

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 12 日現在

機関番号：11101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2015

課題番号：24656562

研究課題名(和文)被ばく歴を考慮した実効線量制限値設定システムの開発に関する研究

研究課題名(英文)The research about the readjustment system at effective dose limit of including exposed information.

研究代表者

樽澤 孝悦(tarusawa, kohetsu)

弘前大学・保健学研究科・講師

研究者番号：90125451

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：放射線作業者の被ばくによる生涯リスクは、被ばく線量の他に被ばく時の年齢によって変化するが、実効線量限度の値はこれらに依存しない一律な値に規定されている。そこで被ばく歴や被ばく時の年齢を考慮した線量限度値を示すため、国際放射線防護委員会のリスク算定法により、通常業務での被ばく限度値から算出した生涯リスク量を基準損害指標値とし、この値を超えない最大の実効線量限度値を求め、これを実効線量限度の制限値とした。この値は、生涯リスクを増加させずに新たな実効線量限度の制限値の選択を可能とするため、実効線量限度の適用に新たな道を開くものとする。

研究成果の概要(英文)：The value of effective dose limit of the worker doesn't depend on the history of being exposed to radiation of the individual, but the age and the exposed dose when being exposed to radiation change the lifetime risk. Therefore, we got the risk quantity of the typical variety from the value of the effective dose limit which ICRP recommends and we made this standard risk index-value. We computed lifetime risk quantity about the pattern of being exposed to radiation with various age and dose, and we sought the readjustment value of the biggest effective dose limit which doesn't exceed standard risk index-value. Also, it opens up new roads to make the choice of the new practical effective dose limit without increasing lifetime risk.

研究分野：放射線安全管理学

キーワード：実効線量限度 被ばく歴 生涯リスク

1. 研究開始当初の背景

放射線作業者の被ばくによる生涯リスクは、被ばく線量の他に被ばく時の年齢によって変化するが、現実には放射線管理業務の簡便化などの理由により、実効線量限度の値はこれらに依存しない一律な値が勧告・規定されている。このために、緊急作業の従事者や不慮の被ばく等により実効線量限度を超えた作業には長期間の就労不可等の問題を、また、原子炉事故や炉の解体作業等に際し、被ばく線量に余裕のない高い技能を持つ技術者の人員確保の問題が生じている。さらに、現行の一律な被ばく限度による規制は、「絶対に超えてはならない値」として社会に受けとられるため、様々な社会不安を生み出している。そこで、これらの諸問題を解決するための新たな被ばく線量規制方法や考え方が必要とされている。

2. 研究の目的

現在の画一的な被ばく線量限度の設定方法に代わる被ばく制限方法の可能性を示すことを目的とする。そのために被ばくによる年線量の規制を、過去の被ばく歴を考慮した生涯リスクによる規制方法の具体例により、柔軟かつ合理的で、被ばく制限値を自ら選択可能な被ばく限度の設定を可能とすることを示す。また、リスクの大きさを考慮するというこの方法は、特に被ばくリスクの大きい若年時の被ばく低減を意識させる被ばくの安全管理方策にも適っていることも示す。

3. 研究の方法

本研究は放射線作業者の時系列の被ばく歴データから生涯リスクを計算し、過去の被ばく歴の異なる個々の作業ごとに適用すべき実効線量限度を制限する値を求めるものである。具体的には次の(1)から(4)の方法により制限値の適用方法・例を示し、(5)により社会的受入を模索するものである。

(1) 被ばく歴を反映する制限値の設定：ICRP1990年勧告の生涯リスク算定方法に従い、18歳-64歳の就労期間中に毎年20mSv被ばくしたときの寄与生涯がん死亡確率を基準指標値とし、種々の被ばく線量の緊急作業を1回行った場合に、この基準指標値を超えないその後の毎年の被ばく限度値を制限値として求めるものである。

(2) 年齢依存型被ばく制限値の設定：ICRP1990年勧告に記載されている18歳-64歳の就労期間中に毎年20mSv被ばくしたときの生涯の損害指標値6項目を基準指標値とし、いずれの指標値をも超えない18歳-64歳まで直線となる被ばく限度を制限値として数パターン求める。これは、途中から遷移可能な被ばく限度の選択可能性を示すものである。

(3) 緊急作業の間隔と制限値の設定：日本の放射線関係法令では、放射線作業従事者の実

効線量限度を年間50mSv、5年間100mSv、緊急作業100mSvと規定されている。しかし、その回数や間隔、その後の通常作業の被ばく限度の値を制限する規定はない。本研究では、寄与生涯がん死亡率の基準損害指標値に依り、緊急作業の年齢・回数・間隔と、その後の通常作業における被ばく限度の制限との関係を明らかにするものである。

(4) 定年延長時の被ばく線量制限の設定：1990年のICRP勧告に用いられる就労期間を超えて放射線作業を行う場合についての被ばく制限を試みた。また、就労開始時期の遅延と定年延長の関係を、被ばくリスク量から考察するものである。

(5) 被ばく制限値の社会的受け入れ：被ばく限度を超えた者の過去の時系列被ばくデータと生涯リスクの基準指標値を基に、その後の作業に適用される一律な実効線量限度に加えて作業員毎の新たな制限値の設定が広く受け入れ可能か否か、また、その後の複数の被ばくパターンと制限値を放射線作業員自身が選択するという考え方が、放射線安全管理実務上広く受け入れ可能か調査する。

4. 研究成果

(1) 被ばく歴を反映する制限値について

基準損害指標を上限値とするこの方法では、20歳以下で法律上も可能な100mSvの1回被ばくを受けた場合、制限値は法律上の被ばく限度の20mSv/yより低い値となる。これにより若年時の大量被ばくを避けるか、または被ばく限度の制限をすべきであり、若年時の高い過剰リスクの生物学的知見からの要請とも整合する合理的な制限であることを示すことができた。年齢区分、被ばく歴の変化による制限値の計算結果を表1に示す。

表1 100mSv/yの被ばくを受けた場合の制限値

被ばく歴* (mSv/y)	年齢区分毎の制限値 (各区分の最初の年に100 mSv/yの被ばくを受けた場合)					
	18-64	20-64	30-64	40-64	50-64	60-64
0	16	18	38	65	127	554
1	16	18	37	63	122	526
2	16	18	36	60	116	498
3	16	17	35	58	110	471
5	16	17	33	53	99	415
10	16	17	27	40	70	275
15	16	16	22	28	41	136
20	16	16	16	15	13	-

* 17歳までは被ばく歴はなし

しかし、制限値が 100mSv/y を超える場合には 1 回の被ばくが 100mSv 以下に制限されるべきであろう。このような要件の下で、緊急被ばくや事故等による不慮の被ばくにより、医学的な要請がなくても、被ばく歴や年齢によっては確率的影響面から生涯リスクを考慮して、実効線量限度は制限されるべきである。確率的影響を問題とする線量範囲にあっては、作業者の身体にとっての被ばくリスクは「通常作業」か「緊急作業」かの区別は本来的には存在しない。特定の高い線量の被ばくが予想される作業者に対しては、確定的影響面からの制限や医学監視はもちろん必要であるが、確率的影響についても、通常・緊急の区別をしない被ばく線量値でリスク量を算定し、必要な被ばく制限を行う必要性を示すことができた。同時に、そのリスク内容をもって、複数の被ばく制限値の中から、作業者自身の選択も可能となるであろう。さらに、この制限値は、高線量被ばく作業に際して、現場の複数の放射線作業者の選抜の要件として有用であろう。即ち、必要に応じてその後の実効線量限度値の制限値の設定(または選択)を可能とすることができるため、実効線量限度を超えても継続した放射線作業が可能となる場合があり、労働者の権利と生活が担保されることになる。

実効線量限度を超えて算出される制限値は「生涯リスク量」を「短期間リスク量」に振り替えた結果であり、結果自体に矛盾は生じていない。算出された制限値は「20mSv/y 相当の生涯リスクを不均等に目一杯振り替える」ことを条件としたものである。従って、算出結果を特定の被ばく状況にそのまま実効線量限度相当と見なして適用させることを意図したものではない。実効線量限度を超えるような大きな値の制限値は、実効線量限度値と似ていても、趣旨は異なるものであることに特に注意を要する。

被ばく線量制限を目的とした制限値の利用法は次のようになる。もし、200mSv の被ばく線量を伴うと予想される場合、当該作業終了後の通常作業に適用する実効線量限度の値として 20mSv/y を希望・採用する作業者の場合は、表 2 より、30 歳の作業者では過去の被ばく歴が 10mSv/y 以下の者、40 歳、50 歳の作業者では過去の被ばく歴が 15mSv/y 以下の者に限定すれば「緊急作業に従事しても通常作業の生涯リスクの超過はない」ということになる。これが 20 歳の作業者にあっては、仮に過去の被ばく歴が 0 mSv/y であったとしても 20mSv/y の実効線量限度の設定は大きすぎる値であり、当該作業の作業者とするには不適であることを意味している。詳細を表 2 に示す。論文「被ばく歴を考慮した実効線量限度の制限設定に関する研究」には、年齢 18, 20, 30, 40, 50, 60 歳で、今年度の被ばく線量が 0, 20, 50, 100, 200, 500 mSv の場合について、前年までの被ばく歴が 0, 1, 2, 3, 5, 10,

15, 20 mSv/y である放射線作業者の、その後 64 歳まで一様である被ばく制限を繰り返し計算により、基準損害指標値の値を超えない最大値を制限値として示している。

表 2 200mSv/y の被ばくを受けた場合の制限値

被ばく歴* (mSv/y)	年齢区分毎の制限値 (各区分の最初の年に 200 mSv/y の被ばくを受けた場合)					
	18-64	20-64	30-64	40-64	50-64	60-64
0	11	13	34	60	119	526
1	11	13	33	58	113	498
2	11	13	32	55	107	470
3	11	13	31	53	101	442
5	11	12	29	48	90	387
10	11	12	23	35	61	247
15	11	11	18	23	32	108
20	11	11	12	10	4	-

* 17 歳までは被ばく歴はなし

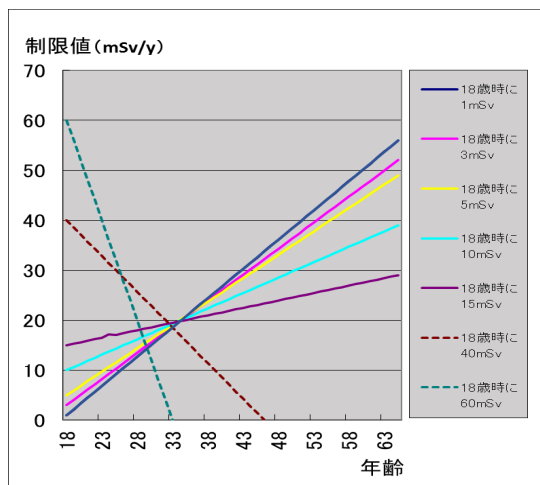
(2) 年齢依存型被ばく制限値について

損害指標値で表される被ばくによる生涯リスクの検討結果から、年齢に伴って変化する被ばく線量限度の制限値を設定した。18 歳時での被ばく線量を 1,3,5,10,15mSv/y と設定し、18 歳-64 歳間を直線で結んだ被ばく線量限度パターンをもとに作成した時系列の年被曝データから損害指標値を算出した。基準となる ICRP の 20mSv/y 時の 6 種類の指標値 (寄与生涯がん死亡確率、 寄与がん死亡の平均預託確率、 18 歳時における平均余命の損失、 がん死の場合の寿命損失、 70 歳時におけるがん死亡の年過剰確率、 寄与死亡が最も起こりやすい年齢) の全てが安全側となる 64 歳で最大の線量の直線パターンを制限値とした。制限値を図 1 に示す。

ICRP が勧告する平均 20mSv/y という一律の線量限度に対し、算出した制限値は、若年期の被ばくを低く設定すれば、将来の被ばくは、勧告されている線量限度を超える設定が可能であることを明白に示すことができた。逆に、同手法により 18 歳時に 40, 60mSv/y の被ばくをした場合で求めた直線の制限値では逆勾配となり、64 歳に達する以前に制限値が 0mSv/y となる。これらの結果から、若年時の被ばく歴が少なければ、中高齢時に高い被ばくを受けた場合でも、必ずしもすぐに法令違反や被ばく制限の適用を考える必要はないことを示している。また、特段の医学的要請がなければ、将来の被ばく限度を作業者自身が複数の制限値の中から選択することが可能となる。また、雇用者側も高線量被ばく作業に関し、計画的な被ばく管理と作業

交渉の合理的根拠とすることが可能となる。

図1 年齢依存型被ばく制限値



(3) 緊急作業の間隔と制限値について

緊急作業における線量を1回100 mSv、作業回数を1, 2, 3, 4, 5回、作業間隔を0, 1, 3, 5年、作業開始年齢を20, 30, 40, 50歳とし、過剰相対リスクはUNSCEAR 2006 ANNEX A Table 45の値を用い、評価年齢を70歳とし、過去20mSv/y被ばくし、緊急作業間隔の間は被ばくを受ける作業はしないものと仮定して、生涯のリスク量を変えず、緊急作業後の通常作業の制限値を求めた。概念を図2に示す。

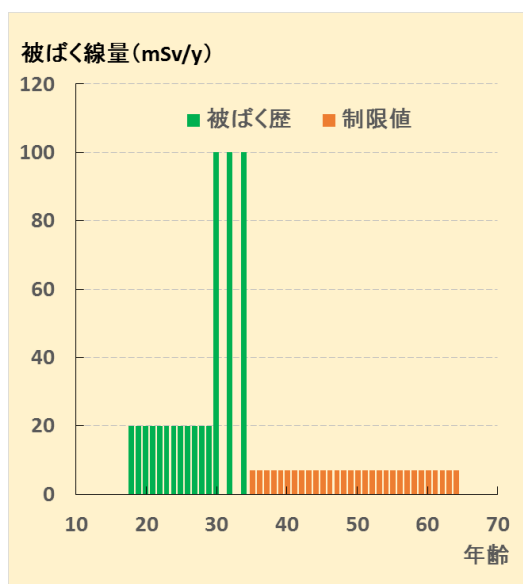


図2 緊急作業後の通常作業の制限値の概念図

緊急作業開始年齢が高齢になるにつれ、また緊急作業回数が増えるにつれ緊急作業後の制限値は減少する傾向にあった。緊急作業間隔を大きくとるほどこの制限値は高く算出された。緊急作業における線量を1回100 mSv、作業回数を3回、作業開始年齢を30歳とした場合、5年空けると16 mSv/y、3年で10 mSv/y、0年で6 mSv/yとなった。緊急作業後の制限値の計算結果を表3に示す。な

お、表中 - 印は、この制限値が設定できなかった(負の値の)箇所である。

厚生労働省労働基準局(基発0428第1号)には、緊急作業における被ばく線量が100 mSvを超える者については、5年間の残りの期間については被ばくする作業に就かせないとする旨の通知がされている。制限値算出結果より、緊急作業での被ばく線量が等しい場合、緊急作業間隔を空けると20 mSv/yの値に近づくことから、本研究の結果と合致し、この通知には本研究と同意図の合理性を見出すことができる。しかし、同時に、限度を超え、または複数回の緊急作業を行った場合、その後の放射線に係る作業を画一的に処理するという現在の方式の他にも、将来分の限度としての制限値を、幅広い選択肢から、作業員自身が選択するという道も存在するということが本研究により明らかとなった。

表3 緊急作業年齢、回数、間隔による制限値

緊急作業回数	緊急作業間隔(年)	緊急作業開始年齢			
		20歳	30歳	40歳	50歳
1回	なし	16	15	13	10
2回	0	13	11	7	-
	1	13	11	8	0
	3	15	13	10	2
	5	16	15	13	6
3回	0	9	6	-	-
	1	10	7	1	-
	3	13	10	4	-
	5	17	16	12	-
4回	0	5	0	-	-
	1	6	2	-	-
	3	10	6	-	-
	5	18	17	11	-
5回	0	1	0	-	-
	1	2	1	-	-
	3	7	6	-	-
	5	20	20	13	-

(4) 定年延長時の被ばく線量制限及び就業開始時期との関係について

ICRP1990年勧告では、作業員の被ばく限度について18歳から64歳の期間中連続して被ばくする条件のもとで、実効線量限度として20 mSv/yとし、我が国の関係法令でも同様に規定されている。この値は放射線被ばくによるいくつかのリスクを表す量を検討し決定されている。しかし、現在の放射線開

係法令では再雇用による作業終了年齢の延長などにより、この期間を越える場合でも同様に実効線量限度が適用されるため、放射線リスクが容認できないレベルを上回るおそれがある。本研究ではリスクを表す量のうち、放射線被ばくが生涯の期間に寄与するがん死亡確率である寄与生涯がん死亡確率と、特定の年齢における放射線被ばくによるがん死亡確率である無条件年死亡確率から制限値を算出し、少ない方の値を制限値とした。作業終了年齢が延びると、寄与生涯がん死亡確率より無条件年死亡確率の方が制限値算出時の制限因子となる。これは、無条件年死亡確率は寄与生涯がん死亡確率の形状に依存しており、作業期間を延長することで分布は高年齢側にシフトする。そのため、無条件年死亡確率が大きくなり、基準を満たすためには線量を低く抑える必要がある。今回の計算条件では、これにより結果として無条件年死亡確率が寄与生涯がん死亡確率を下回ったと考えられる。しかし、85歳まで延長しても両者の差は僅かであった。結果を図3に示す。

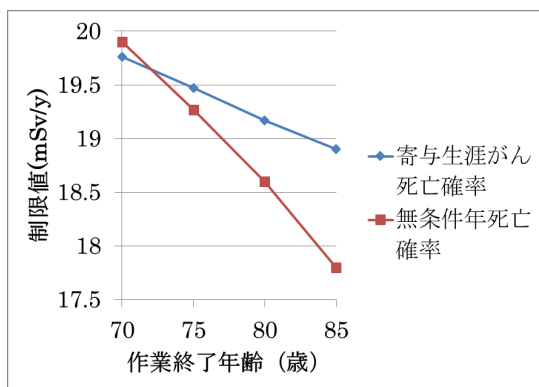


図3 作業終了年齢延長による損害指標値による制限値の変化

作業開始年齢を18歳、作業終了年齢を70歳以降(70, 75, 80, 85歳)とした場合の制限値を表4に示す。また、65歳以降(65, 70, 75, 80, 85歳)に20 mSv/yの被ばくを担保できる18歳から64歳までの制限値を算出した。結果を表5に示す。計算に用いた過剰相対リスクはUNSCEAR2006に記載される一般化ERRモデルを使用し、被ばく評価年齢は作業終了年齢延長時の作業終了年齢とした。

表4 作業終了年齢延長による被ばく制限値

被ばく期間 (20mSv/y)	制限値(mSv/y) (18-64歳)
65-70	19.75
65-75	19.25
65-80	18.50
65-85	17.60

表5 65歳以降で20mSv/yを担保できる18-64歳の被ばく制限値

被ばく期間	制限値(mSv/y)
18-70	19.76
18-75	19.27
18-80	18.62
18-85	17.93

以上の結果より、65歳以降も再雇用などにより作業を延長する場合は、過去の被ばく歴が凡そ17.6 mSv/yを超えていなければ85歳まで延長しても、現行規制値である実効線量限度の生涯リスク超えないことを明らかにできた。

次に作業開始年齢の遅延による作業期間の延長効果についても同条件にて算出した。結果を表6に示す。ICRP勧告の仮定では20 mSv/yの作業は18歳から64歳であるが、若年時での作業開始の年齢のわずかな遅延が、作業期間を高年齢側へ大幅にシフトし、20 mSv/yでの作業が可能となることが分かった。これは、若年時での過剰相対リスクが大きいいため、若年時の被ばくの抑制が作業期間の大幅な延長を可能とする。これにより、被ばく開始が、凡そ高校卒業後では70歳、短期大学卒業後では80歳、大学卒業後では85歳まで、現行の規制値である実効線量限度を、特別な制限なしに適用できることが明らかとなった。

表6 全就業期間中20 mSv/yの作業を可能とする作業開始年齢

作業終了年齢	作業開始年齢
70	19
75	20
80	21
85	22

(5) 被ばく制限値の社会的受け入れについて

本研究は実効線量限度から算出される生涯リスクから、過去の被ばく歴のリスクを差し引き、残余のリスク量を将来の当該年齢時の被ばく線量に変換し、その値を制限値とするものである。これは確率の影響に係る実効線量限度を問題とするような大量被ばく時における、放射線作業者の労働問題や専門の熟練技術者の確保の問題等の合理的な解決の方策の一助となり得ると考える。

しかし、このような生涯のリスク量を前提とした考え方は、ICRP勧告や現行法令と必ずしも馴染むものではない。それゆえ、原子力関係企業、医療関係者、各行政担当者などの意見を伺い、社会的受入の可能性や現場との整合のための修正点等を検討する必要がある。

ある。平成 27 年度は、当該箇所の研究を専門家の招聘等により研究を進める予定であったが、研究の遅れや体調不良等により、本項目については実施できていない。今後の課題としたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

1.

著者名：樽澤孝悦，久保田護，對馬恵，
小山内暢

論文標題：被ばく歴を考慮した実効線量限度
の制限設定に関する研究

雑誌名：保健学研究

査読の有無：有

巻：5

発行年：2015

頁：57-65

DOI コード：なし

URL

：
<http://www.hs.hirosaki-u.ac.jp/kouhou/hg/web/pdf/hokenkagaku-kenkyu2015.pdf>

6. 研究組織

(1)研究代表者

樽澤 孝悦 (tarusawa kohetsu)

弘前大学・保健学研究科・講師

研究者番号：90125451