

ネフェルタリ王妃墓の微生物について

新井英夫

1. はじめに

ネフェルタリ王妃は、古代エジプトの新王国時代に第19王朝で紀元前1301年から1234年まで在位した3代目の王、ラムセス2世の妃13人の1人である。ネフェルタリ王妃墓は、エジプトのルクソール近郊西テーベの“王妃の谷”に築造され(図-1, 2), 王妃墓内の壁面にはネフェルタリ王妃や従者らの姿が、白いしっくいの下地に鮮やかな色彩で描かれている(図-3, 4)。ネフェルタリ王妃の美しい容姿は、3200年前のネフェルタリ王妃墓の壁画によって、現代まで確実に伝えられている(図-5)。

エジプト考古庁(EAOと略記)とゲティ保存科学研究所(GCIと略記)は、1986年5月に劣化の著しいネフェルタリ王妃墓壁画の保存のための科学的研究と応急処置を、共同で実施することに合意した。この計画の遂行にあたり、エジプト及び国外の専門家からなるネフェルタリ王妃墓壁画の保存と修復の学際的調査団が編成された。筆者

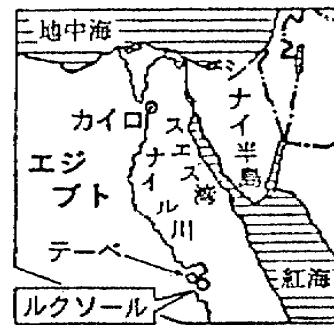


図-1 ネフェルタリ王妃墓の位置

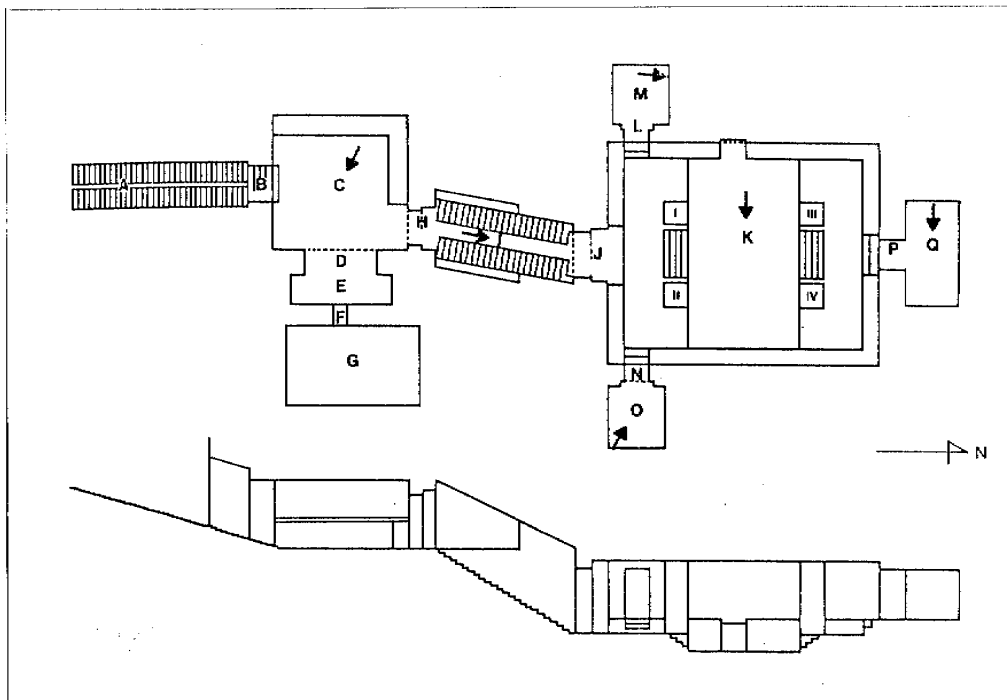


図-2 ネフェルタリ王妃墓の平面図と断面図

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| C : Outer Hall……前室 | I : Corridor……墓室への階段 |
| K : Sarcophagus Chamber……墓室 | M : West Side-room……西側室 |
| O : East Side-room……東側室 | Q : Inner-room……奥側室 |

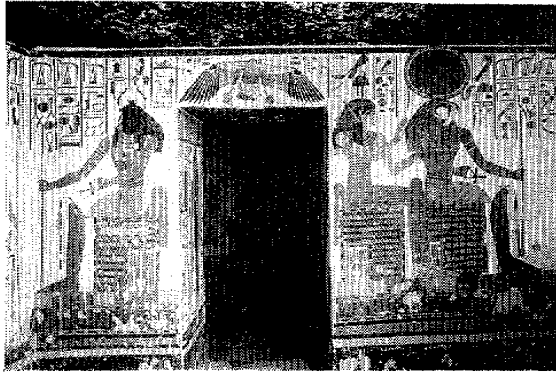


図-3 保存状態のよい壁画 (Outer Hall C
の奥にある E, GCI 原図)



図-4 剝落が著しい墓室の北と西の壁画
(Sarcophagus Chamber K から
Inner-room Q を望む, GCI 原図)

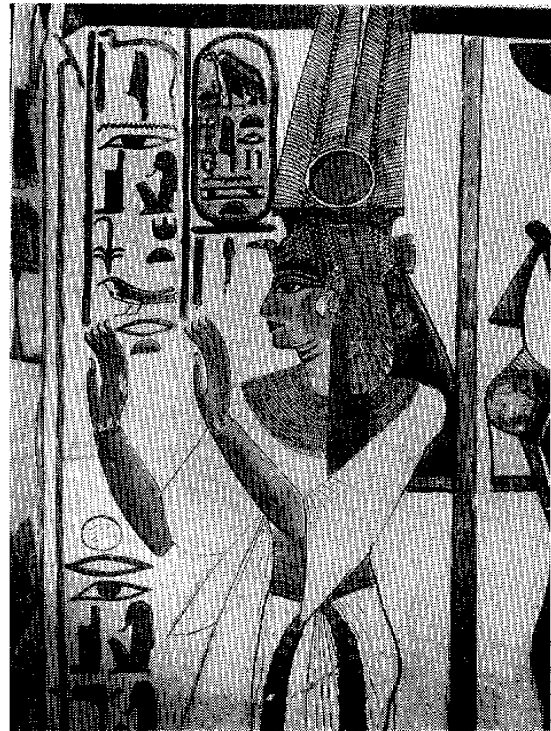


図-5 神に祈りを捧げるネフェルタリ王妃
(EAO原図)

は、ゲティ保存科学研究所からこのネフェルタリ王妃墓の総合調査における生物部門の分担を要請され、1986年9月8日から13日までカイロ及びルクソールで開催された第1回の会合と現地調査に参加する機会を得た。筆者は、我が国の古墳等埋蔵環境の保存科学的研究を行ってきたが、今回我が国とは著しく環境の異なるエジプトの王妃墓の生物学的調査研究⁽¹⁾を実施したので、これまでの知見を報告する。

2. 王妃墓内の生物学的調査

ネフェルタリ王妃墓の年間平均温湿度は、26~29°C、30~40% RHで、長期間閉鎖していると58% RHに達することがある。筆者は、このように著しい乾燥状態の埋蔵環境には、これまで一度も遭遇したことがない。このネフェルタリ王妃墓を、生物学的観点から観察・記録した。

(1) クモが生息していた。Corridor-I等でも見受けたが、特に East Side-room Oの東壁天井部には10数匹が認められた。この部分は、王妃墓内で最も水分の存在している位置のようであった。

(2) Corridor-Iの西側でネズミの糞を採集した。

(3) Inner-room Qで1匹のシミ (silver fish) を発見したが、採集できなかった。この事実は、墓内にシミの餌となるでんぷん質の存在とシミが生息できるだけの水分の存在を示唆していた。また、ゴキブリの幼虫も採集した。

(4) Outer Hall Cの北西壁下で、カツオブシムシの脱皮殻を多数採集した。これを同定した結果、2種類のカツオブシムシの脱皮殻と判明した。すなわち、

(a) 和名：ヒメカツオブシムシ，学名：*Attagenus* sp.

(b) 和名：マダラカツオブシムシ，学名：*Trogoderma* sp.

(5) 王妃墓内の天井は，青色顔料で塗布されているが，特に West Side-room M と East Side-room O の天井は，黒変している部分が見受けられた。また，天井の表面に細かい亀裂，浮き上り，剥落等が認められた。青色顔料の黒変は，微生物起因の現象かもしれない。

(6) West Side-room M, East Side-room O, Inner-room Q の天井部位に，結晶の析出が認められた。

3. 王妃墓内外の微生物数

3.1 測定法

王妃墓における微生物数の計測は，1986年9月8日と11日の2回実施した。これは，各分野の調査前，すなわち長期間閉鎖されている状況を9月8日に，その後10日までの3日間に行われた各分野の調査終了後，すなわち人間の出入に伴う変化を9月11日に計測して比較検討した。

王妃墓内の測定点は，Outer Hall C, Sarcophagus Chamber K, Inner-room Q と外気とした。測定は，各部室の中央部空間にシリコンチューブの先端を固定し，他端をピンホールサンプラー（三基工業 K. K. 製）のスリットに連結して行った。ピンホールサンプラーの中央に滅菌した平板培地を置き，コンプレッサーを2分間作動させ，53 lの空気を5個のピンホールから吸引して培地上に吹き付けて空気中の微生物を採集した。これらのペトリ皿は，25°Cで7日間培養し，それぞれの培地上に出現した微生物の集落を計測した。平板培地は，3種類を調製して用いた。対照は，王妃墓の外で大気中の微生物を計測した。

3.2 王妃墓総合調査前後の微生物数

王妃墓内の調査結果を表一に示した。この結果から，調査前の王妃墓内は，糸状菌も細菌もほぼ均一な値を示していた。強いて言えば，Inner-room Qで最も低い値を示していた。このときの王妃墓外の大気中は，糸状菌が王妃墓内より著しく多く，細菌がわずかに少なかった。

次に，調査後の結果を見ると，王妃墓内の微生物数は，総合調査に伴う人の出入と作業に

表一 王妃墓における総合調査前後の微生物数（個数/m³）

年月日	測 定 点 微 生 物	Outer Hall	Sarcophagus Chamber	Inner-room	Open air
		C (前室)	K (墓室)	Q (奥側室)	(外気)
1986年 9月8日 調査前	細菌等	2,800	3,185	2,722	2,192
	糸状菌	141	104	66	804
	糸状菌中の <i>Cladosporium</i> -like	0	0	0	314
1986年 9月11日 調査後	細菌等	5,576	5,557	—	2,174
	糸状菌	369	237	—	567
	糸状菌中の <i>Cladosporium</i> -like	236	171	—	437

よって、糸状菌も細菌等もともに約2倍に増加した。このときの王妃墓外の大気中の微生物数は、糸状菌が調査前より若干少なくなっていたが、細菌等はほとんど同じであった。

3.3 王妃墓総合調査前後の微生物学的特徴

(a) 王妃墓内の湿度は、極めて低く50% RH以下と思われた。そのために、壁画面及び母岩等からの砂状の微粉が床に堆積しているの、調査のための作業や装置を移動する際に床の微粉が舞上った。これが、各分野の調査前の計測にも拘わらず、細菌数が2,700~3,200/m³という著しく高い値を示した原因と考えられる。

(b) 総合調査終了後の王妃墓内の細菌数は、約5,500/m³であった。これは、調査前の値と比較するとそれ程大きな値ではないが、調査中はもっと高かったと推定される。その理由は、総合調査が終了して15時間後に微生物を計測したので、舞上った粉塵中の大きな粒子は沈降したためと考えられるからである。

(c) 王妃墓内の空気中の微生物で最も顕著な変化が認められたのは、*Cladosporium*-like 糸状菌の変動である。すなわち、調査前には *Cladosporium*-like 糸状菌が計測されなかったにも拘わらず、調査後の計測では、糸状菌の64~72%を同菌が占めていた。王妃墓外で大気中の微生物を計測すると、やはり糸状菌中に *Cladosporium*-like 糸状菌の占める割合が40ないし77%であった。これより、王妃墓は、長期間密閉されていたことを裏付けており、調査に伴う人の出入りによって王妃墓内に同菌が外気と共に搬入されたと考えられる。我が国の古墳と同様に、ネフェルタリ王妃墓でも *Cladosporium*-like 糸状菌が、外気流入のモニターとして使用することができる。

4. 王妃墓の空気中の微生物

王妃墓内では、糸状菌として *Acremonium* sp., *Aspergillus* spp., *Emericella* sp., *Penicillium* spp., 細菌として *Bacillus* spp. と *Micrococcus* spp., 及び放線菌が分離された。これらの中で、*Aspergillus* spp. と *Penicillium* spp., *Bacillus* spp. の出現率が最も高かった。一方、王妃墓外の大気中からは、*Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp., *Emericella* sp., *Epicoccum* sp., *Penicillium* spp. が分離された。

5. 青色顔料黒変部及び床の小片の微生物

王妃墓天井の青色顔料が黒変している要因として、微生物が関与している可能性が考えられ



図一6 王妃墓天井の青色顔料黒変部の微小試料に生育した糸状菌
培養条件：Aw 0.94, 25°C, 180日



図一7 王妃墓の床から採集した小片に発生した糸状菌の閉子のう殻 (cleistothecia)
培養条件：Aw 0.94, 25°C, 180日

表一2 ネフェルタリ王妃墓天井等からの分離菌の種類と好稠性

分離源	菌株番号	種類	好稠性
天井顔料 (1)	Nef-1	<i>Penicillium</i> sp.	条件的好稠性
"	Nef-2	<i>Aspergillus</i> sp.	絶対好稠性
天井顔料 (2)	Nef-3	<i>Aspergillus</i> sp.	絶対好稠性
"	Nef-4	<i>Aspergillus</i> sp.	絶対好稠性
床の小片 (1)	Nef-5-①	<i>Eurotium</i> sp.	条件的好稠性
"	Nef-5-②	<i>Aspergillus</i> sp.	絶対好稠性
床の小片 (2)	Nef-6	<i>Aspergillus</i> sp.	条件的好稠性

た。そこで West Side-room M の天井から採集した青色顔料が黒変した微小試料と床から採集した小片から微生物の分離を試みた。すなわち、Aw 0.94 に調整した Aw ペトリ皿に試料を入れ、25°C に保って観察を続けた。その結果、6 か月後にそれぞれの試料に糸状菌の生育が認められた (図-6, 7)。

青色顔料黒変試料から4菌株、床の小片から3菌株を分離して、形態学的性質並びに水分活性を観察測定した。その結果、3菌株は条件的好稠性糸状菌に、4菌株が絶対好稠性糸状菌に属し、種類は *Eurotium* sp. 1株、*Aspergillus* sp. 5株、*Penicillium* sp. 1株であった。上記の関係を一覧表にして、表-2に示した。

6. 微生物の防除対策

筆者らは、我が国の未発掘古墳が微生物学的に不活性な埋蔵環境を形成していることに着目して、未発掘古墳の保存科学的研究を実施してきた。その成果の1つとして、未発掘古墳には埋葬した遺体に起因する低分子量のアミン類が存在することを発見し、これらのアミン類に微量で気化して微生物の生育を阻止する性質のあることを報告した⁽²⁾⁽³⁾。

ネフェルタリ王妃墓の天井等には、絶対好稠性糸状菌と条件的好稠性糸状菌が生息していることが判明した。絶対好稠性糸状菌は、壁面に褐色斑点を形成する可能性がある⁽⁴⁾⁽⁵⁾、将来これら糸状菌の防除対策を考慮しなければならない。その際の対策の1つとして、低分子量アミン類の応用も考えられるので、ネフェルタリ王妃墓から分離した *Eurotium* sp. strain Nef-5-① と JIS の標準菌株 *Aspergillus niger* IAM 3001 を供試して、ジメチルアミンとエチルアミンの防黴効果を検討した。

その結果、供試菌株は、それぞれのアミン 50 μ l/l 加えると14日間は生育が阻止されていた。しかし、30日後では *Asp. niger* は生育を阻害されていたが、*Eurotium* sp. strain Nef-5-①は生育したので、本菌の生育を阻止するには、これらのアミン 100 μ l/l 程度の薬量を必要とするかもしれない。

7. 考 察

ネフェルタリ王妃墓の Sarcophagus Chamber K の北と西の壁画は、剥落して消失した部分が多い。今回の調査でも、同室の北側の壁画面が、霜柱のような3~4cmの塩類の結晶で、当初の位置から王妃墓内に押出されていた (図-8)。

王妃墓で発生する塩類の結晶は、壁画面やその下で母岩からの水分が蒸発した結果である。壁画面を修復してもこの状態が改善されない限り、壁画面下の結晶は今後も発生するであろう。筆者は、壁画面下での結晶形成が停止するのは、王妃墓内と母岩との間の水分の移動が停止し

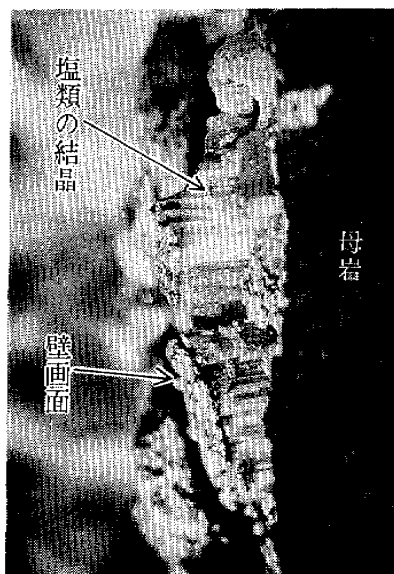


図-8 ネフェルタリ王妃墓壁画面の塩類結晶による損傷 (GCI 原図)

明らかとなった。従って、これらの糸状菌は、壁画面に褐色斑点を形成する可能性があるので、今後この種の糸状菌の挙動に留意する必要がある。

おわりに、ネフェルタリ王妃墓で採集した昆虫は、森八郎博士と林長閑博士に同定をお願いした。記して感謝の意を表します。

文 献

- (1) Arai, H.: Biological Investigations, "Wall Paintings of The Tomb of Nefertari", pp. 54—57, July 1987, The Getty Conservation Institute.
- (2) 新井英夫: 古墳等埋蔵環境の微生物学的研究, 考古学雑誌, 71, 69~74 (1985).
- (3) Arai, H.: Antimicrobial Factors Found in Virgin Tumuli, "Biodeterioration 6", pp. 363—368 (1986), C. A. B. International Mycological Institute.
- (4) 新井英夫: 紙質類文化財の保存に関する微生物学的研究 (第5報) Foxing から分離した糸状菌の生理的・形態学的性質, foxing 形成機構および防除対策について 保存科学, 26, 43—52 (1987).
- (5) Arai, H.: On the Foxing-Causing Fungi, The 8th Triennial Meeting, Committee for Conservation, The International Council of Museums, Sydney, Australia, 6—11 September 1987, Preprints III, 1165—1167.

たときと考えている。そのためには、王妃墓を密封して発掘前の状態に戻すことが必要である。

我が国の古墳の場合は、石室の水分活性が A_w 0.95 から 1.00 (95~100% RH) に達する。しかし、ネフェルタリ王妃墓は、どの程度の水分活性で水の移動が停止するか推定できない。筆者は、ルクソールの王妃の谷の近辺で、未発掘王妃墓または埋戻して長年月経過した王妃墓で、まず埋蔵環境を計測することが必要と考える。そして、ネフェルタリ王妃墓内の環境は、王妃の谷の他の未発掘王妃墓の埋蔵環境を把握したときに、発掘前の安定した状態を形成させることが可能となるのではなかろうか。

王妃墓天井の青色顔料黒変部から、絶対好稠性糸状菌が分離された。この種類の糸状菌は、紙の foxing 要因糸状菌であることが、筆者の研究で

On Microorganisms in the Tomb of Nefertari

Hideo ARAI

The Egyptian Antiquities Organization and the Getty Conservation Institute agreed in May, 1986 to conduct a project on the preservation of the wall paintings in the 3200-year-old Tomb of Nefertari and have assembled a multidisciplinary team of Egyptian and foreign specialists. Since the author was asked to participate in the project as one of the foreign specialists in the field of biodeterioration of cultural properties and its control, he had a chance to investigate the Tomb biologically in order to preserve the wall paintings found in an environment remarkably different from those found in tombs in Japan.

The author was very fortunate to be the first to be allowed into the Tomb of Nefertari during this investigation. The average temperature of the Tomb is about 26–29°C and the humidity 30–40% RH. This is a much drier environment than he has experienced in many of the sites in Japan and elsewhere in the world. The author found some spiders, a larva of the common cockroach and a silver fish, though the last one was too quick to catch. So there must be something starchy for it to eat, and enough water for it to drink. *Attagenus* sp. and *Trogoderma* sp. were found in the ecdyses of Dermestids collected in the Tomb.

The main damage to the wall paintings is, of course, salt crystallization, but the author considered that discoloration from blue to black in parts of the ceiling may have been caused by microorganisms. After incubating the samples of a tiny piece of plaster and floor in Aw petri dishes whose water activity (referred to as Aw) was regulated to 0.94 at 25°C for 6 months, seven strains of fungi were isolated from the samples (Fig. 6, 7). According to the water activity of each strain, these strains could be divided into two groups: five strains of *Aspergillus* spp. belonging to the absolute tonophilic fungi whose growing condition is $Aw < 1.00$, and one strain each of *Eurotium* sp. and *Penicillium* sp. belonging to the facultative tonophilic fungi whose growing condition is $Aw \leq 1.00$. These strains are undergoing identification now. The author has reported in other studies that the main causes of foxing on paper are the absolute tonophilic fungi related to *Aspergillus penicilloides* and *Eurotium herbariorum*. Therefore, this result gives a warning that the wall paintings of the Tomb may be stained to brown by these fungi.

The author first entered the Tomb on the 8th September, 1986 to make some measurements. In the three days that followed it was found that the number of fungi and bacteria had doubled. This must have been a natural result of human intervention and movement during the investigations. The most marked change was in the number of airborne microorganisms *Cladosporium*-like spp., which are present naturally in the air and make black spots on the damp walls worse.

These are, therefore, very dangerous for the paintings. The author thought that

when the Tomb was first discovered by Schiaparelli in 1904 the wall paintings had been preserved in the most stable condition for 3000 years or more. If possible, other unexcavated tombs or tombs reburied for a long time in the nearby Valley of the Queens should be investigated to learn the best and most natural environment for their preservation. Human interest and activity is sadly not the best friend of cultural properties and can cause damage like those that happened to the cave at Lascaux in south-west France which now has had to be closed. If tombs like Nefertari are to be opened to the public, access has to be in a controlled environment supported by the best scientific work.