柏崎刈羽原発大事故時の災害評価

原子力資料情報室　高木　仁三郎

１９９２年　９月

要約：

国による原発の安全審査で想定される「重大事故」や「仮想事故」を超える大型事故が柏崎刈羽原発１号機で起こった場合の災害評価を行なった。事故の想定としてはアメリカのＷＡＳＨ－1400報告（いわゆるラスムッセン報告）の分類のＢＷＲ－２型事故、すなわち、一次冷却材喪失時に非常用炉心冷却装置が故障し、炉心溶融が起こり、溶融塊は原子炉容器を貫通して格納容器床部で水蒸気爆発を起こし、格納容器が破壊されて、外部への放射能放出が生じる設定とした。この時希ガスは炉心内蔵量の100%, ヨウ素は60%, セシウム30%, ストロンチウム4%などが放出される。この放射能放出はほぼチェルノブイリ原発事故に匹敵する。

風向きなど気象条件については、以下の二つのケースを扱った。

（１）風向きが東京方面、風速３ｍ／秒で、大気安定度Ｄ，晴天で放出高度が200ｍの場合

（２）風向きが新潟方面、風速２ｍ／秒で、大気安定度Ａ，放出高度が０ｍで降雨を伴う場合

いずれのケースも、大量の早期の死者、急性放射線障害者、がん死者および遺伝的障害などの発生が予想される。とくにケース（１）では、柏崎市、刈羽村を中心に早期の死者7000-9000名、急性放射線障害者約６万名（新潟県内）が予測されるとともに、放射能の影響は遠く首都圏にも及び、総被曝線量は約420万人シーベルト（約4.2億人レム）にも達し、がん死者は将来において42万人にものぼると推定される。また、ヨウ素による甲状腺被曝のために、16万人が甲状腺がんにかかり、うち1万6千人は致死性のものと予想される。

ケース（２）では、放射能の影響範囲は、130キロ圏内とケース（１）に較べると限定されるが、この範囲ではより大きな広がり角の地域に、強い汚染と被曝を与える。被害はほぼ新潟県内に限られるが、早期の死者6万-7万人（柏崎市、刈羽村、西山町、出雲崎町など）、急性障害者約25万人、総被曝線量は約140万人シーベルト（約1.4億人レム）に達し、がん死者は将来において14万人にのぼると推定される。また、ヨウ素による甲状腺被曝のために、１万4000人が甲状腺がんにかかり、うち1400人は致死性のものと予想される。

上記の結果は、国の原子炉立地審査指針に規定された、「重大事故」、「仮想事故」時の目安線量等を桁違いに上まわるものであり、また、このような災害をもたらす事故が、社会的にもとうてい許されない事は、言をまたない。

１。はじめに

柏崎刈羽原発１号機の場合を含めて、事業者による設置許可申請ー国による安全審査の体系の中では、原発の大規模な事故災害については、きわめて甘い評価しかなされていない。その基礎の評価となっているのは、「発電用原子炉施設の安全評価に関する審査指針について」（昭和53年9月29日）である。そこでは、「原子炉立地審査指針」との関連で、評価すべき事故として、「重大事故」（技術的見地から考え得る最大の事故）および「仮想事故」（技術的見地からは考えられないが、立地審査上想定する事故）が取り扱われている。

これらが想定されている最大事故で、それらの事故に関しても「公衆に（著しい）放射線障害を与えない」ことが、原発設置許可がなされる重要な要件となっている。しかし、上述の指針にいう事故時の放射能放出量の想定はきわめて甘いもので、現実に起こっているスリーマイル島やチェルノブイリの原発事故時の放射能放出量を桁違いに下回るものでしかない。このことは、基本的には、「最大限」の事故想定においても原子炉格納容器の基本的機能が健全に保たれ、格納容器外への放射能漏洩率がきわめて低いとされている事（例えば、柏崎刈羽１号機の事故想定では、仮想事故時でも漏洩率は0.5%/日）、また原子炉建屋の排気系のフィルターのヨウ素除去率が高く維持される事（例えば95%）からきている。このような楽観的な想定をはるかに上まわるような事故が（いわゆる「シビアアクシデント」）が発生し得る事は、スリーマイル島やチェルノブイリの原発事故以来広く認められているところであり、原子力安全委員会も現在その認識に立って事故対策をすすめていると言われる。

上述のことを踏まえるならば、「重大事故」「仮想事故」を超えるような、最大限の事故を想定して、その災害評価を行ない、これによって原発立地の適性を評価することが望ましい。この観点から、ここでは柏崎刈羽１号機について、苛酷な事故時の災害を評価し、その意味を検討することにした。基本的な事故の想定及びその時の放射能放出量、拡散状態の評価については、アメリカの原子力規制委員会の報告ＷＡＳＨ－1400(1975年）に基づき、同報告のひとつの事故ケースである「ＢＷＲ－２」タイプの事故が、柏崎刈羽１号機（ＢＷＲ，電気出力110万キロワット）で起こった場合を対象とした。 このＷＡＳＨ－1400の手法に基づく想定評価が、果たして最大限評価と言えるかどうかは、大いに疑問の余地のあるところであるが、一応広く行なわれている手法なのでここでも採用した。災害評価のひとつの目安にはなり得るものと考える。基本的な計算は、ＷＡＳＨ－1400の手法をパソコンソフト化した［Accident3］（京大原子炉実験所　瀬尾健氏による）によって行なった。

２。事故の想定

［想定した事故のタイプ］

ＷＡＳＨ－1400に従うＢＷＲ－２型事故：柏崎刈羽１号機において、フル出力運転時に一次冷却材喪失が起こり、非常用炉心冷却系が故障して炉心溶融に発展し、溶融した炉心は落下して原子炉容器を貫通する。そして格納容器の床部分で、水と接して蒸気爆発を起こし、格納容器が破壊されて大量の放射能が環境に放出される。

［放射能の放出量］

希ガスは炉心内蔵量の100％，ヨウ素は60％，セシウム30％，ストロンチウム４％、ルテニウム７％，プルトニウム0.2％など放出される。各放射能の具体的な放出量につては、付表１に示すとおりである。

［気象条件］

風向きとしては、（１）東京方面（ほぼ南南東）に風が吹く

（２）新潟方面（ほぼ北東）に風が吹く

上の二つのケースを考え、さらに次の様な条件を設定する。

（１）東京方面：晴天

大気安定度：Ｄ

風速：毎秒３メートル

放出高さ：２００メートル

（２）新潟方面：降雨を伴う

大気安定度：Ａ

風速：毎秒２メートル

放出高さ：０メートル

これらは、一般的に出現し得る気象条件と考えられる。

［その他の条件］

災害対策を厳密に行なう時は、住民にどの様な避難対策が実施されるかが問題とされねばならない。しかし国の安全審査においては、災害評価や立地の適性評価に際して、避難措置など防止対策の可能性はいっさい要件とされていないので、ここでの評価でも避難を前提とせず、事故時にも住民がその居住地に基本的に居続けることを前提としている。

３。汚染と被曝

柏崎刈羽原発で事故が起こり、放射能放出が生ずると、放射能雲が風によって風下方向に移動し、その道筋に沿って、扇状（この拡散モデルでは、ケース（１）で広がり角１５度、ケース（２）では広がり角４０度）に広がる。この放射能雲中の放射性物質によって、風下住民は次の様な被曝を受ける。

（ａ）雲からの直接外部被曝　（ｂ）地表面に降下した放射能からのガンマ線による外部被曝、（ｃ）空気中の放射性物質を吸入する事による内部被曝　（ｄ）水や食品の汚染に伴う放射性物質の体内摂取による内部被曝

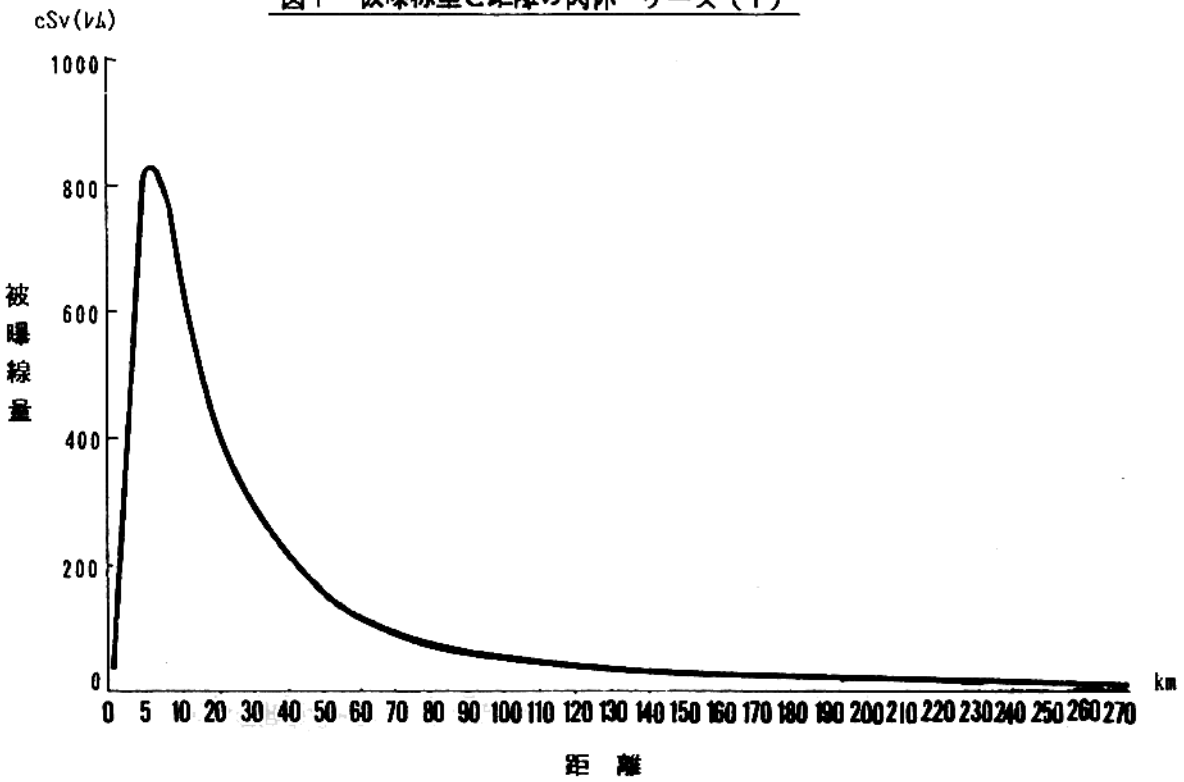
これらのうち、ここでの評価は、事故後３０日までの被曝を（ａ）－（ｃ）までについて行なった。その際に、前述の様に、避難は前提としていない。チェルノブイリ事故の経験からすれば、（ｄ）が被曝に大きく貢献する事は明らかで、これを除外する事は災害の過小評価につながるが、その評価を行なうための社会的条件の設定が複雑なので、一応評価対象からは省いた。

（１）風向きが東京方面の場合（晴天）

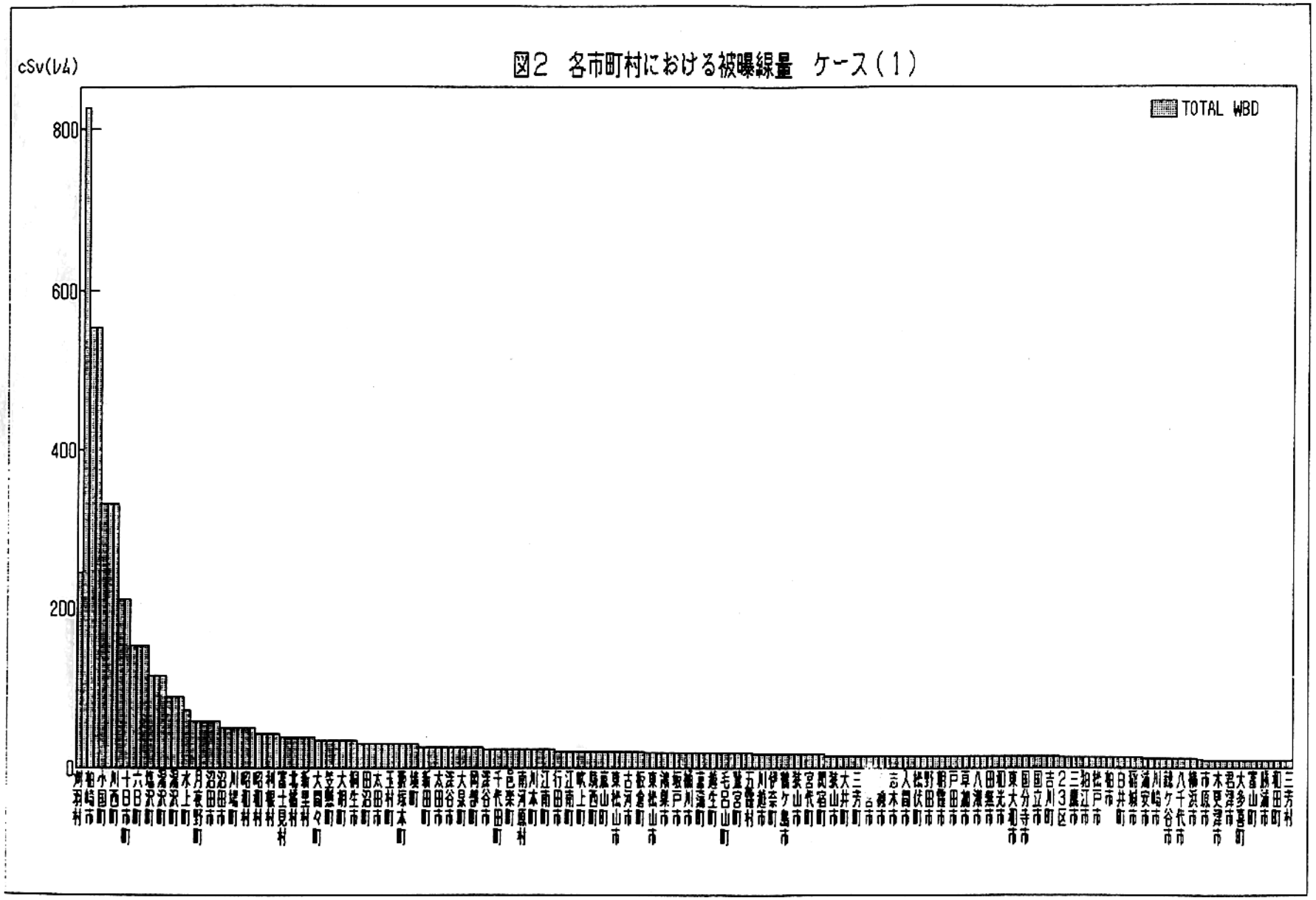
（Ａ）住民の被曝

このケースでは、放射能は、一昼夜の間に遠く東京方面に広がる。住民の全身被曝線量と風下距離の関係は図１のごとくになる。

図１　被曝線量と距離の関係　ケース（１）

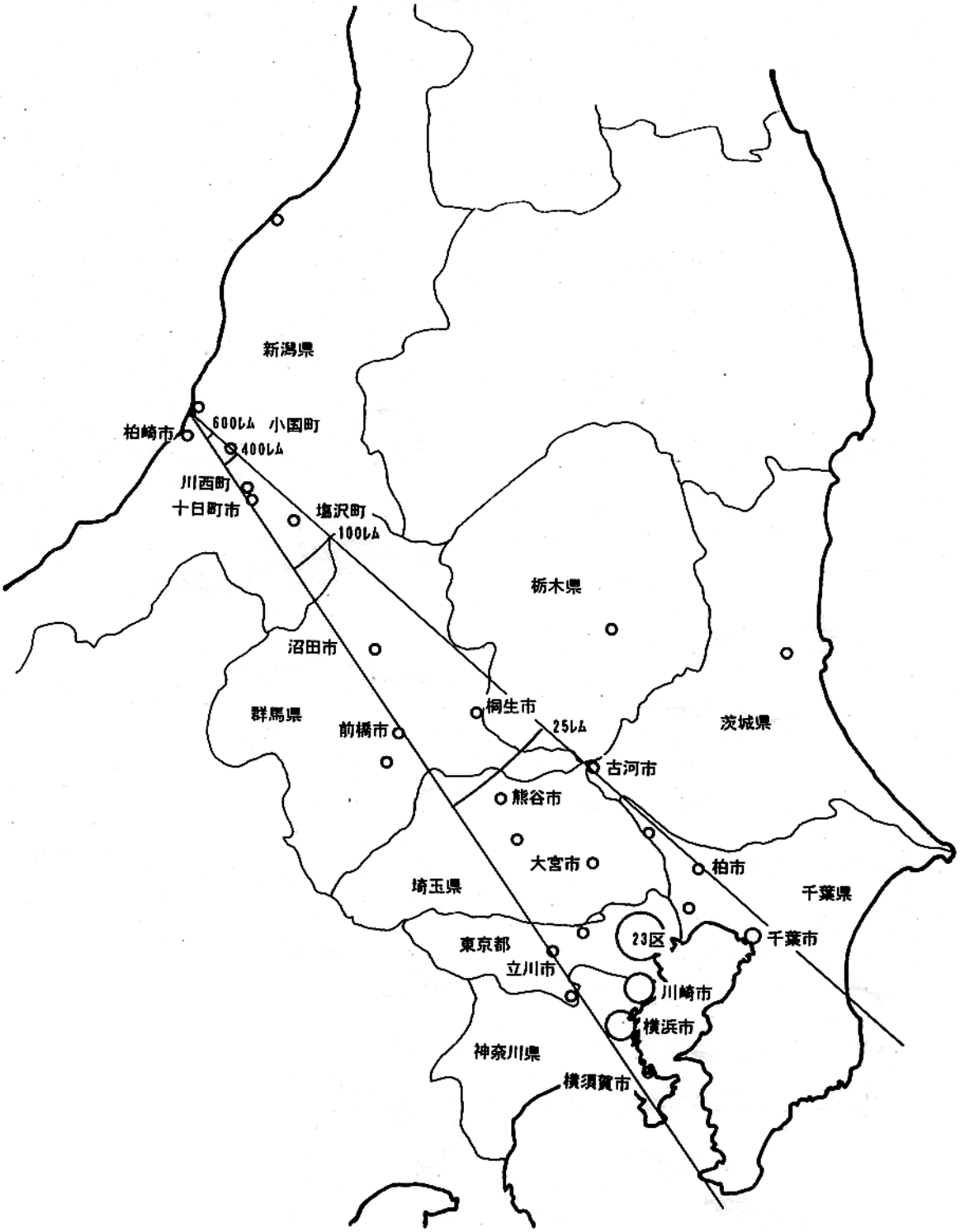


この被曝と距離の関係を、実際の市町村との関係で示せば図２の様になる。



さらに放射能雲と住民の被曝状況を地図上で表せば図３の様になる。

図３　放射能雲と住民の被曝状況　ケース（１）



上の様な被曝が住民にとってどの様な意味をもつかは、次の様な表によって理解されよう。

表１　線量範囲と住民への影響　（ケース　（１））

線量範囲 cSv(レム)	距離範囲 km	放射能 到達時間	関係市町村	放射能降下地域 住民への影
600以上	4.2-13	0-1時間	柏崎市、刈羽村 小国町	急性死亡
600-400	13-20	1-2	柏崎市、小国町	半数死亡
400-100	20-58	2-5	塩沢町、湯沢町まで	急性障害(一部死)
100-25	58-150	5-14	太田市、新田町 境町まで	要観察（急性障害の可能性）
25-10	150-270	14-25	東京都、神奈川県、 千葉県まで	本来は避難地域

上述の表から容易に察せられるように、このような事故が起こり、住民がその影響の直撃を受けるならば、多くの早期の死者、障害者を生ずるだけでなく、首都圏を含む広範な人々が大きな被曝を受け、急性障害や、晩発生障害の影響に苦しむ事になる。その被害の様態については、４で述べる。

（Ｂ）集団被曝線量

各市町村の影響の範囲と住民の被曝の状況に従い、人口集団の総被曝線量を図示すると、図４のごとくなる。集団被曝線量（国民遺伝線量）は、このケースでは、420万人シーベルト（約4.2億人レム）と巨大なものとなりる。

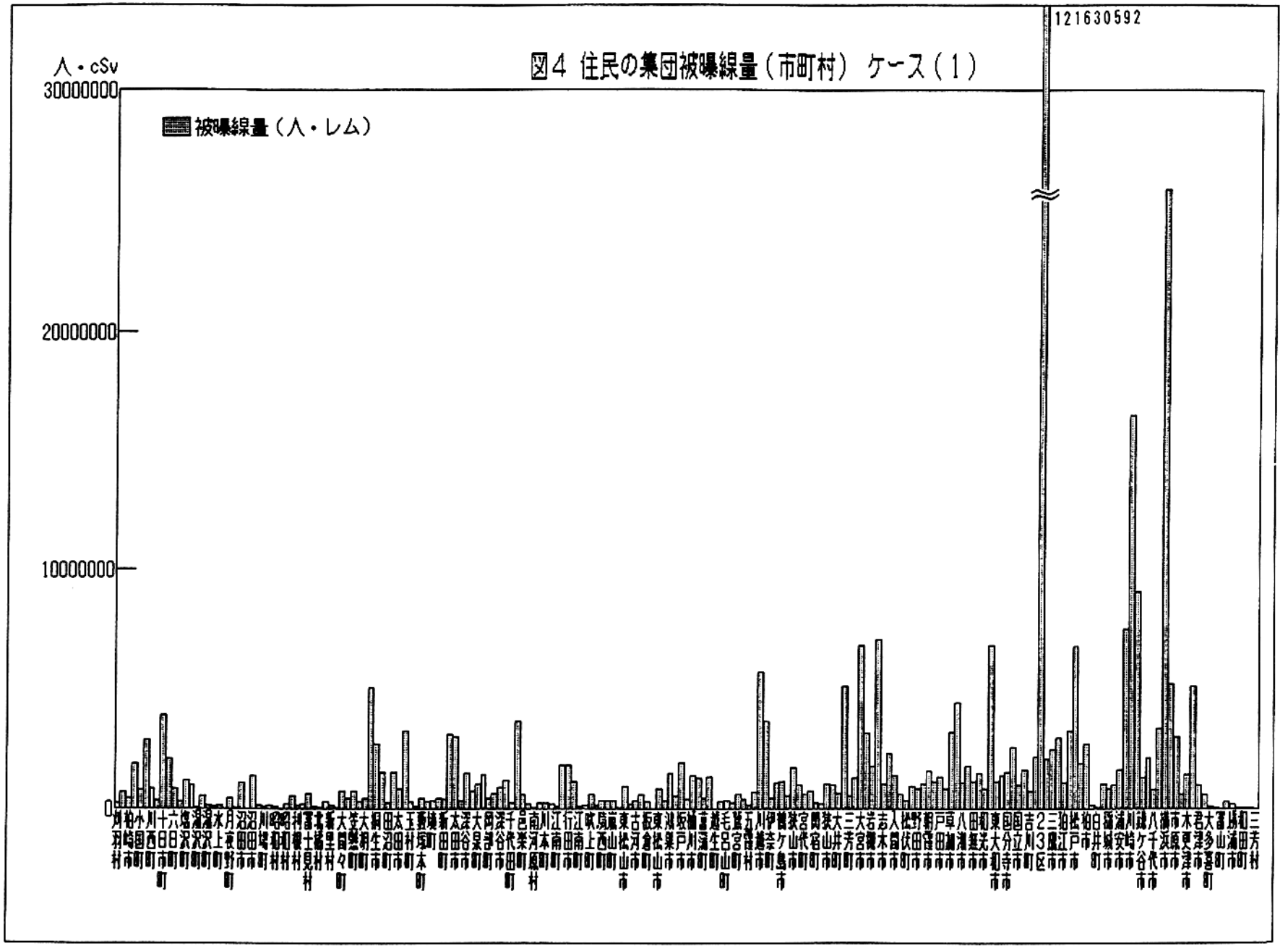


図4 住民の集団被曝線量（市町村） ケース（1）

（C）甲状腺被曝

ヨウ素の各種の同位体による甲状腺の被曝状況を距離との相関で示すと図５の様になる。これによれば、甲状腺被曝が300レムをこす範囲は94km,150レムをこす範囲は160kmに達する。このレベルの被曝も、甲状腺のがんや各種の障害をつうじて、住民に多くの影響を与える。

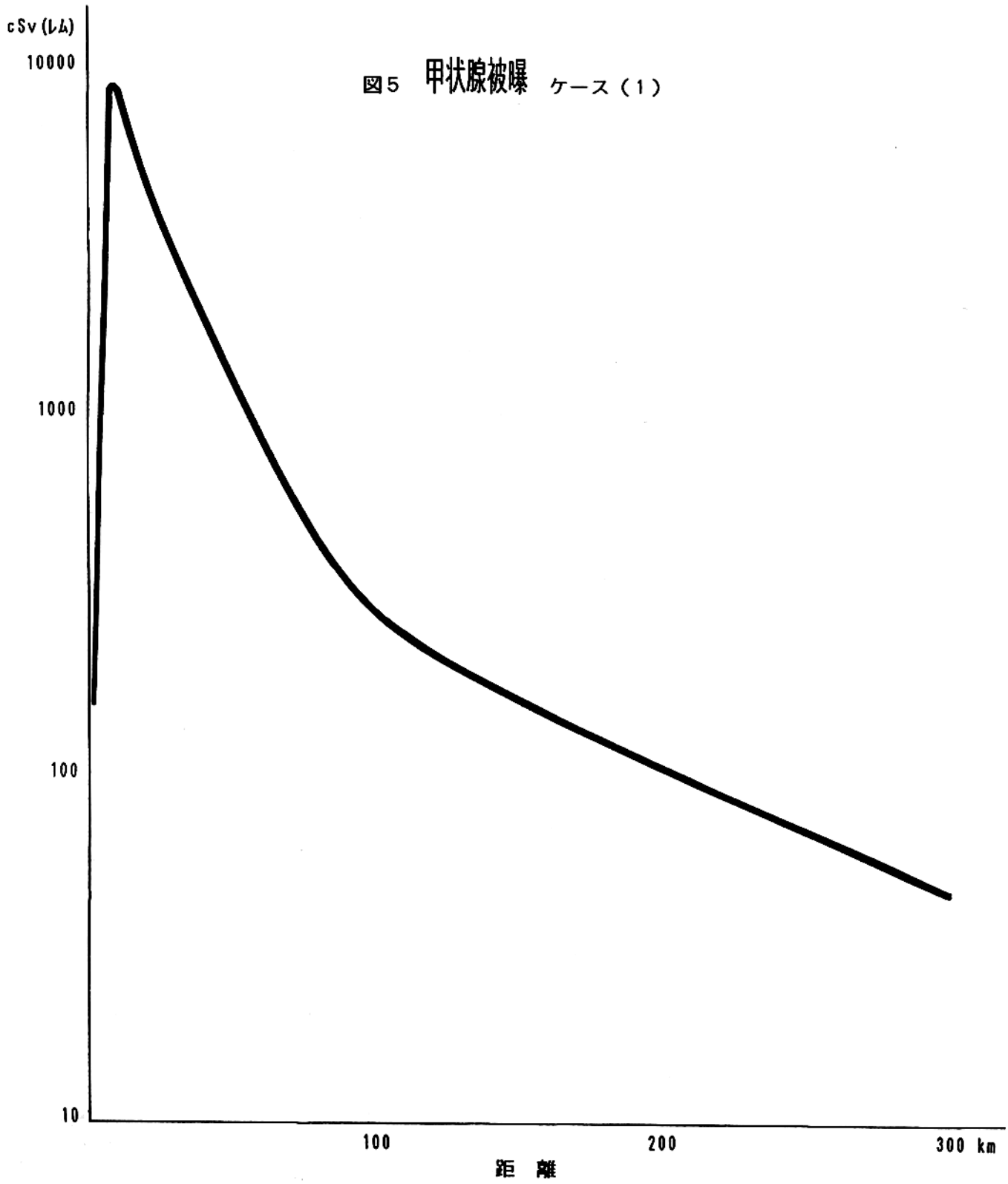


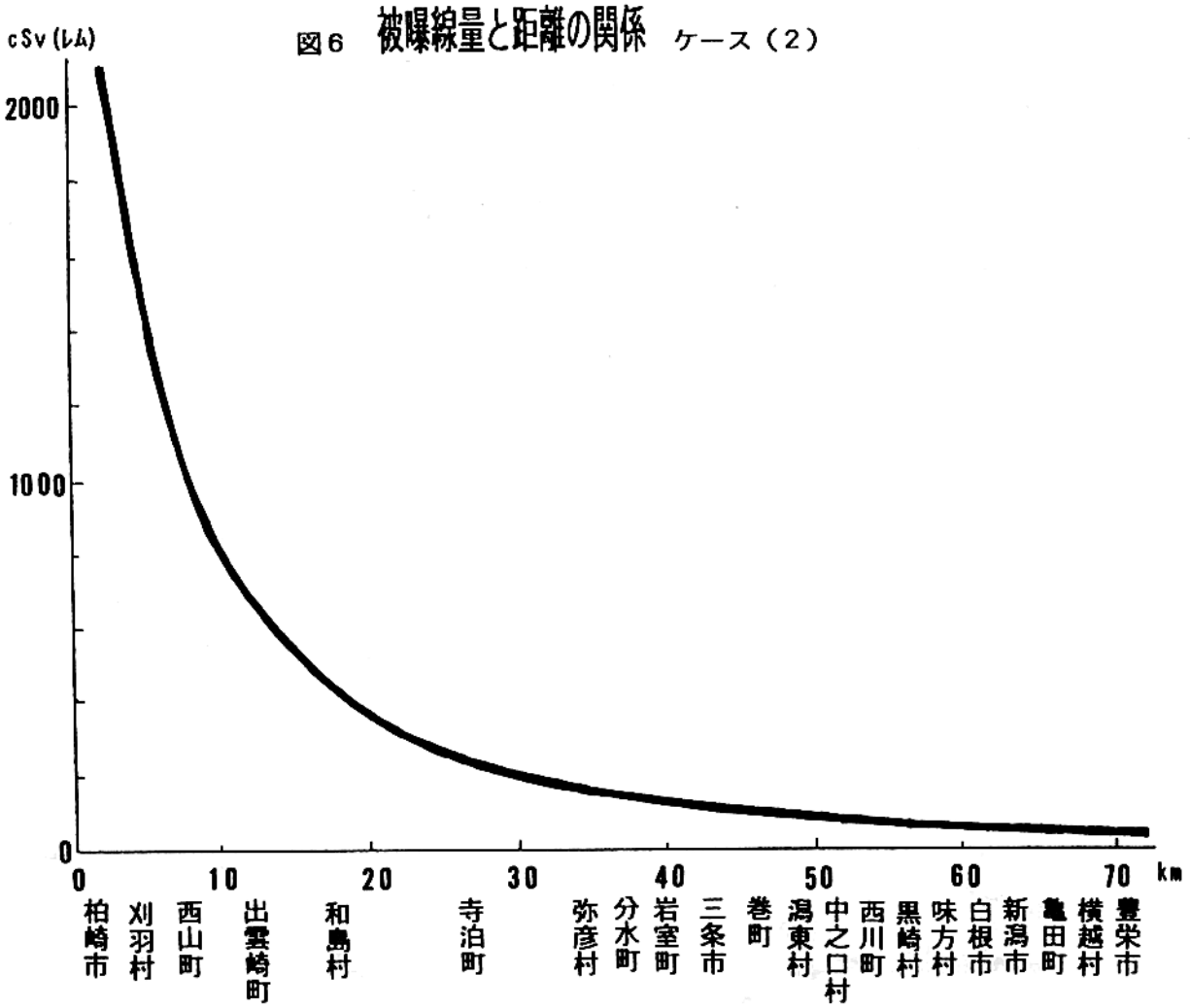
図５　甲状腺被曝　ケース（１）

（２）風向きが新潟方面の場合（雨天）

（Ａ）住民の被曝

このケースでは、放射能は、柏崎刈羽原発の比較的近傍の新潟県内各地に広がる。ケース（１）に較べると放射能の到達距離は限られるが、広がり角は大きい。住民の全身被曝線量と風下距離及び関係市町村の関係は図６に示すごとくになる。

図６　被曝線量と距離の関係　ケース（２）



さらに放射能雲と住民の被曝状況を地図上で表せば図７のようになる。

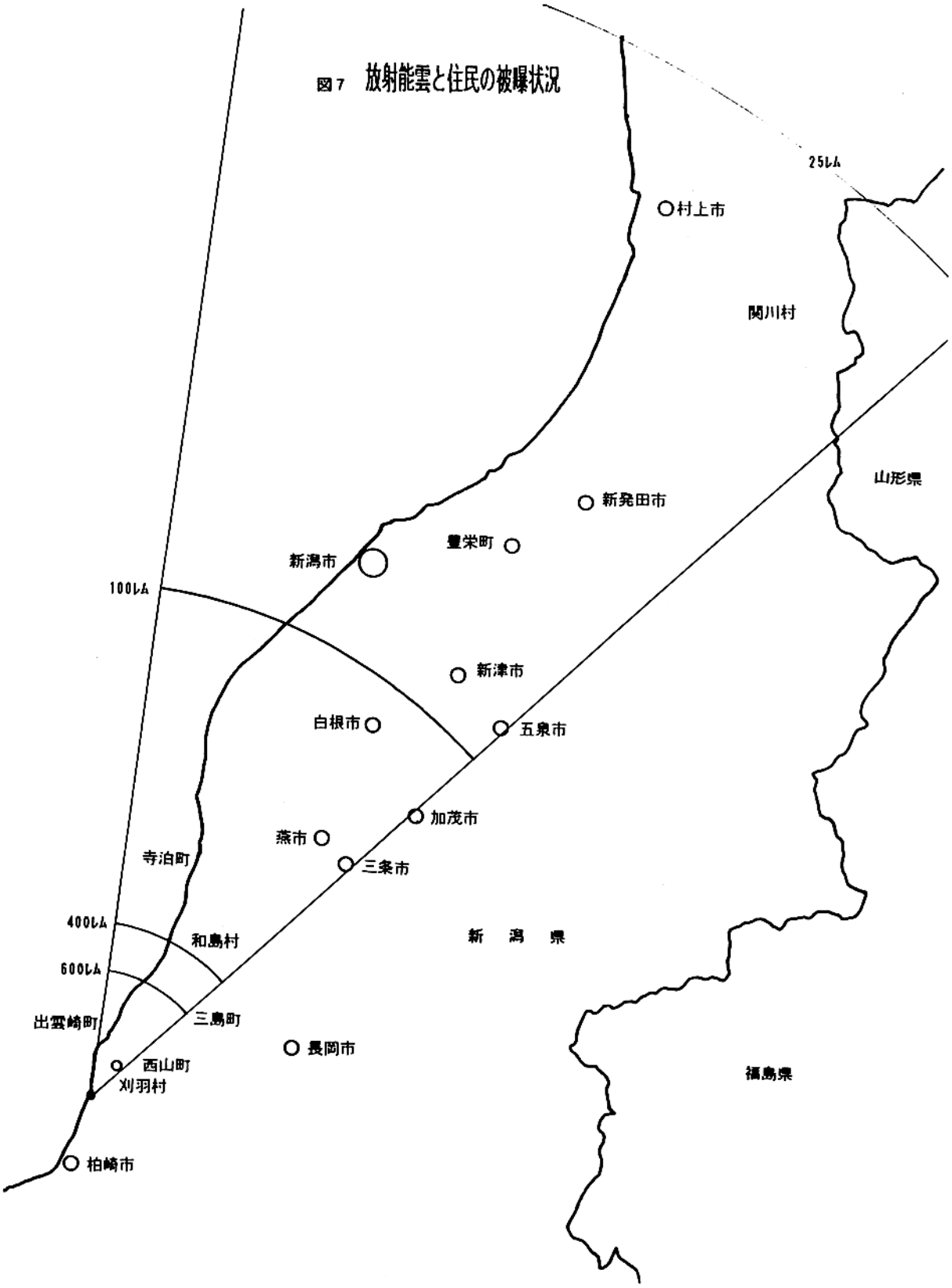


図７　放射能雲と住民の被曝状況

このとき住民と被曝の関係は、次の表のようになる。

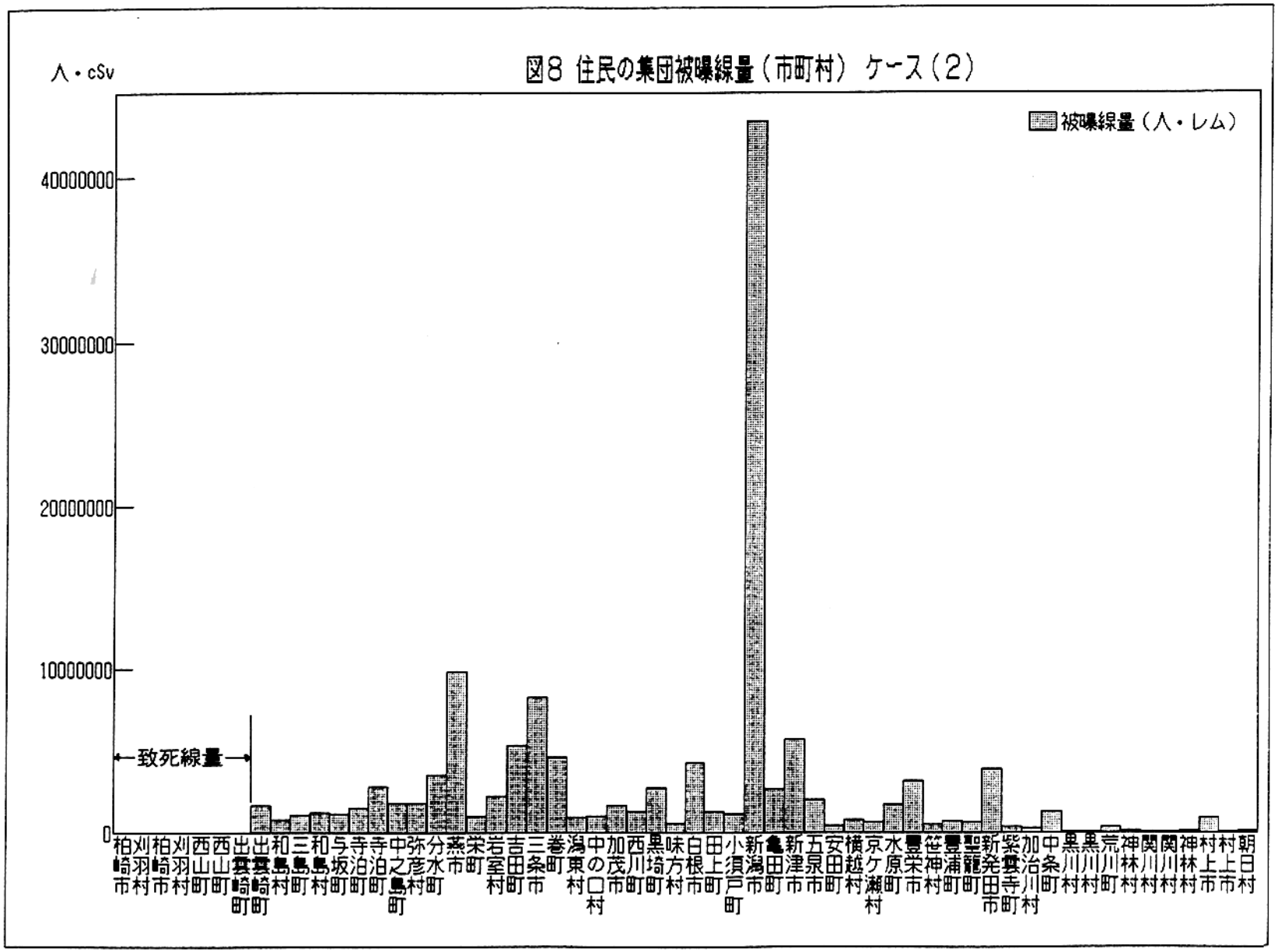
表２　線量範囲と住民への影響　（ケース　（２））

線量範囲 cSv(レム)	距離範囲 km	放射能 到達時間	関係市町村	放射能降下地域 住民への影
600以上	0-14	0-2時間	柏崎市、刈羽村 西山町、出雲崎町	急性死亡
600-400	14-19	2-3	出雲崎町、和島村	半数死亡
400-100	19-56	3-8	味方村、白根市まで	急性障害(一部死)
100-25	56-130	8-18	新潟市など、 村上市まで	要観察（急性障害の可能性）

上述の表から容易に察せられるように、このような事故が起こり、住民がその影響の直撃を受けるならば、多くの早期の死者、障害者を生ずるだけでなく、風下にあたる新潟県内各地は、壊滅的な打撃を受け、住民は急性障害や晩発生障害の影響に苦しむ事になる。その被害の様態については、４で述べる。

（B）集団被曝線量

各市町村の影響の範囲と住民の被曝の状況に従い、人口集団の総被曝線量を図示すると、図8のごとくなる。集団被曝線量（国民遺伝線量）は、このケースでは、約140万人シーベルト（1.4億人レム）となり、その大きな部分は新潟市の人たちによって占められる。



（C）甲状腺被曝

ヨウ素の各種の同位体による甲状腺の被曝状況を距離との相関で示すと図９の様になる。これによれば、甲状腺被曝が300レムをこす範囲は25km，150レムをこす範囲は39kmになる。このヨウ素による被曝も、甲状腺のがんや各種の障害をつうじて、住民に多くの影響を与える。

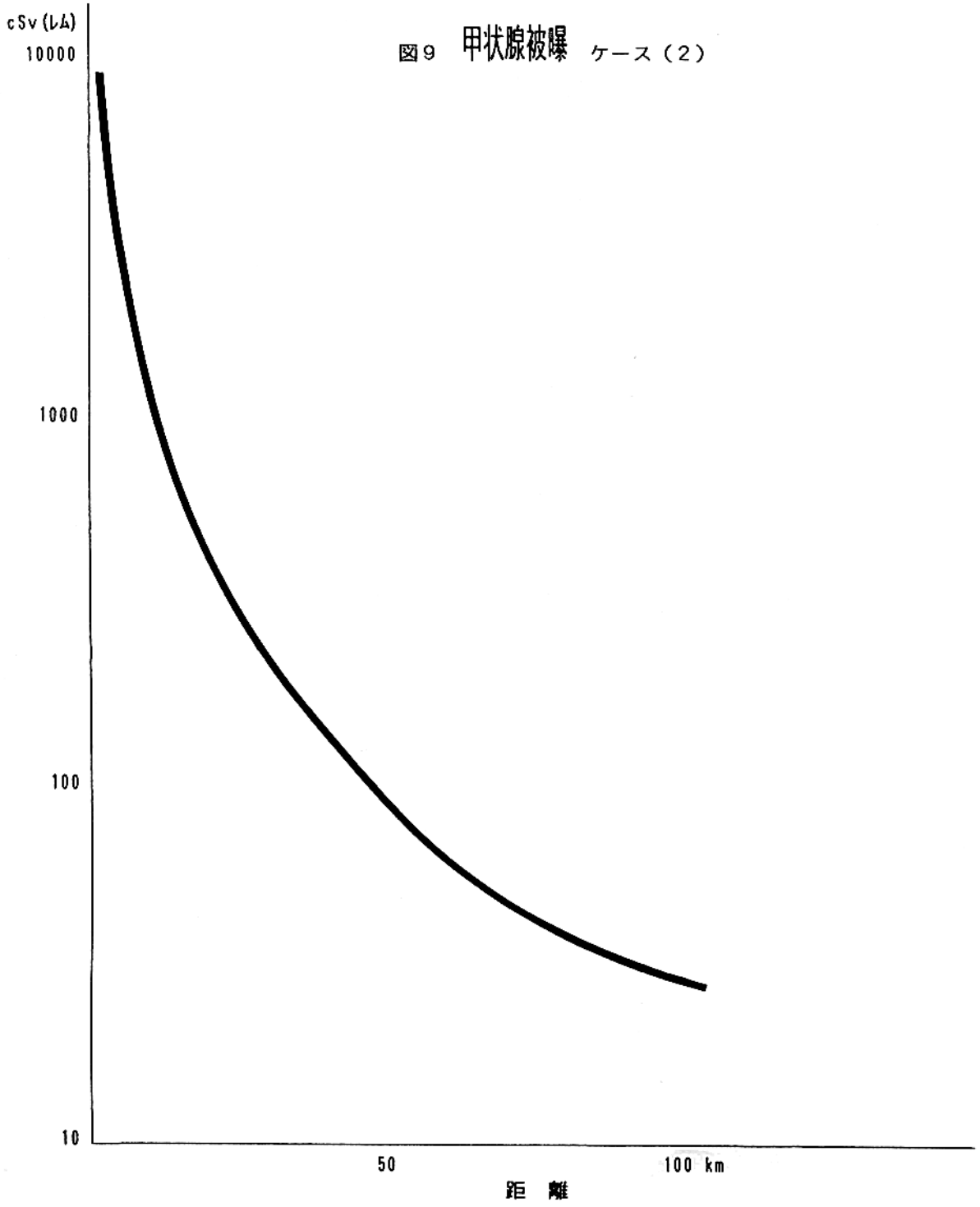


図９　甲状腺被曝　ケース（２）

４。被害の評価

（１）風向きが東京方面の場合（ケース（１））

【早期の死者の数】

３～４シベルト（300～400レム）以上の全身被曝線量を浴びて放射線の急性効果によって早期に死亡する人の数は、柏崎市、刈羽村、小国町を中心に（一部は小千谷市、川西町、十日市町にも及ぶ）7000～9000名に達する。また１シーベルト以上を浴びて急性障害に苦しむ人は約６万人、0.25シーベルト以上を受ける要観察者は約130万人にも達する。

【晩発生障害者の数】

合計の集団線量は、420万人シーベルト（約4.2億人レム）にも達するので、今、がん死のリスク係数を１万人シーベルトあたり1000とすると、約42万人のがん死者が将来において発生することになる。このがん死のリスク係数は、原爆被爆者についての最近の知見に照してむしろ控え目なものと考えられる。しかしより低い推定値であるICRP-1990年勧告の１万人シーベルトあたり500という値を使っても、このケースの事故によるがん死は21万人に達すると予想され、とうてい社会的に許容できない災害をもたらす。なお、遺伝的障害も次世代において数万と予想される。

【甲状腺がん】

甲状腺被曝が３シーベルト(300レム)を超える人口は約14万人、1.5シーベルトを超える人口はさらに140万人にのぼるだろう。これらの人たちには、その被曝の程度に応じて各種の甲状腺機能障害が発生しよう。さらに、首都圏まで含めた総計の甲状腺被曝線量は1000万人シーベルトに達し、約16万の甲状腺がんをもたらし、そのうち1万6千は致死性と考えられる。

（２）風向きが新潟方面の場合（ケース（２））

【早期の死者の数】

３－４シベルト（300-400レム）以上の全身被曝線量を浴びて放射線の急性効果によって早期に死亡する人の数は、柏崎市、刈羽村、西山町、出雲崎町などで約6万-7万名に達する。また１シーベルト以上を浴びて急性障害に苦しむ人は約25万人、0.25シーベルト以

上を受ける要観察者は約百万人にも達する。被害者は、基本的に新潟県内の人である。

【晩発生障害者の数】

合計の集団線量は、140万人シーベルト（約1.4億人レム）に達するので、今、がん死のリスク係数を１万人シーベルトあたり1000とすると、約14万人のがん死者が将来において発生することになる。なお、遺伝的障害も次世代において数万と予想される。これらの被害者も基本的に新潟県内の人である。

【甲状腺がん】

甲状腺被曝が3シーベルト(300レム)を超える人口は致死線量の範囲の人々を除いて、約2万人、1.5シーベルトを超える人口はさらに5万人にのぼるだろう。これらの人たちには、その被曝の程度に応じて各種の甲状腺機能障害が発生しよう。さらに、新潟県内の総計の甲状腺被曝線量は90万人シーベルトに達し、約1万4000の甲状腺がんをもたらし、そのうち1400は致死性と考えられる。

５。考察

柏崎刈羽原発１号機の安全審査における災害評価によれば、住民の最大被曝が予想されるのは、

全身に対して：	約 0.098レム（冷却材喪失の仮想事故）
小児甲状腺に対して：	約 30レム（主蒸気管破断の重大事故）
成人甲状腺に対して：	約 15レム（主蒸気管破断の仮想事故）
集団被曝線量に対して：	約 12万人レム（冷却材喪失の仮想事故）

これらの結果は、本報告による評価に較べて桁違いに甘いものであり、それゆえに原子炉設置許可がなされる根拠を与えたものである。換言すれば、「重大事故」「仮想事故」の想定が、最初から原発設置が可能な範囲でしかなされていないと言わざるをえない。

本報告で想定された事故による被害は、その死者数や障害の発生数、将来におけるがんの発生数、及び広大な土地や海の汚染に伴う社会生活や農業など産業活動の破壊の大きさに照して、とうてい許容されるものでないことは言をまたない。

本報告で想定した事故では、住民の最大被曝は致死線量に達し、原子炉立地審査指針に示された「非居住区域」（小児甲状腺150レム、全身25レム）の範囲は風下距離で

ケース（１）１５０～２００km

ケース（２）１３０km

となり、その全被害は想像を絶する。

このことから言えることは、チェルノブイリ事故の様な、現実に起こり得るシビアアクシデントを想定した災害評価を行なえば（仮に上述の10分の1の規模にせよ）、原発の設置は不可能となったはずである。とくに柏崎刈羽原発の場合には、ごく近傍に柏崎市の大きな人口を抱え、大事故時に多くの急性死者を発生させる可能性が強く、著しく立地の適性を欠く。

付表１　事故時の放射能放出量

核種	炉心内蔵量(A) (×億キュリー)	放出割合(B)	放出量(A*B) (×万キュリー)	半減期
Kr-85	0.00660	1.000	66	10.7年
Kr-85m	0.29000	1.000	2900	4.5時
Kr-87	0.57000	1.000	5700	1.3時
Kr-88	0.84000	1.000	8400	2.8時
Sr-89	1.20000	0.040	480	50.5日
Sr-90	0.05700	0.040	23	288年
Sr-91	1.40000	0.040	560	9.6時
Y-90	0.05700	0.002	1.1	64.1時
Y-91	1.50000	0.002	30	58.5日
Zr-95	1.80000	0.002	36	64日
Zr-97	1.80000	0.002	36	16.9時
Nb-95	1.80000	0.002	36	35日
Mo-99	1.80000	0.070	1300	66時
Te-99m	1.50000	0.070	1100	6.0時
Ru-103	1.10000	0.070	770	39.4日
Ru-105	0.64000	0.070	450	4.4時
Ru-106	0.21000	0.070	150	367日
Rh-105	0.64000	0.070	450	35.4時
Te-129m	0.31000	0.100	310	69分
Te-129	0.11000	0.100	110	33.5日
Te-131m	0.17000	0.100	170	30時
Te-132	1.30000	0.100	1300	78時
I-131	0.93000	0.600	5600	8.0日
I-132	1.30000	0.600	7800	2.3時
I-133	1.90000	0.600	11000	21時
I-134	2.20000	0.600	13000	52分
I-135	1.70000	0.600	10000	6.7時
Xe-133	1.90000	1.000	19000	5.3日
Xe-135	0.29000	1.000	2900	9.1時
Cs-134	0.01900	0.300	57	2.06年
Cs-135	0.06600	0.300	200	13.1日
Cs-137	0.06400	0.300	190	30.1年
Ba-140	1.80000	0.040	720	12.8日
La-140	1.80000	0.002	36	40時
Ce-141	1.80000	0.002	36	32.5日
Ce-143	1.70000	0.002	34	33時
Ce-144	1.20000	0.002	24	284日
Pr-143	1.70000	0.002	34	13.6日
Nd-147	0.66000	0.002	13	11日
Pm-147	0.19000	0.002	3.8	2.6年
Pm-149	0.44000	0.002	8.8	53時
Pu-238	0.00110	0.002	0.022	87.8年
Pu-239	0.00011	0.002	0.0022	24100年