

厚生労働科学研究費補助金
化学物質リスク研究事業

ダイオキシン類汚染に起因する悪性新生物死亡
の超過リスクに関するコホート研究

平成14年度～平成16年度 総合研究報告書

主任研究者 丹後俊郎

平成17（2005）年3月

目 次

I. 総合研究報告	ダイオキシン類汚染に起因する悪性新生物死亡の超過リスク に関するコホート研究	1
	丹後俊郎	
	(資料) 平成14年度研究報告書	
	(資料) 平成15年度研究報告書	
	(資料) 平成16年度研究報告書	
II. 研究成果の刊行に関する一覧表		265
III. 研究成果の刊行物・別刷り		267

厚生科学研究費補助金（化学物質リスク研究事業）
（総合）研究報告書

ダイオキシン類汚染に起因する悪性新生物死亡の
超過リスクに関するコホート研究

主任研究者 丹後俊郎 国立保健医療科学院

研究要旨：[目的]排出量の多い中規模以上のごみ焼却施設周辺におけるダイオキシン類の健康影響として悪性新生物死亡の超過リスクの大きさを人口動態死亡票を利用したコホート調査で推定する。[方法]排煙1立方メートル当たり80ng-TEQ/Nm³を越えた51施設の半径20km以内に位置する920市区町村において、1980年から2000年までの過去21年間の悪性新生物死亡13死因の市区町村単位の死亡データを用いて、死亡率の経年変化の傾きがごみ焼却施設の影響をあらわす成分とそれ以外の成分に分離した統計モデルを導入する。そのモデルの構築の参考にするために、3箇所のごみ焼却施設を選び、その周辺におけるダイオキシン類の曝露状況の時間・空間的分布、すなわち土壤中ダイオキシン類の濃度測定と近くにある湖沼の底質年代測定評価を行う。[結果]調査した3箇所のごみ焼却施設周辺の土壤中のダイオキシン類濃度は、どの施設周辺も距離が大きくなるにつれ、濃度がわずかながら減少していく距離減衰が見られた。また、湖沼底質年代の推定結果の一部にはごみ焼却施設の稼動時期にダイオキシン類の濃度が上昇するという影響が示唆された。しかし、検討対象とした悪性新生物13死因（全悪性腫瘍含む）すべてにおいて、超過リスクがゼロである仮説を棄却できず、有意な超過リスクは検出されなかった。[結論]検討したすべての悪性新生物死因で有意超過リスクは検出されなかった。しかし、ごみ焼却施設周辺の土壤中のダイオキシン類濃度がそれほど高値を示すものではないものの、施設周辺は施設から遠い地域に比較するとダイオキシン類への曝露が大きいことを示唆する結果が得られており、ダイオキシン類の健康影響を監視するためにもごみ焼却施設周辺に焦点を当てた前向きコホート研究の必要性が示唆された。

分担研究者

谷畑健生（国立保健医療科学院疫学部主任研究官）
藤田利治（国立保健医療科学院疫学部室長）
箕輪眞澄（国立保健医療科学院疫学部長）
国包章一（国立保健医療科学院水道工学部長）
内山巖雄（京都大学大学院工学研究科教授）
田中勝（岡山大学大学院自然科学研究科教授）

A. 研究目的

今日焼却施設から排出されるダイオキシン類の及ぼす健康影響について国民の関心が高まりその的確な対策が急がれている。しかし、マスコミ等で様々な曝露状況、健康影響に関する報道が繰り返されているがダイオキシン類の測定の困難性から測定法上問題の多いデータが一人歩きして、見かけの影響、誤った解釈が国民を混乱に陥らせてい

る可能性もある。本研究は、国民の間のいたづらな混乱・不安を解消するとともに、有効な施策のための的確な情報を提供するため、日本全国の焼却施設の中から排出量の多い中規模以上の焼却施設を選び、その周辺における住民への影響、特にダイオキシン類の健康影響として欧米でその影響が示唆されている悪性新生物死亡への超過リスクを人口動態死亡票を利用した日本で初めての大規模後ろ向きコホート研究により解明することを目的とする。

B. 研究方法

1. ごみ焼却施設、施設周辺の市区町村、死因選定に関する研究（分担者：谷畑健生、藤田利治、箕輪眞澄、丹後俊郎）

全国のごみ焼却施設の中から、厚生省が平成9年4月に緊急対策の判断規準として示した「排煙1立

方メートル当たり80ng-TEQを越えた72施設」について、平成11-13年度生活安全総合研究事業「ごみ焼却施設周辺におけるダイオキシン汚染に起因する周産期の健康影響に関する疫学研究」（主任研究者：上畑鉄之丞）で対象とした63施設を中心に検討する。それぞれの周辺の地形、土地利用状況、人口規模などを再検討し、コホート研究に適切な調査対象施設を選定する。また、それぞれのごみ焼却施設周辺の半径20kmの同心円内とその境界に位置する市区町村を決定する。また、解析対象とする悪性新生物の死因については、死因統計に使用される「疾病及び関連保健問題の国際統計分類：International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems」の変遷と諸外国の類似研究を参考にして選定する。

2. ごみ焼却施設周辺における超過リスク検出のための統計モデルに関する研究（分担者：丹後俊郎）

これまでの固定発生源周辺の環境汚染による超過リスクを検出する方法の多くは、周辺地域あるいは周辺住民に関する曝露情報がほとんどないため、1) 曝露量は固定発生源からの距離に反比例する、2) ある一定期間に発生した疾病の発生頻度は距離に反比例する、という基本的仮定をおいて、疾病の空間的分布を検討している。これに対して、本研究では、同様な距離減衰の仮定をおくが、ごみ焼却施設周辺の悪性新生物死亡の経年的推移の変化とごみ焼却施設からの距離との関連性を検討して、環境汚染による超過リスクを検出する空間-時間モデル(space-time model)を新しく検討する。

3. ごみ焼却施設由来の土壤中ダイオキシン類の曝露評価に関する研究（分担者 国包章一、田中勝、内山巖雄、丹後俊郎）

施設周辺ダイオキシン類土壤中濃度の空間的広がりの分布を評価するモデルを構築するための有力な情報として代表的なごみ焼却施設を年に1施設、3年で3施設を選定し、発生源由来の土壤中ダイオキシン類の測定調査を行う。調査対象地域の選定に当たっては、厚生省が平成9年4月に緊急

対策の判断規準として示した「排煙1立方メートル当たり80ng-TEQを越えた施設」について、排出負荷量、周辺人口、地形条件を考慮して選定作業を行う。

4. ごみ焼却施設周辺の湖沼底質年代評価に関する研究（分担者 内山巖雄、田中勝、国包章一、丹後俊郎）

本分担研究ではごみ焼却施設周辺の湖沼底質中のダイオキシン類濃度及び低質項目について測定を行うことにより、周辺地域におけるダイオキシン類の経年変化（時間的分布）を追い、曝露年代を推定することを目的とする。調査対象地域の選定として、分担研究「ごみ焼却施設由来の土壤中ダイオキシン類の曝露評価に関する研究」で選択した焼却施設の周辺にある湖沼を選定する。

5. 悪性新生物死亡の超過リスクの統計的評価に関する研究（分担者：丹後俊郎、谷畑健生、藤田利治、簗輪眞澄）

分担研究2で検討される統計モデルを利用し統計解析を行う。そのための死亡データ、人口データの3歳×3年の再編集、そのデータベース化などの準備を行う。

C. 研究結果

1. ごみ焼却施設、施設周辺の市区町村、死因選定に関する研究（分担者：谷畑健生、藤田利治、簗輪眞澄、丹後俊郎）

ごみ焼却施設・調査対象市区町村の選定については、主として周辺の地形、土地利用状況などを再検討し、更に、悪性新生物の死因別死亡数を追跡していけるだけの人口規模から判断して51施設を選定した。次に、施設周辺の半径20kmの同心円内とその境界に位置する920市区町村を決定した。コホート追跡期間に関しては、ごみ焼却施設の操業開始時点が1970年代後半から1980年代前半に集中しているので、調査対象地域の悪性新生物死亡の追跡期間として、1980年から2000年までの過去21年間とした。解析対象とする悪性新生物の死因は、全悪性新生物、胃がん結腸がん、肝がん、鼻

腔・中耳の悪性新生物、副鼻腔の悪性新生物、上咽頭の悪性新生物、喉頭の悪性新生物、肺・気管支の悪性新生物、膀胱がん、軟部悪性新生物、悪性リンパ腫、多発性骨髄腫、白血病の13死因とした。

2. ごみ焼却施設周辺における超過リスク検出のための統計モデルに関する研究（分担者：丹後俊郎）

データがまだ収集されていない時点でごみ焼却施設周辺の健康影響を表現する統計モデルを考えるための参考として、固定発生源の健康影響という点では類似している原子力発電所周辺の周産期死亡データを収集して、疾病発生の経年的推移の変化の大きさと固定発生源からの距離との関連性を検討し、固定発生源周辺に超過リスクが大きいかな否かを鋭敏に検出する方法論、つまり、空間的変動と時間的変動を同時に考慮する方法論を検討した。その詳細は2002年の英国王立統計学会主催の国際統計学会で発表（招待講演）した。

基本的にはこのモデルをごみ焼却施設周辺の超過リスクのモデルに応用した。これまでの固定発生源周辺の環境汚染による超過リスクを検出する方法と同様に、周辺地域あるいは周辺住民に関する曝露情報がほとんどないため、1) 曝露量は固定発生源からの距離に反比例する、2) ある一定期間に発生した疾病の発生率は距離に反比例する、という距離減衰の仮定をおく。更に、ごみ焼却施設周辺の悪性新生物死亡の経年的推移の変化とごみ焼却施設からの距離との関連性を検討して、環境汚染による超過リスクを検出する空間-時間モデル(space-time model)を検討する。ただ、周産期死亡データとは異なり悪性新生物死亡データには年齢の幅が広い。そこで、解析可能なモデルを構築するために市区町村毎の40-81歳、21年間の死亡データを3歳・3年に分類し、施設、ごみ焼却施設からの距離、コホート、など超過リスクパラメータを含む死亡率の経年変化を表現する空間-時間のポアソン回帰モデルを検討した。この回帰モデルは死亡率の経年変化の傾きがコホート効果とごみ焼却施設からの距離に比例する成分との和

と仮定したモデルで、もしごみ焼却施設 k からのダイオキシン類の影響があるとすればその超過リスクは距離に比例する項の係数 β_k が負の値をとる、というモデルである。次に、各焼却施設毎の推定値 β_k をメタ・アナリシスの手法（(1)母数モデル、(2)変量モデル）を利用して施設全体に共通な超過リスクの統合推定値 β を求める。

3. ごみ焼却施設由来の土壤中ダイオキシン類の曝露評価に関する研究（分担者 国包章一、田中勝、内山巖雄、丹後俊郎）

平成14年度は群馬県館林市の館林清掃センター周辺において実施した。選定された施設から半径5kmの円内の20地点の土壤を測定したものであるが、ダイオキシン類の平均値は21pg-TEQ/g、範囲は5.2-83pg-TEQ/gの通常レベルの値であった。ただ、施設からの距離とダイオキシン類濃度との関係にはわずかながら距離減衰が認められた。なお、土壤中ダイオキシン類濃度の高い地点は、焼却施設の東側に多く、西からの風が影響しているものと考えられる。

平成15年度は千葉県君津市の君津市清掃工場周辺において実施した。ダイオキシン類の平均値は12pg-TEQ/g、範囲は1.4-110pg-TEQ/gの値であった。110pg-TEQ/gが観測された地点はごみ焼却施設から2kmの位置にあった。また、発生源から調査地点までの距離とダイオキシン類濃度との関係を図1.3(1),(2)に示す。近似直線は右下がりであり、距離減衰がわずかながら見られた。しかし、距離と濃度との相関係数はいずれも小さく、強い関係ではなかった。

平成16年度は広島県府中市の府中町清掃事務所周辺において実施した。ダイオキシン類の平均値は15.6pg-TEQ/g、範囲は0.61-140pg-TEQ/gの値であった。140pg-TEQ/gが観測された地点ではCo-PCBsが110pg/gと大きい測定を示した結果であった。また、発生源から調査地点までの距離とダイオキシン類濃度との関係を図2.3(1),(2)に示す。近似直線は右下がりであり、距離減衰がわずかながら見られた。しかし、距離と濃度との相関係数

はいずれも小さく、強い関係ではなかった。

4. ごみ焼却施設周辺の湖沼底質年代評価に関する研究 (分担者 内山巖雄、田中勝、国包章一、丹後俊郎)

平成14年度は、館林清掃センター周辺の多々良沼で、堆積層の年代測定とダイオキシン類測定を行った。その結果、多々良沼の40cmまでの堆積物について鉛-210法による年代測定を行った。最も深い層は1902年であった。表層0-2cmまでの平均堆積速度は、1年あたり、4.95cmであった。検証のため、同じ堆積物についてセシウム-137法による年代測定を行った。ほぼ2法の年代測定結果は同じであり、鉛-210法による年代測定は妥当な結果であると考えられる。

堆積層のうち、6層のダイオキシン類を測定した。もっとも下層である29-30cm層(1948年)で4.3pg-TEQ/g、27-28cm層(1960年)で15pg-TEQ/g、24-25cm(1975年)で34pg-TEQ/gと濃度が上昇し、その後、3層については、40pg-TEQ/g程度で濃度はそれほど変わらなかった。ダイオキシン類の濃度変化は、ほぼ、既存調査の結果や、ダイオキシン発生トレンドと一致していた。

平成15年度は君津市清掃工場の南西1kmに位置する「三直大堰」で底質を採取し、年代測定とダイオキシン類測定を行った。堆積層の測定結果について述べる。もっとも下層である49-50cm層(1976年)で46pg-TEQ/g、その後29-30cm層(1991年)にかけて、71pg-TEQ/gまでゆるやかに上昇し、24-25層で、140pg-TEQ/gと、大幅に濃度が上昇した。その後、濃度はそれほど変わらなかった。

平成16年度は府中町清掃事務所周辺に位置する湖沼で堆積層の年代測定とダイオキシン類測定を行った。その結果は、もっとも下層である59-60cm層(1933年)で1.4pg-TEQ/g、その後39-40cm層(1966年)に21pg-TEQ/gへ上昇、その後14-15cm層(1997年)まで不変から緩やかに上昇し、9-10cm層(2000年)に48pg-TEQ/gへと上昇した。その後、0-1cm層(2004年)には37pg-TEQ/gへ下降した。この結果から、平成15年度の調査では1992年に稼動開始されたごみ焼却施設の影響が示唆されたものの、平成

16年度の調査では、1986年に稼動されたごみ焼却施設の影響は必ずしも明確ではなかった。

5. 悪性新生物死亡の超過リスクの統計的評価に関する研究 (分担者：丹後俊郎、谷畑健生、藤田利治、篠輪眞澄)

死因毎に、51施設それぞれで推定された超過リスクの推定に基づいて、母数モデルと変量効果モデルのメタ・アナリシスにより超過リスクの統合推定値を求めた。結果は、全悪性新生物、胃がん結腸がん、肝がん、鼻腔・中耳の悪性新生物、副鼻腔の悪性新生物、上咽頭の悪性新生物、喉頭の悪性新生物、肺・気管支の悪性新生物、膀胱がん、軟部悪性新生物、悪性リンパ腫、多発性骨髄腫、白血病の13死因すべてにおいて、超過リスクがゼロである仮説を棄却できず、有意な超過リスクは検出されなかった(詳細は資料「平成16年度報告書」参照)。

D. 考察

本研究の目的は、全国にある中規模以上の焼却施設周辺における住民への健康影響、特に、ダイオキシン類の健康影響として欧米でその影響が示唆されている悪性新生物死亡について、これらの超過リスクが焼却施設から排出されるダイオキシン類との関連で現在までに明らかになっている超過リスクはどの程度か、を疫学研究により解明する点にあった。本研究で調査対象とした地域は、もしダイオキシン類の影響があるとすればそのリスクが高いと想定される地域、すなわち、平成9年に厚生省が公表した排ガス中ダイオキシン類濃度が緊急対策の判断基準を超えた51箇所のごみ焼却施設周辺地域であった。これらのハイリスク想定地域において悪性新生物13死因すべてにおいて統計学的に有意な超過リスクが観察されなかったという結果は、日本の他の地域における健康影響はより小さいことを示唆するものであり、したがって、少なくとも大騒ぎをするほどの健康影響はこれまでは観察されなかったと推定できる。

しかし、ごみ焼却施設周辺のダイオキシン類

濃度の分布が本研究で調査した3施設ともその周辺の土壌中の最大濃度は焼却施設から1-2kmの付近で観察されている。この結果は、1) 焼却施設の煙突から排出される粉塵による最大着地濃度は風の影響にもよるが1-2km付近で最大となるシミュレーション結果と一致している、2) ごみ焼却施設周辺の土壌中のダイオキシン類濃度がそれほど高値を示すものではないものの、施設周辺は施設から遠い地域に比較するとダイオキシン類への曝露が大きいことを示唆している、等のダイオキシン類の健康影響を考える上では、興味深い結果が得られている。

ただ、同時に本研究の弱点についても言及しなければならない。それは1) ごみ焼却施設周辺の詳細な曝露情報がないこと、また、2) 人口動態統計調査票を利用しているので、個人個人の交絡因子の調整ができない、などである。曝露情報の欠如により、ダイオキシン類の曝露がごみ焼却施設からの距離に依存するという仮説に基づいた本研究の結果は将来へ向けたダイオキシン対策と継続的な調査研究の必要性を示唆していると言える。つまり、本研究は1980-2000年の過去21年間の悪性新生物死亡率の経年変化を検討したものであり、曝露から悪性新生物の発現までの潜伏期間の長さが未知であり、超過リスクを十分に検出できるほどのsample sizeを有しているわけではない。また、本研究の総合解析で適用したモデルは各市町村の死亡率の経年変化の傾きの一成分がごみ焼却施設からの距離に反比例するものである。一般に経年変動の定数項（ y 切片、つまり21年間の死亡率の平均値）は様々な因子の影響を受けやすく、そこに超過パラメータがモデル化されていけば、交絡因子の調整が必須である。しかし、傾きは該当する市町村固有の因子に大きく依存するもので、本研究で問題にしているダイオキシン類の曝露以外の系統的因子は考えにくい。その意味で本研究の結果は市町村単位の結果で、かつ個人個人の交絡因子は調整できていないものの、その影響はあまり大きくないと推測できよう。

しかし、本研究の結果の妥当性・再現性をチェックし、更なる健康影響に関するエビデンスを獲得するためには本研究と同様の疫学研究の継続と、新たに、ごみ焼却施設の稼働前、稼働後の健康指標の変化を評価できるコホート研究などの縦断的研究が強く求められる。英国では同様のごみ焼却施設周辺の悪性新生物死亡に関する疫学調査が実施されている。

本研究は平成11-13年度生活安全総合研究事業「ごみ焼却施設周辺におけるダイオキシン汚染に起因する周産期の健康影響に関する疫学研究」（主任研究者：上畑鉄之丞）を発展させたもので、焼却施設周辺の焼却施設が稼働する前後から約20年間にわたる悪性新生物死亡状況を後ろ向き出生コホートの形で詳細に分析する点に焦点をあてた世界で初めての後ろ向きコホート研究である。この結果は、世界で初めての大規模コホート調査で得られた疫学的証拠であり、国民の間のいたずらな混乱・不安を解消するための、また、この問題に対する的確な対策を推進するための重要な情報を提供するものと考えられる。さらに、ヒトの健康影響に関する分野で、国際的なリスク評価に資する的確な情報が日本から発信できる。しかし、この結果はあくまで、過去のものであり、将来にわたって影響が小さいことを保障するものではないことは明らかである。この意味で、更なる健康影響に関するエビデンスを獲得するために前向きのコホート研究が強く求められる。

E. 結論

ごみ焼却施設周辺について、市区町村毎の40-81歳、21年間の死亡データを3歳・3年に分類し、そこで得られる8つのコホートについて、死亡率の経年変化の傾きがコホート効果とごみ焼却施設からの距離に比例する超過リスクの成分との和と仮定したポアソン回帰モデルで検討し、51施設それぞれで推定された超過リスクの推定値を変量効果モデルに基づくメタ・アナリシスにより超過リスクの統合推定値を求めた。結果は、全悪性新生物、胃がん、結腸がん、肝

がん、鼻腔・中耳の悪性新生物、副鼻腔の悪性新生物、上咽頭の悪性新生物、喉頭の悪性新生物、肺・気管支の悪性新生物、膀胱がん、軟部悪性新生物、悪性リンパ腫、多発性骨髄腫、白血病の13死因すべてにおいて、超過リスクがゼロである仮説を棄却できず、有意な超過リスクは検出されなかった。

F. 健康危機情報

特になし。

G. 研究発表

論文発表

1) 丹後俊郎. ごみ焼却施設周辺の健康影響評価ーダイオキシン. In 丹後俊郎著「医学データーデザインから統計モデルまで」、共立出版、p 151-165、2002.

2) Tango T, Fujita T, Tanihata T, Minowa M, Doi Y, Kato N, Kunikane S, Uchiyama I, Tanaka M and Uehata T. Risk of adverse reproductive outcomes associated with proximity to municipal solid waste incinerators with high dioxin emission levels in Japan. Journal of

Epidemiology 2004; 14: 83-93.

学会発表

1) Tango, T. A space-time model for excess environmental risks around putative sources based on small area data with many zero counts. (Invited paper). The 2002 International Conference of the Royal Statistical Society, 3-6 September 2002, University of Plymouth, UK, Abstracts p76

2) Tango, T. and Takahashi, K. A flexible scan statistic for detecting arbitrarily shaped clusters. Joint Statistical Meetings, Toronto, Canada, 2004年8月8日. p. 14.

3) Takahashi, K. and Tango, T. How to evaluate tests for identifying spatial clusters. Joint Statistical Meetings, Toronto, Canada, 2004年8月8日. p. 14.

H. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

資料

平成14年度厚生労働科学研究費補助金

食品・化学物質安全総合研究事業

ダイオキシン類汚染に起因する悪性新生物死亡
の超過リスクに関するコホート研究

目 次

総括研究報告	ダイオキシン類汚染に起因する悪性新生物死亡の超過リスクに関するコホート研究 丹後俊郎ほか ... 7
分担研究報告 1	ごみ焼却施設、施設周辺の市区町村、死因の選定に関する研究 藤田利治、谷畑健生、丹後俊郎、簗輪眞澄 ... 13
分担研究報告 2	固定発生源周辺における超過リスク検出のための統計モデルに関する研究 丹後俊郎... 31
分担研究報告 3	ごみ焼却施設由来の土壌中ダイオキシン類の曝露評価に関する研究 国包章一、田中勝、内山巖雄、丹後俊郎 ... 47
分担研究報告 4	ごみ焼却施設周辺の湖沼底質年代評価に関する研究 内山巖雄、田中勝、国包章一、丹後俊郎 ... 59

総括報告

厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）

総括研究報告書

ダイオキシン類汚染に起因する悪性新生物死亡の
超過リスクに関するコホート研究

主任研究者 丹後俊郎 国立保健医療科学院

研究要旨：本年度は、ごみ焼却施設周辺のコホート調査を実施する上で実現可能でかつ効果的な研究プロトコルの策定のための必要な4つの分担研究を行った。(1)ごみ焼却施設、施設周辺の市区町村、死因の選定に関する研究：厚生省が平成9年4月に緊急対策の判断規準として示した「排煙1立方メートル当たり80ng-TEQを越えた施設」の中から周辺の地形、土地利用状況、人口規模などを検討し、51施設を選定した。各施設周辺の半径20kmの同心円内とその境界に位置する920市区町村を決定した。対象とする悪性新生物の死因として、全悪性新生物を含む13死因を選んだ。(2)固定発生源周辺における超過リスク検出のための統計モデルに関する研究：環境汚染により経年的な超過リスクを鋭敏に検出する方法論として、空間的変動と時間的変動を同時に考慮する方法論を検討した。(3)ごみ焼却施設由来の土壤中ダイオキシン類の曝露評価に関する研究：施設周辺ダイオキシン類土壤中濃度の空間的広がり分布を評価するモデルを構築するための有力な情報として代表的なごみ焼却施設を選定し、発生源由来の土壤中ダイオキシン類測定調査（空間的分布）を行った。(4)ごみ焼却施設周辺の湖沼底質年代評価に関する研究：ごみ焼却施設周辺のダイオキシン類の経年変化（時間的分布）を追い、曝露年代を推定することを目的に、分担研究(3)で選定した焼却施設周辺の湖沼の底質中のダイオキシン類濃度及び低質項目について測定を行った。これらの測定結果は来年度の初期頃に判明する予定である。

分担研究者

谷畑健生（国立保健医療科学院疫学部主任研究官）

藤田利治（国立保健医療科学院疫学部室長）

簗輪眞澄（国立保健医療科学院疫学部長）

国包章一（国立保健医療科学院水道工学部長）

内山巖雄（京都大学工学部教授）

田中勝（岡山大環境理工学部教授）

A. 研究目的

今日焼却施設から排出されるダイオキシン類の及ぼす健康影響について国民の関心が高まりその的確な対策が急がれている。しかし、マスコミ等で様々な暴露状況、健康影響に関する報道が繰り返されているがダイオキシン類の測定の困難性から測定法上問題の多いデータが一人歩きして、見かけの影響、誤った解釈が国民を混乱に陥らせてい

る可能性もある。本研究は、国民の間のいたずらな混乱・不安を解消するとともに、有効な施策のための的確な情報を提供するため、日本全国の焼却施設の中から排出量の多い中規模以上の焼却施設を選び、その周辺における住民への影響、特にダイオキシン類の健康影響として欧米でその影響が示唆されている悪性新生物死亡への超過リスクを人口動態死亡票を利用した日本で初めての大規模後ろ向きコホート研究により解明することを目的とする。

B. 研究方法

本年度は、ごみ焼却施設周辺のコホート調査を実施する上で実現可能でかつ効果的な研究プロトコルの策定のための必要な4つの分担研究を行った。

1. ごみ焼却施設、施設周辺の市区町村、死因選定に関する研究（分担者：谷畑健生、藤田利治、箕輪眞澄、丹後俊郎）

全国のごみ焼却施設の中から、厚生省が平成9年4月に緊急対策の判断規準として示した「排煙1立方メートル当たり80ng-TEQを越えた72施設」について、平成11-13年度生活安全総合研究事業「ごみ焼却施設周辺におけるダイオキシン汚染に起因する周産期の健康影響に関する疫学研究」（主任研究者：上畑鉄之丞）で対象とした63施設を中心に検討する。それぞれの周辺の地形、土地利用状況、人口規模などを再検討し、コホート研究に適切な調査対象施設を選定する。また、それぞれのごみ焼却施設周辺の半径20kmの同心円内とその境界に位置する市区町村を決定する。また、解析対象とする悪性新生物の死因については、死因統計に使用される「疾病及び関連保健問題の国際統計分類：International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems（以下「ICD」と略）」の変遷と諸外国の類似研究を参考にして選定する。

2. 固定発生源周辺における超過リスク検出のための統計モデルに関する研究（分担者：丹後俊郎）

これまでの固定発生源周辺の環境汚染による超過リスクを検出する方法の多くは、周辺地域あるいは周辺住民に関する曝露情報がほとんどないため、1) 曝露量は固定発生源からの距離に反比例する、2) ある一定期間に発生した疾病の発生頻度は距離に反比例する、という基本的仮定をおいて、疾病の空間的分布を検討している。これに対して、本研究では、同様な距離減衰の仮定をおくが、ごみ焼却施設周辺の悪性新生物死亡の経年的推移の変化とごみ焼却施設からの距離との関連性を検討して、環境汚染による超過リスクを検出する空間-時間モデル(space-time model)を新しく検討する。

3. ごみ焼却施設由来の土壤中ダイオキシン類の曝露評価に関する研究（分担者 国包章一、田中勝、内山巖雄、丹後俊郎）

施設周辺ダイオキシン類土壤中濃度の空間的広がり分布を評価するモデルを構築するための有力な情報として代表的なごみ焼却施設を選定し、発生源由来の土壤中ダイオキシン類測定調査（空間的分布）を行う。

4. ごみ焼却施設周辺の湖沼底質年代評価に関する研究（分担者 内山巖雄、田中勝、国包章一、丹後俊郎）

本分担研究ではごみ焼却施設周辺の湖沼底質中のダイオキシン類濃度及び低質項目について測定を行うことにより、周辺地域におけるダイオキシン類の経年変化（時間的分布）を追い、曝露年代を推定することを目的とする。

1. 調査対象地域の選定

本調査の対象地域は、分担研究「ごみ焼却施設由来の土壤中ダイオキシン類の曝露評価に関する研究」で選択した焼却施設と同一とし、群馬県館林清掃センター周辺とした。

2. 調査湖沼選定

群馬県館林清掃センターの周辺には、近藤沼、多々良沼、及び城沼等の湖沼が存在する。このうち、攪乱がないと思われる池より測定用コア（柱状コア）を用いて底質を採取し、年代測定を行うとともに、底質に含まれているダイオキシン類を測定する。表1に各湖沼の概要を挙げた。3湖沼とも現地踏査やヒアリングによると、いずれも過去に浚渫・護岸工事を行っていたが、多々良沼の南部のみ浚渫記録がなかったため、多々良沼の南部で調査を行うこととした。

C. 研究結果

1. ごみ焼却施設、施設周辺の市区町村、死因選定に関する研究（分担者：谷畑健生、藤田利治、箕輪眞澄、丹後俊郎）

ごみ焼却施設・調査対象市区町村の選定については、主として周辺の地形、土地利用状況などを再検討し、更に、悪性新生物の死因別死亡数を追跡していけるだけの人口規模から判断して51施設を選定した。次に、施設周辺の半径20kmの同心円

内とその境界に位置する920市区町村を決定した。コホート追跡期間に関しては、ごみ焼却施設の操業開始時点が1970年代後半から1980年代前半に集中しているため、調査対象地域の悪性新生物死亡の追跡期間として、1980年から2000年までの過去21年間とした。解析対象とする悪性新生物の死因は、全悪性新生物、胃がん結腸がん、肝がん、鼻腔・中耳の悪性新生物、副鼻腔の悪性新生物、上咽頭の悪性新生物、喉頭の悪性新生物、肺・気管支の悪性新生物、膀胱がん、軟部悪性新生物、悪性リンパ腫、多発性骨髄腫、白血病の13死因とした。

2. 固定発生源周辺における超過リスク検出のための統計モデルに関する研究（分担者：丹後俊郎）

ごみ焼却施設周辺の市区町村別死亡データは来年度に収集予定であるため、本年度の方法論の検討においては、固定発生源という点では類似している原子力発電所周辺の周産期死亡データを収集して、疾病発生の経年的推移の変化の大きさと固定発生源からの距離との関連性を検討し、固定発生源周辺に超過リスクが大きいか否かを鋭敏に検出する方法論、つまり、空間的変動と時間的変動を同時に考慮する方法論を検討した。

その詳細は2002年の英国王立統計学会主催の国際統計学会で発表（招待講演）した。

3. ごみ焼却施設由来の土壌中ダイオキシン類の曝露評価に関する研究（分担者 国包章一、田中勝、内山巖雄、丹後俊郎）

施設周辺ダイオキシン類土壌中濃度の空間的広がりの分布を評価するモデルを構築するための有力な情報として代表的なごみ焼却施設を選定し、発生源由来の土壌中ダイオキシン類測定調査（空間的分布）を行った。空間的分布の推定については、厚生省が平成9年4月に緊急対策の判断規準として示した「排煙1立方メートル当たり80ng-TEQを越えた施設」を対象候補施設として選定し、それぞれの施設周辺のダイオキシン類排出状況、排出負荷量、地形、土地利用

状況、気象観測所からの距離などを調査した。その中から1施設に絞り、その周辺20数箇所を選択し土壌サンプルを採取した。結果の判明は来年度の予定。

4. ごみ焼却施設周辺の湖沼底質年代評価に関する研究（分担者 内山巖雄、田中勝、国包章一、丹後俊郎）

分担研究(3)で選定した焼却施設周辺の湖沼の底質中のダイオキシン類濃度及び低質項目について測定を行った。調査対象とした池の3地点において、底質コアを各地点2本ずつ（計6本）、アクリルコアを用いて採取した。1地点につき2本の底質を採取しており、各底質の色、性状、混入物を観察した。底質は、3地点とも、表層より30cm程度で黒色から暗オリーブ褐色に色が変わっていた。外観より判断し、1地点2本（計6本）の底質コアのうち、亀裂や生物などによる攪乱の見られない底質コアを各1本ずつ（計3本）選び、1cmごと（50cm以深は2cmごと）にスライスした。各層について含水率及び強熱減量を測定することによって各コアの攪乱の有無を調べた。攪乱が無く一様に堆積している場合、含水率や強熱減量の鉛直方向の変化は緩やかであり、深くなるほど値が下がっていくが、地点1での底質コアについては、21～22cm程度の部分で含水率と強熱減量がともに著しく下がっており、何らかの攪乱があったものと考えられる。また、地点3のコアについても24cm以深の値にばらつきがみられている。このため、比較的なだらかな変化を示した地点3の底質コアについて、年代測定及びダイオキシン類分析を行うこととした。これらの測定結果は来年度の初期頃に判明する予定である。

D. 考察

日本では動物実験等によるダイオキシン類の曝露評価に関する研究が極めて多いが、ヒトへの健康影響を大規模な疫学調査で検討した研究は、周産期の健康事象に焦点を当てた平成11-13年度生活安全総合研究事業「ごみ焼却施設周辺におけるダイオキシン汚染に起因する周産期の健康影響に

関する疫学研究」(主任研究者：上畑鉄之丞)が始めてである。そこでは平成9-10年の約45万件の出生、乳児死亡、死産などを検討したものであった。そこでは、「有意な超過リスクを示した健康指標はなかったものの、乳児死亡、先天異常による乳児死亡で施設周辺に近くなるにつれてリスクが増加傾向を示す」という結果が得られている。

本研究は、上記の研究班の結果を受けて、欧米で示唆されている悪性新生物死亡の超過リスクに焦点を当てた研究である。類似の研究の中でも、後ろ向きではあるものの、人口動態統計死亡票を利用した世界で初めての大規模な疫学コホート調査であるという点で特色がある。欧米ではこの種の疫学調査は最近増加してきているが、コホート研究は少ない。有名なイタリアのSevesoでの化学工場事故で噴出したダイオキシン類による環境汚染の健康影響の追跡調査、欧米各地でのゴミ焼却施設・危険物廃棄施設・産業廃棄物埋め立て地周辺における健康影響疫学調査などが実施され、その結果として異常に高いヒト血中濃度、先天性奇形児の有意な増加、新生児の性比の男児減少傾向などの影響が報告されている。その方法論の多くは当該施設を中心とした同心円で周辺地域を分類し健康影響と距離との関連を検討している。

本研究班では、ゴミ焼却施設周辺の住民を対象にして、施設周辺の悪性新生物死亡状況の推移の変化が施設周辺に大きいのか否かを検討する。分担研究1(ゴミ焼却施設、施設周辺の市区町村、死因選定に関する研究)では、調査対象地域と死因の選定、分担研究2(固定発生源周辺における超過リスク検出のための統計モデルに関する研究)では解析方法の検討をそれぞれ行ったものである。特に分担研究1で決定された51施設、920市区町村、13死因の過去20年間の死亡データについては平成15年度にはいり、死亡票の目的外申請で取得する予定である。分担研究2は方法論の更なる検討を行うために来年度以降にも継続する。

分担研究3(ゴミ焼却施設由来の土壌中ダイオキシン類の曝露評価に関する研究)において、ゴミ焼却施設が排出されたダイオキシン類が大気から降下物として周辺土壌へ堆積される実態を調査

する場合、該当するゴミ焼却施設だけが主要な固定発生源であり、他の発生源の影響がほとんどない地域で、かつ平坦な土地であることが望ましい。しかし、多くの施設は山中にあたり、海辺にあたり、周辺地域に工場があたり、起伏の多い土地であたりと、現実には理想的な調査環境は少ない。その中から、選定条件を満足した数施設から1施設周辺を調査した。測定・分析には時間がかかり来年度前半に結果が判明する予定である。しかし、1施設の分析値では本研究班で対象とする全国の51施設の周辺における曝露実態の推定値としては極めて不十分であり、選定条件を満足しつつ他に土地環境における調査も必要であると考えている。それは予算が許す限り来年度以降に実施したい。

分担研究4(ゴミ焼却施設周辺の湖沼底質年代評価に関する研究)：環境中の堆積物には年代的に順序よく底泥が汚染物質とともに堆積しており、堆積物に年数を当てはめることができれば、汚染物質やその場所の環境変化の歴史的経過を明らかにすることができる。しかし、環境中に存在してきた汚染物質の実態を数十年を超えて経年的に把握した試みは数少ない。環境庁による東京湾におけるダイオキシン類による汚染の推移を歴史的に捉えた調査はその数少ない一例である(環境庁：平成10年度ダイオキシン類コアサンプリング調査)。分担研究4(ゴミ焼却施設周辺の湖沼底質年代評価に関する研究)は環境庁の調査で使用された精度の高い「鉛-210法」を利用してダイオキシン類汚染の経年的推移を明らかにするために行われたものである。これにより、調査対象となった湖沼の年代測定と周辺地域の悪性新生物死亡の経年変化を分析することにより、ダイオキシン類の経年的かつ空間的な健康影響を調査できる可能性を秘めており、その結果が期待される。

E. 結論

本年度はゴミ焼却施設周辺のコホート調査を実施する上で実現可能でかつ効果的な研究プロトコルを策定するために4つの分担研究を実施した。平成15年度からは本年度に選定された市区町村毎

の悪性新生物死因のデータを人口動態統計調査票を目的外使用で取得する予定である。平成15年度後半には、超過リスクを評価するためのデータベース・解析ソフトの整備を行う予定である。順調にすすめば、平成16年度初期に解析が開始され、焼却施設周辺における住民の周産期への健康影響として、悪性新生物死亡への超過リスクが日本で初めての大規模後ろ向きコホート研究により解明することができる。

F. 研究発表 学会発表

Tango, T. A space-time model for excess environmental risks around putative sources based on small area data with many zero counts. (Invited paper). The 2002 International Conference of the Royal Statistical Society, 3-6 September 2002, University of Plymouth, UK, Abstracts p76.

分担研究報告

ごみ焼却施設、施設周辺の市区町村、死因の選定に関する研究 (食品・化学物質安全総合研究事業) 分担研究報告書

研究者 谷畑健生 国立保健医療科学院疫学部主任研究官
研究者 藤田利治 国立保健医療科学院疫学部室長
研究者 簗輪眞澄 国立保健医療科学院疫学部部長
研究者 丹後俊郎 国立保健医療科学院技術評価部長

研究要旨：本年度はごみ焼却施設周辺のコホート調査を実施する上で実現可能でかつ効果的な研究プロトコルの策定を行った。まず、対象施設として、厚生省が平成9年4月に緊急対策の判断基準として示した「排煙1立方メートル当たり80ng-TEQを越えた施設」の中から周辺の地形、土地利用状況、人口規模などを検討し、51の焼却施設を選定し、施設周辺の半径20kmの同心円内とその境界に位置する1169市区町村を決定した。解析対象とする悪性新生物については、1980年から2000年までの過去20年間の死亡動向を焼却施設との距離との関連で分析することとし、死因として、全がん、胃がん、肝がん、肺がん、喉頭がん、乳がん、子宮体がん、卵巣がん、前立腺がん、精巣がん、非ホジキン、ホジキン、白血病等を選んだ。

A. 研究目的

ダイオキシン類の健康影響として欧米でその影響が示唆されている悪性新生物死亡への超過リスクを人口動態死亡票を利用した日本で初めての大規模後ろ向きコホート研究を行うための基本的な調査デザインを検討する。

B. 研究方法

全国のごみ焼却施設の中から、厚生省が平成9年4月に緊急対策の判断基準として示した「排煙1立方メートル当たり80ng-TEQを越えた72施設」について、平成11-13年度生活安全総合研究事業「ごみ焼却施設周辺におけるダイオキシン汚染に起因する周産期の健康影響に関する疫学研究」(主任研究者：上畑鉄之丞)で対象とした63施設を中心に検討する。それぞれの周辺の地形、土地利用状況、人口規模などを再検討し、コホート研究に適切な調査対象施設を選定する。また、それぞれのごみ焼却施設周辺の半径20kmの同心円内とその境界に位置する市区町村を決定する。また、解析対象とする悪性新生物の死因については、死因統計に使用される「疾病及び関連保健問題の国際統計分類：International Statistical Classification

of Diseases and Related Health Problems (以下「ICD」と略)」の変遷と諸外国の類似研究を参考にして選定する。

C. 研究結果

1. ごみ焼却施設・調査対象市区町村の選定

63のごみ焼却施設の中から、主として周辺の地形、土地利用状況などを再検討し、更に、悪性新生物の死因別死亡数を追跡していけるだけの人口規模から判断して表1、図1に示す51施設を選定した。次に、施設周辺の半径20kmの同心円内とその境界に位置する1169市区町村を決定した(表2)。その例として、図2に、栃木県太田原市清掃センター、群馬県館林市清掃センター周辺の選定された市区町村とごみ焼却施設までの距離を示した。

2. コホート追跡期間

ごみ焼却施設の操業開始時点が1970年代後半から1980年代前半に集中しているため、調査対象地域の悪性新生物死亡の追跡期間として、1980年から2000年までの過去21年間とした。

3. 悪性新生物の死因

解析対象とする死因については、まず、ICD

の変遷とダイオキシン類の悪性新生物への影響を調査した諸外国の類似研究を調査した。ICDはWHOの勧告に従いICD-8 (1968年), ICD-9 (1974年), ICD-10 (1990年) と修正が行われてきた。またさらに詳細なICDに基づいた主要に特化したICD-oncology (最新はICD-o-2, 2002年) も多く使用されている。本研究班ではわが国におけるダイオキシン類汚染に起因する悪性新生物の超過リスクを検討するために、本研究班で用いるICD分類を示す必要がある。その分類はICD10を基本とし、ICD-o-2を加えた分類を使用することとする。表3においてICD-o-2, ICD9, ICD10および本研究班で使用するICDコードを提示する。

例えば、諸外国の類似研究との比較の例で、ゴミ焼却炉と周辺住民における発がんの関連を研究したElliotらの英国での研究では。たとえばセザリ-細胞がんなどはnon-Hodgkin型リンパ腫に分類されていなかったが、われわれはElliotらが除外したリンパ腫をnon-Hodgkin型リンパ腫にし直している。

結局、全がん、胃がん、肝がん、肺がん、喉頭がん、乳がん、子宮体がん、卵巣がん、前立腺がん、精巣がん、非ホジキン、ホジキン、白血病、総計xxを選んだ。

参考文献

1. International agency for research on cancer working group. (1982). Chemicals, Industrial Processes and Industries Associated with Cancer in Humans. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to man, vols 1 to 29, suppl. 4. IARC: Lyon.
2. International agency for research on cancer working group. (1984). Poly nuclear aromatic compounds. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to man, vol 34, IARC: Lyon.
3. International agency for research on cancer working group. (1987). Overall Evaluations of Carcinogenicity: an Updating of IARC Monographs Vols 1 to 42. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans, suppl. 7. IARC: Lyon.

4. Hattemer-Frey, HA. and Travis, CC. Health Effects of Municipal Waste Incineration. CRC Press: Boca Raton, FL.

5. Fingerhut MA, Halperin WE, et al. Cancer mortality in workers exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. N Engl J Med 1991 Jan 24;324(4):212-8

6. Eriksson M, Hardell L, et al. Soft-tissue sarcomas and exposure to chemical substances: a case-referent study. Br J Ind Med. 1981 Feb; 38(1):27-33.

7. Elliott P, Shaddick G, Kleinschmidt I, Jolley D, Walls P, Beresford J, and Grundy C. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. Br J Cancer 1996; 73 (5): 702-10.

8. Elliott P, Eaton N, Shaddick G, and Carter R. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. Part 2: histopathological and case-note review of primary liver cancer cases. Br J Cancer 2000; 82 (5): 1103-6.

9. Suruda AJ, Ward EM, and Fingerhut MA. Identification of soft tissue sarcoma deaths in cohorts exposed to dioxin and to chlorinated naphthalenes. Epidemiology 1993; 4 (1): 14-9.

10. Viel JF, Arveux P, Baverel J, and Cahn JY. Soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma clusters around a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels. Am J Epidemiol 2000; 152 (1): 13-9.

11. Kogevinas M, Kauppinen T, Winkelmann R, Beyer H, Bertazzi PA, Bueno-de-Mesquita HB, Coggon D, Green L, Johnson E, Littorin M, and et al. Soft tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma in workers exposed to phenoxy herbicides, chlorophenols, and dioxins: two nested case-control studies. Epidemiology 1995; 6 (4): 396-402.

D. 考察

日本では動物実験等によるダイオキシン類の暴露評価に関する研究が極めて多いが、ヒトへの健康影響を疫学調査で検討した研究は、周産期の健康事象に焦点を当てた平成11-13年度生活安全総合研究事業「ごみ焼却施設周辺におけるダイオキ

シン汚染に起因する周産期の健康影響に関する疫学研究」(主任研究者：上畑鉄之丞)が始めてである。そこでは平成9-10年の約45万件の出生、乳児死亡、死産などを検討したものであった。そこでは、「有意な超過リスクを示した健康指標はなかったものの、乳児死亡、先天異常による乳児死亡で施設周辺に近くなるにつれてリスクが増加傾向を示す」という結果が得られている。

本研究では欧米で示唆されている悪性新生物死亡の超過リスクに焦点を当てた研究であるが、世界で初めての大規模な疫学コホート調査であるという点で特色がある。欧米ではこの種の疫学調査は最近増加してきているが、コホート研究は少ない。有名なイタリアのSevesoでの化学工場事故で噴出したダイオキシン類による環境汚染の健康影響の追跡調査、欧米各地でのゴミ焼却施設・危険物廃棄施設・産業廃棄物埋め立て地周辺における健康影響疫学調査などが実施され、その結果として異常に高いヒト血中濃度、先天性奇形児の有意な増加、新生児の性比の男児減少傾向などの影響が報告されている。その方法論の多くは当該施設を中心とした同心円で周辺地域を分類し健康影響と距離との関連を検討している。

本研究班では、ごみ焼却施設周辺の住民を対象にして、施設周辺の悪性新生物死亡状況の推移が施設の操業開始時点を境にして変化しているか否か、その変化が施設周辺に大きいか否かを検討する。これにより、ダイオキシン類の健康影響として欧米でその影響が示唆されている悪性新生物死亡への超過リスクを人口動態死亡票を利用した日本で初めての大規模後ろ向きコホート研究により解明することができるものと思われる。

E. 結論

本研究で決定した事項を以下にまとめる。

1. 調査対象としたごみ焼却施設数は51。
2. ごみ焼却施設周辺の施設周辺の半径20kmの同心円内とその境界に位置する1169市区町村を決定した。
3. 悪性新生物死亡の追跡期間は1980年-2000年の21年間とした。
4. 解析対象とする悪性新生物死亡の死因としては...を選んだ。

F. 研究発表

なし。