

# いくつかの損失余命

岡敏弘

2016年1月24日

損失余命とは、ある年齢からある年齢の間に、ある行為をしたり、ある生活態度をとったり、意図しない危険原因に曝されたりすることによって、その後の死亡率が高まり、その結果失う平均余命のことである。以下では、次の原因による損失余命の計算根拠とその結果について述べる。

1. 普通乗用車を今 10km 走らせることによって、運転者と同乗者が被る損失余命。
2. 加工肉を 1 日あたり 50g 余分に食べ続けることによって、あらゆる年齢の男女が生涯の間に被る損失余命の平均、および、そのソーセージ 1 本あたりの値。
3. 喫煙者を配偶者にもつことによってあらゆる年齢の女が生涯の間に被る損失余命の平均、および、そのたばこ 1 本あたりの値。
4. あらゆる年齢の男女が、今 1mSv の放射線被曝をすることによって、残りの生涯の間に被る損失余命の平均。
5. 米を毎日 2 合食べ続け、米に含まれる砒素を摂取することによって生涯の間に被る損失余命 (0 歳の損失余命)、およびその茶碗 1 杯あたりの値。

## 1 自動車に乗ること

交通事故総合分析センターの交通事故統計表データ (<http://www.itarda.or.jp/materials/statistical.php>)、自動車燃料消費統計、自動車輸送統計、自動車検査登録情報協会データ (<http://www.airia.or.jp/number/>) から、表 1 を得る。1 億 km あたりの死亡率は 0.1691 である。

表 1 普通乗用車の走行距離と交通事故死者数

年	乗車中死者数 <sup>1)</sup> (人)	走行距離 <sup>2)</sup> (億 km)	死亡率 (/億 km)
2008	725	3847	0.1884
2009	705	3836	0.1838
2010	616	3512	0.1754
2011	541	3579	0.1512
2012	541	3728	0.1451
計	3128	18503	0.1691

1) 交通事故総合分析センターの交通事故統計表データから。

2) 2008 年と 2009 年は自動車輸送統計の実働 1 日あたり走行キロと実働率から 1 台あたり年間走行キロを出し、自動車検査登録協会データから得た保有台数を使って算出した。2010 年以降は自動車燃料消費統計から。

ある年齢で1件の死亡があると、その年齢の平均余命(表2)が失われる。

表2 2010年平均余命

年齢	男	女	年齢	男	女	年齢	男	女
1	78.75	85.48	31	49.37	55.85	61	21.93	27.37
2	77.78	84.51	32	48.40	54.87	62	21.12	26.47
3	76.80	83.53	33	47.44	53.90	63	20.32	25.58
4	75.81	82.54	34	46.48	52.92	64	19.53	24.68
5	74.82	81.55	35	45.51	51.94	65	18.74	23.80
6	73.83	80.56	36	44.55	50.97	66	17.97	22.91
7	72.84	79.57	37	43.59	49.99	67	17.20	22.03
8	71.84	78.57	38	42.63	49.02	68	16.44	21.16
9	70.85	77.58	39	41.68	48.05	69	15.70	20.29
10	69.85	76.58	40	40.73	47.08	70	14.96	19.43
11	68.86	75.59	41	39.78	46.11	71	14.23	18.58
12	67.87	74.59	42	38.83	45.15	72	13.51	17.73
13	66.87	73.60	43	37.89	44.19	73	12.81	16.90
14	65.88	72.60	44	36.95	43.23	74	12.12	16.08
15	64.89	71.61	45	36.02	42.27	75	11.45	15.27
16	63.90	70.62	46	35.09	41.31	76	10.79	14.48
17	62.92	69.63	47	34.17	40.36	77	10.16	13.70
18	61.94	68.64	48	33.25	39.41	78	9.56	12.94
19	60.96	67.65	49	32.33	38.46	79	8.98	12.19
20	59.99	66.67	50	31.42	37.52	80	8.42	11.46
21	59.02	65.68	51	30.52	36.58	81	7.89	10.76
22	58.05	64.70	52	29.63	35.65	82	7.38	10.07
23	57.09	63.71	53	28.74	34.72	83	6.89	9.40
24	56.12	62.73	54	27.86	33.79	84	6.43	8.76
25	55.16	61.75	55	26.98	32.86	85	6.00	8.15
26	54.19	60.76	56	26.12	31.94	86	5.59	7.56
27	53.23	59.78	57	25.26	31.02	87	5.21	7.01
28	52.26	58.80	58	24.42	30.10	88	4.85	6.48
29	51.30	57.81	59	23.58	29.19	89	4.51	5.99
30	50.33	56.83	60	22.75	28.28	90-	3.53	4.42

第21回生命表から。90歳以上は、90歳以上の平均余命の人口を重みとした平均値。

表3の年齢別自動車乗車中死亡数を重みとして、自動車乗車中の死亡1件あたりの平均損失余命を求めると、29.4年となる(ただし、0~1歳の死亡の損失余命は1歳のそれとした)。

したがって、自動車に乗ることの損失余命は、

$$0.17[\text{件}/\text{億 km}] \times 29[\text{年}/\text{件}] = 5.0[\text{年}/\text{億 km}] = 16[\text{秒}/10\text{km}]$$

となる。

## 2 加工肉

2015年10月26日に、WHO(世界保健機関)のIARC(International Agency for Research on Cancer)が、加工肉の摂取にはヒトに対する発がん性があり(グループ1に分類される)、獣肉の摂取にはヒトに対する発がん性が

表 3 自動車乗車中死亡数 (2013 年)

年齢	男	女	年齢	男	女	年齢	男	女
0-1	1	3	31	12		61	14	5
2	3	3	32	5		62	13	9
3		1	33	5	1	63	15	6
4	1		34	8	4	64	32	11
5	1		35	11	1	65	16	4
6	1	1	36	11	1	66	22	9
7	1	1	37	11	3	67	12	5
8	1		38	12	1	68	11	9
9			39	7		69	22	5
10	1		40	9	3	70	22	6
11			41	9	4	71	13	9
12	1		42	12	1	72	11	12
13			43	11	2	73	16	8
14		2	44	11	2	74	24	10
15	2		45	21	3	75	24	13
16		1	46	7	3	76	18	14
17	3	5	47	12	1	77	14	14
18	20	6	48	15	4	78	17	12
19	29	4	49	9	1	79	18	10
20	20	5	50	11	2	80	16	11
21	18	4	51	15	2	81	19	7
22	17	7	52	7	2	82	12	7
23	17	2	53	12	4	83	19	12
24	13	3	54	6	6	84	17	5
25	12	2	55	15	5	85	14	5
26	12	6	56	9	7	86	12	6
27	11	3	57	12	3	87	6	3
28	15	1	58	15	3	88	5	5
29	11	1	59	11	6	89	7	4
30	17	1	60	20	1	90-	9	12
						計	1029	386

平成 25 年版交通事故統計年報の年齢別・状態別死亡者数から。

ん性がある可能性が高い(グループ 2A に分類される)と発表した。その中で、1 日あたり 50g の加工肉を摂取することによって大腸がんのリスクが 18% 上昇すると述べられた<sup>1</sup>。そこで、全年齢の大腸がん死亡率が 18% 上昇することによる損失余命を計算する。

第 21 回生命表 (2010 年) から、表 4 の出生者 10 万人あたりの各年齢での生存数を得る。 $x$  歳の生存数を  $l(x)$  と書こう。表 4 には、男で  $x = 0, 1, \dots, 110$  についての、女で  $x = 0, 1, \dots, 114$  についての  $l(x)$  が与えられている。元々の平均余命が、 $x = 129$  までの生存数に基づいて推定されているので、加工肉摂取のような原因による死亡率上昇に伴う余命の短縮を計算する場合も、 $x = 129$  までの  $l(x)$  の値が必要である。男で  $x = 111$ 、女で  $x = 115$  以降の値がそれ以前となめらかに接続するために、生命表から得られる、男で 103 歳

<sup>1</sup> WHO press release No. 240, 26/10/2015, <http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2015/pdfs/pr240.E.pdf>. また、*Lancet Oncol*, [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)00444-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(15)00444-1).

表 4 第 21 回生命表における生存数 (2010)

年齢	男	女	年齢	男	女	年齢	男	女
0	100000	100000	39	98034	98866	78	64851	82515
1	99754	99790	40	97918	98801	79	61985	80861
2	99716	99757	41	97793	98731	80	58902	79014
3	99690	99734	42	97656	98656	81	55622	76960
4	99672	99718	43	97508	98575	82	52169	74685
5	99659	99707	44	97346	98485	83	48550	72167
6	99647	99698	45	97170	98387	84	44767	69376
7	99637	99690	46	96978	98281	85	40849	66284
8	99628	99682	47	96768	98168	86	36852	62867
9	99619	99676	48	96538	98046	87	32862	59134
10	99612	99669	49	96284	97911	88	28943	55091
11	99603	99663	50	96006	97762	89	25141	50771
12	99594	99657	51	95702	97599	90	21495	46228
13	99583	99650	52	95370	97424	91	18047	41531
14	99570	99643	53	95006	97237	92	14876	36759
15	99555	99633	54	94608	97039	93	12021	31993
16	99536	99621	55	94172	96826	94	9506	27313
17	99512	99608	56	93694	96597	95	7343	22818
18	99482	99592	57	93171	96351	96	5529	18627
19	99445	99573	58	92601	96089	97	4051	14840
20	99401	99552	59	91981	95808	98	2880	11516
21	99350	99528	60	91308	95508	99	1982	8686
22	99293	99503	61	90568	95184	100	1317	6354
23	99232	99477	62	89764	94831	101	842	4496
24	99169	99451	63	88902	94451	102	517	3069
25	99105	99425	64	87980	94041	103	303	2016
26	99041	99400	65	86994	93604	104	169	1269
27	98977	99373	66	85938	93138	105	90	764
28	98911	99345	67	84804	92637	106	45	438
29	98845	99314	68	83588	92097	107	21	238
30	98777	99281	69	82290	91513	108	9	122
31	98709	99245	70	80904	90879	109	4	59
32	98638	99207	71	79413	90183	110	1	27
33	98565	99168	72	77807	89411	111		11
34	98489	99126	73	76074	88552	112		4
35	98409	99081	74	74199	87592	113		2
36	98325	99034	75	72156	86520	114		1
37	98236	98983	76	69928	85326			
38	98139	98927	77	67496	83996			

から 110 歳までの、女で 107 歳から 114 歳までの死亡率  $q(x)$ (表 5 に掲げる) を使って、男で 104 歳から 111 歳までの、女で 108 歳から 115 歳までの生存数を

$$l(x) = l(x-1)[1 - q(x-1)]$$

と計算する。さらに、男で 111 歳以降、女で 115 歳以降の死亡率を、「第 21 回生命表の作成方法」の記述に

従って、

$$q(x) = 1 - \exp \left[ - \left\{ A + \frac{B}{C} (e^C - 1) e^{C(x-x_0)} \right\} \right]$$

によって計算し、それを使って、129 歳までの  $l(x)$  をやはり  $l(x) = l(x-1)[1 - q(x-1)]$  によって求めた。ただし、 $A, B, C$  は表 6 のとおりである。

表 5 103 歳以降の死亡率

年齢	男	女	年齢	男	女
103	0.44142		117	0.85195	0.79029
104	0.47023		118	0.87455	0.81655
105	0.4998		119	0.89519	0.84125
106	0.53002		120	0.91375	0.86421
107	0.56075	0.48643	121	0.93020	0.88530
108	0.59182	0.51715	122	0.94451	0.90442
109	0.62304	0.54827	123	0.95674	0.92152
110	0.65422	0.57965	124	0.96698	0.93657
111	0.68513	0.61112	125	0.97537	0.94961
112	0.71555	0.64247	126	0.98207	0.96071
113	0.74524	0.67352	127	0.98730	0.96996
114	0.77396	0.70404	128	0.99127	0.97753
115	0.80146	0.73382	129	0.99418	0.98358
116	0.82753	0.76264			

男で 110 歳、女で 114 歳までは第 21 回生命表の値を転載。それ以降は  $q(x) = 1 - \exp[-\{A + (B/C)(e^C - 1)e^{C(x-x_0)}\}]$  によって計算。ただし、 $A, B, C$  は表 6 のとおり。

表 6  $A, B, C$  の値

	男	女
$A$	-0.0414838808	-0.0993124048
$B$	0.1381658313	0.1973474820
$C$	0.0814684011	0.0774604252

「第 21 回生命表の作成方法」による。

こうして 0 歳から 129 歳までの  $l(x)$  が確定すると、 $x \geq 3$  について、生存数曲線の  $x$  歳の間 (1 年間) の積分の近似値を

$$Ls(x) = \frac{11}{720}l(x-2) - \frac{37}{360}l(x-1) + \frac{19}{30}l(x) + \frac{173}{360}l(x+1) - \frac{19}{720}l(x+2)$$

によって求める (これも生命表の作成方法に従う)。これを  $x$  歳の「定常人口」と呼ぶ。 $x$  歳の平均余命  $e(x)$  は、この定常人口を用いて

$$e(x) = \frac{\sum_{t=x}^{129} Ls(t)}{l(x)}, \quad (x = 0, 1, \dots, 110)$$

と計算される。これが、加工肉 50g/日摂取という原因がないときの平均余命であるとする<sup>2</sup>。

<sup>2</sup> 国民健康・栄養調査 (2012 年) によれば、日本のハム・ソーセージ類の 1 人あたり平均摂取量 (調理を加味した数量) は 13.4g/日であるから、実際には、それくらいの加工肉を食べている場合の平均余命であると解釈できる。この後求める 50g/日摂取の損失余命は、そこから余分に 50g/日摂取することによる損失余命と解釈すればよい。

人口動態統計から、表 7 に示す、大腸がん<sup>3</sup>の人口 10 万人あたり死亡率を得る。この大腸がん死亡率に 0.18

表 7 大腸がん死亡率 (2010 年、人口 10 万人あたり)

	男	女
20~24 歳	0.4	0.1
25~29 歳	0.3	0.4
30~34 歳	1.2	0.9
35~39 歳	1.6	2.2
40~44 歳	4.5	4.1
45~49 歳	8.2	6.6
50~54 歳	17.1	12.2
55~59 歳	32.7	19.8
60~64 歳	53.3	27.7
65~69 歳	79.5	38.5
70~74 歳	114.1	57.1
75~79 歳	159.4	82.3
80~84 歳	231.6	128.0
85~89 歳	316.3	208.4
90~94 歳	401.3	306.9
95~99 歳	517.9	387.7
100 歳~	477.9	318.0

を乗じたものを、加工肉 50g/日摂取による超過死亡率と見なし、 $ce(x)$  とおく ( $x \leq 19$  については  $ce(x) = 0$ )。これを使って、加工肉 50g/日摂取した場合の人口 10 万人あたり死亡率  $m(x)$  を

$$m(x) = \frac{l(x) - l(x+1)}{l(x)} \times 10^5 + ce(x)$$

と計算する。これを用いて新たな死亡数 (10 万人あたり)  $dp(x)$  と生存数  $lp(x)$  を

$$\begin{cases} dp(0) = l(0)m(0) \times 10^{-5}, lp(0) = l(0) \\ lp(x) = lp(x-1) - dp(x-1), dp(x) = lp(x)m(x) \times 10^{-5} \quad (x = 1, \dots, 110) \end{cases}$$

と計算する。こうして得られた  $lp(x)$  を基に新たな定常人口を

$$Lsp(x) = \frac{11}{720}lp(x-2) - \frac{37}{360}lp(x-1) + \frac{19}{30}lp(x) + \frac{173}{360}lp(x+1) - \frac{19}{720}lp(x+2)$$

によって求めると、加工肉 50g/日摂取の場合の平均余命が

$$ep(x) = \frac{\sum_{t=x}^{129} Lsp(t)}{lp(x)}, \quad (x = 0, 1, \dots, 110)$$

と計算される。そして、

$$e(x) - ep(x)$$

が  $x$  歳の損失余命である。

この年齢別の損失余命を、年齢別人口 (表 8) で重みづけて集計すれば、どんな年齢グループの平均的な損失余命も得られる。表 9 はその一例である。男女全年齢平均の損失余命は約 22 日である。

これは、1 日 50g の加工肉を生涯食べ続けることによる損失余命である。70 年間食べるとして、1 本 50g のソーセージなら、25550 本食べた結果である。1 本あたりの損失余命は 74 秒になる。

<sup>3</sup> 結腸の悪性新生物と直腸 S 状結腸移行部の悪性新生物との合計。

表 8 2010 年年齢別人口

年齢	男	女	年齢	男	女	年齢	男	女
0	535357	510618	37	1019444	997629	74	629940	756546
1	534800	510617	38	1001440	977208	75	586255	722590
2	549618	524576	39	973791	954562	76	537517	679840
3	547391	522149	40	946353	927939	77	519347	677778
4	543415	518207	41	929854	916907	78	489295	654252
5	541784	516705	42	909126	898523	79	450526	623613
6	561736	537120	43	907805	895344	80	406441	583834
7	572664	544652	44	707237	702777	81	372484	559643
8	587557	560176	45	875220	868952	82	339041	529513
9	596064	567203	46	820099	812419	83	304029	497917
10	603214	572061	47	799335	795184	84	270589	472773
11	602200	574398	48	772698	770223	85	223708	425162
12	611951	583821	49	760617	758369	86	177598	369796
13	608621	581783	50	765827	766232	87	138353	334519
14	605957	577029	51	778349	781299	88	112871	299116
15	625135	593631	52	756737	763147	89	91692	259773
16	630044	595993	53	735910	742787	90	79600	237240
17	617821	584693	54	772753	781458	91	53653	166103
18	623883	592009	55	799902	808459	92	44863	148000
19	612346	587802	56	800001	811286	93	35831	124196
20	620070	599080	57	847340	866398	94	27852	104369
21	633987	615342	58	893276	916613	95	19836	77790
22	655100	633182	59	946970	973489	96	14982	62390
23	671178	650335	60	1017505	1048918	97	10098	45747
24	685905	662254	61	1111132	1150785	98	6798	33028
25	711906	692406	62	1099971	1144348	99	4025	22062
26	734612	714943	63	1044270	1088314	100	2534	14996
27	744281	725675	64	647590	684416	101	1505	9589
28	745319	730412	65	686748	740117	102	838	5883
29	755605	738542	66	830331	902585	103	481	3539
30	789707	771598	67	800182	874253	104	240	1713
31	810617	790366	68	816330	898487	105	127	1064
32	844822	825114	69	788183	872957	106	66	586
33	866048	846215	70	707137	793847	107	38	321
34	909817	887193	71	607840	690903	108	17	171
35	952113	928180	72	637594	739366	109	2	94
36	1003334	978648	73	642992	757137	110	3	75

国勢調査。

### 3 受動喫煙

WHO/IARC のモノグラフ 100E 巻は、間接喫煙と肺がんリスクとの関係を調べたメタ分析を紹介している<sup>4</sup>。それによれば、Taylor et al. (2007)<sup>5</sup>は、配偶者からの間接喫煙による肺がんの相対リスク (RR) として

<sup>4</sup> IARC (2012), *Personal Habits and Indoor Combustions: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, Vol. 100E, A Review of Human Carcinogens, pp.228-9.

表9 加工肉 50g/日摂取の損失余命

	(単位:日)		
	男	女	男女平均
0-9 歳	26.4	24.8	25.6
10-19 歳	26.4	24.8	25.6
20-34 歳	26.5	24.8	25.7
35-49 歳	26.1	24.2	25.1
50 歳-	18.4	16.4	17.3
全年齢	23.1	20.8	21.9

1.27(95%CI:1.17-1.37)を報告し、Stayner et al. (2007)<sup>6</sup>は、1.24を報告した。その他のがんのうち、乳がん、上部気道消化管のがんについては、はっきりした証拠はないと述べている<sup>7</sup>。

国立がん研究センターのがん情報サービスの「喫煙とがん:6 受動喫煙・環境中たばこ煙の影響」([http://ganjoho.jp/public/pre\\_scr/cause/smoking.html](http://ganjoho.jp/public/pre_scr/cause/smoking.html))は、IARCのモノグラフ83巻(2002)と米国公衆衛生総監報告書(2006)と米国カリフォルニア州環境保護庁の報告書(2005)を引用して、「たばこを吸う人と同居することによる受動喫煙で、肺がんになる、または肺がんで死亡する危険性は20~30%上がるとされています。」と述べている。小児がんへの影響は「示唆される」とどまり、その他のがんについては、結論が一致しないと述べている。

日本の多目的コホート研究は、夫が喫煙者である女性の全肺がんのハザード比(HR)が1.34(95%CI: 0.81-2.21)であると報告している<sup>8</sup>。腺がんに限ると、HR=2.03(95%CI:1.07-3.86)になる。夫の1日あたり喫煙本数が20本未満の場合は腺がんのHRが1.73(0.77-3.88)だが、20本以上だとHR=2.20(1.13-4.28)になると言う。また、30箱・年<sup>9</sup>未満だとHR=1.86(0.86-4.01)だが、30箱・年以上だとHR=2.06(1.04-4.10)になる。

米国公衆衛生総監報告書(2006)は、冠動脈心疾患のRRも報告している。16件のメタ分析のプール推定値として、RR=1.27(95%CI:1.19-1.36)である<sup>10</sup>。

国立がん研究センターの「受動喫煙による死亡数の推計について(解説)」(2010年10月12日)は、死亡数計算の根拠として、家庭の受動喫煙による肺がんのRR 1.29、虚血性心疾患のRR 1.23を用いている<sup>11</sup>。それぞれ根拠はTaylor et al. (2010)<sup>12</sup>、Wells (1998)<sup>13</sup>のようである。

他の研究の値とも概ね整合的なので、この、肺がんでRR=1.29、虚血性心疾患でRR=1.23(ともに家庭で

<sup>5</sup> Taylor R, Najafi F, Dobson A (2007). Meta-analysis of studies of passive smoking and lung cancer: effects of study type and continent. *Int J Epidemiol*, 36: 1048-1059. doi:10.1093/ije/dym158 PMID:17690135.

<sup>6</sup> Stayner L, Bena J, Sasco AJ et al. (2007). Lung cancer risk and workplace exposure to environmental tobacco smoke. *Am J Public Health*, 97: 545-551. doi:10.2105/AJPH.2004.061275 PMID:17267733.

<sup>7</sup> IARC 前掲書 pp.235-8.

<sup>8</sup> Kurahashi, N., Inoue, M., Liu, Y. Iwasaki, M., Sasazuki, S., Sobue, T. and Tsugane, S.(2008), Passive smoking and lung cancer in Japanese non-smoking women: A prospective study. *Int. J. Cancer*, 122, 653-657.

<sup>9</sup> 「箱・年」は、1日あたり箱数に喫煙年数をかけたものを表す喫煙量の単位である。1箱・年は、1箱(=20本)/日を1年吸うのに等しい(あるいは2箱を半年吸うのとか半箱を2年吸うのに等しい)。

<sup>10</sup> Centers for Disease Control and Prevention (2006), *The Health Consequences of Involuntary Exposure to Tobacco Smoke: A Report of the Surgeon General* (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK44324/>), Fig.8-1.

<sup>11</sup> 独立行政法人国立がん研究センター・「喫煙と健康」WHO 指定研究協力センター(2010)「受動喫煙による死亡数の推計について(解説)」[www.ncc.go.jp/jp/information/pdf/20101021\\_tobacco.pdf](http://www.ncc.go.jp/jp/information/pdf/20101021_tobacco.pdf). また、片野田耕太・望月友美子・雑賀公美子・祖父江友孝(2010)「わが国における受動喫煙起因死亡数の推計」『厚生指針』2010年11月号。

<sup>12</sup> Taylor et al. (2010), Passive smoking and lung cancer: a cumulative meta-analysis. *Aust NZJ Public Health*, 25(3):203-11.

<sup>13</sup> Wells (1998), Heart disease from passive smoking in the workplace. *JACC*, 31(1):1-9, Appendix.



の受動喫煙の RR) を採用する。この「受動喫煙による死亡数の推計について (解説)」は、他に、能動喫煙率、家庭および職場での受動喫煙率、職場の受動喫煙の RR、能動喫煙の RR を与えてくれる (表 10)。

表 10 受動喫煙によるがん死数計算の根拠となる数値

			男	女
能動喫煙率			0.428	0.107
受動喫煙率	家庭		0.062	0.311
	職場		0.294	0.182
RR	能動喫煙	肺がん	4.39	2.79
		虚血性心疾患	2.51	3.35
	受動喫煙	家庭		1.29
		虚血性心疾患		1.23
		職場		1.14
		虚血性心疾患		1.35

国立がん研究センター・「喫煙と健康」WHO 指定研究協力センター (2010)  
「受動喫煙による死亡数の推計について (解説)」

能動喫煙率を  $p_a$ 、家庭および職場での受動喫煙率をそれぞれ  $p_d, p_w$ 、能動喫煙の肺がん RR を  $c_a$ 、家庭および職場の受動喫煙の RR をそれぞれ  $c_d, c_w$  とすると、すべての肺がん死のうち、喫煙者に生じたものの割合は

$$\frac{p_a c_a}{1 - p_a + p_a c_a}$$

となり、そのうち、喫煙によるものが

$$\frac{p_a (c_a - 1)}{1 - p_a + p_a c_a}$$

喫煙によらないものが

$$\frac{p_a}{1 - p_a + p_a c_a}$$

となる。また、非喫煙者に生じたものの割合は

$$\frac{1 - p_a}{1 - p_a + p_a c_a}$$

だが、そのうち、家庭での受動喫煙によって生じたものが

$$\frac{1 - p_a}{1 - p_a + p_a c_a} \frac{p_d (c_d - 1)}{1 - p_d - p_w + p_d c_d + p_w c_w}$$

職場での受動喫煙によって生じたものが

$$\frac{1 - p_a}{1 - p_a + p_a c_a} \frac{p_w (c_w - 1)}{1 - p_d - p_w + p_d c_d + p_w c_w}$$

受動喫煙によらないものが

$$\frac{1 - p_a}{1 - p_a + p_a c_a} \frac{1}{1 - p_d - p_w + p_d c_d + p_w c_w}$$

である。よって、能動喫煙にも受動喫煙にもよらない肺がん死の割合 ( $R_c$ ) は

$$R_c = \frac{p_a}{1 - p_a + p_a c_a} + \frac{1 - p_a}{1 - p_a + p_a c_a} \frac{1}{1 - p_d - p_w + p_d c_d + p_w c_w}$$

である。同様に、虚血性心疾患の、能動喫煙、家庭での受動喫煙、職場での受動喫煙の RR をそれぞれ  $h_a, h_d, h_w$  とすると、虚血性心疾患死のうち能動喫煙にも受動喫煙にもよらないものの割合 ( $R_h$ ) は

$$R_h = \frac{p_a}{1 - p_a + p_a h_a} + \frac{1 - p_a}{1 - p_a + p_a h_a} \frac{1}{1 - p_d - p_w + p_d h_d + p_w h_w}$$

そこで、表 10 の女の値から、

$$\begin{cases} p_a = 0.107 \\ p_d = 0.311 \\ p_w = 0.182 \\ c_a = 2.79, \quad h_a = 3.35 \\ c_d = 1.29, \quad h_d = 1.23 \\ c_w = 1.14, \quad h_w = 1.35 \end{cases}$$

とすれば、

$$R_c = 0.762, \quad R_h = 0.714$$

となる。

表 11 の女の  $x$  歳 ( $\geq 20$ ) の肺がん死亡率と虚血性心疾患死亡率とに、それぞれ  $R_c(c_d - 1), R_h(h_d - 1)$  を乗じたものの和を  $ce(x)$  とする ( $x \leq 19$  については  $ce(x) = 0$ )。  $l(x), q(x), Ls(x), e(x)$  はすべて、前節 (加工

表 11 肺がんと虚血性心疾患の死亡率 (2010 年、人口 10 万人あたり)<sup>1</sup>

	肺がん		虚血性心疾患 <sup>2</sup>	
	男	女	男	女
0~4 歳	-	0.1	-	-
5~9 歳	-	-	-	-
10~14 歳	-	0.0	-	-
15~19 歳	0.1	0.0	0.1	-
20~24 歳	0.2	0.1	0.4	0.2
25~29 歳	0.2	0.1	1.1	0.3
30~34 歳	0.5	0.5	2.6	0.8
35~39 歳	1.9	1.2	5.6	1.3
40~44 歳	3.9	2.3	10.4	2.5
45~49 歳	10.8	4.5	20.4	4.0
50~54 歳	24.3	8.6	32.0	7.0
55~59 歳	50.6	15.9	51.7	10.6
60~64 歳	92.2	28.0	75.7	17.9
65~69 歳	163.2	42.8	111.1	31.6
70~74 歳	237.1	61.6	161.8	62.7
75~79 歳	384.4	90.8	267.8	130.9
80~84 歳	596.0	134.0	464.9	260.8
85~89 歳	729.0	190.4	749.3	470.7
90~94 歳	793.6	230.4	1161.7	773.9
95~99 歳	698.3	285.1	1523.4	1147.1
100 歳~	751.0	228.7	1740.9	1382.6

1) 人口動態統計による。

2) 急性心筋梗塞とその他の虚血性心疾患との合計。

肉)の場合と同じとし、上で定義した  $ce(x)$  を使って、前節と同様に  $m(x)$  を

$$m(x) = \frac{l(x) - l(x+1)}{l(x)} \times 10^5 + ce(x)$$

と計算し、この  $m(x)$  を使って、前節と同様に  $dp(x), lp(x), Lsp(x), ep(x)$  を計算するそして、 $e(x) - ep(x)$  が  $x$  歳における損失余命である。

前節の加工肉の場合と異なるのは  $ce(x)$  の与え方だけである。加工肉の場合は、2010 年の実際の大腸がん死亡率に超過率 0.18 をかけたものを  $ce(x)$  としたが、本節の受動喫煙では、2010 年の肺がん死亡率のうち煙草によらない部分に超過率 0.29 を乗じたものと、虚血性心疾患死亡率のうち煙草によらない部分に超過率 0.23 を乗じたものとの和を  $ce(x)$  とした。受動喫煙でそうしたの、受動喫煙者の相対リスクが、非喫煙者でかつ非受動喫煙者である者との対比で与えられているからである。現実の肺がん死亡率、虚血性心疾患死亡率は、喫煙者・受動喫煙者の煙草による死亡を反映している。相対リスクの与えられ方からして、煙草が全くなかった場合の肺がんと虚血性心疾患の死亡率に超過率をかけるのが適切である。

それに対して、加工肉の相対リスクは、50g/日食べるごとに 18% 増すという形で与えられていたのであって、加工肉を食べない者との対比で与えられていたわけではない。

さて、上のようにして得られた年齢別損失余命を、年齢別人口 (表 8) で重みづけて集計すれば、どんな年齢グループの平均的な損失余命も得られる。表 12 はその一例である。0 歳から 49 歳の女の損失余命は概ね 60 日である。

表 12 受動喫煙の損失余命 (女)

(単位:日)	
0-9 歳	59.9
10-19 歳	59.9
20-34 歳	60.0
35-49 歳	59.3
50 歳-	46.1
全年齢	53.4

ここで、例えば 40 歳の損失余命—59.6 日—というのは、40 歳から受動喫煙が始まることから被る損失余命ではなく、もっと若い時から配偶者に喫煙者を持ち、今もこの先もその状態が続くことから被る 20 歳以降の死亡率上昇のうち、40 歳以降の分によってもたらされる損失余命である。前節の加工肉の損失余命も同様の概念である。

次節で論じる放射線被曝の損失余命はそれらと異なる。そこでの  $x$  歳の損失余命は、その年にある線量の被曝をすることから、残りの生涯の間に生じる死亡率上昇によって、 $x$  最時点で被る損失余命である。

Hackshaw et al. (1997)<sup>14</sup>は、37 の疫学研究を分析した結果として、喫煙者と同居する非喫煙者の全肺がんの RR が 1.24 (95%CI 1.13 1.36) で、夫の喫煙本数が 10 本/日増えるごとにリスクが 23%(95%CI:14%,36%) 増え、曝露年数が 10 年増えるごとにリスクが 11%(95%CI:4%,17%) 増えるという用量反応関係を報告している。多目的コホート研究<sup>15</sup>は表 13 のような、本数と年数 (箱・年) によるリスクの違いを報告している。また、JT の全国たばこ喫煙者率調査によれば、毎日吸う男の 1 日の平均喫煙本数は、2011 年 19.8 本、2012 年 19.1 本、2013 年 19.1 本である。

<sup>14</sup> Hackshaw AK, Law MR, Wald NJ. The accumulated evidence on lung cancer and environmental tobacco smoke. *British Medical Journal*. 1997;315(7114):980-8.

<sup>15</sup> Kurahashi et al. (2008) 前掲。

表 13 多目的コホート研究における受動喫煙のハザード比 (HR)

	全肺がん	腺がん
夫が現在喫煙者である	1.34 (0.81-2.21)	2.03(1.07-3.86)
1日あたり本数		
< 20	1.02 (0.51-2.04)	1.73 (0.77-3.88)
≥ 20	1.47 (0.87-2.49)	2.20 (1.13-4.28)
曝露年 (箱・年)		
< 30	1.05 (0.55-2.02)	1.86 (0.86-4.01)
≥ 30	1.46 (0.85-2.50)	2.06 (1.04-4.10)

Kurahashi, N., Inoue, M., Liu, Y., Iwasaki, M., Sasazuki, S., Sobue, T. and Tsugane, S.(2008), Passive smoking and lung cancer in Japanese non-smoking women: A prospective study. *Int. J. Cancer*, 122, 653-657. () は 95% 信頼区間。

これらのことから、上のリスク—60日の損失余命—が、毎日20本30年間吸う人と同居することによるもの、つまり、総本数219000からのリスクであるとする、1本あたりの損失余命は24秒となる。

## 4 放射線被曝

放射線影響研究所による原爆被爆生存者の寿命調査第14報<sup>16</sup>によれば、30歳で1Gy(結腸線量)被曝して70歳に到達したときの全固形がんの超過相対リスク( $R(30, 70)$ )は、男女平均で0.42で、被曝時年齢が10増す毎に29%下がり、到達年齢の-0.86乗に比例する。すなわち、

$$R_s(x, a) = \alpha d e^{-0.34(x-30)} \left(\frac{a}{70}\right)^{-0.86} \quad (1)$$

ただし、 $\alpha$ は男で0.27、女で0.57、 $d$ はガンマ線1、中性子線10で重み付けした結腸線量(Gy)、 $x$ は被曝時年齢、 $a$ は到達年齢である。白血病について、寿命調査は、

$$R_l(x, a) = (1.55d + 0.83d^2)e^{-1.06x' - 0.20x't + 0.02x't^2 - 0.0003x't^3 + 0.0007x't'} \quad (2)$$

というモデルを報告している<sup>17</sup>。ただし、 $d$ は重み付けした骨髓線量(Gy)、 $x'$ は0と $(x-30)/10$ のうち小さい方、 $t$ は被曝後年数、 $t'$ は $t > 30$ のとき $(t-30)^3$ 、 $t \leq 30$ のとき0である。白血病のリスクモデルは線量に関して線形ではないが、きわめて小さい線量については一次の項が圧倒的になりほぼ線形となる。

これらのモデルがともに実効線量 $d$ (Sv)について成り立つと仮定し、 $x$ 歳で1mSv被曝したときの損失余命を次のようにして求める。記号 $l(a), q(a), Ls(a), e(a)$ の定義を加工肉の節と同じとする。 $d = 0.001$ として、表14の $a(a \geq x+5)$ 歳の白血病以外のがん死亡率に $R_s(x, a)$ を乗じたものと白血病死亡率に $R_l(x, a)$ を乗じたものとの和を $ce(x, a)$ とし、

$$m(x, a) = \frac{l(a) - l(a+1)}{l(a)} \times 10^5 + ce(x, a)$$

<sup>16</sup> Ozasa, K., Shimizu, Y., Suyama, A., Kasagi, F., Soda, M., Grant, E.J., Sakata, R., Sugiyama, H. and Kodama, K. (2012), 'Studies of the mortality of atomic bomb survivors, Report 14, 1950-2003: An overview of cancer and noncancer diseases', *Radiation Research*, **177**, 229-243.

<sup>17</sup> Richardson, D., Sugiyama, H., Nishi, N., Sakata, R., Shimizu, Y., Grant, E.J., Soda, M., Hsu, W., Suyama, A., Kodama, K. and Kasagi, F. (2009), 'Ionizing radiation and leukemia mortality among Japanese atomic bomb survivors, 1950-2000', *Radiation Research*, **172**, 368-382.

表 14 がん死亡率 (2010 年、人口 10 万人あたり)

	白血病以外のがん <sup>1)</sup>		白血病	
	男	女	男	女
0 歳	0.7	1.3	0.4	0.2
1 歳	0.6	1.2	1.1	0.4
2 歳	0.5	0.7	1.5	0.8
3 歳	2.1	1.7	0.7	0.8
4 歳	1.5	1.0	1.1	0.6
5~9 歳	1.5	1.4	0.4	0.5
10~14 歳	1.3	1.0	0.8	0.8
15~19 歳	2.1	1.3	0.9	0.6
20~24 歳	3.0	2.1	1.2	0.6
25~29 歳	4.1	4.1	1.3	0.9
30~34 歳	6.7	10.1	1.0	0.8
35~39 歳	11.7	19.6	1.0	0.9
40~44 歳	25.0	36.2	2.0	1.1
45~49 歳	53.6	60.8	2.6	1.8
50~54 歳	118.5	103.4	4.4	2.2
55~59 歳	243.8	158.8	6.1	3.6
60~64 歳	413.1	210.7	10.1	4.9
65~69 歳	669.2	289.3	15.7	7.1
70~74 歳	980.3	405.6	22.2	10.5
75~79 歳	1505.2	598.5	34.1	16.0
80~84 歳	2182.3	880.8	43.6	19.6
85~89 歳	2893.4	1285.1	49.6	23.4
90~94 歳	3477.6	1667.4	47.7	23.6
95~99 歳	3907.5	1954.1	42.9	25.7
100 歳~	3669.5	1658.7	68.3	15.8

人口動態統計による。

1) 白血病 (死因簡単分類 02119) 以外のすべての悪性新生物。悪性リンパ腫、その他のリンパ組織の悪性新生物を含む。

を用いて、

$$\begin{cases} lp(x, a) = l(a) & (a = x, x + 1, \dots, x + 5) \\ dp(x, x + 5) = l(x, x + 5)m(x, x + 5) \times 10^{-5} \\ lp(x, a) = lp(x, a - 1) - dp(x, a - 1), dp(x, a) = lp(x, a)m(x, a) \times 10^{-5} & (a = x + 6, \dots, 110) \end{cases}$$

を計算する。こうして得られた  $lp(x, a)$  を基に新たな定常人口を

$$\begin{cases} Lsp(x, a) = Ls(a) & (a = x, x + 1, \dots, x + 4) \\ Lsp(x, a) = \frac{11}{720}lp(x, a - 2) - \frac{37}{360}lp(x, a - 1) + \frac{19}{30}lp(x, a) + \frac{173}{360}lp(x, a + 1) - \frac{19}{720}lp(x, a + 2) & (a \geq x + 5) \end{cases}$$

によって求めると、 $x$  歳で 1mSv 被曝したときの  $x$  歳での平均余命が

$$ep(x) = \frac{\sum_{t=x}^{129} Lsp(x, t)}{lp(x, x)}, \quad (x = 0, 1, \dots, 110)$$

と計算される。

$$e(x) - ep(x)$$

が  $x$  歳の損失余命である。

この年齢別の損失余命を、年齢別人口 (表 8) で重みづけて集計すれば、どんな年齢グループの平均的な損失余命も得られる。表 15 はその一例である。男女全年齢平均の損失余命は約 0.4 日であり、0~9 歳の子供はその約 3 倍、10 代は約 2 倍である。

表 15 放射線 1mSv 被曝の損失余命

	男	女	男女平均
0~9 歳	0.979	1.602	1.283
10~19 歳	0.632	1.055	0.763
20~34 歳	0.404	0.668	0.534
35~49 歳	0.266	0.394	0.330
50 歳~	0.093	0.108	0.101
全年齢平均	0.320	0.465	0.388

ここで求めた損失余命は、ある年齢  $x$  で被曝することがその後の生涯の間にもたらす死亡率上昇によって  $x$  歳時に被る損失余命である。前の諸節の加工肉摂取や受動喫煙の損失余命は、その前の人生からずっと続いてその後も続く生活習慣がもたらすものであった。

## 5 米とひじきの砒素

米国環境保護庁 (US EPA) は、無機砒素をヒトに対する発がん性をもつ物質と認め、経口摂取によるがんのスロープファクターとして 1.5 per (mg/kg)/day という値を発表している<sup>18</sup>。対象としているがんは皮膚がんであり、台湾での、砒素濃度の高い飲料水を飲んだ人々についての疫学調査の結果<sup>19</sup>を基にしている。このスロープファクターの意味は、毎日体重 1kg あたり 1mg の無機砒素を摂取し続けた場合、生涯に、1 人あたり 1.5 件の皮膚がんが発生するということである。

台湾の砒素汚染飲料水地域の調査では、皮膚がんの他に、膀胱、腎臓、肺、肝臓、前立腺のがんも増えているという報告がある<sup>20</sup>。EPA(1995)<sup>21</sup>は、Chen et al. (1992) のデータは今のところ不十分だと述べて、内臓のがんのスロープ・ファクターの算出をしなかった。

Chen et al. (1992) 自身は、表 16 のようなポテンシー・インデックスを算出している。これは、10 ( $\mu$ /kg)/day 摂取の場合の生涯過剰がんリスクである。(mg/kg)/day あたりに直して合計し男女平均をとると、3.5 per (mg/kg)/day となる。

その後 EPA は内臓のがんのスロープ・ファクターの算出を試みている<sup>22</sup>。EPA(2010) では、肺がんと膀

<sup>18</sup> US EPA(1995), Integrated Risk Information System (IRIS) Chemical Assessment Summary, Arsenic, inorganic; CASRN 7440-38-2 ([http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris\\_documents/documents/subst/0278\\_summary.pdf](http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0278_summary.pdf)).

<sup>19</sup> Tseng W.P., H.M. Chu, S.W. How, J.M. Fong, C.S. Lin, and S. Yen. 1968. Prevalence of skin cancer in an endemic area of chronic arsenicism in Taiwan. *J. Natl. Cancer Inst.* 40(3): 453-463. Tseng W.P. 1977. Effects and dose-response relationships of skin cancer and Blackfoot disease with arsenic. *Environ. Health Perspect.* 19: 109-119.

<sup>20</sup> Chen, C.-J., Chen, C.W., Wu, M.-M. and Kuo, T.-L. (1992), 'Cancer potential in liver, lung, bladder and kidney due to ingested inorganic arsenic in drinking water', *Br. J. Cancer*, 66: 888-892.

<sup>21</sup> 前掲。

<sup>22</sup> U.S. EPA (Environmental Protection Agency). (2005) Toxicological review of inorganic arsenic internal review draft. Health Effects Criteria Division. Available online at <http://epa.gov/waterscience/criteria/arsenic/sab>.

U.S. EPA (2010) Toxicological Review of Inorganic Arsenic (CAS No. 7440-38-2) In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). (<http://cfpub.epa.gov/ncea/iris.drafts/recordisplay.cfm?deid=219111>)

表 16 内臓のがんのポテンシー・インデックス

	男	女
肝臓	$4.3 \times 10^{-3}$	$3.6 \times 10^{-3}$
肺	$1.2 \times 10^{-2}$	$1.3 \times 10^{-2}$
膀胱	$1.2 \times 10^{-2}$	$1.7 \times 10^{-2}$
腎臓	$4.2 \times 10^{-3}$	$4.8 \times 10^{-3}$

10 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )/day の砒素摂取による生涯過剰リスク。

膀胱がんの合計でスロープ・ファクターが、男で 16.9、女で 25.7 となっている。これは、表 17 の ED01 と LED01 とから 肺がんの ED01, LED01 をそれぞれ  $ED01_1, LED_1$ 、膀胱がんの ED01, LED01 をそれぞれ

表 17 肺がんと膀胱がんの ED01、LED01

		(mg/kg)/day	
		肺がん	膀胱がん
男	ED01	0.0019	0.0011
	LED01	0.0015	0.00089
女	ED01	0.00075	0.0012
	LED01	0.00060	0.00095

U.S. EPA (2010) Toxicological Review of Inorganic Arsenic (CAS No. 7440-38-2) In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS), p.131.

$ED01_2, LED_2$  として、

$$\frac{0.01}{ED01_1} + \frac{0.01}{ED01_2} + \sqrt{\left(\frac{0.01}{LED01_1} - \frac{0.01}{ED01_1}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{LED01_2} - \frac{0.01}{ED01_2}\right)^2}$$

として計算されたものである。ED01 は 1% が発症する用量の中央値、LED01 は 1% が発症する用量の 95% 下限値であるから、このスロープファクターの値は、肺がんと膀胱がんの合計のスロープファクターの 95% 上限値である。その中央値は単純に

$$\frac{0.01}{ED01_1} + \frac{0.01}{ED01_2}$$

によって求められ、表 17 から、男で 14.4、女で 21.7、男女平均では 18.0 per (mg/kg)/day となる。

どれを採用するかについてそれほど決め手がないので、この 18.0 per (mg/kg)/day と、Chen et al. (1992) から得た 3.5 per (mg/kg)/day の両方で計算してみよう。

農林水産省の「有害化学物質含有実態調査結果データ集(平成 15 22 年度)」(2012)<sup>23</sup>によれば、玄米の総砒素濃度の平均値は  $0.17 \mu\text{g}/\text{g}$ (最小値  $0.04 \mu\text{g}/\text{g}$ 、最大値  $0.43 \mu\text{g}/\text{g}$ )<sup>24</sup>、無機砒素の平均濃度は  $0.15 \mu\text{g}/\text{g}$  である(最小値  $0.04 \mu\text{g}/\text{g}$ 、最大値  $0.37 \mu\text{g}/\text{g}$ )。

小野塚ら (2000)<sup>25</sup>が報告している低中濃度での砒素濃度の白米対玄米の比 0.76 が無機砒素に当てはまると

<sup>23</sup> <http://www.maff.go.jp/j/press/syouan/seisaku/pdf/chem15-22r.pdf>.

<sup>24</sup> 小野塚春吉・江波戸學秀・雨宮敬・水石和子・小野恭司・藤井孝・大西和夫 (2000)「玄米と精米中のカドミウム、銅、ヒ素の含有濃度比較」『東京衛研年報』51:150-154 が報告している玄米の平均濃度も  $0.17 \mu\text{g}/\text{g}$ 。

<sup>25</sup> 同上。

すると、白米の無機砒素の平均濃度は  $0.11\mu\text{g/g}$  になる。1日2合(300g)の米を食べると、1日の無機砒素摂取量は  $0.034\text{mg}$  であり、平均体重を、食品安全委員会がカドミウムや砒素の評価で使っている  $53.3\text{kg}$  とすれば、体重  $1\text{kg}$  あたり1日あたり無機砒素摂取量が  $6.4 \times 10^{-4}$  となる。

スロープファクターが  $18 \text{ per mg/kg/day}$  なら、生涯発がんリスクは  $1.1 \times 10^{-2}$ 、 $3.5 \text{ per mg/kg/day}$  なら、生涯発がんリスクは  $2.3 \times 10^{-3}$  となる。このがんがすべて致死的として、 $10^{-5}$  あたり損失寿命—0歳の損失余命—66分<sup>26</sup>を使うと、スロープファクターが  $18 \text{ per mg/kg/day}$  なら、損失寿命は53日、スロープファクターが  $3.5 \text{ per mg/kg/day}$  なら、損失寿命は10日になる。

これが、茶碗 116800 杯 ( $4 \times 365 \times 80$  杯)のご飯によってもたらされると考えると、茶碗1杯あたりの損失寿命は、スロープファクターが  $18 \text{ per mg/kg/day}$  の場合39秒、スロープファクターが  $3.5 \text{ per mg/kg/day}$  の場合7.7秒になる。

食品安全委員会平成18年度食品安全確保総合調査「ひじきに含まれるヒ素の評価基礎資料調査報告書」(2007)によれば、乾燥ひじきの砒素濃度の平均は  $110\mu\text{g/g}$  で、無機砒素の割合は0.7である。米1合(150g)あたり10gの乾燥ひじきを入れてひじきご飯を作るとする。乾燥ひじきの戻し水を捨てないとなれば、ひじきご飯1杯(米75g)には、ひじき由来の無機砒素  $0.385\text{mg}(= 110[\text{mg/kg}] \times 0.7 \times 0.010[\text{kg/合}] \times 0.5[\text{合/杯}])$  が入る。米自体に含まれる無機砒素は、 $0.11[\text{mg/kg}] \times 0.075[\text{kg}] = 0.0086[\text{mg}]$  であった。米の砒素だけからの損失寿命がご飯1杯あたり39秒(スロープファクター  $18 \text{ per mg/kg/day}$  のとき)ないし7.7秒(スロープファクター  $3.5 \text{ per mg/kg/day}$  のとき)であったから、米の砒素とひじきの砒素との合計で  $0.39\text{mg/杯}$  の無機砒素を含むひじきご飯の損失寿命は

$$\begin{cases} \frac{0.385 + 0.0086}{0.0086} \times 39[\text{秒}] \times \frac{1}{60}[\text{分/秒}] = 30[\text{分}] & (\text{スロープファクター } 18 \text{ per mg/kg/day の場合}) \\ \frac{0.385 + 0.0086}{0.0086} \times 7.7[\text{秒}] \times \frac{1}{60}[\text{分/秒}] = 5.9[\text{分}] & (\text{スロープファクター } 3.5 \text{ per mg/kg/day の場合}) \end{cases}$$

になる。

<sup>26</sup> 蒲生昌志・岡敏弘・中西準子(1996)「発がん性物質への曝露がもたらす発がんリスクの損失余命による表現—生命表を用いた換算—」『環境科学会誌』9(1),1-8.