

国立公衆衛生院研究懇話会記事

第283回（平成6年1月27日）

1. 第5回アジア太平洋地域公衆衛生国際シンポジウムに参加して

衛藤 隆（母子保健学部）

要約：平成5年12月、バンコクにて開催されたアジア太平洋公衆衛生学協会（APACPH）の理事会と国際シンポジウムに出席した。シンポジウムには、16カ国の School of Public Health の代表約45名と UNICEF, UNEP（国連環境プログラム）等国際機関のメンバーが参加し、『アジア太平洋地域の母子の健康に及ぼす環境の諸変化の与える影響：公衆衛生学の課題』というテーマで、バンコク郊外のマヒドール大学サラヤキャンパスにて2日間にわたり行われた。環境問題専門家の養成、公衆衛生における環境教育、各国における環境保健の現状の紹介、母子の健康に影響を与える環境問題等について熱心な討論が繰り広げられた。現在の世界の中で、経済を中心に急速な変化を遂げつつあるこの地域において公衆衛生学が直面している課題は何かを考えさせられるシンポジウムであった。

1. APACPH とは？

Asia Pacific Academic Consortium for Public Health（アジア太平洋公衆衛生学協会）の略。公衆衛生に関する専門教育の質を向上させることを目的とした各国の公衆衛生教育機関の代表からなる独立した非営利組織である。1984年に5機関により設立され、今回の理事会の直前の時点で、アジア太平洋地域の15カ国から29の school of public health あるいは department of community medicine が加盟していた。加盟機関の所属国は以下の通りである。オーストラリア、バングラデッシュ、インドネシア、日本、韓国、マレーシア、ネパール、中国、フィリピン、シンガポール、スリランカ、台湾、タイ、米国、ヴェトナム（アルファベット順）今回の理事会にて新たにラオスから1校、モンゴルから1校、タイから4校が加盟を承認され、17カ国35校となった。国立公衆衛生院は1989年に加盟

している。

2. 第5回アジア太平洋地域公衆衛生国際シンポジウムの主な内容

シンポジウムは12月20、21の2日間にわたり、場所をマヒドール大学サラヤキャンパスに移し、ASEAN Institute of Human Development の講堂において行われた。

主催者および来賓の挨拶の後、UNICEF East Asia and Pacific Regional Office の Dr. Lay Maung から「ユニセフによる女性の健康と栄養に関する会議記録第21号のフォローアップ」と題する特別講演がなされた。内容はむしろ「環境問題の小児への影響」についてであり、UNICEF が UNEP と共同で進めているプロジェクトや世界子どもサミットなどについてであった。この後の午前中のセッションは、「環境教育とリーダーシップ」というテーマで Dr. W.D. Sawyer による総括的講演がなされた後、マレーシア連邦サバ州のプロジェクトより環境および健康問題の集約的なケーススタディが発表された。（Prof. Michael と Dr. Siti Norazah Zulkifli による）

昼食時には Prof. Debhanom よりバンコクの環境汚染について多数のスライドを用いて説明がなされた。

午後のセッションは Training program についての発表と討論であった。シンガポールモデルとして環境学者の養成の紹介があった後、各国の Environmentalist の教育訓練についての紹介を主とした発表がなされた。「この領域についての知識の不足があるとは思わない。いかに実践するか、人々の行動変容をどう図るかが問題である。」という意見も出された。受講生を呼び集めるのではなく Teaching team が各県を巡る案や、既に職を持って働いている人々に継続的に技術を

Upgrade できるようにする必要性などが論じられた。韓国のソウル大学では例えば法学部卒のような背景の異なる人々も公衆衛生大学院の修士課程に受け入れており、実際に弁護士で MPH, DPH を取得した人も出ているとのことであった。

午後の最後のセッションは「公衆衛生と環境教育カリキュラムを統合するために必須となる要素」という演題でハワイの Prof. Grossman により講演がなされ、「公衆衛生の黎明期において成功した行動計画を振り返ってみると、しばしば簡単な方法が奏功していることに気づく。環境問題は公衆衛生の中心的課題である。大学教育において問題解決プロセスを重視し、組織についての学習、リーダーシップなどについての教育をカリキュラムに取り入れる意義がある。」と語った。中国の Prof. Zhan Zhao-Kang は、「都市化により大都市に環境汚染が起こっている一方、田舎で貧困な地域では経験のあるリーダーが少なく、人々の中に環境問題に対する意識が十分に形成されていないという問題がある。教育による行動変容が重要である。」と述べた。

第2日は、キーノートスピーカーとして国連環境プログラム (UNEP) の Dr. Nay Htun より「環境教育および公衆衛生教育を発展させ統合するための機会としての大学の連合」と題する講演を戴いた。大変熱っぽ

い講演で、環境問題、特に室内の環境汚染にも触れ、APACPH メンバーの取り組みの重要さと与える影響の大きさを訴えかけ、聴衆に多くの感銘を与えた。中国の Prof. Wan Bojan は中国における環境保護について解説し、ネパールの Prof. Shrestha はネパールの環境保健の現状について報告した。また Prof. Michael は有毒化学物質をどのように判定するか等について語った。ハワイの Prof. Siegel は環境問題が一筋縄で解決できぬ例をいくつかあげ、「環境基準が Average man acceptable pollution を根拠に決められているが、感受性が高いのは decision maker ではない女性や子どもであることを忘れてはならない」と述べた。オーストラリアの Prof. Spickett は大気中の鉛の子どもや女性に与える影響について述べた。

午後のセッションでは、オーストラリアの Prof. Kerr が「有害物質の処理を巡る解決困難な問題」について、中国の Prof. Wan Bojan が「鉛曝露と小児の健康」について、日本の衛藤が「小児事故死亡減少のための予防戦略」について、中国の Prof. Yu Shun-zhang が「小児の健康に関する環境への挑戦」について、ハワイの Prof. Patrick が「自然災害の環境へ及ぼす影響がそこに住む人々にどのような健康上の問題を引き起こしたか」について述べた。

2. スウェーデンの地域保健サービス ―保健婦活動を中心に―

鳩野 洋子 (公衆衛生看護学部)

平成5年9月にスウェーデンを視察する機会を得た。充実した福祉の国として語られるスウェーデンだが、あまり知られていない、地域保健サービスについて保健婦活動を中心に紹介する。

日本の約1.2倍の面積に、860万人が住み、高齢化率、18%のスウェーデンは、高負担の国としても語られる。しかし年金制度の充実や教育費がかからないことなどにより、豪華ではないが「安心した生活」を送る制度が整備されている。また、建築物、町の設計、様々な法律においても、分野を越えた健康への配慮が感じられ、ヘルスプロモーションの現実の展開をみる思いであった。

保健婦活動の基盤となる保健サービス機関は、住民

のライフステージ毎に、妊産婦保健所、小児保健所、青少年保健所、そして地域診療所として整備されている。地域診療所を除く各機関では看護職が中心となり、日本よりも権限を持った活動を展開している。

保健婦活動の拠点は、地域診療所である。地域診療所は、地域の保健活動の拠点であると同時に一次医療の機能を持っている。保健婦のほか、医師、PT、OT らが働いている。

保健婦は高校卒業後4年間の看護婦基礎教育を受け、最低2年半の臨床経験を経た後、1年間の保健婦教育を受けて資格を得る。日本と同様に地区分担制を取っているが、一人あたりの受け持ち人口は1500~3000人程度である。

保健婦活動は、主として地域診療所での保健婦診療（健康相談、慢性疾患のコントロールのほか、一部の薬品の処方、検査の指示も認められる）と、家庭訪問が中心となる。活動の中で特に求められる機能は、在宅ケアの広がり背景とした、直接的な看護ケアの提供、コーディネーション、対象や家族、在宅サービス職員への教育、そして計画である。

1992年のエーデルリフォーム（高齢者改革）以降、今まで県が責任主体であった保健医療サービスの一部がコミューン（市町村）に移管された。その結果、注目すべき、看護職が担う新しい制度が登場した。コミューンの医療部門の最高責任者である、マース（医療責任看護婦）である。マースは、住民が適正な保健・

医療サービスを受けているか監視する責任があり、劣悪な場合は住民にかわり提訴する権限を持っている。マースは保健婦の資格を持つ者がその任にあたっていることが多く、今後権限の拡大が考えられている。

1994年からスウェーデンの保健医療システムは、地域診療所制度を解体し、ホームドクター制に転換する。その中でホームドクターに雇用される保健婦と、現行の細やかな活動の展開の存続を願い、コミューンが雇用する保健婦が登場する予定であり、今後の2者の役割分担が注目される。

なお、蛇足であるが、スウェーデンでは保健活動推進のため、国立公衆衛生院が最近設立されたことをお知らせしておきたい。

第284回（平成6年2月24日）

1. PBPK-Model による Kidney-Bladder Model の検討

赤羽 恵一（放射線衛生学部）

1. はじめに

核医学診療による患者の体内被曝線量を評価する場合、ICRP（国際放射線防護委員会）の Publ.53 “Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals” に述べられているコンパートメントモデルが使用される。薬物の体内動態をコンパートメント（臓器等）間の線形移動としてとらえ、移動速度と移動割合のみを変数とするコンパートメントモデルは簡単に計算しやすいという利点を持つ。しかし、各コンパートメントはブラックボックスとして扱われるため、患者の個体差を考慮することができない。一方薬学の分野で使用されるようになった PBPK-Model（Physiologically-Based Pharmacokinetics Model）は、計算に生理学的パラメータ（血流速度、膜透過率等）を用いるため、体内動態の個体差を説明でき、様々な状況に対応することが可能である。また、コンパートメントモデルよりも体内動態の科学的解釈が可能であると言える。そこで、体内被曝線量評価モデルに PBPK-Model を応用することを試みた。患者から直接得ることのできるデータは尿中の放射エネルギーのみであるため、実測値との比較の観点から、ここでは Kidney（腎臓）-Bladder（膀胱）Model を対象とする。

2. 現行モデルによる計算

ICRP Publ.53に基づく簡便な計算コードを Fortran で作成し、その計算結果を実際の患者の尿中放射能のデータ（主として^{99m}Tc：文献参照）と比較することにより、ICRP の線量計算モデルの妥当性を検討した。体内動態データは Publ.53, absorbed fraction は ORNL（The Oak Ridge National Laboratory）のデータを用いた。計算の結果、患者のデータと比較的近い値であり、また時間変化も同じような傾向を示した。しかし、患者のデータ自体、ばらつきがあり、データによってはかなり差がある。

3. 最近の Bladder Model

1992年に MIRD（The Medical Internal Radiation Dose Committee of the Society of Nuclear medicine）から Pamphlet No.14：Dynamic Urinary Bladder Model for Radiation Dose Calculations が出されたが、その中でこれまでに出版されてきた4つのモデル（全身と膀胱の2コンパートメントモデル）との比較を含め、新モデルが述べられている。それら Urinary Bladder Models について薬物動態学的視点から検討を行った。この新モデルは基本的には ICRP Publ.53 と同じコンパートメントモデルであるが、排尿の生理

をより詳しくモデル化してあり（初期膀胱内尿，膀胱への尿の流入率，残尿量，昼夜別の排泄間隔等を考慮），現行モデルよりも実際に近いモデルになっている。被曝線量評価には，最初の排尿時刻と初期膀胱内体積の影響が大きい。

4. PBPK-Model 化の検討

PBPK-Model では，薬物は血液によって運ばれ，各臓器内の毛細血管，細胞間液，組織細胞内の3部分の間の膜を透過することにより，臓器内における薬物の蓄積や排出が起こると考える。また，薬物はある割合で血液や組織液中の成分と結合し，非結合の薬物のみが膜を透過するとみなす。従って，計算に用いる変数は，血流速度，血中濃度，3部分中の結合割合，各膜の薬物の透過率，臓器体積等となる。また，腎臓ではGFR (glomerular filtration rate)，FR (tubular reab-

sorption) 等も変数に含まれる。Kidney-Bladder Modelに関して，現段階ではこれらの変数を完全に決定することができないので，血流速度等文献から生理学的データが得られるもの以外は，一時的に値を設定して計算を行い，ICRP Publ.53の計算値と比較した。変数を正確に決定できないため，当然値は一致しないが，同じような傾向を示す曲線になった。

5. 終わりに

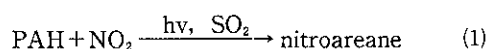
計算に用いる変数の決定や，個人への適用の方法など，解決しなければならない問題も残されているが，PBPK-Modelの有用性は既に薬学の分野で示されている。また，以上のことから内部被曝線量評価の計算モデルへの応用も可能であり，放射線防護上も有意義であると考ええる。

2. 大気浮遊粒子中の芳香族ニトロ化合物とその生成

久松 由東（地球環境衛生学部）

環境大気中の浮遊粒子には，多環芳香族炭化水素，芳香族ケトン，芳香族ニトロ化合物，有機ハロゲン化合物や金属化合物など多くの発がん関連物質が存在している。大気中の発がん物質の発生源として重要なものの一つは，ガソリン，軽油，石炭などの化石燃料であり，その不完全燃焼に伴って生成する多環芳香族炭化水素 (polycyclic aromatic hydrocarbon: PAH) 類や芳香族ニトロ化合物類である。多環芳香族炭化水素は，がん研究の初期から今日まで問題とされ続けている物質である。環境大気から多環芳香族炭化水素が初めて検出されたのは，ロンドンスモッグ事件が発生した年の1952年にロンドンの大気からであり，その後あらゆる場所の大気浮遊粒子やディーゼル排出物などに多環芳香族炭化水素が含まれていることが明らかになっている。一方，1978年に多環芳香族炭化水素のベンゾ(a)ピレン等と二酸化窒素との反応により直接変異原物質であるニトロ誘導体が生成し，それらは変異原性が非常に強いことが報告されるとともに，大気中で新たな変異原物質の生成が示唆された。それ以来，種々の芳香族ニトロ化合物の変異原性の検索や，ディーゼル機関燃焼排出物石油ストーブ燃焼排出物，大気浮遊粒子などから芳香族ニトロ化合物が検出され

ている。我々は種々の環境中における芳香族ニトロ化合物の検索や，大気浮遊粒子中に含まれる多環芳香族炭化水素類の中で主として比較的多量に含まれるピレンやフルオランテンについて，種々の条件下における窒素酸化物との反応生成物の変異原性ならびにニトロ化合物の生成について検討してきた。その結果，ピレンおよびフルオランテンと二酸化窒素との反応は，光照射のもとで促進し，1-, 2-ニトロピレンや1, 3-, 1-, 6-, 1, 8-ジニトロピレン，また2-, 3-ニトロフルオランテンが生成する。この反応に二酸化硫黄を添加すると，反応はさらに促進される。1-ニトロピレン，1, 3-, 1, 6-, 1, 8-ジニトロピレンや3-ニトロフルオランテンはディーゼル機関燃焼排出物等から検出されているが，2-ニトロピレンや2-ニトロフルオランテンは検出されておらず，大気浮遊粒子中に存在する2-ニトロピレンや2-ニトロフルオランテンは，(1)式に示すように，大気環境中でガス状および浮遊粒子中に存在するピレンやフルオランテンが太陽光のもとで大気汚染物質である二酸化窒素との反応に因ること，すなわち大気環境中における二次生成に因ることが示唆された。



一方、二酸化窒素とオゾンとの反応では NO_3 や N_2O_5 が生成する。オゾン雰囲気下でピレンやフルオランテンと二酸化窒素との反応を行うと、その反応生成物の変異原性は非常に高く、上記の光照射下におけるその約4倍の値を示した。反応生成物中のニトロ化合物を分析すると、ピレンとの反応生成物中には1-ニトロピレンと1, 3-, 1, 6-, 1, 8-ジニトロピレンが、またフルオランテンとの反応生成物中には3-ニトロフルオランテンとジニトロフルオランテンの生成することが認められた。これらの結果は、夜間に生成する NO_3 や N_2O_5 と多環芳香族炭化水素類との(暗)反応により芳香族ニトロ化合物が生成することを示唆しているも

のと思われる。本実験における各々の濃度が高いために種々の条件をさらに検討しなければならないが、石油等の化石燃料などの燃焼に伴って生成する(一次生成)芳香族ニトロ化合物と、ガス状および浮遊粒子に含まれる多環芳香族炭化水素と窒素酸化物(NO_2 , NO_3 , N_2O_5)との反応、すなわち昼間の太陽光のもとでの反応と夜間の暗反応で生成(二次生成)する芳香族ニトロ化合物を考慮するとともに、大気浮遊粒子に含まれる芳香族ニトロ化合物の分析を進め、ニトロ化合物種の分離同定、定量と気象状態などを含めて解析する必要がある。

第285回(平成6年3月24日)

1.「健築」と公衆衛生 ― 四半世紀余の公衆衛生院生活をふりかえって ―

入江 建久 (建築衛生学部・特別研究員)

建築は「健築」でなければならない、とは元建築衛生学部長 小林陽太郎先生の、オリジナルな提言である。

私は、公衆衛生院に1970年、ちょうど「建築物の衛生的環境の確保に関する法律」いわゆる「ビル管法」の施行された年に、東京大学から正式に移籍した。このことは結果的に、健康と建築の結びつき願う私にとって大変意味深いものとなったのである。

私はその10年以上前から本院建築衛生学部に入留らせて頂いていた。当時の東京大学教養学部教授 幸田彰先生が戦前勤務し、ひきつづき衛生院8階の実験室で研究を行っておられた関係もあり、また幸田先生をはじめ、小林先生、当時少壮の研究者吉沢晋先生ともに初代建築衛生学部長平山嵩先生門下という気安さもあった。

幸田先生によって与えられ、小林吉沢両先生によって支援していただいた私の研究テーマは、「建築物室内の落下塵の実態とその制御」に関するものであった。

60年代の高度経済成長期、同時に公害隆盛期に降下ばい塵量が、一つの大気汚染指標として用いられ、京浜工業地帯でひどいときは、月に50トン/ km^2 を超えるようなことがあったが、これは単位換算を行えば、50 g/m^2 となる。室内でグラム単位の「ほこり」の堆積と

いうのは、とんでもない量であることがその後の研究でわかったが、日常生活において清浄感と密接に関わりながら、その実態の把握と対策について工学的アプローチが殆どなされていなかった一般生活空間における大型粉塵粒子の挙動について、地道な研究が続けられた。

落下塵の実態については、官庁、住宅、オフィス、学校、デパート、病院、地下街、地下鉄駅舎等々各種用途の建築物で調査を行い、一方当時は粗末な8階の実験室で、各種生活行動にともなう発塵量、拡散状況、外部からの侵入状況等を調べる実験をつづけた。粉塵の粒度別計量は主として光学顕微鏡によって行ったが、手間ひまのかかる研究を支え慰めてくれたものは、夜空にひかる星空以上に美しい、暗視野・斜光下の粉塵像と特に吉沢先生の声援であった。先生は60年頭初米国よりわが国に導入されはじめたクリーンルーム技術の紹介者であるが、エレクトロニクス工業など経済的にペイしさえすれば、清浄空間の創出に巨費の支出も惜しまない世界に対し、一般生活面すなわち公衆衛生分野の空気浄化への関心はきわめて低いこと、また技術者が微粒子など問題となる対象を器械による読み取りのみに頼って、一度も自分の目で確かめることをしない風潮を嘆いておられた。

70年代後半にはいって、省エネルギーのかけ声と共に、ビルの必要換気量の見直しの問題が起り、室内空気汚染の指標として何を取り上げ、またその基準値を如何に設定すべきかで、私たちは粉塵をはじめ代表的各種汚染質の指標性についての検討を、新旧、大小各種のビルの現場調査を通して行った。その結果、ビル管法に定める粉塵 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 、二酸化炭素 1000ppm が、それぞれ喫煙、在室者を対象とした場合の最も妥当な空気質と基準値であるという常識的な結論に落ちついたが、これは後のシックビル・シンドローム(いわゆるビル病)問題の発生に対する、重要な対応策との裏付けと確信を与えたものである。

また、建築物の換気や外部汚染の侵入に関わる近傍風(強風域ばかりでなく、弱風域の発生もふくめて)の性状の研究も、いわゆる「風害」の命名者、いまは亡き関根 毅先生らとの共同研究として思い出深いものがある。

80年頃からの、喫煙粒子による室内汚染問題、空気調和設備の劣化とメンテナンス不良による空気汚染の実態調査に関わる研究等を経て、小児喘息・アトピーに関連するハウスダスト中のダニに注目、ダニおよびダニアレルゲンの追跡を始めるようになる。それを加速させた契機は、84年の中期在外研究員としての派遣されたジョンス・ホプキンス大学院での実験動物由来アレルギーの環境工学的対策に関する共同研究であった。

ダニもダニタンパクも全くの素人であったが、折よくダニ検知シートが開発され、また良き指導者・協力者にも恵まれ、様々な住居構造、室用途、生活様式等の多様な条件下における生きダニおよびダニアレルゲ

ンの実態調査を行った。現在も継続中であるが、比較的大きな室内粉塵の研究歴が、ハウスダスト中のダニへのアプローチを容易なものとし、健康な住生活のための指針づくりに資することになるとは思ってもみなかったことである。

同様なことは80年後半からのアスベスト汚染の防止に関する研究についてもいうことができる。アスベスト繊維の計測は、一般的には位相差顕微鏡を用いて行われるが、手法的に粉塵計測と大差はない。自動計測器も開発されているが、これも「もの」を直接見ないと大きな誤差を生みかねない。

吹き付けアスベストからの発塵、除去工事後に残る残存汚染問題、ビニールアスベストタイルのメンテナンス時の発塵問題等に取り組んで来たが、大量に建材として使用されているアスベストの問題は、マスコミの取扱いの終息した現在でも、依然重視されねばならず、今後も継続して行きたいと考えている。

建築は「健康」でなければならない。少なくとも建築物に住むことによって、健康が損なわれるようなことがあってはならない。その意味で健康的な建物をつくること、維持することはともに優れて公衆衛生的なものである。

建築とか住居とかたててものが、そこに住まう人間主体でなく、金銭づくでしか考えないわが国の異常な現実の中で、私が公衆衛生院において「健康」を学ぶことができたことは、「それぞれの現場で」、「共同で」公衆のため働くこと、そしてそれが同時に自分たちのためにもなるという「合臨」の理念を学ぶことが出来たこととともに、生涯の大きな宝となるであろう。

2. 都市ごみ焼却飛灰による生体影響

市川 勇 (労働衛生学部)

増え続けている都市ごみの焼却処理や埋立ての作業現場で飛灰を吸入した場合、また処理施設からの漏出により汚染された水を飲んだ場合の生体影響を、動物実験で検討した。

都市ごみの処理方法としては、可燃性のものは清掃工場で焼却された後に埋め立てられる割合が最も大きい(1990年東京都、55%)。一般廃棄物も最近では分別さ

れてきているが、法的に家庭系廃棄物だけでなく事業系一般廃棄物をも最終的には自治体が処理しなくてはならないので、混合ごみとなり、その焼却灰中には多くの有害な重金属元素化合物が濃縮された状態で存在していることが報告されている。清掃事業には多くの職員(1990年東京都、約1万人)が働いているが、焼却作業(同、約1300人)や埋立て作業(約200人)の現

場で働く人達に対する焼却灰の生体影響についての資料は、殆ど無い。

実験方法としては、清掃工場の都市ごみ焼却炉の電気集塵器から得た飛灰をボールミルで粉碎後、乳鉢で更に細かくし、篩いで粒径 $20\mu\text{m}$ 以下の粒子試料を調製した。強制的気管内投与実験では、Wistar 系雄ラットに、生理食塩水に懸濁した飛灰粒子を、エーテル麻酔下で先端部を細くした経口用ゾンデを喉頭腔から気管内へ挿入して投与した。投与は週1回とした。また、スクリュウフィーダー式装置から送風された飛灰試料を、ステンレス製暴露装置内で個別ケージに入れたラットに対して吸入暴露した。暴露時間は、1日平均8時間で週5日とした。飛灰試料を与えられたラットをネンブータル麻酔下、脱血しながら気管内にカニューレを挿入固定し、生理食塩水を注入して肺胞腔を数回洗浄した。洗浄液中のマクロファージを中心とした遊離細胞を得て、細胞数を計数した後、生化学用測定試料とした。遊離細胞を除去した上清液の高速遠心分離による白色沈査及び可溶性画分を得て、肺胞洗浄後のホモジナイズした肺組織と共に生化学用試料とした。生化学的検査項目としては、酸性及びアルカリ性ホスファターゼの酵素活性、蛋白質、糖質、リン脂質、ビタミンC及びEの含量を比色定量法で、また、飛灰微粒子中及びラット臓器中の金属元素(Al, Zn, Fe, Pb, Mn, Cd, Cu, Hg また Si, Cr)の含量は原子吸光法で分析した。

実験結果のうち、気管内投与による急性影響では、飛灰の投与量が体重 kg 当たり $10\sim 200\text{mg}$ の1回投与で、投与量増加に伴い死亡率は増え、また、死に至る日数が短縮された。その死因は物理的な窒息によるものと思われるが、この実験条件下でのLD50は $70\sim 80\text{mg/kg}$ 体重と算出された。外部由来の異物を排除する肺胞マクロファージの数は、投与7日後の観察で投与量増加に伴い著しく増えていたが、投与された飛灰成分の肺内残存量は、飛灰中金属元素で比較的不溶性のAlの含量(飛灰重量の4-6%)を中心に測定した結果、1回投与の7日後ではその殆どが残っていた。更に、週1回投与を数週間繰り返すと、Alは徐々に蓄積されていく様子が観察された。

吸入暴露実験による急性及び亜急性影響の結果で、濃度 65.2mg/m^3 の飛灰を1週間吸入暴露したラット

の肺胞マクロファージ数は増加したが、この細胞に代表的な酵素の酸性ホスファターゼ活性の上昇が洗浄液中に見られ、同様にアルカリ性ホスファターゼ活性も肺胞洗浄液から分画された白色沈査中にみられたことから、飛灰による細胞損傷が推測された。濃度が 24.2mg/m^3 で顕著であったが、1ヶ月間暴露により肺洗浄液中で蛋白質及び糖質の、また白色沈査中でビタミンEの含量が増加し、逆にビタミンCは減少していた。更に、 13.4 及び 2.8mg/m^3 濃度で3ヶ月間暴露を行うと、ビタミンCも減少していた。従って、飛灰による実質細胞の損傷に伴う細胞内成分の放出、また飛灰成分との反応による還元性ビタミン類の消耗が推測される。肺組織内残存Al量は、暴露期間に関係なく高濃度では組織 1g 当たり約 $100\mu\text{g}$ 、低濃度で約 $40\mu\text{g}$ であり、数ヶ月間に不溶性成分もリンパ節などを経て徐々に他の臓器に移動していく可能性が示唆された。

低濃度吸入暴露による慢性影響は、 2mg/m^3 前後及び $0.6\sim 0.7\text{mg/m}^3$ 濃度で6~12ヶ月間暴露を行ったラットの肺重量変化、マクロファージ数、生体成分量の変化で観察されたが、亜急性暴露による変化より少なかった。飛灰の金属元素として最も多い(約20%) SiO_2 は、12ヶ月間暴露で肺においてAlやCr以上にその蓄積率が最も高かったが、肝臓においてはZnに次いで高かった。このことは、長期間吸入していると、金属元素によっては肺から肝臓等に移動することを示していた。

飛灰 10g 当たり 0.1N 塩酸溶液 200ml により 25°C で30分間振とうして得た抽出液を $1\mu\text{m}$ 孔のメンブレンフィルターで濾過し、 1N 苛性ソーダ溶液で $\text{pH}6\sim 7$ に調整した溶液を水道水で倍に希釈してラットに自由摂取方式で与えた。投与開始から1ヶ月後及び3ヶ月後、エーテル麻酔下腹部大動脈から脱血死させ、肝臓、腎臓、胃、小腸、肺、心臓、脾臓、胸腺、副腎を摘出し、湿重量測定後、硝酸及び過酸化水素水を添加し、加熱分解した液を金属元素分析用試料とした。

飛灰抽出液を投与したラットの臓器中に検出された金属元素のうち、Cdは殆どの臓器で著しい蓄積が見られたことが特徴的であった。特に、水道水摂取群に比較して腎臓で1ヶ月間で約3~9倍、3ヶ月間では5~41倍、肝臓でそれぞれ約5~7倍、15~23倍、小腸で約4~8倍、6~13倍であった。このCdの飛灰抽出

液中の含量は極めて少なく、検出された量の大部分は固形飼料から由来していることが算出により明らかとなった。灰抽出液投与により、摂取した飼料由来の Cd 等が臓器に蓄積され易い状態に変化したことが推測される。この結果は、都市ごみ焼却灰が埋め立てられた

場合、そこから溶出した重金属等が地下水や土壌を汚染し、食サイクルに入り、人の健康を害する可能性があることを示唆している。従って、廃棄物の処理施設の設置や管理には万全の配慮を行う必要があるものと思われる。