

厚生科学研究研究費補助金

生活安全総合研究事業

ダイキソ類のヒトの曝露状況の把握と健康影響に関する研究

平成14年度 総括研究報告書

主任研究者 渡邊 昌

平成15年（2003年）4月

目次

I. 総括研究報告	
ダイキシン類のヒトの曝露状況の把握と健康影響に関する研究	1
渡邊 昌	
II. 分担研究報告	
1. ダイキシン類のヒトの曝露状況の把握と健康影響に関する研究	9
渡邊昌	
2. ダイキシン類の測定法の開発に関する研究	62
(微量環境汚染物質の分析法に関する研究) 宮田秀明	
3. ダイキシン類の測定に関する研究	72
(ヒト剖検資料中のダイオキシン類調査) 飯田隆雄	
4. ダイキシン類曝露の病理に関する研究	79
(ダイオキシンの病理研究) 秦 順一	
5. ダイキシン類曝露モデルの作成に関する研究	82
(ヒト血中ダイオキシン類濃度とその曝露要因の関係を明らかに するための統計モデルの開発) 大瀧 慈	
6. ダイキシン曝露指標に関する研究	85
(ダイオキシン類のヒト曝露状況の把握と健康影響に関する研究)	
鎌滝哲也	
7. ダイキシン曝露指標に関する研究	90
(ダイオキシン類のヒト曝露状況の把握と健康影響に関する研究)	
臼杵靖晃	
III. 研究成果の刊行物・別冊	95

ダイオキシン類のヒトの曝露状況の把握と健康影響に関する研究

主任研究者 渡邊 昌 東京農業大学教授

研究要旨：本研究において、血中低濃度ダイオキシン類の測定法を確立し、代表的地域で日本人のダイオキシン類曝露程度を明らかにすることを目的とした。平成9年度から測定を終了した全国17ヶ所740人の血中濃度は 21.5 ± 13.8 pgTEQ/g 脂肪であった。身体検査、血液生化学検査、ホルモン検査、免疫能、アンケート票による生活習慣や既往歴等を総合的に分析して、ダイオキシン類低濃度曝露による高血圧や糖尿病への健康影響を示唆した。

分担研究者氏名・所属施設・職名

宮田秀明（摂南大学）、
飯田隆雄（福岡県保健環境研）、
秦 順一（慶応義塾大学医学）、
大滝慈（広島大学）、
鎌滝哲也（北海道大学）、
臼杵靖晃（大塚アッセイ研究所）

A. 研究目的

ダイオキシン類は、その発生が有機塩素化合物の生産過程や廃棄物の処理過程等で発生すると考えられているが、その影響が人体に対し、どの程度起こり得ているのかを評価することが必要不可欠である。日本では耐用一日摂取量（TDI）を最近 4pg/kg 体重としたが、算定根拠とした海外のヒト曝露影響の研究は大量暴露後の追跡調査が主であり、2,3,7,8-TCDDのみしか測定されていない。我が国のように低濃度慢性的曝露が続いた場合の健康影響は研究が不十分な状態である。本研究においては、日本各地で一般人の曝露程度を明らかにし、ダイオキシン・PCB類が人体の健康にどの程度の影響を及ぼしているかについて平成10

年度から疫学研究を行ってきた。また簡易な測定法の開発、最近話題になった臭素化ダイオキシン類の測定法の開発、鋭敏な曝露の生体指標の研究もおこなうことを目的とした。また、日本人の曝露状態から半減期を推定し、ダイオキシン類曝露の低減についての方策を発見できるように研究体制を組んだ。これによりわが国におけるバックグラウンド値を明らかにし、人体影響データと比較するための公開用データベースづくりを目的とした。

B. 研究方法

本研究では、ダイオキシン類の健康影響を明らかにするために、平成10年より一定のフォーマットにより、焼却場周辺および対照地域、厚生省多目的コホート地域の住民を対象に厚生労働省、府県、市町村、保健所などが協力して選択し、全国17地域（岩手、秋田、宮城、神奈川、新潟、長野、大阪、鳥取、島根、長崎、沖縄）でボランティアの研究協力者を集めた。原則として各地域に居住する30～60歳代の男女を対象とし、インフォームドコンセントをと

って、生活習慣に関するアンケート調査、身体測定、採血を行ない、ダイオキシン類測定（PCDD 7種、PCDF 10種、コプラナーPCB 12種）と血液検査、生化学検査、免疫検査、ホルモン検査をおこなった。調査を完了した者は合計 740 名である。その結果はすべてデータベースとして入力し、SPSS Ver11.5 を用いて解析した。

日本の焼却場作業者の高曝露者の経年データから血液中のダイオキシン類濃度の半減期を統計学的に推定した。解析は、血中薬物濃度の時間的推移を表現した 1-コンパートメントモデルに基づいて行った。また臓器ごとに曝露状況を把握するために病理解剖症例により、特定の疾患や病態と蓄積の相関関係を得るための基礎データを作成した。

CYP1A1 および CYP1B1 はダイオキシン類で誘導されることが知られている。これらがヒトにおいても特定の曝露に対応して生体指標になるかどうか、ダイオキシン類への高曝露が疑われるヒトの凍結末梢血より全 RNA を調製し、ダイオキシン類で誘導されることが知られている CYP1A1 および CYP1B1 の mRNA 量を高感度リアルタイム PCR 法により定量した。

高分解能 GC/MS による測定は高価で時間がかかる。少量の血液でダイオキシン類測定ができるように ASE 抽出法をさまざまな温度と圧力で検討した。大量溶媒注入装置を装着した GC/MS 測定を組み合わせた高感度迅速分析法を検討した。

臭素化ダイオキシンの測定法を開発し、脂肪抽出→硫酸シリカゲル処理による脂肪除去→硝酸銀シリカゲルカラム精製→活性炭分散シリカゲルカラム精製→高分

解能 GC/高分解能 MS 分析による方法を開発した。最も低極性の塩素化ダイオキシン類と最も高極性の臭素化ダイオキシン類を含む標準品を利用することにより、血液試料を対象とした全臭素系ダイオキシン類の分析を試みた。

C. 研究結果

本研究では、ヒト試料中のダイオキシン類の測定法の開発とともに、平成 10 年より一定のフォーマットにより全国 17 地域住民を調査し、地域差の有無、食生活、生活習慣、疾病とダイオキシン類の関連を明らかにする事を目的としてきた。全国 17 地域（岩手、秋田、宮城、神奈川、新潟、長野、大阪、鳥取、島根、長崎、沖縄）は焼却場周辺および対照地域、厚生省多目的コホート地域の住民を対象に厚生労働省、府県、市町村、保健所などが協力して、ボランティアの研究協力者を集めた。原則として各地域に居住する 30~60 歳代の男女を対象とし、インフォームドコンセントをとって、生活習慣に関するアンケート調査、身体測定、採血を行ない、ダイオキシン類測定（PCDD 7種、PCDF 10種、コプラナーPCB 12種）と血液検査、生化学検査、免疫検査、ホルモン検査をおこなった。調査を完了した計 740 名の結果はすべてデータベースとして入力し、SPSS Ver11.5 を用いて解析した。

対象者の測定結果より、血中ダイオキシン類（PCDDs+PCDFs+PCBs）濃度は、 $21.5 \pm 13.8 \text{ pgTEQ/g}$ 脂肪であった。年代別の濃度を男女別に見てみると、男性の 40 代で 24.1 pg-TEQ/g 脂肪、50代で 26.7 pg-TEQ/g 脂肪に対して女性が 18.7 pg-TEQ/g 脂肪、

21.6 pg-TEQ/g 脂肪と男性の方が高かった。小数ではあるが10代で18.1pg-TEQ/g 脂肪、50代で24.4pg-TEQ/g 脂肪とその差は大きかった。このことは、ダイオキシン類が難代謝性であり、体外に排出されにくいいため、長年の生活環境によって、加齢とともに蓄積濃度が増加することを反映しているといえる。

地域別では、大阪が最も高く（平均値39.3pg-TEQ/g 脂肪）、岩手・沖縄等が低かった（平均値8.6pg-TEQ/g 脂肪）。大阪の対象者は、高度に汚染した焼却場周辺の人達が含まれたため大気汚染や環境からのダイオキシン類曝露が考えられる。食生活や生活習慣との関連を検討し、岩手の対象者の血中ダイオキシン類濃度の低いのは環境とともにPCB濃度の低い食品を摂取する傾向が寄与したと考えられた。職業では、農業者が高く、特に米、野菜、果樹栽培者はダイオキシン類濃度との間に正の相関がみられた。事務職は負の相関を示し、販売やサービス（主婦）では正の相関がみられた。喫煙歴があり、喫煙本数の多い男性はダイオキシン類との間に正相関がみられた。飲酒習慣では、酒の種類によってPCB濃度に差がみられた。食生活では、魚介類、肉類、乳・乳製品など動物性食品を多食する人に血中ダイオキシン類濃度と正の相関がみられた。

既往歴では、高血圧とPCB-TEQ、糖尿病とPCB-TEQ及びTotal-TEQ、高脂血症とPCB-TEQ、痛風とPCDD-TEQ、PCB-TEQ、Total-TEQ、Body-Burden、アレルギーとPCB-TEQとの間に相関が見られた。生化学値において、肝・腎機能マーカーで正の相関、免疫・内分泌マーカー

で負の相関が見られた。このことは低濃度曝露であってもなお、健康影響について長期の追跡研究が必要なことを示す。女性については、母乳保育の期間とダイオキシン類との間に負の相関がみられた。子供の性比に与える影響は、有意差は見られなかったものの、完全には否定できない。

日本の焼却場作業者の高曝露者の半減期を反復測定結果から推定したところ、個体間で大きく異なるが0.36年～3.89年と推定された。個人の流出係数に対する曝露時点での血中濃度、流入係数、BMIの影響を調べ、年齢、BMIとの間に有意な関係は認められないが、排出係数と流入係数の間の正の相関が示せた（ p 値=0.131）。

ダイオキシン類で誘導されることが知られているCYP1A1およびCYP1B1のmRNA量を高感度リアルタイムPCR法により定量した結果、ダイオキシン類によるCYP1B1誘導は三峰性を示した。CYP1B1誘導を指標としたときの最小ダイオキシン類濃度は6.5 pg/g lipidであった。これは生体曝露の良い指標となることが示せた。

簡便で、安価に、また同時に多数の検体を処理できるAh-immunoassay法を、全血13検体及び血漿9検体の合計22検体を用いてその有用性を検討した。GC/MS法及びAh-immunoassay法で得られた測定値の間には相関係数 $r=0.851$ と有意な相関関係がえられた。さらに、四元分割表による分析を行った結果、診断感度80.0%、診断特異度42.9%、有効度68.2%であり、ヒト血中ダイオキシン類のスクリーニング法に使用できる可能性が示せた。少量の血液から測定を簡便化するためASE抽出法を検討し血液、血清から効率よくPCDD/DFs及び

Non-ortho-PCBs が抽出できた。さらに、大量注入ができる SCLV を使用することにより高感度で迅速な分析が可能になり、ヒト臓器・組織に対しても応用できることが示された。

臭素化ダイオキシンの測定法を開発し、最も低極性の塩素化ダイオキシン類と最も高極性の臭素化ダイオキシン類を含む標準品を利用することにより、血液試料を対象とした全臭素系ダイオキシン類の分析ができた。

D 考察

ダイオキシン類は、その発生が有機塩素化合物の生産過程や廃棄物の処理過程等で発生すると考えられているが、日本では特殊な地域をのぞき健康影響を生じるような曝露になっていない。焼却場周辺の高汚染地域をのぞき、一般の住人は平均 20 pgTEQ/g 脂肪程度の曝露状態で健康影響をおこすレベルではないと思われる。職業では農業従事者が高い傾向があり、昔の農薬に混在していたダイオキシン類の影響がいまだに残存していると思われる。食事由来のものでは動物性蛋白質を多くとるものが高傾向があった。既往歴との関係では従来健康影響の見られなかった 50 pg TEQ/g 脂肪程度の暴露が糖尿病や高血圧、高脂血症のリスクとなっている可能性があり、とくに糖尿病では PCB-TEQ がロジスティック分析によっても有意なリスク要因であった。ダイオキシン類の半減期は長いいため、その影響が人体に対し、どの程度起こり得ているのかを長期追跡によって評価することが必要である。肝・腎機能マーカーとダイオキシン類濃度とも正相関があり、

甲状腺ホルモンやアンドロステノロンとは負の相関のあったことは弱いながらも長期の影響をもたらしている可能性がある。体内曝露量の測定とともに、臓器分布や排泄系の発見、半減期の測定なども試み、一定の結果を得てきた。ダイオキシン類の各異性体ごとの半減期の推定に関して Portier ら(1999)の 2.69 年～ 19.09 年という報告があり、また 2,3,7,8-TCDD を経口投与した場合の半減期が 5.8 年、9.7 年、またベトナム戦争の兵士を対象とした調査で 7.1 年、8.7 年、11.3 年などという報告がある。今回の結果は比較的短い半減期の推定結果を得たが、一般人の低濃度曝露でもおなじ結果になるか平成 14 年度において二回目調査した結果を分析中である。

曝露量の生体指標として CYP1B1 の測定が適していることを発見し、6 pgTEQ/g 脂肪で誘導のかかることを明らかにできた。

国際的にもダイオキシン類の曝露影響の研究は大量曝露後の追跡調査からベトナム従軍兵士のように低濃度曝露の影響研究に移っている。本研究結果は平成 10 年度、11 年度の結果はイタリアで開かれた国際ダイオキシン学会で発表され、平成 12 年度までの結果はバルセロナで開かれた国際ダイオキシン学会で発表され、海外の研究者の注目をあびた。今年の国際ダイオキシン学会においてもシンポジストとして低濃度曝露結果を総括する予定である。

本研究班はダイオキシン曝露によるリスクの大きさを明らかにしてきた。また、ヒトのように低曝露量を正確に測定する技術的検討も行ってきた。今年度は ASE 抽出法を検討し血液、血清から効率よく PCDD/DFs 及び Non-ortho-PCBs が抽出で

きた。さらに、大量注入ができる SCLV を使用することにより高感度で迅速な分析が可能になり、今後の疫学的調査への応用が可能となった。また、Ah レセプターイムノアッセイもスクリーニングとして有用であることが示された。

D. 結論

10年度以来測定してきた地域住民は100pgTEQ/g 脂肪以上のダイオキシン類曝露をしめしたものは居なかった。今までの全平均 20.0pgTEQ/g 脂肪は欧米の住民濃度とほぼ同じ水準である。健康に影響がでる可能性のあるダイオキシン類濃度は83ngTEQ/kg 体重以上とされ、これは脂肪量あたりに換算すると 250-400pgTEQ/g 脂肪程度になる。今回の対象者の濃度は健康影響を起こす下限の10分の1以下といえる。測定したかぎりの検査結果から体内蓄積ダイオキシン類によって異常値を示したというものはなかったが、高血圧、高脂血症等生活習慣病の頻度はダイオキシン類濃度の高い群に多く、今後の検討が必要である。職業では農業が高値をしめし、昔の農薬中に混在したダイオキシン類曝露の影響がいまだに残っていると思われる。

塩化ダイオキシンと同様に最近臭素化ダ

1.論文発表

- 1) Nakao T, O. Aozasa, S. Ohta, H. Miyata: Assessment of human exposure to PCDDs, PCDFs and Co-PCBs using hair as human pollution indicator sample I: development of analytical method for human hair and evaluation for exposure assessment,

イオキシン類の汚染が問題になっている。ヒトへの曝露状況を検討するために超微量の臭素化ダイオキシン類の測定が可能になったので残余血液でヒト曝露の実態を検討可能になった。次年度にむけて明らかにしたい。

E. 健康危険情報

健康に影響がでる可能性のあるダイオキシン類濃度は 83 ngTEQ/kg 体重以上とされ、これは脂肪量あたりに換算すると 250-400pgTEQ/g 脂肪程度になる。しかし、今回のような低濃度の曝露でも糖尿病、高血圧、高脂血症等、生活習慣病の頻度はダイオキシン類濃度の高い群に多く、ロジスティック回帰分析で有意なリスク要因となったので、さらに今後の長期的検討が必要である。糖尿病は従来ダイオキシン類曝露がリスクとはいわれてなかったが、米国のベトナム退役軍人の追跡調査でもリスクとして報告された。ダイオキシン類がインスリン・レセプターに結合することも発見され、今後の動向を見守る必要がある。

F. 研究発表

以下に示す。

Chemosphere, 48, 885-896, 2002

- 2) Nakao T, D. Ishizuka, H. Nishimura, O. Aozasa, S. Ohta, H. Miyata, et. al: Comparison of polybrominated diphenyl ethers in fish, vegetables, and meats and levels in human milk of nursing women in Japan, Chemosphere, 46, 689-696, 2002
- 3) Nakao T, O. Aozasa, S. Ohta, H.

- Miyata: Formation of dioxin analogs by open-air incineration of waste wood and by fire of buildings and houses concerning Hanshin Great Earthquake in Japan, *Chemosphere*, 46, 429-437, 2002
- 4) Nakao T, O. Aozasa, S. Ohta, H. Miyata: Investigation of PCDD/DF, PXDD/DF, PBDD/DF and nitro-PAH detected on flue gas from waste incinerator, *Organohalogen Compounds*, 56: 349-352, 2002
- 5) Miyata H, T. Nakao, H. Ito, K. Nakatsuji, K. Adachi, K. Suguro, M. Hosoya, H. Tsuji, H. Nishimura, N. Higashi, T. Kameko: A new destruction technique for dioxin analogues in landfills and fly ash concerning waste combustion by DCR-Dehalogenation method, *Organohalogen Compounds* 56: 425-428, 2002
- 6) Miyata H, T. Nakao, N. Iwata, O. Aozasa, A. Shimamura, S. Ohta: Development of simple and accurate evaluation method on air pollution by dioxin analogues using Japanese black pine needle as an indicator, *Environmetrics* 13:1-9, 2002.
- 1 1) Otani K, Ohtaki M, Watanabe S. A random effects nonlinear regression model for analysis of environmental contamination data. *Environmetrics* 13:1-9, 2002.
- 1 2) Takenaka S, Todaka T, Nakamura M, Hori S, Iida T, Yamada T, Hata J. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans and non-ortho, mono-ortho substituted chlorinated biphenyls in Japanese human liver and adipose tissue. *Chemosphere* 49: 161-172, 2002
- Organohalogen Compounds, 59: 103-106, 2002
- 7) Nakanishi T, Y. Kobayashi, T. Nakao, H. Miyata: Study of the influence of Co-PCBs in dioxin screening by AH-Immunoassay, *Organohalogen Compounds*, 58: 393-396, 2002
- 8) Ohta S, T. Nakao, H. Nishimura, T. Okumura, O. Aozasa, H. Miyata: Contamination levels of PBDEs, TBBPA, PCDDs/DFs, PBDDs/DFs and PXDDs/DFs in the environment of Japan, *Organohalogen Compounds*, 57: 57-60, 2002
- 9) Aozasa O, S. Ohta, T. Nakao, H. Miyata, A. Mochizuki, Y. Fujimine: Variation in blood dioxin level, characteristics of isomer composition, and isomer changes in residents near an incineration facility, *Organohalogen Compounds*, 55: 335-338, 2002
- 1 0) Fujimine Y, T. Hirai, A. Mochizuki, Y. Usuki, T. Kodaira, S. Watanabe, H. Miyata: The kinetics of dioxin congeners in human body, *Organohalogen Compounds*, 55: 413-416, 2002
- 1 3) Shibara R, Hashiguchi A, sakamoto J, Yamada T, Umezawa A, Hata J.

- Correlation between a specific Wilms tumor suppressor gene (WT1) mutation and the histological findings in Wilms tumor. *J Med Genetics* 39: E83, 2002
- 1 4) Fukuma M, Abe H, Yamada T, Hata J. Monoclonal antibody, 4C4-mAB, specifically recognizes keratan sulfate proteoglycan on human embryonal carcinoma cells. *J Pathol.* (in press)
- 1 5) Kamataki T, et al. Aryl hydrocarbon hydroxylase represents CYP1B1, and not CYP1A1, in human freshly isolated white cells: Trimodal distribution of Japanese population according to induction of CYP1B1 mRNA by environmental dioxins, *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, (in press)
- 16) Kamataki T, et al. Characterization of a genotype previously designated as CYP2A6 D-type: CYP2A6*4B, another entire gene deletion allele of the CYP2A6 gene in Japanese. *Pharmacogenetics* 12:501-504, 2002
- 1 7) Kamataki T, et al. Genetic polymorphism of CYP2A6 gene and tobacco-induced lung cancer risk in male smokers. *Cancer Epidemiol. Biomark. Preven.* 11:890-894.
- 1 8) Kamataki T, et al. New allelic arrangement CYP2D6*36x2 found in a Japanese poor metabolizer of debrisoquine. *Pharmacogenetics* 12:659-662, 2002.
- 1 9) Kamataki T, et al. A novel mutant allele of the CYP2A6 gene (CYP2A6*11) found in a cancer patient who showed poor metabolic phenotype towards tegafur. *Pharmacogenetics* 12:299-306, 2002.
- 2 0) Kamataki T, et al. Involvement of CYP2J2 and CYP4F12 in the metabolism of ebastine in human intestinal Microsomes. *Journal of Pharmacology & Experimental Therapeutics* 300:298-304, 2002.
- 2 1) Kamataki T, et al. Role of human cytochrome P450 (CYP) in the metabolic activation of nitrosamine derivatives: Application of genetically engineered *Salmonella* expressing human CYP. *Drug Metab. Rev.* 34:667-676, 2002.
- 2 2) Kamataki T, et al. Novel mutations of the CYP2A6 gene in a Thai population with lowered capacity of coumarin 7-hydroxylation. *Drug Metabolism and Pharmacokinetics* 17:161-163, 2002.
- 2 3) Kamataki T, et al. Twenty one novel single nucleotide polymorphisms (SNPs) of the CYP2A6 gene in Japanese and Caucasians. *Drug Metabolism and Pharmacokinetics* 17:453-457, 2002.
- 2 4) Kamataki T, et al. CYP2D6.10 present in human liver microsomes shows low catalytic activity and thermal stability.

- Biochem. Biophys. Res. Commun. 293:969-973, 2002.
- 2 5) Kamataki T, et al. A population phenotyping study of three drug-metabolizing enzymes in Kyushu, Japan, with use of the caffeine test. Clin. Pharmacol. Ther. 72:200-208, 2002.
- 2 6) Kamataki T, et al. Inhibition of human cytochrome P4501B1, 1A1 and 1A2 by antigenotoxic compounds, purpurin and alizarin. Mutation Research - Fundamental & Molecular Mechanisms of Mutagenesis 508:147-156, 2002.
- 2 7) Kamataki T, et al. A major genotype in UDP-glucuronosyltransferase 2B15. Drug Metabolism Pharmacokinetics 17:164-166, 2002.
- 2 8) Kamataki T, et al. Hepatocyte nuclear factor-1 is a causal factor responsible for interindividual differences in the expression of UDP-glucuronosyltransferase 2B7 mRNA in human livers. Drug Metab. Dispos. 30:613-615, 2002.
- 2 9) Kamataki T, et al. CYP2A6 gene deletion reduces oral cancer risk in betel quid chewers in Sri Lanka. Carcinogenesis 23:595-598, 2002.
- 3 0) Kamataki T, et al. Variation in coumarin 7-hydroxylase activity associated with genetic polymorphism of cytochrome P450 2A6 and the body status of iron stores in adult Thai males and females. Pharmacogenetics 12: 241-249, 2002.
- 3 1) Ouchi K, Watanabe S. Assay for bisphenol A in human urine using HPLC with multi-channel coulometric electrochemical detection. J Chromatograph B 780: 365-370, 2002
- 3 2) Watanabe S, Haba R, Sayo Uesugi, Ishiwata N. Chemical analysis and health benefits of isoflavones. Biotechnology for Performance Foods, Functional Foods, and Nutraceuticals. Neeser J-R, German B (Eds.) Marcel Dekker, NY (in press).
- 3 3) Watanabe S, Uesugi S, Kikuchi Y. Isoflavones for prevention of cancer, cardiovascular diseases, gynecological problems and possible immune potentiation. Biomed Pharmacother 56 : 302-312, 2002

分担研究報告書

ダイオキシン類の曝露状況の把握と健康影響に関する研究

分担研究者 渡邊 昌 東京農業大学教授

研究要旨：本研究において、血中低濃度ダイオキシン類の測定法を確立し、代表的地域で日本人のダイオキシン類曝露程度を明らかにすることを目的とした。平成9年度から測定を終了した全国17ヶ所740人の血中濃度は 21.5 ± 13.8 pgTEQ/g 脂肪であった。身体検査、血液生化学検査、肺モ検査、免疫能、アンケート票による生活習慣や既往歴等を総合的に分析して、ダイオキシン類低濃度曝露による高血圧や糖尿病への健康影響を示唆した。

A. 目的

日本では、ダイオキシン類及びフラン類、コプラナーPCBを、一括してダイオキシン類として総称し、「大気汚染防止法」及び「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」においてゴミ焼却施設などの主要な発生源が規制の対象となっている。1997年環境庁の中央環境審議会と厚生労働省の生活環境審議会及び食品衛生調査会は、ダイオキシン類の耐容一日摂取量(TDI)を10pg-TEQ/kg/日から4pg-TEQ/kg/日に変更した。私達日本人が食品、水、大気、土壌から摂取する平均的なダイオキシン類の摂取量は、約2.1pg-TEQ/kg/日と推定されている。

本調査は、厚生労働省、府縣市町村、保健所等の協力により全国17地域の一般住民を対象として、血中ダイオキシン類濃度を測定し、食生活や生活習慣、疾病との関連について明らかにしようとするものである。本研究により地域差の有無、食生活、生活習慣、疾病とダイオキシン類の関連を明らかにし、各種生体指標との関係を検討し、また、女性については、母親のダイオキシン類曝露が妊娠、

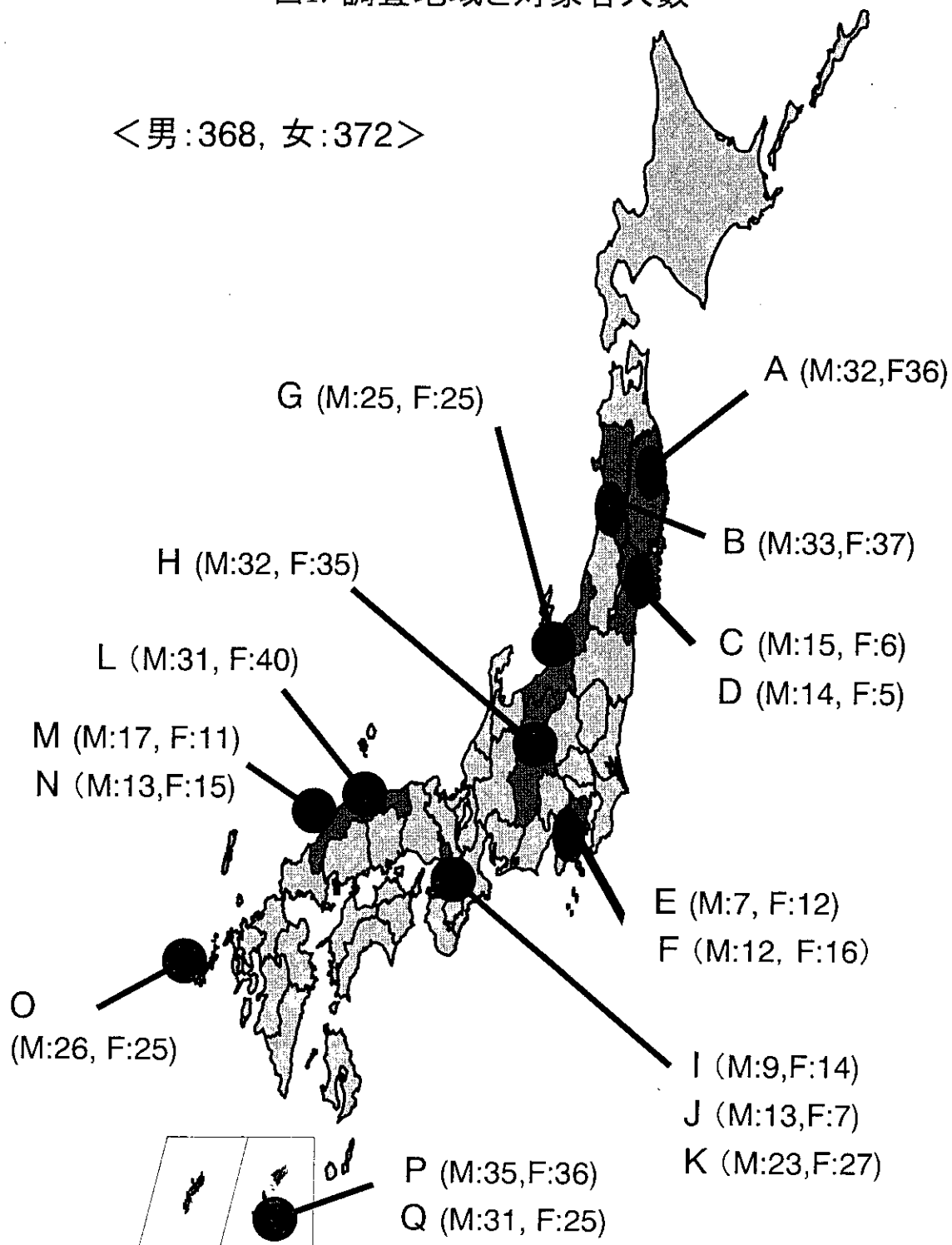
出産、子どもに与える影響を分析することも目的とした。

B. 方法

1) 対象者の選定方法

1998年度は厚生省及び府県により選定された全国4府県8地域(宮城県・神奈川県・大阪府・島根県)を対象地域とし、その中から府縣市町村により募集された30~40代の男女236名を対象者とした。各地域とも、焼却場から環境庁の定めた基準値(80ng/m³)を上回った排気ガスが認められた地域で、焼却場周辺の影響を見るため、それぞれの地域で、曝露群とcontrol群を設定し測定した。曝露群は焼却場から半径2km以内の風下地域とし、対照群は焼却場から半径5km以上離れ、排煙の影響がないと考えられる地域とした。これらの対象者は、基本的には市町村の呼びかけに応えたボランティアである。焼却場の影響は一般には認められなかったため1999年度以降は厚生労働省多目的コホート地区である全国8県(長崎県・長野県・沖縄県・鳥取県・沖縄県・新潟県・岩手県・秋

図1. 調査地域と対象者人数



地域別対象者特性

表1.身体計測結果

男性

Area	n	年齢	身長	体重	BMI
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
A	32	41.9 ± 8.7	168.9 ± 5.6	71.9 ± 13.4	25.2 ± 4.2
B	33	44.3 ± 7.1	169.9 ± 6.1	71.3 ± 10.4	24.7 ± 3.5
C	15	44.5 ± 3.5	169.7 ± 6.9	75.3 ± 11.8	26.1 ± 3.2
D	14	42.0 ± 3.1	166.3 ± 6.2	65.1 ± 9.4	23.5 ± 2.9
E	7	40.7 ± 4.8	170.1 ± 6.2	66.9 ± 5.6	23.1 ± 2.2
F	12	45.2 ± 4.6	170.7 ± 4.2	70.3 ± 10.0	24.1 ± 3.0
G	25	50.0 ± 5.0	169.7 ± 6.7	65.3 ± 8.6	22.6 ± 2.2
H	32	48.6 ± 8.2	169.0 ± 5.3	67.6 ± 7.1	23.6 ± 2.0
I	9	41.8 ± 6.5	170.7 ± 8.3	70.2 ± 10.2	24.1 ± 3.3
J	13	43.1 ± 4.0	170.2 ± 4.3	65.7 ± 7.4	22.7 ± 2.3
K	23	40.3 ± 11.7	167.2 ± 4.9	68.8 ± 12.4	24.6 ± 4.1
L	31	47.1 ± 7.9	166.7 ± 5.9	61.4 ± 8.3	22.1 ± 2.7
M	17	39.8 ± 5.3	169.8 ± 5.2	68.6 ± 8.1	23.9 ± 3.2
N	13	40.0 ± 4.2	167.8 ± 7.3	66.3 ± 7.5	23.6 ± 3.4
O	26	44.0 ± 6.8	169.3 ± 5.8	69.0 ± 7.9	24.1 ± 2.7
P	35	55.6 ± 7.8	163.5 ± 5.2	67.0 ± 8.3	25.0 ± 2.4
Q	31	42.0 ± 11.0	165.4 ± 5.4	69.9 ± 11.3	25.5 ± 3.4
合計	368	45.1 ± 8.7	168.1 ± 6.1	68.2 ± 10.0	24.1 ± 3.2

女性

Area	n	年齢	身長	体重	BMI
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
A	36	38.8 ± 6.4	155.3 ± 5.0	54.3 ± 7.1	22.6 ± 3.1
B	37	43.9 ± 7.4	158.2 ± 5.7	56.4 ± 9.4	22.4 ± 3.2
C	6	42.5 ± 4.1	155.5 ± 3.4	60.1 ± 9.2	24.8 ± 2.9
D	5	41.4 ± 5.5	152.3 ± 4.6	55.3 ± 4.3	23.9 ± 2.4
E	12	35.4 ± 3.6	158.8 ± 3.7	54.1 ± 6.2	21.4 ± 2.1
F	16	39.8 ± 4.5	157.8 ± 4.7	53.4 ± 7.4	21.4 ± 2.5
G	25	46.4 ± 4.7	156.7 ± 5.4	52.9 ± 8.4	21.5 ± 3.4
H	36	46.9 ± 9.0	154.2 ± 5.3	54.3 ± 5.5	23.0 ± 2.9
I	14	41.3 ± 6.1	157.8 ± 4.8	56.6 ± 8.4	22.7 ± 3.0
J	7	40.3 ± 4.6	158.7 ± 4.2	53.9 ± 3.4	21.4 ± 1.9
K	27	34.0 ± 9.0	157.5 ± 4.3	51.9 ± 7.1	20.9 ± 2.8
L	40	46.1 ± 8.0	154.5 ± 5.3	52.3 ± 7.4	21.9 ± 2.7
M	11	38.4 ± 6.5	155.0 ± 5.8	49.6 ± 8.6	20.8 ± 4.2
N	15	40.1 ± 6.2	157.1 ± 4.5	51.4 ± 6.6	20.8 ± 2.6
O	25	42.5 ± 6.7	156.8 ± 6.5	56.7 ± 8.8	22.9 ± 2.2
P	36	54.2 ± 8.1	151.3 ± 5.0	57.4 ± 8.0	25.1 ± 3.4
Q	25	36.7 ± 10.8	155.7 ± 5.7	57.1 ± 11.0	23.4 ± 3.9
合計	372	42.8 ± 9.1	155.8 ± 5.5	54.6 ± 8.0	22.5 ± 3.2

田県)の各地域で保健所を介してボランティアを募り、40~60代の男女504名を対象者とした(図1、表1)。

2) 調査票

自記式調査票を予め行政機関を通じて配布し、調査日に持参してもらい、聞き取りトレーニングを受けた調査員がチェックし、不十分な箇所は面接により確認した。内容は以下のようなもので、基本的には厚生省多目的コホートで使用したアンケート表と同一である。

・年齢、性別
・居住地域：大気汚染や野焼きの煙の有無について質問した。
・職業：厚生労働省による分類に従って質問した。

特に、ダイオキシン類曝露の影響が大きいと考えられる農業従事者については、農薬の使用の有無やハウス栽培について質問した。

・食生活：食品摂取頻度と目安量、代表的食事の摂取頻度について質問した。

PCB汚染経路とされる魚については、「よく食べる魚5種類」を選択してもらった。

・生活習慣：運動、運転、洗髪、喫煙、飲酒など生活習慣について質問した。

・既往歴：既往歴について20項目の中から○をつけて選択してもらった。

・妊娠、出産：女性についてのみ、妊娠歴、出産歴について質問した。

3) 調査内容

・調査票

・身体計測：身長、体重、体脂肪、血圧、脈拍を計測した。

・問診：一般健康状態、供血の有無、病歴、近々の食事について問診した。

・採血：医師により採血の可否を判定し、200ml輸血用バッグ(テルモス、東京)に1人当たり約130g採血した。

血液は以下の検査を供した。

(1) 血液成分検査

(i) 血液一般成分

WBC：白血球

MCV：赤血球容量

RBC：赤血球

MCH：赤血球Hb量

HT：ヘマトクリット値

MCHC：赤血球Hb濃度

Hb：ヘモグロビン量

PLT：血小板数

(ii) 血液生化学検査

GOT: glutamic oxaloacetic transaminase

ALP：アルカリホスファターゼ

GPT: glutamic pyruvic transaminase

TBIL：総ビリルビン

GGT：γ-GTP

GLU：グルコース

LDH：乳酸脱水素酵素

AMYL：アミラーゼ

LAP：ロイシンアミノペプチダーゼ

TP：総タンパク

TG：中性脂肪

ALB：アルブミン

TCHO：総コレステロール

CPK：クレアチニンキナーゼ

HDLC : HDL コレステロール

BUN : 尿素窒素

Ca : カルシウム

UA : 尿酸

IP : 無機リン

CRE : クレアチニン

(iii) 血中ホルモン測定

TEST : テ ス ト ス テ ロ ン

ANDOST : アンドロステロン

E 2 : エ ス ト ラ ジ オ ー ル

PROGEST : プロゲステロン

(2) 免疫マーカー測定

リンパ球サブセット (CD3, CD4, CD8, CD19,
CD56)

CD4/8 比

NK 活性

T リンパ球刺激試験 (PHA, Con-A)

(3) 血中ダイオキシン濃度の測定

血液 70-80ml をテフロン容器に分注し、Wellington の EPA インターナルスタンダード (13C-PCDD, PCDF 30 μ l, 13C-PCB 1 μ l) を加え、30 分間振とうした。1999 年は Dioxin (PCDD) 7 種、Furan (PCDF) 13 種及び PCB (Co-PCB) 3 種を測定した。硫酸アンモニウム (和光純薬社製・特級) の飽和水溶液を 30ml 加え、振とう機 (タイテックス社製 : SR-2 s) で 30 分間振とうした。1:3 の割合であるエタノール (関東化学社製・残留農薬試験用) ヘキサン (関東化学社製・ダイオキシン類分析用) 混合液を 80ml 加え、攪拌混合し、20 分間振とうした。超音波洗浄器 (株式会社エヌディ社製 : US-3 型) で更に 20 分間振動した後、遠心分離機 (KUBOTA 社製 : 8100) で 3100rpm にて 10 分間遠心分離した。

ヘキサン層である上層と、水層である下層とに分け、上層を 300ml ナスフラスコに移し、下層はヘキサンを 80ml 加え攪拌混合し、分間振とうした。その後超音波洗浄器で 20 分間振動し、3100rpm で 10 分間遠心分離。再び上層と下層に分けた。この作業を 3 回繰り返した。ナスフラスコに集めた上層をロータリーエバポレーター (柴田社製 : r-114-Aw 型) で濃縮した。濃縮したダイオキシン層を 50ml 遠沈管に移し、ナスフラスコを少量のヘキサンで 3 回洗い、それを同じ遠沈管に移した。遠沈管に 1%NaCl 水溶液を加え、超音波 30 分間、2500rpm で 10 分間遠心分離し、上層をナスフラスコに移した。エバポレーターで濃縮し、37°C で乾燥させた後、脂質を精秤した。

脂質を多層カラム、活性炭カラムに通し、ダイオキシン類 (Co-PCB を含む) 及び mono-ortho PCB 分画を高分解 GC-MS により定量測定した。アイソマーは Dioxin 7 種、Furan 13 種、Co-PCB 12 種である。1999 年、2000 年の検定についてはドイツのエコメトリック研究所との共同研究によりドイツでクリーンアップ後の測定を行なった。

(4) 分析に用いた統計処理方法

データベース作成及び統計計算は SPSS Ver. 11.5 を用いた。アンケート内容は Table に集計した。基礎統計量 (記述統計) として連続変数を有するものについては集団の平均値 (Mean)、標準偏差 (SD)、中央値 (Median)、25%、75%タイルを求めた。相関係数は二項間の相関を示す値として、Pearson 若しくは Spearman の相関係数を算出した。相関係数の検定は両側検定で行な

い、有意水準5%以下を「有意差あり」とした。また、対数正規分布を示したものについては、対数化後相関を求めた。

Body_Burdenは体内の総ダイオキシン量予測値を示すものである。

Body_Burden=Total_TEQ×体脂肪量/100として求めた。初年度の体脂肪を測定していない例については、BMIから回帰線形の体脂肪推定式をつくり、計算によって求めた。

男性：体脂肪量=48.215+(-0.321) * 身
+0.424 * 体重

女性：体脂肪量=59.094+(-0.420) *
身長+0.635 * 体重

この推定式により求めた脂肪量は1%水準で有意であり、相関係数も男性で0.7680女性で0.8081と高い値を得られたので採用した。主成分分析は食事など、同じ傾向を示すものをグループ化し、各factorの数値を変数に保存して相関分析などを用いた。線形回帰は既往歴とダイオキシン類濃度との間に相関がみられたものについて、ロジスティック回帰分析を行ない、主にどのfactorが病因となっているのかを解析した。

食品1日摂取量の算出…それぞれの食品摂取頻度を、①まったく食べない=0 ②たまに食べる(2日/月)=0.07 ③週1-2回=0.21 ④週3-4回=0.5 ⑤ほとんど毎日=1 目安量を、①少=目安量*0.5 ②中=目安量 ③多=目安量*1.5とし、頻度に目安量を乗じて、1日当たりの摂取量を算出した。

Brinkman係数は現在までのたばこの本数

を表す。一箱20本と換算し、現在の年齢から吸始年齢を差し引き、一日のタバコの本数を乗じて算出する。現在までに禁煙した人に関しては、同様に、タバコを止めた時の年齢から吸始年齢を差し引き、今までに吸っていた本数を乗じて算出した。

偏相関分析は量的な(順序尺度を含む)変数について、ある変数を統御した(ある変数の影響を除いた)場合の2変数間の線形関係を測定する際に用いる。今回は生化学値の年齢による影響を取り除くために年齢を制御変数として偏相関分析を行った。カイ二乗検定…2つの属性のあいだに関連があるかどうか(独立性の検定)について検定するとき用いた。

今回は、クロス集計表の独立性の検定に用いた。全ての統計処理はSPSS Ver.11.5 for Windowsで行なった。

(倫理面への配慮)

住民への説明会を保健所或いは区市町村と協力して開催し、ダイオキシン調査の意義、内容、報告方法等について説明し同意を得た。そして調査協力の承諾は、承諾書に署名することにより確認した。

C. 結果

血中ダイオキシン類濃度

対象者の測定結果より、日本人の血中ダイオキシン類(PCDDs+PCDFs+PCBs)濃度は、 21.5 ± 13.8 pgTEQ/g 脂肪であった。男女別の平均値は、男性 23.3 pg-TEQ/g 脂肪、女性は 19.7 pg-TEQ/g 脂肪であり、男性の方が高かった。各地域ごとのダイオキシン類濃度は表の通りである(表2)。また、アイソマーごとの

表 2.地域別血中ダイオキシン類濃度(pg-TEQ/gfat)

Area	n	Mean ± SD	Median	Min	Max	25%	75%
A	68	8.6 ± 4.7	7.3	2.9	26.2	5.6	9.8
B	70	14.7 ± 8.3	12.6	4.0	63.2	10.1	17.8
C	21	31.4 ± 14.4	26.9	14.5	70.3	20.2	40.2
D	19	12.4 ± 5.7	11.4	4.8	26.1	8.8	17.8
E	19	21.9 ± 7.5	20.5	12.0	37.5	14.9	27.6
F	28	23.9 ± 8.8	24.0	11.2	43.6	16.2	30.6
G	50	17.9 ± 9.0	15.8	4.6	47.3	11.5	21.2
H	66	27.6 ± 16.4	24.1	5.0	92.8	18.5	29.9
I	23	25.1 ± 8.3	24.5	11.7	40.9	18.3	34.6
J	19	31.5 ± 9.8	31.2	17.7	60.3	21.9	35.9
K	50	39.3 ± 18.6	33.3	9.0	109.1	27.4	51.2
L	71	30.7 ± 12.3	28.5	12.5	63.5	20.9	37.4
M	23	24.4 ± 13.1	21.1	9.7	67.3	17.0	27.7
N	23	30.7 ± 12.9	28.2	14.8	56.0	19.8	39.8
O	51	10.4 ± 5.7	9.0	5.0	37.0	7.0	12.0
P	70	18.3 ± 8.7	16.2	7.3	64.8	12.9	21.6
Q	54	16.1 ± 5.2	14.5	7.7	31.2	13.1	18.9
合計	725	21.5 ± 13.8	18.2	2.9	109.1	14.7	26.4

(男性)								(女性)							
Area	n	Mean ± SD	Median	Min	Max	25%	75%	n	Mean ± SD	Median	Min	Max	25%	75%	
A	32	9.9 ± 5.7	7.9	4.4	26.2	5.6	11.7	36	7.5 ± 3.0	6.8	2.9	17.8	5.3	8.8	
B	33	15.4 ± 10.7	12.1	4.0	63.2	9.2	18.1	37	14.0 ± 5.3	12.6	4.5	30.3	11.0	15.7	
C	15	31.6 ± 14.5	28.0	16.1	70.3	19.8	39.2	6	31.1 ± 15.3	26.8	14.5	56.5	19.1	45.1	
D	14	12.5 ± 6.4	11.4	4.8	26.1	6.3	17.9	5	12.0 ± 3.6	11.4	8.8	17.9	9.1	15.3	
E	7	25.2 ± 6.2	24.3	19.1	36.6	20.3	28.1	12	20.0 ± 7.8	18.4	12.0	37.5	14.0	23.9	
F	12	24.7 ± 8.6	25.0	11.2	43.6	19.1	29.1	16	23.4 ± 9.2	20.0	11.4	40.0	15.6	33.0	
G	25	22.4 ± 10.3	21.1	5.1	47.3	14.6	28.4	25	13.5 ± 4.3	13.2	4.6	20.7	10.6	17.8	
H	32	32.9 ± 19.4	26.0	5.0	92.8	22.0	33.6	34	22.6 ± 11.2	20.2	10.3	74.9	15.8	26.1	
I	9	24.0 ± 9.8	23.7	11.7	40.9	15.6	32.8	14	25.8 ± 7.5	25.0	13.6	36.7	20.7	35.0	
J	12	33.1 ± 10.9	34.6	18.7	60.3	23.6	35.9	7	28.6 ± 7.4	29.3	17.7	40.6	21.9	33.3	
K	23	48.2 ± 20.9	44.9	18.1	109.1	30.7	60.6	27	31.8 ± 12.5	30.6	9.0	62.5	25.6	39.8	
L	31	32.7 ± 13.7	29.9	12.5	63.5	22.6	41.9	40	29.2 ± 11.0	27.1	13.3	61.7	20.8	34.6	
M	17	27.2 ± 13.8	23.0	15.3	67.3	18.0	29.9	6	16.6 ± 6.8	15.8	9.7	27.7	10.8	21.4	
N	11	32.0 ± 14.0	28.2	15.1	52.1	19.1	49.3	12	29.5 ± 12.4	27.7	14.8	56.0	21.5	37.3	
O	26	11.0 ± 4.8	9.8	5.4	29.9	8.7	11.5	25	9.8 ± 6.5	8.2	5.0	37.0	5.8	12.1	
P	35	17.4 ± 6.7	15.3	8.0	36.6	12.5	21.1	35	19.2 ± 10.3	16.5	7.3	64.8	13.3	21.7	
Q	31	16.1 ± 5.3	15.0	7.7	31.2	13.2	17.5	23	16.1 ± 5.1	14.2	8.9	27.9	12.6	19.8	
合計	365	23.3 ± 15.6	19.1	4.0	109.1	12.3	29.7	360	19.7 ± 11.5	17.2	2.9	74.9	11.7	26.2	

表 3. アイソマーごとのダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/gfat)

	n	Mean	Median	± SD	Min	Max	25%	75%
D2378	725	1.9	1.2	± 2.2	0.1	16.7	0.6	2.2
D12378	725	4.7	3.6	± 4.3	0.3	33.3	1.8	6.3
D123478	725	2.9	1.9	± 4.6	0.2	63.7	1.0	3.2
D123678	725	24.6	16.4	± 22.1	1.0	180.0	10.0	31.6
D123789	725	5.0	3.1	± 5.8	0.3	54.1	1.9	5.6
D1234678	725	19.5	15.8	± 13.9	0.5	104.9	10.3	24.7
OCDD	725	348.4	208.5	± 432.8	10.9	3981.0	134.0	387.6
F2378	725	3.0	1.2	± 6.0	0.2	115.2	0.5	2.9
F12378	725	1.5	0.7	± 2.5	0.1	28.6	0.5	1.6
F23478	725	9.7	8.4	± 6.4	0.3	51.0	5.3	12.5
F123478	725	4.5	3.2	± 4.4	0.5	44.5	2.1	5.0
F123678	725	4.9	3.5	± 4.7	0.5	38.6	2.3	5.5
F123789	725	1.0	0.5	± 2.2	0.1	28.3	0.4	0.7
F234678	725	3.7	2.0	± 5.9	0.2	68.4	1.2	3.6
F1234678	725	5.8	4.0	± 6.3	0.5	71.5	2.7	6.4
F1234789	726	1.5	1.0	± 1.7	0.0	15.7	0.5	1.4
OCDF	726	5.7	5.0	± 5.4	0.0	61.1	3.4	5.0
PCB77	721	59.8	25.7	± 92.4	0.0	1015.8	12.5	68.5
PCB81	721	6.6	1.3	± 14.2	0.0	136.8	1.0	3.9
PCB126	721	42.7	27.5	± 49.0	0.0	419.6	11.6	55.6
PCB169	721	46.1	26.3	± 86.8	0.0	938.0	12.2	49.6
PCB105	493	793.9	541.0	± 844.5	0.0	6604.4	246.5	989.5
PCB114	493	228.4	136.0	± 342.7	0.0	5205.0	70.0	257.4
PCB118	493	4635.0	2531.6	± 5391.5	0.0	37956.0	1270.5	5871.3
PCB123	493	105.7	65.0	± 332.1	0.0	5205.0	35.1	115.9
PCB156	493	1592.3	991.0	± 1872.8	0.0	16642.0	378.0	2094.3
PCB157	493	386.9	229.0	± 437.1	0.0	3377.9	115.1	499.6
PCB167	493	791.1	540.0	± 787.8	0.0	5255.0	266.5	1024.4
PCB189	493	249.2	174.0	± 312.6	0.0	5205.0	85.7	309.5
Body Burden	724	5.4	4.6	± 3.6	0.8	28.9	2.9	6.9

(男性)

(女性)

	n	Mean	Median	± SD	Min	Max	25%	75%	n	Mean	Median	± SD	Min	Max	25%	75%
D2378	365	2.0	1.2	± 2.3	0.2	15.7	0.5	2.4	360	1.9	1.1	± 2.1	0.1	16.7	0.6	2.1
D12378	365	5.0	3.8	± 4.4	0.3	29.1	1.8	6.8	360	4.5	3.4	± 4.3	0.5	33.3	1.8	5.8
D123478	365	3.1	1.8	± 5.2	0.3	49.0	1.0	3.6	360	2.6	1.9	± 3.9	0.2	63.7	1.0	3.0
D123678	365	25.9	16.5	± 23.4	1.0	180.0	9.9	31.8	360	23.3	16.3	± 20.5	2.5	170.0	10.0	29.5
D123789	365	4.9	3.0	± 6.3	0.3	53.4	1.9	5.2	360	5.0	3.3	± 5.2	0.5	54.1	2.0	6.2
D1234678	365	18.6	14.2	± 14.1	1.6	104.9	9.2	24.6	360	20.5	17.1	± 13.6	0.5	92.2	11.8	24.7
OCDD	365	287.5	168.9	± 438.3	10.9	3981.0	109.2	275.6	360	410.2	270.5	± 418.7	38.9	3152.1	168.1	464.4
F2378	365	2.9	1.2	± 4.4	0.3	31.1	0.5	3.0	360	3.1	1.2	± 7.3	0.2	115.2	0.5	2.9
F12378	365	1.7	0.9	± 3.0	0.1	28.6	0.5	1.7	360	1.4	0.6	± 1.9	0.2	19.7	0.5	1.5
F23478	365	10.5	9.1	± 6.9	0.3	45.7	5.8	13.3	360	8.8	7.7	± 5.7	0.5	51.0	4.9	12.1
F123478	365	4.8	3.3	± 4.9	0.5	38.3	2.1	5.2	360	4.3	3.1	± 3.8	0.5	44.5	2.1	4.8
F123678	365	5.3	3.5	± 5.7	0.5	38.6	2.3	6.0	360	4.4	3.5	± 3.4	0.5	21.8	2.2	5.2
F123789	365	1.1	0.5	± 2.8	0.1	28.3	0.4	0.7	360	0.8	0.5	± 1.3	0.1	12.1	0.4	0.6
F234678	365	4.2	2.1	± 7.5	0.3	68.4	1.1	3.9	360	3.2	2.0	± 3.6	0.2	21.4	1.3	3.4
F1234678	365	6.1	4.1	± 7.5	0.5	71.5	2.8	6.5	360	5.4	4.0	± 4.6	0.5	31.9	2.5	6.1
F1234789	366	1.6	1.0	± 1.9	0.0	15.7	0.5	1.5	360	1.4	1.0	± 1.5	0.0	14.4	0.5	1.4
OCDF	366	6.0	5.0	± 5.9	0.0	54.3	3.7	5.0	360	5.3	5.0	± 4.7	0.2	61.1	3.3	5.0
PCB77	360	63.5	23.8	± 107.8	0.0	1015.8	12.4	68.1	361	56.1	26.6	± 73.9	1.2	604.6	12.5	70.1
PCB81	360	7.4	1.3	± 16.1	0.0	136.8	1.0	4.4	361	5.8	1.4	± 11.9	0.5	107.8	1.0	3.2
PCB126	360	50.3	31.8	± 57.3	0.0	419.6	14.1	60.0	361	35.1	24.0	± 37.6	0.6	298.3	9.8	49.6
PCB169	360	52.0	33.5	± 85.9	0.0	938.0	15.9	58.5	361	40.3	20.3	± 87.3	1.5	917.0	9.7	38.9
PCB105	241	919.3	614.6	± 999.2	0.0	6604.4	234.5	1291.0	252	674.0	501.2	± 643.2	0.0	5228.0	257.2	880.8
PCB114	241	255.5	146.0	± 311.7	0.0	1794.4	75.0	296.0	252	202.5	126.9	± 368.7	0.0	5205.0	65.6	229.0
PCB118	241	4996.6	2572.0	± 6050.8	0.0	37956.0	1195.5	6045.5	252	4289.1	2500.0	± 4660.9	0.0	29305.5	1328.0	5675.5
PCB123	241	89.3	65.6	± 73.3	0.0	506.4	36.6	133.8	252	121.7	62.8	± 460.7	0.0	5205.0	33.4	94.8
PCB156	241	1915.9	1170.0	± 2296.7	0.0	16642.0	387.5	2500.5	252	1277.7	892.0	± 1265.4	0.0	9651.3	369.2	1721.3
PCB157	241	430.0	249.0	± 477.8	0.0	2922.9	117.1	558.7	252	345.0	220.5	± 389.9	0.0	3377.9	109.5	431.3
PCB167	241	853.4	544.4	± 893.4	0.0	5255.0	249.0	1101.5	252	730.5	530.2	± 665.6	0.0	4584.4	270.0	944.7
PCB189	241	283.3	203.0	± 256.4	0.0	1495.5	90.8	407.3	252	216.6	164.0	± 355.7	0.0	5205.0	80.0	253.7
Body Burden	365	5.4	4.5	± 3.8	0.8	23.7	2.8	6.7	359	5.5	4.7	± 3.4	0.8	28.9	3.0	7.1

图2-1.

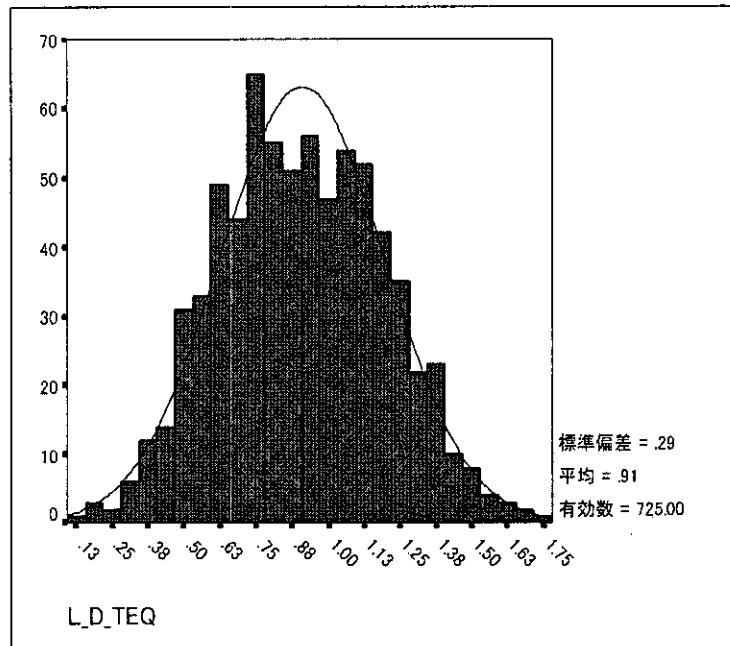


图2-2.

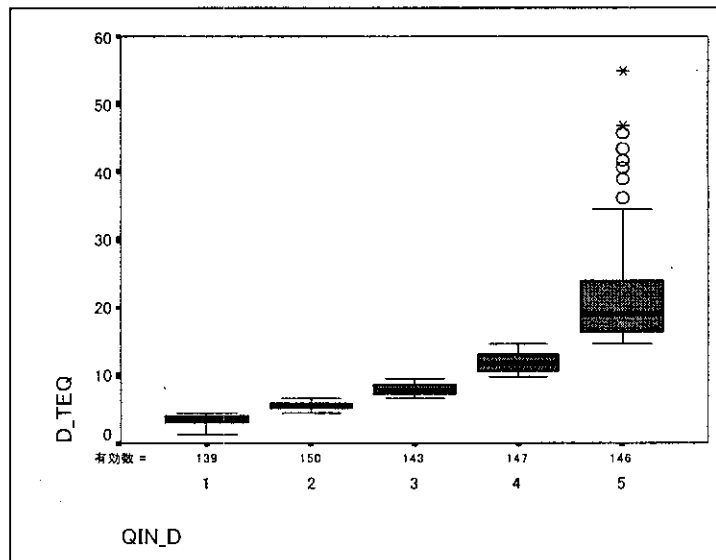


表 4. PCDD TEQ

pg-TEQ/gfat	n	Mean ± SD	Median	25% , 75%
Q1: 0.0~ 4.5	139	3.3 ± 0.7	3.4	2.9 , 4.0
Q2: 4.5~ 6.6	150	5.5 ± 0.6	5.5	5.0 , 5.9
Q3: 6.6~ 9.7	143	8.0 ± 0.9	7.8	7.2 , 8.8
Q4: 9.7~14.7	147	12.0 ± 1.4	11.9	10.7 , 13.2
Q5:17.7~54.9	146	21.6 ± 7.2	19.1	16.4 , 24.1

図3-1.

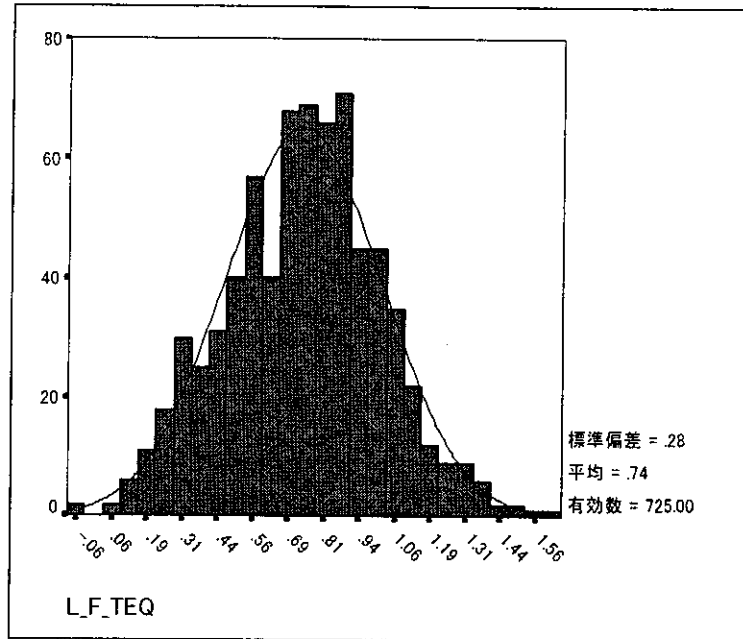


図3-2.

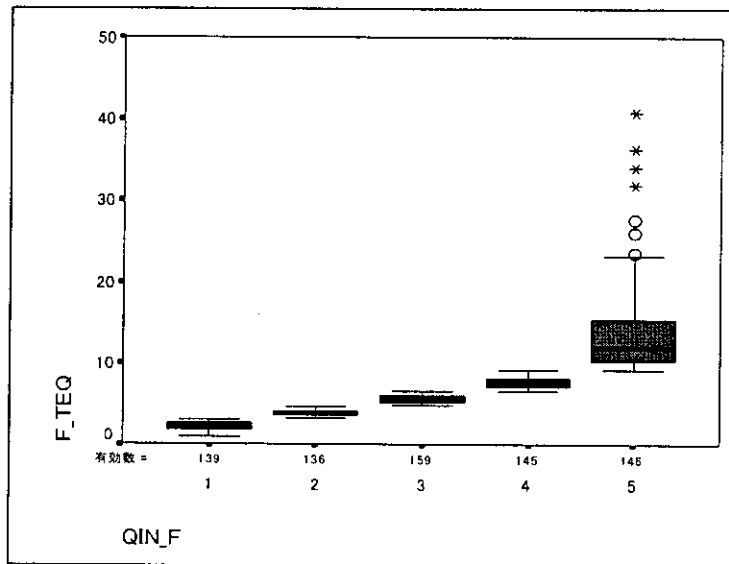


表 5. PCDF_TEQ

pg-TEQ/gfat	n	Mean ± SD	Median	25% , 75%
Q1: 0.0~ 3.2	139	2.2 ± 0.5	2.2	1.9 , 2.6
Q2: 3.2~ 4.8	136	3.8 ± 0.4	3.8	3.5 , 4.1
Q3: 4.8~ 6.6	159	5.6 ± 0.6	5.5	5.1 , 6.0
Q4: 6.6~ 9.2	145	7.6 ± 0.7	7.5	7.1 , 8.2
Q5: 9.2~40.8	146	13.9 ± 5.5	11.9	10.3 , 15.5