**Job Hazard Analysis**

作業マニュアル

June 23rd 2014

KAGRA安全管理室

1. Introduction

本資料の目的はKAGRAにおけるJob Hazard Analysis（作業ハザード・アナリシス）の方法を確立し，各サブシステムが施行する干渉計本体，および，付随するシステムの組込作業に対するJob Hazard Analysisの実施方法を説明することである。

いま，KAGRAで策定を目指しているハザードアナリシスは，一般的には,後述する「リスクアセスメント」と称されており，国際規格であるISO/IEC Guide51: Safety aspects – Guideline for their inclusion in standards（安全面—規格への導入指針；初版1990）を実現する方策が検討され，各種の解析手法（FMEA, FTA, ETA, R-Map,・・・）が提案されている。

ここでは，R-Map法によるKAGRAのリスクアセスメント（この呼称はSEOで実施しているリスクマネジメントと混同しやすいので，以降，本業務の名称はハザードアナリシスと称する）の実施手続を説明する。

「リスクアセスメントは、職場の潜在的な危険性又は有害性を見つけ出し、これを除去、低減するため手法です。（＊中災防：**リスクアセスメントとは**

http://www.jisha.or.jp/oshms/ra/about01.html）より」

すなわち，社会においては努力義務化されたものであり，製造物責任（PL）法が施行（1994）されて以降はコンシューマー向け製品の開発において必須の手続となっている。KAGRAにおいては，「Report of the KAGRA Program Advisory Board meeting, August 17-18, 2012，October 4, 2012」において，Hazard Analysisの実施がリコメンドされたことに対するレスポンスとして実施するものである。

作業ハザードアナリシスの実施によりKAGRA全体で各サブシステム作業の安全性の品質に一貫性が確保されることを目指す。

1. Scope

KAGRA構築のために各サブシステムが行う組込に対する最小限の作業ハザードアナリシスの手続を説明すること。

1. Normative references
2. Draft ISO/IEC Guide 51，Edition 3, *Safety Aspects – Guidelines for their inclusion in standards*，2013-04-19，C\_1790e\_DV\_Draft+ISO\_IEC+

Guide+51+Edition+3,+Safety+aspects+Guidelines+for+their+inclusion+in+

standards.pdf．

1. ISO/CD Guide 51，2012-10-01，*Safety Aspects – Guidelines for their inclusion in standards*，ISO\_IEC\_CD\_2\_Guide\_51.pdf．
2. リスクアセスメント・ハンドブック実務編，経済産業省，2011年6月，risk\_assessment\_practice.pdf．
3. 製品安全，リスクアセスメントのためのR-Map入門（第１版），（財）日科技連R-Map実践研究会 編著，2011.，http://www.juse.or.jp/reliability/103/
4. 全ライフサイクルに対応した製品安全リスクマネジメント手法 R-Map実践ガイダンス，日科技連R-Map研究会 編著 CD-ROM付，2004．
5. Hazard Analysis / Job Hazard Analysis 解析手法，2014-02-27，ALMAJ-

S&PA-14017-A-MAN，M. Ohta，(Conﬁdential)．

1. Terms and deﬁnitions(1),(2)
2. 安全（safety）：受け入れ不可能なリスクがないこと（freedom from unac- ceptable risk）。
3. リスク（risk）：危害の発生確率及びその危害の大きさの組合せ（combination of the probability of occurrence of harm and the severity of that harm）。
4. 危害（harm）：人の受ける身体的障害若しくは健康障害，又は財産若しくは環境の受ける害（injury or damage to the health of people, or damage to property or the environment）。
5. ハザード（hazard）：危害の潜在的な源（potential source of harm）。
6. 危険事象（hazardous event）：状況の結果として危害が生じるかもしれない事象（event in which a situation may result in harm）。
7. 危険状態（hazardous situation）：人々，財産または環境が一つ以上の危険にさらされる状況（circumstance in which people, property or the envi- ronment are exposed to one or more hazards）。
8. 許容可能なリスク（tolerable risk）：現在の社会的背景に基づき受容されるリスク（risk which is accepted in a given context based on the current values of society）。
9. リスク逓減処置；保護方策（risk reduction measure; protective measure）：ハザード除去又はリスク低減のためのあらゆる行動又は手段（any action or means to eliminate hazards or reduce risks）。
10. 残留リスク（residual risk）：リスク逓減処置（保護方策）がとられた後に残ったリスク（risk remaining after risk reduction measures (protective measures) have been taken）。
11. リスクアナリシス（risk analysis）：ハザードを識別しリスク除去のために入手可能な情報を系統的に利用すること（systemic use of available information to identify hazards and to estimate the risk）。
12. リスク評価（risk evaluation）：許容リスクが達成されているかどうかを決定するためにリスクアナリシスに基づいてとられる手続（procedure based on the risk analysis to determine whether a tolerable risk has been achieved）。
13. リスクアセスメント（risk assessment）：リスクアナリシスとリスク評価によって構成されるプロセスの全容（overall process comprising a risk analysis and a risk evaluation）。
14. 意図された使用（intended use）：製品又はシステムと共に供給された情報に従った使用，あるいは，そのような情報がない場合の一般的な理解に従う使用法（use in accordance with information provided together with a product or system, or, in the absence of such information, by generally understood of usage）。
15. 合理的に予見可能な誤使用（reasonably foreseeable misuse）：製品又はシステムの供給元の意図によらない，しかし，それは人間行動の結果として直ちに予見可能な使用（use of a product or system in a way not intended by the supplier, but which may result from readily predictable human behaviour）。
16. 本質安全設計（inherently safe design）：製品又はシステムの設計又は動作特性の変更によりハザード除去又はリスク逓減すること（eliminating hazards or reducing risks by changing the design or operating characteristics of the product or system）。
17. 社会的弱者（vulnerable consumer）：年齢，リテラシーレベル，身体の条件又は制限，または安全情報にアクセスできない等のために製品又はシステムからより大きな危害のリスクを負う消費者（consumer at greater risk of harm from products or systems, due to age, level of literacy, physical condition or limitations, or inability to access product safety informa- tion）。
18. Use of the words “safety” and “safe”（「安全」と「安全な」の使用）(1),(2)

「安全」という単語はしばしば社会において総てのハザードから保護されているという誤解を生じさせる。「安全」とは単に認知されたハザード“のみ”から保護されているに過ぎない。「安全」と「安全な」という単語を形容詞として用いることは，特別な場合を除いて，避けなければならない。推奨されるアプローチは，可能ならば，「安全」と「安全な」は目的物を示す単語と入れ替えることである。

例示：

* 「安全ヘルメット」の代わりに「保護ヘルメット」
* 「安全インピーダンス」の代わりに「保護インピーダンス機器」
* 「安全素材」の代わりに「すべり止め床カバー材」
* 絶対（的な）安全というものはあり得ない。安全は，リスクを許容可能なレベルまで低減させることで達成される。その許容可能なリスクは，さまざまな要件とのバランスで決定されるため，時代とともに許容可能なレベルを見直す必要がある(4),(5)。
1. Elements of risk(1),(2)

特定の危険状態に関連したリスクは以下の要素に依存する：

1. 考慮されたハザードによる結果としての「危害の程度」
2. 危害の「発生頻度」，これは
* ハザードへの暴露，
* 危険状態の発生と
* 危害への回避，または，制限の可能性

の関数である（本レポートでは単純に「and」結合と規定する）(5)。

リスクの要素（定義）を図１に示す。

危険状態への暴露

危険事象の発生

*function*

発生頻度

危害の程度

リスク

危害の回避

または制限

の可能性

危険状態への暴露

*function*

エネルギーや物質が作用

発生頻度

危険事象の発生

and

人の防御能力を超える

危害の回避または制限

の可能性

危険を回避しない／できない

図１　リスク

1. Achieving tolerable risk(1),(2)

7.1　Iterative process of risk assessment and risk reduction

それぞれのハザードに対する，受け入れ可能なリスクを達成するためには，リスクアセスメントとリスク低減の繰り返し過程が必須である。

受容可能なレベルにリスクを低減するために以下の手順が用いられなければならない（図2参照）。

1. システムの使用者，または作業者に社会的弱者が含まれる可能性を認識すること。
2. 意図された使用と合理的に予見可能な誤使用を評価すること。
3. 製品又はシステムの使用におけるインストール，保守，修理と破棄／廃棄等のステージと状態で起こっている各ハザード（合理的に予見可能な危険状態と事象を含む）を特定すること。
4. 認知されたハザードにより生じるリスクにより影響される使用者とグループを推定し評価すること。システムの使用者，または作業者は（想定とは）異なる使用者やグループを考慮しなければならない。評価は類似のシステム，または作業との比較によって行うこともできる。
5. もし，リスクが受け入れ可能でなければ，受け入れ可能になるまでリスク逓減すること。

7.2 Procedure for the risk management

リスクアセスメントを実施した結果，さらなるリスク低減を要求された場合には，評価されたリスクの大きさに応じて安全対策レベルを選定する必要がある。この安全対策レベルには，選定に対して順位付がされており，安全原則（safety principles）の考え方を適用する。

1. 可能な限りリスクを除去するか軽減すること（本質安全）。
2. 除去できないリスクに対しては，必要な保護手段を講じること。
3. 採用した保護手段による残留リスクを使用者に知らせ，何らかのトレーニングを必要とするか否かを示し，かつ身体防護具を必要とするか否かを明記すること。

図２は，リスクアナリシスとリスクアセスメント，および，リスクコントロールの手続の概要を示し，さらに，作業プロセスの全体像をリスクマネジメントと認識されていることを示す。リスクマネジメントは，実際の作業中のトラブルや事故，改善点などをモニタリングして，リスクを再評価するプロセスまでを含めた概念である。

Complete

No

No

Yes

Yes

Risk management

Risk control

Deﬁnition of intended use and

Reasonably foreseeable misuse

Hazard identiﬁcation

Estimation of risk

Evaluation of risk

Is the risk tolerable?

**Risk reduction**

Estimation of risk

Evaluation of risk

Residual risk tolerable?

Validation and documentation

Risk analysis

Risk assessment

Start

図2　リスクマネジメント

1. R-Map (Risk Map) method(3),(4),(5)
	1. Risk ﬁnding

ハザードアナリシスの作業を実施する上で，最初であり，かつ，根本的に重要なプロセスがリスクファインディングである。リスクファインディングにおいて，意図的な法令違反にあたる行為は取り扱わない。ただし，違反行為であるとの認識がない／認識がしづらい場合における事故などのハザードとなる可能性も見逃せず，リスクとして想定しておくべき項目である。

リスクファインディング実施の手段はFMEA（Failure Mode and Effective Analysis），FTA（Fault Tree Analysis）やETA（Event Tree Analysis）等が知られているが，以下ではR-Mapを基本として適宜にFTAなどを併用する。

R-Map法は（財）日本科学技術連盟で2003年まで約29年間続け（られ継続し）た製品安全研究会が開発したオリジナルのハザードアナリシス手法である。独自のハザードマトリックスの作成が中心の作業となる（詳細は9節を参照）。

8.2 Risk analysis

次に，リスクアナリシスではリスクを構成する「危害の程度」は図３，「発生頻度」は図４に基づいて分類する。「発生頻度」の単位は「件／(台・年)」であるが，KAGRAで適用するJob Hazard Analysisにおいては「件／(人・年)」とする。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| IV | 致命的 | Catastrophic | 死亡 |
| III | 重大 | Critical | 重症，入院治療を要す |
| II | 中程度 | Marginal | 通院加療 |
| I | 軽微 | Negligible | 軽傷 |
| 0 | 無傷 | None | なし |

図３　「危害の程度」の分類表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 5 | 頻発する | Frequent | 10–4超 |
| 4 | しばしば発生する | Probable | 10–5超10–4以下 |
| 3 | 時々発生する | Occasional | 10–6超10–5以下 |
| 2 | 起こりそうにない | Remote | 10–7超10–6以下 |
| 1 | まず起こり得ない | Improbable | 10–8超10–7以下 |
| 0 | 考えられない | Incredible | 10–8以下 |

図４　「発生頻度」の分類表

* 米国では1990年代以前に代表的な家電であるヘアドライヤーにより，年間20人の死亡事故が発生していた。人口３億人で二人に１台所有しているとして20件／(年×1.5億台)≒1.3×10–7［件／(台・年)］の発生頻度。よって，家電等は「0：考えられない」レベルとして10–8以下を基準に選んでいる(5)。
* KAGRAの作業ハザードアナリシスにおいて，この数値基準が適当か検討する必要がある。当初は定性的な表現を用いておき，経験を積んで行き具体的な頻度が確定できるハザードが見つかれば，それとの相対的な比較により基準値が確定できると考えられる。最終的にKAGRA全体で統一した基準を策定する予定。
* 定量化の考え方としては，最初の（建設時を含む）10年間で，あるサブシステム作業に携わるメンバーの延べ人数を10人として，この期間内に一度程度の頻度で「危険状態の露出」に遭遇することを想定すると，10–2件／(人・年)，さらに，同時に「危険事象の発生」に遭遇すると10–2件／(人・年)，その上，「危害の回避」が充分に出来ない場合も10–2件／(人・年)の頻度となり（図１参照），これらのand結合（積）により身体に影響をおよぼす事故の「発生頻度」＝10–6件／(人・年)と見積もられる。すると図４では「２：起こりそうにない」頻度となる。

8.3　リスクの大きさ

リスクを定義に従って「危害の程度」と「発生頻度」で表す（図１参照）と図５のようになる。リスクの「大きさ」としては大きい順に，A3＞A2＞A1＞B3＞B2＞B1＞Cとなる。各セルにおける大きさの表示が同じものは危害の程度と発生頻度が異なっていっても同じ大きさのリスクと見なされる。

縦軸の発生頻度は１段（１セル）下ると1/10に低下する（図４参照）。それぞれのセル内の大きさの表示の数値はA→B，B→C領域へリスク低減するために必要な措置のレベル（指数）を表している。すなわち，A3→B3へ（垂直に）移動するためには発生頻度を1/1000にしなければならない。

図５に示した表を「リスクマップ」という。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 発生頻度 | 5 | C | B3 | A1 | A2 | A3 |
| 4 | C | B2 | B3 | A1 | A2 |
| 3 | C | B1 | B2 | B3 | A1 |
| 2 | C | C | B1 | B2 | B3 |
| 1 | C | C | C | B1 | B2 |
| 0 | C | C | C | C | C |
|  | 0 | I | II | III | IV |
| 危害の程度 |

図5　リスクの大きさ

8.4　リスクアセスメント

図5のリスクマップでセルが赤く塗りつぶされている領域をintolerable region（受け入れられないリスク領域）という。ハザードがもたらす危害の程度や発生頻度を低減することにより，他のリスク領域まで低減することが求められる領域（一般社会では，製品化を断念したりリコールするべき領域）。

黄色の部分がALARP領域（As Low As Reasonably Practicable region）危険／効用，あるいはコストを含めてリスク低減策の現実性を考慮しつつ最小限のリスクまで低減するべき領域。

白の部分はbroadly acceptable region（許容できる領域）で，リスクを無視できると考えられる。現状を保つ努力が求められる。

8.5　リスクコントロール

図6はリスク低減の共通的な方法が示されている。対策は本質安全から検討することが基本である。次に，危害・障害発生に至る要因を除去するということである。要因も除去できない場合には，リスクを受入可能なレベルまで低減する方法を選択する。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 対策レベル | 要求事項 | 具体的な方法 |
| ①リスクの除去 | 本質安全：作業方法自体からリスクそのものを除去する。危険な状態が発生しないこと。 | ・運動，位置，熱，機械，電気，化学，電磁波，音，磁気などのエネルギーや，放射線物質，有害物質，微生物，シャープエッジなどが及ぼす影響が，人体に危害を加えるレベル以下にする。 |
| ②リスクの低減 | 本質安全：作業方法自体でリスクを低減する。危険な状態に至る確率または危害の程度あるいはその両方が低減されること。 | a発生頻度の低減・故障やミスをしても直ちに危険状態に至らない設計（フェイルセーフ，冗長性，多重化）・誤操作の確率低減（フールプルーフ，タンパープルーフ）・隔離（立入禁止，保護カバー，操作部との分離，インターロック）・安全率，ディレーティング，難燃材料，重要部品，重要工程管理，作業環境，作業方法と作業性の改善b危害・障害の程度の低減・使用／発生エネルギーの低減・作用するエネルギーの低減（保護設置，フィルター） |

図６　安全対策レベル，要求事項と具体的方法（次ページに続く）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ③安全装置・防護装置 | 危険な状態に陥るが，重大な危害が発生する前に自動的にその状態を回避すること，または危険な物質やエネルギーに直接さらされないために，遮蔽または量的に透過，伝達量を低減すること。 | ・危険状態を早期に検出して遮断（過電流保護装置，各種検出保護装置などの安全装置）・防護装置，保護眼鏡，防護服 |
| ④警報 | 危険な状況を能動的に検出して，作業者などに危険な状態になっていることの認識や回避行動など適切な処置に対する指示を行うこと。 | ・警報装置作動または作業の異常状態発見による危険の認識と危険回避行動の容易性（速度の低減，非常停止装置） |
| ⑤取扱説明書，注意銘板 | 残余のリスクに対して，あらかじめ情報提供を行うこと。教育・訓練も含む。 | ・作業者，管理・監督者，周囲の人などに対する注意，警告，教育・訓練も含む。 |

図６　安全対策レベル，要求事項と具体的方法（前ページからの続き）

* フールプルーフ：意図しない（合理的に予見可能な）誤使用を防ぐ対応。
* タンパープルーフ：意図的な誤使用を防ぐ方策。
* ディレーティング：計画的にストレスを軽減し信頼性向上を図ること。

8.6　安全対策レベル

図７は安全対策レベルと適用可能なリスクの大きさの関係を表している。

リスクＡに対しては「①リスクの除去」を対策として選定しなければならないが，場合によっては「②リスクの低減」でもよいとされる。リスクＢに対しては①から順番に②，③と安全原則に沿った優先順位に従って検討を進め，場合によっては「⑤取説・注意表示」も許されるとされる。

リスクＣに対しても同様に①から順番に②，③と安全原則に沿った優先順位で検討を進めるが，受け入れられるリスクレベルにあるため「対策せずともよい」との結論でも可。しかし，この場合でも容易にリスクを低減できる方法があるときは対策を講じることが勧められる。

|  |  |
| --- | --- |
| 安全対策レベル | 適用可能なリスクの大きさ |
| ①リスクの除去 | Ａ | Ｂ | Ｃ |
| ②リスクの低減 | （Ａ） | Ｂ | Ｃ |
| ③安全装置 |  | Ｂ | Ｃ |
| ④警報 |  | Ｂ | Ｃ |
| ⑤取説・注意表示 |  | （Ｂ） | Ｃ |
| 　対策せずともよい |  |  | Ｃ |

図７　安全対策レベルとリスクの大きさ

8.7　リスク低減の原則

図６，図７の安全対策レベル①〜⑤に対して，その低減レベル（効果）をR-Map上での移動セル数で表現したものが図８である(4)。ただし「対策せずともよい」は変化なしである。

具体的には，①を実施すると「下方向」と「左方向」へ合計で，最大「−４セル」，通常「−３セル」，最小「−２セル」分移動が可能なのであり，②に対しては移動量の合計値が「−３」，「−２」，「−１」となり，③に対しては「−２」，「−１」，「−１」で，④では「−１」，「−１」，「０」であって，⑤においては「−１」，「０」，「０」となる。移動量の基本は「通常」とするべきであるが，説明が可能な理由がある場合は「最大」や「最小」を採用する(3),(4)。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | −４ | −３ | −２ | −１ | ０ |  |
| 発生頻度の低減 | ① | ①,② | ①,②,③ | ②,③,④,⑤ | ⑤　　 |  ０ |
|  | ① | ①,② | ①,②,③ | ②,③,④,⑤ | −１ |
|  |  | ① | ①,② | ①,②,③ | −２ |
|  |  |  | ① | ①,② | −３ |
|  |  |  |  | ① | −４ |
|  | 危害の程度の低減 |  |

図８　安全対策レベルとリスク低減の効果

（リスク低減の原則）

1. ハザードマトリックス(3),(4),(5)

R-Mapによるリスクファインディングの作業では，最初にハザードマトリックスを作成する。ハザードマトリックスは表形式で，縦軸にハザードを，横軸に作業（使用）状況と作業形態を配置する。この表の全体を俯瞰することにより，リスクファインディングの項目に漏れがないかを確認するツールでもある。

* 1. ハザードの選定

ハザード項目の選定は，各グループが作業方法や作業手順を検討する際に，同時にハザードを検討し項目として掲げることが望ましい。標準的なハザード項目を安全管理室が提示する。ハザードは作業単位で２０項目程度にまとめる。

|  |  |
| --- | --- |
| ハザードの種類 | 具体的ハザード |
| 大分類 | 中分類 | 小分類 |
| エネルギー | 機械的／人的力 | 圧縮力 | 押しつぶされる |
| エネルギー | 機械的／人的力 | 引張力 | 裂断される |
| エネルギー | 機械的／人的力 | 偶力 | 巻き込まれる |
| エネルギー | 機械的／人的力 | 撃力 | 衝撃を受ける |
| ・・・ | ・・・ | ・・・ | ・・・ |
|  |  |  |  |

図９　ハザード項目

* 1. 作業状況・作業形態の選定

一般の製品では，製造，出荷，販売，使用，破棄に至るライフサイクルの総ての段階について項目選定するが，Job Hazard Analysisにおいては，組込作業とそれに関連する準備作業等に絞って検討することにする。したがって，準備作業としての部品の開梱，洗浄，運搬等を項目として掲げ，運搬の形態として台車，フォークリフト，クレーン等の使用などを考える。また，組込作業の状況や形態は，それぞれのサブシステム，および，装置の状況により全く異なるので作業者自身による検討が必須である。

* 1. ハザードマトリックス

図10にハザードマトリックスの例を示す。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 作業状況・形態 | A | B | C | D | E | F |  | X | 合計 |
| 準備作業（トンネル内・外） | 組立作業 |  |  |
|  |  | 開梱 | 洗浄 | 運搬 | 吊り上げ |  | 冷却 |
| No | ハザード | バール | 有機溶剤 | 台車 | フォークリフト |  | クレーン |  |  |
| 1 | 人のE |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 機械E |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 電気E |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 熱E |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 位置E |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 流体E |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | レーザーE |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | 地殻E |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | 物・酸素 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | 物・火災 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | 物・有害物 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | 物・埃，塵 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 | 物・エッジ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 | 物・腐食 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 | 物・冷媒 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18 | 人・誤操作 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 20 | その他 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 合計 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

図10　ハザードマトリックスの例

* 1. ハザードの発見（リスクファインディング）

図10のハザードマトリックスの縦軸と横軸の各交点のセルで作業上，存在するハザードを発見する。この作業が（狭義の）リスクファインディングである。

具体的な作業の方法や技術を想定しながら「作業状況・形態」と潜在する「ハザード」によるリスクを検討する。この際，人は「うっかりミスを犯す」「操作を間違える」などの常識的な事態に限らず，理解が不足している場合も想定して，非常識な作業方法（予見可能な誤使用に含まれる）も考えるべきである。また，リスクファインディングは複数で検討することが望ましい。

発見されたリスクについて，文章でできる限り詳しく，記述する。一つのセル内のリスクは一つとは限らない。図11にリスクファインディングの例を示す。

|  |  |
| --- | --- |
| 記号 | リスクファインディング |
| 作業状況・形態 | ハザード | 発見された危険状況 |
| A1 | A | 1 | 開梱で釘抜きのバールの使い方のコツが分からずケガする。 |
| A2 | A | 2 | 開梱時に木ネジを抜くためハンドドリルを使用中にビットが外れて飛び近くの人に強い勢いで当りケガさせる。 |
| B1 | B | 11 | トンネル内で有機溶剤の缶を倒して多量の溶剤をこぼし，慌てて工具を落として火花が出て火災にいたる。 |
| B2 | B | 12 | 洗浄の際に有機溶剤を大量に吸って中毒症状が出る。 |
| F1 | F | 2 | クライオスタットの一部をクレーンで吊っている際にスリングの一本が切れて荷が振子状に回転して系路上の人が荷と壁に挟まれて大ケガする。 |
| X1 | X | 4 | 冷却開始時にクライオスタットに液体窒素を注入し，窒素ガスの排出パイプが出口で詰まり，裂け目が出来てガスが漏れ，近くの金属を冷却し人が低温火傷を負う。 |
| X2 | X | 10 | クライオスタットの排出パイプが詰まり穴が開いて，大量の窒素ガスが噴出し酸欠となり作業者と救助者が共に死ぬ。 |

図11　リスクアナリシス表（リスクファインディングの例）

図11における，「記号」欄の記入はハザードマトリックス（図10）の「作業状況・形態」欄のアルファベット記号毎に通し番号を付ける。

発見されたリスクを集計してハザードマトリックスに記入する（図12）。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 作業状況・形態 | A | B | C | D | E | F |  | X | 合計 |
| 準備作業（トンネル内・外） | 組立作業 |  |  |
|  |  | 開梱 | 洗浄 | 運搬 | 吊り上げ |  | 冷却 |
| No | ハザード | バール | 有機溶剤 | 台車 | フォークリフト |  | クレーン |  |  |
| 1 | 人のE | 2 |  |  |  |  |  |  |  | 4 |
| 2 | 機械E | 1 |  |  | 2 |  |  | 3 |  |  | 8 |
| 3 | 電気E |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |
| 4 | 熱E |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 3 |
| 5 | 位置E |  |  | 4 |  |  |  |  |  | 7 |
| 6 | 流体E |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 |
| 7 | レーザーE |  |  |  |  |  |  |  |  | 7 |
| 8 | 地殻E |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | 物・酸素 |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |
| 11 | 物・火災 |  | 2 |  |  |  |  |  |  | 4 |
| 12 | 物・有害物 |  | 5 |  |  |  |  |  |  | 6 |
| 13 | 物・埃，塵 |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 |
| 14 | 物・エッジ | 1 |  | 2 |  |  |  |  |  | 4 |
| 15 | 物・腐食 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |
| 16 | 物・冷媒 |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |
| 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18 | 人・誤操作 | 2 | 1 | 2 | 2 |  | 3 |  | 3 | 13 |
| 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 20 | その他 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 合計 | 6 | 8 | 8 | 4 |  | 6 |  | 5 | 70 |

図12　集計されたハザードマトリックス

図12において，空欄はハザードが本当になかったのか再度の検討を要するというサインと理解する。また，一つのセル内の数値が大きい場合はハザードの選定が不適切であり，二つ以上のハザードに分轄するべきであった可能性もあるので，この点も検討のサインとなる。

10　 リスクアナリシス(3),(4)

10.1 リスクの大きさの推定

リスクアナリシス表（図11）に記載の「発見された危険状況」に対して「発生頻度」と「危害の程度」を推定して「リスクの大きさ」を算定する作業がリスクアナリシスである。

「発生頻度」の算出は類似の作業などに対する定量的な事故情報などがあれば使用するのが当然であるが，現実的には，それは期待できない。よって図１の下図に示したように，発生頻度＝（危険状態への暴露）・（危険事象の発生）・（危害の回避または制限の可能性）で積算する（・＝ and）。それぞれの要素に対する発生確率は作業形態に依存するので，これまでの経験などから推定する。あるいは図4に示す「５：頻発する」から「０：考えられない」のような定性的な表現の中から妥当と考えられる頻度を推定することでも（初めのうちは）構わないと考えられる。作業を進めていくうちに，確実に定量的な推定が可能な項目が見つかる可能性もあり，それを５〜０の何れかに当てはめれば，後は自動的に頻度が定まることが期待される。

「危害の程度」は想定される事故による作業者への身体的な被害を図３に当てはめれば自動的に０〜IVの何れかに定まる。

10.2 リスクアセスメント

以上から「リスクの大きさ」に対する評価が決定される。これがリスクアセスメントである。この結果を図11に示すリスクアナリシス表の右端に追加して記載する（図13）。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記号 | リスクファインディング | 分析 | 評価 |
| 作業状況・形態 | ハザード | 発見された危険状況 | 危害の程度**0〜IV** | 発生頻度0〜５ | リスクの大きさA〜C |
| A1 | A | 1 | 開梱で釘抜きのバールの使い方のコツが分からずケガする。 | **I** | 3 | B1 |
| A2 | A | 2 | 開梱時に木ネジを抜くためハンドドリルを使用中にビットが外れて飛び近くの人に強い勢いで当りケガさせる。 | **I** | 1 | C |
| B1 | B | 11 | トンネル内で有機溶剤の缶を倒して多量の溶剤をこぼし，慌てて工具を落として火花が出て火災にいたる。 | **III** | 1 | B1 |
| B2 | B | 12 | 洗浄の際に有機溶剤を大量に吸って中毒症状が出る。 | **II** | 2 | B1 |
| F1 | F | 2 | クライオスタットの一部をクレーンで吊っている際にスリングの一本が切れて荷が振子状に回転して系路上の人が荷と壁に挟まれて大ケガする。 | **III** | 2 | B2 |
| X1 | X | 4 | 冷却開始時にクライオスタットに液体窒素を注入し，窒素ガスの排出パイプが出口で詰まり，裂け目が出来てガスが漏れ，近くの金属を冷却し人が低温火傷を負う。 | **III** | 2 | B2 |
| X2 | X | 10 | クライオスタットの排出パイプが詰まり穴が開いて，大量の窒素ガスが噴出し酸欠となり作業者と救助者が共に死ぬ。 | **IV** | 3 | A1 |

図13　リスクアセスメントの例（リスクアナリシス表）

10.3 R-Mapの作成

リスクアセスメントによりリスクの大きさが評価されたので，これをリスクアナリシス表（図11，図13）の記号をR-Mapに記入する。

図14がその結果である。これによりリスクの大きさが視覚化される。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 発生頻度 | 5 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 3 |  | A1 |  |  | X2 |
| 2 |  |  | B2 | F1,X1 |  |
| 1 |  | A2 |  | B1 |  |
| 0 |  |  |  |  |  |
|  | 0 | I | II | III | IV |
| 危害の程度 |

図14　R-Map（リスクアナリシスの結果の例）

11　リスクコントロール

R-Map（図14）が作成されたので，必要な対策レベルも明瞭になった。総てのリスクを「Ｃ：許容できる領域」まで低減する必要がある。しかし，費用対効果などの点から，充分な説明が可能な場合は「Ｂ：ALARP領域」に留まることも了解される。この際の「了解」の手続はレビューにおける参加者と評価者による審査によって実施する（検討中）。

対策案は，8.5〜8.7節の原則に従って実施する。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記号 | リスクファインディング | 分析 | 評価 | 対策 | 対策後の評価 |
| 作業状況・形態 | ハザード | 発見された危険状況 | 危害の程度**0〜IV** | 発生頻度0〜５ | リスクの大きさA〜C | 対策レベル | 対策内容 | 危害の程度 | 発生頻度 | リスクの大きさ |
| A1 | A | 1 | 開梱で釘抜きのバールの使い方のコツが分からずケガする。 | **I** | 3 | B1 | ② | 熟練者による指導 | I | 1 | C |
| A2 | A | 2 | 開梱時に木ネジを抜くためハンドドリルを使用中にビットが外れて飛び近くの人に強い勢いで当りケガさせる。 | **I** | 1 | C |  | 対策しない注意する申し合わせ | I | 1 | C |
| B1 | B | 11 | トンネル内で有機溶剤の缶を倒して多量の溶剤をこぼし，慌てて工具を落として火花が出て火災にいたる。 | **III** | 1 | B1 | ① | 持ち込まない | 0 | 1 | C |
| B2 | B | 12 | 洗浄の際に有機溶剤を大量に吸って中毒症状が出る。 | **II** | 2 | B1 | ② | 局所換気装置を設置 | I | 1 | C |
| F1 | F | 2 | クライオスタットの一部をクレーンで吊っている際にスリングの一本が切れて荷が振子状に回転して系路上の人が荷と壁に挟まれて大ケガする。 | **III** | 2 | B2 | ② | リモコンを使用し作業者は充分離れて作業 | II | 1 | C |
| X1 | X | 4 | 冷却開始時にクライオスタットに液体窒素を注入し，窒素ガスの排出パイプが出口で詰まり，裂け目が出来てガスが漏れ，近くの金属を冷却し人が低温火傷を負う。 | **III** | 2 | B2 | ① | ステンレス製排気ダクトを設置（フェイルセーフ） | II | 0 | C |
| X2 | X | 10 | クライオスタットの排出パイプが詰まり穴が開いて，大量の窒素ガスが噴出し酸欠となり作業者と救助者が共に死ぬ。 | **IV** | 3 | A1 | ①+③ | 排気ダクト設置＋酸素濃度計設置 | IV | 0 | C |

図15　リスクコントロールの例

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 発生頻度 | 5 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 3 |  | A1 |  |  | X2 |
| 2 |  |  | B2 | F1,X1 |  |
| 1 | B1 | A2,A1,B2 | F1 | B1 |  |
| 0 |  |  | X1 |  | X2 |
|  | 0 | I | II | III | IV |
| 危害の程度 |

図16　対策によるリスク低減効果

12　ドキュメンテーション

総てのリスクが「Ｃ：許容できる領域」または「Ｂ：ALARP領域（ただし，審査が必要）」に至るまでリスクコントロールを繰返す（図２）。

作業が完了したら，ハザードマトリックス（図12），リスクアナリシス表（図15；残留リスクがある場合はＡ領域＝赤，Ｂ領域＝黄色でフィル）とリスクマトリックス（図16）と対策の詳細説明（作業マニュアル，申合せ文書，図面等）を作業ハザードアナリシスの成果としてプロジェクト完了まで文書を保存。

最低でも一回は，ハザードアナリシスに対するレビューを受けること。