

特集

エネルギーと社会的リスク

自然災害と人工災害のリスク比較

Risk Comparison between Natural Disaster and Human Disaster

内山 洋司*・林 部 尚**

Yohji Uchiyama Satoshi Hayashibe

1. はじめに

人間は昔から病と災害から身を守るため様々な工夫をしてきた。災害に対する対策について飛躍的に進歩を遂げたのは産業革命以降のことである。動力機関とエネルギーの利用は、人間から肉体労働を開放し、食料、衣料、住宅、医療品などの大量生産により人々に豊かさを産み出しただけでなく、自然災害や伝染病から身を守る技術や社会インフラを築き上げてきた。

しかし、私たちの身を守るために発展してきた技術や社会インフラ施設が、新たな災害を発生させている。それは人口災害と呼ばれるもので、環境汚染、交通事故、航空機事故、ダムの決壊、石油タンクの爆発など、昔なかった新しい災害である。どのような社会になっても、災害の全くない社会は考えられない。人間の歴史は病気や災害との戦いであり、どのようにしたらそういったリスクが小さくなるかを工夫してきた。高度な技術と大量のエネルギー消費に依存する現代社会のリスクとは何か。ここでは自然災害と現代の技術社会に起因する人工災害、特にエネルギー技術の災害を中心に調べることにする。

2. 自然災害と人工災害

2.1 我が国の自然災害

今年1月の阪神大震災により約6,000人の人々が犠牲になった。戦後、最大の自然災害である。我が国の戦後におけるこれまでの災害を調べてみると、犠牲者の数が最も多かったのは1959年の伊勢湾台風で5,098人もの人々が亡くなっている。伊勢湾台風までは台風や豪雨、あるいは地震によって毎年1,000人近い人が死

んだり行方不明になっていた。伊勢湾台風の惨事をきっかけにして、台風と地震への積極的な防災対策が進み、1960年以降になると自然災害による被害は毎年200人以下に急減している。表1は昭和20年以降の我が国における自然災害の被害事例を示したものである。

表1 昭和20年以降の我が国の主な自然災害

年 月 日	災 害 名	死者・行方不明者数
昭和20.1.13	三河地震	1,961人
20.9.17~18	枕崎台風	3,756人
21.12.21	南海地震	1,432人
22.8.14	浅間山噴火	11人
22.9.14~15	カスリーン台風	1,930人
23.9.15~17	アイオン台風	838人
23.6.28	福井地震	3,895人
25.9.3~4	ジェーン台風	539人
26.10.13~15	ルース台風	943人
27.3.4	十勝沖地震	33人
28.6.23~30	大雨	1,013人
28.7.18~25	南紀豪雨	1,124人
29.5.8~12	風害	670人
29.9.24~27	洞爺丸台風	1,761人
32.7.25~28	諫早豪雨	722人
33.6.24	阿蘇山噴火	12人
33.9.26~27	伊勢湾台風	5,098人
39.6.16	新潟地震	26人
43.5.16	十勝沖地震	52人
49.5.9	伊豆半島沖地震	30人
53.1.14	伊豆大島近海地震	25人
53.6.12	宮城県沖地震	28人
58.5.28	日本海中部地震	104人
59.9.14	長野県西部地震	29人
平成2.11.17~	雲仙岳噴火	44人
5.7.12	北海道南西沖地震	230人
7.1	阪神大震災	約6,000人

(注) 風水害は死者・行方不明者500人以上のもの。
地震、火山噴火は死者・行方不明者10人以上のもの。
資料：「防災白書 平成6年版」国土庁

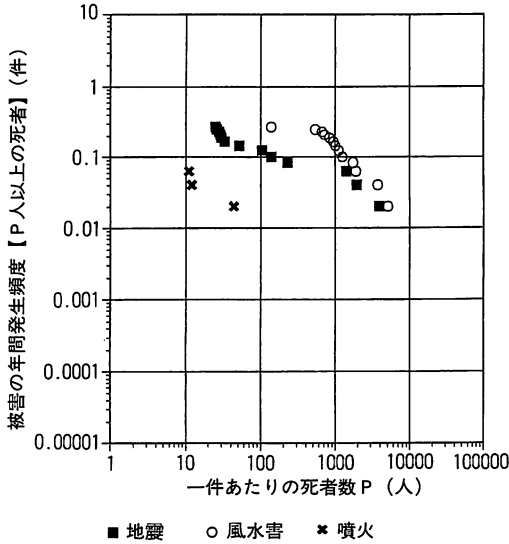
* (財)電力中央研究所 経済社会研究所
技術評価グループリーダー

〒100 東京都千代田区大手町1-6-1 大手町ビル7F

** (財)政策科学研究所 研究員

〒100 東京都千代田区永田町2-4-11

表1に示す過去50年の災害を、横軸に一件あたりP人の死者数を縦軸にP人以上の災害の年間発生頻度にして図示すると図-1の結果が得られる。図から被害が大きい自然災害は風水害、地震、噴火の順になっていることがわかる。



注) 風水害は死者・行方不明者500人以上のもの
地震、火山噴火は死者・行方不明者10人以上のもの
資料：「防災白書 平成6年版」国土庁

図-1 我が国の自然災害の被害規模と発生頻度 (昭和20年以降)

2.2 世界の災害

災害には自然災害と人工災害と自然災害とがある。自然災害は自然の作用が原因で発生する被害で、それには洪水、嵐、地震、早魃、森林火災などがある。それに対して人工災害は人間活動によってもたされる災害で、火災、航空機、船舶、自動車/鉄道、鉱山、爆発などの事故が含まれる。図-2は過去20年間に世界で発生した大規模な自然災害と人口災害による被害者数を示したものである。被害者の数は年によりバラツキ

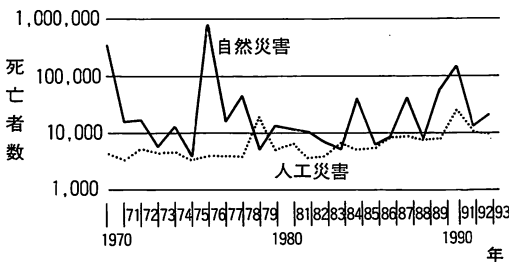


図-2 世界における自然災害と人工災害の被害者数の推移¹⁾

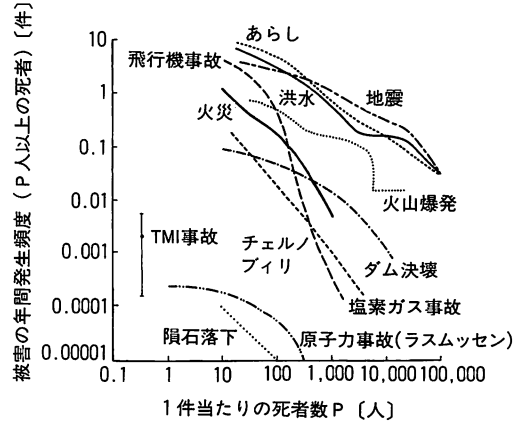


図-3 世界の自然災害と人工災害

があるが、年平均で見ると数万人になっており、自然災害のほうが人工災害を上回っている。

図-1と同様に世界の大規模災害について、過去100年間のデータから被害規模と発生確率を調べた結果が図-3である(文献1のデータを整理して作成)。

図の結果から次の点が明らかになる。

①大規模な人工災害は、自然災害よりも被害者の数で小さい。これは人工災害に対しては自然災害より被害が小さくなるように防災活動を行っていることになる。ある技術の災害を自然災害のレベル以下にすれば、その技術は社会に受け入れられることになる。もちろん自然災害への対策も年々進んでいるため犠牲者の数は減る傾向にあり、それに伴って人工災害への対策もより厳しくなっている。

②自然災害による被害の大きさは、水害、地震、火山爆發の順で、その順番は図-1に示した日本の結果と同じである。

③自然災害は規模が大きいほど延べ被害者数が大きくなっている。逆に人工災害は、災害規模が大きくなると延べの被害者数が少なくなる傾向にある(図の縦軸と横軸とを掛けた値)。

④原子力発電による被害(ラスムッセン報告の結果²⁾に現在稼働中の原子力発電容量3億4,390万kW [1993年6月現在]を乗じた数値)はかなり低いところに位置していることが分る。TMI事故は直接の死亡者を出していないが、放射線被曝による晩発死を考慮すると被害はラスムッセン報告に比べ1桁大きくなっている。チェルノブイリ事故により直接死亡した数は2人、消火作業中の被曝により29人が死亡または重傷を負っており、さらに200~300人の労働者が被曝で苦しんでいる。また、大気へ拡散した放射線により7,000人が

その被害に関する古いデータはないが、19世紀初期のイギリスでは年間に約2,500人が火事で命を失っていた。現在でも、統計によると年間700人が死んでいる。日本では1992年に1,287人が火災事故で亡くなっている。

古くから動物は貴重な動力源であった。雄牛は人力に比べ力が強く、農耕や輸送手段として広く利用されてきた。雄牛は火を直接使わない安全なエネルギー源であった。しかし、その糞は、小児性下痢のように死に至る病の病原菌を蔓延させる原因でもあった。雄牛の動力を現代の発電所の動力と比較すると、100万kWの電力を連続して取り出す出力に等価な雄牛の数は500万～千万頭になる³⁾。それだけの雄牛の食料を生産するためには、おそらく10,000平方マイルの良質な牧草地が必要となる。今の日本の総発電出力1億7,000万kWのエネルギーを雄牛で賄うには、日本人口の10倍位の雄牛と国土面積の10倍以上の牧草地を要することになる。雄牛の場合は伝染病の原因となる蝇を発生するが、発電所であればその心配はない。

大昔、例えばエジプト王朝のピラミッド建造には奴隷が動物と同じように使われていた。奴隷は、雄牛よりも力は弱く、より高価な食物を必要とし、労役として役に立つようになるには20年は必要であった（現代の発電所の建設期間は8～10年である）。もちろん雄牛に比べればはるかに精密な作業を行うことができる。奴隷の供給力を維持するには夫婦が同じ数だけ必要で、正味働ける時間は一日あるいは1年の30%以下であったといわれている。すなわち、100万kWの力を供給するには1億5,000万人かそれ以上の奴隷が必要になる¹⁾。時には苛酷な労働で奴隷を休みなく働かせ、それにより多くの人々が犠牲になったと考えられる。苛酷な労働による実際の死亡数は記録にないが、奴隷の主な死因は苛酷な労働よりはむしろ居住環境の悪さによる病気と考えられる。ペストなど伝染病による被害も大きく、その被害は奴隷だけでなく雇用主にも影響を与えたに違いない。いずれにせよ、現代の動力源である火力や原子力発電を家畜や奴隷に代替することは大変なことが分る。

もちろん労働が機械に替ったからといって被害がなくなる訳ではない。事故の防止や環境の保全への対策は進んでいるが被害をゼロにすることはできない。ここでは社会的リスクのうち人々への健康影響、それも事故と大気汚染についてのリスクについて調べた結果を報告する。1970年代以降、発電システムによる健康

リスクに関して多くの論文が報告されてきている。中でもA.F.フリッチェは、火力、原子力、自然エネルギーの各種発電システムについて死亡リスクの大きさを体系的に調査しまとめている³⁾。図-6は、火力発電、原子力発電と自然エネルギー発電のリスクの大きさについて、フリッチェが燃料サイクルも含めたトータルシステムからまとめた結果を比較したものである。

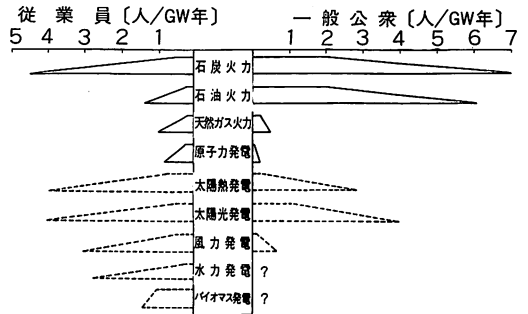


図-6 各種発電システムの健康リスクの大きさ³⁾

図から発電システムのリスクについて、その特徴に対し次のようなことが言える。

①化石燃料による火力発電

多量の燃料の供給によるリスクが中心で、中でも燃料を採掘する時のリスクが最大で、そして燃料の輸送リスクも次に大きい。特に石炭のリスクは他の化石燃料に比べその値が大きい。また石炭は、発電時の燃焼に伴って発生するSOx, NOx, ばいじんが他の燃料よりも公衆に大きな健康影響を与えている。

天然ガス (LNGではない) のリスクは、化石燃料の中で最も小さい。工程別に見たリスクは、石油火力と似た傾向にあり、採掘と発電所建設が職業リスクの中で大きな割合を占めている。採掘のリスク割合は、職業人の場合、陸上で35%、海上で60%になる。発電所運転と輸送 (パイプライン) のリスクは10%以下と非常に小さな値である。公衆に対しては、パイプラインやポンプステーションからの漏れによる火災や爆発のリスクが大きく、硫黄を含まない天然ガスの場合は運転による大気汚染によるリスクは石炭や石油に比べ非常に小さい。

②原子力発電

原子力発電の特徴は、燃料密度の高さにある。100万kWの発電プラントを1年間運転するに要する燃料は濃縮ウランで30トンであり、石炭火力の220万トンに比べ極めて僅かな量である。このことは燃料に起因

するリスクは、kWh当たりの値でみると化石燃料にくらべ極めて僅かなものになる。採掘、輸送、加工、発電、あるいは再処理施設の事故で死亡する割合は放射性物質による死亡を除くと極めて少なくなる。問題は、放射線によるリスクである。それは、施設の事故が原因で従業員に被曝したり、あるいは周辺環境へ放射性物質を拡散してしまうことである。また放射性物質の拡散は、人々や生態系に長期間にわたり被害を及ぼすことになる。

③再生可能エネルギーによる発電

水、太陽、風といった自然エネルギーを利用する発電技術である。発電時のリスクは化石燃料や原子力に比べ小さいことが特徴である。しかし、リスクが全くないわけではない。再生可能エネルギーには以下に示すようなリスクが考えられる。

地熱発電：硫化水素、ベンゾール（白血病）、アンモニアとラドン（肺がん）、ひ素（皮膚がん）

太陽熱発電：資材・エネルギーの消費から間接的に発生

太陽光発電：ケイ素やカドミウムのセル製造

風力発電：材料製造、組立、建設、保守時の従業員の事故、騒音、電波障害

水力発電：大規模ダム建設時の現場事故、ダム決壊の恐れ（住民へのリスク）

バイオマス発電：木材の伐採と輸送時、燃料製造とプラント運転時、燃焼条件でベンツピレンなど芳香族炭化水素を放出（発癌性物質）

また水力、地熱、バイオマスを除く自然エネルギーは、エネルギーの密度が薄く、出力変動が大ききといったエネルギー源としての基本的な問題がある。従って必然的に建設資材と所要土地面積が大きくなってしまふ。

この点を見逃してはならない。太陽光など再生可能エネルギーのような希薄なエネルギーを利用するには大量の資材とエネルギーが必要となる。それらを採掘、製造、輸送、建設、廃棄物処分する工程で小規模な被

害が数多く発生することになる。その結果は、一件当たりの被害は目立たないがそれらを足し合わせた被害の数で見ると大規模発電システムよりも大きくなってしまふ可能性がある。しかし多くの人々が再生可能エネルギーよりも原子力発電のほうが危険であると思っている。これは、既に前節で述べたように人間の識別の限界から、年間で見た犠牲者数が遥かに多い自動車事故より1件当り死者数が多い航空機事故のほうに人々の関心が高まる現象と同じと考えられる。

4. おわりに

社会は、飢餓、伝染病、災害から人々の身を守るために基本的には発展してきた。それが今日の技術とエネルギーにより支えられた社会である。しかし新しく開発した技術とエネルギーによって新たなリスクが発生した。新たなリスクは昔のリスクに比べ大きくなっているのだろうか。現在までのところ、本報告で述べたように定量的に判断するとそれは小さいことが分る。

現代社会は既に大量のエネルギー消費と多種多様な技術で成り立ち、それにより世界の56億人もの人々が生きている。もしエネルギー技術が社会になかったならエネルギーの供給は停止され、産業活動は麻痺し人々の生活に混乱をきたすことになる。そして生産活動の停止は、人々への食料供給の停止を意味し、多くの人々を餓死させることになる。それを考えると、現代社会で最もリスクが大きいのは電力などエネルギーの供給が停止されることではないだろうか。

参考文献

- 1) SIGMA: Economic Studies, Swiss Reinsurance Company (1994).
- 2) J. H. Fremlin, Power Production ; What are the Risks?, Oxford University Press (1987).
- 3) A. F. Fritsche, Gesundheitsrisiken von Energieversorgungssystemen ; Quantitative Vergleiche, in der Schriftenreihe der Expertengruppe Energieszenarien (EGES) Nr.21 (1988).