

방사선 종사자는 「건강」하다 !

- 건강 노동자 효과 -



岡田重文
東京大學 名譽教授

低線量の 방사선 영향을 밝히기 위해 英美 핵시설의 방사선 종사자의 사망율에 대한 疫學조사가 실시되어왔다. 이러한 조사들은 모두 방사선 종사자가 일반대중보다 20~30% 낮은 사망율을 나타내었다. 즉, 방사선 종사자는 일반대중보다 건강하다는 것이다. 이유는 종사자 채용에 있어, 건전한 사람들이 선택된 것에 의한 “건강노동자 효과”, 및 과학자, 기술자, 관리자 등 화이트칼라가 비교적 많은 것에 의한 “사회계급 효과”로 설명이 가능하다.

低線量·低線量率 방사선이 종사자의 건강에 끼친 영향을 조사하는데 있어서는 피폭선량이 뚜렷한 다수의 관련집단을 조사할 필요가 있으며, 이런 집단으로서는 1) 방사선 진단을 받은 집단, 2) 원수폭실험 방사성 낙진 피폭집단, 3) 핵시설 주변주민, 4) 방사선 종사자(핵시설 작업자 포함), 5) 高방사선 배경 지역주민 등이 있다. 이 중에서 4) 방사선 종사자집단은 주로 성인남성으로 구성되어, 피폭기록이 상당히 명백하여 低線量 방사선 리스크에 해명에 가장 적절한 집단이라 여겨진다.

근래 핵시설 방사선종업자 (원자력 발전소 포함)의 건강영향의 疫學조사가 지난 10년간 영미에서 실시되어 있고, 최근의 것으로는

세계최대라 자부하는 9만5천여명의 영국 방사선종업자 국가등록의 제 1회 조사보고가 있다(Kendall et al.;(1992) 및 (1992 a)).

이런 疫學조사에는 두가지 疫學的 수법, 외부비교와 내부비교가 사용되고 있다.

1) 외부비교의 경우에는 조사방사선 종업자집단을 일반 주민집단과 연령별 (5년마다), 성별로 매치(整合)시켜, 각종 死因의 표준화 사망율比 (SMR; Standardised Mortality Ratio)를 구한다. 표준집단으로는 영국에서는 잉글랜드-웨일스의 일반주민, 미국에서는 전미국민이 이용되는 경우가 많다. 사인은 疫病을 WHO의 ICD(International Classification of Diseases : 국제역병분류 제8 또는 제9)에 따라 분류하여, 각각에 대한 實測值 및 표준집단에 위해 계산된 기대치를 구하여 SMR을 구한다.

$$SMR = \frac{\text{조사집단의 어떤 사인에 의한 사망자수(實測值)}}{\text{표준집단의 같은 사인에 의한 기대 사망자수(기대치)}} \times 100$$

영국에서는 100을 곱하여 SMR을 구하지만, 미국에서는 곱하지 않는 것이 다르다.

따라서 영국의 SMR이 100(미국식으로는 1.00)이라 하는 것은 어떤 사인에 의한 사망율이 방사선 종사자집단과 표준 일반주민과 같다는 것을 말한다. SMR가 100보다 적고 그 95% 신뢰한계의 상한치가 역시 100보다 낮은 경우, 방사선 종사자의 사망율이 표준 일반주민보다 통계상 우연히 낮은 것이 아닌 것으로 간주한다. 또한 SMR值가 100보다 크고 95% 신뢰한계의 하한치가 역시 100보다 높을 경우, 방사선 종사자의 사망율은 표준 일반주민보다 우연이 아닌 높은 값으로 간주한다. 여기서의 논의는 유의차(有意差)를 나타난 사망율의 사인만을 다루기로 한다.

2) 내부비교의 경우에는 조사 방사선 종사자를 피폭선량별로 階層化하여 선량과 관련시켜 사망율의 경향(트렌드)을 조사한다. 여기서도 통계적으로 유의(有意)(95% 신뢰한계, 또한 $P < 0.05$)의 경우만을 원칙적으로 다룬다.

I. 핵시설의 방사선 종업자는 일반대중과 비교하면 건강하다

앞에 말한 疫學조사를 정리한 것이다. 여기에는 미국의 로스아라모스 핵병기공장, 로키플래트 핵병기공장, 오크리지 국립연구소, 헨포드 시설, 영국에서는 원자력 공사, 영국 핵병기시설, 셀러필드 시설, 영국 방사선종사자 등록을 포함한다. 여기서의 방사선종사자의 일은 원자로·원자력 연구·개발, 핵연료 작성(핵병기용 플루토늄 精製, 우란(濃縮 등), 핵연료 재처리, 폐기물 처리 원자력발전소, 원자력 잠수함 승무원 등 광범위하다. 조사는 집단 4천~4만명에 이르며, 14~26년간의 추적조사의 결과이며 사망자는 집단의 7~20% 각시설에 있어서의 개인 평균 集積線量은 8~124mSv의 집단을 다루고 있다.

여기서 알 수 있는 것은, 영국 핵연료회사 셀러필드 시설의 SMR 98을 제외하고는 모든 사인의 표준 사망율比는 62~89이며,

어느것이나 有意로 100(표준 일반주민)보다 낮다는 사실이다. 또한 사인중의 모든 암 사망율比를 보거나 암 이외의 사망률比를 보아도 대부분이 100 이하이라는 사실이다. 즉, 「핵시설 종사자는 일반주민보다 「건강」한 점에 일치」하고 있다.

예외의 셀러필드 핵연료 재처리 시설에 대해서는 나중에 언급한다.

「방사선 종사자의 건강의 특성」에 관한 상세한 해석이 내릴 수 있게 한 것은 영국 방사선 종사자 등록(Kendall et al. (1992) 및 (1992a)) 제 1회 조사이다. 본등록은 방사선 종사자(방사선 선량측정의 정기적인 실시에 의해 기록된 사람들) 약 9만5천명에 대한 1976년에서 1988년말까지의 제 1회 조사에 바탕을 두고 있으며, 기간중 약 6600명이 사망, 그 중에 암사망자 약 1800명이 포함되어 있다.

Fig 1은 영국 방사선 종사자 등록의 사인大別 또는 각 사인별 SMR를 나타낸 것이다. 모든 사인에 의한 SMR은 85이며, 95% 신뢰한계의 상한치는 100보다 적고, 표준 일반주민보다 有意에서 (95% 이상의 신뢰한계로) 낮은 것이 된다. 또한 有意에서 낮은 SMR은 모든 암에 대해 85, 암 외상을 제외한 모든 질병의 사인에 대해서도 80이며, 有意로 낮다 (Kendall et al.;(1992a) Table 6.1). 또한 질병 뿐만 아니라 외상 (사고-살인-자살 등)의 사인에 의한 SMR도 81 (Table 6.1)이며, 有意로 낮다. 말하자면, 「방사선 종사자는 육체적으로 뿐만 아니라, 정신적으로도 건강」하다고 생각되어진다.

또한 방사선 종사자를 소속별로 원자력공사, 핵병기시설, 국방성 관계 (원자력 잠수함 승무원 포함), 영국 원자력발전소, 영국 핵연료회사 (셀러필드를 포함)등 다섯 그룹으로 구분해도, Table 1이 보여주듯이 모든 그룹에서 SMR은 有意로 100보다 낮다. 특히 최고의 개인평균 集積線量 (70mSv)을 보여준 영국 핵연료회사 (셀러필드 시설 포함)에 있어서도 SMRdms 94로 약간 높지만, 100에 비해서도 有意로 낮았다. 결론적으로

Table 1 시설별 평균 集積선량과 SMR의 관계 (Kendall et al.(1992a) Table 2.8 & 6.17)

施 設	従事者數	平均集積線量(mSv)	全死因SMR
英核燃料全體BNFL	25,617	70.4	94*
英核兵器	10,241	8.3	75
國防省全體	27,246	14.0	78
Nucl. Elect. 全體	23,914	30.5	78
全 體	95,217	33.6	78

*이 값은 100보다 有意(p<0.01)로 낮다.

BNFL의 각 시설중 쉐러필드는 전종사자수의 64%를 차가하지만, 여기서의 SMR은 96으로 100보다 약간 有意로 낮았다.

「방사선 종사자의 직종에 관계 없이 방사선 종사자는 건강」했다.

또한 표준 사망율비와 방사선 작업연수와 의 관계에 대해서도 조사되었지만, Table 2. (kendall et al.;(1992a) Table 6.11& 6.12)에 나타나듯이 「작업 연수에도 불구하고 종사 자는 건강」했다.

셸러필드 시설 (Smith 등;1986)의 표준화 사망율비 98은 모든 사인 중에서 최대이며, 여기서의 개인평균 集積선량은 시설 중 최대의 124mSv였다.

영국 방사선 종사자 등록 (Table 2.8 & 6. 17)에 있어서도 대부분의 시설 (5-28mSv)의 SMR은 63-90인데 대해 돈레이 재처리 시설(42mSv)의 SMR은 98, 차펠크로스 원 자력발전소 (76mSv)의 SMR은 98, 라세필드 재처리 시설 (90mSm)의 SMR은 96이었다.

이것들은 피폭선량이 높기 때문이라고 생각했지만, BNFL의 Wakeford 박사 및 NRPB의 Muirhead 박사에 문의한 결과, 「이것들은 어느것이나 영국북부에서 스코틀랜드까지 UK의 북부에 위치한다. 이런 지역은 잉글랜드-웨일스 (표준집단으로 선택한)와 비교하면 식사 패턴도 다르며 기후도 나빠 사망율이 높은 지역이다. 따라서 높은 SMR값은 약간 높은 피폭선량이 아니라 지역의 건강상태를 반영하고 있다」는 답이었다.

II. 원인은 무엇인가?

(1) 핵시설은 건강하고 활발한 사람들을 선택하여 고용한 결과이다 (미국에서는 이런 기밀시설 종사자의 고용에 있어 FBI가 조사했다). 이것은 疫學으로 “건강노동자 결과”라고 부르는 현상이며, 역학사전 (J. M. Last편;重松 등 번역)에는 「직업병의 연구에 있어 처음으로 관찰된 현상으로, 노동자 고용에 있어 일반 인구집단에 포함되는 무거운 병이나 장애에 걸리기 쉬운 직업에는 적당치 않은 사람들은 제외되기 때문에 노동자집단의 사망율은 일반인구의 그것보다 낮아진다」고 定義하고 있다.

이것은 앞에 말한 방사선 종사자에 있어 모든 사인 뿐만 아니라, 암이나 암 이외의

Table 2 放射線線作業従事年數와 SMR (Kendall et al. (1992a) Table 6. 11&6.12)

作業年數	全死因 SMR	全 SMR
< 5	82	83
5~ 9	86	88
10~14	81	78
15~19	87	87
20~24	80	90
25~29	73	73
≥30	77	87

질환 등 각종질환의 사망율이 일반주민보다 낮다는 것에서도 뚜렷이 알 수 있다 (Fig. 1).

(2) 대체 건강노동자 효과는 고용시의 선택효과가 감소되어 고용연수와 더불어 감퇴해간다고 알려져 있지만 (L.M. Carpenter (1987), 방사선 종사자의 경우 연수에 따른 감퇴는 볼 수가 없다 (Table 2). 이것은 방사선 종사자는 매일 규칙적으로 올바르게 일할 수 있는 건강한 사람들로 구성되어 있다는 것에 기인된다고 말할 수 있을지도 모르겠다.

(3) 역학조사에 있어, 또 하나의 특징으로서 사회계급에 의한 영향이 있다는 것이다. 핵시설은 특수시설이며 과학자, 기술자, 관리자, 직원 등 화이트컬러가 비교적 많다. 영국 방사선 종사자 등록에 의하면, 화이트컬러가 37%, 블루컬러가 59%, 어느것도 아닌 쪽이 4%였다 (kendall et al.:(1992a) Table 2.7). 이것에 비해 잉글랜드-웨일스의 표준 일반주민의 화이트 컬러 비율은 약 20%, 블루컬러는 80%라는 것이었다.(京都의 ICLB에서 「低線量조사 및 생체방어 메카니즘에 관한 국제회의」 NRPB의 Muirhead 박사 및 BNFL의 Wakeford 박사가 말했다).

영국의 종사자 등록의 화이트컬러 사망율을 표준주민의 화이트컬러 사망율과 비교한 결과, SMR은 86, 종사자 등록과 표준주민 양측의 블루컬러만으로 비교한 SMR은 89였다. 이런 SMR은 모두가 거의 같다고 생각되며, 건강 노동자 효과가 화이트컬러나 블루컬러나 같은 정도에 있다는 것을 뜻한다고 생각되어진다.

이 방사선 작업종사자 집단의 화이트컬러의 SMR은 표준집단의 전일반주민(화이트컬러와 블루컬러)과 비교하면 63인 낮은 숫자에 비해, 방사선 작업자 집단의 블루컬러의 같은 SMR은 93이었다. 다른 예로서는, 미국의 사반나리버 공장에도 봉급급여자(화이트 커널)의 SMR을 일반주민과 비교한 값은 64, 시간급여자(블루컬러)는 80이었다 (Carrale et al.:(1988). 즉, 영국이나 미국 모두

화이트컬러 쪽이 블루컬러보다 훨씬 건강하다는 것을 보여주었다.

영국 방사선 종사자집단의 경우, 화이트컬러 40%, 블루컬러 60%이라 계산해 보면, $63 \times 0.40 + 93 \times 0.60 = 81$ 이 되어 종사자집단의 모든 사인 SMR 83과 거의 같은 수자가 된다.

즉, 「사회계급과 건강노동자의 선택에 의해, 방사선 종사자의 건강은 모두 설명이 가능하다」라는 것이 된다.

III. 그러면 왜 그런가?

영국 방사선 종업자가 보다 건강한 것은 건강자를 선택하여 종사자를 삼고 있다는 것과 화이트컬러가 비교적 많다는 것에서 설명될 수 있다고 했다, 그렇다면 왜 그런가 하고 더 깊이 파헤쳐 보기로 한다.

1) 흡연

영국의 국가 등록조사에서 사인이 되는 질병 중, 흡연과 관계가 있는 질환과 관계가 없는 것과 대별하여 SMR을 구하고 있는데 (Fig.1의 ● 표와 ○ 표)

가) 흡연과 관계가 있는 암 (구강, 후두, 식도, 폐, 췌장 방광 등)의 SMR은 77로 유의에서 표준 일반주민보다 낮았다

나) 암 이외의 흡연과 관계가 있는 순환계 (심장, 冠動脈)나 호흡기계의 질환 SMR은 87로 표준 일반주민보다 有意로 낮았다.

다) 흡연과 관계가 없는 암 (위, 대장, 直腸, 유방, 피부, 자궁, 난소, 뼈, 중추신경 등)의 SMR은 93으로 비교적 표준 일반주민의 100과 가까우나 有意로 낮았다.

이 밖의 핵시설은 어떠할까? 본등록만큼 상세한 데이터가 없어 충분한 비교는 불가능하나, 이를테면 오크리지 국립연구소 종업원 조사 (Wing et al.(1991)에서는, 모든 사인의 SMR이 74로 건강노동자 효과를 나타내었으며, 흡연과 관계가 있는 사인으로서의 폐암은 70, 순환계질환 74, 호흡기계 질환 68, 등 有意로 낮은 값을 나타내어, 여기서

0	死因(死亡者數)	50	60	70	80	90	100	150	200
***	모든 死因(4883)								
***	모든 암(1376)								
***	모든 암 以外(3250)								
	食道암(60)								
	胃암(184)								
	大腸암(140)								
*	直腸암(78)								
*	脾臟암(72)								
***	肺, 氣管支 등의 암(632)								
	前立腺암(9)								
***	中樞神經系암(59)								
*	甲状腺암(9)								406
	불확실 二次암(111)								
	多發性骨 腫(17)41								
	白血病(제외 CLL) (45)								
**○	皮膚암(메라노마 제외) (0)								
***●	煙암과 관계가 있는 암(893)								
	咽, 食道, 脾臟								
	肺, 膀胱 등								SMR
*○	煙과 관계가 없는 암								95%信 信賴限界
	胃, 腸, 肝, 메라노마, 前立腺								
	乳, 子宮, CNS암 등								
***●	암 이외의 煙과 관계가 있는								
	病患(2691)								
	心臟病, 呼吸器系, 등								
0		50	60	70	80	90	100	150	200
***	P<0.001								
**	P<0.01								標準集團(一般住民)의 SMR
*	P<0.05								
()	內的 數字는 症例數								

Fig.1 영국 방사선 증사자의 각종질병 및 질병군의 표준 사망율비(SMR)

- 이 도표는 Table 6.2~6.3 'unlagged'(잠복기가 없는 경우)의 표준화 사망율비의 일부에서 작성했다. 'lagged'(고체 종양은 잠복기 10년, 백혈병은 2년)의 경우에 계산한 표준화 사망율비(Table 6.4~6.6)도 같은 경향을 나타냈다.
- 질병분류는 제 9版 ICD (국제 질병분류)코드에 따른다.
- 질병 뒤의 괄호 안 숫자는 사인에 의한 사망자수를 나타낸다.
- 둥근 흑점은 얻은 표준화 사망율비의 값이며, 선은 신뢰한계를 나타낸다. 조사집단의 표준화 사망율비의 95%신뢰한계가 100보다 낮거나 높을 경우, 표준화 사망율비는 有意로 낮거나 높다고 한다.
- ***는 有意差 p<0.001, **는 p<0.01, *는 P<0.05를 나타낸다.

도 흡연과의 관련을 생각하게 했다.

이들 방사선 종사자 (화이트 컬러 포함)에는 흡연자가 적고, 흡연자 중에서도 근무 중의 흡연이 제한되어 있기 때문에 흡연의 정도가 적은 요인이 있을 것이다. 그러나 영국 방사선 종사자 등록조사에서는 흡연에 대한 조사가 이루어져 있지 않으므로, 흡연 관련, 비관련 질환에서의 「흡연」의 역할은 추측에 불과하다는 것은 유감이다.

2) 사회계급

화이트컬러의 표준 일반주민과 비교한 SMR이 63(영)~64(미, 사반나), 블루컬러가 80(미, 사반나)~93(영)인 것은 양쪽의 뚜렷한 차이를 보여주고 있다.

사회계급과 건강의 관련에 대해서는 영미에서 자주 논의되어, 發病率, 死亡率 등의 건강 바로미터는 상류사회 쪽이 하류사회보다 낮고, 보다 건강하다는 것이 알려져 있다. Sagan (1987)은 가족, 생식, 부모의 행동 등 문화적 심리적, 사회적 생활양식의 차이에 의한 것이 아닌가 하고 말하고 있다.

저자는 화이트컬러 계급은 건강에 유의하며, 의사에 보다 자주 접근하기 때문이라 단순하게 생각하고 있다. 그러나 우리나라에서는 건강보험제도가 확립되어 있으므로, 핵시설 종업원으로 과연 사회계급의 영향이 발견될 수 있을지는 매우 의심스러운데 어떨런지?

감사의 말

본고작성에 있어, 재단법인 원자력안전연구협회, 방사선 영향에 관한 간담회, 「영국 방사선 종사자 국가등록 제 1회 해석의 검토보고」에 입은 점이 많아, 여기서 원자력안전연구협회에 대해 감사의 뜻을 표합니다. 그리고 본검토보고는 협회에서 구입이 가능하므로 필요한 분은 신청하시기 바랍니다.

참 고 문 헌

- 財團法人原子力安全研究協會, 放射線影響 관한 懇談會, 「英國放射線從事者國家登錄第一回解析과 檢討報告」(1993년 5월)
C.M.Kendall et al.;Brit.Med.J.304, 220-225 (1992).
C.M.Kendall et al.;NRPB-R251,1-121(1992a).
P.G.Smith and A.J.Douglas;Brit.Med.J.293, 845-854(1986)
L.M.Carpenter;Brit.J.Industrial Med.44, 289-291(1987)
D.L.Cragle et al.;Am.J.Industrial Med.14, 379-401(1988)
S.Wing et al, JAMA 265, 1397-1402 (1991).
L.A.Sagan, The health of nations. True cause of sickness and well-beings. Basic Books Inc., Philadelphia, 149 (1987).

