

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：32203

研究種目：基盤研究(A) (海外学術調査)

研究期間：2013～2016

課題番号：25257504

研究課題名(和文)チェルノブイリ被災地調査に基づく中・長期的原発事故後影響の予防医学的研究

研究課題名(英文) Preventing mid-and-long term health effect of the nuclear power plant accident, based on the study of the affected area by Chernobyl nuclear disaster.

研究代表者

木村 真三 (Shinzo, kimura)

獨協医科大学・医学部・准教授

研究者番号：50321849

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,100,000円

研究成果の概要(和文)：チェルノブイリ原発事故発生から30年後の被災地域において、一年間にわたってホールボディカウンタによる住民の内部被ばく調査、陰膳法による食事調査を行い、関連を分析。内部被ばく調査では、予備調査で最大23,788Bq/body、本調査で最大7,437Bq/bodyの放射能が確認され、冬季は高く、夏季は低い傾向がみられた。食事調査では、年間合計で1,446サンプルを分析。森林由来のキノコ、ベリー類や牛乳で高い放射能が確認され、最大は乾燥キノコで24,257Bq/kgであった。30年経過時点でも食事から放射性物質を取り込んでいる実態が明らかになり、食生活の観点から被ばく予防を行う必要性が確認された。

研究成果の概要(英文)：This study revealed the actual conditions of residents' intake of radioactive substances by eating habits in the areas affected by Chernobyl nuclear disaster happened 30 years ago. The highest value of the internal radiation exposure of residents measured by whole body counter was 23,788Bq/body at the pre-test, and was 7,437Bq/body at the 12 months cohort measurements. Total of 1,446 food samples were collected from residents in a year by duplicated method and analyzed. Forest-derived natural foods, such as mushrooms and berries showed the highest radioactivity, with the maximum value of 24,257Bq/kg in the sample of dried mushroom. Milk and its processed food products also had high radioactivity. In this point of view, long-term action to keep food safety is needed in the affected area, to prevent internal radiation exposure by food intake in daily lives.

研究分野：放射線衛生学

キーワード：予防医学 チェルノブイリ 原発事故 放射線被ばく 健康影響

### 1. 研究開始当初の背景

福島第一原発事故の発生により、放射線による日常生活や健康への影響に関するエビデンスの構築が急務となった。

本研究グループは、福島第一原発事故発生直後の2011年3月15日から発電所周辺で土壌、松葉、コケ、雪、水などの試料を採取し、ゲルマニウム半導体検出器により放射能を測定するとともに、可搬型ガンマ線スペクトロメーターなどにより、ヨウ素131、セシウム134、137などから放出される放射線量を計測してきた。その結果、初期の段階における汚染分布の概要を明らかにし、住民に対しては、被ばくの低減をはかるための対策を提案し、早期に社会に情報を流すことによって、一定の成果を上げることができた。

一方、長期的な目線では、当該地域に安全に暮らし続けるための科学的データが不足していた。本研究グループは、原発から37-60kmに位置する福島県二本松市の市民の内部被ばく調査(ホールボディカウンタ調査)外部被ばく調査に携わるとともに、原発事故発生から四半世紀以上が経過したウクライナ国のチェルノブイリ被災地域において継続的調査を行っていたことから、当該地域に居住する人々の食生活、健康状態、精神的ストレスについて詳細に把握し、放射線による中長期的な健康影響について予防医学的観点から提言を行うことを目標とした。

### 2. 研究の目的

チェルノブイリ原発事故による被害として報告されているもののうち、半数は放射線被ばくによる直接的な健康影響に関するものであるが、残りの半数近くは、被ばくへの不安や、事故・避難により突然故郷や職業を失ったことによる精神的ストレスとその健康影響であると指摘されている。そのため、事故後25年以上が経過したチェルノブイリ被災地域における(1)内部被ばく量の実測、(2)食事による放射性物質の摂取状況の調査、(3)罹患率の把握、により、放射線被ばくによる中長期的な健康影響についてのデータを得るとともに、(4)生活全般に関わる精神的ストレスについて定量的に把握し、原発事故による影響について総合的に議論し、福島第一原発事故被災地域の住民に役立つ情報を速やかに提供することを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究グループはこれまで、原発事故後の長期放射線被ばく予防を目的として、汚染度による4つの区域(第一ゾーンから第四ゾーンまで)をすべて含む、ウクライナ国ジトミル州ナロージチ地区を拠点として長年にわたり調査を実施してきた。

現地研究機関による追跡体制が十分でなく、疫学的評価が困難であった地域において、自家生産の農産物・畜産物、流通品の放射能測定その他、地区中央病院での内部被ばく量測

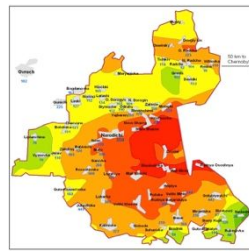


Figure Legends  
Pollution by Cs-137 in kBq/m<sup>2</sup>  
10-50 50-100 100-150 150-200 200-400 more than 400  
cities and villages  
boundary of region  
average pollution of cities and villages in the 1993 study  
ヨフ氏作成)

定、疾病罹患状況についてデータを収集し、地域での保健活動に活用するとともに現地専門家に情報提供してきた。(地図: 1993年ウクライナ放射線医学研究センター リヒタリ

本研究では、引き続き、ウクライナ国ジトミル州ナロージチ地区を対象地域とした。職業及び収入格差を考慮し、平均的な10家庭を選び追跡を行った。

#### (1)内部被ばく量の実測

地区の中心部にあるナロージチ地区中央病院に、放射性核種Cs137による内部被ばく量を測定するホールボディカウンタを設置し、食事調査の時期とあわせて、対象者に来てもらい測定を行った。その際、生活の実態に関する問診も実施し、職業等による特殊な放射性物質の取り込みがないかなど確認した。

#### (2)食事による放射性物質の摂取状況の調査

陰膳法(家族の人数分+1人分の食事を作ってもらい、その1膳を試料として1日3食分採取する)。採取期間は季節変動を考慮し、春夏秋冬を通じて月1回とし、一年間調査を行った。食材の入手先(例えば、野菜は家庭菜園、魚・肉はバザールなど)使用頻度の高い具材、1食の摂取量(大人、こどもに分け、基本的に重量、難しい場合は皿に注ぐ量と何皿食べたかで推定)等を調査票に記入。

ジトミル国立農業生態学大学、O.M.マルゼーエフ記念国立公衆衛生学研究所と連携し、NaIシンチレーション検出器、ゲルマニウム半導体検出器を用いて、線分析を行った。

#### (3)罹患率調査

旧ソ連圏では、医療カルテは個人または地区病院が保管しており、最大50年分の受診歴・既往歴が手帳形式で記載されている。(多い人で300ページ程度)。

内部被ばく調査の際に、カルテを持参してもらい、本人の同意を得た上で写真データとして記録し、医療関係者によって翻訳した上で、ICD-10に準じて分類した。

#### (4)生活全般に関わる精神的ストレスに関する調査

汚染地域の定住者、強制移住者、立入禁止区域に戻って生活している者(サマシオール)について、被ばくへの不安、故郷や仕事を失ったことによる精神的ストレスと現在の健康状態についての聞き取りを行った。元プリピャチ市民の支援団体『ゼムリヤキ』及び、立入禁止区域での生活者を人道支援している個人等に協力を依頼して実施した。

### 4. 研究成果

(1)内部被ばく量の実測

予備的に実施した2013年夏季調査(6月)では、ホールボディカウンタによる対象者15名のCs137測定値は700-23,788Bq/Bodyであった。チェルノブイリ原発事故発生から27年が経過した段階でも、ウクライナ国内での基準値を超える内部被ばくがある住民がいることを確認した。高い数値が見られた住民には、本人に通知し個別指導を行った。

その後、2015年10月より一年間にわたり約1ヶ月ごとに通年で調査を実施した。対象者は11家族34名であった。この期間中のCs137測定値は185-7,437Bq/Bodyであった。

図1.に示すとおり、一年間の内部被ばく測定値(Cs137)には変動があり、秋季から冬季にかけては高く、春季から夏季にかけては低い傾向にあった。冬季は作物が収穫できず、乾燥したキノコ類やベリー類、ピクルスにした野菜等の保存食の摂取が多くなることから、放射性セシウム等の取り込みが多くなると推測される。汚染の確認されている地域で年間を通じて住民の内部被ばく量を追跡した調査はチェルノブイリ原発事故発生後ほとんど行われていなかったことから、今回の測定値は中長期的な影響を評価する上で極めて貴重なデータである。

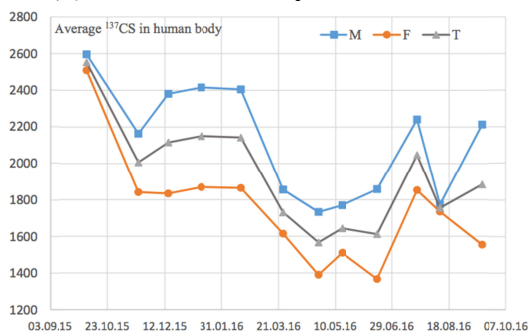


図1. 2015年10月-2016年9月までのナロージチ地区住民の内部被ばく測定値の変動(平均値、男女計及び男女別)

(2)食事による放射性物質の摂取状況の調査

2015年10月より一年間にわたり約1ヶ月ごとに、内部被ばく実測と同時に食事調査を実施した。11家族34名から、食事サンプル及び記入済みの調査票を各回収。合計1446の食品についてγ線分析を行った。



写真1.陰膳法により調査対象家族から提出された食事サンプルの一例

集められた食事サンプルの分析結果は表1.

の通りである。食品ごとのCs137の最大値は高い順に、乾燥キノコ24,257Bq/kg、次いで生キノコ3,827Bq/kg、ブルーベリー2,771Bq/kg、牛乳500.2Bq/kgであった。過去の研究でも森林で採取されるキノコやベリー類、及び牧草を食べて育つ乳牛のミルクは放射能が高いことが指摘されており、こうした研究の傾向とも一致した。牛乳だけでなくチーズ加工品やクリーム類にもCs137が含まれていることが明らかになった。一方、主食のジャガイモは加工品を含めて放射能が低い傾向にある。ジャガイモは畑作により収穫されているが、耕作地は長年の耕作等で土壌が攪拌されていることから、放射性物質の濃度は下がってきており、農地で収穫される食品については放射能が相対的に低いことが示唆された。

表1. 食事サンプルのγ線分析結果

Sample	N	<sup>137</sup> Cs	SD	min	max	<sup>40</sup> K	SD
Bread	112	0.7	1.0	0.1	4.0	51	17
Compote	83	1.8	14.2	0.1	109.8	15	11
Blueberry	5	1665	956	732	2771	34	22
Soup	83	1.2	1.9	0.1	10.1	39	15
Borsch	69	1.6	2.1	0.1	14.1	45	19
Cereal	36	0.8	1.1	0.1	7.5	37	18
Milk	55	43	76	0.7	500.2	47	9
Cheesecakes	15	25	35	0.1	131.3	44	45
Cottage chees	14	53	57	1.0	192.1	50	21
Cream	6	27	1.6	28.4	42.3	41	27
Chees, homemade	3	22	16	4.2	34.7	45	28
Milk porridge	30	39	49	1.0	217.7	45	14
Pumpkin porridge	8	21	17	0.8	52.7	51	9
Potato, raw	94	2.3	2.5	0.1	12.2	144	23
Potato boiled	33	1.5	1.3	0.1	4.8	111	31
Potato stew	8	1.2	0.8	0.1	3.4	98	16
Mashed potatoes	26	4.3	5.3	0.1	22.0	109	20
fried potatoes	13	3.8	4.4	0.1	15.7	137	63
Carrot	67	2.3	3.7	0.1	16.2	101	46
Aspic	11	36	109	0.3	363.7	26	23
Mushrooms	13	301	328	15.9	3827	55	20
Dry mushrooms	9	5257	9300	52.3	24257	484	220

表2.は、調査票に記入された個人の食事摂取量を元に、各家庭において1人あたり1日の食事に含まれる放射能(Cs137による)がどのくらいになるかを算出したものである。

最も少ない家族で1人1日あたり2.1Bq、多い家族で38.3Bqを摂取していることになる。全家族平均で1人1日あたり15.2Bqであったが、最も多い個人では704.2Bqと、個人差が見られた。食事の嗜好および食事に起因するものと推察される。

原発事故発生後29-30年が経過しているが、土壌汚染の確認されている地域では食品の汚染も継続しており、毎日の食事によって放射性物質を体内に取り込んでいることが示唆される結果となった。

福島第一原発事故の被災地域においても、長期間の土壌汚染が予測されることから、森林で採れる食品等については測定して安全と確認されたもの以外摂取しないこと、また、摂取量についても注意することが重要であると考えられる。

表2. 11家族における1日あたり・1人あた

りの食事に含まれる放射能 (Bq/day)

Family	N	Average	SD	Min	Max	Median
1	3	5,5	5,4	0,1	21,3	3,6
2	3	14,1	14,4	0,4	47,2	9,2
3	2	3,5	4,1	0,5	17,0	1,9
4	2	4,3	5,1	0,8	21,9	2,2
5	4	8,1	12,1	0,5	58,0	2,4
6	4	35,1	52,2	2,0	191,2	8,1
7	2	12,1	12,2	0,9	35,9	5,7
8	6	24,8	26,8	1,8	91,8	10,6
9	2	12,1	9,0	1,2	41,4	9,1
10	4	2,1	1,5	0,2	6,3	1,7
11	2	38,3	143,1	0,1	704,2	1,8
Total	34	15,2	42,3	0,1	704,2	4,3

N – number of family members

図 2 は、内部被ばくの実測値と食事調査結果を統合し、キノコ類の摂取量が最も多かった個人(男性)および最も少なかった個人(男性)の、内部被ばく測定結果の推移を示したものである。キノコ類の摂取量が最も多かった者は、最も少なかった者と比較して、内部被ばく量も高い水準で推移していた。いずれも、キノコ類を多く摂取する冬季には内部被ばく量が高く、摂取が少なくなる夏季には低くなる傾向が見られた。

食事調査でもキノコ類は高い放射能が確認されていることから、摂取が内部被ばく量に影響を与えていることが示唆された。このことから、日常生活における内部被ばく予防において、食事の指導が有効であることが推察される。

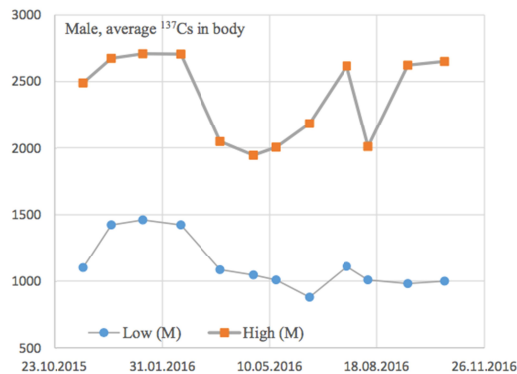


図 2. キノコ類の摂取量が最大・最小だった対象者の内部被ばく量の変動

チェルノブイリ被災地域において陰膳法による食事調査と内部被ばく実測を同時に実施し追跡した事例は過去に見られないことから、事故後 30 年での実態を確認できたことは大きな成果と言えるだろう。

なお、調査はナロージチ地区中央病院と協力して行っていることから、住民への家庭訪問による情報提供などは随時実施している。今後も結果のフィードバックを速やかに行っていく。

(3)罹患率調査

対象となった 11 家族 34 名のうち 33 名から同意を得てカルテ情報の提供を受けた。医療関係者によって翻訳した上で、ICD-10 に準じて分類した。

ナロージチ地区中央病院によると当該地区住民の 2013 年-2015 年の主な死因は、循環器系疾患、悪性新生物、損傷、呼吸器系疾患、消化器系疾患である。

カルテ情報が膨大となったため翻訳作業が途中段階であるが、翻訳を終えた 11 名のうち 4 名にびまん性非中毒性甲状腺腫、1 名に混合型心筋ジストロフィー、1 名に僧帽弁逸脱による心不全、等が見られた。1 人あたり数十の診断を持っているケースも見られるため、分析の仕方について再検討を行っており、今後対象者数を増やして統計学的に解析を行うことを目指している。

(4)生活全般に関わる精神的ストレスに関する調査

汚染地域の定住者、強制移住者、立入禁止区域に戻って生活している者(サマシール)について、現在の健康状態、生活状況、被ばくの不安、故郷や仕事を失ったことによる精神的ストレスについて聞き取り調査を実施。

汚染地域の定住者については、現時点では放射線被ばくに対する不安を持つ人の数は少ないが、食事による放射性物質の取り込みについて意識している人も一定数見られた。また、原発事故以前から同地域に居住している場合、被災者支援策の縮小や打ち切り、さらに食料や燃料代の高騰により経済的に厳しい状況に置かれているケースが少なくない。

強制移住者については、現在もチェルノブイリ被災者として移住先で顔を合わせる生活を送っている。当初は移住に伴いショックや鬱状態になる人もいたが、互助関係も一定程度構築されている。現在は 2 年に一度、無料で健康診断を受けられ、原発事故との因果関係が認定されている疾患にかかった場合に障害者として認定されることになっている。元原発関連労働者やその家族が多いため、放射線に対する知識はあるものの、疾患のリスクも抱えているという認識が強く、それによるストレスも存在していると推察された。

立入禁止区域に戻って生活している者については、自ら希望して汚染のある地域に暮らしているため、放射線や放射性物質に対するおそれの気持ちは薄かった。一方で、人が極めて少ない場所にいるため、物の購入など日常生活の不便や、加齢による肉体的衰え、数少ない友人・家族の死去による精神的影響が大きくみられた。国や自治体からの支援は継時的に縮小され、健康状態が悪化した際に生活が立ち行かなくなるケースが発生しており、長期的視点での被災地域のあり方を考える上で重要な情報を得られた。

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 7 件)

Komasa Y, Kunii N, Takeuchi T, Kimura S. Measurement and management of agricultural, natural and livestock products to prevent long-term internal radiation exposure in areas affected by Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. Bulletin of ZNAU. No.2(52), t.3, 338-44, 2015.

Kimura S, Takatsji T, Uchiyama K, Komasa Y, Kitamura A, Sato H, Buzinny M: Current Situation and Challenges at Fukushima : Hands-on Measurements of Radiation, Contamination after Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident, 20th IMEKO TC4 International Symposium and 18th International Workshop on ADC Modelling and Testing Research on Electric and Electronic Measurement for the Economic Upturn, 291- 294, 2014.

Hayashi G, Shibato J, Imanaka T, Cho K, Kubo A, Kikuchi S, Satoh K, Kimura S, Ozawa S, Fukutani S, Endo S, Ichikawa K, Agrawal GK, Shioda S, Fukumoto M, Rakwal R : Unraveling low-level gamma radiation--responsive changes in expression of early and late genes in leaves of rice seedlings at litate Village, Fukushima. J Hered. 105(5):723-38, 2014. (査読有)

Komasa Y, Akiko K. H, Tsuboi M, Jimba M, Kimura S : Prioritizing Mental Health Issues of Community Residents Affected by Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident, Clinical Neuropsychiatry. 10, 6: 241-244, 2013 (査読有)

[学会発表](計 28 件)

Kimura S. Actual conditions of radiation exposure of residents and preventive works in Nihonmatsu-city after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. The international research and practice conference dedicated to the 30<sup>th</sup> anniversary of the catastrophe on the Chernobyl nuclear power plant. April 21, 2016. Homyel, Belarus.

Kimura S. Psychological counseling after the Fukushima-Daiichi nuclear power plant accident; communication, assessment and learning about radiation. International symposium on post-disaster ecological and technological issues. January 14, 2016.

Minsk, Belarus.

木村真三. チェルノブイリ、東海村、福島原子力事故対応の課題. 第74回日本公衆衛生学会総会. 2015年11月5日, 長崎ブリックホール(長崎県長崎市)

Kimura S. Health Effects of the Fukushima Disaster – International Comparison of Internal Exposure in Fukushima and Chernobyl. IPPNW 21<sup>st</sup> World Congress, Workshops (Session 1), August 27-29, 2014. Astana, The Republic of Kazakhstan.

[図書](計 2 件)

木村真三. 講談社, 「放射能汚染地図」の今. 2014, 244.

木村真三, 小正裕佳子. 杏林書院. 日本国際保健医療学会(編)「国際保健医療学 第三版」世界の保健医療事情 - ウクライナ. 2014, p234-7.

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

木村 真三 (KIMURA, Shinzo)  
獨協医科大学・医学部・准教授  
研究者番号：5 0 3 2 1 8 4 9

### (2)研究分担者

三浦 善憲 (MIURA, Yoshikazu)  
獨協医科大学・医学部・特任教授  
研究者番号：2 0 0 4 9 2 4 0

### (3)連携研究者

高辻 俊宏 (TAKATSUJI, Toshihiro)  
長崎大学・水産・環境科学総合研究科(環境)・教授  
研究者番号：7 0 1 6 3 2 1 9

三宅 晋司 (MIYAKE, Shinji)  
産業医科大学・産業保健学部・教授  
研究者番号：2 0 1 6 7 6 7 0

佐藤 斉 (SATO, Hitoshi)  
茨城県立医療大学・保健医療学部・教授  
研究者番号：9 0 2 8 5 0 5 7

遠藤 暁 (ENDO, Satoru)  
広島大学・工学(系)研究科(研究院)・教授  
研究者番号：9 0 2 4 3 6 0 9

中野 正博 (NAKANO, Masahiro)  
純真学園大学・看護学部・教授  
研究者番号：7 0 1 4 1 7 4 4