

資料1-6

2023年 8月24日

高浜発電所1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉

設置許可基準規則への適合性について
(放射性廃棄物の処理施設)

2023年8月

関西電力株式会社

枠囲みの範囲は機密情報を含んでいるため公開できません。

<目次>

1. 概要
2. 平常運転時の原子炉施設周辺の線量評価結果について
 - 2.1 被ばく評価条件
 - 2.2 被ばく評価結果
 - 2.3 既許可の線量評価結果との差異

添付資料

- 添付 1 被ばく評価に用いた気象資料の代表性について
- 添付 2 保守点検建屋設置に伴う放出源の有効高さの確認結果について
- 添付 3 高浜発電所 1 号、2 号、3 号及び 4 号炉 原子力発電所の運転に伴い周辺環境に放出する放射性廃棄物による発電所周辺の一般公衆の受ける線量評価結果について

参考資料 1 設置許可基準規則第 27 条の適合性に関する補足説明

参考資料 2 ○高浜発電所 1 号炉、2 号炉、3 号炉及び 4 号炉 原子力災害制圧道路等整備に伴う設置許可基準規則への適合性について（平成 31 年 3 月 関西電力株式会社）説明資料（抜粋）」

○高浜発電所風洞実験報告書 2023 年 5 月（関西電力株式会社）

参考資料 3 気象指針解説に関する補足説明

1. 概要

高浜発電所においては、蒸気発生器（以下「SG」という。）の取替え及び点検建屋設置に伴い、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「設置許可基準規則」という。）等に従い、平常運転時の原子炉施設周辺の線量評価が「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」（昭和50年5月13日原子力安全委員会決定）において定める線量目標値（50マイクロシーベルト／年）を達成できることを確認しており、本資料は、その線量評価についてまとめたものである。

第二十七条 放射性廃棄物の処理施設

工場等には、次に掲げるところにより、通常運転時において放射性廃棄物（実用炉規則第二条第二項第二号に規定する放射性廃棄物をいう。以下同じ。）を処理する施設（安全施設に係るものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。

- 一 周辺監視区域の外の空气中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度を十分に低減できるよう、発電用原子炉施設において発生する放射性廃棄物を処理する能力を有するものとする。

適合のための設計方針

第1項第1号について

気体廃棄物処理設備の設計に際しては、原子力発電所の運転に伴い周辺環境に放出する放射性気体廃棄物による発電所周辺の一般公衆の受ける線量が「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」（昭和50年5月13日原子力安全委員会決定）において定める線量目標値（50マイクロシーベルト／年）を達成できるように、次のようなろ過、貯留、減衰並びに管理等を行い、周辺監視区域の外の空气中の放射性物質の濃度を十分に低減できる設計とする。

具体的には、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」に基づき平常運転時の原子炉施設周辺の線量評価として、周辺監視区域境界を評価地点とした被ばく評価を実施するとともに、評価結果を本文九号および添付書類九に反映した。

2. 平常運転時の原子炉施設周辺の線量評価について

2.1 被ばく評価条件

(1) 放射性廃棄物の放出量の変更

3号炉及び4号炉におけるSG取替えにより1次冷却材容量が増加することに伴う放射性廃棄物の放出量の変更を評価条件に設定している。

(2) 気象観測データの変更

安全解析に使用した敷地において観測した2006年1月から2006年12月までの1年間の気象観測データは、最近の気象状態と比較して同等と判断できないことを確認しているため、最近の気象状態と比較して同等と判断された最新の2019年1月～2019年12月の気象観測データを評価条件に設定している。

被ばく評価に用いた気象観測データの代表性について、添付1に示す。

(3) 放出源の有効高さの変更

保修点検建屋設置により放出源の有効高さに影響することから、風洞実験の実施結果に基づく放出源の有効高さを評価条件に設定している。

被ばく評価に用いた放出源の有効高さの変更について、添付2に示す。

2.2 被ばく評価結果

前2.1項の被ばく評価条件の変更による周辺監視区域境界における最大の実効線量は、1, 2, 3, 4号炉合計で年間約 $15\mu\text{Sv}$ であり、線量目標値である年間 $50\mu\text{Sv}$ を下回ることを確認した。

線量評価の詳細について、添付3に示す。

2.3 既許可の線量評価結果との差異

1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉合計で既許可の年間約 $11\mu\text{Sv}$ に比べ、年間約 $15\mu\text{Sv}$ に増加した。これについては、主に気象観測データの変更にて評価地点の方位への風の出現頻度の増加したことにより、希ガスの実効線量が年間約 $7.2\mu\text{Sv}$ から年間約 $11\mu\text{Sv}$ に増加したことによるものである。

なお、気体廃棄物中及び液体廃棄物中のよう素を同時に摂取する場合の年間実効線量については、気象観測データの変更にて評価地点の方位への風の出現頻度の増加等により、1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉合計で既許可の年間約 $1.2\mu\text{Sv}$ に比べ、年間約 $1.4\mu\text{Sv}$ に増加した。

また、高浜発電所の平常時被ばく評価においては、敷地内を通過する一般道における希ガスによる最大の実効線量を設置許可添付書類九に参考値と記載しており、1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉合計で既許可の年間約 $12\mu\text{Sv}$ に比べ、年間約 $14\mu\text{Sv}$ に増加した。

被ばく評価に用いた気象資料の代表性について

既許可の平常運転時及び設計基準事故時の被ばく評価は、敷地において観測した 2006 年 1 月から 2006 年 12 月までの 1 年間の気象資料を用いて実施しているが、この気象資料が長期間の気象状態を代表しているかどうかの検定を行ったところ、代表性がないことを確認している。

このため、本申請においては、最近の長期間の気象状態と比較して代表性があると判断した 2019 年 1 月から 2019 年 12 月の気象資料を用い、事故時被ばく評価を行っている。

本資料においては、代表性があると判断した 2019 年 1 月から 2019 年 12 月の気象資料について、その検定結果を示す。

1. 検定方法

(1) 検定に用いた観測記録

気象資料の代表性を確認するに当たり、排気筒高さ付近を代表する標高 81m の観測記録を用いて検定を行った。

(2) 統計期間

統計年：2010 年 1 月～2020 年 12 月（10 年間）

（2019 年 1 月～2019 年 12 月を除く）

検定年：2019 年 1 月～2019 年 12 月

(3) 検定方法

風向別出現頻度（16 項目）、風速階級別出現頻度（11 項目）について、F 分布検定（有意水準 5%）を行い、棄却個数が 3 個以下の場合は、気象資料に代表性があると判断する。なお、検定方法は既許可の添付書類六に示す内容と同じである。

2. 検定結果

第 1 表に検定結果を示す。また、第 2 表及び第 3 表に棄却検定表を示す。

観測項目 27 項目のうち、棄却された個数は 1 個であることから、検定年が十分長期間の気象状態を代表していると判断する。

第 1 表 検定結果

観測項目	検定結果（棄却数）
風向別出現頻度	1 個
風速階級別出現頻度	棄却項目なし

第 2 表 棄却検定表 (風 向)

観測場所：高浜発電所
 測定器：風車型風向風速計 (標高約81 m)
 統計期間：2010年1月～2020年12月
 検定年：2019年1月～2019年12月
 単位：%

風向	統計年												判定			
	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2020年	平均値	分散		検定年 2019年	上限	下限
N	5.20	5.41	4.35	4.27	4.84	4.72	5.20	4.83	4.44	4.85	4.81	0.13	4.61	5.72	3.91	○
NNE	4.75	4.19	3.88	3.89	4.15	3.50	3.65	4.02	3.84	4.12	4.00	0.11	3.74	4.82	3.18	○
NE	7.07	6.16	6.31	6.05	5.54	5.47	5.46	6.04	5.21	5.66	5.90	0.27	5.58	7.20	4.60	○
ENE	3.29	2.78	2.19	2.38	2.56	3.52	3.46	3.66	3.24	3.30	3.04	0.24	3.86	4.27	1.81	○
E	1.69	1.76	1.68	1.70	1.73	2.28	2.22	1.82	1.95	2.21	1.90	0.05	1.75	2.48	1.33	○
ESE	2.85	2.79	3.45	2.46	2.64	2.69	3.35	2.35	2.78	2.72	2.81	0.11	3.25	3.63	1.98	○
SE	5.03	3.67	4.47	3.58	3.46	3.64	3.73	3.58	4.09	3.64	3.89	0.22	4.09	5.07	2.70	○
SSE	5.90	5.22	5.11	4.58	4.55	4.45	4.66	4.38	4.92	6.07	4.98	0.32	4.97	6.40	3.57	○
S	6.09	5.98	5.31	5.82	4.68	4.64	5.22	4.37	5.24	6.23	5.36	0.39	4.81	6.91	3.80	○
SSW	5.47	5.55	4.01	5.46	4.17	4.14	4.01	4.18	5.18	4.44	4.66	0.40	4.00	6.25	3.08	○
SW	1.33	1.45	1.27	1.60	1.25	1.35	1.03	1.55	1.40	1.40	1.36	0.02	1.26	1.75	0.97	○
WSW	1.49	1.63	1.44	1.25	1.00	0.94	0.95	1.17	1.22	1.34	1.24	0.05	1.15	1.80	0.68	○
W	4.48	4.73	4.68	3.81	2.90	4.02	3.35	3.81	3.37	4.38	3.95	0.34	3.66	5.42	2.48	○
WNW	12.32	12.90	14.29	14.03	13.31	14.12	12.56	12.34	11.63	13.74	13.12	0.74	11.11	15.28	10.97	○
NW	15.47	16.34	19.10	20.50	22.18	20.59	21.01	21.84	18.44	18.28	19.38	4.59	19.01	24.73	14.02	○
NNW	7.64	8.52	8.34	8.20	10.12	8.42	9.45	10.04	12.19	11.90	9.48	2.23	13.83	13.22	5.75	×
C	9.94	10.90	10.14	10.40	10.92	11.52	10.71	10.00	10.86	5.73	10.11	2.35	9.32	13.95	6.28	○

(注) 棄却検定は、不良標本の棄却に関するF分布検定を用いて、危険率(有意水準)を5%として行った。

C(静穏)は、風速0.4 m/s以下である。

第3表 棄却検定表 (風速)

観測場所：高浜発電所
 測定器：風車型風向風速計 (標高約81 m)
 統計期間：2010年1月～2020年12月
 検定年：2019年1月～2019年12月
 単位：%

風速階級 m/s	統計年											判定 ○採択 ×棄却				
	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2020年	平均値		分散	検定年 2019年	上限	下限
0.0～0.4	9.94	10.90	10.14	10.40	10.92	11.52	10.71	10.00	10.86	5.73	10.11	2.35	9.32	13.95	6.28	○
0.5～1.4	32.72	34.53	34.84	33.19	35.02	36.15	37.85	35.54	35.28	35.74	35.09	1.90	35.84	38.53	31.64	○
1.5～2.4	24.01	22.39	23.09	22.28	22.10	22.95	23.07	23.01	22.47	25.55	23.09	0.94	23.24	25.52	20.66	○
2.5～3.4	13.92	13.82	13.58	13.78	12.44	11.61	11.91	11.91	13.42	14.46	13.08	0.93	13.01	15.50	10.67	○
3.5～4.4	8.39	8.02	8.46	7.75	7.85	7.41	7.40	7.32	7.60	8.50	7.87	0.19	7.35	8.95	6.79	○
4.5～5.4	5.37	4.63	4.96	4.76	4.78	4.63	4.00	5.03	4.94	4.76	4.79	0.11	5.03	5.63	3.95	○
5.5～6.4	2.91	2.67	2.53	3.20	2.77	2.81	2.60	3.31	2.52	2.45	2.78	0.08	3.21	3.47	2.09	○
6.5～7.4	1.47	1.71	1.32	2.37	1.82	1.45	1.29	1.53	1.80	1.36	1.61	0.10	1.61	2.39	0.83	○
7.5～8.4	0.62	0.67	0.70	1.13	1.11	0.81	0.73	1.21	0.70	0.75	0.84	0.04	0.70	1.36	0.32	○
8.5～9.4	0.45	0.33	0.21	0.69	0.52	0.50	0.25	0.60	0.28	0.41	0.42	0.02	0.43	0.80	0.05	○
9.5～	0.21	0.31	0.17	0.45	0.67	0.15	0.19	0.53	0.14	0.30	0.31	0.03	0.26	0.74	0.00	○

(注) 棄却検定は、不良標本の棄却に関するF分布検定を用いて、危険率(有意水準)を5%として行った。

(参考) 2006年1月～2006年12月の気象資料の代表性確認結果について

既許可の事故時被ばく評価は、敷地において観測した2006年1月から2006年12月までの1年間の気象資料を用いて実施しているが、この気象資料が長期間の気象状態を代表しているかどうかの検定を行ったところ、代表性がないことを確認している。

本資料においては、代表性がないと判断した際の検定結果を示す。

なお、既許可では、原子炉施設の立地条件の適否を判断するための安全評価を行うに当たり、「原子炉立地審査指針」に基づき重大事故及び仮想事故について評価を行い、その評価結果について添付書類十「4. 重大事故及び仮想事故の解析」に残しており、線量評価に必要な拡散条件及び気象条件については、添付書類六「2.5 安全解析に使用する気象条件」で述べている。重大事故及び仮想事故の線量評価は2006年の気象条件で行っているため、本申請では、添付書類六「2.4 敷地における気象観測結果」及び「2.5 安全解析に使用する気象条件」において、2006年の気象観測資料に関する情報は削除せず、残す形としている。

1. 検定方法（統計期間以外は既許可の検定方法と同じ）

(1) 検定に用いた観測記録

気象資料の代表性を確認するに当たり、排気筒高さ付近を代表する標高81mの観測記録を用いて検定を行った。

(2) 統計期間

統計年：2010年1月～2019年12月（10年間）

検定年：2006年1月～2006年12月

(3) 検定方法

風向別出現頻度（16項目）、風速階級別出現頻度（11項目）に

ついて、F分布検定（有意水準 5%）を行い、棄却個数が 3 個以下の場合は、気象資料に代表性があると判断する。

2. 検定結果

第 1 表に検定結果を示す。また、第 2 表及び第 3 表に棄却検定表を示す。

観測項目 27 項目のうち、棄却された個数は 5 個であることから、検定年が長期間の気象状態を代表していないと判断する。

第 1 表 検定結果

観測項目	検定結果（棄却数）
風向別出現頻度	2 個
風速階級別出現 頻度	3 個

第2表 棄却検定表 (風 向)

観測場所：高浜発電所
 測定器：風車型風向風速計 (標高約81 m)
 統計期間：2010年1月～2019年12月
 検定年：2006年1月～2006年12月
 単位：%

風向	統計年										検定年		上限	下限	判定 ○採択 ×棄却	
	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	平均値	分散				2006年
N	5.20	5.41	4.35	4.27	4.84	4.72	5.20	4.83	4.44	4.61	4.79	0.13	6.78	5.70	3.87	×
NNE	4.75	4.19	3.88	3.89	4.15	3.50	3.65	4.02	3.84	3.74	3.96	0.11	5.25	4.79	3.13	×
NE	7.07	6.16	6.31	6.05	5.54	5.47	5.46	6.04	5.21	5.58	5.89	0.27	6.55	7.20	4.58	○
ENE	3.29	2.78	2.19	2.38	2.56	3.52	3.46	3.66	3.24	3.86	3.10	0.30	3.35	4.47	1.72	○
E	1.69	1.76	1.68	1.70	1.73	2.28	2.22	1.82	1.95	1.75	1.86	0.04	2.06	2.38	1.33	○
ESE	2.85	2.79	3.45	2.46	2.64	2.69	3.35	2.35	2.78	3.25	2.86	0.12	3.57	3.74	1.98	○
SE	5.03	3.67	4.47	3.58	3.46	3.64	3.73	3.58	4.09	4.09	3.93	0.22	3.90	5.11	2.76	○
SSE	5.90	5.22	5.11	4.58	4.55	4.45	4.66	4.38	4.92	4.97	4.87	0.19	5.89	5.96	3.79	○
S	6.09	5.98	5.31	5.82	4.68	4.64	5.22	4.37	5.24	4.81	5.22	0.32	5.45	6.63	3.80	○
SSW	5.47	5.55	4.01	5.46	4.17	4.14	4.01	4.18	5.18	4.00	4.62	0.44	4.17	6.27	2.96	○
SW	1.33	1.45	1.27	1.60	1.25	1.35	1.03	1.55	1.40	1.26	1.35	0.02	1.36	1.74	0.95	○
WSW	1.49	1.63	1.44	1.25	1.00	0.94	0.95	1.17	1.22	1.15	1.22	0.05	1.51	1.78	0.66	○
W	4.48	4.73	4.68	3.81	2.90	4.02	3.35	3.81	3.37	3.66	3.88	0.33	4.18	5.32	2.44	○
WNNW	12.32	12.90	14.29	14.03	13.31	14.12	12.56	12.34	11.63	11.11	12.86	1.04	11.97	15.41	10.31	○
NW	15.47	16.34	19.10	20.50	22.18	20.59	21.01	21.84	18.44	19.01	19.45	4.48	16.90	24.74	14.16	○
NNW	7.64	8.52	8.34	8.20	10.12	8.42	9.45	10.04	12.19	13.83	9.68	3.50	7.96	14.35	5.00	○
C	9.94	10.90	10.14	10.40	10.92	11.52	10.71	10.00	10.86	9.32	10.47	0.36	9.15	11.98	8.96	○

(注) 棄却検定は、不良標本の棄却に関するF分布検定を用いて、危険率(有意水準)を5%として行った。
 C(静穏)は、風速0.4 m/s以下である。

第3表 棄却検定表 (風速)

観測場所：高浜発電所
 測定器：風車型風向風速計(標高約81m)
 統計期間：2010年1月～2019年12月
 検定年：2006年1月～2006年12月
 単位：%

風速階級 m/s	統計年										検定年 2006年	分散	平均値	上限	下限	判定 ○採択 ×棄却
	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年						
0.0～0.4	9.94	10.90	10.14	10.40	10.92	11.52	10.71	10.00	10.86	9.32	10.47	0.36	9.15	11.98	8.96	○
0.5～1.4	32.72	34.53	34.84	33.19	35.02	36.15	37.85	35.54	35.28	35.84	35.10	1.91	31.45	38.55	31.64	×
1.5～2.4	24.01	22.39	23.09	22.28	22.10	22.95	23.07	23.01	22.47	23.24	22.86	0.29	23.81	24.20	21.52	○
2.5～3.4	13.92	13.82	13.58	13.78	12.44	11.61	11.91	11.91	13.42	13.01	12.94	0.72	14.49	15.06	10.82	○
3.5～4.4	8.39	8.02	8.46	7.75	7.85	7.41	7.40	7.32	7.60	7.35	7.76	0.16	7.99	8.75	6.76	○
4.5～5.4	5.37	4.63	4.96	4.76	4.78	4.63	4.00	5.03	4.94	5.03	4.81	0.12	4.97	5.67	3.96	○
5.5～6.4	2.91	2.67	2.53	3.20	2.77	2.81	2.60	3.31	2.52	3.21	2.85	0.08	3.03	3.55	2.15	○
6.5～7.4	1.47	1.71	1.32	2.37	1.82	1.45	1.29	1.53	1.80	1.61	1.64	0.09	2.06	2.39	0.89	○
7.5～8.4	0.62	0.67	0.70	1.13	1.11	0.81	0.73	1.21	0.70	0.70	0.84	0.04	1.49	1.37	0.31	×
8.5～9.4	0.45	0.33	0.21	0.69	0.52	0.50	0.25	0.60	0.28	0.43	0.43	0.02	0.94	0.80	0.05	×
9.5～	0.21	0.31	0.17	0.45	0.67	0.15	0.19	0.53	0.14	0.26	0.31	0.03	0.63	0.74	0.00	○

(注) 棄却検定は、不良標本の棄却に関するF分布検定を用いて、危険率(有意水準)を5%として行った。

保守点検建屋設置に伴う放出源の有効高さの確認結果について

平常時及び事故時被ばく評価では、放射性物質の大気拡散評価条件として「放出源の有効高さ」を設定している。

今回設置予定の保守点検建屋の設計を踏まえ、風洞実験の実施により放出源の有効高さを確認した結果を以下に示す。

1. 風洞実験の実施について

風洞実験は、前回実験した際の敷地内の建屋配置状況から新たに建屋の設置（予定）があり、新設建屋の高さを 2.5 倍した値に建屋設置面の標高を加えた値が、排気筒の高さ以上となる場合において実施し、放出源の有効高さへの影響を確認することとしている。

第 1 表及び第 1 図に設置予定の保守点検建屋の高さ及び建屋設置面の標高の関係を示す。第 1 表に示すとおり、建屋高さを 2.5 倍した値に建屋設置面の標高を加えた高さは、排気筒の高さを超えることから、今回新たに風洞実験を実施し放出源の有効高さへの影響を確認することとした。なお、風洞実験方法は、既許可の添付書類六の「2.6 参考資料(6) 高浜発電所風洞実験報告書、関西電力株式会社、平成 31 年 2 月」に同じである。

2. 風洞実験の実施結果及び放出源の有効高さへの影響について

(1) 平常時被ばく

風洞実験により求めた平常時の放出源の有効高さ（詳細値）を第 2-1-1 表および第 2-1-2 表に示す。

第 2-1-1 表および第 2-1-2 表に示すとおり、前回実験において確認した平常時の放出源の有効高さ（詳細値）との差は-19m から+21m の範囲にあり、一部、保守点検建屋の設置による影響があった。

一方、平常時の敷地境界被ばく評価においては、風洞実験により求めた詳細値を5m単位で厳しめに丸めた値を放出源の有効高さとして設定している。

風洞実験により求めた詳細値を5m単位で厳しめに丸めた値を第2-1-3表及び第2-1-4に示す。第2-1-3表及び第2-1-4表に示すとおり、前回の評価に用いた値から変更のある方位が一部あることから、本申請においては、今回求めた放出源の有効高さを平常時の敷地境界被ばく評価に用いることとした。

(2) 事故時被ばく

風洞実験により求めた事故時の放出源の有効高さ（詳細値）を第2-2-1表に示す。

第2-2-1表に示すとおり、前回実験において確認した事故時の放出源の有効高さ（詳細値）との差は-1mから+4mの範囲にあり、保修点検建屋の設置による影響は軽微であると言える。

一方、設計基準事故時の敷地境界被ばく評価のうち、排気筒からの放出を想定する事象の評価においては、風洞実験により求めた詳細値を5m単位で厳しめに丸めた値を放出源の有効高さとして設定している。

風洞実験により求めた詳細値を5m単位で厳しめに丸めた値を第2-2-2表に示す。第2-2-2表に示すとおり、前回の評価に用いた値から変更のある方位が一部あることから、本申請においては、今回求めた放出源の有効高さを設計基準事故時の敷地境界被ばく評価に用いることとした。

第 1 表 保修点検建屋の建屋高さ及び建屋設置面の標高(m) (計画値)

①建屋高さ [設置面からの高さ]	②建屋設置面 [標高]	② + ① × 2.5 [標高]	排気筒高さ [標高]
約 20	約 78	約 130	約 84

第 2-1-1 表 風洞実験より求めた平常時被ばく評価に用いた放出源の有効高さ（1，2号炉 詳細値）

	着目方位 2号炉か らの方位	放出源の有効高さ(m) [各炉からの方位]							
		1号炉				2号炉			
		方位	前回	今回	差※	方位	前回	今回	差※
陸 側 評 価 地 点	N	[NNW]	125	115	-10	[N]	68	71	3
	NNE	[N]	74	76	2	[NNE]	71	70	-1
	NE	[NNE]	73	72	-1	[NE]	124	126	2
	SE	[SE]	79	83	4	[SE]	74	77	3
	SSE	[SSE]	82	68	-14	[SSE]	72	65	-7
	S	[S]	116	97	-19	[S]	100	93	-7
	SSW	[SSW]	90	89	-1	[SSW]	91	90	-1
	SW	[WSW]	113	108	-5	[SW]	89	90	1
	WSW	[WSW]	113	108	-5	[WSW]	65	64	-1
	W	[W]	169	180	11	[W]	112	119	7
	WNW	[WNW]	120	118	-2	[WNW]	87	84	-3
	NW	[NW]	144	144	0	[NW]	121	119	-2
NNW	[NNW]	125	115	-10	[NNW]	98	94	-4	
参考地点	ENE	[ENE]	108	125	17	[ENE]	76	86	10
	E	[E]	129	123	-6	[E]	94	93	-1
	ESE	[E]	129	123	-6	[ESE]	69	71	2
牛乳 摂取 評価 地点	W	[W]	191	212	21	[W]	137	144	7

※：差は、「今回詳細値」－「前回詳細値」

第 2-1-2 表 風洞実験より求めた平常時被ばく評価に用いた放出源の有効高さ（3，4号炉 詳細値）

	着目方位 2号炉か らの方位	放出源の有効高さ(m) [各炉からの方位]							
		3号炉				4号炉			
		方位	前回	今回	差*	方位	前回	今回	差*
陸 側 評 価 地 点	N	[NNE]	107	106	-1	[NNE]	104	104	0
	NNE	[NNE]	118	117	-1	[NE]	139	140	1
	NE	[NE]	163	166	3	[NE]	164	166	2
	SE	[ESE]	120	117	-3	[ESE]	130	126	-4
	SSE	[SE]	82	86	4	[SE]	89	91	2
	S	[SE]	82	85	3	[SE]	87	89	2
	SSW	[S]	79	77	-2	[SSE]	88	77	-11
	SW	[SW]	59	57	-2	[SSW]	70	70	0
	WSW	[SW]	57	55	-2	[SW]	62	61	-1
	W	[W]	156	158	2	[WSW]	84	80	-4
	WNW	[NW]	89	89	0	[NW]	97	88	-9
	NW	[NW]	150	152	2	[NW]	159	154	-5
	NNW	[N]	82	84	2	[NNE]	103	103	0
参 考 地 点	ENE	[ENE]	95	106	11	[E]	128	109	-19
	E	[E]	122	103	-19	[E]	126	109	-17
	ESE	[E]	122	106	-16	[E]	127	109	-18
牛 乳 撰 取 評 価 地 点	W	[W]	186	185	-1	[W]	180	190	10

※：差は、「今回詳細値」－「前回詳細値」

第 2-1-3 表 平常時被ばく評価に用いた放出源の有効高さ
(1 , 2 号炉)

	着目方位 2号炉か らの方位	放出源の有効高さ(m) [各炉からの方位]							
		1号炉				2号炉			
		前回		今回		前回		今回	
陸 側 評 価 地 点	N	<u>125</u>	[NNW]	<u>115</u>	[NNW]	<u>65</u>	[N]	<u>70</u>	[N]
	NNE	<u>70</u>	[N]	<u>75</u>	[N]	70	[NNE]	70	[NNE]
	NE	70	[NNE]	70	[NNE]	<u>120</u>	[NE]	<u>125</u>	[NE]
	SE	<u>75</u>	[SE]	<u>80</u>	[SE]	<u>70</u>	[SE]	<u>75</u>	[SE]
	SSE	<u>80</u>	[SSE]	<u>65</u>	[SSE]	<u>70</u>	[SSE]	<u>65</u>	[SSE]
	S	<u>115</u>	[S]	<u>95</u>	[S]	<u>100</u>	[S]	<u>90</u>	[S]
	SSW	<u>90</u>	[SSW]	<u>85</u>	[SSW]	90	[SSW]	90	[SSW]
	SW	<u>110</u>	[WSW]	<u>105</u>	[WSW]	<u>85</u>	[SW]	<u>90</u>	[SW]
	WSW	<u>110</u>	[WSW]	<u>105</u>	[WSW]	<u>65</u>	[WSW]	<u>60</u>	[WSW]
	W	<u>165</u>	[W]	<u>180</u>	[W]	<u>110</u>	[W]	<u>115</u>	[W]
	WNW	<u>120</u>	[WNW]	<u>115</u>	[WNW]	<u>85</u>	[WNW]	<u>80</u>	[WNW]
	NW	140	[NW]	140	[NW]	<u>120</u>	[NW]	<u>115</u>	[NW]
NNW	<u>125</u>	[NNW]	<u>115</u>	[NNW]	<u>95</u>	[NNW]	<u>90</u>	[NNW]	
参 考 地 点	ENE	<u>105</u>	[ENE]	<u>125</u>	[ENE]	<u>75</u>	[ENE]	<u>85</u>	[ENE]
	E	<u>125</u>	[E]	<u>120</u>	[E]	90	[E]	90	[E]
	ESE	<u>125</u>	[E]	<u>120</u>	[E]	<u>65</u>	[ESE]	<u>70</u>	[ESE]
牛 乳 撰 取 評 価 地 点	W	<u>190</u>	[W]	<u>210</u>	[W]	<u>135</u>	[W]	<u>140</u>	[W]

第 2-1-4 表 平常時被ばく評価に用いた放出源の有効高さ
(3 , 4 号炉)

	着目方位 2号炉か らの方位	放出源の有効高さ(m) [各炉からの方位]							
		3号炉				4号炉			
		前回		今回		前回		今回	
陸 側 評 価 地 点	N	105	[NNE]	105	[NNE]	100	[NNE]	100	[NNE]
	NNE	115	[NNE]	115	[NNE]	<u>135</u>	[NE]	<u>140</u>	[NE]
	NE	<u>160</u>	[NE]	<u>165</u>	[NE]	<u>160</u>	[NE]	<u>165</u>	[NE]
	SE	<u>120</u>	[ESE]	<u>115</u>	[ESE]	<u>130</u>	[ESE]	<u>125</u>	[ESE]
	SSE	<u>80</u>	[SE]	<u>85</u>	[SE]	<u>85</u>	[SE]	<u>90</u>	[SE]
	S	<u>80</u>	[SE]	<u>85</u>	[SE]	85	[SE]	85	[SE]
	SSW	75	[S]	75	[S]	<u>85</u>	[SSE]	<u>75</u>	[SSE]
	SW	55	[SW]	55	[SW]	70	[SSW]	70	[SSW]
	WSW	55	[SW]	55	[SW]	60	[SW]	60	[SW]
	W	155	[W]	155	[W]	80	[WSW]	80	[WSW]
	WNW	85	[NW]	85	[NW]	<u>95</u>	[NW]	<u>85</u>	[NW]
	NW	150	[NW]	150	[NW]	<u>155</u>	[NW]	<u>150</u>	[NW]
NNW	80	[N]	80	[N]	100	[NNE]	100	[NNE]	
参 考 地 点	ENE	<u>95</u>	[ENE]	<u>105</u>	[ENE]	<u>125</u>	[E]	<u>105</u>	[E]
	E	<u>120</u>	[E]	<u>100</u>	[E]	<u>125</u>	[E]	<u>105</u>	[E]
	ESE	<u>120</u>	[E]	<u>105</u>	[E]	<u>125</u>	[E]	<u>105</u>	[E]
牛 乳 撰 取 評 価 地 点	W	185	[W]	185	[W]	<u>180</u>	[W]	<u>190</u>	[W]

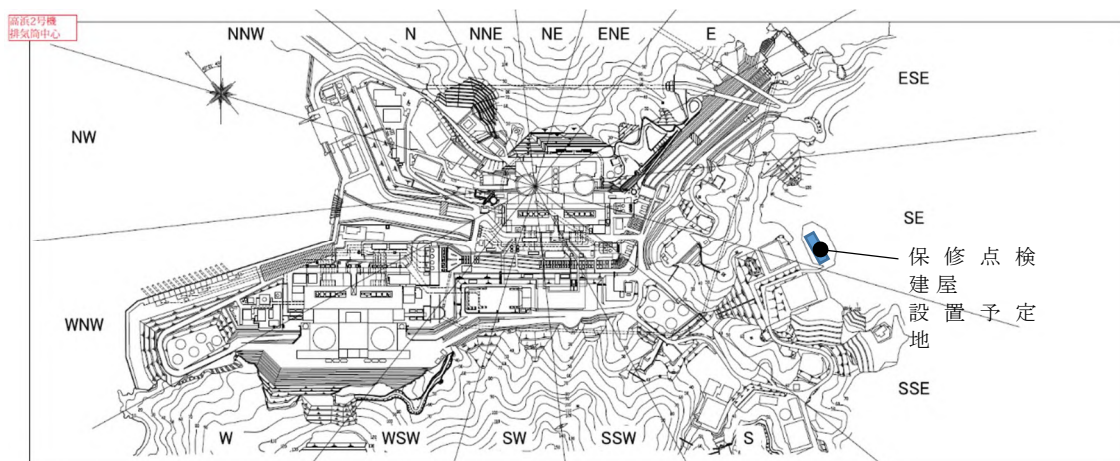
第 2-2-1 表 風洞実験より求めた事故時の放出源の有効高さ(m)
(詳細値)

着目方位	3号炉			4号炉		
	前回	今回	差※	前回	今回	差※
N	79	83	4	81	83	2
NNE	114	115	1	113	113	0
NE	138	140	2	144	144	0
ESE	86	87	1	93	93	0
SE	56	57	1	61	63	2
SSE	58	61	3	59	60	1
S	67	68	1	64	63	-1
SSW	55	55	0	55	55	0
SW	57	57	0	50	49	-1
WSW	43	43	0	36	37	1
W	42	45	3	45	47	2
WNW	50	51	1	46	48	2
NW	53	54	1	47	49	2
NNW	113	112	-1	109	112	3

※：差は、「今回詳細値」－「前回詳細値」

第 2-2-2 表 事故時被ばく評価に用いる放出源の有効高さ(m)

着目方位	3号炉		4号炉	
	前回	今回	前回	今回
N	<u>75</u>	<u>80</u>	80	80
NNE	<u>110</u>	<u>115</u>	110	110
NE	<u>135</u>	<u>140</u>	140	140
ESE	85	85	90	90
SE	55	55	60	60
SSE	<u>55</u>	<u>60</u>	<u>55</u>	<u>60</u>
S	65	65	60	60
SSW	55	55	55	55
SW	55	55	<u>50</u>	<u>45</u>
WSW	40	40	35	35
W	<u>40</u>	<u>45</u>	45	45
WNW	50	50	45	45
NW	50	50	45	45
NNW	110	110	<u>105</u>	<u>110</u>



第 1 図 点検建屋の配置及び着目方位（2号炉の例）

(参考) 保修点検建屋増設に伴う平常時の有効高さへの影響について

敷地内に建屋が増設されると、図 1 に記載したように建屋周辺の気流を変化させる。建屋後流に巻き込みを伴う渦が発生し、上空からの流れを引き込むなどといった現象が発生する。これにより、建屋上空から到来するガスは、気流の影響を受けるため地表面への着地が早まる。その結果、地表面濃度が高くなる、といった事象が発生する。

平常時においては放出高さが高く、高所源から放出されたガスは地表面に着地するまでの間に、気流の影響を受けやすい傾向がある。そのため、増設による気流の変化によってガスの着地が早まることで地表面濃度が高くなり、結果として有効高さに影響が及ぶことが考えられる。

今回、保修点検建屋を増設するにあたり、有効高さへの影響を確認した結果、前回と有効高さの差が大きかった（有効高さが低くなった）ケースとして、2つ確認された。

1つ目は、図 2-1 に示す 1 号炉の SSE 風向（保修点検建屋が 1 号炉排気筒の風上にある）ケースである。排気筒を通過する気流は、風上に増設した保修点検建屋によって発生した渦も伴うことから、放出源から徐々に降下してくるガスの地表面着地を促す効果が強まる。この効果により増設前と比べて、ガスが地表に着地しやすくなるため、放出源から地表面への着地までの距離が短くなり着地濃度が高くなる。その結果、有効高さが低くなったと考えられる。

2つ目は、図 2-2 に示す 3 号炉の W 風向（保修点検建屋が 3 号炉排気筒の風下にある）ケースである。排気筒から放出されたガスの着地点近傍に保修点検建屋が増設されている。そのため、上空から保修点検建屋周辺に徐々に下降してきたガスは、保修点検建屋によって発生する渦に巻き込まれることでガスが着地しやすくなる。このことから、増設前に比べて着地濃度が高くなる。その結果、有効高さが低くなったと考えられる。

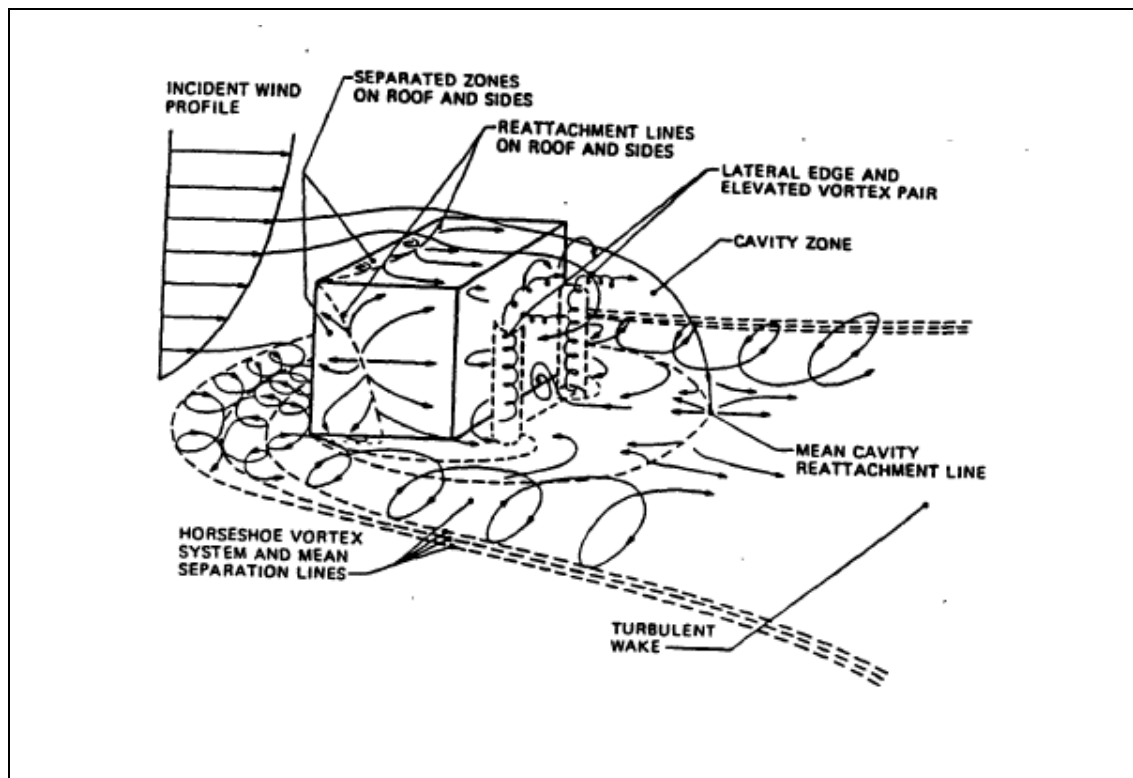
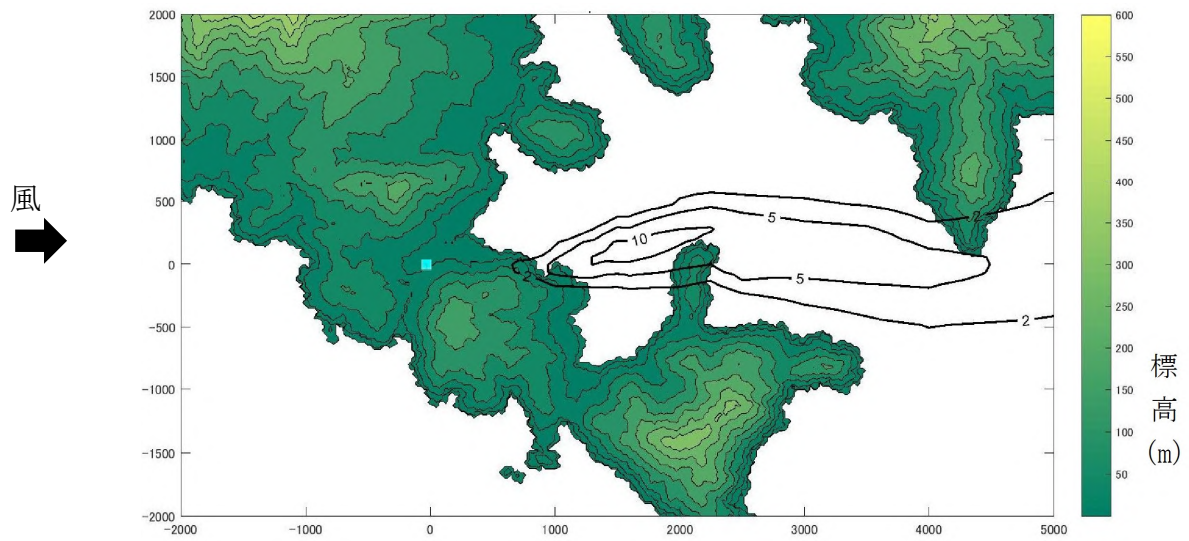
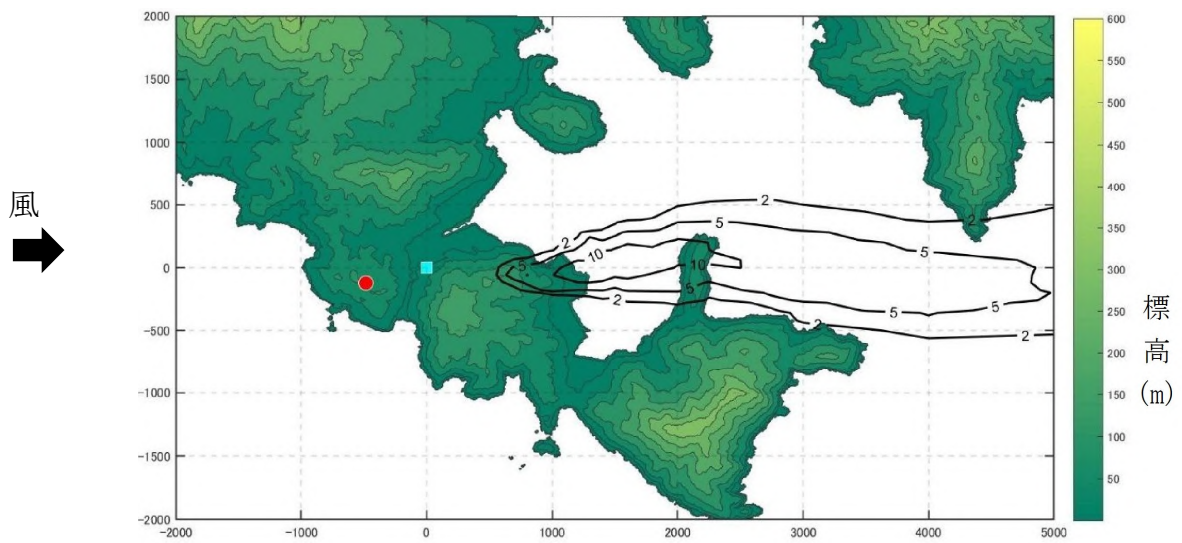


図 1 建屋周辺の気流概略図

(出典 : A USER'S GUIDE FOR THE CALPUFF DISPERSION MODEL,
EPA-454/B-95-006, July 1995)



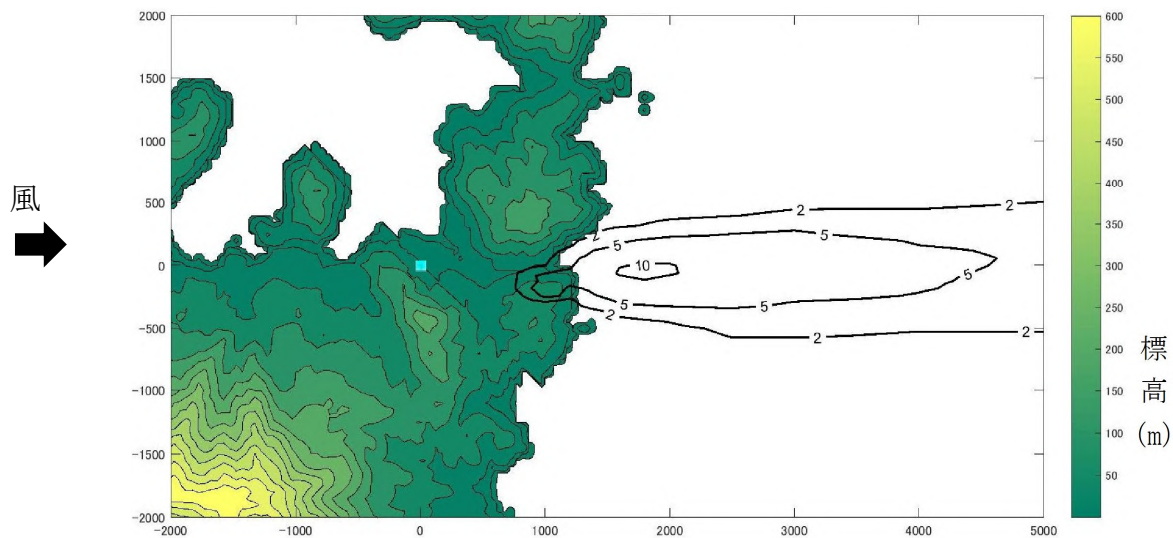
前回結果（保修点検建屋なし）



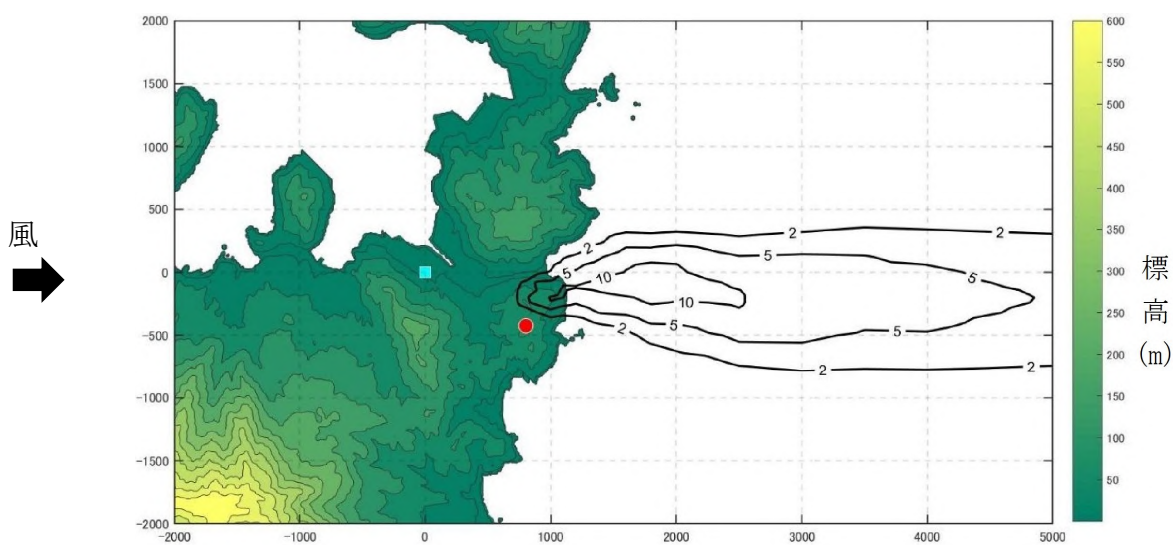
今回結果（保修点検建屋あり）

■：放出源位置、●：保修点検建屋

図 2-1 地表空气中濃度分布比較（1号炉の SSE 風向）



前回結果（保修点検建屋なし）



今回結果（保修点検建屋あり）

■：放出源位置、●：保修点検建屋

図 2-2 地表空气中濃度分布比較（3号炉のW風向）

高浜発電所 1 号、2 号、3 号及び 4 号炉
原子力発電所の運転に伴い周辺環境に放出する放射性廃棄物による
発電所周辺の一般公衆の受ける線量評価結果について

1. はじめに

平常運転時における発電所周辺の一般公衆の受ける線量評価では、平常運転時において周辺環境に放出する放射性物質により一般公衆の受ける線量が、法令に定める限度を十分満足し、かつ「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」に定める線量目標値を満足することを確認するために、気体廃棄物中の希ガス、液体廃棄物中の放射性物質、気体廃棄物中及び液体廃棄物中のよう素のそれぞれの放出放射エネルギーから一般公衆の線量を評価した。

今回の申請における主な変更点は、3号炉及び4号炉におけるSG取替えによる気体廃棄物の放出量の変更、気象観測データの変更、点検建屋設置による放出源の有効高さの変更に伴う線量評価の変更としている。

また、放射性物質の放出量及び一般公衆の受ける線量は、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」（以下「線量評価指針」という。）及び「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（以下「気象指針」という。）にしたがって評価し、大気中に放出される放射性物質による線量は、敷地における2019年1月から2019年12月までの1年間の気象資料及び点検建屋設置に伴う風洞実験による放出源有効高さを用いて算出した空気中濃度を基に計算し、海洋に放出される放射性物質による線量は、放水口での放射性廃棄物の濃度を基に計算した。

2. 気体廃棄物の年間放出量

気体廃棄物中の主な放射性物質は、1次冷却材中に含まれる核分裂生成物のうち放射性希ガス（以下「希ガス」という。）及び放射性

よう素（以下「よう素」という。）であるため、これらの放射性物質に着目して年間放出量の計算を行う。

この計算の基本となる1次冷却材中の放射性物質濃度は、燃料被覆管欠陥率を1%とし、1次冷却材保有量、浄化系の性能等を考慮し計算する。

なお、原子炉の年間稼働率は80%を想定し、体積制御タンクの連続脱ガスは行わないことを前提とする。

(1) ガス減衰タンク及び水素再結合ガス減衰タンクからの放出量

原子炉運転中の1次冷却材中の希ガスは、反応度制御等により抽出された1次冷却材と共に冷却材貯蔵タンクに移行し、ほう酸回収装置で処理され分離された気体及び体積制御タンクの脱ガスでページされた気体は、水素再結合ガス減衰タンクに移行するとしている。

原子炉停止時の1次冷却材中の希ガスは、体積制御タンクでの1次冷却材の脱ガス操作により、ガス減衰タンクに移行するとしている。

また、冷却材ドレン中の希ガスは、原子炉運転中に抽出される1次冷却材と同様にほう酸回収装置で処理されることにより水素再結合ガス減衰タンクに移行するとしている。

ガス減衰タンク及び水素再結合ガス減衰タンクは、貯留した放射性廃棄物を減衰させた後に放出する運用を行っているとしている。

なお、1次冷却材中のよう素は、冷却材混床式脱塩塔で除去される効果及びガス減衰タンク及び水素再結合ガス減衰タンクで減衰する効果により、無視できるとしている。

したがって、これらの経路でガス減衰タンク及び水素再結合ガス減衰タンクに集められた希ガスが、ガス減衰タンク及び水素再結合ガス減衰タンクで減衰させた後に排気筒へ放出するものとして計算している。

(2) 原子炉停止時の原子炉格納容器換気による放出量

原子炉停止時の原子炉格納容器換気により放出される希ガス及

びよう素の放出量は、原子炉運転中に原子炉格納容器内でポンプ、弁等の機器から漏えいした1次冷却材及びドレン中の希ガス及びびよう素が空気中に移行し、定期検査時の放射線業務従事者の立入り前に、排気筒へ放出されるものとして、1次冷却材の漏えい率、漏えい1次冷却材中に含まれる放射性物質が空気中に移行する割合、格納容器空気浄化装置の捕集効率等を考慮して計算している。

(3) 原子炉格納容器減圧時の排気による放出量

原子炉運転中の原子炉格納容器内には、原子炉格納容器内制御用空気圧縮機により空気が送り込まれ、内圧が増加するため、減圧する必要がある。原子炉格納容器の減圧時の排気により放出される希ガス及びびよう素の放出量は、(2)と同様に、原子炉格納容器内で漏えいした1次冷却材及びドレン中の希ガス及びびよう素が空気中に移行し、減圧時に排気系より放出されるものとして計算している。

(4) 原子炉補助建屋の換気による放出量

原子炉補助建屋の換気により放出される希ガス及びびよう素の放出量は、(2)と同様に、原子炉補助建屋内でポンプ、弁等の機器から漏えいした1次冷却材及びドレン中の希ガス及びびよう素が空気中に移行し、排気系より放出されるものとして計算している。

(5) 定期検査時の放出量

1次冷却材中のよう素については、その一部が定期検査中の機器開放により放出されることから、定期検査中のよう素の放出量として、運転と原子炉停止の期間の割合から、運転期間の4分の1として計算するとしている。ただし、I-133については半減期が短いことから定期検査時に放出される量は、I-131に比べ少ないため、計算には考慮しないとしている。

したがって、定期検査時に放出されるよう素の放出量は、1次冷却材中に含まれるよう素のうちI-131が機器の補修等に伴って放出されるものとし、(2)、(3)及び(4)で求めたI-131放出量の4分の1が定期検査時に放出されるものとして計算している。

気体廃棄物放出量を計算するための評価条件を第 1 表に、1 次冷却材中の希ガス及びよう素の濃度を第 2 表に示す。

S G の取替えに伴い 1 次冷却材保有量体積の増加による影響を受けて 1 次冷却材抽出水量が増加する。

1 次冷却材中の希ガス及びよう素の放射能濃度は、1 次冷却材抽出水量が増加するため希釈されて若干減少する。なお、1 次冷却材中のほう素濃度及び炉心平均熱中性子束の変更はない。

以上の条件で計算した希ガス及びよう素の年間放出量を第 3 表に示す。S G の取替えにより 1 次冷却材保有量が増加することにより、1 次冷却材中の希ガス濃度が若干低下する。しかし、1 次冷却材抽出水量が増加して冷却材処理量が増えることにより、ガス減衰タンクからの希ガス放出量は S G の取替え前に比べて若干増加する。原子炉停止時の格納容器換気、格納容器の減圧排気、原子炉補助建屋の換気に伴う希ガス放出量は、1 次冷却材中の希ガス濃度が若干低下することにより低下する。合計の希ガス放出量は、その他の経路（原子炉停止時の格納容器換気、格納容器の減圧排気、原子炉補助建屋の換気）からの寄与よりも、ガス減衰タンクからの寄与が大きいため、S G の取替え前と同程度となる。

よう素は 1 次冷却材中の濃度が S G の取替えの影響をあまり受けず、影響が軽微であるため、放出量は S G の取替え前と同程度となる。

放射性気体廃棄物放出量における既許可への影響を第 4 表に示す。

第1表 気体廃棄物放出量の主な評価条件（3号炉及び4号炉）

項目	現行	今回	変更理由
炉心熱出力 (MWt)	2,652	同左	—
燃料被覆管欠陥率 (%)	1	同左	—
年間運転時間(日) [年間稼働率](%)	292 [80]	同左	—
1次冷却材保有量 (t)	186	195	S G 取替えによる
浄化系流量 (t/h)	13.5	同左	—
ほう酸回収装置で 処理される1次冷却 材抽出水量(t/y)	3,060	3,200	S G 取替えによる
炉心平均熱中性子 束 (n/(cm ² ・s))	4.3×10^{13}	同左	—

第2表 気体廃棄物放出量評価における1次冷却材中の希ガス及び
 よう素の濃度（1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉）

（単位：Bq/g）

核種	1号炉※	2号炉※	3号及び 4号各炉
Kr-85m	7.09×10^4	7.12×10^4	7.49×10^4
Kr-85	2.70×10^4	2.72×10^4	5.53×10^3
Kr-87	4.12×10^4	4.14×10^4	4.39×10^4
Kr-88	1.22×10^5	1.23×10^5	1.31×10^5
Xe-131m	5.57×10^4	5.60×10^4	1.85×10^4
Xe-133m	9.62×10^4	9.66×10^4	6.09×10^4
Xe-133	6.39×10^6	6.43×10^6	2.77×10^6
Xe-135m	3.74×10^3	3.76×10^3	3.98×10^3
Xe-135	1.26×10^5	1.26×10^5	1.08×10^5
Xe-138	2.00×10^4	2.01×10^4	2.13×10^4
I-131	7.61×10^4	7.61×10^4	8.36×10^4
I-133	1.30×10^5	1.30×10^5	1.41×10^5

※：3号炉及び4号炉のSG取替えに伴う変更はなく値に変更はない。

第3表 希ガス及びよう素の年間放出量（3号炉及び4号炉）

（単位：Bq/y）

核種 \ 項目	ガス減衰タンク及び水素再結合ガス減衰タンクからの排気	原子炉停止時の原子炉格納容器換気	原子炉格納容器減圧時の排気	原子炉補助建屋の換気	合計
Kr-85m	～0	2.1×10^{10}	3.9×10^9	1.8×10^{12}	1.8×10^{12}
Kr-85	1.3×10^{14}	1.7×10^{11}	1.6×10^{10}	1.3×10^{11}	1.3×10^{14}
Kr-87	～0	3.4×10^9	6.5×10^8	1.1×10^{12}	1.1×10^{12}
Kr-88	～0	2.2×10^{10}	4.2×10^9	3.1×10^{12}	3.1×10^{12}
Xe-131m	4.6×10^{13}	2.7×10^{11}	3.2×10^{10}	4.3×10^{11}	4.7×10^{13}
Xe-133m	1.1×10^{10}	2.0×10^{11}	3.4×10^{10}	1.5×10^{12}	1.7×10^{12}
Xe-133	4.0×10^{14}	2.1×10^{13}	3.1×10^{12}	6.5×10^{13}	4.9×10^{14}
Xe-135m	～0	6.3×10^7	1.2×10^7	9.3×10^{10}	9.3×10^{10}
Xe-135	～0	5.9×10^{10}	1.2×10^{10}	2.6×10^{12}	2.6×10^{12}
Xe-138	～0	3.1×10^8	5.9×10^7	5.0×10^{11}	5.0×10^{11}
放出量合計	5.7×10^{14}	2.2×10^{13}	3.2×10^{12}	7.6×10^{13}	6.8×10^{14}
γ線 実効エネルギー (MeV/dis)	3.4×10^{-2}	4.7×10^{-2}	4.9×10^{-2}	1.5×10^{-1}	4.7×10^{-2}
β線 実効エネルギー (MeV/dis)	1.7×10^{-1}	1.4×10^{-1}	1.4×10^{-1}	1.8×10^{-1}	1.7×10^{-1}

（単位：Bq/y）

核種 \ 項目	原子炉停止時の原子炉格納容器換気	原子炉格納容器減圧時の排気	原子炉補助建屋の換気	定期検査時のよう素131	合計
I-131	1.1×10^9	1.2×10^9	2.0×10^9	1.1×10^9	5.3×10^9
I-133	1.4×10^9	3.3×10^8	3.3×10^9	—*	5.0×10^9

※：I-133については半減期が短いことから定期検査時に放出される量は、I-131に比べて少ないため計算には考慮しない。

第4表 放射性気体廃棄物放出量における既許可への影響

(単位：Bq/y)

核種		原子炉	既許可	変更後
希ガス		1号炉	1.1×10^{15}	←
		2号炉	1.1×10^{15}	←
		3号炉	6.8×10^{14}	←
		4号炉	6.8×10^{14}	←
		合計	3.5×10^{15}	←
よう素	I-131	1号炉	2.6×10^{10}	←
		2号炉	2.6×10^{10}	←
		3号炉	5.3×10^9	←
		4号炉	5.3×10^9	←
		合計	6.2×10^{10}	←
	I-133	1号炉	2.0×10^{10}	←
		2号炉	2.0×10^{10}	←
		3号炉	5.1×10^9	5.0×10^9
		4号炉	5.1×10^9	5.0×10^9
		合計	5.0×10^{10}	←

3. 液体廃棄物の年間放出量

液体廃棄物の発生源としては、1次系冷却材抽出水、冷却材ドレン、機器ドレン、床ドレン、洗浄排水等がある。

発生した液体廃棄物は、その性状に応じてそれぞれ、ほう酸回収装置、廃液蒸発装置でろ過、脱塩、蒸発濃縮等の処理を行い、処理水はその性状に応じて再処理または放射性物質の濃度が十分低いことを確認した後放出する。ただし、液体廃棄物の年間放出量は、評価上全量放出するものとする。

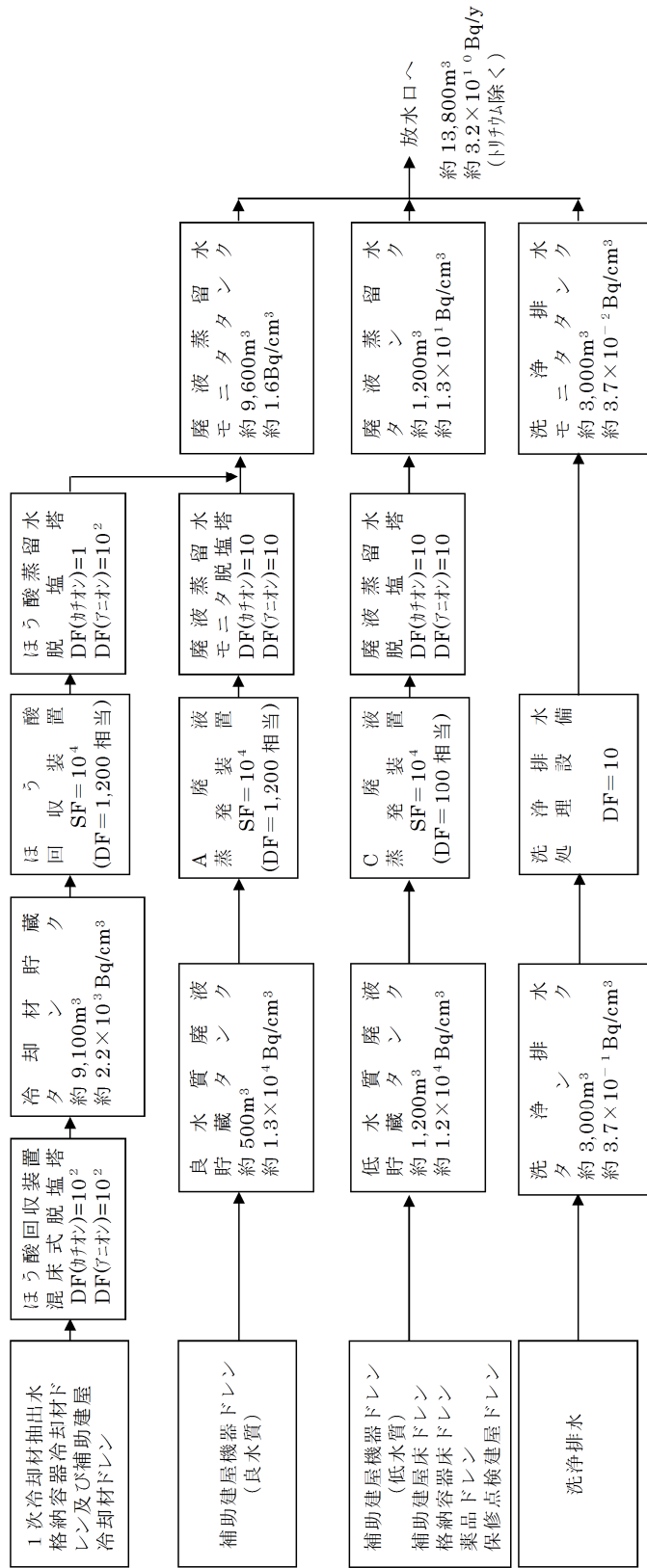
今回の3号炉及び4号炉では、SG取替えに伴い1次冷却材保有量の増加により1次系冷却材抽出水水量が若干増加することにより、冷却材貯蔵タンクからの年間処理量が若干増加することにより、液体廃棄物の年間放出量は約 $13,700\text{m}^3$ から約 $13,800\text{m}^3$ に、年間放出放射エネルギーは約 $3.1 \times 10^{10}\text{Bq}$ から約 $3.2 \times 10^{10}\text{Bq}$ に若干増加する。

また、保修点検建屋設置に伴い保修点検建屋ドレンを3号炉及び4号炉の液体廃棄物処理設備にて処理することになるが、3号炉及び4号炉の機器の保修点検作業にて発生するドレン量は、従来行っていた保修点検作業の場所を燃料取扱建屋から保修点検建屋に変更するものであり変更はなく、また、1号炉及び2号炉の機器の保修点検作業にて発生するドレン量は少量であることから、保修点検建屋ドレンによる液体廃棄物の年間放出量の変更はない。

なお、既許可において、海水中の放射性物質濃度は、液体廃棄物処理設備の運用の変動を考慮して液体廃棄物の放出量を3号炉及び4号炉の各号炉で $3.7 \times 10^{10}\text{Bq}/\text{y}$ と設定して評価していることから液体廃棄物の放射能濃度評価への影響はない。

よって、液体廃棄物年間推定放出量の3号炉4号炉合算値は、SG取替え前と比べて若干増加するものの、液体廃棄物の放射能濃度評価への影響はない。

液体廃棄物の液体廃棄物の年間推定発生量（3号炉及び4号炉合算）を第1図に示す。



(注) DF: 出口濃度に対する入口濃度の比
SF: 出口濃度に対する濃縮液濃度の比

第1図 液体廃棄物の年間推定発生量とその放射性物質の濃度（3号炉及び4号炉合算）

4. 実効線量の計算

実効線量は、線量評価指針及び気象指針に基づき計算している。計算には、SGの取替えによる気体廃棄物の放出量の変更及び気象資料の変更に伴う線量評価の変更を含めている。

(1) 気体廃棄物中の希ガスによる実効線量

気体廃棄物中の希ガスによる実効線量の計算は、放射性雲からの γ 線による外部被ばくを対象に行っている。計算に当たっては、ガス減衰タンクからの排気及び原子炉停止時の原子炉格納容器換気を間欠放出、原子炉格納容器減圧時の排気及び原子炉補助建屋換気を連続放出とし、それぞれの放出モードにおける第3表の希ガスの年間放出量及び γ 線実効エネルギーを用いて計算している。

気体廃棄物中の希ガスの濃度は、気象指針に規定される式を用いて計算している。

実効線量の計算は、将来の集落の形成を考慮し、第2図に示すとおり2号原子炉を中心として16方位に分割したうちの陸側13方位の敷地境界外について、1号、2号、3号炉及び4号炉からの寄与を合算して行っている。

なお、線量評価にあっては、安全解析に使用した敷地において観測した2006年1月から2006年12月までの1年間の気象観測データは、最近の気象状態と比較して同等と判断できないことを確認しているため、最近の気象状態と比較して同等と判断された最新の2019年1月～2019年12月の気象観測データを評価条件に設定している。また、保修点検建屋設置により放出源の有効高さに影響することから、風洞実験の実施結果に基づく放出源の有効高さを評価条件に設定している。線量計算に用いた気象条件を第5表及び第6表に、線量計算に用いた放出源の有効高さを第7表に示す。

(2) 液体廃棄物中の放射性物質（よう素を除く）による実効線量

液体廃棄物中の放射性物質の実効線量の計算は、(3)でよう素に

よる実効線量を別途評価することからよう素を除き、トリチウムを含めて評価を行う。

液体廃棄物中の放射性物質（よう素を除く）による実効線量の計算は、原子炉施設の前面海域に生息する海産物を摂取することによって放射性物質を体内摂取した場合の内部被ばくを対象に行っている。人体への放射性物質の摂取率は、海水中の放射性物質濃度、海産物の濃縮係数、海産物の摂取量等を考慮して計算している。

なお、海水中の放射性物質濃度は、液体廃棄物処理設備の運用の変動を考慮して液体廃棄物の放出量は、液体廃棄物の放出量はトリチウムを除き1号、2号、3号及び4号各炉 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq/y}$ 、トリチウムについては、1号、2号、3号及び4号各炉 $5.6 \times 10^{13} \text{Bq/y}$ とし、年間放出量を年間の復水器冷却水等の量（放水口（1号及び2号炉共用）において各炉あたり $1.28 \times 10^9 \text{m}^3/\text{y}$ 、放水口（3号及び4号炉共用）において各炉あたり $1.59 \times 10^9 \text{m}^3/\text{y}$ ）で除した放水口（1号及び2号共用放水口、3号炉及び4号炉共用放水口）における濃度を用いている。

また、液体廃棄物中の放射性物質の核種組成は、線量評価指針に示されている組成を用いている。

(3) よう素による実効線量

よう素による実効線量の計算は、気体廃棄物及び液体廃棄物中のよう素に着目し、成人、幼児及び乳児がそれぞれ呼吸、葉菜、牛乳及び海産物を介してよう素を摂取する場合の内部被ばくを対象に行っている。

人体のよう素摂取率は、空気中又は海水中のよう素濃度、呼吸率、空気中のよう素が葉菜及び牛乳に移行する割合、海産物の濃縮係数、食物摂取量等を考慮して計算している。

a. 気体廃棄物中のよう素による実効線量

気体廃棄物中のよう素の地上空気中濃度は、原子炉停止時の原

子炉格納容器換気を間欠放出、原子炉格納容器減圧時の排気、原子炉補助建屋換気及び定期検査時の放出を連続放出とし、それぞれの放出モードにおける「2. 気体廃棄物の放出量評価」の第3表のよう素の年間放出量を用いて計算している。

気体廃棄物中のよう素の濃度は、(1)と同様に気象指針に規定される式を用いて計算している。

気体廃棄物中のよう素による実効線量は、濃度が最大となる地点の年平均地上空気中濃度を用いて、線量評価指針に従い、計算している。呼吸及び葉菜摂取については2号原子炉を中心として16方位に分割したうちの陸側13方位の敷地境界外において、牛乳摂取については牧草地で、それぞれ1号、2号、3号炉及び4号各炉からの寄与を合算して年平均地上空気中濃度を求めている。

b. 液体廃棄物中のよう素による実効線量

液体廃棄物中のよう素の海水中濃度は、(2)と同様の方法で求めた放水口における濃度を用いている。

液体廃棄物中のよう素による実効線量は、線量評価指針に従い、よう素の人体内での代謝パラメータが安定よう素の摂取量によって変化することを考慮し、安定よう素を多量に含んでいる海藻類を摂取する場合と摂取しない場合に分けて行っている。

c. 気体廃棄物中及び液体廃棄物中のよう素を同時に摂取する場合の実効線量

1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉からの気体廃棄物中及び液体廃棄物中のよう素を同時に摂取する場合の実効線量は、a.及びb.と同様に、線量評価指針に従い、評価を行っている。

(4) 線量評価結果

1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉からの気体廃棄物中の希ガスによる実効線量、液体廃棄物中の放射性物質（よう素を除く）による実効線量及びよう素による実効線量及びそれらを合計した結果

を第8表に示す。

a. 気体廃棄物中の希ガスによる実効線量

気体廃棄物中の希ガスによる実効線量は、2号原子炉を中心とした南南東方向約830mの地点で最大となり、年間約 $11\mu\text{Sv}$ である。

b. 液体廃棄物中の放射性物質（よう素を除く）による実効線量

液体廃棄物中の放射性物質（よう素を除く）による実効線量に変更はない。なお、実効線量は、1号及び2号炉共用の放水口で年間約 $2.1\mu\text{Sv}$ であり、3号炉の放水口で年間約 $1.7\mu\text{Sv}$ であることから、1号及び2号炉共用の放水口で年間約 $2.1\mu\text{Sv}$ とし、変更はない。

c. よう素による実効線量

よう素による実効線量の評価結果を第9表に示す。

(a) 気体廃棄物中のよう素による実効線量

気体廃棄物中のよう素の年平均地上空気中濃度が最大となる地点は、第2図に示したとおり2号原子炉を中心とした南南東方向約830mの地点であり、牧草地において年平均地上空気中濃度が最大となる地点は、第2図に示したとおり2号原子炉を中心とした西方向約2,770mの地点である。

気体廃棄物中のよう素による実効線量は、幼児が最大となり年間約 $1.2\mu\text{Sv}$ である。

(b) 液体廃棄物中のよう素による実効線量

液体廃棄物中のよう素による実効線量に変更はない。

なお、1号炉及び2号炉共用の放水口におけるよう素濃度から求めた実効線量は、海藻類を摂取する場合の乳児が最大となり年間約 $0.29\mu\text{Sv}$ である。

(c) 気体廃棄物及び液体廃棄物中のよう素による実効線量

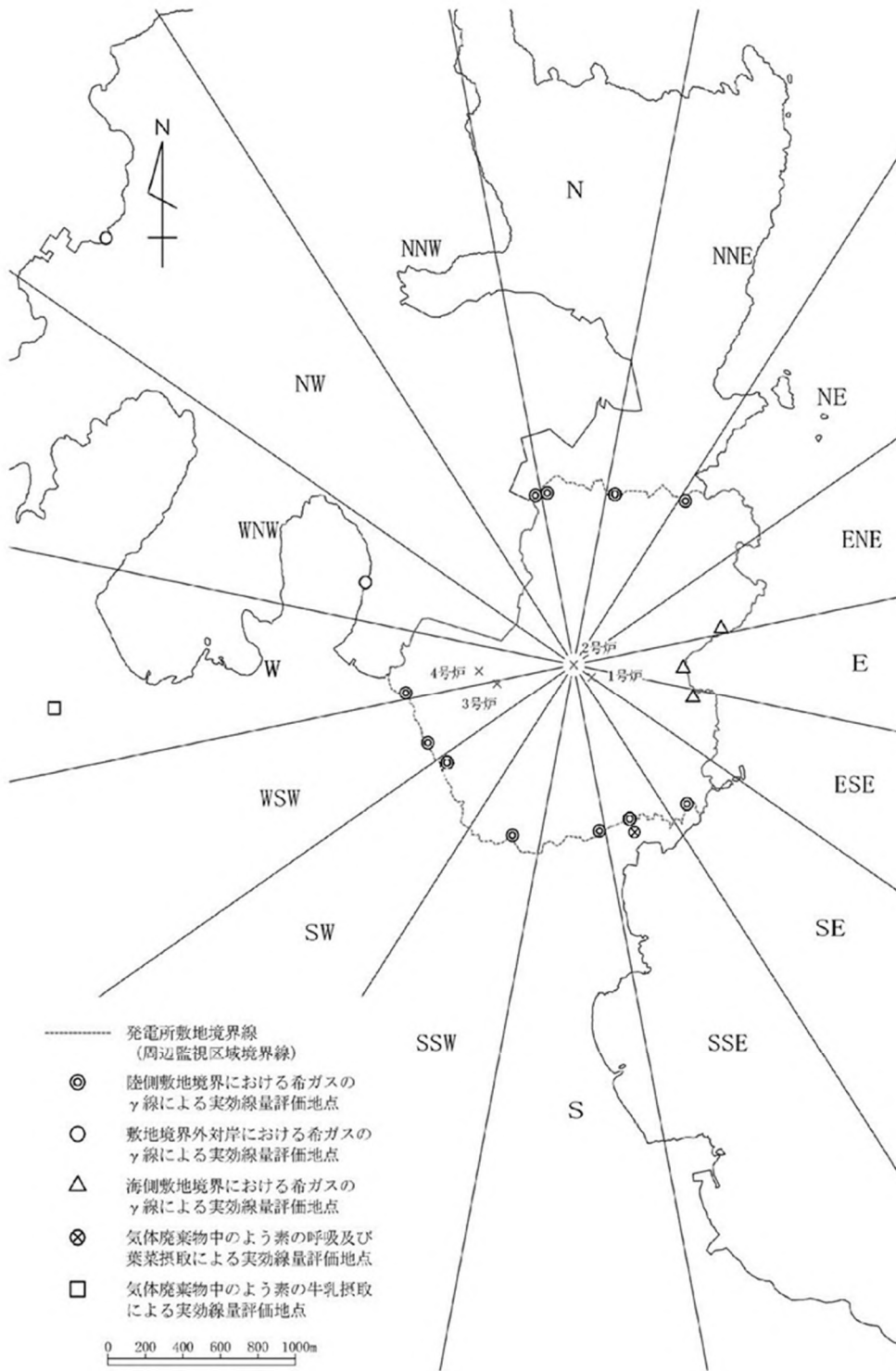
気体廃棄物及び液体廃棄物中のよう素による実効線量は、海藻類を摂取しない場合の幼児が最大となり年間約 $1.4\mu\text{Sv}$ である。

5. まとめ

今回の申請の平常運転時における発電所周辺の一般公衆の受ける線量評価では、S Gの取替えによる気体廃棄物の放出量の変更及び気象資料の変更の反映に伴う変更を行い、気体廃棄物中の希ガス、液体廃棄物中の放射性物質、気体廃棄物中及び液体廃棄物中の元素のそれぞれの放出放射エネルギーから一般公衆の線量を評価した。

その結果、平常運転時に周辺環境に放出する放射性物質により一般公衆の受ける実効線量は年間約 $15 \mu \text{Sv}$ であり、この値は法令に定める限度を十分満足し、かつ「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」に定める線量目標値の年間 $50 \mu \text{Sv}$ を下回る。

なお、今回の線量評価における主な変更点は、3号炉及び4号炉におけるS G取替えによる気体廃棄物の放出量の変更、気象観測データの変更、保守点検建屋設置による放出源の有効高さの変更であり、既許可の線量評価に対して影響が大きかったものは気象観測データの変更であった。線量評価における変更点と既許可への影響を第10表に示す。



第2図 線量評価地点

第5表 線量計算に用いた気象条件(1)

計算地点の 方位L	方位Lへ向かう風の出現 頻度(%)		方位Lへ向かう風の大気安定度別出現回数 $N_{L,s}$ (y^{-1})							
	f_L	$f_{L,T}$ (注1)	A	B	C	D	E	F	F (注2)	
N	5.4	15.4	4	44	17	255	14	139		
NNE	4.2	11	3	43	20	183	21	94		
NE	1.4	6.9	1	17	6	60	2	39		
ENE	1.3	6.8	0	15	5	49	2	45		
E	4.1	17.6	2	25	5	196	14	119		
ESE	12.2	36.6	11	112	36	495	39	376		
SE	20.3	47.2	20	268	133	965	49	344		
SSE	14.7	40.2	12	93	75	843	50	211		
S	5.2	24.2	12	46	7	220	19	152		
SSW	4.3	15.7	35	104	10	135	3	91		
SW	6.2	14.9	118	214	26	126	2	62		
WSW	4.4	12.7	121	141	4	73	0	47		
W	2.1	10.2	24	63	0	48	1	45		
WNW	3.7	10.5	10	60	14	147	14	80		
NW	4.7	14.2	11	47	24	179	18	130		
NNW	5.8	15.9	9	52	10	255	12	167		

(注1) 着目方位及びその隣接2方向へ向かう風の出現頻度の和。

(注2) 大気安定度FはGを含む。

第 6 表 線量計算に用いた気象条件(2)

計算地点の 方位L	方位Lへ向かう風の大気安定度別風速逆数の総和 $S_{L,s}$ 及び平均 $\bar{S}_{L,s}$ (s/m)													
	A		B		C		D		E		F ^(注)			
	$S_{L,s}$	$\bar{S}_{L,s}$	$S_{L,s}$	$\bar{S}_{L,s}$	$S_{L,s}$	$\bar{S}_{L,s}$	$S_{L,s}$	$\bar{S}_{L,s}$	$S_{L,s}$	$\bar{S}_{L,s}$	$S_{L,s}$	$\bar{S}_{L,s}$		
N	2.54	0.58	42.61	0.96	8.25	0.47	231.42	0.91	6.95	0.49	169.09	1.22		
NNE	1.97	0.62	29.20	0.67	7.16	0.35	121.57	0.66	7.06	0.33	88.46	0.94		
NE	1.46	1.31	17.46	1.03	2.36	0.38	63.36	1.06	0.81	0.40	52.92	1.37		
ENE	0.20	2.00	20.46	1.35	3.30	0.64	59.31	1.20	1.32	0.65	62.78	1.39		
E	2.55	1.12	30.89	1.23	3.19	0.61	170.34	0.87	7.52	0.53	149.92	1.26		
ESE	9.39	0.87	99.90	0.89	12.71	0.35	348.88	0.70	14.58	0.38	429.00	1.14		
SE	15.00	0.75	167.43	0.62	44.26	0.33	480.53	0.50	18.81	0.39	356.33	1.04		
SSE	10.73	0.93	77.61	0.83	26.14	0.35	354.23	0.42	19.72	0.40	207.40	0.98		
S	11.23	0.98	46.12	1.01	5.25	0.72	189.93	0.86	9.23	0.48	166.41	1.09		
SSW	28.29	0.81	95.26	0.91	8.62	0.83	138.37	1.03	1.88	0.62	109.83	1.20		
SW	73.52	0.62	145.19	0.68	13.17	0.51	143.30	1.14	0.68	0.34	93.70	1.52		
WSW	70.71	0.58	105.29	0.75	3.34	0.79	101.37	1.39	0.00	0.00	72.36	1.55		
W	15.74	0.67	61.87	0.98	0.19	2.00	66.39	1.38	1.02	1.00	64.18	1.43		
WNW	7.81	0.75	53.96	0.90	6.15	0.43	143.27	0.97	7.12	0.50	90.10	1.13		
NW	8.90	0.78	41.11	0.88	15.17	0.65	156.89	0.88	10.16	0.56	155.76	1.20		
NNW	7.75	0.91	53.76	1.04	5.99	0.58	261.13	1.03	9.70	0.80	213.23	1.28		

(注) 大気安定度FはGを含む。

第7表 線量計算に用いた放出源の有効高さ

	着目方位 2号炉か らの方位	放出源の有効高さ(m) [各炉からの方位]			
		1号炉	2号炉	3号炉	4号炉
陸 側 評 価 地 点	N	115 [NNW]	70 [N]	105 [NNE]	100 [NNE]
	NNE	75 [N]	70 [NNE]	115 [NNE]	140 [NE]
	NE	70 [NNE]	125 [NE]	165 [NE]	165 [NE]
	SE	80 [SE]	75 [SE]	115 [ESE]	125 [ESE]
	SSE	65 [SSE]	65 [SSE]	85 [SE]	90 [SE]
	S	95 [S]	90 [S]	85 [SE]	85 [SE]
	SSW	85 [SSW]	90 [SSW]	75 [S]	75 [SSE]
	SW	105 [WSW]	90 [SW]	55 [SW]	70 [SSW]
	WSW	105 [WSW]	60 [WSW]	55 [SW]	60 [SW]
	W	180 [W]	115 [W]	155 [W]	80 [WSW]
	WNW	115 [WNW]	80 [WNW]	85 [NW]	85 [NW]
	NW	140 [NW]	115 [NW]	150 [NW]	150 [NW]
	NNW	115 [NNW]	90 [NNW]	80 [N]	100 [NNE]
参考地点	ENE	125 [ENE]	85 [ENE]	105 [ENE]	105 [E]
	E	120 [E]	90 [E]	100 [E]	105 [E]
	ESE	120 [E]	70 [ESE]	105 [E]	105 [E]
牛乳 摂取 評価 地点	W	210 [W]	140 [W]	185 [W]	190 [W]

第8表 平常時線量評価結果

(1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉合算)

(単位： $\mu\text{Sv}/\text{y}$)

項目	実効線量	備考
気体廃棄物中の希ガスによる実効線量	約 11	<ul style="list-style-type: none"> 評価方位は2号原子炉を中心としたSSE方位
液体廃棄物中の放射性物質(よう素除く)による実効線量	約 2.1	<ul style="list-style-type: none"> 3号炉及び4号炉(共用の放水口)で年間約$1.7\mu\text{Sv}$であるが、実効線量の合計に当たっては、1号及び2号炉(共用の放水口)の実効線量(約$2.1\mu\text{Sv}$)を用いる
よう素による実効線量	約 1.4	<ul style="list-style-type: none"> 呼吸及び葉菜摂取の評価方位は2号原子炉を中心としたSSE方位 牛乳摂取の評価方位は2号原子炉を中心としたW方位 海水中の放射性物質の濃度は1号及び2号炉共用の放水口における放射性物質の濃度を用いる
合計	約 15	<p>線量目標値である$50\mu\text{Sv}/\text{y}$を下回る</p>

第9表 よう素による実効線量評価結果
 (1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉合算)

(単位：μSv/年)

		成人	幼児	乳児
a. 気体廃棄物中のよう素による実効線量		4.9×10 ⁻¹	<u>1.2</u>	8.7×10 ⁻¹
b. 液体廃棄物中のよう素による実効線量 (1号及び2号炉共用の放水口) ※	海藻類を摂取する場合	7.8×10 ⁻²	2.4×10 ⁻¹	<u>2.9×10⁻¹</u>
	海藻類を摂取しない場合	7.6×10 ⁻²	1.8×10 ⁻¹	1.4×10 ⁻¹
c. 気体廃棄物中及び液体廃棄物中のよう素を同時に摂取する場合の実効線量	海藻類を摂取する場合	1.1×10 ⁻¹	3.3×10 ⁻¹	4.1×10 ⁻¹
	海藻類を摂取しない場合	5.6×10 ⁻¹	<u>1.4</u>	1.0

※：3号炉及び4号炉のSG取替えに伴う変更はなく値に変更はない。

第 10 表 線量評価における変更点と既許可への影響
 (1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉合算)

項目		既許可	変更後		
評価条件		—	放射性廃棄物の放出量の変更 ^{※1}		
			代表気象年の変更 ^{※2}		
			—		風洞実験による有効高さの変更 ^{※3}
線量評価	希ガス	約 7.2	←	約 11	約 11
	液体廃棄物	約 2.1	←	←	←
	よう素	約 1.2	←	約 1.5	約 1.4
	合計	約 11	←	約 15	約 15

※1: S G 取替えに伴う放射性廃棄物（希ガス、液体廃棄物、よう素）の放出量の変更を評価条件に反映

※2: 気象観測データを評価条件に反映（2006年から2019年に変更）

※3: 保修点検建屋設置に伴う風洞実験の有効高さを変換条件に反映

設置許可基準規則第 27 条の適合性に関する補足説明

1. 第 27 条の適合性

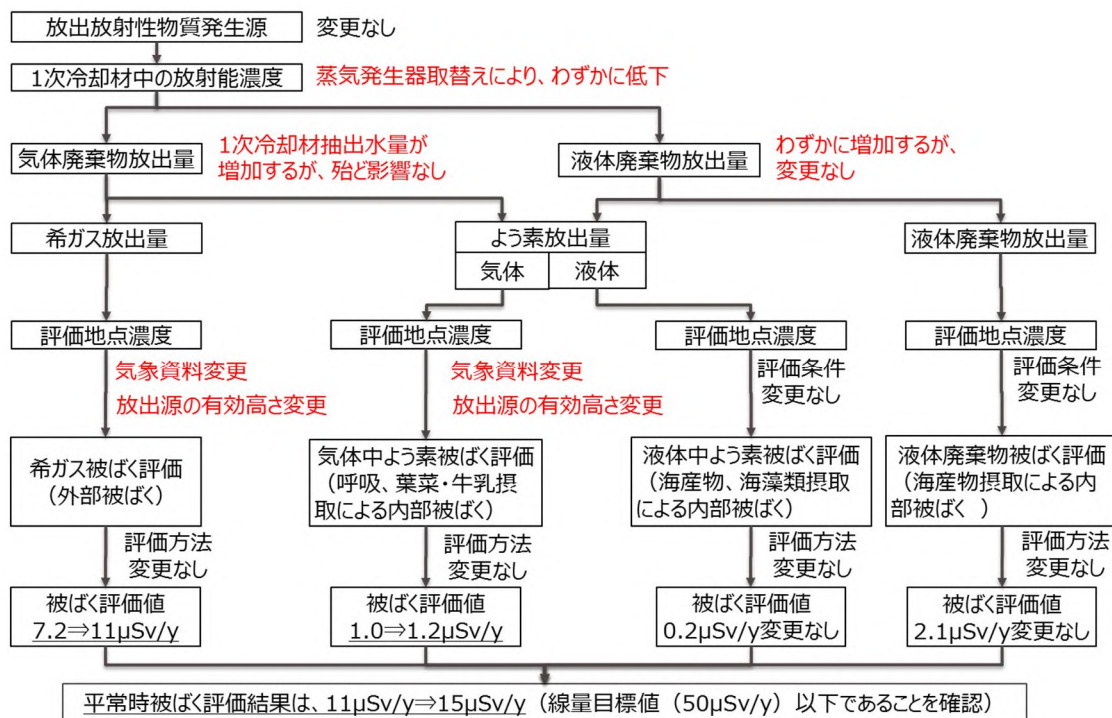
第 27 条（放射性廃棄物の処理施設）の適合性は以下の通り。

条文	既許可の設計方針	本申請における設計方針 (条文適合性の説明)	関係性	
第 27 条	1 項 1 号	蒸気発生器取替えにより、 <u>放射性廃棄物の放出量に影響することから、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」を満足することを確認した。</u>	蒸気発生器取替え ●	
		蒸気発生器保管庫は、放射性廃棄物の貯蔵施設であり、放射性廃棄物の処理施設でないことから、関係しない。	蒸気発生器保管庫設置 ×	
		保守点検建屋設置により、 <u>保守点検建屋ドレンの経路が増加するが、発生量がわずかであり、被ばく評価に影響しない。</u>	保守点検建屋設置 ●	
	1 項 2 号	液体状の放射性廃棄物の処理に係るものにあつては、液体状の放射性廃棄物が漏えいすることを防止し、及び原子炉施設外へ液体状の放射性廃棄物が漏えいすることが防止できる設計とする。	蒸気発生器取替えにより、 <u>1 次冷却材保有水量が増加し 1 次冷却材抽出水量が増加する設計変更を伴うため、既許可の液体廃棄物処理能力に影響しないことを確認することにより、既許可に記載している設計方針が妥当であること（設計方針を変更する必要がないこと）を確認している。</u>	蒸気発生器取替え ●
			蒸気発生器保管庫は、放射性廃棄物の貯蔵施設であり、放射性廃棄物の処理施設でないことから、関係しない。	蒸気発生器保管庫設置 ×
			保守点検建屋は、 <u>施設から液体状の放射性廃棄物が漏えいすることを防止し、施設外へ液体状の放射性廃棄物が漏えいすることが防止できる設計とする。</u>	保守点検建屋設置 ●
	1 項 3 号	固体廃棄物処理施設は、廃棄物の圧縮、焼却、固化等の処理過程において放射性物質が散逸し難い設計とする。	蒸気発生器、蒸気発生器保管庫、保守点検建屋は、 <u>固体廃棄物の処理施設でないことから、関係しない。</u> なお、保守点検建屋で実施する切断作業は、第 30 条の放射線防護上の措置を講じて実施する。	蒸気発生器取替え 蒸気発生器保管庫設置 保守点検建屋設置 ×

2. 平常時被ばく評価（第二十七条 1 項 1 号）

(1) 平常時被ばく評価の概略評価フローと今回評価の概要

平常時被ばく評価は、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」、
「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」に基づき実施した。



平常時被ばく評価の概略評価フローと今回評価の概要

(2) 蒸気発生器取替えによる1次冷却材中の放射能濃度への影響

蒸気発生器取替えにおいては、放出放射性物質発生源に変更はないが、蒸気発生器取替えにより、伝熱管の直管長が長くなる等に伴い1次冷却材保有水量が、わずかに増加(186t⇒195t)する。

1次冷却材保有水量が、わずかに増加する希釈効果により、1次冷却材中の放射能濃度は、下表の通り、わずかに低下(▲4.6%～▲0.4%)する。

蒸気発生器取替えによる1次冷却材中の放射能濃度と変化割合

核 種	3号及び4号各炉		
	放射能濃度 (単位: Bq/g)		変化割合 (%) (②-①)÷①
	S G取替え前 ①	S G取替え後 ②	
Kr-85m	7.81×10^4	7.49×10^4	▲ 4.1
Kr-85	5.56×10^3	5.53×10^3	▲ 0.5
Kr-87	4.59×10^4	4.39×10^4	▲ 4.4
Kr-88	1.36×10^5	1.31×10^5	▲ 3.7
Xe-131m	1.87×10^4	1.85×10^4	▲ 1.1
Xe-133m	6.23×10^4	6.09×10^4	▲ 2.2
Xe-133	2.82×10^6	2.77×10^6	▲ 1.8
Xe-135m	4.17×10^3	3.98×10^3	▲ 4.6
Xe-135	1.12×10^5	1.08×10^5	▲ 3.6
Xe-138	2.23×10^4	2.13×10^4	▲ 4.5
I-131	8.39×10^4	8.36×10^4	▲ 0.4
I-133	1.43×10^5	1.41×10^5	▲ 1.4

(3) 蒸気発生器取替え等による放出放射エネルギーへの影響

蒸気発生器取替えによる1次冷却材保有水量増加に伴い、1次冷却材中の放射能濃度がわずかに低下し、1次冷却材抽出水量が増加することから、気体廃棄物放出量及び液体廃棄物放出量への影響を以下に示す。

a. 気体廃棄物放出量

気体廃棄物放出量は、1次冷却材保有水量増加に伴い、1次冷却材中の放射能濃度がわずかに低下するが、ほう酸回収装置で処理される1次冷却材抽出水量の増加(3,060t/y⇒3,200t/y)に伴い放出量が増加することから、増減の影響が相殺され、気体廃棄物(よう素含む)の放出量は、殆ど影響しない(I-133がわずかに減少する)。

3号炉及び4号炉 気体廃棄物放出量 (Bq/y)

核種		SG取替え前	SG取替え後
希ガス		6.8×10^{14}	←
よう素	I-131	5.3×10^9	←
	I-133	5.1×10^9	5.0×10^9

b. 液体廃棄物放出量

液体廃棄物放出量は、ほう酸回収装置で処理される1次冷却材抽出水量の増加に伴い放射性液体廃棄物放出量が増加(3.1×10^{10} Bq/y→ 3.2×10^{10} Bq/y)するが、従来より、液体廃棄物放出量は、運用を考慮して保守的(7.4×10^{10} Bq/y)に設定しており、この値を超えないことから、液体廃棄物放出量に変更はない。

また、保守点検建屋設置に伴う保守点検建屋ドレンは、発生量(約55m³/y)のうちの半量約28m³/yは3,4号炉で従来より発生したもので、実質の増量分は1,2号炉の約28m³/yであり、全体ドレン(低水質)発生量(約1,200m³/y)に対して約2%で、放出放射エネルギーは、液体廃棄物放出量の全体(3.2×10^{10} Bq/y)に比べ 2.8×10^6 Bq/y*とわずかなため、評価に影響しない。

* : 2.8×10^6 Bq/y (放出量) = 100 Bq/cm³ (濃度 : 保守的に設定) × 2.8×10^7 cm³/y (発生量) ÷ 1.0×10^3 (処理装置での除去率)

(4) 気象資料の変更

a. 被ばく評価に用いる大気拡散評価条件の更新の考え方について

(a) 気象資料

平常時・事故時被ばく評価では、気象指針を踏まえ、発電所で観測した1年間の気象資料を用いて大気拡散評価を行うが、このとき、代表気象年の気象資料に対して至近10年間の観測記録による検定を行い、最近の気象状態と比較して代表性があることを確認したうえで、評価に使用している。

設置変更許可における気象資料の更新の考え方、本申請において2019年の気象資料に更新した経緯を以下に示す。

(b) 設置変更許可における気象資料の更新の考え方

- ・従来より、設置変更許可においては、平常時・事故時被ばく評価の内容を見直す申請案件があり（放出放射エネルギー、建屋内線源強度、放射線防護設計の変更等）、かつ、気象資料の更新が必要となった場合には、申請書に記載している気象資料（代表気象年）を見直すプロセスとしている。
- ・一方、気象資料の更新が不要であった場合には、被ばく評価にはこれまでの代表気象年の気象資料を使用し、申請書に記載の気象資料の見直しは行わない。

(c) 本申請において気象資料を更新した経緯

- 最近の気象状態と比較して代表性があることの確認は毎年実施するプロセスとしており、安全性向上評価届出書にその確認結果を記載している。既許可に記載の気象資料（2006年）から2019年の気象資料への更新及び平常時・事故時被ばく評価結果については、高浜3号炉（4号炉）の第3回安全性向上評価届出書に以下のとおり記載。

	2006年気象	2019年気象	線量目標値／判断基準
平常時被ばく	約11 μ Sv/年	約14 μ Sv/年	\leq 50 μ Sv/年
事故時被ばく	約2.8mSv	約3.1mSv	\leq 5mSv

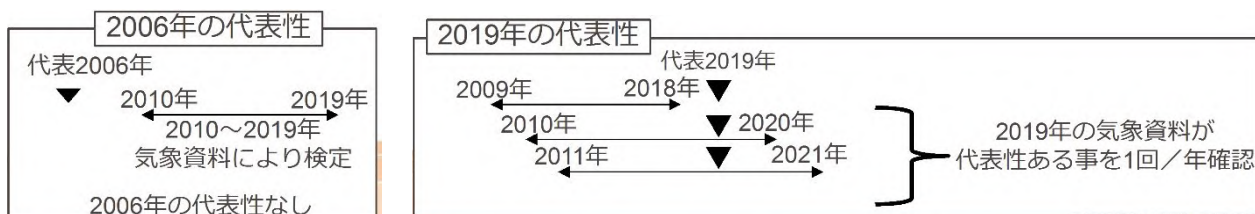
- 本申請では、蒸気発生器取替えに伴う放出放射エネルギー等の変更を受け、平常時・事故時の被ばく評価を実施した。
- 上記で代表性を確認した2019年の気象資料は、最近の気象状態と比較して継続的に代表性があることを確認しており、本申請の被ばく評価において最新の評価条件として使用し、申請書に記載の気象資料（代表気象年）を見直した。

b. 気象資料の代表性の確認結果及び傾向の違いについて

「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針（昭和 57 年、原子力安全委員会決定）」を踏まえ、過去の許可と同様に検定*1 を行った結果、2006 年から 2019 年の気象資料変更に伴う風向・風速・大気安定度の出現頻度および被ばく評価への影響は下表のとおり。詳細は次ページ以降に説明する。

	出現頻度	被ばく評価への影響
風向	2006 年・2019 年共に年間を通じて北西の風が多く出現	○風向の傾向（北西の風）に違いはない ○16 方位の評価地点を対象に線量が最大となる評価地点を求めている ⇒評価への影響に与える可能性は低い
風速	年平均風速 ・2006 年 2.3m/s ・2019 年 2.1m/s ----- 拡散の小さい低風速（0.5～2.0m/s） ・2006 年 47.0% ・2019 年 51.7%	○低風速の出現頻度が増加 ⇒評価に厳しい結果を与える可能性がある
大気安定度	2006 年、2019 年共に年間を通じて D 型が多く出現	○A型からF型になるにつれ拡がりパラメータは低下し、評価上厳しい結果を与える ⇒大気安定度の年間出現頻度の傾向に大きな違いがないことから、評価への直接的な影響はないと考えられる。

*1：気象資料が最近の代表年を除く 10 年の気象資料と比較して代表性があるか 1 回/年の頻度で確認。（安全性向上評価届出においても気象の代表性を確認する仕組みもある）



(a) 気象資料の変更に伴う検定結果

「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」を踏まえ、既許可の平常運転時及び設計基準事故時の被ばく評価は、敷地において観測した2006年1月から2006年12月までの1年間の気象資料を用いて実施しているが、この気象資料が長期間の気象状態を代表しているかどうかの検定を行ったところ、代表性がないことを確認している。

このため、本申請においては、最近の長期間の気象状態と比較して代表性があると判断した2019年1月から2019年12月の気象資料を用い、評価を行っている。

以下に2019年の気象資料が長期間の気象状態を代表していることを確認した検定結果を示す。

ア. 検定方法

(ア) データ統計期間

統計年：2010年1月～2020年12月(10年間)

(2019年1月～2019年12月を除く)

検定年：2019年1月～2019年12月(1年間)

(イ) 検定方法

風向別出現頻度(16項目)、風速階級別出現頻度(11項目)について、F分布検定(有意水準5%)を行い、棄却個数が3個以下の場合は、気象データに代表性があると判断

イ. 検定結果

下表に示すとおり、棄却個数が1個であることから、2019年の気象データが長期間の気象状態を代表していると判断

異常年検定結果

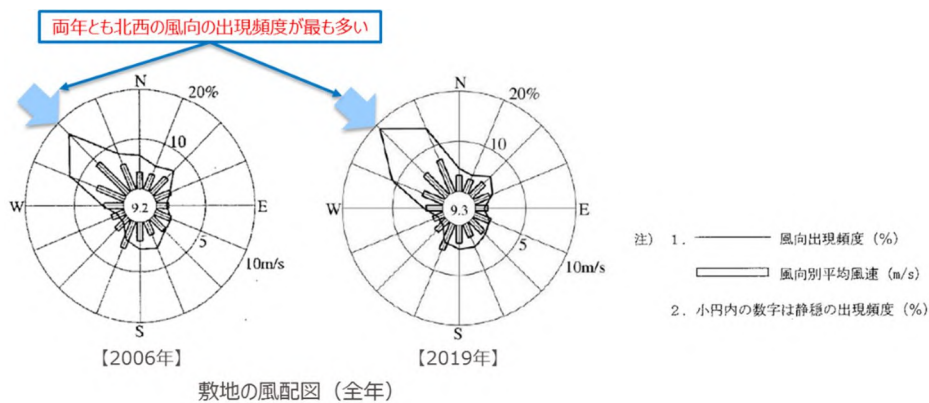
観測項目	検定結果 (棄却個数)	<参考> 2006年検定結果
風向別出現頻度	1個	2個
風速階級別出現頻度	棄却項目なし	3個

(b) 気象資料の変更に伴う気象の傾向(1/4)

ア. 風向 (標高約 81m の例)

観測結果からみた特性

▶排気筒高さ付近を代表する標高約 81m における風向分布は、2006年、2019年ともに年間を通じ北西の風が多く出現



○大気拡散評価への影響について (考察)

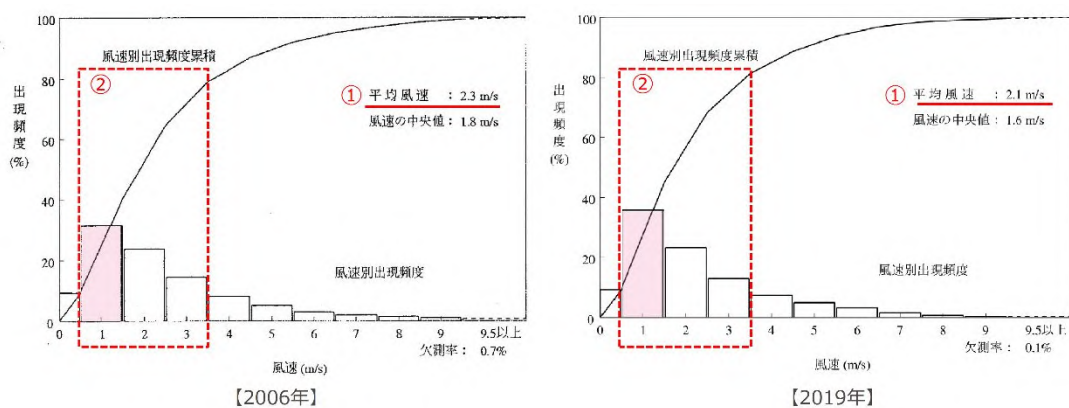
風向の傾向に違いはなく、また 16 方位の評価地点 (敷地境界) を対象に線量が最大となる評価地点を求めていることから、評価への影響に与える可能性は低い。

(b) 気象資料の変更に伴う気象の傾向(2/4)

ア. 風速 (標高約 81m の例) (1/2)

(ア) 観測結果からみた特性 (全風速)

- ① 年平均風速は、2006 年が 2.3m/s、2019 年が 2.1m/s であり、2019 年の方がわずかに低下
- ② 2006 年、2019 年ともに年間を通じて 1~3m/s 程度の風が比較的多い。



年間風速別出現頻度及び風速別出現頻度累積

(b) 気象資料の変更に伴う気象の傾向(3/4)

7. 風速 (標高約 81m の例) (2/2)

(ア) 観測結果からみた特性【低風速】

- ① 拡散の小さい低風速 (0.5m/s～2.0m/s) の出現頻度は、2006年が 47.0%、2019年が 51.7%であり、2019年の方が約 5%増加

① 低風速 (0.5～2.0m/s) の出現頻度

気象年	出現頻度 (%)
2006 年	47.0
2019 年	51.7 <u>(2006 年と比べ、約 5%の増加)</u>

4. 風速 (標高約 81m の例) (2/2)

大気拡散評価の評価式は、気象指針の基本拡散式に基づき以下のとおりとしている。

(平常運転時の排気筒からの地表空气中濃度の評価式の例)

$$x(x,y,0) = \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right)$$

$x(x,y,0)$: 点(x,y,0)における放射性物質の濃度(Bq/m³)
Q: 放出率(Bq/s)
U: 風速(m/s)
H: 放出源の有効高さ(m)
 σ_y : 濃度分布の y 方向の拡がりのパラメータ(m)
 σ_z : 濃度分布の z 方向の拡がりのパラメータ(m)

風速 (U) が小さいほど地表空气中濃度は大きくなるため、低風速の出現頻度が増加する傾向は、評価に厳しい結果を与える可能性がある。

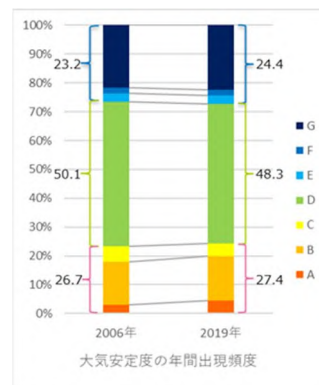
(b) 気象資料の変更に伴う気象の傾向(4/4)

ア. 大気安定度

観測結果からみた特性、傾向の違い

- 2006年、2019年ともに年間を通じてD型が多く出現している。
- 2006年と2019年の大気安定度の年間出現頻度は下表および下図の通り。

気象年	拡散の大きい A～C型の合計	D型 (中立)	拡散の少ない E～G型の合計
2006年	23.2%	50.1%	26.7%
2019年	24.4%	48.3%	27.4%

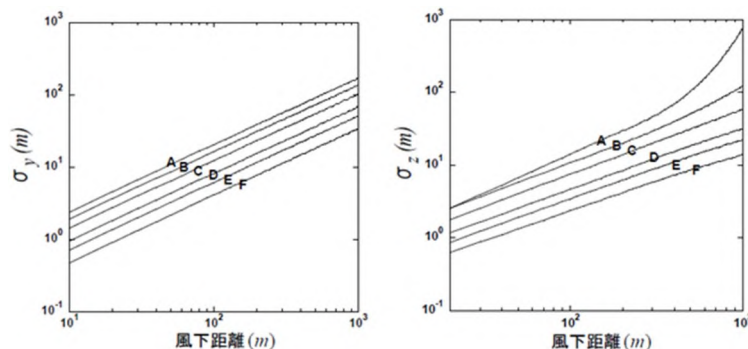


<参考>

大気安定度：大気の上下混合の程度を表す指標。大気の乱れの状態を A～G 型で表し、A は最も不安定な状態、G は最も安定な状態として分類している。

○大気拡散評価への影響について（考察）

- 大気安定度別の拡がりパラメータ σ_y 及び σ_z は、気象指針に基づき右上図のとおり設定している。
- A型からF型になるにつれ拡がりパラメータは低下し、評価上厳しい結果を与えるが、大気安定度の年間出現頻度の傾向に大きな違いがないことから、評価への直接的な影響はないと考えられる。



(c) 気象資料の変更に伴う平常時被ばく（大気拡散）評価への影響(1/2)

ア. 気象資料の変更に伴う影響

希ガス、気体中のよう素濃度が最大となる方位である南南東（風向：北北西）の気象資料の特徴としては、有意な風速の低下（風速逆数の平均の増加）は見られず、風の出現回数が増加している。

平常時被ばくに用いる大気安定度別風速逆数の総和(s/m)※ は、2006年に比べ2019年が、1.3倍～3.6倍に増加することにより、評価地点の濃度（希ガス、気体中のよう素）が増加する。

※：大気安定度別風速逆数の総和＝大気安定度別風速逆数の平均×風の出現回数

大気安定度別風速逆数の平均 (s/m) [方位：南南東（風向：北北西）]

項目	A	B	C	D	E	F
2006年気象 (①)	0.96	0.83	0.43	0.53	0.34	1.02
2019年気象 (②)	0.93	0.83	0.35	0.42	0.40	0.98
②/①	1.0	1.0	0.8	0.8	1.2	1.0

風の出現回数 (回) [方位：南南東（風向：北北西）]

項目	A	B	C	D	E	F
2006年気象 (①)	3	70	45	475	26	133
2019年気象 (②)	12	93	75	843	50	211
②/①	4.0	1.3	1.7	1.8	1.9	1.6

大気安定度別風速逆数の総和 (s/m) [方位：南南東（風向：北北西）]

項目	A	B	C	D	E	F
2006年気象 (①)	2.94	58.09	19.53	248.98	8.78	134.21
2019年気象 (②)	10.73	77.61	26.14	354.23	19.72	207.40
②/①	3.6	1.3	1.3	1.4	2.2	1.5

イ. 気象資料の変更に伴う平常時被ばく評価への影響

大気安定度別風速逆数の総和が増加することより、大気拡散評価の評価式の関係(放射性物質の濃度と風速逆数の総和は比例関係)から、評価地点の濃度（希ガス、気体中のよう素）の増加により、被ばく評価値が増加（希ガスの場合：1.4倍）する。

なお、事故時被ばく評価では、大気安定度別風速逆数の総和は取り扱っていない。

被ばく評価値[希ガスの例] (μ Sv/y) [方位：南南東（風向：北北西）]

項目	被ばく評価値	評価結果
2006年気象 (①)	7.17	7.2 (有効数字3桁目切上げ)
2019年気象 (②)	10.1	11 (有効数字3桁目切上げ)
②/①	1.4	-

(注) 蒸気発生器取替えを反映している

(5) 被ばく評価に用いる放出源の有効高さの更新について

a. 風洞実験の実施及び放出源の有効高さの更新の考え方

平常時・事故時被ばく評価では、気象指針に基づき、発電所周辺を再現した模型を使用した風洞実験により「放出源の有効高さ」を求め、大気拡散評価に使用している。

(a) 風洞実験の実施の考え方

○風洞実験は、前回実験した際の敷地内の建屋配置状況から新たに建屋の設置（予定）があり、新設建屋の高さを 2.5 倍した値に建屋設置面の標高を加えた値が、排気筒の高さ以上になる場合において実施[※]し、「放出源の有効高さ」への影響を確認するプロセスとしている。

※：日本原子力学会標準「発電用原子炉施設の安全解析における放出源の有効高さを求めるための風洞実験 実施基準：2019(AESJ-SC-P003：2019)」による

(b) 風洞実験の実施と本申請における放出源の有効高さの更新

○今回設置予定の保修点検建屋は上記考え方に該当するため、風洞実験に用いる発電所周辺を再現した模型に同建屋を反映し、放出源の有効高さへの影響を確認した。なお、前回の実験以降、敷地内において著しい地形の改変は行われておらず、今回の模型に地形の改変として新たに反映したものはない。

①建屋高さ [設置面からの高さ]	②建屋設置面 [標高]	①×2.5+②	排気筒高さ [標高]
約20m	約78m	約130m	約84m

○風洞実験は、既許可添付書類六「2.6 参考資料」に記載の高浜発電所風洞実験報告書（平成 31 年 2 月）と同じ方法により実施した。

○大気拡散評価に用いる「放出源の有効高さ」は、実験値を 5m 単位で厳しめに丸めた値を設定しているが、実験の結果、一部の評価対象方位において保修点検建屋の影響が認められたことから、本申請の被ばく評価では、今回の実験で得られた「放出源の有効高さ」を最新の評価条件として使用した。

b. 保修点検建屋設置に伴う放出源の有効高さの影響の確認結果

保修点検建屋設置に伴う風洞実験を実施した結果、保修点検建屋設置による放出源の有効高さの影響で、以下の2点が確認されたことから、全方位の風洞実験を行い平常時被ばくに反映した。

➤ 1号炉の風向 SSE (方位 NNW)

保修点検建屋が1号炉排気筒の風上にある風向

有効高さ：125m⇒115m (△10m)

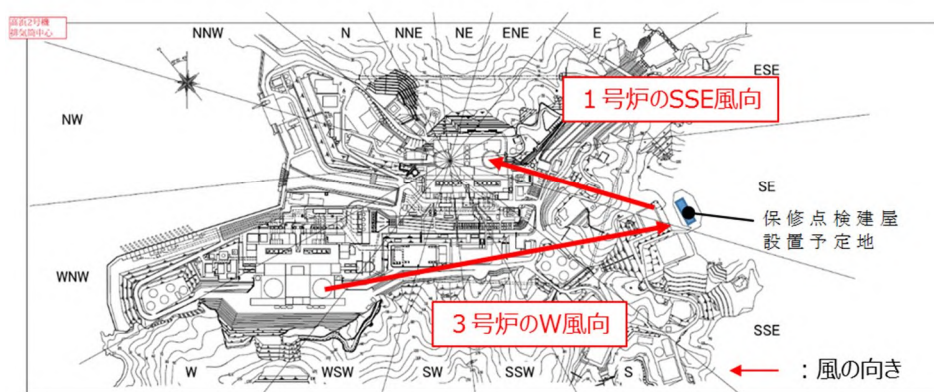
(考察) 1号炉の SSE 風向で排気筒を通過する気流は、風上に増設した保修点検建屋によって発生した渦も伴うことから、放出源から徐々に降下してくるガスの地表面着地を促す効果が強まることにより、ガスが地表に着地しやすくなるため、放出源から地表面への着地までの距離が短くなり着地濃度が高くなるものと推定される。

➤ 3号炉の風向 W (方位 E)

保修点検建屋が3号炉排気筒の風下にある風向

有効高さ：122m⇒103m (△19m)

(考察) 3号炉の風向 W で排気筒から放出されたガスの着地点近傍に保修点検建屋が増設されている。そのため、上空から保修点検建屋周辺に徐々に下降してきたガスは、保修点検建屋によって発生する渦に巻き込まれることでガスが着地しやすくなり、着地濃度が高くなる。その結果、有効高さが低くなったと考えられる。



c. 風洞実験と気象資料との関係（平常時被ばく）

風洞実験の実験条件のうち、放出源高さの計算に当たり、気象資料の風速の観測データ（風速逆数の平均）を、前回風洞実験で使用した 2016 年気象から、2019 年気象に変更した。

その結果、希ガスの実効線量が最大となる方位である 2 号炉中心から、着目方位南南東（風向：北北西）は、風速逆数の増減により放出源高さが増減する。その影響を受け、放出源有効高さも増減したものと推察している。

放出源高さ と 放出源の有効高さの関係（着目方位：南南東）

（ ）内は、前回風洞実験との差異

		1号炉	2号炉	3号炉	4号炉
排気筒出口の内径 D(m)		1.875	1.875	2.050	2.096
吹き出し速度 W (m/s)		22.3	14.7	20.2	20.0
排気筒高さ Hs (m)		84.9	84.9	84	84
風速逆数の平均(s/m)	2016年気象	0.71	0.71	0.59	0.59
	2019年気象	0.54(▲0.17)	0.54(▲0.17)	0.61(+0.02)	0.61(+0.02)
放出源高さ (m)	2016年気象	173	143	157	158
	2019年気象	152(▲21)	129(▲14)	159 (+2)	160(+2)
放出源の有効高さ(m)	2016年気象	82	72	82	89
	2019年気象	68(▲14)	65(▲7)	86(+4)	91(+2)

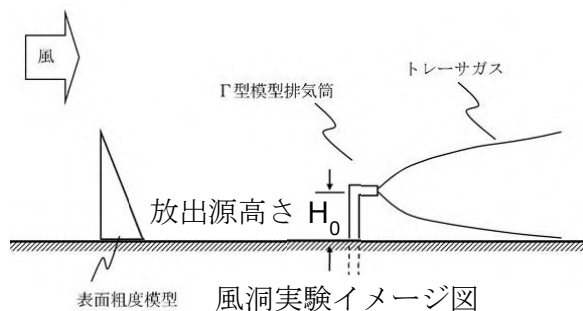
d. 放出源高さ

（「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に基づき算出）

$$H_o \text{ (放出源高さ)} = \Delta H \text{ (吹上げ高さ(m))} + H_s \text{ (排気筒高さ(m))}$$

$$\Delta H \text{ (吹上げ高さ)} = 3 \times W \text{ (吹出し速度(m/s))} \times D \text{ (排気筒出口直径(m))} \div U \text{ (風速 (m/s))}$$

※事故時被ばく評価では、放出源高さに吹上げ高さは考慮しておらず、保守的に排気筒高さを設定している。



- e. 放出源有効高さの変更に伴う平常時被ばく（大気拡散）評価への影響
 希ガス、気体中のよう素濃度が最大となる方位であるの南南東（風向：北北西）の放出源の有効高さは、2006年に比べ2019年が、1，2号炉は低下し、3，4号炉は増加している。

風洞実験の放出源の有効高さ(単位:m)

(2号炉から着目方位：南南東（風向：北北西）の評価地点)

項目	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉
前回風洞実験結果	80	70	80	85
今回風洞実験結果	65	65	85	90

(注) 今回の風洞実験は、前回と同じ方法で実施している。放出源の有効高さは、保守的に5m毎に切り捨てた値にて平常時被ばく評価に使用する。大気拡散評価の評価式から、放出源の有効高さ(H)が、小さいほど地表空气中濃度は大きくなる。

放出源の有効高さは、低下すると評価地点の濃度（希ガス、気体中のよう素）の増加により、被ばく評価値が増加するため、1，2号炉は増加し、3，4号炉は低下するが、発電所合計の評価結果は変わらない。

被ばく評価値[希ガスの例]（単位： μ Sv/y）

(2号炉から着目方位：南南東（風向：北北西）の評価地点)

項目	被ばく評価値					評価結果
	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	合計	
前回風洞実験結果 (①)	3.08	3.08	2.14	1.83	10.12	11 (有効数字3桁目切上げ)
今回風洞実験結果 (②)	3.60	3.24	2.04	1.75	10.62	11 (有効数字3桁目切上げ)
②/①	1.17	1.05	0.95	0.96	-	

(注) 蒸気発生器取替え及び2019年気象を反映している。

(6) 蒸気発生器取替えに伴う平常時被ばく評価結果

蒸気発生器取替えに伴う放出放射エネルギーの変更を受け、平常時被ばく評価を実施した。

評価に当たっては、大気拡散評価に用いる評価条件のうち、以下を反映した。

- ①気象資料の更新（既許可：2006年 → 本申請：2019年）
- ②放出源の有効高さの更新（保守点検建屋の影響を反映）

【被ばく評価への影響】

既許可に対する蒸気発生器取替え、気象資料の更新(①)及び放出源の有効高さの更新(②)による被ばく評価への影響について、比較した結果を以下に示す。

	平常時被ばく	(参考) 事故時被ばく [※]
既許可	約 11 μ Sv/年	約 2.8mSv
蒸気発生器取替え (2006年気象)	約 11 μ Sv/年	約 2.7mSv
蒸気発生器取替え ①気象資料の更新 (2019年気象)	約 15 μ Sv/年	約 3.0mSv
蒸気発生器取替え ①気象資料の更新 (2019年気象) ②放出源の有効高さの更新	約 15 μ Sv/年	約 3.0mSv
線量目標値/判断めやす	\leq 50 μ Sv/年	\leq 5mSv

※：線量が最大となる蒸気発生器伝熱管破損の評価結果

①については1~3割増加する程度の影響であり、②については有意な影響がなく、いずれも線量目標値を下回る。

3. 保守点検建屋設置に伴う第二十七条 1 項 2 号の適合性

(1) 保守点検建屋設置

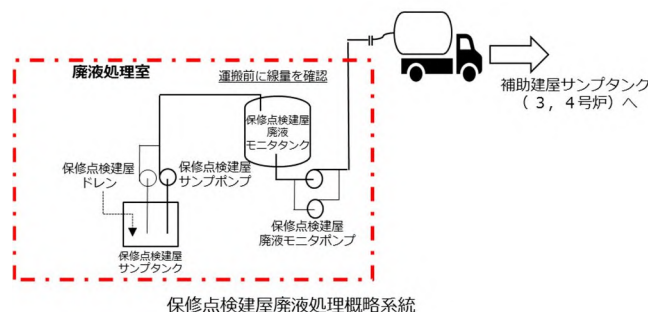
保守点検建屋で行う作業より発生する保守点検建屋ドレンは、作業エリアより、地階の廃液処理室に設置する保守点検建屋サンプ経由で保守点検建屋廃液モニタタンクに集積し、液体状の放射性廃棄物が漏えいすることを防止し、及び原子炉施設外へ液体状の放射性廃棄物が漏えいすることが防止できる設計とする。

なお、保守点検建屋に集積した液体廃棄物は、事前に放射能濃度を測定したうえで、3号炉及び4号炉共用の補助建屋サンプタンクに運搬し、3号及び4号炉共用の廃液処理施設にて処理する。

また、廃液は既設の処理施設で処理し、ドレンの増量分は1号及び2号炉の約 $28\text{m}^3/\text{y}$ であり、全体ドレン発生量(約 $1,200\text{m}^3/\text{y}$)に対して約2%とわずかであるため処理能力に影響せず、既存の漏えい防止対策に変更はない。

(3,4号炉の機器ドレン等の年間発生量 $1,200\text{m}^3/\text{y}$ に対して、既設の廃液蒸発装置は、年間約 $7,000\text{m}^3/\text{基}^{\ast 1}$ の処理能力を有している)

※1：廃液蒸発装置の年間処理能力(m^3/y) $=1.7\text{m}^3/\text{h} \times 24(\text{h}/\text{日}) \times 365(\text{日}/\text{年}) \times 0.5$ (装置稼働率) $\doteq 7,000\text{m}^3/\text{y}$



(2) 蒸気発生器取替え

蒸気発生器取替えにより、1次冷却材の抽出水量がわずかに増加($100\text{m}^3/\text{y}$)するが、既許可の冷却材貯蔵タンクの液体廃棄物量($9,000\text{m}^3/\text{y}$)に対して、わずか(約1%)であることから、既設の液体状の放射性廃棄物の処理能力に影響せず、既存の漏えい防止対策に変更はない。(3,4号炉の冷却材貯蔵タンクの年間発生量 $9,100\text{m}^3/\text{y}$ に対して、既設のほう酸回収装置は、年間約 $44,000\text{m}^3/2\text{基}^{\ast 2}$ の処理能力を有している)

※2：ほう酸回収装置の年間処理能力(m^3/y) $=3.4\text{m}^3/\text{h} \times 2\text{基}$ (3号炉及び4号炉に各1基) $\times 24(\text{h}/\text{日}) \times 365(\text{日}/\text{年}) \times 0.75$ (装置稼働率) $\doteq 44,000\text{m}^3/\text{y}$

(3) 保修点検建屋液体廃棄物処理設備の設計

保修点検建屋内の作業にて発生する液体廃棄物の量を下記に示す。

作業名	具体的な作業	液体廃棄物の発生量 [m ³ /定検]
一次冷却材ポンプ インターナル分解点検	除染作業	3.5
	インペラ取付取外	2.0
一次冷却材モータ分解点検	クーラの耐圧試験	0.2
水中照明点検	除染作業・防水試験	0.1
計		5.8
□: 同時作業で発生する最大液体廃棄物量*		3.8

※一次冷却材ポンプインターナルの除染作業とインペラ取付取外は重複しないため、液体廃棄物発生量の大きい除染作業の値を用いて算出

保修点検建屋内で液体廃棄物が発生する作業を同時に実施した場合、最大液体廃棄物量は 3.8m³ であり、保修点検建屋サンプタンクを經由し、保修点検建屋廃液モニタタンクにて十分貯蔵できる設計とする。

また、作業中は定期的に液体廃棄物を運搬容器にて補助建屋サンプタンクに運搬する。

設備名	仕様	設計方針
保修点検建屋 廃液モニタタンク	容量：5.0m ³	液体廃棄物が発生する作業を同時に実施した場合の最大液体廃棄物量 3.8m ³ を貯蔵できる設計とする。
保修点検建屋 サンプタンク	容量：2.5m ³	モニタタンク、サンプタンク合わせて、作業にて発生する液体廃棄物の総量 5.8m ³ を貯蔵できる設計とする。 なお、サンプタンクは満水になる前に自動でモニタタンクに移送される設計とする。
運搬容器	容量：1.0m ³	定検中、作業にて発生する液体廃棄物の総量は5.8m ³ であり、定検期間中（9週間）平均週一回程度運搬する設計とする。

(参考資料2)

○高浜発電所1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉 原子力災害制圧道路等整備に伴う設置許可基準規則への適合性について（平成31年3月 関西電力株式会社）説明資料（抜粋）

添付資料2 災害制圧道路の整備による敷地境界変更に伴う平常時及び事故時被ばく評価における風洞実験の実施について

添付資料3 気象条件の妥当性の検討について

○高浜発電所風洞実験報告書2023年5月（関西電力株式会社）

高浜発電所安全審査資料	
資料番号	4-2
提出年月日	平成31年3月14日

高浜発電所

1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉

原子力災害制圧道路等整備に伴う
設置許可基準規則への適合性について

平成31年3月

関西電力株式会社

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

災害制圧道路の整備による敷地境界変更に伴う
平常時及び事故時被ばく評価における風洞実験の実施について

平常時及び事故時被ばく評価では、放射性物質の大気拡散評価条件として「放出源の有効高さ」を設定している。

今回、「(社)日本原子力学会標準 発電用原子炉施設の安全解析における放出源の有効高さを求めるための風洞実験実施基準：2009」に基づき、最新の建屋配置及び地形情報を反映した実験用模型による風洞実験を実施し、放出源の有効高さを再設定した。

1. 風洞実験の実施の目的について

風洞実験は、風洞実験実施基準(2009)を踏まえ、災害制圧道路の整備までの間で設置を計画している新設建物のうち、風洞実験に影響を与える可能性のあるものとして「建屋高さの2.5倍が排気筒の高さ以上になる建屋を新たに設置する場合」に該当する免震事務棟等を実験模型に反映し、風洞実験を実施した。風洞実験の詳細については、別紙1に示す。

2. 前回風洞実験 (S62.3) 条件との差異について

前回風洞実験 (S62.3) 条件との差異のうち、今回の実験結果に影響があった項目については、以下のとおりであり、これらの前回風洞実験条件との比較を表1に示す。風洞実験条件の変更の詳細については、別紙2に示す。

(1) 建屋模型

1. 項のとおり、災害制圧道路の整備までの間で設置を計画しているもののうち、風洞実験に影響を与える可能性のある新設建物(免震事務棟等)を実験模型に反映した。

前回の風洞実験 (S62.3公開) 以降、建屋の高さの2.5倍が排気筒の高さ以上になる新設建屋として、D固体廃棄物貯蔵庫、固体廃棄物処理建屋、海生物焼成炉、1,2u原子炉建屋、1,2u外部遮蔽壁保管庫、免震事務棟 の7つがあったことからこれを反映した。建屋高さの整理表について、表2に示す。

(2) 放出源高さ (平常時被ばく)

風洞実験の実験条件のうち吹上げ高さの計算に当たり、気象データについては、前回風洞実験で使用した1978年データから、2016年データに変更した。

その結果、希ガスの実効線量が最大となる方位である2号炉中心からSSE方位の場合、風速が2.1m/sから1.4m/sになったことから、平常時被ばくで用いる排気筒の放出源高さを129mから143mに変更して風洞実験を実施した。放出源高さの詳細について表3に示す。

(3) 風洞実験の気流条件

気流条件のうち、鉛直方向 (σ_z) については、大気安定度 (C-D) に変更はないが、水平方向 (σ_y) については、代表的な大気安定度に合わせた実験が技術的に可能となり、風洞実験における水平方向の大気の拡がりや前回の大気安定度 (D~F) より、中立の大気安定度 (C~D) に変更した。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 1 風洞実験条件の主な比較

風洞実験条件		前回 (S62.3)	今回	備考
実験模型		—	新規建物（免震事務棟）等を模型に反映	（平常時、事故時被ばく） 建屋高さの2.5倍が排気筒の高さ以上になる建屋を模型に反映に合わせて地形も最新化 ⇒一般的に建屋設置に伴い建屋に近い地点で有効高さが低くなるが、評価地点が遠い場合には有効高さが高くなる場合もある
放出源高さ	気象データ	1978年データ	2016年データ	（平常時被ばく） 排気筒放出源高さが一割程度高くなる ⇒放出源の有効高さが高くなる
	風速	2号炉 SSE 方位 2.1m/s	2号炉 SSE 方位 1.4m/s	
	放出源高さ	2号炉 SSE 方位 <u>129m</u>	2号炉 SSE 方位 <u>143m</u>	
気流条件	鉛直方向 (σ_z)	大気安定度 C-D	大気安定度 C-D	—
	水平方向 (σ_y)	大気安定度 <u>D-F</u>	大気安定度 <u>C-D</u>	

表2 風洞実験に影響を与える新設建物の建屋高さの整理表

	建屋高さ [設置面からの高さ] (m) [①]	建屋設置面 [標高] (m) [②]	②+①×2.5 [標高] (m)	排気筒高さ [標高] (m)
D 固体廃棄物貯蔵庫	12	63	92	(1, 2u) 84.9
固体廃棄物処理建屋	35	17	105	
海生物焼成炉	13	82	114	
1, 2u 原子炉建屋	84	4	214	(3, 4u) 84.0
1, 2u 外部遮蔽壁保管庫	11	76	104	
免震事務棟	28	17	87	

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表3 放出源高さの詳細（平常時被ばく）

	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	(参考) 前回放出源高さ に対する影響
排気筒出口の内径 D(m)	1.875 (1.88)	1.875 (1.71)	2.050 (2.19)	2.096 (2.19)	△3m～+6m (±3%程度)
吹き出し速度 W(m/s)	22.3 (22.3)	14.7 (17.7)	20.2 (17.8)	20.0 (17.8)	
排気筒高さ Hs(m)	84.9 (84.9)	84.9 (84.9)	84.0 (84.0)	84.0 (84.0)	-
風速 U(m/s) [方位]※1	1.0 (1.0) [S方位]	1.4 (2.1) [SSE方位]	1.7 (1.4) [SE方位]	1.7 (1.4) [SE方位]	△13m～+18m (△8%～+13%)
吹上げ高さ※2 △H(m)	127 (128)	58 (44)	73 (81)	74 (81)	-
放出源高さ※3 Ho(m)	212 (213)	143 (129)	157 (165)	158 (165)	-
(参考) 有効高さ(m)	110 (80)	70 (60)	80 (70)	85 (75)	-
(参考) 希ガスの実効線量 ※4(μSv/y)	2.5⇒2.3	2.5⇒2.3	1.7⇒1.5	1.5⇒1.3	-

※1：風速の方位は、希ガスの実効線量が最大となる着目方位である2号炉中心からSSE方位の風速を代表として記載

※2：吹上げ高さ(△H)については、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に基づき、 ΔH (吹上げ高さ) = $3 \times W$ (吹き出し速度(m/s)) \times D(排気筒出口直径(m)) \div U(風速(m/s))により算出した

※3：放出源高さ(Ho)については、 H_o (放出源高さ) = ΔH (吹上げ高さ(m)) + H_s (排気筒高さ(m))により算出した

※4：既許可との差異(既許可値⇒今回申請値)

注：下段の括弧内の数値は、前回の風洞実験で用いた値を示す。

出典「高浜発電所風洞実験報告書(関西電力株式会社、昭和62年3月)」

3. 前回風洞実験 (S62.3) 結果との差異について (放出源の有効高さ等)

風洞実験より求めた平常時及び事故時被ばく評価に用いる放出源の有効高さについて、前回の風洞実験との差異を以下に示す。

平常時の放出源の有効高さについて、前回の風洞実験結果と比較すると、2号炉中心より16方位において55m～140mから65m～120mであり平均で3m程度高い結果となった。

事故時の放出源の有効高さについて、前回の風洞実験結果と比較すると、1号炉が45～90mから55～170m、2号炉が45～90mから55～115m、3号炉が25～115mから40～135m、4号炉が25～115mから35～140mと全体的に高い結果となった。

なお、これら放出源の有効高さが高い結果となったことから、平常時被ばく評価並びに事故時被ばく評価のうち排気筒放出を想定している「燃料集合体の落下」、「原子炉冷却材喪失」及び「制御棒飛び出し」においては、大気拡散による実効線量の評価結果は低くなる傾向となる。

4. 風洞実験結果の考察

(1) 有効高さ

放出源の有効高さが高くなった理由を以下に示す。

今回の風洞実験では、気象データの変更により放出源高さを変更して、風洞実験を実施した。放出源高さの詳細を表3に示しているとおり、風速と吹上げ高さ・放出源高さは反比例の関係にあり、1, 3, 4号炉の放出源高さ(Ho)が前回の実験に比べ低下しているが、有効高さは各号炉とも増加していることから、放出源高さ(Ho)の有効高さに対する影響は小さいと考える。

一方、風洞実験実施基準(2009)において大気安定度がC～Dになるよう推奨(※1)されていること、また発電所における気象観測データにおいて大気安定度C～Dの出現頻度が最も多いことから、今回の実験では、水平方向の大気の拡がりを見守り中立の大気安定度(C～D)としており、前回の大気安定度(D～F)に比べ大気安定度が中立(弱不安定)側となり、放出源の有効高さが高くなったものと考えられる。

なお、前回の風洞実験においても、発電所における気象観測データで出現が最も多くなる大気安定度をC～D(水平方向 σ_y)に設定することが望ましかったが、前回の風洞実験においては技術的に設定できないこと(※2)、また、大気安定度がD～Fであれば、有効高さが低くなることにより実効線量が高くなり、保守的な評価になることから、許容可能と判断していた。

高浜発電所における2016年の気象観測データにおいて大気安定度C～Dの出現率が最も高くなることを図1に、風洞実験における大気の水平方向の拡がり(気流条件)の新旧比較を図2示す。

※1：「(社)日本原子力学会標準 発電用原子炉施設の安全解析における放出源の有効高さを求めるための風洞実験実施基準：2009」に基づき設定

※2：風洞実験装置内の気流は、風洞測定部入口付近に設置した表面粗度模型(スパイヤ)で調整している。前回の風洞実験では、気流を調整する整流装置(整流格子等)では大気安定度C～Dに維持することは困難であったが、今回の風洞実験においては、風洞実験の見知が蓄積されるに従い専用のスパイヤが

製作，採用されるようになり，風洞実験実施基準を制定した時期には中立相当の気流状態に調整できるようになった。

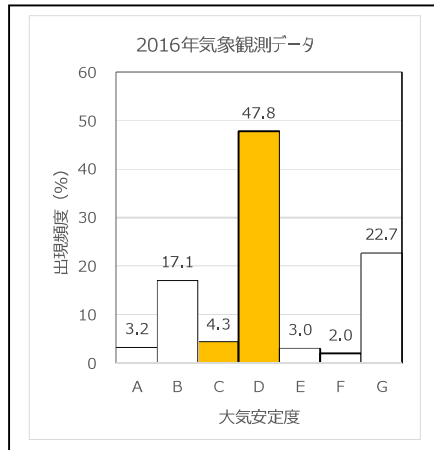
また、表3「放出源高さの詳細（平常時被ばく）」において、有効高さは各号炉とも前回実験結果に比べ増加しているが、1号炉の放出源高さが前回とほとんど変わらないのにも関わらず、他号炉と比べてその増加が大きい。これは、本表に示す着目方位である2号炉中心からSSE方位の評価地点が1号炉からみた場合にS方位にあたり、発電所のS・N方位には山があるため、大気の拡散しやすい条件となっているとともに、水平方向の大気の拡がりを含む今回中立側（大気安定度C-D）としたことにより拡散しやすい条件となっていることから、拡散しやすい条件が相乗効果にて有効高さが高くなる傾向となったものと考えられる。

(2) 放出源高さ・吹上げ高さ

表3「放出源高さの詳細（平常時被ばく）」において、放出源高さ(Ho)・吹上げ高さ(ΔH)に影響する前回の風洞実験との違いとしては、「排気筒出口の内径(D)」、「吹き出し速度(W)」、「風速(U)」が挙げられ放出源高さ(Ho)への影響について整理した。

排気筒出口の内径、吹き出し速度の違いは、排気筒出口面積の違いによるものであり、排気筒出口面積は、排気筒出口の内径に比例し、吹き出し速度に反比例する関係であることから、放出源高さへの影響は相殺され、放出源高さへの影響は軽微($\Delta 3\text{ m} \sim +6\text{ m}$ ($\pm 3\%$ 程度))である。

また、「風速」の違いは、放出源高さへの影響が大きく、その影響は $\Delta 13\text{ m} \sim +18\text{ m}$ ($\Delta 8\% \sim +13\%$)である。



(参考)

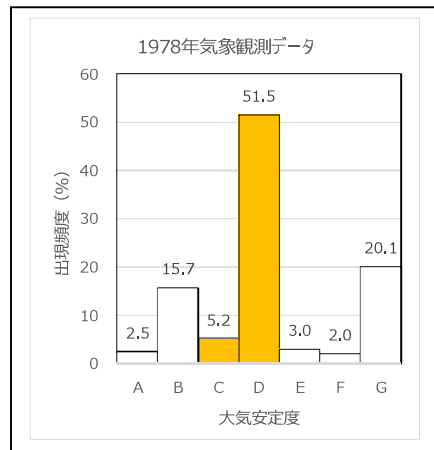
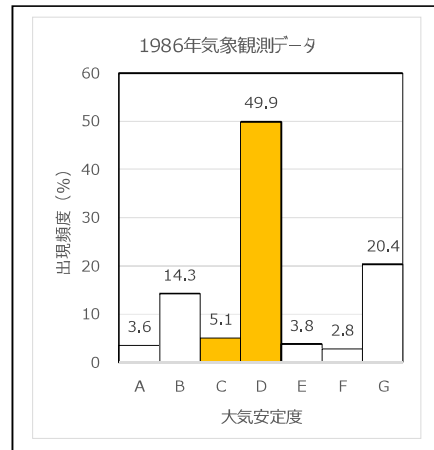
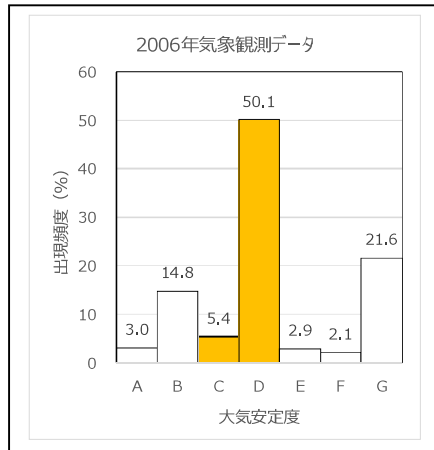
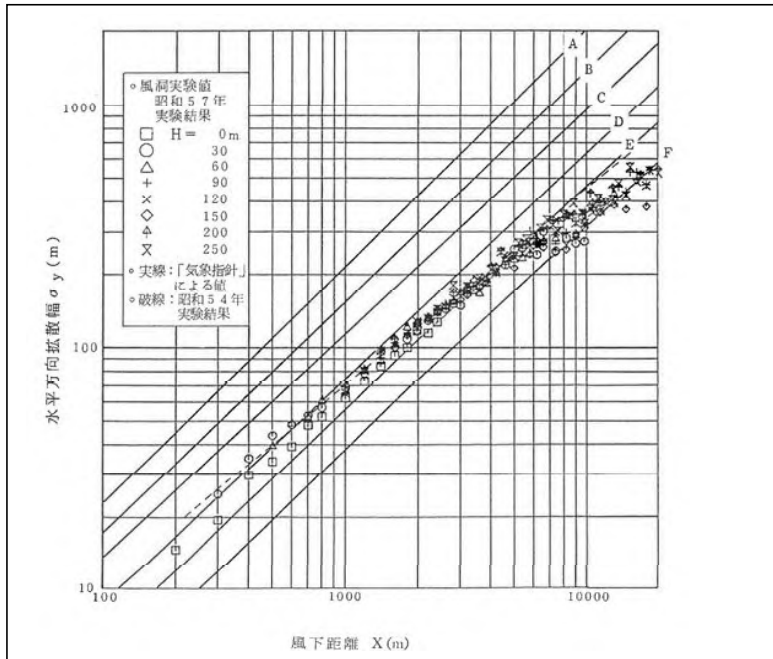


図1 高浜発電所における気象観測データの大气安定度

前回風洞実験結果 (S62. 3公開)



大気安定度分類

階級	安定度
A	強不安定
B	不安定
C	弱不安定
D	中立
E	弱安定
F	安定

今回風洞実験結果

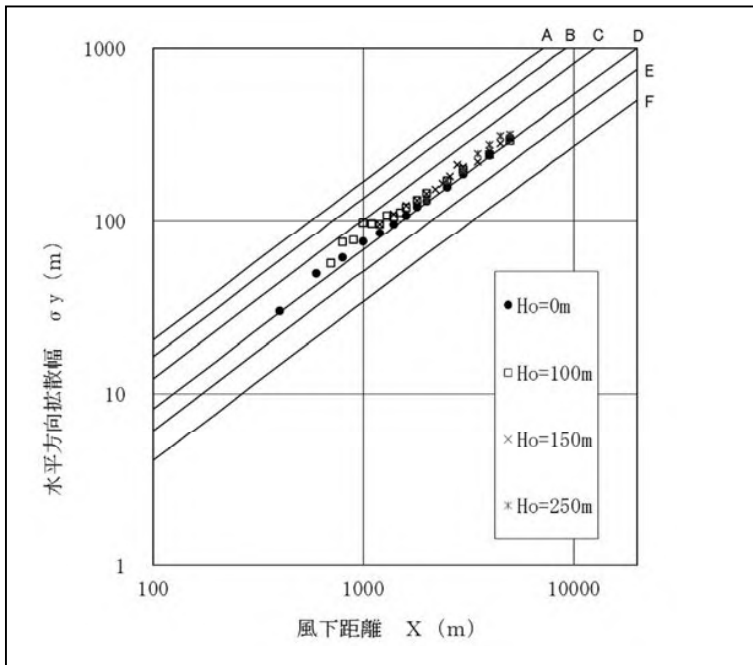


図2 風洞実験における大気の水平方向の拡がり (気流条件) の新旧比較

風洞実験について

1. 実験目的

平地及び模型実験を行い、高浜発電所の1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉排気筒から放出される放射性ガスの拡散に及ぼす地形及び建物の影響を定量的に評価し、周辺の被ばく線量評価（事故時、平常運転時）に用いる放出源の有効高さを評価する。

なお、本風洞実験は、(社)日本原子力学会標準「発電用原子炉施設の安全解析における放出源の有効高さを求めるための風洞実験実施基準：2009」に基づき、三菱重工業(株)総合研究所で実施した。^(注)

2. 実験条件

2. 1 風洞風速

風洞風速(U)は、一様流中で 6m/s とした。

2. 2 実験風向

実験風向については、事故時は海側方位を除く全方位、平常運転時（以下、平常時という。）は全方位について実験を行った。

2. 3 風洞気流設定条件

風洞の気流は、大気安定度をほぼ中立の状態とし、下記条件とした。

(1) 平均風速鉛直分布

平均風速鉛直分布を、高さの約 1/7 乗に比例させた。

(2) 主流方向の乱流強度

地上高度 30m での主流方向の乱流強度を約 16% とした。

(3) 風速境界層厚さ

風速境界層厚さは地上高度 400m 以上とした。

2. 4 ガス排出方式

水平にトレーサガスを放出するΓ型模型排気筒を用いた。(図 2.4-1 参照)

2. 5 模型縮尺及び範囲

模型縮尺 1/2000 で、発電所風下 5.3km の範囲を再現した円形模型を使用した。(図 2.5-1 参照)

^(注) 下線部は、S62.3 風洞実験からの主な変更点を示す（評価結果を除く）

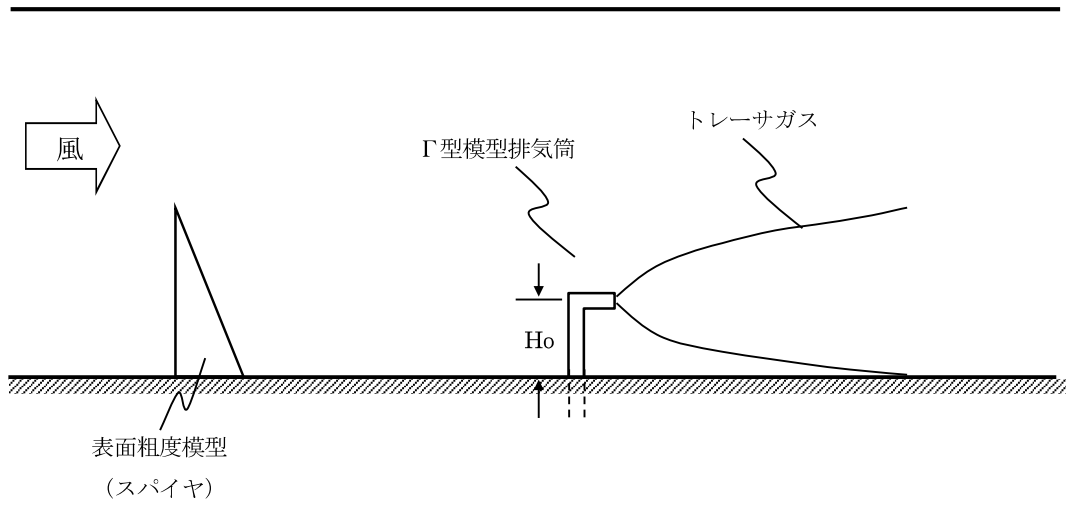


図 2.4-1 Γ型模型排気筒によるトレーサガスの放出概念図

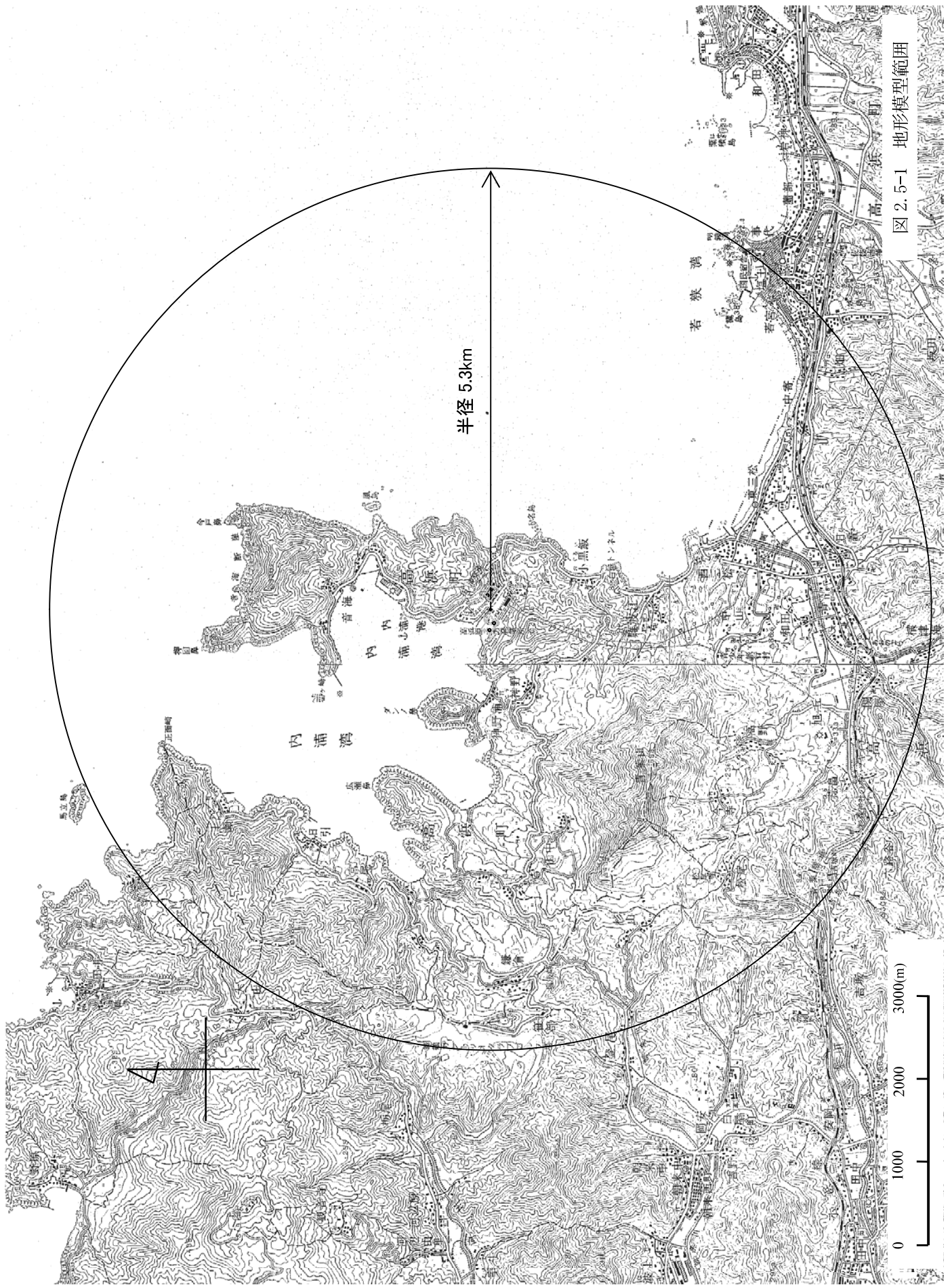


図 2.5-1 地形模型範囲

3. 実験種類

3. 1 平地実験

(1) 気流条件測定

平地上に表面粗度模型（スパイヤ）を置いた状態で、高さ毎の平均風速と乱流強度を測定した。

(2) 地表濃度分布測定

模型排気筒の放出源高さを $H_0=0、20、40、60、80、100、150、200、250\text{m}$ に変化させ地表濃度分布を測定した。

(3) 大気安定度の確認

$H_0=0\text{m}$ でトレーサガスの鉛直濃度分布を排気筒風下 $1\text{km}、2\text{km}、3\text{km}、4\text{km}、5\text{km}$ の 5 地点で測定し、この分布から鉛直方向の拡がりのパラメータ σ_z を解析した。また、(2)の地表濃度分布の測定結果より、水平方向の拡がりのパラメータ σ_y も解析し、大気安定度を確認した。

3. 2 模型実験

平地実験にて風洞気流設定条件が満足されていることを確認した後、風洞内に地形模型を設置して、模型排気筒から放出されるトレーサガスの、地表濃度分布を測定した。

なお、トレーサガスの排気筒高さは、以下の通りとする。また、平常時に相当する放出源高さ、事故時に相当する放出源高さの値を表 3.2-1 に示す。

(1) 平常時

以下の式で計算される放出源高さ H_0 から、トレーサガスを放出した。

$$H_0 = H_s + 3.0 \times D \times W / U = H_s + \Delta H$$

H_s : 排気筒実高さ (m)

D : 排気筒出口の内径 (m)

W : 吹き出し速度 (m/s)

U : 風速 (m/s)

ΔH : 吹上げ高さ (m)

(2) 事故時

排気筒実高さ H_s を放出源高さ H_0 として、トレーサガスを放出した。

表 3.2-1 放出源高さ

風向	着目方位	風速逆数の平均 1/U (s/m)	放出源高さ H_0 (m)							
			1号機		2号機		3号機		4号機	
			平常時 H_0	事故時 H_0	平常時 H_0	事故時 H_0	平常時 H_0	事故時 H_0	平常時 H_0	事故時 H_0
N	S	1.02	212	84.9	169	84.9	210	84.0	212	84.0
NNE	SSW	1.02	212	84.9	169	84.9	210	84.0	212	84.0
NE	SW	0.87	194	84.9	156	84.9	192	84.0	193	84.0
ENE	WSW	0.95	204	84.9	163	84.9	202	84.0	203	84.0
E	W	1.13	226	84.9	178	84.9	224	84.0	226	84.0
ESE	WNW	1.04	215	84.9	170	84.9	213	84.0	214	84.0
SE	NW	1.03	214	84.9	170	84.9	211	84.0	213	84.0
SSE	NNW	1.07	219	84.9	173	84.9	216	84.0	218	84.0
S	N	0.98	207	84.9	165	84.9	205	84.0	207	84.0
SSW	NNE	0.72	175	84.9	144	84.9	173	84.0	174	84.0
SW	NE	1.10	222	84.9	175	84.9	220	84.0	222	84.0
WSW	ENE	1.13	226	84.9	178	84.9	224	84.0	226	84.0
W	E	1.10	222	84.9	175	84.9	220	84.0	222	84.0
WNW	ESE	0.93	201	84.9	161	84.9	199	84.0	200	84.0
NW	SE	0.59	158	84.9	133	84.9	157	84.0	158	84.0
NNW	SSE	0.71	173	84.9	143	84.9	172	84.0	173	84.0
排気筒出口の内径 D (m)			1.875		1.875		2.050		2.096	
吹き出し速度 W (m/s)			22.3		14.7		20.2		20.0	
排気筒実高さ H_s (m)			84.9		84.9		84.0		84.0	

*風速逆数の平均（使用気象年：2016年1月～2016年12月）

4. 実験方法

4.1 風洞

実験にあたっては、幅 6m×高さ 5m×長さ 30m の大型境界層風洞を使用した。風洞実験設備を図 4.1-1 に示す。

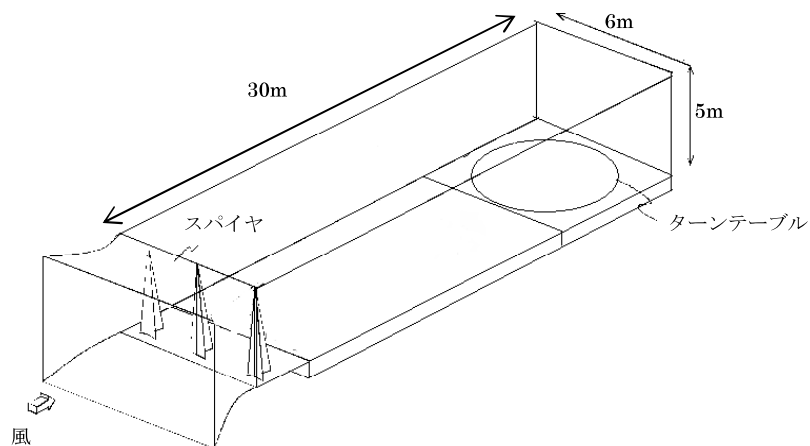


図 4.1-1 風洞実験設備

4.2 濃度測定

図 4.2-1 に測定系の概要を示す。排気筒より放出されたトレーサガス (CH_4) は風に流されながら拡散した後、トラバース装置に設置された底部が開口している多数のガス吸引管より低速で同時吸引され、全炭化水素分析計によって自動的に濃度分析される。ガス吸引管を各吸引点までトラバース装置で移動し、地表濃度を計測した。

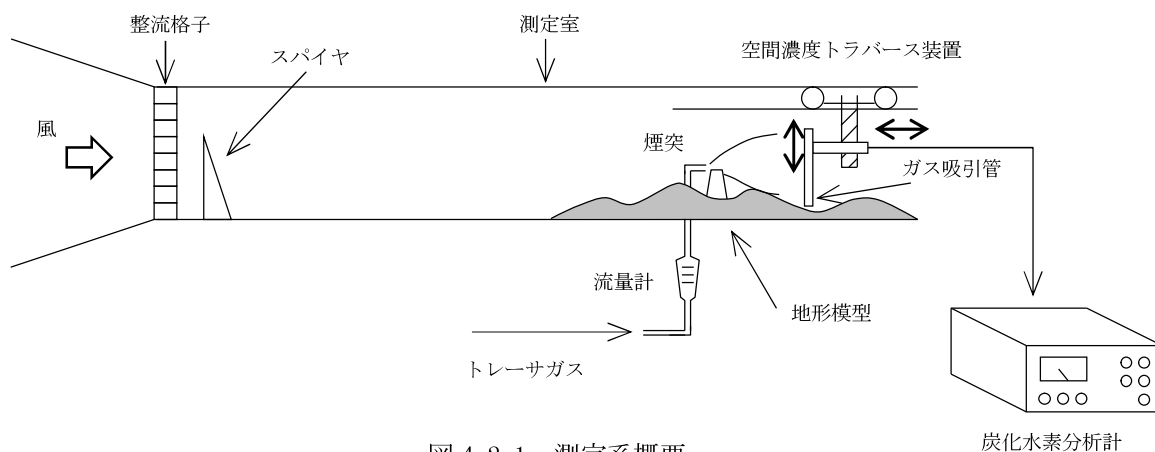


図 4.2-1 測定系概要

5. 実験結果

5.1 気流条件

平地上における気流条件について、以下の確認を行った。

(1) 風速境界層の確認

地表濃度分布の測定に先立ち、風洞内の気流条件を制御し、高度別の風速比と主流方向の乱流強度を測定した結果を図 5.1-1 に示す。この結果から、以下のことが確認できた。

- ①風速境界層内において、平均風速の鉛直分布は高さの約 1/7 乗に比例している。
- ②風速境界層内において、地表付近（高度 30m）の主流方向乱流強度は 16%程度に制御できている。
- ③400m 以上の風速境界層厚さが再現できている。

(2) 大気安定度の確認

風洞気流の鉛直方向の拡がりのパラメータ σ_z 及び水平方向の拡がりのパラメータ σ_y を図 5.1-2 にそれぞれ示す。この結果から、 σ_z 、 σ_y ともにほぼ大気安定度中立（C～D）が再現できた。

図 5.1-2 は放出源高さを 0m として測定した。

U_i : 各高度の風速
 U_o : 上層の風速

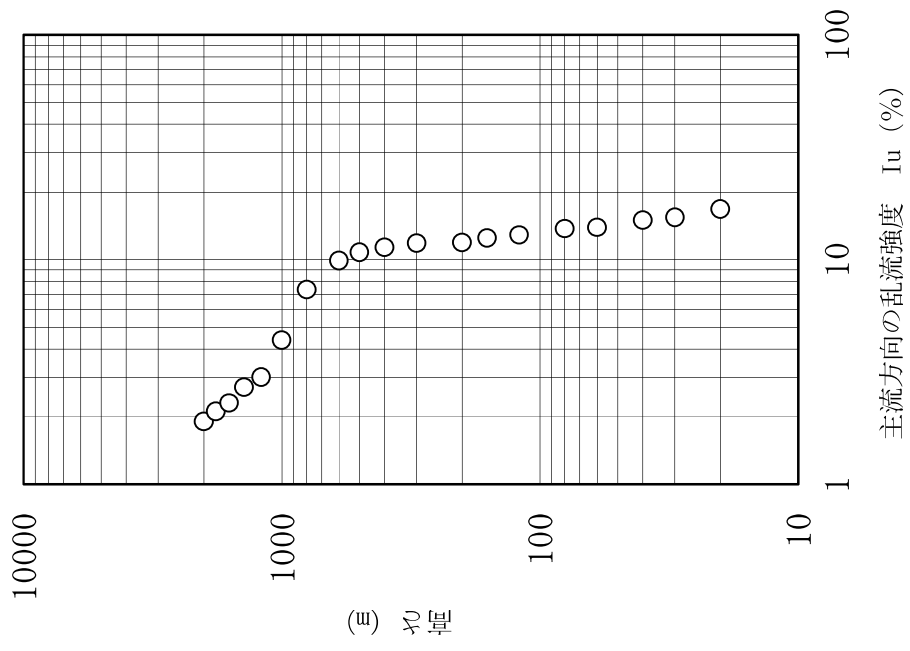
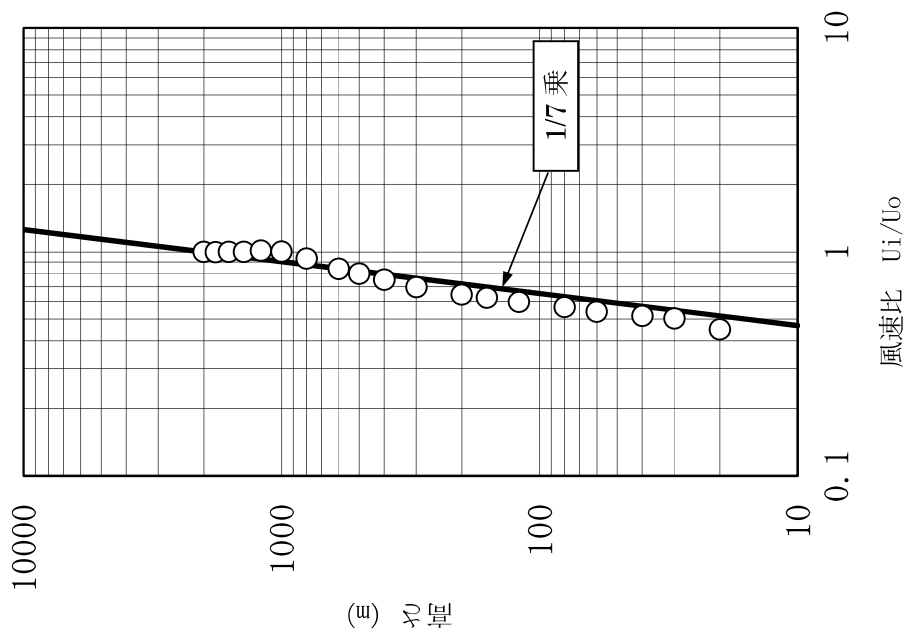
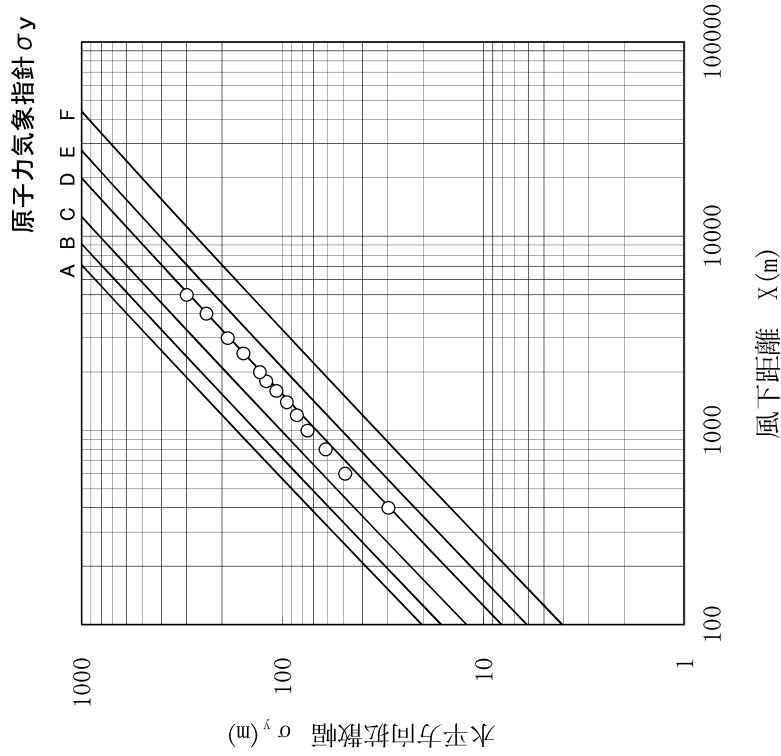


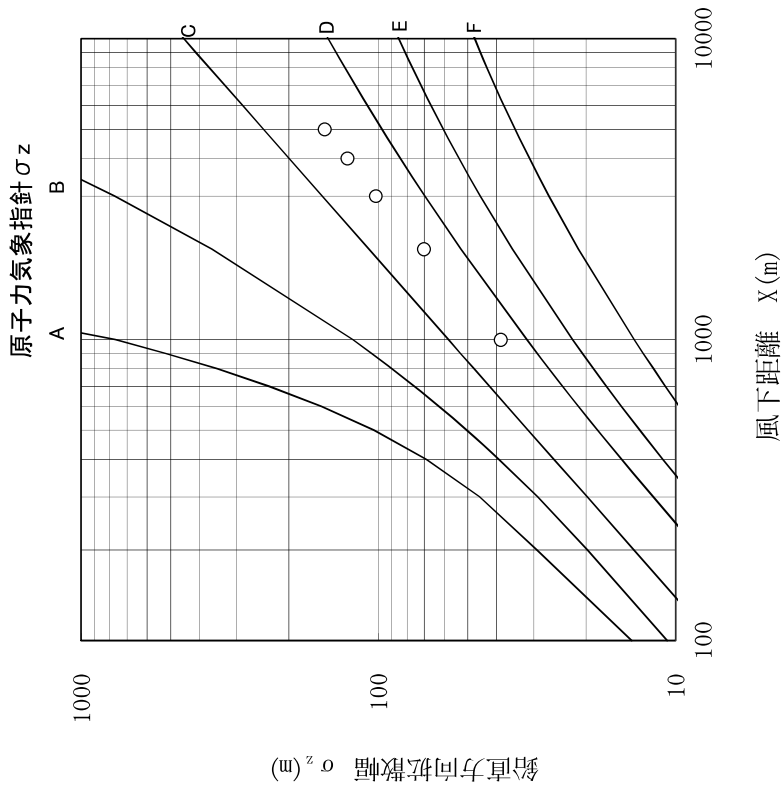
図 5.1-1 風速境界層の確認結果

大気安定度分類

階級	安定度
A	強不安定
B	不安定
C	弱不安定
D	中立
E	弱安定
F	安定



a) 鉛直方向の拡がりのパラメータ



b) 水平方向の拡がりのパラメータ

図 5.1-2 鉛直及び水平方向の拡がりのパラメータ

5. 2 平地実験

平地実験で放出源高さを $H_0=0, 20, 40, 60, 80, 100, 150, 200, 250\text{m}$ と変化させ地表濃度を測定した。得られた地表濃度分布から、風下距離毎の地表濃度の正規化濃度の最大値 UC/Q (m^{-2}) を読みとり、風下方向の地表煙軸濃度分布を求めた。

U : 上空風速 (m/s)

C : 各計測点の地表濃度 (m^3/m^3)

Q : トレーサガス放出流量 (m^3/s)

$$Q = \pi / 4 \cdot Dt^2 \cdot Vg$$

Dt : 模型排気筒の内径 (m)

Vg : トレーサガス放出速度 (m/s)

地表煙軸濃度分布を図 5. 2-1 に示す。なお、図中には、実験結果にフィットさせた近似曲線を太線で記載し、放出源高さ 10m 毎の内挿曲線を破線で記載した。

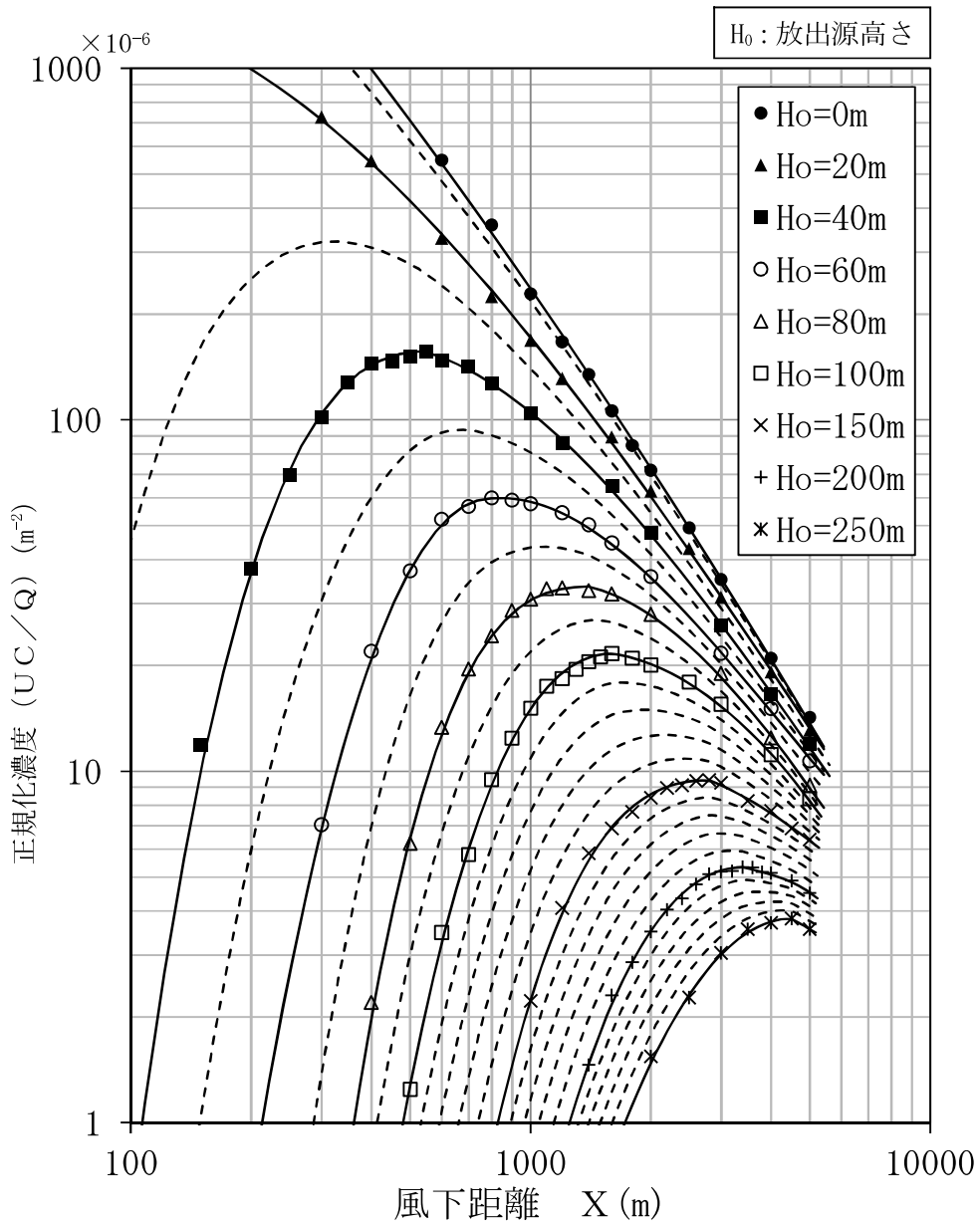


図 5.2-1 地表煙軸濃度分布

5. 3 放出源の有効高さの解析結果

次の手順により放出源の有効高さを解析し、整理した結果を表 5. 3-1～表 5. 3-4 に示す。

- (1) 平地実験で放出源高さ (H_0) 毎の地表煙軸濃度を求め、この分布を用いて放出高さ 10m 毎の近似曲線を求める。
- (2) 模型実験で各方位各炉毎の放出源高さ (H_0) について地表煙軸濃度分布を求める。

これらの濃度分布から、評価地点以遠において地形実験の濃度分布を下回らない濃度を示す平地実験の放出源高さを、放出源の有効高さとする。
なお、放出源の有効高さは 5m 間隔で評価する。

また、模型実験での地表煙軸濃度分布の例として、平常時被ばく評価の希ガスによる実効線量が最大となる着目方位 SSE の結果を図 5. 3-1、事故時被ばく評価の原子炉冷却材喪失事故時の実効線量が最大となる着目方位 WSW の結果を図 5. 3-2 にそれぞれ示した。

表5.3-1 放出源の有効高さ（平常時）

評価点 No.	号機	各号機からの値			平常時	
		風向	着目方位	評価距離(m)	放出源高さ Ho (m)	有効高さ He (m)
1	1	N	S	780	212	115
	2	N	S	850	169	100
	3	NW	SE	940	157	80
	4	NW	SE	1050	158	85
2	1	NNE	SSW	910	212	90
	2	NNE	SSW	930	169	90
	3	N	S	770	210	75
	4	NNW	SSE	850	173	85
3	1	ENE	WSW	920	204	110
	2	NE	SW	870	156	85
	3	NE	SW	500	192	55
	4	NNE	SSW	510	212	70
4	1	ENE	WSW	930	204	110
	2	ENE	WSW	870	163	65
	3	NE	SW	470	192	55
	4	NE	SW	450	193	60
5	1	E	W	990	226	165
	2	E	W	900	178	110
	3	E	W	480	224	155
	4	ENE	WSW	410	203	80
6	1	ESE	WNW	1290	215	120
	2	ESE	WNW	1180	170	85
	3	SE	NW	870	211	85
	4	SE	NW	750	213	95
7	1	SE	NW	3420	214	140
	2	SE	NW	3300	170	120
	3	SE	NW	3080	211	150
	4	SE	NW	2970	213	155
8	1	SSE	NNW	990	219	125
	2	SSE	NNW	900	173	95
	3	S	N	980	205	80
	4	SSW	NNE	940	174	100

表5.3-2 放出源の有効高さ（平常時）

評価点 No.	号機	各号機からの値			平常時	
		風向	着目方位	評価距離(m)	放出源高さ Ho (m)	有効高さ He (m)
9	1	SSE	NNW	960	219	125
	2	S	N	880	165	65
	3	SSW	NNE	990	173	105
	4	SSW	NNE	950	174	100
10	1	S	N	930	207	70
	2	SSW	NNE	880	144	70
	3	SSW	NNE	1120	173	115
	4	SW	NE	1120	222	135
11	1	SSW	NNE	1030	175	70
	2	SW	NE	1020	175	120
	3	SW	NE	1360	220	160
	4	SW	NE	1390	222	160
12	1	WSW	ENE	730	226	105
	2	WSW	ENE	800	178	75
	3	WSW	ENE	1220	224	95
	4	W	E	1310	222	125
13	1	W	E	490	222	125
	2	W	E	580	175	90
	3	W	E	990	220	120
	4	W	E	1080	222	125
14	1	W	E	550	222	125
	2	WNW	ESE	650	161	65
	3	W	E	1050	220	120
	4	W	E	1150	222	125
15	1	NW	SE	820	158	75
	2	NW	SE	930	133	70
	3	WNW	ESE	1180	199	120
	4	WNW	ESE	1300	200	130
16	1	NNW	SSE	740	173	80
	2	NNW	SSE	830	143	70
	3	NW	SE	990	157	80
	4	NW	SE	1100	158	85

表 5.3-3 放出源の有効高さ（事故時）

風向	着目方位	号機	評価距離 (m)	事故時	
				放出源高さ Ho (m)	有効高さ He (m)
N	S	1	750	84.9	55
		2	850		65
		3	750	84.0	65
		4	660		60
NNE	SSW	1	860	84.9	85
		2	930		90
		3	510	84.0	55
		4	480		55
NE	SW	1	930	84.9	90
		2	860		85
		3	470	84.0	55
		4	410		50
ENE	WSW	1	900	84.9	70
		2	870		70
		3	450	84.0	40
		4	390		35
E	W	1	950	84.9	70
		2	900		65
		3	460	84.0	40
		4	470		45
ESE	WNW	1	1,290	84.9	55
		2	1,180		55
		3	820	84.0	50
		4	700		45
SE	NW	1	3,420	84.9	120
		2	3,300		115
		3	860	84.0	50
		4	750		45
SSE	NNW	1	960	84.9	60
		2	880		55
		3	1,920	84.0	110
		4	1,900		105

表 5.3-4 放出源の有効高さ（事故時）

風向	着目方位	号機	評価距離 (m)	事故時	
				放出源高さ Ho (m)	有効高さ He (m)
S	N	1	900	84.9	60
		2	880		55
		3	940	84.0	75
		4	920		80
SSW	NNE	1	960	84.9	80
		2	860		75
		3	980	84.0	110
		4	940		110
SW	NE	1	1,620	84.9	170
		2	1,020		115
		3	1,130	84.0	135
		4	1,140		140
WNW	ESE	3	1,180	84.0	85
		4	1,290		90
NW	SE	1	820	84.9	60
		2	930		65
		3	940	84.0	55
		4	1,040		60
NNW	SSE	1	740	84.9	55
		2	830		55
		3	850	84.0	55
		4	850		55

測定風向	NNW
排気筒	2号機
△	平常時 Ho=143m
—	平地

評価距離 (評価点 No16 : 830m)

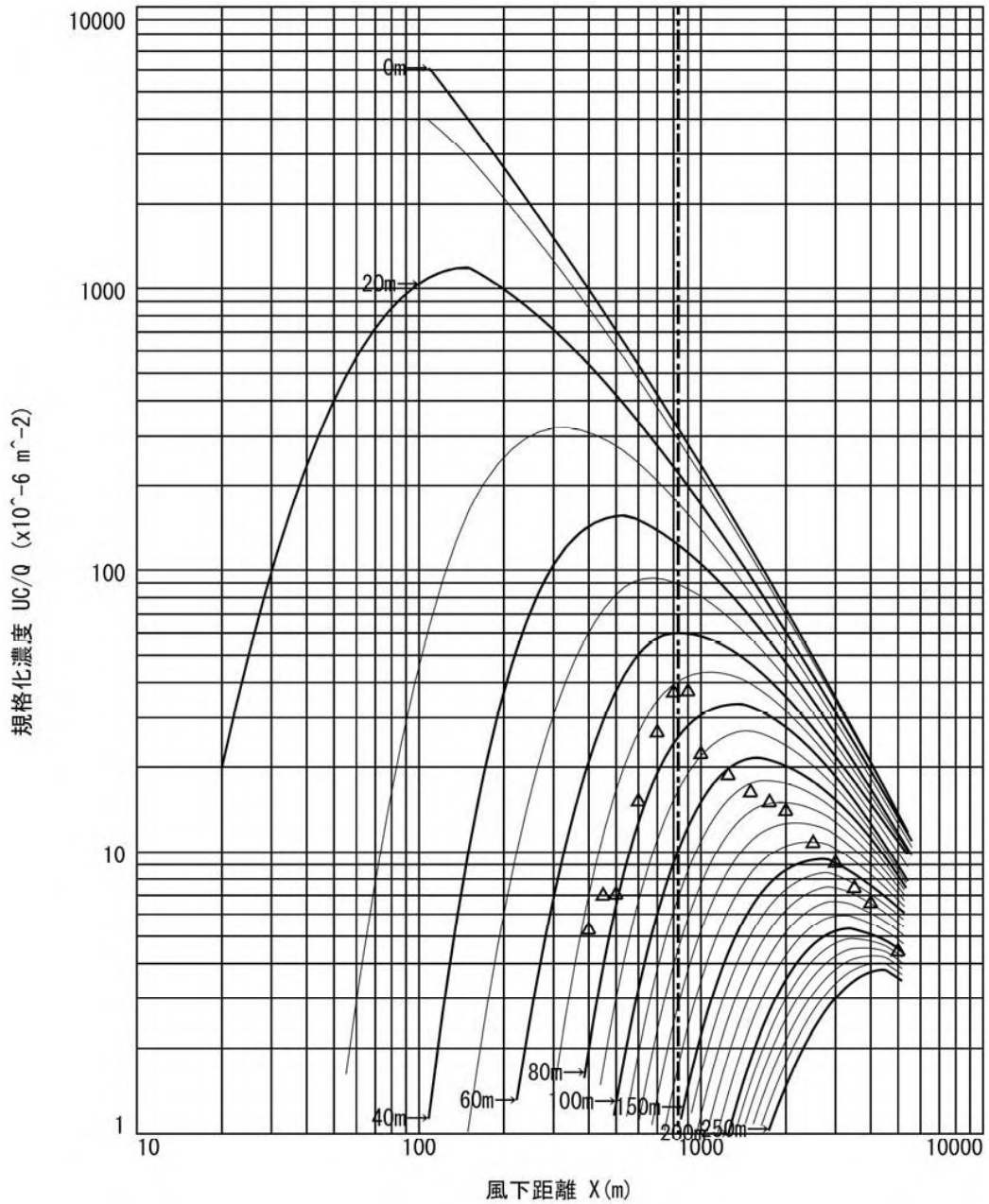


図 5.3-1 地表煙軸濃度分布図 (風向 : NNW、排出源 : 2号排気筒、平常時)

風向	ENE
排気筒	4号機
○	事故時 $H_0=84.0\text{m}$
—	平地

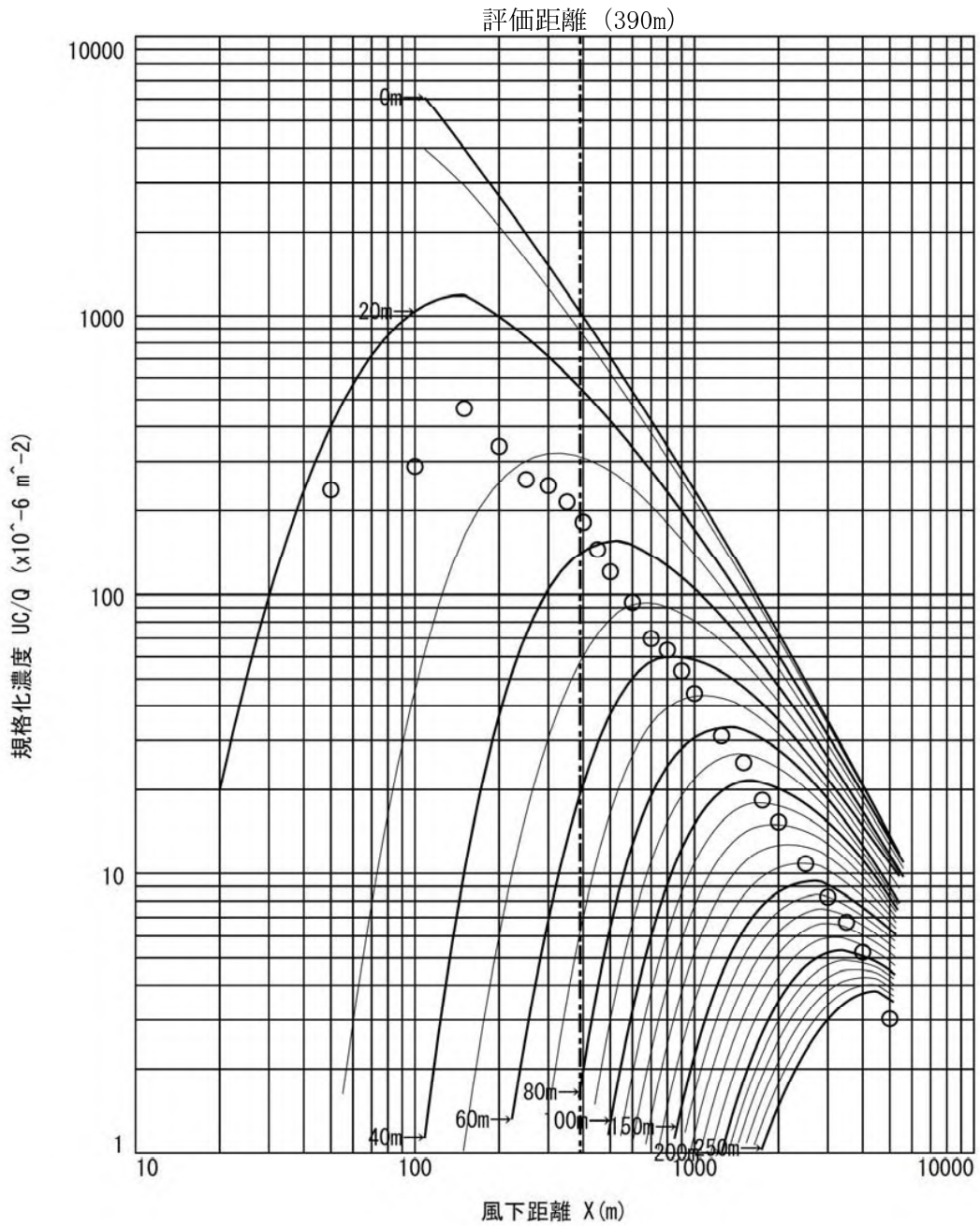


図 5.3-2 地表煙軸濃度分布図 (風向: ENE、排出源: 4号排気筒、事故時)

風洞実験条件の変更について

前回との実験条件の差異と、その差異が実験結果（有効高さ）に与える影響について、以下のとおり整理した。

1. 実験装置の差異と実験結果（有効高さ）への影響

(1) 建屋模型

風洞実験実施基準(2009)を踏まえ、災害制圧道路の整備までの間で設置を計画している新設建物のうち、風洞実験に影響を与える可能性のあるものとして「建屋高さの2.5倍が排気筒高さ以上になる建物」を実験模型に反映しており、実験結果に影響を与える変更である。

前回の風洞実験（S62.3公開）以降、建屋の高さの2.5倍が排気筒の高さ以上になる新設建屋として、D 固体廃棄物貯蔵庫、固体廃棄物処理建屋、海生物焼成炉、1,2u 原子炉建屋、1,2u 外部遮蔽壁保管庫、免震事務棟、の7つがあったことからこれを反映した。

(2) 模型範囲

模型範囲を4.8kmから風洞実験実施基準(2009)に基づき5.3kmに変更しているが、変更前後に差異はあるものの、評価地点を十分に網羅できていることから、実験結果に影響を与えるものではない。

なお、風洞実験実施基準(2009)では、5km以上としているが、これは国内の原子力発電所の地形を考慮して5km以上あれば問題ないとしており、前述のとおり、評価地点を十分に網羅できていることから問題ない。

(3) 風洞装置

風洞実験装置を横幅3m×高さ2mから、横幅6m×高さ5mに変更しているが、これは、風洞実験装置を一般産業界での活用を考慮し、大規模化しているものであり、変更前後においても発電所の気象を再現できる大きさであることから、実験結果に影響を与えるものではない。

なお、風洞実験実施基準(2009)では、「横幅を測定部側壁の影響が無視できる大きさに、高さの閉塞率をできる限り小さくする高さを確保する」こととしており、今回の実験では実験模型の縮尺を変更せず風洞実験装置を大規模化しており、側壁の影響を受けない領域が拡がり、さらに閉塞率も小さくなることから実験結果に影響を与えるものではない。

(4) 測定装置

ガス濃度測定における「ガス濃度計とトレーサガス」を、「電気伝導度計、アンモニアガス」から「水素炎式全炭化水素分析計(FID)、メタンガス」に変更しており、これは、風洞実験実施基準(2009)に基づく、ガス濃度計とト

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

レーサガスの組合せに合致しており、測定の迅速化の観点から変更したものであるため、実験結果に影響を与えるものではない。

(5) トレーサガス放出位置

a. 排気筒トレーサガス放出位置

(平常時被ばく)

風洞実験実施基準(2009)に基づき、より実態に合わせた実験条件とするため、1号と2号同時又は3号と4号同時にトレーサガスを放出して実施から、1号,2号,3号,4号を単独でトレーサガスを放出に変更している。

なお、放出源の位置に変更はないため実験結果に影響を与えるものではない。また、同時にトレーサガスを放出の場合は、排気筒から有効高さを評価する地点(評価距離以遠での最大濃度発生地点)までの距離が、2つの排気筒間の距離よりも十分に長い場合、排気筒間の距離はほぼ無視できることから、実験結果に影響を与えるものではないと考える。

(事故時被ばく)

風洞実験実施基準(2009)に基づき、より実態に合わせた実験条件とするため、1号と2号及び3号と4号については敷地境界までの距離が近い方の排気筒を代表させて実施から、1号,2号,3号,4号を単独でトレーサガスを放出に変更している。

b. 放出源高さ(平常時被ばく)

風洞実験の実験条件のうち放出源高さの計算に当たっては、最新の気象データである2016年の気象データを用いている。

1978年の気象データを用いて設定した放出源高さ(放出源高さの例:129m(2号炉中心よりSSE方位の風速2.1m/s))から、2016年の気象データを用いて設定した放出源高さ(放出源高さの例:143m(2号炉中心よりSSE方位の風速1.4m/s))に変更しており、実験結果に影響を与える変更としている。

また、放出源高さを算出する基となるデータとして、排気筒出口の内径および吹き出し速度も変更となっており、放出源高さに影響を与える変更であるが、添付資料2の表3「放出源高さの詳細(平常時被ばく)」に示すとおり、いずれの変更も前回放出源高さに対する影響としては、風速の変更と比較して小さいものであることから、実験結果に大きな影響を与えるものではないと考えている。

なお、放出源高さについては、気象指針に基づき算出し設定している。

2. 気流設定の差異と実験結果（有効高さ）への影響

(1) 風洞風速

風洞風速を 3m/s (境界層上部) から 6m/s (境界層上部) に変更している。これは、風洞実験装置の大規模化に伴い増加させ、風洞風速の安定化を図ったものであり、実験結果に影響を与えるものではない。

風洞実験実施基準(2009)においては、1m/s～6m/s (境界層上部) の範囲としており、これは風洞実験の気流を安定させるために風速を設定することとしており、風速と測定濃度は反比例の関係にあり、風速の増加により測定濃度は低下するが、基準化濃度 UC/Q (U : 風速、 C : 濃度、 Q : 放出率) で規格化されることから、実験結果に影響を与えるものではない。

(2) 風速鉛直分布

風洞実験実施基準(2009)に基づき設定しており、高さの約 1/7 乗に比例していることを確認している。これは、1/7 乗は一般的な観測データに合わせることを目的に確認しており、その結果、今回の水平方向拡散幅 (σ_y) を大気安定度 C-D としている間接的なパラメータである。

(3) 風速境界層厚さ

風洞実験実施基準(2009)において野外の地上高で 400m 以上としており、今回の実験では野外の地上高 (境界層厚さ) 約 1000m に設定されていることを確認している。これについては、観測データに基づくものであり、結果として排気筒における放出源高さ (200m 程度) を包絡している。なお、前回の試験において境界層厚さの記録はないものの、鉛直方向の拡散幅 (σ_z) が今回と同様に大気安定度 C-D を再現できていることから、400m 以上を確保できていたものと考ええる。

(4) 主流方向の乱流強度

風洞実験実施基準(2009)において 10%～16% (野外の地上高で 30m の乱流強度) としており、今回の実験では地上高 30m で約 16% と設定している。

これについては、一般的な観測データに合わせることを目的に設定しており、今回の水平方向拡散幅 (σ_y) を大気安定度 C-D とする間接的なパラメータである。

(5) 水平方向拡散幅 σ_y

風洞実験実施基準(2009)において大気安定度が C-D になるよう推奨しており、前回の大気安定度 D-F から、C-D に変更している。これについては、大気安定度を C-D に変更にすることにより水平方向の大気拡散が大きくなることから、実験結果に影響を与える変更としている。

以上のことから、風洞実験の主な変更点を「建屋模型」、「放出源高さ(平常時被ばく)」、及び「水平方向拡散幅 σ_y 」の3点として整理した。

第1表 風洞実験条件の新旧比較表

	風洞実験実施基準等	今回 (H29 高浜風洞実験)	前回 (公開文献(S62年)における高浜風洞実験)	変更理由
1. 実験装置	建物及び地形模型	建屋高さの2.5倍が排気筒の高さ以上になる建屋を模型に反映	新規建物(免震事務棟等)を反映	最新建屋情報に変更
	模型縮尺	1/3000以上	1/2000	—
	模型範囲	風下側5kmまでの濃度計測が行える範囲	半径5.3km	実施基準に基づき計測範囲を拡大
	風洞装置	測定部側壁の影響が無視できる大きさ 閉塞率をできる限り小さくする高さ	横幅6m 高さ5m	風洞設備の変更
	測定装置	水素炎式全炭化水素分析計(FID)により測定する方式又はアンモニアガスの吸収液の電気伝導度を測定する方式のガス濃度計	水素炎式全炭化水素分析計(FID)	効率的な計測法に変更
		FIDでは、炭化水素系ガス、縮尺模型表面の吸引孔から吸引する全点同時測定方式ではアンモニアガス	メタンガス	アンモニアガス
	模型排気筒とトレーサガス放出位置	Γ型模型排気筒 平常運転時： 放出源高さに相当する位置で、放出源高さは、排気筒高さに各風向別の吹上げ高さを加えた高さとする。	Γ型模型排気筒 平常運転時： ・放出源の位置・高さの設定は風洞実験実施基準に準拠 ・1号,2号,3号,4号を単独でトレーサガスを放出	Γ型模型排気筒 平常運転時： ・放出源の位置・高さの設定は同左 ・1号と2号同時又は3号と4号同時にトレーサガスを放出して実施
		事故時： 放出源高さに相当する位置で、放出源高さは、排気筒高さとする。	事故時： ・放出源の位置・高さの設定は風洞実験実施基準に準拠 ・1号,2号,3号,4号を単独でトレーサガスを放出	事故時： ・放出源の位置・高さの設定は同左
	放出源(吹上げ)高さ(平常時被ばく)	気象指針に基づき設定	・2016年の気象データを用いて設定 (放出源高さの例：2号炉 143m(SSE 方位)の風速 1.4m/s)	・1978年の気象データを用いて設定 (放出源高さの例：2号炉 129m(SSE 方位)の風速 2.1m/s)
	2. 気流設定	風洞風速	1m/s~6m/s(境界層上部)の範囲	3m/s(境界層上部)
風速鉛直分布		高さの約1/7乗に比例	鉛直方向拡散幅σzがC~Dとなるように設定	実際に近い環境条件設定に変更
風速境界層厚さ		野外の地上高で400m以上	境界層厚さ約1000m	
主流方向の乱流強度		10%~16%。(野外の地上高で30mの乱流強度)	地上高30mで約16%	
鉛直方向拡散幅σz		大気安定度C~Dの値	大気安定度C~D	
水平方向拡散幅σy		大気安定度C~Dの値を推奨	大気安定度C~D	

気象条件の妥当性の検討について

1. 風洞実験（平常時被ばく）で使用した気象条件について

平常時被ばく評価に用いる放出源の有効高さについては、風洞実験を実施し求めている。風洞実験の実験条件のうち吹上げ高さの計算に当たっては、風洞実験用モデルの変更に合わせて最新の気象データである敷地において観測した2016年1月から2016年12月までの1年間の気象データにより求めており、この1年間の気象データが長期間の気象状態を代表しているかどうかの検定を行った結果、代表性があると判断した。以下に検定方法及び検定結果を示す。

(1) 検定方法

a. 検定に用いた観測記録

気象データの代表性を確認するに当たり、排気筒高さ付近を代表する標高81mの観測記録を用いて検定を行った。

b. データ統計期間

統計年：2006年1月～2015年12月(10年間)

検定年：2016年1月～2016年12月(1年間)

c. 検定方法

風向別出現頻度（16項目）、風速階級別出現頻度（11項目）について、F分布検定（有意水準5%）を行い、棄却個数が3個以下の場合は、気象データに代表性があると判断する。

(2) 検定結果

第1表に検定結果を示す。また、第2表及び第3表に棄却検定表を示す。

観測項目27項目のうち、棄却された項目は3個であることから、検定年が十分長期間の気象状態を代表していると判断する。

第1表：異常年検定結果

観測項目	検定結果
風向別出現頻度	1個
風速階級別出現頻度	2個

第2表：棄却検定表（風向）

観測場所：高浜発電所
 測定器：風車型風向風速計（標高約81 m）
 統計期間：2006年1月～2015年12月
 検定年：2016年1月～2016年12月
 単位：%

風向	統計年											判定 ○採択 ×棄却				
	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	平均値		分散	検定年 2016年	上限	下限
N	6.78	6.65	5.64	6.23	5.20	5.41	4.35	4.27	4.84	4.72	5.41	0.74	5.20	7.56	3.26	○
NNE	5.25	4.75	4.89	4.81	4.75	4.19	3.88	3.89	4.15	3.50	4.41	0.28	3.65	5.73	3.08	○
NE	6.55	5.95	6.90	5.78	7.07	6.16	6.31	6.05	5.54	5.47	6.18	0.26	5.46	7.46	4.90	○
ENE	3.35	2.35	2.40	2.73	3.29	2.78	2.19	2.38	2.56	3.52	2.75	0.20	3.46	3.88	1.63	○
E	2.06	1.75	1.81	1.94	1.69	1.76	1.68	1.70	1.73	2.28	1.84	0.03	2.22	2.30	1.38	○
ESE	3.57	2.83	2.54	2.63	2.85	2.79	3.45	2.46	2.64	2.69	2.84	0.12	3.35	3.72	1.96	○
SE	3.90	3.98	3.41	3.71	5.03	3.67	4.47	3.58	3.46	3.64	3.89	0.23	3.73	5.08	2.69	○
SSE	5.89	5.49	4.67	4.74	5.90	5.22	5.11	4.58	4.55	4.45	5.06	0.27	4.66	6.36	3.76	○
S	5.45	6.31	5.57	6.46	6.09	5.98	5.31	5.82	4.68	4.64	5.63	0.35	5.22	7.11	4.14	○
SSW	4.17	4.40	4.13	5.43	5.47	5.55	4.01	5.46	4.17	4.14	4.69	0.42	4.01	6.32	3.07	○
SW	1.36	1.45	1.46	1.46	1.33	1.45	1.27	1.60	1.25	1.35	1.40	0.01	1.03	1.65	1.14	×
WSW	1.51	1.29	1.32	1.63	1.49	1.63	1.44	1.25	1.00	0.94	1.35	0.05	0.95	1.92	0.78	○
W	4.18	4.70	4.82	4.65	4.48	4.73	4.68	3.81	2.90	4.02	4.30	0.32	3.35	5.71	2.88	○
WNW	11.97	11.99	13.15	12.10	12.32	12.90	14.29	14.03	13.31	14.12	13.02	0.74	12.56	15.17	10.86	○
NW	16.90	17.32	18.42	16.92	15.47	16.34	19.10	20.50	22.18	20.59	18.37	4.24	21.01	23.52	13.23	○
NNW	7.96	9.37	7.79	8.27	7.64	8.52	8.34	8.20	10.12	8.42	8.46	0.51	9.45	10.25	6.68	○
C	9.15	9.41	11.08	10.50	9.94	10.90	10.14	10.40	10.92	11.52	10.40	0.51	10.71	12.18	8.61	○

(注) 棄却検定は、不良標本の棄却に関するF分布検定を用いて、危険率（有意水準）を5%として行った。

C（静穏）は、風速0.4 m/s以下である。

第3表：棄却検定表（風速）

観測場所：高浜発電所
 測定器：風車型風向風速計（標高約81 m）
 統計期間：2006年1月～2015年12月
 検定年：2016年1月～2016年12月
 単位：%

風速階級 m/s	統計年											分散	平均値	検定年		上限	下限	判定 ○採択 ×棄却
	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年			2016年				
0.0～0.4	9.15	9.41	11.08	10.50	9.94	10.90	10.14	10.40	10.92	11.52	10.40	0.51	10.71	12.18	8.61	○		
0.5～1.4	31.45	32.70	34.55	33.57	32.72	34.53	34.84	33.19	35.02	36.15	33.87	1.74	37.85	37.17	30.57	×		
1.5～2.4	23.81	23.84	23.36	23.47	24.01	22.39	23.09	22.28	22.10	22.95	23.13	0.43	23.07	24.76	21.49	○		
2.5～3.4	14.49	14.88	12.83	13.16	13.92	13.82	13.58	13.78	12.44	11.61	13.45	0.85	11.91	15.75	11.15	○		
3.5～4.4	7.99	8.49	7.66	8.47	8.39	8.02	8.46	7.75	7.85	7.41	8.05	0.13	7.40	8.96	7.13	○		
4.5～5.4	4.97	4.94	4.56	4.84	5.37	4.63	4.96	4.76	4.78	4.63	4.85	0.05	4.00	5.41	4.29	×		
5.5～6.4	3.03	2.80	2.78	3.20	2.91	2.67	2.53	3.20	2.77	2.81	2.87	0.04	2.60	3.38	2.36	○		
6.5～7.4	2.06	1.35	1.41	1.30	1.47	1.71	1.32	2.37	1.82	1.45	1.63	0.12	1.29	2.48	0.78	○		
7.5～8.4	1.49	0.76	0.92	0.69	0.62	0.67	0.70	1.13	1.11	0.81	0.89	0.07	0.73	1.55	0.23	○		
8.5～9.4	0.94	0.40	0.40	0.29	0.45	0.33	0.21	0.69	0.52	0.50	0.47	0.04	0.25	0.97	0.00	○		
9.5～	0.63	0.42	0.46	0.51	0.21	0.31	0.17	0.45	0.67	0.15	0.40	0.03	0.19	0.83	0.00	○		

(注) 棄却検定は、不良標本の棄却に関するF分布検定を用いて、危険率（有意水準）を5%として行った。

2. 平常時被ばく評価及び事故時被ばく評価で使用した気象条件について

平常時被ばく評価及び事故時被ばく評価においては、敷地において観測した2006年1月から2006年12月までの1年間の気象データにより評価を行った。この1年間の気象データが長期間の気象状態を代表しているかどうかの検定を行った結果、代表性があると判断した。以下に検定方法及び検定結果を示す。

(1) 検定方法

a. 検定に用いた観測記録

気象データの代表性を確認するに当たり、排気筒高さ付近を代表する標高81mの観測記録を用いて検定を行った。

b. データ統計期間

統計年：2007年1月～2016年12月(10年間)

検定年：2006年1月～2006年12月(1年間)

c. 検定方法

風向別出現頻度(16項目)、風速階級別出現頻度(11項目)について、F分布検定(有意水準5%)を行い、棄却個数が3個以下の場合、気象データに代表性があると判断する。

(2) 検定結果

第1表に検定結果を示す。また、第2表及び第3表に棄却検定表を示す。

観測項目27項目のうち、棄却された項目は2個であることから、検定年が十分長期間の気象状態を代表していると判断する。

第4表：異常年検定結果

観測項目	検定結果
風向別出現頻度	棄却項目なし
風速階級別出現頻度	2個

第5表：棄却検定表（風向）

観測場所：高浜発電所
 測定器：風車型風向風速計（標高約81m）
 統計期間：2007年1月～2016年12月
 検定年：2006年1月～2006年12月
 単位：%

風向	統計年										平均値	分散	検定年 2006年	上限	下限	判定 ○採択 ×棄却
	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年						
N	6.65	5.64	6.23	5.20	5.41	4.35	4.27	4.84	4.72	5.20	5.25	0.53	6.78	7.07	3.43	○
NNE	4.75	4.89	4.81	4.75	4.19	3.88	3.89	4.15	3.50	3.65	4.25	0.24	5.25	5.48	3.01	○
NE	5.95	6.90	5.78	7.07	6.16	6.31	6.05	5.54	5.47	5.46	6.07	0.29	6.55	7.41	4.73	○
ENE	2.35	2.40	2.73	3.29	2.78	2.19	2.38	2.56	3.52	3.46	2.77	0.22	3.35	3.93	1.60	○
E	1.75	1.81	1.94	1.69	1.76	1.68	1.70	1.73	2.28	2.22	1.86	0.04	2.06	2.38	1.33	○
ESE	2.83	2.54	2.63	2.85	2.79	3.45	2.46	2.64	2.69	3.35	2.82	0.10	3.57	3.60	2.04	○
SE	3.98	3.41	3.71	5.03	3.67	4.47	3.58	3.46	3.64	3.73	3.87	0.23	3.90	5.07	2.67	○
SSE	5.49	4.67	4.74	5.90	5.22	5.11	4.58	4.55	4.45	4.66	4.94	0.20	5.89	6.07	3.81	○
S	6.31	5.57	6.46	6.09	5.98	5.31	5.82	4.98	4.64	5.22	5.61	0.37	5.45	7.12	4.09	○
SSW	4.40	4.13	5.43	5.47	5.55	4.01	5.46	4.17	4.14	4.01	4.68	0.44	4.17	6.34	3.02	○
SW	1.45	1.46	1.46	1.33	1.45	1.27	1.60	1.25	1.35	1.03	1.36	0.02	1.36	1.74	0.99	○
WSW	1.29	1.32	1.63	1.49	1.63	1.44	1.25	1.00	0.94	0.95	1.29	0.06	1.51	1.92	0.67	○
W	4.70	4.82	4.65	4.48	4.73	4.68	3.81	2.90	4.02	3.35	4.21	0.40	4.18	5.80	2.63	○
WNW	11.99	13.15	12.10	12.32	12.90	14.29	14.03	13.31	14.12	12.56	13.08	0.65	11.97	15.10	11.06	○
NW	17.32	18.42	16.92	15.47	16.34	19.10	20.50	22.18	20.59	21.01	18.79	4.55	16.90	24.12	13.45	○
NNW	9.37	7.79	8.27	7.64	8.52	8.34	8.20	10.12	8.42	9.45	8.61	0.56	7.96	10.48	6.75	○
C	9.41	11.08	10.50	9.94	10.90	10.14	10.40	10.92	11.52	10.71	10.55	0.34	9.15	12.00	9.10	○

(注) 棄却検定は、不良標本の棄却に関するF分布検定を用いて、危険率（有意水準）を5%として行った。
 C（静穏）は、風速0.4m/s以下である。

第6表：棄却検定表（風速）

観測場所：高浜発電所
 測定器：風車型風向風速計（標高約81m）
 統計期間：2007年1月～2016年12月
 検定年：2006年1月～2006年12月
 単位：%

風速階級 m/s	統計年											判定				
	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	平均値		分散	検定年 2006年	上限	下限
0.0～0.4	9.41	11.08	10.50	9.94	10.90	10.14	10.40	10.92	11.52	10.71	10.55	0.34	9.15	12.00	9.10	○
0.5～1.4	32.70	34.55	33.57	32.72	34.53	34.84	33.19	35.02	36.15	37.85	34.51	2.33	31.45	38.33	30.69	○
1.5～2.4	23.84	23.36	23.47	24.01	22.39	23.09	22.28	22.10	22.95	23.07	23.06	0.38	23.81	24.59	21.52	○
2.5～3.4	14.88	12.83	13.16	13.92	13.82	13.58	13.78	12.44	11.61	11.91	13.19	0.91	14.49	15.58	10.81	○
3.5～4.4	8.49	7.66	8.47	8.39	8.02	8.46	7.75	7.85	7.41	7.40	7.99	0.17	7.99	9.03	6.95	○
4.5～5.4	4.94	4.56	4.84	5.37	4.63	4.96	4.76	4.78	4.63	4.00	4.75	0.11	4.97	5.58	3.92	○
5.5～6.4	2.80	2.78	3.20	2.91	2.67	2.53	3.20	2.77	2.81	2.60	2.83	0.04	3.03	3.36	2.30	○
6.5～7.4	1.35	1.41	1.30	1.47	1.71	1.32	2.37	1.82	1.45	1.29	1.55	0.10	2.06	2.35	0.75	○
7.5～8.4	0.76	0.92	0.69	0.62	0.67	0.70	1.13	1.11	0.81	0.73	0.81	0.03	1.49	1.25	0.38	×
8.5～9.4	0.40	0.40	0.29	0.45	0.33	0.21	0.69	0.52	0.50	0.25	0.40	0.02	0.94	0.74	0.06	×
9.5～	0.42	0.46	0.51	0.21	0.31	0.17	0.45	0.67	0.15	0.19	0.35	0.03	0.63	0.77	0.00	○

（注）棄却検定は、不良標本の棄却に関するF分布検定を用いて、危険率（有意水準）を5%として行った。

3. 観測項目の異常年検定（F分布検定）及び気象データの代表性について

(1) 異常年検定（F分布検定）について

F分布検定は、母集団の分散（ばらつき具合）がわからないときに、母集団から取り出した標本のばらつき具合を使って検定する場合に用いられる方法であり、一般的に母集団は正規分布するものと仮定して行う。

この方法では、母集団から取り出した標本のうち検定年とするものを X_0 、統計年とするものを X_1, X_2, \dots, X_n とした場合、統計年の n 個の標本の平均値を X とし、統計年の分散からみて X_0 と X との差が有意ならば X_0 を棄却するものである。

なお、ここでいう標本とは、高浜発電所における風向及び風速の年間出現頻度を指し、具体的な検定手順を以下に示す。

- ① 検定年（1年）並びに統計年（10年）における風向及び風速階級別の各1年の出現頻度（ $X_0, X_1 \sim X_{10}$ ）を観測記録から求める。
- ② 統計年の出現頻度から次の統計量を算出する。

$$\text{平均値 } X : X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\text{分散 } S^2 : S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X)^2$$

- ③ 検定年の出現頻度と②で求めた統計量から次式によりF値（ F_{X_0} ）を算出する。

$$F_{X_0} = \frac{(n-1)(X_0 - X)^2}{(n+1)S^2}$$

- ④ 有意水準（危険率） $\alpha=0.05$ とし、F値（ F_α ）を第7表に示すF分布表より求める。第7表における自由度 ν_1 は検定年（1年）より $\nu_1=1$ となり、自由度 ν_2 は統計年の標本の個数 n （10年）を用いて $\nu_2=9$ となる。

$$F_\alpha = 5.12$$

- ⑤ F_{X_0} と F_α を比較して $F_{X_0} \geq F_\alpha$ ならば「棄却」、 $F_{X_0} < F_\alpha$ ならば「採択」となる。

また、採択される条件として、 X_0 が取り得る範囲（上限、下限）は次式から求めることから、この範囲に入らない場合を棄却とする。

$$\begin{array}{ccc} \text{棄却下限} & & \text{棄却上限} \\ X - \sqrt{S^2 \frac{n+1}{n-1} F_\alpha} < X_0 < X + \sqrt{S^2 \frac{n+1}{n-1} F_\alpha} \end{array}$$

第7表：F分布表 ($\alpha=0.05$)

		v_1														
v_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	30	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	245.9	248.0	250.1	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.43	19.45	19.46	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.70	8.66	8.62	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.86	5.80	5.75	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.62	4.56	4.50	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.94	3.87	3.81	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.51	3.44	3.38	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.22	3.15	3.08	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.01	2.94	2.86	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.85	2.77	2.70	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.72	2.65	2.57	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.62	2.54	2.47	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.53	2.46	2.38	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.46	2.39	2.31	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.40	2.33	2.25	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.35	2.28	2.19	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.31	2.23	2.15	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.27	2.19	2.11	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.23	2.16	2.07	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.20	2.12	2.04	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.18	2.10	2.01	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.15	2.07	1.98	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.13	2.05	1.96	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.11	2.03	1.94	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.09	2.01	1.92	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.07	1.99	1.90	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.06	1.97	1.88	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.04	1.96	1.87	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.03	1.94	1.85	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.01	1.93	1.84	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.92	1.84	1.74	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.84	1.75	1.65	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.75	1.66	1.55	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.79	1.75	1.67	1.57	1.46	1.00

(2) 気象データの代表性について

風向別出現頻度（16 項目）及び風速階級別出現頻度（11 項目）で F 分布検定を行い、棄却個数が 3 個以下の場合に気象データに代表性があると判断している考え方を以下に示す。

“代表性があると考えられる気象データに対して、異常年検定により誤って棄却される” 確率は、異常年検定（F 分布検定）での項目数及び有意水準（危険率）5%を踏まえ次式で計算できる。ここで、n は棄却される項目数を表す。

$$P(n) = {}_{27}C_n \times (1-0.95)^n \times (0.95)^{27-n}$$

n 項目棄却される場合の発生確率を第 8 表にまとめる。

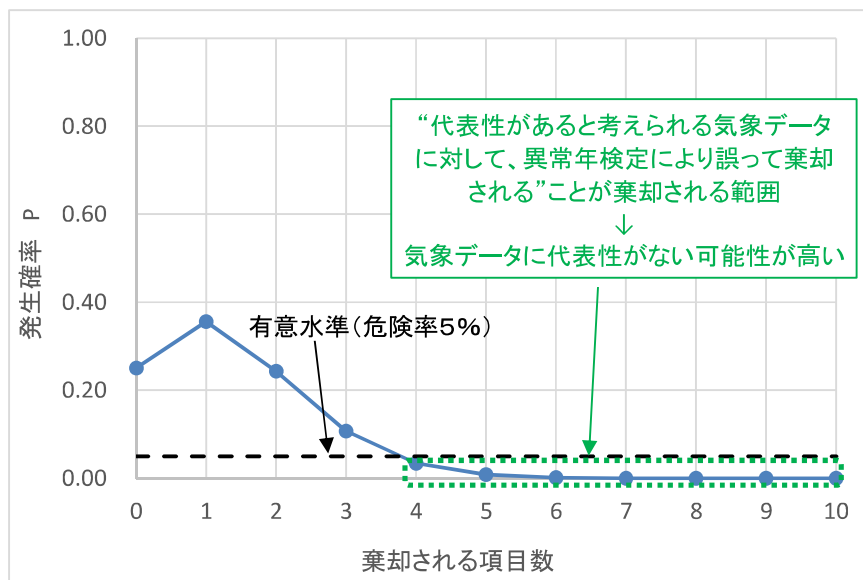
第 8 表から、棄却される項目数が 4 個以上の発生確率は～3.5%となり、“代表性があると考えられる気象データに対して、異常年検定により誤って棄却される” 可能性は小さいと言える。つまり、棄却される項目数が 4 個以上の場合は、気象データに代表性がない可能性が高いことを示している。

ここで、異常年検定（F 分布検定）において有意水準（危険率）5%で判定していることから、棄却される発生確率が 5%未満となる項目数が 4 個以上の場合は、気象データに代表性がないと判断している。

以上から、検定年が十分長期間の気象状態を代表性していると判断する基準は、棄却される項目数が 3 項目以下としている。

第8表 異常と判定される項目数（棄却個数）と発生確率の関係

棄却される項目数 n	発生確率 P	備考
0	2.50E-01	異常年と判定されない
1	3.56E-01	
2	2.43E-01	
3	1.07E-01	
4	3.37E-02	異常年と判定される
5	8.16E-03	
6	1.58E-03	
7	2.49E-04	
8	3.27E-05	
9	3.64E-06	
10	3.44E-07	



第1図 棄却される項目数と発生確率

高浜 1、2号炉の取替燃料集合体最高燃焼度の変更に伴う 申請における気象資料の代表性の検討結果について

添付書類六に記載している気象資料については、高浜 1、2号炉の取替燃料集合体最高燃焼度の変更に伴う申請において、当時被ばく評価で使用していた 1986 年の気象資料の代表性が損なわれたことから、当時の至近一年間の気象資料であった 2006 年気象資料の代表性を確認し、被ばく評価に使用している。

以下に、高浜 1、2号炉の取替燃料集合体最高燃焼度の変更に伴う申請において、気象資料の代表性を検討した資料を示す。

1. 気象資料の代表性の検討について

(1) 概 要

安全解析を行うに当たり、観測を行った 1 年間の気象状態が長期間の気象状態と比較して特に異常でないかどうかの検討を行った結果について以下に示す。

(2) 現行の安全解析に使用している気象資料の代表性の検討

現行の安全解析に使用している 1 年間（1986 年 1 月～12 月）の気象状態が、高浜発電所の過去 10 年間（1997 年 1 月～2006 年 12 月）の観測結果と比較して異常がないかどうかを F 分布検定の手順に従い検討した。（第 1 表、第 2 表参照）

観測地点	観測項目	検定結果	棄却された項目
観測点 A (標高約 81m)	風向	1 項目棄却	風 向：E
	風速	3 項目棄却	風速階級：6.5～7.4 8.5～9.4 9.5 以上

現行の安全解析に使用している 1 年間（1986 年 1 月～12 月）気象資料は、有意水準 5% で棄却された項目が 4 つであり、代表性が損なわれていると判断した。

第 1 表 棄却檢定表 (風向)

観測場所：観測点 A
(標高約 81m、地上高約 15m)
(単位：%)

風向	統計年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	平均値	検定年 1986	棄却限界(%)		判定 ○採択 ×棄却
		上限		下限												
N		5.29	6.46	5.33	6.14	7.16	6.05	5.76	6.13	6.41	6.78	6.15	6.56	7.56	4.74	○
NNE		3.90	4.56	3.50	4.95	5.13	4.46	4.08	5.03	4.61	5.25	4.55	3.31	5.91	3.18	○
NE		6.20	7.20	5.44	7.40	5.95	7.06	5.80	6.95	6.38	6.55	6.49	7.23	8.04	4.95	○
ENE		3.37	3.00	2.77	4.01	4.91	3.73	3.12	3.01	2.48	3.35	3.38	2.29	5.03	1.72	○
E		1.29	1.29	1.58	1.66	1.78	2.13	2.23	2.13	2.04	2.06	1.82	0.96	2.65	0.99	×
ESE		1.68	1.92	2.35	1.62	1.80	2.88	3.99	4.02	2.87	3.57	2.67	1.58	4.89	0.44	○
SE		3.58	3.41	5.08	4.01	3.07	3.98	4.50	4.84	4.14	3.90	4.05	4.11	5.53	2.57	○
SSE		3.59	3.63	4.46	3.90	3.63	5.12	6.05	5.81	5.00	5.89	4.71	4.78	7.07	2.34	○
S		5.65	4.71	4.85	5.19	4.53	7.30	6.12	7.10	6.82	5.45	5.77	5.01	8.18	3.36	○
SSW		5.48	3.93	4.42	4.16	4.46	5.47	4.42	4.83	6.31	4.17	4.77	3.56	6.56	2.97	○
SW		2.47	1.47	2.06	1.86	3.14	2.16	1.19	1.44	1.53	1.36	1.87	1.02	3.30	0.43	○
WSW		1.13	1.05	1.41	0.82	0.94	1.51	1.21	1.90	1.86	1.51	1.34	0.57	2.21	0.46	○
W		3.13	3.72	3.77	3.47	3.30	4.16	4.09	4.86	5.24	4.18	4.00	3.37	5.58	2.41	○
WNW		8.49	8.21	8.55	8.59	7.99	10.85	12.05	13.01	13.08	11.97	10.28	9.59	15.29	5.27	○
NW		15.88	14.92	15.40	14.32	13.70	15.76	18.35	15.54	17.29	16.90	15.81	17.67	19.12	12.49	○
NNW		9.27	8.02	10.38	10.27	14.16	9.90	8.13	7.20	8.76	7.96	9.41	9.62	14.12	4.69	○
CALM		19.59	22.50	18.65	17.62	14.34	7.47	8.93	6.19	5.17	9.15	12.96	18.75	27.93	-2.01	○

第2表 棄却檢定表 (風速)

觀測場所：觀測点 A
 (標高約 81m、地上高約 15m)
 (單位：%)

風速 分布 (m/s)	統計年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	平均值	檢定年 1986	棄却限界(5%)		判定 ○採択 ×棄却
														上 限	下 限	
0.0~0.4		19.59	22.50	18.65	17.62	14.34	7.47	8.93	6.19	5.17	9.15	12.96	18.75	27.93	-2.01	○
0.5~1.4		25.17	25.07	25.89	26.24	25.96	27.50	28.82	32.89	28.77	31.45	27.77	21.50	34.16	21.39	○
1.5~2.4		20.12	21.05	20.88	20.37	20.50	23.14	23.78	25.34	24.92	23.81	22.39	19.00	27.17	17.62	○
2.5~3.4		13.23	12.84	13.92	13.87	14.25	16.74	13.91	16.10	16.21	14.49	14.56	12.81	17.72	11.39	○
3.5~4.4		8.64	7.49	7.83	8.74	9.77	10.37	8.47	7.95	10.37	7.99	8.76	9.68	11.27	6.26	○
4.5~5.4		5.63	4.33	5.10	5.30	6.48	6.51	6.11	4.81	5.98	4.97	5.52	6.43	7.27	3.77	○
5.5~6.4		3.32	2.86	2.74	3.17	3.60	3.92	4.00	2.69	3.71	3.03	3.30	4.27	4.45	2.16	○
6.5~7.4		1.94	1.73	2.04	2.29	2.57	2.03	2.28	1.78	2.36	2.06	2.11	3.05	2.74	1.48	×
7.5~8.4		0.94	1.16	1.54	1.19	1.23	1.18	1.69	1.01	1.23	1.49	1.26	1.74	1.82	0.70	○
8.5~9.4		0.57	0.56	0.65	0.67	0.78	0.57	1.12	0.52	0.76	0.94	0.72	1.31	1.17	0.26	×
9.5~		0.86	0.42	0.77	0.54	0.52	0.56	0.90	0.72	0.52	0.63	0.64	1.45	1.02	0.26	×

(3) 至近1年間の気象資料の代表性の検討

至近の1年間（2006年1月～12月）の気象状態が高浜発電所の過去10年間（1996年1月～2005年12月）の観測結果と比較して異常がないかどうか、F分布検定の手順に従い検討した。（第3表、第4表参照）

観測地点	観測項目	検定結果	棄却された項目
観測点A (標高約81m)	風向	棄却項目なし	—
	風速	棄却項目なし	—

この1年間（2006年1月～12月）の気象資料には有意水準5%で棄却された項目がなく、発電所の長期間の気象状態を代表しているため、これを用いて安全解析を行うことは妥当である。

第3表 棄却検定表 (風向)

観測場所：観測点A
(標高約81m、地上高約15m)
(単位：%)

風向	統計年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	平均値	検定年 2006	棄却限界(5%)		判定 ○採択 ×棄却
N		7.05	5.29	6.46	5.33	6.14	7.16	6.05	5.76	6.13	6.41	6.18	6.78	7.67	4.68	○
NNE		4.32	3.90	4.56	3.50	4.95	5.13	4.46	4.08	5.03	4.61	4.45	5.25	5.69	3.22	○
NE		7.92	6.20	7.20	5.44	7.40	5.95	7.06	5.80	6.95	6.38	6.63	6.55	8.52	4.75	○
ENE		2.48	3.37	3.00	2.77	4.01	4.91	3.73	3.12	3.01	2.48	3.29	3.35	5.08	1.50	○
E		1.79	1.29	1.29	1.58	1.66	1.78	2.13	2.23	2.13	2.04	1.79	2.06	2.60	0.99	○
ESE		2.60	1.68	1.92	2.35	1.62	1.80	2.88	3.99	4.02	2.87	2.57	3.57	4.67	0.48	○
SE		4.58	3.58	3.41	5.08	4.01	3.07	3.98	4.50	4.84	4.14	4.12	3.90	5.64	2.60	○
SSE		5.32	3.59	3.63	4.46	3.90	3.63	5.12	6.05	5.81	5.00	4.65	5.89	6.87	2.43	○
S		5.15	5.65	4.71	4.85	5.19	4.53	7.30	6.12	7.10	6.82	5.74	5.45	8.19	3.29	○
SSW		4.17	5.48	3.93	4.42	4.16	4.46	5.47	4.42	4.83	6.31	4.77	4.17	6.56	2.97	○
SW		1.53	2.47	1.47	2.06	1.86	3.14	2.16	1.19	1.44	1.53	1.88	1.36	3.29	0.48	○
WSW		0.77	1.13	1.05	1.41	0.82	0.94	1.51	1.21	1.90	1.86	1.26	1.51	2.21	0.31	○
W		3.94	3.13	3.72	3.77	3.47	3.30	4.16	4.09	4.86	5.24	3.97	4.18	5.55	2.40	○
WNW		10.98	8.49	8.21	8.55	8.59	7.99	10.85	12.05	13.01	13.08	10.18	11.97	15.04	5.32	○
NW		17.79	15.88	14.92	15.40	14.32	13.70	15.76	18.35	15.54	17.29	15.90	16.90	19.45	12.34	○
NNW		8.08	9.27	8.02	10.38	10.27	14.16	9.90	8.13	7.20	8.76	9.42	7.96	14.11	4.73	○
CALM		11.50	19.59	22.50	18.65	17.62	14.34	7.47	8.93	6.19	5.17	13.20	9.15	27.89	-1.50	○

第4表 棄却檢定表 (風速)

觀測場所：觀測点A
(標高約81m、地上高約15m)
(單位：%)

統計年 風速 分布 (m/s)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	平均値	檢定年 2006	棄却限界(5%)		判定 ○採択 ×棄却
													上 限	下 限	
0.0~0.4	11.50	19.59	22.50	18.65	17.62	14.34	7.47	8.93	6.19	5.17	13.20	9.15	27.89	-1.50	○
0.5~1.4	23.83	25.17	25.07	25.89	26.24	25.96	27.50	28.82	32.89	28.77	27.01	31.45	33.21	20.81	○
1.5~2.4	22.95	20.12	21.05	20.88	20.37	20.50	23.14	23.78	25.34	24.92	22.31	23.81	26.96	17.65	○
2.5~3.4	16.24	13.23	12.84	13.92	13.87	14.25	16.74	13.91	16.10	16.21	14.73	14.49	18.13	11.33	○
3.5~4.4	9.43	8.64	7.49	7.83	8.74	9.77	10.37	8.47	7.95	10.37	8.91	7.99	11.37	6.44	○
4.5~5.4	6.24	5.63	4.33	5.10	5.30	6.48	6.51	6.11	4.81	5.98	5.65	4.97	7.41	3.88	○
5.5~6.4	3.96	3.32	2.86	2.74	3.17	3.60	3.92	4.00	2.69	3.71	3.40	3.03	4.61	2.18	○
6.5~7.4	2.76	1.94	1.73	2.04	2.29	2.57	2.03	2.28	1.78	2.36	2.18	2.06	2.97	1.39	○
7.5~8.4	1.61	0.94	1.16	1.54	1.19	1.23	1.18	1.69	1.01	1.23	1.28	1.49	1.87	0.68	○
8.5~9.4	0.77	0.57	0.56	0.65	0.67	0.78	0.57	1.12	0.52	0.76	0.70	0.94	1.11	0.28	○
9.5~	0.71	0.86	0.42	0.77	0.54	0.52	0.56	0.90	0.72	0.52	0.65	0.63	1.03	0.27	○

高浜発電所風洞実験

報 告 書

2023年5月

関西電力株式会社

目 次

1. 実験目的	1
2. 実験条件	1
2. 1 風洞風速	1
2. 2 実験風向	1
2. 3 風洞気流設定条件	1
2. 4 ガス排出方式	1
2. 5 模型縮尺及び範囲	1
3. 実験種類	4
3. 1 平地実験	4
3. 2 模型実験	4
4. 実験方法	6
4. 1 風 洞	6
4. 2 濃度測定	6
5. 実験結果	7
5. 1 気流条件	7
5. 2 平地実験	10
5. 3 放出源の有効高さの解析結果	12

1. 実験目的

平地及び模型実験を行い、高浜発電所の1号機、2号機、3号機及び4号機排気筒から放出される放射性ガスの拡散に及ぼす地形及び建物の影響を定量的に評価し、周辺の被ばく線量評価（事故時、平常運転時）に用いる放出源の有効高さを評価する。

なお、本風洞実験は、(社)日本原子力学会標準「発電用原子炉施設の安全解析における放出源の有効高さを求めるための風洞実験実施基準：2019」に基づき、三菱重工業(株)総合研究所で実施した。

2. 実験条件

2. 1 風洞風速

風洞風速(U)は、一様流中で6m/sとした。

2. 2 実験風向

実験風向については、事故時は海側方位を除く全方位、平常運転時（以下、平常時という。）は全方位について実験を行った。

2. 3 風洞気流設定条件

風洞の気流は、大気安定度をほぼ中立の状態とし、下記条件とした。

(1) 平均風速鉛直分布

平均風速鉛直分布を、高さの約1/7乗に比例させた。

(2) 主流方向の乱流強度

地上高度30mでの主流方向の乱流強度を約13%とした。

(3) 風速境界層厚さ

風速境界層厚さは地上高度400m以上とした。

2. 4 ガス排出方式

水平にトレーサガスを放出するΓ型模型排気筒を用いた。(図2.4-1参照)

2. 5 模型縮尺及び範囲

模型縮尺1/2000で、発電所風下5.3kmの範囲を再現した円形模型を使用した。(図2.5-1参照)

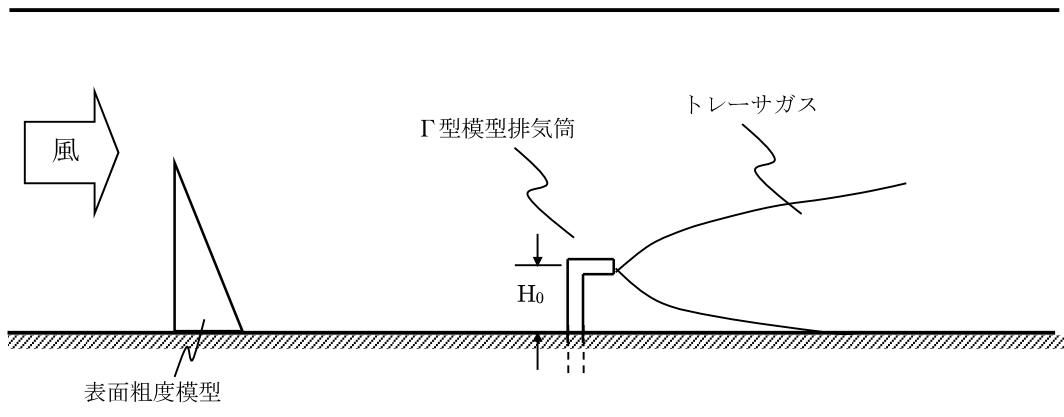


図 2. 4-1 Γ 型模型排気筒によるトレーサガスの放出概念図

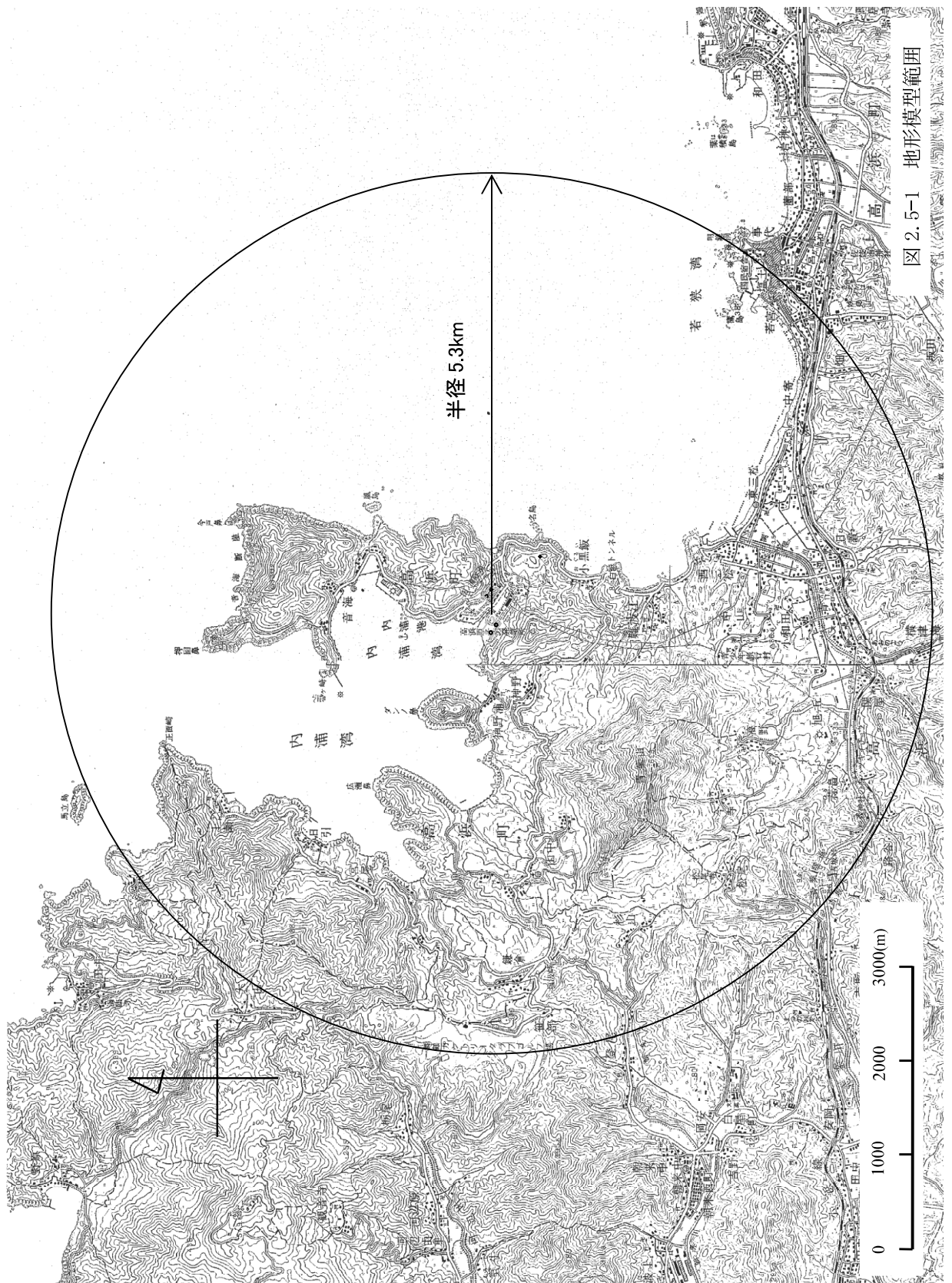


图 2.5-1 地形模型範圍

3. 実験種類

3. 1 平地実験

(1) 気流条件測定

平地上に表面粗度模型（スパイヤ）を置いた状態で、高さごとの平均風速と乱流強度を測定した。

(2) 地表濃度分布測定

模型排気筒の放出源高さを $H_0=0, 20, 40, 60, 80, 100, 150, 200, 250\text{m}$ に変化させ地表濃度分布を測定した。

(3) 大気安定度の確認

$H_0=0\text{m}$ でトレーサガスの鉛直濃度分布を排気筒風下 1km、2km、3km、4km、5km の 5 地点で測定し、この分布から鉛直方向の拡がりのパラメータ σ_z を解析した。また、(2) の地表濃度分布の測定結果より、水平方向の拡がりのパラメータ σ_y も解析し、大気安定度を確認した。

3. 2 模型実験

平地実験にて風洞気流設定条件が満足されていることを確認した後、風洞内に地形模型を設置して、模型排気筒から放出されるトレーサガスの地表濃度分布を測定した。

なお、トレーサガスの放出源高さは、以下のとおりとする。また、平常時及び事故時の放出源高さの値を表 3. 2-1 に示す。

(1) 平常時

以下の式で計算される放出源高さ H_0 から、トレーサガスを放出した。

$$H_0 = H_s + 3.0 \times D \times W / U = H_s + \triangle H$$

H_s : 排気筒実高さ (m)

D : 排気筒出口の内径 (m)

W : 吹出し速度 (m/s)

$1/U$: 風向別風速逆数の平均 (s/m)

$\triangle H$: 吹上げ高さ (m)

(2) 事故時

排気筒実高さ H_s を放出源高さ H_0 として、トレーサガスを放出した。

表 3.2-1 放出源高さ

風向	着目方位	風速逆数の平均 1/U (s/m) ※	放出源高さ H ₀ (m)							
			1号機		2号機		3号機		4号機	
			平常時	事故時	平常時	事故時	平常時	事故時	平常時	事故時
N	S	0.94	202	84.9	162	84.9	200	84.0	202	84.0
NNE	SSW	1.01	211	84.9	168	84.9	209	84.0	211	84.0
NE	SW	0.86	192	84.9	156	84.9	190	84.0	192	84.0
ENE	WSW	0.92	200	84.9	160	84.9	198	84.0	199	84.0
E	W	1.16	230	84.9	180	84.9	228	84.0	229	84.0
ESE	WNW	0.95	204	84.9	163	84.9	202	84.0	203	84.0
SE	NW	0.95	204	84.9	163	84.9	202	84.0	203	84.0
SSE	NNW	1.09	221	84.9	175	84.9	219	84.0	221	84.0
S	N	0.97	206	84.9	165	84.9	204	84.0	205	84.0
SSW	NNE	0.70	172	84.9	142	84.9	170	84.0	172	84.0
SW	NE	1.11	224	84.9	176	84.9	221	84.0	223	84.0
WSW	ENE	1.26	242	84.9	189	84.9	240	84.0	242	84.0
W	E	1.01	211	84.9	168	84.9	209	84.0	211	84.0
WNW	ESE	0.86	192	84.9	156	84.9	190	84.0	192	84.0
NW	SE	0.61	161	84.9	135	84.9	159	84.0	160	84.0
NNW	SSE	0.54	152	84.9	129	84.9	151	84.0	151	84.0
排気筒出口の内径 D (m)			1.875		1.875		2.050		2.096	
吹出し速度 W (m/s)			22.3		14.7		20.2		20.0	
排気筒実高さ H _s (m)			84.9		84.9		84.0		84.0	

※風速逆数の平均 (使用気象年：2019年1月～2019年12月)

4. 実験方法

4. 1 風洞

実験にあたっては、幅 6m×高さ 5m×長さ 30m の大型境界層風洞を使用した。風洞実験設備を図 4. 1-1 に示す。

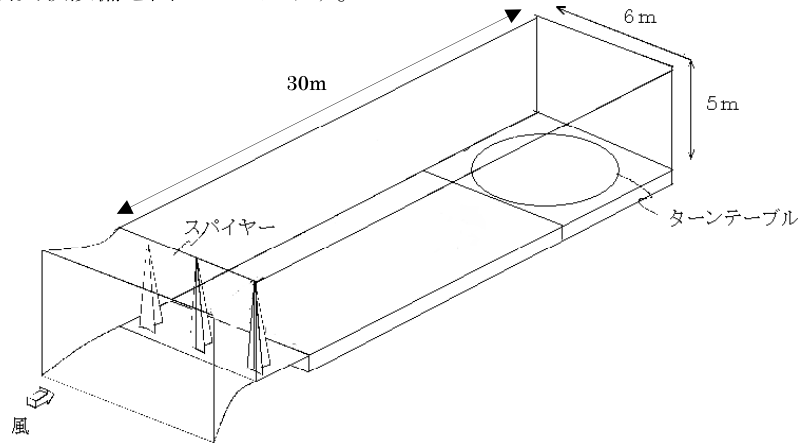


図 4. 1-1 風洞実験設備

4. 2 濃度測定

図 4. 2-1 に測定系の概要を示す。排気筒より放出されたトレーサガス (CH_4) は風に流されながら拡散した後、トラバース装置に設置された底部が開口している多数のガス吸引管より低速で同時吸引され、炭化水素分析計によって自動的に濃度分析される。ガス吸引管を各吸引点までトラバース装置で移動し、地表濃度を計測した。

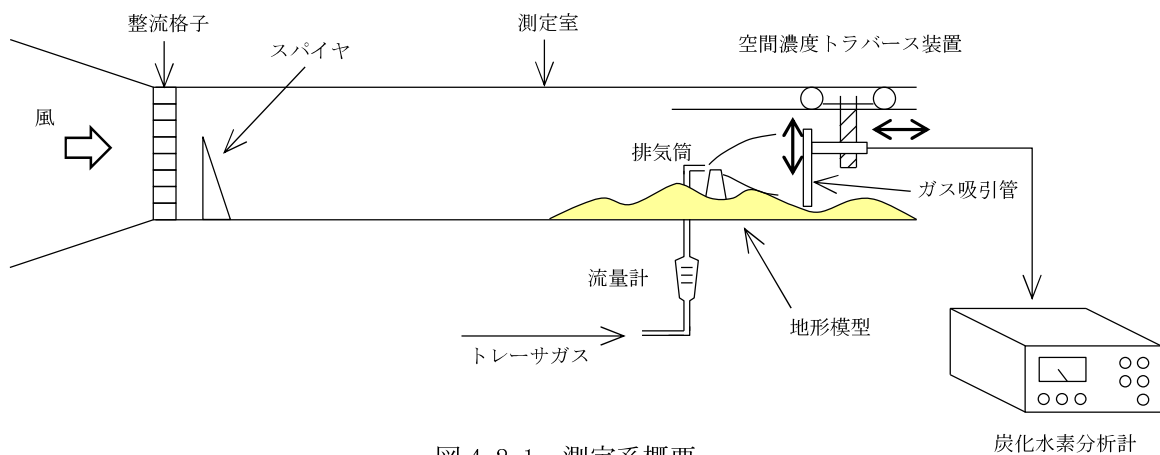


図 4. 2-1 測定系概要

5. 実験結果

5. 1 気流条件

平地上における気流条件について、以下の確認を行った。

(1) 風速境界層の確認

地表濃度分布の測定に先立ち、風洞内の気流条件を制御し、高度別の風速比と主流方向の乱流強度を測定した結果を図 5. 1-1 に示す。この結果から、以下のことが確認できた。

- ①風速境界層内において、風速比の鉛直分布は高さの約 1/7 乗に比例している。
- ②風速境界層内において、地表付近（高度 30m）の主流方向乱流強度は 13%程度に制御できている。
- ③400m 以上の風速境界層厚さが再現できている。

(2) 大気安定度の確認

風洞気流の鉛直方向の拡がりのパラメータ σ_z と水平方向の拡がりのパラメータ σ_y を図 5. 1-2 にそれぞれ示す。この結果から、 σ_z 、 σ_y ともにほぼ大気安定度中立（C～D）が再現できた。

図 5. 1-2 は放出源高さを 0m として測定した。

U_i : 各高度の風速
 U_o : 上層の風速

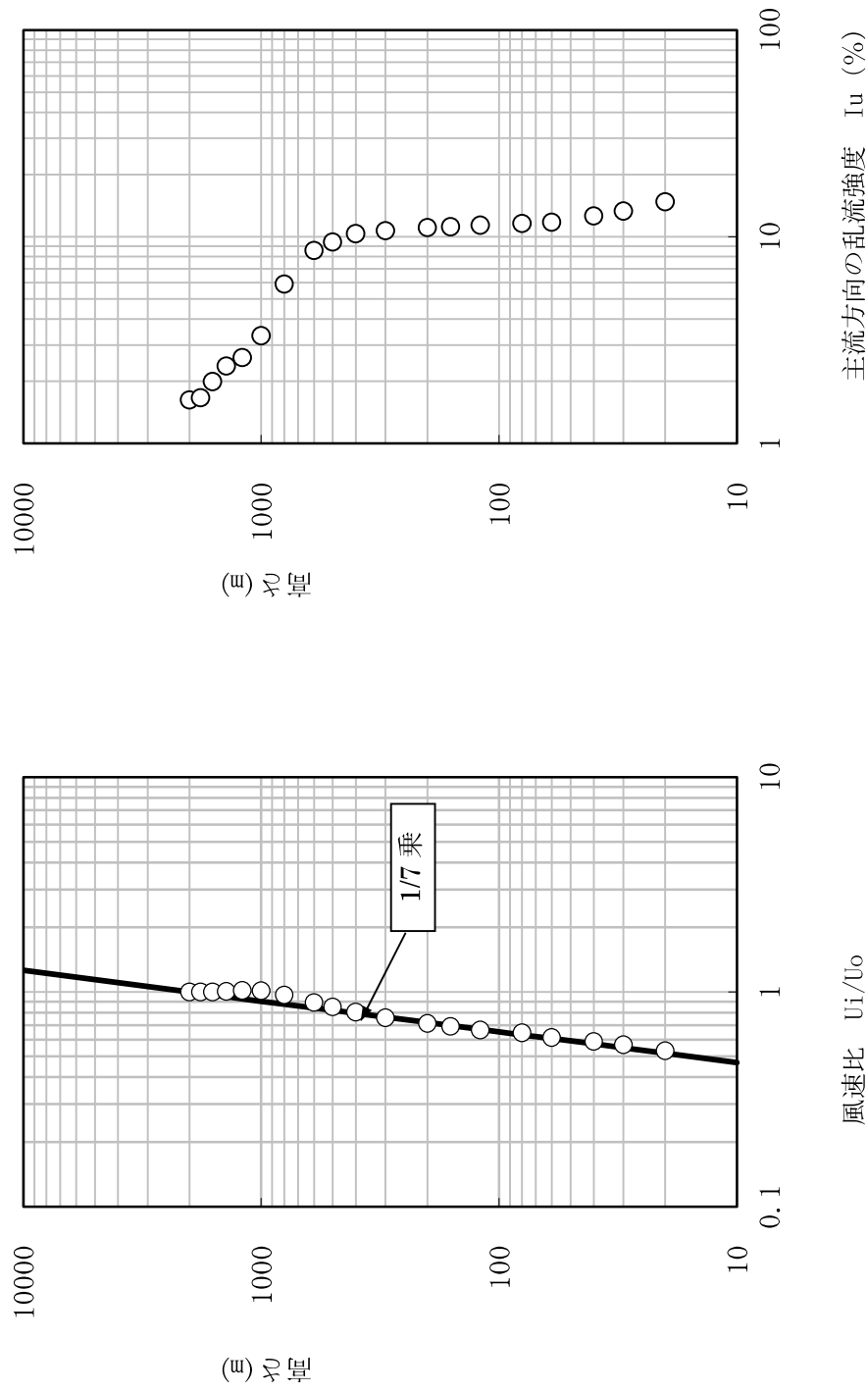
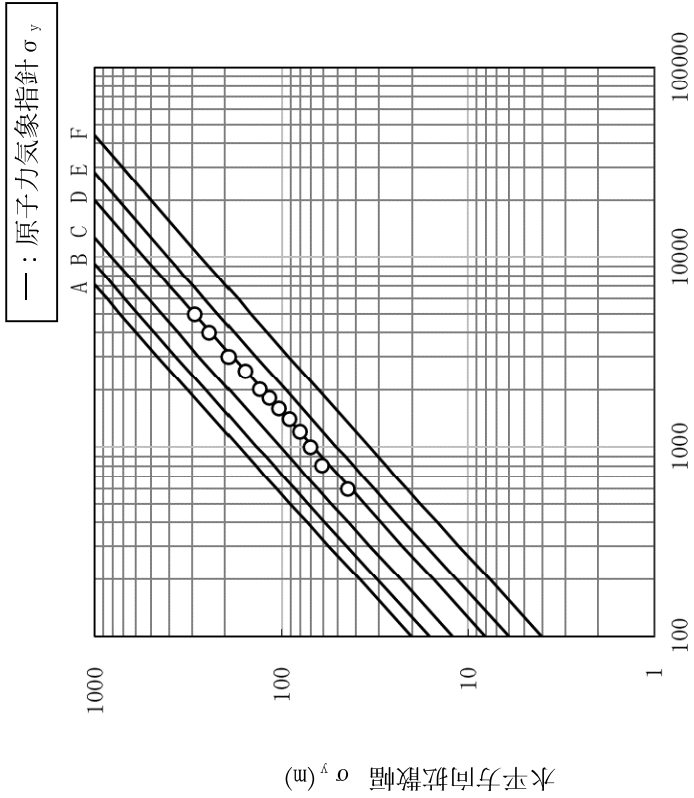
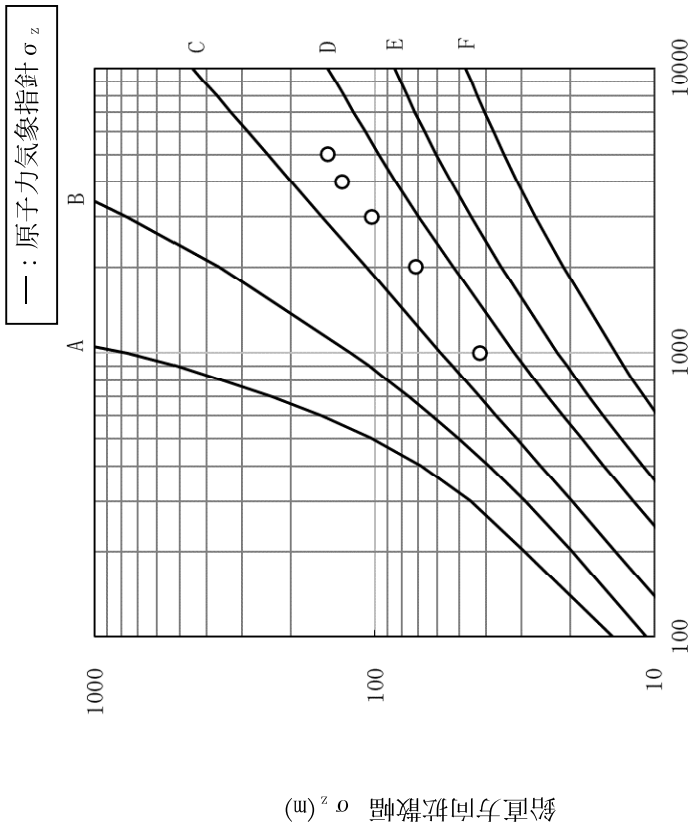


図 5.1-1 風速境界層の確認結果



大気安定度分類

階級	安定度
A	強不安定
B	不安定
C	弱不安定
D	中立
E	弱安定
F	安定

風下距離 X (m)

a) 鉛直方向の拡がりのパラメータ

風下距離 X (m)

b) 水平方向の拡がりのパラメータ

図 5.1-2 鉛直及び水平方向の拡がりのパラメータ

5. 2 平地実験

平地実験で放出源高さを $H_o=0、20、40、60、80、100、150、200、250\text{m}$ と変化させ地表濃度を測定した。得られた地表濃度分布から、風下距離ごとの地表濃度の正規化濃度の最大値 UC/Q (m^{-2}) を読みとり、風下方向の地表煙軸濃度分布を求めた。

U : 上空風速 (m/s)

C : 各計測点の地表濃度 (m^3/m^3)

Q : トレーサガス放出流量 (m^3/s)

$$Q = \pi / 4 \cdot Dt^2 \cdot Vg$$

Dt : 模型排気筒の内径 (m)

Vg : トレーサガス放出速度 (m/s)

地表煙軸濃度分布を図 5. 2-1 に示す。なお、図中には、実験結果にフィットさせた近似曲線を実線で記載し、放出源高さ 10m ごとの内挿曲線を破線で記載した。

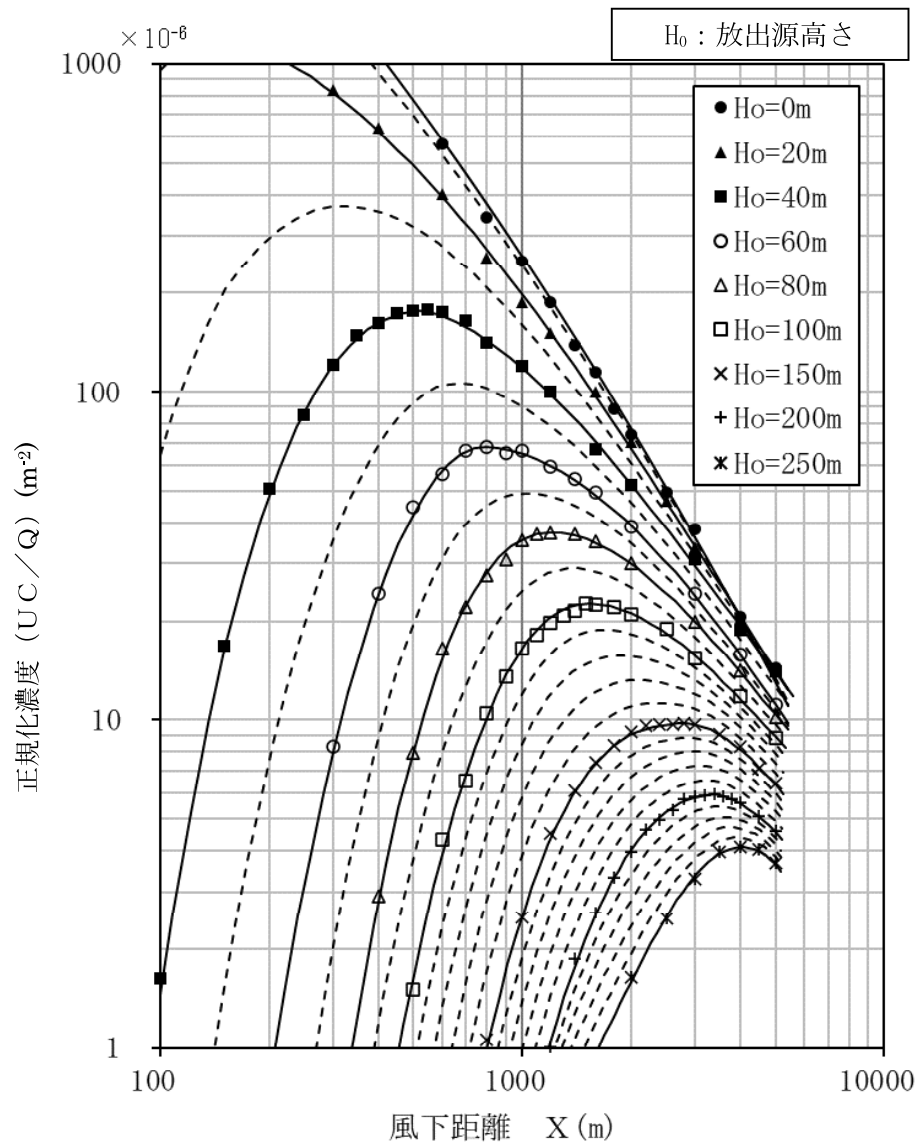


図 5.2-1 地表煙軸濃度分布

5. 3 放出源の有効高さの解析結果

次の手順により放出源の有効高さを解析し、整理した結果を表 5.3-1～表 5.3-4 に示す。

- (1) 平地実験で放出源高さ (H_0) ごとの地表煙軸濃度を求め、この分布を用いて放出源高さ 10m ごとの近似曲線を求める。
- (2) 模型実験で各方位各号機の放出源高さ (H_0) について地表煙軸濃度分布を求める。これらの濃度分布から、評価地点以遠において地形実験の濃度分布を下回らない濃度を示す平地実験の放出源高さを、放出源の有効高さとする。なお、放出源の有効高さは 5m 間隔で評価する。

また、模型実験での風向ごとの地表煙軸濃度分布を表 5.3-5～表 5.3-6 に示す図番にまとめた。

表5.3-1 放出源の有効高さ（平常時）

評価点 No.	号機	各号機からの値			平常時	
		風向	方位	評価距離(m)	放出源高さ(m)	有効高さ(m)
1	1	N	S	780	202	95
	2	N	S	850	162	90
	3	NW	SE	940	159	85
	4	NW	SE	1050	160	85
2	1	NNE	SSW	910	211	85
	2	NNE	SSW	930	168	90
	3	N	S	770	200	75
	4	NNW	SSE	850	151	75
3	1	ENE	WSW	920	200	105
	2	NE	SW	870	156	90
	3	NE	SW	500	190	55
	4	NNE	SSW	510	211	70
4	1	ENE	WSW	930	200	105
	2	ENE	WSW	870	160	60
	3	NE	SW	470	190	55
	4	NE	SW	450	192	60
5	1	E	W	990	230	180
	2	E	W	900	180	115
	3	E	W	480	228	155
	4	ENE	WSW	410	199	80
6	1	ESE	WNW	1290	204	115
	2	ESE	WNW	1180	163	80
	3	SE	NW	870	202	85
	4	SE	NW	750	203	85
7	1	SE	NW	3420	204	140
	2	SE	NW	3300	163	115
	3	SE	NW	3080	202	150
	4	SE	NW	2970	203	150
8	1	SSE	NNW	990	221	115
	2	SSE	NNW	900	175	90
	3	S	N	980	204	80
	4	SSW	NNE	940	172	100

表5.3-2 放出源の有効高さ（平常時）

評価点 No.	号機	各号機からの値			平常時	
		風向	方位	評価距離 (m)	放出源高さ (m)	有効高さ (m)
9	1	SSE	NNW	960	221	115
	2	S	N	880	165	70
	3	SSW	NNE	990	170	105
	4	SSW	NNE	950	172	100
10	1	S	N	930	206	75
	2	SSW	NNE	880	142	70
	3	SSW	NNE	1120	170	115
	4	SW	NE	1120	223	140
11	1	SSW	NNE	1030	172	70
	2	SW	NE	1020	176	125
	3	SW	NE	1360	221	165
	4	SW	NE	1390	223	165
12	1	WSW	ENE	730	242	125
	2	WSW	ENE	800	189	85
	3	WSW	ENE	1220	240	105
	4	W	E	1310	211	105
13	1	W	E	490	211	120
	2	W	E	580	168	90
	3	W	E	990	209	100
	4	W	E	1080	211	105
14	1	W	E	550	211	120
	2	WNW	ESE	650	156	70
	3	W	E	1050	209	105
	4	W	E	1150	211	105
15	1	NW	SE	820	161	80
	2	NW	SE	930	135	75
	3	WNW	ESE	1180	190	115
	4	WNW	ESE	1300	192	125
16	1	NNW	SSE	740	152	65
	2	NNW	SSE	830	129	65
	3	NW	SE	990	159	85
	4	NW	SE	1100	160	90

表 5.3-3 放出源の有効高さ（事故時）

風向	着目方位	号機	評価距離 (m)	事故時	
				放出源高さ (m)	有効高さ (m)
N	S	1	750	84.9	60
		2	850		65
		3	750	84.0	65
		4	660		60
NNE	SSW	1	860	84.9	90
		2	930		90
		3	510	84.0	55
		4	480		55
NE	SW	1	930	84.9	90
		2	860		85
		3	470	84.0	55
		4	410		45
ENE	WSW	1	900	84.9	70
		2	870		70
		3	450	84.0	40
		4	390		35
E	W	1	950	84.9	65
		2	900		60
		3	460	84.0	45
		4	470		45
ESE	WNW	1	1290	84.9	60
		2	1180		55
		3	820	84.0	50
		4	700		45
SE	NW	1	3420	84.9	130
		2	3300		115
		3	860	84.0	50
		4	750		45
SSE	NNW	1	960	84.9	60
		2	880		60
		3	1920	84.0	110
		4	1900		110

表 5.3-4 放出源の有効高さ（事故時）

風向	着目方位	号機	評価距離 (m)	事故時	
				放出源高さ (m)	有効高さ (m)
S	N	1	900	84.9	60
		2	880		55
		3	940	84.0	80
		4	920		80
SSW	NNE	1	960	84.9	85
		2	860		75
		3	980	84.0	115
		4	940		110
SW	NE	1	1620	84.9	170
		2	1020		115
		3	1130	84.0	140
		4	1140		140
WSW	ENE	1	-	84.9	-
		2	-		-
		3	-	84.0	-
		4	-		-
W	E	1	-	84.9	-
		2	-		-
		3	-	84.0	-
		4	-		-
WNW	ESE	1	-	84.9	-
		2	-		-
		3	1180	84.0	85
		4	1290		90
NW	SE	1	820	84.9	65
		2	930		65
		3	940	84.0	55
		4	1040		60
NNW	SSE	1	740	84.9	55
		2	830		55
		3	850	84.0	60
		4	850		60

気象指針解説に関する補足説明

気象指針解説の内容とそれに対する対応は以下の通り。

気象指針解説 「X. その他気象条件の取扱い」記載内容	対応
<p>1. 気象現象の年変動</p> <p>気象現象は、ほぼ1年周期でくり返されているが、年による変動も存在する。</p> <p>このため、想定事故時の線量計算に用いる相対濃度についてその年変動を比較的長期にわたって調査してみると、相対濃度の平均値に対する各年の相対濃度の偏差の比は、30%以内であった。</p> <p>このことから、1年間の気象資料にもとづく解析結果は、気象現象の年変動に伴って変動するものの、その程度はさほど大きくないので、まず、1年間の気象資料を用いて解析することとした。</p> <p>その場合には、その年がとくに異常な年であるか否かを最寄の気象官署の気象資料を用いて調査することが望ましい。</p> <p>また、2年以上の気象資料が存在する場合には、これを有効に利用することが望ましい。</p>	<p>毎年、代表年の気象が特に異常な年であるか否かを確認するために、過去の許可と同様に1回/年検定を行っている。</p> <p>なお、検定の結果、本申請では敷地において観測した2019年1月から2019年12月までの1年間の気象資料を用いて大気拡散評価を行った。</p>
<p>2. 上層逆転層</p> <p>排気筒の上方に安定な気層があり、その下層が不安定の状態のとき、ここでは上層逆転層があるという。この場合には上方への拡散が妨げられて、地上付近の濃度が増すことがある。</p> <p>指針は、地表空气中濃度を拡散式にもとづいて計算することとしているが、この拡散条件に対して特殊な気象状態である上層逆転層についてはその扱いを検討する必要がある。</p> <p>上層逆転層の発生は、垂直方向の気温を観測して判断されるので、気温差の高度別出現頻度、気温逆転の高度別出現頻度、気温逆転の継続時間等を調査</p>	<p>昭和52年から昭和53年にかけて、春・夏・秋の各7日間に16回/日の敷地上空の気温差の観測を実施し、計304回の観測値をもって上層逆転層の出現状況を確認している。</p> <p>排気筒真上で放射性物質が閉じ込められるような上層逆転層は、計304回の観測のうち、3回発生した。</p>

した結果、排気筒真上で放出物質が閉じ込められるような上層逆転層の発生は比較的少ない現象であると推定された。

一方、上層逆転層発生時の地表空気中濃度を非常に厳しい前提(排気筒のすぐ上にふたがあるように考える)を用いて得た計算値は、指針の拡散式によって得た値と比較して極端に大きくはなかった。

このようなことから、上述のような上層逆転層の発生は、比較的少ない現象であること、たとえ発生してもそれ程大きな濃度を示さないと考えられることから、上層逆転層については、とくに計算に入れないこととした。

しかし、上層逆転層の出現が少ないことをみるため、特定の期間、気温差を観測し、気温逆転の高度別出現頻度、気温差の高度別出現頻度、気温逆転の継続時間等を把握することが望ましい。