船 艙 内 熔 接 作 業 に と も な う 金 属 熱 お よ び じ ん 肺 に つ い て

松井清夫*, 坂本 弘*, 堀尾清晴*, 中尾一吉*

STUDIES ON THE METAL FUME FEVER AND PNEUMOCONIOSIS DUE TO WELDING WORK IN THE HOLDS

Kiyoo MATSUI*, Hiroshi SAKAMOTO*, Kiyoharu HORIO* and Kazuyoshi NAKAO*

Febrile attacks were noticed among workers employed in electric welding of galvanized iron pipe in the holds of a boat. Hygienic and medical studies on the work-environment and the workers themselves were carried out.

An analysis of the atmosphere of the holds made during the welding revealed high concentrations of zinc oxide (145.7, 69.7 and 14.6 mg/m³) and dust (81.6 and 245.1 mg/m³) which were inversely proportional to the area (height × width) of the entrance of the hold.

Febrile attacks occurred several hours after the close of the welding work. Most of the cases complained of fever and chill. The other complaints were arthralgia, general malaise, myalgia, irritation of the throat and discomfort in the

chest, while others complained of nausea, vomiting and diarrhoea. Recurrence of the attack was characteristic in most of the cases.

Patch tests for zinc oxide were positive in 2 out of 49 cases tested.

From the above-mentioned results, it is concluded that these febrile attacks were metal fume fevers caused by inhaling zinc oxide.

Besides, to see the effects of the metal dust on the lung roentgenographic and spirometric examinations were done. In about half of 66 welders, punctiform opacities in the lung field were observed, the size of which was smaller than that of those found in the usual pneumoconiosis. And, there was no evidence of disturbance of ventilatory functions.

200 トン前後の魚船船艙に、魚類の冷凍や排水などのために配管工事がおこなわれ、それに従事する熔接工、配管工、銅工、製缶工の中から、作業終了後、発熱を訴えるものが発生した。該当事業所は労働者数100~150名程度の小規模のものである。そこで、われわれは二、三の調査をおこなったので、その概要を報告する。

発 生 状 況

開業医の34年度以降のカルテをもとに、作業との関

連、および経過からみて同一とみられる船艙内作業員の発病を、過去にさかのぼって調査した。年令21才~51才の15例が発見され、表1にしめすごとくである。亜鉛張り鉄管の熔接作業終了後、帰宅してから悪寒、発熱を訴えるものは、15例中、全員にみられる。随伴症状として、全身倦怠感、筋肉痛、関節痛、胸痛、胸部不快感、呼吸器系刺激症状、悪心、嘔吐などの胃腸症状を有するものがある。

以上の症例は医院を訪れたものの例であるので、現在船艙内作業に従事している熔接工など34名を対象に、質問紙法により同様発熱発症の既往について調査した。表2にその結果をしめす。

これら対象者はすべて船艙内作業の経験を有し、作業

*三重県立大学医学部衛生学教室 (主任: 松井清夫教授)

昭和40年8月27日受付, 普通掲載

*From the Dept. of Hygiene (Director: Prof. K. Matsui), Mie Prefectural University, School of Medicine.

Received for publication, Aug. 27, 1965.

Tab. 1 Classification of Symptoms of 15 Cases

Symptom	Number	%
Fever and chill	15	100.0
Arthralgia	7	46.7
General malaise	5	33.3
Nausea, vomiting and diarrhoea	5	33.3
Irritation of the throat and cough	5	33.3
Myalgia	4	26.7
Discomfort in the chest	4	26.7
Nasal catarrh	1	6.7
Vertigo	1	6.7

Tab. 2 Occupational and Medical Histories of 34 Workers by Questionnaire

Worker's group		Welders	Other workers	Total
Items	Number Answer	12	22	34
Length of welding work	Less than 1 y.	0	1	1
	1 y. ~ 3 y.	3	2	5
	3 y. ~ 5 y.	1	2	3
	5 y. ~ 10 y.	1	2	3
	Over 10 y.	6	2	8
Working with welding work	Yes	12	22	34
	No	0	0	0
Working frequency in the hold	All the time	10	12	22
	Occasional	1	10	11
	At time	1	0	1
Working duration prior to fever attack	Less than 0.5 y.	0	2	2
	0.5 y. ~ 1 y.	1	0	1
	1 y. ~ 2 y.	2	3	5
	Over 2 years.	4	10	14
Irritation of the throat, Metallic taste	Yes	11	21	32
	No	1	0	1
Fever with chills, Myalgia, Arthralgia	Yes	10	20	30
	No	2	1	3
Recurrence of fever attacks	0 ~ 4	1	6	7
	5 ~ 9	2	1	3
	10 ~ 19	2	3	5
	Over 20	2	8	10

頻度も頻回である。また、溶接工以外の作業員でも、溶接時に同時にせまい船艙内で作業している場合が多い。船艙内作業終了後、発熱症状の経験者は、33名中30名、口内不快感、痛み、甘味感などの咽頭刺激症状は、33名中32名にその経験がある。発熱発症の経験のないものは、25名中1名であり、20回以上罹患したものは40%で

ある。発症を経験するまでの年数が2年以上のものは、22名中14名であった。

発生職場の環境測定

現在建造中の船艙内での配管溶接時における環境測定をおこなった。測定項目は気中酸化亜鉛濃度、船艙内の温湿度、気流、炭酸ガス濃度、および溶接時船艙内に発生する粉塵量を測定した。酸化亜鉛濃度測定には、稀塩酸100 ccに塩素酸カリウム結晶1 gを溶かしたものの10 ccをmidget-impingerの捕集液¹⁾とし、デチゾン法で発色させ、535 m μ の波長で吸光測定した。気流はカタ冷却率よりHillの式をもちい、炭酸ガス測定は北川式検知管によった。粉塵測定は規定²⁾にもとづき、測定器としてmidget-impingerを使用し、重量法にて表わした。測定場所の概要は図1にしめすごとくであり、測定成績は表3にしめす。

Fig. 1 Sketches of the holds (scale:cm)

Tab. 3 Results of Environmental Examinations during Welding Work

Name of the hold		Oil-tank	Cabin	Drager
Environmental factors				
Air capacity	m ³	8.5	18.7	7.7
Concentration of zinc oxide	mg/m ³	145.7	14.566	69.72
Room temperature	°C	15.4	21.9	13.3
Relative humidity	%	90.9	89.0	92.5
Current of the air	m/sec	1.60	2.7	1.55
CO ₂ content in the air	%	0.2	0.1	0.1

気中酸化亜鉛濃度は145.7 mg/m³、69.72 mg/m³、14.566 mg/m³であった。船艙内気中酸化亜鉛濃度と温湿度、気流、炭酸ガス濃度とは関連がみられなかったが、各船艙の入口面積の大きさは逆比例関係にあった。屋外で同じ溶接作業をおこなった時の気中酸化亜鉛

濃度は 9.46 mg/m^3 であった。熔接時発生する粉塵量は 81.6 mg/m^3 , 254.1 mg/m^3 であった。

亜鉛にたいする感受性

船艙内作業員の亜鉛にたいする感受性を知るためにパッチテスト^{3,4)}をおこなった。すなわち、亜鉛華加オリブ油を径 1 cm のネル布に塗布して、被検者の左前腕内側皮膚に装着し、24時間後に判定した。被検者は男子 47 名、女子 4 名で、いずれも船艙内熔接作業に従事しているものである。対照者としては、過去に熔接作業などの経験なきもの 8 名を選んだ。

パッチテストの結果、対照者 8 名、および被検者 49 名には亜鉛華によると思われる発赤、硬結、水泡形成などの皮膚反応はみられなかった。しかし被検者男子 2 名に、 $10 \times 9 \text{ mm}$, $6 \times 7 \text{ mm}$ の境界鮮明な発赤形成に伴う腫脹を認めた。

胸部レ線所見および心肺機能

船艙内作業員の男子 67 名、女子 4 名についてレ線検査をおこなった。その結果は表 4 にしめすごとくである。結節像有所見率は 45.5% である。そのうち、PR I に属するものは 34.8% であり、PR II, III は 10.6% であった。レ線所見と勤続年数との関係は、5 年以上の勤続年数のものに有所見率が高い傾向がみられる。レ線写真上の結節像は他の職種における像と比較してきわめて小さい。レ線所見のある 30 名についておこなった心肺機能検査、臨床所見などをあらわしたものが表 5 である。心肺機能検査が F I に属するものは 2 名であり、他は心肺機能障害はみられなかった。

Tab. 4 Classification of Roentgenograms of the Welder's Lung

Length of employment	Opacities in lung field		PR I	PR II	PR III
	(-) (%)	(+) (%)			
Less than 5 y.	21 (63.0)	12 (37.4)	8	3	1
5 y. ~ 10 y.	5 (45.4)	6 (54.6)	4	1	1
10 y. ~ 15 y.	5 (62.5)	3 (37.5)	3		
15 y. ~ 20 y.	2 (28.6)	5 (71.4)	4		1
20 y. ~ 25 y.	2 (40.0)	3 (60.0)	3		
25 y. ~ 30 y.	1 (50.0)	1 (50.0)	1		
Total (%)	36 (54.5)	30 (45.5)	23	4	3

考 察

Thackrah⁵⁾ により真鍮製造工に間歇的熱発作のある

Tab. 5 Results of Roentgenographic and Spirometric Examinations

No. of subject	Sex, Age	Length of engagement in the dust-producing work	Roentgenogram	Maximum breathing capacity
	Years	Years	P R	lit/min/m ²
1	M* 31	17.5	I	102.5
2	M 25	7.11	I	126.0
3	M 27	2.8	I	79.0
4	M 50	26.9	I	86.0
5	M 57	21.1	I	97.5
6	M 30	2.11	I	—
7	M 20	3.5	I	78.5
8	M 26	4.7	I	—
9	M 25	4.9	II	126.5
10	M 24	3.0	I	127.0
11	M 33	13.11	I	99.5
12	M 27	1.6	I	—
13	M 22	3.6	III	92.5
14	M 30	11.0	I	136.0
15	M 36	17.5	I	92.0
16	M 28	7.3	I	76.0
17	M 31	3.0	II	—
18	M 22	6.9	I	80.0
19	M 44	7.7	I	78.5
20	M 31	18.9	I	96.0
21	M 27	9.0	III	—
22	M 53	19.1	I	60.5
23	M 34	11.2	I	103.0
24	M 39	21.6	I	93.0
25	M 45	8.0	II	62.5
26	M 40	23.11	I	110.0
27	F 40	4.4	I	87.5
28	M 43	1.10	II	56.5
29	F 43	4.9	I	89.0
30	M 34	15.8	III	115.5

*M=Male, F=Female

ことが指摘され、その後、Blandet⁶⁾ は発熱の原因を合金中の亜鉛のためであると報告している。Lehmann⁷⁾, Drinker⁸⁾ は人体実験で、金属熱は亜鉛の鋳造時に発生すると結論しているが、その後、銅、カドミウム、錫、ニッケル、水銀などの蒸気を吸入しておこった症例も報告⁹⁾ されている。わが国においても亜鉛板熔接にともなう発症の報告^{10,11)} がある。豊川、野牛¹²⁾ は実験的に亜鉛蒸気吸入後数時間にして発熱をみ、白血球増多、一過性の好酸球増多、尿中ウロビリノーゲン陽性を認めた。

亜鉛熱の発生機序は酸化亜鉛によって生体内に生ずる異種蛋白質⁷⁾ にたいし、Koelsch¹³⁾ のアレルギー説などがあるが、仲原¹⁴⁾ は発熱時血中亜鉛量の増加がみられる

ことを証明した。また、北川¹⁵⁾も亜鉛吸入後の血中亜鉛量増加を証明するとともに、解熱後は網内系に亜鉛が著明に増加することを認めている。

亜鉛熱は一般に酸化亜鉛フューム吸入後、数時間にして発熱発症をきたし、悪寒、または戦慄、関節痛、筋肉痛、悪心、嘔吐などの胃腸症状をとまうことがある。また、曝露後24時間から48時間以内に、発汗とともに解熱^{12,16~20)}する。

船艙内作業員は作業終了後、発熱をきたさなくとも、口内の甘味感、咽頭粘膜刺激症状を経験しており、これは前駆症状として諸家の報告^{9,12,19)}にもみられる。また、亜鉛熱の発熱発症の繰返しが多いこともいわれている²¹⁾。

豊川¹²⁾は、頻回罹患をくりかえすうち、その症状に軽減がみられることをのべ、これは技術的に巧みになり、蒸気吸入を無意識的にさけるようになるためではないかとしている。

われわれの測定した気中酸化亜鉛濃度は、145.7 mg/m³、69.72 mg/m³、14.566 mg/m³であった。船艙内の換気はわずかな入口面積のみで自然通気されているにすぎない。これは入口面積と気中亜鉛濃度が逆比例をしめすことからみても、この換気不足が気中亜鉛濃度を高めているものと思われる。豊川¹²⁾らは気中平均 150 mg/m³の亜鉛量を30分間被検者に吸入せしめ、数時間後に発熱を生ぜしめている。また沼口²²⁾らによる亜鉛中毒発生例では 191.8 mg/m³であったとしている。したがって、われわれの測定値も亜鉛熱を発生させる可能性をしめすものである。

以上の諸報告にみられる症状と作業との関連、作業場の環境条件より考えて、本発熱発症は亜鉛吸入による金属熱と考えられる。

J. M. Beeckmans²³⁾は純度の異なる5種類の酸化亜鉛をもちい、それぞれ紫外線を照射したものとし、それをラットに吸入せしめ、直腸温の変化をみているが、紫外線照射をうけた亜鉛フュームは生体にたいして強い毒性をしめすことを証明している。一方、井上²⁴⁾らはイルミナイト型溶接棒による手溶接法においては、紫外線量がCO₂-O₂アーク溶接法に比し非常に多いことをのべている。したがって、本例においてはイルミナイト型溶接棒を使用していることは、溶接時発生する酸化亜鉛の紫外線による活性化を高め、生体にたいする酸化亜鉛の毒性を強めていることも注意すべきであろう。

最近、溶接時に発生する金属熱に関して、溶接棒そのものにその原因をもとめ、発熱発症がおこりうるという報告²⁵⁾がある。とくに電弧溶接時に低水素型溶接棒を使

用するさいに発熱発症がおこり、その原因物質とされている被覆剤中の成分についても、種々検索^{26~28)}されている。

われわれが調査した溶接時に使用しているイルミナイト型溶接棒の成分²⁹⁾は、C, Si, Mn, P, S, Cuで、その含有量もMnの0.5%を最高に、他はいずれも0.3%以下である。

明石²⁷⁾によるとイルミナイト型溶接棒は、溶接時にZn, Pb, Mg, Sn, Al, Fe, Cu, Cdなどの金属熱発症の原因となりうる成分は珪酸塩の焼結にともないその中にとじこめられるため、低水素型溶接棒のように飛散する危険はすくないとのべている。したがって、調査対象となった造船所において溶接時発生する金属熱については、その原因が溶接棒によるものでなく、溶接時亜鉛管より発生する酸化亜鉛であるといえよう。

亜鉛熱のさいに白血球増加^{12,20)}、好酸球増加がみられ、これから亜鉛熱の原因をアレルギー現象⁹⁾に結びつける人もある。われわれのおこなった亜鉛華加オリーブ油による皮膚反応の結果からは、すべてをアレルギー現象に結びつけるにたる結果はえられなかった。

溶接時発生する粉塵については、すでに種々検索され、鉄を溶接する場合は発生粉塵の主体は酸化鉄^{30,31)}であるとされている。われわれが測定した粉塵量は81.6 mg/m³、254.1 mg/m³であった。イルミナイト型被覆棒による溶接法においては、発生粉塵量のとくに多いことは井上²⁴⁾らの指摘するところである。

溶接工にみられるじん肺については、Ling³²⁾がDoig, McLauhinの報告³³⁾にもとづいて、溶接時発生する酸化鉄によるとし、藤里³⁴⁾は10年以上勤続者19名中7名にじん肺を認め、その原因を酸化鉄にもとめている。また柴田³⁵⁾は造船所溶接工のじん肺剖検例から、じん肺病変は酸化鉄によるとしている。さらに佐野³¹⁾は、溶接工肺の肺内粉塵の50%以上は酸化鉄であり、剖検結果から溶接工肺を酸化鉄肺とみなしている。

久保田³⁰⁾は溶接職場における酸化鉄発生度の調査結果から、金属成分の99%は酸化鉄で、大きさは0.5 μ以下であると、発生粉塵量も電気溶接のさい4~112 mg/m³、CO₂-O₂アーク溶接法においては12.5~185 mg/m³の報告がある。

船艙内作業にたいするX線撮影の結果、じん肺有所見率は45.5%であった。手島³⁶⁾は44~85%、横山は電弧溶接工15.9%、鋳物場溶接工44.4%にじん肺有所見者がみられることを報告している。また加藤³⁸⁾は、造船所作業者に22.98%の有所見者があるとしており、われわれの

調査結果でもほぼ同率の有所見者がみられた。

結 論

船艙内配管作業員に、熔接作業終了後発熱発症を訴えるものが発生し、二、三の調査をおこなった。

1. 発熱発症を訴え受診した15例の症状発現頻度は、悪寒発熱を訴えたものは全員にみられ、他の随伴症状は全身倦怠感、筋肉痛、関節痛、胸部不快感、呼吸器系刺激症状、胃腸症状などがみられた。

2. 船艙内作業員34名にたいする質問紙法による罹患調査の結果、船艙内作業は頻回で、悪寒発熱を経験したものは、33名中30名にその経験がある。20回以上頻回罹患したものは40%であった。また発症を経験するまでの年数が2年以上のものは63.6%存在する。

3. 船艙内熔接時における環境測定の結果、気中酸化亜鉛濃度は 145.7 mg/m^3 , 69.72 mg/m^3 , 14.566 mg/m^3 であった。これは各船艙の入口面積と逆比例関係にあった。粉塵発生量は 81.6 mg/m^3 , 254.1 mg/m^3 であった。

4. 亜鉛華によるパッチテストの結果、49名中2名に発赤腫脹反応がみられた。

5. 船艙内作業員66名の胸部レ線検査の結果、結節像有所見率は45.5%であった。

本論文の要旨は、第38回日本産業医学会において発表した。
なお、本調査にあたり、三重労働基準局および伊勢労働基準監督署の絶大なる御協力をえた。ここに謝意を表する。

文 献

- 1) 大草 寛・他：環境の有害物測定法，p.377，労研出版，昭32.
- 2) 日本産業衛生協会許容濃度等に関する委員会：許容濃度の勧告（1965年），産業医学 7（6）；375，1965.
- 3) Patty, Frank A. : Indust. Hyg. and Toxicology, Vol.1; 459. Intersci. Pub. New York, 1958.
- 4) 勝沼晴雄・他：公衆衛生集団検診法，697，医歯薬出版，昭35.
- 5) Thackrah : Zit. nach. Siegel., 5. (15)より引用.
- 6) Blandet : Ann. Hyg. Publ., 33; 462, 1917. (15)より引用.
- 7) Lehmann, K.B. : Arch. f. Hyg., 72; 358, 1910.
- 8) Drinker, P. : J. Indust. Hyg., 9（8）；331, 1927.
- 9) 労働科学研究所：労働衛生ハンドブック，681，労

研出版，1963.

- 10) 三雲隆三郎，吉田寛蔵：日衛生化学誌 11；340，1939.
- 11) 陣内日出二：海軍医誌 25；851，1936.
- 12) 豊川弘平，野牛 弘：日衛生誌 7（3-4）；200，1953.
- 13) Koelsch, F. : Handbuch d. Berufs Krankheiten.; 180. München, 1935.
- 14) 仲原弘司：岡山医学誌 64（6別）；269，1952.
- 15) 北川文子：京都府立医大誌 55（4）；447，1954.
- 16) Fairharr, : Indust. Toxicology, Boltimoa, 1957.
- 17) Thienes Haley : Clinical Toxicology, London, Henry, Kimpton, 1948.
- 18) 田坂定孝：臨床中毒学 33，金原出版，1960.
- 19) 野瀬善勝：産業医学の実際 364，金原出版，昭37.
- 20) 津田多加良：労働科学 34（11）；984，1958.
- 21) Carey, P. McCord : Indust. Med. Surg., 29（3）；101，1960.
- 22) 沼口深秋・他：岡山医学会誌 63（5）；237，1951.
- 23) Beeckmans, J. M. et al. : Arch. Environ. Health, 7（3）；90，1963.
- 24) 井上 俊・他：産業医学 1（3）；218，1959.
- 25) 河出書房：労働安全衛生ハンドブック，312，河出書房，1952.
- 26) 井上孝司：産業医学 1（4）；343，1959.
- 27) 明石信爾：産業医学 3（4）；237，1961.
- 28) 調子順一，野草忠邦：産業医学 1（4）；342，1959.
- 29) 八幡熔接棒株式会社：Yahata Handbook, '65，八幡製，1965.
- 30) 久保田重孝：最近の職業病；338，山水社，昭28.
- 31) 佐野辰雄：労働科学 41（5）；213，1965.
- 32) Ling, T. M. : Recent Advances Ind. Hyg. and Med., 1937. (30)より引用.
- 33) Doig, A. T., McLaughlin, A. L. G : Lancet, I; 771, 1936. (30)より引用.
- 34) 藤里 勲：労働科学 28（4）；223，1952.
- 35) 柴田 完・他：労働科学 40（6）；270，1964.
- 36) 手島泰晴：産業医学 2（4）；215，1960.
- 37) 横山邦彦・他：産業医学 3（3）；175，1961.
- 38) 加藤光徳：産業医学 1（7-8）；595，1959.