

茨城県原子力安全対策委員会
東海第二発電所
安全性検討ワーキングチーム(第23回)
ご説明資料

委員からの指摘事項等を踏まえた論点及び 県民意見を踏まえた論点への説明

2023年3月29日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、 は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

近隣の産業施設における火災・爆発等の東海第二発電所への影響について

【説明概要】

■第16回, 第19回

発電所の周辺にあるLNG基地の爆発や, 日立港の船舶の爆発・火災や漂流・油流出が発電所の安全性に影響しないことを確認している。

- ・LNG基地の爆発 : 爆発により発電所に到達する風圧は小さく, また, 爆発に伴い発生する飛来物は発電所施設まで到達しない。また, LNG貯蔵施設の増設や地下パイプラインの建設を考慮しても, これらの爆発は発電所に影響しない。
- ・船舶の爆発, 火災 : 発電所に船舶が最も近づいて, 火災・爆発を起こしても影響しない。
- ・船舶衝突, 油流出 : 発電所の取水口に船舶が衝突したり, 流出した油が到達しても, 海水の取水性を損なうことはない。

■今回

発電所の周辺にあるLNG基地のガスタンクの安全性に関して設置・運営元に確認し, ガス漏洩防止対策やシビアアクシデント時の影響評価等の安全性に関して問題ないと考える。

● 危険物貯蔵施設等の爆発

- ・ 高圧ガス漏洩、引火によるガス爆発を想定した場合において、発電所から約1.5kmの位置にあるLNG基地に対して危険限界距離以上の離隔距離を確保していることを確認
- ・ LNGタンクは既設1基より2基に増設済(貯蔵容量23万キロリットル/基)。増設後の施設条件を考慮しても爆発影響の増加は軽微に留まり、発電所に影響を与えないことを確認
- ・ LNG基地のタンクは低温貯蔵型タンクであり、大規模なタンク破裂事象は発生し難く、タンクの爆発による飛来物は発電所に到達しないことを確認
- ・ LNG基地のガスタンクから大規模な漏えいが発生して発電所方向に流れた場合でも、ガスの比重や発電所との約1.5kmの離隔距離等により、発電所に影響を与えることはないと判断

〈別紙1, 参考1参照〉



発電所と日立LNG基地の位置関係



発電所敷地から最も近い位置にある高圧ガス貯蔵施設

※: 400mは、LNG基地の爆発を想定した場合の危険限界距離

● 危険物貯蔵施設等の爆発

- ・ 発電所から約1.5km北方にあるLNG基地より南方に向けてパイプラインを設置済み。気体で高圧圧送(7MPa)されるパイプラインのガス管は地中1.2m以深に埋設され、鋼管の材質は伸び・可撓性が高く、溶接による接合方法と相まって大地震でも漏洩せず、更に、遠隔監視・操作でガスの遮断が可能とされている。〈別紙1参照〉
- ・ これらより、パイプラインの爆発事故は起こり難いと考えられるが、不測の事態による爆発を仮定
- ・ パイプラインの敷設位置は防護すべき発電所施設より850m以上離れており、**LNG基地のガスタンク本体(増設したLNGタンクを含む(詳細はp.6参照))が爆発した場合の危険限界距離(373m及び410m)を上回る**。また、**発電所施設に更に近い道路を通行する燃料輸送車両の火災・爆発を評価し(「外部事象対策について」参照)、この場合でも発電所施設に影響を与えないことを確認**。更に、ガスパイプライン爆発事例を参照したところ、**重大な被害はパイプライン近傍に留まると考えられ、850m以上離れた箇所まで被害を及ぼす恐れは小さい**と考えられる。
〈参考2〉
- ・ これらより、**パイプラインの万一の爆発を想定しても、発電所施設に影響を及ぼすことはない**と判断される。



LNG基地から繋がるパイプライン敷設概要図



LNGパイプラインと発電所の位置関係概略図

● 燃料輸送船の爆発＜別紙2参照＞

- ・ 高圧ガス漏洩、引火によるガス爆発を想定した場合において、LNG基地に入港する最大規模の燃料輸送船が、船舶の喫水と水深より、船底が海底とぶつかるためこれ以上進入しない位置まで漂流してきたことを想定した条件で、危険限界距離以上の離隔距離を確保していることを確認
- ・ LNG基地に実際に入港する最大規模の燃料輸送船は低温貯蔵型タンクであり、大規模なタンク破裂事象は発生し難く、タンクの爆発による飛来物は評価対象施設に到達しないことを確認

● 燃料輸送船の火災＜別紙3参照＞

- ・ LNG基地に入港する最大規模の燃料輸送船の火災に対して、船底が海底とぶつかるためこれ以上進入しない位置まで漂流してきたことを想定した条件で、危険距離以上の離隔距離を確保していることを確認
- ・ 発電所港湾内に入港する最大規模の定期船の火災に対して、危険距離以上の離隔距離を確保していることを確認

* 輸送船等の評価では、代表的に燃料油の火災及びLNG・LPGの爆発を想定している。＜別紙4参照＞



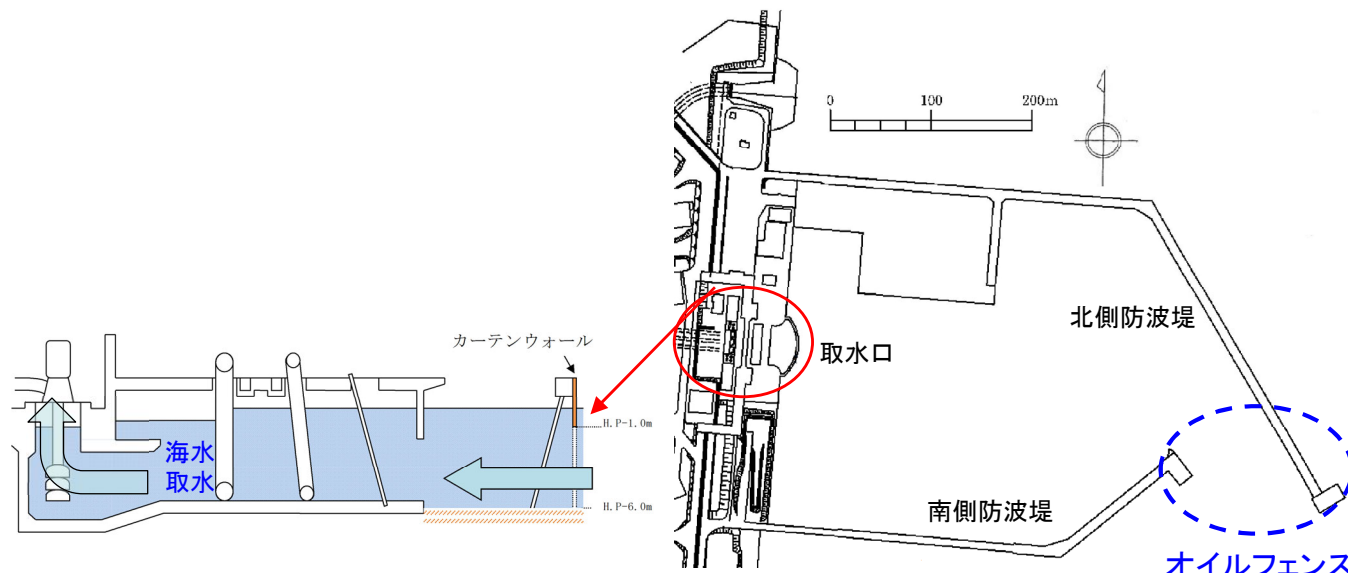
図 評価対象施設と燃料輸送船の位置関係



図 評価対象施設と燃料輸送船の位置関係

【影響評価結果】

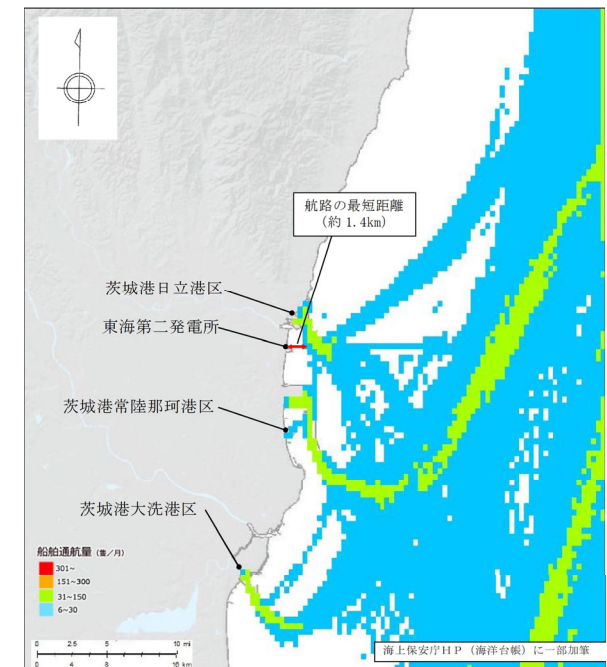
- ・発電所周辺の海上交通のうち、最も近い航路でも**発電所より約1.4kmの離隔距離が確保されていること**、**大型船舶の喫水** **及び発電所沖合約900mの水深が** **であることから、大型船舶が発電所に到達する可能性は小さい。**
- ・発電所に入港する燃料輸送船等は、異常気象・荒天が想定される場合には、必要に応じて緊急退避等の措置をとるため港湾内で事故が発生する可能性は小さい。万が一、港湾内で事故が発生し、輸送船等が取水口前面に到達した場合でも、**半円状のカーテンウォールにより阻害され、水深が** **確保されていることから取水性を損なうことはない。**
- ・漁船等の小型船舶が発電所近傍で漂流した場合でも、**防波堤によって発電所港湾内に侵入してくる可能性は小さい。**万が一防波堤を通過した場合でも、**取水口は呑み口が広いため、取水性を損なうことはない。**
- ・これらの船舶の座礁等により、積載燃料や輸送油(重油等)が流出・拡散して発電所に向かう場合を想定しても、油の比重は海水より小さく表層近くに留まることから、速やかに**オイルフェンスを設置して油の接近を抑制することで、取水口からの深層取水に悪影響を与えることはない。**なお、早期のオイルフェンス設置ができない場合でも、比重の小さい油は海面表層付近に留まることから、直ちに取水性に悪影響を与えることはない。



取水口～取水ピット断面図

防波堤及び取水口位置

論点No.59-5



発電所周辺の航路



● 危険物貯蔵施設等の爆発

- ・ LNG基地のLNGタンクは既設1基より2基に増設したことから、増設後の施設条件における爆発評価への影響を確認する。
- ・ ガス爆発の危険限界距離*の算出式は以下のとおり。

* ガス爆発の爆風圧が0.01MPa以下になる距離(人体に対して影響を与えない圧力)

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W} \quad (\text{出典: 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド})$$

X: 危険限界距離[m]、λ: 換算距離 14.4[m・kg^{-1/3}]、K: 石油類の定数[-]、W: 設備定数[-]

- ・ LNGタンク増設後の危険限界距離の評価結果は以下のとおり、危険限界距離は現行施設条件の373mから増加するものの410mに留まり、発電所からの離隔距離1500mを下回ることを確認した。

評価ケース	想定爆発源	容量(t)	危険限界距離(m)	離隔距離(m)	考察
現行施設の条件	LNGタンク 1基	97,704	373	1,500m	LNGタンク増設によりガス貯蔵量が増えて危険限界距離は長くなる傾向となるが、危険限界距離はガス貯蔵量の三乗根に比例するため、貯蔵量が大幅に増えても距離への影響は小さい。
	LPGタンク 1基	31,000			
LNGタンク増設後	LNGタンク 2基	195,408	410		
	LPGタンク 1基	31,000			



● LNG基地のガスタンク爆発時の飛来物の飛散距離の評価

- ・ LNG基地の**ガスタンク爆発時の飛来物の最大飛散距離**を評価する。LNGタンク・LPGタンクは低温貯蔵型であり、タンク爆発時に飛来物に付与されるエネルギーより最高速度を求め飛散距離を算出する。
- ・ 以下の算出式により、各タンクの爆発エネルギーと飛来物の初速度を算出する。

$$v_i = \sqrt{\frac{2 \times A_{ke} \times E_{av}}{M_v}}$$

v_i : 飛散物初速度(m/s), E_{av} : 爆発時エネルギー(J), M_v : 空タンク材重量(kg)

A_{ke} : エネルギーの飛散物付与割合(0.2*)

(上限:0.6, 概算見積もり:0.2, BLEVE(沸騰液膨張蒸気爆発):0.04)

*「Methods for the Calculation of Physical Effects (TNO Yellow Book, CPR14E(Part 1),3rd edn), van den Bosch, C. J. H. & Weterings」による。

(出典:Methods for the Calculation of Physical Effects (TNO Yellow Book, CPR14E(Part 1),3rd edn)

$$E = \frac{(\rho_1 - \rho_2)V}{\gamma - 1}$$

E : タンク爆発による発生エネルギー(J)

ρ_1 : タンク内圧力(0.19808MPa; LNG貯蔵タンク安全弁設定圧力×1.2), ρ_2 : 大気圧力(0.1013MPa)

V : タンク体積(m³), γ : 比熱比(-)

- ・ ここで得られた最高速度をもとに、射出角をパラメータとした最大到達距離を評価した結果、**飛来物の最大飛散距離は557mに留まり、発電所からの離隔距離1,500mを下回ることを確認した。**

想定爆発源	タンク体積(m ³)	比熱比(-)	タンク材重量(kg)	爆発エネルギー(J)	最高速度(m/s)	飛散距離(m)	離隔距離(m)	考察
LNGタンク1基	253,000	1.3	7.6 × 10 ⁶	8.2 × 10 ¹⁰	66	最高速度よりLPGタンクで包絡	1,500m	LNGタンクの増設は飛散距離に影響しない。 (タンク単体の爆発エネルギーが各タンク構成材等に付与されるため)
LPGタンク1基	55,000	1.1	2.7 × 10 ⁶	5.3 × 10 ¹⁰	89	・鋼製パイプ*1:557 ・コンクリート板*2 (タンク本体):244		

*1: 長さ13m × 直径1m, 重さ5t *2: 長さ13m × 幅22m × 厚さ1cm, 重さ22t (長い形状の飛来物は飛散距離が大きくなる傾向からタンク寸法に合わせて長く設定)

● LNG基地の低温・低圧の貯蔵型のガスタンクの爆発形態について

- ・ LNG基地のLNGタンク及びLPGタンクは、各ガスを沸点温度まで冷却し、液化させた状態で貯蔵する低温・低圧貯蔵型のガスタンク*1である。このタイプのガスタンクは、万一の爆発事故時においても、常温・加圧貯蔵型のガスタンク*1と比べて、爆発の影響は緩和する傾向とされている。

区分	ガスタンクの例	温度	圧力
低温・低圧貯蔵型	低温貯蔵LNGタンク	約-162℃	大気圧近傍
常温・加圧貯蔵型	LPGタンクローリ	常温	約2MPa

- ・ 加圧貯蔵型のガスタンクで事故時に発生する恐れのある大規模な爆発火災事象*2は、加圧され液体で貯蔵されたガスタンクが、火災で加熱されることによりタンク内の圧力が更に上昇し、タンクの一部破損で起こる液体の急激な気化に伴い発生する現象とされている。

*2 BLEVE: Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (沸騰液膨張蒸気爆発)

- ・ 一方、大気圧に近い低圧で貯蔵されている低温貯蔵型のタンクは、内部が保冷層で覆われ外部から熱が入り難く、通常時はBOG圧縮機*3等でタンク内圧を一定に制御していることと、耐圧設計そのものが低いことから、異常時でも加圧貯蔵タンクと比較してタンク内圧が上昇し難く、大規模な爆発火災事象は発生し難いとされている。*4

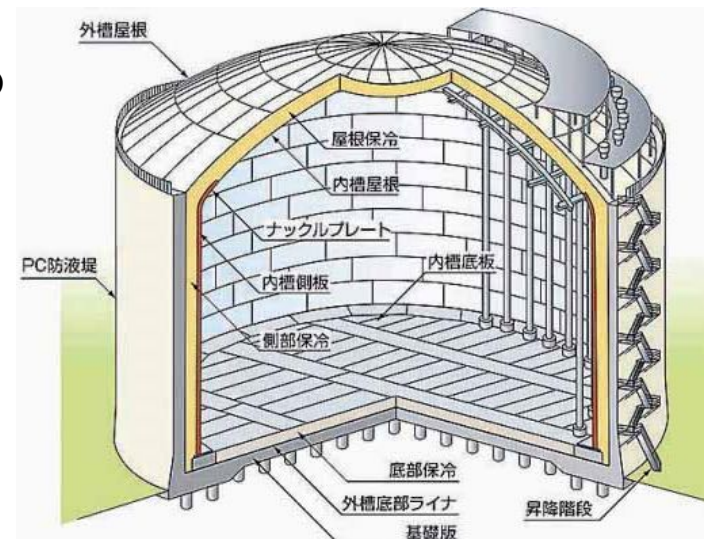
*3 タンクから発生するボイルオフガスを再液化し、タンク内圧を一定に制御する。

*4 出典「Environmental Assessment for the Sabine Pass Liquefaction Project」(次頁)

- ・ これらより、LNG基地のLNGタンク及びLPGタンクは低温貯蔵型ガスタンクの事故時に想定される爆発形態を想定し、タンクの限界圧力まで圧力が上昇してタンクが破壊する条件*5でガス爆発の飛来物影響評価を行っている。

*5 ガスタンクが火災で加熱されタンクの限界圧力(安全弁設定圧力×1.2倍;約0.2MPa)まで内圧上昇し破壊、発生エネルギーの一部がタンク構成材に付与され飛来物化する。

論点No.59-8



LNGタンク構造図

出典: 日立市報 2014年1月1日号

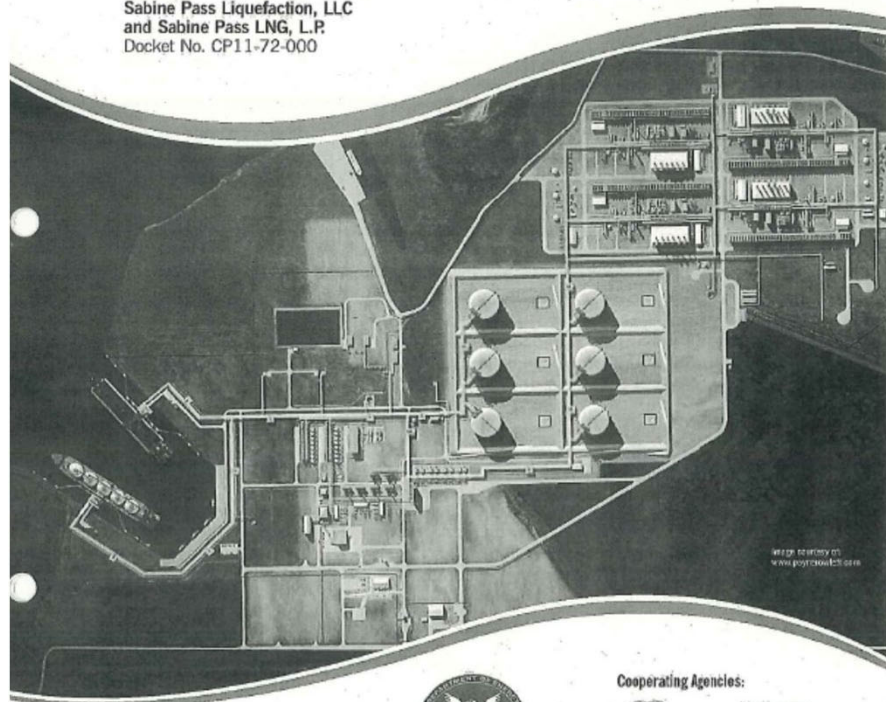
● LNG基地の低温・低圧の貯蔵型のガスタンクの爆発形態について

Environmental Assessment for
the Sabine Pass Liquefaction Project

Cameron Parish, Louisiana

December 2011

Sabine Pass Liquefaction, LLC
and Sabine Pass LNG, L.P.
Docket No. CP11-72-000



Cooperating Agencies:

Federal Energy Regulatory Commission
Office of Energy Projects
Washington, DC 20426

U.S. Department of Transportation

U.S. Army Corps of Engineers

Department of Energy
DOE/EA-1845
DOE Docket No. FE 10-111-LNG
(DOE corrected cover: 7/31/2012)

A deflagration may propagate back to the spill site if the vapor concentration along this path is sufficiently high to support the combustion process. When the flame reaches vapor concentrations above the UFL, the deflagration could transition to a fireball and result in a pool or jet fire back at the source. A fireball would occur near the source of the release and would be of a relatively short duration compared to an ensuing jet or pool fire.

The extent of the affected area and the severity of the impacts on objects either within an ignited cloud or in the vicinity of a pool fire would primarily be dependent on the quantity and duration of the initial release, the surrounding terrain, and the environmental conditions present during the dispersion of the cloud. Radiant heat and dispersion modeling are discussed in Section 2.8.5.

Fires may also cause failures of nearby storage vessels, piping, and equipment. The failure of a pressurized vessel could cause fragments of material to fly through the air at high velocities, posing damage to surrounding structures and a hazard for operating staff, emergency personnel, or other individuals in proximity to the event. In addition, failure of a pressurized vessel when the liquid is at a temperature significantly above its normal boiling point could result in a boiling-liquid-expanding-vapor explosion (BLEVE). BLEVEs of flammable liquids can produce overpressures and a subsequent fireball when the superheated liquid rapidly changes from a liquid to a vapor upon the release from the vessel. Atmospheric storage tanks are unlikely to BLEVE due to the smaller difference between their design pressure and ambient pressure.

Overpressures

大気圧程度のガス貯蔵タンクは、タンクの設計圧力と大気圧との差が小さく、BLEVEに至り難い。(当社抄訳)

flame travel distance.

The potential for unconfined LNG vapor cloud detonations was investigated by the Coast Guard in the late 1970s at the Naval Weapons Center at China Lake, California. Using methane, the primary component of natural gas, several experiments were conducted to determine whether unconfined LNG vapor clouds would detonate. Unconfined methane vapor clouds ignited with low-energy ignition sources (13.5 J), produced flame speeds ranging from 12 to 20 mph. These flame speeds are much lower than the flame speeds associated with a deflagration with damaging overpressures or a detonation.

To examine the potential for detonation of an unconfined natural gas cloud containing heavier hydrocarbons that are more reactive, such as ethane and propane, the Coast Guard conducted further tests on ambient-temperature fuel mixtures of methane-ethane and methane-propane. The tests indicated that the addition of heavier hydrocarbons influenced the tendency of an unconfined natural gas vapor cloud to detonate. Less processed natural gas with greater amounts of heavier hydrocarbons would be more sensitive to detonation.

Although it has been possible to produce damaging overpressures and detonations of unconfined LNG vapor clouds, the natural gas delivered by pipeline for liquefaction and export would have lower ethane and propane concentrations than those that resulted in damaging overpressures and detonations. The substantial amount of initiating explosives needed to create the shock initiation during the limited range of vapor-air concentrations also renders the possibility of detonation of these vapors at an LNG plant as unrealistic. Consequently, the primary hazards to the public from an LNG spill, either on land or water, would be from dispersion of the flammable vapors or from radiant heat generated by a pool fire.

In comparison with LNG vapor clouds, there is a higher potential for unconfined propane clouds to produce damaging overpressures, and an even higher potential for unconfined ethylene vapor clouds to produce damaging overpressures. Unconfined ethylene vapor clouds also have the potential to transition

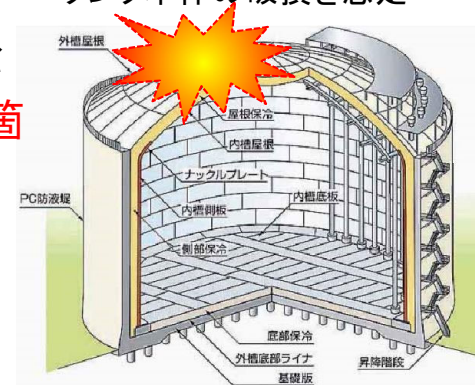
Environmental Assessment for the Sabine Pass Liquefaction Project 抜粋

Federal Energy Regulatory Commission (米国エネルギー省連邦エネルギー規制委員会)

● LNG基地のガスタンクからの大規模漏えいの発電所への影響 ①

- ・ 施設の故障等でガスが漏れても、漏えいが長期継続することは考え難いが*1, 何らかの外部事象でガスタンク本体が破損, 冷却機能も喪失し, 破損箇所の隔離・漏えい停止ができないと, ガス全量が放出される恐れがある。
- ・ この事故の場合, ガス濃度が高いタンク付近における爆発事故のリスクが最も大きい*2と考えられるが, ここでは仮想的にガス全量の大気中への放出を想定する。各タンク漏えい時のガスの挙動の推定は以下のとおり。

タンク本体の破損を想定



*1 タンク接続配管, パイプライン等の漏えいの場合, 遠隔監視・隔離操作により漏えいを早期に停止する対応が図られる。
*2 タンクを破損させた外部事象により, 自然発火の高温条件を与える可能性もある。(ガス自然発火温度: 約500℃~約600℃)

①LNGタンク漏えい時の挙動(液化天然ガス):

空気よりも軽く, 蒸散後に上空に拡散していくため, 発電所施設に影響を与えることはない。

②LPGタンク漏えい時の挙動(液化石油ガス):

空気よりも重く, 蒸散後に風向きにより発電所に向かう可能性があるが, 発電所までは太平洋沿岸洋上を介し1.5km離れており, 流出・移動の過程で大気中に拡散していくことから, 発電所付近まで可燃濃度を保ったまま滞留し, そこで爆発するような状況は考え難い。

流出想定	貯蔵ガス種類	容量 (m ³)	沸点 (°C)	気体/液体容積比(-)	気体比重 (空気:1)	可燃範囲 (Vol%)	毒性	離隔距離 (m)	考 察
LNGタンク2基 (増設後)	液化天然ガス (主成分メタン)	460,000	-162	600	0.56	5.0~15.0	なし	1,500m	・液化天然ガスは空気よりも軽く上方に拡散 ・液化石油ガスは発電所に向かう可能性あり
LPGタンク1基	液化石油ガス (主成分プロパン)	50,000	-42	250	1.55	2.1~9.5	なし		



● LNG基地のガスタンクからの大規模漏えいの発電所への影響 ②

- ・ また、何れのガスにも**毒性はなく、かつ、拡散したガスが発電所周辺まで到達しても、中央制御室等の換気設備は外気取り込みを停止可能**であり、要員の居住性に影響を与えることはない。
- ・ ここで、近年の国内外のガス爆発・災害事例を参照すると、**漏洩して建物内や下水道等の閉鎖空間に蓄積したガス溜まりや、ガスタンクそのものが爆発・火災に至る事故が大半**となっている。

発生年月	場所	ガス爆発・災害事例の概要
1963年1月	東京都江戸川区深川	地下埋設された都市ガス高圧導管の亀裂による漏えいガスが 下水道に滞留 し、爆発・火災発生
1980年8月	静岡県静岡市	静岡駅前地下街で 湧水処理槽のメタン が小規模な爆発、この爆発で都市ガスの配管が破損し、 地下街及び上部のビル内に都市ガスが滞留 し、大規模な爆発・火災発生
1981年10月	北海道夕張市	北炭夕張新炭鉱の 坑道内でメタンガス突出事故 が発生し、酸欠・粉塵事故、次いで坑内火災が発生
1992年4月	メキシコ グアダハラ	送油管と配水管の接触・腐食によりガソリンが漏えい、 下水道に流入して揮発 し、引火・爆発
2011年3月	千葉県市原市	東北地方太平洋沖地震により点検作業で満水状態のLPGタンク*が倒壊し、 近接する複数の配管を損傷、ガス漏えい・火災が発生し、隣接する複数のLPGタンクが爆発

*球形・常温タンクであり、日立LNG基地の平底円筒型・低温LPGタンクとはタイプが異なる。

出典:コスモエネルギーホールディングス株式会社「千葉製油所の火災・爆発事故について」、他

- ・ これらの内容より、**LNG基地から大規模なガス漏えいが発生しても、遠方の発電所の安全機能に影響を与えることはない**と判断する。

- 日立LNG基地のガスタンクの安全性に関して、当社より東京ガス株式会社に確認を行った内容は以下のとおり要約され、基地の安全性に関しては問題ないと考える。

1. ガスタンクからのガス漏洩防止及び影響緩和の対策内容

- ・ガス工作物は可燃性ガスであるLNG/LPGを大量に取り扱うことから高い安全性が求められており、ガス事業法による公的な技術基準(ガス工作物技術基準(ガス工作物の技術上の基準を定める省令, ガス工作物の技術上の基準の細目を定める告示))、及び日本ガス協会による各種指針に則って設計・建設され、完成検査に合格の上、維持・運用されている。
- ・日立LNG基地のプレストレストコンクリート(以下「PC」という)LNG地上式貯槽および、PCLPG地上式貯槽についても、ガス工作物技術基準及び日本ガス協会のLNG地上式貯槽指針等に則って設計・建設されている。
- ・耐震性についても、ガス工作物技術基準、及び日本ガス協会のLNG地上式貯槽指針、製造設備等耐震設計指針等に則っており、東日本大震災を踏まえた耐震基準検討の結果においても、「主要な製造設備・高圧ガス導管に被害が生じなかったことから、『現行耐震設計基準は、妥当なものと評価できるので引き続き維持する』(ガス安全小委員会・災害対策WG12年3月報告書)とMETI提言がなされている。
- ・PCLNG/LPG地上式貯槽は、LNG/LPGを貯蔵する自立した金属製のタンク本体(内槽)が、PC製の厚い防液堤で覆われた2重構造になっており、万一内槽からLNG/LPGの漏洩が発生したとしても、大量のLNG/LPGが防液堤外部に漏洩することは想定されない。

- 日立LNG基地のガスタンクの安全性に関して、当社より東京ガス株式会社に確認を行った内容は以下のとおり要約され、基地の安全性に関しては問題ないと考える。

2. シビアアクシデントによるガス漏えい、影響評価の内容

- ・ガス事業法では、ガス工作物に関し、ガス工作物が爆発等により与える影響を及ぼさないようにするため、その外面から事業場の境界線に対し、およびその外面から保安物件(学校、病院等)に対し、必要な離隔距離を確保することを求めている(ガス工作物の技術上の基準を定める省令第6条第1項～第3項、ガス工作物の技術上の基準の細目を定める告示第2条～第5条)。
- ・日立LNG基地のLNG地上タンク、LPG地上タンクも、省令・告示に則り必要な離隔距離を確保されている。^注

注: 日立LNG基地付近の学校、病院等の位置を確認し、基地から近い施設までの距離は東海第二発電所からの離隔距離(約1.5km)と概ね同等であることを確認している。(当社調べ、次頁参照)



「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について

東京ガス株式会社
平成30年4月3日
広報部

東京ガス株式会社（社長：内田 高史、以下「東京ガス」）は、4月1日、今後の更なる天然ガス需要の増加に対応するため、「日立LNG基地」（茨城港日立港区内、以下「同基地」）における「2号LNGタンク」（以下「本タンク」）の建設工事に着手しました。

東京ガスは、2020年に向けた天然ガス需要の増加に対応した製造・供給インフラの柱の一つとして、2012年7月より同基地の建設に着手し、2016年3月に竣工、営業運転を開始しています。今後の更なる天然ガス需要の増加に対応するため、このたび、本タンクの建設工事に着手し、2020年度の運転開始を目指します。

なお、東京ガスは、高圧ガスパイプライン「茨城幹線」（延長 約92km、茨城県日立市～茨城県神栖市）についても、2020年度の供用開始を目指して建設工事を進めており、今後、既存の「鹿島臨海ライン」（茨城県神栖市）と「茨城～栃木幹線」（茨城県日立市～栃木県真岡市）とを接続し、高圧ガスパイプラインのループ化を更に図ることにより、首都圏全体における供給安定性の向上に貢献するとともに、供給ネットワーク全体の輸送能力の増強を図ります。

東京ガスグループは、「チャレンジ2020ビジョン」において「LNGバリューチェーンの高度化」を掲げ、その一環として「エネルギーの安全かつ安定的な供給」を推進しており、今後も更なるエネルギーの安全かつ安定的な供給に努めてまいります。

日立LNG基地および2号LNGタンクの概要

所在地	茨城県日立市 茨城港日立港区内
日立LNG基地 設備概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 1号LNGタンク（23万kl、地上式1基） ● LPGタンク（5万kl、地上式1基） ● 製造施設（LNG気化設備、3基） ● ローリー出荷施設 ● 大型栈橋（外航LNG船用受入設備）ほか
2号LNGタンク 仕様	<ul style="list-style-type: none"> ● 地上PC式LNGタンク ● 貯蔵容量：23万kl、貯槽外径：約90m、高さ：約60m

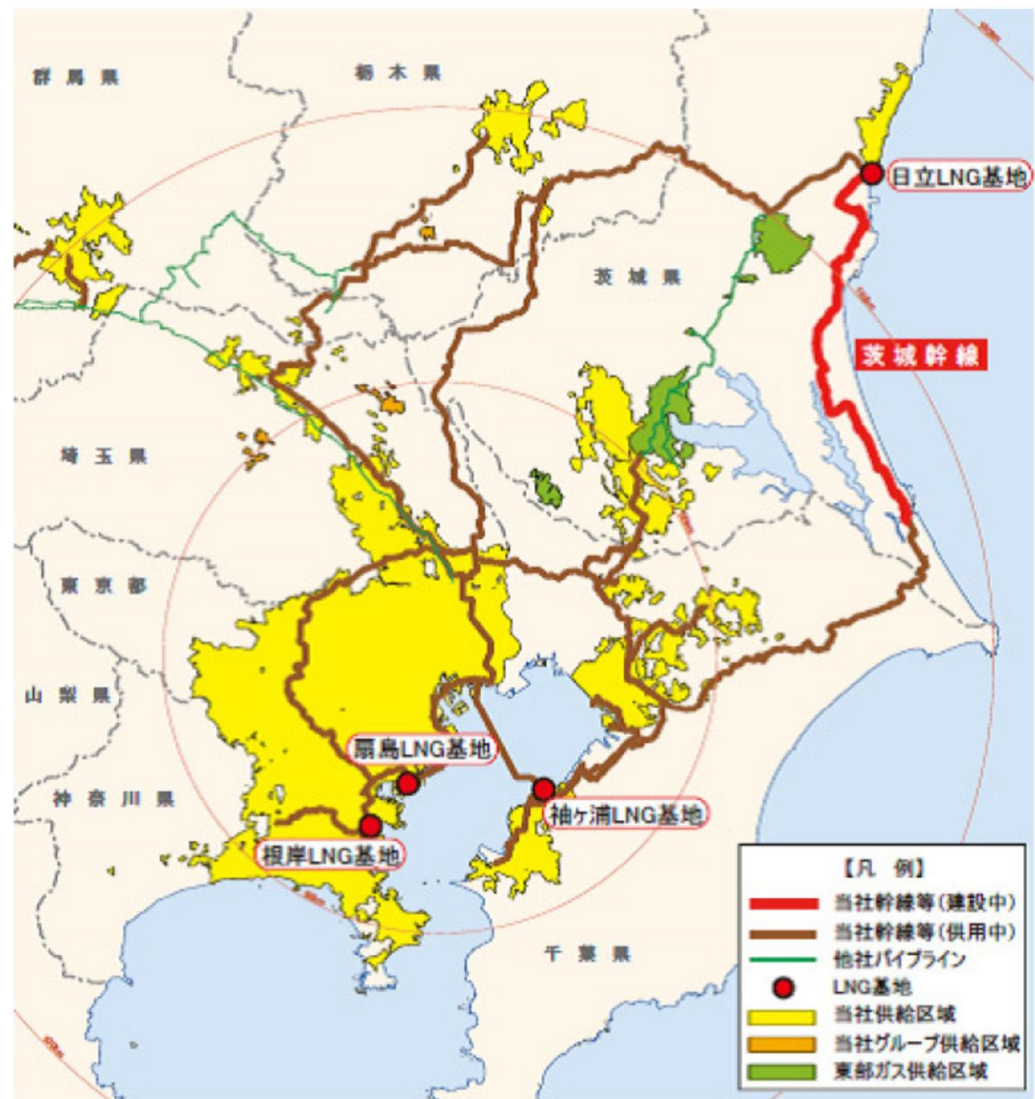
出典：東京ガス株式会社 プレスリリース 2018/04/03「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について

竣工イメージ図



出典:東京ガス株式会社 プレスリリース 2018/04/03「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について
論点No.59-16

東京ガスの供給エリア概要図



出典:東京ガス株式会社 プレスリリース 2018/04/03「日立LNG基地 2号LNGタンク」の建設工事着手について

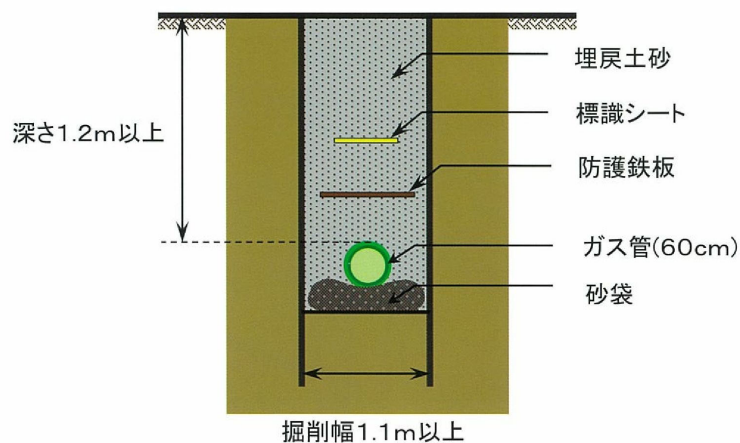
「茨城幹線」計画概要

現段階における計画概要は下表のとおりです。

工事区間	始点:茨城県日立市(日立 LNG 基地) 終点:茨城県神栖市(東和田ブロックバルブステーション)		
延長	約90km	管径	約60cm
材質	鋼管	圧力	7MPa
完成時期	2020年度末(予定)		

主な建設仕様

- ガス管の接合 —— ガス管の接合は高品質な溶接接合を採用します。
溶接接合部は、ガス事業法に基づく非破壊試験を全数実施し、十分に安全な品質であることを確認します。
- 標準断面図 —— ガス管は主に道路下に埋設します。(標準的な断面は下図の通り)



完成後に行う維持管理業務

- 路線パトロール —— 路線上で事前に照会のない他企業者の工事の発見ならびに施設の異常の有無、路線状況の変化を発見するため、パトロールを行います。
- 照会工事立会い —— 他企業者が行う工事の際には安全を確保するため、事前に十分な打ち合わせを行うとともに現場での立会いを行います。
- 施設保全 —— 各種施設の点検・検査、機器類の機能検査を定期的に行い、施設の正常作動を確認します。



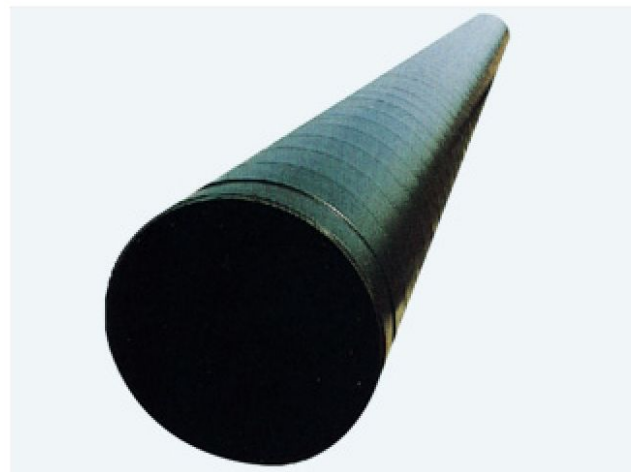
出典:東京ガス株式会社 パンフレット「環境にやさしいエネルギーでより豊かな生活をー茨城幹線 計画概要ー」より抜粋

輸送幹線パイプライン設備

パイプラインの材料

輸送幹線パイプラインの材料は、世界的に広く使用されている米国石油協会（API）高圧ラインパイプ（5L）規格の×－42、×－52、×－60、×－65などの鋼管を使用しており、これらの材料は引張り強度、耐力が大きく強靱で、かつ伸びも大きく可撓性のある優れたものです。

なお、パイプの外面には腐食防止のためポリエチレン、コーラルタール・エナメルなどの塗覆装が施されています。



地震対策

大地震が起きても影響のない材質（鋼管）と接合方法（溶接接合）にて建設しております。これにより、阪神淡路大震災規模の地震が起きても、ガスが漏洩することはありません。

写真：

阪神淡路大震災時のガスパイプラインの状況

（第二神明道路大蔵谷IC付近）

「ガス地震対策検討会報告書（資源エネルギー庁監修）」より



出典：東京ガスパイプライン株式会社 HP

「業務内容 輸送幹線パイプライン設備」より抜粋

パイプラインの接合

輸送幹線パイプラインの接合は、高品質な溶接接合を採用しており、十分な品質であることを確認しています。

接合部検査

輸送幹線パイプラインの接合部（溶接部）については、すべての接合部について、外観検査・レントゲン検査（X線透過試験）などを実施しております。

バルブステーション（略称：VS）

保安上ガスを遮断する、遮断バルブを設けています。



遠隔監視・遠隔操作設備

輸送幹線パイプライン網のガバナステーション、バルブステーションは、東京ガス(株)の供給指令センターで、24時間・365日常時監視および遠隔操作できるようになっています。なお、停電時には、自動的に備え付けの予備電源に切り替わります。



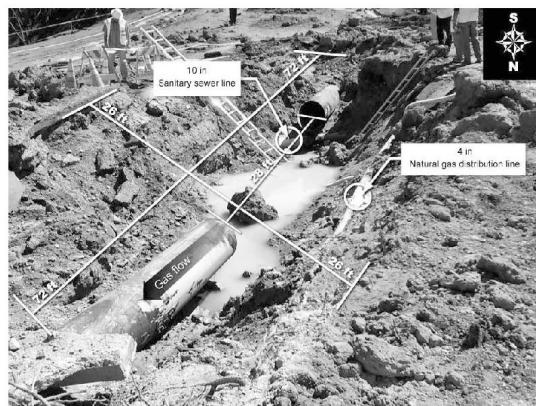
東京ガス(株) 供給指令センター

出典：東京ガスパイプライン株式会社 HP

「業務内容 輸送幹線パイプライン設備」より抜粋

● 米国 カリフォルニア州San Bruno 天然ガスパイプラインにおけるガス漏えい・爆発事故

項目	内容
発生日時	2010年9月9日
発生場所	米国カリフォルニア州 San Bruno
対象施設	PG&E社 地下埋設天然ガスパイプライン「Line132」 (鋼製, 外径762mm, 地下2mに敷設)
事故内容	<p>パイプラインからのガス漏洩・爆発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・爆発地点に長さ22m, 幅8mのクレーターが生成 ・パイプラインの一部(長さ8.4m, 重さ約1360kg)が約30m離れた地点に落下 ・爆発地点付近の住宅で火災発生, 死亡者発生
事故原因	1956年に設置したパイプラインの配管長手方向シーム溶接部の欠陥の長期運転に伴う拡大, 破壊・貫通に伴うガス漏洩及び引火



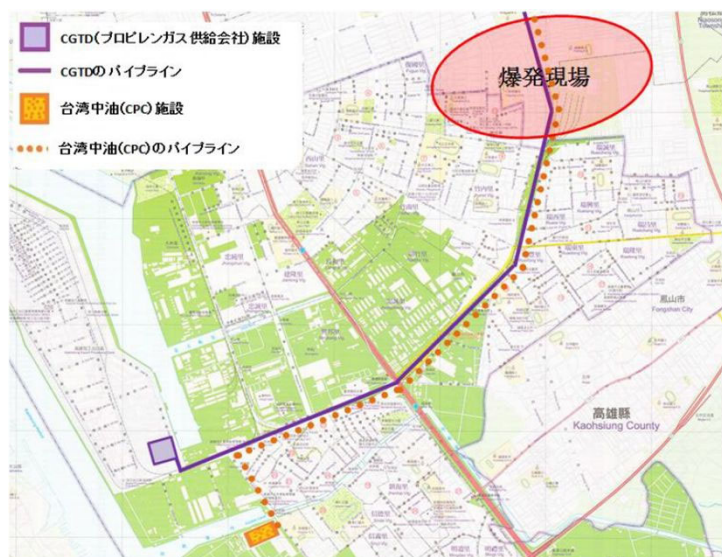
爆発地点のクレーターと破断した配管 論点No.59-21

事故後の2011年6月20日の現場

出典: 圧力技術
第50巻3号,
他

● 台湾 高雄市ガス漏えい・爆発事故

項目	内容
発生日時	2014年7月31日～8月1日
発生場所	台湾 高雄市 Cianjhen地区
対象施設	李長榮化学工業 プロピレンガス用パイプライン(地下敷設)
事故内容	パイプラインの腐食に伴う下水道へのガス漏えい, 引火・爆発 ・下水道沿いの道路が数100m陥没, 車両が横転, 火災発生, 死亡者発生 ・原動機付自転車が5階建ビルの屋上まで飛散
事故原因	パイプラインの不適切な敷設, 不十分な保守管理による腐食に伴うガス漏洩



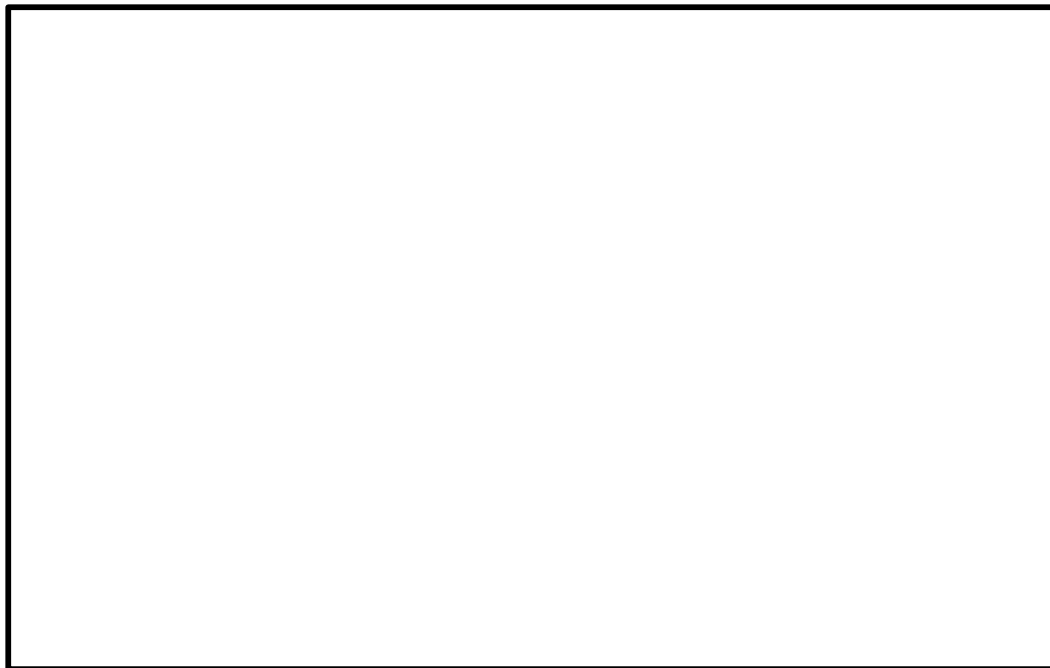
高雄市内の石油化学工場, パイプライン及び爆発現場の位置関係



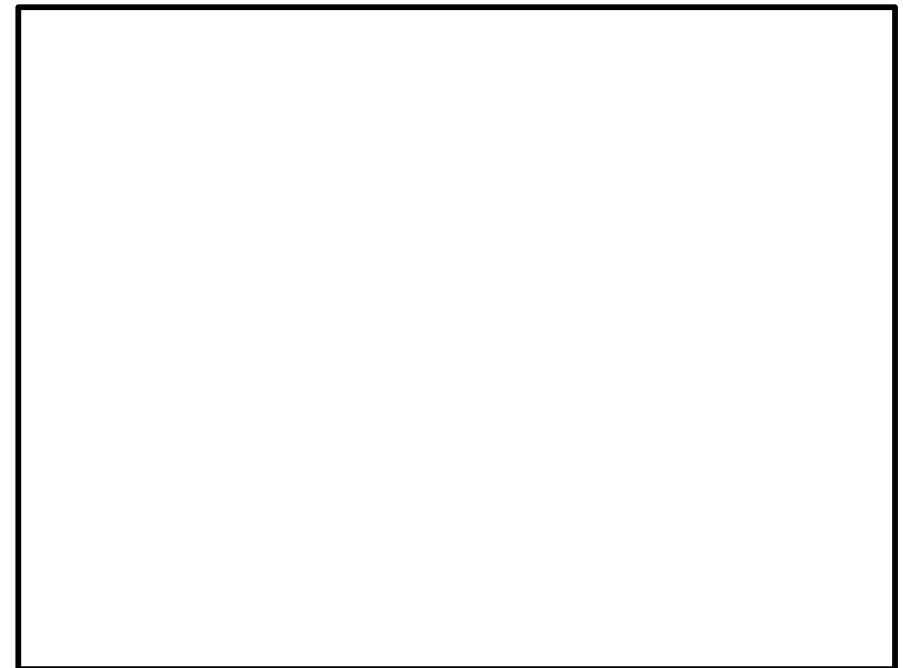
ガス爆発現場の状況

出典:「2014年台湾・高雄市ガス爆発事故における行政・民間・地域住民の災害対応」(孫同文, 国立暨南国際大学)他

- ・日立LNG基地のLNG輸送船及びLPG輸送船並びに内航船の爆発を想定。
- ・輸送船は、喫水の関係で水深□□の位置までしか近づけないことから、当該ポイントから評価対象施設までの離隔距離が最も短くなる地点での爆発を想定。
- ・内航船は、喫水の関係で水深□□の位置までしか近づけないことから、当該ポイントから評価対象施設までの離隔距離が最も短くなる地点での爆発を想定。
- ・海水ポンプ室と放水路ゲートは、津波防護施設に遮られ爆風圧の影響は受け難いため、評価対象外とする。



LNG輸送船及びLPG輸送船の爆発地点と
評価対象施設との位置関係



内航船の爆発地点と
評価対象施設との位置関係

●爆風圧の影響評価

・爆発(爆風圧)の危険限界距離*の算出式は以下のとおり。

* ガス爆発の爆風圧が0.01MPa以下になる距離(人体に対して影響を与えない圧力)

$$X = 0.04 \lambda \sqrt[3]{K \times W} \quad (\text{出典: 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド})$$

X: 危険限界距離[m]、λ: 換算距離 14.4[m・kg^{-1/3}]、K: 石油類の定数[-]、W: 設備定数[-]

・評価対象施設は、危険限界距離を上回る離隔を有していることを確認した。

船舶の爆発(爆風圧)に対する評価結果

爆発源	危険限界距離(m)	離隔距離(m)
LNG輸送船	335	1,100(主排気筒)
LPG輸送船	340	1,100(主排気筒)
内航船	165	390(タービン建屋)

●爆発飛来物の影響評価

・爆発エネルギーから求まる最高射出速度に対し、射出角をパラメータとして最大到達距離を評価した。

・評価対象施設は、飛来物の到達距離を上回る離隔を有していることを確認した。

船舶の爆発(飛来物)に対する評価結果

爆発源	飛来物の到達距離(m)	離隔距離(m)
LPG輸送船	497	940(海水ポンプ室)



- ・日立LNG基地のLNG輸送船及びLPG輸送船並びに内航船及び定期船の火災を想定。
- ・輸送船は、喫水の関係で水深 の位置までしか近づけないことから、当該ポイントから評価対象施設までの離隔距離が最も短くなる地点での火災を想定。(LPG輸送船はLNG輸送船に評価が包絡)
- ・定期船は、喫水の関係で水深 の位置までしか近づけないことから、当該ポイントから評価対象施設までの離隔距離が最も短くなる地点での火災を想定。(内航船は定期船に評価が包絡)



LNG輸送船の火災地点と
評価対象施設との位置関係



定期船の火災地点と
評価対象施設との位置関係

- 以下の式にて、評価対象物の表面温度Tが許容値に至る危険距離を計算した。

(例: 建屋の場合)

評価対象物の表面温度:
(出典: 各種文献(設備毎))

$$T = T_0 + \frac{E \sqrt{\alpha t}}{\lambda} \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \right]$$

(出典: 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド)

評価対象施設の危険距離:
(出典: 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド)

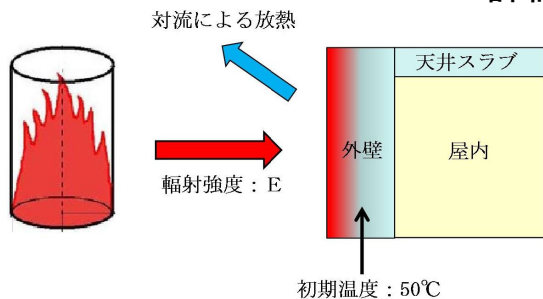
$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n \sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ただし $m = \frac{H}{R} \div 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$

Φ : 形態係数, L : 離隔距離(m), H : 炎の高さ(m), R : 燃焼半径(m)

$E = R f \cdot \Phi$

E : 輻射強度(W/m^2), $R f$: 輻射発散度(W/m^2), Φ : 形態係数



円筒火災モデルと輻射熱評価の概念図

- 各評価対象施設の評価点の表面温度が許容値となる危険距離を算出した結果、危険距離は、離隔距離を十分に下回ることを確認した。

LNG輸送船火災に対する評価結果

主な評価対象施設	危険距離(m)	離隔距離(m)
原子炉建屋	263	1,100
放水路ゲート	87	1,050
非常用ディーゼル発電機	153	1,100
海水系ポンプ	142	940

定期船火災に対する評価結果

主な評価対象施設	危険距離(m)	離隔距離(m)
原子炉建屋	85	300
放水路ゲート	29	220
非常用ディーゼル発電機	50	330
海水系ポンプ	47	70

●危険物の種類の区分

- ・消防法において、危険物は、「引火性、発火性の物資、燃焼を促進させる物質」とされており、その種類や性質等に応じて以下の6種類に分類されている。

●発電所の評価対象とした危険物等

- ・本評価では、発電所周辺での取扱量が多く、引火性液体であり広範囲に漏えいし大規模な火災発生危険性を有する、**危険物第四類の貯蔵施設や輸送車両・輸送船等を火災源**と想定している。
- ・また、これらの危険物以外に、同様に発電所周辺での取扱量が多く、爆発時の影響が大きいと考えられる、**LNG、LPG等のガス貯蔵施設及び輸送車両・輸送船等のガス爆発**を想定している。

消防法における危険物の分類

類別	区分	性質	物品の例
第一類	酸化性固体	他の物質を強く酸化させる性質の固体で、可燃物と混合したとき極めて激しい燃焼を起こさせる。	・過酸化ナトリウム ・硝酸アンモニウム
第二類	可燃性固体	火炎で着火又は低温で引火し易い固体で、燃焼が早く消火が困難	・硫黄 ・マグネシウム粉
第三類	自然発火性物質及び禁水性物質	空気にさらされることで自然発火し、又は水と接触して発火若しくは可燃性ガスを発生する。	・ナトリウム ・水酸化ナトリウム
第四類	引火性液体	液体であって、引火性を有する。	・ガソリン ・灯油、軽油、重油
第五類	自己反応性物質	固体又は液体であって、加熱分解等により比較的低い温度で多量の熱を発生し、又は爆発的に反応が進行する。	・ニトロセルロース ・トリニトロトルエン
第六類	酸化性液体	その物自体は燃焼しない液体だが、混在する他の可燃物の燃焼を促進する。	・過酸化水素 ・硝酸

(1) 第四類以外の危険物の影響(貯蔵等;施設)

- ・ 第四類以外の危険物について、発電所付近の施設の火災・爆発事故影響を推定した。
- ・ 東海第二発電所の付近で第四類以外の危険物を取り扱う施設の位置は右図、また内容は以下のとおり。
- ・ ここで示したとおり、当該施設は発電所付近の危険物第四類(ガソリン, 灯油, 軽油等)及びLNG・LPGの貯蔵施設*1と比べて、発電所からの離隔距離が長く、また貯蔵容量ははるかに少ない。

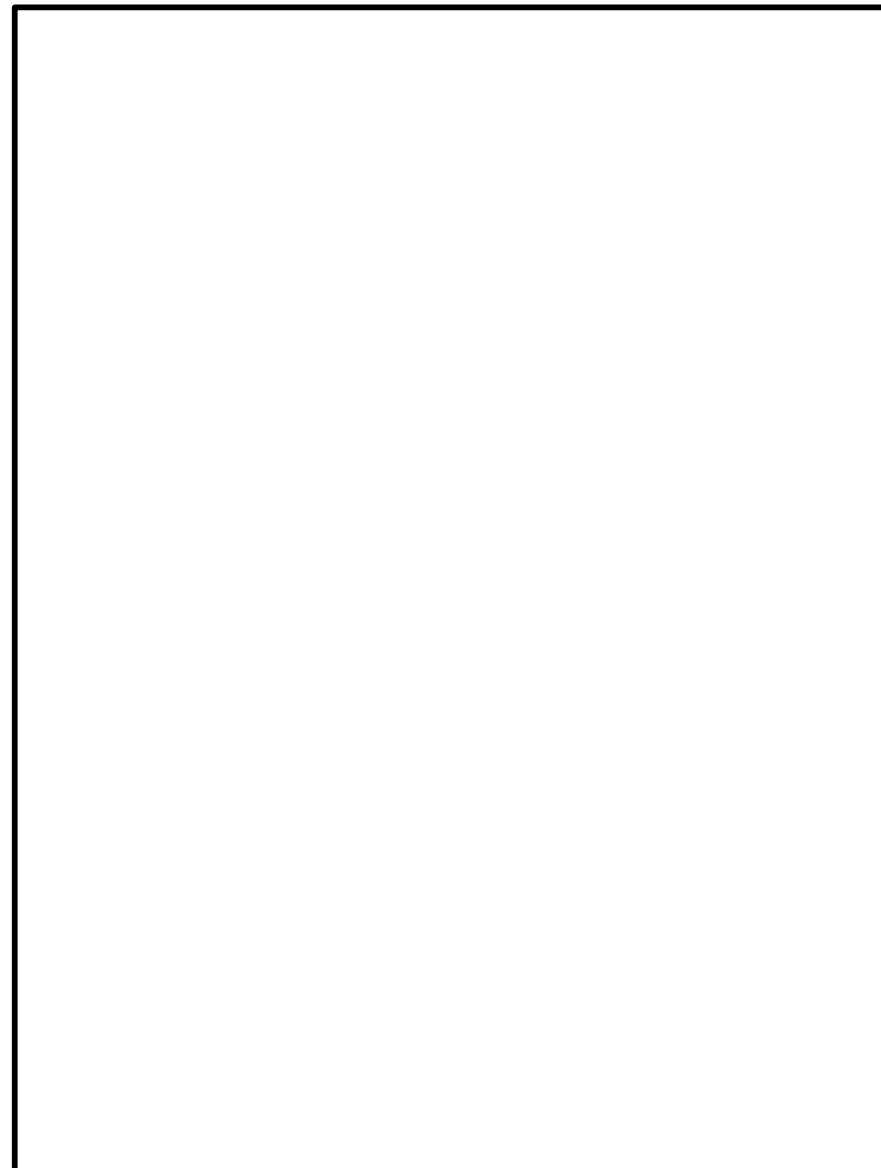
*1 例: 発電所北方約1.5km, LNGタンク容量約23万m³

- ・ これより、当該施設で火災・爆発等の事故が生じたとしても、危険物第四類及びLNG・LPGの貯蔵施設の事故と比べて、発電所への影響は小さいものと推定される。

東海第二発電所付近の第四類以外の危険物施設*2

事業者名	危険物種別	タンク容量 (m ³)	発電所からの離隔距離

*2 発電所から10km圏内の危険物施設の調査結果より



*「国土地理院地図(電子国土Web)」に加筆

東海第二発電所付近の第四類以外の危険物施設位置

(2) 第四類以外の危険物の影響(輸送;道路)

- ・ 第四類以外の危険物について、発電所付近を走行する輸送車の火災・爆発事故影響を推定した。
- ・ 危険物第五類(自己反応性物質)として、ニトロ化合物のTNT(トリニトロトルエン)等があり、これは爆薬として利用されている。爆発影響を確認する点で代表的な化学物質と考えられる。
- ・ これまでのワーキングチームの検討において、爆薬や弾薬等の輸送車の爆発による発電所への影響を以下のとおり確認している。*

・ 発電所に隣接する国道245号線上^注における爆薬・弾薬の輸送車の爆発事故を想定

^注 発電所評価対象施設までの最短離隔距離450m

・ TNT火薬の爆風圧と換算距離、道路法の車両総重量の制限の関係より、**国道の輸送車両の爆発が発電所の評価対象施設に悪影響を与えないことを確認**

- ・ これより、**第四類以外の危険物の輸送車の火災・爆発による発電所への影響は小さいものと推定する。**

* 第16回ワーキングチーム 論点No.56「爆薬や弾薬等の輸送車の爆発による敷地への影響について」参照

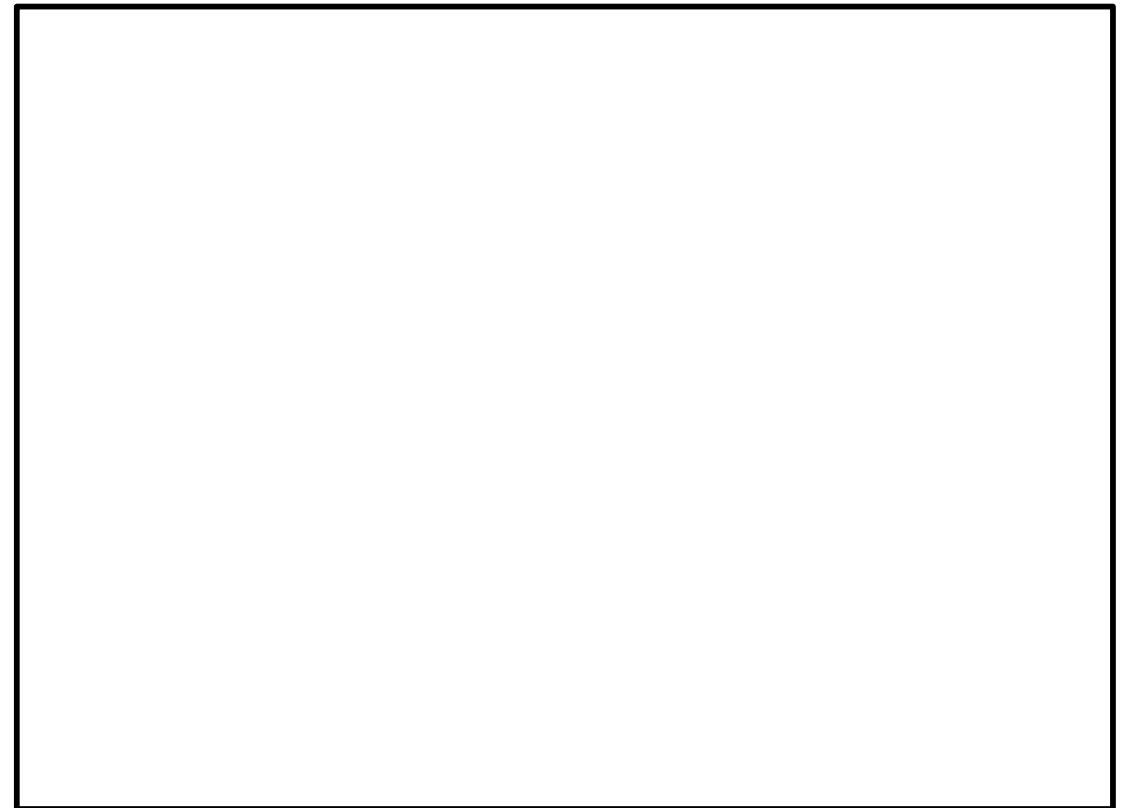


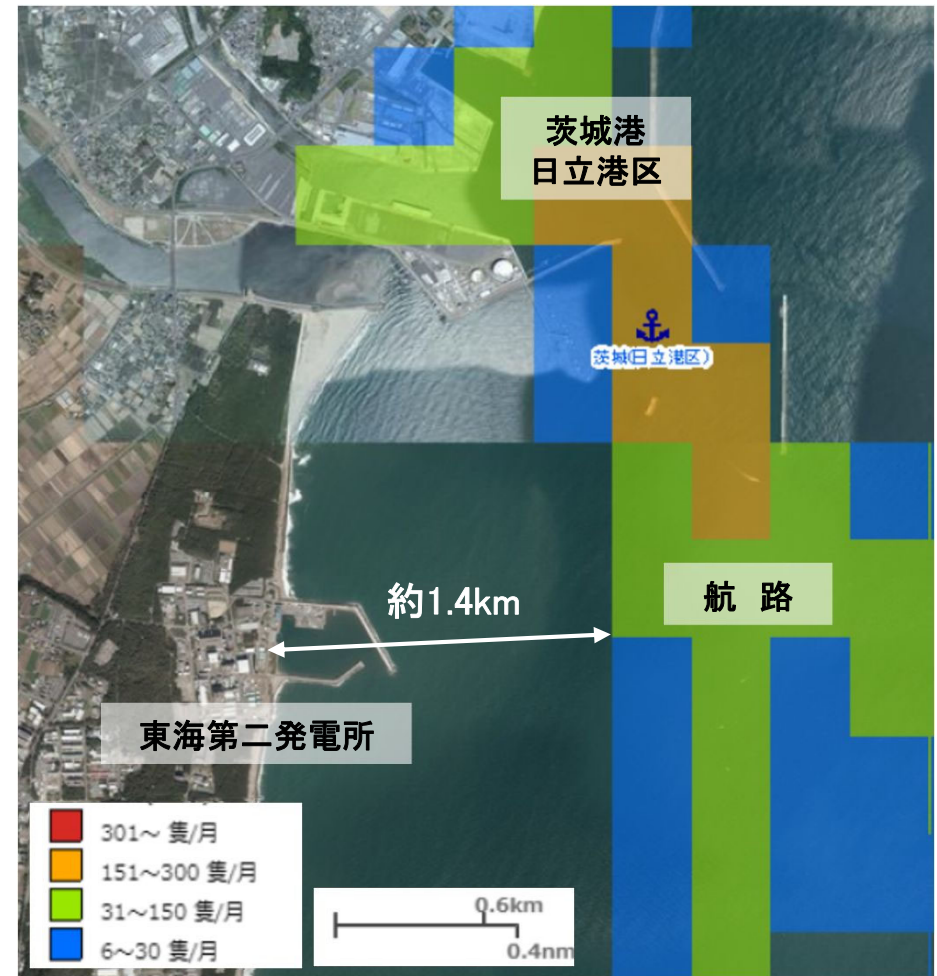
図 評価対象施設と公道を通行する車両の位置関係

(3) 第四類以外の危険物の影響(輸送;航路)

- ・ 第四類以外の危険物について、発電所付近を航行する輸送船の火災・爆発事故影響を推定した。
- ・ 東海第二発電所付近の航路は、発電所北方の茨城港日立港区から続いており、発電所の評価対象施設から約1.4kmの離隔距離を有している。
- ・ 発電所北方の日立港区で扱われる輸送品は、石油製品、鉱産物、工業用原料、自動車、食料品等であるが、過去2年間の荷役実績にて、第四類以外の危険物については積み込み・積み下ろしがないことを確認しており、該当する危険物の輸送の可能性・頻度は低いと推定される。



- ・ 以上の(1)～(3)の確認結果より、火災・爆発の評価対象として、危険物第四類及びLNG・LPGを選定することで、発電所に対する主な火災・爆発の影響を確認できると判断している。



* 海上保安庁HP情報(2017年集計)に加筆

東海第二発電所周辺の航路

- ・ ここで、海外における事故事例を参照すると、第四類以外の危険物の爆発事故が複数確認されている。国内では当該危険物の流通量は少なく、また危険物としての管理が行われることから、類似の爆発事故の可能性は低いと考えるが、将来的な発電所への潜在リスクを把握する観点から、今後も発電所周辺の第四類以外の危険物の情報収集を続け、外部火災の影響評価条件への影響を確認していくこととする。

<参考3> <論点No.57参照>

近年、海外では硝酸アンモニウムが原因と推定される大規模な爆発事故が複数発生している。ここでは国内外の硝酸アンモニウムの需給状況と爆発事故事例についてまとめた。

●海外における硝酸アンモニウムの需給状況

- ・硝酸アンモニウム(NH_4NO_3)は、硝酸とアンモニアが結合した常温で無色結晶の固体であり、融点は 169.5°C 、吸湿性と水溶性が高く、硝安の名前で肥料として用いられ、また爆薬の原料でもある。^{*1}
- ・海外では、硝安は肥料としての需要が大きく、2017年における世界生産量は約2,000万トンに及ぶとされている。^{*2} *1:ブリタニカ国際百科事典, 日本大百科全書, *2: Wikipedia

●国内における硝酸アンモニウムの需給状況

- ・一方で、国内においても硝安(硝酸アンモニウム)は生産されているが、国内の生産規模は海外に比べて小さく(2008年度の硝安生産量:30,400トン)^{*3}、また硫安、塩安、尿素等の全窒素肥料に対する硝安系肥料の割合は2%弱を占めるに過ぎないとされ、海外と比べて国内の流通量は少ない。^{*4}
- ・国内で需要が少ない理由として、降雨の多い日本では土壤中で負の電荷を持つ硝酸(NO_3^-)が流されやすく窒素成分が無駄になること、湿度が高い気候が吸湿性を有する硝安肥料に不適であること、また硝安は爆発物の指定を受け取り扱いに規制を受けること等が原因とされている。^{*4, *5, *6}

*3:財団法人農林統計協会「ポケット肥料要覧」(硝安の以降の統計は廃止されている)

*4:世界大百科事典(第2版), *5:化学辞典(第2版) *6:西尾通徳の環境保全型農業レポートNo.61,

●硝酸アンモニウムが原因とされる爆発事故事例

- ・近年、海外では硝酸アンモニウムが原因とされる大規模な爆発事故が複数発生しており、倉庫内での保管方法が不適切であったこと等が事故原因として指摘されている。(次頁以降参照)
- ・一方で、国内では近年、硝酸アンモニウムが原因とされる爆発事故は発生していない。この理由として、上述のとおり相対的に国内での取扱量が少ないことや、消防法の危険物指定に基づく管理が浸透していること等が理由として推定される。

● 米国テキサス州の肥料工場の爆発事故

項目	内容
発生日時	2013年4月17日
発生場所	アメリカ合衆国テキサス州マクレナン郡ウエスト
対象施設	化学肥料会社ウエスト・ファーティライザーの肥料工場
事故内容	工場で火災が発生し、貯蔵倉庫の化学肥料(硝酸アンモニウム*)が爆発 ・事故現場に30mに及ぶクレーター形成 ・工場及び周辺の集合住宅、学校、福祉施設等60棟～80棟が破壊 ・死傷者多数発生 * 2012年時点の貯蔵量270t
事故原因	工場内で原因不明の火災発生後に、2度の大規模な爆発に至った。



化学肥料工場の事故時の状況



事故後の工場内の確認作業

● 中華人民共和国 天津港のコンテナ倉庫群の爆発事故

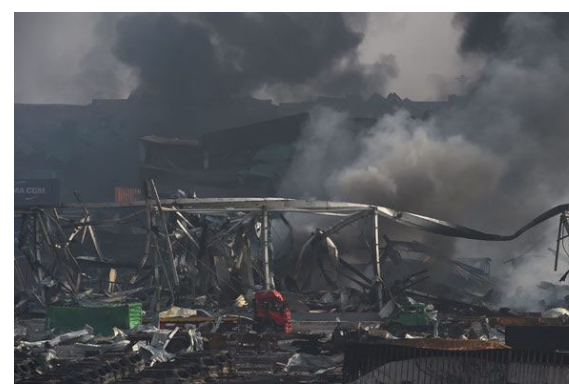
項目	内容
発生日時	2015年8月12日
発生場所	中華人民共和国 天津市滨海新区 天津港
対象施設	瑞海公司 ^{ルイハイ} 危険物倉庫(硝酸アンモニウム, 硝酸カリウム, 金属Na, Mg等 計2,500t)
事故内容	倉庫で保管中の硝酸アンモニウム等の引火・爆発 <ul style="list-style-type: none"> ・2回の爆発で直径約100mのクレーター状の巨大な穴が形成 ・約150m範囲内の建物が大破, 半径2km圏内の建物の窓ガラス等が破損 ・死傷者多数発生
事故原因	倉庫受入区のコンテナ区に保管中のニトロセルローズが不適切な扱いにより乾燥・発火し, 他の化学薬品に引火して火災が拡大, 硝酸アンモニウム等に延焼し爆発に至った。



大規模爆発の現場にできた巨大な穴



廃墟と化した爆発現場



出典:天津爆発事故の状況 損保ジャパン
日本興亜RMLレポート, 時事通信, 他

● レバノン ベイルート港湾倉庫での爆発事故

項目	内容
発生日時	2020年8月4日
発生場所	ベイルート 首都ベイルート港湾地区
対象施設	港湾倉庫(硝酸アンモニウム 2,750t保管)
事故内容	倉庫内に保管していた大量の硝酸アンモニウムに引火, 爆発 ・2回目の爆発で, 倉庫跡に幅124m, 深さ43mのクレーター形成 ・マグニチュード3.3の地震と同等の地震波観測, 10km先まで爆風が到達
事故原因	不法運航の貨物船から没収した硝酸アンモニウムを適切な安全管理を行うことなく6年間に渡り保管。(爆発時に倉庫外壁の穴の溶接作業中との報道有)



爆発で立ち上る煙



破壊された穀物倉庫(左)と爆発現場のクレーター(右)



ベイルート港の爆発跡

【論点No.59】

近隣の産業施設における火災・爆発等の東海第二発電所への影響について

【委員からの指摘事項等】

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を [] 内に記載

<第16回ワーキングチーム指摘事項>

- ・LNG基地のガスタンク爆発時の飛来物の発電所への影響について資料に加えること。 [P.2] [P.7-9]
- ・LNG基地のガスタンクからガスが大量漏えいして発電所に向かい発火するようなリスクを検討すること。 [P.2]
- ・周辺火災によるLNGタンクの加温, 破裂に伴う爆発事故について検討すること。 [P.2] [P.8-9] [P.10-14]
- ・爆発性の化学物質等を積載した輸送船等の爆発事故について検討すること。(米国における硝酸アンモニウム事故事例参照) [P.4] [P.27-34]

<第19回ワーキングチーム指摘事項>

- ・LPGタンク漏えい時の発電所への影響に係る定量的な検討を行うこと。 [P.2] [P.12-14]

【論点No.59】

近隣の産業施設における火災・爆発等の東海第二発電所への影響について

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

No.205

それから、33ページのところで、付近に石油コンビナートなどはないと。それから、83ページのところで、取水口のあたりに漂流物は大丈夫だと書いてありますけれども、今回の説明書全般を見てみますと、東海第二原発の北側に少なくとも日立港という大きな港があると。そこにどのような船舶や施設があるかということについて全く書かれていないと。これはどういうことなんだろうと思うんですね。 「外部事象対策について」近隣工場火災参照

大きな施設的なものとしては、日立港の第1埠頭のすぐ山側のところに石油タンクの基地がありまして、そこには16基のタンクがあります。重油とかいろいろ入っているわけです。タンカーは日立港に毎日のように入っている。そのトータル的な容量は2.2キロリットルぐらいだったと思います。それから、第5埠頭には、地上式では世界最大23万キロワットのLNGタンクがあります。あとはLPGタンクが8万キロリットル、そして、現在、同じすぐ脇に23万キロワットのLNGタンクをもう1基建設中です。そういうことも書いていない。

No.750

近隣工場火災参照

外部火災対策P30 近隣の産業施設の火災影響については、発電所敷地外の半径10km以内に石油コンビナート等に相当する施設がないことを確認とあるが、LNGガス基地(日立港)の事故対応についてはどの様に考えているのか？

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.207

崖の上の石油タンクもひびが入って、油が日立港に流れてきて、それから、そちらの原発の中に入っていくということも十分考えられる。 P.5

平成14年の12月に北朝鮮のチルソン号が座礁しましたときに、燃料油が船から流れ出しまして、北は高萩市、南はひたちなか市、つまり東海村を越しているわけです。そこまで漂着して、市民がそこへ出て行ってボランティアで砂浜を回収したんです。

ですから、そういうふうな事実もありますので、そのあたりも含めて、過去の経歴、それから、現在使われている状況、ちなみに、外国船の1万トン以上だったと思いますが、日立のここの建物の中に図書館がありますから、私もちょっと調べてみたんですが、2008年のデータが最後で、それ以後はありませんけれども、67隻、1万トン以上の外国船が日立港に入っています。

ですから、そういうふうな基本的な現状をなぜ無視したのかということも含めましてお尋ねしたいと思います。

No.1020

P.5

Q5:資料(30)外部火災対策

”発電所敷地外の半径10km以内に石油コンビナート等に相当する施設がないことを確認”とある。しかし、5km以内の日立港地域にはガスタンクが設置されている。また地下にはガス管が埋設され、徐々に延長されている。この現状認識の相違は違和感を覚える。

P.2-3
P.6-22

①フィルタ付きベント装置の性能, 系統の信頼性及び故障の想定・対応等について(非常用ガス処理系との関係等を含む)

【説明概要】

フィルタベント装置の使用には電源が不要であり, 可動部もないため, 信頼性が極めて高い。ただし, 流路を形成するための弁を開ける必要があるため, 弁の故障を想定し, バイパス弁の設置に加え人力で開けることができる装置も設置する。また, 既設建屋への逆流を防止するため, 流路を一部兼用する不活性ガス系の隔離を確認した後にベントする手順を設けている。

また, フィルタベントは特定重大事故等対処施設(ES)として同じものを設置する計画(フィルタベントの多重化)としていたが, 原子力規制委員会の審査を経て, 循環冷却設備・ベント設備を追加設置することにより格納容器を守る手段を強化(多様化)したことで, SA/ESで兼用化することとし, 系統構成を変更している。

②フィルタ付きベント設備の具体的な設計方針及び放出源情報の把握等の方法について

【説明概要】

フィルタベントの放出先はスタック(排気筒)ではなく, 新たに設置される排気口からとなる。

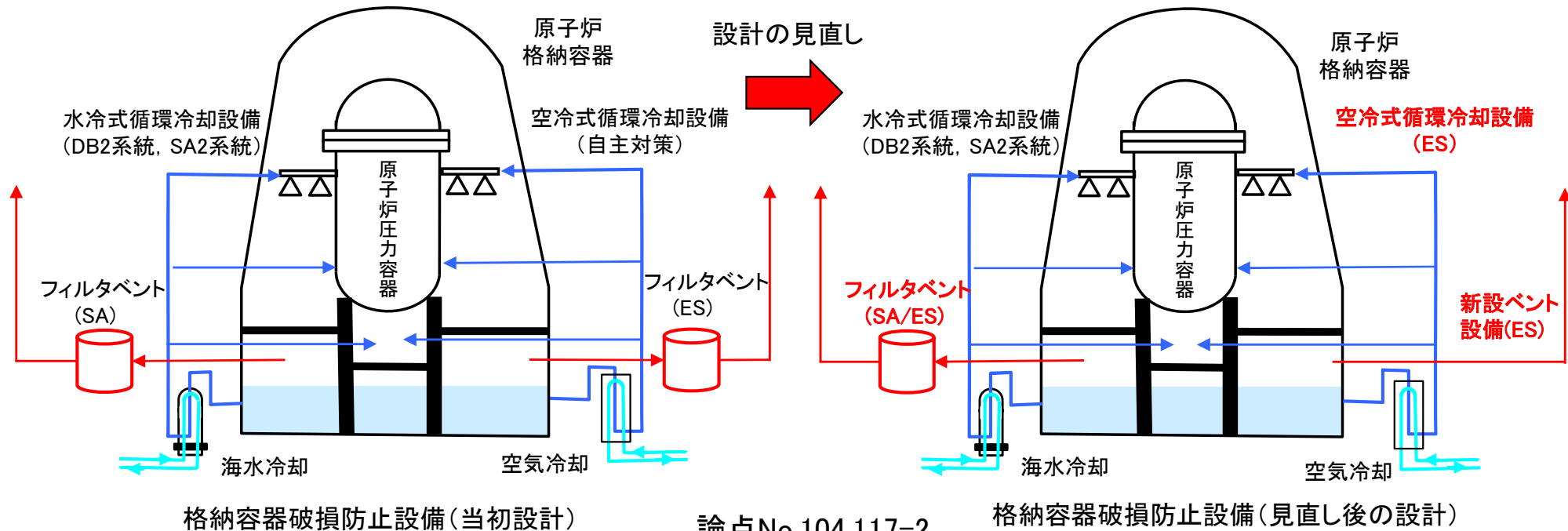
フィルタベントの排出経路には放射線モニタを設け, 大気へ放出する放射性物質濃度を監視する設計としており, 放射線モニタで核種までは特定できないが, 大気に放出される核種としては, フィルタ装置で除去しきれない希ガス及びよう素が挙げられ, その中でも支配的な希ガスであるKr,Xeを選定している。

本資料のうち, は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

特定重大事故等対処施設を踏まえた系統変更について

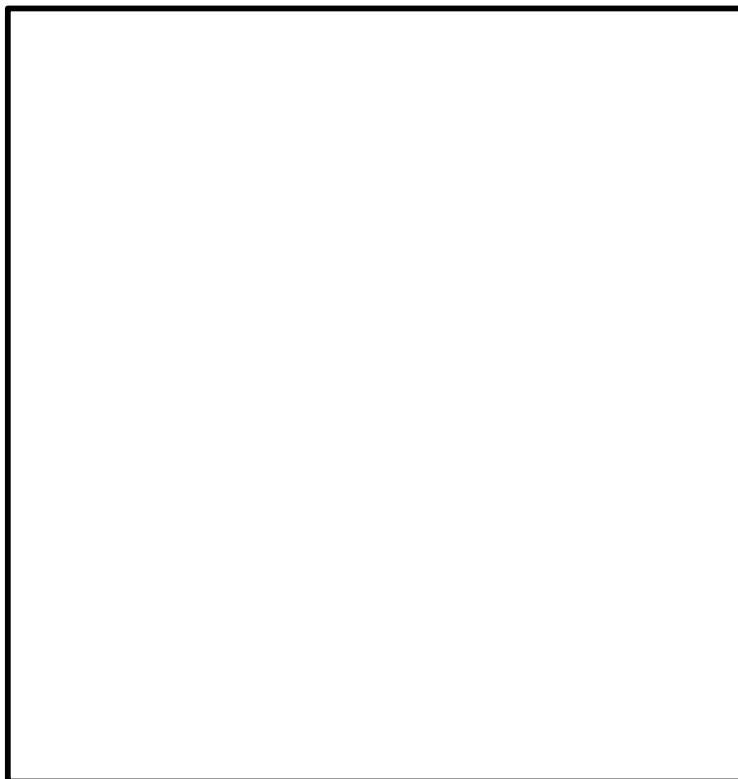
- 東海第二発電所においては、原子炉格納容器を守るための設備として、従来より循環冷却設備を設けている。これは、格納容器下部に貯められている水を原子炉圧力容器や格納容器上部へ流すことで事故時に燃料から発する熱を冷却することで、圧力上昇を抑制する設備であり、除去した熱は熱交換器を経て海へ逃がす設計である。
- 東海第二発電所では、重大事故によるSA事象時に使用する水冷式循環冷却設備とフィルタベントに加え、ES事象*時に使用するフィルタベントを設置する計画としていたが、国の審査を経て、熱を大気へ逃がす空冷式循環冷却設備を自主対策設備からES設備へ格上げし、併せてフィルタベントとは位置的分散を図ったES用新設ベント設備を新設することとした。
- 以上の設備を追加し、格納容器を守る機能を強化したことより、従来のフィルタベントをSA/ESで兼用化することとした。兼用は東海第二発電所独特の設計となるが、同じ設備を2個設置するよりも、同じ機能を持つ別のシステムを設置することで、共通要因による故障を回避できるよう、多様性を持たせた方が有利と判断したためである。

*ES事象:大型航空機の衝突等, 特定重大事故等対処施設で対処すべき事象

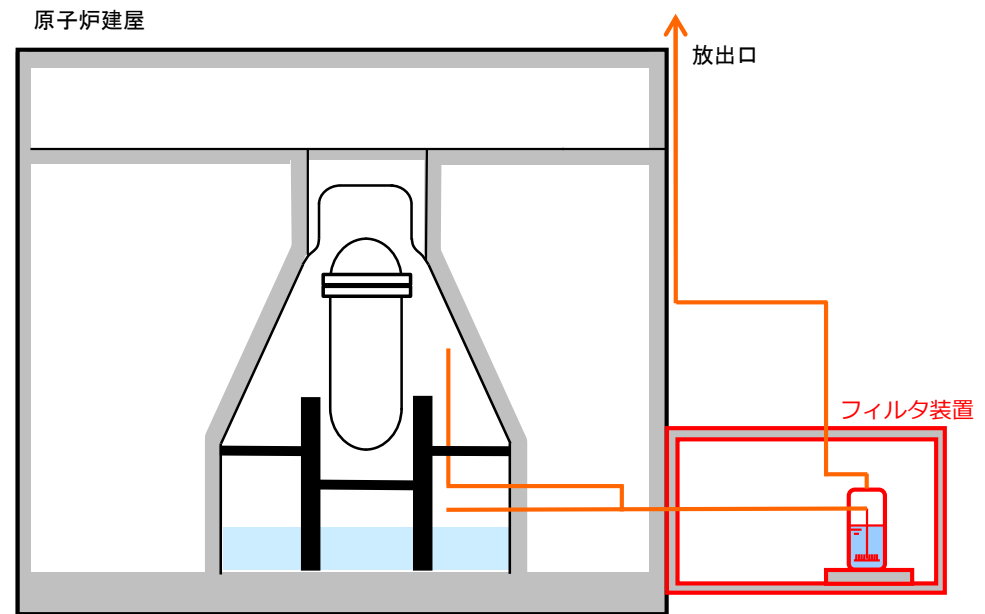


フィルタベント概要

- 東海第二発電所では、万一原子炉が破損した場合においても、原子炉格納容器を守ることによって周辺環境への影響を最小化し、長期的な住民避難を伴う事故を防ぐために「格納容器圧力逃がし装置(フィルタ装置)」を用いたフィルタベントを設けることとしている。
- フィルタベントは、原子炉格納容器内から放射性物質を含む蒸気を配管で導いて内部に通気することで、エアロゾル状の放射性物質やよう素の多くを装置で除去した上で、蒸気を大気に放出することで、原子炉格納容器の破損を防止するものである。
- フィルタベントは、原子炉格納容器で発生した水蒸気の圧力のみで使用できるため、電源が不要であり、ポンプのような可動部もなく、信頼性が極めて高いことが特徴である。



フィルタ装置概要



東海第二発電所 フィルタベント系統図

フィルタ装置の構造・性能・実績

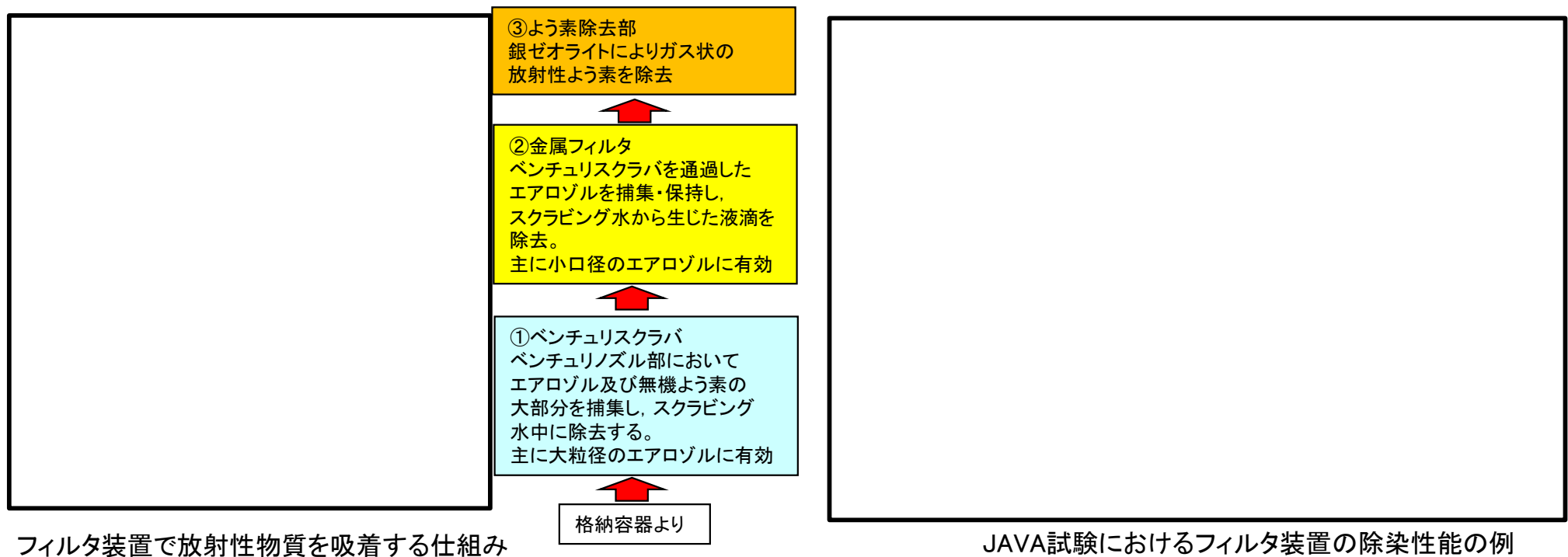
○フィルタ装置は、①ベンチュリスクラバ、②金属フィルタ、③よう素除去部の3つのセクションで構成されており、**大気へ放出されるセシウム137の量を1/1000に減少させることができる。**

- ①ベンチュリスクラバ : 薬液にてエアロゾル(ほこり状の放射性物質)やよう素を除去する
- ②金属フィルタ : ①で除去しきれなかったエアロゾルをフィルタで除去する
- ③よう素除去部 : ①で除去しきれなかったよう素を銀ゼオライトに吸着させる

○フィルタ装置の除染性能については、ドイツのカールシュタインにある試験施設(JAVA)にて、電力会社・ドイツ原子力安全委員会・その他第三者機関立会いの下、性能試験を行っている。

東海第二発電所で採用するフィルタ装置は、上記の試験結果に基づき設計したものを採用する。

○なお、フィルタベントは、ドイツ・フランス・フィンランドなど諸外国においても採用されている。



東海第二発電所におけるフィルタベント系統

- フィルタ装置自体に動力は不要であるが、フィルタ装置へ水蒸気を導くための弁を開ける必要がある。そのため、系統中の弁は外部電源や非常用発電機が使用できない場合においても発電が可能であるSA用電源装置及びES用電源装置からの給電で動作する**電動弁を採用し**、万一弁が動作しなかった場合のために**バイパス弁を設置し、多重化する**。加えて、電動での操作が出来ない場合においても遮蔽を通して人力で弁を開けられるよう、**遠隔人力操作機構も設置する**。また、**取出口は2箇所設置する**。
- フィルタベントは既設の不活性ガス系との接続があるが、**仕切り弁は多重化されており、ベント前に隔離確認をする手順を設ける**。また、**非常用ガス処理系・耐圧強化ベント系とは独立した系統としている**。
- フィルタベント使用中は、フィルタ装置の薬液が蒸発し、水位が減少する。このため、ベントから**7日間は補給が不要となる水量を確保し**、その後は薬液を補充することができる**補給水ラインを設ける**。
- ES兼用化により、これらの配管・弁においては、基準地震動が発生した場合においても、より裕度を持って耐えられる。

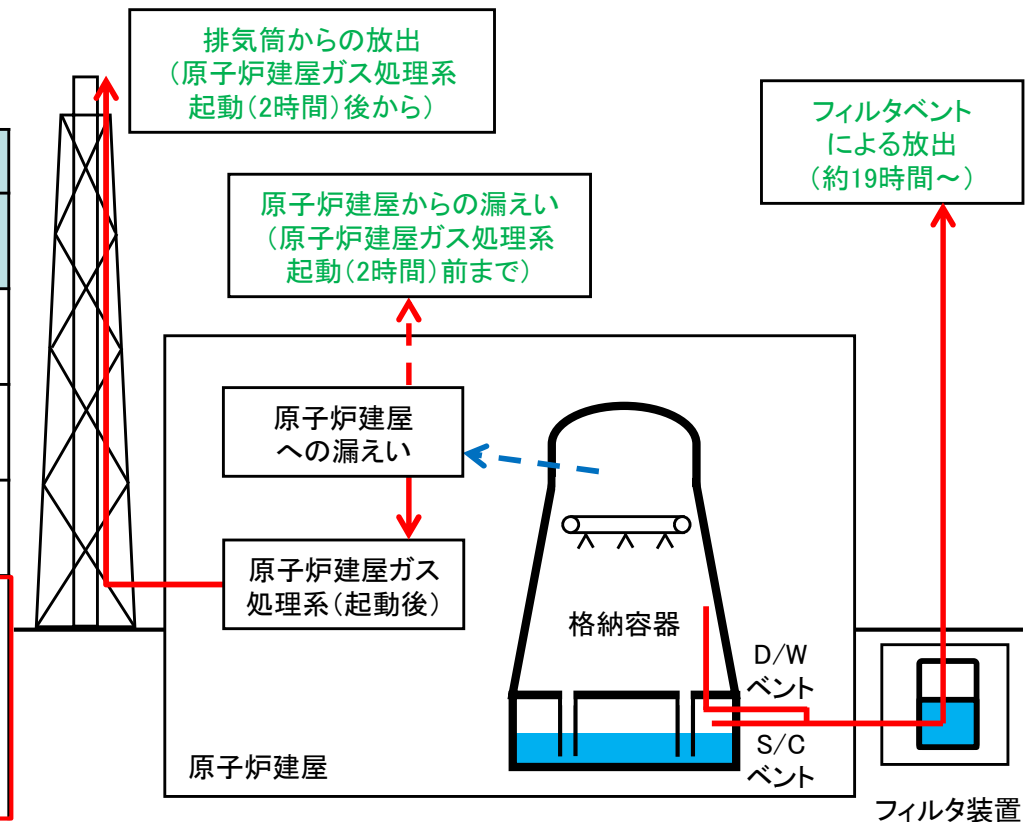
フィルタベント時のCs-137放出量

- 重大事故等が発生した場合においても、Cs-137の総放出量は**100TBq以下**に抑えることが新規規制基準にて要求されているため、フィルタベントを行った場合の環境への放出量を評価している。
- 大気への放出経路としては、「原子炉建屋からの漏えい(事象発生2時間後からは原子炉建屋ガス処理系を通した排気筒からの放出)」「フィルタベントによる放出」があり、**事象発生から100日後においても総放出量は100TBqを十分下回ることを確認している。**

フィルタベント時のCs-137評価結果

	評価結果		
	事象発生 7日間	事象発生 30日間	事象発生 100日間
建屋漏えい	約14.3TBq	約14.4TBq	約15.5TBq
フィルタベント 放出量(S/C)	約0.00012TBq	約0.00013TBq	約0.00015TBq
フィルタベント 放出量(D/W)	約0.73TBq	約0.94TBq	約0.98TBq
環境への 総放出量 (建屋漏えい + フィルタベント 放出量)	約16TBq (約15TBq)*	約16TBq (約15TBq)*	約17TBq (約16TBq)*

※()はフィルタベント放出量(S/C)時の値を示す

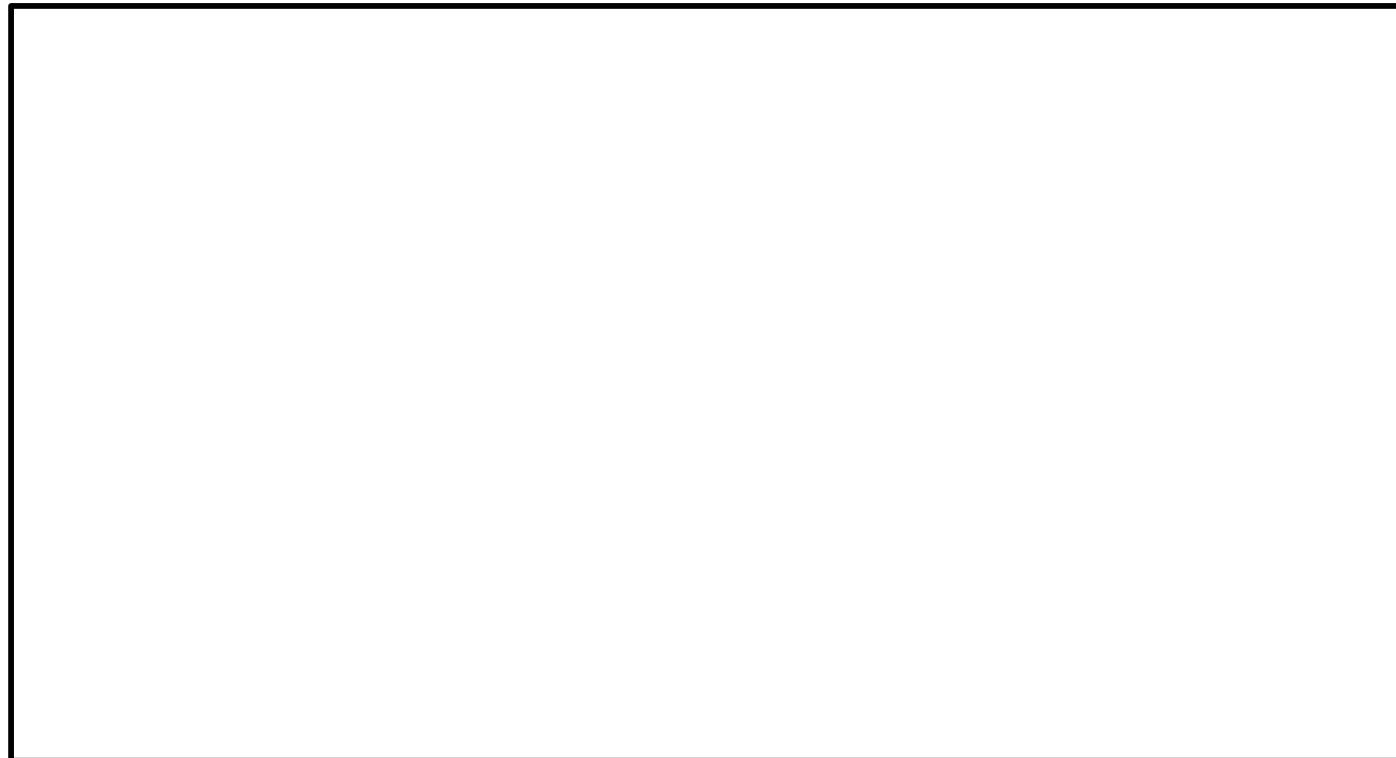


フィルタベントの放出経路について

○フィルタベントの放出経路は、従来から設置されている耐圧強化ベント系とは異なり、**排気筒(スタック)からの放出ではなく、独立した排気口を新たに設ける。**

- ・重大事故によるSA事象時に使用する排気口:原子炉建屋屋上付近に設置
- ・ES事象時に使用する排気口:大型航空機の衝突その他のテロリズムへの耐性を有する場所に設置

○フィルタベントの放出経路には、大気へ放出する放射性物質濃度を監視するため、排気中の放射性物質からの γ 線強度を測定する**放射線モニタが設けられている**。この放射線モニタの指示値上昇を確認することで、フィルタベントが成功した事が確認できる。



フィルタベントの放出口
論点No.104,117-7

フィルタベントにより放出される核種について

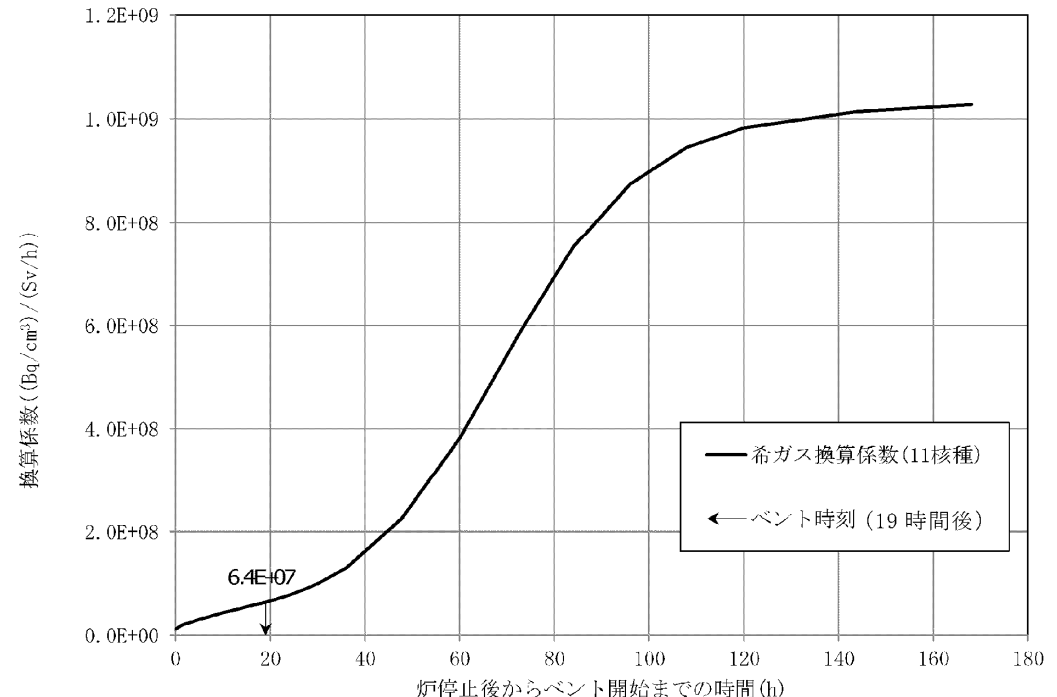
- 放射線モニタは格納容器内にも設置されており、線量率を監視しているが、核種の特定まではできないため、通常運転中は定期的にサンプリングすることで核種の分析を行い、燃料破損等の事故の予兆を確認する。
- 事故時にフィルタベントにて**大気に放出される核種は、フィルタ装置で除去しきれない希ガス及びよう素**となる。これらの線量率を評価した結果、**希ガスの量が支配的**であるため、ベント時に放出される**主な希ガスの核種としてKr,Xeを想定**する。
- フィルタベントの排出経路に設ける**放射線モニタで測定された線量率(Sv/h)**は、換算係数を用いることで**放出放射エネルギー(Bq)**を求めることができる。換算係数は、解析で求めた希ガス総量や、時間経過による核種の減衰量などで決まるため、あらかじめグラフを準備しておくことで、**放射線モニタの線量率から放出される放射エネルギーを把握**することができる。

ベントガスに含まれる核種

評価対象核種	希ガス類: Kr-83m, Kr-85m, Kr-85, Kr-87, Kr-88, Xe-131m, Xe-133m, Xe-133, Xe-135m, Xe-135, Xe-138 よう素: I-131, I-132, I-133, I-134, I-135
--------	--

ベントガスに含まれる希ガスとよう素の割合

ベント 開始時間	希ガス 線量率① (Sv/h)	よう素 線量率② (Sv/h)	①/②
事象発生から 19時間後	1.5×10^1	1.5×10^{-1}	1.0×10^2



【論点No.117】

フィルタ付きベント装置の性能, 系統の信頼性及び故障の想定・対応等について(非常用ガス処理系との関係等を含む)

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

No.4

P6

もう一つ、100テラベクレルしか放射性セシウム137が放出されないというふうに断言なさっております。本当でしょうか。フィルターベントが壊れちゃったらどうするんですか。たった1基のフィルターベントが壊れちゃったらどうするんですか。コントロールするすがございますか。まことしやかに100ミリシーベルト以内に抑えるなどというよりは、嘘も万八ではござんせんか。

P2,5

それが壊れちゃったら100テラベクレルでは収まらないでしょうというんだよ。皆さんのコントロールの手を離れちゃうんでしょよ。

P5

みんな突破されて、最後の最後でしょう、フィルターベントというのは。それが壊れちゃったらどうするんですか。100テラベクレルでおさまえることはできないでしょうと言っているんですよ。あたかもおさまえられるようなことをあなた方は、悪宣伝なさるから私は怒るんですよ。

P5,6

No.187

放射能の放出時処理の仕方。

P4

No.333

フィルタベントの多重化が必要

P2

* 委員指摘事項等及び県民意見は第15回ワーキングチーム
(令和元年6月26日)資料3-1及び資料3-2に基づく

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.431

フィルターベントを2つに

P2

No.737

②格納容器のベント用フィルターには、使用実績や信頼性があるのか。

P3,4

No.793

⑦格納容器ベント配管と非常用ガス処理系の接続状態(放出ガスが建物内に逆流する可能性の検討)

などなど、以下は省略しますが、上記のような地道なご検討を期待しています

P5

No.826

<重大事故時対策のフィルターベント装置が足りない>

フィルターベントを一個だけ設置というが、多重化すべき。

P2

No.855

(23)フィルターベント(放射性物質の大気放出)

格納容器内の空気を大気放出する場合、まずフィルターベントを通して放射性物質を水で吸収するとしても、限界がある。また、ある程度使用すれば除去性能が低下し、洗浄液の交換等の様々な操作が必要になる。こうした操作ができるか疑問である。また、洗浄液の供給系や排気系の設備等も含めて、耐震性が確保されているか不明である。

P5

P5

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.933

P2

3 東海第二の格納容器自由体積は柏崎刈羽原発に比べ小さい故に、同じような事故が起きた場合、格納容器フィルターベント装置に依存する可能性が高いと想像されます。にも拘らず東海第二は、各原発とも2基設置する柏崎刈羽と違い、1基しか設置しません。1基ではこれが故障のときには放射能放出を抑制できなくなり住民被ばくは避けられません。複数基の設置を指示してください。より根本的には、放射能を管理放出し格納容器を守ろうとする考え方は住民被ばく前提に基づくので、容認できません。容量の大きい第2格納容器(圧力冷却建屋)を設置して、そこで冷却し完封しきる方策をご検討ください

No.1116

・逃がし安全弁が設置され、危険が迫った時には圧力を逃がすということだが、その際放射性物質を含んだ気体が外へ洩れないという確認はとっているのでしょうか。また漏れた場合はどのように対処すると想定しているのでしょうか。

No.1187

P5

論点No.124,125,126参照

○ベントフィルターの有効性は実証されていない。1/1000に除去されても大量の放射能は大気排出されるので最低3重化が必要。

P4

P6

No.1212

2. 東海第二発電所では「格納容器圧力逃がし装置」の設置があります。

この新たに設置される格納容器圧力逃がし装置は本来格納容器内で閉じ込めるべき放射性物質が含まれた気体を配管を通し、格納容器外のフィルター部分へ導くこととなります。この過程で漏えいが発生した場合の対策が想定されていません。途中の配管が破損した場合などの対策が必要だと考えます。

P5

* 委員指摘事項等及び県民意見は第15回ワーキングチーム
(令和元年6月26日)資料3-1及び資料3-2に基づく

【論点No.104】

フィルタ付きベント設備の具体的な設計方針及び放出源情報の把握等の方法について

【委員からの指摘事項等】

No.96

P7

P8

フィルタ付きベントについて確認したい。ベント先はスタック(排気筒)からか。フィルタベントも放出源情報を得られるようになっているのか。核種まである程度モニタできるのか、あるいはその前の圧力容器内の成分の把握とかそういうもので核種を掴むのか。

P8

フィルタ付きベント装置に関する使用の条件及びタイミングの考え方について

【説明概要】

格納容器圧力逃がし装置による原子炉格納容器内の減圧及び除熱に係る操作の着手にあたっては、原子炉の炉心損傷の有無及び格納容器除熱の可否によるプラント状態に応じて**判断基準を定めた手順を整備し、発電長は手順に基づきベントを実施する。**

1. 格納容器ベント操作の実施判断基準及び判断フロー

- 格納容器圧力逃がし装置によるベント操作は、実施判断基準に到達した場合に実施する。
- ベント実施判断基準の到達までに確実にベント準備操作が完了する基準として、炉心損傷^{※1}の有無に関わらず、**サプレッション・プール通常水位+5.0m到達^{※2}**により**ベント準備操作**を開始する。

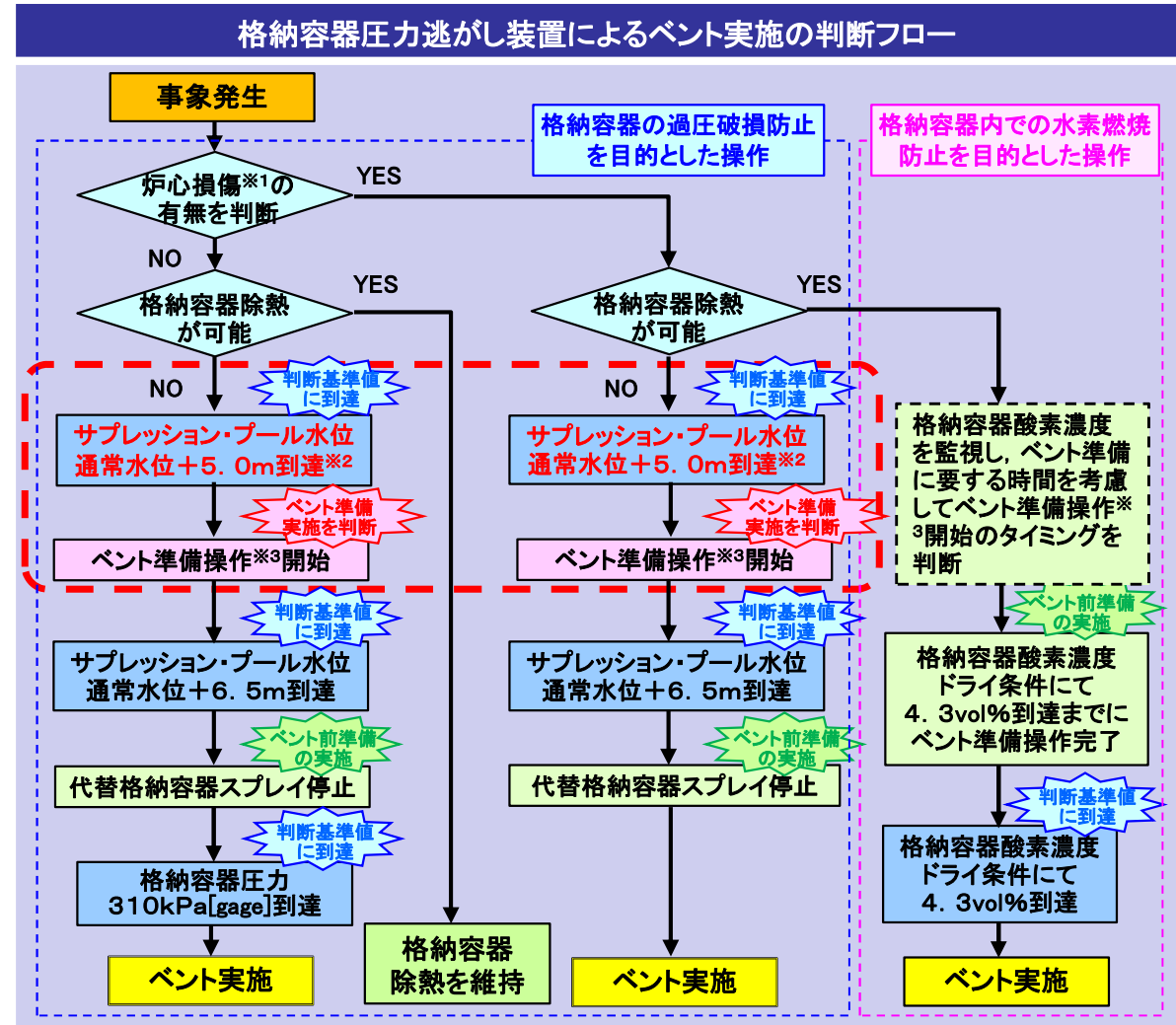
ベント実施判断基準		
炉心の状態	目的	実施判断基準
炉心損傷 ^{※1} なし	過圧破損防止	格納容器圧力310kPa[gage] (最高使用圧力)到達
炉心損傷 ^{※1} を判断した場合		サプレッション・プール通常水位+6.5m到達
	水素燃焼防止	格納容器酸素濃度がドライ条件にて4.3vol%到達

※1 【炉心損傷の判断】

格納容器雰囲気放射線モニタでドライウェル又はサプレッション・チェンバ内のガンマ線線量率が、設計基準事故相当のガンマ線線量率の10倍以上となった場合、又は格納容器雰囲気放射線モニタが使用できない場合に原子炉圧力容器温度で300℃以上を確認した場合。

※2 格納容器ベント取り出し口(ベントライン下端:サプレッション・プール通常水位+8.143m)の水没防止のため、外部水源制限水位として定めたサプレッション・プール通常水位+6.5m到達までの余裕を考慮し、サプレッション・プール通常水位+5.0mでベント準備操作を開始する。

※3 ベント実施時の排出経路を構成するため、ベント準備操作としてFV装置入口第一弁を「開」する。
FV装置入口第一弁は、中央制御室から遠隔操作で「開」操作を行うが、遠隔操作が不可の場合は原子炉建屋内で手動で「開」操作を行うことから、現場での手動操作時間(130分)を考慮し、操作を開始する。



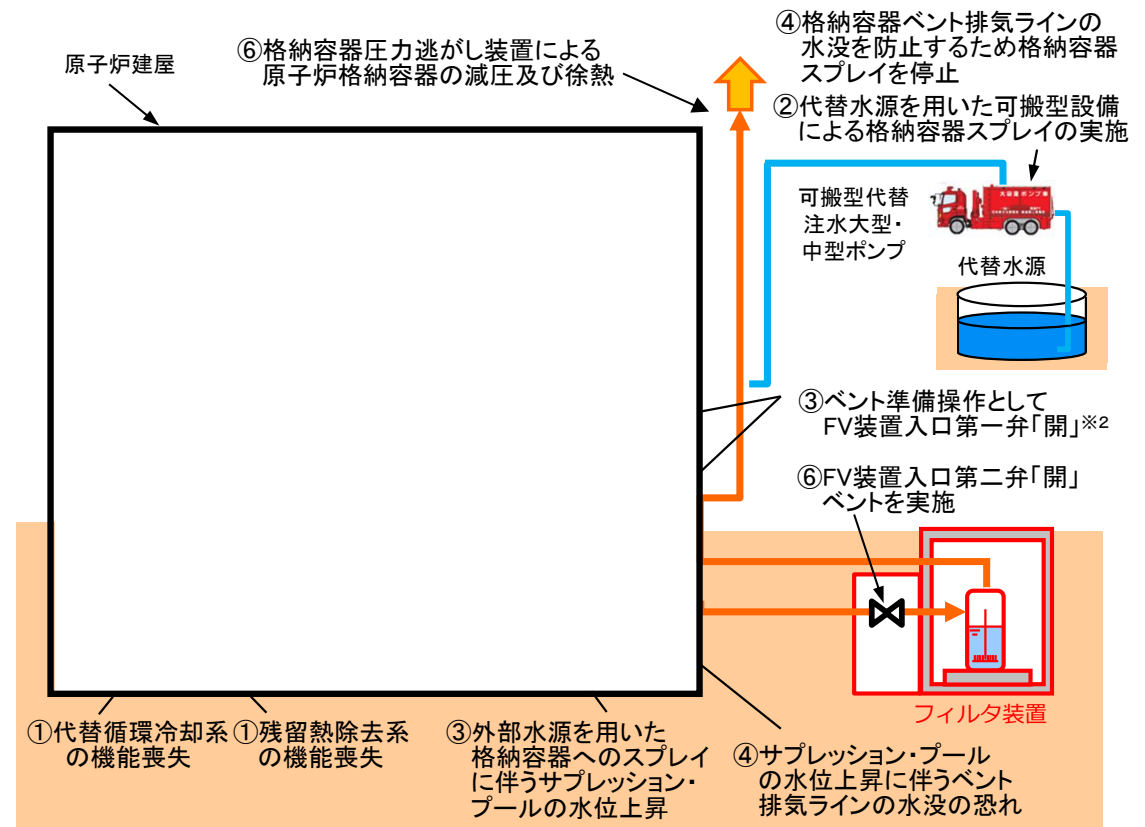
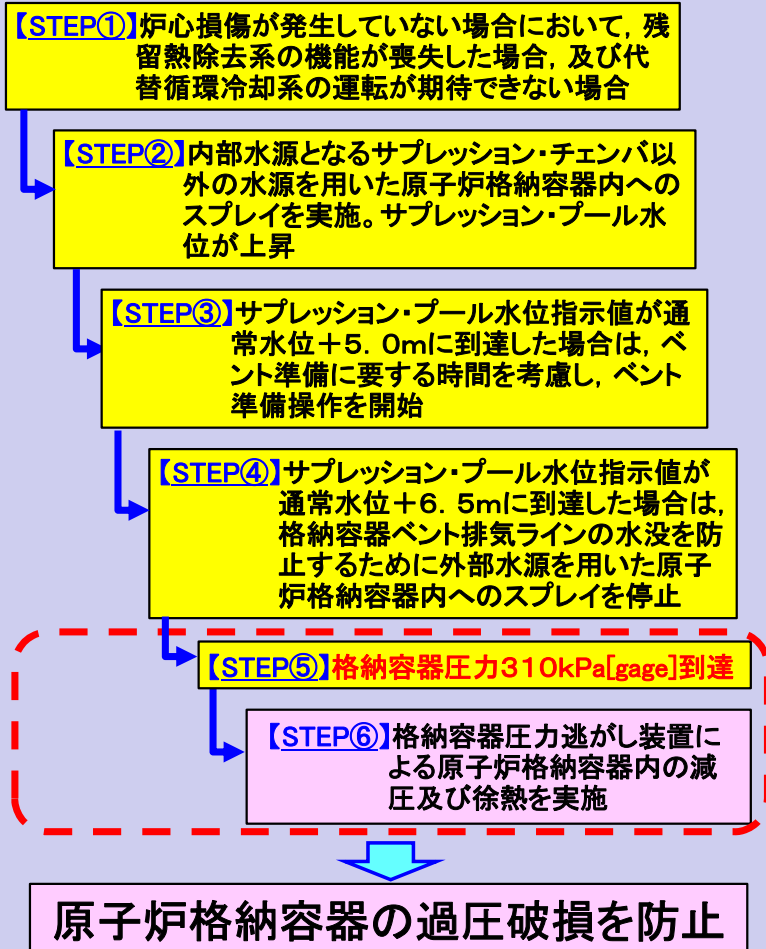
2. 格納容器ベント操作実施判断基準(炉心損傷なし)

○【炉心損傷していない場合】過圧破損防止のためベント操作手順

- 格納容器除熱ができない場合，原子炉格納容器内の圧力及び温度が上昇し，原子炉格納容器の過圧破損に至るおそれがある。このため，**格納容器圧力310kPa[gage]^{※1}に到達した時点で格納容器ベントを実施する。**

※1 格納容器最高使用圧力310kPa[gage]：格納容器限界圧力(620kPa[gage]までの余裕を考慮し，格納容器ベントを実施する。

格納容器圧力逃がし装置によるベントを実施するまでの流れ



※2 放出系統として，サプレッション・チェンバからとドライウエルから放出する系統と2通りがあるが，サプレッション・プールにおけるスクラビング効果(エアロゾル等の低減効果)が期待できるサプレッション・チェンバからのベントを優先して使用

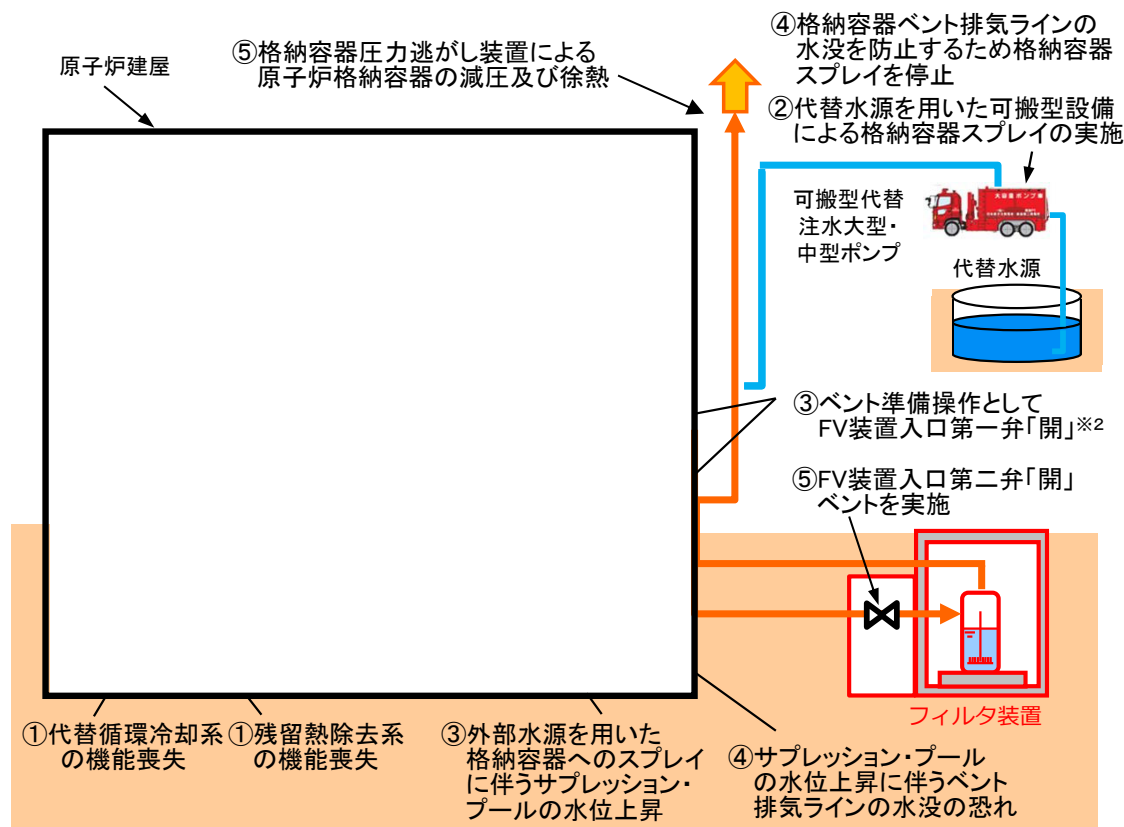
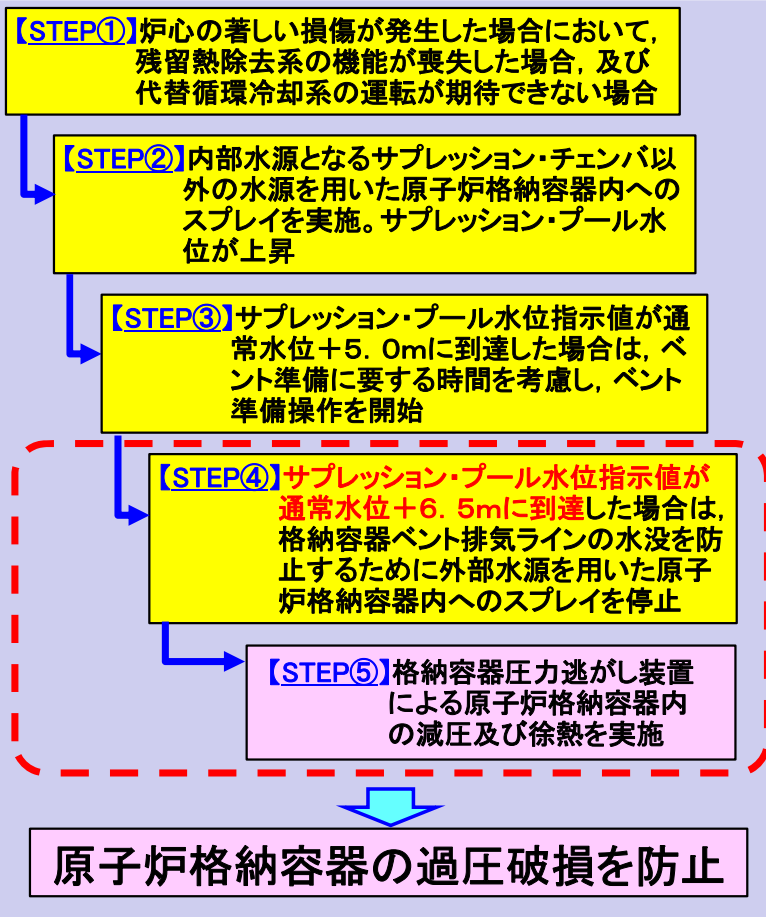
3. 格納容器ベント操作実施判断基準(炉心損傷あり及び格納容器除熱なし)

○【炉心損傷している場合 & 格納容器除熱ができない場合】過圧破損防止のためのベント操作手順

➤ 炉心の著しい損傷が発生した場合において、格納容器除熱ができない場合、原子炉格納容器の過圧破損に至るおそれがある。このため、**サプレッション・プール水位指示値が通常水位+6.5m^{※1}に到達した時点で格納容器ベントを実施**する。

※1 炉心損傷後の外部水源によるスプレイ時、格納容器圧力は最高使用圧力を上回る範囲で維持される。スプレイ停止後は、格納容器限界圧力までの余裕を考慮して速やかにベントを実施する。

格納容器圧力逃がし装置によるベントを実施するまでの流れ



※2 放出系統として、サプレッション・チェンバからとドライウェルから放出する系統と2通りがあるが、サプレッション・プールにおけるスクラビング効果(エアロゾル等の低減効果)が期待できるサプレッション・チェンバからのベントを優先して使用

4. 格納容器ベント操作実施判断基準(炉心損傷あり及び格納容器除熱あり)

○【炉心損傷している場合 & 格納容器除熱ができる場合】水素燃焼防止のためのベント操作手順

➤ 炉心の著しい損傷が発生した場合において、格納容器除熱が可能な場合、格納容器圧力の上昇は抑制されるが、ジルコニウム-水反応により発生した水素及び水の放射線分解により発生した酸素により、格納容器内で水素燃焼が発生する恐れがある。このため、**格納容器内酸素濃度が4.3vol%^{※1}に到達した時点で格納容器ベントを実施**する。

※1 4.3vol%(ドライ条件):水素燃焼が生じる酸素濃度の可燃限界(5vol%以上)に対し、格納容器内酸素濃度計の測定誤差と余裕を考慮して設定

格納容器圧力逃がし装置によるベントを実施するまでの流れ

【STEP①】炉心の著しい損傷が発生した場合において、残留熱除去系による格納容器の除熱が可能な場合

【STEP②】炉心損傷の場合、ジルコニウム-水反応により水素が発生。格納容器内の水素濃度が可燃限界の4Vol%を超過

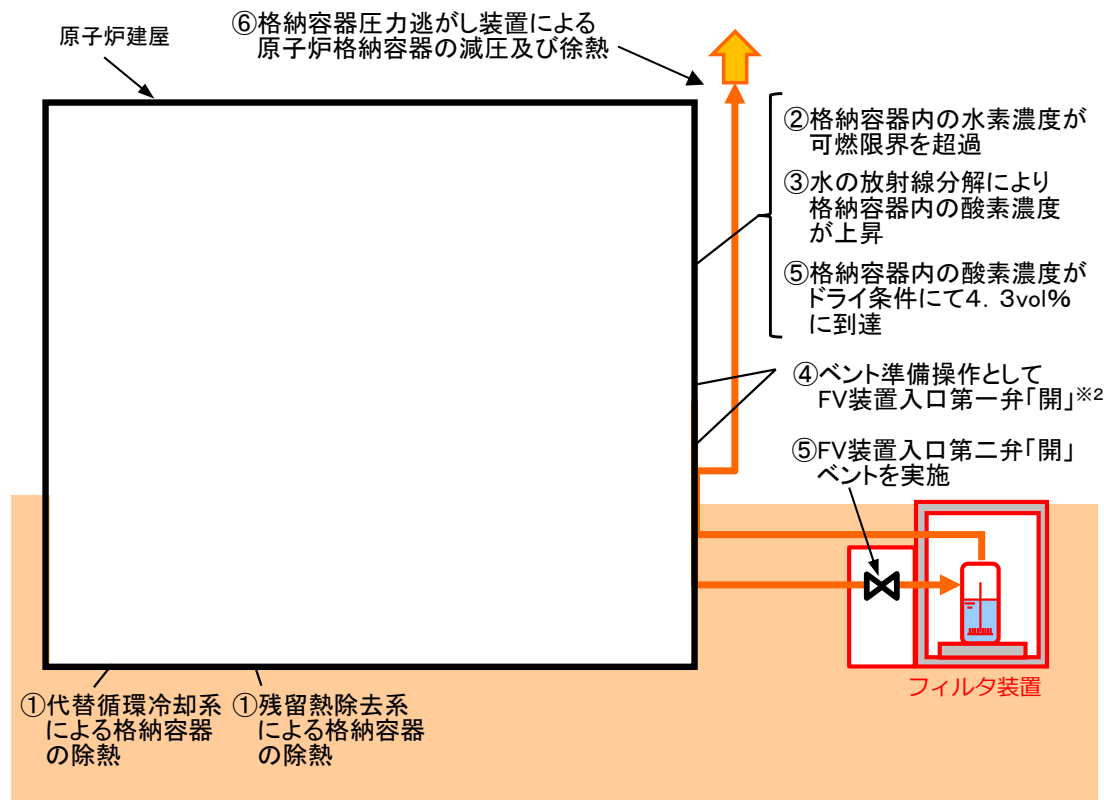
【STEP③】その後、水の放射線分解により格納容器内酸素濃度が上昇
(格納容器内水素濃度・酸素濃度が可燃限界に到達し、格納容器内で水素燃焼が発生する恐れ)

【STEP④】ベント準備に要する時間を考慮し、ベント準備操作を開始

【STEP⑤】格納容器内酸素濃度がドライ条件にて4.3vol%に到達

【STEP⑥】格納容器圧力逃がし装置による原子炉格納容器内の水素・酸素の排出を実施

原子炉格納容器内での水素燃焼を防止



※2 放出系統として、サプレッション・チェンバからとドライウェルから放出する系統と2通りがあるが、サプレッション・プールにおけるスクラビング効果(エアロゾル等の低減効果)が期待できるサプレッション・チェンバからのベントを優先して使用

【論点No.105】

フィルタ付きベント装置に関する使用の条件及びタイミングの考え方について

【委員からの指摘事項等】

No.97

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

フィルタベントを行うと周囲にいろいろと影響が出るが、タイミングが非常に重要だと思う。どういう条件が成立したら実施するかというのは事故対応の手順で決めると思うが、その辺はどのように考えているか。

P2-5