

令和2年度放射線安全規制研究戦略的推進事業
研究成果報告（継続課題）

重点テーマ2：原子力災害に対する防護措置のリスク・ベネフィット評価

研究課題名：

「福島原発事故の経験に基づく防護措置に伴う社会弱者の健康影響と放射線リスクの比較検討に関する研究」

主任研究者：福島県立医科大学医学部放射線健康管理学講座
主任教授 坪倉正治

令和3年2月18日 令和2年度研究成果報告会

1

目次

1. 研究全体の概要 p3
2. 研究体制 p4
3. 今年度の研究概要 p5～p7
4. 今年度の進捗 p8～p14
5. 今年度の成果 p15
6. 今年度の自己評価 p16
7. 参考資料 p17～p21

2

1. 研究全体の概要

課題名

福島原発事故の経験に基づく防護措置に伴う社会弱者の健康影響と放射線リスクの比較検討に関する研究 研究期間 令和2年度～令和3年度（2年間）

背景・目的

原子力災害時における避難などの防護措置は、放射線リスク低減のために最も重要な対策の一つである一方、住民に対し大きな精神的・心理的・身体的負担を与える。本研究は、過去の災害を参考にしながら、福島原発事故時の避難に伴うリスク及び困難をまとめ、福島原発周辺の医療・介護施設における被ばく線量評価シミュレーションにより被ばくリスクを定量化し、避難に伴うリスクと比較検討し、その結果を用いたワークショップを行い他の原子力発電所立地地域でのより効果的な防護措置立案のための情報を生成することを目的とする。

実施状況

①災害時における医療・介護施設からの避難の影響について・過去報告のsystematic review

今年度は、pubmedデータベースを用いて災害＋避難＋医療施設に関する文献を収集した。結果、避難に伴う影響についての報告はハリケーンおよび原発事故のみに限られ、各文献からの災害前後での教訓のとりまとめを行った。来年度は、検索対象の文献データベースを拡張し、避難に伴う影響の文献リストを学術的にまとめる。

②福島原発事故後の地域弱者の緊急避難状況を明らかにするための症例集積研究およびインタビュー調査

今年度は、福島原発事故後、実際に避難に従事した医療者、行政、自衛隊、DMAT関係者など、約30名にインタビューを行い、協力を得られたPAZおよびUPZ内の医療機関の避難状況について取りまとめた。来年度は、インタビュー結果をPAZおよびUPZ別にとりまとめ、緊急避難を行う際の課題・困難について抽出する。

③ OSCAARを用いた、福島第一原発周辺の医療・介護施設における被ばく線量評価シミュレーションとその結果を用いたワークショップ

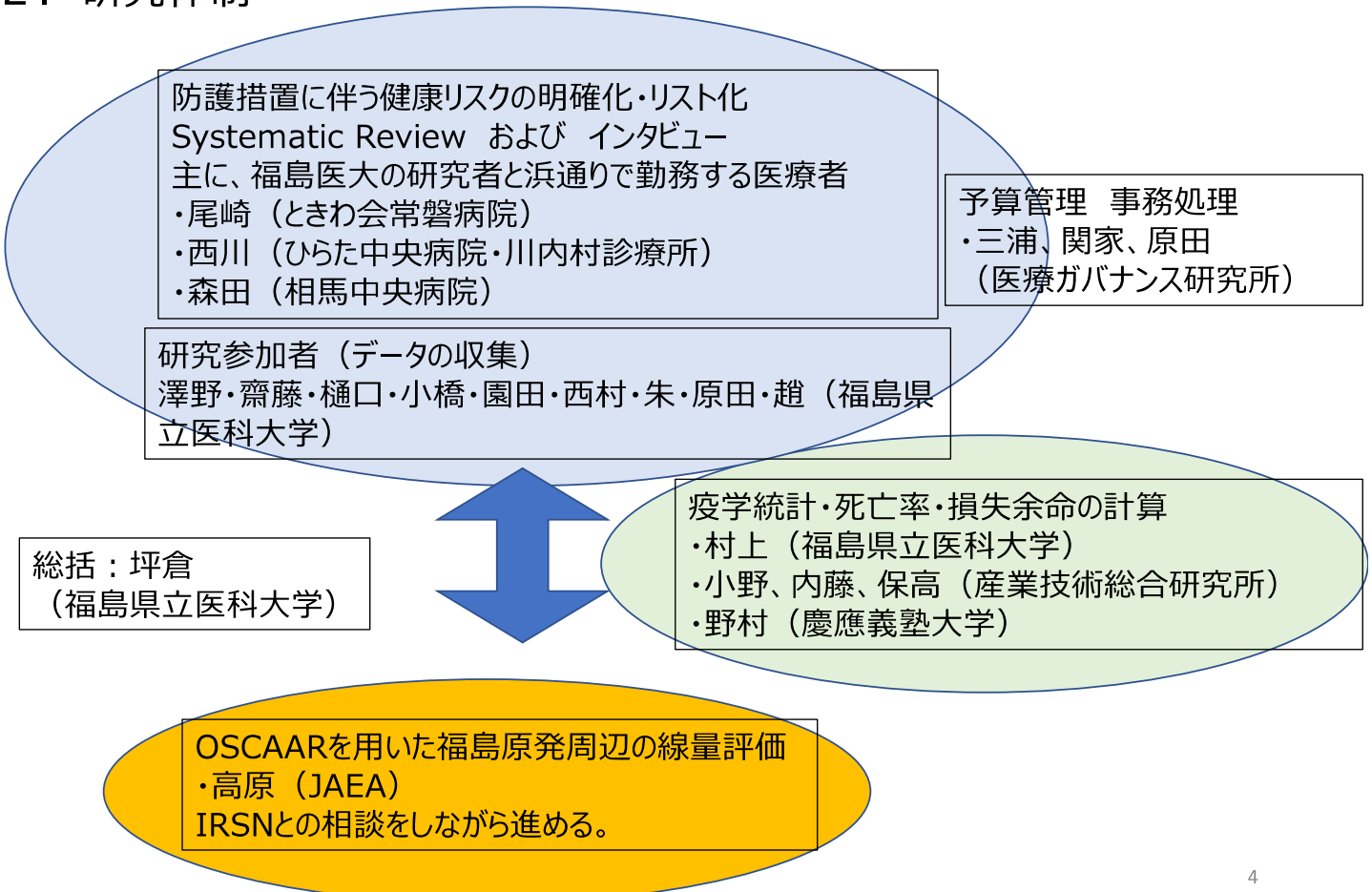
今年度は、福島原発周辺のそれぞれの医療・介護施設における、防護措置の有無に伴う、積算実効線量と甲状腺線量を計算した。来年度は、本結果および、本結果から推定される損失余命を計算の上、実際に避難に従事した医療者を含むワークショップを行うことで、必要な防護対策についての情報を生成する。

期待される成果

- 原子力災害だけに留まらず、災害時の避難に関する網羅的なリスクの評価を行うことが出来る。
- 実際の福島原発事故後の医療・介護施設避難に伴うリスクを詳細に記述し、地域別に取りまとめることが出来る。
- 実際に避難に従事した方々を交えて、被ばくシミュレーションと実際の経験に基づいた、必要な防護対策について情報を取りまとめることが出来る。

3

2. 研究体制



4

3. 今年度の研究概要①

災害時における医療・介護施設からの避難の影響について・過去報告の systematic review

- 目的：様々な災害時における医療（外来透析患者含む）・介護施設からの避難を扱った デメリットに関する既報を体系的に整理すること。

- 方法：Pubmedに以下の検索式で検索を行った（2020.12.28時点）

((((Disaster* OR (Hazard)) OR (“Natural Disaster*”)) OR (Disasters[MeSH Terms]))

AND (((evacuat* OR (“Emergency Shelter*”) OR (“Evacuation Shelter*”)) OR (Emergency Shelter[MeSH Terms]))

AND (((“Health Facilit*”) OR (Health Facilities[MeSH Terms])) OR (Hospital*)) OR (Hospitals[MeSH Terms])) OR (“Medical Facilit*”))

一般的なsystematic review方法に基づき、

- 該当した論文を2名の独立した調査者がタイトルと抄録で適格性を審査した。相違が生じたものは合議の上判定を決定した。（1st screening）
- 本文取得可能であったものを7名の調査者で分担し適格性を審査した。（2nd screening）
- 組入論文で記述された災害の種類や発生地、発生時期、避難に伴う影響、今後の教訓をまとめた。

5

3. 今年度の研究概要②

福島原発事故後の地域弱者の緊急避難状況を明らかにするための症例集積研究およびインタビュー調査

- 目的：福島原発事故後の地域の弱者、特に医療・介護施設からの避難の実態について公開資料およびインタビュー調査を用いて明らかにすること。
- 方法：市町村が公開している資料・書籍、医療法人・個人の出版物、裁判資料等の公開情報や実際の避難を行った医療関係者の協力のもと、その施設での避難の状況をまとめる。

インタビュー調査では、

浜通り地域における医療・介護施設の避難に、実際に現場で携わった方々（医療・行政・自衛隊・警察・消防・DMATの関係者）に対して、

- 緊急避難時に患者さんに課された医学的な問題はどのようなものだったか？
- 患者さんに限らず、病院スタッフにも課された医学的以外の困難な点はどのようなものだったか？
- それを解決するための方法やサポートとしてどのようなものが必要か？

についてを重点的に聞き取りを行った。（1人あたり約1時間）

それらのインタビュー調査の文字起こしを行い、医療・介護施設の状況別にまとめ、その緊急避難を行う際の課題・困難について抽出してまとめた。（福島県立医大倫理審査：一般2019269）

6

3. 今年度の研究概要③

OSCAARを用いた、福島第一原発周辺の医療・介護施設における被ばく線量評価シミュレーションとその結果を用いたワークショップ

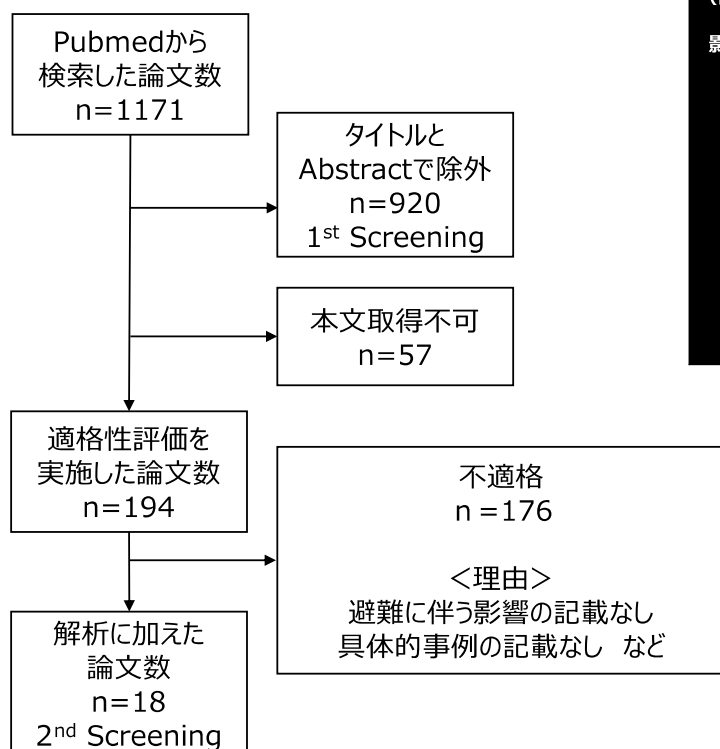
- 目的：OSCAAR (off-site consequence analysis code for atmospheric release in reactor accident) を用いて福島第一原発周辺の医療・介護施設における被ばく線量をシミュレーションし、その結果に基づき、実際に避難対応に関わった方々を含む医療者とのワークショップを行うことで、今後の防護対策および必要な知識や訓練についての情報を生成する。
- 方法：以下の条件にて福島原発周辺の医療・介護施設における被ばく線量評価を行う。

炉内インベントリ	JAEA-Data/Code 2012-018 福島第一原子力発電所の燃料組成評価 2号機炉心、短期放射能 (表31) より0hの値を使用
放出点	福島第一原子力発電所
気象条件	福島サイトにおける1年間 (2018年1~12月まで計8760通り) の気象シーケンスを使用
被ばく経路	外部被ばく (クラウドシャイン、グランドシャイン) 及び内部被ばく (吸入被ばく)
防護対策	陽圧化したRC造建屋への屋内退避 (クラウドシャイン80%低減、グランドシャイン95%低減、吸入被ばく99%低減)
対策実施期間	放出開始時点から1週間 (168時間)
対策実施範囲	放出点から30km圏内

事故シーケンス	放出開始時間 (h)	放出継続時間 (h)	放出点高さ(m)	放出分類別の全放出割合(-)							
				希ガス	有機ヨウ素	無機ヨウ素	Cs-Rb	Te-Sb	Sr-Ba	Ru	La
後期大規模放出	27	7	40	9.5E-01	1.6E-03	3.1E-02	2.8E-02	2.8E-04	1.2E-08	2.4E-11	5.2E-12

7

4. 今年度の進捗① 論文組入結果



原発事故およびハリケーンでのみ、避難と非避難を比較した論文がみられた

災害の種類 (論文件数)	原発事故 (7)	ハリケーン (11)
影響の種類	死亡率 (5) 損失余命 (1) 診療情報の喪失 (1) communication lineの崩壊 (1) 介護保険利用率 (1)	死亡率 (3) 入院率 (1) せん妄スコア (1) 透析をできなかった割合 (1) 医療費等 (1) 居住者の外傷 (1) 居住者の心理的苦痛・PTSD (2) 認知機能の低下 (1) 看護師のストレス

変数

変数	(N=18)
発生国	
アメリカ	11 (61.1%)
日本	7 (38.9%)
災害の種類	(N=18)
ハリケーン	11 (61.1%)
原発事故	7 (38.9%)
発災年 (複数回答可)	(N=18)
1985	1 (5.6%)
2005	6 (33.3%)
2008	4 (22.2%)
2011	7 (38.9%)
2012	1 (5.6%)
2017	1 (5.6%)

8

4. 今年度の進捗①

今後の教訓（災害前に実施すべきこと）

・ 国・自治体レベル：

各施設の現状レビュー*6

災害・避難計画（人的・物的・移動手手段）レビュー・策定*8,9,12,13,16

病院避難時の医療費保証の計画策定*8

被災リスクの高い場所に施設建設を許可しない*9

・ 施設レベル：

避難計画の立案*16、物的・人的資源の確保*12

避難訓練*12（災害時に臨時で関わるスタッフ、運転手を含め*16）実施

外部組織との災害時協力の締結*4

即時避難を避けるための備蓄*4

サイコロジカル・ファーストエイドについて学ぶ*7

・ 個人レベル：

災害への意識向上*12 避難訓練への参加*12

論文番号については末尾の参考資料参照

9

今後の教訓（災害中に考慮すべきこと）

・ 避難の有無の決断について

避難するかどうかは、リスクとベネフィットを鑑みた決断を行うべきである*5, 6, 15

全施設避難ではなく、ハイリスクorローリスク群のみの避難も考慮される*17

避難を決断するタイミングははやいほうが良い*17

メリット：天気・電気・交通状況・スタッフ配置・転院先と患者に関するコミュニケーションを十分に取れるなど

・ 避難の有無の決断後

十分な準備ができるまでは各施設がシェルターの役割を果たすことができる*4

避難の有無に関わらず、必要な措置を講じる

e.g. 避難する場合：避難援助者への検問通過パス発行*16 自治体による避難先の調整援助*4

顔見知りの患者・入所者及びスタッフの避難先を同じにする*16

避難しない場合：外部からの物資供給*4 入居者の心理的ストレスを減らす工夫をする*7

・ 避難を受け入れる施設側の準備*1

避難者のせん妄対策*15 やスペース確保*16が必要である

・ その他

災害時は平時よりも多いスタッフ数が必要とされる*17

普段と異なる環境で働くスタッフのケアが必要とされる*13

医療情報を含んだICチップ入りリストバンドや身体への埋め込みが考慮される*18

論文番号については末尾の参考資料参照

10

今後の教訓（災害後に行われるべきこと）

・ 国・自治体レベル

一つの災害での教訓を活かせるように防災計画の見直しと水平展開*6

・ 施設レベル

事例の検証と災害計画のブラッシュアップ*15,17

医療者・介護スタッフのストレス調査*13, ストレスケア*16

避難者のマネージメント・元の施設への復帰の手順の改善

e.g. 手荷物を避難者とともに戻す*10 避難者の親族のために避難先での滞在先手配*17

短期間入院患者は、避難先施設から退院する*17

・ 個人レベル

患者の日常生活への復帰支援*10

心理的トラウマのケア*15

4. 今年度の進捗② 20–30km圏内の病院避難状況に関するまとめ

【背景・方法】

福島原発事故後、20–30km圏内に位置した病院は2011年3月21日までに全入院患者を退院あるいは避難（県内外への広域転院搬送）させた。本研究では20–30km圏内に位置した3つの病院を対象として、医療関係者へのインタビューと公開資料を用いて、この過程で生じた困難を記述し、避難が確定しない状況での病院機能維持および避難確定後の円滑な避難のための方策を探ることを行った。

この知見はUPZの医療・介護施設の対策を考える際に有効な情報を与えると考えられる。

【結果の概略】

■ 実施済みインタビュー：30名（各病院管理者、当時の各病院医療従事者、転院搬送に関わったDMAT関係者等）

■ 困難点

① 震災初期の患者受入：

津波による溺水・外傷患者が数多く運ばれた。また、20km圏内の介護施設や入院患者、スタッフも受け入れた。

② 初期の退院・転院調整：

可能な患者から退院させたが、退院できない患者の転院調整は各病院スタッフがもつコネクションに委ねられた。

③ スタッフの減少と混乱：

職員自身も被災者であり、原子炉の水素爆発後は避難者が続出したため、十分なケアは提供できなくなった。スタッフの焦りや苛立ちも日に日に募っていった。

④ インフラの状況・物流の停止

屋内退避指示（3/15）以降、深刻な物資不足に陥った。スタッフ不足と合わせて病院機能維持が困難となった。

⑤ 病院避難決定の過程

各病院によって避難が決定されるまでの過程は異なるが、いずれも混乱を極めた。

⑥ 避難決定以降の搬送準備

避難決定から開始までの時間はいずれも半日未満と極めて短く、十分な準備は困難であった。

4. 今年度の進捗② 原発直近の病院避難状況に関するまとめ

【背景・方法】

福島原発事故後、5km圏内に位置した病院は全入院患者を緊急で避難させた。この避難は現場の医療従事者の尽力はもちろんのこと、DMATおよび自衛隊など様々な関係者の総力を挙げて行われた。本研究は5km圏内に位置した病院の医療関係者へのインタビューと公開資料を用いて、この過程で生じた困難を記述し、避難が確定しない状況での病院機能維持および避難確定後の円滑な避難のための方策を探ることを行った。

この知見はPAZの医療・介護施設の対策を考える際に有効な情報を与えると考えられる。

【結果の概略】

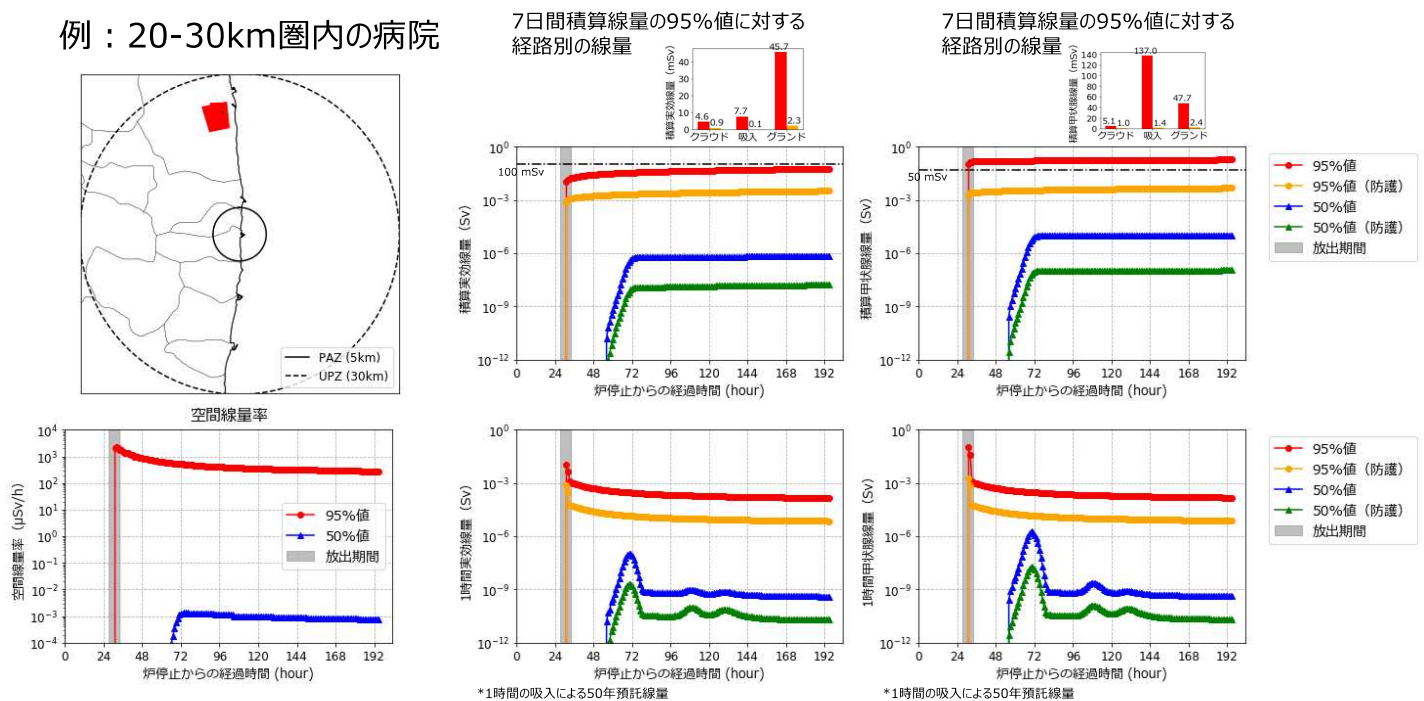
■ 困難点 UPZの例と比較して異なる点

- ・避難時にゴールが見えていることが医療スタッフの士気の維持につながっている。
- ・対応すべき患者数と医療者数のバランスが保っているかどうか。
- ・情報伝達手段が確保されているか。
- ・行政との連携が前もってなされていたかどうか。
- ・医療関係者間のネットワークがワークしたかどうか。
- ・患者さんのケアを連続的に行うことが出来たかどうか。
- ・医療者の権利保障 (ex. DMAT vs ボランティア)

各医療施設の現状については、case reportの形でとりまとめを行った。

4. 今年度の進捗③ OSCAARによる福島原発周辺の被ばく線量評価

例：20-30km圏内の病院



防護対策

陽圧化したRC造建屋への屋内退避

(クラウドシャイン80%低減、グランドシャイン95%低減、吸入被ばく99%低減)

来年度は、JAEAの協力を得ながら、本データをより季節性変動も考慮した形で、実際に避難対策にあたられた方々に提示し、ワークショップを行うことで、必要な防護対策についての情報を生成する。

5. 今年度の成果

●論文発表

- ・Successful emergency evacuation from a hospital within a 5-km radius of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant: the importance of cooperation with an external body. Sawano et al. JRR 2020 in press.
- ・No Significant Association Between Stable Iodine Intake and Thyroid Dysfunction in Children After the Fukushima Nuclear Disaster: An Observational Study. Nishikawa, Tsubokura et al. J Endocrinol Invest. 2020 Nov 18.

●口頭発表

- ・「原子力災害時の避難とそれに伴うリスクについて－福島県浜通りでの現場のデータから－」
坪倉正治 国立大学協会 防災・日本再生シンポジウム
原子力災害時の避難について考える（新型コロナウイルス感染症との複合災害）2020年10月
- ・放射線防護措置・避難に伴う健康リスクを最小化するために
坪倉正治 第33回日本リスク学会年次大会 2020年11月

15

6. 今年度の自己評価

評価の視点	自己評価	コメント
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	1 計画を上回る 2 <u>概ね計画どおり</u> 3 計画を達成できない 4 計画を達成できないが代替手段によって今年度の目標を達成した	
今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画に変更が必要か※ ¹	1 必要ない 2 <u>軽微な変更が必要</u> ※ ² 3 大幅な変更が必要※ ²	福島原発周辺の医療・介護施設の被ばく線量評価について、フランスIRSNとの共同研究を行っているが、新型コロナウイルス感染症の流行に伴い、海外との共同研究が当初より時間がかかること。および現地のインタビュー調査についても、感染対策のため、インタビュー実施が当初の計画より時間がかかっている。そのため、これらを次年度も継続して行う必要がある。

16

組入論文一覧 [1/3] *参考資料

No.	First author	タイトル	災害の種類	避難発生国	避難発生年	研究の種類
1	Nomura S	A Comparative Survival Analysis Between Evacuees and Non-evacuees Among Dialysis Patients in Fukushima Prefecture After Japan's 2011 Fukushima Nuclear Incident.	原発事故	Japan	2011	量的研究
2	Shimada Y	Balancing the risk of the evacuation and sheltering-in-place options: a survival study following Japan's 2011 Fukushima nuclear incident.	原発事故	Japan	2011	量的研究
3	Igarashi Y	Long-term outcomes of patients evacuated from hospitals near the Fukushima Daiichi nuclear power plant after the Great East Japan Earthquake.	原発事故	Japan	2011	量的研究
4	Nomura S	Post-nuclear disaster evacuation and survival amongst elderly people in Fukushima: A comparative analysis between evacuees and non-evacuees.	原発事故	Japan	2011	量的研究
5	Murakami M	Was the Risk from Nursing-Home Evacuation after the Fukushima Accident Higher than the Radiation Risk?	原発事故	Japan	2011	量的研究
6	Nomura S	Mortality risk amongst nursing home residents evacuated after the Fukushima nuclear accident: a retrospective cohort study.	原発事故	Japan	2011	量的研究

17

組入論文一覧 [2/3] *参考資料

No.	First author	タイトル	災害の種類	避難発生国	避難発生年	研究の種類
7	Brown LM	The effects of evacuation on nursing home residents with dementia.	ハリケーン	USA	2008	量的研究
8	Mason WL	The incomplete circle of the National Disaster Medical System: what Arkansas hospitals learned from hurricane Gustav.	ハリケーン	USA	2008	量的研究
9	Dosa D	To evacuate or shelter in place: implications of universal hurricane evacuation policies on nursing home residents.	ハリケーン	USA	2008 2005	量的研究
10	Cacchione PZ	Disaster strikes! Long-term care resident outcomes following a natural disaster.	ハリケーン	USA	2005	量的研究
11	Anderson AH	Missed dialysis sessions and hospitalization in hemodialysis patients after Hurricane Katrina.	ハリケーン	USA	2005	量的研究
12	Castro C	Surviving the storms: Emergency preparedness in Texas nursing facilities and assisted living facilities.	ハリケーン	USA	2005	量的研究

18

組入論文一覧 [3/3] *参考資料

No.	First author	タイトル	災害の種類	避難発生国	避難発生年	研究の種類
13	VanDevanter N	Challenges of nurses' deployment to other New York City hospitals in the aftermath of Hurricane Sandy.	ハリケーン	USA	2012	量的研究/ 質的研究
14	Blanchard G	A comparison of the nursing home evacuation experience between hurricanes katrina(2005) and gustav(2008).	ハリケーン	USA	2008 2005	質的研究
15	Claver M	Comprehensive care for vulnerable elderly veterans during disasters.	ハリケーン	USA	2005	質的研究
16	Mangum WP	Hurricane Elena and Pinellas County, Florida: some lessons learned from the largest evacuation of nursing home patients in history.	ハリケーン	USA	1985	質的研究
17	Jarrett MP	Evacuate or shelter in place: A view from the water's edge.	ハリケーン	USA	2017	事例報告
18	Yanagawa Y	Medical evacuation of patients to other hospitals due to the Fukushima I nuclear accidents.	原発事故	Japan	2011	事例報告

19

量的アウトカム一覧 [1/2] *参考資料

No.	First author	災害の種類	避難発生年	アウトカムの種類 (判定期間)	具体的記述
1	Nomura S	原発事故	2011	透析患者の死亡率 (約2200日)	Hazard ratio (95%CI) [ref=非避難者] 避難者=1.17 (0.77-1.74)
2	Shimada Y	原発事故	2011	入院患者の死亡率 (約2200日)	Hazard ratio (95%CI) 内科部門 [ref=事故前] 非避難者: 1.57 (1.11-2.18) 避難者: 0.53 (0.42-0.66) 事故後入院者: 0.64 (0.49-0.82) 精神科部門 [ref=事故前] 非避難者: 3.83 (0.08-15.75) 避難者: 1.36 (0.45-3.29) 事故後入院者: 1.39 (0.53-2.99)
3	Igarashi Y	原発事故	2011	入院患者の死亡率 (約300日)	介護施設入所者と比較 [ref=6の論文] して死亡率が有意に高い (p < 0.00001)
4	Nomura S	原発事故	2011	介護施設入所者の 死亡率 (約2年半)	Hazard ratio (95%CI) 避難者=1.82 (1.22-2.70) [ref=非避難者] 災害経験あり=1.10 (0.84-1.43 有意差なし) [ref=災害経験無] 性別等調整後 避難者=3.37 (1.66-6.81) [ref=非避難者]
5	Murakami M	原発事故	2011	介護施設入所者の 損失余命	早期避難: 11,000 persons-d, 意図的避難: 27 persons-d 20 mSv被ばく: 1100 persons-d, 100 mSv被ばく: 5800 persons-d
6	Nomura S	原発事故	2011	介護施設入所者の 死亡率 (約300日)	地震前後の全相対死亡リスク 2.68 (95% CI: 2.04-3.49) (施設によるばらつき: 0.77 (95% CI: 0.34-1.76) ~ 2.88 (95% CI: 1.74-4.76)) 避難距離による死亡率の有意差はなし 元の施設からの初回避難のHazard Ratio:1.94 (95% CI: 1.07-3.49). [ref= 2回め以降の避難]

20

No.	First author	災害の種類	避難発生年	アウトカムの種類 (判定期間)	具体的記述
7	Brown LM	ハリケーン	2008	介護施設入所者の死亡率 (避難後30日 90日)	重度認知症患者が避難した場合、ハリケーンの2年前と比較して30日目の死亡率が2.8%、90日目の死亡率が3.9%上昇
8	Mason WL	ハリケーン	2008	避難時の医療費等	NA
9	Dosa D	ハリケーン	2008 2005	介護施設入所者の死亡率/入院率 (避難後30日 90日) ※統計解析では90日	90日での死亡率の増加：2.7-5.3% [ref=同施設の過去2年間の死亡率] 90日での入院率の増加：1.8-8.3% [ref=同施設の過去2年間の入院率]
10	Cacchione PZ	ハリケーン	2005	介護施設入所者のせん妄スコア (避難後1週 2週)	NEECHAM confusion scale score 平均値 避難前:4.53 避難当日：3.94 1週後：3.03-3.26 2週後：6.06 mCAM score 平均値 避難前：2.71 避難当日：2.79 1週後：4.09-4.35 2週後：2.91
11	Anderson AH	ハリケーン	2005	血液透析患者の透析しなかった回数 (避難後30日 90日)	Odds 比 1-2回欠席 非避難者：0.96 (95%CI: 0.34-2.74) [ref= 避難] 3回以上欠席 非避難者2.05 (95%CI: 0.60-6.99) [ref= 避難]
12	Castro C	ハリケーン	2005	居住者の死亡 (避難中)	NA

- 原発事故、ハリケーンにおいて、避難後の死亡率*^{4,6,9}や入院率*^{9,11}の増加がみられる事例が多いが、有意差までは見られない群*^{1,2,6}もある
- 非避難者の方が死亡率が増加した事例*²もある。
- 避難は施設入所者の精神状況にも影響を及ぼす*¹⁰
- 疾病や災害前の患者状態が影響を及ぼしているかもしれない*²
- 災害は受療継続を困難にしうる*¹¹