

# 土木構造物FRPへのカビ等の付着について

西崎 到<sup>1</sup>・富山 禎仁<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 独立行政法人土木研究所 材料資源研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)  
E-mail:nisizaki@pwri.go.jp

<sup>2</sup>正会員 独立行政法人土木研究所 材料資源研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)  
E-mail:tomiyama@pwri.go.jp

土木構造物として使われる FRP の表面は、経年による見かけ上の変化が認められることが多いが、材料の化学的な劣化や物理的な劣化の他に、カビなどの生物の付着に起因することが疑われる場合がある。しかし、これまでその調査研究の例や実態はあまり知られていない。

筆者らは比較的長期間屋外に置かれていた FRP の表面に認められた、カビなどの付着が疑われる構造物や供試体について、肉眼、顕微鏡観察などの手法により調査を行い、その形態や生物などの種類について分類を行った。その結果見かけの形態からは、①黒色点状の変色、②黒色汚れ状の変色、③茶褐色粉状の変色、④黒茶色点状の変色の 4 種類に分類できた。実体顕微鏡による観察ではこのうち①はカビによるもの、④はカビによるものではないと考えられたが、②および③については判断が出来なかった。生物顕微鏡による観察では、②および③もカビなどの微生物によるものであることが示唆される結果となった。

**Key Words :** structural FRP, durability, deterioration, mold, moss, microbe

## 1. はじめに

土木構造物として使われるFRPの表面は、長期にわたって屋外で使用されることにより、表面に様々な見かけ上の変化が認められる。その主たる原因は、材料の経年劣化（白亜化や黄変化など）によると考えられるものと、汚れの付着によると考えられるものがある。このうち汚れによるものの中には、カビなどの生物に起因する場合があることは知られていた<sup>1)</sup>が、これまで土木構造物FRPについての実態などについて調査した報告はなかった。そこで、筆者らは屋外で比較的長期間置かれていた様々なFRP構造部材あるいはFRP供試体の表面に発生した外観上の変状の中から、生物に起因することが疑われる事例を選定し分類するとともに、それらについて実体顕微鏡、生物顕微鏡などによる観察を通して、見かけ上の変状の原因について調査を行った。

の評価のための屋外暴露試験に供しているFRP暴露供試体群の表面を肉眼により詳細に観察し、生物的な原因に起因すると疑われる変状（変色、汚れなど）を抽出し、それらの変状をタイプによる分類・整理した。

次に、それらの変状部分についてデジタル実体顕微鏡（図-1、八洲光学工業、YDZ-3F）により観察を行い、生物に起因するかどうかを検討した。さらに生物によると考えられるものについては、変状部分からメス等で微量な試料を採取し、スライドガラスに水で展開させて生物顕微鏡による観察を行い、原因生物に関する検討を行った。

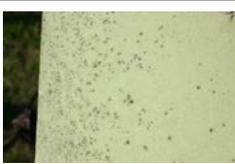
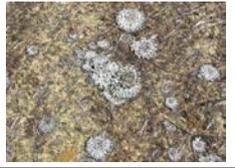


図-1 デジタル実体顕微鏡

## 2. 研究方法

土木研究所つくば屋外暴露場（茨城県つくば市）および陸別屋外暴露場（北海道陸別町）内に設置されている、2つのFRP実大模型橋、および材料物性の長期耐久性能

表-1 FRP 部材・供試体に認められた生物に起因すると考えられる変状の事例

部材・供試体整理番号	場所	部材・供試体名	母材の種類	特徴など	推定原因	部材・供試体全体像写真	変状部分拡大写真
1	つくば 暴露場	ハンドレイアップ成形板供試体	ハンドレイアップ成形GFRP板	黒い点状の変色	クロカビ		
7A	陸別暴露場	FRP引抜成形板供試体	GFRP引抜成形材(塗装部(アクリルウレタン樹脂塗料))	黒色の点状変色	クロカビ		
8	つくば 暴露場	FRP鉸桁橋実大模型	GFRP引抜成形材(無塗装部)	黒色の点状変色	クロカビ		
2	つくば 暴露場	FRP斜張橋	GFRP引抜成形材	黒い汚れ状の変色	汚れ		
3A	つくば 暴露場	引抜成形角パイプ供試体	GFRP引抜成形材(劣化が著しいもの)	黒い汚れ状の変色	汚れ		
6	つくば 暴露場	FRP斜張橋実大模型(主塔)	GFRP引抜成形材(塗装部(ふっ素樹脂塗料))	茶褐色の微細な変色	不明(汚れ、劣化、コケ?)		
3B	つくば 暴露場	引抜成形角パイプ供試体	GFRP引抜成形材(劣化が著しいもの)	褐色の点状変色	材料劣化		
3C	つくば 暴露場	引抜成形角パイプ供試体	GFRP引抜成形材(劣化が著しいもの)	白色の点状変色(肉眼では見つからず、実体顕微鏡観察で発見)	不明(カビ)		
4	つくば 暴露場	引抜成形I桁供試体	GFRP引抜成形I形材	白いパッチ状の変色	ムカデゴケの一種		
7B	陸別暴露場	FRP引抜成形板供試体	GFRP引抜成形材(塗装部(アクリルウレタン樹脂塗料))	白色の付着物	ムカデゴケの一種		

### 3. 微生物が原因とみられる変状調査結果

表-1につくば屋外暴露場および陸別屋外暴露場のFRP実大模型橋およびFRP供試体群の肉眼調査により抽出された、微生物に起因することが疑われる変状の一覧を示す。これらは見かけの形態からは4つに分類することができる。すなわち、①黒色点状の変色、②黒色汚れ状の変色、③茶褐色粉状の変色、④黒茶色点状の変色である。①の黒色点状の変色には、部材・供試体整理番号No.1, 7A, 8が相当する。これは、黒いカビの発生を思わせる変状であり、つくばだけでなく陸別でも見られた。擦ると表面から粉状に剥離する。②の黒色汚れ状の変色には、No.2および3Aが相当する。これらはつくばで認められたもので、全面が黒く汚れた様に変色した変状である。特に表面樹脂の脱落が顕著な部位に認められる場合が多かった。③の茶褐色粉状の変色にはNo.6が相当する。これはFRP斜張橋の主塔壁面に認められた、茶色い粉状の物質が表面にうっすらと付着したような変状であり、FRP内部から析出したようにも見えた。④の黒茶色点状の変色にはNo.3Bが相当する。これはNo.3Aの反対側（直射日光にあまり多く曝されずに表面樹脂の脱落がより少ない面）に認められた変状で、表面に黒茶色の点状の変色が認められるものであった。なお、No.3Cは肉眼で認められた変状ではなかったため、上記の分類には数えなかったが、これはNo.3Aと同じ供試体・部分の変状であり、No.3Aの実体顕微鏡観察中に黒い汚れ状の変状とは別に認められた白色の球状の付着物と思われる変状である。No.4およびNo.7Bはコケの一種と考えられる。これについても上記の変状の分類には数えなかった。

### 4. 顕微鏡観察の結果

#### (1) 実体顕微鏡観察

図-2に、①黒色点状の変状である、No.1, No.7AおよびNo.8の実体顕微鏡による観察結果を示す。No.1とNo.7Aはともに菌糸と思われる網目構造が認められるが、No.8ではこのような構造が認められなかった。このため、No.1とNo.7AとNo.8は、肉眼では類似しているが、種類の異なるカビである可能性があるものと考えられる。

図-3は、②黒い汚れ状の変状部分である、No.2およびNo.3Aの実体顕微鏡写真である。黒い部分は樹脂脱落によって露出したガラス繊維にまわりつく形で、FRPの表面にはりついているように見える。No.2では海苔のようであるが、No.3では粒状になっているように見えた。いずれも何らかの汚れが付着した様に見える。

図-4は、③の茶褐色粉状の変状の実体顕微鏡写真であ

る。土壌のようにも見える茶褐色の粒状物質が付着しているのが確認できる。

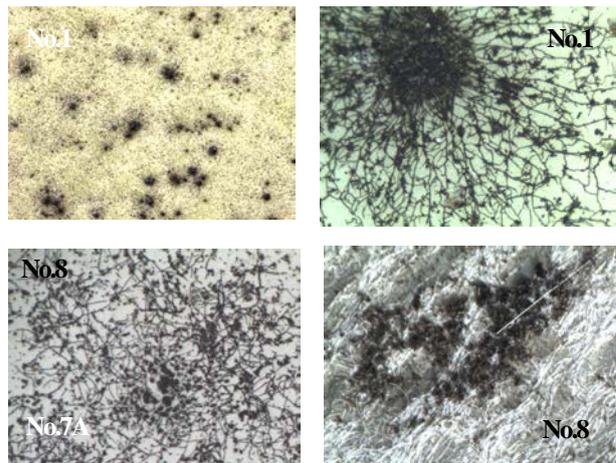


図-2 ①黒色点状の変状（左上は接写，他は実体顕微鏡）

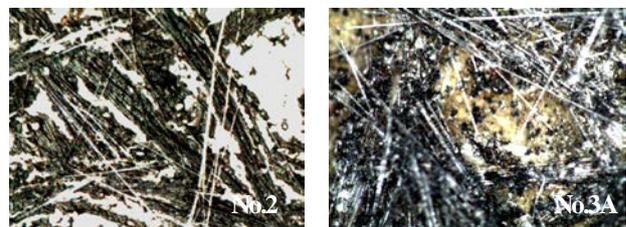


図-3 ②黒い汚れ状変状の実体顕微鏡写真

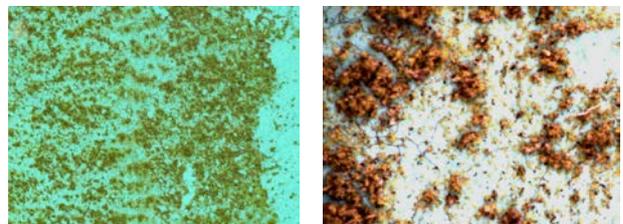


図-4 ③茶褐色粉状の変状（左：接写，右：実体顕微鏡）

図-5は、④黒茶色点状の変状の接写写真と実体顕微鏡写真である。この部分の樹脂は著しく黄変化しているものの、脱落は顕著ではなく、繊維の露出も殆どなかった。肉眼では表面に不規則な茶褐色の斑点が認められるが、実体顕微鏡でも同様であり、特別な構造は認められない。変色部の樹脂の一部に亀裂が発生している部分が見つかる（図-5の矢印部分）など、樹脂そのものが劣化に起因しているとも考えられる。この変状についてはカビ等による変状とは確認できなかった。

図-6はNo.3Aの実体顕微鏡観察中に発見した、白色球状の付着物である。表面樹脂が脱落して露出した繊維の奥にはりつくように付着していた。カビの胞子のようにも見えるが、塵のような無機質のごみが付着しているようにも見える。

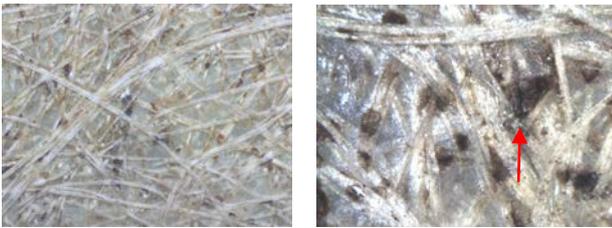


図-5 ④黒茶色点状の変状 (左：接写, 右：実体顕微鏡)

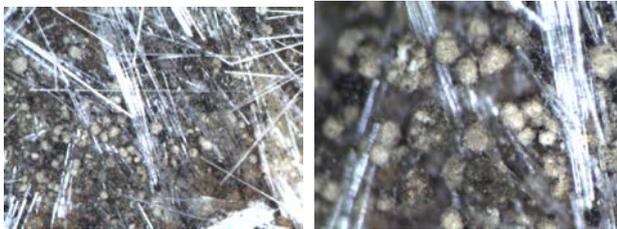


図-6 白色球状の変状の実体顕微鏡写真

## (2) 生物顕微鏡観察

図-7に、①黒色点状の変状のNo.1, No.7AおよびNo.8から採取した試料の生物顕微鏡写真を示す。No.1では特に顕著に黒い球状の胞子と思われるものが連なって観察された。図鑑等の資料<sup>2)</sup>によると、カビの種類はクロウジカビの様に思われるが、正確には培養試験などによって同定を行う予定である。No.7AおよびNo.8でも同様の黒い球状の胞子がみられるが、その他に、緑色の球状の胞子が混ざって存在していた。この胞子は後述するNo.6で見られる胞子に類似しているようであるが、これらのカビの実体顕微鏡観察はNo.6とは大きく異なることから、コンタミネーションなどの観察上問題の可能性を含めて、今後検証するとともに同定を進める計画である。

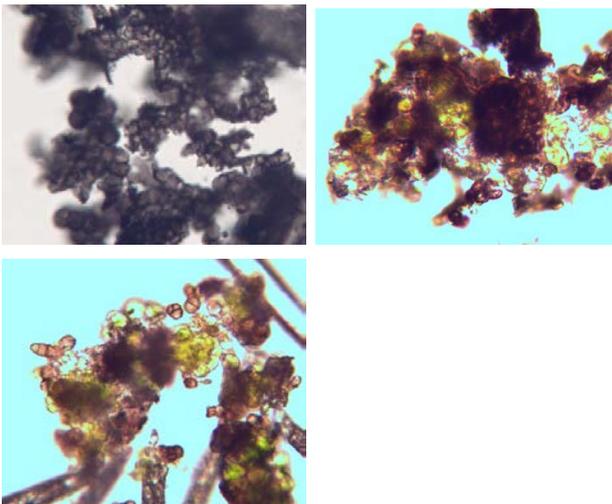


図-7 ①黒色点状変状から採取した試料の生物顕微鏡写真 (左上：No.1, 右上：No.7A, 左下No.8)

図-8に②黒い汚れ状の変状のNo.2およびNo.3から採取

した試料の生物顕微鏡写真を示す。これらは実体顕微鏡での観察では非生物的なものに見えたが、生物顕微鏡観察からは繊維に球状のものが付着しているのが分かり、カビの一種あるいは藻の様な植物のように見える。緑色の部分が一部に認められた。

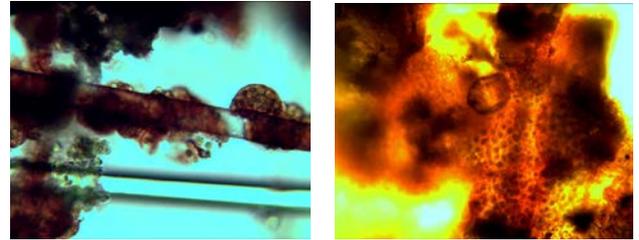


図-8 ②黒い汚れ状変状から採取した試料の生物顕微鏡写真 (左：No.2, 右：No.3)

図-9は③の茶褐色粉状の変状のNo.6から採取した試料の生物顕微鏡写真である。緑色の球状の連なった胞子が認められ、カビの一種と考えられることが分かった。正確な種類については培養試験による同定を実施する予定である。なお、④黒茶色点状の変色からは生物顕微鏡観察用の試料が採取できなかった。

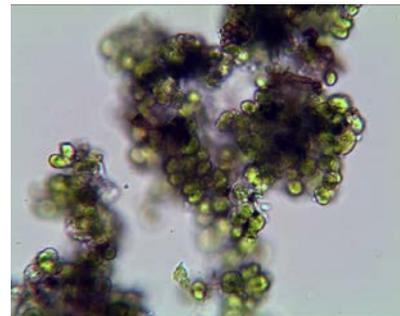


図-9 ③茶褐色の点状の変状から採取した試料の生物顕微鏡写真 (左：No.6, 右：No.8)

## 5. 微生物以外の変状

No.4およびNo.7Bはいずれもムカデゴケの一種と考えられた。図-10に例を示す。FRPだけでなくコンクリート状などにも比較的多くみとめられた。



図-10 FRPへのコケの付着例 (左：No.4, 右：No.7B)

## 6. まとめ

長期間屋外に設置したFRPに生じた、カビ等によるものと疑われる外観上の変状を集めて、外観上の特徴を整理すると、①黒色点状の変色、②黒色汚れ状の変色、③茶褐色粉状の変色、④黒茶色点状の変色の4種類に分類できた。実体顕微鏡による観察ではこのうち①はカビによるもの、④はカビによるものではないと考えられたが、②および③については判断が出来なかった。なお、②からは肉眼では気が付かなかった白色球状の付着物が実体顕微鏡で観察された。生物顕微鏡では、②および③もカビなどの微生物によるものであることが示唆される結果となった。

本報告の調査対象は限られており、十分に広いとは言えないことから、対象を広げることでさらに分類が増加する可能性が高いと考えられる。原因となったカビ等の種類については、培養試験を含む同定が必要と考えられ

るので、今後これらを実施していく必要がある。また、これらのカビ等のFRPの物性や長期耐久性への影響については不明の点が多いのが現状であり、さらなる研究が必要である。

**謝辞：**本研究は科研費（23656283）の助成を受けたものである。

### 参考文献

- 1) 井上真由美：増補 微生物による変質腐食とその対策 ―工業材料の微生物災害―，化学工業社，1986.
- 2) 高島浩介：かび検査マニュアルカラー図譜，テクノシステム，2002.

## STUDY ON MOLD ON THE SURFACE OF FRP FOR CONSTRUCTION STRUCTURAL USE

Itaru NISHIZAKI and Tomonori TOMIYAMA

Surface of structural FRP often shows various kind of appearance changes through the exposure in the outdoor environment. In some cases, these appearance changes seems to be caused by not only deterioration but mold. There are some previous report that industrial materials are affected by mold however there are not so many studies of the present state of mold on the FRP use as a construction structural materials. The authors carried out to collect the examples of mold on FRP used in outdoor environment, then categorized the example into four cases. Observation by a digital stereoscopic microscope and biological microscope were also carried out for the each cases, and the results suggested main these cases were caused by mold or microbe. Identification including the cultivation method is not finished for these cases, however planned in the future.