付着生物対策と電気事業 —対策を実施する立場からみた課題—

清野通康

財団法人海洋生物環境研究所 中央研究所 〒299-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田 300

Control of biofouling in power plant cooling water systems — Discussion of practical research targets from a user's view —

Michiyasu Kiyono

Central Laboratory, Marine Ecology Research Institute, 300 Iwawada, Onjuku-machi, Chiba 299-5105, APAN

Email: kiyono@kaiseiken.or.jp

Abstract

Biofouling control of cooling water systems has been one of the severe problems for power plant operation. A lot of works have been carried out and many physical/chemical control methods are available. However, practical measures satisfied following criteria have not been developed : ①reliable control for a long enough term, ②broad availability, ③low environment impacts, ④simply operating, and ⑤reasonable cost. Power plants have been coping with biofouling, using a combination of some measures applicable. Possible research targets of practical anti-biofouling are discussed from a user's view.

Key words: biofouling, power plant, cooling water system, measures

わが国の火力・原子力発電所は殆どの地点で冷却用水として海水を使用する。そのため海水とともに冷却水路に流入・付着する海生生物への対策は、発電所の円滑な運用を図るための歴史的課題のひとつとなっている。

付着生物の生理・生態や防除対策については、多くの先賢の研究実績があり着々と知見が蓄積されている。しかしながら、将来の幅広い適用を期待させるシーズが生まれてきてはいるものの、現状では、まだ、十分な効果があり、環境保全性に優れ、コストも適切である対策技術は実用化されていない。発電所においては防除対象とする設備構造とその運用状況を考慮して、開発されている多数の技術の中から適切な技術を選択・利用することによる対応がなされている。

筆者は発電所における付着生物対策にこれまで何度か関わったことはあるものの、その専門家ではなく、表記

のような課題について述べることはおこがましいが、防除対策を実施する立場から見て必要と考えられる情報などについて私見を紹介する。なお、以下は平成13年度日本付着生物学会シンポジウム「付着生物研究と電気事業」において述べたものの概要である。

発電所における付着生物対策の現状

社団法人火力原子力発電技術協会の環境対策技術調査委員会では、平成4年にわが国の全火力発電所（100地点、計296ユニット）を対象にアンケート調査を実施した。やや古いデータではあるが、この調査データに若干補足しながら、確認の意味を含めて発電所における付着生物対策の概要について簡単に触れる。

同アンケート調査によると、発電所当たりの付着生物回収量は年間数トン～数100トンとなる地点が多く1,000

トンを超す地点もある。ほぼ半数の地点で過去に付着生物による何らかのトラブルを経験しており、年間の付着生物回収量が100トンを超えるとトラブルが増加する傾向がある。また、回収量の多い地点では、いずれの地点も回収した付着生物の処理・処分に苦慮している。

防除対策の主体は塩素処理と防汚塗装にある。塩素供給は殆どが海水電解で低濃度注入を行っている。上記アンケート調査時には、296 火力ユニット中、半数強のユニットで何らかの塩素処理が行われていた（補機系のみを利用してユニットを含む）。一方、同アンケート調査終了後に運開や増設を行った火力発電所で塩素処理（海水電解）を導入したユニット数は1/3強であり、海域によって状況は異なるものの塩素利用は控えられる傾向にある。シリコン系塗装など防汚塗料を使う発電所は増加傾向にある。塗装による防汚は充分期待できるが、耐久性や施工性、海域による効果差、曲管部対策などが課題として残されている。

付着生物対策を困難にしている要因のひとつに、多様な自然とともに立地条件を反映した多様な発電所構造と、社会状況の変化を反映した運用の多様さがある。例えば、取水路の長さひとつを取ってみても、10 m程度の地点から1,000 mを超える地点まである。新しい課題としては、複数ユニットで共通利用する取水路など構造や発電所運用上、干出できない水路への対策や、需要に応じた頻繁な稼働・減負荷・停止を繰り返している発電所への対策などがあげられる。

付着生物対策選定の要件

発電所サイドから見た付着生物対策選定の要件を示すと以下になる。

1. 確実な効果が長期間持続する。
2. 適用範囲が広く、立地点・構造・生物種によらず適用できる。
3. 環境影響が小さい。
4. 施工・保守管理が容易で施設運転中に防汚ができる。
5. コストが適切。

常識的なことばかりであるが、現状では、これらの要件を十分に満足する技術はまだ実用化されていない。なお、対策に伴う新たなエネルギー負荷が少ないということも重要と考える。この意味では、わが国でも一部で検討が進められ、米国などでは既に実用化されている排熱利用による付着生物防除は、防除に利用した後の熱排出に工夫が必要であるが考慮に値する対策のひとつであろう。また、海に付着生物が棲むのは自然であり、発電所と周辺海域の付着生物群集の共存を図り得ることが対策実施の基本となると考える。

対策を実施する立場からみた課題

先に述べたように、発電所では現状様々な防汚対策を組合せながら対応している。この努力の結果、問題が目立たなくなった地点もある。しかしながら、将来を考えると、付着生物対策が定検間隔の延長・定検期間の短縮など発電所利用効率向上のネックとなる可能性がある。また、生物毒となり得る防汚材利用は一層制限される、さらに、回収した付着生物の処理・処分は益々困難となるなどの懸念があるので、より適切な対策技術が必要というのが、実際付着生物対策に携わっている方々の実感であろうと考える。

以下、「より適切な対策技術が必要」ということを説得力を持って説明するにはどうしたら良いか、対策を実施する立場からどのような知見や技術が望まれるかなどについて、やや総論的となるが私見を述べさせていただく。

実際に対策技術開発や対策実施を担当する立場になった時に感じる質問は次のようなものとなろう。

Q何が何時付着する？

Qどんな対策があり、どれが適切か？

Qコストは適切か？

Q環境影響の懸念は？

Q生物付着の問題は何処に？（新たな）対策が必要か？

何れも基本的な質問であるが、現状これらに答えられる形で、知見の集積・整理が行われているであろうか。筆者も生物を専攻してきたので割り切って回答できる程生物現象は簡単でないことは判るが、これらの質問に対して関連学協会や業界が、どう対応しようとしているのか、単に筆者の勉強不足だけかもしれないが、見えにくいと感じてきた。これらに直ぐ適切に答えることはもちろん難しいであろうが、将来的には、これらの質問に回答できる知見をそろえる必要があると考える。

ここでは、上記の質問に関連し、筆者が付着生物対策を開発または実施する立場に立ったら、先ず、欲しい知見を紹介する。知見の蓄積がまだ充分でないなら、それらは今後の課題となろう。一方、専門の方々にとって既に十分な情報があるものであるなら、それらの知見を体系的にまとめていただきたいと考える。

Q何が何時付着する？

管路に出現する生物について、陸上植物で作成されている潜在植生図のような「付着生物（潜在的）出現相マップ」があるとより具体的な対策が考えやすい。開放された場と管路内の生物相の違いについては数多くの事例報告があるが、海域毎に管路内の生物相の特徴についてまとめたものはないように思う。出現する生物種はもちろん複雑であろうし、また、新たに侵入する生物も次々に

出現するとは思われるが、光がなく、定常的に海水が一方方向に流れ、また、定住するプランクトンや遊泳動物がない管路の環境に出現する生物相は、外界に比べるとより整理しやすいのではないかと。

Q どんな対策があり、どれが適切か？

既存技術については、既に、日本付着生物学会や電気化学協会、海生生物汚損対策懇談会などでまとめられたものがあり、また、技術の評価実験情報の共有化は事業者大で進められつつある。ただ、多くの場合、既存資料は対策技術そのものに関する記載が中心であり、また、殆ど全ての付着生物種を除去することを考えた対策評価となっているように見える。海の付着生物は様々なものが出現し総合的な対策が望ましいとは思いますが、もし、海域や施設によって特定種が問題になるならば、復水器細管でのスライム対策のように特定な生物を狙った対策があっても良いと考える。ひとつの種を除いても次々に新しい種が付着しようが、大きな障害を引き起こす問題生物群に対してのみ効果がある方策で対応できるなら、それは環境保全上も優れた方法となろう。

Q 環境影響の懸念は？

環境影響がゼロという対策はなく、利用可能なベターな方法を選択し利用することとなろう。環境影響に関しては、現在利用している技術、例えば、低濃度塩素、防汚塗装などのリスクの大きさが新しい技術の評価・選定する際の基準となるので、製造・施工課程なども含めた既存技術のリスク評価を行っておくことが望ましい。現行対策技術の環境リスクは、大きいかもしれないし、小

さいかもしれない。

Q コストは適切か？

Q 生物付着の問題は何処に？ (新たな)対策が必要か？

他の条件を満たすならコストは低い方がよいことはいうまでもない。ただ、コストの適否の判断を行うには、生物付着による発電ロス（熱伝導率の低下によるロス、定検や管路清掃の長期化によるロス、付着生物対策のための施設費など）を把握しておく必要がある。明確に分けがたい部分もあるだろうが、これらの数値は対策の意味や対策のための適正なコスト、対策技術開発研究の必要性を考える際の重要な情報となる。なお、Electric Power Research Institute（カリフォルニア州、米国）は、生物付着による全米での発電ロスを伝熱ロスも含めて年間10億ドルと推定している。米国の発電施設容量は日本の3倍程度あるが、発電用取水源は主に河川・湖沼である。米国淡水域での大型付着生物種はゼブラガイなどに限られるため、わが国の付着生物問題はより切実と考える。

以上、生物付着対策を実施する立場からみた今後の課題について述べた。現状、発電所の現場では、色々な課題を抱えながら担当者の方々の工夫と努力で何とか対応してきている。今後、もう少し既存技術を改良すれば現場の苦労が減るのか、それとも、何らかの新たな技術開発が必要なのか。また、今ここで技術開発の手を抜くと将来どうなるのか。これらに答えるか、少なくとも検討の方向性を示すことができれば、発電所の付着生物対策は大きく前進するものと考えている。今後の付着生物研究の進展を期待する。