

## [10] 銅及びその化合物

本初期評価では、有機金属化合物を除いて評価を行った。

### 1. 物質に関する基本的事項

#### (1) 分子式・分子量・構造式

##### 1) 銅

物質名：銅
CAS 番号：7440-50-8
化審法官報公示整理番号：
化管法政令番号：1-272(銅水溶性塩(錯塩を除く。))として)
RTECS 番号：GL5325000
元素記号：Cu
原子量：63.55
換算係数：1 ppm = 2.60 mg/m <sup>3</sup> (気体、25°C)

No	物質名	CAS No.	化審法官報公示整理番号	RTECS 番号	分子式	分子量	化学式
2)	塩化銅(I)	7758-89-6	1-210(塩化銅)	GL6990000	ClCu	99.00	CuCl
3)	塩化銅(II)	7447-39-4	1-210(塩化銅)	GL7000000	Cl <sub>2</sub> Cu	134.45	CuCl <sub>2</sub>
4)	酸化銅(I)	1317-39-1	1-297(酸化銅)	GL8050000	Cu <sub>2</sub> O	143.09	Cu <sub>2</sub> O
5)	酸化銅(II)	1317-38-0	1-297(酸化銅)	GL8230000 GL7900000	CuO	79.55	CuO
6)	シアン化銅(I)	544-92-3	1-376(シアン化第一銅)	GL7150000	CCuN	89.56	CuCN
7)	硝酸銅(II)	3251-23-8	1-296(硝酸銅)	QU7400000	CuN <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	187.56	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
8)	硫酸銅(II)	7758-98-7	1-300(硫酸銅)	GL8800000	CuO <sub>4</sub> S	159.61	CuSO <sub>4</sub>

(注)物質名に併記したローマ数字は、酸化数を示す。

本物質の性状は以下の通りである。

No	化学式	性状
1)	Cu	単体は赤色金属結晶 <sup>1)</sup>
2)	CuCl	無色の結晶 <sup>1)</sup>
3)	CuCl <sub>2</sub>	常温で茶褐色固体 <sup>2)</sup>
4)	Cu <sub>2</sub> O	黄色ないし赤色の粉末 <sup>1)</sup>
5)	CuO	黒色粉末 <sup>1)</sup>
6)	CuCN	白色結晶性粉末 <sup>1)</sup>
7)	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	青色結晶(無水物) <sup>3)</sup> 、深青色柱状晶(3水和物) <sup>3)</sup> 、青色の斜方晶系結晶(6水和物) <sup>3)</sup> 、青色結晶(9水和物) <sup>3)</sup>
8)	CuSO <sub>4</sub>	常温で白色の吸湿性の固体 <sup>2)</sup>

No	化学式	融点	沸点	密度
1)	Cu	1,084.62°C <sup>4)</sup> 、 1,083°C <sup>5)</sup> 、1,084.62°C <sup>6)</sup>	2,560°C <sup>4)</sup> 、2,595°C <sup>5)</sup> 、 2,562°C <sup>6)</sup>	8.96 g/cm <sup>3</sup> <sup>4)</sup> 、8.94 g/cm <sup>3</sup> <sup>5)</sup> 、 <sup>6)</sup>
2)	CuCl	423°C <sup>4)</sup> 、430°C <sup>5)</sup> 、 <sup>6)</sup>	1,490°C <sup>4)</sup> 、 <sup>6)</sup>	4.14 g/cm <sup>3</sup> <sup>4)</sup> 、 <sup>6)</sup>

No	化学式	融点	沸点	密度
			1,366°C <sup>6)</sup>	
3)	CuCl <sub>2</sub>	598°C <sup>4)</sup> 、620°C <sup>6)</sup>	993°C <sup>4)</sup> 、 993°C (分解) <sup>6)</sup>	3.4 g/cm <sup>3 4)</sup> 、3.386 g/cm <sup>3 6)</sup>
4)	Cu <sub>2</sub> O	1,244°C <sup>4)</sup> 、1,232°C <sup>5)</sup> 、 1,235°C <sup>6)</sup>	1,800°C(分解) <sup>4)</sup> 、 >1,800°C(分解) <sup>6)</sup>	6.0 g/cm <sup>3 4), 6)</sup>
5)	CuO	1,227°C <sup>4)</sup> 、1,330°C <sup>5)</sup> 、 1,446°C <sup>6)</sup>		6.31 g/cm <sup>3 4)</sup> 、6.4 g/cm <sup>3 5)</sup> 、 6.315g/cm <sup>3 6)</sup>
6)	CuCN	474°C <sup>4), 5), 6)</sup>	分解 <sup>4), 6)</sup>	2.9 g/cm <sup>3 4)</sup> 、1.9 g/cm <sup>3 6)</sup> 、2.92 g/cm <sup>3, 6)</sup>
7)	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	255°C <sup>4)</sup> 、 255~256°C <sup>5), 6)</sup>	昇華 <sup>4)</sup>	
8)	CuSO <sub>4</sub>	560°C (分解) <sup>4), 6)</sup> 、 > 560°C (分解) <sup>5)</sup>		3.60 g/cm <sup>3 4)</sup> 、3.6 g/cm <sup>3 5)</sup> 、 3.603 g/cm <sup>3 6)</sup>

No	化学式	蒸気圧	log Kow	解離定数 (pKa)
1)	Cu			
2)	CuCl			
3)	CuCl <sub>2</sub>			
4)	Cu <sub>2</sub> O			
5)	CuO			
6)	CuCN			
7)	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>			
8)	CuSO <sub>4</sub>	22.47 mmHg (=2.996×10 <sup>3</sup> Pa) (25°C) <sup>4)</sup>		

No	化学式	水溶性(水溶解度)
1)	Cu	
2)	CuCl	47 mg/1000g(20°C) <sup>4)</sup>
3)	CuCl <sub>2</sub>	7.57 × 10 <sup>5</sup> mg/1000g(25°C) <sup>4)</sup> 、4.38 × 10 <sup>5</sup> mg/1000g(25°C) <sup>6)</sup>
4)	Cu <sub>2</sub> O	不溶 <sup>4), 5), 6)</sup>
5)	CuO	不溶 <sup>4)</sup>
6)	CuCN	不溶 <sup>4)</sup>
7)	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1.45 × 10 <sup>6</sup> mg/1000g (25°C) <sup>4)</sup> 、6.01 × 10 <sup>5</sup> mg/1000g(25°C) <sup>6)</sup>
8)	CuSO <sub>4</sub>	2.20 × 10 <sup>5</sup> mg/1000g(25°C) <sup>4)</sup> 、1.84 × 10 <sup>5</sup> mg/1000g(25°C) <sup>6)</sup>

### (3) 環境運命に関する基礎的事項

環境中の銅化合物は通常 2 価で存在し、金属、+1 価や+3 価でも存在する。天然の銅は、様々な無機塩や有機化合物、金属の形態で存在する<sup>7)</sup>。

大気中に排出された銅は、粒子状物質と結合している。大気中の銅は重力による沈降、乾性沈着や湿性沈着により除去される<sup>7)</sup>。大気中の銅濃度は、精錬所、採掘作業、燃焼源（例えば、発電所、焼却炉、自動車、等）の近傍で高くなる<sup>8)</sup>。

水域へ排出された銅の多くは粒子状であり沈降するか、有機物、水和鉄、マンガン酸化物および底質や水質中の粘土に吸着される傾向がある<sup>7)</sup>。

土壌に沈着した多くの銅は表面の数センチメートルに残存し、有機物、炭酸塩鉱物、粘土

鉱物、水和鉄、マンガン酸化物に吸着する<sup>7)</sup>。

(4) 製造輸入量及び用途

① 生産量・輸入量等

銅のマテリアルフローを図1に示す。

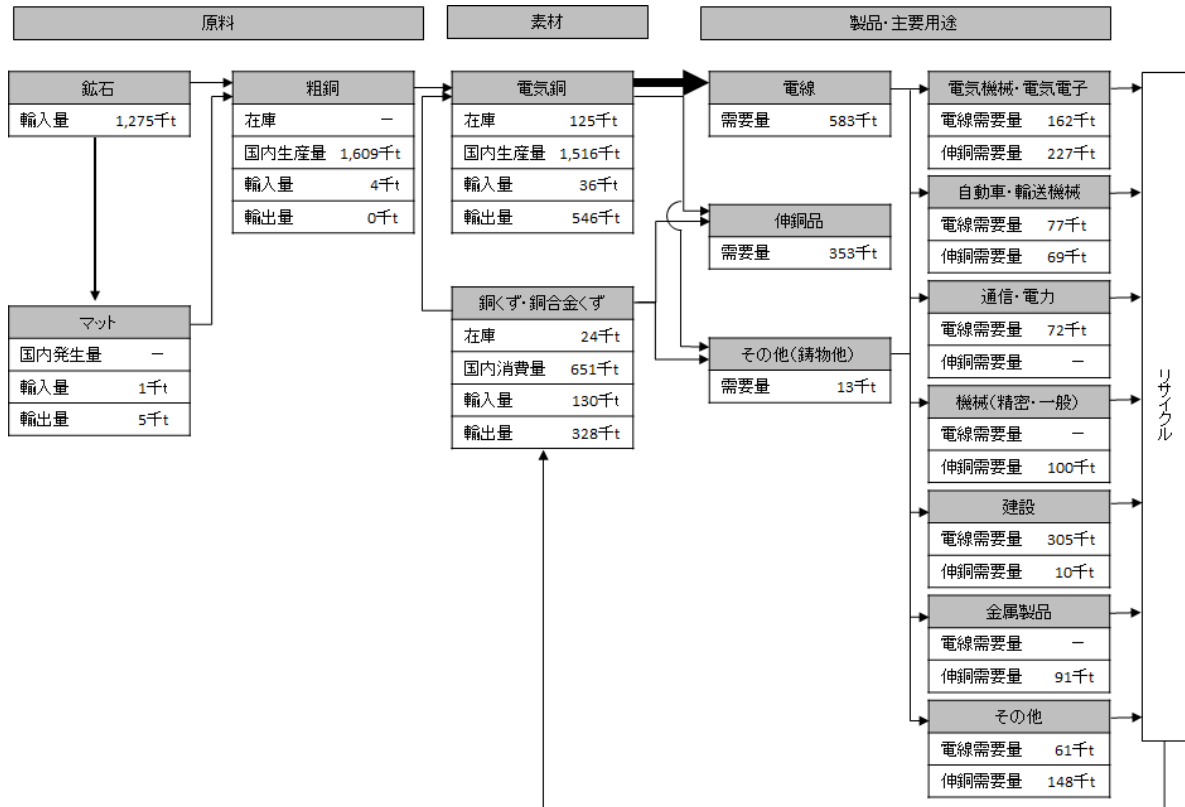


図1 銅のマテリアルフロー(2012)<sup>9)</sup>を一部改変

銅化合物の化審法に基づき公表された製造・輸入数量の推移を表1.1に示す<sup>10),11),12)</sup>。

表1.1 製造・輸入数量 (t) の推移

平成 (年度)	22	23	24
塩化銅	8,000	3,000	3,000
酸化銅	800,000	10,000	10,000
シアン化第一銅	X	X	X
シアン化銅カリウム錯塩	X	X	X
臭化銅	X	X	X
硝酸銅	1,000 未満	1,000 未満	1,000 未満
水酸化銅	1,000 未満	1,000 未満	1,000 未満
セレン化銅	X	X	X
炭酸銅	1,000 未満	1,000 未満	1,000 未満
チオシアン酸銅	X	X	X

平成（年度）	22	23	24
ホウフッ化銅	X	X	X
ヨウ化銅	1,000 未満	1,000 未満	1,000 未満
リン酸銅	X	X	X
硫化銅	1,000 未満	X	X
硫酸銅	7,000	8,000	8,000

注：a) 製造数量は出荷量を意味し、同一事業者内での自家消費分を含んでいない値を示す。

b) 「X」は届出事業者が2社以下のため、製造・輸入数量は公表されていないもの。

銅及びその化合物の国内生産量の推移を表 1.2 に示す<sup>13)</sup>。

表 1.2 銅及びその化合物の国内生産量の推移（単位：t）

平成（年） <sup>a)</sup>	15	16	17	18	19
電気銅	1,468,443	1,380,144	1,395,284	1,532,055	1,576,818
塩化銅（Ⅰ）	2000 <sup>a)</sup>	2000 <sup>a)</sup>	2000 <sup>a)</sup>	2000 <sup>a)</sup>	2000 <sup>a)</sup>
塩化銅（Ⅱ）	600 <sup>a)</sup>	600 <sup>a)</sup>	600 <sup>a)</sup>	600 <sup>a)</sup>	600 <sup>a)</sup>
酸化銅（Ⅰ）	6,147	6,439	6,251	6,161	5,892
酸化銅（Ⅱ）	—	—	—	—	—
シアン化銅（Ⅰ）	500 <sup>a)</sup>	500 <sup>a)</sup>	500 <sup>a)</sup>	500 <sup>a)</sup>	500 <sup>a)</sup>
硝酸銅（Ⅱ）	— <sup>b)</sup>	— <sup>b)</sup>	— <sup>b)</sup>	— <sup>b)</sup>	— <sup>b)</sup>
平成（年）	20	21	22	23	24
電気銅	1,539,957	1,439,843	1,548,688	1,328,288	1,516,354
塩化銅（Ⅰ）	2000 <sup>a)</sup>	2,000 <sup>a)</sup>	2,000 <sup>a)</sup>	2,000 <sup>a)</sup>	2,000 <sup>a)</sup>
塩化銅（Ⅱ）	600 <sup>a)</sup>	600 <sup>a)</sup>	600 <sup>a)</sup>	600 <sup>a)</sup>	600 <sup>a)</sup>
酸化銅（Ⅰ）	5,845	5,006	5,179	5,003	4,748
酸化銅（Ⅱ）	—	—	—	—	—
シアン化銅（Ⅰ）	500 <sup>a)</sup>	500 <sup>a)</sup>	500 <sup>a)</sup>	500 <sup>a)</sup>	500 <sup>a)</sup>
硝酸銅（Ⅱ）	— <sup>b)</sup>	— <sup>b)</sup>	— <sup>b)</sup>	150	150

注：a) 推定値

b) 公表されていない。

銅化合物（農薬原体）の国内生産量の推移を表 1.3 に、輸入量の推移を表 1.4 に示す<sup>14)</sup>。

表 1.3 銅化合物の国内生産量の推移（単位：t,kL）

平成（年） <sup>a)</sup>	15	16	17	18	19
塩基性塩化銅	513.2	506.4	475.6	537.2	459.0
塩基性硫酸銅	4,243.5	3,946.0	3,808.0	3,707.7	3,978.8
水酸化第二銅	—	—	—	—	—
硫酸銅	846.6	692.1	953.0	950.9	755.7

平成（年） <sup>a)</sup>	20	21	22	23	24
塩基性塩化銅	505.0	490.0	459.0	510.0	510.0
塩基性硫酸銅	4,164.7	3,856.2	3,130.5	3,551.6	3,478.8
水酸化第二銅	—	—	—	—	—
硫酸銅	481.3	441.0	637.9	852.1	877.1

注：a) 農薬年度

b) 原体として報告されている値。

c) 「—」は、不明もしくは、出荷、生産がないもの。

表 1.4 銅化合物の輸入量の推移（単位：t,kL）

平成（年） <sup>a)</sup>	15	16	17	18	19
塩基性塩化銅	44.0	74.0	64.0	44.0	50.0
塩基性硫酸銅	—	—	—	—	—
水酸化第二銅	19.0	—	45.0	32.1	—
硫酸銅	—	—	—	—	—
平成（年） <sup>a)</sup>	20	21	22	23	24
塩基性塩化銅	50.0	40.0	25.4	29.0	39.8
塩基性硫酸銅	—	—	—	—	—
水酸化第二銅	—	7.3	11.1	12.9	14.7
硫酸銅	—	—	—	—	—

注：同前

銅水溶性塩（錯塩を除く。）としての化学物質排出把握管理促進法（化管法）における製造・輸入量区分は 100t 以上である<sup>15)</sup>。

## ② 用途

銅の主な用途は、電線と伸銅品であり、銅铸件等が少量ある。電気銅のほぼ 6 割は電線に消費され、残りが伸銅品に消費される<sup>9)</sup>。

硫酸銅の主な用途は、農薬(殺菌剤)、キュプラ(繊維)のほか、顔料、電池、医薬、冶金、銅塩類の原料、銅メッキ、媒染剤、皮なめしなどである<sup>2)</sup>。

塩化銅(II)の主な用途は、殺菌剤、染色補助剤や顔料の原料、クロロエチレンの合成用触媒のほか、銅クロロフィルの合成原料である<sup>2)</sup>。

このほかの銅化合物の主な用途は、表 1.5 のとおりとされている。

表 1.5 銅化合物の主な用途<sup>16)</sup>

化合物名	主な用途
塩化銅(I)	フタロシアニンブルーの原料、農薬原料、塩素化触媒
塩化二アンモニウム銅(II) 二水和物	染料 Fix 剤
酸化銅(I)	船底塗料及び漁網(防汚剤)、合成樹脂及び酵素製造用触媒、窯業用着色剤

化合物名	主な用途
酸化銅(II)	顔料(フタロシアニンブルー用)、触媒、ガラス及び陶器の着色剤、弱電部品、条虫駆除剤、肥料、他の銅化合物原料、電子複写機用キャリアー・トナー、めっき
シアン化銅(I)	電気銅メッキ
硝酸銅(II)	殺虫剤、触媒、媒染剤、分析試薬、ペイント、銅塩類の製造、メッキ工業原料、助燃剤
酢酸銅(II)一水和物	有機反応触媒(触媒及び触媒原料)、染料
水酸化銅(II)	人絹製造
炭酸銅(II)(塩基性)	顔料、花火、殺虫剤、殺菌剤、触媒、めっき
チオシアン酸銅(I)	船底塗料、防カビ剤、殺虫剤、銅メッキ、潤滑油添加剤、重合調節剤、感光剤、記録紙の発色剤、歯みがき
ピロリン酸銅(II)	電気銅メッキ
ホウフッ化銅	高速度銅メッキ浴、なっ染ロール、グラビア印刷用ロールなどの肉厚電解メッキの電解質
ヨウ化銅(I)	触媒、電子材料、樹脂改質剤

#### (5) 環境施策上の位置付け

銅水溶性塩（錯塩を除く。）は、化学物質排出把握管理促進法第一種指定化学物質（政令番号:272）に指定されている。

銅及びその化合物は、有害大気汚染物質に該当する可能性がある物質に選定されている。

銅及びその化合物は、人健康影響及び生態影響の観点から水環境保全に向けた取組のための要調査項目に選定されているほか、水道水質基準が設定されている。

銅は水生生物保全に係る水質目標を優先的に検討すべき物質に選定されている。

銅及びその化合物は、水質汚濁防止法に基づく排出基準（生活環境項目）が銅含有量として設定されているほか、水質汚濁防止法の指定物質に指定されている。

銅は土壌の汚染に係る環境基準（農用地（田に限る。））が設定されている。

## 2. 曝露評価

環境リスクの初期評価のため、わが国の一般的な国民の健康や水生生物の生存・生育を確保する観点から、実測データをもとに基本的には化学物質の環境からの曝露を中心に評価することとし、データの信頼性を確認した上で安全側に立った評価の観点から原則として最大濃度により評価を行っている。

### (1) 環境中への排出量

銅水溶性塩（錯塩を除く。）は化管法の第一種指定化学物質である。同法に基づき公表された、平成 24 年度の届出排出量<sup>1)</sup>、届出外排出量対象業種・非対象業種・家庭・移動体<sup>2),3)</sup>から集計した排出量等を表 2.1 に示す。なお、届出外排出量家庭・移動体の推計はなされていなかった。

表 2.1 化管法に基づく排出量及び移動量（PRTR データ）の集計結果（平成 24 年度）  
（銅水溶性塩（錯塩を除く。））

	届出						届出外（国による推計）				総排出量（kg/年）		
	排出量（kg/年）				移動量（kg/年）		排出量（kg/年）				届出排出量	届出外排出量	合計
	大気	公共用水域	土壌	埋立	下水道	廃棄物移動	対象業種	非対象業種	家庭	移動体			
全排出・移動量	2,007	99,966	0.1	34,398	4,828	966,540	62,977	4,512	-	-	136,371	67,489	203,860

業種別排出量(割合)

業種	大気	公共用水域	土壌	埋立	下水道	廃棄物移動	届出外排出量
下水道業	1 (0.07%)	57,957 (58.0%)	0	0	0	2,450 (0.3%)	62,968 (100.0%)
非鉄金属製造業	1,511 (75.3%)	12,059 (12.1%)	0	34,375 (99.9%)	210 (4.4%)	65,980 (6.8%)	0
化学工業	57 (2.8%)	15,704 (15.7%)	0	0	771 (16.0%)	32,372 (3.3%)	0.2 (0.0003%)
電気機械器具製造業	107 (5.3%)	7,704 (7.7%)	0	0	3,310 (68.6%)	697,306 (72.1%)	0
パルプ・紙・紙加工品製造業	0	2,009 (2.0%)	0	0	0	0	
輸送用機械器具製造業	0.6 (0.03%)	1,722 (1.7%)	0	0	88 (1.8%)	25,736 (2.7%)	
金属製品製造業	330 (16.4%)	554 (0.6%)	0	0	325 (6.7%)	34,250 (3.5%)	
プラスチック製品製造業	0	681 (0.7%)	0	0	18 (0.4%)	52,990 (5.5%)	0.0 (0.00002%)
産業廃棄物処分業	0	561 (0.6%)	0	0	0	0	6 (0.00006%)
一般廃棄物処理業（ごみ処分業に限る。）	0	526 (0.5%)	0	0	0.7 (0.01%)	0	
金属鉱業	0	179 (0.2%)	0	23 (0.07%)	0	0	
ゴム製品製造業	0	160 (0.2%)	0	0	0	0	
鉄鋼業	0	75 (0.08%)	0	0	0	1,400 (0.1%)	
出版・印刷・関連産業	0.2 (0.010%)	41 (0.04%)	0	0	19 (0.4%)	35,449 (3.7%)	
窯業・土石製品製造業	0	17 (0.02%)	0	0	0	290 (0.03%)	0
繊維工業	0	12 (0.01%)	0	0	3 (0.06%)	40 (0.004%)	0.0 (0.000005%)
高等教育機関							5 (0.007%)
計量証明業							3 (0.004%)
特別管理産業廃棄物処分業	0	3 (0.003%)	0	0	0	0	
医薬品製造業	0	2 (0.002%)	0	0	0	140 (0.01%)	
飲料・たばこ・飼料製造業	0	1 (0.001%)	0.1 (100%)	0	0	1,232 (0.1%)	0
自然科学研究所							1 (0.002%)
商品検査業							0.2 (0.0003%)

総排出量の構成比(%)	
届出	67%
届出外	33%

	届出						届出外 (国による推計)				総排出量 (kg/年)		
	排出量 (kg/年)				移動量 (kg/年)		排出量 (kg/年)				届出排出量	届出外排出量	合計
	大気	公共用水域	土壌	埋立	下水道	廃棄物移動	対象業種	非対象業種	家庭	移動体			
全排出・移動量	2,007	99,966	0.1	34,398	4,828	966,540	62,977	4,512	-	-	136,371	67,489	203,860

業種別排出量(割合)							総排出量の構成比(%)				
	大気	公共用水域	土壌	埋立	下水道	廃棄物移動	届出	届出外	合計	届出	届出外
一般機械器具製造業	0	0.1 (0.0001%)	0	0	54 (1.1%)	1,900 (0.2%)	0.0 (0.000005%)			67%	33%
精密機械器具製造業							0.0 (0.00004%)				
食料品製造業							0.0 (0.000002%)				
電気計測器製造業	0	0	0	0	23 (0.5%)	15,000 (1.6%)					
農業製造業	0	0	0	0	7 (0.2%)	0					
農業							4,512 (100%)				

銅水溶性塩（錯塩を除く。）の平成 24 年度における環境中への総排出量は、約 204 t となり、そのうち届出排出量は約 136 t で全体の 67% であった。届出排出量のうち 2 t が大気へ、約 100 t が公共用水域へ、0.0001 t が土壌へ排出されるとしており、公共用水域への排出量が多い。この他に埋立処分が約 34 t、下水道への移動量が約 4.8 t、廃棄物への移動量が約 967 t であった。届出排出量の主な排出源は、大気への排出が多い業種は非鉄金属製造業（75%）、金属製品製造業（16%）であり、公共用水域への排出が多い業種は下水道業（58%）、化学工業（16%）、非鉄金属製造業（12%）であった。

しかし、特別要件施設（金属鉱業、一般廃棄物処分業、産業廃棄物処分業、下水道業、等）の排出量は定量下限値をもとに排出量を算出している場合があるため、過剰評価している場合があることに留意する必要がある。

表 2.1 に示したように PRTR データでは、届出排出量は媒体別に報告されているが、届出外排出量の推定は媒体別には行われていないため、届出外排出量対象業種の媒体別配分は届出排出量の割合をもとに、届出外排出量対象業種・非対象業種の媒体別配分は「平成 24 年度 PRTR 届出外排出量の推計方法等の詳細」<sup>3)</sup> をもとに行った。届出排出量と届出外排出量を媒体別に合計したものを表 2.2 に示す。

表 2.2 環境中への推定排出量

媒体	推定排出量(kg)
大気	24,087
水域	140,863
土壌	4,512

## (2) 媒体別分配割合の予測

銅及びその化合物の化学形態は環境中で様々に変化するため、媒体別分配割合の予測を行うことは適切ではない。したがって、銅及びその化合物の媒体別分配割合の予測は行わなかった。

## (3) 各媒体中の存在量の概要

本物質の環境中等の濃度について情報の整理を行った。媒体ごとにデータの信頼性が確認さ



れた調査例のうち、より広範囲の地域で調査が実施されたものを抽出した結果を表 2.3 に示す。

表 2.3 各媒体中の存在状況

媒体	幾何 平均値 <sup>a)</sup>	算術 平均値	最小値	最大値 <sup>a)</sup>	検出 下限値 <sup>b)</sup>	検出率	調査 地域	測定年 度	文献	
一般環境大気	μg/m <sup>3</sup>	0.015	0.035	0.0014	<b>0.31</b>	— <sup>c)</sup>	16/16	全国	2012	4)
		0.014	0.028	0.00079	0.23	— <sup>c)</sup>	16/16	全国	2011	5)
		<b>0.019</b>	0.022	0.011	0.056	— <sup>c)</sup>	10/10	全国	2010	6)
		0.025	0.028	0.017	0.055	— <sup>c)</sup>	6/6	全国	2009	7)
		0.026	0.031	0.011	0.099	— <sup>c)</sup>	14/14	全国	2005	8)
		0.042	0.06	0.0079	0.18	— <sup>c)</sup>	16/16	全国	2004	9)
室内空気	μg/m <sup>3</sup>									
食物 <sup>d)</sup>	μg/g									
飲料水	μg/L	<10	<10	<10	20	10	1/23	全国	2012	10)
		<100	<100	<10	210	10~100	630/5486	全国	2011	11)
		<100	<100	<10	480	10~100	697/5579	全国	2010	12)
		<100	<100	<10	180	10~100	600/5299	全国	2009	13)
		<100	<100	<10	350	10~100	569/5156	全国	2008	14)
		<100	<100	<10	1000	10~100	758/5504	全国	2007	15)
		<1000	<1000	<10	180	10~1000	723/5331	全国	2006	16)
		<130	<130	<10	660	10~130	680/5124	全国	2005	17)
		<1000	<1000	<10	400	10~1000	770/5354	全国	2004	18)
地下水	μg/L	2.9	5.1	1	15	0.5	4/4	全国	2010	19)
		28	29	20.6	37.8	0.5	2/2	東京都、 宮城県	2009	20)
		2.4	7.9	<0.5	25	0.5	4/5	全国	2008	21)
		1.5	6.4	<0.5	27	0.5	3/5	全国	2007	22)
		<1.5	1.9	<1.5	4.2	1.5	1/3	宮城県、 長野県、 高知県	2005	23)
		11	13	6	29	0.5	4/4	全国	2005	23)
土壌 <sup>f)</sup>	μg/g	— <sup>c)</sup>	48 <sup>e)</sup>	0.88 <sup>e)</sup>	230 <sup>e)</sup>	— <sup>c)</sup>	— <sup>c)/78</sup>	全国	— <sup>c)</sup>	24)
		— <sup>c)</sup>	— <sup>c)</sup>	2.00 <sup>g)</sup>	209.9 <sup>g)</sup>	0.1	— <sup>c)/633</sup>	全国	1978~ 1982	25)
公共用水域・淡水	μg/L	1.2	1.7	0.3	15	0.2	44/44	全国	2013	26)
		1.6	2.1	0.3	9.9	0.2	45/45	全国	2012	27)
		<200	<200	<1	240	1~200	367/1791	全国	2012	28)
		1.5	1.8	0.4	5.7	0.1	40/40	全国	2011	29)
		<180	<180	<1	320	1~180	388/1731	全国	2011	30)
		1.5	2.9	<0.5	47	0.5	42/43	全国	2010	19)
		<40	<40	<1	280	1~40	327/792	全国	2010	31)
		<40	<40	<1	550	1~40	381/808	全国	2009	32)
1.7	3.8	<0.5	56.8	0.5	38/41	全国	2009	20)		

媒体	幾何 平均値 <sup>a)</sup>	算術 平均値	最小値	最大値 <sup>a)</sup>	検出 下限値 <sup>b)</sup>	検出率	調査 地域	測定年 度	文献
公共用水域・海水	<40	<40	<1	490	<i>1~40</i>	414/981	全国	2008	33)
	2.3	4	<0.5	40	<i>0.5</i>	47/52	全国	2008	21)
	<40	<40	<1	240	<i>1~40</i>	430/969	全国	2007	34)
	1.5	4.2	<0.5	53	<i>0.5</i>	25/40	全国	2007	22)
	<40	<40	<1	490	<i>1~40</i>	435/992	全国	2006	35)
	2.9	3.5	0.7	10	<i>0.5</i>	48/48	全国	2005	23)
	<40	<40	<1	240	<i>1~40</i>	473/1051	全国	2005	36)
	2.3	3.2	<1.5	18	<i>1.5</i>	25/34	全国	2005	23)
	<10	12	<1	470	<i>1~10</i>	525/908	全国	2004	37)
	0.55	0.55	0.5	0.6	0.2	2/2	佐賀県、 愛媛県	2013	26)
	1	1.1	0.9	1.2	0.2	2/2	佐賀県、 愛媛県	2012	27)
	<100	<100	<4	20	<i>4~100</i>	14/247	全国	2012	28)
	0.9	1.1	0.4	2.5	<i>0.1</i>	7/7	全国	2011	29)
	<100	<100	4	6	<i>5~100</i>	5/254	全国	2011	30)
	<10	<10	<5	14	<i>5~10</i>	4/126	全国	2010	31)
	1.7	2	1.1	3.8	<i>0.5</i>	4/4	全国	2009	20)
	<10	<10	<5	50	<i>5~10</i>	12/144	全国	2009	32)
	2	3.4	0.7	11	<i>0.5</i>	5/5	全国	2008	21)
	<10	<10	<5	20	<i>5~10</i>	7/164	全国	2008	33)
	<10	<10	<5	20	<i>5~10</i>	9/169	全国	2007	34)
0.58	0.97	<0.5	2.2	<i>0.5</i>	2/5	全国	2007	22)	
<40	<40	<5	20	<i>5~40</i>	9/170	全国	2006	35)	
<40	<40	<5	10	<i>5~40</i>	5/160	全国	2005	36)	
1.1	1.5	0.5	5.4	<i>0.5</i>	12/12	全国	2005	23)	
<1.5	<1.5	<1.5	2.1	<i>1.5</i>	3/7	全国	2005	23)	
<10	<10	3	90	<i>5~10</i>	16/144	全国	2004	37)	
底質(公共用水域・淡水) <sup>g), h)</sup> µg/g	64	100	14	370	0.5	14/14	全国	2002	38)
底質(公共用水域・海水) <sup>g), h)</sup> µg/g	140	280	50	1,700	0.5	10/10	全国	2002	38)

注：a) 最大値又は平均値の欄の太字で示した数字は、曝露の推定に用いた値を示す。

b) 検出下限値の欄の斜体で示されている値は、定量下限値として報告されている値を示す。

c) 報告されていない。

d) 直近10ヶ年に行われたマーケットバスケット調査による銅の一日摂取量<sup>39),40),41),42),43)</sup>は、1,031~1,490 µg/人/日の範囲である。

e) 原著の値を転記。濃度データは各調査地点(78 地点)の平均値による集計値ではなく、各サンプル(514 検体)の濃度データを集計したもの。調査地点は、森林が最も多いが、農地も含まれている。

f) 通常の営農活動以外に重金属について特定の負荷の認められない農用地及びその周辺林地の調査結果(強酸分解法による分析値)。原著の値を転記。

g) 過去10年以内に地方公共団体が独自に実施した底質調査において、淡水域では最大1430 µg/g、海水域では最大590 µg/gの報告がある<sup>44)</sup>。

h) 堆積物調査において、河川堆積物では最大6,723 µg/g、海底堆積物では最大144 µg/gの報告がある<sup>45)</sup>。

#### (4) 人に対する曝露量の推定(一日曝露量の予測最大量)

本物質については、吸入曝露による健康リスクの初期評価を行うため、大気の実測値を用

いて人に対する曝露の推定を行った（表 2.4）。化学物質の人による一日曝露量の算出に際しては、人の一日の呼吸量を  $15 \text{ m}^3$ 、体重を  $50 \text{ kg}$  と仮定している。

表 2.4 各媒体中の濃度と一日曝露量

	媒体	濃度	一日曝露量
平均	大気		
	一般環境大気	$0.019 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度 (2010)	$0.0057 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 程度
	室内空気	データは得られなかった	データは得られなかった
最大値	大気		
	一般環境大気	$0.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度 (2012)	$0.093 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 程度
	室内空気	データは得られなかった	データは得られなかった

人の一日曝露量の集計結果を表 2.5 に示す。

吸入曝露の予測最大曝露濃度は、一般環境大気から  $0.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  程度となった。一方、化管法に基づく平成 24 年度の大気への届出排出量（銅水溶性塩（錯塩を除く。））として）をもとに、プルーム・パフモデル<sup>46)</sup> を用いて推定した大気中濃度の年平均値は、最大で  $0.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  となった。

表 2.5 人の一日曝露量

媒体		平均曝露量 ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ )	予測最大曝露量 ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ )
大気	一般環境大気	0.0057	0.093
	室内空気		

#### (5) 水生生物に対する曝露の推定（水質に係る予測環境中濃度：PEC）

本物質は、水生生物に対する生態リスクの初期評価を行わないため、水生生物に対する曝露の推定は行わなかった。

### 3. 健康リスクの初期評価

健康リスクの初期評価として、ヒトに対する化学物質の影響についてのリスク評価を行った。

なお、本物質については、既に食事からの摂取量の耐容上限量及び水道水質基準が設定されていることから、経口曝露の初期評価については対象外とした。

#### (1) 体内動態、代謝

銅は成人の生体内に約 80 mg 存在し、その約 50%が筋肉や骨、約 10%が肝臓中に分布しており、細胞内ではタンパク質と結合し、遊離の形態（銅イオン）は非常に少ない。細胞内に過剰に銅が存在すると毒性を示すことから、体内の銅の恒常性（ホメオスタシス）は厳密に調節されており<sup>1)</sup>、これが銅による中毒症状を稀なものにしている<sup>2)</sup>。経口摂取された銅の吸収率は、少量投与（0.4～4.5 mg）の場合に 56%、多量投与（100 mg）の場合には 30%と、投与量が多いほど低下する<sup>2)</sup>。また、過剰に吸収された銅は、再吸収されない形態となって胆汁へ移行し、糞便中へ排泄される。吸収された銅の約 85%が肝臓から胆汁を介して糞便へ、5%以下が腎臓を介して尿中へ排泄される<sup>1)</sup>。

銅はヒトの必須微量元素であり、約 10 種類の銅依存性酵素の活性中心に結合して、エネルギー生成や鉄の代謝、細胞外マトリックスの成熟、神経伝達物質の産生、活性酸素の除去など、生物の基本的な機能に関与している。銅が欠乏すると、貧血、白血球減少、好中球減少、骨異常、成長障害、心血管系や神経系の異常、毛髪の色素脱失、筋緊張低下、易感染性、コレステロールや糖代謝の異常を生じる<sup>1)</sup>。

我が国では、サプリメントから 10 mg/day の銅を 12 週間継続摂取しても異常を認めなかったとしたアメリカの報告<sup>3)</sup>をもとに、食事からの銅摂取量の耐容上限量（小児や妊婦を除く）が 10 mg/day とされている。また、水道水質基準では、毒性で問題となるレベルの濃度よりも利水障害（銅による洗濯物等への着色）の観点からの閾値の方が低いため、利水障害を防止する観点から 1.0 mg/L が設定されており<sup>4)</sup>、飲水量 2 L/day を仮定すると、2 mg/day の銅摂取量となる。

#### (2) 一般毒性及び生殖・発生毒性

##### ① 急性毒性

表 3.1 急性毒性<sup>5)</sup>

【単体銅】			
動物種	経路		致死量、中毒量等
マウス	経口	LD <sub>50</sub>	413 mg/kg
マウス	経口	LD <sub>50</sub>	>5,000 mg/kg
【酸化銅（I）】			
動物種	経路		致死量、中毒量等
ラット	経口	LD <sub>50</sub>	470 mg/kg
【酸化銅（II）】			
動物種	経路		致死量、中毒量等
ラット	経口	LD <sub>50</sub>	470 mg/kg

## 【硫酸銅】

動物種	経路		致死量、中毒量等
ヒト	経口	LD <sub>50</sub>	50 mg/kg
ヒト (男性)	経口	LDLo	857 mg/kg
ヒト (女性)	経口	LDLo	47,320 µL/kg
ヒト (女性)	経口	LDLo	50 mg/kg
ヒト	経口	LDLo	50 mg/kg
ラット	経口	LD <sub>50</sub>	960 mg/kg
ラット	経口	LD <sub>50</sub>	300 mg/kg
マウス	経口	LD <sub>50</sub>	369 mg/kg
マウス	経口	LD <sub>50</sub>	87 mg/kg

## 【硫酸銅 5 水和物】

動物種	経路		致死量、中毒量等
ヒト	経口	LDLo	1,088 mg/kg
ラット	経口	LD <sub>50</sub>	300 mg/kg
マウス	経口	LD <sub>50</sub>	43 mg/kg
イヌ	経口	LDLo	60 mg/kg
ラット	経皮	LD <sub>50</sub>	>2,000 mg/kg

## 【塩化銅 (I)】

動物種	経路		致死量、中毒量等
ラット	経口	LD <sub>50</sub>	140 mg/kg
マウス	経口	LD <sub>50</sub>	347 mg/kg
マウス	吸入	LC <sub>50</sub>	1,008 mg/m <sup>3</sup>

## 【塩化銅 (II)】

動物種	経路		致死量、中毒量等
ラット	経口	LD <sub>50</sub>	584 mg/kg
ラット	経口	LD <sub>50</sub>	140 mg/kg
マウス	経口	LD <sub>50</sub>	233 mg/kg

## 【シアン化銅 (II)】

動物種	経路		致死量、中毒量等
ラット	経口	LD <sub>50</sub>	1,265 mg/kg

銅 (粉末) のフェームを吸入すると、金属フェーム熱を引き起こすことがある。吸入すると咳、頭痛、息切れ、咽頭痛を生じ、経口摂取すると腹痛、吐き気、嘔吐を生じる。皮膚に付くと発赤、眼に入ると発赤、痛みを生じる<sup>6)</sup>。

硫酸銅は眼、皮膚を著明に刺激し、エアロゾルは気道を刺激する。腐食性を示す。摂取した場合、血液、腎臓、肝臓に影響を与え、溶血性貧血、腎障害、肝障害を起こす。吸入すると咳、咽頭痛を生じ、経口摂取すると腹痛、灼熱感、吐き気、嘔吐、下痢、ショック又は虚脱を生じる。皮膚に付くと発赤、痛み、眼に入ると発赤、痛み、かすみ眼を生じる<sup>7)</sup>。

## ② 中・長期毒性

ア) CD-1 マウス雌雄各 47~48 匹を 1 群とし、硫酸銅 1% 水溶液のエアロゾルを作成し、銅濃度で 0、0.12 mg/m<sup>3</sup> を 5 日間 (3 時間/日) 吸入させた後に連鎖球菌を吸入させた結果、死亡率や気管支に影響はなかったが、0.12 mg/m<sup>3</sup> 群では軽度な肺胞壁の肥厚と不規則化がみられた。0、0.13 mg/m<sup>3</sup> の 2 週間吸入 (3 時間/日、5 日/週) 後の連鎖球菌曝露では、0.13 mg/m<sup>3</sup> 群の雌雄で死亡率が有意に増加し、肺胞の肥厚が広範囲にみられた。気管支は 2 週間の曝露でも正常であった。0、0.13 mg/m<sup>3</sup> を 2 週間吸入させた雄の Syrian golden ハムスターでは、明らかな影響はみられなかった。なお、エアロゾルの空気動学的質量中央粒径 (MMAD) は 0.54 μm であった<sup>8)</sup>。

イ) 雄ウサギ (系統不明) 8 匹を 1 群とし、塩化銅 (II) 水溶液のエアロゾル (MMAD 0.5~1 μm) を作成し、銅濃度で 0、0.6 mg/m<sup>3</sup> を 4~6 週間 (6 時間/日、5 日/週) 吸入させた結果、0.6 mg/m<sup>3</sup> 群のマクロファージの細胞質に軽度の層板状封入体の増加がみられた以外に、マクロファージの機能や形態に影響はなかった<sup>9)</sup>。0.6 mg/m<sup>3</sup> 群では II 型肺胞上皮細胞の体積密度 (II 型肺胞上皮細胞の面積/肺胞組織の面積) が有意に増加したが、II 型肺胞上皮細胞の平均径には有意な差はなく、その他の肺組織にも影響はなかった<sup>10)</sup>。

ウ) 雄ラット (系統不明) 25 匹を 1 群とし、0、0.01、0.1、1 mg/m<sup>3</sup> の酸化銅のエアロゾルを 90~100 日間連続曝露した結果、0.01 mg/m<sup>3</sup> 以上の群でヘモグロビン濃度及び血清タンパク質濃度、0.1 mg/m<sup>3</sup> 以上の群で赤血球数が有意な増加を示した報告<sup>11)</sup>があったが、詳細は不明である。

エ) Sprague-Dawley ラット雌雄各 10 匹を 1 群とし、酸化銅 (I) を 0、0.17、0.35、0.7、1.7 mg/m<sup>3</sup> の銅濃度 (MMAD 1.725 μm) で 4 週間吸入 (6 時間/日、5 日/週) させた結果、0.35 mg/m<sup>3</sup> 以上の群の血液中で好中球数の増加、肺の絶対及び相対重量の増加、0.7 mg/m<sup>3</sup> 以上の群で気管支肺胞洗浄液 (BALF) 中の総細胞数の増加に有意差を認めた。肺では組織球の肺胞内浸潤が濃度依存的にみられ、1.7 mg/m<sup>3</sup> 群で中程度となり、0.35 mg/m<sup>3</sup> 以上の群では濃度に依存した急性炎症の発生もみられた。気管支リンパ節では 0.35 mg/m<sup>3</sup> 以上の群の大多数でリンパ過形成がみられ、縦隔リンパ節でも 0.35 mg/m<sup>3</sup> 以上の群でリンパ過形成がみられたが、その発生率は低かった。なお、鼻腔への影響は雄の 1.7 mg/m<sup>3</sup> 群の 5 匹中 3 匹、0.17 mg/m<sup>3</sup> 群の 5 匹中 1 匹に軽微な亜急性炎症がみられただけで、雄の他の群や雌にはみられなかったとした報告<sup>12)</sup>があった。

## ③ 生殖・発生毒性

ア) 雄ラット (系統不明) 25 匹を 1 群とし、0、0.01、0.1、1 mg/m<sup>3</sup> の酸化銅のエアロゾルを 90~100 日間連続曝露した結果、0.01 mg/m<sup>3</sup> 以上の群で精巣相対重量、運動精子率、精子生存能の低下を認めた報告<sup>11)</sup>があったが、詳細は不明である。

イ) 雄ラット (系統不明) 11~12 匹を 1 群とし、0、5.2、41.4 mg/m<sup>3</sup> の塩化銅 (II) のエアロゾルを 4 ヶ月間吸入させた結果、5.2 mg/m<sup>3</sup> 以上の群で死亡精子及び異常精子の発生率に有意な増加、41.4 mg/m<sup>3</sup> 群で運動精子率、精巣相対重量、血液中のテストステロン及びエストラジオール濃度に有意な減少を認めた。黄体形成ホルモン濃度は 5.2 mg/m<sup>3</sup> 以上の群で有意に低かったが、用量依存性はなかったとした報告<sup>13)</sup>があったが、詳細は不明である。

#### ④ ヒトへの影響

- ア) 酸化アルミニウム研磨材を用いた銅板の研磨作業に従事していた労働者で悪寒や発熱感、鼻づまりなどを伴った風邪のような症状が発生し、研磨時に発生した銅の粉じんによる金属フューム熱と考えられた。呼吸域の銅濃度は  $0.12 \text{ mg/m}^3$  であったが、繁忙時にはその 2～3 倍の濃度であったと考えられた。この症状は十分な換気設備が導入されるまで消失せず、換気設備導入後の銅濃度は  $0.008 \text{ mg/m}^3$  であった<sup>14)</sup>。
- イ) 換気の悪い室内で溶接トーチによる真鍮製パイプの切断作業に従事していた労働者 45 人中 26 人に金属フューム熱が発生した事例では、25 人に発熱、23 人に呼吸困難、21 人に悪寒、21 人に頭痛、19 人に吐き気、19 人に筋肉痛、17 人に息切れ、14 人に味覚異常（独特の甘み又は金属味）の訴えがあった。臨床徴候は胸部での喘鳴音又はラ音に限られ、8 人にみられた。24 人中 21 人に末梢血での白血球増加症、20 人に杆状球形成の増加がみられた。曝露から金属フューム熱の発症に至る時間の中央値は 5 時間であり、曝露時間が 1 時間未満であった 3 人には発症しなかったが、1 時間以上曝露された 26 人では 25 人が発症した。尿中の銅濃度は 12 人中 5 人で  $0.05 \text{ mg/L}$  を超えていた<sup>15)</sup>。
- ウ) 過去 88 年間に、銅を原因とした金属フューム熱又は類似症状を報告した論文をデータベース (MEDLINE 及び TOXLINE) 検索した結果、7 報の該当があり、1911 年から 1983 年の間に報告されたものであった。それらの報告では、銅の曝露濃度は未測定か、不十分なものであり、症状や訴えにも一貫性がなかった。銅よりも、亜鉛を原因とした金属フューム熱の方が多く報告されていること、粉じん中の銅の粒径は亜鉛の粒径よりも大きく、亜鉛の方が吸入されやすいこと、銅は多くの産業で使用されているにもかかわらず金属フューム熱の発生が稀であること等を考慮すると、銅以外の物質による発生が考えられた<sup>16)</sup>。
- エ) 真鍮の溶融炉を有するスリランカの作業場 53 ヶ所から無作為抽出した作業員 154 人、年齢でマッチさせた対照群 154 人を対象とした調査では、慢性症状として食欲不振、口中の不快感、疼痛、急性症状として咳、鼻の乾燥感、流涙、眼の痒みの訴えが有意に多かった。また、金属フューム熱の訴えも有意に多かった。血液中の銅、亜鉛の平均濃度は曝露群で有意に高く、中央値を超える人数の割合も有意に高かった<sup>17)</sup>。
- オ) イギリスの産業界から ACGIH に寄せられた報告 (1972 年)<sup>18)</sup> によると、銅の曝露がある産業界での経験では、フューム中の銅濃度が  $0.4 \text{ mg/m}^3$  以下であれば、悪影響が生じることはないということであった。
- カ) 銅製錬工場で高純度の銅の研磨・篩い分け工程に従事した労働者 (75～100 人) の健康診査記録 (1970～1973 年) をみると、労働者の 39～70% で肝腫大、10～15% で消化器系障害、16% で性交不能症などがみられた。職場の銅濃度は  $464 \text{ mg/m}^3$  (1971 年) ～  $111 \text{ mg/m}^3$  (1973 年) の範囲にあり、非曝露群の血清中銅濃度 ( $0.76\sim 1.17 \text{ mg/L}$ ) をもとに正常値を  $0.8\sim 1.2 \text{ mg/L}$  とすると、労働者では正常値の超過率が 1970 年から 1973 年にかけて 40% から 92% に増加した<sup>19)</sup>。
- キ) 中国の銅鉱山で 1969 年から 1988 年の間に 1 年以上働いた男性労働者 7,088 人を対象とした調査では、1988 年 12 月 31 日時点で 814 人が死亡しており、鉱山が立地する市の 1985 年の死亡統計から期待値を算出し、標準化死亡比 (SMR) を算出した。その結果、全死亡、

循環器系疾患、高血圧、脳血管系疾患、呼吸器系疾患、珪肺症の SMR に有意な増加がみられた<sup>20)</sup>。しかし、労働者はヒ素やラドンなどの曝露も受けており、銅による影響とは断定できない。

### (3) 発がん性

#### ① 主要な機関による発がんの可能性の分類

国際的に主要な機関での評価に基づく本物質の発がんの可能性の分類については、表 3.2 に示すとおりである。

表 3.2 主要な機関による発がんの可能性の分類

機 関 (年)		分 類
WHO	IARC	—
EU	EU	—
USA	EPA	—
	ACGIH	—
	NTP	—
日本	日本産業衛生学会	—
ドイツ	DFG	—

#### ② 発がん性の知見

##### ○ 遺伝子傷害性に関する知見

*in vitro* 試験系では、硫酸銅や塩化銅は代謝活性化系 (S9) 添加の有無にかかわらず、ネズミチフス菌<sup>21~24)</sup>、酵母菌<sup>25)</sup> で遺伝子突然変異を誘発しなかったが、硫酸銅が S9 無添加の大腸菌で遺伝子突然変異を誘発したとする報告<sup>26)</sup> もあった。S9 無添加の枯草菌で DNA 傷害<sup>27)</sup>、酵母で体細胞組換え<sup>28)</sup> を誘発せず、試験管内 DNA 合成阻害を誘発した<sup>29)</sup>。塩化銅は S9 無添加のチャイニーズハムスター卵巣細胞 (CHO) で DNA 合成阻害<sup>30)</sup>、硫酸銅はラット肝細胞 (初代培養) で DNA 鎖切断<sup>31)</sup> を誘発した。また、硝酸銅は S9 無添加のチャイニーズハムスター肺細胞 (V79) で遺伝子突然変異、DNA 鎖切断、姉妹染色分体交換を誘発した<sup>32)</sup>。

*in vivo* 試験系では、硫酸銅は腹部注入したショウジョウバエ (幼虫) で劣性致死突然変異<sup>33)</sup>、腹腔内投与又は経口投与したニワトリの骨髄細胞で染色体異常、小核、末梢血赤血球で小核<sup>34)</sup> を誘発した。また、腹腔内投与又は皮下投与したマウスの骨髄細胞で染色体異常<sup>35,36)</sup>、小核<sup>35)</sup>、腹腔内投与したマウスで精子形態異常<sup>35)</sup> を誘発したが、腹腔内投与したマウスの骨髄細胞で小核を誘発しなかった報告<sup>37)</sup> もあった。

##### ○ 実験動物に関する発がん性の知見

吸入曝露による実験動物の発がん性について、知見は得られなかった。



## ○ ヒトに関する発がん性の知見

アメリカの9つの銅製錬所で1946年から1975年の間に1年以上働いた男性労働者3,550人を対象とした調査では、がんの発生率に有意な増加はみられなかった<sup>38)</sup>。

中国の銅鉱山で1969年から1988年の間に1年以上働いた男性労働者7,088人を対象とした調査では、1988年12月31日時点で814人が死亡しており、鉱山が立地する市の1985年の死亡統計から期待値を算出し、標準化死亡比(SMR)を算出した。その結果、全死亡、全がん、胃がん、肺がんのSMRに有意な増加がみられた<sup>20)</sup>。しかし、労働者はヒ素やラドンなどの曝露も受けており、銅による影響とは断定できない。

高純度の銅の研磨・篩い分け工程に従事した労働者(75~100人)の調査では、職場の銅濃度は464 mg/m<sup>3</sup>(1971年)~111 mg/m<sup>3</sup>(1973年)の範囲にあり、7人にホルモン非分泌型の下垂体腺腫がみられ、これらの人には肥満、高血圧、赤ら顔という共通点があった。また、これらの人の多くで骨粗鬆症を認め、血液中の銅濃度の増加がみられたことから、銅(カルシウム)代謝障害の関与が考えられた<sup>19)</sup>。

## (4) 健康リスクの評価

### ① 評価に用いる指標の設定

非発がん影響については一般毒性に関する知見が得られているが、生殖・発生毒性については十分な知見が得られていない。また、発がん性については十分な知見が得られず、ヒトに対する発がん性の有無については判断できない。このため、閾値の存在を前提とする有害性について、非発がん影響に関する知見に基づき無毒性量等を設定することとする。

経口曝露については、評価の対象としなかった。

吸入曝露については、無毒性量等の設定ができなかった。

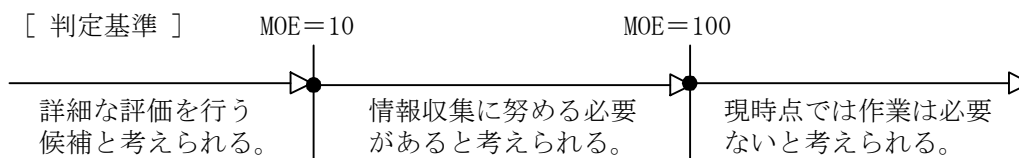
### ② 健康リスクの初期評価結果

表 3.3 吸入曝露による健康リスク (MOE の算定)

曝露経路・媒体		平均曝露濃度	予測最大曝露濃度	無毒性量等	MOE
吸入	環境大気	0.019 µg/m <sup>3</sup> 程度	0.31 µg/m <sup>3</sup> 程度	—	—
	室内空気	—	—		—

吸入曝露については、無毒性量等が設定できず、健康リスクの判定はできなかった。

なお、ヒトへの影響(オ)の知見から、0.4 mg/m<sup>3</sup>をNOAELと仮定した場合、曝露状況で補正した0.08 mg/m<sup>3</sup>が無毒性量等に相当する値となる。そこで、0.08 mg/m<sup>3</sup>と一般環境大気の予測最大曝露濃度0.31 µg/m<sup>3</sup>程度から、参考としてMOE (Margin of exposure)を算出すると、260となる。また、化管法に基づく平成24年度の大気への届出排出量をもとに推定した高排出事業所近傍の大気中濃度(年平均値)の最大値は0.22 µg/m<sup>3</sup>であったが、参考としてこれから算出したMOEは360となる。このため、本物質の一般環境大気の吸入曝露については、健康リスクの評価に向けて吸入曝露の情報収集等を行う必要性は低いと考えられる。



#### 4. 生態リスクの初期評価

本物質については、平成 26 年現在、水生生物の保全に係る水質目標値に向けた検討が行われていることから、水生生物に対する生態リスク初期評価は行わなかった。

## 5. 引用文献等

## (1) 物質に関する基本的事項

- 1) 大木道則ら(1989)：化学大辞典 東京化学同人.
- 2) 環境省(2012)：化学物質ファクトシート -2012年版-,  
(<http://www.env.go.jp/chemi/communication/factsheet.html>).
- 3) 中原勝儼(1997)：無機化合物・錯体辞典 講談社サイエンティフィク.
- 4) Haynes.W.M.ed. (2013)：CRC Handbook of Chemistry and Physics on DVD, (Version 2013),  
CRC Press.
- 5) O'Neil, M.J. ed. (2013)：The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and  
Biologicals. 15th Edition, The Royal Society of Chemistry.
- 6) Dale L, Perry (2010)：Hndbook of Inorganic Compounds, 2nd Edition, Boca Raton, CRC Press.
- 7) World Health Organization (1998): Environmental Health Criteria. 200. Copper.
- 8) ATSDR (2004)：Toxicological Profile for Copper.
- 9) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2014)：鉱物資源マテリアルフロー2013  
銅 (Cu) .
- 10) 経済産業省 (2012)：一般化学物質等の製造・輸入数量 (22年度実績) につい  
て,([http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/kasinhou/information/H22jisiseki-matome-ver2.html](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/information/H22jisiseki-matome-ver2.html), 2012.3.30 現在).
- 11) 経済産業省 (2013)：一般化学物質等の製造・輸入数量 (23年度実績) につい  
て,([http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/kasinhou/information/H23jisiseki-matome.html](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/information/H23jisiseki-matome.html), 2013.3.25 現在).
- 12) 経済産業省(2014)：一般化学物質等の製造・輸入数量 (24年度実績) につい  
て,([http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/kasinhou/information/H24jisiseki-matome.html](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/information/H24jisiseki-matome.html), 2014.3.7 現在).
- 13) 化学工業日報社(2005)：14705の化学商品; 化学工業日報社(2006)：14906の化学商品; 化  
学工業日報社(2007)：15107の化学商品; 化学工業日報社(2008)：15308の化学商品; 化学  
工業日報社(2009)：15509の化学商品; 化学工業日報社(2010)：15710の化学商品; 化学工  
業日報社(2011)：15911の化学商品.;化学工業日報社(2012)：16112の化学商品;化学工業日  
報社(2013)：16313の化学商品;化学工業日報社(2014)：16514の化学商品.
- 14) 農林水産省消費・安全局農産安全管理課・植物防疫課監修、(社)日本植物防疫協会編集  
(2004)：農薬要覧-2004-; 農林水産省消費・安全局農産安全管理課・植物防疫課監修、(社)  
日本植物防疫協会編集(2007)：農薬要覧-2007-; 農林水産省消費・安全局農産安全管理課・  
植物防疫課監修、(社)日本植物防疫協会編集(2010)：農薬要覧-2010-; (社)日本植物防疫協  
会編集(2013)：農薬要覧-2013-.
- 15) 薬事・食品衛生審議会薬事分科会化学物質安全対策部会 PRTR 対象物質調査会、化学物  
質審議会管理部会、中央環境審議会環境保健部会 PRTR 対象物質等専門委員会合同会合  
(第4回)(2008)：参考資料 1 現行化管法対象物質の有害性・暴露情報,  
(<http://www.env.go.jp/council/05hoken/y056-04.html>, 2008.11.6 現在).
- 16) 化学工業日報社(2014)：16514の化学商品.

## (2) 曝露評価

- 1) 経済産業省製造産業局化学物質管理課、環境省環境保健部環境安全課 (2014) : 平成 24 年度特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(化学物質排出把握管理促進法)第 11 条に基づき開示する個別事業所データ.
- 2) 経済産業省製造産業局化学物質管理課、環境省環境保健部環境安全課 (2014) : 届出外排出量の推計値の対象化学物質別集計結果 算出事項(対象業種・非対象業種・家庭・移動体)別の集計表 3-1 全国, (<http://www.prtr.nite.go.jp/prtr/csv/2012a/2012a3-1.csv>, 2014.3.26 現在).
- 3) 経済産業省製造産業局化学物質管理課、環境省環境保健部環境安全課 (2014) : 平成 24 年度 PRTR 届出外排出量の推計方法の詳細 . (<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/todokedegaiH24/syosai.html>, 2014.3.26 現在).
- 4) 環境省水・大気環境局大気環境課、自動車環境対策課 (2014) : 平成 24 年度大気汚染状況について (有害大気汚染物質モニタリング調査結果報告) .
- 5) 環境省水・大気環境局大気環境課、自動車環境対策課 (2013) : 平成 23 年度大気汚染状況について (有害大気汚染物質モニタリング調査結果報告) .
- 6) 環境省水・大気環境局大気環境課、自動車環境対策課 (2012) : 平成 22 年度大気汚染状況について (有害大気汚染物質モニタリング調査結果報告) .
- 7) 環境省水・大気環境局大気環境課、自動車環境対策課 (2010) : 平成 21 年度大気汚染状況について (有害大気汚染物質モニタリング調査結果) .
- 8) 環境省水・大気環境局大気環境課 (2006) : 平成 17 年度地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査結果について.
- 9) 環境省水・大気環境局大気環境課 (2005) : 平成 16 年度地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査結果について.
- 10) 厚生労働省健康局水道課(2013) : 平成 24 年度未規制物質等の水道水における存在実態調査報告書.
- 11) (社)日本水道協会 (2013) : 平成 23 年度水道統計 水質編 第 94-2 号.
- 12) (社)日本水道協会 (2012) : 平成 22 年度水道統計 水質編 第 93-2 号.
- 13) (社)日本水道協会 (2011) : 平成 21 年度水道統計 水質編 第 92-2 号.
- 14) (社)日本水道協会 (2010) : 平成 20 年度水道統計 水質編 第 91-2 号.
- 15) (社)日本水道協会 (2009) : 平成 19 年度水道統計 水質編 第 90-2 号.
- 16) (社)日本水道協会 (2008) : 平成 18 年度水道統計 水質編 第 89-2 号.
- 17) (社)日本水道協会 (2007) : 平成 17 年度水道統計 水質編 第 88-2 号.
- 18) (社)日本水道協会 (2006) : 平成 16 年度水道統計 水質編 第 87-2 号.
- 19) 環境省水・大気環境局水環境課 (2011) : 平成 22 年度要調査項目測定結果.
- 20) 環境省水・大気環境局水環境課 (2010) : 平成 21 年度要調査項目測定結果.
- 21) 環境省水・大気環境局水環境課 (2009) : 平成 20 年度要調査項目測定結果.
- 22) 環境省水・大気環境局水環境課 (2008) : 平成 19 年度要調査項目測定結果.
- 23) 環境省水・大気環境局水環境課 (2007) : 平成 17 年度要調査項目測定結果.

- 24) Akira Takeda, Kazuhiko Kimura and Shin-ichi Yamasaki (2004) : Analysis of 57 elements in Japanese soils, with special reference to soil group and agricultural use. *Geoderma*. 119(3-4) : 291-307.
- 25) 日本土壌協会 (1984) : 昭和 58 年度環境庁委託業務結果報告書 土壌汚染環境基準設定調査－カドミウム等重金属自然賦存量調査解析－.
- 26) 環境省水・大気環境局水環境課 (2014) : 平成 25 年度要調査項目測定結果.
- 27) 環境省水・大気環境局水環境課 (2013) : 平成 24 年度要調査項目測定結果.
- 28) 環境省水・大気環境局 (2013) : 平成 24 年度公共用水域水質測定結果.
- 29) 環境省水・大気環境局水環境課 (2012) : 平成 23 年度要調査項目測定結果.
- 30) 環境省水・大気環境局 (2012) : 平成 23 年度公共用水域水質測定結果.
- 31) 環境省水・大気環境局 (2011) : 平成 22 年度公共用水域水質測定結果.
- 32) 環境省水・大気環境局 (2010) : 平成 21 年度公共用水域水質測定結果.
- 33) 環境省水・大気環境局 (2009) : 平成 20 年度公共用水域水質測定結果.
- 34) 環境省水・大気環境局 (2008) : 平成 19 年度公共用水域水質測定結果.
- 35) 環境省水・大気環境局 (2007) : 平成 18 年度公共用水域水質測定結果.
- 36) 環境省水・大気環境局 (2006) : 平成 17 年度公共用水域水質測定結果.
- 37) 環境省水・大気環境局 (2005) : 平成 16 年度公共用水域水質測定結果.
- 38) 環境省水環境部企画課 (2004) : 平成 14 年度要調査項目測定結果.
- 39) 渡邊敬浩 (2013) : 日常食からの有害物質摂取量調査研究. 平成 24 年度総括・分担研究報告書 食品を介したダイオキシン類等有害物質摂取量の評価とその手法開発に関する研究. 21-44.
- 40) 渡邊敬浩 (2012) : 日常食からの汚染物質摂取量推定に関する研究. 平成 23 年度総括・分担研究報告書 食品を介したダイオキシン類等有害物質摂取量の評価とその手法開発に関する研究. 23-44.
- 41) 渡邊敬浩 (2011) : 日常食からの汚染物質摂取量推定に関する研究. 平成 22 年度総括・分担研究報告書 食品を介したダイオキシン類等有害物質摂取量の評価とその手法開発に関する研究. 17-29.
- 42) 渡邊敬浩 (2010) : 日常食の汚染物質摂取量及び汚染物モニタリング調査研究. 平成 21 年度総括・分担研究報告書 食品中の有害物質等の摂取量の調査及び評価に関する研究. 13-32.
- 43) 松田りえ子 (2004) : 日常食の汚染物質摂取量及び汚染物モニタリング調査研究. 平成 16 年度総括・分担研究報告書 食品中の有害物質等の摂取量の調査及び評価に関する研究. 13-30.
- 44) 国立環境研究所 (2015) : 平成 26 年度化学物質環境リスク初期評価等実施業務報告書.
- 45) 産業技術総合研究所 (2010) : 海と陸の地球化学図.
- 46) 経済産業省 (2012) : 経済産業省－低煙源工場拡散モデル (Ministry of Economy , Trade and Industry － Low rise Industrial Source dispersion Model) METI-LIS モデル ver.3.02.

## (3) 健康リスクの初期評価

- 1) 厚生労働省 (2009): 日本人の食事摂取基準 (2010 年版) . ; 厚生労働省 (2014): 日本人の食事摂取基準 (2015 年版) .  
([http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/kenkou/eiyuu/syokuji\\_kijyun.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/eiyuu/syokuji_kijyun.html), 2014.12.10 現在).
- 2) Stokinger HE. (1982): The metals. Cited in: Clayton GD, Clayton FE. eds. Patty's industrial hygiene and toxicology. 3rd ed. New York. John Wiley and Sons. 2A: 1620-1630.
- 3) Pratt WB, Omdahl JL, Sorenson JR. (1985): Lack of effects of copper gluconate supplementation. *Am J Clin Nutr.* 42: 681-682.
- 4) 厚生労働省: 水質基準の見直しにおける検討概要. 基 36. 銅.  
(<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/konkyo0303.html>, 2014.12.10 現在)
- 5) US National Institute for Occupational Safety and Health, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS) Database.
- 6) IPCS (1993): International Chemical Safety Cards. 0240. Copper.
- 7) IPCS (2001): International Chemical Safety Cards. 0751. Copper sulfate (anhydrous).
- 8) Drummond JG, Aranyi C, Schiff LJ, Fenters JD, Graham JA. (1986): Comparative study of various methods used for determining health effects of inhaled sulfates. *Environ Res.* 41: 514-528.
- 9) Johansson A, Camner P, Jarstrand C, Wiernik A. (1983): Rabbit alveolar macrophages after inhalation of soluble cadmium, cobalt, and copper: a comparison with the effects of soluble nickel. *Environ Res.* 31: 340-354.
- 10) Johansson A, Curstedt T, Robertson B, Camner P. (1984): Lung morphology and phospholipids after experimental inhalation of soluble cadmium, copper, and cobalt. *Environ Res.* 34: 295-309.
- 11) Ginoyan MM. (1976): Experimental data for the hygienic substantiation of the maximum permissible concentration of cupric oxide in the atmosphere. *Gig Sanit.* 6: 8-12. ( in Russian).
- 12) International Copper Association Inc., REACH Copper Consortium, European Union Antifouling Copper Task Force (2010): A four-week inhalation toxicity study of cuprous oxide in Sprague Dawley rats with a time course evaluation and a 13-week recovery evaluation. Study number WIL-708003. 19 August 2010. Cited in: EC (2014): Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Copper and its inorganic compounds. SCOEL/SUM/171. March 2014.
- 13) Gabuchian VV. (1987): [Mechanism of disorders of reproductive function of male albino rats exposed to copper chloride]. *Gig Tr Prof Zabol.* 9: 28-31. ( in Russian).
- 14) Gleason RP. (1968): Exposure to copper dust. *Am Ind Hyg Assoc J.* 29: 461-462.
- 15) Armstrong CW, Moore LW Jr, Hackler RL, Miller GB Jr, Stroube RB. (1983): An outbreak of metal fume fever. Diagnostic use of urinary copper and zinc determinations. *J Occup Med.* 25: 886-888.
- 16) Borak J, Cohen H, Hethmon TA. (2000): Copper exposure and metal fume fever: lack of evidence for a causal relationship. *AIHAJ.* 61: 832-836.

- 17) Jayawardana PL. (2004): Non-specific occupational health conditions among brass workers at Gadaladeniya, Sri Lanka. *Ceylon Med J.* 49: 122-127.
- 18) Luxon SG.(1972): Letter to ACGIH from Industrial Hygiene Unit, H.M. Factory Inspectorate, London, England, U.K. (August 1, 1972). Cited in: ACGIH (2001): Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. Copper.
- 19) Suciú I, Prodan L, Lazar V, Ilea E, Cocîrla A, Olinici L, Paduraru A, Zagreanu O, Lengyel P, Györfi L, Andru D. (1981): Research on copper poisoning. *Med Lav.* 72: 190-197.
- 20) Chen R, Wei L, Huang H. (1993): Mortality from lung cancer among copper miners. *Br J Ind Med.* 50: 505-509.
- 21) Marzin DR, Phi HV. (1985): Study of the mutagenicity of metal derivatives with *Salmonella typhimurium* TA102. *Mutat Res.* 155: 49-51.
- 22) Tso WW, Fung WP. (1981): Mutagenicity of metallic cations. *Toxicol Lett.* 8: 195-200.
- 23) Moriya M, Ohta T, Watanabe K, Miyazawa T, Kato K, Shirasu Y. (1983): Further mutagenicity studies on pesticides in bacterial reversion assay systems. *Mutat Res.* 116: 185-216.
- 24) Wong PK. (1988): Mutagenicity of heavy metals. *Bull Environ Contam Toxicol.* 40: 597-603.
- 25) Singh I. (1983): Induction of reverse mutation and mitotic gene conversion by some metal compounds in *Saccharomyces cerevisiae*. *Mutat Res.* 117: 149-52.
- 26) Demerec M, Bertani G, Flint J. (1951): A survey of chemicals for mutagenic action on *E. coli*. *Am Nat.* 85: 119-136.
- 27) Nishioka H. (1975): Mutagenic activities of metal compounds in bacteria. *Mutat Res.* 31: 185-189.
- 28) Sora S, Agostoni Carbone ML, Pacciarini M, Magni GE. (1986): Disomic and diploid meiotic products induced in *Saccharomyces cerevisiae* by the salts of 27 elements. *Mutagenesis.* 1: 21-28.
- 29) Sirover MA, Loeb LA. (1976): Infidelity of DNA synthesis *in vitro*: screening for potential metal mutagens or carcinogens. *Science.* 194: 1434-1436.
- 30) Garrett NE, Lewtas J. (1983): Cellular toxicity in Chinese hamster ovary cell cultures. I. Analysis of cytotoxicity endpoints for twenty-nine priority pollutants. *Environ Res.* 32: 455-465.
- 31) Sina JF, Bean CL, Dysart GR, Taylor VI, Bradley MO. (1983): Evaluation of the alkaline elution/rat hepatocyte assay as a predictor of carcinogenic/mutagenic potential. *Mutat Res.* 113: 357-391.
- 32) Sideris EG, Charalambous SC, Tsolomyty A, Katsaros N. (1988): Mutagenesis; carcinogenesis and the metal elements—DNA interaction. *Prog Clin Biol Res.* 259: 13-25.
- 33) Law LW. (1938): The effects of chemicals on the lethal mutation rate in *Drosophila Melanogaster*. *Proc Natl Acad Sci USA.* 24: 546-550.
- 34) Bhunya SP, Jena GB. (1996): Clastogenic effects of copper sulphate in chick *in vivo* test system. *Mutat Res.* 367: 57-63.
- 35) Bhunya SP, Pati PC. (1987): Genotoxicity of an inorganic pesticide, copper sulphate in mouse *in vivo* test system. *Cytologia.* 52: 801-808.
- 36) Agarwal K, Sharma A, Talukder G. (1990): Clastogenic effects of copper sulphate on the bone marrow chromosomes of mice *in vivo*. *Mutat Res.* 243: 1-6.



- 37) Tinwell H, Ashby J. (1990): Inactivity of copper sulphate in a mouse bone-marrow micronucleus assay. *Mutat Res.* 245: 223-226.
- 38) Logue JN, Koontz MD, Hattwick MA. (1982): A historical prospective mortality study of workers in copper and zinc refineries. *J Occup Med.* 24: 398-408.