

厚生労働科学研究費補助金  
健康安全・危機管理対策総合研究事業

平成 26 年度 総括・分担研究報告書

CBRNE 事態における公衆衛生対応に関する研究

研究代表者 金谷泰宏 国立保健医療科学院健康危機管理研究部

研究分担者

石峯康浩 国立保健医療科学院健康危機管理研究部

山口一郎 国立保健医療科学院生活環境研究部放射線衛生

数藤由美子 独立行政法人放射線医学総合研究所生物線量評価研究チーム

齋藤大蔵 防衛医科大学校防衛医学研究センター外傷研究部門

市川学 東京工業大学大学院総合理工学研究科

高橋邦彦 名古屋大学大学院医学系研究科

高橋和郎 大阪府立公衆衛生研究所

灘岡陽子 東京都健康安全研究センター健康危機管理情報課

研究協力者

原田奈穂子 防衛医科大学校

## 目 次

3 ページ 総括研究報告書

**CBRNE 事態における公衆衛生対応に関する研究**

研究代表者 金谷泰宏 国立保健医療科学院健康危機管理研究部

9 ページ 分担研究報告書

**放射性物質テロの脅威評価に関する研究**

研究分担者

山口一郎 国立保健医療科学院生活環境研究部

15 ページ 分担研究報告書

**大都市圏保健医療モデルの構築**

研究分担者

市川 学 東京工業大学大学院総合理工学研究科

石峯康浩 国立保健医療科学院健康危機管理研究部

齋藤大蔵 防衛医科大学校防衛医学研究センター外傷研究部門

17 ページ 分担研究報告書

**東京都感染症発生動向調査を用いたサーベイランス解析と視覚化の検討**

研究分担者

高橋邦彦 名古屋大学大学院医学系研究科准教授

高橋和郎 大阪府立公衆衛生研究所

灘岡陽子 東京都健康安全研究センター健康危機管理情報課長

25 ページ **研究成果の刊行に関する一覧表**

## CBRNE 事態における公衆衛生対応に関する研究

研究代表者 金谷泰宏 国立保健医療科学院 健康危機管理研究部

### 研究要旨

わが国における CBRNE 事態への対応は「NBC テロその他大量殺傷テロへの対処について（平成 13 年 4 月 16 日、内閣危機管理監決裁 NBC テロ対策会議）」に沿って、国の対応が示めされているが、CBRNE 事案が発生した際の、原因物質の把握、被災者の除染、搬送、治療という各過程における国と地方自治体との具体的な連携のあり方まで触れられていない。本研究は、CBRNE 事態の発生に備えて、その公衆衛生対策を科学的に評価できるシミュレーションモデルの構築を行うとともに、健康危機事案の早期探知ならびに被災者・第一対応者の健康被害のアセスメント手法の開発を行う。

### （研究分担者）

石峯康浩 国立保健医療科学院  
健康危機管理研究部  
山口一郎 国立保健医療科学院  
生活環境研究部  
数藤由美子 放射線医学総合研究所  
生物線量評価研究チーム  
齋藤大蔵 防衛医科大学校  
防衛医学研究センター外傷研究部門  
市川 学 東京工業大学大学院総合理工学研究科  
高橋邦彦 名古屋大学大学院医学系研究科  
高橋和郎 大阪府立公衆衛生研究所  
灘岡陽子 東京都健康安全研究センター  
健康危機管理情報課

ルは、あくまでも関係機関間の連携のあり方を示したものであり、CBRNE 事案が発生した際の、原因物質の把握、被災者の除染、搬送、治療という各過程における関係機関の具体的な対応まで触れられていない。このため、CBRNE 事態への対応は、自治体間で必ずしも統一されているわけではない。我々は、平成 21 年度より、厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）バイオテロ以外の CBRNE テロ対策に対する効果的な対策の検証と国際連携ネットワークの活用に関する研究の中で、欧米における CBRNE 事態への医療・公衆衛生部門の対応について情報収集を行ってきたところである。この中で、米国職業安全健康局（OSHA）が、2005 年に発表した「危険物による集団災害被災者の病院における初期医療対応者のための最善の取り組み」の中で、被災者及び初期対応者に対する除染、防護について、シミュレーションモデルを踏まえて最適な搬送手順を示すとともに、医療機関が備えるべき装備について示している。そこで、本研究において、特に、CBRNE テロの標的となりやすい大都市（東京都、大阪府）における医療サービスの流れを Agent Based Modeling（ABM）を用いてモデル化

### A. 研究目的

わが国における CBRNE 事態への対応については「NBC テロその他大量殺傷テロへの対処について（平成 13 年 4 月 16 日、内閣危機管理監決裁 NBC テロ対策会議）」に沿って、国が対応を行うこととされている。一方、国と都道府県との連携については「NBC テロ対処現地関係機関連携モデル」に沿って実施されることとされているが、本モデ

を行い、過去の地下鉄サリン事件（東京）、新型インフルエンザの流行（大阪）を基に事案発生時の保健医療行政の行動、被災者の行動をモデル上で再現させることで、保健医療対策の脆弱性を明らかにするものである。加えて、放射性物質を用いた事案では、被害の拡散と対策の遅れが伴うことから、諸外国における事故処理対策を踏まえ、保健医療行政及び医療機関を交えた図上演習等を行うことで、現行の連携モデルの課題を明らかにし、さらなる強靱な地域の健康危機管理体制を構築するための方向性を示すものである。

## B. 研究方法

### (1) 生物テロの早期探知手法の検討

感染症発生動向調査のインフルエンザ定点報告データを用いて検討を行う。まず東京都と大阪府における 2013～2014 シーズンのインフルエンザ定点の定点あたり報告数を観察した。次に大阪府における定点報告数を保健所管轄で集計し、保健所管轄を単位とした定点あたり報告数、直近 3 週の平均に対する当該週の報告数の比、さらに NHC-DOHMH と同様なインフルエンザ発生のサーベイランス解析として、FlxScan 法を用いた集積性の検定を行った。本解析では、各地域のベースライン値は直近 3 週間の報告数の平均値とし、統計量として制限付尤度を用いて解析を行い、その有意性の基準とする有意水準は 0.02 (=1/50 週) を用いた。結果については、疾病地図を用いた視覚化を行った。次に、各管轄での流行（定点あたり報告数）に、上記解析で検出された有意な集積週を示し、府全体の流行との比較を行った。

### (2) 化学テロ医療需要予測モデルの構築

「二次医療圏における救急搬送医療モデル」で採用した、社会シミュレーションの領域で標準的なモデル構築手法であるエージェントベースのアプローチの特徴を活かし、公開されている地下鉄サリン事件の全患者を、個別のエージェント

（個別の意思決定主体）と見立てた。各患者は、傷病程度を持ち、程度に応じた搬送手段で近隣の医療機関に收容される。時間発生から時系列に沿って患者が傷病程度に応じて該当する搬送手段で医療機関に收容されるまでを表現した。

### (3) 放射性物質テロにおける外部被ばく線量検査法に関する研究

初期 / 一次対応者の健康管理に資する生物学的な被ばく線量評価システムを確立することを本研究の目的とする。初年度は検体受け入れ即日に大まかな線量評価が可能な未成熟凝縮二動原体染色体分析法 [prematurely condensed dicentric chromosome (PCDC) assay] を確立した。今年度は、より精度の高い線量評価法の開発をおこない、実際の初期対応者の検体を得て適用し、手法の評価をおこなった。具体的には、2011 年 3 月～6 月の間に東電福島原発事故および大震災に関連して福島県に派遣された自衛隊員について、同年 7 月～8 月に防衛医大によって採取された血液検体を用い、従来の、二動原体染色体異常にもとづく線量評価（二動原体分析）をおこない、個人線量計の値と比較した。この手法では、被ばく後 4 週間以上経つと異常の出現頻度が減少し、被ばく線量を過小評価することになる。そこで我々は、被ばく後の経過時間に左右されない安定型染色体異常（転座染色体など）を指標とした新たな分析法（3-color FISH 法）を開発し、同 検体への適用を開始した。

### (4) CBRNE テロシナリオの検討

CBRNE 事態発生後の公衆衛生対策を検証するにあたり、政府の対応については、「NBC テロその他大量殺傷テロへの対処について（平成 13 年 4 月 16 日、内閣危機管理監決裁 NBC テロ対策会議）」を参考とした。国と都道府県との連携については「NBC テロ対処現地関係機関連携モデル」に従い関係機関の対応の流れを整理する。

## (倫理面への配慮)

防衛医科大学および放射線医学総合研究所研究倫理審査委員会の承認を得た後、インフォームドコンセントが得られたボランティアの血液試料及びデータを用いた。

## C. 研究結果

### (1) 生物テロの早期探知に向けた検討

東京都と大阪府における2013年46週～2014年20週の定点あたり報告数を図1に示す。ただし、東京都においては報告があった定点医療機関数あたりの数であり、大阪府においては登録された定点あたりの数になっている。全体としての流行の様子は、東京都、大阪府とも概ね同じであると観察された。

次に大阪府において保健所管轄を単位として集積性の検定を行ったところ、2013年48週から断続的に有意な集積地域が検出された。2014年15週と18週を除いて、2014年20週まで有意な集積地域が検出された(図2)。

これら保健所管轄単位での流行の様子を観察するため、GISを用いた視覚化を行った。定点あたり報告件数、各管轄の前週までの直近3週間の平均に対する当該週の報告件数の比による相対リスク(RR)、RRが高い地域の集積(集積性の検定に基づき検出された地域)を表した。図3では一例として2013年49週の結果を示した。この週で有意な集積地域として検出されたのは藤井寺、大阪市住吉、大阪市西成の3地域(p値=0.0047)であり、その地域での報告件数が39件であった。

さらに保健所管轄における各週定点あたり報告件数を図4に示した。ここでは例として、大阪市西成、東大阪市、藤井寺を示した。上記、府全体における集積性の検定で当該地域が有意な集積地域として検出された週は色を変えて示した。各地域の流行の立ち上がりやピークが異なっている様子が観察された。また有意な集積地域として検出された週は、府全体の(前3週平均に対す

る)増加に比べ、より急激な増加が観察された週となっている。

### (2) 化学テロ医療需要予測モデルの構築

本モデルでは、救急隊によるトリアージの後、軽傷および中等症の被害者は独歩で各医療機関に移動し、重症者は、救急車で搬送するという前提で、地下鉄サリン事件当時の被害者数と同じ条件で、最短経路で搬送することを条件にシミュレーションを実施した。これにより、現場からどのような経路で被害者が動くかを可視化することができた。本シナリオでは、東京地下鉄サリン事件と同様に、聖路加病院への入院患者数が発災後1時間で800人、済生会中央病院で40人、虎ノ門病院で320人に達した。当時の記録では、それぞれ866人、196人、266人とシミュレーション値と現実と近い値を示した。なお、一部では大きく値が合致しない、現場から医療機関への収容までの時間に大きなずれが認められた。

### (3) 放射性物質テロにおける外部被ばく線量検査法に関する研究

放射線被ばく後の経過時間に左右されない安定型染色体異常(転座染色体など)を指標とした新たな分析法(3-color FISH法)を開発した。この方法により、初期/一次対応者の長期追跡調査および過去の対応者の遡及的調査での線量推定が可能となる。今年度は、福島第一原発事故の経験から、100 mSv、250 mSvの被ばく量制限値に着目し、低線量域を中心とした検量線を作製し、線量効果関係(線形二次曲線式)を明らかにした。

実際の派遣隊員については、2014年12月現在、86名から二動原体分析による線量評価データを得、うち21名について、3-color FISH分析を終えた。個人線量計値、二動原体分析による推定値、FISH分析による推定値はほぼ一致し100 mGy未満であった。3-color FISH法は有望な手法であると考えられ、今後、本手法のさらなる検討および適用テストをおこなう。

#### (4) CBRNE 事態シナリオの検討

放射線テロに関しては、医療用線原( $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{131}\text{I}$ )を用いた都心ターミナル駅での散布、地方空港における航空機墜落に伴う飛散という2つのシナリオを作成した。

#### D. 考察

本研究は、CBRNE 事態が発生した際における公衆衛生面からの対応について検証を行うものであるが、化学、生物、放射線テロのそれぞれにおいて取るべき対策は大きく異なることから、研究として個別の特性に応じた課題の設定が求められる。このため、本研究において、化学テロについては、大量に発生する被災者をいかに適切かつ迅速に治療可能な医療機関に収容できるかを検証できるモデルの構築を行うこととした。また、生物テロに関しては、これまでの研究の多くが、SIR モデルに基づくシミュレーションの構築を行ってきたが、社会活動をコンピューター上に詳細に再現することは難しく、仮にモデルを構築できたとしても、天然痘、ペスト等の感染症については、モデルの正確性を検証するための近代都市におけるパラメータが不足している。そこで、生物テロ対策に関する社会医学研究の方向性として、感染拡大を予測する技術ではなく、地域の感染症患者の集積を早期に捉える技術の開発と実装が急務であると考えている。具体的には、感染症動向調査によって得られたデータを地理情報システム上に展開し、地域における患者集積を空間統計手法により発生早期で地域を捉えることが可能かについて検証を行った。放射線テロ災害については、2011年の福島第一原発事故に見られるように、被災者及び第一対応者が暴露した線量を迅速かつ正確に評価する必要がある。従来法の二動原体染色体分析法では、トリアージ・レベルの線量評価に、血液検体受け入れ後 50 時間以上を要するとされているが、ペプチド核酸プローブを用いた蛍光 in situ ハイブリダイゼーション(FISH)

法を併用した改良 PCC 法(PCDC 法)の導入により、約 8 時間で二動原体分析ができることが示された。今後、被ばく後の経過時間と線量効果関係を調べることで、時間的適用範囲を明らかにしていく。

#### E 結論

CBRNE 事態への対応は、化学、生物、放射線のそれぞれの特性に応じて大きく異なる。本研究においては、これらの事案に総合的に対応するため、化学テロ災害に対しては、大量傷病者の収容に向けたシミュレーションモデルの構築を進め、生物テロに対しては、集積地域を早期に探知するための空間統計手法の検証をパンデミックの情報をを用いて検証を行った。放射線テロ災害については、福島第一原子力発電所事故における第一対応者の被ばく量を線量計と生物線量評価を用いて検証を行うことで、迅速かつ正確な被ばく量評価のための検査態勢の構築の是非について引き続き検討を進めていく。

#### F. 健康危険情報

該当事項無し。

#### G. 研究発表(2014/4/1~2015/3/31 発表)

##### 1. 論文、報告書、発表抄録等

- 1) 市川学, 春日雄翔、出口弘、金谷泰宏. 二次医療圏における夜間救急医療モデルの構築とその利用. システム制御情報学会論文誌. 27(7), p259-267, 2014.
- 2) 石西正幸, 市川学、田沼英樹、出口弘、金谷泰宏. エージェントベースシミュレーションによる高い致死性を持つ感染症対策におけるリスク分析手法の提案. システム制御情報学会論文誌. 27(7), p319-325, 2014.
- 3) 山口一郎. 医療現場の放射線安全医療施設の放射線立入検査のポイント放射線安全に関する事例の紹介. 医療放射線防護. 68, p31-35, 2014.

- 4) Kubokawa T, Hasukawa M, Takahashi K. On measuring uncertainty of benchmarked predictors with application to disease risk estimate. Scandinavian J Statistics 2014; 41:394-413.
- 5) Kawabuchi-Kurata T, Misaki T, Suehiro Y, Komano AJ, Kase T, Takahashi K. Longitudinal study on respiratory viral co-infections in the presence or absence of clinical manifestation in infants aged 0-2 years. Jpn J Infect Dis. 2014; 67(3): 216-20.
- 6) Nadaoka Y, Hayata N, Sugishita Y, Kajiwara T, Watanabe Y, Yoshida M, Hasegawa M, Hayashi Y, Ochi M, Kai A, Sumitomo M. The 2011 measles outbreak in Tokyo. An analysis of surveillance data. Nihon Koshu Eisei Zasshi. 2014; 61(3):136-44.
- 7) Mano S, Suto Y. A Bayesian hierarchical method to account for random effects in cytogenetic dosimetry based on calibration curves. Radiat Environ Biophys. 2014, 53(4), 775-80. doi: 10.1007/s00411-014-0563-4. Epub 2014 Aug 26.
- 3) Yumiko Suto: Strengthening of Biological Dosimetry Through Fostering Qualified Human Resources in Chromosome Aberration Analysis. 2nd Research Coordination Meeting (RCM) of Coordinated Research Programme (CRP) E35008: Biological dosimetry in IAEA member states: improvement of current technologies and intensification of collaboration and networking among the different institutes. IAEA Headquarters, Vienna International Centre, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria. (2014年6月11日)
- 4) Yumiko Suto: TEPCO workers biodosimetry. The 14th Coordination and Planning Meeting of the WHO REMPAN. World Health Organization (WHO), Novotel, Würzburg, Germany. (2014年5月8日)
- 5) 数藤由美子: 東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究におけるバイオドシメトリー. 福島復興支援研究カンファレンス. 産業医科大学.(リーガロイヤルホテル小倉、北九州市、2015年3月11日)

## 2. 学会発表

- 1) Maki Morishita, Tomoki Muramatsu, Shin Hayashi<sup>1</sup>, Momoki Hirai, Yumiko Suto, Teruaki Konishi, Keiji Moriyama and Johji Inazawa: Exploration of mechanisms for chromothripsis; the new mechanism of oncogenesis. 第73回日本癌学会学術総会 (パシフィコ横浜、横浜、2014年9月27日)
- 2) 数藤由美子: 放射線と染色体異常. 日本植物学会第78回大会. シンポジウム9「細胞遺伝学の伝統と新たなる地平」(明治大学生田キャンパス、東京、2014年9月13日)

## H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得  
該当事項無し。
2. 実用新案登録  
該当事項無し。
3. その他  
該当事項無し。

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）  
CBRNE事態における公衆衛生対応に関する研究  
分担研究報告書

## 地下鉄サリン事件における患者移動モデルの構築に関する研究

研究分担者 市川 学 東京工業大学大学院総合理工学研究科  
石峯康浩 国立保健医療科学院健康危機管理研究部  
齋藤大蔵 防衛医科大学校防衛医学研究センター外傷研究部門

研究要旨：平成7年に発生した、地下鉄サリン事件において、霞ヶ関周辺の各駅における推計患者数より、近隣の医療機関への患者の搬送数を可視化する基礎的なシミュレーションモデルを構築した。シミュレーション結果より、各医療機関に搬送される傷病程度に応じた患者数を可視化することを実現した。今後は、実際の被害状況もしくは想定される被害予想状況に応じてシミュレーションを行うことで、事前の医療機関への需要予測などに応用することが期待される。

### A．研究目的

CBRNE事態における災害現場において、患者を周辺の医療機関に収容するにあたり、あらかじめ各医療機関にどのくらいの患者が搬送されてくるかを把握しておくことと、どのくらいの患者を搬送することができるのかを検討しておくことは、非常に大事なことである。本研究では、平成25年度に構築した「二次医療圏における救急搬送医療モデル」を基に、患者の発生人数と発生場所を、平成7年に発生した地下鉄サリン事件の推計値を利用するモデルへと修正し、CBRNE事態発生時の近隣医療機関の負担を可視化できる基礎モデルへと応用する。

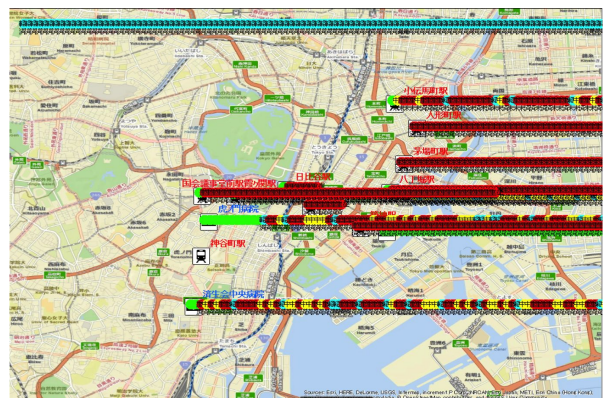
### B．研究方法

「二次医療圏における救急搬送医療モデル」で採用した、社会シミュレーションの領域で標準的なモデル構築手法であるエージェントベースのアプローチの特徴を活かし、公開されている地下鉄サリン事件の全患者を、個別のエージェント(個別の意思決定主体)と見立てた。各患

者は、傷病程度を持ち、程度に応じた搬送手段で近隣の医療機関に収容される。時間発生から時系列に沿い患者が傷病程度に応じて該当する搬送手段で医療機関に収容されるまでを表現した。

(倫理面への配慮)

モデルをシミュレーションするにあたり、必



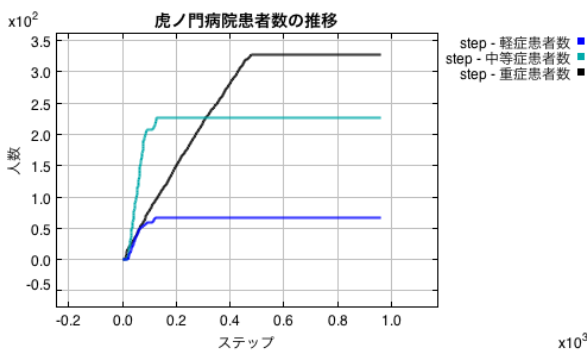
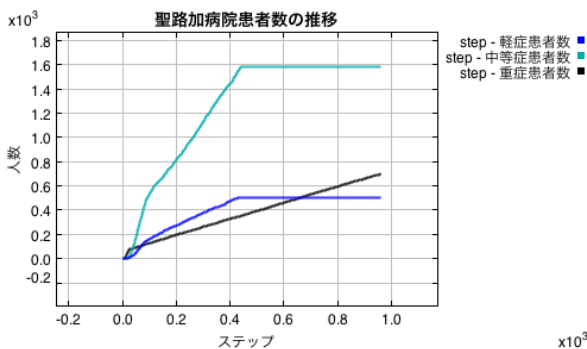
駅名	発生患者数	発生時刻	搬送先医療機関	救急車数
日比谷駅	75	8:07	虎ノ門病院	2
霞ヶ関駅	350	8:10	虎ノ門病院	5
国会議事堂駅	300	8:12	虎ノ門病院	5
銀座駅	75	9:23	虎ノ門病院	2
神谷町駅	100	8:11	済生会中央病院	2
小伝馬町駅	4000	8:10	聖路加病院	50
人形町駅	300	8:10	聖路加病院	5
茅場町駅	300	8:10	聖路加病院	5
八丁堀駅	300	8:10	聖路加病院	5
築地駅	300	8:10	聖路加病院	5



要なデータはすべて公開されているものを利用した。そのため、倫理面への配慮は、不要と考える。

### C. 結果

各医療機関において、事件発生後からの患者の傷病程度に応じた収容数を可視化した。各医療機関において事件発生直後から患者が収容され始めることが確認できた。なお、救急隊による傷病判断終了時点から、独歩（軽傷および中等症）の患者は、各医療機関に移動を始めた。重症患者については、救急車で搬送されることと仮定したが、重症患者の収容状況については、現場に配置される救急車数に依存する傾向を示した。



### D. 考察

このシミュレーション結果は、実際の地下鉄サリン事件が発生した際の各医療機関への搬送状況が現時点ではわからないため、結果の妥当性について議論することはできない。当時の患者

搬送先の選択基準、使用可能な救急車の台数、患者の傷病程度に応じた人数など、必要な情報をシミュレーションの制約条件としてモデルに組み込むことで、今後のモデルの高度化が期待される。

### E. 結論

本研究では、平成25年度に構築した「二次医療圏における救急搬送医療モデル」を基に、地下鉄サリン事件の患者発生場所と時刻、人数反映したモデルを修正構築し、事件発生後の各医療機関への患者搬送状況の可視化を試みた。構築したモデルのシミュレーション結果から、各医療機関への傷病程度に応じた患者の搬送状況を判断できることを確認した。

今後は、実際の患者搬送先の選択基準、使用可能な救急車の台数、患者の傷病程度に応じた人数など、必要な情報を考慮し、CBRNE事態時の対策評価が可能なモデルへと応用させる予定である。

### F. 研究発表

なし

#### 1. 論文発表

市川学, 春日雄翔, 出口弘, 金谷泰宏. 二次医療圏における夜間救急医療モデルの構築とその利用. システム制御情報学会論文誌, 第27巻7号, 259-267, 2014年7月

#### 2. 学会発表

なし

#### 3. 著書

なし

### G. 知的所有権の取得状況

なし

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）  
CBRNE事態における公衆衛生対応に関する研究  
分担研究報告書

放射性物質テロの脅威を低減するための線源管理のあり方に関する研究

研究分担者 山口一郎 国立保健医療科学院生活環境研究部，上席主任研究官

研究要旨

【目的】

放射性物質テロの脅威を低減するための放射線源管理の課題を整理する。

【方法】

国際原子力機関で検討されている『使われなくなった密封線源の長期管理に関するガイダンス』に基づき、日本での放射線源管理の課題の整理を試みた。

【結果および考察】

医療機関に存在するカテゴリ-1やカテゴリ-2の線源では、使用しなくなった後の管理をIAEAで作成中の技術文書に沿ったものとし、セキュリティを高める必要がある。このためには、医療機関の取り組みを支援する社会的な制度を構築することが必要であると考えられる。

【結論】

医療機関に存在するカテゴリ-1の線源を用いた放射物質テロは、社会活動にインパクトを与える。この脅威を軽減させるための手立てとして社会的な制度構築が求められる。

A. 目的

わが国における CBRNE 事態への対応については「NBC テロその他大量殺傷テロへの対処について（平成 13 年 4 月 16 日、内閣危機管理監決裁 NBC テロ対策会議）」に沿って、関係省庁が対応を行うことになる。事態への対応を俯瞰的に捉えると、事態そのものがおこらないような予防対策を講じることが重要であると考えられる。これまでセキュリティ対策を高めるために線源登録制度が構築されている。さらに、原子力規制庁において核セキュリティに関する検討会<sup>1</sup>での検討に基づき、規制整備が進められようとしている。

そこで、放射性物質を用いたテロ(N・R)への対応のうち、その予防策のあり方を交際機関での検討状況を踏まえて明らかにする。

B. 研究方法

平成 26 年 10 月 20 日（月）～ 23 日（木）に IAEA(International Atomic Energy Agency)本部で開催された Open-ended Meeting of Legal and Technical Experts to Develop Internationally Harmonized Guidance for Implementing the Recommendations of the Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources in Relation to the Long-Term Management of Disused Radioactive Sources に参加し、国際原子力機関で検討されている『使われなくなった密封線源の長期管理に関するガイダンス』に基づき、日本での放射線源管理の課題の整理を試みた。

またテロ時の対応としてトリアージの手法の 1 つとして物理的線量評価法についても検討した。

(倫理面への配慮)

本研究に個人の人権に関わる事項は含まれない。医療機関のセキュリティ対策上の機微情報は本報告書では記述されない。IAEA の会合情報はウェブ上で公開されている情報に基づいている。

## C . 研究結果

### C1 会合の概要

#### C1.1 IAEA の文書の位置づけ

日本政府は、「放射線源の安全とセキュリティに関する行動規範(行動規範)」を既に支持することを表明している。この会合で議論された技術文書は、この下位文書であり、行動規範の内容に沿ったものとなっている。従って、行動規範の下位文書である輸出入ガイダンスと同様に、行動規範を補足するものであり、行動規範と同様に法的拘束力を持たないが、加盟国が I A E A に履行に向けて努力する旨の政治的支持を表明する仕組みとなるものである。

#### C1.2 参加者

日本、アルバニア、アルジェリア、アルゼンチン、アゼルバイジャン、バーレーン、バングラデシュ、ベラルーシ、ベルギー、ボスニアヘルツェゴビナ、ブラジル、ブルガリア、ブルンジ、カンボジア、カメルーン、カナダ、中央アフリカ共和国、チリ、コモロ、キューバ、チェコ共和国、コンゴ民主共和国、エジプト、エストニア、フランス、グルジア、ドイツ、ガーナ、ギリシア、ホンジュラス、インド、インドネシア、イラン、イラク、イタリア、カザフスタン、ケニア、レバノン、リビア、リトアニア、マダガスカル、マレーシア、モーリタニア、モンテネグロ、モロッコ、ネパール、ナイ

ジェリア、パキスタン、ペルー、フィリピン、ポーランド、カタール、ルーマニア、ロシア、セネガル、セイシェル、南アフリカ、スペイン、スーダン、スウェーデン、シリア、タジキスタン、タイ、マケドニア旧ユーゴスラビア共和国、チュニジア、トルコ、ウガンダ、ウクライナ、アラブ首長国連邦、アメリカ合衆国、ベトナム、イエメン、ジンバブエ 計74カ国(うちコモロはMSではないので、MSとしての参加は73カ国(162人))

他に、IAEA や他の関係機関等からも出席有り(4人のオブザーバー(ISSPA、WINS)とコンサルタントも参加)

#### C1.3 議事要旨

廃棄物の放射線安全は、IAEA が受託機関となっている1997年の「使用済み燃料管理の安全と放射性廃棄物管理の安全に関する共同条約(Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management)」に従うことが求められている。それを実現するために、IAEA では safety standards や Nuclear Security Series Publication を発行している。このうち使用しなくなった線源の長期間管理のあり方が課題となっていることから、IAEA ではガイダンスを作成することを目指している。この会合の目的は、2014年6月にコンサルタントグループの援助を得て作成されたガイダンスのドラフトを検討することである。国際機関の取り組みやIAEAのプロジェクトに参加した各国の取り組みが発表された後、作成中のドラフトに対して全体で議論した。この会合で議論したことに基づき、改訂版ドラフトが参加国に送付さ

れることが予定されており、その後、使用済み燃料管理の安全と放射性廃棄物管理の安全に関する共同条約第 30 条に基づく第 5 回 Review Meeting で進捗状況が報告される予定となっている。

#### C1.4 今後の予定

この会合での議論に基づき、IAEA 事務局で改訂版草案を作成することとなった。本ガイダンスは平成 27 年 3 月の理事会への議長レポートの提出を経て平成 27 年 9 月の IAEA 理事会で審議される予定であり、理事会で承認されると正式文書として扱われることになる。使用済み線源においても厳重な管理が求められるが、その確保は現実的な状況を踏まえて行う必要がある。実現困難な課題は、よりよい代替案を提示する必要がある。

### C.2 医療機関での対策への支援策

#### C2.1 資金面

どのような対策であれ、対策を実行するには資金が必要であり、セキュリティ対策も例外ではない。この技術文書では、線源の使用の許可を与える際に、規制当局は事業者の資金準備を確認することを想定している。日本では、このようなスキームは導入されていないが、米国では州によってその詳細は異なっているが、NRC では、許可取得者に資金の準備計画を策定することを要求している現状にある。このうち、テキサス州では州で基金を設けており、医療機関での線源廃棄の財源を援助する仕組みがある。イリノイ州では線源の廃止にかかる費用を想定した保険制度を創設している。線源に限らずハザードをもたらす物質を扱う場合には、事業所の運営時の様々な

リスクのみならず、事業所の閉鎖も想定した対応が求められる。このような長い期間を考えると想定幅も広がる。思いもかけないこともおこるだろう。このような場合に、その事業所だけで費用を負担するのは、現実的ではない。日本では行政代執行の仕組みがあり、有害物質を有する事業所にも適用されてきているが、放射線源を有する事業所の廃棄措置時に提供された事例がある<sup>23</sup>。このような事態に対応する方法としては、基金作りや保険制度が考えられる。このような制度を具体的に考えていく上では、線源廃棄の費用の見積もりが重要になるが、日本では処分場が存在せず、この見積もりの不確かさが大きいことが課題である。

#### C2.2 使用済み線源の保管ないし処分の場合

放射性廃棄物の処分場の確保は、各国で課題となっている。日本では、低レベル放射性廃棄物の埋設処分(浅地中処分)施設のみが運用されており、密封線源の処分については、その計画さえも定められていない。それに対して、各国では、徐々に密封線源の処分場についても整備が進みつつある。このうち米国では、4 箇所の処分場が整備されつつあり、このうち平成 27 年 1 月時点では、2.5 (1 施設は半分止まった状態のこと) 箇所で使用しなくなった密封線源を受け入れている。また、1.1TBq を超える高レベルの線源は DOE の処分施設で受け入れている。フランスでも同様に施設整備が進められている。

密封線源の処分場の見通しがたかない日本では、使わなくなった線源は(1)使用していた事業所で保管するか、(2)その他の事業

所で保管するか、(3)海外に輸送するしか方策がない。このうち、自施設での保管は、過去の事例から避けるべきだとされている。このため、やむをえずに自施設で保管する場合には、セキュリティ対策も講じる必要がある。一方、海外の輸送する方策では、受入側の理解に基づく合意、輸送経路の確保が必要となるが、いずれも容易ではない課題となっている。現在のところは、航空機を用いたフランスへの輸送と Class7 の船を使ったカナダへの輸送のみが高額な費用が必要となる可能性がある。

### C.3 行政機関間の連携

放射性物質テロの脅威を低減するためにも関係行政機関の連携が重要だと思われる。以下に示すのは事故を想定したものであるが、テロを想定した訓練も実施されている。放射性同位元素等取扱事業所の許可等に関する書類（写し）は、原子力規制委員会から消防庁に連絡される。消防庁は、その書類を関係都道府県消防防災主管部長あて通知する。都道府県は市町村にその情報を伝えている。消防の事務を単独で処理する市町村の場合は、市町村部局を通じ消防機関へ通知し、消防の事務を組合で処理する市町村や他市町村に事務委託している市町村の場合は、当該組合や受託市町村と構成市町村又は委託市町村に通知されている<sup>4</sup>。

#### C3.1 消防庁の対応

この通知は、「原子力施設等における消防活動対策マニュアルについて」(平成13年5月22日付け消防特第83号)が参考とされ、施設の実態に関する的確な情報を把握し、施設の実状に即して、実践的な消防活動計画の作成、その計画に基づく訓練の

実施、事業者との円滑な連携など、適切な対応体制の整備が図られるよう、各都道府県消防防災主管部長に対し、管内の市町村に対し改めて周知するよう伝えているものである(消防特第71号平成14年6月7日)

#### C3.2 原子力規制庁の取り組み

原子力規制庁では、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律第47条の規定に基づき、原子力規制委員長から連絡があった放射性同位元素等取扱事業所の許可等に関する書類を消防庁を通じて関係都道府県消防防災主管部長あて通知し、市町村に周知を計っている。

また、文部科学省 科学技術・学術政策局 原子力安全課 放射線規制室は、消防署向けに「放射性同位元素(RI)について」と題する解説資料を作成している。

#### C3.3 放射線施設の防火対応

法令において、通報義務(医療法施行規則では第30条の25)や放射線取り扱い施設の耐火性に係る規定を設けている。

#### C3.4 自治体の対応

各消防署は、管内の放射線取り扱い施設について定期的に防災に関して打ち合わせをしている。

#### C3.5 JIS規格

ISO国際規格に基づき放射線関係の耐火性の規格を定めている。

#### C3.6 日本アイソトープ協会

実務マニュアルシリーズIII改訂版「放射線施設の火災・地震対策」やJRIAビデオシリーズ「火災・地震と放射線施設」(前編・後編)を発行している。

#### C3.7 大学等放射線施設協議会

緊急時対応マニュアル作成の手引を行っ

ている。

#### D．考察

##### D.1 放射性物質テロの脅威を低減するための放射線源管理

医療機関に存在するカテゴリ－1 やカテゴリ－2 の線源やカテゴリ－3 で移動可能な線源に対して、使用しなくなった後の管理を IAEA で作成中の技術文書に沿ったものとし、セキュリティを高める必要がある。このためには、各医療機関ができる対策に取り組んでいく必要がある。この取り組みでは、医療分野で先行しているバイオテロ対策を参考にすることができるだろう。その一方で、使用しなくなった線源の管理は使用済み線源の処分の制度化がまだなされていないことから、それぞれの医療機関での対応では明らかな限界がある。このため、取り組みを支援する社会的な制度を構築することが必要であると考えられる。この制度化では、有害物質を扱う事業所の閉鎖後の管理も想定した様々な制度を参考にできるだろう。

##### D.2 物理学的線量評価としての EPR dosimetry

歯を抜去せず口腔内に保持したままで電子スピン共鳴法によりラジカルを計測し線量を推計する方法の開発が進められており、L band EPR により抜去した歯牙では3秒スキャンを20回繰り返すことで、150kV のエックス線照射で1Gy の曝露の見逃しを2割未満にできるレベルにまで到達した。国立保健医療科学院に設置されている本装置は、今年度、モバイル化され、現地に持ち込んでの測定が可能である。実用化を目指し米国 FDA で承認を得るための作業が

進められている。

#### 【結論】

医療機関に存在するカテゴリ－1 の線源を用いた放射物質テロは、社会活動にインパクトを与えうる。この脅威を軽減させるための手立てとして社会的な制度構築が求められる。

#### E．結論

医療機関に存在するカテゴリ－1 の線源を用いた放射物質テロは、社会活動にインパクトを与えうる。この脅威を軽減させるための手立てとして社会的な制度構築が求められる。

#### G．研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

・ Ichiro Yamaguchi, Minoru Miyake, Hitoshi Sato, Hiroshi Yoshii, Tsuyoshi Hamano, Masaharu Hoshi, Hiroshi Hirata, Naoki Kunugita L band EPR tooth dosimetry for neutron and heavy ion. U19 DART-DOSE CMCR ANNUAL MEETING.2014.6.24-26: NH, USA.

・ 山口一郎, 佐藤 斉, 川村 拓, 濱野毅, 須田充, 吉井裕, 三宅実. 中性子照射した歯牙のインビボ EPR 信号の測定. 第5回共用施設 (PASTA&SPICE、NASBEE) 共同研究成果報告会. 2015.3.20:千葉

#### H．知的財産権の出願・登録状況

( 予定を含む。)

1. 特許取得	なし
なし	3.その他
2. 実用新案登録	なし

---

<sup>1</sup> [https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/nuclear\\_security/index.html](https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/nuclear_security/index.html)

<sup>2</sup> <https://www.nsr.go.jp/data/000045579.pdf>

<sup>3</sup>

[http://www.mext.go.jp/component/b\\_menu/other/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2010/04/09/1291353.pdf](http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/__icsFiles/afieldfile/2010/04/09/1291353.pdf)

<sup>4</sup>放射性同位元素等取扱事業所に関する情報の周知等について

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）  
CBRNE事態における公衆衛生対応に関する研究  
分担研究報告書

## サーベイランスに向けた感染症流行把握の検討

研究分担者 高橋和郎 大阪府立公衆衛生研究所副所長  
高橋邦彦 名古屋大学大学院医学系研究科准教授  
灘岡陽子 東京都健康安全研究センター健康危機管理情報課長

研究要旨：地域における突発的・集中的な健康危機事象の発生をいち早く検出するための症候サーベイランスとして、米国などでは実際いくつかのシステムが稼働し運用されている。その解析として空間疫学における疾病集積性の検定の方法が利用されている。本研究では感染症発生動向調査データによるインフルエンザ流行を例として、FlexScan法による解析とGISによる結果の視覚化を行い、サーベイランス解析の検討を行った。特に本年度は、インフルエンザについて各保健所管轄地域など圏域での発生状況をより詳細に観察することで、インフルエンザ流行地域のアラートがより簡潔に把握できるか否かを検証した。本研究の方法を用いることで、健康危機管理対策における流行増加地域住民へより迅速、適切にインフルエンザ予防について警告することが可能となると考えられた。

### A．研究目的

地域における突発的・集中的な健康危機事象の発生をいち早く検出するための症候サーベイランスは国内外で重要な課題となっており、諸外国においては様々な検討が行われている。その中でも客観的な判断を下すための統計解析は大変重要な要素であり、実際いくつかの都市では統計解析を含めたシステムが稼働し運用されている（ニューヨーク市保健局(NYC-DOHMH) surveillance system, Electronic Surveillance System for the Early Notification of Community-Based Epidemics(ESSENCE)など）。そこでの解析のひとつとして空間疫学における疾病集積性の検定の方法が利用されている。Tango and Takahashi(2005)の開発する集積性検出手法flexible scan statisticとそれを組み込んだソフトウェアFlexScan(Takahashi, Yokoyama and Tango, 2005-)もGISや空間疫学の分

野で世界的に注目されてきており、最近ではNYC-DOHMHのGISセンターにおいて利用する手法の一つとしてFlexScanが挙げられて、webページにもその記載が行われている（<http://www.nyc.gov/html/doh/html/epi/giscenter.shtml>）。このように米国などでは集積性の検定による解析を含んだサーベイランスシステムがすでに運用されているが、我が国においてはまだそのようなシステムは確立していない。本研究では、地方衛生研究所での利用の検討として感染症発生動向調査の実際のデータを用い、集積性の検定による解析を含めたサーベイランス解析を試み、国内における健康危機事象の迅速な対応に有効なシステム、ならびにその結果の示し方としてのGISによる視覚化について検討する。特に本年度は、インフルエンザについて各保健所管轄地域など圏域での発生状況をより詳細に観察することで、視覚化によりインフルエンザ流



行地域のアラートがより簡潔に把握できるか否かを検証することを目的とする。

## B．研究方法

感染症発生動向調査のインフルエンザ定点報告データを用いて検討を行う。まず東京都と大阪府における2013～2014シーズンのインフルエンザ定点の定点あたり報告数を観察した。次に大阪府における定点報告数を保健所管轄で集計し、保健所管轄を単位とした定点あたり報告数、直近3週の平均に対する当該週の報告数の比、さらにNHC-DOHMHと同様なインフルエンザ発生のサーベイランス解析として、FlExScan法を用いた集積性の検定を行った。本解析では、各地域のベースライン値は直近3週間の報告数の平均値とし、統計量として制限付尤度を用いて解析を行い、その有意性の基準とする有意水準は0.02 (=1/50週)を用いた。結果については、疾病地図を用いた視覚化を行った。次に、各管轄での流行(定点あたり報告数)に、上記解析で検出された有意な集積週を示し、府全体の流行との比較を行った。

## C．結果

東京都と大阪府における2013年46週～2014年20週の定点あたり報告数を図1に示す。ただし、東京都においては報告があった定点医療機関あたりの数であり、大阪府においては登録された定点あたりの数になっている。全体としての流行の様子は、東京都、大阪府とも概ね同じであると観察された。

次に大阪府において保健所管轄を単位として集積性の検定を行ったところ、2013年48週から断続的に有意な集積地域が検出された。2014年15週と18週を除いて、2014年20週まで有意な集積地域が検出された(図2)。

これら保健所管轄単位での流行の様子を観察するため、GISを用いた視覚化を行った。定点あたり報告件数、各管轄の前週までの直近3週間の平均に対する当該週の報告件数の比による相対リスク(RR)、RRが高い地域の集積(集積性の検定に基づき検出された地域)を表した。

図3では一例として2013年49週の結果を示した。この週で有意な集積地域として検出されたのは藤井寺、大阪市住吉、大阪市西成の3地域(p値=0.0047)であり、その地域での報告件数が39件であった。

さらに保健所管轄における各週定点あたり報告件数を図4に示した。ここでは例として、大阪市西成、東大阪市、藤井寺を示した。上記、府全体における集積性の検定で当該地域が有意な集積地域として検出された週は色を変えて示した。各地域の流行の立ち上がりやピークが異なっている様子が観察された。また有意な集積地域として検出された週は、府全体の(前3週平均に対する)増加に比べ、より急激な増加が観察された週となっている。

## D．考察

本研究により大阪府内の保健所管轄地域における定点あたりのインフルエンザ患者の経時的流行状況が視覚的に把握でき、また当該週において、その地域における定点あたり患者数が府全体と比較して、有意に増加や減少しているかを評価することができた。さらに、それを視覚化することにより流行地域を的確に認識でき、インフルエンザの有意な流行増加地域の周辺への拡大状況も視覚的に容易に把握することができた。これにより、健康危機管理対策として、流行増加地域住民へより迅速、適切にインフルエンザ予防について警告することが可能となると考えられる。

一方、NYC-DOHMHで行われているものと同様のサーベイランス解析として、集積性の検定を行った。NYCでのサーベイランスは日単位のデータのため、RRの基準としては、直近7日間の平均などが用いられているが、本研究で利用した感染症動向調査は週単位での報告のため、直近3週の平均を用いた。つまりここで有意な集積地域と同定される地域では、他の地域の(直近3週平均に対する)RRの増加や減少に比べて、それ以上にRRが高くなっていることを示す。例えば、図3に示した2013年49週では、府全体の定点あたり報告数が0.46とまだ低い

直近3週（2013年46～48週）の平均が50.0件であるのに対し、実際は138件の報告であり、RRは2.76となっている。先述の通り、この週に有意な集積地域として検出された3地域でのRRは、 $39/5.667=6.89$ と、府全体のRRよりもかなり高い値となっていた。実際、大阪市西成においては定点あたり報告数が5を超えるような流行になっていることがわかる。

また定点あたり報告件数でみると、増加傾向にある場合でも、有意な集積地域として検出されないこともある。これは、この増加が他の地域（府全体など）と同等の増加量であるためと考えられる。しかしながら、複数週連続して有意な集積地域として検出されなくなると、その地域の流行は収束傾向にある様子が見られた。流行の立ち上がり、収束時期、ならびに集積についても、各地域でその時期がずれている様子が観察され、府全体の流行だけではわからない流行の状況を細かく見ることができると考えられる。

そもそもサーベイランスは流行の立ち上がりを早期に検出し、早めの対策を取ることで、その地域の流行のピークのレベルを下げるのが目的とされている。集積性の検定だけで全てを判断することは難しいが、定点あたり報告件数やRR、集積性の検定結果など、保健所管轄などの小地域での状況把握を行い、視覚化を通して検討することで、有効な対策につながるものと考えられる。

今後、他年度におけるインフルエンザ流行において同様の解析を行うことで、毎年の地域内・地域間の流行パターンの様子を観察することができると考える。さらに、他の感染症でも同様の解析を行うことで、さらに詳細な検討が可能になると考えられる。同時に、実際の行政担当者の視点などから、より適切な視覚化や情報提供のあり方についても検討を続けたい。

## E．結論

集積性の検定などのサーベイランス解析を含めた空間疫学的な分析、解析を行い、その結果

の視覚化を行う方法を検討した。これらの方法を用いることで、健康危機管理対策における流行増加地域住民へより迅速、適切にインフルエンザ予防について警告することが可能となると考えられた。

## <参考文献等>

- ・大阪府感染症情報センター．感染症発生動向調査事業報告書．<http://www.iph.pref.osaka.jp/infection/nenpo/H25/kansen32.html>
- ・東京都感染症情報センター．感染症発生動向調査事業報告書．<http://idsc.tokyo-eiken.go.jp/year/>
- ・The Geographical Information Systems Center, The New York City Department of Health and Mental Hygiene．<http://www.nyc.gov/html/doh/html/data/gis-center.shtml>
- ・Takahashi K. Yokoyama T, Tango T. FlexScan: Software for the Flexible Scan Statistics．<https://sites.google.com/site/flexscansoftware/>
- ・丹後俊郎，横山徹爾，高橋邦彦．空間疫学への招待．朝倉書店．

## F．研究発表

なし

## 1．論文発表

なし

## 2．学会発表

なし

## 3．著書

なし

## G．知的所有権の取得状況

なし

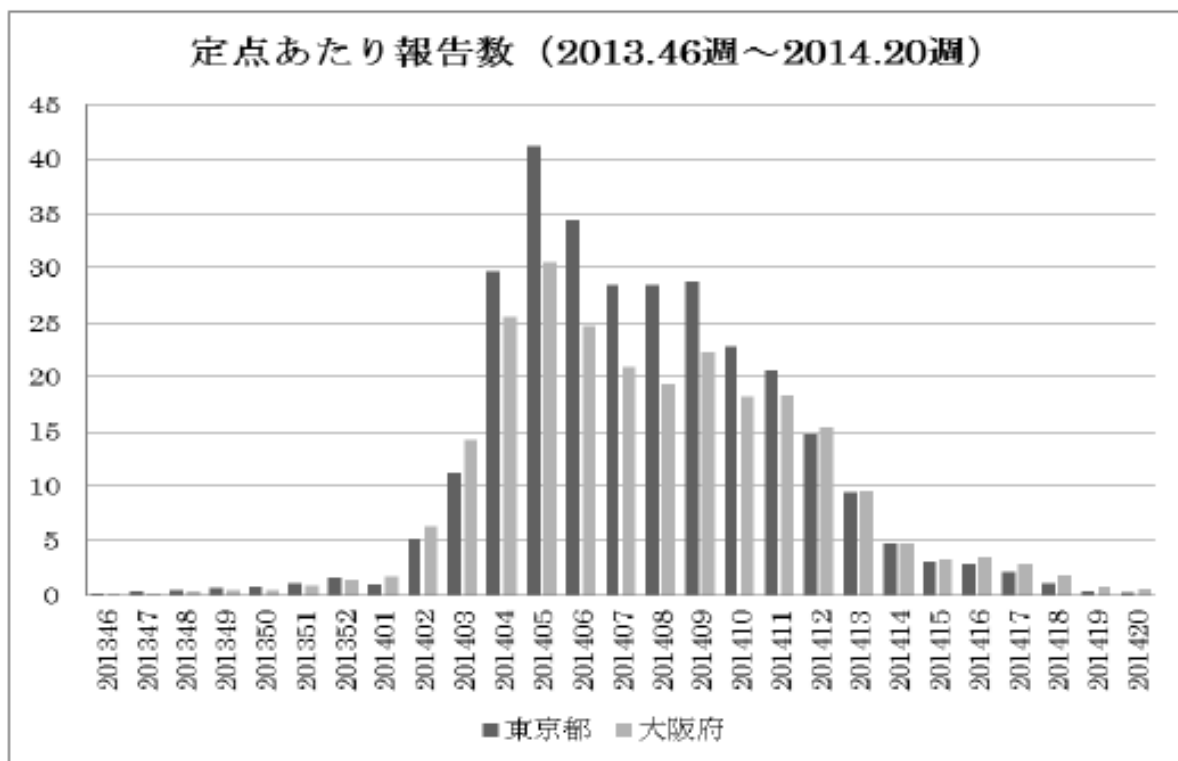


図1. 東京都，大阪府2013～2014シーズン，定点あたりインフルエンザ報告数

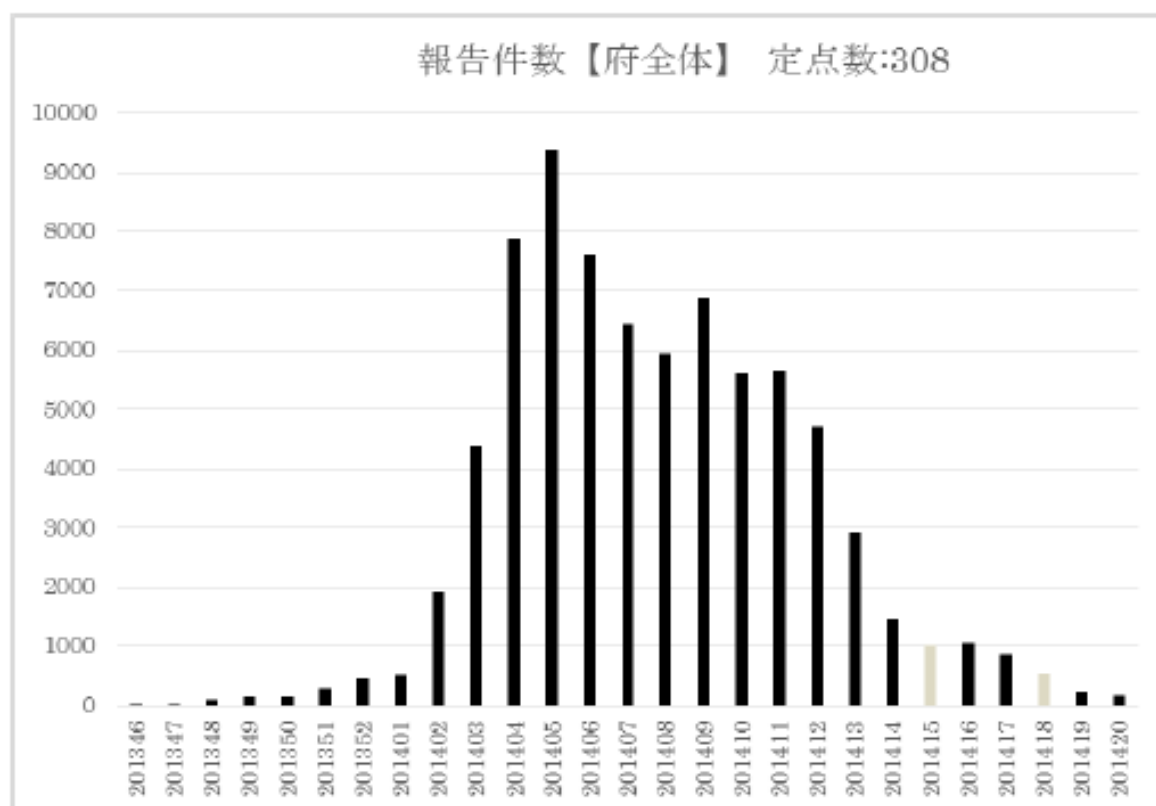
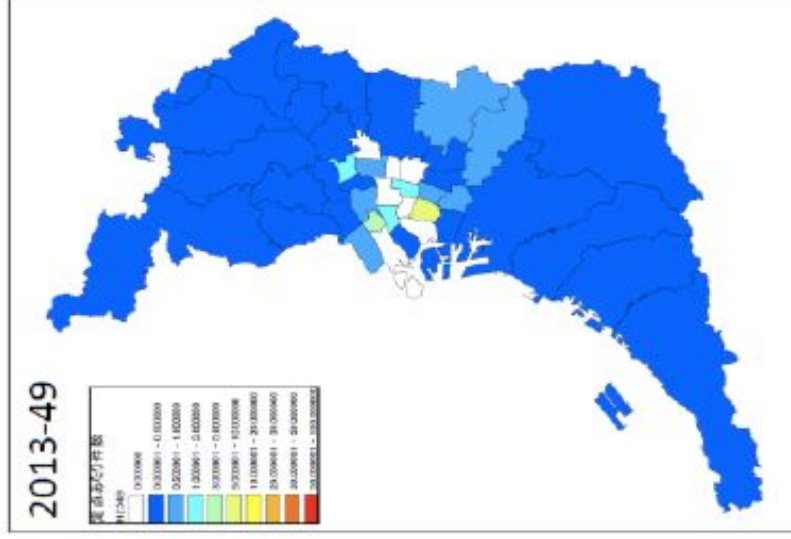


図2. 大阪府インフルエンザ定点報告件数. 黒色は有意な増加の集積地域が検出された週



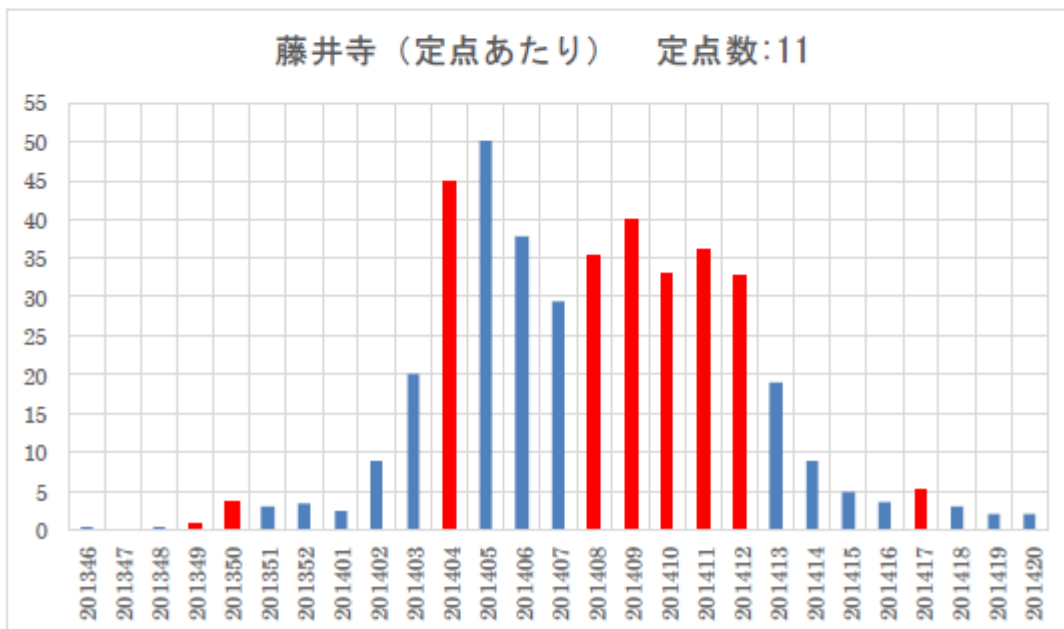
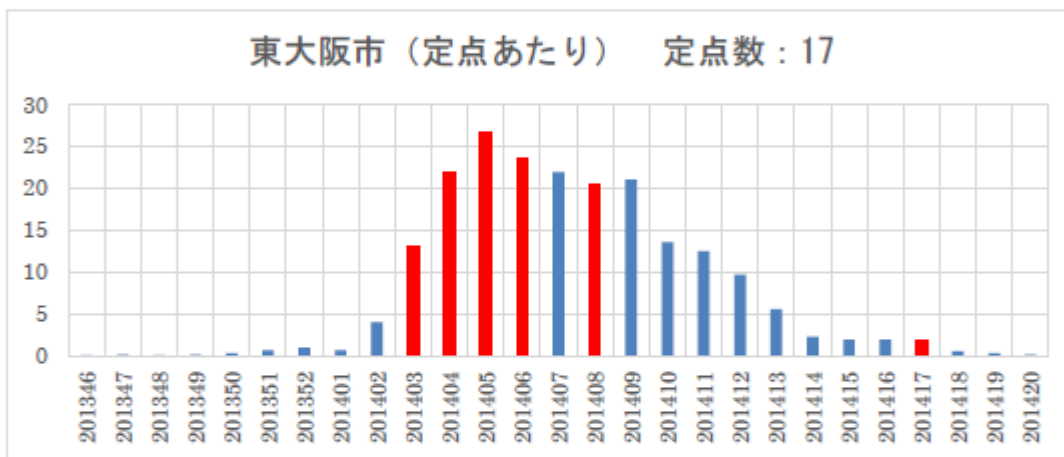
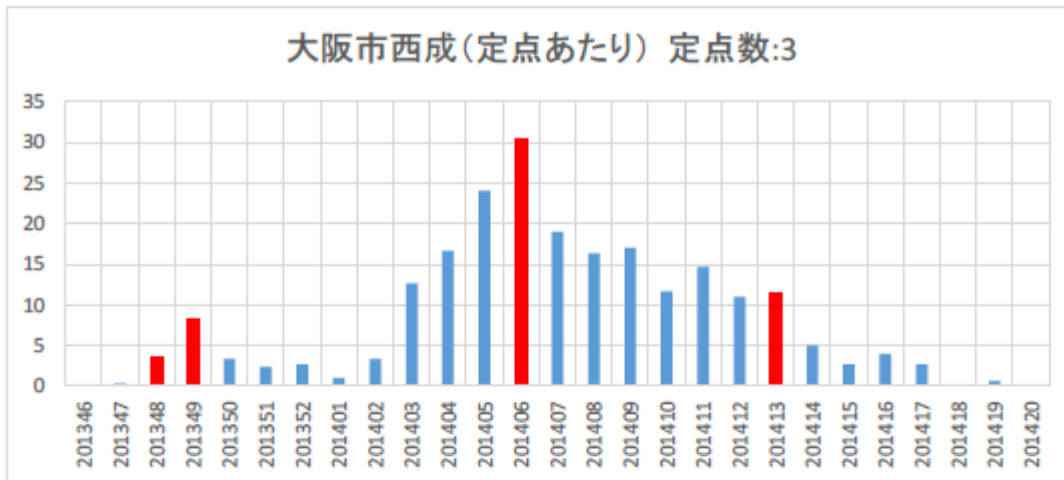


図4. 保健所管轄単位での流行の様子。赤色は集積地域として同定された週

C B R N E 事態における公衆衛生対応に関する研究班

研究成果（書籍）の刊行に関する一覧

（平成26年度：2014年4月1日～2015年3月31日迄、予定を含む）

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻	ページ	出版年 H26年度	GRANTへの 謝辞の有無
数藤由美子、平井百樹、穠山美穂	Human metaphase plate obtained from cultured peripheral lymphocytes after 5-Gy in vitro gamma-ray irradiatio	Radiation Biology of Medical Imaging; Wiley & Sons Publishing Co.			2014年刊行	無
数藤由美子	Normal human karyotypes	New Senior Secondary Mastreing Biology, 2nd Ed.; Oxford University Press			2014年10月 刊行	無
数藤由美子	二動原体染色体異常の画像	初学者のための原 子力・量子・核融 合の事典；丸善出 版			2014年12月 刊行	無
数藤由美子	放射線被曝により誘発された染色体異常の例	大学講義 放射線 医学；丸善出版			2014年12月 刊行	無

C B R N E 事態における公衆衛生対応に関する研究班

研究成果（雑誌）の刊行に関する一覧

（平成26年度：2014年4月1日～2015年3月31日迄、予定を含む）

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻	ページ	出版年 H26年度	GRANTへの 謝辞の有無
市川学, 春日雄翔, 出口弘, 金谷泰宏.	二次医療圏における夜間救急医療モデルの構築とその利用	システム制御情報学会論文誌	27(7)	p259-267	2014	無
石西正幸, 市川学, 田沼英樹, 出口弘, 金谷泰宏	エージェントベースシミュレーションによる高い致死性を持つ感染症対策におけるリスク分析手法の提案	システム制御情報学会論文誌	27(7)	p319-325	2014	無
山口一郎	医療現場の放射線安全医療施設の放射線立入検査のポイント放射線安全に関する事例の紹介	医療放射線防護	68	p31-35	2014	有
Kubokawa T, Hasukawa M, Takahashi K	On measuring uncertainty of benchmarked predictors with application to disease risk estimate	Scandinavian J Statistics	41	p394-413	2014	有
Nadaoka Y, Hayata N, Sugishita Y, Kajiwara T, Watanabe Y, Yoshida M, Hasegawa M, Hayashi Y, Ochi M, Kai A, Sumitomo M	The 2011 measles outbreak in Tokyo. An analysis of surveillance data	Nihon Koshu Eisei Zasshi	61(3)	p136-44	2014	無
Mano S, Suto Y	A Bayesian hierarchical method to account for random effects in cytogenetic dosimetry based on calibration curves	Radiat Environ Biophys	53(4)	p775-80	2014	無