

(審議)バイナリー発電設備に係る
ボイラー・タービン主任技術者の選任
及び工事計画届出等の
不要化範囲の見直しについて

平成26年3月10日
商務流通保安グループ
電力安全課

1. 経緯

平成25年6月14日に閣議決定された「規制改革実施計画」において以下が決定された。

[事項名]

バイナリー発電設備に係るボイラー・タービン主任技術者の選任及び工事計画届出等の不要化範囲の見直し

[内容](番号、下線は当課にて記入)

出力が300kW未満等のバイナリー発電設備であり、(1)媒体が炭化水素ガス又はアンモニア水であり、輻射熱又は大気圧相当の熱水・蒸気を利用するものについて、または、(2)媒体が不活性ガス、炭化水素ガス又はアンモニア水であり、大気圧以上、100℃以上の熱水・蒸気を使用するものについて、既存の該当事例(例えば、九州における小型蒸気発電や類似の機械である吸収式冷凍機等)における実績等、今後、事業者等が保有するデータなど必要なデータ等を収集し、安全性に関する技術的検証を踏まえ、ボイラー・タービン主任技術者の選任、工事計画届出、溶接事業者検査及び定期事業者検査の不要化につき検討する。また、小型のフラッシュタイプ等の発電設備についても、今後、必要なデータ等が得られれば規制の見直しを検討する。

[実施時期]

バイナリー発電設備については平成25年度検討・結論、結論を得次第措置。小型のフラッシュタイプ等の発電設備については、必要なデータ等が得られ次第検討開始

2. 現行制度

平成24年経済産業省告示第100号において、ボイラー・タービン(BT)主任技術者及び工事計画等が不要となる条件を以下のように定めている。

	出力条件等	保安規程届出	主任技術者選任		工事計画届出	使用前・自主検査 定期事業者検査	溶接事業者検査
			電気	BT			
現行規制	以下の全ての条件を満たす場合 (2) 液化ガス用気化器により気化した熱媒体に係る加熱用熱源が輻射熱を用いたものであること又は大気圧において100℃以下の水若しくは蒸気を用いたものであること。 ・熱媒体として一般高圧ガス保安規則第二条第一項第四号に規定する不活性ガス(同項第2号に規定する毒ガスを除く)を用いたものであること。 ・熱媒体が漏えいした場合の窒息その他の危害を防止するため適切な措置が講じられていること。 ・出力300kW未満等 ※	要	要	不要	不要	不要	不要
	(1) 上記以外 可燃性ガス・毒性ガス(一般高圧ガス保安規則第二条第一項第二号を含む)を用いる場合等)	要	要	要	要	要	要

今回の検討対象

※以下の①～⑤に掲げる条件のいずれにも該当するもの。

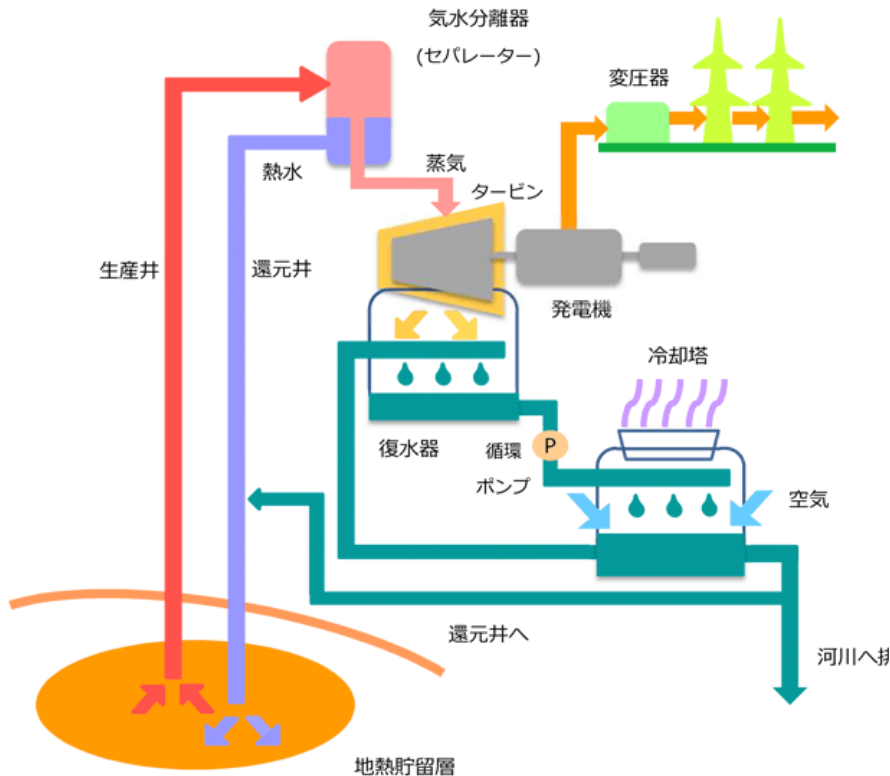
- ①発電出力が300kW未満
- ②最高使用出力が2MPa未満
- ③最高使用温度が250℃未満
- ④タービン等の駆動部が発電機と一体のものとして一の筐体に収められているものその他の一体のものとして設置されるもの
- ⑤タービン等の駆動部の破損事故が発生した場合においても、破損が当該設備の外側に飛散しないように設置されるもの

3. 検討結果

検討の進め方

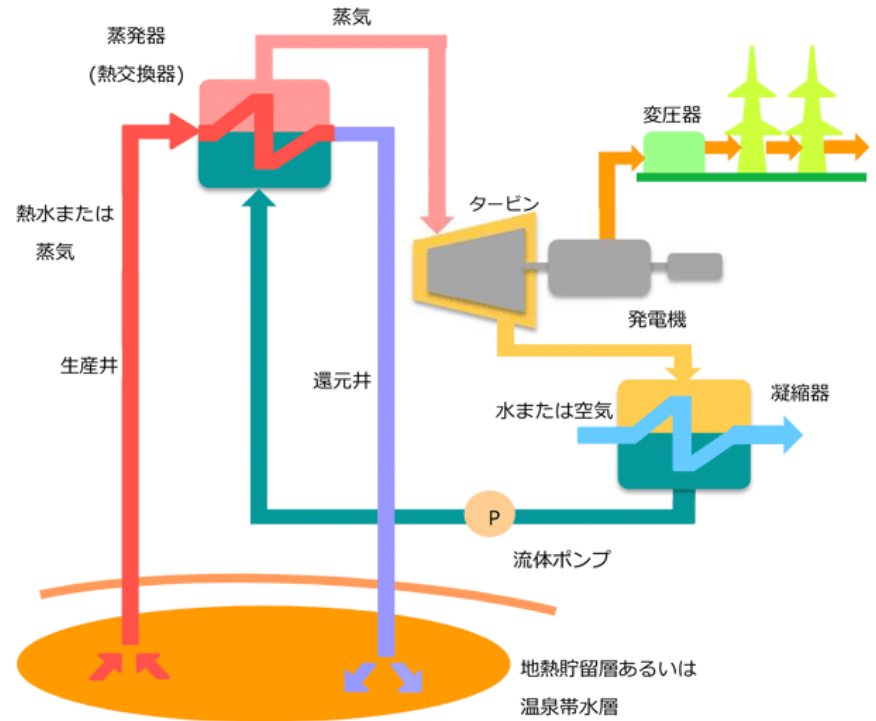
「規制改革実施計画」の決定を踏まえ、「平成25年度未利用エネルギー活用調査」において当該制度の見直しに関する以下のような調査・検討を実施。

- (1) 炭化水素ガス・アンモニア水等の可燃性媒体や毒性媒体が漏洩した場合の安全性についての検討を拡散シミュレーションにより実施。【媒体漏洩シミュレーション】
- (2) バイナリー等の発電設備への利用が予想される温泉の温度、圧力、成分等の調査を実施。【温泉資源調査】



シングルフラッシュ発電のしくみ

(出典) 資源エネルギー庁「地熱発電について」をベースに自然エネルギー財団作成



バイナリー発電のしくみ

(出典) 資源エネルギー庁「地熱発電について」をベースに自然エネルギー財団作成

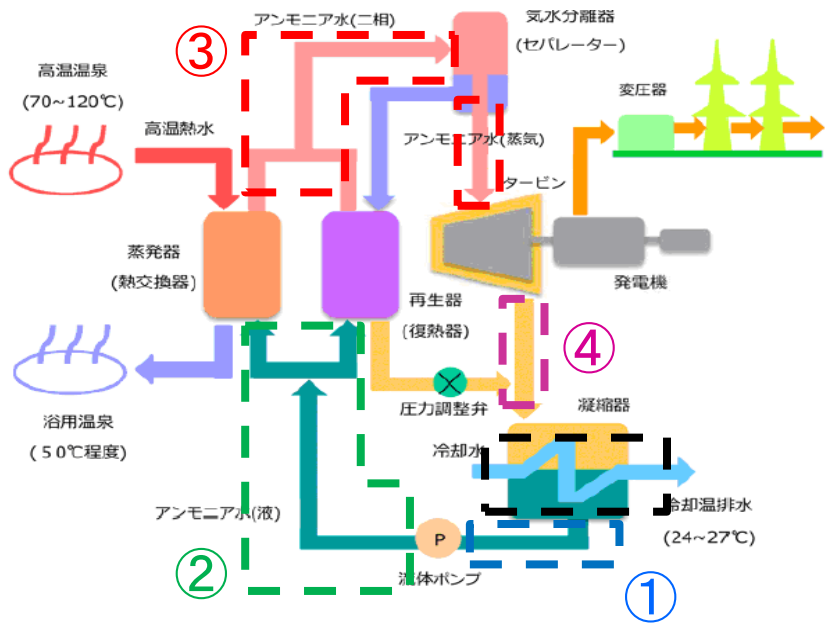
(1) 媒体漏洩シミュレーション

i) 漏洩シナリオの想定

- ・想定事故シナリオ作成には、現状ではバイナリー発電設備自体の漏洩事故報告がないため、アンモニアを用いた冷凍設備の事故事例を分析したところ、メンテナンス時あるいはメンテナンス不良による事故を除くと、設備の劣化損傷と地震による損傷が漏洩事故の原因として多かったため、設備の劣化と地震による損傷を漏洩シナリオの前提とした。
- ・発電サイクルを次頁の図の①～④の4区間に分けて、それぞれの区間からの漏洩量や媒体の状態をメーカーの協力を得て想定(2つの遮断弁の間で区切られた配管の区間にある量の媒体が漏洩すると想定)した。
- ・設備の劣化事象としては疲労が多いことから、「疲労による配管の亀裂」を想定し、地震による場合、配管の破断に至ることが多いことから「地震による配管の破断」を想定することとした。
- ・漏洩口の大きさは、『A.疲労等による配管の亀裂』(2.5mmの小孔)と『B.地震等による配管の破断』(10cm径の配管)の2種類を想定。
- ・安全装置としては、遮断弁、スプリンクラー及び換気扇を想定。
- ・最も漏洩量の多くなる区間では、アンモニアは②の65kg、ペンタンも②の1600kgとなりいずれも多量になる。

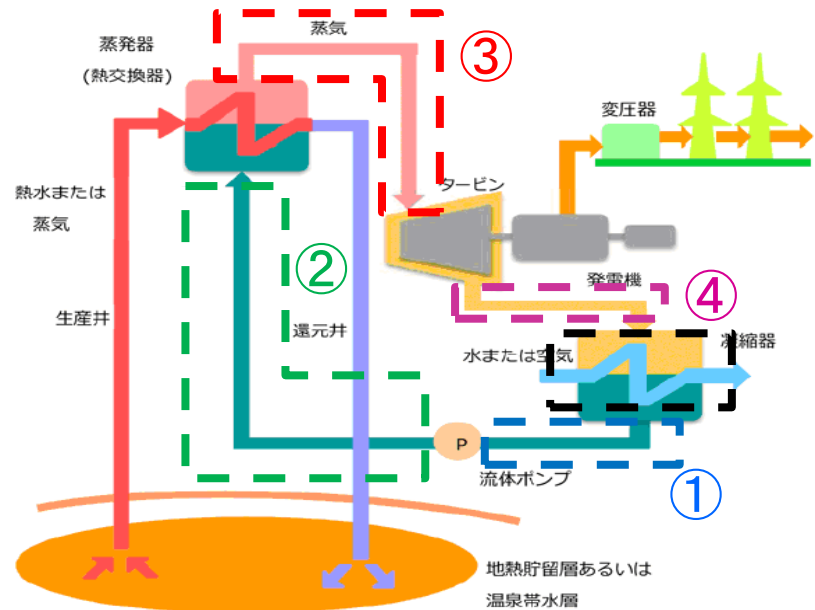
i) 漏洩シナリオの想定(続き)

カーナサイクル発電方式(媒体:アンモニア)



No.	区間	媒体の状態	濃度 wt%	圧力 MPa	温度 °C	漏洩量 kg
①	凝縮器～流体ポンプ間	液相	75	0.8	27	15
②	流体ポンプ～蒸発器(・再生器)間	液相	75	1.5	27	65
③	蒸発器(・再生器)～タービン間	気相	100	1.5	100	15
④	タービン～凝縮器間	気相	100	0.8	100	5

ランキンサイクル発電方式(媒体:ペンタン)

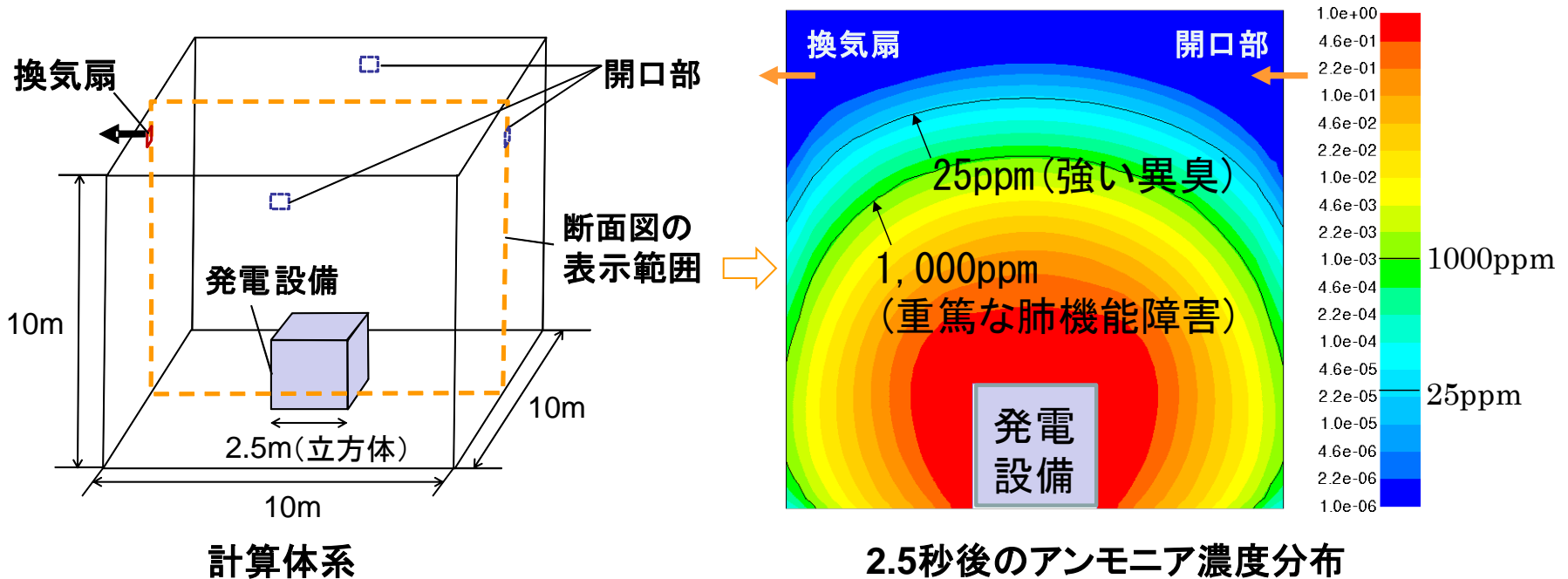


No.	区間	媒体の状態	圧力 MPa	温度 °C	漏洩量 kg
①	凝縮器～流体ポンプ間	液相	0.15	40	200
②	流体ポンプ～蒸発器(・再生器)間	液相	1.0	70	1600
③	蒸発器(・再生器)～タービン間	気相	0.8	100	15
④	タービン～凝縮器間	気相	0.15	40	15

ii -1) アンモニアが発電設備屋内で漏洩した場合の拡散シミュレーション

配管破断のように多量の媒体が短時間で漏洩するシナリオでは、スプリンクラーが正常に動作したと仮定しても、非常に高濃度のアンモニア(1000ppm: 重篤な肺機能障害を招く) が、数秒という短い時間で室内の広範囲に拡がることを確認。

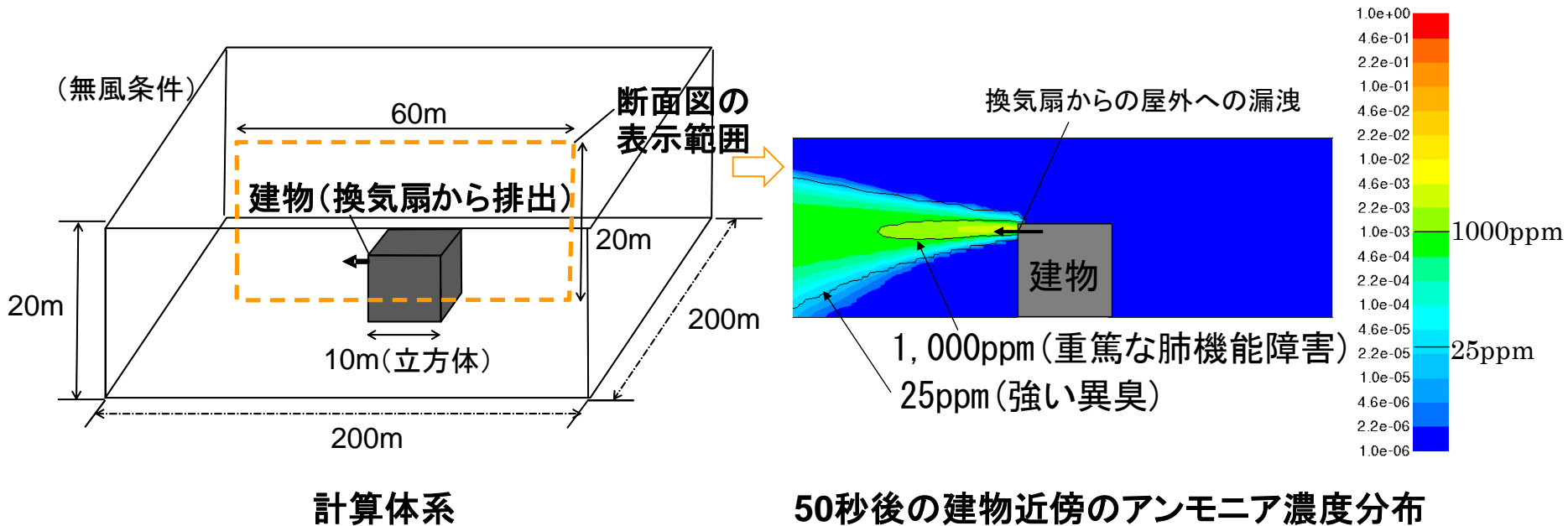
- ・計算体系と計算結果の例(65kgのアンモニア水が配管破断により漏洩する場合)



ii -2) アンモニアが発電設備屋外に漏洩した場合の拡散シミュレーション

先ほどと同様、配管破断のように多量の媒体が短時間で漏洩するシナリオでは、スプリンクラーが正常に動作したと仮定しても、高濃度のアンモニア(25ppm:強い異臭を放つ)が100m超に達し、公衆に影響を及ぼす可能性のあることを確認。

- ・計算体系と計算結果の例(65kgのアンモニア水が配管破断により漏洩し、換気扇を通じて屋外に排出される場合)

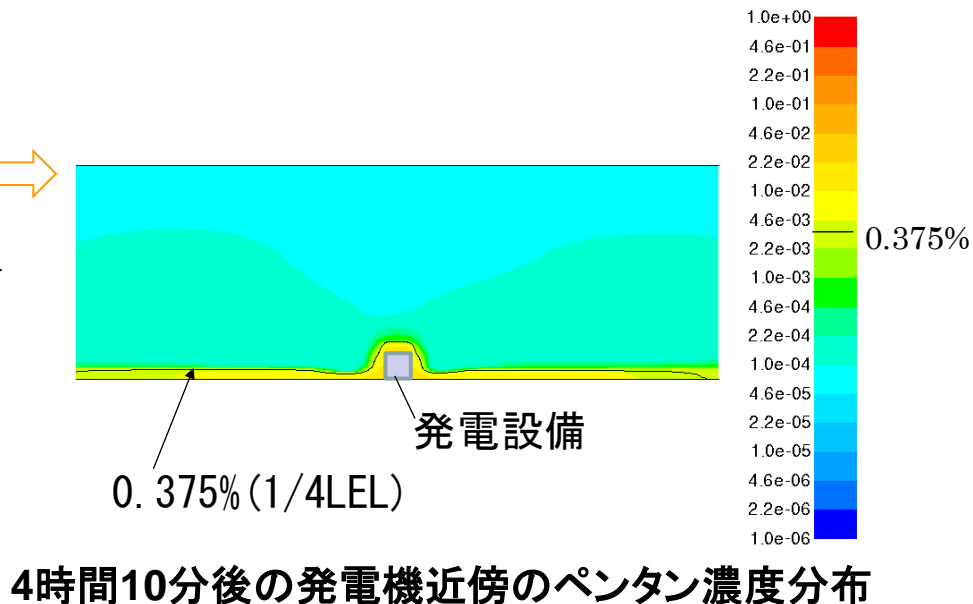
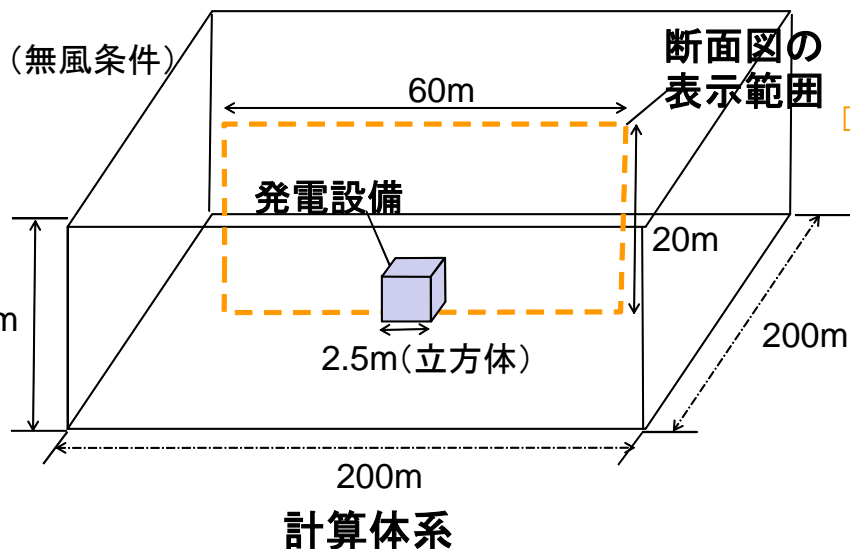


ii -3) ペンタンが発電設備屋外で漏洩した場合の拡散シミュレーション

配管亀裂により多量のペンタンが時間をかけて漏洩するシナリオでは、媒体量の多い区間から漏洩し、遮断弁が正常に動作したとしても、高濃度のペンタン(1/4爆発下限界※)が約35mに達し、公衆に影響を及ぼす可能性のあることを確認。

※可燃性気体が空気と混合して爆発を起こす最低濃度の更に1/4(1/4は高圧ガス保安規則によるガス検知器の警報の条件)

・計算体系と計算結果の例(1600kgのペンタンが配管の亀裂から漏洩する場合)



(調査結果)

<アンモニア>

- 配管の疲労亀裂による漏洩が起きた場合、多量のアンモニアが短時間で漏洩するわけではないので、換気扇、スプリンクラー、遮断弁等の全ての安全装置が正常に動作すると、アンモニアの拡散を抑制できると考えられる。しかし、配管破断による漏洩の場合には、短時間で多量のアンモニアが漏洩するため、安全装置が全て正常に動作しても、高濃度のアンモニアの拡散を抑制することができない可能性が高い。

<ペンタン>

- 安全装置(遮断弁)が正常に動作しても、気相で亀裂から漏洩する場合を除き、1/4LEL (1/4爆発下限界) を超える領域が広範囲に拡がり、**公衆の安全性に懸念がある。**

<総論>

- 安全装置が全て正常に動作しても、「安全」と評価できる結果は得られなかった。
- 安全装置が全て正常に動作することで、媒体の拡散はある程度抑制できるが、現状ではそれらの設置条件や性能等についての規格化がなされておらず、**メーカーの安全性に対する考え方に依存することとなる。**このような状況において、全ての安全装置の正常動作を前提とした安全性の評価は必ずしも適切ではない。



結論:「可燃性媒体や毒性媒体について、ボイラー・タービン主任技術者選任及び工事計画届出等が必要である」という現行の規制を維持するべき。今後、これらの媒体を使用したバイナリー発電における安全装置の要件等安全対策にかかる検討を行うことが必要。

3. 検討結果

(2) 温泉資源調査

I) 100℃以上・1気圧以上となる温泉井の坑口温度・圧力の情報収集

○高温(湧出温度が90℃以上)の源泉を有する温泉77箇所を100℃以上の熱水が得られる可能性がある温泉として対象とし、既存の文献調査及び現地訪問によって、温泉井の坑口の温度と圧力の情報を収集した。

○収集情報を整理し、**温泉井の坑口の最高温度170℃、最高圧力0.93MPa**という結果を得た。

温泉地No.	最高温度(℃)
T1	170
T2	168
T3	165
T4	164
T5	152
T6	151
T7	148
T8	145
T9	145
T10	144
T11	144
T12	143
T13	136
T14	135
T15	130
T16	120
T17	107
T18	105
T19	105
T20	104

温泉地No.	最高温度(℃)
T21	103
T22	103
T23	102
T24	101
T25	101
T26	100
T27	100
T28	100

温泉地No.	最高圧力(MPa)
P1	0.93
P2	0.76
P3	0.68
P4	0.66
P5	0.65
P6	0.64
P7	0.58
P8	0.50
P9	0.40
P10	0.38
P11	0.35
P12	0.27
P13	0.18
P14	0.17
P15	0.12
P16	0.06
P17	0.02

※温泉地No.のTxとPxが指す温泉は同一ではない。

ii) 温泉泉質の分析に基づく温泉帯水層の温度の推定

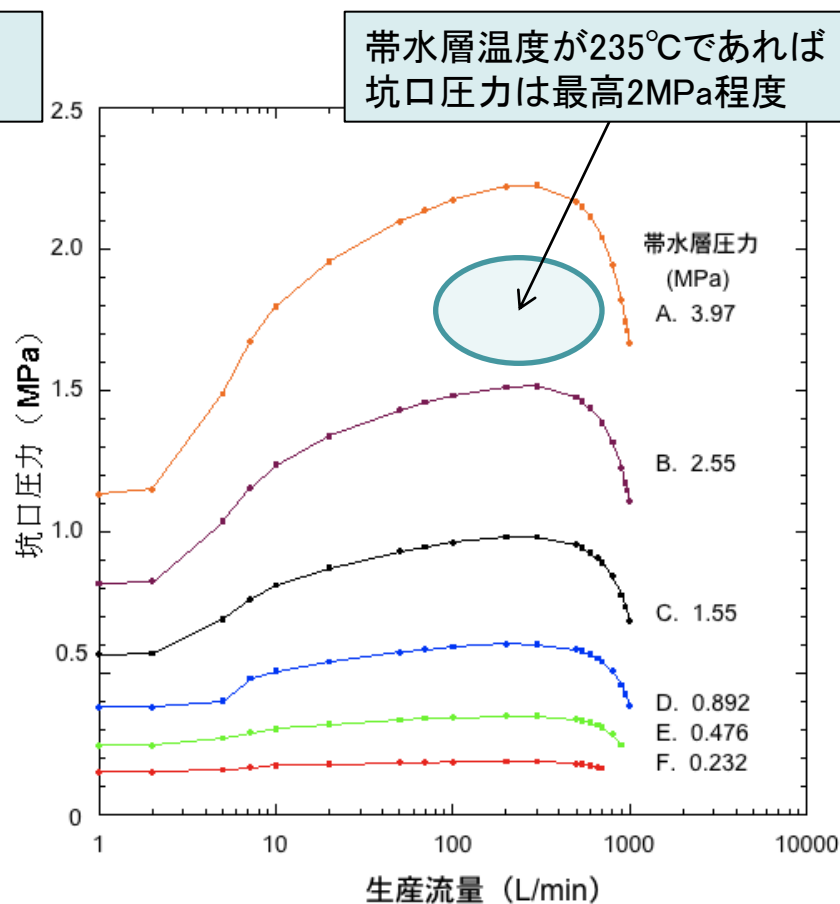
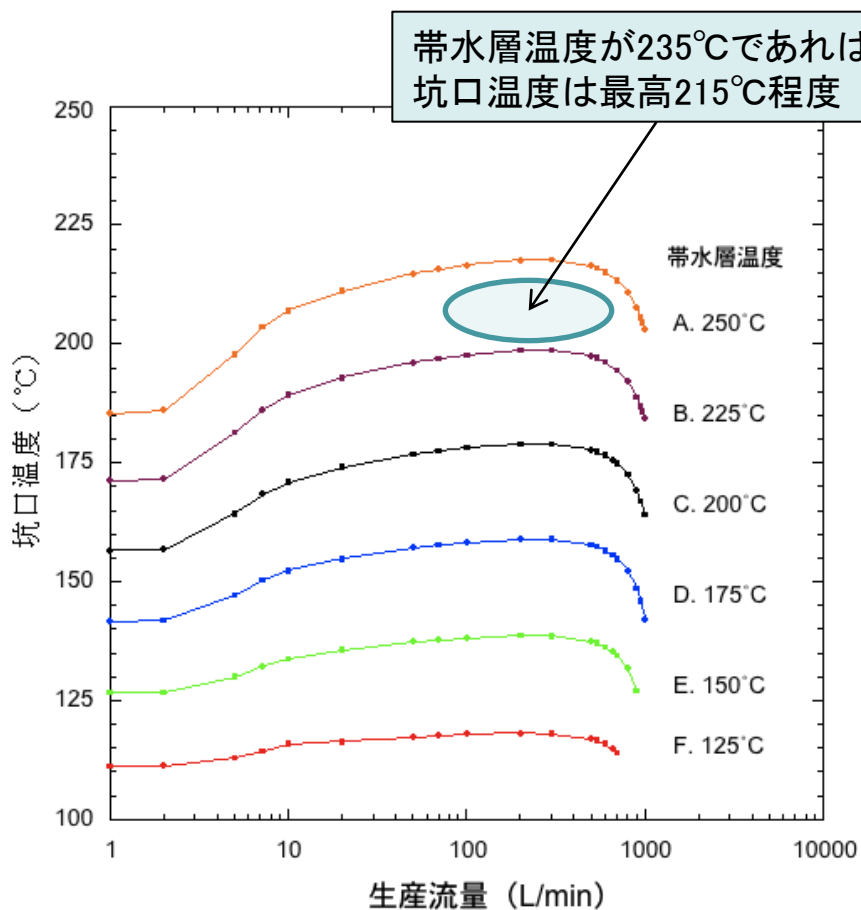
○高温が予想される温泉地18カ所の温泉泉質を文献調査と現地訪問による温泉水試料の採取分析を通じて収集し、シリカ温度計(二酸化ケイ素、断熱沸騰)を適用して温泉帯水層の温度を推定した。

○推定の結果、**温泉帯水層の温度は104～235℃**という結果を得た。

○他地域においても、温泉井が本調査対象温泉地と同様な掘削深度範囲(多くは約500m以浅)にあるならば、温泉帯水層の温度は同様な範囲を呈すると推察できる。

温泉地No.	深度(m)	温度(℃)	pH	SiO ₂ (mg/L)	Tqtz(℃)	データ数
S1	90	94.0 - 98.4	7.70 - 8.28	136 - 567	148 - 235	3
S2	200 - 420	83.4 - 138.0	2.50 - 9.10	66 - 534	114 - 230	15
S3	301 - 451	91.5 - 98.5	8.10 - 8.60	245 - 413	180 - 212	4
S4	150 - 411	96.5 - 100.0	6.89 - 8.10	93 - 399	129 - 210	7
S5	59 - 781	96.0 - 106.0	7.60 - 9.30	119 - 334	141 - 199	8
S6	96 - 113	84.0 - 98.6	8.50 - 9.18	131 - 309	146 - 194	7
S7	110 - 120	98.0 - 100.8	7.62 - 9.93	155 - 296	154 - 191	9
S8	201 - 518	98.4 - 100.0	8.60 - 8.98	209 - 258	171 - 183	3
S9	100 - 152	92.6 - 101.0	7.60 - 8.40	74 - 226	119 - 175	9
S10		90.8 - 100.0	7.00 - 8.45	89 - 218	127 - 173	13
S11	200 - 720	80.4 - 100.0	7.82 - 8.50	89 - 197	127 - 167	7
S12	175	100.0	8.60	174	161	1
S13	50 - 198	90.6 - 103.0	7.60 - 8.50	69 - 157	116 - 155	16
S14	150	102.4	8.90	141	149	1
S15	170 - 1301	92.4 - 99.7	7.41 - 7.70	52 - 138	104 - 148	4
S16	35	105.0	8.40	137	148	1
S17	1300	99.2	7.45	109	137	1
S18	300	97.9 - 100.0	7.90 - 8.40	77 - 79	121 - 122	5

- iii) 温泉帯水層の温度の推定値に基づく温泉の坑井からの噴出温度圧力の推定
- 坑井内流動シミュレータを用いて、温泉の坑井からの噴出温度圧力を推定した。
- 温泉帯水層の温度が235°C以下(シリカ温度計による推定)、流体が沸騰状態、熱水単相が坑井内に流入とした場合、**坑口での噴出の最高温度215°C程度、最高圧力2MPa程度**という推定値を得た。
- この値は温泉井を小規模地熱発電に適用した場合の温度圧力の上限值に近いと推察できる。



(平成25年度未利用エネルギー活用調査委員会報告)

- 地熱発電への活用が期待できる温泉の坑口温度・圧力の最高値は、文献・現地測定で温度170°C、圧力0.93MPaであり、温泉帯水層温度の推定値に基づく坑口温度・圧力の最高値(推定値)でも温度215°C程度、圧力2MPa程度となる。
- 汽力発電設備においては、加熱用熱源として、ボイラーを取り扱うことになるが、常温から最高使用温度まで適切な管理や保守管理を誤ると災害を生じるおそれがあり、リスクを管理することが必要である。しかしながら、温泉発電においては、ボイラーに相当する熱源は地下に存在する温泉水であり、年間を通じて温度が安定しており、急激に温度が上昇することもないことからボイラーより安全性が高いと言える。また、小型汽力タービンは運転時等において発電機と一体型で一つの筐体に収められるものはリスクが低く、300kW未満まではBT主任技術者が不要としている場合がある(告示で規制)。
- また、温泉の腐食性は、熱水・蒸気の温度が100°Cと215°C程度の間では大きな差異はなく、腐食性に係る設備設計に大きな影響はないと確認している。
- 以上のことから、告示上の温泉発電における加熱用熱源にかかる温度・圧力の上限を撤廃しても、バイナリー発電設備のタービンにおける規制条件(最高使用圧力2MPa、最高使用温度250°C未満)により、従来の安全性は損なわれないと考えられる。
- なお、小型フラッシュタイプについては、今回の調査で温泉の温度範囲、圧力範囲が明確になったため、当該温度、圧力における小型フラッシュタイプ発電設備の安全性について引き続き検討を行う。



結論: ボイラー・タービン主任技術者の選任及び工事計画届出等の不要化範囲の条件から、加熱用熱源における「大気圧において100°C以下」の条件を不要とする。ただし、バイナリー発電設備のタービンにおける規制がかかることから上限は最高使用圧力2MPa、最高使用温度250°C未満となる。(小型フラッシュタイプについては、タービンの腐食の評価が必要であり、今後、必要なデータを得つつ、引き続き検討を行う。)

4. 対応策(案)

調査委員会の調査結果を踏まえて以下のとおり見直すこととする。

- (1) 媒体が炭化水素ガス又はアンモニア水であり、輻射熱又は大気圧相当の熱水・蒸気を利用するものについては、ボイラー・タービン主任技術者の選任、工事計画届出、溶接事業者検査及び定期事業者検査の不要化を行わず、現状維持とする。
- (2) 媒体が不活性ガスのものについては、告示に記載する加熱用熱源における「大気圧において100℃以下」を削除し、大気圧以上、100℃以上の熱水・蒸気を使用できるように告示を改正する(ただし、バイナリー発電設備のタービンにおける規制である最高使用圧力2MPa未満、最高使用温度250℃未満は現行のまま)。

5. 今後のスケジュール

平成26年 3月

電力安全小委で審議

承認後、パブリックコメント開始

4月以降

告示改正 公布・施行