

(甲D第246号証)

2020年6月18日

参考意見書（2）

大型船舶の緊急避難における避難海域について

茨城県つくば市小野川4-21

原 告 大石 光伸



第1 はじめに

2020年5月21日進行協議において、裁判長より「発電所前面の海域近傍とは？」との質問があり、また「本件発電所の付近を航行中の大型船舶は、津波襲来時、どの程度避難すれば安全と考えられるか」との質問が出された。この意見書（2）では裁判長からの質問の後半について参考意見を提出する。

第2 海上保安部による「避難海域」の目安の事例

（1）釜石海上保安部

釜石海上保安部は「避難海域までの距離図」（甲D253号証）で、水深100mを暫定的な避難海域とし、水深200mを避難海域の目安としている。

（2）銚子海上保安部

銚子海上保安部は「地震・津波発生時における避難行動」（甲D241号証）チラシ裏面で、船の津波被害を①津波流速によって操縦不能になる（転覆・圧流・座礁）、②碎波に巻き込まれる（転覆・圧流・沈没）の2点を挙げて、津波高さ10mの時に流速の影響を受けない安全水深の目安を220m以深とし、想定震源域が延宝房総沖地震と同様の震源域の場合銚子付近には約22分で到

来するとして避難行動を呼びかけている。

なお、このチラシで言う「津波の高さ」とは、のちに述べる通り「水深10m地点での津波高さ」のことである。

第3 風間ほかによる簡易的な「避難海域に関する検討」

風間らは「津波による船舶被害軽減のための避難海域に関する検討」(2006)(甲D242号証)で、「日本海難防止協会(2003)による一般的貨物船(500t程度)に対する試算によれば、船速が津波流速の5倍以上であれば斜め12度の流向に対しても保船可能であると報告されている」として、これを参考に漁船等の小型船舶の避難海域について検討し、「一律の水深ではなく各地域で想定される津波高さから前述の避難海域の条件を満たす水深帯を簡易的に設定し、これを避難海域設定の目安とする方法を提案」している。

銚子海上保安部のチラシ裏の「津波高さ」と「避難海域水深の目安」および「碎波が発生しない水深の目安」は、風間らのp1357の表1を引用したもので

表-1 各想定津波高さに対する避難海域水深

想定津波高さ(m)	限界流速以下水深(m)	碎波水深(m)	避難海域水深の目安(m)
3	42	12	50
4	63	16	70
6	108	24	110
8	158	32	160
10	212	40	220

ある。

以下、風間ほかによる「簡易な避難海域設定」にもとづき、東海第二原発基準津波が発生した場合の、避難海域の目安を示す。「碎波」は小型船が転覆被害対象となることからここでは除外する。

風間らはここで「想定津波高さ」を、「水深10m地点の津波高さ」と定義し、3m、4m、6m、8m、10mの津波を想定して、各想定津波高さに対する

「水深と津波高さの関係」曲線（図2）、および「津波流速と水深の関係」曲線（図3）を示して、たとえば水深10mで想定津波高が3mの場合は、水深50m地点での津波高さは2mとなり（図2）、小型船が操舵不能となる限界津波流速を1m/sとするとその流速を持つ水深は42mとし、したがって安全な避難海域は水深50m以深であるとしている。

東海第二原発の基準津波の定義は「水深100m地点で津波高7.1m」であるため、風間らの「想定津波高さ（水深10mの津波高さ）に換算してグラフにあてはめる必要がある。東海第二基準津波の「水深10m地点の津波高さ」は、グリーンの法則から計算すると「12.6m」である。このグラフを使って、東海第二原発の基準津波が発生したときの避難海域を簡易に外挿すると以下のようになる。

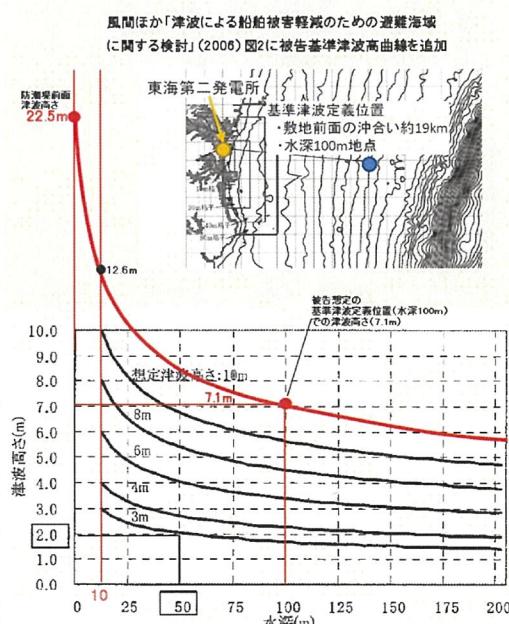


図-2 各想定津波高さに対する水深と津波高さの関係
(想定津波高さ：水深10mでの津波高さ)

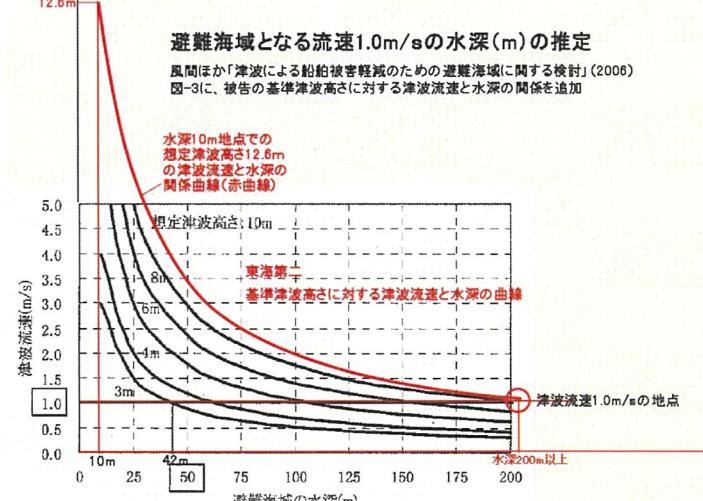


図-3 各想定津波高さに対する津波流速と水深の関係
(想定津波高さ：水深10mでの津波高さ)

風間らの「簡易な方法」で、東海第二原発で想定されている基準津波が発生した場合の津波避難海域を計算すると、水深200m以深の海域が避難海域と

なることが予想される。

しかしながら、この「簡易な方法」は、避難している船の「船速」が考慮されていない。津波の流速に抗してそれを乗り越えるには、避難している船の「船速」が関与する。これについて、船の種別（コンテナ船、LNG船、タンカー、一般貨物船、漁船）ごとの標準船速にもとづいた検討を次の章で行う。

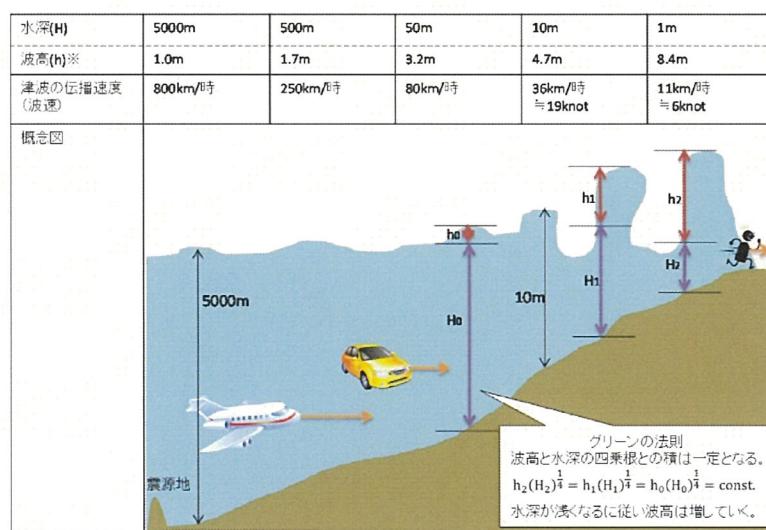
第4 避難海域に係る「詳細な検討」

被告によって繰り返し引用されている「船舶運航事業者における津波避難マニュアル作成の手引き」（国土交通省）の元になっているのは海難防止協会の「大地震及び津波来襲時の航行安全対策に関する調査研究報告書」（以下「報告書」）である（甲D237号証）。

以下、この「報告書」p27以降の参考資料に示されている項にもとづき本件原発の避難海域について検討する。

1. 津波の水深と波高および伝播速度、津波測度

「報告書」P30にわかりやすい図が示されている。



※仮に水深5000mで1.0mの水位上昇があった場合、水深1mの沿岸では8.4mの波高となる

図4 水深に対する津波の波高・速度

左から津波が来たときに、水深 5000m では波高は 1m でも伝播速度は 800km と ジェット機なみのスピードで伝播していくが、水深が浅くなるにつれて伝播速度は遅くなるが、この津波エネルギーは津波高に転換されて津波高が急激に高くなる。

この水深と津波高の関係は次の「グリーンの法則」が成り立つ（地震動で出

グリーンの法則
波高と水深の四乗根との積は一定となる。

$$h_2(H_2)^{\frac{1}{4}} = h_1(H_1)^{\frac{1}{4}} = h_0(H_0)^{\frac{1}{4}} = \text{const.}$$

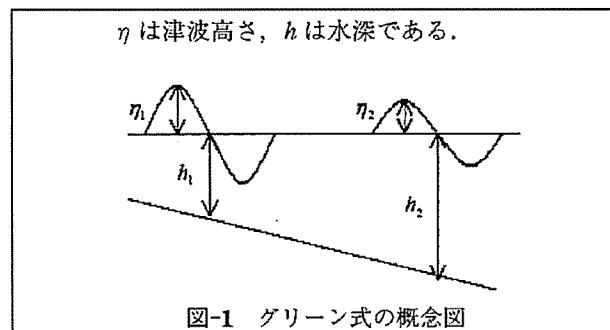
 水深が浅くなるに従い波高は増していく。

てきたグリーン関数のグリーン氏が発見したもの）。図の右下の解説を拡大する。

ここで、 H_1 、 H_2 、 \dots は「水深」、 h_1 、 h_2 、 \dots は「津波高さ」である。

水深と、津波高の 4 乗根の積は一定 (const) となる。

風間らの文献で紹介されているグリーンの法則の概念図を引用して理解を助ける（津波高は h_1 、 h_2 ではなく、 η_1 、 η_2 (イータ) と表示されている）。



本件原発の基準津波の定義は「沖合 19 km の水深 100 m の地点の津波高が 7.1 m」の津波である。このグリーンの法則から、各水深の地点の「津波高」を算出する。本件基準津波による ($h * H^{(1/4)} = \text{一定}$) の定数は「22.5」となった。

また、津波の伝播速度とは別に、津波が進行して行くときの海面の「津波流速」は次式で表される（「報告書」p31）ことから、これを使って各水深地点での「津波流速」を算出する。

1-3-2 津波の流速

津波が進行して行くときの流速（水粒子の運動速度）は、次式で表される。

$$U = \eta \cdot \sqrt{g/H} \quad U: \text{津波の流速(m/sec)} \quad \eta: \text{波面の静水面からの高さ(m)}$$

$g: \text{重力の加速度(9.8m/sec}^2\text{)} \quad H: \text{水深(m)}$

水深 10m、高さ 2m の津波では約 2m/sec の流速が発生し、波の高さが同じなら水深が浅い所ほど流速は大きくなる。

(※注)ここで「津波高」は「 η (イータ): 波面の静水面からの高さ(m)」と定義されている。「静水面」とは、現実の海面は潮汐や波によって変動することから、その地点の各種データから静水面水準が決められるが、大きなばらつきではないことから津波高(h)を採用する。被告によれば、各月の朔望(月の満ち欠け)平均潮位の水位(満潮位)のデータから潮位のばらつきは+0.18m(18cm)とプラス側に見積もられている。

なお、被告の基準津波定義をもとにグリーンの法則を使って本件発電所敷地前面水深 1m の地点の津波高さを計算すると「22.5m」となるが、被告による敷地前面の津波高さは「17.1m」となっている。潮位のばらつきや、周辺海底地形による影響(回折、海底摩擦、反射)、さらに東海港の防波堤の影響等が考慮されていると思われるが、詳細は明らかにされていない。グリーンの法則は浅水の変形と屈折は考慮されているが、回折、海底摩擦、反射は考慮されていない。海岸線近縁や港湾内では地形、構造物などによって複雑な流れが発生するであろうから、海岸線に近い水深 1m 地点とか敷地前面とかの津波高さや流速についてはこうした単純化された式では再現できないが、シミュレーションでもまた同様である。

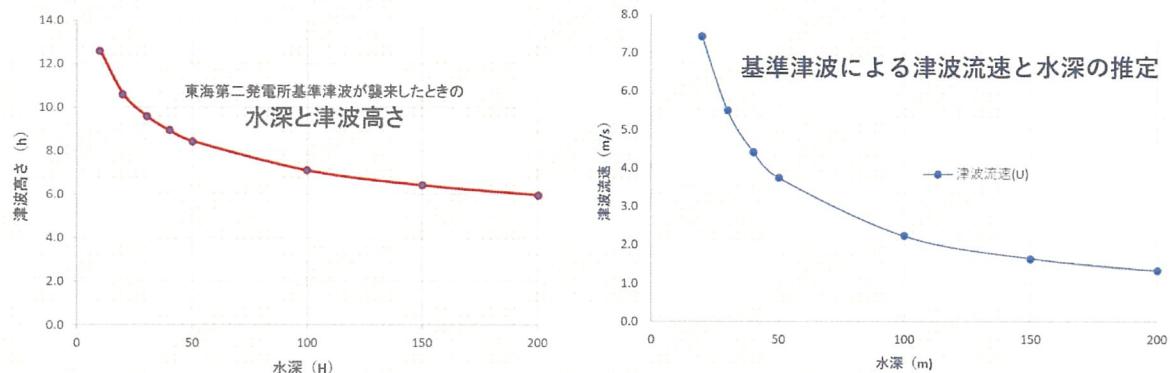
本件原発の基準津波における基準津波定義（水深 100 m で津波高さ 7.1m）を基準に各水深での「津波高」「津波流速」を水深別に算出すると下記の表となる。敷地前水深 10 m 地点の津波高さは 12.6 m、津波流速は 12.5 m/s となった。

(表) 東海第二原発基準津波による各水深における津波高さおよび津波流速

水深 (H)	(m)		1	10	50	100	150	200	300	500	5,000
$H^{(1/4)}$			1.0	1.8	2.7	3.2	3.5	3.8	4.2	4.7	8.4
津波高さ (h)	(m)	定数/ $H^{(1/4)}$	22.5	12.6	8.4	7.1	6.4	6.0	5.4	4.7	2.7
定数 (const)			22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
津波の伝播速度(V)	(m/s)	\sqrt{gH}	3.1	9.9	22.1	31.3	38.3	44.3	54.2	70.0	221.4
津波の流速(U)	(m/s)	$h^{*} \times \sqrt{g/H}$	70.3	12.5	3.7	2.2	1.6	1.3	1.0	0.7	0.1

※注

この表から風間ら（2006）が描いた曲線と同様に、東海第二基準津波が発生したときの「水深の深さと津波高さ」および「津波流速と水深」の曲線を再現すると下記のようになる。なお、水深1m地点の津波高さは防波堤や護岸などの影響があることから除外している。



2. 操船限界の目安・・・「保針限界」

「報告書」p51～52に、津波が襲来した際、沖合いに避難可能かどうかの判断目安として、操船に及ぼす影響として「保針限界による操縦性の低下を避けるための目安」が計算されて示されている。

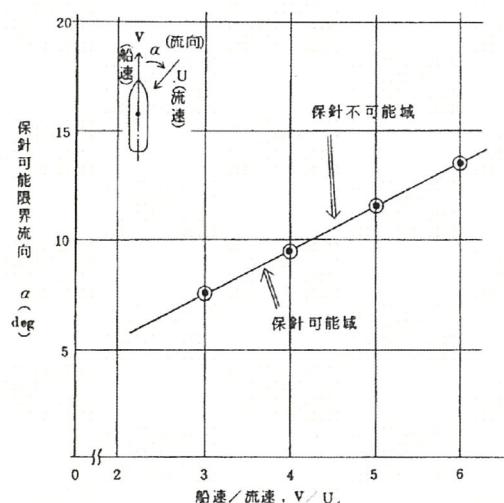


図 12 斜め流れに対する保針限界

$$U = \eta \cdot \sqrt{g/H}$$

U : 津波の流速(m/sec) η : 波面の静水面からの高さ(m)
 g : 重力の加速度(9.8m/sec²) H : 水深(m)

津波に遭遇し、その流れを斜め船首から受ける場合、一般貨物船の針路保持が可能であるかの限界を計算した結果が p52 に示されている。

横軸は「船速／流速」(V/U)、縦軸が船首に対する津波の流向の角度 α (degree) = 舵角となっている。

横（船腹）から津波を受けると転覆することになるが、津波に向かって航行すれば船速 V と津波流速 U の単純な相関ですむ。しかし、船の進行方向が必ずしも津波の流速の方向に向かっているとは限らないことから、斜めから津波流速を受けた場合でも船が保針可能な範囲の流向の角度（ α ：船の進行方向との角度）と、船速／流向比の関係が検討されている。

これが風間ほか（2006）で言う「日本海難防止協会（2003）による一般的貨物船（500 t 程度）に対する試算によれば、船速が津波流速の 5 倍以上あれば斜め 12 度の流向に対しても保船可能であると報告されている」ものであり、この「報告書」（2014）p51～52 参考資料に再掲されている。

この「保針限界」が、海上保安部（銚子海上保安部）の現場で「津波に船首を向け船速が流速の 5 倍以上あればOK」という指示の根拠となっている。

「報告書」資料の解説によれば、「舵角については、保針に加え変針可能な余裕を確保することから常用舵角 15 度としている。流速については、同じ流速に対して船速が速いほど保針しや易いことから、船速との相対比で比較した」とする。

その上で、流速の 3 倍の船速では舵がとられてしまうことから、「船速を上げるとともに、できる限り流れ（津波の進行方向）に立てて航行することが望ましい」としている。

津波に船首を向けて沖合い避難する場合、船種によって「船速」が違う。

標準的な航行速度を、

「コンテナ船」：24ノット（12.3m/s）

「RORO船」：22ノット（11.3m/s）

「LNG船」：13～17ノット（6.7～8.7m/s）

「タンカー」：12～15ノット（6.2～7.7m/s）

「一般貨物船」：7～14ノット（3.6～7.2 m/s）

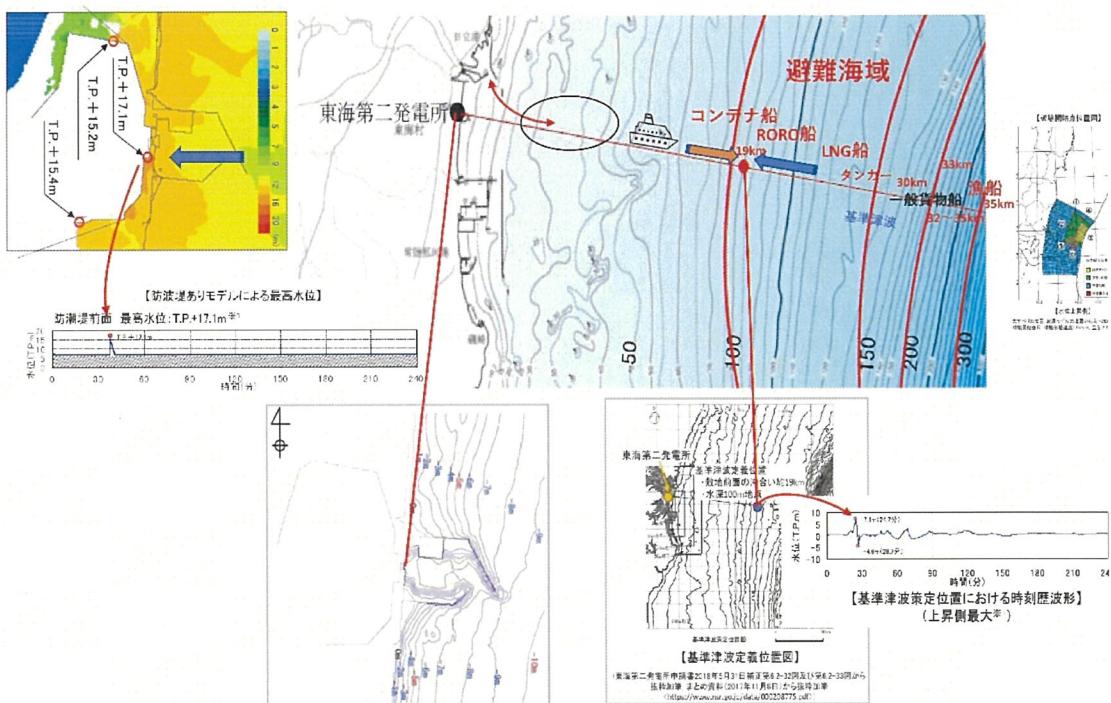
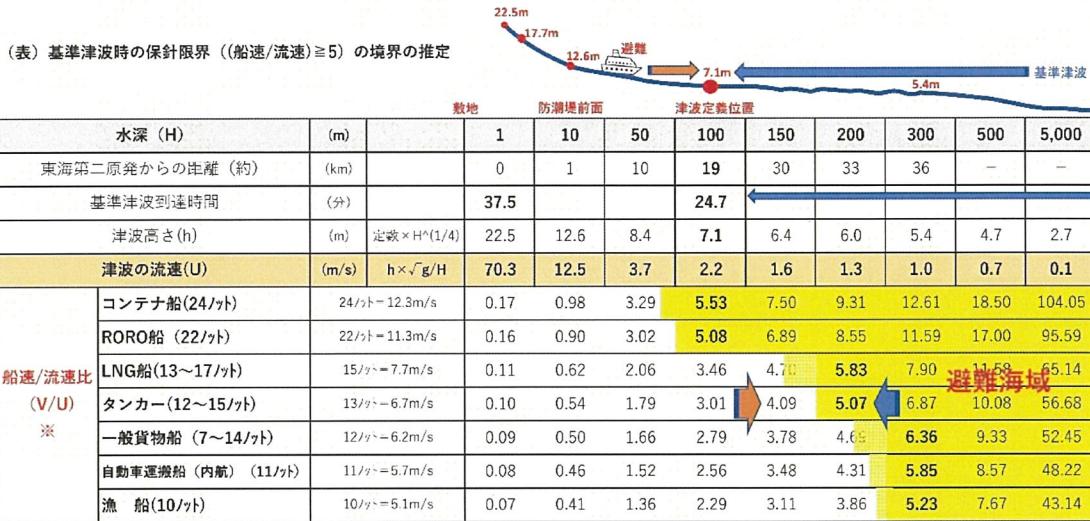
「自動車運搬船（内航）」：11ノット（5.7m/s）

「漁船」：10ノット（5.1m/s）

として、

本件原発の基準津波が発生した時に、この船速で避難して、津波流速の5倍以上（V/U比が5を上回る）となる地点、すなわち安全な避難海域境界の水深の「大まかな目安」をつけるための計算したのが次頁の表である。

あくまで「目安」であり、緊急避難時にのんびり標準的な船速で避難することはなく、風や波浪、海流・潮流、自船の能力を考慮しつつ可能な「全速力」で避難するであろうから、これよりも速い速度で緊急避難できる場合は、この水深より浅い地点が安全海域となる。

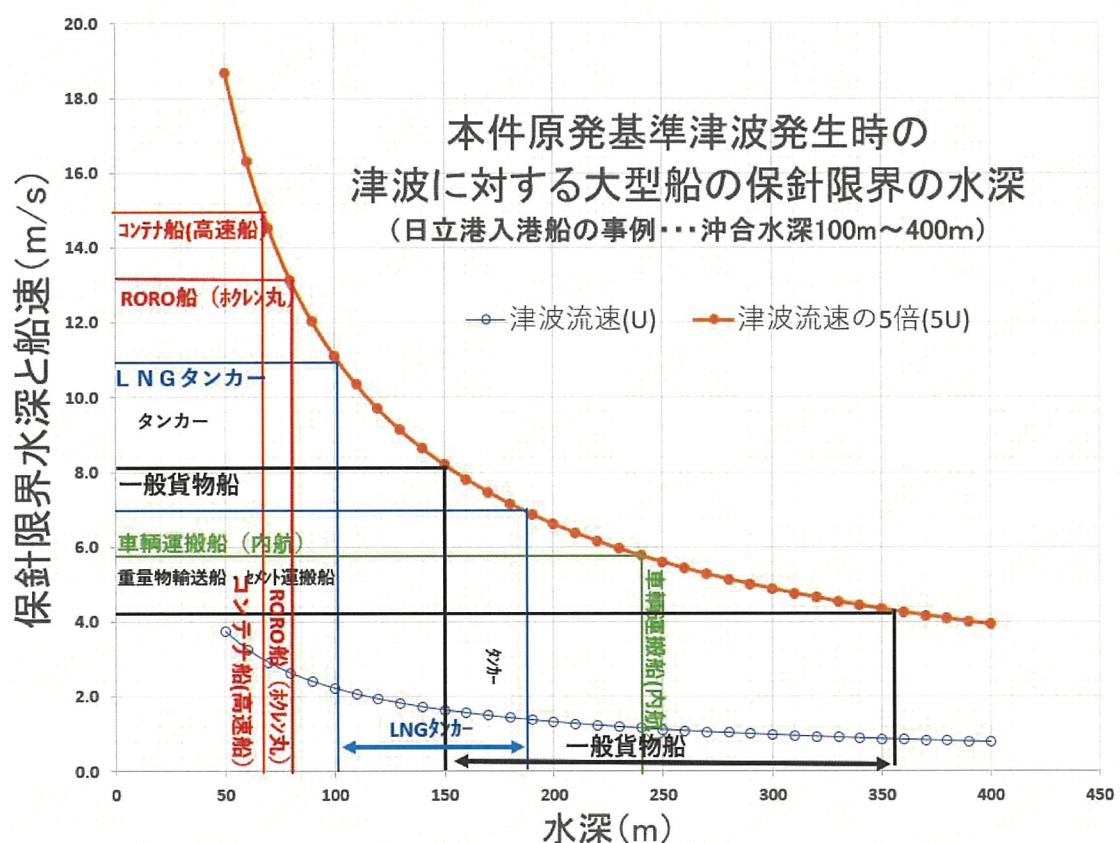


本件原発で想定している基準津波が発生したとき、船種別の「避難海域」の大まかな範囲は水深100m～300mの範囲となる。原発敷地を起点とした距離では沖合19km～36kmとなる。これらの結果は、釜石海上保安庁の「水深200mが避難海域の目安」と概ね一致する。しかし、この数値は風や波浪による影響は考慮されておらず、あくまで目安でしかないと考えられる。

第5 実際に日立港に入出港した船のデータをもとにした基準津波発生時の各船の具体的な「避難海域」の推定

裁判長からの質問に具体的に答えるために、実際に日立港に入出港した船の調査（参考意見書（1））をもとに、ひとつひとつの船についてその「性能最高速度」（推定・・・表注5に注意）で津波に向かったとして、①避難海域境界の水深、および②被告の海図からその水深までの距離を計算したものが、添付「別表」の中の「避難海域の水深と距離」の項（列）である。

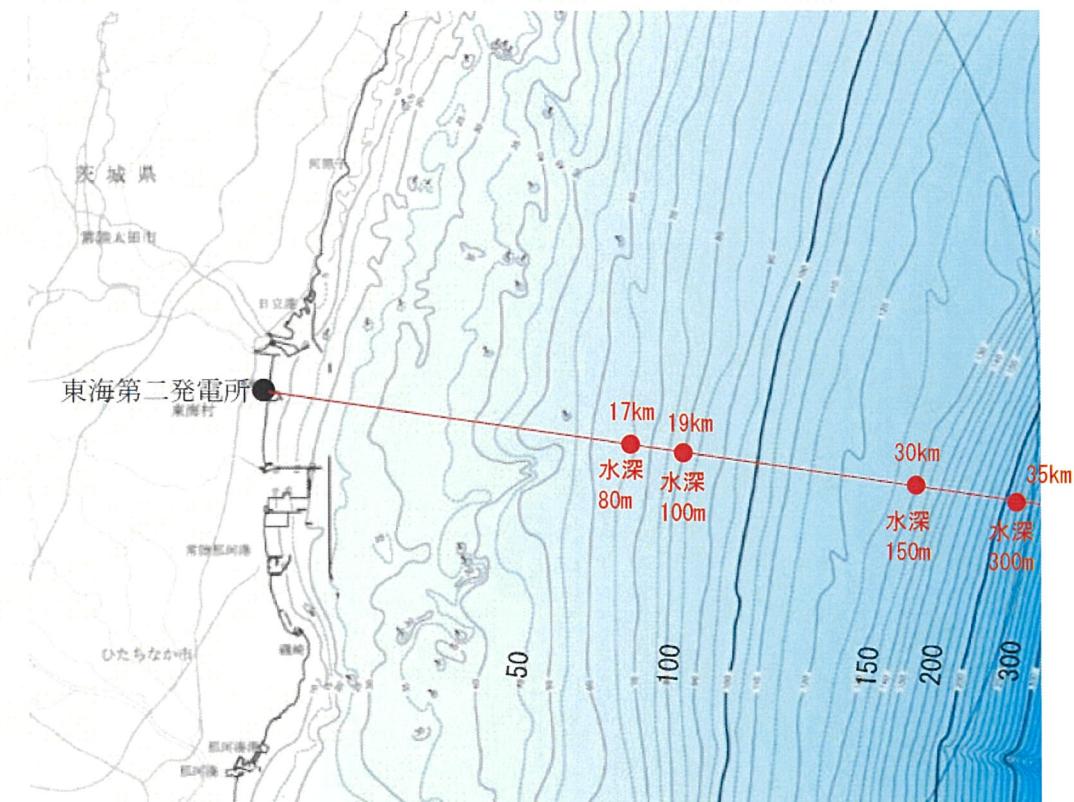
このうち①の避難海域境界となる保針限界の水深を図にまとめたのが下記である。



ここで、縦軸は秒速（m/s）、水深はメートル（m）である。

たとえば日立港に入港した最も船速の速い第二ホクレン丸（RORO船）は、計算上性能最高速度（推定）を26.0ノット（時速48.2km=秒速13.4m）とす

ると（ホクレンによる船舶仕様では最高速度 25.5 ノット（時速 47.2km=秒速 13.1m）となっている）、保針限界の曲線と交わるところの水深は約 80 m ということがわかる。水深約 80 m の地点は、被告が許可申請で示している海図からすると（等高線の幅の変動があるが、津波線上（赤）で測定）、海岸からの距離は沖合約 17 km である。この地点より先が安全な避難海域となる。



同様に、東京ガス日立LNG基地に入船する「LNG船」は、船によって船速に違いがあるが、最も高速の ENERGY INNOVATOR では性能最高速度を 21.4 ノット（時速 40km/時=秒速 11m/s）で津波に向かったとき、保針限界の曲線と交わる点の水深は約 100 m である。この時の海岸からの距離は約 19 km 地点であり、ちょうど被告の基準津波定義地点が避難海域境界となる。もっとも遅い LNG 船、ENERGY UNIVERSE の場合（性能最高

速度（推定）約14ノット＝時速26km、秒速7.1m）は、水深約180m地点、沖合約32km地点まで避難難しなければならない。LNG船の避難海域は沖合約19km～約32kmより沖合が避難海域となる。

同様に「一般貨物船（タンカー含む）」はやはり船速に幅があり、船によって水深約150m地点・沖合約30kmから水深約300m地点・沖合約35kmより先が避難海域となる。

以上までがさしあたって裁判長からの「本件発電所の付近を航行中の大型船舶は、津波襲来時、どの程度避難すれば安全と考えられるか」という「避難海域」についての原告参考意見である。被告からの避難海域の説明と比較されたい。

しかし、裁判長の質問には当然「その避難海域に避難できるのか」ということが含意されている質問であるから、次の章で航行中に基準津波相当の津波が発生したときに大型船舶は避難海域に避難ができるかについて検討する。

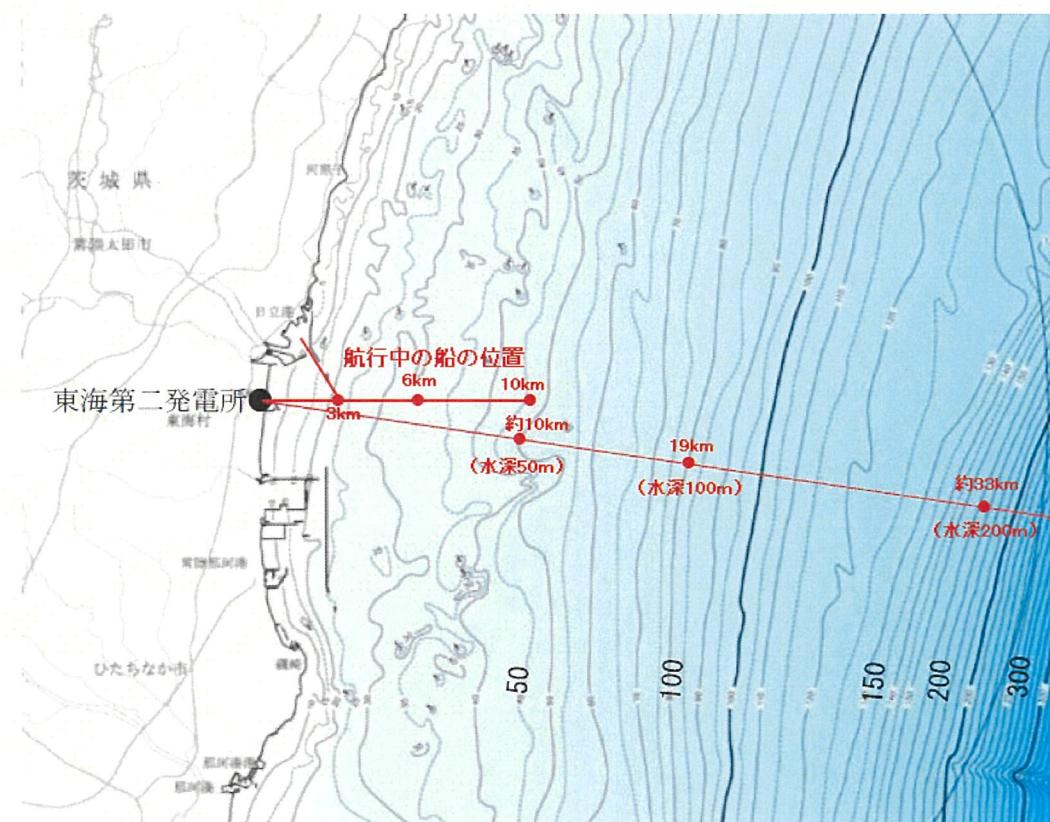
第6 基準津波の規模の津波が発生したときに、航行中の船は避難海域に避難できるか

1. 避難海域到達までの「所要時間」

実際に日立港に入りした船が、航行中に大津波警報を受けて津波に向かつて自船の性能最高速度（推定）で航行した場合、「避難海域に到達できる正味時間」を具体的な船ごとに計算して別表の右列に追加した。

沖合 3 km、6 km、10 km の 3 つの地点を航行中の場合を試算した。

「沖合 3 km」地点とは、日立港に入りする時の日立港中央航路の延長線と本件原発敷地前面から東へ向かう直線が交わる地点である。下記被告の海図に東海第二原発敷地から波源に向かう直線上に、水深と距離を記載した。



沖合の津波の方向は、一様に海岸線に並行に向かうことから、南北のどこを航行中でも東に向かって航行することになり、等深線からすると北側の等深線の

幅が大きいので、北側を航行中の時の方が当該避難海域水深に到達するには距離が大きくなり、したがって所要時間も大きくなる。

この時、「正味」の所要時間とは、それぞれの避難海域までの距離をその船の最高速度で割った数値である。たとえば日立港を出て沖合東に向かって航行している時は舵を切ることなくそのまま東から来襲する津波に向かって全速で航行してゆけばよいが、逆に日立港に向かっているときは方向を逆に切る時間をする。また地震による津波が予測され大津波警報が出るまでの数分、および船長が緊急退避を判断するまでの時間、津波の方向に向かって加速して最高速度まで立ち上げる時間等は考慮していない。またその時の風向や波浪も考慮していない。向かい風か追い風かによっても違いが出る。

被告によれば、基準津波が発生した時、津波発生から24.7分後に沖合19km地点に到達する。

まず、日立港に入った船で、最も高速の第二ホクレン丸を例にあげる。



ホクレン丸が緊急避難時に仮に性能最高速度を上回る 26.0 ノット（時速 48 km、分速 800m）を出せたとして、沖合 3 km 地点を航行中に津波地震を感じて直ちに沖合に向かって最高速度で航行した場合、避難海域である沖合 17 km 地点までの距離 14 km を性能最高速度で緊急避難するときの所要時間は 17.5 分である。津波発生後 24.7 分後に沖合 19 km 地点に到達する基準津波と出会ってもなんとか津波流速を乗り越えられる避難海域に入っている。

沖合 6 km 地点を航行中に、直ちに性能最高速度で津波に向かって航行した場合は所要時間 14 分、沖合 10 km 地点を航行中の場合は 9 分で避難海域に到達できる。

しかしながら、別表に見るとおり、LNG タンカーの中の最高速度が出せるタンカーでも、沖合 3 km 地点で直ちに自身の避難海域である水深 100 m・沖合 19 km に到達するのにや正味 24 分を要し、ちょうどこの地点で基準津波と出会うことになりギリギリである。

それ以外の船（中速の LNG 船から一般貨物船まで）は船速が遅く、一般貨物船は沖合 10 km 地点を航行中で緊急避難しても、安全海域までの所要時間は 41 分から 100 分を越えており、津波発生後 24.7 分後に沖合 19 km 地点を通過・到達する津波に到底間に合わない。その先に自身の安全避難海域があるのだから。

大津波警報が発令されるまでの数分間の時間、方向転換の時間、最大速度まで加速する時間、そして天候等を考えた場合、他地域の海上保安部からの「避難海域目安＝水深 200 m 地点」をもとに船長が即座に緊急避難を決断したとしても、基準津波相当の津波が発生した場合、ほとんどの船は避難海域に避難するのは不可能と考えられる。

2. 港内での停泊中・荷役中の「係留避泊」は可能か？

日本海難防止協会「報告書」p46 は、係留中に大津波警報が発令された場合の係留の限界について、「津波高さに対する係留限界は、V L C C (20万トン以上) およびL N G 船では概ね 1 ~ 3 mまで、1万DWT および3千DWT の船舶では概ね 3 ~ 6 m程度」と述べている。

本源原発の基準津波における「水位」(津波高さ) は、日立港防潮堤前の水深 15m 地点すでに 9m を越えており、港の防波堤 (T.P. 6.5m) があったとしても、容易に波堤を乗り越えて港湾内に流入すると考えられる。東日本大震災で、防潮堤を容易に乗り越えて港に津波が押し寄せる映像や、港湾内を漂流して遡上する大型船や巨大ガスタンク、河川を遡上した津波が堤防を容易に乗り



(久慈市港町の港 (上) 津波襲来直前、(下) 防波堤を越えて港内へ



(大船渡町の河川岸壁を越える漂流物)



(上記写真 岩手日報社 特別報道写真集「平成の三陸大津波」より



(宮古／防潮堤を乗り越えて宮古市役所

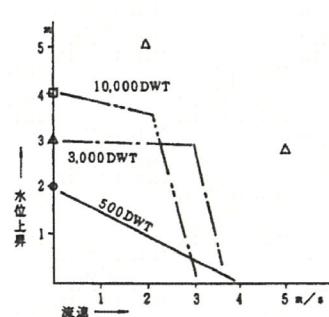
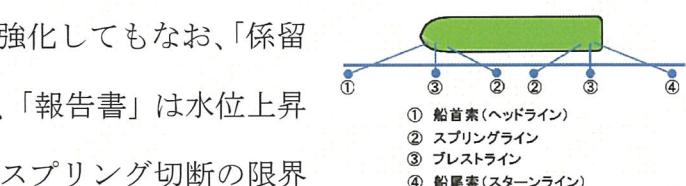
越えて越流することを目指している以上、「係留退避」が「十分に期待できる」とはにわかには信じがたい。

「津波流速」も水深100m地点で2.2m/sであり、水深30m地点で5.5m/sを越え、水深15m地点ですでに9.2m/sに達することが想定され、港湾内に流入する津波海水表面の津波流速は港湾構造物に当たりながら流向も変わり、流速も複雑な動きを示すと考えられるものの流速が一様に大きく抑制されるとは考えられない。

「報告書」は、「津波高さに津波流速の影響が加わると、係留限界の津波高さは低くなる」としている。加えて「津波周期が短い程、係留限界の値が小さくなり、津波高さのみならず急激な水位上昇が係留限界に影響していることが判明した」としている。東京湾などの湾では津波は直撃しないことから津波周期が長くなり水位上昇がゆるやかになって係留限界が上がるが、日立港の場合は直接到来することから周期は伸びないでそのまま流入し、水位上昇も急激で係留限界が大きくなることはない。

津波襲来に備えて係留索を強化してもなお、「係留に期待できる」かという点では、「報告書」は水位上昇と流速が同時にかかった場合のスプリング切断の限界値まで試算している。

係留のスプリングライン(右図)を増し取りしても、このレベルの津波では容易に切断されることが予想される。

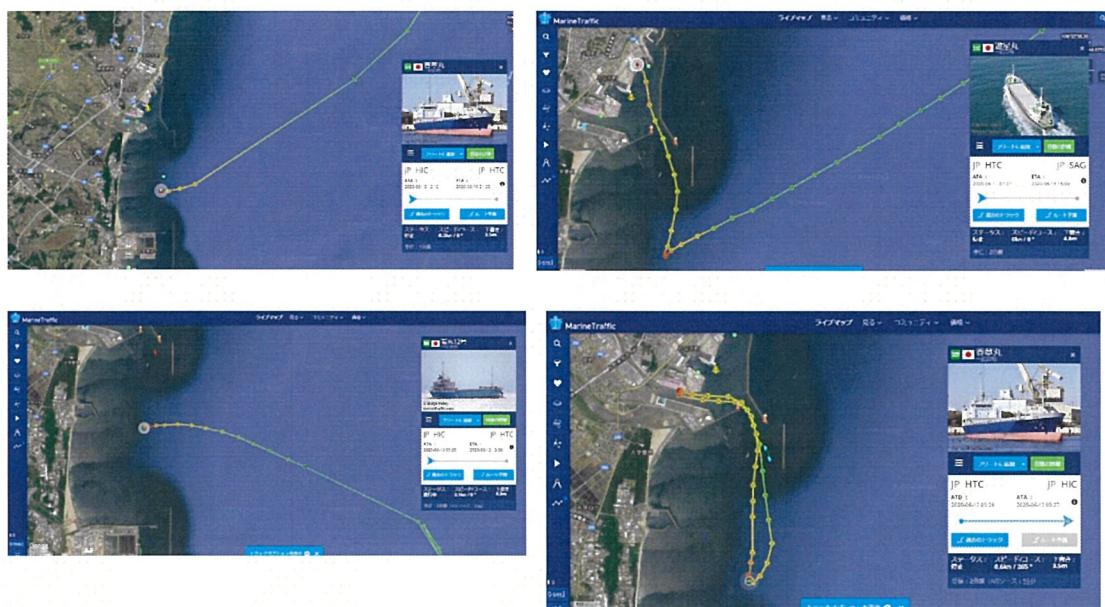


スプリング

図 11 Spring 切断による安全限界

3. 本件敷地前 2 km の沖合での停泊・係駐は考慮されているのか

今回、裁判長からの求釈明をきっかけに原告らで東海港の入出港船の航路についての調査の機会を得たところ、本件原発敷地前の沖合 2 km に貨物量 1600 トンクラスの船舶が一晩停泊していたり、朝 9 から夕方 6 時すぎまで停泊していることが判明した（下図 詳細は意見書（1））。



日立港の港湾関係者によると、港湾内に停泊すると港湾使用料をとられるところから東海港前の水深がやや深いところがちょうど停泊に便利な場所であり、この場所を利用して係駐（錨を降ろして泊まること）すること。また、定期貨物船や LNG 船の入出港時に、他船は避けて退避することから、その退避先にも利用されているとのこと。

こうした事実を考えると、被告が「大型船舶は航路が予め定まっており、その航路に沿った航行がなされる」（準備書面（21））という主張も事実とは相違している。

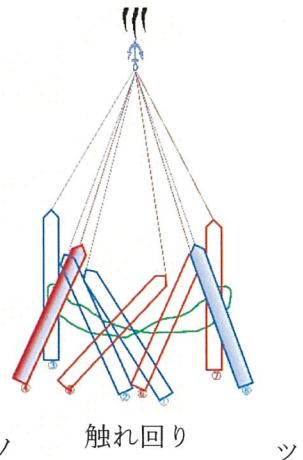
「報告書」では、「係駐限界」についても注意を促しており、「錨泊中の船舶が津内の来襲を受けた場合の係駐限界の流速は、概ね3ノットから6ノット程度、触れ回りが15度とした場合では概ね2ノットから4ノット程度であった」とされる（注：「触れ回り」右図）。

上記係駐限界流速を換算するとそれぞれ流速1.0 m/s（2ノット）、1.5 m/s（3ノット）、2.1 m/s（4ノット）、3.1 m/s（6ノット）であるが、津波襲来時に東海港前面2km地点（水深30m）の津波流速は5.5m/sに達している。

したがって、東海港沖で停泊中だった船は錨も引き抜かれて発電所敷地前で漂流し、押し波で防潮堤に激突することも考慮されなければならないと考えられる。

被告は漂流物として漁船を想定して衝突力を計算している。総トン数（容積）5トンの漁船（船体と載荷重量を合計した総排水量（総重量）は15トン）が防潮堤に衝突した場合の衝突荷重を「耐津波設計に係る工認審査ガイド」で採用されている道路橋示方書の方法で算定して耐津波設計しているから大丈夫としているが、少なくともこれら東海港前に停泊していた船は載荷重量（DWT）で1,600トン超、総排水量推定で2,000トンに及び、被告の想定（漁船）の130倍以上の衝突荷重の発生が予想される。

まして、同じ本件敷地から2kmの外港バースに世界最大級のLNG船が着岸し、桟橋に係留されて12時間かけてLNGガスを基地のタンクに送り込んでいる。このLNG船の載貨重量（液化されたガス）は7～8万トン、船体の重量とあわせた総排出量（全総重量）は11万ないし13万トンに及ぶ。総排



出量 15 トンの漁船の 8600 倍である。LNG 船が外港バースに係留中に津波地震が発生したとき、危険物積載船舶の「望ましい対応」として「積荷の危険物による二次災害防止のため、大津波警報、津波警報が発せられた場合、避難海域に避難する時間的余裕がある場合は、港外退避を基本とすることが望ましい」（日本海難防止協会 報告書 p21-22）とされているものの、先の検討で見た通りの避難海域と所要時間であり、少なくとも日立港から東海港前までタグボートによる曳航による時間も必要なことをも考えると沖合への緊急避難は困難と判断される。そうすると、係留強化した場合でも本件基準津波相当の津波に襲われた時には係留限界を超えて係留がちぎれたばあい、最初の流圧と加速度によってその大きな慣性力（慣性力は重力に比例する）で最初の加速度方向に向かって漂流をはじめることになる。10 万トンを越える重量船の慣性力は大きく、水粒子の流向が変わっても、それに沿って機敏に方向を変えるような動きはしないことから漂流物による津波防護施設（取水口、防潮壁）への影響は十分に考えられる。しかし被告は、総排出量 15 トンの漁船の防潮壁への衝突は評価しても、10 万トン超の重量船舶の衝突荷重は評価していない。

LNG 船については、液化ガスを積んだ状態で漂流する他船に横から衝突されたり、本件原発の 20 m 防潮壁に衝突した際、液体ガスが漏えいして火災が発生する場合も考慮されなければならない。

LNG 液体ガスは比重が 0.5 と軽いので、漏れ出た -162 °C の液体は薄膜のように海水表面に広がり、海面上にプルーム状に気化しながら広がり、それに着火すればあたりは火の海になることが考えられる。LNG が海面で漏えいして火災になった場合、その火炎は半径 10 km に及び、その放射熱によって一瞬にして家屋の焼失、火傷を負うことも指摘されている。

実際、2011年東日本大震災の際は、気仙沼湾はタンカーから漏れた重油に引火し、港内全体が火の海となっている（下写真）



（河北新報社特別報道写真集「3・11大震災」より）

第7 緊急避難も係留避泊も困難であり、大型船舶も漂流物となることを考慮しなければならない。

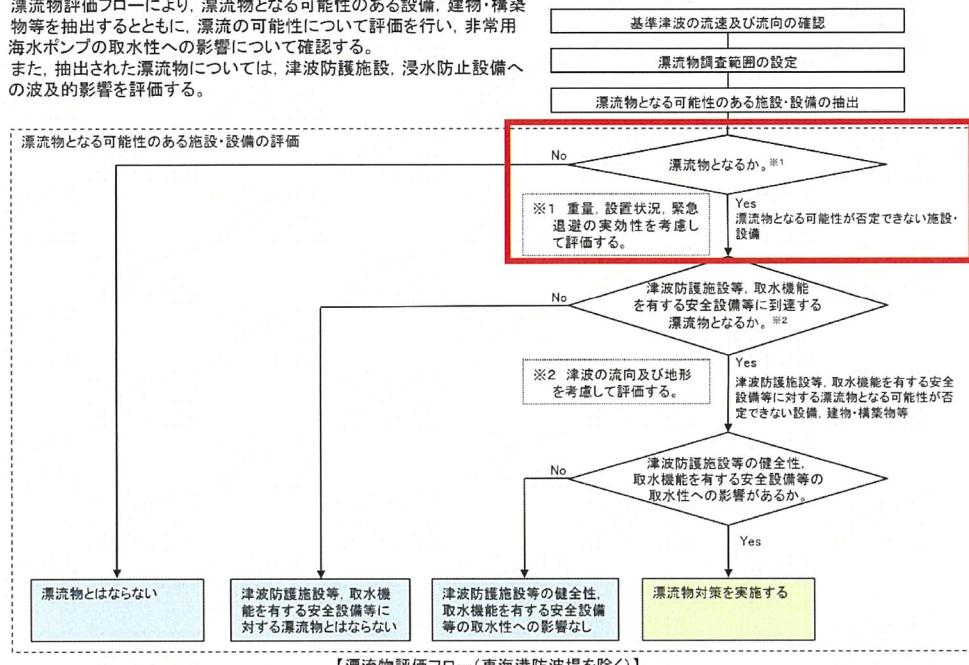
被告は、漂流物評価フローの最初の「漂流物となるか」の分岐点で、「日立港に寄港する船舶は津波発生時には荷役・作業を中止し、緊急退避又は係留退避を実施するため漂流物とならない」と大型船舶を除外した（次頁。甲D244号証「耐津波設計方針について」被告スライド p61、p66）。

11. 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

(2) 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認(2/11)



- ◆ 漂流物評価フローにより、漂流物となる可能性のある設備、建物・構築物等を抽出するとともに、漂流の可能性について評価を行い、非常用海水ポンプの取水性への影響について確認する。
- ◆ また、抽出された漂流物については、津波防護施設、浸水防止設備への波及的影響を評価する。



61

11. 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

(2) 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認(7/11)



- ◆ 漂流物検討対象の選定
調査にて抽出された対象物について、漂流物評価フローに基づく評価を実施した。

発電所敷地内	発電所敷地外	
	発電所北側エリア	発電所南側エリア
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 鉄筋コンクリート造建物等の建物類は、地震又は波力により部分的に損壊する可能性があるが、本来の形状を有したまま漂流物とはならない。 ✓ クレーン等の機器は地震又は波力により損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降することから漂流物とはならない。 ✓ クレーン荷重試験用ウェイト等は重量物であるため漂流物とはならない。 ✓ 燃料等輸送船は緊急退避の実効性が確認されていることから漂流物とはならない。 ✓ コンクリート片等のがれき、鉄骨造建物の外装板、フェンス、空調室外機、車両、浚渫用作業台船等は漂流した場合に取水口へ向かう可能性を否定できない。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 鉄筋コンクリート造建物等の建物類は、地震又は波力により部分的に損壊する可能性があるが、本来の形状を有したまま漂流物とはならない。 ✓ 重機等の機器は地震又は波力により損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降することから漂流物とはならない。 ✓ 資機材類(点検用資材等)等は重量物であるため漂流物とはならない。 ✓ 日立港区に寄港する船舶は津波発生時には荷役・作業を中止し、緊急退避又は係留避泊を実施するため漂流物とはならない。 ✓ 発電所近郊の海上で操業する漁船は漂流した場合に取水口へ向かう可能性を否定できない。 ✓ プラント設備の機器は地震又は波力により倒壊するおそれがあるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 ✓ その他の施設・設備についても設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 鉄筋コンクリート造建物等の建物類については、部分的に損壊する可能性があるが、本来の形状を有したまま漂流物とはならない。 ✓ プラント設備等の機器は地震又は波力により損壊するおそれがあるが、重量物であり、気密性もなく沈降することから漂流物とはならない。 ✓ 常陸那珂港区に寄港する船舶は津波発生時には荷役・作業を中止し、緊急退避又は係留避泊を実施するため漂流物とはならない。 ✓ プラント設備、街灯等は漂流した場合に取水口へ向かう可能性を否定できない。 ✓ 車両については漂流物となる可能性があるが、漂流の過程で沈降すると考えられることから非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。 ✓ 防砂林については津波により倒木して漂流物となる可能性があり、漂流した場合に取水口へ向かう可能性を否定できない。

66

また、準備書面（21）では、「大型船舶については、・・・航路に沿った航行がなされるところ、本件発電所の前面の海域近傍に航路は設定されていない。また、既に述べた通り、国による運用面の整備がなされるなどの現状において、今後とも、津波襲来時に緊急退避及び係留避泊という対応が徹底されることを十分に期待できる」と主張した。

しかし、「期待」するのは良いが、以上見てきた通り現実的には緊急避難も係留避泊も極めて困難であり、また被告がまったく考慮していない大型船舶の挙動の事実まである以上、「大型船舶が漂流物とならない」と断言して評価フローから除外できる合理的理由は見当たらない。

以 上

【別表】本件発電所沖合を航行中に基準津波が発生した時に避難海域に緊急避難できる所要時間の試算（日立港へ入港した船舶）

2020/6/15 (大石)

種別	船種	図絵番号	船名	IMO(船番号)	(日時)	航路	航行平均速度(ノット)	航行最高速度(ノット)	性能最高速度(推定)(ノット)	最高速度時速(km/h)	最高速度分速(m/分)	最高速度秒速(m/s)	避難海域水深(m)	避難海域距離(km)	沖合3km航行中		沖合6km航行中		沖合10km航行中				
															沖合3km航行中避難海域までの距離	避難所要時間①(分)	沖合6km航行中避難海域までの距離	避難所要時間②(分)	沖合10km航行中避難海域までの距離	避難所要時間③(分)	総トン数(GT)(容積)	載荷重量(DWT)(貨物重)	満載排水量(総重量DT)推定
		注1				注2	注3	注4	注5		注6		注7	注8	注9	注10							注11
1) 定期貨物	RORO船	第二ホクレン丸	9659177	毎日(デイリー)	訓路-日立間(北海道定期RORO航路)	20.8	22.3	26.0	48.2	802.5	13.4	80	17	14	17	11	14	7	9	11,386	6,890	約1.4万トン	
	RORO船	① ホクレン丸	9773806		訓路-日立間(北海道定期RORO航路)	20.8	21.9	26.0	48.2	802.5	13.4	80	17	14	17	11	14	7	9	11,413	6,890		
	RORO船	北王丸	9700304	週3便(月水金)	北九州一日立間(北九州定期RORO航路)	19.4	21.6	24.3	44.9	748.5	12.5	80	17	14	19	11	15	7	9	11,492	6,710		
	RORO船	勇王丸	9251054		北九州一日立間(北九州定期RORO航路)	18.8	19.3	23.5	43.5	725.4	12.1	80	17	14	19	11	15	7	10	9,500	5,335		
2) 不定期船 2020年 6/10~6/15 の調査例	一般貨物	⑩ きょう丸(輝翔丸)	9682071	2020/6/12 7:27	鹿島一日立	12.6	13.0	15.8	29.2	486.2	8.1	150	30	27	56	24	49	20	41	499	1,700	約2000トン	
	オイルタンカー	③ つるひろ丸	9833759	2020/6/10 0:00	6/10 12:00日立港へ入港、6/11 8:14に姫ヶ崎へ出港	12.1	13.5	15.1	28.0	466.9	7.8	150	30	27	58	24	51	20	43	997	2,113	約3000トン	
	一般貨物	⑫ 大丸38号	9601625	2020/6/13 7:00	横浜一日立	12.1	12.9	15.1	28.0	466.9	7.8	150	30	27	58	24	51	20	43	498	1,630	約2000トン	
	一般貨物	⑥ 春章丸	9748162	2020/6/10 12:12	6/10 東海港前で一晩停泊後翌朝日立港へ→木更津	11.8	13.7	14.8	27.3	455.3	7.6	150	30	27	59	24	53	20	44	499	1,690	約2000トン	
	一般貨物	⑪ 加茂	9166833	2020/6/12 10:05	台湾一日立	10.3	13.2	14.7	27.2	452.7	7.5	150	30	27	60	24	53	20	44	8,145	9,433	約1.3万トン	
	一般貨物	⑭ 若丸12号	9711353	2020/6/13 9:05	鹿島一日立 東海港前9:05停泊→18:30入港	11.3	13.0	14.1	26.2	436.0	7.3	150	30	27	62	24	55	20	46	499	1,670	約2000トン	
	一般貨物	⑮ 海生丸	8740993	2020/6/13 22:35	6/13 22:35~6/14 7:00まで東海港中に停泊、8:31日立港へ入港	11.3	13.0	14.1	26.2	436.0	7.3	150	30	27	62	24	55	20	46	498	1,830	約2200トン	
	タンカー	⑯ きざん	431004981MMSI	2020/6/13 4:40	姫ヶ崎一日立	11.2	12.0	14.0	25.9	432.1	7.2	150	30	27	62	24	56	20	46	-	-		
	一般貨物	⑦ 遊星丸	9815537	2020/6/10 18:38	6/10 東海港前で一晩停泊後豆朝日立港へ→佐賀	10.5	12.4	13.1	24.3	405.1	6.8	160	31	28	69	25	62	21	52	499	1,650	約2000トン	
	一般貨物	⑧ シェン・ウェイ(Belize)	8746026	2020/6/11 6:22	ロシアクジオストッカ一日立	10.2	10.7	12.8	23.6	393.6	6.6	160	31	28	71	25	64	21	53	2,972	5,239	約7000トン	
	車両運搬船	② SPLENDID ACE(Japan)	9252228	2020/6/10 6:30	豊橋一日立	9.1	10.8	11.4	21.1	351.1	5.9	240	33	30	85	27	77	23	66	56,556	19,893	約2.8万トン	
	一般貨物	⑯ DONG PHONG(ベトナム)	9088213	2020/6/15 5:47	名古屋一日立	9.0	11.3	11.3	20.8	347.3	5.8	240	33	30	86	27	78	23	66	5,552	7,088	約1万トン	
	セメント運搬船	④ ちしま丸	9070125	2020/6/10 0:00	函館一日立	7.1	9.9	11.0	20.4	339.5	5.7	240	33	30	88	27	80	23	68	4,911	7,482	約1万トン	
	重量物運搬船	⑤ STELLAPRIMA(Netherlands)	8912326	2020/6/10 0:00	日立-名古屋	8.1	10.1	10.1	18.8	312.5	5.2	260	35	32	102	29	93	25	80	6,902	7,572	約1万トン	
	一般貨物	⑨ チャン・チュアン(Belize)	9104055	2020/6/11 7:07	千葉方面へ	6.3	7.2	7.9	14.6	243.1	4.1	350	40	37	152	34	140	30	123	1,362	2,278	約3000トン	
3) LNGタンカー	LNGタンカー	⑰ ENERGY INNOVATOR(Japan)	9758832	月1~2回	東京ガスLNG基地	17.1	17.6	21.4	39.6	659.8	11.0	100	19	16	24	13	20	9	14	121,981	88,668	約13万トン	
	LNGタンカー	⑯ ENERGY CONFIDENCE(Japan)	9405588			12.0	13.2	15.0	27.8	463.0	7.7	160	31	28	60	25	54	21	45	121,413	75,891	約11万トン	
	LNGタンカー	⑯ ENERGY UNIVERSE(Panama)	9758844			9.2	12.5	13.9	25.7	428.7	7.1	180	32	29	68	26	61	22	51	122,142	88,700	約13万トン	
4) 車両外航船	車両運搬船	不明		不定期	メルセデス・ベンツ輸入船																		
	車両運搬船	⑯ 日産専用船		月2~3回	日産北米輸出船														58,685				

(注) この表は参考意見(1)で示した日立港に入港した船の諸元の表を、船の種別ごとに区分した上で、その種別内で上から下に船速(推定性能最高速度)の早い順で並べ替えている。

注1: この番号は参考意見書(1)で示した6/10~6/15に日立港に入港した船のリストの番号である。

注2: 「IMO番号」「日時」「航路」は、日立港に入港した船の船番号、入港日時、航路である。

注3: 「航海平均速度」は、船舶自動識別装置(AIS)によって記録された日立港に入港するまでの航路における平均の速度の記録である。AIS情報では「速力レコード(最大/最高)」として表示される。

注4: 「航海最高速度」は、注3と同じく、AIS記録による日立港に入港するまでの航路における最高速度の記録である。

注5: 「性能最高速度」は、船の引き渡し(造船所から船主へ)前の「性能試験」による「試運転最高速度」を推定したものである。実際の航行ではこの性能試験による最高速度の8割程度の速度で航行しているものとして、性能最高速度を推定した。

※船納品前「性能試験」による「試運転最高速度」はAISの船舶情報には記載されていない。

※「性能試験」による速力試験は、貨物を積めないのでコンテナ船ではバラスト水(バランスを取りるために船底に積む重しとしての水)を満載、タンカーの場合はタンクに海水を入れて速力試験が行われる。速力試験では海流・潮流、風力・波浪の影響を受けることからできるだけ静穏な水域で、同じ区間を往復して、流れや風の影響を取り除いた理想的な条件での最高速度である。したがって、実際の緊急避難にあたってこの性能最高速度が出せるかどうかは確かではないが、緊急避難時の速度として保守的にこの性能試験による最高速度を使うこととした。

※ホクレン丸の場合、荷主がHP上でその船の性能を公開している。これによると「航海速力23.5ノット(43.5km/時)、最高速力25.5ノット(47.2km/時)」であるが、実際の航行の平均速度は20.8(38.5km/時)で航行している。航行平均速度/性能試験最高速度比は0.8である。

※航行時の最高速度が平均速度に対して高く、推定最高速度(平均航行速度/0.8)を上回るときは、推定最高速度を航行最高速度/0.9で補正した。主に外航船で、外洋を航行するときは高速で航行するためと思われる。

注6: 性能最高速度を時速、分速、秒速に換算して、避難時間を算出する場合の数値とした。「1ノット」は1時間に1.852km(1852m) (1海里) 進む早さ。分速では1.67