

佐賀県玄海原子力発電所における プルサーマル事故被害予測

後藤曜子

はじめに

第1章 原発事故の被害予測をめぐって

第1節 原発事故被害予測における既存研究

1-1 原発事故被害予測の歴史

1-2 原発事故の評価方法

1-3 SEO コード

1-4 玄海原発事故被害予測

第2節 既存研究の意義とその限界

第2章 玄海原発プルサーマル

第1節 玄海原発概要

第2節 玄海原発とプルサーマル計画

第3節 玄海3号炉におけるプルサーマル概要

第3章 玄海原発プルサーマルにおける事故被害予測

第1節 考え方と手法

第2節 条件設定

第3節 シミュレーション結果

3-1 急性障害による死者

3-2 晩発性ガンによる死者数

3-3 長期的に居住不可能となる地域

第4章 結論

あとがき

はじめに

2009年10月15日、佐賀県玄海原子力発電所の3号炉にプルサーマルの燃料であるMOX燃料が装填された。その後、経済産業省の検査を経て11月5日から試験運転、更には12月2日から営業運転に入り、ついに国内初となるプルサーマル発電が始まった。

プルサーマル計画について、国策として早期推進の閣議決定がなされたのは1997年のことである。その背景には95年12月に起こった高速増殖炉もんじゅのナトリウム漏れ火災事故があると考えられる。この事故により、高速増殖炉の運転は停止し、それから15年経った今でも運転は再開できない状態である。その結果、高速増殖炉で使用するつもりだったプルトニウムが、国内に余剰プルトニウムとして大量に発生することとなり、ウランとプルトニウムの混合酸化物(MOX燃料)を燃料として通常原発で使用している軽水炉で核分裂させるプルサーマルを推進せざるを得なくなったのではないだろうか。

高速増殖炉の運転の目処が立たないということから、日本におけるプルトニウム生産・利用を前提とした核燃料サイクルは事実上破綻していると言えるであろう。その時点で、国は核燃料サイクルを国策として推進すべきではない。国内に発生したプルトニウムを何とかして消費するためにプルサーマルを始めても、それは一時的な対症療法でしかない。プルサーマル発電から出る使用済み核燃料の処分方法や処分場所などは今の時点で一切決められていない。先のことを考えずにプルトニウムを消費することだけを考えてプルサーマルを進めたら、行き詰まりが目の前に迫ってきたときに、もう次になす術はないだろう。

また、国や電力会社は、安全を大前提としてプルサーマルを進めると主張している。しかし、原子力発電やプルサーマルに絶対安全などということはない。プルサーマルにおいては、プルトニウムを含むMOX燃料を軽水炉で核分裂させるため、通常原発よりも事故を起こしやすく、事故が起こった場合の被害も大きくなると考えられる。このように、多くの課題が浮き彫りとなっているプルサーマル発電は国や電力会社の言うように、本当に安全なのであるだろうか？

そこで、本論文では玄海原発でプルサーマルがおこなわれている3号炉が事故を起こしたと仮定し、事故が起こった場合の被害範囲、被害者数を推計する。

この事故被害の推計にあたって、参考としているのが故・瀬尾健氏が作成された「SEOコード」というものである。既に玄海原発3号炉における原発事故の被害予測は瀬尾さんによって検証されている。本論文では玄海原発3号炉における原発事故被害予測をもとに、玄海原発3号炉におけるプルサーマル事故の被害を予測する。

国策として進められている原発やプルサーマルについて、反対の立場の声をあまり大きく取り上げられることがない。よって、このように予測であっても、根拠と共に、具体的な数値を出すことは重要であると考えられる。

具体的には、第1章で原子力発電所における事故の被害予測についての既存研究をレビューし、第2章で玄海原子力発電所におけるプルサーマル計画について述べる。そして第3章では、玄海原発におけるプルサーマルで事故が起こった場合の被害予測シミュレーション

ンの結果を示し、その解説をおこない、結論とする。

第1章 原発事故の被害予測をめぐって

第1節 原発事故被害予測における既存研究

1-1 原発事故被害予測の歴史

原子力発電所の事故被害予測が初めてなされたのは、1957年アメリカにおいてである。米国原子力委員会によって「WASH-740」としてまとめられた。この報告書は原子力発電所の破局的事故の被害試算を米国の国立研究所であるブルックヘブン国立研究所に依頼したもので、研究対象の原子炉は電気出力約17万キロワットと、現在の一般的な原子炉の電気出力に比べると6分の1程度のものであった。WASH-740報告書によると、研究対象となった電気出力約17万キロワットの原子炉が重大事故を起こした場合、2億キュリー（740京ベクレル）の放射能が環境に放出され、最悪の場合、3400人の急性死者、43,000人の急性障害者が出ると示されている。永久立ち退き面積は2,000平方キロで永久立ち退き人口は46万人、また、放射能による土地の汚染で、物的損害額は70億ドルにも上るとされた。¹この70億ドルを当時のレートで日本円に換算すると、約2兆1,000億円である。この額は、当時の日本の国家予算（一般会計歳出合計額）が1兆2,000億円であったことを考えれば、とてつもなく莫大な額であることがわかる。

その後、1965年に「WASH-740改訂版」と題して、WASH740よりもさらに精密な計算のもとでシミュレーションがおこなわれたが、人的にも物質的にも、さらに被害が拡大するという結果であった。

日本においても、日本初の原発である東海1号炉（電気出力16万6000キロワット）を導入するに当たって、事故シミュレーションがおこなわれている。

これは、当時の科学技術庁が日本原子力産業会議に委託したもので、日本原子力産業会議がWASH-740を基に事故のシミュレーションをおこない、1960年に「大型原子炉の事故の理論的可能性および公衆損害額に関する試算」と題して作成された。

この試算では、WASH-740と同様、電気出力約17万キロワットの原子炉を対象とし、発電所から2%の放射能が漏れた場合（放出量は約1000万キュリー）という仮定で、その物的、人的損害についての解析評価がなされている。

様々な条件設定のもとでおこなわれたこのシミュレーションでは、試算の結果、晴天で安定している天候の場合、死者は720人を超え、5000人が障害を起こし、永久立ち退き人口は3万人で、被害総額は1兆円に達する。また、天候が不安定だった場合はさらに被害は拡大し、永久立ち退き人口は10万人に上り、放射能をかぶる農地面積は15万平方キロで被害総額は3兆7000億円にも達する²ということが明らかになった。

この試算で導き出された被害総額の最高額、3兆7000億円という数字は当時の日本の国家予算の2倍である。そして、このような、人的にも物的にも甚大な被害が出るという結果が導き出されたシミュレーションの結果は、その後、国家の機密文書とされ、一般に公開されなかった。

政府はこのシミュレーションをおこなったことさえ否定し、国の主導によるシミュレーション自体がなされなくなったのである。ちなみに、この「大型原子炉の事故の理論的可能性および公衆損害額に関する試算」の全文が国会に提出され、一般に公表されたのは報告書が作成されてから40年経った1999年のことである。

このことから、わが国日本は、原発事故や原子力発電そのものにおける危険性や不経済性をわかっていながらも、原発を推進しなければならない理由を抱えているために、国民にはその危険性や不経済性を隠してまで推進しているということがわかる。その上、いかにも原発が危険ではなく、経済性もあるというような情報や環境に優しい発電方法であるということをひたすら宣伝している。

また、「WASH-740」が公表されてから約20年経った1975年に、新たに「WASH-1400」が発表された。この報告書は俗にRSS（原子炉安全性研究）またはラスムッセン報告書ともいわれるものである。この研究は総額で10億円以上もの資金を投入し、3年半の月日をかけて完成された。³このRSSでは、無数に考えられる事故を類型化し、加圧水型原子炉（PWR）で9種類、沸騰水型原子炉（BWR）で5種類にまとめられている。そして、それぞれの事故タイプにおいて、炉心に蓄積している代表的な放射性核種に関するパターン、放出割合などを仮定し、さまざまな条件下での被害シミュレーションを可能にした。⁴

RSSにおいてはこのようにさまざまなパターンを類型化し、シミュレーションがおこなわれたのだが、このRSSの報告書全体としては、大規模な事故に関して、それが起こる確率はほとんどゼロであるという分析がなされており、結局は原発の安全性を主張するものとなった。しかしながら、RSSにおいて、このようにさまざまな条件がパターン化されたことは、その後の事故シミュレーションにとって飛躍的な一歩であったと考えられる。

2-1 原発事故の評価方法

これまで原発事故被害予測の歴史について述べてきたが、この原発事故被害を予測するにあたって、その評価の方法は2種類ある。決定論的评价と確率論的评价というものである。前者は、原発施設において考えられる事故のうち、ある規模の事故を選定し、選定された事故について評価をおこなう方法である。⁵この方法では選定されたものを超える規模の事故は「想定不適当事故」とし、考慮の対象外とする。一般的にはこの「想定不適当事故」が起こる確率は非常に低いとされているが、それがどのくらいの確率であるのかはわからないし、そもそも確率が低いから評価の対象外としていいのかという疑問も残る。一方、後者は原発施設で起こると考えられるあらゆる事故について評価をおこなう方法であ

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どってしまい、正当な評価になっているかどうか判断がつかない、⁶ということが言える。先に述べた米国原子力委員会が実施した RSS はこの確率論的安全評価を使っておこなわれたシミュレーションの草分けであると言われている。そして日本は現在、原発事故の評価に関して前者の決定論的評価を採用している。そのため日本において、ある程度の規模を超える事故に対しては全く事故被害の予測がなされていないのが現状である。

2-3 SEO コード

そのような中で、確率論的方式を採用し、日本の原子力発電所の過酷事故の被害人口・被害面積の予測をおこなうプログラムも開発されている。京都大学原子炉実験所、故・瀬尾健氏が開発した、独自の計算プログラム「SEO コード」である。この SEO コードは米国原子力委員会が実施した「原子炉安全研究 (Reactor Safety Study (以下 RSS)) の草案」における評価を利用している。そしてあくまでも、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⁷ものとしている。具体的には、原子力発電所で放射能漏れの事故が起こったと仮定して、発電所周辺の人口分布や気象条件を入力しその土地の汚染度や被害人口を計算する。SEO コードの中の事故類型は、RSS (「WASH-1400」/ラスムッセン報告書 (1975)) の中に示された 14 種類の類型を適用している。瀬尾氏はこの SEO コードをもとに全国 16 ヶ所の原子力発電所と、高速増殖炉もんじゅについて破局的な事故が発生した場合の災害規模の予測を出している。これらのシミュレーションはあくまでも、起こりうる事故のうち比較的大きな事故が起こったことを前提としたものである。なぜならば、小さな事故というのは私たちが知らないものも含めて頻繁に起こっているからである。原発を推進する国や電力会社は、「想定不適当事故」のような破局的な事故は絶対にありえないと主張するが、原発に絶対安全ということはないし、そのような事故が絶対に起こらないという根拠はどこにもない。もし事故が起こらなかったとしても、現在稼働中の原子炉内で、どれだけ人体にとって悪影響を及ぼす放射能が扱われているのかを、そしてそれらがもし大量に環境に放出された場合にどのようなことが起こるのかをきちんと示すことは重要である。

瀬尾氏がおこなったシミュレーションの中で佐賀県の玄海原子力発電所についての予測も出されており、玄海で現在稼働中の 4 基の中でも出力の大きい玄海 3 号炉 (出力 118 万キロワット) についての予測がされている。この、3 号炉はまさに現在日本初のプルサーマルが営業運転されている原子炉である。

2-4 玄海原発事故被害予測

SEO コードを使った事故シミュレーションのポイントは大きく 3 つある。1 つは急性障害による死者数の予測、2 つ目は晩発性の影響、ここでは晩発性ガンの死者数の予測、そして

3つ目が長期的に居住不可能となる地域の予測である。放射線を被曝した場合、さまざまな被害が発生するが、SEO コードでは急性死者と晩発性のガンの死者の2つだけを取り上げる。⁸

ここで使われている設定条件は、事故の型=PWR（加圧水型原発）2型、気象条件=風速2メートル、大気安定度はD型（放射能雲は風下に向かって15度の角度で広がっていく）である。（詳しくは第3章で解説する。）被曝線量の計算は、放射能雲からの被曝、汚染地面からの直接被曝（事故から5年後には全員が避難するため地面からの被曝は5年で打ち切り）、それに吸入で体内に入った放射能による被曝の3つの合計を考えている。被曝を考える際に、汚染した食料を摂取することによる内部被曝も考えられるが、これを評価することは大変困難であるためRSSにおいても評価されていない。

これらの設定条件で求められた予測の結果、玄海3号炉における原発運転でPWR2型の事故が起こった場合、急性障害によって99%が死亡する圏内には玄海町をはじめとして、玄海町周辺の呼子町、鎮西町また、人口約8万人の唐津市が含まれている。全国におけるガン死者数の分布をみると、風が60度と75度の方向に吹いている場合に、犠牲者が最も多い。特に75度の方向には福岡市や北九州市、近畿圏、関東の首都圏が重なっているためである。また、長期的に居住が不可能となる地域は、緩い基準でさえ九州全域、本州の広島、四国の高知まで広がり、厳しい基準をとれば、九州、四国、中国地方の全域になるという予測である。

第2節 既存研究の意義とその限界

原発は事故が起こる可能性があるからこそ、その危険性が増す（事故さえ起こらなければ原発は安全だという訳では決していない。）のであるが、前述の通り、日本の原発について、それを推進している国や電力会社が主導となっておこなっている、このような具体的な事故被害予測というものほとんどない。国や電力会社は自然災害や機械の故障などで、どのような事故がどれほどの規模で起こり、その結果どのような被害がでるのか、などという予測をたてることは国民の原発に対する不信や不安を煽ることにつながるため、積極的に公開しようとしなない。その点において、瀬尾氏が開発した原発事故の具体的なシミュレーションプログラム、そして具体的なシミュレーション結果を公表することは非常に重要であると考えられる。

瀬尾氏がこのような原発事故シミュレーションのプログラムをのこして亡くなられて15年経った現在、日本では未だに原子力発電、核燃料サイクルが国策として推進され、運転中の原子力発電所は全国で54基、建設中や計画のものまで入れると69基ある。これは世界でもアメリカに次いで2番目に多い。（表1参照）このような状況の中で、冒頭にも述べたように国の言う核燃料サイクルのひとつとしてプルサーマル計画が全国で着々と進められている。

プルサーマル（MOX燃料の軽水炉における使用）については、1960年代にベルギー、ア

アメリカ、ドイツなどで実証試験が開始された。商業用としては 1980 年代から運転が開始されたが、実証試験でプルサーマルをおこなった 10 カ国の国のうち現在商業用運転をしているのは 4 カ国だけである。(図 1 参照) 今日までに世界では 57 基の原発でプルサーマルがおこなわれたとされており(図 2-1・2-2 参照)、これをもって国や電力会社はプルサーマルには十分な実績があると主張しているが、現在世界中で稼働中の原発が 432 基ということを考えれば、1 割程度でしかないことがわかる。また、プルサーマルをおこなったというのは、世界のどの軽水炉においても一定の期間、少しでも MOX 燃料を使用した場合を指している(MOX 燃料装荷量は多くても燃料集合体のうちの 1/3 以下)ので、実際に MOX 燃料を使い燃やしたプルトニウムはごくごくわずかな量であるといえる。日本においても 1986 年から 1989 年にかけて敦賀発電所 1 号機で 2 体、1988 年から 1991 年にかけて美浜発電所 1 号機で 4 体、計 6 体の MOX 燃料が使用され、それをもって十分な実績があるとされている。しかし、今回玄海原発では 16 体の MOX 燃料が使用され、最大で 48 体使用されることを考えると、6 体の MOX 燃料でそれも非常に短い期間の実証試験をおこなっただけで、プルサーマルには問題がなく安全であるという主張は正当性を持たない。

このような事実を踏まえた上で考えると、ウランよりもさらに毒性の強いプルトニウムを使用するプルサーマルについても事故シミュレーションをし、もし大規模の事故を起こした場合のことを想定し、その危険性を知っておくことは重要であると考えられる。

第 2 章 玄海原発プルサーマル

第 1 節 玄海原発概要

玄海原子力発電所は玄界灘に面した佐賀県東松浦郡玄海町に立地しており、九州では初の原子力発電所として 1975 年 10 月より 1 号炉が営業運転を開始した。現在では 1 号炉から 4 号炉までの計 4 基が営業運転を行っている。電気出力は、1 号炉・2 号炉が 55 万 9 千キロワット、3 号炉・4 号炉が 118 万キロワット、合計 347 万 8 千キロワットであり、九州では最大、日本では 6 番目の電気出力である。また、原子炉の形式はいずれも加圧水型軽水炉である。

第 2 節 玄海原発とプルサーマル計画

1997 年、電気事業連合会会長は九電力会社と日本原子力発電、電源開発の計 11 社でプルサーマルを導入する実施計画を発表した。それを受けて 5 日後に、九州電力社長は 94 年からプルサーマル実施の候補地として挙げられていた佐賀県玄海原発と鹿児島県川内原発に 2000 年を目処にプルサーマルを実施する方針で協力要請することを発表した。その後、1999 年に起こった茨城県東海村の JCO 臨海事故や、関西電力向け MOX 燃料の捏造発覚、2002 年に発覚した東京電力のトラブル隠蔽などで関電、東電のプルサーマル計画

が難航する中、2004年に九電は佐賀県玄海原発でのプルサーマル導入を本格的に進めていくことを明らかにした。翌年2005年には国が安全審査を経て、プルサーマルの実施を許可し、その後、国や九電は県や玄海町に対してプルサーマルについての説明やシンポジウムを幾度となくおこなった。佐賀県側は慎重な姿勢をとりながらも、2006年3月に玄海原発のプルサーマル導入に対して九電の「事前了解願ひ」要請を受け入れることを発表した。この佐賀県と玄海町の事前了解願ひの受け入れをもって、玄海原発へのプルサーマル導入に必要な手続きが完了した。

翌2007年にはプルサーマルの燃料であるMOX燃料の製造をフランスの製造会社に依頼し、今年3月にMOX燃料を積んだ輸送船がフランスのシェルブール港を出港、5月には日本の浜岡、伊方、玄海の3ヵ所に到着した。その後着々と作業が進められ、10月には3号炉へのMOX燃料装填がおこなわれ、11月5日に試験運転を開始、そして今年12月2日について国内初となるプルサーマルの営業運転が開始された。

第3節 玄海3号炉におけるプルサーマル概要

現在プルサーマルがおこなわれているのは玄海原発にある4基の原子炉の中の3号炉(出力118万キロワット)である。使用されているMOX燃料は燃料集合体全193本のうち16本で、計画ではMOX燃料の本数を今後最大で48体まで増やすことを予定している。最高燃焼度は45,000MWd/tで、プルトニウム富化度(燃料内における核分裂性プルトニウムの量)は平均して約6%である。

第3章 玄海原発プルサーマルにおける事故被害予測

第1節 考え方と手法

今回玄海原発プルサーマルにおける事故被害の予測をするに当たって、基本的には先に述べたSEOコードを適用した。しかし、SEOコードが初めに開発されたのは今から約30年も前であり、その後、現在のパソコンでも使えるようにプログラムを大幅に書き換える作業もおこなわれたが、当然その当時のさまざまなデータを現在に適用してもそれは正当性をもたない。そこで、瀬尾氏が亡くなられてから現在もSEOコードの更新に携わっている京都大学原子炉実験所の小出裕章氏の協力を得て、玄海原発3号炉におけるプルサーマル事故の被害予測をおこなった。瀬尾氏が開発したSEOコードは1975年に発表されたRSSのdraft reportのデータを基にしたものであるが、その後RSSによって発表されたfinal reportのデータを基に小出氏がSEOコードを更新した。RSSのfinal reportでは事故類型のBWRの分類が6種類から5種類になっている。また、種類のなかの設定で、事故が起こってから各種の放射能が環境へ放出されるまでの時間、放出される各種の放射能の割合の数値が変わっている。RSSのdraft reportは途中段階における評価であり、final reportは最終段階の

評価であることから、今回のシミュレーションではその新しいデータを適用した。

第2節 設定条件

シミュレーションの設定は、玄海3号炉でPWR2型事故（炉心冷却系が故障して炉心熔融。さらに格納容器スプレイ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格納容器の耐圧限度を突破して破裂し、格納容器内の大量の放射能が環境に噴き出す。⁹⁾）が発生したとし、その時の気象条件はごく普通のもので、大気安定度はD型、風速は4m/秒とした。また、住民の避難は事故発生から5年後に行われ、それ以降は無一人になるとした。

PWR2型の事故は類型の中でも2番目に大きな事故を想定したものである。（表2参照）表を見ればわかるように、RSSではPWRにおける事故を9つのパターンに分類している。PWR1・2が最も重大な事故で被害も大きい。PWR9に近づくにつれて事故の規模は小さくなる。今回のシミュレーションでPWR2型を適用したのは、起こりうる事故の中でも、最も被害が大きい場合を想定したシミュレーション結果を得るためである。先にも述べたように小さな規模の事故というのは、多からず少なからず起こっているものである。そのためここでは大規模な事故が起こった場合を前提として考える。

大気安定度というのはその時の大気の状態、A型～F型に分類される。（表3参照）A型は風がほとんどなく豊かな日照りのあるときに現れる状態¹⁰⁾で真夏によく見られる。この状態の下では空気拡散が進むため放射能は拡散するが、それと同時に薄まる。逆にF型は、空気拡散がほとんどなく、濃度の濃い放射能が帯のように流れる。ここでは放射能は拡散もしないが、薄まることもない。今回、大気安定度の設定をD型としたのは、この型が最も中立的で一般的にも最も見られやすい大気の状態だからである。

また、住民の避難は5年後におこなわれ、それ以降は無一人になるとしたが、この住民の避難については、これまでの統計などもないために、実際どうなるのかは全くわからない。ただ、チェルノブイリ事故を例にとると、汚染が非常に強く、事故から1週間以内で全住民が避難した地域もあれば、事故から25年経った今でも汚染された地域に住み続けている人もいる。そのため、今回の5年後には避難地域の住民全員が避難を終えているという状況では、そこまで被害の拡大を招くような設定ではないと考える。

通常の原因からプルサーマルになることによって、大きく変わってくるのは炉心内のプルトニウムの蓄積量である。玄海3号炉でおこなっているプルサーマルは193体の燃料集合体のうち16体が再処理によって取り出されたプルトニウム入りのMOX燃料を使っていることは先に述べた。しかし計画では最大48体、つまり燃料集合体の4分の1をMOX燃料にするということである。また、それらのMOX燃料のプルトニウム富化度は平均で6%であるとされている。一方、玄海3号炉における全ウラン装荷量は93トンであることから、プルサーマルを行うことによって炉心に装荷される核分裂性プルトニウムの量は $93 \times (48/193) \times 0.06 = 1.39$ トンとなる。

プルサーマルを行わない場合の炉心内の核分裂性プルトニウムの蓄積量は RSS の評価では 21,000 キュリーで、重量に換算すれば 340kg とされている。したがって、玄海 3 号炉でプルサーマルをおこなう場合、通常原発のプルトニウム蓄積量の 4 倍のプルトニウムが事故に関与することとなる。

被曝線量に関しては、RSS に従い、急性死者を考える場合は最初の 7 日間の線量に引き続く 23 日間の線量の半分を加えた短期線量を評価の目安とする。¹¹ 短期線量は、4Sv(シーベルト)で半数の 50%、6Sv で 90%が急性死すると考える。

晩発性のガンについては、1 万人・Sv 当たり 4,000 人のガン死者が発生するとする。これはつまり、ある人が 1Sv 被曝した場合、その人は将来ガン死する可能性を 40%背負い込んだということ意味する。¹²

また、今回使用している全国の市町村別人口・面積の情報は 2000 年におこなわれた国勢調査のデータを使用している。そのため、人口の数値については一部、市町村合併以前のものとなっている。

以上のような理由で設定した条件の下でシミュレーションをおこない、1. 急性障害による死者数、2. 晩発性の影響、つまりガンの死者数、3. 長期的に居住不可能となる地域を予測した。

第 3 節 シミュレーション結果

3-1 急性障害による死者

急性障害による死者が生じる範囲は玄海原発を中心として、佐賀県はもちろん、福岡県、長崎県にまで及ぶ。玄海原発から 10km 以内の町（玄海町、呼子町、鎮西町）では全人口が急性死することが予測され、中でも発電から最も近い鎮西町における短期被曝線量は 144.315 Sv という数値になった。表 4 をみれば一目でわかるが、鎮西町はとび抜けて大きな値である。これは 90%が急性死する値が 6Sv であることを考えると、とてつもなく大きな数値であることがわかる。

また、玄海原発から 10~20km 以内に位置する市町村では人口の 6 割~9 割が急性死するという結果が出た。この、玄海原発から 10~20km 以内には人口約 8 万人の唐津市（合併前）や、長崎県の福島町、鷹島町などが含まれる。（表 5 参照）急性死者がそれほど多くない地域でも長期的に見ると、その後晩発性のガンによる死者は非常に大きな数値が出る。佐賀市で 16,790 人、福岡市で 134,100 人、長崎市で 38,282 人となっているが都市においてもそれ以外においても甚大な被害が出ることが予測される。（表 6 参照）

図 3 は市町村ごとに出る急性死者数を地図に書き込んだもので、原発を中心に描いた 5 つの同心円は、その距離での急性死者の割合を示している。

3-2 晩発性ガンによる死者数

ここでは、24 方向それぞれの風向き場合を考え、日本全国の都道府県別晩発性ガン死者数を予測した。図 4 は風向き別に晩発性のガン死者数を示したレーダーチャートである。このレーダーチャートでは中心からの距離の大きさをガン死者数を表している。この図を見ればわかるように、風が 75 度の方向に吹いたときに被害は最大となり、被害者は全国で 700 万人を超えるという結果が出た。これは、玄海原発から 75 度の方向にちょうど福岡や大阪、名古屋、東京といった大都市が重なるためである。

また、図 5 はシミュレーションの結果特に被害が大きくなると考えられる 75° と 60° 方向に風が吹いていた場合の被害者の数と場所を日本地図に書き込んだものである。東京、愛知では約 25 万人、大阪では 48 万人、広島で 41 万人、福岡では 200 万人を超えるガン死者が出るという結果となった。

3-3 長期的に居住不可能となる地域

長期的に居住不可能となる地域とはつまり、事故が起こって、放射能が環境に放出したことによる、人体への影響を避けるために、住民がその土地から離れて長期的避難をするべき領域のことである。そして、この長期避難というのは、セシウム 137 のような半減期の長い放射能の汚染量をもとに設定されるもので、何十年にもわたる居住不可能地域を意味する。¹³ よって、この長期的に避難すべき領域については、計算の過程でプルトニウムの量は関係してこないため、通常の原因の場合も、プルサーマルの場合も結果に差はないといえる。

長期避難をするべき領域について、基準の設定には様々な考え方があがるが、SEO コードでは、チェルノブイリ事故に際して旧ソ連が設定した 1 平方メートルあたり 148 万ベクレル (40 キュリー/km²) のセシウム 137 という地面汚染濃度を、避難基準の目安のひとつ¹⁴としている。また、もうひとつの基準として、チェルノブイリ事故に際して白ロシア共和国が設定した旧ソ連より約 3 倍厳しい 15 キュリー/km² という基準についても目安としている。¹⁵ これらの 2 つの基準について、SEO コードでは前者を「緩い方の避難基準」後者を「厳しい方の避難基準」と呼んでいる。ここで重要なのが、「厳しい」というのは基準そのものが厳しいのではなく、もう一方の 40 キュリー/km² という基準と比べて「厳しい」ということである。なぜこのことが重要であるかというと、日本の法律である「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」や「電離放射線障害防止規則」によると、アルファ線を放出しない放射線の場合、40 ベクレル/cm² (=1 キュリー/km²) 以上の汚染地域は、放射線管理区域に指定しなければならない¹⁶ ということが示されているからである。放射線管理区域とは、放射線による障害を防止するために、法令により定められた区域のことであるので、放射線管理区域になるということは、一般の人々が普通に暮らせる場所ではないということである。

シミュレーションの結果、SEO コードでいう緩い方の避難基準 (セシウム 137 の濃度が 40 キュリー/1 km²) の範囲は事故を起こした原子炉から 178km、厳しい方の避難基準 (セシウ

ム137の濃度が15キュリー/1km²)では347kmが避難すべき範囲であるという結果となった。セシウム137の濃度と避難すべき範囲をまとめたものを表7に示している。また、これらの数値をもとに、避難すべき範囲を地図に書き込んだものが図6である。これを見てもらえばわかるように、緩い方の基準でも、九州のほぼ全域が入り、厳しい方の基準で見ると九州全域に、中国、四国地方までもが長期的に居住不可能な範囲となるという結果となった。また、現在日本が定めている1キュリー/1km²で考えると、避難すべき範囲は1711kmと、日本国内ではおさまりきれない範囲にわたるという結果となった。

結論

今回のシミュレーションの結果を見る限り、日本で唯一プルサーマルがおこなわれている玄海原発3号炉において大規模な事故が発生した場合、佐賀県や九州にとどまらず、急性の死者や晩発性のガン死者などの人体への直接的な被害にとどまらず、住んでいる地域の環境そのものが広範囲にわたって汚染され、人体以外にも、人々の生活や、そこにある自然環境にも大きなマイナスの影響を与えることとなる。

今回のシミュレーションの結果の数値や範囲を、以前に瀬尾氏がおこなった通常原発における事故シミュレーションの結果と比べると、今回の結果のほうがいずれも小さくなっている。これは、もとのプログラム自体の設定をRSSの更新と共に新しくしたためである。よって、今回のプルサーマルの事故シミュレーションの結果として出た数値や範囲が、通常原発事故シミュレーションの結果より規模が小さいということで、危険度が小さくなったということを示しているわけではない。

今回、更新されたSEOコードをもとにプルサーマル事故シミュレーションをおこなうと同時に、同じ条件設定で通常原発についてもシミュレーションをおこなった。(以前瀬尾氏がおこなったものと条件はほぼ同じであるが、前提となるRSSの数値について、更新された新しいものを使った。)プルサーマルの場合については、これまで本稿で述べてきた結果が出たのだが、通常原発における結果も、プルサーマルの場合と比べて、さほど大きな差は見られなかった。例えば急性死者の結果も原発とプルサーマルでは数人の違いであったし、全国的に見た晩発性のガン死者の数もほとんど変わらないという結果であった。また、避難領域についてはプルトニウムの量は関係してこないもので、どちらの場合も同じである。このことから言えることは、原発も、プルサーマルも大規模な事故における被害の状況はどちらも同じくらいである、ということだ。これは、原発もプルサーマルも事故が起こった場合の被害状況はあまり変わらないから、プルサーマルをやっても危険度が増すわけではないということでは、もちろんない。プルサーマルがプルトニウムを使用する分、危険度が増すのは言うまでもない。プルトニウムはウランに比べて核分裂しやすく、それによって原子炉内の制御棒の効きが悪くなる。よって、事故が起こる確率も高くなる

ことが考えられる。また、プルトニウムは他の放射能と比べても非常に毒性が強く、人体への影響は計り知れないものである。更に、プルトニウムは半減期が約 2 万年であることから、その後の処理も大きな問題となってくる。つまりこれらのことから言えるのは、プルサーマルをおこなうことによって、もともと大きな危険を抱えている原発に更なる危険要素を上乗せすることとなるのということである。

今回、小出氏の協力を得て、更新された SEO コードで、日本初のプルサーマルを行っている原子炉についての事故被害予測の結果を示せたことは、とても大きな意味のあることであると考えられる。なぜなら、私たちは普段の生活の中で、原子力発電・プルサーマル発電は安全で安心して環境にやさしいものだという情報ばかりが与えられ、原子力の本当の危険性について考えることがほとんどないからである。一方的に、偏った情報ばかりが流され自分たちできちんと考える機会がない。今回プルサーマルを受け入れた佐賀県や玄海町も、国や電力会社が「安全ですよ」と言うから安全だと主張する。単に言われたことを疑いもせず鵜呑みにしている。地元の県民もプルサーマルについて、心配はしているけれど、国や電力会社や県が安全だと言うのなら大丈夫だろう。と思っている人が大半なのではないかと思う。「プルサーマルは資源に乏しい日本にとって、ウランエネルギーをリサイクルするという点でとても有効な発電方法である」という情報が日々飛び交っているが、今後、そのような情報をただ鵜呑みにするのではなく、原発やプルサーマルに潜む大きな大きな危険性も考える視点を持たなければならない。そしてひとりひとりがきちんと真実を見極め、今後のエネルギー生産・消費の構造のあり方を真剣に考えていくべきである。

(表1) 世界の原発の状況 (2009年1月末現在/日本は2009年12月末現在)

世界計

	基数	出力 (万 KW)
運転中	432	39,044.4
建設中	52	4,775.1
計画中	66	6,536.7
合計	550	50,356.2

アメリカ

	基数	出力 (万 KW)
運転中	104	10,630.2
建設中	1	120.0
計画中	8	940.0
合計	113	11,690.2

日本

	基数	出力 (万 KW)
運転中	54	4,884.7
建設中	2	275.6
計画中	12	1,655.2
合計	68	6,815.5

フランス

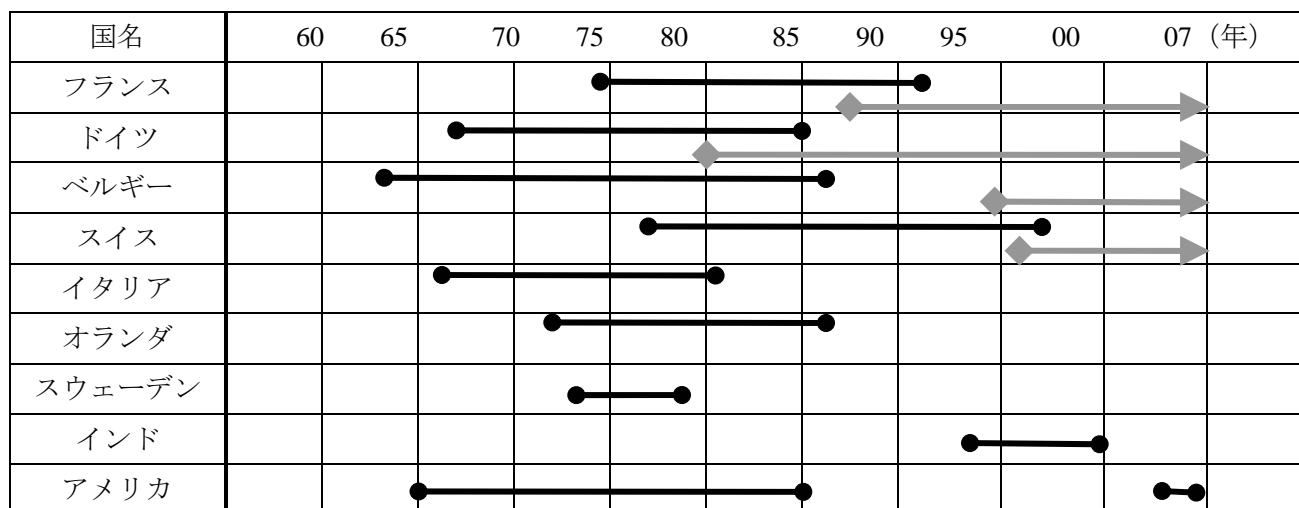
	基数	出力 (万 KW)
運転中	59	6,602.0
建設中	1	163.0
計画中	0	—
合計	60	6,765.0

出所：資源エネルギー庁「日本の原子力発電～考えよう日本のエネルギー～」

日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の現状」2009年次報告

を基に筆者作成

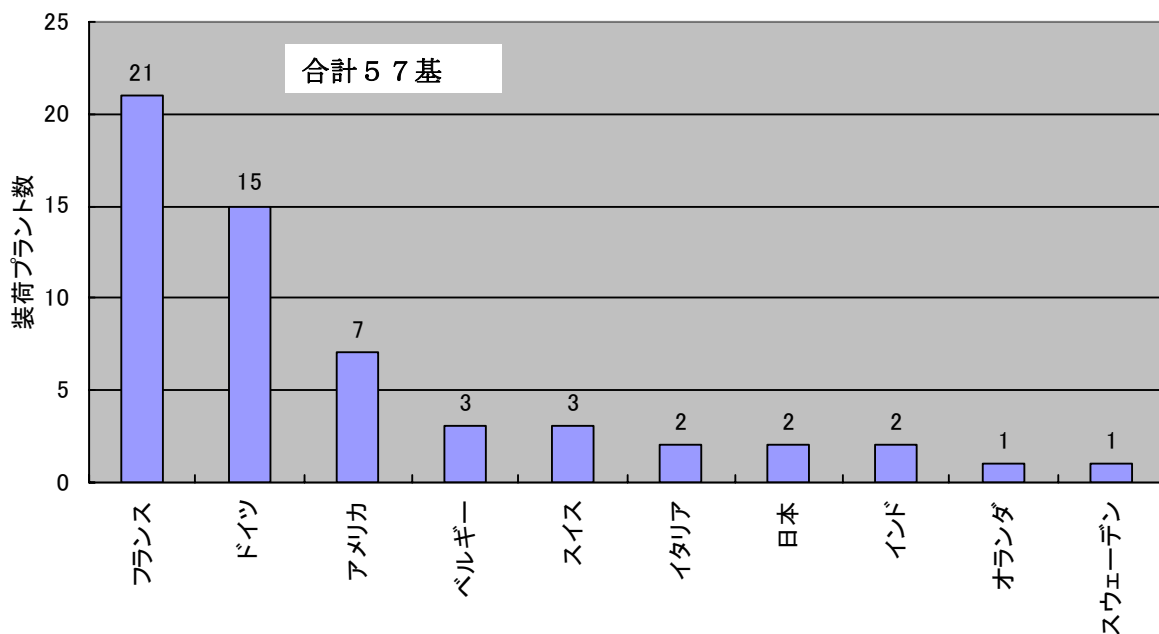
(図1) 海外のプルサーマル実施状況 (2007年12月末現在)



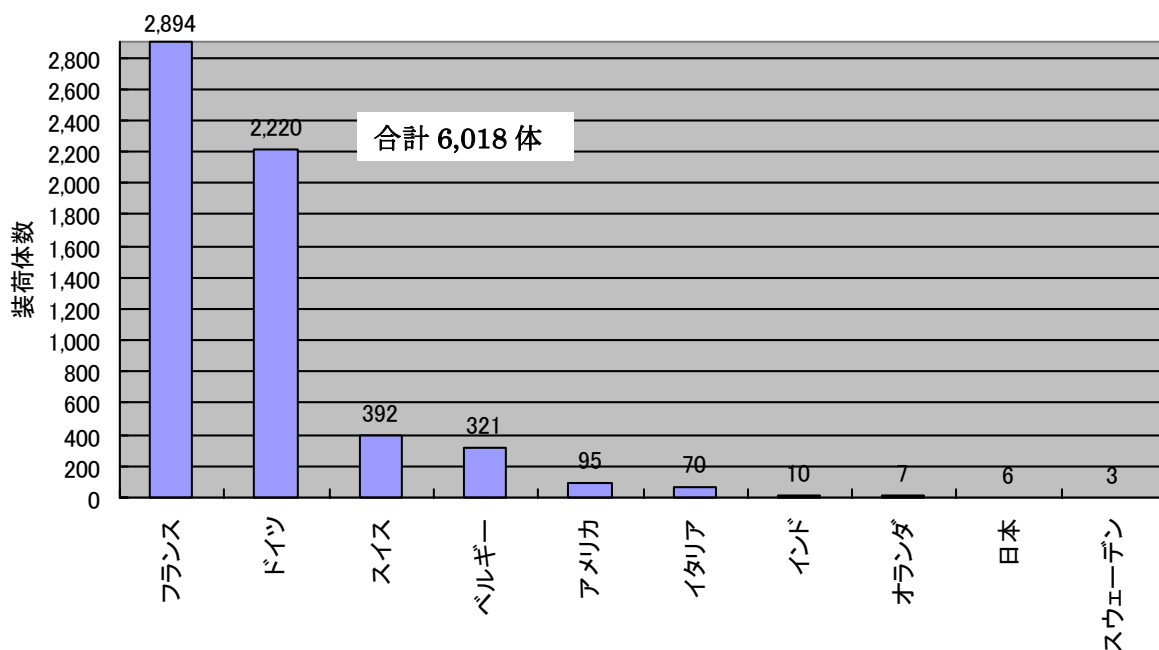
● — ● 実証試験
◆ —> 商業利用

出所：資源エネルギー庁発行パンフレット「わかるプルサーマル」を基に筆者作成

(図 2-1) 各国での MOX 燃料使用実績 (2007 年 12 月末現在)





(図 2-2) 各国での MOX 燃料使用実績



出所：資源エネルギー庁発行パンフレット「わかるプルサーマル」を基に筆者作成

(表 2) 加圧水型炉 (PWR) の事故形態の分類

<p>事故レベル 高</p>   <p>事故レベル 低</p>	PWR1	炉心冷却系が故障。熔融した炉心が原子炉容器のそこに落下したとき、底に溜まっていた水が蒸気爆発を引き起こす。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。激突によってできた穴から大量の放射能が環境に噴出。格納容器スプレイと熱除去系は故障。
	PWR2	炉心冷却系が故障して炉心熔融。さらに格納容器スプレイ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格納容器の耐圧限度を突破して破裂し、格納容器内の大量の放射能が環境に噴き出す。
	PWR3	炉心冷却系が働いて炉心熔融は食い止められるが、格納容器除熱系の方が故障したため、加圧によって格納容器が壊れる。まもなく格納容器サンプ内の水が加熱のため沸騰し、冷却材ポンプがキャビテーションのためダウンする。炉心冷却が不可能になり、炉心が熔融して放射能が環境に出ていく。このため PWR1 と 2 に比べて、放射能放出継続時間ははるかに長くなる。
	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イ系も故障する。さらに格納容器隔離系も故障するため炉心熔融によって開放された放射能は、格納容器を貫通する配管を通じて環境に出ていく。
	PWR5	PWR4 と同じで、違うところは格納容器スプレイが働いて、空中に漂う放射能を洗い落とすことができる。
	PWR6	炉心冷却系が故障して炉心は熔融落下する。格納容器スプレイは働かないが、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、格納容器スプレイが働いて放射能が洗い落とされるため外に漏れる放射能が比較的少なくてすむ。
	PWR8	いわゆる設計基準事故と呼ばれるもののひとつ、大口径配管破断を模擬したもの。安全防護設備は満足に働くため炉心は熔融しない。ただし格納容器隔離系は故障して働かないと仮定。
	PWR9	PWR8 と同じだが、格納容器隔離系も働くと仮定するため、さらに放射能放出量は少ない。

出所：瀬尾健『原発事故…その時、あなたは！』風媒社、1995年、p.176-177を基に筆者作成

(表3) 気象条件の種類 (大気安定度)

安定度 ↓ 低 ↑ 高 安定度	A型	風がほとんどなく（風速 2メートル以下）豊かな日照りのあるときに現れる状態。対流がよく起こり、大気のかき混ぜが効率よく行われる。したがって放射能雲の拡散のよく起こる。 安定度としては最も不安定な部類に属する。
	B型	
	C型	
	D型	中立。 昼夜を問わず、風速に関係なく、雲の多い空模様の際に典型的に現れる大気安定度。
	E型	
	F型	風速が 3メートル以下で、夜間、空が晴れて放射冷却が進むと、気温分布が A型とは逆になり、対流がほぼ起こらない状態になる。 その結果、大気のかき混ぜも起こらず、放射能の拡散もほとんど起こらない。安定度としては最も安定な部類に属する。

出所：瀬尾健『原発事故…その時、あなたは！』風媒社、1995年、p.180-181を基に筆者作成

(表4) 全人口が急性死する市町村と人数

風下角度	市町村	人口(人)	距離(km)	到達時間	短期線量(Sv)	急性死者
60度	呼子町(佐)	6,165	4.4	00:18	47.497	6,165
75度	鎮西町(佐)	7,420	2.2	00:09	144.315	7,402
150度	玄海町(佐)	6,986	5.4	00:22	34.253	6,986

(表5) 人口の6~9割が急性死する市町村と人数

風下角度	市町村	人口(人)	距離(km)	到達時間	短期線量(Sv)	急性死者
120度	唐津市(佐)	78,940	14.4	01:00	7.081	75,520
	浜玉町(佐)	10,414	19.7	01:22	4.333	6,319
150度	旧・北波多村(佐)	4,734	18.9	01:19	4.609	3,235
180度	福島町(長)	3,420	18.0	01:15	4.958	2,642
195度	肥前町(佐)	9,125	9.1	00:38	14.830	9,117
225度	鷹島町(長)	2,866	13.6	00:56	7.811	2,792

(表6) 急性死者が出る主な市町村と人数

風下角度	市町村	人口(人)	距離(km)	到達時間	短期線量(Sv)	急性死者
75度	前原市(福)	63,883	31.9	02:13	2.021	1,543
	福岡市(福)	1,341,489	52.3	03:38	0.927	487
90度	二丈町(福)	13,587	26.9	01:52	2.639	1,292
105度	七山村(佐)	2,699	26.9	01:52	2.639	257
120度	佐賀市(佐)	167,972	51.5	03:35	0.950	69
150度	相知町(佐)	8,853	24.6	01:42	3.047	1,649
165度	伊万里市(佐)	59,144	29.3	02:02	2.316	2,913
195度	佐世保市(長)	240,837	40.1	02:47	1.411	158
210度	松浦市(長)	22,082	23.8	01:39	3.211	5,145

※人口は2000年国勢調査のデータを使用

※距離とは、発電所から、市町村の役場までの距離である。

※到達時間とは事故後、その地域に放射線が到達するまでにかかる時間である。

※短期線量とは事故後の最初の7日間の線量に引き続く23日間の線量の半分を加えた値である。

※(佐)は佐賀県、(福)は福岡県、(長)は長崎県を示す。

シミュレーション結果を基に筆者作成

(図3) 急性死者数とその範囲

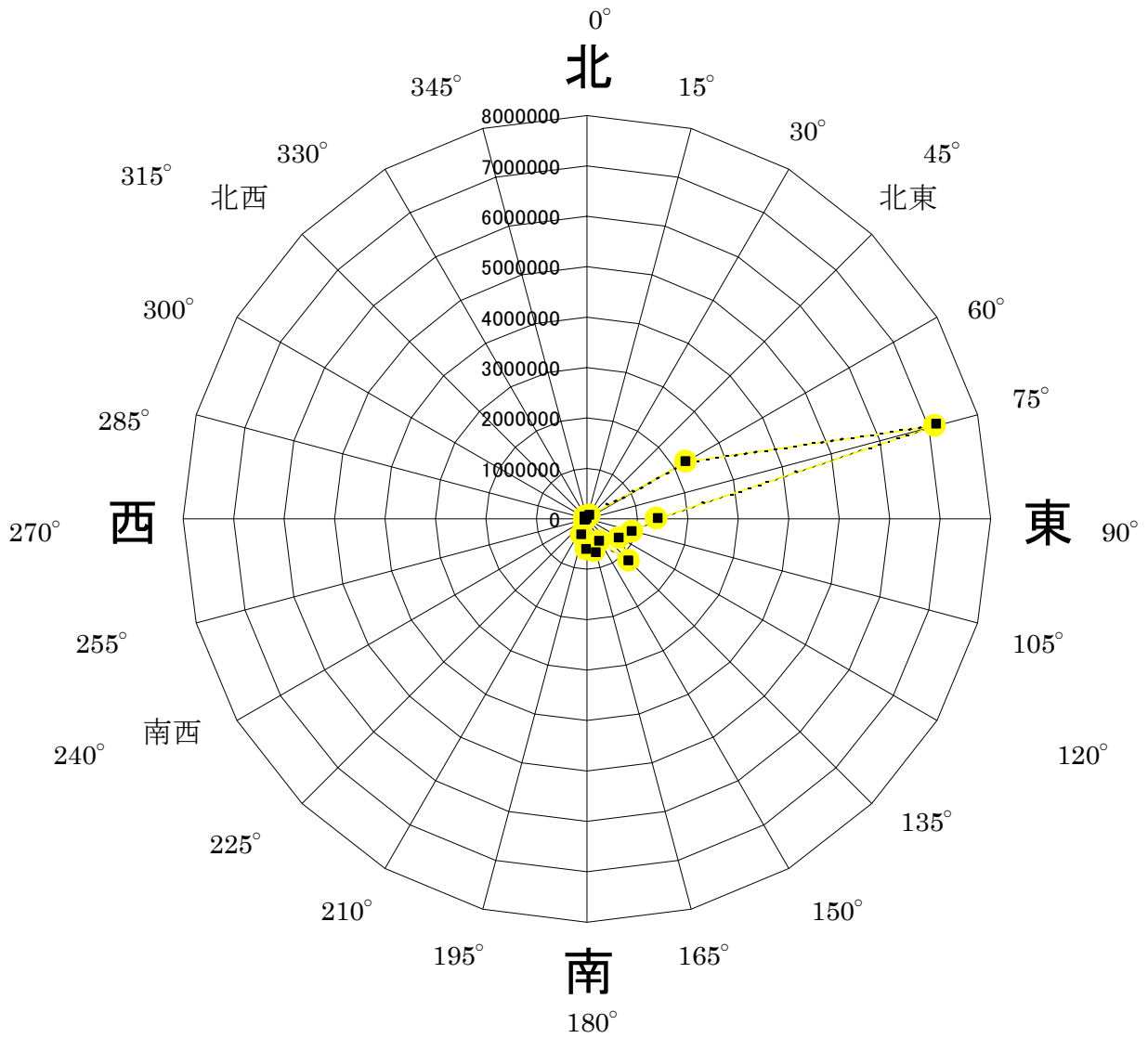


シミュレーション結果を基に筆者作成

地図出所：Map Fan Web

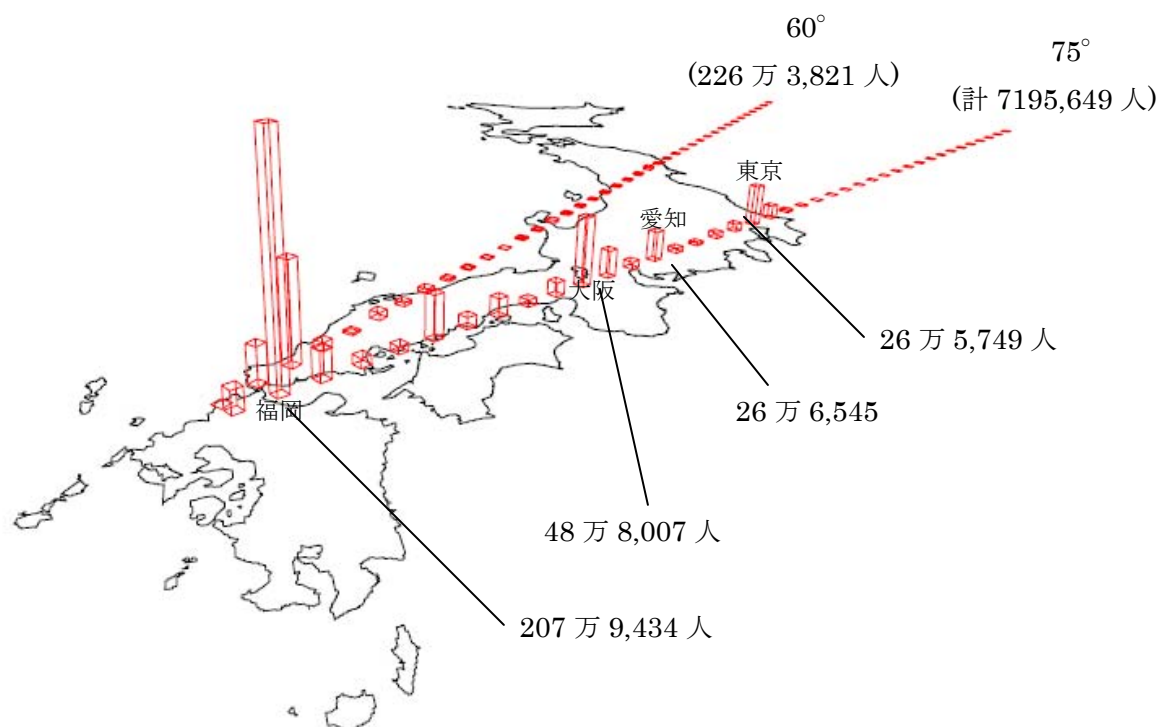
(<http://www.mapfan.com/a4.cgi?MAP=E129.53.9.7N33.26.25.8&ZM=5&CI=R&SP=1&SMAP=E129.52.38.8N33.28.8.3&PrfCd=41>)

(図4) 晩発性ガン死者の風向き別発生人数



※プルサーマルをおこなった場合を黒、おこなわなかった場合を黄色で示している

(図5) 晩発性ガン死の多く生じる場所 (60° 75° 方向)

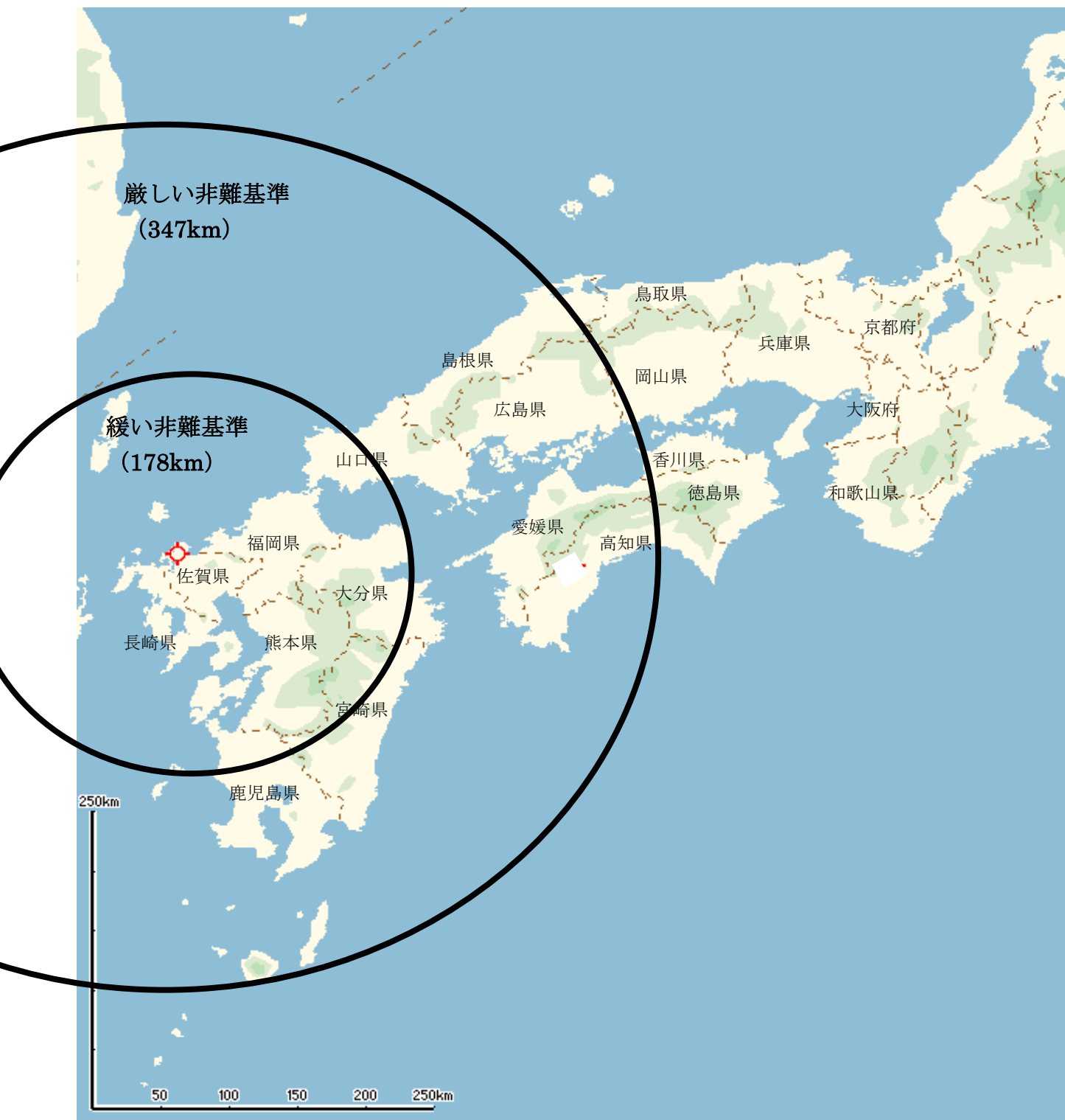


(表7) 長期的に居住不可能となる範囲

セシウム 137 濃度 (キュリー/km ²)	避難すべき範囲 (km)	セシウム 137 濃度 (キ ュリー/km ²)	避難すべき範囲 (km)
1000	20	15 (厳しい方の基準)	347
500	32	10	453
200	59	5	703
80	111	1 (日本で定められて いる基準)	1711
40 (緩い方の基準)	178		

シミュレーション結果をもとに筆者作成

(図6) 長期的に居住不可能となる範囲



シミュレーション結果をもとに筆者作成

地図出所：Map Fan Web

(<http://www.mapfan.com/m.cgi?MAP=E129.52.38.8N33.28.8.3&ZM=8&NFLG=1>)

<脚注>

- ¹ 瀬尾健『原発事故…その時、あなたは！』風媒社、1995年、p156
- ² 科学技術庁原子力産業会議「大型原子炉の事故の理論的可能性及び公衆損害に関する試算」1960年、付録G
- ³ 瀬尾健『原発事故…その時、あなたは！』風媒社、1995年、p157
- ⁴ 小出裕章「原発事故シミュレーション」(『科学』岩波書店、2008年)、p1124
- ⁵ 小出裕章、瀬尾健「原子力施設の破局事故と災害評価」1997年、p1
- ⁶ 同上
- ⁷ 同上、p4
- ⁸ 同上、p9
- ⁹ 瀬尾健『原発事故…その時、あなたは！』風媒社、1995年、p176
- ¹⁰ 同上、p180
- ¹¹ 同上、p188
- ¹² 同上
- ¹³ 同上、p13
- ¹⁴ 同上
- ¹⁵ 同上
- ¹⁶ 「電離放射線障害防止規則」別表第3 表面汚染に関する限度

<参考文献・論文・資料一覧>

- ・ 瀬尾健『原発事故…その時、あなたは！』風媒社、1995年
- ・ 小出裕章、瀬尾健「原子力施設の破局事故と災害評価」1997年
- ・ 小出裕章「原発事故シミュレーション」(『科学』岩波書店、2008年)
- ・ 科学技術庁原子力産業会議「大型原子炉の事故の理論的可能性及び公衆損害に関する試算」1960年
- ・ 資源エネルギー庁「日本の原子力発電」(最終アクセス日：2009年12月21日)
http://www.enecho.meti.go.jp/genshi-az/pamphlet/pdf/japan_ene.pdf
- ・ 資源エネルギー庁「わかるプルサーマル」(最終アクセス日：2009年12月21日)
http://www.enecho.meti.go.jp/genshi-az/pamphlet/pdf/wakaru_pl.pdf
- ・ 日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の現状」(最終アクセス日：2009年12月21日)
http://www.jaif.or.jp/ja/news/2009/ichiran2009_data.pdf
- ・ 九州電力 HP「玄海原子力発電所の概要」(最終アクセス日：2009年12月21日)
http://www.kyuden.co.jp/genkai_outline_index.html
- ・ 九州電力 HP「プルサーマル概要資料」(最終アクセス日：2009年12月22日)
<http://www.kyuden.co.jp/pdf/nuclear/pluthermal/040528gaiyou.pdf>
- ・ 「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則」(最終アクセス日：2009年12月22日)
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S35/S35F03101000056.html>
- ・ 「電離放射線障害防止規則」(最終アクセス日：2009年12月22日)
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S47/S47F04101000041.html>

あとがき

地元で始まるプルサーマル。今後、どうにかその方向性を変えたい。そんな思いだけでこの論文を書き始めた。まずは知ることからだった。高校まで地元に住んでいたのに、地元で原発があることさえなんとなくしか知らなかった。そういえば、小学校の時のバス旅行で玄海原発の隣にある玄海エネルギーパークという立派な建物を見学にいったなー。くらいのものであった。そして、毎日の暮らしの中で使わない日はない電気の供給について真剣に考えることもなかった。

原発について考えるようになったのは、私の親が原発反対に市民運動にかかわり始めてからである。それから、原発の仕組みとか、大まかなことはだいたい分かってきたけれど、原発をテーマに論文を書くとなった時に、何をどういう風にか書けばいいのか、全くわからなかった。原発について思うところはたくさんあるけど、これから書く論文を通して何が一番伝えたいことなのかと考えたときに、私の中では「原発・プルサーマルの危険性」を伝えたいというこたえが出た。「原発・プルサーマルの危険性」というと、私の思う全てが伝わらない気もするが、とりあえずおいといて。

その「原発・プルサーマルの危険性」をどうすれば論文で伝えられるかと悩んでいたときに、大島先生に瀬尾さんの原発事故シミュレーションのことを教えてもらい、そして「瀬尾さんのシミュレーションをもとに、玄海3号炉のプルサーマル事故のシミュレーションをやってみれば？」という一言から私の卒論の日々が始まった。

理系的な知識が一切ない私にとって、この論文を何とか形あるものにするのは非常に困難だった。しかし、京大原子炉実験所の小出裕章先生の大きな協力を得て、完成させることができた。思いだけをもって研究室を訪ねた私に、たくさんのことを教えて頂き、そして玄海プルサーマルの事故被害予測を快く引き受けて頂いた小出先生には本当に感謝している。

この論文を書く中で、原発・プルサーマルに反対の立場からの意見や推進の立場からの意見、色々な立場の考えを読み、聞いた。でも、それを通して気づいたことは反対派と推進派で議論をいくらしたところで、両者は絶対に相容れないもので、平行線をたどる。大切なのは原子炉の安全性とか事故の起こる確率とか、そういうことを専門家や上のほうだけで議論するのではなく、もっと根本的な部分をみんなで考えることなのではないか、ということである。

人間は、産業革命以来、そして特にここ50年間で本来決して逆らうことのできない、自然に逆らい続けてきていると思う。手をつけてはいけないところに手をつけ、ただ好奇心だけで、人間中心の、より豊かな生活を手に入れるために後先考えずに突っ走って来てしまった。そして、それに世界中の政治や経済、争いが合間って、大きな大きな多くの問題が浮き彫りになってきている今、私自身、原発に関しては現在すでにある大量のプルトニウ

ムや放射性廃棄物をどうするのかと言われたら、わからないし、この先、原発やプルサーマルを続ければ、何が起こるのかなんてわからない。でも、今私が確実に言えるのは、もうこれ以上、原発を進めてはいけないということである。原発やプルサーマルは、人間を含め、未来に暮らすすべてのもの、そしてこの素晴らしい地球環境の未来を全く考慮していない。今、私たちに必要とされているのは、問題に関心を持ち、一度立ち止まってじっくり考えることである。そうすれば自ずと、こたえは見えてくるはずだ。

卒論はこれで終わりだが、私の中ではまだまだ始まったばかり。
これからより多くの人に、メディアでは流されないたくさんの事実を、そして自分の想いを、勉強し、そしてたくさんの人との出会いのなかで、自分なりに伝えていこうと思う。

そして最後に…

この論文を書くに当たって、たくさんの人との新しい出会いがあり、そしてみなさんからたくさんの協力を得ました。

この場をかりてもう一度、感謝の気持ちを伝えさせていただきます。

本当にありがとうございました。