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５年度－

２０２４年３月

米　原　市　教　育　委　員　会

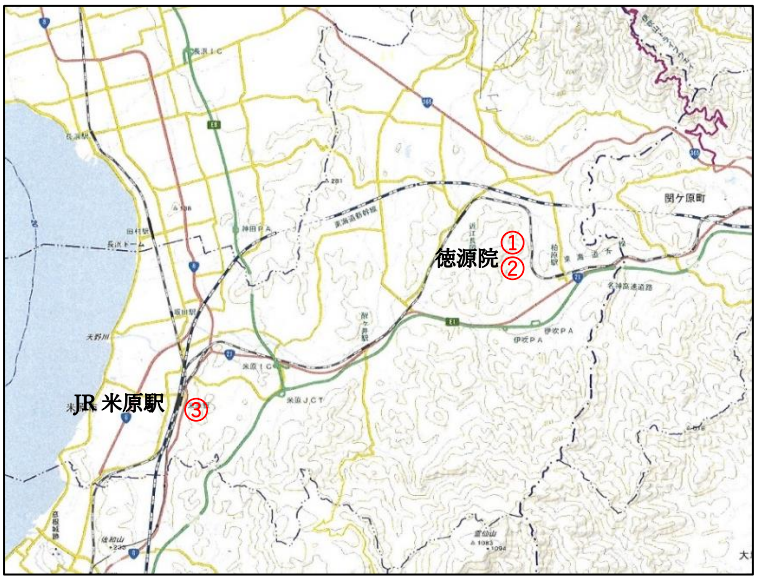
奈良大学文学部文化財学科保存科学研究室

滋賀県米原市 京極高次石廟等に於ける環境調査報告

（2023 年 4 月～2024 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ガを装置した。

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：円筒濾紙と温湿度データロガは、石廟内の高さ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。

表面積 100cm^2 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 か月間大気曝露した（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いる）。

1 か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（SO_2）、二酸化窒素（NO_2）、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)。

温湿度データロガによる記録も 1 か月に一度収集し、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。

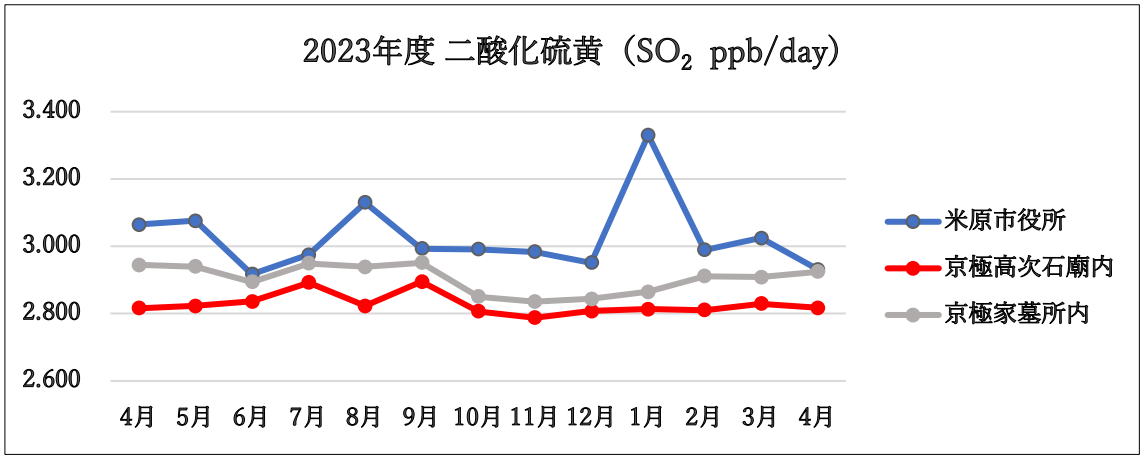
なお、トリエタノールアミン円筒濾紙の作成とイオンクロマトグラフィーによる大気汚染物質の濃度測定は奈良大学が行い、円筒濾紙のシェルターへの設置・回収と温湿度記録の収集は米原市教育委員会が行った。

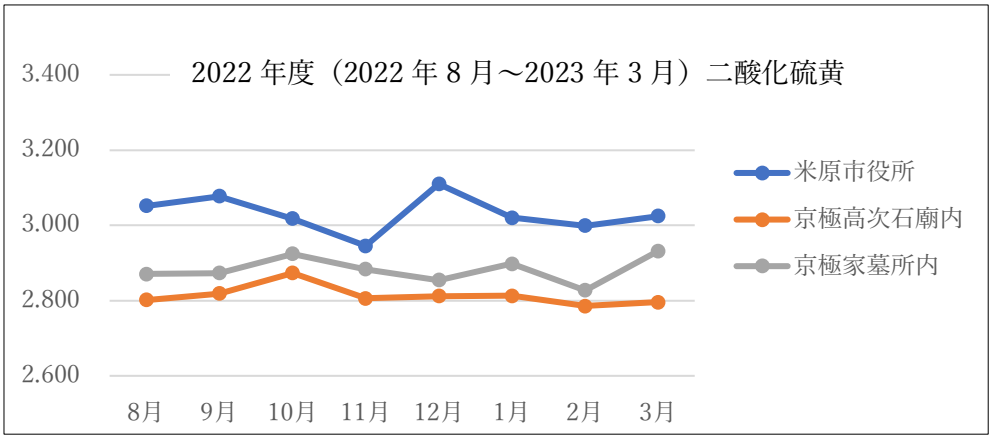
4　大気汚染測定の結果

おのおの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。参考として 2022 年度のグラフを添付する。

二酸化硫黄（SO_2　ppb/day）（2023 年 4 月～2024 年 3 月）

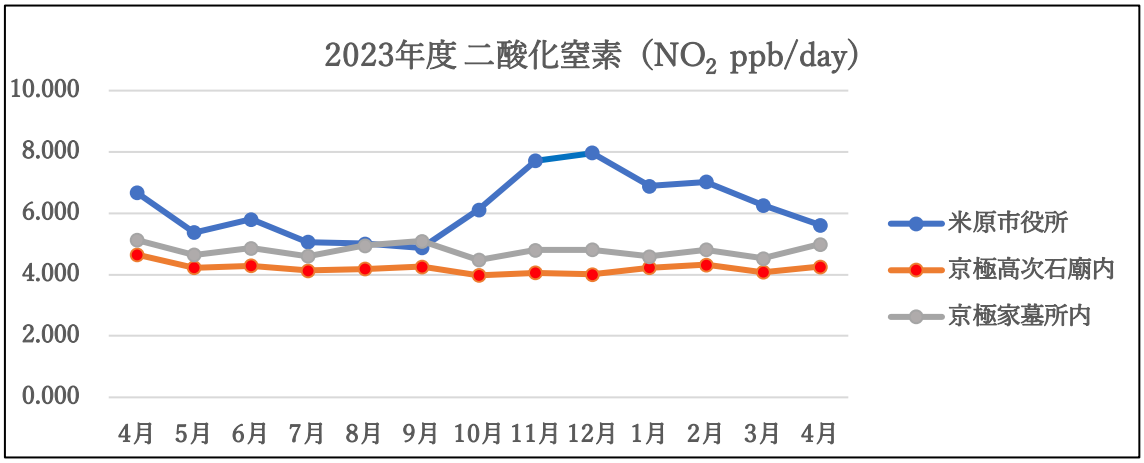
観測地点/月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均
米原市役所	3.065	3.076	2.917	2.975	3.130	2.993	2.991	2.983	2.951	3.331	2.989	3.026	3.036
京極家墓所内	2.944	2.940	2.894	2.949	2.939	2.951	2.851	2.836	2.844	2.865	2.912	2.908	2.903
京極高次石廟内	2.816	2.823	2.836	2.892	2.823	2.895	2.806	2.788	2.808	2.813	2.811	2.829	2.828

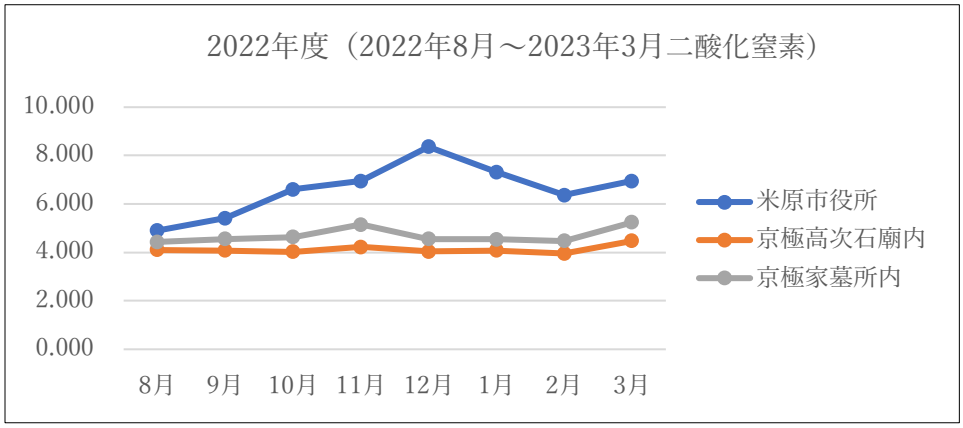




二酸化窒素（NO_2　ppb/day）（2023 年 4 月～2024 年 3 月）

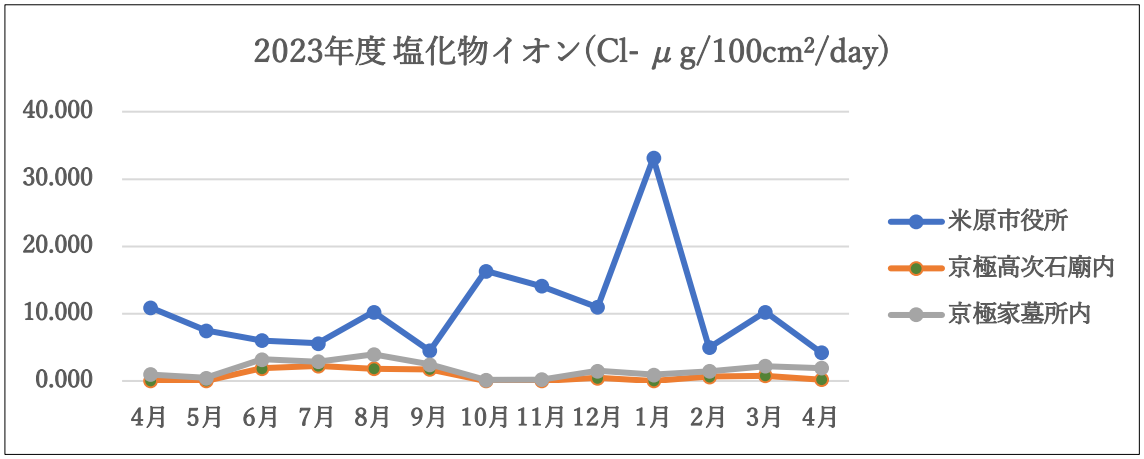
観測地点/月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均
米原市役所	6.666	5.371	5.803	5.059	5.008	4.870	6.117	7.710	7.960	6.893	7.026	6.267	6.230
京極家墓所内	5.125	4.645	4.865	4.607	4.943	5.096	4.476	4.797	4.809	4.595	4.812	4.530	4.775
京極高次石廟内	4.651	4.225	4.291	4.130	4.185	4.256	3.977	4.056	4.004	4.228	4.325	4.085	4.201

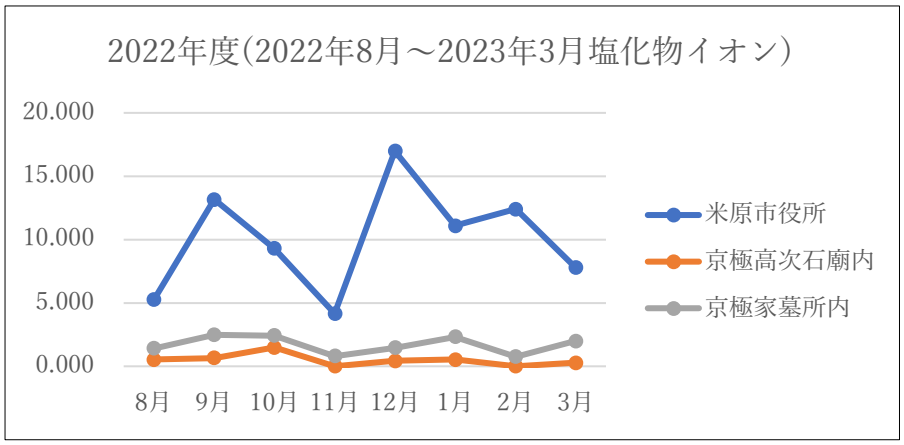




塩化物イオン　（C l ⁻　μg/100cm²/day）（2023 年 4 月～2024 年 3 月）

観測地点/月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均
米原市役所	10.916	7.503	6.032	5.603	10.262	4.502	16.312	14.118	10.979	33.099	4.958	10.352	11.211
京極家墓所内	0.961	0.451	3.206	2.881	3.954	2.465	0.163	0.212	1.512	0.922	1.452	2.223	1.700
京極高次石廟内	0.000	0.000	1.874	2.231	1.815	1.717	0.000	0.000	0.471	0.000	0.654	0.787	0.795





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（SO_2）、二酸化窒素（NO_2）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、これらの汚染物質は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 2023 年 4 月から 2024 年 3 月までの 1 年間の観測結果である。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。

徳源院境内の京極家墓所は米原市役所と比較すると、二酸化硫黄は 53%、二酸化窒素は 27%、塩化物イオンは 87%低い。市街地の市役所よりも山間部の京極家墓所が低い。

さらに京極高次石廟内は米原市役所に比較して二酸化硫黄 74%、二酸化窒素は 36%、塩

化物イオンは 95%低い。市街地の市役所よりも山間部の京極家墓所が低い。

そして京極高次石廟内は京極家墓所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 58%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。

大気汚染濃度の比較（2022 年度（2022 年 8 月～2023 年 3 月）と 2023 年度（2023 年 8 月～2024 年 3 月））

大気汚染濃度 / 観測点	二酸化硫黄(SO2 ppb/day)		二酸化窒(NO2 ppb/day)		塩化物イオン(Cl-μg/100cm²/day)	
	2022 年度*1	2023 年度*2	2022 年度*1	2023 年度*2	2022 年度*1	2023 年度*2
米原市役所	3.031	3.049	6.609	6.481	10.015	13.063
京極家墓所	2.883	2.888	4.698	4.761	1.707	1.613
京極高次石廟内	2.813	2.822	4.122	4.140	0.481	0.680

*1 2022 年度は 2022 年 8 月～2023 年 3 月の日平均値　*2 2023 年度は 2023 年 8 月～2024 年 3 月の日平均値

さて、米原市・京極家墓所と京極高次石廟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/100cm²/day)
東　大　寺	３．００	７．９４	２．６７
興　福　寺	２．９１	９．３２	１．５７
春 日 大 社	２．９０	６．８３	１．６７
元　興　寺	３．０１	８．９２	１．７４
平 城 宮 跡	３．１７	１０．００	４．２１
唐 招 提 寺	２．９１	８．０８	３．０５
薬　師　寺	３．１８	９．７４	５．０１
円　成　寺	２．９０	５．４８	１．２７

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（$CaSO_4$）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（SO_2）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