〔報告〕 亜寒帯湿潤大陸性気候における資料保存環境調査
—付着菌・空中浮遊菌のサンプリングを中心として—

吉川　也志保*・佐野　千絵・石崎　武志

1．はじめに

紙資料の主要劣化要因のひとつである生物起因の劣化は，資料の保管される保存環境に大きく左右される。したがって，気候の異なる諸国において，発生する生物起因の被害のリスクや種類は一様ではないといえる。

東京とパリの月別平均温湿度と虫菌害の発生する条件を示したクライモグラフ（図１参照）から判断すると，ヨーロッパの気候は日本の気候に比して，生物劣化の発生しにくい条件を備えていると考えられ[1)]，この気候条件の違いは少なくとも屋外の文化財に及ぼす影響に確実に差異を与えるものである。ただし，屋内で保管される文化財に限れば，保管施設の建築構造または資料自体の管理方法によって生物劣化の被害とは無縁ではなく，登石・見城は，「屋内の状況は，暖房や空調設備の影響も受けること」[2)] にも言及している。

中世の古文献にも，イギリスの修道院で書物に発生したカビ害に関する記述が読み取れるように[3)]，皮革を多用した書物の基質的特徴や室内環境の条件により，ヨーロッパでも古くから書物のカビによる劣化は問題視されてきた。西岸海洋性気候のフランス・パリにおいても，フランス国立図書館では2003-2004年度の１年間で60件以上の検査依頼を受けていた[4)]。この図書館では1990年代より図書館書庫の微生物に関する研究調査が実施されており[5, 6)]，ヨーロッパの資料保存においても虫菌害は解決すべき問題のひとつとして取り組まれる重要な課題である。

しかし，我々の入手できるヨーロッパについての資料は，やや西ヨーロッパに偏りがちな現状がある。このため，より幅広い知見を得るため，フランス・パリの西岸海洋性気候とは異なるロシア連邦サンクトペテルブルクに赴き，当地の資料保存活動の現状を調査することを試みた。

1930年代から図書館の生物劣化対策を実施してきたというサンクトペテルブルク図書館連邦保存センターで行った書庫の保存環境調査から，生物劣化要因の中でも微生物に焦点を絞って知見をまとめたい。

2．都市の地理的特色と気候条件の比較

サンクトペテルブルクは，フィンランド湾に面した北緯59度56分，東経30度20分に位置し，その気候はケッペンの気候区分によると亜寒帯性湿潤大陸性気候である。

この都市は，18世紀ピョートル１世によって，沼地を埋め立てて建設された人工都市であり，ネヴァ川，フォンタンカ川だけではなく多くの運河が張り巡らされている。「北のヴェネツィア」と称されるように，この街の特色である多くの運河は，この都市を建設したピョートル１世が18世紀貿易大国だったオランダのアムステルダムを模して都市計画を立てたことにより整

*日本学術振興会特別研究員 PD

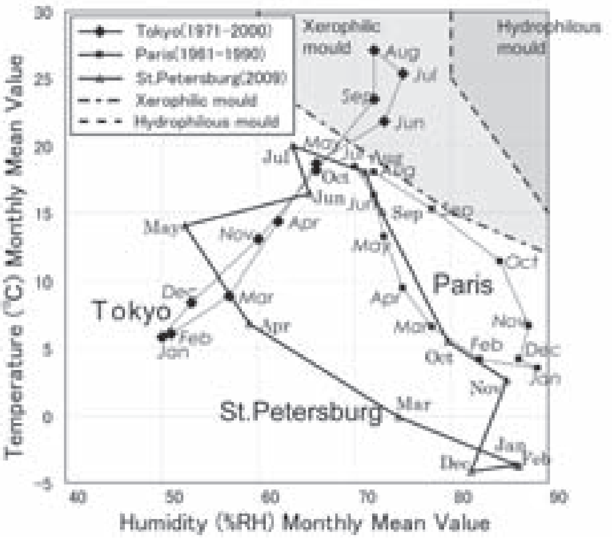

図１　東京・パリ・サンクトペテルブルクのクライモグラフ
〔ロシア気象庁 http://pogoda.ru.net/climate（2010年６月20日閲覧）に記載された2009年の日平均温湿度から算出〕

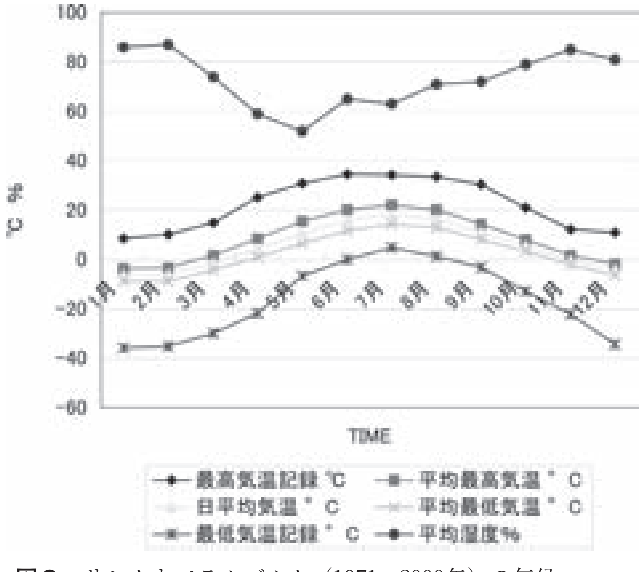

図２　サンクトペテルブルク（1971 - 2000年）の気候
〔ロシア気象庁 http://pogoda.ru.net/climate/26063.htm
（2010年12月９日閲覧）〕

備された。しかし，エルミタージュ博物館をはじめ，文化財を保有する多くの建造物がこのような河川や運河に面しているため，洪水の危険に晒されやすい現状も，文化財や資料のカビ被害対策を促さなければならない一因となっていると考えられる。

サンクトペテルブルクの月別平均温湿度のクライモグラフを作成すると（図１），その温湿度変化の推移はパリの気候にやや類似するが，年間を通しての最高気温と最低気温の差や，最

高湿度と最低湿度の差が大きく，屋外の場合，文化財を構成する材質にとって物理的ストレスが生じやすい環境である点が指摘できる。また，サンクトペテルブルクの月別最高温度と月別平均湿度（図２）をみると，カビの生育に適した温度25℃以上，相対湿度60%以上の条件を満たす可能性が推察できる。

３．資料保存環境調査

３－１．調査地について

サンクトペテルブルク国立図書館は，1795年，エカテリーナ二世によって創設されたロシア最古の図書館である。エカテリーナは，コレクションの中核となったフランス啓蒙思想家ヴォルテールとディドロの蔵書をそれぞれの子孫から購入し，1811年より国内すべての印刷物を収集する納本制度開始した。1914年までに約300万冊の蔵書を収集し，現在は約3310万点の蔵書（外国図書は約605万点）を所蔵している。

今日，貴重書庫の設置されたサドヴァヤ館，新聞資料・音楽資料（楽譜）が所蔵されるフォンタンカ館，一般資料が所蔵されるモスコヴスキ館で構成される。本調査の対象となったのは，サドヴァヤ館（図３）とフォンタンカ館（図４）である。

図３　サドヴァヤ館の外観

図４　フォンタンカ館の外観

３館のうち最も古い建造物は，サドヴァヤ館であり，国内初の国立図書館のために建築家ソコローフが1796年から1801年に建設した新古典主義建築である。現在，写本やインキュナブラなどを保管する貴重書庫として利用されているファウスト室は，サドヴァヤ館の２階に設置されている。一方，フォンタンカ館は，元来はエカテリーナ２世によって教育施設として，建築家ジャコモ・アントニオ・ドメニコ・クアレンギ）の監督下，1804年から1807年に建造された。両者の建造年代は殆ど同時期であり，建材には近隣の湖底から採掘される砂泥を原料とした白いレンガを用いたと言われる。書庫には窓が設置されているが，寒冷地であるため二重窓になっている。

３－２．調査地の温湿度環境

サンクトペテルブルク連邦保存センターでは，恒常的に複数の書庫に温湿度データロガー（ロシア製）を設置している。2009年，フォンタンカ館の音楽部門書庫で測定した年間温湿度記録（30分毎）を元にクライモグラフを作成した（図５）。書庫内には空調設備が設置されていないのだが，グラフから判断できる範囲内では良好な温湿度環境条件を満たしているといえる。

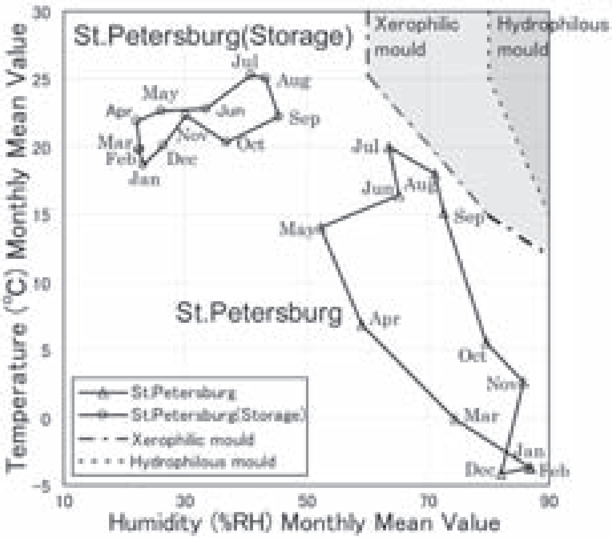

図５　サンクトペテルブルクのクライモグラフ
（屋外と書庫内）

図６　隣り合う書物の間やページ間の
温湿度を調査する様子
（使用機器；Rotronic Hygroskop GT）

また，連邦保存センターでは，カビ害または水害が発生した際に，本の内部の状態を把握するための温湿度測定機器（スイス製，Rotronic Hygroskop GT）も必要に応じて活用している（図６）。

３－３．付着菌調査

３－３－１．調査方法

書庫や書物に付着した真菌を調査するにあたっては，ロシアの常方に倣い，滅菌水に浸したセルロース片を書架や書物に密着させ，サンプルを採取した後，セルロース片を培地に直接接種し，経過を観察した。培地には，一般真菌用にツァペック培地，好乾性真菌用に食塩添加MA 培地（10%）を使用した。

３－３－２．調査結果

書庫内からランダムに選んだ書物４冊からサンプリングし，培地上に生育した真菌を同定したところ下記のような知見が得られた（表１）。

表１　付着菌調査結果

	ツァペック培地		食塩添加 MA 培地(10%)	
試料	CFU/dm^2	菌種	CFU/dm^2	菌種
No.1	125	*Aureobasidium pullulans* *Cladosporium herbarum* *Penicillium cyclopium* *Rhizopus nigricans* *Mycogone nigra*	269	*Mucor plumbeus* *Penicillium commune* *Penicillium purpurescens*
No.2	94	*Cladosporium herbarum* *Penicillium cyclopium* *Torula lucifuga* bacteria.(2)	119	*Cladosporium* sp. *Penicillium commune* *Penicillium purpurescens* *Mycelia sterilia* *Ulocladium consortiale*
No.3	131	*Penicillium commune* *Penicillium cyclopium* *Rhizopus nigricans*	163	*Mucor* sp. *Penicillium commune* *Penicillium cyclopium*
No.4	31	*Cladosporium herbarum* *Penicillium commune* *Penicillium cyclopium*	38	*Penicillium commune* *Penicillium cyclopium*

試料 No.2 を接種したツァペック培地上に，細菌類（bacteria）のコロニーが確認されたが，カビに比して細菌が生育するには多くの水分が必要であり，含水率が約７～８％である紙類[7)]に対して，細菌類が加害する可能性は極めて低いため，本稿ではいわゆる真菌を中心に論じることとする。また，検出された真菌の異なる培地における生育条件も検証した（表２）

表２　検出された真菌の生育条件

	ツァペック培地	食塩添加 MA 培地（10%）
Aspergillus versicolor	＋	＋
Aureobasidium pullulans	＋	
Cladosporium herbarum	＋	
Cladosporium sphaerospermum		＋
Mucor plumbeus		＋
Mucor sp.		＋
Mycogone nigra	＋	
Mycelia sterilia		＋
Paecilomyces farinosus	＋	
Penicillium brevicompactum	＋	＋
Penicillium commune	＋	＋
Penicillium cyclopium	＋	＋
Penicillium frequentans	＋	
Penicillium purpurescens		＋
Rhizopus Nigricans	＋	
Torula herbarum	＋	
Torula lucifuga	＋	
Tricoderma viride	＋	
Ulocladium consortiale		＋

３－４．空中浮遊菌調査

３－４－１．書庫内と屋外の空中浮遊菌の調査にあたっては，衝突式エアサンプラー（EMD Chemicals Inc,MAS-100）を使用し，200L の空気を吸引した後，経過を観察した。培地には，付着菌調査と同様に一般真菌用にツァペック培地，好乾性真菌用に食塩添加MA 培地（10%）を使用した。サドヴァヤ館貴重書庫ファウスト室の室内４ヶ所（図７）と屋外１ヶ所でサンプリングを行った。採取後は，25℃ で７日間培養して成長したのちコロニー数を計数し，各地点における CFU／m^3（colony-forming unit/m^3）を算出した。

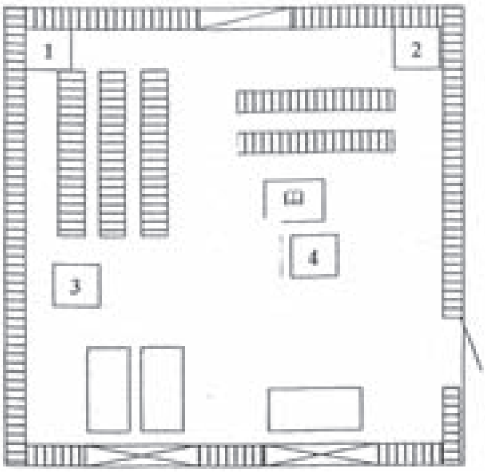

図７　サドヴァヤ館貴重書庫ファウスト室の測定地点（４ヶ所）

３－４－２．調査結果

培地上に生育した真菌を同定したところ，下記のような知見が得られた（表３）。

表３　空中浮遊菌調査結果

	ツァペック培地		食塩添加MA培地（10%）	
測定地	CFU/m3	菌種	CFU/m3	菌種
1	10	*Tricoderma viride*	20	*Penicillium brevicompactum* *Penicillium commune*
2	15	*Aspergillus versicolor* *Penicillium brevicompactum* *Penicillium cyclopium*	30	*Aspergillus versicolor* *Cladosporium sphaerospermum* *Penicillium commune* *Penicillium cyclopium*
3	20	*Aspergillus versicolor* *Penicillium frequentas* *Penicillium cyclopium* *Torula herbarum*	40	*Aspergillus versicolor* *Cladosporium sphaerospermum* *Penicillium cyclopium* *Penicillium commune* *Penicillium purpurescens*
4	15	*Paecilomyces farinosus* *Penicillium cyclopium*	40	*Aspergillus versicolor* *Cladosporium sphaerospermum* *Penicillium cyclopium* *Penicillium commune* *Penicillium purpurescens* *Penicillium breviocompactum*
屋外	—	—	90	*Aspergillus versicolor* *Mucor* sp. *Penicillium variable* *Penicillium cyclopium*

４．結果と考察

今回の調査期間内，調査地であったサンクトペテルブルク国立図書館サドヴァヤ館およびフォンタンカ館におけるカビ被害の報告はなかった。

また，供出されたデータから判断する限り，書庫内の温湿度環境は，虫菌害の発生条件にはあてはまらず，良好な状態を保っていると考えられる。浮遊菌・付着菌の調査においては，日本の空中浮遊菌で最も多く検出される *Cladosporium* 属[7)] の検出頻度は低く，一方，ロシアでの *Penicillium* 属[8)] の検出頻度は非常に高かった。水害等が発生したときに資料が水に濡れた場合を除き，好乾性真菌の方が好湿性真菌よりも紙資料に発生しやすい。今回の測定においても，書庫内で検出された真菌には好乾性真菌が多かった。なお，*Rizopus* 属や *Mucor* 属といったいわゆる好湿性真菌が検出された要因としては，河川に近い立地条件から鑑みて，書庫内の空気よりも高湿度である外気に運ばれて窓から胞子が混入し，書庫内で付着した可能

性，過去に何らかの理由で書庫内か資料自体に好湿性真菌が発生した際に試料に胞子が付着した可能性などが考えられるが，実際には書庫内の低湿度環境により，生育に十分な条件が満たせなかったため，少なくとも目視で確認できる範囲では，書物にカビによる被害の発生は認められなかった。また，今回検出された *Mucor plumbeus* は，好稠性培地である MA（NaCl 10%）において生育したため，比較的水分活性の低い環境でも生育が可能であると考えられる。全体の CFU 値はいずれも室内の方が屋外よりも低い値を示した。

サンクトペテルブルク国立図書館連邦保存センターは，書物の微生物被害を防除するため，恒常的な書庫内の温湿度調査，空中浮遊菌および付着菌調査を実施している。そのかいあってか，調査期間中においては，館内において微生物による被害の発生はみられなかった。執筆者の滞在期間は，４月から６月にかけての３ヶ月間に過ぎず，通年の環境を理解する上では十分ではなかったものの，当地の菌相を部分的にでも把握することができた。また，空調を使用していないにも関わらず，年間を通して書庫内環境が生物劣化の被害が発生しにくい温湿度条件を保持していることに関しては，調査地となった建造物の伝統的な建築素材や建築工法が寄与している可能性が高いと推察される。

連邦保存センターは，自館の資料の保存管理だけではなく，ロシア連邦の様々な地方図書館に向けて調査方法や予防方法を教授し，被害発生時には研究員が実地に赴き対応をする活動を行っている。

ロシアにおける保存科学に関する文献の流通は，諸外国において非常に稀であり，その現状について知る機会は極めて少ない。本稿が，当地の資料保存活動を理解する上の一助となれば幸いである。

謝辞

本稿は，平成21年度第２回日本学術振興会優秀若手研究者海外派遣事業（特別研究員・研究課題「歴史的記録資料の保存環境に関する共通基盤形成に向けた日欧比較研究」）にて，第一執筆者がロシア連邦サンクトペテルブルクに滞在し，実施した調査を基に得られた成果の一部を報告するものである。

本調査の指導にあたってくださったサンクトペテルブルク国立図書館連邦保存センター副センター長・タチアナ・ヴェリコヴァ（Tatiana VELIKOVA）先生ならびに研究員の皆様に深謝いたします。また，限られた資料を元に本報告をまとめるにあたり，ご助言くださいました東京文化財研究所保存修復科学センター木川りか先生に御礼申し上げます。

引用文献

１）三浦定俊，佐野千絵，木川りか：湿度，『文化財保存環境学』，朝倉書店，p.24（2004）

２）登石健三，見城敏子：文化財の保存対策，『文化財の虫害防除概説』，文化財虫害研究所（1991）

３）Richard de Bury ‘The love of books : The Philobiblon of Richard de Bury : newly translated into English by E.C.Thomas’ , London : Alexander Morning（1901）
原著は，14世紀にリチャード・ド・ベリーによって，ダーラムで書かれたラテン語写本であるため，英訳本を典拠とする。

４）*Rapport annuel, Rapport d’activité 2003*, Département de la conservation, service restauration, Bibliothèque nationale de France（2004）

５）Pingaud, N., Leclerc, B., Brandt A. ‘Suivi de la Biocontamination de l’air dans les magasins de

la Bibliothèque Nationale'; Environnement et Conservation de l'écrit, de l' image et du son, *Actes des Journées internationals d'études de d'ARSAG*, Paris, p.72-78（1994）
6）吉川也志保：フランス国立図書館における予防的資料保存の実践, 日仏図書館情報研究, 31（2005）
7）三浦定俊，佐野千絵，木川りか：前掲書，p.100
8）高鳥浩介監修：『カビ検査マニュアルカラー図譜』，テクノシステム，p.63（2002）
9）Popihina, E., Velikova, T., Оьеспеуение сохранности Лямятникости Культуры: Традичионные Нетрадионные Решения, Материалы V Междчнародной конференции, 24-26 Октября 2006 г, National Library of Russia, p.87-89（2006）

キーワード：生物劣化（biodeterioration）；資料保存（material conservation）；カビ（mould）；保存環境（conservation environment）；書物（book）

Environmental Investigation for the Conservation of Collections in Subarctic Continental Humid Climate
— Sampling of Surface and Air-borne Moulds —

Yashiho KIKKAWA*, Chie SANO and Takeshi ISHIZAKI

The risk of biological deteriorations depends much on the climate and the architectural conditions of buildings which possess cultural properties, books, and documents. The investigation was carried out at the Federal Conservation Center, National Library of Russia, St. Petersburg.

Considering the climograph which shows monthly average values of the annual outdoor temperature and relative humidity, there is a lower risk of deterioration by insects and mould in St. Petersburg than in Tokyo. Indoor climate condition of the storage in this library was also far from this risk. However, the range of maximum and minimum values of outside temperature there is quite broad; this may easily cause physical stress to the materials.

We performed samplings of surface moulds and air-borne moulds with Cz(Czapek) and MA (Malt extract agar + NaCl 10%) media using an air-sampler (EMD Chemicals Inc,MAS-100). The CFU value inside the storage was always lower than that outside. We detected more xelophilic moulds than hydrophilous moulds inside the storage and found flora with pshycrophilic fungi characteristic in subarctic continental humid climate.

Biological damage was not seen during the investigation from April to June, even with high humidity outside. It is possible that the architectural damp course and calorifuge of the traditional style building defend collections from biodeterioration influenced by the outdoor climate.

Acknowledgement

The present investigation was supported by the JSPS Excellent Young Researcher Overseas Visit Program. We are deeply grateful to the Deputy Director Tatiana Velikova PhD. and to colleagues in the Federal Conservation Center, National Library of Russia, St. Petersburg.

* Research Fellow, Japan Society for the Promotion of Science