

九大の水素関連「ヒヤリハット」事象の分析と対応



九州大学
水素材料先端科学研究センター
栗山信宏



研究活動の全体像 (FCV普及、水素インフラの整備へ)

水素インフラ・燃料電池自動車に必要な高圧水素下における材料等のメカニズム解明・物性取得を実施

水素物性

水素物性データベース構築
(100MPa-500°CにおけるPVTデータ、熱伝導率、粘性係数、露点、水素溶解度等・状態方程式)

水素高分子材料

劣化・破壊メカニズム解明
高圧水素中高分子材料特性集積

水素材料強度

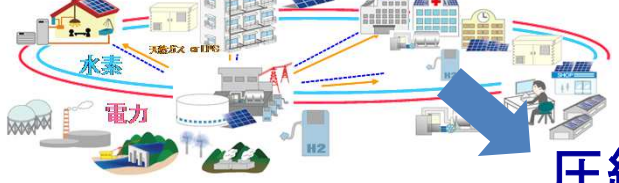
水素脆化基本原理解明
水素構造材料強度特性集積

水素トライボロジー

金属-金属、金属-高分子接触
における摩擦・摩耗・潤滑特性集積
水素・不純物の影響メカニズム解明

水素インフラ整備・燃料電池自動車の普及に向けて今後はますます必要

水素供給ネットワーク



圧縮機



軸シール材

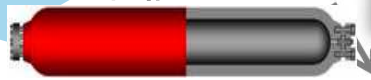
弁体+弁座
摺動シール材

圧縮機・バルブ等動的シール材
金属構造材料+トライボロジー+高分子材料

蓄圧器



使用材料拡大
高圧機器設計・申請
金属構造材料



ディスペンサー

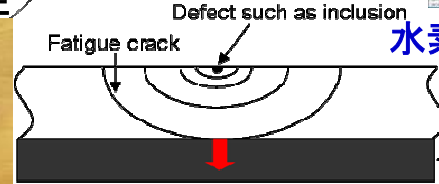


燃料電池自動車



LBB (Leak Before Break)現象解析

金属構造材料



Hydrogen gas

水素漏洩速度解析
金属構造材料+水素物性



水素ステーション制御

水素物性

実証ステーション材料調査

金属構造材料+トライボロジー+高分子材料

HYDROGENIUS 水素関連研究の世界的拠点

水素先端基礎研究事業では、水素物性、材料、トライボロジーに関する**集中的研究**を行い、企業と連携しながら国の施策を支える恒久的な世界的拠点、HYDROGENIUSを設立した。

水素の世界的研究拠点

国内外から研究者を結集し、水素と材料に関わる先端的な基礎研究を推進。

世界唯一の水素トライボロジーの系統的研究



世界で唯一の一貫した水素集中研究施設

120MPa水素環境疲労試験機(3台)を世界で初めて運用

世界初となる高温高圧水素物性データベースの整備



独自で開発した唯一無二の装置群

世界に類を見ない観察方法の採用



水素構造材料データベース

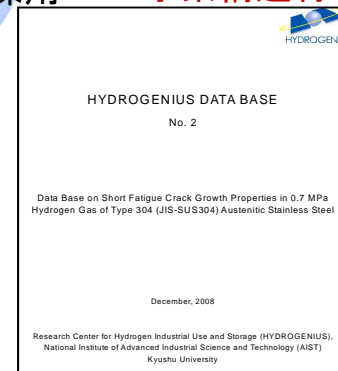
水素機器設計の基盤となる高圧水素トライボロジーデータベースを世界に先駆けて整備

国際規格・標準化に向けた戦略的取組み



国立大学法人 九州大学

実験条件		試験結果									
試験機	試験条件	試験速度	試験時間	試験温度	試験圧力	試験環境	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果
試験機	試験条件	試験速度	試験時間	試験温度	試験圧力	試験環境	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果
試験機	試験条件	試験速度	試験時間	試験温度	試験圧力	試験環境	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果	試験結果



新生HYDROGENIUS

- ・2006～13で、産総研HYDROGENIUSは世界でも類をみない水素集中研究拠点として整備された。
- ・産総研と九州大学が培った研究体制を継承発展させるため、九州大学HYDROGENIUSを設立。
- ・さらに、水素エネルギー利用の安全性・経済性・信頼性向上に寄与し、産業競争力強化に貢献する。

産総研HYDROGENIUS

(2006. 7 - 2013. 3)

水素エネルギー利用の安全性と経済性の両立

NEDO水素先端科学基礎研究事業(約90億円)
～水素物性・材料強度に関するメカニズムをふまえた
高信頼データの集積と企業への提供～

世界で唯一の一貫した水素集中研究拠点の形成
企業と連携し国の施策を支える恒久的な世界的拠点

2007. 11. 9 開所



基本原理の解明
データの集積・整備

機器開発支援
初期規制見直しへの貢献

継承・発展

九州大学水素材料先端科学研究センター

2013. 4

(HYDROGENIUS)

- ・水素材料に関する基礎原理の解明と実用化技術開発への貢献
- ・水素利用における安全性・経済性向上に寄与し本格普及への貢献
- ・我が国のグリーン成長戦略、国際競争力強化への貢献
- ・研究、産学官連携、国際連携、社会普及活動を通じ、人と知の呼び込み大学の新たな発展への貢献

金属材料研究部門

高分子材料研究部門

トライボロジー研究部門

物性研究部門

安全評価研究部門(新設)

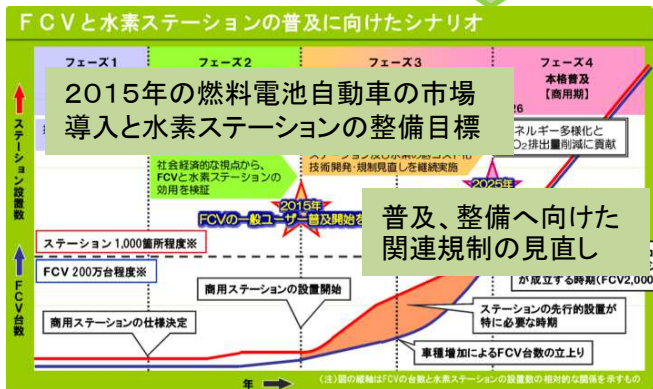
- ・工学研究院機械工学部門
- ・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
- ・システム情報科学研究院
- ・電気システム工学部門
- ・水素エネルギー国際研究センター

産総研

- エネルギー技術研究部門
- ・水素材料先端科学連携研究体 (HYDROGENIUS-CRT)
- ・安全科学研究部門

今後の課題

使用材料種拡大のための規制見直しと新規材料開発
効率的で長寿命の機器設計のための要素技術の信頼性向上
水素機器・システムの安全性向上
国際競争力強化のための標準化・規格化



ヒヤリハット集計対象の伊都キャンパス水素関連施設(赤字)

燃料電池、水素貯蔵材料、水素製造 他



水素エネルギー国際研究センター

材料強度実験棟



曝露実験棟



高圧水素中材料強度評価、
トライボロジー、水素物性
高分子材料評価、材料分析



水素材料先端科学研究センター



水素用材料の材料強度評価



高圧水素容器

燃料電池、材料強度評価、高圧容器



燃料電池



風力発電



水素ステーション



水素・燃料電池実証研究サイト

保安体制

24時間監視体制と巡視(1日3回)(外部委託)
高圧ガス専門家による官庁申請・保安維持サポート

警報システム

水素ガスセンサ 第1警報:1000ppm, 第2警報: 2000ppm
(HY10以外 500ppm, 1000ppm)
酸素濃度センサ 18.0%
警報伝達 実験棟、支援室、監視室、メール発送

安全教育

利用者講習会(使用開始時及び年1回の受講義務)
講習会終了後に利用者証発行、カードキー発行とリンク
防災訓練(年1回)

安全衛生推進体制

産総研・九州大学共同による安全衛生委員会
(現在 安全衛生推進委員会による情報共有)

「ヒヤリハット報告」

- ・ガス漏洩、トラブル、ケガ等の危険事象の際に報告
- ・支援部門で集約
- ・安全衛生委員会で情報共有・対策議論

ヒヤリ・ハット報告書

年 月 日 記載

件名			
区分(○印)	<input type="checkbox"/> ガスの漏洩関連 <input type="checkbox"/> ガス設備関連 <input type="checkbox"/> 漏電関連 <input type="checkbox"/> 電気設備関連 <input type="checkbox"/> 建屋関連 <input type="checkbox"/> 誤操作関連 <input type="checkbox"/> ケガ <input type="checkbox"/> その他()		
発生日時	年 月 日 :	発生場所	
【ヒヤリ・ハット内容】 ※なるべく具体的に記入してください		該当する項目にチェックをしてください	
【概要】	<input type="checkbox"/> 機器が正常に作動しなかった <input type="checkbox"/> 安全装置が作動しなかった . . .		
【原因】	<input type="checkbox"/> 通常のとおりにしなかった <input type="checkbox"/> 指示通りしなかった . . .		
【対策】	<input type="checkbox"/> 見えなかった . . .		
【添付資料】	<input type="checkbox"/> 深く考えなかった <input type="checkbox"/> 大丈夫と思った . . . <input type="checkbox"/> 無理をした <input type="checkbox"/> 身体のバランスを崩した <input type="checkbox"/> その他:		
【コメント・アドバイス】 ※管理関連部門記入欄			
注]1 報告書は、できるだけ速やかに提出してください。 2 報告書作成者は、原則として、当該ヒヤリハット発生場所の試験担当者となります。 3 作成者の段階では業者名等具体的に記入願います。(掲示時は個人名等は削除します。) 4 できるだけ写真や図面等の資料を添付願います。			

報告数 83件
(2007.7~2013.3)
今回上記を集計分析

- ・「ヒヤリハット」
 - 報告と冷静な対応を優先
(当事者は把握可能)
 - 無用な責任追及を避け、安全向上推進
(思考停止の回避)

300ヒヤリ→30小事故→1大事故
ヒヤリの要因を十分分析

機器・組織的要因

機器の問題「機器機能」
(点検不備を含む)

- 01 機器が正常に作動しなかった
- 02 機器が劣化していた
- 03 機器が故障していた
- 04 機器の性能が不十分だった
- 05 安全装置が正常に作動しなかった

安全対策の問題「安全対策」

- 06 安全装置がなかった
- 07 安全装置が不十分だった
- 08 危険の表示がなかった
- 09 物の置き方がよくなかった
- 10 整理整頓をしてなかった
- 11 作業場所が狭かった
- 12 床面が滑りやすかった
- 13 点検、監視の範囲外だった
- 21 同じようなことが前にもあった*
(提起済み)

* 備考

「大丈夫と思った」「深く考えなかった」が「正常であると思った」の意の場合には他の要因を割り当てる。
「同じようなことが前にもあった」は、実験者が無視していた場合と問題提起をしていた場合に分ける。

ヒューマンエラー的要因

作業者の無視行動「無視行動」

- 14 通常の通りにしなかった
- 15 指示通りしなかった
- 16 手順を省略した
- 17 器具等の使用法を間違った
- 18 作業の位置・姿勢がよくなかった
- 19 危険箇所に手や身体を入れた
- 20 共同作業者と連携がよくなかった
- 21 同じようなことが前にもあった*
(未提起)
- 29 深く考えなかった*
- 30 大丈夫と思った*
- 35 無理をした

作業者の認知問題「認知問題」

- 22 見えなかった
- 23 見にくかった
- 24 聞こえなかった
- 25 気が付かなかった
- 26 忘れていた
- 27 知らなかった
- 28 わからなかった
- 29 深く考えなかった*
- 30 大丈夫と思った*
- 31 予想違いをした

作業者の情緒不安定
「情緒問題」

- 32 イライラしていた
- 33 あわてていた
- 34 疲れていた

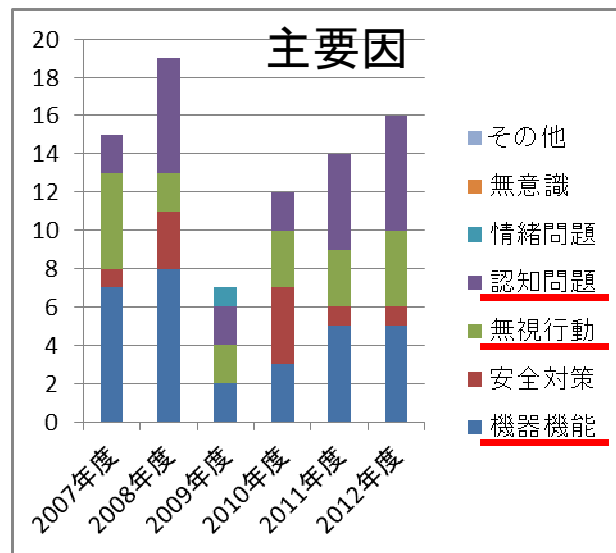
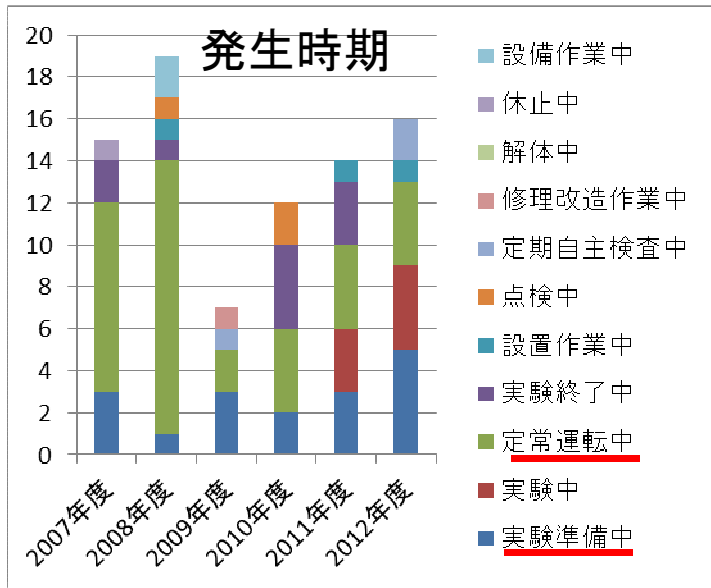
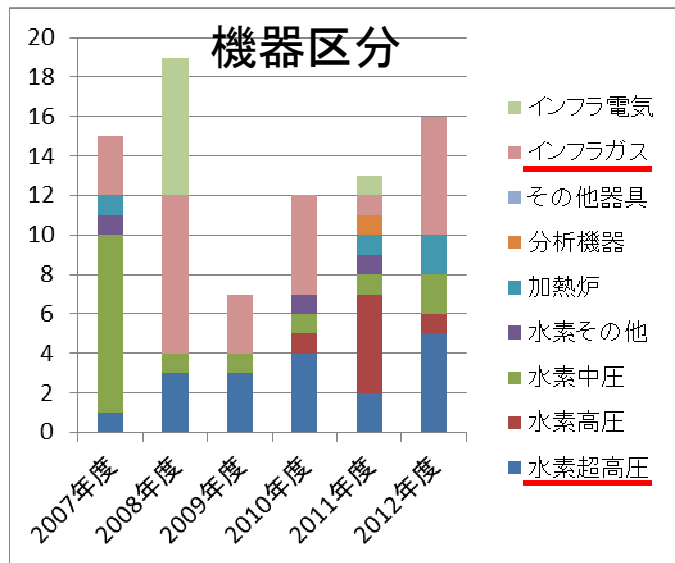
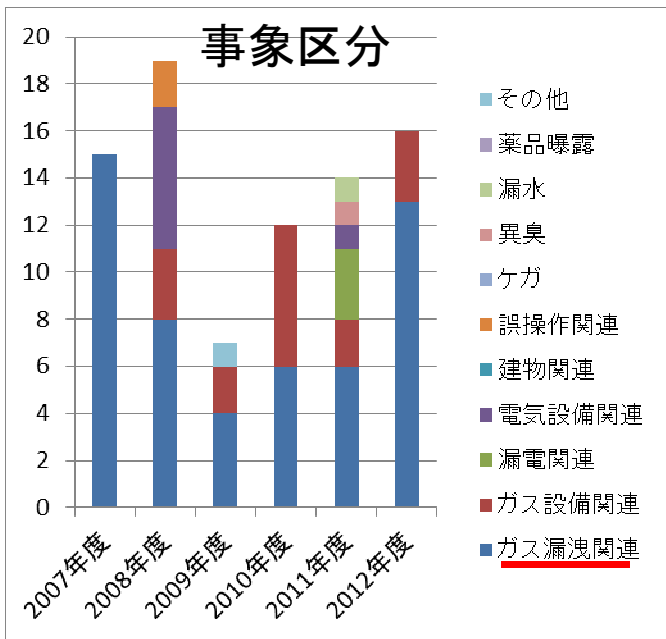
作業者の無意識行動「無意識」

- 36 無意識に手が動いた
- 37 身体のバランスを崩した

水素ガス関連事象の概要

年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	合計
発生件数	15	19	7	12	14	16	83

7/1より記録



平成25年度安全講習受講者

熟練度	階層	人数	%
熟練者(49%)	教員	44	20.7
	技術員	36	16.9
	その他	5	2.3
中級(32%)	博士課程	20	9.4
	修士課程	68	31.9
初心者(19%)	学部	40	18.8
	合計	213	

- ・学生、技術員の関連する事象が多い

学生(修士):27%, 技術員:43%、業者:16%

- ・作業の直接担当者に占める割合が多い

学生:約60%、技術員:約20%(登録ベース)

技術員は作業を多く担当、HY10初期不良対応

- ・熟練者やある程度経験のある者の事象が多い

熟練者:72%, 修士:27%

(熟練者:職員、技術員、博士課程、業者)

熟練者は困難な作業に従事するため事例が多い?

関係者種別	年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	合計	%
教員		1	2	1	2	1	1	8	9.6
技術員		2	12	4	6	4	8	36	43.4
博士研究員		0	0	0	0	0	0	0	0.0
博士課程		0	0	0	0	2	1	3	3.6
修士課程		10	1	0	2	6	3	22	26.5
学部		1	0	0	0	0	0	1	1.2
外部研究員		0	0	0	0	0	0	0	0.0
業者		1	4	2	2	1	3	13	15.7
不明		0	0	0	0	0	0	0	0.0

- ・ヒューマンエラー(当事者)がほぼ半数
設備不具合:54%, ヒューマンエラー:46%
- ・熟練者やある程度経験のある者の事象が多い
熟練者:72%(内ヒューマンエラー:45%→無視行動:2/3, 認知他:1/3)
修士:27%(内ヒューマンエラー:73%→無視行動:1/2, 認知他:1/2)
業者事象:約15%(12件) 設備不具合:1/4, ヒューマンエラー:3/4

- 教訓**
- ・熟練者でもヒューマンエラーを起こすことを認識すべき
 - ・学生には、安全確保と卒論期限との葛藤の軽減が必要
 - ・業者任せきりにせず、コミュニケーションが必要(書面連絡)

全体	関係者種別	設備不具合		ヒューマンエラー				その他	合計	%
		機器機能	安全対策	無視行動	認知問題	情緒問題	無意識			
	教員	4	2	2	0	0	0	0	8	9.6
	技術員	21	8	3	4	0	0	0	36	43.4
	博士研究員	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	博士課程	0	0	1	2	0	0	0	3	3.6
	修士課程	5	1	8	8	0	0	0	22	26.5
	学部	1	0	0	0	0	0	0	1	1.2
	外部研究員	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	業者	3	1	7	1	1	0	0	13	15.7
	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
合計		34	12	21	15	1	0	0	83	100.0
%		41.0	14.5	25.3	18.1	1.2	0.0	0.0	100	

主要因:ヒューマンエラー(月別)

(月平均-標準偏差)以下

(月平均+標準偏差)以上

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計	%
教員	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	5.4
技術員	2	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	7	18.9
博士研究員	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
博士課程	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8.1
修士課程	0	0	0	4	1	0	1	0	1	3	3	3	16	43.2
学部	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
外部研究員	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
業者	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1	1	9	24.3
不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
合計	3	0	3	4	3	1	3	2	5	4	4	5	37	100.0

それぞれの事象は、
お互いに無関係

全て定期自主検査に
伴う事象(連絡ミス)
集中した年度はない。

多くが確認手順の省略
同種装置で5件
2008年に集中

- ・学生追い込み時期のプレッシャー低減が必要
(学生追い込み時期の手順省略のリスクを認識)
- ・定期自主検査時に業者との確実な連携必要
(連絡ミスのリスクが常に内在)

主要因：機器・安全対策（月別）

（月平均－標準偏差）以下

（月平均＋標準偏差）以上

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計	%
教員	0	1	0	2	0	1	0	1	0	0	1	0	6	16.2
技術員	1	5	5	2	1	1	4	2	6	0	1	1	29	78.4
博士研究員	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
博士課程	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
修士課程	0	1	0	0	0	1	0	0	1	2	1	0	6	16.2
学部	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2.7
外部研究員	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
業者	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	4	10.8
不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
合計	1	8	5	4	2	4	4	3	7	3	4	1	46	124.3

連続2回の同種故障があるが、他の事象はお互いに無関係

それぞれの事象はお互いに無関係

それぞれの事象は、お互いに無関係

連続2回の同種故障があるが、他の事象はお互いに無関係

- ・報告書の内容からは、装置設置時期集中・設置直後のトラブルの集中といった相関は見られない。
- ・実験があまり行われていない時期（8月、3月）は少ない。
- ・トラブル対応をすることが多いため技術員の報告数が多い。

集計期間には、爆発、火災、大量漏洩、ケガを伴う災害は発生していない。

関係者別集計の月別傾向

機器分類－主要因:ヒューマンエラー

- ・学生追い込み時期のプレッシャー低減が必要
(学生追い込み時期の手順省略のリスクを認識)
- ・定期自主検査時に業者との確実な連携必要
(連絡ミスのリスクが常に内在)

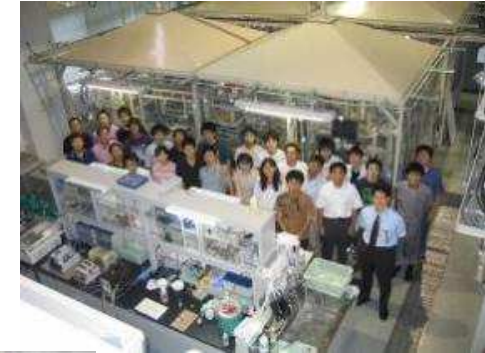
機器分類－主要因:機器・安全対策

- ・報告書の内容からは、装置設置時期集中・設置直後のトラブルの集中といった相関は見られない。
- ・実験があまり行われていない時期は少ない。(8月、3月)
- ・技術員がトラブル対応をすることが多く、報告数も多い。

事象からの分析(特に機器、インフラにおけるもの)

実験装置群(水素関係[大気圧~120MPa]、燃料電池関係)

(超高圧機器は2007年度~2009年度に大半設置)



インフラ(ガス、電気等)



実験安全対策



センサーによる
漏洩管理
一段警報1000ppm
二段警報2000ppm

- ・「ガス漏洩」「ガス設備関連」「電気設備」「漏電」が多い □
 ガス漏洩:63%, ガス設備:19%, 電気:12%
 警報:57%, 巡回:30%
- ・異常時には警報が出るため、必ず報告される。
 (ガス関連の情報は把握しやすい)
 (ケガ、作業環境によるものは把握しにくい)

年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	合計	%
事象区分								
ガス漏洩関連	15	8	4	6	6	13	52	62.7
ガス設備関連	0	3	2	6	2	3	16	19.3
漏電関連	0	0	0	0	3	0	3	3.6
電気設備関連	0	6	0	0	1	0	7	8.4
建物関連	0	0	0	0	0	0	0	0.0
誤操作関連	0	2	0	0	0	0	2	2.4
ケガ	0	0	0	0	0	0	0	0.0
異臭	0	0	0	0	1	0	1	1.2
漏水	0	0	0	0	1	0	1	1.2
薬品曝露	0	0	0	0	0	0	0	0.0
その他	0	0	1	0	0	0	1	1.2

事象区分別集計の年次傾向

事象区分—主要因:ヒューマンエラー

(年平均-標準偏差)以下

(年平均+標準偏差)以上

年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	合計
○ ガス漏洩関連	6	1	3	4	4	7	25
ガス設備関連	0	0	1	1	1	1	4
漏電関連	0	0	0	0	2	0	2
電気設備関連	0	2	0	0	1	0	3
建物関連	0	0	0	0	0	0	0
誤操作関連	0	2	0	0	0	0	2
ケガ	0	0	0	0	0	0	0
異臭	0	0	0	0	0	0	0
漏水	0	0	0	0	0	0	0
薬品曝露	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	1	0	0	0	1

8件が
同型装置
で発生

ガス漏洩
が最多

事象区分—主要因:機器・安全対策

(年平均-標準偏差)以下

(年平均+標準偏差)以上

年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	合計
◎ ガス漏洩関連	9	7	1	2	2	6	27
○ ガス設備関連	0	3	1	5	1	2	12
漏電関連	0	0	0	0	1	0	1
電気設備関連	0	4	0	0	0	0	4
建物関連	0	0	0	0	0	0	0
誤操作関連	0	0	0	0	0	0	0
ケガ	0	0	0	0	0	0	0
異臭	0	0	0	0	1	0	1
漏水	0	0	0	0	1	0	1
薬品曝露	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	0

劣化による
もの6件

初期異常
(9件)含む

実験装置・インフラで分類、 実験装置は常用水素圧力等で分類

・超高压水素機器 (>15MPa,水素排出等低压作业时含む) □

毎年一定数発生 計18件

超高压状態での事象は11件

・中压水素機器 (<1MPa)

長期運転実施時期(2007年度)に多く発生

・インフラ関係は初期(2008年度)に多く発生(初期不良) □

ガス関係は最近増加

年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	合計	%
機器分類								
水素超高压	1	3	3	4	2	5	18	21.7
水素高压	0	0	0	1	5	1	7	8.4
水素中压	9	1	1	1	1	2	15	18.1
水素その他	1	0	0	1	1	0	3	3.6
加熱炉	1	0	0	0	1	2	4	4.8
分析機器	0	0	0	0	1	0	1	1.2
その他器具	0	0	0	0	0	0	0	0.0
インフラガス	3	8	3	5	1	6	26	31.3
インフラ電気	0	7	0	0	1	0	8	9.6
インフラ水	0	0	0	0	1	0	1	1.2
インフラ建物	0	0	0	0	0	0	0	0.0

機器別集計の年次傾向 (ヒューマンエラー)

機器分類 - 主要因: ヒューマンエラー

(年平均 - 標準偏差) 以下

(年平均 + 標準偏差) 以上

年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	合計
水素超高压	0	0	2	0	0	2	4
水素高压	0	0	0	1	4	0	5
水素中压	5	0	1	0	1	2	9
水素その他	0	0	0	0	1	0	1
加熱炉	0	0	0	0	1	2	3
分析機器	0	0	0	0	0	0	0
その他器具	0	0	0	0	0	0	0
インフラガス	1	2	2	4	0	2	11
インフラ電気	0	3	0	0	1	0	4
インフラ水	0	0	0	0	0	0	0
インフラ建物	0	0	0	0	0	0	0

・中圧水素の微小漏洩(5件)
同設計の装置を多数導入
数ヶ月の長期試験実施
卒論時期に問題顕在化
学生の漏洩確認不十分
予兆に対応できず

誤操作・
連携不足
3件

点検方法
問題2件

同じ装置での漏電2件
新規装置での漏洩2件
漏電1件

不適切な高压
取り扱い1件
水素膨潤による
見間違い1件

超高压: シール・パージ2件
中圧: 排気不備2件
加熱炉: 排気不備2件
インフラ: 連携不足・誤操作

- ・同じ装置でヒューマンエラー事象が多数発生(安全設計が不十分な可能性)
- ・2010年度以降は高压・超高压状態での不適切操作はない。(高压実験中立入禁止等の対応)
- ・常に連携不足による事象が発生している。

機器別集計の年次傾向（機器・安全対策）

機器分類—主要因：機器・安全対策

（年平均－標準偏差）以下

（年平均＋標準偏差）以上

年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	合計
水素超高压	1	3	1	4	2	3	14
水素高压	0	0	0	0	1	1	2
水素中压	4	1	0	1	0	0	6
水素その他	1	0	0	1	0	0	2
加熱炉	1	0	0	0	0	0	1
分析機器	0	0	0	0	1	0	1
その他器具	0	0	0	0	0	0	0
インフラガス	2	6	1	1	1	4	15
インフラ電気	0	4	0	0	0	0	4
インフラ水	0	0	0	0	1	0	1
インフラ建物	0	0	0	0	0	0	0

・シール経時緩み
（超高压1件、中压3件）
移転後のひずみ顕在化か
・シール熱劣化（3件）

ガスセンサ異常

放出水素回り込み（2件）
→排気速度を抑制
シール破損（1件）

高压水素下Oリング
異常4件（再発2件）

ガスセンサ異常2件
施工不良1件

・初期異常と考えられるもの（9件）
配管系3件、ガスセンサ系2件
ガス警報電気系4件

放出水素回り込み4件
→排気管高さ変更
設計不備解消

- ・超高压機器は2007～2009年度に大半設置、2～3年後にトラブル顕在化
- ・2008年度に初期異常多数、2012年度にガスセンサ異常増加
- ・新装置の高压シール異常が2011年度から顕在化（定期自主検査時交換で対応）

<超高圧設備は基本的に教員・技術員が操作>

- ・毎年一定数発生('07: 1, '08: 3, '09: 3, '10: 4, '11: 2, '12: 5 [計18])

- ・**シール関係水素漏洩: 8件**

- ピストンリング破損1件、端子破損1件、変形1件、挟み込み1件

- Oリング関係: 4件**

- ・水素膨潤によるバックアップリング入れ間違い
 - ・水素膨潤による破損: 3件(材質: バイトン、EPDM)
(破損までの期間: 同部位でも数ヶ月～数年の開き)



- ・ベント管からの水素回り込み 7件(第2警報 [1000ppm])
 - ・放出速度を絞っても風の状況等で警報発生
 - ・放出位置を1.5m高くすることで解決

(2010年度以降青字)

＜超高圧設備は基本的に教員・技術員が操作＞

- ・毎年一定数発生('07: 1, '08: 3, '09: 3, '10: 4, '11: 2, '12: 5 [計18])

時期によって事象の内容が変化

設計不備・危険操作・操作ミス→**Oリング異常顕在化・操作ミス**

- ・**シール関係水素漏洩: 8件**

ピストンリング破損1件、**端子破損1件**、変形1件、**挟み込み1件**

Oリング関係: 4件

- ・水素膨潤によるバックアップリング入れ間違い

- ・**水素膨潤による破損: 3件** (材質: バイトン、EPDM)
(破損までの期間: 同部位でも数ヶ月～数年の開き)

独自設計
新装置



- ・ベント管からの水素回り込み 7件→より高所での放出で解決

「ヒヤリハット」事象としては「ガス漏洩関係」が全体の6割強を占め、
主要因はヒューマンエラーと機器・安全対策によるものがほぼ同数

機器別集計の年次傾向

機器分類－主要因：ヒューマンエラー

- ・同じ装置でヒューマンエラー事象が多数発生(安全設計が不十分な可能性)
- ・2010年度以降は高圧・超高圧状態での不適切操作はない。
(高圧実験中立ち入り禁止等の対応を実施)
- ・常に連携不足による事象が発生している。

機器分類－主要因：機器・安全対策

- ・新装置の高圧シール異常が2011年度から顕在化
(装置導入は2006年度～2009年度)
- ・2007年度に初期異常多数、2012年度にガスセンサ異常増加
- ・シール熱劣化による微小漏れの情報があつたが必ずしも活かされなかった。
(追い込み時期)

漏洩原因分類

漏洩原因を「高圧ガス事故の統計と解析」(小林編 高圧ガス保安協会)の方法に従って分類
 九大では締結部漏洩70%, 誤操作28%と締結部漏洩が圧倒的に多い。
 中でも、締結部の管理とシールの管理に問題がある事象がほとんど。

「一般高圧」:「高圧ガス事故の統計と解析」における一般高圧ガス保安規則適用製造事業所平成20年~23年の集計(3.1節)

九大	九大	一般高圧	九大	一般高圧	九大	機器・安全対策	ヒューマンエラー	一般高圧			
漏洩	①本体漏洩	1	(233)	疲労(劣化)	1	(154)	設計不良	1	0	1	(152)
				腐食	0	(33)	その他	0	0	0	(2)
				腐食管理	0	(33)	腐食管理	0	0	0	(33)
	②締結部漏洩	37	(73)	締結部	33	(31)	締結管理	20	11	9	(9)
				シール管理	13	9	4	(15)			
				開閉部	3	(39)	シール管理	2	2	0	(11)
				締結管理	1	1	0	(16)			
				可動シール部	1	(3)	シール管理	1	1	0	(2)
	③誤操作	15	(55)	誤開閉	8	(5)	誤操作	4	0	4	(4)
				操作基準不備	4	4	0	(1)			
				開閉忘れ	7	(3)	誤操作	7	0	7	(2)
				点検不良	0	0	0	(1)			
				破裂等	0	(32)	誤操作	0	0	0	(10)
				設計不良	0	0	0	(3)			
自然災害				0	0	0	(11)				
その他				0	0	0	(0)				
安全弁作動	0	(8)	検査管理	0	0	0	(2)				
不明	0	(7)	誤操作	0	(8)	0	0	0	(2)		
			不明	0	(7)	0	0	0	(7)		
爆発	0	0	(5)			0	0	0	(5)		
火災	0	0	(0)			0	0	0	(0)		
破裂・破損	0	0	(31)			0	0	0	(31)		
不明	0	0	(1)			0	0	0	(1)		
合計	53	53	(405)	53	(315)	53			(321)		

➤ ほとんどは、締結部からの漏洩(37件、70%)

次に誤操作による漏洩(15件、28%)

一方、大規模事業所も含むKHK集計では、本体漏洩(58%)、締結部(18%)の順
推定要因 研究では小規模・低頻度・室内設置のため劣化要因が少ない。

KHK集計では軽微な漏洩は集計対象となっていない。

		水素超高圧	水素高圧	水素中圧	水素その他	加熱炉	インフラガス	合計
漏洩	本体漏洩	0	0	0	0	1	0	1
	締結部漏洩	11	2	10	2	3	9	37
	誤操作	4	2	5	0	0	4	15

➤ 締結部漏洩の原因は、締結部管理(57%)、シール管理(41%)の順
日常点検が手順通り行われていれば防げた例が多く見られる。

締結部漏洩		水素超高圧	水素高圧	水素中圧	水素その他	加熱炉	インフラガス	合計
	締結部	9	2	9	1	3	9	33
	開閉部	1	0	1	1	0	0	3
	可動シール	1	0	0	0	0	0	1

安全教育

利用者講習会（水素関係施設利用者全員対象）

使用開始時及び年1回の受講義務、
終了後に利用者証発行、カードキー発行とリンク

「ヒヤリハット」分析に基づく資料を配布・説明

- ・「ヒヤリハット」事象の発生傾向の提示
- ・事象の発生傾向に基づく注意喚起
- ・九大水素施設に特徴的な事象への対策提示



安全衛生推進活動 安全衛生推進委員会（月1回）

水素関係研究部局等による情報共有、リスク低減活動

- ・事象の発生傾向に基づく対策提案
- ・設備保全にも過去の事象を活用



・超高压水素機器(>15MPa, 低压作業除く)



毎年数件発生 計11件(超高压水素機器全体18件)
7割はシール関係が原因、その半数がOリング異常
小さなミスが大きな漏洩に波及

- ・インフラ関係は初期(2008年度)に多く発生(初期不良)
電気関係は2013年度に入り、劣化による事象発生

・ヒューマンエラー

事象全体(83件)の約半数がヒューマンエラーに起因
ヒューマンエラーの3/4は熟練者(修士以下除く)によるもの
この内、慎重欠如、連絡不備、手順無視(無視行動)が2/3
→手順逸脱の危険、手順明記の重要性を注意喚起
工事業者事象(12件)の内3/4が連絡不備
→事務手続に指示書導入、書面による引き継ぎ指示

⇒今後の安全教育・安全向上に反映

「ヒヤリハット報告書」による事故リスクの低減

・提出
危険を感じた時、事故や警報発報など危険なことが発生した時、速やかに大型研究支援課 総務・人事係に提出

・目的
小さな危険情報を共有して、重大事故リスクの低減と危険事象の再発防止を行う。

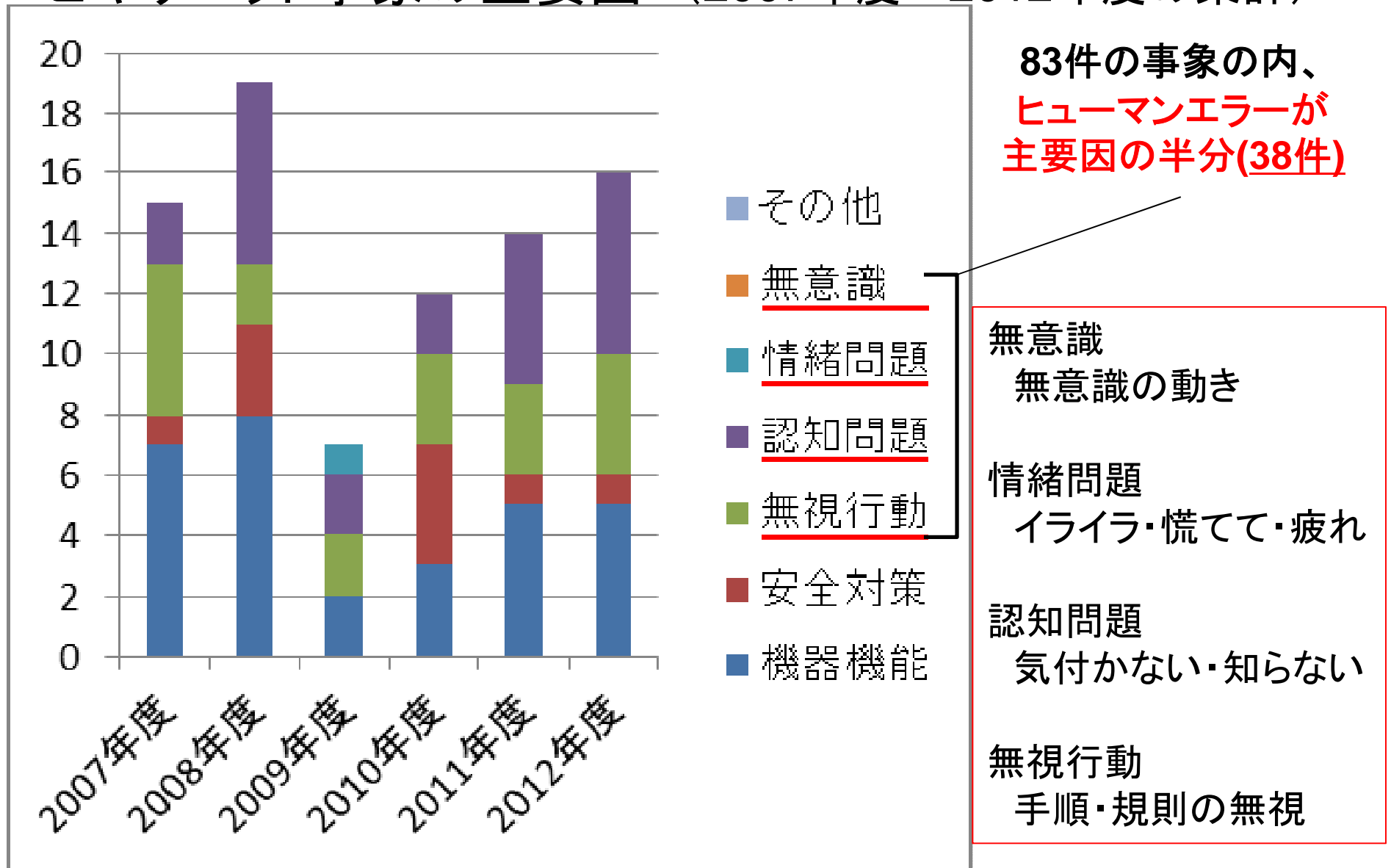
「1件の重大事故の背後に30件の小事故、その背後に300件のヒヤリ事象」

背景・原因の自己分析と現場への情報展開、安全衛生推進会議での議論によって、各自の実験計画への反映、安全対策の改善、マニュアルの改善、人為的ミスの防止に役立てる。

(ヒヤリハット報告書の記載例)

		番号	※担当者記入
ヒヤリハット報告書(伊都地区ウエスト・ゾーン)			
		部門・部門名等: 水素材料先端科学センター 保安管理室	
		提出日: ○年 ○月 ○日	
【件名】	HY10 ポンベ庫の高圧用水素ガス圧力低下警報		
【概要】			
キーワード	・ガス漏洩関連 ・ ガス設備関連 ・漏電関連 ・電気設備関連 ・建屋関連 ・誤操作関連 ・けが ・その他()		
いつ	平成 ○年○月○日 (○ 曜日) ○時 ○分頃		
どこで	HY10棟 ポンベ庫内 高圧用水素ガス供給マニホールド	どうしていた時	水素ガスポンベ交換後に漏れを発見し、応急処置後の水素ガス純度出し作業中。
ヒヤリとした時のあらまし	水素ポンベ交換後に6本中1本の供給元弁でグランド洩れがあり、増し締めしても改善しない。予備弁も無いので、その弁を外しプラグ止めし、5本で供給する応急処置後に、水素ガスの純度出し作業時に圧力計元弁の閉め忘れがあり、圧力低下警報が発報した。		
【原因】該当する事項に○をつける(複数回答可)			
1 環境に問題があった	具 体 的 内 容	最初は手順書通りに正常に純度出し作業を実施したが、バージ回数を追加で実施した時に圧力計元弁の閉め忘れがあった。 この警報で、実験装置側への影響はありませんでしたが、関係者にご迷惑をお掛けし申し訳ありませんでした。	
2 設備・機器等に問題があった			
③ 作業方法に問題があった			
4 自分自身に問題があった			
↓			
【教訓・対策】		該当する事項に○をつける(複数回答可)	
純度出し作業を一旦終了し、追加バージを実施する時、遅延で若干の差がありあわて作業になり、手順書通りの操作が抜けました。 二人作業でのチェック体制と指差呼称の徹底を日頃から実施する。 (改善事項) ポンベ交換中に圧力が低下しても問題ありませんので、ポンベ交換の際は、ポンベ交換切り替えスイッチを「通常」から「交換中」に切り替えて作業することで、圧力低下警報等が発報しないよう、システム及び手順書を改善する。 また、本警報は低圧側ポンベ圧力低下と同様、重故障(H)でなく、軽故障(L)に該当すると思われるので、全員でなく、関係者のみに警報メールが配信されるよう検討する。		1 よく見え(聞こえ)なかった ② 気が付かなかった 3 忘れていた 4 知らなかった 5 深く考えなかった 6 大丈夫だと思った ⑦ あわてていた 8 不愉快なことがあった 9 疲れていた 10 無意識に手が動いた 11 やりにくかった 12 体のバランスを崩した	
【担当係記入欄】			
・報告書は、なるべく速やかに提出してください。 ・報告書作成者は、原則として該当ヒヤリハット発生場所の試験担当者となります。 ・できるだけ写真や図面等の資料を添付願います。			
ご協力いただきましてありがとうございます。再発防止に活用させていただきます。			

ヒヤリハット事象の主要因 (2007年度～2012年度の集計)



ヒヤリハット事象の特徴(関係者の属性から)

- ・**修士学生**:22件中16件、**業者**:13件中7件、**技術員**:36件中8件
- ・**修士**は、慣れてきた頃(初夏)、追い込み期(年末~3月)に多い
- ・**熟練者**の方が、無視行動の割合が高い(手順・規則の無視)
(熟練者:**無視行動**:2/3 認知他:1/3、修士学生:**無視行動**:1/2, 認知他:1/2)
- ・**工事業者**のヒューマンエラーも多い(13件中7件、**7割が連絡不備**)

全体	関係者種別	設備不具合		ヒューマンエラー				その他	合計	%
		機器機能	安全対策	無視行動	認知問題	情緒問題	無意識			
	教員	4	2	2	0	0	0	0	8	9.6
	技術員	21	8	3	4	0	0	0	36	43.4
	博士研究員	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	博士課程	0	0	1	2	0	0	0	3	3.6
	修士課程	5	1	8	8	0	0	0	22	26.5
	学部	1	0	0	0	0	0	0	1	1.2
	外部研究員	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	業者	3	1	7	1	1	0	0	13	15.7
	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
合計		34	12	21	15	1	0	0	83	100.0
%		41.0	14.5	25.3	18.1	1.2	0.0	0.0	100	

技術員:テクニカルスタッフ等、熟練者:教員・技術員・博士研究員・博士仮定・業者

ヒヤリハット事象からの教訓

- ・ **慣れるほど手順・規則の確認を意識**(高圧機器では必須)
- ・ **冷静なときに作成した手順書とその場の判断で無視しないこと**
←熟練者でも「大丈夫だろう」等無視行動が多い。
←高圧状態での作業での小さなミスが大きな漏洩につながった。

- ・ **業者への指示は文書で行うべき**(指示内容確認、責任明確化)
←工事業者のヒヤリハット事象の7割は連絡不備が原因

- ・ **排気管の「行き先」を実験ごとに確認すること**
←出口の位置が変わっていて室内に水素が漏洩した。
- ・ **シリコーン樹脂管のガス透過に注意すること**
←シリコーン樹脂を透過した水素によって漏洩警報が発報した。

- ・ **高圧水素(>150気圧)にさらされるOリングでは水素膨潤に注意**
- ・ **高温にさらされるOリングは劣化に注意**
- ・ **シール部の定期的な点検・交換を行うこと**
←高圧機器ヒヤリハット事象の半分はシール異常が原因