

# 労働衛生研究所年報

昭和 46 年度

労働省労働衛生研究所



# 目 次

## I 研究調査

総 括	1
(1) 尿中ステロイドホルモン代謝物に関する研究 (XVIII)	10
(2) 尿中ステロイドホルモン代謝物に関する研究 (XIX)	11
(3) 連続加算作業時の尿中カテコールアミン排泄量 (II)	12
(4) イオン交換樹脂クロマトとオートアナライザーをつないだカテコールアミン分離分析法について (IV)	13
(5) 単純精神作業に関する心理生理学的研究	13
(6) 某装置産業に従事する三交替作業員についての生理学的調査 (II) —カテコールアミンと 17-OHCS の排泄量を中心として—	14
(7) 某装置産業における看視作業に関する生理学的調査	15
(8) 某装置産業に従事する三交替作業員についての疲労自覚症状などの調査	16
(9) 石英及びアスベストの線維芽細胞に対する影響について	17
(10) アスベストの大食細胞に対する影響について	18
(11) 急性カドミウム中毒ラットの cadmium 体内分布及び排泄に 及ぼすカドミウム前処理投与の効果 (II)	19
(12) 急性カドミウム中毒ラットの肝中カドミウム分布に及ぼす水銀前処理の効果	20
(13) 急性カドミウム中毒ラット肝細胞の上清分画における金属分布に関する研究	21
(14) ラット肝の Metallothionein 分画のカドミウム量に及ぼす前処置の影響	22
(15) Zn, Hg および Cu 投与によるラット肝の Metallothionein 分画の 誘導に関する研究	23
(16) Metallothionein について	24
(17) カドミウムの経皮吸収について	25
(18) イタイイタイ病患者尿中の低分子蛋白の単離と同定	26
(19) カドミウムの胆汁および消化管への排泄	27
(20) 慢性 Cd 中毒実験	28
(21) 有機溶剤中毒の研究 —トリクロルエチレン中毒における指標について—	29
(22) 四塩化炭素中毒の研究 低濃度吸入実験	30



(23) 実験的有機錫中毒の形態学的研究……………31

(24) 重油燃焼生成物吸入動物実験 (Ⅲ)……………32  
—亜急性実験—粒子状物質の意義—

(25) 重油燃焼生成物吸入動物実験 (Ⅳ)……………33  
—発癌物質と重油燃焼生成物の相乗作用に関する研究—

(26) 耐熱性高分子化合物の熱分解生成物の毒性について (Ⅲ)……………34

(27) 重金属エアロゾルの吸入に関する研究……………35  
—鉛およびテルル・エアロゾルのラット肺内への滞留率におよぼす粒径の効果—

(28) 動物実験条件の検討……………36  
—注射時刻による死亡率の差異—

(29) 胎盤を介するカドミウムの胎児への移行……………37

(30) 石炭および石油系タール中の Benzo(a)pyrene 簡易分析法……………38

(31) コールタールおよびナフサタール中の多環芳香族炭化水素の同定……………39

(32) n-パラフィン中の多環芳香族炭化水素の分析法……………40

(33) 高速液体クロマトグラフィーによる多環芳香族炭化水素の分離……………41

(34) α-ナフチルアミン中の β-ナフチルアミンの簡易分析法……………42

(35) 直接染料中のベンジジンの分析法に関する研究……………43

(36) 大型吸入箱の吸入条件……………44

(37) 多用途粒子状物質吸入装置の試作 (Ⅵ)……………45  
—回転ドラム式ダストフィーダーの試作—

(38) 高濃度有機溶剤吸入実験装置の試作……………46

(39) 呼吸 Simulator の試作……………47

(40) 環境測定に関する実態調査……………48

(41) 多段型分粒装置の分粒特性……………48

(42) スピニングディスク式エアロゾル発生装置の特性について……………50

(43) X線回折法による労働環境中の石綿の定量法について……………51

(44) 数種の沖縄産石材中の石英の定量……………52

(45) 作業場に於ける環気中のクロム濃度の測定……………53

(46) 蛍光X線による労働環境中の金属の定量……………54

(47) 鉱山工場内環気中のシアン濃度調査……………55

(48) 宮崎県松尾鉱山跡およびその周辺の土壌中の金属について……………56

(49) 重油ボイラー及び自動車から排出される煤の化学的性質……………56

(50) 地下駐車場の環境評価方法について……………57

(51) 地下酸欠空気発生に関する研究……………58

(52) 軟物体上の振動計測 (Ⅱ)……………59  
—水平振動について—

(53) 公害用振動計のピックアップ……………60

(54) 水銀蒸気の抑制に関する実験 (前承)……………61

(55) 活性炭の液相酸化の動力学……………62

(56) フレキシブルダクトの圧力損失 (Ⅴ)……………62  
—180°曲りダクトの圧力損失—

(57) 噴霧充填装置における硫化水素ガスの化学吸収除去の研究 (Ⅶ)……………64

II 保護具検定……………66

III 庶務……………67

(1) 職員……………67

(2) 予算……………67

(3) 日誌……………68

(3) 図書および刊行物……………70



# I 研究調査

## 総括

### 労働生理

尿中ステロイドホルモン代謝物の分離定量について、本年度は昨年迄の方法を全面的に変更し、試料をメトキシム化し、更に完全トリメチルシリル化し、OV-210 カラムを用いた昇温ガスクロマトグラフィーによる方法を採用したが、本法による誘導体はきわめて安定で、コルチコイド代謝物の分離定量にすぐれていることが判った。<sup>(1)</sup> 更に本法により日常生活時及び昼夜逆転時の尿中ステロイドホルモン代謝物の日内変動をしらべたが、典型的 circadian rhythm を示すのは Tetrahydrocortisol 及び Tetrahydrocortisone であることが判った。<sup>(2)</sup>

前年度、精神作業のストレスについて、加算テストを、最大努力で行なうように指示した時には、尿中アドレナリン量が増加するが、通常行なうような適当な速度で行なうように指示すると、増加の認められないことを報告したが、この際、当然、練習効果すなわち「なれ」の現象が考えられるので、この問題について検討した結果、練習により仕事量は増加するが、アドレナリン排泄増加はかわらないことが判った。なお、それぞれの被験者について〔普通速度での仕事量〕/〔最大速度での仕事量〕の比は、被験者の作業前の尿中アドレナリン排泄量に比例することが判った。<sup>(3)</sup> また尿中カテコールアミンの分離分析法についても研究を継続し、Amberlite CG-50 Type III を使用すれば、前年度報告した方法に比べて測定時間を著しく短縮し、且つ微量のカテコールアミンの分離定量が可能であることが判った。<sup>(4)</sup>

単純精神作業における心理的感情が、生理的反応とどう対応するかをしらべるため、2本の表示管に0～9の数字がランダムに示されるようにし、2数の和が10または0になる場合のみボタンを押させる作業を負荷してしらべてみた。結果は、被験者の作業に対する嫌悪感と生理的測定値との間には相関は認められなかつた。唯、午前中の生理的測定値が非負荷時と比べて変動することが注目された。<sup>(5)</sup>

交替制勤務に関しても引き続き研究を行ない、看視作業を専門とする4組3交替制（各直3日）について調査したが、まず、勤務中の尿中副腎ホルモン代謝物排泄については、アドレナリン排泄は1直と2直には差はなかつたが、3直では前2者に比べて排泄量が少かつた。また、1直の夜眠中3直の仮眠中及び昼眠中についてもしらべたが、何れも著しく低下することが判った。ノルアドレナリンについては各直勤務中には差がなく、睡眠中は何れも、勤務中の約半量であつた。17-OHCSについては、カテコールアミンと異り、各直間の差は、Circadian rhythm の範囲内におさまリ、睡眠時刻の影響は少なかつた。なお、同一被験者について、12—15時の間、看視作業を行つている場合(a)、一般作業を行つている場合(b)、工場外にあつて自由



な場合(c)の3つの場合の尿中 17-OHCS の排泄量をしらべた結果は、(c)の場合が最も高く、(a)がこれにつき(b)が最も低かった。このような傾向はアドレナリンにおいても見られたが、労働者の工場内生活と工場外生活における emotional stress についてきわめて示唆的である。また、本交替制勤務における看視作業員全員について自覚症状をしらべたが、頻度は、(ねむけ、だるさ) > (注意集中の困難) > (局在した身体違和感)であり3直勤務中の訴えが多かった。このことは、3直勤務中がカテコールアミン、17-OHCS の排出の低い時期であることと思わせると、生体の活動レベルと作業負荷とのバランスの問題ではないかと考えられる。(6) また、一直2日目の作業前、作業中、作業終了時の心拍数、フリッカー値、血圧、皮膚電気抵抗、並びに自覚症状調査を行つたが、このような看視作業では、心拍数が作業終了時低下したほかはこれらの生理学的測定値は変動を示さず、むしろ、疲労の自覚症状殊に精神的疲労自覚症状が約40%認められるのが注目された。(7) その他作業員との面接、アンケート調査等も行つたが、看視作業において騒音が作業妨害要因であると訴えた者が88%に達した。睡眠時間については各直12日間の平均は7時間35分であつた。(8)

### じん肺

引き続きじん肺病因に関する研究をすすめ、まづ、石英及びアスベストの線維芽細胞に対する影響についてしらべた。石英は線維芽細胞に対して増殖を抑制せず、アスベストのうちアモサイトはそれ程抑制しないが、クロンドライト、クリソタイルは7日目になると細胞の崩壊をひきおこすことが判つた。次に、大食細胞と線維芽細胞とを混合培養すると、線維芽細胞は殆んど増殖しないが、石英を添加するとこのような大食細胞による線維芽細胞の増殖阻止作用は見られなくなる。しかしこの系にアスベストを入れると線維芽細胞とアスベストのみの時より、線維芽細胞はよく増殖することが判つた。(9) また、アスベストの大食細胞毒性を乳酸脱水素酵素の培養液への遊出、酸溶性ヌクレオチド量の減少からしらべると共に、比較的長時間にわたる培養におけるアスベストの大食細胞に対する影響をしらべたが、蛋白でアスベストをカバーすると、著しい毒性は見られなくなるが、裸のままでは、上記の毒性指標からは、明らかに、細胞に対する障害がうかがわれることが判つた。(10)

### 産業中毒

前年度に引き続き、動物に予め少量のカドミウム(Cd)を投与するとき、次に与えた大量のCdに対する毒性が減弱する現象の解明の研究を進めた。腹腔内に投与されたCdは門脈を経て、肝臓に取り込まれ、次に血液を介して全身に分布されるがCdの少量投与後大量投与、少量投与なしの大量投与のみの比較から、少量のCdを投与しておく、次に投与された大量のCdが主に肝臓で捕捉され、血液中への流出が抑制されることが判つた。従つて、この肝の中に捕捉されたCdは比較的無害な形で存在するものと推定される。(11) 一方既報のように、Cd

のかわりに水銀の少量を動物に与えて、次にCdの大量を与えても急性Cd毒性は減弱するが、この少量の水銀による前処理が、少量のCdによる前処理と同じような機構で、急性Cd毒性をおさえるものかどうかを実験した。肝におけるCd含有量は、最初、水銀投与後Cdを与えた群で著しく増量するが、96時間目になるとCdのみを与えた群の方が多くなるので、前処理をCdで行なうのと水銀で行なうのとでは、肝のCdとりこみ様式に差のあることが考えられる。次に両群の肝中でのCdの分布をしらべてみると、Cdは肝の中では各分画に広く分布し、Cdの取り込み、蓄積は、主として上清分画で行なわれるが、水銀前処理は、この肝中Cdの分布に影響を与えることが判つた。又両群の間には肝中の銅、亜鉛量の変動にも差が見出された。(12) Cd中毒において、肝における金属の動きは、重要な意義をもつものと考えられるので、更に精力的に追求した。カドミウムをラットの腹腔内に投与し、一定時間間隔で、肝、腎の上清分画をつくり、これを限外濾過濃縮した後、ゲル濾過して各フラクションに分け、その中のCd、Cu、Znを定量するとこれらのフラクションは金属分布の点から、分子量の順に、第1分画、第2分画、第3分画に大別されるが、この第3分画に肝の大部分のCdが存在することが判つた。この分画は、腎のMetallothioneinの位置と一致するので、M-分画とした。このM-分画はCd投与後極めて短時間に出現することが判つた。(13) そこで、上記、Cd前処理による急性Cd毒性減弱の機構をM-分画との関連において研究を進めた結果、Cd前処理による肝のCd取込み能力増加の一因は、Cd前処理によつて、M-分画が作られ、このM-分画に蓄積されているZnが後から大量投与されたCdと置換することにより、肝のCd捕捉力が強化されることにあると考えられるに至つた。(14) このM-分画は、Cdを与えていないラットの肝には見られず、Cdの投与によつて始めて誘導されるものであることは注目すべきであるが、このM-分画がCd以外の重金属により誘導されるものかどうかについてしらべ、Zn、Hg及びCuにより誘導されることを確認した。(15) Metallothioneinについて更に詳細な生化学的研究を進めるため、家兎にCdを投与して肝、腎のMT区分(M-分画)をDisc電気泳動分析を行なつた結果、前者は7~8成分、後者は3成分に分離することが判つた。腎のこの区分をDEAE-Sephadex A 25による交換クロマトグラフィを行なうと3成分が得られ、これらのアミノ酸組成は類似し、分子量1万あたり6~8モルのCdとZnを含有していることが判つた。以上から腎Metallothioneinには、2、3の分子種があるように考えられる。(16) 一般にカドミウム中毒は、Cdの経口、経気道侵入によりひきおこされると考えられているが、経皮侵入の可能性があるかどうかについて、塩化Cdの水溶液又は軟膏を動物背部皮膚に塗布し、肝、腎のCd量を測定した結果、Cdの経皮侵入を証明することが出来た。(17) 慢性カドミウム中毒の主症状の一つは尿中に低分子蛋白の出現することであるが、この尿中低分子蛋白はいわゆるイタイイタイ病の診断にも広く利用されている。そこで、この低分子蛋白の臨床診断学的応用を目的として、この蛋白の精製を行なつた結果、イタイイタイ病とされているひとの尿中低分子蛋白に $\beta_2$ -microglobulin、と2種のretinol-binding proteinの存在すること



を証明した。慢性カドミウム中毒を初めとして腎細尿管障害において、これらの低分子蛋白の存在は証明されているので、いわゆるイタイイタイ病においても慢性カドミウム中毒に類似した腎細尿管障害のあることが示された。<sup>(18)</sup> Cd の尿路系排泄についての研究は少なくないが、Cd の腸管への排泄機構については殆んど解明されていないので、肝 - 胆汁系及び消化管壁を介しての Cd の排泄実験を行なった。胆汁への Cd の出現は腹腔内投与後 15 分頃から認められ、2 ~ 4 時間目に最大となりその後減少することが判った。また胆汁中の Cd は低分子物質と結合されて排出されることが明らかにされた。又 Cd に対して腸管は、小腸上部、中部において Cd を排泄し、小腸下部、大腸において Cd を吸収するのではないかと考えられる所見を得た。<sup>(19)</sup> 更に、慢性 Cd 中毒の総合的病態像を把握するため、各濃度の Cd を含む飲料水を長期間飲用させる実験を開始したが、現在迄に見られた主要な所見は、Cd 摂取量と排出量とは必ずしも平行しない、尿中総蛋白排出量の増加はなくても、蛋白組成の変化はおこる等である。<sup>(20)</sup>

有機溶剤中毒の研究では、動物実験の成績を人間に適用する場合の有効な中毒指標のまとめ方の問題を探究するため、物質代謝の盛んな成長期にある幼若動物と成熟動物とをトリクロロエチレン蒸気に暴露して、生体の諸種の代謝系に与える影響を研究した。<sup>(21)</sup> 有機溶剤による肝障害のモデルとして、四塩化炭素による肝病変について、殊に低濃度長期吸入による変化を気中濃度との関連において追求し、吸入された四塩化炭素の大部分は脂肪組織にとりこまれ、その濃度は気中濃度にはほぼ比例し、吸入中止後時間とともに対数的に減少すること。肝のトリグリセライド蓄積と電顕をふくむ病理組織学的方法が最も敏感な指標となり、気中濃度との間に量-反応関係が成立すること等が判り、病理学的所見としては、新たに間葉系の反応が注目された。暴露濃度との関連においては、ラットを 1 日 3 時間、週 6 日、連日暴露すると 50 ppm 以上では明らかな、10 ppm でも軽度の肝病変のおこることが認められた。しかし、血清 GOT、GPT は 100 ppm 水準でも有意な変化を示さなかつた。<sup>(22)</sup>

有機錫中毒についても、形態学的研究を進め、塩化 3 ブチル錫と 2 塩化 2 ブチル錫をラット腹腔内に注射し、病理組織学的検索を行なったが、両物質の毒性について本質的な差異は認められなかつた。即ち、肝細胞質暗調化、腎近位細尿管上皮傷害、脾の虚脱、肺胞壁傷害等が認められたが、注目すべきことは連日投与において、肝の変化が比較的緩徐であるのに対し、腎変化の増強する点、及び毛細血管と網内血管の病変が、慢性中毒成立に重要な役割を果たす可能性のみられた点である。<sup>(23)</sup>

#### 加熱生成物の毒性

前年度に引き続き重油燃焼生成物の生体に対する傷害の研究を行ない、粒子状物質濃度が 1 時間平均値 6.3 mg/m<sup>3</sup> の燃焼生成物に 15 週間、連続暴露したラットで、上皮の異常増殖を伴う細気管支炎、肺胞壁肥厚、初期びまん性肺線維症、気管気管支炎等がみられた。ところ

が、フィルターを用いてこの燃焼生成物から粒子状物質を除いて、ガス状物質のみに暴露すると粉状物質の存在した場合に比して、病像は著しい軽減を示した。このことは、燃料の燃焼生成物による空気汚染の人体影響において、粒子状物質が重要な役割を示すものであることを示す。<sup>(24)</sup> 更に、重油燃焼生成物吸入と既知の強力な発癌物質との間の条件発癌を研究するため、発癌物質 4-Nitroquinoline-1-oxide (4NQO) を 15 週間投与した後で 15 週間重油燃焼生成物を吸入さす系と、これを逆にした 2 系について発癌性を検討したが、後者に比べて前者の系の方に肺腫瘍発生は多かつた。<sup>(25)</sup>

前年度にひきつづき、耐熱性高分子化合物の熱分解産物の毒性について研究を進め、新たに、テフロンの一種類であるポリフルオロエチレンプロピレン (PFEP) の加熱生成物のマウスに対する毒性をしらべたが、この加熱生成物も毒性が極めて強く、500°C 以上の加熱では、暴露早期から肺と気管支に著しい病変をひきおこし、350°C 加熱でも、暴露 1 週間後に尚増殖性気管支肺炎像を残していることが判った。また前年度迄の実験では、明らかでなかつたポリテトラフルオロエチレン (PTFE) の 400°C 並びに 350°C 加熱の際の燃焼生成物の毒性についても検討したが毒性の強いことが確認された。興味あるのは PFEP 350°C、PTFE 400°C 加熱で、フィルターによる粒子状物質除去が毒性の軽減をもたらす点である。<sup>(26)</sup>

#### 職業病基礎研究

粒子状物質の肺内沈着については、少なからざる報告があるが、比重の異なるエアロゾルを用いて、沈着の粒径依存性を系統的にしらべた研究はないので、鉛 (比重 11.34)、テルル (比重 6.2) について、幾何学的粒径が 0.05 ~ 1.5 μ の範囲で幾つかの粒径をえらび、ラットに吸入させ、肺内の粒子滞留率をしらべた。鉛、テルルとも粒径が大きくなるにつれて、滞留率は一樣に低くなるが、従来言われてきた空気動学的粒径  $\sqrt{\rho d^2}$  で整理すると、鉛とテルルとの滞留率が一致しないことが判った。<sup>(27)</sup>

#### 実験動物研究

動物実験においては、一般に、有害物質を動物に注射して、その影響を見る場合が多いが、注射時刻に対する考慮はほとんど払われていない。この問題を検討するため、人工的に調整された 1 日の明暗に順応したと考えられるマウスの腹腔内に四塩化炭素を注入し、その致死効果を指標としてしらべたが、投与時刻により死亡率に差のあることが判った。<sup>(28)</sup> 外来有害物質が母体をとおして、胎児に侵入することは、胎児が在胎中特に旺盛な器官形成と発育を行なっているため、重要な問題である。そこで、Cd の胎盤通過性について検討を行なったが、妊娠中期及び末期に母体に投与された Cd は胎盤を介して胎児に移行するが、移行率は投与量と相関性はないが、胎盤の捕捉率は投与量と高い相関をもつことが判った。<sup>(29)</sup>



## 発癌物質

発癌性多環芳香族化合物の諸種物質中の分布に関する研究を進めた。まず、石炭及び石油系タール中の Benzo(a)pyrene について、その簡易迅速分析法を確立するとともに、19種のタールについてしらべてみたところ、Benzo(a)pyrene の含量は 0.16ppm から 13700ppm の広い範囲にわたり、又一般に石炭系タールの方が石油系タールより高い含量を示すことが判った。<sup>(30)</sup> また、コールタールナフサ2種類及びナフサタール1種類について、その中にふくまれている多環芳香族炭化水素についてしらべたが、二層二次元薄層クロマトグラフィーにより、1種類のコールタールナフサには93種、今一つのコールタールナフサには67種、ナフサタールには69種の多環芳香族炭化水素の存在することが判り、更に薄層クロマトグラム上で蛍光分光法により、25種の炭化水素を同定することが出来た。これらのうち11種は発癌性又はその疑いのあるものである。<sup>(31)</sup> n-パラフィンは最近石油蛋白の原料として注目され、その大量消費が予想されるようになったので、n-パラフィン中の多環芳香族炭化水素類の分析法並びに Benzo(a)pyrene の簡易分析法を作成した。数種のn-パラフィンについての分析の結果、Benzo(a)pyrene の含量は 0.1~1.0ppb とかなり小さいものであることが判った。<sup>(32)</sup> 多環芳香族炭化水素の分離に高速液体クロマトグラフィーを使用する方法を検討したが、本法は多くの利点をもち、将来有効に利用しうるだろうことが判った。<sup>(33)</sup> 一般に  $\alpha$ -ナフチルアミンは職業病膀胱がんをひきおこす  $\beta$ -ナフチルアミンを微量含んでいるので、 $\alpha$ -ナフチルアミン中の  $\beta$ -ナフチルアミンの分析法を検討し、市販  $\alpha$ -ナフチルアミン中の  $\beta$ -ナフチルアミン分析の結果、製品により 0.3~4.6% の値を、またここ1、2年間に市販されたものではすべて1%以下であることが判った。<sup>(34)</sup> 最近、染色作業者の膀胱癌が問題となつてきたため、直接染料中に含まれるベンジジンの含量を測定する分析法の作成を行なつた。一方、染料にアスコルビン酸を加えるとき、ベンジジンが遊離することを見出したが、このことは直接染料の分解によるベンジジンの遊離が体内でおこるかどうかの問題の解明に関連をもつものと考える。<sup>(35)</sup>

## 装置の開発

昭和45年度に試作した大型吸入箱を2ヶ月試用後、長期吸入実験のための諸条件即ち、飼育環境の工学的並びに生物学的条件を満足に、且つ動物の収容頭数をふやし、対象吸入物の消費量を可能な限り節約するための最適換気率を検討した。<sup>(36)</sup> エアロゾルの長期吸入実験のために、新たに回転ドラムフィーダ方式を開発した。本法は予め、破碎あるいは磨砕して作成した粉体をエアロゾル化し整粒して被験動物に吸入さす方法である。<sup>(47)</sup> 各種有機溶剤の吸入にもとづく急性毒性を LD-50 検査法により判定するためのガス吸入実験装置を試作した。本装置により、ガスの種類と濃度を容易に変更することが出来、また、動物はマウスを1回20~25匹バクロさせることが出来る。<sup>(38)</sup> 労働衛生の分野で、有害物質の呼吸による肺内侵入、各種

肺機能の検査、呼吸保護具の研究等は何れも呼吸に関連するものであり、こうした分野の研究のために、呼吸ダミーにより十分な研究を行なつた後人体に対する実験を行なつた方が、はるかに効率的である場合が少なくない。そこで、呼吸 simulator を試作し物理的呼吸要素を実際の呼吸に近づけるべく努力すると共に、多種の呼吸パターンを保存し、必要に応じてそれぞれの呼吸気流が作れるようにした。<sup>(39)</sup>

## 有害作業環境の測定と評価

特定化学物質等障害予防規則が実施され特定の物質を取扱う事業所では環境測定の義務が課せられているが、測定に関しての事業所の実態が不明であるため、全国から897事業所を抽出して、ガス、粉じん、騒音、振動を対象として、環境測定を必要とする作業場の種類と数、測定実施の状況、測定技術の内容、測定者の専門分野、環境測定技術習得方法等についての資料を集めた。<sup>(40)</sup> 環境中の粒子状物質測定において、物質の特性と人体への影響との関連から、ある一定の大きさ以上の粒子を除いて測定する場合がある。例えば、じん肺を対象としての粉じん測定のような場合である。このような場合、一般に分粒装置が使用されるが、代表的な多段型分粒装置について、その分粒特性を明らかにした。<sup>(41)</sup> エアロゾルの実験的発生は、労働環境における測定技術、対策技術の発展に不可欠であるが、従来使用してきた高周波加熱ヒューム発生装置、Sinclair-La Mer 式エアロゾル発生装置では、 $2\mu$ 以上の粒子をつくることは困難であるため、スピニングディスク式エアロゾル発生装置を使用して、比較的粒度の大きい粒子の作成を検討し実験に使用しうるようになった。<sup>(42)</sup> 環境中の石綿粉じんの定量をX線回折法により行なう方法を検討したが、グラスファイバー濾紙上に捕集した粉じんについて定量することとし、検量線は、各種石綿粉じんを粉じん室に浮遊させ吸引時間のえらび方で、グラスファイバー濾紙上に適当量の粉じんを捕集し石綿量とX線回折強度とから求めた。この方法により石綿粉じんの測定が可能となつた。<sup>(43)</sup> 労働基準局の依頼により、数種の沖繩産石材中の石英量についてX線回折法により定量した。<sup>(44)</sup>

全国にわたり、クロム及びその化合物を取扱っている工場で、作業場環気中のクロム濃度を242工場についてしらべた。濾紙上に捕集した粉じん中のクロムを塩酸で溶出して原子吸光により測定したが、一般にクロムを溶液状態で取扱っているところではクロム濃度は低いが、粉末状で取扱っているところでは環気中に飛散して高濃度になり易いことが判った。<sup>(45)</sup> この際、原子吸光と共に、濾紙上に捕集した粉じんについて蛍光X線分析を行なつたが、結果は両法ともよく一致し、蛍光X線分析がこのような多数試料の定量には充分有効であることが判った。<sup>(46)</sup> 金属メッキ工場における環気中シアン濃度をしらべたが、金銀メッキ工場で最も高く数 ppm、銅メッキ工場で 0.2~0.4 ppm、亜鉛メッキ工場が最も低かつたがシアン化合物の総量からみるとそれ程低いものではなかつた。<sup>(47)</sup> 宮崎県松尾鉱山跡及びその周辺土壤中から集めた試料について、X線分析により含有金属をしらべたが、鉄、砒素、セレン、蒼鉛、アン



チモン等が見出された。<sup>(48)</sup> 重油ボイラー排煙及び自動車の排気中の煤の化学的性質をしらべたが、重油煤の気中から採取したもの及び伝熱面に凝集したものでは酸性が強く、重油煤の煙突下沈積したもの及び自動車煤はほぼ中性であった。これら煤の炭素構造の結晶化についてX線回折で調べたが、炭素中の結晶子の発達が低いことが判った。又 ESR 測定によりすべての煤にフリーラジカルの含まれていることも判った。<sup>(49)</sup> 地下駐車場の環境は、一般作業場とは異なるものであり、その評価方法について検討を加えたが、駐車場内と外気との温度差が環境に重要な役割を果たすこと、平面的な濃度分布が著しく不安定であること等を見出したが、人工換気能力をも含めた地下駐車場の環境評価のためには、アイドリング後の一酸化炭素濃度の時間に対する減少速度が良い指標となることが判った。<sup>(50)</sup> 地下酸欠空気の発生については、近年、注目をあびている問題であるが、シールド工事が中断される年末年始にかけて虎の門の実業会館地下の井戸で酸素濃度および酸欠空気の流出速度の連続測定を行なった結果、酸欠空気の噴出は、低気圧の通過時おこり、反対に高気圧下では通常の空気が地下に流入すること、酸素濃度は低気圧に伴う噴出の時に経時的に低下し、通常空気の流入と共に急激に回復することが判った。即ち、地層中の空気圧と大気圧との関連により酸欠空気が噴出するものと考えられる。<sup>(51)</sup>

### 振 動

従来行なってきた振動の評価は、剛体である振動台から、直接人体に加えられた振動に対して行なってきたが、現実には、イス、畳、クッション等の軟物体を介して、振動は人体に加えられるので、軟物体がある場合、人体に印加される振動の計測方法について研究し、閾値移動法、機械インピーダンス法、加速度を考案、比較検討し、これらが、クッションの減衰効果測定に有効なことを知った。<sup>(52)</sup> 振動レベル計の規格案は、既に騒音委員会で作成されたが、振動ピックアップの寸法、重量、受感部のとりつけ位置についての規格化はまだ行われていないので、この問題の基礎資料をつくるため、市販の4種及び試作した3種のピックアップについて、そのレスポンスを垂直水平振動についてしらべ多くの所見を得た。<sup>(53)</sup>

### 労働衛生工学

昨年度にひきつづき、沃素活性炭濾層を用いて気中水銀蒸気濃度を低下させる方法について研究し、昨年の成績をジチゾン法により確認すると共に、沃素活性炭を局所捕集に使用するため、濾過式捕集器及び沃素活性炭棚を作製してその捕集効率に関して種々検討した。<sup>(54)</sup> 活性炭を液相酸化するとガスの吸着特性の変化することは既に報告したが、本年度は液相酸化による活性炭の変化を、表面酸性生成と比表面積減少との関係でとらえ、動力学的立場から研究を行なった。<sup>(55)</sup> 引き続き、フレキシブルダクトの圧力損失に関する研究を行ない、直径の異なる数種のフレキシブルダクトについて、曲り角度  $\theta=180^\circ$  度におかれたときの圧力損失を曲率

半径及び管内流速を変化させて測定し、実際の設計に役立つように系統的にまとめた。<sup>(56)</sup> 噴霧充填装置による硫化水素ガスの化学吸収除去に関する研究も前年度にひきつづき行ない、気相側、液相側、充填装置側それぞれの反応吸収状態に対する諸因子の間の相関性の研究から相関に関する一般式及び充填塔の圧力損失に関する一般式を求めた。<sup>(57)</sup>



## (1) 尿中ステロイドホルモン代謝物に関する研究 (XVIII)

OV-210 を使用した昇温ガスクロマトグラフィーによる  
尿中中性ステロイドの分析

守 和 子

前報まで尿中中性ステロイドの分析は試料をメトキシム化 (MO 化) 後, BSA を用いて室温で部分 TMSi 化し, OV-1 と OV-17 カラムを用いて昇温 GLC で分析する方法を用いて来た (部分 TMSi 化法と略す)。第 XVII 報で述べた様に, この方法には TMSi 化の段階に若干の問題点があった。そこで, 試料を MO 化後, BSA と TSIM を用いて 150°C で完全 TMSi 化し, OV-210 カラムを用いて昇温 GLC で分析する方法を採用した (完全 TMSi 化法と略す)。この方法で生成した MO-TMSi 又は TMSi 体は湿気を避けて保存すれば少なくとも 1 ヶ月位は安定である。

部分 TMSi 化法による OV-1 および OV-17 と完全 TMSi 化法による OV-210 のクロマトグラムを比較してみると, androsterone と etiocholanolone の分離は三者共良い。pregnanediol は OV-1 と OV-210 で定量出来る。pregnanetriol は三者共測定出来るが, OV-1, OV-17 では単独ピークを与えるので測定し易い。corticoids 分画は OV-1 では, cortolone と allo-tetrahydrocortisol (a-THF) および cortol と  $\beta$ -cortol が重なる。OV-17 では tetrahydrocortisone (THE) と  $\beta$ -cortolone と cortol とが重なる。OV-210 では tetrahydrocortisol (THF) と a-THF が重なる。THF と a-THF は OV-17 では分離するが, a-THF が THF に較べ少ない場合には肩になる程度である。部分 TMSi 化法では 11 $\beta$ -水酸基を持つ THF, a-THF, cortol,  $\beta$ -cortol などは反応が先に進み易く不安定である。誘導体の安定な完全 TMSi 化法と OV-210 の組合せが corticoids 分画の分析には適していると思われる。OV-210 では THE, cortolone,  $\beta$ -cortolone は単独ピークを与え, THF+a-THF は半値巾は広がるが単独ピークとなる。THF+a-THF と THE の間には  $\beta$ -cortol と cortol を含め, しばしば 3~4 本のピークがある。cortol 類が高値の場合はよいが, 低値の場合には定量には一寸無理がある。この領域には cortol 類の他に  $\beta$ -グルクロニダーゼに由来するピーク, cholesterol のピークなども出る。第 XVII 報に, 完全 TMSi 化した場合, OV-1 では Mu 値 35.0 を, OV-17 では Mu 値 34.5 を主ピークとする数本の未知ピークが表われる旨報告したが, OV-210 では Mu 値 36.6 を主ピークとして似たパターンが現われる。現在使用している内部標準 cholesteryl butyrate (Ch-Bu) はそれらのピークの後に流出する。Ch-Bu は corticoids 分画から 10 分以上も流出が遅れるので,  $\beta$ -cortolone と未知ピークの間流出するものを内部標準として選べば測定時間を 10 分位短縮することが出来る。

## (2) 尿中ステロイドホルモン代謝物に関する研究 (XIX)

OV-210 を使用した昇温ガスクロマトグラフィーによる  
尿中中性ステロイドの日内変動の検討

守 和 子・半 田 俊 明\* (\*北里大・衛生)

第 XVI 報で日常生活時の尿中中性ステロイドの日内変動を部分 TMSi 化法を用いて検討した。今回は完全 TMSi 化法を用いて再び検討し, 合わせて, 昼夜逆転生活時についても若干調べた。

被験者は健康男子 10 名, 年齢 22 才, 身長 169cm, 体重 57kg (以上平均値) で, 日常生活時, 12 時より 3 時間毎に採尿した。ただし, 0~6 時は 6 時間尿を用いた。実験は 5~6 月に行われた。データの処理は, 各人の尿中排泄物質の 24 時間の平均値に対する百分率として各分画値を算出し, その値の 10 名の平均値と標準誤差を求めた。リズムの振幅の比較は最高値/最低値の比によつて行なつた。

測定した中性ステロイドは androsterone (振幅 1.7), etiocholanolone (1.6), pregnanediol (1.4), pregnanetriol (1.4), tetrahydrocortisol (THF) + allo-tetrahydrocortisol (a-THF) (3.4), tetrahydrocortisone (THE) (3.5), cortolone (3.0),  $\beta$ -cortolone (2.1), cortol (1.7),  $\beta$ -cortol (2.0) と第 XVIII 報に記した Mu 値 36.6 の未知ピーク (1.5) の 11 種であつた。

THF+a-THF : 130 $\pm$ 9 (12-15 時), 116 $\pm$ 11 (15-18 時), 100 $\pm$ 8 (18-21 時), 66 $\pm$ 8 (21-24 時), 46 $\pm$ 4 (0-6 時), 141 $\pm$ 12 (6-9 時), 156 $\pm$ 9% (9-12 時), THE : 134 $\pm$ 10, 128 $\pm$ 10, 104 $\pm$ 10, 70 $\pm$ 7, 42 $\pm$ 3, 134 $\pm$ 11, 146 $\pm$ 9%, cortolone : 122 $\pm$ 9, 119 $\pm$ 8, 111 $\pm$ 7, 75 $\pm$ 6, 52 $\pm$ 3, 112 $\pm$ 9, 157 $\pm$ 10%,  $\beta$ -cortolone : 119 $\pm$ 9, 124 $\pm$ 6, 103 $\pm$ 7, 90 $\pm$ 5, 64 $\pm$ 4, 103 $\pm$ 9, 135 $\pm$ 6% は夜間 (0~6 時) 低く, 昼間 (9~12 時) に高い日内リズムを持つ。cortolone,  $\beta$ -cortolone は朝の立上りがやや鈍い。また,  $\beta$ -cortolone はやや振幅が小さい。cortol,  $\beta$ -cortol の振幅も  $\beta$ -cortolone と同じ位であつた。未知ピークの振幅は更に小さい。

昼夜逆転生活として, 4 組三交替制 (各直 3 日間) の作業員を被験者とした。勤務時間は 1 直 8~15 時, 3 直 22~8 時であつた。1 直 2 日目の 9 時から 24 時間, 3 直 2 日目の 0 時から 32 時間, 原則として 3 時間毎に採尿した。一例をあげると, 被験者 A : 年齢 32 才, 身長 155cm, 体重 65kg, 勤務年限 11 年 9 月は 1 直時, THF+a-THF, THE, cortolone,  $\beta$ -cortolone は典型的日内変動を示した。3 直時もその日内変動は殆んどくずれなかつた。しかし, 21~6 時までの平均をとつてみると 3 直時やや高値となり, 3~6 時の立上りが著しい。又, cortolone,  $\beta$ -cortolone ではリズムの平坦化がみられた。他の被験者では 3 直時, 更



にリズムの乱れたものもいた。例数を増して、その要因について今後検討したい。

### (3) 連続加算作業時の尿中カテコールアミン排泄量 (II)

須藤綾子

昨年度は、内田クレペリン加算テストを連続1時間各被検者の最大速度で行うよう指示して行われた場合には尿中アドレナリン排泄量が有意に増加するが、各自の通常行うような適当な速度で行うよう指示した場合は加算作業によるアドレナリン排泄量の増加が認められないことを示した。ところで、上記の実験は連続3日間にわたって行つたが、このような加算作業に練習の効果即ち「なれ」がおこらないかどうかは明らかでない。上記の実験では第3日目に通常速度で行つたので、もし著明な練習効果があれば上述のように結論づけることはできない。そこで、今回は、最大速度による加算作業を連続5日間行わせてその練習効果について検討した。

被検者は健常男子2名(22, 23才)で、前報と同じように10時30分から60分間加算作業を行わせ、作業終了30分後に採尿し、作業前1時間の椅坐位安静時尿とともに遊離型カテコールアミンおよびクレアチニン量を測定した。排泄量はクレアチニン当りで表わした。加算作業によるアドレナリン増加量は平均第1日目5.7ng/mg Cr, 第2日目5.4, 第3日目6.1, 第4日目5.0, 第5日目6.5であり、仕事量はそれぞれ61, 71, 74, 77, 82であり、両被検者とも、いずれも、同じ傾向を示した。即ち、練習により、アドレナリン増加量はほとんど変化しないが、仕事量は増加し、第3日目には第2日目に比べ約5%増加することがわかつた。尿中アドレナリン値には一定の傾向が認められなかつた。

以上の結果から、昨年度の実験において第3日目の通常速度でアドレナリン量の増加が認められなかつたのは「なれ」の影響によるものではないといふことができる。

ところで、前回の実験の第3日目に仮に最大速度で加算作業を行わせたとしたらどの位の仕事量を示したかを、今回の実験結果から推定することができ、その推定仕事量に対する第3日目の通常速度の仕事量の割合(%)を各被検者について計算することができる。後者の値と、各被検者の作業前アドレナリン値の平均との間の相関を計算したところ、1%以下の危険率で両変数は無相関とはいえないことがわかつた( $r=0.869$ ,  $n=10$ )。一般に、アドレナリン排泄量には、かなり大きな個人差が認められる。前回の実験でもそのようなアドレナリン値の個人差は著明であつた。このような個人差が何に起因するかは明らかでないが、上記の結果は、アドレナリン値が個人の性格ないし作業態度に何らかの関係をもつことを示すかもしれない。

なお、別の健常男子2名(24, 25才)について、1週間ごとに毎金曜日連続5週間にわたつて、同様に最大速度によるクレペリン加算テストを行わせたところ、加算作業によるアドレ

ナリン増加量は作業回数を重ねてもほとんど変化しないが、仕事量は次第に増加することがわかつた。ただし、連続5日間の結果にくらべるとばらつきが大きく、実験期間が長くなると、被検者の情緒の変動が大きく結果に影響するようである。

### (4) イオン交換樹脂クロマトとオートアナライザーをつないだカテコールアミン分離分析法について (IV)

須藤綾子

昨年度および一昨年度において筆者はイオン交換樹脂クロマトとオートアナライザーをつないだカテコールアミン分離分析法を開発し、尿中カテコールアミン類の分離定量を可能にした。ところが、この方法には次のような欠点がある。1. 測定に8~10時間を要すること、2. 試料中カテコールアミン量として0.2~0.3 $\mu$ gを要すること。これらの欠点を改善するため、今年度は、今まで使用したAmberlite CG-50 Type II (200~400mesh) 9 $\times$ 300mmカラムを、同Type III (400~600mesh) 6 $\times$ 100mmカラムにかえ、溶出流量を10ml/hrから6ml/hrにかえて測定する方法について検討した。その結果、Type III樹脂はpH 6.1に調整した後水をきり風乾して保存し(Type IIはpH調整後緩衝液にsuspendしたままでよかつた)使用前緩衝液にsuspendさせれば、Type IIの場合と同様にカテコールアミン類を分離分析することができた。この方法によると、測定時間は3~4時間、必要カテコールアミン量は20~30ngで分離定量することができる。

尿中カテコールアミン類の分離定量には、前法と同様に、アルミナ精製後40°C以下で減圧濃縮しNH<sub>3</sub>水でpH 6.1としてカラムにかけ展開する。精製濃縮操作による損失を考慮に入れても、20~30分間の尿があれば、その中に含まれるカテコールアミン類を分離定量することができる。ただし、夜間尿の場合は測定に必要な尿量はいく分多くなる。

### (5) 単純精神作業に関する心理生理学的研究

柿崎敏雄・興重治

単純精神作業において、作業の性質に基づく心理的な感情が生理的反応と対応するものかどうかを実験的に検討した。

単純精神作業を被検者に負荷するために、まず計数表示装置を試作した。被検者にネガティブな心理感情をおこさせることを意図し、(1)数字を用いること、(2)単純で易しいこと、(3)長時間負荷できること、(4)同時に数名に負荷できることを条件に入れた。



実際には、2本の表示管に0～9のランダムな数字がそれぞれ同時にできるようにした。作業は2数の和が10または0の場合にのみボタンを押させるという簡単な課題にした。従つて被検者がボタンを押すのは10回に1度の割合となる。数名が隣合つて作業をするため、押しボタンは手に持てるようにし、音の出ないスイッチを用いた。表示回数、正解数、各被検者の正解応答数がそれぞれ自動的にカウントされるようにした。また誤謬(和が10または0でないのにボタンを押した場合)に対しては表示装置の前面のネオンランプが被検者毎に点灯するようにした。

青年男子を被検者とし、予備実験として連続2日間にわたり11時30分と16時30分に計4回の生理的測定を行ない、日差、時差による指標の変動をチェックした。この際被検者には測定の前2時間前から飲食物の摂取を禁止し、30分前から検査室で座位安静をとらせた。測定は脈拍数、血圧値、血清比重、血清水分量、血清たんぱく量および血清たんぱくの分画比について実施した。4回の測定では拡張期血圧値が第2日目16時30分に、血清アルブミン量が同じく2日目11時30分にそれぞれ減少したほかは生理的指標には変動が認められなかつた。

他日被検者10名について第1日目の16時30分に上と同様に対照測定を行ない、第2日目は計数表示装置を用いて午前と午後約4時間ずつ連続して単純精神作業を課し、各終業時頃に生理的測定を実施し、同時に作業に対する感情の大きさを嫌悪感の程度として応答させた。心理感情の生起は数字の表示時間の長さと同様な関係があると思われるが、今回は2秒間にしてみた。

血清比重は午前、午後とも作業によつてふえる傾向がみられた。午前の作業で変動を示した指標は、脈拍数、収縮期血圧値、脈圧値、血清A/Gがいずれも減少し、血清たんぱく量およびグロブリン量が増加した。この結果午前の作業は明らかにストレスになっていることがわかつた。午後の測定では作業によつて変動した指標は認められなかつた。

また作業に対する感情の大きさは全体としては午前と午後で差はなかつたが、被検者によつては大部差があつて安定しているとはいへなかつた。感情の大きさと生理的測定値の間に相関が認められなかつたのはそのためかも知れない。作業を数日連続して負荷し、感情の安定したところで改めて対比測定を行なうことも一法であらう。

## (6) 某装置産業に従事する三交替作業員についての生理学的調査(II)

—カテコールアミンと17-OHCSの排泄量を中心として—

守 和子・須藤 綾子・水本 和明・加藤 寿一・柿崎 敏雄・坂部 弘之

(昨年に引続き連続操業部門で働く三交替制作業員の調査を行つた。今回は4組三交替制(111222333明休日)の作業員約60名の中、看視作業に専心するものを選び、X組とY

組に分けた。勤務時間は1直(8～15時)、2直(15～22時)、3直(22～8時、仮眠2時間)日勤(9～17時)であつた。X組10名は年齢18～23才(平均20才)、身長166cm、体重56kg、勤務年限1年8月(以上平均値)で、Y組12名は19～28才(23才)、168cm、56kg、1年7月であつた。X組を対象として、1直3日間8～12時と12～15時、2直(2日目)15～18時、3直3日間仮眠前と仮眠後(以上勤務中)と1直(1日目と2日目)夜眠中、3直3日間仮眠中、3直(1日目と2日目)昼眠中(以上睡眠中)採尿し、アドレナリン(A)、ノルアドレナリン(NA)、VMAを測定した。Y組を対象として、1直(1日目と3日目)12～15時、2直3日間15～18時、3直(1日目と2日目)昼眠中(以上昼間)と1直(1日目と2日目)夜眠中(但し、採尿は6時)、3直3日間0～6時(2時間の仮眠を含む)(以上夜間)採尿し、17-OHCSを測定した。

1直時はA、NAは3日間殆んど差は無かつた。2直時も15～18時では1直との差は無かつた。3直時Aは3日間共仮眠前値は低下し、仮眠後は若干上昇しているが、1日目、2日目では低く、3日目は1直、2直に近い値を示した。NAは同値かやや低値であつた。睡眠中はAはかなり低値を示すが、夜眠、仮眠、昼眠の比較には若干の問題がある。NAは夜眠、仮眠、昼眠共半分近くに低下したが、三者の差は殆んど無かつた。

17-OHCSは1直(12～15時)、2直(15～18時)、3直(昼眠中)大差は無かつた。夜間は夜眠中(但し6時まで)も3直時(0～6時)も昼間に較べるとかなり低値を示した。3直3日勤務中の排泄量は1日目、2日目に較べて有意に高い。別に17-OHCSの日内変動を調べたデータからも同じ結果が得られた。Aも3直3日目、特に、仮眠後高い傾向にあつた。それらを総合して考えると3直3日目に日内リズムがずれて来たのか、3直3日目がストレスとして働くのか、その両者か、他に原因があるのか、はつきりしない。更にくわしく検討したい。12～15時の時間帯で1直(看視作業)、2直(早出、看視作業以外の仕事)、2直(勤務前)を比較した所、2直(早出)が一番低く、2直(勤務前)が一番高く両者に有意の差があつた。Aにも同じ傾向があつた。17-OHCSの日内変動は強固で、睡眠中でもA、NAにみられるようなはつきりした低下は見られない。労研・パーソナリティテストおよび労研・情意生活しらべの得点とAおよび17-OHCSの排泄量との間にはつきりした関係は見出せなかつた。

## (7) 某装置産業における看視作業に関する生理学的調査

加藤 寿一・守 和子

近年企業の合理化に伴い生産過程が自動化され、労働形態の質的量的変化がおこりつつあり、それにともない新しい問題が提起されつつあることは周知のことである。



そこで、実験的に看視作業をとりあげ、看視作業の生理機能に及ぼす影響について検討を加えてきたが、今回某装置産業における計器看視作業に関して調査検討を加える機会をえた。調査対象となつた工場では4組3交替制を実施しており、装置は自動運転され、直勤務者は主として管理室内の計器看視作業に従事している。対象とした作業員は12名で、その年齢範囲は19~28才、平均23才である。1直(8時~15時)2日目を調査対象日とし、作業前・作業時・作業終了時における心拍数(radiotelemeterを使用して胸部より心電図を誘導)フリッカー値の測定、作業前及び作業終了時における血圧・皮膚電気抵抗の測定、更に自覚症状調査表(産業疲労委員会 1954)による調査を行った。

心拍数：1直作業(計器看視作業)時の値は作業前椅座位と同じ値を示したが、作業終了時椅座位の値は作業時より有意に低下した( $P < 0.01$ )。フリッカー値：作業時及び作業終了時の値は作業前値と同じ値を呈した。血圧：作業終了時における最高血圧は作業前値と同じ値を示し又作業終了時の最低血圧も作業前値と同じ値を示した。皮膚電気抵抗：作業終了時における値は作業前値に比し差を認めない。疲労自覚症状：身体的症状訴え率の平均は37.5% 精神的症状は39.2%、神経感覚的症状は15.8%であつた。

本調査に関するその他の点については目下検討中である。

#### (8) 某装置産業に従事する三交替作業員についての 疲労自覚症状などの調査

守 和 子

連続操業部門で働く4組3交替制(1 1 1 2 2 2 3 3 3 明休日)の作業員約60名の中調査時、欠勤、出張した者を除き56名を調査の対象とした。1直1日目、3直2日目の作業前後、産業疲労の「自覚症状しらべ」(1970)を行った。1直1日目作業開始時8時より次の1直1日目8時までの12日間、全員について、勤務時間、起床、就寝時刻、睡眠の状態、勤務時間外のスポーツの有無、飲酒、健康状態などのアンケート調査を行った。中10名については食事時刻、排便時刻なども調べた。又、この10名については1直2日目9時より24時間後までと3直2日目0時より32時間後まで、睡眠中以外は原則として3時間毎に舌下温を測定した。12日間の調査後、仕事、職場に対する意識態度調査、労研・パーソナリティテスト、労研・情意生活しらべを行った。また、現地に約20日間滞在したので、その間適宜作業場をまわつて作業員と面談した。

対象者の年齢構成は51才1名、35~39才2名、30~34才6名、25~29才5名、20~24才26名、20才未満16名で25才未満が75%を占める。勤務年限は10年以上8名、2年未満29名であつた。勤務時間は月初めの日勤、日曜祭日にあたつた日勤は休日となつたが、2直3日

間の中大体1日は9時より出勤(早出)し、1直時若干の残業があつた。2直の早出には不満の声があつた。作業妨害要因として騒音をあげたものが88%あり、事実、看視室外の騒音はひどかつた。自覚症状しらべの結果は1直時訴え率はI群作業前20%、作業後23%；II群15%、16%；III群13%、12%；平均16%、17%であり、3直時はI群40%、62%；II群28%、37%；III群17%、26%；平均28%、42%であつた。1直、3直共訴え率はI>II>IIIの順となり、II群が比較的多いのは看視作業の特徴の一つであらう。3直2日目には作業前に既に1直作業後を上回る訴えがあつた。睡眠時間は8時から8時までの24時間づつに区切つてみると1直450分、450分、500分；2直500分、490分、470分；3直250分、460分、400分；明、休日、日勤又は休日480分、510分、490分となり、12日間の平均は7時間35分であつた。一番短い人が12日間の平均で6時間20分、一番長い人が8時間45分であつた。3直1日目の勤務前の睡眠が短かく、3日目の勤務前が若干短くなつている。スポーツはボーリング、野球が多かつた。30才以上には毎日酒を飲むものがいたが、若い層は殆んど飲酒の記載がなかつた。夜勤時夜食を取り1日4食のものが多かつた。夜勤時排便時刻の乱れるものがいた。3直時舌下温の山と谷が1日に2ヶ所に現われるものがいた。パーソナリティテストの百分段階値はB<sub>1</sub>-N 31, B<sub>2</sub>-S 33, B<sub>3</sub>-I 32, B<sub>4</sub>-D 32, F<sub>2</sub>-S 32であり、情意不安訴え数の平均は18.5であつた。作業員との対話には参考となることが多かつた。

#### (9) 石英及びアスベストの線維芽細胞に対する影響について

興 貴美子・坂部弘之・小川 薫

石英が大食細胞に傷害を与える事は明白な事実であるが、線維芽細胞に対する傷害性については、あるとするものと、ないとするものがある。石英による線維増殖過程を考える上で、線維芽細胞に対する石英自身の態度は解明する必要がある。又、アスベストによる線維増殖の過程を知る手がかりとしても、アスベストの線維芽細胞に対する影響を検討する必要がある。このため、石英及びアスベストの線維芽細胞に対する影響を検討し、更に、石英及びアスベストを添加した大食細胞と線維芽細胞との混合培養系についても検討を行った。

線維芽細胞として、マウス胚線維芽細胞由来の3T6細胞を用い、粉じんとして、石英は0.5 $\mu$ 以下のアルカリ処理石英及び磨砕石英を用い、アスベストは、クリソタイル、クロンドライト、アモサイト共にUICC reference sampleを用いた。

##### 1) 石英に対する影響

2 $\times 10^5$ 細胞に200 $\mu$ g及び1mgの石英を加えて培養を開始し、2, 4, 7日目に細胞数を算定し、乳酸生成量を測定した。又、H<sup>3</sup>-deoxyadenosineのDNAへの取込みについてもしらべた。



結果は、アルカリ処理石英、磨砕石英添加群共に、線維芽細胞の増殖抑制は認められず、細胞数、乳酸生成能、 $H^3$ -deoxyadenosine の取込みにおいて、対照群と略々等しい挙動を示した。

#### 2) アスベスト添加による影響

200 $\mu$ g の各種アスベストを  $2 \times 10^5$  細胞に加え、2, 4, 7 日目に細胞数及び乳酸生成量をしらべた。2 日目までは、各アスベスト添加群において、対照と同じように増殖するが、4 日目になると、クロンドライト、クリソタイル添加群の増殖が低下する。7 日目になるとこれらアスベスト添加群では細胞の崩壊がおこってくる。アモサイト添加群では比較的良好増殖をつづける。乳酸生成量もこれら細胞数の変動とよく一致する。

#### 3) 大食細胞と線維芽細胞を混合培養した系について

$5 \times 10^6$  の大食細胞に 200 $\mu$ g の石英及びアスベストを加え、48 時間培養し、その後 3T6 細胞を加え、2 日、6 日後に、細胞数を算定し、 $H^3$ -thymidine の取込みをしらべた。2 日後においては各群略々対照と等しいが、6 日後には、大食細胞+アルカリ処理石英+3T6 細胞では 3T6 細胞のみの時と略々等しい thymidine の取込み及び細胞数を示すが、大食細胞+3T6 細胞では、3T6 細胞は殆ど増殖しない。大食細胞+アスベスト+3T6 細胞の場合には 3T6 細胞+アスベストの場合よりよく増殖する。この混合培養系については、更に検討を加え、線維増殖過程の検討のための in vitro の系として用いたいと考えている。尚、大食細胞を 48 時間培養した後の培養液で 3T6 細胞を培養しても 3T6 細胞は新鮮培養液と同様に増殖を示す。

### (10) アスベストの大食細胞に対する影響について

興 貴美子・坂部 弘之・小川 薫

昨年度において、大食細胞に対するクリソタイルの毒性が、血清又はアルブミン、グロブリン等を吸着する事によつて阻止される事を報告したが、本年は更に指標をかえて、クリソタイルの他、クロンドライト、アモサイトについても大食細胞毒性を検討すると共に、比較的長時間のアスベストの影響をみるため、培養した大食細胞についての影響をも検討した。以前報告したようにアモサイト、クロンドライトは短時間大食細胞と作用させた場合、乳酸生成能、酸性フォスファターゼ活性において影響を示さなかつた。今回乳酸脱水素酵素 (LDH) の細胞質から培養液への遊出、酸溶性ヌクレオチド量の減少を指標としてみると、naked の場合では、クリソタイルのみならず、クロンドライト、アモサイトでも影響が観察できる。即ち、LDH の遊出は 2 時間でも対照に比べて高く、24 時間では殆ど全量の遊出がみられた。乳酸生成量も、4 時間までは変化が認められないが、24 時間ではアモサイト、クロンドライト添加群で

も対照の約 60% となる。酸溶性ヌクレオチドは、クリソタイルでは 2 時間ですでに 37% となるが、アモサイト、クロンドライトでも約 15% の減量が認められた。

serum coated asbestos では、LDH 遊出量は、4 時間までは対照よりむしろ低い値を示すが、24 時間後には、対照より高い値を示した。

乳酸生成量は、2, 4, 24 時間を通じて対照よりむしろ高い値を示した。

石英では蛋白を吸着させた場合にも、LDH の高い遊出がみとめられた。

以上の実験は Dulbecco 培養液で行つたものであるが、細胞を更に長く培養するため、培養液に血清を入れ、naked の各アスベストを加えると、72 時間まで乳酸生成能及び  $C^{14}$ -leucine の取込みは対照と略々等しい値を示す。又、 $C^{14}$ -プロリン又は  $C^{14}$ -ロイシンを大食細胞及び各アスベスト添加大食細胞に加え、120 時間培養した。結果は、クリソタイル添加群では対照よりいくらか高い値を示すが、クロンドライト、アモサイト添加群では、対照と略々等しい値を示し、アスベスト添加による  $C^{14}$ -プロリン及び  $C^{14}$ -ロイシンの取込みは、増大とか減少とかいふ影響がみられない事を示した。

アスベスト肺においては、クリソタイルに比べむしろ、クロンドライト、アモサイトに強い線維増殖能があるともいわれており、これらの大食細胞に対する影響と肺における線維増殖能を直ちに結びつける事はできないが、大食細胞毒性の何らかの機序がアスベスト肺症においても線維増殖作用と関連するものと考えられる。本年度の結果では、naked の状態では大食細胞毒性を示すが蛋白との共存では毒性を示さなくなるが、更に、各方面から、アスベストの大食細胞毒性を検討していく予定である。

### (11) 急性カドミウム中毒ラットの体内分布及び

#### 排泄に及ぼすカドミウム前処理投与の効果 (II)

吉川 博・栗盛 静江・長谷川武志\* (\*昭和大学・医・衛生)

金田 正己\*\* (\*\*北里大学・衛)

前年度に引き続き、少量の Cd 投与による急性 Cd 毒性の減弱の成立機構について検討した。実験には 20 匹の SD 雄ラット (体重 320—340g) を用い、1 群には 0.6mg/kg、24 時間後に 3mg/kg の Cd (Cd—Cd 群)、他の 1 群には 3mg/kg の Cd (Cd 群) を、 $CdCl_2$  を用いていづれも腹腔内注射した。これらのラットについて両群 4 匹宛を大量 Cd 投与後 2, 6, 24, 72, 168 時間目に殺し、血液、臓器を採取し、又 168 時間観察したラットは毎日の尿尿を採取した。これらの試料の Cd, Zn, Cu を湿式灰化し、原子吸光光度計を用いて定量した。

血液中 Cd の経時的变化をみると、24 時間までは Cd 群の方が含有量が多いが、24 時間以



後は両群に差異はない。血液を血球と血清にわけて Cd 含有量の変動をみると、Cd 群では Cd 投与数時間は血清中に著しく増加し、24 時間以後は急速に減少するが、血球中 Cd 含有量は経時的に増加する。Cd—Cd 群においては投与数時間の血清中への増加は全く認められず、むしろ血球中に Cd 群に比して多い傾向にある。24 時間以後は両群間に差異は認められなくなる。

各臓器内の Cd 含有量の経時変化をみると、両群間に本質的な変化は認められないが、肝臓では各時点ともに Cd—Cd 群が Cd 群より Cd 含有量は多く、とくに 24 時間までは Cd—Cd 群が有意に高い値を示していた。各臓器中 Cd 含有量を投与量に対する含有率で観察すると、肝臓では Cd—Cd 群に高率であり、心・肺・脾・腎・精巣では Cd 群の方が高率であった。

尿尿からの Cd 排泄をみると、尿では Cd 群において投与第 2 日目に著しい Cd の排泄を示すが、Cd—Cd 群ではこの排泄は少なく、Cd の尿中排泄が抑制されている。尿においては両群に差異は認められないが、7 日間の総排泄量では Cd 群の方が多い。

腹腔内に投与された Cd は門脈を経て肝臓に取込まれ、それから血液中に流出して全身に分布されるものであるが、以上の実験結果から、少量の Cd を投与しておく、引き続き投与された Cd は肝臓においてより多く捕捉され、その結果、血液中、とくに血清中への流出を抑制し、又、他の各臓器の Cd 含有量も少なくなり、排泄量も少なくなるものと考えられる。

尚、少量の Cd 投与という条件づけが、急性 Cd 毒性を軽減するという事実と考え合わせると、肝臓中に捕捉されている Cd は比較的無害な形で存在するものと推定される。

## (12) 急性カドミウム中毒ラットの肝中カドミウム分布に

### 及ぼす水銀前処理の効果

吉川 博・鈴木 康友・栗盛 静江・長谷川武志\* (\*昭和大・医・衛生)

Cd の急性毒性は、あらかじめ少量の水銀を投与しておくことで減弱されることはすでに報告した。又、少量の Cd 投与による急性 Cd 毒性の減弱の成立機構は、主として肝臓における Cd 捕捉能の亢進によることを認めている。そこで、Hg の前処理投与による急性 Cd 毒性の減弱の機構も Cd 前処理投与の場合と同じであるのかどうか、同一であると仮定した場合の肝臓に取込まれた Cd の分布・移動などについて知るために研究を行った。

実験は、SD 雄ラットを 2 群に分け、1 群には Hg 0.3mg/kg、24 時間後に CdCl<sub>2</sub> 3 mg/kg (Hg—Cd 群) を、他の 1 群には CdCl<sub>2</sub> 3 mg/kg (Cd—Cd 群) を腹腔内投与し、Cd 投与後 4・14・24・96 時間目に肝臓を摘出し、瀉血後、肝臓及び肝中核・ミトコンドリア・ミクロソーム・上清分画にわけ、各分画中の Cd 並びに Cu, Mn, Zn を原子吸光光度計を用いて

定量した。

### 1. 肝中 Cd 含有量の経時的推移

肝中 Cd 含有量は、Cd 群では経時的に増量するが、Hg—Cd 群においては Cd 投与後 4 時間目の含有量は Cd 群に比して著しく多く、14 時間目には一時減少し、それ以後きわめて徐々に増加の傾向を示す。しかし、96 時間目における Cd 含有量は Hg—Cd 群の方が Cd 群に比して有意に少ない。この事実は Hg—Cd 群での肝における Cd の取込み様式が Cd—Cd 群のそれとかなり異つたものであることを示している。

### 2. 肝中各分画における Cd 含有量

肝中の Cd 分布の移動についてみると、Cd 群では核・ミトコンドリア・ミクロソーム各分画では Cd 投与後 4—96 時間の間では殆んど一定の含有量を維持しているが、上清分画では経時的に増加する。Hg—Cd 群においては、Cd 投与後 4 時間目の核・ミトコンドリア・ミクロソーム分画の Cd 含有量は Cd 群に比して著しく増加し、それ以後著しく減少し、14 時間以後は殆んど Cd 群のそれと殆んど同様となる。これに反し、上清分画では Cd 群に比して Cd の増加率が低い。

以上の結果から、投与された Cd 群は肝中では各分画に広く分布するが、肝での Cd 取込み、蓄積は主として上清分画において行われるが、Hg 前処理により、この肝中 Cd の移動・分布は大きく変化することがわかった。

### 3. Cd 投与による肝中 Cu, Mn, Zn の移動

Cd 群では肝中 Cu と Zn は Cd の増量に従って増加の傾向にあり、Mn は逆に減少の傾向がある。Hg—Cd 群にあつては、Zn の増加は Cd 群に比し少なく、Cu は逆に減少し、Mn では Cd 群と同じであつた。なお、各分画での移動をみると、両群間にもつとも差異が認められたのはミトコンドリア分画におけるこれら金属の移動であつた。

## (13) 急性カドミウム中毒ラット肝細胞の上清分画における

### 金属分布に関する研究

鈴木 康友

カドミウム (以下 Cd とする) の中毒作用の機序を明らかにするためには、細胞内における Cd の分布、Cd によつて誘発される生体必須金属の分布変化およびこれらの金属の存在形態等を明確に知る必要がある。昨年度は、急性 Cd 中毒ラット肝細胞では、Cd はその上清分画に多く蓄積され、これに伴つて Cu と Zn の量的変化、特に Zn の増加が著しいことを明らかにした。本年度は、急性 Cd 中毒ラット肝の上清分画中の Cd, Cu および Zn の存在形態を調べ、Cd 投与による Zn の増加の原因を解明した。



SD 雄ラットに Cd 2 mg/kg を水溶液として腹腔内に投与した。4, 14, 24 および 96 時間経過後に肝と腎を摘出した。これらの臓器をホモジナイズ後、遠心分離して上清分画を得た。この上清液を限外濾過濃縮した後、ゲル濾過 (Sephadex G-75, カラム 2.5×40cm, 0.01M Tris-HCl, pH 8.0, 流速 20ml/hr) した。得られた各フラクションについて湿式灰化を行った後、原子吸光法により Cd, Cu および Zn を定量した。

得られたクロマトグラムは金属分布の点から、高分子量 (70,000 以上) のタンパク質から成る第 1 分画, 分子量 30,000 前後の第 2 分画および分子量 10,000 前後の第 3 分画に大別された。第 1 分画には Zn が多く, Cd は僅かながら存在していた。第 2 分画では Cu の存在が顕著であり, 上清液中に含まれる Cu の約 90% 以上がこの分画にみられた。第 3 分画では, Cd, Zn と少量の Cu が共存していた。Cd と Zn は経時的に増加し, Cd 投与 96 時間後では上清液中の全 Cd の約 85% (肝全体の Cd の約 70%) の Cd がこの分画に蓄積されていた。この分画のタンパク質量は極めて少量なため, Cd は高度に濃縮された状態で蓄積されていることがわかった。対照のラット肝の上清液については, この分画に相当する位置には, 上記 3 金属のいずれについても明瞭な分布は認められなかった。したがって, 第 3 分画の金属の蓄積は Cd 投与によってもたらされたものであることがわかった。一方, 対照ラットの腎上清液について, 同様な方法を行って得られたクロマトグラムには, 分子量約 10,000 の位置に Metallothionein の存在が確認された。Cd 投与ラット肝についての第 3 分画は腎の Metallothionein の位置と一致することから, 前者を Metallothionein (M-) 分画と呼ぶことにした。

M-分画は Cd 投与後極めて短時間で出現する。その結果, 肝の上清液中の Cu と Zn の量およびこれらの金属の分布に変化が生ずることがわかった。特に Zn の分布の変動は著しく, Cd 投与後の肝の Zn の増加は, M-分画の出現がその主要因であることが明らかとなった。

急性 Cd 中毒における M-分画の意義, M-分画のタンパク質主成分と腎の Metallothionein の関係などについては引続き研究を行う。

#### (14) ラット肝の Metallothionein 分画のカドミウム量 におよぼす前処理の影響

鈴木康友・吉川 博

マウスに少量のカドミウム (以下 Cd とする) を前もって投与することにより, 多量の Cd 投与に対する耐性ができること, さらにこの際, 肝の Cd の取込みが増加することが吉川により報告されている。一方, Cd 投与ラット肝では, その上清液中に, Cd 投与後 Metallothionein 分画 (M-分画) がつくられ, 多量の Cd と Zn が蓄積されていることがわかった。そこで, この M-分画の生成が, Cd 前処置による肝の Cd 取込みの能力の増加に関与しているか否か

を検討することを試みた。

SD 雄のラットに Cd 前処置として, Cd 0.3mg/kg を腹腔内に投与し, 24 時間経過後, さらに Cd 3 mg/kg を腹腔内に投与した。次に別のラットに前処置なしで, Cd 3 mg/kg を腹腔内に投与した。これらのラットについて, Cd 投与 2 時間後に肝を摘出した。これとは別のラットに Cd 前処置のみを行い, 25, 38 および 48 時間後に肝を摘出した。摘出した肝は, 灌流 (0.25M Sucrose, 0.01M Tris-HCl, pH 7.4) —ホモジナイズ—遠心分離—上清液の濃縮—ゲル濾過 (Sephadex G-75 カラム 2.5×40cm, 0.01M Tris-HCl, pH 8.0, 流速 20ml/hr) の各操作をして得られたフラクションを湿式灰化後, 原子吸光法により Cd と Zn を定量した。

Cd 前処置 25 時間以後では, M-分画中の Cd は減少の傾向にあつたが, Zn は 48 時間まで増加が続いた。また両金属のモル数の和は 38 時間までは増加がみられたので, この時点までは M-分画の生成が行われるものと思われる。この時点での Zn のモル数は Cd のその約 3 倍であつた。Cd 前処置 24 時間後に Cd (3 mg/kg) を投与し, 2 時間経過したものの M-分画と, Cd 前処置なしで Cd (3 mg/kg) 投与後 2 時間たつたものの M-分画を比較すると, 前者は後者の約 7 倍の Cd を有していた。一方, 前者の Zn は Cd 前処置 25 時間後のラットの M 分画中の Zn より著しく減少していた。

これらのことから, Cd 前処置による肝の Cd 取込み能力の増加の一因は, Cd 前処置によつてつくられた M 分画に蓄積されている Zn が, 後から投与されて肝に侵入した Cd の一部と置換することにより, 肝の Cd 捕促力が強まったことであると考えられる。なおこの他に, Cd 前処置による肝細胞内での M-分画生成能の増加, あるいは細胞膜の金属透過性の増加等も考えられるので, これらについても検討を進めていく予定である。

#### (15) Zn, Hg および Cu 投与によるラット肝の Metallothionein 分画の誘導に関する研究

鈴木康友・吉川 博

重金属の中毒作用機序の解明に当つて, 生体細胞内での金属の分布と存在形態を知ることは極めて重要である。腎の細胞内において, 重金属の分布の点から重要なタンパク質に Metallothionein がある。これは MARGOSHES により馬の腎皮質から見出され, 1957 年 “カドミウムタンパク質” という名で報告された。その後, KÄGI, VALLEE らによつて研究され, 現在では, 人, 馬, 牛, ウサギ, ラット, マウス, サルなどの腎, 肝あるいはその他の臓器にもあるといわれている。われわれは, 急性 Cd 中毒ラットの肝細胞内における Cd の分布および生体の必須金属の



分布の変化を調べた結果、Cd は上清分画中に多く蓄積され、さらにこの分画では、Zn が著しく増加していることを見出した。そして、これは Metallothionein 類似のタンパク質に Cd と Zn が多量に結合していることを明らかにした。そこでこの分画を Metallothionein 分画 (M-分画) と呼ぶことにした。ところが、対照ラット肝の上清液については、Cd 投与ラット肝に見られる M-分画に相当する分画を見出すことはできなかつた。すなわち、Cd 投与ラット肝における M-分画というのは、Cd 投与によつて始めて誘導されるものであり、ラットの肝にはもともとは Metallothionein あるいはこれに類似したタンパク質は、腎に見られるような形では存在していないということを見出した。

そこで、M-分画は Cd 以外の重金属によつて誘導されるか否か検討を試みた。その結果、Cd 投与ラット肝上清分画に用いた方法と同一方法により、現在までに、Zn, Hg および Cu の3金属について、M-分画が誘導されることを確認した。この3金属によつて誘導された M-分画の主成分と Cd によるその主成分、さらには本来腎に存在する Metallothionein との関係は不明であり、究明を続けている。いずれにせよ、肝の M-分画の主成分は Cd 中毒のみでなく、他の重金属中毒における重金属の蓄積、移動、さらに生体必須金属の移動、蓄積などにも大きく関与していることが考えられるので、重金属中毒における M-分画の意義について引き続き研究を行う。

## (16) Metallothionein について

木村正己

O, H, C, N, P, S, Cl, K, Na, Mg, Ca, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B, I, Co, V の20種類の元素が生物体の構成に必要であるといわれている。Vallee らは metalloprotein の分類で、nonenzymic な蛋白として15種 (例えば、Transferrin Fe [Mn, Cu]), また enzymic な蛋白として55種 (例えば、Carboxypeptidase A. Zn) を既知例として記載している。Vallee らによつて見出された metallothionein は前者に属し、その物性から catalysis (触媒作用), storage (蓄積作用), immune phenomena (免疫作用), detoxication (解毒作用) に関係した蛋白質であると推定された。一方、Piscator らは Cadmium 中毒家兎の肝臓から metallothionein 様蛋白を分離し、重金属の解毒に関する生体物質であることを示唆した。

家兎を用いて、Cadmium 中毒時の metallothionein の生成とその性質の検討を試みた。家兎 (オス 3~4 kg 体重) に 3 mg Cd/kg の割合で CdCl<sub>2</sub> を1回皮下注射し、経日的に殺して肝および腎を摘出して、Cd, Zn, Cu の量を分析した。その結果、両臓器とも単位重量当りの Cd 量は漸次日時の経過するに従つて (2週間) 増加した。また、71日経過した時

点でも腎ではまだ増加していた。肝では2週間後の値よりやや減少していた。Zn および Cu 量は Cd 量ほど変化していなかつた (肝における Zn 量は1日経過すると増加し、以後2週間まででは変化なく、71日経過した時点では control 値に近くなつていた)。上記実験で得られた肝および腎をホモジネートし、遠沈 (30,000rpm 60分) して上清を調製した。限外濃縮後 Sephadex G 75 でゲル濾過による分画を行つた。Cd 投与後初期 (数時間~1日) には分子量の大きな (約7万以上) 区分 Xs に Cd が見出され、次第に分子量の小さな (約1万前後) 区分 MT に Cd が見出されるようになる。この傾向は肝腎いづれにもあつた。血液によつて運ばれてきた Cd は先づ Xs 成分に結合し、順次 Cd がとれて MT 区分を生合成させながらこの MT 区分に "trap" されると推定できる。

肝および腎の MT 区分は Disc 電気泳動分析の結果、前者は7~8成分、後者は3成分に分離した。この分離の様子は Cd 投与後何れの MT 区分でも同じであつた。

腎 metallothionein を更に精製するため、Cd 2回投与した家兎3匹の腎から MT 区分を調製し、DEAE-Sephadex A 25 によるイオン交換クロマトグラフィを行つた。その結果、3成分 (他に不純物として2成分) が得られた。アミノ酸組成は類似し (塩基性アミノ酸に差異が認められた)、分子量1万あたり6~8個の  $\Sigma$ Cd+Zn を含有していた。腎 metallothionein は二、三の分子種があるようである。

肝および腎の metallothionein の相異性と、Cd による生合成の仕方を研究し、Cadmium 中毒機構の解明の一助にしたい。

## (17) カドミウムの経皮吸収について

木村正己

カドミウムは経口および経気道で生体内にとり込まれるばかりでなく、経皮によつてもとり込まれることが Wahlberg によつて報告されている。アイソトープ塩化カドミウムを用いた実験 (モルモット) で5時間あたり1.8% が皮膚吸収されるという。

ウサギ (オス 3~4 kg 体重) の背部 (10×20cm) の毛をそり、その皮膚に塩化カドミウム水溶液 (10mg 5回, 3週間)、塩化カドミウム含有クリーム状軟膏および乳液状軟膏 (20mg 5回, 3週間) を塗り、2週間後に殺して、肝および腎のカドミウム含量を測定した。投与量の0.5~0.8% が両臓器中カドミウム量として見出された。

ヘアレスマウス (オス体重約25g) の背部皮膚に塩化カドミウム含有クリーム状軟膏および乳液状軟膏 (1mg 1回および1mg 4回) を1週間内に塗り、殺した。肝および腎のカドミウム含量を測定した。1mg 1回の場合には投与量の約0.2% が、1mg 4回の場合には0.6~0.9% が両臓器中カドミウム量として見出された。



両実験の結果から明かなようにカドミウムは経皮吸収があり、経口吸収率 1~6% (24 時間) と比べて無視できないと思われる。

### (18) イタイイタイ病患者尿中の低分子蛋白の単離と同定

大沢基保・木村正己

職業病である慢性カドミウム中毒の主症状の一つである腎障害、低分子蛋白尿は、イタイイタイ病 (イ病) においても既に証明されている。近年、慢性カドミウム中毒を初めとする腎尿細管障害において、多量の  $\beta_2$ -microglobulin ( $\beta_2$ -mG), retinol-binding protein (RBP), 免疫グロブリンの遊離 L 鎖, minialbumin 等の低分子蛋白が存在することが報告され、その臨床的意義が注目されるようになってきた。

またイ病尿は特徴的なディスク電気泳動像を示すことから、この方法がイ病の診断基準の一つにも採用されている。この泳動像に対応する主要な低分子蛋白の一つとして RBP が免疫学的に同定されている。

このような経過から、イ病尿が RBP,  $\beta_2$ -mG 等の低分子蛋白を多量に含有することが予想されたので、それら低分子蛋白の臨床診断学的応用を目的として、イ病尿中低分子蛋白の精製法を検討した。この結果、イ病尿のディスク電気泳動像に対応する主要な低分子蛋白として  $\beta_2$ -mG と二種の RBP の存在を明らかにした。

低分子蛋白は次の方法に従って精製した。イ病尿の 50% w/v 硫酸沈澱分画を、限外口過 (Diafilter G-0.5T) で脱塩濃縮後 Sephadex G-100 によるゲル口過、ついで NaCl の濃度勾配 (0~0.2M) による DEAE-セルロースイオン交換クロマトグラフィーによつて分画精製した。尿および各分画のディスク電気泳動を Ornstein, Davis の方法に従って行つた。

この結果、イ病尿のゲル口過で二つの主要な低分子分画を得た。さらに DEAE-セルロースクロマトグラフィーにより、これら両分画からイ病尿の主要な 2 本のディスクバンドに対応する蛋白として各々二つの分画を得た。これらのアミノ酸分析値、retinol による  $330m\mu$  の特異吸収の有無から、retinol を含むものと含まぬものの二種の RBP,  $\beta_2$ -mG と少なくとも他一種の蛋白の存在を示した。

以上の結果により、イ病尿においても  $\beta_2$ -mG, RBP 等の低分子蛋白を検出したことから、慢性カドミウム中毒等の腎尿細管障害とイ病における低分子蛋白尿は、蛋白分子種の分布においても定性的に類似していることが示された。またこれら RBP,  $\beta_2$ -mG は低分子蛋白尿中の主要成分であり、イ病のディスクバンドに対応する成分であることも明らかとなり、これら低分子蛋白の定量化による臨床診断への応用が可能となつてきた。

一方、この低分子蛋白の生成・排泄機序とカドミウム中毒機序との関係は、腎以外の諸臓器

に対するカドミウムの作用について解析の手がかりを与えることとなり、中毒機序解明への新たな視点を与えるものである。

### 鉛 毒 中 毒 對 策 (15)

### (19) カドミウムの胆汁および消化管への排泄

福田一男・鈴木康友・戸谷忠雄・宮田信明

腸管は重金属排泄の主要な経路であるが、この排泄機序に関しては殆んど解明されておらず、特にカドミウム (Cd) のそれについては全く不明である。そこでこの排泄機序の一端を明らかにするため、肝胆汁系および消化管壁を介する Cd の排泄実験を行つた。

成熟雄ラットの総胆管に Canulation を行い、Canula は背部に出して Saddle back 方式とした。手術後 1 mg/kg の Cd ( $CdCl_2$ ) を腹腔内投与し、経時的に胆汁中 Cd, Zn, Cu を定量し、且胆汁中 Cd 排泄量が最大値を示す付近の胆汁を Sephadex G-75 (2.5×40cm) 0.01M Tris-HCl pH 8.0 20ml/hr 5 ml/fraction でゲル濾過後 Cd, Zn, Cu を定量し、これらの溶出曲線を得た。又 Cd 投与後動物を一定時間に屠殺し、消化管壁とその内容物の Cd を測定した。

胆汁への Cd の出現は投与後 15 分ごろから認められ、経時的に排泄量は増大し、投与後 2~4 時間目を極点として急激に減少し、6 時間目では 0.3% dose/hr となり 20 時間後には全く排泄されなかつた。投与後 6 時間迄の累積排泄量は約 5% dose であつた。Zn は Cd の排泄パターンと全く同様の挙動を示し、Cd の出現と共に増加し、Cd の消失と共に正常値となつたが Cd 投与後 5 時間目迄の総排泄量は、正常値の約 4~5 倍であつた。Cu の排泄には著しい変動を認めなかつた。

胆汁中の Cd については分画分子量 7 万以上、3 万前後および千以下に相当する位置に溶出ピークが見られたが、Cd の分布は千以下の分画に最も多かつた。これらのピークのうち分子量 7 万以上と千以下に相当する位置には Zn の溶出ピークがあり、後者における溶出が圧倒的に多かつた。Cu は非常に少く、明瞭な分布パターンを得られなかつた。よつて胆汁中の Cd は主として極めて低分子の物質と結合して排泄され、Zn も共存している事が判る。

このような胆汁の腸管内流入のないラットの腸管を Cd 投与後 4hr, 24hr, 48hr 目に摘出し、部位別の Cd の定量を行つた。胃は約 0.8% dose で時間経過による変動は少なく、胃内容は他の腸管内容物に比して極めて少なく約 0.1% dose 以下であつた。小腸では 4hr には腸管壁、内容物共に上部>中部>下部の順であつたが、24hr には特に上部および中部内容物の増大が著しく、腸管壁はほぼ同程度乃至下部のやや増大が認められ、48hr には下部腸管壁の増大が認められた。大腸では腸管壁、腸内容物の Cd 量は漸増し、特に 48hr では腸管壁の著明な Cd の増大が認められた。これらの所見は小腸上部および中部における Cd の排泄並



びに小腸下部, 大腸における Cd の吸収を示唆するものと思われる。

## (20) 慢性 Cd 中毒実験

(18) イタイイタイ病の発生原因の究明 (91)

吉川 博・河合 清之・福田 一男・大沢 基保・栗盛 静江・戸谷 忠雄

ラットにおける慢性 Cd 中毒の総合的な病態像を把握するため, Dose-Response を知るために, 各濃度の Cd を含む飲料水を長期間飲用させる実験を開始した。現在 6 ヶ月目に入っているが, なお, 継続中であるので今日までの経過を述べる。

実験には成熟 SD 雄ラット 30 匹を用い, 5 匹宛を 6 群にわけ, I 群: 対照群, II 群: Cd 10ppm, III 群: Cd 50ppm, IV 群: Cd 100ppm, V 群と VI 群: Cd 200ppm とし, 水は自由に飲ませている。I ~ V 群は 1 匹ずつ採尿ケージに入れて飼育し, VI 群のみは 5 匹を一緒にして飼育ケージに入れた。

これらのラットを一定の間隔で体重・摂水量・摂食量・尿量を測定し, 動物の一般状態, 尿中 Cd 排泄量, 尿蛋白・糖 (Uristix 法), 尿蛋白排泄量 (Biuret 法) を継続測定中である。

体重は実験開始後 2 ~ 4 日で一過性の体重減少がみられるが, これは Cd 摂取と採尿ケージに入れたための環境変化によるものと思われるが, その後は順調な体重増加を示すが, 各群の平均体重からみると I ~ V 群の順に体重は減少している。

摂水量と尿量にも体重と同じような関係が認められ, Cd 濃度の高い群ほど両者ともに減少している。摂食量は 25g/日/匹前後で各群間には殆んど差はみられない。

尿中 Cd 排泄量は実験開始のごく初期に Cd 摂取群において一時的な排泄増加がみられるが, その後は著明な排泄増加はみられなくなる。しかし 2 ヶ月目頃から再び著しい Cd の排泄を散発的に起してくる。Cd の摂取量と排泄量との関係は必ずしも平行してはいないようである。

尿糖・蛋白については, 対照群においてもある程度の量が検出されるので, 定性的な傾向しかみられないが, Cd 摂取群で散発的に出現している。しかし, 顕著な傾向はいまだ認められていない。

尿中蛋白量は, Cd 摂取群で高蛋白濃度を示しているが, 一方, 一日当りの総蛋白排出量では対照群との間に著しい差異はみられていない。しかし, 9 週目の尿について尿蛋白のディスク電気泳動を行つたところ, 泳動パターンの変化がみられた。このことから総蛋白排出量の増加がなくとも, 尿蛋白組成の変化はすでに生じていることが示唆された。

以上が, 現在までの経過であるが, 実験はなお継続中であるので, 総合的な結果は来年度において報告する。

## (21) 有機溶剤中毒の研究

—トリクロロエチレン中毒における指標について—

長谷川 弘道・佐藤 光男・鶴田 寛

有機溶剤の毒性を見きわめるに当つては, 何といつても動物実験に頼ることが多いが, その場合, 動物実験の結果をヒトにまで持つていくことの危険性が指摘されている。しかし動物実験からどういう結論を引き出してくるのかによつてはヒトにまで適用され得るであろう。実験動物からどういうことが引き出されてくるかはまず中毒の様相を知り, そこから有効な中毒指標をひきだしてきて健診, 管理に役立つためには中毒物質が生体に与える影響を詳細に知つておくことが必要である。中毒の全様相を知るために (I) では物質代謝の盛んな成長期にある幼若動物を (II) では成熟動物をトリクロロエチレン蒸気に暴露させ各々生体に及ぼす影響をあらゆる可能な方法で追求してみた。

(I) 動物はラット (SD-JCL) を用い, トリクロロエチレン暴露濃度を 0 ~ 1 週令までは 600ppm, 1 ~ 2 週令 1200ppm, 2 ~ 3 週令 2500ppm, 3 ~ 4 週令の間は 4000ppm と成長にともない段階的に暴露濃度を変え, 1 日 2 時間の暴露条件で 0 ~ 4 週令, 1 ~ 4 週令, 2 ~ 4 週令および 3 ~ 4 週令のあいだ毎日暴露した群について調べた。体重の増加は暴露群では対照群に比し低く, 脳の RNA の量もわずかに低い。脳中グルタミン酸は 150 ~ 180% にも増大していた。特に著しく増大していたのは肝グリコーゲン量であつたが肝の RNA, アセチル CoA,  $\alpha$ -グリセロリン酸量は低かつた。血清の遊離脂肪酸は大幅にさがり, 総コレステロールはやや増大の傾向であつた。血清中の酵素活性は成熟動物のときと異なり暴露によつてアルカリホスファターゼ活性が著しく増大, GOT も増加の傾向であつたが GPT は減少の傾向であつた。

(II) 成熟ラット (SD-JCL, オス) およびマウス (ICR, オス) にトリクロロエチレン 4000ppm を 1 日に 2 時間ずつ 1 日 ~ 21 日間連続暴露させた。組織中のトリクロロエチレン量はラットでは 1 日暴露直後で 100 ~ 180  $\mu$ g/g みられ暴露 4 時間後では約半分に減少し, 24 時間後では認められない。これは 1, 15, 21 日連続暴露でも同じ傾向であつた。マウス暴露直後ではラットと同じであるが暴露 4 時間後ではラットと異なりごくわずかし認められなかつた。組織中抱水クロラール量は 1 日暴露直後ではわずかであるが 24 時間後では 3 倍にも増加していた。連続 15, 21 日暴露したものでは暴露直後で 20 ~ 40  $\mu$ g/g もあり 24 時間後ではわずかに減少していた。マウスでは 1 日暴露直後ですでに多くの抱水クロラールが認められた。暴露後のトリクロロ酢酸量も大体同じ傾向であつた。トリクロロエタノール量は 1 日暴露直後でも 24 時間後でも認められていた。



トリクロルエチレン暴露に伴って肝チトクローム P-450 の増加、ペントバルビタールによる睡眠時間の短縮が顕著に認められ、脳コレステロール、リン脂質、糖脂質や肝、血液の脂質代謝系、肝グリコーゲンなどの糖代謝系がトリクロルエチレン暴露によって変動するのが観察された。

## (22) 四塩化炭素中毒の研究 低濃度吸入実験

河合清之・清水聡子

清水純孝(医科研)・山田明甫(第一製薬)

長瀬千恵子(警友病院)・小西紀子(日本電気)

有機溶媒による肝障害のモデルとして四塩化炭素中毒肝病変をえらび、低濃度長期吸入による肝病変の進行過程を追跡し、その際 1) 四塩化炭素の体内蓄積の有無 2) 微弱肝病変の検出に最も有用な指標の検討、などの観点を背景として実験を行った。

動物はラット SD-JCL 雌 体重 220g 前後を 4 頭 1 群とし、 $\text{CCl}_4$  気中濃度 100ppm, 50ppm, 10ppm 各水準で、1日3時間、週6日のスケジュールで9週までの連日暴露を行い、各週末最終吸入後48時間で屠殺検索した。又別に基礎資料を得るための補助実験として、100ppm 水準1回暴露後24時間までの間の経時的観察 100ppm, 200ppm, 400ppm 各水準での1週間以内の経日変化を検討した。

得られた結論は、1) 吸入された  $\text{CCl}_4$  は、肝・脳・血液に比べ圧倒的に大量(濃度比としてたとえば脳の約40倍)が脂肪組織にとりこまれ、その量は気中濃度にほぼ比例する。暴露中止後脂肪組織中  $\text{CCl}_4$  量は時間の経過と共に対数的に減少する。したがって 100ppm 以下の低濃度領域では、連日暴露続行中の血中  $\text{CCl}_4$  濃度は、暴露濃度に比例した一定水準を中心としたゆるやかな起伏を示し、脂肪組織内への蓄積は起らないと考えられる。1日の暴露時間が延長するときは、更に検討を要する。

2) 肝のトリグリセライド蓄積と電顕を含む病理組織学的方法が、依然として微弱病変検出のために最も敏感でかつ容易な方法であった。それらは、相互によく相関すると共に、気中濃度ともよい量反応関係を示した。

3) 連日暴露の進行と共に肝病変は増強を示し、暴露濃度が高い程その立ち上りは急である。しかし 100ppm では5週後、50ppm では3週後に至ると、脂質蓄積はそれ以上進行せず9週までの間一種の停滞状態に入る。10ppm 水準では脂質蓄積は2週後に  $6.4 \pm 0.75 \text{mg/g}$  に達し対照  $4.1 \pm 1.24 \text{mg/g}$  に対し有意に高いが、その後著しい上昇傾向を示さない。しかし組織学的には微弱な病変が7週に至るまでゆっくりと進行しているように見える。

4) 形態学的病変は、既に確立された大量投与の際の病変と同質で、それより弱い。10ppm

水準では実質細胞病変は更に弱まるが、一方グリソン鞘浮腫と細胞浸潤と中心静脈周辺の間葉系細胞の集合(肉芽腫の形成)が前面に現われる。この関葉系反応は類洞壁星細胞に対する  $\text{CCl}_4$  の直接作用と  $\text{CCl}_4$  の溶血作用に関連するものと考えられ、従来見すごされていたものである。

5) 血清 GOT・GPT は 100ppm 水準でも有意の上昇を示さない。

6) 以上の結果からラット1日3時間、週6日の連日暴露では、50ppm 以上では明らかな、10ppm でも軽度の肝病変が検出される。

## (23) 実験的有機錫中毒の形態学的研究

河合清之

佐々弘・若新多汪(東医大病理)

宮沢寿一郎・藤浪襄二(東医大衛生公衛)

ラットを用いて急性有機錫中毒の内臓病変を形態学的に検討した。動物はラット(SD-JCL) 8週令を用い、塩化3ブチル錫(純度98.5%, 同ラット腹腔内注射  $\text{LD}_{50}$  2.24mg/kg), および2塩化2ブチル錫(純度100%, 同ラット腹腔内  $\text{LD}_{50}$  5.01mg/kg) について、それぞれ  $\text{LD}_{50}$  量の腹腔内1回投与後1, 4, 7日後および  $\frac{1}{2}$   $\text{LD}_{50}$  量の連日皮下投与中1, 4, 7回投与後24時間経過した時点で、肝・腎の電顕検索を含む病理組織学的検索を行った。

両物質とも注射局所である腹腔内あるいは皮下につよい局所反応を惹起すると共に、検索した主要臓器では、肝細胞質暗調化・腎近位細尿管上皮傷害・脾の虚脱・肺胞壁傷害などの病変を認めたが、肝外胆道・脾などには著変を認めず、中枢神経病変も通常の検索の範囲では検出出来なかつた。両物質投与群の病変の間に本質的な差異を認めない。有機錫の体内分布については、現在検索中である。

1回投与後の病変の推移を経日的に追求すると、1日後には全身的な循環障害が強く、2-3日後にみられる死亡例には眼粘膜・鼻粘膜・腸管などの出血が必発し、同時に肝・腎・肺等の毛細血管壁病変がつよい。肝・腎などの実質細胞病変は、全身症状に恢復傾向がはじまる4日後頃に最も明らかとなり、以後ゆっくりと恢復に向い、1週間後でも形態学的には変化を検出できる。

連日投与における病変の推移は各臓器によつてやや異つた様相を示す。中でも肝の微細構造変化の進展が比較的緩徐であるに対し、腎病変は投与を重ねるにつれて、急速に増強を示す。この事実は、現在カドミウム・水銀などを中心にして考察が進められている、Metallothionein などの重金属捕促機構が、他の重金属に対しても存在しうることを示唆すると共に、急激な中毒性負荷に際して、それらの機構の示す態度と意味は各臓器によつて異なる可能性が示唆され



る。又本実験のねらいのひとつは、連日投与亜急性中毒での内臓病変の分布と性質を、連日経口投与亜慢性中毒と対比することによって、亜慢性病変の成り立ちを解析するための基礎資料をあつめ、同時に亜急性実験の有用性の限界を確かめる点にあつた。本実験の成績は、有機錫中毒では、動物実験に関する限り、亜急性中毒病像は、亜慢性中毒病像を強調・再現しており、基本的に有用であることが確かめられ、又重金属中毒とくに慢性中毒において、通常は注意されていない毛細血管病変および網内系病変が、慢性中毒疾患の成立にあつて、基本的な役割を果している可能性を示唆する所見が得られた。

#### (24) 重油燃焼生成物吸入動物実験(Ⅲ)

##### —亜急性実験—粒子状物質の意義—

河合 清之・野崎 亘右・福田 一男・松村 芳美

清水 聡子・京野 洋子・宮田 信明

重油燃焼生成物の吸入による生体傷害の様相とその進展過程を解析するため、動物実験を続行し、同時に重油燃焼生成物のように複雑な組成をもつたガス・粒子複合系の吸入による呼吸器障害評価実験に際し、従来行われてきた分析—再統合方式に対し、全燃焼生成物の影響の検討から着手する方式をえらび、ついでフィルターを用いて粒子状物質成分を除去しガス状物質成分のみの影響を検討し、それらの病像の差異から除去された成分の意義を推定することを試みた。

本年度は、粒子状物質濃度1時間平均値  $6.3\text{mg}/\text{m}^3$  の重油燃焼生成物に15週間連続暴露した結果の検討を完了したが、その結果、ラット肺に認められた主要病変は、1) 上皮の異常増殖を伴う細気管支炎 2) 初期肺炭粉症 3) 肺胞壁肥厚と初期びまん性肺線維症 4) 軽度ないし中等度の喉頭炎気管支炎 等であつた。

それらの病変は、重油およびその他の燃料の加熱ないし燃焼の結果生ずる生成物による作業環境ないし生活環境の汚染に際し、人体に惹起されていると考えられている種々の呼吸器疾病状態のある型、たとえば炭粉症・慢性細気管支炎などをかなり忠実に再現しているものと考えられる。

従来各種の塵肺症・炭肺症の実験的研究に際して、得られた病変の判断に著しい困難を与えていた気道系感染の合併は、本実験シリーズにおいては、ほぼ満足し得る状態で防止することに成功した。これは動物舎環境条件の全般的整備を背景とし、同時に本実験飼育条件に semi-barrier system を採用した成果と考えられる。

更に本実験と平行して、重油燃焼生成物中の粒子状物質成分をフィルター(KMG-200)を

用いて除去し、(除去率 99.55%) ガス状物質成分のみ ( $\text{SO}_2$  平均濃度濾過前  $15.8\text{ppm}$ →濾過後、 $\text{CO}$  濾過前  $30.4\text{ppm}$ →濾過後  $30.6\text{ppm}$ ,  $\text{NO}$  濾過前  $6.0\text{ppm}$ →濾過後  $5.6\text{ppm}$ ) として吸入させると、ガス成分濃度はほぼ近似の水準に保たれているにもかかわらず、病像は著しい軽減を示し、1) 細気管支炎の著しい軽減と上皮異常増殖像の消失 2) 炭粉症の消失 3) 肺胞病変の軽減 が認められた。一方上部気道の炎症には著しい変更は認められなかつた。以上の事実は、重油燃焼生成物という複雑なガス・粒子複合系有害物の呼吸器とくに肺病変の発生に対して、粒子状物質成分の存在が重要な役割を果していることを示唆している。

以上の15週連続暴露病変は比較的早期に属し、人体にみられる完成された慢性病像の実験的再現のためには、更に長期の実験が必要である。

#### (25) 重油燃焼生成物吸入動物実験(Ⅳ)

##### —発癌物質と重油燃焼生成物の相乗作用に関する研究—

河合 清之・野崎 亘右・福田 一男・松村 芳美

清水 聡子・京野 洋子・宮田 信明

桑原 紀之・高山 昭三・菅野 晴夫(癌研究所)

発癌研究領域における条件発癌が、既知の強力な発癌物質と重油燃焼生成物の間に成立するかどうかを検討するために、ラット(SD-JCL)を用い、4-Nitroquinoline-1-oxide (4NQO) 皮下投与—重油燃焼生成物吸入系を用いて実験を行つた。4NQO 投与は毎週1回15週、総投与量  $0.9\text{mg}$  の subcarcinogenic dose とし、4NQO 単独投与対照群には肺腫瘍の発生はみられなかつた。重油燃焼生成物吸入は 1) 粒子状物質濃度平均約  $5\text{mg}/\text{m}^3$  程度の全煙吸入群 2) フィルター(KMG-200)によつて粒子状物質の大部分を除いた濾過煙吸入群 3) 粒子状物質濃度平均約  $0.5\text{mg}/\text{m}^3$  の低濃度全煙吸入群 4) 濾過実験室大気を吸入する対照群 の4条件を用意した。それらの15週連続暴露直後においては、本年度年報「重油燃焼生成物吸入実験Ⅲ」に記したごとく、1) 群には気管支上皮の異常増殖を伴う細気管支炎がみられ、2) 群の細気管支上皮病変は軽度で、電顕下で漸く確認出来る程度に止まつた。

以上の2つの系を、A) まづ4NQO 15週投与後、引続き重油燃焼生成物を15週吸入させるA群と、B) まづ重油燃焼生成物を15週吸入させた後4NQO を15週間投与するB群 の2系をつくり、投与あるいは吸入終了後25週ないし29週放置した後、屠殺剖検した。

一般に4NQO 皮下投与の結果、背部皮下注射部位の線維あるいは筋肉腫形成が著しく、頻回の腫瘍剔出を行つたが、約1ヶ年の実験予定期間終了前の腫瘍死例は約40%に達した。

A群(4NQO+重油燃焼生成物)には、1~4各群に Auerbach のいう所謂 Bronchiolo-alveolartumor が各群 % の頻度でみられ、それに加えて1) 低濃度全煙群には Epidermoid



cyst の合併例 1 例, 多中心性発生 1 例を認め, 2) 濾過煙群には多中心性発生 1 例を認めた。又これら腫瘍の前駆病変と考えられる細気管支上皮あるいは肺胞細胞の増生が 1), 2) 群にみられた。

B 群では全群にわたって腫瘍発生がみられず, 細気管支上皮あるいは肺胞上皮増生を 1) 2) 群にみたにすぎない。

A 群と B 群とでは腫瘍発生に明らかな差がみられたが, 吸入条件による腫瘍発生態度には差が認められなかつた。

今後, 発癌物質とその投与経路の選択・実験動物の選択・実験規模の拡大などいくつかの条件を検討し, 実験を繰返す予定である。

#### (24) 重油燃焼生成物吸入動物実験 (III)

#### (26) 耐熱性高分子化合物の熱分解生成物の毒性について (III)

坂部 弘之・河合 清之・左右田礼典・興 貴美子・本間 克典

有藤平八郎・清水 聡子・高野 継夫・小川 薫

前年度までは, テフロンとしてポリテトラフルオロエチレン (PTFE) を用いて来たが, テフロンの一種類であるポリフルオロエチレンプロピレン (PFEP) は, 軟化温度が低く, 成形しやすいのでひろく用いられているので, 本年度は, PFEP の加熱生成物について, そのマウスに対する毒性を検討すると共に, 前年度までの実験で明らかでなかつた PTFE 400°C の毒性の有無, 又 PFEP 350°C の毒性について検討するため, 10 倍量の試料を用い, 低温度加熱を行うと共に, この条件におけるフィルターによる粒子状物質除去の効果についても検討を加えた。

用いた実験装置, 実験方法は前年度までに報告したものと略々同じである。

0.72g の PFEP を試料として加熱した場合には, 500°C 以上の加熱では試料の殆ど全量が 10 分以内に減量し, マウスも 10 分以内に全例死亡した。生成ガス中 HF は全ての実験で 1~2 分から 150ppm 以上を検出した。450, 400°C 加熱ではこれらの経過はいくらか緩かになり, 350°C では試料の減量は 3% となり, 死亡例はなかつた。

次に試料として約 7g の PFEP 又は PTFE を用いた場合には, PFEP 350°C 加熱では, 水溶性弗化物濃度は 300mgF/m<sup>3</sup> に達し, マウスは暴露中定型的な症状を呈したが, 死亡例はみなかつた。暴露後も体重の減少が顕著で 1 週間後においても体重の回復しないものもあつた。Filter を用いた場合には, 水溶性弗化物濃度は 150mgF/m<sup>3</sup> にとどまり, マウスの症状も軽く, 暴露後の体重減少も少なかつた。PTFE 400°C 加熱では, 試料の減量は約 1% で水溶性弗化物濃度は 110mgF/m<sup>3</sup> を示した。マウスは暴露中は死亡しなかつたが, 暴露後 48 時間までに全例死亡した。Filter を用いた場合には, 水溶性弗化物濃度は, Filter なしの場合

と略々等しかつたがマウスは全例生存し, 体重減少も速やかに回復した。

病理学的所見として, PFEP の加熱生成物による主病変は肺と気管支であつて, 500°C 以上の加熱例では, 暴露開始早期から, 肺の全血管系の拡張と血液充盈が著しく, 肺動脈から毛細管にかけて血栓形成が著明で時に出血を伴つた。気管支上皮の変性壊死は高度で気管支腔拡張が著しい。350°C 加熱例でも 1 週間後に増殖性気管肺炎像が残存している。又, PTFE 400°C 加熱では, テフロンによる定型的な肺病変を示す。前 2 者の Filter を用いた場合の肺病変は著しく軽減していた。

尚, 加熱生成物中の有機弗化物ガスについては, ガスクロマトグラフ, マススペクトルによつて, 分離同定中である。又, 水溶性弗化物が HF であるのか COF<sub>2</sub> であるかについても検討中である。

以上の実験結果から, PFEP の加熱生成物の毒性が極めて強い事, 又, 350°C 加熱においても肺病変は 1 週間後でも尚残存する事が認められた。又 PTFE の 400°C の加熱生成物も毒性が強い事が確かめられた。低温領域の PFEP 350°C, PTFE 400°C 加熱では, フィルターによる粒子状物質除去が毒性の低下に効果のある事が認められた。

#### (27) 重金属エアロゾルの吸入に関する研究

—鉛およびテルル・エアロゾルのラット肺内への滞留率におよぼす粒径の効果—

本間 克典

生産工程に金属を溶融する作業があり, その溶融されている状態で蒸気圧を示すならば必ず, そこに金属ヒュームの発生が認められる。ところで, これら金属ヒュームの中には毒性の高いものが多く, これを作業者が吸入すると金属中毒をひきおこす。その中毒症は金属本来の生体に対する毒性に依存することはもちろんであるが, 呼吸器を通して肺内にとり込まれる量にも影響される。

肺内への粒子の沈着については, すでに理論的考察がなされるとともに, 実験についても数々の業績が報告されているが, 比重の異なるエアロゾルを用い, 粒径依存性を系統的に調べた実験は見当らない。この原因としては, 任意の粒径の単分散エアロゾルを比重の異なる種々の物質から生成させる方法が確立されていなかつたためと考えられる。

著者は種々の金属から任意の粒径の単分散ヒュームを安定に発生し得る高周波加熱式ヒューム発生装置を完成したので, ここに鉛 (比重 11.34) とテルル (比重 6.2) とより, それぞれ幾何学的粒径 (D<sub>g</sub>) が 0.05~1.5μ の範囲で数種類の粒径を選定して単分散ヒュームを発生させ, ラットを対象として吸入実験を試み, ラットの肺内へ重金属エアロゾルが取り込まれて滞



留する際の比重の効果を粒度別に調べてみた。なお、本実験に際し、ラットを固定した状態で吸入させる新しいタイプの吸入チャンバーを作り、従来行われている吸入チャンバーの床に放置して吸入させる方式と比較したところ、肺内の粒子滞留率が平均3割程高いばかりでなく、6匹1群として吸入させたラット相互間のバラツキも低いことが明らかとなり、本吸入方式の優秀性が認められたので、全ての実験は固定吸入式で行った。

実験に用いたラットは Sprague-Dawley 系の雄で、生後9週、体重 260~290g のものを、6匹1群として吸入させた。吸入時間は実験的にクリアランスが顕著に現われだす時間をしらべた結果をもとにして、一率 90 分間とした。肺内の鉛またはテルルの滞留量は、吸入終了直後、ラットをエーテル麻酔して肺を取り出し、1匹ずつ全肺を湿式灰化後、原子吸光分光法にて求めた。

鉛、テルルとも粒径が大きくなるにつれて滞留率は一様に低くなる。しかし、従来言われている空気動学的粒径 ( $\sqrt{pd^2}$ ) で整理すると、鉛とテルルとの滞留率は一致せず、比重の大きな鉛の方がテルルより低い値を示し、 $1\mu$  で約 30%、 $3\mu$  で約 60% 小さな滞留率となっている。この実験結果から、肺内への重金属エアロゾルの取り込みに関しては空気動学的粒径にもとづく慣性沈着以外の要因が働いているものと考えられる。

## (28) 動物実験条件の検討

### —注射時刻による死亡率の差異—

河合清之

山田明甫(第一製薬)・若新多注(東医大病理)

職業病研究の一環として動物実験は欠くことの出来ない研究手段であるが、動物実験の実施に際してその条件を十分に吟味し整備することは、得られた成績の信頼性を確保し、さらに異なった実験シリーズの成績を比較するために、大切な基本的な問題である。

本実験では、一般には余り考慮されていない注射時刻が、実験成績にどの程度の影響をあたえているかを検討するため、 $CCl_4$  マウス腹腔内注射における致死効果を指標として、ためし実験を行った。動物は ICR-JCL マウスを4週令で購入し、外光を入れず午前6時点灯・午後6時消灯の12時間照明サイクルを形成した実験室で、2週間飼育した後実験に用いた。

予備実験では、午前10時と午後10時の2時点をえらび、 $CCl_4$  1頭あたり 0.6, 0.3, 0.15, 0.08, 0.04ml を投与した。0.3ml 以上では雌雄の別なく全例12時間以内に死亡したが、0.15ml 以下の領域では、午後投与群は遅くとも60時間までに全例死亡するのに対し、午前投与群には生存時間が延長する個体があらわれた。

第2実験では、予備実験と同様の条件で、 $CCl_4$  投与量を1頭あたり 0.05ml とし、午前2

時、6時、10時、午後2時、6時、10時の各時刻に投与し、投与後48時間までの死亡を観察した。その結果各時刻投与での死亡率は、上記の順に 4/4, 5/6, 6/6, 2/5, 3/5, 5/6 となり、午前10時と午後2~6時の間の差が大きく、雌では 2/4, 6/8, 4/6, 5/5, 3/5, 6/6 となり、各時間でかなりのバラツキを示した。

本実験は、その条件設定において、多くの問題点をのこしており、一定の結論に達するためにはさらに実験を重ねなくてはならないが、熟練した同一人が実験を行う場合でも、ある条件下では、致死率にかなりの差異が生じ、通常実験操作が行われる作業時間内に限つても同様の変動がみられることは、実験の実施に際して留意すべきことと思われる。

## (29) 胎盤を介するカドミウムの胎児への移行

福田一男・宮田信明・戸谷忠雄

外来有害物質による生体汚染の諸相のうちで、胎児の母体側からの汚染は、胎児が在胎中特に旺盛な器官形成期および発育期に有害物質の作用を受けるという点で重要な問題である。そこで我々は外来有害物質として重金属のうち非必須金属であるカドミウム (Cd) について胎盤通過性に関する検討を行った。

成熟処女マウス (ICR-SLC) 12週令を同週令雄マウスと一夜同居させ陰栓の存在を確認した日を妊娠第1日とし、妊娠14日、17日に  $1\sim 2\text{mg/kg}$  の Cd ( $CdCl_2$ ) を尾静脈内投与し、妊娠15日、18日に胎児、胎盤を摘出、原子吸光法で Cd の定量を行った。

対照群胎児の Cd 量は  $3\times 10^{-2}\mu\text{g/g}$  生組織であつたが、これは対照群胎盤の Cd 量  $4\times 10^{-2}\mu\text{g/g}$  と同レベルにあり、この Cd の由来は主として飼料によるものと思われた。17日目  $1\sim 2\text{mg/kg}$  投与群の胎児には  $6.5\sim 7.2\times 10^{-2}\mu\text{g/g}$  の Cd が検出され、14日目  $2\text{mg/kg}$  投与し、18日目に検索した群でも  $6.3\times 10^{-2}\mu\text{g/g}$  とほぼ同値を示し、これらはいずれも対照群の間に有意差 ( $P<0.05$ ) を認めた。14日目  $1\sim 2\text{mg/kg}$  投与群の15日目の胎児中 Cd は対照群と変らなかつた。

胎盤中 Cd の捕捉量と投与 Cd 量との間には相関が認められた。即ち、14日目に  $1\sim 2\text{mg/kg}$  投与し、15日目に測定すると、それぞれ対照の30倍、60倍となり、17日投与群では  $1\text{mg/kg}$  (68倍)、 $1.5\text{mg/kg}$  (94倍)、 $2\text{mg/kg}$  (113倍)、 $3\text{mg/kg}$  (136倍) であつた。しかし14日目投与群で18日目に検索すると、同様の処置をして15日目に検索した群の約半となり胎盤の Cd の減少がみられるが、胎児の Cd 量は減少しておらず、対照群の2倍以上を示していた。

従つて妊娠中期および末期に投与された Cd は胎盤を介して胎児に移行するが、移行率は投与量と相関性はないのに反し、胎盤の捕捉率は投与量と高い相関性を持ち、所謂胎盤—胎児関



門の存在および胎児の発育に伴う関門の強化の様相がうかがえるが、胎児にとって胎盤はさ程強い防御的関門とはいえないものと思われる。

### (30) 石炭および石油系タール中の Benzo(a)pyrene 簡易分析法

松下 秀鶴・嵐谷 奎一\* (\*東理大・理)

石炭および石油系タールは種々の作業場で広く使用されており、その性状も用途によりかなり異なっているが、これらタールを取扱う労働者に職業がん発生の危険性があることはよく知られている。また、タール中の主な発がん性物質は多環芳香族系化合物であり、Benzo(a)-pyrene はその代表的化合物であることもよく知られている。そこで、分析対象物質をタール中の Benzo(a)pyrene にしぼり、その簡易迅速分析法の作成につとめると共に、この方法を用いて十数種のタール中の Benzo(a)pyrene 含量を測定した。

本簡易迅速分析法の大要は次の通りである。タールを一定量、正確に秤量、採取し、無蛍光ベンゼンに溶解させる。この溶液の一定量を二層一次元薄層クロマトプレート〔アルミナ(5×20cm)―アセチル化セルロース(15×20cm)〕の試料塗布層(アルミナ層)上に塗布し、エタノール―エーテル―水(4:4:1, v/v)、ついでメタノール―エーテル―水(4:4:1, v/v)を用いて2重展開をおこなう。展開距離は2層境界より10cmである。以上の操作により Benzo(a)pyrene は2層境界より僅か上方のアセチル化セルロース層上に細長い小さな青色蛍光スポットとして検出される。なお、検出には長波長紫外線ランプ(365nm)を用いる。

この青色蛍光スポットを手早く、完全にかきとり、小遠心沈澱管に入れ、ベンゼンを用いて抽出する。この抽出液を蛍光分光光度計にかけ、蛍光、励起両スペクトル測定より、Benzo(a)pyrene の確認をおこなう。

定量は Narrow Base Line 法を用いておこなう。すなわち、励起光波長を369nmに設定して、390~420nmの蛍光スペクトルをゆつくりと自動記録させたのち、ピーク波長(405nm)とこれから長、短両波長側に3.0nmだけずれた位置の蛍光強度をそれぞれよみとる。これらの蛍光強度を  $I_{405}$ 、 $I_{402}$ 、 $I_{408}$  とし、 $I = I_{405} - \frac{1}{2}(I_{402} + I_{408})$  なる式より  $I$  をもとめる。そして標準物質溶液に対する濃度と  $I$  との関係より検量線を作成する。この検量線に試料ベンゼン抽出液の  $I$  をあてはめ、その濃度を求める。

以上の分析法を石炭および石油系タール19種の分析に適用した結果、その Benzo(a)pyrene 含量は0.16ppmから13700ppmという広範囲にわたっていることがわかった。また、一般に石炭系タールの方が石油系タールより高い Benzo(a)pyrene 含量を示した。これらタール中の Benzo(a)pyrene 含量は重油その他の値より高いから、その取扱いには注意を要するも

のと思われる。

### (31) コールタールおよびナフサタール中の多環芳香族炭化水素の同定

松下 秀鶴・江角 凱夫\* (\*東理大・理)

石炭および石油系タール中の主な発がん性物質は多環芳香族系化合物であるということはいく知られているが、現在なお未同定物質の種類が多く、その全容は明らかでない。この問題を解決する目的をもって、昭和44年度にひきつづき、タール中の多環芳香族炭化水素の同定をおこなった。

すなわち、異なつた職場で使用されるコールタール2種、ナフサタール1種を分析の対象とし、分析手法、特に液相分配抽出法に改良を加えて多環芳香族炭化水素のみを選択的に抽出しうるようにし、これを二層二次元薄層クロマトグラフィーで各成分に分離し、分離した各スポットを蛍光分光法で同定をおこなった。

現在までに得られた結果の大要は次の通りである。

a) 二層二次元薄層クロマトグラフィーより、コールタールAには93種、コールタールBには67種、ナフサタールには69種の多環芳香族炭化水素が存在することがわかった。

b) 薄層クロマトグラム上のこれら多環芳香族炭化水素のうち、主なスポットの蛍光分光法による同定をこころみた結果、次の25種の存在が明らかとなつた。

Pyrene, Fluoranthene, 1,6-Dimethyl pyrene, 2,3-Benzlene-pyrene, Methyl pyrene, 8-Methyl fluoranthene, Chrysene, Benz(a)anthracene, Benzo(b)fluorene, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(j)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Perylene, Benzo(e)pyrene, Anthanthrene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Benzo(b)chrysene, picene, Naphthacene, Benzo(ghi)perylene, Coronene, Dibenzo(a, h)pyrene, Dibenzo(a, i)pyrene, Tribenzo(a, e, i)pyrene.

c) 同定しえた25種のうち、発がん性を有するか、またはその疑いのある物質が11種ふくまれていた。この中には強い発がん性を示す Dibenzo(a, h)pyrene, Dibenzo(a, i)pyrene, および Benzo(a)pyrene がふくまれている。

現在まだ同定しえない物質が多量あるが、これは主に同定の基礎になる標準物質の入手が困難なことによる。今後、標準物質の入手につとめ、タール中の発がん性炭化水素類の全容を明らかにしていく予定である。



### (32) n-パラフィン中の多環芳香族炭化水素の分析法

松下 秀鶴・江角 凱夫\*・嵐谷 奎一\* (\*東理大・理)

n-パラフィンとは従来、中性洗剤の原料として使用されてきたが、最近、石油蛋白の原料としても注目をあびるようになってきた。このため、n-パラフィンの大量消費が予想されるようになったので、その安全性の一環として、n-パラフィン中の発がん性炭化水素類の分析法の作成をおこなった。

作成した分析法の概要は次の通りである。  
n-パラフィンを一定量とり、この中の多環芳香族炭化水素を次の一連の液相分配抽出操作により撰択的に抽出する； n-パラフィン—DMSO, (DMSO+20 Vol % HCl)—Cyclohexane, Cyclohexane—70% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Cyclohexane—H<sub>2</sub>O, Cyclohexane—5% NaOH, Cyclohexane—H<sub>2</sub>O。

最後の Cyclohexane 抽出液に少量の無水硫酸ナトリウムを加えて脱水したのち、減圧濃縮をおこなう。

この減圧濃縮液中の多環芳香族炭化水素の分離は二層二次元薄層クロマトグラフィーでおこなう。すなわち、アルミナG層 (4×20cm)—26% アセチル化セルロース層 (15×20cm, 1×20cm) を同一ガラス板上にもつ薄層プレート (20×20cm) を用い、一次元展開はアルミナG層上、n-ヘキサン—エーテル (19:1, v/v) を用いておこない、二次元展開はアセチル化セルロース層上、メタノール—エーテル—水 (4:4:1, v/v) を用いておこなう。

このようにして分離した多環芳香族炭化水素スポットを薄層プレートよりかきとり、蛍光分光法により分析する。

以上の方法により、n-パラフィン中には65種の多環芳香族炭化水素が存在することがわかった。このうち、蛍光分光法により現在までに同定しえた物質は Benzo(a)pyrene, Chrysene, Benz(a)anthracene 等15種類である。

このほか、n-パラフィン中の多環芳香族炭化水素のうち、特に発がん性も強く、その含量も比較的多い Benzo(a)pyrene の簡易分析法を作成した。これは、前述の液相分配抽出→二層一次元薄層クロマトグラフィー (アルミナ—アセチル化セルロース；展開剤エタノール—エーテル—水)→蛍光分光定量の分析操作から成り立つ。この方法を数種の n-パラフィン分析に適用した結果、その含量は 0.1~1.0ppb とかなり小さいことが判った。

### (33) 高速液体クロマトグラフィーによる多環芳香族炭化水素の分離

松下 秀鶴

液体クロマトグラフィーは諸種のクロマトグラフィーのうち、歴史的にもつとも古いものであるが、最近、この方法が次の理由により見なおされつつある。その第1は吸着分離剤の開発により分離能が増大したこと、第2は脈動のない高圧ポンプの開発により高速化され、分離時間がいちぢるしく短縮されたこと、第3は検出器の高感度化である。そこで発がん性物質をふくむ多環芳香族炭化水素の分離に高速液体クロマトグラフィーを使用した場合、その他のクロマトグラフィーより如何なる利点があるかを検討してみた。

用いた多環芳香族炭化水素はベンゼン環2ケのナフタレンからベンゼン環7ケのジベンツ (a, 1) ベンタセンまで21種である。装置は Du Pont 製 820 型 高速液体クロマトグラフで、カラムは内径 2.1mm, 長さ 1m のものを用い、分離剤として ODS-Permaphase, 溶出液にはメタノール—水混合液を用いた。温度 27~72°C, 圧力 1000~1500psig の範囲で分離挙動を検索した。

その結果、得られた多環芳香族炭化水素の分離挙動の概要は次の通りである。

- 保持時間の再現性は良好でガスクロマトグラフィーのそれと同等であった。
- メタノール—水の組成を (50:50) から (90:10) まで変えたとき、その保持時間はメタノール含量がふえるにつれて対数的に減少することが判った。
- 保持時間の対数とカラム温度 (絶対温度) の逆数との間に直線関係があることをみとめた。
- 多環芳香族炭化水素の炭素数と保持時間の対数との間には直線関係をみとめた。
- 多環芳香族炭化水素の分離パターンは SE-30 を用いた気—液クロマトグラフィーによるそれとよく類似していた。しかし、ガスクロでは分離しえない高分子量のものまで分離、溶出しうることをみとめた。
- 溶出剤の組成をかえ、連続的にメタノール含量をふやすと、多環芳香族炭化水素の分離パターンは昇温ガスクロマトグラムと類似したものをあたえた。
- 分離に要する時間はかなり短い。たとえばメタノール水 (60:40), 65°C でベンツ (a)ピレンとジベンツ (a, h)アントラセンの保持時間は 10.4 分と 16.8 分であった。
- 感度はかなり高く、アントラセン 1 ng, ベンツ (a)アントラセン 8 ng でも精度よく定量出来た。
- 分離した各炭化水素を容易に分取出来る。このため、各フラクションを蛍光分光法や質量分析法等の他の分析法にかけ、同定および定量をより確実にこなうことが出来る。

これらの利点を有しているため、高速液体クロマトグラフィーは環境中の発がん性多環芳香



族炭化水素分析に対して有力な手段となりうる事が判明した。

なお、本クロマトグラフィーにより、 $\alpha$ -ナフチルアミンと $\beta$ -ナフチルアミン、さらにはベンジジン誘導体も相互に分離可能なことや、PCB分析にも有効なことがわかった。

### (34) $\alpha$ -ナフチルアミン中の $\beta$ -ナフチルアミンの簡易分析法

松下 秀鶴・嵐谷 奎一\*・江角 凱夫\* (\*東理大・理)

$\beta$ -ナフチルアミン ( $\beta$ -NA) を取り扱う労働者に職業性膀胱がんの発生が見られることはよく知られている。 $\beta$ -NA の異性体である $\alpha$ -ナフチルアミン ( $\alpha$ -NA) はそれ自身非発がん性であるが、不純物として $\beta$ -NA を微量含んでいる。それ故、労働衛生管理上、 $\alpha$ -NA 中の $\beta$ -NA 含量をたえず分析する必要がある。この目的のため、 $\alpha$ -NA 中の $\beta$ -NA の簡易分析法の作成をおこない、この方法を用いて市販 $\alpha$ -NA の分析をおこなった。

分析法を作成するにあたり、まず、 $\alpha$ - および  $\beta$ -NA の蛍光、励起スペクトルにおよぼす溶媒、pH 等の影響を調べた結果、pH 5~9 で両アミンとも安定な、強い蛍光、励起スペクトルをあたえること、 $\beta$ -NA の励起スペクトルには 290nm 近傍に $\alpha$ -NA にないピークが存在することを見出した。そこで $\beta$ -NA の蛍光は比較的強く、 $\alpha$ -NA および混在不純物のそれは弱い 390nm に蛍光波長を設定し、290nm 励起ピークの高さから $\alpha$ -NA 中の $\beta$ -NA を定量する方法について検討し、次の方法を見出した。

まず、 $\text{NH}_4\text{Cl-NH}_4\text{OH}$  緩衝溶液 (pH 7) を作り、これに $\alpha$ -NA をとかし、3  $\mu\text{g/ml}$  程度に調製する。同様に 25~100ng/ml の $\beta$ -NA 溶液を調製する。そして両 NA 溶液を等容積ずつ混合した液を、 $\alpha$ -NA の 1/2 稀釈溶液とともに蛍光分析にかける。ここで蛍光波長は 390nm とし、285~300nm にわたって励起スペクトルを自動記録させ、292.5nm ピークに対する高さを Narrow Base Line 法で求める。Narrow Base Line としてはピークの両側にそれぞれ 60Å はなれたスペクトル上の点を結ぶ線を用いた。この様にして得られた一連の励起ピークの高さを縦軸に、 $\beta$ -NA の含量を横軸にとつてプロットすれば、 $\alpha$ -NA 中の $\beta$ -NA 含量は各プロットを結ぶ直線と横軸との交点より求められる。

以上の分析法による分析結果は、薄層クロマト→蛍光分光定量からなる分析法の結果とよい一致を示した。市販 $\alpha$ -NA 中の $\beta$ -NA 含量は製品により 0.3~4.6% の値をあたえた。また、ここ一・二年の間に市販された $\alpha$ -NA 中の $\beta$ -NA 含量はすべて 1% 以下であることが判明した。

### (35) 直接染料中のベンジジンの分析法に関する研究 大塚 聖大 (86)

松下 秀鶴・嵐谷 奎一\* (\*東理大・理)

最近、染色作業従事者の膀胱がんが問題になつているが、この問題解明の一環として、直接染料中に含まれるベンジジン含量の決定、および直接染料の分解によるベンジジンの遊離が体内でおこるか否かを検討することが重要である。

現在までの所、尿や作業環境空気などの中のベンジジン分析に関する報告は数多く見られるが、染料中のベンジジン分析に関する報告は極めて少ない。この理由として、a) 染料中には微量成分が多種ふくまれるためベンジジンの分離が困難であること、b) 染料中のベンジジン含量は少ないと想定されること、および c) ベンジジンは比較的不安定であることなどをあげることが出来る。そこで、これらのことを考慮に入れながら、直接染料中のベンジジン分析にふくまれる抽出、分離、定量の操作に検討を加え、これらの結果をもとにして比較的簡単な分析法の作成につとめた。

現在までにえられた分析法の大要は次の通りである。

直接染料を pH 9 緩衝液 ( $\text{NH}_4\text{Cl-NH}_4\text{OH}$ ) にとかし、これに一定量の O-ジアニンジンを内部標準物質として加える。この溶液に等量のエーテルを加えて液相分配をおこない、エーテル相をとり出す。エーテル相に等量の 0.1N 塩酸を加えて液相分配をおこない、塩酸相をとり出す。この塩酸溶液に少量の 1N  $\text{NH}_4\text{OH}$  を加えて pH 9 に調整したのち、等量のエーテルを加えて液相分配をおこない、エーテル相をとり出す。以上の操作により直接染料中の水溶性成分、中性成分および酸性成分が除去され、最後のエーテル溶液には塩基性成分だけがのこる。このエーテル溶液を減圧濃縮し、濃縮液を二層一次元薄層クロマトグラフィーにかける。薄層プレートには脱活性キーゼルゲル (4×20, cm) —— シリカゲル (16×20, cm) プレートを用い、展開剤としてはベンゼン—エタノール (10:1, v/v) を用いる。

この分離操作により分けられた O-ジアニジン部分とベンジジン部分をかきとり、少量のエタノールで抽出し、抽出液を蛍光分光法により同定、定量をおこなう。

以上の分析法を種々の直接染料の分析に適用した結果、ベンジジン含量の比較的多い染料の分析には充分使用出来るが、含量の少ない染料の分析には若干問題がのこることがわかった。これは薄層上のベンジジン部分に、ベンジジンと構造の類似した化合物が少量混在するためである。今後、分離操作に一層の検討を加え、ベンジジン含量の少ない染料も正確に分析出来る方法を確立する予定である。

なお、染料にアスコルビン酸を加えるとベンジジンが遊離することが判つた。この問題も体内におけるベンジジン遊離との関連において今後詳細に検討をすすめていく予定である。



## (36) 大型吸入箱の吸入条件

野崎 亘 右・福田 一 男・河合 清 之

昭和 45 年度に試作して報告した大型吸入箱は 2 ヶ月の試用期間を経て一部を改良し、長期吸入実験に入るための吸入条件を検討した。この条件とは吸入箱の工学的、生物学的環境条件を満足すると共に動物の収容頭数をふやし且対象吸入物の消費量を可能な限り節約するための最適換気率を見出すことにある。

工学的環境特性は主として吸入箱内に於けるエアロゾルの応答及び濃度の分布等であるが、エアロゾルの応答すなわち充滿時間と除去時間は、短時間暴露に於ては応答時間の速いことが望ましい。本吸入箱では 15 分の応答時間を得るためには 10 回換気 (154ℓ/min) 以上の流量を必要とするが、われわれが意図している長期の実験に於ては吸入箱の開放はまれであるので応答時間の速さは余り問題とならず、むしろ換気回数を減らし、吸入物の節約を考えた方が得策である。

エアロゾル濃度の分布は 2, 5, 10 回換気でそれぞれ平均濃度の偏差は ±1.7, 2.9, 3.3% と測定され、特定部位の濃度変動等からみても換気回数に比例して分布が乱れてくるようであった。

生物学的環境は温度、相対湿度、 $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $NH_3$  濃度等の測定値を指標とした。温度は室温に対して平均 2~3°C 高まり、この現象は換気率に余り関係しない。この理由は副射熱の影響であろう。相対湿度は 5 回換気近傍を境として、換気回数を減らすと急激に上昇し、例えば 2 回換気では平均相対湿度 55% の導入空気が 4 時間後平均 85% 迄上昇した。この相対湿度は負荷動物の遇令によつても大巾に変る。 $O_2$  濃度は 3 回換気前後より低下し、当然のことながら  $CO_2$  濃度が急激に高まる。例えば 2 回換気で 4 時間後  $O_2$  20%,  $CO_2$  4% のものが 8 回換気では  $O_2$  20.8%,  $CO_2$  1% 以下になり換気回数の増加とともに環境は急速に改善される。

動物飼育の微少環境条件に関しては現在のところ一定した見解は提出されていないが仮りに文部省環境調節実験委員会小動物班のまとめた飼育施設の基準案を参考としてこれを満足するためには 3~5 回換気以上の吸引流量が必要であると思われる。

以上工学的特性と生物学的環境特性とは相離反の関係をもっているものと思われる。したがって基本とする最適吸入条件は大体両者の接点の近傍を考えるよりほかはないものと思われるが、この二つの特性のどちらを特に重要視すればよいかという問題については吸入実験の規模、動物の種類、数、対象吸入物等によつて変り得るものと思われる。これらを考慮してわれわれは一応 6 回換気前後を基準の吸入条件として適用し、44 年度に報告して現在継続使用している多用途粒子状物質吸入装置はこの条件で作動している。

## (37) 多用途粒子状物質吸入装置の試作 (VI)

一回転ドラム式ダストフィーダーの試作—

野崎 亘 右・本間 克 典・河合 清 之

われわれは過去数年に亘り各種エアロゾルの長期吸入を前提とした吸入装置を開発中であるが、ここに報告する回転ドラムフィーダーは予め破碎あるいは磨砕調整した無機、有機粉体を比較的容易な方法でエアロゾル化し、これを被吸入動物に供給する装置である。

吸入実験のためのエアロゾルの発生装置として備える条件は (1) エアロゾルの発生濃度が吸入時間を通じて安定していること。(2) エアロゾルの単離分散が良好であること。(3) 長期の稼動に対して機械的、電気的に支障なく作動すること。そして (4) 装置の取扱いが容易で特に訓練された専従員によらなくともエアロゾルの発生を可能とし、また機械の保守点検も容易であること、等である。この (4) 項は吸入実験を円滑に行うために考慮しなければならない事柄で、試作に当つてとくに留意した。

装置は回転ドラム本体及び回転駆動部とで構成されている。ドラムは発じん室 (3.6ℓ) と分級室 (5.2ℓ) に分かれ、毎秒 1 回転 (変こころも可) するドラム内に 5~30ℓ/min の乾燥空気を送入する。発じんした粒子は連絡孔を経て分級室に送られここで整粒されながら外部に送気される。

本装置の送入空気量と粉体充填量に対するエアロゾルの発生量とその経時変化、粒度分布、粒子の形状等について調べた。試験粒子として石英、カーボンブラック (三池井-20 号) JIS-8 種粉体、(関東ローム) 炭酸カルシウム (沈降性炭酸カルシウムの代用として薬局市販特級品を使用) 等を用いた。

送入空気量に対するエアロゾルの発生は炭酸カルシウムを除き他の粉体に対しては充填量が 50~200g の範囲内であれば概ね送入空気量のみ依存する。また発生量の経時変化は炭酸カルシウムを除いて他の粉体では 10~25ℓ/min の送気量で 2.5 時間に亘り比較的安定に発生した。その平均偏差はカーボンブラックに於ては 5~10% 以内、石英では 12.5~19% 以内に入った。炭酸カルシウムは発生量が安定せず時間とともに減少し、2 時間後には 1/2 に低下した。粒度分布はカスケードインパクターで測定した。石英に於ては AMD (aero dynamic mean diameter) で 0.7~2 $\mu$ 、2~6 $\mu$  の間にそれぞれ 40%, 36%, を占めカーボンブラックは同じく 55%, 17.5%, JIS-8 種粉体に於ては 60%, 25% であつた。

粒子の形状は電子顕微鏡で観察したが個々の粒子は比較的よく単離分散し、鎖状に接合した粒子は観察されなかつた。

本フィーダーはエアロゾルの発生機構からみて粒子の粒度が粉体の物性に依存することは勿論であるがとくに粉体作製及び調整時の条件に強く支配されるものと思われる。発じん時、粒



子相互の摩擦電気等による帯電の影響は余り受けられないと思われる。吸入条件を負荷し、連続8時間の予備実験を終了し、本実験に有効に使用し得るものと思われる。

### (38) 高濃度有機溶剤吸入実験装置の試作

野崎 亘 右・吉川 博

Ld-50 検査法によつて各種有機溶剤の急性毒性を判定するためのガス吸入実験装置を試作した。1回の曝露実験に20~25匹のマウスをchargeし、ガスの種類と濃度を变化させながら容易な操作で実験が行なえるように設計した。1実験に要する時間を3時間前後に設定して計画した。

全体の系は(1)ガスの発生、(2)ガスの混合及び圧力調節箱、(3)吸入箱、(4)排出ガスのトラップ、(5)流量調節と吸引装置、等で構成されている。(1)、(2)はドラフトの内部に設置した。(3)はドラフトの高さレベルに合わせ、吸込気流ゾーンのなかで実験が行なえるようにした。

吸入箱は円錐状底部と円筒状中間部とからなり、動物の死体を素速く容易に取出せるよう中間部が底部から外れて浮上がるようになっている。これは定滑車と3ヶの動滑車を組合せ、全重量の $\frac{1}{3}$ の力で操作出来る。内容積は79ℓ、換気率1回当りに必要なガスの流量は1.3ℓ/minである。内部の気流分布は強制攪伴によつて均一を得ている。濃度の分布は700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度の蚊取線香の煙をP型デジタル粉じん計によつて測定した。2、5、10、回換気の条件下で内部4点の平均偏差はそれぞれ5.5、3.8、8.5%であつた。

最適換気率の条件はICR-JCL 20匹を負荷したときの温度並びに相対湿度の上昇とNH<sub>3</sub>濃度を主体として調べた。室内空気の温度25°C、相対湿度65%の条件下で全密閉30分後にそれぞれ28°C、95%になつたのに対し、2、4、10回換気では1時間後にそれぞれ30°C、93%、28°C 75%、28°C 68%、であつた。供給ガスの消費量等を考慮すると3~4回の換気率が適当ではないかと思われる。

ガスの発生混合箱は18ℓの容積をもち、ファン及び6ヶの環境測定孔を備えている。ガスの発生が加圧供給であり、吸入箱の換気が減圧排気方式であるため、両者の圧力バランスを常に保つための圧力緩衝処置として20ℓのポリ袋とやや抵抗の高いエアフィルターをこの混合箱に取付けた。これは有効に作動する。

ガスの発生は当初ネブライザーと高圧空気源によつて行なつたが自動化と操作性に難点があるため電磁スプレー(ナショナル EM-50)とタイマーの組合せによる電気式に変更した。通電の間隔のみを可変し、他のパラメーターを一定にしてトルエンの発生濃度を調べた。[ノズルⅢ号(0.4mm $\phi$ )、換気率4、(5.3ℓ/min)、試薬の蒸気圧約35mmHg、スプレーの加圧量は一定とみなす。]400ppmより6000ppm前後の濃度を目標とした場合、休止時間をT、

通電時間をtとしたとき発生濃度に最大25%の誤差を許せば概ね $C=Ae^{\frac{t}{T}}$ の関係で濃度を予測することができる。(C:濃度(%), A:常数, Ⅲ号ノズルのとき2.4, t/Tは0.03~1の範囲, 測定は北川式とガステック式検知管) 予測濃度に達した後は手動に切換えて微調節する。その後ICR-JCLによる予備実験を行なつた。しかし致死濃度は20000ppm以上50000ppm前後の領域にあることが判り、このような高濃度に於ては実験試薬の経済性も無視できなくなり50~70%の循環式吸入が必要であると思われこの点について検討中である。

### (39) 呼吸 Simulator の試作

野崎 亘 右

環気中有害物質に対する呼吸器を中心とした研究たとえば呼吸力学的な粒子の相互作用の研究、各種肺機能実験と関連測定機器の特性検査、呼吸保護具のleak test等に於ては呼吸ダミーによる充分な予備実験が行なわれたのちman testに入る必要がある。とくに呼吸保護具の研究はman testが不可能であるのでこのような研究分野での呼吸ダミーの役割は大きい。これは人の呼吸機能に可能な限り近似していることが望ましく、ここに報告する呼吸 simulatorは生理的な呼吸心肺機能を持たないが物理的な呼吸要素を実際の呼吸に近づけることを目標にして研究した。

装置は電氣的な関数発生器を直結するか或いは人による実際の呼吸パターンを一度記録し、これを再生すると云う方法を取り入れている。したがつて多種の呼吸パターンを永久に保存し、且必要に応じていつでも呼吸気流の発生を可能としている。カセットテープであるので呼吸パターンの変換は容易である。

作動の順序は(1)実際の呼吸をデーターレコーダーに記録する。(2)テープを再生し十分に電力増巾する。(3)サーボ弁を制御して油圧によつてピストンを作動させ、(4)シリンダー内部の加減圧に応じて気体を送排気される。

データーレコーダーは小型カセット式(TEAC, R-70)で周波数特性は0.1~625ヘルツ迄である。目的とする呼吸は0.1~1ヘルツ(6RPM~60RPM)前後であるので仮りにハーモニクスを呼吸基本波の10倍程度見積つても充分であると思われる。ダイナミックレンジ(SN比)は30db前後であり、電氣的呼吸波高値(peak to peak)0.5Vの信号に対して2000ccの体積のシリンダーを1ストローク移動するようにした。シリンダーはダブルシステムで実験とその対照が同時に作動可能である。

本装置の総合的な特性は低周波発振器の原波形とシリンダーの変位ピックアップが示す再生波形との比較によつて調べた。その結果矩形波では0.5ヘルツ以下、三角波と正弦波は共に1ヘルツ迄良好に応答した。



実際の呼吸についてはメトロノームに合わせた標準的呼吸について行なつた。入力信号と変位出力信号は一致したが、変位出力と気流速度との関係については現在定量的な実験が進行中である。

#### (40) 環境測定に関する実態調査

興 重 治

特定化学物質等障害予防規則が実施され、特定の物質を取扱う事業所においては測定による環境管理が義務づけられた。

効果的な環境管理を行うため測定法の検討はきわめて重要である。ここで問題となるのは測定技術そのもののほか測定を実際に行う事業所の側の実態である。従来測定法の研究は主として技術的な面からの研究開発が行われ、環境評価に利用できると考えられる技術や方法が数多く知られている。しかしこれを利用する事業所側の実態は殆んど知られていない。

現実的な測定技術を確立するための一つの段階として現時点において事業所がどのような考え方で環境を理解しこれを管理しているかの実態を把握するための調査を行つた。

調査の対象は事業所の規模別、業種別とし全国から 897 事業所を抽出した。

調査内容は環境測定を必要とする作業場の種類と数、これ等に対する測定実施の状況、使用されている測定技術の内容、測定を行う者の専門分野や環境測定技術習得方法、機器に対する要望や改良を望む事項および事業所の有害労働環境の測定に対する意識などが含まれている。対象とした環境条件の種類はガス、粉じん、騒音および振動である。

集計は全て機械集計を行うため全資料を電算機にインプットし現在解析を行いつつある。

#### (41) 多段型分粒装置の分粒特性

興 重 治

環境中にある粒子状物質の測定を行う場合物質の特性と人体への影響の関連から、ある一定の大きさより大きい粒子を除いて濃度を測定することが要請される。例えばじん肺を対象とするときは大凡  $5\mu$  以上の粒子を除いた濃度を測定する必要があるし、中毒を対象としたときは呼吸により吸入される全粒子範囲の濃度を測定する必要がある、又大気中の粒子については  $10\mu$  以上を除いた濃度を測定することになつている。粒子を粒径のある大きさによつて分離する装置として種々のものが考えられているが、何れの場合にも指定された粒径で不連続的に分離することは不可能で装置の原理により分離特性をもつことはさげられない。即ち、今粒度分

布を  $f(D)$  とし、 $A$  を常数とすると測定されるべき量

$$A \int_0^{D_0} f(D) \cdot D^3 d(D) \dots \dots \dots (1)$$

に対し、分粒装置により分離されて測定される量は、 $P(D)$  を分粒装置の透過率特性とすると

$$A \int_0^{D_0} f(D) \cdot D^3 P(D) d(D) \dots \dots \dots (2)$$

である。 $D_0$  は分離すべき粒径である。

実際に問題となるのは (1), (2) の相異がどれ程であるかということである。

多段型分粒装置では一般に

$$P(D) = 1 - \frac{1}{D_0^2} D^2 \dots \dots \dots (3)$$

である。 $f(D)$  が対数正規型であるとすれば (2) は

$$\int_0^{\xi_1} \text{erf}(\xi) d\xi - \xi_3 \cdot \int_0^{\xi_2} \text{erf}(\xi) d\xi \dots \dots \dots (4)$$

となる。ここに

$$\xi_1 = \frac{\log\left(\frac{Dg}{D_0}\right) + 6.9075 \log^2 \sigma_g}{\log \sigma_g}$$

$$\xi_2 = \frac{\log\left(\frac{Dg}{D_0}\right) + 11.5129 \log^2 \sigma_g}{\log \sigma_g}$$

$$\xi_3 = \exp\left\{4.605 \log\left(\frac{Dg}{D_0}\right) + 42.4152 \log^2 \sigma_g\right\}$$

であり、 $Dg$  は幾何平均粒径、 $\log \sigma_g$  は幾何標準偏差である。

(4) 式の第一項は (1) 式に  $f(D)$  を入れて計算したものに等しいから (4) 式を  $I - II$  と書き  $E = I - II$  とすると  $E$  は (2) 式と (1) 式の比、即ち、測定される量の測定すべき量に対する比をあらわすことになる。

$\log \frac{Dg}{D_0}$  の  $0.001 \sim 1$ 、 $\log \sigma_g$   $0 \sim 0.7$  の範囲で  $E$  を計算した結果から粒度分布が対数正規型であるなら多段型分粒装置は粒子を粒径の一定値で分粒して測定するのに充分利用できるものであることがわかつた。

なお (1) (2) は 5 次までの積率の存在する  $f(D)$  に対しては容易に計算することができる。計算結果の一般性については現在実験を行つている。



(42) スピニングディスク式エアロゾル発生装置の特性について

本間 克典・堀田 博文 (東理大)

標準エアロゾルの発生法の中で、高周波加熱式ヒューム発生装置や Sinclair-La Mer 式エアロゾル発生装置等による蒸気凝縮式では  $2\mu$  以上の粒径をもつエアロゾルを生成することが困難である。ところが、円板を高速で回転させておき、その円板の中心に液体を注ぐと、円板縁より均一な液滴が噴霧されることを Walton 等が見出し、数ミクロン以上のエアロゾルが安定に発生され、しかも粒径と発生条件との間に次の関係があると報告している。

$$d_m = K \left\{ \frac{\gamma}{\rho w^2 D} \right\} \quad \text{--- (1)}$$

但し、 $d_m$  は生成されるミストの粒径、 $\gamma$  は液体の界面張力、 $\rho$  は液体の密度、 $w$  は円板の角速度、 $D$  は円板の直径、 $K$  は比例定数、そこで、この関係を実験的に確かめるとともに、他の発生装置で得にくい  $2\mu$  以上の単分散エアロゾルを容易に発生させる事ができるかを、Environmental Resurch Corporation 製のスピニングディスク式エアロゾル発生装置について実験を行った。

実験では、ウランとメチレンブルーの混合染料の水エタノール系溶液を用い、生成された染料の固体粒子をメンブランフィルターに捕集し、光学顕微鏡によつて粒径を測定し、次式より  $K$  の値を求め、発生装置の安定性を検討した。

$$d_p = K \left\{ \frac{\gamma}{\rho w^2 D} \right\} C^{1/4} \quad \text{--- (2)}$$

但し、 $d_p$  は固体粒子の粒径、 $C$  は溶液濃度。その結果は次のごとくである。

染料溶液濃度と K 値との関係			
濃度	Dg	log $\sigma_g$	K
0.02	1.62	0.061	5.1
0.05	1.91	0.060	4.5
0.10	2.48	0.065	4.6
0.20	2.95	0.061	4.4
0.50	4.01	0.053	4.4
1.0	4.64	0.057	4.0

この方法に於いて、比較的小きな粒子を発生させるのに溶液濃度を低くした場合、生成されたミストが十分に乾燥しにくい為、相対的に  $K$  値が大きくなり求められる傾向がある。また、染料の場合、溶液濃度を 1% 以上に作り得ない事から、 $5\mu$  以上の大きな粒子を発生することも困難である。しかし、 $2\sim 5\mu$  の範囲の粒子は  $\log \sigma_g$  0.1 以下の極めて分散の小さい状態で、長時間にわたり安定に発生し続け得る特性は他の発生方法に認められない長所であり、そ

の利用価値は高いと考えられる。

なお、上記実験より (1) 式の妥当性が証明し得たので、 $K$  値を 4.5 と規定した場合の一次粒子 ( $d_m$ ) が  $18\mu$  となるわけであるから、溶質濃度を高くし得る系 (例えば DOP とエタノール、ポリスチロール樹脂とトルエン等の組合せた溶液) を用いてやれば  $10\mu$  前後の単分散エアロゾルを発生し得る事が明らかとなった。

(43) X 線回折法による労働環境中の石綿の定量法について

林 久人

X 線回折法による鉱物性粉じんの定量は、実験条件が一定であれば、ある鉱物の X 線回折線の強度は、その鉱物の量に関係することを利用し、試料中の鉱物組成を定量する。この場合に内部標準法が広く用いられていて、一定量の試料に一定量の内部標準物質を添加し、定量しようとする鉱物と内部標準物質の X 線回折線の強度比から、その鉱物を定量している。

一方、大気中や労働環境中の浮遊粉じんの組成分析を行うための試料として、(イ) 浮遊粉じんとなる母材、(ロ) 堆積粉じん、(ハ) 各種 air sampler により浮遊粉じんを捕集した口紙などが用いられている。前二者の場合は一定量の試料を秤量することは容易であり、それから内部標準法などにより鉱物組成の定量ができるが、第 3 の方法では一定量の試料を捕集することは不可能である。しかし今日、この捕集方法が広く用いられているので、この方法を使用した鉱物組成の定量法を考案した。

Air sampler によりガラス繊維口紙上に浮遊粉じんを捕集し、その鉱物組成を定量しようとする場合に

1. 捕集量に応じた内部標準物質を添加する方法
2. 異なつた試料重量の検量線を多数作製する
3. 口紙表面に捕集した試料量と組成鉱物の X 線回折線の強度との関係から定量する。

などの方法がある。

第 1 の方法は口紙上に捕集された試料量が多くなるに従い、それに比例して添加する内部標準物質の量が多くなり、目的とする鉱物の X 線回折線の強度が弱化するので実用にはならない。

第 2 の方法では、試料重量ごとの検量線は直線であり、また試料重量  $5\sim 10\text{mg}$  以上の場合の検量線は大体平行であるが、それ以下の試料重量の検量線の勾配がそれぞれ異なつている。それ故、捕集量が少ない場合には多数の検量線を用意しなければならない。

第 3 の方法では、対象となる鉱物により異なるが、捕集量が  $10\sim 15\text{mg}$  以上になると、X 線回折強度が大約一定になるので使用できないが、大気中や労働環境中のような微量に存在する



鉱物を定量する場合には充分実用に供することができる。この場合、検量線の作製のためにガラス繊維ろ紙上に均一に試料を添加する方法に工夫を加えたり、X線回折装置に回転試料台を付属させることにより、試料の局所的な偏在の防止、試料のもつ配向性、結晶粒径に関連する回折線の強度の低下を防止でき、検出精度を向上させることができる。この方法により、石綿取扱い事業場から採取してきた 125 試料中の石綿を定量した。

#### (44) 数種の沖縄産石材中の石英の定量

林 久 人

労働省労働基準局を通じて、琉球政府労働局長よりの依頼により、沖縄産の 6 種類の石材中の遊離珪酸の定量を行なった。不均質な岩石試料の化学組成、鉱物組成の定量分析を行なう場合には、試料採集時および試料作製時に十分な注意をはらわなければ、室内実験により正確な分析値を得ても、その値が岩石全体を代表しないので、試料採集前に幾つかの注意事項を琉球政府に提出した。この要望にそつて採集し、作製された試料が送付されてきた。

送付されてきた岩石標本から岩石顕微鏡用の薄片を作り、岩石顕微鏡による観察を行ない、また粉末試料を X 線回折法により岩石の構成鉱物を同定した結果、石英以外の結晶性遊離珪酸が存在しないことを確認した。

6 種の岩石中 5 種が主として方解石、石英から構成されていたので、X 線回折法による石英の定量には内部標準法を用いた。使用した装置は理学電機製 X 線回折装置 D-2 F に回転試料台を付属させ、試料のもつ配向性、結晶粒径に関連する回折強度の低下、混合試料の局所的な組成の不均一などを防止した。実験条件：対陰極、Co；フィルター、Fe；管電圧、35KV；管電流、5 mA である。

石英の検量線の作製には方解石を希釈剤とし、石英と方解石の種々の割合の混合物を作製し、各混合物の 500mg を正確に秤量し、これに一定量 (100mg) の螢石を内部標準物質として加え、均一になるまでよく混合した試料の石英の X 線回折線 ( $d=3.34\text{\AA}$ )、螢石の X 線回折線 ( $d=3.16\text{\AA}$ ) の強度比を測定し、この強度比と石英の重量比とから検量線を作製した。

次に各原石の粉末試料をよく混合し、均一にしてから、500mg を秤量し、これらに内部標準物質である螢石を 500mg を加え、よく混合し、石英と螢石の X 線回折線の強度を測定し、両者の強度比を求め、これから上述の検量線により石英の含有量を求めた、次にその結果を示す。

試料	産地	石英含有量	試料	産地	石英含有量
北部碎石	名護市屋部	1.5 (%)	伊集碎石	知念村	1.3 (%)
知花碎石	美里村	8.0	武村石材	玉城村	1.7
沖縄石材	勝連村	0.9	琉球セメント	本部町	85.5

#### (45) 作業場に於ける環気中のクロム濃度の測定

原 登 杉 林 光 正

全国に亘り、クロム及びその化合物を取扱っている工場に於いて、クロム類を扱う作業場の環気中に含まれているクロム濃度を測定した。測定を行つた工場数は 242 であり、各工場の一点を選んで調査したが、測定した工場の殆んど大半はメッキ工場であつた。

環気中の粉塵の採取に当つては、High Volume Sampler を用いて空気を吸引し、粉塵を濾紙上に捕集した。濾紙は径 10cm のグラスファイバーフィルター GB-100 を使用した。粉塵中に含まれているクロムは主として Cr,  $\text{PbCrO}_4$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  であつたが、この中  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  以外のものを含む粉塵は HCl を用いて濾紙より溶出し原子吸光器を使用して直接法でクロム定量を行い、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  を含む粉塵は  $\text{Na}_2\text{O}_2$  を加えて白金ルツボ中で濾紙と共に熔融して  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  となしてからジフェニルカルバジド試薬を用いてクロムを比色定量した。

測定の結果、次のような事が判つた。

- 1). 大半のメッキ工場ではメッキ浴槽付近に於ては環気中のクロム濃度は低いものであり、クロム恕限度 ( $\text{CrO}_3$  として 100ppm) を超えている工場は 18 例 (約 8%) に過ぎなかつた。
- | $\text{CrO}_3$ として | 濃度範囲           | 例数    |
|--------------------|----------------|-------|
| 10 ppm 以下          | 10 ~ 50 ppm    | 147 例 |
| 10 ~ 50 ppm        | 50 ~ 100 "     | 42    |
| 50 ~ 100 "         | 100 ~ 1000 "   | 10    |
| 100 ~ 1000 "       | 1000 ~ 10000 " | 14    |
| 1000 ~ 10000 "     | 10000 ~ ppm 以下 | 2     |
- メッキ浴槽より環気中に飛散するクロムの量は一般に少ないと思われる。

- 2). クロム類を粉末状態で取扱う作業場——薬品の配合・運搬・袋詰・開袋・缶入、鉱石の粉碎・製錬等——に於ては環気中のクロム濃度は一般に高く、恕限度を往々超えていた。この点はメッキ工場でも例外ではない。然しクロムを水溶液状態で取扱う作業場——鞣作業・クロム酸浸漬・媒染等——の作業場に於ては一般に環気中のクロム濃度は非常に低かつた。

以上を総合すると、クロムは水溶液状態で取扱っている所では環気中のクロム濃度は低い、粉末状で取扱っている所では環気中にクロムが飛散して高い濃度を示し易いという事が出来るであろう。



(46) 蛍光 X 線による労働環境中の金属の定量

林 久人・原 登

ガラス繊維口紙上に捕集した粒子状物質をそのまま、X線分析することにより鉍物組成と化学組成を容易に迅速に定性、定量できることは既に報告したが、今回多数の現場の試料について元素分析する機会を得たので報告する。

Cares (1968), Hayashi (1970), 光本ら (1970) などにより、ガラス繊維口紙には労働衛生学上有害とされている多くの金属が含まれていること、同種の口紙でもロットにより有害金属の含有量が異なっていることが示されている。それ故、測定には該当する有害金属の含有量の少ない口紙を選定しなければならないことはいうまでもない。今回使用したガラス繊維口紙は、東洋 GB 100 で、多少の Zr, Sr, Rb, Ge, As, Pb, Zn, Ga, Cu, Ni, Fe, Mn, Cr, Ti を含んでいる。

入手した 382 試料から無差別に、Cd を主とする試料 10, As を主とするもの 4, Mn を主とするもの 5, Cr を主とするもの 24, Pb および Zn を主とするもの、それぞれ、1 を選び、蛍光 X 線分析により元素分析を行なった結果、上述の有害金属以外に、多数、多量の金属元素を同定した。測定は他の分析法と違って溶液に抽出する必要がないので、試料約 20 分で有害金属の定性分析が可能である。

Cr を主とする 237 試料について蛍光 X 線分析により Cr を定量した。この方法は原子吸光法や比色分析法と異なり、前処理として試料中の金属を溶液中へ抽出する必要がないので約 2 分間で 1 試料中の Cr の定量が可能である。一般に各種の air sampler により捕集された浮遊粉じん中の重金属は酸で抽出した後に比色法、原子吸光法などにより分析されるが、これらの方法は前処理が煩雑な上、酸抽出しにくい金属化合物もあり、抽出液中に多くの妨害元素が混入するなど、多数の試料を迅速に分析するためには多くの問題がある。またガラス繊維口紙中には微量ながら Cr が存在するので、それ以上の Cr を air sampler で捕集しなければならない。蛍光 X 線分析による Cr の検出限界は数 ppm といわれ、比色分析、原子吸光法などより劣っているが、上述のような濃縮操作が捕集の段階で加えられているので充分蛍光 X 線分析の適用範囲に入り、他の方法ではできない測定後も試料を破壊せずに保存することができ、分析後、問題が起つた時にクロスチェックが可能である。

これから上述の検量線により石炭の含有量を求めた。次にそれを...

試料	試料	試料	試料
北部砂岩	名残砂岩	1.5%	伊東砂岩
電花砂岩	安房砂岩	0.0	武村砂岩
神羅砂岩	那波砂岩	0.9	...

(47) 鉍金工場内環気中のシアン濃度調査

原 人登・本間 克典・杉本 光正

金属メッキ工場に於ける作業場の環気中に存在するシアンの量を測定して、メッキの種類によりシアンの濃度と種類に差違のある事が判つた。今回調査した工場は、金銀メッキ、銅メッキ、亜鉛メッキの三種である。

環気中のシアンの捕集には 2 つの方法を同時に併用した。1 つは High Volume Sampler を用いて大量の空気を吸収してミスト及びダスト状に浮遊しているシアンを濾紙上に採集する事。他の 1 つは Low Volume Sampler を用いて比較的少量の空気を先ず濾紙を通過させてミスト及びダスト状のシアンを採取し、次にこの通過した空気をアルカリ液を採集液としたインピンジャーの中に導いて HCN として存在するシアンを採る方法である。即ち後者はシアン塩類と HCN とを別個に採取する方法である。濾紙は何れの場合もグラスファイバーフィルタ - GB-100 を使用した。

メッキ操作の条件により、試料採集操作中にシアン塩が HCN に変化するため、High Volume Sampler 濾紙より得られたシアン濃度は概ね Low Volume Sampler 濾紙より得られたシアン濃度より小さかつた。

分析結果よりみて次の事がいえた。

金銀メッキ工場では他種のメッキ工場に比べて取扱う物品は小型であり、作業も激しいものではないが、メッキ浴槽付近は勿論、メッキ浴槽のある棟内の広い範囲に亘り数 ppm の HCN が検出された。(検知管でも容易に検出できた)。

銅メッキ工場ではメッキ浴槽付近の環気中に 0.2~0.4ppm の HCN が検出されたが、金銀メッキ工場に比べると HCN 濃度は略一桁低いものであつた。

亜鉛メッキ工場では環気中の HCN 濃度は銅メッキ工場に比べて更に一桁低いものであつたが、環気中のシアンの絶対量はそれほど低いものではなかつた。これは亜鉛メッキ浴槽中のメッキ浴のアルカリ性が高く、浴槽より飛散したシアン類が濾紙上でシアン塩類のまま残り、HCN に変化する量が少ない事によるものである。(金銀メッキ工場及び銅メッキ工場の環気中には HCN 以外の形で存在するシアンの量は極めて少ないものであつた)。

今回調査した工場の数は極めて少ないので、この結果のみよりメッキ工場全般の環境中シアン濃度を類推する事は出来ないと考える。



## (48) 宮崎県松尾鉍山跡およびその周辺の土壌中の金属について

坂部 弘之・林本 久人

松尾鉍山は宮崎県児湯郡木城村中之又にあり、四万十層群に属する砂岩、粘板岩およびこれら貫く黒雲母花崗岩を母岩とし、硫砒鉄鉍、磁硫鉄鉍、黄鉄鉍、閃亜鉛鉍、白鉄鉍、黄銅鉍、磁鉄鉍などが脈状をなして産し、大正4年頃より開発され、主として硫砒鉄鉍を自山で焙焼し、亜砒酸を生産していた。

我々は宮崎労働基準局の協力により、福岡鉍山保安監督局と日本鉍業による同鉍山焙焼炉の解体作業中に、粗製炉跡より34試料、精製炉跡より8試料、粗製炉付近より採集した土壌33試料、鉍さい3試料、選鉍場沈澱池堆積物3試料、合計81試料を採集することができた。これらの試料について蛍光X線分析により金属元素を分析した。

焙焼炉跡より採集した白色試料は多量のAsと少量のFeからなるが、他の大部分の茶色～黒褐色を呈する試料からは多量のFe, As, Se, Bi, Sb, Sn, Pb, Te, Zn, Cu, Au, Ag, Ni, Ba, Sr, Zr, Rbが検出された。焙焼炉周辺の土壌からは多量のFe, As, 中程度のZr, 少量のBi, Sb, Sn, Pb, Zn, Cu, Ni, Rb, Srが検出された。沈澱池堆積物からは多量のFe, As, 中程度のSn, Zn, 少量のBi, Sb, Cu, Au, Ag, Ba, Srが検出され、鉍さいからは多量のFe, As, Sn, Zn, Cu, 少量のBi, Sb, Pb, Zr, Au, Ag, Ba, Srが検出された。またCdは焙焼炉跡、池澱池および鉍さいから採集した試料のいくつかの試料中に微量ながら存在する。

## (49) 重油ボイラー及び自動車から排出される煤の化学的性質

松村 芳美

重油ボイラー排煙及び自動車の排気ガスは大気汚染の重要な要因である。この排気中の煤の化学的性質即ち酸性、水溶性成分、炭素構造の結晶化の程度、フリーラジカル含有について測定した。

重油ボイラーは低圧セクショナル型のものでB重油を燃焼しており、これからの煤の採取は、煙突の中央部に導管を挿入し、ここから吸引ポンプで排煙を吸引して煤を濾布上に捕集したもの(ボイラー煤Ⅰ)、煙突下沈積煤(ボイラー煤Ⅱ)及び伝熱面に凝集したもの(ボイラー煤Ⅲ)の三種であり、自動車は4気筒ガソリンエンジンをアイドリング状態にして、その排気筒にフィルターバッグを付けてこれに煤を採取した(自動車煤)。煤の性質の対照にアセチレンブラック(市販)を用いた。

煤の外観は、重油煤Ⅰは繊維状構造を含むもろい粒子であり、重油煤Ⅱは灰分を含む生毛状粒子、重油煤Ⅲは不定形球状粒子で比較的粒度が大きく、硬高がある。自動車煤は油分を含む微細粒子である。

化学的性質の測定結果は次の様である。重油煤Ⅰ、Ⅲは酸性が強く、夫々3.02meq/g, 1.13meq/gの酸性を含んでいるが、これらの酸性は総て水溶性成分である。重油煤Ⅱ及び自動車煤、アセチレンブラックはほぼ中性であった。夫々の煤を水洗滌すると、ボイラー煤は56.6wt% (Ⅰ), 44.4wt% (Ⅱ), 12.7wt% (Ⅲ)の重量減少を、自動車煤は0.9wt%, アセチレンブラックは6.3wt%の重量減少を示した。これらの水溶性成分は、抽出液を褐色に着色し、蛍光を有し、硫酸イオンと微量の硝酸イオンを含んでいる。

これらの煤の炭素構造の結晶化についてX線回折で調べると、アセチレンブラックに比して回折ピークの幅が広く、これは炭素中に含まれる結晶子の発達が低いことを示している。また、すべての煤にフリーラジカルが含まれていることがESRスペクトルの測定で明らかであった。重油煤Ⅰに含まれるフリーラジカルは不安定で、これを水洗滌した後、及び室温で空气中に6ヶ月放置した後にはフリーラジカルが消滅していることが明らかになった。この様な煤の性質の測定から、煤の大気汚染成分としての毒性が、酸性成分、有機水溶性成分、煤の上への無機ガスの吸着や炭素としての構造の上で、環境及び時間的経過によつて変り得るものであることが推測された。

## (50) 地下駐車場の環境評価方法について

興 重治・河合 清之・野崎 亘右・杉本 光正

地下駐車場の環境は、その特殊性のために、一般作業場と同様の方法で評価することは困難である。地下駐車場の環境を形成する因子を明らかにすること及び環境改善までも考慮に入れた環境の評価方法を検討するため、約6ヶ月に亘り駐車場内外における浮遊粒子状物質の濃度を1時間平均値として連続測定し、この間駐車場内の平面的な濃度分布を粒子状物質及び一酸化炭素について数回測定すると共にアイドリングにより一時的に放出される高濃度の一酸化炭素の通気による減衰速度を測定した。

以上の測定を解析した結果

1. 地下駐車場の環境中における汚染物質の濃度は外気中における汚染物の濃度に強い相関をもつて変化し、これに車の出入頻度、換気量などが関係して定まるものと考えられる。
2. 外気温との温度差は駐車場の環境に重要な役割を果すことが考えられる。即ち駐車場の温度が外気温より低い夏期においては駐車場の空気は安定となり人工換気以外の自然通



風効果がなくなるため内部で発生した汚染物は滞留し易くなり環境濃度は高くなる。冬期は内部の気温が高いため気層は不安定となり自然環気が行われ易くなる。

3. 平面的な濃度分布は一般の作業における場合よりはるかに不安定である。これはアイドリング時等には汚染物は著しく限られた空間に対し比較的短時間に高い濃度で放出され、且つ放出の場所が一定でないことに起因する。したがって地下駐車場において所謂平均的な環境の概念を平面的な平均濃度というような数値として把握するには十分な注意が払われなければならない。

4. 人工換気的能力をも含めて環境を評価するにはアイドリング後の一酸化炭素濃度の時間に対する減少速度がよい指標となり得ることがわかった。即ちアイドリング後10~20分までの一酸化炭素濃度を1分間毎に測定すると濃度は時間と共に指数的に減少するが、このときの減衰の速さはその場所における経時的な平均濃度に逆比例する。したがってこのような方法は有効換気能力までを含めた環境評価の方法として有効に利用できるものと考えられる。

#### (51) 地下酸欠空気発生に関する研究

林 久人・野崎 亘 右

地下酸欠空気の発生については、すでに10年位前から注目され、その発生機構の一部は解明されている。しかし最近の傾向は発生個所が広域化し、その被害は都市土木工事に従事する労働者のみならず、一般市民にもおよび、昭和46年夏、最高裁の工事現場での酸欠事故がきっかけとなり、酸欠空気の地下からの噴出という新たな公害として大きな社会問題となつた。環境庁の委託により、地質、衛生、気象などの専門家により「地下酸欠空気研究会」が結成され、その一員として地下酸素欠乏空気発生の広域化現象の調査研究の機会を得たので中間報告をする。

昭和46年7月から11月にかけての地下酸欠空気の発生個所は東京都公害局および東京消防庁の発表によると、千代田、中央、新宿、品川、北、板橋を中心に131個所が確認されている。これらの場所は鉄道、上下水道などの圧気工法による工事現場の約1.5km範囲内に集中する傾向がみられる一方、新宿付近のように以前には圧気工法による工事が実施されていたが、現在は実施されていない地域にも発生している。

地下酸欠空気多発地域の地質、地下水状況をみると、地下酸欠空気はシールド工事の施工深度、地下水位 および東京砂礫層と呼ばれるかつての帯水層の位置とビル用水採取のための井戸のストレーナの位置の組合せにより発生する。著しく低濃度の酸欠空気の発生はシールド工事のための送気量に関係するだけでなく、最近の時点で地下水位の低下した還元状態にある地層でおこる。

シールド工事が中断される年末年始にかけ虎の門の実業会館地下の井戸で酸素濃度および酸欠空気の flow rate の連続測定を行つた結果、次のような事実がわかつた。

1) 酸欠空気の噴出は低気圧の通過時におこり、反対に高気圧下では通常の空気が地下に流入する。

2) その空気の flow rate は最大 150#l/min にも達した。

3) 酸素濃度は低気圧に伴う噴出の時に経時的に低下し、通常空気の流入と共に21%に急激に回復する。

上述の調査結果から、地下水の汲み上げに伴う地下水位の低下による滞水層中の空隙に圧気工法による送気、または一部大気圧の変動に伴い井戸の呼吸作用により流入した空気が、地下の還元状態の下で酸素が消費され、地層中の空気圧と大気圧との相関により酸欠空気が噴出するものと考えられる。この現象は、圧気工法の実施個所の増加と地下水位の低下がさらに大きく、広域化されるとともに、広域化し、激化するものと予想される。

#### (52) 軟物体上の振動計測(II)

— 水平振動について —

三輪 俊輔・米川 善晴

1) 目的 これまでに正弦振動、衝撃振動、ランダム振動について評価法を求めてきたが、これらの実験では振動は振動台(剛体)から直接人体に加えられた。しかし実際の振動が存在する環境では必ず軟物体(イスのクッション、畳、床等)を介して人体に加えられているので、求めてきた評価法は実際の振動環境に対し直接適用できない。そこで今回は垂直振動に引き続き、水平振動に対して軟物体がある場合、実際人体に印加されている振動を計測する目的で実験を行つた。

2) 方法 座位水平全身振動について直接法(加速度比法); 軟物体上の振動計測に直接利用出来る方法、間接法(閾値移動法、機械インピーダンス法)を使つて、軟物体の振動減衰効果を求めた。使用した軟物体は2種類で1つはウレタン(UF サンプル); 乗用車の座席の型にモールドしてあるもの(45×45×15cm<sup>3</sup>, 1kg) かなり柔らかい、他は東レペフ(EF サンプル)(30×30×3.5cm<sup>3</sup>, 100g) やや硬いものを使つた。測定周波数は2~100Hzで5人の被検者で検討を加えた。加速度比法では1種類の板(アルミ製 24×28×0.5cm<sup>3</sup>, 900g) と3種類の箱 box I (2枚のアルミ板をボルトで固定, 23×18×4.5cm<sup>3</sup>, 1.3kg), box II (構造は box I と同じ, 28×24×4.5cm<sup>3</sup>, 2.2kg), box III (上面はベーク板, 下面, 側面はアルミ板, 箱内をアルミのアンクルで補強したもの 30×30×3cm<sup>3</sup>, 1.3kg) をクッションの上に乗せ、減衰効果を求めた。



3) 結果 加速度比法において EF サンプルで 50Hz 以上では板と箱の相違が観られたが、それを除くとほぼ一致している。即ち水平振動では板も使用可能である。最も実用性のある加速度比法を現場に応用したいと考えるが、この方法と閾値移動法、機械インピーダンス法との対応を調べた結果 3 者とも可成りよく対応があつた。但し UF サンプルに対し加速度比法では 40Hz 以上でやや減衰が大きかつた。これは EF サンプルの 80Hz 以上でも観られた。以上の点を除けば 3 者は十分対応していた。

4) 結論 軟物体上の振動を計測する為、閾値移動法、機械インピーダンス法、加速度比法を考案した。この 3 方法の結果は水平振動では 2~100Hz の範囲でよく一致していた。3 方法とも実用的にはクッションの減衰効果の測定に有効であることを知つた。軟物体上の振動計測の field survey を行う目的で box III を標準のタイプと決めた。box III にはアルミブロックに取付けられた小型の加速度計が 2 ヶ (垂直、水平用) 箱の中央に set されている。

### (53) 公害用振動計のピックアップ

(51) 地下酸欠空気発生に関する調査報告書の土壌調査 (52)

三輪 俊輔 ・ 米川 善晴

1970 年に、騒音委員会の振動分科会で振動レベル計の規格案が作られた。その際振動ピックアップの寸法、重量、重心の位置 (ピックアップ受感部のとりつけられている位置) についての規格化は行われなかつた。何故なら、振動の現場での計測にあつての接地の条件が複雑で、これについての応用可能な基本的実験データがなかつたためである。この問題の基礎資料を作るために、11 種類の接地用サンプルを動電式振動台上に固定して振動させ、市販の 4 種のピックアップと試作した 3 種のピックアップ合計 7 種を、接地用サンプル上に置いてそのレスポンスを垂直、水平振動についてしらべた。印加振動加速度レベルは 90dB (0 dB =  $10^{-3}$ cm/sec<sup>2</sup>) 接地用サンプル自体の振動は極く小さい、振動加速度ピックアップ (4g) を両面接着テープ又は接着剤で付着させて測定を行つた。

接地用サンプルは 3 種に大別される。(a) かたいサンプル (アルミ板、コンクリートブロック、軽量ブロック、耐火レンガ、ビニタイル)、(b) 木材 (ベニヤ材、檜材、ラワン、木毛セメント材)、(c) 軟いサンプル (タタミ、土)、である。

この実験の結果、次の結論を得た。

(i) 試作した pickup (300g、外径 50mmφ、内径 35mmφ、高さ 30mm、足の長さ 4mm (3 本)) のもの、受感部は出来るだけ底に近いものがほとんどの場合によいレスポンスを示した。但しタタミの上ではどれも満足な結果は得られなかつた。

(ii) 公害振動の計測にあつては、振動レベル計の VL のレンジで測定を行う方がよい。VL とは振動感覚補正回路を有する場合である。何故ならば、接触共振が低周波に現われても

回避し得る、特に水平振動で接触共振が低下しやすいので注意が必要である。

(iii) 振動レベル計の加速度のレンジ (VAL) で振動を計る場合は、垂直で 80Hz、水平で 60Hz まで 1Hz より平坦とし、これ以上は -18dB/oct で切ることがのぞましい。但し、かりにこれが実現されても、土壌の上での振動計測を加速度レンジ (VAL) で行うには垂直だけとすること、しかも測定の前に土をよくふみかためることが必要であろう。更に土の上の水平振動と、たたみの上の垂直、水平振動は VAL のレンジでは計らない方がよい。

(iv) 振動ピックアップは 90dB 以下ならば、1~30Hz 以内で、振動台上におくだけで正しい校正が可能であることも知られた。この際振動台上に 10mm 以上の厚さのアルミ板を固定するか、ビニタイルをはると測定値のバラツキが可成りおさえられることもわかつた。

### (54) 水銀蒸気の抑制に関する実験 (前承)

浜田 晃

前年度に種々の手法を追試比較したが今年度は沃素活性炭による方法を特に研究することにした。検知管法によれば少量の沃素活性炭濾層が高濃度の水銀蒸気の通過を長時間許さないこと前報の通りであるが今回まじりジゾン法によつても更に同様のことを再確認した。そこでこの特性を局部捕集に生かすべく種々検討した上で濾過式捕集器および炭粉棚を試用した。

1. 気積 14m<sup>3</sup> の実験室を用意した。この中で捕集器又は棚を使用することにより気中の水銀蒸気濃度にどのような変化が起るかを調べた。
2. 20% 沃素活性炭をつめた小型吸引罐を扇風機に直結して濾過式捕集器とした。
3. 面積 1.3m<sup>2</sup> の箱を作り 20% 沃素活性炭を散布して炭粉棚とし、別に小型扇風機を併用して炭層面に送風した。
4. 実験室内気中濃度は 0.0mg/m<sup>3</sup> (検知管値。以下同) から出発して漸増し 1 時間目 0.25、2 時間目 0.4、5 時間目 0.5mg/m<sup>3</sup> に至る。これを背景値とした。
5. 捕集器の吸気口と蒸発源の距離が近いほど背景値は小さくなつた。特に蒸発源の直上で吸気した場合には最大の効果を生じ背景値を痕跡程度に止め得た。
6. 炭粉棚の場合背景値は層面に吹き当る風速に支配される傾向を示した。その風速 0 m/秒時における低下量は 30% で爾後風速の増加と共に低下量も増加、2 m/秒時に 0.01mg/m<sup>3</sup> を示した。



## (55) 活性炭の液相酸化の動力学

松村 芳美

活性炭のガス吸着特性を変化させる目的で活性炭を液相酸化すると、表面の酸化に伴って比表面積の減少を起す。このために、ガス吸着の特性は変化するが、吸着容量が全般的に低下する。活性炭を液相酸化する時、表面酸性の生成量に対して比表面積の減少の少ない酸化条件を設定することが必要である。この目的の為に、液相酸化に於ける活性炭の変化を表面酸性生成と比表面積減少の関係でとらえ、その動力学を求めた。

活性炭試料として椰子殻破砕炭、椰子殻造粒炭、比較試料としてグラファイトを用いた。酸化液組成は濃硝酸、(1:1)硝酸、アルカリ性過マンガン酸カリウム、酸性過マンガン酸カリウム、塩素酸カリウム+発煙硝酸、酸性重クロム酸カリウムを用いた。

椰子殻破砕炭についての酸化の結果、酸性重クロム酸カリウム液を除くすべての酸化液によって酸化されたものは、酸化液組成と酸化時間の相異にかかわらず、ほぼ表面酸性の出現と比表面積の減少が直線的に比例して起り、原料活性炭で表面酸性 0 meq/g、比表面積 2000m<sup>2</sup>/g のものを酸化すると表面酸性 0.5 meq/g 及び 1.0 meq/g の時、比表面積は夫々 1500m<sup>2</sup>/g 及び 1100m<sup>2</sup>/g であった。酸性重クロム酸カリウム液のみは、表面酸性の生成が少なく、比表面積の減少のみが強く進行した。

この様な表面酸性の生成量と比表面積の減少の関係は他の活性炭についてもほぼ成立するが、原料として用いる活性炭の比表面積が小さいものでは、酸化による表面積の減少が比較的少ない。

活性炭の液相酸化に於けるこの様な表面酸性の生成と比表面積の減少が酸化の機構とどの様な関係があるかを確かめる為に、グラファイトを活性炭と同様な条件で酸化し、比較した。その結果、酸性過マンガン酸カリウム及び塩素酸カリウム+発煙硝酸の二種類の酸化液を用いた場合にはグラファイト構造が完全に変形することがX線的に確認されたが、活性炭の表面酸性の生成は必ずしも酸化反応のこの様な特異性に依存してはいなかつた。活性炭の液相酸化に於ては、炭素構造の結晶性部分、非結晶性部分が共に関与していると考えられる。

## (56) フレキシブルダクトの圧力損失 (V)

—180° 曲りダクトの圧力損失—

橋爪 稔・岩崎 毅

昭和45年度(第四報, 90°曲りダクトの圧力損失)に引き続いて、今年度は、直径の異なる

数種のフレキシブルダクトに関して、曲り状態におかれた圧力損失を、曲り角度  $\theta=180^\circ$  に選定し、曲率半径および管内流速を変化させて測定した。その結果得られた曲りの流体抵抗係数  $\eta$  とレイノルズ数  $Re$  との相関性、並びに曲りの流体抵抗係数  $\eta$  と管径  $d$ 、曲率半径  $R/d$  および曲り角度  $\theta=90^\circ$  (第四報で報告)との相関性を求め、更に実際の設計において役立つように系統的に総括した。

実験装置と方法は、前報(第四報)と全く同じ方法を用いて行ない、実験に共したフレキシブルダクトの直径  $d$  は 2' (50.8mm $\phi$ )、3' (76.5mm $\phi$ )、5' (127.3mm $\phi$ )、6' (151.4mm $\phi$ )、7' (176.6mm $\phi$ )、8' (205.0mm $\phi$ )、10' (252.1mm $\phi$ ) の7種類である。

管径を設定し、 $R/d$  をパラメーターとした場合、前記7種類の管径の各々に対して、 $R/d$  を1, 2, 3, 4, 5と変化させた時の曲りの  $\eta$  と  $Re$  数または  $u$  との関係を両対数上にプロットすると、曲りの  $\eta$  は、(1), まず  $R/d$  の影響を受けながら  $Re$  数の増大とともに大きくなる。(2), さらに  $Re$  数がある値以上大きくなると、 $Re$  数に関係なくほぼ一定値となる。そして、ほぼ一定値となる曲りの  $\eta$  の値、および曲りの  $\eta$  の値が  $Re$  数に関係なくほぼ一定となる時の  $Re$  数の下限界値は、 $R/d$  によつて異なることが認められた。この現象は、前報(第四報)の  $\theta=90^\circ$  曲りの場合と同様に、H. Richter, および M. White の曲り状態におかれた一般管に関する研究結果と似ており、また、直線状態のこのフレキシブルダクトのピッチまたは管内面粗度(第一, 二, 三報)を曲り状態のときの  $R/d$  におきかえると、直線状態のこのフレキシブルダクトの流体抵抗係数  $\lambda$  と  $Re$  数との関係に非常に類似していることがわかつた。

$R/d$  を設定し、管径をパラメーターとした場合、 $R/d$  を等しくし、管径が異なる時、曲りの  $\eta$  と  $Re$  数との相関曲線は、前報(第四報)と全く同じように同一曲線にならないことが観察された。この現象は、H. Richter, および M. White の曲り状態の一般管に関する研究結果では、 $R/d$  が同一ならば管径が如何に異なろうとも、 $\eta$  と  $Re$  数との相関関係は、どの流体領域においても一致するということと全く趣を異にする。

各管径に対して、 $\eta$  と  $R/d$  との関係は、一般管の場合、曲りの  $\eta$  は  $R/d$  の変化に対して、 $R/d=2.5$  で極小値をもち、管径には無関係の一つの曲線で示されているのに対して、本実験におけるフレキシブルダクトの場合には、 $R/d$  に対して極小値をもつ曲線であることは一般管の場合と同じであるが、管径によつてその絶対値が異なり、一般管に比べてかなり大きい値を示し、かつ  $\eta$  が極小値をとる  $R/d$  の値が管径によつて異なることが認められた。

曲り角度  $\theta=180^\circ$  のときの  $\eta$  は、前報(第四報)曲り角度  $\theta=90^\circ$  のときの  $\eta$  のおおよそ2倍になつていることから、 $\eta$  と  $\theta$  とはおおよそ正比例関係にあるように思われるが、この問題については、今後更に曲り角度を数種変化させて、実験を行なう必要がある。



(57) 噴霧充填装置における硫化水素ガスの化学吸収除去の研究 (VII)

橋爪 稔・四本 久郎・清水 修 (横浜国大)

昭和45年度(第VI報)に引き続いて、硫化水素ガスの苛性ソーダ溶液への化学反応吸収による物質移動において、気相側(硫化水素ガス)、液相側(苛性ソーダ水溶液)、および充填装置側の夫々の側の反応吸収状態を支配する諸因子間の相関性を実験的に求め、その反応機構を解明するとともに、数学的に解析してその相関性に関する一般式を算出して実際の工業的な吸収装置の設計の指針とすることを目的とした。また吸収装置を含むシステムの必要エネルギーの決定に際して、大きな割合を占めている充填吸収塔の圧力損失に関してその一般式も同時に求めた。

実験装置および方法は第六報の場合と同じである。

硫化水素ガスの苛性ソーダ水溶液への化学吸収による物質移動に対して、気相側、液相側、及び装置側の反応状態を支配する諸因子間の相関性を実験的に求めるに当つて、硫化水素ガス温度を20°C、その圧力を一気圧と一定に保ち、供給ガス濃度  $C_g^0$  (=250, 500, 750ppm) 処理風量  $Q$  (=1.07, 2.14, 5.35, 8.55, 10.69, 13.36m<sup>3</sup>/min) 又は塔内速度  $U_t$  (=0.1, 0.2, 0.5, 0.8, 1.0, 1.25m/sec)、苛性ソーダ水溶液の液温20°, 噴霧圧2.4kg/cm<sup>2</sup>と一定に保ち、噴霧流量  $V$  (=14.14, 30.62, 43.20l/min) 及び気液接触面積、即ち、装置の両チャンバーの充填部の縦×横が一定であるゆえ充填物の充填高さ  $H$  (=0, 52cm) をパラメーターとして、苛性ソーダ水溶液濃度  $N$  を10<sup>-4</sup> から10<sup>0</sup> 規定まで変化させて未吸収硫化水素濃度  $C_g^1$  を測定した。

本実験における H<sub>2</sub>S の NaOH soln. への吸収は既報のように H<sub>2</sub>S + OH<sup>-</sup> = HS<sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O の反応による不可逆瞬間反応によつて化学吸収が行われるものとした。

各供給濃度  $C_g^0$  に対して、縦軸に放出 H<sub>2</sub>S 濃度  $C_g^1$ 、横軸に NaOH soln. 濃度  $N$  をプロットすると  $U_t$ ,  $V$ , 及び  $H$  が変化してもすべて逆 S 字曲線になつた。

この各々の逆 S 字曲線の図から、各供給 H<sub>2</sub>S 濃度  $C_g^0$  に対して絶対値は異なるが6種の放出 H<sub>2</sub>S 濃度  $C_g^1$  を設定し、それぞれの  $C_g^1$  の設定値に対応する  $N$  及び  $U_t$  を求め、 $N$  と  $U_t$  との関係を、 $V$  をパラメーターとしてプロットすると直線関係が得られた。その直線の一般式は

$N = KU_t^a$  である、このとき  $N \div 1$ ,  $K = f(C_g^1, U_t)$

である。これらをまとめてみると、各供給 H<sub>2</sub>S 濃度  $C_g^0$ 、各充填高さ  $H$  により、45年度に得られた式と今年度の式を加えると10数種類の式が得られた。

$N = \alpha U_t V^{-\beta} \cdot C_g^{1r}$  但し、 $\alpha, \beta, r$  は定数

今回は特に充填高さが吸収に与える影響に関して考察を行なつた。本実験において充填物の

高さを増大してもある高さ以上になると気液反応は平衡状態になり、吸収は進まなくなつてしまう。この事実は従来の充填物の量を多くすれば必ず吸収効果が良くなるという現象を否定する現象である。この現象がどの因子によるかということは、更に47年度実験を続けて解明する考えである。

装置の圧力損失に関して、それぞれの塔内速度  $U_t$  と装置の圧力損失  $\Delta P$  との関係を  $H$ ,  $V$  をパラメーターとしてプロットすると  $V$  に無関係に勾配を異にする直線関係が得られた。ローディング点以上では  $\Delta P \propto U_t^2$  となつた。一般に塔内速度はローディング点以上を用いるので、ローディング点以上の直線群について解析を行なつた結果次のような実験式が得られた。

$\Delta P = (100H + 7V^{-0.5}) U_t^{2.2}$

Table with 3 columns: 研究員名 (Researcher Name), 所属 (Affiliation), 担当 (Role). Includes names like 橋爪 稔, 四本 久郎, etc.

Table with 3 columns: 研究員名 (Researcher Name), 所属 (Affiliation), 担当 (Role). Includes names like 佐藤 秀三, 加藤 秀一, etc.

(2) 予 算
昭和46年度予算は、前年度に必要経費及び科学技術関係予算の内より移替された経費で構成されて、前年度に184,645千円に前年度173,196千円に対し6.6%の増額となっている。



## II 保護具検定

### 46年度防毒マスク国家検定 (46.4~47.3)

#### 成績検査

区分	種類	型	商品名	判定
有機ガス用	防毒マスク	直結式小型	サカキ式 G-66	合格
有機ガス用	防毒マスク	直結式	T S No. GM-25	合格
普通ガス用	防毒マスク	隔離式吸収かん	T S No. CA-501	合格
亜硫酸硫黄用	防毒マスク	隔離式吸収かん	T S No. CA-501	合格
有機ガス用	防毒マスク	直結式小型	サカキ式 W 型	不合格
アンモニア用	防毒マスク	隔離式吸収かん	T S No. CA-501	合格
有機ガス用	防毒マスク	直結式小型	サカキ式 W 型(改良型)	合格

## III 庶務

### (1) 職員

昭和47年3月31日現在における定員は次のとおりである。

区	所	研究部門					管理部門					合
		部長	主任研究官	研究員	研究補助員	計	課長	係長	一般職員	技能職員	計	
定員	1	4	17	18	6	46	1	2	5	6	14	60

同日現在における職員は次のとおりである。

所長 医博 山口正義

庶務課長	渡辺 弘	主任研究官	橋爪 稔
庶務係長	森谷 聖	〃	本間 克典
会計係長	阿部 周三	〃	松村 芳美

職業病部長	医博 吉川 博	労働生理部長	医博 坂部 弘之
主任研究官	理博・医博 長谷川 弘道	主任研究官	工博 三輪 俊輔
〃	理博 林 久人	〃	理博 守 和子
〃	医博 興 貴美子	〃	理博 佐藤 光男
〃	理博 松下 秀鶴	〃	加藤 寿一
〃	鈴木 康友	〃	春山 暁美
		〃	医博 須藤 綾子

労働環境部長	医博 興 重治		
主任研究官	浜田 晃	実験中毒部長	医博 河合 清之
〃	原 登	主任研究官	理博 木村 正巳
〃	理博 左右田 礼典		

### (2) 予算

昭和46年度予算は、労働衛生研究所に必要な経費及び科学技術庁関係予算の内より移替された経費で構成されており、その合計額は184,645千円で前年度173,196千円に対し6.6%の増額となっている。

イ 労働衛生研究所に必要な経費としては次表のとおり一般会計、特別会計を合せ総額で、



13.2%, 人件費 12.5%, 研究費 14.2%, 労働衛生保護具性能審査費 13.2% 及びその他の経費で 10.6% とそれぞれ増額となっている。

(単位 千円)

区 分	前 年 度			昭 和 46 年 度			前年度対比	
	一般会計	労災特会	計	一般会計	労災特会	計	増△減額	増減率%
(1) 人 件 費	51,555	34,620	86,175	56,984	39,971	96,955	10,780	12.5
(2) 研 究 費	16,919	43,046	59,965	18,189	50,432	68,621	8,656	14.4
(3) 労働衛生保護具性能審査費	1,134	—	1,134	1,284	—	1,284	150	13.2
(4) その他の経費	2,783	2,324	5,107	2,844	2,805	5,649	542	10.6
計	72,391	79,990	152,381	79,301	93,208	172,509	20,128	13.2

[注] その他の経費とは、一般会計で人当経費及び一般運営費、労災保険特別会計で業務取扱費（人件費以外のもの）及び施設費等運営費系統の経費である。

ロ 科学技術庁関係予算の内より移替された経費としては次表のとおり(イ)職業病のための放射性同位元素利用に関する研究に要する経費（通称「原子力予算」）及び(ロ)特別研究促進調整費であり、当該年度の研究計画に基づき措置されたものである。

(単位 千円)

区 分	46年度予算	備 考
(イ) 原子力予算	3,818	1. 大気複合汚染が生物に及ぼす影響に関する研究 3,781 2. PCB様物質による慢性毒性等に関する研究
(ロ) 特別研究促進調整費	8,318	
計	12,136	4,537

[参考] 前年度における科学技術庁関係移替予算

(単位 千円)

区 分	予 算 額	備 考
(1) 原子力予算	4,059	1. 悪臭防止に関する総合研究 9,887 2. 光化学スモッグ現象の解明に関する特別研究
(2) 特別研究促進調整費	16,756	
計	20,815	6,869

### (3) 日 誌

46. 4. 1 本日次の人事が発令された。

新規採用 職業病部(技)大沢 基保

〃 庶務課庶務係(事)保坂 涼子

46. 4. 12 科学技術週間(科学技術庁主催)行事の一環として当研究所を一般公開した。  
～17
46. 4. 19 大蔵省理財局監査課長補佐, 国有財産監査官, 労働大臣官房会計課係長が来所し見学した。
46. 5. 12 労働大臣官房会計課係官により物品の定時検査が実施された。
46. 5. 15 本日次の人事が発令された。  
庶務課会計係長大山文男は労働基準局安全衛生部労働衛生課業務第一係長へ転出した。  
労災保険業務室より阿部周三が庶務課会計係長に転入した。
46. 6. 7 研究所開所 14 周年記念日に当り所長の挨拶があつた。
46. 6. 24 昭和 47 年度主要事業計画, 原子力予算要求について, 労働基準局安全衛生部労働衛生課長, 計画課長に説明を行なつた。  
昭和 47 年度増員要求関係について秘書課と協議を行なつた。
46. 7. 8 山口所長は国際結核予防会総会に出席のためソビエト連邦共和国に出発した。
46. 7. 15 昭和 47 年度概算要求について労働基準局安全衛生部計画課長調整が行なわれた。
46. 7. 20 山口所長がソビエト連邦共和国より帰国した。
46. 7. 27 昭和 47 年度概算要求について, 労働基準局庶務課長調整が行なわれた。
46. 7. 29 昭和 47 年度増員に伴う研究所定数, 訓令定数問題について, 労働基準局庶務課長調整が行なわれた。  
昭和 47 年度等級別定数改定要求について労働大臣官房秘書課に説明を行なつた。
46. 8. 1 本日次の人事が発令された。  
庶務課長町田正之は千葉労働基準局庶務課長へ転出した。  
京都労働基準局より渡辺弘が庶務課長に転入した。
46. 8. 5 昭和 47 年度概算要求について労働大臣官房会計課長調整が行なわれた。
46. 8. 30 昭和 47 年度概算要求構想について科学技術庁に説明を行なつた。
46. 9. 2 Dr. & Mrs. Meigs, Allen 氏が来所し見学した。
46. 9. 4 昭和 47 年度等級別定数改定要求について人事院に説明を行なつた。
46. 9. 6 新任労働基準監督官 71 名が来所し見学した。
46. 9. 7 昭和 47 年度概算要求を大蔵省に説明した。
46. 9. 21 会計検査院中森副長, 中島調査官により, 会計実地検査が行なわれた。
46. 9. 27 大蔵省理財局監査課加藤補佐, 中川, 長井監査官により, 国有財産監査が行なわれた。
46. 10. 21 日本放送協会よりNHK総合TV四つの目「揺れる」番組制作撮影のため来所し



- た。費 12.5%、研究費 13.2%、労働環境部有藤研究員がアメリカより帰国した。
- 46.11.1 労働環境部有藤研究員がアメリカより帰国した。
- 46.11.10 Dr. El. Batawi 氏が来所し見学した。
- 46.11.14 人事院等級別定数改訂復活要求について人事院に説明を行なった。
- 46.11.20 東邦大学学生 70 名が来所し見学した。
- 46.11.24 韓国健診医協会企画室長医学博士崔一氏、学術理事医学博士趙商彦氏が来所し視察した。
- 46.12.14 大韓医学協会医療視察団として大韓医学協会副会長朴氏外12名が来所し見学した。
47. 1. 6 昭和 47 年度概算要求査定内示及び復活要求が行なわれた。
47. 2.13 山口所長は、第 22 回国際結核会議 プログラム委員会、特別委員会並びに臨時理事会に出席のため、フランス国に出発した。
47. 2.17 労働環境部左右田研究員がアメリカ合衆国より帰国した。
47. 2.19 山口所長がフランス国より帰国した。
47. 3.31 労働基準局労災管理課係官により資金前渡官定時検査が行なわれた。

(4) 図書および刊行物

1. 図 書

昭和 46 年度においては、単行書合計 127 冊、雑誌合計 333 種類を受け入れ、182冊の雑誌製本を行なった。

(1) 取 集

種 別	購 入	寄贈・交換	合 計
単行書 和	50 冊	15 冊	65 冊
単行書 洋	59 冊	3 冊	62 冊
雑 誌 和	2 種	185 種	187 種
雑 誌 洋	77 種	69 種	146 種

(2) 製 本

製本冊数(雑誌) 182冊  
(図書修理) 3冊

2. 刊 行 物

昭和 46 年度は、つぎの各号を刊行した。

- (1) 労働省労働衛生研究所年報 昭和 45 年度版
- (2) Industrial Health Vol. 9, No. 1—2
- (3) // // // No. 3
- (4) // // // No. 4

昭和 47 年 7 月 10 日 印刷  
昭和 47 年 7 月 15 日 発行

発行所 川崎市木月住吉町 2051  
労働省労働衛生研究所  
電話中原(044) 2185(代表)

印刷所 神田印刷株式会社