

研究課題 酸化チタン（ナノ粒子を含む）の二次発じんと作業者個人ばく露の調査
金属酸化物の二次発じんに関する調査（一般公募型）（190602）

研究代表者 金沢大学 古内正美

1. 本研究の背景と目的

金属酸化物（酸化チタン、三酸化二アンチモン等）は主に粉体として生産され、プラスチック製品や化粧品の高機能化等に使用されるが、粉じんとして吸入すると重度の健康障害を生じる恐れがあるため、法令でじん肺等疾病防止義務が定められている。一方で、これら金属酸化物粉体の健康リスクを明らかにすることを目的として、ナノマテリアルを中心に様々な粉じんの健康リスク調査が行われてきており、吸入性粉じんやナノ粒子の袋詰等の作業者へのばく露状況が明らかになりつつある。

これら金属酸化物を樹脂に混合した様々な製品が製造されており、その際ばく露防止を目的とした湿潤化、液体状の樹脂等との混合（スラリー状、ペースト状のものを含む。）又は固化などを行った上で切断や切削などの加工が行われているが、加工時に発生する二次発じんについては調査事例がほとんどなく、作業環境管理上の扱いが定まっていない。例えば、ポリエチレンテレフタレート樹脂ペレット製造の際に、色付けのための酸化チタンや、触媒としての三酸化二アンチモン等が添加されるが、これらのリスクは食品健康影響評価の観点からのみ検討されており、製造時の発じんについての検討事例は限られている。液体との混合、固体材料へ混入された粉体材料からの発じん量は多くないことが予想されるが、作業環境の管理基準を検討するためには、それを立証するデータが必要である。

粉体材料製造・取り扱いでの発じん（一次発じん）が懸念される場所は、袋詰と輸送に関連する場所で、素材によらず共通しているが、樹脂成形体などの二次加工時に発じんの発生が懸念される製品とその製造プロセスは多様であり、発じんの可能性があるプロセスの情報も無い。そこで本研究では、化学物質による健康障害の解明の一環として、金属酸化物の二次発じんの実態把握のための調査と発じん条件を明確にするためのラボ実験を実施して、「酸化チタンなどの金属酸化物粒子の二次発じんリスク」を現状と特性を明らかにすることを目的とする。

2. 研究計画と調査方法

本研究の計画項目は、1) 二次加工製品の種類と工程の実態調査、2) 樹脂混練等でマトリックスに粒子が固定された後の乾燥・切削・破碎等の二次加工時の発じんが推定されるプロセスの選定と当該金属酸化物の粉じんの気中濃度測定による発じん評価、3) 電子顕微鏡観察等による当該粉じんの性状（粒径や形状、表面状態等）に関する事例の蓄積、4) 発じんが確認されたプロセスや調査困難なプロセスに関する試験用混練供試体を用いたラボ実験（加工条件と発じん量に関する検討）である。研究は、1年目の二次発じん実態調査（1～3）、2年目の二次発じんが想定される行程での実態調査およびラボ実験（4）で構成され、これら事例調査およびラボ実験を総合して「酸化チタンなどの金属酸化物粒子の二次発じんリスク」を検討する。今年度もコロナ禍の影響が継続し、1) および2) の項目が2021年11月の1回目予備および本調査まで実施できなかった。また、2022年1～2月に計3箇所の事業所

の調査に向けて調整中であったが、オミクロン株の感染状況が急激に悪化してまん延防止処置が実施されるなど、調査を実施する環境になくなったため、やむなく予定していた調査を断念した。3) についても、本年1月以降のコロナ禍の影響の悪化のため実施が遅れ、チタン分析・顕微鏡観察の実施途中で、分析・観察結果は報告書提出後に得られる予定である。4) は1) - 2) で得られる現場情報にもとづいて実施する計画としてあるが、唯一調査実施できた化成品製造現場の発じん状況が、マスターバッチ加工時の二次発じんがほとんど認められない現場で、粉体投入する際の一次発じんの影響が卓越する状況であり、二次発じんの寄与を明確に議論するのは非常に難しいケースと判断された。今年度は引き続いたコロナ禍の影響のため1) と2) について1事業所のみ調査を実施した。

3. 研究成果

日本酸化チタン工業会の協力により、日本塗料工業会、印刷インキ工業会、化成品工業協会および日本化学繊維協会の各業界団体に所属する複数個所の事業所の訪問・実態調査の許諾を得て実施した計3か所の事業所の実態調査から、塗料やインキ、化成品や化学繊維等各種製品の製造工程で発じんの可能性がある対象作業は、主に製造プロセスの「入口」にあたる顔料等粉体と溶媒の混合工程と「出口」にあたる最終製品の計量・充填工程にあることがわかった。このうち、前者は素材粉体の1次発じんに相当し、従前の厚生労働省委託事業で調査済みであることから、本研究の主眼である二次発じんの調査対象はプロセスの「出口」になる。製造工程を見学した範囲では、目視での発じんは認められず、粉体製造プロセスと比較して低濃度になることが予想されたことから、広い濃度範囲に対応できるよう、使用する機材の選定や使用条件についても検討し、試作中のポンプの仕様調整を含めた機種選定を行い、2年目に仕様を検討した。3年目には、酸化チタンを含むマスターバッチを製造する事業所1ヶ所の調査のみ実施した。当該事業所で、作業者は一次発じんの影響が顕著な仕込作業と二次発じんが予想された清掃・押出等の作業を両方行っていたが、個人ばく露測定から得られた粒子質量濃度と粒子径分布は、仕込作業空間内の定点観測値に近く、マスターバッチ磨砕粒子など二次発じん粒子を含むと考えられる乾燥機清掃時の影響は小さかった。マスターバッチの切断工程が密封・湿式のため切断加工時の発じんは無く、乾燥機の清掃作業が唯一の二次発じん源と推定される状況では、粒子質量濃度の観点からは、堆積酸化チタン粒子の影響を考慮したとしても二次発じんの影響は小さいと言えるが、二次発じんの発生の有無については、チタン分析、樹脂分析等の化学分析と顕微鏡観察による裏付けが必要と考えられる。

4. 結論と今後の展望

本研究で得られた成果は、当初目標とした事項の一部に限定されており、対象とした製造プロセスも1種類・1事業所のみとなっており、より二次発じんが明確となる事業所・作業現場での調査が望まれるが、二次発じんの可能性のある現場の例として、その影響を最大に見積もったとしても二次評価値よりは十分に低い粒子濃度であり、緊急の対策を必要とするレベルにないことを示すことは、当該事業所だけでなく類似のプロセスを有する他の事業所に対する有益な情報となると考えられる。今後追加される予定の情報と合わせて、日本酸化チタン工業会へおよび本研究で調査対象とした事業所への情報共有を行う予定であり、機会が得られれば本研究で得られた知見と開発機材を基盤として追加の調査・実験を実施し、より有益な情報として利用されるように努める。