写真オフセット印刷工場で見られた 四アルキル鉛添加ガソリン中毒

A survey on leaded gasoline poisoning at a photo offset printing plant

東京慈恵会医科大学公衆衛生学教室 (主任竹村望教授)

山 村 行 夫・中 島 ち せ

東京慈恵会医科大学衛生学教室 (主任小机弘之教授)

工 藤 吉 郎

Yukio Yamamura, Chise Nakajima

Department of Public Health, Jikei University School of Medicine

(Director: Prof. Nozomi Takemura)

Yoshiro Kudo

Department of Hygiene, Jikei University School of Medicine

(Director: Prof. Hiroyuki Kozukue)

At a photo offset printing plant, several workers were exposed to tetra alkyl lead in considerable concentration. In this plant the leaded gasoline was used as the wiping solvent for the forme beds.

1) The lead concentration as tetra alkyl lead found in the gasoline was 0.4g per liter and the concentration in the gasoline vapor was 0.62g per liter.

2) The leaded gasoline concentration in the air of the plant was rather increased, since a new type of air conditioning installation had been set up and it caused poor ventilation in the room.

3) The concentration of lead in the blood of workers and their urinary excretions of coproporphyrin were elevated. Additionally, the number of stipple cells in blood were slightly increased.

4) Tentatively all persons were administered Ca-EDTA_{Na}2, and their urinary lead amount before and after the administration was compared. The result indicated that the amount of lead excreted in urine after the administration uniformly exceeded that before the administration.

From this observation, the preventive measures of the lead exposure have been discussed, and it has been emphasized that leaded gasoline should not be used as solvent at any working processes, for example, like this case, for the prevention of lead poisoning.

緒 言

四エチル鉛中毒は、これまでその製造過程中、または加鉛ガソリン貯蔵タンクの清掃中、あるいは誤飲事故として発生しており、わが国でも石油タンク清掃人の死亡例や^{2,3)}、昭和19年から30年頃にかけて福岡県下で、地下に埋没されていた旧軍隊の四エチル鉛入りドラム罐からの漏出による、附近の井戸の汚染された水を使用していた家族に集団中毒が発生した例が報告されている¹⁾。現在、四エチル鉛の国内製造は行なわれておら

ず、もっぱら輸入しているため、産業衛生上の問題は、輸送、ガソリンへの混入、及び石油タンクの清掃作業時の予防対策におかれている。前二項は大企業の石油精製工場に限られるため、よく管理されており、中毒例の発生はなく、清掃作業に関しては重なる事故発生以後、かなりの注意がはらわれていると思われる。現在、内燃機関用ガソリンに、アンチノック剤として添加されている有機鉛は、四エチル鉛 (以下 TEL と略す) 及び四メチル鉛 (以下 TML と略す) の混合物であって、一般に四アルキル鉛と呼ばれている。

通常、ガソリンへの添加量は自動車用として 0.8cc/l、航空燃料としては 1.21cc/l である。自動車用としてハイオクタン価ガソリンの需要が高まるとともに、加鉛ガソリンの消費量は著しくふえている。四アルキル鉛添加ガソリンの産業衛生上の問題については、Kehoe et al^{9,13,14}、de Treville et al¹² の一連の研究がある。彼等によると、自動車運転者やガソリン販売店従業員についての比較的長時間の観察からは、危険性がないと結論されている。しかし、使用条件がこのような場合の条件よりも悪いときは危険性に関して検討を必要とする。今回、われわれは写真オフセット校正印刷を行なう工場で、版のインク清拭の目的に加鉛ガソリンを使用したために生じたと思われる軽症鉛中毒症例を経験したので、ここに報告する。

測定方法ならびに結果

写真オフセット印刷会社は都心の鉄筋 4 階建てで、その作業場は 3 階に位置し、部屋の 2/3 を占めてフラット、ベット、オフセットマシン 3 基が置かれており、他の一隅にはパッケージ式温調装置があり、部屋の温度は自動調節されていた。窓側には大きな作業台が置かれているから、窓は終日閉めたままである。室内には常時 5~6 名がおり、作業は写真オフセット印刷の、一般に校正と呼んでいるものである。この場合の校正というのは、写真印刷の試し刷りのことで、一枚一枚条件を整えて刷り上げ、その度に版やブランケットについてのインキをガソリンで拭き取らねばならないので、部屋には、かなりガソリン臭がただよっていた。最近この作業員から、ガソリンに中毒するという苦情がでていたが、作業者の 1 人 (A.K. 27 才) は、倦怠感や、上肢および下肢の筋肉痛などで、6 月 1 日から 14 日まで入院した (当時の診断名は腎炎の疑い) 同時期に他の S.T. (21 才) もまた、倦怠感、腕の筋肉痛、腰から下のしびれ感などで欠勤が続いた。

この時期に調査の依頼を受けたため、まず作業室の空气中ガソリン濃度を測定した。測定には北川式検知管を用いたが、気中ガソリン濃度は 500 ppm であった。また使用していたガソリンについて、次の事実がわかった。ガソリンは近所のガソリンスタンドからビンに入れて買っている。以前は廉価なガソリンを用いていたのであるが、臭いが悪いという苦情が多かったため、数ヶ月前から高価な自動車用ガソリンを使用するようになった。このガソリンを透明なコルペンに移してみると淡い黄色に着色してあるので、加鉛ガソリンであることが考

えられた。

第 1 表 ガソリン中鉛分析値

1. ガソリン中鉛	0.4 mg/ml
2. ガソリン中四エチル鉛 (換算値)	0.62 mg/ml
3. ガソリン蒸気中鉛	2.65 mg/m ³
4. ガソリン蒸気中四エチル鉛 (換算値)	4.14 mg/m ³

1) ガソリン中の鉛分析成績

このガソリンについて、鉛の分析を行なった。第 1 表に示すように無機鉛として 0.4 mg/ml で、これを四エチル鉛に換算すると 0.62 mg/ml 含んでいることになる。作業場を模した条件の下で、ガソリン蒸気中の鉛量を測定した。すなわち、試薬ビンにガソリンを入れ、ビン内の空気を 2l/min の速度で吸引した場合、蒸気中には鉛として 2.65 mg/m³、また四エチル鉛に換算すると 4.14 mg/m³ 含まれていることになる。作業場の気中ガソリン濃度は前述の様に 500 ppm であるから、0.4 mg/ml の鉛が同時に気化するものとすれば、気中の鉛は約 1.2mg/m³ という推定量が得られた。さて、使用ガソリンが加鉛ガソリンであることが証明されたため、ただちに清拭用ガソリンを市販の無鉛ガソリン (検査済) のものに変更させ、また作業場に排気装置を設けるように指導した。

2) 男子校正作業員の自覚症状

作業員 A.K (27 才) は倦怠感、疲れやすい、筋肉痛、S.T (21 才) は頭痛、不眠、腰から下のシビレ感を訴え、他の人は倦怠感や頭痛が主なものであった (第 2 表参照)。

第 2 表 男子校正作業員の自覚症状

	A. K (27)	N. S (56)	K. T (20)	H. S (25)	T. T (20)	S. T (21)
頭痛・重	有	—	—	—	—	有
疲労感	有	—	—	有	有	—
不眠	—	—	—	—	—	有
筋肉痛	有	—	—	有	—	有
知覚異常	—	—	—	—	—	有
腹痛	—	—	—	—	—	—
便秘	—	—	—	—	—	—
鉛 緑	—	—	—	—	—	—

3) 初回検査時の諸成績

2 週間の入院後、職場に復帰したばかりの A.K (27 才) の尿所見などには腎炎の徴候は認めなかった。鉛暴露の有無を確かめるため、5 項目の検査を行なった。対照者の 2 名は他の室の作業員である。尿コプロポルフィリン

第3表 初回検査時の成績

		尿 コ プ ロ ボルフィリン	血 液 所 見			
			好塩基性斑点 赤血球 (%)	全 血 比 重	赤 血 球	血 中 鉛 量 (γ /dl)
校 正 作 業 員	A. K (27才)	++	0.7	1053	453	105 および 55
	N. S (56才)	+	0.9	1053	473	87
	K. T (20才)	±		1056		53
	H. S (25才)	++	0.7	1057	460	76
	S. T (21才)	+	0.4			43
対 照 者	オ パ ラ	—				36
	シ ミ ズ	—				28

は Fisceer の Brugsh の変法で⁶⁾測定した。対照者が陰性であるのに比べ、校正作業員の5名はいずれも陽性を示した。好塩基性斑点赤血球は、小机ら⁷⁾の螢光法で測定した。本法による検出率は、従来の染色法と比べて優れている。測定した4名はいずれも、特殊健診の基準の0.5%よりも僅かに増加していた。全血比重および赤血球数には異常はなかった。血液中鉛量については、A. K (27才)は2度測定して、105 γ /dl と 55 γ /dl であった。校正作業員の場合、対照者と比べて明らかに高値であり、正常値を 30 γ /dl 以下とすれば、全員が異常値であった。以上の検査所見から、鉛がかなり体内に吸収されたものと思われる (第3表参照)

4) 尿中への鉛排泄におよぼす Ca-EDTA の影響

体内に鉛が蓄積している場合、Ca-EDTA の投与で尿中への鉛排泄が増加することが知られている¹¹⁾。まず投与前日の尿を集めてこれを投与前尿とした。続く3日間、Ca-EDTA 錠 (サンクレプトン E) を毎日4錠投与し、投与後翌日の尿を投与後尿として、尿中鉛量を測定比較したのが第4表である。同時に、尿コプロボルフィリンも測定した。尿中鉛量は、T. T (20才)を除いて、いずれもかなり増量した。また同時に実施した尿コプロボルフィリンの成績は、Ca-EDTA 投与の効果と断定は

第4表 Ca-EDTA の試験的投与の影響

校正作業員	尿 中 鉛 量 (γ /l)		尿 コ プ ロ ボルフィリン	
	Ca-EDTA 投 与 前	投 与 後	Ca-EDTA 投 与 前	投 与 後
A. K (27才)	100	296	++	+
N. S (56才)	342	396	+	±
K. T (20才)	77	229	±	—
H. S (25才)	57	162	++	+
S. T (21才)	48	42	+++	+

しにくい、そろって減少したことは興味がある (第4表参照)。

5) 校正作業員の経過観察

校正作業員は加鉛ガソリンを使用したため、鉛をかなり吸入したと診断し、環境を改善するとともに、Ca-EDTA-Na₂ による治療も行なった。Ca-EDTA-Na₂ はサンクレプトン錠を用い、毎日4錠を2週間単位で2クール投与した。この間の尿コプロボルフィリン、好塩基性斑点赤血球、尿中鉛量の経過を第5表に示した。10月12日の成績では、尿中鉛量の減少はまだ著明ではないが、この調査期間を通じて、作業員の自覚症状や士気は非常に改善を見た (第5表参照)。

第5表 校正作業員の経過観察

	月/日	A. K	N. S	H. S	T. T	S. T
好塩基性 斑点赤血球 (%)	7/30	0.7	0.9	0.6		0.4
	9/15	0.4	0.7	0.8	0.1	0.3
尿 中 鉛 (γ /l)	7/16	100	342	57	48	123
	9/15	156	116	87	46	127
	10/12	65	100	110	35	165
尿中コプロ ボルフィリ ン	7/16	++	+	++	+++	+
	9/15	+	+	+++	+++	+
	10/12	++	+	+++	+	+++

考 察

清拭用に使っていたガソリン中に、0.4 pb mg/l の四アルキル鉛が含まれていることがわかり、またガソリンの蒸気中には 2.65 pb mg/l の四アルキル鉛が存在することを知った。気中鉛濃度を実測しなかったのであるが、気中ガソリン濃度から換算すると、1.2pb mg/m³ の

第1図 写真オフセット校正作業 (その1)

第2図 写真オフセット校正作業 (その2)

第3図 作業員の好塩基性斑点赤血球 (その1) (螢光法)

第4図 作業員の好塩基性斑点赤血球 (その2) (螢光法)

推定値が得られた。ただしガソリン検知管の規準物質 n -ヘキサン (b. p. 68.7°) に比べて、TEL (b. p. 199°) や TML (b. p. 110°) は気化しにくいので、実際の濃度は 0.6 pb mg/m^3 程度はあったものと推定される。産業医学会恕限度委員会による TEL の恕限度は、 0.075 pb mg/m^3 であり⁴⁾、また酸化鉛を用いた実験ではあるが、7.5 時間/日の就業で気中濃度が 0.075 pb mg/m^3 に達すると、尿中鉛排泄量は1ヶ月以内に増加し、血中鉛量も6週間以内には増量するという Kehoe¹⁰⁾ の報告がある。作業室の濃度は、恕限度の16倍から少なくとも6倍程度には達していたと考えられる。

TEL 中毒の自覚症状を、Machle⁸⁾ の報告から引用すると第6表の如くである。

各例に最も共通している症状は、不眠、悪夢のための睡眠障害などである。重症では急性の精神神経症状が著明で、TEL 中毒の診断は容易であろうが、軽症例では特徴的症状がなく、他の疾患と誤られることが多い。山賀ら³⁾ の石油タンク清掃人の死亡例の報告についてみても、初発症状は、全身倦怠、頭痛、食思不振などで、精神症状が発現して本症と診断されるまでには、4ヶ月の

第6表 TEL 中毒78例症状

1. 不眠	8. 胃腸症状	14. 金属味
2. 興奮	9. 眩暈	15. 振せん
3. 睡眠障害	10. 不安顔貌	16. 嘔吐
4. 疲れ易い	11. 食欲不振	17. 便秘又は下痢
5. 衰弱	12. 朝食の食欲不振	18. 共働失調
6. 頭痛	13. 精神活動減退	19. 視力障害
7. 筋肉痛		20. 耳鳴

Machle W.F. (1935)

期間が経過している。われわれの調査した校正印刷作業員の自覚症状は、不眠の訴えは少なく、倦怠感、頭痛、筋肉痛などが主であった。その中にはガソリンの影響も含まれていると思われるが、使用ガソリンの変更と排気装置の整備で自覚症状が改善したことから、主に TEL などの影響ではないかと考えられる。

尿中コプロポルフィリンは、対照者が陰性なのに対し、作業員の全員が陽性であり、この所見はわれわれに、まず鉛中毒の疑いを示唆した。好塩基性赤血球は、小机らの螢光染色法により検出したが、その検出率は非鉛暴露者よりも高かった。(第3図、第4図)

第7表は、加鉛ガソリンを取扱う精油会社車庫の気中濃度と、作業員の尿中鉛量との関係を示した Kehoe et al¹³⁾ の資料で、また第8表は加鉛ガソリンを販売するガソリンスタンドでの気中濃度と従業員の血中及び尿中鉛量についての Kehoe¹⁴⁾ の資料から引用したものである。この二つの代表的職場では、気中濃度は低く、従業員の血中、尿中鉛量の増加を見ないことが確かめられている。

第7表 四アルキル鉛の気中濃度と尿中鉛排泄量との関係

	1 TEL 1.7ml /ガロン (0.4ml/l)	2 TEL 3.0ml /ガロン (0.8ml/l)	3 TML 2.06ml /ガロン (0.5ml/l)
(平均濃度)	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
空気中鉛量	0.023	9.943	0.118
S.D.	±0.015	±0.026	±0.053
尿中鉛量	49 γ/l	43 γ/l	46 γ/l
S.D.	±21	±15	±16

第8表 ガソリンスタンドの空気中鉛量と16ヶ月間勤務前後の血中、尿中鉛量

	サンフランシスコ (10 社)		ロス・アンゼルス (10 社)	
(平均濃度)	mg/m ³		mg/m ³	
空気中鉛量	0.01		0.005	
S.D.	±0.012		±0.006	
	就業前	就業後	就業前	就業後
血中鉛量	γ/dl	γ/dl	γ/dl	γ/dl
	29	26	35	27
S.D.	±7	±5	±16	±6
尿中鉛量	γ/dl	γ/dl	γ/dl	γ/dl
	36	24	40	29
S.D.	±27	±11	±31	±9

TEL 中毒は、その症状と血中鉛量との間に無機鉛ほど関連性はなく、診断上の意義は少ないといわれている。それは、TEL が神経親和性であるため、発病は急性で重症になりやすいからである。第3表の校正作業員5名の血中鉛量は、正常値 (30 γ/dl 以下) と比べて明らかに高く、また対照者に対しても高かったため、鉛の貯積を示す所見と考えられる。

四アルキル鉛に暴露されると、早期に尿中鉛量が増加し、その測定は四アルキル鉛暴露量の判定に有用であるといわれている。今回の調査では、第3表に示した検査を先に行ない、ガソリンの取りかえ、排気装置の設備などを急いだため、尿検査は鉛暴露がなくなったと思われる

てから 2~3 週間後の成績である。そのためか、尿中の増量はあまり明らかなでない。そこで Ca-EDTA-Na₂ 錠を投与し、その影響を観察した。

その結果から、ほぼ全員の尿中に排泄増加が認められたので、体内鉛蓄積の増加が確認された。以上の観察から、校正作業員は鉛吸収の増加があり、そのため種々の自覚症状を訴えたもので、その鉛の起源は溶剤として用いていたガソリンに含まれた四アルキル鉛であると考えられる。また室の温度調節装置を完備はさせたが、一方換気がかえって悪くなったことが、吸入を助長させたと考えられた。

法規上では、加鉛ガソリン販売業者は店舗内の見やすい場所に、

- (1) そのガソリンは加鉛ガソリンであること
- (2) そのガソリンを内燃機関以外の用に使用することは著しく危険であること

の2項を表示しなければならない。しかしガソリンを販売する人、または購入して使用する人の全てが、その毒性について関心を持っているとは思われない。例えばこの工場では、管理者も従業員も、すべてガソリンに鉛が添加されていることなどは知らなかった。ただ単純に、高価なガソリンの方が害が少ないだろうと考えていた。

写真オフセット印刷の中で、校正刷りはオートメーション化の困難な部門であり、従って中小企業で取扱われることが多い。この種同業者は、東京都内に 40 数社はあるが、同じ様な誤ちのないこと、またガソリンを内燃機関以外の用途に供する職場では、加鉛ガソリンを用いないように徹底させる必要が痛感された。

結 語

某写真オフセット印刷工場で、版の清拭用に用いたガソリンが、加鉛ガソリンであったために、作業員が四アルキル鉛の異常な暴露を受けた。

1. ガソリン中には 0.4 pb g/l、またガソリン蒸気中には 0.62 pb g/l の四アルキル鉛が検出された。
2. 作業場の自動温度調節装置の整備の際は、換気のことを考えなかったため、加鉛ガソリンの暴露をかえって助長した。
3. 作業員の血中鉛量と尿コプロポルフィリンは増量し、好塩基性斑点赤血球も僅かに増量した。
4. 作業員に Ca-EDTA-Na₂ の試験投与を行ない、その前後の尿中鉛量を測定したが、投与後に全員に尿中鉛量の増加を見た。

以上調査成績から、予防対策について述べ、普通ガソ

リンを溶剤として用いる職場では加鉛ガソリンを用いることのないよう強調した。

擲筆に当たり、御指導と御校閲を賜った竹村望教授、小机弘之教授に深甚の謝意を表しますとともに、鉛分析を御担当戴き、幾多の御示唆を賜った労働科学研究所主任多田治博士に衷心より感謝申し上げます。

(本報告の主旨は第 39 回日本産業医学会で発表した。)

文 献

- 1) 倉恒匡徳他：日本衛生学雑誌 7 (2); 111, 昭 27
- 2) 山口誠哉他：日本医事新報 1766; 36, 昭 33
- 3) 山賀岑朗他：日本衛生学雑誌 14; 852, 昭 34
- 4) 赤塚京治：産業医学会恕限度委員会資料 昭 39
- 5) 大森 薫：日本衛生学雑誌 20 (5); 340, 昭 40
- 6) 土屋健三郎：写真でみる職業病検診の手技，日本加

除出版 昭 33

- 7) 小机弘之他：日本公衆衛生学雑誌 11 (4), 407, 昭 39
- 8) Machle, W.F.: J.A.M.A. 105; 529, 1935
- 9) Kehoe, R.A. et al: J. Industr. Hyg. Toxicol. 18; 42, 1936
- 10) Kehoe, R.A.: Pure-Appl. Chem. 3; 129, 1961
- 11) Kitzmiller, K.V.: Arch. Ind. Hyg. & Occupational Med. 1; 296, 1950
- 12) de Treville, R.T.P. et al: Arch. Envir. Health 5; 532, 1962
- 13) Kehoe, R.A. et al: Arch. Envir. Health 6(2); 239, 1963
- 14) Kehoe, R.A. et al: Arch. Envir. Health 6(2); 255, 1963

(受付 1966 年 5 月 14 日)