

*Annals of the New York Academy of Science*

1181:303–310. 2009に掲載された論文

チェルノブイリ地区の放射性物質からの開放

**13. Decorporation of CherrnobyI Radionucleides**

V.B. ネステレンコ、 A.V. ネステレンコ

Institute of Radiation Safty (BELRAD 研究所)

Belarus

**要約**

他国で健康管理と医療を受けるために、毎年数万人のチェルノブイリの子供達(殆どがベラルーシ地区から)祖国を後にした。歴史的にみても最もひどい大災害の現実をできるだけその被害を少なくするために、多くの国からの医師達は極度に汚染された Chernobly 領域で働いている。しかし、災害の現実の規模と様態はとてつもなく大きく、チェルノブイリのような大災害に対しては世界中のどの国であっても一国では長期的に対処することが不可能である。

プライベート・ファンドとイニシアチブだけでなく国連と他の国際機関を通しての援助に対しては、被害を被った国々、特にウクライナ市とベラルーシ市は感謝の意を表している。Chernobly 事故から 22 年後でも、ベラルーシ市、ウクライナ市、およびヨーロッパロシアのひどく汚染された地域における年間の個々の線量限度は、まさに局所的に汚染された製品を避けることができない消費のために 1mSv/年を越えている。

BELRAD 研究所の 11 年の経験は、子供達のため効果的な被曝予防のためには放射線の干渉を公式な危険限界(例えば 15-20Bq/kg)の 30%に設定することが必要であることを示している。ひどく汚染された Belarussian 地域の住民の身体中の Cs-137 の全身蓄積を直接測定すると、公式に認められている量より年間では少なく見積っても 3 倍から 8 倍の過量を示している。

実際的には、特にアップルペクチン添加食品を摂取することによる治療効果では Cs-137 の除去効果に効率的に役立っている可能性がある。

1996 年から 2007 年に亘り 160,000 人を超える Belarussian の子供達に、18 日から 25 日の期間にペクチン添加食品物(1日に 5g を 2 回投与)を治療目的で服用させた。

放射性物質に汚染された食物の消費が不可避の状況下にある環境では、個々の人々の放射線防護(放射性物質からの開放)のためには、様々なペクチンベースの食品添加物と飲み物(りんご、干しぶどう、海草などの使用による)を製造し、それを応用することが最も効果的な方法の 1 つである。

## 本文

放射性物質に汚染された状況下にある住民の身体より放射性物質を減少させるには三つの方法が存在する：一つは食べ物に集積された放射性物質量を減少させること、二つ目は人々の身体から放射性物質の除去をさらに効率よくすること、三つ目は人間の免疫力を刺激して更に自然治癒能力を高める方法である。

### 13.1. 食べ物に集積された放射性物質量の減量について

水、キノコと野菜などの食物を水に浸す、茹でる、塩漬け、および酸漬けにすることやミルクとチーズの中の脂肪を処理することで食物の中で放射性核種の量を数倍減らすことが可能である。我々の放射線に対する抵抗力を高めることのできる食品等を食べることによって身体の持っている自然治癒能力を刺激することは非常に有効である。このような食品類の中にはフリーラジカルを消去できるビタミン A、C、それに微量ミネラルの I、Cu、Zn、Se、Co 等の抗酸化作用物質が含まれている。このような食品は放射線によって生じる過酸化脂質などの組織の酸化を予防してくれる。種々の食品やサプリメントは免疫系を刺激する、例えば小麦、海草(スピルリナ)、松葉、菌糸およびその他の植物の芽などである。

放射性核種の排出を促すために次の三つの方法が実行されてきた (Rudnev et al., 1995; Trakhtenberg, 1995; Leggett et al., 2003)。

- 放射性核種の排出を促進するために食べ物の安定的な要素を増やす。例えば Cs の排泄を促すには K, Rb など ; Sr の排泄のためには Ca ; Pu の取り込みを抑えるには三価の Fe などである
- 放射性核種を吸着できる食品類の開発
- 放射性核種を洗い流すことのできる液体で排出増加を計る ; 食物繊維の豊富な食品と同様の働きをするように工夫した点滴液、ジュース類や他の液体類などである

放射性汚染からの開放とは大便や尿を介して放射性核種の除去を操作する準備作業でもある。極度の放射能汚染に対する治療のためには特殊な幾つかの効果的な除去の仕方がある (例えば Cs の除去には、Fe 結合物質、また Sr のためなどにはアルギネート類や硫酸バリウムなど ; Pu のためにはイオン交換合成樹脂など)。これらの方法は突然やってくる放射能汚染などに曝された場合に効果的である。しかし、極度の放射能汚染に曝された Belarussian, Ukrainian,あるいは European Russian 地区によっては異なる可能性もある。

Cs-137 の場合には放射能の汚染が少量であっても毎日の被曝を避けることが事実上無理となる。Cs-137 は体内には 94%が食べ物からであり、5%が飲み物から、約 1%が呼吸による空気から取り込まれる。体内に蓄積される放射性核種は危険性を伴い、特に子供にとっては危険である。また、Cs-137 の高いレベルで汚染されている地域産出の食品類を摂取する人々にとっては危険極まりないことになる。

放射性核種の体内取り込みは放射性に汚染された地域における公衆衛生上まことに基本的な問題ともなっている。そして、全ての可能性を有する放射性核種除去の試みが放射能被曝を軽減するために実施されるべきである。

子供の体内の Cs-137 の 50Bq/kg 蓄積が生命に関係する重要臓器に病的変化をもたらすことが明らかとなっている。例えばそれは心血管系、神経系、内分泌系、免疫系などであり、腎臓、肝臓、眼なども同様である (Bandazhevskaya et al.,2004)。

このような障害をもたらす放射能被曝レベルは Chernobly で汚染された地域である Belarussian, Ukrainian,あるいは European Russian 地区では今尚そのレベルにある。このような地域に住んでいる人々に放射性核種の体内量のレベルの軽減のためにいかなる可能性を有する方法でもなぜ必要なのかという理由がここにある。子供達が成人と同じメニューで治療された時、地域産出の食品類から汚染される放射性核種が成人より 5 倍以上排出可能である。それは、子供達が低体重であり体内代謝が活発だからに他ならない。田舎に住んでいる子供達は同年代の都会に住む子供達より 5 倍から 6 倍の放射性核種に汚染されている。

### 13.2. ペクチン含有経口摂取食品による放射性核種除去の成績

ペクチンは消化管の中において Cs に化学的にイオン結合することが良く知れており、便の排泄量の増加をもたらす。Ukraine の放射線医学センターによる研究と成果 (Porakhnyak-Ganovska,1998)、また、Belarussian 研究所の放射線医学と内分泌学の専門家(Gres et al.,1997)は次のように結論をだしている。即ち、Chernobly で汚染された地域の住民の食物にペクチンを加えた食品を摂取することで蓄積された放射性核種の効果的な排出を促進するという成績を発表している。

1. 1981 年に、2 年間の臨床試験に基づいて、食品添加物について世界保健機構 (WHO)と国連と Agriculture 組織(FAO)の合同委員会はペクチンを含む経口摂取食品は毎日経口摂取することにより効果的であり、無害であると宣言した(WHO、1981 年)。
2. Ukraine と Belarus において、種々のペクチンを基本にした製品を用いて蓄積した放射性核種の排泄にどのように関わるかについて長い間研究している (Gres' 1997; Ostapenko, 2002; Ukrainian Institute, 1997)。Zosterin-Ultra として知られる水中に生存する植物 (*Zoslera*) 由来のペクチン含有製品はロシア原子力産業省において使用されている一般予防薬である。この吸収しないペクチンは血液注入用としてはゾステリン注射として用いられ、栄養学的にもまた代謝系にも無害のものである。経口摂取用としての液体 Zosterin-Ultra は Ukrainian Ministry of Health(1999)によって、経口食品と静脈注射用として用いることのできる生物学的作用を有する、治療的食品として承認された。
3. 1996 年に、BELRAD 研究所は、ペクチン含有食品物(Medetopect,,フランス; Yablopect、ウクライナ)を、Cs-137 の排出を早めるためにその治療試験を開始した。

1999年 BELRAD 研究所は、”Hermes”Hmbh(ミュンヘン、ドイツ)と一緒に開発した、Vitapect 粉末として知られているアップルペクチン添加物を作り上げた。それは BELRAD 研究所によるとペクチン含有量が 18%-20%から構成されていて、ビタミン B1、B2、B6、B12、ビタミン C、ビタミン E、ベータ・カロチン、葉酸から成っている；微量元素としては K、Zn、Fe および Ca を補強し、そして香辛料を加えたものである。2000年以來より Belarussian 厚生省により承認されて生産されている。

4. 2001年 6月から 7月に BELRAD 研究所は、シルバースプリングス保養地 (Svertlogorsk 市、ゴメリ州)の「ベラルーシのチェルノブイリの子供」協会(フランス)と共に、体内被曝を被った 615人を対象に、3週間の期間を定めて非機能の食品摂取群 (Placebo) をコントロールとして Vitapect(1日に2回の 5g 摂取)を服用した群とのダブルブラインドの研究を実施した。Vitapect(クリーンな食物とともに)を服用している子供では、Cs-137 レベルは、クリーンな食物のみを服用した群の対照群よりずっと効果的に下降した (Table 13.1 と Figure 13.1)。

**Table13.1**

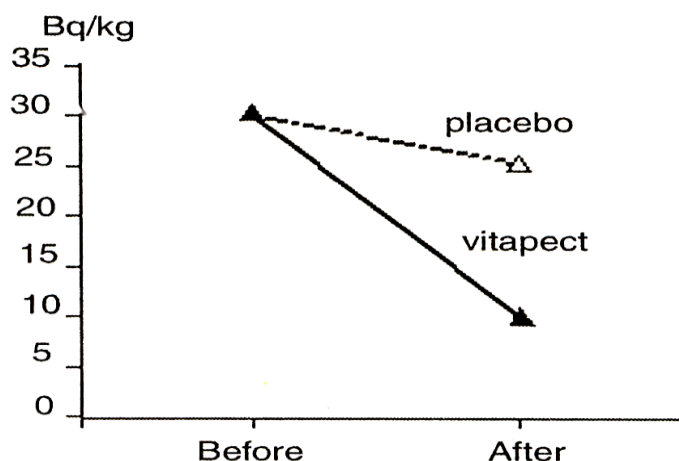
2001年、Belarussian 市のシルバースプリングス保養地における 21日(615人の子供)間の Vitapect 服用後の Cs-137 集積量の減少率 (BELRAD Institute のデータ)

Group	Concentration of Cs-137, Bq/kg		
	Before	In 21 days	Decrease, %
Vitapect	30.1 ± 0.7	10.4 ± 1.0	63.6*
Placebo	30.0 ± 0.9	25.8 ± 0.8	13.9

\* $p < 0.01$ .

**Figure 13.1**

21日間の Vitapect 服用(1日に2回の 5g)後の子供の身体中の Cs-137 放射線レベルにおける減少 (Nesterenko 等、2004)



5. Vitapect を服用した別のグループの子供達は、Cs-137 の特徴的活性の相対的縮小率が  $32.4 \pm 0.6\%$ であったが、ペクチンなしのコントロールグループの子供達のそれは、 $14.2 \pm 0.5\%$  ( $p < 0.001$ ) であった。ペクチングループの Cs-137 のための平均効果的半減期は 27 日であったがコントロールグループの子供達のそれは 69 日であった。これは Vitapect を服用したグループの子供達における実効半減期の縮小率が 2.4 倍であることを示している。

これらの結果は、クリーンな食品にペクチンを添加した Vitapect 服用が、Cs-137 のレベルを減少させることにおいて、ただ単にクリーンな食品を服用するより Cs-137 の相対的縮小率において 50%以上高い効率であることを意味している (Nesterenko 等、2004 年)。

6. 7歳から17歳の94人の子供が彼らの初期のCs-137汚染レベルに従い全身のカウント(WBC)によって2グループに分けられた。16日間の間、経口でVitapect(1日に2回の5g服用)を与えられたグループのCs-137の著しい減少と彼らの心電図の際立った改善率が明らかにされた(EKG; Table 13.2)。

**Table 13.2**

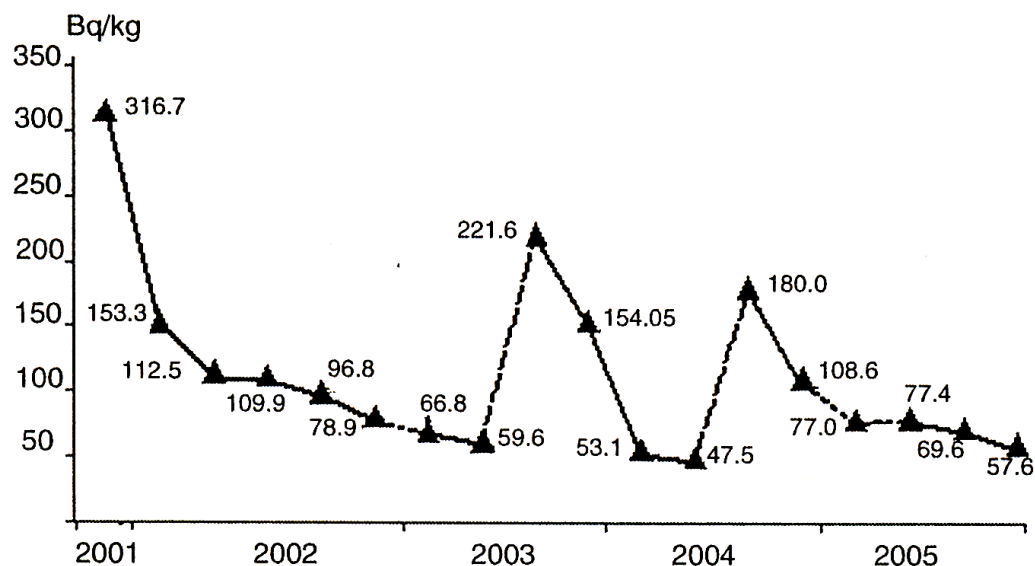
**Cs-137 により汚染された子供達 2 グループにおける Vitapect 服用後の EKG の正常化率の上昇**  
(Bandazevskaya et al., 2004)

Group	Before		After 16 days	
	Normal EKG, %	Bq/kg	Normal EKG, %	Bq/kg
1	72	$38 \pm 2.4$	87	23
2	79	$122 \pm 18.5$	93	88

7. 2001年から2003年、「ベラルーシのチェルノブイリの子供」協会(フランス)、ミッテランの資金(フランス)、チェルノブイリ(ベルギー)の子供基金と BELRAD 研究所は Narovlyansky 地区、ゴーマリ州の 1,400 人の子供達(13 の村を含む 10 の学校)を対象に通年で 5 回以上のサイクルで Vitapect が投与された結果、Vitapect を摂取した子供達は、放射能汚染の程度が年間を通じて 3 倍から 5 倍の減少を示した。1 つの村の子供達の結果を Figure 13.2 に示した。

Figure 13.2

Verbovichi 村 (Narovyansky 地区、ゴメリ州)の子供達の身体中の Cs-137(Bq/kg)の平均放射線量の変化、これらのデータは平均放射線量の変化を示す。点線は Vitapect 服用の期間を示す (Nesterenko 等、2004)



8. 経口服用されたペクチンが Cs-137 だけでなく生命維持に必要な微量ミネラル元素も除去するのではという懸念があったために、特別な研究として 2003 年と 2004 年に、被曝管理(BfS)専門のドイツ連邦政府機関のサポートを得たプロジェクト「高い放射能に被曝されたベラルーシの子供」の枠組の中で実行された。このテストは 3ヶ所のベラルーシ保養地(森林地、シルバースプリングス、および Belarussian 女子団)で実行された結果、Vitapect の投与は子供の血中における血清 K、Zn、Cu、および Fe のバランス量に対して無害であることが示された(Nesterenko 等、2004 年)。

9. ドイツ、フランス、イギリス、およびアイルランドの「チェルノブイリの子供」NGO の依頼により、BELRAD 研究所は、これらの国の健康プログラムに参加のための出発の前と再び帰った後の子供達における Cs-137 の線量測定を実施した。ただ単にペクチンの含まないクリーンな食物を食べた子供は Cs-137 レベルにおいて約 20 から 22%の減少示したが Vitapect を 25 日から 35 日間に服用した治療コースの子供達はより優れた Cs-137 の減少率を示した(Table 13.3 と 13.4)。

Table 13.3

2004年のフランスにおける30日間の Vitapect 服用による46人の子供の放射線量の減少(BELRAD 研究所データ)

	Concentration, Bq/kg		Decrease, %
	Before	After	
Vitapect	39.0 ± 4.4	24.6 ± 3.4	37*
Placebo	29.6 ± 2.7	24.6 ± 2.1	17

\* $p < 0.05$ .

Table 13.4

Belarussian の子供達に対する Vitapect 投与の前後における各施設間の放射線量の減少率結果(BELRAD 研究所データ)

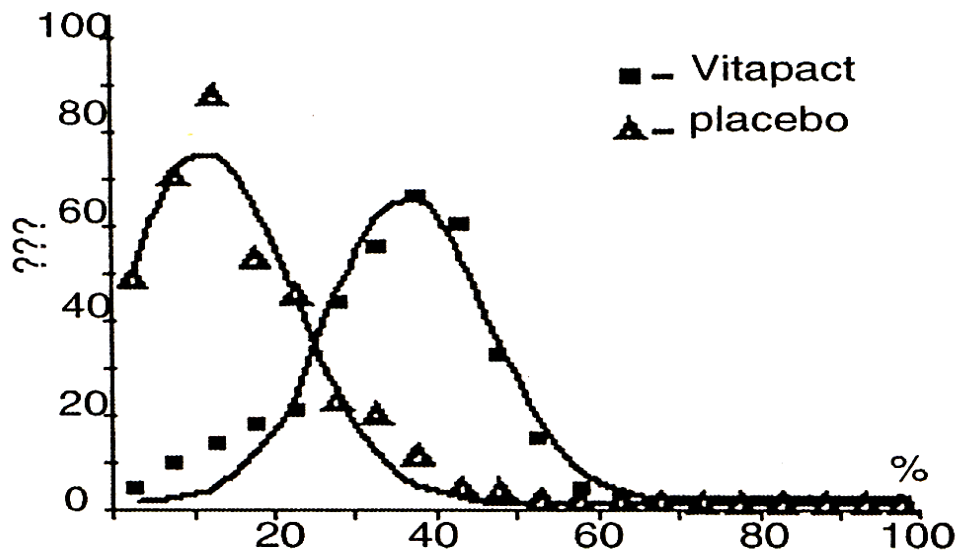
Concentration, Bq/kg		Decreasing, %	Group data
Before	After		
30.0 ± 1.5	19.2 ± 1.4*	36	Germany, $n = 43$ ; Jul. 7 to Aug. 29, 2007
42.1 ± 5.1	19.6 ± 2.5*	53	Spain, $n = 30$ ; Jul. 2 to Aug. 30, 2007
26.4 ± 1.5	13.2 ± 0.8*	50	Canada, $n = 22$ ; Jun. 26 to Aug. 22, 2007
23.4 ± 2.0	11.8 ± 0.7*	49	Canada, $n = 15$ ; Jun. 24 to Aug. 22, 2007

\* $p < 0.01$ .

10. 1つの実験における放射線量の縮小の頻度分布を Figure 13.3 において示した。Vitapect 服用グループの子供の放射線活性の相対減少率は単純平均 32.4%であり、中央値はそれぞれ 33.6%であった。一方、Vitapect を含まないクリーンな食物を摂取したグループのそれはただ単に単純平均 14.2%、中央値は 13.1%であった。このことは Vitapect 服用グループの効果的半減期が 27 日であることと Vitapect を含まないクリーン食物を摂取したコントロールグループのそれが 69 日であることと相関している。

Figure 13.3

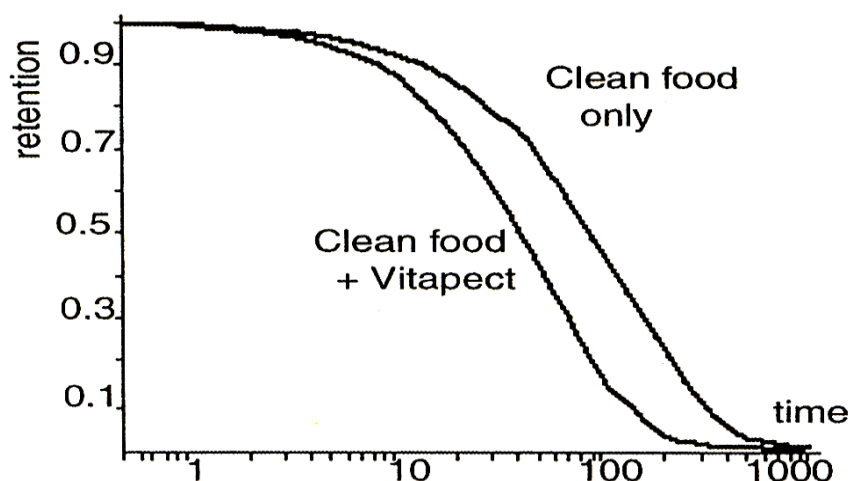
Belarussian の子供達に対して Vitapect 投与を行った時の Cs-137 身体放射線量の相対的な縮小状態 (Hill 等、2007)



11. 2つの計算された全身残留関数を Figure 13.4(成人用)において示した。最初の曲線は、汚染された食物を  $t=0$  からクリーンな食物に取り替える効果を表していて、2番目は、 $t=0$  からクリーンな食物と Vitapect とを同時に摂取した場合のケースである。観察された平均の実効半減期が 69 日から 27 日になるためにその縮小率は 2.5 倍の減少になる。

Figure 13.4

Leggett 等による成人の理論的な残留関数(2003 年)、.上部の曲線はクリーンな食物の効果を示し、Vitapect を服用した場合には下のように吸着による放射性物質の減少の効果がある (Hill 等、2007)



12. 1996年から2007年に、160,000人を超える Belarussian の子供達は18日から25日間の治療コースとして経口的に Vitapect(1日に2回の5g)を服用することにした。その結果はそれぞれの治療コースの後でCs-137放射能レベルは平均30%から40%の減少を示した。長期の経験に基づいて、BELRAD 研究所は、放射性の汚染された領域に住むすべての子供達が従来の配給食糧とともに経口的なペクチン添加された食品を毎年4回のコースで治療を受けるように勧めている。

過去11年間の BELRAD 研究所の活動からみて、327,000人を超える子供達の体内に含まれているCs-137のレベルをコントロールすることで放射能恐怖のアラームを惹起することなく、被曝予防についての知識の普及と個人的な責任のもとに各人の健康についての優れた留意感覚をもたらしたといつてよい。

### 13.3 放射線直接測定に基づく被曝予防の新しい原則

過去11年間の BELRAD 研究所の経験から放射能に汚染された被災地における効果的な被曝予防は、子供にとっては公的に認められている危険被曝線量 (i.e. 15~20 Bq/kg) の30%になったら治療介入しなくてはならない

1. 極度に汚染された Belarussian 地区で個人に集積されているCs-137の全身放射線量の直接測定は、10サンプルのミルクと10個のジャガイモに集積しているCs-137の量に基づいて公的に決められた線量であり、過小評価されているために年間の人への被曝線量はそれの約3倍から8倍になる可能性があり、効果的な被曝予防からみて当てにならないことを示している。
2. 真に汚染された人々の放射被曝線量は全身を直接測定する方法で得られたCs-137被曝線量のデータに基づくべきであることは明らかである。それはまた体内に集積された放射線量を示すものである。このことは Chernobly によって影響を受ける Belarus の各地区からの地区特産の実際のサンプルを通じて行われるべきである。
3. 医学的評価を含めて体内に集積されたCs-137線量の全体的測定を用いることによるのみ原因との相関関係が明らかとなり、体内の病的状態の悪化と人々における体内放射性核種の集積状態が共に明らかになるはずである。この時期においても、Chernobly の汚染地区としての Belarus, Ukraine と European Russia からのみ得られるデータであることを認識すべきである。ここに掲げた資料は被曝予防の計画的推進に誠に大事なものであり、人々を治療し、Belarus 地区の最小の被曝の人々をも救うべく意識を持つことのコミュニティを世界的に広めることを説得すべきである。その結果、Chernobly の大災害の次元が理解可能となろう。

### 13.4 Chernobly の子供達のための国際的な援助が特に効果的であろう場所は

世界中で Chernobly で起きたような核溶解に帰する大災害を長期的に対処できる国はほとんどないといつてよい。特に被害の大きかった Ukraine や Belarus などの

国々は国際連合や国際的組織から援助の手を差し伸べなくてははいけないし、個人的にも又個々の財団も同様であろう。

年間を通じて Chernobly の子供達が 10 万人規模で健康を快復すべく他国で治療を受けている。多くの国の医師達が被曝汚染された Chernobly、この歴史上かつてないほどの大災害の被災地においてその影響を最小限にとどめるべく無料奉仕で働いている。

食品材料のモニターのための長期にわたる経験、また被爆地区に住む住民の身体に蓄積された体内放射性核種のレベルなどそれを基礎資料として、国際的にも国内的にも効果的なプログラムを邁進すべく以下のような提案をさせていただきたい。

- ・ 体内に集積した放射性核種レベルと関連して、特に子供達にどのような病気があり、その頻度を検討する研究組織
- ・ 全ての被爆地区に、特に子供達であるが正常な個々の放射線量の分析と計算、これを遂行するために Belarus 市は移動実験室を置くことで 8 名、あるいは 12 名、15 名の増員をする。Belarussian system と同じく実際に科学的な臨床センターなどを立ち上げ、高放射能集積の集団を個々に定期的に放射線量の分析を行う施設を Ukraine と European Russia に建設したい。
- ・ 種々のペクチンを基本とした食品と飲用物を、特にりんご、干しぶどう、ぶどう、海草を中心に商品化する。特に被爆地区において避けることのできない食品を摂取せざるを得ない時には個々人の被曝予防の効果的方法として放射性物質の除去に役立つものとして開発する。
- ・ BELRAD Institute の経験を利用して、独立した放射能の監視と地域の食品群の放射能のコントロールをする。これらまでの施設を取り替えることなく、既存の公式なシステムに追加する。
- ・ 予防的監視のために経口摂取用のペクチン含有食品の定期的コースの設定などである。

Chernobly の極度の放射能汚染地区においてこの大被害の実情の 22 年後が示したものは国際的にも認められる個々人に対する放射線量の限界は 1 mSv/年程度である。その原因は地域で汚染された生産物をどうしても摂取消費せざるを得ないからである。このように、体内に集積する放射性核種のレベルをできるだけ少なくするための最終的忠告としては汚染されていない食品を摂取することである。しかし、汚染されていない食品が入手できない地域の人々には吸着性に優れた放射性核種の除去のできる可能性のある食品を提供するべきである。

放射性核種の吸着性に優れた、あるいは少々劣るが効果的な食品は存在する：例えばアルギン酸に富む海藻類を用いた食品類は Sr を減少させ、鉄とシアン化銅(例えば、フェロシアニド青)は Cs の減量に役立つ。活性炭やセルロース、種々のペクチン類は体内に蓄積された放射性核種の排泄に効果的である。特にアップルペクチン

を含んだ食品は、治療的意味合いもあって Cs-137 の放射性核種の排泄に効果的である。

では我々は何をなすべきか：

- ・ 十分に有効な分量を含んだ食製品を用いて Cs-137 体内集積を減らしなさい---吸着剤の混じった飼料を雌牛に供給して、得られたミルクからクリームとバターを生産するように、またミルクを分離しておくようにする。
- ・ 子供と妊娠した女性の身体から放射性核種の除去と重金属を増大させないためにクリーンな食料品、特に除去機能を持った食品類を提供して護りなさい。
- ・ 地方の食料品と生活様式を考慮して既存の入手可能な食品の放射性核種汚染と、住民(特に子供)の身体の中の放射性核種濃度の測定レベルを住民に知らせるべきである。
- ・ チェルノブイリで汚染された地域の人々のため、被曝予防の効果的な手段として、ライフスタイルの中に規則的な放射性核種除去方法の実行の仕方を指導するべきである。

和訳責任者 田澤賢次

富山医科薬科大学 名誉教授

(住所 富山県射水市南太閤山7-18)

電話：0766-56-5631 携帯：09093939649

メールアドレス：tzwa@vanilla.ocn.ne.jp

使用されている原子記号の金属名

Cu：銅

Cr：クローム

Cs：セシウム

I：ヨウ素

Rb：ルビジュウム

Pu：プルトニウム

Zn：亜鉛

Ce：スカンジウム

Co：コバルト

K：カリウム

Sr：ストロンチウム

Ca：カルシウム

Fe：鉄