



NAS 電池の課題と対策 (他県で発生した火災をうけて)

片 寄 雅 之
(東京消防庁 品川消防署 予防課)

1 今回の研究に至った背景

平成23年9月21日午前7時20分頃、茨城県常総市の工場に設置されている電力貯蔵用 NAS 電池システム（以下「NAS」電池という）で火災が発生した。（図1参照）

今回の火災は、NAS 電池の火災としては3件目であるが、この火災を受け製造メーカーである日本ガイシ株式会社は、火災発生後直ちに NAS 電池を使用している全ての事業所に対して運転停止を依頼した。

製造メーカーが安全に万全を期すためとはいえ、火災原因が判明し再発防止対策が講じられ

るまで、全ての NAS 電池の運転停止を依頼するという異例な事態となったため、東京消防庁管内において最多の4か所の NAS 電池を有する品川消防署として本火災に対する研究を開始した。

2 NAS 電池とは

(1) 名前の由来

NAS 電池は、1967年に米フォード自動車 (Ford Motor) 社が NAS 電池の基本原則を発表したものである。その後、日米欧の様々な企業が開発に着手したが、そのほとんどが事業化



図1 鎮火後の電力貯蔵用 NAS 電池

まで至っていない。しかし、このような状況の中、1980年代から共同で研究開発を始めた東京電力株式会社と日本ガイシ株式会社はNAS電池を事業化し、2002年から販売、2003年には量産を開始した。そのため、現在、NAS電池は日本ガイシ株式会社が唯一の量産メーカーとなっている。NAS電池の名称の「NAS」は、ナトリウム(Na)と硫黄(S)を使用していることに由来しており、「NAS」電池の「NAS」は東京電力株式会社と日本ガイシ株式会社の登録商標である。

(2) NAS電池の動作原理

NAS電池は負極にナトリウム、正極に硫黄、仕切りとなる電解質の層にはβ(ベータ)アルミナと呼ばれるファインセラミックスを使用しており、放電・充電は300℃付近で動作する電池である。最初の300℃への昇温はヒータで行うが、動作後はヒータと化学反応の反応熱により動作温度である300℃が維持される。

なお、この温度で負極のナトリウムは液体状になっている。ナトリウムはβアルミナと呼ばれる電解質の層をナトリウムイオンの状態で正極側に移動し、硫黄と結合して多硫化ナトリウムになる時に電流が発生する。また、充電時は

多硫化ナトリウムが元のナトリウムと硫黄に戻る。これらの反応により、放電・充電を繰り返す。

(3) 設置数

NAS電池の設置数は、2011年3月末時点で、国内と海外5カ国(アメリカ、アラブ首長国連邦、フランス、ドイツ、イギリス)で、合わせて174か所である。

東京消防庁管内は34か所であり、稼働中のNAS電池を設置許可年度別に分類すると、1年に2施設以上が設置されるペースで推移している。(表1参照)

3 NAS電池の特徴

NAS電池の特徴は次のとおりである。(表2参照)

(1) メガワット級の電力貯蔵システム

定格出力×6時間相当のエネルギーを貯蔵することが可能であり、複数のモジュール電池を直並列化することで大容量化が容易に果たせる。そのため、容量をメガワット級とすることもできる。

(2) 高エネルギー密度

エネルギー密度は鉛蓄電池の約3倍である。そのため、鉛蓄電池と比較して1/3の設置面

表1 現在稼働中のNAS電池施設(稼働中の施設を設置許可年度別に表示)

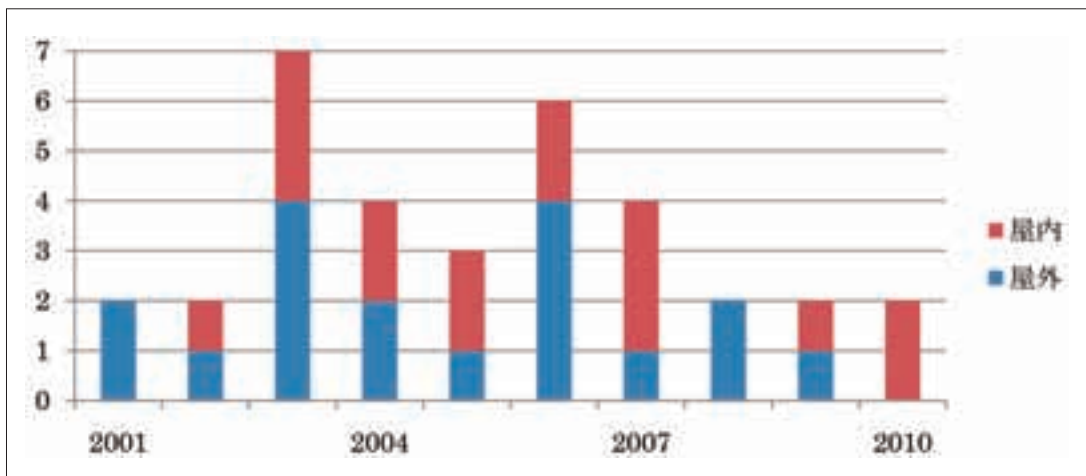


表2 他の電池との比較

	NAS 電池	リチウムイオン電池	ニッケル水素電池	鉛蓄電池
エネルギー密度	786Wh/kg	583Wh/kg	196Wh/kg	167Wh/kg
自己放電	殆どなし	10%/月	30%/月	1.5%/月
電池効率	87%	95%	80%	87%
適用範囲	数百 kW ～数 MW	数 kW ～1 MW	数十 kW 以下	数 kW ～数 MW

積で、鉛蓄電池と同等のエネルギー量を確保することができる。そのため、大容量の蓄電池を狭いスペースに設置することが可能である。

(3) 長期にわたって安定した電力供給が可能
NAS 電池は長期間の充放電に耐えうる長寿命設計となっており、定格容量維持4,500充放電サイクルまたは耐用年数約15年の耐久性を持つ。また、発電機とは異なり、燃料の扱いがなく、駆動部分もないので、稼働時の騒音や排気もなくメンテナンスも容易とされている。

(4) 高速応答
瞬時電圧低下（瞬低）対策兼用システムでは、瞬低を検出した場合、瞬時にビルや工場などへ

電力を供給し、設備停止を回避する。そのため、非常用発電としても用いられる。

NAS 電池の前述した特徴から、電力負荷平準によるピークカット対策（図2参照）、非常用電源、再生可能エネルギー（風力・太陽光発電）の電力を一時的に蓄電し供給の安定化、エネルギーコスト削減、環境負荷低減、節電対策等の様々な効果が期待され、近年は工場、ショッピングセンター及び上下水施設等で設置されることが多くなっている。

東日本大震災後は、夏の電力の使用制限を求められた事業所や官公庁から設置に関する問い合わせが日本ガイシに相次いでいた。また、実

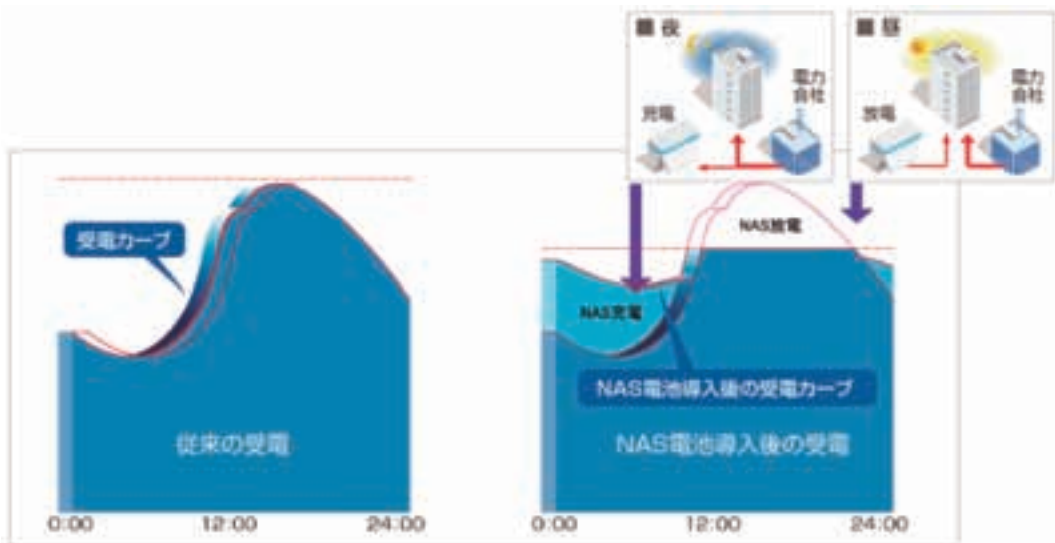


図2 ピークカットの模式図

際に東日本大震災により太平洋側にある火力発電所が甚大な設備被害を受けた東北電力株式会社は今冬の供給力対策として、能代火力発電所構内に国内最大規模の大容量（8万kW）のNAS電池を設置し平成24年1月から運転するという計画を平成23年6月に立てていた。しかしながら本火災により、運用開始時期は未定（平成23年10月時点）とされている。

4 危険物としてのNAS電池

(1) ナトリウムと硫黄の消防法上の扱いと性状

ア ナトリウム

消防法別表第一に規定される第三類の禁水性物質で指定数量は10kgである。銀灰色のやわらかい金属で、臭気はなく、融点は98℃、発火点は280～290℃、密度は0.97(20℃)である。主な危険性は、次のとおりである。

- ① 水と反応すると爆発的に燃焼する。
- ② 水分を含んだ空気との接触により、温度上昇し発火する。
- ③ 延焼により、刺激性の酸化ナトリウムの白煙が出る。
- ④ ナトリウムが直接皮膚に接触すると、火傷の他に、アルカリによる薬傷を起こし、皮膚のみならず筋肉、骨組織をも腐食する。
- ⑤ 眼に入ると、視力低下、失明に至る場合がある。
- ⑥ 漏れた固体又は溶融物は、空気に触れると発火する可能性がある。
- ⑦ 漏れると火災、爆発事故につながる恐れがあるので、作業前に設備上漏れが起こらないこと及び付近に水がないことを確認し、必ず保護具を着用して作業する。
- ⑧ 水分を遠ざけ、人体に有害なので保護具を付けて防除作業を行う。

イ 硫黄

消防法別表第一に規定される第二類の可燃性固体で指定数量は100kgである。通常は淡黄色の固体で、弱い腐乱臭であり、比重（水＝1）は2.1である。融点は122℃、引火点は202℃、発火点232℃である。主な危険性は次のとおりである。

- ① 可燃性である。燃えると有毒な亜硫酸ガスを発生する。
- ② 溶融硫黄の輸送温度は通常140～160℃であり、水の沸点よりも高いので、水をかけると水蒸気爆発を起こす危険がある。
- ③ 溶融硫黄が皮膚に付くとひどい火傷をおこす。

(2) 一般取扱所としてのNAS電池

このNAS電池の最小単位は、単電池と呼ばれる直径90.5mm、高さ513mmの円柱である。（図3参照）

この1本の単電池には、ナトリウム780g、硫黄1,560gが貯蔵されている。この単電池は約400本が集合化され、幅2,190mm、奥行き1,752mm、高さ651mmのモジュール電池と呼ばれる真空断熱容器箱に収納されており、これがNAS電池の基本単位となっている。モジュール電池は一つ約50kWであり、NAS電池としての電池容量はこのモジュール電池の個数によって決定される。

このモジュール電池1台の危険物の指定数量の倍数は36倍であり、モジュール電池1台で指定数量を超える。そのため、モジュール電池の集合体であるNAS電池は消防法の一般取扱所としての規制を受けている。また、危険物の量から換算する消火設備の所要単位は3.6であるが、モジュール電池の内部に能力単位5に相当する乾燥砂（500l）が予め充填されているため、消防法上の消火設備を包含していることになる。

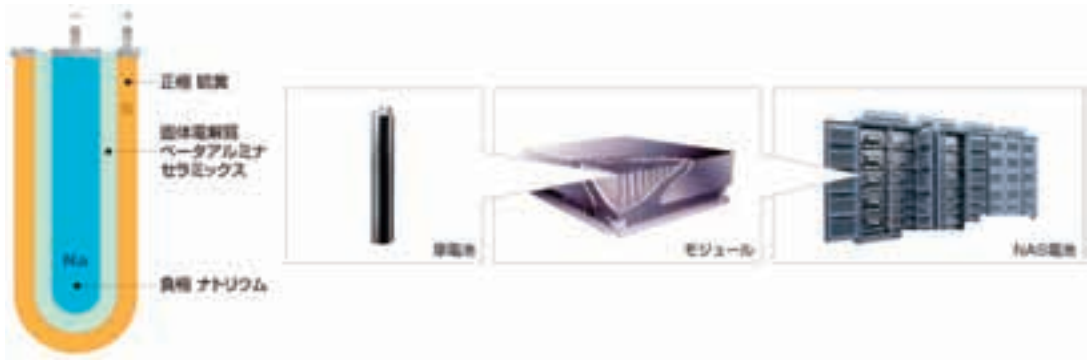


図3 単電池、モジュールの構造

なお、NAS電池の安全性については、平成7年3月に消防庁から「Na-S電池（ナトリウム-硫黄電池）に係る安全性の調査検討報告書」が報告されている。

また、一般取扱所としての運用基準は、平成11年6月に消防庁危険物規制課長から「ナトリウム・硫黄電池を設置する危険物施設の技術上の基準等について」の通知が示されている。

この通知により、一定の要件により、ナトリウム・硫黄電池の監視、制御等を当該施設の所在する場所と異なる場所において行うこと（以下「遠隔監視」という。）が可能となった。（図4参照）また、ナトリウム・硫黄電池の安全性能については、危険物保安技術協会において試験確認業務を実施することが明記された他、予防規程についても次の事項を明記することとされた。

ア ナトリウム・硫黄電池の監視、制御等を

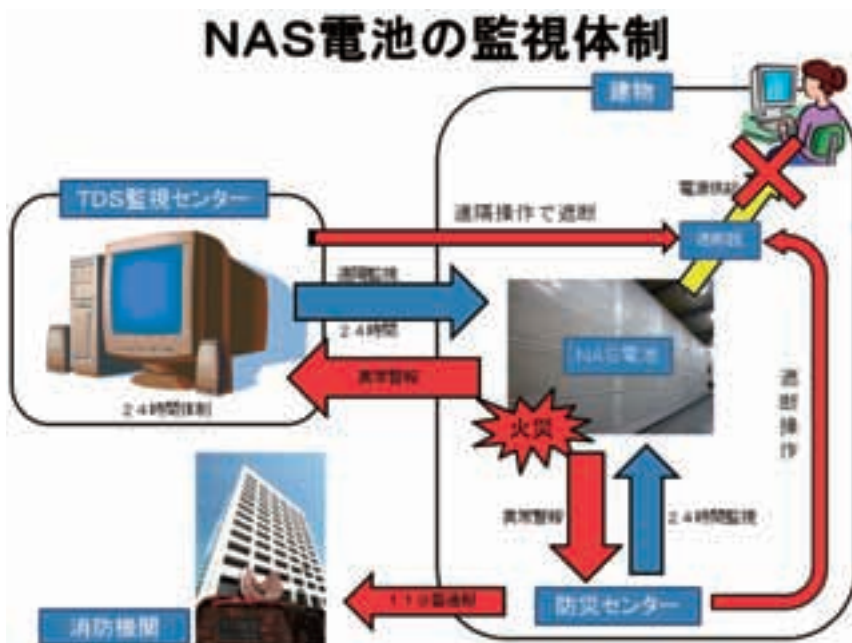


図4 NAS電池の監視体制

- 行方場所
- イ ナトリウム・硫黄電池の監視、制御等を行う体制
- ウ ナトリウム・硫黄電池施設における火災等の緊急時の連絡体制及び対応体制

5 NAS 電池の火災について

冒頭に述べた平成23年9月の火災を含め、NAS 電池火災は今までに3件発生しており、概要は表3のとおりである。

過去2件のNAS 電池火災は、高出力タイプのNAS 電池で発生している。この高出力タイプのNAS 電池は、高出力を得るためにモジュール電池内の単電池を全数直列に接続しており、モジュール電池の外部にヒューズを配置していた。2回目のNAS 電池火災を受け、高出力タイプ初期型の全てのNAS 電池には、モジュール電池の内部にヒューズを配置し、単電池に絶縁部品を取り付けた最新型に交換することで再発防止対策が実施された。また、高出力タイプは瞬時電圧低下対策を目的とした仕様で、納入数が限られていた。

しかし、平成23年9月に発生した3回目の

NAS 電池火災は、標準タイプとされている負荷平準システムのNAS 電池である。品川消防署管内にある4か所のNAS 電池は全てこの標準タイプであり、このタイプは東京消防庁管内で使用されている34か所の半数以上の18か所で使用されている。

6 今後のNAS 電池火災の課題と対策について

過去2件のNAS 電池火災と異なり、今回は量産されている標準タイプのNAS 電池が火災になっているため、製造メーカーが火災原因を判明し、再発防止対策を講じるまで、全てのNAS 電池の運転停止を依頼するという異例な事態になっている。

表4に、我々が一連の火災を受け、現地確認や文献等により調査、研究し、抽出した課題と対策を簡記する。

今回の火災により製造メーカーは、使用中の全てのNAS 電池の運転を停止させる方針を示していた。しかし、一部のNAS 電池については、非常用電源等であるため、使用を停止できずにいた。東京電力株式会社によると、これらのNAS 電池は「非常容量を確保した現状取り得

表3 NAS 電池火災の概要について

	1回目の火災	2回目の火災	3回目の火災
発生日時	平成17年2月7日 11時05分	平成22年2月15日 7時40分	平成23年9月21日 7時20分頃
鎮火日時	平成17年2月12日 12時00分	平成22年2月17日 9時55分	平成23年10月5日 15時25分
鎮火までの期間	約5日	約2日	約2週間
発生場所	愛知県 NAS 電池製造工場	栃木県 工場	茨城県 工場
被害状況	人的被害なし モジュール電池 1台	人的被害なし モジュール電池 1台	人的被害なし モジュール電池 10台等
出火原因	電池製造時の内部絶縁 部材の組立不良	電池内部で単電池間の 多硫化物の短絡(推定)	調査中
用途	高出力タイプ	高出力タイプ	標準タイプ

表4 今後の課題と対策

	課題	対策
有毒ガス (別紙参照)	<ul style="list-style-type: none"> ・火災により硫黄とナトリウムが化学反応し有毒ガスが発生する。 ・有毒ガスは、空気より比重が大きく滞留しやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・有毒ガスに対応した保護具が必要となる。 ・屋内と屋外では条件が大きく異なるが、有毒ガスを安全に排出する必要がある。
	<ul style="list-style-type: none"> ・有毒ガスの滞留や発生する熱により、NAS電池周囲への接近が困難となり、火災の状況を把握することが困難となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ITV、SO₂センサー等でNAS電池周囲の状況を把握する。
	<ul style="list-style-type: none"> ・有毒ガスにより第一発見者及び第三者への二次災害が発生する恐れがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に有毒ガスの排出経路となりうる排気ダクトや開口部の位置を確認する。 ・事前に火災発生時の避難経路を明確にする。 ・火災発生時は事前に確認した有毒ガスの排出経路付近に立入禁止区域を設定する。 ・付近の第三者を安全な位置に避難させる。 ・排気ダクトの防火ダンパの閉鎖状況等、有毒ガスの排出経路の状況は防災センター等で確認する。
予防規程	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔監視しているNAS電池の予防規程の内容が、設置状況によらず、ほぼ同一であり、NAS電池の屋内、屋外等の設置状況による違いを反映していない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・NAS電池が設置されている状況に即した緊急時の対応体制を明記する。(例として、ITVによる確認可能な範囲の記載、有毒ガスが発生した場合の拡散範囲とそれに伴う進入禁止区域の設定方法、避難経路等)
	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔監視しているNAS電池の予防規程の保安教育の内容として、具体的に明記されていない要件がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・保安教育の内容を具体的に明記し、緊急時の対応体制(室内の情報・有毒ガス対策・避難経路等)を教育項目とする。
消火の困難性	<ul style="list-style-type: none"> ・ナトリウムが禁水性のため、適応する消火設備(乾燥砂等)が限定されている。また、過去の事例から鎮火までに時間を要している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・モジュール電池内に能力単位以上の乾燥砂が充填されているが、充填された乾燥砂では対応できていないと考えられるため、追加分の適応する消火設備(乾燥砂等)を準備する必要がある。
	<ul style="list-style-type: none"> ・モジュール電池がキュービクル内に五段積み状態で設置されているため、燃焼しているモジュール電池に、適応する消火設備(乾燥砂等)を投入するのが困難である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼しているモジュール電池に適応する消火設備(乾燥砂等)を容易に投入できる構造にするなどの検討が必要。

る最も安全な状態」である「少容量待機状態」で使用されているとのことであったが、火災の原因が不明確な段階で、この「少容量待機状態」の安全性を確認することは困難であった。

また、東京消防庁管内でこの「少容量待機状態」のNAS電池を使用している建物は、オフィスビル、商業ビル、集客施設、病院及び空港で、有毒ガスが発生した場合に影響が大きくなる可

能性がある「屋内設置型」であった。

そして、これらのNAS電池は「遠隔監視」により使用されていた。「遠隔監視」の建物には、NAS電池に関する十分な知識を持った者が現地におらず、現地確認時にもNAS電池火災等の緊急時の対応について現地で我々に質問があり、緊急時の対応に不安があった。

このような状況を受け、「少容量待機状態」で

「屋内設置型」の「遠隔監視」されているNAS電池については、早急に対応する必要があると考へ、我々は「有毒ガス」及び「予防規程」の課題の対策として、これらのNAS電池を管轄する東京消防庁管内の5署と連携して、火災時に発生する有毒ガスへの対策とそれに伴う予防規程の内容の充実強化を東京電力株式会社に要望したところである。

その結果、現在までに火災時に発生する有毒ガスに対応するための防毒マスク等の資器材の設置、予防規程の内容の充実強化及び有毒ガスセンサーの増設の検討等が着々と進められているところである。

7 結論

今回の調査、研究において、

- (1) 火災の際に発生する有毒ガスの危険性
- (2) 予防規程に具体的に明記されていない要件
- (3) 火災が発生した場合の消火の困難性の課題が明らかになったところである。

(1)と(2)については、前述のとおり、対策が進行中である。(3)の事項については、現在も究明中である火災原因とそれに伴って日本ガイシ株式会社が策定する再発防止策の内容が判明していないこともあり、その内容の公表を待っている段階である。

危険物は、ガソリンに代表されるように日々の生活に必須の便利なエネルギーで我々の日々の生活を豊かにするものである。

しかし、潜在的に高いエネルギーを持つ危険

物は、火災発生の危険度が大きく、火災が発生した場合にその拡大の危険性も大きい。また、火災の際の消火が困難であるなどの性状を有する物品でもあるため、公共の安全をおびやかすことになる、文字通りの危険物である。

NAS電池は安全に使用され、その性能が万全に発揮されれば、節電対策やエネルギーコスト削減、環境負荷低減等に貢献することから、電力エネルギーに依存して生活している我々にとって、注目度の高い電池である。また、技術的にも日本独自の技術で量産され世界各国に輸出されている誇るべき電池でもある。

NAS電池は全世界174か所に存在し、そのうちの34か所が東京消防庁管内に存在している。そして、東京消防庁でも最多の4つのNAS電池を管内に有する品川消防署としては、他県で発生した火災ではあるが、今後も継続して情報を収集し、NAS電池が安全に使用され、その性能が万全に発揮できるよう、指導していく所存である。

(平成24年1月30日現在)

参考文献等

- (1) ナトリウム・硫黄電池を設置する危険物施設に係る火災予防対策上の留意事項等について(平成23年11月4日23予危第388号危険物課長通知)
- (2) 平成22年度 品川消防署大崎出張所 警防研究会資料
- (3) 日本ガイシ株式会社ホームページ
- (4) 東京電力・日本ガイシ電力貯蔵用ナトリウム-硫黄電池の開発と事業化 福島英史

別紙

1 発生する有毒ガスの体積

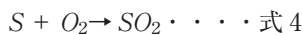
有毒ガスは、平成23年9月21日の火災を例にとり、モジュール電池10台が焼失したものと仮定して、発生する有毒ガスの体積を計算した。

モジュール電池10台のナトリウムは約3,000kg、硫黄が約6,000kgとなる。ここで、ナトリウム、硫黄のmol数は、式1、式2よりナトリウムは130,000mol、硫黄は188,000molとなる。(ナトリウムは23g/mol、硫黄は32g/molとして計算。)

$$\text{ナトリウム} \quad \frac{3000}{23} \times 10^3 = 130 \times 10^3 \text{ (mol)} \dots \text{式1}$$

$$\text{硫黄} \quad \frac{6000}{32} \times 10^3 = 188 \times 10^3 \text{ (mol)} \dots \text{式2}$$

ナトリウムと硫黄は、それぞれ火災により、酸化すると、式3、4のとおり酸化ナトリウムガス [Na₂O] 及び亜硫酸ガス [SO₂] となる。



発生する有毒ガスがすべて標準気体と仮定すると、1 mol 当たり22.4L の気体となる。

また、式1～4より、火災により発生する有毒ガスは、式5、6のとおり、それぞれ1,450m³、4,200m³ となり、式のとおり、有毒ガスの体積は合計の5,650m³になる。

$$\text{Na}_2\text{O} : 65 \times 10^3 \times 22.4\text{L} = 1450\text{kL} = 1450\text{m}^3 \dots \text{式5}$$

$$\text{SO}_2 : 188 \times 10^3 \times 22.4\text{L} = 4200\text{kL} = 4200\text{m}^3 \dots \text{式6}$$

$$\text{Na}_2\text{O} (1450\text{m}^3) + \text{SO}_2 (4200\text{m}^3) = 5650\text{m}^3 \text{ (発生する有毒ガス)} \dots \text{式7}$$

仮に、品川管内の屋内のNAS電池で火災が発生したことを想定する。

この事業所のNAS電池が設置されている室内の体積は、6.4m × 12.8m × 7m = 573.44m³である。モジュール電池10台分が焼損すると、設置されている室内の10倍の体積の有毒ガスが発生し、滞留することとなる。

2 発生する有毒ガスの成分

発生する有毒ガスとその毒性については、以下の表のとおり

酸化ナトリウムガス [Na ₂ O]	亜硫酸ガス [SO ₂]
<ul style="list-style-type: none">・接触すると皮膚や眼に薬傷を負う。・吸い込むと有毒である。・消火水や希釈水の流出により汚染をひき起こす。	<ul style="list-style-type: none">・吸い込むと非常に有害である。・蒸気は刺激性が非常に強い。・接触すると皮膚や眼に薬傷を負う。・ラット (50%) の致死量は1000ppm。

3 発生する有毒ガスの比重

有毒ガスの1 molあたりの質量を計算すると、Na₂Oは62、SO₂は64となり、空気の29より重い。