

フラーレン取り扱い職場の空气中粒子濃度と空气中粒子形状の電子顕微鏡観察

○鷹屋光俊，芹田富美雄，小野真理子，篠原也寸志，斉藤宏之，甲田茂樹

（独）労働安全衛生総合研究所

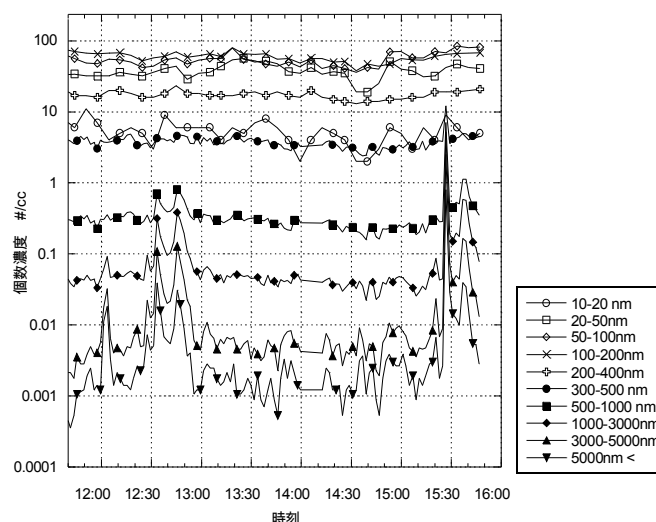
はじめに ナノテクノロジー技術の進展に伴い、一次粒子の粒径が 100nm 未満の「ナノ粒子」を扱う労働者の数が増えると予想される。粒子の粒径が小さいことに伴い、材料が今までと異なる生体影響を持つ可能性が懸念される。一方、ナノ粒子に関しては、生体影響のみならず、労働者の曝露の可能性・そもそもどのような産業でどの程度使用されているかについても不明な点が多い。独立行政法人労働安全衛生総合研究所では、ナノマテリアルに関して、(1)産業現場での取り扱いの実態調査・(2)実際の作業環境で使用可能な測定および環境管理手法の検討・(3)作業環境管理方法の提案・(4)生体影響評価方法の検討からなるプロジェクト研究を 3 年計画で実施中である。このプロジェクト研究の一部として、使用の実態調査と、各種測定方法の現場での性能評価を兼ねた現場調査を行っている。本研究では、代表的ナノ材料の一つであるフラーレン取り扱い企業の協力を得て行った現場調査について報告する。今回の現場調査は、(a)様々な取り扱い作業時における気中粒子濃度および粒径分布のリアルタイム測定。(b)気中フラーレン濃度測定、(c)気中粒子の電子顕微鏡(SEM/TEM)観察等を行うことによってフラーレン取り扱い作業における作業環境管理に必要な基礎的知見を得ることを目的とする。このうち、気中フラーレン濃度は、別演題で発表し、本演題では気中粒子濃度測定および電子顕微鏡観察の結果について報告する。

測定およびサンプリング 本研究は、株式会社イデアルスター（以下イデアルスター）の協力を得て行った。同社は、フラーレンに金属イオンを注入し、フラーレン内に金属が入った金属内包フラーレンを製造している。製造プロセスはクリーンルーム内に置かれた金属注入装置(真空下で運転)で金属の注入を行った後、水・有機溶剤を用いて、製品を精製する。各工程に関して、光散乱式粒子カウンター（日本カノマックス Geo α 3800）で、粒径 0.3 μ m 以上の粒子個数濃度を測定する予備測定を行った結果、反応炉から粗生成物が付着した部品を取り出し、金属へらを用いて瓶に入れる「掻き出し」工程において、もっとも粒子数濃度変化が大きかった。そこで、掻き出し工程を挟んで、反応炉付近の粒子濃度および粒径を、表に示した機器で測定した。また、同じ場所の空気をシュータスインパクターサンプラー（2.5, 1.0, 0.5, 0.25 μ m に分別捕集する）で、フラーレン化学分析並びに SEM 用試料を、静電粒子捕集装置（TSI 3089）で TEM 用試料を捕集した。

表 用いた測定方法および捕集方法

測定対象	方法	機器および詳細
粒子個数濃度(ナノ-サブミクロン)	凝縮核カウンター(CNC)	TSI3007(10-1000nm), カノマックス 3800(15-1000nm)各 1 台
粒子個数濃度 (ミクロン粒径)	光散乱粒子カウンター	カノマックス Geo α 0.3, 0.5, 1, 3, 5 μ mを同時測定
粒径分布	走査モビリティ粒子サイザー (SMPS)	TSI 3080DMA+3010CNC 10-420nm の粒径別個数濃度を 105ch の分解能で 3 分間隔で測定
粒子表面積		TSI Aerotrak9000 測定モード A (肺胞吸着粒子面積相当)

結果および考察 図は、光散乱粒子カウンターおよび SMPS の測定結果を時系列に表示したものである。測定日には、12 時 30 分頃と、15 時 30 分頃の 2 回、掻き出し行程が行われた。図に示すとおり、掻き出し工程時の、粒子の放出を観測することができた。発生する粒子は、凝集しているものと推定され、比較的大きな粒子の濃度変化は顕著であるが、小さい粒子径の粒子の濃度変化は明瞭に観察されなかった。作業環境中に放出されるフ



ラーレンはサブ μ m オーダーの粒子として飛散するものが主なものと推定され、発生源およびばく露防止対策については、今までの粉じん職場の手法が有効ではないかと考えている。

フラーレンに限らず、取り扱っている材料はナノスケールであっても、環境中の粒子の多くが凝集している例は多いと予想され、今回我々が行った簡易な粒子カウンターによるホットスポット（場所・作業内容）の洗い出は有効な方法だと考えている。今後、他のナノ粒子取り扱い職場での適用可能性に関するデータの蓄積を行う予定である。一方、ナノ粒子として存在しているナノ材料の評価に関しては、一般環境由来のナノ粒子数が非常に大きいという問題がある。今回の測定現場は、クリーンルーム内でありバックグラウンド粒子濃度の変化ならびに粒子濃度の双方が小さいため、作業に伴うナノ粒子濃度変化を見逃した可能性は小さいと考えられるが、すべてのナノ材料取り扱いがクリーンルーム内で行われているわけではないことも、別に報告するアンケート調査等で判明している。この点に関しては、ナノ粒子取り扱い作業現場の作業環境管理における課題としてさらなる研究が必要であると考えている。

このほか、口演では、他の測定機器の測定結果並びに、現場から採取した粒子の SEM/TEM 観察結果も併せて報告する。