

# 放射線이 一般保健에 미치는 影響에 關한 考察

東南保健專門大學 放射線科

尹 哲 鎬

## A Study of Radiation Influenced upon General Health

Chul Ho Yoon

Dept. of Radiology, Dong Nam Junior Health College

### I. 緒 論

오늘날 放射能物質은 自然界에 無數히 많이 存在할 뿐만 아니라 科學文明의 發達과 資源의 缺乏等으로 放射能物質의 그 利用度가 점차 增加됨에 따라 우리周圍에서 放射能危險에 露出되었거나 露出의 機회가 많아져 放射能物質이 一般健康에 미치는 影響에 對하여 注目하게 되었다. 放射線의 利用價値는 X-線을 西紀 1895年 Roentgen教授가 發見한後 급진적으로 醫學, 生物學工業, 農業, 産業等, 理工學研究分野에서 그 使用이 增加되었을 뿐만 아니라 特히 第二次 世界大戰時 原子爆彈을 武器로 使用하여 戰爭後 35년이 지난 오늘날에도 原爆被害者는 社會的 問題로 남아있으며 그리고 "International Atomic Energy Agency" 調査에 依하면 1945-1961年間に 71件의 事故가 發生하여 123名이 放射線物質에 露出되었고 그 외에 大氣汚染 水質汚染 土壤汚染等은 社會的 問題로 남겨놓고 있다.

또한 放射線照射가 必須的으로 되어있는 疾病은 診斷技術의 向上과 더불어 確認되지 않은 狀態에서 放射線에 露出될 幾回は 增加되고 있는 것이다<sup>1,2,3,4,5</sup>.

故로 著者는 環境衛生學的인 測面에서 放射線物質이 一般保健에 미치는 影響과 對策에 關하여 報告함으로써 國民保健에 多少라도 도움이 되길 期待하는 바이다.

### II. 放射性核種現況 및 利用度

#### 1) 核種現況

放射性核種은 自然放射性核種과 人工放射性核種으로 區分하는데 自然放射性核種은 天然的으로 存在하는 放射性核種이고 人工放射性核種은 人工的인 核變化에 依해서 얻어지는 放射性核種이다.

自然에 存在하는 放射線이라면 宇宙線 및 天然放射性同位元素가 問題되는 것으로 思料된다<sup>5,6,7</sup>.

宇宙線은 地球밖에서 放射性 同位元素의 기원을 갖는 것으로 그 기원은 네가지로 볼수있는데 ① 옛날부터 天然的으로 存在하여 붕괴계열을 形成하는 放射性同位元素 ② 自然的으로 存在하여 붕괴계열을 形成하지 않는 放射性同位元素, ③ 誘導天然放射性同位元素, ④ 人工放射性同位元素等으로 볼수있는데 이는 大氣권에 도달하면 大氣와 相互作用에 依해 荷電粒子나 電子波로 되어 二次 宇宙線이 形成되고 있으며 自然放射性同位元素는 地表의 흙이나 岩石建築材料 등에서 放出되거나 또는 포함한 放射能物質은 Radon과 Thorium 등이 있으며 그외의 物質으로써는  $U^{233}$ ,  $Tl^{232}$ ,  $Ra^{226}$ ,  $K^{40}$ ,  $C^{14}$ ,  $H^3$  등이 代表的이다<sup>7,8,9</sup>.

그리고 核實驗의 結果 生成한 放射線物質로 汚染된 飲食物을 攝取하였을때 放射線에 露出되며 特히  $Sr^{90}$ 을 함유한 物質은 骨格에 沈着하여 骨髓에 長期間(半減期 28年) 放射線( $\beta$ )을 內部照射되는 것이 問題가 된다.

한예로 1954年 太平洋에서 實驗한 核爆에서 放出된

\* 이 講座는 月刊 「最新醫學」 제 27권 제 4호(1984.4)에 발표되었음.

表 1. Maximum Permissible amount of radioisotope in total body and maximum permissible concentration in air and water for continuous exposure (a)

Z	Radioisotope and type of decay	Critical organ (g)	Maximum permissible (m)		Maximum permissible concentrations		
			Total body burden ( $\mu\text{C}$ )	(m)	In water ( $\mu\text{C}/\text{CC}$ )	In air ( $\mu\text{C}/\text{CC}$ )	
1	$\text{H}^2(\text{HTO or H}^2\text{O})\beta^-$	Total body	$7 \times 10^4$	$10^4$ (c.Eg.7)	0.2 (Eq.10)	$10^{-5}$ (Eq.9. d.g)	
		(GI)	150	$(10^4, 10^4)$	0.2 (Eq.14)	$10^{-5}$ (Eq.15)	
4	$\text{Be}^7\text{-K}, \gamma$	Bone	$7 \times 10^2$	725 (Eq.7)	1 (Eq.10)	$5 \times 10^{-6}$ (Eq.9)	
		(GI)	150	(15, 440)	$2 \times 10^{-2}$ (Eq.14)	$3 \times 10^{-6}$ (Eq.15)	
6	$\text{C}^{14}(\text{CO}_2)\beta^-$	Fat	$10^4$	246 (Eq.7)	$3 \times 10^{-3}$ (Eq.10)	$10^{-5}$ (d)	
		(GI)	150	$(5 \times 10^3, 246)$	$6 \times 10^{-2}$ (Eq.14)	$10^{-5}$ (Eq.15)	
9	$\text{F}^{18} \beta^+$	Bone	$7 \times 10^3$	5 (Eq.7)	0.2 (Eq.10)	$3 \times 10^{-5}$ (Eq.9)	
		(GI)	150	(>5)	>0.2 (Eq.14)	$>3 \times 10^{-5}$ (Eq.15)	
11	$\text{Na}^{24} \beta^-, \gamma$	Total body	$7 \times 10^4$	15 (c.b.Eq.7)	$8 \times 10^{-3}$ (Eb.10)	$2 \times 10^{-6}$ (b.Eq.9)	
		(GI)	150	15.8	$8 \times 10^{-3}$ (Eq.14)	$10^{-6}$ (Eq.15)	
15	$\text{P}^{32} \beta^-$	Bone	$7 \times 10^3$	10 (c.b)	$2 \times 10^{-4}$ (c.d)	$10^{-7}$ (Eq.9)	
		(GI)	150	(40, 10)	$8 \times 10^{-4}$ (Eq.14)	$10^{-7}$ (Eq.15)	
16	$\text{S}^{35} \beta^-$	skin	$2 \times 10^2$	300 (Eq.7)	$5 \times 10^{-3}$ (c.d)	$10^{-6}$ (b.Eq.9)	
		(GI)	150	(360, 300)	$6 \times 10^{-3}$ (Eq.14)	$10^{-6}$ (Eq.15)	
17	$\text{U}^{235} \beta^-$	Total body	$7 \times 10^4$	230 (Eq.7)	$4 \times 10^{-3}$ (Eq.10)	$6 \times 10^{-7}$ (Eq.9)	
		(GI)	150	(530, 770)	$10^{-2}$ (Eq.14)	$2 \times 10^{-6}$ (Eq.15)	
18	$\text{A}^{41} \beta^-$	Total body	$7 \times 10^4$	33 (Eq.7)	$5 \times 10^{-4}$ (Eq.16)	$5 \times 10^{-7}$ (Eq.17)	
		(GI)	150	(6, 6)	$3 \times 10^{-3}$ (Eq.14)	$6 \times 10^{-7}$ (Eq.15)	
19	$\text{K}^{42} \beta, \gamma$	Muscle	$3 \times 10^4$	21 (Eq.7)	$10^{-2}$ (Eq.10)	$2 \times 10^{-6}$ (Eq.9)	
		(GI)	150	(6, 6)	$3 \times 10^{-3}$ (Eq.14)	$6 \times 10^{-7}$ (Eq.15)	
20	$\text{Ca}^{45} \beta^-$	Bone	$7 \times 10^3$	14 (Eq.7)	$10^{-4}$ (Eq.10)	$8 \times 10^{-8}$ (Eq.9)	
		(GI)	150	$(3 \times 10^3, 5 \times 10^3)$	$2 \times 10^{-2}$ (Eq.14)	$3 \times 10^{-6}$ (Eq.15)	
21	$\text{Sc}^{46}\beta^-, \gamma$	spleen	150	6 (Eq.7)	0.4 (Eq.10)	$7 \times 10^{-8}$ (Eq.9)	
		Liver	$1.7 \times 10^3$	5 (Eq.7)	0.3 (Eq.10)	$5 \times 10^{-8}$ (Eq.9)	
21	$\text{Sc}^{47} \beta^-$	(GI)	150	$(6 \times 10^{-4}, 7)$	$(4 \times 10^{-4}, 7)$ (Eq.14)	$4 \times 10^{-4}$ (Eq.15)	
		Spleen	150	15 (Eq.7)	4 (Eq.10)	$9 \times 10^{-7}$ (Eq.9)	
21	$\text{Sc}^{48}\beta-, \gamma$	Liver	$1.7 \times 10^3$	11 (Eq.7)	3 (Eq.10)	$6 \times 10^{-7}$ (Eq.9)	
		(GI)	150	$(3 \times 10^{-3}, 3)$	$9 \times 10^{-4}$ (Eq.14)	$2 \times 10^{-7}$ (Eq.15)	
21	$\text{Sc}^{48}\beta-, \gamma$	Spleen	15	5 (Eq.7)	3 (Eq.10)	$6 \times 10^{-7}$ (Eq.9)	
		Liver	$1.7 \times 10^3$	3 (Eq.7)	1 (Eq.10)	$3 \times 10^{-7}$ (Eq.9)	
23	$\text{V}^{48}, \text{K}, \beta^+, \gamma$	(GI)	150	$(7 \times 10^{-4}, 0.6)$	$4 \times 10^{-4}$ (Eq.14)	$7 \times 10^{-8}$ (Eq.15)	
		Bone	$7 \times 10^3$	10 (Eq.7)	0.3 (Eq.10)	$6 \times 10^{-7}$ (Eq.9)	
24	$\text{Cr}^{51} \text{K}, \gamma$	(GI)	150	(0.01, 0.8)	$3 \times 10^{-4}$ (Eq.14)	$5 \times 10^{-8}$ (Eq.15)	
		Kidneys	300	600 (Eq.7)	0.7 (Eq.10)	$10^{-5}$ (Eq.9)	
		(GI)	150	(17, 240)	$2 \times 10^{-2}$ (Eq.14)	$4 \times 10^{-5}$ (Eq.15)	

25	Mn <sup>56</sup> β <sup>-</sup> , γ	Kidneys	300	25	(Eq.7)	0.15	(Eq.10)	4 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		Liver	1.7 × 10 <sup>3</sup>	8	(Eq.7)	0.4	(Eq.10)	4 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	135	(0.4, 3)		3 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	5 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
26	Fe <sup>55</sup> K	Blood	5.4 × 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	(Eq.7)	5 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.10)	7 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(2 × 10 <sup>4</sup> , 3 × 10 <sup>4</sup> )		0.1	(Eq.14)	2 × 10 <sup>-5</sup>	(Eq.15)
26	Fe <sup>59</sup> β <sup>-</sup> , γ	Blood	5.4 × 10 <sup>3</sup>	13	(Eq.7)	10 <sup>-4</sup>	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-8</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(390, 320)		3 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	5 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
27	Co <sup>60</sup> β <sup>-</sup> , γ	Liver	1.7 × 10 <sup>3</sup>	3	(Eq.7)	2 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.6, 02)		4 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.14)	8 × 10 <sup>-8</sup>	(Eq.15)
28	Ni <sup>59</sup> K	Liver	1.7 × 10 <sup>3</sup>	42	(Eq.7)	0.3	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-5</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.6, 1)		4 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	7 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
29	C <sup>64</sup> k, β <sup>-</sup> β <sup>+</sup> , γ	Liver	1.7 × 10 <sup>3</sup>	120	(Eq.7)	6 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	5 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(10.22)		5 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	9 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
30	Zn <sup>65</sup> k, β <sup>+</sup> , γ	Bone	7 × 10 <sup>3</sup>	400	(Eq.7)	6 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(13, 80)		2 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	4 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
31	Ga <sup>72</sup> β <sup>-</sup> , γ	Bone	7 × 10 <sup>3</sup>	3	(Eq.7)	3	(Eq.10)	10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(5 × 10 <sup>-4</sup> , 0.3)		5 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.14)	10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
32	Ge <sup>71</sup> K	Kidneys	300	72	(Eq.7)	10	(Eq.10)	4 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.1.5)		(2 × 10 <sup>-2</sup> )	(Eq.14)		
33	As <sup>76</sup> β <sup>-</sup> , γ	Kidneys	300	11	(Eq.7)	0.2	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.01, 02)		2 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.14)	4 × 10 <sup>-8</sup>	(Eq.15)
37	Rb <sup>86</sup> β <sup>-</sup> , γ	Muscle	3 × 10 <sup>4</sup>	64	(Eq.7)	3 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.10)	4 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(64, 64)	3 × 10 <sup>-3</sup>	3 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	4 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
38	Sr <sup>87</sup> β <sup>-</sup>	Bone	7 × 10 <sup>3</sup>	2	(d.c.Eq.7)	7 × 10 <sup>-5</sup>	(f)	2 × 10 <sup>-8</sup>	(f)
		(GL)	150	(20, 10)		7 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.14)	10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
38	Sr <sup>90</sup> + Y <sup>90</sup> β <sup>-</sup> (h)	Bone	7 × 10 <sup>3</sup>	1	(d,c)	8 × 10 <sup>-7</sup>	(c)	2 × 10 <sup>-10</sup>	(c,b)
		(GI)	150	(10 <sup>3</sup> , 10 <sup>3</sup> )		10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
39	Y <sup>91</sup> β <sup>-</sup>	Bone	7 × 10 <sup>3</sup>	3	(Eq.7)	4 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	9 × 10 <sup>-9</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.02, 17)		3 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.14)	5 × 10 <sup>-8</sup>	(Eq.15)
40	Zr <sup>95</sup> + Nb <sup>96</sup> β, γ	Bone	1 × 10 <sup>3</sup>	10	(Eq.7)	0.4	(Eq.10)	8 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.02, 12)		6 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.14)	10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
41	Nb <sup>95</sup> β <sup>-</sup> , γ	Bone	7 × 10 <sup>3</sup>	44	(Eq.7)	2 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(44, 62)		2 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	3 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
42	Mo <sup>99</sup> β <sup>-</sup> γ	Bone	7 × 10 <sup>3</sup>	17	(Eq.7)	5	(Eq.10)	6 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.01, 0.01)		3 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	5 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
43	Tc <sup>96</sup> k, γ	kidneys	300	5	(Eq.7)	3 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	3 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.2, 0.3)		10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
44	Ru <sup>106</sup> + Rh <sup>106</sup> β <sup>-</sup> , γ(h)	kidneys	300	4	(Eq.7)	0.1	(Eq.10)	3 × 10 <sup>-8</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(4 × 10 <sup>-3</sup> , 2)		10 <sup>-4</sup>	(Eq.14)	2 × 10 <sup>-8</sup>	(Eq.15)
45	Rh <sup>104</sup> β <sup>-</sup> γ	Kidneys	300	9	(Eq.7)	0.4	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.02, 0.9)		10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
46	Rd <sup>103</sup> + Rh <sup>104</sup> (s)ke <sup>-</sup> (h)	kidneys	300	7	(Eq.7)	10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	8 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(4, 8)		5 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	9 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
47	Ag <sup>106</sup> k, r	Liver	1.7 × 10 <sup>3</sup>	19	(Eq.7)	2	(Eq.10)	10 <sup>-5</sup>	(Eq.9)

	(GI)	150	$(4 \times 10^{-3}, 0.1)$	$4 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$7 \times 10^{-8}$ (Eq. 15)
47 $\text{Ag}^{101} \beta^+$	Liver	$1.7 \times 10^3$	39 (Eq.7)	5 (Eq. 10)	$3 \times 10^{-5}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(4 \times 10^{-2}, 0.1)$	$5 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$8 \times 10^{-8}$ (Eq. 15)
48 $\text{Cd}^{109} + \text{Ag}^{109} (s) \gamma k (h)$	Liver	$1.7 \times 10^{-3}$	45 (Eq.7)	$7 \times 10^{-2}$ (Eq.10)	$7 \times 10^{-9}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(450, 6 \times 10^4)$	0.7 (Eq. 14)	$10^{-4}$ (Eq. 15)
50 $\text{Sn}^{113} \gamma, k$	Bone	$7 \times 10^3$	84 (Eq.7)	0.2 (Eq.110)	$6 \times 10^{-7}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(0.8, 42)$	$2 \times 10^{-3}$ (Eq. 14)	$3 \times 10^{-7}$ (Eq. 15)
52 $\text{Te}^{127} \beta^-, \gamma$	kidneys	300	4 (Eq.7)	$3 \times 10^{-2}$ (Eq.10)	$10^{-7}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(0.09, 4)$	$7 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$10^{-7}$ (Eq. 10)
52 $\text{Te}^{129} \beta^-, \gamma$	kidneys	300	1.4 (Eq.7)	$10^{-2}$ (Eq.10)	$4 \times 10^{-5}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(0.03, 1.4)$	$2 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$4 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)
53 $\text{I}^{131} \beta^-, \gamma$	Thyroid	20	0.6 (d.Eq.7)	$6 \times 10^{-5}$ (d)	$6 \times 10^{-8}$ (d)
	(GI)	150	$(>0.6)$	$>6 \times 10^{-5}$ (Eq. 14)	$>6 \times 10^{-9}$ (Eq. 15)
54 $\text{Xe}^{133} \beta^-, \gamma$	Total body	$7 \times 10^4$	320 (Eq.7)	$4 \times 10^{-3}$ (Eq.16)	$4 \times 10^{-6}$ (Eq.17)
54 $\text{Xe}^{135} \beta^-, \gamma$	Total body	$7 \times 10^4$	100 (Eq.7)	$10^{-3}$ (Eq.16)	$2 \times 10^{-6}$ (Eq.17, 6)
55 $\text{Cs}^{137} + \beta a^{137}$	Muscle	$3 \times 10^4$	98 (Eq.7)	$2 \times 10^3$ (Eq.10)	$2 \times 10^{-7}$ (Eq.9)
(s) $\beta^-, \gamma, (h)$	(GI)	150	$(98, 98)$	$2 \times 10^{-3}$ (Eq. 14)	$2 \times 10^{-7}$ (Eq. 15)
56 $\text{Ba}^{140} \times \text{La}^{146}$	Bone	$7 \times 10^3$	1 (Eq.7)	$5 \times 10^{-4}$ (Eq.10)	$2 \times 10^{-8}$ (Eq.9)
$\beta^-, \gamma (h)$	(GI)	150	$(0, 7, 3)$	$3 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$6 \times 10^{-8}$ (Eq. 15)
57 $\text{La}^{140} \beta^-, \gamma$	Bone	$7 \times 10^3$	7 (Eq.7)	0.3 (Eq.10)	$4 \times 10^{-7}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(7 \times 10^{-3}, 0.9)$	$3 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$5 \times 10^{-8}$ (Eq. 15)
58 $\text{Ce}^{144} + \text{Pr}^{144} \beta^-, \gamma (h)$	Bone	$7 \times 10^3$	1 (Eq.7)	$8 \times 10^{-3}$ (Eq.10)	$2 \times 10^{-9}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(0.01, 10)$	$10^{-4}$ (Eq. 14)	$2 \times 10^{-8}$ (Eq. 15)
59 $\text{Pr}^{149} \beta^-$	Bone	$7 \times 10^3$	6 (Eq.7)	$8 \times 10^{-2}$ (Eq.10)	$2 \times 10^{-7}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(0.04, 3)$	$5 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$9 \times 10^{-8}$ (Eq. 15)
61 $\text{Pm}^{147} \beta^-$	Bone	$7 \times 10^3$	25 (Eq.7)	0.2 (Eq.10)	$4 \times 10^{-8}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(0.3, 250)$	$2 \times 10^{-3}$ (Eq. 14)	$4 \times 10^{-7}$ (Eq. 15)
62 $\text{Sm}^{251} \beta^-$	Bone	$7 \times 10^3$	90 (Eq.7)	$5 \times 10^{-2}$ (Eq.10)	$3 \times 10^{-9}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(14.3 \times 10^{-4})$	$8 \times 10^{-3}$ (Eq. 14)	$10^{-6}$ (Eq. 15)
63 $\text{Eu}^{154} \beta^-, \gamma$	Bone	$7 \times 10^3$	7 (Eq.7)	$10^{-2}$ (Eq.10)	$2 \times 10^{-9}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(0.3, 280)$	$4 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$8 \times 10^{-8}$ (Eq. 15)
67 $\text{Ho}^{166} \beta^-, \gamma$	Bone	$7 \times 10^3$	4 (Eq.7)	5 (Eq.10)	$8 \times 10^{-7}$ (Eq.7)
	(GI)	150	$(4 \times 10^{-4}, 0.4)$	$5 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$8 \times 10^{-6}$ (Eq. 15)
69 $\text{Tm}^{170} \beta^-, \gamma$	Bone	$7 \times 10^3$	4 (Eq.7)	$6 \times 10^{-2}$ (Eq.10)	$10^{-8}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(0.03, 32)$	$5 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$8 \times 10^{-8}$ (Eq. 15)
71 $\text{Lu}^{177} \beta^-, \gamma$	Bone	$7 \times 10^3$	18 (Eq.7)	6 (Eq.10)	$10^{-6}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(3 \times 13^{-3}, 4)$	$10^{-3}$ (Eq. 14)	$2 \times 10^{-7}$ (Eq. 15)
73 $\text{Ta}^{182} \beta^-, \gamma$	Liver	$1.7 \times 10^3$	6 (Eq.7)	$10^{-1}$ (Eq.10)	$2 \times 10^{-8}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(0.03, 27)$	$7 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$9 \times 10^{-5}$ (Eq. 15)
74 $\text{W}^{181} k, \gamma^-, e$	Bone	$7 \times 10^3$	24 (Eq.7)	$10^{-1}$ (Eq.10)	$5 \times 10^{-6}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(0.2, 05)$ (Eq.7)	$7 \times 10^{-4}$ (Eq. 14)	$10^{-7}$ (Eq. 15)
75 $\text{Re}^{183} k, \gamma$	Thyroid	20	37 (Eq.7)	$9 \times 10^{-2}$ (Eq.10)	$9 \times 10^{-6}$ (Eq.9)
	Skin	$2 \times 10^3$	650 (Eq.7)	0.3 (Eq.10)	$3 \times 10^{-5}$ (Eq.9)
	(GI)	150	$(0.8, 2)$	$2 \times 10^{-3}$ (Eq. 14)	$4 \times 10^{-7}$ (Eq. 15)

77	Ir <sup>190</sup> β <sup>-</sup> , γ	kidneys	300	23	(Eq.7)	10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	8 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		Spleen	150	21	(Eq.7)	0.2	(Eq.10)	10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.3, 13)		3 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	6 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
77	Ir <sup>192</sup> β <sup>-</sup> , γ	kidneys	300	3	(Eq.7)	9 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.10)	5 × 10 <sup>-8</sup>	(Eq.9)
		spleen	150	3	(Eq.7)	6 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.10)	3 × 10 <sup>-8</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.3, 5)		5 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.14)	9 × 10 <sup>-8</sup>	(Eq.15)
78	Pt <sup>191</sup> k, γ	kidneys	300	2	(Eq.7)	6 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.2, 1)		7 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.14)	10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
78	Pt <sup>193</sup> k, γ, e	kidneys	300	3	(Eq.7)	5 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.5, 3)		9 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.14)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
79	Au <sup>196</sup> k, β <sup>-</sup> , γ	Liver	1.7 × 10 <sup>3</sup>	8	(Eq.7)	5 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		kidneys	300	32	(Eq.7)	5 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.3, 16)		2 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	4 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
79	Au <sup>198</sup> β <sup>-</sup> , γ	Liver	1.7 × 10 <sup>3</sup>	3	(Eq.7)	4 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		kidneys	300	10	(Eq.7)	3 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.10)		
		(GI)	150	(0.55, 15)		6 × 10 <sup>-4</sup>	(Eq.14)	10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
79	Au <sup>199</sup> β <sup>-</sup> , γ	Liver	1.7 × 10 <sup>3</sup>	6	(Eq.7)	9 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	4 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		kidneys	300	19	(Eq.7)	8 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.10)	3 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.2, 7)		2 × 10 <sup>3</sup>	(Eq.14)	3 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
81	Tl <sup>200</sup> k, γ, e <sup>-</sup>	Muscle	3 × 10 <sup>4</sup>	40	(Eq.7)	2 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(24)	(Eq.7)	10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
81	Tl <sup>202</sup> k, γ	Muscle	3 × 10 <sup>4</sup>	310	(Eq.7)	8 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	7 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(35, 89)		9 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	2 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.15)
81	Tl <sup>202</sup> k, γ, e <sup>-</sup>	Muscle	3 × 10 <sup>4</sup>	230	(Eq.7)	2 × 10 <sup>-2</sup>	(Eq.10)	2 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(58, 100)		5 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	9 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
81	Tl <sup>204</sup> β <sup>-</sup>	Muscle	3 × 10 <sup>4</sup>	200	(Eq.7)	8 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.10)	8 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.9)
		(GI)	105	(25, 50)		10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	2 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
82	Pb <sup>203</sup> k, γ	Bone	7 × 10 <sup>3</sup>	61	(Eq.7)	0.1	(Eq.10)	7 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(1, 4)		2 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	4 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
82	Pb <sup>210</sup> + dr α, β, γ(h)	Bone	7 × 10 <sup>2</sup>	0.2	(Eq.6)	2 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.10)	8 × 10 <sup>-11</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(300, 103)		3 × 10 <sup>-3</sup>	(Eq.14)	4 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.15)
83	Po <sup>210</sup> (SOI) α, γ	spleen	150	0.04	(Eq.7)	3 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.10)	5 × 10 <sup>-10</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(4 × 10 <sup>-3</sup> , 0.04)		3 × 10 <sup>-5</sup>	(Eq.14)	5 × 10 <sup>-10</sup>	(Eq.15)
84	Po <sup>210</sup> (Insol) α, γ	Lungs	10 <sup>3</sup>	0.02	(Eq.7)			10 <sup>-10</sup>	(Eq.9)
85	At <sup>211</sup> α, γ	Thyroid	20	10 <sup>-3</sup>	(Eq.7)	3 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.10)	5 × 10 <sup>-10</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(>10 <sup>-3</sup> )		>3 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.14)	>5 × 10 <sup>-10</sup>	(Eq.15)
86	Rn <sup>220</sup> + dr α, β, γ	Lungs	10 <sup>3</sup>					10 <sup>-7</sup>	(d, j)
86	Rn <sup>222</sup> + dr α, β, γ	Lungs	10 <sup>3</sup>					10 <sup>-7</sup>	(d, j)
88	Ra <sup>226</sup> + 55% dr α, β, γ(h)	Bone	7 × 10 <sup>3</sup>	0.1	(d, b, c)	4 × 10 <sup>-8</sup>	(b, c)	8 × 10 <sup>-12</sup>	(d, c)
89	Ac <sup>227</sup> + dr α, β, γ(h)	Bone	7 × 10 <sup>3</sup>	0.01	(Eq.6)	3 × 10 <sup>-6</sup>	(Eq.10)	4 × 10 <sup>-12</sup>	(Eq.9)
		(GI)	150	(0.2, 25)		1 × 10 <sup>-5</sup>	(Eq.14)	10 <sup>-8</sup>	(Eq.15)
90	Th-natural α, β, γ(r)	Bone	7 × 10 <sup>3</sup>	0.01	(Eq.9)	5 × 10 <sup>-7</sup>	(Eq.10)	3 × 10 <sup>-11</sup>	(d)
		(TI)	150	(0.02, 6.07)		10 <sup>-63</sup>	(Eq.14)	2 × 10 <sup>-16</sup>	(Eq.15)

90	Th-natural $\alpha, \beta, \gamma$ (msol)	Lungs	$10^3$	$2 \times 10^{-3}$	(Eq.7)		$3 \times 10^{-11}$	(d)	
90	Th <sup>234</sup> + Pa <sup>234</sup> $\beta^-, \gamma$ (h)	Bone (GI)	$7 \times 10^3$ 150	2 ( $8 \times 10^{-3}, 6$ )	(Eq.2)	$5 \times 10^{-2}$ $2 \times 10^{-4}$	(Eq.10) (Eq.14)	$10^{-8}$ $3 \times 10^{-8}$	(Eq.9) (Eq.15)
92	U-natural $\alpha, \beta, \gamma$ (sol)	kidneys (GI)	300 150	0.04 ( $8 \times 10^{-4}, 04$ )	(e.Eq.9)	$10^{-4}$ $3 \times 10^{-11}$	(Eq.10) (d.c)	$2 \times 10^{-8}$ $3 \times 10^{-10}$	(Eq.14) (Eq.15)
92	U-natural $\alpha, \beta, \gamma$ (insol)	Lungs	$10^3$	0.01	(Eq.7)			$3 \times 10^{-11}$	(d.e)
92	U <sup>233</sup> (sol) $\alpha, \gamma$	Bone (GI)	$7 \times 10^3$ 150	0.04 ( $8 \times 10^{-4}, 0.07$ )	(c)	$1.5 \times 10^{-4}$ $3 \times 10^{-6}$	(c) (Eq.14)	$3 \times 10^{-11}$ $5 \times 10^{-10}$	(f) (Eq.15)
92	U <sup>233</sup> (insol) $\alpha, \gamma$	Lungs	$10^3$	0.016	(d)			$3 \times 10^{-11}$	(d)
94	Pu <sup>239</sup> (sol) $\alpha, \gamma$	Bone (GI)	$7 \times 10^3$ 150	0.04 (0.02, 10)	(d.c)	$6 \times 10^{-4}$ $3 \times 10^{-6}$	(Eq.10) (Eq.14)	$2 \times 10^{-12}$ $5 \times 10^{-10}$	(c) (Eq.15)
94	Pu <sup>239</sup> (insol) $\alpha, \gamma$	Lungs	$10^3$	0.02	(Eq.7)			$2 \times 10^{-12}$	(c.b)
95	Am <sup>241</sup> $\alpha, \gamma$	Bone (GI)	$7 \times 10^3$ 150	0.06 ( $9 \times 10^4, 10.1$ )	(Eq.6)	$2 \times 10^{-4}$ $3 \times 10^{-6}$	(Eq.10) (Eq.14)	$4 \times 10^{-11}$ $5 \times 10^{-10}$	(Eq.9) (Eq.15)
96	Cm <sup>242</sup> $\alpha$	Bone (GI)	$7 \times 10^3$ 150	0.06 ( $10^{-4}, 0.1$ )	(E.r)	$10^{-3}$ $2 \times 10^{-6}$	(Eq.10) (Eq.14)	$2 \times 10^{-10}$ $4 \times 10^{-10}$	(Eq.9) (Eq.15)
	Any fission mixture ( $\beta, \gamma$ )						$10^{-7}$	$10^{-9}$	
	Any mixture of emitters						$10^{-7}$	$5 \times 10^{-12}$	

放射線物質을 보던 Sr<sup>89</sup> Y<sup>91</sup> Zr<sup>95</sup> Nb<sup>95</sup> Ru<sup>103</sup> Ru<sup>106</sup> Rh<sup>106</sup> Sb<sup>126</sup> Te<sup>132</sup> I<sup>131</sup> I<sup>132</sup> Ba<sup>140</sup> La<sup>140</sup> Ce<sup>141</sup> 등과 같은 종류의 放射線物質이 生成되며 放射線으로부터 露出을 增加시켰다.

그리고 서기 1954年 放射線防禦國際委員會에서 放射性同位元素에 對하여 人體의 全身에 대한 許容量 및 空氣 물의 汚染에 對한 最大 許容濃度에 關하여 規定한 核種은 表 1과 같으며 이외에도 오늘날 地球上에는 약 1300種의 放射線物質이 生成되며 또한 핵실험에서 生成되는 방사성물질의 그 에너지는 핵폭 크기에 비례한다<sup>9,10,11,12,13,14</sup>.

그리고 원폭이나 수폭의 실험에서 生成된 核分裂物質은 그 일부가 空中에서 飛散하여 空氣의 對流로써 運搬되어 비와 함께 地上으로 떨어져 對流權 降下物이 생기고 一部는 성층권에까지 到達한 다음 다시 地上으로 到達하는 성층권降下物이 생긴다<sup>15,16,17</sup>.

對流權內에 있는 放射性物質은 一般的으로 爆發地點과 같은 위도에 따라 移動하여 3-4週間이면 地球를 한 바퀴 돈다. 이와같이 放射性物質은 地球上을 巡回하며 天水를 통하여 음료수에 汚染을 주고 穀物, 과일, 야채 등은 土壤으로부터 吸收을 하는 경우와 植物體表面에 吸收하여 汚染을 초래하고 고기, 밀크, 卵類에는 I<sup>131</sup>, Sr<sup>89</sup>, Sr<sup>90</sup>, Cs<sup>137</sup>과 같은 核種들로서 放射線降下物에 直

接汚染된 사료를 攝取하므로 汚染을 시키고 있다<sup>7,11,13</sup>. 放射線食品汚染 및 原爆낙진과 人工放射性物質에 의한 照射를 제외한 自然放射線源으로부터 照射되는 線量은 平均 約 100mR/年이고 日本의 경우는 서기 1963年 調査한 바로는 放射性낙진으로부터의 體外被曝은 15~20mR/年이고 體內에 沈着한 Cs<sup>137</sup>로부터는 0.6mR/年였다 고 報告하고 있다<sup>9,10,11,13</sup>.

그러나 이 線量自體는 問題가 안되지만 그의 原爆에 의한 낙진, 放射線汚染食品의 攝取, 醫療利用에 露出 및 그의 條件등에 의한 放射線照射의 合은 問題가 되는 것이다<sup>3,4,6</sup>.

## 2) 放射性核種利用

人間이 最初發見한 X-線은 서기 1895年 11月 Wilhelm Conrad Roentgen 教授였다. 그후 X-線 一般撮影 및 간접촬영과 特殊撮影等 各種檢査, 그리고 放射線에 의한 암治療分野에 많이 利用되었으며 人工放射性同位元素를 1934年 1月 Joliot Curie 夫婦에 의해 만들어져 추적자(Tracer) 方法으로 生體의 生理學的 生化學的 정보제공에 기여했으며 서기 1950年 이후 核醫學이라는 醫學의 새로운 分野가 확립되었고 古墳에서 發見된 遺物の 年代等 考古學方面에 活用된다.

原理는 放射性탄소 C<sup>14</sup>의 동화작용이 정지하는 現象이 利用되는 것이다<sup>17,18,19</sup>.

表 2. 業種別 放射線 利用現況

구 분	업종별	철	강	업	광	업	농	산	불	업
이용원자력 기술의 종류	전자선 가공처리, Radiography, 용접부 및 주강주철 물의 비파괴검사, Thickness Gauge, 방사화분석 및 동위원소화석법, 내화벽들의 마모검사, 게이지, 물분석					Radiography, 기계부품의 비파괴검사 Glass Level Gauge, Thickness Gauge, 추적자를 이용한 공정관리 벽들의 마모, 불순물의 추적, 방사화분석 및 동위원소화석법 혼합도구명, 각종시료의 신속한 분석, 추적자에 의한 Kil내의 Coating원인구명 Kil내의 체제시간구명, 물질분석 Leakage검사				$\gamma$ -선처리, 전자선처리, 게이지, 탱크용접부 및 회전축의 비파괴검사 Radiography
선원의 종류	선형 전자선 가속기, Ir-192, 선원취급장치, X-ray발생장치, S <sup>35</sup> , Co <sup>60</sup> , Ru <sup>106</sup> , Fe <sup>55</sup> ,				Co-60, 선원취급장치, <sup>24</sup> Na, <sup>58</sup> S, Ir <sup>192</sup> , As <sup>76</sup> , W <sup>187</sup> , Mo <sup>95</sup> , Au <sup>198</sup> , Zn <sup>65</sup> , Sb <sup>122</sup> , K <sup>42</sup> , R.I. X-ray, Fluorescence Spectrometer $\beta$ H/Zr(3ci), Argon Proportional Detector Multichannel Analyzer) Fe <sup>55</sup> , Br <sup>82</sup> , Cs <sup>137</sup>				Co-60, $\gamma$ -선 이동식 Co-60조사장치 전자선가속기, 이동식 Traylor형선원 X-ray 발생장치	
원자력기술의 이용가능 이유	○기포 등에 의한 Pin-Hole이 없고 토막두께조절이 용이도장속도가 빠르고 공해가 없다. ○작업이 용이하며 종래방법보다 경제적이다. ○Ball Tank, Tank car 등의 용접부검사와 주강품의 가공전 내부결함을 발견하는 것이 중요하다. ○단시간내의 원료의 순도분석 ○철판두께 측정 ○조업 및 품질관리 ○후판용접검사 ○내화벽들의 마모검사 ○대기오염 및 환경오염검사				○공정의 자동화·제품관리·공정관리 ○용매추출 과정에서의 분배계수결정 ○조업의 최적조건구명 ○각종시료의 신속한 분석 ○Kil내의 Coating 원인구명 ○원료분해시 혼합도조사 ○Kil내의 유동모형결정 ○비접촉방법에 의한 레벨 측정 ○원료 및 제품의 연속적인 비파괴분석 ○석회적용두께검사 ○노후한 용수배관계의 보수				○사과속도조정 ○파일생리장해억제 ○양파밭아역제 ○야채의 저장수명 연장 ○야채의 저장 손해량억제 ○감귤류의 표면살균 ○출하조정 ○담배의 일정중량 밀정두께를 비파괴 측정방식으로 조절 ○가항기 및 건조기의 용접부검사와 회전축의 균열의 정기적검사가 필요함	
원자력기술의 이용방법	· 선택장관의 제조에 있어서 표면 도장경화 · X-ray Radiography와 같은 방법 · R.I.여기형광 X-선 분석방법으로 폐품재 사용에서오는 원료의 순도불균일처리 · Co-60의 선량감소를 보아 철판의 두께를 안다.				· Ir-192이 녹아나온 정도로 마모도 측정 · 방사성 동위원소를 투입한후 각 부분에서 시료를 채집하여 추적함 · 각종시료를 비파괴법으로 분석 · 냉각파이프내의 석회분석 측정사 · Br <sup>82</sup> , Na <sup>24</sup> 등의 추적자로 누수탐사				· 수확후저장전 처리와 병행조사 · 표준재료와 생산되는 담배를 Thickness Gauge 서로 비교 조절한다. · 사과는 수확후 $\gamma$ 선을조사하면 표면의 미생물이 감소하고 생리장해가 억제된다.	
이용원자력기기의 형종	300~750KV, 250mA, 2MeV, 6mA선형가속장치 Ir-192원격조작장치, G.M. 카운터, Co-60원격조작장치				선릴레이온카운터, 160~260KVP X-ray발생장치및 선원조작장치, 원격조작장치, G.M.카운터				Thickness Gauge, 160K-VP X-선발생장치 0.5~1 MeV전자선가속기	

구분	업종별 방적 및 화학섬유류	합성수지업	제지 및 목재업
이용원자력 기술의 종류	방사선가공처리, 게이지, 추적자	추적자를 이용한 원료의 혼합 및 균일성검사 원료 배합의 균일성, 공정개량, 가황 Mechanism조사, 게이지, 정전기제거, 방사선 멸균, 방사선가공처리	게이지, 전자선가공처리
원료의 종류	감마선, 가속전자선, C <sup>59-60</sup> , C <sup>14</sup> , Cs <sup>137</sup> , S <sup>35</sup> , Ca <sup>45</sup>	Ba <sup>140</sup> , Cr <sup>51</sup> , Fe <sup>59</sup> , Cu <sup>64</sup> , S <sup>35</sup> , Mn <sup>55</sup> , Co <sup>60</sup> , 전리방사선, 전자선	자선전자가속기, Co <sup>60</sup> , Ra-Be, Am <sup>241</sup> , Cs <sup>137</sup> , Pu <sup>147</sup> , <sup>14</sup> C (RaCo <sub>3</sub> ) for β-ray
원자력기술의 이용가 능 이유	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 나이트론섬유에 친수성모노머를 그래프트 중합시킴으로써 영구적인 대전방지효과를 얻을수 있을.</li> <li>○ 폴리에스테르 섬유에 염색이분산 염료외도 산성염료, 직접염료, 염기성염료에 의해서 가능함.</li> <li>○ 제품의 질개선을 위한후처리</li> <li>○ 난염성섬유의 염색등을 재래식보다 향상시키기 위하여</li> <li>○ 연속중합탑의 비접촉방식에 의한 레벨측정</li> <li>○ 화섬사, 화섬혼방사생산시 발생하는 정전기 때문에 제품의 생산에 지장이 있음</li> <li>○ 공정중의 무기불순물추적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 추적자는 이용한혼합, 배합비율, 비누의 마모도 측정</li> <li>○ 원료배합의 균일성 검사</li> <li>○ 가황공정의 개량</li> <li>○ 배합비율의 결정</li> <li>○ 프라스틱필립의 두께 연속측정</li> <li>○ 정전기제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 접착제 순도개선</li> <li>○ 제품의 접착성 개선</li> <li>○ 기계적 강도강화</li> <li>○ 마모성향상</li> <li>○ 생산량증대</li> <li>○ 경제적이득</li> <li>○ 공해문제해결</li> <li>○ 증기의 두께, 습도등의 연속측정과 원료배합등의 Level측정</li> </ul>
원자력기술의 이용방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 감마선조사에 의하여 나일론 섬유에 메티크릴산올고라프트중합시킴</li> <li>• 난염성섬유의 염색과정에서 전자선가공처리</li> <li>• 연속중합탑 외부에서 레벨측정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 방사성 동위원소로 표시된 안료를 이용하여 혼합비율마모등을 검사</li> <li>• 추적자를 가한후 추적하므로 균일성검사 배합비율의 결정, 추적자에 의한 공정 개량이 가능한</li> <li>• 인장기와 제품검사시 프라스틱필립의 두께와 β-방사선원을 이용한 정전기제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합판 2차 가공상의 도장경화</li> <li>• 하드보드 제조의 도막경화</li> <li>• 프린트합판 PF합판표면도장경회</li> <li>• 합판두께 및 습도검사</li> <li>• 접착제의 순도를 검사하여 사용</li> <li>• 두께 및 습도조절기에 연결 자동제어가능 배합반응탑내의 온도 기압에관제없이 배합반응과 레벨을 측정.</li> </ul>
이용원자력기기의 종류	Co <sup>60</sup> 감마선원 ~Kci 정도, Level Gauge, 정전기제거장치	센틸레이션카운타 G.M.카운타 Thickness Gauge 정전기제거장치	Thickness Gauge, Moisture Gauge, Level Gauge, X-선형광물질분석장치



2-2.

구분	업종별	서비스업	제약업	기타
이용원자력 기술의 종류	전자선가공처리, Radiography, 용접부 및 주물품비파괴검사, 선체용접부 및 주물의 내부 결함검사 물질분석 기이지		방사화분석 및 동위원소회석법에 의한 각종시료의 분석, 반응 Mechanism Leakage검사, 새제품생산	Radiography, Heater Tube의 내부결함검사, 추적자에 의한 공정개발, <sup>60</sup> Co 선원조사에 의한 제품의 품질개발
선원의 종류	Van de Graaff형 전자선가속기, X-ray 또는 Ir-192선원 취급장치, Co-60 선원취급장치, Fe-55		Cl <sup>38</sup> , Br <sup>82</sup> , S <sup>35</sup> , I <sup>131</sup>	X-선발생장치, S <sup>35</sup> , No <sup>24</sup> , Zn <sup>65</sup> , Co-60, Ir-192, 고압탱크 및 파이프용접검사, K <sup>42</sup> , P <sup>32</sup> , Ni <sup>65</sup> , C <sup>14</sup> , Br <sup>82</sup> , Ra-Be, BF <sub>3</sub> 가운다, X-선선원 취급장치
원자력기술의 이용가능 이유	<ul style="list-style-type: none"> <li>○절연내압이 높아짐</li> <li>○내열성이 높아짐</li> <li>○난연성이고 화학적 안정성이 큼</li> <li>○처리속도가 빠름</li> <li>○차체용접부 및 Gear, Mission, Shaft등의 비파괴검사는 안전운전 및 고장미연방지를 위하여 반드시 실시하여야 함</li> <li>○선체 및 Oil Tank의 용접부분의 두께가 50mm를 초과하면 X-ray Radiography 보다 Ir-192에 의한 것이 더 효과적임.</li> <li>○주물의 비파괴검사에는 내부결함을 검사하는데 유용함</li> <li>○구조물의 온도검사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○각종시료중에 함유된 Cl, Br, Al, Mg, As등의 분석이 신속함.</li> <li>○반응기구구명</li> <li>○<sup>38</sup>HCl을 사용하여 용기의 Leakage검사가 가능</li> <li>○시료중의 S, Co, Mn, Na 등의 분석이 가능</li> <li>○새제품의 개발</li> <li>○혼합의완전 여부검사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○Sulfonation공정의 개량</li> <li>○유리분해공정 및 규산소다의 제조공정개발,</li> <li>○제품의 품질개발</li> <li>○고온 고압탱크이므로 비접촉방식의 레벨측정</li> <li>○파이프의 부식도 측정</li> <li>○안전조업</li> <li>○조업 및 품질관리</li> <li>○Leakage검사에 추적자의 사용이 가능</li> <li>○S<sup>35</sup>를 이용한 탈류공정검사</li> <li>○<sup>65</sup>Ni추매의 영향검사</li> <li>○수분측정이 가능</li> </ul>	
원자력기술의 이용방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가공에 사용되는 각종구조물의 온도검사를 위한 X-선형 광분석방법</li> <li>· 방사선 가교법에 의한 전선피막의 변형</li> <li>· 방사선 조사가교포리에치 캐제조에 의한 열 수축성 Tube 및 Tape제조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 방사화분석 및 동위원소 회석법에 의한 각종 시료의 분석</li> <li>· <sup>38</sup>HCl로 반응기구구명</li> <li>· S<sup>35</sup>로 Sulfonation 공정을 개량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· γ-선 선원을 조사함으로써 품질을 변화시킴</li> <li>· S<sup>35</sup>, Na<sup>24</sup> 및 Zn<sup>65</sup>추적자를 투입시켜 시료를 채취하여 측정함.</li> <li>· 용접부의 두께에 따라서 X-선이나 Ir-192 선원을 사용하며 특히 파이프는 굵기에 제한이 있으므로 Ir-192를 사용함</li> </ul>	
이용원자력기기의 종류	0.5MeV, 6mA Cock Croft형 전자가속기 원격조작장치 R.I.여기형광, X-선물질장치		선틸레이손카운타 G.M. 카운타	160KVP, 4mA정도의 X-선발생장치 Ir-192원격조작장치 C.M. 카운타 선틸레이손카운타 Moisture Gauge

農業分野에는 추적자(Tracer)를 利用, 農作物의 成長에 必要한 比료의 吸收 및 分布狀態를 檢査하고 生物의 돌연변이 現象을 역이용 多收穫 및 病菌에 저항력이 큰 品種改良에 利用하며 그의 食品의 變質 또는 부패를 일으키는 微生物 衛生昆蟲 및 害虫, 효모 바이러스菌사멸, 또는 非活性化를 시키고 穀物의 發芽억제를 시켜 食品保存의 期間연장 및 殺菌作用에 利用되고 있다. 工業分野利用은 表 2,3와 같이 철강업, 비료업 연초업, 광업, 제약업 등은 물론 폴리에틸렌이나 나일론의 高分子物質에 放射線을 照射하여 그強度가 染色

物質等를 變化시켜 더욱 좋은質을 만들며 또는 非피과 檢査에 利用,

水力發電所의 水流, 水量, 水係等을 調查하는데 放射性同位元素를 利用하며 유리보석생산(자수정, 흑진주)에도 利用되며 칼라T-V를 이용한 뉴스 및 정치적 정보, 오락등에 利用되고있다.

表 4와 같이 電子束照射과  $\gamma$ 線(감마선) 및 X-線照射가 有望한 放射線加工分野가 될것이며 表 5와 같이 食品照射에도 利用度가 높아질 전망이다<sup>19,20</sup>.

表 3. 全國業種別 原子力機器核種利用現況

業種別	道 別	서울	부산	인천	대구	경기	충북	충남	강원	경북	경남	전북	전남	제주	계
철강업		3	4	1						1					9
광업		1		1			1		5						8
농수산업					1			1		1				1	4
방직 및 섬유업						3		1		3	1	1	1		10
합성수지업		1				1					2				4
비료업							1				1		1		3
연초업		1							1						2
목재업			2	2		1							1		6
제약업		2				1									3
씨비스업		5	3	1	1	1					1				12
의료업		764	169			245	71	130	118	262	161	140	207	21	2288
비파계업		9													9
기타		1	1			1	1	1		1			1		7
계		787	179	5	2	253	74	133	123	269	166	142	210	22	2365

### Ⅲ. 放射線危險과 被害者現況

#### 1) 障害의 기전

放射線이 人體에 照射되면 毒과作用과 전리작용에 의해서 障害가 일어나는데 이것을 삼단계로 區分하면 첫째는 物理的 段階로 放射線의 物理的 에너지가 生體에 吸收되는 것이고 둘째는 化學的 段階로 吸收된 에너지가 化學反應을 일으켜 生化學反應으로 進行되어가는 것이며 셋째는 生物學的 段階로써 生化學反應으로 生物特有的 증폭에 의해 확대되며 그 變化는 육안으로 檢出할 수 있게 되는 것을 의미한다. 이 세단계의 所要時間은 物理的 段階가  $10^{-13}$ 秒 化學的 段階  $10^{-6}$ 秒, 生物學的 段階는 數分에서 數年이 걸리기때문에 放射線에 對한 효과는 백혈병, 피부암, 백내장, 노화촉진, 수명단축, 기타 악성종양과 같이 급성효과를 나타내며 人體

의 細胞는 約 75%가 물이므로 放射線을 水分子에 照射시켜 전리現象을 보면 쉽게 이해할 수 있다.

즉 水分子  $H_2O$ 에 放射線을 照射하면 전리현상이 의 해  $H_2O \rightarrow H_2O^+ + e^-$ 의 반응이 일어나며 계속해서  $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$ 의 반응이 일어나 이것은 다시  $H^+ + e^- \rightarrow H \cdot$ ,  $e^- + nH_2O \rightarrow e^{-eq}$ .

結果的으로  $e^-$ ,  $e^{-eq}$ 는 다른물분자에 작용해서  $H_2O_2$ 의 유해분자가 生成되어 細胞의 機能障害를 일으킨다.

이와같은 現象에 의해 放射線障害로 表 6와 같이 백혈구감소증 및 길적변화 再生不能의 빈혈, 탈모, 케양 등의 身體의 影向과 유전자의 돌연변이를 일으켜 생기는 遺傳的影向으로 區分할수 있으며 그외에 血液, 生植기, 골수, 임파조직의 障害가 일어나 身體의 저항력이 약화되어 細菌감염 기타에 의해 2차증상이 일어난다. 放射線의 生物學的 障害에 關한 주요한 설로는 Bergeronie와 Tribondeau가 쥐의 고환에 대한 放射線효과

表 4. 유망한 방사선 가공분야

		전자속조사			감마선조사		
특	성	빠른처리 높은선량 자유운전			축매 반응 균일조사 자동제어		
현	황	가동중인것	최근에개발된것	유망한것	가동중인것	최근에개발된것	유망한것
프라스틱의 변형 (modification)		PE의 가교 (Cross-link) 발포포리에치 렌프라스틱성 형	PVC선의 가교	고무라텍스의 가교 F가 포 함된 중합체 (Polymer)의 가교		산화포리에치렌 의 분해 (degradation)	PE의 크로스 링크
방사선 (grafting)			포리에스터와 면합유적물	아크릴산합유 포리에치렌			Butadine합 유 PVC 비닐 Pyrolidne 합 유 Polysilo- xane중합체
방사선중합				도장의 방사선 Curing Triox- ane의 중합 FRP의 Cu- ring		나무와프라스틱 결합 (combina- tion) 콘크리트 와 중합체의 결 합	에치렌의 중합 에치렌의공중 합
방사선합성					HBr과 C <sub>2</sub> Ha 에서취화 (Bromide) 에칠을추출		탄화수소의 fulfoxi 화탄 화수소의 염 화
방사선처리		의료기구의소 독반도체의개 량		식품조사	의료기구의소 독양모의소독		식품조사

表 5. 유망시되고 있는 조사식품

조 사 품 목 과 목 적	조 사 효 과	소요선량 (R)
육류의 완전살균(저온저장)	미생물, 기생살멸	4~6
식품의 특수재료(향신료)	완전살균	1~3
가열살균의 보조수단	가열에 대한 세균포자의 감수성의 증강	0.5~1.0
냉동란, 육류등의 살문냄라 식중독방지	살모넬라균의 살균	0.5~1.0
기육·포장어류(0~4°C에 장기저장)	부패세균감소	0.3~0.5
과실류의 저장기간 연장	곰팡이살멸	0.1~0.5
곡류의 해충방지	해충살멸	0.02
육류의 병원기생충방지	Trichinella, Spiralis, Cysticercus Dovi살멸	0.01
근채류의 저장기간 연장	발아억제	0.01
알콜음료 숙성촉진	화학적효과	1~2
건조야채의 수복원시간단축	화학적·물리적효과	0.25~2.5
정유의 방향증강	화학적효과	

表 6. 大量全身照射에 의한 放射線障害의 主症狀

經過	致死量 (約 700r)	半致死量 (約 400r)	致死量以下 (約 100r)
1週	1~2時間부터 嘔 氣, 嘔吐 無症狀 泄瀉, 嘔吐, 化 膿	1~2時間부터 嘔 氣, 嘔吐	
2週	發熱, 無力症, 死(100%)	無症狀	無症狀
3週		脫毛開始 食飲不振 不快感	脫毛
4週		發熱 口腔咽頭의 炎症	食飲不振 全身倦怠
5週		紫斑, 泄瀉, 出血 無力症 死(50%)	泄瀉 脫力 回復

一回의 照射로 일어나는 皮膚의 急性障害

300r.....	脫毛, 落屑
550r.....	紅斑, 色素沈着
850r.....	水泡形成, 糜爛形成
1,000r.....	潰瘍形成

長期照射에 의한 生殖器의 異常

線量率(r/日)	男	女
0.1 (1~2年)	卵巢의 退行變性	精子 약간減少
0.5 (1~2年)		精子 현저히減少 精巢 약간萎縮
1.0 (1~2年)	卵巢細胞의 減少	精巢 현저히萎縮 半數 無精症
4.4 (1~2年)	Lutein細胞出現	睪丸 半으로 縮少
8.8 (1~2年)	卵巢胚上皮的 異常 睪丸巢腫瘍發生	睪丸組織의 支柱 細胞의 變化
10(2月)		睪丸 현저히 縮少 睪丸의 退行性變 性

皮膚 및 粘膜의 變化

i) 1回大量照射에 의한 急性變化

第1度	300r	脫毛, 落屑
第2度	550r	紅斑, 色素沈着
第3度	850r	水泡形成, 糜爛形成
第4度	1000r	潰瘍形成

ii) 弱線期 또는 分割照射

第1度	色素沈着
第2度	乾燥皮膚炎
第3度	濕性皮膚炎
第4度	潰瘍形成

iii) 微量長期照射(最大許容量以上)

第1期	皮膚萎縮(血管障害, 光輝消失, 脫毛, 平滑로 되고 色素斑을 生成)
第2期	角皮形成(上皮增殖)
第3期	潰瘍形成(上皮脫落)
第4期	癌發生(上皮變性)

1回全身照射에 의한 血液의 變化

線 量	主 되 는 變 化
5~25r	初期白血球增多
25~50r	白血球減少, 好中球增多
50~100r	白血球減少(특히 淋巴球)
100~200r	白血球, 血小板의 減少
200~400r	白血球, 血小板, 赤血球減少, 出血性素因
400~1000r	白血球 急激한 減少, 赤血球減少, 血色素, 血小板도 減少하고, 出血 化膿 등을 일으킴.

長期連續照射에 의한 血液의 變化

線量率(r/日)	主 되 는 血 液 所 見
0.002~0.02	統計的으로 變化가 인정되지 않음. 또 2年後 3% 白血球減少
0.02~0.05	2年後 9% 白血球減少 數年後 好中球의 減少를 가져옴
0.05~0.1	數年後 白血球, 赤血球, 血小板減少 變型細胞出現
0.1 以上	高度의 血液變化出現

原爆에 의한 白血病發生

中心에서 (meter)	白血病發生(1萬人當)
1,000以內	128人
1,000~1,500	28
1,500~2,000	4
2,000~3,000	2
3,000 以上	1.6
日本平均	1.5

放射線被覆의 最大許容線量基準(週間線量)

臟器別	成人	45歲以上의 老人	未成年者
皮膚(全身照射) 部分照射	600mrem 1500mrem	1200mrem 3000mrem	60mrem 150mrem
造血臟器	300mrad mree	600mrad mrem	30mrad mrem
生殖器	300mrad mrem	900mrad mrem	30mrad mrem
眼	{450mrad 300mrem	600mrad mrem	45mrad 30mrem

許容表面濃度  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$

	$\alpha$ 線放射物質	$\beta$ 線放射物質
室壁	$10^{-4}$	$10^{-3}$
器具衣類	$10^{-5}$	$10^{-4}$
手	$10^{-5}$	$10^{-4}$
手以外的體表面	$9 \times 10^{-6}$	$15 \times 10^{-5}$

는 그조직의 재생능력이 갈수록 細胞分裂의 期間이 길수록 형태적 기능적으로 미분화단계일수록 放射線 感受性은 높다는 것을 法則으로 하고있다.

이상과 같이 障害의 基本原理은 放射線을 照射했을 경우지만 放射性物質이 體內에 吸入되었을때는 다음조건에 의하여 危險의 정도와 許容量이 좌우된다.

첫째는 원소의 반감기 둘째는 放射線의 種類 셋째는 化學的性質, 배설경로 및 배설속도의 차이, 넷째는, 조직의 放射線감수성의 차이, 다섯째는, 體內吸入되는 經路의 차이 등에 따라 最大 許容量을 설정하는 것이 다<sup>9,11,20</sup>.

表 7과 같이 放射線生物學에 關係되는 역사적 사실에서도 증명하고 있는것 같이 특히 放射線의 障害는 妊娠遺傳에 미치는 영향이 크다. 產母가 妊娠 35日以內에 放射線을 자궁내에 照射하면 線量의 대소에 관계없이 거의 유산된다. 따라서 妊娠中 X-線檢査는 가능한 피하여야하며 불가분의 경우는 妊娠後 5~6個月 이후라야 안전하다고 할수 있다.

또한 남성에서 250rads 여성에서 170rads의 放射線을 조사하면 일시 불임이되며 남자 500~600rads 여자 300~320rads면 영구불임이 된다<sup>6,7,8</sup>.

그러나 Müller의 돌연변이설에 의하면 돌연변이의 발생율은 조사된 線量에 반비례하고 線量이 일정하면 放射線強度에 관계없이 總線量이 같으면 돌연변이 발생은 같다고 하고 배가線量의 規定에 의하면 放射線에의

表 7. 放射線生物學에 關係되는 歷史的事實

區分 年代	歷史的事實
1895	X-線 發見(Rotgen)
1896	우라늄 광산에서 방사능발견(Becquerel)
1896	방사능의 탈모효과와 보고(Danniel)
1896	선량효과 잠복기의 보고(Thomson)
1901	Mouse의 X-선급성사(Rollins)
1902	단성 X-선 피부염에서 암발생(Friben)
1903	방사선에 의한 불임유발(Albers, Schönberg)
1904	Bergonie-Tribondeau의 법칙의 보고(Bergonie Tribondeau)
1904	백혈구감소(Hernecke)
1905	자궁암에 라듐치료를 응용(프랑스)
1906	임파구의 고감수성(Herben)
1922	표적이론의 도입(Dessauer)
1923	생물실험에 있어서 RaD Tracer의 이용(Havesy)
1927	방사선에 의한 돌연변이 유발(Muller)
1945	일본히로시마-나가사키의 원자폭탄투하
1946	표적이론의 전개(Lea)
1950	국제방사선 방어위원회(ICRP) 설립
1959	한국에서 방사선동위원소가 진단목적으로 도입 진료응용(서울대병원)

한 인공돌연변이율은 자연돌연변이율의 2배까지 높이는 線量은 doubling dose라 하며 UN科學委員會(1958年)에서 사람의 배가 線量은 10~100rads라고 한다. 따라서 돌연변이율  $m = \alpha D$  ( $\alpha$ : 상수  $D$ =방사선량) 즉 돌연변이 發生률은 放射線照射線量에 비례한다<sup>12,13,14,20</sup>

2) 被害者現況

放射線은 醫學的으로는 疾病의 治療, 醫學의진단,

表 8. 세계각국의 방사선 장해 회생자수

國명 년대	영국	독일	미국	불란서	일본	전세계
1900~10	3	2	8	3	—	16
1911~20	5	4	10	8	34	34
1921~30	10	10	5	25	4	84
1931~40	10	18	22	18	7	105
1941~50	8	11	6	4	10	58
1951~60	6	14	4	4	13	55
1961~					9	

자의선, 칼라 TV, 레이저, 뉴우스 및 정치적정보, 핵 에너지에 의한 염가의 전력, 空氣汚染의 저감등 健全한 健康과 근대편익을 도모하는반면 암, 백혈병, 골육증, 遺傳의 돌연변이 胎兒 및 幼兒死亡等 疾病을 초래하는 危險이 따르고 있으며 表 8과 같이 1900~1961년까지 世界各國의 放射線障害 희생자수는 361명에 달하며 原爆被害者는 數로 헤아릴 수 없을 程度의 死亡者와 疾病者를 發生시켰다<sup>10,14)</sup>

#### IV. 放射線의 問題點 및 對策

이상과 같이 放射線物質의 利用度가 漸次增加됨에 따라 放射線에 人間이 露出될 幾回는 增加되며 그에 따른 障害程度는 深刻한 問題點을 남겨놓고 있는 것이다. 故로 著者는 問題點을 檢討하고 放射線物質의 汚染 또는 放射線物質의 성질에 對한 研究 및 其他處理를 하는데 있어서 다른 化學物質과 달라서 人間이 放射線障害로 부터 最大한으로 豫防을 하여야 할 것이다 이와같이 放射線의 利用度는 漸次 增加함에도 不拘하고 아직도 不可視의 放射線에 對한 一般의인 問題點으로는 于先 放射線 및 放射線物質에 對한 理解不足, 두번째로는 精密한 放射線測定器의 補給이 低調하며, 세번째로는 放射線物質 貯藏施設 및 放射線物質作業時 邊守事項 不履行, 네번째로는 放射線廢棄物의 處理, 다섯번째는 放射線汚染의 環境管理 등을 들수 있다.

이러한 一般의인 問題點을 解決하기 위한 그 對策은 다음과 같다.

1. 醫師 및 放射線分野 從事者의 倫理觀確立.
2. 外部 放射線照射의 線量을 항상連續計測하여 人體는 물론 環境에 對해서도 許容量이하로 保存하도록 配慮한다.
3. 放射線物質이 體內에 들어가지 않도록 注意하고 특히 環境汚染으로부터 侵入되지 않도록한다.
4. 醫學的診斷에서 患者防禦 또는 汚染의 防止에 留意하고 身體는 물론 機材設備等의 汚染을 피할것.
5. 汚染이 잘되지않는 材料로 設備를 갖추든가 손가락이나 衣服을 잘 洗滌하도록 配慮한다.
6. 放射性物質의 廢棄 또는 室內換氣等에 對해서는 특히 留意하고 만일에 不注意한 廢棄 또는 換氣, 流水 등을 하는 일이 있다면 速히 危險이 미치지 않도록 特別한 處理를 해야한다.
7. 放射線裝置의 管理는 반듯이 유자격자를 근무케 하여야 한다.
8. 國民에 올바른 放射線知識계몽과 患者방어 위주

의 安全管理法規制定이 要望된다.

9. 放射線 安全을 위해 表 9와 같은 世界放射線방어 기구 업무의 活性化가 요구되며 보다 效果의인 것은 世界여러나라가 相互協助를 하여야 한다<sup>21)</sup>.

表 9. 放射線 防禦의 業務에 關聯되는 機構

- 
1. International Commission on Radiological Protection (ICRP)
  2. International Commission on Radiological Units and Measurements (ICRU)
  3. International Organization for Standardization (ISO)
    - 1) International Electrotechnical Commission (IEC)
  4. United Nations (UN)
    - 1) Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)
    - 2) International Atomic Energy Agency (IAEA)
    - 3) World Health Organization (WHO)
    - 4) Food and Agriculture Organization (FAO)
    - 5) World Meteorological Organization (WMO)
    - 6) International Labour Organization (ILO)
  5. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)
    - 1) European Nuclear Energy Agency (ENEA)
  6. European Atomic Energy Community (EURATOM)
  7. European Society for Radiation Protection (ESRP)
  8. Organization of American States (OSA)
  9. International Radiation Protection Association (IRPA)
- 

#### 參 考 文 獻

1. 金吉煥: 放射線生物學, 文運堂, 1967
2. Alisomp, Casarett: *Radiation Biology*, 姜萬植譯
3. 許俊: 放射線生物學, 新光出版社, 1979
4. 佐佐木弘: 放射線生物學, 南山堂, 1971
5. 李海龍: 放射線管理, 新光出版社, 1979
6. Donald J., Pizzarello, Richard L., Witcofski: *Basic Radiation Biology* Lea & Febiger, 1970
7. 권속표, 우세홍: 新編食品衛生學, 開文社, 1983

8. 심길순, 홍사육 : 衛生化學, 東明社, 1978
9. 朴仲鉉 : 環境衛生工學, 東明社, 1978
10. 南正祐 : 韓國의 診療放射線으로 인한 被照射蓄積線量の 放射保健學的研究, 국립보건원, 제 9 권, 1972
11. 趙光明 : 大氣污染, 清文閣, 1980
12. 李宰求 : 最新食品衛生學, 高文社, 1979
13. 신효선, 김재봉 : 食品衛生學 概論, 東明社, 1972
14. 山縣登 : 放射線衛生, 光生館, 1967
15. 大韓民國學術院 環境問題研究委員會 : 環境問題研究報告書, 1972, 1973
16. WHO : *Health Hazards of the Human Environment*, Geneva, 1972
17. Jammet : H.P., "Radioactive Pollution of the Atmosphere", in *Air Pollution WHO monograph No.*, 46. Geneva, 1961.
18. Air Conservation : *American Association for the Advancement of Science, Publication No.*, 80, Washington D.C. 1965
19. US, Dept. of Health : *Radiological Health Handbook*, 1960
20. 심상황의 4인 : 最新環境衛生學, 集賢社, 1969
21. 金昌均 : 放射線防禦 標準의 歷史的考察, 韓國放射線技術研究會誌, 第 1 卷 1號, 1978