

海域への排水に伴う発泡対策に関する一考察

中国電力株式会社 正会員○蟻正 慎介, 正会員 藤村 隆弘
正会員 篠田 龍一, 正会員 斉藤 直

1. はじめに

臨海域のプラント設備等から海域へ直接排水を放流する際に、排水路や排水口での空気連行によって水面に多量の泡が発生する場合がある(図-1)。工場やプラント排水からの空気連行に起因し発生する泡は、冬の岩礁地域で海が荒れるときに発生する波の華などと同様に環境面での悪影響はないが、近年の景観に対する意識の高まりから、その発泡抑制が強く求められてきている。しかしながら、現状では発泡の抑制が十分に考慮された排水設備の設計は行われているとは言えず、発泡現象が問題となった後に事後的に追加対策が行われているケースがほとんどである。事後対策では、発泡自体の抑制は困難であることに加え、対策後も長期に亘る維持管理が必要となることが多い。



図-1 海面に浮かぶ安定泡沫

本稿では、発泡の発生原因を整理した上で、発泡が問題となる事例の設計上の問題を明らかにすると共に、有効な発泡抑制対策について報告する。

2. 発泡の原因・発生箇所

排水路における発泡の主な原因・発生箇所としては、火力・原子力発電所の排水を例にした場合に表-1 のような分類がなされている¹⁾。一般的な排水路における発泡の発生原因としては、「せき上げ・滝落とし」、「跳水」、「噴流による水面擾乱」などがある。

- (1)せき上げ・滝落とし：波浪侵入防止等から、水槽・排水口の出口に設置した堰等において流れが滝落としとなり空気連行・発泡が発生。
- (2)跳水：排水路内で射流が発生し、射流から常流に遷移する際に跳水が発生し、空気連行・発泡が発生。
- (3)噴流による水面擾乱：管路と水槽部の接続部等において、管路の流速の影響が水槽水面まで及んだ際の水面揺動により空気連行・発泡が発生。

3. 排水路の発泡事例から考察した対策工

排水路調査により発泡現象が懸念された排水路の模式図を図-2 に示す。本排水路は H.W.L.と L.W.L.とで 3m 以上の差がある潮位変動の大きい内湾に設置予定である。水理計算による検証の結果、潮位差が大きい場所の排水路においては、潮位変動により限界水深を下回る事象が認められ、

水深を下回る事象が認められ、水槽水位も低下する。そのため、限界水深を下回る低水位条件においては、「斜流と潜り跳水」、「水槽内の噴流による水面擾乱」が発生する可能性があることが明らかとなった。

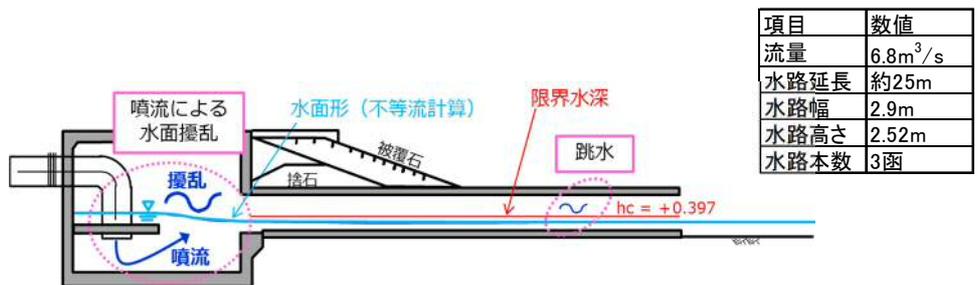


図-2 発泡発生箇所模式図

キーワード：排水, 発泡対策, LCC

連絡先 (広島市中区小町 4-33 TEL 082-544-2936 FAX 082-544-2661)

(1) 跳水による発泡

排水路や排水口の設計では、排水能力を検証することが主目的となり、安全側の H.W.L. や平均水位を基に簡略化した標準設計を行って、基本構造を決定することが多いが、H.W.L. ~ L.W.L. までの幅広い水深を対象として、発泡の発生が懸念される条件 (L.W.L.) で不等流計算を実施して限界水深との関係を検証しておく必要がある。

発泡抑制対策としては、水路床の高さを下げることで、水深を深くし、L.W.L. 時に斜流が発生しない条件とする設計に見直すことが最も有効な対策工となる。

(2) 噴流による水面擾乱による発泡

本事例では、排水管から水槽内への排水吐出流速が約 3m/s と速く、これによる擾乱が発泡原因となることが推察された。既往の研究報告¹⁾では、事例に基づく経験則として、噴流による空気連行が少なくなる条件は、「(1) 吐出流速 $v \leq 1.5\text{m/s}$ 」, 「(2) 被り水深 $h \geq 1\text{m}$ 」, 「(3) $h/\text{管径 } d \geq 0.5$ 」とされている。また、古い簡易な排水施設においては、十分な設計を行っていないことから、吐出口の水槽断面が不足するケースも散見されるが、本事例では(2)・(3)の条件は適合する反面、(1)の条件は満足していないことが判明した。

設計段階で行うべき発泡対策としては、設備側で吐出流速の低減することが効果的であると考えられるが、吐出流速については設備仕様等の面から変更不可の場合も多いことから、土木側で実施可能な対策として、**図-3** のとおりパンチングプレートの設置が有効な手段と考えられる。なお、水槽内の噴流による発泡発生条件は経験的なものであり、確実な予測は困難であることから、施工段階ではパンチングプレートの設置が可能な構造としておき、発泡現象が確認された場合にプレートを設定する等の段階的な対策が有効であるものと考えられる。

3. 排水路の発泡抑制を考慮した設計に係る考察

本事例について、発泡対策の費用対効果を比較した結果を**図-4**に示す。抜本的な構造見直しで設計して対策する場合、初期投資 (12 百万円) が必要となるが、それ以降の追加費用は基本的に発生しない。一方で、構造見直しをせずに、オイルフェンス等で泡の拡散を防止する場合、オイルフェンスの耐用年数 (5 年) に応じて、取替え費用 (5 百万円) が発生することとなり、供用期間 10 年以降で費用が逆転する結果となり、構造見直しによる対策費用が、構造見直しを行わない事後的な対応と比較して、経済的となる場合があることが示唆された。このように、発泡に対する詳細な検討が見落としがちとなる排水路においては、初期の設計時に排水能力をチェックするだけでなく、発泡の可能性について検証し、発泡の可能性があるとされた場合には構造的な対応を行って、経済的な対策を採用することが推奨される。設計段階で発泡抑制を検討する際の主な検討項目を以下に示す。

- (1) 排水槽：水槽内の発泡については、3次元解析によりある程度把握可能であるが、簡易な施設では費用・期間を要するため、前述した既往の研究報告¹⁾の経験則や既存排水槽寸法と流量を比較することも有効である。
- (2) 排水路：L.W.L. 時の水面形を算出し、限界水深と比較する。射流が発生する場合、水路床を下げる等、水路形状を変更することとなるが、その際、波浪による水槽内への水面変動に留意する。加えて、排水路の入口部で射流が発生する可能性もあるため留意が必要である。

4. 終わりに

排水口における発泡の抑制については、設計段階で構造変更を実施した方が経済的なる場合があることが明らかとなった。今後は、実例を蓄積しながら、種々の対策の有効性について検証していく予定である。

(参考文献) 1) 財団法人 電力中央研究所(1990)「復水器冷却水水路系の発泡防止対策設計」

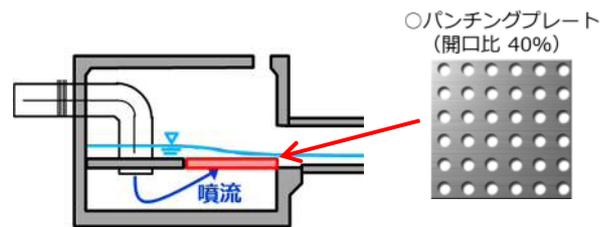


図-3 パンチングプレート設置イメージ

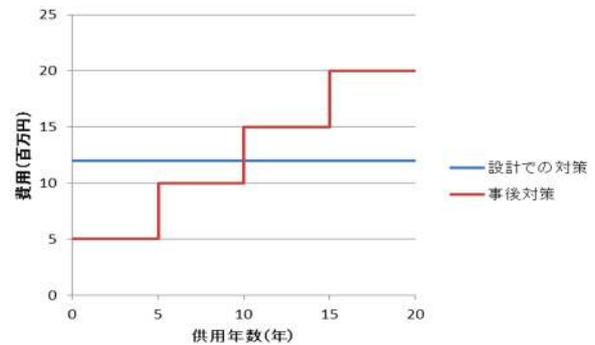


図-4 設計時対策と事後対策の費用比較