

組織反応に関するIRPAタスクグループの 設置経緯と非がん影響に関する最近の知見

浜田信行¹、横山須美²

¹電力中央研究所、²長崎大学

利益相反なし

本日のトピック

組織反応

IRPAタスクグループ(TG)の変遷と組織反応TGの設置

日本保健物理学会専門研究会(専研)の変遷と非がん 影響専研の設置案

非がん影響に関する最近の科学的知見と国際動向

組織反応(tissue reaction)

しきい線量型の線量応答関係を示す非がん影響

←確定的影響(1990年勧告)←非確率的影響(1977年勧告)

2011年ICRP声明(組織反応に関するICRPの最新勧告)

- TG 63報告書案(→ICRP Publication 118)を受けて声明を発表
- 白内障(眼の水晶体)
 - しきい線量(被ばく後>20年に1%が罹患する線量): >8 Sv→0.5 Gy
 - 水晶体等価線量限度: 作業者は150 mSv/年→5年平均20 mSv/年(単年≤50 mSv/年)、公衆は15 mSv/年のまま
- 循環器疾患(心臓、脳/頸動脈)
 - しきい線量(被ばく後>10年に1%が罹患する線量): 0.5 Gy(初勧告)
 - 線量限度: 勧告なし(医療従事者への警鐘が目的)

組織反応に関するIRPAタスクグループ

9つの現行IRPAタスクグループのうちのひとつ

委員構成(10カ国・12名、敬称略、名字アルファベット順)

- 委員長: Marie Claire Cantone(イタリア)
- 副委員長: Merce Ginjaume(スペイン)、Colin Martin(英国)
- 委員: Zoe Brady(豪州)、Jean-Marc Bordy(仏国)、Lawrence Dauer(米国)、浜田信行(日本)、George McGill(豪州)、Severino Michelin(アルゼンチン)、Mark Okeji(ナイジェリア)、Timothy Sebeela(南アフリカ)、横山須美(日本)

水晶体、循環器、神経系、皮膚など様々な組織で近年報告がある放射線の非がん影響について、IRPA関連諸国における議論の状況や課題等を把握するためにアンケート調査を実施するとともに、IRPA関連諸国で認識を高め、科学的な知見・経験・見解を共有し、課題を整理するために設置

2024年にアンケートを実施

18加盟学会(22カ国)からの回答を集計中(本邦の回答概要を次席で紹介)

検討結果をまとめて、オープンアクセス論文を刊行

日本保健物理学会専門研究会の変遷

2011年 ICRP声明

↓

2013-2014年度 **水晶体の放射線防護**に関する専門研究会
委員12名(主査は赤羽恵一、幹事は横山須美)
保健物理9編

↓

2015-2016年度 **水晶体の線量限度**に関する専門研究会
委員13名(主査は赤羽恵一、幹事は横山須美)
保健物理1編、日本放射線安全管理学会誌1編、国際誌1編
水晶体線量限度に関するIRPA第2期TGアンケートの国内回答を集約

↓

2020年度 眼の水晶体の線量モニタリングのガイドライン 制定

↓

2024年度 組織反応に関するIRPA TGアンケートの国内回答を集約

↓

2025-2026年度 **放射線の非がん影響**に関する専門研究会(案)

放射線の非がん影響に関する保物専門研究会(案)

設置を日本保健物理学会 企画委員会に提案中

眼、循環器、神経系、生殖腺、皮膚に生じる非がん影響について、国際動向を注視するとともに、科学的知見を把握して、線量の評価や低減策など放射線防護における課題をまとめる

委員構成(案、12名、敬称略、名字五十音順)

- 主査: 横山須美(長崎大学)
- 幹事: 浜田信行(電力中央研究所)
- 委員: 王丸愛子(純真学園大)、大久保秀輝(東京電力ホールディングス)、加藤昌弘(産業技術総合研究所)、黒澤忠弘(産業技術総合研究所)、福永久典(北海道大学)、藤淵俊王(九州大学)、松原孝祐(金沢大学)、吉井勇治(北海道科学大学)、吉永信治(広島大学)
- オブザーバ: 向田直樹(東京電力ホールディングス)

国際放射線防護学会(IRPA)タスクグループの変遷

2011年 ICRP声明

↓

2012年~ **水晶体線量限度**に関するTG **第1期**
委員3カ国4名(委員長は英国のBroughton J)
本邦からの助言役: 赤羽恵一、横山須美

↓

2015年~ **水晶体線量限度**に関するTG **第2期**
委員8カ国10名(委員長はイタリアのCantone MC)
本邦からの委員: 赤羽恵一

↓

2018年~ **水晶体線量限度**に関するTG **第3期**
委員14名(委員長はイタリアのCantone MC)
本邦からの委員: 横山須美、浜田信行

↓

2021年~ **組織反応**に関するTG
委員12名(委員長はイタリアのCantone MC)
本邦からの委員: 横山須美、浜田信行

J. Radiol. Prot. **33** (2013) 855-868
Report of Task Group on the implications of the implementation of the ICRP recommendations for a revised dose limit to the lens of the eye
J Broughton¹, M C Cantone², M Ginjaume³ and B Shah⁴

OPEN ACCESS

J. Radiol. Prot. **37** (2017) 527-550
Report of IRPA task group on the impact of the eye lens dose limits

Marie Claire Cantone^{1,2}, Merce Ginjaume³, Saveta Miljanic⁴, Colin J Martin⁵, Nobuyuki Hamada⁶, Sums Yokoyama⁷, Jean-Marc Bordy⁸, Lawrence Dauer⁹, Ariel Durán¹⁰, Cameron Jeffries¹¹, Willie Harris¹², Olga Kashirina¹³, Arthur Omondi Kolong¹⁴, Severino Michelin¹⁵ and Waseem Sudhal¹⁶

OPEN ACCESS

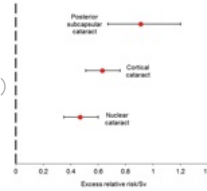
J. Radiol. Prot. **40** (2020) 1508-1533
Report of IRPA task group on issues and actions taken in response to the change in eye lens dose limit

Marie Claire Cantone^{1,2}, Merce Ginjaume³, Colin J Martin⁵, Nobuyuki Hamada⁶, Sums Yokoyama⁷, Jean-Marc Bordy⁸, Lawrence Dauer⁹, Ariel Durán¹⁰, Cameron Jeffries¹¹, Willie Harris¹², Olga Kashirina¹³, Arthur Omondi Kolong¹⁴, Severino Michelin¹⁵ and Waseem Sudhal¹⁶

眼への影響

白内障: 有意なリスク増加(0.1–0.5 Gy)

露国マヤック作業員 (Azizova, Hamada et al. Eur J Epidemiol 2018)
 米国診療放射線技師 (Little ... Hamada et al. Occup Environ Med 2020)
 中国陽江住民 (Su et al. J Radiat Res 2021)



白内障手術: 原爆被ばく者でのみ有意なリスク増加(>0.5 Gy)

露国マヤック作業員 (Azizova, Hamada et al. Radiat Environ Biophys 2019) と米国診療放射線技師 (Little ... Hamada et al. Radiat Res 2020) で増加傾向 (非有意)

緑内障

- **正常眼圧緑内障:** 原爆被ばく者 (Kiuchi et al. Sci Rep 2019) と露国マヤック作業員 (Azizova ... Hamada et al. Cancers 2022) で有意なリスク増加 (>1 Gy)
- **他のタイプの緑内障:** 原爆被ばく者 (Kiuchi et al. Sci Rep 2019)、露国マヤック作業員 (Bragin ... & Hamada. Sci Rep 2019) と米国診療放射線技師 (Little ... & Hamada. Sci Rep 2018) で有意なリスク増加なし

水晶体が最も放射線高感受性な眼の組織であるという結論は変わらない

白内障のしきい線量の有無、進行性、線量率依存性など、引き続き検討が必要

循環器への影響

しきい線量0.5 Gyの根拠 (ICRP Publication 118)

2010年の英国AGIR報告書における12論文のメタ解析

罹患リスク mERR/Gy = 0.10 (95% CI: 0.07, 0.13)

死亡リスク mERR/Gy = 0.08 (95% CI: 0.04, 0.12)

~0.1/Gy x 0.5 Gy x ベースライン罹患 30–50%から0.5 Gyで約1%

2022年10月までの93論文のメタ解析 (Little ... & Hamada. BMJ 2023)

罹患リスク mERR/Gy = 0.09 (95% CI: 0.05, 0.13) ←AGIR報告書と同程度

死亡リスク mERR/Gy = 0.20 (95% CI: 0.13, 0.26)

1 Gyの被ばくにより100人あたり2–4人が生涯に死亡すると推定 ←がん死亡は4–5人

線量率効果

DREF>1: 米国ハンフォード作業員 (Sasaki et al. Health Phys 2020) と露国マヤック作業員 (Azizova, Grigoryeva & Hamada. Sci Rep 2023) での死亡リスク

DREF?: 疫学メタ解析では低線量率>1回急性>分割 (Little ... & Hamada. BMJ 2023)、マウス大動脈では25回分割>1回急性>100回分割>慢性 (Hamada et al. IJRB 2024)

≤0.5 Gyでのリスク?

欧米は虚血性、日本は高血圧性

標的臓器は?(心臓、大動脈、頸動脈、腎臓、脾臓?)

神経系への影響

各コホートでのリスク増加

原爆被ばく者: 認知症とパーキンソン病の罹患リスクが増加傾向 (Wong et al. Radiat Res 1993)

英米仏原子力作業員研究 (INWORKS): 精神疾患 (半数が認知症) の死亡リスクが有意に増加 (Gillies et al. Radiat Res 2017)

露国マヤック作業員: パーキンソン病の罹患リスクが≥0.5 Gyで有意に増加 (Azizova ... & Hamada. Int J Epidemiol 2020)

仏国原子力作業員 (SELTINE): アルツハイマー病と認知症の死亡リスクが有意に増加 (Laurent et al. Cancers 2022)

米国百万人研究: パーキンソン病の死亡リスクが6つのコホートのメタ解析で有意に増加 (Dauer et al. Z Med Phys 2023)

↓ メタ解析

2022年5月までの論文: パーキンソン病 mERR_{0.1 Gy} = 0.11 (95% CI: 0.06, 0.36) (Lopes et al. Brain Sci 2022)

2022年11月までの論文: パーキンソン病 mERR/0.1 Gy = 0.12 (95% CI: 0.07, 0.17)、パーキンソン病、アルツハイマー病と認知症 mERR/0.1 Gy = 0.11 (95% CI: 0.04, 0.18) (Srivastava et al. Radiat Res 2023)

非がん影響に関するICRPとUNSCEARでの検討

眼への影響

ICRP: TG 111 (個人感受性)、TG 123 (影響区分)

UNSCEAR: 専門家グループ (2025年に設置見込み)

循環器への影響

ICRP: TG 119 (循環器)、TG 111 (個人感受性)、TG 123 (影響区分)

UNSCEAR: 専門家グループ (CircuDis ←報告書の刊行が2025年に承認見込み)

神経系への影響

ICRP: TG 111 (個人感受性)、TG 123 (影響区分)

UNSCEAR: 専門家グループ (2023年に設置)

生殖腺への影響

ICRP: TG 121 (生殖腺)

皮膚への影響

ICRP: TG 111 (個人感受性)

組織反応に関するIRPAタスクグループの活動の一環 として実施した国内アンケート結果の紹介

横山須美¹、浜田信行²
¹長崎大学、²電力中央研究所

第5回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会
大阪大学コンベンションセンター 3階A会場
(2024年12月18日9:30-10:30)

1

利益相反なし

2

IRPA組織反応タスクグループアンケート

目的 国際的なレベルでの組織反応に関する関心事項を集約し、幅広い知識と見解の情報交換を促進するため、組織反応に関するより広範な問題についてIRPAの加盟学会の専門家の意見を求める。

放射線の疾病過程への影響、組織反応に関する専門的な研究の進捗状況、脳血管疾患 (CeVD) や虚血性心疾患 (IHD) を含む循環器系疾患 (DCS) に対する電離放射線の影響など、放射線の早期および晩発影響に関する認識を高めることに貢献。

3

国内でのアンケート配布先及び期間

- アンケート依頼先:
日本保健物理学会(JHPS)をはじめ、日本放射線影響学会(JRRS)、日本心臓核医学会(JSNC)*
* 私見として回答
- 回答者の専門分野:
関連学会委員会(理事会、国際対応委員会)、生物影響研究者、線量評価・防護研究者、医療関係者、原子力事業者、実用量専門家、モニタリング関連等
- アンケート実施期間: 2024年6月6日 ~ 6月21日

4

質問項目の概要

- 学会の取り組み・法規制等、全般 (10問)
 - 組織反応に関する関連学会等での取り組み及び検討状況 (Q1 Q2)
 - 循環器及び脳の線量レベルや影響に関する議論 (Q3 Q4)
 - 組織反応に対する専門家の認識 (Q5 Q8 Q9)
 - 用語について(「確定的影響」の使用) (Q6)
 - 等価線量→吸収線量の適用の周知 (Q7)
 - 水晶体線量限度の法令取入れ・遵守状況 (Q10)
 - 職業被ばく(9問)
 - 組織反応(水晶体、皮膚、その他)の影響についての報告状況(Q11)
 - 水晶体被ばく影響、被ばく低減方法、線量モニタリング方法等(Q12-17)
 - 四肢被ばくの線量、線量モニタリング、最適化(Q18 Q19)
 - 医療被ばく(治療:4問、IVR・画像診断:7問)
 - 患者治療、診断(IVR、画像診断)における循環器及び脳への影響報告状況、被ばく低減・対策の有無等(Q20 Q21 22(治療) Q24 Q25 Q27(診断))
 - 高リスク患者の治療(Q23)
 - 組織反応に対するガイダンス(Q26)
 - 診断時に高線量被ばく患者(皮膚)のフォローアップ体制の有無(Q28)
 - 組織反応の発症に対する法令での報告義務の有無(Q29)
 - 組織反応のリスク評価手法(Q30)
- ※青字は本日お話をさせていただく項目。

5

組織反応関連の記事等への学会の関与について

- Q1 貴学会では、組織反応について議論しているか？
貴学会は、このトピックに関する文書や論文のレビューや執筆への関与は？
- A1 組織ごとに回答とりまとめて回答。
- JHPS: 水晶体被ばく関連の専門研究会及び関連研究の実施、関連記事の執筆、ガイドラインの作成を実施。
- JRRS: 論文やレビューに携わっていないが、本年のJRRS年次大会で議論。
- JSNC: 関与していない。
- その他: 放射線生物研究誌は、組織反応に関する特集号を発刊。
- Up Date of Radiation-induced Tissue Reaction Studies: Focusing on Intercellular Communication, Radiation biology research communications 59(1), 2024. 2.
- Tissue reaction research linking radiation biology and radiation protection, Radiation biology research communications 52(4), 2017. 3.
- Tissue response to radiation exposure, Radiation biology research communications 49(2), 2014.

6

「組織反応」関連の会議等の開催について

Q2 貴学会が主催する最近の会議等で、「組織反応」は取り上げられているか？
このテーマへの会員の理解は？

A2 組織ごとに回答とりまとめて回答。

JHPS: 水晶体被ばく関連のシンポジウム等の開催はされており、会員内でも関心が高いが、循環器関連の議論・理解は水晶体の議論ほど進んでいない。

なお、組織反応に関する専門研究会を提案中。

JRRS: 第66回総会ワークショップでも、乳腺、皮膚、消化管に焦点を当て、様々な細胞の関与を多面的に理解するアプローチの必要性について議論。

JSNC: 理解はあまり進んでいない。

7

放射線による循環器疾患等に対する検討状況

- Q3 特に循環器疾患に放射線が影響を及ぼす可能性、線量レベル、影響を受ける可能性のある集団について議論がなされているか？
- A3 JHPS: 回答なし。
- JRRS: 放射線影響研究所は、広島・長崎の原爆被爆者を対象とした成人健康調査(AHS)を実施しており、その調査結果が報告されている。医療分野では、日本循環器学会がガイドラインを発表している。

放射線影響の個人差要因について

- Q4 放射線応答に関する個人差要因、例えば、放射線白内障に対する被ばく時年齢、発症年齢、遺伝的要因、個人の応答の違い等についての知見があるか？
- A4 JHPS: 回答なし。
- JRRS: AHSの中で検討されている。
- JSNC: 個人的として認識している。

8

職業被ばくによる組織反応の報告例について

Q11 貴国で職業被ばくによる組織反応の報告はあるか？ある場合、職種、影響の種類、人数は？

A11 JHPS: あり。

2021年工業用X線発生装置により技術者が被ばく。
(100 mGy未満 1名, 500 mGy 1名)

IAEA, ニュース, X線発生装置による労働者の被曝 投稿日: 2024年02月02日

整形外科医及び内科医の皮膚の放射線障害が数例あり。

二階堂卓也, 整形外科医の職業性放射線被曝: 放射線による手指皮膚障害の現状と問題点、整形外科と外傷64(6) 729-764 (2021)など

電力業界では、組織反応の報告なし。

JRRS: 文献における具体的な数値等を提示。

最小侵襲脊椎治療学会の調査結果として以下報告。

直接線の被ばくによる爪甲色素線条: 43% 手湿疹: 29%

Eur Spine J. 2021;30(12):3702-3708. doi: 10.1007/s00586-021-06973-3.pmid: 34427761. など

108人の整形外科医の自主回答結果として、

皮膚に変化あり: 42.5% 放射線誘発皮膚障害: 31.4%

佐藤俊一, 職業性被曝による母指皮膚がん: 症例報告, 日本整形外科学会雑誌 93 (10) 793-796, 2019.

9

医療被ばく: 放射線治療・診断での影響について

Q20 放射線治療および医療専門家の中で、放射線治療患者の心血管疾患の発生率の上昇に関する情報が周知されているか？

A20 JRRS: 放射線治療の有害事象としての心血管疾患は広く認識されており、エビデンスも蓄積されつつある。

「改訂第8版がん放射線治療」

この他、JRRSより、以下の回答あり。

● 治療やIVR等での組織反応(紅斑・脱毛等)の事例。

放射線治療および診断における患者への事前の被ばくへの配慮、被ばく低減等について、ガイドラインや文献等の提示。

● 循環器疾患の高リスク群患者に対する治療とフォローアップ

心毒性のある抗がん剤の併用や心機能に影響を及ぼす分子標的薬の併用を控えるよう注意喚起。他の治療法の切り替え等が示されている。「がん放射線治療 改訂第8版」

● 治療・診断時の被ばく低減

治療時: 強度変調放射線治療や粒子線治療など

診断時: 超音波検査やMRIなど

10

日本からの回答から見えてくること

- 水晶体被ばくについて、線量限度の法令取入れ、線量モニタリング、線量低減手法の検討、ガイドラインの策定等は実施済み。
- しかしながら、まだ十分な周知や対策がされているとは言い難い。
- 職業人の皮膚の高線量被ばくが報告されている。
- 特に、医療関係者。被ばく低減の必要性和その方策について周知する必要性がある。
- 高線量被ばくを伴う患者の治療や診断における放射線障害(組織反応)については情報があり、ガイドライン等により対策が取られている。
- フォローアップシステムは十分とは言えない。
- 循環器や脳への放射線影響については、現状把握と情報収集が必要。
- 組織反応に関する議論については、JRRSはすでにワークショップ等を実施。JHPSも来年度に専門研究会を設置し検討を開始予定。

11

アンケートから見えてくること(IRPA取りまとめ途中経過)

- 回答した複数の国で、すでに組織反応に関する議論やレビューが実施されており、関心は高い。
- 等価線量から吸収線量への変更について、少数の国がその取扱いに対して懸念を示している。
- 職業人の水晶体被ばくに対して、高リスクグループの特定、線量限度取入れ、線量モニタリング、被ばく低減等を多くの国で実施。
※ 韓国では、まだ水晶体の線量限度取入れを実施していない。
- 放射線治療患者の心血管疾患の発生は認識されており、被ばく状況や対策等については、論文やガイドラインが存在。
- IVRと画像診断での、皮膚高線量患者に対するフォローアップは発展途上。全国的に広がっていると回答した国でも、十分な把握はできていない。
全国的に広がっていないと回答した国では、その要因の一つに、近年、患者の組織反応がほとんど見られないことを挙げている。

組織反応については、特に、医療分野との関連が深い。

12