ホルミシス化粧品から受ける放射線被ばく線量の評価

古田 悦子^{*1}, 中原 弘道^{*2}

(2008 年 7 月 24 日受理)

(2008 年 9 月 5 日再受理)

Dose Estimation of Radiation Exposure from Hormesis Cosmetics

Etsuko FURUTA^{*1} and Hiromichi NAKAHARA^{*2}

Cosmetics claiming hormesis effects are available through Internet. Although the hormesis effect is explained in each product of cosmetics, there is no explanation about the radiation source. The existence of the progeny nuclides of Th and U series (RI) was confirmed by the γ -ray spectroscopy using a HPGe detector. The highest radioactivity densities were 68 Bq/g of the Th-series included in the hormesis powder. Because the particles containing RI were of the size of 1–10 micrometer by observing and analyzing SEM-EDX, there is a risk of inhaling the powder to the deep into the lungs. Furthermore, as about 1% RI was dissolved in water, the uptake of the RI to the body would be possible. The highest value of the evaluation of uniform radiation exposure to some organs by the continuous usage for 10 years was 5.5 mSv/y of the hormesis powder inhalation to the lung. Furthermore, the calculated quantity of the radioactivity of progeny of ^{222}Rn deposited in the body after continuous use of the hormesis cream every day for one year becomes 24 Bq. The possibility of accumulation of the radioactivity in the body from the hormesis cosmetics cannot be denied. The addition of the radioisotope to cosmetics is prohibited in some EU countries by the regulation. It's proposed in this paper that the legitimacy of the addition of the radioisotope should be seriously re-examined.

KEY WORDS: Hormesis cosmetics, Radioactive consumer products, NORM, SEM-EDX, PM2.5, External exposure, Internal exposure, EURATOM, α -Ray, Regulation and justification.

I 緒 論

20 世紀始めの欧州では、 ^{226}Ra が多くの日用品に添加され使われた。放射性同位元素（以下 RI と記す。）を添加した日用品は、放射性コンシューマプロダクト（以下 RCP と記す。）と呼ばれている。現在でも時計に使われ

ている蛍光塗料やガスランタンマントル¹⁾が RCP として有名である。20 世紀始めの RCP の中には、ウランを添加したクリームやパウダーなどの化粧品が存在した。しかし、欧州諸国では、1970 年代の終わりまでにほぼ全ての製造が中止された。 ^{226}Ra を添加した日用品は現在欧州連合の市場における流通はない。これらの日用品は、あるとしても骨董品としての価値を認めた中古市場にあるのみであり、流通量は極めて少ないと考えられている²⁾。

最近では、健康によいとする天然素材の手作り化粧品が人気を博している。インターネットを通して日本語のホームページ上において販売されている化粧品の一部に、放射線ホルミシス効果³⁾を謳った商品（以下、ホル

^{*1} お茶の水女子大学大学院；東京都文京区大塚 2-1-1（〒112-8610）
Ochanomizu University; 2-1-1 Ohtsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610, Japan.

^{*2} 東京都立大学名誉教授；東京都八王子市南大沢 1-1（〒192-0397）
Tokyo Metropolitan University; 1-1 Minami-Osawa, Hachioji, Tokyo 192-0397, Japan.

ミス化粧品と記す。)がある。放射線ホルミシス効果とは、低線量放射線によって、高線量で起こる障害とは異なるプラスの刺激効果が生じることを指す。低線量放射線生体影響の評価は各種研究機関において行われてきている。しかしその殆どは、X線照射による小型動物あるいは細胞レベルでの研究⁴⁾である。ホルミシス化粧品の場合、RIを含むと考えられるが、RIの壊変によるホルミシス効果の研究は進んでいるとはいえない。

RCPは、法的な規制を受ける。例えば、欧州原子力共同体 (EURATOM)⁵⁾では、化粧品にRIを添加することを禁止している。ドイツなど欧州6か国がこれに従って法律により化粧品へのRIの添加を禁止している。日本のRCPへの対応としては、放射線障害防止法の規制下限値がある。さらに、RCPの内、天然放射性同位元素を添加した製品 (Naturally Occurring Radioactive Material: NORM) は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉等の規制に関する法律施行令により、添加可能量と濃度の上限値が定められている。しかし日本には、RCPの添加禁止対象品目は無い。

化粧品は、医薬品と同様に人体に直接塗布する等の使用方法であるため、薬事法の規制を受ける。すなわち、厚生労働大臣の製造販売業又は製造業の許可を受けた者でなければ製造できず、また業としてこれらを輸入してはならないと定められている。これら化粧品の製造・輸出入に関しては、薬事法の理念に基づいた品質及び安全性の確保に努めなければならない⁶⁾。化粧品の成分分析法としての医薬部外品原料規格 2006 一般試験法⁷⁾には 82 種の試験法が掲載されている。また、化粧品の安全性確保のため、化粧品には「添加禁止リスト」(ネガティブリスト)と「制限成分」(ポジティブリスト)がある。ネガティブリスト等に含まれ元素等の有無がこれら試験法により、確認されている。しかし、このネガティブリスト・ポジティブリストの内容は、国などの規制当局によって異なる。

日本では 2001 年に化粧品全成分表示制度が導入され、成分の表示が義務付けられた。ネガティブリスト・ポジティブリスト以外の成分は、企業責任の名の下に配合可能となった。ホルミシス化粧品の放射化分析⁸⁾を行ったが、その予備試験結果からはネガティブリストに掲載された元素は存在しなかった。しかし、一部の化粧品には、表示されていない成分元素があることが明らかになった。さらに、前記の化粧品の各試験法は RI を対象としていない。現在流通しているホルミシス化粧品の多くが、放射線測定器に強く反応する。「ホルミシス」の説明が

ホームページ上にあり、購入時には説明書が同封されているものもある。しかし、そこには放射線被ばく線量に関する記載は無い。化粧品は、購入後毎日継続して直接肌に塗布するものである。1950 年代に行われた脱毛症等の治療を目的とした Thorium X (^{224}Ra) の人体皮膚への直接塗布 (化学形不記載) の結果、皮膚の癌化が検証されている⁹⁾。しかも、塗布した ^{224}Ra (壊変核種と分離した溶液に CaCl_2 をキャリアヤとして添加し、アルコール等を加え上薬としたもの) の 1% 前後が血液へ移行している¹⁰⁾ことが判明したため、この種の治療は中止された。化粧品と治療目的の RI 濃度には、相当な差があると考えられる。しかし、化粧品としての継続的な RI の塗布による被ばく影響については、報告がないので、算出してみる必要がある。

ホルミシス化粧品の一つに、粉体の「ホルミシス」粉白粉が存在する。粉白粉は吸入の可能性もある。空気力学径が $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質 (Particulate Matter 2.5: PM2.5) の場合、肺深部への吸入・沈着による健康影響が公害問題として懸念されている¹¹⁾。粉白粉に含まれる RI の粒径が PM2.5 以下である場合、肺深部での内部被ばくの可能性があると考えられる。ホルミシス効果の有無とは別に、これらホルミシス化粧品の使用による被ばく影響の検証が必要である。

本研究は、ホルミシス化粧品に含まれる放射性同位元素の定性・定量分析を行い、さらに粒径確認によって体内取り込みの可能性の検討を通し、放射線源による内部、外部被ばく線量評価を行った。

II 実 験

1. 試料と試料調整

ホルミシス化粧品 6 種類、対照試料 2 種類を試料とした。ホルミシス化粧品は、店頭販売されていない。インターネットを通して販売されている商品のうち、会員にならずに購入可能な全ての商品を選択した。ジェル 2 種類、石鹸 2 種類、クリーム 1 種類、粉白粉 1 種類であり、いずれも、国産品である。また、対照商品として、一般商品であってもミネラル成分が豊富な、すなわち天然放射性同位元素の含有確率の高い化粧品の一つである国産の泥パック、及び韓国産のラドン温泉の元 (バスパウダー) を選択した。

水溶性成分の移行率を求める簡易実験として、各試料約 10 g に超純水 (逆浸透膜を通した後、イオン交換樹脂を通した高純度の水) 約 10 mL を加え軽く攪拌後 36.5°C 、24 時間インキュベーションした。この試料を密

封状態で1週間静置し、超遠心分離機を用いて水層、油層と沈殿層に分離した。

2. 測定

ホルミシス化粧品及び遠心分離後の各層の試料はGe検出器用容積標準線源 (^{60}Co , ^{137}Cs) と同一のプラスチック製U8容器に入れ、HPGe検出器 (CANBERRA: GC3518) を用いて γ 線を測定した。得られたスペクトルは、MCA (CANBERRA: Gemine-2000) と付属ソフト (CANBERRA: LabSOCS) を用いて解析した。装置の性能は ^{60}Co の γ 線1,333 keVに対する相対効率35%, エネルギー分解能1.8 keVである。測定時間は、試料の γ 線強度に応じて1~96時間とした。 γ 線解析により、各試料中の各RIの比放射能と水溶性成分の移行率を求めた。

遠心分離した沈殿層は、走査型電子顕微鏡 (scanning electron microscopy: SEM) - エネルギー分散型X線分析装置 (energy dispersive X-ray spectroscopy: EDX) (Model JSM6700F) 用の試料とした。試料をカーボンプレート上で乾燥後、加速電圧15 kVにより測定し、粒径を確認し含有元素を分析した。

3. 被ばく線量評価

(1) 外部被ばく線量評価と評価条件

皮膚表面の局部外部被ばく線量率 D_{ex} [$\mu\text{Sv/h}$] は、次式を用いて算出した¹²⁾。

$$D_{ex} = \sum_n \Gamma_E \cdot A_n \cdot 10^{-6} \cdot d^{-2}$$

ただし、 Γ_E は皮膚等価線量率定数¹³⁾ [$\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$]、 A_n は核種 n の放射能 [Bq]、 d は試料と人体皮膚表面の距離 [m] を表す。ここで用いた皮膚等価線量率定数は、 β 線、 γ 線ともに 2π 方向のみを対象とし、国際放射線防護委員会 (ICRP) の Publication 74 Table A 14¹⁴⁾ に記載された皮膚吸収線量 D_T/K_A (D_T : 臓器の平均吸収線量, K_A : 自由空気中の空気カーマ) のうち、前方から後方への照射ジオメトリー (AP) を使用した。 d は、国際放射線単位・測定委員会 (ICRU) による皮膚等価線量評価深さである $70 \mu\text{m}$ とした。使用説明書に記載された化粧品の使用量を評価量とし、粉白粉以外は日に2回使用することを想定した。1日の使用時間は、その目的に合わせて、ジェルとクリームは23時間、粉白粉は12時間、石鹸は5分とした。

(2) 内部被ばく線量評価と評価条件

ホルミシス化粧品の、ある日一日だけの使用及び3,652日までの継続的な使用に伴う体内残留量と排泄量を、核種毎の残留関数および排泄率関数¹⁵⁾を用いて試

料別に算出した。Th及びU系列の核種は放射平衡に達しているものとして計算した。また、アクチニウムの残留関数は、女性の場合とした。

核種毎の残留量 [Bq] から被ばく線量 [Sv] への換算は、簡易内部被ばく線量評価コード (Internal Dose Easy Calculation code: IDEC Ver.1.0)¹⁶⁾を用いた。IDECによる計算条件として、使用者は一般の女性、使用開始年齢は40歳、連続使用 (摂取) 10年とした。ただし、放射能は10年間各化粧品を使用し続けた場合の総放射エネルギー [Bq] を一度に摂取したと仮定して、内部被ばく線量を算出した。全ての化粧品の経皮摂取は、血液への注入とみなした。ただし、血液への注入率は、 γ 線測定から求めた水溶性成分の1%とした¹⁰⁾。経皮摂取後の全身、骨表面、肝臓、腎臓、全肺の内部被ばく線量を算出した。粉白粉についてのみ、吸入摂取も考慮し、使用量の0.1%による全肺への内部被ばく線量を算出した。吸入摂取時の呼吸気道から血液への移行は、比較的不溶性の遅い吸収速度であるタイプSとした。エアロゾルとしての粒径は $2.5 \mu\text{m}$ の対数正規分布とした。

化粧品の使用量、使用時間は、外部被ばく線量評価の場合と同一とした。

III 結 果

1. 比放射能

ホルミシス化粧品のGe検出器により測定した比放射能と、放射平衡が成立しているとして算出した系列毎の試料別全比放射能をTable 1に示す。試料5 (石鹸) 一種類を除く全てのホルミシス化粧品にTh系列、U系列の自然放射性同位元素が含まれていた。比較試料である試料8 (バスパウダー) と比べ、全ての核種でホルミシス化粧品の比放射能は1桁から2桁高かった。最も比放射能の高かった試料6 (粉白粉) は、 ^{212}Pb 及び ^{212}Bi が 7.2 Bq/g あった。このため、 ^{232}Th 及び ^{238}U と放射平衡にあるその子孫核種の比放射能の合計は、各々68, 13 Bq/gと算出された。ホルミシス効果を謳っている試料5 (石鹸) および比較試料である試料7 (一般化粧品) には、各 γ 線エネルギー領域の自然計数 (BG) の平方根の3倍より大きい計数を示す放射性同位元素は存在しなかった (Table 1ではN.D.と記載した)。

2. 成分

SEMにより測定した試料の画像とその拡大図をFig. 1に示す。Fig. 1の拡大図中に記載した元素は、EDXを用いたポイント解析による結果を表している。多数存在する白く輝く粒子の粒径は、殆ど1から $10 \mu\text{m}$ であり、

Fig. 1 Images of samples by SEM and elements detected by EDX.

The images on the left-sides and the expanded images on the right-sides were studied for each sample by SEM.

The elements written in the right-side images were analyzed for each grain by EDX.

2.5 μm 以下の粒子も多数存在した。Th および U は、主にこの粒子に含まれていた。他の黒や灰色粒子の Th 及び U の含有率は低かった。白く輝く粒子であっても、試料によりその成分比は違っていた。白く輝く粒子及び灰色の粒子の EDX による解析結果例を **Table 2** に示す。

試料 1 (ジェル) の白く輝く粒子は、Th(U) のリン酸塩であった。一方、試料 6 (粉白粉) の白く輝く粒子は、Th のリン酸塩も含むが、Ce, La の酸化物が多く含まれていた。Th(U) は、Ce, La(Y) の希土類元素とほとんどの場合同時に存在した。白く輝く粒子以外の部分には、試料により差はあるものの、Na, Al, Si, K, Ti, Cr, Fe, Zn, Zr, Nd, Yb などが含まれていた。

3. 外部被ばく線量

比放射能から算出した、皮膚表面における局部被ばく線量値を **Table 3** に示す。顔面を 300 cm^2 とした単位面積当たりの被ばく線量評価であり、周囲からの影響を評価する積算は行っていないため、最小値を示している。

試料 4 (クリーム) の 2.9 mSv/y が最大値であった。化粧品の使用説明書にある通りの使用量・時間であっても、一般公衆の皮膚組織等価線量限度値である 50 mSv/y を超す試料はなかった。

4. 内部被ばく線量

遠心分離した試料の水層、油層、沈殿層における放射能を測定したところ沈殿部分が 90% を越す RI を含んでいた。一方、水層は試料 1 (クリーム状のジェル) の 0.1% から試料 2 (水様のジェル) の 3.5% までの RI を含んでいた。測定された γ 線スペクトルは ^{214}Pb 及び ^{214}Bi であり ^{228}Ac , ^{212}Pb など Th 系列は検出されなかったことから、水層へ移行した成分は U 系列の ^{226}Ra , ^{222}Rn と考えられた。

ホルミシス化粧品の使用に伴う体内残留量を **Fig. 2** に示す。実線が毎日連続使用した場合、点線が始めに 1 日だけ使用した場合を示している。残留関数を用いた計算によれば試料 4 (クリーム) を 1 年使い続けた場合の体内残留量は 24 Bq, 10 年では 64 Bq である。残留量は、繰り返し使用することに伴い、初期は急速に、100 日を超えたところから僅かずつではあるが増加し続ける。一方、排泄率関数を用いた計算による 1 年目の排泄量は 0.35 Bq であり、100 日を超えたところから、排泄量はほぼ一定となった。

IDEC を用いて算出した経皮摂取、吸入摂取による内部被ばく線量評価値を **Table 4** に示す。Th 系列の ^{224}Ra , U 系列の ^{226}Ra 以下の核種の全てが放射平衡にあるとして評価した。各化粧品を 10 年間使用し続けた場合の、

Table 1 Radioactivity densities of hormesis cosmetics.

Sample	Radioactivity densities (Bq/g)							
	Th series					U series		
	²²⁸ Ac	²¹² Pb	²¹² Bi	²⁰⁸ Tl	Total*1	²¹⁴ Pb	²¹⁴ Bi	Total*2
1 Jell	4.3 ± 0.12	4.5 ± 0.23	4.5 ± 0.16	1.6 ± 0.048	44	1.1 ± 0.048	1.0 ± 0.033	15
2 Jell	(5.1 ± 0.2) × 10 ⁻²	(8.0 ± 0.4) × 10 ⁻²	(7.2 ± 0.3) × 10 ⁻²	(2.1 ± 0.1) × 10 ⁻²	0.7	N.D.	N.D.	0
3 Soap	2.3 ± 0.064	2.3 ± 0.11	2.0 ± 0.080	0.86 ± 0.025	22	0.30 ± 0.013	0.22 ± 0.0069	3.6
4 Cream	2.0 ± 0.057	2.2 ± 0.11	2.3 ± 0.078	0.76 ± 0.023	22	0.51 ± 0.023	0.50 ± 0.025	7.1
5 Soap	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0	N.D.	N.D.	0
6 Powder	6.1 ± 0.36	7.2 ± 0.41	7.2 ± 0.41	2.6 ± 0.16	68	0.99 ± 0.061	0.85 ± 0.099	13
7 Clay-pack	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0	N.D.	N.D.	0
8 Rn-powder*3	(3.4 ± 0.1) × 10 ⁻²	(5.5 ± 0.2) × 10 ⁻²	(4.5 ± 0.2) × 10 ⁻²	(4.6 ± 0.2) × 10 ⁻³	0.4	(3.0 ± 0.1) × 10 ⁻²	(1.0 ± 0.03) × 10 ⁻²	0.3

The counts which were less than 3 times of the square root of BG counts at the energy of the detective gamma ray were expressed as ND.

²⁰⁸Tl: 36.0% from ²¹²Bi

*1: Total radioactive density is 10 times of average density of Th-series, when radioactive equilibrium is formed.

*2: Total radioactive density is 14 times of average density of U-series, when radioactive equilibrium is formed.

*3: Because the spectrum had a lot of small peaks and the counts of each nuclide above were very low, the BG counts at each nuclide were not estimated well and the ratios of nuclides were not obtained correctly. However the magnitude of the densities above is considered right.

Table 2 Examples of elemental composition ratio (percentages)* contained in grains in centrifuged hormesis cosmetics. (%)

Sample	White shiny grain					Gray grain		
	Th	U	Ce	La	Y	Th	Ce	La
1 Jell	59.6 ± 2.0	29.9 ± 1.2	10.5 ± 1.6	—	—	19.1 ± 4.1	53.9 ± 3.3	27.0 ± 3.0
2 Jell	76.6 ± 4.1	—	—	—	23.4 ± 1.9	27.4 ± 5.0	55.2 ± 4.1	17.4 ± 3.8
3 Soap	25.8 ± 7.8	—	51.4 ± 6.3	22.8 ± 5.8	—	—	—	—
4 Cream	89.0 ± 1.4	—	11.0 ± 1.3	—	—	4.6 ± 4.1	68.2 ± 3.1	27.2 ± 2.8
6 Powder	26.1 ± 0.7	—	54.5 ± 0.6	19.4 ± 0.6	—	2.8 ± 1.5	70.3 ± 1.2	26.9 ± 1.1
7 Clay-pack	11.4 ± 6.3	—	58.7 ± 4.8	29.9 ± 4.4	—	—	—	—

There are no white shiny grain in samples 5 and 8.

Sample 5 of silver gray grain contains C; 62%, Cu; 19%, Zn; 12% and O; 6%.

Sample 7 of dark gray grain contains O; 67% and Si; 33%.

*: At each scan point, the elemental composition ratios were calculated multiplying each peak area by each elemental factor.

Table 3 Annual skin equivalent dose of hormesis cosmetics.

Sample	Usage weights per day (g)	Usage hours per day (h)	Annual dose	
			γ-ray (mSv/cm ²)	β-ray (nSv/cm ²)
1 Jell: gray	0.53 × 2*	11.5 × 2*	1.9	6.5
2 Jell: red	0.32 × 2*	11.5 × 2*	1.5 × 10 ⁻²	5.2 × 10 ⁻²
3 Soap: red	0.28 × 2*	0.04 × 2*	1.8 × 10 ⁻³	5.9 × 10 ⁻³
4 Cream	1.6 × 2*	11.5 × 2*	2.9	9.5
5 Soap: green	0.59 × 2*	0.04 × 2*	3.4 × 10 ⁻⁸	4.2 × 10 ⁻⁷
6 Powder	0.16	12	5.0 × 10 ⁻¹	1.7

The estimated area of a face is 300 cm².

The evaluated distance is 70 μm.

*Two times per day with the same weight and hours.

Fig. 2 Relationship between the residual activity and the elapsed time.

The solid lines show the residual activity in the user's body when cosmetics of each sample are used every day continuously.

The dotted lines show the residual activity in the user's body when cosmetics of each sample are used at the "0" day.

表中に示した各臓器に対する均一内部被ばく評価値を示している。経皮摂取ではクリームのお骨表面に対する 1.1 mSv/y が最大値であった。一方、試料 6 (粉白粉) の吸入摂取による全肺の被ばく線量は 5.5 mSv/y であった。

IV 考 察

1. 比放射能

ホルミシス化粧品は、試料 5 (石鹸) を除き全て天然の放射性同位元素を含む NORM 製品であった。NORM 製品であるため核原料物質、核燃料物質及び原子炉等の規制に関する法律の対象である。濃度規制値 370 Bq/g を越える化粧品はなかった。一方、NORM 製品は放射線障害防止法の規制は受けないが、放射線障害防止法に定められた ^{228}Ra と放射平衡にある核種の規制下限値 10 Bq/g¹⁷⁾ を超えた化粧品が存在した。放射線障害防止法の核種毎の規制下限値は、安全基準であり、その値を大幅に上回る放射性物質がホルミシス化粧品には添加されていた。

2. 被ばく線量評価

内部被ばく線量の評価を行った。しかし、Table 4 に示した評価値は参考値である。なぜならば、評価条件とした使用量は、半分の人でもあれば、倍量を使用する人もいる。使用者の年齢、連続使用年数等もさまざまである。さらに、水への移行率を簡易実験により求めたが、実際には体温、発汗、皮脂分の浮き出しの度合い等で変動するものと考えられ、水溶成分の吸収の度合いも相当に個人差があると考えられる。しかし、Fig. 2 に示したように、計算上、体内に取り込まれた α 線放出核種は、排泄もされるが残留分があり、体内残留量は徐々に増加する。

粒径が $2.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下 (PM2.5) の Th(U) を含む微粒子が存在することが SEM により確認された。ホルミシス化粧品は吸入により肺奥部への沈着が有り得ることが判明した。Table 4 では全肺に対する内部被ばくを評価した。試料 6 (粉白粉) からのホットパーティクルによる肺の部分被ばく線量を α 線の飛程内の部分被ばくとして小出の方法¹⁸⁾により算出した場合、全肺被ばくと比べ被ばく線量評価値が 2 桁高くなる核種も存在した。このことは、直径 $50\text{ }\mu\text{m}$ 前後の範囲に $0.1 \sim 1.2\text{ mSv/y}$ の被ばくが起りえることを示している。

被ばく線量評価は、種々の条件を勘案し安全側に過大評価されるのが一般的である。しかし、ホットパーティクルの存在を議論した例はほとんど見受けられない。実際には、ホルミシス化粧品の粉白粉のように、全肺への議論では過小評価になる場合がある。今後、ホットパーティクルの存在も考えた評価法が確立されることを望む。

3. 法規制と正当性

外部被ばく線量の評価値等から、ホルミシス化粧品は一般公衆に対する商品として、違法性は無い。しかし、普通の生活では起りえない α 線放出核種による内部被ばくが起る可能性がある。このことは、ホルミシス化粧品の存在そのものが、問題であることを示している。さらに、EDX から、欧州では化粧品への添加が禁止されている Zr の存在が確認された。日本においては、Zr はエアゾール剤への配合のみが禁止されている。これは体内への吸入が危険であることを意味する。Zr が存在することに関しても、ホルミシス化粧品の存在は好ましくない。

一般的に、RCP の使用者にとって問題となる被ばくは、Rn の吸入を除き、外部被ばくである。この被ばく線量に関しては、RCP1 個につき $10\text{ }\mu\text{Sv/y}$ 以下が望ましいとする NRPB (現在の Health Protection Agency) の指

Table 4 Uniform internal exposure of hormesis cosmetics in 10 years.

Sample	Usage weights (g/day)	Percentage dissolved in water (%)	Intake method	Total activity in 10 years*1 (Bq)	Organs	Radiation exposure dose (μ Sv/y)
1 Jell	1.06	0.094*2	Intake through the skin	3.8	Whole body	1.7
					Bone	61
					Kidney	6.0×10^{-2}
					Liver	1.9
					Lung	2.7×10^{-1}
2 Jell	0.64	3.4*2	Intake through the skin	9.9×10^{-1}	Whole body	3.7×10^{-1}
					Bone	14
					Kidney	2.0×10^{-1}
					Liver	3.8×10^{-1}
					Lung	7.0×10^{-2}
3 Soap	0.56	0.16	Intake through the skin	1.5	Whole body	6.1×10^{-1}
					Bone	23
					Kidney	2.7×10^{-1}
					Liver	6.7×10^{-1}
					Lung	1.0×10^{-1}
4 Cream	3.2	1.1	Intake through the skin	63.6	Whole body	29
					Bone	1.1×10^3
					Kidney	11
					Liver	32
					Lung	4.7
6 Powder	0.16	0.26	Intake through the skin	2.2	Whole body	9.1×10^{-1}
					Bone	34
					Kidney	4.0×10^{-1}
					Liver	1.0
					Lung	1.5×10^{-1}
		Inhalation of 0.1% used	Inhalation	14	Lung	5.5×10^3

*1: The total activity intook is calculated by residual factor¹⁵⁾
*2: Because the jell sample of number 1 is very creamy and the sample of number 2 is watery, so the percentages dissolved in water are different.

針¹⁹⁾が在る。一方、RCP の使用者の内部被ばくの限度値に関する指針はない。今回調べたホルミシス化粧品の様に内部被ばくの可能性がある RCP が存在するので、一般公衆への内部被ばく限度値に関する指針が望まれる。

欧州ではいかなる濃度、量の RI であっても、化粧品以外にも、食品、玩具、家畜飼料等への添加が禁止されている。この禁止は、科学的なデータの蓄積からいかなる量も危険であるといった結論を出しているのではなく、添加の正当性が認められない対象品目を制定したものである。一方、日本では、RI は核種毎の濃度、数量により規制されており、添加禁止対象品目は無い。

NORM といえども、内部被ばく影響の大きい α 線源を化粧品などに添加して良いか、正当性があるのか疑問である。放射線審議会において、NORM に係わる規制免除レベルの国内規制体系への取入れの検討が行われているところである²⁰⁾。添加禁止対象品目の制定を真剣に推し進めるべきであると考える。

V ま と め

本研究において用いたホルミシス化粧品はほとんど全て、Th(U)を添加した NORM 製品であった。一般公衆の皮膚表面の被ばく線量限度値を超える化粧品はないと評価された。一方、その粒径及び使用形態から α 線放出核

種の部分的体内蓄積の可能性が高いことが示唆された。NORM 製品について、添加の正当性の議論と添加禁止対象品目の設定、及び一般公衆の内部被ばく限度値の制定が望まれる。

本研究の SEM 写真撮影と EDX 分析に当たり、日本原子力研究開発機構、環境・原子力微量分析研究グループの江坂文孝博士と福山裕康氏にご協力いただきました。さらに、内部被ばく線量評価の算出に当たり、日本原子力研究開発機構、大洗研究開発センター安全管理部の齋藤圭氏にご協力をいただきました。深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) E. FURUTA, Y. YOSHIZAWA and T. ABURAI; Comparisons between radioactive and non-radioactive gas lantern mantles, *J. Radiol. Prot.*, **20**, 423–431 (2000).
- 2) J. SHAW, J. DUNDERDALE and R. A. PAYNTER; A Review of Consumer Products Containing Radioactive Substances in the European Union, *Radiation Protection*, **146**, 14 (2007).
- 3) T. D. LUCKEY; Physiological benefits from low levels of ionizing radiation, *Health Phys.*, **43**, 771–789 (1982).
- 4) K. SAKAI, Y. HOSHI, T. NOMURA, T. ODA, T. IWASAKI, K. FUJITA, T. YAMADA and T. TANOOKA; Suppression of carcinogenic processes in mice by chronic low dose rate gamma-irradiation, *Int. J. Low Radiat.*, **1**, 142–146 (2003).
- 5) EU; Council Directive 96/29/EURATOM, Official Journal of the European Community (L159) p. 7 (1996).
- 6) 厚生労働省令第百七十九号; 医薬品及び医薬部外品の製造管理及び品質管理の基準に関する省令 (2004).
- 7) 高橋守; ミニファイル, 原材料の規格と分析法, ぶんせき, **2007(1)**, 29–30 (2007).
- 8) E. FURUTA, H. NAKAHARA, Y. HATSUKAWA, H. MATSUE, and H. SAKANE; Neutron Activation Analysis of Trace Elements in Japanese Hormesis Cosmetics, *J. Radioanalyt. Nucl. Chem.*, **278 (3)**, 553–557 (2008).
- 9) R. RAJARATNAM, P. BALASUBRAMANIAM and J. R. MARSDEN; Thorium X and skin cancer: still a problem in the 21st century, *Clin. Exp. Dermatol.*, **32**, 125–126 (2006).
- 10) S. J. WYARD, M. A. NIGHTINGALE and I. G. AUSTIN; Radiation hazards in the use of thorium X for skin therapy, *Br. J. Radiol.*, **28**, 274–278 (1955).
- 11) 新田裕史; 環境問題基礎知識, 国立環境研究所ニュース, **20 (5)**, 8–9 (2001).
- 12) H. E. KNOCH; Radioisotopic Methods for Biological and Medical Research, p. 340 (1991), Oxford University Press, New York.
- 13) 古田悦子, 森田裕子, 吉沢幸夫; 内装建材による内部・外部被ばく線量評価, 保健物理, **42**, 341–348 (2007).
- 14) ICRP; “Publication 74 : 外部放射線に対する放射線防護に用いるための換算係数”, 日本アイソトープ協会訳, p194, p223 (1998), 日本アイソトープ協会, 東京.
- 15) 赤石準編集主査; 内部被ばくにおける線量当量の測定・評価マニュアル, p91–92 (1988), 原子力安全技術センター, 東京.
- 16) 日本原子力開発機構; 簡易内部被ばく線量評価コード IDEC Ver.1.0 (2000).
- 17) International Basic Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, IAEA Safety Series No.115, IAEA (1996).
- 18) 小出裕章; 第 99 回原子力安全問題ゼミ, 原子力安全研究グループ (2004).
- 19) NRPB-M836: Exemption levels for radioactive material added to consumer products 2, National Radiological Protection Board, Chilton Didcot UK (1997).
- 20) 放射線審議会第 10 回基本部会, 資料第 10–3 号 (2003).

古田 悦子 (ふるた えつこ)

お茶の水女子大学大学院講師。博士（理学）。専門は放射化学。朝日新聞朝刊（2008.8.5）の「私の視点」に掲載された、放射性コンシューマプロダクトの正当性の議論を深めていけたらと考えている。

E-mail: furuta.etsuko@ocha.ac.jp