

滋賀県米原市

京極高次石廟等における環境調査報告書

—令和4年度—



2023年3月

米 原 市 教 育 委 員 会

奈良大学文学部文化財学科保存科学研究室

滋賀県米原市 京極高次石廟等に於ける環境調査報告

(2022 年 8 月～2023 年 3 月)

1 環境観測の地点

観測点は京極高次石廟内（③）、京極家墓所（石廟外②）および米原市役所（屋上①）に設けた。



① 米原市役所（屋上） ②京極家墓所内 ③京極高次石廟内 （国土地理院地図に加筆）

2 環境観測機器の設置



①米原市役所（屋上） 高さ 1.8mの 2つのシェルターに円筒濾紙と温湿度データログを装置した。



②京極家墓所 米原市役所と同様にシェルターを設置した。



③京極高次石廟内 左：保護覆屋を架けた石廟外観 右：石廟内は狭く、円筒濾紙と温湿度データロガは床の上に設置した（現在は高さ 30cm の台上に設置している）。

3 大気汚染測定と分析の方法

高さ 1.8m のシェルターの一方に円筒濾紙、他方に温湿度データロガを装置した。ただし、京極高次石廟内は高さが確保できないため、プラスチック箱に円筒濾紙と温湿度データロガを併置した（写真③では床石上に直置きしているが、現在は高さ 30cm の木製台上に設置している）。

表面積 100cm² に調整した円筒濾紙にはあらかじめトリエタノールアミンを含浸していて、シェルターに装置または石廟内に露体で 1 ヶ月間大気曝露した（シェルターは風の影響を軽減する役割を果たす。石廟内では風の影響は少ないため円筒濾紙を露体で置いても差し支えない）。

1 ヶ月間の大気曝露によって円筒濾紙は大気中の二酸化硫黄 (SO₂)、二酸化窒素 (NO₂)、

塩化物イオン (Cl⁻) を吸着し、回収後、吸着した大気汚染物質を抽出しイオンクロマトグラフィーを使って分析してそれぞれの濃度を求めた (トリエタノールアミン円筒濾紙法 = TEA・CF 法)。

温湿度データログによる記録も 1 ヶ月に一度収集し、石廟内外のデータ比較によって石造建物 = 石廟の温湿度変化の緩和機能を調べるとともに、トリエタノールアミン円筒濾紙を利用した大気汚染の測定値の補正に利用した。

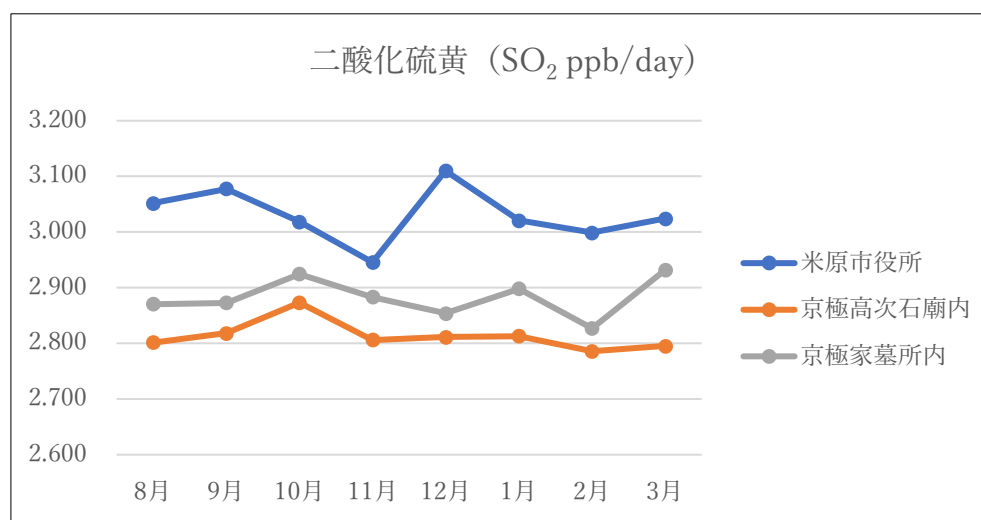
なお、トリエタノールアミン円筒濾紙の作成と大気汚染物質の濃度測定は奈良大学が行い、円筒濾紙の設置・回収と温湿度記録の収集は米原市教育委員会が行った。

4 大気汚染測定の結果

おのこの環境観測地点における大気汚染物質の測定値 (月ごとの日平均値) を表に、その経月変化をグラフに示すと下の通りである。

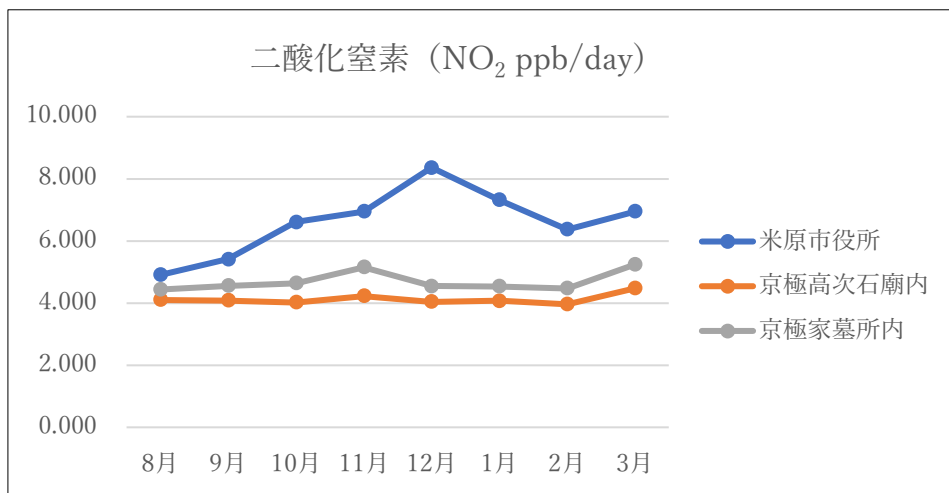
二酸化硫黄 (SO₂ ppb/day)

観測地点 / 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均
米原市役所	3.051	3.078	3.018	2.946	3.110	3.020	2.999	3.024	3.031
京極家墓所内	2.870	2.873	2.925	2.883	2.854	2.898	2.827	2.932	2.883
京極高次石廟内	2.802	2.818	2.873	2.806	2.812	2.813	2.786	2.795	2.813



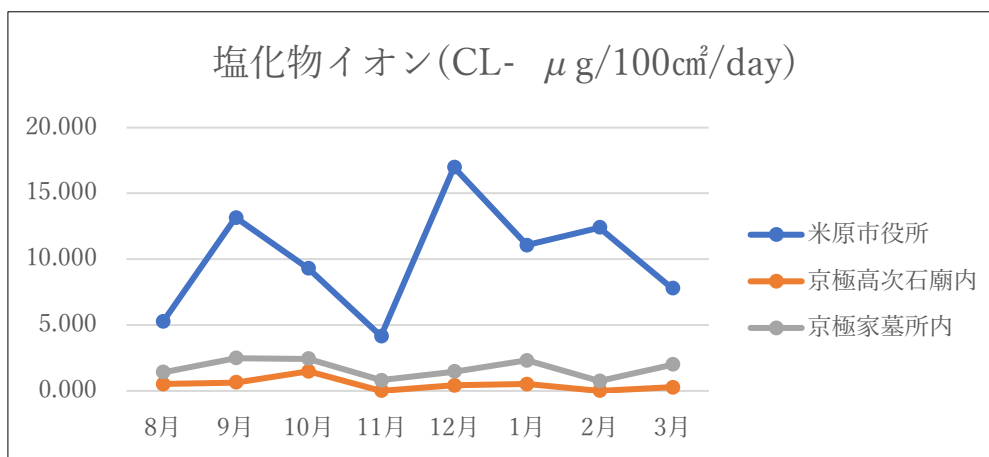
二酸化窒素 (NO₂ ppb/day)

観測地点 / 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均
米原市役所	4.905	5.409	6.609	6.945	8.362	7.321	6.373	6.947	6.609
京極家墓所内	4.435	4.556	4.637	5.154	4.551	4.538	4.471	5.240	4.698
京極高次石廟内	4.104	4.080	4.020	4.229	4.040	4.075	3.958	4.473	4.122



塩化物イオン (Cl⁻ μg/100cm²/day)

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均
米原市役所	5.247	13.156	9.289	4.164	16.986	11.078	12.414	7.782	10.015
京極家墓所内	1.408	2.481	2.426	0.809	1.453	2.326	0.751	1.998	1.707
京極高次石廟内	0.519	0.645	1.488	0.000	0.415	0.519	0.000	0.264	0.481



5 まとめ

本観測で測定している大気汚染物質は二酸化硫黄 (SO₂)、二酸化窒素 (NO₂) および塩化物イオン (Cl⁻) である。主な発生源としては、二酸化硫黄は重油や石油などの化石燃料の燃焼、二酸化窒素は自動車の排気ガス、塩化物イオンは廃棄食料や塩化ビニールの焼却排気などであり、現在では人間生活を営む限り、大なり小なり発生し、生命と自然に影響を及ぼし続ける。

これらの汚染物質は酸性を示し、大気中を漂う乾性状態であれ、また雨に溶け込んだ湿性状態（酸生雨）であっても石造文化財、金属製文化財、木造文化財、彩色などさまざまな文化財の劣化・損傷・褪色をもたらす物質である。

本報告は2022年8月から2023年3月までの8ヶ月間の観測結果である。この短期間での観測ではあるが、京極高次石廟を取り巻く大気環境とその環境が及ぼす影響についての傾向を見ることができる。

米原市役所と比較すると、徳源院境内の京極家墓地は、二酸化硫黄は5%、二酸化窒素は29%、塩化物イオンは83%低く、3種の汚染物質ともに市街地の市役所よりも山間部の京極家墓地が低い。さらに徳源院境内の京極家墓地は米原市役所に比較して二酸化硫黄は7%、二酸化窒素は38%、塩化物イオンは95%低い。

そして京極高次石廟内は京極家墓地に比して二酸化硫黄は2%、二酸化窒素は13%、塩化物イオンは72%低く、石造の石廟が内部への汚染物質の侵入を防いでいる、すなわち石廟が内部の宝篋印塔を大気汚染の影響から防御していることが窺える。今後も観測を継続しデータを蓄積することによって、この傾向はより鮮明になるものと思われる。

さて、米原市・京極家墓地の大気環境と奈良の文化財の大気環境と比較すると、その値は若草山・春日山原始林西麓の東大寺、春日大社、そして山間部の円成寺の値にも近く、京極高次石廟は良好な環境にあるといえる。

(参考表) 奈良所在文化財等における大気環境測定結果 2010 年度平均値

(2010 年 1 月～12 月 トリエタノールアミン円筒濾紙法)

観 測 地 点	二酸化硫黄(SO ₂ ppb/day)	二酸化窒素(NO ₂ ppb/day)	塩化物イオン(Cl ⁻ μg/100cm ² /day)
東 大 寺	3. 0 0	7. 9 4	2. 6 7
興 福 寺	2. 9 1	9. 3 2	1. 5 7
春 日 大 社	2. 9 0	6. 8 3	1. 6 7
元 興 寺	3. 0 1	8. 9 2	1. 7 4
平 城 宮 跡	3. 1 7	10. 0 0	4. 2 1
唐 招 提 寺	2. 9 1	8. 0 8	3. 0 5
薬 師 寺	3. 1 8	9. 7 4	5. 0 1
円 成 寺	2. 9 0	5. 4 8	1. 2 7

しかしながら、京極高次石廟に発生した白色綿状の析出物は分析の結果、硫酸カルシウム(CaSO₄)であることが判明している(*)。石廟の石材(笏谷石)を形成するカルシウム(Ca)が、大気汚染物質である硫黄酸化物(SO₂)によって溶出し白色綿状析出物を生じたものと思われる。文化財は100年、500年の長い目で保存継承せねばならないことを考えると、常に大気汚染の抑制を図らねばならないであろう。

(*) 米原市教育委員会『史跡清滝寺京極家墓所保存活用計画』2022年3月