

## 8. まとめ及び今後の課題

本検討会は、浮遊粒子状物質の中でも粒径の小さい微小粒子状物質について、国内外の知見を踏まえ、微小粒子状物質の呼吸器系や循環器系等への健康影響に関する評価について専門的な検討を進めることを目的として、平成19年5月29日に第1回会議を開催した後、報告をとりまとめるまで合計11回に及ぶ調査審議を行ってきた。

微小粒子状物質の健康影響評価の作業を行うにあたって、「微小粒子状物質曝露影響調査報告」や「粒子状物質の健康影響に関する文献調査」の国内外の知見を検討した後、平成19年10月30日第4回会議において、曝露、毒性、疫学の3分野のワーキンググループを設置した。また、その後にとりまとめられた「大気汚染に係る粒子状物質による長期曝露影響調査（三府県コホート研究）」の知見も加えて検討を進めた。

曝露ワーキンググループにおいては、大気中粒子状物質の特性及び曝露評価の事項を検討した。大気中粒子状物質の特性では、物理・化学的な性質や測定方法等の既存知見をまとめるとともに、曝露評価では、大気中濃度、排出量推計、モデルを用いた生成機構や組成推計、ヒトへの曝露様態の既存知見をまとめた。

毒性ワーキンググループにおいては、生体内沈着及び体内動態並びに毒性学研究の健康影響の事項を検討した。生体内沈着及び体内動態では、毒性学や疫学に関する健康影響を評価する上で役立つヒト及び動物における粒子の生体内沈着及び体内動態の既存知見をまとめた。毒性学研究に基づく健康影響については、ヒト志願者や動物を用いた実験の知見を基に呼吸器系、循環器系（心血管系）、免疫系等の分類毎に、それぞれの障害に関する影響等の仮説の確からしさの評価を行った。

疫学ワーキンググループにおいては、疫学研究に基づく健康影響の事項を検討した。さまざまなタイプの疫学研究によって得られた大気中粒子状物質への曝露に伴って生じたと想定される健康影響に関する知見を基に、呼吸器系、循環器系疾患等による死亡、入院及び受診並びに呼吸器系、循環器系に関する症状及び機能変化等の健康影響指標毎に、Hillが示した観点（整合性及び生物学的妥当性を除く）から評価を行った。

3つのワーキンググループにおいて原案を作成した知見を統合して、粒子状物質の大気・体内中の挙動に関する整理、適切なカットポイントの検証、影響メカニズムの検証、有害性の同定に関する健康影響評価の作業を実施してきた。

粒子状物質の大気・体内中の挙動に関する整理に関して、(1)粒子状物質の特性において、①粒子状物質の物理・化学的性質、②測定方法の既存知見をまとめ、(2)曝露評価において、①大気環境データの現状、②発生源影響、③モデルによる濃度推計、④ヒトへの曝露様態の既存知見をまとめ、(3)体内沈着・動態の整理において、①生体内沈着、②体内動態の既存知見をまとめた。

また、我が国では、粒子状物質の指標に関し、粒径に着目し、粒径10 $\mu$ m以下の浮遊粒子状物質(SPM：測定においては粒径10 $\mu$ m以上の粒子を100%カット)の環境基準を設定している。今般、粒子状物質の粒径がヒトへの健康影響に関して重要な要素となることから、(1)粒子の物理的・化学的要素、(2)曝露データ、(3)粒子の体内挙動、(4)科学的知見の

蓄積等の検討から、粗大粒子を含めた粒子状物質のカットポイントの上端を 10 $\mu\text{m}$  とする従前の知見とは変わりがないことを確認した。そのうえで微小粒子と粗大粒子の間のカットポイントを 2.5 $\mu\text{m}$  が妥当と評価した。

粒子状物質の影響メカニズムにおいて、毒性学研究の健康影響に関する評価を踏まえ、呼吸器系、循環器系（心血管系）、免疫系、発がん等の分類別に微小粒子状物質やその成分による影響について想定されるメカニズムをまとめた。

有害性の同定において、粒子状物質の曝露による健康影響に関する総合的な評価を行うため、疫学知見から示された結果が毒性学知見から想定される影響メカニズムによって支持できる、あるいは矛盾しないものであるかについて、生物学的妥当性や整合性に関する検討を行った。最後に、疫学研究の健康影響に関する評価とこれらの生物学的妥当性や整合性についての検討結果を統合して評価を行った。

今回の健康影響評価の作業を通じて、我が国の浮遊粒子状物質（SPM）の環境基準の根拠として示されていた呼吸器症状や肺機能の変化、死亡リスクの増加等については、微小粒子（PM<sub>2.5</sub>）にもその関連がみられるとともに、短期曝露の影響として呼吸器系・循環器系疾患による入院・受診数の増加、短期曝露及び長期曝露の影響として循環器系に関する機能の変化、死亡リスクの増加、長期曝露の影響として肺がんに関する死亡リスクの増加についても微小粒子との関連がみられた。

これまで SPM の健康影響に関しては、その物理的性状に着目し、粒子状物質のヒトの体内への侵入は主として呼吸器系に対して直接的であり、呼吸器系への影響を主たるものと考えてきた。（昭和 45 年 12 月生活環境審議会公害部会浮遊ふんじん環境基準専門委員会報告）

今般、微小粒子状物質に着目して定性的な評価の検討を進めてきたが、呼吸器系の健康影響指標との関連について微小粒子領域に存在する粒子のみの影響を示すものであると明確に結論づけることは困難であったが、粒子状物質において従前から認められている健康影響が、微小粒子状物質においてもみられた。また、新たに循環器系や肺がんの健康影響指標との関連について、微小粒子状物質によるこれらの影響がみられた。

これら個別の評価に関するいくつかの我が国の疫学研究では、事例は少ないとはいえ粒子状物質と健康影響指標の間の関連が認められなかった報告もある。我が国と欧米の間における微小粒子状物質の循環器系疾患に対する影響の違いに関しては、生活習慣等の違いに係る疾患構造等の相違等が考えられることから、今後知見の集積に一層努める必要がある。従って、欧米における疫学研究の結果を我が国における粒子状物質の曝露による循環器系疾患の死亡リスクの増加や発症、循環器系に関する機能変化の評価に直接使用するには留意が必要である。

また、大気中粒子状物質に関して示された種々の健康影響については、微小粒子のみならず微小粒子を含む SPM や PM<sub>10</sub> においても同様の影響が見られ、粗大粒子の影響も否定できず、微小粒子領域に存在する粒子のみの影響であると明確に結論付けることは困難である。

さらに、粒子状物質とともに他の共存汚染物質と健康影響との関連性を示す疫学知見も多くみられること、気道や肺の炎症作用等、粒子状物質と他の共存汚染物質による毒性学

的な作用に類似性が認められること、大気中の粒子状物質と共存汚染物質の濃度変化に相関性がみられること等から、それぞれの物質の影響を分離することが困難な場合が多いことに留意する必要がある。

今般の評価は、以上に述べた多くの不確実性の下になされてきたところであり、これらの不確実性をできる限り少なくするため、以下に代表される課題に係る知見の集積に一層努める必要がある。

- ・一般環境下において微小粒子状物質曝露により呼吸器系、循環器系疾患により死亡に至るまでの過程の解明に関する検討
- ・微小粒子状物質の健康影響に対する共存汚染物質の寄与又は共存汚染物質による相互作用に関する検討
- ・我が国と欧米の循環器系疾患のリスクファクターと疾病構造の相違に着目した微小粒子状物質の循環器系への影響の相違に関する検討
- ・粒径の大きさや特定の成分に着目した健康影響に関する検討
- ・微小粒子状物質の健康影響に対する高感受性群に関する検討

また、曝露評価の分野に関して、以下の点に課題があることが示されたので、これらの課題についても十分に検討を行うべきである。

- ① 日本は米国と異なり湿度が高い環境にあり、正確な濃度測定を行うためには、秤量測定法や自動測定法に関する測定精度の改良に関する取組みを行う必要がある。
- ② 微小粒子の生成機構は、一次生成のみならず光化学反応による二次生成や東アジアからの越境輸送も考慮する必要がある。また、排出源も多岐にわたる。定量的評価には、微小粒子の生成機構や大気中の組成解明及び排出源の把握に関する情報の整理を行ったうえで、現時点における曝露評価を実施する必要がある。

しかしながら、これらの不確実性の存在にかかわらず、総合的に評価すると、微小粒子状物質が、総体として人々の健康に一定の影響を与えていることは、疫学知見並びに毒性知見から支持される。この結論に至る科学的知見の多くは疫学知見から構成されているが、ヒト志願者に対する曝露実験や各種病態モデル動物を含む動物実験の結果に基づく毒性学的メカニズムによって、疫学知見の整合性や生物学的妥当性が十分に存在することが疫学知見による結論をより強固にしている。これらの疫学研究において示される影響について、大気中粒子状物質の曝露に関して観察される相対リスクは他の曝露要因と比較して必ずしも大きくはないものの、大気汚染による曝露は、人の嗜好や生活パターンによらず全ての者に及ぼしうるものであって、避けることが困難であるという特性を持つことからすると、公衆衛生の観点から微小粒子による健康影響を軽視することはできない。このため、今回の検討で判明した微小粒子に関する様々な影響について、さらに定量的な評価に関する考察を進める必要がある。

なお、閾値の問題に付言すると微小粒子状物質は様々な成分で構成されるとともに、地

域によって大気環境中の粒子成分が変動することから、疫学知見に基づいて粒子状物質への曝露による閾値の存在の有無を明らかにすることは難しいと本検討会は当面結論するに至っている。

この結論は、閾値の存在を仮定したヒトへの健康影響の有無について検討を進める定量的な評価手法を採用することは厳密にはできないことを意味する。したがって、環境目標値の設定等を行うためには、本検討会における種々のエンドポイントに関する有害性の同定に関する評価や、信頼性のある国内外の知見を踏まえ、リスク評価に係る手法について十分に検討を行うべきである。