

## Study on the Effectiveness of some Decontamination Agents against Skin Contamination of $^{137}\text{Cs}$ and $^{60}\text{Co}$

Je-Keun Chon, Pyung-Kook Ji, Sang-Soo Kwak,  
Byung-Tae Kim and Chong-Mook Park  
*Nuclear Environment Technology Institute*

### 제염제의 $^{137}\text{Cs}$ 및 $^{60}\text{Co}$ 에 의한 피부오염의 제염효과에 관한 연구

전제근 · 지평국 ·곽상수 · 김병태 · 박종묵  
원자력환경기술원

**Abstract** - In order to evaluate the effectiveness of some decontamination agents against skin contamination of  $^{60}\text{Co}$  and  $^{137}\text{Cs}$ , the experiments were carried out in this study.

In the experiments, pig skin was used instead of human skin,  $^{60}\text{CoCl}_2$  and  $^{137}\text{CsCl}$  were used the liquid sources of skin contamination. To examine the effectiveness of decontamination agents, skin decontamination was tried using soap, EDTA, KAERICON which was developed for decontamination of radionuclides on the surface of building structure, and new decontamination agents such as IOCON, TRICON, and CHARCON, which were developed in this study.

The absorption of radionuclides through the skin was evaluated by the gamma-ray detection on the surface of sample skin after radionuclides were penetrated into the skin during 16 hour soiling time. The results of this absorption experiment indicated that 11.5% and 3.2% of initial amounts of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$ , respectively, were penetrated into the skin.

In the experiment to remove the residual radioactivity fixed on the skin, KAERICON showed the decontamination rates up to 52.1%(decontamination factor of 2.1) and IOCON showed the equivalent decontamination rate (decontamination factor 1.9) for  $^{137}\text{Cs}$ . However, IOCON and CHARCON showed the poor decontamination rates of less than 20%(decontamination factor of 1.2) for  $^{60}\text{Co}$ , and KAERICON showed the poor decontamination rate (decontamination factor 1.1) for  $^{60}\text{Co}$ . For TRICON, the

decontamination factors were 1.6 to 1.8 for  $^{137}\text{Cs}$ , and 1.0 to 1.2 for  $^{60}\text{Co}$ , respectively.

*Key words* : radioactive contamination, skin decontamination, decontamination agent

**요약** - 몇 종류의 제염제에 대한 제염효과를 평가하기 위해  $^{60}\text{Co}$ 과  $^{137}\text{Cs}$ 에 의한 피부오염의 제염실험을 수행하였다. 본 연구에서는 인체피부 대신에 돼지피부를 활용하였으며, 피부오염용액으로는  $^{60}\text{CoCl}_2$ 와  $^{137}\text{CsCl}$  용액을 사용하였다. 그리고 제염제로는 현재 사용되고 있는 비눗물, EDTA 외에 오염된 구조물의 표면오염 제거를 위해 원자력연구소에서 개발한 KAERICON과 본 연구를 통해 제조한 IOCON, TRICON 및 CHARCON 등을 이용하여 피부오염에 대한 제염을 실시하여 각 제염제의 제염효과를 평가하였다.

방사성물질의 피부침투정도를 파악하기 위하여 16시간동안 방사성물질을 시료표면에 점착시킨후 감마선 측정기를 통해 침투율을 평가하였으며, 이 실험에서  $^{137}\text{Cs}$ 의 경우 11.5%,  $^{60}\text{Co}$ 의 경우 3.2% 정도가 피부로 침투됨을 알 수 있었다.

각 제염제의 제염효과를 평가해본 결과 KAERICON은  $^{137}\text{Cs}$ 에 대하여 최고 52.1%(제염계수 2.1)의 제염율을 나타내었으며, IOCON도  $^{137}\text{Cs}$ 에 대하여 비교적 좋은 제염율(제염계수 1.9)을 나타내었다. 그러나  $^{60}\text{Co}$ 에 대해서는 IOCON, CHARCON 모두 20%(제염계수 1.2)미만의 제염율을 나타내었으며, KAERICON도  $^{60}\text{Co}$ 에 대해 낮은 제염율(제염계수 1.1)을 나타내었다. TRICON은  $^{137}\text{Cs}$ 에 대해 1.6~1.8의 제염계수를 나타내었으며,  $^{60}\text{Co}$ 에 대해서는 1.0~1.2의 제염계수를 나타내었다.

*중심어* : 방사능 오염, 피부제염, 제염제

## 서 론

방사성물질에 의한 인체피부오염이 발생하게 되면, 방사성핵종들은 시간이 경과함에 따라 인체피부표면에 견고하게 고착되며, 특히 땀을 동반한 작업의 경우 땀구멍의 확장으로 인해 방사성물질의 피부내부로의 흡수가 더욱 잘 일어나 제염효율이 떨어지게 된다. 또한 방사성핵종의 피부고착은 피부를 통하여 인체흡수 및 내부피폭을 일으킬 가능성도 있으며, 오염자 주변 또는 타 작업자에게도 오염을 확산 시킬 수 있다[1, 2]. 따라서 인체피부오염이 발생한 경우에는 가능한 한 빨리 제염이 실시되어야 한다.

방사성 피부오염의 제염에 관한 연구는 크게 세가지 분야로써 1) 건강한 피부에서의 방사능 흡수를 평가, 2) 손상된 피부에서의 방사능 흡수를 평가, 3) 피부나 상처에 고착된 오염의 제거를 위한 제염제의 개발 등의 분야에서 진행되어 왔다 [3,4,5,6].

연구기관, 교육기관 등에서 방사화학실험등에 많이 사용하는  $^{60}\text{Co}$  과  $^{137}\text{Cs}$ 핵종의 인체피부오염이 발생하는 경우가 있고, 원전에서 발생하는 피부오

염에도  $^{60}\text{Co}$  과  $^{137}\text{Cs}$ 은 주요 핵종으로써, 이들 핵종에 대한 효과적인 피부제염방법의 개발이 시급하다. 이에 따라 본 연구에서는  $^{60}\text{Co}$  과  $^{137}\text{Cs}$ 에 의한 피부오염의 효율적인 제염방법을 개발하기 위하여 몇몇 제염제를 이용하여 이들 핵종에 대한 제염효과를 평가하고자 하였다. 피부의 제염실험에는 인체피부 대신에 돼지피부를 활용하였는데, 돼지피부는 피하지방층을 함유하고 있어 인체의 피부와 조직학적으로 유사한 구조를 가지고 있으며, 방사성물질의 피부오염거동에 있어서도 인체의 피부와 유사한 것으로 알려져 있기 때문이다[4]. 그리고 제염제로는 기존의 비눗물, EDTA 외에 오염된 구조물의 표면오염제거를 위해 한국원자력연구소에서 개발한 KAERICON[7]과 본 연구를 통해 제조한 IOCON, TRICON, CHARCON 등을 활용하였고 제염실험을 통해 각 제염제의 제염효과를 비교함으로써 효율적인 제염방법을 찾고자 하였다.

## 피부제염실험

### 피부시편 및 제염제 준비

도살된 후 냉동되지 않고 피하지방층을 함유한 신선한 돼지 등부위 피부를 준비하여 피부에 손상이 가지 않도록 털을 깎아 낸 후, 2 x 2 cm 크기

로 잘라 시편을 만들었다. 피부오염원으로는 각각 370kBq/ml 농도의  $^{60}\text{CoCl}_2$  와  $^{137}\text{CsCl}$  용액을 사용하여 각 용액 10 $\mu\text{l}$ 를 준비된 시편표면에 떨어뜨려 피펫끝으로 시편에 골고루 퍼뜨렸으며, 한가지의 실험당 3개의 시료를 준비하였다. 제염제로는 Ivory 비누, 5% EDTA, KAERICON, IOCON 및 CHARCON 등을 사용하였다. KAERICON은 오염된 물체의 표면을 제염하기 위하여 한국원자력연구소에서 개발한 진흙현탁액으로, 인체피부오염의 적용 가능성을 시험하기 위하여 사용하였는데, KAERICON은  $\text{Na}^+$  형태의 진흙현탁액으로서, Cs 이온과의 이온교환능을 높이기 위하여  $\text{NH}_4^+$ 를 첨가하여 제조되었다[7]. IOCON, TRICON 및 CHARCON은 이온교환능을 가진 물질을 이용하여 기계적 또는 전기적으로 피부에 고착된 오염을 제염할 수 있도록 본 연구를 통하여 제조하였는데, IOCON은 수용성 PVA에  $\text{Na}^+$ 형 DOWEX 50 양이온교환수지를 같은 부피비로 혼합하여 제조하였으며, TRICON은 PVA에 진흙현탁액과 DOWEX 50

양이온교환수지를 같은 부피비로 혼합하여 제조하였다. 그리고 CHARCON은 PVA에 150메쉬 이하의 활성탄 분말을 같은 부피비로 혼합하여 제조하였다. 한편, 상기 제염제들은 일반 화장품용 재료로 널리 쓰이는 PVA에 이온교환제를 물리적으로 혼합한 것으로서 인체피부에는 무해할 것으로 판단된다.

**피부제염**

$^{60}\text{CoCl}_2$  및  $^{137}\text{CsCl}$ 로 오염시킨 돼지피부표면을 일정시간동안 건조시킨 후, HPGe coaxial detector를 이용하여 300초간 방사능을 측정하여 이를 초기방사능으로 하였으며, 표 1에 제시한 방법으로 제염을 실시한 후 마찬가지로 방법으로 측정을 하여 제염효과를 평가하였다.

제염실험은 각 제염방법 및 제염제의 특성을 고려하여 실험 A, B, C로 구분하여 실시하였다. 우선, 실험 A는 비누로 반복제염 후 피부에 고착된 오염핵종을 KAERICON 과 IOCON 등으로 제염하

Table 1. Decontamination methods against skin contamination of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$  used in this experiments

항 목	오염핵종	점착시간	제 염 방 법
실험 A - 1	$^{137}\text{Cs}$	10분	비누로 4회 제염 + KAERICON으로 제염 + IOCON으로 제염
A - 2	$^{137}\text{Cs}$	20분	비누로 3회 제염 + IOCON으로 제염 + KAERICON으로 제염
A - 3	$^{137}\text{Cs}$	35분	비누로 3회 제염 + KAERICON으로 제염 + IOCON으로 제염
A - 4	$^{137}\text{Cs}$	16시간	비누로 1회 제염 + KAERICON으로 제염 + TRICON으로 제염
A - 5	$^{60}\text{Co}$	10분	비누로 3회 제염 + CHARCON으로 제염
A - 6	$^{60}\text{Co}$	20분	비누로 3회 제염 + TRICON으로 제염 + IOCON으로 제염
A - 7	$^{60}\text{Co}$	35분	비누로 3회 제염 + IOCON으로 제염
A - 8	$^{60}\text{Co}$	16시간	비누로 1회 제염 + KAERICON으로 제염 + TRICON으로 제염
실험 B - 1	$^{137}\text{Cs}$	10분	EDTA로 2회 제염
B - 2	$^{137}\text{Cs}$	20분	EDTA로 2회 제염
B - 3	$^{137}\text{Cs}$	35분	EDTA로 1회 제염
B - 4	$^{137}\text{Cs}$	16시간	EDTA로 1회 제염 + IOCON으로 제염 + TRICON으로 제염
B - 5	$^{60}\text{Co}$	10분	EDTA로 1회 제염
B - 6	$^{60}\text{Co}$	20분	EDTA로 1회 제염
B - 7	$^{60}\text{Co}$	35분	EDTA로 1회 제염
B - 8	$^{60}\text{Co}$	16시간	EDTA로 1회 제염 + IOCON으로 제염
실험 C	$^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$	-	최초 점착 후 10분, 16시간, 24시간, 48시간 간격으로 방사능 측정

였으며, 실험 B는 EDTA로 반복제염 후 다시 KAERICON, IOCON 및 CHARCON 등으로 제염을 시도하였다.

먼저 제염횟수에 따른 제염효과와의 상관관계를 확인하기 위하여 반복적인 제염실험을 실시하였다. 실험 A의 경우, 대부분의 인체오염이 발생하게 되면 비눗물로 세척하는 것이 가장 간편한 방법이므로, 시편에 피부오염을 시키고 일정시간(10분, 20분, 35분, 16시간)이 경과한 후 부드러운 면봉을 이용하여 오염된 피부표면을 비눗물로 2분간 세척하고 종이타월로 물기를 닦아낸 후 시편의 방사능을 측정하는 방법으로 제염율을 구하였다. 똑같은 방법으로 2회 더 제염을 실시하여 각 비누제염후 시편의 잔류방사능을 측정하였다. 실험 B의 경우도 실험 A와 같은 방법으로, 제염제로 비누대신 EDTA를 이용하였다.

피부표면에 고착된 잔류방사능의 제거를 위하여, 실험 A에서는 비눗물로 제염을 마친 후 KAERICON, IOCON 및 TRICON 등을 오염부위에 도포하여 40분간 점착시켰다가 제거한 후 피부표면의 방사능을 측정하여 제염율을 구하였다. 실험 B에서는 EDTA로 제염을 실시한 후 IOCON과 TRICON 등으로 제염을 실시하고 방사능을 측정하였다. 이와 같은 실험을 3회 반복하여 방사능측정값을 평균하였다.

실험 C에서는  $^{60}\text{Co}$  과  $^{137}\text{Cs}$  의 피부를 통한 방사성물질의 침투정도를 평가하기 위한 실험으로써 이전 실험과 같은 방법으로 준비한 시편에  $^{60}\text{Co}$  및  $^{137}\text{Cs}$  를 점착한 후 10분, 16시간, 24시간 및 48시간마다 시편의 방사능을 측정하여 피부침투로 인해 방사능이 감소되고, 측정의 기하학적효율의 감소로 일어나는 방사능 측정값의 감소를 분석함으로써 시간에 따른 피부오염의 침투정도를 평가하고자 하였다. 한편, 점착기간 동안 시편이 건조되는 것을 방지하기 위하여 랩으로 시편을 싸 두었으며, 부패방지과 시편의 건전성을 유지시키기 위해 4°C의 냉장고에 보관하고 측정시에만 꺼내어 측정을 하였다.

## 결과 및 고찰

시간에 따른 방사성핵종의 피부침투능을 확인하기 위한 실험 C의 결과를 시간에 따른 피부표면의  $^{137}\text{Cs}$  및  $^{60}\text{Co}$  방사능측정값의 변화량으로 그림 1

에 나타내었다. 방사성물질의 점착시간이 16시간에 이르게 되면 방사능분율이  $^{137}\text{Cs}$ 과  $^{60}\text{Co}$ 에 대해 각각 88.5%, 96.8% 까지 낮아지는데, 이는  $^{137}\text{Cs}$ 의 경우 11.5%,  $^{60}\text{Co}$ 의 경우 3.2% 정도가 피부로 확산, 침투되었음을 나타낸다고 말할 수 있다. 따라서 방사성물질에 의한 인체오염이 발생하게 되면 피부확산에 의해 방사성물질의 체내침투가 일어나기 때문에 이를 방지하기 위하여 가능한 한 빨리 제염이 이루어져야 한다.

그림 2와 3에  $^{137}\text{Cs}$ 과  $^{60}\text{Co}$ 에 대한 비누를 이용한 제염시의 제염율을 나타내었다. 그림에 나타난 것과 같이, 최초 제염시작시간이 10분이었을 경우, 제염횟수에 따라 방사능잔류율이  $^{137}\text{Cs}$ 과  $^{60}\text{Co}$ 에 대하여 각각 27.2%와 64.1%까지 낮아짐을 확인할 수 있었으며, 최초 제염시작 시간이 늦어져 오염핵종의 점착시간이 길어짐에 따라 제염이 잘 되지 않음을 확인할 수 있었다. 그리고 최초 제염시작 시간이 16시간인 경우에는 1회제염에 대한  $^{137}\text{Cs}$ 과  $^{60}\text{Co}$ 의 방사능잔류율이 각각 85.5%와 90.2%로서 제염율이 급격히 낮아졌다. 한편,  $^{137}\text{Cs}$ 에 대한 제염효과가  $^{60}\text{Co}$ 의 경우보다 높게 나타났는데, 이는  $\text{Co}^{+2}$ 와  $\text{Cs}^{+1}$ 의 피부흡착력 차이에 기인한다고 볼 수 있다.

그림 4와 5에는  $^{137}\text{Cs}$ 과  $^{60}\text{Co}$ 에 대한 EDTA의 제염결과를 나타내었다. 1회제염에 의한 방사능잔

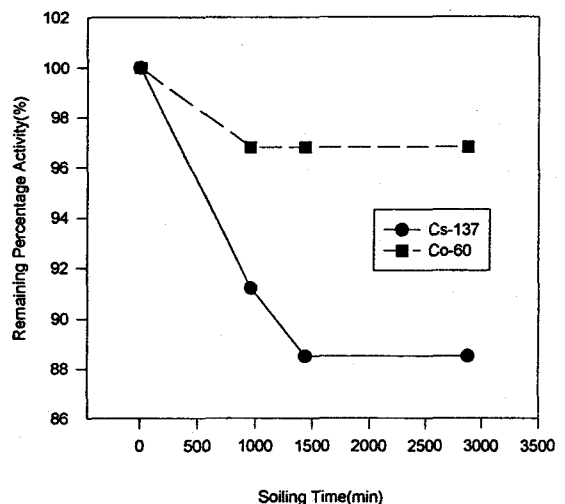


Fig. 1. The results of remaining activity rate according to the soiling time of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$ .

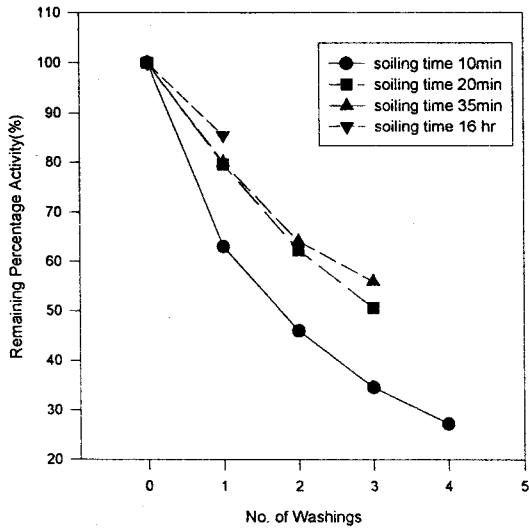


Fig. 2. The effectiveness of decontamination using soup against skin contamination of  $^{137}\text{Cs}$ .

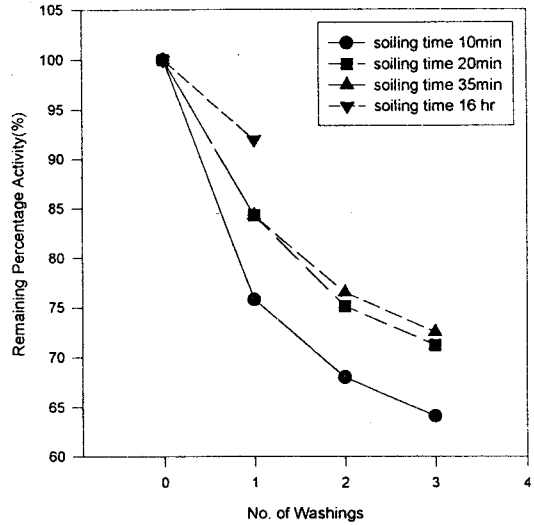


Fig. 3. The effectiveness of decontamination using soup against skin contamination of  $^{60}\text{Co}$ .

류율은 최초제염시작시간 10분에 대하여  $^{137}\text{Cs}$ 의 경우 69.0% 이었으며,  $^{60}\text{Co}$ 의 경우 76.5%로써 비누를 이용한 제염결과와 유사한 결과를 얻었다. 또한  $^{137}\text{Cs}$ 과  $^{60}\text{Co}$ 에 대한 각 제염제의 제염효과 실험결과를 표 2와 표 3에 기술하였다.

이상과 같은 실험결과로부터 최초 제염시작 시간이 20분이상이 경과하게 되면 비누나 EDTA로는 제염횟수를 증가시켜도 제염결과에는 큰 차이를 보이지 않았으며, 이는 방사성핵종이 피부에 견

고하게 고착되기 때문일 것으로 생각되었다.

이와 같이 피부에 견고하게 고착된 방사성오염을 제거하기 위하여 KAERICON, IOCON, TRICON 및 CHARCON 등을 이용하여 추가제염을 시도하여 보았다. 표 2와 3에 의하면, KAERICON은  $^{137}\text{Cs}$ 에 대한 제염계수가 오염의 점착시간에 따라 1.8~2.1이었으며, 16시간 점착 후  $^{60}\text{Co}$ 에 대하여는 제염계수가 1.1로써,  $^{60}\text{Co}$ 에 대해서는 추가제염제의 효과가 거의 없었다. 이와 같이

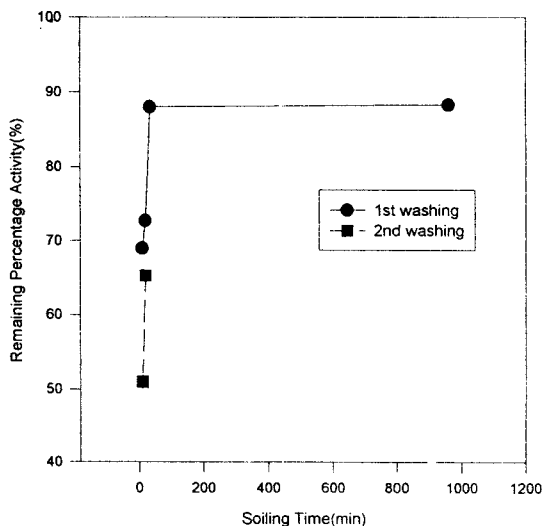


Fig. 4. The effectiveness of decontamination using EDTA against skin contamination of  $^{137}\text{Cs}$ .

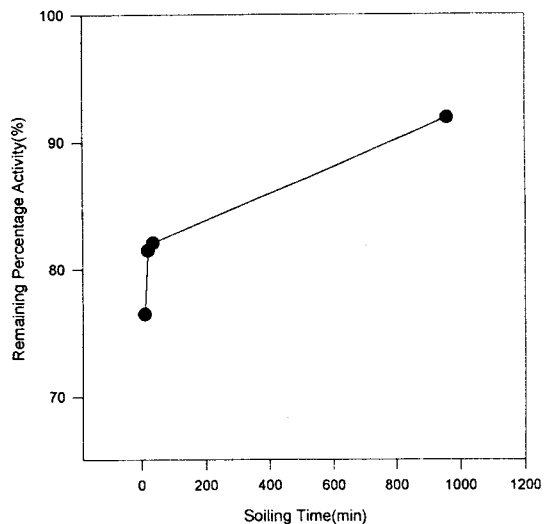


Fig. 5. The effectiveness of decontamination using EDTA against skin contamination of  $^{60}\text{Co}$ .

Table 2. Decontamination results using some decontamination agents and decontamination methods against skin contamination of <sup>137</sup>Cs

제 염 제 및 제염순서	잔 류 방 사 능 분 율 (%)			
	방사선원 접촉시간			
	10분	20분	35분	16시간
1. 비누 1차제염	63.0	79.6	80.0	85.5
2차제염	46.0	62.3	64.1	-
3차제염	34.6	50.6	55.9	-
4차제염	27.2	-	-	-
2. KAERICON	14.2(1.9)*	-	26.8(2.1)	48.1(1.8)
3. IOCON	9.5(1.5)	27.1(1.9)	17.5(1.5)	-
4. TRICON	-	-	-	26.6(1.8)
5. KAERICON	-	17.2(1.2)	-	-
1. EDTA 1차제염	69.0	72.7	88.0	88.3
2차제염	51.0	65.3	-	-
2. IOCON	-	-	-	62.5(1.4)
3. TRICON	-	-	-	38.6(1.6)

\*( )안의 값은 제염계수이며, 제염전 방사능에 대한 제염 후의 방사능 비임.

KAERICON이 <sup>137</sup>Cs에 대해 높은 제염율을 보이는 이유는, KAERICON을 도포하게 되면 진흙현탁액 내의 용액은 피부의 미세한 모공으로 스며들어 증발하게 되는데, 이때 모공이나 피부표면에 접촉된 <sup>137</sup>Cs 이온과 용액속의 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 양이온과 이온교환되어 제거되기 때문이며, 이온교환된 방사성핵종은 도포된 clay층 뒷쪽으로 확산된다[7].

IOCON은 <sup>137</sup>Cs에 대해 제염계수가 1.4~1.9 이

었으며, <sup>60</sup>Co에 대하여 1.0~1.2로서 비교적 <sup>137</sup>Cs에 대하여 좋은 제염성능을 나타내었으며, 그의 TRICON과 CHARCON도 IOCON과 비슷한 제염계수를 나타냈다.

그림 6과 7에 각 제염제를 이용한 제염방법에 따라 얻은 <sup>137</sup>Cs과 <sup>60</sup>Co에 대한 제염율을 나타내었다. 그림 6과 7로부터 <sup>137</sup>Cs에 의한 오염의 가장 효율적인 제염방법은 방사성오염이 발생한지 10분

Table 3. Decontamination results using some decontamination agents and decontamination methods against skin contamination of <sup>60</sup>Co

제 염 제 및 제염순서	잔 류 방 사 능 분 율 (%)			
	방사선원 접촉시간			
	10분	20분	35분	16시간
1. 비누 1차제염	75.8	84.3	84.3	90.2
2차제염	68.0	75.1	76.5	-
3차제염	64.1	71.2	72.5	-
2. KAERICON	-	-	-	88.0(1.0)
3. TRICON	-	52.3(1.4)	-	79.3(1.1)
4. IOCON	-	51.8(1.0)	60.0(1.2)	-
5. CHARCON	52.5(1.2)*	-	-	-
1. EDTA 1차제염	76.5	81.5	82.1	91.9
2. IOCON	-	-	-	82.5(1.1)

\*( )안의 값은 제염계수임.

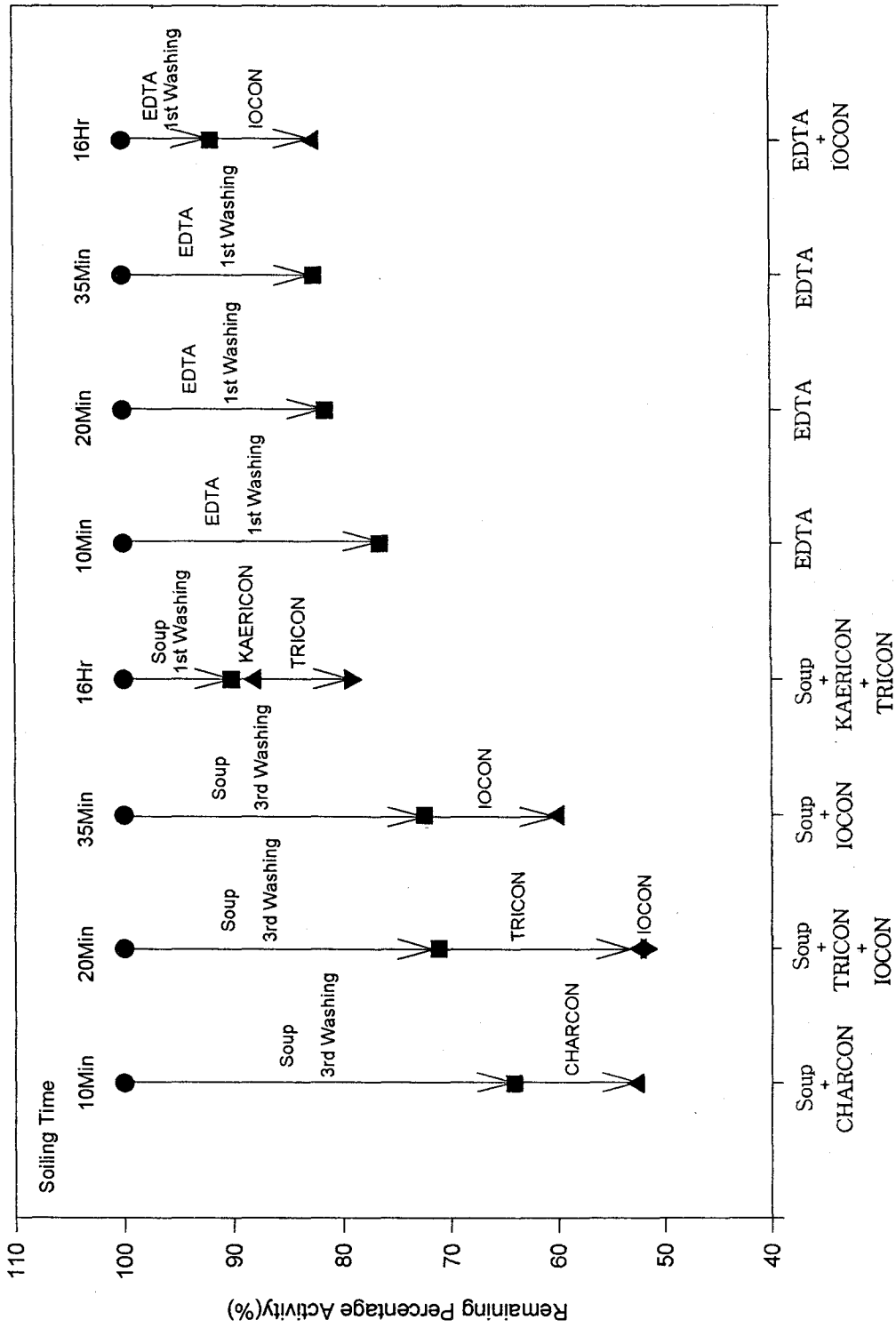


Fig. 6. The effectiveness of decontamination using some decontamination agents and decontamination methods against skin contamination of  $^{137}\text{Cs}$ .

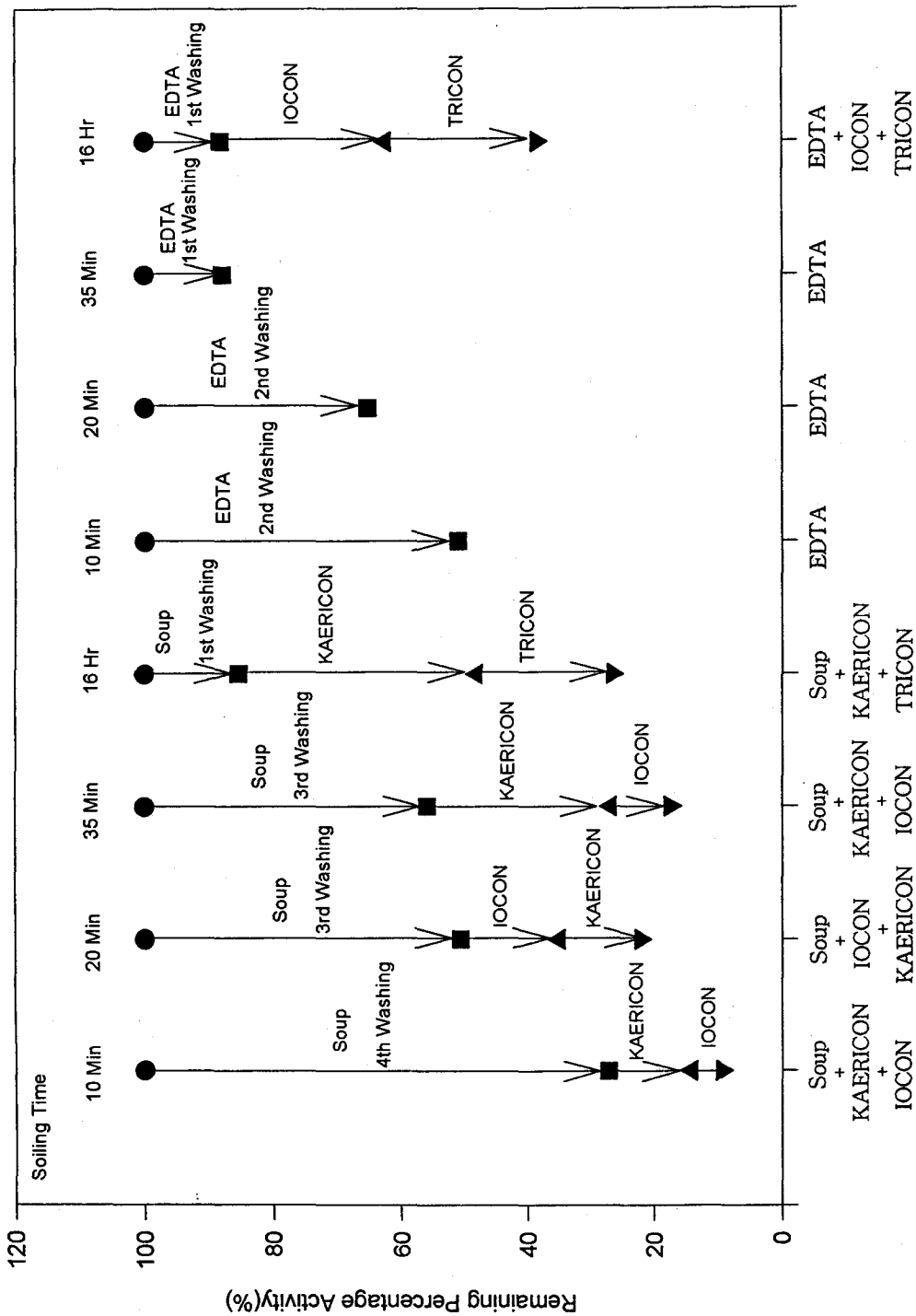


Fig. 7. The effectiveness if decontamination using some decontamination agents and decontamination methods against skin contamination of  $^{60}\text{Co}$



이내에 비누를 이용하여 부드러운 제염을 지속적으로 실시한 후,  $^{137}\text{Cs}$ 에 대하여 흡착능이 강한 KAERICON이나, IOCON을 이용하여 추가제염을 시도하는 것이며,  $^{60}\text{Co}$ 의 경우에는  $^{137}\text{Cs}$ 과 같은 방법으로 비누를 이용하여 부드럽게 세척을 한 후, 비누로 제거되지 않는 고착오염은 KAERICON이나 TRICON으로 제염하는 것이 효과적인 방법으로 될 수 있음을 알 수 있었다.

## 결 론

돼지피부를 이용한 실험결과에 의해, 16시간동안 방사성물질을 접촉시킨 실험에서  $^{137}\text{Cs}$ 의 경우 11.5%,  $^{60}\text{Co}$ 의 경우 3.2% 정도가 피부로 침투되었음을 알 수 있었으며,  $^{137}\text{Cs}$ 과  $^{60}\text{Co}$ 에 대한 비누와 EDTA를 이용한 제염에서 제염효과는 최초 제염 시작 시간이 20분 이상이 경과하게 되면 제염횟수를 늘려도 제염효과는 큰 차이를 보이지 않았다.

피부에 견고하게 고착된 방사성오염을 제거하기 위한 실험에서, KAERICON은  $^{137}\text{Cs}$ 에 대하여 최고 52.1%(제염계수 2.1)의 제염율을 나타내었으며, 본 연구에서 제조한 IOCON도  $^{137}\text{Cs}$ 에 대하여 비교적 좋은 제염율을 나타내었다. 그러나  $^{60}\text{Co}$ 에 대해서는 IOCON, CHARCON 모두 20%(제염계수 1.2)미만의 제염율을 나타내었으며, KAERICON도  $^{60}\text{Co}$ 에 대해 낮은 제염율을 나타내었다. TRICON은  $^{137}\text{Cs}$ 에 대해 1.6~1.8의 제염계수를 나타내었으며,  $^{60}\text{Co}$ 에 대해서는 1.0~1.2의 제염계수를 나타내었다.

한편,  $^{137}\text{Cs}$ 에 의한 오염의 가장 효율적인 제염 방법은 방사성오염이 발생한지 10분이내에 비누를 이용하여 부드러운 제염을 지속적으로 실시한 후,  $^{137}\text{Cs}$ 에 대하여 흡착능이 강한 KAERICON이나, IOCON을 이용하여 추가제염을 시도하는 것이며,

$^{60}\text{Co}$ 의 경우에는  $^{137}\text{Cs}$ 과 같은 방법으로 비누를 이용하여 부드럽게 세척을 한 후, 비누로 제거되지 않는 고착오염은 KAERICON이나 TRI-CON으로 제염하는 것이 효과적인 방법으로 될 수 있음을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. IAEA, *Manual on Early Medical Treatment of Possible Radiation Injury*, Safety Series No. 47, pp. 4-14, Viena (1978).
2. IAEA, *Medical Handling of Accidentally Exposed Individuals*, Safety Series 47, pp. 29-47, Viena (1988).
3. L. A. Ilyin, A. T. Ivannkov, YU. D. Parfeenov and V. P. Stolyarov, "Strontium absorption through damaged and undamaged human skin", *Health Physics*, **29**, 75-80(1975).
4. Tomoko Kusama, Sigeru Itoh and Yasuo Yoshizawa, "Experimental study on decontamination for the skin contaminated with radioactive materials" *Hoken Butsri*, **21**, 127-131 (1986).
5. Tomoko Kusama, Shigeru Itoh and Yasuo Yoshizawa, "Absorption of radionuclides through wounded skin", *Health Physics*, **51**(1), 138-141(1986).
6. Chieko Harase, *Decontamination of Body*, National Institute of Radiological Sciences Report, NIRS-M-71(1989).
7. B. G. Ahn, H. J. Won and W. Z. Oh, "Decontamination of building surface using clay suspension", *Journal of Nuclear Science and Technology*, **32**(8), 787-793(1995).