

2023 年度  
A I 解析技術を用いた  
保安情報活用プラットフォーム構築技術開発報告書



一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター

Japan Petroleum and Carbon Neutral Fuels Energy Center (JPEC)



競輪の補助事業

この報告書は競輪の補助により作成しました。

<https://www.jka-cycle.jp>

はじめに

本技術開発は、公益財団法人JKAより競輪の補助金を受け、一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センターが実施したものである。

日本の産業プラントでは安定操業を維持するための基本となる「人財確保」「技術伝承」が共通の課題である。特に、保安情報が、テキストデータとして蓄積されているため、複数の事例や状況を関連付けた「予兆検知」等の解析は、ベテランの知恵や経験に依存している部分が大きく、今後対応が困難となることが予想される。更に、設備の経年劣化も進行し、人の知見では予想が困難なトラブル発生も懸念されている。

当センターでは、テキストデータとして蓄積されている保安情報（事件事例、ヒヤリハット事例など）を幅広く収集/DB化し、AI技術による解析が可能なツールを備え、かつユーザーインターフェース機能を持った「保安情報活用プラットフォーム」の構築に取り組んでおり、これにより、ベテランに頼ることなく、保安情報を有効に活用することが可能となり、産業プラントの重大事故につながる潜在リスクの予見性を高めることによって安全・安心操業が確保されることを期待している。

本システムの主要機能は①使用者が入力するキーワードに対し、発生確率として予見される事象を潜在リスクとして教示するAI機能、②プラントごとの特性的な設備損傷要因と事件事例、防止対策がテキスト情報として蓄積された技術情報を系統的に整理・可視化による必要情報へのアクセス機能、という2点にあり、経験の少ないプラント従事者のリスク予見力を補完することでプラント産業での共通課題である「人財確保」「技術伝承」への対応を目的とするものである。

2022年度は、保安情報活用プラットフォームの「実運用に向けた基本構成の開発」を実施し、保安情報有効活用のための解析手法について、実利用を想定したユーザーインターフェースを備えたプロトタイプを作成している。2023年度は、プラットフォーム全体のシステム化を実施し、想定されるユーザーが参加した実証試験を行う事により、実運用に向けた技術開発を行った。

事業実施あたっては、本技術開発の実施内容に対する評価及び提言等を行う「保安情報活用プラットフォーム構築委員会」および本技術開発について利用者の視点での評価及び提言等を行う「ユーザーWG」を設置した。

最後に、本技術開発にご協力いただいた各位に対し敬意を表します。

2024年3月

一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター

「保安情報活用プラットフォーム構築委員会」

委員長	辻 裕一	東京電機大学 工学部 機械工学科 教授
委員	中田 亨	産業技術総合研究所 人工知能研究センター NEC-産総研人工知能連携研究室 副室長
委員	今井 秀和	高圧ガス保安協会 保安技術部門保安業務グループ認定調査チーム
委員	藤原 昌平	石油連盟 安全管理部 安全技術グループ

- 第1回委員会：2023年8月8日
- 第2回委員会：2023年10月25日
- 第3回委員会：2024年1月18日
- 第4回委員会：2024年3月11日

「ユ-ザ-WG」

委員	江川 宇倫	E N E O S(株) 工務部 システム計画グループ (~2023.9)
委員	野口 義雄	E N E O S(株) 工務部 システム計画グループ (2023.10~)
委員	嶋田 翔	E N E O S(株) 中央技術研究所 サステナブル技術研究所 デジタル化技術グループ
委員	小坂 薫	出光興産(株) 製造技術部 安全環境技術課
委員	石川 元春	コスモ石油(株) リスクマネジメント部 保安統括グループ
委員	白木原 明彦	コスモ石油(株) 工務部 保安全管理グループ グループ長
オブザーバー	高倉 雅浩	富士石油(株) 安全環境室 副長
オブザーバー	高松 克一	富士石油(株) 安全環境部 安全課 副長
オブザーバー	太田 直樹	太陽石油(株) 四国事業所環境安全部環境安全グループ長
オブザーバー	阿部 誠治	太陽石油(株) 四国事業所環境安全部環境安全グループ・グループ長補佐
オブザーバー	津田 隆久	太陽石油(株) 環境安全・品質管理部 副部長 (2024.1~)

- 第1回 WG：2023年8月2日
- 第2回 WG：2023年11月6日
- 第3回 WG：2024年1月15日
- 第4回 WG：2024年3月6日

## 「A I 解析技術を用いた保安情報活用プラットフォーム構築技術開発」

### 目次

<b>1. 技術開発の概要</b> .....	<b>8</b>
1.1 技術開発の背景・目的 .....	8
1.2 研究開発スケジュール .....	8
1.3 技術開発の実施体制 .....	9
1.4 技術開発の実施項目とスケジュール .....	10
<b>2. 内容</b> .....	<b>11</b>
2.1 DB のシステム化 .....	11
2.1.1 情報収集機能と DB の連携 .....	11
2.1.2 DB と解析ツールの連携 .....	33
2.2 クラウド対応 .....	41
2.2.1 単語に基づいた解析方法の Web 版への改造 .....	42
2.2.2 技術資料に基づいた解析方法 .....	44
2.2.3 プラットフォームシステムのクラウド化 .....	50
2.3 実証試験 .....	52
2.3.1 ユーザーを限定しての試験運用 .....	52
2.3.1 運用課題抽出・対応 .....	52
2.3.2 実運用体制検討 .....	67
<b>3. 今後の取組</b> .....	<b>69</b>



## 目次

図 1 実施内容のイメージ	9
図 2 実施体制	10
図 3 KHK 高圧ガス事故情報	12
図 4 高圧ガス事故概要報告リンク (例)	12
図 5 高圧ガス事故 (工業保安関係事故のページより)	13
図 6 化学工学会 SCE・NET PSB 和訳版掲載ページ	14
図 7 データ整備の手順	14
図 8 キーワードツリー	17
図 9 抽出語リスト	26
図 10 単語チェック例	26
図 11 DB 毎に差異が顕著な単語の分布	27
図 12 DB 毎に良く利用される単語の分布	28
図 13 「名詞」に分類された差異が顕著な単語分布	29
図 14 「名詞」に分類された DB に良く利用される単語分布	30
図 15 作成したページアンモデル	31
図 16 構造学習結果	31
図 17 確率推論実行例	32
図 18 石連事故情報水平展開データ活用の有効性	33
図 19 「事例×単語」行列表の概要	34
図 20 解析用単語のファイル構成	35
図 21 解析アプリ入力画面 (解析単語選択)	35
図 22 各事例に関わる情報をまとめたファイル構成	36
図 23 データセットの解析アプリへの配置	37
図 24 解析アプリでのデータセット切替	37
図 25 分解木画面での機能の説明表示	38
図 26 JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 15 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 35)	39
図 27 分解木の編集例	39
図 28 JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 17 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 6)	40
図 29 分解木の編集例	41
図 30 データセットの解析アプリへの配置	41
図 31 クラウド化対応の概略	42
図 32 入力画面	43
図 33 出力画面	44
図 34 初期画面とマウス操作	45

図 35	Navi 機能	45
図 36	ノードのアイコン説明	46
図 37	ノードの展開・縮小	46
図 38	別の分解木へのジャンプ機能	46
図 39	画像ファイルリンク	47
図 40	チェック機能	47
図 41	表示切替	48
図 42	検索機能（ノード検索）	48
図 43	検索機能（要因方向検索）	49
図 44	検索機能（結果方向検索）	49
図 45	事例数によるエッジ太さの反映	50
図 46	JPEC ホームページからのアクセスフロー	51
図 47	更新データを反映したアプリへのリンク	52
図 48	アンケート用紙	53
図 49	リスクアセス事例（ステップ 1）	55
図 50	リスクアセス事例（ステップ 2）	55
図 51	検索単語選択性改善（単語の並びを 50 音順）	56
図 52	キーワードツリー	58
図 53	グループ構造モデル	59
図 54	階層モデルを取込んだデータセット選択画面	59
図 55	JPEC 事故事例検索システム	60
図 56	常圧蒸留装置事故類型分類図	61
図 57	目次画面	61
図 58	常圧蒸留装置の分解木	62
図 59	引き金事象と原因の類型化図（1/3）	63
図 60	引き金事象と原因の類型化図（2/3）	64
図 61	引き金事象と原因の類型化図（3/3）	65
図 62	「エラージョン・コロージョン」が引き金事象の部分の分解木例	66
図 63	目次画面	66
図 64	分解木および事故事例/参考資料の紐づけ例	67
図 65	運営形態	68

## 表目次

表 1	技術開発スケジュール	8
表 2	実施項目とスケジュール	10
表 3	解析に用いている DB	11
表 4	同義語の統一	15
表 5	上位語としてカウントする単語とその下位語	16
表 6	カテゴリー	17
表 7	「装置」に分類した単語リスト	18
表 8	「機器・部位（タンク）」に分類した単語リスト	18
表 9	「機器・部位（弁）」に分類した単語リスト	18
表 10	「設備・部位（管）」に分類した単語リスト	19
表 11	「設備・部位（その他）」に分類した単語リスト	20
表 12	「物質（油）」に分類した単語リスト	21
表 13	「物質（ガス）」に分類した単語リスト	21
表 14	「物質（その他）」に分類した単語リスト	21
表 15	「プロセス変動」に分類した単語リスト	22
表 16	「原因・現象（機器、材料）」に分類した単語リスト	22
表 17	「作業・行為」に分類した単語リスト	23
表 18	「事故の引き金事象」に分類した単語リスト	24
表 19	「漏れの形態」に分類した単語リスト	24
表 20	「着火源あり」に分類した単語リスト	24
表 21	「着火源なし」に分類した単語リスト	24
表 22	「人的被害」に分類した単語リスト	24
表 23	「その他」に分類した単語リスト	25
表 24	「名詞」として分類された単語リスト（出現頻度 100 回以上）	29
表 25	データセット概要	33
表 26	カテゴリー分類	36
表 27	表示記号	38
表 28	アンケート結果概要	54
表 29	カテゴリー設定	58
表 30	ソフト及びサーバー関連費用	68

## A I 解析技術を用いた保安情報活用プラットフォーム構築技術開発

### 1. 技術開発の概要

#### 1.1 技術開発の背景・目的

我が国における石油の安定供給を確保する上で、国内製油所の安定的かつ安全な操業の確保は不可欠であり、石油各社では事故事例やヒヤリハット報告等をD B化し利用している。しかしながら、それらは膨大な量のテキスト情報として蓄積されており、有効に活用するためのシステム化には至っていない。

以上の背景より、JPECでは産業プラント向けに、AI技術を活用し、事故事例等の保安情報を有効に活用するための「保安情報活用プラットフォーム（PF）構築」について検討を進めている。

#### 1.2 研究開発スケジュール

「保安情報活用プラットフォーム構築技術開発」は、2024 年度からの実用化を想定し、2022～2023 年度の2年計画で取り進めた（表 1）。

表 1 技術開発スケジュール

2022年度	2023年度	2024年度～
<b>「保安情報活用プラットフォーム構築」研究開発</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>➢ 実運用に向けた基本構成開発<ul style="list-style-type: none"><li>(1) 情報収集方法の調査検討</li><li>(2) 解析方法開発 ➔プロトタイプ開発)</li><li>(3) 運用方法検討</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><b>実用化に向けた開発及び実証試験</b></li><li>➢ プラットフォーム全体システム開発<ul style="list-style-type: none"><li>(1) DBのシステム化</li><li>(2) 解析ソフトのクラウド対応 ➔実運用版作成</li><li>(3) 実証試験、運用体制検討</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➢ 実運用開始</li><li>➢ 普及活動 利用領域拡大に向け、セミナー等を開催</li></ul>

2022 年度は、保安情報活用プラットフォームの「実運用に向けた基本構成の開発」を実施し、保安情報有効活用のための解析手法について、実利用を想定したユーザーインターフェースを備えたプロトタイプを作成した（2022 年度報告書参照<sup>1</sup>）。2023 年度は、プラットフォーム全体のシステム化を実施し、想定されるユーザーが参加した実証試験を行う事により、実運用に向けた体制を整えるとともに、広く利用領域を広げて社会的活動としていくためのモデルパターンとして活用できるものとするため、以下について実施した。実施内のイメージについては、図 1 に示した。

#### (1)DB のシステム化

- ①情報収集機能と DB の連携：事故事例等データ更新方法
- ②DB と解析ツールの連携

<sup>1</sup> [https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2023/04/platform\\_construction\\_tech\\_nology.pdf](https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2023/04/platform_construction_tech_nology.pdf)

- 単語に基づいた解析方法<sup>2</sup>
  - ➡組み込み用モデル（ベイジアンモデル）作成と解析ソフトへの組み込み
- 技術資料に基づいた解析方法
  - ➡規格更新内容の反映、関連事故事例の追加

(2)クラウド対応

- ①単語に基づいた解析方法➡クラウド経由での利用方法開発
- ②技術資料に基づいた解析方法➡クラウド経由での利用方法開発
- ③プラットフォームシステムのクラウド化➡セキュリティを確保した実証用システム開発

(3)実証試験

- ①ユーザーを限定しての試験運用
- ②運用課題抽出・対応
- ③実運用体制検討

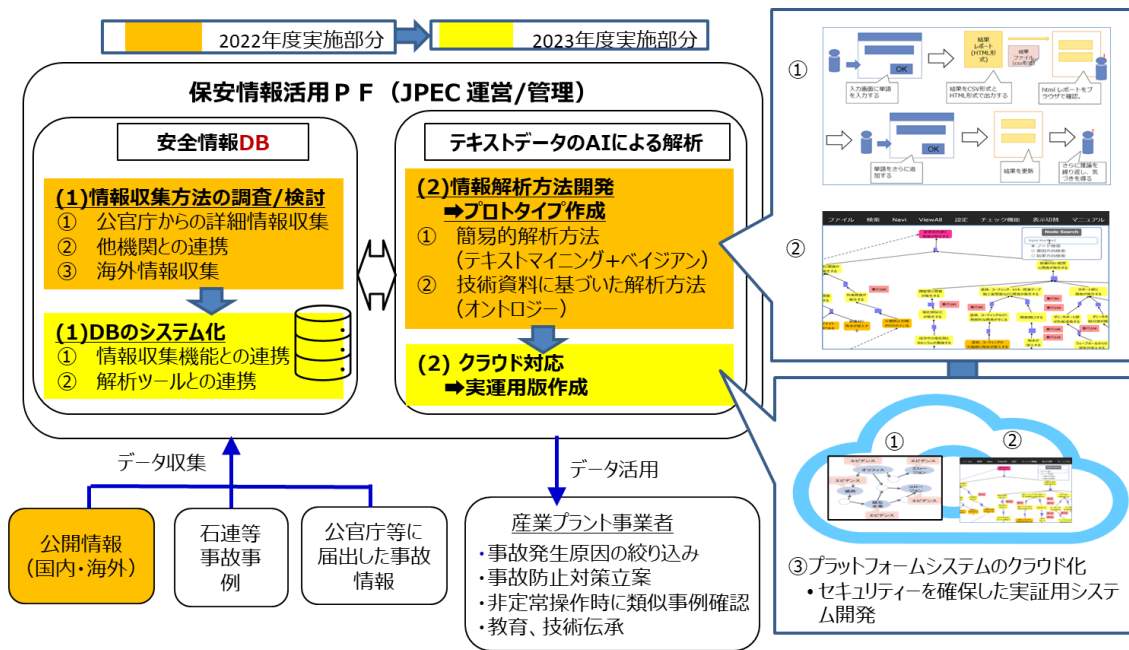


図 1 実施内容のイメージ

1.3 技術開発の実施体制

本技術開発における実施体制を、図2に示す。本技術開発の中で、「保安情報活用プラットフォーム構築委員会」を設置する。この委員会では、本技術開発の実施内容に対しての評価及び提言等を行う。また、委員会の下部に、本PFの利用者として想定される石油会社の委員より構成さ

<sup>2</sup> 「単語に基づいた解析」：2022年度事業では、「簡易的解析方法」としていたが、解析方法の内容をわかりやすく反映させるため「単語に基づいた解析方法」と名称を変更

れる「ユーザーWG」を設定する。尚、ユーザーWGは、JPECの常設研究会として、保安・保全関係についての取組を支援するための組織である「安全安心研究会」の委員及びオブザーバーにて構成した。ユーザーWGでは、本技術開発について、利用者の視点での評価及び提言等を行う。

尚、解析手法として利用する「単語に基づいた解析方法」及び「技術資料に基づいた解析方法」のプロトタイプ作成については、それぞれ、外注により対応し、作成状況については、委員会、ユーザーWGに報告を行いながら取り進めた。

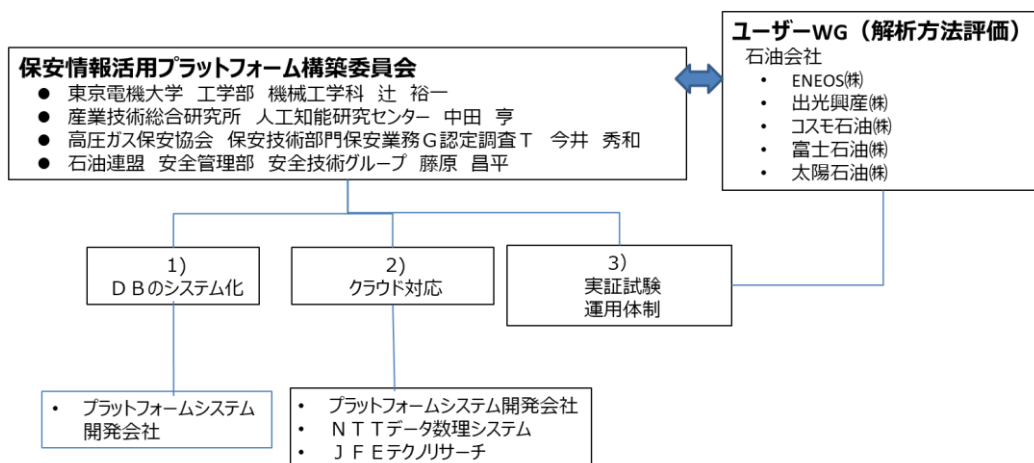


図 2 実施体制

#### 1.4 技術開発の実施項目とスケジュール

表 2 に本技術開発の実施項目とスケジュールを示す。

表 2 実施項目とスケジュール

事業項目 (段階)	期・月別		上半期						下半期					
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
A I 解析技術を用いた保安情報活用プラットフォーム構築														
(1)DBのシステム化														
①情報収集機能とDBの連携	←													
②DBと解析ツールの連携	←													
✓単語に基づいた解析方法														
✓技術資料に基づいた解析方法														
(2)クラウド対応														
①単語に基づいた解析方法	←													
②技術資料に基づいた解析方法	←													
③プラットフォームシステムのクラウド化	←													
(3)実証試験														
①ユーザーを限定しての試験運用														
②運用課題抽出・対応														
③実運用体制検討														
(5)報告書作成														

## 2. 内容

以下に表 2 に示した事業項目についての実施内容について記す。

### 2.1 DB のシステム化

#### 2.1.1 情報収集機能と DB の連携

<DBとして用いている情報の追記・更新>

本事業にて開発している「単語に基づいた解析方法」にて解析に用いているDBは、表3に示す通り、定期的に情報が追加・更新されているものがあり、「新規データのダウンロード」と「解析用データへの追加」を行う必要がある。「解析用データへの追加」を行う場合、解析ツールで利用できる状態にするための前処理等を行う必要がある。今回は、情報の追加・更新が有る「高圧ガス保安協会（KHK）公開事故情報」、「高圧ガス事故事例報告シート（神奈川県）」及び「化学工学会 SCE-NET CCPS Process Safety Beacon（PSB）和訳」について、「新規データのダウンロード」及び「解析用データへの追加」を行った。

表 3 解析に用いている DB

DB名	情報の追加・更新の有無
JPEC-Safer	無し
高圧ガス保安協会（KHK）公開事故情報	有り
事故事例データベース（神奈川県）	有り
失敗知識データベース	無し
化学工学会 SCE・NET CCPS PSB和訳版	有り

#### （1）新規データのダウンロード

##### 1）高圧ガス保安協会公開事故情報

高圧ガス保安協会（KHK）では、高圧ガス事故情報<sup>3</sup>を公開し（図3）、定期的に情報を更新している。本事業で、保安情報活用PFに取り込み解析対象としている情報として、「高圧ガス事故事例」「事故事例データベース」を選定している。高圧ガス事故情報は、高圧ガス保安法に関わる事業者に関わる情報を公開しているが、本事業では、ユーザーとして石油精製会社を想定し、事業者として石油精製のものを抽出して利用している。

<sup>3</sup> [https://www.khk.or.jp/public\\_information/incident\\_investigation/hpg\\_incident/](https://www.khk.or.jp/public_information/incident_investigation/hpg_incident/)

# 高圧ガス事故情報



図 3 KHK 高圧ガス事故情報

2022年度の「単語に基づいた解析方法」用データは、「事故事例データベース」より、業種区分「石油精製」の事故情報を2021年11月時点でダウンロードしたデータを利用している。今回は、2023年9月時点で、「事故事例データベース」よりダウンロードしたデータから、業種区分「石油精製」として追加された事例について取り込みを行った。

また、「事故情報データベース」よりダウンロードできるExcelファイルにてまとめられた事故情報に加えて、「高圧ガス事故事例」にて公開されているデータがある場合は、そのデータも合わせて取り込んで利用した（「高圧ガス事故事例」の情報がある場合は、「事故事例データベース」よりダウンロードできるExcelファイルの「高圧ガス事故概要報告リンク」の列に、「有」と記載され、「高圧ガス事故事例」へのリンクが貼られているため、リンク先データを追記した（図4））。

事故コード	事故区分	事故分類	事故名称	事故発生日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	1次事象	2次事象	噴出・漏えいの程度	噴出・漏えいの部位	噴出・漏えい部位の寸法(径)	噴出・漏えい部位の寸法(板厚)	噴出・漏えい部位の寸法(呼び圧力)	噴出・漏えい寸法の分類	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	事業所で講じた措置及び対策	高圧ガス事故概要報告リンク
2021-201	製造事業所(コ)一種	C1	連続触媒再生改質装置第一反応塔入口フランジ部からの火災	2021/6/20	山口県	0	0	0	0	その他(液化石油ガス、水素、炭化水素ガス)	漏洩	火災	微量	締結部(材質:)	ZOB		JPI 300	<漏えい②>(締結部:)	石油精製	反応器、継手	<製造中>(定常運転)	<締管理不良>		高温	6月20日(日)20時55分現場巡回点検中、連続触媒再生改質装置第1反応塔入口フランジ部より約30cm高さの火災を感知したため、直ちに計器室に連絡するとともに、連絡を受けた班長指示の元、当該装置の緊急停止措置を実施するとともに、消防へ通報を行った。	・ガス漏洩発生原因特定のための調査	<a href="#">有</a>

図 4 高圧ガス事故概要報告リンク (例)

## 2) 事故事例データベース (神奈川県)

神奈川県では、くらし安全防災局防災部消防保安課が管理する「工業保安関係事故のページ」にて、事故事例データベースとして、1997年から現在までに県内で発生した工業保安関係事故をデータベース化して公開している(図5)。2022年度の「単語に基づいた解析



方法」用データは、2021年12月時点で高圧ガス事故として、エクセル形式でダウンロードした事故区分「製造事業所（コンビ）」の情報を活用している。今回は、2023年9月時点で、「高圧ガス事故」より、事故区分「石油精製」の事故事例をダウンロードしたデータより、事故区分「製造事業所（コンビ）」として追加された事例について取り込みを行った（図5の赤点線部分のエクセルファイルより取り込み）。




事故事例データベース	
1997年から現在までに県内で発生した工業保安関係事故をデータベース化して提供しています。	
• 高圧ガス事故：2017年まで <a href="#">(エクセル：930KB)</a> 、	2018年～2022年 <a href="#">(エクセル：278KB)</a> 
• 液化石油ガス事故： <a href="#">(エクセル：166KB)</a> 	
• 火薬類事故： <a href="#">(エクセル：36KB)</a> 	

図 5 高圧ガス事故（工業保安関係事故のページより）

## 2) 化学工学会 SCE・NET CCPS Process Safety Beacon (PSB)

化学工学会の産学官連携センターに属するSCE・NET は、シニア・ケミカル・エンジニアズ・ネットワークの略称で、インターネットをコミュニケーションツールとするシニア技術者の集まりである。SCE・NETの活動グループである安全研究会 では、米国化学工学会(AIChE)の安全関係の組織である化学プロセス安全センター(CCPS：Center for Chemical Process Safety)が産業界の人たちの安全標識になることを目的として毎月発行している英文の「Process Safety Beacon (PSB)」の和訳版を公開している（図6）。PSBでは、実際に起こった事故や不安全状態を取り上げて化学プロセス安全上の鍵となる教訓などを、図や写真を交えてまとめられており、安全情報として有効に活用できる。2022年度の「単語に基づいた解析方法」用データは、解析用データとして、2021年10月号までのテキスト情報を抜粋して利用している。今回は、2023年9月時点でダウンロードした2023年8月号までのデータの取り込みを行った（図6）。

## PSB 和訳及び安全談話室

🏠 ホーム / 活動グループ / 安全研究会 / PSB 和訳及び安全談話室

SCE・Net安全研究会では、毎月、CCPSから送られてくる次月の英文PSBを先ず翻訳担当が訳し、議論しながら纏め役が日本語版の最終原稿に仕上げますが、その間、毎月開かれるミーティングでPSBに関連したコメント、経験など、フリーに話し合われた内容を整理、編集し、【安全談話室】として掲載します。ご参考にしてください。

年度	PSB和訳	談話室	翻訳担当
PSB日本語版 (2023年)	8月号：同時並行作業（SIMOPS）	談話室No206	牛山 啓、澁谷 徹
PSB日本語版 (2023年)	7月号：バッテリー駆動の工具や機器は着火源 になり得る	談話室No205	塩谷 寛、山本一 己
PSB日本語版 (2023年)	6月号：安全の脆弱性への感性ー非常に重要な 安全要素	談話室No204	上田健夫、竹内 亮
PSB日本語版 (2023年)	5月号：間違った物質+間違ったタンク=トラブ ル	談話室No203	松井悦郎、木村 雄二
PSB日本語版 (2023年)	4月号：吊り上げ作業の危険性	談話室No202	今出善久、山岡 龍介
PSB日本語版 (2023年)	3月号：有毒ガス	談話室No201	山本一己、金原 聖
PSB日本語版 (2023年)	2月号：安全操業に人は欠かせない！	談話室No200	頼 昭一郎、林和 弘
PSB日本語版	1月号：変更の影響が何年も後に出て来ること	談話室No199	竹内亮、牛山 啓

図 6 化学工学会 SCE・NET PSB 和訳版掲載ページ

## (2) 解析用データへの追加

「単語に基づいた解析方法」の解析用データへ追加するためには、解析用ソフトと連携させるためのデータ整備が必要である。データ整備の手順を図7に示す。

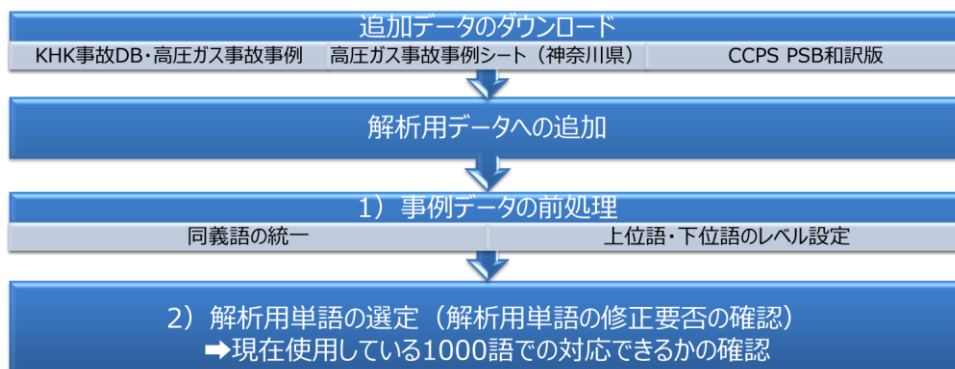


図 7 データ整備の手順

## 1) 事例データの前処理

### ①同義語の統一

同義であるが表記が異なるものは、表 4 のようにデータの文字を統一表記に置き換えている。今回のデータ追加における前処理でも同様の同義語の統一を行った。

以下に統一表記に置き換えを行ったパターンの例について示す。

- 略称：正式日本語表記に統一
  - ・ ガス検 ⇨ ガス検知器
  - ・ LPG ⇨ 液化石油ガス
  - ・ 定修 ⇨ 定期修理
- 表記揺れ：多数派に統一
  - ・ 浮屋根⇨浮き屋根
  - ・ 漏えい⇨漏洩
- そもそも不統一な語：適宜一つに統一
  - ・ 水頭圧、ヘッド圧 ⇨ 液頭圧
  - ・ 水添 ⇨ 水素化
  - ・ 調節 ⇨ 調整

表 4 同義語の統一

統一表記	表記揺れの例	書き換え対応
弁	バルブ	バルブ⇒「弁」へ書き換え
ガス検知器	ガス検	ガス検⇒「ガス検知器」へ書き換え※検知器の意味の時
液化石油ガス	LPガス、LPG	LPG ⇒「液化石油ガス」へ書き換え
液化天然ガス	LNG、LNガス	LNG、LNガス⇒「液化天然ガス」に書き換え
硫化水素	H2S	H2S⇒「硫化水素」へ書き換え
熱交換器	熱交	熱交⇒「熱交換器」へ書き換え
液頭圧	水頭圧、ヘッド圧	水頭圧、ヘッド圧⇒「液頭圧」に書き換え
浮き屋根	浮屋根	浮屋根⇒「浮き屋根」へ書き換え
放出管	ベント管	ベント管⇒「放出管」に書き換え
運転員	オペレータ	オペレータ⇒「運転員」に書き換え
水素化	水添	水添⇒「水素化」に書き換え
縁切り	ブロック	ブロック⇒「縁切り」に書き換え
誤操作	操作ミス	操作ミス⇒「誤操作」に書き換え
調整	調節	調節⇒「調整」に書き換え
定期修理	定修	定修⇒「定期修理」に書き換え
正常運転	定常運転、通常運転、平常運転、安定運転	定常運転、通常運転、平常運転、安定運転⇒「正常運転」に書き換え
漏洩	漏えい	漏えい⇒漏洩

### ②上位語・下位語のレベル設定

次の条件のいずれかに該当する単語は、表 5 の様に、対応する下位語部分に「◎」をつけて上位語も追記することで、上位語としてもカウントされる様な処理を行っている。今回のデータ追加における前処理でも同様の上位語・下位語のレベル設定を行った。

以下に上位語・下位語のレベル設定の例を示す。

- 単語の出現頻度が小さいが、類語などと合計すると、出現頻度が多くなる場合。これは表現の仕方が複数あるため、見かけ上、話題の登場回数が少なく見えているものと解釈する。  
例：「破裂」・「破断」・「折損」は、「破損」という上位概念でもカウントする。
- 目的が同一の事物は、そのカテゴリーを立てる。  
例：「ブロック」・「ブロック弁」・「仕切弁」・「仕切り板」は「縁切り」としてもカウントする。  
例：「水素化分解」・「水素化分解装置」は「水素化」としてもカウントする。

表 5 上位語としてカウントする単語とその下位語

上位語	下位語	(○…)を追記
破損	破裂、破断、折損	破裂、破断、折損⇒(○破損)
シール	メカニカルシール	メカニカルシール⇒(○シール追記)
縁切り	ブロック、ブロック弁、仕切弁、仕切り板	ブロック、ブロック弁、仕切弁、仕切り板、仕切板⇒(○縁切り)
過誤	ヒューマンエラー、誤判断、誤操作、誤使用、ミス	ヒューマンエラー、誤判断、誤操作、誤使用、ミス⇒(○過誤)
水素化	水添、水素化分解、水素化分解装置	水添、水素化分解、水素化分解装置⇒(○水素化)
屋根	ルーフ、タンク屋根、タンク上部、コーンルーフトank、浮き屋根	ルーフ、タンク屋根、タンク上部、コーンルーフトank、浮き屋根⇒(○屋根)
安全装置	安全システム	安全システム⇒(○安全装置)
鉄	SUS	SUS⇒(○鉄)
フランジ	ノズルフランジ、チャンネルフランジ	ノズルフランジ、チャンネルフランジ⇒(○フランジ)
接触分解	重油流動接触分解、流動接触分解装置、接触分解装置、接触改質装置	重油流動接触分解、流動接触分解装置、接触分解装置、接触改質装置⇒(○接触分解)
蒸留装置	…蒸留装置、…脱硫装置	…蒸留装置、…脱硫装置⇒(○蒸留装置)
孔	開孔	開孔⇒(○孔)
腐食	外面腐食、内面腐食	外面腐食、内面腐食⇒(○腐食)
内面腐食	内部腐食	内部腐食⇒(○腐食、○内面腐食)
外面腐食	外部腐食	外部腐食⇒(○腐食、○外面腐食)
腐食・エロコ	エロージョン、コロージョン	エロージョン、コロージョン⇒(○腐食○エロコ)
感知	覚知	覚知⇒(○感知)

## 2) 解析用単語の選定（解析用単語の修正要否の確認）

2022年度の「単語に基づいた解析方法」で用いている解析用単語は、約1,000語を用いており、図8に示す事故等の原因から進展までのキーワードを抽出して作成したキーワードツリーを参考に表6の様にカテゴリーを設定している。また、各カテゴリーに分類した単語は表7～23の通りである<sup>4</sup>。

<sup>4</sup> [https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2023/04/platform\\_construction\\_techology.pdf](https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2023/04/platform_construction_techology.pdf)

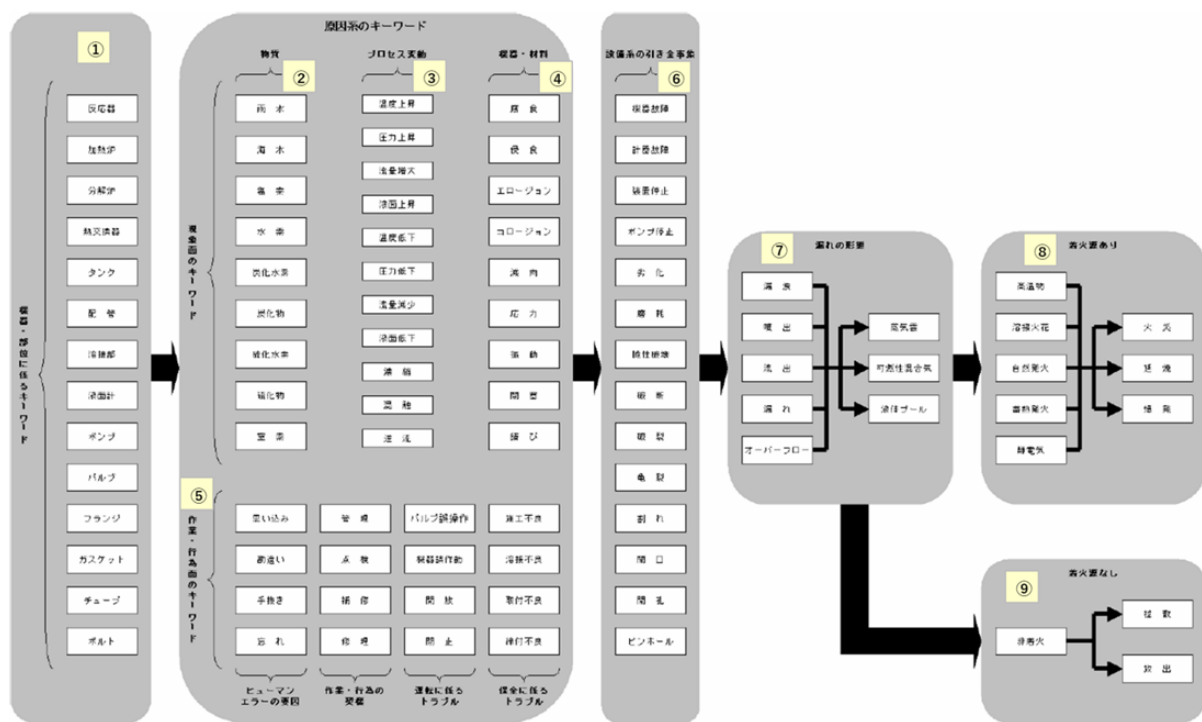


図 8 キーワードツリー

表 6 カテゴリー

①	装置
	機器・部位 (タンク)
	機器・部位 (弁)
	機器・部位 (管)
②	機器・部位 (その他)
	物質 (油)
	物質 (ガス)
③	物質 (その他)
	プロセス変動
④	原因・現象 (機器、材料)
⑤	作業/行為
⑥	事故等の引き金事象
⑦	漏れの形態
⑧	着火源あり
⑨	着火源なし
⑩	人的被害
⑪	その他

表 7 「装置」に分類した単語リスト

蒸留装置	減圧蒸留装置	処理装置	間脱	接触改質
接触分解	水素化分解装置	減圧蒸留塔	コーキング装置	プロセス装置
水素化脱硫装置	水素製造装置	改質装置	水素化反応装置	濃縮装置
常圧蒸留装置	重油直接脱硫装置	常圧蒸留塔	濾過装置	液化装置
製造装置	精留塔	熱分解装置	アイソマックス	常圧蒸留
流動接触分解装置	リアクタ	分解装置	重油流動接触分解	原油脱塩装置
接触改質装置	軽油脱硫装置	改質	水素化脱アルキル装置	重油直接脱硫
脱硫装置	精製装置	分解反応	直脱	原油予熱装置
回収装置	アルキレーション装置	抽出装置	アルキレーション	
重油脱硫装置	異性化装置	転換装置	接触分解装置	

表 8 「機器・部位 (タンク) に分類した単語リスト

タンク	球形タンク
浮き屋根	タンク上部
マンホール	アスファルトタンク
底板	重油タンク
側板	タンク側板
貯蔵タンク	ガソリンタンク
原油タンク	軽油タンク
タンク屋根	ナフサタンク
コーンルーフタンク	タンク内部
タンク底	

表 9 「機器・部位 (弁) 」に分類した単語リスト

弁	入口弁	弁座	開弁
安全弁	緊急遮断弁	圧抜き弁	
調整弁	電磁弁	スライド弁	
ドレン弁	出口弁	プラグ弁	
元弁	ゲート弁	排水弁	
逆止弁	バイパス弁	AC弁	
制御弁	手動弁	ブリード弁	
仕切弁	逃し弁	バランス弁	
遮断弁	ボール弁	ブリーザー弁	
圧力調整弁	ベント弁	切換弁	

表 10 「設備・部位（管）」に分類した単語リスト

出口配管	バイパス配管	スロップ配管	スチーム配管	オーバーフラッシュ配管	大口径配管
加熱管	空気配管	ベント配管	直管	原油配管	抜管
移送配管	導圧配管	仮設配管	放出配管	蒸気配管	
入口配管	反応管	下流配管	プロセス配管	連絡配管	
ドレン配管	配管サポート	取り出し配管	窒素配管	排ガス配管	
盲腸配管	小口径配管	水素配管	主配管	取出し配管	
導圧管	加熱炉管	保温配管	オーバーヘッド配管	拔出配管	
放出管	供給配管	受入配管	ガス配管	不要配管	
フィード配管	付属配管	出荷配管	拡管	軽油配管	
枝管	埋設配管	吐出配管	重油配管	循環油配管	

表 11 「設備・部位（その他）」に分類した単語リスト

ポンプ	モータ	ノックアウトドラム	オーバーヘッド	コールドボックス
フランジ	塔頂	オリフィス	コークドラム	トート
熱交換器	径	ウェザーシール	全周	フィードドラム
シール	脱硫	ガバナ	破裂板	フレキシブルホース
屋根	フィルタ	ガスタービン	デッド部	ルーフ
加熱炉	貯槽	パイロットバーナ	トラップ	サクシヨンドラム
ボルト	炉内	緊急装置	ブースタ	ドレンプラグ
システム	プラグ	通油	ブリード	ナビン
ドレン	ラック	インペラ	レデューサ	脱塩
槽	パッキン	フランジボルト	熱電対	シートリング
ノズル	安全装置	ペール缶	変圧器	ブローダウンドラム
ガasket	ヘッド	脱硫塔	フラッシングライン	電解コンデンサ
保温材	入出荷設備	分岐	インナーフロート	ウェザーカバー
反応器	ローリ	ステム	キャピラリ	クロスヘッド
液面計	バイパス	アニュラ	ポジショナ	サージドラム
出口	塔底	スタビライザ	放散塔	ディスプレイサ
コンプレッサ	リボイラ	ダクト	流量制御	エアフィン
メカニカルシール	ケーシング	チャンネルフランジ	塔槽	オイルピット
計装	セパレータ	気液分離	クーリングタワ	スクラッパ
継手	ストリップ	チャンバ	トレンチ	プラグ止
ホース	DCS	ダンパ	ファンブレード	チャージヒータ
エルボ	サクシヨ	地絡	圧力容器	排出口
炉	凝縮器	クランク	煙道	連結ピン
蒸留塔	スチームトレース	チューブシート	インナーノズル	エバポレータ
バーナ	オイルフェンス	閉止板	ウェザーフード	クロスヘッドシュー
軸	カップリング	スイベル	ピストンロッド	ダウエルピン
フレア	ポンツーン	高温部	リングジョイント	フレキホース
ストレナ	ジョイント	スパーサ	エアブロー	プレヒータ
ガス検知器	トラック	凝集器	コンタクタ	プロセスライン
タービン	タンクローリ	精留	ブローダウン	リカバリ
クーラ	リレー	デブタナイザ	リフラックスドラム	空温式
ケーブル	受槽	フローライン	小口径	大口径
締結	ライニング	液封	油水分離	蓄圧
回転	ベローズ	分離装置	スピロールピン	オーバーヘッドレシーバ
軸受	チャージポンプ	ロータ	フィッティング	サポートシュー
仕切り	チャンネルカバー	ドレンライン	着棧	ルブリケータ
防油堤	リサイクル	ノズルフランジ	カプラ	ロータリ
水平	ベントノズル	ロックリング	シュータ	サンプリング装置
ベント	ブリーダ	スプリッタ	ライダーリング	ノックアウト
シェル	ブロー	架構	リリーフ	プロファイル



表 12 「物質（油）」に分類した単語リスト

油	重質油	残油	循環油	排油
ナフサ	減圧軽油	灯軽油	アルキレート	
原油	塔底油	トルエン	キシレン	
ガソリン	C重油	パラキシレン	減圧残渣油	
重油	軽質油	燃料油	リフォーマート	
軽油	残渣油	ハイオク	落油	
石油	重質軽油	含油	底油	
原料油	A重油	芳香族	改質油	
灯油	廃油	留出油	重油混合基材	
ベンゼン	熱油	BTX	塔頂油	

表 13 「物質（ガス）」に分類した単語リスト

水素	酸素	炭酸ガス	炭化水素ガス
液化石油ガス	燃料ガス	メタン	液化天然ガス
硫化水素	軽質	混合ガス	CO2
エチレン	プロピレン	分解ガス	亜硫酸ガス
水素ガス	窒素ガス	天然ガス	イソブチレン
ブタン	高圧ガス	オフガス	腐食性ガス
塩素	エタン	ブテン	
可燃性ガス	リサイクルガス	二酸化炭素	
プロパン	混合気	循環ガス	
アンモニア	ブタジエン	不活性ガス	

表 14 「物質（その他）」に分類した単語リスト

水	スラッジ	水硫化	廃水
スチーム	硫酸	ドレン水	留出
炭化水素	コーク	留分	凝縮水
雨水	フィード	冷却水	フラッシングオイル
水分	塩化	プロセス流体	ポリエチレン
酸	海水	水蒸気	メイクアップ
排水	気相	排気	水和物
内部流体	氷	スリ	廃棄物
硫黄	ミスト	塩酸	注水
雨	スロップ	水溶液	熱媒

表 15 「プロセス変動」に分類した単語リスト

圧力	重合	面圧	化学反応	酸化反応
圧	温度上昇	過熱	急上昇	油圧低下
液面	加圧	設計温度	差圧計	温度異常
滞留	運転条件	過圧	暴走反応	吸熱
微量	降温	収縮	発熱反応	
混合	昇温	重合反応	蒸気圧	
変動	膨張	油圧	暴走	
逆流	濃縮	熱応力	圧力異常	
異音	降圧	昇圧	均圧	
差圧	運転温度	吐出圧	負圧	

表 16 「原因・現象（機器、材料）」に分類した単語リスト

腐食	コーキング	熱膨張	熱疲労	アップグレード
溶接	摩耗	耐圧	SCC	ブチルゴム
減肉	腐食性	探傷	クラッド鋼	耐水素
振動	硫化鉄	Oリング	フェライト	ブースト
エロージョン	錆	オーステナイト	熱収縮	耐酸
外面腐食	暴露	局部腐食	補修材	
応力	ステンレス	耐腐食性	溶射	
肉厚	内面腐食	溶融	耐腐食	
スケール	クリープ	硬化	元厚	
エロージョン	溶接線	板厚	耐摩耗	
炭素鋼	閉鎖	第一鉄	ファーマナイト	
付着	PH	肉盛	リテーナ	
閉塞	固着	内部腐食	ニトリルゴム	
硫化	外部腐食	変色	耐爆	
母材	侵食	熱変形	熱伸縮	
コージョン	被覆	SS400	熱歪	

表 17 「作業・行為」に分類した単語リスト

開	開度	展張	封入	溶接棒
運転員	増し締め	報告書	逸脱	ヒューマンファクタ
変更	サンプル	養生	酸欠	開閉操作
開始	気密	圧抜き	油抜き	水置換
縁切り	スタート	遠隔操作	呼吸	緊急遮断
閉止	予熱	緊急対応	中毒	空焚き
緊急停止	弁操作	空引き	ウエス	経験不足
過誤	定期点検	油回収	ラインアップ	警報装置
閉	ガス検	交代	運転調整	チャージダウン
正常運転	均一	停止作業	管理値	ディスチャージ
作業員	水注入	緊急運転	事業者	不遵守
スタートアップ	放水	ヒューマンエラー	廃棄	予防措置
シャットダウン	運転管理	液抜き	制御電源	インパクトレンチ
パージ	隔離	軸力	禁忌	エラー
定期修理	換気	添加	試運転	水圧試験
締付	誤判断	防爆	揚荷	待機運転
循環	作動不良	危険予知	応急措置	サンドブラスト
ミス	放置	隅肉溶接	接触不良	予冷
従業員	水洗	微開	サンブラ	スタンバイ
充填	溶断	運転操作	データシート	開操作
脱圧	準備作業	元請	増締	誤認知
試験	水抜き	勘違い	緊急措置	ロードダウン
サンプリング	ホットボルトテイング	拔出	緊急操作	ホットチャージ
出荷	ヒヤリハット	片締め	連続運転	プロセス変更
感知	全閉	異常警報	HAZOP	誤使用
変更管理	送油	緊急事態	HIRA	未経験
遮断	全開	操油	安全運転	除圧
切替	仮設	アース	温度制御	孫請
誤操作	違反	希釈	手動操作	不慣れ
改造	加温	退避	払出	閉操作
トルク	攪拌	調査報告	油循環	

表 18 「事故の引き金事象」に分類した単語リスト

破損	応力腐食割れ	凍結	短絡	沈降
損傷	経年	剥離	失火	フォーミング
開口	欠陥	気化	キャビテーション	含浸
劣化	蓄積	残存	開状態	制御不能
孔	貫通	ピンホール	断線	コンタミ
破裂	停電	切断	ホットスポット	揺動
亀裂	インターロック	ホール	スロッシング	目詰まり
破断	煙	穿孔	チャタリング	
トリップ	運転停止	滞油	露出	
開孔	絶縁	固化	沸騰	
堆積	折損	壊滅	凝固	

表 19 「漏れの形態」に分類した単語リスト

漏洩	ガス漏	リーク	漏出	噴破
流出	蒸気雲	浸透	放散	
噴出	臭気	異臭	ガス雲	

表 20 「着火源あり」に分類した単語リスト

爆発	焼損	発熱	黒煙	着火性
着火	着火源	放電	白煙	炎上
発火	炎	発火温度	蓄熱	落雷
静電気	火炎	帯電	発火性	爆燃
発災	火花	爆発性	裸火	

表 21 「着火源なし」に分類した単語リスト

放出
汚染
拡散

表 22 「人的被害」に分類した単語リスト

負傷者	死者
死亡	怪我
火傷	

表 23 「その他」に分類した単語リスト

海上	表面温度	JIS	背圧	離棧
公設消防	ストリップング	還元	ネルソン	静圧
警報	オフサイト	整定	未燃	満タン
アラーム	中和	平衡	タンクエリア	アウトレット
自衛消防	冷凍	満水	ハイドロ	ダウンロード
排出	給水	サーマル	分圧	水攻法
事業所	被災	中圧	液相	吸音
地震	輻射	動圧	液頭圧	微圧
散水	伝熱	防水	可搬	陽圧
避難	張込	吹付	洪水	オンボード
常圧	活性化	脱硫反応	水圧	混相
減圧	フラッシュ	液温	津波	消化
直径	リーク	気密性	保圧	溶込
重質	残圧	水質	オーバーフラッシュ	溶栓
活性	熱影響	サイズアップ	ガス回収	水幕装置
事業所内	結合	ボックスイン	排煙	製造中
タンクヤード	台風	触媒活性	エアフォーム	
バキューム	ボパール	水循環	LP	
流動	分留	直留	通水	
抽出	飽和	熱分解	廃熱	

今回、追記・更新を行ったDBデータは、表3に示す通り、これまで利用しているものであり、基本的には解析に必要な単語に差異が少ないことが想定される。その為、今回は、2022年度版で利用している解析用単語の修正要否を確認する作業を行った。

①テキストマイニングツール（KH-coder）で分類できなかった重要語のチェック

「単語に基づいた解析方法」では、データとして利用している事例からの単語抽出はKH-coderを利用して行っている。解析用単語として利用している単語は強制抽出語（タグ）として登録して解析を行っている。新たに事例データを追加して解析する場合、うまく抽出されず「未知語」として分類されてしまう単語が発生し、その中に解析に当たり重要な単語が紛れ込んでしまう可能性がある。

そこで、KH-coderにて「抽出語リスト」を作成し、「未知語」に紛れ込んだ重要単語についてチェックを行った。

図9に抽出語リストをエクセルファイルでエクスポートした時の例を示す。左側のチェックボックスはKH-coderにて選択する抽出語の分類である。「未知語」は、右側に示したエクセルワークシート上の赤枠部分の様に表示される。

図10に、今回「未知語」に分類された単語の中でチェックが必要と思われた「ボイラ」、「耐」の単語について確認した結果を示す。

<ul style="list-style-type: none"> <li>名詞</li> <li>サ変名詞</li> <li>形容動詞</li> <li>固有名詞</li> <li>組織名</li> <li>人名</li> <li>地名</li> <li>ナイ形容</li> <li>副詞可能</li> <li><b>未知語</b></li> <li>タグ</li> <li>感動詞</li> <li>動詞</li> <li>形容詞</li> <li>副詞</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>1</th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>E</th><th>F</th><th>G</th><th>H</th><th>I</th><th>J</th><th>K</th><th>L</th><th>M</th><th>N</th><th>Q</th><th>R</th><th>S</th><th>T</th><th>U</th><th>V</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>名詞</td><td></td><td>サ変名</td><td></td><td>形容動</td><td></td><td>固有名</td><td></td><td>組織名</td><td></td><td>人名</td><td></td><td>地名</td><td></td><td>副詞可</td><td></td><td>未知語</td><td></td><td>タグ</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>温度</td><td>2676</td><td>配管</td><td>4972</td><td>安全</td><td>1885</td><td>平成</td><td>92</td><td>消防庁</td><td>35</td><td>覚</td><td>158</td><td>中</td><td>346</td><td>場合</td><td>950</td><td>A</td><td>319</td><td>漏洩</td><td>5382</td><td>と</td></tr> <tr><td>3</td><td>火災</td><td>2557</td><td>発生</td><td>2351</td><td>必要</td><td>1446</td><td>クワ</td><td>24</td><td>自社</td><td>10</td><td>等</td><td>140</td><td>米国</td><td>91</td><td>結果</td><td>949</td><td>B</td><td>308</td><td>腐食</td><td>3061</td><td>ま</td></tr> <tr><td>4</td><td>不良</td><td>1758</td><td>装置</td><td>2091</td><td>危険</td><td>1015</td><td>昭和</td><td>23</td><td>自衛隊</td><td>7</td><td>シュー</td><td>29</td><td>神奈川</td><td>87</td><td>前</td><td>699</td><td>C</td><td>62</td><td>タンク</td><td>2694</td><td>な</td></tr> <tr><td>5</td><td>ガス</td><td>1468</td><td>管理</td><td>2078</td><td>可能</td><td>781</td><td>1</td><td>20</td><td>口</td><td>6</td><td>高</td><td>19</td><td>日</td><td>76</td><td>時間</td><td>369</td><td>M</td><td>29</td><td>弁</td><td>2694</td><td>な</td></tr> <tr><td>6</td><td>摂氏</td><td>1243</td><td>点検</td><td>1900</td><td>重要</td><td>671</td><td>海岸線</td><td>16</td><td>鹿島</td><td>6</td><td>ブッシュ</td><td>15</td><td>建屋</td><td>64</td><td>全て</td><td>251</td><td>2B</td><td>20</td><td>油</td><td>1958</td><td>な</td></tr> <tr><td>7</td><td>現場</td><td>987</td><td>運転</td><td>1872</td><td>異常</td><td>647</td><td>核構</td><td>12</td><td>労働省</td><td>6</td><td>タン</td><td>14</td><td>千葉</td><td>53</td><td>多く</td><td>246</td><td>4B</td><td>100</td><td>ポンプ</td><td>1869</td><td>な</td></tr> <tr><td>8</td><td>プラント</td><td>969</td><td>検査</td><td>1737</td><td>十分</td><td>372</td><td>ナン</td><td>6</td><td>ブレ</td><td>5</td><td>満</td><td>14</td><td>川崎</td><td>52</td><td>今回</td><td>242</td><td>T</td><td>98</td><td>開</td><td>1616</td><td>な</td></tr> <tr><td>9</td><td>物質</td><td>784</td><td>停止</td><td>1647</td><td>不十分</td><td>333</td><td>エン</td><td>4</td><td>三菱</td><td>5</td><td>全</td><td>12</td><td>アメリカ</td><td>40</td><td>過去</td><td>188</td><td>NO</td><td>80</td><td>フランジ</td><td>1575</td><td>な</td></tr> <tr><td>10</td><td>手順</td><td>758</td><td>使用</td><td>1608</td><td>不具合</td><td>303</td><td>モヤ</td><td>4</td><td>スパーク</td><td>4</td><td>浄</td><td>11</td><td>温</td><td>40</td><td>今後</td><td>185</td><td>S</td><td>79</td><td>圧力</td><td>1529</td><td>な</td></tr> <tr><td>11</td><td>プロセス</td><td>754</td><td>設備</td><td>1466</td><td>緊急</td><td>281</td><td>ソ</td><td>3</td><td>ピン</td><td>4</td><td>サー</td><td>10</td><td>テキサス</td><td>39</td><td>直接</td><td>178</td><td>H</td><td>74</td><td>水素</td><td>1494</td><td>な</td></tr> <tr><td>12</td><td>高温</td><td>663</td><td>工事</td><td>1142</td><td>確実</td><td>272</td><td>ピロ</td><td>3</td><td>三菱重工</td><td>4</td><td>梁</td><td>10</td><td>岡山</td><td>39</td><td>全体</td><td>163</td><td>KHK</td><td>71</td><td>破損</td><td>1474</td><td>な</td></tr> <tr><td>13</td><td>環境</td><td>637</td><td>発見</td><td>1091</td><td>自然</td><td>256</td><td>マリソ</td><td>3</td><td>出光興産</td><td>4</td><td>ハード</td><td>9</td><td>大阪</td><td>36</td><td>すべて</td><td>158</td><td>6B</td><td>64</td><td>爆発</td><td>1364</td><td>な</td></tr> <tr><td>14</td><td>窒素</td><td>628</td><td>防止</td><td>907</td><td>不明</td><td>242</td><td>メン</td><td>3</td><td>神戸製鋼</td><td>4</td><td>金</td><td>9</td><td>入</td><td>31</td><td>近く</td><td>158</td><td>P</td><td>61</td><td>蒸留装置</td><td>1316</td><td>な</td></tr> <tr><td>15</td><td>空気</td><td>607</td><td>操作</td><td>899</td><td>同様</td><td>221</td><td>モン</td><td>3</td><td>日本軸煤</td><td>4</td><td>アン</td><td>8</td><td>宮城</td><td>25</td><td>当日</td><td>140</td><td>RT</td><td>54</td><td>圧</td><td>1125</td><td>な</td></tr> <tr><td>16</td><td>ライン</td><td>593</td><td>反応</td><td>899</td><td>明確</td><td>149</td><td>アボロ</td><td>2</td><td>富士電機</td><td>4</td><td>ジョソ</td><td>8</td><td>北海道</td><td>24</td><td>少量</td><td>99</td><td>3B</td><td>40</td><td>漏水</td><td>1088</td><td>な</td></tr> <tr><td>17</td><td>定期</td><td>589</td><td>設置</td><td>780</td><td>完全</td><td>194</td><td>フワー</td><td>2</td><td>防衛施設</td><td>4</td><td>ロー</td><td>8</td><td>イギリス</td><td>22</td><td>長期間</td><td>90</td><td>3M</td><td>51</td><td>運転員</td><td>1054</td><td>し</td></tr> <tr><td>18</td><td>内部</td><td>586</td><td>調査</td><td>747</td><td>大量</td><td>179</td><td>ツ</td><td>2</td><td>北洋</td><td>4</td><td>ベン</td><td>7</td><td>塔の</td><td>22</td><td>一時</td><td>87</td><td>SUS</td><td>51</td><td>熱交換器</td><td>1032</td><td>は</td></tr> <tr><td>19</td><td>部分</td><td>547</td><td>消火</td><td>708</td><td>非常</td><td>172</td><td>ラジ</td><td>2</td><td>アーク</td><td>3</td><td>芝草</td><td>7</td><td>山口</td><td>21</td><td>当時</td><td>88</td><td>CO</td><td>50</td><td>シール</td><td>1014</td><td>な</td></tr> <tr><td>20</td><td>方法</td><td>519</td><td>設計</td><td>705</td><td>詳細</td><td>156</td><td>大化</td><td>2</td><td>オール</td><td>3</td><td>レット</td><td>6</td><td>三重</td><td>18</td><td>時期</td><td>84</td><td>STPG370</td><td>50</td><td>変更</td><td>896</td><td>な</td></tr> <tr><td>21</td><td>チューブ</td><td>508</td><td>低下</td><td>676</td><td>急激</td><td>149</td><td>オプ</td><td>1</td><td>テック</td><td>3</td><td>連</td><td>6</td><td>フランス</td><td>17</td><td>直後</td><td>88</td><td>Safet</td><td>48</td><td>緑切り</td><td>876</td><td>な</td></tr> <tr><td>22</td><td>材質</td><td>490</td><td>不足</td><td>648</td><td>不適切</td><td>141</td><td>カス</td><td>1</td><td>バ</td><td>3</td><td>キア</td><td>5</td><td>米</td><td>17</td><td>当初</td><td>75</td><td>U</td><td>48</td><td>溶接</td><td>833</td><td>な</td></tr> <tr><td>23</td><td>状況</td><td>481</td><td>作動</td><td>577</td><td>主</td><td>140</td><td>ステ</td><td>1</td><td>アジ</td><td>3</td><td>サド</td><td>5</td><td>ドイツ</td><td>16</td><td>現在</td><td>70</td><td>SUS304</td><td>47</td><td>液化石油ガス</td><td>828</td><td>な</td></tr> <tr><td>24</td><td>化学</td><td>469</td><td>施工</td><td>574</td><td>重大</td><td>120</td><td>ステイール</td><td>1</td><td>ベアー</td><td>3</td><td>徐</td><td>5</td><td>周</td><td>16</td><td>嘗時</td><td>70</td><td>BMFa</td><td>45</td><td>壁紙</td><td>735</td><td>な</td></tr> <tr><td>25</td><td>蒸気</td><td>442</td><td>上昇</td><td>549</td><td>健全</td><td>118</td><td>セト</td><td>1</td><td>衛生局</td><td>3</td><td>張</td><td>5</td><td>愛知</td><td>14</td><td>以降</td><td>67</td><td>8B</td><td>45</td><td>開始</td><td>711</td><td>な</td></tr> <tr><td>26</td><td>基準</td><td>438</td><td>設計</td><td>542</td><td>重</td><td>92</td><td>ト川</td><td>1</td><td>清瀬産業</td><td>2</td><td>フ</td><td>4</td><td>高岡</td><td>14</td><td>北部</td><td>67</td><td>8mm</td><td>23</td><td>閉止</td><td>676</td><td>な</td></tr> </tbody> </table>	1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Q	R	S	T	U	V	1	名詞		サ変名		形容動		固有名		組織名		人名		地名		副詞可		未知語		タグ			2	温度	2676	配管	4972	安全	1885	平成	92	消防庁	35	覚	158	中	346	場合	950	A	319	漏洩	5382	と	3	火災	2557	発生	2351	必要	1446	クワ	24	自社	10	等	140	米国	91	結果	949	B	308	腐食	3061	ま	4	不良	1758	装置	2091	危険	1015	昭和	23	自衛隊	7	シュー	29	神奈川	87	前	699	C	62	タンク	2694	な	5	ガス	1468	管理	2078	可能	781	1	20	口	6	高	19	日	76	時間	369	M	29	弁	2694	な	6	摂氏	1243	点検	1900	重要	671	海岸線	16	鹿島	6	ブッシュ	15	建屋	64	全て	251	2B	20	油	1958	な	7	現場	987	運転	1872	異常	647	核構	12	労働省	6	タン	14	千葉	53	多く	246	4B	100	ポンプ	1869	な	8	プラント	969	検査	1737	十分	372	ナン	6	ブレ	5	満	14	川崎	52	今回	242	T	98	開	1616	な	9	物質	784	停止	1647	不十分	333	エン	4	三菱	5	全	12	アメリカ	40	過去	188	NO	80	フランジ	1575	な	10	手順	758	使用	1608	不具合	303	モヤ	4	スパーク	4	浄	11	温	40	今後	185	S	79	圧力	1529	な	11	プロセス	754	設備	1466	緊急	281	ソ	3	ピン	4	サー	10	テキサス	39	直接	178	H	74	水素	1494	な	12	高温	663	工事	1142	確実	272	ピロ	3	三菱重工	4	梁	10	岡山	39	全体	163	KHK	71	破損	1474	な	13	環境	637	発見	1091	自然	256	マリソ	3	出光興産	4	ハード	9	大阪	36	すべて	158	6B	64	爆発	1364	な	14	窒素	628	防止	907	不明	242	メン	3	神戸製鋼	4	金	9	入	31	近く	158	P	61	蒸留装置	1316	な	15	空気	607	操作	899	同様	221	モン	3	日本軸煤	4	アン	8	宮城	25	当日	140	RT	54	圧	1125	な	16	ライン	593	反応	899	明確	149	アボロ	2	富士電機	4	ジョソ	8	北海道	24	少量	99	3B	40	漏水	1088	な	17	定期	589	設置	780	完全	194	フワー	2	防衛施設	4	ロー	8	イギリス	22	長期間	90	3M	51	運転員	1054	し	18	内部	586	調査	747	大量	179	ツ	2	北洋	4	ベン	7	塔の	22	一時	87	SUS	51	熱交換器	1032	は	19	部分	547	消火	708	非常	172	ラジ	2	アーク	3	芝草	7	山口	21	当時	88	CO	50	シール	1014	な	20	方法	519	設計	705	詳細	156	大化	2	オール	3	レット	6	三重	18	時期	84	STPG370	50	変更	896	な	21	チューブ	508	低下	676	急激	149	オプ	1	テック	3	連	6	フランス	17	直後	88	Safet	48	緑切り	876	な	22	材質	490	不足	648	不適切	141	カス	1	バ	3	キア	5	米	17	当初	75	U	48	溶接	833	な	23	状況	481	作動	577	主	140	ステ	1	アジ	3	サド	5	ドイツ	16	現在	70	SUS304	47	液化石油ガス	828	な	24	化学	469	施工	574	重大	120	ステイール	1	ベアー	3	徐	5	周	16	嘗時	70	BMFa	45	壁紙	735	な	25	蒸気	442	上昇	549	健全	118	セト	1	衛生局	3	張	5	愛知	14	以降	67	8B	45	開始	711	な	26	基準	438	設計	542	重	92	ト川	1	清瀬産業	2	フ	4	高岡	14	北部	67	8mm	23	閉止	676	な
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Q	R	S	T	U	V																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1	名詞		サ変名		形容動		固有名		組織名		人名		地名		副詞可		未知語		タグ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2	温度	2676	配管	4972	安全	1885	平成	92	消防庁	35	覚	158	中	346	場合	950	A	319	漏洩	5382	と																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
3	火災	2557	発生	2351	必要	1446	クワ	24	自社	10	等	140	米国	91	結果	949	B	308	腐食	3061	ま																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
4	不良	1758	装置	2091	危険	1015	昭和	23	自衛隊	7	シュー	29	神奈川	87	前	699	C	62	タンク	2694	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
5	ガス	1468	管理	2078	可能	781	1	20	口	6	高	19	日	76	時間	369	M	29	弁	2694	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
6	摂氏	1243	点検	1900	重要	671	海岸線	16	鹿島	6	ブッシュ	15	建屋	64	全て	251	2B	20	油	1958	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
7	現場	987	運転	1872	異常	647	核構	12	労働省	6	タン	14	千葉	53	多く	246	4B	100	ポンプ	1869	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
8	プラント	969	検査	1737	十分	372	ナン	6	ブレ	5	満	14	川崎	52	今回	242	T	98	開	1616	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
9	物質	784	停止	1647	不十分	333	エン	4	三菱	5	全	12	アメリカ	40	過去	188	NO	80	フランジ	1575	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
10	手順	758	使用	1608	不具合	303	モヤ	4	スパーク	4	浄	11	温	40	今後	185	S	79	圧力	1529	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
11	プロセス	754	設備	1466	緊急	281	ソ	3	ピン	4	サー	10	テキサス	39	直接	178	H	74	水素	1494	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
12	高温	663	工事	1142	確実	272	ピロ	3	三菱重工	4	梁	10	岡山	39	全体	163	KHK	71	破損	1474	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
13	環境	637	発見	1091	自然	256	マリソ	3	出光興産	4	ハード	9	大阪	36	すべて	158	6B	64	爆発	1364	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
14	窒素	628	防止	907	不明	242	メン	3	神戸製鋼	4	金	9	入	31	近く	158	P	61	蒸留装置	1316	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
15	空気	607	操作	899	同様	221	モン	3	日本軸煤	4	アン	8	宮城	25	当日	140	RT	54	圧	1125	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
16	ライン	593	反応	899	明確	149	アボロ	2	富士電機	4	ジョソ	8	北海道	24	少量	99	3B	40	漏水	1088	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
17	定期	589	設置	780	完全	194	フワー	2	防衛施設	4	ロー	8	イギリス	22	長期間	90	3M	51	運転員	1054	し																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
18	内部	586	調査	747	大量	179	ツ	2	北洋	4	ベン	7	塔の	22	一時	87	SUS	51	熱交換器	1032	は																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
19	部分	547	消火	708	非常	172	ラジ	2	アーク	3	芝草	7	山口	21	当時	88	CO	50	シール	1014	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
20	方法	519	設計	705	詳細	156	大化	2	オール	3	レット	6	三重	18	時期	84	STPG370	50	変更	896	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
21	チューブ	508	低下	676	急激	149	オプ	1	テック	3	連	6	フランス	17	直後	88	Safet	48	緑切り	876	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
22	材質	490	不足	648	不適切	141	カス	1	バ	3	キア	5	米	17	当初	75	U	48	溶接	833	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
23	状況	481	作動	577	主	140	ステ	1	アジ	3	サド	5	ドイツ	16	現在	70	SUS304	47	液化石油ガス	828	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
24	化学	469	施工	574	重大	120	ステイール	1	ベアー	3	徐	5	周	16	嘗時	70	BMFa	45	壁紙	735	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
25	蒸気	442	上昇	549	健全	118	セト	1	衛生局	3	張	5	愛知	14	以降	67	8B	45	開始	711	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
26	基準	438	設計	542	重	92	ト川	1	清瀬産業	2	フ	4	高岡	14	北部	67	8mm	23	閉止	676	な																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

図 9 抽出語リスト

「未知語」に抽出された単語のチェック

- 確認が必要と思われる単語（ボイラ、耐）について確認

2013件の事例（約1.7万単語）の中で、25回程度  
 一つの事例の中で複数出現する  
 「ボイラ」：給水、ポンプ⇒タグ\*にあり  
 「耐」：酸性、塩素、孔⇒タグ\*にあり  
 \*強制抽出単語（解析用単語）

N	抽出語	品詞	合計	左合計	右合計
1	停止	サ変名詞	10	2	8
2	CO	未知語	7	6	1
3	給水	タグ	4	0	4
4	ポンプ	タグ	4	0	4
5	大破	サ変名詞	2	1	1
6	隣接	サ変名詞	2	1	1
7	押し込み	名詞	2	0	2

N	抽出語	品詞	合計	左合計	右合計
1	酸性	タグ	5	0	5
2	塩素	タグ	3	0	3
3	荷重	名詞	2	0	2
4	孔	タグ	2	0	2
5	材質	名詞	5	2	3
6	B-2	未知語	2	2	0
7	圧力	未知語	1	0	1

図 10 単語チェック例

図 10 の単語チェック例で示した「ボイラ」、「耐」の単語は、事故事例等で登場する「ボイラー」や「耐〇〇性」などで登場する単語であり、解析用単語に追加が必要かチェックを行った。

チェックの結果、「ボイラ」、「耐」は、以下の理由で、解析単語に追加の必要が無いと判断した。

- 2103 件の事例（約 1.7 万単語）の中で、25 回程度の出現であり、且つ一つの事例で複数出現している（複数の事例にまたがって頻出する単語ではない）
- 「ボイラ」とセットで出現する「給水」・「ポンプ」は、解析用単語（タグ（強制抽出単語））として登録しており、追加しない場合でも関連事象の解析は可能である
- 「耐」とセットで出現する「酸性」・「塩基性」は、解析用単語（タグ（強制抽出単語））として登録しており、追加しない場合でも関連事象の解析は可能である

## ②各DBでの単語のバラツキを確認

KH-coder で「対応分析」を行う事により、利用している各 DB の単語のバラツキを確認する事ができる。

図 11 に各 DB で差異が顕著な単語の分布を、図 12 に各 DB で良く利用される単語の分布を KH-coder の「対応分析」機能を用いて作成したものを示す。各図の赤字□は、解析に利用している各 DB に利用されている単語郡の中心値を示している。

図 11 より、今回データを追加した「KHK 公開事故情報（図中：KHK）」、「高圧ガス事故事例報告シート（神奈川県）（図中：高圧ガス神奈川）」「CCPS PSB 和訳版（図中：BEACON）」は、差異が顕著な単語においても分布のバラツキが少なく、データ追加の影響が出ていない事が分かる。また、図 12 より、良く利用される単語においてもデータ追加による分布のバラツキは少ないと判断できる。

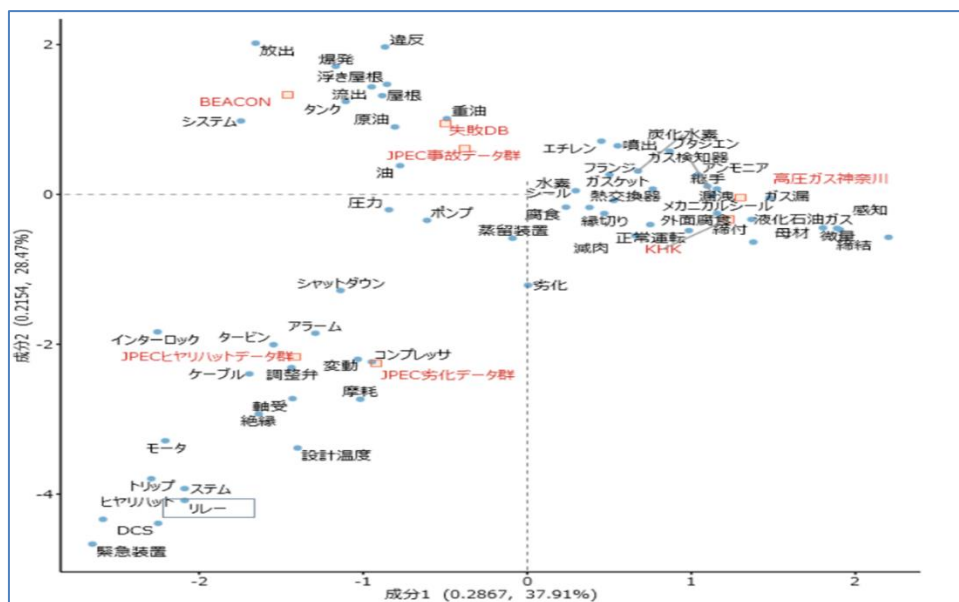


図 11 DB 毎に差異が顕著な単語の分布

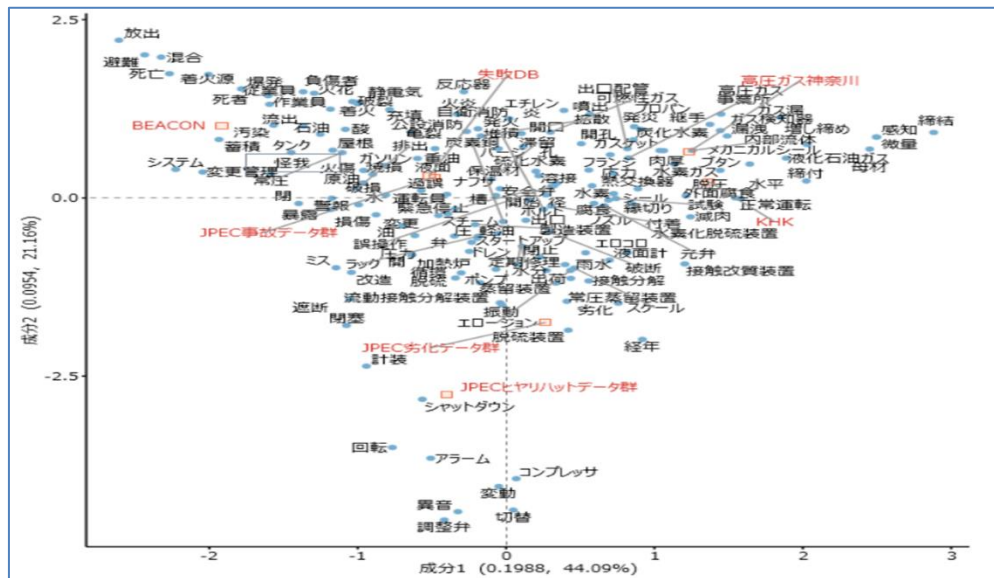


図 12 DB 毎に良く利用される単語の分布

③新たに追加した事例の特徴的な単語のチェック

データ更新を行い、直近の事例を取り込む場合、最近の事例に特徴的な単語が出てきている可能性があり、解析用単語として取り込む必要がある場合も想定される。現時点で解析用単語に設定していない単語で、特徴的な単語がある場合は、KH-coder で単語抽出を行った場合、「名詞」として分類される事が想定される。

表 24 に、今回追加した事例を KH-coder での単語抽出により「名詞」に分類された単語の登場頻度が 100 以上のものを抜粋したものを示す（表中の数字は出現頻度を示している）。「名詞」に分類された単語から、特に最新の単語は見当たらなかった。更に、「名詞」に分類された単語の分布について対応分析を行いその状況についてチェックした（図 13、14）。図 13 及び図 14 より、今回追加した事例に特徴的な単語として、「エリア」「材質」「保冷」などが検出されているが、どれも最新の特徴的な単語ではなく、事件事例等に利用される一般的な単語であった。



表 24 「名詞」として分類された単語リスト（出現頻度 100 回以上）

温度	2676	チューブ	508	電気	316	材料	246	上流	195	要領	157	一つ	129	栈橋	113
火災	2557	材質	490	ミメートル	314	要因	245	体制	192	常温	156	項目	129	所内	112
不良	1758	状況	481	液体	309	リスク	243	仕様	190	パイプ	155	電動	128	アスファルト	111
ガス	1468	化学	459	情報	305	内面	242	オイル	188	割れ	155	対象	127	キャップ	111
摂氏	1243	蒸気	442	災害	302	火気	239	隙間	186	製品	154	全面	125	メンテナンス	110
現場	987	基準	438	不備	298	原料	234	トラブル	181	責任	154	一般	124	手動	110
プラント	969	会社	416	範囲	297	流体	234	写真	177	外部	151	人身	124	受入	109
物質	784	容器	411	目視	296	自動	229	フィン	173	機械	147	抜き	124	周期	109
手順	758	計器	400	濃度	295	部位	221	フロー	173	流れ	146	容量	124	個所	108
プロセス	754	周辺	389	潤滑	290	金属	218	ボイラー	172	段階	145	板金	122	工程	108
高温	663	流量	377	内容	281	保安	218	基本	172	エア	142	係員	121	タンカー	107
環境	637	触媒	375	入	277	工場	214	取り付け	172	近傍	141	定常	119	基礎	106
窒素	628	場所	365	部門	274	外面	213	部品	169	予備	141	効果	119	強度	105
空気	607	構造	364	本体	274	系統	212	低温	167	エリア	134	初期	118	流速	105
ライン	593	可燃	358	見直し	269	ドラム	206	シート	165	形状	134	エア	117	リング	104
定期	589	通常	349	現象	258	条件	206	燃料	165	防食	134	屋外	117	年間	104
内部	566	漏れ	342	技術	257	事前	205	表面	165	局部	133	電源	117	雰囲気	104
部分	547	レベル	334	上部	251	大気	203	方向	161	周囲	132	ナット	116	テープ	103
方法	519	被害	327	自分	249	下部	197	受け入れ	160	メーカー	131	早期	116	急性	103
チューブ	508	消防	323	下流	247	マニュアル	196	速度	159	日常	130	保冷	115	ケース	101

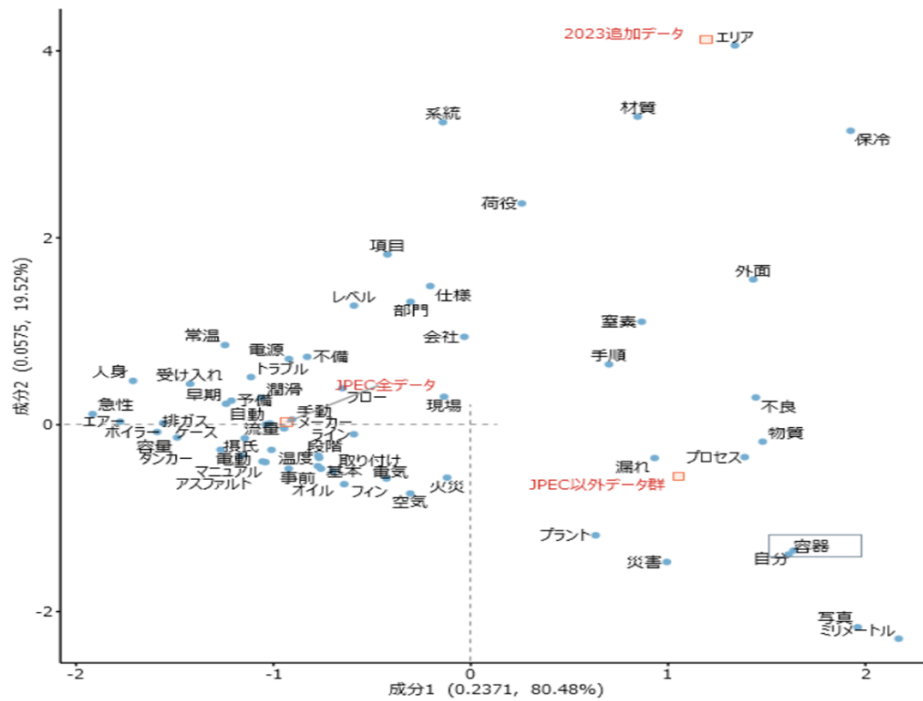


図 13 「名詞」に分類された差異が顕著な単語分布

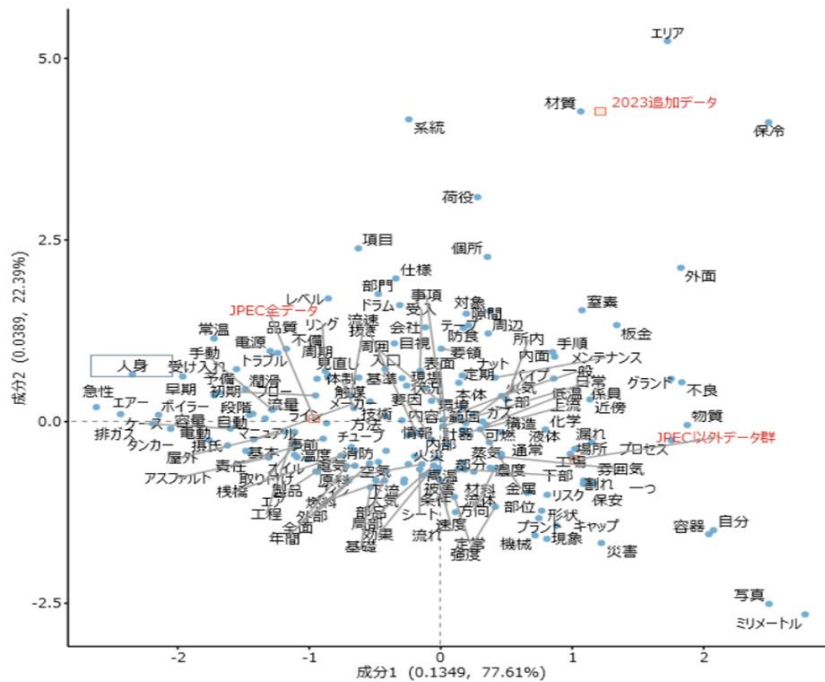


図 14 「名詞」に分類された DB に良く利用される単語分布

#### ④ベイジアンモデルを作成して確認

「単語に基づいた解析方法」では、解析用単語を用いてベイジアンモデルを作成し解析に利用している。そこで、追加データを含めたデータを利用して、新たにベイジアンモデルを作成し、解析に利用できるモデルとなるかチェックを行った。

ベイジアンモデルは、NTT データ数理システム社製の「BayoLinkS<sup>5</sup>」を用いて作成した。作成したベイジアンモデルを図 15 に示す。また、作成したベイジアンモデル作成時の構造学習結果を図 16 に、作成したベイジアンモデルを用いて確率推論を行った例を図 17 に示す。

図 15 より、解析用単語は、孤立する単語が発生することなくネットワークを形成している事がわかる。

また、図 16 より、ベイジアンモデルを形成しているノード（一つづつの解析用単語に相当）に対して、2 倍以上の数のリンクが形成されている事がわかる（今回は、ノード数 977 に対してリンク総数 2585 と、ノード数に対して約 2.6 倍のリンクが形成されている。ベイジアンモデルを用いての解析の場合、通常、ノード数に対して 2 倍以上のリンク総数が形成されていれば、推論に利用可能なベイジアンモデルであると判断される）。

更に、図 17 では、実際にノードを選択して確率推論を行い、特定のノードのエビデンスを設定した場合に、他のノードの事後確率が変化する事を確認している（図 17 では、「原油脱塩装置」のエビデンスを 1（「原油脱塩装置」が必ず関係する）と設定し、関係するノードとして「原油予熱装置」及び「流出」の事後確率の変化を確認している）。

<sup>5</sup> <https://www.msi.co.jp/solution/bayolinks/top.html>

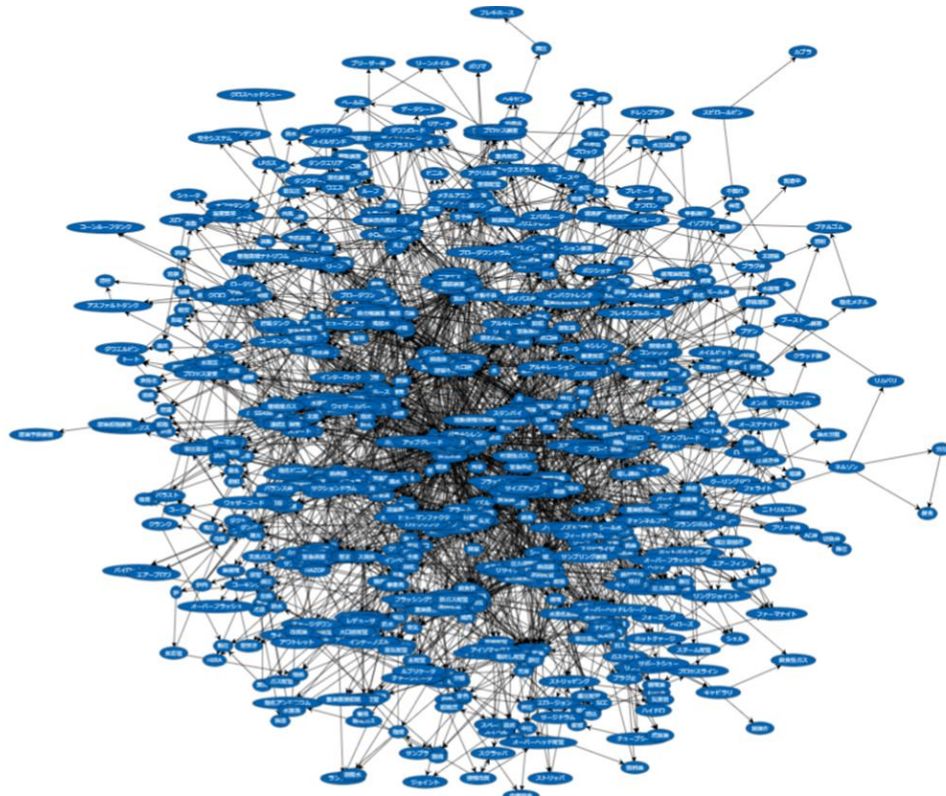


図 15 作成したベイジアンモデル

モデル構築シナリオ\_2023.12.27

構造学習 node structure result cpt bif

ノード結果・グラフ検索

ノード結果一覧

表示対象:  ALL

- > learn\_data\_2023.12.27.dft
- ✓ 構造学習
  - node
  - structure
  - result**
  - cpt
  - bif
- > ネットワーク編集
- > 集計

構造学習-result 列数: 2 行数: 982

No.	Attribute Category	Value Category
1	モデル名	model
2	ノード総数	977
3	リンク総数	2585
4	情報量規準	aic
5	スコア	297228.42199147
6	スコア(漏洩)	2268.48762225889
7	スコア(腐食)	2199.3238878646
8	スコア(タンク)	1565.36525784075
9	スコア(弁)	2554.12728748493
10	スコア(油)	2207.95883008445

図 16 構造学習結果



図 17 確率推論実行例

#### <DBに取り込む情報の拡大>

保安情報を活用するにあたり、DBに取り込む情報源を増やし、より多くの情報を取り込むことは、解析精度向上に有効な手段である。現在利用している上記“<DBとして用いている情報の追記・更新>”に加えて、新たに有効活用が期待できる情報について検討を行った。

石油連盟では、「産業保安に関する自主行動計画」にて、事故事例の水平展開を実施している。これは、事故事例の詳細を共有することを目的とし、原則として石災法異常現象を対象とし、事故事例の詳細を共有している。また、本事故事例は、石油学会にも提供され、石油学会の配管等の維持規格に反映され関連部分へ紐付けが行われている。本情報の活用にあたって、石油連盟の関係委員会からの承諾が必要であるため、活用の有効性等について説明を行い（図 18）、以下の条件付きで活用の承諾を得た。

- ✓ 1年程度プラットフォームを無償活用するテスト期間を設ける
- ✓ この期間中は石連経由で事故情報を提供する
- ✓ テスト期間完了時点で、各社本格活用の是非を判断し、活用する場合は情報提供を継続、活用しない場合は情報提供を終了する



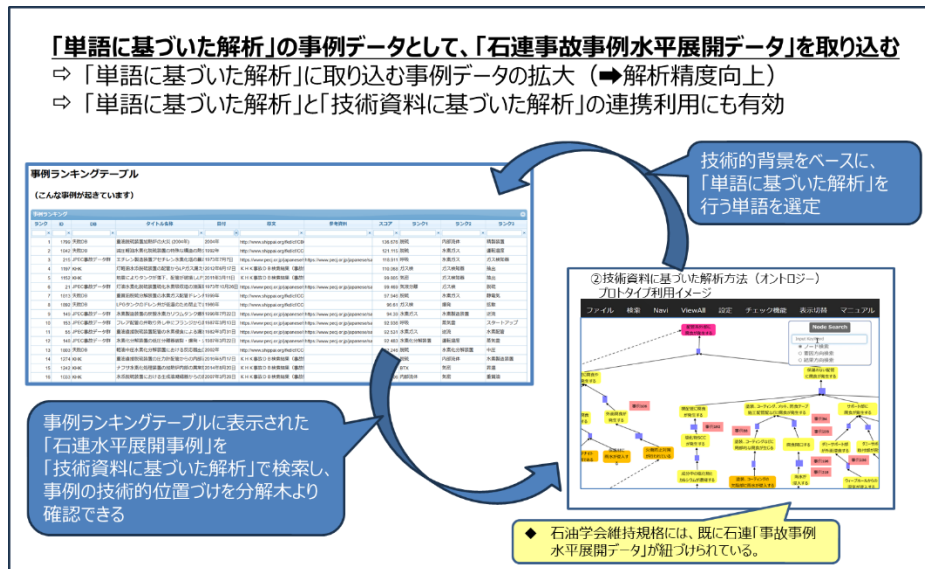


図 18 石連事故情報水平展開データ活用の有効性

## 2.1.2 DBと解析ツールの連携

### (1) 単語に基づいた解析

「2.1.1 情報収集機能とDBの連携」で記載した様に更新されたDB上のデータを、解析ツールに反映させる部分についてシステム化 (マニュアル化) を行った

#### 1) データセットの作成

解析アプリケーション (以下アプリ) で利用するデータ (以下データセット) は、表 25 にて構成されている。したがって、更新された DB 上のデータを解析ツールに反映させるためには、データセットの作成が必要となる。

表 25 データセット概要

ファイル名	役割	内容
learn_data.csv	学習データ	KH-coder (テキストマイニングソフト) で作成した、「事例×単語」行列表より作成
model.bif	BayolinkSモデルファイル	learn_data.csvより作成したページアンモデル (「単語に基づいた解析」に利用するページアンモデル)
wordInfo.txt	単語ファイル	解析用単語のファイル。 各単語は、出現頻度と、その単語が属するカテゴリをもつ
catInfo.txt	カテゴリファイル	各単語の分類に用いたカテゴリを記載したファイル
reportInfo.txt	レポートファイル情報	各事例と、事例に関わる情報をまとめたファイル

以下各データ作成方法を示す。

①learn\_data.csv

「2.1.1 情報収集機能とDBの連携」で記載した「(1) 新規データダウンロード」及び「(2) 解析用データへの追加」で作成したデータから、KH-coderを用いて作成した「事例×単語」行列表（図19）である。

解析用単語（「有：1」、「無：0」で表示）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	漏洩	腐食	タンク	弁	油	ポンプ	開	フランジ	圧力	水素	破換	爆発	蒸留装置	圧	水	運転員
2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
3	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
4	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	
5	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
6	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	
7	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	
8	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
9	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	
10	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	
11	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	
12	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
13	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	
14	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
15	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	
16	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	
17	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
18	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	
20	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	

データベース毎  
 > 2022年度版：JPEC→KHK→神奈川県→CCP PSB→失敗DB  
 > 2023年度追加：KHK→神奈川県→CCP PSB

各事例

累計頻度順

図 19 「事例×単語」行列表の概要

②model.bif

learn\_data.csv より作成したベイジアンモデル（「単語に基づいた解析」に利用するベイジアンモデル）である（図 15 参照）。「①learn\_data.csv」をベイジアンモデル作成ソフト（BayoLink）に取り込み構造学習を行う事により作成する。

③wordInfo.txt

解析用単語のファイルであり、各単語は、出現頻度と、その単語が属するカテゴリーをもつ構成となっている（図 20）。このデータは、解析アプリ入力画面での、解析単語選択における「単語一覧」及び「単語検索」（図 21）用のデータとして用いている。

単語	頻度	カテゴリ
漏洩	1275	漏れの形態
腐食	681	原因・現象 (機器、材料)
タンク	362	機器・部位 (タンク)
弁	658	機器・部位 (弁)
油	619	物質 (油)
ポンプ	421	機器・部位 (その他)
開	707	作業・行為
フランジ	368	機器・部位 (その他)
圧力	662	プロセス変動
水素	470	物質 (ガス)
破損	483	事故等の引き金事象
爆発	349	着火源あり
蒸留装置	563	装置
圧	455	プロセス変動
水	411	物質 (その他)
運転員	596	作業・行為
熱交換器	272	機器・部位 (その他)
シール	324	機器・部位 (その他)
変更	450	作業・行為

カテゴリ
装置
機器・部位 (タンク)
機器・部位 (弁)
機器・部位 (管)
機器・部位 (その他)
物質 (油)
物質 (ガス)
物質 (その他)
プロセス変動
原因・現象 (機器、材料)
作業/行為
事故等の引き金事象
漏れの形態
着火源あり
着火源なし
人的被害
その他

図 20 解析用単語のファイル構成

データセット名: JPEC2022 変更

単語一覧	選択中の単語 (0個)
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 装置</li> <li>&gt; 機器・部位 (タンク)</li> <li>&gt; 機器・部位 (弁)</li> <li>▼ 機器・部位 (管)               <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 出口配管</li> <li><input type="checkbox"/> 入口配管</li> <li><input type="checkbox"/> 移送配管</li> <li><input type="checkbox"/> 盲腸配管</li> <li><input type="checkbox"/> ドレン配管</li> <li><input type="checkbox"/> 配管サポート</li> <li><input type="checkbox"/> 付属配管</li> <li><input type="checkbox"/> 導圧管</li> <li><input type="checkbox"/> 供給配管</li> <li><input type="checkbox"/> 下流配管</li> </ul> </li> </ul>	

単語の表示順  頻度順  単語ファイルの順

検索  検索

検索モード  AND  OR

全解除 全選択 更新 実行

全解除 全選択 追加

図 21 解析アプリ入力画面 (解析単語選択)

④catInfo.txt

各単語の分類に用いたカテゴリを記載したファイルである (表 26)。図 20 での単語の属すカテゴリ分類に相当する。

表 26 カテゴリー分類

カテゴリ
装置
機器・部位（タンク）
機器・部位（弁）
機器・部位（管）
機器・部位（その他）
物質（油）
物質（ガス）
物質（その他）
プロセス変動
原因・現象（機器、材料）
作業/行為
事故等の引き金事象
漏れの形態
着火源あり
着火源なし
人的被害
その他

⑤reportInfo.txt

各事例に関わる情報をまとめたファイルであり、結果表示画面での「事例ランキングテーブル」のベースとなる情報を記載している（図 22）。

id	DBタイトル	事例名称	日付	原文PDF	原文URL	参考URL
1	JPEC事故データ群					
2	JPECヒヤリハットデータ群					
	JPEC劣化データ群					
3	KHK					
	高圧ガス神奈川					
4	CCPS Beacon					
	失敗DB					
5						

解析結果表示での「事例ランキングテーブル」のベースとなるファイル

事例ランキングテーブル  
(こんな事例が起きています)

事例ランキング	ランク	ID	DB	タイトル名称	日付	原文	参考資料					
1	×	1799	×	失敗DB	×	重油脱硫装置加熱炉の火災 (2004年)	×	2004年	×	http://www.shippai.org/fkd/cf/CB00	×	
2	×	215	×	JPEC事故データ群	×	エチレン製造装置アセチレン水素化塔の暴走	×	1973年7月7日	×	https://www.pecj.or.jp/japanese/safi	×	https://www.pecj.or.jp/japar
3	×	1842	×	失敗DB	×	減圧軽油水素化脱硫装置の特殊な構造の熱	×	1992年	×	http://www.shippai.org/fkd/cf/CC00	×	
4	×	1197	×	KHK	×	灯油水素化脱硫装置の配管からLPガス漏れ	×	2012年6月17日	×	KHK事故DB 検索結果 (事故情報報告)	×	
5	×	1813	×	失敗DB	×	重質油脱硫分解装置の水素ガス配管ドレン	×	1999年	×	http://www.shippai.org/fkd/cf/CC00	×	
6	×	36	×	JPEC事故データ群	×	ガス化脱硫装置補修工事中の液面計元弁取	×	1991年11月25日	×	https://www.pecj.or.jp/japanese/safi	×	https://www.pecj.or.jp/japar
7	×	135	×	JPEC事故データ群	×	ローリー充填所ローリーのボトムロー	×	1991年11月25日	×	https://www.pecj.or.jp/japanese/safi	×	https://www.pecj.or.jp/japar

図 22 各事例に関わる情報をまとめたファイル構成

2) データセットの解析アプリへの配置

「1) データセットの作成」にて更新したデータセットを解析アプリに反映させるためのファイル



配置を図 23 に示す。

jsdiag_web_srv		
/conf		
/model_jpec_2022		
/learn_data.csv	現在実証試験で利用している	
/model.bif	データセット	
/wordInfo.txt	(2022年度版データセット)	
/catInfo.txt		
/reportInfo.txt		
/model_jpec_2023		
/learn_data.csv	「データ更新」を行ったデータセット	
/model.bif	の配置場所	
/wordInfo.txt		
/catInfo.txt		
/reportInfo.txt		

図 23 データセットの解析アプリへの配置

データセットは、図 24 に示す通り、解析アプリ上で利用するデータセットをユーザーが選択する事が出来る機能も付けている。更新前データセットでの解析結果を参照する必要がある場合や、複数パターンのデータセットでの解析が必要な場合に利用可能である。

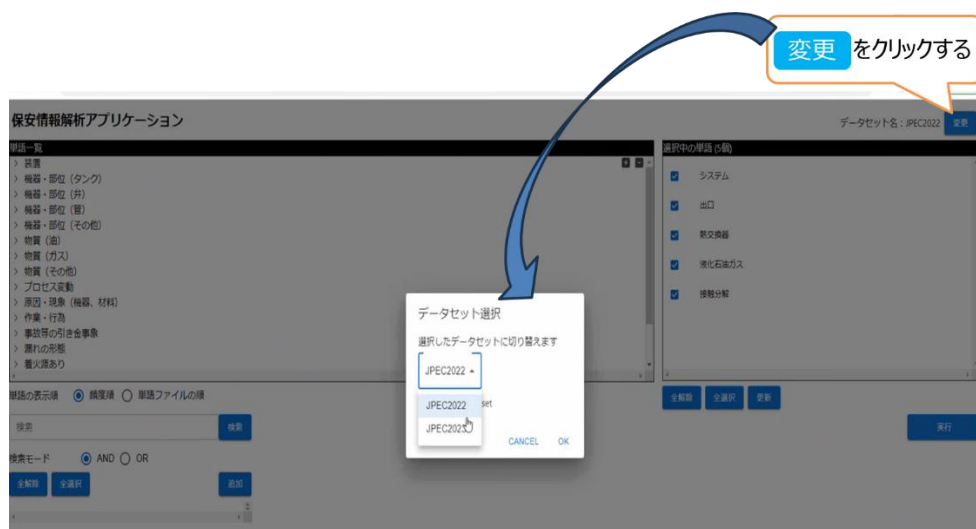


図 24 解析アプリでのデータセット切替

## (2) 技術資料に基づいた解析

技術資料として利用している「石油学会 配管維持規格 (JPI-8S-1-2018)」の更新にともない、更新データを解析アプリに反映させる必要がある。また、新規技術資について、解析アプリを作成するニーズもある。そこで、既存分解木の編集、新規分解木の作成についてシステム化

(マニュアル化)を行った。

### 1) 既存分解木の編集

現在技術資料として用いている「石油学会 配管維持規格 (JPI-8S-1-2018)」について、石油学会より更新情報として、「追補<sup>6</sup>」が公開されている。今回は、追補に記載されている情報を利用して既存分解木の編集(追記)を行った。

追記に当たっては、分解木の中での追記内容をユーザーが確認できる様に、表 27 に示す記号を対象ノードに記載し、各分解木の表示画面でも図 25 に示す記号の説明表示を追加し、どの部分がどの様な編集を行ったかが確認できる様にした。更新情報は、新規に得られた知見や事例等を反映されたものであり、追記部分を参照する事により、新規情報するのに有効である(「検索機能」を用いる事により、一覧表示や、追加部分へのジャンプ等が可能)。

表 27 表示記号

記号	内容	備考
#★	ノードのみ	ノードのみを追加
#■	ノード+事例	ノードと事例ファイルリンク  を追加
#▲	ノード+文書	ノードと文書ファイルリンク  を追加
#●	ノード+事例+文書	ノードと事例ファイルリンク  、文書リンクファイル  を追加
#◆	事例のみ	事例リンクファイル  のみ追加
#▼	文書のみ	文書リンクファイル  のみ追加
#◎	事例+文書	事例リンクファイル  、文書リンクファイル  を追加

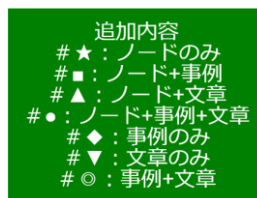


図 25 分解木画面での機能の説明表示

以下に追記部分の例を記載する。

#### ①JPI-8S-1-2018 の該当頁：15 頁(管理番号 8S-1-2018 追補 35)

追補の該当部分を図 26 に示す(追補は「赤字+下線」部分)。また、分解木の編集例(編集内容は以下)を図 27 に示す。

- 「高温酸化」についての追記内容に対応したノードの追加(図 26 赤字下線部分)
- 「事例 300」に対応するノードに紐づけ(図 26 事例 300 の内容記載部分)

<sup>6</sup> <https://www.sekiyu-gakkai.or.jp/jp/kanri/8S-01-2018app.pdf>

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所を選定

a) 配管系内面の腐食・エロージョン

1) 腐食・エロージョンの種類

— 酸化処理工程に伴う腐食 ガソリン基材となるナフサは、酸化処理（スウィートニング）が実施されるが、処理工程後の配管で水分が凝縮すると、酸素濃淡電池による腐食を促進し長期使用配管で、開口漏洩が発生した事例がある。（事例 99）

— 高温酸化 高温酸化とは、FCC 再生塔、加熱炉及びボイラのチューブなど、常に高温のガスに曝されている設備の外表面がガス中の高温の酸素により酸化され減肉していく現象をいう。炭素鋼の場合、200～300℃から表面に薄い酸化皮膜が形成されるようになり、500℃付近から本格的な酸化を受け、約 600℃以上では急速に進行し酸化皮膜も厚い脆弱なものになる。鋼材中のクロム濃度が高いほど保護性のある酸化被膜ができるが、外力等により酸化被膜が破壊される場合は高温酸化が進展し易いので注意が必要である。接触改質装置リアクター出口配管において間欠運転の影響により小径配管のノズルネックに繰り返しの熱応力が加わり外表面から高温酸化が進展して開口した事例がある。（事例 300）

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 35 の解説

（事例 300）2020 年 7 月、神奈川県製の製油所で発生した固定床の接触改質装置での漏洩事例を反映させた。当該装置は定期的に運転停止する必要があり、熱サイクルによる応力が小径ノズルのネックに加わり、酸化被膜が破壊され高温酸化が進展した。さらに停止中に CUI が進行し、高温酸化と CUI の組み合わせにより開口に至った。（石連事故事例報告書 No. 827）

図 26 JPI-8S-1-2018 の該当頁：15 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 35）

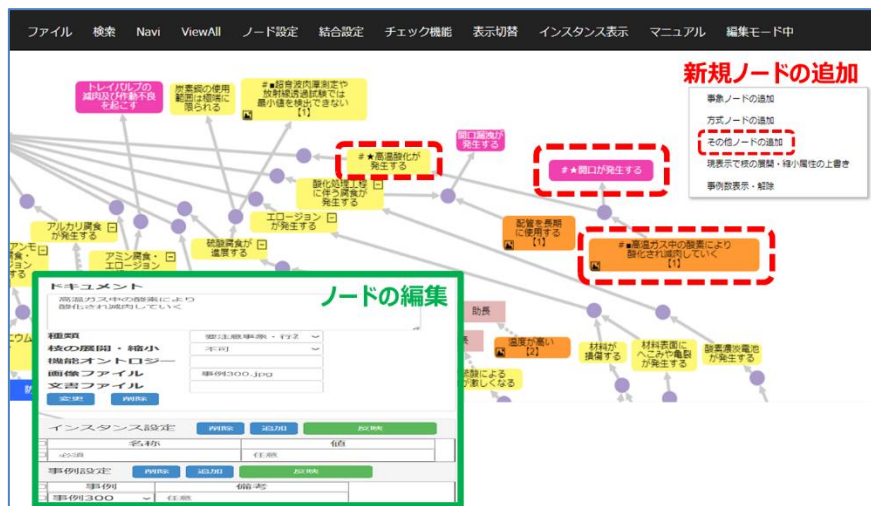


図 27 分解木の編集例

②JPI-8S-1-2018 の該当頁：17 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 6）

追補の該当部分を図 28 に示す（追補は「赤字＋下線」部分）。また、分解木の編集例（編集内容は以下）を図 29 に示す。

- 「表 5.1.2」を対応するノードに紐づけ（図 28 表 5.1.2 の内容記載部分）

5.1.1 検査箇所を選定

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

— 滞留部及びスケール堆積部 腐食性物質を含む流体で、流れが長期間滞留する部位及びスケールが堆積する部位では、局所的な腐食が発生することがある。

下線部追記

表 5.1.2 を表 5.1.4、表 5.1.3 を表 5.1.5、表 5.1.4 を表 5.1.6 とし、次の表を表 5.1.2 として追加

**表 5.1.2 滞留部及びスケール堆積部などの発生しやすい環境と配管系**

腐食環境	該当配管の例
滞留部及びスケール堆積部	<b>オンサイト配管</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>通常運転時に他端が閉止状態にある枝管 (事例 100) (事例 159)</li> <li>安全弁行き配管 (事例 241)</li> <li>クレーン出入口ヘッダー両端のキャップ部など流動がない滞留範囲 (事例 3) (事例 143)</li> <li>流れの遅い配管系で、立上がり部や分岐部近傍の配管下部 (事例 81) (事例 128) (事例 144) (事例 180) (事例 181) (事例 229)</li> <li>長期間停止した配管側面のスケール堆積境界部 (事例 145)</li> <li>通常空の状態の間欠使用配管 (事例 36)</li> </ul>
	<b>オフサイト配管</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>通常流れが無い行止り配管 (事例 23) (事例 56) (事例 83) (事例 90) (事例 101) (事例 102) (事例 125) (事例 126) (事例 127) (事例 133) (事例 148) (事例 160) (事例 162) (事例 163)</li> <li>流れの遅い配管系で、立上がり部や分岐部近傍の配管下部 (事例 4) (事例 40) (事例 161) (事例 177) (事例 178) (事例 179) (事例 182) (事例 242)</li> <li>滞留部がスチームトレースで加熱された配管のスチームトレース近傍 (事例 103)</li> <li>ドレン抜き配管の長期間水分滞留部 (事例 14) (事例 57) (事例 82) (事例 233)</li> <li>長期間休止中の配管 (事例 41) (事例 71) (事例 183) (事例 206) (事例 207) (事例 224)</li> <li>非定常時使用配管、使用頻度の低い間欠使用配管 (事例 12) (事例 146) (事例 147)</li> <li>タンク水切り配管 (事例 43) (事例 44) (事例 87) (事例 115) (事例 149) (事例 218)</li> <li>スロップ配管滞留部 (事例 42) (事例 228)</li> </ul>

下線部追記 & 取消線部削除

通常運転時に他端が閉止状態にある枝管 ~~(事例 92) (事例 100) (事例 159)~~、安全弁行き配管やクレーン出入口ヘッダー両端のキャップ部など ~~(事例 3)~~ で流動がない滞留範囲にはスケールなどの堆積が生じやすく、堆積物下の腐食が生じる。~~(事例 80) (事例 186) (事例 196) (事例 197) (事例 148)~~ 滞留部と流動部との境界付近は特異な流れ状態となっていることが多く一般的な腐食とはならない。更に、流れの遅い配管系では、立上がり部や分岐部近傍の配管下部にスケールが堆積しやすく、スケール堆積部位では水分が凝縮して溜まり、腐食しやすい傾向にある。~~(事例 4) (事例 40) (事例 56) (事例 71) (事例 11) (事例 101) (事例 102) (事例 125) (事例 126) (事例 127) (事例 133) (事例 148) (事例 160) (事例 162) (事例 163) (事例 177) (事例 178) (事例 179) (事例 182) (事例 242)~~

図 28 JPI-8S-1-2018 の該当頁：17 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 6）

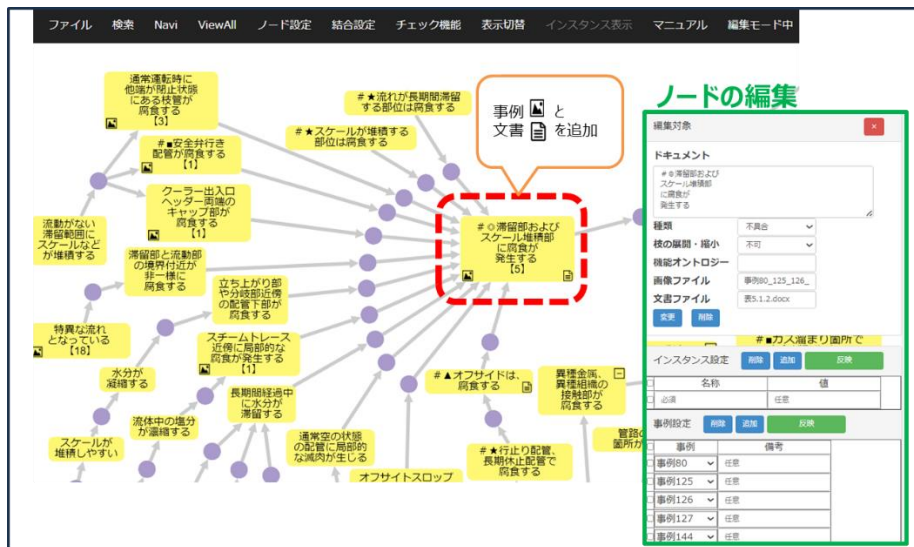


図 29 分解木の編集例

## 2) データセットの解析アプリへの配置

追補を反映したデータファイルを解析アプリに反映させるための配置を図 30 に示す。「documents」フォルダー、「images」フォルダーには、それぞれノードに追加した文書ファイル、画像ファイルを保存している。また、各分解木の内容は「JPECINDEX.json」及び「JPECINDEX-12.json」ファイルに記録されている。

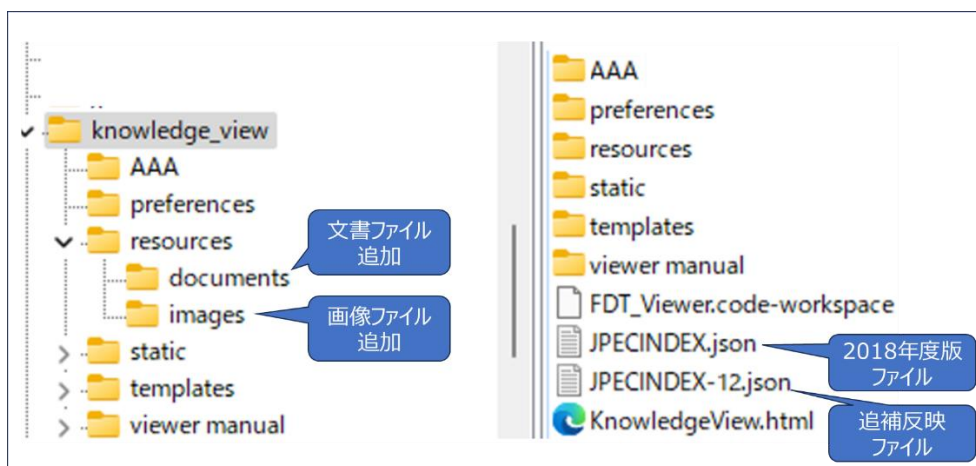


図 30 データセットの解析アプリへの配置

## 2.2 クラウド対応

「保安情報活用プラットフォーム」では、クラウド（Webサーバー）にインストールした解析ツールを、インターネット経由で複数ユーザーがWebブラウザ上で利用する仕組みを想定している（図 31）。

今年度は、各解析ツールについて、2022年度に作成したPCにインストールして利用するタイプ（PCインストール版）を、クラウド対応として、インターネット経由でWebブラウザ上で利用できるものへの改造（Web版への改造）を行った。更に、「プラットフォームシステムのクラウド化」として、JPECホームページより、各解析ソフトにアクセスするための仕組みも作成した。

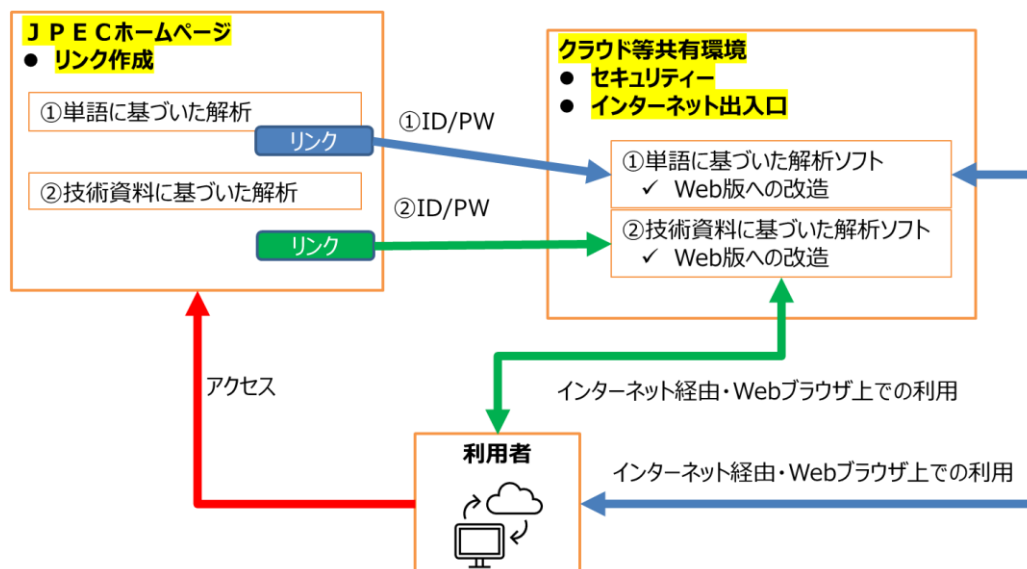


図 31 クラウド化対応の概略

### 2.2.1 単語に基づいた解析方法の Web 版への改造

2022 年度作成の PC インストール版をベースに、インターネット経由で複数力所から、複数ユーザーが利用可能とする改造を行った。

Web 版のユーザーインターフェースを以下に示す（入力画面（図 32）、出力画面（図 33））。



図 32 入力画面



**解析結果**

**入力データ**

①入力データ (入力画面での選択単語)

**事例ランキングテーブル**

(こんな事例が起きています)

順位	事例ID	OS	タイトル名称	日付	原文	参考資料	スコア	ランク1	ランク2	ランク3
1	1790	Windows	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	2004年	http://www.shippai.org/~/ccf/00001001.N		136.676	内閣府	情報政策	情報政策
2	1842	Windows	成り立ち:水産物産出の持続的な発展の推進が使命(2019年)	1992年	http://www.shippai.org/~/ccf/00000044.N		121.115	農林省	水産庁	漁業政策
3	219	JPEC事例データベース	よりよいJPEC事例データベース構築の推進(大規模更新)	1973年7月2日	https://www.paq.or.jp/japanese/safe/taisei_https://www.paq.or.jp/japanese/		118.911	情報	水産庁	水産政策
4	1197	KHK	付帯品水産物産出の促進に関する取組(2019年)	2012年6月1日	KHK事務局(事務局)事務局(事務局)		110.068	国土交通省	輸出	水産物輸出
5	1152	KHK	付帯品水産物産出の促進に関する取組(2019年)	2011年3月11日	KHK事務局(事務局)事務局(事務局)		99.805	国土交通省	輸出	水産物輸出
6	21	JPEC事例データベース	付帯品水産物産出の促進に関する取組(2019年)	1973年10月26日	https://www.paq.or.jp/japanese/safe/taisei_https://www.paq.or.jp/japanese/		99.465	国土交通省	輸出	水産物輸出
7	1813	Windows	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	1992年	http://www.shippai.org/~/ccf/00001001.N		97.946	農林省	水産庁	漁業政策
8	1892	Windows	LPCラングワールが農産物の産出を促進するための取組(2019年)	1968年	http://www.shippai.org/~/ccf/00000001.N		96.81	国土交通省	輸出	水産物輸出
9	149	JPEC事例データベース	付帯品水産物産出の促進に関する取組(2019年)	1994年7月23日	https://www.paq.or.jp/japanese/safe/taisei_https://www.paq.or.jp/japanese/		94.29	水産庁	輸出	水産物輸出
10	193	JPEC事例データベース	付帯品水産物産出の促進に関する取組(2019年)	1987年3月11日	https://www.paq.or.jp/japanese/safe/taisei_https://www.paq.or.jp/japanese/		92.936	情報	水産庁	水産政策
11	55	JPEC事例データベース	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	1982年3月13日	https://www.paq.or.jp/japanese/safe/taisei_https://www.paq.or.jp/japanese/		92.531	水産庁	輸出	水産物輸出
12	148	JPEC事例データベース	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	1987年3月22日	https://www.paq.or.jp/japanese/safe/taisei_https://www.paq.or.jp/japanese/		92.493	水産庁	輸出	水産物輸出
13	1800	Windows	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	2002年	http://www.shippai.org/~/ccf/00000006.N		92.248	国土交通省	輸出	水産物輸出
14	1274	KHK	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	2012年5月17日	KHK事務局(事務局)事務局(事務局)		91.6	国土交通省	輸出	水産物輸出
15	1242	KHK	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	2012年4月20日	KHK事務局(事務局)事務局(事務局)		90.587	国土交通省	輸出	水産物輸出
16	1033	KHK	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	2007年3月28日	KHK事務局(事務局)事務局(事務局)		88.306	国土交通省	輸出	水産物輸出
17	144	JPEC事例データベース	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	2003年3月28日	https://www.paq.or.jp/japanese/safe/taisei_https://www.paq.or.jp/japanese/		88.13	国土交通省	輸出	水産物輸出
18	1248	KHK	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	2012年4月11日	KHK事務局(事務局)事務局(事務局)		87.713	国土交通省	輸出	水産物輸出
19	1877	Windows	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	1980年	http://www.shippai.org/~/ccf/00001044.N		86.818	水産庁	輸出	水産物輸出
20	1860	Windows	事例情報提供開始のお知らせ(2004年)	1980年	http://www.shippai.org/~/ccf/00000003.N		86.106	農林省	水産庁	漁業政策

**単語ランキングテーブル**

(こんな単語が関係しています)

順位	単語	スコア
1	事例	18.626
2	事例ID	10.952
3	事例情報	6.533
4	事例データベース	7.701
5	事例情報提供	6.301
6	事例データベース	5.716
7	事例情報提供開始	5.225
8	事例データベース	4.49
9	事例情報	4.619
10	事例データベース	4.429

②事例ランキングテーブル

- 事例の属性情報(収録データベース、タイトル、日付、原文表示)
- 解析対象単語との関連性の深さの指標(スコア)
- 事例に含まれる単語で、改正対象単語と関連の深い単語(上位3位まで)

③単語ランキングテーブル

解析対象単語に対して関連する単語をランキングで表示している。全単語のランキングの他、カテゴリ毎のランキングテーブルもある。関連性の指標(スコア)によってセルの色を分けている。(濃いほうが高スコアである)

順位	単語	スコア
1	事例	2.822
2	事例ID	2.671
3	事例情報	2.669
4	事例データベース	2.616
5	事例情報提供	2.159

図 33 出力画面

## 2.2.2 技術資料に基づいた解析方法

2022 年度作成の PC インストール版をベースに、インターネット経由で複数力所から、複数ユーザーが利用可能とする改造を行った。

Web 版のユーザーインターフェースを以下に示す。

### (1) 初期画面とマウス操作

Web 版の初期画面では、技術資料として利用している「配管維持規格」の目次画面が表示される。初期画面とマウス操作について図 34 に示す。





図 34 初期画面とマウス操作

## (2) Navi 機能

画面右下にサブ画面が表示され、現在表示されている範囲が水色で示される（図 35）。



図 35 Navi 機能

## (2) ノードのアイコン説明

ノードに対してファイルのリンクや展開・縮小が設定されている場合、そのノードには以下のアイコンが表示される（図 36）。

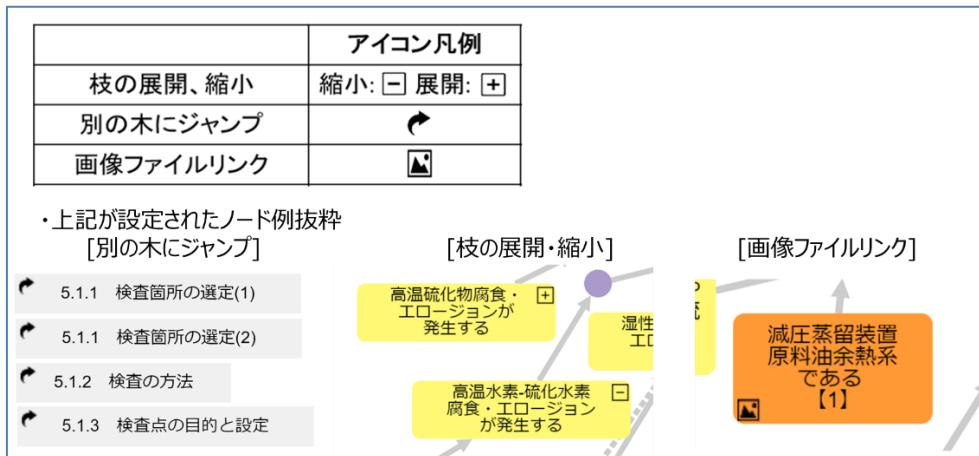


図 36 ノードのアイコン説明

図 36 に示した各アイコンの操作方法について、図 37、38、39 に示す。

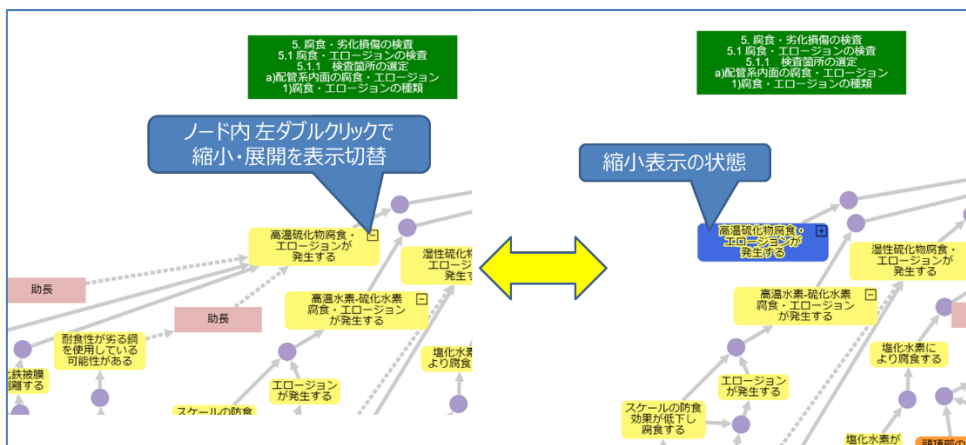


図 37 ノードの展開・縮小

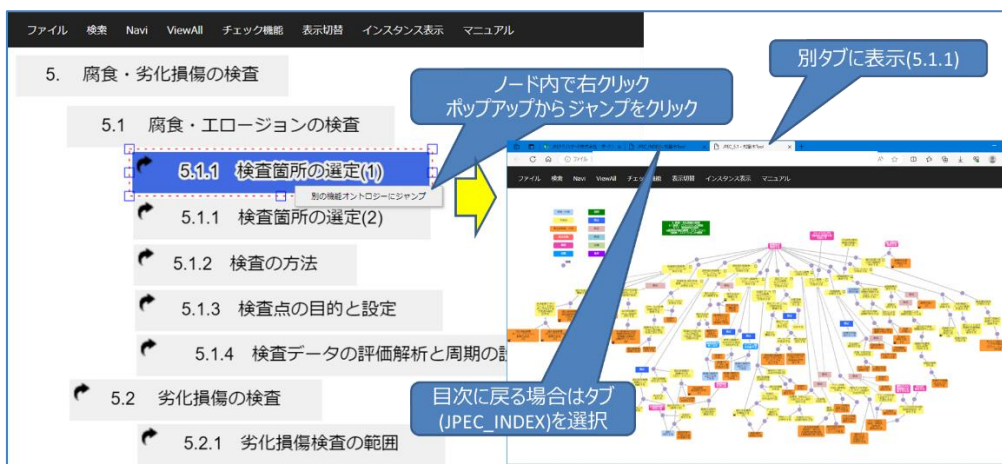


図 38 別の分解木へのジャンプ機能

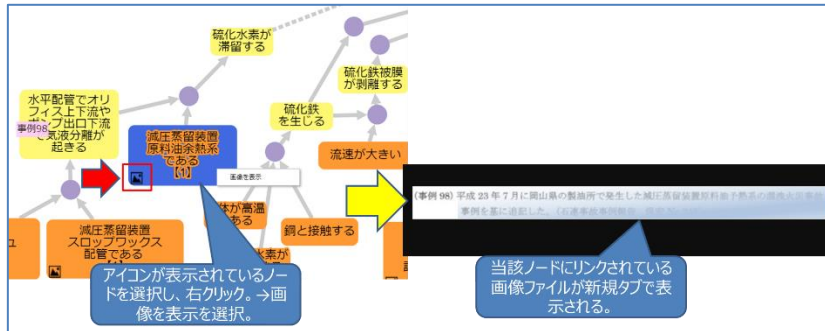


図 39 画像ファイルリンク

(3) チェック機能

要注意事項・行為 又は 禁止行為 を起点とするノードから結果方向への全ルートを示す (図 40)。

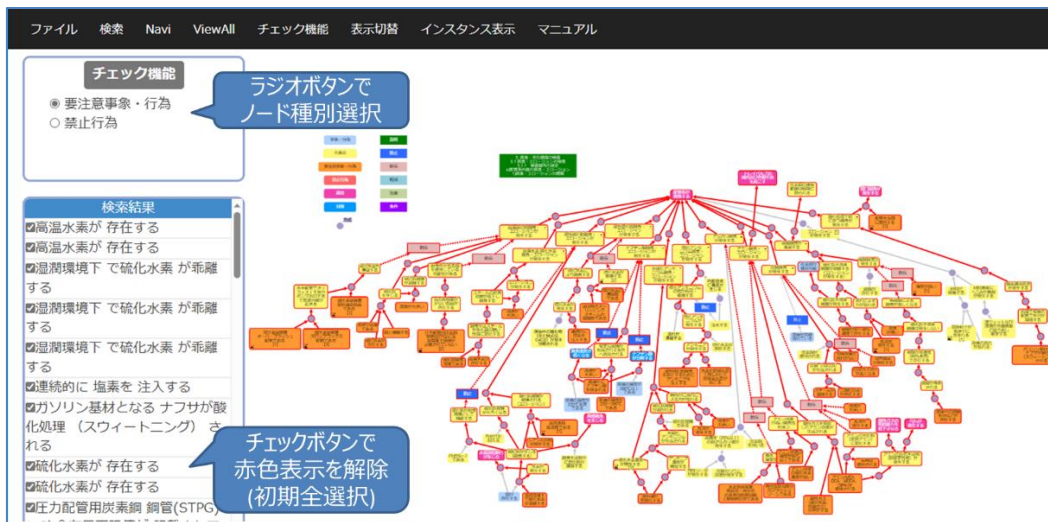


図 40 チェック機能

(4) 表示切替

本来機能・不具合・対策 をノード選択して表示を切り替える (図 41)。

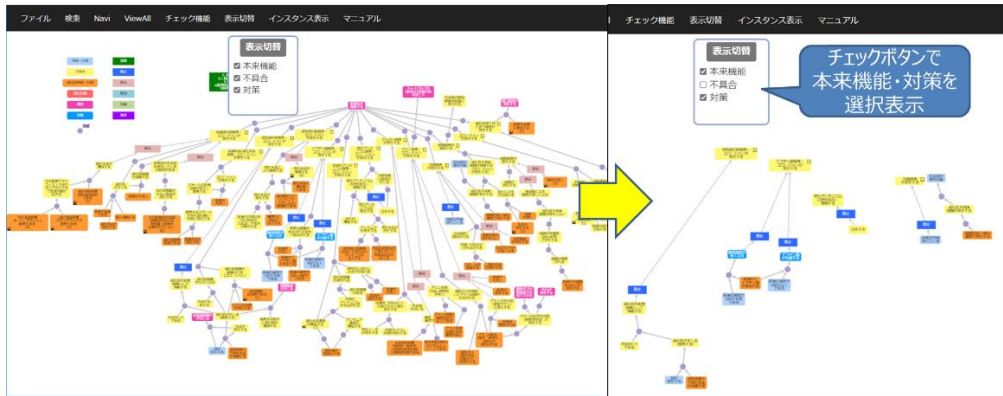


図 41 表示切替

(5) 検索機能 (ノード検索)

複数ファイル(タブ)に跨るノード検索を行う。例えば、初期画面 (図 34) で「昇圧」の検索を行うと、「6.6 総合機密試験」の分解木のノードがヒットする (図 42)。



図 42 検索機能 (ノード検索)

(6) 検索機能 (要因方向検索)

選択したノードに対し、要因方向への経路を強調表示する (図 43)。

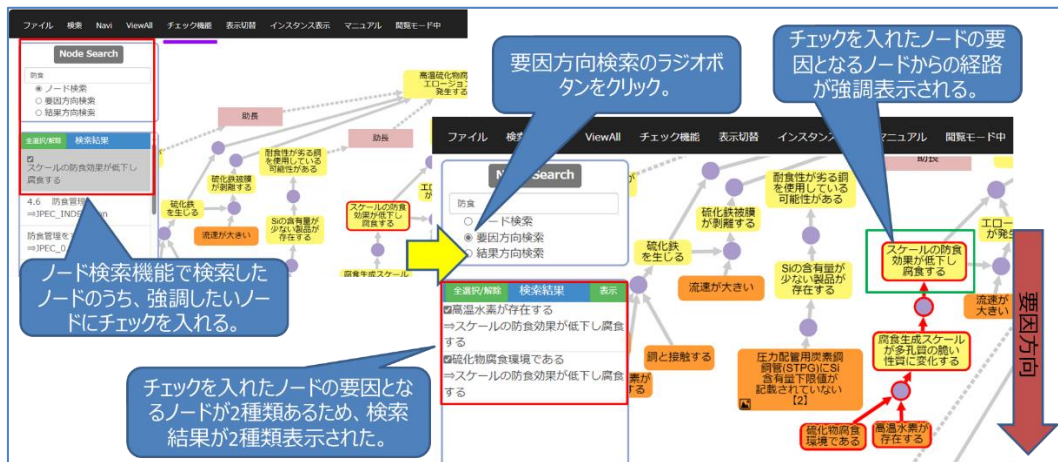


図 43 検索機能（要因方向検索）

(6) 検索機能（結果方向検索）

選択したノードに対し、結果方向への経路を強調表示する（図 44）。

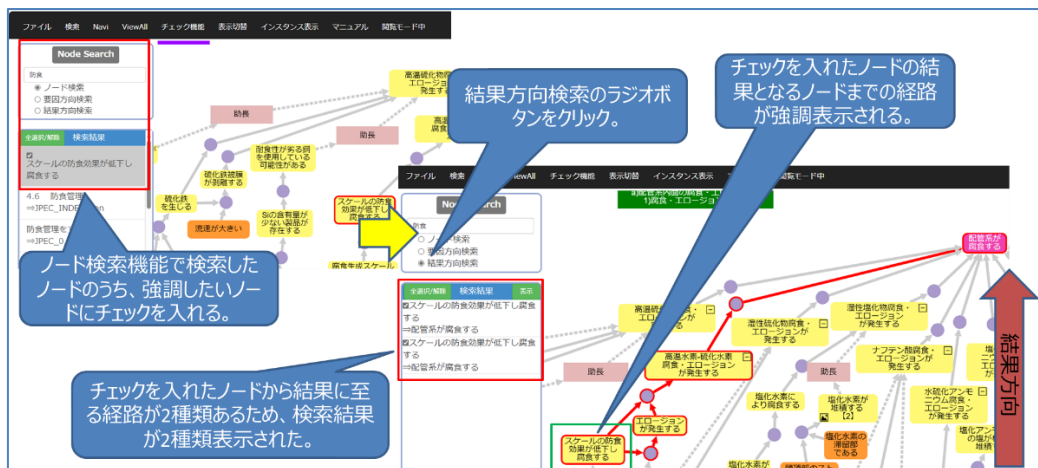


図 44 検索機能（結果方向検索）

(7) 事例数によるエッジ太さの反映

全ルートを探るとルート上の累計事例数に応じエッジ（ノードを繋ぐ矢印）の太さが事例数に応じて変化する（事例数が多くなると太くなる）（図 45）。

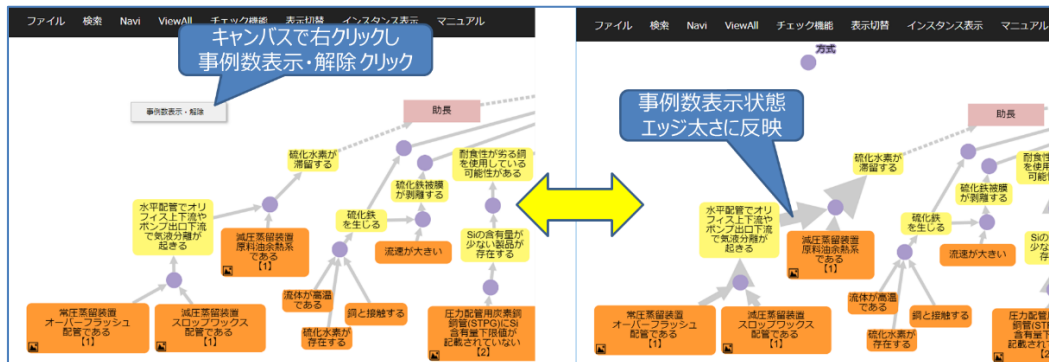


図 45 事例数によるエッジ太さの反映

### 2.2.3 プラットフォームシステムのクラウド化

「プラットフォームシステムのクラウド化」として、JPECホームページより、各解析ソフトにアクセスするための仕組みを作成した。図46に、ユーザーが各解析ソフトにアクセスするためのフローを示す。尚、「技術資料に基づいた解析」については、更新データを反映した解析アプリへは、図47に示す通り、ユーザー実証専用ページに設置したリンク先よりアクセスする方法を採用した。

また、JPECホームページからのアクセスは、セキュリティ確保のため、以下の対応を行った。

- 利用するWebサーバーについて、SSL証明書を取得によるhttps化
- 専用ページ、各解析ツールへのアクセス時のユーザー認証
- ファイアウォールへのユーザー各社の固定IPアドレスの登録

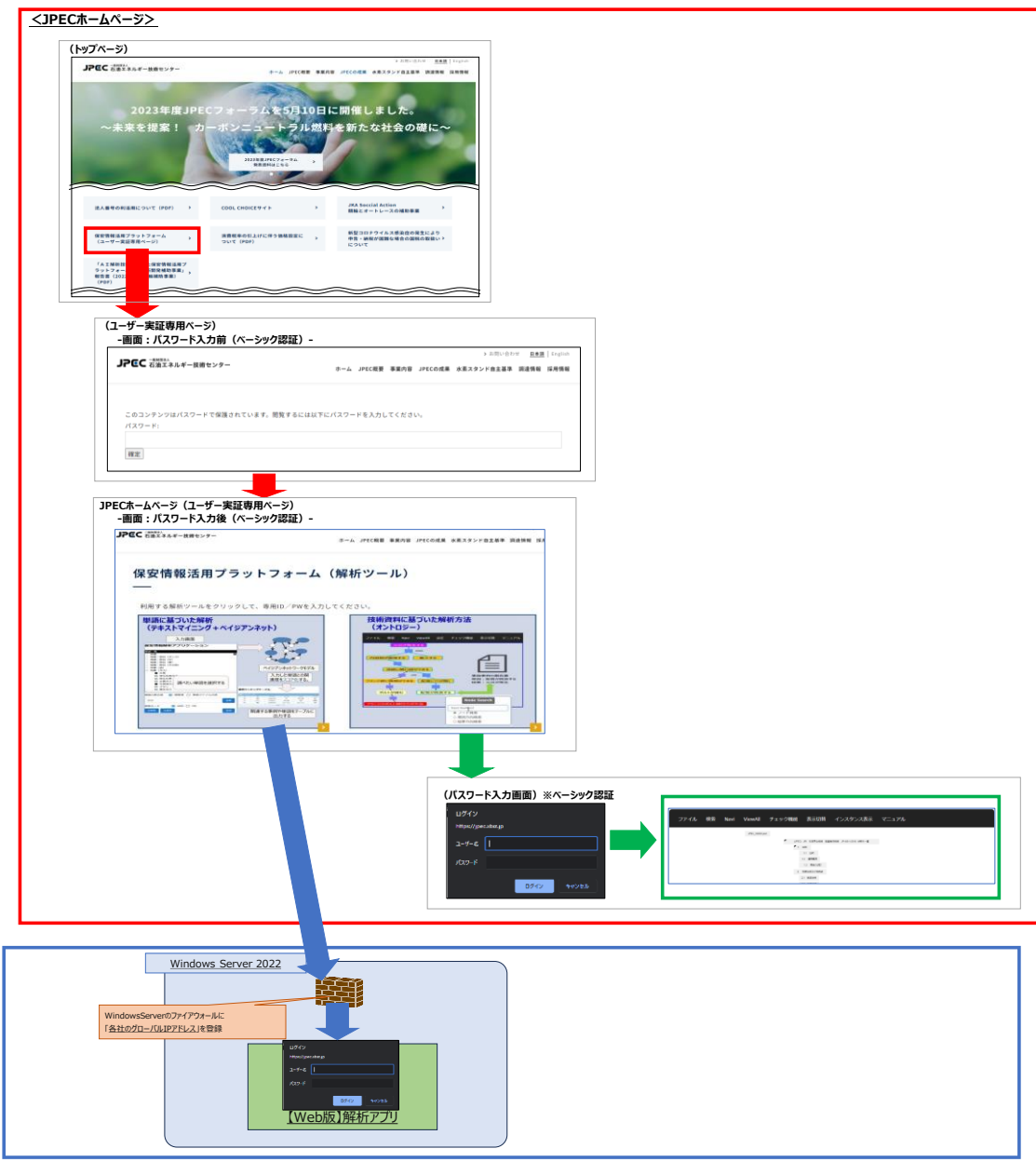


図 46 JPEC ホームページからのアクセスフロー





図 47 更新データを反映したアプリへのリンク

## 2.3 実証試験

上記2.1, 2.2にて構築した「保安情報活用プラットフォーム」を利用して、各解析アプリの利用について実証試験を行った。

### 2.3.1 ユーザーを限定しての試験運用

実証試験として、ユーザーWG参加の石油5社を対象に、試験運用を行った。試験運用にあたり、各社にJPECホームページから解析ツールにアクセスするために必要なユーザー認証（ユーザー名、PW）を個別に設定しセキュリティを確保した。

### 2.3.2 運用課題抽出・対応

実証試験参加会社には、各解析ツールの活用が想定される部署に出来るだけ広く展開していただき実施し、図48に示すアンケート用紙を利用して、運用課題抽出及び対応について検討するための情報収集を行った。



会社名	例：安全管理部（本社）
ご所属部署	例：工務部（本社）
	例：製造部（製造所）
	例：工務部（製造所）
	例：安全管理部（製造所）

※ 実証試験にて検証を実施した部署につきまして、ご記載下さい。

製油所のメンテナンス（保安・保安）及びオペレーション（運転）業務の概要を、図1に示しました。  
表1に、各業務での作業項目での、各ソフト活用（活用できそうな例、上手く活用できた例）についてコメントをご記載ください。  
※ご記入時は、入力文字数に応じてセルサイズを変更いただきご対応願います。

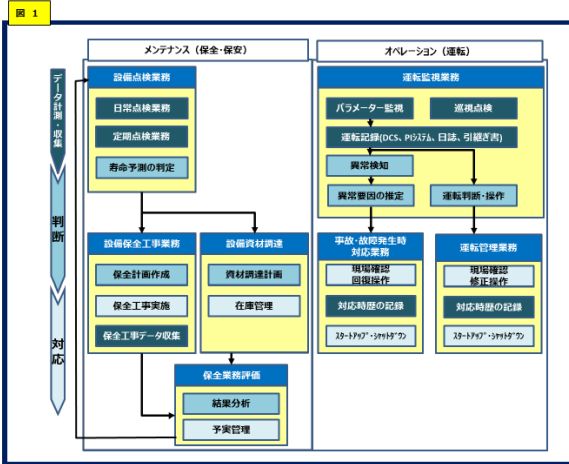


表 1 各業務での作業項目における、各ソフト活用（活用できそうな例、上手く活用できた例）についてコメントをご記載ください。  
〔記載は、できるだけ、具体的にご記載ください。また、「活用にあたり改善が必要な内容」についても、コメントがありましたら、ご記載ください〕  
※青字：参考活用例（JPEC記載）、コメントを記載した場合は、参考活用例を「削除」してから、ご記入ください。

分野	業務	作業	単語に基づいた解析	技術資料に基づいた解析
メンテナンス	設備点検業務	開始前ミーティング		
		日常点検	-KY活動用の資料として活用 -点検前のリスクチェック -点検後の気づき事項のリスクチェック	-KY活動用の資料として活用 -点検前のリスクチェック -点検後の気づき事項のリスクチェック
		定期点検	-点検計画作成時のリスクチェック -点検後の気づき事項のリスクチェック	-点検計画作成時のリスクチェック -点検後の気づき事項のリスクチェック
		寿命予測の判定	-リスクアセス時の参考として活用 -教育資料	-リスクアセス時の参考として活用 -教育資料
	設備保全工事業務	始業前ミーティング		
		保安計画作成	-KY活動用の資料として活用 -工事関連リスクチェック	-KY活動用の資料として活用 -工事関連リスクチェック
		保安工事実施	-工事中のリスクチェック -リスクアセス時の参考として活用	-工事中のリスクチェック -リスクアセス時の参考として活用
		保安工事データ収集	-教育資料	-教育資料
	保安業務評価	結果分析	-リスクアセス時の参考として活用	-リスクアセス時の参考として活用
		予実管理	-教育資料	-教育資料
設備資材調達	資材調達計画作成	-仕様変更時のリスクチェック -運転条件変更時のリスクチェック	-仕様変更時のリスクチェック -運転条件変更時のリスクチェック	
	在庫管理	-教育資料	-教育資料	
非常業務	運転中工事	-作業前のリスクチェック	-作業前のリスクチェック	
オペレーション	運転監視業務	始業前ミーティング	-KY活動用の資料として活用 -運転変動時のリスクチェック -変更管理時のリスクチェック -運転前のリスクチェック -運転後の気づき事項のリスクチェック -引継ぎ時の気づき事項のリスクチェック -運転時のリスクチェック	-KY活動用の資料として活用 -運転変動時のリスクチェック -変更管理時のリスクチェック -運転前のリスクチェック -運転後の気づき事項のリスクチェック -引継ぎ時の気づき事項のリスクチェック -運転時のリスクチェック
		パラメータ監視		
		巡回点検		
		運転記録（日誌、引継ぎ書）	-異常検知 -異常要因の推定 -運転判断・操作	-異常検知 -異常要因の推定 -運転判断・操作
	事故・故障発生時対応業務	現場確認・回復操作	-原因推定のヒント出し -関連事例の検索 -リスクチェックのヒント出し	-原因推定のヒント出し -関連事例の検索 -リスクチェックのヒント出し
		対応履歴の記録		
		スタートアップ・シャットダウン		
	運転管理業務	現場確認・修正操作	-リスクアセス時の参考	-リスクアセス時の参考
		対応履歴の記録	-関連事例の検索	-関連事例の検索
	非常業務	運転中工事	-作業前のリスクチェック	-作業前のリスクチェック
全体	人材教育・技術伝承	新人	-教育ツール -作業前後の関連事項チェック	-教育ツール -作業前後の関連事項チェック
		中堅	-リスクアセス	-リスクアセス
		現場作業	-OJT	-OJT
		スタフ業務	-リスクアセス	-リスクアセス
		その他		
ソフトへのアクセス	JPECホームページからのアクセス状況	-アクセス不要（●月●日、●●●●） -閲覧無し -動作不調（●月●日、●●●●） -閲覧無し	-アクセス不要（●月●日、●●●●） -閲覧無し -動作不調（●月●日、●●●●） -閲覧無し	
	解析ソフトの動作状況			

図 48 アンケート用紙

(1) アンケート結果

アンケート結果概要を表 28 にまとめた。

用途としては、「メンテナンス」及び「運転」の各分野で活用が想定されることがわかった。但し、実際の業務での活用効果までは今回の実証試験では確認できなかった。

表 28 アンケート結果概要

用途（実際の効果は未確認）	要望など
<p><b>&lt;共通&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● KY活動用資料</li> <li>● リスクアクセス・リスクチェック時の参考</li> <li>● 教育資料</li> </ul> <p><b>&lt;単語に基づいた解析&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 技術検討</li> <li>● 原因調査、類似事例の検索</li> <li>● 社外情報の活用</li> <li>● 机上訓練など、想定資料として活用</li> </ul> <p><b>&lt;技術資料に基づいた解析&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 監査/業務マニュアル（特定作業の手続きフロー）</li> <li>● 計画に抜けが無いチェック（全体を俯瞰できる）</li> <li>● 設計（仕様変更検討時の参考）</li> <li>● 報告書作成（迅速化・効率化）</li> <li>● 要領・手順書のチェック</li> <li>● 原因推定のヒントになる</li> <li>● なぜなぜ分析、RCFAなどへの活用</li> <li>● 点検フローの確認・点検手法の選定</li> <li>● 注意事項の確認</li> <li>● JPI規格の書籍の代替として活用（情報検索効率化）</li> </ul>	<p><b>&lt;共通&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 利用時間帯の制限解除➡①</li> <li>● 利用方法がイメージしづらい➡②</li> <li>● 操作性の改善</li> <li>● 利用場面の具体例を示した操作マニュアル</li> </ul> <p><b>&lt;単語に基づいた解析&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 単語でなく文章で入力できる機能</li> <li>● 特定業務への利用は難しい（教育用利用までか）</li> <li>● 情報が浅い（公開情報利用のため…）</li> <li>● 他設備に起因するトラブル検索が出来る機能</li> <li>● 解析結果が特定の事例に偏る（解析用単語を多く含む事例が常に上位に来る）</li> <li>● 検索単語選択性改善（50音順とする）➡①</li> <li>● 確実に関連させたいキーワードを固定させる機能➡②</li> <li>● 装置、機器を絞り込んだ検索機能</li> <li>● ザックリとした言葉でのフィルタリング（解析用単語が細かすぎる）</li> <li>● 事例を増やして精度を向上させる</li> <li>● 自社事故を個別に登録しての活用</li> <li>● 検索用単語の見直し（事故原因に絡む事例検索が出来るが良い）</li> </ul> <p><b>&lt;技術資料に基づいた解析&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ツリーが複雑（調べたい部分へのアクセス性の向上）</li> <li>● 実務レベルを目指すなら詳細情報の追加が必要</li> <li>● 最新の関係法規との紐づけがあると良い</li> <li>● JPI配管維持規格以外への展開➡①</li> <li>● JPI規格全般を網羅して欲しい➡②</li> </ul>

(2) 要望事項への対応

表 28 に示した<共通>①②、<単語に基づいた解析>①②、<技術資料に基づいた解析>①②について対応/検討を行った。

<共通>

①利用時間制限解除

製造現場での交代勤務者等へ展開も考慮した場合、常時解析アプリが利用できる環境が必要である。実証試験開始当初は、サーバーメンテナンス等を考慮して、利用時間を平日 8：00～20：00 としていたが、常時利用での運用が可能な事を確認後、利用時間の制限を解除した。

②利用方法がイメージしづらい

利用用途として、表 28 に示した通り、両解析方法共通して、「KY 活動資料」、「リスクアクセス・リスクチェックの参考」、「教育資料」があげられており、更にそれぞれの解析方法毎に、利用用途として多くのケースが挙げられている。一方、活用の可能性については理解できるが、実際の現場での有効な活用シーン（事例）がイメージしづらいとのコメントがあった。

そこで、JPECにて実際に、実務でのリスクアセスに各解析方法を活用した事例について、実証試験参加会社に参考例として示した（図 49、50）。

リスクアセスは、以下の手順で行った。

ステップ 1

「単語に基づいた解析」により、リスクアセスの対象となる事案に関連する単語を入力し、関連する事例を抽出し、対応が必要な事項を考察する。

ステップ 2

ステップ 1にて抽出した事例や考察内容より、技術的考察が必要な部分について「技術資料に基づいた解析」を用いて、関係する事項について抽出し対応ポイントを考察する。

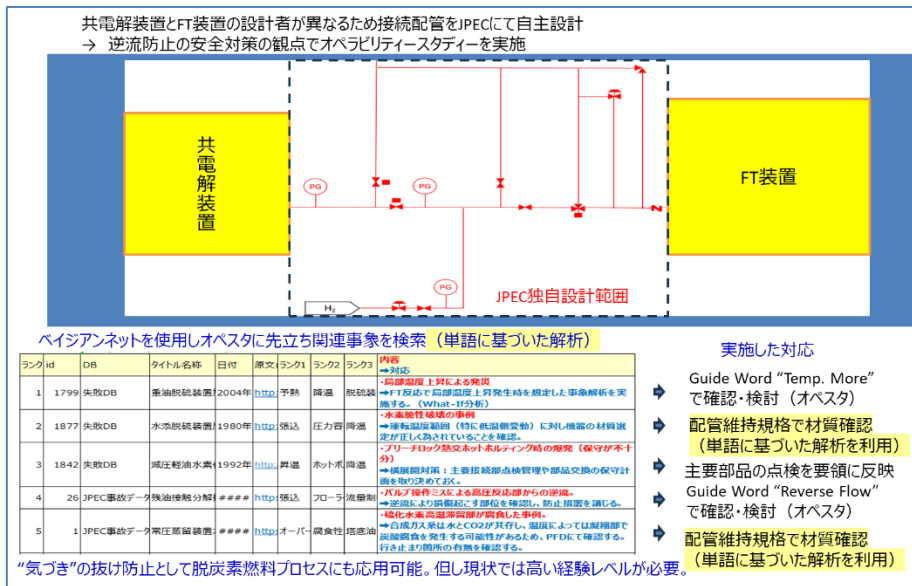


図 49 リスクアセス事例（ステップ 1）

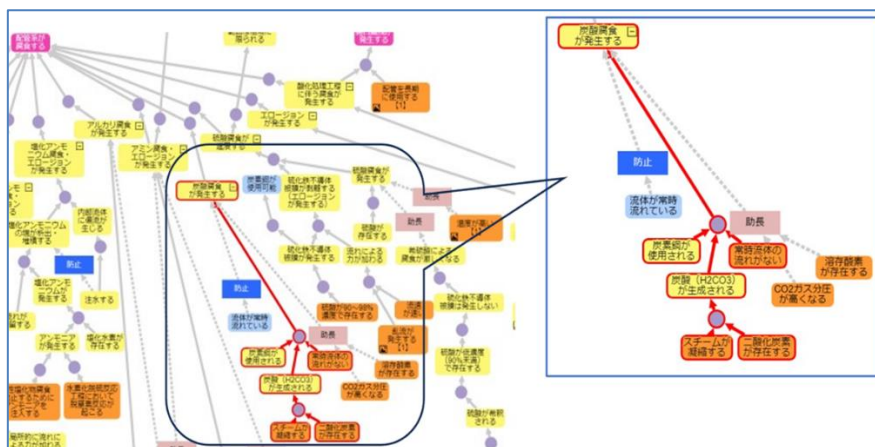


図 50 リスクアセス事例（ステップ 2）

ステップ1での「単語に基づいた解析」では、一見、解析対象とは無関係と思われる事例や関連単語が出力される場合があるが、その内容を読み解く事により、参考となる知識を導き出せることがわかり、「気づき」の抜け防止として活用できる事がわかった。更に、ステップ1にて技術体系を参考に解析したいポイントについて、ステップ2にて、技術資料に基づいた解析を利用して、関連する分解木を参照し、要因⇒結果の技術体系を参考にリスク評価や対応の検討の参考とすることができる（図49、50）。

但し、実務経験が浅い新人等が利用した場合、出力された事例等を用いての考察が困難である事も想定され、有効活用に当たっての課題として挙げられる。今後は、ユーザーでの活用事例を蓄積して、有効活用に資するための事例集等の資料を作成し、共有していく事が必要である。

#### <単語に基づいた解析>

##### ①検索単語選択性改善⇒単語の並びを50音順に

入力画面にて検索単語を、単語一覧より選択する場合、現行は「出現頻度順」での表示であり、各カテゴリーの中から単語の選択する場合に見つけづらいため、50音順の表示として欲しいとのコメントがあった。50音順への並び替えは、データセットの中の「wordInf.txt」の内容を修正する事で可能なため、対応を行い、データセットとして選択可能とした（図51）。

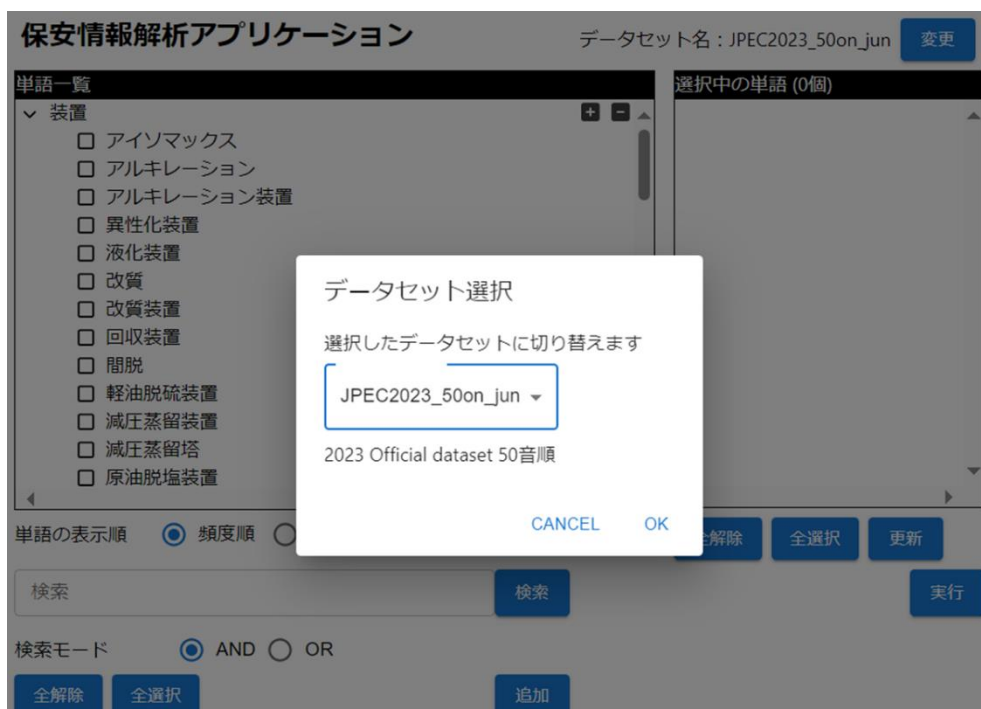


図 51 検索単語選択性改善（単語の並びを50音順）

## ②検索結果の要望対応検討（選定した単語と直接関係のある解析結果の出力）

現行の単語に基づいた解析では、解析用単語として利用している約 1,000 語の単語を、全候補モデル<sup>7</sup>を用いて自動作成したベイジアンモデルを用いて、入力した単語をエビデンスとした場合に、リフト値（事前確率と事後確率の比）の高い単語を多く含んだ事例や、リフト値の高い単語リストを解析結果として出力している。その為、例えば入力単語として「常圧蒸留装置」と選択しても、「常圧蒸留装置」での事故事例や、「常圧蒸留装置」に付随した機器・部位が直接解析結果として出力されるとは限らず、利用者は一見、解析対象と無関係な事例や関連単語が出力されているように感じる事がある。これは、本解析方法の目指している「ペタランの思考を補完するツール」として、単純に装置や原因毎での検索ではなく、考察のヒントとなる様な結果を提供する解析アプリの特徴ともいえる。但し、ユーザーが直観的に利用し易くするための対応も必要である。

そこで、以下 A)、B) の二通りの対応を提案した。

### A) 単語のカテゴリのグループ化

単語に基づいた解析で利用しているベイジアンモデルは、解析用単語として利用している約 1,000 語の単語を全候補モデルを用いて自動作成したベイジアンモデルを用いているため、単語毎の因果関係（「原因（説明変数）→結果（目的変数）」の様な依存関係）は設定せず、自動的に作成したモデルとなっている。

そこで、解析用単語として用いている約 1,000 語の単語に因果関係を与えるため、単語毎に設定しているカテゴリを用いて作成したグループを利用した階層モデル<sup>8</sup>を反映したベイジアンモデルを作成し、データセットに追加した。階層モデルは単語分類の因果関係を元に構築しており、事象が発生する順序に従って推論を行う効果が期待できる。また逆に最終的に発生する事象から原因を遡るような推論も可能となる。

#### ● グループの作成

解析用単語は、過去 JPEC にて事故等の原因から進展までのキーワードを抽出して作成したキーワードツリー（図 52）を参考に、表 29 の様に設定している。このカテゴリを利用して、図 53 に示すグループ構造モデルを利用した、階層モデルを取り込んだ解析アプリ用のデータセットを作成した（図 54）。階層モデル利用の効果については、今後ユーザーからの意見聴取を行いながら考察していきたい。

<sup>7</sup> 全候補モデル：機械学習によりネットワーク構造を探索したモデルであり、因果関係の仮説はなくデータから算出されるスコアのみでモデルの構造を推定する

<sup>8</sup> 階層モデル：原因（説明変数）から結果（目的変数）が発生する因果関係を表現するモデル。目的変数に対して、全ての説明変数の同時確率を計算する。それぞれの説明変数と目的変数との依存関係を分析することに適している

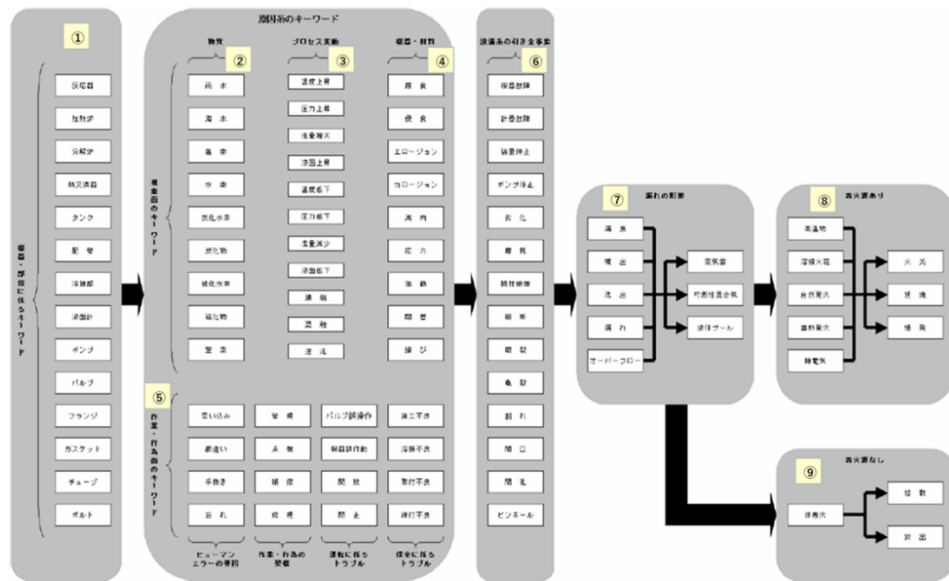


図 52 キーワードツリー

表 29 カテゴリー設定

①	装置
	機器・部位 (タンク)
	機器・部位 (弁)
	機器・部位 (管)
②	物質 (油)
	物質 (ガス)
	物質 (その他)
③	プロセス変動
④	原因・現象 (機器、材料)
⑤	作業/行為
⑥	事故等の引き金事象
⑦	漏れの形態
⑧	着火源あり
⑨	着火源なし
⑩	人的被害
⑪	その他

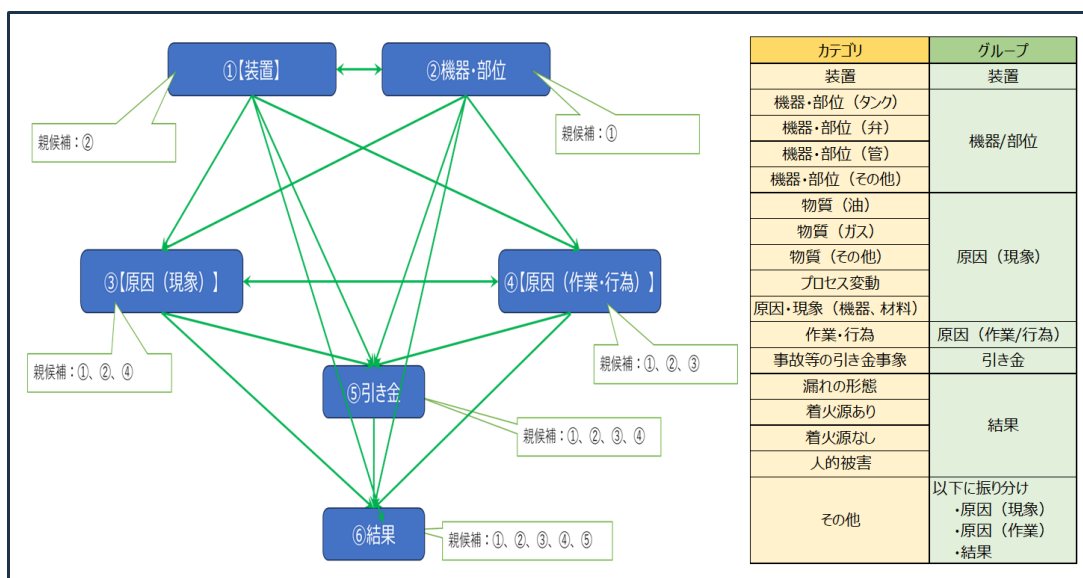


図 53 グループ構造モデル

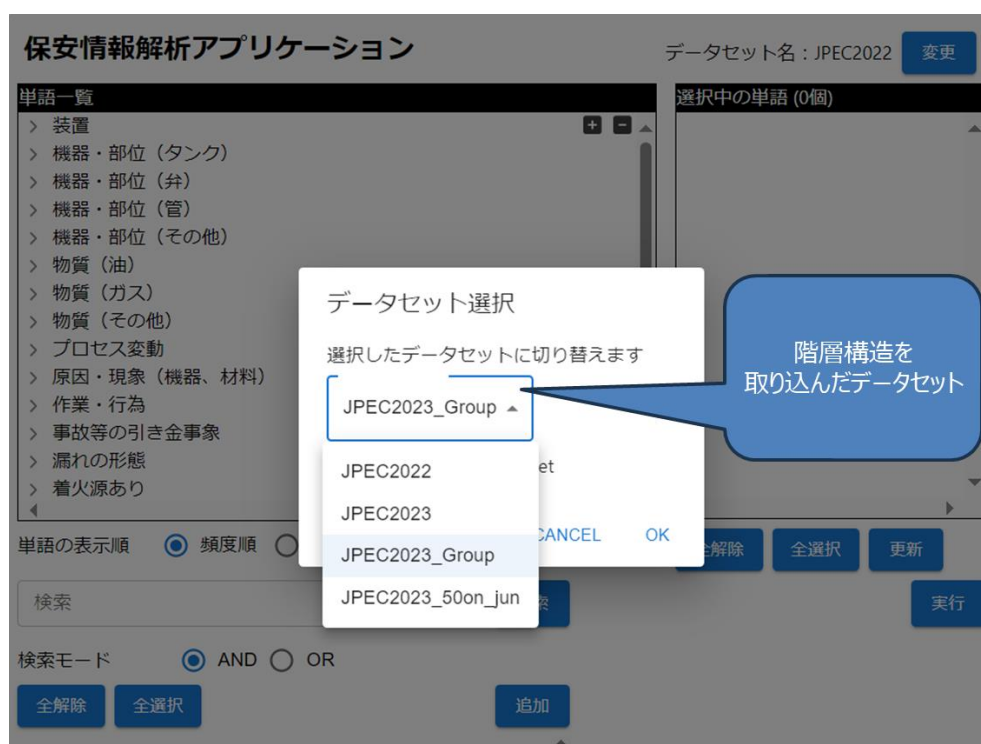


図 54 階層モデルを取込んだデータセット選択画面

## B) JPEC 事故事例検索システムと組み合わせて利用

現在 JPEC で所有している「事故事例」を対象に、市販ソフトを利用して検索単語の有無ベースに検索できる「事故事例検索システム」を提供している（図 55）。このシステムを用いる検索したい装置、機器、事象を入力することにより、検索単語を含んだ事例を抽出



することが可能である。この検索システムにも公開情報を取込み、「単語に基づいた解析アプリ」と組み合わせて利用する事も効果があると思われる。



図 55 JPEC 事故事例検索システム

## <技術資料に基づいた解析>

### ①石油学会（JPI）配管維持規格以外への展開

配管維持規格以外の技術資料への展開の参考として、過去に JPEC にて石油環境整備対策基盤整備事業にて作成した技術資料を用いて分解木の試作を行った。

まず、事故事例解析のための分類図<sup>9</sup>を用いて、以下 A)、B)の分解木を試作した。

- A) 事故類型分類図、
- B) 引き金事象と原因の類型化図

試作した分解木を用いる事により、石油精製プラントでの主要装置における、「部位」⇔「引き金事象」⇔「原因（現象・着火）」⇔「事故事象」の関係について体系的に整理しながら関連する事故事例を含めた解析への活用が期待できる。

次に、石油精製プラントで多数経験している、高温流体で使用するフランジ継手におけるフランジ、ボルト、ガスケット等の構成部品の熱膨張差や熱影響により昇温あるいは降温時に発生するトラブルの発生メカニズムを基に作成した「熱影響を考慮したフランジ継手の締付管理に関するガイドライン」について分解木を試作した（以下、C）熱影響を考慮したフランジ継手の締付管理に関するガイドライン<sup>10</sup>）。個別作業に関わる技術体系についても分解木を作成し、知識をグラフ化して示す事により、トラブルの原因/メカニズム解析、対応法の検討等への活用が期待できる。

<sup>9</sup> [JPEC-2008TS-01](#)、[JPEC-2009TS-02](#)

<sup>10</sup> 熱影響を考慮したフランジ継手の締付管理に関するガイドライン：[flange guideline \[PDF\]](#)



### A) 事故類型分類図

事故類型分類図は、石油精製プラントにおける主要装置である、常圧蒸留装置、脱硫装置、減圧蒸留装置、流動接触分解装置についてまとめられている。図 56 に常圧蒸留装置の事故類型分類図を示す。図中の ( ) で示した数字は、脚注 9 中に記載されている関連事故事例の数である。試作した分解木の目次画面を図 57 に、各装置の分解木の例として常圧蒸留装置のものを図 58 に示す。分解木には関連する事故事例についての紐づけも行った。

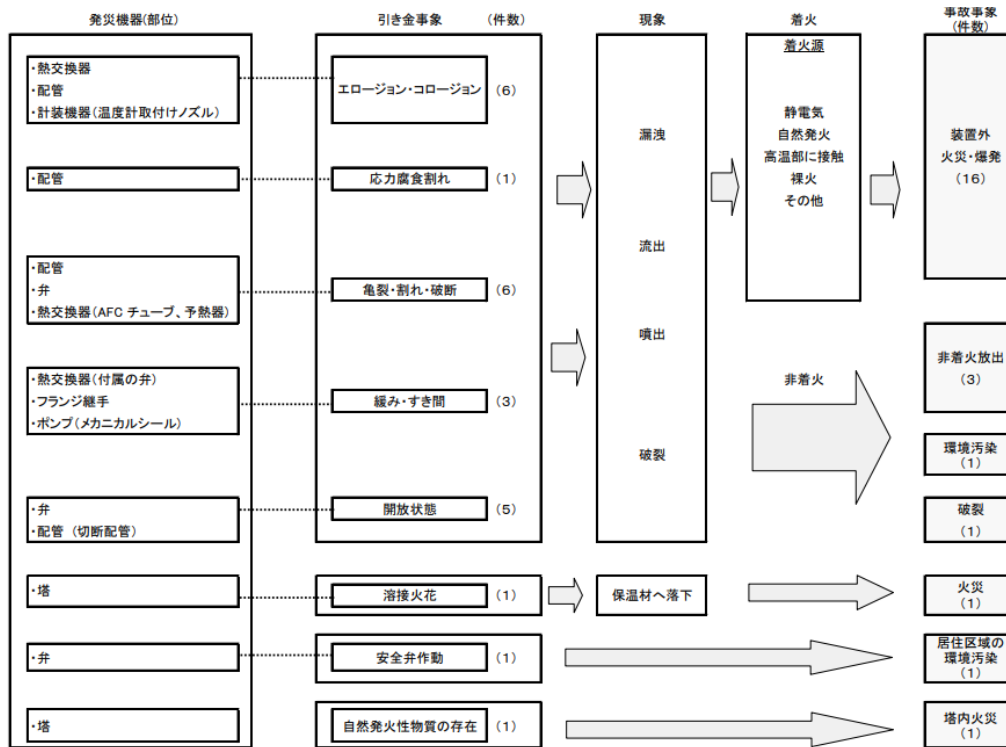


図 56 常圧蒸留装置事故類型分類図



図 57 目次画面

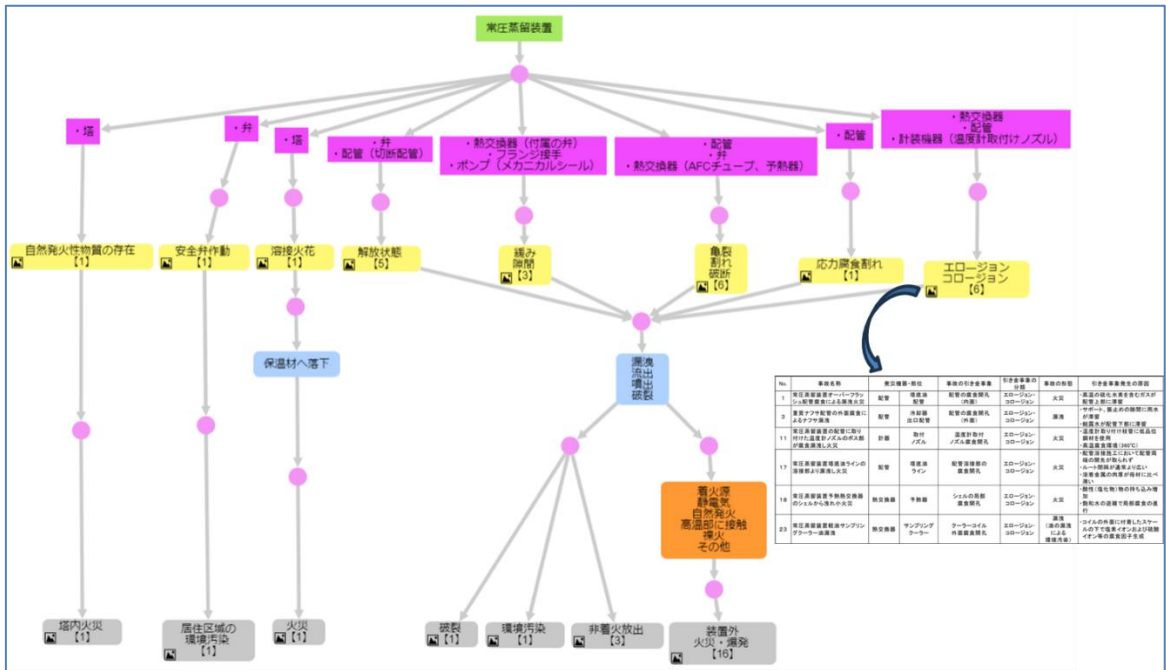


図 58 常圧蒸留装置の分解木

B) 引き金事象と原因の類型化図

事故類型分類図でまとめた事故に至る過程での「引き金事象」の発生原因を幾つかの区分に分類し、類型化することにより「引き金事象と原因の類型化図」を作成している（脚注 9）。類型化図を 3 つに分割し図 59～図 61 に示す（図中の「3 装置での原因」の部分に記載の 3 装置とは、常圧蒸留装置、減圧蒸留装置、流動接触分解装置の 3 装置のことである）。引き金事象と原因の類型化図を用いて作成した分解木の例として、図 62 に示した「エロージョン・コロージョン」が引き金事象の部分の例を示す。

引き金事象分類	原因分類	3装置での原因	脱硫装置での原因
エロージョン・コロージョン	施工・工事上の不具合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・配管サポート、振止めの隙間に雨水が滞留</li> <li>・配管溶接施工において配管両端の開先が取られず</li> <li>・溶着金属の肉厚が母材に比べ薄い</li> <li>・温度計取り付け枝管に低品位鋼材を使用</li> <li>・配管相互の開先処理不良による溶接金属の溶け込み不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部材のとり違い</li> <li>・溶接部の熱処理不良</li> <li>・溶接温度不適切</li> <li>・溶接部肉盛不足</li> </ul>
	コロージョン環境の形成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高温の硫化水素を含むガスが配管上部に滞留</li> <li>・結露水が配管下部に滞留</li> <li>・酸性(塩化物)物の持ち込み増加</li> <li>・飽和水の遊離で局部腐食の進行</li> <li>・高温腐食環境(360℃)の形成</li> <li>・高温硫化物腐食環境改正</li> <li>・付着したスケールの存在下で塩素・硫酸イオン等の腐食因子生成</li> <li>・海水用防食膜厚の不均一による腐食</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洗浄水中の塩化アンモニウムと水の反応による塩酸の生成</li> <li>・処理原油重質化による塩素分の増加</li> <li>・注入水中のケミカルと溶存酸素と反応による腐食性物質生成</li> <li>・水蒸気の凝縮による錆発生</li> <li>・水酸化アンモニウム濃度上昇</li> <li>・凝縮水中の溶存酸素濃度上昇</li> <li>・水分中の硫化水素の濃縮</li> </ul>
	エロージョン環境の形成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・循環油に含まれる固形物によるエロージョン</li> <li>・原料供給ノズルの中管と外管の間に触媒侵入</li> <li>・渦流現象および流速増加による研磨・浸食</li> <li>・フジツボ幼生の付着</li> <li>・渦流の発生によるエロージョンとコロージョン</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低沸点成分の酸化による乱流での侵食</li> <li>・配管が硫化鉄・スケールを堆積しやすい構造</li> <li>・運転条件変更による流量減少で偏流発生</li> <li>・水酸化アンモニウムの管理濃度高による析出</li> <li>・流量増による水流の衝突</li> </ul>
	電池腐食環境の形成	なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・異種金属接続によるガルバニック腐食</li> <li>・局部電池腐食環境の形成</li> </ul>
緩み・すき間	施工・工事上の不具合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ボルトの締め付け不足・片締め</li> <li>・運転初期時のボルトの増締め不足</li> <li>・活きている配管のフランジボルトを補修のため緩めて緩めた</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パッキン挿入不良</li> <li>・ボルト締め付け力不足</li> <li>・ボルトの締め付け不良</li> <li>・ガスケット当り面の整備不良</li> <li>・ガスケット取付け不良</li> <li>・レインカバー取付け不良によるフランジシール性能低下</li> </ul>
	材料の熱膨張差	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冷却水の停止によるメカニカルシール温度上昇</li> <li>・ケーシングと軸の熱膨張差によるシール面圧低下</li> <li>・ガスフィード配管フランジ部の温度降下による熱収縮</li> <li>・高温流体配管へ低温流体の逆流による急激冷却によるフランジ熱収縮発生</li> <li>・高温部への低温流体の流入による熱収縮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部材の違いによる昇温時の熱膨張差</li> <li>・急激な温度降下による熱収縮差</li> </ul>
	機器不具合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運転変動での振動によるゆるみ</li> <li>・緊急停止(ESD)システムが作動時に液の粘度上昇による圧力逃し弁の作動遅れによる締切状態での熱交換器圧力上昇</li> <li>・エアフィンクーラーの弁が完全に閉じない不良品</li> <li>・バルブが全閉止不完全</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メカニカルシール破損</li> <li>・メカニカルシール機能不調</li> </ul>
	閉塞物の除去	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スラッジ等の凝固物の除去による閉塞部貫通</li> <li>・固化した残渣油の除去による閉塞部貫通</li> </ul>	なし

図 59 引き金事象と原因の類型化図 (1/3)

引き金事象分類	原因分類	3装置での原因	脱硫装置での原因
亀裂・割れ・破断	施工・工事上の不具合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エンドキャップの使用部材の不適切による溶接欠陥発生</li> <li>・エルボを使用する予定のところティーをしよう</li> <li>・使用材料の過ち(Sch80を使用すべきところにSch40使用)</li> <li>・ねじ込み部に配管重量による曲げ応力</li> <li>・ねじ込み部をシール溶接せず、サポートなし</li> <li>・バルブのボンネットガスケット取付不良</li> <li>・バルブのボンネットガスケット経年劣化</li> <li>・仕様と異なる配管選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・溶接部の熱処理不良</li> <li>・ボルトの過度の締め付け</li> <li>・部材の取り違え施工・取り替え忘れ</li> <li>・パッキン挿入不良</li> <li>・安全弁チャタリング</li> </ul>
	割れ環境の形成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スチーム吹き込みラインに水の存在・水が凍結し膨張</li> <li>・外部腐食による減肉</li> <li>・チューブの外表面腐食</li> <li>・内圧、熱応力などによる歪の蓄積</li> <li>・水素圧力割れ</li> <li>・水素脆性</li> <li>・サポート不備による配管溶接部分での振動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水素侵食</li> <li>・粒間腐食</li> <li>・硫化水素を含む水素環境形成</li> </ul>
	クリープ損傷	<ul style="list-style-type: none"> <li>・配管溶接部に内圧、熱応力によるクリープ割れ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加熱炉バーナの燃焼負荷偏り</li> <li>・チューブにコーキング発生</li> </ul>
	内圧上昇	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各チューブの熱膨張率の差による引っ張り応力</li> <li>・予熱器へのスチーム導入によるアンモニアの急激な蒸発による内圧上昇</li> <li>・高熱のフラッシングオイル通油により凝縮水蒸発し圧力上昇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・配管内の液膨張による内圧上昇(液封)</li> <li>・水の凍結による内圧上昇</li> <li>・逆止弁にカーボン付着によるポンプ停止時の逆流</li> </ul>
弁・配管等が開放状態	施工・工事上のミス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・蒸留塔を稼動したまま補修のため配管切断</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パッキン挿入不良</li> <li>・ボルト締め付け力不足</li> <li>・ボルトの締め付け不良</li> <li>・ガスケット当り面の整備不良</li> <li>・ガスケット取付け不良</li> <li>・レインカバー取付け不良によるフランジシール性能低下</li> </ul>
	誤操作	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内液がある状態でポンプのケーシングを誤開放</li> <li>・運転員のバルブ誤操作による逆流</li> <li>・ポンプ近傍配管のフリーダー弁が開放状態</li> <li>・流量計導圧管シールポットのドレンプラグを開けた状態で元バルブを誤開放</li> <li>・操作ミスによる誤開放</li> </ul>	なし
応力腐食割れ	割れ環境形成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原油中の無機塩化物含有量大</li> <li>・苛性ソーダ注入位置不適切による管内液との混合不十分</li> <li>・高温の苛性ソーダによる応力腐食割れ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水分凝縮による湿潤な硫化水素ガス雰囲気</li> <li>・応力腐食割れの可能性のある機器に高張力鋼を使用</li> <li>・ポリチオン酸洗浄水の希釈用に工業用水を使用</li> <li>・ポリチオン酸洗浄水の蒸発による塩素濃縮</li> </ul>

図 60 引き金事象と原因の類型化図 (2/3)

引き金事象分類	原因分類	3装置での原因	脱硫装置での原因
その他	安全弁作動 (大気開放)	・蒸留塔満液状態で加熱による圧力上昇 ・安全弁放出先が大気	なし
	溶接火花の落下	・保温材にしみ込んでいた油が気化・着火 ・補修工事時の養生不良による溶接火花の落下	なし
	自然発火性物質	蒸留塔充てん物に硫化鉄スケールが付着	なし
	意図しない 液・ガスの流入	・スロップ分離槽から分解油がオーバーフローし分解ガス処理ラインを経由して流入 ・マンホールカバーの不用意な取り外しによる空気の流入 ・異常反応によりFCC再生塔内で発生した可燃性ガスがCOボイラーの火炉に流入 ・スロップ分離槽から分解油がオーバーフローし分解ガス処理ラインを経由して流入 ・マンホールカバーの不用意な取り外しによる空気の流入 ・異常反応によりFCC再生塔内で発生した可燃性ガスがCOボイラーの火炉に流入	なし
	配管表面温度高 (触媒の燃焼)	・油分を含む未再生触媒が分離塔内で燃焼 ・高温の排ガス配管からの放射熱	なし
	タービン異常回転	・制御系不良によるタービンの無負荷運転での異常回転	なし
	脱落・抜け	なし	・機器特殊構造 ・仮設部材使用作業終了後の処置不良
	脆性破壊	なし	・長年にわたる起動停止の繰り返し負荷 ・溶接金属部と母材と異材継手の施工不良 ・水素侵食進行
	爆発性混合気形成	なし	・加熱炉バーナ元圧低下による火炎吹き消え

図 61 引き金事象と原因の類型化図 (3/3)

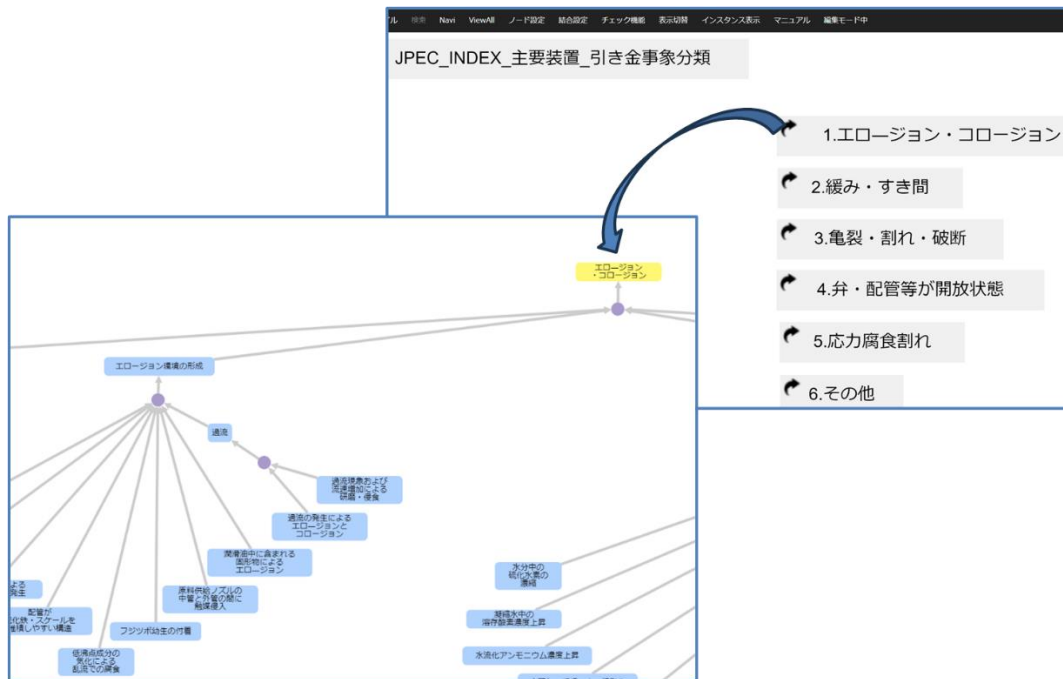


図 62 「エロージョン・コロージョン」が引き金事象の部分の分解木例

C) 熱影響を考慮したフランジ継手の締付管理に関するガイドライン

試作した分解木の目次画面を図 63 に、分解木の一部を図 64 に示す。分解木には関連する事故事例および参考情報についての紐づけも行った。



図 63 目次画面

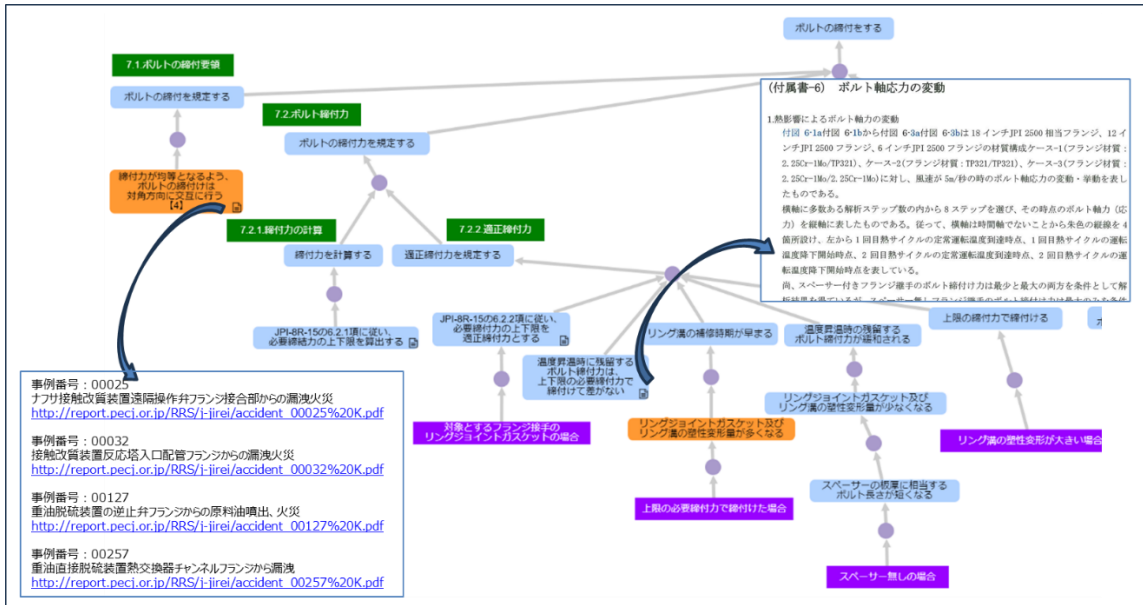


図 64 分解木および事故事例/参考資料の紐づけ例

## ②石油学会（JPI）規格全般を網羅して欲しい

石油学会規格は、今回活用している「配管維持規格」以外にも、「設備維持規格」、「回転機維持規格」、「電気設備維持規格」、「計装設備維持規格」、「屋外貯蔵タンク維持規格」等の維持規格に加えて、様々な分野の規格がある<sup>11</sup>。

まずは、プラント産業にて共通の課題となっている「配管でのトラブル」に対応している「配管維持規格」を用いた解析アプリの実用化を優先し取り進め、その後、他の規格についても展開を検討することにした。

### 2.3.3 実運用体制検討

本事業にて開発してきた「保安情報活用プラットフォーム」を今後継続的に運用していくための体制について検討を行うにあたり、「運営形態」および「運営費用」について整理した。

#### (1) 運営形態

運営形態として、以下の二通りが想定される（図 65）。

##### 1) 石油業界としての共通の取り組みとして運用（公開データ/業界共有データを活用）

JPEC が管理者となり、DB の整備、Web サーバー上の各解析アプリのメンテナンスを行い、利用者に提供する。

##### 2) 各社個別対応として運用（各社個別データを活用）

各社が個別に解析アプリを導入し、自社ノウハウや事例を追記して自社専用として利用す

<sup>11</sup> [公益社団法人石油学会 | 規格/刊行物 | 石油・石油化学工業用装置関係 JPI 規格一覧 \(sekiyu-gakkai.or.jp\)](http://www.sekiyu-gakkai.or.jp)



る。

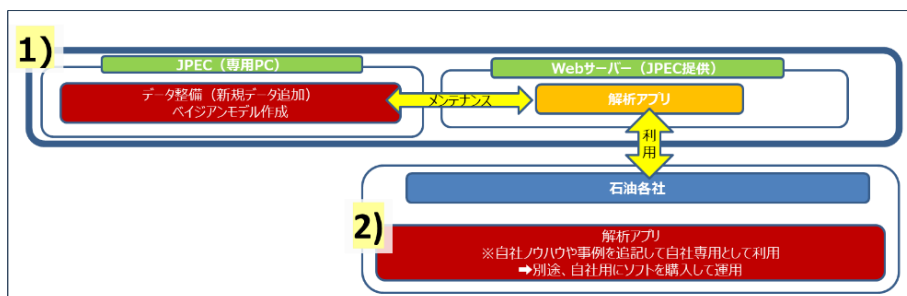


図 65 運営形態

(2) 運営費用

1) 石油業界としての共通の取り組みとして運用（公開データ/業界共有データを活用）

運営費用を検討するに当たり、図 31 に示した様に、ユーザーが「単語に基づいた解析」及び「技術資料に基づいた解析」を、インターネット経由で Web ブラウザ上で利用するために必要な費用について検討した。表 30 に、最低限必要なソフト、サーバーに関わる費用として、以下について概算額をまとめた。

- ✓ ユーザー使用の解析ソフト関連費用
- ✓ 共有用サーバー（総額を利用会社数（5社を想定）で分割）
- ✓ JPEC 管理用ページャネットソフト保守費（総額を利用会社数（5社を想定）で分割）

初年度は、ユーザー使用のライセンス費用が買取を想定したため、総額で1社あたり92万円/年の費用が想定される。初年度以降は、ユーザー使用のライセンス費用が発生しないため、28万円/年となる。

表 30 ソフト及びサーバー関連費用

				1社負担額（5社利用想定）	
				初年度	初年度以降
ユーザー使用の 解析ソフト関連費用	ライセンス費用（1社分）	買取	64万円	64万円	-
	保守費用（1社分）	年間	11万円	11万円	11万円
共有用サーバー	レンタル費用	年間	24万円	5万円	5万円
	保守費	年間	15万円	3万円	3万円
JPEC管理費用 ページャネットソフト	保守費用	年間	45万円	9万円	9万円
				【合計】92万円	【合計】28万円

上記以外の費用として、保安情報活用プラットフォームを管理し、各解析ソフトのメンテナンス（DBの管理、解析アプリデータ更新作業等）を行うための費用が必要となる。JPECが管理を行う場合の概算費用については、現段階では算出が困難であり、ユーザーとの負担割合等についても更なる検討が必要となる。したがって、一定期間はJPECが管理を担い



ながら運用を行い、管理費用についてユーザーと継続して検討していく事とした。

## 2) 各社個別対応として運用（各社個別データを活用）

各社が個別に解析アプリを導入し、自社ノウハウや事例を追記して自社専用として利用する場合は、1) で示した共同で示した費用に加えて、以下に示す様な、管理者が必要なソフトのライセンス、作業等が追加で必要となる。また、各社の利用形態により、以下以外の費用についても必要な場合が想定される。

- ✓ 解析アプリデータ更新等に必要なソフトのライセンス
- ✓ DB 管理費用、解析ソフト用データ更新作業
- ✓ 解析アプリ用サーバーの環境設定、サーバー管理

## 3. 今後の取組

本事業で開発した「保安情報活用プラットフォーム」の実運用を想定し、以下の取り組みを行う予定である。

- JPECが管理者となり、石油会社が参加した実証試験を2024年度も継続する
- 実証試験参加会社は、「単語に基づいた解析」及び「技術資料に基づいた解析」を無償で利用できるものとする
- 石油連盟の事故事例の水平展開データを取り込み、活用データを拡充する
- 実証試験参加会社と実運用に向けた運営体制等について議論を継続する（JPEC安全安心研究会を活用予定）

無断転載・複製を禁ず

一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター  
〒136-0082 東京都江東区新木場一丁目 18 番 6 号  
新木場センタービル 7 階  
電話 03-5534-5860