

国立公衆衛生院研究懇話会記事

第275回 (平成5年4月22日)

1. 空気中の発がん関連物質への曝露実態の評価

田辺 潔 (国立環境研究所化学環境部)
(国立公衆衛生院地域環境衛生学部)

【はじめに】

多環芳香族炭化水素(PAH)、多環芳香族ニトロ化合物(ニトロ-PAH)などの多環芳香族化合物は、自動車、ボイラー、焼却施設、喫煙、調理などにおける燃焼や熱分解の過程で容易に生成し、屋内・外の空气中に広範に存在するため、空气中的代表的な発がん関連物質として注目されている。一方、空気汚染や汚染物への人体曝露実態を正確に把握評価するには、日常生活の大半を過す屋内空気の汚染計測や個人曝露濃度の直接計測が必要不可欠であるとされている。そこで、空气中的これらの代表的な発がん関連物質について、パーソナルミニポンプによる試料採取法、高速液体クロマトグラフィーによる高感度自動分析法、曝露状況に影響を及ぼす因子などに関する質問表等を開発し、個人曝露濃度や屋内汚染の計測を中心としたフィールド調査を行い、調査手法の有効性を検討すると共に曝露実態の解明を試みた。

【調査方法】

浮遊粒子試料をパーソナルミニポンプを用い、石英繊維フィルター(25mmφ)上に1~1.5l/分で24時間ずつ捕集した。PAH及びニトロ-PAHの分析は、有機溶媒による超音波抽出、簡単な前処理の後、それぞれカラム濃縮HPLC/蛍光検出法及びマルチカラムHPLC/蛍光検出法を用いて行った。これらの分析法は、オンラインで濃縮、還元、分画などを行い、試料溶液の大量注入(有効利用)が出来るため、従来法より1~3桁実用感度が高く、調査で得られた微量かつ多数の試料を効率良く分析することが出来た。調査は夏と冬に連続3日間ずつ、PAHについては約20名、ニトロ-PAHについては11名の協力者(主に首都圏に居

住する学生)について行った。個人曝露試料(サンプラーを常時携帯)、自宅の台所、居室(最も滞在時間の長い部屋=寝室)及び屋外における環境試料を捕集すると共に、質問表を用いて生活行動、調理、喫煙、暖房等の屋内発生源及び換気の状態、家屋構造、居住地域及び周辺の発生源の状態などを調査し、データ解析に用いた。

【結果及び考察】

生活行動：夏と冬で大きな差がなく、屋内滞在時間が1日の約90%を占めており、屋内における曝露が人体曝露の決定的因子であることが確認された。自宅寝室での滞在時間が最も長く、台所、居間などを合わせた自宅屋内での滞在時間が1日の約半分を占めていた。主婦、子供、老人や休日など、一般にはより長時間自宅に滞在するため、自宅やその周辺における汚染・曝露実態の把握が重要であると考えられた。また、夏は良好に換気が行われていたが冬は殆ど行われておらず、屋内発生源の影響が現われ易くなっていることが確認された。

PAHによる汚染・曝露実態：表1に調査結果の概要、図1にBaPの協力者毎の個人曝露濃度及び自宅環境濃度(3日間の平均、欠測がある場合は除外)を比較して示す。個人曝露濃度及び自宅環境濃度には、大気中のPAH濃度と同様に全体的な大きな日変動が認められた他、都心や自動車交通量が多い地域に居住する協力者で濃度レベルが高いようであった(図1)。冬は夏より濃度レベルが高く、また、いずれの季節も測定場所(個人曝露を含む)間で濃度レベルに若干差があった。換気が良い夏でも差の多くが有意であり、全体として屋外及び台所が他より高濃度であった。台所では

表1 PAHの個人曝露濃度及び自宅環境濃度
(単位: ng/m³)

		夏(18名×3日間)		冬(19名×3日間)	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
Py	屋外	0.99	0.89	4.73	2.95
	台所	0.81	0.51	2.50	2.15
	居室	0.74	0.47	2.11	1.54
	個人	0.68	0.36	2.14	0.93
BaA	屋外	0.58	0.47	2.58	1.78
	台所	0.56	0.49	1.76	1.16
	居室	0.51	0.35	1.23	0.82
	個人	0.47	0.28	1.33	0.77
BkF	屋外	0.54	0.34	1.53	1.14
	台所	0.54	0.37	1.32	0.92
	居室	0.50	0.30	0.93	0.68
	個人	0.43	0.20	0.94	0.62
BaP	屋外	1.00	0.78	3.41	2.52
	台所	1.09	0.93	3.16	2.09
	居室	0.94	0.63	2.43	1.67
	個人	0.82	0.40	2.30	1.65
BbC	屋外	0.21	0.10	0.45	0.27
	台所	0.23	0.18	0.43	0.21
	居室	0.23	0.18	0.39	0.21
	個人	0.18	0.07	0.35	0.15
BghiP	屋外	1.31	0.71	3.95	2.52
	台所	1.45	0.93	3.89	2.34
	居室	1.29	0.68	2.99	1.94
	個人	1.13	0.51	2.89	1.78
dBaP	屋外	0.12	0.08	0.27	0.16
	台所	0.14	0.11	0.26	0.14
	居室	0.12	0.07	0.25	0.19
	個人	0.12	0.15	0.22	0.10

調理によると思われる汚染が認められた場合があったが(図1), 全体として著しい屋内汚染は認められず, 汚染と発生源との因果関係も明確でなかった。これは, 屋内発生源からのPAH発生量がNO₂などの場合よりは少ないため, 著しい汚染が比較的起こりにくいためであると考えられた。PAH相互の間に高い濃度相関が認められた他, 個人曝露濃度及び自宅環境濃度相互の間に高い相関が認められ, ここでも自宅屋外の汚染が屋内汚染及び個人曝露に大きな影響を及ぼしてい

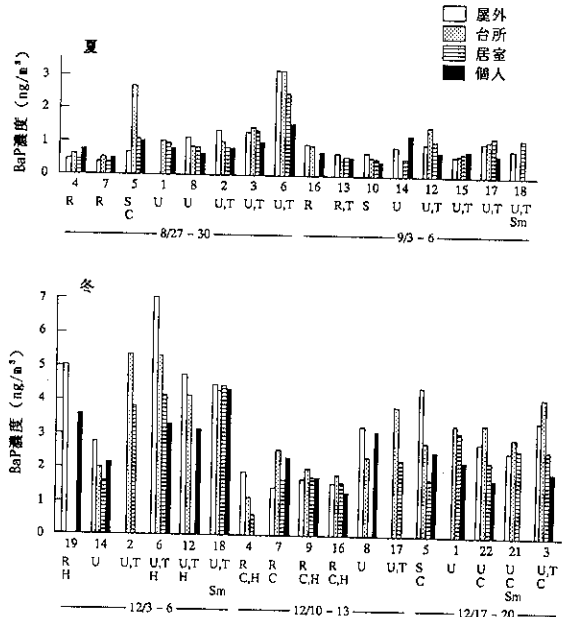


図1 BaPの個人曝露濃度及び自宅環境濃度
1~22:協力者番号, R:校外, S:周辺部, U:都心, T:交通量の多い道路から50m以内, C:調理, H:暖房, Sm:喫煙者

ることが示唆された。自宅環境濃度と滞在時間に基づいて個人曝露濃度を推算し(自宅以外の環境濃度には屋外濃度の平均を使用), 実測値と比較したところ, 両者は高い相関を示したが値は必ずしも一致せず, 正確な人体曝露評価には個人曝露の直接計測が重要であることが示された。

ニトロ-PAHによる汚染・曝露実態: 表2に調査結果の概要, 図2に1-NPの協力者毎の個人曝露濃度及び自宅環境濃度を比較して示す。ニトロ-PAHはPAHよりかなり低濃度で, 特に夏は1-NP以外のニトロ-PAHは検出下限以下であることが多かった。1-NP濃度には, PAHの場合と同様に, 全体的な大きな日変動と共に大きな協力者間差が認められ(図2), 都心や自動車交通量が多い地域に居住する協力者で濃度レベルが高い傾向があった(図2)。また, 冬は夏より高濃度であり, いずれの季節も測定場所間で濃度レベルにかなり差があった。屋内汚染は特に認められず(図2), 全体として屋外>屋内の関係が認められ, その差は換気の少ない冬の方が大きかった。また, 冬は屋外>個

表2 ニトロ-PAHの個人曝露濃度及び自宅環境濃度
(単位: ng/m³)

		夏		冬	
		平均*	標準偏差	平均*	標準偏差
2-NF	屋外	0.05	0.02	0.06	0.03
	台所	0.06	0.04	0.11	0.09
	居室	0.07	0.06	0.06	0.05
	個人	0.05	0.04	0.08	0.05
3-NFlr	屋外	0.05	0.04	0.12	0.05
	台所	0.05	0.04	0.09	0.06
	居室	0.04	0.02	0.09	0.05
	個人	0.07	0.06	0.08	0.04
1-NP	屋外	0.061	0.043	0.268	0.099
	台所	0.033	0.017	0.134	0.057
	居室	0.042	0.032	0.116	0.058
	個人	0.072	0.044	0.182	0.088
6-NC	屋外	0.014	0.012	0.069	0.043
	台所	0.019	0.014	0.037	0.027
	居室	0.014	0.013	0.022	0.014
	個人	0.011	0.007	0.044	0.026
6-NBaP	屋外	0.03	0.01	0.14	0.14
	台所	0.04	0.01	0.05	0.02
	居室	0.04	0.02	0.04	0.02
	個人	0.05	0.03	0.06	0.03

* 検出下限以下のデータは検出下限の1/2として計算

人の関係が認められ、これは、1日の大半を過していた屋内の1-NP濃度が一般に屋外よりかなり低かったためであると考えられた。夏は、逆に全体として個人>屋外の関係が認められ、これはバイク利用や都心への通学・通勤などの高濃度曝露要因がある協力者で個人>屋外となることが多かったためである(図2)と考えられた。ニトロ-PAH相互の間に高い濃度相関が認められた(冬)他、1-NPの個人曝露濃度及び自宅環境濃度相互の間に高い相関が認められ、自宅屋外の汚

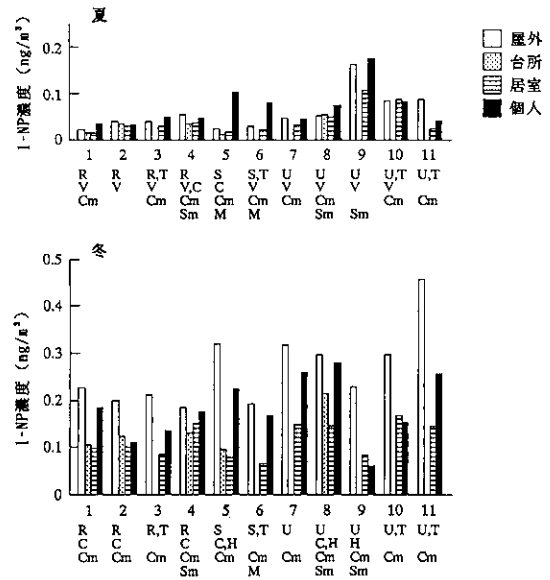


図2 1-NPの個人曝露濃度及び自宅環境濃度
1~11: 協力者番号, R: 校外, S: 周辺部, U: 都心, T: 交通量の多い道路から50m以内, V: 換気, C: 調理, H: 暖房, Cm: 都心への通学・通勤, Sm: 喫煙者, M: バイク利用者

染が、屋内の汚染及び個人曝露に大きな影響を及ぼしていることが示唆された。

【おわりに】

高感度自動分析法を用いた多環芳香族化合物に関する個人曝露及び屋内・外の汚染の総合的な調査は、当該化合物による汚染・曝露実態の正確・詳細な把握に有効かつ実用的であることが判った。これまでの調査で汚染・曝露実態の概要がかなり判ってきたが、個人差、地域差、日変動、季節差などが大きいため、正確な実態把握には、さらに調査を行ってデータを収集していく必要がある。

2. 分譲マンションの老朽化と公衆衛生行政について

松井 恭治 (建築衛生学部)

1) はじめに

わが国で本格的な分譲集合住宅の供給が開始されたのは、昭和40年である。分譲集合住宅のストックが増

大するにつれて、スラム化を防止するための適切な管理の推進に社会的関心が高まりつつあるが、現在わが国に於ける集合住宅の維持管理に対する行政的施策は

殆ど未整備と言って過言でない。ここでは集合住宅の老朽化の現状と、集合住宅への対応を模索する自治体の衛生部局の動向を解説する。

2) 集合住宅ストックの老朽化、低水準化の状況

昭和30年代またはそれ以前に建てられた分譲集合住宅の多くが既に老朽化し、危険建築物または不衛生建築物となっていることは、すでに筆者の様々な研究レポートで報告している。一部は有利な立地条件を生かして既に建て替えが行われたが、建て替え運動が挫折し、維持管理への意欲を失ったままスラム化の様相を示し始めた分譲集合住宅閉地も少なくない。これら古い分譲集合住宅は団地規模が小さいこと、2DKなど狭小住宅が多いこと、全体の戸数も少ないこと、区分所有法未整備の時代に供給され当初から欠陥管理が続けられて来た等の背景から、昭和40年以降に供給された分譲集合住宅の老朽化問題とは、一線を画すものと長らく考えられてきた。しかしながら、40年代初期の分譲集合住宅もその後の分譲集合住宅の水準が向上するにつれて相対的に低水準化し、居住者の高齢化、小規模世帯化、借家化、低所得化、建物設備の劣化が進行し、今後の住宅管理に様々な不安材料が増している。1992年に筆者は昭和40年以降55年までに管理開始された首都圏の公団分譲集合住宅を対象にアンケート調査を実施し、103管理組合より回答を得たが、前述の不安が既に現実化しつつあることを確認した。古い住宅ほど各種大規模修繕実施直後にも外壁の剥落事故、給水管破裂、排水管漏水、ガス漏れ事故等が頻発し、老朽化の進行速度が早まりつつあることを確認した。修繕積立金額の高額な引き上げが、各地でなされているが、居住者の経済的水準の低い都心から遠隔の郊外閉地程据え置かれる傾向が強く現れていた。

建物の老朽化、住宅の狭さや居住者の高齢化に不安を持つ管理組合では、バブル経済で地価急騰した昭和60年以降に建て替え運動を開始したところも少なくない。しかしいずれも合意形成に手間取り、さらにバブル経済の破綻によって運動の長期化の様相を示し始めている。大規模修繕時期に達しても、修繕の合意が得られず、さりとて建て替えの合意も得られない閉地も多数出現した。建て替え運動を行う団地等はこれまで比較的自治能力があり、管理も着実に行ってきた団地であるが、運動によって建物設備の老朽化が加速され

た現実にはバブル経済の後遺症とも見ることが出来る。一般的に建特設備の老朽化の進行は、建て替え運動の長期化と言う特殊条件を除外しても、適切な管理運営がなされているか否か、建物設備が建設の時点で管理への配慮を十分組み込んでいるか否かが大きく影響する。初期の分譲集合住宅は管理の場からのデータのフィードバックがなかったのは、管理の業界自身が成熟していなかったことから致し方なかったとも言えるが、現在でもフィードバックシステムは殆ど確立していない。建設行政の関心が建設にのみ集中し、管理を所有権者と業者の関係にのみ委ねてきた結果である。

3) 衛生行政のかかわり

ところで、近年大都市の衛生行政の末端では、集合住宅の衛生事故苦情相談が増加している。管理体制の未熟な小規模集合住宅が増加してきたこと、長期経過したストックが増加し、給排水設備の老朽化が進行したこと等が大きく影響している。

いわゆるビル管法では集合住宅を対象としていないが、上記の状況に鑑み、集合住宅管理を衛生行政の課題として取り組む自治体が出始めた。給水設備の立ち入り調査によって小規模給水施設のビルほど問題箇所が多いのが判明しているが、指摘事項の半数は設計計画の不備に起因している。設計の不備に起因する事故を無くすには、設計図段階で問題箇所を指摘し改善を促すことが重要である。現在東京の文京区、港区、杉並区、足立区、横浜市、札幌市、福島県の7自治体が建築確認時事前指導を実施し、一部自治体では保健所職員による竣工検査も行っている。指導範囲は給水施設にのみ限定している場合もあるが、ゴミ保管施設、換気設備等に拡大し指導している場合もある。

立ち入り指導や苦情相談を的確迅速に行うため、集合住宅の建物設備台帳を整備した保健所が増えている。管理者の講習会を行う保健所は東京区部で多い。集合住宅の指導現場では経験が蓄積するにつれ、図面記録の保管状況、長期修繕計画の有無を確認し助言する場合が増えた。衛生設備を窓口にしながら、現場の末端では建物全体の計画と管理に関心が広がり始めている。

4) まとめ

これまで集合住宅の管理は私的自治の範囲と考えられ行政はできる限りかかわることを避けてきた。近未来に

は集合住宅のスラム化が大きな都市問題となる恐れがあり、行政は対策を急ぐ必要がある。保健所からのアプローチは現在限定的ながら、効果を上げている。住宅行政が受付許認可融資行政で足を持たないのに比べて、保健所は地域に密着した拠点であり足を持つ点に特色がある。衛生行政から住宅監視制度の検討が今後

必要となると考えている。

尚、集合住宅のスラム化防止にここでは対物衛生からのアプローチの重要性を事例を挙げて述べたが、対人保健からのアプローチも必要である。建て替え運動を行っている多くの団地では現在の住宅の構造が高齢者の居住に適さない不安が大きい。

第276回（平成5年5月27日）

1. 放射線の発ガンリスクに関する実験的研究と人間集団への適用について

緒方 裕光（放射線衛生学部）

公衆における放射線のリスクを考える場合に実際上重要な影響は、低線量被ばくによる晩発性障害であり、その代表的なものは悪性腫瘍の出現（発ガン）である。しかし、放射線の被ばく線量（特に低線量域）と発ガン率との関係、他の化学物質との相乗効果、動物実験データのヒトへの適用などについては、未解明な点が多い。放射線を利用している各国では、上記問題点を解明するため、リスク評価を目的とした疫学的研究や、モデル動物を用いた実験的研究が、従来から数多く行われている。このうち、歴史的に放射線と縁の深いフランスでは、原子力庁（CEA）所管の原子力研究所に生命科学部門が設けられ、放射線防護のための生物学的な研究が重要なテーマの一つとなっている。1991年10月から1年間、フランスのFontenay-aux-Roses原子力研究所に滞在する機会を得たので、同研究所で行なわれている「放射線と他の化学物質の交互効果に関する実験的研究」の概要を紹介するとともに、それらの実験結果に基づき、放射線の発ガンリスク評価に関する統計的モデルの適用について検討した結果を報告する。

本実験では、放射線（中性子線被ばく、ラドン-222の吸入など）による発ガン影響に関して、線量-反応関係、及び他の化学物質（tetrachlorobenzyltoluene（TCBT）、para-dichlorobenzene（PDCB）など）との交互効果の有無を明らかにするため、各要因を負荷された多数のラット（Sprague-Dawley）につき、死亡するまでの生存時間及び死亡時における発ガンの有無を観察した。

まず、線量-反応関係については、中性子線の被ば

く線量1.5~2.0Gyで全発ガン及び良性腫瘍の発生率のピークがみられ、それ以上の高線量域では、ガン以外の原因で死亡する確率が増加するため、発ガン率は低下した。またラドンの場合にも同様な傾向がみられた。一方、統計学的有意差の検出力の問題もあり、一般的に疫学調査で得られているデータの多くは、比較的高い線量域の被ばく集団を対象としている。したがって、発ガンリスクに関して、疫学的データに基づき、線量-反応関係に直線を仮定し、そのまま低線量域へ外挿するには、多くの問題点が残されているといえる。

つぎに、放射線とTCBT、PDCBなど（これらは、近年、工業分野での利用が増えているが、発ガン性も示唆されている）との交互効果について、各線量及び曝露量を組み合わせて、発ガン率及び生存時間を比較したが、統計学的には有意な差は検出されなかった。

さらに、これらの実験結果に種々の統計的モデルをあてはめたところ、まず、線量-反応関係については、適用するモデルの種類によって低線量域での形が変わり、リスクを過大評価または過小評価する可能性のあることがわかった。また、各交互効果については、モデルによって結果に関する結論は変わらなかったが、各群での発ガン率が低いことや、線量、生存時間及び各曝露要因を同時に考慮しなければならないことなど、モデルの適用にあたっては十分な検討が必要である。

放射線のリスク評価において、実験的研究を人間集団に適用するためには、いずれにしても数量的なアプローチが必要であり、統計的なモデルの検討が重要で

ある。一方、統計的モデルのみでは、生物学的な現象を説明するには不十分であり、さらに、放射線の影響を示す生化学的な指標や、生体影響のメカニズムなど

について明らかにしていくことが今後の課題であると考えられる。

2. 杉花粉症と大気汚染

荒川はつ子 (労働衛生学部)

最近、自動車排ガスを中心にした大気汚染の拡大と、喘息、花粉症、アレルギー性鼻炎などアレルギー性呼吸器疾患の増大との関連についていろいろな知見が報告されている。その例1：地域特性とアレルギー性鼻炎の有症率を調査した結果で、大都市になるにつれ大気汚染の程度と関連して有症率が増加している事を示している。例2：大気汚染地区と非汚染地区とで花粉飛散数と花粉アレルギー症状とを比較し、自動車沿道と交通量の多くない地域では、花粉飛散の量は同じであるにもかかわらずスギ花粉症の出現頻度に差が認められ、花粉飛散量以外に自動車排ガスによる影響を示唆している。例3：花粉アレルギーの増加とディーゼル排ガス(DEP)の関与についての実験で、DEPのアジュバント(増強活性)効果が確認された。

以上の様な調査及び研究結果をふまえて、我々の研究室では、花粉症の症状の一つであるアレルギー性鼻炎を取り上げ、自動車排ガスの主要成分である二酸化窒素の生体に及ぼす影響をみた。

実験動物として、鼻腔抵抗を測定するためにはマウスでは小さすぎて測定不可能なため、ラットを選び、そのモデルとしてIgE高応答である近交系Brown-Norway(BN)ラットを用いた。このBNラットに関しては、7系統のラットにスギ花粉アレルゲンを免疫した結果、IgE抗体が最も強く産生されていたという報告がある。

このBNラットをAir(清浄空気)群、0.5および2ppmNO₂暴露群の3群に分け、3週間暴露後の各臓器重量(肺、肝臓、腎臓、脾臓、胸線)、気管支肺胞洗浄液中の細胞数をコーンターカウンターと鏡検により分別計測した。その結果、BNラットはWistar系ラットに比べ、体重が軽く、肺重量比(体重に対する百分率)

が顕著に大きく、腎臓重量比は軽度に大きい傾向がみられた。また、NO₂暴露の臓器重量への影響をみると、肺と胸線に顕著に、また肝臓、腎臓の重量比に軽度に、0.5ppm群が他群に比べて低い値を示した。

次に気管支肺胞洗浄液中の細胞数をみると、Air群で、Wistar系ラットに比べ炎症性細胞と思われる比較的小さい細胞の割合が増加し、この傾向はNO₂の濃度をあげるに従って増強し、特に2ppmNO₂暴露群においてその傾向が強くと認められた。鏡検法により形態学的に計数してみると、まず、Air暴露群のWistar系ラットではほぼ100%がマクロファージとモノサイトで占められていたが、BNラットではAir群でも好酸球や好中球が数%ではあるが認められた。また、0.5、2ppmという比較的低濃度のNO₂暴露に対して、好中球や好酸球が増加する現象がみられ、この事は、BNラットの特徴の一つと考えられた。特に0.5ppm群にみられた気管支肺胞洗浄液中の好酸球増多傾向と胸線の臓器重量比の変化より、0.5ppmのNO₂濃度で、免疫系に何等かの影響を与えているのではないかという事が示唆された。

ここまでは何もしていない所謂非感作群のBNラットについて述べたが、次にスギ花粉感作群のラットについてみた結果を示した。臓器重量、気管支肺胞洗浄液中の細胞分画及び測定方法には若干問題があると思われる鼻腔抵抗において、0.5ppm群の方が2ppm群よりも変化が大きい傾向が認められ、これはスギ特異IgE抗体の値が0.5ppm群で最も高いという結果と一致し、比較的低濃度のNO₂暴露がスギ花粉症の発症を修飾している可能性を示唆していると思われた。次のステップとして、NO₂濃度の設定、さらにはDEP暴露についても検討中である。