

연구자료
센터

조선업에서의 건강장해연구

- 셀로솔브를 사용한 일개 조선업체의 일부
도장작업근로자의 조혈기장해를 중심으로-

1997

한국산업안전공단
산업보건연구원

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 연구결과를 1997년도 산업보건연구원의 연구사업중 “조선업에서의 건강장해연구 -- 셀로솔브를 사용한 일개 조선업체의 일부 도장작업근로자의 조혈기장해를 중심으로--”에 대한 최종결과보고서로 제출합니다.

1997년 12월 31일

제출자: 산업보건연구원장 문 영 한

연구책임자: 수석연구원 김 양 호

공동연구자: 책임연구원 김 규 상

책임연구원 양 정 선

선임연구원 이 미 영

연구원 이 나 루

연구원 조 영 숙

연구원 박 승 현

연구원 이 광 용

연구원 박 인 정

본 연구보고서 연구내용과 결과는 산업보건연구원의 공식 견해와 다를 수 있음을 밝혀드립니다.
--

목 차

Abstract	1
I. 서론	2
II. 연구대상 및 방법	3
III. 연구결과	7
IV. 고찰	14
V. 요약	20
참고문헌	21
부 록	24

Possible hematological effects of exposure to ethylene glycol monoethyl ether acetates on shipyard painters.

Yangho Kim, NaRoo Lee, Kyoo-Sang Kim, Jeong Sun
Yang, Mi Young Lee, Seunghyun Park, Young Sook Cho,
In Jeong Park, Kwang Yong Lee, Young Hahn Moon

Occupational Disease Diagnosis and Research Center
Industrial Health Research Institute
Korea Industrial Safety Corporation
34-6 Kusan-dong, Bupyeong-ku, Incheon 403-120, Korea

-Abstract-

Possible hematological effects of exposure to ethylene glycol monoethyl ether acetates (EGEEA) on shipyard painters were evaluated as a cross-sectional, observational study. An industrial hygiene survey was performed to characterize exposure of two groups of shipyard painters (low or high exposure group) to EGEEA (cellosolve acetate). Mean exposure level (range) to EGEEA (unit;ppm) in high or low exposure group are 3.03 (ND-18.27), 1.76 (ND-8.12), respectively. Hemoglobin, hematocrit, red cell indices, total and differential white cell blood counts, and platelet count were measured in shipyard painters and control subjects. The mean of WBC counts in high exposure group were significantly lower than that in non-exposure group, and a significant proportion (11%) of painters were leukopenic; none of the controls were affected. With hygienic evaluation and toxicological review, these abnormalities were possibly due to EGEEA.; other exposure could not explain the findings. These findings are consistent with prior animal studies and human case reports. Potential biases and confoundings of the data are discussed.

I. 서론

셀로솔브 (cellosolve)류란 EGEE (ethylene glycol monoethyl ether; 2-ethoxyethanol; cellosolve), EGEEA (ethylene glycol monoethyl ether acetate; 2-ethoxyethyl acetate; cellosolve acetate), EGME (ethylene glycol monomethyl ether; 2-methoxyethanol; methyl cellosolve), EGMEA (ethylene glycol monomethyl ether acetate; 2-methoxyethyl acetate; methyl cellosolve acetate) 등 독성학적 성격이 비슷한 glycol ether 류에 대한 상품명으로 현재 이들 물질에 대한 통칭으로 사용되고 있다. 즉 EGEEA 는 체내에서 EGEE로 변환되어 같은 독성을 나타내고, EGMEA또한 EGME로 변환되어 같은 독성을 나타내므로 같은 그룹으로 분류되고 있다. 이러한 셀로솔브류는 무색액체로서 물이나 지방에 모두 잘 녹으며, 증기압이 낮은 것이 특징이다 (EGEEA의 경우 섭씨 20도에서 2mmHg). 그 용도도 이러한 특징 때문에 페인트, 잉크 및 프린트의 용제, 세척제, 반도체용 photoresist 등으로 쓰이고 있다. 셀로솔브류의 독성은 동물실험과 일부 사람에 대한 연구에서 조혈기능과 생식기능을 억제하는 작용을 갖고 있음이 확인되어 있다. 그러나 최근에야 그 독성에 대하여 관심을 갖기 시작했으며 국제적으로도 근로자에 대한 독성보고는 매우 적은 것이 현실이다. 특히 직업성 만성폭로로 인한 건강장해보고는 아직도 드문 현실이다. 국내에서는 아직 셀로솔브류에 대한 관심이 거의 전무하며 유기용제에의 함유실태나 그 폭로실태 및 건강장해등은 보고되어 있지 않다. 또 EGEEA의 폭로실태 및 인체 유해성에 대한 보고는 세계적으로도 거의 없다.

그러므로 본 연구는 셀로솔브를 사용한 일개 조선업체의 일부 도장작업자를 중심으로

- 1) EGEEA등을 포함한 복합유기용제 폭로실태를 평가하고
- 2) 그 작업자들의 건강장해를 주로 조혈기장해를 중심으로 살펴보고
- 3) 그 인과관계를 추정해보려 하였다.

<각주> 본 연구조사 당시에는 셀로솔브를 사용하였으나 현재로 다른 물질로 대체 사용하고 있음.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

본 조사는 1995년 11월 중순 시행하였으며 연구대상은 당해조선업체의 도장작업 종사자중 복합유기용제에 고농도의 폭로가 예상되는 선행도장 (블록내외의 도장) 부서 (A부서) 근로자 32명 전원, 저농도의 폭로가 예상되는 선실도장부서 (B부서) 29명 전원과, 대조군 (비폭로군)으로서 비생산부서원 41명 전원으로 총 102명이었다.

2. 작업공정내용

A부서는 선박의 조립단위가 되는 블록내외의 도장을 하는 부서로서 블록작업에는 밀폐공간인 탱크 안에서의 작업이 많다. 도장작업은 2인 1조로 이루어지며 1인은 사수로서 주로 스프레이건으로 스프레이 작업을 하며, 나머지 1인은 부사수로서 페인트에 신나, 경화제를 혼합하는 작업을 하며, 줄을 잡아주기도 하고, 가끔씩 스프레이작업을 도와주기도 한다. 도장작업자중 사수는 송기마스크를 착용하고 작업하고 있었으나 부사수는 마스크를 착용하지 않는 경우도 많았다.

B부서는 선원들이 선박위에서 숙식을 하는 데크하우스에 도장을 하는 부서로서 데크하우스 건조시부터 완성된 선박위의 데크하우스의 마무리 도장까지 하는 부서이다. 데크하우스 건조시에는 밀폐공간에서 하는 도장작업이 많으나 조사가 이루어진 날에는 2명만이 데크하우스 건조장소에서 도장작업을 하였다. 완성된 선박에서의 작업은 선실내에 도장을 하거나, 용접작업이 이루어진 다음 용접부위에 도장을 하거나, 도장작업을 위한 그라인딩작업 등이다. 도장은 스프레이건을 사용하거나 붓도장을 한다. 스프레이건으로 작업을 하는 경우 방독마스크를 착용하고 작업하고 있었으며 붓으로 칠하는 도장작업에서는 마스크를 착용하지 않는 경우가 많았다. A, B 부서 근로자들 공히 피부 보호를 위하여 일반적인 보호복을 착용하고는 있었으나 셀로솔브와 같이 피부흡수가 매우 잘 되는 물질에 대한 특별한 보호구를 착용하고 있지는 않았다.

3. 환경폭로평가

A, B부서에서 작업하고 있는 근로자중 A부서근로자 32명 중 무작위로 추출한 근로자 18명과 B부서 작업자 29명 중 청소작업이나 보조작업이 아닌 직접 도장작업과 관련된 12명을대상으로 개인폭로농도를 측정하였다.

1) 시료채취

본 조사의 시료채취와 분석은 미국 국립산업안전보건연구원 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서 추천하는 공정시험법 'Method 1501'과 'Method 1450'에 따라 실시하였다. 시료는 시료채취전후에 공기유량을 보정(calibration)한 개인용 저유량 공기포집펌프와 활성탄관을 연결하여 포집하였다. 펌프에 활성탄관을 두 개씩 연결하였다. 활성탄관 하나의 유량은 0.05 - 0.2 Lpm (이하 “활성탄관 A”이라 함)이 되도록 하였고, 다른 하나는 유량이 0.01 - 0.05 Lpm (이하 “활성탄관 B”이라 함)이 되도록 하였다. 시료는 모두 근로자의 호흡위치에서 채취하였다. 시료채취 후 즉시 활성탄관의 양끝에 뚜껑을 씌우고 테플론 필름으로 봉한 후 냉장 보관하여 분석실로 옮겼으며, 시료는 냉장보관하면서 최단 시일내에 분석하였다.

2) 시료 정량 분석

현장에서 포집한 활성탄관을 깨뜨려서 유리섬유를 제거한 후 활성탄 앞층 100 mg을 미리 준비한 공전 시험관에 넣고, 가운데 유리섬유를 제거한후 활성탄 뒷층 50 mg을 다른 공전 시험관에 넣었다. 활성탄관 A가 들어간 공전시험관에는 이황화탄소 1ml를 넣고, 활성탄관 B가 들어간 공전시험관에는 셀로솔브 계통의 물질을 분석하기 위하여 5 % 메탄올이 포함된 메틸렌클로라이드 1ml를 넣고 30 분간 흔들어 주면서 탈착시켰다. 분석은 분석조건 (표1)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.

3) 시료 정성 분석

도장부서에서 사용되는 페인트, 경화제, 신너 원액을 현장으로부터 공전시험관에 담아와서 실험실에서 정성분석을 실시하였다. 정성분석은 원액을 가스크로마토그래피 질량분석기 (Gas Chromatography Mass Selective Detector, Hewlett Packard HP 5871 II, U.S.A.)에 직접 주입하거나 head space를 이용하여 기화시켜 실시하였다.

표 1. 정성분석과 정량분석의 조건

	정 량 분 석 A	정 량 분 석 B	정 성 분 석
기 기	HP 5890 series II GC		HP 5890 series II GC HP 5971 series MSD
칼 럼	HP-1(25m×0.2)	HP-FFAP(25m×0.2)	HP-1(50m×0.2)
온 도			
오 분	55-100 ℃(승온분석)	95 ℃	80-200 ℃(승온분석)
주입기	240 ℃	200 ℃	280 ℃
검출기	250 ℃	250 ℃	290 ℃
자료분석	-	-	Wiley 138 library
전자에너지	-	-	70 eV

4) 혼합물질에 대한 평가방법

① 혼합물질중에서 각각 해당물질에 대한 측정결과(X)와 폭로기준 및 시료포집 분석 오차를 구한다.

② 표준화 값을 해당물질별로 구한다. $Y_n = X_n / TWA_n$

③ 혼합물의 폭로계수를 구한다.

$$Em = (X_1 / TWA_1 + \dots + X_n / TWA_n)$$

④ 총폭로율을 구한다.

$$R_1 = Y_1 / Em, \dots, R_n = Y_n / Em$$

⑤ 혼합물을 포함하는 물질의 시료분석 포집오차를 구한다.

$$RSt = [(R_{12} \times SAE_{12}) + (R_{22} \times SAE_{22}) + \dots + (R_{n2} \times SAE_{n2})]^{1/2}$$

⑥ 혼합물의 폭로기준(control limit, CL)을 구한다.

$$CL = 1 + RSt$$

⑦ 다음과 같이 폭로결과를 구분한다.

$$Em \leq CL : \text{폭로기준 미만}$$

$$Em > 1, Em > CL : \text{폭로기준 초과}$$

4. 생물학적모니터링

조사대상근로자 전원에게 대하여 복합유기용제의 대표적인 성분의 대사산물검사를 시행하였다. 대사산물검사로써는 톨루엔에 대하여, 뇨중 마노산, 크실렌에 대하여, 메틸마노산 및 EGEEA에 대하여, EAA (2-ethoxyacetic acid)를 금요일 작업종료시 채뇨하였다. 뇨중 마노산및 메틸마노산은 HPLC를 이용하여 NIOSH method 8301에 따라 측정하였으며 뇨중 EAA는 Sakai 등 (1993)의 방법으로 GC-FID로 측정하였다. 측정결과는 뇨중 creatinine으로 보정을 하였다. 또 연폭로에 의한 건강장해를 배제하기 위하여 혈중연을 검사하였으며 납의 측정에는 flameless atomic absorption spectrometer로 시행하였다.

5. 설문조사 및 임상검사

조사대상에게 대하여 인구학적특성과 개인 생활양식이외에 직업력과 자각증상 및 현재질병여부등을 묻는 설문조사를 실시하였다.

혈액검사로써는 적혈구수, 혈색소, 혈구용적, 백혈구수, 혈소판수, 백혈구감별백분율, MCV, MCH, MCHC 등 혈액학적검사, SGOT, SGPT, GGTP등 간기능검사, 뇨당, 뇨단백등을 검사하였다. 특히 혈액학적검사는 12시간안에 시행하여 시간경과로 인한 변이를 줄이고자 하였다. 말초혈액검사결과에 따라 백혈구감소증세가 의심되는 일부 근로자에게 대해서는 골수검사를 시행하였다.

6. 통계학적분석

폭로군 두 부서, 대조군과의 혈액검사치의 비교는 ANOVA를 이용하였으며 군간의 다중비교에서는 Scheffe test를 이용하였다. 백혈구감소자에 대한 비교는 Fisher's exact test를 이용하였다. 상관관계분석은 Pearson's correlation을 이용하였다.

III. 결과

1. 환경폭로평가결과

이 조사에서는 조사 당시 현장에서 사용되고 있던 많은 페인트, 경화제, 신나 등에서 무작위적으로 취해진 물질시료 (bulk sample)를 분석하였다. 전체적으로 보았을 때 작업환경측정에서 나타난 toluene, ethyl benzene, xylene, butanol, isopropanol, ethanol, ethyl acetate, butyl acetate, methyl isobutyl ketone, EGEEA, nonane 등과 같은 물질들이 물질시료에서 나타났다 (부록 참조).

표 2와 표 3은 복합유기용제 중 허용기준을 넘는 경우가 있는 물질의 개인폭로농도와 복합유기용제에 폭로된 경우의 폭로계수 (Em)을 구한 결과이다.

표 2. A부서 근로자의 폭로농도

성명	작업 내용	toluene ppm	xylene ppm	MIBK ppm	EGEEA ppm	Em
1	사 수	27.05	92.91	39.16	18.27	6.61
2	부 사 수	10.48	15.25	5.46	1.87	0.95
3	사 수	45.03	249.51	9.91	8.34	5.67
4	사 수	154.59	184.35	22.87	8.71	6.78
5	수정도장	27.26	64.13	21.65	10.49	4.08
6	부 사 수	9.48	10.27	1.39	0.07	0.37
7	부 사 수	11.56	33.81	4.40	3.85	1.53
8	사 수	12.02	130.96	159.18	1.13	5.23
9	부 사 수	ND	1.07	0.06	ND	0.02
10	사 수	2.11	41.31	16.03	5.35	2.28
11	사 수	7.78	7.27	0.79	ND	0.19
12	부 사 수	18.38	12.37	3.07	0.21	0.54
13	사 수	17.42	45.22	7.24	5.88	2.43
14	부 사 수	16.23	71.15	38.95	10.02	4.37
15	사 수	5.61	10.68	0.03	5.70	1.34
16	부 사 수	2.12	10.18	4.63	ND	0.15
17	사 수	13.46	168.69	13.85	6.86	4.03
18	부 사 수	6.94	8.62	1.43	1.75	0.60
기하 평균		12.02	28.23	4.60	3.03	1.25
(범 위)		(ND-154.59)	(1.07-249.81)	(0.03-159.18)	(ND-18.27)	(0.01-6.78)

MIBK; methyl isobutyl ketone

표 3. B부서 근로자의 폭로농도

번 호	작 업 내 용	toluene ppm	xylene ppm	MIBK ppm	EGEEA ppm	Em
1	붓 도 장	0.44	19.54	6.86	8.12	2.01
2	붓 도 장	0.05	7.92	1.11	1.03	0.33
3	붓 도 장	1.67	1.46	1.00	1.00	0.07
4	붓 도 장	4.62	1.19	1.22	ND	0.18
5	스프레이	8.55	4.83	3.59	ND	0.34
6	스프레이	0.40	23.52	0.14	2.23	0.77
7	붓 도 장	2.94	1.01	1.28	0.46	0.21
8	붓 도 장	0.07	4.15	1.54	0.29	0.14
9	스프레이	4.48	6.12	3.87	ND	0.26
10	스프레이	0.60	26.44	0.33	1.91	0.75
11	부 사 수	0.25	35.93	3.85	4.63	1.45
12	사 수	0.28	74.04	ND	4.26	1.83
기 하 평 균 (범 위)		0.73 (0.05-8.55)	8.50 (1.19-74.04)	1.41 (ND-6.86)	1.76 (ND-8.12)	0.67 (0.06-2.00)

MIBK;methyl isobutyl ketone

A부서 근로자 18명을 대상으로 작업환경측정을 한 결과, toluene, ethyl benzene, xylene, butanol, isopropanol, ethanol, ethyl acetate, butyl acetate, methyl isobutyl ketone, EGEEA, nonane 등과 같은 복합유기용제에 폭로되고 있었다. 혼합물질에 대한 폭로평가를 위하여 혼합물질의 폭로계수 (E_m)을 구한 결과 폭로계수의 범위가 0.01-6.78로 나타났다. 이중 폭로기준 (CL)을 초과한 근로자는 11명으로 이 중 사수가 8명, 부사수가 2명, 수정도장을 하는 1명이었다. 사수는 9명중 8명이 폭로기준을 넘고, 부사수는 8명 중 2명이, 수정도장하는 사람 1명이 폭로기준을 넘고 있다. 즉 18명 중 11명 (61%)이 허용기준을 넘고 있다. B부서 근로자 12명을 대상으로 작업환경측정을 한 결과, A부서와 거의 같은 복합유기용제에 폭로되고 있었다. 혼합물질에 대한 평가를 하기위하여 혼합물의 폭로계수 (E_m)을 구한 결과 폭로계수의 범위가 0.06-2.00으로 나타났다. 이중 폭로

기준 (CL)을 초과한 근로자는 3명 (25%)이다. 이들의 작업내용을 살펴보면 완성된 선박위에서 붓도장을 하거나 데크하우스 건조 작업장에서 도장작업을 하는 부사수와 사수이다.

단일물질로서 허용기준을 가장 많이 초과하고 있는 물질은 EGEEA이다 (표 4). A부서에서는 18명중 9명이 넘고 있으며 9명중 7명은 사수작업을 하는 근로자이고, 한명은 부사수, 한명은 수정도장을 하는 근로자이다. 사수작업을 하는 근로자 9명중 작업시간중 97분동안만 작업환경측정이 이루어져 제대로 평가가 안된 근로자 (11번)를 제외한 8명의 기하평균농도는 6.07 ppm이다. .

Xylene의 경우 18명중 4명이 넘고 있었다.

단일물질로서 허용기준을 넘는 경우가 있는 물질만 평균을 구해보았다. 구체적인 결과는 제시하지 않았으나, 각 물질의 농도분포가 대수분포를 하기 때문에 기하평균을 구하였는데 기하평균은 낮게 나타났으나 범위는 매우 넓게 나타나고 있었다.

표 4 개인폭로농도가 허용농도를 초과한 물질별 건 수 (단위 : 건)

물 질 명	선행도장부	선실생산부
toluene	1	-
xylene	4	-
n-butanol	1	-
methyl isobutyl ketone (MIBK)	1	-
EGEEA	9	1

n-Butanol 허용기준 천정값으로서 50 ppm

sec-butanol이나 tert-butanol인 경우 TWA로서 100 ppm

2. 생물학적모니터링결과

고폭로그룹인 A부서작업자가 B 부서와 대조군보다 메틸마뇨산과 EAA가 고농도로 배출되고 있어 기중폭로농도에서도 알 수 있었듯이 고농도로 EGEEA에 폭로되고 있음을 보여주고 있다. 또 기중 EGEEA농도와 뇨중 EAA농도의 상관계수는 0.71 이었다.

또한 혈중 납농도는 mean (SD)가 7.5 (3.2) μ g/dl (range;3.3-19)로 납폭로를 배제할 수 있었다.

표 5. Urinary hippuric acid, methyl hippuric acid, ethoxy acetic acid (EAA) concentrations (mg/g Cr) of control subjects and workers exposed to EGEEA

Worker group	No.	hippuric acid	methyl hippuric acid	EAA	EGEEA in air (ppm)
A부서(high exposure group)	25	0.2 $\pm$ 0.2	0.14 $\pm$ 0.21**	23.9 $\pm$ 43.9** (0-227.3)	3.03 (ND-18.27)
B부서(low exposure group)	26	0.1 $\pm$ 0.1	0.01 $\pm$ 0.02	3.6 $\pm$ 4.5 (0-15.1)	1.76 (ND-8.12)
비폭로군(control group)	40	0.3 $\pm$ 0.4	0	0.1 $\pm$ 0.3 (0-1.5)	

* P<0.01; significantly different from B, C

3. 설문 및 임상검사결과

구체적 결과로 제시하지 않았으나, 조사대상 전체 근로자들에 대한 자각증상설문 결과는 폭로군에서 비폭로군보다 유기용제 관련 증상호소가 많았으며, 그 내용은 급성자극증상과 피로증상, 기억력장해 등에 관한 증상들이었다.

폭로군 2부서, 대조군1부서의 혈액화학적소견의 비교는 표 6과 같다. 3군간의 검진 결과의 비교는 혼란변수를 줄이기위하여 여성근로자 (A부서 1명, B부서2명) 3명과 A부서의 만성간염의심자 1명을 제외한 후 통계적검토를 하였다. 3부서간에서 연령별, 근무년수별의 유의한 차이는 없었다. 통계검정 (ANOVA)결과 백혈구수에서 A부서가 유의하게 (P<0.05) 감소되어 있었다 (그림). 또 백혈구 감소자 (<4500)의 수 (표 7)도 폭로군에서 6명 (A부서 5명, B부서 1명)으로 비폭로군 (해당자없음)에 비하여 유의하게 증가되어 있었다 (Fisher's exact test, P<0.05). 즉, 폭로군과 백혈구감소증세는 통계학적인 관련성이 있음을 관찰할 수 있었다.

또 과립구(granulocyte)의 수가 유의하게 감소되어 있는 것을 알 수 있다. 적혈구 수, 혈색소, 혈구용적등 빈혈지표의 차이는 관찰되지 않았으나 MCV는 A부서에 서 유의하게 증가되어 있었다.

백혈구수가 특수건강진단상의 선별기준인 4000미만으로 감소한 A부서 근로자 2명과 전년도 검사가 3200이고 이번 검사는 4200인 B부서 근로자 1명 등 3명에 대하여 말초혈액의 재검사 및 정밀검사 (골수검사)를 시행한 결과 hypocellular marrow (2명), hypocellular marrow, slight (1명)으로 나타났다.

표 6. 작업부서별 검사결과

	A부서(n=30)	B부서(n=27)	non-exposure group(n=41)
근무기간(년)	8.0(5.4)	11.0(0.7)	11.0(6.6)
연령	37.4(8.5)	39.2(4.4)	39.3(7.5)
혈색소 (g/dL)	14.37(0.8)	14.7(1.0)	14.6(0.8)
적혈구수 (*10 ⁴)	474(32)	482(39)	489(29)
백혈구수	6033(1433)*	6325(1410)	7031(1400)
과립구수	3210(1351)*	3543(1361)	3966(1167)
혈구용적치 (%)	42.9(2.3)	43.4(2.6)	43.4(2.0)
혈소판수 (*10 ³)	255(64)	260(58)	249(49)
MCV	90.7(3.5)*	90(3.9)	88.6(3.1)
MCH	30.3(1.0)	30.6(1.4)	30(1.2)
MCHC	33.5(0.7)	34(0.8)	33.5(1.9)

mean(SD), *P<0.05, significant difference from nonexposed group

표 7. 각 군의 백혈구수 감소자 분포

	4500 미만	4500 이상	합 계
폭로군	6	51	57
비폭로군	0	41	41
합계	6	92	98

*P<0.05, significant difference

그림

IV. 고찰

동물실험에서 나타난 셀로셀브류의 독성은 주로 생식세포와 골수를 표적장기로 하고 있다. 전형적인 생식독성으로는 수컷에서 정소위축, 정자수 감소, 정자운동성감소, 비정상적 정자수의 증가, 정모세포의 감소등의 소견이 나타나고 있다 (Nagano 등, 1979). 암컷에서는 임신률의 감소, 임신기간의 연장 등이 나타날 수 있고 그 밖에 신생개체체중감소, 장기의 기형, 신경행동학적이상 등도 보고되어 있다(Hardin 등, 1981; Andrew 등, 1981).

혈액학적이상으로는 혈색소, 혈구용적치, 적혈구수, 백혈구수, 혈소판수 등의 감소가 나타난다. 범혈구감소 (pancytopenia)가 나타나기도 하고 단일요인 (적혈구수 또는 백혈구수)만이 감소되기도 하나 단일혈구가 감소되는 경우는 백혈구수 감소가 비교적 특징적으로 나타나고 있다 (Werner 등, 1943; Trihaut 등, 1979; Nagano 등, 1979; Terrill and Daly, 1983; Barbee 등 1984).

사람에 대한 연구결과로서 조혈기계영향을 보면 Parsons 과 Parsons (1938), Greenburg 등 (1938)이 EGME에의 급성폭로로 인한 가역적인 재생불량성빈혈을 보고하였고, Zavon 등 (1963)이 EGME에 아급성으로 폭로된 경우에 hypocellular marrow를 보고하였다. Ohi와 Wegman (1978)은 EGME에 용제사용시 피부로 폭로된 경우에 범혈구감소증을 보고하였다. 그 후 최근들어 직업성으로 폭로된 근로자들에 대한 일부 역학조사에서도 비슷한 결과가 EGME 뿐만 아니라 EGEE등에 대해서도 보고되고 있다 (Welch 와 Cullen, 1988). 한편 생식독성에 대한 보고는 비교적 적으나 Welch 등 (1988)은 직업성폭로에서 정자수 감소를 보고하고 있다.

ACGIH TLV-TWA은 5ppm으로 4가지의 셀로솔브 (glycol ether)류가 동일하며 독일 스웨덴, 영국, 한국에서도 같은 기준이 적용되고 있다. ACGIH TLV-TWA가 1984년 25ppm에서 5ppm으로 낮추어졌는데 Nagano 등 (1979)의 동물실험에서 나타난 생식독성에 근거하고 있다. 또 피부흡수가 매우 잘되는 것으로 알려져 있어 (Ohio and Wegman, 1978; Zavon, 1963; Johanson, 1988) skin notation (피부표시)이 적용되고 있으며 그런 의미에서 최근에 생물학적모니터링에 대한 관심이 고조되고 있다.

물질시료 분석에서는 조사가 이루어진 날 근로자들이 사용한 페인트, 경화제, 신너가 다양하고 또한 실제로 사용한 것과 분석한 물질시료와는 다를 수 있기 때문에 물질시료분석 결과와 근로자 개개인에서 포집한 작업환경측정 시료 결과와 다

를 수 있다. 그러나 전체적으로 보았을 때 작업환경측정에서 나타난 toluene, ethyl benzene, xylene, butanol, isopropanol, ethanol, ethyl acetate, butyl acetate, methyl isobutyl ketone, EGEEA, nonane 등과 같은 물질들이 물질시료에서도 동일하게 나타났다. 그러나 각 근로자들의 작업환경측정결과로부터 알 수 있는 것은 근로자들의 폭로 형태가 다양하다는 것이다. 혼합물질의 폭로계수 (E_m)가 A부서 0.01-6.78, B부서 0.06-2.00로 범위가 넓다. 근로자들의 폭로 농도에 영향을 주는 것으로는 기온, 습도와 같은 외부조건, 근로자의 작업내용, 작업환경을 측정한 날 사용한 페인트, 경화제, 신너의 종류, 작업량 등 여러 가지 요인이 있다. 본 조사가 이루어진 것은 11월로서 기온과 습도가 낮은 때였다. 유기용제의 증기압은 온도에 따라 변하는 함수로서 온도가 높아짐에 따라 더 많은 양의 증기가 발생하게 된다. 물론 계절에 따라 페인트, 경화제, 신너 구성성분의 함량비가 달라지겠지만 일반적으로 여름에는 더 높은 농도를 나타낼 가능성이 있다.

조사가 이루어진 부서의 특성상, 도장작업이 개인단위로 이루어지므로 폭로농도는 개인별, 일별에 따라 변이가 클 것으로 생각된다. 물질시료분석에서 나타난 바와 같이 페인트, 경화제, 신너의 구성성분은 종류에 따라 매우 달라진다. 또한 A부서에서 사용하는 페인트의 종류만 해도 100여가지가 넘는다고 한다. 이번 조사에서 분석한 것은 그 중의 일부분일 뿐이다. 이런 다양한 종류의 페인트를 사용하기 때문에 어떤 페인트를 얼마만큼 사용하는냐에 따라 폭로수준이 달라지게 된다.

근로자의 유기용제에 대한 폭로양상을 보게 되면 폭로가 시간에 따라서 일정하게 나타나는 것이 아니라 도장을 하는 시간에는 고농도로 폭로되고 작업장을 이동하거나 도장작업을 준비하는 동안에는 저농도에 폭로될 것으로 사료된다. 예를 들어, 구체적인 자료는 제시되지 않았지만, 탱크내에서 도장을 한 사수에서 48분 동안 측정한 결과를 보면 xylene의 농도가 367.70 ppm으로 나타났다. 15분 동안의 STEL값을 측정하지는 않았지만 폭로의 경향으로 볼 때 xylene는 단기적으로 STEL값 150 ppm을 넘을 가능성이 있다.

여타 사업장의 작업환경에서의 셀로솔브류 폭로실태에 관한 보고는 표 8과 같이 요약할 수 있다. 본 연구에서의 폭로농도는 EGEEA에 관한 것으로 제조업에서의 폭로실태에 관한 자료는 거의 없다. 간접적으로 같은 셀로솔브류인 EGME, EGEE등과 비교해 보면, Greenburg 등 (1938)의 보고에서 처럼 급성고농도폭로시의 폭로농도보다는 낮은 농도를 나타내고 있다. 또 Zavon (1963), Ohio 와 Wegman 등 (1978)에서의 보고처럼 잉크의 용제로서 사용했을 때의 폭로농도도 본 연구에서의 농도보다 높은 것을 알 수 있다. 그러나 본 연구에서와 같이 페인

트의 용제로서 사용된 Clapp 등 (1984)의 폭로농도와 비교해 보면 본 연구에서의 폭로농도가 다소 높은 것으로 추정될 수 있다. 본 연구와 동일한 업종인 조선업에서의 도장작업자에서 조사한 Sparer 등 (1988)에서의 폭로농도 역시 본 연구에서 나타난 농도보다 다소 낮게 나타나고 있다.

Table 8 Glycol ether exposure measurments from published articles and goverment investigations

plant or job	Compound sampled (No. samples)	Mean(range) ppm	references
Samples taken for ethylene glycol ethers during in Belgium worksites	EGEE (19)	2.6 (0.2-47.9)	Veulemans 등 (1987)
	EGME (4)	9.8 (1.8-42.8)	
Electroplating washing of a part with 2-ME	EGME (NR)	22.5 (NR)	Ohio and Wegman (1978)
Fused shirt collars	EGME (NR)	NR (25-75.9)	Greenburg 등 (1938)
Production and packaging of 2-ME	EGME (NR)	(0-0.4)	Cook 등 (1982)
	EGME (NR)	(5.4-8.5)	
Printing of plastic materials	EGME (6)	20.9 (10.7-36.9)	Zavon (1963)
Parquet floors	EGEE (9)	1.3 (ND-13.9)	Denkhaus 등 (1986)
	EGME (9)	1.9 (ND-4.7)	
	2-BE (9)	5.1 (ND-7.3)	
All samples for 2-EE and 2-ME taken by OSHA from 10/1/80 to 9/30/85 (110 inspections)	EGEE(169)	10.2 (0-754)	OHSA (unpublished)
	EGME (48)	5.5 (0-66.3)	
NIOSH sampling Preparation of ceramic shells for lost-wax casting	EGEE (33)	ND-23.5	NIOSH (1984)
Industry-wide survey branch	EGME (NR)	NR (ND-0.6)	Clapp 등 (1984)
1981 Drumming blended chemicals	EGME (NR)	NR (0.1-2.8)	Clapp 등 (1984)
1981 Jet refueling	EGME (NR)	<1 (0-4.7)	Clapp 등 (1984)
1982 Cleaning of small parts in a communications equipment service center	EGEE(NR)	(0.2-0.6)	Clapp 등 (1984)
Spray painting average over a series fo surveys	EGME (NR)	2.3	Clapp 등 (1984)
	EGEE (NR)	0.4	
Shipyard painting	EGEE (90)	0.4 (0-21.5)	Sparer 등(1988)
	EGME (102)	0.3 (0-5.6)	

2-BE, 2-butoxyethanol; NR, not recorded; ND, not detected.

EGEE는 몸안에서 EAA로 대사되어 소변으로 배출되며 EGME는 MAA (methoxy acetic acid)로 대사되어 소변으로 배출된다 (Miller 등, 1983 ; Groeseneken 등, 1986; Groeseneken 등, 1987b). EGEEA, EGMEA는 몸 안에서 esterase에 의하여 각각 EGEE, EGME로 변환된 뒤 같은 대사과정으로 EAA와 MAA로 소변으로 배출되는 것으로 알려져있다 (Johanson G, 1988; Groeseneken 등, 1987a; Miller 등, 1983). 그리고 바로 이 대사물질들이 조혈기능 독성과 생식독성을 야기시키는 것으로 알려져 있다 (Ritter 등, 1985; Foster 등, 1987).

이들 셀로솔브류는 피부흡수가 매우 빠르고 흡입폭로보다도 피부폭로가 더 큰 역할을 할 것이라는 보고도 있어 (Guest 등, 1984; Ohio and Wegman, 1978; Zavon, 1963; Johanson, 1988) 체내흡수를 보다 정확히 반영하기 위하여 생물학적 모니터링이 강조되고 있다. 또한 생물학적모니터링은 피부흡수의 영향 뿐 아니라 작업강도에 따른 호흡정도의 영향까지도 반영할 수 있는 것으로 알려져 있다 (Groeseneken 등, 1986; Groeseneken 등, 1987a). EAA의 배설은 폭로중지후 4시간 정도에서 피크를 나타내며 생물학적반감기는 42시간인 것으로 보고되고 있다. 그러므로 ACGIH에서는 주말 작업이 끝날 때 (end of shift at end of workday) 대사산물을 측정하도록 권고하고 있다. 한편 작업강도와 피부흡수정도의 개인차, 수분섭취와 알콜섭취가 미치는 영향의 개인차, 기타 개인간의 대사의 차이 등이 아직 충분히 연구되지 못한 점이 있으나 폭로의 지표로서 또 건강장해의 잠재성을 나타내는 지표로 쓰일 수 있다는 것이 현재까지의 연구결과이다 (Johanson, 1988.).

본 연구에서는 기중폭로농도가 높은 A부서작업자들에서 메틸마노산과 EAA가 B부서와 대조군보다 고농도로 배출되고 있어 EGEEA에 높게 폭로되고 있음을 보여주고 있다. 뇨중 대사산물의 농도는 같은 조선업에서 EGEEA를 함유한 페인트를 사용한 도장공에서의 (Lowry 등, 1987) 폭로농도인 25.0 ± 20.7 mg/g creatinine과 거의 같은 수준을 보여주고 있다.

그러나 기중 농도와 뇨중 대사물과의 상관관계 패턴이나 기중농도와 비교할 때의 뇨중대사산물의 양은 Johanson (1989)나 Clapp 등 (1984)의 보고에서와 다르다. 즉 개인별 및 일자별 작업시간, 작업장소 및 작업내용의 차이, 마스크의 착용여부 등이 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 즉 실제적인 작업환경의 복잡성과 개인보호구의 착용 등의 혼란변수등으로 이번 연구로는 대사산물과 기중농도와의 양반응관계는 설정하기 어려우나 작업환경공기중의 EGEEA에 많이 폭로되고 있는

작업자에서 대사산물이 명확하게 많이 배출되는 것이 다른 셀로솔브류에 이어서 EGEEA에 대한 연구에서도 확인되었음은 특기할 만하다.

백혈구수의 변이가 큰 것을 고려하더라도 2회에 걸쳐 백혈구수가 감소되었고 골수도말검사에서도 골수기능의 저하가 경도 관찰되어 말초혈액에서의 백혈구감소는 골수기능저하에서 온 것으로 판단된점, 통계적으로 유의한 관련성이 있는 것 등을 고려하면 백혈구감소가 우연하게 관찰되었을 가능성은 적다고 생각된다. 그러나 본 역학조사가 단면연구이고 또 선박에 따라, 시기에 따라 페인트의 종류와 그 성분도 다를 수 있으므로 백혈구감소경향의 원인물질에 대한 인과관계를 결정하기는 어렵다. 그러나 그 한계 속에서 그 연관성을 어느 정도 추정할 수 있을 것이다. 우선 복합유기용제성분의 유해작용을 검토해 보면, 주성분이 toluene, xylene, ethyl benzene, n-butanol, MIBK, EGEEA중에서 EGEEA는 glycol ether류 (셀로솔브류)에 속하는 물질로 생식장애와 조혈기능장애를 일으키는 물질로 잘 알려져있다. 그 밖의 물질들은 아직까지 골수기능저하 등 혈액학적이상을 일으킨다는 보고는 알려져 있지 않다. 다음으로 A부서 도장작업자 18명중 9명이, B부서 12명중 1명이 TLV-TWA인 5ppm을 초과하여 복합유기용제의 주성분인 EGEEA에 비교적 고농도로 폭로되어 있음을 알 수 있다. 물론, 공정내용에서 설명되었듯이, 주사수들은 송기마스크를 착용하고 있으므로 개인폭로량이 그대로 체내에 흡수된다고는 말 할 수 없으나 피부흡수가 강한 점, 주사수를 보조하는 근로자들은 방독마스크 착용상태가 미비한점 등을 고려할 때, 상당농도로 폭로되고 있다고 추정할 수 있다. 도장부서 근로자들이 쓰는 물질들이 주문되는 선박의 종류에 따라 달라질 수 도 있으나 이전의 작업환경측정에서도 계속적으로 EGEEA가 검출되고 있었다는 점은 항시적으로 EGEEA에 폭로되었을 가능성이 높다. 다음으로 다른 유기용제, 또는 EGEEA와 다른 복합유기용제들이 복합적으로 작용하여 혈액학적 이상소견을 일으킬 가능성도 배제할 수 없으나 현재까지 알려진 조혈기능억제 물질로는 EGEEA의 가능성이 가장 높다. 한편, 연이나 기타 골수기능억제물질들은 혈중 연검사나 산업위생학적평가로 배제할 수 있었다. 마지막으로 원인불명이나 기타 약제로 인한 골수기능저하를 완전히 배제할 수는 없으나 과거병력 검토 및 역학적인 검토결과는 그 관련성을 시사하고 있다.

본 역학조사에서는 범혈구감소는 관찰되지 않았으며 백혈구만이 감소되어 있었다. 백혈구만이 감소되는 이유는 현재로서는 확실히 알 수 없으나 Nagano 등 (1979)의 연구결과는 시사하는 바가 있다고 본다. 즉 동물실험에서는 양 반응적으로 혈구의 감소가 나타나는 데 저농도폭로에서는 백혈구감소가 먼저 나타나고 그 후에 고농도폭로가 되면 적혈구 감소도 나타나는 것으로 보고되고 있다. 그리고

본 연구에서 관찰된 백혈구의 감소는 과립구의 감소와 관련된 것으로 추정된다. 한편 본 연구에서 관찰된 빈혈을 동반하지 않는 MCV의 증가는 최근 유기용제 폭로작업자에서 보고되어 있으며, 그 의미는 아직 알려져 있지 않고 있으나, 향후 연구를 진행시키는데 주목할 필요가 있다.

지금까지 셀로솔브류의 앞에서 언급된 4가지 물질중에서 특히 EGEEA로 인한 사람의 건강장해에 대한 보고는 없다. 물론 대사산물이 EGEE와 같은 등 조혈기계와 생식기계 독성이 동물실험등에서 보고되고 있으나 사람의 건강장해에 대한 보고에서 동물실험에서 나타나는 조혈기장해의 가능성이 어느 정도 시사되었다는 것은 의미있는 결과라고 생각된다.

그러나 본 연구의 한계로는 이 들 백혈구 감소자에 대한 추적조사가 이루어지지 못한 점을 들 수 있고, 또 적어도 본 연구대상이 되었던 세 그룹에 대하여 그 후의 백혈구수 변화양상을 파악하지 못하였다는 점이다. 그러므로 백혈구감소와 셀로솔브폭로와의 통계적연관성을 넘어서 인과관계를 설명하는 데 있어서 제한점으로 지적되고 있다.

그러므로 도장작업자에서의 백혈구감소경향 등의 인과관계를 설명하기 위하여는 이들 그룹을 포함한 보다 큰 규모의 시계열적 추적조사 연구가 필요하리라고 생각된다.

V. 요약

일개 조선업체의 일부 도장작업자 61명 (고폭로군 A부서와 저폭로군 B부서)을 중심으로 EGEEA등을 포함한 복합유기용제 폭로실태를 평가하고 그 작업자들의 건강장해를 주로 조혈기장해를 중심으로 비폭로군과 비교검토한 결과는 다음과 같았다.

1. 복합유기용제에 고농도로 폭로되는 A부서의 EGEEA의 기중농도 <기하평균 (범위); 단위, ppm>는 3.03 (ND-18.27)이고 저폭로부서인 B부서는 1.76 (ND-8.12)였다.
2. A부서의 EAA의 뇨중배출농도<평균 (범위); 단위, mg/g creatinine>는 23.9 (0-227.3)이고 B부서는 3.6 (0-15.1)이었다.
3. 도장작업부서에서 대조군에 비하여, 백혈구감소경향이 통계적으로 유의하게 나타났다.
4. 백혈구감소경향의 원인물질로는 EGEEA의 가능성이 추정되나 그 인과관계에 대한 검토는 이들 그룹 등에 대한 추적검사 등이 이루어져야 가능할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Andrew FD, Buschbom RL, Cannon WC, Miller RA, Montgomery LF, Phelps DW, et. al. Teratologic assessment of ethylbenzene and 2-ethoxyethanol. NIOSH contract no. 210-79-0037. 1981;Richland, WA: Battelle Pacific Northwest Laboratories.
- Barbee SJ, Terrill JB, DeSousa DJ, Conaway CC. Subchronic inhalation toxicology of ethylene glycol monoethyl ether in the rat and rabbit. Environ Health Perspect 1984;57:157-64
- Clapp DE, Smallwood AW, Moseley C, DeBord KE. Workplace assessment of exposure to 2-ethoxyethanol. Appl Ind Hyg 1987;2:183-7.
- Foster PMD, Lloyd SC, Blackburn DM. Comparison of the in vivo and in vitro testicular effects produced by methoxy-, ethoxy- and n-butoxy acetic acids in the rat. Toxicology 1987;43:17-30.
- Greenburg L, Mayers MR, Goldwater LJ, Burke WJ, Moskowitz S. Health Hazards in the manufacture of "fused collars." I. Exposure to ethylene glycol monomethyl ether. J Ind Hyg Toxicol 1938;20:134-47.
- Groeseneken D, Veulemans H, Masschelein R. Urinary excretion of ethoxyacetic acid after experimental human exposure to ethylene glycol monoethyl ether. Br J Ind Med 1986;43:544-9.
- Groeseneken D, Veulemans H, Masschelein R, Van Vlem E. Pulmonary absorption and elimination of ethylene glycol monoethyl ether acetate in man. Br J Ind Med 1986;44:309-16.
- Groeseneken D, Veulemans H, Masschelein R, Van Vlem E. Ethoxyacetic acid: a metabolite of ethylene glycol monoethyl ether acetate in man. Br J Ind Med 1986;44:488-93.
- Groeseneken D, Veulemans H, Masschelein R, Van Vlem E. Comparative urinary excretion of ethoxyacetic acid in man and rat after single low doses of ethylene glycol monoethyl ether. Toxicol Lett 1988;41:57-68.
- Guest D, Hamilton ML, Deisinger PJ, DiVincenzo GD. Pulmonary and percutaneous absorption of 2-propoxyethyl acetate and 2-ethoxyethyl acetate in beagle dogs. Environ Health Perspect 1984;57:177-184.
- Hardin BD, Bond GP, Sikov MR, Andrew FD, Beliles RP, Neimeier RW.

- Testing of selected workplace chemicals for teratogenic potential. *Scand J Work Environ Health* 1981;7:66-75.
- Johanson G. Aspects of biological monitoring of exposure to glycol ethers. *Toxicol Lett* 1988;43:5-21
- Johanson G, Michel I, Norback D, Nise G, Tiliberg A. Biological monitoring of exposure to glycol ethers. *Toxicol Lett* 1988;43:5-21
- Larese F, Fiorito A, Zotti RD. The possible hematological effects of glycol monomethyl ether in a frame factory. *Br J Ind Med* 1992;49:131-133.
- Lowry LK. The biological exposure index: its use in assessing chemical exposures in the workplace. *Toxicology* 1987;47:55-69.
- Miller RR, Hermann EA, Langvardt PW, McKennan MJ, Schwetz BA. Comparative metabolism and disposition of ethylene glycol monomethyl ether and propylene glycol monomethyl ether in male rats. *Toxicol Appl Pharmacol* 1983;67:229-37.
- Nagano K, Nakayama E, Koyano M, Oobayashi H, Adachi H, Yamada T. Mouse testicular atrophy induced by ethylene glycol monoalkyl ethers. *Jap J Ind Health* 1979;21:29-35.
- Ohi G, Wegman DH. Transcutaneous ethylene glycol monomethyl ether poisoning in the work setting. *J Occup Med* 1978;20:675-6.
- Parsons CE, Parsons ME. Toxic encephalopathy and "granulopenic anemia" due to volatile solvents in industry: report of two cases. *J Ind Hyg Toxicol* 1938;20:124-33.
- Ratcliffe J, Clapp D, Schrader SM, Turner TW, Oser J, Tanaka S, et al. Health hazard evaluation determination report: Precision Castparts Corporation, Portland, OR. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Health Services, Public Health Service, CDC, NIOSH, NIOSH Report No. 84-415-1688;1986.
- Ritter EJ, Scott WJ Jr., Randall JL, Ritter JM. Teratogenicity of dimethoxyethyl phthalate and its metabolites methoxyethanol and methoxyacetic acid in the rat. *Teratology* 1985;32:25-31.
- Sakai T, Araki T, Masuyama Y. Determination of urinary alkoxacetic acids by a rapid and simple method for biological monitoring of workers exposed to glycol ethers and their acetates. *Int Arch Occup Environ Health*

- 1993;64:495-8.
- Sparer J, Welch LS, McManus K, Cullen MR. Effect of exposure to ethylene glycol ethers on shipyard painters:I. Evaluation of exposure. *Am J Ind Med* 1988;14:497-507.
- Terrill JB, Daly IW. A 13-week inhalation toxicity study of ethylene glycol monoethyl ether in the rabbit. Report#82-7588 to the Chemical Manufacturers Association. Washington, DC: Chemical Manufacturers Association.
- Trihaut R, Dutertre-Catella H, Phu-Lich N, Huyen VN. Comparative toxicological study of ethylglycol acetate and butylglycol acetate. *Toxicol Appl Pharmacol* 1979;51:117-27.
- Welch LS, Cullen MR. Effect of exposure to ethylene glycol ethers on shipyard painters:III. Hematological effects. *Am J Ind Med* 1988;14:509-26.
- Welch LS, Schrader SM, Turner TW, Cullen MR. Effect of exposure to ethylene glycol ethers on shipyard painters:II. Male reproduction. *Am J Ind Med* 1988;14:527-36.
- Werner HW, Nawrocki CZ, Mitchell JL, Miller JW, von Oettingen WF. Effects of repeated exposures of rats to vapors of monoalkyl ethylene glycol ethers. *J Ind Hyg Toxicol* 1943;25(8):374-9.
- Zavon MR. Methyl cellosolve intoxication. *Am Ind Hyg Assoc J* 1963;24:36-41.

부록

물질시료 (bulk sample)분석 결과

1. A 부서

페 인 트	1. EH-173		2. JQA	
	area %		area(%)	
	o IPA	0.37	o 1- Butanone	0.52
	o Ethyl acetate	17.00	o 4-Methyl-2-pentanone	20.90
	o 1- Butanol	0.39	o Toluene	0.50
	o 4-Methyl-2-pentanone	16.56	o Buthyl acetate	26.45
	o Buthyl acetate	22.05	o Ethylbenzene	5.60
	o Ethyl benzene	7.01	o Xylene	37.08
	o Xylene	23.84	o 2-Ethoxy ethanol acetate	7.51
	o 2-Ethoxy ethanol acetate	7.95	o 기 타	1.44
	o 기 타	4.82		
경 화 제	area %		area%	
	o Ethylacetate	59.72	o Ethyl acetate	95.84
	o Butylacetate	39.68	o 2-Ethoxy ethanol acetate	3.98
	o 기 타	0.6	o 기 타	0.18
신 너	078	area %	220	area%
	9.42 Ethyl acetate		o 1-Butanol	8.29
	66.64 Toluene		o Toluene	0.51
	18.75 Butyl acetate		o Ethylbenzene	18.71
	o 2-Ethoxy ethanol acetate	5.19	o Xylene	72.16
			o 기 타	0.23

페인트	3. EP-1240		4. QHA-028	
		area %		area %
	o IPA	0.33	o Ethanol	46.00
	o 2-Butanol	1.52	o 1-Methoxy-2-propanol	22.85
	o 1-Butanol	18.32	o Xylene	3.23
	o Toluene	1.13	o Ethylmethyl benzene	12.06
	o Ethyl benzene	14.26	o Trimethyl benzene	13.66
	o Xylene	64.44	o Propyl benzene	1.74
경 화 제		area %		
	o 1-Butanol	17.59		
	o Ethanol	2.37		
	o IPA	1.50		
	o Ethyl benzene	13.31		
	o 1-Methoxy-2-propanol	0.98		
	o Xylene	57.75		
	o 기 타	6.50		
신너	024			
		area %		
	o 4-Methyl-2-pentanone	7.08		
	o 1-Methoxy-2-propanol	7.31		
	o Ethylbenzene	8.13		
	o xylene	36.25		
	o Ethylmethyl benzene	12.12		
	o Trimethyl benzene	24.46		
	o Propyl benzene	1.72		
	o 기 타	2.94		

2. B 부서

1) Alkyd류

페인트	1. 코라멜 프라이머		2. 코라멜 에나멜	
	area%		area %	
	o Ethanol	3.55	o Ethanol	18.24
	o IPA	0.60	o IPA	2.13
	o 2-Butanone	1.53	o 2-Butanone	1.13
	o Ethylbenzene	7.11	o Ethylbenzene	3.64
	o Xylene	33.31	o Xylene	17.96
	o Nonane	12.77	o Trimethylbenzene	3.43
	o Trimethyl benzene	2.85	o Nonane	13.50
	o Decane	6.62	o Decane	8.20
	o 기 타	31.67	o 기 타	31.77
경 화 제	없음		없음	
신너	002(Alkyd계)	area %	좌와 상동	
		1 . 0 4		
	o Toluene			
	o Ethylbenzene	16.40		
	o Xylene	82.28		
	o Methylethyl benzene	0.29		

2) Inorganic Zinc

Galvany(신 나)	
	area %
o Ethanol	24.20
o IPA	74.50
o 2-Ethoxy ethanol	0.34
o 4-Methyl 2-pentanone	0.31
o Diethyl oxalate	0.39

3) Epoxy류

페인트	3. 코레폭스 톱고우드 area % - o Ethanol 7.20 - o IPA 0.83 - o 2-Ethoxy ethanol 6.50 - o 4-Methyl-2-Pentanone 20.18 - o Ethylbenzene 9.53 - o Toluene 1.03 - o Xylene 45.44 - o Ethylmethyl benzene 3.16 - o Trimethyl benzene 3.55 - o Propyl benzene 0.41 - o 2-Ethoxy ethanol acetate 0.55 - o 기 타 1.78	4. 코레폭스 프라이머 area% - o IPA 0.37 - o 1-Butanol 19.58 - o Ethylbenzene 14.81 - o Xylene 63.44 - o 2-Methyl propyl 1.54
경화제	ET5740 area % - o IPA 1.51 - o 1-Butanol 27.42 - o Toluene 1.50 - o Ethylbenzene 11.31 - o Xylene 57.25 - o 기 타 1.01	EP1240 area % - IPA 0.69 - Ethanol 2.64 1-Butanol 14.88 1-Methoxy-2-propanol 1.39 - Ethylbenzene 14.54 - Xylene 64.02 - 기타 1.84
신너	024 area% - o 1-Methoxy-2-propanol 7.31 - o 4-Methyl-2-pentanone 7.08 - o Ethylbenzene 8.13 - o Xylene 36.25 - o Ethylmethyl benzene 12.12 - o Trimethyl benzene 24.46 - o Propyl benzene 1.72 - o 기 타 2.94	좌와 상동

* 물질 시료 분석결과는 가스크로마토그래피에서 기화되는 물질만을 대상으로 한 것이기 때문에 실제의 성분비와 다를 수 있음. 특히 페인트와 경화제는 head space에서 기화되는 성분만을 대상으로 하였다. 또한 area %는 크로마토그램상의 면적비일 뿐이다.