

初期評価プロファイル (SIAP)

塩素

物質名 : Chlorine

化学式 : Cl₂

CAS No. : 7782-50-5



SIAR結論の要旨

ヒト健康

塩素は気体であり、水に溶解すると、次亜塩素酸イオン(ClO⁻)の形で平衡となる次亜塩素酸(HOCl)と素早く平衡になる。次亜塩素酸イオンはアルカリ性を示すpH値で優勢であり、一方、Cl₂は主にpH4以下で存在する。そのため、溶解した気体塩素から生じたか、または溶解した次亜塩素酸ナトリウムから生じたかに係わらず、水溶液中の塩素濃度は一般にCl₂+HOCl+ClO⁻の合計を有効塩素として表現される。

塩素気体を経口摂取することはありませんが、塩素溶液は経口経路により有害性をもたらすかもしれない。

経口経路による塩素毒性のデータのほとんどは次亜塩素酸ナトリウムによる試験に基づく。生体系においては、pH6-8により特徴づけられるように、最も多い活性化学種はClOとの平衡状態にあるHOClである。

有効な塩素は経口経路により容易に吸収され、血漿、骨髄、睾丸、皮膚、腎臓、並びに肺に分布される。約50%だけが主に尿と一緒に排泄され、次いで糞便中に排泄される。HOClは酵素的には代謝されず、その(生体)形質転換は細胞環境中に存在する有機化合物または他の化学物質との直接反応を通して生じ、それ自身に内在する毒性を有する塩素化有機化合物を形成する。

呼吸モード(鼻または口)及び呼吸流量に係わらず、気中3ppmの微小粒(micro-bolus)が吸気に入ると、吸い込んだ塩素(Cl₂)の>95%が上気道で吸収され、下気道に届く量は<5%であった。3ppm以上の塩素を継続ばく露したデータは入手できない。

塩素の急性吸入毒性に関して多くの試験が実施されている。これらの試験結果は急性吸入毒性が高く、LC₅₀値の範囲がマウスの250ppm (900mg/m³/30分) から、ラットの400ppm (1200mg/m³/30分) の範囲であることを示している。高用量の刺激性気体の急性吸入後に生じた喘息様の症状も、ヒトにおける塩素の急性ばく露の症状と関連していた。

経皮急性毒性試験が塩素及び次亜塩素酸塩溶液のどれも入手できないので、経皮全身毒性についての情報は入手できない。経口による低い急性全身毒性を考慮すれば、経皮急性毒性は低いと予想できる。

塩素は皮膚に腐食性があり、眼へのばく露は重度の影響が予想できる。塩素をラット及びマウスに9ppm (27mg/m³) を1、3、5日間(6時間/日) ばく露により、気道における中程度から重度の病変が報告されており、主に鼻道病変、上皮壊死、細胞剥離、びらん、潰瘍形成、並びに扁平異形成が認められている。皮膚感作性試験は入手できない。ヒトにおける感作性を示す症例報告は見出されなかった。

2年間試験の反復投与毒性は、ラット及びマウスの呼吸器刺激性に対するLOAELは0.4ppm (1.2mg/m³) と決定された：しかし、吸入ばく露によるNOAELは確定しなかった。入手可能な試験のいずれにおいても全身影響は観察されなかった。

飲水中の次亜塩素酸ナトリウムを用いた13週間試験から、ラットNOAELは有効塩素950ppm (59.5mg/kg bw/日) が導出された。ラットについて14mg/kg bw/日のNOAEL、並びにマウスについて22.5mg/kg bw/日のNOAELが飲料水中の次亜塩素酸ナトリウムの2年間試験から導き出される。

ヒトばく露について多くの詳細な試験が報告された。組織損傷と肺機能障害を除く急性吸入のNOEL 0.5ppm(1.5mg/m³) が、ヒトの経験及び有志における対照試験から導き出される。

遺伝毒性は、ほとんどの*in vitro*試験は陽性またはあいまいな結果を示しており、*in vitro*では次亜塩素酸ナトリウムは変異原性かもしれないことが示唆されるが、遺伝毒性は*in vivo*で見られず、恐らく塩素の細胞毒性に起因するものであろう。

ばく露処理に関連した発がん性の証拠は、マウス及びラットの塩素吸入、並びに次亜塩素酸ナトリウムの経口ばく露では観察されなかったが、いくつかのあいまいな結果が雌ラット経口経路で報告された。ヒトのがんに関しては、塩素ばく露と腫瘍発生の間の関連性は見いだされなかった。

ラット 1世代の経口毒性試験において5mg/kg(最高用量)まで生殖毒性影響がないことが明白に示された。動物における限定されたデータが入手可能であり、有害な発生影響の証拠はない。更に、ヒトの疫学調査は、胎児の発生に対する毒性影響の証拠を示さなかった。

環境

塩素は環境の条件下(温度、気圧)で刺激臭のある緑黄色の気体である。密度は大気の2.5倍である。蒸気圧は6.39 10⁶Pa(20°C)である。塩素分子は強い酸化剤であり、塩素化剤である。塩素は中程度に水溶性である(～6.5g/L)。水に溶解した塩素の総量、及び平衡状態における成分の相対量 (Cl₂+HOCl+ClO⁻=遊離有効塩素) はイオンの強さ及びpHに依存する。次亜塩素酸の希釈水溶液は分解して塩化水素及び酸素を生成するが、暗いところで非常にゆっくりと、光があるとより速く、十分な太陽光が存在すると更に速く分解するだろう。幾分か塩素及び塩素酸も発生するかもしれない。物理-化学特性は、環境中に放出された塩素は水、並びに優先的に大気中に分布することを示唆している。

水中及び大気中において、塩素/次亜塩素酸塩は昼間の時間に依存して、推定半減期が1-4時間で光分解する。自然水において、有機または無機化合物が存在すると、遊離有効塩素は即座に反応して、様々な塩素化副産物、例えば、クロラミン類及びクロロメタン類を形成し、それらは主に水圏に分布するが、固有の特性に依

存して、ある程度まで大気中にも移動可能である。活性塩素種の生物蓄積性または生物濃縮の可能性は、それらの水溶解性及び高い反応性のために無視できる。

有効な淡水短期間毒性試験データは無脊椎動物だけについて入手可能である：*Ceriodaphnia dubia*の LC_{50} は $5\mu\text{gFAC/L}$ （FAC＝遊離有効塩素）である。魚を用いた適切な標準手法による急性試験は入手できないが、断続的なばく露条件で実施された多くの信頼できる試験から、 $LC_{50}(96\text{hr})$ が $60\mu\text{gTRC/L}$ 、 $LC_{50}(168\text{hr})$ が $33\mu\text{gTRC/L}$ と導出される（TRC＝残留塩素総量＝結合有効塩素及び遊離残留有効塩素の総量）。断続的なばく露条件（40分間3回/日）のために、魚 $LC_{50}(96\text{hr}) \ll 60\mu\text{gTRC/L}$ が標準試験において推定できる。

淡水長期毒性に関して、標準長期試験からの有効なNOEC値は入手できないが、いくつかのマイクロコズム及び屋外試験からデータが入手できる：藻類のNOEC(7day)は $3\mu\text{gTRC/L}$ 、 $2.1\mu\text{gFAC}$ に相当。

海水の短期毒性について、有効なデータは軟体動物（ $EC_{50}(48\text{hr})=26\mu\text{gTRC/L}$ ）及び魚（*Oncorhynchus kisutch* $LC_{50}(96\text{hr})=32\mu\text{gTRO/L}$ ）（TRO＝残留オキシダント総量）が入手可能であり、同等の感受性を示している。長期毒性については、軟体動物は魚よりも感受性があり、NOEC(15day)が $7\mu\text{gTRO/L}$ であり、一方、魚のNOEC $40\mu\text{gCPO/L}$ が幼魚の生存について推定された（CPO＝塩素生成オキシダント）。

ばく露

世界中の塩素生産量の年間総量は1999年に4650万トンであった。塩素は塩化ナトリウムから3つの異なった行程（ダイヤフラム法、水銀法、隔膜法）で製造された。塩素は化学工業、製薬工業、並びに農薬工業の原料を生産する為に主に化学中間体として用いられる。水中での塩素そのものの広範囲な分散的使用の用途があり、飲料水、パルプと製紙、水泳プール、下水処理、冷却水、並びに織物工業で使われている。1999年に生産量の1.8%より少ない量が環境中に放出され、世界中の人為的な塩素の放出は71,000メートルトンであると推定できる。

塩化水素(HCl)、塩素分子(Cl_2)、次亜塩素酸(HOCl)、並びに塩化ニトリル(ClNO_2)のような気体化合物は大洋から発生する海水塩の煙霧中に自然に発生する。火山の噴火は大気中に40万 - 1,100万トン/年の塩化水素を放出する。

荷積み及び荷卸し行程と同様に塩素製造の全行程は閉鎖系である。塩素は主に気体の形状でパイプラインにより目的工場へ供給される。僅かな分が液化された形状でボトルまたはタンク車(道路及び鉄道)で配送される。塩素へのばく露は産業における偶発的事故（例えば、漂白剤として塩素、HClまたは二酸化塩素を用いるパルプ及び製紙工業における塩素ガスの充填作業中の事故）、輸送及び貯蔵において、専門的な水の浄化及び水泳プールの殺菌対策において発生する可能性がある。

作業員について、塩素への短期ばく露（15分）の指標限界値0.5ppmは職業ばく露限界値のヨーロッパ指針草案に提案されている。

塩素/次亜塩素酸塩は濃度に依存して刺激または腐食性があるので、ばく露管理が規定されるべきであり、眼及び皮膚の保護具、フィルター付きのマスクまたは自給式の呼吸器が特定の状況(充填作業、実験目的の

サンプリング)の際に装着されるべきであり、いつも使用する準備が整っているべきである。

消費者にとって、塩素へのばく露は水泳プールの殺菌の為の塩素の使用、並びに次亜塩素酸塩を含む洗浄製品の使用中の事故を通して生じる可能性がある。例えば、次亜塩素酸塩と酸のような家庭用洗浄剤の混合で最終的に塩素の放出が生じ、吸入ばく露を引き起こす。

一般大衆は飲料水からの間接ばく露、並びに大気中に自然発生した塩素の吸入によりばく露する可能性がある。

勧告

ヒトの健康

本化学物質は現在のところ、追加作業の優先度が低い。

環境

本化学物質は追加作業の候補物質である。

勧告の理論的根拠並びに勧告された追加作業の特徴

ヒトの健康

本化学物質は腐食性を有し、呼吸器急性毒性物質であり、ヒトの健康に有害性を示唆する。担当国によって提出されたデータに基づけば、リスクマネジメント措置が適用されている。諸国は適用されている対策を超える対策が必要かどうかを見いだす為に自国のリスクマネジメント措置を確認するように要望するかもしれない。

環境

本物質は環境に有害性がある。本物質の開放的用途がいくつかある(例えば、冷却水殺菌)ので、ばく露評価、並びに必要であればリスクアセスメントがこれらの用途に実施されるべきである。塩素化副生成物の形成について考慮されるべきである。

その影響に関する研究が多くある国において、並びにEU既存物質規則の枠組み内でも実施されているか、または実施が完了している。

本物質はEUの既存物質規則EC No. 793/93に続いて、リスクアセスメント中である。

[著作権および免責事項について]

[著作権]

本資料の著作権は弊センターに帰属します。引用、転載、要約、複写(電子媒体への複写を含む)は著作権の侵害となりますので御注意下さい。

[免責事項]

本資料に掲載されている情報については、万全を期しておりますが、利用者が本情報を用いて行う一切の行為について、弊センターは何ら責任を負うものではありません。また、いかなる場合でも弊センターは、利用者が本情報を利用して被った被害、損失について、何ら責任を負いません。