

## 4.2. ニッケル

[物質名] ニッケル; Ni

CAS=7440-02-0

### 4.2.1 物理化学的性状

銀白色の輝く金属。展延性に富む。塊状のものは水及び空気に対して常温ではきわめて安定であるが、微粉状のものは発火性である。希酸にゆっくり侵される。濃硝酸には不働体を生じ、侵されない。普通の化合物中では+2価の原子価をとるが、0、1、3、4価のニッケル化合物も知られている。

名称	ニッケル	塩化ニッケル	硫酸ニッケル	炭酸ニッケル
化学式	Ni	NiCl <sub>2</sub>	NiSO <sub>4</sub>	NiCO <sub>3</sub>
原子/分子量	58.70	129.6	154.8	118.7
比重	8.90	3.52	3.68	--
融点	1453	1001 (封管中)	--	--
沸点	2730	973	--	--
溶解度	--	53.8g/100g(0°C)	27.2g/100g(0°C)	9.3mg/100g(20°C)

### 参考文献

化学大辞典 (1964) 共立出版.

### 4.2.2 生産量及び用途

オーストラリア、インドネシア産ニッケルマット (ニッケル70~80%含有)、ニューカレドニア、インドネシア、フィリピン産ガーニライト鉱石 (ニッケル3%含有) を材料とする。ニッケルの生産量は21900t (平成元年)。特殊鋼、鋳鍛鋼品、電熱線、めっき、貨幣の製造に用いられる。塩化ニッケル、硫酸ニッケル (9100t、平成元年)、炭酸ニッケル (1000t、平成元年、推定) とも、めっき工業、ニッケル触媒一般の原料、顔料として用いられる。

### 参考文献

11691の化学商品 (1991) 化学工業日報社.

### 4.2.3 分析方法

現在最も普通に用いられる微量なニッケルの定量法は原子吸光法である。232.0nmの波長が用いられることが多いが、光散乱による見かけの吸収に注意を要する。フレイム原子吸光法で0.01mg/L程度の検出下限がえられる<sup>1)</sup>。この方法はジメチルグリオキシム吸光度法とならび、工場排水試験の公定法となっている (J I S K 0102-59)。溶媒抽出による共存元素の干渉除去、溶媒効果により、感度は8倍程度まであがる<sup>1)</sup>。フレイムレス原子吸光法は、さらに感度が高く、ゼーマン効果によるバックグラウンド補正により、ヒトの尿や血清といった複雑なマトリクス中のニッケルの直接定量で、0.1~0.5μg/Lレベルの定量下限がえられる<sup>2)</sup>。非汚染地域の環境水の

ような超微量分析には、溶媒抽出と組み合わせる（200倍濃縮）ことで、 $0.01\mu\text{g}/\text{L}$ の海水中ニッケルを定量した例がある<sup>93</sup>。

ICP発光法は定量下限 $0.02\text{mg}/\text{L}$ <sup>43</sup>と、原子吸光法よりも感度の点では落ちるが、多元素同時分析能をいかし、多元素同時溶媒抽出—測定ができる利点がある。たとえば環境水中の微量元素をオキシシ錯体としてC18結合型シリカゲルにニッケルを含む1元素を吸着濃縮し、検出下限として $1\sim 40\text{ng}/\text{L}$ をえている<sup>93</sup>。

ボルタンメトリーは原子吸光法より高感度、低コストであるが、一般に試料の前処理が煩雑であるという欠点もある。

#### 参考文献

- 1) 不破敬一郎、下村滋、戸田昭三 編 (1980) 最新原子吸光分析 原理と応用 II 元素各論、廣川書店、東京。
- 2) WHO (1991) Environmental Health Criteria 108 Nickel, WHO, Geneva.
- 3) Bruland, K.W., Franks, R.P., Knauer, G.A., and Martin, J.H. (1979) Sampling and analytical methods for the determination of copper, cadmium, zinc, and nickel at the nanogram per liter level in seawater, Anal. Chim. Acta, 105, 233-245.
- 4) 原口紘元、久保田正明、森田昌敏、宮崎章、不破敬一郎、古田直紀 (1988) ICP発光分析法、共立出版、東京。
- 5) Nojiri, Y., Kawai, T., Otsuki, A., and Fuwa, K. (1985) Simultaneous multielement determination of trace metals in lake waters by ICP emission spectrometry with preconcentration and their background levels in Japan, Water Res., 19, 503-509.

#### 4.2.4 環境中での挙動

ニッケルの平均地殻存在比は $75\text{mg}/\text{kg}$ である。土壌のニッケル含量は母岩のそれによって決定され、地球規模でみると土壌のニッケル含量の地域差は大きい。農地の土壌で、 $3\sim 1000\text{mg}/\text{kg}$ という大きな幅がある<sup>11</sup>。土壌中のニッケルの存在形態としては、①無機の結晶、②有機物や無機物（粘土など）の表面に吸着、③間隙水のなかにイオンあるいはキレート錯体として存在、の3つが大部分である<sup>92</sup>。

海水のニッケル濃度は $0.228\sim 0.693\mu\text{g}/\text{L}$ <sup>92</sup>で、陸水は $2\sim 10\mu\text{g}/\text{L}$ より低い<sup>42</sup>といわれる。水中のニッケルは、大気中の粉塵由来、母岩由来などがあると考えられ、多くは粘土質や有機物（藻類、細菌、デトライタス）に吸着しているか、フミン酸やタンパク質と結合していると考えられている<sup>92</sup>。海水中の平均滞留時間は2300年程度であると考えられている<sup>92</sup>。水道水のニッケル含量としては、アメリカの969試料の分析の結果、 $0.0048\text{mg}/\text{L}$ <sup>11</sup>、イタリアでは $<0.01\text{mg}/\text{L}$ <sup>72</sup>が報告されている。蛇口や装具からのニッケルの溶出も無視できない場合がある。デンマークではニッケルを含む水道管に一晚放置した水道水のニッケル濃度が $0.49\text{mg}/\text{L}$ になった例も知られている<sup>92</sup>。

大気中のニッケルはおもにエアロゾルの形で存在するものと考えられている。汚染のない地域でのデータによると、海上大気で $<0.1\sim 1\text{ng}/\text{m}^3$ 、陸上で $1\sim 3\text{ng}/\text{m}^3$ レベルである<sup>92</sup>。自然由来の大気中ニッケルの40～50%は土壌あるいは火山活動に由来するものであり<sup>92</sup>、人為起源のニッケルのほぼ70%は化石燃料の燃焼および廃棄物の焼却から放出されたものであるという<sup>92</sup>。ニッケル粒子の大気中平均滞留時間は5.4～7.9日であるという<sup>92</sup>。人為起源のニッケル含有粒子は一般に粒径が小さく、また細かい粒子ほどニッケル含量が多く、大気中の滞留時間が長い。

$8.9\text{mg}/\text{L}$ のニッケルを含む湧水中の*Euglena gracilis*の生物濃縮係数は2000であったことが報

告されている<sup>103</sup>。平均ニッケル濃度が $0.027\text{mg}/\text{L}$ の23の湖水中の*Lemma minor*を分析した結果、200～3000の濃縮係数がえられ、これを $0.01\sim 1\text{mg}/\text{L}$ の濃度のもとで実験的に栽培すると、4000、6134の濃縮係数がえられている<sup>113</sup>。一般に植物の方が高い濃縮係数を示す。動物の場合、*Daphnia magna*で $2\sim 12$ <sup>122</sup>、643<sup>183</sup>、甲殻類で929<sup>183</sup>、アサリで262<sup>183</sup>、魚で1～4（分析した臓器による）<sup>142</sup>が報告されている。

#### 参考文献

- 1) NAS (1975) Nickel, National Academy of Science, Washington DC.
- 2) Hutchinson, T.C., Freedman, B., and Whitby, L. (1981) Nickel in Canadian soils and vegetation, in Effects of nickel in Canadian environment, Ottawa, National Research Council of Canada.
- 3) Bruland, K.W., Franks, R.P., Knauer, G.A., and Martin, J.H. (1979) Sampling and analytical methods for the determination of copper, cadmium, zinc, and nickel at the nanogram per liter level in seawater, Anal. Chim. Acta, 105, 233-245.
- 4) Stokes, P.M. (1981) Nickel in aquatic ecosystems, in Effects of nickel in Canadian environment, Ottawa, National Research Council of Canada.
- 5) WHO (1991) Environmental Health Criteria 108 Nickel, WHO, Geneva.
- 6) Nriagu, J.O. (1980) Global cycle and properties of nickel, in Nickel in the environment, Nriagu, J.O. eds, John Wiley and Sons, New York/Chichester/Brisbane/Toronto.
- 7) Clemente, G.F., Cigna Rossi, L., and Santaroni, G.P. (1980) Nickel in foods and dietary intake of nickel, in Nickel in the environment, Nriagu, J.O. eds John Wiley and Sons, New York/Chichester/Brisbane/Toronto.
- 8) Andersen, K.E., Nielsen, G.D., Flyvholm, M.A., Fregert, S. and Gruberge, B. (1983) Nickel in tap water, Contact Dermatit, 9, 140-143.
- 9) Schmidt, J.A. and Andren, A.W. (1980) The atmospheric chemistry of nickel, in Nickel in the environment, Nriagu, J.O. eds John Wiley and Sons, New York/Chichester/Brisbane/Toronto.
- 10) Cowgill, U.M. (1976) The chemical composition of two species of *Daphnia*, their algal food and their environment, Sci. Total Environ., 6, 79-102.
- 11) Hutchinson, T.C. and Czyrska, H. (1975) Heavy metal toxicity and synergism in floating aquatic weeds, Verh. Int. Ver. Limnol., 19, 2102-2111.
- 12) Watras, C.J., Macfarlane, J. and Morel, F.M.M. (1985) Nickel accumulation by *Scenedesmus* and *Daphnia*: Food-chain transport and geochemical implications, Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42, 724-730.
- 13) Hutchinson, T.C., Fedorenko, A., Fitchko, J., Kuja, A., Van Loon, J., and Lichwa, J. (1975) Movement and compartmentation of nickel and copper in an aquatic ecosystem, in, Environmental Biogeochemistry, Nriagu, J.O. eds, Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, Michigan.
- 14) Calamari, D., Gaggino, G.F., and Pacchetti, G. (1982) Toxicokinetics of low levels of Cd, Cr, Ni and their mixture in long-term treatment of *Salmo gairdneri* Rich, Chemosphere, 11, 59-70.

#### 4.2.5 人の健康への影響

##### (1) 吸収・分布・代謝・排泄

食物で摂取されたニッケルの吸収はわずかである。飲食物からのニッケルの総摂取量は $107\sim 900\mu\text{g}/\text{day}$ 、平均値で $160\sim 500\mu\text{g}/\text{day}$ である。このうちの約1～10%が吸収される。

ラットを使つての<sup>63</sup>Niの希薄酸溶液の強制経口投与で、ラベルしたニッケルの3～6%が吸収された。

ヒト、動物共に胎盤を経由してニッケルの胎児への移動が起こる。

ニッケルに経口暴露した動物の組織中の分布はその化合物の濃度に依存する。ニッケル 62.5,

250 もしくは 1000ppm添加した食餌を仔ウシに投与したところ、250ppm投与では脾臓、睪丸及び骨のニッケル濃度がやや増加し、1000ppm投与ではこれらの組織でニッケル濃度が著しく増加した。1000ppmまでのニッケル（酢酸塩）を食餌投与された雌乳直後のラットは、投与濃度の増加につれて腎臓、肝臓、心臓及び睪丸中のニッケル濃度の増加がみられ、腎臓で最大の蓄積があった。ヒトや動物に吸収されたニッケルの主な排泄経路は、動物実験で示された胆汁による排泄と共に尿であると思われる。ヒトの毛髪へのニッケル沈積もまた排泄機構であると思われる。食物中の未吸収ニッケルは糞便中に排泄される。

#### (2) ヒトへの健康影響

経口摂取によるニッケルの毒性を扱った臨床的もしくは疫学的研究は、利用できる文献中に見あたらなかった。

慢性的なニッケルカルボニルの吸入は、実験動物で確認された呼吸器系のがんと疫学的に関係があった。皮膚炎(nickel itch)は、ニッケル暴露によってしばしば起こるもう1つの症状である。ニッケル精錬所の労働者の呼吸器系がんの発生率は統計的に有意で高い。

#### (3) 短期毒性

経口LD<sub>50</sub>値をmgNi/kg-bwの単位に変換すると、雄ラットの塩化ニッケルについては150mg/kg-bw、マウスのニッケロセンについては186mg/kgとなる。

#### (4) 長期毒性及び発がん性

ニッケルをマウスに食餌投与すると、1100ppm投与では雌のみが、1600ppm投与では雌雄ともに体重の増加率が減少した。

ヒヨコ及び仔ウシを使った研究によると、250から700mgNi/kg-dietの範囲で有害作用を示した。

ニッケル（塩化ニッケル）を225ppm含む飲料水(17.6mgNi/kg-bw)を4ヶ月間投与されたラットは、対照に比べて体重増加抑制が著しかった(p<0.05)。毎日の排尿量及び尿中の亜鉛とカルシウムの濃度が著しく減少した。死亡したラットの血清脂質及びコレステロール濃度も著しく減少していた(p<0.05)。

雄ラットに120日間、強制経口で硫酸ニッケル25mg/kg-bwを毎日投与すると、肝臓及び腎臓に細胞質変性を引き起こした。処置群のラットの睪丸は対照群より小さかった。

飲料水中5ppmのニッケル（1日平均投与量は約0.41mgNi/kg-bw）をラットに投与した研究において、雌雄双方の平均体重は共に18ヶ月で対照に比べて著しく減少したが、寿命は影響を受けなかった。病理組織学的に見て、実験群の巣状心筋線維症の発生率が対照群に比べて増加した。ビーグル犬に0、100、1000もしくは2500ppm（0.329もしくは70mgNi/kg-bw）の硫酸ニッケル六水塩を2年間混餌投与したところ、100もしくは1000ppm投与では体重、血液学、尿分析、臓器比重量もしくは病理組織学上の著しい変化は認められなかった。NOAELは1000ppm(29mg/kg-bw)である。

0、100、1000もしくは2500ppmの硫酸ニッケル（0、5、50、もしくは125mgNi/kg-bw）の入ったミルクをラットに2年間混餌投与した研究において、100ppmでは著しい作用は報告されていない(Ambrose et al., 1976)。2500ppmのニッケルを投与されたラットは雌雄共に対照と比べて、体重が著しく減少した(p<0.05)。1000ppmにおいても、体重は雌雄共に減少した。1000もしくは2500ppmのニッケルを混餌投与されたラットは、対照より心臓比重量が著しく高くなり(p<0.05)、肝比重量が著しく低下した。この研究による1000ppm(50mg/kg-bw)がLOAEL、また100ppm

(5mg/kg-bw)がNOAELである。

投与量360mg/kgでの硫酸ニッケルの気管内投与はマウスに肺がんを引き起こした。しかしながら、ニッケルを実験動物に長期に渡って経口投与した研究で、明確な発がん性はみられなかった。

#### (5) 生殖及び胎仔毒性

ラットの3世代にわたる実験において、混餌投与された0、250、500もしくは1000ppm（0、12.5、25もしくは50mgNi/kg/day）の硫酸ニッケル六水塩によって、その1000ppm群は対照群に比べ交配離乳後の体重がわずかに減少したが、どの群の仔にも、明白な奇形は見られなかった。もう1つの3世代にわたる研究において、ラットに5ppmのニッケル（塩の種類は明記されていない。1日あたりの投与量は約0.43mg/kg）を含む飲料水の投与によって新生児の死亡率は対照と比べて全ての世代で著しく増加した。

#### (6) 遺伝毒性

ニッケルはEscherichia coli及びBacillus subtilisで変異原性がなかった。

塩化ニッケルと硫酸ニッケルはeukaryotic test systemsで変異原性もしくは弱い変異原性があった。

ニッケルは培養した哺乳動物の細胞に染色体異常を、また培養した哺乳類の細胞及びヒトのリンパ球に姉妹染色分体交換を引き起こした。

#### 4.2.6 水生生物への影響

ニッケルに関する急性毒性については、18属21種の淡水動物に対してデータがあり、甲殻類（ミジンコ）に対する1,101µg/Lから魚の43,240µg/Lまでの濃度範囲である。魚類、むせきつい動物ともその感受性が大きく異なる。4種の生物に対する急性毒性濃度は硬度と有意に相関が認められるデータが報告されている。

淡水の2種の無脊椎動物と2種の魚に対する慢性毒性データは、硬度の増加とともに慢性毒性影響は減少することを示している。慢性毒性濃度は、Daphnia magnaで14.77µg/L（軟水）からファットヘッドミノウの526.µg/L（硬水）の範囲にある。硬水及び軟水で得られた5つの急性/慢性毒性濃度の比は、14から122までの範囲にある。

ニッケルは特に淡水藻類に対して非常に強い毒性を示し、50µg/Lで増殖阻害を示す。ニッケルに対する生物濃縮係数は魚の0.8から甲殻類（ミジンコ）の193までの範囲にある。

ニッケルに関する急性毒性は、20属23種の海水生物に対してデータがあり、アミの幼虫（juvenile）の151.7µg/Lから二枚貝の幼虫及び成虫の1,100,000µg/Lまでの範囲がある。4種の魚に対する急性毒性濃度は、7,598µg/Lから350,000µg/Lまでの範囲にある。ニッケルの急性毒性は、塩分と関連しているようであるが、その関連性は生物種によって異なるようである。

Mysidosis bahiaが唯一のニッケルの慢性毒性試験として認められた種である。慢性暴露影響として、141µg/Lを越えると生残率や再生産率が減少する。この急性/慢性毒性濃度の比は、5.478である。

海水における生物濃縮係数は、カキの261.8から褐藻類の675までの範囲にある。

#### クライテリア

淡水水生生物とその利用に対して、もし4日間の平均ニッケル濃度が3年間の間、1度もexp(0.8460 [ln(硬度)] + 1.1645) µg/Lを越えなければ、かつ1時間の平均濃度が3年間に、1

度も  $\exp(0.8460[\ln(\text{硬度})] + 3.3612) \mu\text{g/L}$  を越えることがなければ、許容できないような悪影響はない。例えば、硬度が炭酸カルシウム換算で50、100、200mg/Lであれば、4日間平均カドミウム濃度は、それぞれ88、160、280 $\mu\text{g/L}$ で、1時間平均カドミウム濃度は、それぞれ、790、1400、2500 $\mu\text{g/L}$ になる。

海水水生生物とその利用に対して、もし4日間の平均カドミウム濃度が3年間の間、1度も8.3 $\mu\text{g/L}$ を越えなければ、かつ1時間の平均濃度が3年間に、1度も75 $\mu\text{g/L}$ を越えることがなければ、許容できないような悪影響はない。

#### 参考文献

U.S. EPA (1987) Ambient water quality criteria for Nickel - 1986. PB87-105359.

#### 4.2.7 処理方法<sup>1)</sup>

水中のニッケルを除去する方法には、石灰軟化処理、イオン交換及び逆浸透がある。通常の浄水処理方法でも、ニッケルをある程度まで除去することができる。

石灰軟化処理により、ニッケル5-160mg/Lを含む排水で除去率90.9-99.9%がえられたとの報告がある。また、ニッケル5mg/Lを含む家庭下水を石灰軟化処理することにより、低注入率（石灰260mg/L）では除去率95%、高注入率（石灰600mg/L）では除去率98%がえられたとの報告もある。

メッキ工業ではニッケルと酸を回収するため、H型陽イオン交換樹脂による処理が広く行われている。ある例では、樹脂1m<sup>3</sup>当り硫酸96-160kgを10%溶液として使用しており、メッキ排水からのニッケル回収率は96-100%であった。

逆浸透でもニッケルをよく除去することができる。ある酢酸セルロース膜を用いてメッキ洗浄排水の室内処理実験を行った結果では、Ni<sup>2+</sup>の除去率が99.6%であった。また、酢酸セルロース膜を用いて自動メッキ工程排水処理の現場試験を行った結果では、原水のニッケル濃度を1,700、50及び12mg/Lと変えて実験し、99%以上の除去率をえた。

硫酸アルミニウム凝集のパイロットプラント実験では、ニッケルの除去率が25-45%であった。

給水栓水や都市下水からの微量金属除去を目的としたある調査によれば、水酸化カルシウムにより給水栓水では91.3%、pH9.5の都市下水では63.3%のニッケルが除去された。

#### 参考文献

1) 米国環境保護庁編・水質問題研究会訳（1988）飲料水中の各種化学物質の健康影響評価－健康に関する勧告集－、日本水道協会。

#### 4.2.8 法規制等

##### (1) 規制対象物質の指定<sup>1)</sup>

存在形態により下記で規制対象となっている。

労働安全衛生法

危険物船舶運送及び貯蔵規則

航空法

港則法

##### (2) ②労働環境大気許容濃度

日本産業衛生学会<sup>2)</sup> 時間荷重平均値：－ ppm (1 mg/m<sup>3</sup>) 1967年

米国 ACGIH<sup>3)</sup> 時間荷重平均値：－ ppm (1 mg/m<sup>3</sup>)

(発がん性物質に指定)

(金属ニッケル)

但し、－ ppm (0.05 mg/m<sup>3</sup>) に改定の予定

時間荷重平均値：－ ppm (1 mg/m<sup>3</sup>)

(水不溶性ニッケル化合物。ニッケルとして)

但し、－ ppm (0.05 mg/m<sup>3</sup>) に改定の予定

時間荷重平均値：－ ppm (0.1 mg/m<sup>3</sup>)

(水溶性ニッケル化合物。ニッケルとして)

但し、－ ppm (0.05 mg/m<sup>3</sup>) に改定の予定

時間荷重平均値：0.05 ppm (0.12 mg/m<sup>3</sup>)

(ニッケルカルボニル。ニッケルとして)

但し、上記の値を廃止し、水不溶性ニッケル化合物に含める予定

時間荷重平均値：－ ppm (1 mg/m<sup>3</sup>)

(硫化ニッケルばい焼時のニッケルヒューム・粉じん)

但し、上記の値を廃止し、水不溶性ニッケル化合物に含める予定

OSHA<sup>3)</sup> 時間荷重平均値：－ ppm (1 mg/m<sup>3</sup>)

(金属ニッケル)

時間荷重平均値：－ ppm (1 mg/m<sup>3</sup>)

(水不溶性ニッケル化合物。ニッケルとして)

時間荷重平均値：－ ppm (0.1 mg/m<sup>3</sup>)

(水溶性ニッケル化合物。ニッケルとして)

時間荷重平均値：0.001 ppm (0.007 mg/m<sup>3</sup>)

(ニッケルカルボニル。ニッケルとして)

NIOSH<sup>4)</sup> 時間荷重平均値：－ ppm (0.015 mg/m<sup>3</sup>)

(金属ニッケル。発がん性物質に指定)

時間荷重平均値：－ ppm (0.015 mg/m<sup>3</sup>)

(水不溶性ニッケル化合物。発がん性物質に指定)

時間荷重平均値：－ ppm (0.015 mg/m<sup>3</sup>)

(水溶性ニッケル化合物。ニッケルとして。水溶性無機ニッケル化合物は発がん性物質に指定)

時間荷重平均値：0.001 ppm (0.007 mg/m<sup>3</sup>)

(ニッケルカルボニル。ニッケルとして。発がん性物質に指定。上記の値は最小検出可能レベル)

時間荷重平均値：－ ppm (0.015 mg/m<sup>3</sup>)

(硫化ニッケルばい焼時のニッケルヒューム・粉じん。発がん性物質に指定)

(3) 環境水水質基準<sup>5)</sup>

米国EPA

人の健康保護に関する基準 (リスクレベル $10^{-6}$ )

水生生物及び飲料水経由の暴露 : 0.0134 mg/L

水生生物経由のみの暴露 : 0.1 mg/L

淡水生物に対する基準 急性毒性 : 1.4 mg/L

慢性毒性 : 0.16 mg/L

海水生物に対する基準 急性毒性 : 0.075 mg/L

慢性毒性 : 0.0083 mg/L

④ 飲料水水質基準

米国EPA 最大汚染濃度目標値 (MCLG) (案)<sup>6)</sup> : 0.1 mg/L 1990年

最大汚染濃度 (MCL) (案)<sup>6)</sup> : 0.1 mg/L 1990年

⑤ 発がん性評価

IARC<sup>7)</sup> : 3 (発がん性の評価が不可能なもの)

米国EPA<sup>8)</sup> : D (動物実験で発がん性の証拠が不十分で、分類が不可能なもの)

参考文献

- 1) 化学工業日報社 (1992) 11892の化学商品.
- 2) 日本産業衛生学会 (1990) 許容濃度等の勧告 (1990)、平成2年4月5日、産業医学、Vol. 32、p. 381-423.
- 3) American Conference of Governmental Industrial Hygienists and U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (1989) Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1989-1990. 29 CFR Part 1910, Air Contaminants, Final Rule. Fed. Reg. 54(12):2332-2983, January 19, 1989.
- 4) National Institute for Occupational Safety and Health (1988) NIOSH Recommendations for Occupational Safety and Health Standards 1988.
- 5) U.S. EPA (1987) Quality Criteria for Water 1986.
- 6) U.S. EPA (1990) Fed. Reg. 55(143), July 25, 1990.
- 7) International Agency for Research on Cancer (1987) IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk to Humans, Supplement 7.
- 8) U.S. EPA (1990) Drinking Water Regulations and Health Advisories. April 1990.