

札幌市・北海道庁旧本庁舎における煉瓦の劣化と保存

朽津信明

1. はじめに

近年、地球環境の悪化に伴う屋外文化財の劣化が指摘されることが多いが、国内に残る煉瓦造建造物では、酸性雨等の影響を受けたとも見られる塩類の析出が、煉瓦の表面を痛めている場合が少なくない(例えば 朽津：1992)。日本における煉瓦造建造物は、主として明治期になってから造られ始めたが、関東大震災の際にその多くが倒壊したことから「煉瓦造建造物は地震に弱い」との認識が広く持たれるに至り、以後ほとんど造られなくなって今日に至っている。このため、ヨーロッパ諸国などに比べると、日本では極端に煉瓦造建造物が少なく、現存するものは、そのすべてが、近代建築史あるいは近代文化史を考える上で極めて貴重な存在であると言える。しかしながら、国内に現存する煉瓦造建造物は、一般に明治以後長い年月を経てすでに老朽化が進んでおり、近年の環境汚染がその劣化に拍車をかけている可能性も考えられる。今回調査を行った、札幌市中央区にある重要文化財・北海道庁旧本庁舎もそうした現存する明治期の煉瓦造建造物の一つだが、そこで観察された劣化状況は、雨の影響が特に強いと判断されるものであった。このため、北海道庁旧本庁舎における煉瓦の劣化と保存を考えることは、この建物だけでなく、日本各地に残る貴重な煉瓦造建造物の保存を考える際にも有用な情報を与えてくれるものと思われる。そこでこの論文では、北海道庁旧本庁舎で観察された煉瓦の劣化状況を記載し、その原因を考察するとともに、考えられる保存対策をここに紹介する。

2. 保存状況

2.1 概要

札幌の“赤レンガ”の愛称で、北海道のシンボルとして道民に親しまれている北海道庁旧本庁舎は、札幌市の中央部に位置している。この建物はオリジナルには1888年に造られた煉瓦造りの洋風建築で、1968年に北海道100年を記念して創建当時の姿に復元されて今日まで保存されてきている(図1)。建物の主体は煉瓦でできており、塔の部分の屋根は銅板製、その他の部分の屋根がスレート製になっている。煉瓦、銅板、スレート以外の物質としては、煉瓦の継ぎ目を埋めるモルタルと基壇部や窓付近に用いられている砂岩が僅かに観察されるに過ぎない。建物の保存状況は、スレートの屋根で一部に損傷を受けている部分が見られるものの、全体的に見れば現在のところはむしろ良好だと言える。例えば、都会の中心部に位置しているにも関わらず、建物の表面に煤などの汚れが目につくこともなく、

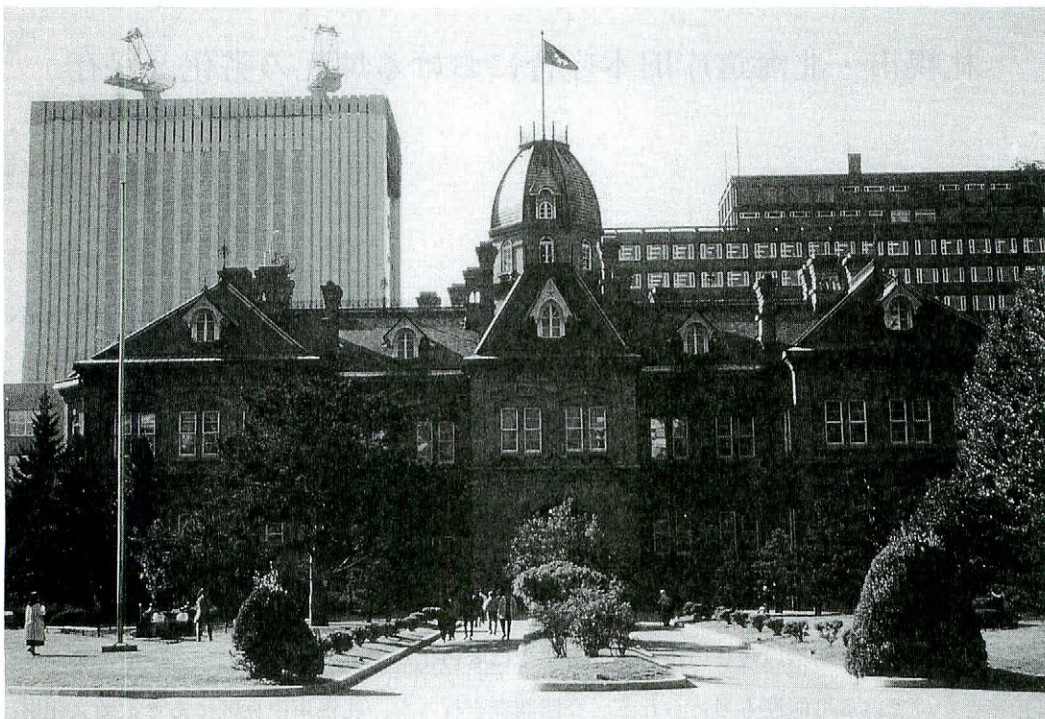


図1 北海道庁旧本庁舎 (1994年10月25日撮影)

Fig.1 Former Hokkaido Government Office Building

冬場には建物全体が雪に覆われてしまう程の寒冷気候下にありながら、寒冷地独特の劣化現象である凍結劣化（例えば 三浦，西浦：1988）だと判断されるような部分も、顕著には観察されない。しかし煉瓦の表面では，所によっては塩類風化の見受けられる箇所や，植物が見受けられる箇所があるので，以下にそれらについて記載する。

2.2 塩類の晶出

1994年10月25日の調査で，塩類の晶出が観察されたのは，北面と南面にそれぞれあるバルコニーの部分（図2のA，B）二箇所付近においてである。先述の通り，庁舎全体は銅板及びスレート製の屋根に覆われているが，この二地点のみは，二階がバルコニーとなっていて屋根がない。このため，夏場の雨の日には，A，B 両地点では二階のバルコニーに雨が直接あたり，また排水がよくない

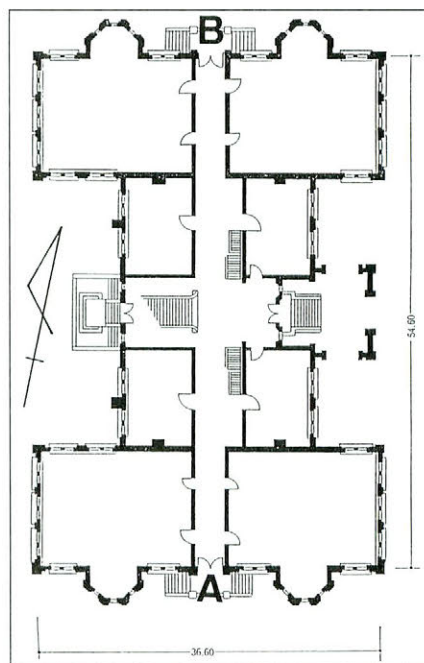


図2 北海道庁旧本庁舎平面図

A：南側バルコニー，B：北側バルコニー

Fig.2 Plan of the Former Hokkaido Government Office Building

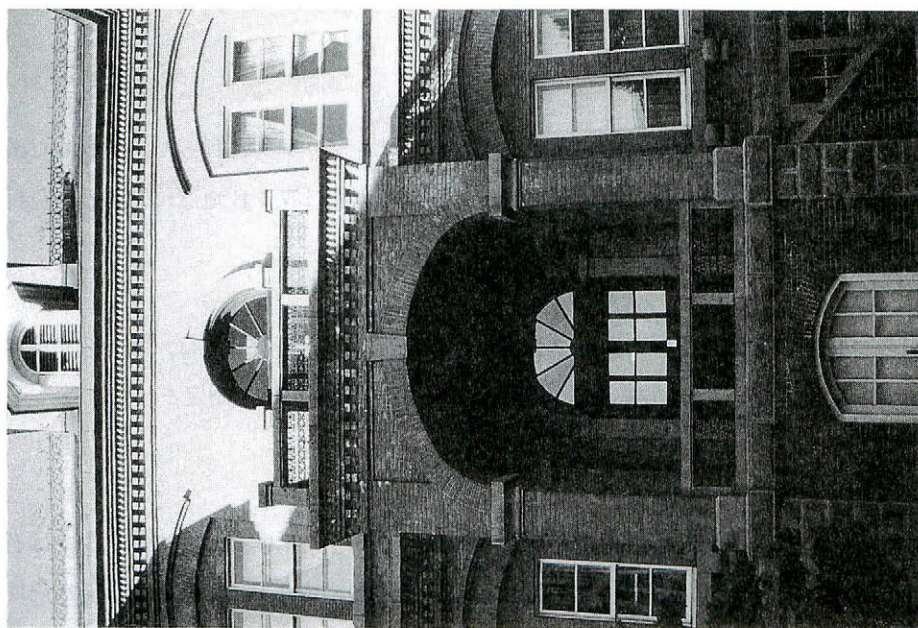


図3 晴れた日の北海道庁旧本庁舎南側バルコニー (A 地点)
日照があり、バルコニー直下の煉瓦表面には白色の新出物が
見られる (1994年10月25日撮影)

Fig.3 Southern Balcony (A in Fig.2)
White crystals are precipitated on the surface of the
bricks just under the balcony.

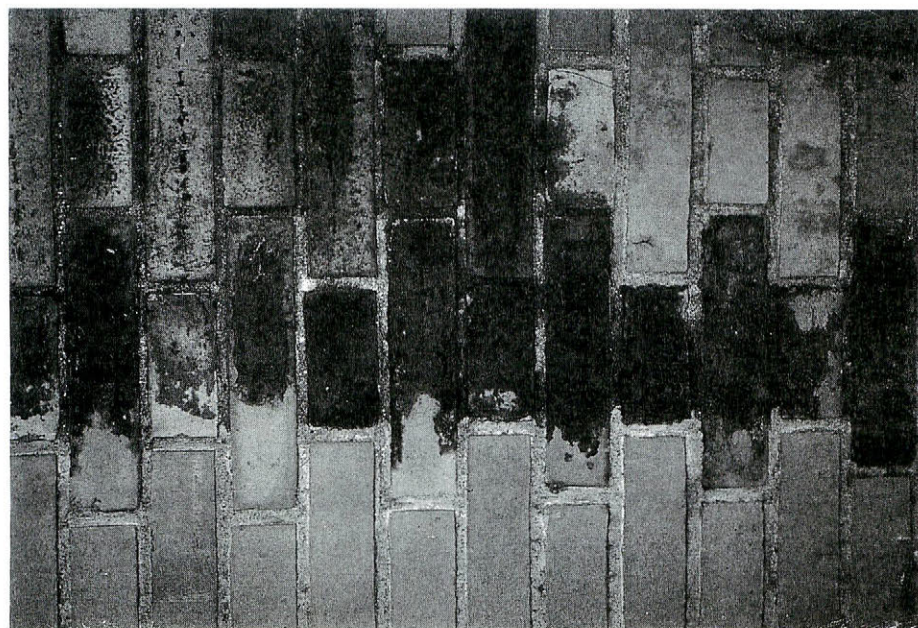


図4 北海道庁旧本庁舎北側バルコニー (B 地点) における緑色植物
(1994年10月25日撮影)

Fig.4 Northern Balcony (B in Fig.2)
Green organism is observed.

ために床面に水がたまっているのがしばしば観察される。また、冬場には床面に雪が分厚く積もり、常に下の煉瓦に水が供給される状況となる。塩類は、煉瓦表面の粉状または針状の白色析出物として、バルコニー直下の雨が直接当たらない部分を中心に、側壁の上部など、主に地表面から遥か上方の、二階バルコニーに近い場所で観察された(図3)。逆に、地表付近では、バルコニーの下であっても塩類の晶出は観察されなかった。塩類が晶出している部分では煉瓦表面が脆弱化し、所によっては煉瓦表面がブロックとして崩壊しているような部分も観察された。なお、南面するA地点と北面するB地点とでは塩類の晶出量に差異が見られ、A地点の方が遥かに多量の塩類の晶出が観察された。

2.3 植物の繁茂

1994年10月25日の調査で、建物の表面に植物が観察されたのは、図2のB地点付近のみににおいてである。緑色物質は、バルコニーの床面やバルコニーを囲う側壁の下部、そしてバルコニー直下の建物の側壁部分など、主に建物の陰になって日の当たらない部分において観察された。こうした部分では晴れた日でも湿気が感じられ、A地点の煉瓦表面に比べてB地点の煉瓦表面では、明らかに水分が多く滞留しているのが観察された。調査時点では、建物全体の構造を揺るがすほどの大きな草木の繁茂は見られなかったものの、主として藻類を中心とすると思われる植物は、所によっては赤煉瓦の表面が緑色に見えるほどに見苦しく繁殖し、また煉瓦表面の劣化にも関与しているものと判断された(図4)。

3. 分析方法と結果

3.1 試料

北海道教育庁の立ち会いのもとに、北海道庁旧本庁舎においてサンプリングを行った。採取した試料は、I：赤煉瓦試料、II：モルタル、III：A地点における白色析出物、IV：B地点における白色析出物、V：屋根のスレート、VI：砂岩の6点である。

3.2 方法

採取された試料は、X線粉末回折によって、鉱物分析が行われた。X線回折装置は、マックスサイエンス社のM18XHF-SRAを用い、40mA、50kVの条件でCuK α 線を用いて測定された。

3.3 結果

X線回折の結果は、表1にまとめて示す。

煉瓦では石英(SiO_2)と斜長石(代表的な組成は $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$)が、モルタルでは石英、方解石(CaCO_3)、斜長石がそれぞれ観察された。白色塩類の主要構成鉱物としては、A、B両地点ともテナルダイト(Na_2SO_4)と石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)とが観察されたが、A地点では圧倒的にテナルダイトが優勢であったのに対して、B地点では石膏もかなり検出された。スレートの構成鉱物としては、雲母(例えばイライトの組成は $(\text{K}, \text{H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{Al}_{10}(\text{OH})_2$)、石英、斜長石、粘土鉱物等が、砂岩からは石英、斜長石、粘土鉱物等がそれぞれ観察された。

表1 X線粉末回折分析結果

Table 1 XRD results

試料 Samples	石英 Quartz	斜長石 Plagioclase	方解石 Calcite	テナルダイト Thenardite	石膏 Gypsum	雲母 Mica	粘土鉱物 Clay Minerals	アフシタライト Aphthitalite	カリ長石 K-Feldspar
I. 煉瓦	++++	++							
II. モルタル	+++	++	+++				+		
III. 塩類(A地点)				++++	±				
IV. 塩類(B地点)				+++	+++				
V. スレート	++++	+				++	++		
VI. 砂岩	++++	+++					±		
VII. 聖ヨハネ教会堂煉瓦*	++++								++
VIII. 聖ヨハネ教会堂モルタル*	+++		+++						
IX. 聖ヨハネ教会堂塩類*				++				++++	

++++>+++>++>+>±

・石英 (SiO_2)、斜長石 (代表的な組成は、 $(\text{Ca}, \text{Na}) \cdot (\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$)、方解石 (CaCO_3)、テナルダイト (Na_2SO_4)、石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、雲母 (例えばイライトの組成は、 $(\text{K}, \text{H}_3\text{O}) \text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$)、粘土鉱物 (鉱物種の同定までは困難)、アフシタライト ($\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$)、カリ長石 (KAISi_3O_8)

* : 朽津 (1992) より引用

I. Brick, II. Mortar, III. Salts at A of Fig. 2, IV. Slats at B of Fig. 2, V. Salte, VI. Sandstone, VII. Brick of the Meijimura (Kuchitsu, 1992), VIII. Mortar of the Meijimura (Kuchitsu, 1992), IX. Salts of the Meijimura (Kuchitsu, 1992)

Quartz (SiO_2), Plagioclase (e. g. $(\text{Ca}, \text{Na}) (\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$), Calcite (CaCO_3), Thenardite (Na_2SO_4), Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Mica (e. g. Illite: $(\text{K}, \text{H}_3\text{O}) \text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$), Clay Minerals (Unidentified), Aphthitalite ($\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$), K-Feldspar (KAISi_3O_8)

* : Kuchitsu (1992)

4. 考察

4.1 塩類の形成

煉瓦表面で観察された塩類のうちのテナルダイトは、博物館明治村の重要文化財・聖ヨハネ教会堂でも観察されており (表1) (朽津: 1992)、煉瓦表面の析出塩類としては一般的なものと言える。一方、聖ヨハネ教会堂では多量に観察されたアフシタライト ($\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$) が今回は観察されなかったのは、もとの煉瓦の成分の違いによるものと推定される。というのは、聖ヨハネ教会堂ではカリ長石 (KAISi_3O_8) などのカリウムを含んだ鉱物が観察されたのに対し、北海道庁旧本庁舎ではカリウムを含む鉱物は観察されなかった; つまり、北海道庁旧本庁舎では、もともとカリウム鉱物の含有量が少なかったためにアフシタライトが形成されなかったのだと考えられる。このことは、石造 (含煉瓦造) 文化財表面に析出する塩類の鉱物組成は、その建造物の主材の鉱物組成に大きく影響されている

ことを意味している。さらに、今回主に B 地点で観察された石膏についても、もしもモルタルに含まれる方解石からカルシウムが供給されているのだとすれば、聖ヨハネ教会堂でも観察されないのは不自然であるため、北海道庁旧本庁舎の煉瓦に含まれている斜長石などのカルシウムを含んだ鉱物が関与して、形成された可能性も指摘できよう。

なお、テナルダイトや石膏の陰イオンである硫酸分の起源について考えてみると、これが煉瓦やモルタルから与えられているとは、その構成鉱物から見ても考えがたい。また、地表付近には塩類の晶出が観察されず、常に壁面の上部に観察される産状から考えて、地下水の吸い上げ（例えば 江本：1973）によって硫酸イオンが供給されている可能性も否定される。もちろん、スレートや砂岩の中に、微量は含まれている可能性がある硫黄分によって、硫酸イオンが与えられている可能性については、即座に否定することはできないが、現実にはテナルダイトが観察されるのが、スレート屋根に覆われている部分ではなく、むしろ覆われていないバルコニーの部分に限られることから考えると、やはりここでも、硫酸イオンは雨水または大気から与えられていると考える方が適切であろう。すなわち、銅板やスレートの屋根に覆われている普通の部分では、雨水の侵入が防がれているので、煉瓦と雨水との反応がそれほど起きてはおらず、従って塩類の析出もそれほど顕著ではないのではないか。これに対してバルコニー部分では、雨が直接あたり、排水もよくないために水が溜まりやすく、その結果として煉瓦と雨水との反応が活発に起きて、テナルダイトや石膏が形成されているのだと考えられる。

4.2 日照の問題

先述のように、A 地点と B 地点とでは面している方角が異なるため、南面する A 地点は晴れば必ず日照を受けるのに対して、北面する B 地点では常に日照を受けないという差異がある。そうすると、A 地点において B 地点よりも多量の塩類の析出が見られたのは、A 地点において、日照に伴って煉瓦が乾きやすいからだと判断される。こうした煉瓦表面の乾きやすさの違いは、単に塩類の晶出量だけでなく、析出塩の鉱物組成にも影響を与えていると考えられる。具体的には、蒸発量の多い A 地点では、可溶性の塩であるテナルダイトがほとんどであるのに対し、蒸発量の少ない B 地点では、難溶性の塩である石膏も顕著であった。これには、B 地点では常に煉瓦の湿気が保たれているため、煉瓦（場合によってはモルタルでもよい）と水との反応時間が長いためにカルシウムイオンの溶脱・移動を促しやすいこと、そして湿った状態では可溶性のテナルダイトはイオンの形で水の中に溶存しやすいため、表面に結晶する析出物としては、難溶性の石膏の方が相対的に目立ちやすいこと、などが理由として考えられる。難溶性の塩類と可溶性の塩類とでは、当然のことながらその挙動が異なるため、こうした塩類風化から文化財を保存しようとする際には、単に「塩類」と記載するだけでなく、正確な鉱物名を記載して対策を考えていくことが肝心である。

一方、植物の繁茂に関しても、日照条件の違いによる煉瓦表面での湿り気の違いが、大きく影響を及ぼしていると考えられる。屋根のないバルコニー部分では、植物にとって必要な水が供給されやすいが、日照のある A 地点ではそれが乾きやすいのに対し、B 地点では日照がないために、一度雨が降

った後の水分の滞留時間が長く、植物の繁茂に十分な水分が与えられやすいために、現在はB地点のみで植物が観察されるのだろう。

4.3 保存対策

以上のように見てみると、現時点ではそれほど深刻とは言えないものの、北海道庁旧本庁舎で観察される劣化の原因は、いずれも水と関係していることがわかる。塩類の晶出は雨水と煉瓦との相互作用の結果と考えられるし、植物の繁茂にしても、水分の供給が豊富であると考えられる場所においてのみ観察される。そしてその水は、主に屋根のないバルコニーの部分で雨水から供給されていると考えられる。だとすれば、今後の北海道庁旧本庁舎の保存を考える際に大切なことは、バルコニーのA,B両地点において、雨水を遮断することであると結論づけられる。塩類風化は、可溶性の塩であれ難溶性の塩であれ、水と煉瓦との反応によって起きると考えられるのだから、そもそも水が煉瓦に染み込まないようにすれば防ぐことができるであろうし、また植物の問題にしても、日照があるか無いかとか水分の蒸発速度の問題以前に、直接的な水の供給さえもとから断たれば解決することであろう(新井：1985)。具体的には、バルコニーの床面全体を、景観を変えないように注意しながら不透水性物質で覆ってやって水が染み込むことをなくし、その上で排水溝や雨樋などの然るべき配水施設を設けて、バルコニーに水が溜まることのないようにするのが望ましい。もちろん、雨は上から降るだけではなく、横から吹き付ける場合もあるため、この対策では煉瓦に水が染み込むことを完全にはシャットアウトすることはできないが、銅板やスレートの屋根に覆われている通常の部分では、塩類風化や植物繁茂が見られないことから考えると、バルコニーの部分において上からの雨水をカットするだけでも、今のところは十分な保存効果が得られるものと考えられる。このようにして水が遮断されれば、塩類風化や植物繁茂はもちろん、今のところは顕著には観察されていない凍結劣化についても、確実に起こりにくくすることができるであろう。

5. まとめ

- ①北海道庁旧本庁舎は、全体的には保存状態は良好だと言えるものの、屋根に覆われていないバルコニーの部分の直下では、塩類風化が見られる部分がある。
- ②バルコニーは南北二箇所があり、南面した方では北面するものよりも塩類の形成が激しく、両者の塩類の構成鉱物にも違いが見られる。また、北面したバルコニーでは、煉瓦が常に湿りがちで植物繁茂が観察される。
- ③こうした劣化から同庁舎を守るには、バルコニーの床面を不透水性の物質で覆い、配水施設を改善するのが最も有効な方法だろう。

謝 辞

本研究における現地調査を行うに当たって、試料採取等の際に便宜を図って下さった、北海道教育庁の尾形勝利氏，文化庁建造物課の大和智，光井渉両氏，東京国立文化財研究所修復技術部の川野邊渉氏に感謝します。

引 用 文 献

- 新井英夫（1985） 石造文化財の生物劣化とその対策．石造文化財の保存と修復．東京国立文化財研究所 東京，p.84-95.
- 江本義理（1973） 考古遺物の変壊生成物．保存科学 11，p.1-8.
- 朽津信明（1992） 博物館明治村で観察された蒸発岩．岩鉱 87，p.388-391.
- 三浦定俊・西浦忠輝（1988） 史跡・薬師堂石仏における凍結破壊の発生．保存科学 27，p.5-12.

Deterioration and Conservation of the Bricks of the “Former Hokkaido Government Office Building”, Sapporo City.

Nobuaki KUCHITSU

Tokyo National Research Institute of Cultural Properties,
13-27 Ueno Park, Taito-ku, Tokyo 110, Japan.

Though brick buildings are scarce and accordingly valuable in Japan, they are recently damaged in general often by environmental pollution. Here, the Former Hokkaido Government Office Building, one of the brick buildings nominated for national important cultural property, has been surveyed as an example. The building can be regarded basically well preserved with only two exceptional slightly deteriorated parts; the northern and the southern balconies without roofs. On the surface of the bricks just under the balconies, crystallization of thenardite (Na_2SO_4) and gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) was often observed as one of the main causes of the fragilization and the flaking of the bricks. The salt crystallization was observed more heavily on the bricks under the southern balcony which usually has sunshine in the daytime rather than those under the northern balcony which hardly has sunshine. Moreover, thenardite is the most mineral at the southern balcony, whereas gypsum is also abundant at the northern balcony. The difference in the mineral composition should be due to the difference in the stational humidity which is caused by daily sunshine. The stational humidity at the northern balcony also brings about bio-deterioration; green organism, such as alga, was observed at no other places but only on the bricks under the northern balcony. The salt crystallization is considered to be caused by the interaction between the bricks and rain water with SO_4^{2-} ion, and it is obvious the bio-deterioration here is also due mainly to the rain water. Then, it is required to prevent the balconies from penetration of rain water in order to preserve the building from salt efflorescence, bio-deterioration, and also from possible frost shattering.