

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員個人ばく露の調査
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員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ており、状況が改善した現在、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。

予備調査では、対象となる化成品製造プロセス見学と作業内容の調査を実施し、本調査対象プロセスを決定した上で調査日程を調整した。本調査では、各種作業中の作業空間粒子濃度および粒子個人ばく露状況の把握、適切な評価条件設定のための基礎データの獲得、試作ナノ粒子個人ばく露評価用サンプリングの設計・操作条件の妥当性の確認、改良方針の検討を目的として、主に粉じん濃度の観点で作業現場の状況を評価した結果をまとめた。

3. 研究成果

調査対象とした酸化チタンを含有するマスターバッチを製造する事業場において、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。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。粒子個数濃度および粒子径分布から、ナノ粒子の発生が確認できたが、濃度は低かった。本事業所では、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。しかし、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

本研究で期待される効果には、1. 金属酸化物粒子の二次加工製品製造工程からの発じん（二次発じん）の実態データの整備、2. ナノ粒子の作業環境濃度と個人ばく露の詳細調査に基づくリスク管理基準のための知見蓄積に加え、間接的な効果として3. ナノ粒子計測技術の向上と改良のための知見蓄積が挙げられる。今年度は、3箇所の事業所の調査に向けて調整中であったが、コロナ禍の制限のため、酸化チタンを含むマスターバッチを製造する事業所1箇所の調査のみ実施した。ラボ実験については、調査が困難な場合、二次発じんが予想されるプロセスから製品試料の提供を受けた上で、限定された条件で実験を実施すること検討することの必要性も考慮されたが、実際の現場で調査を実施した経験から、特に今回のような特殊な発じん状況については、製造状況と条件を十分把握できない状況での実験が適切でないと判断し、実施しなかった。