

長岡技術科学大学 大学院

工学研究科 博士後期課程

博士論文

製品価値向上のためのフルプルーフ対策の体系的実践的導入手法の提案  
Proposal for a systematic and practical introduction method of foolproof  
measures to elevate product value

2023年 12月

長岡技術科学大学  
大学院工学研究科  
博士後期課程  
情報・制御工学専攻  
学籍番号 15504889  
川口 昇

指導教員 張 坤 准教授

## 要旨

消費生活用製品の多くには、上市にあたって満たすべき公的な安全規格や業界団体による自主的な安全基準が定められており、これを満たす製品が市場に流通している。しかし、誤使用や不注意な使い方による事故はあとを絶たないのが現状である。本研究は、既に市場に流通し、「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故が発生している消費生活用製品の場合、実際の事故事例、各種安全規格、取扱説明書などが利用可能であることに注目し、これらの製品に対して、製品価値向上のための「誤使用・不注意な使い方」による事故防止に効果的な、フルプルーフ対策を検討する場合に適用できる、「体系的かつ実践的な」方法論を提案するものである。

本論文は 6 章より構成されている。

第 1 章では、本研究の背景、目的及び、関連する先行研究の例について述べた。

第 2 章では、高齢者の「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故の多いガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブの 3 製品を対象とし、(a) フールプルーフ安全、(b) 利用者の安全確認に依存する安全、(c) 注意喚起による安全の 3 つの安全方策の効果を定量的に評価した。まず、法規制の現状と、事故対策の現状を把握した。次に実装事故対策機能を、3 つの安全方策に分類し、各事故対策機能の手法を整理した。続いて、NITE の事故情報データベースを用い、高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による事故の個票の「事故原因」の記述をもとに「事故の種類」と「誤使用・不注意な使い方」に分類した。その上で各々の事故対策機能の事故削減効果を定量的に評価し、ガスこんろ搭載のフルプルーフ安全が、石油ストーブ搭載の利用者の安全確認に依存する安全に比較し、事故削減効果が高いことを定量的に示した。

第 3 章では、「誤使用・不注意な使い方」に対する事故対策効果が充分でない、石油ストーブの灯油漏れ事故を事例として、既に市場に流通する製品であるために利用可能となる事故情報、安全規格群やその実装事例情報、取扱説明書などを最大限に活用し、事故発生に至るシーケンスを詳細にトレースすることで事故シナリオを作成し、フルプルーフ設計を適用すべき「事故への進展を止める点」を明らかにした。その上で「誤使用・不注意な使い方」が発生しても事故に至らないフルプルーフ対策を立案し、対策が実施された時に予想される事故削減効果について定量的な評価を行う、「体系的かつ実践的な」方法論を示した。

本方法論は、入手可能な資料を分析の出発点としていること、また、分析方法が手順化されており表形式の表現を利用していることから、「実践的な」方法論として、他分野の製品の事故にも広く適用できる一般性がある。また、実際の事故データに基づき、事故シナリオ毎の事故発生件数データが集計される事故発生件数データは、ある事故シナリオに対して実際にフルプルーフ設計を導入した時の事故削減効果を示し、追加的安全対策を考える上で有用な経営判断材料を提供する。

第 4 章では、3 章で述べた結果にもとづき、「実践的な」方法論として特定の品目の特定の事故に限定されない、より一般性、体系性を高めた一覧性のあるマトリックス形式を用い、適用領域を広げフルプルーフ対策を立案し、事故削減効果について定量的な評価を行う「体系的かつ実践的な」方法論として「事故プロセス点検マトリックス」の提案を行った。マトリックス形式の表とすることで、事故に関連する全ての操作フローのそれぞれのステッ

プで、事故に至るシーケンス（操作，不安全行動・「誤使用・不注意な使い方」，危険状態・「事故への進展を止める点」），関連安全規格要求事項・事故対策機能，取説記載の注意事項などの情報を検討し，より漏れなく「体系的」に記載できるようにした．また，評価者の習熟度・品目の種類に関わらず，共通の手順と評価手法を実施できるように，「事故プロセス点検マトリックス作成フロー」を作成し，「事故プロセス点検マトリックス」の作成のための手引きとして示した．加えて幅広く適用できるように，事故データベースより抽出したキーワードをもとに，事故の種類と不安全行動を「体系的」に分類・定義した．

5章では，対象を調理・暖房・給湯機器 18品目に拡大し，4章で提案した「事故プロセス点検マトリックス」を用い，いまだ規格化されていないが，類似の品目並びに市販製品にも実装例がある実行可能なフルプルーフ設計に基づく事故対策を示し，対象となる品目の事故の削減効果を評価することで，「事故プロセス点検マトリックス」がこれらの品目に有効であることと，フルプルーフ設計による事故対策が期待できる領域について示した．

6章では，本研究のまとめについて述べた．本研究では，利用者の「誤使用・不注意な使い方」に対応する効果的なフルプルーフ対策を講じることにより，製品価値を高めて行くための，「体系的かつ実践的な」方法論を提案した．

## Abstract

Consumer products are marketed under governmental mandatory and industry association safety voluntary standards. However, accidents continue to occur due to misuse or careless use. This study proposes a "systematic and practical" methodology that can be applied to the study of foolproof measures for these products, which effectively prevent accidents caused by "misuse and careless use, " to improve the value of these products. The methodology focuses on integrating the accident cases of "misuse and careless use" on the consumer product market, various safety standards and instruction manuals.

The paper consists of six chapters.

In Chapter 1, the study described the background, objectives, and related previous studies. In Chapter 2, the study quantitatively evaluated the effects of three different safety measures: (a) foolproof safety measures (foolproof safety), (b) safety measures relying on the user's confirmation (user confirmation safety), and (c) safety measures by alerting the user (alert safety), targeting three products: gas stoves, kerosene heaters and electric heaters, which had many accidents caused by "misuse or careless use" by elderly people. First, the study identified the current status of regulations and the current status of accident countermeasures. Next, the study classified the implemented accident countermeasure functions into three levels of safety measures, and the methods of each accident countermeasure function were analyzed. Then, the elderly people's accidents caused by "misuse/careless use" were classified into "type of accident" and "type of misuse/careless use" based on the descriptions of "cause of accident" in the individual data from the National Institute of Technology and Evaluation (NITE) database. Finally, the study evaluated the accident reduction effect of each accident prevention function. It showed quantitatively that the foolproof safety function with a gas stove was more effective in reducing accidents than the safety function with an oil stove, which relies on the user's safety confirmation.

In Chapter 3, the study took up the case of an accident involving a kerosene leakage from a kerosene heater, in which accident countermeasures against "misuse and careless use" were not sufficiently effective as a case study. By making maximum use of accident information, safety standards and their implemented accident countermeasure functions, and instruction manuals that are available because the product is already on the market, the accident scenario was created by tracing in detail the sequence of events leading up to the accident, and "points that could stop the progress to an accident" to which the foolproof design should be applied was clarified. The methodology was then used to develop foolproof countermeasures and quantitatively evaluated the expected accident reduction effect when effective foolproof countermeasures were implemented, presenting systematic and practical methods.

The methodology is practical and general enough to be widely applied to accidents involving products in other products' categories because it uses available data as the starting point for analysis and because it is procedural and uses tabular expressions. The data on the number of

accidents for each accident scenario is compiled based on actual accident data. The data on the number of accidents for each accident scenario shows the accident reduction effect when the foolproof design is applied for a particular accident scenario and provides valuable information for management decision-making when considering additional safety measures.

In Chapter 4, based on the results described in Chapter 3, the study presented a practical methodology for planning and evaluating the effect of foolproof design, which was not limited to specific accidents of specific items, in a more general and systematic matrix format to expand the applicable products, plan foolproof measures, and evaluate the accident reduction effects. The "Accident Process Inspection Matrix" was proposed as a methodology for designing fool-proofing measures and assessing their effectiveness in reducing accidents. By using a matrix table, information such as the sequence leading to an accident (operation, "misuse or careless use," and "points that could stop the progress to an accident"), related safety standards, implemented accident countermeasure functions, and instruction manuals could be systematically described without omissions at each step of all operation flows related to accidents. The information was reviewed to ensure it could be described systematically and without deletions. In addition, a flow chart for creating an "Accident Process Inspection Matrix" was designed to provide a guide for creating an "Accident Process Inspection Matrix" so that standard procedures and evaluation methods could be implemented regardless of the skill level of the evaluators or the type of item. In addition, the types of accidents and unsafe behaviors were systematically categorized and defined based on keywords extracted from the accident database so that they could be applied widely.

In Chapter 5, the study expanded the target to 18 items of cooking, heating, and hot-water supply equipment and used the "Accident Process Inspection Matrix" proposed in Chapter 4 to present accident countermeasures based on a feasible foolproof design that had not yet been standardized but had been implemented in a similar category and commercial products and to evaluate the effect of reducing accidents in the target items. By assessing the effectiveness of the "Accident Process Inspection Matrix" for these items, the study has shown that the "Accident Process Inspection Matrix" was adequate for these items and the areas where accident countermeasures based on foolproof design could be expected.

In Chapter 6, the study provided a summary of this study. This study proposed a systematic and practical methodology to enhance product value by taking effective foolproof measures to reduce the accidents caused by "misuse and careless use" by users.

## 目次

1 章	序論	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究目的	4
1.3	先行研究	4
1.4	本論文に関連する規格と用語	12
1.4.1	関連する規格	12
1.4.2	用語の定義	14
1.5	論文の構成	15
2 章	誤使用・不注意な使い方による事故の現状と課題 －高齢者の調理・暖房器具火災事故を対象に－	16
2.1	本章の目的	16
2.2	調理・暖房機器に関する安全規制の現状	16
2.2.1	ガスこんろ	16
2.2.2	石油ストーブ	16
2.2.3	電気ストーブ	16
2.3	本章における分析方法	18
2.3.1	三つの種類の安全	18
2.3.2	情報源と抽出方法	20
2.3.3	事故対策機能の経年普及に伴う年別事故率の補正方法	21
2.4	事故発生の特徴	21
2.4.1	年齢層別にみた事故発生の特徴	21
2.4.2	製品別にみた事故発生の特徴	22
2.5	フルプルーフ対策の有効性	27
2.6	NITE 事故情報データベースに改善を期待したい事項	29
2.7	本章のまとめ	29
3 章	誤使用・不注意な使い方による事故対策としてのフルプルーフ設計 －石油ストーブの灯油漏れ事故を対象に－	31
3.1	本章の目的	31
3.2	本章に関連する安全規格	31
3.2.1	フルプルーフの規格と定義	31
3.2.2	石油ストーブの規格	32
3.3	本章の分析方法	32
3.3.1	誤使用事故データの抽出	32
3.3.2	事故プロセスフロー作成	33
3.3.3	規格要求事項の抽出	33
3.3.4	製品に実装された事故対策機能の抽出	33
3.3.5	取説記載事項の抽出	33

3.4	分析結果	34
3.4.1	事故分析結果	34
3.4.2	規格，事故対策機能，取扱説明書の分析結果	38
3.4.3	フルプルーフ設計の規格と事故対策機能への適用	42
3.4.4	特許	44
3.5	本章のまとめ	45
4	章 事故事例・関連規格・取説に基づくフルプルーフ対策の方法論の提案	47
4.1	本章の目的	47
4.2	分析の手順	47
4.3	事故の種類と原因の分類	51
4.4	JIS 規格の要求事項	52
4.5	事故プロセス点検マトリックス	54
4.5.1	事故プロセス点検マトリックスの作成方法	54
4.5.2	事故プロセス点検マトリックスの石油ストーブの灯油漏れ， ガソリン誤給油記入例	54
4.5.3	事故プロセス点検マトリックスの記載	57
4.5.4	事故削減効果の定量評価方法	59
4.6	本章のまとめ	60
5	章 フールプルーフ対策に期待される役割 －調理・暖房・給湯機器を対象に－	61
5.1	本章の目的	61
5.2	製品別の事故対策の現状と事故削減効果	61
5.3	製品別に見たフルプルーフ対策の適用可能領域	64
5.3.1	事故の種類と不安全行動による事故に有効な事故対策機能	64
5.3.2	事故件数と割合	64
5.3.3	品目別の事故の種類と不安全行動	64
5.4	フルプルーフ対策の検討	69
5.4.1	カセットこんろの事故	69
5.4.2	電気ストーブの事故	74
5.4.3	石油ファンヒータの事故	79
5.4.4	ガスこんろの事故	85
5.5	本章のまとめ	90
6	章 結語	91
6.1	フルプルーフ安全の事故削減効果	92
6.2	フルプルーフ対策の立案と評価の方法論の提案	92
6.3	フルプルーフ対策の立案と評価の一般化	93
6.4	フルプルーフ対策に期待される役割	93
6.5	今後の課題	94
	参考文献	95

本研究に関連した公表論文.....	103
I 学会論文.....	103
II 国際会議 .....	103
謝辞.....	104
付録 .....	105



## 図目次

図 1 全死者数に占める 65 歳以上の不慮の事故による死者数と住宅火災による死者数の 構成比.....	1
図 2 住宅火災の発火源別死者数（放火自殺者を除く）.....	2
図 3 石油ストーブの灯油漏れ事故シナリオ.....	41
図 4 事故プロセス点検マトリクス作成フロー.....	50

## 表目次

表 1	住宅火災の発火源別死者数の年齢比較 .....	2
表 2	関連 JIS 規格 .....	12
表 3	用語集 .....	14
表 4	ガスこんろとストーブに関連する規制・事故対策・安全規格・認証制度の比較 .....	17
表 5	ガスこんろとストーブに関連する事故対策の種類と機能 .....	19
表 6	人口 10 万人あたりの製品事故の原因・事故の種類，年齢別被害件数比較 (2000 年～2014 年，放火自殺者を除く) .....	22
表 7	ガスこんろが原因の事故の内訳 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」 (2000 年～2014 年) .....	23
表 8	ガスこんろの 100 万台あたりの事故件数比較 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」(2000 年～2014 年) .....	23
表 9	石油ストーブが原因の事故の内訳 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」 (2000 年～2014 年) .....	25
表 10	石油ストーブ 100 万台あたりの事故件数比較 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」(2000 年～2014 年) .....	25
表 11	電気ストーブが原因の事故の内訳 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」(2000 年～2014 年) .....	26
表 12	60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故対策効果比較 (2000 年～2014 年) .....	28
表 13	石油ストーブ灯油漏れ事故プロセス 誤使用事故データの分類・集計 (2000 年～2017 年) .....	36
表 14	石油ストーブ灯油漏れ事故プロセス (原因が明確な事故) 灯油漏れ誤使用事故データの 分類・集計 (2000 年～2017 年) .....	37
表 15	石油ストーブ 規格要求事項，取扱説明書記載内容 .....	40
表 16	事故の種類 .....	51
表 17	不安全行動 .....	51
表 18	JIS 規格と要求事項ならびに業界又は個社の事故対策機能 .....	52
表 19	事故プロセス点検マトリックス 灯油漏れ・ガソリン誤給油事故 .....	55
表 20	18 品目の事故の実態と実装事故対策機能の事故対策効果 .....	63
表 21	18 品目の事故の種類，不安全行動と該当するフルプルーフ設計による事故対策機能 .....	68
表 22	60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」によるカセットガスコンロとカセッ トボンベの事故 57 件の原因分析 (2000 年～2020 年) .....	71
表 23	カセットガスこんろ「事故プロセス点検マトリックス」 .....	72
表 24	カセットガスこんろの事故プロセスと事故対策 .....	73
表 25	60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による電気ストーブ事故 220 件の原 因分析 (2000 年～2020 年) .....	75

表 26	電気ストーブ「事故プロセス点検マトリックス」	76
表 27	電気ストーブの事故プロセスと事故対策	78
表 28	60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による石油ファンヒータ事故 86 件の原因分析（2000 年～2020 年）	81
表 29	石油ファンヒータ「事故プロセス点検マトリックス」	82
表 30	石油ファンヒータの事故プロセスと事故対策	84
表 31	60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」によるガスこんろ事故 864 件の原因分析（2000 年～2020 年）	87
表 32	ガスこんろ「事故プロセス点検マトリックス」	88
表 33	ガスこんろの事故プロセスと事故対策	89

# 1章 序論

## 1.1 研究背景

人口動態統計<sup>1)</sup>によると、不慮の事故の死者に占める65歳以上の高齢者の割合は、2000年の60%から2021年には87%に達した。2011年の消防白書<sup>2)</sup>によると、放火自殺者を除く住宅火災の死者に占める65歳以上の高齢者の割合は、55%から74%に達した（図1参照）。この期間における高齢者比率の増加（65歳以上人口の割合は、2000年の17.4%から2020年28.9%に増加）を考慮すれば当然のこととも言えるが、日本の社会で発生している不慮の事故死者の9割近くを占める高齢者の事故、とりわけ、以下に述べるように誤使用・不注意に起因する事故を防止することは、今後の高齢化の進展を考えると日本社会にとっての喫緊の課題である。

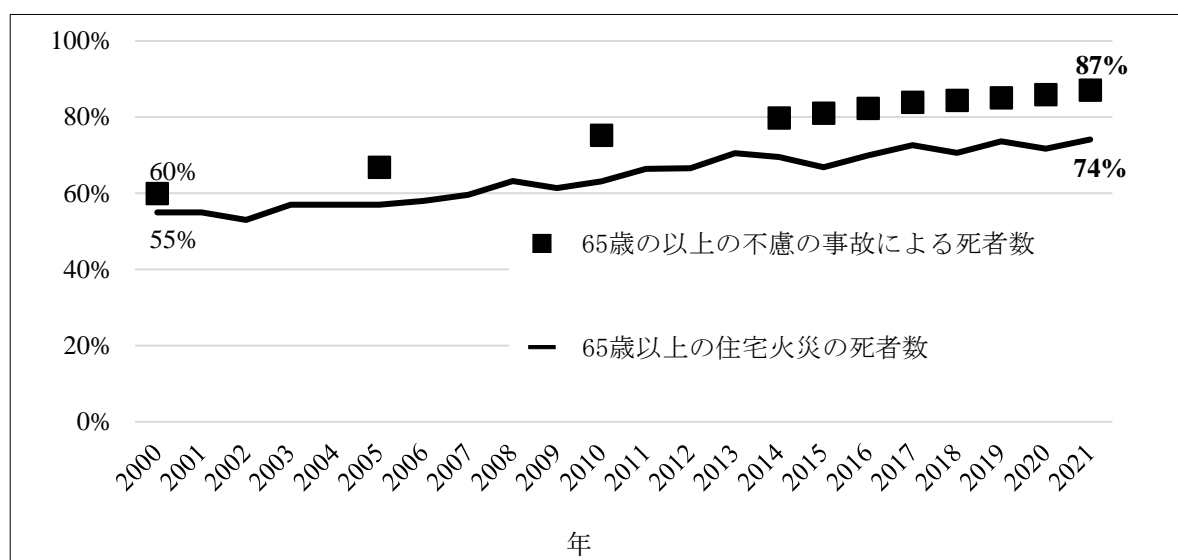


図1 全死者数に占める65歳以上の不慮の事故による死者数と住宅火災による死者数の構成比  
(出典：人口動態統計，消防統計－放火自殺者を除く)

2023年の消防統計<sup>3)</sup>によると、住宅火災の発火源別死者の割合は、たばこが14%、ストーブが11%、電気器具が8%、こんろが5%であった（図2参照）。高齢者の住宅火災の主な原因は、放火自殺およびたばこ、電灯電話などの配線・配線器具・テーブルタップなどの電気器具を除くと、石油ストーブ（5.9%）、電気ストーブ（5.2%）、ガスこんろ（3.5%）であった。これらの3製品による65歳以上と65歳未満の死者数および人口10万人あたりの死者数を算出し65歳以上と65歳未満の比を求めたところ、ガスこんろは10倍、石油ストーブは19倍、電気ストーブは13倍高かった（表1参照）。

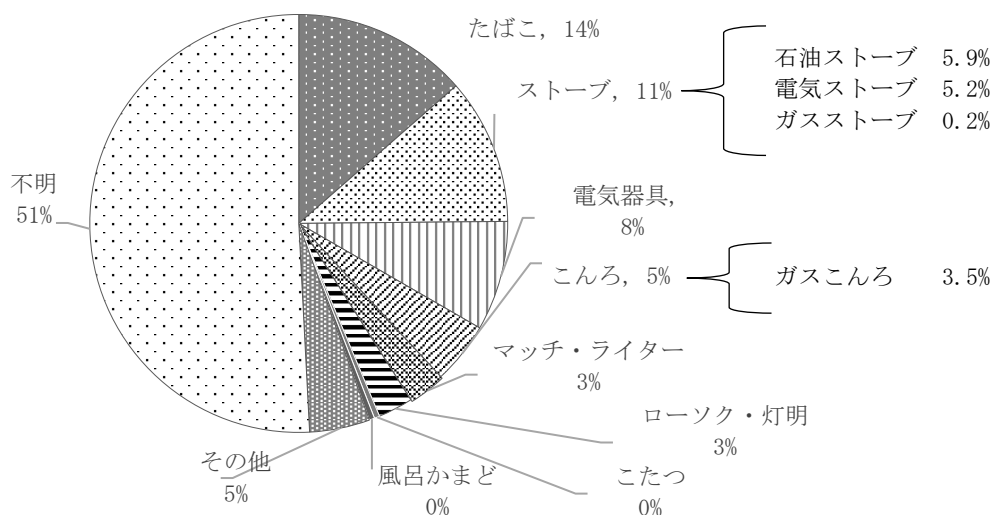


図2 住宅火災の発火源別死者数 (放火自殺者を除く)

(出典：消防統計より筆者らが集計—たばこおよび放火自殺者を除く主要な3発火源，2021年)

表1 住宅火災の発火源別死者数の年齢比較

品名	年齢	65歳未満	65歳以上	65歳未満に対する 65歳以上の倍率
ガスこんろ	10万人あたり実数	0.01人	0.10人	10倍
石油ストーブ	10万人あたり実数	0.01人	0.19人	19倍
電気ストーブ	10万人あたり実数	0.01人	0.13人	13倍

(出典：消防統計より筆者らが集計—たばこおよび放火自殺者を除く主要な3発火源，2011年)

こうした中、事故の削減にむけて、政府広報オンライン<sup>4)</sup>、及び東京消防庁広報テーマにおいて<sup>5)</sup>、高齢者の消費生活関連の製品事故は石油ストーブ、ガスこんろ、電気ストーブの「誤使用や不注意な使い方」が原因であるとして、注意喚起を行っている。しかしながら、高齢者の住宅火災による死者の構成比の推移が示す通り、注意喚起だけでは不十分であり、「誤使用や不注意な使い方」があっても事故に至らない対策が望まれる。

独立行政法人製品評価技術基盤機構（以下NITE）は、News Release<sup>6)</sup>で、高齢者の事故について次の様に報告した。「2012年度から2016年度の製品事故情報のうち、高齢者の事故は1,280件で、そのうち死亡事故は126件、重傷事故は176件、火災事故は720件であった。高齢者の死亡事故が最も多い製品はストーブで、2012年度から2016年度までのストーブにおける死亡事故のうち、使用者の年齢が判明した65件中49件（75%）は70歳以上であった。事故は石油ストーブのカートリッジタンクのふたを十分に締めていなかったものやガソリンの誤給油などが多く、握力・判断力低下などの高齢者の身体・感覚機能の低下が関係していると思われる」。NITEは、こうした石油ストーブの事故を削減するために、注意喚起を行っている。

不慮の事故の死者と住宅火災の死者に占める高齢者の割合が増える中、産業技術総合研究所は、経済産業省令和4年度事業として、「高齢者向け製品の安全性規格等検討事業」<sup>7)</sup>の募集を行い、製品設計側で意図していない使用について、同様の事例が多い場合には、単に高齢者側の「不注意・誤使用」と割り切るのではなく「想定される使用」と捉え、製品開発・設計の局面での対応を検討するとしている。

一方、消費生活用製品を生産している企業の経営課題として捉えると、グローバルな企業との競争が激化する製品市場で、安全という切り口で製品の価値向上を図り、コスト面での不利な条件を克服することが重要な課題となっている。安全な製品開発を行うための指針としては以下の規格などが発行されている。

安全の基本的指針としては、安全側面－規格への導入指針として、IOS/IEC Guide 51 が、日本では JIS Z 8051:2015<sup>8)</sup>として発行されている。また機械類の安全設計－設計のための一般原則－ISO 12100 は、JIS B 9700:2013<sup>9)</sup>として発行されており、リスクアセスメントについて規定されている。リスクアセスメントのスリーステップメソッドにおける第一の最も重要なステップは、本質安全設計である。誤使用事故への対応として、本質安全設計やフルプルーフ設計が重要だが、Guide51にもISO 12100も基本安全規格であることより、フルプルーフ設計に関する具体的な指針は示されていない。

リスクアセスメントの考え方と実践方法の基本を紹介することを目的とし、経済産業省が発行している、「消費生活用製品向けリスクアセスメントのハンドブック」<sup>10)</sup>においても、事例集である内崎の「製品事故に学ぶフルプルーフ設計」<sup>11)</sup>が参照されているにとどまり、フルプルーフ設計に関する具体的な実施方法は記載されていない。

加えて、高齢者向けの製品設計の指針を与える ISO/IEC Guide 71 などの規格群が日本では、JIS Z 8071:2017<sup>12)</sup>として翻訳されており、その第一版は2003年に発行され、2017年には第二版が「規格におけるアクセシビリティ配慮のための指針」として発行されている。またこれを敷衍した規格として、視覚的配慮、聴覚的配慮、触覚的配慮といった認知機能低下を補うための一連の規格群や、包装・容器、施設・設備、情報通信、コミュニケーションといった分野別の JIS 規格群が発行されている。これらは、主に未然防止のための指針が示されている。

また、経済産業省が発行している「製品安全に関する事業者ハンドブック」<sup>13)</sup>は、事業者における製品安全に関する自主的な取組を促進するためのマネジメントが中心であるため、本質安全設計やフルプルーフ設計については記述がない。

製品安全協会が行ったメーカーアンケート<sup>14)</sup>においても、フルプルーフ設計、あるいは本質安全設計の出発点となる誤使用の予見については、「経験則による」との回答が大半である。これらの関連規格並びに実施のための参考書類の中にも、「誤使用・不注意な使い方」が発生した時に事故を防止するフルプルーフ設計について具体的に示されていない。

盆子原ら<sup>15)</sup>の聞き取り調査においても、「自社や NITE の事故情報をもとに作成したチェックリストにもとづき、設計者が経験的に行っている」との調査結果が示されている。盆子原らが指摘するように、今後の社内における世代交代も考慮すれば、「経験則を用いつつも、誤った使い方をより幅広く、また極力もれなく予見できる評価支援手法を開発し、メーカーの実務者に提供する」ことが求められていると言える。

言うまでもなく、個々の消費生活用製品に関する安全規格は、本質安全設計やフルプルーフ機能についての内容も含んでいる場合があるが、他社製品との競争における製品価値向上と言う経営課題に応えるために役立つものではない。

こうした事情は、産業用の機械製品においても同様に見られる。長野ら<sup>16)</sup>は、中央災害防止協会の事例集にも本質安全設計の設計事例はほとんどなく、機械工業連合会の設計事例集にもわずか一件しか含まれていないと述べている。

もちろん、個別の機械類に関する安全規格には、多数の本質安全設計例が含まれているものの、既に流通している製品あるいは基本設計が終えた段階における追加的な安全方策を検討する段階において参照できる材料は乏しい。この点も消費生活用製品の場合と同様である。

特に、既に市場に流通し、無視できない「誤使用・不注意な使い方」による事故が発生している製品の場合、公的規格や安全規制法令により基本的な安全基準は製品に実装されているが、ある追加的対策を導入した時に、どれだけの追加的事故防止効果が期待できるか、といった評価をある程度定量的に行うことが出来れば、実際の設計改良に踏み切ることが適切かどうかという経営判断を下すうえでの重要な情報が得られることになる。こうした現実の経営上求められる「実践的な」方法論が、重要な課題として求められている。

## 1.2 研究目的

消費生活用製品の多くには上市にあたって満たすべき公的あるいは業界団体による自主的な安全基準が定められており、これを満たす製品が市場に流通している。しかし、「誤使用や不注意な使い方」による事故はあとを絶たないのが現状である。本研究は、既に市場に流通し、「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故が発生している消費生活用製品の場合、実際の事故事例、各種安全規格、取扱説明書などが利用可能であることに注目し、フルプルーフ安全の事故対策効果を定量的に示し、その上でこれらの製品に対して、製品価値向上のための「誤使用・不注意な使い方」による事故防止に効果的な、フルプルーフ対策を検討する場合に適用できる、「体系的かつ実践的な」方法論を提案するものである。本研究において「体系的」とは、なるべくもれなく誤使用のリスクを拾い上げることで、「実践的」とは方法論を極力手順化し、経験の豊富でない人であっても実行しやすい手法であり、また広く利用可能な情報に基づいてフルプルーフ対策を実行できることを意味する。

## 1.3 先行研究

以上の研究目的に沿って、これまでの先行研究を3つのカテゴリーで整理し、主な先行研究について述べる。

## (1) 消費生活用製品の誤使用事故の原因分析に関する研究

消費生活用製品の誤使用事故の原因分析に関しては、事故情報をもとにした原因分析に加え様々な研究が実施されている。

加藤ら<sup>17)</sup>は、事故防止には、使用者側、提供者側、事故対応側など様々な関係者のもとに散在しているトラブル情報や暗黙知を可視化し、集約し、再利用していくための社会技術が必要であるとして、製品安全に関わる関係者から製品安全知識を抽出し、製品安全設計と使用者への安全教育にフィードバックを行いながら、製品安全知識を社会技術化し製品安全を実現していくための方法論の全体像を提案した。具体的な製品として石油ストーブを対象に、提案する方法論の適用例を示した。また成熟段階の製品であっても、安全技術に関しては発展途上であり提案モデルを適用することは有用であると述べている。加藤らの研究は、体制整備、知識化、関係者へのフィードバック、知識ベースへのフィードバックと情報収集から「体系的」なモデルを提案している点が特徴である。また、石油ストーブの例を対象としているが、定量的な分析と具体的な事故対策の評価までは対象としていない。

鈴木ら<sup>18)</sup>は、正しい動作からのズレ、メーカー側の意図しない使用法に着目し、ガイドワードを用いたヒューマンエラー抽出方法と機能の類似性に着目したヒューマンエラーの抽出方法を併用することで、消費生活用製品において起こり得るエラーモードを効率的に事前抽出し、ヒューマンエラーの未然防止に活用することを提案した。その上でガスこんろ、石油ストーブ、電気こんろなどの3製品に適用し、実際に生じた事故事象と比較した結果、全ての製品について95%以上のエラーを抽出した。鈴木らの研究は、事故情報のみでは無く、ガイドワードをもとにヒューマンエラーを抽出し、事故原因を分析する試みである点が特徴であるが、製品の事故対策機能の有効性評価は対象としていない。

久本ら<sup>19)</sup>は、NITEの製品事故情報のテキストデータに対して、テキストマイニングツールを活用して頻出単語を抽出し、名詞と動詞を係り受けの関係にある2単語の組み合わせ分析を行うことで、ハザードがハームに至るプロセスを抽出できる可能性を示した。また、事故情報のテキストデータを参考とすることで、「事故シナリオに必要な情報を得られることが分かった」と述べている。久本らの研究は、事故情報から分析ツールを活用し統計処理する点が特徴で、事故に至るシナリオを抽出する試みは本研究と類似性があるが、事故に関連する全ての操作フローのそれぞれのステップで、事故に至るシーケンス、関連安全規格要求事項・事故対策機能、取説記載の注意事項などの情報を対象としてはいない。

盆子原ら<sup>15)</sup>は、Sabotage Analysis（望ましくない事象をどう起こすか）の考え方をを用い、高いリスクに直結する使い方に焦点をあてるリスクアセスメント手順と、ペルソナ手法を用いた使い方予見の支援の提案を行った。提案した方法の試用実験を行い、利用可能性に関する調査を行い、実務的に有益な方法であることが期待されることを示した。盆子原らの研究は、従来の事故情報をもとに原因分析を行うのではなく、事故を予め設定し、事故を引き起こす使い方の予見を行う手法である点が特徴である。

野守ら<sup>20)</sup>は、大規模に収集された傷害テキストデータから製品に対する行動の種類を抽出し、事故要因の関係構造をモデル化することで、製品に対してどのような行動がなされて事故に結びついているのかという、製品の使用形態から事故発生までの状況を、人工知能を用いて予見することを可能にする手法を開発した。野守らの研究の対象は子供の事故を対象と



し、製品に対する行動と事故の検索システムを構築することで事故分析を可能とし、事故分析を通じて設計者に利用可能な検索システムを提供し、エビデンスベースのリスクアセスメントを実現することを目的としている点が特徴で、フルブール対策の立案は対象としていない。

越山<sup>21)</sup>は、総数31製品、計772件の製品別調査票の集計結果より、約4割の消費者が警告情報を読んでおらず、読んでいたとしてもリスク情報を十分理解している者は減り、さらにリスク情報を理解し、いつも警告情報に従ってリスク回避のための行為を行っている者はさらに減少する関係を得た。最終的には、消費者の約65%が企業側からの警告情報を読んでも理解せず、遵守していないことを示した。原因として、メーカーからの提供情報が、不必要な情報も含まれる一方的な情報の集まりや、企業側の責任回避的な情報の垂れ流し状態であったら、消費者不在の情報のコミュニケーションであると述べている。

鳥居塚ら<sup>22)</sup>は、消費者が日用製品を使用する際の、注意書きや警告文の遵守状態を質問紙により調査し、警告を遵守しているユーザーはほとんどの製品において半数以下であり、警告を読まなかったり、そもそも警告を見なかったりするユーザーが非常に多いことを示した。警告を見なかったり読まなかったりする理由は、ユーザーが当該製品に対して危険を感じないことで、これは、警告を読み理解したにもかかわらず遵守しない理由と共通していた。これらの結果を踏まえ、警告あるいは警告表示を作成・改善するための指針となるモデルを構築した。

越山<sup>21)</sup>、鳥居塚ら<sup>22)</sup>の研究は、事故原因として取扱説明書の有効性を分析し、消費者は取り扱い説明書の警告文を読んでおらず、事故対策としての有効性について十分な対策効果が出ていないことを示している。その上で、情報量と内容について更なる改善が必要であることを示している点が特徴であり、警告情報、注意書きなどの有効性について、本研究に対して取説注意事項の有効性と課題について重要な情報を与えてくれた。

Davisら<sup>23)</sup>は、消費者に安全情報を伝達する際のピクトグラムの有用性を英国で調査し、理解度を判定する方法を開発し、一般的に、ピクトグラムは理解度が低く、特に抽象的なものが多いことを示した。次に異なる警告スタイルが、告知可能性と順守意図に及ぼす影響を調査し、購入意思決定に与える影響について示した。その結果、ピクトグラムや警告は、一般的に安全問題に関する消費者教育を向上させるツールとしてではなく、すでに確立された安全メッセージを補強し、リマインダーとしての有用性があることを示した。

Leonardら<sup>24)</sup>は、製品の安全性は、製品の設計や製品に添付された説明書や警告と、使用者の知識により影響を受けるとして、知識があれば警告は、主に危険性と取るべき予防策を思いださせる役割を果たすことができると述べた。この研究では、米国の一般的な家庭用品や状況に関連する危険についての知識を、多肢選択式と自由形式の両調査を用いて実施した。結果、回答者らは危険について認識していたが、その知識は、人身事故や物的損害を生じさせる可能性のある具体的な状況には及ばず、必ずしも危険回避に必要な行動の理解につながっていないことが多いことを示した。さらに、きっかけがなければ認識できない危険性も示唆した。以上より、警告は注意喚起と安全情報の提供の両方が必要であることを示した。

Davisら<sup>23)</sup>、Leonardら<sup>24)</sup>は、海外における使用者の安全に対する知識の差の影響、および取り扱い説明書、ピクトグラムと警告の有用性への影響と限界について、越山<sup>21)</sup>、鳥居塚

ら<sup>22)</sup>の研究と同様に、本研究に対して知見を与えてくれた。

Weegels ら<sup>25)</sup>は、リスクには、事故発生件数と被ばく量の比率を表す客観的リスクと、当事者によるリスク認知・認識を表す主観的リスクの2つの意味合いがあるとして、消費者製品の事故の発生を理解し解明する上で、リスク認知・認識の重要性を探った。事故再現ビデオから得られた実証的証拠に基づき、機能的および特徴的な製品特性に関する使用者のリスク認知と意識、およびそれらが事故に至る実際の製品使用に及ぼす影響について示した。調査結果は、被験者の大多数が、怪我をする危険性があることを知らなかったことが明らかになった。本研究では、製品の特徴や機能的特性がユーザーによってどのように認識されるかを明確にし、リスクは知覚され意識的にとらえられることにより、人は脅威となるリスクを回避行動を行うことを示した。Weegels らは、定性的な観点での事故の原因調査の有益性とユーザーの事故回避行動の点で、誤使用事故の発生の背景に関する情報を示してくれた。

Barillo ら<sup>26)</sup>は、熱傷センターに入院した集団におけるガソリン関連傷害の状況を調査し、熱傷予防の可能性を検討した。1978年から1996年までのセンターの全熱傷入院患者を調査した結果、4,339例の急性入院患者のうち23.3%がガソリン関連で、死亡例は144例、誤使用は788例中87.1%であった。死亡事故144件中62.5%がガソリンの不適切または安全でない使用と関連していた。ガソリンの危険性は、引火点(-45°F)が低く、蒸気密度が高いことより空気より重く、低い場所や密閉された場所に溜まりやすい物理的特性に起因する。本研究で対象とした、石油ストーブのガソリン誤使用の火災事故も発生しており、ガソリン火災事故の危険性に関する情報を提供してくれた。

宮村なども、以上の先行研究に加えて事故情報の活用、事故分析の研究を行っている<sup>27-63)</sup>。

## (2) 誤使用事故の様々な防止方策に関する研究

「誤使用・不注意な使い方」が原因の事故に対する製品安全については、以下の先行研究がある。

関田ら<sup>64)</sup>は、身近な事故の情報を使って、事故の要因や防止策とシステム安全の関係を7年間のNITEの事故情報をもとに定量的分析を行った。「消費者の誤使用・不注意」を原因として識別した事故が3,934件あり、その内95%、3,743件に再発防止対策を何も実行しないことが身近な事故が減少しない一要因であると述べ、事故防止のためにシステム安全の視点を取り入れて行う3-step法を用いて、事故の防止を定量的に分析し、消費生活用製品に対するシステム安全の有効性をデータで検証した。関田らの研究は、NITEの事故情報から再発防止策の記載がない事故を抽出し、事故防止を定量的に分析するためにシステム安全の手法を用いた点の特徴であるが、これらの事故の中にはすでに事故対策が実施されているものも多数あることを考慮していない点で、事故対策機能の効果の有無を評価する本研究とは異なる。

加藤ら<sup>17)</sup>は、石油ストーブを対象に、製品安全知識を社会技術化する方法論の全体像を提案し、その適用例を示し、成熟段階の製品であっても、安全技術に関しては発展途上であり提案モデルを適用することは有用であると述べている。加藤らの研究が対象としている製品も市場に普及している製品を対象として事故対策を検討している点では、同様の視点である。

鈴木ら<sup>65)</sup>は、製品開発・設計時におけるヒューマンエラーの防止策の具体的な対策考案のために、「エラープルーフの考案表」を作成した。この表を用いて過去の製品事事故例の対策

考案の検証では 93% (93 件/100 件) の事例に対して有効な対策を考案した。この表は人間の情報処理の過程として「知覚」「認知」「判断」「実行」を考え、NITE の事故情報から収集した事例を抽象化することにより、新たなエラープルーフ化の着眼点として①排除、②代替化、③複雑化、④容易化、⑤意識集中、⑥正常検出、⑦異常検出、⑧影響吸収、⑨影響緩和の 9 つの原理を提案した。その上でユーザーの使用段階での品質・安全性を保つために PDCA を回す際の三つの視点「発生」「発見」「影響緩和」について述べている。鈴木らの研究はヒューマンエラーの防止のため、事故情報をもとに、言語情報から事故に関連する用語を抽出し、一覧表にまとめた点が特徴であり、フルプルーフ対策立案、評価を対象としていない点で、本研究と視点が異なる。

内崎<sup>11)</sup>は、誤使用に起因する製品事故が減ることを願い、製品事故を防ぐには人間のどのような性癖を考慮して設計すべきかについて、生活用量製品と自動車を対象として製品事故に学んだ知識を著書にて解説した。実務書として、モノ作りの技術者が製品安全向上の一助となるように、事例集として問題点を示した点が特徴である。著書である、「製品事故に学ぶフルプルーフ設計」は、前述の通り、経済産業省発行の「消費生活用製品向けリスクアセスメントのハンドブック」<sup>10)</sup>においてリスクアセスメントにおけるフルプルーフ対策の事例集として参照されている。

Benedyk ら<sup>66)</sup>は、炭鉱業界のリスクの評価と軽減のために開発された BeSafe (行動安全) メソッドが、消費生活用製品においても適用可能であることを示した。BeSafe は、人間工学に基づいたリスク分析とリスク軽減方法であり、人的ミスや違反による事故の防止を目的とした行動のための管理戦略である。消費者向け製品環境でも、誤使用が原因の事故が発生するが、製品の使用環境は拡散・変動しやすく管理は困難であると述べている。しかしながら、BeSafe メソッドを電動芝刈り機で検討し、遊び場の子供用遊具に適用し、遊具の設計・設置・操作・メンテナンスに関連する一連のエラーや違反を明らかにした。Benedyk らの研究は、産業用途の BeSafe が消費生活用製品の安全性評価の構造化に役立ち、安全性を向上させるための体系的な方法を誤使用が原因の事故防止に対して提供することを示したことが特徴で、消費生活用製品を対象とした本研究の今後の拡張についての可能性を示してくれた。

Kanis<sup>67)</sup>は、製品開発においてユーザー集団の身体的・心理的構成に関する記述に頼るだけでは、ユーザーが製品を使用するときの幅広い行動を反映できないと述べた。消費者は製品設計者やメーカーが想定したように製品を使用しないとして、人間と製品の相互作用を理解し説明するためのフレームワークを提案した。Kaniz は、知覚・認知活動を含むユーザー活動を観察・記録し、実際の行動を把握することの重要性を述べ、プロトタイプユーザー・トライアリング手法が、設計者の製品設計において有用な方法であることを示した。過去の事故データを基に事故対策機能を検討する本研究とは異なるアプローチである。

Butters ら<sup>68)</sup>は、英国の消費者協会の研究・試験センターによる製品の評価の様々な方法について論じた。消費者協会は、安全性や信頼性の技術的評価から、使いやすさや利便性まで様々な評価に関わっており、作業性能、安全性、信頼性、使いやすさを確保する目的で、さまざまな基準に基づいて、消費者が十分な情報を得た上で選択できるような情報提供を行っている。試験は様々な手法を用いて、消費者の使用状況を反映し、絶対的に公平な比較データを提供するように設計されている。Butters らは、企業独自の努力だけではなく、消費者協

会も安全な製品の開発に継続して貢献していると述べた。この点で、本研究で活用した NITE の事故情報とは安全な製品の開発への貢献の点では同じであるが、手法は異なる。

田中なども、以上の先行研究に加えて「誤使用・不注意な使い方」が原因の事故に対する製品安全の研究を行っている<sup>69-94)</sup>。

### (3) フールプルーフ対策に関する研究

本研究の着目点の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」が原因の事故防止のためのフールプルーフ対策に関し、消費生活用製品に関連するものとしては、以下の先行研究がある。

徳田<sup>95)</sup>は、高齢者などが自立した日常生活を継続してゆくための理学療法的見地からの支援方法について、ユーザー・マシン・エンバイロメント相互の人間中心モデルの提案の中で、安全性向上への配慮の要素としてフールプルーフ、フェールセーフ、フェールストップがあると述べた。これらの定義は、未然防止、安全側故障、事故発生時停止であり、誤使用時の事故防止とは定義が異なる。また石油ストーブ、ガスストーブ、電気ストーブ、卓上カセットこんろなどの調理暖房機器を危ないと思いつながら使用している、および危ないので使用をやめた割合の高い製品であるとの調査結果も示している。徳田の研究は、人間工学で培われてきた人間中心設計を視点としている点が特徴であり、フールプルーフの対策を求めるものではなく、理学療法士の観点から利用者自身の訓練や環境整備対策を求めているのが特徴である。

倉片<sup>96)</sup>は、超高齢社会の到来および障害者の人権に対する社会の意識の高まりを受けて、アクセシビリティに配慮した製品等の開発にあたっては、高齢者・障害者の特性を参照し、それに適合するよう設計する必要があると述べた。その上で、産業技術総合研究所が作成し、インターネット上で無料にて公開している「高齢者・障害者の感覚特性データベース」の概要を紹介した。このデータベースでは、日本工業規格「高齢者・障害者配慮設計指針」の活用ツールも提供し、高齢者・障害者に対応した製品等の開発に携わる企業等の技術者やデザイナーに広く活用されている。倉片の研究は、高齢者・障害者まで適合する様に製品設計をする点が特徴であり、事故の未然防止のための情報を対象とした。

相良ら<sup>97)</sup>は、認知能力が低下した高齢者が継続使用可能な家電などのデザインに関する研究での方法について認知症者を含む独居高齢者 91 名を対象に、スウェーデンのカロリンスカ研究所が開発した日常生活機器使用状況調査表を用いて訪問調査を実施した。高齢になり、家族環境の変化や認知力の低下などから、使用が中断された家電製品等の存在や、継続的に使用されている家電製品等が抽出され、それらの特徴を明らかにし、継続使用が可能な家電製品のインタフェース・デザインについて7つの知見を述べている。相良らの研究は、認知力の低下を対象とした製品設計をする点が特徴であり、事故の未然防止のための製品デザインを目的とした。

稲葉ら<sup>98)</sup>は、事故の未然防止について、聴覚的な見落とし防止警報における高齢者に適切な設定基準について知見を得るために実験を行った。高齢者向け警報システムにおける基準の確立について述べている点で特徴があり、未然防止のための警告音を対象とした。

倉片<sup>96)</sup>、相良ら<sup>97)</sup>、稲葉ら<sup>98)</sup>は「事故を止める点」においてどのようなフールプルーフ設計を行うかという段階において参考となる研究である。

田中<sup>99)</sup>は、フルプルーフなどの安全保障設計に内在する問題点を挙げ、危険知識を与える設計を開発することが安全技術としての重要な側面であることを指摘した。田中の研究は、使用者個人の学習を伴う危険回避の重要性を説いており、人による危険回避という点では、本研究とは視点が異なる。

佐井ら<sup>100)</sup>は、従来のエラー予測手法は、FMEA や HAZOP など、製品使用手順を想定した手法が中心であるため、使用手順から著しく逸脱したエラーについては予測できないとして、過去の事故データを活用し、使用手順を前提としない、事故に関わる製品属性と製品の使用者・使用状況の二つから製品仕様におけるエラーを予測するための手法を提案した。結果、この方法論を使うことでほとんどのエラーを高い割合で予測できる有効な手段であることを示した。佐井らの研究は、使用手順を想定していない点が特徴であり、本研究とは視点が異なる。

Balakrishna ら<sup>101)</sup>は、リチウムイオン電池により、時には致命的な事故が報告されているとして、事故に至るシナリオを分析し、実装されている様々な安全機構について説明した。その上で、ユーザーが乱用したり、メーカーが注意深く設計しなければ、電池は潜在的に危険であると述べた。メーカーが製品を安全なものにするために最善を尽くしている一方で、責任は使用者にもあり、事故を避けるために使用説明書を守る必要があり、消費者教育も重要で、ショート、設計以上の電流を流す、容量の小さいバッテリーを使用、高温または低温での使用や保管、他のバッテリー用に設計された充電器の使用、過充電、過放電、過度の振動、不適切な廃棄などの誤使用は、特に控えるべきであるとしている。Balakrishna らは、電池の安全機能がフェールセーフだけでは無く、フルプルーフとしても機能していることと、残留リスクがあることを示しており、最新の技術の製品に搭載されているフルプルーフ設計であっても、一定の限界があることを示してくれた。

Silva-Martinez<sup>102)</sup>は、有人宇宙探査におけるヒューマン・システム・インテグレーション (HIS) の重要性に焦点を当てた。システム、システム・オブ・システム、システム工学、ヒューマン・システム・インテグレーション、ヒューマンエラーの定義を示し、これらがどのように組み合わせられているかを説明した。次に、非航空宇宙産業で使用されている様々な人間信頼性分析技術、ヒューマン・イン・ザ・ループ評価、ユーザビリティ・テスト、作業負荷評価など、エラー防止のための HSI ツールの使用について評価を行い、宇宙システムへの適用や、DoD や NASA でのインテグレーションについて述べた。加えて、これらのツールやプロセスは、設計段階で人間の限界や能力を考慮し、製品のライフサイクルを通して継続することで、ヒューマンエラーを最小限に抑え、人間や製品の安全性を高めることができると述べた。また、オペレーターやヒューマンエラーをいかに防ぐかに焦点を当てるよりも、エラーの管理すなわち、エラーの迅速な発見、エラーの影響の理解、エラーからの迅速な回復を可能にするツールや方法が必要とも述べている。自動化についても、人間の能力と限界を考慮するとしている。宇宙システムのような高度な分野における、ヒューマンエラーへの取り組みに関する、人とシステムの関わりについて様々な研究が存在していることと、本研究の「誤使用・不適切な使用」が発生した場合の事故対策としてのフルプルーフ設計の重要性についての知見を与えてくれた。

徳田なども、様々なフルプルーフ対策に関する研究を行っている<sup>103-106)</sup>。

これらのフルプルーフに関する先行研究は、主に高齢者の特性や、人間工学の観点で、ヒューマンエラーが原因の事故の未然防止に関する製品設計の研究が中心である。

一方、本研究で定義するフルプルーフは、JIS Z 8115:2019<sup>107)</sup>で定義されている、「人為的に不適切な行為、過失などが起こっても、システムの信頼性及び安全性を保持する性質」による事故対策機能を対象としている点が特徴で、フルプルーフであっても他の先行研究とは視点が異なる。

加えて本研究の特徴は、既に市場に流通し、「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故が発生している消費生活用製品の場合、実際の事件事例、各種安全規格、取扱説明書などが利用可能であることに注目し、これらの製品に対して、製品価値向上のための「誤使用・不注意な使い方」による事故防止に効果的な、フルプルーフ対策を検討する場合に適用できる、「体系的かつ実践的な」方法論を提案する点にある。

## 1.4 本論文に関連する規格と用語

### 1.4.1 関連する規格

本研究に関連する規格について JIS 規格より引用し下記の通りまとめる。

表 2 関連 JIS 規格

規格番号	規格名称	概要
JIS Z 8071:2017 <sup>12)</sup>	規格におけるアクセシビリティ配慮のための指針	人々を対象とする製品、サービス、建築環境及びそれらの組合せに直接的又は間接的に関わる規格を作成する者が、その内容にアクセシビリティに関連する要求事項及び推奨事項を取り入れるための指針。
JIS Z 8115:2019 <sup>107)</sup>	ディペンダビリティ（総合信頼性）用語	信頼性、保全性及び安全性の分野に用いるディペンダビリティに関する主な用語及び定義について規定。
JIS S 2103:2019 <sup>108)</sup>	家庭用ガス調理機器	液化石油ガス又は都市ガスを燃料とする、主として一般家庭用の調理機器について規定。
JIS S 2147:2017 <sup>109)</sup>	カセットこんろ	液化石油ガスを充填した容器が部品又は附属品として組み込まれる構造の調理機器について規定。
JIS C 9335-2-6:2019 <sup>110)</sup>	家庭用及びこれに類する電気機器の安全性—第 2-6 部：据置形クッキングレンジ、ホブ、オーブン及びこれらに類する機器個別要求事項	定格電圧が、単相機器については 250V 以下、その他の機器については 480V 以下の家庭用 据置形クッキングレンジ、ホブ、オーブン、及びこれらに類する機器の安全性について規定。
JIS S 2016:2009 <sup>111)</sup>	石油こんろ	灯油を燃料とし、燃料消費量が 6kW 以下の石油こんろについて規定。
JIS S 3030:2009 <sup>112)</sup>	石油燃焼機器の構造通則	灯油、軽油又は重油を燃料とする石油燃焼機器の燃焼方式、給排気方式、用途別方式などの一般共通事項について規定。
JIS C 9207:1993 <sup>113)</sup>	電気トースター	定格消費電力 2kW 以下の主に家庭用のポップアップ式電気トースター及び電気オープントースターについて規定。
JIS C 9206:1994 <sup>114)</sup>	電気オープン	定格消費電力 2kW 以下の家庭用の電気オープンについて規定。フィッシュロースタ、オープントースターを除く。
JIS C 9250:1992 <sup>115)</sup>	電子レンジ	周波数が 2450MHz 帯の電磁波によって食品の加熱を行う定格高周波出力 2kW 以下の電子レンジ及びそれに付加装置をもつ電子レンジについて規定。ガスその他の熱源を併用する複合形の場合は、適用しない。
JIS C 9335-2-25:2019 <sup>116)</sup>	家庭用及びこれに類する電気機器の安全性—第 2-25 部：電子レンジ及び複合形電子レンジの個別要求事項	定格電圧が 250V 以下の家庭用及びこれに類する電子レンジの安全性について規定。
JIS S 2122:2019 <sup>117)</sup>	家庭用ガス暖房機器	液化石油ガス又は都市ガスを燃料とする表示ガス消費量が、19kW 以下の主として一般家庭用のガス暖房機器について規定。
JIS C 9202:1990 <sup>118)</sup>	電気反射ストーブ	定格消費電力が 2kW 以下の電気反射ストーブについて規定。対流式、蓄熱式、埋込形、壁掛形及び送風機付きのものには適用しない。

規格番号	規格名称	概要
JIS S 2019:2009 <sup>119)</sup>	自然通気形開放式石油ストーブ	灯油を燃料とし、燃料消費量が7kW以下の自然通気形の開放式石油ストーブについて規定。
JIS S 2036:2009 <sup>120)</sup>	強制通気形開放式石油ストーブ	灯油を燃料とし、燃料消費量が19kW以下の強制通気形の開放式石油ストーブについて規定。
JIS C 9209:2007 <sup>121)</sup>	電気こたつ類	電気こたつ及び電気あんかについて規定。蓄熱形のあんかは除く。
JIS S 2109:2019 <sup>122)</sup>	家庭用ガス温水機器	液化石油ガス又は都市ガスを燃料とする、主として一般家庭用の温水機器について規定。
JIS S 2112:2019 <sup>123)</sup>	家庭用ガス温水熱源機	液化石油ガス又は都市ガスを燃料とする表示ガス消費量が、70kW以下の主として一般家庭用のガス温水熱源機について規定。
JIS S 3018:2009 <sup>124)</sup>	石油ふろがま	灯油を燃料とし、燃料消費量が39kW以下で、浴室外に設置する石油ふろがまについて規定。
JIS S 3024:2017 <sup>125)</sup>	石油小形給湯機	灯油、軽油又は重油を燃料とし、燃料消費量が70kW以下で、熱交換器容量が30L以下の主として給湯に用いる石油小形給湯機について規定。
JIS S 3027:2017 <sup>126)</sup>	石油給湯機付ふろがま	灯油、軽油又は重油を燃料とし、燃料消費量が70kW以下で、熱交換器容量が50L以下の給湯機能付きの石油ふろがまについて規定。
JIS S 2146:2013 <sup>127)</sup>	ガスコード	圧力3.3kPa以下の都市ガス又は液化石油ガスを使用する主として一般家庭用の移動形ガス燃焼機器とガス栓とを屋内で接続するために用いるガスコードについて規定。

(出典：JIS 規格)



### 1.4.2 用語の定義

本研究に関連する用語について下記の通りまとめる。

表 3 用語集

用語	定義
フルプルーフ	人為的に不適切な行為，過失などが起こっても，システムの信頼性及び安全性を保持する性質。
フェールセーフ	故障時に，安全を保つことが出来るシステムの性質。
シーケンス	連続（しているもの），一続き（のもの），順序，順番，並び，配列（する），逐次，並べる，順序付けるなど。
プロセス	相互に関連する又は相互に作用する一連の活動。
事故シナリオ	事故に至る進行。
事故への進展を止める点	危険状態から事故が発生することを止める点。
事故のプロセスフロー	事故に至る一連の流れ。
PSTG <sup>128)</sup>	Product Safety of Town Gas Equipment and Appliances の頭文字で，都市ガスストーブ・ガスバーナーの付き風呂釜・ガス風呂バーナーの 4 品目について，技術上の基準に適合した製品に付けられるマーク。
PSLPG <sup>128)</sup>	Product Safety of Liquefied Petroleum Gas Equipment and Appliances の頭文字で，液化ガスを使う 13 品目について，技術上の基準に適合した製品に付けられるマーク。
PSC <sup>129)</sup>	Product Safety Consumer の頭文字で，国の定めた技術基準に適合した製品に付けられ，Product（製品），Safety（安全），Consumer（消費者）を表している。対象製品には，製造又は輸入事業者が国の安全基準に適合しているかどうかの自己確認が義務付けられている「特別特定製品以外の特定製品」と第三者機関の検査が義務付けられている「特別特定製品」に指定されているものがある。
PSE <sup>130)</sup>	Product Safety Electrical appliance & materials の頭文字で，その電気製品が電気用品安全法で定められた安全規格を満たしている製品につけられるマーク。
JIA <sup>131)</sup>	Japan Gas Appliances Inspection Association の略で，一般社団法人日本ガス機器検査協会
JHIA <sup>132)</sup>	Japan Heating Appliances Inspection Association の略で，一般社団法人日本ガス機器検査協会
NITE <sup>6)</sup>	National Institute of Technology and Evaluation の略，独立法人製品評価技術基盤機構
事故情報データベース <sup>133)</sup>	NITE が 1996 年度から収集した事故情報の検索データベース。
Si センサー <sup>134)</sup>	Si センサーとは温度センサーのことで，法制化により，2008 年 10 月以降家庭用のガスコンロは全口センサー搭載が義務化された Si センサーコンロは，すべてのバーナーにセンサーを搭載し，「調理油加熱防止装置」「立消え安全装置」「消し忘れ消火機能」の 3 つの安全機能を標準装備したガスコンロ。
シャットオフセンサー <sup>135)</sup>	個社の機能で，電気ストーブの全面に取り付けられたセンサーを遮ると自動的に電源を停止する事故対策機能。

（出典：JIS 規格，経済産業省）

## 1.5 論文の構成

第1章では、本研究を行うに至った背景、目的に加えて、本研究に関係のある先行研究の例について述べる。

第2章では、高齢者の調理・暖房器具による火災事故を対象に、「誤使用・不注意な使い方」による事故の現状と課題について述べる。具体的には、高齢者の「誤使用・不注意な使い方」に起因する火災事故の多いガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブの3品目を対象として、NITEの事故データベース<sup>133)</sup>の自由記入欄を活用し、事故の実態を明らかにする。その上で、「誤使用・不注意な使い方」による事故対策である、それぞれの製品に搭載されている、(a) フールプルーフ安全、(b) 利用者の安全確認に依存する安全、(c) 注意喚起による安全の3つの安全方策の効果を評価し、異なる安全対策の効果の違いを定量的に示す。

第3章では、調理・暖房器具の中でも「誤使用・不注意な使い方」に対する事故対策効果が充分でない、石油ストーブの灯油漏れ事故を事例として取り上げ、既に市場に流通する製品であるために利用可能となる事故情報、安全規格群やその実装事例情報、取扱説明書などを最大限に活用し、事故発生に至るシーケンスを詳細にトレースすることで事故シナリオを作成し、フルプルーフ設計を適用すべき「事故への進展を止める点」を明らかにする。その上でフルプルーフ対策を立案し、想定するフルプルーフ対策が実施された時に予想される事故削減効果について定量的な評価を行うための「体系的かつ実践的な」方法論を示す。

第4章では、石油ストーブを対象とした分析の結果にもとづき、「実践的な」方法論として特定の品目の特定の事故に限定されない、より一般性、体系性を高めた一覧性のあるマトリックス形式を用い、適用領域を広げフルプルーフ対策を立案し、事故削減効果の評価を行うための「体系的かつ実践的な」方法論として、「事故プロセス点検マトリックス」の提案を行う。

第5章では、調理・給湯・暖房機器を対象にフルプルーフ対策に期待される役割について述べる。具体的には対象を、「誤使用・不注意な使い方」による事故の原因となった調理・暖房・給湯機器18品目に拡大し、規格要求事項に基づく事故対策機能の事故削減効果について評価する。その上で、4章で提案する方法論を用い、実行可能なフルプルーフ設計に基づく事故対策を示し、対象となる品目の事故の削減効果を評価することで、本論文の提案する方法論がこれらの品目に有効であることと、フルプルーフ設計による事故対策が期待できる領域について示す。

6章では、本研究のまとめと今後の課題について述べる。

## 2章 誤使用・不注意な使い方による事故の現状と課題

### －高齢者の調理・暖房器具火災事故を対象に－

#### 2.1 本章の目的

「誤使用・不注意な使い方」に起因する火災事故の多いガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブの3製品を対象として、高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による事故を事例としてそれぞれの製品に搭載されている、(a) フールプルーフ安全、(b) 利用者の安全確認に依存する安全、(c) 注意喚起による安全の3つの安全方策の効果を定量的に評価する。

#### 2.2 調理・暖房器具に関する安全規制の現状

事故対策の現状を把握するために、ガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブの規制について整理する。

##### 2.2.1 ガスこんろ

ガスこんろは、2008年10月1日に「ガス事業法」<sup>136)</sup>および「液化石油ガスの保安の確保および取引の適正化に関する法律」<sup>137)</sup>により製品指定された。背景は、天ぷら油火災などの事故状況をかんがみて、危険の発生を防止するためである。製品指定にともない、製造・輸入事業者は、国が定めた安全基準を満たし、PSTG 又は PSLPG<sup>128)</sup>マークを表示することが義務付けられている。省令において定める技術基準は、調理油過熱防止装置と立ち消え安全装置の搭載を求めている。対象となる安全規格は、JIS S 2103:2019<sup>108)</sup>であり、一般財団法人日本ガス機器検査協会の JIA 認証<sup>131)</sup>も実施されている。(表4参照)

##### 2.2.2 石油ストーブ

石油ストーブは、「消費生活用製品安全法」の特定製品として2009年4月に製品指定された。背景は、近年の事故実績をかんがみて、危険の発生を防止するためである。製造・輸入事業者は、国が定めた安全基準を満たし、PSC<sup>129)</sup>マークを表示することが義務付けられている。省令において定める技術基準は、灯油漏れ対策として「気密油タンク給油口のふたが開閉状態を判別でき、音、目視又は感触で確認できること」を求めている。加えて給油時自動消火装置、不完全燃焼防止装置、転倒消火装置の搭載を求めている。対象となる安全規格は、JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>であり、一般財団法人日本燃焼機器検査協会の JHIA 認証<sup>132)</sup>も実施されている。(表4参照)

##### 2.2.3 電気ストーブ

電気ストーブは、2001年の「電気用品安全法」の制定時より特定電気用品以外の電気用品に指定された。製造・輸入事業者は国が定めた安全基準を満たし、PSE<sup>130)</sup>マークを表示することが義務付けられている。省令において定める技術基準は、製品が転倒している状態では通電しない構造を求めている。電機業界は、業界自主基準として1995年より転倒時電源停止装

置を搭載しており、省令は 2017 年 3 月から同機能を要求している。対象となる安全規格は、JIS C 9202:1990<sup>118)</sup>である。(表 4 参照)

表 4 ガスこんろとストーブに関連する規制・事故対策・安全規格・認証制度の比較

製品名 関連事項	ガスこんろ	ストーブ	
		石油ストーブ	電気ストーブ
法律	ガス事業法、液化石油ガスの保安の確保および取引の適正化に関する法律	消費生活用製品安全法	電気用品安全法
製品指定	ガス規制対象品目に 2008 年 10 月 1 日に指定 (平成 20 年政令第 4883 号)	特別特定製品以外の特定用品に 2009 年 4 月 1 日に指定 (平成 20 年政令第 70 号) <sup>138)</sup>	特定電気用品以外の電気用品に 2001 年の法律施行から指定 (別表 2 に品目指定あり)
対象	ガスの消費量の総和が 14 キロワット (ガスオープン有するものは、21 キロワット) 以下のもので、こんろバーナー 1 個当たりのガスの消費量が 5.8 キロワット以下のもの	灯油の消費量が、12 キロワット (開放燃焼式のものであって自然通気型のものにあっては、7 キロワット) 以下のものに限る	電熱器具で、定格電圧が 100 ボルト以上 300 ボルト以下および定格消費電力が 10 キロワット以下で、交流の電路に使用するもの
要求事項 認証マーク	製造・輸入事業者は、技術上の基準を満たし PSTG マーク、又は PSLPG マークを表示した上で販売しなければならない	製造・輸入事業者は、技術上の基準を満たし PSC マークを表示した上で販売しなければならない	製造・輸入事業者は、技術上の基準を満たし、PSE マークを表示した上で販売しなければならない
背景	危険の発生を防止するため、ガス用品として新たにガスこんろを追加	近年の事故実績にかんがみ、石油燃焼機器を特定製品として追加	首都直下地震緊急対策推進基本計画による要求。輸入品対策。
省令において定める技術基準における要求事項	調理油過熱防止装置/立ち消え安全装置の搭載を義務づけた技術基準を追加	気密油タンク給油口のふたは、開閉状態を判別でき、閉まったことが音、目視、感触で確認できる/給油時自動消火装置/不完全燃焼防止装置/転倒消火装置	製品が転倒している状態では通電しない構造を追加要求、転倒時電源停止装置 (2017 年 3 月に電安法技術基準解釈通達の改正で強制化、業界自主基準は 1995 年)
安全規格義務化	JIS S 2103:2019 <sup>108)</sup> (自己適合確認) 省令の要求事項を規格に反映	JIS S 2019:2009 <sup>119)</sup> (自己適合確認) 省令の要求事項を規格に反映	JIS C 9202:1990 <sup>118)</sup> (自己適合確認) 省令の要求事項を規格に反映
第三者認証	JIA C 001-14JIA <sup>131)</sup> (認証-任意)	JHIA S-2036 JHIA <sup>132)</sup> (認証-任意)	無し (自己適合)

(出典：経済産業省、ガス事業法、消費者生活安全法、電気用品安全法、および各省令、JIS S 2103:2019、JIA C001-14JIA、JHIA S-2036 JHIA、JIS S 2019:2009、JIS C 9202:1990 から抜粋し筆者らが作成)

## 2.3 本章における分析方法

### 2.3.1 三つの種類の安全

事故対策機能の内容を整理するために、まず、各製品に搭載されている事故対策機能を、フルプルーフ設計による事故対策機能、利用者の安全確認による事故対策機能、注意喚起に分類し、各機能の名称および手法を表 5 に整理した。

フルプルーフ設計安全：フルプルーフとは、JIS Z 8115:2019<sup>107)</sup>によると「人為的に不適切な行為、過失などが起こっても、システムの信頼性及び安全性を保持する性質」による設計安全と定義されている。ガスこんろの例では、Si センサー<sup>134)</sup>、グリル消し忘れ消火機能<sup>134)</sup>が相当する。これは調理油過熱防止装置、焦げ付き消火機能、立ち消え安全装置、こんろ消し忘れ消火機能が相当する。調理油加熱防止装置は、温度センサーで調理器具の底の温度を測って油の温度が調理油の引火温度（約 250 度）に達する前に火力を調整する。焦げ付き消火機能は、同様に温度センサーで調理器具の底の温度を測って焦げ付きが起きる前に消火する機能である。立ち消え安全装置は温度センサーで火が消えたらガスを停止する機能である。こんろ消し忘れ消火装置は、火を消し忘れた時に一定時間（約 2 時間）で自動消火する。グリル消し忘れ消火機能は、火を消し忘れても約 15 分で自動消火し、温度が異常に上がった時も消火する。これらは、人が調理中に温度管理を誤ったり、消火忘れがあった時に（人為的に不適切な行為、過失などが起こっても）、火力を調整したり、消火したりする（システムの信頼性及び安全性を保持する性質）機能である。電気ストーブの例では、転倒時電源停止装置が相当する。これは、電気ストーブが転倒した時に（人為的に不適切な行為、過失などが起こっても）、電気ストーブの底についているスイッチが切れることで電源を停止する（システムの信頼性及び安全性を保持する性質）機能である。JIS Z 8051:2015<sup>8)</sup>ステップ 1 は、本質安全と定義されている。経済産業省の「消費生活用製品向けリスクアセスメントのハンドブック」<sup>10)</sup>では、本質安全に相当する。

利用者の安全確認に依存する安全：機器の使用に関し、利用者の安全確認を求める安全方策である。石油ストーブの例では、気密油タンクの灯油漏れを防ぐために、JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>では、「気密油タンク給油口のふたは、開閉状態を判別でき、閉まったことが音、目視、感触で確認できる」ことを求めている。他の製品例としては以下のものがある（電気ストーブ、洗濯機などのチャイルドロック：チャイルドロックのオンは使用者が音と表示ランプで確認、自動車のオートマチックトランスミッション：P モード・パーキングブレーキに入るかは人が確認、扉の鍵：鍵がかかった否かは使用者が確認、これらは、誤操作を防ぐために自動的に動作する機能も搭載されてきている）。JIS Z 8051:2015<sup>8)</sup>ステップ 2 は、安全防護と定義されている。経済産業省の「消費生活用製品向けリスクアセスメントのハンドブック」では、安全装置・防護装置に相当する。

注意喚起による安全方策：JIS Z 8051:2015<sup>8)</sup>ステップ 3 は使用上の情報（使用のための指示、取扱説明書に使用情報）と定義されている。石油ストーブの例では、可燃物引火・発火、洗濯物引火・発火対策として可燃物接近厳禁、衣類の乾燥禁止の注意が記載されている。

表 5 ガスこんろとストーブに関連する事故対策の種類と機能

対策の種類	製品名	ストーブ	
		ガスこんろ	石油ストーブ
事故対策機能 ( ):規制による義務化年度 ※ :業界自主基準年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Si センサー : (2008年10月, ※4月)</li> <li>① 調理油過熱防止装置 (全口温度センサーで鍋底の温度を測定し, 調理油等に引火・発火する前に火力を調整)</li> <li>② 焦げ付き消火機能</li> <li>③ 立ち消え安全装置 (ガスを停止)</li> <li>④ こんろ消し忘れ消火機能</li> <li>・ 追加機能 : グリル消し忘れ消火機能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 給油タンクの取り外し時の消火装置 (2009年4月)</li> <li>・ 気密油タンク給油口のふたは, 開閉状態を判別でき, 閉まったことが音, 目視, 感触で確認できる (2009年4月)</li> <li>・ 耐震自動消火装置 (1973年)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 転倒時電源停止装置 (2017年3月 ※1995年)</li> </ul>
フルブルーフ設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Si センサー</li> <li>・ グリル消し忘れ消火機能</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 転倒時電源停止装置</li> </ul>
利用者の安全確認による事故対策機能	該当なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 気密油タンク給油口のふたは, 開閉状態を判別でき, 閉まったことが音, 目視, 感触で確認できる</li> </ul>	該当なし
注意喚起	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 可燃物引火・発火</li> <li>・ グリル内引火・発火</li> <li>・ 食品引火・発火</li> <li>・ 可燃物接近厳禁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 可燃物引火・発火</li> <li>・ 洗濯物引火・発火</li> <li>・ 可燃物接近厳禁, 衣類の乾燥禁止</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 可燃物引火・発火</li> <li>・ 洗濯物引火・発火</li> <li>・ 可燃物接近厳禁, 衣類の乾燥禁止</li> </ul>

(出典 : JIS S 2103:2019, JIA C001-14JIA, JI S 2019:2009, JIS C 9202:1990 から筆者らが作成)

### 2.3.2 情報源と抽出方法

#### (1) 高齢者の製品事故データの抽出と分析

高齢者の製品事故の特徴を整理するために、以下の手順で分析を行った。

- ① 2000年から2014年のNITEの事故情報データベース<sup>133)</sup>に登録されたすべてのケースから、被害者が年齢不明のケースを除く。
- ② NITEの年齢区分は高齢者の区分けは消防統計と異なり65歳以上ではなく、60歳以上であるので、データベースを60歳以上と60歳未満に分ける。
- ③ 「誤使用・不注意な使い方」が原因となった事故の人口10万人あたりの被害者数を算出し、比較する。

#### (2) 高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による製品事故データの抽出と分析

高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による、事故の特徴を整理するために、以下の手順で分析を行った。

- ① 事故情報データベースに登録された、ガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブの「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故の個票を抽出する。
- ② 抽出された1,704件の個票をもとに、「事故通知内容」と「事故原因」の項目より、各々の製品の「事故の種類」と事故の原因となった「誤使用・不注意な使い方」について、3種類の製品の特性に対応した固有の細分類を行い、事故の特徴を整理する。

具体的な分類の詳細については、分析結果を参照のこと。

#### (3) 事故対策機能の評価データの抽出と分析

(2)と同様に、NITEの事故情報データベース<sup>133)</sup>に登録された各個票をもとに、該当する全ての個票の「事故通知内容」と「事故原因」の記載内容により、事故対策機能の有無を調べ、対策前と対策後の事故件数の比較を行い、搭載された事故対策機能の有効性について評価を行う。しかしながら、NITEの事故情報データベース<sup>133)</sup>は、全ての個票に事故対策機能の有無が必ずしも記載されていない。そこで、筆者らは独自の抽出方法を試み、事故対策機能の記載がない場合は、次の手順で事故対策機能の有無の判断を行った。

- ① 事故対策が搭載された年と事故発生日を比較し、事故対策機能が搭載される以前の事故については、事故対策機能は搭載されていないと判断する。
- ② 事故発生日が、事故対策機能が搭載された日以降の場合は、製品の使用期間より製造年を算出し、製造年が対策機能搭載年以前である場合は機能が搭載されていないと判断し、以降の場合は機能が搭載されていると判断する。

以上の推計結果をもとに、各々の製品の事故対策機能が搭載される前と搭載された後の100万台あたりの事故件数を各年毎に計算し、年平均事故件数を算出した。その上で、事故対策前と事故対策後の100万台あたりの事故件数を比較する事により、各々の事故対策機能の事故削減率を算出し、定量的に評価した。なお本研究において、事故削減率は、事故対策後の100万台あたりの事故件数を、事故対策前の100万台あたりの事故件数で割った数字を、1から引き%で表示したものと定義した。

### 2.3.3 事故対策機能の経年普及に伴う年別事故率の補正方法

事故件数の算出方法

本研究で使用する NITE のデータは開始年が 2000 年，最終年が 2014 年であることより，下記の通り定義する．

$j=2000$  年，  $k=2014$  年

次に各年度の事故件数を下記の通り定義する．

$x1i$  :  $i$  年における事故対策機能付き製品の事故件数

また各年度の製品の普及台数を下記の通り定義する．

$n1i$  :  $i$  年における事故対策機能付き製品の普及台数

これらの数値より下記の式が求められる．

$$\text{事故対策機能有の 100 万台あたりの事故件数} = \frac{\sum_{i=j}^k \frac{x1i}{n1i}}{(k-j)+1} \times 1,000,000$$

同様に，事故対策機能無しは下記の通りと定義する．

本研究における NITE のデータの開始年が 2000 年，最終年度が 2014 年であることより下記の通り定義する．

$j=2000$  年，  $k=2014$  年

次に各年度の事故件数を下記の通り定義する．

$x2i$  :  $i$  年における事故対策機能無し製品の事故件数

また各年度の製品の普及台数を下記の通り定義する．

$n2i$  :  $i$  年における事故対策機能無し製品の普及台数

これらの数値より下記の式が求められる．

$$\text{事故対策機能無しの 100 万台あたりの事故件数} = \frac{\sum_{i=j}^k \frac{x2i}{n2i}}{(k-j)+1} \times 1,000,000$$

なお本研究では，事故対策機能搭載の製品普及台数を試算するにあたり，製品の買い替え期間をメーカーによる家庭用製品の有料点検の期間の目安である製造後 10 年<sup>139)</sup>とした．また，転居や故障などともなう買い替えによる普及台数の変化は，本研究の目的とする精度には影響を与えないと判断し，考慮しないこととした．

## 2.4 事故発生の特徴

### 2.4.1 年齢層別にみた事故発生の特徴

2000 年から 2014 年までの NITE の事故データベース<sup>133)</sup>の分析結果をもとに，人口 10 万人あたりの製品事故の原因・事故の種類，年齢別被害件数の比較を行い，表 6 に示す．

人口 10 万人あたりの事故件数を，60 歳以上の高齢者と 60 歳未満と比較したところ，「誤使用・不注意な使い方」による事故は 2.3 倍，重大製品事故件数も 2.3 倍，死亡事故は 6 倍という比率で，60 歳以上の高齢者の事故率が高かった．また，高齢者の事故の原因となった主な



製品は、ガスコンロ、石油ストーブ、電気ストーブであり、各々の製品の「誤使用・不注意な使い方」による事故の割合は、各々84%、71%、50%と最も高く、NITEの事故情報データベース<sup>133)</sup>の結果も経済産業省および消防庁の発表と同様であることが確認できた。

表6 人口10万人あたりの製品事故の原因・事故の種類、年齢別被害件数比較（2000年～2014年、放火自殺者を除く）

事故原因 および事故の種類	年齢 60歳未満	60歳以上	60歳未満に対する 60歳以上の倍率
誤使用・不注意な使い方	0.27件	0.63件	2.3倍
重大製品事故（内数）	0.19件	0.43件	2.3倍
死亡事故（内数）	0.03件	0.17件	6倍

（出典：NITE事故情報データベースから筆者らが集計）

## 2.4.2 製品別にみた事故発生の特徴

### (1) ガスコンロの分析結果

ガスコンロの事故の原因となった、「誤使用・不注意な使い方」に起因する808件の事故データベースの個票をもとに、「事故の種類」と「誤使用・不注意な使い方」を以下の通りに分類・定義し分析を行った。

「事故の種類」の分類と定義

- ・ 天ぷら油引火・発火：天ぷら油が過熱し出火
- ・ 可燃物引火・発火：周囲の可燃物・衣類に引火・発火
- ・ グリル内引火・発火：魚などを焼くグリル内部から出火
- ・ 過熱・空焚き：空のアルミ鍋などが過熱・融解して可燃物に接触し引火・発火
- ・ 食品引火・発火：コンロで調理中に食品に引火・発火

「誤使用・不注意な使い方」の分類と定義

- ・ 調理時の危険な操作：火と可燃物との接触など
- ・ 消火せず放置：電話等に気を取られ加熱を続ける
- ・ 消火せず外出：火を消さず外出し加熱を続ける
- ・ 消火せず就寝：火を消さず就寝し加熱を続ける

表7で示す通り、「事故の種類」については、「天ぷら油引火・発火」は54%、「可燃物引火・発火」は17%、「グリル内引火・発火」は15%と、3項目合計で事故全体の86%を占める。「誤使用・不注意な使い方」については、「消火せず放置」は82%、「消火せず外出」は7%と2項目合計で事故全体の89%を占める。「事故の種類」が、「天ぷら油引火・発火」「可燃物引火・発火」「グリル内引火・発火」で、かつ「誤使用・不注意な使い方」が「消火せず放置」「消火せず外出」が原因の事故は、全体の80%を占める。

次に、事故対策機能であるSiセンサー<sup>134)</sup>およびグリル消し忘れ消火機能<sup>134)</sup>について、2.3.3の式を使い、事故対策前と対策後の100万台あたりの事故件数を表8に示す。Siセンサー搭載後は、「食品引火・発火」「過熱・空焚き」の事故は発生しておらず、対策効果が高いことが示された。Siセンサー搭載後、「天ぷら油引火・発火」の事故削減率は97.6%で、事故は

42 分の 1 に削減された。「可燃物引火・発火」の事故削減率は 91.6%で、事故は 12 分の 1 に削減された。「グリル内引火・発火」の事故削減率は 67.9%で、事故は 3 分の 1 に削減された。事故対策後の「事故の種類」に対する事故削減効果は、各々異なる結果となった。

表 7 ガスこんろが原因の事故の内訳 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」(2000 年～2014 年)

事故の種類	天ぷら油 引火・ 発火	可燃物 引火・ 発火	グリル内 引火・ 発火	過熱 空焚き	食品 引火・ 発火	他	合計
誤使用・ 不注意な使い方							
調理時の危険な操作	0%	4%	1%	0%	0%	0%	5%
消火せず放置	51%	12%	12%	4%	2%	0%	82%
消火せず外出	3%	0%	2%	1%	0%	0%	7%
消火せず就寝	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
他	0%	0%	0%	0%	0%	5%	5%
合計	54%	17%	15%	6%	3%	5%	100%

(出典：NITE 事故情報データベースの対象数 808 件の個票より筆者らが集計)

表 8 ガスこんろの 100 万台あたりの事故件数比較 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」(2000 年～2014 年)

事故の種類	天ぷら油 引火・ 発火	可燃物 引火・ 発火	グリル 内引火 ・発火 ※注 1	過熱 空焚き	食品 引火・ 発火	他	合計
Si センサー の搭載							
搭載有り	0.015 件	0.013 件	0.039 件	0.000 件	0.000 件	0.058 件	0.126 件
搭載無し	0.634 件	0.157 件	0.123 件	0.068 件	0.032 件	0.041 件	1.055 件
搭載後の事故削減率	97.6%	91.6%	67.9%	100%	100%	-42.1%	88.0%
搭載後の事故比率	42 分の 1	12 分の 1	3 分の 1				8 分の 1

(出典：NITE 事故情報データベース，一般社団法人日本ガス石油機器工業会出荷実績と予測，内閣府主要耐久消費財の時系列表平成 16 年 3 月より筆者らが作成，※注 1：追加搭載されたグリル消し忘れ消火機能によりグリル内引火・発火の事故対策を実施)

## (2) 石油ストーブの分析結果

石油ストーブの事故原因となった、「誤使用・不注意な使い方」に起因する 686 件の事故データベースの個票をもとに、「事故の種類」と「誤使用・不注意な使い方」を以下の通りに分類・定義し分析を行った。

「事故の種類」の分類と定義

- ・ 灯油漏れ引火・発火：漏れた灯油に引火・発火する
- ・ 可燃物引火・発火：周囲の可燃物・衣類に引火・発火
- ・ 洗濯物引火・発火：ストーブ上で洗濯物を乾燥中に引火・発火
- ・ ガソリン引火・発火：灯油と間違えガソリンを給油
- ・ 異常燃焼：燃焼筒のずれなどにより異常燃焼が発生

「誤使用・不注意な使い方」の分類と定義

- ・ 給油時の危険な操作：灯油タンクのキャップ閉め忘れまたは緩み，灯油と間違えガソリンを給油など
- ・ 点火時の危険な操作：灯油漏れを確認せず点火など
- ・ 暖房時の危険な操作：熱源と可燃物との接触など
- ・ 消火せず放置：他の部屋に移動し暖房を続ける
- ・ 消火せず外出：外出にも関わらず暖房を続ける
- ・ 消火せず就寝：就寝にも関わらず暖房を続ける

表 9 で示す通り、「事故の種類」については、「灯油漏れ引火・発火」は 36%、「可燃物引火・発火」は 22%、「洗濯物引火・発火」は 19%、「ガソリン引火・発火」は 11%と、4 項目合計で事故全体の 88%を占める。「誤使用・不注意な使い方」については、「給油時の危険な操作」は 41%、「点火時の危険な操作」は 10%、「暖房時の危険な操作」は 35%と、3 項目合計で事故全体の 86%を占める。「事故の種類」が、「灯油漏れ引火・発火」「可燃物引火・発火」「洗濯物引火・発火」「ガソリン引火・発火」で、かつ「誤使用・不注意な使い方」が、「給油時の危険な操作」「点火時の危険な操作」「暖房時の危険な操作」が原因の事故は、全体の 76%を占める。

次に、事故対策機能である給油タンク取り外し時の消火装置とワンタッチ式給油タンクふた構造が対策効果をもつ灯油漏れ引火・発火について、事故対策前と対策後の 100 万台あたりの事故件数を、2.2 節の式を使い、表 10 に示す。対策後、「灯油漏れ引火・発火」の事故削減率は 82.9%で、事故は 6 分の 1 まで削減された。

一方、事故の 52%を占める「可燃物引火・発火」「洗濯物引火・発火」「ガソリン引火・発火」に対しては、注意喚起の対策のみにとどまっているが、その事故率には対策後の低下がみられた。また、その他の事故については、事故率が上昇しているケースも見られた。ワンタッチ式給油タンクふたは、「灯油漏れ引火・発火」への事故対策なので、これらの変化は、本研究で対象とする事故対策機能の効果ではない。

表 9 石油ストーブが原因の事故内訳 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」(2000 年～2014 年)

事故の種類	灯油漏れ引火・発火	可燃物引火・発火	洗濯物引火・発火	ガソリン引火・発火	異常燃焼	他	合計
誤使用・不注意な使い方							
給油時の危険な操作	30%	0%	0%	11%	0%	0%	41%
点火時の危険な操作	6%	0%	0%	0%	3%	1%	10%
暖房時の危険な操作	0%	13%	16%	0%	4%	1%	35%
消火せず放置	0%	2%	1%	0%	0%	0%	3%
消火せず外出	0%	3%	1%	0%	0%	0%	4%
消火せず就寝	0%	3%	1%	0%	0%	0%	4%
他	0%	1%	0%	0%	0%	3%	3%
合計	36%	22%	19%	11%	7%	5%	100%

(出典：NITE 事故情報データベースの対象数 686 件の個票より筆者らが集計)

表 10 石油ストーブ 100 万台あたりの事故件数比較 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」(2000 年～2014 年)

事故の種類	灯油漏れ引火・発火	可燃物引火・発火 ※注 2	洗濯物引火・発火 ※注 2	ガソリン引火・発火 ※注 2	異常燃焼 ※注 2	他 ※注 2	合計
ワンタッチ式給油タンクの搭載							
搭載有り	0.100 件	0.000 件	0.000 件	0.034 件	0.034 件	0.088 件	0.256 件
搭載無し	0.582 件	0.371 件	0.310 件	0.160 件	0.100 件	0.045 件	1.569 件
搭載後の事故削減率	82.9%	100%	100%	78.8%	66.0%	-93.4%	83.7%
搭載後の事故比率	6 分の 1			5 分の 1	3 分の 1		6 分の 1

(出典：NITE 事故情報データベース，一般社団法人日本ガス石油機器工業会出荷実績と予測，内閣府主要耐久消費財の時系列表平成 16 年 3 月より筆者らが作成) ※注 2：ワンタッチ式給油タンクふたは，灯油漏れ引火・発火にのみ有効で，他の事故への対策効果はない。

### (3) 電気ストーブの分析結果

電気ストーブの事故の原因となった、「誤使用・不注意な使い方」に起因する 210 件の事故データベースの個票をもとに、「事故の種類」と「誤使用・不注意な使い方」を以下の通り分類・定義し分析を行った。

「事故の種類」の分類と定義

- ・ 可燃物引火・発火，洗濯物引火・発火は，ガスストーブと同じ定義
- ・ 短絡・発熱：ケーブル損傷などによりショートが発生
- ・ 転倒引火・発火：転倒後可燃物に接触し引火・発火

「誤使用・不注意な使い方」の分類と定義

暖房時の危険な操作，電源を切らず外出，電源を切らず放置，電源を切らず就寝は，ガスストーブと同じ定義。

表 11 で示す通り，「事故の種類」については，「可燃物引火・発火」は 79%，「洗濯物引火・発火」は 11%と，2 項目計で事故全体の 90%を占める。「誤使用・不注意な使い方」については，「暖房時の不適切な操作」は 50%，「暖房時に電源を切らずに就寝」は 35%と 2 項目計で事故全体の 85%を占める。「事故の種類」が，「可燃物引火・発火」「洗濯物引火・発火」で，かつ「暖房時の危険な操作」「電源を切らず就寝」が原因の事故は，全体の 79%であった。

本調査期間の転倒引火・発火事故件数は 5 件であり，その中で電気ストーブの事故対策転倒防止装置が付いていたものは 2 件であった。しかしながら，本機能は無効化と誤った設置状態にあり動作しない状態であったことより，機能の有効性については本研究の対象としない。

一方，「可燃物引火・発火」と「洗濯物火災」は，注意喚起以外の対策が講じられておらず，事故全体の 90%を占める。

表 11 電気ストーブが原因の事故の内訳 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」(2000 年～2014 年)

不注意な使い方	誤使用・ 事故の種類	可燃物 引火・ 発火	洗濯物 引火・ 発火	短絡発熱	転倒 引火・ 発火	他	合計
暖房時の危険な操作		35%	10%	2%	2%	1%	50%
電源を切らず放置		3%	0%	0%	0%	0%	3%
電源を切らず外出		1%	0%	0%	0%	0%	1%
電源を切らず就寝		33%	1%	0%	0%	1%	35%
他		7%	0%	4%	0%	0%	11%
合計		79%	11%	6%	2%	2%	100%

(出典：NITE 事故情報データベースの対象数 210 件の個票より筆者らが集計)

## 2.5 フールプルーフ対策の有効性

事故対策機能の事故削減効果を比較するために、分析結果をもとに、製品別に事故の種類、製品内の事故の種類別割合、事故対策機能、フールプルーフ効果、対策後の事故の削減効果の項目を表 12 に整理した。

ガスこんろは、フールプルーフ設計による事故対策機能である Si センサー<sup>134)</sup>を搭載した後、「食品引火・発火」「過熱・空焚き」が原因の事故は発生しておらず、最も高い事故削減効果が得られた。「天ぷら油引火・発火」の事故件数は、対策後 42 分の 1 まで減少し、「食品引火・発火」「過熱・空焚き」に続いて高い事故削減効果が得られた。一方、「可燃物引火・発火」の事故件数は、対策後 12 分の 1 まで減少したものの、「食品引火・発火」「過熱・空焚き」「天ぷら油引火・発火」に比べて相対的に事故削減効果は低い結果となった。これは、Si センサーが、鍋の過熱・融解を伴う引火・発火対策には有効であるが、衣類などの可燃物が炎と直接接触する場合は、機能せずフールプルーフとして効力を発揮しないことによる。「グリル内引火・発火」の事故件数は、グリル消し忘れ消火機能搭載後、3 分の 1 にまで減少したが、他の対策と比べて最も低い効果であった。これは、一般の食品より可燃性の高い油かすなどの堆積物が加熱された場合、消火機能が作動する前に堆積物が引火・発火することがあり、必ずしもフールプルーフとして機能しないことによる。

石油ストーブの「灯油漏れ引火・発火」の事故件数は、ワンタッチ式給油タンクふたを搭載した後、6 分の 1 まで削減されたが、その対策効果は「グリル内引火・発火」の次に低い。以上の結果より、ガスこんろの Si センサーは、事故全体の 63% を占める食品引火・発火、過熱・空焚き天ぷら油引火・発火事故に対してフールプルーフ設計の事故対策機能として高い効果があることが示された。しかしながら Si センサーは、全体の 32% を占める「可燃物引火・発火」「グリル火災」などに対しては、必ずしもフールプルーフとして機能しないため、その事故対策効果は低い。石油ストーブのワンタッチ式給油タンクふたは、ふたが閉まった事を利用者の安全確認に依存しているため、他のフールプルーフな事故対策機能と比較して、事故全体の 36% を占める「灯油漏れ引火・発火」事故に対する事故削減効果は低い。

また、石油ストーブの全体の 52% を占める「可燃物引火・発火」「洗濯物引火・発火」「ガソリン火災」への対策は注意喚起にとどまっており、「誤使用・不注意な使い方」が発生した場合の事故対策機能はない。電気ストーブも同様、事故全体の 90% を占める可燃物引火・発火、洗濯物火災への対策も注意喚起にとどまっている。

以上、NITE の事故情報データベース<sup>133)</sup>の提供を受け、その個票の記述を読み込むことで、事故の発生要因に踏み込んだ解析を行った。その結果に基づき、「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故の削減のために、フールプルーフ設計による事故対策機能の有効性を示した。ガスこんろの「天ぷら油引火・発火」の事故件数は、フールプルーフ設計による事故対策機能である調理油過熱防止装置・Si センサーを搭載した後、42 分の 1 まで減少した。一方、石油ストーブの「灯油漏れ引火・発火」の事故件数は、JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>規格要求事項に適合してはいるが、フールプルーフ設計の定義に合致していない給油口ふたを搭載した後で、6 分の 1 までしか減少しなかった。これらの事故対策機能の事故削減率の比較から、フールプル

ーフ設計による事故対策機能は、利用者の安全確認に依存するなどの他の事故対策機能と比較して3.5～13.4倍、事故削減効果が高い結果が得られた。

両者を比較した結果より、フルプルーフ設計は、事故対策機能として有効であることを示した。今後、フルプルーフでない事故対策機能、および注意喚起に替わり、フルプルーフ設計による事故対策機能を考案・搭載することができれば、「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故を削減することが期待できる。

表 12 60歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故対策効果比較（2000年～2014年）

事故の原因 となった製品	ガス こんろ	ガス こんろ	ガス こんろ	ガス こんろ	石油 ストーブ	石油 ストーブ
事故の種類	食品引火・ 発火、過熱・ 空焚き	天ぷら油 引火・発火	可燃物引 火・発火	グリル内 引火・発火	灯油漏れ 引火・発火	灯油漏れ 引火・発火
製品内の事故 の種類別割合	9%	54%	17%	15%	36%	
事故対策機能	Siセンサー	Siセンサー	Siセンサー	消し忘れ 消火機能	ワンタッチ 式給油口 ふた	タンク取り 外し時自動 消火
フル プルーフ 効果	有り	有り	有り（鍋の 過熱融解に よる引火・ 発火対策に 有効）	有り（グリ ル内の食品 引火・発火 対策に有 効）	有り（利用 者による安 全確認型）	有り
規制対策後の 事故の削減 効果	*事故件数 はゼロ	42分の1	12分の1	3分の1	6分の1	
ガスこんろの Si センサーの天ぷら油に引火・発火による事故削減効果は、可燃物引火に対しては3.5倍、グリル火災に対しては13.4倍、石油ストーブの灯油漏れ引火に対しては7.1倍対策効果が高い。						

（出典：NITE 事故情報データベースの個票より筆者らが集計）

## 2.6 NITE 事故情報データベースに改善を期待したい事項

本研究の分析結果で示された通り、製品事故情報を活用することで、高齢者の事故の原因を明らかにし、事故対策機能の有効性を定量的に評価することが可能である。しかしながら、今回使用した NITE の事故情報データベース<sup>133)</sup>には、分析のために最も重要な情報である事故対策機能の搭載の有無が、必ずしも記載されていない。ガスこんろの 808 件の全データの内、過熱防止装置搭載の記載の有無が明記されており Si センサー<sup>134)</sup>の有無の判断ができた事故は 28 件であった。石油ストーブの 686 件のデータの内、ワンタッチ口金の搭載の記載が明記されており、搭載の有無の判断ができた事故は 56 件であった。電器ストーブの 210 件のデータの内、転倒防止装置の記載が明記されており、搭載の有無の判断ができた事故は 6 件であった。

これらのデータでは分析を行うには、数が不足している。そこで、NITE の事故データベース<sup>133)</sup>の個票より、製品の使用期間の情報を使い製造年月日を推計した。その結果、ガスこんろの 719 件については、Si センサーの有無が特定できたが、89 件については有無が不明であった。石油ストーブの 638 件については、ワンタッチ口金の有無が特定できたが、48 件については有無が不明であった。電気ストーブの 19 件については、転倒防止装置の有無が特定できたが、191 件については有無が不明であった。

今後、本研究で行ったような推計では無く、NITE の事故情報データベース<sup>133)</sup>に、メーカー名、型番、製造年月日、使用期間、事故対策機能の情報を掲載することができれば、事故対策機能の有無の確認が可能となり、迅速な事故データ解析およびデータの有効活用へとつながる。

## 2.7 本章のまとめ

本章では、「誤使用・不注意な使い方」に起因する火災事故の多いガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブの3製品を対象として、高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による事故対策としてそれぞれの製品に搭載されている、(a) フールプルーフ安全、(b) 利用者の安全確認に依存する安全、(c) 注意喚起による安全の3つの安全方策の効果を定量的に評価した。

NITE の事故情報データベース<sup>133)</sup>の個票の記述を読み込むことで、事故の発生要因に踏み込んだ解析を行った。その結果に基づき、「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故の削減のために、ガスこんろのフールプルーフ安全が、石油ストーブの利用者の安全確認に依存する安全に比較して事故削減項が高いことを定量的に示した。

- ・ 60 歳以上の高齢者を、60 歳未満と比較したところ、「誤使用・不注意な使い方」に起因する人口 10 万人あたりの製品事故および重大製品事故の件数は 2.3 倍、死亡事故件数は 6 倍であった。
- ・ 規制により事故対策機能の搭載が義務化されているが、事故削減効果には差があった。
- ・ ガスコンロに搭載された、フールプルーフ設計による事故対策機能である Si センサー<sup>134)</sup>は事故全体の 63% に有効で、事故が発生していないか、「天ぷら油引火・発火」の事故件数については 42 分の 1 に減少した。特定の原因にのみ有効なフールプルーフ設計である事



事故対策機能は、事故全体の32%に有効であるが、事故件数は3分の1から12分の1までの減少に留まった。

- ・ 石油ストーブに搭載された、利用者による安全確認型の事故対策機能は、JIS S 2019 : 2009<sup>119)</sup>の規格要求事項に適合してはいるが、フルプルーフ設計の定義に合致していない給油口ふたを搭載した後で、「灯油漏れ引火・発火」の事故全体の36%に有効で、6分の1までしか減少しなかった。
- ・ 以上の比較より、フルプルーフ設計による事故対策機能は、利用者の安全確認に依存する事故対策機能等と比較し、3.5~13.4倍の事故削減効果があった。

一方、注意喚起に留まり事故対策機能がないことに起因する事故は、石油ストーブでは59%以上、電気ストーブでは90%以上の割合を占めており、注意喚起に関連する事故の構成比は最も高い。注意喚起の有効性については、先行研究である越山<sup>21)</sup>、鳥居塚ら<sup>22)</sup>、Davisら<sup>23)</sup>、Leonardら<sup>24)</sup>の研究結果と一致しており、注意喚起の事故対策効果は限定的である。

これらの結果より、フルプルーフ安全は事故削減効果が最も高く、利用者の安全確認に依存する安全は事故削減効果が低い結果となった。また、石油ストーブと電気ストーブは、事故対策を注意喚起に依存している事故の割合が高く、注意喚起による安全の事故削減効果は高いとは言えない。

以上で述べた通り「誤使用・不注意な使い方」に起因するガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブの事故分析結果より、フルプルーフ設計による事故対策機能の有効性をNITEの事故情報データベース<sup>133)</sup>により実証的に示すことができた。

### 3章 誤使用・不注意な使い方による事故対策としてのフルプルーフ設計 ー石油ストーブの灯油漏れ事故を対象にー

#### 3.1 本章の目的

第2章において、NITEの事故情報データベース<sup>133)</sup>の提供を受け、その個票の記述を読み込むことで、事故の発生要因に踏み込んだ解析を行った。その結果に基づき、「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故の削減のために、フルプルーフ設計による事故対策機能の有効性を示した。ガスこんろの「天ぷら油引火・発火」の事故件数は、フルプルーフ設計による事故対策機能である調理油過熱防止装置・Siセンサー<sup>134)</sup>を搭載した後、42分の1まで減少した。一方、石油ストーブの「灯油漏れ引火・発火」の事故件数は、JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>の規格要求事項に適合しているが、フルプルーフ設計の定義に合致していない給油口ふたを搭載した後で、6分の1までしか減少しなかった。両者を比較した結果より、フルプルーフ設計は、利用者による安全確認型の事故対策機能に比べて、事故対策機能としてより効果が高いことを示した。

第3章では、調理・暖房器具中でも「誤使用・不注意な使い方」に対する事故対策効果が充分でない、石油ストーブの灯油漏れ事故を事例として取り上げ、既に市場に流通する製品であるために利用可能となる事故情報、安全規格群やその実装事例情報、取扱説明書などを最大限に活用し、事故発生に至るシーケンスを詳細にトレースすることで事故シナリオを作成し、フルプルーフ設計を適用すべき「事故への進展を止める点」を明らかにする。その上で「誤使用・不注意な使い方」が発生しても事故に至らないフルプルーフ対策を立案し、想定するフルプルーフ対策が実施された時に予想される事故削減効果について定量的な評価を実施するための「体系的かつ実践的な」方法論を示す。

#### 3.2 本章に関連する安全規格

本研究の対象である、高齢者の「誤使用・不注意な使い方」が原因である、石油ストーブの灯油漏れ火災事故対策に有効なフルプルーフの定義と、石油ストーブの事故対策機能に関連する規格を明確にするために、本研究に用いるJIS規格とそれらの適用範囲について以下に記す。

##### 3.2.1 フルプルーフの規格と定義

フルプルーフに関連する規格として、JIS Z 8115:2019<sup>107)</sup>が制定されている。この規格は、適用範囲、引用規格、分類、用語及び定義を規定する。

- ・ JIS Z 8115:2019<sup>107)</sup>ディペンダビリティ（総合信頼性）

用語適用範囲：この規格は、信頼性、保全性及び安全性の分野に用いるディペンダビリティに関する主な用語及び定義について規定する。

フルプールの定義：「人為的に不適切な行為，過失などが起こっても，システムの信頼性及び安全性を保持する性質」

この定義を本研究の対象である，石油ストーブの灯油漏れ火災事故に適用し，「給油時に誤使用・不注意な使い方があっても，火災事故に至らせない方策」をフルプール設計と定義して，検討を進める．

### 3.2.2 石油ストーブの規格

家庭用石油ストーブの規格として，JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>と JIS S 3030:2009<sup>112)</sup>が制定されている．これらの規格は，適用範囲，性能，構造，材料，加工方法，試験方法，検査，表示，取扱説明書について規定する．事故対策機能の要求事項はこれらの規格に含まれる．

- JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>自然通気形開放式石油ストーブ

適用範囲：灯油を燃料とし，燃料消費量が 7kW 以下の自然通気型の開放式石油ストーブについて規定する．

- JIS S 3030:2009<sup>112)</sup>石油燃焼機器の構造通則

適用範囲：灯油，軽油又は重油を燃料とする石油燃焼機器の燃焼方式，給排気方式，用途別方式などの，一般共通事項について規定する．

本研究では，これらの規格を用いて，規格要求事項と事故対策機能の事故対策について検討を進める．

## 3.3 本章の分析方法

2 章において，フルプール設計による事故対策効果を定量的に示したが，本研究では個々のプロセスを分析することで，事故への進展を止める方法を検討し，またその効果を推計する．

規格要求事項と事故対策機能の有効性を明らかにするために，次の順でデータ並びに情報を抽出，分類，分析を行う．

- (1) NITE の事故対策データベース<sup>133)</sup>から高齢者の石油ストーブの「誤使用・不注意な使い方」に起因する，灯油漏れ火災事故のデータを抽出し分類する．
- (2) (1)に基づき，関連安全規格の要求事項を抽出する．
- (3) (1) (2)に基づき，該当の製品の事故対策機能と取扱説明書の記載事項を抽出する．
- (4) 抽出されたデータ並びに情報に基づき，それぞれ以下の通り分析を行う．

### 3.3.1 誤使用事故データの抽出

個々の事故情報が記載されている NITE の事故情報データベース<sup>133)</sup>の個票を活用し，NITE の年齢区分に従って，60 歳以上の高齢者の石油ストーブの「誤使用・不注意な使い方」に起因する，灯油漏れ事故のデータの抽出と分類を行い，事故に至るプロセスを整理する．

- (1) 2000 年から 2017 年の NITE の事故データベース<sup>133)</sup>から，60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」が原因となった 675 件の石油ストーブの事故の内，252 件の石油ストーブの灯油漏れ火災事故の個票を抽出する．

- (2) 抽出された 252 件の個票の「事故原因」の項目を読み込むことにより、燃焼状態から事故に至った要因を、燃焼状態、タンクの取り外し状態、人の行為、ふたの状態、タンクの装着状態、灯油の状態、引火・発火原因に分類する。
- (3) 分類された要因を、事故に至ったプロセス別に集計する。
- (4) しかしながら、要因を分類するにあたり、個票のすべての「事故原因」の項目に、事故に至った要因が必ずしも網羅的に記載されていない。そこで「事故原因」の項目に(2)で記載された事故に至った要因がすべて記載されていないものについては、次の手順で事故に至ったプロセスの判断を行った。
  - ・ 「燃焼中」「消火」などの燃焼状態に関連する記載がなく、「灯油に引火・発火」などの記載が有る場合は、消火を行わなかったと判断する。
  - ・ 「消火」の記載がなく、「点火」「残り火」「余熱」と記載がある場合は、消火を行ったと判断する。
  - ・ タンクの「取り外し」の記載がなく、「給油」「ふた」「装着」などの記載が有る場合は、タンクを「取り外した」と判断する。
  - ・ ふたの状態の記載がないもので、給油時に灯油が「引火・発火」したものは、ふたの「緩み」「開き」が発生したと判断する。
  - ・ タンクの「着脱」の記載がなく、「ストーブに給油」などの記載があるものは、固定式タンクの石油ストーブと判断し、本研究の対象から除外する。

### 3.3.2 事故プロセスフローの作成

得られた事故データをもとに、事故の種類と事故に至ったシーケンスを詳細にトレースして分類・整理することで、すべての事故を「体系的」に整理する。

### 3.3.3 規格要求事項の抽出

規格の灯油漏れ火災事故への対策効果を評価するために、3.3.1で抽出された60歳以上の高齢者の石油ストーブの「誤使用・不注意な使い方」に起因する、灯油漏れ火災事故に関連する、JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>およびJIS S 3030:2009<sup>112)</sup>の規格要求事項を抽出する。

### 3.3.4 製品に実装された事故対策機能の抽出

灯油漏れ火災事故に対する事故対策機能の効果を評価するために、JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>、およびJIS S 3030:2009の規格の要求事項を満たしJHIA（認証-任意）認証<sup>132)</sup>を取得した、2019年モデルの量販価格帯石油ストーブ4製品<sup>140-143)</sup>に搭載されている、灯油漏れ火災事故に関連する事故対策機能の名称、構造、機能を抽出する。加えてこれらの4製品の取扱説明書に記載されている、灯油漏れ火災事故に関連する記載事項を抽出する。

### 3.3.5 取説記載事項の抽出

3.3.1で抽出された7項目の事故要因に基づき、事故データの個票を整理し分類することで、事故に至るプロセスを明らかにし、各々の事故要因の割合を算出する。分析にあたり要因が「記載なし」「適用外」「固定タンク」のものは本分析の気密油タンクの灯油漏れ事故に適用

できないので分析から除外する。3.3.3 で抽出された規格要求事項、並びに 3.3.4 で抽出された事故対策機能と取扱説明書の記載事項と、3.3.1 で抽出された事故要因を比較検討する。その上で、事故に至るプロセスにおける事故への進展を止める点に対する、規格要求事項と事故対策機能の有効性を評価する。

### 3.4 分析結果

本章では、次の順で分析結果について記載する。

- (1) NITE の事故情報データベース<sup>133)</sup>の分析を行い、事故に至ったプロセスを「体系的」に明らかにする。
- (2) (1)に基づき、該当する規格の要求事項と、事故対策機能、取扱説明書の有効性評価を行う

#### 3.4.1 事故分析結果

2000 年から 2017 年の NITE の事故データベース<sup>133)</sup>の内、60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」が原因となった灯油漏れが原因の事故は、252 件であった。3.3.1 の手順により、この 252 件全体を 100%としたときの、各々の事故に至ったプロセスを分析するために、表 13 に抽出結果を分類・集計し、表 14 にその結果を整理した。分析に際し、それぞれの事故に至ったプロセスの構成比と索引番号を記載した。[例：71.8% (①)]

- (1) ストープの消火を行わなかった（以下未消火と記載）ことが原因で事故に至った割合は 71.8% (①) を占め、ストーブの消火を行った（以下消火と記載）が、事故に至ったものは全体の 24.2% (②) を占めた。また消火を行ったか否かの記載がなく、かつ判断ができないものは全体の 4% (③) あった。
- (2) 未消火にもかかわらず、気密油タンクを取り外し、給油を行ったものは、全体の 57.1% (④) を占めた。その内、ふたの緩み・斜め締めが発生したものは 40.9% (⑤)、ふたの外れ・開きが発生したものは 7.5% (⑥)、ふたの装着忘れは 4.8% (⑦) であった。これらのふたに関する「誤使用・不注意な使い方」により、同タンクの装着時か装着後に灯油の漏れが発生し、引火・発火が原因で発生した事故は、全体の 46.8% (⑧) であった。同タンクの装着時か装着後には事故に至らぬとも、同タンクの取り外し時にふたが外れ・開き、灯油の漏れ・こぼれが発生し、引火・発火が原因で発生した事故は、全体の 2% (⑨) であった。以上より、未消火状態で給油を行い、ふたの緩み・外れ、灯油漏れ・こぼれが発生し、引火・発火が原因で発生した事故は、全体の 48.8% (⑩) であった。
- (3) 消火後に、同タンクを取り外し、給油を行ったものは、全体の 14.3% (⑪) であった。その内、ふたの緩みが発生したものは 8.7% (⑫)、ふたの外れ・開きが発生したものは 2.4% (⑬)、ふたの装着忘れは 1.2% (⑭) であった。これらのふたに関連する誤使用・不注意な使用により、同タンクの装着時・後に灯油の漏れが発生し、引火・点火・余熱・残り火などが原因で発生した事故は、全体の 12.3% (⑮) であった。同タンクの装着時・後には事故に至らぬとも、取り外し時にふたのゆるみ・外れが発生し、灯油漏

れ・こぼれが発生し、余熱・残り火などが原因で発生した事故は、全体の 2.4% (⑩) であった。以上より、消火後に給油を行い、ふたの緩み・外れ、灯油漏れ・こぼれが発生し、引火・発火・点火・残り火・余熱が原因で発生した事故は、合計で全体の 14.7% (⑪) であった。この内、引火・発火は 1.2% (⑫)、点火は 8.4% (⑬)、残り火は 4.0% (⑭)、余熱は 1.2% (⑮) であった。

- (4) 未消火、消火の記載がなく事故に至るプロセスは推定できないが、引火・発火が原因の事故は、全体の 4.0% (③) を占めた。この 4.0%については、本分析には含めない。

以上、石油ストーブの気密油タンクの灯油漏れ火災事故について、未消火および消火の両方で、同タンクを取り外し、給油時のふたの緩み・閉め忘れ・外れ・開きに関連する灯油漏れ・こぼれが原因の事故（記載なし、適用外は除く）は、全体の 63.5% (⑲) であった。加えて、ふたおよび給油口の変形・動作不良・破損などの故障に関連する事故は、未消火で 2.0% (⑳)、消火後で 0.4% (㉑)、合計では 2.4% (㉒) であった。これらを合計すると、事故が発生するプロセスが明確なものは、灯油漏れ火災事故全体の 65.9% (㉓) を占めた。

これらの事故の分析結果より、未消火、消火後であっても、石油ストーブの温度が灯油の引火・発火点以上の状態で、ふたの緩み・斜め締め・外れ・開き・装着忘れの状態は、灯油漏れ火災事故につながるため、危険状態と考える。一方、石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度未満の状態、ふたの緩み・斜め締め・外れ・開き・装着忘れなどが発生せずふたが閉まっており、灯油もれがない状態は安全状態と考える。



表 14 石油ストーブ灯油漏れ事故プロセス (原因が明確な事故) 灯油漏れ誤使用事故データの分類・集計 (2000年～2017年)

消火状態	タンクの取り外し状態	人の行為	ふたの状態	タンクの装着状態	灯油の状態	発火原因
・未消火 71.8% (①)	取り外し 57.9% 取り外し時ふた外れ・開き 2.0%	給油 57.1% (④)	緩み 40.9% (⑤) 外れ・開き 7.5% (⑥) 装着忘れ 4.8% (⑦)	装着	漏れ・こぼれ	引火 46.8% (⑧)
			緩み・外れ開き・装着忘れ			適用外
消火忘れ(未消火)による引火が原因の事故の割合 ⑧+⑨=⑩						48.8% (⑩)
・消火 24.2% (②)	取り外し 14.7% 取り外し時ふた緩み・外れなど 2.4%	給油 14.3% (⑪)	緩み 8.7% (⑫) 外れ・開き 2.4% (⑬) 装着忘れ 1.2% (⑭)	装着	漏れ・こぼれ	引火 12.3% (⑮)
			緩み・外れ開き・装着忘れ			適用外
消火 ⑮+⑯=⑰						14.7% (⑰)
未消火および消火の内、タンクの取り外し、給油、消火、ふたの緩み・閉め忘れ・外れ・開きによる灯油漏れ・こぼれが原因の事故 ⑩+⑰=⑳						63.5% (⑳)
*上記の内、消火後の引火・点火・残り火・余熱が原因の事故の割合 内訳：引火1.2%(⑱)、点火8.4%(⑲)、残り火4.0%(⑳)、余熱1.2%—(㉑)						
・記載なし 4.0% (㉒)						
消火状態	タンクの取り外し状態	人の行為	ふたの状態	タンクの装着状態	灯油の状態	発火原因
・未消火	→ 取り外し	→ 給油	→ 変形・破損・不良	→ 装着	→ 漏れ・こぼれ	→ 引火 2.0% (㉓)
・消火	→ 取り外し	→ 給油	→ 変形・破損・不良	→ 装着	→ 漏れ・こぼれ	→ 引火 0.4% (㉔)
ふたの故障が原因の事故 (変形・破損・不良) ㉓+㉔=㉕						2.4% (㉕)
合計 ㉒+㉕=㉖						65.9% (㉖)

(備考：NITE 事故情報データベースより集計した表 13 の結果の中で、事故原因が明確な数字を抜粋してまとめとして作成)



### 3.4.2 規格、事故対策機能、取扱説明書の分析結果

JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>および JIS S 3030:2009<sup>112)</sup>記載の灯油漏れ火災事故に関連する規格要求事項と、4社の製品に搭載されている灯油漏れ火災事故に関連する事故対策機能と使用上の注意事項を表15に整理した。

#### (1) 規格と要求事項

JIS S 2019:2009 表1—品質性能は、気密油タンクの給油時消火装置について、同タンクを取り外した時に「90秒以内で消火しなければならない」ことを求めている。

JIS S 3030:2009 5.6.11 は、「気密油タンクの給油時消火装置は、使用中に機器から気密油タンクを抜いたとき、自動的に燃焼を停止」することを求めている。

JIS S 2019 5.5 気密油タンクの構造 e) は、気密油タンクの給油口ふたに、「開閉状態が判別でき、閉まったことが音、目視又は感触で確認できなければならない」ことを求めている。

#### (2) 事故対策機能と取扱説明

規格要求事項に基づく事故対策機能を調べるために、普及価格帯の製品を2019年8月に購入して調査した。

##### ● 気密油タンクの給油時消火装置

本機能は、(1)で述べた JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>および JIS S 3030:2009<sup>112)</sup>の要求事項に基づき、気密油タンクを持ち上げると、芯が下がり自動的に90秒以内に消火される。この機能は、同タンクを取り外す前に本来実行すべき消火操作を怠っても、事故の危険性を回避するために自動的に消火する。しかしながら、3.4.1の分析結果によると、ふたの緩みがある場合、次の給油時に消火後であっても同タンクを取り外す際にふたの外れ・灯油漏れが発生し、事故に至ってしまう事例が2.4% (⑩) 存在する。取扱説明書でも「気密油タンクの取り外しはストーブの温度が十分下がってから」と、警告が記載されている。また、点火時に漏れた灯油に着火し事故が発生する事例が8.4% (⑨) 存在する。このため、本事故対策機能は消火の目的にはフルプルーフであっても、事故の防止のためには必ずしもフルプルーフであるとは言えない。

##### ● 気密油タンクの給油口ふた

3.4.2の(1)で述べた JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>の要求事項に基づき、4製品<sup>140-143)</sup>に搭載されている同給油口ふたの構造は、次の二種類であった。

- ・ ハッチ構造：ロック時にパチンと音がし、カラーサインでふたが閉じたことが確認できる。ロックされていない状態ではふたが開く。
- ・ 口金式：ねじを締めることにより、気密油タンク給油口上部と口金裏のパッキンが、弾性変形により圧着され閉じる。外部ダイヤルを回すときの音、ダイヤルが空転する感触、タンクねじ部の赤色の線で、ふたが閉じたことが確認できる。

取扱説明書には、以下の記載がある。

- ・ ハッチ構造：「パチンと音がするまで、給油口を押しロックし指で持ち上げて開かないことを確認する」「タンクの青色表示を確認する」
- ・ 口金式：「カチッと音がするまで閉める」「タンクの口金部の赤線が見えないか確認する」

これらの給油口のふた構造は、取扱説明書に記載されている通り、利用者の安全確認を求めている。利用者がふたの閉状態を正しく確認しなかったときに、ふたが開いた状態・緩み・外

れ・開きがある状態でタンクを装着すると、灯油漏れが発生する。つまり、ふたの事故対策機能は利用者の注意・確認に頼っているため、フルプルーフ設計ではない。

これらの分析から、60歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による石油ストーブの灯油漏れ火災事故のシーケンス（事故シナリオ）が明確になった。そこで事故データの分析結果に基づき、事故シナリオを整理し、操作手順、不安全行動、取扱説明書記載事項と正しい使用手順、安全状態と危険状態を図3に記載した。

表 15 石油ストーブ 規格要求事項，取扱説明書記載内容

事故対策	気密油タンクの給油時消火装置	気密油タンクの給油口ふた
規格要求事項	<p>JIS S 2019:2009 表 1—品質性能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 90 秒以内で消火しなければいけない</li> <li>・ 通常消火は 300 秒以内に消火</li> </ul> <p>JIS S 3030:2009 5.6.11 気密油タンクの給油時消火装置</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 気密油タンクの給油時消火装置は，使用中に機器から気密油タンクを抜いたとき，自動的に燃焼を停止し，かつ，自動的に燃焼を再開しない構造でなければならない。また，消火している状態であっても自動的に燃焼を再開しない構造でなければならない。</li> </ul>	<p>JIS S 2019:2009 5.5 油タンクの構造</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ e) 気密油タンクの給油口ふたは，開閉状態が判別でき，閉まったことが音，目視又は感触で確認できなければならない。</li> </ul>
規格に基づく事故対策機能と使用上の注意	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 給油タンクを持ち上げると，芯が下がり自動的に消火する。</li> <li>・ 消火スイッチ，ボタン，つまみで消火し確かめる。</li> <li>・ 気密油タンクの取り外しはストーブの温度が十分に下がってから。</li> <li>・ 気密油タンクぶついたり落としたりしない。</li> </ul>	<p><u>ハッチ構造</u></p> <p>A 社 Model 1<sup>140)</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ロック時にパチンと音がし，カラーサインでふたが閉じたことを確認。</li> <li>・ ロックされていない状態ではふたが開く。</li> <li>・ 「パチン」と音がするまで，給油口を押しロックし，指で持ち上げ開かないか確認。</li> </ul> <p>スイッチの青色を確認</p> <p><u>口金式：</u></p> <p>B 社 Model 2<sup>141)</sup>， C 社 Model 3<sup>142)</sup>， D 社 Model 4<sup>143)</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ねじにより，タンク給油口上部と口金裏のパッキンが，弾性変形で圧着され閉じる。外部ダイヤルを回すときの空転する音と感触，タンクねじ部の赤色表示を目視して，口金が閉じたことを確認。</li> <li>・ 「カチッ」と音がするまで閉める</li> <li>・ タンクの赤線が見えない</li> </ul>

(出典 JIS S 2019:2009, JIS S 3030:2009, 石油ストーブ 4 社の取扱説明書から抜粋)

操作手順	消火操作	→	気密油タンクを取り外す	→	ふたを開く	→	給油	→	ふたを閉める	→	気密油タンク装着	→	点火
誤操作	消火し忘れ		前回の給油時の ふたの緩み・外れ 【事例1】				ガソリン誤給油 【事例2】		ふたの緩み・外れ 【事例3】				灯油漏れに気付かず 【事例4】
事故のシナリオ	前回は給油時のふたの緩み・外れ→気密油タンク取り外し→灯油漏れ→熱源との接触→発火			【事例2】				【事例3】		【事例4】			
取扱説明書記載事項	・ 消火を確かめる。	・ ストープの温度が十分に下がってから。 ・ ぶついたり落としたりしない。	・ 砂やごみがついたり、入ったりしないよう注意。 ・ 給油口の弁にゴミなどが挟まっている場合は取り除く。	・ ガソリン使用禁止	・ 口金は正しく、確実に閉める。					・ 消火後二分間は再点火しない。 ・ 給油してから 20 分待つ。			
安全状態	・ 消火後の温度が灯油の発火温度未満			・ ふたが確実に閉まって灯油漏れがない状態。 ・ 口金式：口金裏のパッキンが弾性変形で閉まった状態 ハッチ構造：ロック時に閉まった状態									
危険状態	・ 燃焼状態（未消火） ・ 消火後の温度が灯油の発火温度以上 ・ タンクを抜いた後 90 秒以内			・ 口金式： ねじが外れた状態 ねじが緩み口金裏に隙間ができた状態 ・ ハッチ構造：ロックが外れて開いた状態									

図3 石油ストーブの灯油漏れ事故シナリオ

(出典：NITE 事故情報データベースの 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故 2000 年～2017 年、事故原因、石油ストーブ 4 社の取扱説明書より作成)

(出典 JIS S 2019:2009, JIS S 3030:2009, 石油ストーブ 4 社の取扱説明書から抜粋)

### 3.4.3 フールプルーフ設計の規格と事故対策機能への適用

3.4.1 の分析結果が示すように、2000 年から 2017 年の NITE の事故情報データベース<sup>133)</sup> の、60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」が原因の灯油漏れ火災事故 252 件の内、  
④ 未消火状態で灯油漏れが発生し、引火・発火が原因となった事故は全体の 48.8% (⑩) を占めた。

⑤ 消火後にふたの緩みなどで灯油漏れが発生し、引火・発火・点火・余熱・残り火が原因となった事故は全体で 14.7% (⑪) を占めた。

3.4.2 で示した通り JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>および JIS S 3030:2009<sup>112)</sup>の要求事項に基づく事故対策機能は必ずしも全ての事故の事例に対して、フルプルーフ設計ではない。これらの事故を削減するためには④と⑤に対してフルプルーフ設計による事故対策の具現化を検討しなければならない。

④と⑤の事故全てを検証したところ、これらの事故シナリオは以下の 4 つの事例に集約された。

事例 1：給油目的で、石油ストーブから気密油タンクを取り外す際に、前回の給油時にふたが緩んでいたことが原因で漏れた灯油が未消火の火ないし残り火・余熱に触れ、引火・発火した。

事例 2：石油ストーブに誤ってガソリンを給油したことにより、点火後異常燃焼を起こし、火災に至った。

事例 3：気密油タンクを取り外し、給油後に同タンクを石油ストーブ本体に装着するときに、ふたが緩んでいたことが原因で、漏れた灯油が未消火の火ないし残り火・余熱に触れ、引火・発火した。

事例 4：消火後に気密油タンクを取り外し、給油後に同タンクを石油ストーブ本体に装着するときに、灯油漏れに気が付かず点火したところ、付着していた灯油に引火・発火して、出火した。

これらのシナリオは図 3 に記載されている。石油ストーブの灯油漏れ火災事故の防止は、「誤使用・不注意な使い方」があっても、事例 1, 3, 4 が発生しないように、常に安全状態となるフルプルーフな対策を適用することで実現できる。

一方、事例 2 の高齢者のガソリンの誤給油への規格の要求事項については、JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>解説の 2.1.5 f に、「現時点で原油の精製過程で得られるガソリンと灯油の性質などから完全無欠な対応は非常に困難」「給油の都度、確認と注意を喚起するために“ガソリン使用禁止”及び“ガソリン厳禁”の文字については、目立つように色を付けるように改めた」と記載がある。つまり、技術的な検討されたが、実用的な観点で実現が困難で規格要求に出来なかったと理解できる。原理的にはガソリン、灯油の蒸気圧の違いがある。京都消防局の報告書<sup>144)</sup>の表によると 0°C であっても 0Pa から 26,664Pa の蒸気圧を示していると読み取れ、灯油は 0Pa の蒸気圧を示しているに過ぎないので、気密タンク内の圧力・温度をセンサーで計測し、ガソリンの誤給油を検出し、点火回路を遮断することは可能と推察する。しかし、他の 2 事象のように搭載された対策の評価ができないので、これ以上の考察を行わないことにする。

JIS S 2019:2009 表 1—品質性能によると、「90 秒以内で消火しなければならない」こと、JIS S 3030:2009 5.6.11 によると、「気密油タンクの給油時消火装置は、使用中に機器から気

密油タンクを抜いたとき、自動的に燃焼を停止」することを求めている。同タンクの給油時消火装置は、燃焼中に消火を忘れたときにタンクを取り外しても自動的に消火する構造であり、フルプルーフな構造である。しかしながら同装置は、タンクを抜いた後でも最大 90 秒以内まで燃焼を認めていることより、同タンクを抜いた瞬間に熱源がなくなるわけではない。取扱説明書にも、「同タンクを取り外す前に、消火し、温度が十分に下がっていること」と記載がある。つまり、危険状態である燃焼状態から、給油時に同タンクを取り外す際には、確実に消火されていることに加えて、石油ストーブの温度が十分に下がり、灯油の引火・発火温度未満の安全状態である必要がある。図 3 の事例 1 は、給油時消火装置があっても、前回の給油時に不完全なふたの閉めがあるにも関わらず、気密油タンクを取り外し、漏れた灯油が引火・発火点以上の温度の残り火・余熱などの熱源と接触し、事故が発生することを示している。分析結果によると事例 1 の事故は、未消火状態において 2.0% (⑨)、消火後において 2.4% (⑩)、合計 4.4% 発生している。

以上より、灯油漏れ火災事故への対策は、「消火後に灯油の引火・発火温度未満の安全状態になるまでは、気密油タンクを取り外しを許さず、灯油が漏れても引火・発火を防ぐフルプルーフ設計による規格要求事項と、事故対策機能を搭載する」ことで実現できる。これらの規格要求事項と事故対策機能を理解するための参考として、上記議論の範囲内のことの具体的な事例として附録に示す。なお、附録に示す例が実機に搭載された場合に、機能上の問題がないか検討し、他の安全上の問題がないか、リスクアセスメントの実施と検討を行うことになる。

JIS S 2019:2009 5.5 灯油タンクの構造 e) によると、「気密油タンクの給油口ふたは、開閉状態が判別でき、閉まったことが音、目視又は感触で確認できなければならない」ことを求めている。事故対策機能付きの給油口ふたは、規格の要求事項を実現する様に設計されているが、規格が利用者の安全確認を求めているため、人が給油口ふたの開閉状態を正しく確認しなかったときに、灯油漏れが発生する。取扱説明書にも、「口金を正しく確実に閉める必要がある」と記載がある。不完全なふた閉めを行った状態は危険状態で、ふたが確実に閉められ灯油漏れがない状態が確認できた時は安全状態である。図 3 の事例 3 は、不完全なふた閉めがあるにも関わらず、気密油タンクを装着し、漏れた灯油が熱源と接触し、事故が発生する例を示している。また、図 3 の事例 4 は、消火後であっても灯油漏れに気付かず点火し、事故が発生することを示している。

分析結果によると事例 3、4 の事故は、未消火状態において 46.8% (⑧)、消火後において 12.3% (⑮)、合計 59.1% 発生している。この内、事例 4 の点火時の事故は 8.4% (⑲) を占める。

以上より、灯油漏れ火災事故への対策は、以下の 4 つの条件を満たすフルプルーフ設計による事故対策機能を搭載することで実現できる。

- (1) 気密油タンクに給油するときのみ、ふたが開いた状態となる。
- (2) 給油が終了後、同タンク装着時に給油口のふたが常に確実に閉められ、灯油漏れが発生しない安全状態となる。
- (3) ふたが開いた危険状態を許さないことで、灯油と熱源の接触を防ぐ。
- (4) 実現に当たり、ふたの構造について考慮する点がある。同タンクの給油口ふたが、口金

(ねじ構造)の場合、燃焼のためにふたが確実に閉じられている安全状態と、給油のためにふたが開いている以外に、ふたの緩みにより灯油が漏れる危険状態が存在する。この緩みの状態は、給油の目的には必要でない。一方ふたがハッチ構造の場合、口金と異なり、ロックを解除するとふたが開く構造となっていることもあり、燃焼のためにふたが閉じられている安全状態か、給油のためにふたが開いている危険状態しか存在しえないため、事故対策上は口金式より好ましい。

同じ趣旨で、以上の4つの条件を満たす事故対策機能の具体的な例として附録に示す。

気密油タンクの給油時消火装置や温度が十分に下がるまで同タンクの取り外しを制限する機能は、ふたからの灯油漏れが防げれば、必要条件ではないとも考えられる。しかしながら、取扱説明書では、「気密油タンクをぶついたり、落としたりしない、砂やごみがついたり、入ったりしないように注意、弁の部分にゴミなどが挟まっている場合は取り除く」など、利用者の確認を求めている。こうした「誤使用・不注意な使い方」により発生する、ふたの故障が原因の事故は全体の2.4% (㉔) を占めており、給油時消火装置などが、必要であることを示している。

以上より、3つの石油ストーブの灯油漏れ火災事故シナリオが明確になり、事故対策機能をフルプルーフ化することで、そのシーケンスを断ち切り、事故を防止できることを示すことができた。その結果、60歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による石油ストーブの灯油漏れ事故の内、事故の発生するプロセスが明確になっている65.9% (㉕) の全てに対して事故削減効果があることを示すことができた。

### 3.4.4 特許

このような問題点を克服するための機構が考案されていないかを特許について調べた。特許に関して公開情報検索である J-Plat Pat<sup>145)</sup> を使い調査を行った。結果、関連する特許・実用新案公報に83件見いだされた。その内、気密油タンクの着脱、給油時消火装置、給油口ふたに関連する14件の内訳を以下に示す。

① 消火しないとタンクが抜けられない構造のインタロックに関するもの	1件
② ワンタッチ着脱キャップ	1件
③ 着脱式給油タンク	1件
④ 灯油タンク上部ふた構造	4件
⑤ 灯油漏れ防止ふた構造	1件
⑥ 非脱着給油構造キャップ	2件
⑦ ハッチ型ふた構造	1件
⑧ 給油時消火装置	1件
⑨ キャップ閉状態確認マーク	1件
⑩ タンク取り出し温度インタロック	1件

以上の通り、キャップの着脱構造を取らず給油、燃焼が可能なものが2件あり、温度が引火・発火点温度未満にならないと気密油タンクが抜けられないものが1件ある。過去このようなフルプルーフな構造が特許・実用新案公報となっているが、この3件とも、筆者らが調査した限りでは、事故対策機能として搭載されてはいない。理由は、規格の要求事項がこれらの事

事故対策機能を求めていないことであると考えられる。こうしたこともあり、フルプルーフな規格要求事項に基づく事故対策機能の搭載が、事故の削減には有効であることを本研究で示した。

### 3.5 本章のまとめ

本章では、石油ストーブの灯油漏れ事故をケースとして取り上げ、既に市場に流通する製品であるために利用可能となる事故情報、安全規格群やその実装事故対策機能、取扱説明書などを最大限に活用することにより、フルプルーフ設計を適用すべき「事故への進展を止める点」を明らかにし、その上で「誤使用・不注意な使い方」が発生しても事故に至らないフルプルーフ対策を立案するための、「体系的かつ実践的な」方法論を示すことができた。

また、想定するフルプルーフ対策が実施された時に予想される事故削減効果について定量的な評価を行うことも可能となった。具体的なポイントに分けて整理すると以下のようになる。

- (1) NITEの事故情報データベース<sup>133)</sup>の個票、特に事故情報や事故原因についての分析結果、関連する安全規格、既存製品の取扱説明書等の情報を注意深く読み取ることにより、高齢者の「誤使用・不注意な使い方」に起因する石油ストーブの灯油漏れ火災事故を、事故に至る複数の事故シナリオにまとめることができること、また事故シナリオの作成を通じて「事故への進展を止める点」を明らかにすることができること示した。
- (2) 本章における分析はあくまでも石油ストーブの灯油漏れ事故を対象とした分析であるが、ここで示した方法論は、どのような製品に関しても入手可能な資料を分析の出発点としていること、また分析方法が手順化されており表形式の表現を利用していることから、「実践的な」方法論として、他分野の製品の事故にも広く適用できる一般性がある。
- (3) 事故シナリオ作成を通じて明らかとなる「事故への進展を止める点」は、フルプルーフ設計の適用可能ポイントを明確にするうえで極めて重要であり、実際の事故として「顕在化したリスク」のみならず、取扱説明書などが想定している「顕在化していないリスク」も含めた事故シナリオを反映したものと言え、製品改良を検討している設計者にとって、製品に内在するリスクをなるべく広く把握する上で貴重な情報となる。もちろん、リスク把握の完全性を主張できるものではないが、得られる情報を活用してなるべくもれの少ないリスク把握を行うことのできる方法論であるという点で「体系的」な方法論であると考えられる。
- (4) また、「事故への進展を止める点」が明らかとなったとしても、フルプルーフ設計を実現するためにどのようなメカニズムを導入するかというエンジニアリング上の工夫については、本手法の利用者である設計者の能力に依存せざるを得ないが、こうしたエンジニアリング上の工夫の指針については、ISO/IEC Guide 71のような設計ガイドラインを参照することが有効と考える。
- (5) 本手法は、実際の事故データに基づき、事故シナリオ作成段階で、同時並行的に、事故シナリオ毎の事故発生件数データが集計される。追加的安全対策を導入するかどうかの経営判断は、導入の事故削減効果と導入コストとの比較によってなされるものであり、



事故シナリオ毎の事故発生件数データは、ある事故シナリオに対して実際にフルプルーフ設計を導入した時の事故削減効果を考える上で、これまでの事故実績に限定されるとは言え、定量的に示すものであることより、有用な経営判断材料を提供するものである。

- (6) 先行研究である鈴木ら<sup>18)</sup>の研究は、ガイドワードよりエラーモードを作成しており、3製品の事故事例との比較で96%以上のエラーモードを検出しており網羅性も高い。発生していない事故シナリオも含むが、実際の発生可能性については検証がされていない。久本ら<sup>19)</sup>の研究は、テキストマイニングツールを使い頻出単語を抽出しているが、単語数を制限している。また、盆子原ら<sup>15)</sup>の研究は、Sabotage Analysisの考えを用い、検討対象とする製品において生じては困る事故を予め設定し、そのみに焦点をあてており、これらは事故シナリオの網羅性を目的としていない。本研究は、NITEの事故情報データベース<sup>133)</sup>にもとづき、事故の要因の記載がある実際に発生した事故については、事故シナリオを全て抽出している点で網羅性は高いと言える。

## 4章 事件事例・関連規格・取説に基づくフルプルーフ対策の方法論の提案

### 4.1 本章の目的

第3章では、調理・暖房器具中でも「誤使用・不注意な使い方」に対する事故対策効果が充分でない、石油ストーブの灯油漏れ事故を事例として取り上げ、既に市場に流通する製品であるために利用可能となる事故情報、安全規格群やその実装事例情報、取扱説明書などを最大限に活用し、事故発生に至るシーケンスを詳細にトレースすることで事故シナリオを作成し、フルプルーフ設計を適用すべき「事故への進展を止める点」を明らかにした。その上で、「誤使用・不注意な使い方」が発生しても事故に至らないフルプルーフ対策を立案し、想定するフルプルーフ対策が実施された時に、予想される事故削減効果について、定量的な評価を行う「体系的かつ実践的な」方法論を示した。この分析は、石油ストーブの灯油漏れ事故を対象とした分析であるが、示した方法論は、どのような製品に関しても入手可能な資料をもとに分析を行っていること、また、分析方法が手順化されており表形式の表現を利用していることから、「実践的な」方法論として、他分野の製品の事故にも広く適用できる一般性がある。

そこで、4章では、3章で対象とした石油ストーブの灯油漏れに限定されない、一覧性のあまるマトリックス形式に整備することで、より広くフルプルーフ対策を立案し、事故削減効果の評価を行うために適用できる一般性のある方法論として、適用領域を広げる工夫を行い、結果を示す。

### 4.2 分析の手順

本節では、「事故プロセス点検マトリックス作成フロー」と「事故プロセス点検マトリックス」を用いた、関連安全規格の要求事項、実装事故対策機能、取扱説明書の記載注意事項の有効性評価とフルプルーフ対策立案に適用する方法論作成のための分析の手順を以下に示す。

#### ① 「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故の抽出・分類・集計

NITEの事故データベース<sup>133)</sup>など一般に入手可能な事故情報から、「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故を抽出・分類・集計する。

#### ② 事故シナリオの分類

対象とする製品の全ての個票に含まれる「事故原因」から、事故の種類別に、機器の操作、不安全行動・「誤使用・不注意な使い方」、危険状態・「事故への進展を止める点」を抽出し、「体系的」に分類・集計する。この情報を元に事故シナリオを作成し分類する。この分類方法の詳細については4.3に記載する。

#### ③ 事故のプロセスフローの作成

得られたそれぞれの事故シナリオから、機器の操作の流れを「事故プロセス点検マトリックス」の操作列に記載し、不安全行動列、危険状態列に各々の操作に対応する「誤使用・不注意な使い方」「事故への進展を止める点」を記入し事故のプロセスフローを作成する。

#### ④ 規格の要求事項の抽出

対象となる製品の関連安全規格から、「誤使用・不注意な使い方」に関連する規格の要求事項・事故対策機能を抽出する。

#### ⑤ 事故シナリオ毎の該当要求事項の抽出

④で抽出された規格の要求事項から、②で分類され③で作成された各々の事故シナリオに該当する規格の要求事項を抽出する。得られた規格の要求事項を、「事故プロセス点検マトリックス」の各々の不安全行動、危険状態に対応する関連安全規格要求事項・事故対策機能列に分類し記載する。

#### ⑥ フールプルーフ効果の有無の評価

⑤で抽出された事故シナリオの該当要求事項について、フールプルーフ効果の有無について確認を行う。発生した「誤使用・不注意な使い方」に対して、関連安全規格要求事項・事故対策機能が危険状態を回避し「事故への進展を止める点」に有効であればフールプルーフ効果があると判断する。

#### ⑦ 実装事故対策機能の抽出

対象となる製品から、実装されている「誤使用・不注意な使い方」に関連する事故対策機能を抽出する。事故対策機能は、(1) 規格要求事項として該当規格に記載されている事故対策機能に加えて、(2) 規格要求事項を満たすために業界・個社で具体化された事故対策機能、(3) 個社で独自に搭載された事故対策機能を含む。

#### ⑧ 事故シナリオ毎の該当事故対策機能の抽出

⑦で抽出された事故対策機能から、②で分類され③で作成された事故シナリオに該当する事故対策機能を抽出する。得られた事故対策機能を、「事故プロセス点検マトリックス」の、各々の不安全行動、危険状態に対応する関連安全規格要求事項・事故対策機能列に分類し記載する。

#### ⑨ プールプルーフ効果の有無の確認

⑧で抽出された事故シナリオの事故対策機能について、フールプルーフ効果の有無について確認を行う。発生した「誤使用・不注意な使い方」に対して事故対策機能が危険状態を回避し「事故への進展を止める点」に有効であればフールプルーフ効果があると判断する。

なお本研究で対象とする調理・暖房・給湯機器に関する規格要求事項・事故対策機能については、4.4に一覧表の形で記載する。

#### ⑩ 取説記載の注意事項の抽出

該当する製品に付属する取扱説明書から、事故対策機能の使用方法を含む、記載注意事項を抽出する。本研究で対象とした製品は、既に市場に普及している製品であり、製品に共通した「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故が発生していることもあり、取説記載の注意事項はメーカーが同一の場合、同時代の製品であれば、同じ注意事項となっている。また、メーカーが異なる場合は表現が異なるが、意図した内容はほぼ同様である。例外として、個別の製品独自の機能がある場合は独自の記載の注意事項がある。

#### ⑪ 事故シナリオ毎の取扱説明書記載の注意事項の抽出

⑩で抽出された取扱説明書記載注意事項から、②で分類され③で作成された事故シナリオに該当する取扱説明書記載注意事項を抽出する。得られた取扱説明書記載注意事項を、「事故

プロセス点検マトリックス」の各々の不安全行動，危険状態に対応する取説記載の注意事項列に分類し記載する。

#### ⑫ 注意事項の効果の評価

取扱説明書には、「誤使用・不注意な使い方」に対する注意喚起に加えて，関連安全規格の要求事項，実装事故対策機能の使用に関する注意喚起も含まれており，事故対策機能のフルプルーフ効果の有無の判断にも役立つ．例としては事故対策機能が有効であるか否かを利用者の安全確認を求めているものは，事故対策機能としては，フルプルーフ効果があるとは判断できない．

#### ⑬ 事故プロセスの該当ステップに関連付けて整理し比較検討

「事故プロセス点検マトリックス」の事故プロセスの該当ステップに記入された操作列，不安全行動列・「誤使用・不注意な使い方」，危険状態列・「事故への進展を止める点」に対応する，関連安全規格要求事項，事故対策機能，取扱説明書の記載注意事項が事故対策に有効であるか否かを評価する．評価結果は，フルプルーフ観点で，評価・設計対策列に記載する．フルプルーフ効果がある場合は検討終了であるが，事故対策機能が無い場合又は有効でない場合は評価内容を記載し，対策が可能であればその内容を記載する．対策の記載のためには，同品目で有効な任意の事故対策機能，類似の製品で有効な事故対策機能の評価・整理しておくことで，適切な対策を考案することが出来る．

これらをフローチャート化したものを，「事故プロセス点検マトリックス作成フロー」として図4に記載する．この分析手法をもとに，3章で示した石油ストーブの灯油漏れ，ガソリン誤給油に関連する「誤使用・不注意な使い方」に伴う事故に対して，「事故プロセス点検マトリックス」を使い，フルプルーフ観点での評価・設計対策を行う．この内容については，4.5で述べる．

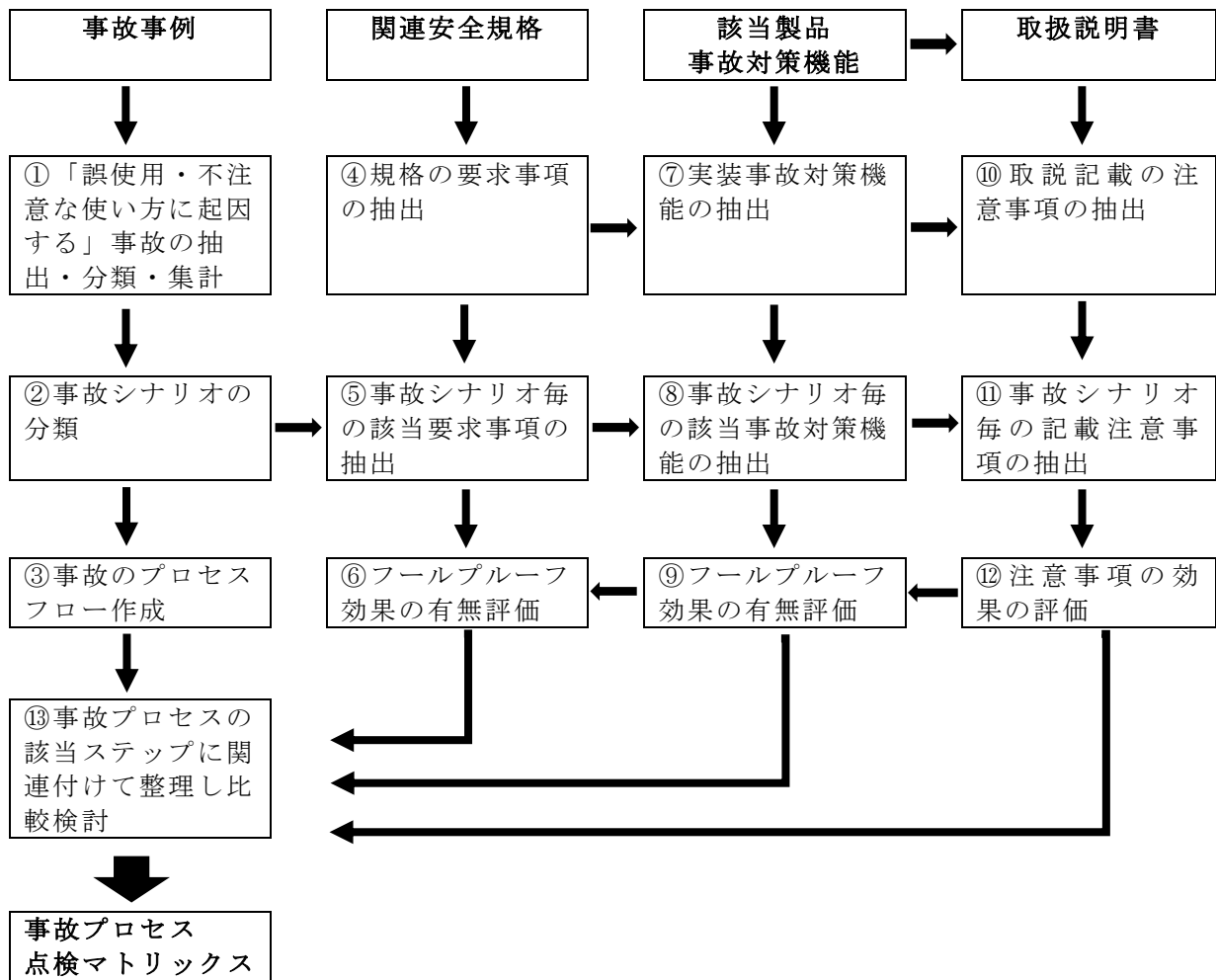


図4 事故プロセス点検マトリックス作成フロー

### 4.3 事故の種類と原因の分類

火災事故の主な原因となった 18 種類の調理・暖房・給湯機器の、NITE の事故情報データベース<sup>133)</sup>の個票の「事故原因」と「事故通知内容」を読み込み、事故の種類と内容を表 16 に分類・定義する。次に、燃料・電源供給から燃料廃棄までの製品使用開始から終了までの各段階で事故の原因となった不安全行動の種類と内容を表 17 に分類・定義する。これらの情報は、事故のプロセスフロー並びに各ステップでの検討に用いる。

表 16 事故の種類

事故の種類	内容
天ぷら油引火・発火	天ぷら油が過熱し引火・発火, 食材の油による引火・発火も含む
グリル内引火・発火	グリル内部で引火・発火
庫内引火・発火	レンジなどの庫内で引火・発火
食品引火・発火	食品が過熱し引火・発火
可燃物引火・発火	周囲の可燃物が過熱し引火・発火
洗濯物引火・発火	洗濯物が過熱し引火・発火
金属物加熱引火・発火	過熱した金属物により可燃物が引火・発火
加熱空焚き	湯沸かし時の加熱, 風呂の空焚き
ガス・灯油漏れ	ガスや灯油などの燃料が漏れる
漏電	絶縁物の損傷等により電気が漏れる
ガソリン誤給油	灯油とガソリンを間違えて給油
ボンベ加熱爆発	ボンベが加熱して爆発

(出典：NITE 事故情報データベースより集計)

表 17 不安全行動

不安全行動	定義
燃料・電源供給時の危険な動作	ガス管接続, 給油, 電源接続時の誤使用に伴う危険な使用方法
点火・電源投入時の危険な動作	安全未確認, 使用開始時の誤使用に伴う危険な使用方法
使用時の危険な動作	危険状態に至る様々な使用中の危険な使用方法
未消火	稼働を止めず放置, 外出, 就寝
燃料廃棄	ボンベ・燃料の危険な廃棄方法

(出典：NITE 事故情報データベースより集計)

#### 4.4 JIS 規格の要求事項

火災事故の主な原因となった 18 種類の調理・暖房・給湯機器の各品目別に、該当する JIS 規格と規格要求事項，並びに規格要求事故対策機能，業界又は個社の事故対策機能を抽出し，表 18 に整理する。

表 18 JIS 規格と要求事項ならびに業界又は個社の事故対策機能

品目	JIS 規格		業界又は個社の事故対策機能
	規格番号	規格要求事項，規格要求事故対策機能	
ガス こんろ	JIS S 2103 :2019 <sup>108)</sup>	調理油過熱防止装置 立ち消え安全装置 過熱防止装置	Si センサー***は，更に「消し忘れ消火機能」「焦げ付き消火機能」を搭載。
カセット こんろ	JIS S 2147 :2017 <sup>109)</sup>	容器の位置を適正な位置からずらした状態で，装着操作を行い，操作つまみの中央に 150N の力を 3 秒加え，容器の装着ができないこと 圧力感知安全装置 立ち消え安全装置* 過熱防止装置*	マグネット式，ブラケット式誤装着防止**
電気こんろ IH・電磁調理器	JIS C 9335 -2-6:2019 <sup>146)</sup>	IH・電磁調理器：温度制御装置は，油の温度が 180°C±4°C に達するまで最大設定にし，その後，この温度を保つように調整する	IH・電磁調理器：ガスこんろの Si センサー同等の事故対策機能***)搭載
石油こんろ	JIS S 2016 :2009 <sup>111)</sup> JIS S 3030 :2009 <sup>112)</sup>	耐震自動消火装置 気密油タンクの給油時消火装置 不完全燃焼防止装置	
ガス オープン	JIS S 2103 :2019 <sup>108)</sup>	立ち消え安全装置 過熱防止装置	
電気 トースター 電気 オープン トースター	JIS C 9207 -1993 <sup>113)</sup>	自動温度調節器 温度自動スイッチ 自動復帰形温度過昇防止装置 手動復帰形温度過昇防止装置	
電子 レンジ	JIS C 9250 -1992 <sup>115)</sup> JIS C 9335 -2-25:2019 <sup>116)</sup>	自動温度調節器 温度過昇防止装置	
ガス ストーブ  ガスファン ヒーター	JIS S 2122 :2019 <sup>117)</sup>	立ち消え安全装置 不完全燃焼防止装置 過熱防止装置 転倒時ガス遮断装置 排気閉塞安全装置 過大風圧安全装置	
電気 ストーブ  電気ファン ヒーター	JIS C 9202: 1990 <sup>118)</sup>  JIS C 9335- 2-30:2017 <sup>146)</sup>	自動温度調節器 自己復帰形温度過昇防止装置 非自己復帰形温度過昇防止装置 転倒スイッチ	シャットオフセンサー**

品目	JIS 規格		業界又は個社の 事故対策機能
	規格番号	規格要求事項，規格要求事故対策機能	
石油 ストーブ	JIS S 2019: 2009 <sup>119)</sup>	気密油タンクの給油口蓋は，開閉状態が判別でき，閉まったことが音，目視又は感触で確認できなければいけない	ワンタッチ式灯油タンク（ハッチ構造気密油タンクの給油口ふた），口金式気密油タンク給油口ふた ***
	JIS S 3030: 2009 <sup>112)</sup>	耐震自動消火装置 気密油タンクの給油時消火装置 不完全燃焼防止装置	
石油ファン ヒーター	JIS S 2036: 2009 <sup>120)</sup>	気密油タンクの給油口蓋は，開閉状態が判別でき，閉まったことが音，目視又は感触で確認できなければいけない	ワンタッチ式灯油タンク（ハッチ構造気密油タンクの給油口ふた），口金式気密油タンク給油口ふた ***
	JIS S 3030: 2009 <sup>112)</sup>	耐震自動消火装置 気密油タンクの給油時消火装置 不完全燃焼防止装置 過熱防止装置 点火安全装置 消し忘れ消火装置 送風機停止安全装置 停電安全装置	
電気こたつ	JIS C 9209:2007 <sup>121)</sup>	自動温度調節器 自動復帰形温度過昇防止装置 温度過昇防止用自動装置	
ガス 給湯器・ ふろがま	JIS S 2109: 2019 <sup>122)</sup>	立ち消え安全装置 過熱防止装置	
	JIS S 2112: 2019 <sup>117)</sup>	空だき防止装置 断水安全装置 不完全燃焼防止装置	
石油 給湯器・ ふろがま	JIS S 3018: 2009 <sup>124)</sup>	耐震自動消火装置 点火安全装置	
	JIS S 3024: 2017 <sup>125)</sup>	燃焼制御装置 停電安全装置	
	JIS S 3027: 2017 <sup>126)</sup>	過熱防止装置 空だき防止装置	
ガスコード	JIS S 2146: 2013 <sup>127)</sup>	ガス機器に接続する迅速継手（ガス機器側）には，ガスが漏れないための安全機構を備えていなければならない	

注：事故対策機能の種類\*任意，\*\*独自，\*\*\*業界



## 4.5 事故プロセス点検マトリックス

### 4.5.1 事故プロセス点検マトリックスの作成方法

4.2 で述べた事故プロセスフローを用いた分析手順に従い、本項ではフルプルーフ設計を立案するために幅広く適用可能な、「事故プロセス点検マトリックス」について説明する。

4.2 の手順に従い、事故の種類に応じて、事故シナリオを分類し、「事故プロセス点検マトリックス」を作成する。マトリックスの一行目の横軸は、操作（A 列）と、それぞれに対応した、不安全行動・「誤使用・不注意な使い方」（B 列）、危険状態・「事故への進展を止める点」（C 列）、関連安全規格要求事項・事故対策機能（D 列）、取説記載の注意事項（E 列）、フルプルーフ観点での評価・設計対策（F 列）により、情報源と評価の流れが示される。縦軸のそれぞれの行は 操作（A 列）フローの各ステップを示し、それぞれの操作に対応する B 列から E 列までの情報が記載され、F 列が検討される。

マトリックス形式にすることで、それぞれの列を見ることで、どの操作を行うときに、どのような不安全行動が起こりうるか、その結果どのような危険状態が発生するか、またその危険状態に関連する安全規格の要求事項があり、事故対策機能が実装されているか、安全規格の要求事項が無い場合は取説記載の注意事項があるか、また事故対策機能が実装されている場合は機能の使用に対し注意事項があるかを示すことができ、それぞれの評価結果は、フルプルーフ観点での評価・設計対策列に記載される。事故対策機能が、「事故への進展を止める点」に対して有効で、危険状態を回避して安全状態とすることができる場合は、フルプルーフ効果があるとして検討終了となるが、事故対策機能が無い場合、又は有効でない場合はそれぞれの評価内容を記載し、「事故への進展を止める点」に有効なフルプルーフ措置が可能であればその内容を記載する。またそれぞれの行の項目を比較することで、それぞれの操作に対して共通する情報がわかり、共通する事故対策の有効性の判断やフルプルーフ設計措置による対策の関係を考察することができる。

### 4.5.2 事故プロセス点検マトリックスの石油ストーブの灯油漏れ、ガソリン誤給油記入例

3 章では、石油ストーブ灯油漏れ事故シナリオをもとに、事故プロセスを検討し、「事故への進展を止める点」を明らかにし、フルプルーフ対策とその有効性を示した。本項では、3 章の情報をもとに石油ストーブの灯油漏れ・ガソリン誤給油事故シナリオを例として、「事故プロセス点検マトリックス」で示すことで、「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故対策のためのフルプルーフ設計に適用する（表 19）。石油ストーブの灯油漏れ事故、およびガソリン給油では、「事故プロセス点検マトリックス」の操作フローの各ステップの縦軸のそれぞれの行には、通常の暖房状態から、①消火→②気密タンク取り外し→③給油→④気密油タンクのふたを閉じる→⑤気密油タンク装着→⑥点火を記載した。各ステップにおける事故シナリオとして、それぞれの操作（A 列）に対応する、燃料と熱源の接触に関する不安全行動・「誤使用・不注意な使い方」（B 列）と、その危険状態・「事故への進展を止める点」（C 列）、関連 JIS 規格要求事項・事故対策機能（D 列）、主要な市販の製品に同梱されている取説記載の注意事項（E 列）に整理して記載の上、フルプルーフ観点での評価・設計対策（F 列）に検討結果を記載した。3 章では、4 つのフローの事故事例で説明したが 4 章ではマトリックスとすることでさらに細かくステップを分けて記載する。

表 19 事故プロセス点検マトリックス 灯油漏れ・ガソリン誤給油事故

A 列	B 列	C 列	D 列	E 列	F 列
操作	不安全行動 誤使用・不注意な使い方	危険状態・事故への進展を止める点	関連安全規格 要求事項・事故対策機能	取説記載の注意事項	フルプルーフ 観点での評価・設計対策
①消火	シナリオ 1： 未消火ー消火せず給油のため気密油タンクを抜き取る	本体の温度が灯油の引火・発火温度以上	気密油タンクの給油時消火装置 タンク抜き取り 90 秒以内に消火	給油時消火	評価： 最大 90 秒は燃焼を認めており、必ずしもフルプルーフ設計とは言えない
	②気密油タンク取り外し	シナリオ 2： 燃料供給時の危険な動作ー消火後残り火があるか、温度が十分に下がる前にタンクを取り外す	取り外し時、ふた外れ・漏れ	給油時はストーブの温度が十分に下がっていることを確認 気密油タンクは、ストーブの天板の上を通過させない	対策 1： 気密油タンクは、石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度以下に下がるまでは取り外しできない
	シナリオ 3： 燃料供給時の危険な動作ー前回給油時の気密油タンクのふたの緩み・外れなどにより漏れた灯油に引火・発火	ふたの緩み・斜め締め・外れ・開きによる灯油漏れ	気密油タンクの給油口ふたは、開閉状態が判別でき、閉まったことが音、目視又は感触で確認できればいけない	ふたは正しく確実に閉める、音がするまで確実に閉める、カラーサインを確認、指で持ち上げ開かないことを確認	対策 2： 給油後に給油口のふたが確実に閉められ、緩みが発生しない
	シナリオ 4： 燃料供給時の危険な動作ー気密油タンクをぶつける・落とす	給油口の変形による灯油漏れ	無	タンクをぶつけたり落としたりしない	対策 1： 気密油タンクは、石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度以下に下がるまでは取り外しできない
③給油	シナリオ 5： 燃料供給時の危険な動作ーガソリン誤給油	ガソリン給油	無	ガソリンを給油しない	評価： 原理的には蒸気圧の相違から誤給油自動識別の可能性有り
④気密油タンクのふたを閉じる	シナリオ 6, 7, 8： 燃料供給時の危険な動作ーふたを正しく閉めない、ふたの緩み、ふたの閉め忘れ	ふたの緩み・外れによる灯油漏れ	気密油タンクの給油口ふたは、開閉状態が判別でき、閉まったことが音、目視又は感触で確認できればいけない	ふたは正しく確実に閉める、音がするまで確実に閉める、カラーサインを確認、指で持ち上げ開かないことを確認	対策 2： 給油後に給油口のふたが確実に閉められ、緩みが発生しない
	シナリオ 9： 燃料供給時の危険な動作ーふたに異物混入	給油口のふたに異物混入、灯油漏れ	無	給油口の弁の部分にごみが挟まっている場合は取り除く 砂やごみが付いたり、入ったりしないように注意する	対策 1： 気密油タンクは、石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度以下に下がるまでは取り外しできない

A 列	B 列	C 列	D 列	E 列	F 列
操作	不安全行動 誤使用・不注意な使い方	危険状態 事故への進展を止める点	関連安全規格 要求事項・ 事故対策機能	取説記載の注意事項	フルプルー フ観点での評 価・ 設計対策
⑤気密 油タン ク装着	シナリオ 10： 燃料供給時の危 険な動作－ふた からの灯油漏れ に気付かず	ふたの緩 み・外れに よる灯油漏 れ	気密油タンクの給 油口ふたは，開閉 状態が判別でき， 閉まったことが 音，目視又は感触 で確認できなければ いけない	給油口は確実に閉め る 給油口口金を下にし て，油漏れが無こと を確かめる 正しくゆっくりセッ ト	対策 2： 給油後に給油 口のふたが確 実に閉めら れ，緩みが発 生しない
⑥点火	シナリオ 11： 点火時の危険な 動作－消火後す ぐ再点火	生ガスの発 生による異 常着火	無	消火後二分間は再点 火しない	対策 1： 気密油タンク は，石油ストー ブの温度が 灯油の引火・ 発火温度以下 に下がるまで は取り外しで きない。注： タンク取り外 し無しの再点 火は防げない が事故例は無 い
	シナリオ 12： 燃料供給時の危 険な動作－ ふたを正しく閉 めない ふたの緩み ふたの閉め忘れ 灯油漏れに気付 かず点火	ふたの緩 み・外れに よる灯油漏 れ	気密油タンクの給 油口ふたは，開閉 状態が判別でき， 閉まったことが 音，目視又は感触 で確認できなければ いけない	ふたは正しく確実に 閉める， 音がするまで確実に 閉める， カラーサインを確 認， 指で持ち上げ開か ないことを確認 こぼれた灯油は良く ふき取る	対策 2： 給油後に給油 口のふたが確 実に閉めら れ，緩みが発 生しない
	シナリオ 13： 初使用，しんの 手入れ，交換時 の灯油のしみこ み不足	赤熱不足 点火消火が 出来ない	無	給油してから 20 分 間待つ	評価： 燃焼が不十分 なので危険性 は低い

(出典：NITE 事故情報データベースの石油ストーブ 60 歳以上の高齢者による「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故，2000 年～2017 年事故原因，JIS S 2019:2009，JIS S 3030:2009，石油ストーブ 4 社の 4 製品<sup>140-143)</sup> 取扱説明書より作成)

### 4.5.3 事故プロセス点検マトリックス」の記載

本項では、4.5.2の「事故プロセス点検マトリックス」の記載内容について、それぞれのシナリオと、評価・対策内容について説明する。各列の記載内容は、次の通りとなる。

A列：操作，B列：不安全行動・「誤使用・不注意な使い方」，C列：危険状態・「事故への進展を止める点」，D列：関連安全規格要求事項・事故対策機能，E列：取説記載の注意事項，F列：フルプルーフ観点での評価・設計対策

#### ① 消火

##### シナリオ1

A：消火⇒B：未消火-消火せず給油のため気密油タンクを抜き取る⇒C：本体の温度が灯油の引火・発火温度以上⇒D：気密油タンクの給油時消火装置は90秒以内に消火⇒E：給油時は消火する，⇒F：評価・対策

気密油タンクの給油時消火装置は最大90秒燃焼を認めており，タンク抜き取り時は引火・発火温度であるため取説でも給油時消火と注意喚起をしていることより，必ずしもフルプルーフとは言えない。

#### ② 気密油タンク取り外し

##### シナリオ2

A：気密油タンク取り外し⇒B：燃料供給時の危険な動作-消火後残り火があるか，温度が十分に下がる前にタンクを取りはずす⇒C：本体の温度が灯油の引火・発火温度以上，取り外し時，ふた外れ・漏れ⇒D：気密油タンクの給油時消火装置は90秒以内に消火⇒E：給油時はストーブの温度が十分に下がっていることを確認，気密油タンクは，ストーブの天板の上を通過させない⇒F：評価・対策

対策1-気密油タンクは，石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度以下に下がるまでは取り外しできないことで，灯油漏れ引火・発火に対しては対策が可能。①と②はC列とD列が共通であることより，未消火時のタンク取り外し，及び気密油タンクの給油時消火装置に対する設計対策要求事項となる。

##### シナリオ3

A：気密油タンク取り外し⇒B：燃料供給時の危険な動-前回給油時の気密油タンクのふたの緩み・外れにより漏れた灯油に引火⇒C：ふたの緩み・斜め締め・外れによる灯油漏れ⇒D：気密油タンクの給油口ふたは，開閉状態が判別でき，閉まったことが音，目視又は感触で確認できなければいけない⇒E：ふたは正しく確実に閉める，音がするまで確実に閉める，カラーサインを確認，指で持ち上げ開かないことを確認⇒F：評価・対策

対策2-利用者の確認が不要な，給油後に給油口のふたが確実に閉められ，緩みが発生しない構造とすることで灯油漏れを防ぐ，引火・発火に対する設計対策要求事項。

##### シナリオ4

A：気密油タンク取り外し⇒B：燃料供給時の危険な動作-気密油タンクをぶつける・落とす⇒C：給油口変形による灯油漏れ⇒D：無⇒E：タンクをぶついたり落としたりしない⇒F：評価・対策

対策1-タンクをぶついたり落としたりすることを防止する事故対策機能は現実的ではない。気密油タンクは，石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度以下に下がるまでは取り外し

できないことで、灯油漏れ引火・発火に対しては対策が可能。シナリオ2と共通。

### ③ 給油

シナリオ5

A：給油 ➡ B：燃料供給時の危険な動作-ガソリン誤給油 ➡ C：ガソリン給油 ➡ D：無 ➡ E：ガソリンを給油しない ➡ F：評価・対策

対策検討無し。原理的にはガソリンと灯油の蒸気圧の相違から誤給油を自動識別できる可能性があるが、安全規格の要求事項への記載は見送られた。

### ④ 気密油タンクのふたを閉じる

シナリオ6, 7, 8

A：気密油タンクのふたを閉じる ➡ B：燃料供給時の危険な動作—ふたを正しく閉めない,ふたの緩み, ふたの閉め忘れ ➡ C：ふたの緩み・外れによる灯油漏れ ➡ D：気密油タンクの給油口ふたは, 開閉状態が判別でき, 閉まったことが音, 目視又は感触で確認できなければいけない ➡ E：ふたは正しく確実に閉める, 音がするまで確実に閉める, カラーサインを確認, 指で持ち上げ開かないことを確認 ➡ F：評価・対策

対策2—利用者の確認が不要な, 給油後に給油口のふたが確実に閉められ, 緩みが発生しない構造とすることで灯油漏れを防ぐ, 引火・発火に対する設計対策要求事項。シナリオ3の対策と同じ。

シナリオ9

A：気密油タンクのふたを閉じる ➡ B：燃料供給時の危険な動作—ふたに異物混入 ➡ C：口金の給油口に異物混入による灯油漏れ ➡ D：無 ➡ E：給油口の弁の部分にごみが挟まっている場合は取り除く, 砂やごみが付いたり, 入ったりしないように注意 ➡ F：評価・対策

対策1—気密油タンクは, 石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度以下に下がるまでは取り外しできないことで, 灯油漏れ引火・発火に対しては対策が可能。シナリオ2と共通。

### ⑤ 気密油タンク装着

シナリオ10

A：気密油タンク装着 ➡ B：燃料供給時の危険な動作—ふたからの灯油漏れに気付かず ➡ C：ふたの緩み・外れによる灯油漏れ ➡ D：気密油タンクの給油口ふたは, 開閉状態が判別でき, 閉まったことが音, 目視又は感触で確認できなければいけない ➡ E：給油口は確実に閉める, 給油口口金を下にして, 油漏れが無ことを確かめる, 正しくゆっくりセット ➡ F：評価・対策

対策2—利用者の確認が不要な, 給油後に給油口のふたが確実に閉められ, 緩みが発生しない構造とすることで灯油漏れを防ぐ, 引火・発火に対する設計対策要求事項。シナリオ3の対策と同じ。

### ⑥ 点火

シナリオ11

A：点火 ➡ B：消火時の危険な動作—消火後すぐ再点火 ➡ C：生ガスの発生による異常着火 ➡ D：無 ➡ E：消火後二分間は再点火しない ➡ F：評価・対策

対策1—気密油タンクは, 石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度以下に下がるまでは取り外しできないことで, 灯油漏れ引火・発火に対しては対策が可能。シナリオ2と共通。

タンク取り外し無し時の再点火の事故は防げないが、本シナリオでの事故例は無い。

#### シナリオ 12

A：点火 ➡ B：燃料供給時の危険な動作－ふたを正しく閉めない，ふたの緩み・閉め忘れ，灯油漏れに気付かず点火 ➡ C：ふたの緩みによる灯油漏れ ➡ D：気密油タンクの給油口ふたは，開閉状態が判別でき，閉まったことが音，目視又は感触で確認できなければいけない ➡ E：ふたは正しく確実に閉める，音がするまで確実に閉める，カラーサインを確認，指で持ち上げ開かないことを確認，こぼれた灯油は良くふき取る ➡ F：評価・対策

対策 2 利用者の確認が不要な，給油後に給油口のふたが確実に閉められ，緩みが発生しない構造とすることで灯油漏れを防ぐ，引火・発火に対する設計対策要求事項．シナリオ 3 の対策と同じ．

#### シナリオ 13

A：点火 ➡ B：初使用，しんの手入れ，交換時の灯油のしみこみ不足 ➡ C：赤熱不足，点火消火が出来ない ➡ D：無 ➡ E：給油してから 20 分間待つ ➡ F：評価・対策

燃焼が十分でないので引火・発火の事故例は無い．

石油ストーブの事例では，「事故プロセス点検マトリックス」を使うことで，灯油漏れについては操作の各フローである，②気密タンク取り外し，④気密油タンクのふたを閉じる，⑤気密油タンク装着，⑥点火の全てのステップで「事故への進展を止める点」において，対策 1：気密油タンクは，石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度以下に下がるまでは取り外しできない．シナリオ 2，4，9，11 に有効

対策 2：給油後に給油口のふたが確実に閉められ，緩みが発生しない．シナリオ 3，6，7，8，10，12 に有効，  
が得られた．

シナリオ 1，2 は灯油の漏れが無ければ，消火後残り火，余熱があっても事故には至らないため，対策 2 のみでも事故対策機能としては有効であるとも考えられる．しかしながら，本体の温度が石油の引火・発火温度以上である場合は危険状態であり，注意事項でも給油時は温度が下がっていることを求めていること，対策 2 ではシナリオ 4 と 9 への対応ができないことより対策 1 と対策 2 の双方を設計対策として検討する必要があることを示している．従って，灯油漏れ事故への設計対策は「気密油タンクは，石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度以下に下がるまでは取り外しできず，給油後に給油口のふたが確実に閉められ，緩みが発生しない」フルプルーフな事故対策機能が，シナリオ 2，3，4，6，7，8，9，10，11，12 に対して有効であることが示された．事故プロセス点検マップは，3 章の分析と同じ結果が得られたが，操作のフロー，事故シナリオに網羅性があり，より詳細に「体系的」に検討ができる点は大きな特徴である．

#### 4.5.4 事故削減効果の定量評価方法

4.5.3 の結果によると，灯油漏れ・ガソリン誤給油事故の「事故プロセス点検マトリックス」のフルプルーフ観点での評価・設計対策は，事故シナリオ 2，3，4，6，8，9，10，11，12 に対して有効である．この結果をもとに，3 章の表：2000 年から 2017 年までの灯油暖房機による灯油漏れ火災事故の分析結果の各事故の数値（割合）を関連付けることで，事故削減効果を定量的に示すことができる．

## 4.6 本章のまとめ

4章では、3章で対象とした石油ストーブの灯油漏れに限定されない、一覧性のあるマトリックス形式に整備することで、より広くフルプルーフ対策を立案し、事故削減効果の評価を行うために適用できる一般性のある方法論として適用領域を広げる工夫を行った。

- ① フロー形式の表からマトリックス形式の表とすることで、事故に関連する全ての操作フローのそれぞれのステップで、事故に至るシーケンス（操作、不安全行動・「誤使用・不注意な使い方」、危険状態・「事故への進展を止める点」）、関連安全規格要求事項・事故対策機能、取説記載の注意事項などの情報を検討することで、より漏れなく「体系的」に記載できるようにした。
- ② 評価者の習熟度・品目の種類に関わらず、共通の手順と評価手法を実施できるように、「事故プロセス点検マトリックス作成フロー」を作成し、「事故プロセス点検マトリックス」の作成のための手引とした。
- ③ 調理・暖房・給湯機器に幅広く適用できるように、事故の種類並びに不安全行動を、事故データベースより抽出したキーワードをもとに作成し、「体系的」に分類・定義した。

以上より、「実践的な」方法論として特定の品目の特定の事故に限定されない、より一般性、体系性を高めた一覧性のあるマトリックス形式を用い、適用領域を広げフルプルーフ対策を立案し、事故削減効果の評価を行うための「体系的かつ実践的な」方法論として「事故プロセス点検マトリックス」の提案を行った。

この提案が、3章で用いた方法論と同じ結果をもたらすものであることを確認するため、3章の石油ストーブの例を用いて、実際に「事故プロセス点検マトリックス」を使い、3章の結果と同じ結果が得られることを確認した。

本章の最後に、製品メーカーで活用されている、FTA（Fault Tree Analysis：故障の木解析）、ETA（Event Tree Analysis：事象の木解析）との違いについて補足説明する。「経済産業省のリスクアセスメント・ハンドブック実務編」<sup>147)</sup>によると、FTAとは、トップ事象に重大事故を置いて、関連要因をANDとORの論理記号でつなぐ。重大事故に至るプロセスを一度に表すことができる手法であると説明している。ETAとは、事故原因となる初期事象が、製品やシステムの不具合（最終事象）に拡大していく過程を解明する手法で、初期事象となる部品の故障や人の行動がハザードとして扱える。また、拡大プロセス中の部品の故障や人の行動も不具合発生の条件になる。製品関連ハザードの特定というよりも、危害シナリオを抽出する手法であると説明している。本研究の提案する方法論も、FTA、ETAも、プロセス、事故シナリオを系統的に洗い出す手法であるという点で同様であるが、FTA、ETAがツリー構造であることに対して、「事故プロセス点検マトリックス」は、マトリックス形式の表と表現形式が異なることに加え、本提案手法は、事故に関連する全ての操作フローのそれぞれのステップで、事故に至るシーケンスに加え、関連安全規格要求事項・事故対策機能、取説記載の注意事項などの情報を総合的に記述していくため、より多くの要素を考慮に入れた分析を行うことが可能である。

## 5章 フールプルーフ対策に期待される役割

### －調理・暖房・給湯機器を対象に－

#### 5.1 本章の目的

4章では、「事故プロセス点検マトリックス」として、より一覧性のあるマトリックス形式に整備することにより、フールプルーフ対策立案、及び事故削減効果評価のための「体系的かつ実践的」な方法論の適用領域を更に広げる工夫を行った。また、評価者の習熟度・品目の種類に関わらず、共通の手順と評価手法を実施できるように、「事故プロセス点検マトリックス作成フロー」を作成し、「事故プロセス点検マトリックス」の作成のための手引きも併せて提案した。

5章では、対象を消防統計（2021年）の火元出火原因となった調理・暖房・給湯機器18品目に拡大し、NITEの事故情報データベース<sup>133)</sup>より、2000年から2020年の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」により発生した事故2,319件の事故を対象とする。その上で、4章で提案した「事故プロセス点検マトリックス」を用い、まだ規格化されていないが、類似の品目並びに市販製品にも実装例がある実行可能なフールプルーフ設計に基づく事故対策を示し、対象となる品目の事故の削減効果を評価することで、「事故プロセス点検マトリックス」が幅広い製品に有効であることと、フールプルーフ設計による事故対策が期待できる領域について示す。

#### 5.2 製品別の事故対策機能の現状と事故削減効果

対象とした18品目のデータから各々の品目の事故件数と、合計2,319件に占める品目別割合、表16の分類に基づく事故の種類別の事故件数とその割合並びに、表18に記載された各々の事故に関連する実装事故対策機能と対策効果を表20に整理する。ガスこんろと石油ストーブの事故削減効果については、第2章、第3章の結果を使用する。

第2章では、ガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブを対象とし、NITEの2000年から2014年の1,704件の事故データベースの個票の「事故原因」と「事故通知内容」を読み込み、「事故の種類」と「誤使用・不注意な使い方」に分類し、各々の事故対策機能搭載前後の事故件数より、事故削減効果を示した。ガスこんろの事故は808件で、フールプルーフ設計によるSiセンサー<sup>134)</sup>を搭載することで、使用時の危険な動作と未消火による加熱が原因の事故である天ぷら油引火・発火は42分の1に減少し、食品引火・発火、加熱空焚きの事故は発生していないことを示した。

第3章では、事故対策機能の効果が十分とは言えない石油ストーブについて、NITEの2000年から2017年の252件の灯油漏れ事故データベースの個票の「事故原因」と「事故通知内容」を読み込み、事故に至った要因を分類・集計し、事故に至るシーケンスを検討し「事故への進展を止める点」を示した。その上で、「石油ストーブの灯油漏れ火災事故削減には、気密油タンクは、石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度未満になるまで取り外しができず、かつ給油後に給油口のふたが確実に閉められ、緩みが発生しないフールプルーフ構造」を規



格要求事項とした上で，具体的な事故対策機能の例を示し，灯油漏れ事故の 66%が防げることを示した。

なお，分析の手法については，2 章，3 章と同様に NITE の事故情報データベース<sup>133)</sup>を用い，4.2 節の手順に従って分析を行った。

表 20 18 品目の事故の実態と実装事故対策機能の事故対策効果

品目別事故 件数・割合	主な事故の種類	数	内訳	事故対策機能	事故対策効果 (搭載時)
ガスこんろ 864 件 (37%) 注：事故対 策効果は先 行研究より 引用	天ぷら油引火・発火	440	51%	調理油過熱防止装置 ( Si センサー)	42 分の 1 に削減 3 分の 1 に削減
	グリル内引火・発火	139	16%	グリル過熱防止装置, グリル消し忘 れ消火装置*** ( Si センサー)	
	可燃物引火・発火	101	12%	無	事故の発生無し
	金属物過熱発火	71	8%	消し忘れ消火機能*** ( Si センサー)	事故の発生無し
	加熱空焼き	35	4%	消し忘れ消火機能*** ( Si センサー)	事故の発生無し
	食品引火・発火	29	3%	焦げ付き消火機能*** ( Si センサー)	搭載不明
ガス・灯油漏れ	19	2%	立ち消え防止装置	非搭載又は不明	
一酸化炭素中毒	4	0%	無		
石油 ストーブ 717 件 (31%) 注： 事故対策効 果は先行研 究より引用	ガス・灯油漏れ	269	38%	ワンタッチ式給油タンク, 気密油タ ンクの給油時消火装置	6 分の 1 まで削減。「気 密油タンクは, 製品の 温度が灯油の引火・発 火温度未満になるまで 取り外しができず, か つ給油後にふたが确实 に閉められ, ゆるみが 発生しないフルプ ーフ構造」で 66% の事 故削減が可能と推定。
	可燃物引火・発火	162	23%	無	
	洗濯物引火・発火	128	18%	無	
	ガソリン誤給油	85	12%	無	
一酸化炭素中毒	3	0%	無		
カセット こんろ 57 件 (3%)	ガス・灯油漏れ	19	33%	誤装着防止 (マグネット式・ブラケ ット式**), 立ち消え安全装置*	無理な装着が原因, マ グネット式の事故無し 装置有の事故例は無し 輻射熱・直接過熱には 非対応
	ボンベ加熱爆発	16	28%	圧力感知安全装置, 過熱防止装置	
	可燃物引火・発火	13	23%	無	
	天ぷら油引火・発火	5	9%	無	
	金属物加熱発火	2	4%	無	
	加熱空焼き	1	2%	無	
	食品引火・発火	1	2%	無	
石油こんろ 30 件 (2%)	可燃物引火・発火	7	23%	無	該当事事故対機能無し
	食品引火・発火	4	13%	無	
	加熱空焼き	4	13%	無	
	洗濯物引火・発火	3	10%	無	
	ガス・灯油漏れ	3	10%	無	
電気こんろ /40 件 (2%)	可燃物引火・発火	27	68%	無	該当事事故対機能無し
	空焼き	4	10%	無	
	天ぷら油引火・発火	3	8%	無	
IH・電磁 調理器 15 件 (1%)	天ぷら油引火・発火	8	53%	Si センサー同等	鍋底が平らでない, 油 が温度検出量以下, 汚 れなど機能の動作外の 事故が発生
	グリル内引火・発火	1	7%	Si センサー同等	
	金属物加熱引火	1	7%	Si センサー同等	
ガス オープン 1 件 (0%)	ガス・灯油漏れ	1	100%	立ち消え安全装置	機能の動作は不明
電気 トースター 2 件 (0%)	食品引火・発火	1	50%	手動復帰形温度過昇防止装置	機能の有効範囲外の事 故 (炭化, 火傷など)
	その他	1	50%		
電気 オープン トースター 15 件 (1%)	庫内発火	12	80%	温度自動調節器, 温度過昇防止装置	機能の有効範囲外の事 故 (長時間の加熱)
電子レンジ 52 件 (2%)	庫内発火	29	56%	温度自動調節器, 温度過昇防止装置	機能の有効範囲外
	食品発火	7	13%	無	
	金属物加熱発火	4	8%	無	
ガス ストーブ 16 件 (1%)	ガス・灯油漏れ	8	50%	立ち消え安全装置	ガス漏れ：不適切なガ ス管, ガス管外れ, コ ンセント未接続, 対策 機能なし
	可燃物引火・発火	5	31%	無	
	洗濯物引火・発火	3	19%	無	
	一酸化炭素中毒	1	6%	不完全燃焼防止装置	
電気 ストーブ 220 件 (10%)	可燃物引火・発火	176	80%	シャットオフセンサー**	接触防止の網に設置さ れた赤外線センサーを 遮ると, 電源を停止す る機能
	洗濯物引火・発火	24	11%	シャットオフセンサー**	
	漏電	15	7%	無	

品目別事故 件数・割合	主な事故の種類	数	内訳	事故対策機能	事故対策効果
ガス ファン ヒーター、 件 (0%)	ガス・灯油漏れ	3	100%	立ち消え安全装置	不適切なガス管，コ ンセント未接続，対 策機能不明
石油 ファン ヒーター 86件 (4%)	ガス・灯油漏れ	30	35%	ワンタッチ式給油タンク**，気密油タ ンクの給油時消火装置	石油ストーブと同様 の効果
	ガソリン誤給油	24	28%	無	
	可燃物引火・発火	19	22%	無	
	一酸化炭素中毒	1	1%	不完全燃焼防止装置	
電気 ファン ヒーター 8件 (0%)	可燃物引火・発火	3	38%	無	該当事事故対策機能無し
	漏電	2	25%	無	
電気 こたつ 27件 (1%)	可燃物引火・発火	14	52%	無	該当事事故対策機能無し
	漏電	9	33%	無	
ガス給湯器 ・ふろがま 39件 (2%)	ガス・灯油漏れ	16	41%	立ち消え防止装置	機能搭載の有無 が不明
	加熱空焚き	7	18%	空焚き防止装置	
	一酸化炭素中毒	5	13%	不完全延焼防止装置	煤などが原因の換気 不足
石油給湯器 ・ふろがま 127件 (6%)	可燃物引火・発火	52	41%	無	機能搭載の有無 が不明
	加熱空焚き	34	27%	空焚き防止装置	

注：事故対策機能の種類 \*任意，\*\*独自，\*\*\*業界

(出典：NITE 事故情報データベース，JIS 規格)

### 5.3 製品別に見たフルプルーフ対策の適用可能領域

#### 5.3.1 事故の種類と不安全行動による事故に有効な事故対策機能

規格で要求されたか，2章，3章で効果が示されたか，規格化されていないが市販製品にも実装例があるフルプルーフ設計に基づく事故対策機能搭載の現状を把握し，他の製品への適用可能性を検討するために，表20の情報を基に，事故の種類と事故が発生した品目，NITEの個票より抽出された事故の原因となった不安全行動と，それぞれの事故に有効な事故対策機能を表21に集約した。

#### 5.3.2 事故件数と割合

表20に整理した各々の品目の事故件数と全事故に占める割合を以下に示す。

品目別の事故件数は，ガスこんろ（864件，37%），石油ストーブ（717件，31%），電気ストーブ（220件，10%）と，上位3品目合計で1,801件と全体の78%を占めた。続いて，石油給湯器・ふろがま（127件，6%），石油ファンヒータ（86件，4%），カセットこんろ（57件，3%）で，上位6品目で全体の2,319件中91%を占めた。

#### 5.3.3 品目別の事故の種類と不安全行動

表20，21で整理した各品目の事故の種類と構成比，事故の原因となった不安全行動と該当

する JIS 規格と事故対策機能を整理する。その上で、共通する事故の要因を検討し、事故削減が期待できる事故対策機能が適用できる品目を示す。

## ① こんろ

ガスこんろの主な事故は、天ぷら油引火・発火（51%）、グリル内引火・発火（16%）、可燃物引火・発火（12%）、金属物加熱発火（8%）、加熱空焚き（4%）であった。これらの事故は、可燃物引火・発火を除き、使用時の危険な動作、未消火により加熱が続き、てんぷら油、食品、調理器具が過熱し発生した。第 2 章の結果では、JIS S 2103:2019<sup>108)</sup>の要求事項に基づく調理油過熱防止装置、並びに業界追加規格である消し忘れ装置を含む、フルプルーフ設計による Si センサー<sup>134)</sup>搭載により過熱を防止し、天ぷら油引火・発火事故は 42 分の 1 に、グリル内引火・発火は 3 分の 1 に削減され、加熱空焚きは発生していない。一酸化炭素中毒（0.5%）の事故件数は少ない。

カセットこんろの主な事故であるガス・灯油漏れ（33%）は、燃料・電源供給時の危険な動作である無理なボンベ取付け、点火ミス、ボンベのガス抜き時に発生した。無理なボンベ取付けに対しては、JIS S 2147:2017<sup>109)</sup>に基づく、マグネット式・ブランケット式誤装着防止が搭載されているが、マグネット式<sup>148)</sup>での事故例は NITE の事故報告書では無い。ボンベ加熱爆発（28%）は、使用時の危険な動作、大型鍋などの輻射熱、他機器によるボンベへの直接加熱によりボンベが過熱し発生した。事故対策として、JIS S 2147:2017<sup>109)</sup>に基づく過熱爆発対策の圧力感知安全装置、過熱防止装置が搭載されているが、上記の事故には有効でない。天ぷら油引火・発火（9%）は、ガスこんろと同様、使用時の危険な動作、未消火時による加熱が続き、てんぷら油が過熱し発生した。

石油こんろの主な事故である可燃物引火・発火（23%）、食品引火・発火（13%）、加熱空焚き（13%）、洗濯物引火・発火（10%）は、使用時の危険な動作、未消火による炎との接触、輻射熱、過熱により発生した。ガス・灯油漏れ（10%）は、燃料・電源供給時の危険な動作、点火時の危険な動作により発生した。灯油漏れ対策として、JIS S 2016:2009<sup>111)</sup>、JIS S 3030:2009<sup>112)</sup>に基づく気密油タンクの給油時消火装置が要求されているが、市販の製品はタンク一体型が主流であるため、本機能は搭載されない。

電気こんろの主な事故である可燃物引火・発火（68%）、空焚き（10%）、天ぷら油引火・発火・火災（8%）は、使用時の危険な動作、未消火による熱電部への接触、輻射熱、過熱により発生した。JIS C 9335-2-6<sup>110)</sup>に基づく事故対策機能は無い。

IH・電磁調理器の主な事故である天ぷら油引火・発火（53%）、グリル内引火・発火（7%）、金属物加熱引火・発火（7%）は、使用時の危険な動作による加熱が続き、てんぷら油、食品、調理器具が過熱し発生した。JIS C9335-2-6<sup>110)</sup>は、「温度制御装置は、油の温度が 180°C±4°C に達するまで最大設定にし、その後、この温度を保つように調整する」ことを要求している。事故対策機能として、ガスこんろの Si センサーと同様の機能<sup>149,150)</sup>が搭載されており、機能の正常動作条件内の事故は発生していない。

こんろ類のてんぷら油引火・発火、グリル内引火・発火、金属物加熱発火、加熱空焚きは、使用時の危険な動作と未消火により加熱が続き、てんぷら油、食品、調理器具が過熱し発生した。表 21 で整理した通り、これらの事故の原因となった不安全行動と事故の原因は、ガスこんろ、IH・電磁調理器と、カセットこんろに共通している。そこでフルプルーフ設計で

ある Si センサーと同等の機能をカセットこんろに適用することで、事故削減の余地があると考えられ、他の事故も含めて 5.4.1 項で更に分析を進める。

## ② トースター，オーブン

ガスオーブンの事故は、ガス・灯油漏れ 1 件のみで、器具栓の閉め忘れによる。JIS S 2103:2019<sup>108)</sup>の要求事項である立ち消え防止装置の有無は不明であった。

電気トースターの事故は、使用時の危険な動作である、炭化による食品引火・発火と、高温部への接触による火傷の 2 件であった。これらは、JIS C 9207:1993<sup>113)</sup>に基づく温度自動調節器、自動復帰形温度過昇防止装置の機能の対象外の事故であった。

電気オーブントースターの主な事故である庫内発火（80%）は、使用時の危険な動作で、長時間の加熱により食品などが過熱し発生した、これらは、JIS C 9207:1993<sup>113)</sup>、JIS C 9206:1994<sup>114)</sup>に基づく温度自動調節器、自動復帰形温度過昇防止装置の機能の対象外の事故であった。

電子レンジの主な事故である庫内発火（56%）、食品発火（13%）は、使用時の危険な動作である汚れ・炭化物への加熱により発生した。庫内の金属の加熱・引火・発火（8%）は、混入した金属が電磁波でスパークし発生した。これらは、JIS C 9250:1992<sup>115)</sup>、C 9335-2-25:2019<sup>116)</sup>に基づく温度自動調節器、温度過昇防止装置の対象外の事故であった。

トースター、オーブンの庫内発火は、使用時の危険な動作である汚れ、炭化、長時間の食品への加熱、金属が電磁波でスパークするなどが原因で発生した。現時点では事故低減を図る余地が無いことより、更なる分析は行わない。

## ③ ガスストーブ，ガスファンヒータ

ガスストーブ、ガスファンヒータの主な事故であるガス・灯油漏れ、（各々50%、100%）は、燃料・電源供給時の危険な動作である事故対策機能のない不適切なゴム管使用、ガス管外れ、ガスコンセントに未接続、壁側のコンセントが原因のガス漏れ時に点火することで発生し本体起因の事故ではない。JIS S 2146:2013<sup>127)</sup>は、ガスコードのガス機器側コンセントに、ガスが漏れないことを要求している。本体からのガス・灯油漏れ事故は2件で、スイッチの不完全な閉じ方で、JIS S 2122:2019<sup>117)</sup>の要求事項である立ち消え防止装置の対象であるが1件は非搭載であった。現時点では事故低減を図る余地が無いことより、更なる分析は行わない。なお、一酸化炭素中毒(5%)の事故件数は 1 件と少なく、換気不足が原因で、不完全燃焼防止装置が対策機能であるが、搭載は不明である。

## ④ 電気ストーブ，電気ファンヒータ

電気ストーブの主な事故である可燃物引火・発火（80%）、洗濯物引火・発火（11%）は、点火・電源投入時の危険な動作、使用時の危険な動作、未消火時に、電気ストーブ全面の接触防止金網に可燃物や洗濯物が接触、近接することにより発生した。JIS C 9202:1990<sup>118)</sup>は、関連する事故対策機能を要求していない。一方、可燃物や洗濯物が接触した時に電源を停止させるフルプルーフ設計である「シャットオフセンサー」<sup>135)</sup>を搭載した製品が販売されている。

電気ファンヒータの主な事故である可燃物引火・発火（38%）は、点火・電源投入時の危険な動作、使用時の危険な動作、未消火時に、可燃物が本体に接触・近接することにより発生した。JIS C 9335-2-30:2017<sup>146)</sup>は、対応する事故対策機能を要求していない。

電気ストーブと電気ファンヒータは、点火・電源投入時の危険な動作、使用時の危険な動作、未消火時に可燃物・洗濯物が本体に接触・近接することにより、引火・発火（各々91%、38%）が発生した。個社の独自の機能であるフルプーフ設計であるシャットオフセンサーは、これらの事故に有効であると考えられる。表 21 によると、これらの事故の原因となった不安全行動と事故の原因は、電気ストーブと電気ファンヒータに共通している。そこでフルプーフ設計であるシャットオフセンサー<sup>135)</sup>を適用することで事故削減の余地があると考えられ、事故件数の多い電気ストーブについて 5.4.2 項で更に分析を進める。

#### ⑤ 石油ストーブ、石油ファンヒータ

石油ストーブの主な事故であるガス・灯油漏れ火災事故（38%）は、燃料・電源供給時の危険な動作である、気密油タンクの給油口ふたの閉め忘れ・不十分な閉め方が原因で漏れた灯油が熱源と接触し引火・発火したことで発生した。2章で述べた通り JIS S 3030:2009<sup>112)</sup>、JIS S 2019:2009<sup>119)</sup>に基づく気密油タンクの給油時消火装置及び、「気密油タンクの給油口蓋は、開閉状態が判別でき、閉まったことが音、目視又は感触で確認できなければいけない」ことを要求しているが、給油口のふたが閉まったことを人が確認するため、必ずしもフルプーフ設計として機能していない。そこで、第3章では、追加のフルプーフ設計を適用することで、66%の事故を防ぐことが期待できることを示した。なお、一酸化炭素中毒(0.4%)の事故件数は少なく換気不足が原因であった。

石油ファンヒータの主な事故であるガス・灯油漏れ火災事故（35%）は、石油ストーブと同様に、燃料・電源供給時の危険な動作である気密油タンクの給油口ふたの閉め忘れ、不十分な閉め方が原因で漏れた灯油が熱源と接触し、引火・発火したことで発生した。該当する JIS S 3030:2009<sup>112)</sup>、JIS S 2036:2009<sup>120)</sup>に基づき石油ストーブと同じ事故対策機能が搭載されているが、石油ストーブと同様にフルプーフ設計では無い。

石油ストーブと石油ファンヒータのガス・灯油漏れ火災事故は、燃料・電源供給時の危険な動作である、気密油タンクの給油口ふたの閉め忘れ、不十分な閉め方が原因で漏れた灯油が熱源と接触し引火・発火したことで発生した。これらの事故の原因となった不安全行動と事故の原因は、石油ストーブと石油ファンヒータに共通している。そこで石油ストーブの追加のフルプーフ設計を適用することで、石油ファンヒータの事故削減の余地があると考えられ、5.4.3 項で更に分析を進める。なお、一酸化炭素中毒(1%)の事故件数は少なく、換気不足が原因であり、不完全燃焼防止装置の有無は不明であった。

#### ⑥ 電気こたつ

電気こたつの主な事故である可燃物発火（52%）は、点火・電源投入時の危険な動作、使用時の危険な動作、未消火時に、可燃物が熱源に接触・近接したことで発生した。JIS C 9209:2007<sup>121)</sup>に基づく事故対策機能は無い。こたつの熱源と可燃物の接触・近接を止めることは製品の暖房機能と矛盾するので更なる分析は行わない。

#### ⑦ 給湯器・ふろがま

ガス給湯器・ふろがまの主な事故である、ガス・灯油漏れ（41%）、空焚き（18%）に対し、JIS S 2109:2019<sup>122)</sup>、S 2112:2019<sup>123)</sup>に基づく立ち消え安全装置、空焚き防止装置が搭載されている。なお、一酸化炭素中毒（13%）の事故件数は他に比べて比較的多く、事故対策機

能の不完全燃焼防止装置の搭載があるものも1件あったが、熱交換器、混合菅の目詰まり、さび、煤などの付着、換気不足が原因であった。

石油給湯器・ふろがまの主な事故である、可燃物引火・発火（41%）、空焚き（27%）に対し、JIS S 3018:2009<sup>124)</sup>、S 3024:2017<sup>125)</sup>、S 3027:2017<sup>126)</sup>に基づく、空焚き防止装置が搭載されている。

給湯器・ふろがまについては、NITEの事故情報データベース<sup>133)</sup>の事故の状況の記載や、使用年数も不明な点が多いことより、本研究では更なる分析は行わない。

表 21 18品目の事故の種類、不安全行動と該当するフルプルーフ設計による事故対策機能

事故の種類	事故が発生した品目	不安全行動と該当するフルプルーフ設計による事故対策機能			
		燃料・電源供給時の危険な動作	点火・電源投入時の危険な動作	使用時の危険な動作	未消火
てんぷら油引火・発火-①	ガスこんろ-①,②,③,④,⑤	-	-	ガスこんろ: Siセンサー***	-
グリル内引火・発火-②	カセットこんろ-①,③,④,⑤	-	-	IH・電磁調理器: Siセンサーと同等***	-
加熱空焚き-③	電気こんろ-①,③	-	-	-	-
金属物加熱引火・発火-④	石油こんろ-③,⑤	-	-	-	-
食品引火・発火-⑤	IH・電磁調理器-①,②,④	-	-	-	-
加熱空焚き	ガス給湯器・ふろがま 石油給湯器・ふろがま こんろ(ガス, カセット, 石油, 電気), IH・電磁調理器, ストープ(ガス, 石油, 電気), ファンヒータ(石油, 電気), 電気こたつ, 石油給湯器・ふろがま	-	-	ガス給湯器・ふろがま, 及び石油給湯器・ふろがま: 空焚き防止装置 電気ストープ: シャットオフセンサー**	-
可燃物引火・発火 又は 洗濯物引火・発火	石油こんろ 石油ストーブ 石油ファンヒータ	-	-	-	-
ガス・灯油漏れ	石油こんろ 石油ストーブ 石油ファンヒータ	-	-	石油ストーブの灯油漏れ火災事故削減には、気密油タンクは、石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度未満になるまで取り外しができず、かつ給油後に給油口のふたが確実に閉められ、緩みが発生しない	-
ボンベ加熱爆発	カセットこんろ	-	-	圧力感知安全装置, 加熱防止装置,	-
ガス・灯油漏れ	ガス機器(こんろ類, オープン, ストープ, ファンヒータ, 給湯器)	カセットこんろ: マグネット式誤装着防止**	ガス機器: 立ち消え防止装置* (注: カセットこんろは任意)	-	-

注: 事故対策機能の種類 \*任意, \*\*独自, \*\*\*業界

(出典: NITE 事故情報データベース, JIS 規格)

## 5.4. フールプルーフ対策の検討

5.3.3 で対象として更に検討を進めるとした、カセットこんろ、電気ストーブ、石油ファンヒータの事故について、各品目の事故の種類、機器の状態、不安全行動、事故に至る要因、事故直前の状態、事故原因などの要素を分類・分析し、追加の事故対策機能の検討を行う。まず、抽出された品目の事故の原因分析をもとに事故に至るシーケンスを整理分類し、事故に至るシナリオと「事故への進展を止める点」を明らかにする。その上で、他の製品において、関係 JIS 規格で規定されている、先行研究で事故対策の有効性が示されている、いまだ規格化されていないが市販製品にも実装例があるのいずれかの実行可能なフールプルーフ設計に基づく事故対策を示し、事故の削減効果を評価する。

具体的には、下記の手順で評価を進める。

- ① NITE の事故情報データベース<sup>133)</sup>をもとに、品目毎に事故の種類、不安全行動、事故の原因を明らかにし、事故に至るシーケンス別に分類・集計し定量的に整理する。
- ② 得られたデータを「事故プロセス点検マトリックス」を用い、2 章、3 章の結果並びに、表 21 で整理された任意の事故対策機能や、他の市販の製品に実装されている有効性が示されたフールプルーフ設計の事故対策機能の適用を検討する。
- ③ 得られた結果にもとづき、事故削減効果について評価する。

### 5.4.1 カセットこんろの事故

57 件の事故に至るシーケンスを表 22 に分類・集計し、事故の原因を整理する。その上で、表 23 の「事故プロセス点検マトリックス」に展開する。「事故プロセス点検マトリックス」で事故対策が可能な事故を抽出し、事故対策機能を表 24 に整理する。

表 22 の事故の中で、ガスこんろと同種類の事故で、第 2 章で Si センサー<sup>134)</sup>により、事故対策効果が示されたものは、天ぷら油引火・発火、食品発火、加熱空焚きであった。カセットこんろ固有の事故はガス漏れ、ボンベ加熱爆発であった。

①の天ぷら油引火・発火の事故に至る事故シナリオは、「調理中、天ぷら油を加熱中、未消火で放置・外出し、加熱が続き、油が過熱し、引火・発火点に達し出火に至った」であった。「事故への進展を止める点」は、てんぷら油の温度が引火・発火点に達する前である（5 件）。②～⑥までの、食品発火、可燃物引火は炎と食品・可燃物が接触することにより発生している（14 件）。⑦、⑧の金属物加熱発火、加熱空焚きによる事故に至るシナリオは、「調理・湯沸かし中、未消火で放置・外出し、加熱が続き、鍋・湯沸かし器が過熱し、輻射熱により可燃物が過熱し出火に至った」であった。「事故への進展を止める点」は、調理器具が過熱する前である（3 件）。⑨のガス・灯油漏れ事故の事故に至るシナリオは、「ボンベ装着時、無理なボンベの取付け（本体の爪がボンベの切り欠きに填っていないときに無理に装着）、ガス漏れが発生し点火、漏れたガスに引火し出火、またはガス漏洩が継続した」であった。「事故への進展を止める点」は、ガス漏れの原因となった、無理なボンベ取り付けである（10 件）。該当規格である JIS S 2147:2017<sup>109)</sup>は、ガス漏れ対策として、容器装着安全装置により「ガスボンベの容器の位置を適正な位置からずらした状態で、容器の装着操作を行い、操作つまみの中央に 150N の力を 3 秒加え、容器の装着ができない」ことを要求してい



る。NITE の個票の「事故通知内容」によると、製品に搭載されているブランケット装着方式でないマグネット式の装着方式での事故は発生していない。⑩のガス・灯油漏れ事故の事故に至るシナリオは、「点火時、点火ミスが発生し、ガス漏れが発生したが再度点火、漏れたガスに点火かガスと火気が接触して引火が発生した」であった。「事故への進展を止める点」は、点火ミス時のガス漏れである（1件）。JIS S 2147:2017<sup>109)</sup>は、ガスこんろと異なり、フルプルーフ設計である立ち消え安全装置を要求しておらず、筆者の調査によると、2022年12月時点では、搭載機器は3機種と限定的であった。

以上より、「事故への進展を止める点」と有効な事故対策機能はそれぞれ、①の油温が引火・発火点に達する、および⑦、⑧の、調理機器の過熱に対する Si センサー、⑨の無理なボンベの取り付けによるガス漏れに対するマグネット誤装着防止、⑩の点火時ミスによるガス漏れに対する立ち消え防止装置であると考えられる。

表 23 の、「事故プロセス点検マトリックス」により検討され、表 24 に展開された、①の天ぷら油引火・発火の「事故への進展を止める点」は、てんぷら油が過熱し温度が引火・発火点に達する、⑦、⑧の金属物加熱発火、加熱空焚きについては、調理器具が過熱する前である。2章では、ガスこんろに、Si センサーを搭載することで、天ぷら油引火・発火は42分の1に削減され、食品引火・発火、加熱空焚きの事故は発生しないことを示した。Si センサーは、過熱前に燃焼を止めるフルプルーフ設計に基づく機能であり、①の5件の事故（42分の1に削減）、⑦、⑧の3件の事故の合計、約8件の事故を防ぐことが期待できる。また、⑨、⑩のガス・灯油漏れ事故の「事故への進展を止める点」は、⑨の10件のガス漏れを引き起こす無理なボンベ取り付けと、⑩の1件の点火ミス時のガス漏れであった。⑨は、事故例の無いマグネット式装着方式を搭載することで、無理な取り付けを防止し、⑩は、立ち消え防止装置を搭載し点火時に火がつかないときは、ガスの流出を止めることで11件の事故を防ぐことが期待できる。

JIS S2147:2017<sup>109)</sup>の要求事項として Si センサー、マグネット式装着方式、立ち消え防止装置を追加し、製品に搭載することで、57件の事故全体の内、約19件（33.3%）を防ぐことが期待できる。

表 22 60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」によるカセットガスコンロとカセットボンベの事故 57 件の原因分析 (2000 年～2020 年)

事故の種類	機器の状態	不安全行動	事故に至る要因	事故直前の状態	事故原因	対策余地	件数	番号
てんぷら油 引火・発火 5 件	調理中	未消火, 放置	炎・てんぷら油 が過熱	引火点・発火点 に達する	引火・ 発火	有	5	①
	調理中	未消火, 外出	炎・てんぷら油 が過熱	引火点・発火点 に達する	引火・ 発火	有		
食品発火 1 件	調理中	未消火, 放置	炎・食品を加熱 /網焼	引火点・発火点 に達する	引火・ 発火	無	1	②
可燃物引火 ・発火 13 件	調理中	使用時の 危険な動作	可燃物が近接	炎と接触	引火	無	4	③
		未消火, 放置	可燃物が近接	炎と接触	引火	無	4	④
		未消火, 就寝	可燃物が近接	炎と接触 , 輻射熱	引火・ 発火	無	3	⑤
		その他	可燃物が近接	炎と接触 , 輻射熱	引火・ 発火	無	2	⑥
金属物加熱 発火 2 件	調理中	未消火, 外出	鍋が過熱	輻射熱で 可燃物過熱	発火	有	2	⑦
加熱空焚き 1 件	調理中	未消火, 放置	湯沸し機が過熱	輻射熱で 可燃物過熱	発火	有	1	⑧
ガス・灯油 漏れ 19 件	ボンベ 装着	燃料供給 時の危険 な動作 (無理な ボンベ取 り付け)	ガス漏洩	ガスに点火 ガス流出	引火 漏洩	有	10	⑨
		点火時	点火時の 危険な 動作 (点火ミス)	ガス漏洩	ガスに点火, 火気が接触	引火		
	ボンベ 取り外し (廃棄)	燃料廃棄 (ガス抜き)	ガス漏洩	ガスに火気が 接触	引火	無	8	⑪
ボンベ加熱 ・爆発 16 件	調理中	使用時の 危険な 動作	大型鍋が過熱	輻射熱で ボンベ過熱	ボンベ 爆発	無	2	⑫
			可燃物が近接	可燃物引火 ・発火	ボンベ 爆発	無	1	⑬
		未消火, 放置	鍋が過熱	輻射熱で ボンベ過熱	ボンベ 爆発	無	1	⑭
		その他	本体・ボンベが 過熱	輻射熱で ボンベ過熱	ボンベ 爆発	無	12	⑮

(出典：NITE 事故情報データベース)

表 23 カセットガスこんろ「事故プロセス点検マトリックス」

A 列	B 列	C 列	D 列	E 列	F 列
操作	不安全行動 誤使用・不注意 な使い方	危険状態・ 事故への進展を 止める点	関連安全規格 要求事項・ 事故対策機能	取説記載の 注意事項	フルプルーフ 観点での評価・ 設計対策
ガス漏れ					
ボンベ 装着 点火	燃料供給時の危 険な動作： 無理なボンベ取 り付け	ガス漏洩 ボンベ装着時に 漏れたガスに点 火	誤装着防止（マ グネット式・ブ ラケット式**）	ボンベは確実に装着 しないと火災の原因 となる	マグネット式 での事故例は無 く、変形は無理 な力がかかるブ ラケット式と 推定、対策：マ グネット式誤装 着防止
点火	点火時の危険な 動作： 点火ミス	ガス漏洩、再点 火	立ち消え安全 装置*	一度点火しなかつた 場合は引火に注意	対策：立ち消 え防止装置
ボンベ 廃棄	燃料廃棄： ガス抜き	漏れたガスに火 気接触	無	野外の風通しの良い 場所で、周囲に火の 気がなことを確認し ガスを出す、穴あけ 後ガスがとまらない	人による作業 のため、利用 者の安全確認 に依存
てんぷら油火災					
調理中	未消火・放置 未消火・外出	てんぷら油が過 熱し引火点・発 火点に達する	無 無	火をつけたままそば を離れない	対策： Si センサー
食品引火・発火					
調理中	未消火・放置	食品網焼時過熱 引火点・発火点 に達する	無	火をつけたままそば を離れない	食品を直接過 熱、利用者の安 全確認に依存
可燃物引火・発火					
調理中	使用時の危険な 動作 未消火・放置 未消火・就寝 その他	可燃物が炎と接 触又は近接し輻 射熱で引火・発 火	無 無 無 無	燃えやすいもの、熱 に弱いものの近くで は使わない 火をつけたままそば を離れない その他	調理中の可燃物 との接触防止に は利用者の安全 確認に依存
金属物加熱発火・加熱空焚き					
調理中	未消火・外出 未消火・放置	鍋が過熱し輻射 熱で可燃物が過 熱 湯沸かし器が過 熱し輻射熱で可 燃物過熱	無 無	火をつけたままそば を離れない 調理器具の空焚きは しない	対策： Si センサー
ボンベ過熱・爆発					
調理中	使用時の危険な 動作	大型鍋が過熱し 輻射熱でボンベ が過熱 可燃物が近接し 引火・発火	圧力感知安全 装置、過熱防止 装置 無	容器カバーを覆って しまう大きな調理器 具は使わない 燃えやすいもの、熱 に弱いものの近くで は使わない	大型鍋の過熱 は輻射熱大 調理中の可燃物 との接触防止に は利用者の安全 確認に依存
消火	未消火・放置 その他	鍋が過熱し輻射 熱で加熱 本体・ボンベ 過熱	圧力感知安全 装置、過熱防止 装置 無	火をつけたままそば を離れない その他	大型鍋の過熱 は輻射熱大 その他

表 24 カセットガスコンロの事故プロセスと事故対策

事故の種類	操作	不安全行動	事故に至る要因	事故直前の状態	事故原因	事故への進展を止める点	追加事故対策機能	件数	番号
天ぷら油 引火・発火	調理中	未消火	天ぷら油が過熱	引火点・発火点に達する	引火・発火	天ぷら油が引火点・発火点に達する前	Si センサー	5	①
金属物加熱 発火 加熱 空焚き		放置 外出	調理器具が過熱	調理器具の過熱が原因となり輻射熱による可燃物過熱	発火	調理器具が過熱し輻射熱で可燃物が加熱する前	Si センサー	3	⑦ ⑧
ガス・灯油 漏れ	ボンベ 装着	燃料供給時の危険な動作：無理なボンベ取り付け	ボンベ取り付け不具合（変形など）による装着不具合	漏れたガスに点火 ガス流出	引火 漏洩	ガス漏洩を防止	マグネット式誤装着防止	10	⑨
	点火	点火時の危険な動作：点火ミス	点火ミス時にガスが漏洩	漏れたガスに点火	引火	点火ミス時のガスの漏洩	立ち消え防止装置	1	⑩

注：②～⑥，⑪，⑬は，炎と可燃物の接触，⑫，⑭は輻射熱の強い大型鍋・土鍋などによるボンベの過熱爆発で，事故への進展を止めるためには，炎・熱の遮断であるが，Si センサー，誤装着防止，立ち消え防止装置，過熱防止装置，圧力完治装置では防げない．⑮はその他．これらは，今回の研究の対象としない．

(出典：NITE 事故情報データベース)

#### 5.4.2 電気ストーブの事故

220 件の事故に至るシーケンスを、表 25 に分類・集計し、事故の原因を整理する。その上で、表 26 の「事故プロセス点検マトリックス」に展開する。「事故プロセス点検マトリックス」で事故対策が可能な事故を抽出し、事故対策機能を表 27 に整理する。

表 25 の中で、最多の事故は、①から⑭までの可燃物引火・発火（176 件）で、続いて⑮から⑳までの洗濯物引火・発火（24 件）であった。該当規格である JIS C 9202:2008<sup>118)</sup>は、転倒遮断スイッチを除き、事故対策機能を要求していない。2 章で事故対策効果が示されたものは、転倒時の事故に限られていた。

転倒関連の事故は、⑤、⑦、⑬、⑭（6 件）であり、傾き（機能が動作前）、改造などが原因であった。一方、メーカー独自の可燃物引火・発火、洗濯物引火・発火への対策として、「シャットオフセンサー」<sup>135)</sup>を搭載している製品がある。これは、接触防止の網に設置された赤外線センサーを物体が遮ると、電源を停止する機能で、フルプルーフ設計による事故対策機能である。「シャットオフセンサー」<sup>135)</sup>は、可燃物や洗濯物が本体に接触しない近接時の輻射熱による引火・発火を防止できない。そこで、可燃物引火・発火、洗濯物引火・発火に関連する NITE の個票の「事故通知内容」を読み込み、可燃物・洗濯物がストーブに接触・上に置く・落下の記載があるものは「接触」に分類し、近接・記述が不明なものについては、「近接」、その他と分類した。その上で「接触」と記載がある事故シナリオを以下に記載する。

①は、可燃物が本体に接触したまま点火し、輻射熱で過熱し、引火・発火し出火（1 件）、③は、暖房中に、可燃物が本体に接触し、輻射熱で過熱し、引火・発火し出火（54 件）、⑤は、暖房中に、可燃物が本体の傾きで接触し、輻射熱で過熱し、引火・発火し出火（3 件）、⑥、⑩は、暖房中に消火せず放置、又は就寝中に可燃物が落下して本体に接触し、その結果輻射熱で過熱し、引火・発火し出火（64 件）、⑮は、暖房中に、洗濯物を乾燥、本体に接触し輻射熱で過熱し、引火・発火し出火（20 件）、⑰は、暖房中に、消火せずに就寝、乾燥中の洗濯物が本体に接触し、輻射熱で過熱し、引火・発火し出火（1 件）であった。

以上より、「事故への進展を止める点」は、①、③、⑤、⑥、⑩、⑮、⑰の洗濯物を含む可燃物が本体に接触したときで、有効な事故対策機能は、接触時の電源停止機能である「シャットオフセンサー」であると考えられる。

表 26 の「事故プロセス点検マトリックス」により検討され、表 27 に展開された、①、③、⑤、⑥、⑩、⑮、⑰の 143 件の可燃物引火・発火と洗濯物引火・発火の「事故への進展を止める点」は、ストーブ本体前面・上面に可燃物・洗濯物が接触するときである。「シャットオフセンサー」は、接触防止の網に設置された赤外線センサーを物体が遮ると、電源を停止する機能でこれらの事故を防ぐことが期待出来る。

JIS C 9202:2008<sup>118)</sup>の要求事項としてシャットオフセンサーを追加し、製品に搭載することで、220 件の事故全体の内、143 件（65%）を防ぐことが期待できる。

表 25 60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による電気ストーブ事故 220 件の原因分析 (2000~2020 年)

事故の種類	機器の状態	不安全行動	事故に至る要因	事故直前の状態	事故原因	対策余地	件数	番号
可燃物引火・発火 176 件  可燃物の定義： 衣類，タオル，寝具，カーテンなどの火災の原因となる可燃性の生活用品	点火	点火時の危険な動作	可燃物が接触時に点火	輻射熱で過熱	引火・発火	有	1	①
			可燃物が近接時に点火	輻射熱で過熱	引火・発火	無	3	②
	暖房中	使用時の危険な動作	可燃物が接触	輻射熱で過熱	引火・発火	有	54	③
			可燃物が近接	輻射熱で過熱	引火・発火	無	16	④
			傾き可燃物に接触	輻射熱で過熱	引火・発火	有	3	⑤
		未消火，放置	可燃物が落下・接触	輻射熱で過熱	引火・発火	無	7	⑥
			転倒し可燃物が接触	輻射熱で過熱	引火・発火	有	1	⑦
			可燃物が近接	輻射熱で過熱	引火・発火	無	4	⑧
	未消火，外出		可燃物が近接	輻射熱で過熱	引火・発火	無	2	⑨
	その他	未消火，就寝	可燃物が接触	輻射熱で過熱	引火・発火	有	57	⑩
			可燃物が近接	輻射熱で過熱	引火・発火	無	13	⑪
		その他	その他・接触	輻射熱で過熱	引火・発火	無	13	⑫
			転倒し可燃物が接触	輻射熱で過熱	引火・発火	無	1	⑬
	洗濯物引火・発火 24 件	暖房中	使用時の危険な動作	乾燥時に洗濯物が接触	輻射熱で過熱	引火・発火	有	20
乾燥時に洗濯物が近接				輻射熱で過熱	引火・発火	無	2	⑯
未消火，就寝			乾燥時に洗濯物が接触	輻射熱で過熱	引火・発火	有	1	⑰
			乾燥時に洗濯物が近接	輻射熱で過熱	引火・発火	無	1	⑱
漏電通電/ 暖房停止 15 件	通電中 など	使用時の危険な動作	電線過重・束ね，プラグ破損	短絡・接触不良	スパーク・発熱	無	10	⑲
			修理不良	接触不良	短絡・出火	無	5	⑳
その他 5 件	その他	その他	その他	その他	その他	無	5	㉑

(出典：NITE 事故情報データベース)

表 26 電気ストーブ「事故プロセス点検マトリックス」

A 列	B 列	C 列	D 列	E 列	F 列
操作	不安全行動 誤使用・不注意な使い方	危険状態・ 事故への進展 を止める点	関連安全規格 要求事項・ 事故対策機能	取説記載の 注意事項	フルプルー フ観点での評 価・設計対策
可燃物引火・発火					
点火	点火時の危険 な動作： 可燃物が接 触・近接時に 点火	可燃物が接触 輻射熱で加熱 し引火・発火	個社独自：シャ ットオフセンサー	2 秒間センサーを遮 った時に運転停止， 反応しない場合・も の：2 秒以内，薄い ものがガードに張り 付いた場合，透明な もの，薄いカーテン レース	対策： シャットオフ センサー
		可燃物が近接 輻射熱で加熱 し引火・発火	無	本体に衣類，タオル などを掛けたり，布 団などで覆ったり， カーテンなど燃えや すいものの近くで使 用しない	近接（非接 触）の検知は 現時点で困難
暖房中	使用時の危険 な動作： 可燃物との接 触・近接	可燃物が接触 輻射熱で加熱 し引火・発火	個社独自：シャ ットオフセンサー	2 秒間センサーを遮 った時に運転停止， 反応しない場合・も の：2 秒以内，薄い ものがガードに張り 付いた場合，透明な もの，薄いカーテン レース	対策： シャットオフ センサー
		可燃物が近接 輻射熱で加熱 し引火・発火	無	本体に衣類，タオル などを掛けたり，布 団などで覆ったり， カーテンなど燃えや すいものの近くで使 用しない	近接（非接 触）の場合の 検知は現時点 では困難
		本体が傾き可 燃物が接触， 輻射熱で加熱 し引火・発火	転倒スイッチ	無	転倒スイッ チは，傾きの角 度により動作 しないことが ある。 シャットオフ センサー
		未消火，放 置： 可燃物との接 触・近接	可燃物が落 下・接触，輻 射熱で過熱し 引火・発火	個社独自：シャ ットオフセンサー	2 秒間センサーを遮 った時に運転停止， 反応しない場合・も の：2 秒以内，薄い ものがガードに張り 付いた場合，透明な もの，薄いカーテン
未消火，外 出：可燃物と の接触・近接	可燃物が近接 輻射熱で過熱 し引火・発火	転倒し可燃物 が接触，輻 射熱で過熱 し引火・発火	転倒スイッチ	無	足の改造な ど の場合は機能 が動作しない
		可燃物が近接 輻射熱で加熱 し引火・発火	無	就寝中や外出中 は使 用しない	近接（非接 触）の検知は 現時点で困難
		可燃物が近接 輻射熱で過熱 し引火・発火	無	就寝中や外出中 は使 用しない	近接（非接 触）の検知は 現時点で困難

A 列	B 列	C 列	D 列	E 列	F 列
操作	不安全行動 誤使用・不注意な使い方	危険状態 事故への進展 を止める点	関連安全規格 要求事項・ 事故対策機能	取説記載の注意事項	フルプルーフ 観点での評価・ 設計対策
暖房中	未消火, 就寝: 可燃物との接 触・近接	可燃物が接触 輻射熱で加熱 し引火・発火	個社独自:シャッ トオフセンサー	2 秒間センサーを遮 った時に運転停止, 反応しない場合・も の:2 秒以内, 薄い ものがガードに張り 付いた場合, 透明な もの, 薄いカーテン レース	対策: シャットオフ センサー
		可燃物が近接 輻射熱で加熱 し引火・発火	無	就寝中や外出中は使用 しない	近接(非接 触)の検知は 現時点で困難
	その他	その他・接触 輻射熱で過熱 し引火・発火	個社独自:シャッ トオフセンサー	2 秒間センサーを遮 った時に運転停止, 反応しない場合・も の:2 秒以内, 薄い ものがガードに張り 付いた場合, 透明な もの, 薄いカーテン レース	対策: シャットオフ センサー
		転倒し 可燃物が接触 輻射熱で過熱 し引火・発火	転倒スイッチ	器具の分解や修理・ 改造は絶対にしない	改造などの場 合は動作しない
		傾き 可燃物が近接 輻射熱で過熱 し引火・発火	無	無	近接(非接 触)の検知は 現時点で困難
洗濯物引火・発火					
暖房中	使用時の危険 な動作: 洗濯物乾燥	乾燥時に洗濯物 が接触 輻射熱で加熱 し引火・発火	個社独自:シャッ トオフセンサー	火災の原因になる. 衣類の乾燥に使わな い, 洗濯物の下で使 用しない	対策: シャットオフ センサー
		乾燥時に洗濯物 が近接 輻射熱で加熱 し引火・発火	無		近接(非接 触)の検知は 現時点で困難
	未消火, 就寝 : 洗濯物乾燥	乾燥時に洗濯物 が接触 輻射熱で加熱 し引火・発火	個社独自:シャッ トオフセンサー		対策: シャットオフ センサー
		乾燥時に洗濯物 が近接 輻射熱で加熱 し引火・発火	無		近接(非接 触)の検知は 現時点で困難
漏電通電/暖房停止					
通電中	使用時の危険 な動作: 通電部の破損 時の使用	電線過重・束 ね, プラグ破 損短絡・接触 不良スパーク・発熱・	無	電源コードや電源プ ラグが痛んだり, コ ンセントの差し込み が緩い時は使わない	漏電検出など は家のブレー カーにより検 出
	使用時の危険 な動作: 不適 切な修理	修理不良 接触不良 短絡 ・出火	無	分解修理禁止	



表 27 電気ストーブの事故プロセスと事故対策

事故の種類	操作	不安全行動	事故に至る要因	事故直前の状態	事故原因	事故への進展を止める点	追加事故対策機能	件数	番号
可燃物 引火・ 発火	点火	点火時の危険な動作, 停止	可燃物が接触時に点火					1	①
		使用時の危険な動作	可燃物が接触 本体傾き可燃物に接触					54	③
	暖房中	未消火 (放置, 就寝)	可燃物が落下・接触	輻射熱で過熱	引火・発火	可燃物・洗濯物が本体前面・上面に接触	シャットオフセンサー	3	⑤
		未消火 (就寝)	可燃物が落下・接触					64	⑥ ⑩
洗濯物 引火・ 発火		使用時の危険な動作	乾燥時に洗濯物が接触					20	⑮
		未消火 (就寝)						1	⑰

注：②,④,⑧,⑨,⑪,⑬,⑭,⑯は、可燃物・洗濯物との近接による輻射熱によるものであることより接触で無いのでセンサーは活用できない。⑫,⑬,⑭,⑰はその他、⑱,⑳は漏電であることより、今回の研究での検討は行わない。

(出典：NITE 事故情報データベース)

### 5.4.3 石油ファンヒータの事故

86 件の事故に至るシーケンスを、表 28 に分類・集計し、事故の原因を整理する。その上で、表 29 の「事故プロセス点検マトリックス」に展開する。「事故プロセス点検マトリックス」で事故対策が可能な事故を抽出し、事故対策機能を表 30 に整理する。

表 28 の中で、最多の事故は、石油ストーブと同様に、⑬～⑰のガス・灯油漏れ（30 件）であった。

3 章では、石油ストーブの気密油タンクの灯油漏れ事故は、フルプルーフによる追加事故対策により、ガス・灯油漏れ事故の 66%を防ぐことが期待できることを示した。ガス・灯油漏れ事故は、⑬～⑰であり、それぞれの事故シナリオは以下の通りである。

⑬は、給油時に、消火せず、気密油タンクを取り外し給油、ふたの緩み・外れが発生し、気密油タンク装着時に、灯油漏れが発生、炎・熱源と接触し、灯油に引火・発火（12 件）。

⑭は、給油時に、消火せず、気密油タンクを取り外し給油、前回給油時の不十分なふた閉めによる、ふたの緩み・外れが発生し、気密油タンク取り外し時に灯油漏れが発生、炎・熱源と接触し、灯油に引火・発火（3 件）。

⑮は、給油時に、消火し、気密油タンクを取り外し給油、ふたの緩み・外れが発生し、気密油タンク装着時に、灯油漏れが発生、点火し灯油に引火・発火（9 件）であった。「事故への進展を止める点」は、引火・発火温度以上で気密油タンクを取り外し、気密油タンク挿抜時にふたの緩みが原因で灯油が漏れる時、または点火である。

次に多い事故は、4.2 で述べた電気ストーブと類似の①～⑫の可燃物ならびに洗濯物との接触・近接による引火・発火（24 件）であった。可燃物引火・発火の事故の原因である接触に関する事故シナリオは、③の暖房中、使用時に可燃物が本体に接触し、温風で過熱し引火・発火（2 件）。⑥、⑦の暖房中に、未消火で、可燃物が本体に接触し温風で過熱し引火・発火（3 件）であった。洗濯物引火・発火の事故の原因である接触に関する事故シナリオは、⑨の点火時に、洗濯物が本体に接触し、温風で過熱し引火・発火（2 件）。⑩の暖房中に、洗濯物が落下し接触。温風で過熱し引火・発火（1 件）。⑫の暖房中に、未消火で、洗濯物が本体に接触し、温風で過熱、洗濯物が引火・発火（1 件）であった。これらの「事故への進展を止める点」は、温風吹き出し口に可燃物・洗濯物が接触したときである。

以上より、「事故への進展を止める点」と有効な事故対策機能は、それぞれ、③、⑥、⑦、⑨、⑩、⑫の可燃物並びに洗濯物が温風吹き出し口に接触が接触した時であり、電気ストーブと同様、接触時に燃焼を停止する「シャットオフセンサー」<sup>135)</sup>が有効であると考えられる。また、⑬、⑭、⑮のガス・灯油漏れは、引火・発火温度以上で気密油タンクが取り外せる、気密油タンク装着時にふたの緩みにより灯油が漏れるで、石油ストーブと同様にフルプルーフな灯油漏れ対策とすることが有効であると考えられる。

表 29 の「事故プロセス点検マトリックス」により検討され、表 30 に記載された、③、⑥、⑦、⑨、⑩、⑫の 9 件の可燃物・洗濯物の引火・発火は、「事故への進展を止める点」である、温風吹き出し口に可燃物・洗濯物が接触したときに、燃焼を停止することで、事故を防ぐことが期待できる。⑬、⑭、⑮の 24 件のガス・灯油漏れ火災事故の「事故への進展を止める点」は、引火・発火温度以上で気密油タンクが取り外せる、気密油タンク挿抜時にふたの緩みにより灯油が漏れるときである。3 章では、「気密油タンクは石油ストーブの温度が灯油の引

火・発火温度未満になるまで取り外しができず，かつ給油口のふたが確実に締められ，緩みが発生しないフルプルーフ構造」とすることで，消火・未消化時の炎・熱源と灯油との接触を防ぐことを適用できる．石油ストーブと同じ構造の気密油タンクと，同じ事故シナリオの「事故への進展を止める点」である石油ファンヒータは，石油ストーブと同様の追加対策をすることで，事故を防ぐことが期待できる．

JIS S 3030:2009<sup>112)</sup>，JIS S 2036:2020<sup>120)</sup>の要求事項として，接触防止の網，温風吹き出し口に赤外線センサーを設置し，接触時に，燃焼を停止することと，気密油タンクは，石油ストーブの温度が灯油の引火・発火温度未満になるまで取り外しができず，かつ給油後に給油口のふたが確実に閉められ，緩みが発生しないフルプルーフ構造を追加し，製品に搭載することで，86件の事故全体の33件（38.4%）を防ぐことが期待できる．

表 28 60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による石油ファンヒータ事故 86 件の原因分析 (2000 年～2020 年)

種類	機器の状態	不安全行動	事故に至る要因	事故直前の状態	事故原因	対策	件数	番号
可燃物 引火・ 発火 19 件	暖房中	使用時の危険 な動作	炭化可燃物近接	温風で過熱	低温 着火	無	1	①
			可燃物が近接	温風で過熱	引火・ 発火	無	8	②
			可燃物が接触	温風で過熱	引火・ 発火	有	2	③
			可燃物が近接, 自動点火	温風で過熱	引火・ 発火	無	1	④
			スプレー缶近接	温風で過熱	ガス 引火	無	2	⑤
		未消火, 外出	可燃物が接触	温風で過熱	引火・ 発火	有	1	⑥
		未消火, 就寝	可燃物が接触	温風で過熱	引火・ 発火	有	2	⑦
		その他, 燃焼	その他	その他	その他	無	2	⑧
洗濯物 引火・ 発火 5 件	点火	点火時の危険 な動作	洗濯物が接触時 に点火	温風で過熱	引火・ 発火	有	2	⑨
		使用時の危険 な動作/暖房	乾燥時に洗濯物 が接触	温風で過熱	引火・ 発火	有	1	⑩
	乾燥時に洗濯物 が近接		温風で過熱	引火・ 発火	無	1	⑪	
	未消火, 外出	乾燥時に洗濯物 が接触	温風で過熱	引火・ 発火	有	1	⑫	
ガス・ 灯油漏れ 30 件	給油	燃料供給時の 危険な動作, 未消火, タン ク取り外し	給油後のふた緩 み・外れ	タンク挿入時に灯 油漏れ	引火・ 発火	有	12	⑬
			前回の給油時の ふたの緩み・外 れ	タンク外し時に灯 油漏れ	引火・ 発火	有	3	⑭
	点火	燃料供給時の 危険な動作, 消火, タンク 装着	ふた緩み・外れ	灯油漏れ, 再点火	引火・ 発火	有	9	⑮
ふたに異物混入		灯油漏れ, 再点火	引火・ 発火	無	3	⑯		
その他		灯油漏れ, 再点火	引火・ 発火	無	1	⑰		
暖房中	その他, 未消火	本体を振る	灯油漏れ	引火・ 発火	無	1	⑱	
	その他, 消火	搬送中つまづく	灯油漏れ, 余熱	発火・ 発火	無	1	⑲	
ガソリン 誤給油 24 件	給油	燃料供給時の 危険な動作, 消火	ガソリン誤給油	ガソリン燃焼	異常 燃焼	無	24	⑳
その他 8 件	点火	点火時の危険 な動作	マッチで点火	灯油に誤着火	引火	無	1	㉑
			足の温め	足の近接	やけど	無	1	㉒
	暖房中	使用時の危険 な動作	吸排気口を塞ぐ	本体の過熱	樹脂 変形	無	1	㉓
			換気せず	酸素濃度低下	酸欠	無	1	㉔
	その他	その他	その他	その他	その他	無	4	㉕

(出典：NITE 事故情報データベース)

表 29 石油ファンヒータ「事故プロセス点検マトリックス」

A 列	B 列	C 列	D 列	E 列	F 列
操作	不安全行動 誤使用・不注意 な使い方	危険状態 事故への進展 を止める点	関連安全規格 要求事項・ 事故対策機能	取説記載の 注意事項	フルプルーフ 観点での評価・設 計対策
灯油漏れ					
消火	未消火： 消火せず給油の ため気密油タン クを抜き取る	本体の温度が 灯油の引火・ 発火温度以上	気密油タンクの給油 時消火装置 タンク抜き取り 90 秒以内に消火	給油時消火	最大 90 秒は燃焼 を認めており，必 ずしもフルプル ーフ設計とは言え ない
気密油 タンク 取り外 し	燃料供給時の 危険な動作： 消火後残り火が あるか，温度が 十分に下がる前 にタンクを取り 外す			給油時はストー ブの温度が十分に 下がっていること を確認，気密油タ ンクは，ストーブ の天板の上を通さ せない	対策：気密油タン クは，石油ストー ブの温度が灯油の 引火・発火温度以 下に下がるまでは 取り外しできない
給油	燃料供給時の危 険な動作： ふたを正しく閉 めない，ふたの 緩み・閉め忘れ 時にタンク装着	給油口ふたの 緩み・外れに よる灯油漏れ	気密油タンクの給 油口ふたは，開閉 状態が判別でき， 閉まったことが 音，目視又は感 触で確認できな ければいけない	ふたは正しく確 実に閉める，音 がするまで確 実に閉める，カ ラーサインを確 認，指で持ち上 げ開かないこと を確認	対策：給油後に 給油口のふたが 確実に閉められ 、緩みが発生し ない
	燃料供給時の危 険な動作： 前回給油時の気 密油タンクのふ たの緩み・外れ により漏れた灯 油に引火・発火	タンク取り外 し時のふたの 緩み・外れに よる灯油漏れ	気密油タンクの給 油口ふたは，開閉 状態が判別でき， 閉まったことが 音，目視又は感 触で確認できな ければいけない	ふたは正しく確 実に閉める，音 がするまで確 実に閉める，カ ラーサインを確 認，指で持ち上 げ開かないこと を確認	対策：気密油タン クは，石油ストー ブの温度が灯油の 引火・発火温度以 下に下がるまでは 取り外しできない 給油後に給油口 のふたが確実に 閉められ，緩み が発生しない
点火	燃料供給時の危 険な動作： ふたを正しく閉 めない，ふたの 緩み，ふたの閉 め忘れ，灯油漏 れに気付かずタ ンク装着後点火	ふたの緩み・ 外れによる灯 油漏れ	気密油タンクの給 油口ふたは，開閉 状態が判別でき， 閉まったことが 音，目視又は感 触で確認できな ければいけない	ふたは正しく確 実に閉める，音 がするまで確 実に閉める，カ ラーサインを確 認，指で持ち上 げ開かないこと を確認，こぼれた 灯油はふき取る	対策：給油後に給 油口のふたが確 実に閉められ， 緩みが発生しな い
		給油口のふた に異物混入， 灯油漏れ	無	給油口の弁の部 分にごみが挟ま っている場合は 取り除く，砂や ごみが付いたり 、入ったりしな いように注意	対策：気密油タン クは，石油ストー ブの温度が灯油 の引火・発火温 度以下に下がる までは取り外し できない
暖房中	使用時の危険な 動作：消火せず 本体を振る 使用時の危険な 動作： 搬送中つまづく	灯油漏れ	耐震自動消火装置	傾き振動注意 移動時は，必ず 消火，ストーブ の温度が充分下 がってから油タ ンクを取り出し 、傾けない様 に静かに移動， 振動の激しいと ころでは使わな い	耐震自動消火装 置が動作直後は で本体が，引火 ・発火温度の時 は必ずしもフル プルーフではな い

A 列	B 列	C 列	D 列	E 列	F 列
操作	不安全行動 誤使用・不注意 な使い方	危険状態 事故への進展 を止める点	関連安全規格 要求事項・ 事故対策機能	取説記載の注意事 項	フルプルーフ観 点での評価・設計 対策
ガソリン誤給油					
給油	燃料供給時の 危険な動作： ガソリン誤給油	ガソリン誤給油	無	ガソリンを給油し ない	原理的には蒸気圧 の相違から誤給油 を自動識別の可能 性有り
可燃物引火・発火					
点火	点火時の危険な 動作： 可燃物の近接	可燃物が近接時 自動点火で加熱 し引火・発火	無	可燃物近接厳禁	近接（非接触） の場合の検知は 現時点では困難
暖房中	使用時の危険な 動作： 可燃物の接触・ 近接	可燃物が接触 温風で加熱し引 火・発火	無	可燃物近接厳禁	対策：電気ストー ブ対策のシャ ットオフセンサ ー応用
		可燃物が近接 温風で加熱し引 火・発火	無	可燃物近接厳禁	
		スプレー缶近 接，温風で加熱 し，漏れたガス に引火・発火	無	スプレー缶厳禁	
		炭化可燃物近接	無	可燃物近接厳禁	
未消火，外出 未消火，就寝	可燃物が接触 温風で加熱し 引火・発火	無	無	可燃物近接厳禁	対策：電気ストー ブ対策のシャ ットオフセンサ ー応用
		無	無	寝るときや外出す るときは必ず消火	
洗濯物引火・発火					
点火	点火時の危険な 動作： 可燃物の接触・ 近接	洗濯物が接触 時に点火，温 風で加熱し引 火・発火	無	可燃物近接禁止	対策： 電気ストーブ対 策のシャットオ フセンサー
暖房中	使用時の危険な 動作： 可燃物の接触・ 近接	乾燥時に洗濯物 接触，温風で加 熱，引火・発火	無		
	使用時の危険な 動作： 可燃物の接触・ 近接	乾燥時に洗濯物 が近接，温風で 加熱し引火・発 火	無	可燃物近接禁止	近接（非接触） の場合の検知は 現時点では困難
	未消火，外出	未消火，外出時 に乾燥時に洗濯 物が接触 温風で加熱し 引火・発火	無	可燃物近接厳禁 寝るときや外出す るときは必ず消火	対策： 電気ストーブ対 策のシャットオ フセンサー
その他					
点火	点火時の危険な 動作： マッチで点火	灯油に誤着火	無	記載なし	人による作業の ため，利用者の 安全確認に依存
暖房中	使用時の危険な 動作：その他	足の近接による 火傷	無	温風に直接あた らない	
		吸排気口を塞 ぐ	過熱防止装置	温風吹き出し口・ 空気取り入れ口は 塞がない	機能の動作前の 過熱によるプラ スチックの変形
		換気せず	不完全燃焼防止装置	換気必要	酸素濃度低下

表 30 石油ファンヒータの事故プロセスと事故対策

事故の種類	操作	不安全行動	事故に至る要因	事故直前の状態	事故原因	事故への進展を止める点	追加事故対策機能	件数	番号
可燃物 引火・ 発火	暖房中	使用時の危険な動作	可燃物接触	温風で過熱	引火・ 発火	温風吹き出し口に可燃物・洗濯物が接触	シャットオフセンサー	5	③
		未消火，外出							⑥
		未消火，就寝							⑦
洗濯物 引火・ 発火	暖房中	点火時の危険な動作	洗濯物接触時に点火	乾燥時に洗濯物が接触	引火・ 発火			4	⑨
		使用時の危険な動作/暖房外出，未消火	⑩						
ガス・ 灯油 漏れ	給油	燃料供給時の危険な動作 未消火でタンク脱着	給油後のふた緩み・外れ	タンク挿入時に灯油漏れ	引火・ 発火	引火・発火温度以上で気密油タンクが取り外せる，気密油タンク装着時にふたの緩みにより灯油が漏れる		24	⑬
			前回の給油時のふたの緩み・外れ	タンク外し時に灯油漏れ					⑭
		燃料供給時の危険な動作 ふたを	ふた緩み・外れ	灯油漏れ 再点火	⑮				

\*①,②,④,⑤,⑩,可燃物・洗濯物との近接による輻射熱によるものであることよりセンサーは活用できない。⑧,⑯～⑳ はガソリン給油，その他などであることより今回の研究での検討は行わない。

(出典：NITE 事故情報データベース)

#### 5.4.4 ガスこんろの事故

表 20 で記載されたガスこんろの事故 864 件の主なものは、てんぷら油引火・発火，グリル内引火・発火，可燃物引火・発火，金属物加熱発火，加熱空焚き，食品引火・発火，ガス・灯油漏れである。これらの事故に対する対策は，第 2 章で示した通りフルプルーフ設計による Si センサー<sup>134)</sup>，立ち消え防止装置である。事故対策の効果については，第 2 章で示した通り，てんぷら油引火・発火に対しては，Si センサーの機能である調理油過熱防止装置が 97.6% の事故対策効果がある。対策機能が有効でない事例としては，取り扱い説明書に記載がある通り，調理湯は 200ml 以下，鍋の底の形状がへこんだり，丸くなっていたり，汚れなどがついている場合で，センサーが正しく鍋底の温度を測定出来ず，機能が働かないことがある。グリル内引火・発火については，Si センサーのグリル過熱防止装置，グリル消し忘れ消火装置があり，67.9% の事故対策効果がある。グリル内引火・発火については，グリル内の油などの堆積物があるなど，油の多い食材（肉，魚）などを加熱し過ぎた場合には発火する場合もあることが，事故事例より示されている。

864 件の事故に至るシーケンスを表 31 に分類・集計し，事故の原因を整理する。その上で，表 32 の「事故プロセス点検マトリックス」に展開する。既に第 2 章では Si センサーの事故対策機能の有効性は示されているが「事故プロセス点検マトリックス」を活用することで，それぞれの事故事例に対して事故対策機能の事故削減効果を定量的に示すことが出来る。検討結果を表 31，32 に基づき表 33 に示す。

表 32 の「事故プロセス点検マトリックス」により検討された①，②の天ぷら油引火・発火の事故に至る事故シナリオは，「調理中，天ぷら油の加熱を続ける，未消火で放置・外出し，加熱が続き，てんぷら油が過熱し，引火・発火点に達し出火に至った」であった。「事故への進展を止める点」は，てんぷら油の温度が引火・発火点に達する前である（440 件）。

③～⑤の，グリル内引火・発火の事故シナリオは，「調理中の長時間の加熱，グリル内の油などの堆積物の引火・発火」であった。「事故への進展を止める点」は，加熱が続き，庫内が過熱，グリル内油汚れ・食材に引火・発火する前である（139 件）。⑥，⑦の食品引火・発火の事故シナリオは，「使用時に未消火・放置，又は就寝時に魚を網で調理し魚の油が燃え，可燃物に引火・発火する」であった（3 件）。取り扱い説明書では，事故の原因となった焼網使用の調理は禁じられている。⑧の事故シナリオは，「食材の加熱により油・炭化した食材が過熱し引火・発火する」であった。「事故への進展を止める点」は，食材が過熱する前である（26 件）。⑨，⑩，⑫の可燃物引火・発火の事故シナリオは，「可燃物と炎の接触による引火」であった。「事故への進展を止める点」は，炎と接触前である（65 件）。加えて⑪の事故シナリオは，「近接した可燃物が長時間輻射熱で過熱し発火」であった。「事故への進展を止める点」は，「長時間の加熱」である（17 件）。⑭～⑯までの金属物加熱，加熱空焚きの事故シナリオは，「長時間の加熱で，鍋，湯沸かし器が過熱し，輻射熱による可燃物の過熱又はアルミの融解による引火・発火」であった。「事故への進展を止める点」は，「長時間の加熱」である（106 件）。

⑰～⑳のガス漏れの事故シナリオは，⑰の「ガス管未接続・接続不十分で元栓を開け，ガスに点火または火気が接触」であり，「事故への進展を止める点」は「誤ったガスの元栓を



開く」で（5件），⑱～㉔の「未着火・不完全なガス栓の閉めによる漏れたガスに点火，火気が接触」であり，「事故への進展を止める点」は「ガスの流出」であった（9件）。

以上より，表 33 に整理された通り，「事故への進展を止める点」に有効な事故対策機能はそれぞれ，①，②，③，④，⑤，⑧，⑪，⑭，⑮，⑯に対する Si センサー，⑱，㉓，㉔に対する立ち消え防止装置である。これらのフルプルーフ設計に基づく事故対策機能の効果は，①，②の 440 件の 97.6%である 429 件。③，④，⑤の 138 件の 67.9%である 109 件，⑧，⑪，⑭，⑮，⑯，⑱，㉓，㉔の 158 件の合計 696 件と 864 件の内 81%を占める。

表 31 60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」によるガスこんろの事故 864 件の原因分析 (2000 年～2020 年)

事故の種類	機器の状態	不安全行動	事故に至る要因	事故直前の状態	事故原因	対策余地	件数	番号
てんぷら油引火・火災 440件	調理中	使用時の危険な動作	てんぷら油が過熱	引火・発火点に達する	引火・発火	有	5	①
	調理中	未消火, 放置, 就寝	てんぷら油が過熱	引火・発火点に達する	引火・発火	有	435	②
グリル内引火・発火 139件	調理中	点火時の危険な動作, 誤点火	グリル内油汚れ, 長時間加熱	庫内の過熱, 半扉炎があふれた	引火・発火	有	6	③
		使用時の危険な動作	グリル内油汚れ, 長時間加熱	庫内の過熱による食材, 堆積物の加熱	引火・発火	有	14	④
		未消火, 放置, 就寝	グリル内油汚れ, 長時間加熱	庫内の過熱による食材, 堆積物の加熱	引火・発火	有	118	⑤
食品引火・発火 29件	調理中	使用時の危険な動作	魚を網で調理	魚の油が燃え可燃物に引火	引火・発火	無	1	⑥
		未消火, 放置, 就寝	魚を網で調理	魚の油が燃え可燃物に引火	引火・発火	無	2	⑦
		未消火, 放置, 就寝	食材を加熱	加熱により油・食材が炭化し過熱	引火・発火	有	26	⑧
可燃物引火・発火 101件	点火	点火時の危険な動作, 誤点火	可燃物に点火	炎と接触	引火	無	15	⑨
	調理中	使用時の危険な動作	衣類・可燃物がこんろに近接	炎と接触	引火	無	20	⑩
		未消火, 放置, 就寝	可燃物が近接	長時間の加熱による輻射熱	発火	有	17	⑪
		その他	可燃物が接触	炎と接触	引火	無	30	⑫
金属物加熱71件	調理中	未消火, 放置, 就寝	鍋が過熱	可燃物が輻射熱で過熱	引火・発火	有	71	⑬
過熱空焚き 35件	点火	点火時の危険な動作, 誤点火	鍋・湯沸し器が過熱	可燃物が輻射熱で過熱	引火・発火	有	1	⑭
	調理中	未消火, 放置, 就寝	鍋湯沸かし器が過熱	可燃物が輻射熱で加熱	引火・発火	有	34	⑮
ガス漏れ漏電 23件	接続	燃料供給時の危険な動作	ガス管未接続, 接続不十分で元栓を開ける	漏れたガスに点火, 火気が接触	引火	無	5	⑯
	点火	点火時の危険な動作, 誤点火	未着火, ガス漏洩	漏れたガスに点火, 火気が接触	引火	有	4	⑰
	消火	燃料停止	不完全な栓の閉め	漏れたガスに点火, 火気が接触	引火	有	1	⑱
	点火/調理	使用時の危険な動作	未着火, ガス漏洩	ガス流出	ガス吸引	有	4	⑳
	その他						8	㉑

(出典：NITE 事故情報データベース)

表 32 ガスこんろ「事故プロセス点検マトリックス」

A 列	B 列	C 列	D 列	E 列	F 列
操作	不安全行動 誤使用・不注意 な使い方	危険状態 事故への進展を 止める点	関連安全規格 要求事項・ 事故対策機能	取説記載の 注意事項	フルプルーフ 観点での評価・ 設計対策
てんぷら油引火・火災					
調理中	使用時の危険な 動作： 誤った温度管理 未消火，放置， 就寝： 加熱継続	加熱が続き，て んぷら油が過 熱，引火・発火 点に達する	調理油過熱防止装 置（Si センサー）	機器から離れな い，就寝・外出を しない 調理湯は 200ml 入れる，へこんだ 底，丸い底，滑り やすい底の鍋は使 わない	Si センサー
グリル内引火・発火					
調理中	点火時の危険な 動作：誤点火 使用時の危険な 動作：加熱継続 未消火，放置， 就寝：加熱継続	加熱が続き，庫 内の過熱 グリル 内油汚れ，堆積 物，食材に引 火・発火	グリル過熱防止装 置，グリル消し忘 れ消火装置（Si センサー）	油の多い食材を焼 くときは注意 掃除をする 魚などの調理物を 焼きすぎない（油 などの堆積物によ っては，機能の動 作範囲外）	Si センサー
食品引火・発火					
調理中	使用時の危険な 動作：網で調理 未消火，放置， 就寝：網で調理	魚を網で調理， 魚の油が燃え可 燃物引火・発火	無	焼網・アルミ製汁 受け使用禁止	網以外の調理 器具かグリル 使用
	未消火，放置， 就寝：食材を加 熱	加熱が続き，過 熱による炭化， 引火・発火	焦げ付き消火機能 （Si センサー）	機器から離れな い，就寝・外出を しない	Si センサー
可燃物引火・発火					
点火	点火時の危険な 動作，誤点火	可燃物に点火， 炎と接触，引火	無	近くに置いてはい けないもの：燃え やすいもの，引火 しやすいもの，爆 発の恐れがあるも の	炎と可燃物の直 接接触防止は， 構造上事故対策 は困難
調理中	使用時の危険な 動作： 可燃物接触 未消火，放置， 就寝： 加熱継続	衣類・可燃物が こんろに近接， 炎と接触，引火 可燃物が近接， 炎と接触，引火 可燃物が近接， 長時間の輻射熱 で過熱，発火	無 消し忘れ消火機能 （Si センサー）	使用中は身体や衣 服が炎に近づかな いように注意する	Si センサー
	その他	長期使用，壁の 炭化による発火	無		施工業者の範囲 製品対策は不可
金属物加熱					
調理中	未消火，放置， 就寝：調理器具 の加熱継続	鍋が過熱，可燃 物が輻射熱で過 熱，引火・発火	消し忘れ消火機能 （Si センサー）	軽い鍋は調理物を 含めて 300g 以上	Si センサー
過熱空焚き					
点火	点火時の危険な 動作：誤点火	鍋・湯沸し器が 過熱，輻射熱で	消し忘れ消火機能 （Si センサー）	軽い鍋は調理物を 含めて 300g 以上 陶器製鍋を使用す る場合は，長時間 の使用は避け，中 火以下の火力で使 用する	Si センサー
調理中	未消火，放置， 就寝：調理器具 の加熱継続	可燃物が過熱， 引火・発火			

A 列	B 列	C 列	D 列	E 列	F 列
操作	不安全行動 誤使用・不注意な使い方	危険状態 事故への進展を止める点	関連安全規格 要求事項・ 事故対策機能	取説記載の 注意事項	フルプルーフ 観点での評価・ 設計対策
ガス漏れ漏電					
接続	燃料供給時の危険な動作： ガス管の誤接続	ガス管未接続， 接続不十分栓を開ける，漏れたガスに点火，火気が接触 引火	無	火をつけない， すぐ使用を中止する	ガスの元栓，ガス管での対策となり製品対策の範囲外
点火/ 消火	点火時の危険な動作：誤点火	漏れたガスに点火，火気が接触，引火	立ち消え防止装置		立ち消え防止装置の搭載で，ガス漏れは防止できるが，事故の事例は非搭載か，事故内容より非搭載と判断
	消火時の不完全な栓の閉め， 使用時の危険な動作：点火ミス				

表 33 ガスこんろの事故プロセスと事故対策

事故の種類	操作	不安全行動	事故に至る要因	事故直前の状態	事故原因	事故への進展を止める点	事故対策機能	件数	番号
てんぷら油引火・発火		使用時の危険な動作 未消火， 放置，就寝	てんぷら油が過熱	引火点・ 発火点 に達する		油の過熱 引火点・ 発火点 に達する前		5	①
								435	②
グリル内引火・発火		点火時の危険な動作， 誤点火 使用時の危険な動作 未消火， 放置，就寝	長時間加熱 グリル内油汚れ	庫内の過熱による食材，堆積物の加熱		長時間の加熱による庫内の食材・油などの引火・発火		6	③
								14	④
								118	⑤
食品引火・発火			食材を加熱	加熱により油・食材が炭化し過熱	引火・ 発火	長時間の加熱による	Si セン サー	26	⑧
可燃物引火・発火			可燃物が近接	長時間の加熱による輻射熱		食材・ 可燃物・ 鍋・湯沸かし器などの過熱が原因の引火・ 発火		17	⑩
金属物加熱			鍋が過熱	可燃物が輻射熱で過熱				71	⑭
過熱空焚き	点火  調理中	点火時の危険な動作， 誤点火 未消火， 放置，就寝	鍋・湯沸し器が過熱					1	⑮
								34	⑯
ガス・灯油漏れ漏電	点火	点火時の危険な動作， 誤点火 燃料停止	未着火， ガス漏洩 不完全な栓の閉め	漏れたガスに点火，火気が接触	引火	未着火時の漏れたガスに点火	立ち消え防止装置	4	⑱
								1	⑲
								4	⑳

\*⑥,⑦の焼網にはSiセンサーは活用できない。⑨,⑩,⑫の火気への直接の接触事故による可燃物引火・発火は防止できない⑬,⑰,⑳その他事故対策は現状無し

(出典：NITE 事故情報データベース)

## 5.5 本章のまとめ

本章では、対象を調理・暖房・給湯機器 18 品目に拡大し、「事故プロセス点検マトリックス」を用い、いまだ規格化されていないが、類似の品目並びに市販製品にも実装例がある、実行可能なフルプルーフ設計に基づく事故対策を示し、対象となる品目の事故の削減効果を評価することで、「事故プロセス点検マトリックス」が幅広い製品に有効であることと、フルプルーフ設計による事故対策が期待できる領域について示した。

事故情報の内容が明らかで事故対策が可能である、カセットコンロ、電気ストーブ、石油ファンヒータの 60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による事故は、全体で 363 件と全体の 15.7%を占めている。これらの品目の事故の削減の為には、5.4.1, 5.4.2, 5.4.3 で示した通り、「事故プロセス点検マトリックス」を使い、

- ① 関係 JIS 規格で規定されている、
- ② 先行研究で事故対策の有効性が示されている、
- ③ いまだ規格化されていないが、類似の品目並びに市販製品にも実装例がある実行可能なフルプルーフ設計に基づく、

事故対策機能を、該当する規格の要求事項に追加し、製品に搭載することで、カセットコンロ、電気ストーブ、石油ファンヒータの事故合計 195 件（3 品目の 53.7%）を削減することが期待できる。

また、ガスコンロのフルプルーフ設計に基づく事故対策機能の効果は、5.4.4 で示した通り、60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による事故 696 件（ガスコンロ事故全体 864 件の 80.6%）を削減することが期待できる。

加えて、石油ストーブのフルプルーフ設計に基づく事故対策機能の効果は、3 章で示した通り、60 歳以上の高齢者の「誤使用・不注意な使い方」による灯油漏れ事故 269 件の 65.9%である 177 件（石油ストーブ事故全体の 24.6%）を削減することが期待できる。

以上より、フルプルーフ対策を行うことで 18 品目合計 2,319 件の内 1,068 件（46.1%）の事故削減を行うことが期待できる。

## 6章 結語

本研究では、利用者の「誤使用・不注意な使用」による消費生活用製品の事故の削減のために、フルプルーフ対策を立案するための事故分析、対策立案及び事故削減効果評価について、「体系的かつ実践的な」方法論を提案することを目的として研究に取り組んだ。

本研究では、市場に流通し、事故発生事例のある品目の場合、事故記録、関連安全規格、事故対策機能実装例、取扱説明書などの情報が利用可能であることに注目し、これらの製品に対して、「誤使用・不注意な使い方」に対応する効果的なフルプルーフ対策を講じることにより、製品価値を高めていくための、「体系的かつ実践的な」方法論を提案した。具体的には、事故に至るシーケンスを「体系的」に分析し、より高い安全レベルを目指すフルプルーフ対策を立案し、また、その事故削減効果を評価するための「体系的」かつ具体的な方法論を提案した。

第1段階では、「誤使用・不注意な使い方」に起因する火災事故の多いガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブの3製品を対象として、「誤使用・不注意な使い方」による事故対策として、それぞれの製品に搭載されている、3つの安全方策の効果を定量的に評価した。

第2段階では、「誤使用・不注意な使い方」に対する事故対策効果が充分でない、石油ストーブの灯油漏れ事故を事例として取り上げ、既に市場に流通する製品であるために利用可能となる事故情報、安全規格群やその実装事故対策事例情報、取扱説明書などを最大限に活用し、事故発生に至るシーケンスを詳細にトレースすることで事故シナリオを作成し、フルプルーフ設計を適用すべき「事故への進展を止める点」を明らかにし、その上でフルプルーフ対策を立案し、事故削減効果の定量的な評価を行うための、「体系的かつ実践的な」方法論を示した。

第3段階では、第2段階で示した方法論に基づき、「実践的な」方法論として特定の品目の特定の事故に限定されない、フルプルーフ設計の立案並びに評価を行うための、より一般性、体系性を高めた一覧性のあるマトリックス形式を用い、適用領域を広げ、フルプルーフ対策を立案し、事故削減効果の評価を行うための「体系的かつ実践的な」方法論として「事故プロセス点検マトリックス」の提案を行った。

最後に、対象を調理・暖房・給湯機器18品目を対象とし、本研究で提案する方法論に従ってフルプルーフ設計による事故対策が期待できる領域について明らかにした。

### 6.1 フルプルーフ安全の事故削減効果

第2章では、高齢者の調理・暖房器具の火災事故を対象に、「誤使用・不注意な使い方」による事故の現状と課題について述べた。具体的には、NITEの事故データベース<sup>133)</sup>の自由記入欄を活用し、高齢者の「誤使用・不注意な使い方」に起因する火災事故の多いガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブの3製品を対象として、「誤使用・不注意な使い方」による事故対策として、それぞれの製品に搭載されている、(a)フルプルーフ安全、(b)利用者の安全確認に依存する安全、(c)注意喚起による安全の3つの安全方策の効果を定量的に評価し、異

なる安全対策の効果の違いを定量的に評価した。まず、ガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブの事故対策の現状を示した。次に各製品に搭載されている事故対策機能を、フルプルーフ設計による事故対策機能、利用者の安全確認による事故対策機能、注意喚起の違いを整理した。続いて、ガスこんろ、石油ストーブ、電気ストーブについて製品別に、NITEの事故データベース<sup>133)</sup>の個票の「事故原因」の記述をもとに、「事故の種類」と「誤使用・不注意な使い方」を分類・定義し分析を行い、各々の事故対策機能の事故削減効果を定量的に評価し、ガスこんろに搭載されているフルプルーフ安全が、石油ストーブに搭載されている利用者の安全確認に依存する安全に比較して、事故削減項が高いことを定量的に示した。

3ステップメソッドが規定している通り、本質安全設計としてのフルプルーフ対策が重要であることは、誰も認識していることではあるが、実際の事故データに基づいて、フルプルーフ安全の事故削減効果の高さを具体的に示したことは、本研究の重要な成果であると考ええる。

## 6.2 フールプルーフ対策の立案と評価の方法論の提案

第3章では、石油ストーブの灯油漏れ事故を事例として取り上げ、既に市場に流通する製品であるために利用可能となる事故情報、安全規格群やその実装事例情報、取扱説明書などを最大限に活用し、事故発生に至るシーケンスを詳細にトレースすることで事故シナリオを作成し、フルプルーフ設計を適用すべき「事故への進展を止める点」を明らかにし、その上で、「誤使用・不注意な使い方」が発生しても事故に至らないフルプルーフ対策を立案するための「体系的かつ実践的な」方法論を示すことができた。また、想定するフルプルーフ対策が実施された時に予想される事故削減効果について定量的な評価を行うことも可能となった。

具体的には、

- (1) 事故情報、関連安全規格、実装事故対策機能、取扱説明書等の情報を注意深く読み取ることにより、「誤使用・不注意な使い方」による事故について、事故に至る複数の事故シナリオにまとめることができること、また、事故シナリオの作成を通じて「事故への進展を止める点」を明らかにすることができること示した。
- (2) 示した方法論は、一般的な製品に関しても入手可能な資料を分析の出発点としていること、また、分析方法が手順化されており表形式の表現を利用していることから、「実践的な」方法論として、他分野の製品の事故にも広く適用できる一般性がある。
- (3) 事故シナリオの作成を通じて明らかとなる「事故への進展を止める点」は、フルプルーフ設計の適用可能ポイントを明確にする上で極めて重要であり、実際の事故として「顕在化したリスク」のみならず、取扱説明書などが想定している「顕在化していないリスク」も含めた事故シナリオを反映したものと言え、製品改良を検討している設計者にとって、製品に内在するリスクをなるべく広く把握する上で貴重な情報となる。もちろん、完全性を主張できるものではないが、得られる情報を活用して、なるべくもれの少ないリスク把握を行うことのできる方法論であるという点で、「体系的」な方法論であると考ええる。

フルプルーフ設計にあたり，誤使用シナリオの想定をいかに幅広く行うかは最も重要な点であるが，市場に流通している製品の場合，事故情報，取り扱い説明書などの情報は，言わば社会的英知の集合とも言えるものであり，本研究の提案を「体系的で実践的な」手法と主張する理由である．

- (4) フールプルーフ設計を実現するためにどのようなメカニズムを導入するかというエンジニアリング上の工夫については，指針として ISO/IEC Guide 71 のような設計ガイドラインを参照することが有効であると考えられる．また先行研究で紹介した高齢者の各種行動特性データ（倉片<sup>96)</sup>など）はエンジニアリングの参考になると考えられる．
- (5) 本手法は，実際の事故データに基づき，事故シナリオ毎の事故発生件数データが集計される．これまでの事故情報に限定されるとは言え，事故シナリオ毎の事故発生件数データは，ある事故シナリオに対して実際にフルプルーフ設計を導入した時の事故削減効果を定量的に示すものであり，追加的安全対策を考える上で有用な経営判断材料を提供するものである．

### 6.3 フールプルーフ対策の立案と評価の一般化

第4章では，3章で述べた石油ストーブを対象とした分析の結果にもとづき，「実践的な」方法論として特定の品目の特定の事故に限定されない，より一般性，体系性を高めた一覧性のあるマトリックス形式を用い，適用領域を広げフルプルーフ対策を立案し，事故削減効果の評価を行うための「体系的かつ実践的な」方法論として「事故プロセス点検マトリックス」の提案を行った．マトリックス形式の表とすることで，事故に関連する全ての操作フローのそれぞれのステップで，事故に至るシーケンス（操作，不安全行動・「誤使用・不注意な使い方」，危険状態・「事故への進展を止める点」），関連安全規格要求事項・事故対策機能，取説記載の注意事項などの情報を検討することで，より漏れなく「体系的」に記載できるようにした．また，評価者の習熟度・品目の種類に関わらず，共通の手順と評価手法を実施できるように，「事故プロセス点検マトリックス作成フロー」を考案し，「事故プロセス点検マトリックス」の作成のための手引きとして示した．加えて幅広く適用できるように，事故の種類並びに，不安全行動の一覧表を，事故データベースより抽出したキーワードをもとに作成し，「体系的」に分類・定義できるようにした．

先行研究である，鈴木ら<sup>18)</sup>の方法論は，「ガイドワード」と「機能の類似性」を用いた手法により，事故に至るシーケンスを効率的に事前抽出し，未然防止のために，リスクアセスメント活用することを提案している．しかしながら，本研究とは異なり，関連安全規格要求事項・事故対策機能，取り扱い説明書を考慮しておらず，事故防止対策については事例に留まる．

### 6.4 フールプルーフ対策に期待される役割

第5章では，調理・給湯・暖房機器を対象にフルプルーフ対策に期待される役割について述べた．対象を，調理・暖房・給湯機器 18 品目とし，規格要求事項に基づく事故対策機能の



事故削減効果について評価し、「事故プロセス点検マトリックス」を用い、実行可能なフルブルーフ設計に基づく事故対策を立案し、事故点検マトリックスが幅広い製品に有効であることを示しつつ、フルブルーフ設計による事故対策が期待できる領域について明らかにした。具体的には、フルブルーフ対策が可能な製品に対して対策を行うことで、18品目合計2,319件の内 1,068件（46.1%）の事故削減を行うことが期待できることを示した。

## 6.5 今後の課題

本研究では、既に市場に流通する製品について広く入手可能な情報から「誤使用・不注意な使い方に伴う」事故に対して、事故シナリオを抽出し、個々の事故シナリオにおいて「事故への進展を止める点」を特定し、フルブルーフ観点での評価・設計対策の事故対策機能を立案する、「体系的かつ実践的な」方法論を提案することができた。

しかし、本論文は、実際にフルブルーフ対策として実装されるエンジニアリング上の工夫について論じているものではなく、この点については本手法の利用者自身が様々なエンジニアリング上の設計指針などを参照し、考案していく必要がある。「誤使用・不注意な使い方」に起因する事故は品目・製品により異なり、対策についても異なる。エンジニアリング上の手法は極めて個別具体的な内容であるから、適用範囲の広い一般的な方法を導くことは難しい。今後の研究課題として、実施例などを広くレビューすることにより、フルブルーフ設計のカタログを作成することは一案である。

また、本論文で得られた成果は、更に市場に流通し、事故発生例のある多種多様な製品に適用することで、本論文で示した「事故プロセス点検マトリックス」作成のための「事故プロセス点検マトリックス作成フロー」の精緻化を図ると共に、関係ステークホルダーに本方法論の実装を働き掛けたい。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省, “人口動態調査(2022.09) 『死因(死因年次推移分類)別にみた性・年齢(5歳階級)・年次別死亡数及び死亡率(人口10万対)』,” 16 9 2022. [オンライン]. Available:  
[https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450011&tstat=000001028897&cycle=7&year=20210&month=0&tclass1=000001053058&tclass2=000001053061&tclass3=000001053065&stat\\_infid=000032235946&result\\_back=1&tclass4val=0](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450011&tstat=000001028897&cycle=7&year=20210&month=0&tclass1=000001053058&tclass2=000001053061&tclass3=000001053065&stat_infid=000032235946&result_back=1&tclass4val=0). [アクセス日: 9 9 2023].
- 2) 総務省消防庁, “平成28年(1~12月)における火災の状況,” 07 2017. [オンライン]. Available:  
[http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h29/07/290728\\_houdou\\_1.pdf](http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h29/07/290728_houdou_1.pdf). [アクセス日: 9 9 2023].
- 3) 総務省消防庁, “消防統計,” 16 5 202. [オンライン]. Available:  
<https://www.fdma.go.jp/pressrelease/statistics/>. [アクセス日: 9 9 2023].
- 4) 内閣府大臣官房政府広報室, “政府広報オンライン 『ここにご注意!高齢者の製品事故 不注意や誤使用で思わぬ事故に』,” 2 10 2016. [オンライン]. Available:  
<http://www.gov-online.go.jp/useful/article/201409/3.html>. [アクセス日: 15 9 2017].
- 5) 東京消防庁, “東京消防庁(2014.12)『住宅火災から高齢者などの要配慮者を守ろう 広報テーマ』,” 12 2014. [オンライン]. Available:  
<http://www.tfd.metro.tokyo.jp/camp/2014/201412/camp2.html>. [アクセス日: 15 9 2017].
- 6) 独立行政法人製品評価技術基盤機構, “nite News Release 高齢者の死亡・重傷事故を防ぐために, pp. 12,,” 14 9 2017. [オンライン]. Available:  
<https://www.nite.go.jp/data/000086568.pdf>. [アクセス日: 1 5 2020].
- 7) 人口知能研究センター, “「高齢者向け製品の安全性規格等検討事業」における実証実験への参加企業募集及び説明会開催のお知らせ,” 9 2022. [オンライン]. Available:  
<https://www.airc.aist.go.jp/lam/meti/202209.html>, 2022年10月30日確認. [アクセス日: 30 10 2022].
- 8) 日本工業標準調査会, JIS Z 8051:2015 安全側面-規格への導入指針, 日本規格協会, 2015.
- 9) 日本工業標準調査会, 機械類の安全性-設計のための一般原則-リスクアセスメント及びリスク低減 JIS B 9700:2013, 日本規格協会, 2013.
- 10) 経済産業省, “消費者生活用品向けリスクアセスメントハンドブック,” 経済産業省, 2010.
- 11) 内崎巖, 製品事故に学ぶフルプルーフ設計, 日刊工業新聞社, 2009.
- 12) 日本工業標準調査会, 規格におけるアクセシビリティ配慮の為の指針 JIS Z 8071:2017, 日本規格協会, 2017.
- 13) 経済産業省, 製品安全に関する事業者ハンドブック, 経済産業省, 2012.
- 14) 製品安全協会, 子ども製品の安全性に関する調査研究, 消費者生活用製品の製造・供給に関わるリスク管理に関する調査研究報告書, 製品安全協会, 2002.
- 15) 盆子原主充, Hattan Mohammad Altiyare, 小松原 明哲, “Sabotage Analysis の考え方に基づく 消費生活用製品安全のためのリスク評価方法の提案,” 人間生活工学 2012年13巻2号 p. 59-64, , 2012.
- 16) 長野整, 三好孝典, 木村哲也, “本質的安全設計を考慮した機械設備の基本設計の試行,” 103. 環境工学, 産業・化学機械, システム安全 本質的安全設計を考慮した機械設備の基本設計の試行 長野 整, 三好 孝典, 木村 哲也 日本機械学会論集 2023年89巻919号 p. 22-00304, 2023.

- 17) 加藤省吾, 水流聡子, 飯塚悦功, 藤井健人, 岡元大輔, 下野僚子, “製品安全知識の社会技術化,” 社会技術研究論文集 2013 年 10 卷 p. 11-23, , 2013.
- 18) 鈴木和幸, 金田健, 平野謙, “未然防止のための潜在的エラーモード抽出, 日本信頼性学会誌 信頼, 24 巻 7 号, pp. 653-663 (2002),” 日本信頼性学会, 2002.
- 19) 久本誠一, 酒井健一, 太田真秀, “製品事故情報へのテキストマイニングの適用, 人間工学 49 巻 Supplement 号 pp. S102-S105 (2013) ,” 日本人間工学会, 2013.
- 20) 野守耕爾, 北村光司, 本村陽一, 西田佳史, 山中龍宏, 小松原明哲, “大規模傷害テキストデータに基づいた製品に対する行動と事故の関係モデルの構築,” 人工知能学会論文誌 2010 年 25 巻 5 号 p. 602-61.
- 21) 越山健彦, “製品事故防止のための警告情報と消費者行動-消費者の製品安全に対する日頃からの姿勢に関する調査から-,” 消費者教育 2013 年 33 巻 131-140, 2013.
- 22) 鳥居塚崇, 越山健彦, 小松原明哲, “消費生活用製品の警告表示に対するユーザの遵守態度について-消費者に対する質問紙調査の分析-,” 人間生活工学, 2010 年 11 巻 2 号 48-54, , 2010.
- 23) Sarah Davies and Helen Haines, “Safety pictograms: are they getting the message across?,” 著: *Applied Ergonomics Vol 29, No. 1, February 1998*, Elsevier, 1998, pp. pp. 15-23.
- 24) S. David Leonard and Michael S. Wogalter, “What you don’t know can hurt you: household products and events,” 著: *Accident Analysis and Prevention 32 (2000)* 383-388, Elsevier, 2000, pp. pp. 383-388.
- 25) M.F. Weegels and H. Kanis, “Risk perception in consumer product use,” 著: *Accident Analysis & Prevention, Vol. 32, I.3, May 2000*, Elsevier, 2000, pp. pp. 365-370.
- 26) David J. Barillo, Charles K. Stetz, Andrew L. Zak, Khan Z. Shirani and Cleon W. Goodwin, “Preventable burns associated with the misuse of gasoline,” 著: *Burns 24*, Elsevier, 1998, pp. pp. 439-443.
- 27) 宮村鐵夫, “製品安全と人間信頼性,” 安全工学 1997 年 36 巻 5 号 p. 329-336, 1997.
- 28) 宮村鐵夫, “品質と製造物責任,” 品質 1994 年 24 巻 4 号 p. 15-21, 1994.
- 29) 宮村鐵夫, “品質保証と製品安全,” 品質 1992 年 22 巻 4 号 p. 33-38, 1992.
- 30) 宮村鐵夫, 真壁肇, “製品責任制度における製品欠陥の未然防止に関する研究,” 品質 1994 年 24 巻 4 号 p. 59-72, 1994.
- 31) 宮村鐵夫, “製造物責任予防と製品事故発生メカニズムの類型化,” 安全工学 1997 年 36 巻 4 号 p. 253-260, 1997.
- 32) 張坤, “製品リスク評価手法と障害情報システム改善の統合アプローチ,” 長岡技術科学大学, 2012.
- 33) 張坤, 中平勝子, 三上喜貴, “製品事故データに基づくリスク・マトリックスの作成 -玩具への適用-,” 社会技術研究論文集 Vol.7, pp・66-75.
- 34) 張坤, 中平勝子, 宮村利男, 三上喜貴, “子供の製品事故の現状と事故情報システムの課題,” 社会技術研究論文集 Vol.6, Mar. 2009 PP・168-176, 2009.
- 35) 張坤, 王金星, 中平勝子, 三上喜貴, “傷害情報システムの構築に関する研究, ,” 社会技術研究論文集 Vol.8, Apr. 2011 PP・111-123, 2010.
- 36) 加部隆史, “機械安全におけるリスク低減に関する概念整理,” 安全工学 48 巻 3 号 p. 140-147, 2009.
- 37) 巴囨孟克, 張坤, 福田隆文, 三上喜貴, “製品事故データベースと消費動向調査を利用した製品事故率の経年変化の把握,” 日本信頼性学会誌 信頼性 2015 年 37 巻 4 号 p. 191-200, 2015.
- 38) 中條武志, “情報の流れに着目した設計開発プロセスの標準化,” 品質 2005 年 35 巻 2 号 p. 300-307,iii, , 2005.

- 39) 石川 智子, 大本久美子, “製品事故の現状からみる消費者製品安全教育の一考察,” 消費者教育 2017年 37 巻 187-196 発行日: 2017年 公開日: 2021/05/31, 2021.
- 40) 和田浩, “製品安全の技法と活用,” 安全工学 製品安全の技法と活用 1991年 30 巻 4号 p. 247-253, 1991.
- 41) 和田浩, “製品安全確保のための設計技法について,” 日本信頼性学会誌 信頼性 1995年 17 巻 5号 p. 16-23.
- 42) 杉本旭, 蓬原弘一, “安全の原理,” 日本機械学会論文集 C編 1990年 56 巻 530号 2601-2609, 1990.
- 43) 杉本旭, 蓬原弘一, 向殿政男, “安全作業システムの原理とその論理的構造,” 99. 安全作業システムの原理とその論理的構造 杉本 旭, 蓬原 弘一, 向殿 政男 電気学会論文誌 D (産業応用部門誌) 1987年 107 巻 9号 1092-1098 発行日, 1987.
- 44) 杉本旭, 蓬原弘一, “安全制御系における安全情報のエネルギー伝達,” 杉本旭, 蓬原弘一, 1990.
- 45) 蓬原弘一, 杉本旭, “安全確認形作業システムの論理的考察,” 日本機械学会論文集 C編 1990年 56 巻 529号 2378-2385, 1990.
- 46) Gordon Hayward, “Risk of injury per hour of exposure to consumer products,” 著: *Accident Analysis & Prevention Volume 28, Issue 1, January 1996*, Elsevier, 1996, pp. pp. 115-121.
- 47) J Lund and L.E Aarø, “Accident prevention. Presentation of a model placing emphasis on human, structural and cultural factors,” 著: *Safety Science Volume 42, Issue 4, April 2004*, Elsevier, 2004, pp. pp. 271-324.
- 48) D.J. Barillo and R. Goode, “Fire fatality study: demographics of fire victims,” 著: *Burns Volume 22, Issue 2, March 1996*, Elsevier, 1996, pp. pp. 85-88.
- 49) Paul C den Hertog, Fons A.C.M Blankendaal and Simone M ten Hag, “Burn injuries in The Netherlands,” 著: *Accident Analysis & Prevention*, Elsevier, 2000, pp. pp. 355-364.
- 50) Stefan Mozar, Erick van Voorthuysen and Wing-Kuen Ling, “Preventing potential fires and hazardous situations in consumer products,” 著: *2016 IEEE Symposium on Product Compliance Engineering (ISPCE)*, IEEE, 2016.
- 51) David J. Ball, “Consumer affairs and the valuation of safety,” 著: *Accident Analysis & Prevention Volume 32, Issue 3, May 2000*, Elsevier, 1999, pp. pp. 337-343.
- 52) 田中健次, 伊藤誠, “信頼性・安全性確保のためのユーザーと企業の情報共有と活用,” 品質 2008年 38 巻 4号 p. 437-443, 2008.
- 53) 片倉啓雄, “工学における安全と倫理,” 工学教育 2015年 63 巻 5号 5\_13-5\_17, 2015.
- 54) 鈴木和幸, “トラブル未然防止への基本的考え方とそのシステム,” 横幹連合コンファレンス予稿集 2005年 2005 巻 A1-31 , 2005.
- 55) 門田靖, 田中健次, “潜在リスク抽出のための事故情報解析技法の提案,” 日本信頼性学会誌 2016年 38 巻 1号 p. 57-66, , 2016.
- 56) 川口昇, 張坤, 福田隆文, 三上喜貴, , “高齢者のガスこんろ, ストーブの誤使用事故を対象としたフルプルーフ設計の有効性評価,” 社会技術研究論文集, 15 巻, pp.26-35, 社会技術研究会, 2018.
- 57) 川口昇, 福田隆文, “フルプルーフ設計による石油ストーブ火災事故防止, ,” 安全工学, 59 巻 No.5 (2020) , 2020.
- 58) 村田勝, “製品安全の体系,” 安全工学 1991年 30 巻 4号 p. 226-231, , 1991.
- 59) 田中健次, “グレイゾーンにおける現場技術者と設計推進者との協調とは,” 品質 2017年 47 巻 1号 p. 39-44, , 2017.
- 60) 中島みづき, 佐藤健, 安岡広志, 井川正治, “家電用品における注意・警告マークの認知度,” 人間-生活環境系シンポジウム報告集 p. 129-130, , 2017.

- 61) 高橋義明, “消費者事故は消費者の自己責任か,” 行動経済学 2014年7巻 p. 41-44, , 2014.
- 62) 田中健次, “社会に安心を生み出す安全技術とは,” 品質 2004年34巻4号 350-357, 2004.
- 63) Curt C. Braun, Paul B. Mine and N. Clayton Silver, “The influence of color on warning label perceptions,” 著: *International Journal of Industrial Ergonomics Volume 15, Issue 3, March 1995*, Elsevier, 1995, pp. pp. 179-187.
- 64) 関田隆一, 山田秀, “システム安全の視点による事故データの定量分析,” 日本信頼性学会誌 信頼性 2008年30巻3号 295-304, 2008.
- 65) 鈴木和幸, 青木健, “ユーザーの使用段階でのトラブルを未然防止するエラープルーフ化の方法,” 品質 2009年39巻4号 p. 479-491, , 2009.
- 66) Rachel Benedyk and Sarah Minister, “Appllying the BeSafe Method to product safety evaluation,” 著: *Applied Ergonomics Volume 29, Issue 1, February 1998*, Elsevier, 1998, pp. pp.5-13.
- 67) H. Kanis, “Usage centred research for everyday product design,” 著: *Applied Ergonomics Vol29, No. 1*, Elsevier, 1998, pp. pp. 75-82.
- 68) Lindsey M. Butters and R. Tetra Dixon, “Ergonomics in consumer product evaluation: an evolving process,” 著: *Applied Ergonomics Vol29, No. 1*, Elsevier, 1998, pp. pp. 55-58.
- 69) 田中健次, “安全と危険の狭間(グレイゾーン)への対処と活用,” 知能と情報 15巻1号 61-72, 2003.
- 70) 久本誠一, “製品安全とヒューマンエラー,” 生活安全ジャーナル 2011:5:16-19. , 2011.
- 71) 中條武志, “ヒューマンエラー事例の分類に基づく作業管理システムの評価,” 品質 23巻3号 p. 309-317, 1993.
- 72) 中條武志, 久米均, “作業のフルプルーフ化に関する研究－製造におけるフルプルーフ化の方法(1)－,” 品質 1985年15巻4号 78-87, 1985.
- 73) 中條武志, 久米均, “作業のフルプルーフ化に関する研究－製造におけるフルプルーフ化の方法(2)－,” 品質 1986年16巻1号 p. 4-13, 1986.
- 74) 中條武志, 渡辺慎, “変更・変化と人に着目して品質不良・トラブルを分類し, 未然防止活動の強化策を立案する方法の適用例,” 品質 2017年47巻4号 342-348, 2017.
- 75) 小松原 明哲, “ヒューマンエラーに起因する事故に対する対策導出の考え方,” 安全工学 2021年60巻2号 71-76, 2021.
- 76) 小松原明哲, “Safety-I と Safety-II : 安全におけるヒューマンファクターズの 理論構造と方法論,” 安全工学 2017年56巻4号 p. 230-237, 抄録, 2017.
- 77) 小松原明哲, “認知人間工学からのベテラン作業者のヒューマンエラーの防止,” 認知人間工学 38巻6号 p. 352-358, 1999.
- 78) 小松原明哲, “身近な製品への信頼 : 使用形態の把握を巡って,” 日本信頼性学会誌 信頼性, 2008年30巻6号 495-502, 2008.
- 79) 田中健次, “設計による受動的安全からユーザ自身による適応的安全の獲得へ(人間と信頼性),” 日本信頼性学会誌 信頼性 2004年26巻7号 p. 664-669, , 2004.
- 80) 中條武志, 久米均, “作業のフルプルーフ化に関する研究－製造におけるフルプルーフ化の方法－,” 品質 1985年15巻4号 p. 78-87, 1985.
- 81) 中條武志, “エラープルーフ,” 品質 2014年44巻1号 p. 25-29, , 2014.
- 82) 中條武志, 吉井克宜, 菊地貴志, “作業管理システムが作業ミスの発生に与える影響,” 品質 29巻2号 p. 111-119, 1999.
- 83) 和田浩, “ヒューマンエラーと家電製品の安全性確保,” ヒューマンエラーと家電製品の安全 2000年39巻1号 p. 33-38, 2000.

- 84) 中谷眞三代, “高齢者をめぐる消費者問題 (第6報), —表示・マークに対する高齢消費者意識調査—,” 消費者教育, 1997年17巻205-218, 1997.
- 85) 松尾太加志, “ヒューマンエラー防止のための外的手がかりのユーザビリティ要因,” ヒューマンインターフェイス学会論文誌 13巻1号 p. 61-66, 2011.
- 86) 細田聡, “ヒューマンファクターに基づく安全マネジメント,” 安全文化 46巻4号 p. 203-210, 2007.
- 87) 山岡俊樹, “家庭内機器操作の誤操作防止,” 人間工学 2019年55巻 Supplement号 p. S2D4-1, 2019.
- 88) 小松原明哲, “身近な製品への信頼: 使用形態の把握を巡って,” 日本信頼性学会誌 信頼性 2008年30巻6号 p. 495-502, 2008.
- 89) 田中健次, “ユーザの安心を生み出す安全技術とは? —受動的安全から能動的な安全獲得へ—,” 横幹連合コンファレンス予稿集 2005年2005巻A1-34, 2005.
- 90) 高橋正宏, 中條武志, “製造における作業ミス発生率の予測に関する研究 —フルプルーフ化原理に基づくミス発生要因の候補となる変数の列挙,” 品質 27巻4号 p. 170-181, 1997.
- 91) 清水悠貴, 高村純享, 千田悟郎, 中條武志, “機械加工におけるヒューマンエラー発生頻度の推定方法,” 品質 2016年46巻1号103-113, 2016.
- 92) David Omar Nuñez Diban and Leila Amaral Gontijo, “The Complexity of Ergonomic in Product Design Requirements,” 著: *Procedia Manufacturing Volume 3*, Elsevier, 2015, pp. 6169-6174.
- 93) Neville Stanton and Mark Young, “Is utility in the mind of the beholder? A study of ergonomics methods Author,” 著: *Applied Ergonomics, Volume 29, Issue 1, February 1998*, Elsevier, 1998, pp. 41-54.
- 94) Joseph P. Wherton and Andrew F. Monk, “Technological opportunities for supporting people with dementia who are living at home,” 著: *International Journal of Human-Computer Studies Volume 66, Issue 8, August 2008*, Elsevier, 2008, pp. 571-586.
- 95) 徳田哲男, “高齢者と生活環境支援,” 理学療法科学/17巻(2002)3号/書誌 2002年17巻3号 p. 129-134, 2002.
- 96) 倉片憲治, “高齢者・障害者の感覚特性データベース 製品・サービス・環境のアクセシビリティ向上のために,” 情報管理, 2014年57巻8号539-547, 2014.
- 97) 相良二郎, 見明暢, 田頭章徳, 種村留美, 長尾徹, 野田和恵, “認知力低下に配慮した継続使用が可能な家電製品のデザイン方法に関する研究,” 『神戸芸術工科大学紀要芸術工学志』79, 2013.
- 98) 稲葉緑, 田中健次, “高齢者に適した見落とし防止警報に関する実験的検討,” ヒューマンインターフェイス学会論文誌 2009年11巻4号359-368 発行日:, 2009.
- 99) 田中健次, “安全技術は安心を生むか,” 社団法人 電子情報通信学会 信学技法 SSS2003-33, 2004.
- 100) 佐井高志, 中條武志, “製品属性と使用者・使用状況の関わりに基づく人的エラーの予測,” 品質 34巻3号 p. 69-79, 2004.
- 101) P.G. Balakrishnan, R. Ramesh and T. Prem Kumar, “Safety mechanisms in lithium-ion batteries,” 著: *Journal of Power Sources 155*, Elsevier, 2006, pp. 401-414.
- 102) Jackelynne Silva-Martinez, “Human systems integration: process to help minimize human errors, a systems engineering perspective for human space exploration missions,” 著: *REACH Vol.2-4 December 2016*, Elsevier, 2016, pp. 8-23.
- 103) 徳田哲男, 寫末憲子, 國澤尚子, “高齢者の自立支援に有効とされる製品提供の在り方に関する基礎調査,” 埼玉県立大学紀要 12:25-31, 25-31. , 2010.
- 104) 徳田哲男, “福祉を拓く人間・福祉工学の世界,” 人間工学 2011年38巻8号 p. 653-656, 2011.

- 105) 徳田哲男, “高齢者と生活環境支援, 理学療法化学 17巻3号, pp. 129-134 (2002),” 理学療法科学学会.
- 106) W. Kip Viscusi, Rachel Dalafave, “The Broad Impacts of Disposable Lighter Safety Regulations,” 著: *Journal of Benefit-Cost Analysis* (2022), 13:2, Cambridge University Press, 2022, pp. pp. 149-165.
- 107) 日本工業標準調査会, ディペンダビリティ (信頼性) 用語 JIS Z 8115:2000, 日本規格協会, 2000.
- 108) 日本工業標準調査会, 家庭用ガス調理機器 JIS S 2103:2015, 日本規格協会., 2015.
- 109) 日本工業標準調査会, カセットこんろ, JIS S 2147:2017, 日本規格協会, 2017.
- 110) 日本工業標準調査会, 家庭用及びこれに類する電気機器の安全性-第 2-6 部, JIS C 9335-2-6:2019, 日本規格協会, 2019.
- 111) 日本工業標準調査会, 石油こんろ, JIS S 2016 : 2009, 日本規格協会, 2009.
- 112) 日本工業標準調査会, 石油燃焼機器の構造通則, JIS S 3030 : 2009, 日本規格協会, 2009.
- 113) 日本工業標準調査会, 電気トースター, JIS C 9207:1993, 日本規格協会, 1993.
- 114) 日本工業標準調査会, 電気オーブン, JIS C 9206:1994, 日本規格協会, 1994.
- 115) 日本工業標準調査会, 電子レンジ, JIS C 9250:1992, 日本規格協会, 1992.
- 116) 日本工業標準調査会, 電子レンジ及び複合型電子レンジの個別要求事項, JIS C 9335-2-25:2019, 日本規格協会(1992), 1992.
- 117) 日本工業標準調査会, 家庭用ガス暖房機器, JIS S 2122:2019, 日本規格協会, 2019.
- 118) 日本工業標準調査会, 電気反射ストーブ JIS C 9202:1990, 日本規格協会, 1990.
- 119) 日本工業標準調査会, 自然通気形開放式石油ストーブ JIS S 2019:2009, 日本規格協会., 2019.
- 120) 日本工業標準調査会, 強制通気形開放式石油ストーブ, JIS S 2036:2009, 日本規格協会, 2009.
- 121) 日本工業標準調査会, 電気こたつ類, JIS C 9209:1993, 日本規格協会, 1993.
- 122) 日本工業標準調査会, 家庭用ガス温水機器, JIS S 2109:2019, 日本規格協会, 2019.
- 123) 日本工業標準調査会, 家庭用ガス温水熱源機, JIS S 2112:2019, 日本規格協会, 2019.
- 124) 日本工業標準調査会, 石油ふろがま, JIS S 3018:2009, 日本規格協会, 2009.
- 125) 日本工業標準調査会, 石油小型給湯器, JIS S 3024:2017, 日本規格協会, 2017.
- 126) 日本工業標準調査会, 石油給湯器付ふろがま, JIS S 3027:2017, 日本規格協会, 2017.
- 127) 日本工業標準調査会, ガスコード, JIS S 2146:2013, 日本規格協会, 2013.
- 128) 経済産業省, “ガスこんろが「ガス事業法」及び「液石法」の製品指定されました,” 18 2008. [オンライン]. Available: [https://www.meti.go.jp/product\\_safety/producer/shouan/gasu\\_shitei.htm](https://www.meti.go.jp/product_safety/producer/shouan/gasu_shitei.htm). [アクセス日: 17 9 2017].
- 129) 経済産業省, “石油燃焼機器が消安法の特定製品に指定されました,” 2009. [オンライン]. Available: [http://www.meti.go.jp/product\\_safety/producer/shouan/sekiyu\\_shitei.htm](http://www.meti.go.jp/product_safety/producer/shouan/sekiyu_shitei.htm). [アクセス日: 15 09 2017].
- 130) 経済産業省, 電気用品安全法施行令 特定電気用品以外の電気用品 電気用品安全法施行令 別表 第二, 経済産業省.
- 131) 一般社団法人 日本ガス石油機器工業会, “JIA 認証,” [オンライン]. Available: <http://www.jia-page.or.jp/certification/type/jia.html>. [アクセス日: 15 9 2017].

- 132) 一般財団法人日本燃焼機器検査協会, “石油燃焼機器等一認証・JHIA 認証,” [オンライン]. Available:  
<http://www.jhia.or.jp/mark.htm>. [アクセス日: 1 5 2020].
- 133) 独立行政法人製品評価技術基盤機構, “事故情報データベース検索の手引き 2018年5月,” 5 2018. [オンライン]. Available:  
<https://www.nite.go.jp/jiko/jiko-db/accident/search/>. [アクセス日: 1 5 2020].
- 134) リンナイ, “Si センサーコンロのはたらき,” [オンライン]. Available:  
[http://rinnai.jp/si\\_sensor/index.html](http://rinnai.jp/si_sensor/index.html). [アクセス日: 26 10 2017].
- 135) “アラジン 遠赤グラフアイトヒータ,” [オンライン]. Available:  
<https://www.youtube.com/watch?v=M06R-k9KptA>. [アクセス日: 30 12 2022].
- 136) “ガス事業法,” 2008. [オンライン]. Available:  
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=329AC0000000051>. [アクセス日: 9 9 2023].
- 137) “液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律,” 2008. [オンライン]. Available:  
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=342AC0000000149>. [アクセス日: 9 9 2023].
- 138) 経済産業省, 消費生活用製品安全法 『消費生活用製品安全法施行令の一部を改正する政令(平成20年政令第70号)』, 経済産業省, 2008.
- 139) リンナイ, “点検・修理について,” [オンライン]. Available:  
<http://www.rinnai.co.jp/safety/use/repair/index.html>. [アクセス日: 26 10 2017].
- 140) コロナ, “取扱説明書, RX-22YA,” [オンライン]. Available:  
<https://www.corona.co.jp/box/index.php>. [アクセス日: 1 5 2020].
- 141) トヨタトミ, “トヨストーブ取扱説明書 RSV-230,” [オンライン]. Available:  
<http://www.toyotomi.jp/manual/operation/RSV-230.pdf>. [アクセス日: 1 5 2020].
- 142) アラジン, “石油ストーブ取り扱い説明書, AKP-S248, ” [オンライン]. Available:  
<https://aladdin-aic.com/views/uploads/2018/04/AKF-S248-2016.pdf>. [アクセス日: 1 5 2020].
- 143) “グリーンウッド 商品紹介,” [オンライン]. Available:  
<http://www.gwgw.co.jp/product/index.html>. [アクセス日: 1 5 2020].
- 144) 京都消防局, “安全・安心情報, ガソリン誤給による出荷のメカニズムページ番号75849,” [オンライン]. Available:  
<https://www.city.kyoto.lg.jp/shobo/page/0000075849.html>. [アクセス日: 20 8 2020].
- 145) 独立行政法人工業所有権情報・研修館, “J-Plat Pat 特許情報プラットフォーム,” [オンライン]. Available:  
<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/>. [アクセス日: 1 5 2020].
- 146) 日本工業標準調査会 審議, 家庭用及びこれに類する電気機器の安全性—第2-30部, JIS C 9335-2-30:2017, 日本規格協会, 2017.
- 147) 経済産業省, “リスクアセスメント・ハンドブック実務編,” 経済産業省, 2011.
- 148) “岩谷産業株式会社, イワタニカセットフーの特徴,” [オンライン]. Available:  
<https://www.iwatani.co.jp/jpn/consumer/products/cg/useful/safety/>. [アクセス日: 30 12 2022].
- 149) “パナソニック株式会社 安全機能,” [オンライン]. Available:  
<https://sumai.panasonic.jp/ihcook/feature/detail.php?id=safety>. [アクセス日: 6 3 2022].
- 150) “日立株式会社 カタログ 13P,” [オンライン]. Available:  
[https://kadenfan.hitachi.co.jp/catalog/ih/book/index.html#target/page\\_no=15](https://kadenfan.hitachi.co.jp/catalog/ih/book/index.html#target/page_no=15). [アクセス日: 6 3 2022].



- 151) 小口正弘, 亀屋隆志, 田崎智宏, 谷川昇, 浦野紘平, “製品特性に関する数量化分析を用いた電気・電子製品の平均使用年数の推定,” 廃棄物学会論文誌 2007年 18 巻 3 号 182-193, 2007.
- 152) 経済産業省, “電気用品安全法の概要,” 12 2015. [オンライン]. Available: [http://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/denan/act\\_outline.html](http://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/denan/act_outline.html). [アクセス日: 15 9 2017].
- 153) B. C. Choi, “The Past, Present, and Future of Public Health Surveillance,” Scientifica Volume 2012, Article ID 87253, 26 pages, 2012.

## 本研究に関連した公表論文

### I 学会論文

- (1) 高齢者のガスこんろ，ストーブの誤使用事故を対象としたフルプルーフ設計の有効性評価  
社会技術研究論文集，15 巻，pp. 26－35，社会技術研究会（2018）  
川口昇，張坤，福田隆文，三上喜貴
- (2) フールプルーフ設計による石油ストーブ火災事故防止  
安全工学，59 巻 No.5，pp. 308－321，安全工学会（2020）  
川口昇，福田隆文

### II 国際会議

Noboru Kawaguchi, Takabumi Fukuda

Increase of Product Misuse Accident in Super Aging Society in Japan and Accident Countermeasure

Asia Pacific Symposium on Safety 2019, APSS098, pp・675－690

## 謝辞

本論文の執筆にあたり、本当に多くの方のご尽力をいただきました。

まず、終始一貫して丁寧なご鞭撻を賜りました、長岡技術科学大学准教授張坤先生に心より感謝と敬意の意を申し上げます。また、副審査長岡技術科学大学名誉教授三上喜貴先生、名誉教授福田隆文先生、教授山形浩史先生、教授木村哲也先生には、多くの貴重なご助言をいただき、心から深く感謝の意を表したいと思えます。特に三上喜貴先生、福田隆文先生には、長岡技術科学大学大学院技術経営研究科システム安全専攻から、長い期間にわたり、安全の基本、研究の取り組み、論文の作成など多くのご指導を頂きました。謹んで心より御礼を申し上げます。

本研究を遂行するにあたり、独立行政法人 製品評価技術基盤機構（NITE）より大変貴重な事故情報データベースのご提供頂きました。本事故情報データベース無しには、本研究は成しえることができませんでした。記して深く感謝を申し上げます。

長岡技術科学大学大学院技術経営研究科システム安全専攻の皆様には感謝しております。長年にわたり数多くの温かい励ましのお言葉を頂きました。特に川瀬賢太郎氏、岡部知行氏からは、様々な情報と良い刺激をいただき切磋琢磨させて頂きました。

また、本研究は株式会社 UL Japan の代表取締役社長山上英彦氏、同僚の方々のご理解とご協力なれば成しえませんでした。特に、業務と学業の両立にあたり、株式会社 UL Japan の人事部長の大林寧子氏、同僚の大塚恵美子氏、山崎彩子氏のご支援には、深く感謝を申し上げます。加えて、これまでの研究生活を全面的に支えてくれた家族、応援してくれた高齢の母には感謝します。

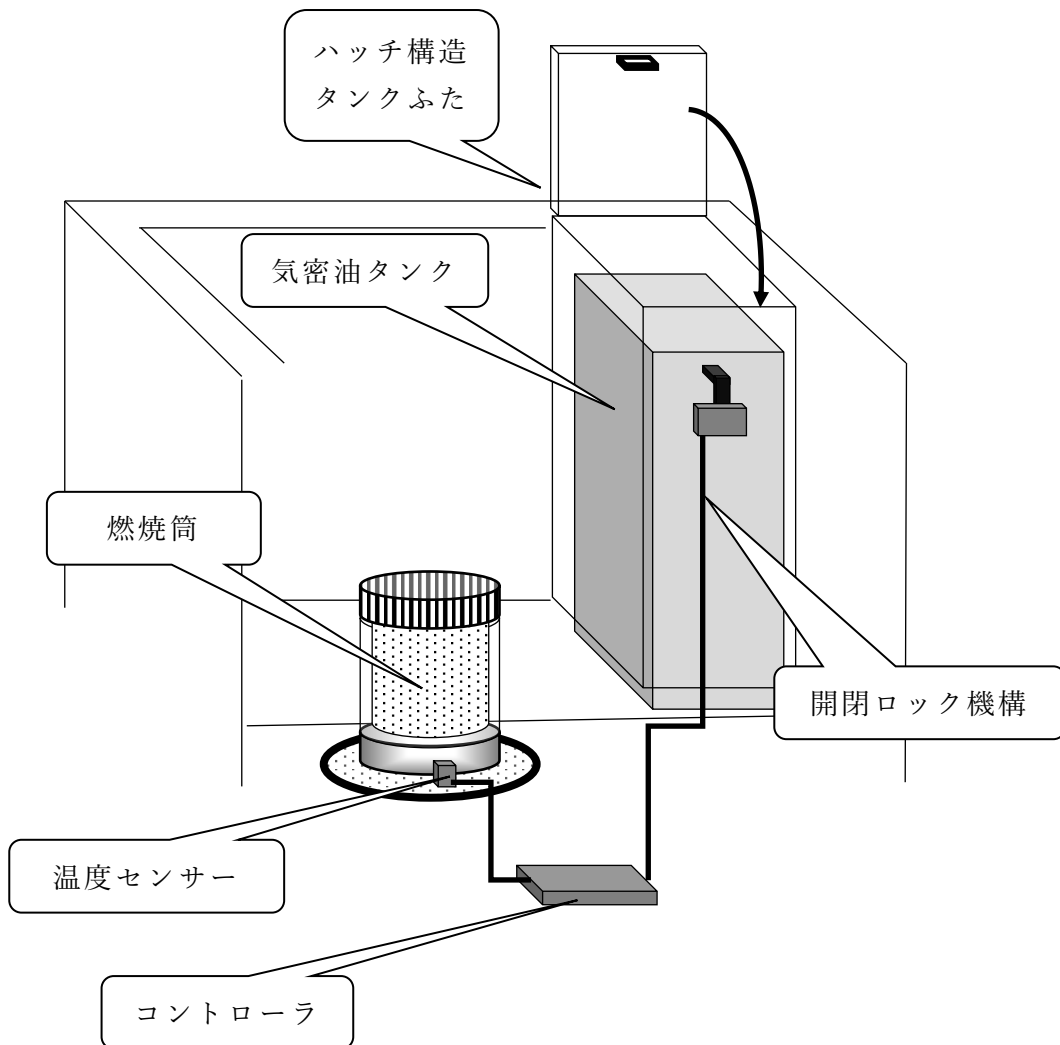
最後に、その他の多くの方々のご支援・ご協力により研究を続けることが出来ました。関係者の皆様には改めて感謝の意を表し、御礼と代えさせて頂きます。本当にありがとう御座いました。

## 付録

### 石油ストーブの灯油漏れ事故対策例

#### 動作

- ① 消火スイッチにより，消火を行う。
- ② 残り火が消え，余熱が引火・発火点未満になった時に，コントローラーからロックの開指示を出す。
- ③ 残り火が消え，余熱が引火・発火点未満になったことが確認できない場合は，コントローラーからロックの開指示を出さない。
- ④ 温度センサー，コントローラー，ロック開閉機構が壊れた時にはロック状態をバネ又は磁石など物理的な方法で維持する。

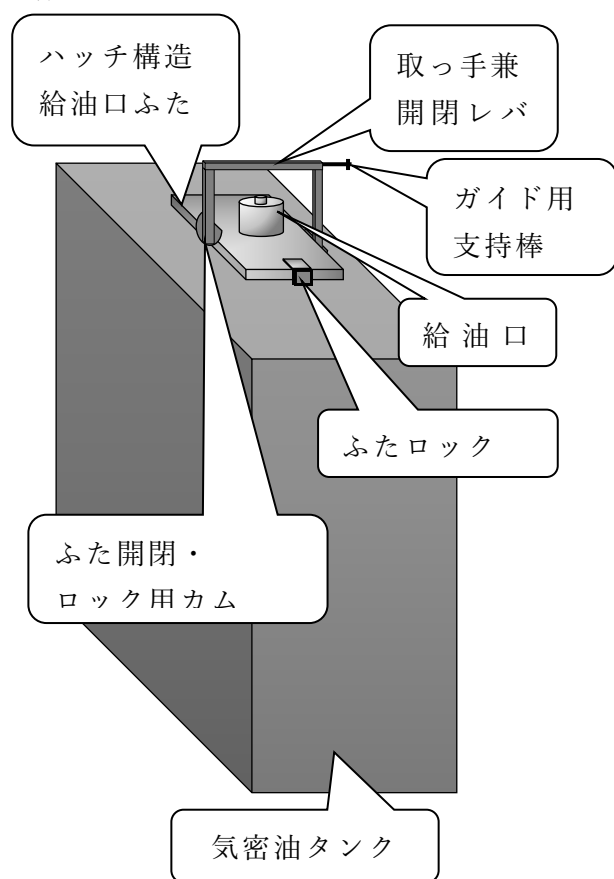


## 気密油タンクのフルプルーフ消火システムの実現例 - 製品構造と操作方法

### 動作

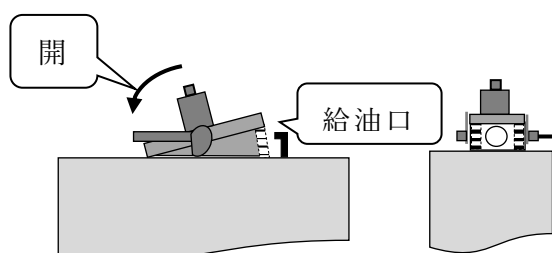
- ① ロックを外し，取っ手兼開閉レバーを倒す。
- ② カムがふたを押し上げ，給油口が開く．（危険状態）
- ③ 取っ手兼開閉レバーを握りタンクを持ち上げるときに，レバーが垂直に立ち上がり，カム上のガイドの働きにより，支点が下がりふたはバネにより閉じ，ロックされる．（安全状態）
- ④ タンクをストーブに装着すると，支持棒とストーブのガイドによりふたは圧着され，確実に閉じる．

### 全体図



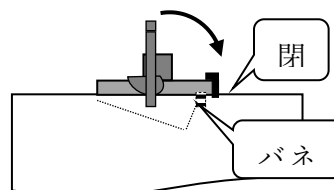
### 開 - 給油状態

- ・ふたはデフォルトで閉状態
- ・給油のためロックを解除
- ・取っ手兼開閉レバーを倒し，ふたを開ける動作を行ったときのみ，ふたが開き給油が可能（危険状態）



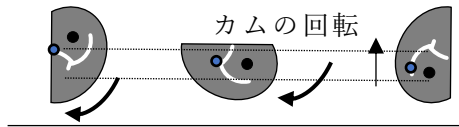
### 閉 - ロック状態

- ・タンクを持ち上げるために，取っ手兼開閉レバーを引き上げる
- ・ふたはカムに沿ってバネの力により閉じ，ロックされデフォルトの閉状態となる．（安全状態）



## カムによるふたの開閉動作

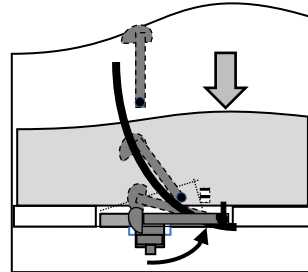
開状態 ⇒ 閉状態 ⇒ ロック状態 ,



支点移動によるふたの開閉

## タンク装着状態

- ・ガイドに沿って支持棒が移動
- ・取っ手兼開閉レバーはタンクの重みでタンクに圧着され、ふたが確実に閉まる。(安全状態)



気密油タンク給油用フルプルーフ・フィルター・キャップ・システムの実現例 - 製品構造と動作