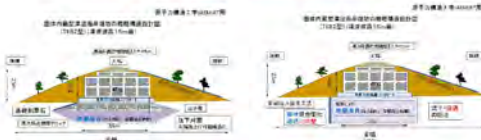


原子力発電所の図体内蔵型海岸堤防の 国内適地選定と断面形の検討 — 津波防波堤に関する確率論的設計から決定論的設計 への改善による安全化 —

(株) 通感環境モニター 代表取締役 **金子大二郎, Dr. Eng.**

避難できない原子力発電所の津波防御



一般の津波防波堤の基礎構造形式

原炉内蔵津波堤防

1 目的

- 1) 東日本太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の設計基準を超える**過酷な事故**(自然ハザード、T6)被災を背景に、その対策として**想定最大級の津波**がもたらす人的被害を減災する社会的要請がある。
- 2) 原子力発電所の安全性に関わる津波ハザードの学協会規格について、確率論的リスク評価(PRA)によらずに基本設計によって原子力安全の確保が可能な新たな海岸堤防の断面形を提示した。
- 3) 即ち、**想定外津波に耐える防御要件として本質的な安定性を備えた剛直しない堤体断面形**を提案した。
- 4) 原子力発電所内の格納容器や制御施設のための建築構造物が、**過酷な自然災害事故を想定せずに済み、決定論的な基本設計範囲内の計画整備が可能となる**。
- 5) また、既に整備された現在の本質的には**不安定な書式壁**という海岸堤防の改良も検討した。既設堤防との**多重防御が国民理解に適切**。

キーワード 巨大水災害, 図体内蔵, 海岸堤防, 構造要件, 河川堤防, 津波遡上, 氾濫, 広域避難地, 高規格道路

Japanese Active reactors and the stopped

No.	Utility organization	Nuclear Station Name	Address location	MW	Abandon	Stopped
1	Hokkaido Electric Power	Tomari	Tomari	0	0	3
2	Degussa Kachisu, Ltd.	Ofuna	Ofuna	0	0	1
3	Tohoku Electric Power	Onagawa	Onagawa	0	0	2
		Higashidama	Higashidama	0	0	2
		Fukushima	Fukushima	0	0	2
4	Hokuriku Electric Power	Shiga	Shiga	0	0	2
5	Chubu Electric Power	Hamaoka	Hamaoka	0	2	2
6	Nissai Genetsu	Tsushima	Tsushima	0	1	1
7	Nissai Genetsu	Tsushima	Tsushima	0	1	1
8	Kansai Electric Power	Ohi	Na.3	1,18	2	2
			Na.4	1,18	2	2
		Mihama	Na.3	0,87	2	1
		Takahama	Na.4	0,87	2	1
9	Chugoku Electric Power	Shimonoseki	Shimonoseki	0	1	2
10	Shikoku Electric Power	Iwata	Na.3	0,89	2	2
11	Kyushu Electric Power	Genkai	Na.3	1,18	2	2
			Na.4	1,18	2	2
12		Sendai	Na.3	0,89	2	2
			Na.2	0,89	2	2
Total		4 sites	8	9,13	18(20)	27(29)

1. Japan's 4 nuclear power plants now operating : All plants are situated in reverse Japan, where tsunami inundation and earthquake accelerations are small.
 - 1) Kansai Electric Power, Limited
 - Ohi: NPS, No.3 and No.4 reactors
 - 2) Shikoku Electric Power, Limited
 - Iwata NPS, No.3 reactor
 - 3) Kyushu Electric Power, Limited
 - Genkai NPS, No.3 and No.4 reactors
 - 4) (dorm) Sendai NPS, No.1 and No.2 reactor
2. Total 7 reactors, 43 reactors
 - 3% share of total demand of 427 Million KW generated as electric power for Japanese domestic use.
3. Six NPS stations are accepted for clearance of the new regulatory standards by Nuclear Regulation Authority, but need severe conditions of consensus to be approved by local governments.
4. Collapse of consensus to cope with tsunami and safe consensus of agreement by regional people and national consensus.

1. 設計概念

- 1) この海岸堤防の発想時の目的は、海浜レクリエーション地帯における行楽客と景観に優れた人口密度の高い住宅地の人命を津波の遡上から守る考えにより、**崩壊しない海岸堤防と広域避難地の確保**が目標であった。
- 2) 一方、**避難することができない原発の過酷事故を防ぐ**ために、これまでの海浜の人々のための避難地に代わって、津波による滑動・巻上げ浮上・転倒等に対抗するために図体内部に**砕石を充填**しており、**重く不動な安定構造の設計概念**となっている。
- 3) なお、従来のコンクリート構造物である海岸堤防は、海岸環境にそぐわない**圧迫感のある景観と、日常利用が乏しい安全優先**の構造物であった。
- 4) 設計条件を超える津波は発生確率が低いのであるが極めて過酷な事故となり易い問題に対して、本提案は堤体の**基本構造を保持**するばかりでなく、原子力発電所内の**日常的な公園**としての海岸利用が可能となる。
- 5) 現在の原発に認められる**緩役とした景観や緑地環境**とは異なり、海岸堤防が**公園型**である長所を著者は強調したい。

2. 原発の堤体基本構造の考え方

1) 堤体内部構造

堤防背後の重要な**原発施設**の防御が目的となるから、津波堤防内には**広域避難地**を準備する必要はない。代わりに、堤体の基本断面内には**安定を重視した砕石**を充填した図体構造となっている。しかし、図-3に示す様に図体の1層部は**砕石を詰め、(空間制約を考慮して浸水を避け)2層部に防災用の高規格道路**を準備することが考えられる。

2) 地盤改良と浸透への対応

従来の津波堤防の設計法では、割石マウンド内の浸透対策は、図体前面のマウンド上に**鉛直ブロック**を敷いて**揚圧力(浸透防止)**をゼロとする考え方であった。一方で、**地盤が悪い場合であっても**、横長な基礎については**全断面の深層混合**又は**注入浸透固化**によって支持力は十分と判断した。但し、**薬液固化の形状は球形に近い形の集合体**であると考えるので、**間隙から若干の雨水**が予想される。そのため、従来の工法である図-1の陸側に配置する鋼板の遮水壁に代わり、図-2の様に海側に**深層混合処理**または**薬液注入攪拌工法による遮水壁**が必要となる。

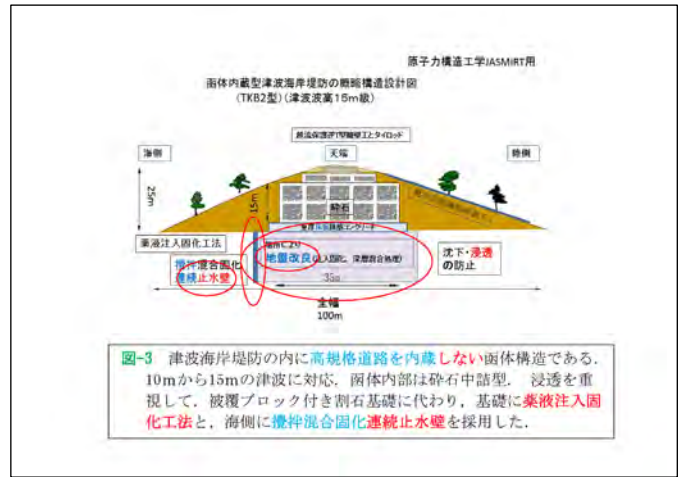
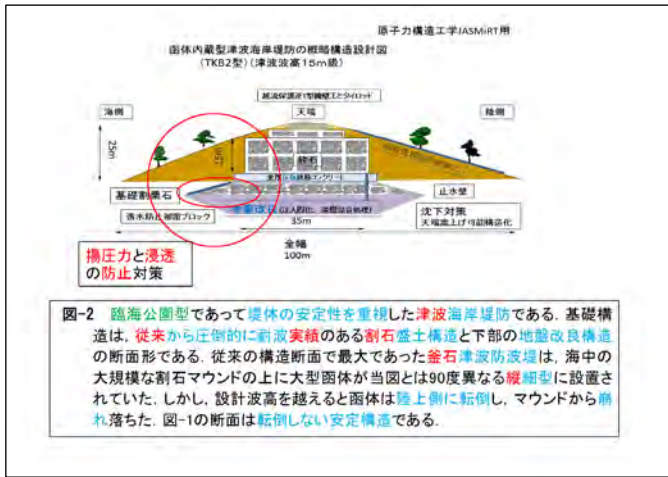
3) 現地適用に当たっての課題と対策

本提案による堤体幅の広い津波海岸堤防が、現地の原発敷地の地形や用地に適合しない場合には地形を整備する必要がある。或いは、既に多くの原発について**直立壁の構造**を持つ防波堤が築かれている。従って、如何なる津波にも耐えるためには、この**直立壁構造**を図体内蔵型と同様な安定型の構造に追加工事をする必要がある。しかし、**直立壁の背後に図体構造を合体した軟弱入りの安定した一体構造にするのは容易でない(困難)**。そのため**既設と合わせ多重防御が必要**となる。なお、直立壁の前面に図体を配置する用地があれば、平時の利用に適した**公園型**の津波海岸堤防となる。

図体内蔵型多目的堤防と巨大水災害への応用



図-1 巨大水災害に対する図体内蔵型多目的堤防の応用分野と津波との関係を示した体系図である。社会的要請を受けた**多目的利用**と世界の脱炭素の動向から**原子力発電所の津波防御への応用分野を拡大**中。



2. 原発用の堤体基本構造の考え方
 (1) 堤体内部構造
 1) 一般海岸における海浜レクリエーションの人口が急増するための広域避難地と異なり、原子力発電所の場合は、背後にあって逃げることができない新たな(原発施設)防衛が目的となる。
 2) 従って、津波堤防内には広域避難地を準備する必要は無く、代わりに砕石を充填した堤体の安定を最重視した横長の図体構造とした。
 3) しかし、原発の立地によっては、資材運搬のために高規格の道路を堤体内に配備する必要があると考えられる。
 4) その場合には、図-2に示す様に図体の1階部は砕石を詰め、浸水を避けて2階部に防災利用を兼ねた高規格道路を準備することが考えられる。

(2) 地盤改良と浸透への対応
 1) 割石マウンドについての浸透対策は、図体前面のマウンド上に被覆ブロックを敷いて揚圧力(浸透防止)をゼロとする従来の設計法とした。
 2) 一方で、基礎の全断面注入浸透固化によっても支持力は十分と判断した。
 3) 但し、薬液注入による固化の形状が球形に近い形の集合体であると考えられるので、両方法とも間隙から若干の漏水が予想される。
 4) そのためには、図-2の様に海側に機拌混合固化工法による連続止水壁が必要となる。





Table-1 Important characteristics of Nuclear Power Plants from Tsunami View-Points

Table-1 shows the proper application sites for new levees. The first question for new Levees is where the highest regions of tsunami inundation in Japan, that is the most required countermeasure against the inundation for nuclear power plants. The author has chosen several corresponding sites for tsunami risky areas in the table-1. The highest risky plant will be Hamana NPS plant.

No.	Characteristics of Power Plants	1	2	3	4	5	6	7	Priority
1	High tsunami inundation	Higashitomi	Ongawa	Fukushima-F	Tooku	Hamana			-1
2	Important sites of large plant sizes	Fukushima-Futaba	Kashiwazaki	Hamana	Takahama				1
3	Disadvantageous geography (facing)	Higashitomi	Fukushima-Futaba	Tooku	Hamana				-1
4	Risks of near highly populated areas	Tooku	Hamana	Takahama	Onizuka				-2
5	New planning sites without restrictions	Sema	Higashitomi	Fukushima-Norpi	Kamitoko	Shimane	Mihama		1
6	Power Supply from National Policy	Taman	Ongawa	Kashiwazaki	Hamana	Takahama	Shimane	Senba	1

Author's view for safe and primary goals: Ongawa, Kashiwazaki, Hamana, and Takahama.

(4) 原子力規制庁の評価審査

1) 筆者は、様々な議論の存在の中で原子力の有効利用の立場に立つ。また、原子力大国であった日本において既に多数建設された原発の安全な有効活用を探ろうとしている。

2) これらの原子力発電所は、新規規制基準の適合性について評価(審査)を受けている。しかし、公開された津波海岸堤防(防潮堤)は、津波波力の図において意図不明な表記が認められる(水面形、波力、縮尺は非公認)。

3) 既に、現地の原発について完成断面であることから、安全性については重要な意味(崩壊するリスク)が生じると判断される。

4) 著者の安全についての本質的安定の防衛方針によれば、建設された鋼管鉛遮蔽や鉄筋の無いソイルセメントによる盛土構造という両断面についても、改良が必要であると認識している。

但し、工事費と時間をかけても一体型とはなり難い設計。そこで多重防御を提議。

3. 結論

1) 想定外の如何なる津波に対しても津波海岸堤防が崩壊せずに基本的な製造構造を保ち、背後にあって津波から避難できない原発(格納容器構造物)を守る堤体断面構造を提案した。

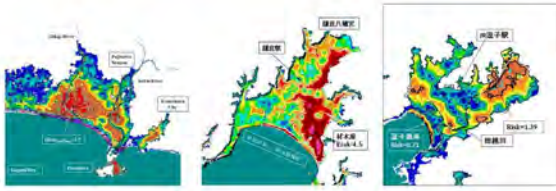
2) この設計構造により、残ではあるが巨大な津波に対し、確率的リスク評価法から従来の基本設計(決定論的設計法)への簡略化によって、原発の安全設計を可能とした。

キーワード: 原子力発電所, 適地選定, 堤体内蔵型, 津波海岸堤防, 構造要件

参考文献

- 1) Dairo KANEKO, Restoring Normal Fukushima Dam Station or Waste Management by Applying a Collapse-Free Embankment - Aiming for Energy Supply and Accumulated New Wastes from the Decommissioning of the Fukushima Daiichi NPS - International Topical Workshop on Fukushima Decommissioning Research, 2022, October 14-17, 2022, 3-village, Naha, Fukushima, Japan. (in-person, http://fdr2022.org/, postponed from May to October).
- 2) Dairo KANEKO, Views for Restart of Coastal Nuclear Stations in Japan Aiming at Energy Balance and National Reduction of CO₂ Exposure - Defending against Tsunami Inundation by Collapse-Free Embankments -, Ocean Science Meeting, CB15 OTP02-3, 18p, 27 February-1 March, 2022 (Virtual).
- 3) Dairo KANEKO, Continental Ocean Sciences and Impacts to Inland Human Lives and Habitats, AGU Fall Meeting 2021, Ocean Science, OS45A-02, e14g11411, December 2021 (New Orleans, Virtual) <https://doi.org/10.1002/essoar.105091561> (doi: 10.1002/essoar.105091561)
- 4) Dairo KANEKO, SY033-801430, New Designs for Coastal Levees as Stable and Safe Structures Against Un-expected Sizes of Tsunami, Storm Surges, and River Flooding - Emerging Disasters by Historical M9 Earthquakes and Super Typhoons against Coastal Mega Cities for Human Habitats in Modern Era - AGU Fall Meeting 2021, Science and Society, SY15E-0589, Poster, 13-17 December, 2021 (New Orleans, Virtual, Poster) <https://doi.org/10.1002/essoar.105091561> (doi: 10.1002/essoar.105091561)
- 1) 山田得三, スーパー台風による電源と河川氾濫を想定した防災区域の抽出と堤体内蔵型多目的堤防, 土木学会土木計画学研究・講演集Vol. 66, 44総合防災計画, 709, 10p, 2019.
- 2) 山田得三, 山田得三, 台風による木造住宅と津波浸水匠を用いた避難人命リストラの評価- 社会モデルの開発と離島移住への適用 -, 土木学会論文集P6 (安全問題), 73巻, 1号, p. 68-70, 2017.
- 3) 山田得三, 山田得三, 大竹剛史: 津波動調性海岸における盛土構造体による崩壊対策工研研のための数値実験, 土木学会論文集B1, Vol. 71, 特別号・水工学論文集, 第9巻, 228, 6p, 2015.

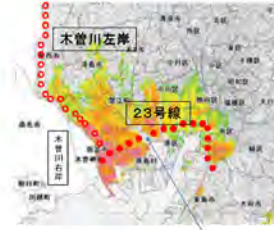
**Thank you for
your attention.**



Human life risks

国家経済 (GDP) 上の重要域:

伊勢湾の高潮と木曾川の氾濫の防御



庄内川左岸にも函体内蔵型
河川堤防が必要