2013.9.6　第 7 回委員会用

地震工学会　耐津波工学調査委員会報告書「国際関係」の作成方針　(案)

安部　浩（JNES）

１．報告書での位置とタイトル

1 総説

1.1 委員会の目的
1.2　〃　設立の経緯
1.3　〃　の位置づけ
1.4　〃　における討議の要点
1.5　〃　活動の経緯
1.6 ~~国際関係・事故報告書等との関係~~　**国際的観点**（2013.7.1 幹事会での協議結果*）
1.7 本報告書の構成

＊本文では簡潔な記述とし、添付資料を充実させ、他の章からも引用できる構成とする。

２．作成方針

(1)本文要旨及び添付資料の構成

福島第一原子力発電所の放射能事故は十分な津波評価及び対策が行われていなかったために発生した。

原子力発電の安全性を根底から見直すとともに、耐津波工学を確立し

・国内で、これに沿った安全性評価と対策を確実に行うとともに
・国際社会に教訓として伝えること

が我々原子力当事者の責務である。

1) 各国原子力発電所の津波への対応　　[情報源]

-1 津波被害

インド　カルパッカム NPP　　[IAEA 津波シンポ他]　　添付１－１

-2 津波の想定と対応

中、韓、印、米、トルコ、パキスタン、・・

[IAEA　地震・津波国際専門家会議 IEM-3 (2012.9)]　添付１－２

(できれば一覧表に)

2) 世界の耐津波基準の現況と動向

-1 IAEA

・福島事故と津波への課題をどう見ているか：

福島事故調査報告　要旨　　添付２－１

地震／津波専門家会議　[IEM-3 (2012.9)] 要旨　　添付２－２

・津波関連基準類整備状況：

津波（ハザード）評価に関する安全ガイドは整備[SSG-18]されているが、耐津波設計、津波 PSA に関するガイドはない　添付２－３

前段階の安全報告書を準備中　添付２－４

-2 USNRC　他　津波／洪水安全規制ガイド　添付２－５

（できれば一覧表に）

-3 わが国　津波安全規制ガイド　〃

3) 世界から学ぶべき事項

例：IAEA のドライサイトの概念、米・欧の Flooding 対応

添付３－１

4) 世界への貢献

-1 IAEA 基準類に、本委員会の成果を反映

国際社会に国内の経験・知見を伝え反映願うには、IAEA の安全基準類に織り込むことが最も有効な方法と考えられる。IAEA 耐震プロジェクト ISSC EBP(国際耐震安全センター特別醵金プログラム)を通して、「耐津波設計・津波 PSA とその連携」と題する安全報告書（注）を、JNES、USNRC、日本電気協会が軸となって作成中であり、これに本委員会の検討成果要点を織り込んで行きたい。

添付４－１

(2)スケジュール

・要点説明　７回委（9 月 6 日）

・文案１次ドラフト　：2014 年 3 月末

以　上

- 添付１－２、２－２　材料 -

R3	2012.10.11	JNES 耐震安全部
	2013.9.6	津波関連を抜粋

福島第一原子力発電所事故に係る
IAEA 地震・津波国際専門家会議*（ＩＥＭ３）の結果

＊2012 年 9 月 4-7 日、於 IAEA 本部

◇概要

本会議は昨年７月の IAEA 原子力安全閣僚級会合で IAEA の重要な取組み項目と位置づけられている一連の専門家会議（※）のひとつで、本年１２月に予定されている郡山での IAEA・日本政府共催の原子力安全会議で成果が集約される。

※　IEM1（炉心・SFP；2012 年 3 月）、IEM2（情報伝達；2012 年 6 月）

【開催期間】2012 年 9 月 4～7 日

【場所】IAEA 本部　M Building, Board Room A

【参加国・機関】　３８ヶ国（８９機関）、３国際機関（OECD/NEA, WANO,IAEA）

◇ 開会・プレナリセッション（９月４日）

－１開会セッション

Flory・Bychkov 両次長の歓迎挨拶の後全体議長 Godoy（前 ISSC ｾﾝﾀｰ長）が開会挨拶

－２特別セッション　（講演の要点）

(1)NISA 森山対策監：**「福島第一原子力発電所事故を踏まえた地震・津波対策」**

―福島事故を踏まえた日本の地震・津波対策：従前の取組み，今回得られた知見/教訓と対策検討状況、関連する規制制度の見直しや安全対策　につき、

・地震/津波の評価の不確かさを補う安全対策への取組みが重要

・今後、法的拘束力の下、年限を切ってバックフィットを行っていきたい。

(2)Samaddar ISSC センター長　**「ＩＡＥＡ女川調査団報告」**

―震災を受けたが事故に至らなかった女川原子力発電所の被害状況とﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ化

－３プレナリセッション

次の２件が注目された。

・Apostolakis（NRC ｺﾐｯｼｮﾅｰ）**「外的事象安全性への PRA の過去・現在・今後の役割」**

―NRC は PRA 手法をﾍﾞｰｽにした Risk-informed Framework を活用して外的事象に対する安全対策に取り組んできた。ﾘｽｸ管理ﾀｽｸﾌｫｰｽの勧告（10 年でｻｲﾄの外的

事象〔地震/津波等〕評価を見直すべき等）を公開の場で議論し、2013 年半ばから実施して行く

・亀田「**地震・津波安全性のための技術ガバナンス**」
—地震・津波安全に係る技術課題として「技術ｶﾞﾊﾞﾅﾝｽ」の概念と、それを確立するための行動規範を挙げ、各種事故報告等から技術ｶﾞﾊﾞﾅﾝｽの意義を検証

◇テクニカルセッション

(1)セッション１ ”Seismic and Tsunami Hazard” ９月５日

議長：P. Gulkan(トルコ、カンカヤ大)、共同議長：佐竹（東大）

－1 プレゼンテーション

【PN-2 ： Checking of seismic and tsunami risk for coastal NPP of Chinese continent; Xlangdong (中国、NSC)】
中国の沿岸原子力発電所の地震・津波リスクの評価状況の概要について説明。

【PN-4：Tsunami generating potential of Makuran subduction zone; J. Hussain(パキスタン、PAEC)】
インド洋パキスタン沖のマクラン沈降域での津波発生要因の分析状況について説明。

【PN-5：Past tsunami evaluation and tsunami of 3.11 2011 at Fukushima Daiichi NPS; 高尾(東京電力)】
福島第一での津波高の設置許可申請、2002 土木学会指針、2009 同指針各段階での評価内容と、3.11 事故での浸水状況／シミュレーション結果について説明。

【PN-6：Tsunami evaluation of coastal NPPs in India; R.K.Singh(インド、BARC)】
2004 年インド洋津波がカルパッカン NPP に一定の被害を与えたのを契機にカルパッカンでの 2005・2010 年 IAEA 国際津波シンポジウム及び 2007- 2010 年 IAEA 津波 EBP にインドが係わってきた経緯と、インド沿岸各 NPP の津波評価・シミュレーションの現況について説明。

【PN-7: Lessons to be learned from the Fukushima NPP accident with particular forcus on new build projects ; A.Gurupinar(トルコ)】
NPP の外的事象特に地震・津波への対応の重要性とこの４半世紀の各国対応の概観、IAEA が関連安全基準の整備等を通して貢献してきた経緯及び新規プラントに向けた福島第一原子力発電所事故の主な教訓について説明。

【PN-9: The consideration of Chinese NPP safety technology research program after Fukushima accident ; R.Pan(中国、NSC)】

中国の、津波再評価を中心とした福島第一原子力発電所事故への対応状況について説明。
Q（佐竹）：中国は津波の歴史記録が豊富であろう
A：津波データ収集・整備の研究を展開しており歴史記録収集も重要項目

【PN-12: Recipe for assessing design tsunami in light of the 2011 Tohoku earthquake and tsunami;　岩渕（JNES)】

東北地震津波について、すべり量の空間的不均一と断層運動の時間推移を考慮した波源を推定し、同津波での特徴的な観測波形を良好に再現できた。この波源モデルを用いた詳細解析により、各 NPP サイトの波高に寄与した日本海溝沿いの小断層位置を明らかにした。

－2 パネルディスカッション

－テーマ

① 不十分な、不確実性のあるデータによる巨大地震・津波の評価
② 関連事象を含んだ津波モデル設定
③ ハザードの重畳

－司会：P. Gulkan；

パネリスト: N. Abrahamson、入倉、P. Labbe、A. Gurupinar、佐竹

－Gurupinar が討議結果を次の通り集約：

- 2011 年福島第 1 原発の事故は、過去の記録に基づく津波想定では不十分であることを示した。地震や津波の想定に関して、津波堆積物や似たような地学環境の地域との比較などに基づき、不確定性も考慮することが重要である。
- 津波モデリングについては、地震については断層運動の不均質性を考慮するとともに、地滑りや火山についてのモデリング手法の確立が重要。ハザードの重畳については、サイトのリスクという観点からさまざまなハザードを考慮する必要がある。

(2)セッション 2 "Seismic and Tsunami Safety"　9 月 6 日

議長：N.Chokshi(米、NRC)、共同議長：P.Contri（伊、ENEL）

－1 プレゼンテーション

【PN-16：Safety re-evaluation and related research activity against extreme external events for Korean nuclear power plants;　J.Choi　(韓国)】

韓国の福島第一原子力発電所事故対応として、津波評価と対策、電気盤耐力試験、津波 PSA 手法開発等について説明。
Q（Singh）：古里 NPP の防潮堤 7.5/9.5m を 10m にした根拠は。
A：政府指導により、ドライサイトを狙った。

【PN-23：Early warning and communication system for earthquakes and tsunami in

Kenya;　　.K.Kiema(ケニア、NDOC)】
ケニアでの地震・津波観測と早期警報システムの整備状況について説明。

【PN-27: TiPEEZ System for information management against EQ, tsunami and nuclear disaster, considering nuclear risk communication; 蛯澤(JNES)】
福島事故の教訓、TiPEEZ（※）システムの概要と IAEA 津波 EBP を通しての国際展開及び住民とのコミュニケーションでの有効性
※ Protection of NPPs against **T**sunamis and **P**ost **E**arthquake considerations in the **E**xternal **Z**one

【PN-17: Tsunami analysis and protection against external flooding beyond design basis ;　　S.Zhu(中国、CNEPC)】
福島第一原子力発電所事故に対応し中国規制（CNNSA）指示による津波評価と対策の実施状況について説明。

ー2 パネルディスカッション

ー司会：P.Contli ;
パネリスト: M.Kostov、G.Hardy、 W.Epstein、 蛯澤、長澤

ー主な討議内容

・耐津波設計の概念・手法整備が喫緊の課題。日本で検討を始めており、IAEA ガイド類整備にも貢献できる。
・Beyond design scenario では、外力の種類ごとにプラントＳＳＣの挙動が異なることを十分に考慮するべき。津波では、特にクリフエッジ効果が重要。
・深層防護が侵害される状況の評価は “common cause failure”が留意点であり、それについては”failure colleration（相関）”がキーワード
・時間の影響の代表例は、地震後に格納容器は健全なのにスプレイ系が壊れ、時間経過で内圧上昇し格納容器が機能喪失するケース。
・リスクコミュニケーションは住民を説得するのではなく、信頼を得るための手段。
・一般公衆とのコミュニケーションを適切に行うには、専門家の異なる説明による混乱を避けるよう、先ず専門家間でのコミュニケーションが重要。
・“どこまで” は　1.5 または 1.67 倍　がひとつの目安。　PSA を実践すると、設計地震動の 2.5- 3 倍を超える評価は意味がないことが見えてくる。
・安全目標、またマルチハザードとマルチユニットの組み合わせが重要な課題。
これらは ISSC EBP WA8 で議論されよう。

４．クロージングセッション　　９月７日

司会：全体議長　A.Godoy

(1) テクニカルセッションでの討議の集約

－１　セッション１　地震・津波ハザード　（セッション１議長　P. Gulkan）

福島第一原子力発電所事故は、過去の記録に基づく津波想定では不十分であることを示した。地震や津波の想定に関して、津波堆積物や似たような地学環境の地域との比較などに基づき、不確定性も考慮することが重要である。　津波モデリングについては、地震については断層運動の不均質性を考慮するとともに、地滑りや火山についてのモデリング手法の確立が重要。ハザードの重畳については、サイトのリスクという観点からさまざまなハザードを考慮する必要がある。

－２　セッション２　地震・津波安全性　（セッション２議長　N.Chokshi）

PRA（PSA）は設計を超える事象での安全評価上のリスクを減らす有効な手段であり、また、設計を超える事象のシナリオを設定し、“クリフエッジ”を避け、事故の緩和処置を検討するにも有効である。

－共同議長 P.Contli の補足―

- PRA は設計を超える事象への対処の意思決定にも役立つ
- 外部事象（地震・津波等）の定期的再評価は言うべくして多くの国が実際のところ実施できていない。なんらかの枠組み作りが重要
- 免震は、柏崎・福島で地震対策としての有効性を示した

(2)会議全体の討議の集約　　（全体議長　A.Godoy）

・地震、津波等外的ハザード評価に関する IAEA ガイドは既に十分整備されている。

・今回は設計を大きく超える地震と津波、マルチハザードが発電所を襲い事故に至った初めてのケースであり、リスク管理プロセスに則った、技術的に正しい判断の重要性を示した。これは忘れてはならない教訓である。以下に今回の討議で得られた主な教訓を列挙する。

① 適切な立地と設計の選定
② プラント配置の安全への影響の大きさ：ドライサイトの重要性
③ 多数基立地サイトの ”Common cause failure”への対処
④ 外部ハザードの定期的評価と必要なデータの収集、確率論的評価
⑤ 有効な津波警報システム
⑥ 設計を超える事象と、その不確実性への対処
⑦ 系統的（Systematic）で安定した安全対策

・今回各国から外部ハザード評価・対策への取り組みについて次の要旨で説明があった。

短期：緊急対策、中期：外部ハザードの詳細評価、長期：設備（設計）強化

・これらから貴重な情報・データが得られるので、

① 今後の IAEA の活動計画に反映されるべきである。
② 現在の IAEA の研究および情報発信に反映されるべきである。

国際原子力社会の、進行中の（原子力）研究・プロジェクトに反映されるべきである。

IAEA は Peer Review Service を通して、支援・レビューできる。

-添付４－１材料-

ISSC-EBP　WA2,3 Meeting

A proposal of “Tsunami Design and PRA WG” in WA5

Jan. 24　2013

Hiroshi Abe

Incorporated Administrative Agency
Japan Nuclear Energy Safety Organization (JNES)

Ⅰ　Situation　in Japan

Way for establishing tsunami resistant technology　by;

1 Basic concept by academia;
Japan Association for Earthquake Engineering　and
Atomic Energy Society of Japan

2 Regulation guide by regulation side, referring 1;
NRA　and JNES

3 Design guideline　by industry
Japan Electric Association (Association of electric power company;
Conducted by academia authority,
JNES join its code committtee)

In this Table , major SSCs critical for tsunami safety issues have been identified. And engineering actions for enhancements of their fragility (Water proof (WP), Structural resistance (SR), and Dry siting (DS)) have been identified.

Structures, Systems, Components (SSC)		Location	Actions (e.g.)	WP	SR	DS
*Seawall		*outdoor *facing the open sea	*strong walls *strong foundation *sea bed consolidation		○	
*Residual heat removal function following reactor shut down (scram)	*Pumps for the residual heat removal system , etc.	*building basement	*watertight chamber	○		
*Core cooling system	*High pressure-low pressure core pumps, etc.	*bldg. basement	*watertight chamber	○		
*Emergency power supply system	*Emergency diesel generator	*bldg. basement & vicinity	*watertight chamber, or *relocate in high elevation	○		○
	*Fuel oil tanks	*outdoor	*strong foundation		○	
*Emergency component cooling system	*Sea water pumps, etc.	*outdoor & seawater level	*watertight protection for driving motors, etc.	○	○	
* Electric devices	*power cable & signal cable *monitoring instruments *electrical panels, etc.	*outdoor *indoor	*water-sealed cable *strong cable supports *watertight chambers *upper floor of bldg	○	○	○
*Equipments for emergency management	*Portable emergency power supply systems	*(optional)	*install at high elevation			○
	*Portable pumps	*(optional)	*install at high elevation			○
*Building components	*Carry-in entrance to bldg. *Ventilation louvers, etc.	*Outer wall of bldg.	*watertight & strong doors to resist tsunami loads	○	○	
	*Hatches and openings within buildings	*Inside bldg.	*waterproof hatches & doors	○		
* Possible paths of intrusion (seepage, siphon effects, etc.)	* Openings at intake tunnels * Trenches, etc.	* Outdoor & underground	* Watertight lids, etc.	○		

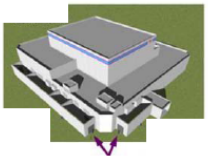
This type of clarification will help consistent implementation of SSC design and enhancement.

Japan Nuclear Energy Safety Organization　Locations of these SSCs were assumed to be standard cases of existing plants.

(Examples of SR ,DS ,WP)

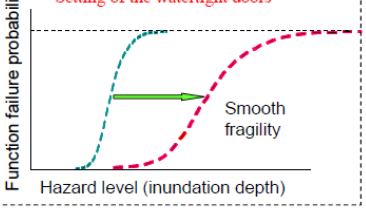
– Structural resistance (SR) –

Technical elements for SR are to withstand their hydrodynamic effects such as impulsive and sustained tsunami pressures ,etc.

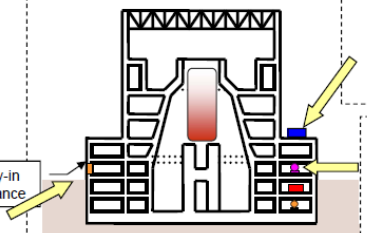


Sea wall

Setting of the watertight doors



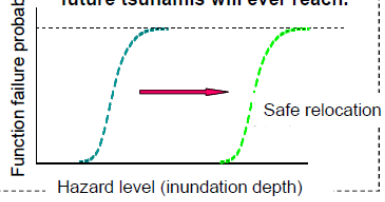
Install equipment at high elevation



Elimination of cliff-edge effects with smooth fragility and/or safe relocation using WP, SR, DS

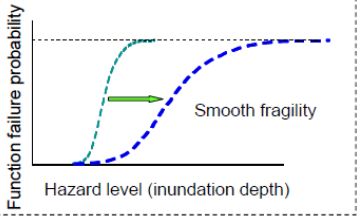
– Dry siting (DS) –

Technical elements for DR is to install plant facilities and equipments at a high enough elevation so that none of the future tsunamis will ever reach.



– Water proofing (WP) –

Technical elements for WP include waterproof casings, waterproof cables/connectors, etc.



発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価に係る意見聴取会（第1回）
平成23年11月14日
資料2－5　緊急安全対策等の安全確保強化策の概要について　抜粋
資料4－1　大飯発電所3号機ストレステスト評価　抜粋

Japan Nuclear Energy Safety Organization　JNES　4

Ⅱ How to deal " Tsunami Resistant Technology" in ISSC- EBP ?

Missing topic

Against tsunami design is not currently described concretely in NS-G-1.5, NS-G-1.6 and SSG-18. Develop a safety report on tsunami design and evaluation is urgent matter for this EBP.

Situation

Main contributor may be Japanese 3 parties and time span of their investigations are 1-2 year.

A proposal for how to deal with the topic in ISSC-EBP

・Currently in WA5,
WG5-1 for Tsunami hazard , including tsunami PRA and
WG5-2 for TiPEEZ, tsunami disaster mitigation

・Add new WG5-2 for tsunami design and PRA seems best way for set up technology for tsunami safety, from hazard, design, its evaluation and disaster prevention

Ⅲ A proposal of "Tsunami Design and PRA Working Group" in WA5

We Japan side are going to propose "Tsunami Design and PRA Working Group" in WA5.

Attend and cooperation of any participants of WA2and WA3, who are intimate to coastal NPP design, will be appreciated.

■ Purpose:
Total activity for tsunami safety from hazard evaluation, design, its evaluation and disaster mitigation

■ Proposal:

- **WA5 Tsunami Hazard → WA5 Tsunami Safety**
- **Add new WG, Tsunami design and PRA (WG5-2)**

WA5 new formation

WG5-1 Tsunami Hazard Leader: Imamura(Tohoku Univ.) Co leader Jones(NRC), Titov(NOAA)	Task 5.1.1　Information Exchange .1 River run-up .2 Volcano induced tsunami .3 land slide ditto .4 Benchmark ~~.5 Tsunami PRA~~
	Task 5.1.2　Develop detail guidance .1 Tsunami hazard assessment safety report .2 ditto case study ~~.3 Tsunami PSA safety report~~
WG5-2 New Tsunami design and PRA Leader:Kameda(Kyoto Univ./JNES) Co leader: NRC, Yoshimura (Univ. of Tokyo)	Task 5.2.1 Develop guidance on tsunami design and PRA .1 Tsunami design Leader:Yoshimura , Co leader: EDF .2 Tsunami PRA Leader: JNES(Ebisawa) , Co : Mihara(Kajima) .3 Interaction of design and PRA Leader: Kameda, Co leader: NRC
WG5-3 TiPEEZ Leader: Hatayama(Kyoto Univ.)	Task 5.3.3 TiPEEZ .1 Application .2 Tech. Doc on TiPEEZ application