

水銀が毒として働くとき

水銀は、工業化学物質やプラスチックなど人間が作り出した化合物とは異なり、化学元素であるため、宇宙に普遍的に存在している。このように無くすることができない物質によって環境やヒトの健康に悪影響を与えるという問題には、「リスク管理」という考え方で対処する必要がある。

●「リスク管理」とは？

リスク管理の目的は、有害性とばく露（危険因子にさらされること）の積（掛け算）として「リスク」を算出し、それを我々が受け入れられる程度に小さくすることである。水銀は化学形態を変えながら地球上を循環するため、そのライフサイクル全てを含む包括的なリスク管理を行うことが重要である。

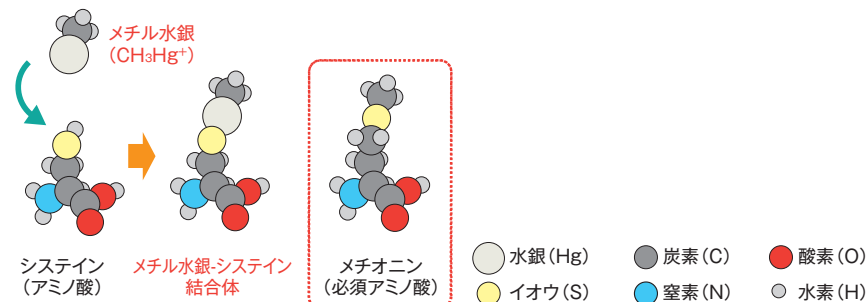
$$\text{リスク} = \text{有害性} \times \text{ばく露}$$

●水銀が生体に影響するメカニズム ～その有害性

環境中の水銀は、大きく「金属水銀」「無機水銀化合物」「有機水銀化合物」（主にメチル水銀）の3つの化学形態に分けることができる。水銀の有害性（毒性と言い換えてもよい。）といっても、様々な水銀化合物がありその毒性は同じではないが、主に2通りのメカニズムで生体に影響を及ぼすと考えられている。一つは、「無機水銀化合物の腐食作用」である。これは無機水銀化合物の水銀イオンによるもので、生体内外の表面に接触した場合、その細胞をただれさせる作用がある。そのため、大量に経口摂取した場合には、主に消化管内や腎臓に障害を与えてしまう。

もう一つが、水俣病を引き起こした「メチル水銀の取り込みによる障害」である。メチル水銀がアミノ酸である「システイン」と結合体を作ることにより発現するもので、特に毒性が強い。この結合体は、必須アミノ酸である「メチオニン」と構造が似ているため、生体が持つ「必要なアミノ酸を吸収して輸送するシステム」の流れに乗ってたんぱく質の一部として合成されてしまい、そのたんぱく質が正しく機能することを阻害する。

一方で生体は、その代謝機構によって様々な形態の水銀を酸化し、解毒を試みる。最終的には無機水銀の形態にして尿中に排泄、これによって解毒するわけだが、そのプロセスにはある程度の時間を要するとされている（摂取した水銀の半分が排泄されるまでの時間は、おおよそ2～3か月）。



メチル水銀-システイン結合体とメチオニンの形態類似性

●水銀の生体内での動き ～そのばく露

水銀へのばく露に関しては、その化学形態に加えて、体内に取り込まれる量と吸収・代謝のされ方が重要になる。

金属水銀による生体への作用はほとんど無く、また、誤飲しても消化管からはほとんど吸収されずそのまま排泄されることが多いため、あまり重篤な影響は生じないと考えられている。しかし、水銀蒸気になると、肺のガス交換機能により高率で吸収され、血流に乗って生体内を循環する。さらに、生体が持つ「血液脳関門」という防御バリアを通過、脳などの中枢神経にまで達してしまう。脳内に入ったのち、金属水銀が生体の代謝を受けて無機水銀（水銀イオン）になると、前述の「無機水銀化合物の腐食作用」によって、部位に応じた障害を発現することになる。

メチル水銀の場合は、主に食事から経口的に摂取され、消化管から高率で吸収される。メチル水銀も次第に代謝、排出されていくのだが、一部は前述のようにアミノ酸と誤認されて輸送され、たんぱく質の中に紛れ込んでしまうことで、その部位と水銀による変性の程度に応じた障害を引き起こす。たんぱく質は、新陳代謝によって次第に組み替えられるものであるが、その頻度は体の部位によって異なっているため、障害の治癒の程度にも違いが見られる。さらに、たんぱく質の変性が不可逆な場合は、水銀が排泄された後でも後遺症が残ると考えられている。

無機水銀化合物については、その化学的安定性によっても毒性が異なるため、生体への作用にも違いがある。例えば、昇汞（しょうこう）：塩化第二水銀、汞は中国語で水銀のことは強い毒性を持っているが、硫化第二水銀は水溶解度が低く、水銀の最も安全な化学形態と言われている。そのため、廃水銀の最終処分に当たっては、事前に水銀を硫化させる安定化処理が求められているほどだ。