

1997/8/29

## 原子力施設の破局事故についての災害評価手法

京都大学 原子炉実験所 小出 裕章、瀬尾 健

### ．原子力施設の破局事故と災害評価

日本においては、原子力発電所にかぎって破局的な大事故は決して起きない、したがって、そのような事故の評価も、防災対策も必要ないし、ましてや住民の避難訓練などは全く必要ないというのが、国の基本的な方針であった。そのため、厳密といわれる安全審査においても、破局的な事故については、評価すらなされずに来た。

原子力発電所の事故評価には、設計基準事故方式 (Design Basis Accident : D B A 方式) と確率論的方式とがある。確率論的方式とは、発生確率は大きいが被害は小さな事故から、発生確率は小さいが被害は大きな事故まで、問題の原子力発電所で起こることが考えられるあらゆる事故について評価しようとする方式である。しかし、事故とは本来予期できないものであるため、計算で求められた事故の発生確率には大きな誤差がつきまってしまう、正当な評価になっているかどうか判断が付かない。これに対して、D B A 方式では、考えられる事故のうち、ある規模の事故を選定し、その選定された事故について事故評価を行なう。それを超える事故は「想定不適当事故」とすることで、考慮の対象外とするという方法である。この方式は、単純であり、評価が楽であるが、では何故「想定不適当事故」は考慮しなくて良いのかと問われると、根拠をもって答えることができない。一般的には、「想定不適当事故」の発生確率は低いと答えられるが、事故確率の評価自身がなされていないのであるから、それは答えになっていない。

日本の安全審査では設計基準事故方式が採用され、破局的な事故は考慮の対象外にされてきた。しかし、原子力発電所は機械である。そして、人間は神ではない。当然、原子力発電所も予期せぬ事故から免れないし、破局的な被害を引き起こす事故の発生確率も決して0ではない。では、そのような破局的な事故とはいったいどのようなもので、どのように向き合えばよいのかが問題である。

本稿は、生前この問題に深い興味を示し、歴大な計算プログラムを開発して、この問題に取り組んできた瀬尾健の仕事をもとめ、彼の遺したプログラムを広く利用できるようにするために書かれる。

### ．評価の手法

#### 事故の種類とソースターム

現在利用されている原子力発電所には、様々な形式のものがある。ただ、日本において用いられているのは、米国で開発された加圧水型原子炉 (PWR) を用いたものと、沸騰水型 (BWR) を用いたものの2つである。それらの原子炉が事故を起こした場合に、炉内に蓄積していた放射性核種がどのように挙動するかについては、今日までに沢山の研究がある。本稿では、確率論的安全評価の草分けとして米国原子力委員会が実施した「原子炉安全研究 (Reactor Safety Study)」での評価を利用する。この研究の後にも、もちろん多数の研究があるが、それぞれの核種についての評価値に若干の違いがあるとはいうものの、基本的には大きな違いがないし、どちらがどれだけ正しいか判断できないので、上記 R S S での評価値を用いる。

R S S での炉蓄積量 (100 万 kW の原発が 3 年運転されて平衡炉心となった場合) を Table 1 に、事故の分類と放出開始時間や放出高さなどを Table 2 に、環境への放射性核種の放出割合を Table 3 に示す。

Table 1 Reactor Core Inventory

#	Nuclide	[x10 <sup>8</sup> Ci]	Half-life(day)
1	KR-85	0.0056	3950
2	KR-85m	0.24	0.183
3	KR-87	0.47	0.0528
4	KR-88	0.68	0.117
5	SR-89	0.94	52.1
6	SR-90	0.037	10000
7	SR-91	1.1	0.403
8	Y-90	0.039	2.67
9	Y-91	1.2	59.0
10	ZR-95	1.5	65.2
11	ZR-97	1.5	0.710
12	NB-95	1.5	35.0
13	MO-99	1.6	2.80
14	TC-99m	1.4	0.250
15	RU-103	1.1	39.5
16	RU-105	0.72	0.185
17	RU-106	0.25	366
18	RH-105	0.49	1.50
19	TE-129	0.31	0.0480
20	TE-129m	0.053	34.0
21	TE-131m	0.13	1.25
22	TE-132	1.2	3.25
23	I-131	0.85	8.05
24	MI-131	0.85	8.05
25	I-132	1.2	0.0958
26	I-133	1.7	0.875
27	I-134	1.9	0.0366
28	I-135	1.5	0.280
29	MI-135	1.5	0.280
30	XE-133	1.7	5.28
31	XE-135	0.34	0.384
32	CS-134	0.075	750
33	CS-136	0.030	13.0
34	CS-137	0.047	11000
35	BA-140	1.6	12.8
36	LA-140	1.6	1.67
37	CE-141	1.5	32.3
38	CE-143	1.3	1.38
39	CE-144	0.85	284
40	PR-143	1.3	13.7
41	ND-147	0.6	11.1
42	PM-147	0.17	960
43	PM-149	0.4	2.20
44	PU-238	0.00057	32500
45	PU-239	0.00021	8.90 x 10 <sup>6</sup>

MI-131,MI-135 は有機よう素を示し、それらの放出率は TABLE 3 で無機よう素とは別に与える。

Reactor Safety Study: NUREG-75/014(WASH-1400),Appendix VI.p.3.3 Table VI 3-1

Table 2 Accident Category and Release Parameters

Accident Type	Release Time [h]	Release Duration [h]	Release Height. [m]
PWR1	2.5	0.5	25
PWR2	2.5	0.5	0
PWR3	5.0	1.5	0
PWR4	2.0	3.0	0
PWR5	2.0	4.0	0
PWR6	12.0	10.0	0
PWR7	10.0	10.0	0
PWR8	0.5	0.5	0
PWR9	0.5	0.5	0
BWR1	2.0	2.0	25
BWR2	30.0	3.0	0
BWR3	30.0	3.0	25
BWR4	5.0	2.0	25
BWR5	3.5	5.0	150
FBR1	2.5	0.5	0

Table 3 Radioactivity Release Fraction of each Accident Category

Accident Type	Release Fraction							
	Xe-Kr	Org-I	I-Br	Cs-Rb	Te	Ba-Sr	Ru(a)	La(b)
PWR1	0.9	6E-3	0.7	0.4	0.4	0.05	0.4	3E-3
PWR2	0.9	7E-3	0.7	0.5	0.3	0.06	0.02	4E-3
PWR3	0.8	6E-3	0.2	0.2	0.3	0.02	0.03	3E-3
PWR4	0.6	2E-3	0.09	0.04	0.03	5E-3	3E-3	4E-4
PWR5	0.3	2E-3	0.03	9E-3	5E-3	1E-3	6E-4	7E-5
PWR6	0.3	2E-3	8E-4	8E-4	1E-3	9E-5	7E-5	1E-5
PWR7	6E-3	2E-5	2E-5	1E-5	2E-5	1E-6	1E-6	2E-7
PWR8	2E-3	5E-6	1E-4	5E-4	1E-6	1E-8	0	0
PWR9	3E-6	7E-9	1E-7	6E-7	1E-9	1E-11	0	0
BWR1	1.0	7E-3	0.4	0.4	0.7	0.05	0.5	5E-3
BWR2	1.0	7E-3	0.9	0.5	0.3	0.1	0.03	4E-3
BWR3	1.0	7E-3	0.1	0.1	0.3	0.01	0.02	3E-3
BWR4	0.6	7E-4	8E-4	5E-3	4E-3	6E-4	6E-4	1E-4
BWR5	5E-4	2E-9	6E-11	4E-9	8E-12	8E-14	0	0
FBR1	0.9	7E-3	0.7	0.5	0.3	0.06	0.02	4E-3

(a) Includes Mo, Rh, Tc.

(b) Includes Nd, Y, Ce, Pr, Pm, Np, Pu, Zr, except for FBR. In the FBR cases, the release fraction of 0.1 is assumed for Pu.

PWR1：炉心熔融が起こり、熔融した炉心が原子炉容器の底に落下したときに、そこに溜っていた水と激しく反応して蒸気爆発を引き起こす。この爆発により原子炉容器の上蓋が吹き飛び、ミサイルとなって格納容器に激突して破壊し、大量の放射能が噴出する。格納容器スプレーと熱除去系は故障。

PWR2：炉心冷却系が故障し、炉心が熔融するが、格納容器スプレーと熱除去系も故障するため、格納容器内の圧力上昇を抑えることができず、ついには格納容器の耐圧限度を突

破して破裂する。かくして格納容器内に充満していた大量の放射能が環境に吹き出す。

PWR3：格納容器除熱系が故障したため、過圧によって格納容器が壊れる。但し炉心冷却系は格納容器破壊の時点まで働くが、格納容器サンプ内の冷却材が過熱のため沸騰し、冷却材ポンプがキャビテーションのためダウンする。かくして炉心熔融が進行し、放射能が環境に出ていく。従って、上記二つの場合より、放射能放出継続時間ははるかに長い。

PWR4：炉心及び格納容器への冷却水注入の時点で、炉心冷却系も格納容器スプレー系も故障する。加えて格納容器隔離系も故障する。

PWR5：上記と同じく炉心冷却系が故障するが、違うところは格納容器スプレー系が働いて、空中に漂う放射能を洗い落とすことができる。しかし格納容器隔離系の故障のため、大きな漏洩率で放射能が環境に出ていく。

PWR6：炉心冷却系の故障のために、炉心は熔融落下する。格納容器スプレーは働かないが、格納容器の気密は、コンクリート底が熔融貫通するまで持ちこたえる。放射能は地面の下から外へ漏れ出す。

PWR7：PWR6と同じだが、格納容器スプレーが働いて、外に漏れる放射能が少なくて済む。

PWR8：Design Basis Accident の大口径配管破断を模擬したもの、但し格納容器隔離系が設計どおり働かないと仮定する。炉心は熔融しない。

PWR9：Design Basis Accident の大口径配管破断を模擬したもの。つまり、ウランペレットと被覆管の間に元々あった放射能だけが、格納容器内に漏れ出す。炉心は熔融しない。安全防護設備が最低限働くため、炉心と格納容器の冷却が維持される。

BWR1：原子炉压力容器の中に炉心の約半分が残っている状態で蒸気爆発が発生。その結果、この約半分の炉心分が格納容器を突き破って放出される。細かく飛び散った熔融炉心は空気中で酸化され、大量の放射能が拡散する。

BWR2：崩壊熱除去系の喪失のため格納容器内の圧力が上昇して、格納容器が破壊、その後、炉心熔融が起こる。この場合、放射能の沈着はわずかしか起こらず、直接大気中に放出されることになる。多くの放射能に関して、放出量は BWR 1 と同程度。

BWR3：格納容器が加圧によって破壊されることは BWR2 と同じ。ただし、炉心から放出された放射能は、原子炉建屋を通して放出されるケース。放射能は、沈着したり、圧力抑制プールの水で除去されたりするので、環境への放射能放出は BWR2 より少ない。

BWR4：格納容器隔離が不十分となって、放射能が環境に漏洩するケース。ただし、漏洩が起きるために、格納容器の加圧による破壊は免れる。

BWR5：炉心は熔融せず、わずかの放射能が燃料棒ギャップから放出されるケース。

FBR1：このカテゴリーは「原子炉安全性研究」にはなく、瀬尾によって追加されたもの。PWR2 と同じ放出割合を仮定し、プルトニウムについてだけ、放出割合を 0.1 とした（PWR2 に比べて 2.5 倍）。

## 大気拡散と沈着

環境に放出された後の放射性核種の挙動は、プラント内での挙動以上に一層複雑である。個別サイトの地政学的、気象学的特徴もあるであろうし、事故が発生した時の、気象条件もある。それらを個々に取り上げ評価することももちろん重要な仕事ではあるが、本稿では行わない。本稿では、あくまでも類型化された事故について、類型化された気象条件で放射性核種の拡散、沈着を評価する。

パスキルの拡散式の計算は次のように行っている。

点  $x_1$  での放射エネルギーを  $Q_1$  とした場合、 $x_2$  での放射エネルギー  $Q_2$  は、その区間の地面沈着と、崩壊減衰を考慮して次のようになる。

$$Q_2 = Q_1 \exp \left\{ -(x_2 - x_1) / u - (v/u) x_1^2 / 2 - f x / [A_c + (2 \quad ) f x \quad ] \exp(0.5h^2 / z^2) \right\} dx \}$$

ここに

= 崩壊定数 (s<sup>-1</sup>)

u = 風速 (m/s)

v = 地面沈着速度 (m/s)

z = 高さ方向の濃度の広がり幅 (m)

h = 放出高さ (m)

A<sub>c</sub> = 格納容器の立ち上がり面積 (m<sup>2</sup>) で、A<sub>c</sub> = A<sub>c0</sub> · exp(- h) の式で計算される。A<sub>c0</sub>、の二つのパラメータの値は、それぞれ 2000.0、0.5 としている。

上の積分計算では各区間を 20 等分してシンプソン公式を用いている。

σ<sub>z</sub> は、日本の「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針について」に従った。σ<sub>z</sub> の上限値は 1000m と与えてある。水平方向は、くさび型モデルを用いているので、広がり角を 360f 度とし、幅を 2πfx とする。ここに x は風下距離である。f は次の式で与えられるもので、

$$f/f_0 = (t/t_0)^{1/3}$$

t は放出継続時間 (h)、t<sub>0</sub> は標準放出継続時間で 0.5 h とする。

f<sub>0</sub> は各大気安定度に対して、A: 0.111、B: 0.083、C: 0.055、D: 0.042、E: 0.028、F: 0.021 と決めてある。

沈着速度は Table 4 に示す値を用いる。

Table 4 Deposition velocities v(m/s)

Gases	0.0
Inorganic Iodines	0.005
Other particles	0.002

呼吸量、b は次の値を使う。

$$\text{呼吸量 } b = 0.00022 \text{ m}^3/\text{s}$$

地点 x での放射能の量を Q (Ci) とした場合、地表面での放射能濃度 χ (Ci·s/m<sup>3</sup>) は

$$= Q/u / \{ A_c + (2 \quad ) f x \quad ] \exp[h^2 / (2 z^2)] \}$$

地面の汚染濃度 C (Ci/m<sup>2</sup>) は

$$C = v \chi$$

吸入量は

$$Q_{INH} = b \chi$$

で与えられる。

以上の計算で用いている数値は、基礎データファイル「ACC40k.DAT」の中で与えるようにしてあるので、このファイルに手を加えれば変更することができる。この際、各数値の頭の位置が変わらないように注意する必要がある。

## 被曝線量評価

被曝の経路には外部被曝と内部被曝がある。また、外部被曝には、放射性雲から直接ガンマ線を被曝する場合と、地面に沈着した放射性核種からのガンマ線を被曝する場合がある。一方、内部被曝の場合は、放射性雲から吸入した核種による被曝と、汚染された食物を食べることによる被曝がある。

外部被曝の計算原理は単純である。放射能雲からの直接ガンマ線の被曝量を求める場合には、まず空間中に存在する放射性核種の濃度を計算し、次に、そこから被曝点に届くガンマ線の強度を計算する。最後に、吸収係数をかけて被曝量を計算すればよい。ただ、実際にその計算をしようとする、3次元空間にわたる積分が必要となる。そこで、本プログラムでは、あらかじめ代表的な条件についての被曝計算を行い、その結果を表として与え、個々の場合は、表のデータの補間によって計算している。

地面に沈着した放射性核種からのガンマ線の外部被曝については、無限平面に様に広がった汚染を仮定して、地上高さ1 mの点での被曝量をあらかじめ計算した。その結果を表として登録しておき、拡散計算の結果求められた被曝量評価点での地面の汚染密度と掛け合わせることで、計算できる。

内部被曝のうち食物摂取による被曝量に関しては、事故後の対応によって大きく変化するので、評価の対象外とした。放射能雲からの吸入量については、すでに述べたように、評価地点での空間濃度と、呼吸量から評価できる。また、体内に取り込んだ放射性核種からの被曝量は、各臓器ごとに、ICRPなどが与えている値を表にしておいて、それと掛け合わせることで求めた。

それぞれの放射性核種についての、それぞれのパラメータを Table 5 と Table 6 に示す。

Table 5 Basic Radiation Parameter and External Exposure Rate

	Nuclide	Gamma Energy (MeV)	Beta Energy (MeV)	Ground shine Sv <sub>m</sub> <sup>2</sup> /(hCi)	Cloud shine Sv <sub>m</sub> <sup>3</sup> /(sCi)
1	Kr-85	0	0.230	0	0
2	Kr-85m	0.160	0.230	0.600E-01	0.360E-03
3	Kr-87	0.820	0.133E 01	0.200	0.360E-02
4	Kr-88	0.221E 01	0.250	0.600	0.420E-02
5	Sr-89	0	0.560	0	0
6	Sr-90	0	0.200	0.436E-05	0
7	Sr-91	0.750	0.650	0.195	0.160E-02
8	Y-90	0.100E-01	0.950	0.436E-05	0.200E-04
9	Y-91	0.100E-01	0.610	0.641E-03	0.200E-04
10	Zr-95	0.760	0.120	0.287	0.190E-02
11	Zr-97	0.240	0.710	0.294	0.600E-03
12	Nb-95	0.770	0.400E-01	0.146	0.180E-02
13	Mo-99	0.190	0.380	0.273E-01	0.600E-03
14	Tc-99m	0.140	0	0.285E-01	0.350E-03
15	Ru-103	0.490	0.700E-01	0.958E-01	0.110E-02
16	Ru-105	0.790	0.410	0.162	0.200E-02
17	Ru-106	0.200	0.145E 01	0.367E-01	0.500E-03
18	Rh-105	0.200E-01	0.150	0.153E-01	0.500E-04
19	Te-129	0.700E-01	0.530	0.108E-01	0.180E-03
20	Te-129m	0.100	0.210	0.472E-01	0.250E-03
21	Te-131m	0.149E 01	0.180	0.403	0.375E-02
22	Te-132	0.280	0.600E-01	0.463	0.500E-03
23	I-131	0.390	0.190	0.756E-01	0.900E-03
24	MI-131	0.390	0.190	0.756E-01	0.900E-03
25	I-132	0.230E 01	0.520	0.409	0.550E-02
26	I-133	0.630	0.420	0.115	0.120E-02
27	I-134	0.480E 01	0.690	0.486	0.600E-02
28	I-135	0.145E 01	0.390	0.341	0.420E-02
29	MI-135	0.145E 01	0.390	0.341	0.420E-02
30	Xe-133	0.800E-01	0.100	0.188E-01	0.700E-04
31	Xe-135	0.260	0.310	0.493E-01	0.600E-03
32	Cs-134	0.158E 01	0.160	0.291	0.360E-02
33	Cs-136	0.186E 01	0.120	0.402	0.460E-02
34	Cs-137	0.660	0.170	0.111	0.130E-02
35	Ba-140	0.190	0.290	0.430	0.600E-03
36	La-140	0.239E 01	0.520	0.392	0.520E-02
37	Ce-141	0.700E-01	0.160	0.178E-01	0.160E-03
38	Ce-143	0.340	0.400	0.488E-01	0.850E-03
39	Ce-144	0.300E-01	0.800E-01	0.546E-02	0.400E-04
40	Pr-143	0	0.320	0.171E-08	0
41	Nd-147	0.180	0.240	0.229E-01	0.450E-03
42	Pm-147	0	0.600E-01	0	0
43	Pm-149	0.200E-01	0.380	0.228E-02	0.120E-03
44	Pu-238	0	0	0.795E-05	0
45	Pu-239	0	0	0.724E-05	0

Table 6 Dose Conversion Coefficient for Internal Exposure

	Nuclide	Whole Body (Sv/mCi)		Lung (Sv/mCi)		GI-Tract (Sv/mCi)	Thyroid (Sv/mCi)
		Short Term	(Commitm)	(30d)	(50yr.)	(50yr.)	(50yr.)
1	Kr-85	0	0	0	0	0	0
2	Kr-85m	0	0	0	0	0	0
3	Kr-87	0	0	0	0	0	0
4	Kr-88	0	0	0	0	0	0
5	Sr-89	9.535E-02	0.370	0.780	0.176E 01	0.450	0
6	Sr-90	1.086E-01	0.130E 02	0.188E 01	0.117E 02	0.360	0
7	Sr-91	1.008E-02	0.150E-01	0.550E-01	0	0.240	0
8	Y-90	7.465E-02	0.810E-01	0.210	0	0.710	0
9	Y-91	6.789E-02	0.440	0.860	0.210E 01	0.430	0
10	Zr-95	3.350E-02	0.180	0.770	0.199E 01	0.220	0
11	Zr-97	2.105E-02	0.400E-01	0.100	0	0.710	0
12	Nb-95	1.889E-02	0.460E-01	0.340	0	0.110	0
13	Mo-99	3.558E-02	0.370E-01	0.120	0	0.300	0
14	Tc-99m	2.100E-04	0.210E-03	0.810E-03	0	0.450E-02	0
15	Ru-103	2.835E-02	0.770E-01	0.370	0.740	0.220	0
16	Ru-105	4.100E-03	0.410E-02	0.160E-01	0	0.110	0
17	Ru-106	3.123E-01	0.440E 01	0.234E 01	0.114E 02	0.107E 01	0
18	Rh-105	8.500E-03	0.850E-02	0.260E-01	0	0.110	0
19	Te-129	6.700E-04	0.670E-03	0.340E-02	0	0.210E-01	0.400E-03
20	Te-129m	8.929E-02	0.200	0.107E 01	0.197E 01	0.550	0.670E-01
21	Te-131m	5.419E-02	0.560E-01	0.110	0	0.360	0.100E-01
22	Te-132	7.332E-02	0.780E-01	0.310	0	0.550	0.250E-01
23	I-131	2.605E-01	0.330	0.210	0	0.110E-01	0.147E 02
24	MI-131	2.605E-01	0.330	0.210	0	0.110E-01	0.147E 02
25	I-132	3.400E-03	0.340E-02	0.900E-02	0	0.240E-01	0.530
26	I-133	5.471E-02	0.550E-01	0.510E-01	0	0.220E-01	0.396E 01
27	I-134	1.100E-03	0.110E-02	0.360E-02	0	0.220E-01	0.250
28	I-135	1.100E-03	0.110E-01	0.200E-01	0	0.210E-01	0.123E 01
29	MI-135	1.100E-03	0.110E-01	0.200E-01	0	0.210E-01	0.123E 01
30	Xe-133	0	0	0	0	0	0
31	Xe-135	0	0	0	0	0	0
32	Cs-134	4.744E-02	0.460	0.500	0	0.210E-01	0
33	Cs-136	4.497E-02	0.760E-01	0.150	0	0.110E-01	0
34	Cs-137	2.811E-02	0.320	0.350	0	0.110E-01	0
35	Ba-140	4.879E-02	0.790E-01	0.122E 01	0.146E 01	0.550	0
36	La-140	4.237E-02	0.430E-01	0.170	0	0.550	0
37	Ce-141	3.474E-02	0.830E-01	0.230	0.415	0.110	0
38	Ce-143	2.691E-02	0.310E-01	0.100	0	0.300	0
39	Ce-144	8.940E-02	0.350E 01	0.216E 01	0.990E 01	0.110E 01	0
40	Pr-143	3.874E-02	0.740E-01	0.290	0.355	0.240	0
41	Nd-147	4.270E-02	0.610E-01	0.240	0.272	0.220	0
42	Pm-147	1.584E-03	0.340	0.120	0.670	0.550E-01	0
43	Pm-149	1.617E-02	0.280E-01	0.870E-01	0	0.260	0
44	Pu-238	6.560E 02	0.245E 05	0.100E 03	0.176E 04	0.430	0
45	Pu-239	7.122E 02	0.270E 05	0.960E 02	0.171E 04	0.430	0

Short Term Dose は、はじめの7日間の線量と、それ以降の23日間の線量の1/2を加えたも



の。

### 急性死者とガン死者の評価

放射線を被曝した場合には、様々な障害が発生する。そのうち、本プログラムでは、急性の死者と、晩発性のガンの死者の2つだけを取り上げる。

急性死者の死亡確率については、いくつかのモデルがあるが、本プログラムでは、以下のモデルを用いる。

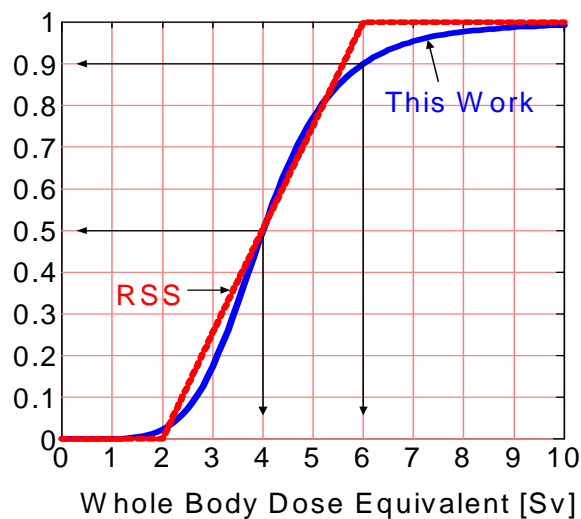
実効線量当量で評価した全身線量をDとし、死亡確率をL (D) とする。そして、両者の間に以下の関係が成り立つものとする。

$$L(D) = \frac{1}{1 + \left(\frac{D_1}{D}\right)^a}$$

ここで、D<sub>1</sub>は半致死線量であり、任意に設定できるが、初期設定では4Svとしている。パラメータaについては、90%致死確率を与える線量を与えることで、計算できる。この線量も任意に設定できるようにしてあるが、初期設定は6Svとしてある。(その場合、a=5.419となる。) こうして、設定した致死確率の変化を、原子炉安全性研究での仮定とともに図示するとFigure 1となる。

Figure 1 Relation between Whole Body Dose Equivalent and Acute Death Probability

Acute Death Probability



晩発性ガン死者の評価は、J.W.Gofman の”Radiation and Human Health”にしたがい、全身ガン線量を2.5人・Svとし、線量とガン死確率の間に直線関係があるとして、評価した。すなわち、ある集団中の全身換算実効線量当量の総計をSとすると、その集団に発生するガン死者N<sub>c</sub>は、

$$N_c = S / 2.5$$

として、容易に求められる。ただし、この方法で評価すると、特に全身ガン線量に近い被曝をした人について、複数回死ぬことになる効果を、無視しており、若干の過大評価にな

る。この点については、今中哲二さんが新しいモデルを提案しており、いずれ改訂の予定。

## ．計算プログラムの解説

### プログラムの全体構成

瀬尾は一連の評価を行うために多数のプログラムを開発したが、それらは大きく分けると3つに分類できる。

まず第1は、「原子炉安全性研究」の手法に則り、類型化された事故についての標準計算を行うことである。

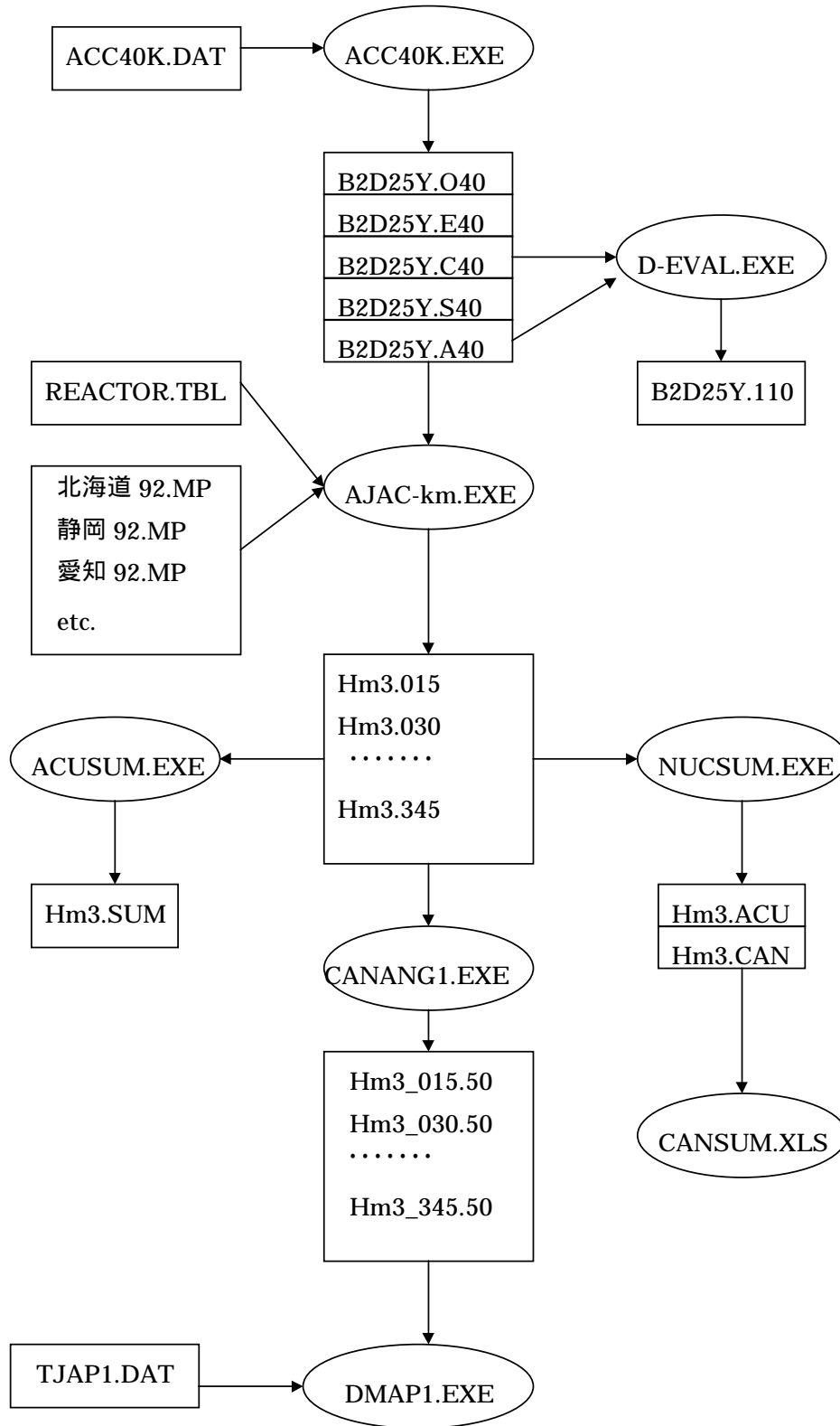
第2は、個々の原子力発電所に標準計算を当てはめ、周辺を含めた人口分布データを適用することで、具体的な死者数を評価することである。

そして最後に、それぞれの結果を容易に理解することができるように、様々に加工し、また図示するための一連の作業である。

全体の構成を Figure 2 に示す。

なお、プログラム群の実際の操作法については、瀬尾さん自身が残した説明書を含めて、本レジメの Appendix として、添付しておくので、そちらを参照のこと。

Figure 2 General Structure of Consequence Evaluation Programs



## 第1ステップ：拡散、被曝量計算（ACC40）

この標準計算が、作業全体の最も重要な部分を占める。計算自身は、「原子炉安全性研究」の手法に則り、類型化された事故と、そのソースターム（事故時に環境に放出される放射性核種の量）を仮定するところから始まる。次に、指定された大気安定度、風速などの条件の下で、放射性核種の大気中の拡散・沈着を計算する。得られた結果を用いて、風下距離ごとに外部被曝線量、内部被曝線量を計算し、最終的な結果をいくつかのファイルに出力する。

この作業を行うのは、「ACC40k.EXE」と名付けられたプログラムである（「ACC40」は瀬尾によって名付けられたコードネームで「ACCident version 4.0」を意味する。最後の「k」は、その後、小出が若干の修正を行ったことを示す。）。すでに述べた、事故の類型化、ソースターム、外部被曝、内部被曝に関する核種のパラメータは、「ACC40k.DAT」ファイルに一括して含まれている。そのため、おそらくその必要はないと思われるが、異なった事故、あるいは異なった条件での解析を行いたい場合は、「ACC40k.DAT」ファイル中のパラメータを変更すればよい。

プログラムの流れを Figure 3 示す。

大気拡散の計算は、高さ方向にはガウス分布、風下との直角方向については一様分布とするいわゆる「くさび型モデル（Wedge Model）」を用いる。

外部被曝線量の計算は、標準的な条件で3次元空間にわたる積分を行った結果が「ACC40k.DAT」中に記録されていて、そのデータの補間で求める。ただし、もし必要があれば、いわゆる「サブマージョンモデル」を用いることもできる。（その場合は、「ACC40k.DAT」中で指定する。）

このプログラムの具体的な使用方法については瀬尾さん自身が書き残した説明書がある。それを本レジメの Appendix に添付しておく。

ACC40k.EXE は5種類のファイルを出力する。そのうち、「.A40」と拡張子のついたファイルには、第2ステップに引き渡されるデータが記録されている。その一例を Table 7 に、またそれを図示したものを Figure 4 に示す。

また、外部被曝線量の詳細を記録した出力ファイル（拡張子「E40」）の結果を図示してみれば、Figure 5 となる。

ここでは、これらの作図にフリーソフトウェアである「NGRAPH」を用いた。ユーザーが作図する場合には、各自、好みのアプリケーションを用いる必要がある。ただ、ACC40k が出力するファイルはいずれも標準的な ASCII テキストなので、ほとんどのアプリケーションで容易に利用できるはずである。

Figure 3 Flow Chart of ACC40K

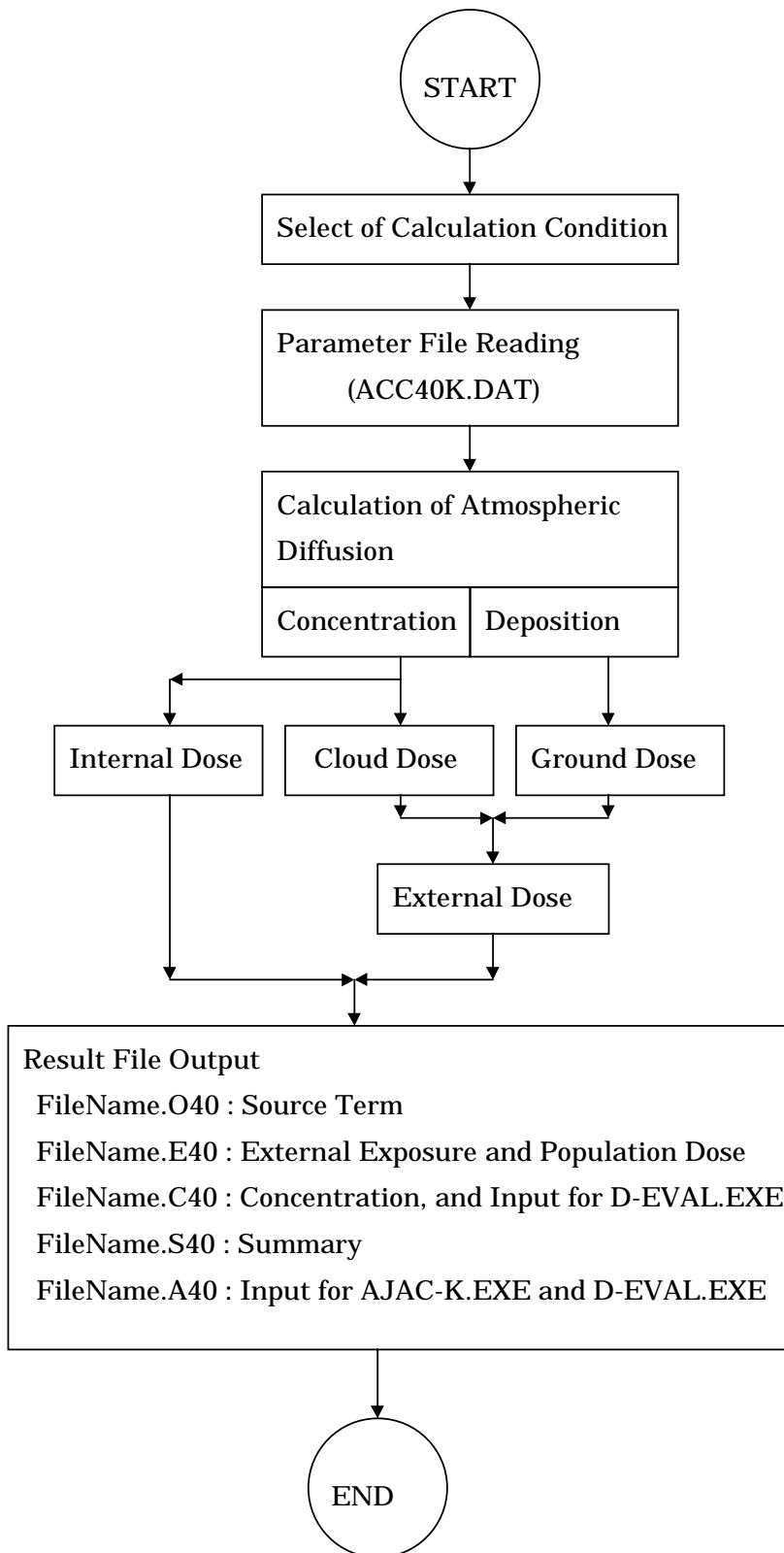


Table 7 Output Example of ACC40  
B2D25Y.A40

-----  
b2d25y Power/MWe= 1000.0 Eff.Area/m2= 2000.0  
Acc.Typ= BWR-2 Rel.T/h= 30.0 Rel.Dur/h= 3.0  
Rel.Elv/m= .0 Atm.St.= D f(eff)= .0763  
WV(m/s)= 2.0 Shld.f.= 1.0000 Evac.T/d= 1825.0

X/km	D1/Sv	Ds/Sv
.10	.21864E+05	.42962E+04
.15	.19198E+05	.37625E+04
.20	.16200E+05	.31704E+04
.30	.11644E+05	.22736E+04
.40	.85122E+04	.16586E+04
.60	.49834E+04	.96764E+03
.80	.32493E+04	.62923E+03
1.00	.22916E+04	.44278E+03
1.50	.11881E+04	.22833E+03
2.00	.73910E+03	.14120E+03
3.00	.37782E+03	.71567E+02
4.00	.23523E+03	.44333E+02
6.00	.12120E+03	.22611E+02
8.00	.76032E+02	.14052E+02
10.00	.53091E+02	.97295E+01
15.00	.27793E+02	.50007E+01
20.00	.17624E+02	.31215E+01
30.00	.93103E+01	.16050E+01
40.00	.59292E+01	.99834E+00
60.00	.31377E+01	.50691E+00
80.00	.19927E+01	.31038E+00
100.00	.13974E+01	.21055E+00
150.00	.72576E+00	.10166E+00
200.00	.45052E+00	.59240E-01
300.00	.22420E+00	.26471E-01
400.00	.13315E+00	.14358E-01
600.00	.60585E-01	.56332E-02
800.00	.32883E-01	.27164E-02
1000.00	.19655E-01	.14729E-02
1500.00	.68127E-02	.42489E-03
2000.00	.28098E-02	.15372E-03
3000.00	.61146E-03	.27822E-04
4000.00	.15711E-03	.62623E-05
6000.00	.13018E-04	.43249E-06
8000.00	.12450E-05	.37417E-07

-----

Figure 4 Plotting example of the ACC40k output (P2D25Y.A40 and B2D25Y.A40)

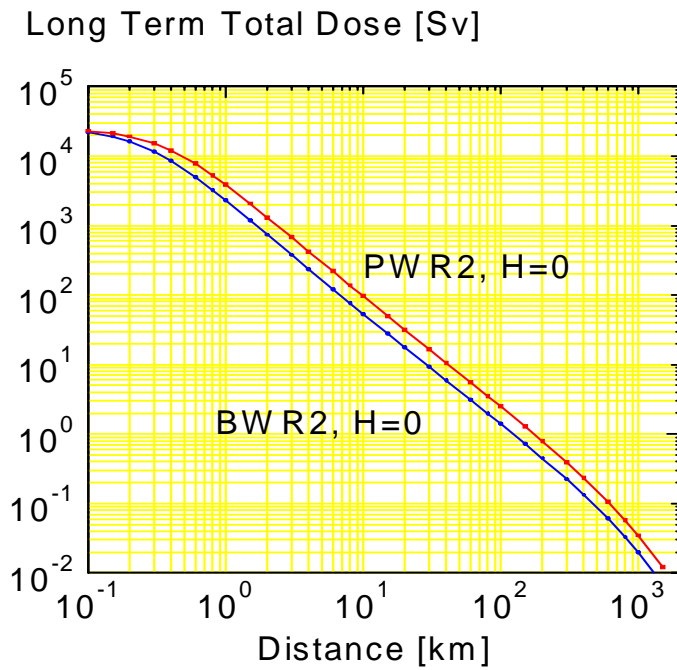
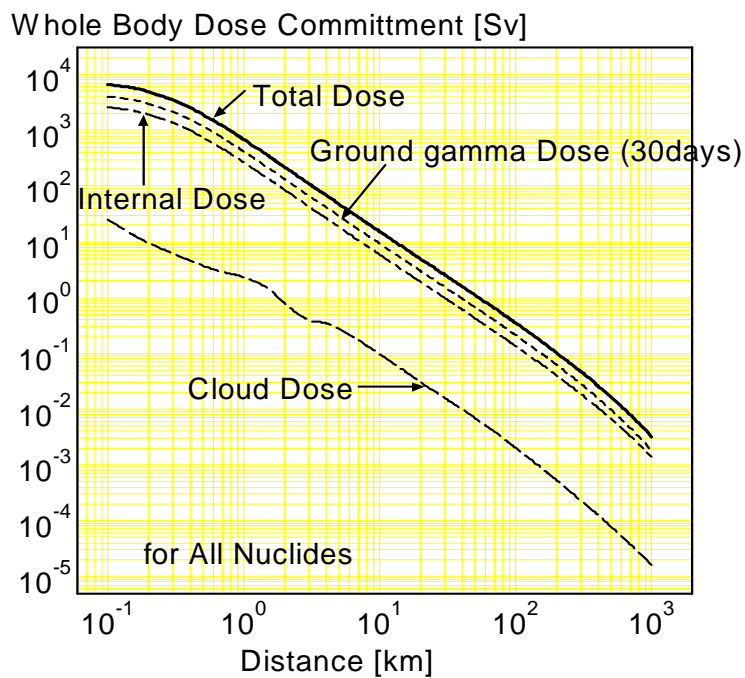


Figure 5 Plotting Example of the ACC40k output (B2D2-30D.S40)



BWR2 : Wind Velocity 2 m/sec : Ground Release

## 第2ステップ：具体的サイトへの適用（AJAC）

3つに大きく分けた作業のうちの2番目の作業は、標準計算の結果を個々の原子力発電所に適用し、人口データと組み合わせて、具体的に被害を計算する作業である。

AJACの構成をFigure 6に示す。標準計算(ACC40k)の結果は、拡張子「A40」がついたファイルとして引き渡され、個々の原子力発電所のデータはTable 8に示す「REACTOR.TBL」から読み込み、どの原子力発電所について評価するかはユーザーが指定する。

日本全国の市町村別人口、面積、緯度、経度データは、1992年度の国勢調査に基づくものが、京大工学部原子核工学科の河野益近氏の努力によって都道府県別のファイルに納められており、それを読み込む。一例として静岡県についてのものをTable 9として示す。

AJACでは、評価する原子力発電所の緯度経度データと、各市町村の緯度経度データから、各市町村までの方位及び距離を計算し、風下に含まれる市町村について、外部被曝、内部被曝線量を計算する。その上で、人口データと併せて、被害を計算する。その計算を全方位に対して実行し、結果をファイルにまとめて出力する。一例を浜岡3号炉(BWR、1100MW)事故について、Table 10に示す。なお、それぞれの市町村の住民は、すべて役場の位置に居住しているとしており、原発サイトから離れた市町村では実質的な問題にならないが、原発サイトに近い市町村の場合、評価に大きな誤差がある。

また、今回、提供するプログラムは「AJAC-km」である。瀬尾さんが当初作っていたAJACからは、以下の2点で変更している。1つは、瀬尾が用いていた1986年の国勢調査データの代わりに、すでに述べたように1992年の国勢調査データを用いるようにしたこと。もう一つは、風向について、自動的に15度ずつ全方位について計算してファイルを出力するようにしたことである。

そのため、瀬尾さん自身が書き残したAJACの使用説明書を本レジメのAppendixに添付するが、角度を入力する部分(⑥⑦⑧の一部)は省ける。その点、Appendixの説明を参照のこと。

ただし、大気安定度をE型、F型と指定した場合、放射能雲の広がり角度は15度以下となるので、評価から抜け落ちる市町村が生じる。その場合には、AJAC-kを利用して、個別に角度を指定して下さい。



Figure 6 Flow Chart of AJAC-km

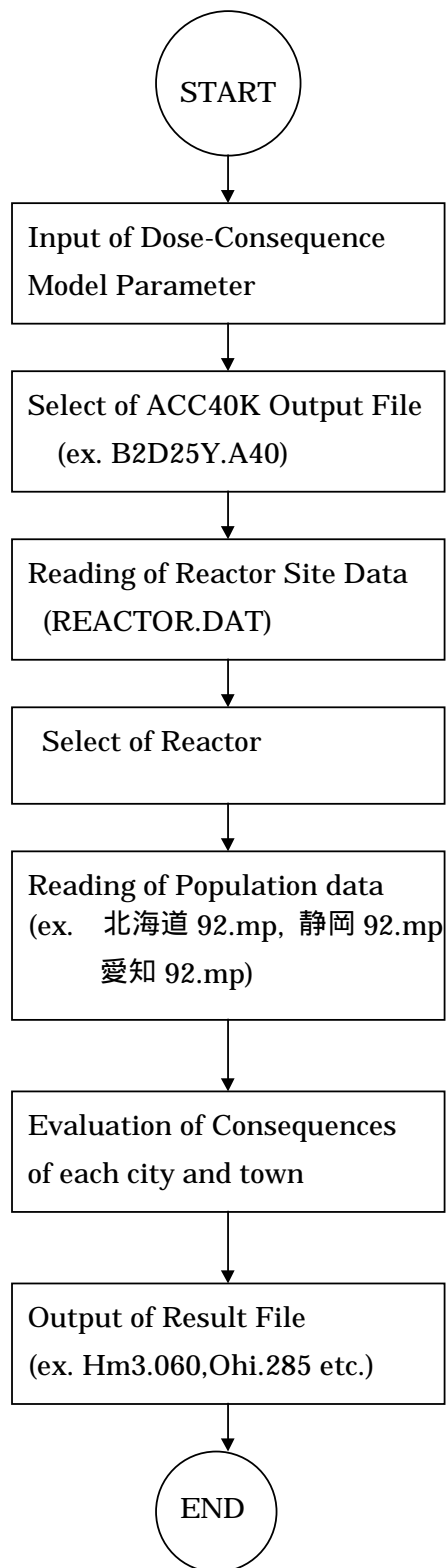


Table 8 Reactor Site data (REACTOR.TBL)

Name	Type	Latitude	Longitude	Power [MW]
美浜 1	PWR	35.6991	135.9598	340.0
美浜 2	PWR	35.6991	135.9598	500.0
美浜 3	PWR	35.6991	135.9598	826.0
高浜 1,2	PWR	35.5239	135.5055	826.0
高浜 3,4	PWR	35.5239	135.5055	870.0
大飯 1,2	PWR	35.5415	135.6557	1175.0
大飯 3,4	PWR	35.5415	135.6557	1180.0
島根 1	BWR	35.5405	133.0033	460.0
島根 2	BWR	35.5405	133.0033	820.0
伊方 1,2	PWR	33.4864	132.3105	566.0
伊方 3	PWR	33.4864	132.3105	890.0
玄海 1,2	PWR	33.5116	129.842	559.0
玄海 3,4	PWR	33.5116	129.842	1180.0
川内 1,2	PWR	31.8294	130.192	890.0
浜岡 1	BWR	34.6211	138.1438	540.0
浜岡 2	BWR	34.6211	138.1438	840.0
浜岡 3	BWR	34.6211	138.1438	1100.0
串間	PWR	31.3733	131.2717	1350.0
志賀	BWR	37.0500	136.73	540.0
福島一 1	BWR	37.4177	141.0397	460.0
福島一 2-5	BWR	37.4177	141.0397	784.0
福島一 6	BWR	37.4177	141.0397	1100.0
福島二 1-4	BWR	37.3134	141.0266	1100.0
柏崎 1-5	BWR	37.4295	138.604	1100.0
女川 1	BWR	38.3956	141.5037	524.0
芦浜 1	APWR	34.2100	136.4300	1350.0
泊 1,2	PWR	43.0288	140.5148	579.0
東海	GCR	36.4586	140.6119	166.0
東海第二	BWR	36.4586	140.6119	1100.0
敦賀 1	BWR	35.7495	136.0203	357.0
敦賀 2	PWR	35.7495	136.0203	1160.0
もんじゅ	FBR	35.7370	135.9910	245.1

Table 9 Population Data  
 (for example: 静岡 92.MP : Shizuoka Prefecture)

Name	Population [man]	Area [km <sup>2</sup> ]	Latitude	Longitude
静岡市	471168	1146.13	34.9667	138.3830
浜松市	545863	256.74	34.7000	137.7170
沼津市	213186	152.12	35.0833	138.8670
清水市	241440	227.63	35.0000	138.4830
熱海市	47095	61.53	35.0833	139.0670
三島市	106052	61.39	35.1000	138.9170
富士宮市	118893	314.81	35.2167	138.6170
伊東市	73706	124.10	34.9667	139.1000
島田市	74914	131.04	34.8167	138.1670
富士市	225787	214.09	35.1500	138.6670
磐田市	84069	64.27	34.7000	137.8500
焼津市	114385	45.72	34.8500	138.3170
掛川市	74434	185.79	34.7667	138.0170
大井川町	22806	24.54	34.8000	138.2830
御前崎町	11653	12.01	34.6000	138.2000
相良町	27132	57.98	34.6667	138.2000
榛原町	25014	53.36	34.7333	138.2170
吉田町	25820	20.84	34.7667	138.2500
金谷町	22278	64.36	34.8167	138.1170
大須賀町	12401	33.85	34.6667	137.9830
浜岡町	22502	53.57	34.6333	138.1170
小笠町	14262	30.36	34.6833	138.0830
菊川町	29849	63.88	34.7500	138.0830
大東町	20118	45.99	34.6500	138.0500
三ヶ日町	16353	75.65	34.7833	137.5500

Table 10 Output example of AJAC

Hm3.300

事故原発= 浜岡3 (BWR) 1100.0 MWe (緯度 34.6211、経度 138.1438)

計算モデル b2d25y 炉出力/MWe= 1000.0 実効面積/m2= 2000.0  
 事故型= BWR-2 放出時刻/h= 30.0 放出継続時間/h= 3.0  
 放出高/m= .0 大気安定度= D 雲の広がり角度= 27.47  
 風速(m/s)= 2.0 遮蔽係数= 1.0000 避難日= 1825.0  
 風向/度= 300.0 (線量の単位はシーベルト)  
 急性影響：短期線量 4.0 Sv で 50 %、6.0 Sv で 90.0 % 急性死  
 ガン死線量= 2.5 Sv

No.	都道府県	市町村区	人口	距離	時刻	線量 (Sv)		急性死	ガン死	
						短期	長期			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	静岡 92	浜岡町	22502	2.8	0^00:23	88.263465	288	22502	0	
2	静岡 92	大東町	20118	9.2	0^01:16	12.357	67.197	20074	44	
3	静岡 92	大須賀町	12401	15.6	0^02:10	5.180	28.845	9950	2451	
4	静岡 92	浅羽町	16580	21.2	0^02:57	3.126	17.708	3450	13130	
5	静岡 92	袋井市	54485	24.2	0^03:22	2.513	14.355	4058	50427	
6	静岡 92	磐田市	84069	28.3	0^03:56	1.947	11.245	1665	82404	
!	7	静岡 92	豊田町	25734	31.7	0^04:24	1.611	9.382	185	25549
!	8	静岡 92	豊岡村	11725	36.9	0^05:08	1.253	7.393	22	11703
!	9	静岡 92	浜北市	82320	37.6	0^05:13	1.217	7.188	130	82190
"	10	静岡 92	天竜市	24506	40.5	0^05:37	1.077	6.405	20	24486
"	11	静岡 92	引佐町	15405	48.7	0^06:46	.792	4.791	2	15403
"	12	静岡 92	細江町	20182	49.3	0^06:51	.775	4.696	3	20179
#	13	静岡 92	三ヶ日町	16353	57.2	0^07:57	.604	3.721	1	16352
#	14	愛知 92	鳳来町	15677	62.1	0^08:37	.526	3.270	0	15677
#	15	愛知 92	新城市	36253	65.6	0^09:07	.479	2.995	0	36253
\$	16	愛知 92	一宮町	14897	71.1	0^09:53	.418	2.640	0	14897
\$	17	愛知 92	豊川市	111597	74.3	0^10:19	.388	2.466	0	110082
%	23	愛知 92	岡崎市	308247	96.4	0^13:23	.247	1.630	0	200929
%	24	愛知 92	旭町	4166	98.1	0^13:38	.240	1.585	0	2641
%	25	愛知 92	小原村	4637	102.7	0^14:16	.221	1.473	0	2732
%	26	愛知 92	豊田市	328313	103.3	0^14:21	.219	1.458	0	191509
%	27	愛知 92	安城市	142516	104.9	0^14:34	.213	1.423	0	81144
%	28	愛知 92	藤岡町	12493	106.4	0^14:46	.208	1.392	0	6957
&	29	愛知 92	知立市	55413	107.7	0^14:57	.203	1.365	0	30260
&	42	岐阜 92	土岐市	65231	118.0	0^16:24	.173	1.178	0	30727
&	43	名古屋 92	緑区	181582	119.7	0^16:37	.168	1.152	0	83653
&	44	愛知 92	尾張旭市	66239	120.0	0^16:40	.168	1.147	0	30381

& 45	岐阜 92	多治見市	97425	120.3	0^16:42	.167	1.143	0	44528
& 46	名古屋 92	名東区	147814	120.7	0^16:46	.166	1.136	0	67193
& 47	名古屋 92	天白区	130276	120.7	0^16:46	.166	1.136	0	59220
& 48	愛知 92	東海市	96851	121.8	0^16:55	.163	1.120	0	43393
& 49	名古屋 92	南区	154291	121.9	0^16:55	.163	1.119	0	69047
& 50	愛知 92	知多市	77326	123.3	0^17:08	.160	1.097	0	33933
& 51	名古屋 92	瑞穂区	107911	123.4	0^17:09	.159	1.096	0	47289
& 52	名古屋 92	昭和区	99568	124.3	0^17:16	.157	1.084	0	43165
& 53	名古屋 92	千種区	147287	125.1	0^17:23	.155	1.072	0	63151
& 54	名古屋 92	守山区	142539	125.1	0^17:23	.155	1.072	0	61108
& 55	名古屋 92	熱田区	63800	126.1	0^17:31	.153	1.058	0	26997
& 56	名古屋 92	港区	145811	126.8	0^17:36	.152	1.050	0	61215
& 57	愛知 92	春日井市	265736	127.1	0^17:39	.151	1.046	0	111142
& 58	名古屋 92	東区	66498	127.3	0^17:41	.151	1.043	0	27735
& 59	名古屋 92	中区	64472	127.8	0^17:45	.150	1.036	0	26716
& 60	名古屋 92	北区	170026	129.5	0^17:59	.146	1.014	0	68942
& 61	名古屋 92	西区	137879	130.0	0^18:03	.145	1.007	0	55560
& 62	名古屋 92	中村区	140144	130.5	0^18:07	.144	1.002	0	56154
& 63	名古屋 92	中川区	198124	131.0	0^18:12	.143	.995	0	78818
& 64	愛知 92	豊山町	13310	132.3	0^18:22	.141	.980	0	5217

@ 189	福井 92	敦賀市	65497	221.2	1^06:43	.054	.418	0	10948
@ 190	福井 92	南条町	5715	222.3	1^06:52	.053	.414	0	947
@ 191	福井 92	美山町	6039	222.3	1^06:53	.053	.414	0	1001
@ 192	福井 92	今立町	14907	223.1	1^06:59	.053	.412	0	2455
@ 193	福井 92	美浜町	12905	227.8	1^07:38	.051	.397	0	2052

> 240	島根 92	知夫村	853	488.4	2^19:50	.010	.100	0	34
> 241	島根 92	西ノ島町	4414	495.4	2^20:48	.010	.097	0	172

合計 9423980 62062 3803557

-----  
都道府県別の死者の合計

都道府県市 急性死者 ガン死者

静岡 92	62062	344318
愛知 92	0	1718285
名古屋 92	0	895963
岐阜 92	0	518458
福井 92	0	96833
滋賀 92	0	117668
三重 92	0	73182
京都 92	0	25464
兵庫 92	0	11162
鳥取 92	0	1090
島根 92	0	1134

---

### 第3ステップ：結果の整理と図示（DMA P 1 etc）

第1ステップと第2ステップで、災害評価計算は完了している。あとは、膨大な数表として出力された結果を、主として視覚的に理解しやすいようにまとめるためのいくつかのプログラム群がある。

#### A．急性死者数のまとめ（ACUSUM.EXE）

AJAC-kmは風向別に24個の表を出力しているが、その24個の表から急性死者の発生した市町村のみ、リストアップし、ひとつの表にまとめるのが「ACUSUM.EXE」である。そのフローチャートをFigure 7に、出力結果の一例をTable 11に示す。この表は、「原発事故…その時あなたは」の図①に示された地図と同様の図を描くために役に立つ。

Figure 7 Flow-Chart of ACUSUM.EXE

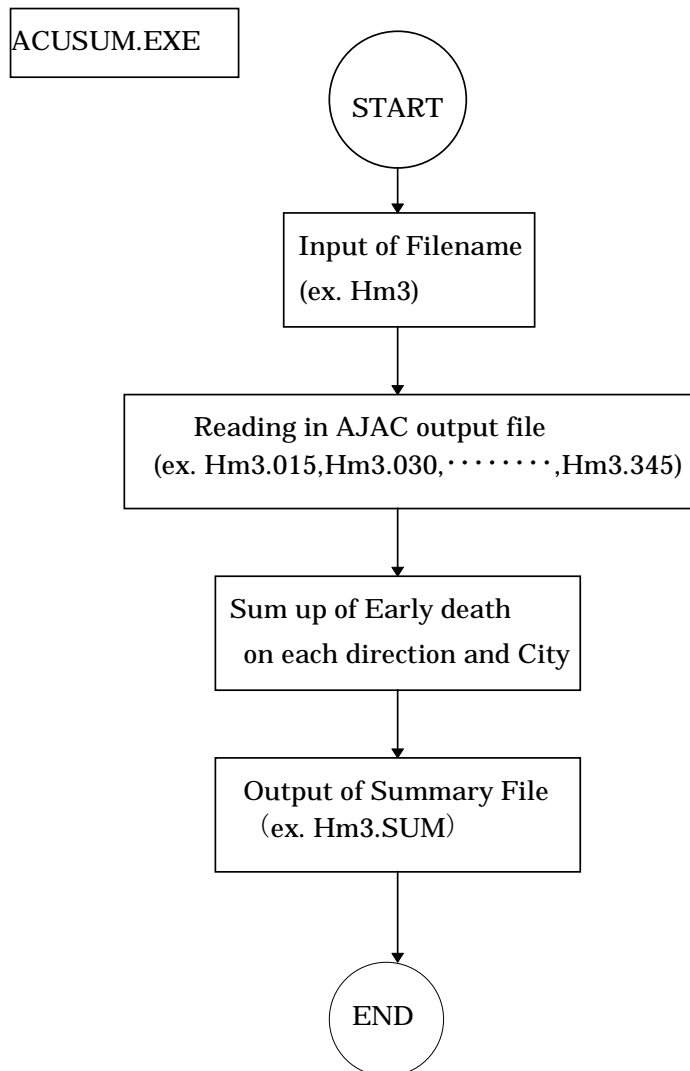


Table 11 ACUSUMによる出力の例

Hm3.SUM

-----  
 事故原発= 浜岡3 (BWR) 1100.0 MWe (緯度 34.6211、経度 138.1438)

計算モデル	b2d25y	炉出力/MWe=	1000.0	実効面積/m2=	2000.0
事故型=	BWR-2	放出時刻/h=	30.0	放出継続時間/h=	3.0
放出高/m=	.0	大気安定度=	D	雲の広がり角度=	27.47
風速(m/s)=	2.0	遮蔽係数=	1.0000	避難日=	1825.0
風向/度=	.0	(線量の単位はシーベルト)			
急性影響：短期線量 4.0 Sv で 50 %、 6.0 Sv で 90.0 % 急性死					

ガン死線量= 2.5 Sv

風下角度	都道府県	市町村区	人口	距離	時刻	線量 (Sv)		急性死
						短期	長期	
0	静岡 92	島田市	74914	21.9	0^03:02	2.970	16.860	12450
0	静岡 92	金谷町	22278	21.9	0^03:02	2.963	16.818	3660
0	静岡 92	!川根町	7325	35.4	0^04:55	1.343	7.893	20
0	静岡 92	"中川根町	7247	46.2	0^06:25	.866	5.210	2
15	静岡 92	榛原町	25014	14.2	0^01:58	6.047	33.512	22606
15	静岡 92	島田市	74914	21.9	0^03:02	2.970	16.860	12450
15	静岡 92	藤枝市	122374	27.2	0^03:47	2.069	11.919	3346
15	静岡 92	!岡部町	13663	33.0	0^04:35	1.510	8.822	69
30	静岡 92	榛原町	25014	14.2	0^01:58	6.047	33.512	22606
30	静岡 92	吉田町	25820	18.9	0^02:37	3.774	21.237	10892
30	静岡 92	大井川町	22806	23.6	0^03:17	2.616	14.922	2076
30	静岡 92	藤枝市	122374	27.2	0^03:47	2.069	11.919	3346
30	静岡 92	焼津市	114385	30.0	0^04:10	1.768	10.256	1355
30	静岡 92	!岡部町	13663	33.0	0^04:35	1.510	8.822	69
30	静岡 92	"静岡市	471168	44.2	0^06:08	.931	5.578	174
30	静岡 92	#清水市	241440	52.3	0^07:16	.703	4.285	20
30	静岡 92	\$富士市	225787	75.7	0^10:31	.375	2.390	1
45	静岡 92	相良町	27132	7.2	0^01:00	18.307	98.703	27125
45	静岡 92	大井川町	22806	23.6	0^03:17	2.616	14.922	2076
45	静岡 92	焼津市	114385	30.0	0^04:10	1.768	10.256	1355
45	静岡 92	#清水市	241440	52.3	0^07:16	.703	4.285	20
45	静岡 92	\$富士市	225787	75.7	0^10:31	.375	2.390	1
105	静岡 92	御前崎町	11653	5.7	0^00:47	27.454	146.907	11653
120	静岡 92	御前崎町	11653	5.7	0^00:47	27.454	146.907	11653
270	静岡 92	福田町	19020	24.4	0^03:23	2.481	14.181	1329
270	静岡 92	竜洋町	18579	30.3	0^04:13	1.735	10.071	199
270	静岡 92	"浜松市	545863	40.0	0^05:33	1.098	6.520	494
270	静岡 92	"雄踏町	13873	47.2	0^06:34	.833	5.027	3
270	静岡 92	"舞阪町	11617	50.2	0^06:59	.752	4.566	1
270	静岡 92	#新井町	16909	54.8	0^07:36	.651	3.986	1
270	静岡 92	#湖西市	42449	56.5	0^07:51	.616	3.789	2
270	愛知 92	\$豊橋市	338278	71.0	0^09:52	.419	2.645	2
285	静岡 92	大東町	20118	9.2	0^01:16	12.357	67.197	20074
285	静岡 92	大須賀町	12401	15.6	0^02:10	5.180	28.845	9950
285	静岡 92	浅羽町	16580	21.2	0^02:57	3.126	17.708	3450
285	静岡 92	福田町	19020	24.4	0^03:23	2.481	14.181	1329
285	静岡 92	磐田市	84069	28.3	0^03:56	1.947	11.245	1665
285	静岡 92	竜洋町	18579	30.3	0^04:13	1.735	10.071	199
285	静岡 92	!豊田町	25734	31.7	0^04:24	1.611	9.382	185
285	静岡 92	!浜北市	82320	37.6	0^05:13	1.217	7.188	130
285	静岡 92	"浜松市	545863	40.0	0^05:33	1.098	6.520	494
285	静岡 92	"雄踏町	13873	47.2	0^06:34	.833	5.027	3
285	静岡 92	"引佐町	15405	48.7	0^06:46	.792	4.791	2
285	静岡 92	"細江町	20182	49.3	0^06:51	.775	4.696	3
285	静岡 92	"舞阪町	11617	50.2	0^06:59	.752	4.566	1



285	静岡 92	#新井町	16909	54.8	0^07:36	.651	3.986	1
285	静岡 92	#湖西市	42449	56.5	0^07:51	.616	3.789	2
285	静岡 92	#三ヶ日町	16353	57.2	0^07:57	.604	3.721	1
285	愛知 92	\$豊橋市	338278	71.0	0^09:52	.419	2.645	2
300	静岡 92	浜岡町	22502	2.8	0^00:23	88.263465.288	22502	
300	静岡 92	大東町	20118	9.2	0^01:16	12.357	67.197	20074
300	静岡 92	大須賀町	12401	15.6	0^02:10	5.180	28.845	9950
300	静岡 92	浅羽町	16580	21.2	0^02:57	3.126	17.708	3450
300	静岡 92	袋井市	54485	24.2	0^03:22	2.513	14.355	4058
300	静岡 92	磐田市	84069	28.3	0^03:56	1.947	11.245	1665
300	静岡 92	!豊田町	25734	31.7	0^04:24	1.611	9.382	185
300	静岡 92	!豊岡村	11725	36.9	0^05:08	1.253	7.393	22
300	静岡 92	!浜北市	82320	37.6	0^05:13	1.217	7.188	130
300	静岡 92	"天竜市	24506	40.5	0^05:37	1.077	6.405	20
300	静岡 92	"引佐町	15405	48.7	0^06:46	.792	4.791	2
300	静岡 92	"細江町	20182	49.3	0^06:51	.775	4.696	3
300	静岡 92	#三ヶ日町	16353	57.2	0^07:57	.604	3.721	1
315	静岡 92	小笠町	14262	8.9	0^01:14	13.026	70.749	14238
315	静岡 92	掛川市	74434	19.9	0^02:46	3.458	19.521	23261
315	静岡 92	森町	21435	30.0	0^04:10	1.761	10.217	249
315	静岡 92	!豊岡村	11725	36.9	0^05:08	1.253	7.393	22
315	静岡 92	"天竜市	24506	40.5	0^05:37	1.077	6.405	20
330	静岡 92	小笠町	14262	8.9	0^01:14	13.026	70.749	14238
330	静岡 92	菊川町	29849	15.4	0^02:08	5.283	29.401	24439
330	静岡 92	掛川市	74434	19.9	0^02:46	3.458	19.521	23261
330	静岡 92	森町	21435	30.0	0^04:10	1.761	10.217	249
330	静岡 92	"春野町	7407	44.4	0^06:10	.923	5.537	3
345	静岡 92	菊川町	29849	15.4	0^02:08	5.283	29.401	24439
345	静岡 92	金谷町	22278	21.9	0^03:02	2.963	16.818	3660
345	静岡 92	!川根町	7325	35.4	0^04:55	1.343	7.893	20
345	静岡 92	"中川根町	7247	46.2	0^06:25	.866	5.210	2

## B . 急性死者と晩発性ガン死者の発生数について都道府県別、風向別に一覧表を作る (NUCSUM . EXE )

ACUSUMと同様、AJAC-Kmが出力した24個の表から急性死者と晩発性死者の発生数を、都道府県別、風向別に一覧表として出力するプログラムが「NUCSUM. EXE」であり、そのフローチャートをFigure 8に示す。データは、一例をTable 12に示すように、64行×25列という巨大な表を含んでいるが、この表はEXCELなど表計算ソフトで読み込むことができるように工夫されている。そのため、表計算ソフトを使うことができれば、「原発事故…その時あなたは」の図②に示されたような、風向別のガン死者のレーダーチャートを描いたりすることができる。

Figure 8 Flow-Chart of NUCSUM.EXE

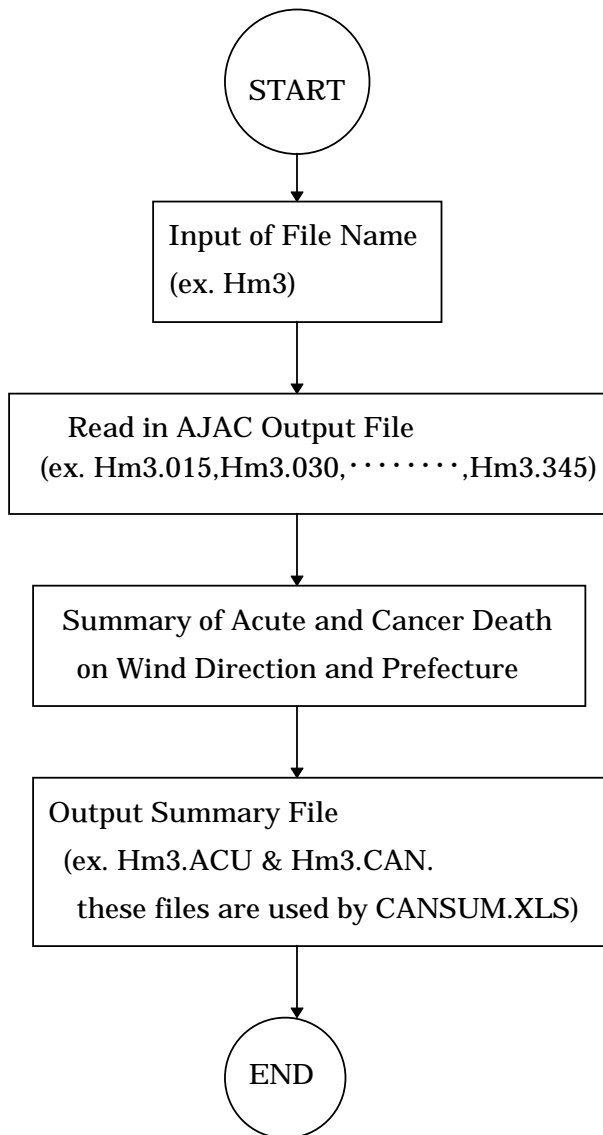


Table 12 NUCSUM の出力の例

Hm3.CAN

事故原発= 浜岡3 (BWR) 1100.0 Mile ( 緯度 34.6211、 経度 138.1438 )

計算モデル b2d25y 炉出力/MWe= 1000.0 実効面積 /m2= 2000.0  
 事故型= BWR-2 放出時刻/h= 30.0 放出継続時間/h= 3.0  
 放出高/m= .0 大気安定度= 0 雲の広がり角度= 27.47  
 風速(m/s)= 2.0 遮蔽係数= 1.0000 避難日= 1825.0  
 風向/度= 345.0 ( 終量の単位はシーベルト )  
 急性影響: 短期総量 4.0 Sv で 50、 6.0 Sv で 90.0 急性死  
 ガン死総量= 2.5 Sv

ガン死者のまとめ

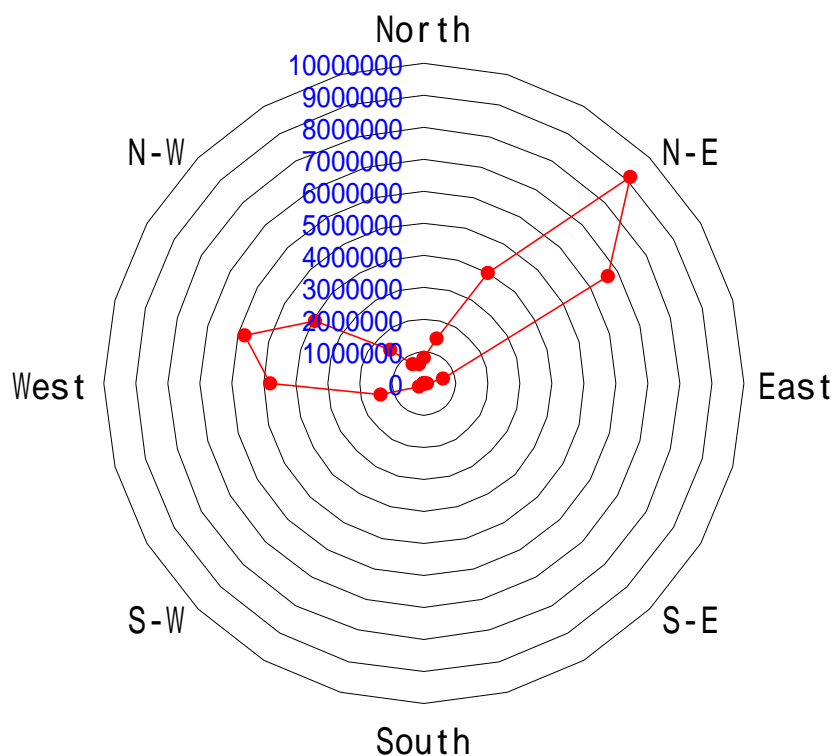
都道府県市、 南、 、 、 、 南西、 、 、 、 西、 、 、 、 北西、 、 、 、 北、 、 、 、 北東、 、 、 、 東、 、 、 、 南東、 、 、 、

	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345
北海道 92	2427	32474	22071	486	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
札幌市 92	0	15410	12589	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
青森 92	275	27594	25395	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岩手 92	0	24765	37011	5062	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
秋田 92	0	33669	29211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宮城 92	0	2713	53250	35216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
仙台市 92	0	0	38928	21374	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山形 92	0	57266	56701	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
福島 92	0	24774	141314	98690	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新潟 92	165486	193633	8089	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6709
栃木 92	0	918	251281	238826	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茨城 92	0	0	67461	364925	222833	4415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
群馬 92	4937	290906	342156	31310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
千葉 92	0	0	0	591594	842845	263586	5750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
千葉市 92	0	0	0	113715	151213	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
埼玉 92	0	39129	817344	1263081	270042	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
埼玉市 92	0	0	0	308307	2768993	2103398	5182	5345	4921	2859	1605	1547	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
神奈川 92	0	0	7311	1034797	1244207	158347	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
横浜市 92	0	0	0	875666	935886	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
川崎市 92	0	0	0	300853	300853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山梨 92	33163	318344	312165	7723	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
長野 92	448415	128258	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1662	88075	323490
静岡 92	99488	197494	1429226	1219862	522081	156700	72012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	666281	923983	344318	117396	98595	43152	
愛知 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5131	493966	1857910	1718285	514671	11969	204	
名古屋 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	698720	895963	0	0	0	0	
岐阜 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28919	518458	555717	134073	30275	
富山 92	6905	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134848	152895
石川 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110299	142087	28505	
福井 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12723	96833	102612	5337	0	
滋賀 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119805	250647	117668	0	0	0	0	
三重 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30803	193371	355618	348429	73182	0	0	0	
京都 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129312	168903	25464	0	0	0	0	
京都市 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	230515	230515	0	0	0	0	0
奈良 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1150	113899	239376	80053	0	0	0	0	
大阪 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	333293	884702	433892	0	0	0	0	
大阪市 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360101	143882	0	0	0	0	0
和歌山 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37313	124518	89079	0	0	0	0	0	0	
兵庫 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15481	415770	385997	11162	0	0	0	0	
神戸市 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167394	73881	0	0	0	0	0	
鳥取 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22044	35761	1090	0	0	0	0	
岡山 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11435	117161	32125	0	0	0	0	
島根 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	447	28751	27628	1134	0	0	0	
広島 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61300	74695	5336	0	0	0	0	
広島市 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37563	37563	0	0	0	0	0	
山口 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39931	40311	0	0	0	0	0	
香川 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64720	64720	0	0	0	0	0	
徳島 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1907	64350	61118	0	0	0	0	0	
高知 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12215	39087	1037	0	0	0	0	0	
愛媛 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4458	60199	51656	0	0	0	0	0	
福岡 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48860	46185	0	0	0	0	0	
福岡市 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21724	21724	0	0	0	0	0	
北九州 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21132	21132	0	0	0	0	0	
佐賀 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14701	14497	0	0	0	0	0	
長崎 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1230	22944	8426	0	0	0	0	
熊本 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24592	33342	0	0	0	0	0	
大分 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4590	29976	9399	0	0	0	0	
宮崎 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23391	23391	0	0	0	0	0	
鹿児島 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1660	26150	24019	0	0	0	0	0	
沖縄 92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4737	4726	0	0	0	0	0	0	
合計	761096	1387347	3959810	9041773	6593058	588230	83107	4921	2859	1605	1547	21	0	0	11	6397	172525	1404814	4772338	5739304	3803557	1402357	614984	585230

## レーダーチャートを作成するアプリケーション (CANSUM.XLS)

NUCSUM.EXE の出力ファイルを用いて、風向別ガン死者の発生数のレーダーチャートを描くためにMS-EXCEL用に作られたのが、CANSUM.XLS である。瀬尾さんが作成したプログラムは、この CANSUM.XLS 以外は、すべて MS-DOS 上で動く。ただし、この CANSUM.XLS だけは、Windows アプリケーションであり、Windows が起動できないパソコンでは、取り扱えない。ユーザーがどのようなアプリケーションを作ってもよいが、これは単なる一例であり、その結果を Figure 9 に示す。

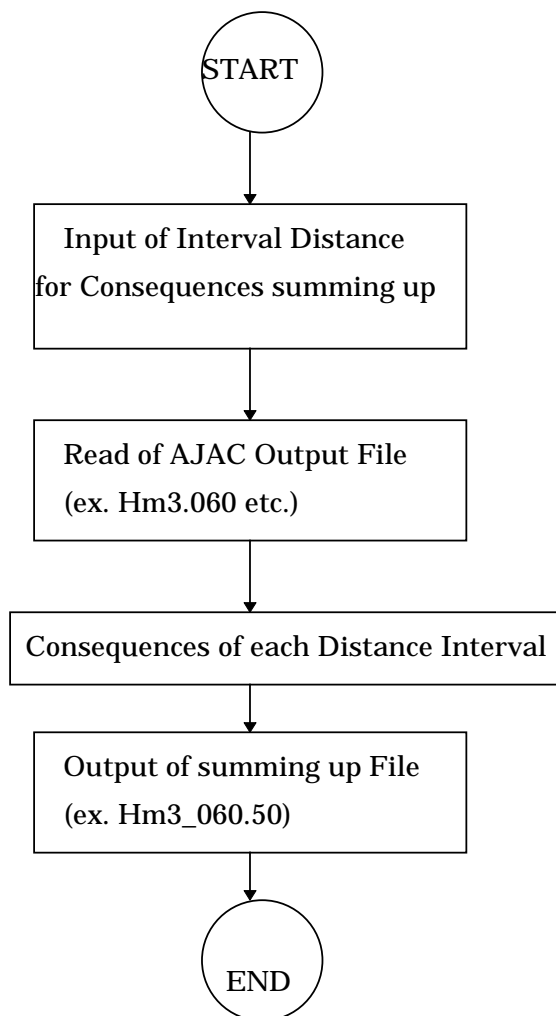
Figure9 The example of the radar chart drawn by CANSUM.XLS.  
(Hm3-CAN.XLS)



### C . 風向別ガン死者の鳥瞰図を描く ( DMAP . BAT )

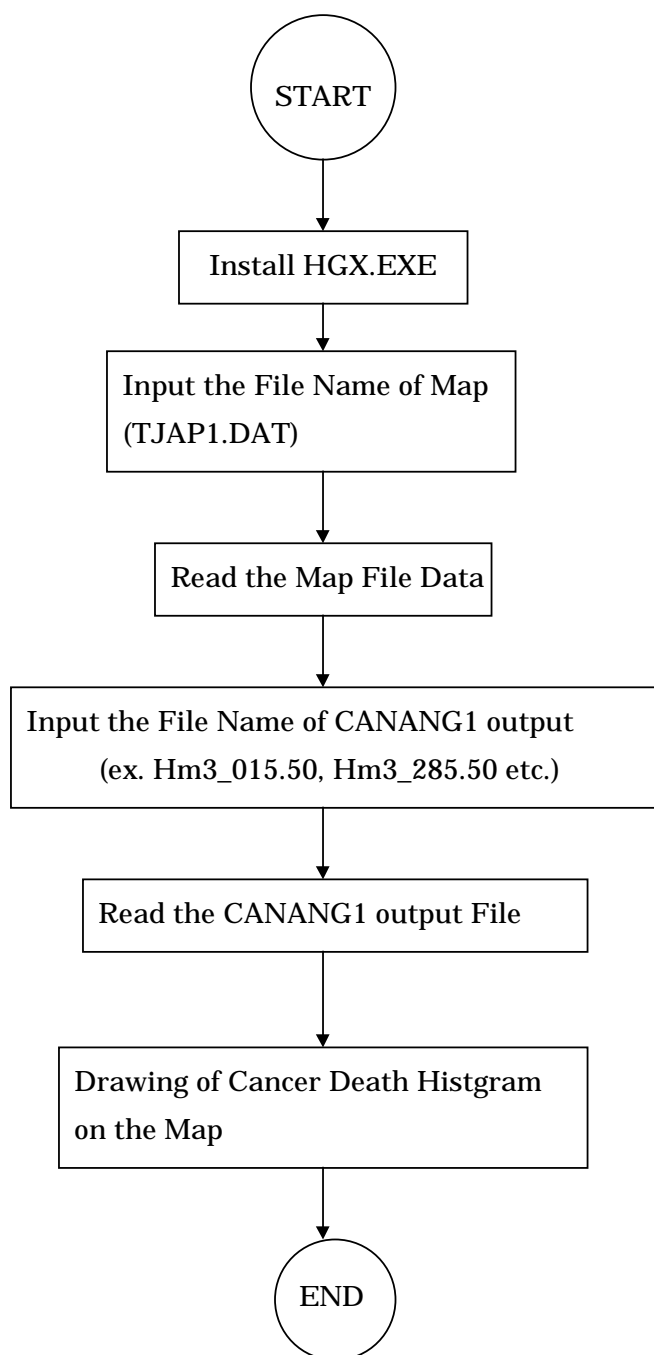
「原発事故…その時あなたは」の図②に示された、日本列島の鳥瞰図の上にガン死者の発生数を立体的に表示するためのプログラムが DMAP1.EXE である。ただし、このプログラムを動かすためには、あらかじめ、CANANG1.EXE を動かして、AJAC-km が出力したファイルから DMAP1.EXE 用の入力ファイルを準備する必要がある。CANANG1.EXE のフローチャートを Figure 10 に示す。

Figure 10 Flow-chart of CANANG1.EXE



また、DMAP1.EXE はグラフィックサポートソフトであるHG Xをあらかじめ組み込んでおかないと動作しない。そのため、DMAP1.EXE を直接起動してはならず、DMAP.BAT を起動して、まずHG Xを組み込んだ上で、DMAP1.EXE を動かす。DMAP.BAT のフローチャートを Figure 11 に示す。

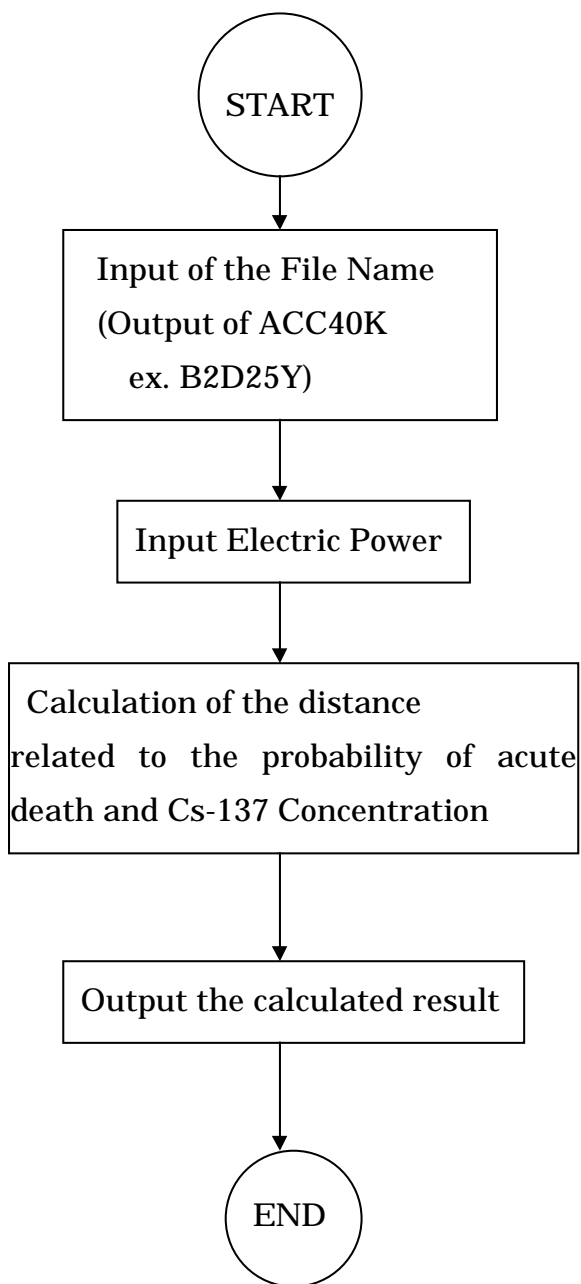
Figure 11 Flowchart of DMAP.BAT



D . 特定の急性死確率と地表汚染密度を与える距離を示す

( D - E V A L . E X E )

Figure 12 Flowchart of D-EVAL.EXE



「D-EVAL. EXE」は、事故タイプと原子力発電所の出力を与えることにより、特定の急性死確率（5%、10%、50% and 99%）について風下距離を計算する。この時、「D-EVAL. EXE」は ACC40k の出力ファイル(\*.A40)を参照する。また、セシウム 137 の汚染面密度が特定の値(1, 5, 10, 15 and 40 Ci/km<sup>2</sup>)になる風下距離を計算する。この時、ACC40k の出力ファイル(\*.C40)を参照するが、その中にはセシウム 137 についての計算結果が含まれていなければならない。すなわち、ACC40K を動かすときに、打ち出す核種として、セシウム 137 だ

けは選択しておく必要がある。D-EVAL.EXE のフローチャートを Figure 12 に、出力の例を Table 13 に示す。

Table 13 D-EVAL.EXE の出力の例

```
-----  
Electric Power [MWe] 1100  
Acute Death  
Death Probability [%] 99 90 50 10 5  
Whole Body Dose [Sv] 9.339 6.000 4.000 2.667 2.324  
Distance [km] 10.86 14.23 18.22 23.33 25.38  
Cs-137 Concentration  
Density [Ci/km2] 40 15 10 5 1  
Density [Bq/m2] 1480000.0 555000.0 370000.0 185000.0 37000.0  
Distance [km] 153.10 278.66 352.67 515.18 1096.22  
-----
```

## . おわりに

本報告は、瀬尾健さんが生前に作成した、原発事故災害評価用の計算コードを多くの人に利用してもらえるようにすることを目的に書かれた。瀬尾さん自身が書いた使用説明書は、この後の Appendix として一部、添付するが、その他の部分は小出の責任で書いたものである。コードについての理解が足りない部分なども未だに残っており、十分な解説にシえたとは思わないし、ひょっとすると記述の誤りもあるのではないかと思う。その点は、ひとえに小出の責任であり、誤りなどご指摘いただければありがたい。

また、本文中にも書いたように、AJAC で利用する日本全国の市町村データは、京大工学部原子核工学科の河野益近氏の労作であり、改めて、感謝します。

なお、この一連のプログラムは、NEC 社製の PC-9800 系の計算機用にコンパイルされており、現在のところ、他社製の計算機での動作は確認していない。DOS/V 機用にコンパイルするあるいは、その他の言語に移植するなどして下さる方がいれば、おそらく瀬尾さんも喜ぶと思うので、ご連絡下さい。

大阪府泉南郡熊取町  
京都大学 原子炉実験所  
小出 裕章  
Tel: 0724-51-2458 (dial-in)  
Fax: 0724-52-8193  
e-mail: [koide@rri.kyoto-u.ac.jp](mailto:koide@rri.kyoto-u.ac.jp)



## APPENDIX

今回配布するディスクには、瀬尾さんが残してたくさんのプログラムのうち、約80のファイルが含まれています。ただ、その内の多くのファイルは、ユーザーが実行させたプログラムが自動的に呼び出して利用するようになっています。ユーザーが、MS-DOSのプロンプト（例えば、「A:¥>」のようなマーク）から入力しなければならないのは、以下の7つのプログラムの名前です。

1. 原子力発電所事故の標準計算を行う。-----ACC40k
2. 標準計算の結果を日本各地の原子力発電所に適用する-----AJAC-km
3. 急性死者の一覧表を作る-----ACUSUM
4. 急性死者と晩発性ガン死者の風向別、県別の一覧表を作る-----NUCSUM-k
5. 風向別ガン死者の鳥瞰図を作る準備-----CANANG1
6. 日本列島上に風向別ガン死者の鳥瞰図を描く-----DMAP. bat
7. 急性死発生確率、セシウム-137 汚染密度の距離との関係表を作る-----D-EVAL

ACC40k と AJAC-km の操作については、このディスクと同時に配布した「(Source Text and Manual)」と書かれたディスクの中の、「ACC40k. jxw」、「AJAC. jxw」（それぞれ、「一太郎」の文書ですが、ASCII 形式のプレーンテキストですので、単純なエディタでも読むことができます）を参照して下さい。その他のプログラムについては、原子力安全ゼミの場で配布するレジメを参照して下さい。

また、CANSUM.XLS は MS-EXCEL で動きますので、Windows 上から、EXCEL を立ち上げた上で、利用して下さい。

なお、配布したプログラムをハードディスクに移す場合には、適当な名前（例えば、ACCIDENT とか SEO とか）のサブディレクトリを作り、その中に全部を移して下さい。そして、プログラムを動かす前に、まずそのサブディレクトリに移った上で、上記のプログラム名を入力して下さい。

では、成功を祈ります。

## << ACCDNT40 >> の使用法

19.11.1992, 瀬尾 健

### 概要

計算コード“ACC40”は、原子炉の重大事故による影響を WASH-1400 草案の手法に従って計算するもので、旧版“ACCIDNT3”、“ACCDNT31”、“ACCDNT32”の改訂版である。

“ACCIDNT3”から“ACCDNT31”への改訂点

- ① FBR の事故にも対応できるように、Pu の放出率を別に設定するようにした。

② 地面からの線量換算係数を筆者独自の計算結果で置き換えた。以前はアメリカ物理学会の勧告に従って WASH-1400 DRAFT に与えられているものを2倍して用いていたが、今回の改訂値はこれの 50-70% 程度となった。実測値から見て屋外での線量評価には、遮蔽係数を1とするのがよいと思われる（以前は 0.5 を推奨した）。

さらに、Te-132 に関する係数には娘核の I-132 のものを加えた。

③ 肺吸入の線量換算係数を ICRP77 の値で置き換えた。（但し、プルトニウムについてはゴフマンを援用したため ICRP77 より1桁大きい）

④ 新単位、ベクレルとシーベルトを採用した。

“ACCDNT31” から “ACCDNT32” への改訂点

① パラメータの入力を一画面だけでできるようにした。これによって煩わしかったパラメータ入力作業が大幅に楽になった。

② 高さ方向の広がり  $\sigma_z$  は、従来の簡単な式を用いるのをやめて、日本の「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針について」に従い、数表から読み取った数値に内挿法を適用することにした。

③ 放射能雲からの線量換算係数を抜本的に改善した。従来のサブマージョン近似では、雲のセンターラインとの距離が  $\sigma_z$  より大きくなると、全く信頼できない結果を与えた。つまり、放出高さが0より大きい場合、放出点近傍では何十桁も小さな値となった。今回の改良では、適当な関数で近似をするようにしたため、飛躍的によい結果が得られるようになったが、かわりに計算時間が大幅に伸びることになった。

“ACCDNT32” から “ACC40” への改訂点

① 出力ファイルの拡張子を “. \*32” から “. \*40” に変えた。

② 急性障害を考慮に入れるために、短期線量のカテゴリを追加した。短期線量としては、最初の7日間の線量と引き続く23日間の線量の半分を加えたものとする。

③ 短期線量については、体内被曝の換算係数として当面利用できるものが無いので、次のようにして換算係数を割だした。WASH-1400 (Final) に骨髄線量についての、7日、30日、50年についての換算係数が与えられているので、ICRP77 の全身線量換算係数（50年）にこれらの比をかける。Pu については WASH-1400 (Final) の肺線量換算係数の各期間についての比を、ICRP77 の全身線量換算係数（50年）に Gofman 修正を加えたものにかける。Pm-147、149 については、WASH-1400 (Final) に値が無いので、Nd-147 の比を援用した。

④ 出力ファイル “. \*A40” を一つ追加した。これは別のプログラム、“AJAC” の入力データとして用いるものである。

⑤ パラメータ入力画面の応答速度を大幅に上げた。

⑥ 計算の進行状況がわかるように画面を改良した。

計算の手続きは、まず PWR の事故を 9 種、BWR の事故を 6 種（RSS-Final に基づき、現在は 5 種類：小出）、FBR の事故（今のところは 1 種だけ）考え、それぞれの事故について、原子炉停止から放射能の環境放出までの時間と、放出継続時間を仮定し、さらに 4 5 種の放射能の環境放出割合を仮定する。環境に出た放射能は風に運ばれるが、風下距離  $x$  に対する放射能雲の広がりには横方向はくさび型、高さ方向は  $\sigma_z$  のガウス型とし、広がりの量は大気安定度 A - F それぞれについて標準的な値を採用し、これを放出継続時間に応じて修正したものを使用する。放射性核種の中には娘核も放射性の場合があるがこれの寄与は重要なものだけ部分的に（Te-132 の地面からの線量換算係数に、I-132 のものを加えた）考慮する。放射能の地面沈着は希ガス、無機沃素、その他の粒子の 3 種に分けて沈着速度を仮定する。肺への吸入は平均の呼吸速度 1 つを仮定する。大気中の放射能は原子核崩壊と地面沈着のみによって減衰すると仮定する。

風下距離 3 5 点に対して被曝量を計算するが、その経路は次の 3 種である。

1. 大気中の放射能からの体外被曝、
2. 地面に沈着した放射能からの体外被曝、
3. 吸入した放射能からの体内被曝。

これらの被曝量は 4 5 の放射能に対してそれぞれ被曝量換算係数を仮定して行う。

上記の計算に必要なパラメーターの値はすべて“ACC40.DAT”という名のファイルに用意されている。この内容は Appendix（一太郎ファイル ACCX）に示してある（これについては、すでに本レジメの本文に移して、記述してある）。

計算結果は次の 7 つのファイルとして出力される。

1. “\*\*\*\*\*.O40” : Source term
2. “\*\*\*\*\*.S40” : Short summary
3. “\*\*\*\*\*.C40” : Concentrations
4. “\*\*\*\*\*.E40” : External exposures and population doses
5. “\*\*\*\*\*.I40” : Internal exposures
6. “\*\*\*\*\*.M40” : Source data for “JAC40.MP3” (Multiplan)  
(現在のバージョンでは “\*\*\*\*\*.J40” となっている。1995/7/7 小出)
7. “\*\*\*\*\*.A40” : Source data for “AJAC.EXE”

## ●計算方法の設定変更

計算上必要なデータや細かなパラメータは ACC40.DAT という名のファイルに与えられているが、これを予め変更することによって計算条件を変えることができる。例えば面倒な近似式による線量換算係数の計算は時間がかかりすぎるので、これをやめてサブマージョンモデルで計算したい場合は、ACC40.DAT の 1 3 5 行目

```
A                               A=Approximation, S=Submersion
```

の最初の文字 “A” を “S” に書き換える。（注意：このようにこのファイルの内容を書き換える場合は、各数値や文字の位置（頭の位置）が変わらないように注意すること。

計算をサブマージョンモデルに変えても、放出高さがゼロで距離が 1 キロ以遠ではあまり結果は変わらない。

その他、例えば入力パラメータに間違いが合った場合に画面に出るメッセージの提示時間は、1 3 3 行目

```
3                               PAUSE TIME
```

に 3 秒と与えられている。この 3 を 2 に書き換えれば、メッセージ提示時間は 2 秒に短縮される。

## ●プログラムの起動と計算の実行

まずコンピュータを起動する際のシステムディスクットに “CONFIG.SYS” があるかどうかを確認する。ある場合はその内容を見て FILES が 20 以上に設定されているか調べる。もしなっていないければ、例えば次の例のように設定する。

```
FILES=20  
BUFFERS=15  
DEVICE=PRINT.SYS
```

もし “CONFIG.SYS” そのものがなければ、やはり上記のように新しく作ればよい。こうしてコンピュータ起動時に初期設定を自動的にしておくことと便利である。ユーザーに供給される “ACC40.EXE” と “ACC40.DAT” が入っているディスクットには、“CONFIG.SYS” と “PRINT.SYS” が既に組み込まれている。

このディスクをドライブ A : に、また必要ならばドライブ B : に計算結果を書き込むユーザーディスクを挿入する。

MS-DOS のプロンプト A> のうしろに

A>ACC40

を入力すると、プログラムが起動して次の画面が現れる。

### ACC40、パラメータを設定して下さい

<p>電気出力 (MWe): 1000.0</p> <p>事故の分類 : PWR2</p> <p>大気安定度:           D</p> <p>風速 (m/秒):           1.0</p> <p>放出高さ (m):           .0</p> <p>滞在期間 (日):         7.0</p> <p>地面遮蔽係数:         1.0000</p>	<p>出力したい核種 (A/N): N</p> <table border="1"> <tr> <td>KR-85</td> <td>RU-105</td> <td>XE-135</td> </tr> <tr> <td>KR-85*</td> <td>RU-106</td> <td>CS-134</td> </tr> <tr> <td>KR-87</td> <td>RH-105</td> <td>CS-136</td> </tr> <tr> <td>KR-88</td> <td>TE-129</td> <td>CS-137</td> </tr> <tr> <td>SR-89</td> <td>TE-129*</td> <td>BA-140</td> </tr> <tr> <td>SR-90</td> <td>TE-131*</td> <td>LA-140</td> </tr> <tr> <td>SR-91</td> <td>TE-132</td> <td>CE-141</td> </tr> <tr> <td>Y-90</td> <td>I-131</td> <td>CE-143</td> </tr> <tr> <td>Y-91</td> <td>MI-131</td> <td>CE-144</td> </tr> <tr> <td>ZR-95</td> <td>I-132</td> <td>PR-143</td> </tr> <tr> <td>ZR-97</td> <td>I-133</td> <td>ND-147</td> </tr> <tr> <td>NB-95</td> <td>I-134</td> <td>PM-147</td> </tr> <tr> <td>MO-99</td> <td>I-135</td> <td>PM-149</td> </tr> <tr> <td>TC-99*</td> <td>MI-135</td> <td>PU-238</td> </tr> <tr> <td>RU-103</td> <td>XE-133</td> <td>PU-239</td> </tr> </table>	KR-85	RU-105	XE-135	KR-85*	RU-106	CS-134	KR-87	RH-105	CS-136	KR-88	TE-129	CS-137	SR-89	TE-129*	BA-140	SR-90	TE-131*	LA-140	SR-91	TE-132	CE-141	Y-90	I-131	CE-143	Y-91	MI-131	CE-144	ZR-95	I-132	PR-143	ZR-97	I-133	ND-147	NB-95	I-134	PM-147	MO-99	I-135	PM-149	TC-99*	MI-135	PU-238	RU-103	XE-133	PU-239	<p>^Q: 計算終了</p> <p>ESC: 設定終了</p> <p>CR: 設定</p> <p>          : 移動           (設定)</p> <p>HOME: 面移動</p> <p>SHFT+   : ジャンプ</p>
KR-85	RU-105	XE-135																																													
KR-85*	RU-106	CS-134																																													
KR-87	RH-105	CS-136																																													
KR-88	TE-129	CS-137																																													
SR-89	TE-129*	BA-140																																													
SR-90	TE-131*	LA-140																																													
SR-91	TE-132	CE-141																																													
Y-90	I-131	CE-143																																													
Y-91	MI-131	CE-144																																													
ZR-95	I-132	PR-143																																													
ZR-97	I-133	ND-147																																													
NB-95	I-134	PM-147																																													
MO-99	I-135	PM-149																																													
TC-99*	MI-135	PU-238																																													
RU-103	XE-133	PU-239																																													

上記左右の枠をそれぞれ面と呼ぶことにする。左面でパラメータの設定をする。右面は計算結果を出力する核種を個別に指定する欄で、カーソルマークを所定の項目に移動した後、CR キーで設定あるいは設定解除をする。右面の最上段はこれらの設定を一括して行うところで、A を入力すると全核種の出力を設定、N を入力すると全核種の設定解除を一挙に行うことができる。

^Q: CTRL キーを押しながら Q を押す。これによって計算を終了する。

ESC: パラメータの設定を終り、次の段階に移る。

CR: 左面では各パラメータの設定、右面では核種の設定あるいは設定解除をする。

←→↑↓: カーソルマークの移動。

HOME: 左右の面間でカーソルマークを移動する。

SHIFT+↑↓: 右面において最上段と各核種欄の間でカーソルマークをジャンプする。

設定を完了して ESC キーを押すと、画面下に次のメッセージ

上の設定を訂正したいときは、改行キーだけを押して下さい

出力ファイルの名前（半角 8 文字以内） → A:\*\*\*\*\*

が現れるので、全体で半角 8 文字以内になるように名前を考えて入力する。もし上の設定を再度変更したければ、何も入力しないで CR キーだけを押せばパラメータ設定画面に戻れる。

ここではファイル名として、事故タイプが PWR 2、大気安定度 D、風速 1 m/s、滞在 7 日と仮定して、P2D17D と名付けてみた。計算結果をドライブ B に出力する場合は

B:P2D17D

と入力する。出力するのがカレントドライブの場合はドライブ名を省いてもよい。

このあと計算が始まる。このとき画面に計算の進行状況が表示される。最後に計算結果を出力して、計算の終了はベルで知らせるようにしてある。

計算結果として P2D17D.040, P2D17D.S40, P2D17D.C40, P2D17D.E40, P2D17D.I40, P2D17D.M40, P2D17D.A40 の計 7 つのファイルが生成され、画面は最初の状態に戻って次の計算の入力待ちになる。

これら 7 つのファイルはアスキー仕様で書かれているので、適当なエディターを用いて、直接画面上でみることやプリンターに出力することができる。MS-DOS のコマンドを用いる最も簡単な方法は例えば

A>TYPE P2D17D.S40・	画面出力
A>TYPE P2D17D.S40 >PRN・	プリンター出力

とする。

## ●出力ファイルの内容

1.<\*\*\*\*\*.040>: Source term

CORRECTED Q:	放出時間と放出継続時間の補正をした放射エネルギー
REL. FRACTION:	放出割合
RELEASED Q:	放出量（上の 2 つを掛け合わせたもの）

2.<\*\*\*\*.S40>: Short summary

GROUND CONC. (Bq/m <sup>2</sup> ):	地面汚染濃度
GROUND DOSE (Sv/h):	地面汚染による地表1メートルでの線量
GROUND DOSE (Sv):	地面汚染による地表1メートルでの積算線量
CLOUD DOSE (Sv) :	放射能雲からの積算線量
WBD COM INTERNAL (Sv):	体内全身預託線量当量 (50年)
TOTAL WBD COM (Sv)	CLOUD DOSE+GROUND DOSE+体内全身預託線量当量

3.<\*\*\*\*.C40>: Concentrations

PLUME RISE (m):	放射能雲の上昇量
SIGMA-Z (m):	放射能雲の垂直方向の広がり
SOURCE(Q) (Bq):	放射能雲内の放射能量
CLOUD CONC. AT SURFACE (Bq*s/m <sup>3</sup> ):	地表での空气中放射能濃度
GROUND CONC. (Bq/M <sup>2</sup> ):	地面汚染濃度
TOTAL WBD COM (Sv):	CLOUD DOSE+GROUND DOSE+体内全身預託線量当量

4.<\*\*\*\*.E40>: External exposures and population doses

FROM GROUND (Sv/h):	地面汚染による地表1メートルでの線量
FROM CLOUD (Sv):	放射能雲からの積算線量
POPULATION DOSE FOR 1 man/km <sup>2</sup> :	人口密度 (1 person/km <sup>2</sup> ) にたいする集団線量
LUNG(30d) (L*Sv):	30日分の肺被曝 (要改訂)
THYR(50y) (T*Sv):	50年分の甲状腺被曝 (要改訂)
GI-T(50y) (GI*Sv):	50年分の胃腸被曝 (要改訂)
WBD COM (man*Sv)	体内外全身預託線量当量

5.<\*\*\*\*.I40>: Internal exposures

WHOLE BODY DOSE (Sv) (ST):	体内放射能からの全身短期線量
(COM):	体内放射能からの全身預託線量当量
LUNG DOSE (Sv) (30d):	30日分の肺被曝 (要改訂)
(50y):	50年分の肺被曝 (要改訂)
THYROID DOSE(Sv) (50y):	50年分の甲状腺被曝 (要改訂)
GI-TRACT DOSE(Sv) (50y):	50年分の胃腸被曝 (要改訂)

:

**A J A C . E X E の使用法**

21. 6. 1993, 瀬尾 健

本プログラムは原発事故の災害評価を、日本全国にわたって一度にやるためのものである。災害評価に関しては、表計算ソフトを用いる J A C 4 0 . M P 3 がもともと用意されているが、メモリーサイズの制限から一度にせいぜい一都道府県についてしかできなかった。これを補うために別途 F O R T R A N で書いたのがこのプログラムである。

使用手順を以下に説明する。

①まず DOS プロンプト、例えば A> の後ろに AJAC (今回の配布ものでは、AJAC-km : 小出) と入力する。するとつぎのメッセージがでる。

```
***** AJAC OPERATION *****
```

短期線量と急性死の関係についてのデータを入力  
して下さい。

(必ず小数点を付けて下さい)

+++ 50 % 急性死する線量 (Sv) は? (入力例: 4.0) -->

これに対して線量値を入力するが、もし入力例の数値でよいなら何も入力せず改行だけする。

②次に

+++ もう一つデータが要ります。ある線量とその線量での急性死%は?

(小数点必要。また2つの数値はコンマで区切って下さい)

(入力例: 6.0, 90.0) --->

というメッセージが出るので、適当な数値を2つ入力する。入力例のままでよければ改行だけする。

③次に

ガン線量 (1人のガン死者を発生させる線量) を入力して下さい。

(入力例: 2.5) --->

というメッセージが出るので、適当な数値を入力する。入力例のままでよければ改行だけ



する。

④次に

距離と線量に関するデータファイル名を入力して下さい。

(入力例： P2D25Y. A40 ) --->

というメッセージが出るので、あらかじめ ACC40. EXE で計算しておいた結果の \*\*\*. A40 というファイル名を省略せずに入力する。

⑤すると日本の原発の一覧が番号付きで表示され

事故を起こす原発の番号を入力して下さい。

(入力例：大飯1号の場合、6 ) --->

と入力を要求してくるので、目的の原発の番号を入力する。

⑥入力後、全国の市町村と原発との位置関係が計算される。これには若干の時間がかかる。計算が済むと

風向きを入力して下さい。(小数点必要)

(入力例：北西の風の場合、135.0 ) --->

と入力を要求してくるので、風向きの角度を入力する。南から北に吹いている風の角度を0度、それから右回りに角度をとる。

(AJAC-km では、省略)

⑦次に

計算結果を出力するためのファイル名を入力して下さい。

(ドライブ名(を付ける場合は)は2文字以内。)

(全体で半角10文字以内。例えば B:OHI. ANG など) --->

と入力を要求してくるので、適当なファイル名を入力する。ドライブ名を省いた場合はルートディレクトリに出力される。拡張子を省いた場合は、⑥で入力した角度が自動的に拡張子として付けられる。例えば、⑥で 75.0 と入力し、⑦で B:OHI と入力した場合は、

Bドライブに OHI.075 という名で出力される。同時に画面にも結果が表示される。

(AJAC-km では、上の例に沿っていえば、単に「B:OHI」とだけ、入力する。)

⑧計算⑦が終了すると⑥、⑦の入力要求が繰り返されるので、同じ事故タイプ、同じ原発について、いろんな風向について連続して計算ができる。この場合出力ファイル名の本体(拡張子を除いた部分)を前と同じにしたければ、⑥の入力要求に対して改行だけをする。

するとそれぞれの風向に対応する拡張子だけが変化して出力ファイルが作られる。

(AJAC-km では、この操作は不要。また、次の⑨も自動的にプログラムが終了するので不要。)

⑨計算を終了したい場合は、CTRL キーを押しながら C を押す。これはどの段階の入力要求に対しても可能である。

⑩計算結果の表は適当なエディターで見ることができる。この中で時刻というのは、放射能雲の到着する時間(記号 ^ は日を意味する)のことである。

## 「ACUSUM」の使用法

このプログラムは、AJAC-km が作る 24 の出力ファイルから、急性死者の出る市町村だけを選び出して、一つのファイルを作るものです。

① MSDOS のプロンプトから、「ACUSUM」と入力すると、プログラムが動き始めます。

②はじめに、

「Dir name for input ? → 」

と表示されて、AJAC-k が作成したファイルのあるパス(ドライブとディレクトリ)を聞いてきますので、フルパス(ドライブ名とディレクトリ名の両方。例えば、「B:¥DATA¥」など。最後の「¥」マークは必ずいれて下さい。)を入力します。

③次に、

「Dir name for output ? → 」として、作成したファイルの格納先のパスを聞いてきますので、上と同じように答えます。

④最後に、

「File name (bold only) ? → 」と表示されて、読み込むファイルの名前を聞いてきます。そこで、例えば、「HM4」、「OHI3」、「TRG2」など、AJAC-k で出力ファイル名として入力した名前を入力します。AJAC-km は同じ名前がつき、拡張子が、「.000」、「.015」

から「.330」、「.345」にいたる 24 個のファイルを作りますが、この場合、拡張子の入力  
はしてはいけません。

⑤入力操作は以上で終わりです。あとは、ACUSUM プログラムが仕事をし、結果を、例え  
ば、「HM3.SUM」、「OHI3.SUM」、「TRG2.SUM」のようなファイルに出力します。

⑥このあと、ACUSUM は、再度④に戻ってファイル名を聞いてきますので、別のファイル  
について同様の操作をしたい場合には、同様に操作します。これ以上の操作が実用無い場  
合には、CTRL キーと「C」キーを同時に押せば、プログラムは終了します。

⑦ACUSUM が出力するファイルは単純な ASCII テキストですので、MSDOS の「TYPE」コマ  
ンドで読むことができますし、簡単なエディタ（「(Source Text and Manual)」と書い  
たディスクには「SEEDIT」をいれてあります）が利用できれば、それで読むこともできま  
す。（たとえば、HM3.SUM を読みたい場合、MSDOS プロンプト、たとえば、「A:¥>」の後  
に、SEEDIT HM3.SUM と入力する。）

## 「NUCSUM - k」の使用法

このプログラムは AJAC-km の 24 個の出力ファイルから急性死者と、晩発性ガン死者の  
数を風向別、都道府県別に整理して一覧表を作ります。この表は、風向に関して 24 列、  
各都道府県と政令指定都市および全国合計に対して 60 行の巨大な表となりますが、各デー  
タはスペースで区切られており、例えば、「MS-EXCEL」、「三四郎」などの表計算ソフト  
で読み込むことができます。あとは、ユーザーの工夫次第で、好きなように利用して下さ  
い。

①MSDOS のプロンプトから、「NUCSUM-k」と入力すると、プログラムが動き始めます。

②あとの入力は「ACUSUM」とまったく同じです。

すなわち、はじめに、AJAC-km が作成したファイルのあるパス（ドライブとディレクト  
リ）を聞いてきますので、フルパス（ドライブ名とディレクトリ名の両方。例えば、  
「B:¥DATA¥」など。最後の「¥」マークは必ずいれて下さい。）を入力します。

③次に、作ったファイルの格納先のパスを聞いてきますので、上と同じように答えます。

④最後に、読み込むファイルの名前を聞いてきますので、例えば、「HM4」、「OHI3」、「TRG2」など、AJAC-km で出力ファイル名として入力した名前を入力します。AJAC-km は同じ名前がつき、拡張子が、「.000」、「.015」から「.330」、「.345」にいたる 24 個のファイルを作りますが、この場合、拡張子の入力はしてはいけません。

⑤入力操作は以上で終わりです。あとは、NUCSUM-k プログラムが仕事をし、結果を、例えば、「HM3.ACU」、「HM3.CAN」、「OHI3.ACU」、「OHI3.CAN」、「TRG2.ACU」、「TRG2.CAN」のようなファイルに出力します。

⑥このあと、NUCSUM は、再度④に戻ってファイル名を聞いてきますので、別のファイルについて同様の操作をしたい場合には、同様に操作します。これ以上の操作が実用無い場合には、CTRL キーと「C」キーを同時に押せば、プログラムは終了します。

⑦NUCSUM が出力するファイルは巨大ではありますが、単純な ASCII テキストですので、MSDOS の「TYPE」コマンドで読むことができます。また、簡単なエディタ（「(Source Text and Manual)」と書いたディスクには「SEEDIT」をいれてあります）が利用できれば、それで読むこともできます。ただ、いかんせん巨大すぎて、読みにくいと思います。やはり、表計算ソフトに取り込んで利用するのがいいでしょう。

## 「CANANG1」の使用法

このプログラムは AJAC-km の出力ファイルから DMAP1 が使うためのデータファイルを作るためのインターフェイスプログラムです。

①まず、MSDOS のプロンプトから「CANANG1」と入力してプログラムを起動します。

②すると、

「Step size of the distance/km (INT) ? 」と聞いてきます。DMAP1 プログラムは、日本列島の鳥瞰図の上にガン死者の発生数を棒の高さで表現しますが、その棒を何 km の区間毎に表示するかを聞いています。たとえば、50km を一つの区間として表示させたい場合には、「50」と入力します。

③次に、「Dir name for input ? 」と聞かれますので、今までと同じように、AJAC-k の出力ファイルがあるディレクトリをフルパスで指定します。

- ④その後、同じように、「Dir name for output ? 」と聞かれますので、やはり同じように、出力ファイルを格納したいディレクトリをフルパスで指定します。
- ⑤すると、「File name (with extension) ? 」と聞かれますので、DMAP1 を使って日本列島上に表示したいデータを含むファイルの名前を拡張子付きで指定します。この拡張子は、北向きを「0」として、15度おきに AJAC-km が計算して自動的に作成していますので、たとえば、北に向かう風の場合のデータを表示したければ「HM3.000」、南東向きに吹く風の場合を表示したければ、「HM3.135」というように指定します。
- ⑥すると、すぐに、②で指定した距離区間毎のガン死者数のデータが画面に表示され、⑤に戻ります。また、この時に、「HM3\_000.50」、「HM3\_135.50」というように、まず原発を指定する文字、次にアンダーバー（「\_」）、そしてピリオドのあとに、表示する区間の距離数を拡張子としてつけたファイルが出力されています。これ以上、新しくファイルを作る必要が無くなったら、CTRL+「C」を押せば、プログラムは終了して、MSDOS プロンプトに戻ります。
- ⑦以上の操作で CANANG1 が作ったファイルもまた、完全な ASCII テキストですので、MSDODOS の「TYPE」コマンド、あるいは簡単なエディタで読むことができます。

## D M A P 1 の使用法

このプログラムは日本列島上に、晩発性のガン死者数を棒の高さで示すためのプログラムです。

- ①まず、MSDOS のプロンプトから「DMAP」と入力して「DMAP.BAT」バッチファイルを開始させます。
- ②すると、DMAP.BAT プログラムは、まず、拡張グラフィックライブラリである「HG X」を組み込みます。
- ③次に、「File name of map data ? 」と聞いてきますが、これは、地図データを指定することを求めるメッセージで、現在は日本列島の地図データである「tjap1.dat」しか用意されていません。そのため、ここでは必ず「tjap1.dat」と入力します。

④続いて、「File name of cancer data ? 」と聞かれますが、これには、CANANG1 が作成したファイル名をフルパスで指定します。たとえば、浜岡 3 号炉についての計算結果が「HM3\_285.50」というファイル名で「B」ドライブの「¥DATA」ディレクトリにあるのであれば、「B:¥DATA¥HM3\_285.50」と入力します。

⑤次々と、④が繰り返されますが、もうこれ以上の棒をたてる必要がなければ、ファンクションキーの10番 (f・10) を押す、あるいは CTRL キーと一緒に「Z」キーを押せば、次のステップに移ります。

⑥ここまでの入力が済むと、DMAP1 は日本列島の鳥瞰図を書き、その上に指定したファイルに含まれる晩発性ガン死者の数を棒グラフとして3次元的に表示します。

⑦その後の操作は、地図を拡大したり縮小したり、鳥瞰する位置を指定したりします。操作を指示するキーと、実行される操作内容の関係は以下の通りです。

Up	ydisp+	地図が全体に上に動く
Down	ystep-	下
>	xdisp+	右
<	xdisp-	左
P	phid+	地図が右に回転する
p	phid-	左
T	thetad+	地図を見る視点を真上方向に移す
t	thetad-	水平
D	distance+	地表から遠ざける
d	distance-	に 近づ
E	amp*	地図を拡大する
e	amp/	縮小
H	expand(ch)	棒の高さを高くする
h	expand(ch)	低く
W	width(ch)	棒の幅を広くする
w	width(ch)	狭く
A	a_step()	拡大・縮小率の変更
a	a_step()	上と同じ
F	f_step()	地図の左右の回転角度のステップを変更
f	f_step()	上と同じ

S	s_step()	視点の真上<>水平の変化ステップを変更
s	s_step()	上と同じ
X	x_step()	地図の上下左右方向の移動幅を変更
x	x_step()	上と同じ
Y	y_step()	上と同じ
y	y_step()	上と同じ
C	copy(3)	画面をプリンタで印刷する

⑧すでに上に示したとおり、満足のいく図ができた時点で「C」キーを押せば、場面のハードコピーがプリンタに出力できます。

⑨プログラムは、いつもと同様 CTRL+「C」で終了します。