

〔論 文〕

医療被ばくのリスク認識と求められるリスク対応

— 医療被ばくの医療倫理的考察 —

亀井 修*, 衛藤 路弘*

*日本文理大学保健医療学部保健医療学科

Risk Perception of Medical Exposure and a Required Response to Radiation Risk

— Medical Ethics Considerations of Medical Exposure —

Osamu KAMEI*, Michihiro ETO*

*Department of Health Sciences, School of Health Sciences, Nippon Bunri University

Abstract

Globally, diagnostic radiation exposure is among the highest in Japan. However, epidemiological studies on radiation exposure in medicine are limited, and thus, their effects are unknown. Although diagnostic radiation exposure is a low-dose exposure, experts have divided opinions on its risks; the radiation dose for X-ray computed tomography examination is approximately a dozen times higher than the natural radiation dose; therefore, the risks cannot be ignored. The risks of low-dose exposure cannot be scientifically proven because they are difficult to detect; however, they should be confronted using the principles of bioethics and behavioral science. In the field of medicine, a dose registry system and epidemiological studies to estimate the risks associated with radiation exposure and the effective response to the risk considering the various principles of bioethics need to be established.

キーワード：LNT モデル, 予防原則, 行動経済学, 生命倫理

Keywords : LNT model, precautionary principle, behavioral economics, bioethics

1. はじめに

日本の医療における診断のための医療被ばくは、一人当たりの年間平均線量が世界最高のレベルである（国連科学委員会：UNSCEAR2008年報告）。この医療被ばくの特徴は、人体に有害とされる放射線を、診断あるいは治療の目的で意図的に人体に照射する行為である。更に

職業被ばくや公衆被ばくは、法令によって被ばく線量が規制され、厳しい管理が行われているのに対して、医療被ばくには線量限度が法令により定められていない。これは患者個人に対する線量限度を適用すると、患者の診断又は治療の有効性を減少させることにつながり、照射する線量の量を制限することが医療上の便益よりも、むしろ損失になるとの考えが基本となっている⁽¹⁾。しかし、このことが今日までX線診断時における被ばく線

量の正確な測定が実施されず、また疫学的な影響の調査が定着しなかった原因でもありと考えられる。

英国をはじめ、米国、豪州では X 線検査の疫学データから計算された医療被ばくによる発癌リスクを検証した論文⁽²⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽¹⁵⁾が多く発表されているが、日本での医療被ばくにおける疫学調査についての論文が少ない理由は、前述した通りである。

2004年に英国において Berrington の論文⁽²⁾によって、日本の医療被ばくによるがん患者の推定数が出された時期に、日本においては西澤らによって日本の「CT 検査数および CT 検査による集団実効線量の推定」と題した論文が発表された⁽³⁾。その中で、西澤らは X 線 CT 検査（以下 CT 検査）による国民一人当たりの線量を 2.3 mSv と推定している。この数値から、2000年当時の人口から、CT 検査を実際に受けた国民の 1 回の検査による被ばくの線量の平均値は国民一人当たりの推定線量の約 3.4 倍で 7.8 mSv となる。前述したように日本における CT 装置の設置台数は、2020年の時点で人口 100 万人当たり約 111 台（2019年 OECD データ⁽⁴⁾）と、世界最高位となっている。2000年に西澤らが推定した 2.3 mSv という線量は 2020年において 2.0 mSv に減少している（生活環境放射線第 3 版⁽⁵⁾）ものの、残念ながら日本においては CT 検査数を正確に把握するためのシステム作りができておらず、結果として医療被ばくへの寄与も不正確なままとなっている。

本論文では、日本における医療被ばくの問題点を明らかにして、医療現場におけるリスク対応の在り方についての考察を行う。

2. 低線量被ばくの研究について

2-1 低線量被ばくと LNT モデル

前述のように、日本においては低線量の医療被ばくによる疫学的なリスク評価は、ほとんど行われてこなかった。しかし、放射線被ばくの影響を評価するための最適なサンプル数を有する疫学データとして、広島・長崎の原爆被爆者のデータを使用して、被ばくの影響についての疫学的な面から考察した数多くの論文がある。米国科学アカデミー（The National Academy of Sciences）は、いくつかの疫学データの調査結果から考えられた「しきい値なし直線仮説：LNT 仮説（以下 LNT モデル）」（図 1）を提唱した。これについて米国科学アカデミーの BEIR（電離放射線の生物学的影響に関する委員会）BEIR-VII 報告書「低レベルの電離放射線の被ばくから

の健康影響」：（2006年）⁽⁶⁾では、「どんなに低い線量でも DNA の損傷が生じ、それは確率的に変異とがんとに関連することから、リスクと線量の関係は LNT モデルで記述できる」としている。LNT モデルについては、図 1 のように被ばくの影響が被ばく線量ゼロから線量に比例して直線的に増加していく、との考え方が基本となっている。しかし、100mSv 以下の低線量被ばくの影響に対しては、その適応の是非について専門家の間で意見が分かれている。その中でフランス科学アカデミーでは、「低線量電離放射線」の発癌影響評価と線量因果関係」：（2004年）⁽⁷⁾において「100mSv 以下の線量域では、LNT モデルを適用することはリスクを過大評価することになる。」として LNT モデルに対して反対の立場をとっている。

（財）放射線影響研究所の寿命調査（LSS）コホート調査で、被ばく線量が判明している被爆者の中で、爆心地から 2,500m 以内で被爆した人の被ばく線量の平均値は 200mSv であり、そのリスクが有意となる最低線量は 150mSv であった⁽⁸⁾。この線量と反応の関係を小笹らの論文から引用して図 2 に示した⁽⁹⁾。この論文では、医療被ばくのような低線量被ばくにおいて、100mSv 未満（図 2 中の点線の部分）の被ばく線量のリスクの評価は、この被爆者の結果を 100mSv 未満に外挿した場合、線量と影響の関係において、統計学的に有意ではないため「評価不能」ということが現在の科学的知見となっている。しかし、国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection : ICRP）は LNT モデルを採用する立場をとっている。これは 100mSv 以下の低線量被ばくの場合、放射線被ばくによる確率的影響の発生は低い確率であっても、バックグラウンドを超えた放射線量の増加に比例すると仮定している為である。また、ICRP は科学的側面に加え、不確実な部分において「慎重」な側面を維持すると論じている⁽¹⁰⁾。したがって、確率的影響については LNT モデルを使用することがここでいう「慎重性」の内容であり、ICRP の提唱する「放射線防護体系」の基本的な原則としている。

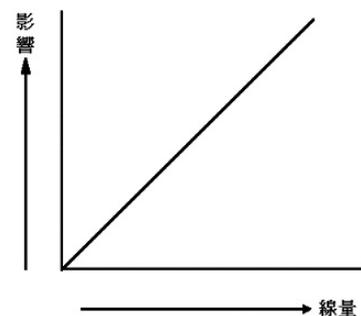


図 1 LNT 仮説モデル

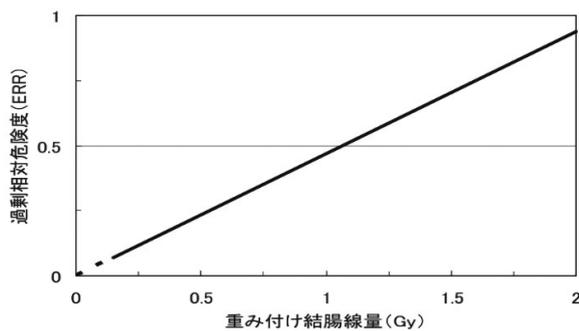


図2 広島・長崎における原爆被爆者の疫学調査

2-2 被ばくのリスクと予防原則

未知のリスクに対して、科学的な証明が不確実であっても、将来世代に悪影響を及ぼさないように何らかの手段を講じる必要がある。これを「予防原則」と呼んでいる⁽¹¹⁾。

予防原則は、もともと「ある活動が人の健康や環境に対して害となる脅威をもたらすときには、たとえ科学的にその因果関係が確立されていないとしても、予防措置がとられるべきである」とする考えである。つまり、不確実な「リスク」を対象にしている。この理論を、その影響が科学的に証明されていない低線量被ばくの「リスク管理」に当てはめられることができるか、ということがこの議論の中心となっている。

放射線被ばくの影響について、「安全」または「危険」の評価の対立ではなく、低線量被ばくのリスクが科学的に証明できないリスクと考えられることから、「予防原則」の適用が検討されることになる。

大塚のリスク社会と環境法⁽¹²⁾では、予防原則の適用について以下の三つの要件を示している。

①環境の脅威の評価に当たって、原因と損害との因果関係を証明するために科学的証明を必要としない。②起こりうる損害が重大か又は回復不可能であるおそれがある。③防止的行動は必要ないとするについて、行為者に証明責任を負わせる。この中で、①についての科学的証明は、前述したように低線量被ばくについて現在の科学的知見では有効な証明できないということになるので、因果関係の証明は必要ではないということになる。また②については「発癌」という損害は最終的に「死に至る」疾病でもあり、重大かつ回復不可能な結果となる。また③については「放射線を人体に照射する」という行為と「発癌」という結果は予見できても、「影響がない」ことの証明は不可能であるということができる。したがって、低線量被ばくのリスクの管理が予防原則に該当

することを疑う余地はない。

以上のことから LNT モデルは、放射線被ばくの影響に対しての「予防原則」に相当するということができる。しかし、LNT モデルを予防原則に用いることの問題点について、キャス・サンスティーンはその著書『恐怖の法則』の中で「人々は原子力発電が様々な健康や安全性へのリスクを持つという理由で恐れている。ある国が原子力に頼らず、代わりに化石燃料、とくに石炭燃料発電に頼ることになり新たな地球温暖化のリスクを作り出すことになる。⁽¹³⁾」と述べている。つまり、あるリスクに予防原則を適用することによって、別の新たなリスクが引き起こされる例を示している。このことを低線量被ばくのリスクに当てはめて考えたとき、LNT モデルにより低線量被ばくのリスクが強調されると、その結果 X 線検査を忌避する患者が出る事態も発生し、結果として新たな健康被害のリスクが増加するということにつながるおそれが生じる。このことは、今日まで医療現場において医療被ばくのリスクを明確にしなかった理由でもあり、その検査の忌避に対する代替検査を含めた対応が求められることになる。

2-3 低線量被ばくに関する研究

低線量被ばくに対する疫学調査結果については、これまでいくつか発表された。この疫学調査の方法には大きく分けて二つの方法がある⁽¹⁴⁾。一つは広島、長崎における原爆被爆者の疫学調査から得られた LNT モデルに、X 線検査による推定された被ばく線量を外挿して、そのリスクを推定する方法である。この手法による調査報告で有名な論文は2004年の英国の医学誌ランセットに掲載された Barrington の論文である⁽²⁾。この論文では医療の先進国と言われる日本を含めた15カ国の診断用 X 線装置の利用状況を文献調査し、それにともなって発生する癌患者の数を推定した。その結果、英国では X 線診断によって毎年約700件の癌患者が発生し、それは全体の0.6%であったと報告した。また、日本については、診断用 X 線の利用が最も多く、癌患者全体の3.2%にあたる7,587件の癌患者発生が見込まれるとの調査結果であった。この論文の記事は、2004年2月10日の朝日新聞と読売新聞の朝刊に「日本人のガンの3.2%は診断用 X 線が原因」という大見出しで報道された。この報道により日本国内の各種学術団体は、この論文の算定の根拠とした LNT モデルの低線量における不確実性を指摘して、結果の不当性を指摘する論調の論文が多く発表された。また、特に医療従事者はこの論文によって医療の現

場においてX線検査を拒否する患者が多数出て、現場が混乱することを懸念していたが、検査を拒否するような事態は報道されなかった。

疫学調査の二つ目は、X線CT検査などによる医療被ばく線量と実際の発がん死亡や罹患率との関係を追跡調査し、そのリスクを直接評価したものである。この手法で調査した報告として、Mathewsらは豪州で1985年から2005年の間にCT検査を施行された0～19歳の680,211人を対象にその発がんリスクの調査結果を報告した⁽¹⁵⁾。この報告では、全がんの発生比率が24%増加し、また脳腫瘍の発生率は2.44倍増加したとのことであった。また更に、この論文では、医療被ばくの影響が原爆被ばく者の寿命調査(Life Span Study : LSS)より高いリスクになったと指摘している。

以上の研究のほか、LSSに基づくLNTモデルは無効であると主張する研究者もいる。例えば、低線量被ばくは放射線ホルミシスがあるため原爆被ばく者は平均して長生きしており、癌に罹患する頻度が減少していると結論付けている。また、低線量被ばくの放射線ホルミシス〔注1〕を認めないLNTモデルは、人、社会、経済に多大な損失をもたらしているとしている。

このように低線量被ばくの疫学調査におけるリスク評価は、科学的に検討が十分でないために、混とんとした様相を呈しているが、いずれのリスク評価研究も我が国の公的な知見として受け入れられていない。

キャス・サンステーンが予防原則の機能不全で指摘したように、すべてのリスクを避けることは理論的に不可能であり、ひとつのリスクを避ければ別のリスクが新たに生まれることを常に想定しておかなければならない。放射線被ばくにおける低線量被ばくのリスクを考えたとき、医療行為の中には必ずリスクが存在することを認め、患者にどのような方法でリスクを伝えていくかを考える必要がある。

3. 被ばくに対するリスク対応

3-1 リスクに対する国民の恐怖と政府の施策

放射線の線量測定においては、統計学的な不確実性(誤差)が伴う。そして、低線量の放射線被ばくの影響については同様に不確実性が大きい。これは、疫学データの集計上のサンプル数が不足していることから、そのデータの有意性を証明することができないためである。一般的に、科学技術の不確実性は、自然科学的手法のみで解決することがきわめて困難である。科学的知見のみ

から解法を求めても、価値判断の方法を巡る論争となりがちである。この種の問題は、医療倫理学や行動経済学など人文社会科学系学問の学際的考察を援用することによって解決の糸口が見えてくる。

放射線被ばくの不確実性は、往々にして科学的知見より風評の方が人々の共感を得ることが多い。これは人間の認知心理学と密接に関連している、行動経済学の視点で説明すると分かり易い。特に日本では、2011年の東日本大震災の時の福島第一原子力発電所の事故〔注2〕による環境汚染に関連する日本政府の規制値の決定に至るプロセスは、その良い例であったとすることができる。ICRP2007年勧告ではこのような原子力発電所の過酷事故後の、緊急時における公衆の1年間の線量限度値として、20mSv～100mSvの範囲で限度値を勧告している⁽¹⁾。また事故が復旧した後の限度値として1mSv～20mSvの範囲としている。このICRPの勧告値に対して、日本政府は計画避難区域の線量限度を20mSvに設定し、その場合の土壌の除染基準を1mSvと決定した。この結果、除染土壌の大部分を一般廃棄物として処理できなくなり、大量の放射性廃棄物としての管理が必要となった。また、飲料水や一般食品の放射能濃度の変更は、福島県の農漁業の障害になり、風評被害を拡大し、内部被ばくに対する誤解の原因となった⁽¹⁶⁾。この基準設定に至る経緯でとくに目立ったのは、科学的知見を用いた専門家の判断ではなく基準値の決定に関わる政治家による、放射能に対する国民の恐怖心に配慮して決定した値であったということである⁽¹⁷⁾。

このように、科学技術社会論から見たリスク評価の最大の特徴は、「無視できない不確実性」と「科学と政治の密接な相互作用」であると考えられている。理想化された条件のもとで対象を研究する科学研究とは違って、実際の社会事象では現実社会のリアルタイムの事象を扱うため、観測、調査、分析が難しく、このため政府のとる政策では、通常期待されるような科学的確実性や厳密性には程度に限界があり、リスク管理上の政治的・価値的判断が関わる度合いも非常に大きくなる。ここ3年間の、新型コロナに対する政府の施策と専門家会議との関係において、感染症対策の専門家は純粋に感染予防の施策を要求するものの、政府は経済と防疫のバランスを優先する施策をとったことはその良い例であった。

3-2 低線量被ばくと行動経済学からの視点

前述したように、福島第一原発事故発生当時の日本における一連の基準値の決定のプロセスには、科学的な手

法による計算でリスクを求めめるのではなく、感情的に世論に迎合して決定した面が強かった。つまり原子力発電所の事故による「放射能は危険」という感情から、「安全」側に偏った厳しい基準値が選択された。これらの行動は、正確な科学的知見に裏付けられた情報ではなく、「放射能＝危険」という即座に思い浮かぶ感情から、「放射能を限りなく0に近づける＝安全」という意思決定になり、その結果放射能の規制値を安全側に設定する行動につながったと考えられる。したがって、行動経済学における利用可能性ヒューリスティックに該当する行動パターンであったということが出来る。

人々は「放射線の被ばく」のリスクについて、「原子力による放射線被ばくのリスク」と「医療被ばくのリスク」では前者の方のリスクがより大きいと感じている。また得られる利益については、原子力発電による公的な利益よりも、医療の検査による利益の方が大きいと感じている。これは原子力に対する「恐怖」から来る**代表性バイアス効果** [注3]^(13,18)が働いているものと考えられる。

このように、人間の認知メカニズムには科学的に裏付けされたデータによるものでなく、行動経済学的な判断に依存して移ろっていく**認知バイアスの要素**が強く、特に「放射能」や「被ばく」という言語についてはその傾向性が大きくなる。

3-3 実験による認知バイアスの検証

前節の認知バイアスを証明するために、大学の系列校である日本文理大学医療専門学校の学生（対象400名）に対して、簡単な実験を行った。この実験の目的として、学生たちには最初次のような説明文を示した。

説明文：『現代社会においては、医療や産業において原子力関連機器や放射線関連の機器などは必要不可欠なものになっています。しかし、2011年の福島第一原子力発電所の事故以来、一般的には「原子力」「放射線」「放射能」「被ばく」などの「言葉」に対しては、個々人でその「認識・理解」が大きく異なっていることが指摘されています。このアンケートを通して、それらの「言葉」に対する「認識・理解」の意思決定のプロセスについて、行動経済学による分析を踏まえ、今後の原子力および放射線関連の教育の在り方の改善につなげていきたいと考えています。』

この実験は、Web上のアンケート調査により、設問

に回答させる形で行った。また、アンケート調査期間：2022年8月17日～9月30日で、202名の学生から回答が得られた。

1) ①原子力のイメージについては、「A 原子力は常に危険である」と回答した割合は、37名18.3%であった。また、「B 原子力は使い次第で安全である」と回答した割合は139名68.8%であった。また、②原子力の従事者の被ばくについては、「A 原子力の放射線による被ばくは常に危険である」と回答した割合が、91名45%、「B 原子力の放射線による被ばくは量により安全である」と回答した割合は70名34.7%であった。また、③医療従事者の被ばくについては、「A 医療従事者の医療上の放射線による被ばくは常に安全である」と回答した割合は32名18.3%、「B 医療従事者の医療上の放射線による被ばくは量により危険である」と回答した割合は126名62.4%であった。これらの回答の結果を図3に示した。このアンケートの結果、「原子力の放射線による被ばくは常に危険である」と回答した割合（45%）が、「医療従事者の医療上の放射線による被ばくは常に安全である」と回答した割合（18.3%）よりも高くなっていることから、「原子力の被ばく」が「医療における被ばく」より危険と感じる割合が多いとすることができる。しかし、この結果は一つのアンケート結果のみに基づいており、特定のサンプル（医療専門学校の学生）に対して行われたものであるため、一つの法則性を導くためにはより多様な人々の意見や情報を考慮することが必要である。また、個々の回答者の背景や知識、経験も結果に影響を与える可能性があるが、今回のこの実験結果から、人々は「放射線の被ばく」のリスクについて、「原子力による放射線被ばくのリスク」と「医療被ばくのリスク」では「原子力による被ばくのリスク」をより危険と感じる傾向があるとと言える。

2) 「放射線」、「放射能」、「被ばく」に対する語句のイメージについて「A 常に危険と感じる」、「B それほど危険と感じない」、「C どちらともいえない」と質問し、それらのアンケート結果を図4に示した。「放射線」、「放射能」、「被ばく」の語句のイメージで「A 常に危険と感じる」はそれぞれ72名35.6%、105名52.0%、131名64.9%となっている。これは、広島・長崎への原爆の投下や、福島第一原子力発電所の事故による被害の大きさの象徴的な表現が「放射線被ばく」であったことに起因するものと考えられ、「被ばく」という語句に過剰な反応から**代表制バイアス**が働いたものといえる。

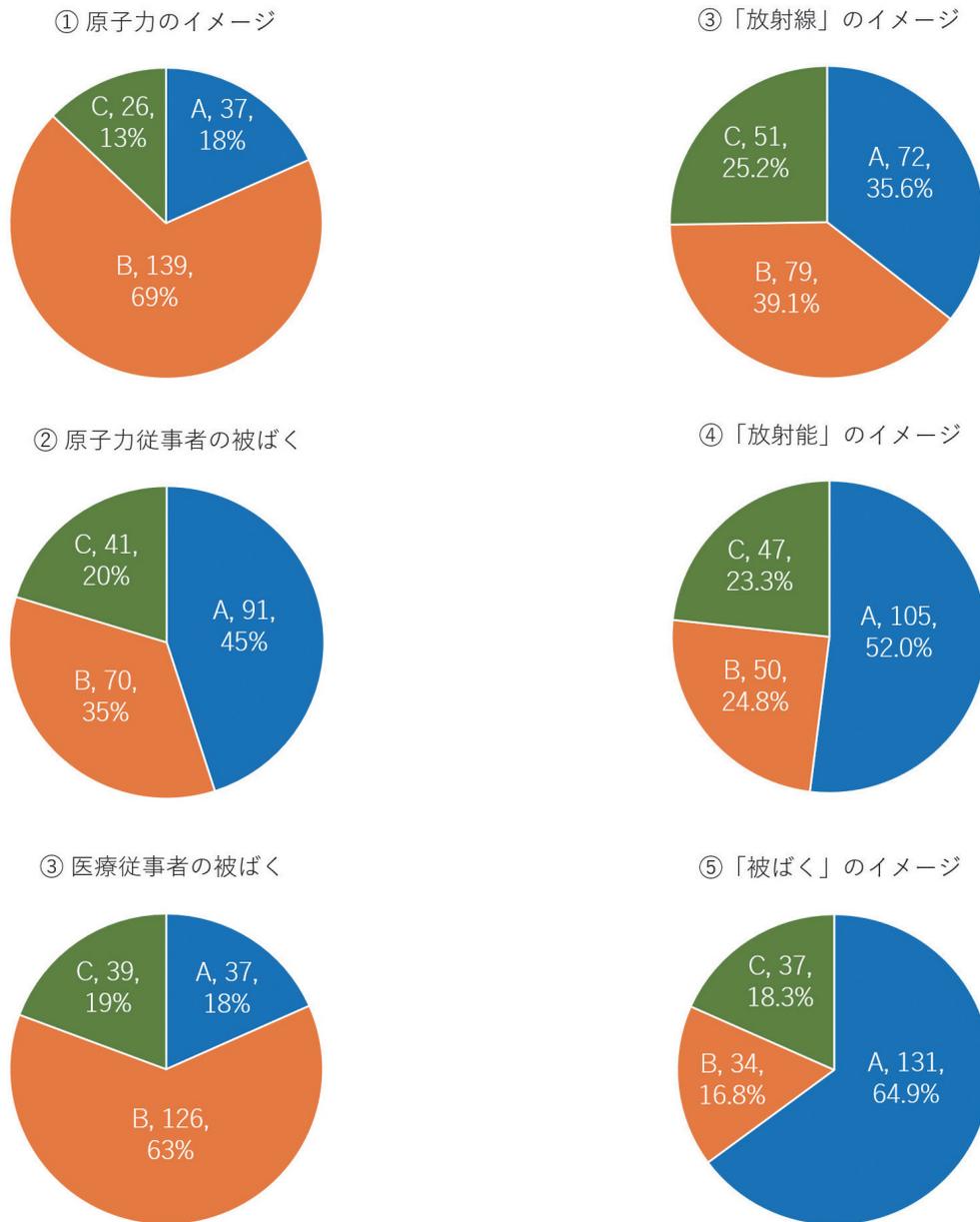


図3 原子力と原子力従事者の被ばく、および医療従事者の被ばくのイメージについてのアンケート結果

図4 「放射線」・「放射能」・「被ばく」のイメージについてのアンケート

4. 医療被ばくの生命倫理的視点

4-1 X線検査とパターナリズム

日本では疾病の診断のため、医師がX線検査の指示を出し、検査のため診療放射線技師が放射線を人体に照射することができることは「診療放射線技師法」に規定されている。診療放射線技師は医師の具体的な指示のもとに患者の身体にX線を照射することになる⁽¹⁹⁾。日本

の医療現場においては、医師が患者に対して、X線被ばくのリスクの説明や、またX線検査の可否について患者に検査の選択の機会を与えることはあまりない。つまりX線検査において、医師はパターナリスティックに検査の指示を出して検査を行うため、そこに患者の意思や希望の介入する余地はほとんどなかった。しかし、放射線被ばくというリスクを有するX線検査について、そのリスクを説明せず、患者に検査法の選択の機会を与えずに、強制的に検査を行うことは、パターナリズム〔注4〕であり患者の自己決定権の侵害になると考える

ことができる。

このように日本の医療においては、医師が疾病の診断のためにX線検査を指示する際、患者の同意についてはあまり考慮されていない。米国においても、外科的処置、腰椎穿刺、さらにはCT検査時の造影剤などの静脈内（IV）薬物の投与については、患者に説明し理解を得るインフォームド・コンセントの実施はすでに採用されているが、CT検査の前に患者のインフォームド・コンセントを実施するという法律の規定はない。したがって、患者に被ばくを与える際の必要な要件は、以下に論じるような「行為の正当化」を満たす場合であると考えられる。また、胸部写真1枚の被ばく線量は微々たるものであるが、CT検査のように被ばく線量が比較的大きく、そのリスクが無視できない場合、患者に対してそのリスクの説明が必要になることは疑う余地はない。しかし、患者がX線検査におけるリスクの説明によって、結果的にX線検査を拒否した場合、医療者側の対応について検討が必要となるが、被ばくのないMRI検査などへの代替を検討することになる。

4-2 放射線検査と医療倫理

今日の医療において放射線を用いる検査では、それぞれの専門領域における、エビデンスを考慮したガイドラインに沿ったものでなくてはならない⁽²⁰⁾。それを踏まえた「規則功利主義」の立場から、患者の疾病の治癒を目的とした「行為の正当化」が担保されていることが前提となる。つまり、診療上において検査の為に放射線を利用することは、医師の業務における「善行原則」上許されている行為であるが、また、放射線による被ばくは、一定の有害事象を伴ったリスクが存在する為「無危害原則」に抵触することになる。これらの原則を踏まえて、「行為の正当化」とは、ピーチャム・チルドレスが主張するように「無危害原則」と「善行原則」の対立における両原則の比較考量となる⁽²¹⁾。もともと、「行為の正当化」は患者の自律尊重についての配慮が欠落していたが、現在の医療においては「自律尊重原則」という患者の自己決定の尊重が必要条件になっている。

医療者におけるパターンリズミ的な行動の背景には、二つの意図が存在すると考えられる。一つは、疾病の治療をするためには、検査などによって診断しなければならない。したがって、X線検査は一連の治療行為に含まれているため、被ばくのリスクの説明は不要とする考え方である。二つ目は、医師はX線検査による発癌リスクが少なからずあることは知っている。しかし、わずか

であってもX線のリスクを患者に告げた場合、日本における一般市民は原爆の被爆の恐怖を想起し、その結果患者は検査を拒否するかもしれない。そこで、患者に被ばくのリスクを伝えることは、患者の利益にはならないと考えている。したがって、患者の利益の為に被ばくのリスクの説明は不要とする考え方である。しかし、いずれにしても、X線検査による将来のリスクを説明しないことは、リスク情報の開示がなされておらず、結果的に患者の自律的選択の権利を侵害することになる。

4-3 X線検査のインフォームド・コンセント

現在の医療では、「自律性の尊重」、「人格の尊重」、そして「尊厳の尊重」は、インフォームド・コンセントの実施が重要となっている。ピーチャムらによれば、このインフォームド・コンセントには二つの意味があるとしている⁽²¹⁾。一つは、患者や被験者の自律的選択と二つ目は法的に有効な「同意」である。インフォームド・コンセントにおける説明の場において、医療行為の危険性（リスク）の説明と代替可能な医療の説明が必要となる。また患者が自律的に判断するためには、情報の開示が必須となる。危険性の説明においては、それぞれの国の医療の水準との兼ね合いもあるが、X線検査で特に問題となっているのは、被ばくのリスクに関する情報である。X線検査の指示を出す医師は、そのリスクについての情報をあらかじめ知っておくことは特に重要である。患者に対してX線検査におけるリスクの説明を行い、検査の同意を得ることになる。また、前述したように患者がX線検査を拒否した場合の代替検査については、CT検査の代わりにしてMRI検査実施することが可能であるか、あらかじめ検討しておく必要がある。特に、MRI検査の場合は、金属の装着等がある場合は禁忌となる場合が多い。もし、CT検査の代替としてのMRI検査が実施できない場合、超音波検査などの代替検査の選択や、X線検査が実施できない場合のリスクの説明もあらかじめ検討しておく必要がある。

CT検査における被ばくのリスクを開示した場合の、検査の拒否について米国に次のような報告がある。Lisa H. Merck (2015)らは実際の医療現場におけるCT検査のインフォームド・コンセントの影響の調査として、CT検査時の被ばくによる発癌等のリスクを書面にして救急患者に提示する方法で、インフォームド・コンセントを行った。その結果、低リスクの救急患者において、CT検査の指示が24%低下したと報告している⁽²²⁾。

X線検査のインフォームド・コンセントの実施に当

たっては、医療者側の周知な準備はもちろんのこと、患者の心情に配慮した行動変容が要求されることになる。

インフォームド・コンセントで最も難しいことは、発癌のリスクの説明である。Lisa H. Merck らが用いた書面には、腹部のCT検査により実効線量として7~20 mSvの被ばくがあること。そして、癌にかかるリスクを、10,500~30,000マイルを走行して自動車事故に遭遇するリスクとほぼ同等であると記載している。また、発癌の程度は検査した患者5,000~10,000人に一人としている。CT検査を拒否して、MRIや超音波の代替検査を選択した場合、深刻な生命を脅かす疾患を見逃すリスクがあると記載している⁽²³⁾。このような書面によるインフォームド・コンセントで、患者が被ばくのリスクについてどれほど理解できたかは少し疑問が残る。また、MRIや超音波などの代替検査を選択した場合の、疾患の見逃しのリスクの記載は、文面のみでは理解しにくいかもしれない。

したがって、X線検査時のインフォームド・コンセントの実施方法として、書面とともに患者の理解度に合わせて医師と診療放射線技師が連携して口頭での説明を行う必要があると考える。

5. 最後に

放射線被ばくと生命倫理との関係については、2018年にICRP Publication138が刊行されるまでの長い間、ほとんど議論されてこなかった⁽¹⁰⁾。これは、被ばくという行為が極めて科学的な現象であり、多くの科学者が生命倫理とはなじまないと考えていたからである。しかし、放射線の物理学的、生物学的影響は放射線の発見の当初から研究がなされ、近年に至っては遺伝子レベルでの影響も明らかになっている。この間キュリー夫人をはじめ多くの科学者は、放射線の被ばくによる自らの身体的ダメージを知りつつも献身的に実験を続け、科学の発展に身を捧げて来た。それらの成果により、人類は原子力というエネルギーを得ることになり、また医療分野ではX線診断装置など素晴らしい成果を手に入れることができた。しかし科学の発展は、広島・長崎への原子爆弾の投下という愚を犯し、その結果人類は放射線による全身被ばくの影響を改めて思い知ることになった。また、更に日本は2011年に福島第一原子力発電所の事故による放射線災害も経験して、放射性物質による環境汚染の重大性を目の当たりにした^(24,25)。反面、医療における放射線被ばくは、健康の増進という対価を有するため甘受し、その影響については疑うこともなかった。

現在の医療は、人間の尊厳と自律尊重に軸足を置き、公共の利益のため個人が犠牲になるようなことは許されなくなった。未知のリスクに対峙し克服するためには、これまでの科学技術のみの知見では力不足であり、生命倫理学や哲学などの学際的分野の知識と洞察力が必要とされている。

医療被ばくは低線量被ばくであるとはいえ、検査の内容によっては合計被ばく線量が100mGy (mSv)を超える場合もあり、被ばく線量の測定を行って将来的なリスク評価に備える必要がある。日本においては長い間、医療被ばく線量の測定が義務づけられていなかった。それは、前述したように、低線量被ばくはリスクが低いため、測定する必要性が低いと考えられて来たことにある。また、CT装置のように高価な医療機器を導入するコストのため検査数を増やすことが優先された結果とも考えられる。しかし、医療において放射線被ばくを伴う検査にインフォームド・コンセントが行われていけば、当該検査における被ばく線量の評価と、リスクの説明が必要になる。そのために、被ばく線量の測定を医療機関が連携して行うことが要求される。また、「職業被ばく」と「医療被ばく」は、被ばくの形態は違っても被ばくという物理学的・生物学的現象に違いはない。放射線の感受性が高く特定の遺伝子を有する被験者へ、被ばくを与える行為は、極めて慎重に行う必要がある。

日本の政府は、ようやく2020年4月より医療被ばく記録の義務化を決定したが、正確な線量の測定にはまだ程遠い状態である。今後、日本が取り組むべき作業は、第一に正確な医療被ばくの線量測定である。そして第二に被ばくによるリスクの推定するための線量登録制度と疫学調査の確立である。そして、最後に被ばくのリスクを生命倫理学の諸原則に照らした時、有効と考えられるリスク対応が求められる。

謝辞

この論文では、日本文理大学医療専門学校の学生に対してアンケート調査を行いました。アンケートの実施において、同校の診療放射線学科の小野泰司学科長、臨床検査学科の矢野真美学科長、臨床工学科の仲野克利学科長には大変お世話になりました。その他、関係していただいたすべての先生方に、この場をお借りして感謝申し上げます。

注

[注1] 放射線ホルミシス：大量では有害な作用をするものが、わずかな量だと人体に生理的な刺激を与えて活発化させる現象をホルミシス効果と呼ぶ。毒物学には昔から「少量の毒物は刺激的である」という法則があるくらいで、薬品や抗生物質はこの法則に照らして使われている。同じように、少量の放射線は生物の活動を活発にすることがわかってきた。放射線が照射されて生物の中でイオン化などが起こると、ホルモン作用が活発になってかえって人体の防御機構が働き出すことをいう。

[注2] 東日本大震災は、2011年（平成23年）3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による災害およびこれに伴う福島第一原子力発電所事故による災害である。大規模な地震災害であることから大震災と呼称される。東日本各地での大きな揺れや、大津波、火災等により、12都道県で2万2,000人余の死者（震災関連死を含む）・行方不明者が発生し、これは明治以降の日本の地震被害としては関東大震災、明治三陸地震に次ぐ規模となった。津波の影響により、東京電力の福島第一原子力発電所で発生した炉心溶融（メルトダウン）など一連の放射性物質の放出を伴った原子力事故となった。

[注3] 代表性バイアス：ある集合に属する事象がその集合の特性をそのまま表しているという意味で「代表している」と考えて、頻度や確率を判断する方法で、この場合は「原子力」が「危険」を代表していると考えること。

[注4] パターナリズム：強い立場にある者が、弱い立場にある者の利益のためだとして、本人の意志は問わずに介入・干渉・支援することをいう。温情主義、父権主義、とも言われ、親が子供のためによかれと思っただけから来ている。医師と患者の関係では、提供者・受領者として非対称の関係であり、以前からパターナリズムは患者の利益（生存、健康）を保護するためであるとして、医師が患者に干渉し、その自由・権利に制限を加えることを当然視する傾向があり、自己決定権の侵害が問題となった。

参考文献

- (1) ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP.37, 2-4 (2007).
- (2) de González, A. B. and Darby, S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet*. 363, 345-351 (2004). doi: 10.1016/S0140-6736(04)15433-0.
- (3) Nishizawa, K., Matsumoto, M., Iwai, K. and Maruyama, T. Survey of practice in Japan and collective effective dose estimation. *Nihon Igaku Hōshasen Gakkai Zasshi*. 64, 151-158 (2004).
- (4) OECD Health Statistics. Frequently Requested Data. 2020. <http://www.oecd.org/health-system/health-statistics.htm>. Accessed 01 Dec 2020.
- (5) Radiation in the Living Environment (calculation of national dose), 3rd ed. Living Environment Radiation Editorial Committee (Japanese). 129-146 (2020).
- (6) The National Academy of Sciences, "Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2", 2006.
- (7) Dose-effect relationship and estimation of the carcinogenic effects of low doses of ionizing radiation: The joint report of the Académie des Sciences (Paris) and of the Académie Nationale de Médecine Maurice Tubiana, M.D. VOLUME 63, ISSUE2, P317-319, OCTOBER 01, 2005. <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>. Accessed 15 Nov 2020.
- (8) Ozasa, K., Shimizu, Y., Suyama, A., Kasagi, F., Soda, M., Grant, E. J., Sakata, R., Sugiyama, H. and Kodama, K. Studies of the mortality of atomic bomb survivors, report 14 : 1950-2003. an overview of cancer and noncancer diseases. *Radiat. Res.* 177, 229-243 (2012). doi: 10.1667/rr2629.1.
- (9) Ozasa, K. Epidemiological survey of atomic bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki. *Journal of Kyoto Prefectural University Medicine*. 120, 903-911 (2011).
- (10) ICRP, 2018. Ethical foundations of the system of radiological protection. ICRP Publication 138. Ann. ICRP47 (1). <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20138>. Accessed 07 Dec 2020.
- (11) Hayes, A. W. The precautionary principle. *Arh. Hig. Rada. Toksikol.* 56, 161-166 (2005).
- (12) Otsuka, T. Research on environmental risks from the viewpoint of Japanese environmental

- law and policy. *Pn. J. Risk Anal.* 26, 91–96 (2016).
- (13) Sunstein, C. R. *Laws of fear: Beyond the precautionary principle*. Cambridge: Cambridge University Press; 2009.
- (14) Takemura, K. and Murakami, H. Probability weighting functions derived from hyperbolic time discounting: psychophysical models and their individual level testing. *Front. Psychol.* 7, 778 (2016). doi: 10.3389/fpsyg.2016.00778.
- (15) Mathews, J. D., Forsythe, A. V., Brady, Z., Butler, M. W., Goergen, S. K., Byrnes, G. B., Giles, G. G., Wallace, A. B., Anderson, P. R., Guiver, T. A. et al. Cancer risk in 680000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *Br. Med. J.* 346, f2360 (2013). doi: 10.1136/bmj.f2360.
- (16) Tanaka, S. I can't see the Health Physics Society! *Jpn. J. Health Phys.* 53, 133–134 (2018). doi: 10.5453/jhps.53.133.
- (17) Basic Information on Radiation Risk (Japanese). <https://www.reconstruction.go.jp/english/topics/RR> Accessed 29 Oct 2020.
- (18) Tomono, N. *Behavioral economics*. Tokyo, Japan: Kobunsha; 2006.
- (19) Radiological Technologists. http://www.jart.jp/en/profile/about_jart_index.html Accessed 31 Oct 2020.
- (20) The Japanese Imaging Guideline. http://www.radiology.jp/content/files/diagnostic_imaging_guidelines_2013_e.pdf. Accessed 17 Dec 2020.
- (21) Beauchamp, T. L. and Childress TF. *Principles of Biomedical Ethics*. New York: Oxford University Press; p. 454 (2001).
- (22) Merck, L. H., Ward, L. A., Applegate, K. E., Choo, E., Lowery-North, D. W. and Heilpern, K. L. Written informed consent for computed tomography of the abdomen/pelvis is associated with decreased CT utilization in low-risk emergency department patients. *West. J. Emerg. Med.* 16, 1014–1024 (2015). doi: 10.5811/westjem.2015.9.27612.
- (23) Smith-Bindman, R., Lipson, J., Marcus, R., Kim, K. P., Mahesh, M., Gould, R., González, A. B. and Miglioretti, D. L. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *Arch. Intern. Med.* 169, 2078–2086 (2009) doi: 10.1001/archinternmed.2009.427.
- (24) Yamashita, S., Suzuki, S., Shimura, H. and Saenko, V. Lessons from Fukushima: latest findings of thyroid cancer after the Fukushima nuclear power plant accident. *Thyroid* 28, 11–22 (2018). doi: 10.1089/thy.2017.0283.
- (25) Fukushima Revitalization Station. <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal-english/>. Accessed 17 Dec 2020.