

海外における津波・洪水対策

平成25年12月19日(木)



HOKKAIDO UNIVERSITY

北海道大学 大学院工学研究院
教授 奈良林 直

Dr. Tadashi NARABAYASHI
Professor, Ph.D. and Lifetime Officer, Division of Energy and Environmental Systems, HOKKAIDO UNIVERSITY
Kita 13, Nishi 8, Kita-ku, Sapporo 060-8628, Japan
Tel: +81 (0)11-750-5982
Email: tnaraba@eng.hokudai.ac.jp

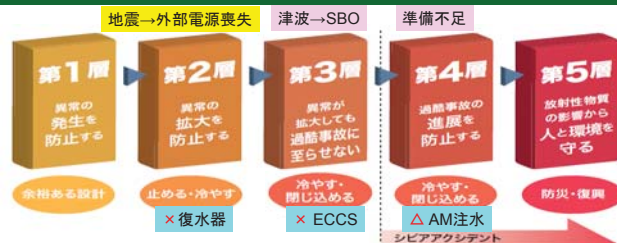
海外における津波・洪水対策

平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直

1

深層防護の基本的な考え方と反省



「止める」「冷やす」「閉じ込める」

原子炉が異常・故障などが発生した際に、放射性物質が発電所の外へ漏れ出すことを防ぐことが重要です。そのための機能は、大きく分けて、①異常を検知し自動的に制御棒を挿入して原子炉を停止させる「止める」機能②停止後、原子炉の燃料の破損を防ぐため冷却を続ける「冷やす」機能③放射性物質を発電所外に出さないため多重の格納をする「閉じ込める」機能——の3つからなります。特に「冷やす」機能の確保は、冷却に失敗し燃料が溶け出してしまった福島事故の教訓から、新規制基準では、第4層にも可動式の注水設備などを独立して用意することが求められています。核分裂反応を止めても「崩壊熱」と呼ばれる余熱が、じわじわと発生し続けるので、冷却を続けなくてはなりません。

海外における津波・洪水対策

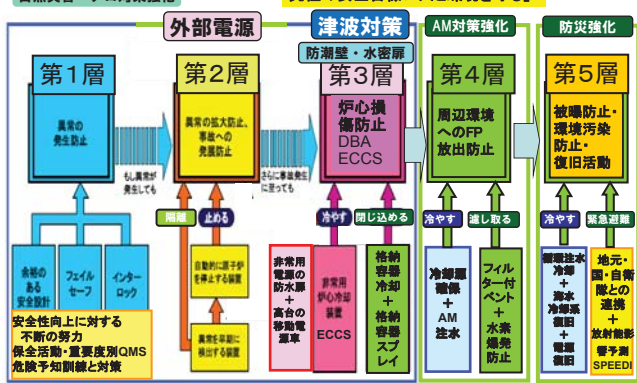
平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直

津波に対する深層防護の強化

自然災害・テロ対策強化

究極の安全目標:「人と環境を守る」

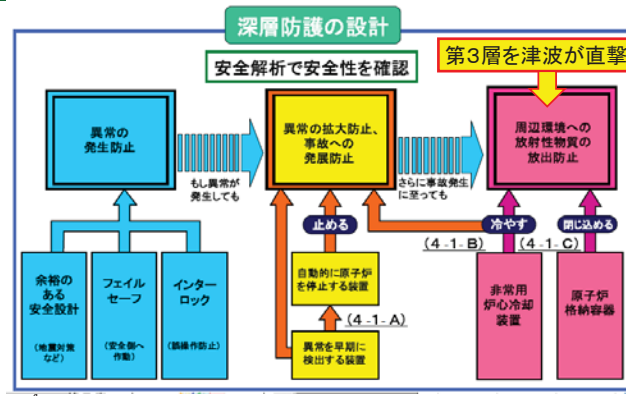


海外における津波・洪水対策

平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直

3.11以前の我が国の深層防護は第3層までだった



海外における津波・洪水対策

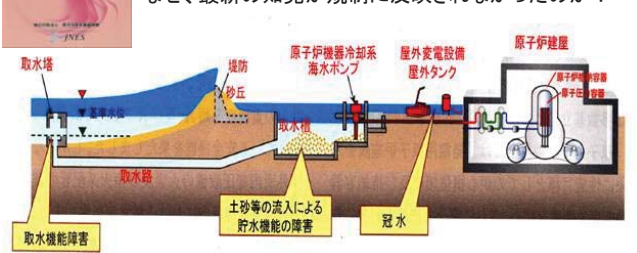
平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直

最新の知見と規制への反映の必要性

原子力安全保安院の下部組織である原子力安全基盤機構(JNES)は平成19年度の年報で、津波と電気品の機能喪失の解析を公表していた。

なぜ、最新の知見が規制に反映されなかったのか？



海外における津波・洪水対策

平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直

津波に対する深層防護

防ぐ・避ける・耐える

高台で津波を避ける

津波検知 防潮壁・水密扉



防潮堤や防潮壁で津波を防ぐ

原子炉建屋の防潮壁・扉で津波に耐える

機器室の水密扉で津波を侵入させない



海外における津波・洪水対策

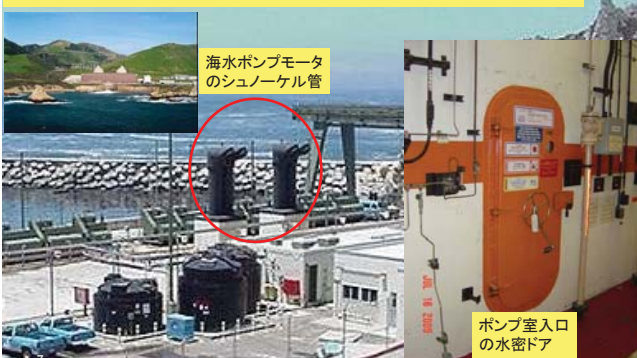
平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直

6

海外の地震・津波対策(米国)

サンフランシスコのデュアボロキャニオン発電所



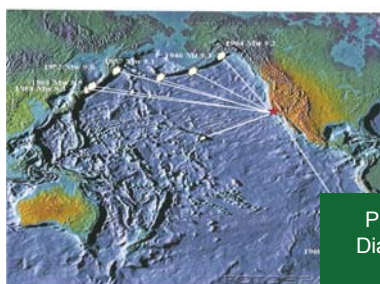
海外における津波・洪水対策

平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直

Tsunami

DCPP is located on the Pacific Rim, an area frequently hit by tsunamis, so tsunami preparedness is vital!



Pacific Gas & Electric Co.
Diablo Canyon Power Plant
Tsunami Design

海外における津波・洪水対策

平成25年12月19日

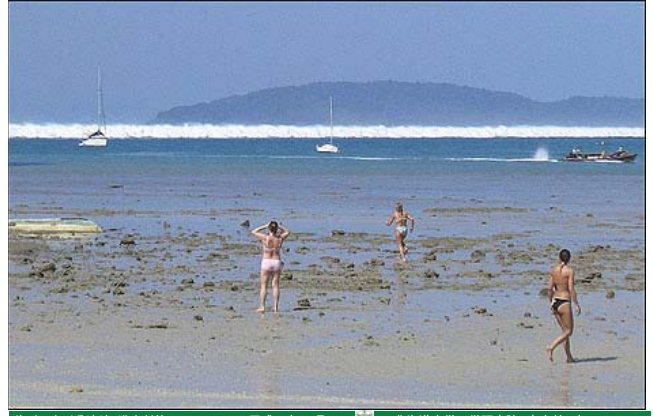
北海道大学工学研究院 奈良林 直

Tsunami Runup



海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

Tsunami Drawdown



海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

DCPP Elevations

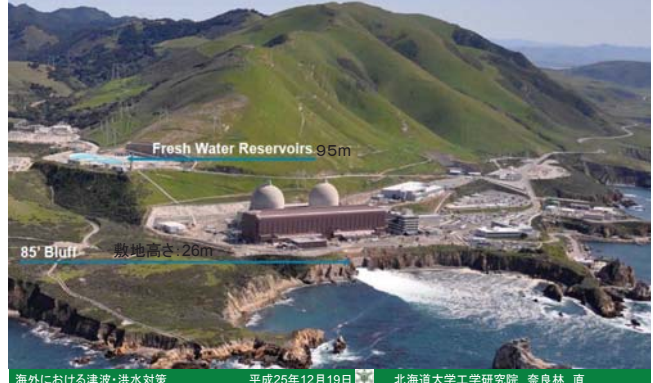
DCPP Elevations



海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

DCPP Elevations

DCPP



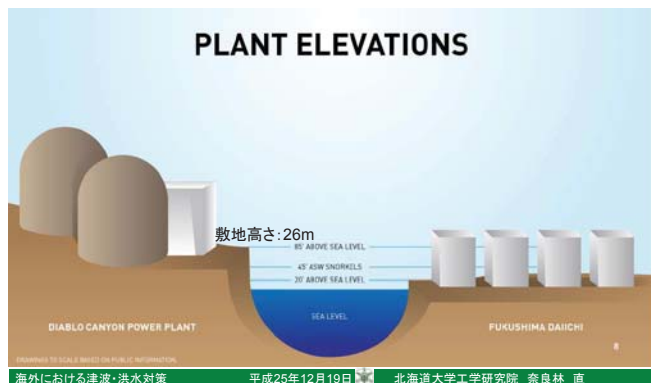
海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

DCPP Elevations



海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

DCPP/ Fukushima Daiichi Elevations



海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

DCPP/ Fukushima Daiichi Elevations



Dry Cask Storage

- Used fuel assemblies are stored in stainless steel Multi-Purpose Canister (MPC)
- MPC/fuel assemblies passively air cooled within a 20 ft tall concrete overpack, concrete overpack is approximately two feet thick

海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

Severe and Extreme accident Response Beyond DBA

Severe Accident Management Guidelines (SAMG)

- Controlling Reactor Coolant System (RCS) pressure and temperature
- Injecting into steam generators
- Controlling containment pressure and hydrogen concentration
- Flooding containment

Extreme Damage Mitigation Guidelines (EDMG) – Actions taken to address extensive plant damage

- Spent Fuel Pool (SFP) water replacement and spray via fire water and portable pump (fire truck)
- Depressurization of steam generators using atmospheric dump valves
- Ability to reduce containment pressure even with no power or air available
- Start emergency diesel generators with no power available

海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

INPOによる産業界の迅速な対応

Prompt Industry Response Institute of Nuclear Power Operations (INPO) Event Report

"Actions provide near-term assurance that each station is in a high state of readiness to respond to both design basis and beyond design basis events." INPO 2011

- DCPD is verifying the capability to respond to:
 - Beyond design basis events – due March 23 (complete)
 - Security threats
 - Severe action management scenarios
 - Station blackout (loss of AC power) – due March 30 (complete)
 - Internal and external flooding – due April 6 (complete)
 - Respond to a fire or flood with a seismic event – due April 13

海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直 17

地表面で1mの水が冠水・土嚢で対処



- 敷地高さは川の平均水面+3m、水位上昇は+4m
- 土手を築いて浸水防止
- 洪水とは関係ない更新した継電器のバスコネクタが挿入が浅く発熱してケーブル火災発生(レッド・カード)

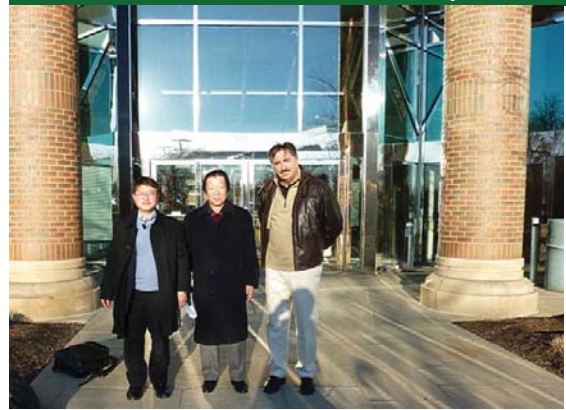
海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

全ステークホルダーによる総合評価

Stakeholder Group	Stakeholder Description
OPPD Senior Managers	Vice Presidents
OPPD Board of Directors	Decide on overall policy of company, select senior managers
Fort Calhoun Leaders	Division Managers, Department Managers, Supervisors
Employees @ FCS	Will do the work necessary to bring FCS to Column 1
OPPD employees elsewhere	OPPD employees who do not work regularly @ FCS
Political leaders	Local, regional, state and national elected representatives
NRC staff	Resident inspectors, regional administrators, 0350 Panel
NRC communicators	Region IV Public Affairs Officers
Emergency officials	Federal Emergency Management Agency, Nebraska Emergency Management Agency, Iowa Homeland Security & Emergency Management, Region 5/6 emergency management, county & city emergency managers
News Media	Local, regional & national news media
Neighbors	Residents within the 10-mile Emergency Planning Zone
Environmental & activist groups	Concerned citizens with misgivings about nuclear power
General Public	All members of the public at large in OPPD's service territory and within 25 miles of the plant in Iowa

海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

EXELON Philadelphia



海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

Peach Bottom NPP



海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

サスケハナ川洪水がDBA



海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

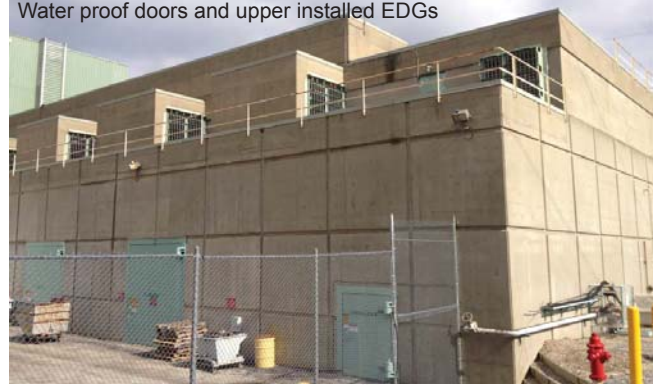
Peach Bottom NPPの中操



海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

Philadelphia : Peach Bottom NPP

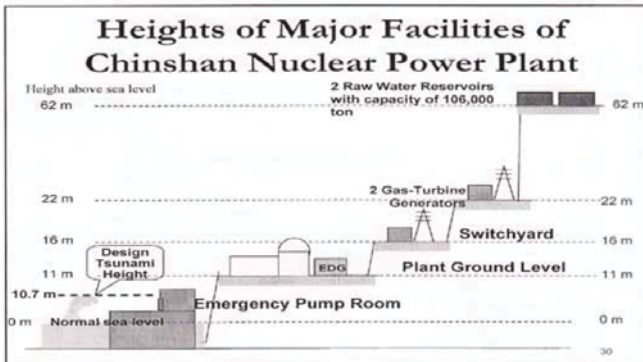
Emergency diesel generator's building
Water proof doors and upper installed EDGs



海外における津波・洪水対策 平成25年12月19日 北海道大学工学研究院 奈良林 直

台湾の金山発電所の津波対策

金山原子力発電所（BWR、63万6千KWe x 2基、1978&1979年完成



海外における津波・洪水対策

平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直

台湾の金山発電所の津波対策



海外における津波・洪水対策

平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直

台湾の金山発電所の津波対策

海拔62mの高さに山をくりぬいて
10.6万トンのダムを1979年に建設完了



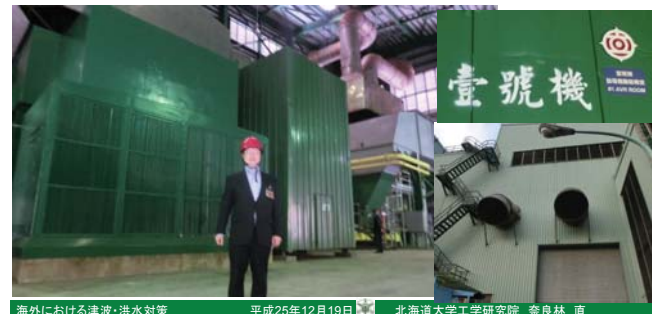
海外における津波・洪水対策

平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直 27

台湾の金山発電所1,2号機の津波対策

海拔22mの高さに6万kWのガスタービン電源2基
を1979年に設置完了（12万kWの緊急電源）



海外における津波・洪水対策

平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直

台湾の金山発電所1,2号機の津波対策

- 海水EWSポンプと水密ポンプ室
- 放水口の水門は津波前に閉止



海外における津波・洪水対策

平成25年12月19日

北海道大学工学研究院 奈良林 直