

付近は市街地部であり、図5において人口密度が一定以上の地区に対応しているとみることができる。また、図4の左上方部には岩木川が、右側には奥羽本線が位置しており、この背景地図の上に、心停止発生地点(●)、および需要量密度を示す等値線を示している。特に弘前駅(☆)と弘前城(◇)の場所については、図4および図5に示した。

図5では、図4と同地域の人口密度を表している。なお、地区単位と人口データについては、平成17年国勢調査にもとづいており、特に1,000人/km<sup>2</sup>以下の地区では色付けをせず、道路地図を表示している。

図4の需要点にもとづく密度分布について見てみると、弘前駅(☆)および弘前城(◇)のやや南側の地域を中心として、心停止発生密度が非常に高いとされる地域が拡がる傾向が確認された。局所的にみれば、発生地点が多数ありながら発生密度がそれ程高くはない場所も確認されるにせよ、地域全体の傾向として発生地点が周縁部と比較して中心部に集中しているために、推定された発生密度は概ね中心部ほどが高くなる結果となっている。



図6 AEDの最適配置地点と供給効果の密度分布 (青森県弘前市 30地点)

る。また、背景地図の道路状況、図5の人口密度と重ね合わせて見たときに、市街地部周縁である地域帯で重要量の密度分布が大きく変化していることから、地域全体として心停止発生密度の変化が、概して人口分布の変化に対応しているものと理解される。

次に30台のAEDを設置するときの最適地(□)、および各地点の供給効果の値を示す等値線(太い曲線)を図6に示す。参考のために、図6には図4の心停止発生地点の密度分布の等値線(細い曲線)についても併せて示した。また、図4と同じく道路地図などとともに、弘前駅(☆)、弘前城(◇)の場所を示した背景地図を用いた。図6の供給効果の等値線は、装置の各最適配置地点を中心として同心円状に拡がっており、各最適配置地点からその周辺に向かって、ほぼ一様に供給効果が減少している状況を表している。

最適配置地点は、図4にてAEDの需要が相対的に高いとされる弘前駅および弘前城の南側地域一帯を、満遍なく覆うように得られている。つまり、1台から30台までの設置台数の場合に、この地域一帯への設置が、全体からみたときには効果が高いとすることができる。

図7はAEDの各設置数における供給効果の値を表しており、設置数が増加するに従って、供給効果がどのように変化するかという、両者の関係性を示している。供給効果の値については、その値が1のときに地域の全ての需要をカバーしていることを意味する。よって、その値が0.01となるときには、最適地に設置された装置によって、地域

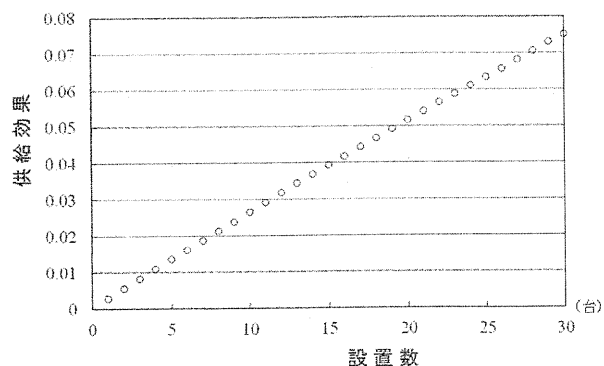


図7 設置数と供給効果

全体の需要量の1%がカバーされることとなる。

図7を見る限りでは、設置数の増加に従って供給効果はほぼ線型に増加している。つまり、少なくとも設置数が30台までにおいては、需要がほぼ同等に高い地域に装置が割り当てられていることを意味する。供給効果の変化の割合は、結局のところ需要量の分布状況に大きく依存するものであるが、一般的には、設置数が少ない初期の段階では急激に増加し、その後緩やかに増加を続けることが予測できる。

#### IV. 考 察

本稿では、過去の心停止発生地点にもとづいたAEDの最適配置の方法に関する研究事例について紹介した。従来の限られた施設以外にも設置が検討される状況にあるなか、適切な配置地点についての議論は一層重要性を増すことが予想される。本稿で紹介した方法を現実のAEDの配置計画に適用するにあたっては、後述のように考慮すべき課題がいくつか挙げられるが、現状の配置状況の適切性も含め、設置地点に関して空間的な側面からの十分な検討も重要であると考えられる。

既に述べたとおり、ここで解説した方法は、限られた要因に着目したAED配置の一方法である。そのため実際の配置においては、ここでは扱っていない事項についても、状況に応じて考慮する必要があることを留意しておかねばならない。以下に、本稿における分析の限界と今後の課題について述べる。

本稿で用いたデータでは、対象地域内で心停止発生地点の密度が比較的高い場所が広範囲に広がっていたために、限られた台数における装置の最適配置地点は、特定の地域に集中して得られる傾向がみられた。これは、居住地域も多く含むことから、住宅地への設置を積極的に検討する必要があると言えることができる。しかし、心停止発生地点に影響を及ぼすとされる、高齢者の人口分布などに大きな偏りがある地域では、地域全体としての需要量の地理的な変化が激しくなることで、最適配置地点が分散して得られるという、今回とは異なる結果が導かれることも予想される。

心停止発生地点からAEDへのアクセシビリティ

の問題について考える際に、状況によっては直線距離を用いることが適当ではない場合も有る。本稿では道路距離に関する議論がなされていないが、地域の特性として道路距離や交通状況を加味したアクセシビリティの問題への対処が、本方法にとって重要な課題の一つとして挙げられる。

本稿では一次救命措置を行う者以外に、AEDを取りに行く者も同時にその場にいることが前提とされているため、当然ながら2人以上の者が発生地点付近に居合わせていなければならない。本稿ではこの点を考慮していないが、これは近年AEDの設置が進んでいるにも関わらず、利用率が高くない一因であると考えられる。また、AEDの利用率を上げるためにも、AEDを使用することができる人を増やす、教育面での取り組みの強化も重要になってくるものと思われる。

AEDの有効利用という点から、心停止発生地点とAED配置地点との位置関係の他に、今後は救急隊の分布や、AEDを設置する特定の施設の分布などを考慮した、AED配置の方法についても検討する必要がある。AEDの設置が希望される施設として、「駅」、「学校」、「公共施設」などの、現段階で積極的に設置が進んでいる施設を挙げる声が一般には大きいものの、「コンビニエンスストア」あるいは「交番」への設置を希望する意見も少なくない。「コンビニエンスストア」や「交番」は、地域住民に比較的認知されている施設であり、例えば深夜のような時間を問わない緊急時への対応の面でも期待できる。そのため、コンビニエンスストアや郵便局といった身近な施設への設置を想定した分析も、実用的な面から特に有効であると考えられる。

(本論文の要旨は第46回日本循環器病予防学会・日本循環器管理研究協議会総会：シンポジウム「循環器病と地理空間の関連：GISと空間疫学の応用」において発表された。)

#### 参考文献

- 1) Malcom GE, Thompson TM and Coule PL. The location and incidence of out-of hospital cardiac Arrest in Georgia. Prehospital Emergency Care 2004; 8: 10-14.

- 2) Crocco TJ, Sayre MR, Liu T et al. Mathematical determination of external defibrillators needed at mass gatherings. *Prehospital Emergency Care* 2004; 8: 292-297.
  - 3) 片岡裕介, 浅見泰司, 浅利靖, 他. 需要密度に対する供給効果を最大化する AED の最適配置地点. *GIS -理論と応用*, 2006 ; 14(2) : 1-9.
  - 4) Silverman BW. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. London; Chapman and Hall 1986.
  - 5) Sheather, SJ and Jones, MC A reliable data-based bandwidth selection method for kernel density estimation. *Journal of the Royal Statistical Society series B*, 1991; 53: 683-690.
  - 6) Simonoff, JS. *Smoothing Methods in Statistics*. New York: Springer-Verlag 1996.
  - 7) Church RL and ReVelle CS. The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association* 1974; 32: 101-118.
  - 8) American Heart Association in collaboration with International Liaison Committee on Resuscitation, 2000, *Guidelines 2000 for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care: international consensus on science Part 4: The Automated External Defibrillator*. *Circulation*; 102: Supplement I 60-76.
-

# 地域における緊急被ばく医療体制の整備

郡山一明, 王子野麻代, 又野 秀行

2011

ER マガジン(1348-8090)

## 特集 1 君は放射線にどう立ち向かえるか

6

# 地域における緊急被ばく医療体制の整備

郡山 一明<sup>1,2)</sup> 王子野麻代<sup>1)</sup> 又野 秀行<sup>3)</sup>

Kazuaki Kohriyama

Mayo Ohjino

Hideyuki Matano

原子力安全研究協会 放射線災害医療研究所<sup>1)</sup>, 北九州市危機管理参与 九州厚生年金病院<sup>2)</sup>, 福井県立病院 救命救急センター<sup>3)</sup>

### Key Note

- 緊急被ばく医療は災害医療の一部として対応すべき。
- 地域における緊急被ばく医療体制の整備には、体制構築、集団管理、コミュニケーション、医学スキルが必要。
- 緊急被ばく医療に必要な医学スキルは放射性物質の汚染管理。
- 緊急被ばく医療研修の受講は有効。

## 1. リスクに対する「そもそも」論

一つの技術が成熟して安全に使われるようになるまで約200年かかると言われている。産業革命の一翼を担うジェームズ・ワットの蒸気機関が開発されたのは1769年である。この蒸気機関を応用して1783年には蒸気船が建造され、1800年代初頭には蒸気機関車が発明されたが、この間、ボイラーの爆発によって多くの人命が失われた。その後、事故を繰り返しながら技術改善がなされ蒸気機関の技術がほぼ確立されたと考えられたのは1940年代である。

では、技術が完成すれば安全性も絶対的となるだろうか？ 実際には、1800年代に年間1万人が亡くなっていた鉄道事故は、技術がほぼ完成された21

世紀の「現代」に生きるわれわれにとっても、完全に安全だとは到底言えないのである。わが国だけを見ても1991年の信楽鉄道事故では42名が死亡、614名が負傷し、2009年の福知山線事故では107名が死亡し562名の負傷者が発生している。

安全は「技術」だけで成立するものではなく、「技術」と「技術を扱う人間」という2つのファクターによって成立する。さらに「技術を扱う人間」には、その人間が属する組織や共同体の「文化」が関与する。

つまり、人間がエラーを起こす存在である以上、人間が利用する機器、機械、システム、巨大プラントが「絶対的に安全である」などということはありません。それゆえに、災害医療は現代社会が対応しているすべてのことを念頭に準備されるべきである。

## 2. 緊急被ばく医療 —原子力発電所自体のリスク論—

わが国で原子力発電所が商業運営されたのは1966年である。その後、1970年代から80年代にかけて多くの発電用原子炉が建造されていった(図1)。原子炉の原理が見出されて実験用原子炉が作られたのが1940年代であることを組み入れても、原子力発電の歴史はわずかに数十年である。技術の成

## 特集 1 君は放射線にどう立ち向かえるか

熟までに要する年数 200 年を一つの目安とすれば、原子力発電所は未だ 1/4 ということになる。

2004 年、福井県美浜原子力発電所の 3 号機（1972 年着工）において、二次系配管が破裂し高温の蒸気が噴出して定期点検準備中であった作業員 11 名が負傷、5 名が死亡した。この事故は 3 号機が運転開始（1976 年）以来、27 年間にわたって点検対象であった二次系配管肉厚検査が見落とされ続けた結果、随時、交換すべき管が放置されたまま耐用年数を超えて破裂したものである。労働災害の経験則であるハインリッヒの法則に従えば「1 件の重大な事故の裏には 29 件の軽微な事故が存在し、その裏には 300 件のヒヤリ・ハット事例が存在する」のであり、美浜 3 号機で起きていた見落としは他の原子炉でも起き得る、否、起きていると受け止めるべきである。図 1 を見ればわかるように、わが国の原子炉の多くは建築着工からすでに 40 年近く経っている。われわれは美浜原子力発電所 3 号機で起きたのと同様の事故に備えるべき時を迎えているのだ。

### 3. 緊急被ばく医療

#### —原子力発電所で働く作業員のリスク論—

原子炉については、電気事業法施行規則第 91 条において定期的に 13 カ月に一度行うことと定められている。この際、原子炉容器は開放されるので作業員は一定の被ばくと放射性物質に汚染される環境に置かれる。このような作業中に、作業員が脳卒中や心筋梗塞などの内因性救急疾患に陥る可能性は一般人と同じ頻度であるだろう。また、もし点検作業中に地震のような突発事態が起きたならば、作業員は転落や機材に挟まれることなどにより外傷を被るだろう。今回の東日本大震災でも、福島第一原子力発電所では 4 号機のタービン建屋で 2 人の作業員が（地震か津波によるものかは不明であるが）地震発生直後に多発外傷で亡くなっている。第二発電所でもクレーン作業中の作業員が外因性により死亡し

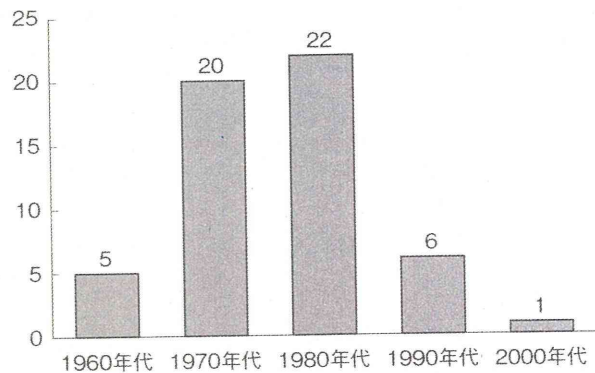


図 1 わが国の原子炉着工の年代別推移

た。このように、たとえ原子力発電所でプラント事故が発生しなくても、内因性、外因性疾患により、放射性物質による汚染がある作業員が、汚染を十分に除染される間もないまま医療機関に搬送する必要性が生じるリスクは、日常においても常に一定の割合で存在するのである。

### 4. 「緊急被ばく医療」という概念 —地域の災害医療の一環として—

従来、原子力災害の医療対応は「原子力発電所等から放射性物質が大量に放出されるような異常事態の際の医療面における周辺住民に対する医療措置」と定義されていた。そのような中、1999 年、民間のウラン加工工場において臨界が起り、大量の中性子線を浴びた作業員のうち 2 名が急性放射性症候群によって亡くなった。周辺住民も避難を余儀なくされた。この際、周辺住民への医療対応の考え方には基盤となるものがあつたのに対し、高線量被ばくを伴う作業員の医療対応については、日常の救急医療以上の概念はないことが痛感された。これを機に、内閣府の原子力安全委員会で「原子力施設の作業員の汚染、被ばくや汚染を伴う健康障害等の医療措置」について検討され「緊急被ばくのあり方」としてまとめられた。この概念がいわゆる「緊急被ばく医療」である。

従来の被ばく医療は、放射線関連施設で「プラン

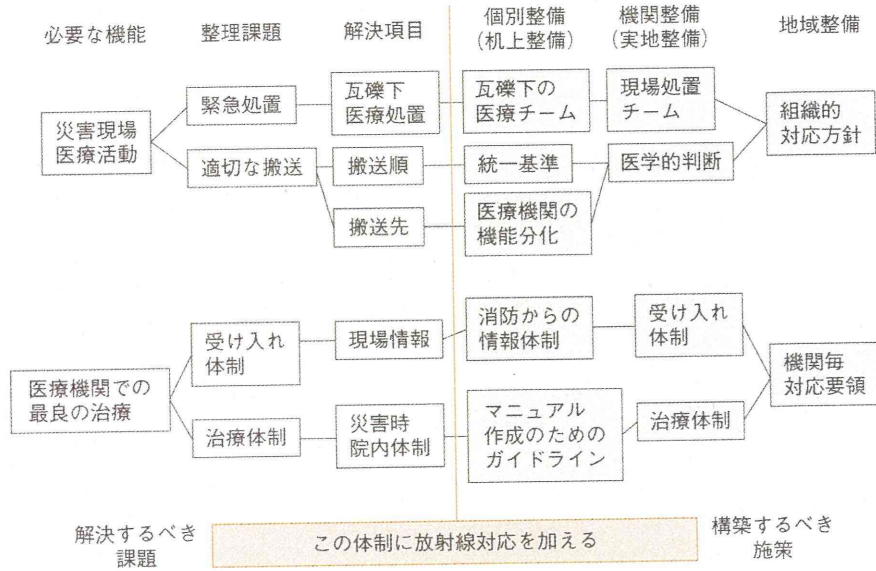


図2 地域における災害医療体制構築のための思考展開図

ト事故が起きた際の「近隣住民」を対象にすることが大前提であったが、「緊急被ばく医療」はそれらの前提をなくし、「放射線災害を被った人々」すべてに適切な医療を提供することを中心概念とした。それゆえ、「緊急被ばく医療」は地域における日常の救急医療体制・災害医療体制の上に構築されるべきものとされた。

### 5. 地域における災害医療が成立するための条件

われわれは、これまで災害医療に関するアンケート調査や医療分野以外の組織構築研究をふまえて、災害医療が成立するためには、①体制構築、②集団管理、③コミュニケーション、④医学スキルが必要なことを見出した<sup>1)</sup>。地域における緊急被ばく医療体制を構築するためには、地域の災害医療体制が構築されていることが大前提である。例えば北九州市では図2のような思考展開図<sup>2)</sup>を作成して地域災害医療体制を構築している。緊急被ばく医療体制としては、この体制以上のものが必要なわけではない。必要なのは放射線災害時にもこの体制が共通の概念

に基づいて稼働するための「集団管理」、提供される放射線情報に対して共通の理解が得られるという「コミュニケーション」、そして放射性物質の汚染管理という(必ずしも医学的ではないが)「医学スキル」である。

### 6. 緊急被ばく医療研修講座

放射線災害に対する地域医療体制は、地域ごとに地域防災計画の応急対応で定められている。これを充実強化すべく、「緊急被ばく医療のあり方」を受け2001年から原子力施設立地および隣接する19道府県(北海道、青森、宮城、福島、茨城、神奈川、静岡、新潟、石川、福井、京都、大阪、島根、鳥取、岡山、愛媛、佐賀、長崎、鹿児島)において、放射線災害対応にあたる消防、行政職員、医療従事者(医師、看護師、放射線技師、救急救命士など)を対象に「緊急被ばく医療研修講座」が開始された。

講座は、前述した考え方に基づいて①地域の医療体制、の上に放射線災害時における、②集団管理、③コミュニケーション、④放射性物質の汚染管理、を段階的に学べるように初級講座、基礎講座、専門

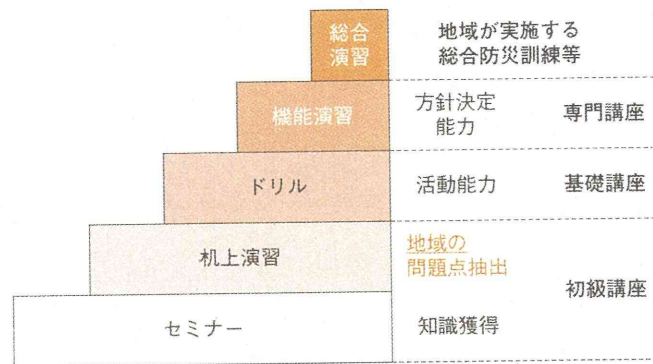


図3 原子力安全研究協会「緊急被ばく医療研修」の研修体系

講座から構成した、初級、基礎講座は原子力関係施設設立地および隣接地域において1日、専門講座は三次放射線医療施設および実際の原子力施設において2日間かけて実施される。研修は図3のような理論に基づいて構成されている。

回答している(図4)。

### 7. 講座は福島第一原子力発電所事故対応には役立ったのか?

福島第一原子力発電所は津波と爆発で瓦礫が散乱し、放射性物質が飛散した状況である。そのような中で作業員は汚染を防止するためにタイベックスーツで全身を覆い空気保護具を着けるといった二重の過酷さで事故収束作業にあっている。このような作業様態では、作業関連疾患としての熱中症、心筋梗塞、外傷などが発生することが懸念され、そして実際に発生している。まさに「放射性物質汚染を伴った救急患者」である。日本救急医学会はこれに対応するために前線基地である「Jビレッジ」に統括医師を派遣した。その際、派遣医師の要件としたのが「救急・災害医療のスペシャリストであると同時に、被ばく医療に関する十分な見識をもつ人材」である。実際に派遣されたのはすべて本研修を事前に受講していた医師であった。

また、今年度すでに実施した5地域の基礎講座に参加した303名のアンケートでは、80%が「福島に医療支援に行く際に、本講座は役に立つと思う」と

### 8. まとめ：地域における緊急被ばく医療体制の整備 —立地地域以外での取り組みの萌芽：福岡県—

福島第一原発の事態は、ひと度プラント事故が起これば、当たり前であるが県境などは関係ないこと、原発関連施設立地地域以外からも医療支援が必要なることを如実に示した。このような状況を理解した福岡救急医学会は(福岡県は原子力施設立地および隣接地域でないにもかかわらず)、放射線災害を日常の救急医療体制・災害医療体制に加えるべく委員会を設置して対応を開始した。この委員会には福岡救急医学会員である救命救急センターをはじめ、福岡県の防災関係部局、保健担当部局、福岡市消防局、福岡県医師会、糸島市医師会、自衛隊、それに原子力安全研究協会からも委員が参画している。地域での放射線災害対応に留まらずに、他地域で放射線災害が発生した際に医療従事者として支援に行けるべく、人材育成も行っていくこととされた。

福岡救急医学会における緊急被ばく医療体制構築のガイドラインを示して本稿のまとめとする。

- ・原発対応のみならず地域の放射線災害、テロにも対応できること。
- ・救急医学会のみならず、地域医師会や関係者と



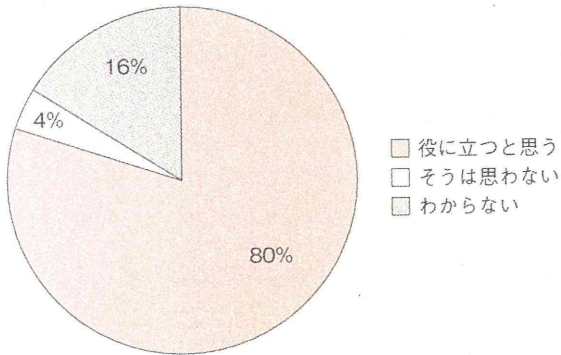


図4 緊急被ばく医療研修基礎講座参加者アンケート調査結果

一体となったものとする。

- ・地域災害対応の行政計画と整合性があり、災害医療体制の一部とする。
- ・情報の収集と提供ネットワークを構築する。

・技術と知識をもった人材の継続的育成を図る。

参考文献

- 1) 原子力安全研究協会：平成22年度文部科学省事業報告書，緊急被ばく医療における人材育成。
- 2) 畑村洋太郎：決定学の法則，文春文庫，2007

郡山一明（こおりやま かずあき）

1988年産業医科大学卒業，産業医科大学，九州厚生年金病院，北九州総合病院で研修，麻酔科指導医，救急科認定医。

王子野麻代（おおじの まよ）

2007年3月，福岡大学法学部法律学科卒業，2007年4月，社団法人福岡県医師会入社，2010年4月より公益財団法人原子力安全研究協会放射線災害医療研究所（2011年4月1日に公益財団法人に移行）勤務，現在に至る。

又野秀行（またの ひでゆき）

2000年横浜市立大学卒業，川崎大附属病院，福井県立病院で研修，日本救急医学会認定医。

\* \* \*

