



# 電力を支える 発電所冷却水路の付着生物対策技術

日本の火力・原子力発電所の多くは臨海地域に建設され、冷却水として大量の海水を利用している。取放水路や復水器には、貝類などの海洋生物がびっしりと付着する。放っておくと復水器などが目詰まりを起こすなどして水の循環が悪化し、発電効率にも影響を与える。電中研では長らく付着生物対策の研究を多面的に進めてきた。特に被害が大きいフジツボ類イガイ類について、リアルタイムPCRを用いた簡易な検出法を開発した。

## 発電所に水中生物対策はつきもの

水蒸気の勢いを利用して発電する火力発電や原子力発電では、タービンを廻した後の水蒸気の冷却に大量の水を必要とし、臨海発電所では冷却水に海水を用いる。取水路、循環水管、復水器、放水路には、海水と一緒に多くのプランクトンが流れ込む。プランクトンのうち、フジツボ、ムラサキイガイ、ミドリイガイなどの幼生は、水路壁面や復水器などに付着して成長し、水流の抵抗となって、発電効率を下げるほどの大きな影響を与える。

発電所では、防汚塗料の塗布、塩素の注入、スポンジポー

ルによる管の洗浄などの対策をしているが、旺盛な繁殖力には追いつかない。そのため、定期点検に合わせて清掃・除去作業が行われている。これらにかかる手間暇も大きい。発電所1ユニットだけで多い場合には1500トンにも達する除去生物の運び出し、処分にかかるコストも膨大である。このような背景から、電力中央研究所は、長期に亘り付着生物対策に取り組んできた。発電所により生態も違うなか、より効果的な付着生物対策が常に求められているのだ。

## 冷却水路に付着するおもな生物



アカフジツボ (左上)  
エビやカニの仲間の甲殻類に分類され、殻が5cm以上になる

ミドリイガイ (右上)  
日本には1980年代頃に定着した外来種で、大きいものは10cm以上になる

ミスクラゲ (左下)  
個体サイズは小さいが、短時間に大量流入すると被害が大きい



取水路入口付近でのムラサキイガイとアカフジツボの除去作業の様子。

## 遺伝子情報を利用した付着対策

なかでもフジツボは、付着量が多い上に固着力が強いやっかい者だ。復水器の管板にも付着し、何層にも重なって成長するため、直径約3cmの細管の径を狭めてしまう。フジツボをはじめ、体長が1mmに満たない付着生物の幼生がプランクトンとして遊泳しながら水路に流入する時期はほぼ決まっており、付着する時期を正確に予測できれば、付着前に塩素を集中的に注入するなどして、効率的な付着生物対策が可能になる。

従来、こうした付着生物の出現時期の調査には、板を調査海域に沈めて付着した生物の種類や数量を調べる方法が取られていた。しかし、付着生物の種類が発電所の取水路内部と異なったり、ある程度成長しなければ種類の判定が困難という問題があった。また、プランクトンネットで採集する方法もあるが、プランクトンの種類の判別は専門家でも困難で時間がかかる作業である。

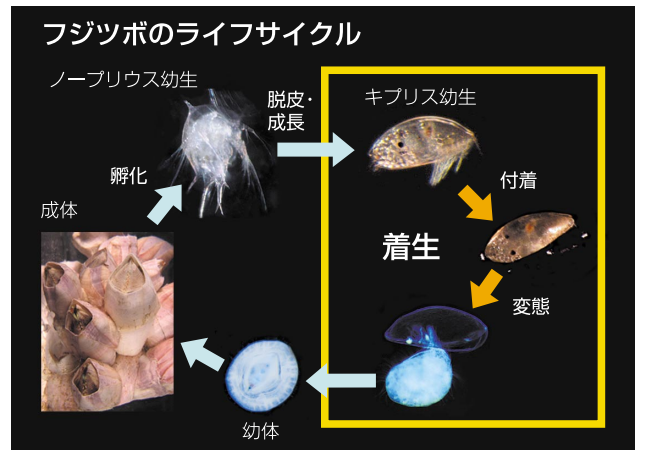
野方靖行氏が着目したのは遺伝情報だった。種類により特異的なDNA配列を用いて、判定・検出と定量化を一気に行おうという方法の開発が試みられた。当初は、アカフジツボなど特定の種類のミトコンドリア12SrRNA領域の遺伝情報を用い、直接PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)法によってDNAを増幅させて幼生を検出していたが、これには顕微鏡でフジツボを選別するという作業が必要であった。

そこで、特定の種類のフジツボに特異的な塩基配列だけが増殖するプライマー(検出したいDNAと相補的な塩基配列を増幅させるDNA鎖)を開発し、そのDNAの増幅量をリアルタイムにモニターしながら解析できる方法を生み出した。これにより、多種の付着生物の中から目的のフジツボだけを検出し、正確な定量が可能となった。

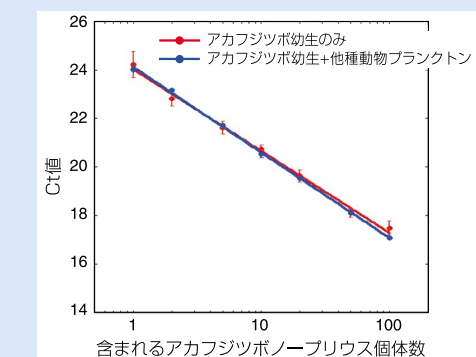
## 画像解析、無毒な塗料などの方法も開発中

2009年7月時点でフジツボについては12種類、ムラサキイガイ、ミドリイガイ、カワヒバリガイについても、プライマーを完成させた。いずれも定量化の検証も終え、実際の発電所の現場で利用が進むことが期待されている。

他にも付着生物対策は、多面的に進められている。例えば、ビデオに撮影した雑多なプランクトンの中から目的とする種類だけを画像解析によって検出・定量化する方法の



## 野外採集プランクトンを用いたリアルタイムPCRの結果



他の種類のプランクトンがアカフジツボ個体数の1万倍混入している場合でも、アカフジツボ幼生の定量性には影響しない。

開発にも着手している。リアルタイムPCRを用いた方法は種類の判定を誤ることがなく正確である反面、幼生の成長ステージの検出ができないという課題があるが、画像解析法はこれをクリアできる。また、無毒で安価な防汚塗料の研究についても大学などとともに取り組んでいる。付着の誘引剤となるフェロモンを用いた捕獲法などの開発も進めている。付着生物だけでなく、クラゲ類についても、対策を模索中だ。

野方氏は、「付着生物により取水効率が低下すれば、発電効率にも影響してくる。正確な繁殖盛期の予測で効率的な付着生物対策に貢献できれば、チリも積もれば山となって、発電効率の向上にもつながる」と抱負を語る。