

역학조사 보고서

1995

한국산업안전공단
산업보건연구원

I. 서론

1. 조사배경

로자 11명에게서 월경이 중단되고 2명은 재생불량성빈혈로 입원하는 등 집단적인 건강문제가 발생하여 직업성 중독 여부에 대한 규명이 필요하자 산업보건연구원에 역학조사를 의뢰함으로써 본 조사가 수행되었다.

2. 조사목적

본 조사의 목적은 [redacted] 근로자들중에서 집단적으로 발견된 생식기능장애 및 골수기능장애의 업무관련성 여부를 밝히고, 만일 업무관련성이 높다면 그 원인물질은 무엇인지를 추정하고자 하였다.

3. 조사팀 구성

역학조사팀은 다음과 같이 구성되었다.



4. 조사일정별 수행내용

역학조사 일정은 다음과 같다.

☞ 8.21(월) - 8.24(목) :

■ 병원방문

- ① 근로자 검진결과 자료수집
- ② 담당의사 면담
- ③ 입원환자 면접조사

■ XX 회사방문

- ① 관련서류 검토 및 자료수집
- ② 근로자 면접조사(설문, 작업방법 등)
- ③ 작업환경측정
- ④ 환기시설 성능
- ⑤ 공정시설의 변경 및 설치시기
- ⑥ 화학물질 사용 실태

☞ 8.25(금)-8.31(목) : 면접조사 결과정리 및 분석,
화학물질 정성분석 및 정량분석

☞ 8.28(월)-9. 7(목) :

타공장 근로자 및 텍트스위치 부품조립공장 퇴사자 건강상태 정밀검진 실시(동아
의료원에 의뢰)

☞ 9.11(월)-9.23(토) : 정밀검진 결과 자료정리 및 분석,
문헌검색

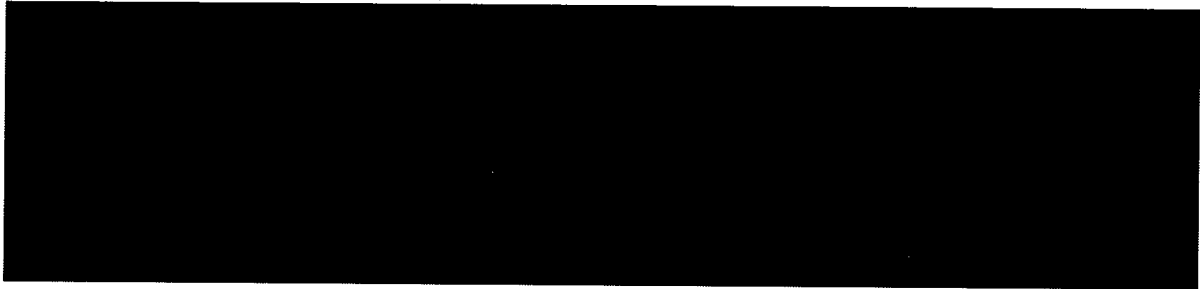
☞ 9.18(월) : 중간보고서 제출

☞ 9.25(월)-9.30(토) : 종합분석

☞ 10. 2(월)-10. 6(금) : 최종보고서(안) 작성

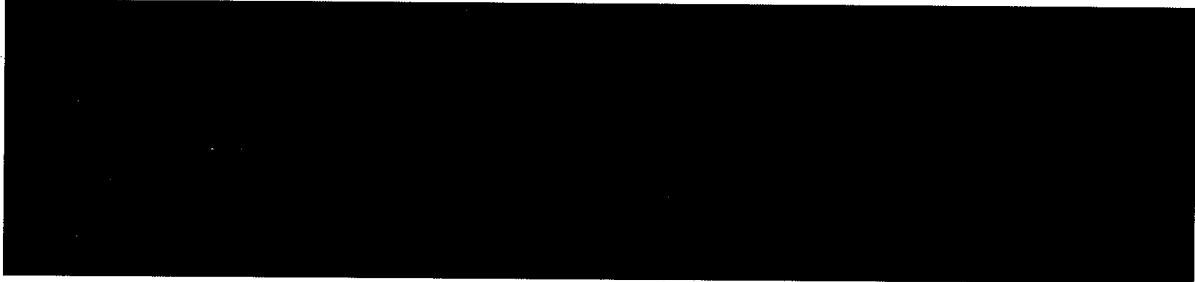
☞ 11. 7(화) : 직업병 심의위원회 개최(역학조사 수행결과에 대한 전문가 인준 절차)

II. 사고부서 개요

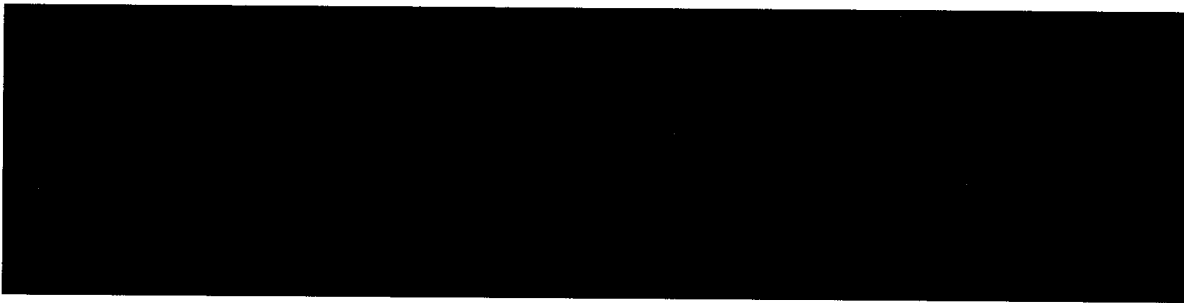


1. 공정 개요

1) 공정흐름



2) 공정시설의 배치



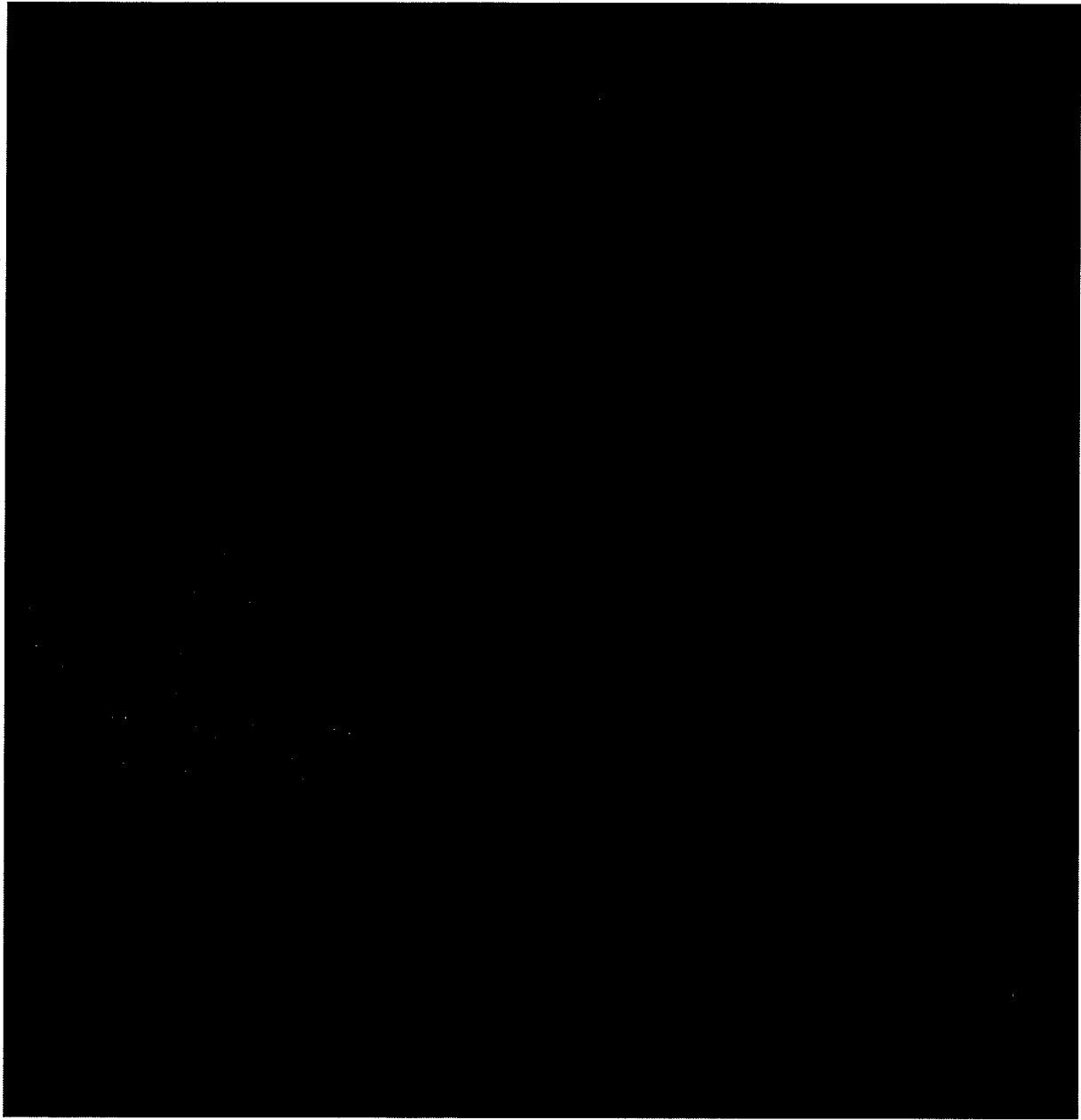
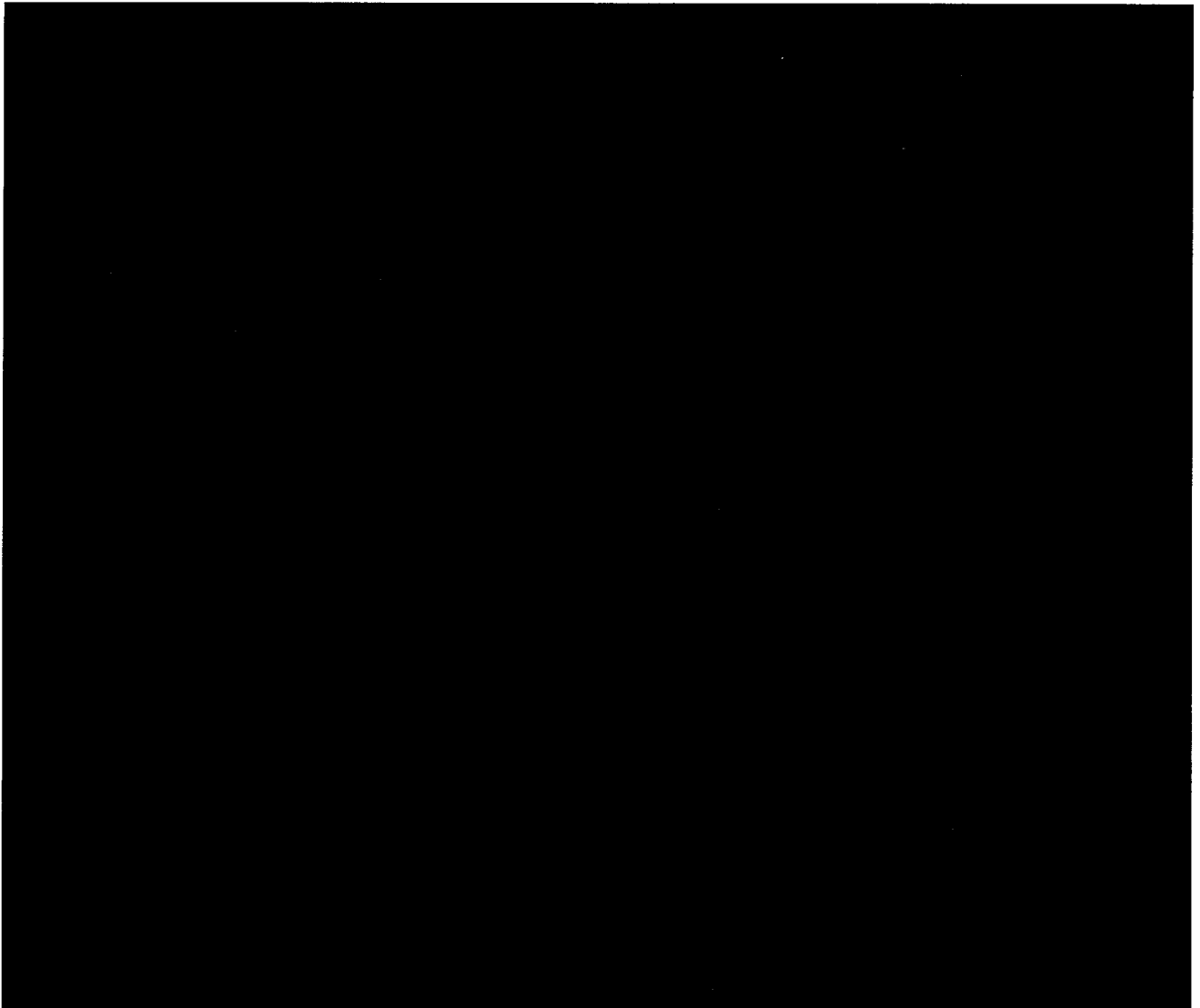


그림 1. TACT S/W부품조립 공정 의 흐름도

3) 근로자별 작업내용

██████████에는 30명(남자 8명, 여자 22명)이 근무하고 있다. 사고 이전에는 33명이었고 그중 3명은 최근에 다른 공정(일반 S/W제조)으로 작업전환을 시킨 바 있다.

██████████의 작업은 2교대(12 시간 근무/1교대)로 이루어 지고 있다. 근로자들을 유사한 업무별로 분류하면 조장, 시설수리 및 공무, 조립으로 구분할 수 있다. 이들의 주요 작업범위와 내용은 다음과 같다.





2. [Redacted] 공정에서 사용되는 화학물질



III. 조사대상 및 방법

1. 근로자 설문조사 및 정밀검진

조사대상은

근로자 33명(여자, 25명, 남자 8명)과

조사대상에 대하여 인구학적 특성과 개인 생활양식 외에 직업력과 자각증상 및 산과력(여성 근로자의 경우)을 묻는 설문조사를 실시하였으며, 이미 정밀검진을 받은 환자군과의 비교성을 위하여 [redacted] 흉부방사선 직접촬영, 혈액검사(적혈구수, 백혈구수, 혈소판수, 혈액응고시간 등), 간기능검사, 신장기능검사, 홀몬검사(FSH, LH, Prolactin, Estradiol(여), Testosterone(남)), 남자의 경우 정자 검사(정자수, 정자활동성) 및 기타 진찰한 의사의 판단에 따라 필요한 검사를 의뢰하여 그 결과를 얻었다.

생식기능장애 및 골수기능장애를 진단한 임상적 기준은 다음과 같았다.

난소기능저하의 진단 기준 : FSH가 40 이상이며, 월경중단 안면발적감 등을 호소하는 경우.

정자생성세포기능저하의 진단 기준 : FSH가 16 이상이며, 정자수의 감소 정자의 운동성 저하 등 정자에 이상이 있는 경우(정상치 : 정자 농도 $20 \times 10^6/\text{ml}$ 이상, 정자활동성 50% 이상 전진(WHO, 1993)).

골수기능저하의 진단 기준 : 말초혈액중의 혈소판수가 100,000 이하이거나, 백혈

구수가 3,00 이하인 경우.

집단중독현상이 []에 국한한 것인지를 밝히기 위하여 공정별로 근로자 발병률을 비교하였으며, [] 근로자의 근무시기별 발병률과 월경중단 여성 근로자들의 증상발현시기를 비교해 봄으로써 발병원인이 무엇인지를 추정하였다.

2. 제품별 화학물질 분석

[]에서 사용하는 화학물질을 유리갈색병에 채취한 후 오염이 되지 않게 밀봉하여 아이스박스로 실험실에 운반하였다. 실험실에서 GC/MSD(질량분석기)로 용액내에 어떠한 성분이 들어 있는 가를 먼저 확인하였다(정성분석). 확인된 주요 성분별 표준용액을 제조하고 가스크로마토그래피를 이용하여 어느 정도의

표 1. 정성분석과 정량분석의 조건

구 분	정 성 분 석	정 량 분 석
모 델	G.C-MSD, H.P. 5890 SERIES II G.C H.P. 5890 SERIES II G.C H.P. 5971 SERIES M.S.D	
온 도(℃)		
오븐	55	55
주입기	280	235
검출기	290(interface)	240
칼럼(길이X내경)	HP-FFAP(50 m X 0.2 mm)	HP-1(30 m X 0.32 mm)
기타		
자료분석	Wiley 138 library	-
전자에너지	70 eV	-

양이 함유되어 있는 지를 분석하였다(정량분석).

정성과 정량분석의 구체적인 분석기기 조건은 앞 페이지 표 1에 제시하였다.

3. 작업환경측정

1) 시료채취 조건 및 목적

에서 시료채취는 작업이 이루어지고 있지 않아 근로자의 실제노출농도는 평가하지 못했으며, 공조시설과 국소배기시설을 가동한 상태에서 침지조로 부터 일정 거리별로 지역시료만을 채취하였다. 이와 같은 측정의 목적은 다음 세 가지이다.

첫째, 공기 중에서 검출되는 성분의 확인

둘째, 의 농도 분포

셋째, 환기시설의 실태 및 문제점 추정

그리고 근로자가 침지조 위의 후드문을 열고 작업할 경우의 개략적인 순간노출농도를 추정하고자 침지조내에서도 지역시료를 단시간 측정하였다.

2) 시료채취와 분석

공기중 화학물질은 활성탄관(charcoal, 100mg/50mg LOT 120, CAT No 226-01GWS, SKC제품)을 이용하여 채취하였으며, 아이스박스로 운반한 후 가스크로마토그래피로 분석하였다. 채취 및 분석방법은 미국국립산업안전보건연구원의 방법을 참조하였다.

4. 용어의 정의

1) [REDACTED]는 부품가공공정과 부품조립공정으로 구분되며 사고가 발생한 부서는 부품조립공정이었다.

2) [REDACTED]

3) '노출(exposure)'이란 화학물질을 사용하는 근로자의 인체에 그 물질이 직접 접촉하는 것이며, 체내흡수의 가능성을 의미한다.

4) 침지액 노출은 호흡기 및 피부를 통한 노출을 모두 의미하며, 노출되는 물질의 형태는 용액 상태일 수도 있고 증기 상태일 수도 있다.

IV. 조사결과 및 고찰

1. 근로자 건강조사

1) 조사대상의 일반적 특성

택트스위치 부품조립팀 근로자는 음주습관을 제외한 다른 일반적 특성에 있어 택트스위치 부품가공팀과 일반스위치 제조팀 근로자의 중간적 성격을 띄고 있으며 대체로 미혼의 젊은 여성 근로자가 주를 이루고 있고 흡연률은 낮은 편이었다(표 2).

표 2. 조사대상의 일반적 특성

특성 \ 구분					χ^2
성	남	8(24.2)	10(58.8)	1(1.8)	30.58 (0.000)
	여	25(75.8)	7(41.2)	56(98.2)	
년령	-19세	4(12.1)	0(0.00)	1(1.8)	34.84 (0.000)
	20-29세	17(51.5)	4(23.5)	48(84.2)	
	30-39세	8(24.2)	5(29.4)	3(5.3)	
	40-49세	4(12.1)	8(47.1)	5(8.8)	
혼인	미혼	19(57.6)	5(29.4)	50(87.7)	29.24 (0.000)
	기혼	11(33.3)	12(70.6)	6(10.5)	
	사별	3(9.1)	0(0.00)	1(1.8)	
흡연	흡연	7(21.2)	4(23.5)	1(1.8)	34.34 (0.000)
	중단	0(0.00)	4(23.5)	0(0.00)	
	비흡연	26(78.8)	9(52.9)	56(98.2)	
음주	음주	23(69.7)	11(64.7)	33(57.9)	1.28 (0.527)
	비음주	10(30.3)	6(35.3)	24(42.1)	

2). 환자 발병률

(1) 작업공정별 근로자군간의 환자 발병률 비교

근로자 정밀검진자료 분석결과, 텍트스위치 부품조립공정 33명(남자 8명, 여자 25명)중 여자 17명이 난소기능저하증, 남자 6명이 정자생성기능저하증을 보였으며, 이중 7명(남자 1명, 여자 6명)은 골수기능저하 소견을 함께 보여 남자 근로자는 75%, 여자 근로자는 68%의 발병률을 보였다.

표 3. 작업공정별 근로자군간의 발병률 비교

구 분	총 근로자	정상자	이상자				
			골수기능만 저하	생식기능만 저하	두기능 모두 저하	계(발병률)	
	남	8	2	-	5	1	6(75.0%)
	여	25	8	-	11	6	17(68.0%)

발생한 근로자 집단중독사건은
근로자군에만 한정되어 발생한 사고로 판단된다.

근로자의 근무시기별 발병률 비교

1994년 2월을 기점으로 하여, 침지액이 그 이전까지 사용하던 에서
의 영향만 받은 1994년 2월 이전 퇴사자의 건강상태와 의 혼합
액에 의한 영향만 받았을 1994년 2월 이후 당부서 배치자의 건강상태를 비교해 본
결과, 1994년 2월 이후 당부서 배치자중에서는 남자 2명중 1명, 여자 18명 중 10명에

표 4. 품조립 당부서 배치일을 기준으로 본 환자
발병 현황

	94.2이전 퇴사자 및 부서이동자		94.2이전 입사(전입) 계속근무자		94.2 이후입사(전입) 계속근무자	
	정상	이상	정상	이상	정상	이상
남	3	0	1	5	1	1
여	3	0	0	7	8	10
계	6	0	1	12	9	11

게 건강장해가 발견되어 남녀 각각 50 %와 56 %의 발병률을 보였으나, 1994년 2월
이전 퇴사자 또는 타부서 이동자에게서는 이러한 건강장해가 발견되지 않았다(표 4).

한편, 1994년 2월 이전에 당부서에 배치되어 현재까지 근무중인 근로자들의 발병률은 92%(13명중 12명 발병)였다. [REDACTED]

[REDACTED] 따라서 그들은 13명 모두 침지액에 노출될 수 있었던 최장기간인 1년 5개월간 침지액에 노출되었다고 할 수 있어 1994년 2월 이후 당부서에 배치된 근로자군에 비해 침지액 노출기간이 길었던 것이 두 집단간에 발병률 차이가 나는 원인일 것으로 보인다.

이로써 집단중독의 원인이 [REDACTED]의 영향일 가능성은 배제할 수 있으므로 현재 사용하고 있는 침지액에 의한 것으로 결론지을 수 있다.

(3) 텍트스위치 부품조립부서 근무기간별 발병률 비교

텍트스위치 부품조립부서의 근무기간별로 이상자 발견율을 비교해 본 결과, 1년 미만 근무자군에서는 남녀 모두 한 명도 없었으며 1년 이상 1년 6개월 미만군에서 91.7%, 1년 6개월 이상 근무군에서는 84.6%의 발견율을 보였다(표 5).

표 5. 텍트스위치 부품조립부서 근무기간별 발병률

() : %

성 \ 근무기간		1년 미만	1년 이상 1년 6개월 미만	1년 6개월 이상
남	정상	1(100.0)	0(-)	1(16.7)
	이상	0(-)	1(100.0)	5(83.3)
	계	1(100.0)	1(100.0)	6(100.0)
여	정상	7(100.0)	1(9.1)	1(14.3)
	이상	0(-)	10(90.9)	6(85.7)
	계	7(100.0)	11(100.0)	7(100.0)
전체	정상	8(100.0)	1(8.3)	2(15.4)
	이상	0(-)	11(91.7)	11(84.6)
	계	8(100.0)	12(100.0)	13(100.0)

3) 여성 환자군의 월경중단증상 발현시기

면접시 월경중단을 호소한 [REDACTED] 여성 근로자 15명의 월경중단시기를 파악하여 정리해 본 결과, 제일 빠른 월경 중단시점이 작년 10월이며 침지액에 노출되기 시작하여 월경중단증상이 나타나기 까지의 기간은 최단 4개월, 최장 16개월로 평균 10개월 정도인 것으로 나타났다(표 6).

이와 같이 상당히 짧은 기간만에 집단중독현상이 발생한 것으로 보아 원인물질에 고농도 과다노출되었을 가능성이 의심되므로 작업환경조사에서 이 부분을 특히 집중적으로 밝히고자 하였다(제IV장. 제3항 참조).

표 6. [redacted] 여성 근로자(15명)의 침지액 노출
기간과 월경중단증상 발현 시기

[redacted]	월경중단 시기	침지액노출시작 부터 월경중단 까지의 기간(개월)
	94.10	8
	94.10	7
	94.11	9
	94.11	9
	94.7	5
	94.8	6
	95.1	11
	95.2	12
	95.3	13
	95.3	11
	95.3	11
	95.5	15
	95.6	16
	95.6	4
	95.7	14

(평균 10.1개월)

* : 침지액의 노출 시작 기준 : 94. 2. 1

2. TACT S/W부품조립 공정에서 사용하는 화학물질

1) 사용시기

Freon이 환경규제물질로 공표되자 1994년 2월 경에 [REDACTED]을 일본의 천주금속에서 수입하여 현재까지 사용하고 있다. 월별로 제품별 사용량이 표 7에 제시되어 있다.

[REDACTED]은 '93년 10월 부터 '94년 1월 까지는 소량(각 각 20kg과 180kg)을 사용하다가 94년 2월 부터 본격적으로 사용하였고 95년 7월까지 Solvent #5200을 월평균 1,301 kg(최저 750kg, 최고 2500kg)을 사용하여 왔다.

2) 용액내의 성분과 양

(1) 연구원의 분석결과

연구원에서 분석한 [REDACTED]의 주요 성분과 그 함유비는 다음과 같다.

- 2-Bromopropane : 60.7 %
- Heptane : 33 %

[Redacted]
 의 월별 사용량
 단위 : kg

		[Redacted]			[Redacted]		
		구 입	출 고	재 고	구 입	출 고	재 고
1993	10월	20	.	20	180	.	180
	11월	.	.	20	.	.	180
	12월	.	.	20	.	.	180
1994	1월	.	.	20	.	.	180
	2월	.	20	.	1000	1000	1080
	3월	.	.	.	1000	1080	1000
	4월	40	20	20	2000	1500	1500
	5월	.	.	20	.	250	250
	6월	40	.	60	2000	1000	1250
	7월	20	.	80	3000	1750	2500
	8월	40	.	120	3000	2500	3000
	9월	.	.	120	.	750	2250
	10월	.	.	120	.	1500	750
	11월	.	20	100	2000	1750	1000
	12월	.	.	100	1000	1250	750
1995	1월	.	.	100	1500	1250	1000
	2월	.	20	80	2000	500	2500
	3월	.	.	80	2000	2000	2500
	4월	.	20	60	2000	1500	3000
	5월	.	.	60	2000	1000	4000
	6월	.	20	40	.	1500	2500
	7월	.	40	.	.	1250	1250
	8월	.	.	.	1500	.	2750
계		160	160	0	26,180	23,430	2,750
월평균		32	22.9		1,745	1,301	

②

■ 2-Bromopropane : 99.0 %

③

■ 2-Bromopropane : 97.4 %

의
주요 성분은 2-Bromopropane인 것으로 분석되었으며, 각각에서 미량의 불순물이 검출되었다. 이것은 2-Bromopropane이나 Heptane 등의 주요 원료 제조 공정에서 완전히 정제되지 않아 함유된 것으로 판단된다.

(2) 기관별 분석결과의 비교

기관별로 에서 사용하는 용액별 주요 성분과 그 함유비를 표 8에 제시하였다. 세 기관 모두 주요 성분은 2-Bromopropane으로서 일치하였으나, 기관별로 그 함유비와 불순물 성분에서 약간의 차이를 보였다. 이들 불순물은 극히 소량이며 용액의 주요 성분인 2-Bromopropane의 제조 과정에서 함유된 미정제 물질일 것으로 판단된다. 성분별로 함유비에 차이가 나는 주요 요인은 다음과 같다.

첫째, 기관별로 분석방법에 차이가 있을 수 있다. 즉, 성분별 함유비를 단순히 GC/MSD에서 성분별 크로마토그램의 면적비로 하거나, GC/MSD에서 검출된 성분을 다시 정량하는 등의 차이이다. 연구원은 우선 GC/MSD로 성분 별로 확인한 다음 다시 가스크로마토그래피로 정량을 정확히 하였다.

둘째, 용액내에 들어 있는 성분의 증발 등으로 인한 시료 간의 차이이다. [redacted]
[redacted]에 함유된 주요 성분이 증발될 수 있어 시료간
의 함유비가 다를 수 있다.

표 8. [redacted]에서 사용하는 화학물질의 성분 및 함유비에 대한
기관별 비교(%)

성분명	[redacted]								
	일본 한림대 연구원			일본 한림대 연구원			일본 한림대 연구원		
2-Bromopropane	75.0	48.4	60.7	100	99.15	99.0	99.9	97.9	97.4
[redacted]									
Heptane	20.0	47.2	33.0	0.11	0.68	-	0.11	0.91	0.33
[redacted]									

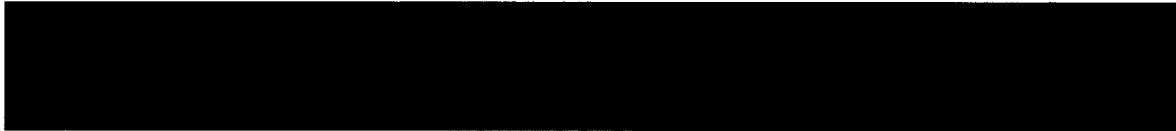
참고 : - 미검출

3) 공기 중의 성분과 농도

(1) 공기 중의 성분

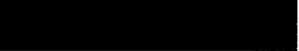
[redacted]의 공기 중에서 검출된 성분은 2-Bromopropane과

Heptane으로서 침지액 내에 들어 있는 주된 성분과 동일하였다(표 8과 비교 참조).



(2) 침지조로 부터 거리별 농도

표 9에 각 침지조로 부터 거리별로 시료채취지점과 함께 2-Bromopropane의 농도를 제시하였다. 붙임 2 도면은 시료채취지점을 표시한 것이다.

시료채취 지점별로 2-Bromopropane의 농도를 비교해 보면  실 실내공기의 농도 분포를 알 수 있다. 다시 말하면 이러한 농도분포를 통해  공정의 여러 지점에서 작업하는 근로자에게 영향을 미칠 수 있는 범위를 추정하는 한편 환기시설의 실태를 동시에 파악할 수 있다.

침지액이 담겨져 있는 침지조로 부터 거리별로 2-Bromopropane과 Heptane의 뚜렷한 농도차이는 볼 수 없었다. 즉, 침지조 위치에 상관없이 작업장 전체에 비교적 고른 농도분포를 나타냈다. 이러한 요인은 공조시설에 의한 때문으로 판단된다.



표 9. [redacted] 공정에서 국소배기장치를 가동했을 때 공기 중
에서 검출된 침지액 성분과 농도

시료번호	채취시간	농도, ppm	[redacted]
# 1	11:55 - 2:54	9.16	
# 2	11:57 - 2:55	12.28	
# 3	11:58 - 3:05	9.72	
# 4	11:59 - 3:05	19.55	
# 17	161.77분	10.56	
# 5	12:03 - 2:55	12.15	
# 6	12:06 - 2:50	11.86	
# 7	12:07 - 3:06	11.02	
# 8	12:09 - 3:02	11.88	
# 9	12:10 - 3:07	10.74	
# 20	168.90분	12.88	
# 16	168.37분	19.28	
# 18	163.50분	14.45	
# 19	160.63분	12.68	

(3) 침지조내에서 발생하는 성분과 농도

침지조내에서 국소배기장치를 가동할 때와 하지 않았을 때를 구분하여 공기중 시료를 채취하였다.

이러한 시료채취의 목적은 근로자가 침지조내에 상체를 넣고 1-2분여 동안 Housing combi를 연결하는 등의 작업이 있었다는 점을 참조하여, 이러한 작업을 수행할 때 순간적으로 노출되는 성분과 농도를 추정하기 위한 것이다.

표 10에서 보는 바와 같이 침지조내에서 검출된 주된 성분은 2-Bromopropane과 Heptane이었다. 국소배기장치 가동 여부에 따라 농도와 성분에는 큰 차이가 없었다.

근로자가 노출될 수 있는 공간인 후드안에서 2-Bromopropane은 4140.7 ppm 그리고 Heptane은 29.8 ppm이었다.

따라서, 근로자가 침지조 내에 상체를 넣고 짧은 시간 작업할 때에는 이러한 개략적인 농도에 순간적으로 노출될 수 있다고 추정할 수 있다.

표 10. 침지조 후드내에서 검출된 침지액 성분과 농도

시료번호	채취시간	농도, ppm	
<u>2-brmopropane</u>			
# 유1	3:34 - 3:57	4359.5	
# 유8	3:34 - 3:57	105.9	
# 유12	3:34 - 3:57	4140.9	

<u>Heptane</u>			
# 유1	3:34 - 3:57	37.9	
# 유8	3:34 - 3:57	미검출	
# 유12	3:34 - 3:57	29.8	

4) 주요 성분별 특성

문헌검색을 통해 [redacted]의 주성분인 2-Bromopropane(97-98%)과 n-Heptane(1-3%) 및 [redacted]안에 함유되어 있는 PTFE의 특성을 정리해 보면 다음과 같다(표 11).

표 11. 침지액 주요 성분별 기본특성 정보 요약

물질명 특성	2-Bromopropane (Isopropyl Bromide)	n-Haptane	
화학식	$\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	
분자량	122.99	100.23	
비점	59°C	98.43°C	
발화점	19°C	-4.4°C	
TLV	미설정	ACGIH-TWA 400ppm ACGIH-STEL 500ppm	
건강유해성	독성학적 성질이 아직 철저히 밝혀지지 않음	호흡기계를 자극할 수 있고 고농도에서는 마취성 있음	

*n-Heptane*은 ACGIH TLV가 400ppm으로 비교적 독성이 적은 물질로 알려져 있으며 주로 중추신경계에 대한 억제작용이 있다. 조혈기관 및 생식기관에 대한 독성은 보고된 적이 없다.

*polytetrafluoroethylene*는 polymer로서 상온에서는 안정되고 무해한 물질로 알려져 있으며, 315-375 °C로 가열될 때에 발생하는 polymer fume fever가 유일한 건강장애로 알려져 있다. 그러나 본 공정에서는 이것이 문제 되지 않는다.

*2-bromopropane*은 지금까지 독성에 대하여는 거의 알려진 것이 없는 물질이다.

3. 침지액에의 과다노출 가능요인

1) 공정설비

(1) 침지조

현재, [REDACTED]에 설치된 침지조는 7개이다. 침지조 1호기 부터 5호기 까지의 공정시설(후프, 침지조, 전용기)은 프레온을 사용할 때부터 사용한 것이었다. 프레온이 환경규제물질로 되자 1994년 2월 부터 현재 사용하고 있는 침지액으로 대체하였다. 이 때 침지조 1호기 부터 5호기 까지는 공정시설을 그대로 이용하고 추가로 국소배기장치를 설치하여 가동하였다.

이 후 침지 6호기는 1994년 5월 30일, 침지 7호기는 1994년 8월 18일에 증축하여 가동하였다. 이 때부터 국소배기장치가 설치되지 않은 채 1994년 11월 28일 까지 간이식 침지용기를 사용하여 작업하였다. 즉, 침지6호기는 약 6개월 그리고 침지7호기는 약 3개월 반을 국소배기장치와 정규규격의 침지조가 없는 상태에서 작업한 것이다. 이 때에 사용한 간이식 침지조의 용량은 40 L(규격 : (D) 365 x (H) 665)이고 재질은 철강이었다. 이 용기는 단지 침지액을 담는 역할만 하였다.

침지액의 주성분인 2-Bromopropane의 증기압은 20 °C에서 175 mmHg로서 비교

적 높고 포화증기압에서의 농도는 230,263 ppm이 되어 증발력이 매우 높은 유기용제인 것을 알 수 있다. 따라서 침지액을 담아둔 용기나 조(tank)를 적정하게 관리하지 않으면 2-Bromopropane은 공기 중으로 증발되어 높은 농도를 형성할 수 있다.

국소배기장치가 설치되지 않은 간이식 침지조를 사용했던 기간 동안 근로자가 침지액에 과다노출되었을 가능성으로 추정되는 요인은 다음과 같다.

첫째, 간이용기를 다른 자동주입장치가 설치된 침지조로 운반하고 침지액을 주입하는 과정에서 취급 근로자가 침지액을 포함한 고농도의 2-Bromopropane에 순간적으로 노출될 수 있다.

둘째, 작업이 진행되는 동안 간이식 침지조에서 2-Bromopropane이 공기중으로 증발되어 6호기 7호기 근로자들이 고농도 노출될 수 있다. 또한 6호기 7호기에서 발생된 2-Bromopropane은 TACT S/W부품조립공정 내의 다른 지역으로 확산되어 실내의 전체 근로자에게 영향을 초래할 수 있다.

셋째, 간이식 침지조는 침지액 증발방지를 위한 냉각코일이 장착되어 있지 않았다. 따라서 증발에 의한 2-Bromopropane의 발생을 감소시키지 못했을 것으로 판단된다.

넷째, 간이식 침지조를 운반하며 사용하다 보면 침지액을 작업장 바닥에 흘리는 등의 문제가 발생할 수 있다. 이러한 사실은 근로자 면담을 통해 확인된 것으로, 침지액이 작업장 바닥에 누출될 경우 2-Bromopropane이 공기 중으로 증발되어 근로자에게 영향을 미칠 수 있다.

(2) 침지액 자동 주입장치

1994년 2월에 침지 1호기부터 5호기까지는 국소배기장치를 설치할 때 침지액자동주입장치도 동시에 설치하였다.

침지 6호기와 7호기는 1994년 11월28일에 정상 규격의 침지조와 함께 국소배기장치가 설치되었으나 자동침지액주입라인은 설치되지 않았다.

침지 6호기와 7호기의 자동침지액주입라인은 95년 7월 23일에야 설치되었다. 즉, 8개

월 여동안은 근로자가 직접 용기를 이용하여 다른 침지조에서 침지액을 지급받아 침지 6호기와 7호기로 공급한 것이다.

침지액 자동 주입장치가 없는 상태에서 작업을 하였을 때 근로자의 침지액 노출 가능성으로 추정되는 요인은 다음과 같다.

첫째, 간이 용기로 다른 침지조에서 침지액을 지급받고 운반하여 6호기와 7호기로 공급(쏟아 부을때)할 때 고농도의 2- Bromopropane에 취급 근로자가 순간적으로 노출될 수 있다.

둘째, 앞의 작업과정에서 침지액을 지급받고 운반하여 6호기와 7호기 에 공급할 때 실수로 작업장 바닥에 흘릴 수 있어 근로자 노출 및 공기중 오염의 증가를 초래할 수 있다.

2) 작업방법

현재 설치된 침지조는 7개로서 국소배기장치와 자동주입장치가 설치되어 있어, 적정하게 국소배기장치를 가동하면 근로자의 과노출은 방지할 수 있다. 그러나 현재 TACT S/W부품조립공정에서의 근로자 작업방법을 검토해 볼 때 침지액을 포함한 2-Bromopropane에 대한 노출 요인이 있을 수 있다. 그 내용은 다음과 같다.

첫째, 근로자가 침지조내에 상체를 넣고 작업을 하는 경우 침지액을 포함한 고농도의 2-Bromopropane에 순간적으로 노출될 수 있다.

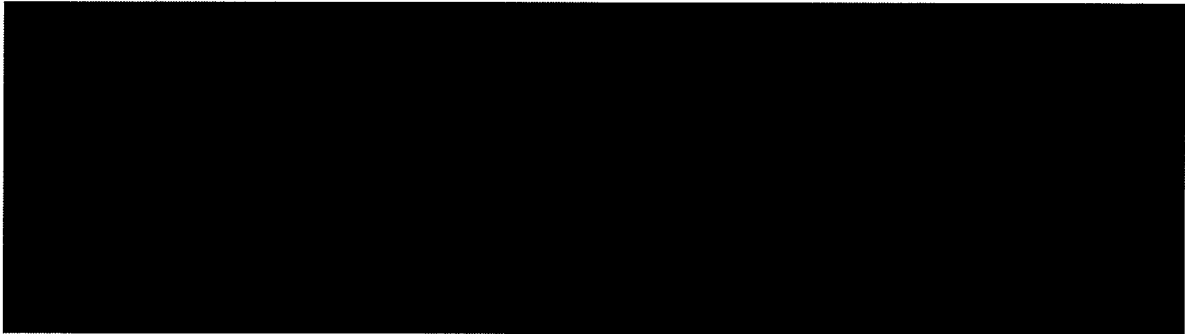


둘째, 각종 전용기의 분진여과용 필터가 침지액으로 세정되고 있어, 필터를 세정하기 위해서 근로자가 침지액이 담겨져 있는 용기를 열 경우 침지액을 포함한 2-Bromopropane에 노출이 될 수 있다. 만일, 용기를 열어 놓은 채로 방치할 경우 노출은 보다 클 수 있다.

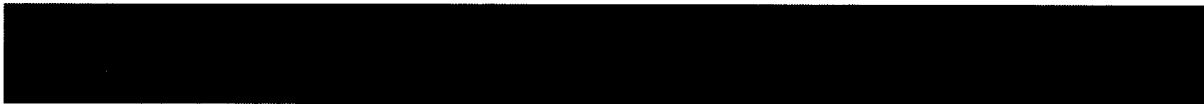
3) 환기장치의 실태 및 성능

(1) 국소배기장치

■ 설치 실태



■ 문제점



첫째, 설계 당시 제어속도의 위치를 잘못 선정한 때문이다.

밀폐된 후드를 열지 않은 경우에는 침지조에서 발생하는 침지액의 증기가 밖으로 확산되지 않는다. 그러나 후드 문을 열었을 때 후드 내에 축만된 침지액 증기는 후드 내로 제어되지 않고 작업장으로 확산된다. 따라서 후드의 제어속도는 후드 문을 연 상태로 후드 면에서 측정한 속도를 토대로 설계 하여야 한다.

둘째, 국소배기장치의 곡관 등의 부위에서 분진 퇴적 등으로 인한 압력손실이 야기된 때문이다.

에 설치된 국소배기장치의 곡관은 90°가 많다. 또한 주덕트가 천정내에 묻혀져 있어 측정이나 자체검사를 할 수 없도록 되어 있다. 만일, 국소배기장치를 적정하게 관리하지 않으면 곡관부위에 분진퇴적으로 인한 압력손실

이 야기되어 설계당시의 제어속도 및 소요풍량이 달성되지 않을 수 있다.

현재 [REDACTED] 근로자는 침지액의 색깔조정, 끊어진 Housing Combi의 연결 등을 목적으로 후드의 문을 열고 작업을 한다. 이 때에 근로자는 침지액의 증기를 포함한 2-Bromopropane에 노출되고 증기가 작업장으로도 확산된다.

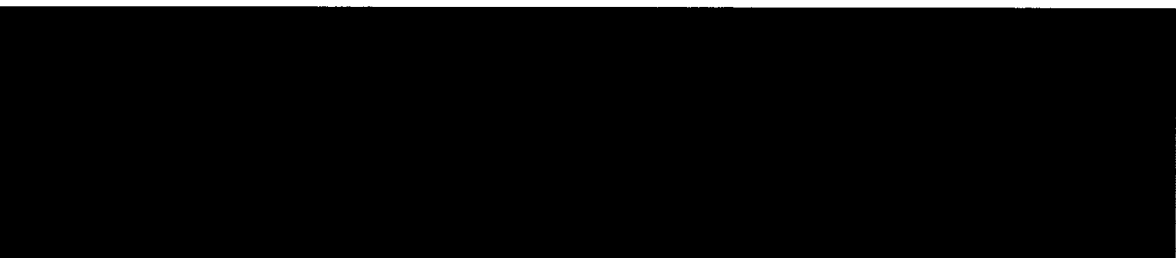
② 모든 침지조에서 Housing Combi에 묻어 있는 침지액이 완전히 건조되지 않은 상태에서 후드를 통과하고 있다.

즉, 침지액이 완전히 건조되는 지점까지의 오염원에 대한 제어를 설계에 포함시키지 않은 것이다. 이러한 설계상의 오류로 Housing Combi에 묻어 있는 침지액이 작업장으로 증발되고 있다. 이것은 Housing Combi가 통과한 후 후드 옆에서 측정한 2-Bromopropane의 지역농도(38.6ppm - 57.4 ppm)를 보고서도 알 수 있다.

③ 댐퍼(damper)가 견고하지 못하여 누구나 쉽게 조절할 수 있다.

7개 침지조의 후드에 설치된 댐퍼는 근로자나 관리자가 임의적으로 조절할 수 있도록 되어 있다. 댐퍼를 임의적으로 닫거나 정압비가 맞지 않은 위치로 될 경우 침지액을 포함한 2-Bromopropane은 작업장을 오염시키고 근로자 노출을 증가시킬 수 있다.

④ 국소배기장치전체에 설계당시보다 과부하의 압력손실이 걸려 있는 것으로 추정된다.



⑤ 정화장치를 지난 배기덕트가 건물보다 높지 않다.

원래 배기덕트의 높이는 건물높이의 1.3에서 2배 이상이 되어야 정화되지 않고 배출되는 오염물질이 작업장으로 유입되지 않고 대기 중으로 확산될 수 있다. 만일, 2-Bromopropane이 적정하게 정화되지 않고 배출되는 경우 다시 [REDACTED]

으로 유입되거나 공정 밖의 주변 공기를 오염시킬 수 있다.

(2) 공조시설

■ 설치 실태



■ 문제점

- ① [redacted] 밖의 외부 공기를 흡입하는 위치가 부적당하다.

이 위치는 침지액 저장조와 국소배기장치 송풍기로 부터 3 m 이내에 위치해 있다. 흡입구는 바닥으로 부터 70 cm 높이에 설치되어 있어 흡입구가 설치된 주변은 2-Bromopropane으로 오염되었을 가능성이 높다. 이러한 이유로 두 가지를 꼽을 수 있다.

첫째, 침지액의 저장조는 필요한 경우 덮개를 열고 [redacted]을 혼합하는 작업을 한다. 이러한 작업 등을 포함하여 저장조의 덮개를 열게 될 경우 주변의 공기가 오염될 수 있다.

둘째, 국소배기장치의 정화장치인 활성탄은 1993년 12월 6일에 575 kg을 설치한 후 최근인 1995년 6월 21일 경에야 850 kg으로 교체하였다. 일반적으로 휘발성이 높거나 정화하고자 하는 물질의 농도가 높을 경우에는 자주 활성탄을 교체해야 하기 때문에 재생시스템이 없는 활성탄에 의한 정화는 비효율적이다. 활성탄의 흡착능력의 용량은 종류, 피흡착물질의 농도와 특성, 공정의 온도 등에 따

라 다르다. 개략적으로 건조된 활성탄은 kg당 피흡착제의 0.3 - 0.7 kg을 흡착한다. 최대의 흡착용량을 고려하여 계산하면 1993년 12월 6일에 설치된 575 kg의 2-Bromopropane에 대한 한계흡착용량은 약 402.5 kg정도이다. 2-Bromopropane이 주성분인 침지액의 월 평균 사용량(1310 kg)을 감안할 때 평균 1개월을 주기로 교체해야 된다는 결론이 나오나 1년 4개월 여동안 활성탄을 교체하지 않은 것이다. 이처럼 흡착능력이 다한 활성탄으로 정화할 경우 2-Bromopropane은 정화되지 않은 채 대기 중으로 방출되고 주변의 공기를 오염시킨다. 더우기 배기덕트의 높이가 건물 높이보다 낮아 이러한 가능성은 더욱 큰 것으로 여겨진다.

따라서 국소배기장치 가까이에 설치된 공조시설의 흡입구 주변의 공기는 2-Bromopropane으로 오염되었을 가능성이 있고, 오염된 공기를 TACT S/W부품조립 공정내로 공급했을 가능성이 있다.

② [redacted]의 일부 지역에서 증발된 고농도의 2-Bromopropane으로 오염된 공기를 혼합하여 작업장 전체로 분배하는 역할을 했을 것으로 판단된다.

간이식 침지용기를 사용한 6호기와 7호기에서 제어되지 않고 고농도로 발생되었을 것으로 추정되는 2-Bromopropane과 기타 침지액을 실수로 흘리거나 세정액으로 사용할 때 발생하는 양을 혼합하여 작업장 전체에 순환시켰을 가능성이 높다.

다시 말해서 [redacted]의 공조시설은 간이식 침지용기를 사용한 6호기와 7호기 근로자 뿐만 아니라 다른 침지조를 관리하는 전체 근로자에게 영향을 미치는 요인으로 작용하였을 것으로 판단된다.

전자제품공장에서 공조시설을 설치하는 목적은 전자제품에 영향을 미치는 분진을 제거하는 것이다. [redacted]에서는 작업장 내의 오염된 공기를 분배하는 역기능도 했을 것으로 판단된다.

4. 원인물질의 추정

역학조사자료의 종합분석결과 [redacted] 근로자들의 집단중독발생은 침지액에의 과다노출로 인한 것이라는 사실이 입증되었고, 지금까지의 문헌조사결과 2-Bromopropane이 가장 유력한 원인물질로서 추정되며, 그 추정근거는 다음과

같다.

첫째, 지금까지 골수기능장애와 생식기능장애를 동시에 일으키는 것으로 알려진 물질은 lead, formaldehyde, 2-ethoxyethanol (ethylene-glycol-monoethyl-ether), 2-methoxyethanol(ethylene-glycol-monomethyl-ether), dinitrobenzene, benzene, irradiation, DBCP(Dibromochloropropane) 등이 있으나 본 공정에서 이러한 물질들이 사용되었다는 것을 본 역학팀은 확인하지 못하였다.

둘째, 근로자의 70% 정도가 같은 성격의 건강장애를 나타낸다는 것은 그 원인물질에 대다수의 근로자들이 노출되고 있었다는 의미가 되므로 침지액의 거의 대부분(97. 5%)을 차지하고 있는 2-Bromopropane 이 원인물질일 가능성이 가장 높다.

셋째, 2-Bromopropane은 불임을 일으키는 것으로 잘 알려진 DBCP와 유사한 화학구조를 갖고 있어 같은 작용을 할 가능성이 있다.

넷째, 본 건강장애의 표적기관이 빠른 세포증식을 보이는 골수와 생식기라는 점에서 alkylating agent로 알려져 있는 2-Bromopropane이 이 두 표적장기를 동시에 손상시켰을 가능성이 있다.

2-Bromopropane이 본 집단중독사고의 원인물질인데도 불구하고 현재까지 인체 독성이 알려지지 않았을 가능성의 원인을 추정해 보면 다음 두 가지로 설명할 수 있다. 첫째, 건강장애가 일어났다 하더라도 본 건강장애의 특성상 일반적인 건강진단방법으로는 발견되기가 어렵고, 월경중단을 빼놓고는 본인이 자각하기 어려우며, 설사 자각한다 하더라도 개인적인 건강문제로 치부하기 쉽다는 점 때문이다. 둘째, 일본의 알프스전자회사처럼 2-Bromopropane을 사용한다 하더라도 환기장치와 개인보호장비(방독마스크, 고무장갑 등)를 철저히 구비하여 근로자가 이에 전혀 노출되지 않는다면 아무런 건강장애가 일어나지 않았을 것이라는 점 때문이다.

이상의 여러 가지 이유로 침지액중 2-Bromopropane이 근로자 집단 건강장애를 유발한 원인물질로 추정되나 지금까지 이 물질의 독성에 대하여 거의 연구된 바가 없으므로 독성시험 등을 통하여 그 유해성을 확인하는 작업이 필요하다.

V. 결론

산업보건연구원 역학조사팀이 8월 20일부터 [REDACTED] 근로자 집단 중독증상 발생에 대해 관련기록조사, 근로자 직접면담에 의한 설문조사, 작업환경조사를 실시하여 얻은 자료와 동아의료원에 의뢰하여 실시한 정밀검진결과 등을 종합, 분석해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

텍트스위치 부품조립팀 근로자의 생시기능장해 및 골수기능장해증상은 침지액에 의 노출과 관련되어 발생한 것이다.

VI. 제언

본역학조사결과 텍스트스위치 부품조립공정부서 근로자 집단중독증상은 침지액에 의 노출에 의한 업무기인성 중독으로 판단되는 바 나머지 근로자들의 건강보호를 위해 다음과 같은 조치가 즉각적으로 뒤따라 주어야 할 것이다.

문제가 된 침지액을 유해성이 확인된 다른 물질로 대체하든가 아니면 해당 작업공정을 격리시키고 침지액에 노출되지 않도록 개인보호구를 철저히 착용하도록 하는 것 등이다.

또한, 원인물질로 추정되는 2-Bromopropane의 유해성이 아직 세계적으로 알려진 바 없어 그 인체독성, 대사산물, 발병기전 및 건강장해의 임상적 경과 등이 앞으로 계속 밝혀져야 할 것이다.

따라서, 현재 이상자로 진단된 근로자의 추적검사는 물론 계속되어야 할 것이며, 침지액을 시험적으로 사용했던 시기를 포함하여 본격적으로 사용했던 1994년 2월 이후 [redacted]에 잠시라도 노출되었던 근로자는 현재 [redacted] 이외에 근무한다 하더라도(퇴사자 까지) 정밀검진을 받도록 조치해야 할 것이다. 또한 일단 정상으로 판정받은 [redacted] 정 근로자들에 대해서도 당분간 주기적인 재검진을 실시할 필요가 있을 수도 있다.

그밖에, 침지액에의 노출이 확인된 근로자라 하더라도 현재 나타난 이상증상의 업무관련성 여부에 대한 개인별 판정을 위해서는 별도의 업무상 질병 인정 기준이 마련될 필요가 있을 것으로 본다.