

奈良県葛城市における
大気汚染による文化財影響調査報告書
2025 年度



當麻寺

2026 年 3 月

奈良大学文学部文化財学科保存科学研究室

奈良県葛城市における 大気汚染による文化財影響調査報告書 2025年度

1 調査の経緯

2004年に當麻町と新庄町が合併して葛城市が発足した。葛城市では廃棄物の焼却を両町合併後も當麻クリーンセンターと新庄クリーンセンターで行ってきたが、2施設を統合して処理を行う新クリーンセンター建設を當麻クリーンセンター所在地に計画した。新クリーンセンター予定地の北側には麻呂子山の尾根を一つ隔てて當麻寺があり、東塔、西塔、鐘楼などの国宝、中之坊庭園の名勝など国指定の文化財が所在する。

新クリーンセンターの廃棄物焼却に伴い発生する酸性大気汚染物質がこれら文化財に影響を与えることが懸念されるところであった。

奈良大学文学部文化財学科保存科学研究室(代表 西山要一)は葛城市の依頼を受けて、當麻クリーンセンターの稼働中(2011年4月～9月)、同センターの稼働停止・廃炉・新クリーンセンター建設中(2011年9月～2017年3月)、および新クリーンセンター(以下クリーンセンターと記す)の稼働開始後(2017年4月以降)の大気汚染の文化財への影響、とりわけ、麻呂子山の尾根を隔てて北側に所在する當麻寺の国宝建造物など文化財への影響について調査を行うことになった。

本書は、調査開始から15年目(2025年度)、クリーンセンター稼働開始から9年目の大気汚染測定の結果を報告するものである。

2 大気汚染測定地点

大気汚染の測定地点は、當麻寺西塔(図1の①)、當麻寺竹之坊(同②)、クリーンセンター(2011年4月から2017年3月までは當麻クリーンセンターの敷地西側、2017年4月からはクリーンセンターの敷地東側 同③)、葛城市當麻庁舎(同④)は2022年7月に當麻スポーツセンターに移設(同④´)、博西神社(同⑤)の5か所に設定した(図1、図2)。

當麻クリーンセンター稼働中は同センターを大気汚染の発生源の可能性のあるものとみなし、また操業停止後は、バックグラウンドのデータを取得するために同センターを始め、當麻寺西塔、當麻寺竹之坊、當麻庁舎、博西神社で継続測定することとし、さらに2017年4月のクリーンセンター稼働開始後も測定を継

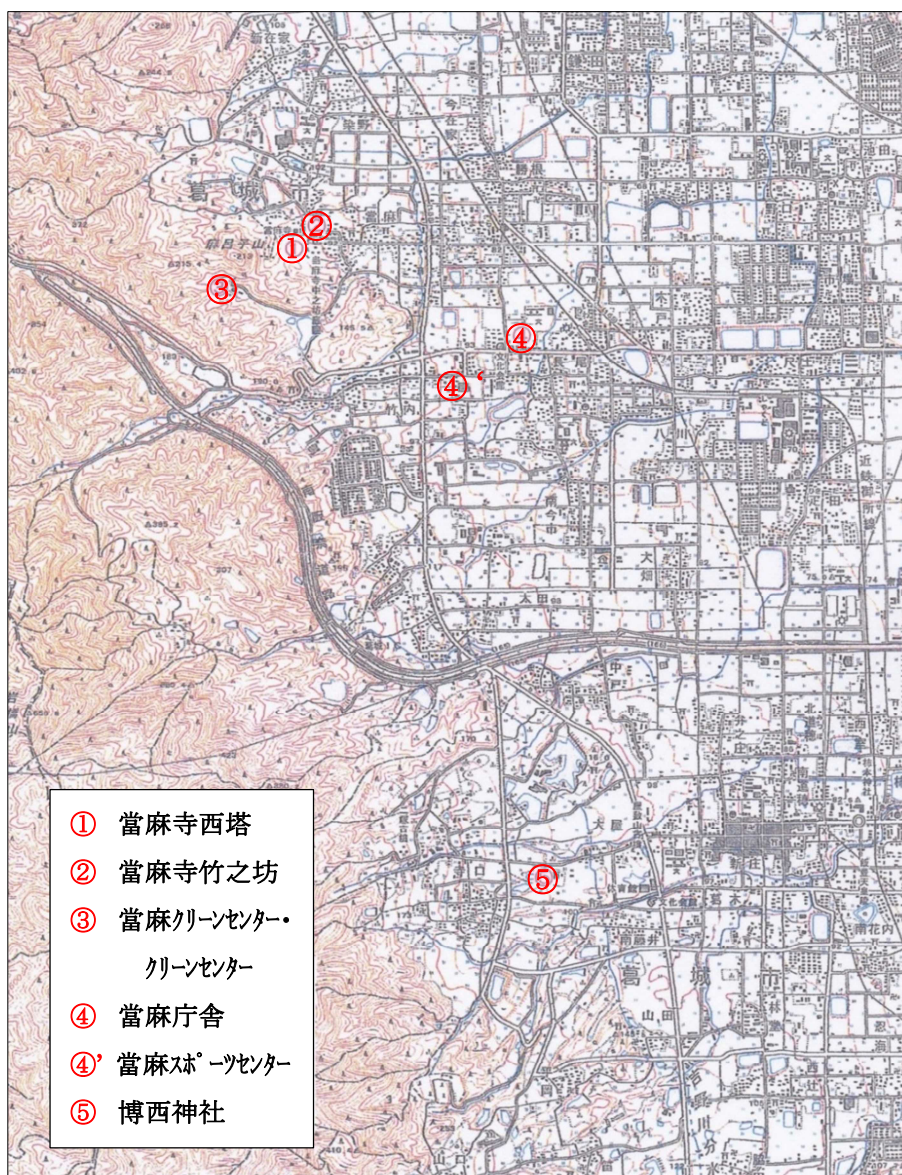
続した。

本報告はクリーンセンター稼働7年目の測定データであり、2011年4月以後の施設の稼働・停止・新設工事、そしてクリーンセンター稼働後の経時変遷を把握し、葛城市の適切な文化財環境を保持するために重要なデータである。

3 大気汚染測定方法

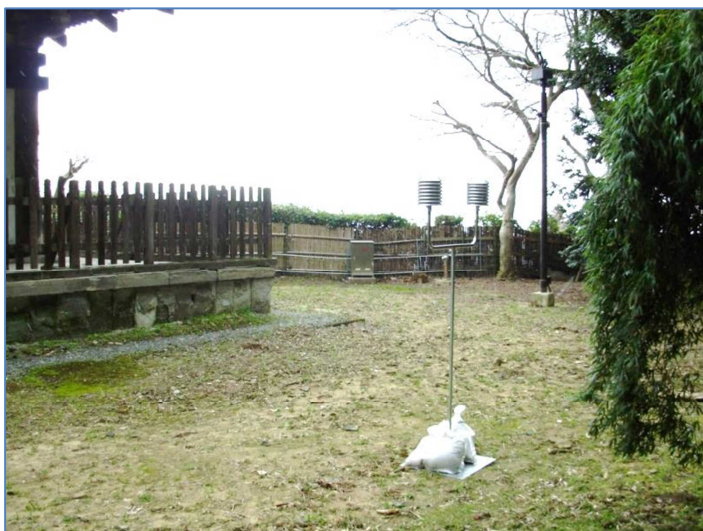
文化財所在地など多地点で継続的に大気汚染測定を行うためにトリエタノールアミン円筒濾紙法 (TEA-CF) を採用し測定点にシェルターを設置した。そして、とりわけ文化財に大きく、かつ急激な損傷をもたらす酸性物質二酸化硫黄 (SO_2)・二酸化窒素 (NO_2)・塩化物イオン (Cl^-) の3種類の濃度を測定した。

(図1) 葛城市大気環境測定位置図



(図2) 葛城市大気汚染測定シェルター設置状況

(2011年3月設置 以後も一部の位置を変更して測定を継続している)



① 當麻寺西塔 (左の建物が西塔)



② 當麻寺竹之坊



③ 當麻クリーンセンター・クリーンセンター



④ 當麻庁舎 (2022年6月まで)



④' 當麻スポーツセンター (2022年7月より)



⑤ 博西神社

- 大気汚染のサンプリングと分析は下記の通り（１）～（４）の工程で行った。
- （１） 表面積 100cm² の円筒形の濾紙にトリエタノールアミンを含浸し、測定地点のステンレス製シェルター（高さ 180cm）に装置し、およそ 1 か月間大気曝露したのち回収する（トリエタノールアミン円筒濾紙法(TEA-CF 法)）。
 - （２） 回収した円筒濾紙から大気汚染物質を抽出し、分析試料とする。
 - （３） 分析試料をイオンクロマトグラフィーで分析し、汚染物質の濃度を計測する。
 - （４） 計測値を温度補正し 1 日当たりの濃度を算出する。二酸化硫黄(SO₂)の濃度は ppb/day、二酸化窒素(NO₂)の濃度は ppb/day、塩化物イオン(Cl⁻)の濃度は μg/100cm²/day で表示する。



シェルターと円筒濾紙



イオンクロマトグラフィー

4 大気汚染測定の結果

測定の結果を図 3-1～図 3-3 に二酸化硫黄(SO₂)、二酸化窒素(NO₂)、塩化物イオン(Cl⁻)の大気汚染物質ごとに月変化グラフとして示した。また、あわせ参照として 2024 年度、2023 年度の月変化グラフを添付した。

また表 1 に 2025 年度大気汚染日平均値を示すとともに、図 4-1～図 4-3 に大気汚染の種類ごとに 2011 年度～2025 年度の経年変化グラフもあわせ掲載した。

各測定点の大気汚染濃度の平均値を比較すると、それぞれの地点の周辺環境の特徴が反影されていることがわかる。

二酸化硫黄(SO₂)は主として石油などの化石燃料の燃焼で発生する。二酸化硫黄濃度は、當麻スポーツセンターが 2.986ppb/day とやや高いのは市街地にあることに起因し、博西神社が 2.911ppb/day と低いのは樹木林に囲まれた清浄な環境であることを反映している。當麻寺西塔が 2.899ppb/day、當麻寺竹之坊が 2.974ppb/day と比較的低いのも當麻寺周辺の木々と囲まれているためである。クリーンセンターが 2.876ppb/day と低い値であることは焼却場における硫黄酸化物除去装置と周囲の山林がもたらす効果であろう。いずれの測定地点も 2.911～2.986ppb/day と 2024 年度よりわずかに高くなっているが、奈良公園の文化財所在地(表 3)の春日大社(原生林内)と比較しても同等の値である。

二酸化窒素(NO₂)は主として自動車の排気ガスに含まれ、測定地点によって

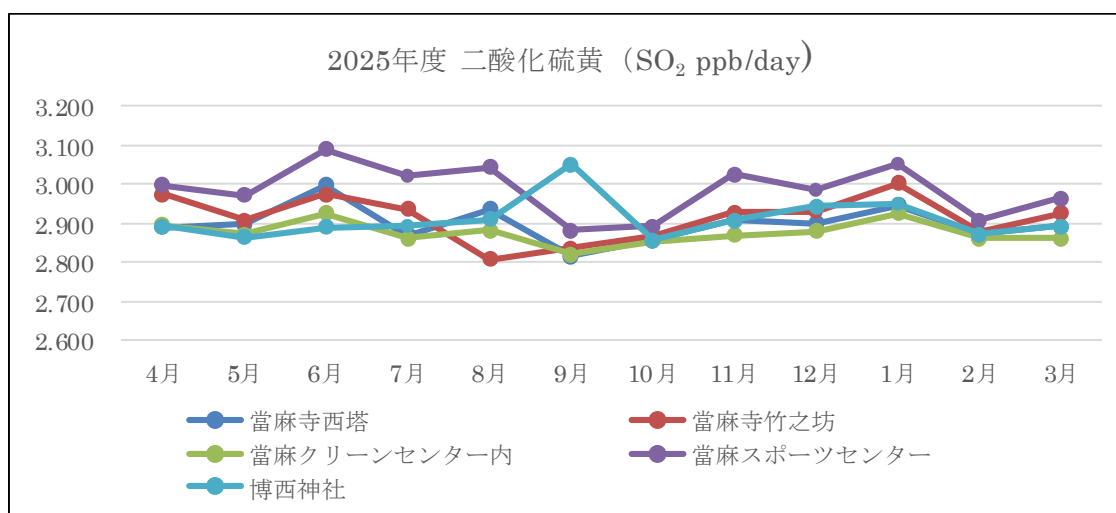
明らかな差がみられる。當麻スポーツセンターは6.457ppb/dayとやや高いのは市街地で自動車通行量の多い道路と駐車場に面しているためである。當麻寺竹之坊は5.241ppb/dayと低く森林に囲まれた清浄環境にあることを示している。當麻寺西塔が5.485ppb/day、博西神社が5.241ppb/dayで山林と広い境内に囲まれ自動車通行は少なく低い。クリーンセンターは5.494ppb/dayと比較的低いのは焼却装置の窒素酸化物除去装置と周囲の山林がもたらす浄化効果であろう。いずれの測定点も5.241~6.457ppb/dayで、2024年度よりわずかに高くなっているが、奈良北部所在文化財(表3)の測定値と比較すると低い値である。

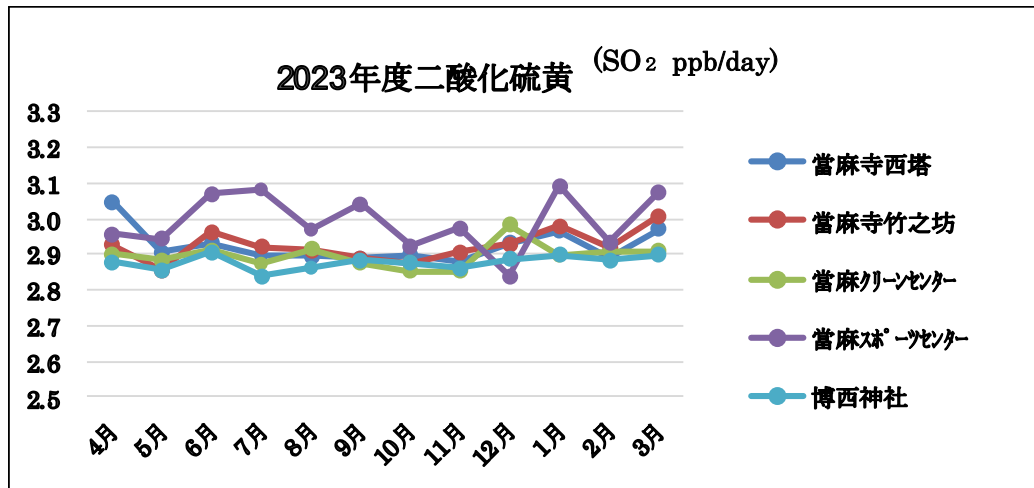
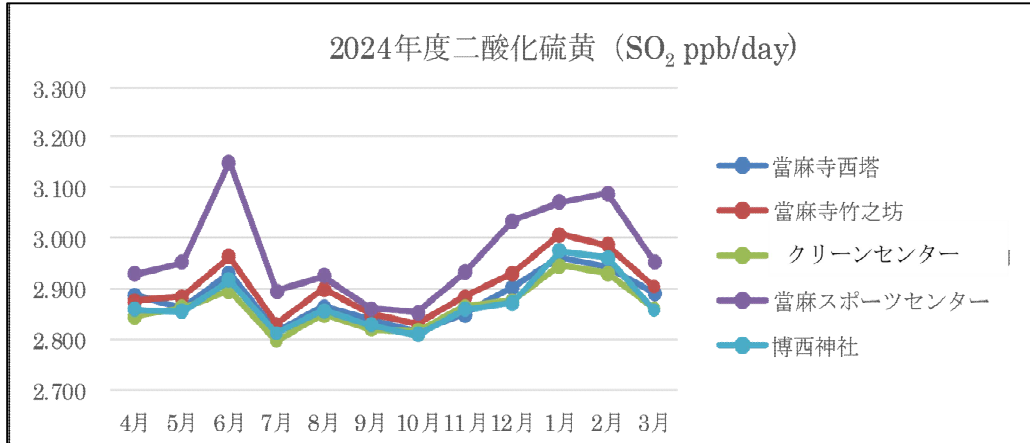
塩化物イオン(Cl⁻)は主としてプラスチックごみの焼却のほか食物廃棄物の焼却により発生する。市街地の當麻スポーツセンターで4.527μg/100cm²/dayとやや高い。當麻寺西塔が2.498μg/100cm²/dayで木々に囲まれた清浄な地であることを示している。當麻寺竹之坊が2.865μg/100cm²/day、博西神社は2.839μg/100cm²/dayである。クリーンセンターは2.459μg/100cm²/dayで當麻寺よりわずかに低い値である。いずれの測定点も2.498~4.527μg/100cm²/dayで、2024年度に比較すると高い値である。奈良北部所在文化財(表3)の測定値に比較しても高い値である。

2025年度の硫黄酸化物、窒素酸化物、塩化物イオンの測定値はいずれも2024年度に比べて高くなっている。

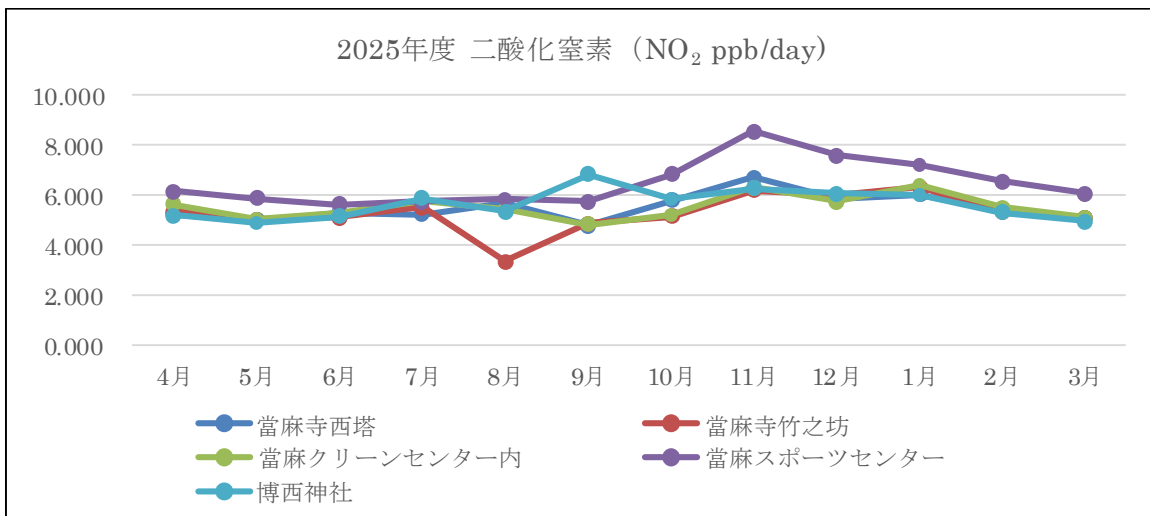
(図 3-1) 2025年度 二酸化硫黄月変化グラフ

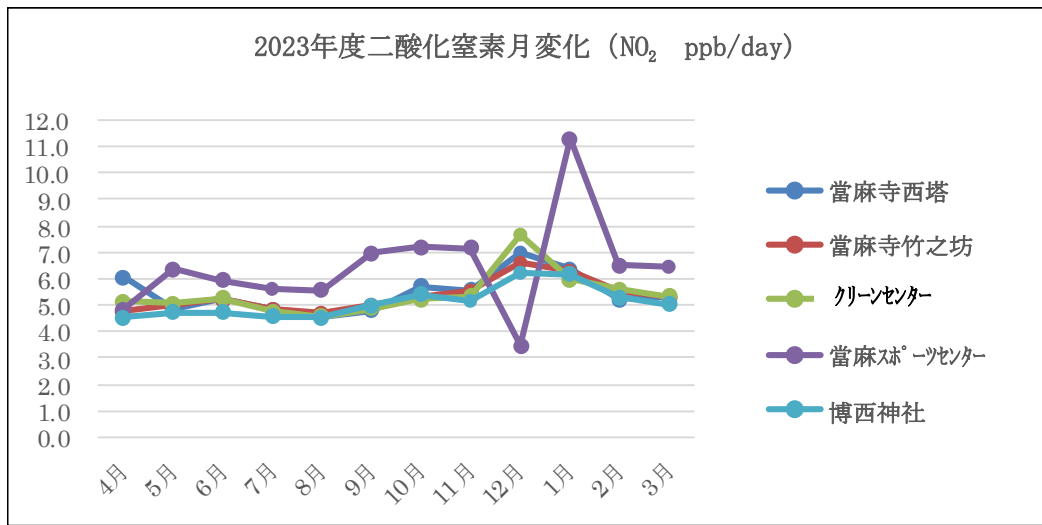
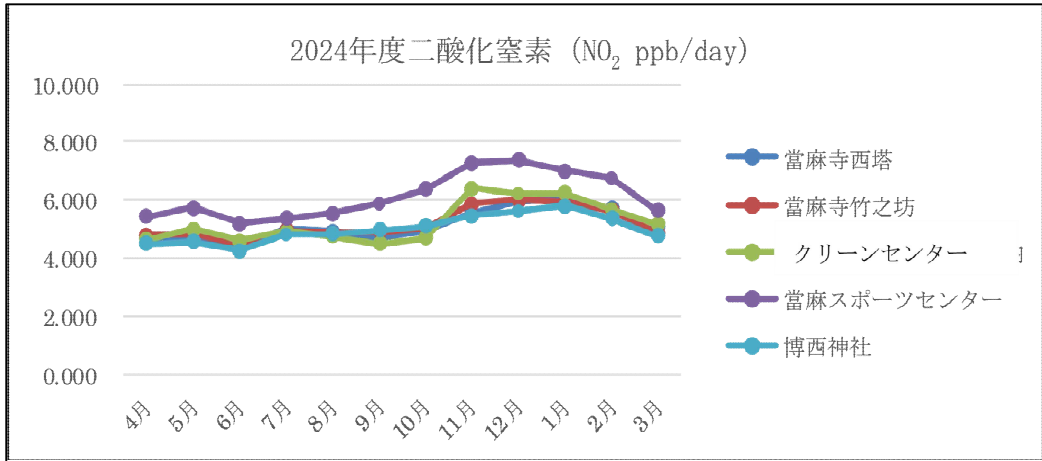
(2024年度・2023年度データを添付)



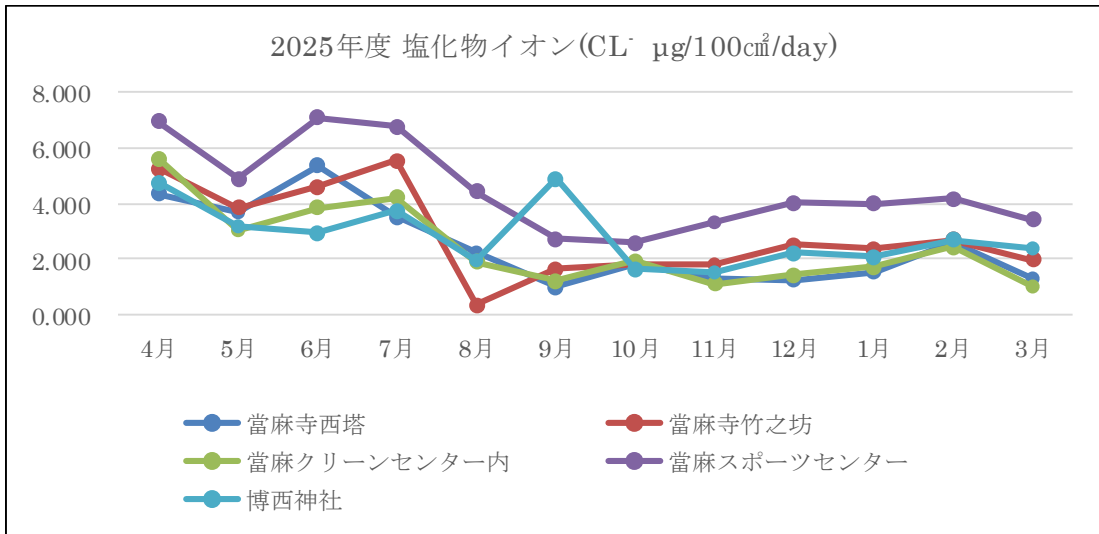


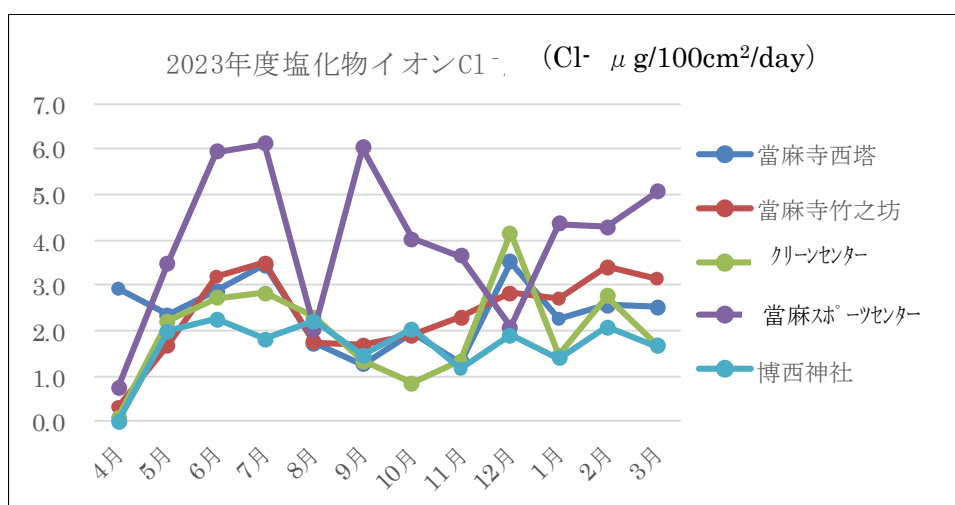
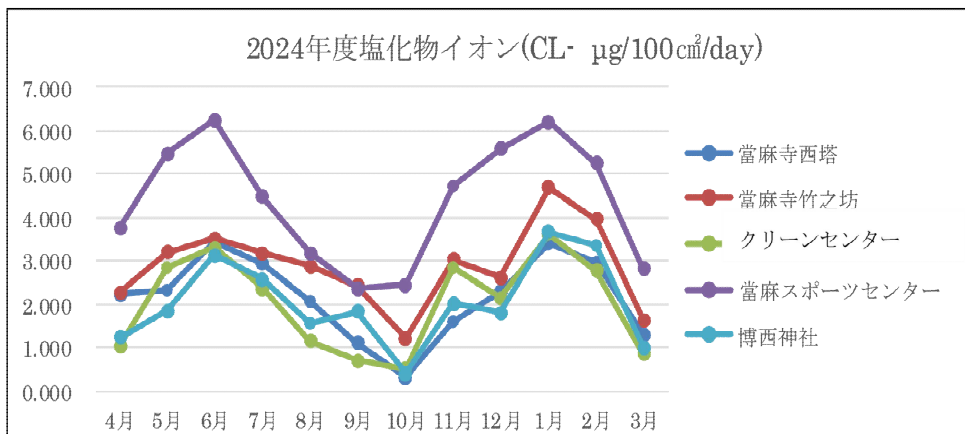
(図 3-2) 2025年度 二酸化窒素月変化グラフ
(2024年度・2023年度データを添付)





(図 3-3) 2025 年度 塩化物イオン月変化グラフ
(2024 年度・2023 年度データを添付)





(表1) 2025年度 大気汚染日平均値

測定地点	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
① 当麻寺西塔	2.899	5.485	2.498
② 当麻寺竹之坊	2.974	5.241	2.865
③ クリーンセンター	2.876	5.494	2.459
④ 当麻スポーツセンター	2.986	6.457	4.527
⑤ 博西神社	2.911	5.621	2.839

各測定点の社会的・自然的環境から見るならば、いずれの大気汚染データにおいても、当麻スポーツセンターのような市街地では汚染濃度は高く、その他の博西神社、当麻寺西塔、当麻寺竹之坊のように森林に囲まれた地点は汚染濃度が低い。クリーンセンターは2011年9月に操業を停止し、また、2017年4月の稼働

後に一時的に高くなったが、その後は博西神社と同程度に大気汚染濃度は低い。

また、各測定点の大気汚染濃度の月変化は季節による変化が顕著で、二酸化硫黄と二酸化窒素は冬期に濃度が高くなり、塩化物イオンは夏期と冬期に濃度が高くなる。二酸化硫黄と二酸化窒素が冬期に高くなる傾向は一般的現象として見られる季節変動であるが、塩化物イオンの季節変化は、プラスチックゴミや廃棄物の多少の影響とみられる。

(表 2-1) 二酸化硫黄 (SO₂) の年度別測定値 (年度平均値 ppb/day, 小数点以下 3 位四捨五入)

測定地点/年度	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
① 当麻寺西塔	3.07	3.10	3.09	2.98	2.97	2.97	2.97	2.92	2.93	2.89	2.88	2.90	2.93	2.88	2.90
② 当麻寺竹之坊	3.10	2.61	2.98	3.02	2.98	2.95	3.00	2.96	2.94	2.90	2.89	2.90	2.92	2.90	2.97
③ 当麻クリーンセンター ・クリーンセンター	2.95	2.94	3.05	2.87	2.89	2.92	3.00	2.95	2.92	2.88	2.87	2.89	2.89	2.86	2.88
④ 当麻庁舎・ 当麻スポーツセンター	3.17	3.13	3.07	3.12	3.01	3.01	3.07	3.00	2.97	2.93	2.92	3.01	2.99	2.97	2.99
⑤ 博西神社	2.95	3.03	3.00	2.94	2.95	2.92	2.96	2.92	2.91	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.91

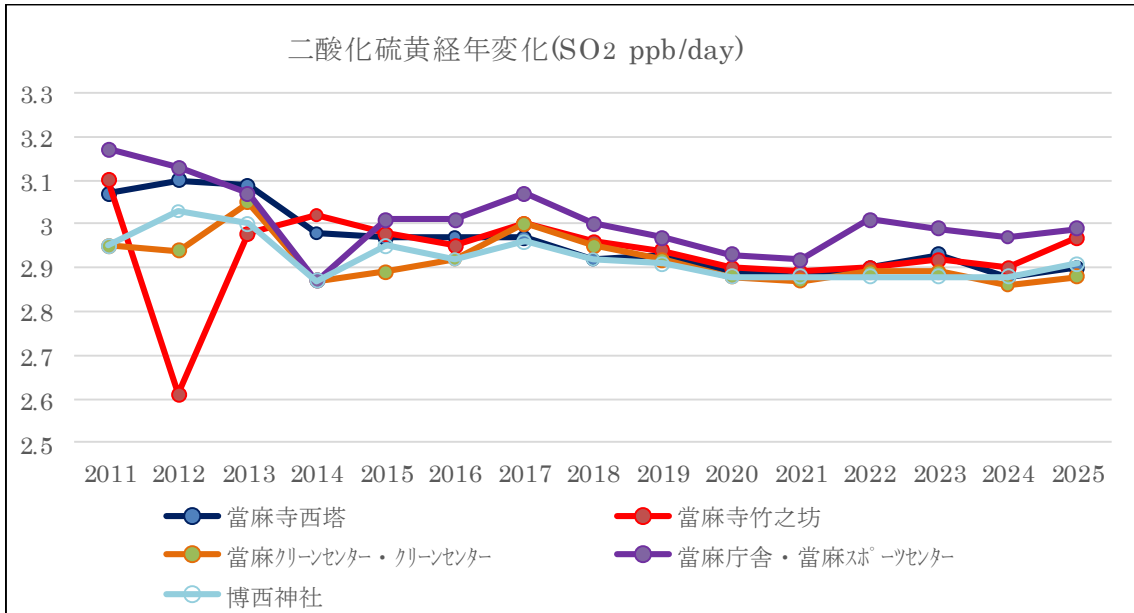
(表 2-2) 二酸化窒素 (NO₂) の年度別測定値 (年度平均値 ppb/day, 小数点以下 3 位四捨五入)

測定地点/年度	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
① 当麻寺西塔	6.44	6.54	7.14	5.70	5.87	5.90	6.14	5.76	5.65	5.46	5.38	5.38	5.46	5.13	5.49
② 当麻寺竹之坊	6.36	6.42	6.10	5.91	5.87	5.62	5.36	5.65	5.60	5.39	5.25	5.34	5.35	5.18	5.24
③ 当麻クリーンセンター ・クリーンセンター	6.32	6.05	6.18	5.50	5.68	5.67	6.26	5.98	5.77	5.67	5.44	5.38	5.40	5.22	5.49
④ 当麻庁舎・ 当麻スポーツセンター	8.19	8.03	6.88	7.36	6.96	6.97	6.89	6.54	6.57	6.17	5.97	7.05	6.45	6.13	6.48
⑤ 博西神社	5.98	6.19	6.10	5.70	5.70	5.65	5.62	5.43	5.45	5.15	5.25	5.22	5.12	5.00	5.62

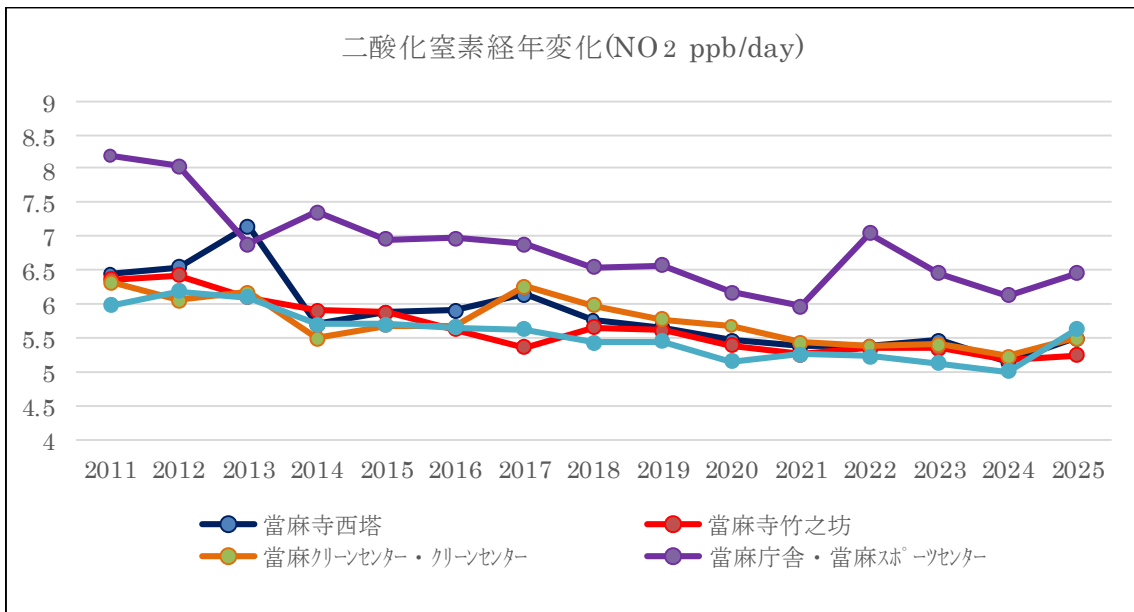
(表 2-3) 塩化物イオン (Cl⁻) の年度別測定値 (年度平均値 $\mu\text{g}/100\text{cm}^2/\text{day}$, 小数点以下 3 位四捨五入)

測定地点/年度	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
① 当麻寺西塔	1.92	2.69	3.16	1.90	1.50	1.77	2.23	1.32	1.94	2.30	1.76	2.26	2.39	2.17	2.50
② 当麻寺竹之坊	1.63	2.61	1.88	2.49	1.88	1.66	2.80	2.58	2.43	2.47	2.08	2.58	2.37	2.83	2.87
③ 当麻クリーンセンター ・クリーンセンター	1.08	1.42	3.22	1.18	0.62	0.76	2.78	1.96	2.17	2.19	1.73	2.25	1.97	2.01	2.46
④ 当麻庁舎・ 当麻スポーツセンター	2.30	3.22	2.90	3.51	2.09	3.31	3.57	2.04	2.82	3.46	2.84	5.04	3.98	4.37	4.53
⑤ 博西神社	0.87	2.34	2.20	1.70	1.54	1.66	2.24	1.83	1.39	2.03	1.44	2.16	1.66	1.88	2.84

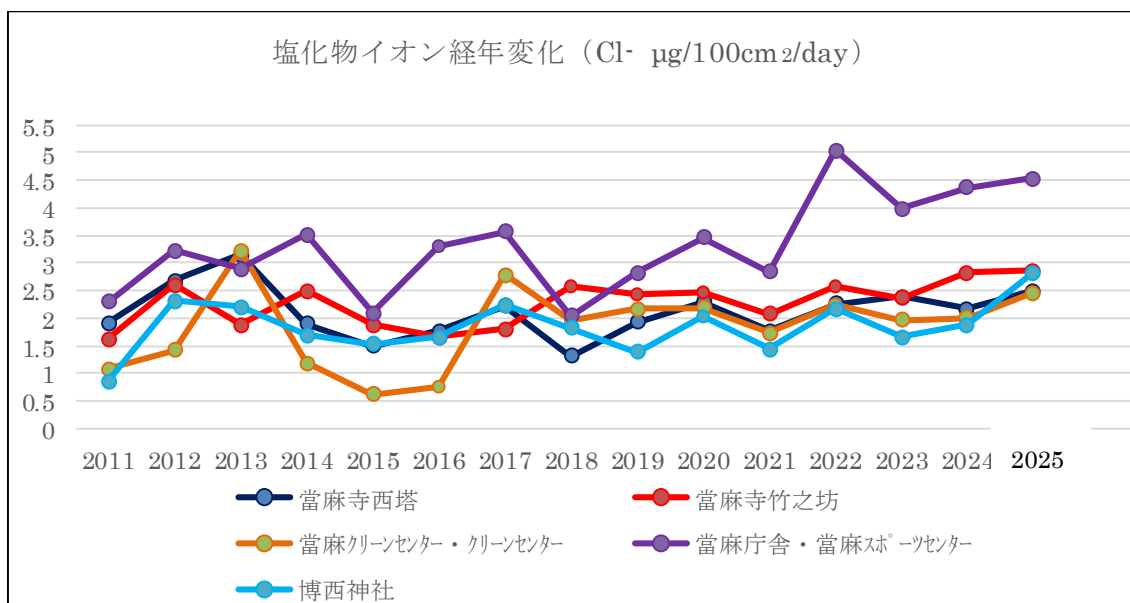
(図4-1) 二酸化硫黄の2011~2025年度の経年変化



(図4-2) 二酸化窒素の2011~2025年度の経年変化



(図 4-3) 塩化物イオンの 2011～2025 年度の経年変化



2011～2025 年度の観測値を二酸化硫黄・二酸化窒素・塩化物イオン別の測定値を表 2-1、2-2、2-3、および経年変化を図 4-1、4-2、4-3 に示した。

二酸化硫黄は 2011 年度から 2016 年度まで減少、2017 年度に一旦上昇したがそれ以降は減少傾向であったが、2021 年度以降に増加に転じている。二酸化窒素は観測開始の 2011 年度以降は徐々にではあるが減少傾向にあったが、2021 年度からの横ばい傾向から 2025 年度は増加に転じている。塩化物イオンは、年度による変化が大きく特長が読み取りにくいものの、2017 年度に増加、2018 年度に一旦減少したが、それ以降は増加を続けている。

5 クリーンセンターの焼却排気と当麻寺の文化財の環境

2011 年 9 月までの当麻クリーンセンターにおける二酸化硫黄、二酸化窒素、塩化物イオンのいずれの測定値と、クリーンセンター建設中の 2012～2016 年度の測定値、そしてクリーンセンター稼働後の 2017～2024 年度の測定値は、博西神社や当麻寺と比較して高くなくほぼ同じ値であった。クリーンセンターの排気ガス除去能力と周囲の山林の大気汚染浄化作用があいまって、大きな変化はなく、良好な環境であったといえよう。

しかし、それらを経年変化で見ると、2017 年 4 月のクリーンセンター稼働後は、2017 年度をピークに二酸化硫黄、二酸化窒素はともに下降傾向にあったが、2024 年からは上昇傾向にあり現在に至っている。

塩化物イオンは 2017 年度をピークに 2018 年度は減少するも、その後は、再び一部地点で増加傾向に転じている。

二酸化硫黄、二酸化窒素の2018年度から2021年度の減少のうち、2020年度・2021年度の減少は2020年春からの新型コロナウイルス（Covid19）の感染拡大による社会生活・経済活動の自粛に起因するものと思われる。塩化物イオンは2018年度より増加傾向にあり、一旦2021年度に減少するが、その後は増加に転じた。引き続き新型コロナウイルスによる行動自粛の一方で、プラスチック容器や食物廃棄物の焼却が増加したことが塩化物イオンの増加となって現れたものと推測できる。

現在、二酸化硫黄、二酸化窒素、塩化物イオンのいずれもが増加傾向にあることは、注意すべきであろう。

文化財環境の視点で見ると、葛城市の大気汚染値は、世界遺産「古都奈良の文化財」に登録されている社寺等と比較して、二酸化硫黄、二酸化窒素はおおむね等しいか、やや低いことから、葛城市の文化財の劣化・損傷が急速に進行することはないと思われる。しかし、塩化物イオンについては世界遺産「古都奈良の文化財」の諸社寺より高い値が観測される地点があり、注意が必要である。

このように葛城市の文化財環境が「古都奈良の文化財」の諸社寺の一部より高い値が見られるもののおおむね等しいか、やや低いことから、葛城市の文化財の劣化・損傷が急激に進行することはないと思われる。しかしながら、大気汚染濃度の高低にかかわらず文化財には、年々、その影響は積み重なる。50年、100年の長い目で見つめ良好な環境を保つ必要がある。

そのことは、當麻寺西塔の基壇の凝灰岩化粧石の劣化損傷や、塔頂部の金銅製相輪のうす緑色の錆は、酸性雨や酸性大気などの長期にわたる大気汚染の影響によるものであり、劣化は緩やかではあるが確実に進んでいるものとみられることから首肯できる。葛城市内で発生する大気汚染物質のみならず、近隣からの飛来、府県境を越えて、あるいは国境を越えて飛来する汚染物質の影響も加わったものと考えられる。

葛城市の大気汚染は、奈良市内の諸社寺と同程度、一部では超える値を示す。大気汚染の現況のモニタリングやクリーンセンター焼却炉の汚染除去装置のメンテナンス等の管理の徹底が望まれる。今後も継続して環境観測を行なう必要がある。

(表3) 奈良所在文化財等における大気測定結果 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による)

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	3.00	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
圓成寺	2.90	5.48	1.27

6 あとがき

本調査は 2025 年度の 1 年間の環境測定の結果である。今後も、クリーンセンター稼働下で調査を継続することにより、葛城市の大気環境、なかんずく、當麻寺や博西神社等の文化財環境を把握し、さらに良好な環境を維持する指標となるものとする。そして、奈良県下の文化財は、隣接する大阪など、さらにはより広い東アジア、そして地球全体を覆う大気汚染の影響を受けざるを得ないのが現状でもある。さらに、気候変動による気温の上昇は、錆などの劣化促進していることも懸念される。

その事実は、葛城市でも當麻寺の西塔の先端を飾る金銅製相輪の錆や凝灰岩製基壇化粧石の急激な劣化・損傷に見ることができる。奈良では東大寺金堂正面の金銅八角灯籠や興福寺南円堂の屋根頂部の金銅擬宝珠、室生・大野寺磨崖仏、海外では韓国や中国の石仏、イタリアやギリシャの石造建造物の損傷などを目の当たりにすると、今や地球上のすべての文化財が大気汚染によって日々損傷が進んでいることを認めざるを得ない。文化財保存のための継続的な環境改善と適正な文化財環境の国際的基準の策定が急がれる。

本調査は、奈良大学名誉教授・西山要一がトリエタノールアミン円筒濾紙の設置・回収と本報告の執筆、研究補佐・浅井富美子が円筒濾紙の作製と分析を行った。



博西神社