

世界遺産の大気環境

—奈良・屋久島・レバノン—

Nara, Yakushima and Lebanon

西山 要一*

Yoichi Nishiyama

1 はじめに

2000年に開催されたユネスコ世界遺産会議において、世界遺産登録後の保存・管理・活用についてのモニタリングが各国に義務づけられた。世界遺産に登録されると、遺産の存在は瞬く間に国内外に周知されて関心が高まり、多くの観光客が訪れ地域の経済発展にも大いに寄与している。その反面、観光客の激増や諸施設の建設などによる遺産や環境の破壊をももたらしている。世界遺産の登録は功罪相半ば、両刃の剣となっている観があり、これを改善することがモニタリングの目的である。

さて、モニタリングの内容には、大気環境の観測とその改善についても触れられているが、世界遺産の多くはその基礎データとなるべき大気環境の観測すら行われていないのが現状であるから、将来計画の立てようもない。

本稿は、世界遺産“古都奈良の文化財”における15年余の大気汚染観測と、世界自然遺産“屋久島”、世界文化遺産“レバノン・ティール”の大気汚染観測を報告し、その改善の必要性を述べるものである。なお、観測項目は、トリエタノールアミン円筒濾紙法（TEA-CF）による二酸化硫黄（SO₂）、二酸化窒素（NO₂）、塩化物イオン（Cl⁻）の3種の酸性大気汚染物質の測定、自記温湿度計と温湿度データログによる温度・湿度の記録、金属板・色彩板試料の大気曝露による影響評価などである。

2 世界遺産“古都奈良の文化財”の大気環境

筆者は1989年から奈良の文化財所在地（東大寺本坊・正倉院・興福寺・般若寺・十輪院・春日大社・平城宮跡・薬師寺）と奈良大学の9か所19地点で大気環境測定を開始した。また、2002年以降、元興寺・唐招提寺・東大寺金堂（大仏殿）・奈良市法蓮町の4か所7地点も加えて、

合わせ13か所26地点で観測を継続している。その観測点の多くは1999年に“古都奈良の文化財”として世界文化遺産に登録されている。

そのうち、東大寺（本坊経庫の外気）、春日大社（本殿東の原始林内）、平城宮跡（宮跡北東部の資料館北側）の観測位置および、二酸化硫黄（SO₂）、二酸化窒素（NO₂）、塩化物イオン（Cl⁻）の濃度の日平均の経年変化（1989～2004年）を図に示した（図1、図2）。

二酸化硫黄の濃度では、平城宮跡で1992年に最高4.4ppb/day、1999年に最低3.3ppb/day、春日大社で1990年と1994年に最高3.5ppb/day、1998年に最低3.0 ppb/day、を示し、3地点ともに、過去15年間はほぼ横ばいの傾向にある。

二酸化窒素の濃度では、平城宮跡で1994年に最高17.5ppb/day、2004年に最低9.8ppb/day、春日大社で1990年に最高10.1ppb/day、1998年7.1ppb/day、を示し、平城宮跡は減少傾向にあるものの、他の2地点はともに過去15年間はほぼ横ばいの傾向にある。

塩化物イオンでは、平城宮跡で1990年に最高14.1μg/100cm³/day、2004年に最低5.7μg/100cm³/day、春日大社で1991年に最高4.6μg/100cm³/day、1998年に最低1.6μg/100cm³/dayを示し、平城宮跡は半減、他の2地点はともに過去15年間はほぼ横ばいの傾向にある。平城宮跡の塩化物イオンの半減は、奈良市北方の平城山に所在する奈良市清掃工場のゴミ焼却法の改善による排煙中の塩化物イオンの減少によるものと思われる。

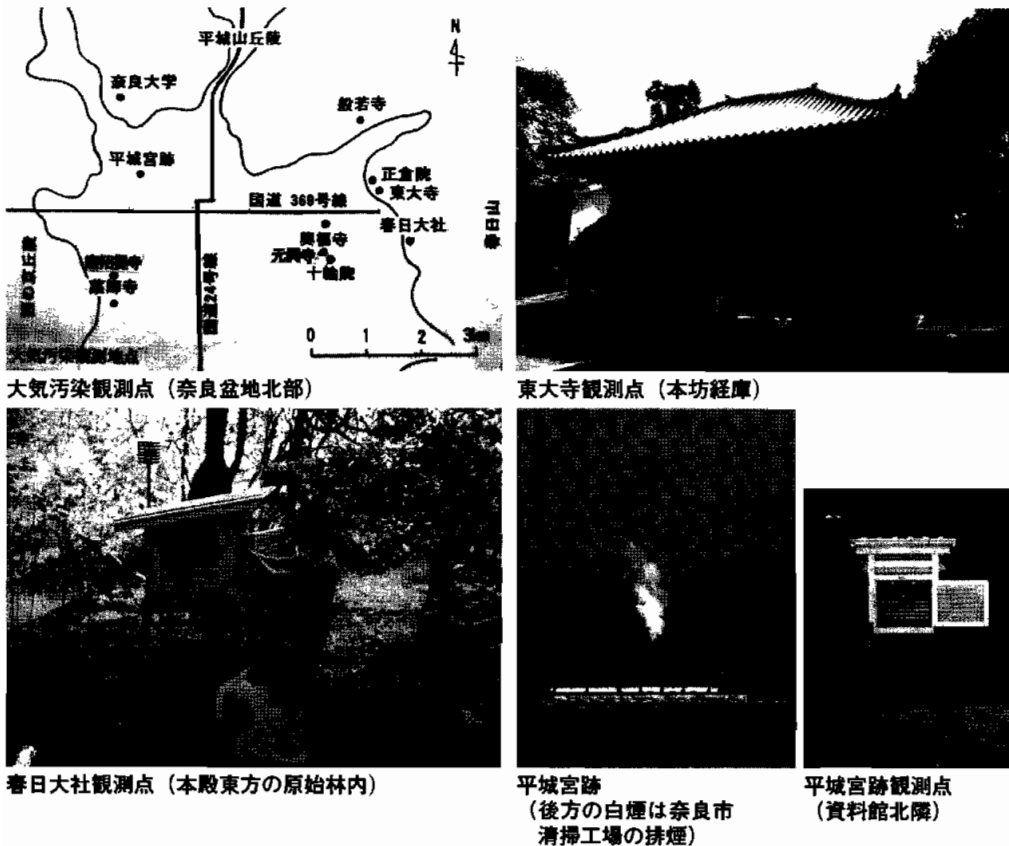


図1 東大寺・春日大社・平城宮跡の観測位置

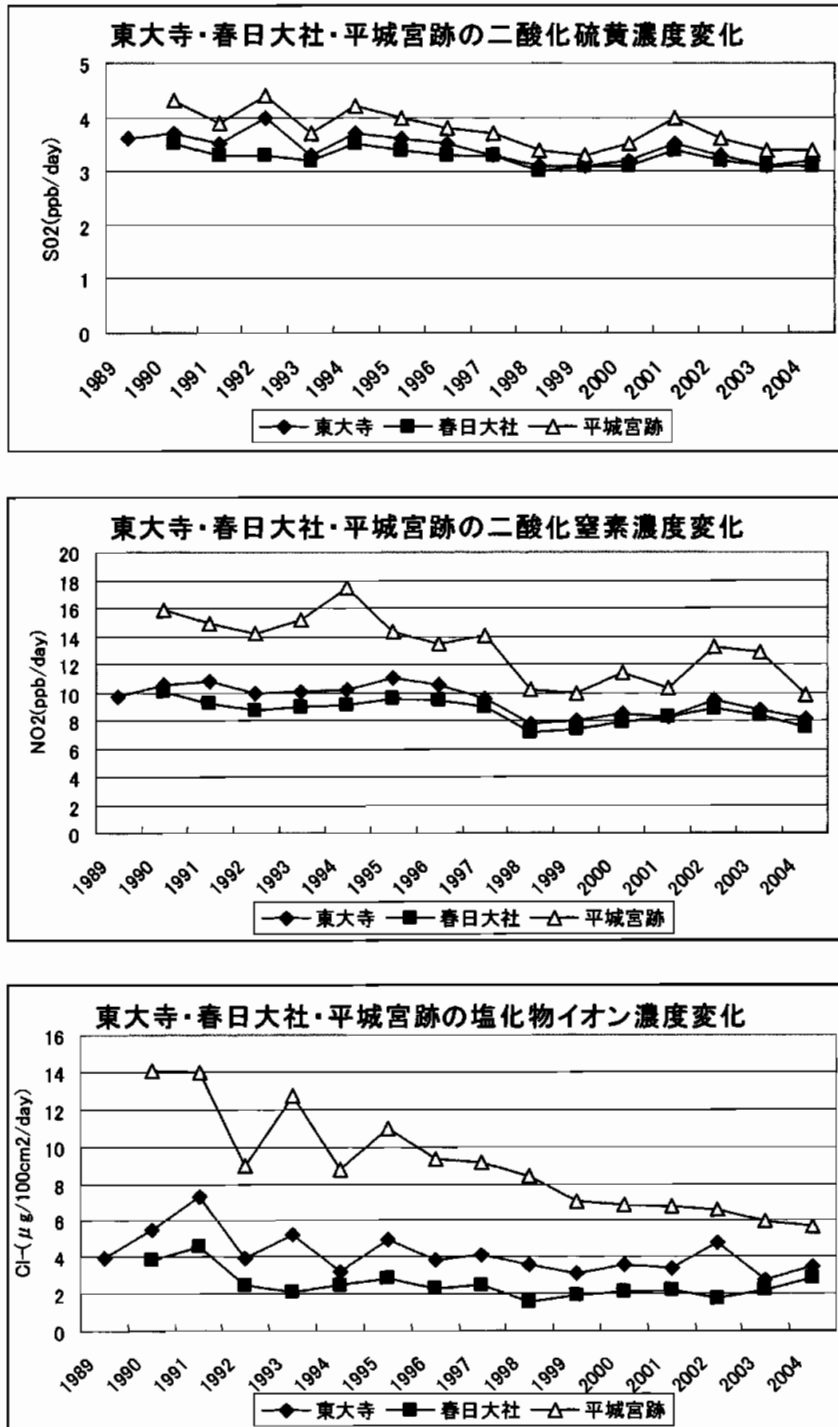


図2 東大寺・春日大社・平城宮跡の大気汚染濃度の経年変化

3 世界遺産“屋久島”の大気環境

屋久島では2002年10月より柴鉄生氏の協力を得て二酸化硫黄、二酸化窒素、塩化物イオンの濃度観測を開始し、現在も継続中である。観測地点は上屋久町小瀬田の山林中で、世界遺産地区からは離れているが、海岸に近い大気状況をよく示している。2002年10月より2004年10月までの日平均濃度の経月変化を図に示した（図4）。

二酸化硫黄の濃度は、2003年6月に最高4.8ppb/day、2004年8月に最低2.9 ppb/dayを測定した。冬から春にかけて高くなり夏に低くなる傾向があるが、変化の範囲は小さく、奈良の文化財所在地の二酸化硫黄の値の範囲にも入る。

二酸化窒素の濃度は、2003年6月に最高4.4ppb/day、2002年11月に最低3.2ppb/day、を測定し、2年間は横ばい傾向にある。奈良の世界遺産環境に比べると2分の1から3分の1の低い濃度レベルにある。

塩化物イオンは2004年9月に最高34.9 μ g/100cm³/day、2004年3月に最低1.2 μ g/100cm³/dayを測定している。値の増大する時期が8・9月と、冬から春への季節変わりであることから、荒天による海塩粒子の飛来によるものと思われる。近年の奈良の文化財環境における塩化物イオン濃度の1.5～2倍の濃度レベルであるが、奈良がゴミ焼却を発生源とするのとは異なり、海水の飛沫の飛来が発生源である。

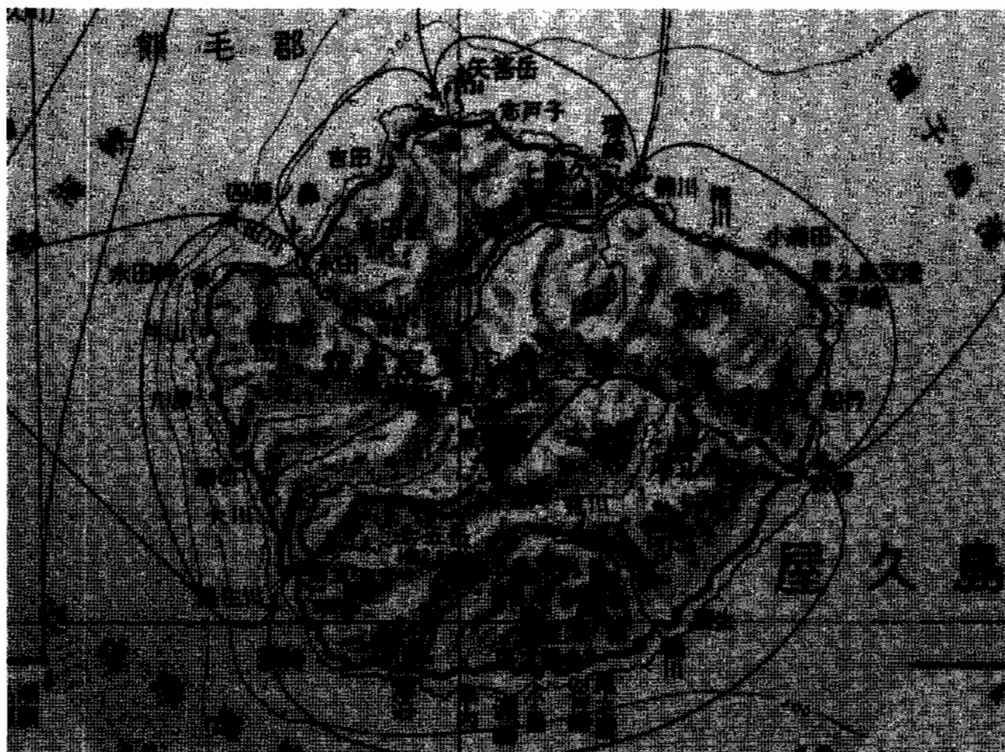


図3 屋久島の観測位置（○印）

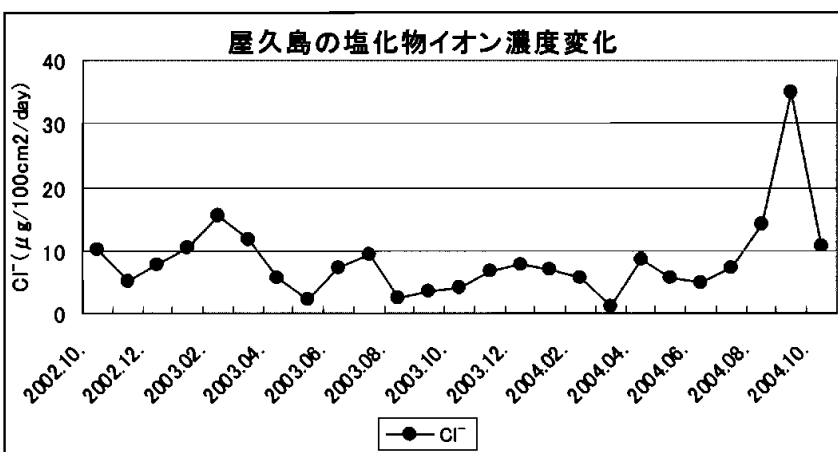
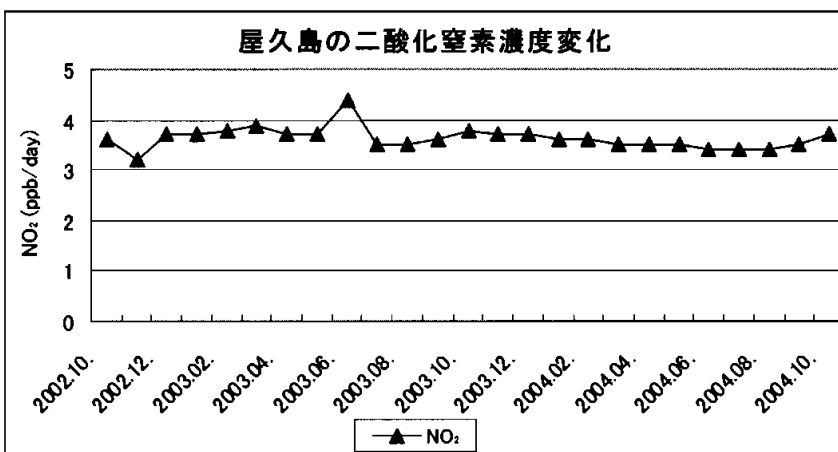
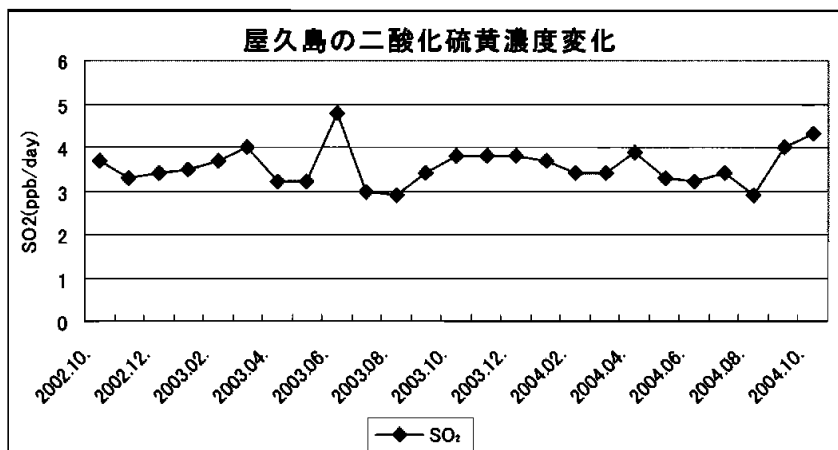


図4 屋久島の二酸化硫黄・二酸化窒素・塩化物イオンの経月変化

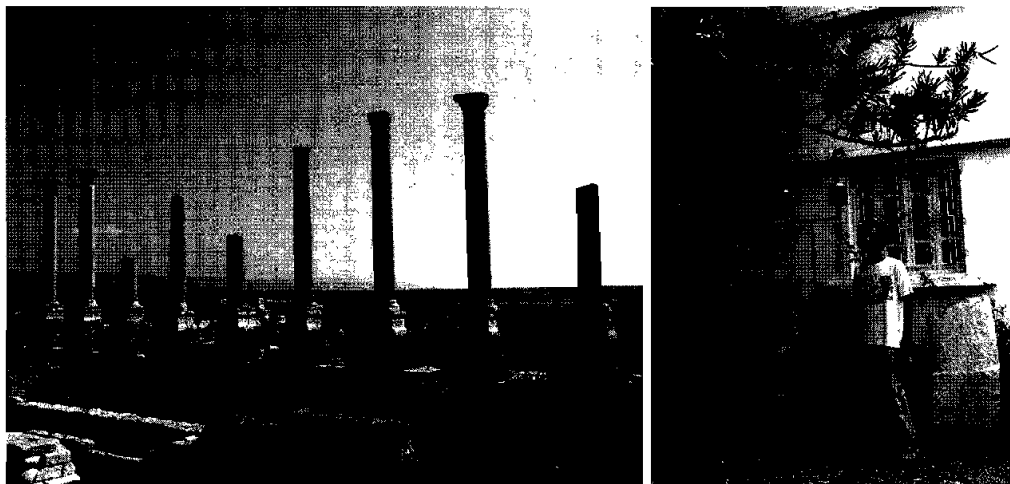
4 世界遺産“レバノン・ティール”の大気環境

レバノンの首都・ベイルートから南におよそ80kmの地中海に面するティールには、フェニキア時代からローマ・ビザンチン時代に及ぶ広大な遺跡が世界遺産に登録されている。その一角シティー・サイト地区では2002年8月より、またここより東におよそ4kmのラマリ地区壁画地下墓TJ04内では2003年5月より大気汚染調査を行っている（図5, 7）。二酸化イオウ、二酸化窒素、塩化物イオンの日平均の経月変化をグラフに示した（図6）。

世界遺産“ティール”のシティーサイト地区の二酸化硫黄の濃度は、2002年12月に最高6.2ppb/day、2002年8月や2004年5～7月に最低3.1ppb/dayを測定した。秋から冬にかけて高くなり夏に低くなる傾向がある。2002年12月と2003年2月の極大月を除けば、奈良の世界遺産地区と同レベルの二酸化硫黄濃度である。TJ04墓室内は変化が少なく2.7～3.4ppb/dayの低濃度の範囲で増減している。

シティー・サイト地区の二酸化窒素の濃度は、2003年11月に最高13.3ppb/day、2003年6月に最低5.5ppb/dayを測定している。極大月は極小月の2倍強となっている。秋から冬にかけて高く、夏に低くなる極めて明瞭な周年傾向がみられる。奈良の世界遺産の近年の環境と同レベルにある。また、TJ04墓室内は変化が少なく3.2～3.6ppb/dayの低濃度の範囲で増減している。

シティー・サイト地区の塩化物イオンは2003年2月に最高値355.5 $\mu\text{g}/100\text{cm}^3/\text{day}$ 、2002年10月に最低値6 $\mu\text{g}/100\text{cm}^3/\text{day}$ を測定している。濃度値の増大する時期が12～2月であることから、荒天による海塩粒子の飛来によるものと思われる。近年の奈良の文化財環境における塩化物イオン濃度の4～5倍の濃度レベルである。また、TJ04墓室内は2003年9月に1 $\mu\text{g}/100\text{cm}^3/\text{day}$ 、2003年5月に22.7 $\mu\text{g}/100\text{cm}^3/\text{day}$ を記録している。極大月を除けばTJ04墓室内の塩化物イオンの濃度は奈良の通常の濃度と同程度である。ラマリ地区のTJ04地下墓内では、二酸化硫黄、二酸化窒素、塩化物イオンの濃度は極めて低く、季節による変化は鮮明ではない。



シティーサイト

シティーサイト観測点

図5 世界遺産ティールのシティーサイト地区と観測用機器

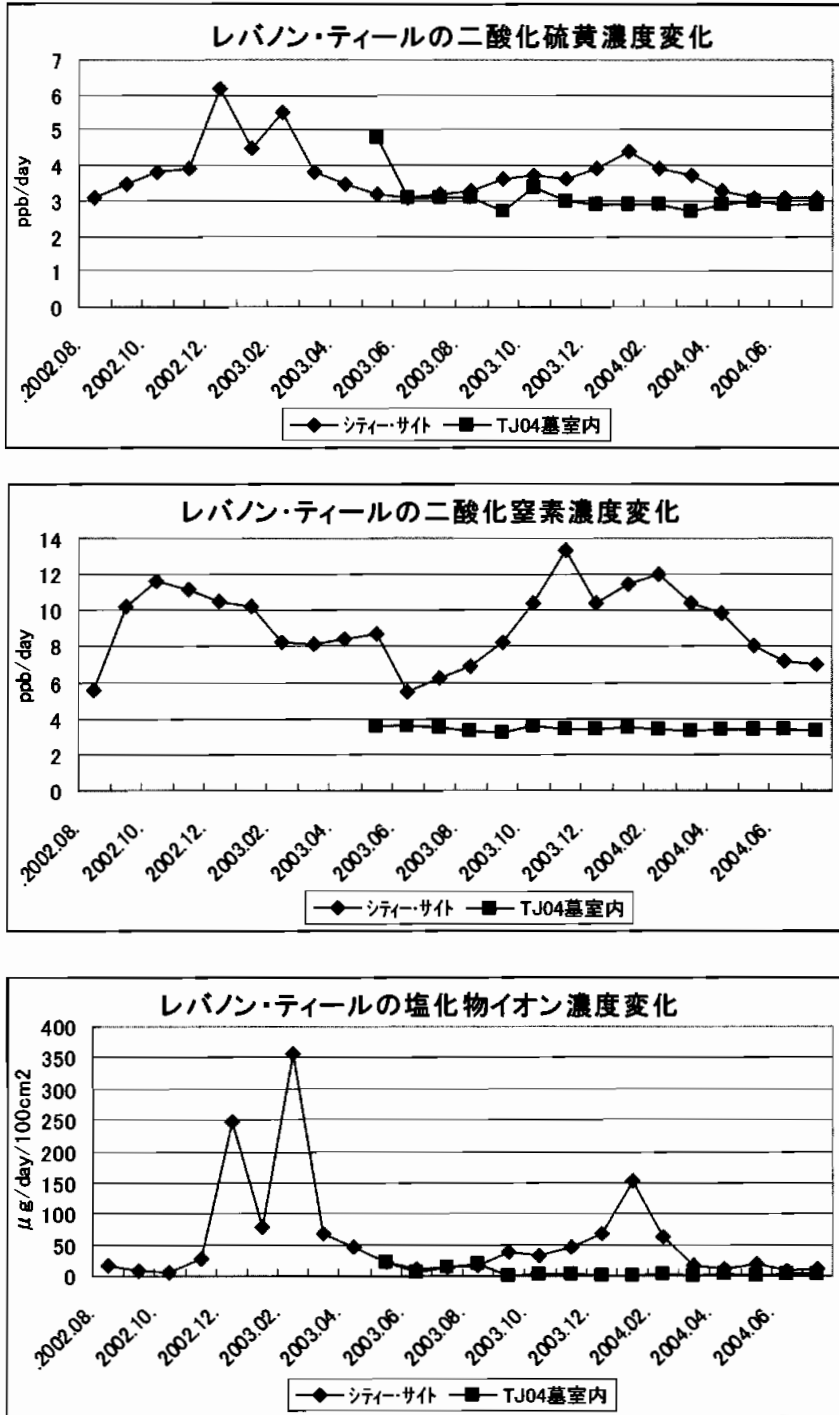


図6 レバノン・ティールにおける二酸化硫黄・二酸化窒素・塩化物イオンの経月変化

5 壁画地下墓TJ04の環境

ティールの郊外ラマリ地区のTJ04地下墓内では、二酸化硫黄、二酸化窒素、塩化物イオンの濃度は低く、壁画保存の環境、とりわけ酸性大気汚染の影響が少ない良好な環境であるといえよう。

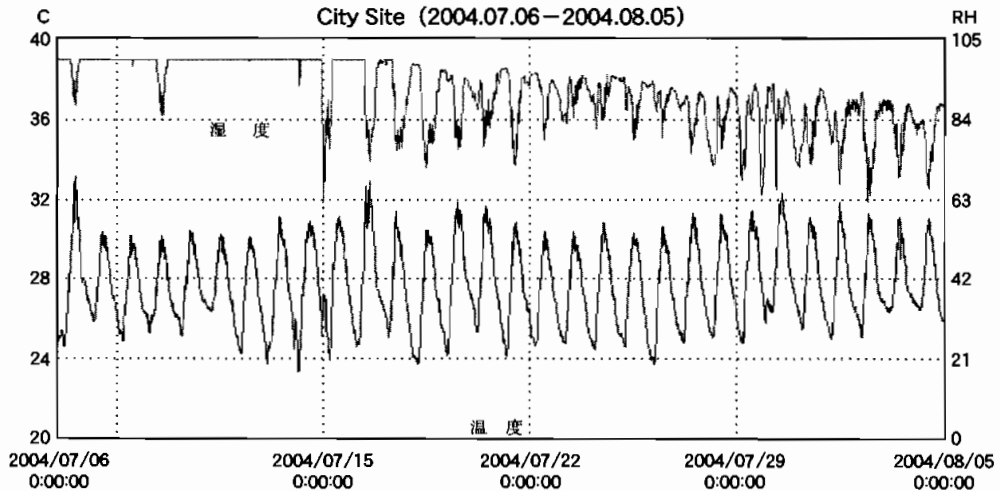
さて、文化財の保存にとって最も現代的で大きな課題が大気汚染の改善であるが、これと並んで保存環境として重要な要素が、温度・湿度・照度などの自然環境因子である。地下墓TJ04では、2004年8～9月の調査期間中、外気は連日30℃を超える気温であったが、墓室の中は24～26℃に、壁画表面は23℃であった。墓室中の湿度は95～100%であった(図8)。墓室入口を暗幕で閉じると温度・湿度・紫外線ともにさらに安定する(図9)。温度・湿度・紫外線強度などの自然環境も遮光用暗幕を使用するなどのわずかな工夫でコントロールすることが可能である。



壁画地下墓TJ04

TJ04墓室内観測点

図7 壁画地下墓TJ04と墓室内の観測機器



西山：世界遺産の大気環境

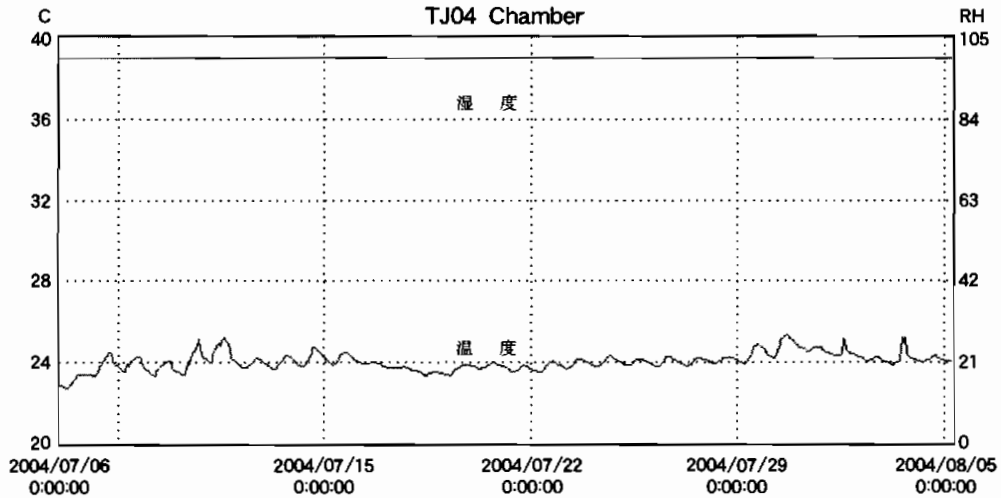


図8 レバノン・ティールのシティー・サイトとTJ04の自然環境

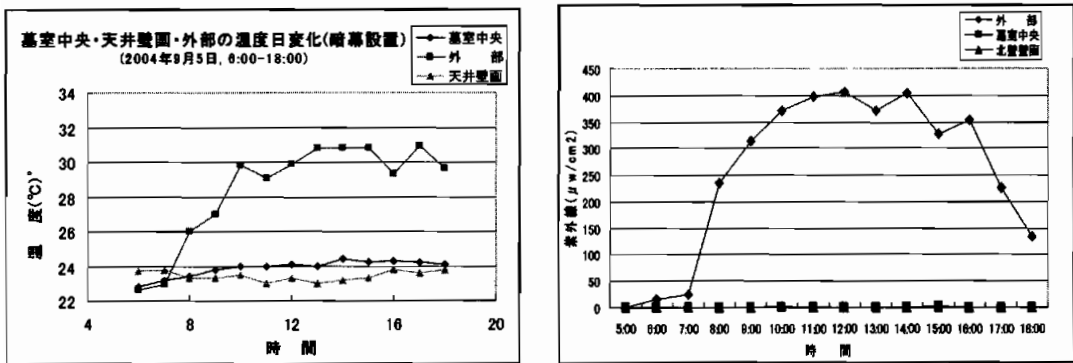


図9 暗幕設置後のTJ04基室内の環境

6 結論

世界文化遺産“古都奈良の文化財”、世界自然遺産“屋久島”、世界文化遺産“ティール”、の大気環境、とりわけ二酸化硫黄・二酸化窒素の濃度は、世界の都市に比して低い。しかし、“ティール”の高濃度の塩化物イオンは既に、修復後の列柱の破損や大理石石棺に刻まれた文字の消滅など、さまざまな影響となって現れている。奈良においても塩化物イオンは五重塔の相輪や銅板葺き屋根などの建造物に甚大な被害をもたらしていて懸念される場所である。酸性の大気は乾性大気汚染として文化財を常に包みこみ、また、雨に溶け込んで酸性雨、霧に溶け込んで酸性霧など湿性大気汚染となって文化財に降り注ぎ、わずかな時間で錆を進め、彩色を褪色させている。

世界遺産を未来に継承するために、環境改善の抜本的な施策が急務である。