclonal antibodies to phenobarbital induced rat liver cytochrome P-450. *Biochem. Pharmcol.* *33*:2071 - 2081.

Roberts, B. J., Song, B. - J., Soh, Y., Park, S. S., and Shoaf, S. E.(1995), Ethanol induces CYP3E1 by protein stabilization. *J. Biol. Chem. 270*:29632-29635.

WHO(1985), Guidlines for the study of genetic effects in human populations., WHO.

WHO(1993), IPCS Environmental Health Criteria 155: Biomarkers and assessment concepts and principles. WHO, Geneva.