

# 溶接作業に伴う健康影響についての調査 —建設業従事者集団を対象とした調査結果—

齊藤宏之\*1 久保田均\*2 久永直見\*3 柴田英治\*4  
毛利一平\*5 山口さち子\*6 坂本龍雄\*7 佐々木毅\*2  
田井鉄男\*8 柳場由絵\*6 奥野勉\*9

溶接作業時には数多くの有害因子にばく露される可能性があり、それに伴う様々な健康影響の問題が指摘されている。ばく露と健康影響の因果関係を明らかとし、有効な対策を講じるためには疫学的な研究が不可欠であるが、残念ながら我が国では殆ど行われていないのが現状である。今回、我々は建設業従事者を対象とした溶接作業による健康影響調査を実施した。溶接経験群および対照群において呼吸器系自覚症状、既往症、呼吸機能検査結果、聴診結果の比較を行ったところ、呼吸器系自覚症状の訴えが溶接経験群で高く、特に喘鳴は有意な差が見られた。既往症では電気性眼炎、眼内異物が溶接経験群で有意に高かった。その一方で、呼吸機能ならびに聴診結果では溶接経験群の方が良好な傾向が見られた。今後、対象を建設業以外に広げることも念頭に入れてさらなる調査を行う必要があると思われる。

**キーワード:** 溶接, 健康影響, 建設業, 質問紙調査, 聞き取り調査, 呼吸機能

## 1 はじめに

溶接作業時に発生する有害因子には、金属ヒューム、ガス状物質、有害光線、電磁波、高熱等があり、作業者は適切な防護措置を取らなければこれらにばく露される可能性がある。これらの有害因子へのばく露によって様々な健康影響が生じる可能性が指摘されており、海外では様々な調査研究が実施されてきた<sup>1)</sup>。溶接作業に限らず、仕事と健康影響の因果関係を明らかとするための疫学的研究は必要不可欠であるにもかかわらず、我が国に於いては殆ど行われて来なかった。たとえばPubMedにて検索してみた結果、溶接疫学研究全体(453件、welding \* (epidemiology + questionnaire + cohort)のうち、日本での研究は5件のみであり、実際に溶接疫学と呼べるものは僅かに1件のみ<sup>2)</sup>であった。CiNii(国立情報学研究所論文情報ナビゲータ)や医中誌を用いて検索した日本語の論文を含めても、数件を数えるに過ぎない<sup>3-6)</sup>。溶接は様々な場面で使われており、地域や業種等によって使用状況に差があることが想定されることから、海外での調査結果をそのまま用いることは正確さを欠く可能性がある。我が国の溶接による健康影響を把握するためには、疫学的な調査を行うことが不可欠であると考えられる。

一方で、建設業は大工をはじめ、様々な職種が混在し

た業種であり、鉄骨工、配管工等、溶接を行っている者も多く含まれている。建設業従事者は溶接のみならず、様々な有害因子にばく露される可能性が考えられ、健康影響が生じる可能性も高いと思われることから、健康影響を調査することは有意義であると考えられる。

今回、建設業従事者を対象とした溶接作業による健康影響調査を行う機会を得たので、その結果について報告する。

## 2 研究方法

### 1) 調査対象

調査対象は、三重県建設国民保険組合(以下、組合)の組合員のうち、男性の定期健診受診者とした。組合での定期健診は各支部単位で数回ずつ、県内各地にて実施されている(2010年度:実施回数79回、健診者数5850名)。今回は、この健診スケジュールの中から我々が調査可能な回を7ヶ所・12回選択した(選択した健診回の健診対象者数:1398名、うち男性は1089名)。組合よ

表1 PubMedによる検索結果(2011年7月時点)

	検索式	検索数
#1	Welding * epidemiology	369
#2	Welding * questionnaire	138
#3	Welding * cohort	89
#4	#1 + #2 + #3	453
#5	#4 * Japan	5
#6	#4 * "respiratory symptoms"	53
#7	#4 * "lung function"	60
#8	#4 * (cancer + tumor)	136
#9	#4 * eye	36
#10	#4 * neurologica;	17
#11	#4 * Parkinson	20
#12	#4 * electromagnetic	40

\*1 環境計測管理研究グループ。

\*2 有害性評価研究グループ

\*3 愛知教育大学

\*4 愛知医科大学

\*5 労働科学研究所

\*6 健康障害予防研究グループ

\*7 有害性評価研究グループ(現・山口大学医学部)

\*8 作業条件適応研究グループ

\*9 人間工学・リスク管理研究グループ

り当該健診回の受診予定者名簿を入手し、(A)溶接従事の可能性の高い職種（鉄骨工，溶接工，配管工，板金工，電気工など，208名），(B)建設現場作業者であるが，溶接従事の可能性が低い職種（大工，運搬工，水道工，配線工，137名），(C)建設現場作業が少なく，溶接従事の可能性も低い業種（事務員，設計監理，測量工，販売員など，58名）を抽出した（計463名）．抽出された候補者名簿を組合に提示し，了解の得られた者をもって調査候補者とした（364名）．定期健診当日，健診会場の受付にて調査への協力を呼びかけ，228名（62.6%）の協力を得た．調査対象者の職種別内訳ならびに群分けを表2に，年齢，喫煙状況，保護具着用状況を表3に，各種溶接作業やその他の作業の経験の有無を表4に示す．なお，ここでいうアーク溶接経験者とは，過去または現在に被覆アーク溶接（MMA），半自動溶接（GMAW），タングステンイナートガス溶接（TIG）のいずれかを行ったことのある者とし，アーク溶接経験群を「溶接経験群」，それ以外を「対照群」と定義した．

2)調査内容

実施した調査内容は，大きく分けて(1)質問紙による調

表2 調査対象者の職種別内訳ならびに群分け

抽出基準	登録職種	アーク溶接経験		合計
		あり	なし	
(A)	溶接工	2	0	2
	鉄骨工	36	1	37
	鉄筋工	1	0	1
	配管工	14	6	20
	板金工	4	1	5
	電気工	34	12	46
(B)	大工	19	45	64
	建設普通	1	0	1
	運搬工	0	3	3
	水道工	1	6	7
	配線工	1	0	1
(C)	事務員	1	5	6
	設計監理	3	21	24
	測量工	0	5	5
	販売員	1	5	6
合計	118	110	228	

表3：年齢，喫煙状況ならびに保護具着用状況

		溶接経験群	対照群
年齢	平均±SD	49.9±13.2	50.2±12.3
	範囲	25~74	20~73
喫煙	喫煙者	45 (38.1%)	40 (36.4%)
	過去喫煙者	54 (45.8%)	51 (46.3%)
	非喫煙者	19 (16.1%)	19 (17.3%)
保護具着用状況	呼吸保護具あり	45 (38.1%)	15 (13.6%)
	遮光保護具あり	111 (94.1%)	1 (0.9%)

査，(2)聴き取り調査，(3)聴診，(4)呼吸機能検査 である．

(1)質問紙調査

- ・ 作業歴について（溶接作業経験の有無，粉じん・有機溶剤取扱作業経験の有無）
- ・ 自覚症状（せき，たん，喘鳴，息切れ，鼻水・鼻づまり）
- ・ 溶接作業後の体調の変化（金属熱，その他）
- ・ 神経刺激症状（しびれ・ピリピリ感，筋肉がピクピクする，熱い感じ）
- ・ 既往症調査（肺炎，肺結核・肋膜炎，肺気腫，慢性気管支炎，喘息，気管支拡張症，じん肺・石綿肺・けい肺，肺線維症，間質性肺炎，花粉症，金属熱，電気性眼炎，角膜炎・結膜炎，白内障，緑内障，黄斑変性，翼状片，眼内異物，がん・腫瘍，その他）

(2)聴き取り調査

- ・ 年齢，身長，体重
- ・ 喫煙状況（喫煙している，以前に喫煙していた，喫煙したことはない），一日の本数，喫煙開始年齢，喫煙終了年齢，受動喫煙の有無
- ・ 職歴（職種・仕事内容，期間，雇用形態，溶接作業の有無）
- ・ 溶接作業歴（溶接方法，期間，母材の種類，作業場所）
- ・ 保護具の着用状況（呼吸保護具，遮光保護具の種類，使用の有無，いつから使っているか，いつも使っているか）．呼吸保護具は防じんマスク（取り替え式，使い捨て式，電動式）または防毒マスク（取り替え式，使い捨て式），遮光保護具は手持ち式面体，へ

表4 溶接ならびにその他の作業経験の有無

	溶接経験群	対照群
<アーク溶接経験>		
MMA（被覆アーク溶接）	112 (94.9%)	0 (0.0%)
GMAW（半自動アーク溶接）	49 (41.5%)	0 (0.0%)
TIG	27 (22.9%)	0 (0.0%)
<その他の溶接・溶断経験>		
抵抗・スポット溶接	8 (6.8)	1 (0.9%)
アセチレンガス溶接	34 (28.8%)	2 (1.8%)
ロウ付け	24 (20.3%)	4 (3.6%)
ハンダ付け	23 (19.5%)	4 (3.6%)
溶断	51 (43.2%)	1 (0.9%)
<その他の作業経験>		
大工	19 (16.1%)	43 (39.1%)
はつり作業	78 (66.1%)	52 (47.3%)
さび取り作業	57 (48.3%)	6 (5.5%)
解体・リフォーム作業	60 (50.9%)	67 (60.9%)
木材粉じん曝露作業	54 (45.8%)	59 (53.6%)
石・コンクリート粉じん作業	83 (70.3%)	54 (49.1%)
石綿取り扱い作業	76 (64.4%)	49 (44.6%)
有機溶剤取り扱い作業	78 (66.1%)	51 (46.4%)
塩ビ溶着作業	59 (50.0%)	27 (24.6%)
エンジン排ガスばく露作業	59 (50.0%)	21 (19.1%)

ルメット型面体、液晶式自動遮光面体、遮光めがねの使用により、保護具の有無を判定した。

その他の有害作業の有無（はつり作業、さび取り作業、建物解体・リフォーム作業、木材粉じんが発生する作業、石・コンクリートの粉じんが発生する作業、石綿を含む粉じんが発生する作業、有機溶剤が

発生する作業、塩ビ材料の溶着作業、エンジン排ガスが発生する作業、その他)

**(3)呼吸機能検査**

スパイロメーター（日本光電 HI-201）を用いてフローボリュームカーブの測定を行った。測定は被験者一人につき最低3回行い、最も良好なフローボリュームカ

表5 溶接経験群、対照群における自覚症状の有無の比較

自覚症状	溶接経験群 (n=118)	対照群 (n=110)	オッズ比	95%信頼区間	年齢・喫煙で調整	
					オッズ比	95%信頼区間
咳	57 (48.3%)	41 (37.3%)	1.57	0.93 - 2.66	1.57	0.92 - 2.67
痰	53 (44.6%)	39 (35.5%)	1.48	0.87 - 2.52	1.48	0.86 - 2.53
喘鳴	22 (18.6%)	9 (8.2%)	2.57	1.15 - 5.77	2.58	1.13 - 5.89
息切れ	27 (22.9%)	19 (17.3%)	1.42	0.74 - 2.72	1.44	0.74 - 2.79
鼻水・鼻づまり	63 (53.4%)	53 (48.2%)	1.23	0.73 - 2.07	1.23	0.73 - 2.07

表6 溶接経験群、対照群における主な既往症の有無の比較

既往症	溶接経験群 (n=118)	対照群 (n=110)	オッズ比	95%信頼区間	年齢・喫煙で調整	
					オッズ比	95%CI
肺炎	6 (5.1%)	9 (8.2%)	0.60	0.21 - 1.69	0.60	0.20 - 1.77
肺結核・肋膜炎	0 (0.0%)	0 (0.0)	-	-	-	-
肺気腫	0 (0.0%)	1 (0.9%)	0.31	0.01 - 7.64	-	-
喘息	8 (6.8%)	5 (4.5%)	1.26	0.44 - 3.62	1.20	0.39 - 3.67
慢性気管支炎	1 (0.8%)	1 (0.9%)	0.93	0.10 - 9.09	0.92	0.06 - 15.0
気管支拡張症	1 (0.8%)	0 (0.0%)	2.82	0.11 - 70.0	-	-
じん肺	0 (0.0%)	0 (0.0%)	-	-	-	-
肺線維症	0 (0.0%)	0 (0.0%)	-	-	-	-
間質性肺炎	0 (0.0%)	0 (0.0%)	-	-	-	-
花粉症	48 (40.7%)	24 (21.8)	1.15	0.68 - 1.96	1.16	0.67 - 2.00
金属熱	8 (6.8%)	0 (0.0%)	17.0	0.97 - 298.1	-	-
電気性眼炎	72 (61.0%)	5 (4.5%)	32.9	12.9 - 88.6	32.9	12.5 - 87.0
角膜炎・結膜炎	8 (6.8%)	3 (2.7%)	2.59	0.73 - 9.26	2.60	0.67 - 10.1
白内障	7 (5.9%)	4 (3.6%)	1.67	0.50 - 5.54	1.76	0.44 - 7.00
緑内障	0 (0.0%)	0 (0.0%)	-	-	-	-
黄斑変性	0 (0.0%)	0 (0.0%)	-	-	-	-
翼状片	0 (0.0%)	0 (0.0%)	-	-	-	-
眼内異物	54 (45.8%)	24 (21.8%)	3.02	1.70 - 5.38	3.17	1.75 - 5.73
がん・悪性腫瘍	6 (5.1%)	4 (3.6%)	1.42	0.41 - 4.86	1.40	0.37 - 5.23

表7 溶接経験群、対照群における呼吸機能検査結果の比較

	溶接経験群	対照群	P 値 (t-test)
%FVC (%)	103.0±11.9	99.4±12.6	<0.001
一秒率(%)	79.8±6.7	78.6±9.6	<0.001
%一秒量(%)	96.8±13.6	91.9±15.1	<0.001

表8 溶接経験群、対照群における呼吸機能検査および聴診での異常率の比較

肺機能の項目	溶接経験群 (n=118)	対照群 (n=110)	オッズ比	95%信頼区間	年齢・喫煙で調整	
					オッズ比	95%信頼区間
%FVC 80%未満	2 (1.7%)	7 (6.5%)	0.25	0.06 - 1.08	0.25	0.05 - 1.24
一秒率 70%未満	8 (6.8%)	14 (12.8%)	0.49	0.20 - 1.20	0.43	0.17 - 1.13
%一秒量 80%未満	11 (9.3%)	17 (15.6%)	0.56	0.25 - 1.23	0.56	0.25 - 1.25
肺雑音の有無	4 (3.4%)	7 (6.4%)	0.51	0.15 - 1.69	0.45	0.12 - 1.67

ープを採用した<sup>7)</sup>。得られたフローボリュームカーブより、努力肺活量 (FVC) ならびに一秒量を算出し、年齢ならびに身長から努力肺活量ならびに一秒量の予測値を算出し、算出された予測値を用いて%FVC (努力肺活量の予測値に対する実測値の百分率) ならびに%一秒量 (一秒量の予測値に対する実測値の百分率) を得た。予測値の算出には、日本呼吸器学会のガイドラインにある換算式を用いた<sup>7)</sup>。なお、これらの数値は肺疾患の診断に広く用いられているものであり、一秒率の値が70%未満のときに閉塞性換気障害 (肺もしくは気道の病変により空気の通りが悪い状態) と判定され、さらに%一秒量の値によってその程度が判定されている。また、%FVC の値が80%未満の場合は拘束性換気障害 (肺の弾性の低下や肺容量の低下による障害) に、一秒率が70%未満かつ%FVC が80%未満の場合は混合性換気障害と判定される。

#### (4)聴診

被験者の胸部の聴診を行い、肺雑音の有無を観察した。

### 3) 解析方法

自覚症状、既往症の有無、呼吸機能 (%FVC 80%未満、一秒率 70%未満、%一秒量 80%未満) について、対照群に対する溶接経験群のオッズ比と95%信頼区間を算出するとともに、年齢・喫煙経験・溶接経験を説明変数とした多重ロジスティック回帰による、年齢および喫煙で調整したオッズ比と95%信頼区間を算出した。呼吸機能 (%FVC、一秒率、%一秒量) については、両群間の比較をt検定にて行った。

なお、解析はR 13.1.0を用いて行った。

### 4)倫理的配慮

本研究は、労働安全衛生総合研究所研究倫理委員会の研究倫理審査結果に基づき実施した。

## 3 結果

### 1)自覚症状の有無の比較

溶接経験群及び対照群における各自覚症状の有無の比較結果を表5に示す。いずれの自覚症状も溶接経験群の方が高い割合でみられ、うち喘鳴 (ゼーゼー・ヒューヒュー) では有意に高い結果がみられた。

### 2)既往症の有無の比較

両群間における既往症の有無の比較では、喘息、花粉症・アレルギー性鼻炎、金属熱、電気性眼炎、角膜炎・結膜炎、白内障、眼内異物、がん・悪性腫瘍において溶接経験群の方が高い割合でみられ、うち電気性眼炎、眼内異物では有意に高い結果であった (表6)。なお、がん・悪性腫瘍の内訳は、溶接経験群で咽頭がん (2名)、胃がん、大腸がん、前立腺がん、甲状腺がん (各1名)、対照群で肺がん、胃がん、リンパ腫、後腹膜腫瘍 (各1名) であった。

### 3)呼吸機能の比較

呼吸機能の値 (%FVC、一秒率、%一秒量) はいずれも溶接経験群の方が対照群よりも有意に高い結果であった (表7)。また、%FVC 80%未満、一秒率 70%未満、%

一秒量 80%未満である者の割合についても、有意ではないものの、いずれも溶接経験群の方が対照群よりも少ない傾向が見られた (表8)。

### 4)肺雑音の有無の比較

両群間における肺雑音の有無の比較の結果、有意ではないもの、溶接経験群の方が対照群よりも少ない傾向が見られた (表8)。

## 4 考察

今回の調査では、アーク溶接経験群において呼吸器系自覚症状の訴えが高率で見られ、うち喘鳴において有意であった。海外における疫学先行研究においても複数の研究にて呼吸器症状の発現は報告されており<sup>8-10)</sup>、咳、痰などとの関連性が疑われている。ただし、溶接経験と喘鳴との関連性は有意ではないとの報告<sup>10)</sup>もある。一方、既往症の調査結果においては、呼吸器系の既往症の訴えは少数であり、眼に関する症状が主であった。呼吸器系既往症があまり見られなかった原因については現時点では不明であるが、眼障害に関しては職業性眼疾患の多くが溶接に起因しているとの報告<sup>5, 12)</sup>もあり、今回の結果もそれと矛盾しない。溶接作業者は高濃度のヒュームならびに非常に強い光線にさらされており、今回の結果はこれらの有害因子へのばく露によって呼吸器系や眼に健康影響が生じている可能性を示していると考えられる。

その一方で、今回の調査では呼吸機能の結果は溶接群の方が良好であったが、これは幾つかの先行研究の結果と異なる結果であった<sup>8, 9, 11)</sup>。この原因については現段階においては結果の解釈が難しいが、一つの要因として Healthy Worker Effect (健康労働者効果) の影響が考えられる。すなわち、建設業において溶接を行う作業は比較的重労働であり、呼吸器に問題を抱えた者は就業しないか、就業しても早期に離脱して他の職種に就いているのではないかという仮説であるが、これを現時点で証明することは出来ず、仮説の域を出ない。もう一つは、表4に示したとおり、建設業に従事する作業者は溶接以外にも多種多様な有害業務に従事していることが挙げられる。これは溶接作業による影響に限定した場合には結果の解釈を難しくする要因である。

また、溶接経験群における保護具の着用状況を見ると、遮光保護具に比べて呼吸保護具の着用状況が低い状況が確認された。溶接作業時には粉じん障害防止規則により呼吸保護具の着用が義務づけられているにも関わらず、着用率が半分に満たない (38.4%) 数値であったことは、建設業における溶接作業が必ずしも適切に管理されていないことを示していると考えられる。この点に関してはさらに詳細に調査を行う必要があると思われる。

今回の調査は必ずしも満足できるものではなく、将来に課題を残すものではあったが、建設業における溶接作業やその他の作業による健康影響や、保護具の着用状況等の作業実態を把握する上では有意義であったと考えられる。

今後、今回の結果をさらに詳細に解析するとともに、さらに調査対象を拡大し、可能であれば建設業以外においても調査する必要があると思われる。

#### 謝 辞

本研究を実施するにあたり、調査対象者のリスト提供ほか、調査全般に当たってご協力いただいた三重県建設業国民保険組合ならびに、調査を快諾して頂いた組合員の方々に感謝致します。

#### 参 考 文 献

- 1) Antonini JM (2003) Health Effects of Welding. *Crit Rev Toxicol* 33(1) 61-103.
- 2) Takigawa T, Kishimoto T, Nabe M, et al. (2002) The current state of workers' pneumoconiosis in relationship to dusty working environments in Okayama Prefecture, Japan. *Acta Med Okayama* 53 (6) 303-308.
- 3) 中川俊二, 吾郷晋浩, 中川武正, 石崎 達(1974) 北九州市における気管支喘息を中心とした気道疾患の大気汚染との関係について. *アレルギー* 23(8) 561-578.
- 4) 島 正吾, 落合昭博, 栗田秀樹 (1983) 若年炭酸ガス溶接工じん肺の成因と環境衛生的対応. *労働科学* 59(1) 9-16.
- 5) 唐井一郎, 堀口俊一, 松村新也(1984)紫外線による角膜内皮の変化 溶接工における疫学的研究. *日本眼科学会雑誌* 88(6) 948-953.
- 6) 海老原 勇 (1988) 粉じん作業者の肺癌(1) 溶接工の肺癌. *労働科学* 64(12) 565-578.
- 7) 日本呼吸器学会編(2004) 呼吸機能検査ガイドライン. メディカルレビュー社, 東京.
- 8) Loukswah Z, Sharifian SA, Aminian O, et al. (2009) Pulmonary effects of spot welding in automobile assembly. *Occup Med (Lond)* 59(4): 267-279.
- 9) Luo JC, Hsu KH, Shen WS (2006) Pulmonary function abnormalities and airway irritation symptoms of metal fumes exposure on automobile spot welders. *Am J Ind Med.* 2006 Jun;49(6):407-16.
- 10) Lillienberg L, Zock JP, Kromhout H, et al. A population-based study on welding exposures at work and respiratory symptoms. *Ann Occup Hyg.* 2008 Mar;52(2):107-15.
- 11) Christensen SW, Bonde JP, Omland O. A prospective study of decline in lung function in relation to welding emissions. *J Occup Med Toxicol.* 2008 Feb 26;3:6.
- 12) Chen SY, Fong PC, Lin SF, Chang CH, Chan CC. A case-crossover study on transient risk factors of work-related eye injuries. *Occup Environ Med.* 2009 Aug;66(8):517-22.