

# 火災防護に関する米国の検査事項事例を用いた安全重要度評価ガイド（試運用版）の試行

Application of guide (trial operation version) about Significance Determination Process (SDP) for inspection findings about fire protection in United States

三菱総合研究所  
三菱総合研究所

江藤 淳二  
中島 清

Junji ETOH  
Kiyoshi NAKAJIMA

Member  
NON - Member

## Abstract

Preparations related to details of forming the inspection system and trials Phase1 and Phase 2 will be implemented for the full startup in 2020. As the problems obtained in the trial operation, the lack of understanding for the risk-informed / performance-based inspection and the screening of the findings became apparent. Therefore, in this paper, with the aim of contributing to the development of the market price for evaluation, we conducted a trial of Significance Determination Process (SDP) using the US inspection findings on fire protection.

**Keywords:** findings, Significance Determination Process, fire protection, risk-informed, performance-based

## 1. 諸言

原子力規制委員会において、米国の原子炉監督プロセス（Reactor Oversight Process : ROP）を参考にした検査制度の見直し（新検査制度）が進められており、2020年4月からの実運用開始に向けて、2018年10月より試運用フェーズ1が開始された。2019年4月から試運用フェーズ2が開始され、フェーズ2では重要度評価プロセス（Significance Determination Process : SDP）及び総合判定の試行が予定されている<sup>1)</sup>。新検査制度の試運用フェーズ1(2018年度)で得られた課題として、

- リスクインフォームド/パフォーマンスベースの検査に対する理解不足
- 気付き事項のスクリーニングにおける取扱いの差異（軽微/軽微を超える）

などが挙げられている<sup>2)</sup>。したがって、米国における過去の指摘事項を分析することで、リスクインフォームド/パフォーマンスベースの検査に対する理解、気付き事項のスクリーニングにおける取扱いの相場観を養うことが重要である。

そこで、本稿では、評価に係る相場観を養うことに資することを目的として、火災防護に関する米国の検査指摘事項事例を用いて、検査気付き事項のスクリーニングに関するガイド（試運用版）及び原子力規制検査にお

る個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド（試運用版）による評価を試行する。具体的には、検査気付き事項のスクリーニング及び検査指摘事項に関する安全重要度評価に関するガイドについて概説し、米国 Farley 原子力発電所の火災防護に関する指摘事項に対して、米国 NRC の検査報告書を参考として、試運用版による評価を実施する。

## 2. 検査気付き事項のスクリーニング

### 2.1 検査気付き事項のスクリーニングフロー<sup>3)</sup>

検査気付き事項のスクリーニングに関するガイドには、検査気付き事項から指摘事項を抽出し、指摘事項の重要度評価に繋げるための基本的な考え方及び進め方がまとめられている。気付き事項から指摘事項を抽出するスクリーニングフローを Figure1 に示す。

#### ➤ パフォーマンス欠陥；

事業者が原子力安全を維持、確保するために企図した活動をその企図に即して実施できていない状態、すなわち、事業者が規制要求又は自主基準を満足することに失敗している状態であって、その失敗が合理的に予測可能であり、予防する措置を講ずることが可能であったもの。

設備等に機能劣化が見られる場合には、その直接的な原因となっている事業者の活動の問題点（例えば、設備等の性能の管理値を下回っている状態が放置されていた場合には、対応する点検の不備）を指す。

➤ **検査気付き事項；**

事業者の活動状況の監視により、原子力安全に関する活動の目的の達成状況が十分でない懸念される事項（スクリーニングにより検査指摘事項とするものも含む。）

➤ **検査指摘事項；**

事業者の活動状況の監視（=検査）により、原子力安全に関する活動について、その目的が十分に達成されておらず、安全な状態の維持に影響を与えていることが確認された事項。

➤ **機能劣化；**

原子力安全を維持、確保する機能に関わる設備やシステム等の状況が管理値を下回っている状態。

管理値とは、事業者が安全な状況を維持していくうえで設定しているものであり、一般的に規制要求を満足しているかどうかを判断するうえで、許認可等で確認されている値（設計確認値）から余裕をもって設定されているものをいう。そのため、機能劣化がある場合においても、必ずしも規制要求を満足していないわけではない。

また、対象となる状況としては、設備等の性能（容量、出力等）だけでなく、設備等の性能を発揮させるための運転員の操作が確実に行われるための要員が確保されているか、確実に操作されるよう手順等が明確にされているかなどの運用上の体制も含むものである。

のとする。なお、パフォーマンス欠陥ではないとしても、新知見等として事業者活動の改善が望まれるものについては、事業者の改善措置活動のなかで考慮されていることを確認して、対応を終了する。

- 検査気付き事項に関連する事業者の活動について、原子力安全を維持、確保するために企図している内容を確認し、その企図に即して実施できているか。
- 原子力安全の維持、確保の観点から、事業者が企図している内容が、規制要求に対して十分なものになっているか。この判断に当たっては、論点となる規制要求事項に対する許認可上の取扱い状況を確認し、関連する民間規格等も必要に応じて確認するとともに、必要に応じて原子力規制委員会において専門的知見を有する職員に見解を聴取する。
- 検査気付き事項として懸念される状況はこれまでの経験や知見（共有が図られている他事業者からの情報を含む。）から事業者が予測でき、予防する措置を講ずることができるものであったか、また、その発生は防止すべきものであったか。
- あらかじめ決められた方法や計画どおりではないにしても、事業者が規制要求を許容可能な方法で満たしているかなど、企図した活動がその企図に即して実施されているか。

### 2.3 パフォーマンスの欠陥が軽微を超える（検査指摘事項とすかどうか）かどうかを判断

機能劣化の程度を以下の観点から整理し、有意な機能劣化があると判断される場合は、そのパフォーマンス欠陥を検査指摘事項として重要度評価のプロセスに移行する。検査指摘事項とはしないものにあっても、事業者においては予防処置等の観点で対応を検討することから、事業者の改善措置活動のなかで考慮されていることを確認し、軽微として分類され対応を終了する。また、検査指摘事項について、当該指摘事項と劣化状態又はプログラムの弱点の論理的な結びつきを文書化すると共に、スクリーニングにおける判断された根拠について文書化する。

- パフォーマンス欠陥は、原子力規制検査における監視領域（小分類）の属性の一つに関連付けられ、また、そのパフォーマンス欠陥は関連する監視領域（小分類）の目的に悪影響を及ぼしたか。
- パフォーマンス欠陥は、事故等の防止の機能の一部が喪失するなどの安全上重大な事象につながる可能

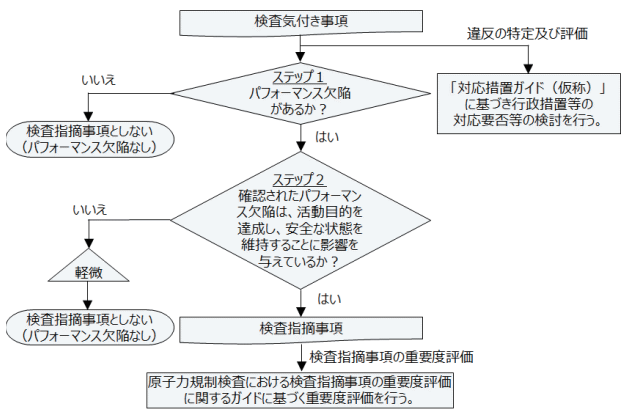


Figure.1 気付き事項から指摘事項を抽出するスクリーニングフロー

### 2.2 パフォーマンス欠陥の有無の判断

検査気付き事項として懸念される状況にパフォーマンス欠陥があるかどうかを以下の観点から調査・分析し、パフォーマンス欠陥がある場合には、次の工程に進むも

性が考えられるか。

- 確認されたパフォーマンス欠陥が是正されないままであれば、もっと安全上重大な問題をもたらす可能性はあるか。
- パフォーマンスの欠陥は安全実績指標（PI）に関係し、その安全実績指標（PI）のしきい値を超える原因となるものか。

#### 【監視領域（小分類）の目的】

- 原子力施設安全—発生防止  
出力運転時及び停止時において、プラントの安定性に支障を及ぼし、重要な安全機能に問題を生じさせる事象の発生を抑制すること。
- 原子力施設安全—拡大防止・影響緩和  
望ましくない結果（すなわち、炉心損傷）を防止するために起因事象に対応する系統、設備の可用性、信頼性及び機能性を確保すること。
- 原子力施設安全—閉じ込めの維持  
物理的設計バリア（燃料被覆管、原子炉冷却系及び格納容器）が公衆を事故又は事象による放射性核種の放出から守ることについて合理的な保証をもたらすこと。
- 原子力施設安全—重大事故等対処及び大規模損壊対処  
重大事故等及び大規模な損壊に対処するための事業者の体制及び設備が適切に整備され、使用する設備の可用性、信頼性及び機能性を確保すること。
- 放射線安全—公衆に対する放射線安全  
通常の商用原子炉の運転の結果として公衆の区域へ放出される放射性物資の被ばくから公衆の健康と安全を適切に守ることを確保すること。
- 放射線安全—従業員に対する放射線安全  
通常の商用原子炉の運転における放射性物資による被ばくから従業員の健康と安全を適切に守ることを確保すること。
- 核物質防護（未公表）

### 3. 検査指摘事項に関する安全重要度評価<sup>[4]</sup>

#### 3.1 監視領域（小分類）の特定

当該指摘事項に基づく劣化状態又はプログラムのな弱点により影響を受けた監視領域（小分類）を特定する。また、すべての特定した監視領域（小分類）のレビューを行い、どの監視領域（小分類）が劣化状態あるいはプログラムのな弱点による影響を受けたのかを確認する。

#### 3.2 適用する安全重要度評価ガイドの選定

複数の監視領域（小分類）が影響を受け、複数の安全重要度評価手法へのルートが示されている場合、検査官は、状況に対する合理的な判断に基づき、適用する1つの安全重要度評価手法を確認すべきである。複数の監視領域（小分類）が影響を受けたが、1つの安全重要度評価手法へのルートしか示されない場合、検査官および管理者は、状況に対する合理的な判断に基づいて初期に1つの監視領域（小分類）を特定すべきである。当該指摘事項が詳細なリスク評価につながる場合、検査官、リスク評価者、および管理者は、各監視領域（小分類）が合計のリスク評価に寄与した程度に基づいて、特定された監視領域（小分類）の再評価を行なうべきである。

### 4. 火災防護に関する安全重要度評価

火災防護重要度決定プロセス（SDP）は、火災防護の深層防護（DID）要素の目標を満たした事業者のパフォーマンスに関わる検査指摘事項のリスク重要度を推定する一連の定性的、定量的解析 Step である。以下が火災防護 DID 要素である：

- 火災の発生を防止する。
- 火災を早期に感知して速やかに消火する。
- 消火活動により、速やかに鎮火しない事態においても、原子炉の高温停止及び低温停止の機能が確保されるように、当該安全機能を有する構築物、系統及び機器（SSC）を防護する。

火災防護 SDP のフェーズ 1 は、主に定性的である。フェーズ 1 では火災指摘事項の初期の特徴づけを実施し、非常に低いリスク重要度（緑）の可能性のある火災指摘事項を選別する。フェーズ 1 のスクリーニング結果が緑以下でない場合、評価プロセスはフェーズ 2 へと続く。

火災防護 SDP のフェーズ 2 は定量的で、典型的な火

災確率論的リスク評価（PRA）の簡易化した手法とアプローチに基づく。火災防護 SDP の一般方針は、必要以上の保守性を避ける一方、偽陰性のある指摘事項の潜在可能性を最小限にすることである。指摘事項に係る劣化状態の期間（または曝露時間）は解析の全段階で考慮するが、対応がなされた補償措置もフェーズ2 で考慮される。

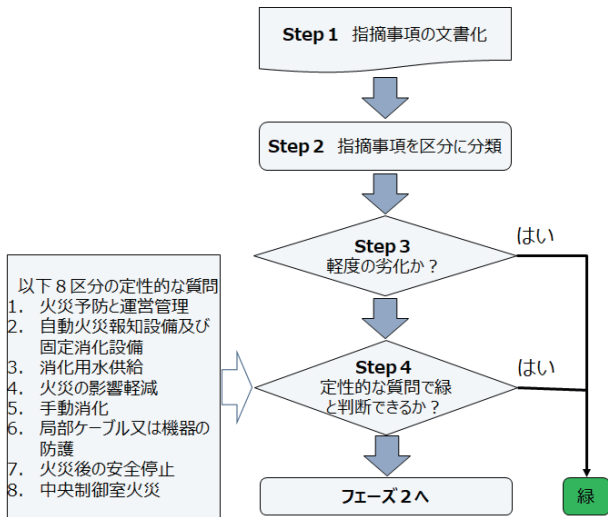


Figure.2 気づき事項から指摘事項を抽出するスクリーニングフロー

火災防護 SDP のフェーズ1 は4段階で構成される。

- ① 火災指摘事項はまず特徴づけられる (Step1)。
- ② 劣化が見つかった火災防護プログラム要素に基づき区分化される (Step2)。
- ③ そして火災指摘事項は劣化格付けが低いものであるか判定評価され、劣化格付けの低い火災指摘事項は緑に選別される (Step3)。
- ④ 火災指摘事項の劣化格付けが低くない場合は、次のStep (Step4) において、Step2 で指定された指摘事項区分に基づき一連の定性的質問を用いてこの指摘事項の選別を行う。

#### 4.1 指摘事項を区分に分類

劣化が見つかった火災防護プログラム要素に基づき指摘事項を区分に分類する。指摘事項の区分と各区分において適用される要素を Table 1 に示す。火災指摘事項は8つの区分の内最も適した指摘事項区分1つに分類する。

Table 1 指摘事項の区分分類

指摘事項の区分	各区分において適用される要素
1. 火災予防と運営管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 施設の可燃性材料を管理するプログラム</li> <li>● 作業許可に関するプログラム等、その他運営に関するプログラム</li> <li>● 高温作業時における火災監視</li> <li>● 定期的な火災監視</li> <li>● 防火訓練等の訓練プログラム</li> </ul>
2. 自動火災報知設備及び固定 소화設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 自動火災検出システム</li> <li>● 火災消火システム（自動又は固定）</li> <li>● 自動火災防護システムの停止や代替措置として取り付けられた火災報知器</li> </ul>
3. 消化用水供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 消火ポンプ</li> <li>● 構内の配管</li> <li>● 水源</li> </ul>
4. 火災の影響軽減	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 火災区域と他の火災区域を隔離する火災障壁</li> <li>● 貫通部シール</li> <li>● ウォーターカーテン</li> <li>● 火災又は煙ダンパー</li> <li>● 防火扉</li> <li>● 空間的な隔離等</li> </ul>
5. 手動消化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 消防ホース、消火器</li> <li>● 火災事前計画</li> </ul>
6. 局部ケーブル又は機器の防護	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ケーブル、トレイ、機器の火災・熱防護用の物理障壁</li> <li>● ケーブルの防火シート等</li> <li>● 機器・ケーブル防護用の放射熱遮へい</li> </ul>
7. 火災後の安全停止	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 火災後の安全停止に必要なとされるシステム、機能</li> <li>● 火災後の施設応答手順</li> <li>● 火災後の運転員の操作</li> <li>● 回路故障モードの影響（誤作動など）</li> </ul>
8. 中央制御室火災	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 中央制御室内の火災で、居住性、機器、運転に影響</li> </ul>

#### 4.2 火災指摘事項の劣化格付け

劣化格付け指針（原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド（試運用版）の付属書 5 火災防護に関する安全重要度評価ガイドの添付 2 参照）を用いて、火災指摘事項に対し低い劣化格付けができるか判定する。また、その劣化格付けに至った根拠を説明する。当該指摘事項が「低い」劣化の格付けと判定された場合には、緑に選別する。

劣化格付け指針は、様々な火災検査の指摘事項に対する低または高の劣化格付けを割り当てるためのものである。劣化格付け指針は、指摘事項区分のほとんどに指定される。など、本指針は、可能性のある全ての種類の劣化を完全にリスト化したものではない。

#### 4.3 定性的なスクリーニング質問

4.1 節で分類された火災指摘事項区分に該当するサブセクションに進み、スクリーニング質問に回答し、この指摘事項がリスク重要度の非常に低いもの（緑）である



かを判定する（原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド（試運用版）の付属書 5 火災防護に関する安全重要度評価ガイドの添付 1 参照）。

8 つの指摘事項区分ごとにスクリーニング質問が設定しており、指定された火災指摘事項区分にあるスクリーニング質問を用いて、指摘事項を評価する。質問が適用されない場合、その質問を飛ばし、同じ指摘事項区分の次の質問に進む。

**Table 2 火災指摘事項区分と定性的な質問数**

サブセクション	質問数
1. 火災予防と運営管理	2
2. 固定火災防護システム	1
3. 消火用水供給	1
4. 火災閉じ込め	6
5. 手動消火作業	4
6. 局部ケーブルまたは機器の防護	2
7. 火災後の安全停止	3
8. 中央制御室火災	3

## 5 米国事例による評価の試行<sup>5)</sup>

### 5.1 事象の概要

NRC の検査チームは、火災対応手順である代替安全停止機能の実行において、プラント職員を支援する非常用照明の妥当性を検討した。チームは文書を検査して、非常用照明器具がライセンス基準に沿って適切に利用可能かどうかを判断した。また、照明が適切な容量で維持され、許認可要件を満たしていることを確認するために、非常用照明の保守記録および試験記録を確認した。その結果、Farley Unit 2 において、操作手順書が設置されている区域に非常用照明がすべて設置されていないという許認可要件に対する違反を特定した。

具体的には、火災後の安全停止の際に、RCP の交流電源（4160 ボルト）の遮断器をトリップするためにオペレータの手動操作を必要とする RCP 開閉装置の前面パネルを照らすための非常用照明がトレイン A 開閉装置室に設置されていなかった。火災が発生した場合の安全停止操作において、2 号機ケーブル敷設室では、すべての RCP を現場でトリップするように指定されている。このステップを実行するために、オペレータはブレーカ扉を開く

こと、機械式インジケータの観察によりブレーカが開いていることを確認すること、DC 制御電源のブレーカを開くこと、ヒューズブロックを引いて反転させ、交換することが要求される。

チームは、通常の照明が失われた場合、これらの措置は実行不可能であると判断した。また、利用可能な非常用照明がなかった。8 時間のバッテリーパックを備えた非常用照明ユニットの設置義務違反と判断した。

以上の米国事象を対象に、検査気付き事項のスクリーニングに関するガイド（試運用版）及び原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド（試運用版）による評価を試行した。

### 5.2 指摘事項の分析結果

#### ➤ パフォーマンス欠陥（第 2.2 節参照）

許認可要件である 8 時間のバッテリーパックを備えた非常用照明ユニットが設置されておらず、これらは巡視点検などで確認可能であり、予防措置を講ずることも可能であったと考えられることから、パフォーマンス欠陥と判断される。

#### ➤ 軽微を超えるか（第 2.3 節参照）

パフォーマンス結果は、望ましくない結果（すなわち、炉心損傷）を防止するために起因事象に対応する系統、設備の可用性、信頼性及び機能性を確保することに影響を及ぼすと考えられ、監視領域（拡大防止・影響緩和）の目的に悪影響を及ぼすことから、軽微を超えると判断される。具体的には、原子炉の安全停止を達成し維持するために必要な現場のオペレータの操作を実行する能力に悪影響を及ぼすと考えらえる。

#### ➤ 安全重要度の評価（第 4 章参照）

監視領域（小分類）は、上述の通り拡大防止・影響緩和が該当し、安全重要度評価ガイドは、火災防護が選定される。

以下の点から、評価結果は緑と判断される。ケーブル敷設室で火災が発生した場合、作業員は懐中電灯を使用して作業を完了する可能性が高く、作業員は現地での作業を行いながら作業を進めるよう指示されているため、チームの安全性の重要性は非常に低いと判断した。

①当該指摘事項は、火災後の安全停止に関する火災指摘事項の区分に分類される。

②劣化格付け指針による火災指摘事項の劣化格付けでは、許認可要件である 8 時間のバッテリーパックを備えた非常用照明ユニットが設置されていなかったことから、火災後安全停止の「高劣化」と判定される。

③火災指摘事項区分に該当する定性的なスクリーニング質問では、火災後の安全停止の「非常用照明に関わる指摘事項に関し、運転員が必要な緊急/復旧措置を実施するための代わりとなる照明（フラッシュライトなど）を持っているか？」の質問に該当し、「緑」に選別される。

## 6 まとめ

新検査制度は、原子力安全に取り組む第一義的な責任を有する事業者が、自主的かつ継続的な安全性確保に取り組む、それを規制機関が適切であることを確認する制度である。より具体的には、規制機関は現行の規制により達成される安全水準と個別プラントの状態を比較（パフォーマンススペース）することで乖離を把握しつつ、リスク情報を活用して事業者の活動を監督・評価（オーバーサイト）する制度である。また、規制機関による監視・評価の結果については、例えば米国 NRC では HP で検査報告書等として情報開示がなされており、信頼性、透明性確保のための仕組みが組み込まれている。

我が国における継続的な安全性向上の基盤として、新検査制度が導入されることで、福島第一原子力発電所事故（以降、1F）のような重大な事故を再び起こさないとの強い決意の下、安全神話に陥ることなく、不断に原子力の安全性向上が図られると共に、事業者による自主的安全性向上の不断の努力が規制機関、第三者機関等によって監督・評価されることで、透明性・信頼性が確保され、1F 事故により原子力利用に対して失われてしまった社会の信頼を取り戻すことに繋がることを期待される。

規制機関と事業者は立場と役割は異なるが、1F 事故のような重大な事故を再び起こさないとの実質の原子力安全を目指すことに関しては共通の目的を有している。したがって、我が国における継続的な安全性向上の基盤として、新検査制度を定着させるためには、米国における過去の指摘事項を分析することで、リスクインフォーム

ド/パフォーマンススペースの検査に対する理解、気付き事項のスクリーニングにおける取り扱いの相場観を養い、規制機関と事業者の間で互いの姿勢や努力を尊重し合う関係を構築していくことが重要である。

## 参考文献

- [1] 検査制度の見直しに関する検討チーム、第 25 回 WG 検査制度の見直しに関する WG 平成 31 年 03 月 25 日（原子力規制委員会）  
資料 5-4 試運用フェーズ 2 について  
[http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/ke/nsaseido\\_minaoshi/00000060.html](http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/ke/nsaseido_minaoshi/00000060.html)
- [2] 検査制度の見直しに関する検討チーム、第 23 回 WG 検査制度の見直しに関する WG 平成 30 年 12 月 17 日（原子力規制委員会）  
資料 1 原子力規制検査の試運用の実施状況とそのフィードバックについて  
[http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/ke/nsaseido\\_minaoshi/00000057.html](http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/ke/nsaseido_minaoshi/00000057.html)
- [3] 検査制度の見直しに関する検討チーム、第 24 回 WG 検査制度の見直しに関する WG 平成 31 年 03 月 04 日（原子力規制委員会）  
資料 1-2 検査気付き事項のスクリーニングに関するガイド試運用版 Rev1  
[http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/ke/nsaseido\\_minaoshi/00000059.html](http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/ke/nsaseido_minaoshi/00000059.html)
- [4] 検査制度の見直しに関する検討チーム、第 22 回 WG 検査制度の見直しに関する WG 平成 30 年 11 月 26 日（原子力規制委員会）  
参考資料 1 原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド試運用版 r01  
[http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/ke/nsaseido\\_minaoshi/00000056.html](http://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/ke/nsaseido_minaoshi/00000056.html)
- [5] NRC inspection report, JOSEPH M. FARLEY NUCLEAR PLANT – NRC TRIENNIAL FIRE PROTECTION INSPECTION REPORT 05000348/2008006 AND 05000364/2008006, May 13, 2008