

# 音楽と化学:パイプオルガンの音色が消える

ヨーロッパ大陸のあちこちで、長い歴史を持つ楽器が音色を失いつつある。新種のなぞめいた腐食現象がその原因だ。音楽的文化遺産を守るために奮闘している、化学の世界の探偵たちにTom Clarkeが話を聞いた。

原文：Organ failure

Nature Vol.427(8)/1 January 2004; www.naturejpn.com/digest

「シュテルヴァーゲン」(Stellwagen)と呼ばれるパイプオルガンの澄んだ音は、1467年以来、ドイツの古都リューベックにある聖ヤコブ教会に響きわたっている。このパイプオルガンは、17世紀にそれを修理した偉大なパイプオルガン製作者 Friedrich Stellwagen にちなんで名づけられた。パイプオルガン・マニアの間では、シュテルヴァーゲンはルネサンス期とバロック初期の音楽を演奏するには世界で最高レベルにあると考えられている。しかし、1992年、このオルガンのもっとも大きなパイプから音が出なくなり始めた。詳細な調査を行ったところ、原因が判明した。金属パイプにできた小さな穴から空気が漏れていたのだ。

この有名なパイプオルガンが大変な状況にあるということは、ヨーロッパのパイプオルガン製作者、演奏家、マニアという狭い世界であつという間に広がった。そして、これはシュテルヴァーゲンだけではないことが明らかになった。15世紀から17世紀にかけて作られた、ベルギー、フランス、イタリア、オランダ、ポルトガルの教会の多くのオルガンのパイプも、同じように腐食している。フランスのボルドーにある大聖堂のオルガンのパイプは、それ自体の重みで崩壊する危険さえある。

古いパイプオルガンのパイプは鉛でできており、鉛は腐食することが知られている。しかし、リューベックのシュテルヴァーゲンや、同じように腐食が見つかったオルガンにみられた症状(パイプの内側に白いチョークの粉のような残留物が突然現れ、やがては外側まで穴が貫通する)は、これまでにはなかった。スウェーデンのイエーテボリ大学オルガンアートセンターの研究技師 Carl Johan Bergsten は「これまでにない、新しい現象だと考えざるをえない」と話す。Bergstenは、パ



綿密な実験：パイプオルガンから採取された鉛の試料はさまざまな大気状態のもとで腐食の度合いをテストされている。

イプオルガンは音楽と科学技術の両方の世界の象徴のようなものだと考えている。「パイプオルガンは、その時代の技術の粋を集めたもの。17世紀でいうパイプオルガンは、現在のパソコンのようなものだ」と彼は言う。

## 鉛を追って

Bergstenは昨年、この問題の原因と程度を確かめるために、冶金学者、化学者、パイプオルガン製作者、音楽史家からなる調査チームを作った。チームはまだできて間もないが、実

験室と現場での実験から腐食の原因についての手がかりをつかみはじめた。しかも、その原因とは、貴重な楽器を修復するために、よかれと思ってしたこと副作用かもしれないことが分かってきたのである。

Bergstenが率いる「ヨーロッパにおけるオルガンパイプの鉛および鉛・スズ合金腐食プロジェクト」(頭文字はCOLLAPSE。EUが資金を出している)は、パイプオルガン製作者、修復専門家、奏者に、腐食したオルガンについての詳細を知らせるよう依頼している。おか



パイプに穴が！ ドイツのリュウベックにある聖ヤコブ教会のパイプオルガン「シュテルヴァーゲン」は腐食のために音が出なくなりつつある。



空気にさらされて：上記のパイプオルガンのパイプ。ヨーロッパのパイプオルガンの鉛製パイプの多くは腐食しつつある。

▶ げで2003年12月には、ブリュッセルの王立音楽学校のオルガンに鉛腐食が発生したことが分かり、学校側がBergstenに連絡してきた。腐食がどの地域に広がっているかがわかれば、原因の究明に役立つだろう。だがプロジェクトを突き動かしている中心的な活動は、現場と実験室での一連の実験である。

Bergstenのチームはすでに、イタリア、ドイツ、オランダから腐食したパイプオルガンを7つ選び、これらと同じ地域の同じような教会にある、似たタイプだが腐食のないパイプオルガンとそれぞれ一組にした。そして、これらの教会に温度と湿度の記録装置を取り付けた。また、オルガンのパイプから腐食した

金属と腐食していない金属の試料を採取し、スウェーデン・イエーテボリにあるチャーマーズ工科大学の環境無機化学者 Jan-Erik Svensson の実験室で分析を行った。

腐食の原因と考えられることは、山ほどあった。最も大きな原因の一つと思われたのは、セントラルヒーティングだった。セントラルヒーティングは、温度と湿度を上げるだけでなく、金属を腐食させることがある一酸化炭素も出す。しかし、Svenssonが分析したところ、別の原因も浮かび上がってきた。「私たちは、すぐに高濃度の有機酸を見つけた」と彼は説明する。白い粉末状の残留物は、有機酸腐食が起きていることを示す、ヒドロキシ炭酸鉛とヒドロキシ酢酸鉛であることが分かった。腐食したパイプの内側から試料を取って分析すると、すぐに有機酸腐食の原因が見つかった。パイプを吹き抜ける空気に含まれる高濃度の酢酸だった。

実験室ではさらに分析を行い、関連が考えられる別の腐食性物質も調べた。二酸化硫黄、酸化窒素、オゾンなどのよくある大気汚染物質は、パイプのサンプルにほとんど損傷を与えていなかった。だが酢酸は、オルガンのパイプを通る空気中に含まれるのと同程度の濃度で強い腐食性を示した。「現場での分析結果と実験室で得られた分析結果が、これほどよく一致したのは初めてだ」とSvenssonは話す。

さらなる調査によって、酸の放出源の候補が分かった。新しいナラ材は高濃度の酢酸を放出するのだ。パイプオルガンを修復するときは、送風機と風箱(パイプへ高圧の空気を送る箱)の中のナラ材の部品を作り直すことが多い。腐食が起きているパイプオルガンの多くは、近年になって修復されたものだった。例えば、リュウベックのシュテルヴァーゲンが分解修理されたのは1970年代である。

だが、木製部品を数回取り替えているのに腐食が起きていない古いオルガンもたくさんある。なぜ、近年になって初めてこの問題が発生してきたのだろうか。これについては、セントラルヒーティングがあやしいと感じている、熱心なファンの動が当たっているかもしれない。Svenssonは、湿度と温度の測定結果を待ちかまえている。教会の気温が高いと新しい木材から多量の酢酸が出るのかもしれない、と彼はみている。

COLLAPSEの研究で得られたもうひとつ ▶



の手がかりは、腐食が起こったパイプオルガンはすべて「北ドイツ風」に作られており、鉛パイプに含まれるスズの割合が小さい、ということだ。鉛はまず、砂の上で薄板状に製造される。その際、パイプを硬くして光沢を増すためにスズが加えられる。しかし、現在腐食が起きているパイプオルガンの多くが作られたとき、スズは不足して高価だった。このため、合金に加えられるスズの量は少なかつた。

イタリアのボローニャ大学の冶金学者 Carla Martini らは、腐食が起こったパイプの組成を原子吸光分析と蛍光X線分光で調べている。この結果、1.5% から2% のスズを含むパイプでのみ腐食が起こるらしいことが分かった。「こうした微量のスズは腐食に大きく影響するらしい」と Martini はみる。

### スズがカギ

英国のほとんどのパイプオルガンは腐食する恐れがないようだ。スズの含有量が少ないパイプにのみ腐食が起こるという研究結果は、英国で腐食が起これないことの説明となるかもしれない。「専門家としての立場から、この30年で2例しか見たことがない」と言うのは、ロンドンを拠点とするコンサルタントの John Norman。パイプオルガンの保存について、英国国教会の関係団体「教会保存トラスト」に助言している人物だ。腐食したパイプが作られたとき、ヨーロッパのスズの主たる供給源は英国のコーンウォールだった。このため、スズは英国ではヨーロッパ大陸よりもずっと安かった。英国のパイプオルガンのパイプは最大20%のスズを含んでいる。

なぜ、スズが少ないパイプでだけ腐食が起こるのかはナゾのまま。スズそのものが原因ではない、と Martini は言う。スズ含有量が少ないパイプは、銅、アンチモン、ビスマスなどの不純物も多く含むことが、光学顕微鏡と電子顕微鏡を使った Martini の分析で明らかになってきた。こうした不純物は、パイプの微細構造(空気の入った空間と不純物で隔てられた、結晶様の金属断片の大きさと配置)に影響する。不純物がどのように腐食を促進するのかを理解することは、このナゾへの手がかりになりそうだと Martini は考えている。だが何百年もたってしまった後に、パイプの組成が時間とともにどう変化したのかを知る

のは難しい。「私たちが決して理解できないであろうことはたくさんある。どうしたって、時間の経過にはかなわない」と Martini は話す。

パイプオルガン音楽の愛好家としては、あまりに遅くなりすぎる前に、COLLAPSE プロジェクトが腐食への対処方法を発見してくれるよう願うのみだ。Bergsten らは、パイプを化学的に処理して腐食反応を防ぐ方法の開発を目指している。もっと長期的な目標としては、パイプの組成と製造法が、そのすばらしい音色とどのように関係しているのかを解明したいと考えている。それが達成できれば、パイプオルガン特有の音色を損なわずに、ひどく腐食したパイプを新しいパイプに交換でき

るかもしれない。

パイプオルガンのマニアは、プロジェクトの速い進展を期待するしかない。聖ヤコブ教会の Lutz Jedeck 牧師によると、リューベックのシュテルヴァーゲンはまだ演奏可能だという。「パイプオルガンの荘厳で独特の音色のおかげで、礼拝は常に新鮮な雰囲気醸し出している。だが、穴はどんどん大きくなっているのだ」と Jedeck 牧師は嘆いている。 ■

**Tom Clarke**は最近までネイチャーのオンラインニュースチームに所属していた。彼は現在、ロンドンでチャンネル4ニュースの科学リポーターを務めている。

## 米国ビザ審査の高すぎる壁

「テロとの戦い」で強化された入国管理は、米国への外国人研究者の流入を制限しつつある。一方、他の国々は、才能豊かな人材を確保すべく動き出している。これは科学力のバランスを崩すことにつながるのだろうか。

原文: *As one door closes...*

Nature Vol.427(190)/15 January 2004; www.naturejpn.com/digest

Zhang (仮名)は、ウィスコンシン大学マジソン校化学科・大学院5年目の学生。勤勉で仲間から人気があり、卒業後に科学者として羽ばたく矢先のことだった。2002年に故郷の中国に一時帰国したことで、将来に暗雲が立ちこめてきた。Zhang は事態の悪化を非常に恐れて、本稿に実名を出さないという条件でインタビューに応じてくれた。

本誌では中国人科学者に取材する際に、微妙な問題についてのコメントは匿名にしてほしい頼まれるのは、よくあることだ。だが Zhang が心配しているのは中国政府の動向ではなく、領事館員や FBI 捜査官など米国の政府関係者。自分が米国の科学分野を支える貴重な人材としてではなく、潜在的なテロリストとみなされることを恐れているのだ。

Zhang の悪夢は、マジソンを辞めて旧正月を家族や友人たちと過ごすために一時帰国した2002年の1月に始まった。前年の9月に起きた同時多発テロのあおりを受けて、入国管

理が厳しくなっていることは承知していた。そこで Zhang は、米国に戻ってくる際に遭遇しそうな問題を回避するために大学事務局に助言を求めた。そして在学証明書、履修科目の詳細を記載した書類、学部長のレター、在留資格を確認する政府発行の文書を携えて帰郷。いずれも学生ビザの更新に役立つと思われたからだ。「よかれと思ったことは、すべてやった」と Zhang は語っている。

ところが、帰国前に近くの米国領事館へ面接を受けに行ったところ、待機を命じられた。Zhang の研究テーマが、領事館に配布されていたテロリストが関心を寄せる可能性のある技術の「警戒リスト」の項目に掲載されていたからだ。つまり、Zhang の申請書類は FBI や国務省を始めとする複数の政府機関のセキュリティ審査を受けなければならなかったのだ。

待機期間は数日から数週間に伸び、そして数カ月たっても申請処理に関する進展の知ら