

低線量被曝放射線取扱作業者の 健康診断結果の分析

角 田 透*

電離放射線障害予防規則による特殊健康診断(以下、健診と略記する)は放射線取扱作業者について、被曝歴の有無の調査、白血球数及び白血球百分率の検査、赤血球数または血色素量または全血比重の検査、白内障に関する眼の検査、及び皮膚の検査が義務づけられている。これらの検査のうち、造血機能に関連すると考えられる検査は、造血臓器が放射線感受性の高い臓器であることから、臨床医学上、放射線障害観察の重要な指標とされてきた¹⁾。しかし、造血臓器に対する放射線被曝の影響についての研究は比較的大線量被曝に関するものであり、現実の医療機関の放射線取扱作業者にみられるような低線量被曝に関するものではない。本報告は健診の対象となるような医療機関の放射線取扱作業者の、被曝線量の有無と白血球数及び異常白血球の出現とについて検討したものである。

方 法

慶應大学医学部放射線業務管理室に電離放射線取扱作業者として登録され、大学保健管理センターの実施する特殊健康診断を受診している作業者のうち1982年春の健診後の時点において、過去に4回以上の受診記録のある

者191名を対象とした。これらの作業者の1980年より1982年までの健康診断の個人票の記録より生体情報として白血球数検査及び白血球百分率検査の際に見出される異常白血球の出現の有無について、及び放射線業務管理室に保管されているこれに対応する期間の被曝歴についての記録より被曝情報として生涯被曝線量及び健診直前の3ヶ月間の被曝線量についてそれぞれ対比させて検討した。すなわち、被曝の有無により作業者を2群に分け、白血球数及び異常白血球の出現の有無を指標として、平均値の差の検定、相関分析、及び四分表による分析を行ったものである。この場合の異常白血球とは、好中球(桿状球、分葉球)、好酸球、好塩基球、リンパ球及び単球以外の白血球としたが主として異形リンパ球(atypical lymphocyte)であった。白血球数検査及び白血球百分率検査は慶應大学病院中央臨床検査部によるものであり、被曝線量の測定は社団法人日本保安用品協会フィルムバッジサービス部によるものである。統計解析は慶應義塾大学計算センターのFACOM M-180 II ADを用い、アプリケーションプログラムはSDA IIを利用した。この特殊健診は年2回(春及び秋)行われているが、例数の少ない1981年秋(n=7)を除

* 慶應大学医学部衛生学公衆衛生学教室

いて、1980年春より1982年春までの4回分について集計検討した。また、女子の例数が比較的少ないので、異常白血球出現の有無については総数(男女合計数)及び男子について、白血球数については、性差の問題は少ないと考えられるが、男子のみを解析の対象とし

た。但し相関分析は女子についても行った。

結果と考察

特殊健診の対象者には電離放射線の生涯被曝線量及び健診直前3ヶ月間の被曝線量が0

表1 解析対象となった放射線取扱作業者の被曝線量

年, 春秋別	作業者数 ()は女子	健診直前3ヶ月間の被曝線量(mrem) (平均)±(標準偏差), (最少-最大)	健診直前までの生涯被曝線量(mrem) (平均)±(標準偏差), (最少-最大)
1980年春	42 (7)	9.8±43.6, (0-280)	436.5±984.8, (0-4380)
1980年秋	72 (21)	3.3±16.7, (0-130)	280.3±1392.0, (0-11510)
1981年春	94 (20)	3.7±22.4, (0-210)	384.7±1374.5, (0-11510)
1981年秋	7 (1)	0	0
1982年春	84 (23)	2.1±9.9, (0-80)	405.8±1432.3, (0-11510)

表2 健診直前3ヶ月間の被曝線量の有無による男子作業者の白血球数への影響

年 春秋別	解析対象 作業者数	白血球数(個/mm ³) (平均)±(標準偏差), (作業者数)		t 値	自由度	両側確率
		健診直前3ヶ月に被曝なし 非被曝群	健診直前3ヶ月に被曝あり 被曝群			
1980年春	35	6516±2180, (31)	5325±1034, (4)	1.07	33	0.294
1980年秋	51	6850±2152, (46)	6120±698, (5)	1.64	15.11	0.122
1981年春	74	6898±2092, (69)	6340±1894, (5)	0.58	72	0.564
1981年秋	6	6300±2070, (6)	— (0)	—	—	—
1982年春	61	6292±1876, (58)	7133±3876, (3)	-0.37	2.05	0.745

表3 生涯被曝線量の有無による男子作業者の白血球数への影響

年 春秋別	解析対象 作業者数	白血球数(個/mm ³) (平均)±(標準偏差), (作業者数)		t 値	自由度	両側確率
		生涯被曝線量なし 非被曝群	生涯被曝線量あり 被曝群			
1980年春	35	7206±2169, (17)	5600±1765, (18)	2.41	33	0.022
1980年秋	51	6797±2203, (29)	6755±1914, (22)	0.07	49	0.943
1981年春	74	6934±2329, (38)	6783±1790, (36)	0.31	72	0.757
1981年秋	6	6300±2070, (6)	—	—	—	—
1982年春	61	6433±2027, (31)	6230±1937, (30)	0.40	59	0.690

低線量被曝放射線取扱作業者の健康診断結果の分析

の者から相当の被曝を受けている者まで種々の被曝線量の者が存在するが(表1参照)造血臓器等への影響は非確率的影響として考えられており、ある閾値未満であれば障害は認められないとされている。まず、白血球数につ

いて表2に示すとおり、健診直前3ヶ月間の被曝の有無により2群に分けて平均値の差の検定を行った。例数の少ない1981年秋を除いて考察するが、1980年春より1982年春までの4回の健診においては、直前3ヶ月間の被曝

表4 白血球数、健診直前3ヶ月間の被曝線量、生涯被曝線量及び年齢についての相関分析(1980年春)

(1) 総数(男女合計), n=42

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	-0.168	1.000		
生涯被曝線量	0.041	0.043	1.000	
年齢	0.055	-0.064	0.486**	1.000

** : p<0.01

(2) 男子, n=35

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	-0.175	1.000		
生涯被曝線量	-0.119	0.084	1.000	
年齢	0.161	0.080	0.402*	1.000

* : p<0.05

(3) 女子, n=7

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	-0.420	1.000		
生涯被曝線量	0.508	-0.036	1.000	
年齢	-0.290	0.217	0.613	1.000

表5 白血球数、健診直前3ヶ月間の被曝線量、生涯被曝線量及び年齢についての相関分析(1980年秋)

(1) 総数(男女合計), n=72

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	-0.046	1.000		
生涯被曝線量	-0.086	0.066	1.000	
年齢	0.112	-0.105	0.283*	1.000

* : p<0.05

(2) 男子, n=51

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	-0.100	1.000		
生涯被曝線量	-0.139	0.052	1.000	
年齢	0.350*	-0.106	0.403**	1.000

* : p<0.05, ** : p<0.01

(3) 女子, n=21

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	—	—		
生涯被曝線量	-0.167	—	1.000	
年齢	-0.374	—	0.159	1.000

注：健診直前3ヶ月間の被曝線量は21名全員0。

の有無による白血球数への統計的に有意な影響は認められなかった。しかし、各健診時の夫々の群で白血球数の標準偏差が大きく CV (coefficient variance) は 11.4%~54.3% であった。このことから白血球数については集

団として管理するよりも個人として管理することの必要性がうかがわれる。表3は同様の解析を生涯被曝線量について行ったものである。表中1980年春は、生涯被曝線量について被曝群は非被曝群に較べ有意に白血球数が少

表 6 白血球数, 健診直前3ヶ月間の被曝線量, 生涯被曝線量及び年齢についての相関分析 (1981年春)

(1) 総数 (男女合計), n=94

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	-0.122	1.000		
生涯被曝線量	-0.069	0.175	1.000	
年齢	-0.015	0.155	0.367***	1.000

***: p>0.001

(2) 男子, n=74

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	-0.138	1.000		
生涯被曝線量	-0.059	0.179	1.000	
年齢	0.088	0.171	0.356**	1.000

*: p<0.01

(3) 女子, n=20

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	-0.455*	1.000		
生涯被曝線量	-0.101	0.264	1.000	
年齢	-0.296	0.310	0.455*	1.000

*: p<0.05

表 7 白血球数, 健診直前3ヶ月間の被曝線量, 生涯被曝線量及び年齢についての相関分析 (1982年春)

(1) 総数 (男女合計), n=84

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	-0.122	1.000		
生涯被曝線量	-0.130	0.108	1.000	
年齢	-0.019	0.208	0.314**	1.000

** : p<0.01

(2) 男子, n=61

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	-0.110	1.000		
生涯被曝線量	-0.164	0.082	1.000	
年齢	0.132	0.177	0.330**	1.000

** : p<0.01

(3) 女子, n=23

	白血球数	健診直前3ヶ月間の被曝線量	生涯被曝線量	年齢
白血球数	1.000			
健診直前3ヶ月間の被曝線量	-0.110	1.000		
生涯被曝線量	0.023	0.263	1.000	
年齢	-0.227	2.289	0.329	1.000

低線量被曝放射線取扱作業者の健康診断結果の分析

なかったが、その他の健診時については両群間に差異は認められなかった。しかし、平均値を比較すると、いずれの健診時においても被曝群は非被曝群に較べ低値であった。これは被曝群は1980年春の時点ですでに低値を示しているの、個人の正常値として比較的白血球数の低値の者が多いことが考えられる。それ以後の検査においては、それらの者は必ず生涯被曝線量の被曝群に属するので、そのための結果とも云える。しかし、1980年春の時点で、すでに低値を示しているということは、それまでの被曝の影響ということも否定できないので、これだけの資料からでは論ずることはできない。

表 8 被曝と異常白血球出現とについての四分表による分析 (1980年春, 総数)

(1) 健診直前3ヶ月間の被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
健診直前3ヶ月間の被曝	無(-)	35 (35.2)	2 (1.8)	37
	有(+)	5 (4.8)	0 (0.2)	
計		40	2	42
$\chi^2=0.343$ (d.f.=1), $p=0.558$ Fisher の完全確率=0.774				

注: 表中の () 内は期待値

(2) 生涯被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
生涯被曝	無(-)	20 (19.0)	0 (1.0)	20
	有(+)	20 (21.0)	2 (1.0)	
計		40	2	42
$\chi^2=0.431$ (d.f.=1), $p=0.512$ Fisher の完全確率=0.268				

注: 表中の () 内は期待値

白血球数、健診直前3ヶ月間の被曝線量、生涯被曝線量及び年齢についての相関分析の結果を表4~7に示した。各表中(1)は総数(男女合計)について、(2)は男子について、(3)は女子についてのものである。年齢と生涯被曝線量は有意の正相関を示す場合が多く、これは加齢と共に生涯被曝線量が増加していることを示している。また、健診直前3ヶ月間の被曝線量と白血球数は、1980年秋の女子を除いて(これは直前3ヶ月の被曝線量が全員0のため相関係数が意味をなさない)、いずれも負相関を示している。総数及び男子いずれの場合についても、正負半数ずつ出現するという仮説のもとにサイン検定を行う

表 9 被曝と異常白血球出現とについての四分表による分析 (1980年秋, 総数)

(1) 健診直前3ヶ月間の被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
健診直前3ヶ月間の被曝	無(-)	66 (66.1)	1 (0.9)	67
	有(+)	5 (4.9)	0 (0.1)	
計		71	1	72
$\chi^2=0.291$ (d.f.=1), $p=0.881$ Fisher の完全確率=0.931				

注: 表中の () 内は期待値

(2) 生涯被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
生涯被曝	無(-)	46 (46.3)	1 (0.7)	47
	有(+)	25 (24.7)	0 (0.3)	
計		71	1	72
$\chi^2=0.104$ (d.f.=1), $p=0.747$ Fisher の完全確率=0.653				

注: 表中の () 内は期待値

と、 $p=(1/2)^4=0.063$ 従って有意ではないが、負相関を示す傾向があると考えられる。これをただちに医学的に解釈することはできないが詳細な検討の必要性を示すものと思われる。

異常白血球の出現について検討したものを表8～表14に示す(1980年秋の男子については異常白血球の出現が認められていない)。いずれの表も(1)は健診直前3ヶ月間の被曝線量の有無により、被曝群と非被曝群とについて(2)は生涯被曝線量の有無による被曝群と非被曝群とについて分析したものである。いずれも被曝の有無と異常白血球の出現について四分表を作成、 χ^2 検定及び Fisher の完

全確率を求めたものである。いずれの健診時においても、被曝と異常白血球の出現について統計的有意性を有するような偏りは認められなかった。これはこれらの作業者の被曝線量が非確率的障害 (nonstochastic harmful effects) の閾値未満であるためと考えられる。

これらの検討からは低線量放射線被曝の生体影響は認められなかったが、白血球数と健診直前3ヶ月間の被曝線量に負相関を示す傾向のあること及び集団として検討する際の白血球数の変動の大きさ等、さらに詳細な分析が必要と思われる。また、フィルムバッジは10 mrem (検出限界) 以上の外部被曝につい

表10 被曝と異常白血球出現とについての四分表による分析 (1981年春, 総数)

(1) 健診直前3ヶ月間の被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
健診直前3ヶ月間の被曝	無(-)	80 (80.5)	7 (6.5)	87
	有(+)	7 (6.5)	0 (0.5)	
計		87	7	94

$\chi^2=0.001$ (d.f.=1), $p=0.975$.
Fisher の完全確率=0.571

注: 表中の () 内は期待値

(2) 生涯被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
生涯被曝	無(-)	46 (46.3)	4 (3.7)	50
	有(+)	41 (40.7)	3 (3.3)	
計		87	7	94

$\chi^2=0.031$ (d.f.=1), $p=0.860$.
Fisher の完全確率=0.572

注: 表中の () 内は期待値

表11 被曝と異常白血球出現とについての四分表による分析 (1982年春, 総数)

(1) 健診直前3ヶ月間の被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
健診直前3ヶ月間の被曝	無(-)	72 (72.4)	6 (5.6)	78
	有(+)	6 (5.6)	0 (0.4)	
計		78	6	84

$\chi^2=0.014$ (d.f.=1), $p=0.907$.
Fisher の完全確率=0.632

注: 表中の () 内は期待値

(2) 生涯被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
生涯被曝	無(-)	42 (43.6)	5 (3.4)	47
	有(+)	36 (34.4)	1 (2.6)	
計		78	6	84

$\chi^2=0.951$ (d.f.=1), $p=0.329$.
Fisher の完全確率=0.166

注: 表中の () 内は期待値

低線量被曝放射線取扱作業者の健康診断結果の分析

の測定であり、R I 取扱者等に考えられる内部被曝については感知できない点も問題となる可能性がある。しかし、現在いわゆる放射線特殊健診における血液検査は放射線障害の指標としてよりも一般健康状態の指標としての役割に重点があると考えられており、放射線障害の発見のためのものではないとされている^{2,3)}。1977年の I C R P の勧告³⁾では放射線取扱作業者の医学的監視の目的を (1) 作業者の健康の評価、(2) 作業者の健康が作業条件に適合しているか否かの評価、及び

(3) 事故による放射線被曝や職業病発生の際の基礎的情報をうること、となっている。本報告においても前述した如く、放射線障害を認めず、これは、森ら⁹⁾及び小林ら⁹⁾の報告とも一致する。しかし、きわめて正常に近い生理的な変化を詳細に検討することも意義あることと思われる。より検出力の鋭い疫学的手法を利用しての検討及び白血球数の変動についての個人管理の手法の開発が必要のように思われる。

表12 被曝と異常白血球出現とについての四分表による分析 (1980年春, 男子)

(1) 健診直前3ヶ月間の被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
健診直前3ヶ月間の被曝	無(-)	29 (29.2)	2 (1.8)	31
	有(+)	4 (3.8)	0 (0.2)	4
計		33	2	35

$\chi^2=0.386$ (d.f.=1), $p=0.534$
Fisher の完全確率=0.782

注: 表中の () 内は期待値

(2) 生涯被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
生涯被曝	無(-)	17 (16.0)	0 (1.0)	17
	有(+)	16 (17.0)	2 (1.0)	18
計		33	2	35

$\chi^2=0.472$ (d.f.=1), $p=0.492$
Fisher の完全確率=0.257

注: 表中の () 内は期待値

表13 被曝と異常白血球出現とについての四分表による分析 (1981年春, 男子)

(1) 健診直前3ヶ月間の被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
健診直前3ヶ月間の被曝	無(-)	66 (66.2)	3 (2.8)	69
	有(+)	5 (4.8)	0 (0.2)	5
計		71	3	74

$\chi^2=0.487$ (d.f.=1), $p=0.485$
Fisher の完全確率=0.808

注: 表中の () 内は期待値

(2) 生涯被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
生涯被曝	無(-)	37 (36.5)	1 (1.5)	38
	有(+)	34 (34.5)	2 (1.5)	36
計		71	3	74

$\chi^2=0.002$ (d.f.=1), $p=0.962$
Fisher の完全確率=0.479

注: 表中の () 内は期待値

表14 被曝と異常白血球出現とについての四分表による分析(1982年春, 男子)

(1) 健診直前3ヶ月間の被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
健診直前3ヶ月間の被曝	無(-)	53 (53.2)	5 (4.8)	58
	有(+)	3 (2.8)	0 (0.2)	
計		56	5	61

$\chi^2=0.301$ (d.f.=1), $p=0.583$
Fisher の完全確率=0.770

注: 表中の () 内は期待値

(2) 生涯被曝の有無に関して

		異常白血球の出現		計
		無(-)	有(+)	
生涯被曝	無(-)	27 (28.5)	4 (2.5)	31
	有(+)	29 (27.5)	1 (2.5)	
計		56	5	61

$\chi^2=0.802$ (d.f.=1), $p=0.371$
Fisher の完全確率=0.187

注: 表中の () 内は期待値

まとめ

慶應大学医学部の放射線業務管理室に登録され、1982年以前に4回以上の定期的放射線特殊健康診断受診の記録のある作業者につい

て、その被曝線量、白血球数及び異常白血球等について、統計的検討を試みたが有意な所見は認められなかった。しかし、被曝者に白血球数の少い傾向のあること及び白血球数の個人変動の大きいことが認められ、より検出力の鋭い手法を利用したの検討及び白血球数の個人管理の手法の開発の必要性があるように思われた。

参考文献

- 1) 山下久雄: 放射線障害, RADIOISOTOPES 13: 244-260, 1964.
- 2) 労働省安全衛生部労働衛生課編: 改訂これからの衛生管理, pp 396-398, 中央労働災害防止協会, 東京, 1980.
- 3) 吉澤康雄, 伊澤正実: 放射線管理の実際, pp 301-313, 丸善, 東京, 1965.
- 4) 日本アイソトープ協会, 仁科記念財団: 国際放射線防護委員会勧告(1977年), pp 60-61, 日本アイソトープ協会, 東京, 1977.
- 5) 森 厚文, 中村 忍, 安東 醇, 小島一彦, 菊田洋子, 久田欣一: 放射線作業従事者における血液検査の意義, 放射線生物研究, 13(3): 26-38, 1978.
- 6) 小林 徹, 土井陸雄, 福山裕三, 天羽一夫: 白血球数の個体差とその変動—放射線作業者の健康診断に関連して—, 日本公衛誌, 30: 157-165, 1983.