

標準委員会技術レポート講習会

リスク情報を活用した意思決定プロセス (2)リスク情報の役割

電力中央研究所
原子力リスク研究センター
上席研究員 桐本順広

■ 2018年3月26日

統合的意思決定(Integrated Risk-Informed Decision Making: IRIDM)におけるリスク情報とは

- リスク情報
- 確率論的リスク評価及び／又はその他のリスク評価の結果及びその過程から得られる情報。
 - 注記 例えば次のものがある。
 - ・原子力発電所のリスクの程度についての情報(リスク指標のうち、リスクの絶対値、リスクの変化量など)
 - ・系統・機器などがリスクへ与える影響に関する情報(リスク指標のうち、重要度など)
 - ・上記2つの情報の不確実さに関する情報
 - ・プラント損傷状態及び格納容器破損モードに含まれる最小カットセット
 - IRIDMのリスク情報統合プロセスは、決定論的な考察と確率論的な考察の相互補完による評価プロセス

項目

1. 統合的意思決定(Integrated Risk-Informed Decision Making: IRIDM)におけるリスク情報

- 背景 (米国の原子力政策声明と意思決定プロセス)
- PRAの概略、リスク管理を意識した管理体制

2. IRIDM標準の検討概要(リスク情報関連箇所)

- IRIDM標準でのリスク情報の役割
- PRA品質確保分科会による検討箇所
- リスク情報活用例の記載 (附属書1.A)と活用例の紹介
 - オンラインメンテナンス
 - リスクインフォームド ISI
 - パフォーマンス指標
- リスク管理プログラムの確立について

3. まとめ

米国のリスク情報を考慮した規制変更に関する意思決定プロセス 1995年 NRC政策声明

～原子力安全規制活動へのPRA利用(規制の意識改革)～

NRC委員長がPRA利用拡大を宣言(トップダウン)

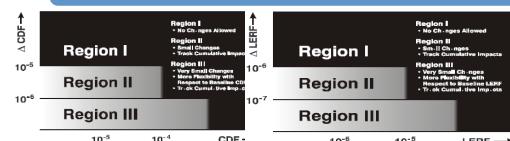
決定論的アプローチ(defense-in-depth)の拡張・補完

- 確率論的アプローチの利点:
潜在的安全問題や対策を体系的に幅広く検討
リスク重要度によるロジカルな優先順位付け

不要な規制負担を排除し、安全重要問題にリソースを集中

- 実態はどうなのか、安全性、効率性を向上するにはどうすべきか

リスク許容クライテリアやPRA利用のガイドラインを発行



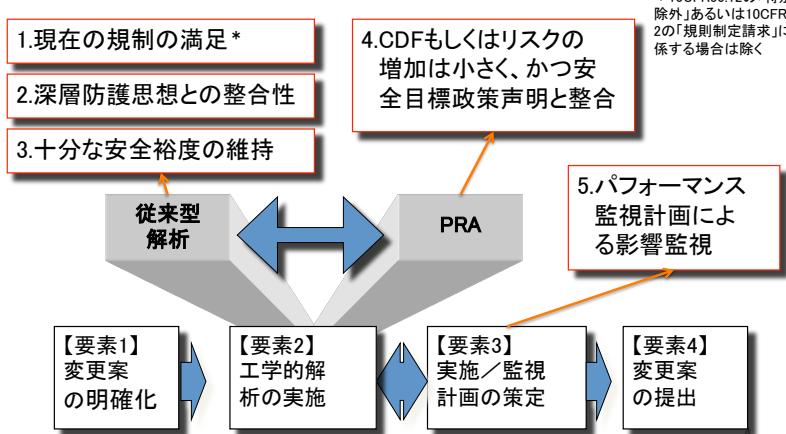
規制要件変更の規制指針
RG.1.174

1. 安全性決定根拠の高度化(Enhance Safety Decisions)
2. NRCと民間の資源の有効活用
3. 深層防護の考え方を満足すること
4. 変更の影響を運転性能に基づいて監視すること

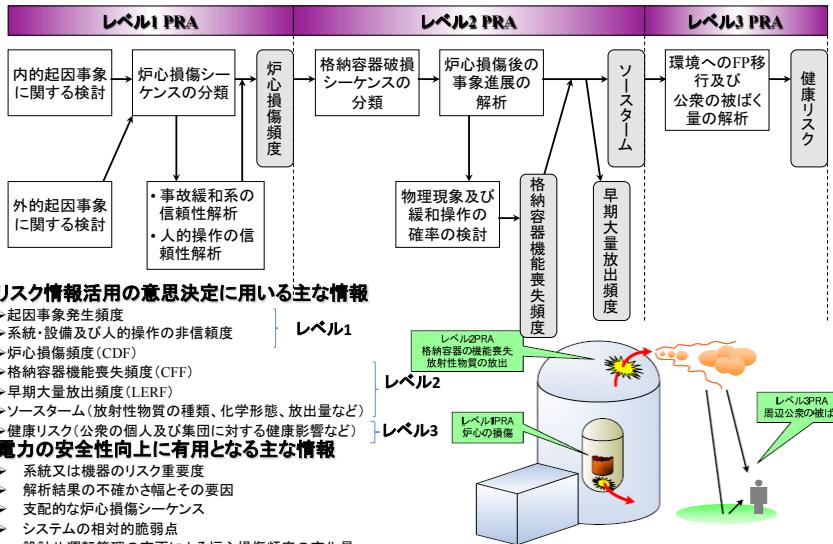
リスク情報を考慮した規制変更に関する意思決定プロセス

確率論的アプローチは決定論的アプローチの拡張

→ 確率論的アプローチと決定論的アプローチは相反では無い
相互に補完することで最終的な意思決定に用いるのが目的



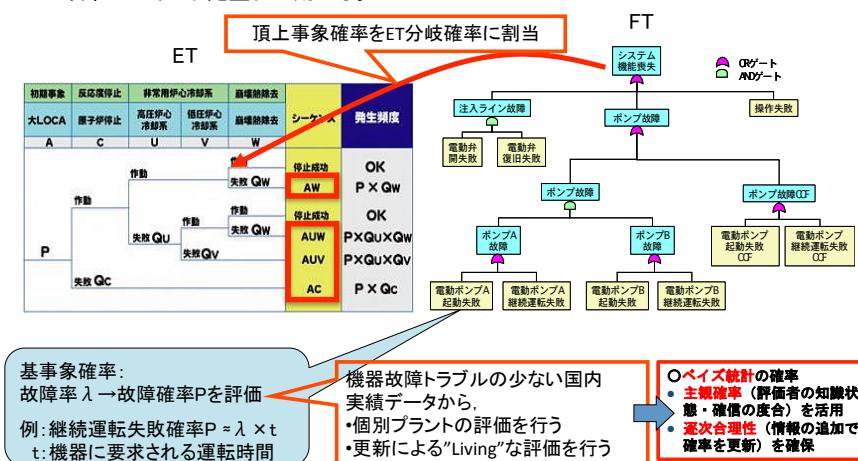
* 10CFR50.12の「特別の除外」あるいは10CFR2.802の「規則制定請求」に関する場合は除く



5

PRA評価プロセスの概要: ETとFT

PRA評価におけるパラメータはイベントツリー(ET)とフォールトツリー(FT)を組み合わせたリスク定量化に用いる。



6

PRA結果の活用: 炉心損傷頻度(CDF)の寄与原因(起因事象)への対策による安全性向上の定量化

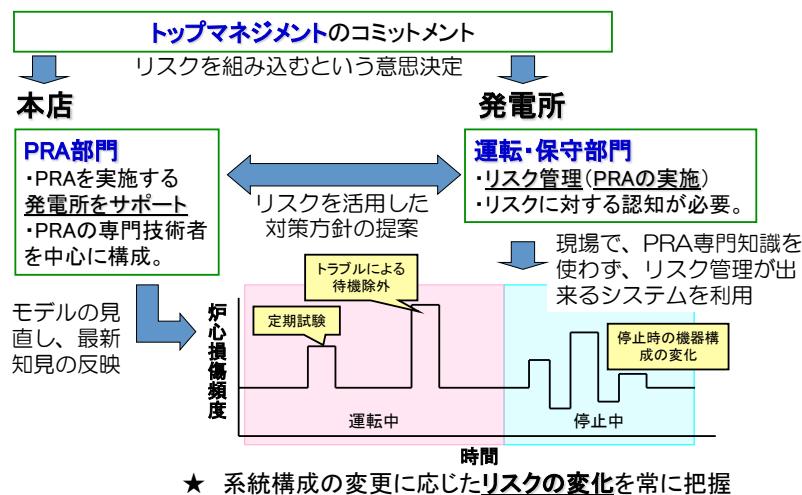
PRA結果の例

対策前後でのリスクの大きさ
(炉心損傷頻度(CDF)の単位 /炉・年)



7

リスク管理を意識した管理体制(1/2)



★ 系統構成の変更に応じたリスクの変化を常に把握

5

IRIDM実施基準の検討状況、背景

■ 檢討狀況

- リスク情報を活用した統合的な意思決定(IRIDM)に関する基本的要項を示す、「原子力発電所の継続的な安全性向上のためのリスク情報を活用した統合的意思決定に関する実施基準:201x」を、システム安全専門部会・統合的安全性向上分科会において策定中。
 - リスク専門部会・リスク情報活用分科会にて2010年に制定した「原子力発電所の安全確保活動の変更へのリスク情報活用に関する実施基準:2010」(以下、RIDM2010標準)の内容を取り込むため、リスク専門部会・PRA品質確保分科会において、確率論的风险評価(PRA)関連箇所の検討・素案作成を実施
 - 本体規定事項は、システム安全専門部会(11/30)、標準委員会(12/7)への中間報告を実施。現在は附属書(参考)、解説の記載内容を検討

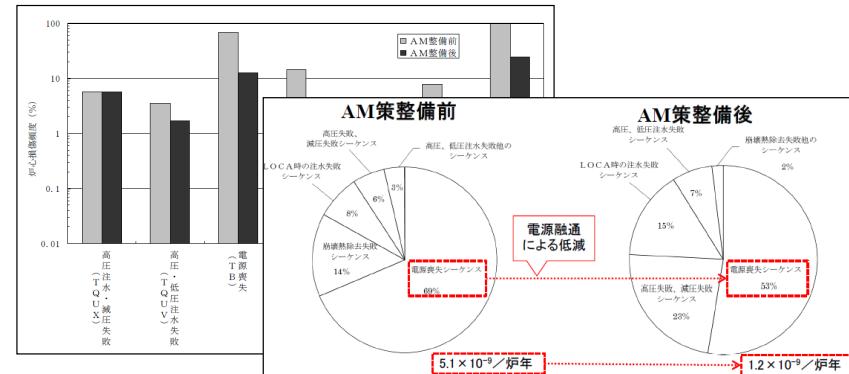
■ 背景

- 平成25年12月に原子力規制委員会により、新たに安全性向上評価制度が導入され、事業者による自主的な安全性向上のための措置及び安全性向上の評価の定期的な届け出ることが求められた。事業者においても、リスク情報等を活用して、更なる安全性向上を自主的に進めしていくものとしている。
 - 安全設計や安全管理などへリスク情報を活用し判断していくための要件を規定する実施基準が必要となる。

10

リスク管理を意識した管理体制(2/2)

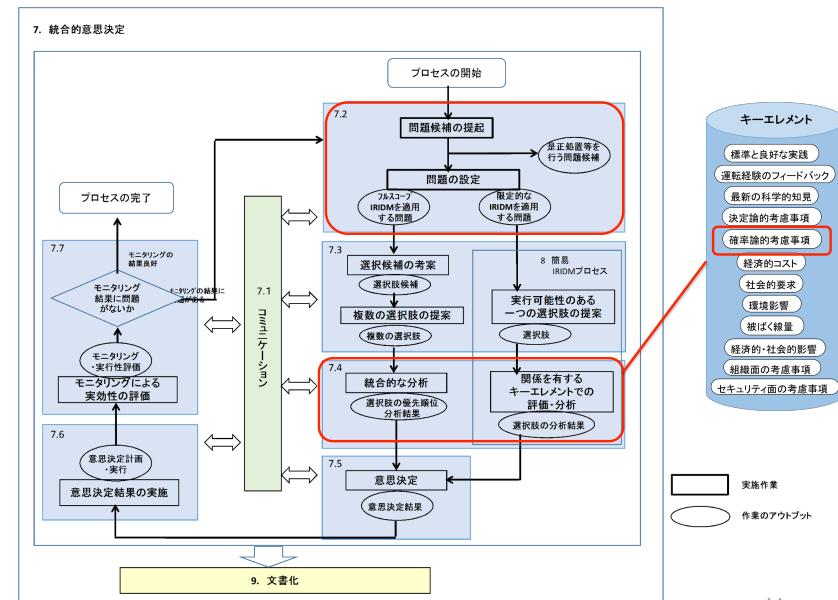
★ PRAを用いて脆弱性を見つけ出し、継続的にリスク低減の対策を実施



「安全性向上対策の有効性評価」の活動を、定期的かつ継続的に実施していくことが重要。

9

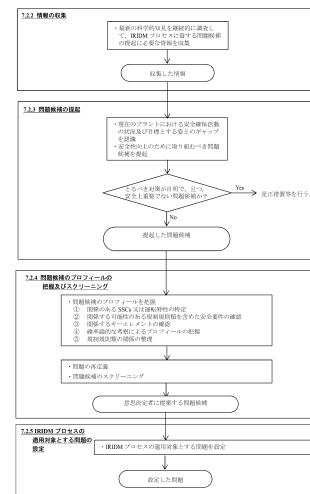
IRIDMにおけるリスク情報の役割



7.2 問題の設定

<総括事項>

- ステークホルダーの関与を得つつ、所掌するプラントや活動に係る最新の科学的知見や動向を継続的に調査する。
- 収集した情報を分析して、現状と目標とする姿とのギャップを認識し、安全性向上のために取り組むべき問題候補を提起する。
- ギャップがどのキーエレメントと関係するかを分析することにより、問題候補のプロフィールを把握して、問題を再定義する。
- 対策が自明な問題に対しては是正措置等を適用し、取り得る対策の幅が大きな問題に対してはIRIDMプロセスを適用する。



12

PRA品質確保分科会によるリスク情報関連記載の検討概要

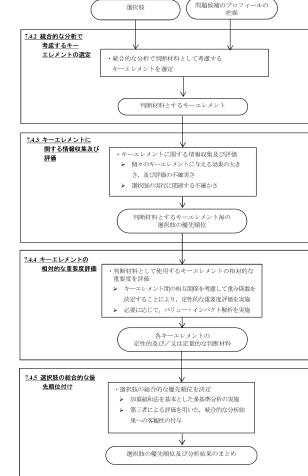
- PRA品質確保分科会によるリスク情報関連記載の検討
 - (1)IRIDM全体にわたるキーエレメントの分析として、「PRAの実施(規定)」における規定記載の検討
 - (2)PRAの品質に関する規定に関しては、IRIDMの評価において必要となる品質要件、及び、基本的なPRAモデルに求められる品質要件を明確にして、規定記載の検討
 - (3)“一時的なリスク増加程度を評価する場合”での、リスク指標に関する判定基準の再設定
 - (4)RIDM2010標準において、附属書(参考)として記載されているものを、IRIDM標準として記載するという観点で、記載内容の仕分け、適正化

14

7.4 統合的な分析

<7.4.1 総括事項>

- 分析者は、問題のプロフィール、及び提案された選択肢の性質を考慮して、統合的な分析における判断材料とするキーエレメントを選定する。
- 次に、選定したキーエレメントに関する情報を収集して評価し、収集した情報を各キーエレメントに相互に反映させることにより、合理的に選択肢の優先順位を決めるための判断材料を整理すると共に、判断材料の不確かさを把握する。
- 可能な場合はコスト・ベネフィット解析を実施して、その結果を“確率論的な考慮事項”および“その他の考慮事項”に代わるキーエレメントとする。キーエレメントの相互比較を行なって、キーエレメント毎に重み係数を割り当てる。また、コスト・ベネフィット解析において直接考慮されていないキーエレメントについて、それぞれのキーエレメントの観点で選択肢に評点を与える。
- 最後に、キーエレメント毎の重み係数と、キーエレメント毎の選択肢の評点に基づいて、選択肢の統合的な優先順位を決定する
- 統合的な分析の各プロセスにおいて、問題の特性に応じて、専門家の意見や第三者レビューを活用する。



13

附属書1.A リスク情報の活用例の記載

■ (統合的な意思決定に用いられるリスク情報活用例)

- 1.A.1-1定期安全レビュー
(設計寿命を超えて発電所の運転を継続するための判断、健康に関する定量的目標(QHO)または安全目標を確実に満たしているかを確認)
- 1.A.2-1 プラント定期検査工程管理
(停止時PRAによる短期間での保守活動の増加や、プラント運転状態(POS)等のプラント条件の変更による停止リスクを低減するための対策を実行)
- 1.A.2-2 オンラインメンテナンス(OLM)
(許容待機除外時間(AOT)基準またはリスク許容基準、運転中のリスク変化の監視、メンテナンス活動によるリスクの可視化による管理)
- 1.A.2-3 アクシデントマネジメントと緊急時計画
- 1.A.3-1 プラントの性能更新
- 1.A.3-2 許容非待機時間と保安規定活動変更
- 1.A.3-3 リスク情報を活用した供用期間中検査(RI-ISI)
- 1.A.3-4 リスク情報を活用した火災防護
- 1.A.4-1、1.A.4-2 パフォーマンス指標
- 1.A.5-1 長期的な規制

15

意思決定に使用される定量的なリスク情報

■ 附属書1.A 表 “意思決定に使用されるリスク情報の例”

CCDP	conditional core damage probability	条件付炉心損傷確率
CDF	core damage frequency	炉心損傷頻度
Δ CDF		炉心損傷頻度変動
CFDP	conditional fuel damage probability	条件付燃料損傷確率
CLERP	Conditional large early release probability	条件付大規模放出確率
FDF	fuel damage frequency	燃料損傷頻度
F-V	Fussell-Vesely	リスク重要度
ICCDP	Incremental Conditional Core Damage Probability	条件付き炉心損傷確率変動
ICLERP	Incremental Conditional Large Early Release Probability	条件付き早期大規模放出確率変動
LERF	large early release frequency	大規模放出頻度
Δ LERF		大規模放出頻度変動
QHO	quantitative health objective	定量的健康目標
RAW	Risk Achievement Worth	リスク増加価値

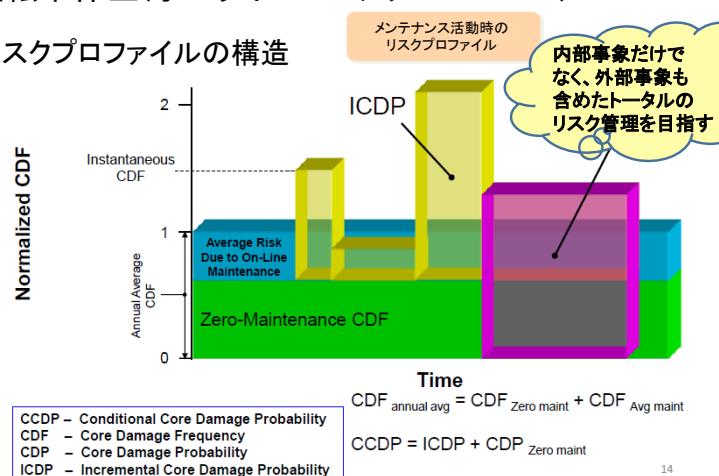
16

リスク情報活用の例: 運転中保全(オンラインメンテナンス:OLM)

◆ OLMのリスクプロファイルの構造

リスク重要度高の
SSCsに対し、予
防保守前および
保守実施中のリ
スク評価が要求
される。

発電所内で
*Configuration risk
management
program (CRMP)*
を実施。



参照：第6回 原子力の自主的安全性向上に関するワーキンググループ 「原子力発電プラントにおけるリスク管理の検討および導入」(グランツム氏資料) P.14

17

リスク情報活用の例: Risk-Informed ISI 配管供用期間中検査

ASME Sec.XI ISI

- ◆ 対象範囲
設計応力で決められている。
(class 1~3, non-code)
- ◆ 環境起因破損(e.g. FAC, IGSCC)に対して無効であつた。

運転経験に基づいて最適化
が必要

Risk-Informed ISI

POSSIBILITY FOR PIPE RUPTURE PER DEGRADATION MECHANISM SCREENING CRITERIA	CONSEQUENCES OF PIPE RUPTURE IMPACTS ON CONDITIONAL CORE DAMAGE PROBABILITY AND LARGE EARLY RELEASE PROBABILITY			
	NONE	LOW	MEDIUM	HIGH
HIGH FLOW ACCELERATED CORROSION	LOW Category 7	MEDIUM Category 5	HIGH Category 3	HIGH Category 1
MEDIUM OTHER DEGRADATION MECHANISMS	LOW Category 7	LOW Category 6	MEDIUM Category 5	HIGH Category 2
LOW NO DEGRADATION MECHANISMS	LOW Category 7	LOW Category 7	LOW Category 6	MEDIUM Category 4

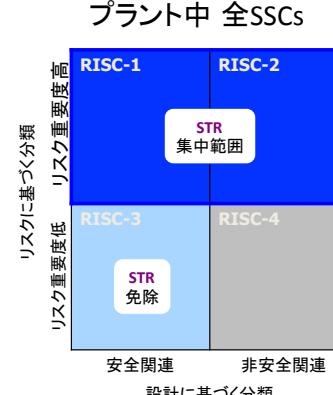
- ◆ リスク重要度に基づいて
検査箇所の優先順位付け
- ◆ リスクを増加させず検査箇所の
低減を図る。

(参考: EPRI TR-112657-REV-B-A)

18

リスク情報活用の例: パフォーマンス指標 重要機器の監視

- 保守活動の有効性を監視する。
- リスク重要度の高いSSCsのパフォ
ーマンス(実績)を監視する。
- リスク重要度の高いSSCsはPRA
を用いたリスク評価により決定する。
- パフォーマンス基準を下回ったSS
Csは、基準を満足するまで厳格な管
理下に置かねばならない。



SSC: Structures, systems, and components
STR: Special Treatment Requirement
RISC: Risk-Informed Safety Class

19

リスク管理プログラムの確立(1/2)

◆リスク管理組織上の課題および検討事項

- ・責任範囲(リスク管理活動の責任者は誰か?)
- ・影響範囲(リスク管理プログラムに何を求めるのか?)
- ・内部のPRA構成管理手順書およびプロセス
- ・リスク情報活用手順書およびプロセス(リスク情報活用申請、意思決定等)
- ・内部の統制組織(管理者による監督、エキスパートパネル)
- ・リスク情報活用パフォーマンス指標
(設備のアンアベイラビリティおよび信頼性、日単位/年単位の発電所リスクレベル等)
- ・リソース配分(変更管理、期待事項、組織の影響)
- ・トレーニング(導入教育、組織別、再訓練、教訓)

参照：第6回 原子力の自主的安全性向上に関するワーキンググループ 「原子力発電プラントにおけるリスク管理の検討および導入」(グラントム氏資料) P.47

20

リスク管理プログラムの確立(2/2)

◆重要なポイント

- ・リスク管理は、運転、エンジニアリング、トレーニングまたは保守と同様、**原子力事業運営の1つの柱**である。
- ・実施中の活動の実効性を確保するため、上級リーダーによる**積極的な当事者意識及び関与**が必要である。
- ・リスク管理プログラムは、発電に係る課題を評価し、**優先度を決め**
関心を高めることができるメカニズムになるようにすべきである。
- ・リスク管理プログラムは、「**リビング**」**プログラム**であり、実効的なものにするために十分なリソースが必要である。
- ・リスク管理プログラムは、上級リーダーが運転上、財務上の事象の影響を管理し、**経営を戦略的に考える上で重要なツール**である。

参照：第6回 原子力の自主的安全性向上に関するワーキンググループ 「原子力発電プラントにおけるリスク管理の検討および導入」(グラントム氏資料) P.55

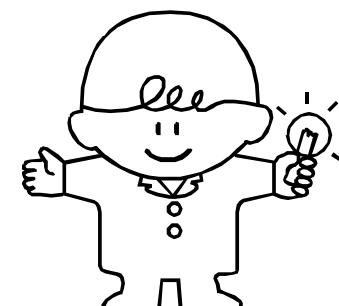
21

まとめ

- リスク情報を活用した統合的的意思決定(Integrated Risk-Informed Decision Making: IRIDM)について、背景として米国の原子力政策声明と意思決定プロセス、リスク情報として用いられるPRA手法の全体概略、リスク管理を意識した管理体制を述べた。
- 日本原子力学会標準委員会におけるIRIDM標準のリスク情報関連箇所の検討概要および、リスク情報の活用例を示した。
 - IRIDM標準でのリスク情報の役割
 - PRA品質確保分科会による検討箇所
 - リスク情報活用例の記載
 - ✓ オンラインメンテナンス
 - ✓ リスクインフォームドISI
 - ✓ パフォーマンス指標
- リスク管理プログラムの確立について組織管理上の課題点や重要な検討事項について述べた。

22

Thank you!



終わり

23