

原子力発電所の火災と規制に関する統計分析

東京理科大学工学部第一部建築学科 辻本研究室 4108082 野村由浩

目次

1.	序論	3
1. 1.	研究背景	
1. 2.	研究目的	
2.	国内の発電所の現状	5
2. 1.	発電所の箇所数および合計最大出力	
2. 2.	原子力発電所の現状	
3.	分析方法	7
3. 1.	国内の全発電所での火災	
3. 1. 1.	火災報告	
3. 1. 2.	データの検索・分類方法	
3. 2.	国内の原子力発電所での火災事象	
3. 2. 1.	ニューシア	
3. 2. 2.	データの検索・分類方法	
3. 3.	ピアソンのカイ二乗検定	
4.	国内の全発電所と原子力発電所の比較	12
4. 1.	火災報告とニューシアの不一致への対応	
4. 2.	全発電所と原子力発電所の火災発生件数の比較	
4. 3.	全発電所と原子力発電所の項目別の比較	
5.	日米間での原子力発電所の比較	24
5. 1.	作業火災と設備火災	
5. 2.	日米での原子力発電所の稼働実態	
6.	総括	28
6. 1.	まとめ	
6. 2.	今後の課題	
7.	別表	30

謝辞

本研究に取り組むにあたり、ご指導を頂いた辻本誠教授ならびに秘書の前川様に、この場をお借りして感謝いたします。

1. 序論

1. 序論

1. 1. 研究背景

2011年3月11日に発生した東日本大震災と、それに伴う東京電力福島第一原子力発電所での事故以来、私たちの原子力発電への関心は依然として高いままである。原子力発電所の再稼働問題や自然エネルギーを含めた代替電力への切り替えの可能性などの議論で国内が揺れ動いている一方で、国外に目を向けると、原子力発電は世界各地で今なお健在である。

1. 2. 研究目的

本研究では、原子力発電所の安全性に影響を与えうる、火災に関する客観的なデータに目を向けて、国内の原子力発電所とその他の発電所の火災の比較や、日本と米国の原子力発電所の火災の比較を通して、国内の原子力発電所での火災の特徴や、今後の日本における原子力発電のあり方を示したい。

表 1-1 研究対象と比較対象の相関関係

	日本	米国
原子力発電所	研究対象	比較対象
全発電所	比較対象	

2. 国内の発電所の現状

2. 国内の発電所の現状

2. 1. 発電所の箇所数および合計最大出力

資料¹⁾より、2013年11月現在、国内で認可されている主要6種類の発電所の種別箇所数と、各種発電所の合計最大出力の比較を図2-1に示す。

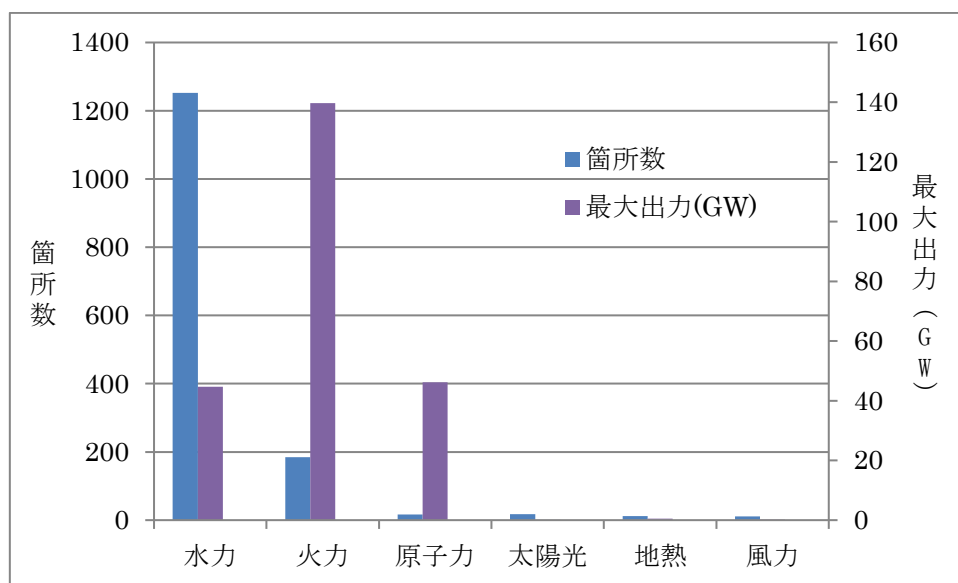


図 2-1 国内発電所の種別箇所数と合計最大出力

原子力発電所の箇所数は全発電所の0.11%であるのに対して、合計最大出力は全発電所の20%を占めている。

2. 2. 原子力発電所の現状

現在、国内で稼働している原子力発電所は17箇所、全50基あり、その全てが軽水炉である。軽水炉の種類の内訳は、加圧水型軽水炉（PWR：Pressurized Water Reactor）と呼ばれるものが24基、沸騰水型軽水炉（BWR：Boiling Water Reactor）と呼ばれるものが26基である。なお、2013年9月15日に関西電力大飯原子力発電所4号機が定期検査のために停止して以降、国内の全ての原子力発電所は停止中である。

参考文献

- (1) 経済産業省 資源エネルギー庁 (<http://www.enecho.meti.go.jp/index.htm>) 内、「発電所認可出力表」(<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/denryoku/resource/h25/1-1-H25.xls>)

3. 分析方法

3. 分析方法

3. 1. 国内の全発電所での火災

3. 1. 1. 火災報告¹⁾

火災報告とは、総務省消防庁から火災報告取扱要領として通知されている要綱に従って、全国市町村の消防機関から都道府県、国へと報告された火災の全国統計である。この統計法は、日本火災学会によりつくられたもので、火災の要因を統計として扱いやすくするために、火災に対して「発火源」「経過」「着火物」「出火箇所」などの分類コードを用いて統計処理しているものである。

『火災報告取扱要領ハンドブック（防災行政研究会 編）』を用いて読む。

3. 1. 2. データの分類・検索方法

2001年から2011年の11年間分^{註1)}の火災報告のExcelデータより、「発電所」を示す火元業態の細分類番号3311で絞り込み、計113件の火災データを抽出した。

註1)

11年間分としたのは、入手できる火災報告の最新年が2011年のものであり、最新の『火災報告取扱要領ハンドブック』が対応しているのが2001年からであるため。

3. 2. 国内の原子力発電所での火災事象

3. 2. 1. ニューシア²⁾

ニューシア(NUCIA)とは、原子力施設情報公開ライブラリーを意味する英語の名称(NUClear Information Archives)の頭文字をとった略称で、国内原子力発電所や原子燃料サイクル施設の運転に関する情報を広く共有化するためのサイトである。

一般社団法人原子力安全推進協会により運用されている。

3. 2. 2. データの分類・検索方法

ニューシアのトップページより、「トラブル情報等」、「国内原子力発電所」、「情報検索」へと進み、「詳細条件を表示」のプルダウンをクリックし、「事象の種別」の項目を「あり」に設定、「事象発生日」を「1999年1月1日から2013年12月31日」の15年間に設定して検索し、その結果として得られた、計80件の火災事象の報告データを発生年ごとに図3-1に示した。

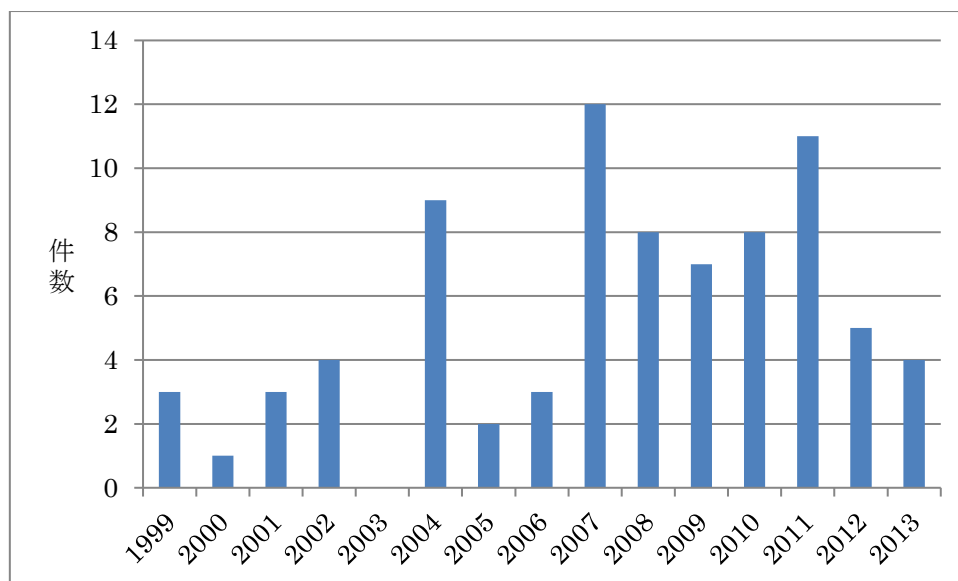


図 3-1 国内原子力発電所での火災事象の発生件数推移

1年ごとだと増減の差が大きいため大まかに比べてみると、1999年から2003年の5年間は平均2.2件/年で発生しているのに対して、2004年から2013年の10年間は平均6.9件/年と、3倍以上に増えていた。

3. 3. ピアソンのカイ二乗検定³⁾

カイ二乗 (χ^2) 検定とは、帰無仮説^{註1)} が正しいければ検定統計量がカイ二乗分布になるような統計学的検定法の総称である。そのカイ二乗検定の中で、ピアソンのカイ二乗検定は、最も基本的かつ広く用いられる方法であり、「観察された事象の相対的頻度がある頻度分布に従う」という帰無仮説を検定するものである。ある頻度分布とは、図 3-2 の確率密度関数で表されるもので、カイ二乗分布と呼ばれる。

ピアソンのカイ二乗検定は、適合度検定と独立性検定の 2 種類のタイプの比較に用いられる。そのうち、本研究では、火災の発生件数の比較において適合度検定を用いる。

適合度検定とは、「ある標本の分類項目ごとの比率が、基準の比率と一致しているかどうか」を判定するものである。

註 1)

ある仮説が正しいと仮定した場合に、その標本が観察される確率を算出できるように、統計学的に表現した仮説。帰無仮説は最終的に棄却されるべきものであるが、その帰無仮説に対立する、対立仮説を立てることもある。

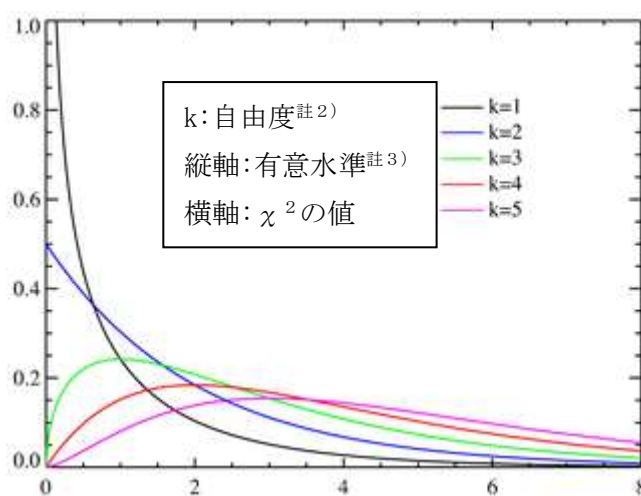


図 3-2⁴⁾ カイ二乗分布

χ^2 の値は、各項目の観測値と期待値の差を 2 乗し、各項目の期待値で割って合計したものであり、以下の式で表される。

$$\chi^2 = \sum \{(\text{観測値}) - (\text{期待値})\}^2 / (\text{期待値})$$

註2)

複数ある項目（変数）のうち、いくつの項目を求めれば全ての項目を求めることができるかを表す数字。

註3)

χ^2 の値と比較するための確率。通常、統計学的有意水準として0.05や0.01などの値がよく使われる。

また表3-1に主な有意水準の各自由度における χ^2 の値をまとめた。

表3-1 主な有意水準 p における 1~3 の自由度ごとの χ^2

自由度 \ p	0,995	0,05	0,01	0,005
1	0,000	<u>3,841</u>	6,635	7,879
2	0,010	5,991	9,210	10,597
3	0,072	7,815	11,345	12,838

参考文献

- (1) ウィキペディア「火災調査」
(<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%81%AB%E7%81%BD%E8%AA%BF%E6%9F%BB>)
- (2) ニューシア (<http://www.nucia.jp/>) 内、
「ニューシアについて」 (<http://www.nucia.jp/aboutnucia.html>)
- (3) ウィキペディア「カイ二乗検定」
(<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AB%E3%82%A4%E4%BA%8C%E4%B9%97%E6%A4%9C%E5%AE%9A>)
- (3) カイ2乗検定
(<http://www.geisya.or.jp/~mwm48961/statistics/kai2.htm>)

4. 国内の全発電所と原子力発電所の比較

4. 国内の全発電所と原子力発電所の比較

4. 1. 火災報告とニューシアの不一致への対応

全発電所と原子力発電所の火災を比較する際には、同じデータベースの中で比較する必要があるが、ニューシア上で火災事象とされる情報は、全てが火災報告には含まれていない。そこで、ニューシアの情報を1件ずつ火災報告内の「発生年月」「出火/入電/覚知時刻」「鎮火時刻」などの項目と詳細に比較したうえで、「発生年月」と、「出火/入電/覚知時刻」の「鎮火時刻」のいずれか（あるいは両方）が1分単位まで一致したものを火災報告と同一の情報であると結論づけた。

以下に、一致した情報の一例を示す。

ニューシア

「事象発生日時」

2007年4月4日18時30分

「事象発生時の状況」

5号機は第12回定期検査中のところ、原子炉格納容器内（原子炉建屋地下1階）において、原子炉再循環系配管の仮設サポートの切断作業を行っていた協力企業の作業員が、作業エリアに異臭がしたため周囲を点検していたところ、4月4日午後6時30分頃、作業エリアの下のあるペDESTAL（原子炉圧力容器の台座）内に敷いてあった養生シートが焼失した痕跡を確認したことから、午後9時30分頃、消防署へ連絡した。

その後、消防署の現場確認により、午後10時58分に鎮火していることが確認された。

調査の結果、仮設サポートの切断作業の際に発生した火の粉が、ドレン配管の貫通部の隙間を通じて、作業エリアの下にあるペDESTALに飛散し、ペDESTAL内に敷いてあった養生シートが焼失したものと推定した。

なお、作業員にケガはなく、これによる外部への放射能の影響はなかった。

火災報告

「入電時刻」

4月、21時30分

「鎮火時刻」

4月、22時58分

4. 2. 全発電所と原子力発電所の火災発生件数の比較

2001年から2011年の11年間にニューシア内で報告された火災事象67件のうち、43件が火災報告と同一の情報であると結論づけ、ニューシア内での発生年月日、原子力発電所及び号機、一致した時間、火災報告内での火災番号をまとめて表4-1に示した。また、火災報告内での全発電所と原子力発電所の火災件数をそれぞれ比較したものを図4-1にまとめた。

その結果、図2-1で示したように、国内の原子力発電所の数は全発電所のうち0.11%、合計最大出力は20%であることを考慮すると、原子力発電所では非常に高い頻度(全発電所での火災のうち約38%)で火災が報告されていた。

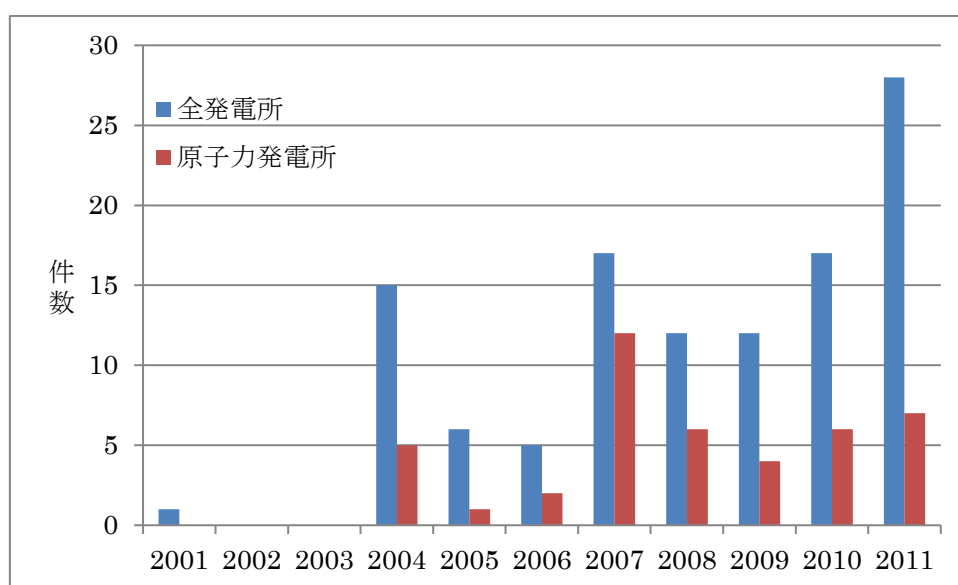


図4-1 全発電所と原子力発電所の火災件数

表4-1 ニューシアでの火災事象と火災報告の対応

ニューシア	発電所(号機)	出火/覚知時刻	鎮火時刻	火災番号
2001/04/18	島根2			一致なし
2001/05/14	柏崎刈羽1			一致なし
2001/07/04	福島第一			一致なし
2002/02/09	女川2			一致なし
2002/06/19	柏崎刈羽1			一致なし
2002/10/21	福島第一5			一致なし
2002/12/12	敦賀2			一致なし
2004/02/21	浜岡2		12:21	3735
2004/02/23	東通1			一致なし
2004/04/05	福島第一	19:59	20:10	7480

2004/07/18	福島第一 5		14:45	9661
2004/07/27	福島第一			一致なし
2004/08/06	女川			一致なし
2004/08/09	島根 2		21:41	3441
2004/10/12	伊方			一致なし
2004/10/21	柏崎刈羽 4	20:04		8753
2005/06/30	浜岡	21:10	22:40	12335
2005/08/04	福島第一 1			一致なし
2006/03/01	福島第一 6		19:13	1198
2006/03/22	大飯 3, 4		22:35	1023
2006/12/22	泊 2			一致なし
2007/01/12	柏崎刈羽 1	19:42	2020	1139
2007/01/30	東通 1		16:02	1163
2007/02/21	柏崎刈羽 5	14:34	16:05	1210
2007/03/22	柏崎刈羽 5		11:13	1341
2007/03/27	泊	15:00		3026
2007/04/04	柏崎刈羽 5	21:30	22:58	3239
2007/07/04	泊	08:42		14591
2007/07/11	泊	11:03		21385
2007/07/24	泊	17:24		21130
2007/09/20	柏崎刈羽 1	10:51	11:26	5916
2007/09/29	泊		12:35	29696
2007/12/12	柏崎刈羽 1			一致なし
2007/12/19	泊	13:15		33049
2008/02/12	高浜 3, 4			一致なし
2008/07/01	柏崎刈羽 1	10:06	10:50	5711
2008/07/22	柏崎刈羽 1, 2		11:26	5762
2008/10/03	女川 1			一致なし
2008/11/13	女川 1		14:50	10561
2008/11/22	柏崎刈羽 7	21:45	23:35	7161
2008/11/27	女川 1	17:52		10588
2008/12/08	柏崎刈羽 6	10:32	12:27	7170
2009/02/10	柏崎刈羽			一致なし
2009/03/05	柏崎刈羽 1	08:57	10:36	1007
2009/04/11	柏崎刈羽	22:24	00:15	2542

2009/06/25	島根 3			一致なし
2009/08/31	柏崎刈羽			一致なし
2009/10/13	志賀	17:10		3344
2009/11/19	柏崎刈羽 3		10:40	7552
2010/01/29	川内 1	07:07		817
2010/03/18	敦賀	10:57		175
2010/05/12	浜岡 5	15:25	16:50	6548
2010/06/08	浜岡 1	09:30	10:17	6564
2010/06/14	島根			一致なし
2010/08/23	柏崎刈羽			一致なし
2010/11/19	高浜 3		14:30	2186
2010/12/02	敦賀	21:15	22:19	1856
2011/01/15	大飯 1	11:08	13:30	1741
2011/01/19	浜岡 3	19:10	21:30	1724
2011/03/11	女川 1		22:55	7340
2011/03/28	福島第二 1, 2			一致なし
2011/05/17	敦賀 2	16:20		621
2011/05/27	福島第二 1	10:08		5053
2011/07/06	東海第二	09:48	10:56	7277
2011/09/10	川内 2	14:50		6149
2011/10/12	敦賀 2			一致なし
2011/12/27	東海第二			一致なし

4. 3. 全発電所と原子力発電所の項目別の比較

2001年から2011年の11年間に全発電所で発生した火災113件と、原子力発電所で発生したものである43件について、火災報告内で分類されている「発火源」「経過」「着火物」「出火箇所」の4項目でそれぞれ比較したものを図4-2から図4-5にまとめ、Excelを用いて各項目内の要素ごとにカイ二乗検定を行ったものと、項目ごとの有意水準5%と10%における χ^2 の値を表4-2^{註1)}から表4-5にまとめた。

註1) 表の読み方は以下の通り。

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
	発火源 (大分類)	全発電所	原発	期待値	χ^2	原発以外	期待値	χ^2	χ^2 計	確率
⑩										
⑪	カイ二乗計									
⑫	5%限界値									
⑬	10%限界値									

①原子力発電所での要素別火災件数

②原子力発電所での要素別火災件数 (観測値)

③原子力発電所での要素別火災件数 (期待値=①×0.38^{註1)})

④原子力発電所での要素別火災件数の χ^2 の値 (= (②-③)²/③)

⑤原子力発電所以外の発電所での要素別火災件数 (観測値)

⑥原子力発電所以外の発電所での要素別火災件数 (期待値=①×0.62)

⑦原子力発電所以外の発電所での要素別火災件数の χ^2 の値 (= (⑤-⑥)²/⑥)

⑧要素別の χ^2 の値 (=④+⑦)

⑨自由度1で要素別火災件数が②と⑤のように振り分けられる確率 (=CHIDIST(⑧, 1))

⑩各要素

⑪要素ごとの χ^2 の値を合計した値

⑫そのデータ全体が5%より稀な確率で振り分けられる確率 (=CHIINV(0.05, (要素数-1)))

⑬そのデータ全体が10%より稀な確率で振り分けられる確率 (=CHIINV(0.1, (要素数-1)))

⑫、⑬の値は、それぞれ⑪の値の合計と比較する。

なお数字は便宜上、全て小数点3位以下を切り捨てとした。

全発電所と原子力発電所の項目内の要素は (大分類)、中分類、小分類と細分化されているので、その詳細と件数は別表1から別表8にまとめた。

註1)

全発電所で発生した火災の内、38%が原子力発電所で発生したものであることから、「全発電所と原子力発電所の火災要因の間に違いがない」という帰無仮説を立てると、各要素は原子力発電所での割合が38%、原子力発電所以外の発電所での割合が62%となると考えられるため。

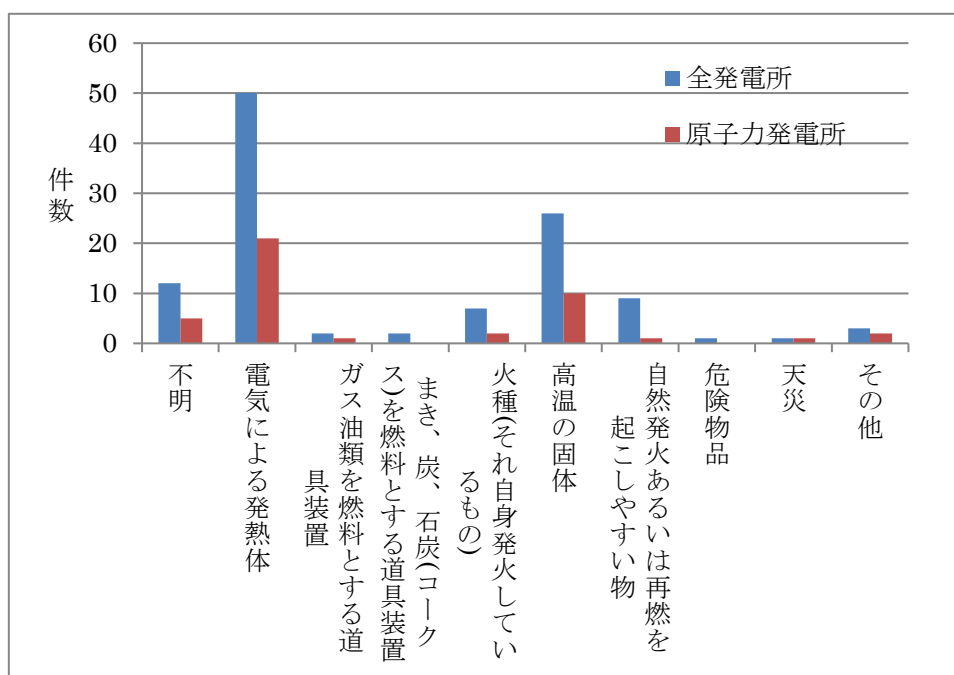


図 4-2 発火源（大分類）別の火災件数

表 4-2 発火源（大分類）別の火災件数

発火源（大分類）	全発電所	原発	期待値	χ^2	原発以外	期待値	χ^2	χ^2 計	確率
不明	12	5	4.56	0.04	7	7.44	0.02	0.06	0.79
電気による発熱体	50	21	19	0.21	29	31	0.12	0.33	0.56
ガス油類を燃料とする道具装置	2	1	0.76	0.07	1	1.24	0.04	0.12	0.72
まき、炭、石炭(コークス)を燃料とする道具装置	2	0	0.76	0.76	2	1.24	0.46	1.22	0.26
火種(それ自身発火しているもの)	7	2	2.66	0.16	5	4.34	0.10	0.26	0.60
高温の固体	26	10	9.88	0.00	16	16.12	0.00	0.00	0.96
自然発火あるいは再燃を起ししやすい物	9	1	3.42	1.71	8	5.58	1.04	2.76	0.09
危険物品	1	0	0.38	0.38	1	0.62	0.23	0.61	0.43
天災	1	1	0.38	1.01	0	0.62	0.62	1.63	0.20
その他	3	2	1.14	0.64	1	1.86	0.39	1.04	0.30
カイ二乗計				5.00				3.06	
5%限界値				16.91					
10%限界値				14.68					

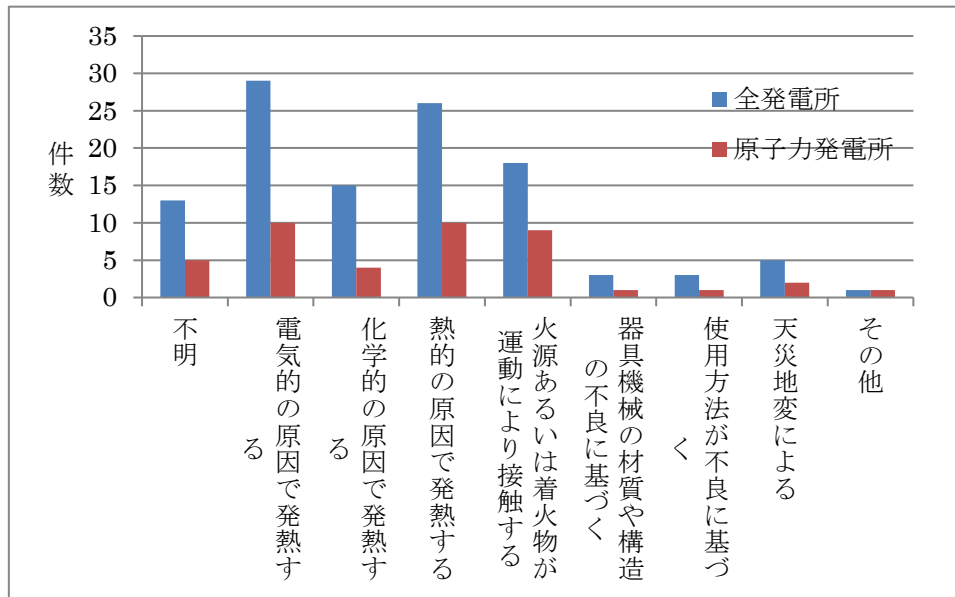


図 4-3 経過（中分類）別の火災件数

表 4-3 経過（中分類）別の火災件数

経過（中分類）	全発電所	原発	期待値	χ^2	原発以外	期待値	χ^2	χ^2 計	確率
不明	13	5	4.94	0.00	8	8.06	0.00	0.00	0.97
電気的原因で発熱する	29	10	11.02	0.09	19	17.98	0.05	0.15	0.69
化学的原因で発熱する	15	4	5.7	0.50	11	9.3	0.31	0.81	0.36
熱的原因で発熱する	26	10	9.88	0.00	16	16.12	0.00	0.00	0.96
火源あるいは着火物が運動により接触する	18	9	6.84	0.68	9	11.16	0.41	1.10	0.29
器具機械の材質や構造の不良に基づく	3	1	1.14	0.01	2	1.86	0.01	0.02	0.86
使用方法が不良に基づく	3	1	1.14	0.01	2	1.86	0.01	0.02	0.86
天災地変による	5	2	1.9	0.00	3	3.1	0.00	0.00	0.92
その他	1	1	0.38	1.01	0	0.62	0.62	1.63	0.20
カイ二乗計				2.33			1.43		
5%限界値				15.50					
10%限界値				13.36					

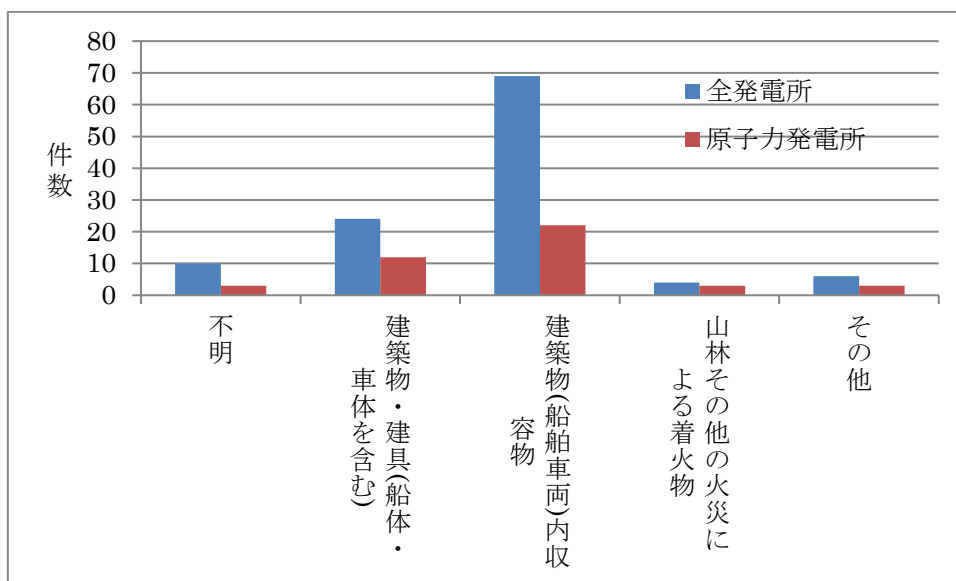


図 4-4 着火物（大分類）別の火災件数

表 4-4 着火物（大分類）別の火災件数

着火物（大分類）	全発電所	原発	期待値	χ^2	原発以外	期待値	χ^2	χ^2 計	確率
不明	10	3	3.8	0.16	7	6.2	0.10	0.27	0.60
建築物・建具(船体・車体を含む)	24	12	9.12	0.90	12	14.88	0.55	1.46	0.22
建築物(船舶車両)内収容物	69	22	26.22	0.67	47	42.78	0.41	1.09	0.29
山林その他の火災による着火物	4	3	1.52	1.44	1	2.48	0.88	2.32	0.12
その他	6	3	2.28	0.22	3	3.72	0.13	0.36	0.54
カイ二乗計				3.42			2.09		
5%限界値				9.48					
10%限界値				7.77					

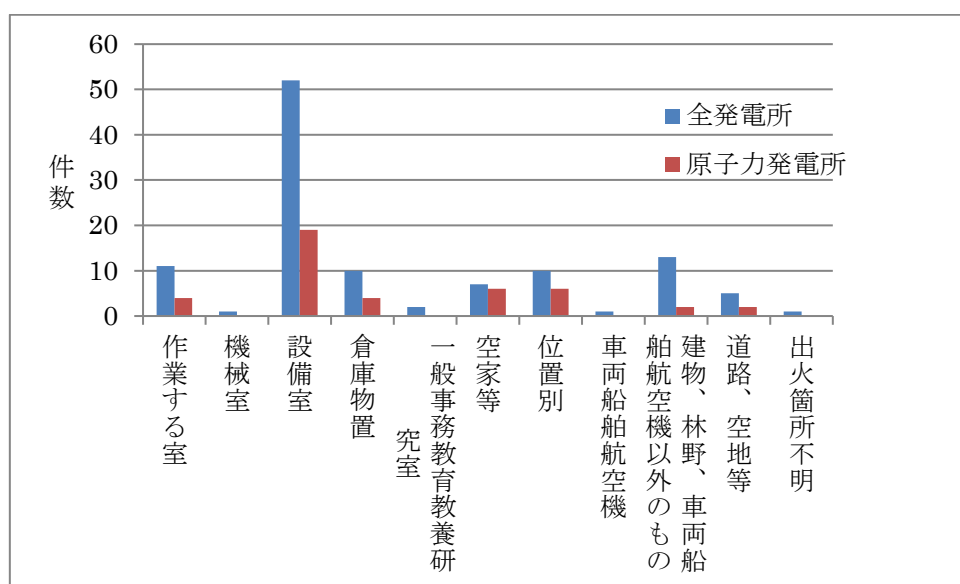


図 4-5 出火箇所（中分類）別の火災件数

表 4-5 出火箇所（中分類）別の火災件数

出火箇所（中分類）	全発電所	原発	期待値	χ^2	原発以外	期待値	χ^2	χ^2 計	確率
作業する室	11	4	4.18	0.00	7	6.82	0.00	0.01	0.91
機械室	1	0	0.38	0.38	1	0.62	0.23	0.61	0.43
設備室	52	19	19.76	0.02	33	32.24	0.01	0.04	0.82
倉庫物置	10	4	3.8	0.01	6	6.2	0.00	0.01	0.89
一般事務教育教養研究室	2	0	0.76	0.76	2	1.24	0.46	1.22	0.26
空家等	7	6	2.66	4.19	1	4.34	2.57	6.76	0.00
位置別	10	6	3.8	1.27	4	6.2	0.78	2.05	0.15
車両船舶航空機	1	0	0.38	0.38	1	0.62	0.23	0.61	0.43
建物、林野、車両船舶航空機以外のもの	13	2	4.94	1.74	11	8.06	1.07	2.82	0.09
道路、空地等	5	2	1.9	0.00	3	3.1	0.00	0.00	0.92
出火箇所不明	1	0	0.38	0.38	1	0.62	0.23	0.61	0.43
カイ二乗計				9.17			5.62		
5%限界値				18.30					
10%限界値				15.98					

「発火源」「経過」「着火物」「出火箇所」の4項目、計35要素のうち、カイ二乗検定を行った結果として10%よりも稀な確率で起きる振り分けであった要素は（表の中に赤字で表した）わずかに3つであり、5%よりも稀な結果であったのはそのうち1つであった。

また、1つの項目のデータ全体として10%よりも稀な確率で起きる振り分けであったものは1つもなかった。

これらより、全発電所と原子力発電所の項目別の比較を行った結果として、原子力発電所とそれ以外の発電所での火災の原因や要素に大きな違いは見られないことが分かった。

5. 日米間での原子力発電所の比較

5. 日米間での原子力発電所の比較

5. 1. 作業火災と設備火災

既往の研究¹⁾より、1999年から2009年の11年間における、日米の原子力発電所での作業火災^{註1)}の発生件数に注目して比較し、表5-1に示した。日本の原子力発電所の基数は米国の半分ほどだが、作業火災の発生件数は、3倍近くある。このような差が見られるのは、日米での原子力発電所の運用実態に大きな違いがあることが原因である。作業火災は、基本的に1基を停止させて保守点検などの当該作業を行っている間に起こるが、日本ではその作業時間が米国に比べて非常に長くなっている。

註1)

原発での火災を「溶断・溶接作業など、当該作業が原因の作業火災」と「ショートや過電流など、当該設備が原因の設備火災」の2種類に大別している。

表 5-1 作業火災の発生件数

【1999-2009】	日本	米国
発生件数	47	16
稼働中の原発基数	55	104

5. 2. 日米での原子力発電所の稼働実態

参考文献²⁾より、日米の原子力発電所での保守点検作業には、定期検査の周期や停止日数などの面で大きな違いがあることが分かる。その運用実態の比較を表5-2に示した。このデータと以下の式を用いて、実際に日米の両国内で1年間に行われている保守点検作業の合計日数を概算した。

保守点検作業日数=

$$(基数) \times [(平均定検停止日数) \times \{12 / (\text{運転期間の平均})\} + (\text{運転中停止の頻度}) \times (\text{運転中停止1回あたりの停止日数})]$$

表 5-2 日米の原子力発電所における運用実態

	日本	米国
運転期間の平均	約 13 箇月	約 19 箇月
運転中停止の頻度(回/年・基)	約 0.54	約 1.2
運転中停止1回あたりの停止日数	約 34 日	約 4.7 日
平均定検停止日数	約 143 日	約 38 日

その結果と、「日米の原子力発電所での作業火災が単位作業時間あたりに同じ頻度で発生していた」と仮定したときの、両国での作業火災発生件数の期待値及び観測値を表 5-3 に示した。

表 5-3 同じ頻度で作業火災が発生した場合

【1999-2009】	日本	米国	計
発生件数(観測値)	47	16	63
発生件数(期待値)	45.9	17.1	63
稼働中の原発数(基)	55	104	159
保守点検作業日数	8270	3083	11353

多くの場合の χ^2 検定では、有意水準に 5% を用いて行う。今回は、日本か米国の作業火災発生件数が決まれば、もう一方の件数も決まるので、自由度は 1 である。そして、有意水準 5%、自由度 1 での χ^2 の値は表 3-1 より、3.841 である。今回の作業火災のデータについての χ^2 の値は、以下のとおり求めた。

$$\chi^2 = (47 - 45.9)^2 / 45.9 + (16 - 17.1)^2 / 17.1 = \underline{0.0947}$$

0.0947 < 3.841 より、有意水準 5% で「有意差がない」ので、「日米の原子力発電所での作業火災が単位作業時間あたりに同じ頻度で発生していた」という帰無仮説は棄却されない。すなわち、日米間における作業火災発生件数の差は、作業時間の長さの差によるものであると言える。

なお図 5-1 は、ニューシア上で 1999 年から 2013 年の 15 年間に報告された 80 件の火災事象が起きたときの原子力発電所の状態を表したものである。最も多くの件数が報告されている非運転(停止)状態の間に起きた火災事象を減らすことができれば、原子力発電所での火災事象自体も減らすことができるだろう。

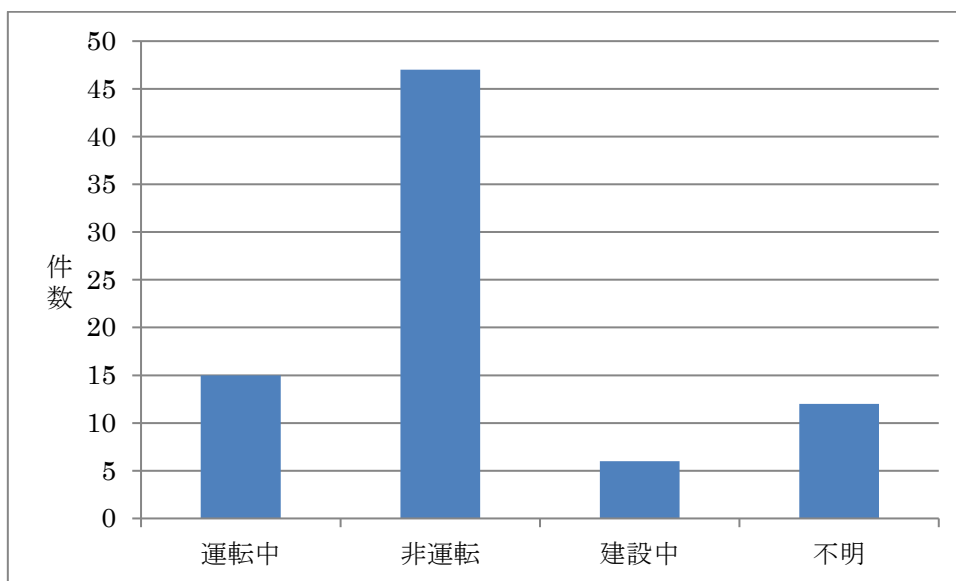


図 5-1 火災事象発生時の原子力発電所の状態

参考文献

- (1) 「日米の原子力発電における火災傾向に関する研究」(稲垣宙伸、2009 年度辻本研究室卒業研究)
- (2) 経済産業省 (<http://www.meti.go.jp/>) 内、
「第 22 回原子力部会資料 3」
(<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100305a04j.pdf>)

6. 総括

6. 総括

6. 1. まとめ

日本の原子力発電所では、最近 10 年間で火災事象の報告件数が増加しており、火災報告における全発電所の火災件数のうち、原子力発電所の占める割合も非常に高い状態が続いている。

国内の全発電所と原子力発電所での火災データの項目ごとの比較では、特に両者の間に差は見られなかった。

日本と米国での作業火災件数の比較では、日本での件数が多いことが分かり、その理由は、両国間の原子力発電所での作業時間の長さに大きな差があるためだと分かった。

6. 2. 今後の課題

原子力発電所での火災事象が増加していることと、火災報告の全発電所の火災件数に占める原子力発電所の火災の割合が非常に高いことの理由を明確にする必要がある。原子力発電所における火災の報告がより積極的になった結果ならば良いのだが、単純に火災が発生しやすくなっているのだとしたら問題である。

発電所の種類ごとに火災原因や細かな要素に大きな差が見られないことより、全発電所での火災情報の公開・共有化を進めることで、火災対策をより有効なものにできると考えられる。

また、日本の原子力発電所は米国に比べて保守点検作業にあてる時間が長く、その結果、国内での作業火災が非常に多くなっているため、原子力発電所の運用方法自体を抜本的に改善する必要があると考えられる。

7. 別表

別表1 全発電所「発火源」火災報告データ（2001年から2011年）

発火源	小分類	件数	中分類	件数	大分類	件数
9	不明	12	不明	12	不明	12
1110	溶接器	6	移動可能な電熱器	7	電気による発熱体	50
1199	その他の移動可能な電熱器	1				
1299	その他の固定の電熱器	3	固定の電熱器	3		
1303	蓄電池	1	電気機器	7		
1321	掃除機	1				
1327	自動販売機	1				
1332	電話機・ファクシミリ	1				
1334	電気ドリル	1				
1348	洗浄機	1				
1353	電気のこぎり	1				
1401	配電用変圧器	4	電気装置	24		
1402	モーター	1				
1406	断路器(ジスコン)	1				
1408	その他の開閉器	1				
1409	その他の遮断機(高圧)	2				
1410	小型トランス	2				
1412	コンデンサー(低圧)	1				
1413	コンデンサー(高圧)	1				
1416	制御盤	7				
1499	その他の電気装置	4				
1501	送電線	1	電灯電話などの配線	5		
1509	配線接触部	1				
1516	CATV 配線	3				
1605	プラグ	1	配線器具	1		
1806	粉体摩擦によるスパーク	1	静電スパーク	3		
1899	その他の静電スパーク	2				
2212	溶接機・切断機	1	液化石油ガスを用いる移動可能な道具	1	ガス油類を燃料とする道具装置	2
2614	ごみ焼却炉	1	油を燃料とする固定設備	1		
3207	木炭ガス発生炉	1	まき(かんな屑、	1		

			わら紙)を燃料とするもの		炭(コークス)を燃料とする 道具装置	
3407	ボイラー	1	石炭燃料の固定装置	1		
4116	火のついたひも、なわ	1	裸火(器に入っていないもの)	1	火種(それ自身発火しているもの)	7
4399	その他の火の粉	1	火の粉	1		
4401	グラインダーの火花	2	火花(固体の衝突摩擦によるもの)	4		
4499	その他の火花(固体の衝撃摩擦による)	2				
4901	他県(町村)からの延焼火災	1	その他	1		
5103	スチームパイプ	2	高温気体で熱せられたもの	9	高温の固体	26
5105	排気管	2				
5106	排気ダクト	1				
5199	その他の高温で熱せられたもの	4				
5204	ベルト	1	摩擦により熱せられたもの	4		
5207	プロペラシャフト	1				
5299	その他の摩擦により熱せられたもの	2				
5301	熔融金属	1	高温の固体	13		
5307	熔融片	4				
5312	のろ	5				
5314	熱せられた金属製品	1				
5399	その他の高温の固体	2				
6107	ヒドラジンの誘導体	2	自己反応性物質	2	自然発火ある いは再燃を起 こしやすい物	9
6311	石炭類	2	その他の自然発火しやすいもの	6		
6399	その他の自然発火しやすい油類	4				
6901	野積みのごみ	1	その他	1		
7201	酸素	1	酸化性気体	1	危険物品	1
8102	間接雷	1	雷	1	天災	1
9999	その他	3	その他	3	その他	3

別表2 原子力発電所「発火源」火災報告データ (2001年から2011年)

発火源	小分類	件数	中分類	件数	大分類	件数
9	不明	5	不明	5	不明	5
1110	溶接器	3	移動可能な電熱器	4	電気による発熱体	21
1199	その他の移動可能な電熱器	1				
1299	その他の固定の電熱器	1	固定の電熱器	1		
1348	洗浄機	1	電気機器	2		
1353	電気のこぎり	1				
1401	配電用変圧器	1	電気装置	9		
1408	その他の開閉器	1				
1409	その他の遮断機(高圧)	1				
1410	小型トランス	1				
1412	コンデンサー(低圧)	1				
1413	コンデンサー(高圧)	1				
1416	制御盤	1				
1499	その他の電気装置	2				
1516	CATV 配線	2			電灯電話などの配線	2
1605	プラグ	1	配線器具	1		
1899	その他の静電スパーク	2	静電スパーク	2		
2614	ごみ焼却炉	1	油を燃料とする固定設備	1	ガス油類を燃料とする道具装置	1
4401	グラインダーの火花	2	火花(固体の衝突摩擦によるもの)	2	火種(それ自身発火しているもの)	2
5105	排気管	1	高温気体で熱せられたもの	1	高温の固体	10
5299	その他の摩擦により熱せられたもの	1	摩擦により熱せられたもの	1		
5301	熔融金属	1	高温の固体	8		
5307	熔融片	2				
5312	のろ	5				
6399	その他の自然発火しやすい油類	1	その他の自然発火しやすいもの	1	自然発火あるいは再燃を起	1

					こしやすい物	
8102	間接雷	1	雷	1	天災	1
9999	その他	2	その他	2	その他	2

別表3 全発電所「経過」火災報告データ（2001年から2011年）

経過	小分類	件数	中分類	件数
9	不明	13	不明	13
11	漏電(地絡)する	2	電氣的の原因で発熱する	29
12	電線が短絡する	6		
14	過多の電流を流す	4		
15	スパークする	6		
16	金属の接触部が過熱する	3		
17	静電スパークが飛ぶ	3		
18	絶縁劣化による発熱	2		
19	その他	3		
22	反応が急激に起こる	1	化学的の原因で発熱する	15
25	スパークによる引火	2		
26	引火する	4		
27	自然発火する	7		
29	その他	1		
33	余熱で発火する	2	熱的の原因で発熱する	26
34	摩擦により発熱する	4		
35	輻射を受けて発火する	2		
36	高温物が触れる	4		
37	伝導過熱する	3		
38	過熱する	8		
39	その他	3		
41	可燃物が火源の上に転倒落下する	1	火源あるいは着火物が運動により接触する	18
43	容器から火種がこぼれる	1		
45	火の粉が散る遠くへ発火する	2		
46	火花が飛ぶ	8		
47	火源が転倒落下する	1		
48	火源が動いて接触する	4		
49	その他	1		
52	機械が故障を起こす	1		
57	着火物が漏洩する	2		
63	考え違いにより使用を誤る	2	使用方法が不良に基づく	3
69	その他	1		
84	落雷する	1	天災地変による	5

89	その他	4		
99	その他	1	その他	1

別表4 原子力発電所「経過」火災報告データ（2001年から2011年）

経過	小分類	件数	中分類	件数
9	不明	5	不明	5
12	電線が短絡する	2	電氣的の原因で発熱する	10
14	過多の電流を流す	1		
15	スパークする	3		
16	金属の接触部が過熱する	1		
17	静電スパークが飛ぶ	2		
18	絶縁劣化による発熱	1		
25	スパークによる引火	2	化学的の原因で発熱する	4
26	引火する	1		
29	その他	1		
34	摩擦により発熱する	1	熱的の原因で発火する	10
35	輻射を受けて発火する	1		
36	高温物が触れる	3		
38	過熱する	3		
39	その他	2		
46	火花が飛ぶ	8	火源あるいは着火物が運動により 接触する	9
48	火源が動いて接触する	1		
52	機械が故障を起こす	1	器具機械の材質や構造の不良に基づく	1
63	考え違いにより使用を誤る	1	使用方法が不良に基づく	1
84	落雷する	1	天災地変による	2
89	その他	1		
99	その他	1	その他	1

別表5 全発電所「着火物」火災報告データ(2001年から2011年)

着火物	小分類	件数	中分類	件数	大分類	件数
9	不明	10	不明	10	不明	10
128	柱、けた、梁	1	壁軸組	2	建築物・建具(船体・車体を含む)	24
129	その他	1				
189	その他	1	造作	1		
192	電線被類	14	その他	21		
196	断熱材	3				
197	外装塗料	1				
199	その他	3				
222	水素	4	ガス類	5		
228	LPG(スプレー用)	1				
232	第一石油類	6	引火性液体類	13		
235	第三石油類	1				
236	第四石油類	6				
254	繊維製品	6	繊維類	9		
259	その他	3				
263	木材及び木製品 (家具調度を除く)	3	木質物	3		
272	石炭・コークス	3	可燃性固体 (Ⅱ)	21		
273	ゴム及びゴム製品	5				
274	天然樹脂及び製品	1				
275	合成樹脂と成形品	10				
279	その他	2				
284	ぼろ、油ぼろ	2	屑類	8		
286	合成樹脂屑	3				
288	粉塵	1				
289	その他	2				
299	その他	10	その他	10		
397	ごみ類	1	その他	4	山林その他の火災による着火物	4
399	その他	3				
999	その他	6	その他	6	その他	6

別表 6 原子力発電所「着火物」火災報告データ (2001 年から 2011 年)

着火物	小分類	件数	中分類	件数	大分類	件数
9	不明	3	不明	3	不明	3
129	その他	1	壁軸組	1	建築物・建具(船体・車体を 含む)	12
192	電線被類	7	その他	11		
196	断熱材	1				
197	外装塗料	1				
199	その他	2				
222	水素	1	ガス類	1	建築物(船舶車両)内収容物	22
232	第一石油類	3	引火性液体 類	4		
236	第四石油類	1				
254	繊維製品	3	繊維類	4		
259	その他	1				
273	ゴム及びゴム製品	1	木質物	1		
274	天然樹脂及び製品	1	可燃性固体 (Ⅱ)	6		
275	合成樹脂と成形品	4				
279	その他	1				
299	その他	6	その他	6		
397	ごみ類	1	その他	3	山林その他の火災による着 火物	3
399	その他	2				
999	その他	3	その他	3	その他	3

別表7 全発電所「出火箇所」火災報告データ（2001年から2011年）

出火箇所	小分類	件数	中分類	件数
1310	作業場	11	作業する室	11
1410	集じん・ダストシュート	1	機械室	1
1420	火たき場	2	設備室	52
1430	電気室	29		
1460	機械室	19		
1520	ダクトスペース	2		
1650	一般倉庫	4	倉庫物置	10
1660	危険物倉庫、貯蔵庫	2		
1670	置場	4		
2020	休憩室	2	一般事務教育教養研究室	2
2230	工事中の建物	7	空家等	7
2250	屋上	4	位置別	10
2330	貫通部	2		
2390	その他	4		
4010	機関部(室)	1		
5010	電柱類	1	建物、林野、車両船舶航空機以外のもの	13
5090	その他	12		
6060	水面	1	道路、空地等	5
7060	敷地内	3		
7090	その他	1		
9999	出火箇所不明	1		

別表 8 原子力発電所「出火箇所」火災報告データ（2001年から2011年）

出火箇所	小分類	件数	中分類	件数
1310	作業場	4	作業する室	4
1430	電気室	11	設備室	19
1460	機械室	8		
1650	一般倉庫	1	倉庫物置	4
1660	危険物倉庫、貯蔵庫	1		
1670	置場	2		
2230	工事中の建物	6	空家等	6
2250	屋上	3	位置別	6
2330	貫通部	1		
2390	その他	2		
5090	その他	2	建物、林野、車両船舶航空機以外のもの	2
7060	敷地内	1	道路、空地等	2
7090	その他	1		