

6例、6名が有所見とした例は9例あった。これらは、すべて石灰化の陰影が、横隔膜上に見えた例、あるいは肺野に重なって見える石灰化陰影がいずれも左右に所見が認められる例であった。他方、側胸部の胸膜肥厚像については、possible/probable とする者が多くみられた。

陳旧性肺結核による石灰化胸膜プラークの事例を石灰化胸膜プラーク所見とした者も多かった。参考になるとと思われる事例を提示する。

#### D. 考察

横隔膜部の石灰化プラークは特異的な所見を呈するので、両側に所見がない（片側の）場合でも何例かの典型的症例を経験すれば、比較的容易に診断が可能であり、そのような事例を集めた教材作成の意義は大きい。また陳旧性肺結核による胸膜石灰化所見も具体例を供覧すれば、その後に石灰化胸膜プラークと鑑別することは比較的容易に行えると思われる。しかし、側胸部の非石灰化プラークは正常の胸壁を構成する軟部組織である前鋸筋 *serratus anterior* と外斜胸壁筋 *external*

*oblique chest wall* が重複して生じる陰影、胸膜外脂肪組織による陰影との鑑別は、読影経験が豊かな者にとっても困難な場合がしばしばあるので、そのような事例についてはCT写真との組み合わせで提示することにより、より理解し易い教材になるものと思われる。

石灰化プラーク、非石灰化プラークでない、類似の良い事例の収集は、日常診療の場で当初からその目的を意識して収集に努める必要がある。

#### E. 研究発表

森永謙二. 石綿による健康影響. 働く人の安全と健康. 6(11):17-21(2005.11)

森永謙二. 石綿の人体への影響. 空気清浄 43(5):352-358(2006.1)

森永謙二. 石綿関連疾患の疫学. *Mebio* 23(3):12-20(2006.3)

森永謙二. アスベストによる健康障害について. *ビルと環境*(112): 46-53(2006.3)

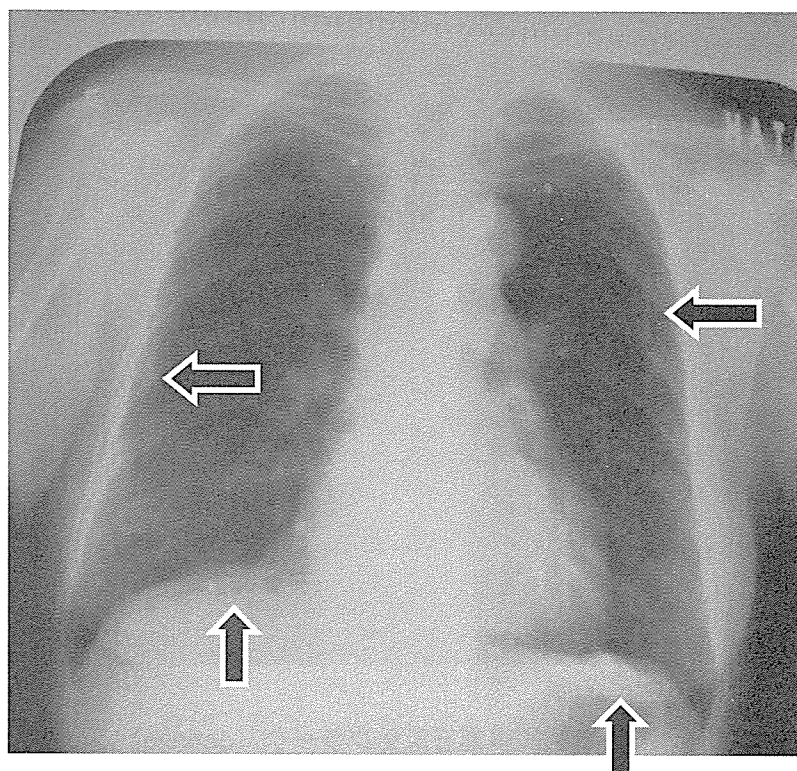


写真1 両側横隔膜部、左 on face、右側胸部石灰化プラーク (definite)

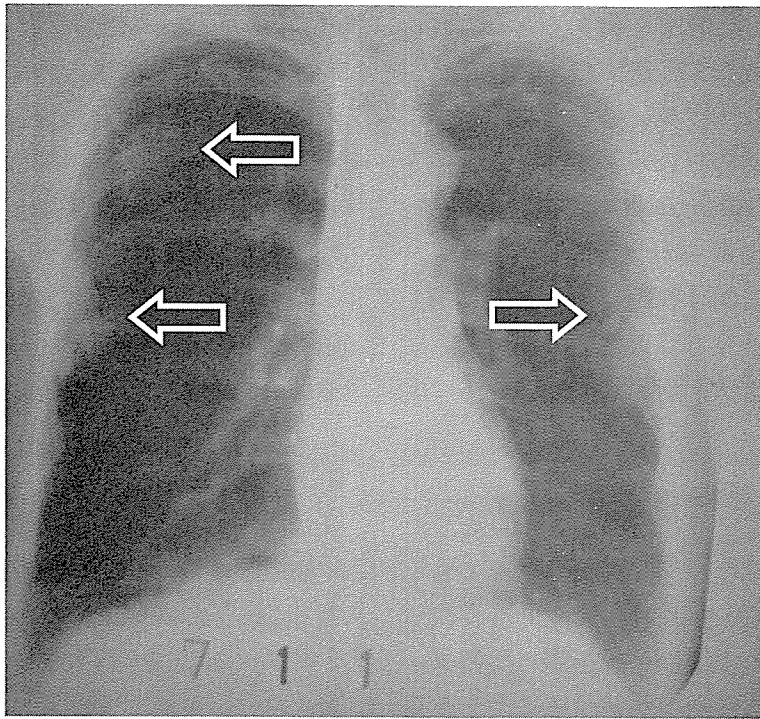


写真2 両側 on face 及び側胸部石灰化プラーク (definite)

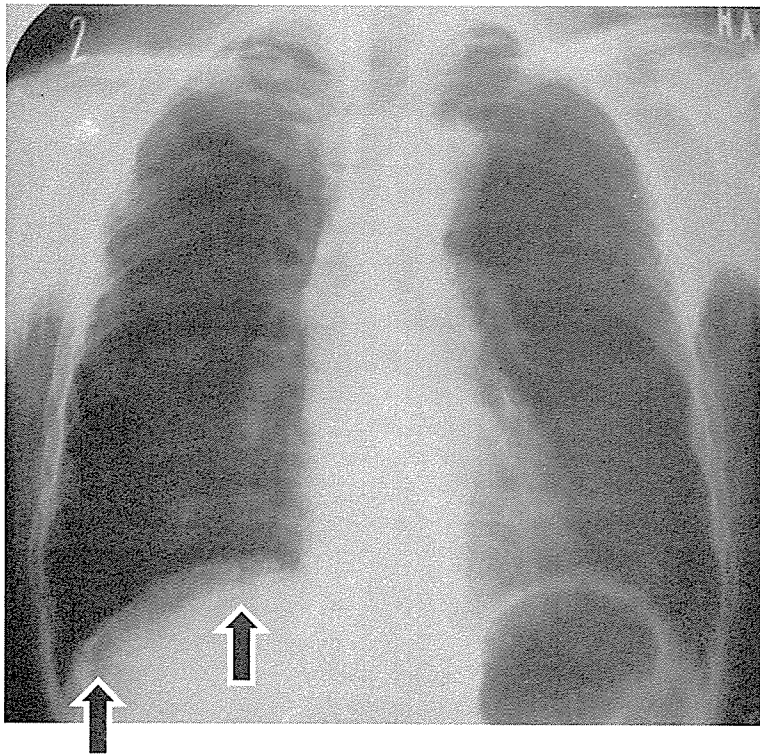


写真3 右横隔膜部石灰化プラーク (definite)

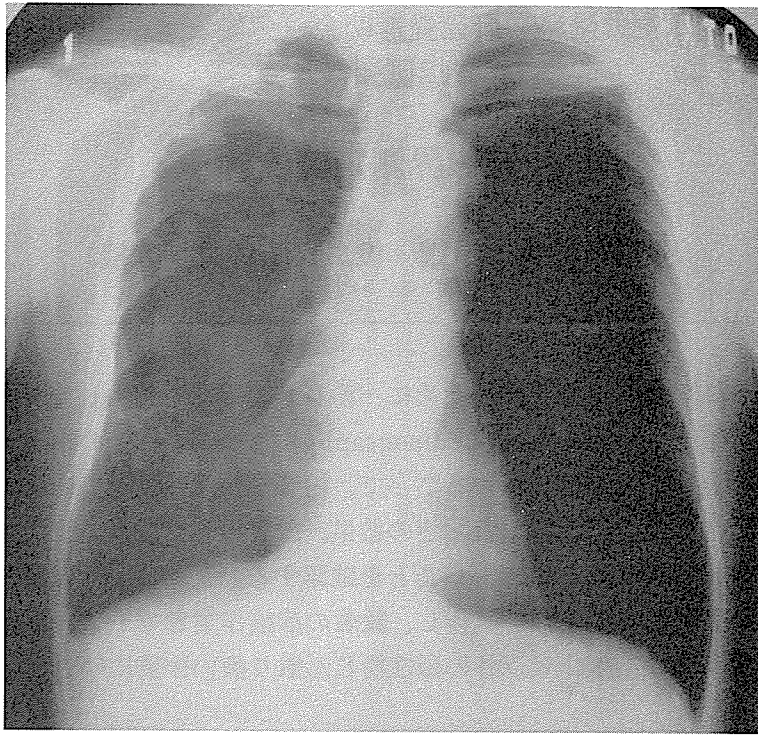


写真4 右 on face 胸膜石灰化像 (unlikely)

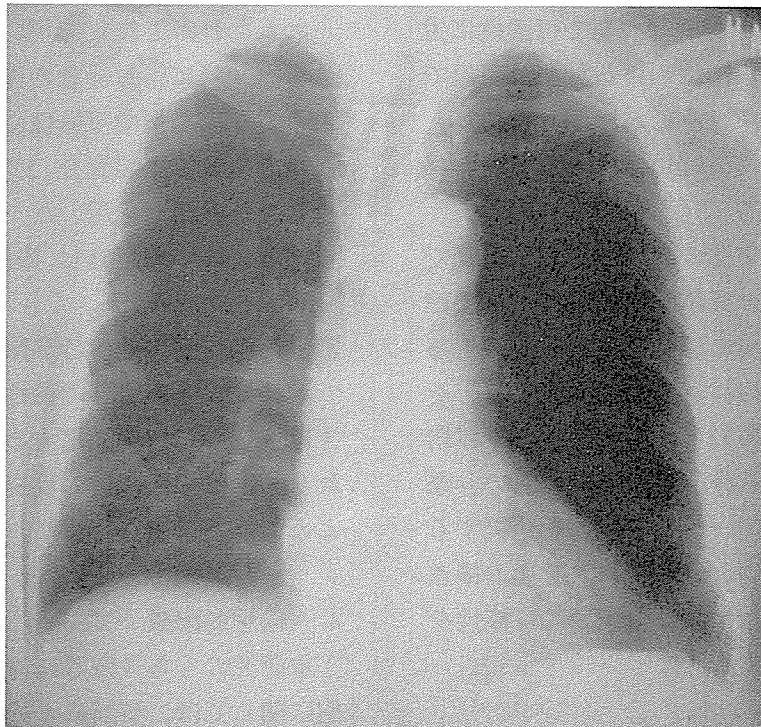


写真5 側胸部非石灰化肥厚像 (possible-unlikely)

## 肺磁界測定 of 検討

分担研究者：中館 俊夫（昭和大学教授）

### 研究要旨：

粉じん作業による健康障害の一次予防のために、粉じんの磁性を利用して肺内に沈着している粉じん量を推定する肺磁界測定法（Magnetopneumography）について、その有用性を文献的に検討するとともに、装置を小型化し、可搬性を高めることで、粉じん作業の現場で容易に測定ができるような簡便な装置と測定手技を工学的に検討した。その結果、肺磁界測定法が、磁性粉じん取り扱い作業の曝露評価および健康リスク評価に有用であることを確認するとともに、通常の 100 ボルト電源で作動し、持ち運びが容易な肺磁界測定装置を試作し、数名の溶接作業員で十分な感度が確保されていることを確認した。来年度には、溶接作業以外の磁性粉じん取り扱い作業についても、作業の現場での測定を試みる予定である。

### A. 研究目的

磁性を有する粉じんに職業的に曝露される作業員において、その磁性を利用した肺内沈着粉じん量の測定法として、肺磁界測定法が開発されている。しかし標準的な測定装置は大型で可搬性に劣るため、設置された施設内における計測は可能でも、作業の現場で測定を行うことは困難であり、そのため労働衛生の場での利用はほとんど行われていないのが実情である。

本研究では肺磁界測定法の有用性を、これまでのわれわれの研究結果と文献的な考察によって確認した上で、測定上十分な感度を有し、かつ持ち運びが容易な携帯型肺磁界計測器を開発する。そして実際にこの機器を用いて、職業的に磁性体粉じんの曝露を受けている作業員の計測を行い、曝露量および生体機能のデータとの関連を分析することによって、曝露評価と健康リスク評価の観点から、本法の労働衛生上における利用の可能性を検討することを目的とする。

### B. 研究方法

#### 1. 肺磁界測定の原理と有用性

まず本研究で検討する肺磁界測定法について、われわれの研究結果も含むこれまでの報告から、

その原理と有用性に関する文献的整理を行った。

#### 2. 肺磁界測定装置の小型化と溶接作業員におけるパイロット測定

われわれがこれまで用いてきた標準法における装置を基盤に、労働者の作業の現場で測定ができるような、小型で可搬性に富み、簡便でかつ十分な精度を有する装置を、工学的に検討、試作した。そしてその機器を用いたパイロット測定を、溶接作業員において実施し、機器の妥当性を検討した。

#### 3. 溶接作業以外への応用の検討

溶接ヒューム以外の磁性粉じんをいくつか取り上げ、その磁性を測定するとともに、次年度にそれらの取り扱い作業の現場での測定が実施できるように事前準備を行った。

#### 4. 倫理的配慮

本研究のうち労働者に対する肺磁界測定等の実施に関しては、事前に十分な説明を行い、対象者の同意に基づいて実施された。測定への参加は対象者の自由意思により決定され、参加に同意しない場合においてもいかなる不利益も被ることはなく、また調査により得られた個人情報の扱いには

万全の注意を払った上で実施した。本計画は、疫学研究に関する倫理指針（文部科学省・厚生労働省）にしたがって行われた。

## C. 研究結果

### 1. 肺磁界測定の原理と有用性に関する文献的検討

#### ア. 肺磁界測定の原理

磁気を利用した生体計測は、生体が発生する磁界を利用した脳磁図（Magnetoencephalography, MEG）や心磁図（Magnetocardiography, MCG）が最も知られているが、物質の磁性を利用して、体外から非侵襲的に生体内の物質分布や機能分布を測定しようとする試みも盛んに行われている。例えば、鉄の磁性を利用したヘモクロマトーシスの診断や、磁性体を嚥下させて経時的にその磁界を計測し、消化管機能を評価するなどである。

一方、多くの粉じんは、強弱の差はあるが磁気的な性質を持っているので、体外から胸部に磁界を与えれば、肺内の粉じんはその磁性に応じて磁化され、外部磁界を取り去ったあとでも、微弱な残留磁気を放射する。この磁気を外部から計測することによって、肺内に蓄積した粉じんの量と分布を推定することができる。

これが肺磁界測定法（Magnetopneumography, MPG）であり、Cohen らによって 1978 年に開発された。胸部を前後方向に挟むように磁化器を配し、通常 50 ミリテスラ程度の静磁界を負荷する（図 1）。磁化器を取り去ったあとでも、溶接作業者などでは吸入されたヒュームの磁性のために、ナノテスラオーダーの微弱な磁界が残留するので、これをフラックスゲート磁束計で検出する（図 2）。胸部全体の磁界強度をスキャンすれば、肺に沈着したヒューム量の分布を推定することもできる（図 3）。Cohen らは、種々の職業従事者で、この肺磁界強度が増加していることを報告している（図 4）。

磁性の弱い粉じんの場合は、磁気シールドを用いたり（図 5）、感度の高いスクイド（SQUID）磁束計を利用することができるが、それには大掛かりな設備が必要となる。静磁界による磁化は、

ほとんど知覚されるような負荷は起こさないもので、その後の残留磁界の計測を含めて侵襲なく肺内に沈着した磁性粉じん量を推定できる。

#### イ. 標準手法による肺磁界測定法の有用性

まず、じん肺の一次予防における肺磁界測定法の有用性を確認するため、土木・農耕作業に用いられる大型車輛を製造する工場で、軟鋼の溶接作業に従事するもののうち、胸部レントゲン写真で肺の線維化所見を認めない約 140 名の作業者を対象に、われわれが標準的な手法を用いて肺磁界測定を行い、種々の生体指標との関連を検討した結果を示す。

肺磁界測定は、まず被検者を立位とし、胸部を前後方向に 50mT（ミリテスラ）の強度で 10 秒間磁化した（図 6）。続いて速やかに被検者を測定用の架台上で仰臥位とし、胸壁頂点上 10cm の高さで、フラックスゲート型磁束計にて胸部をスキャンした（図 7）。生体指標に関しては、肺機能検査として、立位での努力性スパイログラムを、ローリングシール型スパイロメータ（CHESTAC65、チェスト社）により ATS（米国胸部学会）の標準法に従って測定した。また標準化質問票（ATS-DLD-78-A に準拠、ATS）を用いた面接により、呼吸器症状、既往・現病歴、喫煙歴を得るとともに、作業歴を聴取し、事業所より作業環境、作業工程等の情報を得た。

胸壁上をスキャンして得られた肺磁界計測値のうち、最大の値を肺磁界強度（LMF）として、そのヒストグラムを図 8 に示した。レントゲン写真上は顕著な変化は認められなくとも、溶接ヒュームは確実に作業者の呼吸器に沈着していることが推察される。作業者の中には、数百ナノテスラを超える高度な残留磁界強度を示すものも認められ、この値は単純に換算すると、溶接ヒュームとして数百ミリグラムを超える量に相当していた。

図 9 は、最大磁界強度を年齢に対してプロットした散布図である。年齢は溶接作業従事年数と高い相関を示すことから、磁界強度、すなわち肺内の溶接ヒューム沈着量は、作業年数とは必ずしも相関しないことが示唆される。このことは作業者

による作業強度の違いに加えて、作業の方法や呼吸保護具の使用の有無など、種々の要因によって、実際に作業者が曝露される量が大きく異なってくることを示しており、作業種や作業年数、作業環境測定値などから計算によって行う曝露評価は、厳密な曝露評価には必ずしも十分ではない可能性を示唆している。

作業者を肺磁界強度の強さによって3つのグループに分類し、そのグループ間で作業者の慢性呼吸器症状の有症率を比較した結果を図10に示した。症状のうち、慢性せき（年に3ヶ月以上毎日のように続くせき）では、症状を有するものの割合、すなわち有症率が肺磁界強度が大きいグループほど高い値を示し、有意な量反応関係が認められた。またスパイロメトリーによる肺機能検査では、ほとんどの作業者が正常範囲にあり、例えば一秒率では低下を表す70%を下回るのは数名に過ぎなかったが、一方その正常範囲の中で、一秒率の値は肺磁界強度が増加するにつれて有意に減少する傾向が認められた（図11）。この傾向は回帰分析によって統計的に有意であることが示され、とくに年齢の高いものほど顕著に認められた（図12）。また同様の有意な影響が呼吸器時定数分析の指標でも認められている。肺磁界強度との有意な関連が認められたこれらの指標は、いずれも閉塞性換気障害、すなわち呼気・吸気の流れが阻害されるような変化に関連する指標であり、いわゆるじん肺が、肺活量の低下に現れるような拘束性換気障害を主体とすることを考慮すると興味深い結果である。

以上の結果は、溶接ヒュームの累積曝露によって引き起こされる生体の変化が、とくに胸部レントゲン上の変化がなく、また通常の判定基準では肺機能上異常とは認められない作業者においても、肺磁界強度との有意な関連を持って把握され得ることを示しており、肺磁界測定の有用性が示されたものと考えられる。

これらの作業者のうち、約40名について、4年後に追跡測定を行ったところ、2回の測定値は図13に示すように、きわめて高い相関を示す一方、大部分の作業者で2回目の肺磁界強度が1回目に

比べて大きく減少した。各作業者の減少率を1回目の測定値に対してプロットしたのが図14である。この減少は、追跡期間中に作業工程や工場レイアウトの変更が行われ、作業の休止も含め、曝露量が大幅に減少したことが影響した結果と考えられるが、言い換えれば、呼吸保護具の使用などで、十分な曝露対策を行えば、一旦沈着したヒュームも呼吸器外へ排出されることを示す結果である。一方4年後においても、肺磁界強度とスパイログラム上の閉塞性指標との有意な関連は依然として認められたことから、一旦生じた生体反応は、沈着ヒューム量とは異なり、容易には改善しないことを示していた。したがって、溶接作業の管理においては、曝露の低減こそがきわめて重要であることが改めて示唆される。

以上のように、溶接作業における肺磁界測定は、その時点の曝露評価、また累積的なヒュームの沈着量の評価に利用可能であり、胸部エックス線検査で変化が出現する以前に、呼吸器症状や肺機能と有意に関連することから、作業者の健康教育にも利用することができ、曝露評価、健康リスク評価に基づく溶接じん肺の一次予防に有用であることが確認された。

## 2. 肺磁界測定装置の小型化と溶接作業におけるパイロット測定

### ア. 肺磁界装置の改良

肺磁界の測定器を小型化して可搬性を高め、容易に持ち運びができるようにすれば、職業性の粉じん曝露が実際に起こる作業の現場で測定することができるようになり、これまでの集団を対象とした管理を一步進めて、個々の作業者の曝露量に応じたリスク管理、作業管理、健康管理に役立てることができる。また従来の標準型の装置と同程度に感度を保つことができれば、溶接作業以外の磁性粉じん曝露作業にも利用の可能性を広げることができる。われわれが今回開発した携帯用計測装置は図15に示すように、以下の部分から構成される。各部はいずれも容易に持ち運びできるような小型で軽量に製作されており、一般の100ボルト電源で作動する。

- (1) 携帯用小型磁化器：胸壁上から肺の測定部位を磁化する。
- (2) 高感度フラックスゲート磁束計：残留磁気をリアルタイムで測定する。
- (3) 記録器：磁気強度の経時的変化を記録する。
- (4) コンピュータシステム：肺内蓄積粉じん量と分布を演算し推定する。

測定にあたっては、被検者にベルトなど金属部分があるものを身体からはずしてもらった後、磁化器を胸壁の計測場所にあてることで肺を一定強度で外部磁化する。続いて架台に固定された磁束計のプロブと被検者の胸部を近づけたり遠ざけたりを繰り返す。肺内に磁性体が存在し、外部磁化による残存磁界があるときは、この動きに応じて磁界強度の変化が観察されるはずである。強度変化の大きさは肺内に存在する磁性体の磁性に比例し、同種の粉じんが沈着していると仮定できる場合は、変化の強弱は粉じんの沈着量に比例すると考えてよい。当該磁性体の一定量を別にキャリブレーションしておくことで、粉じん量の絶対値に換算することができる。またこの手技を定められたいくつかの部位で繰り返すことによって、肺内蓄積粉じん量と分布が推定できる。

#### イ. 溶接作業におけるパイロット測定

開発した簡易型・携帯型肺磁界測定器を用いて、5名の被検者について測定を行った。被検者のうち4名はアーク溶接作業従事者で、残りの1名は、粉じん作業に従事しているが、溶接作業に従事した履歴はなく、また粉じんも磁性のない粉じん作業であった。

図 16 は本装置における手持ち式の磁化器によって、被検者の胸部を外部磁化している様子である。フラックスゲート磁束計は折り畳み式の三脚上に取り付けられ、被検者の身長に合わせて、あらかじめ高さを調節しておく（図 17）。外部磁化後、被検者は速やかに磁束計の前に立ち、検者の指示に従って、磁束計に胸部を近づけたり遠ざけたりする動作を反復する（図 18）。磁束計の出力はペンレコーダーに記録され、被検者の肺内に磁

性粉じんが存在すると、図 19 に示すようなチャートが得られる。チャートの細かい変動はバックグラウンドの磁性強度の変化で、この場合はナノテスラ未満のオーダーである。これに対して大きな変動は、胸部の前後方向の反復運動にもなっている変動で、被検者の肺内に沈着している溶接ヒュームの残留磁界が検出されている。この場合は、数ナノテスラオーダーの変動が認められており、バックグラウンドノイズとの識別は容易である。

各被検者の測定値のうち最大値をそのものの肺磁界強度として、作業歴等とともに表 1 に示した。溶接作業の履歴がない1人の被検者では、ノイズレベルを超える肺磁界は検出されなかった。また4人の溶接作業のうち、作業歴の最も短い被検者では、同様に肺磁界は検出されなかった。残りの3人では、ノイズレベルを超える肺磁界が測定され、その強度は数ナノテスラのレベルであった。またこれらの簡易法による測定結果は標準法とおおむね良好な一致を示した。

本法の各パーツは容易に手で持てる程度に小型化され（図 20 全景）、同時に 100 ボルトの通常電源で動作するので、作業現場でも容易に計測が可能である。1回の測定に要する時間は5分程度であり、非侵襲的で繰り返し計測も可能である。したがって今後アーク溶接作業者の曝露量モニタリングや、じん肺発生のハイリスク集団のスクリーニング、さらに他の磁性粉じん曝露者でも、同様な管理に利用できる可能性が示唆される。

### 3. 溶接作業以外への応用の検討

#### ア. 各種磁性粉じんの磁性強度

溶接ヒューム以外の磁性粉じんとして、印刷用トナーおよびそのキャリア粒子、永久磁石原料粉体、および超硬合金について、重量各 1mg、10mg、100mg の試料を、木製の試料台上の直径約 4mm の穴に、アラビア糊で包埋し、外部磁化後の残留磁界強度を測定した。

その強度を溶接ヒュームの磁性を 100%としたときの相対強度（%）で表すと、いずれも溶接ヒュームに比べるとその磁性は弱い、20～30%の

磁性強度を示すものもあり、曝露量、より正確には肺内に存在する量によっては、われわれの簡易型肺磁界測定器による計測が可能であると考えられる結果であった。

#### イ. 印刷用トナー取り扱い作業者の調査

溶接ヒューム以外の磁性粉じんの中から、印刷用トナー粒子を取り上げ、その曝露を受ける作業者について、曝露調査、各種生体指標の検査とあわせて肺磁界測定を行う疫学的断面調査を計画した。

本作業を調査対象に選択した理由として、近年の急速な OA 化、IT 普及にともない、光学複写機やレーザープリンタ、ファクシミリなど、粉体トナーを使用する出力機器が、オフィスのみならず家庭内にも急速に普及していることから、粉体トナー取り扱い作業者の増加、さらには一般ユーザーにおいても微量ながら曝露を受ける可能性があることがまず挙げられる。トナーの黒色顔料として繁用されるカーボンブラックは IARC の発がん性分類で、2B に分類されており、また近年の急速なカラー化による種々な有色顔料の導入や、画質向上のための粒子の微細化などから、その生体影響が注目されるとともに、取り扱いによってどの程度の量が肺内に取り込まれるのかを直接推定することは重要である。

これらの機器では、発色のための顔料等に磁性を持つものが使用される可能性のほかに、印字・印画のために、顔料とともに磁性を持つ粉体がキャリアとして必ず使用されている。したがって、トナー粉体自体が磁性を持たない場合でも、機器の使用にともなってこれらのキャリア粒子が肺内に吸入されれば、肺磁界測定によって感度よく検出できると考えられる。

調査の対象は、協力が得られた某事務機器メーカーの社員で、トナー曝露作業として、①トナー生産業務、及びそれらに付随する業務、②トナーおよびトナー使用機器の研究開発（試作、分析、評価等）業務、③機器メンテナンス及びリサイクル業務、を取り上げ、それに調査時点で従事しているものとした。また非トナー曝露作業者のなか

ら対照者を若干名抽出した。これらの対象者に対しては、事前に説明会を開催し、調査の趣旨、内容等について十分な説明を行うとともに、書面による説明文書と同意書によって、対象者自身の自由意思により協力を得た。

調査の項目・方法としては、まず以下に示す(1)曝露調査、(2)健康調査を先行実施し、そこで選択された対象者について肺磁界測定を行うこととした。すなわち、曝露調査によって推定された累積曝露状況と本研究で開発した携帯型肺磁界測定装置の感度を勘案し、肺磁界測定の対象者を選択するとともに、健康指標から必要と判断されるものを追加することとした。

##### (1) 曝露調査

- ・粉体トナー個人曝露量、作業環境濃度について、わが国の作業環境測定に用いられる標準法によって測定を行った。

##### (2) 健康調査

- ・自覚症状等の調査：呼吸器症状、アレルギー症状、既往歴・現病歴、生活習慣歴、業務歴を、ATS 標準化質問票に準拠した調査票を作成し、問診にて情報を得た。
- ・肺機能検査：努力性スパイログラムを ATS 基準に合致したスパイロメータ (DISCOM II FV、チェスト社) を用いて測定した。
- ・胸部レントゲン検査：じん肺健康診断の撮影法に準拠した方法でエックス線単純撮影を実施した。
- ・血液検査：末梢血 CBC および血清中の高感度 CRP、免疫グロブリン量、インターロイキン類、KL6 などの、炎症、免疫、および線維化に関する指標、バイオマーカーを測定した。
- ・尿検査：早朝尿中の 8-ヒドロキシデオキシグアノシンを測定した。

曝露調査による作業環境測定の結果をトナー取り扱い業務間で比較すると、総粉じん、吸入性粉じんともに、生産業務が他の 2 種の業務に比較して作業環境中のトナー粉じん濃度が高い傾向を示したが、それでも平均  $0.09\text{mg}/\text{m}^3$  程度であり、いずれの業務でも、濃度の絶対値自体はきわめて低



値を示し、日本産業衛生学会の許容濃度を大きく下回る結果であった。

一方個人曝露量測定結果の分布を図 21 に示した。総粉じん、吸入性粉じんとともに、作業環境測定の結果から推察されるように、ほとんどの作業員できわめて低い値を示したが、ごく僅かながら、作業員によっては吸入性粉じんが数  $\text{mg}/\text{m}^3$  に達するような高値を示すものが認められた。これらの値は、ごく短時間で終わる作業で見られたものがほとんどで、このような高濃度曝露が持続的に生じることはないの、それによる作業員の曝露量自体はごく少ないと考えられるが、作業のあり方も含めて、作業管理上に改善の余地があることを示している。

以上の曝露調査の結果と業務歴の状態から見ると、今回のトナー取り扱い業務従事者では、前回の溶接作業従事者に比較して、現時点の曝露量、累積曝露量ともかなり少ないことが示され、今回開発した携帯型測定器の感度には、なお改善が必要であることが推察された。そのため現在、外部磁化の改良、測定時のノイズ対策と手技の標準化を進めており、本業務従事者における実測は平成 18 年度に実施する予定である。なお、健康調査に関しては平成 17 年度に実施を行ったが、本報告ではその詳細は省略する。平成 18 年度にも健康調査は実施予定であり、肺磁界測定の結果と合わせて、次年度に報告する予定である。

#### D. 考 察

職業環境における粒子状物質（粉じん）の吸入による生体影響として、無機性粉じんの吸入によるじん肺（pneumoconiosis）が古くから知られている。わが国では近年作業環境の改善がめざましく、古典的な粉じん作業におけるじん肺の新規発生はごく少なくなったが、溶接作業では依然として新規のじん肺発生が少なくない。また溶接ヒューム以外でも、産業の場で取り扱われる粒子状物質のサイズは、ミクロンからサブミクロンオーダーへと従来よりも微小化しており、これらの粒径の小さな粒子は、吸入された際に肺の深部に到達する可能性が高くなることから、じん肺は現在で

もなお労働衛生上重要な問題であると考えられる。

標準化された胸部レントゲン写真やヘリカル CT などの画像検査、また肺機能検査は、労働衛生管理の上からも利用可能な鋭敏な検査法であるが、あくまでも粉じんの吸入によって生じた生体反応を検出する検査であって、粉じんの曝露量自体を反映するとは限らない。したがってじん肺健康診断などの二次予防の手段としては有効であっても、じん肺の発生を未然に予防する一次予防の手段としては必ずしも十分ではない。したがって、粉じんによる呼吸器障害の一次予防を進める上で、肺内に吸入され、蓄積した粉じん量の適切な指標があればきわめて有用であると考えられる。

溶接作業で発生する溶接ヒュームは、主成分が酸化鉄であり、強い磁性を有する微細な粒子である。このような物質の磁性を利用することで、その物質が肺内にどの程度存在するかを非侵襲的に調べる肺磁界測定法では、粉じんによる生体反応を測定するのではなく、粉じん量そのものを反映する指標が得られるので、健康影響の発生を未然に防止する一次予防のために有用である。とくに同一の作業環境で同一の作業を行っても、作業員個人個人の曝露量が大きく異なることはしばしば経験されることであり、このような場合の個々の作業員における曝露評価にきわめて有用である。また肺機能などの生体機能指標とのサブクリニカルなレベルでの関連性が認められ、健康リスク評価にも有用であると考えられる。今回の簡易型測定装置によって溶接作業の現場で容易に測定ができるようになれば、作業員の曝露評価、健康リスク評価のみならず、測定の結果を視覚的に表示することで、作業員の労働衛生教育にも役立つことが期待される。

さらに溶接作業以外にも磁性を有する粉体を取り扱う作業があるので、それらの作業において、肺磁界測定法および今回試作した簡易型機器の有用性をさらに検討することが必要であると考えられる。

#### E. 結 論

1. 標準的な手技による肺磁界測定は、溶接作業

者における曝露評価、健康リスク評価に有用であることが確認された。

2. 作業の現場で計測が可能なように、肺磁界測定装置の各パーツを小型化、軽量化して持ち運びを容易にするとともに、交流 100 ボルトの通常電源で動作するように改良した。
3. 本装置を用いて溶接作業員数名の測定を実施し、この携帯型機器が、溶接作業員の測定に十分な感度を有していることが確認された。
4. 溶接ヒューム以外の磁性粉体数種について、その磁性強度を評価した。
5. 溶接作業以外での利用の可能性を探るため、粉体トナー取り扱い作業を取り上げ、来年度の肺磁界測定の基礎資料となる、曝露調査、業務歴調査、健康調査を行った。

#### F. 健康危険情報

とくに記載すべきものはない。

#### G. 研究発表

とくに記載すべきものはない。

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

#### I. 特許取得

H、I ともとくに記載すべきものはない。

#### J. 参考文献

- Parkes, WR: Occupational lung disorders, 3rd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1994.
- Cohen, D: Report of the low-field group: the magnetic field of the lung. Cambridge: Francis Bitter National Magnet Laboratory: MIT, 1978.
- Nakadate, T., Aizawa, Y., Yagami, T., Zheng, Y., Kotani, M., Ishiwata, K: Occup Environ Med 1998; 55:673-3.
- Nakadate, T., Yagami, T., Zheng, Y., Kotani, M., Nishida, A.: Proceeding of BIOMAG2000. Espoo: Helsinki University of Technology, 2001: 1023-26.

- Zheng Y, Kotani M, Utsukawa Y, Nakadate T: Development of a Portable Pneumomagnetic Measurement Device. Neurol Clin Neurophysiol 2004;10(Nov 30):1-5.

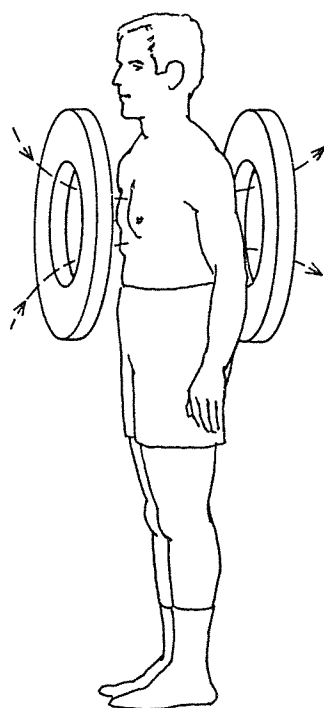


図 1 外部磁界による肺の磁化 (Cohen 1978)

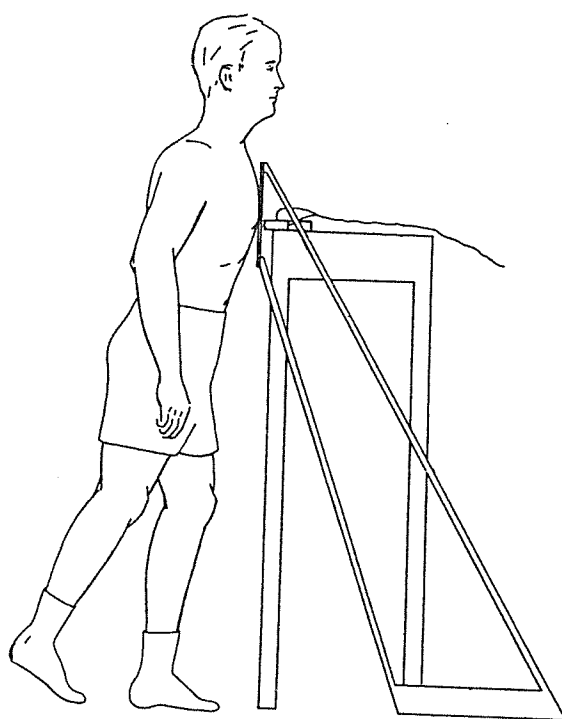


図 2 磁束計による肺磁界測定 (Cohen 1978)

Low Field Report

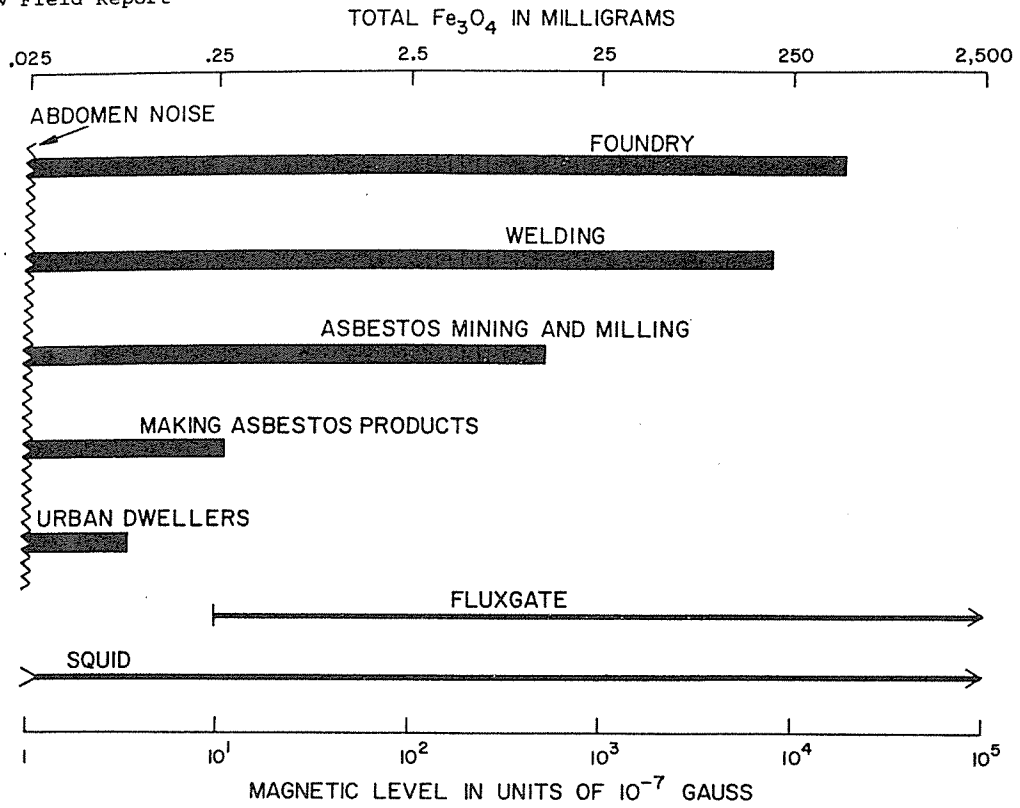


図3 磁性強度肺内分布の推定 (Cohen 1978)

Low Field Report

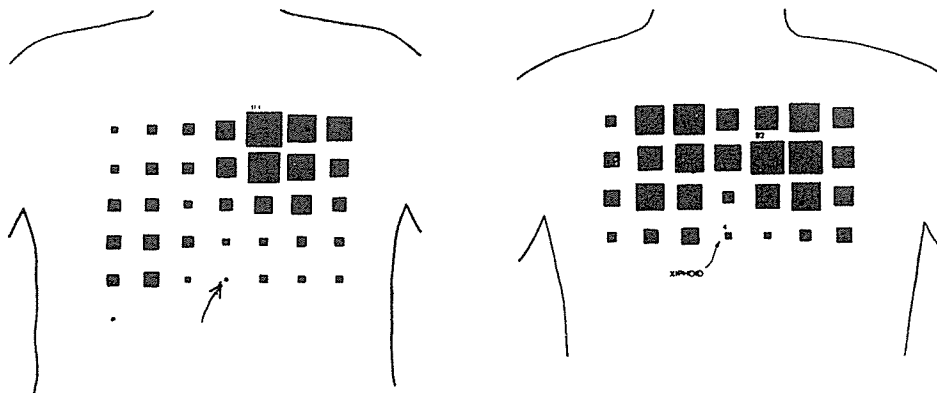


図4 種々の職業における磁性強度 (Cohen 1978)

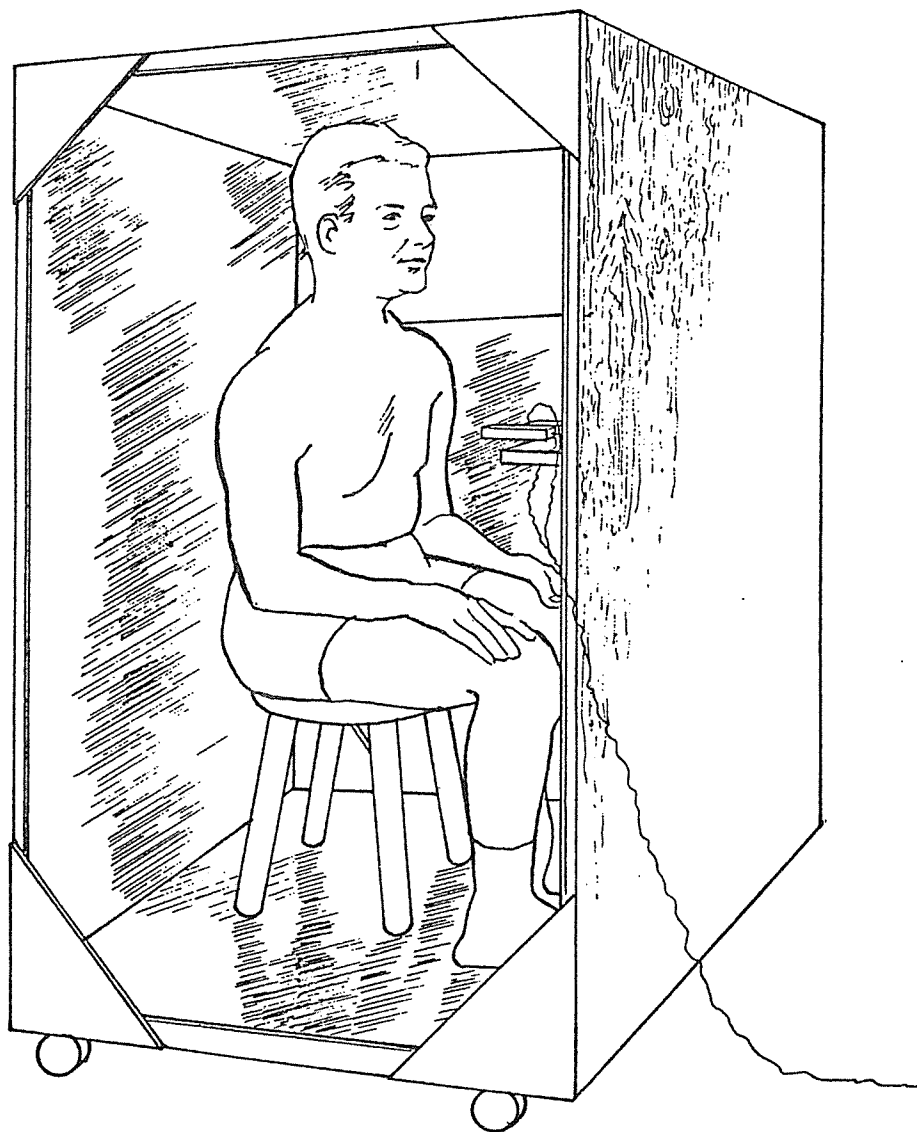


図5 磁気シールドを用いた肺磁界測定 (Cohen 1978)

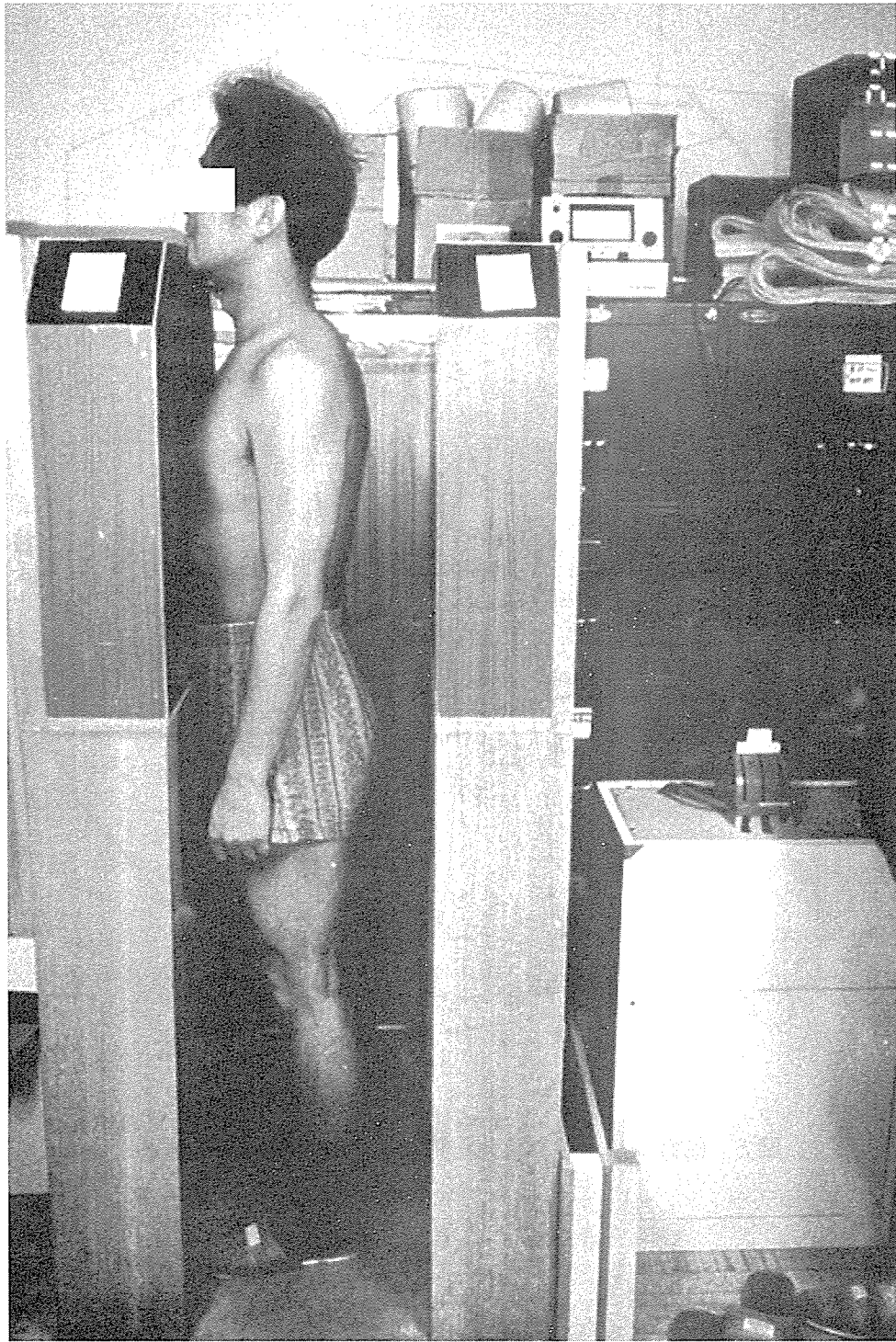


図6 外部磁化装置による胸部の磁化

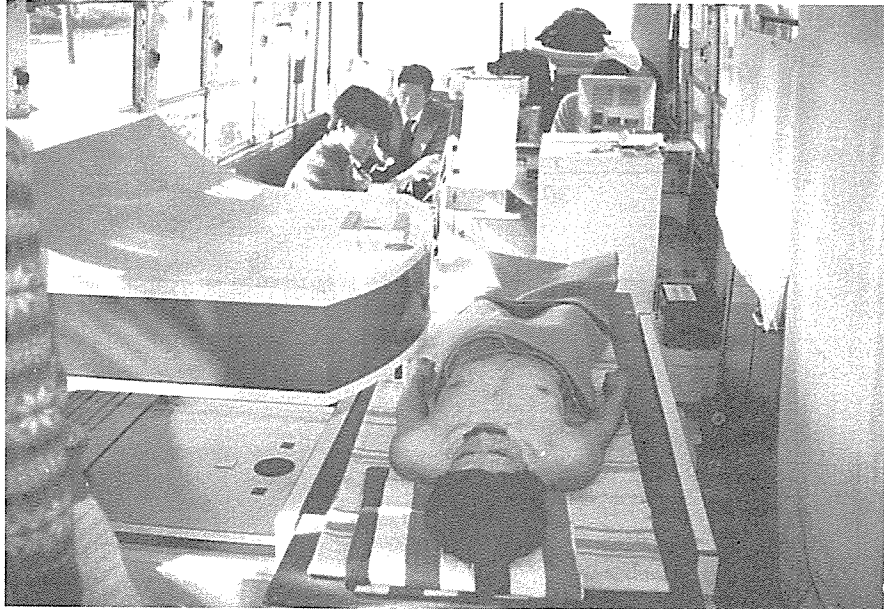


図 7 Fluxgate 型磁束計を用いた残留磁界強度の測定

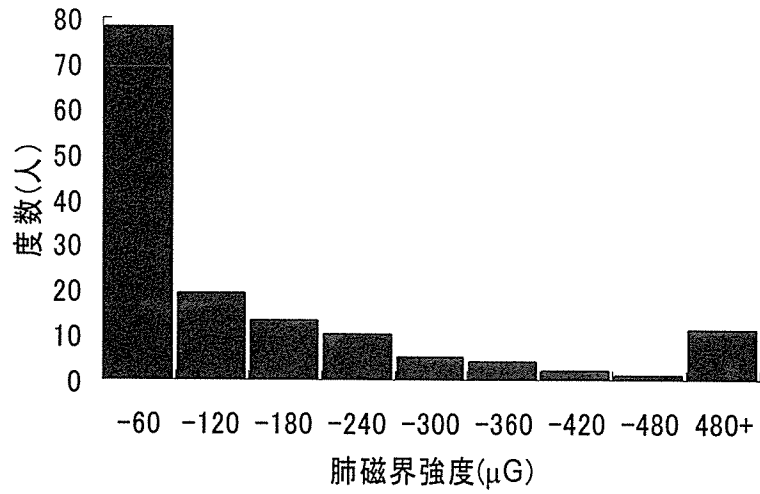


図8 溶接作業における肺磁界強度の分布

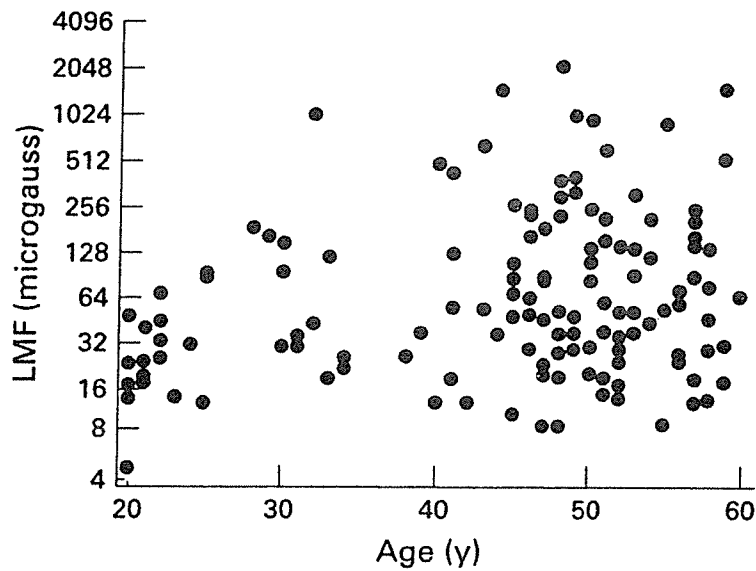


図9 溶接作業における年齢と肺磁界強度の関連

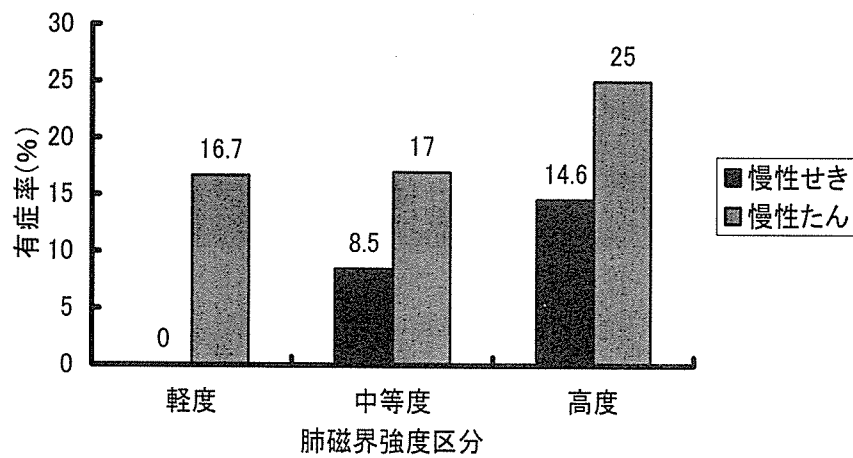


図10 溶接作業における肺磁界強度と慢性呼吸器症状有症率の関連



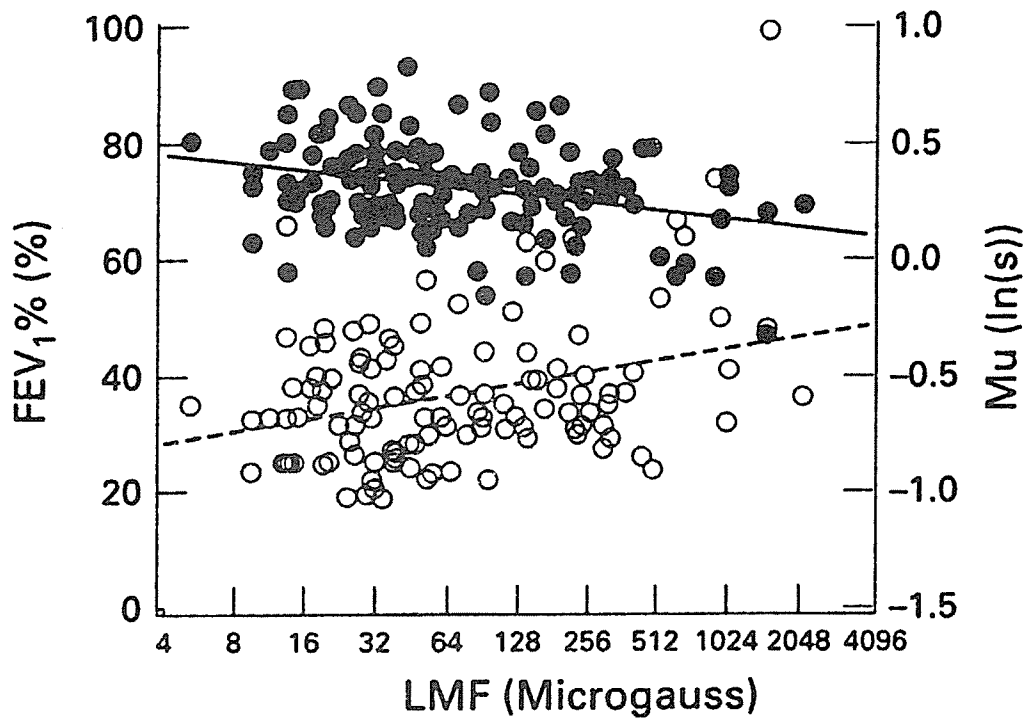


図 11 溶接作業における肺磁界強度と肺機能の関連

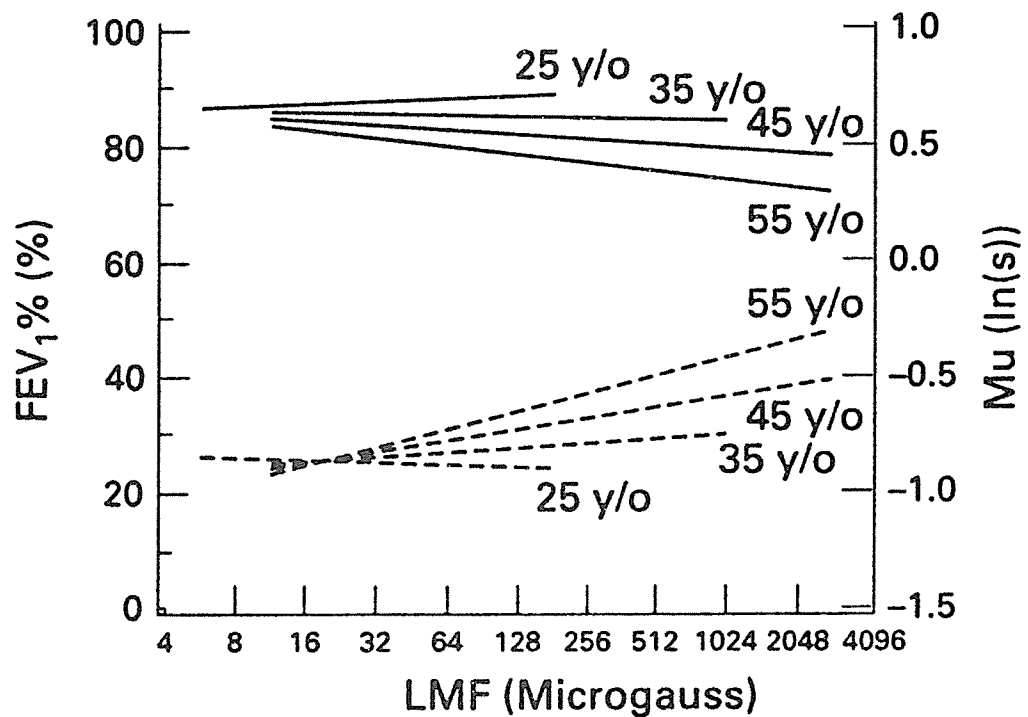


図 12 溶接作業における肺磁界強度と肺機能の関連に及ぼす年齢の影響

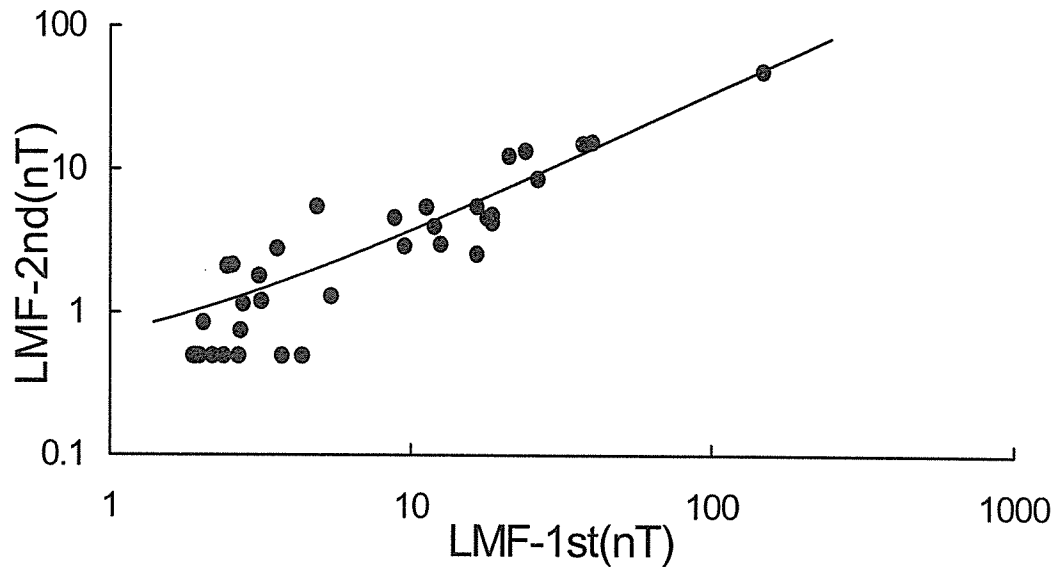


図 13 溶接作業における肺磁界強度と 4 年後の値の関連

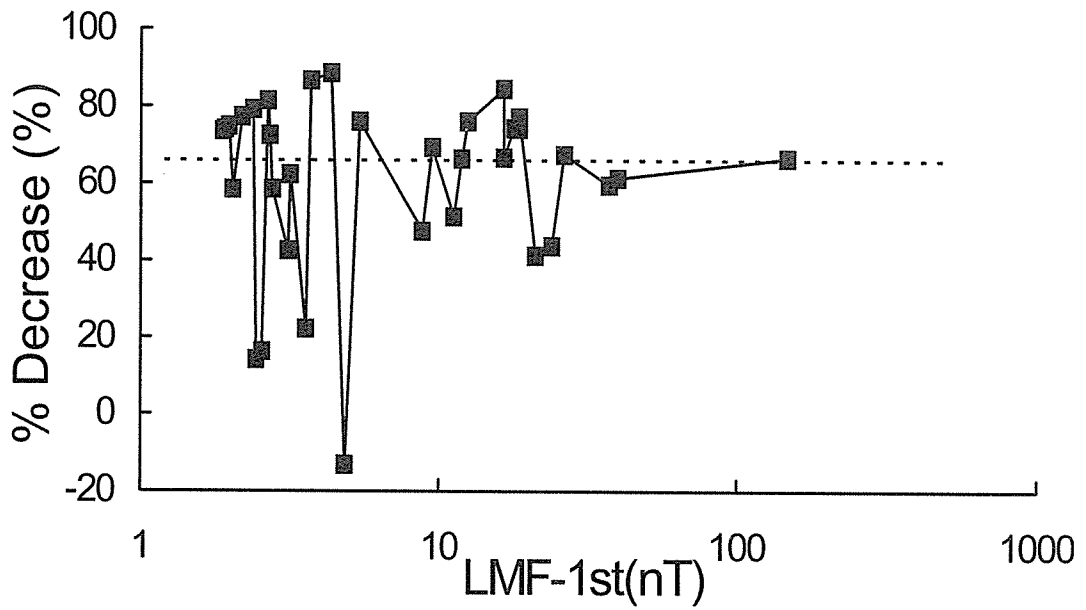


図 14 溶接作業における肺磁界強度の変化率（減少率）

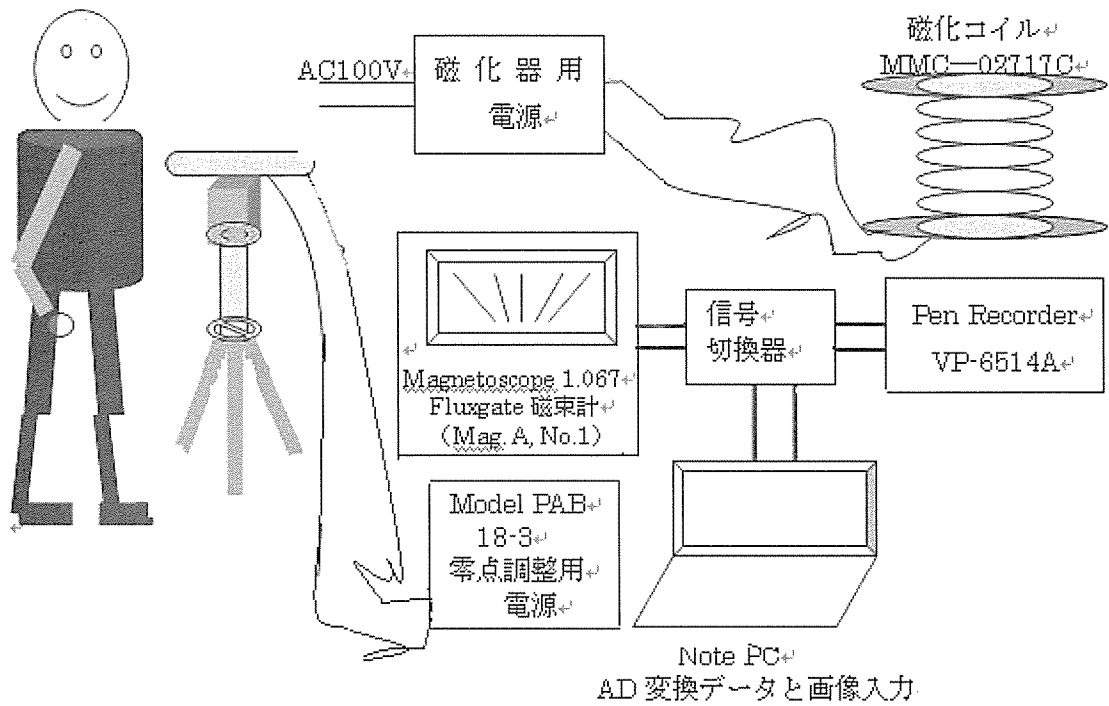


図 15 携帯型肺磁界測定装置の構成

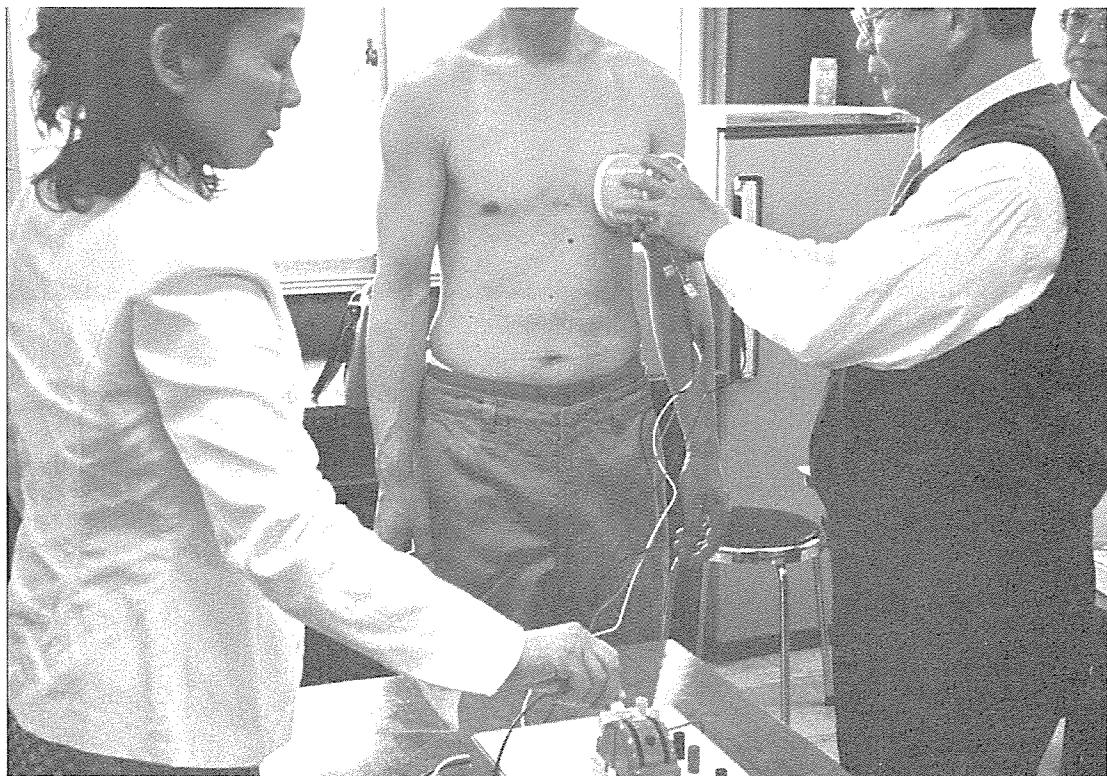


図 16 小型磁化器による肺の磁化

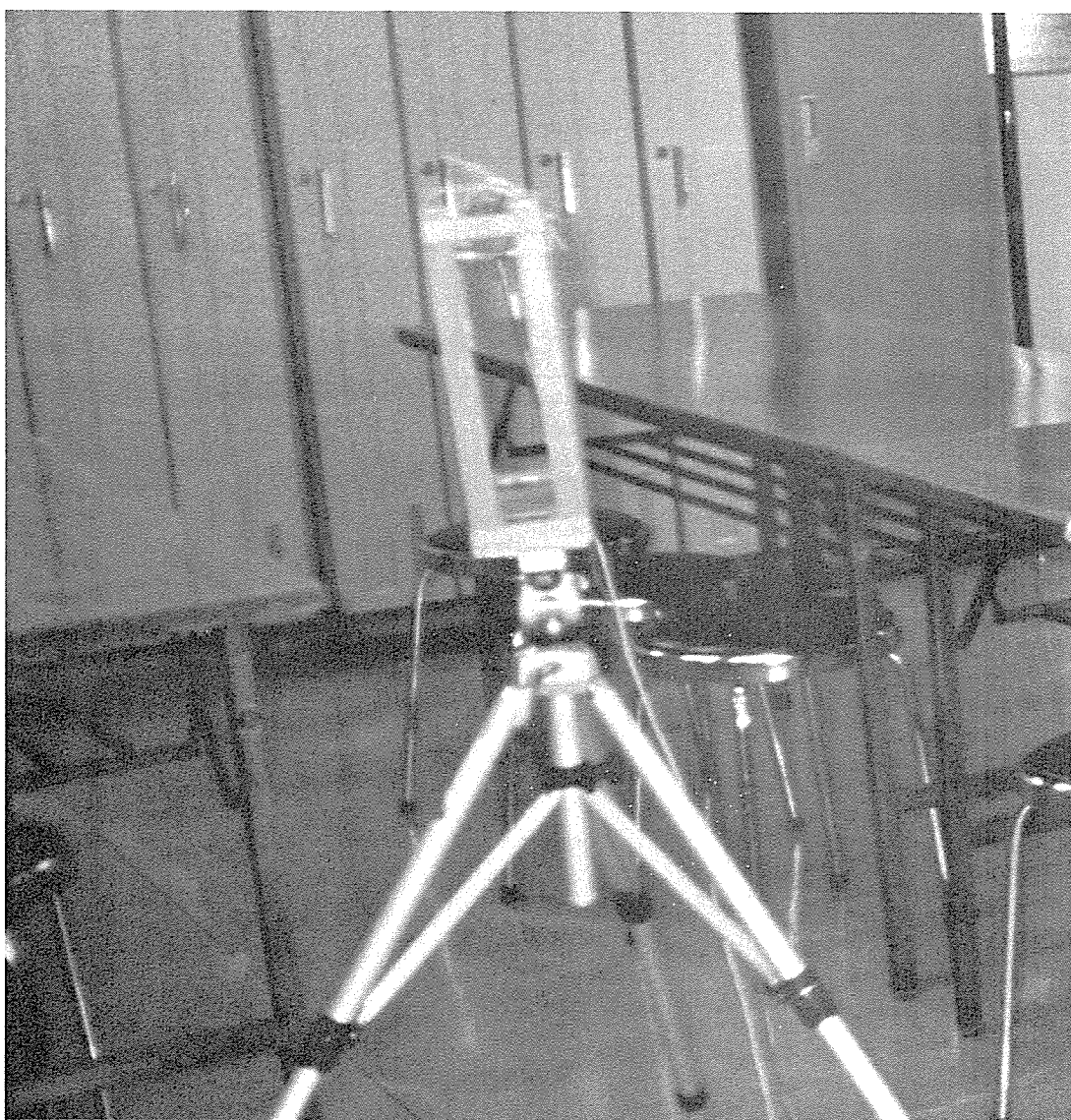


図 17 三脚にセットされた Fluxgate 型磁束計