障壁画の環境に及ぼす汚染空気の影響

門倉武夫・江本義理

1. はじめに

昭和46年度より3年間にわたり「書院造等建造物内障壁画保存の科学的研究」と題する一連の調査研究が実施された。その一分担者として障壁画保存環境——主として空気汚染——に関する調査を行なったので，その結果について報告する。

障壁画は，書院等の建造物と共に保存され，一般に公開されているため，他の美術品と比較してきわめて損傷の度合が大きく，更に近年急激に悪化している空気汚染の影響が憂慮され，今後の保存方法について充分注意する必要がある。

障壁画は，一応屋内に保存されてはいるものの，書院等の建造物の構造上外気の影響は避けられない。書院内と屋外の空気を比較し，汚染空気が障壁画環境に及ぼす影響，すなわち，屋内に浸入する汚染因子について検討した。

2. 調査方法及び対象

大気中の汚染因子は極めて多種多様であり[1]，その挙動は気象条件に大きく左右されるため，汚染状況を完全に把握することは非常に難しい。又，調査対象地区を関西地方（京都市内）に集中したため，距離的条件，測定設備等の関係から必ずしも充分なものとは云えないが，現在行なっているアルカリ濾紙法を用いて書院内外の空気中のイオウ酸化物及び窒素酸化物を測定した。

アルカリ濾紙法は，試験濾紙（40%炭酸カリウム液に浸して乾燥した濾紙）を1ケ月間空気中に暴露したのち回収し化学分析により，濾紙が捕集したイオウ酸化物，窒素酸化物を求める方法で，その単位は

イオウ酸化物　：　SO_3 mg/day/100 cm^2

窒素酸化物　：　NO_2 mg/day/100 cm^2

で示される。すなわち，100 cm^2 の濾紙が暴露期間中に捕集したイオウ酸化物あるいは窒素酸化物の1日当りの平均値を mg で表わしたものである。

調査の対象とした書院は次の通りである。

1. 二条城　：　京都市中京区二条通り堀川西入二条城町
2. 智積院　：　京都市東山区東山七条
3. 妙蓮寺　：　京都市上京区寺ノ内通大宮東入
4. 南禅寺　：　京都市左京区南禅寺福地町
5. 西本願寺：　京都市下京区堀川通花屋町下
6. 天球院　：　京都市右京区妙心寺町

アルカリ濾紙は，調査開始時にそれぞれの測定点に設置し，月末頃郵送により現場関係者の手をわずらわせ取替回収し分析した。

濾紙の設置方法は，屋外においてはすべて円筒カバーを用い（図—1），屋内は書院の床の間

等に釣り下げた（図—2）。

図—1　屋外試料設置状況（南禅寺屋外）

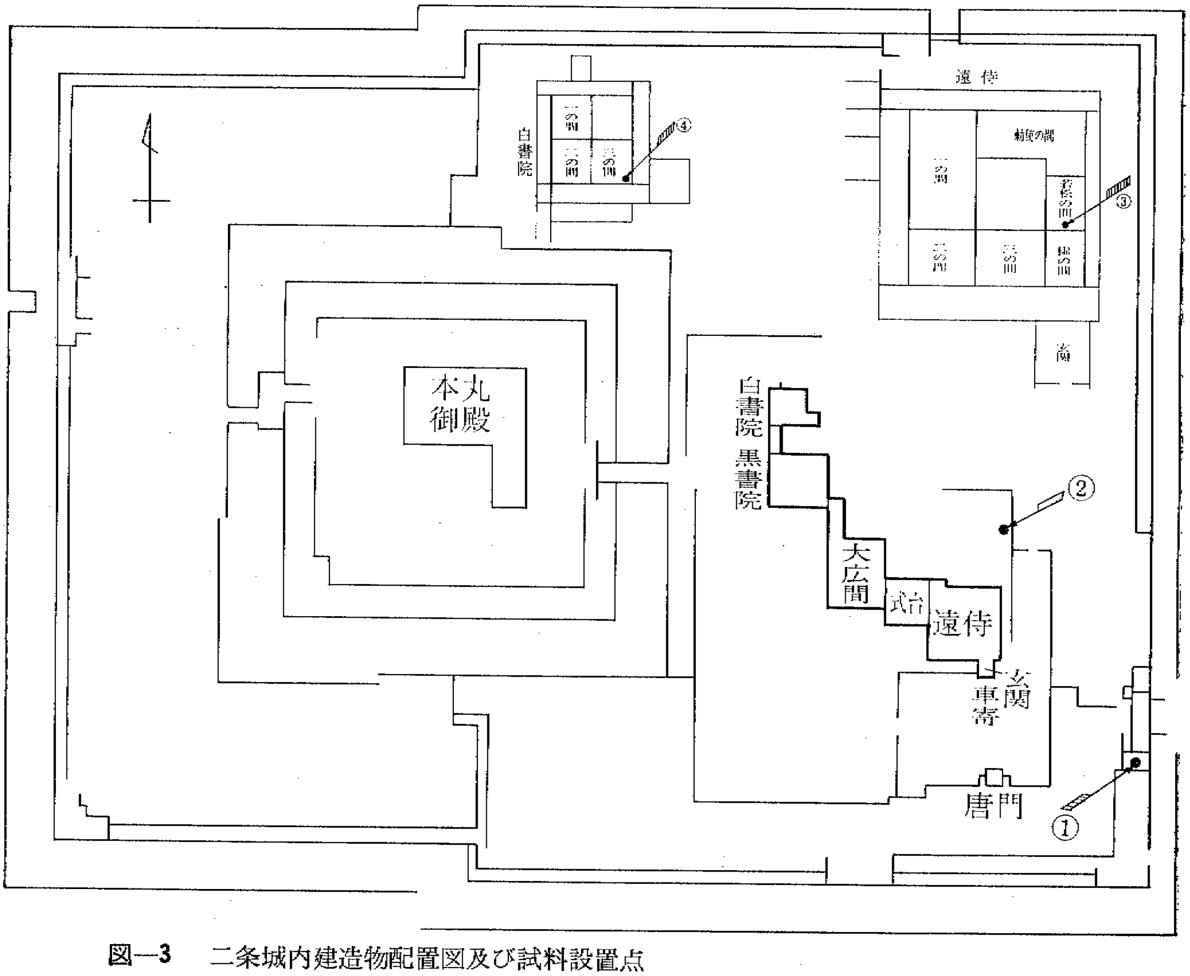
図—2　屋内試料設置状況（西本願寺大書院）

尚，個々の測定点において，試料回収期日が異なる場合が生じたので，結果を比較するため各測定値を月の1日から 30 日又は 31 日の平均値となる様換算した。

3. 調　査　結　果

1.　二条城　Nijō-jō Castle

二条城の敷地は，南北約 400m，東西約 500m に囲まれた広大なもので，構内は本丸御殿，二の丸御殿に二分され，二の丸御殿のみが一般に公開されている。城内建造物の配置図及び試料設置点を図—3に示した。



図—3　二条城内建造物配置図及び試料設置点
アルカリ濾紙設置点　　①東大手門　②中庭　③遠侍　④白書院

二の丸御殿は，入母屋造りで，遠侍から奥之式台，大広間，黒書院，白書院と続く5棟からなっている。

一般見学者は，東大手門より城内に入って，遠侍の玄関から屋内に上り，30〜50人のグループで内縁を通り，白書院まで見学し，再び遠侍に戻るコースとなっている。従って，遠侍は最も外気が侵入しやすく，白書院は，城内のほぼ中心部に位置し，昼間は障子で締切，夜間はその外に雨戸を引くため，建造物内には比較的外気の侵入は少ないことが予想される。城外の外濠を隔てた東側の堀川通りは，市内でも交通量の多い道路で，シーズンともなれば観光バス，タクシーの列が連らなり，これらの自動車による排気ガスの影響が懸念される。

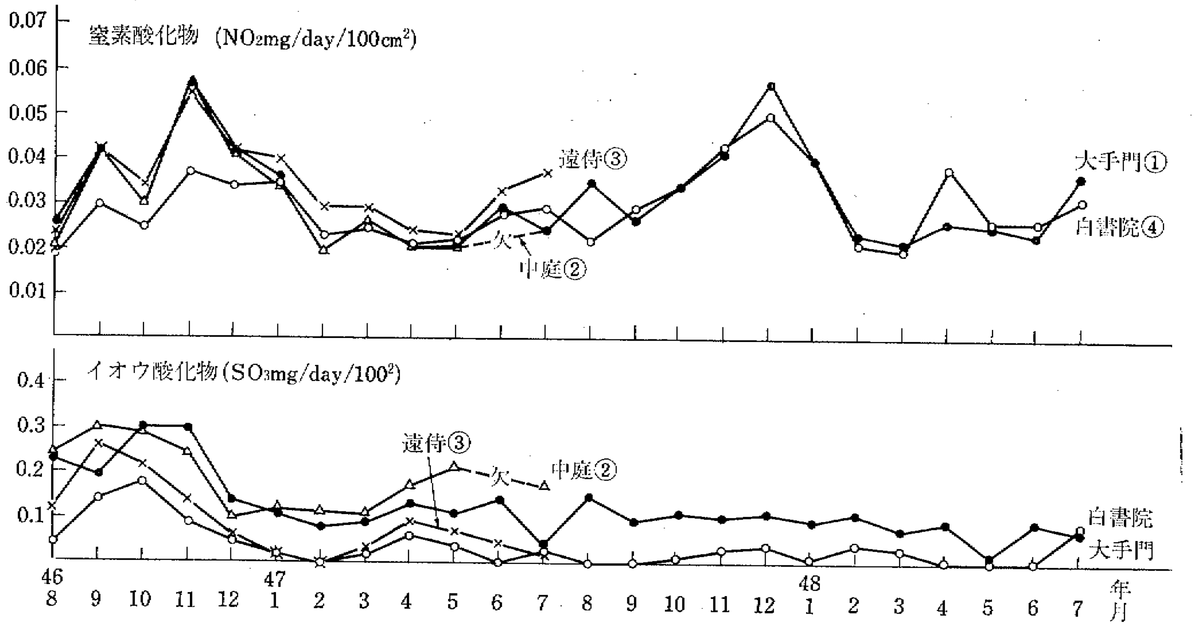
○　試料設置点（図—3参照）

屋外では，最も道路に近い東大手門 (1)，遠侍裏の中庭 (2)，屋内では，遠侍 (3)，及び白書院 (4) の4ケ所で測定を開始した。

測定期間は，4点共46年8月にスタートし，中庭及び遠侍は47年7月までの1ケ年間，他は48年7月までの2ケ年間であった。

○　測定結果

測定結果を付表—1, 2 及び図—4 に示した。



図—4　二条城測定結果

イオウ酸化物は屋外で最高 0.30，最低 0.01，平均 0.16（単位は SO_3 mg/day/100 cm^2）であった。図—4が示すように，屋内，屋外共46年の秋（9月〜11月）に高い山がみられるが，その他は季節による大きな変化は認められなかった。それぞれの測定点に於ける濃度は，中庭，大手門，遠侍，白書院の順で中庭が最も高い値を示している。

屋内では，玄関に近い遠侍が高く，白書院が低かった。これは見学者の出入により外気の侵入割合が大きいと考えられる。白書院では，僅かであるが障子により外気の侵入を防いでいると思われるが，イオウ酸化物は，壁，床，天井等に吸着しやすく，消耗が早いので，このいずれであるかは不明である。

窒素酸化物の各測定点における濃度は，屋外で最高 0.057，最低 0.019，平均 0.025，屋内で同じく 0.054，0.019，平均 0.032（単位はいずれも NO_2 mg/day/100 cm^2）と内外共同程度であった。各測定点の平均濃度は，屋内の遠侍が最も高く 0.033 で，次が大手門 0.031 中

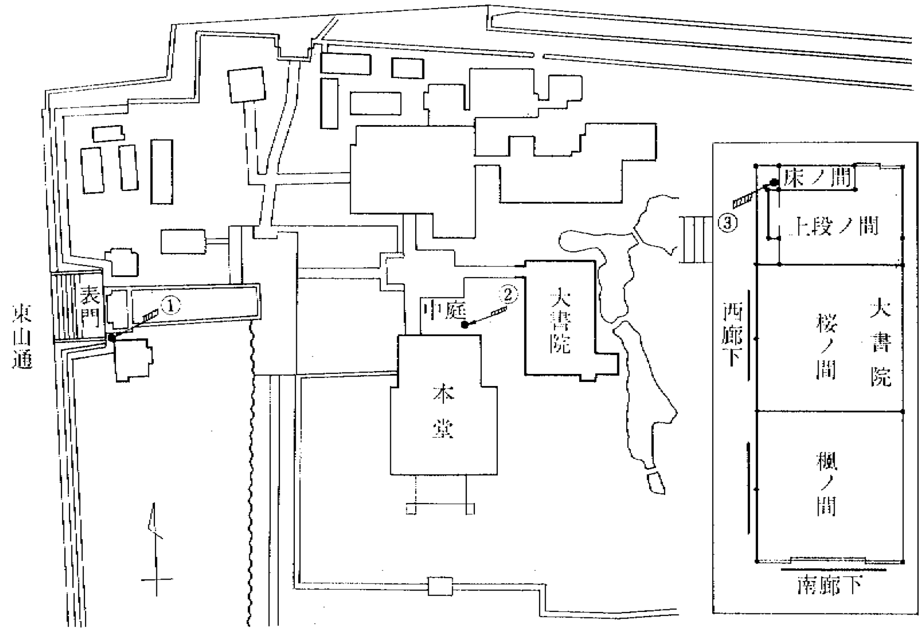
庭 0.028，白書院 0.028 であった。季節による変化は，11 月から 12 月に高く，4月，5月は低い傾向がみられた。その傾向はイオウ酸化物より顕著であった。

自動車の排気あるいは工場等の燃料の燃焼により生成する窒素酸化物，イオウ酸化物は，白書院内にも検出されているが，収蔵庫と異なり開放的で外気の侵入は避けられないと考えられる。

2. 智積院 Chishaku-in Temple

市内七条通りが東山の東大路通りに突当った正面のやや高台に表門を構え，境内は南北約 250m 東西約 250m のほぼ中心に本堂，大書院等を配している。その略図を図―5 に示した。

現在，書院の襖はすべて収蔵庫に保存され，書院は白襖に替えられているが，正門(表門)前の東大路通りは自動車の交通がはげしく，書院内に及ぼす影響を検討するため測定点に選んだ。



図―5 智積院略図及び試料設置点

○試料設置点

濾紙片は，道路に最も近い東大路通りに面した表門の軒 ①，書院の近くの屋外として，本堂と書院の間にある中庭 ②，及び大書院の床の間 ③ に設置した。

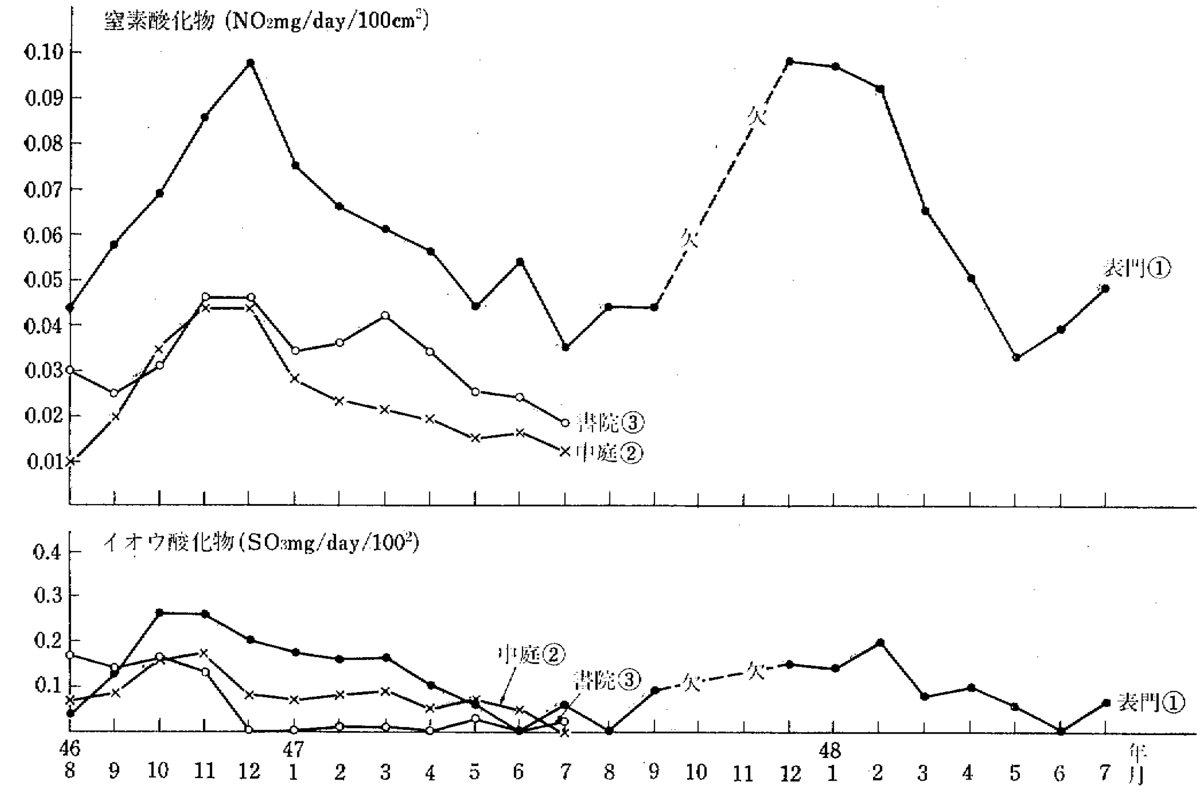
○ 測定結果

測定結果は付表―1, 2 及び図―6 の通りである。

イオウ酸化物は，表門で最高 0.26，最低 0.00，平均 0.11，中庭で同 0.17，0.00，平均 0.08，大書院内で同じく 0.17，0.00，平均 0.02 であった。

屋外の年間の変化は，10 月頃から次第に上昇し，12 月，1月に最高値となり，以後6月頃まで緩やかに降下をたどる。夏期は比較的低濃度であった。各測定点の濃度分布は，表門を1とした場合，中庭で 0.43，書院内で 0.39 であった。智積院に於けるイオウ酸化物は，外気がかなり屋内に影響していると思われる。

窒素酸化物は，表門で最高 0.098，最低 0.033，平均 0.061，中庭で同 0.044，0.010，平均 0.021，書院内 0.046，0.018，平均 0.032 であった。年間の傾向は5月～6月を最低に急上昇し，12月に最高となり再び急降下するサイクルであった。各測定点の濃度の割合をイオウ酸化物と同様に比較すると表門1に対し，中庭 0.39，書院内 0.52（いずれも平均値にて比較）となる。書院内は中庭よりやや高い値が出ている。表門が高濃度を示していることは，自



図—6 智積院測定結果

動車が主な発生源と考えられ，書院付近の屋外ではかなり減少している。

しかし，書院内では，外気と異なる濃度変化を示し，外気の浸入に加えて，或は附近（例えば池にも発生源をもつと考えられるが，イオウ酸化物濃度も類似しているので，今後検討を要する。

3. 妙蓮寺 Myōren-ji Temple

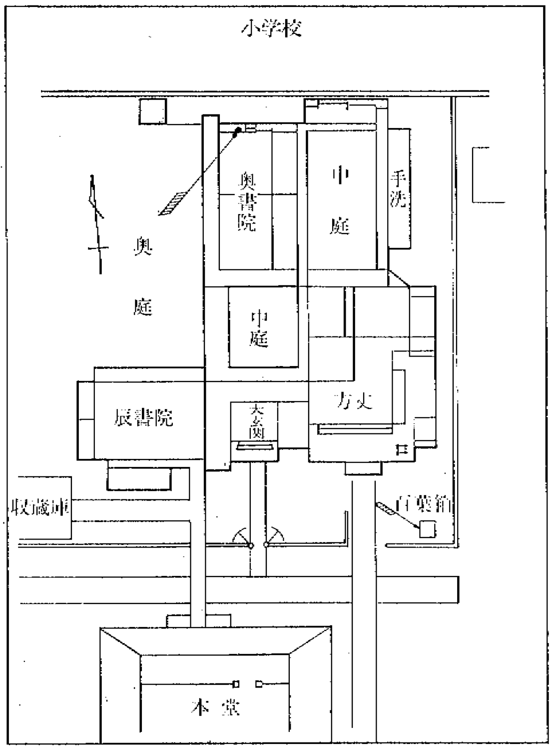
市内やや北方に位置し，主道路からは外れているが，南に西陣の染色，織物工場群があり，時々，これらの工場からの廃液によると思われる悪臭を感ずることがある。市内でも特殊な地域と考えられる。境内は約 3000 m² と云われ，建物の配置は図—7の通りである。書院建造物の北側は小学校に隣接し，東西は宿坊等に囲まれているが正面本堂南側に小駐車場がある。

書院の障壁画はすでに収蔵庫に納められ，現在は銀箔張襖が入れられ時々学生等の研修会，茶会に使用することがある。

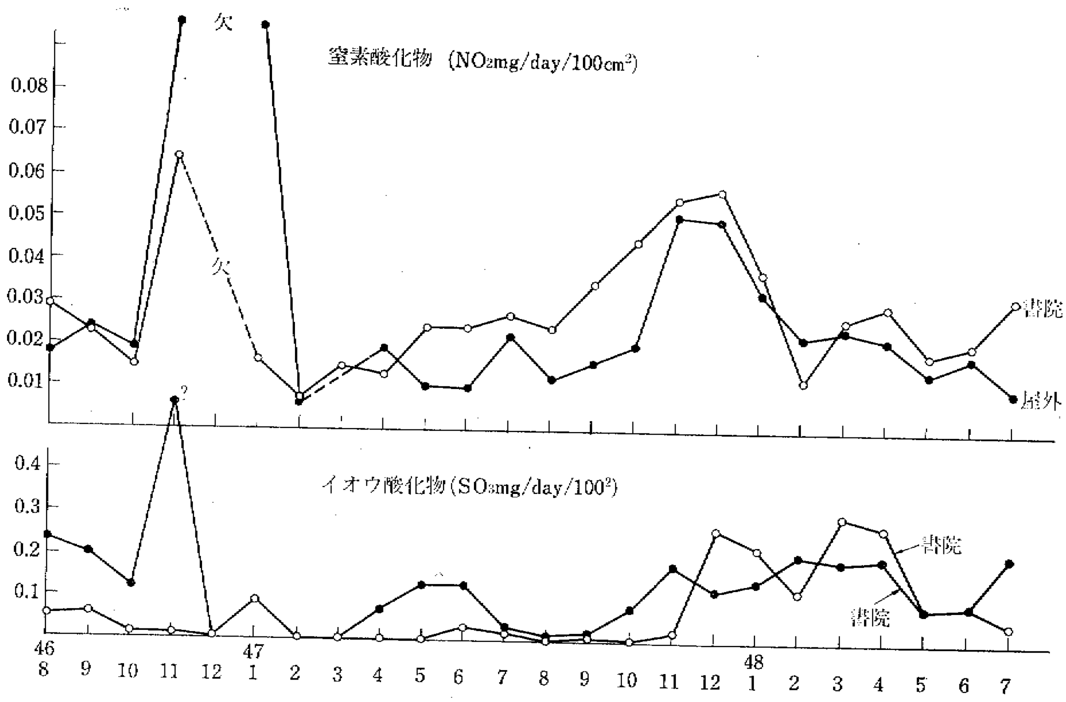
○ 試料設置点

屋外は玄関前東寄りに設置してあった百葉箱を借用しこれに当て，書院内は床の間の床柱横を選んだ（図—7)。

○ 測定結果



図—7 妙蓮寺境内配置図及び試料設置点



図—8 妙蓮寺測定結果

測定結果を別表—1, 2 に, 測定期間中の濃度変化の傾向を図—8 に示した。

イオウ酸化物, 窒素酸化物共 46 年秋から冬にかけて異状値がみられるが, この原因については, 丁度この頃, 寺の大法会の催しがあり, 何らかのかたちで影響を及ぼしている疑いがある。平常の環境状態を検討する目的から, この値を除外して考察すると, イオウ酸化物は, 屋外で最高 0.21, 最低 0.00, 平均 0.10, 屋内の書院床の間で, 同じく 0.30, 0.00, 平均0.07 であった。年間の濃度変化は夏期に低い値が出ているが, 11 月から 5 月まではあまり差がみられない。屋内での最高値は屋外より高いが, 平均値は小さい値であった。これは低濃度時期が長いため, 総体的に低い結果となっているからである。窒素酸化物は, 外気で最高 0.051, 最低 0.006, 平均 0.019, 屋内で同じく 0.057, 0.007, 平均 0.028 であった。外気は, 冬期 (11 月, 12 月) に最高値が出ているが, 他の月はあまり顕著な傾向はみられず約 0.01 の値を上下している。屋内は常に外気より高く, 9 月頃より急上昇し, 11, 12 月に最高となり急降下して, 2 月には最低となった。

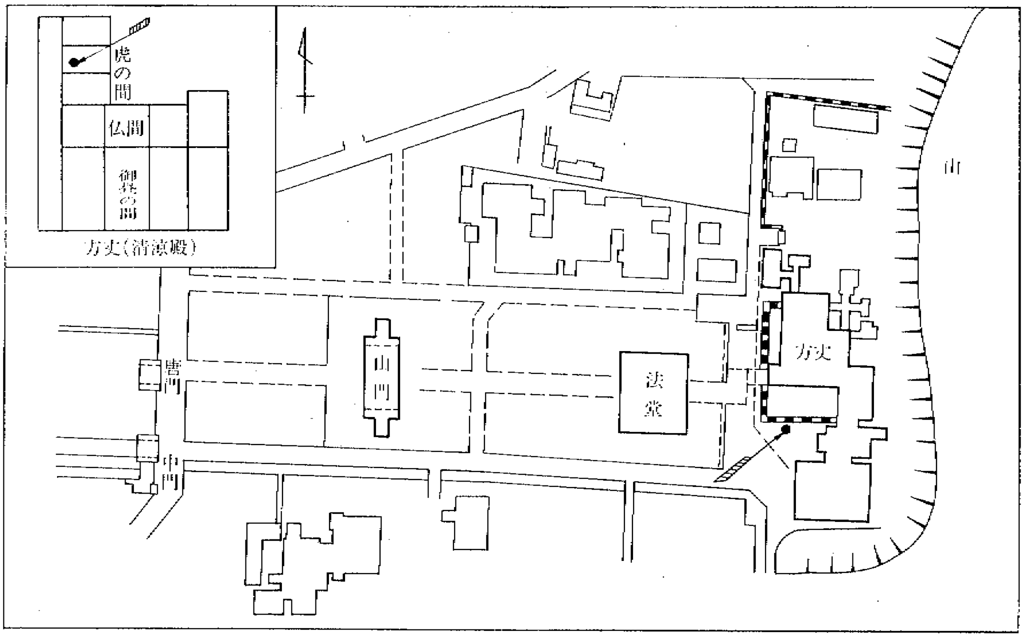
イオウ酸化物, 窒素酸化物の結果から, 濃度変化は他の測定点と異なっていた。これは, 汚染源の質的相違, 汚染源と測定点との関係, あるいは書院内の使用状況等が考えられ書院内は外気より汚染されていた。

4. 南禅寺 Nanzen-ji Temple

大文字山を背にして麓に位置し, その境内は広く総門から方丈まで約 600m ある。その境内の略図及び試料設置点を図—9 に示した。

通常は, 総門から約 300m 入った中門まではタクシー等の乗入れが出来る。中門から緩やかな登り坂を昇った正面に樹林に囲まれた築地があり, その中に大方丈清涼殿その他いくつかの建物が建てられている。この付近の環境は極めて良好と思われるが, 調査の対象とした清涼殿は図—10 のごとく各室共ガラス戸等で目の高さに小さい開口部を設けている。観覧者はこの窓より内部を眺めることになっている。

○ 試料設置点



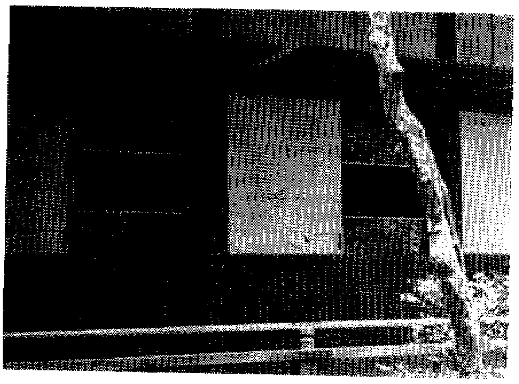
図—9　南禅寺境内略図及び試料設置点

屋内は西面の虎の間に湿度計を設置したためこれに取り付けた。屋外は築地の外側の宗務所玄関前の松の木，地上1.5mの高さに設置した。

○　測定結果

第2年目よりスタートしたため測定結果は1年間の考察である。その測定結果は付表 1,2, 図—11 の通りである。

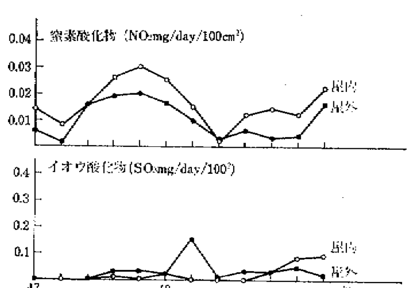
イオウ酸化物は，屋外で最高 0.15, 最低 0.00 平均 0.03, 屋内では 0.09, 0.00, 平均 0.02 であった。



図—10 内部観覧窓

南禅寺に於けるイオウ酸化物は非常に微量で内外共注目すべき濃度ではないと考えられた。窒素酸化物は，屋外で最高 0.020, 最低 0.002, 平均 0.009, 屋内で 0.030, 0.002, 平均 0.016 であった。

年間の濃度変化は，冬期の 12 月が最も高く 9 月及び 3 月が低かった。



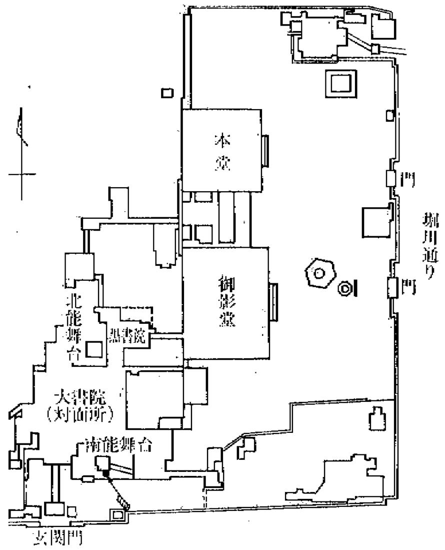
図—11　南禅寺測定結果

障壁画環境のイオウ酸化物は極微量であり，これは外気が比較的清浄であったためと思われる。又窒素酸化物は屋内が高く，その割合は冬期と夏期とで異なり，秋から冬に於ては加速度的増加がみられ，春から夏の季節は外気の変化がほとんどそのままの割合で内部に現われていた。これは冬期の暖房等による大気の汚染度上昇の影響と考えられる。

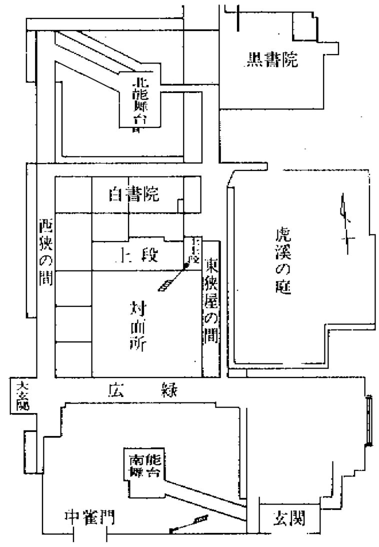
5.　西本願寺　Nishihongan-ji Temple

市内の中心部，二条城のやや南に位置し，総門は交通量の激しい堀川通りに面しているが，境内は広く，およそ 7000 m² あり，測定の対象とした大書院は大建築の大師堂の裏に当るため

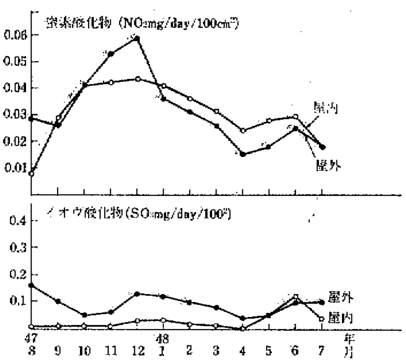
道路から直接の影響よりむしろやや緩和された平均的な環境と思われる。一般公開はしていないが，時々信者の説教等に使用されている。通常は障子により締切られているが，1日1回は清掃が行なわれている。図—12 に境内の建造物配置図及び図—13 に試料設置点を示した。



図—12　西本願寺建造物配置図



図—13　試料設置点



図—14　西本願寺測定結果

○　試料設置点

屋内測定点として，最も代表的な建造物である大書院の対面所上段を選んだ。対面所は幅約 16.2m，奥行 19.8 m の大広間で正面の奥行約 3 m を上段とし，右側に上上段が設けてある。試料設置点は上上段と上段の界えにある柱の裏．床上約 2m に設置した。

屋外は，対面所の向にある南能舞台橋掛りの裏，地の上約 2m に取付けた。

○　測定結果

各々測定結果を付表—1, 2 に，測定期間中の濃度変化を図—14 に示した。

イオウ酸化物は屋外で最高 0.16，最低 0.04，平均 0.10，大書院対面の間で同じく 0.12，0.00，平均 0.03 で，外気は 4，5 月及び 10，11 月が低く，8 月及び 12 月に高濃度がみられた。屋内では外気とあまり相関性がみられず冬期にわずかではあるが，外気の上昇に伴なって高い値が出ている。しかし，5, 6, 7 月には全く相関性がない。これはそれぞれ汚染源が異なるためと思われる。

窒素酸化物は屋外で最高 0.059，最低 0.015，平均 0.031，書院内で 0.043，0.018 平均 0.028 であった。外気で 9 月から急激に増加し，12 月に最も高くなりその後，緩やかに減少している。書院内では外気の急激な変化に対してやや緩やかであった。屋内に侵入した外気は内部で拡散されるが，この様な大書院においては奥深い位置まで拡散されるにかなりの時間を要するものと思われる。従って，イオウ酸化物のごとき比較的活性に富む物質は侵入と同時に屋外に近い位置で消耗され，測定点には長時間浮遊している窒素酸化物のみが到達するものと

考えられる。

○　天球院　Tenkyū-in Temple

京都市内の極狭い範囲ではあるが二条城を中心に東西南北に位置する寺院を対象にする意味から選定した。天球院は二条城の西方向やや北に位置する妙心寺の塔頭寺院の一院である。妙心寺の境内は広く，40以上もの塔頭寺院があるがほとんど公開されていない。この天球院も公開されていない一院である。そのため一般観光客はなく，境内非常に清浄に感じられ，環境は良好とみられた。強いて云えば，市バスがすぐ北側の一条通りを通っている位である。その位置を図—15 に示した。上記の理由から外気のみの調査を行なった。

○　試料設置点

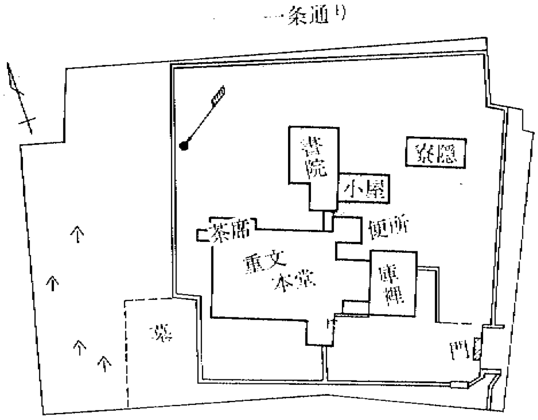
試料濾紙は，境内の最も道路に近い築地の内側の杉の木を利用し，地上約 1.5m の高さに取り付けた。

○　測定結果

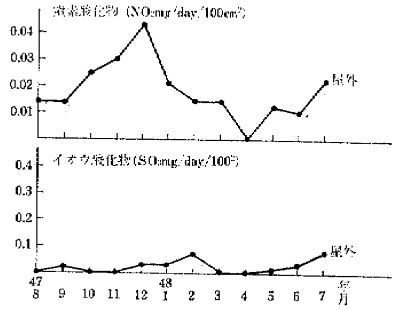
一年間の測定結果を表—1, 2 及び月別濃度変化を図—16 に示した。

イオウ酸化物は最高 0.08, 最低 0.00, 平均 0.02, 窒素酸化物は 0.043, 0.000 平均 0.015 であった。

イオウ酸化物の月別濃度変化は他の地点と類似して冬期が最も高く，次が夏期で，春，秋はほとんど検出されない程度の濃度であった。窒素酸化物はだいたい他の寺院の一般環境と同程度の汚れであった。季節による変化は西本願寺の傾向に類似し，12月まで急激に増加し，以後急減少する変化であった。



図—15　天球院試料設置点



図—16　天球院測定結果

天球院のイオウ酸化物は非常に少なく，窒素酸化物に於いても他の寺院より少なかった。従って屋内の障壁画環境に於いても微量と考えられた。

4.　金属薄板試片による汚染度の調査

方法　従来，アルカリ濾紙法によるイオウ酸化物および窒素酸化物の測定と併行して行なって来た方法で，直接汚染因子の濃度を測定するのではなく，銅および銀の薄板（厚さ：銅板 0.05mm 銀板 0.1 mm）を通気孔を設けた金属円筒内に固定し，大気中に曝露して，一定期間の間隔をおいて端から一定の大きさ（2×2.5 cm）に切取って試料とし，X線回折法により薄板上に生成した腐食生成物を分析し，その回折X線強度を測定して腐食度を知り，汚染因子とその汚染度や影響を判定しようとする方法である。

銅板については，酸化第一銅の〔111〕面と銅の〔111〕面の回折X線強度比をとって腐食度とし，この値の大きいものが汚染の影響も大きいと考えた。

銀板については，塩化銀 AgCl および硫化銀 Ag_2S が検出され，どちらが顕著であるかにより，汚染の型が推定できる。

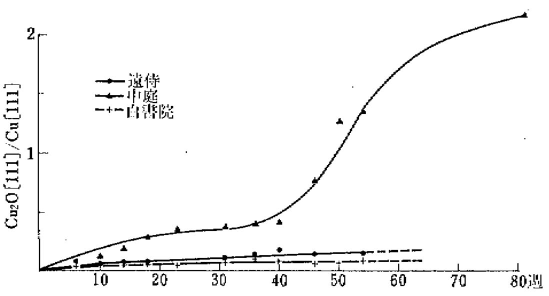
測定個所および測定期間

1. 二条城　遠侍（若松の間）　白書院（三の間）　中庭（遠侍の北）の三ケ所
　　昭和 47 年1月 19 日～ 48 年8月8日
2. 南禅寺　玄関前植込，一ケ所　昭和 47 年7月 27 日～ 48 年8月9日
3. 妙心寺天球院　〃　昭和 47 年7月 28 日～ 48 年8月10日
4. 西本願寺　〃　昭和 47 年7月 26 日～ 48 年8月8日

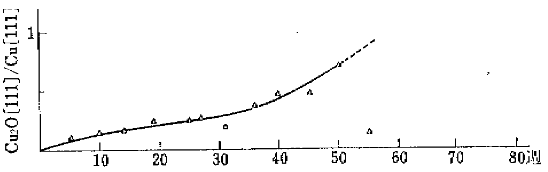
結果

銅――二条城は一年半，南禅寺，天球院，西本願寺は一年間の測定で，図—17～19 で示されるように，非常にゆるやかなS字線を描いており，南禅寺，天球院，西本願寺は，ほとんど同じ曲線をたどり，これから立上って徐々に上昇する気配を見せている。二条城の屋外（中庭）は他の三寺より腐食度は大きく，（約二倍程）測定の終期には上昇をやめ曲線がねる傾向を示している。遠侍，白書院は室内のため，変化も少く安定している。

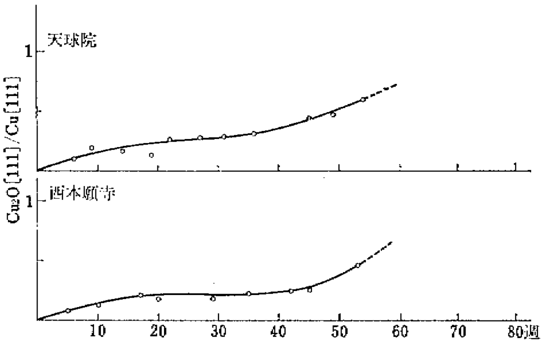
屋外の四ケ所は，いずれも大体 40 週位で上向きの屈曲点を示し，それまでは大体同じ程度の腐食度である。検出される回折線は酸化第一銅だけであり，まだ変化の途中で判定はむづかしい。



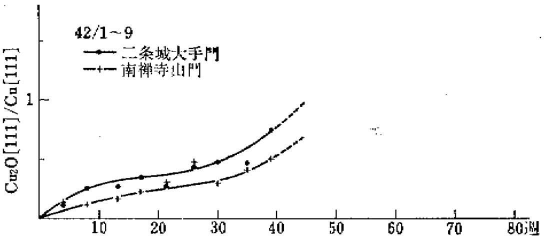
図—17　二条城における銅の腐蝕



図—18　南禅寺における銅の腐蝕度



図—19　銅の腐蝕度



図—20　昭和42年度における銅の腐蝕度

従来の京都における測定例[2]の二条城大手門脇，南禅寺山門三層（昭和 42 年1～9月，図—20）と比較すると，二条城中庭の数値は大手門脇の数値より低く，腐食度は幾分減少し，屈曲点の時期も遅れている。南禅寺においては曲線は殆んど重なり，立ち上がりの角度が幾分ゆるやかになっている。いずれも測定点が前回に比し道路より遠ざかっており状況はやや異なるかも知れないが，テストピースの設置位置を勘案するとき，今回の測定結果は前回測定時の汚染度と同等ないしは幾分軽減されていると判断できる。

銀　検出された腐食生成物のX線回折線は塩化銀と硫化銀のものがあるが，塩化銀の回折X線強度が大きく，目立った存在である。

二条城中庭においては，14 週ないし 18 週で塩化銀および硫化銀のピークが出現し，検出されたが，塩化銀の強度は硫化銀の 4 倍程度強いが，最終値の 81 週でも従来と同じ測定条件でも 48 カウント（GMカウンターによるX線強度，毎秒のカウント数）程度で低い値を示している。他の測定個所，二条城遠侍，白書院（31 週）南禅寺（31 週）西本願寺（29 週）天球院（27週）に於ては括弧内の時間経過で塩化銀のピークが出現しているが測定精度から考えて何れも 30 週位で腐食生成物のピークが検出されていると考えられ，以後あまり生長せず時に消失している試片もある。その強度は最終時期でも 10 数カウント程度であり特に二条屋内では 10 カウント以下の低い値で汚染はかなり小さい。

塩化銀が顕著であることは，自動車の排気したがって交通量との関連が考えられる。

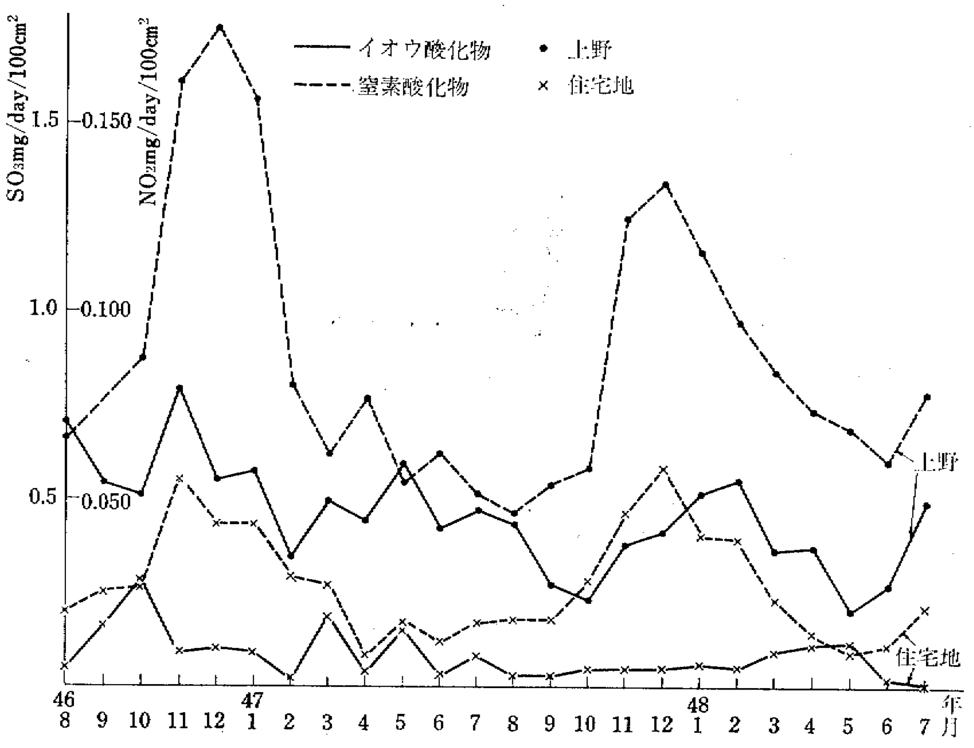
銅および銀板の腐食度による汚染の測定は，四ケ所のうちでは二条城が汚染が大きく，他の三ケ寺では余り差が認められない。汚染因子の濃度に関しては西本願寺が高い値を出しているが，この程度の濃度範囲でしかも 1 年程度の短期間では腐食の差は表われないと考えられ，それだけ影響についても余り心配することはない。特に室内に於ては影響はないものと考えられる。ただし，観覧者の増加等による汚染，屋外空気の侵入等は長期間に蓄積される劣化現象から影響に結びつくものと考えられるので注意を要する。

5. む す び

以上，各寺院のイオウ酸化物，窒素酸化物の測定結果及び金属の曝露試験結果を述べた。

イオウ酸化物の平均濃度は，市内中心部がやや高く，道路から離れた位置では低かった。その濃度は上野公園内と比較して約 1/3 程度であった。参考のため 図—21 に本調査と同時に行なった東京上野公園内の当研究所屋上及び地上面の結果，住宅地として東京都国分寺市の住宅の軒の結果を示した。

季節による濃度変化は，各測定点共 5 月から 8 月が低く，9 月頃から次第に上昇して 12 月



図—21 東京都内上野公園および住宅地の測定結果

から2月の冬期に最高値となり以後緩やかに降下するサイクルであった。

障壁画のある屋内では，妙蓮寺でかなり高い値がでていた。その他は外気の1/2あるいはそれ以下であった。

これらイオウ酸化物の汚染源は，冬期の暖房の排気に自動車の排気が加わったものと考えられる。又，妙蓮寺では染色工場の廃液から生ずるガスもかなり影響していた。

季節による濃度変化は，各測定点共5月から8月が最も低く，9月頃から次第に上昇して12月から2月の冬期に最高となり以後緩やかに降下するサイクルであった。

イオウ酸化物は，生成されてからの時間経過，移動径路によって減少の割合が異なる。例えば樹木，建造物，屋内に侵入して壁，天井，床等に吸着されて減少するため，妙蓮寺のごとく近くに排出汚染源がある場合，短時間に直接屋内に侵入してくるものと考えられる。

窒素酸化物は，智積院の表門で東京に匹敵する値がでている他はその1/3程度であった。イオウ酸化物の値が低かった地点でも市内の中心部との差が少なく，季節による濃度変化は，2月から9月まで低く，10月から1月頃に最高値が表われていた。又，妙蓮寺では工場による異常値がみられなかった。

屋内では，一部を除いて外気と同程度あるいはやや低い値でイオウ酸化物と異なった挙動を示していた。

建造物の状態からいって開放されている場合は，屋内が低く，締切っている場合は，僅かではあるが高い値を示していた。これは，屋内空気の拡散速度，汚染物質の安定性あるいは内部に発生源がある場合，例えば，窒素酸化物のごときは物質の燃焼による多量発生するため，寺院の朝夕の観行（おつとめ）などにより灯明，線香等も汚染源と考えられる。

イオウ酸化物は近くに汚染源がある場合かなり屋内に存在するが，一般環境では屋内に存在する量は微量である。窒素酸化物は自動車の排気から多く生成され，そのまま屋内に滞溜している。又屋内に発生源があって内の方が高くなることがある。

金属板の曝露結果は，銅板，銀板とも腐食度は小さく，二条城，南禅寺で行なった5年前の調査結果と比較すると同等ないし幾分減少している傾向を示している。特に屋内（二条城）では影響は認められない。

以上の結果から，今すぐどうと云うことはないと思われるが，今後，急速に悪化している環境汚染について充分注意する必要がある。

文　献

1） 江本義理，門倉武夫：保存科学　第8号　昭和47. 3，p. 39.

2） 江本義理：大気汚染による文化財に対する影響調査研究報告書　京都市衛生局　昭43.

別表―1　イオウ酸化物測定結果（単位 SO_3 mg/day/100 cm^2）

	二条城				智積院			妙蓮寺		南禅寺		西本願寺		天球院
	大手門	中庭	遠侍	白書院	表門	中庭	書院	表庭	奥書院	屋外	虎の間	屋外	大書院	屋外
46.8	0.23	0.24	0.12	0.05	0.04	0.07	0.17	0.23	0.05					
9	0.19	0.30	0.26	0.14	0.13	0.09	0.14	0.20	0.06					
10	0.30	0.29	0.22	0.18	0.26	0.16	0.11	0.12	0.01					
11	0.30	0.24	0.14	0.09	0.26	0.17	0.08	0.56	0.01					
平均	0.26	0.28	0.21	0.14	0.22	0.14	0.11	0.29	0.03					
12	0.14	0.10	0.06	0.05	0.20	0.08	0.00	1.37	0.09					
47.1	0.11	0.12	0.02	0.02	0.17	0.07	0.00	0.00	0.00					
2	0.07	0.11	0.00	0.00	0.16	0.08	0.01	—	—					
平均	0.11	0.11	0.03	0.02	0.18	0.08	0.00	0.00	0.05					
3	0.09	0.11	0.03	0.02	0.16	0.09	0.01	0.00	0.00					
4	0.13	0.17	0.09	0.06	0.10	0.05	0.00	0.07	0.00					
5	0.11	0.21	0.07	0.04	0.06	0.07	0.03	0.13	0.00					
平均	0.12	0.16	0.06	0.04	0.11	0.07	0.01	0.08	0.00					
6	0.14	—	0.04	0.00	0.00	0.05	0.00	0.13	0.03					
7	0.04	0.17	0.02	0.03	0.06	0.00	0.02	0.03	0.02					
8	0.15	—	—	0.00	0.00	—	—	0.01	0.00	0.00	0.00	0.16	0.01	0.00
平均	0.10	0.17	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.06	0.02					
9	0.09			0.00	0.09			0.02	0.01	0.00	0.02	0.10	0.01	0.02
10	0.10			0.01	—			0.08	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00
11	0.10			0.03	—			0.18	0.02	0.03	0.00	0.06	0.01	0.00
平均	0.00			0.01	—			0.09	0.01	0.01	0.00	0.07	0.01	0.00
12	0.11			0.04	0.15			0.12	0.27	0.03	0.00	0.13	0.03	0.03
48.1	0.09			0.01	0.14			0.14	0.22	0.02	0.02	0.12	0.03	0.03
2	0.11			0.04	0.20			0.21	0.12	0.15	0.00	0.10	0.02	0.07
平均	0.10			0.03	0.16			0.16	0.20	0.07	0.01	0.12	0.03	0.04
3	0.07			0.03	0.08			0.19	0.30	0.01	0.00	0.08	0.01	0.00
4	0.09			0.00	0.10			0.20	0.27	0.03	0.00	0.04	0.00	0.00
5	0.01			0.00	0.06			0.08	0.08	0.03	0.03	0.05	0.05	0.01
平均	0.06			0.01	0.08			0.16	0.22	0.02	0.01	0.06	0.02	0.00
6	0.09			0.00	0.00			0.09	0.09	0.05	0.08	0.10	0.12	0.03
7	0.07			0.08	0.07			0.21	0.05	0.02	0.09	0.10	0.05	0.08
平均	0.08			0.04	0.04			0.15	0.07	0.04	0.09	0.10	0.09	0.06
総平均	0.13	0.19	0.09	0.04	0.11	0.08	0.02	0.10*	0.07*	0.03	0.02	0.10	0.03	0.02

*47.2 からの平均

別表—2 窒素酸化物測定結果（単位 No_2 mg/day/100 cm^2）

	二条城				智積院			妙蓮寺		南禅寺		西本願寺		天球院
	大手門	中庭	遠侍	白書院	表門	中庭	書院	表庭	奥書院	屋外	虎の間	屋外	大書院	屋内
46.8	0.026	0.021	0.024	0.019	0.044	0.010	0.030	0.018	0.029					
9	0.042	0.042	0.024	0.031	0.058	0.020	0.025	0.024	0.023					
10	0.034	0.030	0.024	0.025	0.074	0.035	0.031	0.019	0.015					
11	0.057	0.057	0.055	0.037	0.086	0.044	0.046	0.096	0.064					
平均	0.044	0.043	0.044	0.031	0.073	0.033	0.034	0.046	0.034					
12	0.042	0.041	0.042	0.034	0.098	0.044	0.046	—	—					
47.1	0.036	0.034	0.040	0.035	0.075	0.028	0.034	0.095	0.016					
2	0.019	0.019	0.029	0.023	0.066	0.023	0.036	0.006	0.007					
平均	0.032	0.031	0.037	0.031	0.080	0.032	0.039	?	0.012					
3	0.026	0.025	0.029	0.025	0.061	0.021	0.042	—	0.015					
4	0.020	0.021	0.024	0.021	0.056	0.019	0.034	0.019	0.013					
5	0.021	0.020	0.023	0.022	0.045	0.015	0.025	0.010	0.024					
平均	0.022	0.022	0.025	0.023	0.054	0.018	0.034	0.015	0.017					
6	0.029	—	0.033	0.028	0.054	0.016	0.024	0.010	0.024					
7	0.024	0.024	0.037	0.029	0.035	0.012	0.018	0.022	0.027					
8	0.035	—	—	0.022	0.044	—	—	0.012	0.024	0.006	0.014	0.029	0.008	0.014
平均	0.029	0.024	0.035	0.026	0.044	0.014	0.021	0.015	0.025					
9	0.026			0.029	0.044			0.016	0.035	0.002	0.008	0.026	0.039	0.014
10	0.034			0.034	—			0.020	0.045	0.016	0.016	0.041	0.041	0.025
11	0.047			0.043	—			0.051	0.055	0.019	0.026	0.053	0.042	0.030
平均	0.035			0.035	—			0.029	0.045	0.012	0.017	0.040	0.041	0.023
12	0.057			0.050	0.098			0.050	0.057	0.020	0.030	0.059	0.043	0.043
48.1	0.040			0.040	0.097			0.033	0.037	0.016	0.025	0.036	0.041	0.021
2	0.023			0.021	0.093			0.022	0.012	0.010	0.015	0.031	0.036	0.014
平均	0.040			0.037	0.096			0.035	0.035	0.015	0.023	0.042	0.040	0.026
3	0.021			0.020	0.065			0.024	0.026	0.003	0.002	0.026	0.031	0.014
4	0.026			0.038	0.050			0.022	0.030	0.006	0.012	0.015	0.024	0.000
5	0.025			0.026	0.033			0.014	0.018	0.003	0.014	0.018	0.028	0.012
平均	0.024			0.028	0.049			0.020	0.025	0.004	0.009	0.020	0.028	0.009
6	0.023			0.026	0.039			0.018	0.021	0.004	0.012	0.025	0.029	0.010
7	0.037			0.031	0.048			0.010	0.032	0.016	0.022	0.018	0.018	0.022
平均	0.030			0.029	0.044			0.014	0.027	0.010	0.017	0.022	0.024	0.016
総平均	0.031	0.028	0.033	0.028	0.061	0.021	0.032	0.019*	0.028*	0.009	0.016	0.031	0.028	0.015

* 印，47.2 からの総平均値

Résumé

Takeo KADOKURA and Yoshimichi EMOTO : The Effect of Polluted Air as a Factor of the Environment of Screen and Panel Paintings

In order to study the air in which screen and panel paintings are placed, determination of the concentration of sulfur oxides and nitrogen oxides in the air inside and outside various kinds of buildings including the shoinzukuri type was carried out. Corrosion tests of metal sheets (copper and silver) were also carried out.

The investigation was made at the following six spots in Kyoto city:

1. Nijō-jō castle, 2. Chishaku-in temple, 3. Myōren-ji temple, 4. Nanzen-ji temple, 5. Nishihongan-ji temple, 6. Tenkyū-in temple. These spots were selected because each of them has certain distinguishing characteristics, i·e, location in the city, the lie of the land, condition of surroundings, number of visitors and protective devices.

I. Distribution of Pollutants (sulfur oxides, nitrogen oxides)

The method of determination: alkali filter paper method was used. Filter papers which had been diped in 40% aqueous solution of K_2CO_3 and dried were left at certain spots for capturing the pollutants for one month. They were chemically analyzed for sulfur oxides and nitrogen oxides. The results were expressed in terms of SO_3mg/day/100 m^2 and NO_2 mg/day/100 m^2.

Time of expossure: The capturing was made from August 1971 to July 1973 at spots 1, 2 and 3 and from August 1972 to July 1973 at spots 4, 5 and 6.

Results: Average values of the concentration of sulfur oxides were a little higher in the central part of the city and lower at those places for from the streets. The average value of the concentration of sulfur oxides was about one third of that in Tokyo. The concentration changed with changing of seasons in all the spots measured showing minimum value during the period from May to August, gradually increasing from September, reaching maximum value during the winter between December and February, and then decreasing. The concentration of sulfur oxides inside the buildings in which screen and panel paintings are kept was pretty high in Myōren-ji temple but at the other spots it was as low as one half or below of that in the open air.

The exhaust from heaters during winter as well as automobile exhaust were thought to be the source of sulfur oxides. Occasionally, gases from the liquid waste from a dyeing factory seemed to have considerable effect at the Myōren-ji temple.

The concentration of sulfur oxides depends on the length of time elapsed after its generation and, because of absorption, the path through which it flows. In the case of Myōren-ji temple, which has a source of pollution in its neighborhood, it is thought that the pollutant is directly introduced into the building in a short time, resulting in a high concentration of sulfur oxides. On the other hand, sulfur oxides are absorbed by trees and also by walls, ceillings and floors of buldings. This results in decreasing of concentration.

The concentration of nitrogen oxides was generally about one third of that in Tokyo except the value at the main gate of Chishaku-in temple which is comparable to that in Tokyo. Even at the spots where the concentration of sulfur oxides was lower than that in the central part of Kyoto, the concentration of nitrogen oxides was almost the same as that in the central part. The concentration of nitrogen oxides was low during the period from February to September and high during the period from October to January. Any unusual concentration of nitrogen oxides attributable to the factory was not found in Myōren-ji temple. The concentration of nitrogen oxides indoors at all the spots was nearly equal to or a little lower than that of outdoors, showing a different behavior from that of sulfur oxides. When a building was opened, the concentration of nitrogen oxides inside was lower than that of outside, and when it is closed, it showed a little higher value than that of outside, though only slightly.

In conclusion, sulfur oxides are present in a pretty high concentration in those places where there is a source of pollution in the neighborhood, but in the ordinary environment they are present in a very low concentration. Nitrogen oxides are mostly produced as the exhaust of automobiles and stagnate indoors. Since the environment surrounding the screen and panel paintings is now being polluted rapidly due to intaking open air without any treatment for reducing pollutants, some protection should be afforded.

II. Evaluation of the effect of pollutants by testing corrosions on metal sheets.

An investigation was carried out by exposing copper and silver sheets, indoors and outdoors, and then evaluating the effect of the pollutants on cultural properties. The investigation was carried out at Nijō-jō castle, Nanzen-ji temple, Tenkyū-in temple and Nishihongan-ji temple.

Both the silver and copper sheets showed a small degree of corrosion, being equal to or somewhat less than that found at Nijō-jō castle and Nanzen-ji temple five years ago. The study also revealed that no corrosion took place indoors at Nijō-jō castle.