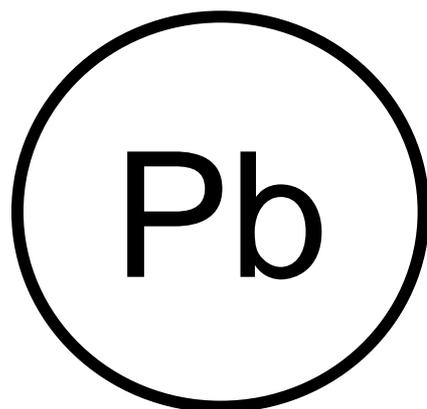


鉛に関する基礎的知識

国際医療福祉大学 薬学部教授
千葉百子

鉛 なまり Lead



plumbum

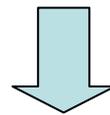
原子番号： 82

原子量：207. 21

酸化状態： Pb^{2+} Pb^{4+}

鉛の性質とその利用（Ⅰ）

- 融点： 327℃
金属としては低い→溶かすのが容易
- 価格： 安価である
- 精錬が容易



加工しやすい

ウェイト(おもり)：医療機器用バランスウェイト、搬送用カウンターバランスウェイト
スポーツ用品のランサー、リハビリ用ウェイト等 釣などの重り(シンカー)、
水道管(塩ビ製代替品あり)、銃弾

近年鉛に代わるおもりの素材として**タングステン**などの導入が進められているが、
加工のしやすさやコストの面から、未だに鉛の需要は根強い

鉛の性質とその利用（II）

- 密度： 11.34 g/cm^3 （ 20°C ）
鉄の約1.4倍
鉛より密度が大きいもの
金・白金・タンタル・タングステン等貴金属
希少金属等
- 原子番号が高く、密度が大きい
放射線の吸収材料、 放射化されず安定

放射線防護用品（遮蔽板など）に使われる

その他の鉛の用途

- ・ 合金成分(金属の快削性向上)
- ・ 電子材料(チタン酸鉛)
- ・ 鉛ガラス(光学レンズ、クリスタルガラス、ブラウン管)
- ・ 美術工芸品
- ・ 食器(ピューター)
- ・ 蓄電池
- ・ 耐震材
- ・ 防音室の遮音材
- ・ 屋根材(耐食性、展延性の効果)
- ・ 顔料(赤＝鉛丹 光明丹、黄＝黄鉛 クロムイエロー)



ピューターの食器

現在のピューターはSn 91%, Sb 7%, Cu 2%
かつてはPbが7%程度含まれていた



Lead Crystal
24%Lead oxide
Hand made

クリスタルガラスのワイングラスと燭台
(24% Lead oxideの表示がみえる)

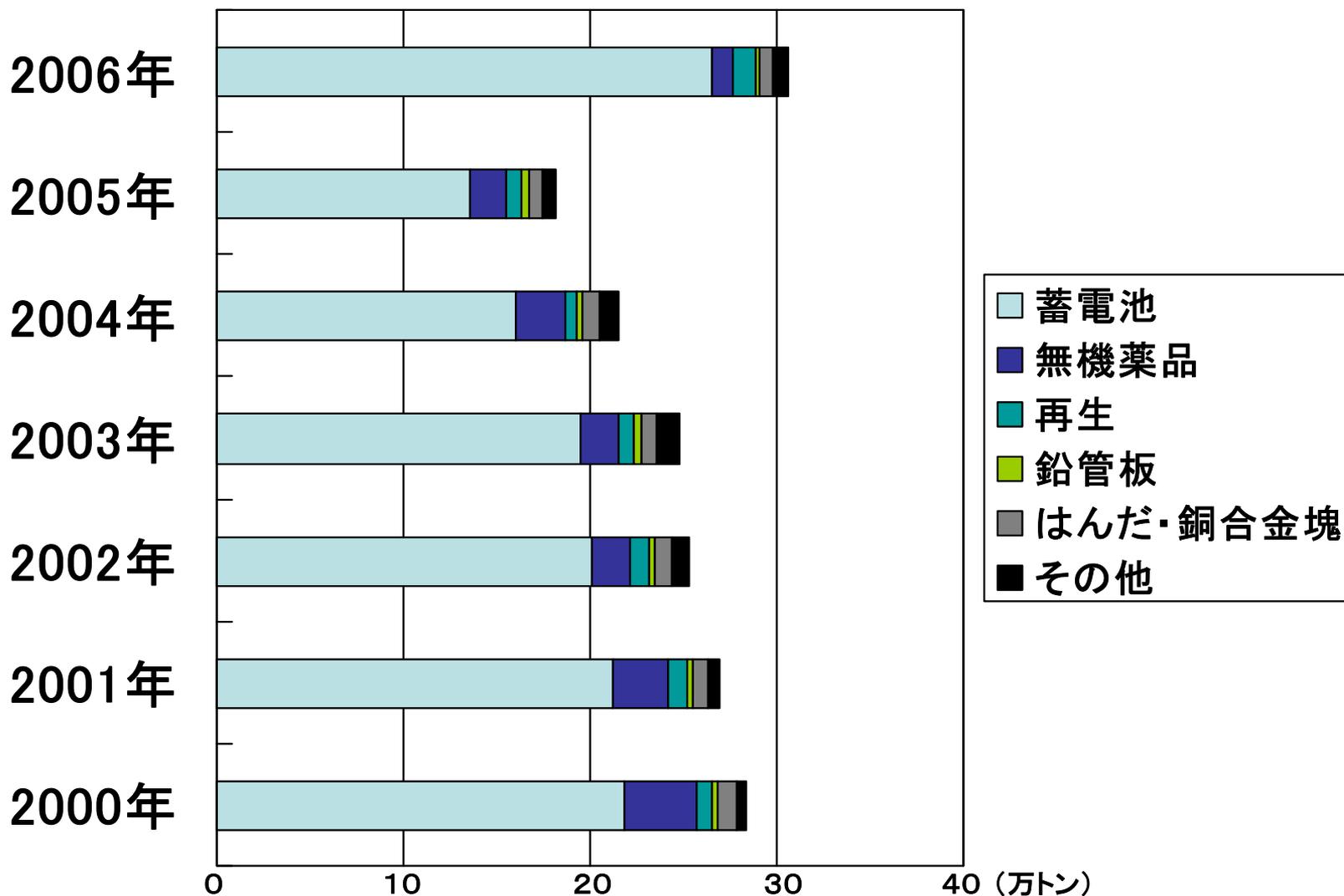
鉛の特徴

- 比較的錆びやすく、すぐに黒ずむ
 - 酸化され、表面に酸化皮膜が形成される
 - 腐食が内部に進みにくい
- 水に不溶
 - 水中でも腐蝕されにくい
- 低融点で柔らかく、高比重である
 - 精錬が容易、加工しやすい
 - 古代から広く利用されてきた。
- 生物に対して蓄積性がある
 - 近年は利用が避けられる傾向が強い。

散 弾

- 鉛は、狩猟やクレー射撃に使われる散弾にも使われてきた。
 - 鉛散弾は環境中に鉛の粒をばらまき、
土壌汚染を引きこしたり(クレー射撃の場合)
 - 鉛散弾を打ち込まれて死亡し、放置された動物や鳥の死体を食べた鳥獣が鉛中毒を引き起こした(狩猟の場合)
- ⇒威力は劣るが汚染の少ない鉄散弾への切り替えが進められている。

鉛の用途別消費量（年間約30万トン）



ヒトと鉛のかかわり

- 鉛は銅や金に続いて、最も古くから人類が利用した金属のひとつ。
- 紀元前5000年～7000年に陶器に酸化鉛が使用され、紀元前3000年頃にはエジプトで魚網用に鉛錘が使用されていた。
- ローマ時代に入り水道用に鉛管が使用され始めた。
- 紀元後1400年になると活字印刷が発明され、鉛合金の活字が使用されだした。



ポンペイの遺跡
鉛製水道管
(1986年撮影)



ヒトと鉛のかかわり(日本)

- 1500年代に弾丸用としての利用
- 江戸時代、仙台藩では貨幣に使用。
- 江戸中期になると屋根瓦として使用。
- 明治に入り水道用鉛管が使用
- 日本の近代化に伴い鉛バッテリー、耐食材料、電極材料、放射線防護材、遮音材など用途開発がおこなわれた。



Pb

鉛白



白粉による鉛中毒

- 明治～大正時代： 乳幼児に原因不明の脳膜炎が時々発生
- 研究の結果：白粉中の塩基性炭酸鉛(のびをよくする)が原因と判明
- 昭和8年： 含鉛白粉の製造中止
- 昭和10年： 販売禁止

鉛の存在量

北極圏の鉛汚染(Patterson)・グリーンランド
氷雪試料中の鉛

- 1750年に比べて1940年は約4倍
- その後の30年間に約3倍に上昇
- 産業革命による鉛の生産高の増加、1923年来の4エチル鉛添加ガソリン消費量の増加による。
- 現今における鉛の自然状態(Schroeder)
地球外殻: 15ppm、海水: 4~5ppm

現在の一般環境における鉛発生源

産業

第1次鉛生産(鉱石、鉛再生)→ PbSO_4 ,
 PbO

交通機関からの排出ガス
(4アルキル鉛含有ガソリン)

無機鉛(PbBrCl 、 α - $2\text{PbBrCl}\cdot\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 PbO)

有機鉛(4アルキル鉛 vapor)

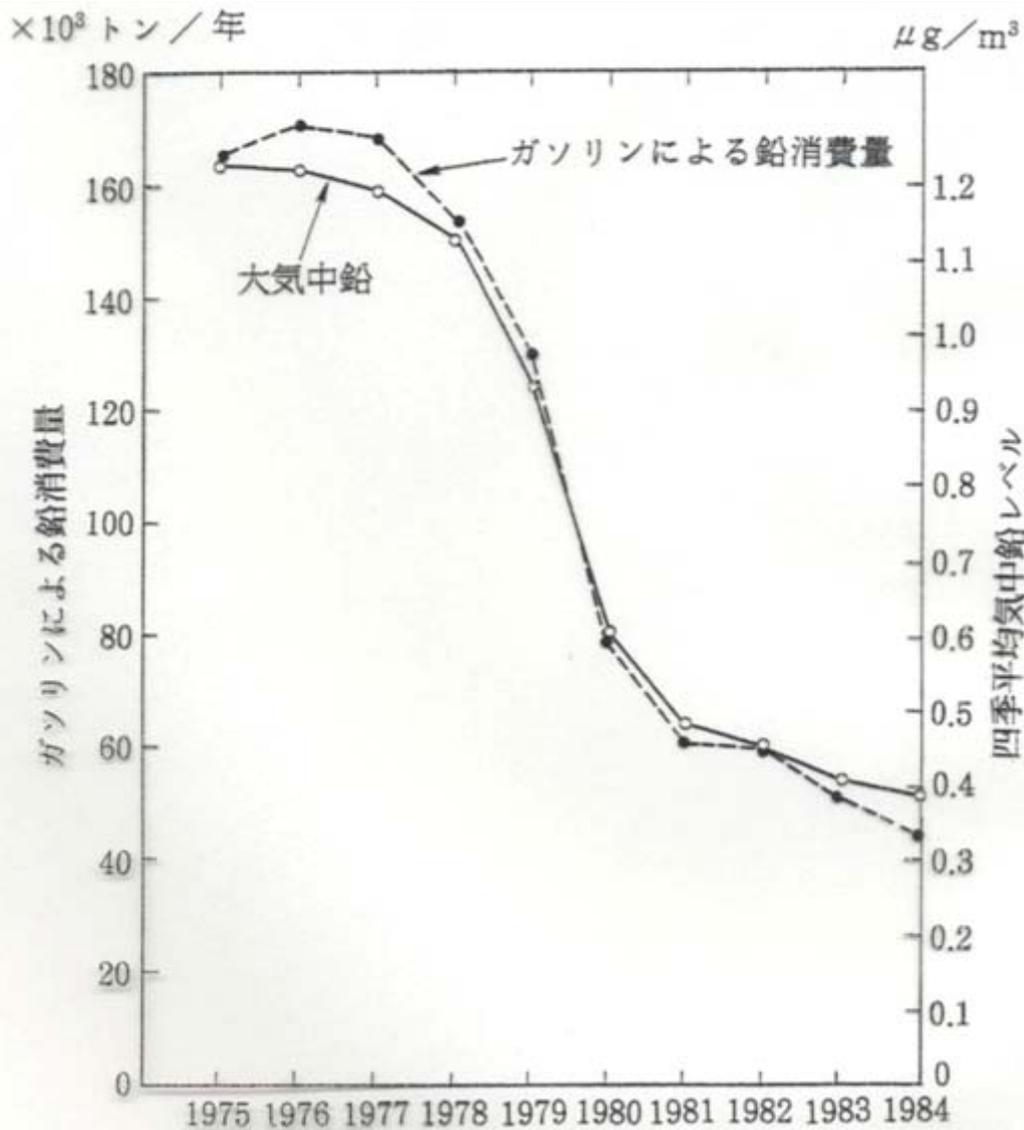


図 2-54. 1975年から10年間の有鉛ガソリンに添加されて消費された鉛量

(U. S. Environmental Protection Agency, EPA/600/8-83/028bF. 1986年6月)

日本人の空気からの鉛摂取

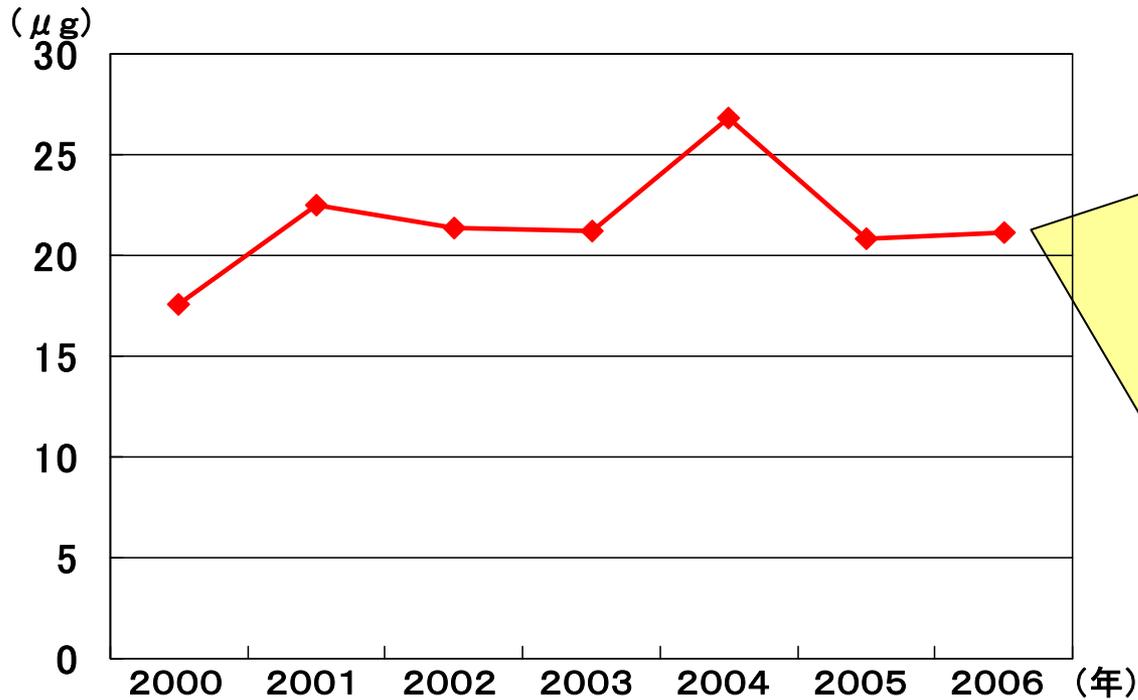
- 一般生活環境の空气中鉛濃度は減少傾向が認められている
- 大気中鉛濃度を $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とすると
成人軽労作： $1.62 \mu\text{g}/\text{日}$ 、
中等労作： $2.22 \mu\text{g}/\text{日}$

[堀口らの報告(1992)]

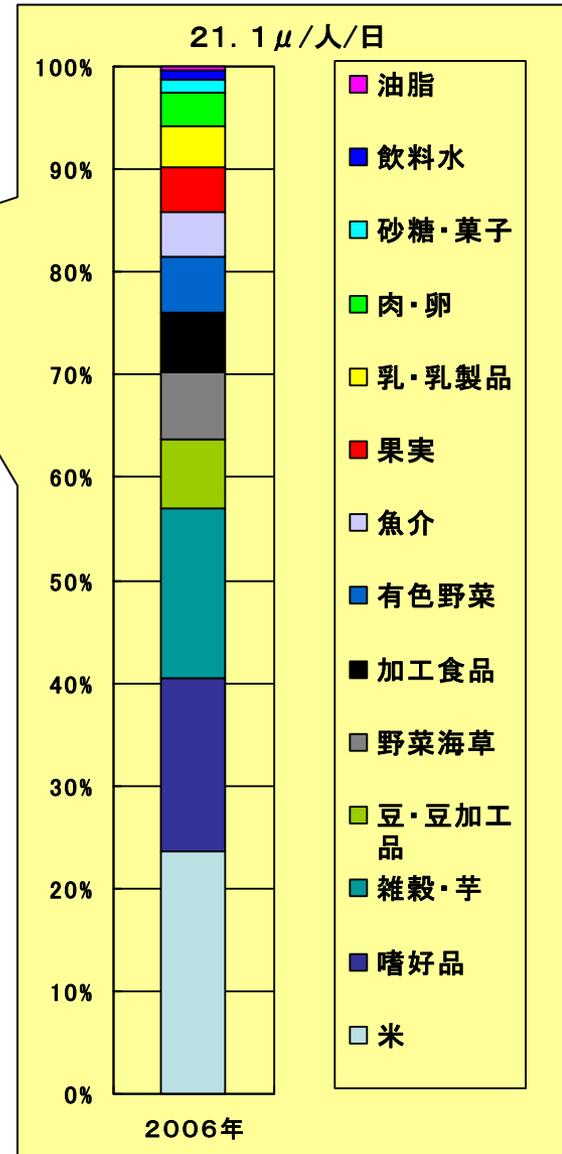
食品からの鉛摂取

- Kehoeの研究(1930年代): 米国人、約 $300 \mu\text{g}/\text{日}$
- WHOの報告(1977): $17.8 \sim 518 \mu\text{g}/\text{日}$ (1956年の堀内らの報告も含む)
- 土屋の報告(1986): 27 (スエーデン)
 ~ 400 (イタリア) $\mu\text{g}/\text{日}$
- 堀口・黒野らの研究(1976~1983):
 $70 \sim 170 \mu\text{g}/\text{日}$
- 岸らの研究(1981): $40.7 \mu\text{g}/\text{日}$
- 寺岡らの研究(1981): $220 \mu\text{g}/\text{日}$

鉛の推定一日摂取量



厚生労働省「トータルダイエツト調査」より



鉛中毒の考え方

- ・ 自然な状態で食物中にわずかに含まれている
→常時摂取している
- ・ 尿、糞便中に排泄される
- ・ 排泄を上回る量を長期間摂取→体内蓄積→毒性発揮

無機化合物

- 水にも油にも
溶けにくい
- 急性中毒は稀

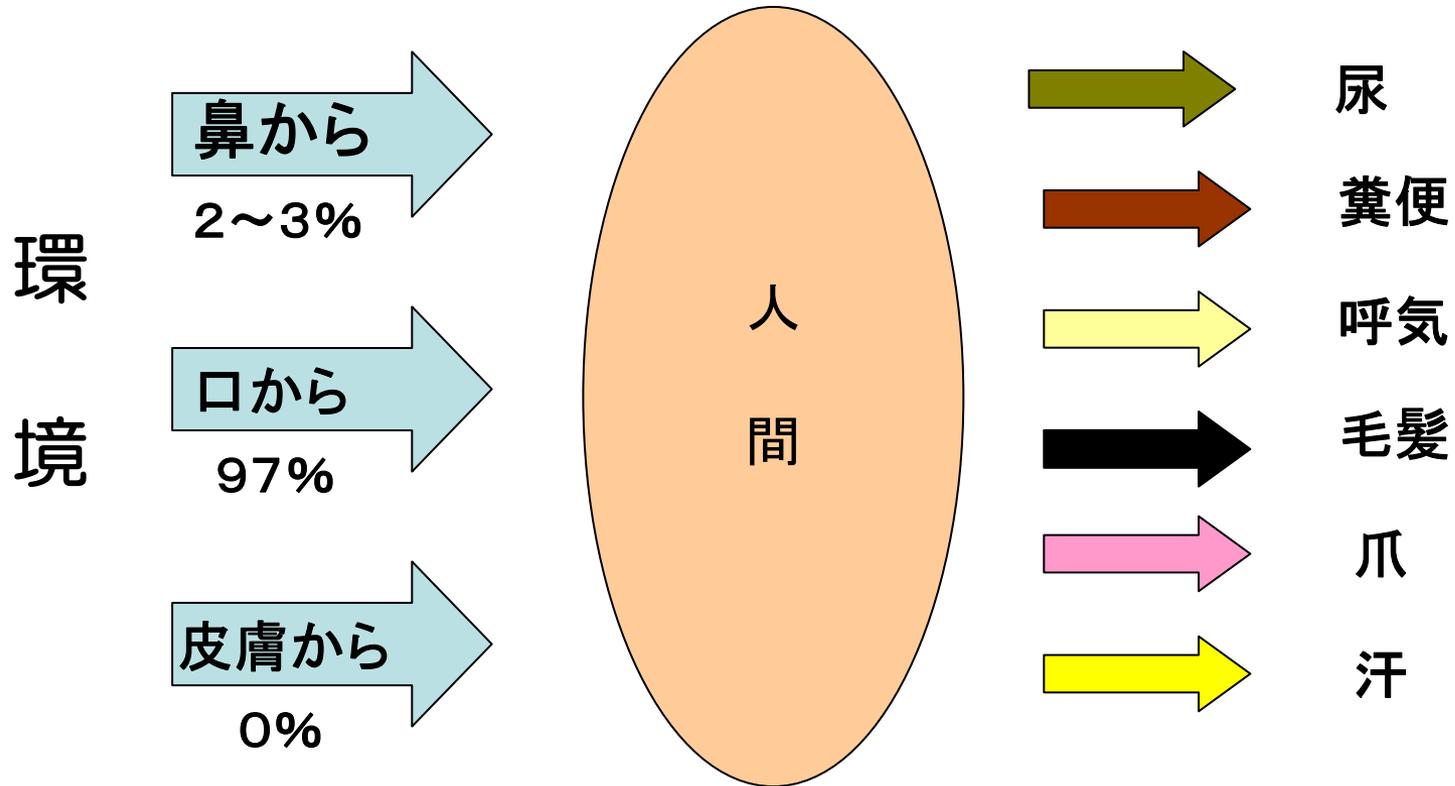
有機化合物

(例: 四エチル鉛)

- ・ 脂溶性
- ・ 細胞膜を通過
- ・ 神経系を障害

化学形態により作用が異なる

吸収 と 排泄



吸 収

- 経口摂取（飲食物）：消化管→ 5～10%が吸収され、あとは腸管を素通りする。（成人）
小児では、約40%が吸収される。
- 吸入（粉じん、蒸気、フューム）：
肺→40～50%が吸収される。
- 特別な経路（猟銃弾、金属破片）：

筋 ⇒ 骨



体内分布

- 体内移動:

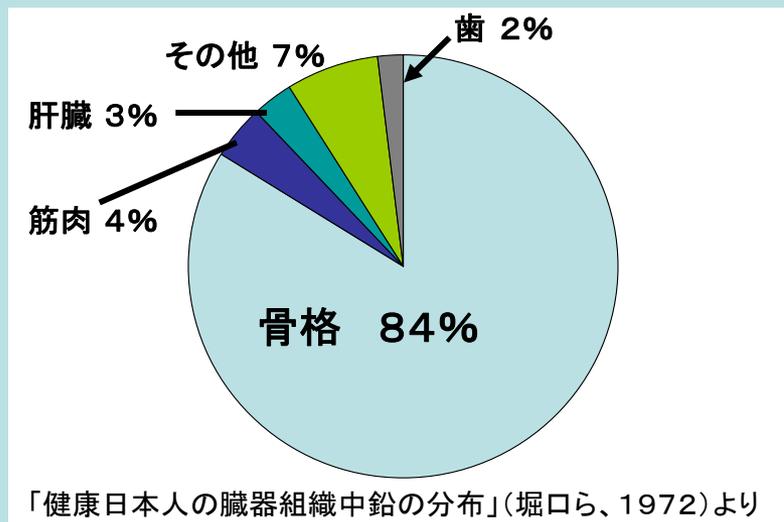
血液→各種臓器組織に分布

骨に沈着・蓄積(生物学的半減期 約10年)

歯

肝臓

その他



- 消化器—小腸、大腸の毛細血管から吸収
 - 肝臓へ運ばれる
 - 肝臓の解毒機能により解毒
- 肝臓の解毒能を超えて摂取した場合は
中毒症状が発現する
- 一般的な摂取量では中毒は起きない

要点

血中鉛濃度を測定することで
現在の鉛負荷量がわかる

排 泄

- 吸収された鉛の主たる排泄経路は腎→尿
- 経口摂取された鉛の大部分(一部は胆汁、腸管壁から)、
- 吸入粉じんの一部の大粒子→糞便
- その他の排泄経路→皮膚(不感蒸泄、汗、落屑皮膚)、脱落毛、爪

高濃度鉛曝露の例

- 鉛を使う工場
(鉛製錬所 加工場、蓄電池製造・再生など)
- 昭和40年代の終わりから作業場の管理が進み、重篤な鉛中毒は見られなくなった

- ・鉛地金や金属鉛の加工品に触れただけで
鉛中毒になる心配は全くない
- ・鉛は取り扱いを間違えず、その性質をうまく利用すれば
人々の生活を便利に、そして豊かにしてくれる

鉛の血中濃度の正常範囲

1～3 μ g/100g

血中鉛濃度と生体影響

| | 血中鉛 ($\mu\text{g}/100\text{ml}$) | | | | | | |
|----------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ≤ 20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | 61-70 | 71-80 |
| 赤血球ALA-D | + | +(+) | ++ | ++(+) | +++ | +++ | +++ |
| 赤血球プロトポルフィリン増加 | - | (+)* | + | ++ | ++(+) | +++ | +++ |
| 尿中ALA増加 | - | - | (+) | + | + | ++ | ++(+) |
| 血中プロトポルフィリン増加 | - | - | - | + | + | ++ | ++(+) |
| 末梢神経伝道速度遅延 | - | - | - | ? | + | +(+) | ++ |

—: 変化なし +: 暴露者のわずかに生じる軽度変化 ++: 暴露の50%に生じる中等度の変化

+++ : 暴露者の50%以上に生じる高度の変化

* : 女性のみ

() : 変化の強さあるいは頻度について中間である

「産業医ハンドブック」(南江堂1994年発行)より抜粋

ヘモグロビン合成

サクシニルCoA

グリシン

δ -アミノレブリン酸

Pb

δ -アミノレブリン酸

脱水酵素

(ポルフィリン)



ウロポルフィリン

コプロポルフィリン

プロトポルフィリン

鉄

グロビン

ヘム

ヘモグロビン

鉛の生体影響

(血中鉛濃度と造血系への作用の関係)

血液鉛濃度が $40 \mu\text{g}/100\text{g}$ 以下の場合

- 健康障害とはいえないが、鉛中毒の前駆的徴候であるヘム合成に生化学的異常が現れる:
 1. 赤血球の δ -アミノレブリン酸脱水酵素活性の低下
 2. 赤血球の遊離プロトポルフィリン及び亜鉛プロトポルフィリンの増加
 3. 尿中の δ -アミノレブリン酸の増加
- その他の変化として尿中コプロポルフィリンの排泄増加
- 網状赤血球数の軽度増加

血液鉛濃度が $60 \mu\text{g}/100\text{g}$ を超えた場合

種々の健康障害が現れる確率が高くなる。

- 吸収された鉛は造血臓器、腎臓、中枢神経系に対する有害作用が強く、これら3者は鉛中毒における標的臓器といわれる。

血液鉛濃度が $80 \mu\text{g}/100\text{g}$ を超えた場合

- 貧血、好塩基点赤血球の出現
- 赤血球膜が浸透圧に対して弱くなり、溶血を起こしやすくなる。
- 貧血に伴って、顔面の蒼白ないし蠟様変化（鉛蒼白、鉛顔貌）、易疲労、神経過敏、頭痛などが見られる

鉛顔貌

最近は見られない



鉛の生体影響

(血中鉛濃度と神経系への作用の関係)

血液鉛濃度が $150 \mu\text{g}/100\text{g}$ を超えた場合

- 脳症型の鉛中毒が起こる(現在は稀である)
- 橈骨神経麻痺による垂手(近年稀となった)
- 末梢神経では運動神経の障害が主で、知覚異常は軽微か欠如している。
- 検査所見では末梢神経電気伝導速度の遅延が認められ、脳波所見に徐波混入、低電位化なども認められている。



伸筋麻痺
垂手
(最近は見られない)

鉛の生体影響

(その他の鉛による症状)

- 鉛疝痛(古くから知られているは急性消化器症状、現在も認められる)
- 鉛縁(古くから知られている歯肉縁の暗青色、硫化鉛による)
- 長期間鉛曝露者に動脈硬化が多いという報告あり
- 血中鉛濃度が $60 \mu\text{g}/100\text{g}$ を超える鉛作業群で感冒の頻度が有意に高いことが認められた
→ 免疫系への影響(堀口ら、1992)。
- 女子鉛作業者に流産、不妊が多いという報告あり
- クロム酸鉛、砒酸鉛の発がん性が認められているが、クロムとヒ素の発がん性に基づくと考えられる

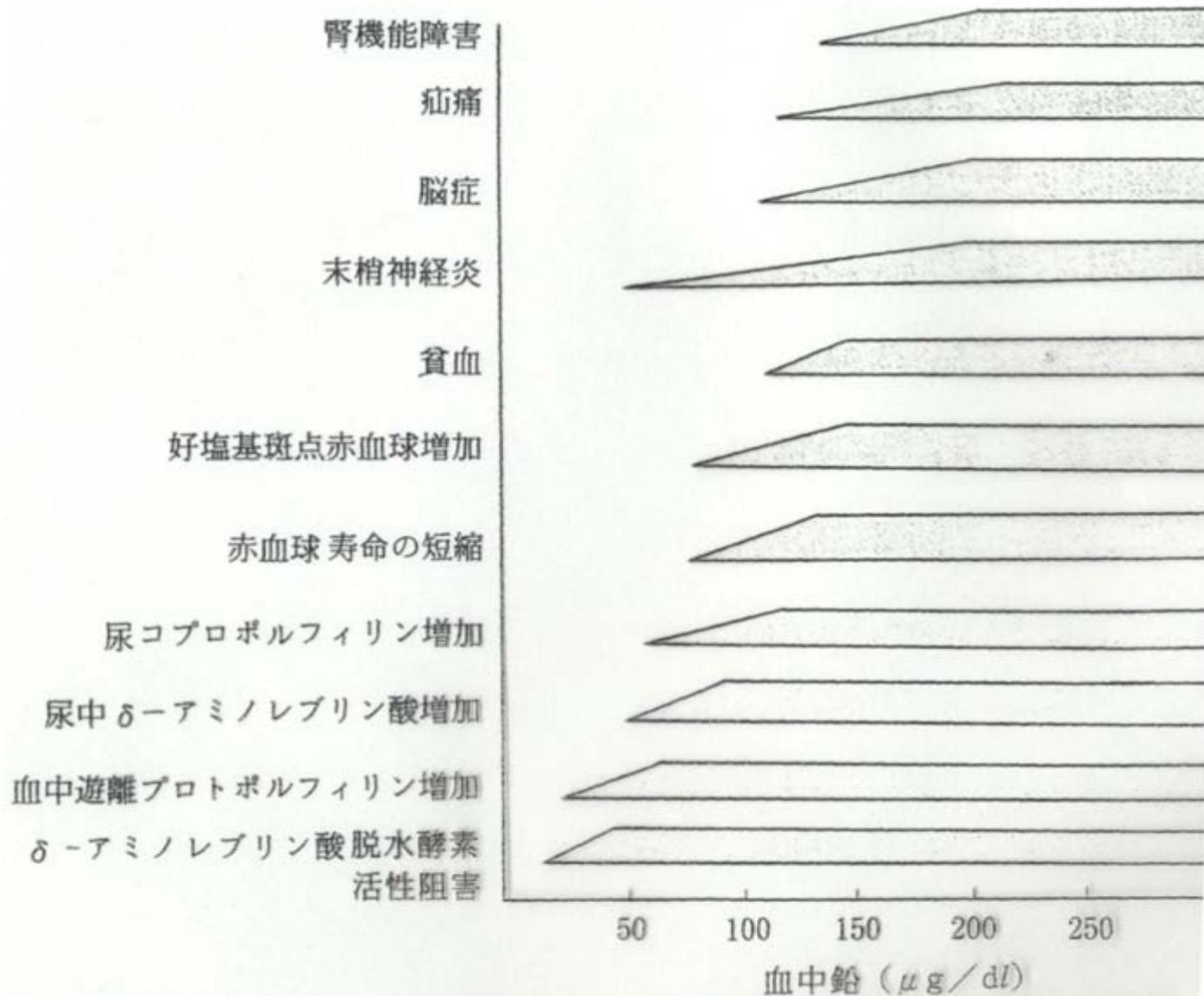
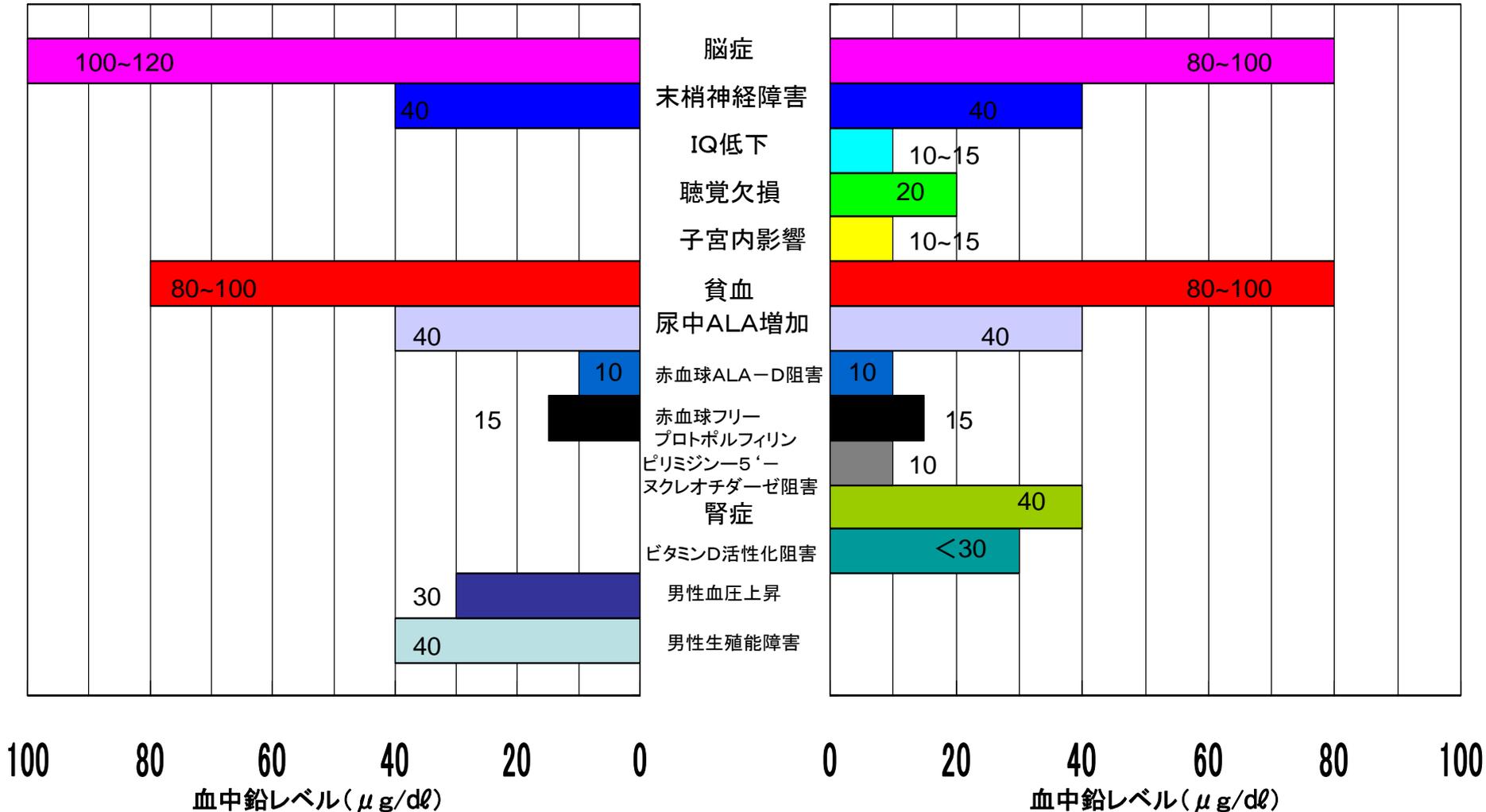


図 2-56. 生体の Pb 負荷量を血中 Pb 量で表した時の臨床状態との関係

子供と成人別 鉛の健康影響と最低血中鉛レベル

成人

子供



Casarett & Doull's Toxicology, 5th ed, Klaassen CD ed, McGraw-Hill, New York, 1996

「産業医学実践講座」(日本産業衛生学会近畿地方会編集)南江堂出版 2002. 5月より

ハイリスクと考えられるグループ

胎盤を通しての影響

- ・胎盤を透過
- ・胎児臓器に残留、蓄積
(骨、肝臓、腎臓)
- ・妊娠月数が進むに従い鉛量の増加傾向有り

小児への影響

- ・アメリカのスラム街の子供に時々脳症発症
- ・ペンキの落屑片をお菓子代わりに食べたことによる鉛中毒
- ・中枢神経障害を呈し、知能や行動への影響
- ・鉛に対する脳一血液関門の形成が遅い

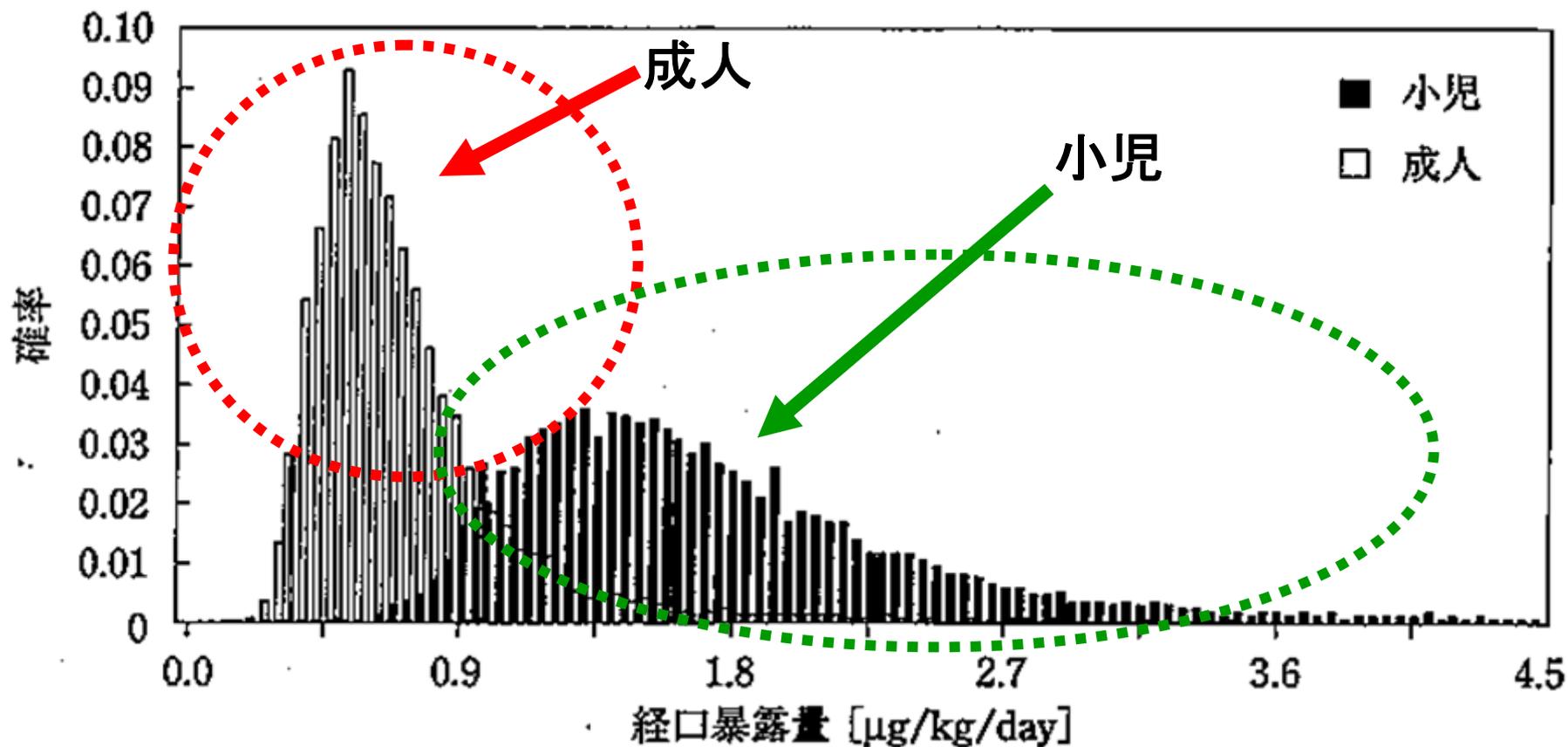
胎児・小児はハイリスクグループ

- 母体血中鉛は胎盤を通過する

小児は

- 指を良くなめる
- 畳の上のものなど口に持っていく
- 呼吸量が大人より体表面積の割合にして大きい

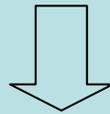
小児と成人の経口曝露量の確率分布



「詳細リスク評価書シリーズ 鉛」(NEDO技術開発機構、産総研化学物質リスク管理研究センター 共編・丸善株式会社発行 平成18年9月)

鉛中毒の治療

- Ca-EDTAの点滴静脈内投与
(エチレンジアミン四酢酸カルシウム)



- 尿中Pb 排泄の増加
- 血中Pb 濃度の低下

ヒト と 鉛

- 鉛はヒトの必須元素ではない。
- 鉛は人体のすべての臓器や組織に存在する。
- 健康な日本人1日15～25 μ g位摂取している。
- 骨に最も多く90%を占める。特に鉛は石灰化組織（歯、骨）に沈着しやすく、カルシウムと置換して存在する。
- 骨中鉛含有量は、一般に加齢とともに増加するが60～70歳台で定常状態に達し、その後減少する。

通常の商品からの鉛摂取量では、健康影響は生じない