# IAEA,OECD/NEA,JNES主催による 深部地震動観測国際ワークショップ報告

新潟工科大学 原子力耐震·構造研究センター 第5回 原子力耐震安全研究委員会

> 平成25年3月27日 独立行政法人原子力安全基盤機構



# 1. 第1回ワークショップの背景

### ■背景 <u>"2007年新潟県中越沖地震の経験"</u>

柏崎刈羽原子力発電所の建屋基礎版上で観測された地震動が旧指針の下で設定された設計 用地震動を大きく上回り、また各号機間で最大加速度振幅が2倍近く異なった。

- (1) 震源特性による影響
- (2) 柏崎刈羽サイトの地下深部の3次元的な不整形性による伝播特性による影響
- (3) 深部地盤(厚さ5-7kmに達する堆積岩層)による増幅特性による影響
- → JNESにおいて3次元地下構造モデルを構築して解析・検討を行った結果、震源特性の影響に加えて、サイト周辺の地下構造の影響が大きいという分析結果が得られた。

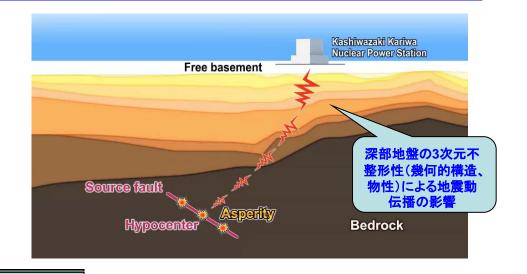
原子力発電所サイトの周辺における地震基盤から解放基盤までの3次元深部地盤構造 の詳細な把握が重要



深部地震動観測/深部地下構造調査



"柏崎深部地震動観測プロジェクト"



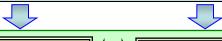
2010.11.24-26、第1回柏崎大深度地震動観測ワークショップ(WS)を開催



# 2. 第1回ワークショップの成果(リゾリューション)

#### 地震動評価

深部地盤(地質)構造、地震波速度構造、減衰特性、震源特性などのデータが必要



深部地震動観測



物理探查

など



深部地震動観測が困難な 国への対応策

・必要な調査と技術手法
・データの取り扱い法
・信頼性が高く簡便な手法の開発



【原子力発電所の設計用地震動への活用】

- ・深部地盤構造を考慮した地震動特性の把握
- •設計用地震動の活用方法

### 【第1回WSのリゾリューション】

- ①地震動評価における深部地震動観測と物理探査の重要性
  - 深部地下構造の地震動への影響度の把握
  - 一地震波伝播特性、サイト特性の評価体系の確立
- ②要求される方法や技術の開発
  - ー低コストで実施可能な簡易地下構造調査法の開発
- 一新しい観測技術(耐高温、高圧地震計や多連式地震計設置法など)の開発
- ③観測データの利用
  - 一実用化のための観測データの評価法と利用の共通認識
  - ー観測データの国際共有
- 4知見の共有
  - 観測システムや評価法
  - 一技術支援



# 3. 第2回ワークショップの目的



泊崎深部地震動観測プロジェクト

# 2007年新潟県中越沖地震 "柏崎深部地震動観測プロジェクト" 第1回WS開催とリゾリューション

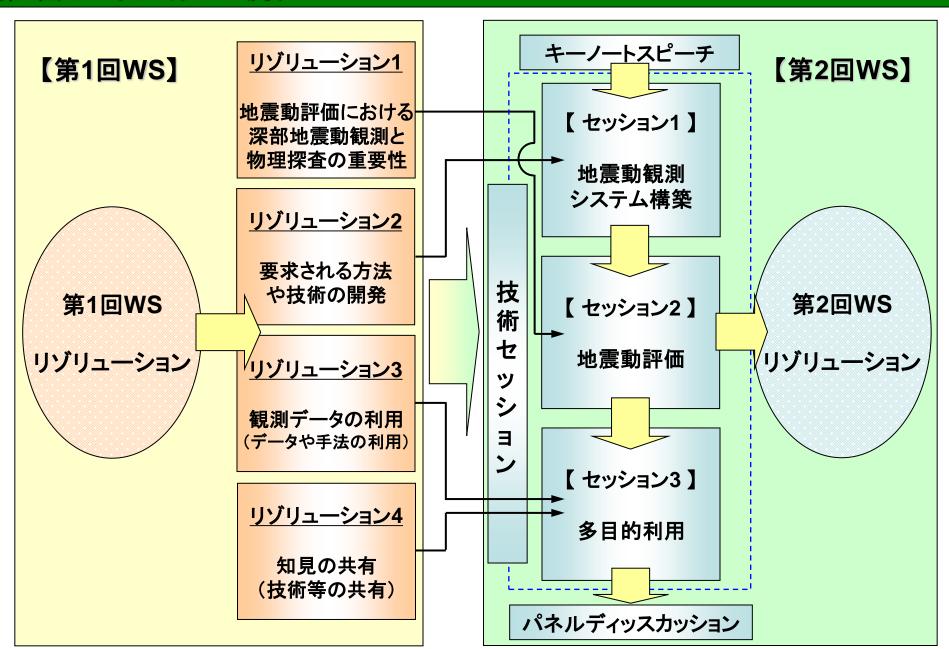
2011年東北地方太平洋沖地震

### 【第2回WS開催主旨】

- ①大深度地震動観測に関する第1回WSリゾリューションを展開・促進させるため、従来からのボーリング調査、地質調査、物理探査などに「深部地震動観測」を加えた総合調査法に基づく地震動評価の重要性を再認識する。
- ②地震動評価に必要な深部地震動観測法・物理探査法(ハード)、及びサイト特性評価法(ソフト)を確認するとともに、これらの観測技術・観測データの多目的な利用法について意見集約して、今後取り組むべき事項や技術課題を確認する。



# 4. 第2回ワークショップの流れ





# 5. プログラム

# 第2回 大深度地震動観測とその活用に関する 国際ワークショップ

日時:2012年11月7-10日 共催:JNES/IAEA/OECD 会場:新潟工科大学 原子力耐震・構造研究センター 協賛:新潟工科大学(NIIT)、東京電力(TEPCO)

7 Nov.(Wed)

Nov. (Thu)





11:00-12:30 事前会合と昼食会

13:00-17:00 オープニングセッション、特別講演、招待講演

17:10-17:55 記者会見

09:00-12:00 セッション1;深部地震動観測システムの開発

13:30-14:30 セッション1(続き)

14:40-17:20 セッション2: 地震動評価(耐震設計への応用)

08:30-12:10 セッション3:深部地震動観測技術とデータの多目的利用

13:30-15:30 パネルディスカッション

15:50-16:50 リゾリューション会議/原子力耐震・構造研究センター見学会

16:50-17:50 クロージングセッション

18:15-19:00 記者会見

08:30-12:00 テクニカルツアー:

海外参加者を対象とした東京電力 柏崎刈羽原子力発電所見学



ワークショップ参加者集合写真

| 参加者合計(参加国:8カ国)               | 79名(海外から14名) |
|------------------------------|--------------|
| フランス、ドイツ、スウェーデン、<br>トルコ、アメリカ | 各1名          |
| ニュージーランド                     | 2名           |
| ベトナム                         | 3名           |
| 日本                           | 65名          |
| 機関(IAEA)                     | 3名           |
| 機関(OECD/NEA)                 | 1名           |

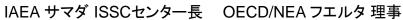
日英同時通訳、発表資料は英語



# 6. オープニングセッション及び特別講演、招待講演

# 【共催者挨拶及び協賛者挨拶】









JNES 蛯澤 理事



NIIT 長谷川 学長

# 【IAEA EBP WA1の紹介】

- ◆ IAEA EBP WA1の説明 福島(IAEA)
- ◆ IAEA EBP WA1におけるJNESの活動の説明 呉(JNES)

# 【WS趣旨説明:杉山主査】

# 【特別講演】



# 【招待講演】

- ◆ マルコ・ボンホフ (GFZ)「Borehole Seismology: Fundamentals and Applications」
- ◆ 入倉孝次郎 (京大名誉教授)「Seismic safety of nuclear power plants based on the lessons learned from the 2011 Tohoku earthquake J
- ◆ アイバス・グルピナ(Independent consultant)「Effective Use of Deep Underground Observation for NPP Seismic Hazard Analysis J



オープニングセッションの様子



# 7. 技術セッションの議論

### セッション1:深部地震動観測技術の開発 【発表数11件】

主査:佐藤(東京大学)、副主査:ボンホフ(ドイツ地質研究センター)

新しい観測技術(耐高温・高圧地震計や多連式地震計設置法など)の開発、GONAFやSAFOD等による海外における深部地震動観測プロジェクトの現状及び課題、低コストで実施可能な簡易地下構造調査法の開発等について発表があり、今後の方向性(地震動評価に向けた活用、技術の汎用的利用など)について議論された。



技術セッションの様子

### セッション2: 地震動評価(耐震設計への応用) 【発表数7件】

主査:ユーリン(アッパサラ大学)、副主査:司(構造計画研究所)

深部地盤における3次元地下構造や地震動の減衰特性の評価、サイト特性評価に関連した解析・評価法の現状と課題、ベトナムにおける地震動評価の現状について発表があり、今後の方向性(地下構造モデルの構築法の確立など)について議論された。



技術セッションの様子

### セッション3:深部地震動観測技術とデータの多目的利用 【発表数10件】

主査:グルピナ(コンサルタント)、副主査:中村(日本大学)

原子力新規立地国に向けた経済的・実用的な地下構造探査法の検討、深部地震動観測データのリアルタイム自動スクラムや早期地震警報への利用といった多目的利用について発表があり、今後の方向性(原子力施設の安全性確保等に向けた地震動観測技術やデータの国際的な活用など)について議論が行われた。



### 8. パネルディスカッションでの議論

杉山WS主査より、主な議題として下記の3点が取り上げられ、11名のパネリスト及び会場参加者により活発な議論が行われた。

# 1. 深部地震動観測の最近の技術の整理と今後の開発・克服すべき課題

高温・高圧(150°C、40MPa程度)環境下で利用することのできる、多連式地震計の開発と設置の実績、及び同環境下での観測機器設置時のトラブル例を通じて、その技術的難しさと現在の技術の到達点について共通認識し、今後の課題や活用法について議論した。



# 2. 経済的、実用的且つ信頼性のある地下構造調査 技術の開発

ベトナムにおけるニーズ等を踏まえ、安価且つ実用的な地下構造調査技術(地震動観測技術・探査技術)、ならびにそれら技術を原子力新規立地国も含めた原子力社会へ如何に適用していくかについて意見集約し、今後のあり方(方向性)について議論した。



パネルディスカッションの様子

# JNESが柏崎で実施しているプロジェクト名を今後「KAVAS(Kashiwazaki Vertical Array seismic motion monitoring System)」という略称にすることを提案し受け入れられた。

# 3. 深部地震動観測技術のハードウエア/ソフトウエアの国際的共有化と多目的利用法

地震基盤における経験的な地震動評価への利用、リアルタイム自動スクラムへの利用、早期地震警報への利用、及び地震予知に向けた利用法など深部地震動観測データの多目的な利用法と、これらデータの国際的な共有化について議論した。



# 9. ワークショップの成果(リゾリューション)

- (1) 大深度且つ多深度での地震動観測の重要性について合意を得るとともに、観測データの国際的な活用を推進。
- (2)経済的、実用的且つ信頼性のある地下構造調査技術の利用を推進し、それら調査技術を原子力新規立地国も含めた原子力社会へ適用。
- (3) 地震動評価における物理探査・地震動観測データによるサイト特性評価の重要性を認識し、それらに内在する不確かさの設定方法を検討。
- (4) 原子力施設の耐震安全性を向上させるため、深部地震動観測データをリアルタイム自動スクラム等へ活用することを提案し、今後これらの成果を国際的に利用していくことを奨励。
- (5) JNES柏崎耐震安全センター及び同施設における継続的な深部地震動観測の実施は、国際社会において重要であることを共通認識する。



# 10. 記者会見・新聞報道など





記者会見の様子





### 新聞報道

### 【新潟日報 平成24年11月7日】

制御棒システム研究 揺れる前に原子炉停止 地下3000m初期微動検知

#### 【新潟日報 平成24年11月8日】

地中で地震情報 安全性確保 原発への活用議論

### 【柏崎日報 平成24年11月8日】

原発の耐震 深部地震動観測活用へ 柏崎で国際ワークショップ 「揺れ到達前に停止」の研究も

### 【新潟日報 平成24年11月10日】

新潟工科大·観測システム 深部地震情報活用策を議論

### 【柏崎日報 平成24年11月10日】

深部地震動観測有効性を確認原発耐震の国際ワークショップ



# 11. 関連行事

- 1. 原子力耐震・構造研究センター施設見学 (11月9日午後) リゾリューション会議に出席していないWS参加者を対象に実施し、約20名が参加した。
  - ◆ 大型振動台による構造物・設備の機能限界試験
  - ◆ 3000m深部地震動観測システム
  - ◆ 3次元床免震システム
  - ◆ 原子力耐震アーカイブ(柴田文庫)

### 2.柏崎·刈羽原子力発電所視察(11月10日午前)

海外からのWS参加者を対象に、柏崎・刈羽原子力発電所サイト内 免震重要棟(緊急対策室)、耐震補強施設(排気塔など)の視察を実 施し、計14名が参加した。





大型振動台による構造物・設備の機能限界試験 3000m深部地震動観測システム



3次元床免震システム



原子力耐震アーカイブ(柴田文庫)



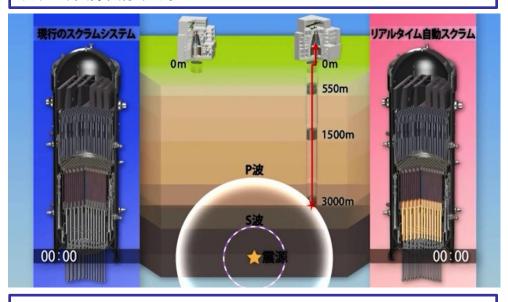
# 12. 技術セッションでの一例

# リアルタイム自動スクラムシステム の技術的成立性

#### く目的>

JNESでは、「深部鉛直アレー地震動観測システム」の3000m深部ボーリング内の地震計を活用し、「リアルタイム自動スクラムシステム」を整備すると共に、自然地震動及び人工地震動によってシステムの技術的成立性を検討する。

研究成果は、IAEA/ISSC-EBP深部ボーリング観測関連基準策定に 反映し、国際貢献する。

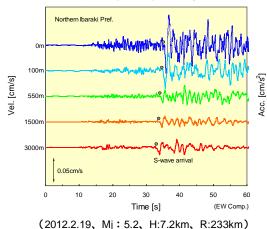


### <原理>

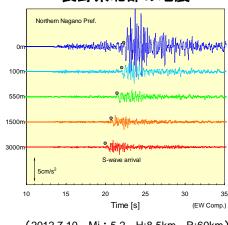
リアルタイム自動スクラムシステムは、深部地震計において、地震動 (P波)を検知し、原子炉建屋に主要動(S波)が到着する前に、制御棒を挿入させる。

# 3000m深部地震計で観測された地震動波形(例)

#### 茨城県北部の地震



#### 長野県北部の地震



(2012.7.10, Mj: 5.2, H:8.5km, R:60km)

# P波·S波走時の解析結果と観測結果の比較

