

本資料は英語原文の資料を原子力リスク研究センターにて仮訳したものです。

運転上のリスクマネジメント

C.R. (RICK) GRANTOM P.E.

NRRC Workshop on

Risk-Informed Decision Making: A Survey of U.S. Experience

Tokyo, Japan, June 1-2, 2017



運転上のリスクマネジメントの概観

□プレゼンテーション – 50分

□質疑 – 20分

□以下の概要

- 第3.5節: 機器のリスク重要度と通知
- 第3.7節: 運転経験から得られた知見の活用
- 第3.8節: 運転上の意思決定におけるリスク情報と考察
- 第3.14節: リスク思考を日常的な発電所運営(プラント状態)に組み込むためのリスクモニタリング



リスクマネジメントに向けた適用戦略

- 戦術的な(頻繁に用いられる)リスクマネジメントアプローチ
 - 系統構成の日々のリスク、週次リスク、定期検査時(停止時リスク)
 - 機器の重要度(リスク重要度)
 - 活動の優先順位付け
 - リスクモニタリング
 - 試験及び保守の戦略
 - リスクコミュニケーション
- 戦略的リスクマネジメントアプローチ
 - 緊急時対応戦略
 - 機器信頼性のトレンド(変化傾向)
 - 変更リスク評価
 - 高経年劣化管理
 - リスクコミュニケーション



リスクマネジメントアプローチ

- 定量的
- 定性的
- 併用(定量的と定性的)
 - 通常は、統合意思決定パネル(IDP)を利用



リスクのレベルとトレンドを評価するための タイムフレーム

- 日々のリスク評価：機器供用除外、作業活動のリスク
- 週次リスク評価：機器供用除外の累積リスク
- 月次リスク評価：機器の信頼性／利用可能性レベル
- 年次：年間リスク目標、年間の機器目標
- 燃料取替（停止時リスク、停止時の系統構成リスク）
- 不定期：不定期になされるリスク展開（例えば、重量物）
- 長期（1年ごと、5年ごと）：修正評価
- 時間に依存しない：プログラムレベル（例えば、リスク情報を活用した供用期間中検査（RI-ISI）、機器のリスク重要度分類）



プロセス、手順及び訓練

- 企業のリスクマネジメント戦略やリスク情報を活用したアプリケーションの実施、及び企業／発電所のプロセスにおけるリスク情報の利用に向けた統制プロセス
- マニュアル、手順書及びガイダンス文書では、期待事項、要件、責任、必須行動基準、許容基準、文書化等を定義付けなければならない
- 本社部門及びサイト規模の訓練
 - 企業のリスクマネジメント戦略(管理職、監督者、個人)
 - リスクマネジメントの適用(影響を受ける組織)
 - 定量的手段(PRA、その他)
 - 統合意思決定パネル



リスクコミュニケーション計画

- プログラムの成功に不可欠なもの
- コミュニケーション計画の目的は、内部及び外部要素を組み込むこと
- 計画には、以下のような、全職員及び契約業者の全職員に対する有効な情報伝達戦略を組み込むべきである
 - 本社部門及び発電所固有のリスク目標及び最終目標
 - リスクと安全の関係(安全は単なる法令遵守ではない)
 - 対象とする聴衆向けに利用可能または今後利用可能になる訓練
 - リスクに対する組織固有の役割及び貢献
 - リスクの知識及びリスク認識の継続的改善を支援するデータの重要性
 - あらゆるコミュニケーションメカニズムの利用(ポスター、企業のニュースレター、コンピュータを利用した訓練、授業形式の訓練、管理職のビデオ講座)



リスク考察(インサイト)及び運転経験

リスク関連の知見、考察

リスク及びPRAの考察

支配的な
事故シーケンス

支配的な起因事象

機器のリスク重要度

重要な機器及び
人的過誤モード

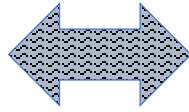
産業界の
重要な運転事象

前兆解析

機器信頼性のトレンド

リスク情報を活用した
パフォーマンス指標

⋮



運転に対する考察

運転に対する考察

作業管理

訓練(運転部門、エンジニアリング部門、請負業者)

緊急時対応訓練
シナリオ

設備の優先順位付け

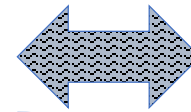
機器の信頼性戦略

試験及び保守戦略

投資ポートフォリオ
管理

リスク情報を活用した
エンジニアリング

⋮



マニュアル、手順書、 ガイドライン

活動

計画立案及びスケ
ジュール作成

運転上の意思決定

停止時に関する
意思決定

品質保証及び監査

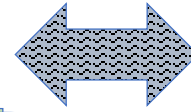
プラント活動のリスク

保守及び
信頼性評価

修正評価

課題対応ボード
のマネジメント

⋮



継続的な安全向上

白書の例

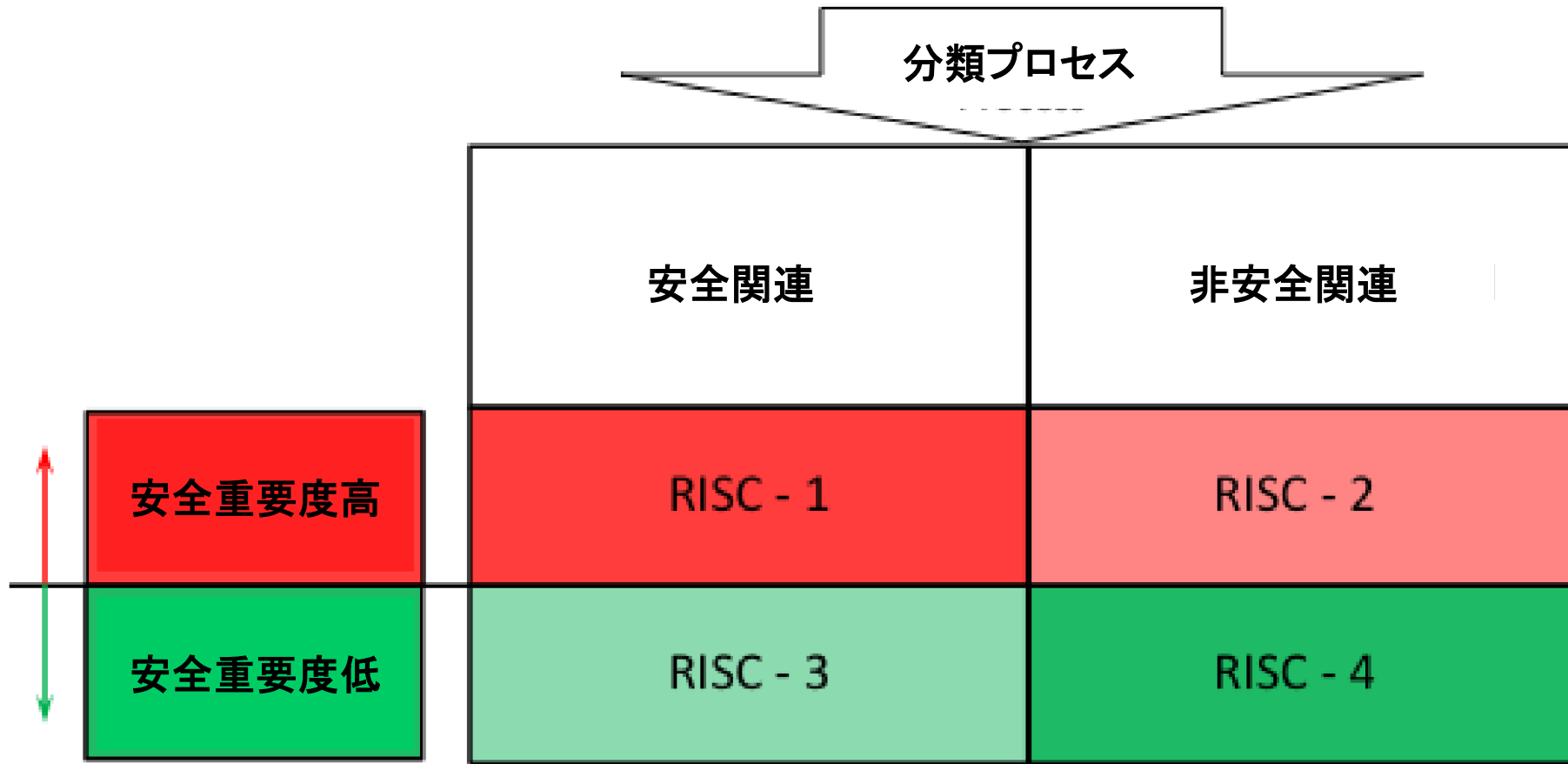
NRRC Workshop on

Risk-Informed Decision Making: A Survey of U.S. Experience

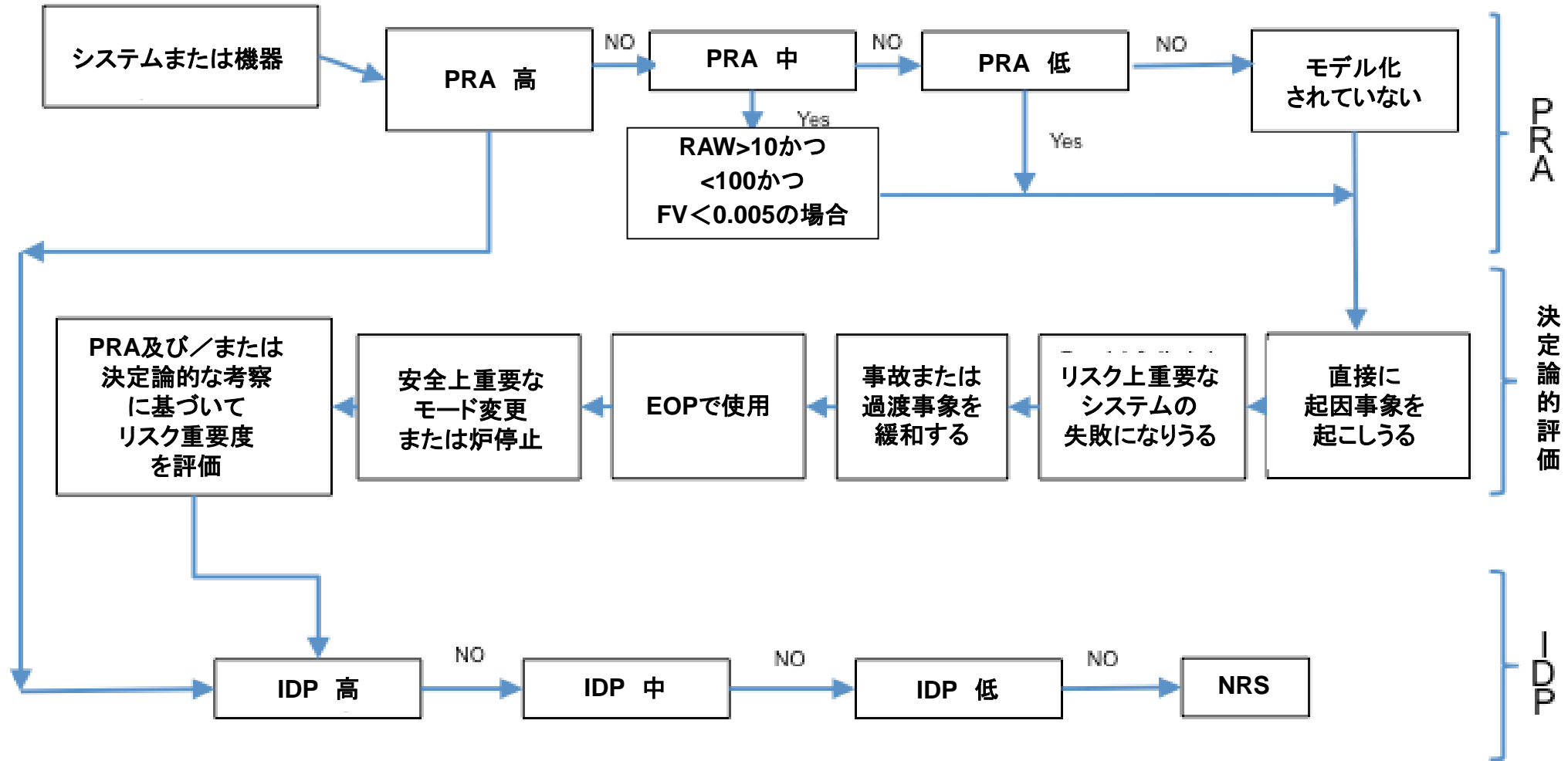
Tokyo, Japan, June 1-2, 2017



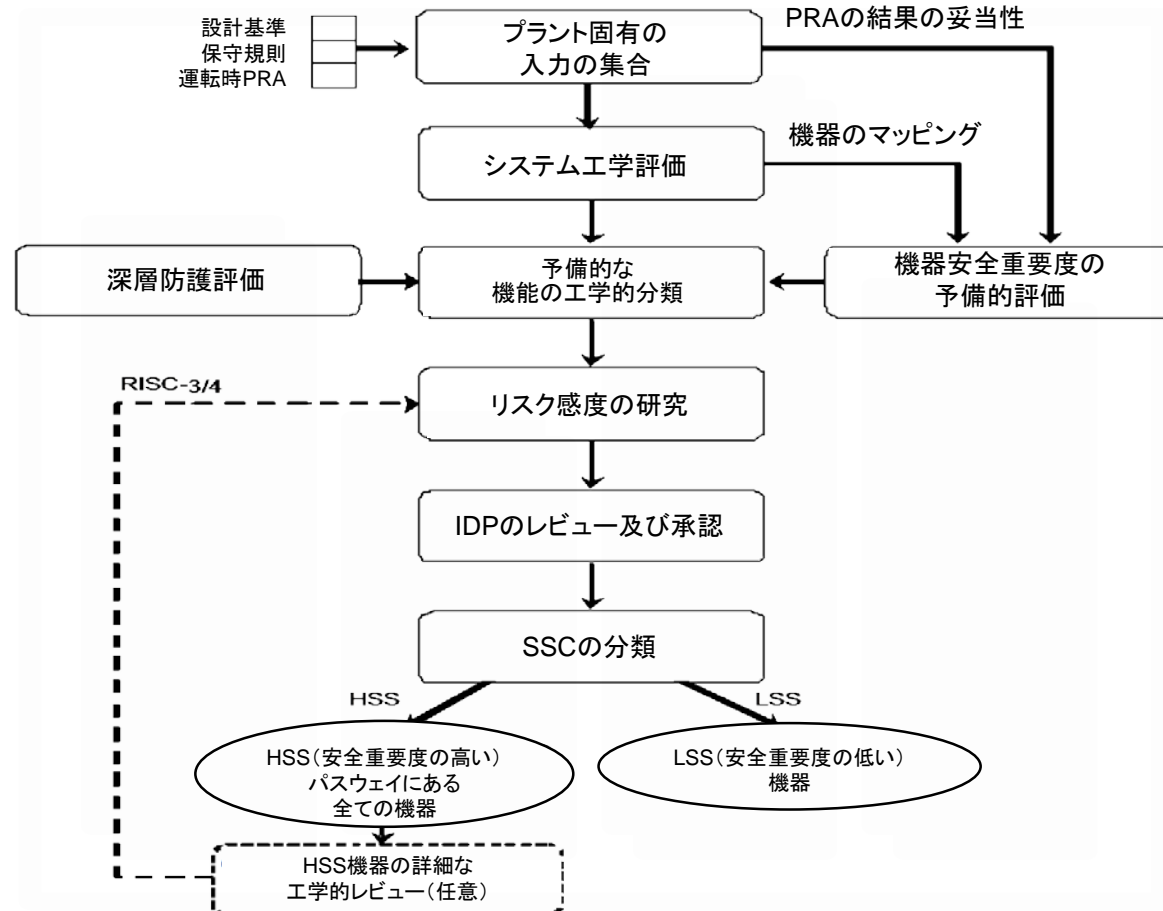
機器の重要度分類



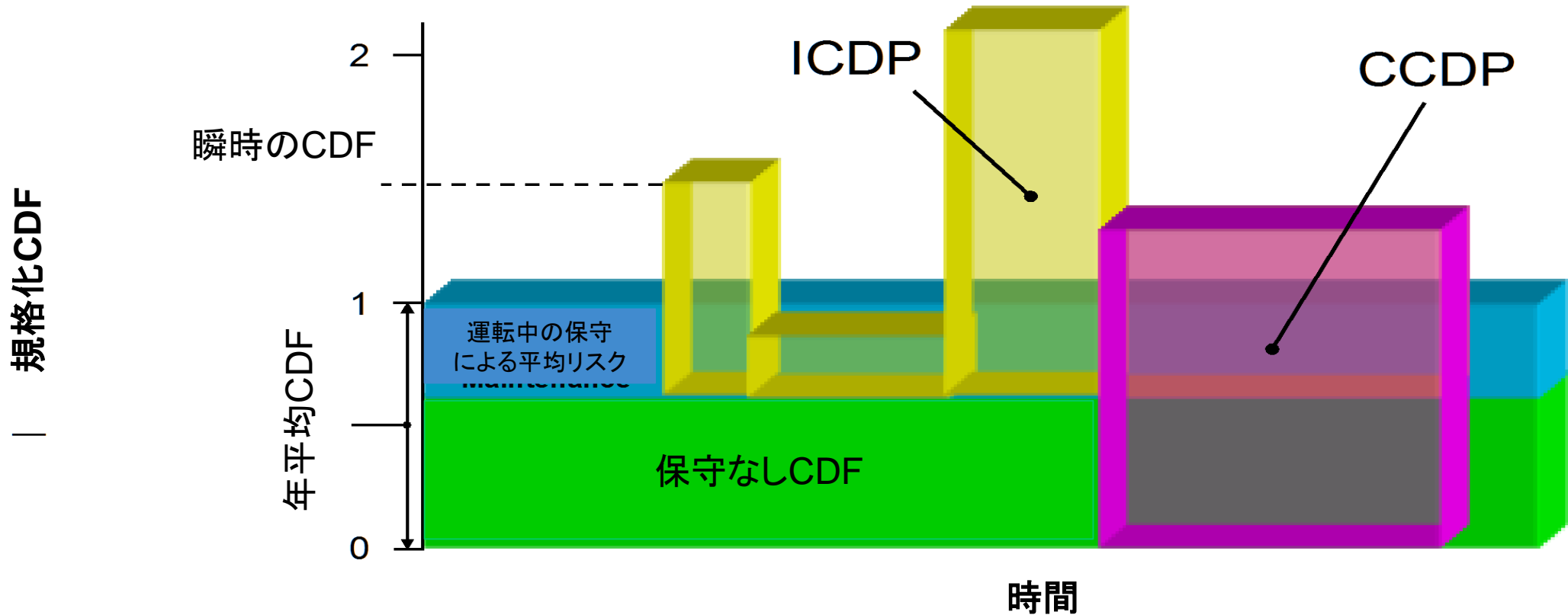
機器のリスク重要度分類



NEI 00-04のリスク重要度プロセス



運転中のCDFリスク特性の構造図



- CCDP - 条件付き炉心損傷確率
- CDF - 炉心損傷頻度
- CDP - 炉心損傷確率
- ICDP - 炉心損傷確率増分

$$CDF_{\text{年平均}} = CDF_{\text{保守なし}} + CDF_{\text{平均保守}}$$

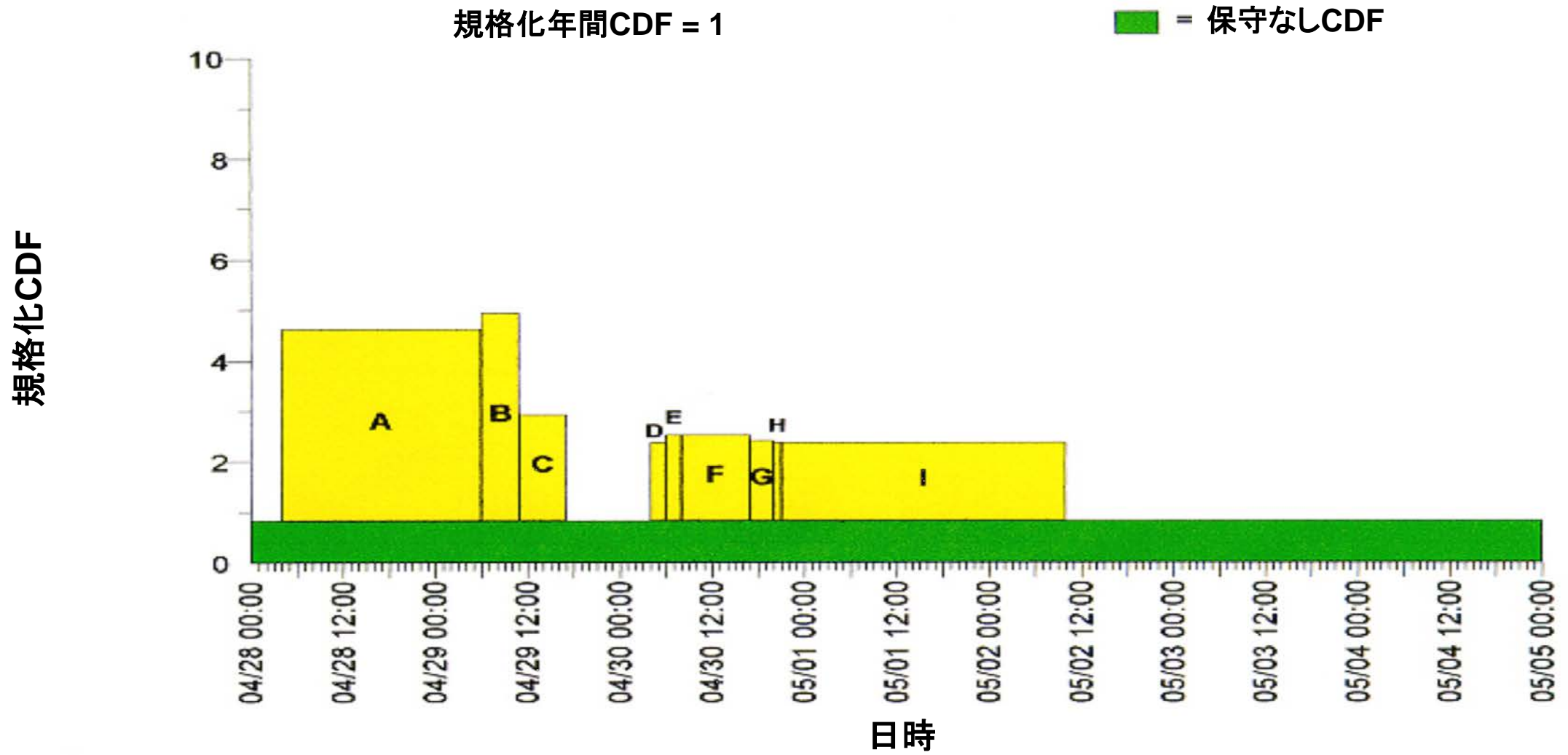
$$CCDP = ICDP + CDP_{\text{保守なし}}$$

NUMARC 93-01の閾値

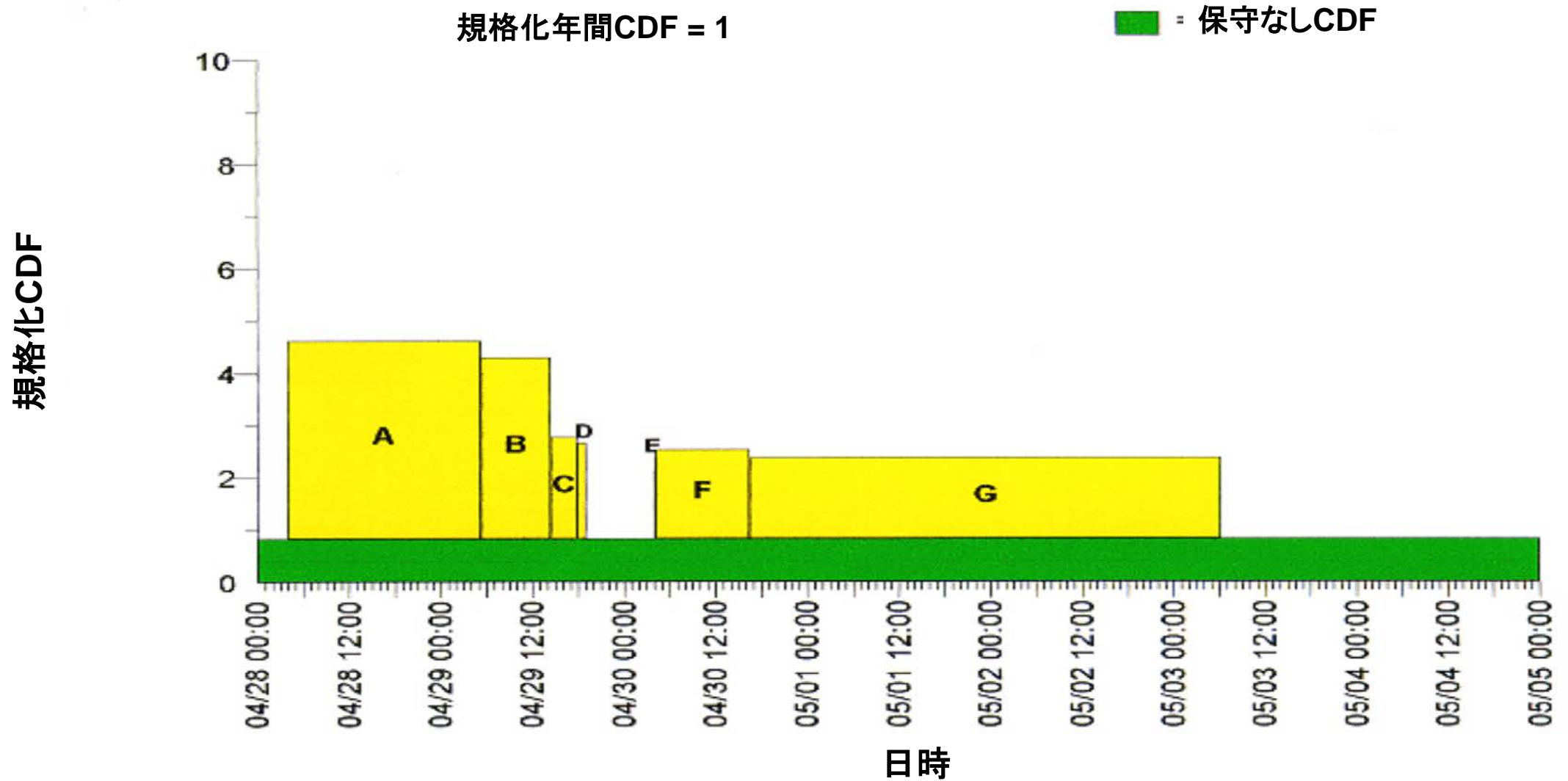
設備構成下での条件付きリスクの増加

ICDP		ILERP
>1E-5	意図的なエントリーを避ける	>1E-6
1E-5 から 1E-6	リスクマネジメントが必要	1E-6 から 1E-7
<1E-6	通常のコントロール	<1E-7

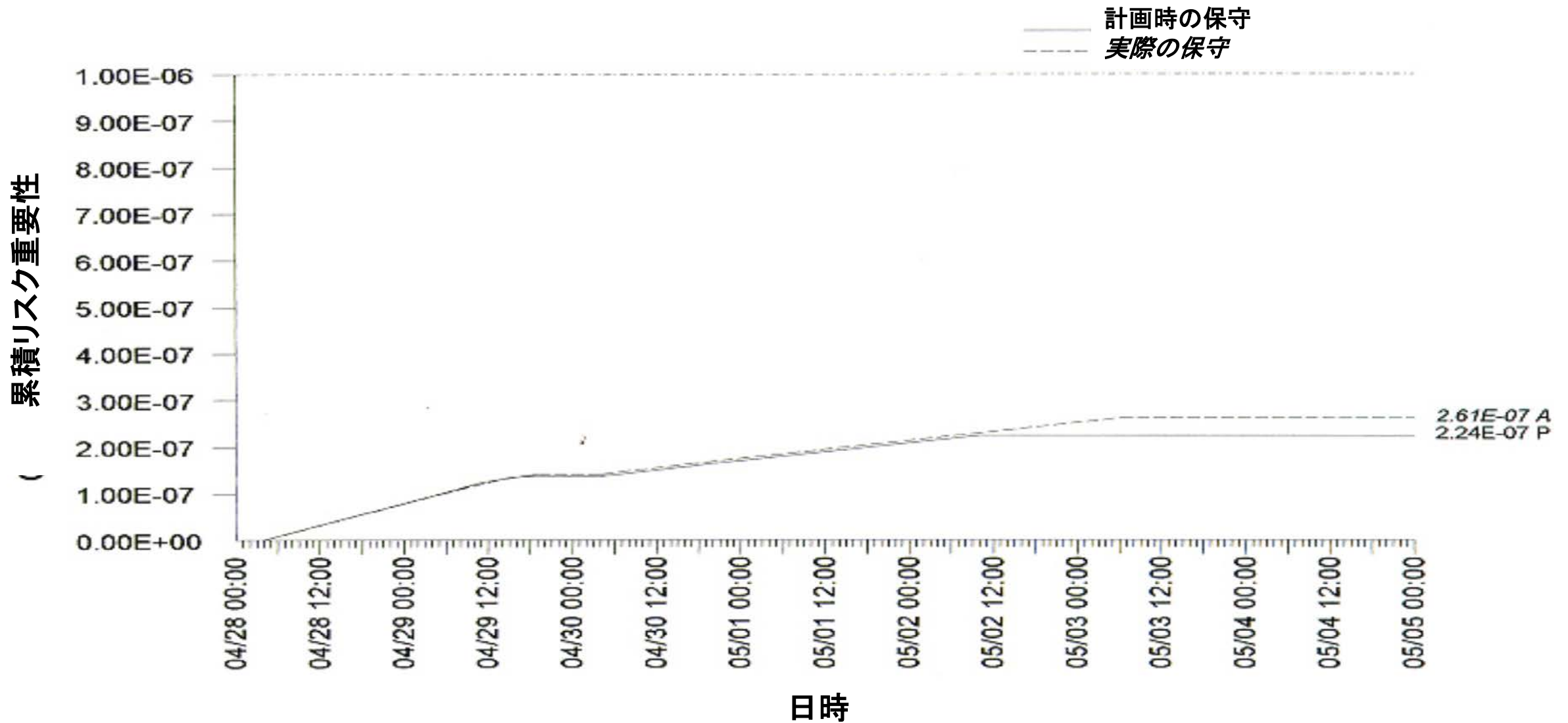
1号機の計画時のリスクプロファイル(2001年4月27日の週)



1号機の実際のリスクプロファイル(2001年4月27日の週)

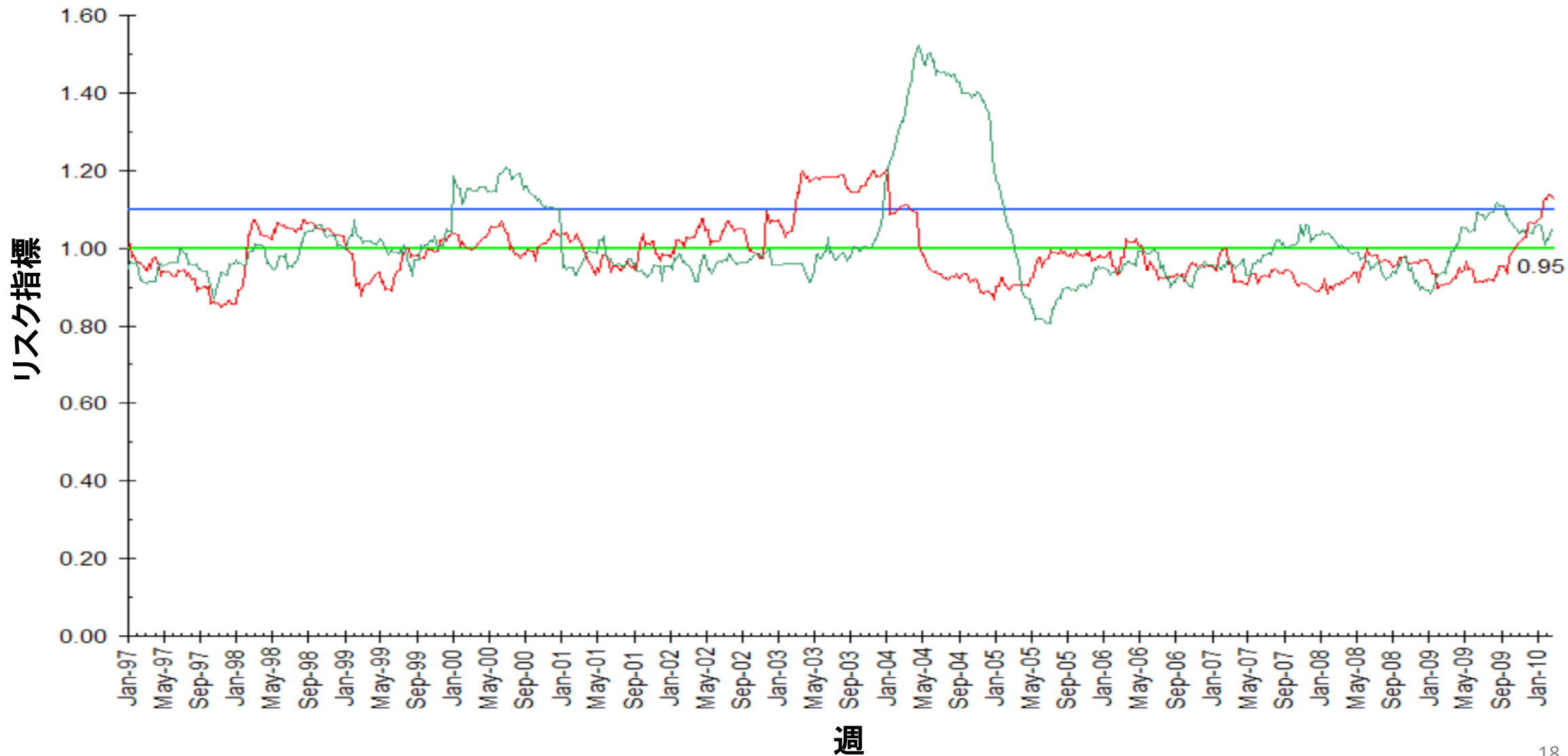


1号機の実際のリスクプロファイル(2001年4月27日の週)



52週リスク指標の移動平均

Average CDF RI goal Unit 1 Risk Index Unit 2 Risk Index



運転上のリスクマネジメントの 技術的な確立

NRRC Workshop on

Risk-Informed Decision Making: A Survey of U.S. Experience

Tokyo, Japan, June 1-2, 2017



リスクインサイトを運転に組み込むための必須要素

- 安全向上及び継続的改善に向けた、企業のリスク解析及びリスクマネジメントの策定及び利用への取組みを確立する企業側のリスクマネジメントとPRAの実施方針
- 発電所の設備や運用の現状を反映したPRA
- PRAのデータ及び情報を分類し、そのPRAデータ及び情報に影響を与える社内業務と連携させるプロセス
- リスクからの知見導出とその社内業務への反映を行う職権と専門的な知識を持った職員
- 期待事項の定義付け及び監視に、管理職が直接関与すること
- 精通しているリスク従事者がサイトに継続的に存在すること
- 経験豊富で精通している専門家の指導及び教育業務への活用



サマリー

- リスクインサイト(リスクに関する知見や考察)を運転上のリスクマネジメントに組み込むことは、文書化され伝達された期待事項、目標、目的及び割り当てられたオーナーシップが必要となるプロセスである
- このプロセスには、企業全体の関与が不可欠である
- 企業のミッションに組み込まなければならない
- 継続的な学習への取組みが不可欠である
- このプロセスには、リスクインサイト、リスクの理解、訓練及びリスク定量化を網羅するコミュニケーション計画がなければならない
- 上記は全て、全職員及び契約業者の全職員による遵守が義務付けられるプラント手順書、プロセス及びガイドラインの中に反映されるものである



バックアップスライド

NRRC Workshop on

Risk-Informed Decision Making: A Survey of U.S. Experience

Tokyo, Japan, June 1-2, 2017



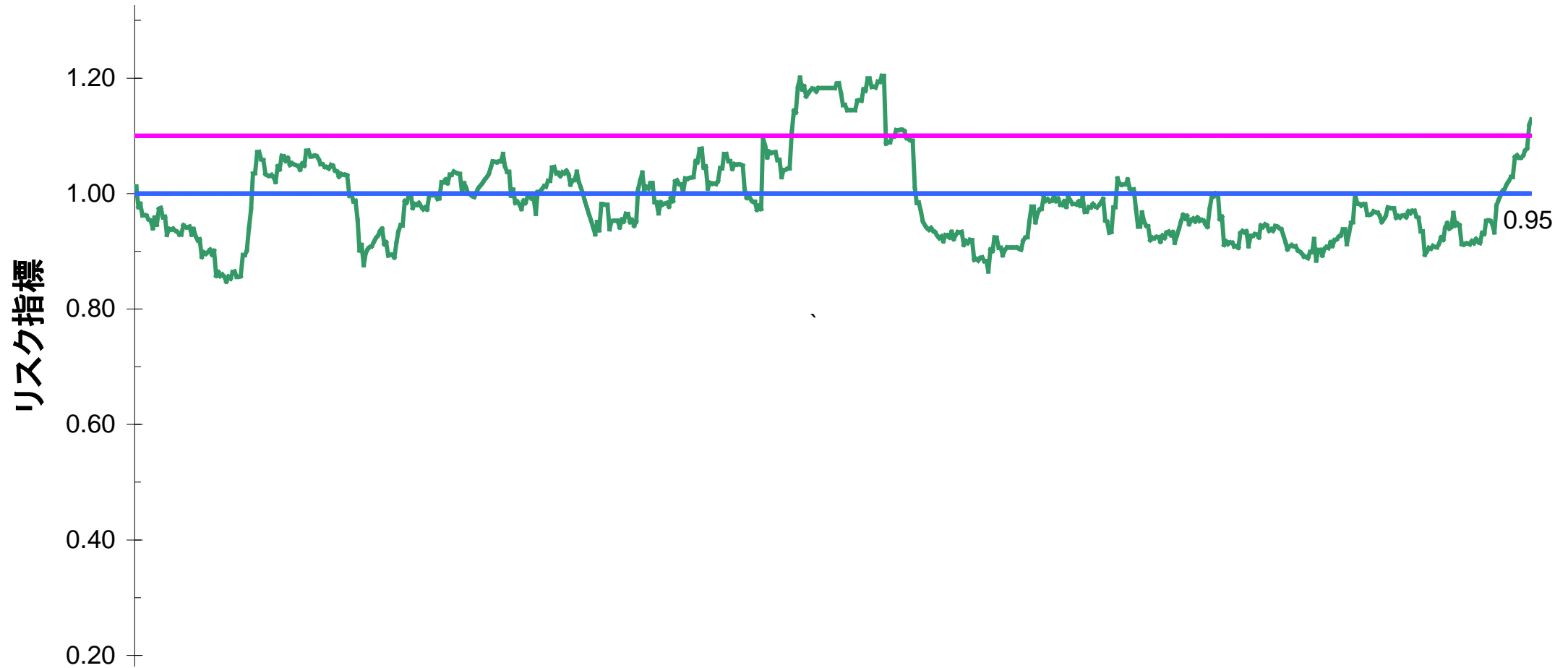
リスク情報を活用したパフォーマンス指標 (PI) の例：
サウス・テキサス・プロジェクト (STP) のリスク指標

リスク指標の概観

- STPのリスク指標は原子力安全パフォーマンスを示す極めて高度な目安である
 - このリスク指標は実際のリスクと予想される(平均)リスクの比である
 - PRAは通常、年間リスク(即ち、CDF)について計算されるため、STP PRAは、予定される週次リスクと実際の週次リスクについてリスク計算を行う
 - このリスク指標は、年間平均リスクとは対照的に、「実際の」系統構成の移動平均による52週平均リスクである
- リスク指標の値は、運転状態及び停止状態の両方について計算される
 - 運転中の系統構成リスクの場合は、リスク指標は、リスクモニタリングソフトウェアが算出する実際の系統リスクと、予想される年間平均リスクの比になる
 - 停止状態の系統構成リスクの場合は、リスク指標は、停止状態の実際の系統構成リスクと、停止時のリスクモニタリングソフトウェアが算出する、停止時の予想される系統構成リスクの比になる
- リスク指標は、作業週ごとに計算される
 - 月曜日の午前零時に開始
 - 翌週月曜日の午前零時に終了
- 1号機と2号機のリスク指標の平均値は、パフォーマンス指標(PI)に用いられる
- リスク指標は、供用期間中または供用外の機器のリスクの変化を示すものになり、機器信頼性及び、系統構成リスクマネジメントプログラムに含まれる機器、(即ち、PRAの範囲に含まれる機器)の利用可能性に関連する、プラントのプロセス、活動、相互作用及び挙動に対する組織全体の努力を反映するものになる

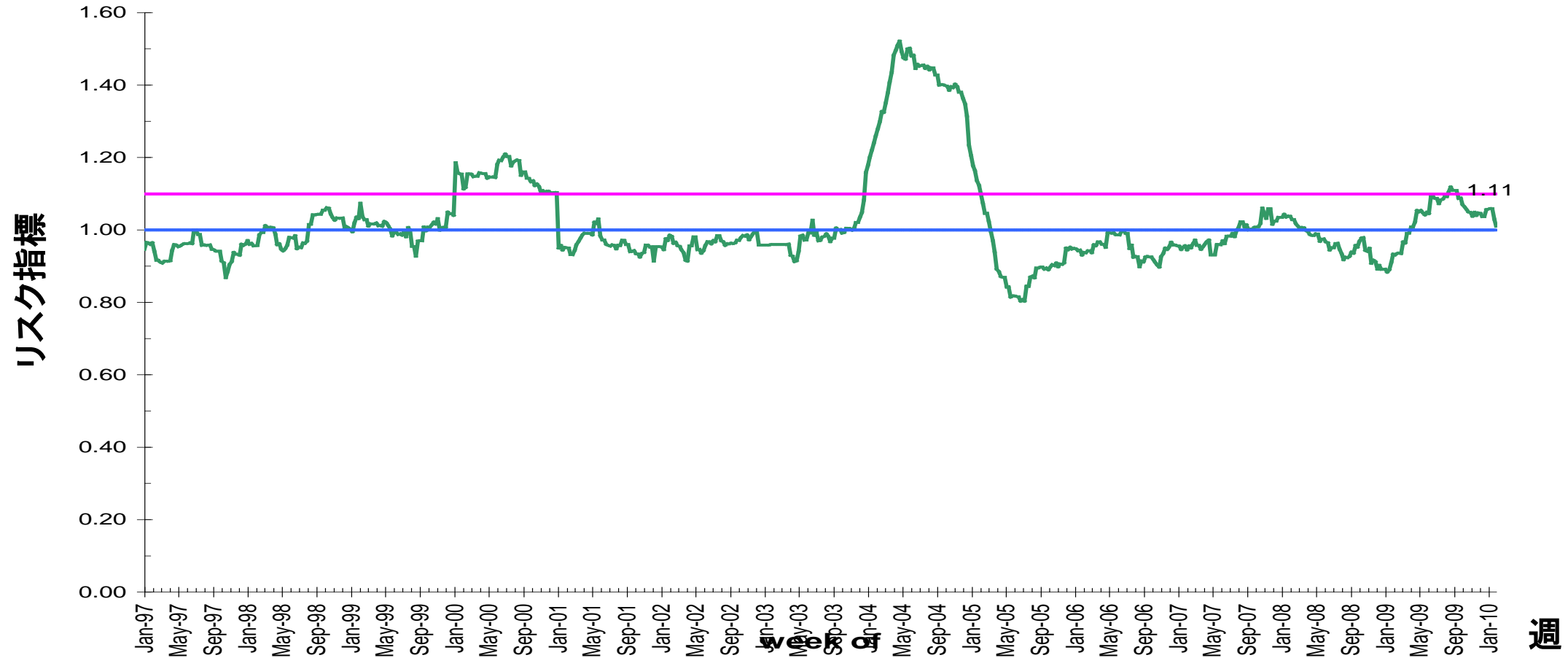


過去のパフォーマンス(1号機)



過去のパフォーマンス(2号機)

2号機の52週の移動平均のRI



運転中のリスク指標の計算

RA_sCal による 運転中のリスクの計算

各作業週の STP 1 号機の運転中のリスク、RA_sCal Weekly Risk Index、 R_U^W は、以下の式で求められる

$$R_U^W = A_U^W \frac{(ICDP_U^W + ZCDP^W)}{C_A}$$

この時、

U 下付き文字は、STP のユニット（1 号機または 2 号機）を表す

W 任意の連続上付き文字は、最初の記録（即ち、第一週の計算値）から続く作業週を表す

A_U^W は、作業週中に原子炉が臨界状態になる該当するユニットの時間比

$ICDP_U^W$ は、当該機の、適用される作業週（日曜日の午前零時から翌週日曜日の午前零時まで）の、RA_sCal で計算される炉心損傷確率増分

C_A は、以下について補正されるプラント固有の STP PRA の平均年間 CDF (C)

- 週数
- 1 年間のプラントの稼働率
-

この時、

$$C_A = C \left(\frac{168}{8760} \right) \left(\frac{1}{f} \right)$$

及び f は、PRA の平均モデルで想定される稼働率



運転中のリスク指標計算

平均年間 CDF(C_A)は、STP の両基に適用される(1号機と2号機間に平均 CDF の差はない)ことに留意すること

$ZCDP^W$ は、作業週で補正される、保守なし CDF (ZCDF)
(即ち、計画される保守寄与割合が除外される)

保守なしリスクも、平均リスク(C_A)と同様に、STP の両基で同じ値である

$$ZCDP^W = ZCDF\left(\frac{168}{8760}\right)$$



停止時のリスク指標計算

停止時のリスク

$ORAM_U^W$ は、停止時の実際のリスク指標(停止状態の実際のリスクと停止状態の予定されるリスクの比)である

$$ORAM_U^w = \frac{AORAM_U^W}{PORAM_U^W} (1 - A_U^W),$$

この時、

- $AORAM$ は、リスク解析員 (Risk Analyst) が提供する $ORAM$ (ENTRY FORM 1) から計算される停止時の実際のリスクであり、
- $PORAM_U^W$ は、リスク解析員が提供する $ORAM$ (ENTRY FORM 1) から計算される停止時の予定されるリスクである

週の総リスク

該当するプラントが燃料取り出しを行わない(即ち、プラントがモード 1、2、3、4、5 または 6 のいずれかになる) 週を通じた、週の総リスク指標(I_U^W)は、以下の式で求められる

$$I_U^W = [A_U^W R_U^W + (1 - A_U^W) ORAM_U^W].$$



最終リスク指標の計算

リスク指標

各基について、燃料取り出しウィンドウを除いた(適宜、燃料取り出しウィンドウを除く = Y)、週の総リスクの52週平均展開を求める。このリスク指標は、2基の平均展開リスク指標の平均値になる

$$I = \frac{\bar{I}_1^W + \bar{I}_2^W}{2}$$

