

葬儀場の二酸化炭素濃度や温度等室内実測調査報告

研究分担者 鈴木規道 千葉大学予防医学センター 准教授

研究要旨

消費者庁の報告によると、葬儀中にドライアイスから二酸化炭素を吸い込んで死亡した事例がわが国で過去7年間に4件発生している。葬儀場の建設については都市計画法や建築基準法に基づいて実施されることになっており、火葬場がなく通夜や告別式のみ行う葬儀場は、都市計画法や建築基準法上「集会場」として位置づけられている。そのため、葬儀場独自の室内環境基準を定めたガイドラインは存在しない。そこで、本報告では、実際に御遺体が搬送安置され、葬儀が執り行われている空間・時間を対象に、葬儀場や安置室の室内環境モニタリングを行った。温度、湿度、VOC、CO₂、PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10 の変数を測定した。安置室や葬儀場における二酸化炭素濃度は、多くの施設で建築物環境衛生管理基準である1,000 ppmを大幅に上回る実測値を得た。例えば御遺族が御遺体と一緒に過ごす室では、御遺体安置時で630 ppm、枕経時で5,580 ppm 夜間の蝋燭を消した時点で7,811 ppm、朝の蝋燭を点けた時点で20,586 ppm、湯灌時で5,478 ppm、納棺時で2,526 ppm、夜間換気を使用せず枕元や襖を挟んだ隣室で御遺族が休む安置室(和室)での最大値は23,496 ppmと極めて高濃度CO₂空間と判明した。室により濃度にはばらつきが見られた事から、施設の換気性能や外気影響、滞在するヒト人數数によって室内の二酸化炭素濃度に影響したと推定した。全国の葬儀室・安置室内モニタリングからは、御遺体安置室(複数の棺を安置、湯灌やドライアイス交換等の作業を従業員が行うが、御遺族(葬儀社利用者)は立ち入らない)の平均室内CO₂濃度は2,677 ppmだった。平均濃度が1,000 ppmを下回る室がある一方で2,000 ppmを超える室もあり差が大きかった。平均濃度は低いものの最大値が18,593 ppmの室もあり、ドライアイス作業などの際に極端に高濃度となっていた。葬儀室(御遺族が参列したり一緒に過ごす部屋、基本棺は1つ安置)については、平均室内CO₂濃度1,231 ppmと比較的の低値だった。棺の数が1つであること、湯灌やドライアイス補充等の従業員作業はあまり行われないことが関係していると考えられる。ただ前述の、御遺族が寝泊まりする部屋で納棺前に御遺体の脇にドライアイスを置きその空間に御遺族が一緒に過ごす場合では、特に床面にCO₂が溜まりやすいことを踏まえると、和室を葬儀室として御遺族が寝泊まりする場合、御遺族が二酸化炭素高濃度空間に夜間長時間滞在することを認識する必要がある。室温は季節によらずおおむね18-20°C前後であった。これを踏まえ、葬儀場の室内環境基準を検討するが、ドライアイスの発生源がある特殊な状態である事を考慮する。

<研究協力者>

高口偉暉 千葉大学予防医学センター
武藤剛 北里大学医学部衛生学

A. 研究背景および目的

日本において、墓地、埋葬等に関する法律¹⁾では
火葬場や墓地、納骨堂に関する建設規制が定められ

ている。葬儀場の建設については都市計画法や建築基準法に基づいて実施されることになっており、火葬場がなく通夜や告別式のみ行う葬儀場は、都市計画法や建築基準法上「集会場」として位置づけられている。そのため、葬儀場独自の室内環境基準を定めたガイドラインは存在しない。

日本においては、葬儀は専門の葬儀施設で行うこ

とが一般的であり、安置の際に遺体保護のため冷凍庫やドライアイスを利用する事例が多くある。日本の消費者庁の報告では、葬儀中にドライアイスから二酸化炭素を吸い込んで死亡²⁾した事例が過去7年間に4件発生している。死亡事故につながらないケースでも、高濃度の二酸化炭素濃度に暴露されている可能性がある。

本研究チームでは、実際の葬儀が執り行われている期間を対象に、葬儀場における二酸化炭素濃度や室温、湿度、粉塵等の室内環境測定を行う事で、実態を把握する事を目的とした。

(倫理面への配慮) 本研究は倫理指針に該当しない。

B. 研究方法

(1) 室内二酸化炭素濃度測定

葬儀社の5施設（以下：A, B, C, D, E, F）を対象に行った。測定時期および測定回数等詳細をTable.1に示した。測定に使用したセンサはセンシリオンSCD41が搭載された環境センサ（Bewell 6・7・8）を使用した。センサはご遺体の枕元に設置し、測定間隔は10分とした。測定期間内の活動内容に関しては、葬儀場の担当者に可能な限りメモを残してもらい、それらを記載した。

(2) 室内環境モニタリング

センシリオンSCD41が搭載された環境センサ（Bewell 6・7・8）を、葬儀社の御遺体安置室や葬儀室に設置し、室内環境モニタリングを行った。温度・湿度・CO₂・粉塵（PM1.0, PM2.5, PM4.5, PM10）、気圧、照度の項目を測定した。センサー設置場所と時期や期間中の地域気象条件（地域平均/最高/最低気温（℃）、地域平均湿度（%））、設置日数をTable2に示す。

Table 2. 葬儀社室内環境モニタリング

施設	種別	地域	測定月	地域平均気温	地域最高気温	地域最低気温	地域湿度平均	測定日数
A	安置室	関東 (都市)	9月	26.5	35.9	17	80	24
B	葬儀室（遺族添寝有）	東海 (地域)	9月	28.2	37.5	21.2	73	15
C	安置室	関東 (都市)	11月	13.7	23.8	5.5	69	33
D	葬儀室	東北 (地域)	11月	8.7	20.1	0.6	78	16
E1	葬儀室（遺族添寝有）	東海 (地域)	1月	6	15.8	-1.8	67	25
E2	葬儀室（遺族添寝有）	東海 (地域)	1月	6	15.8	-1.8	67	25
F	安置室	関東 (都市)	3月	11.6	20.4	6.3	64	15
G	安置室	関東 (都市)	10月	17.7	23.8	12.4	80	16

C. 測定結果

(1) 室内二酸化炭素濃度

施設（A-F）の測定時期と結果を図1に示した。特徴的であったB/01.02の結果を示す。

施設B/01: 安置時で647 ppm、枕経時で7731 ppm、夜間の蝋燭を消した時点で6378 ppm、翌朝の蝋燭を点けた時点で11429 ppm、湯灌時で3670 ppm、納棺時で2292 ppm葬儀中の最大値は12877 ppmであった。
施設B/02: 安置時で630 ppm、枕経時で5580 ppm、夜間の蝋燭を消した時点で7811 ppm、朝の蝋燭を点けた時点で20586 ppm、湯灌時で5478 ppm、納棺時で2526 ppm、葬儀中の最大値は23496 ppmであった。

(2) 室内環境モニタリング

室内CO₂濃度測定結果について結果表1に示す。御遺体安置室（複数の棺を安置、湯灌やドライアイス交換等の作業を従業員が行うが、御遺族（葬儀社利用者）は立ち入らない）の平均室内CO₂濃度は2,677 ppmであったが、A, Cのように平均濃度は1,000 ppmを下回る室とF, Gのように平均濃度が2,000 ppmを超える室と、差が大きいことが示唆された。室Cは平均濃度は低いが、最大値は18,593 ppmであり、ドライアイス作業などの発生時は極端に高濃度となることが示唆された。葬儀室（御遺族が参列したり一晩一緒に過ごす部屋、基本棺は1つ安置）については、平均室内CO₂濃度1,231 ppmと比較的低値だった。棺の数が1つであること、湯灌やドライアイス

補充等の従業員作業はあまり行われないことが関係していると考えられた。ただ室 B のように、御遺族が寝泊まりする部屋で納棺前に御遺体の脇にドライアイスを置きその空間に御遺族が一晩過ごす場合があり、特に床面に CO₂ が溜まりやすいことを踏まると、和室を葬儀室として御遺族が寝泊まりする場合、御遺族が二酸化炭素高濃度空間に夜間長時間滞在することを認識する必要がある。

結果表 1. 室内 CO₂ 濃度 (ppm)

設置室	Mean	SD	Median	Min	Max
A	625.9916	240.5034	535	439	3070
B	2233.192	4462.144	531	480	23496
C	851.849	1023.169	611	432	18593
D	920.3497	468.3142	790	445	4567
E1	886.444	972.9205	494	421	7147
E2	884.745	1005.053	481	414	7269
F	6950.634	5750.982	4566	729	22551
G	2284.999	1863.549	1764	506	20633

室温度結果について結果表 2 に示す。安置室は平均 19°C、葬儀室は平均 18°C と大きな差を認めなかつた。また、いずれの室も冷蔵室ではなく、御遺体を安置する部屋としても通常の空調（エアコン）を用いていた。

結果表 2. 室温 (°C)

設置室	Mean	SD	Median	Min	Max
A	21.87132	1.580039	21.51	18.46	27.14
B	29.14181	2.237959	29.58	23.5	33.88
C	18.52452	1.26371	18.13	15.26	21.83
D	18.94596	3.111947	19.6	9.16	27.38
E1	10.55815	4.282565	9.68	3.31	20.06
E2	14.20422	5.354501	12.17	6.65	26.14
F	16.32938	0.772978	16.11	14.77	18.17
G	19.68681	1.269719	19.38	17.73	26.74

室内湿度 (%) は結果表 3 に、PM1.0 (counts/mL) は結果表 4 に、PM2.5 (counts/mL) は結果表 5 に、VOC (ppb) は結果表 6 に示す。

結果表 3. 室内湿度 (%)

設置室	Mean	SD	Median	Min	Max
A	65.76774	6.888021	64.725	52.1	85.76
B	65.67549	3.149376	66.5	49.04	70.97
C	47.21497	7.699754	45.26	31.62	70.13
D	40.55987	5.527087	38.95	26.69	62.24
E1	48.79495	5.541854	50.04	32.92	59.87
E2	39.55354	6.440229	41.35	23	52.77
F	41.75351	7.721746	40.59	24.71	59.02
G	56.10867	8.124628	57.24	35.58	72.47

結果表 4. PM1.0 (counts/mL)

設置室	Mean	SD	Median	Min	Max
A	30.4818	25.0019	22.84	2.51	283.55
B	25.0567	25.48053	16.17	1.17	323.38
C	38.52851	47.55559	25.955	1.17	1098.46
D	32.16246	132.8981	10.18	0.51	2360.05
E1	26.36428	27.73464	19.22	1.67	399.93
E2	24.23388	22.28638	18.52	1.17	355.48
F	47.78329	37.54103	40.125	0.51	262.86
G	51.00814	362.3389	29.195	0.51	14267.24

結果表 5. PM2.5 (counts/mL)

設置室	Mean	SD	Median	Min	Max
A	2.243124	1.454389	1.885	0.03	11.54
B	1.401429	1.133038	1.13	0.03	23.74
C	1.773159	1.165935	1.51	0.07	13.67
D	1.841125	1.561011	1.5	0.09	30.69
E1	2.080354	1.297833	1.76	0.03	11.09
E2	1.632419	1.006867	1.39	0.03	7.82
F	1.934211	1.198642	1.65	0.16	9.04
G	1.97242	2.924605	1.54	0.06	102.98

結果表 6. VOC (ppb)

設置室	Mean	SD	Median	Min	Max
A	1.085731	1.409061	0	0	8
B	0.975955	1.216974	1	0	7
C	0.947781	1.214482	0	0	7
D	1.262585	1.699119	1	0	9
E1	1.156242	1.546345	0	0	11
E2	0.921214	1.228292	0	0	8
F	1.176091	1.645279	0	0	9
G	1.2125	1.703955	0	0	10

D. 考察

測定の結果、多くの施設で建築物環境衛生管理基準である 1000 ppm を大幅に上回る値が見られた。ご遺体の管理用に使用されたドライアイスの影響と考えられる。一方、濃度にばらつきが見られた事から、施設の換気性能や外気影響、滞在するヒト人數数によって室内の二酸化炭素濃度に影響したと想定される。葬儀場独自の室内環境基準（ガイドライン）を検討する際は、ヒトへの影響を十分に配慮したうえで、ドライアイスの発生源がある特殊な状態である事を考慮し数値目標を検討する必要がある。室温は、季節によらずおおむね 18-20°C 前後に設定されていることが示唆された。

E. 結論

今回、得られたデータは葬儀場の環境基準策定の有効な基礎情報であり、これらを基に安全なガイドラインの作成を目指していく必要がある。衛生基準の確立に向けた重要な一助をもたらすと期待される。

F. 研究発表

1. 論文発表 なし

2. 学会発表

中山誠健、高口倖暉、嶋谷圭一、武藤剛、鈴木規道.
室内環境の持続的な計測と解析を可能にするセンサシステムの開発. 室内環境学会学術大会. 2024. 11
(札幌)

G. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

2. 実用新案登録

3. その他

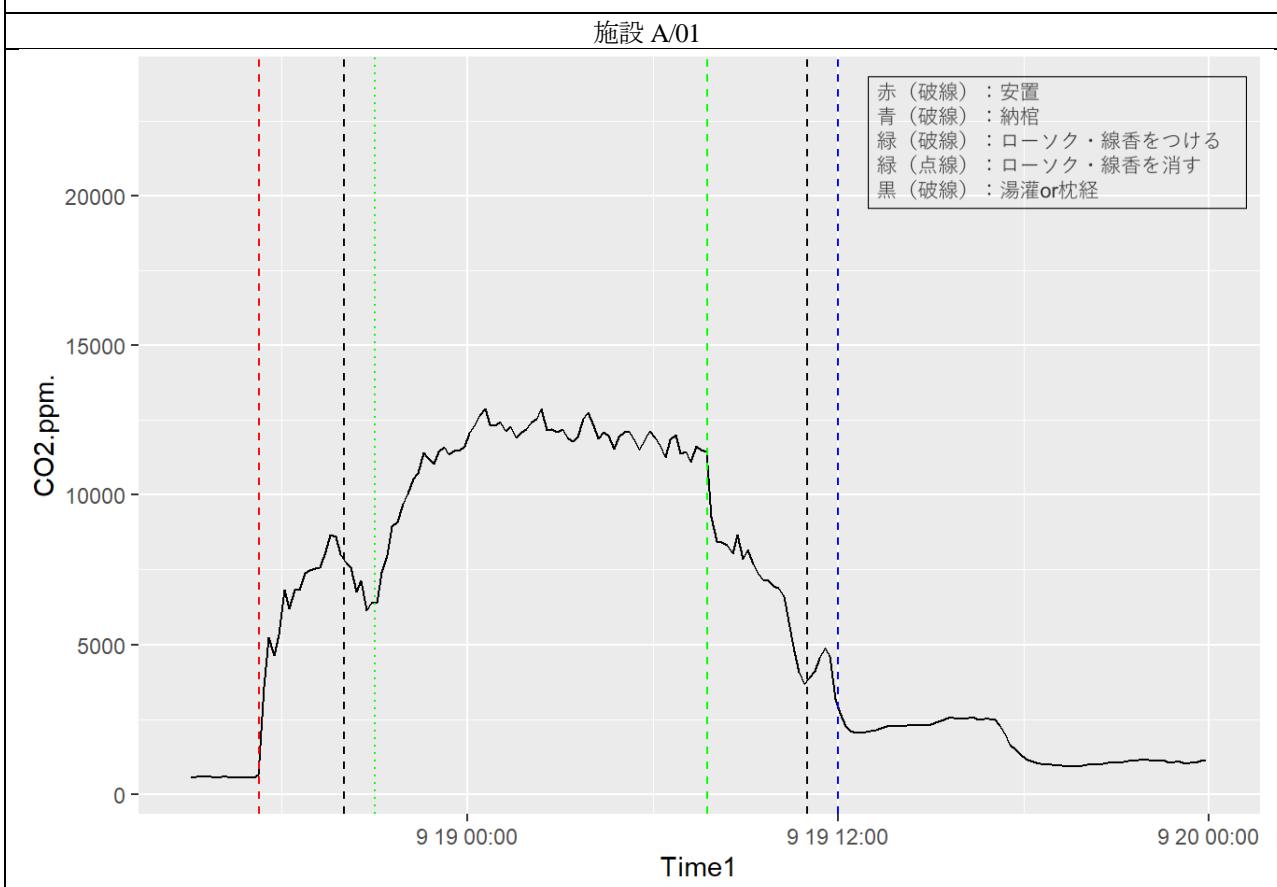
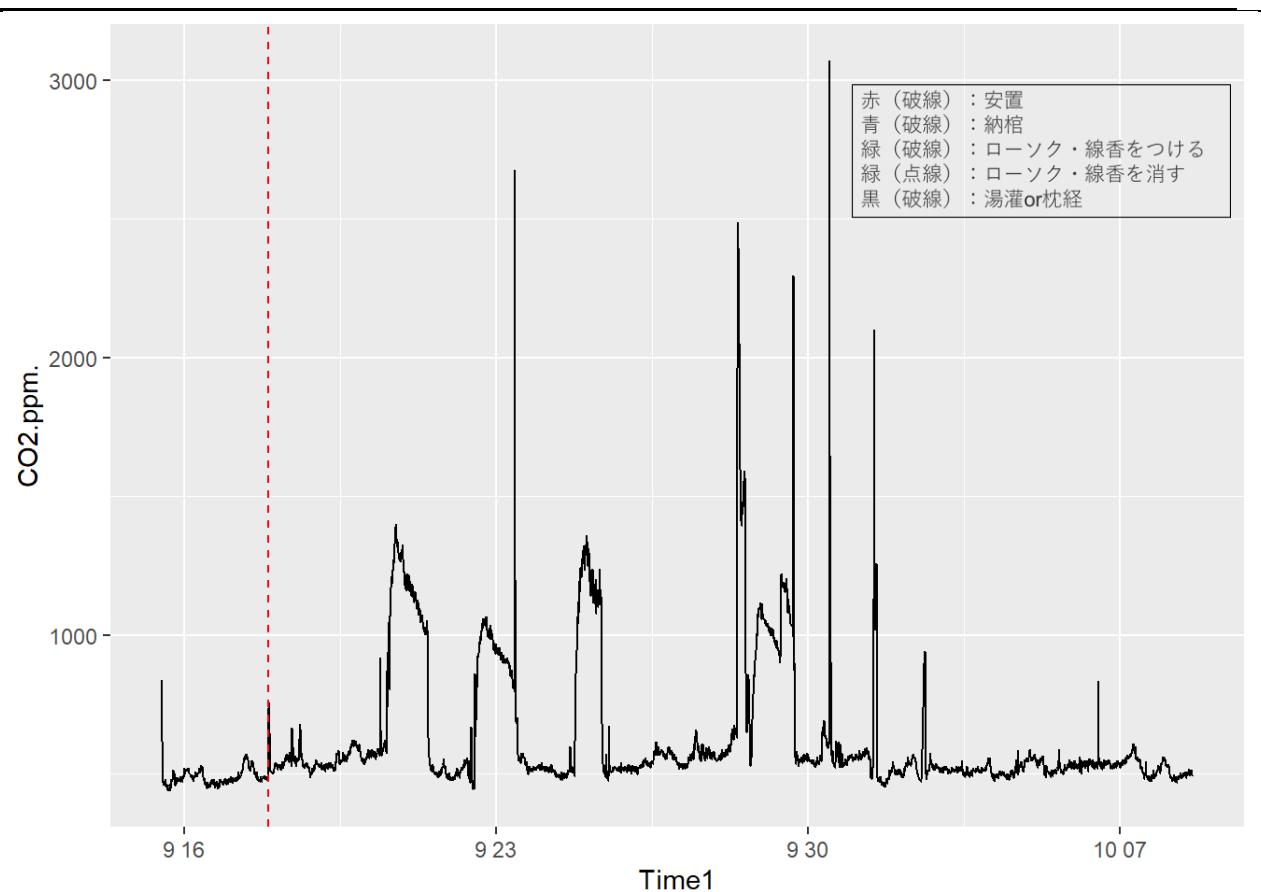
1. 墓地、埋葬等に関する法律

<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eise>

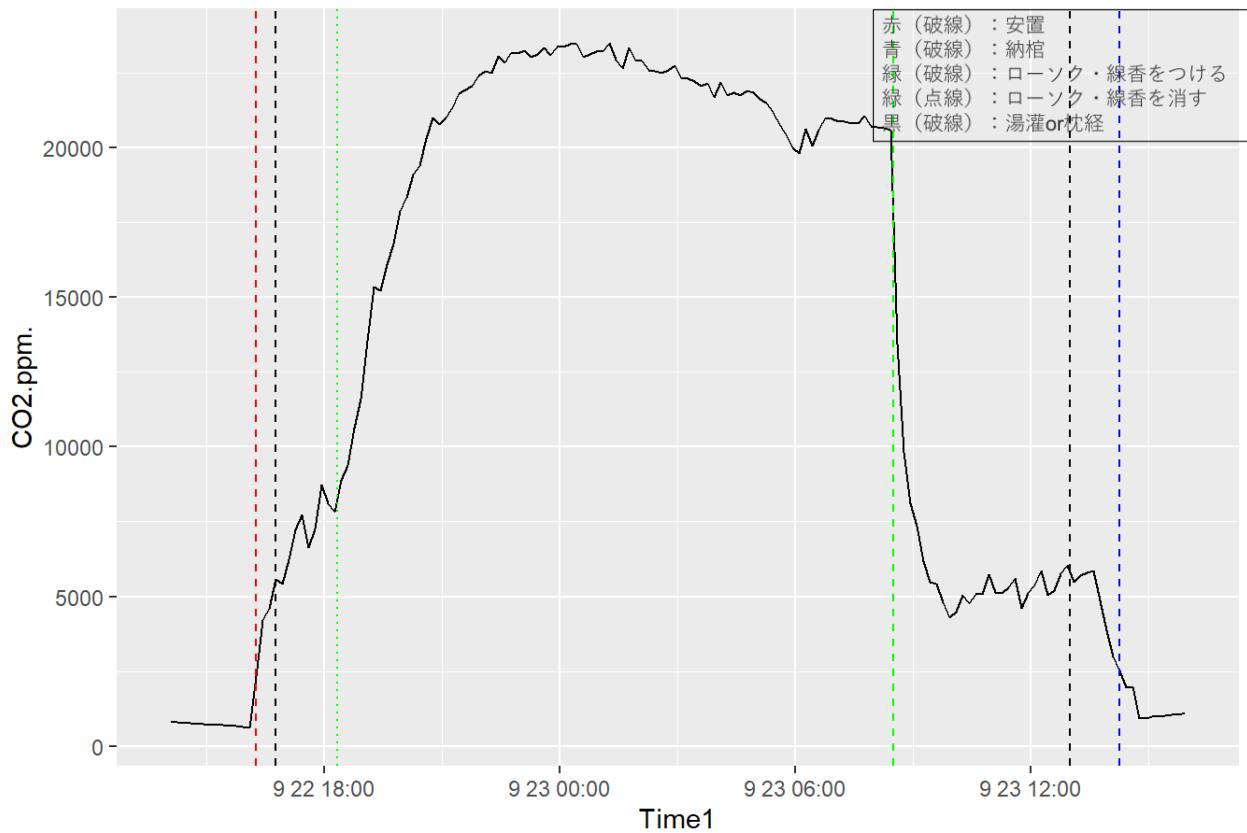
Table.1 対象施設概要

施設	No	対象部屋	sensorID	活動内容	start_time	備考
A	01	靈安室	bewell8	NA	NA	
B	01	安置室	bewell7	安置	2024/9/18 17:15	ドライアイス 20kg
B	01	安置室	bewell7	枕絆	2024/9/18 20:00	
B	01	安置室	bewell7	ローソク・線香を消す	2024/9/18 21:00	
B	01	安置室	bewell7	ローソク・線香をつける	2024/9/19 7:45	
B	01	安置室	bewell7	湯灌	2024/9/19 11:00	
B	01	安置室	bewell7	納棺	2024/9/19 12:00	
B	02	安置室	bewell7	安置	2024/9/22 16:15	ドライアイス 20kg
B	02	安置室	bewell7	枕絆	2024/9/22 16:45	
B	02	安置室	bewell7	ローソク・線香を消す	2024/9/22 18:20	
B	02	安置室	bewell7	ローソク・線香をつける	2024/9/23 8:30	
B	02	安置室	bewell7	湯灌	2024/9/23 13:00	
B	02	安置室	bewell7	納棺	2024/9/23 14:15	
C	01	1F 面会室	bewell7	エコ搬入	2024/11/7 0:30	
C	02	1F 面会室	bewell7	エコ搬入	2024/11/10 6:30	
C	03	1F 面会室	bewell7	エコ搬入	2024/11/10 16:30	
C	04	1F 面会室	bewell7	エコ搬入	2024/11/12 14:30	
C	05	1F 面会室	bewell7	ドライ湯灌	2024/11/14 11:00	
C	06	1F 面会室	bewell7	エコ搬入	2024/11/20 6:00	
C	07	1F 面会室	bewell7	ドライ搬入	2024/11/22 1:00	
C	08	1F 面会室	bewell7	エコ搬入	2024/11/22 20:00	
C	09	1F 面会室	bewell7	エコ搬入	2024/11/24 7:00	
C	10	1F 面会室	bewell7	ドライ搬入	2024/11/25 12:00	
C	11	1F 面会室	bewell7	ドライ搬入	2024/11/26 14:30	
C	12	1F 面会室	bewell7	ドライ搬入	2024/11/27 13:00	
C	13	1F 面会室	bewell7	ドライ搬入	2024/11/29 12:10	
C	14	1F 面会室	bewell7	エコ搬入	2024/11/30 11:15	
C	15	1F 面会室	bewell7	ドライ搬入	2024/11/30 16:00	
C	16	1F 面会室	bewell7	エコ搬入	2024/12/2 16:50	
C	17	1F 面会室	bewell7	エコ搬入	2024/12/3 11:00	
C	18	1F 面会室	bewell7	ドライ搬入	2024/12/3 16:30	
C	19	1F 面会室	bewell7	ドライ搬入	2024/12/3 17:00	
C	20	1F 面会室	bewell7	ドライ搬入	2024/12/5 0:50	
C	21	1F 面会室	bewell7	エコ搬入	2024/12/5 15:30	
D	01	想心記	bewell6	葬儀_お骨	2024/11/17 15:00	
D	01	想心記	bewell6	安置(生身)	2024/11/19 15:30	
D	01	想心記	bewell6	安置(お棺)	2024/11/21 14:30	

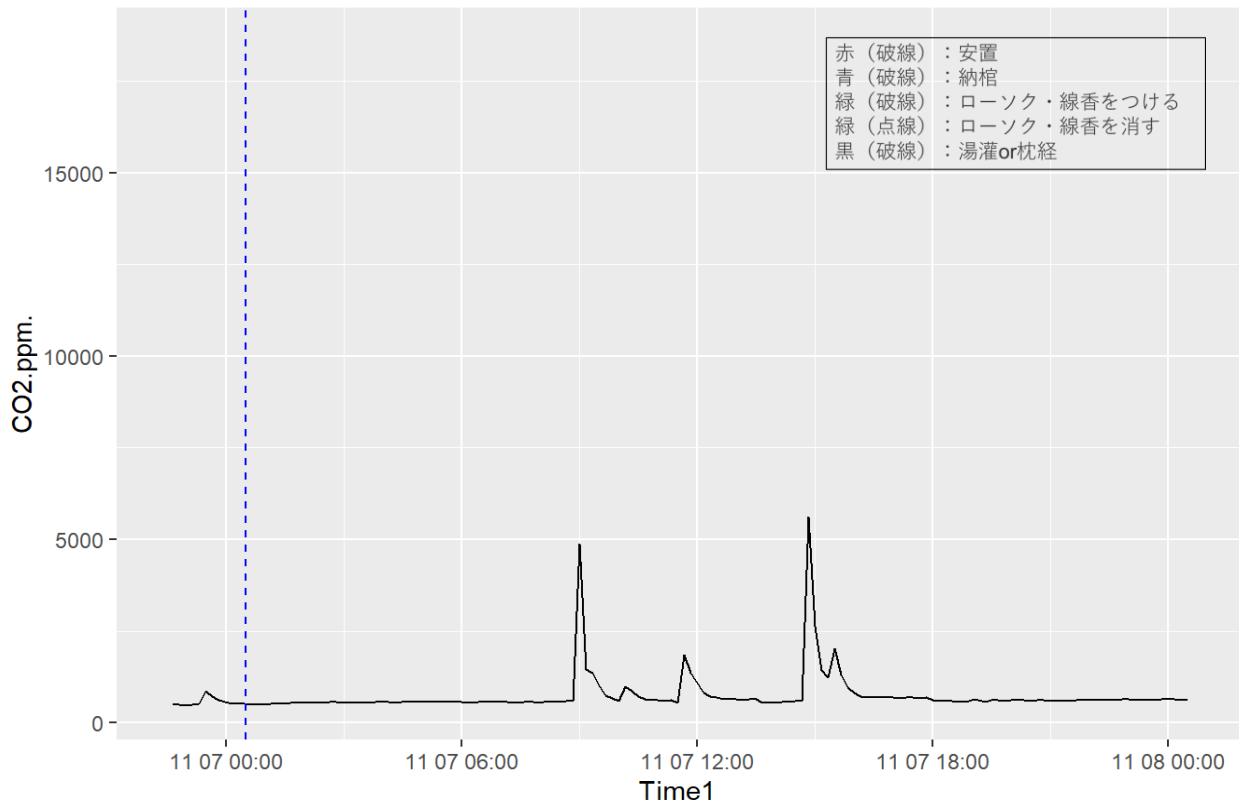
D	01	想心記	bewell6	清掃	2024/11/22 10:00	
D	01	想心記	bewell6	葬儀_お骨	2024/11/22 12:30	
D	01	想心記	bewell6	清掃	2024/11/22 15:00	
D	02	想心記	bewell6	安置(お棺)	2024/11/24 16:00	
D	02	想心記	bewell6	清掃	2024/11/26 9:00	
D	03	想心記	bewell6	安置(生身)	2024/11/27 9:30	
D	03	想心記	bewell6	安置(お棺)	2024/11/28 11:00	
D	03	想心記	bewell6	清掃	2024/11/29 12:00	
E	01	安置室	bewell7	安置	2025/1/2 10:45	ドライアイス 20kg
E	01	安置室	bewell7	湯灌・納棺	2025/1/2 11:00	
E	01	安置室	bewell7	安置場所移動	2025/1/2 12:00	
E	01	安置室	bewell7	清掃	2025/1/3 10:30	
E	01	安置室	bewell7	安置	2025/1/3 17:45	
E	01	安置室	bewell7	清掃	2025/1/4 10:30	
E	02	安置室	bewell7	安置	2025/1/6 7:45	ドライアイス 20kg
E	02	安置室	bewell7	湯灌・納棺	2025/1/6 17:00	
E	02	安置室	bewell7	安置場所移動	2025/1/6 18:00	
E	02	安置室	bewell7	清掃	2025/1/9 11:00	
E	03	安置室	bewell7	安置	2025/1/9 17:00	
E	03	安置室	bewell7	清掃	2025/1/10 12:30	
E	04	安置室	bewell7	安置	2025/1/10 12:50	ドライアイス 20kg
E	04	安置室	bewell7	湯灌・納棺	2025/1/10 17:00	
E	04	安置室	bewell7	清掃	2025/1/11 14:30	
E	05	安置室	bewell7	安置	2025/1/20 22:15	ドライアイス 10kg
E	05	安置室	bewell7	枕経	2025/1/20 22:30	
E	05	安置室	bewell7	湯灌・納棺	2025/1/21 12:00	



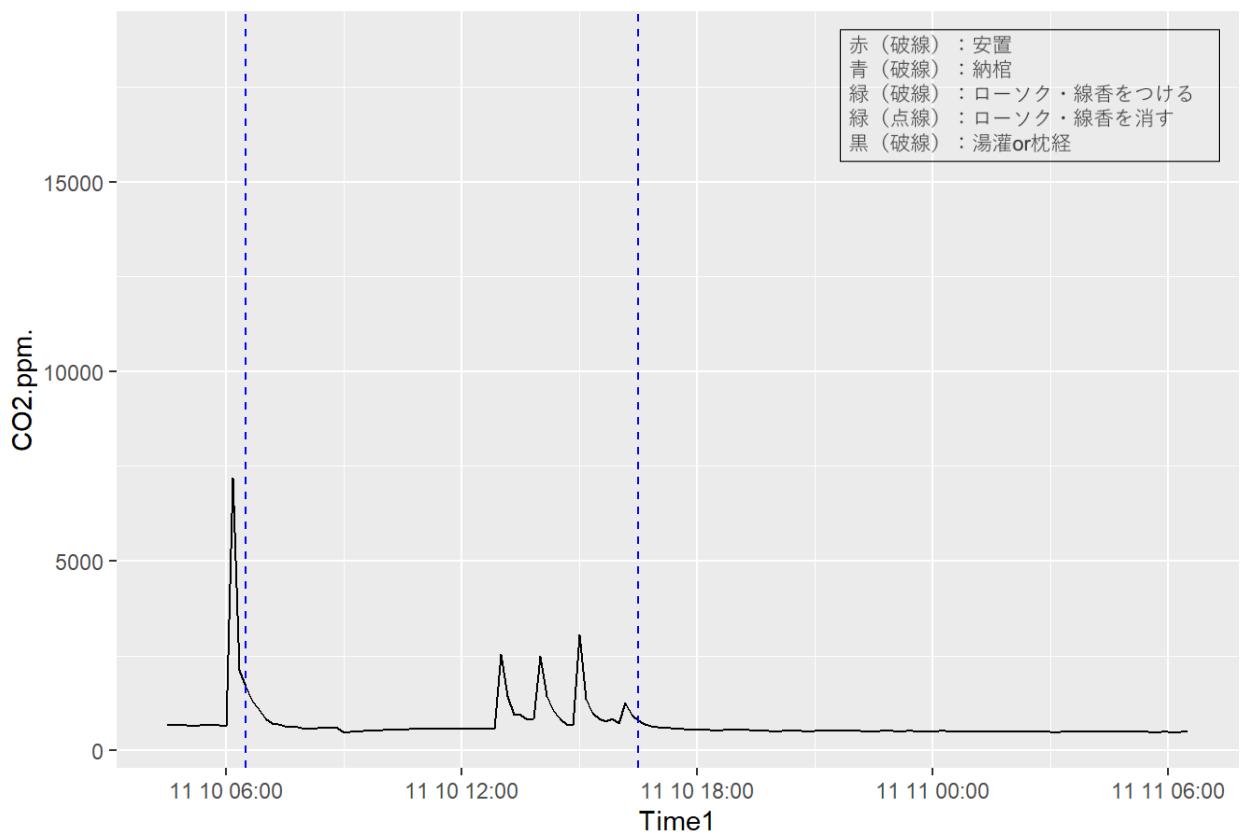
施設 B/01



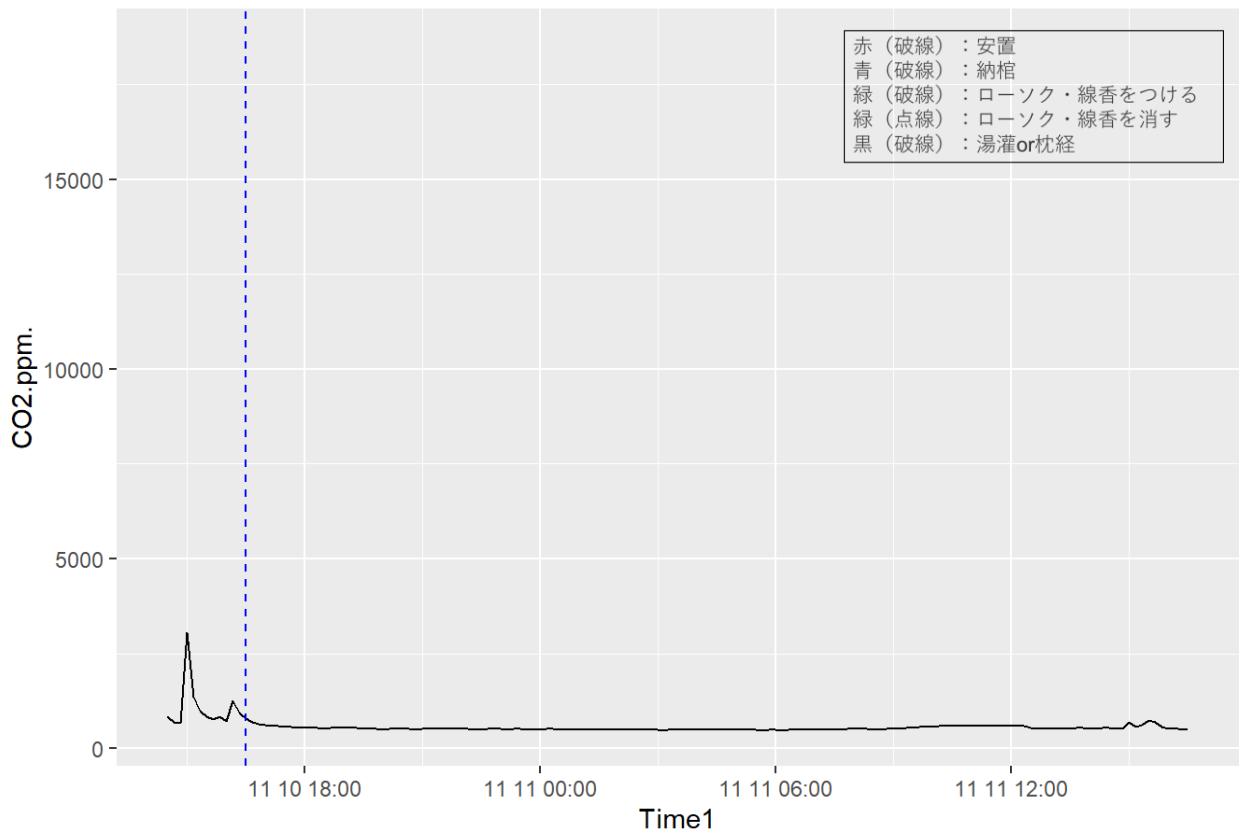
施設 B/02



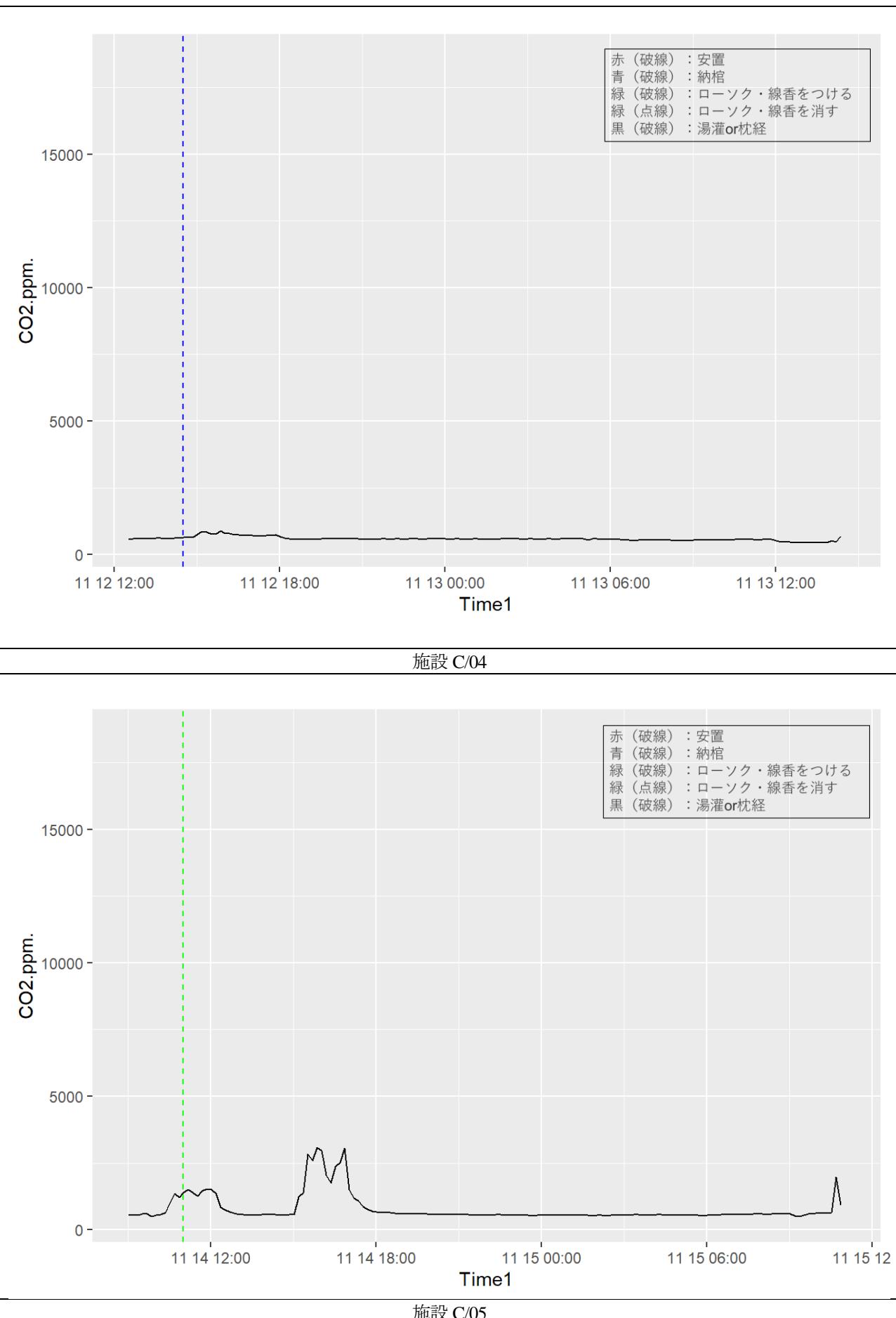
施設 C/01

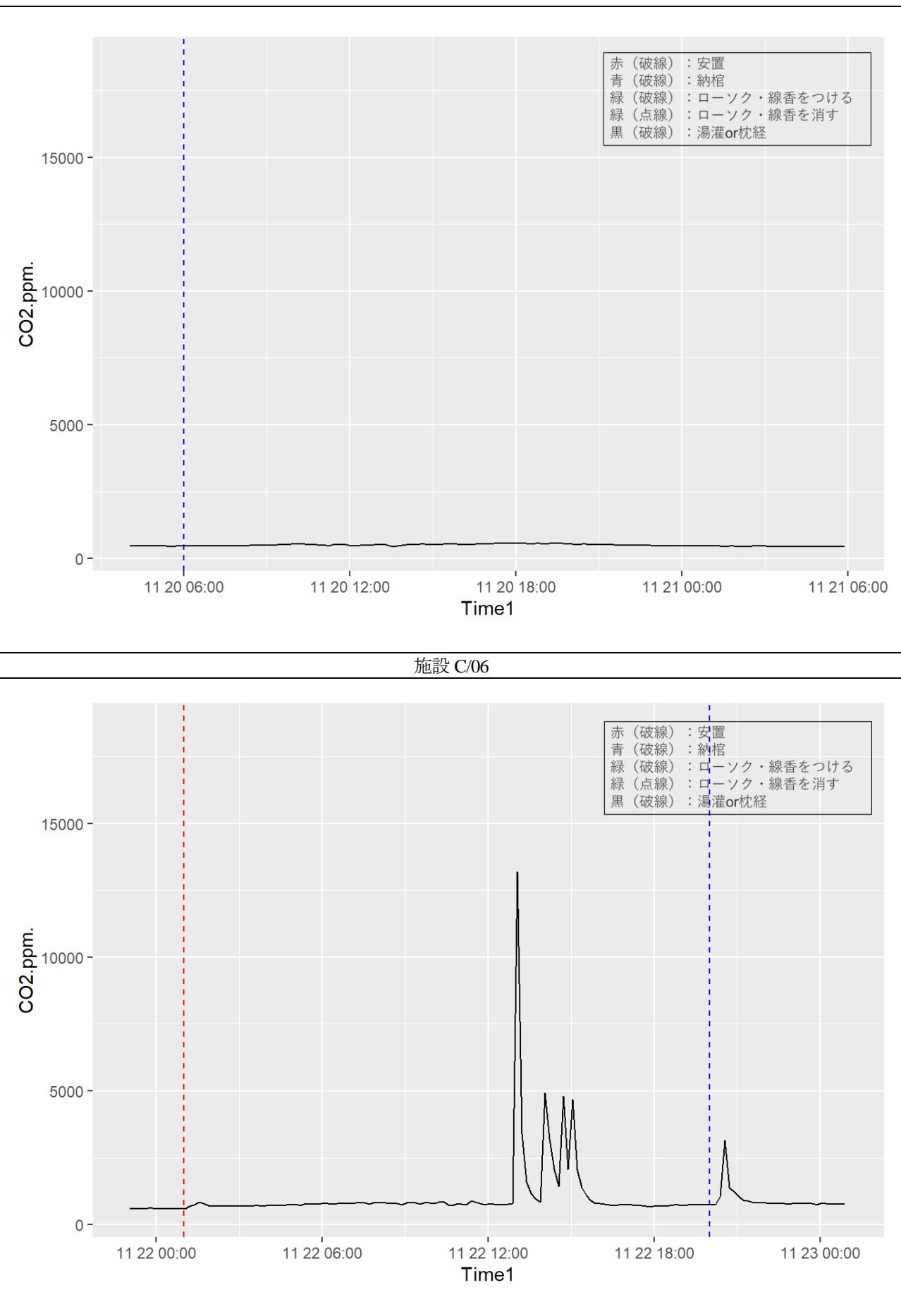


施設 C/02

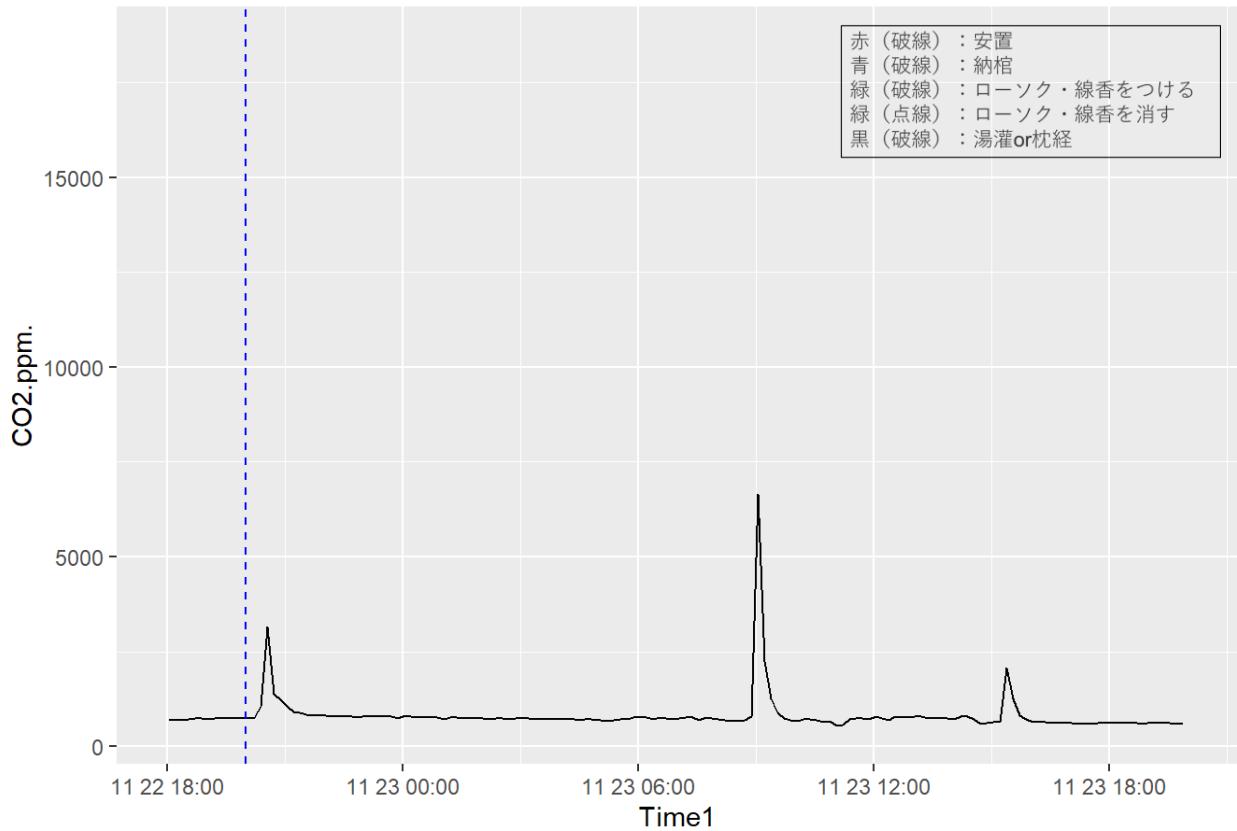


施設 C/03

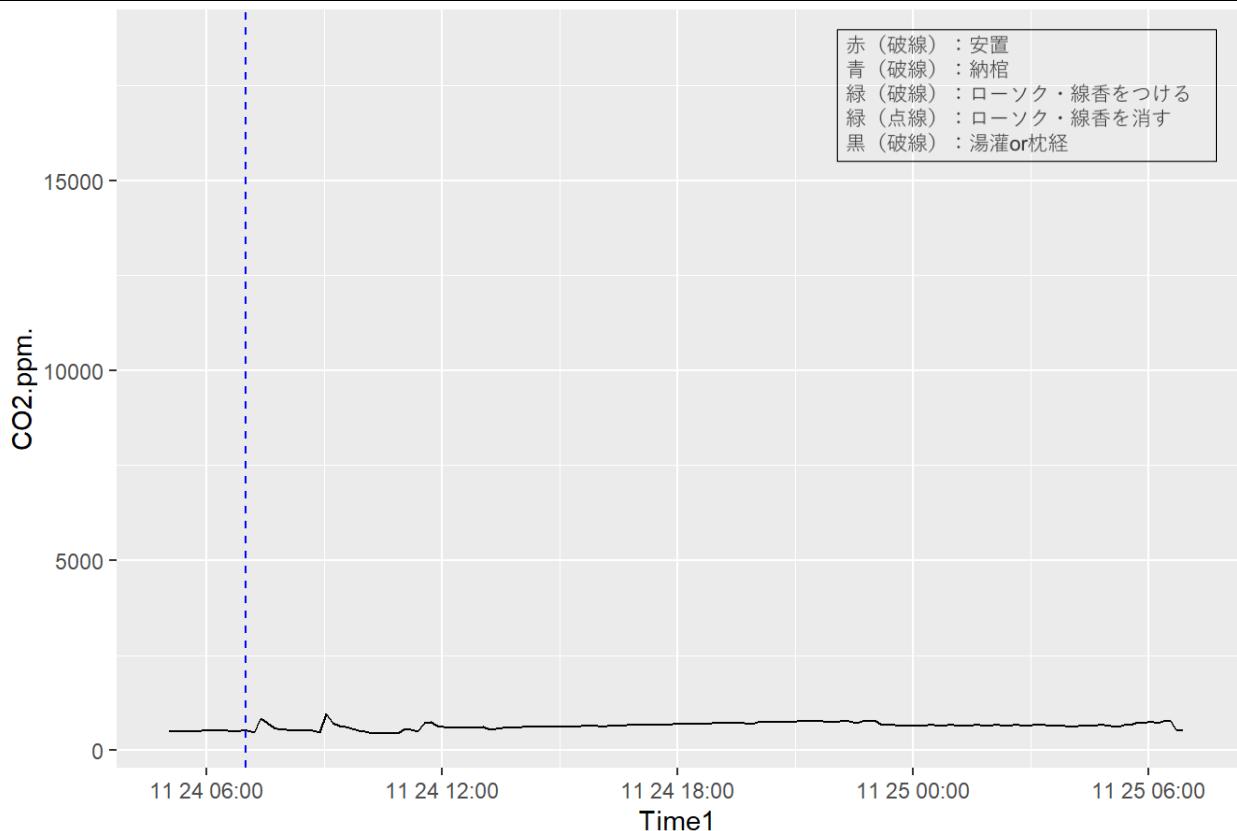




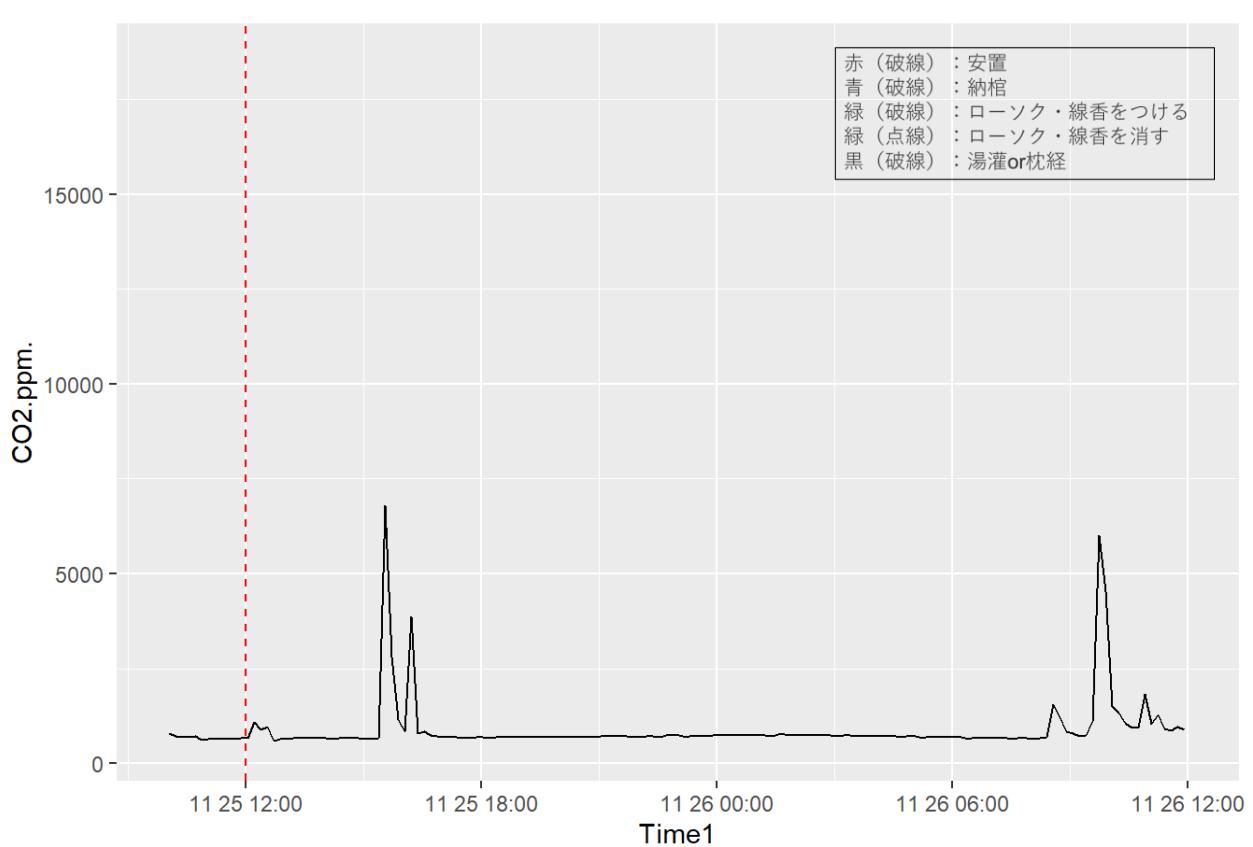
施設 C/07



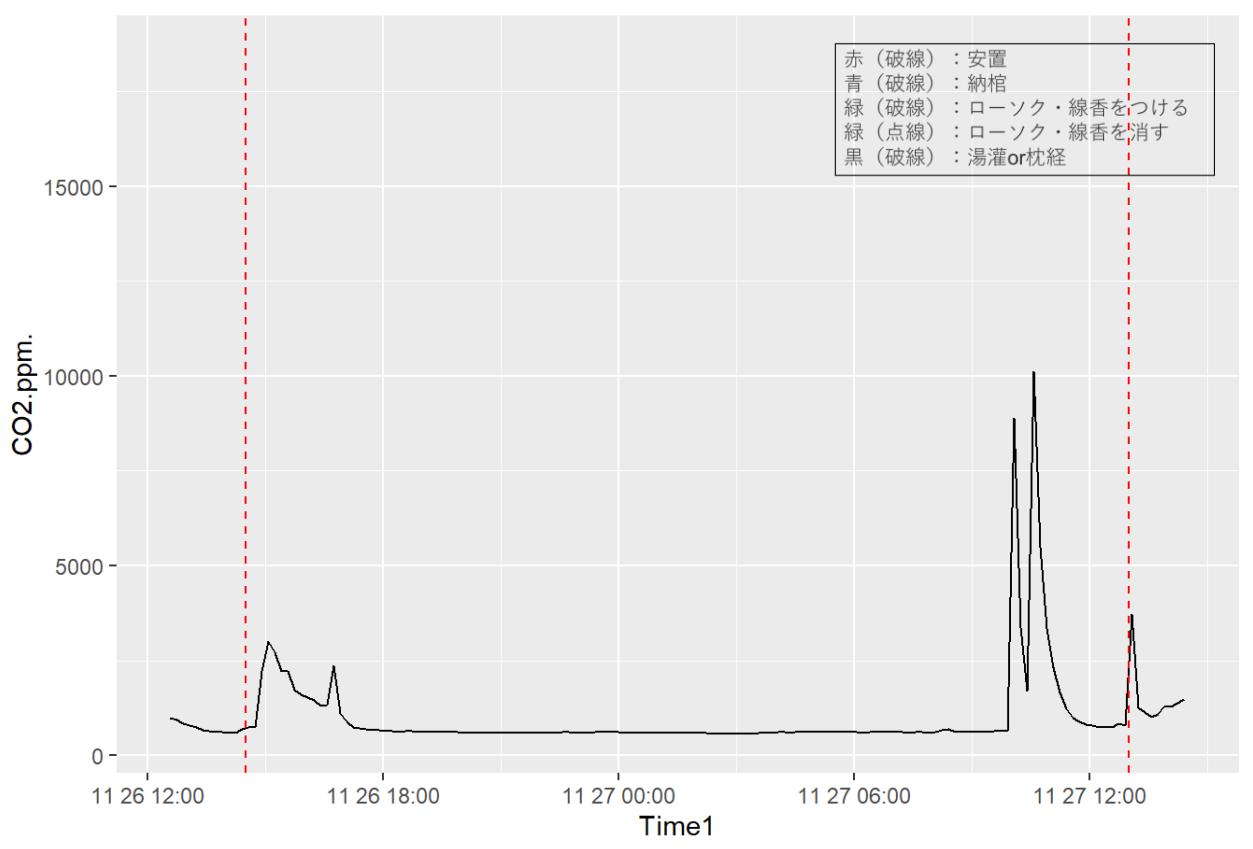
施設 C/08



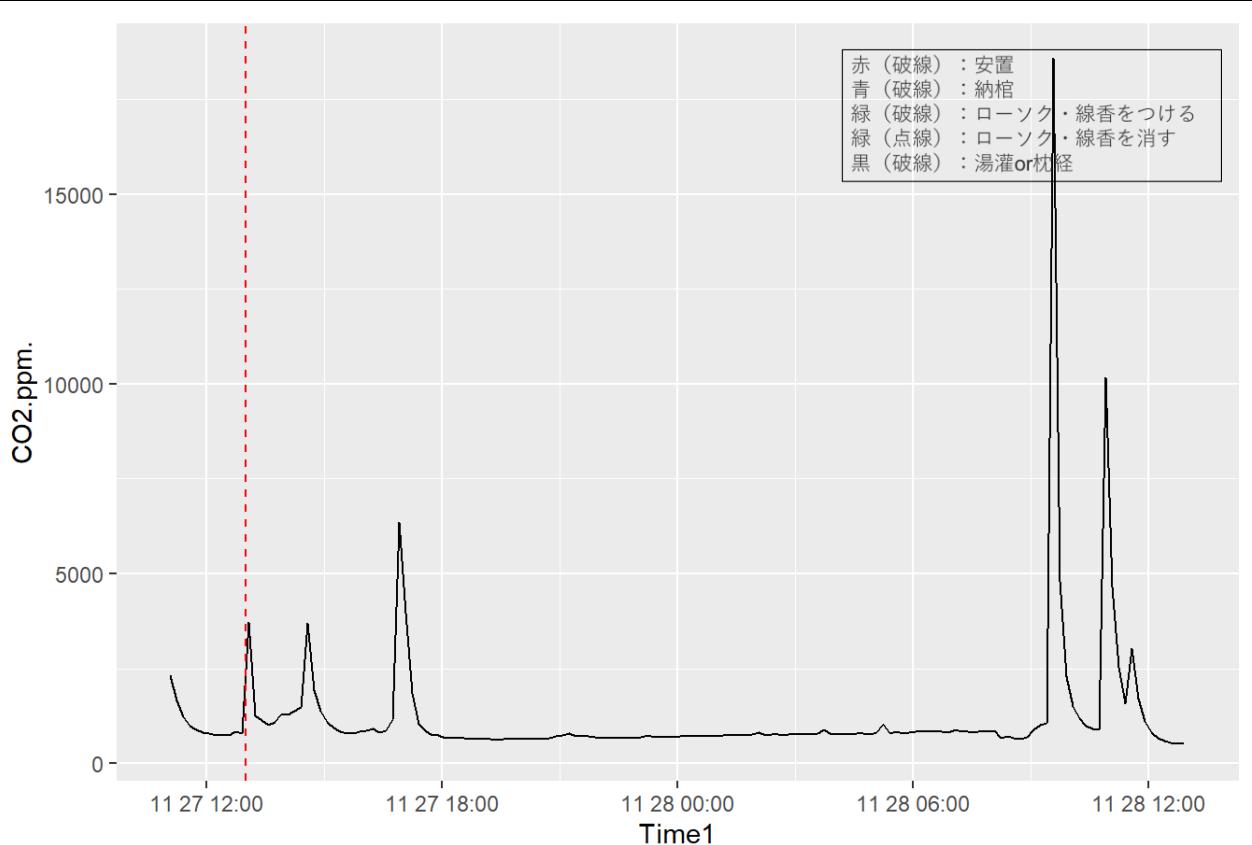
施設 C/09



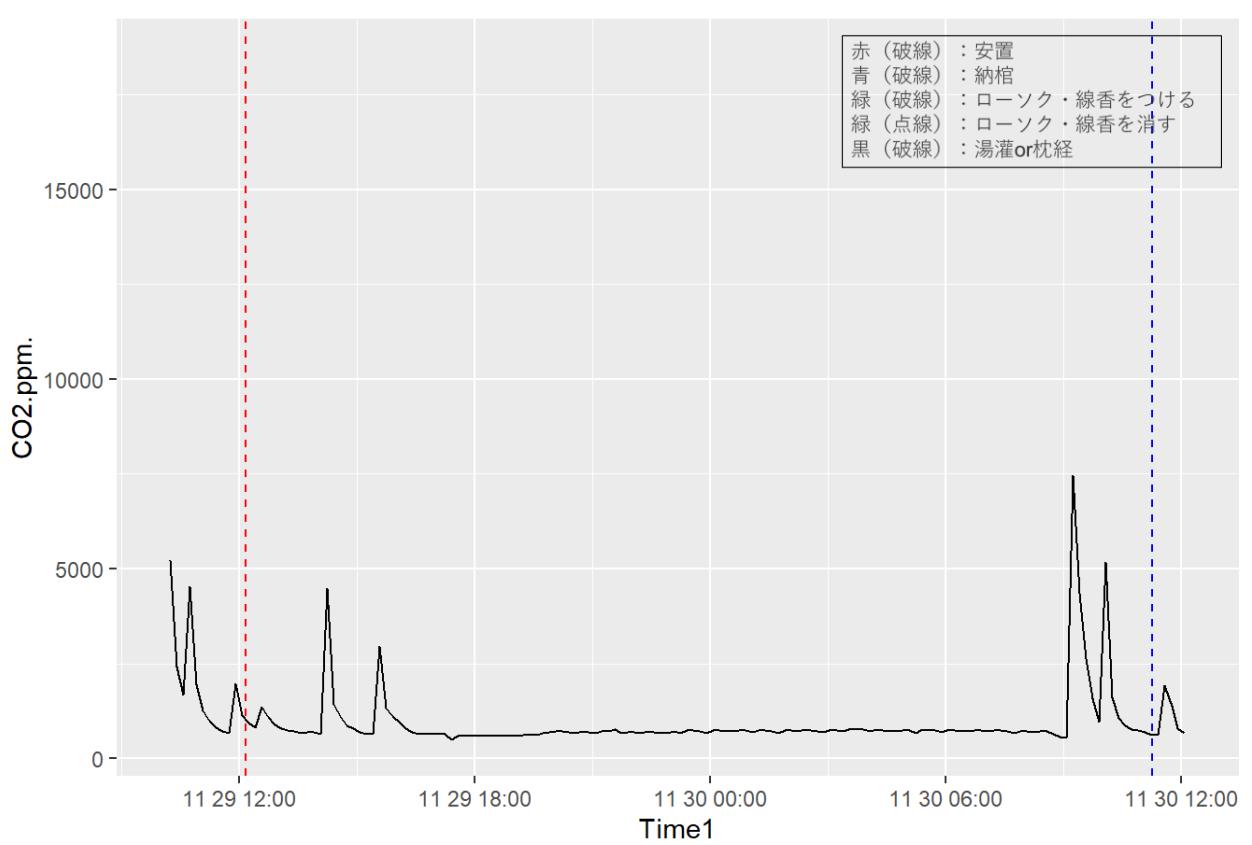
施設 C/10



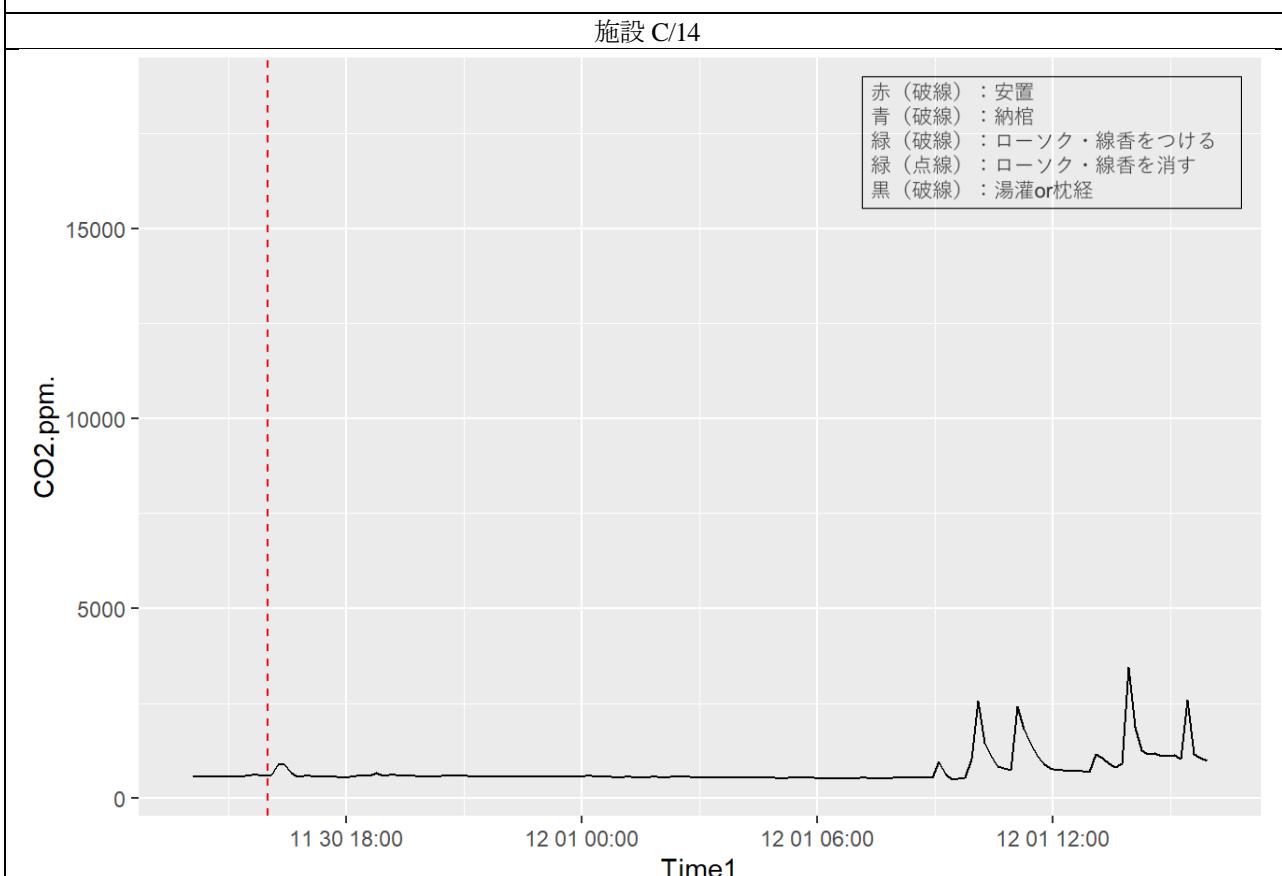
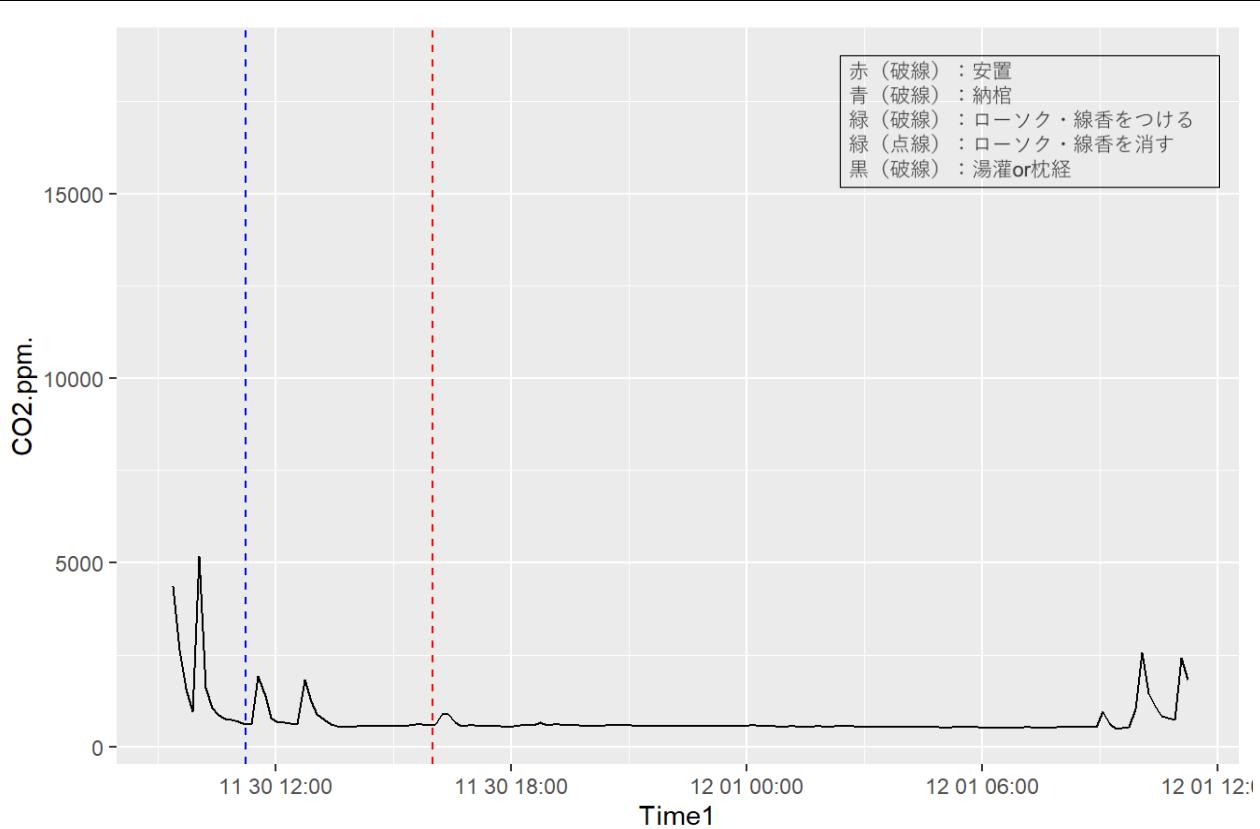
施設 C/11

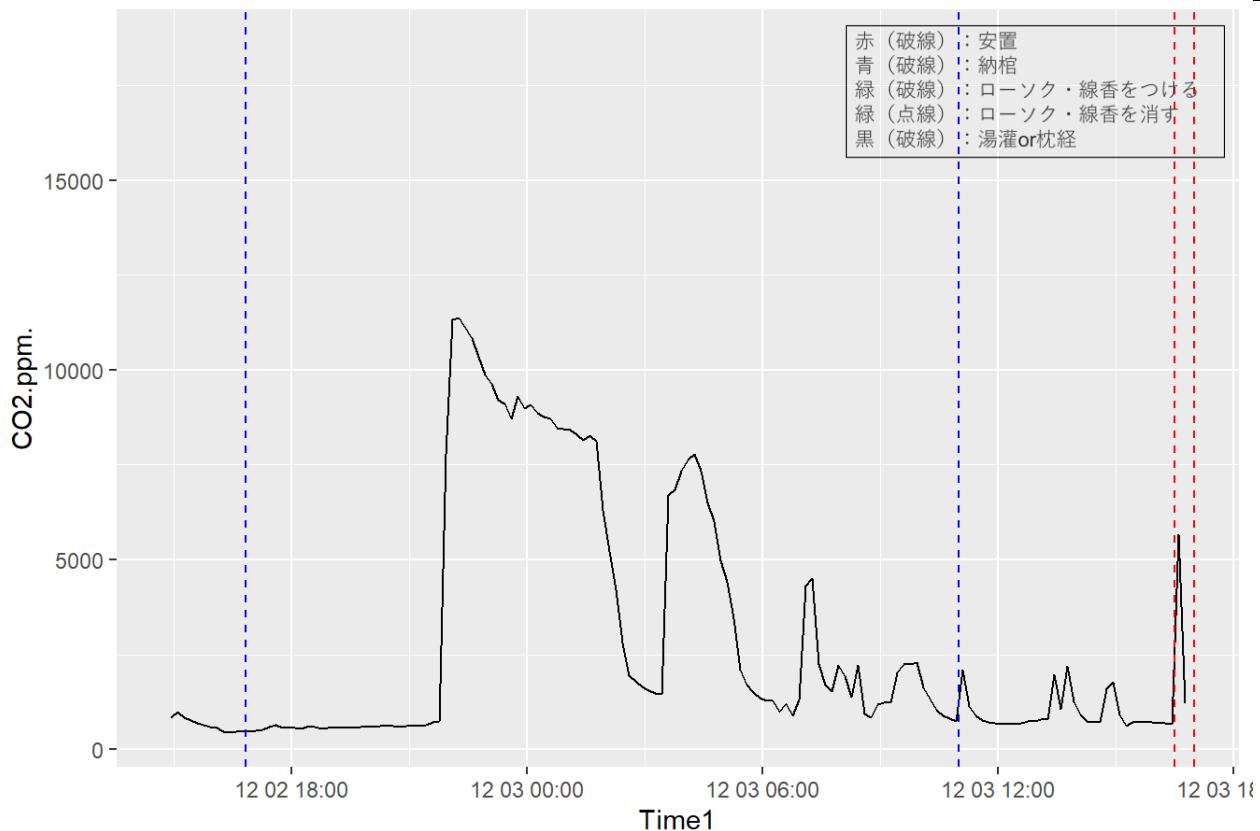


施設 C/12

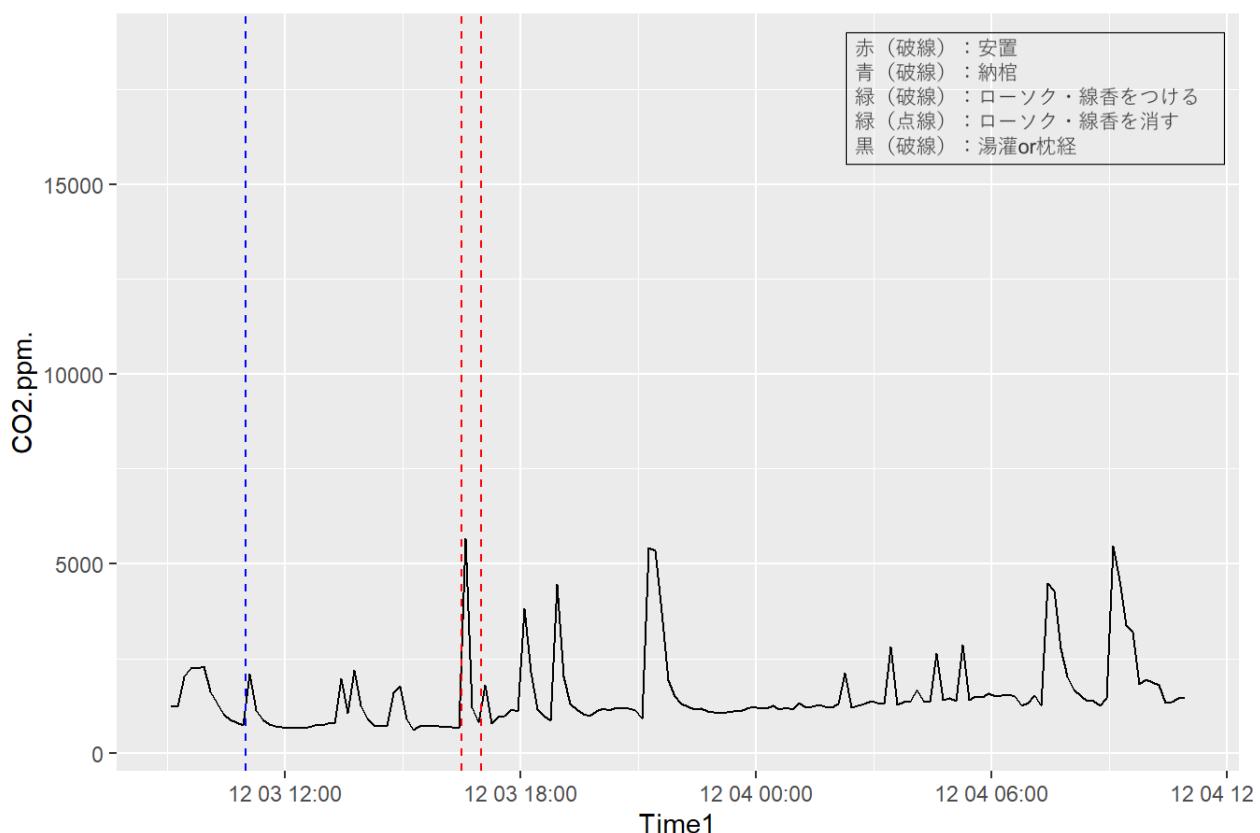


施設 C/13

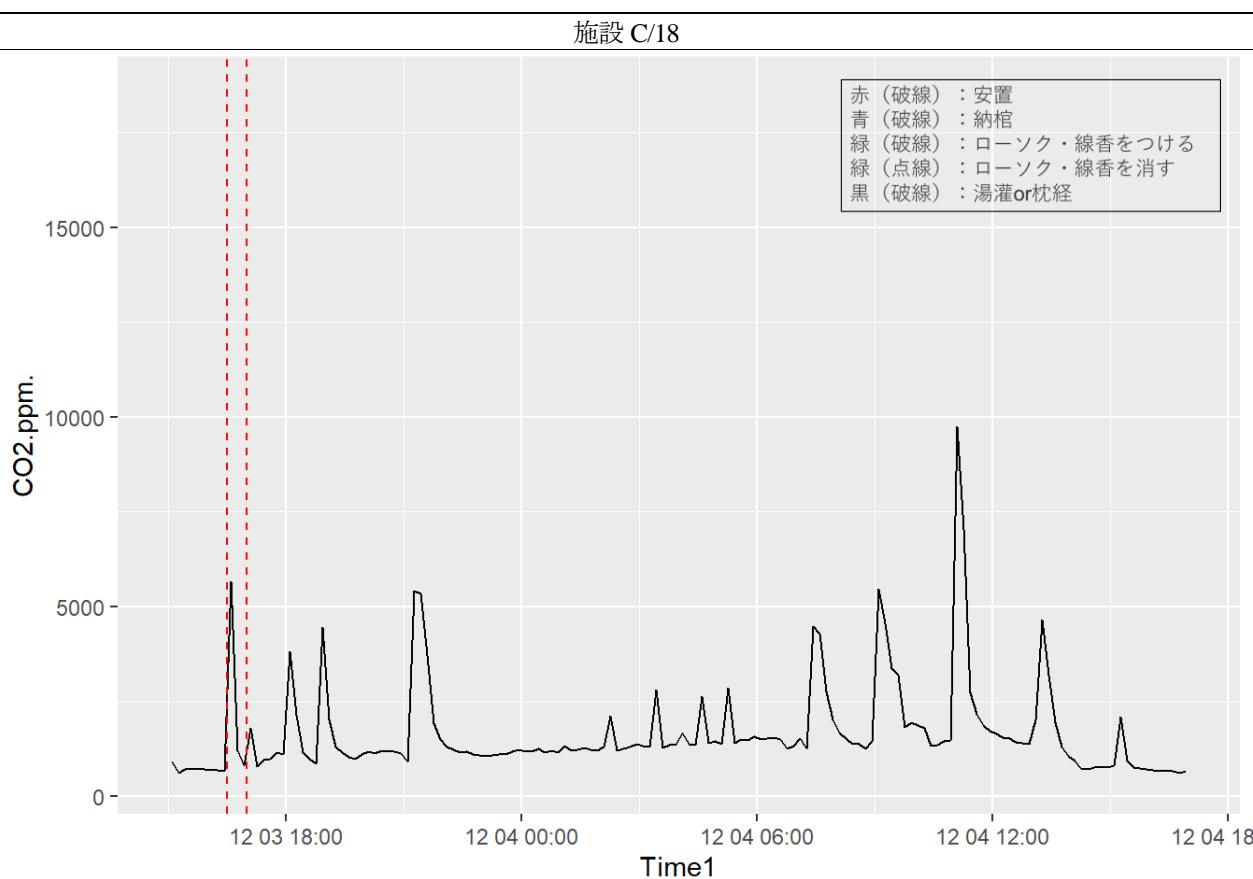
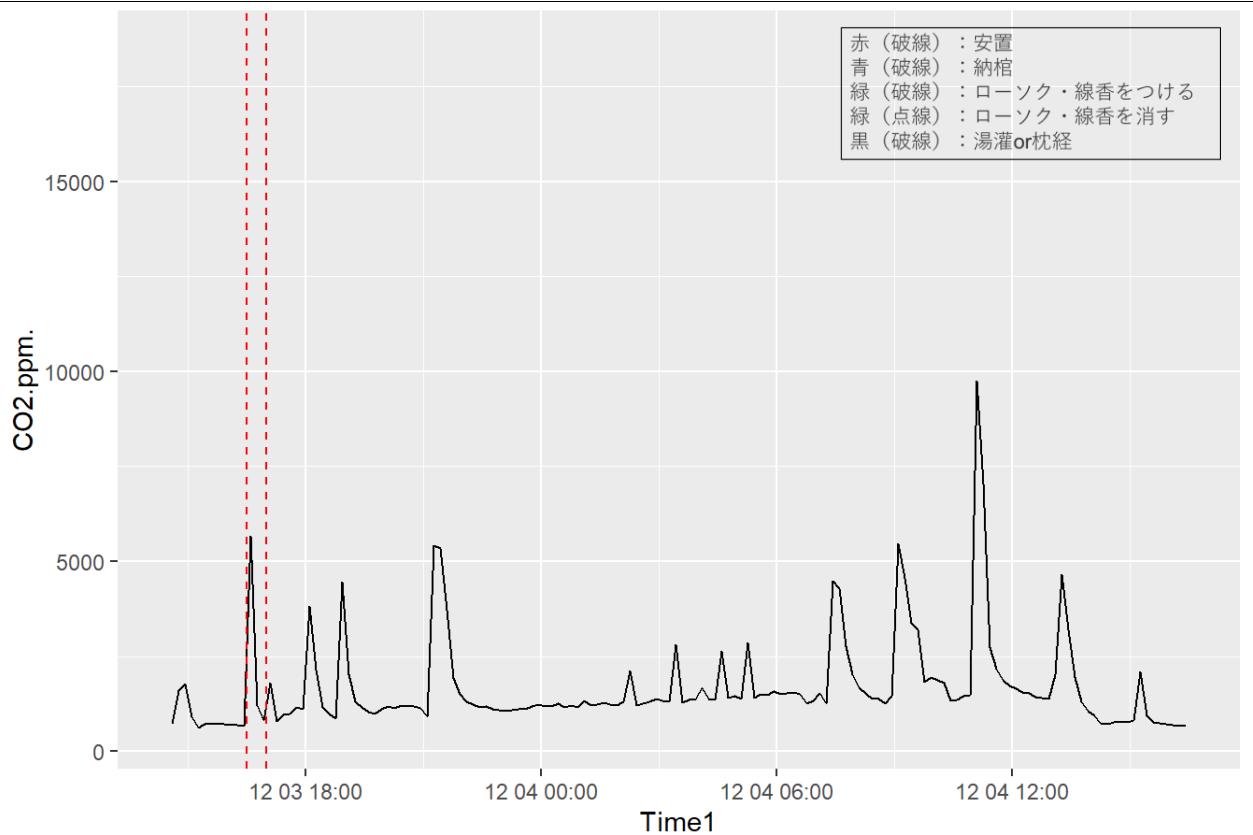




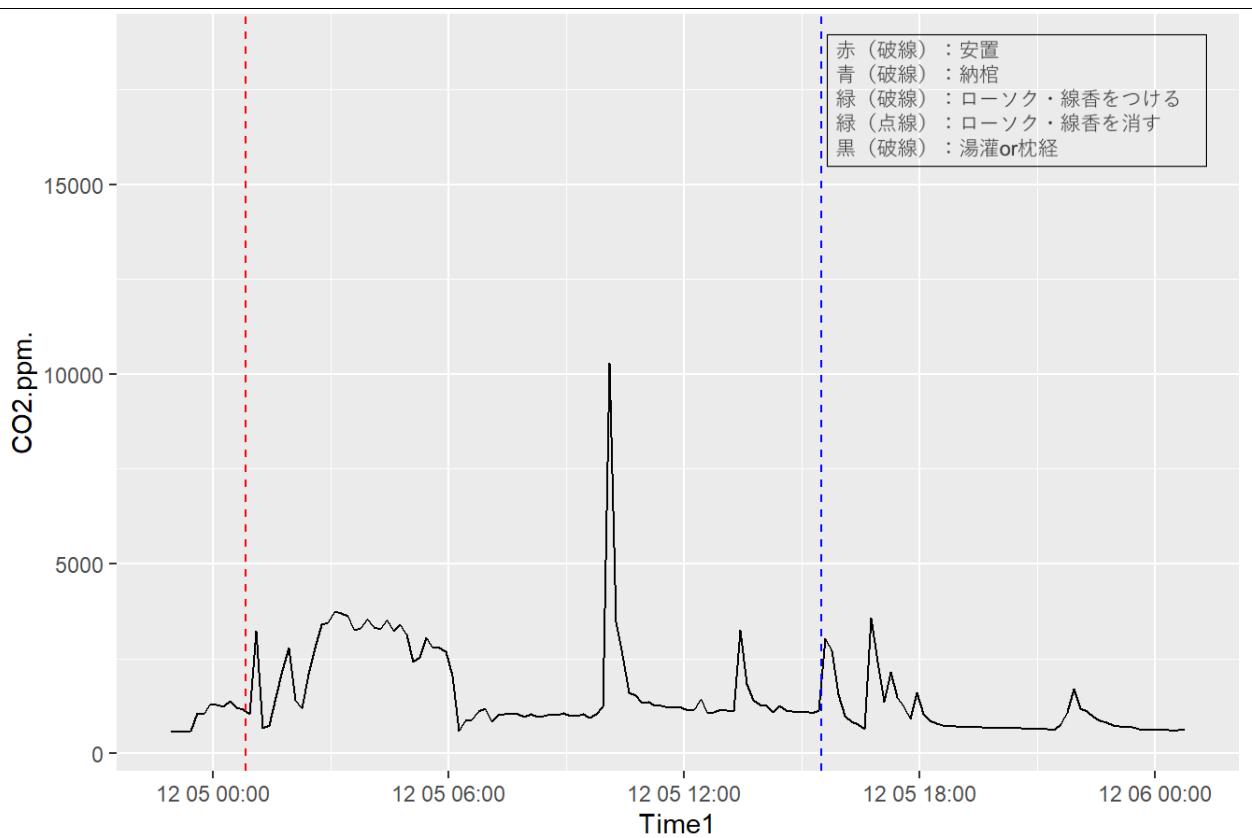
施設 C/16



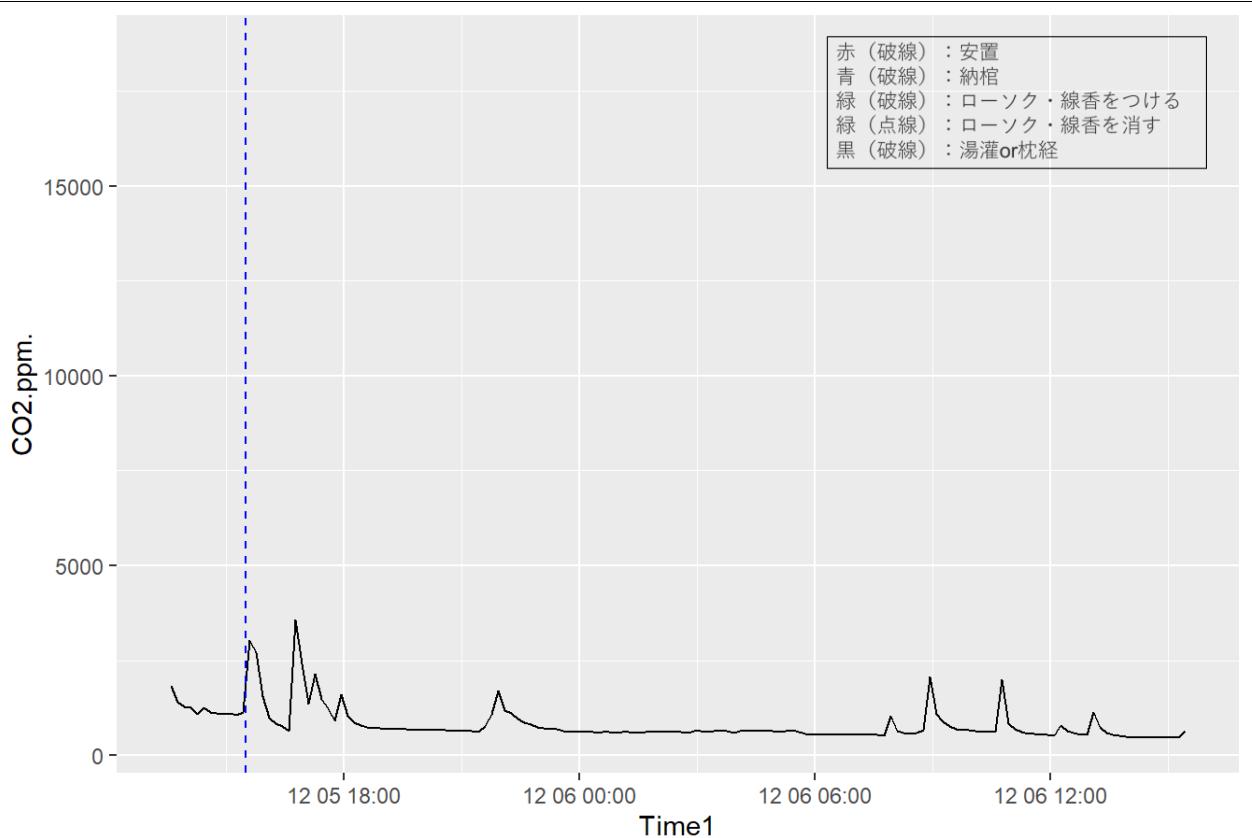
施設 C/17



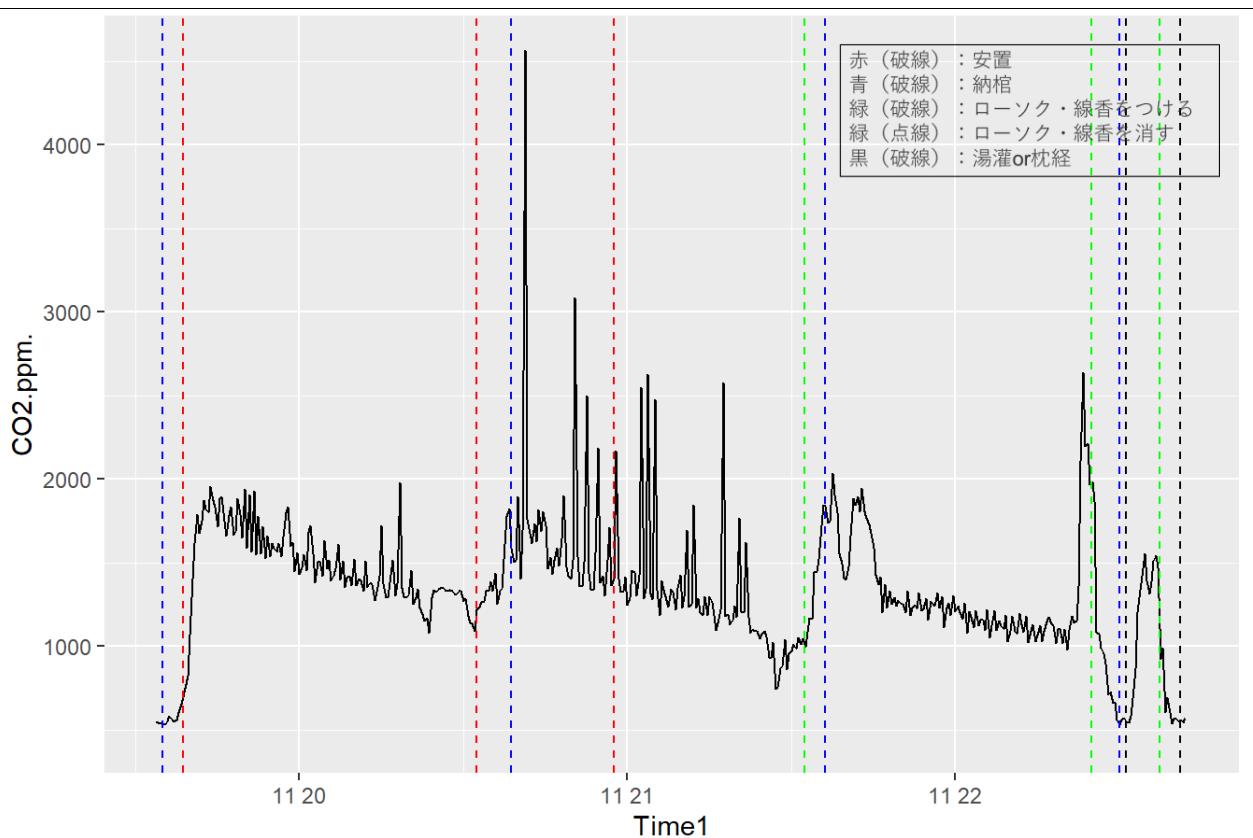
施設 C/19



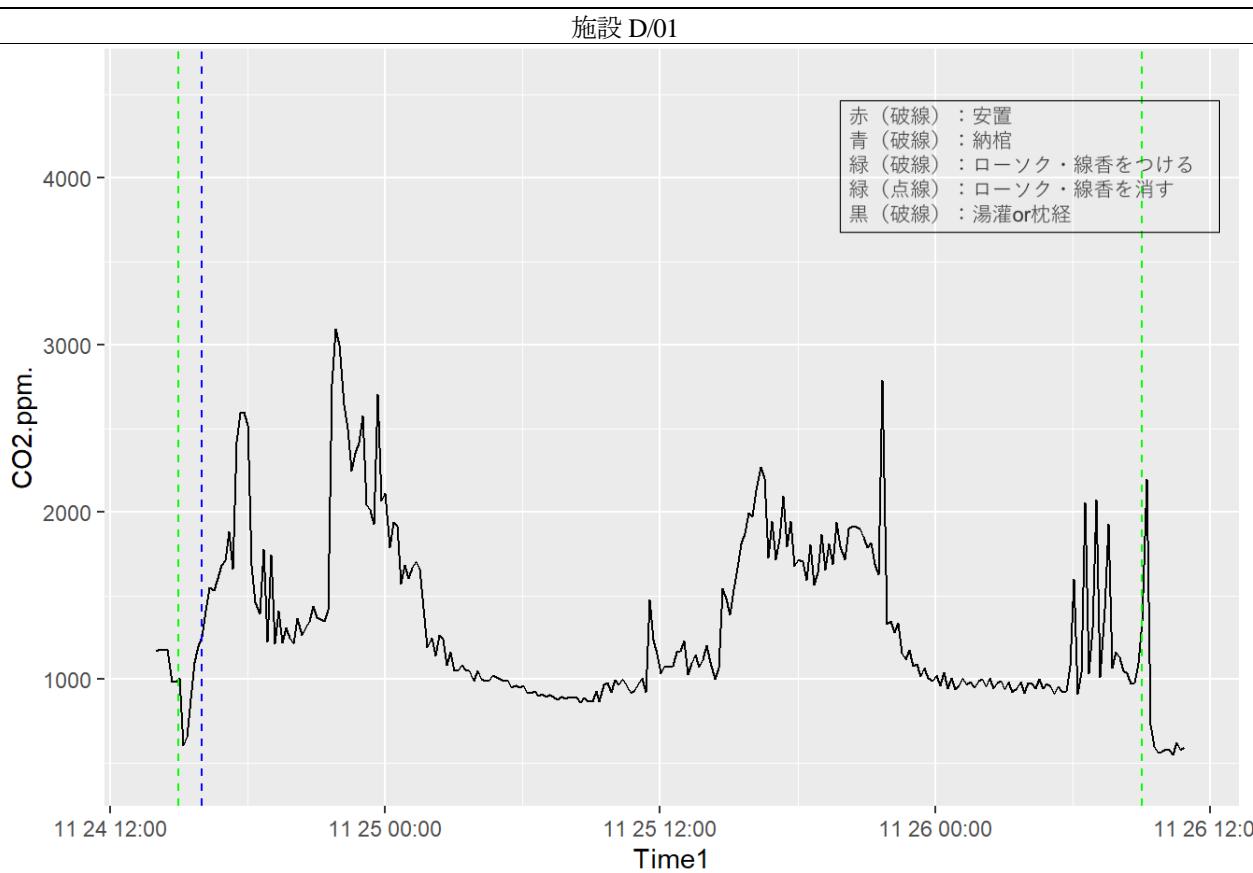
施設 C/20



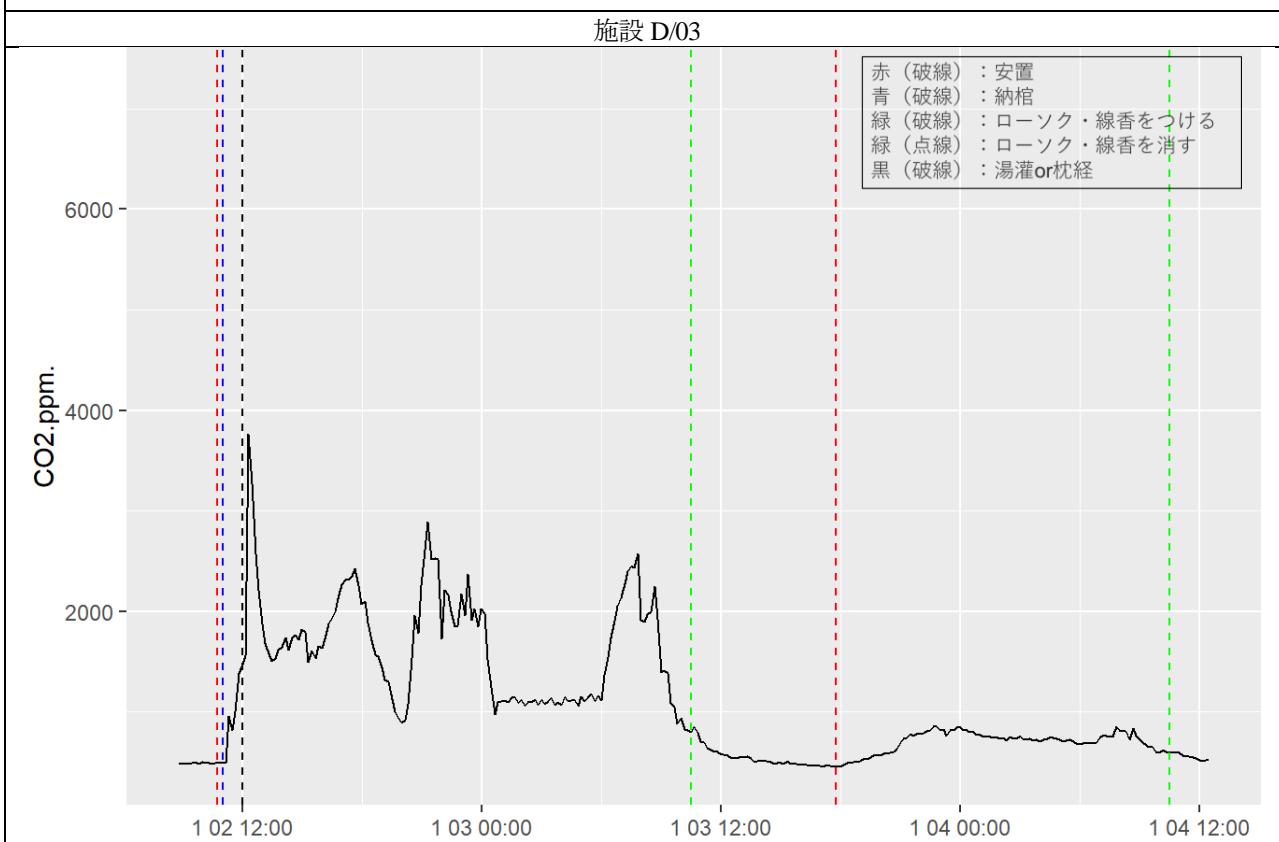
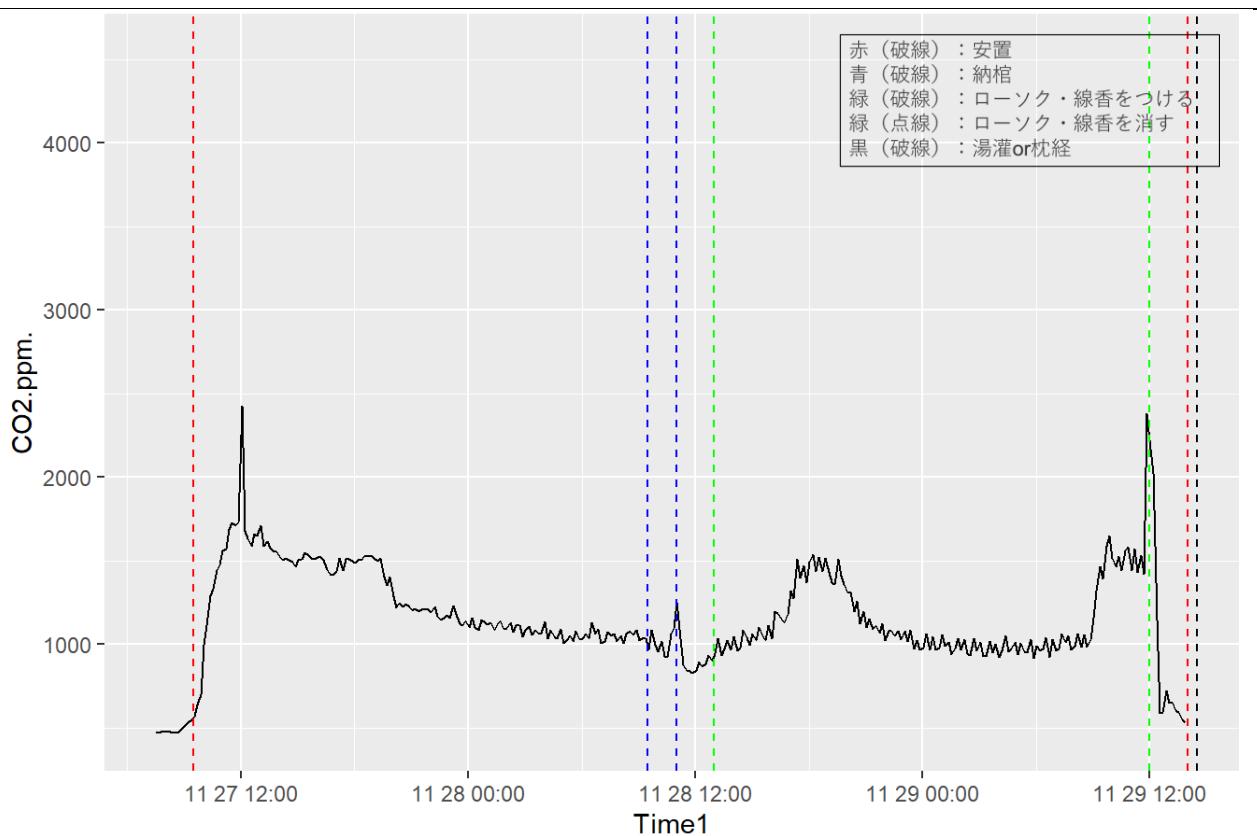
施設 C/21



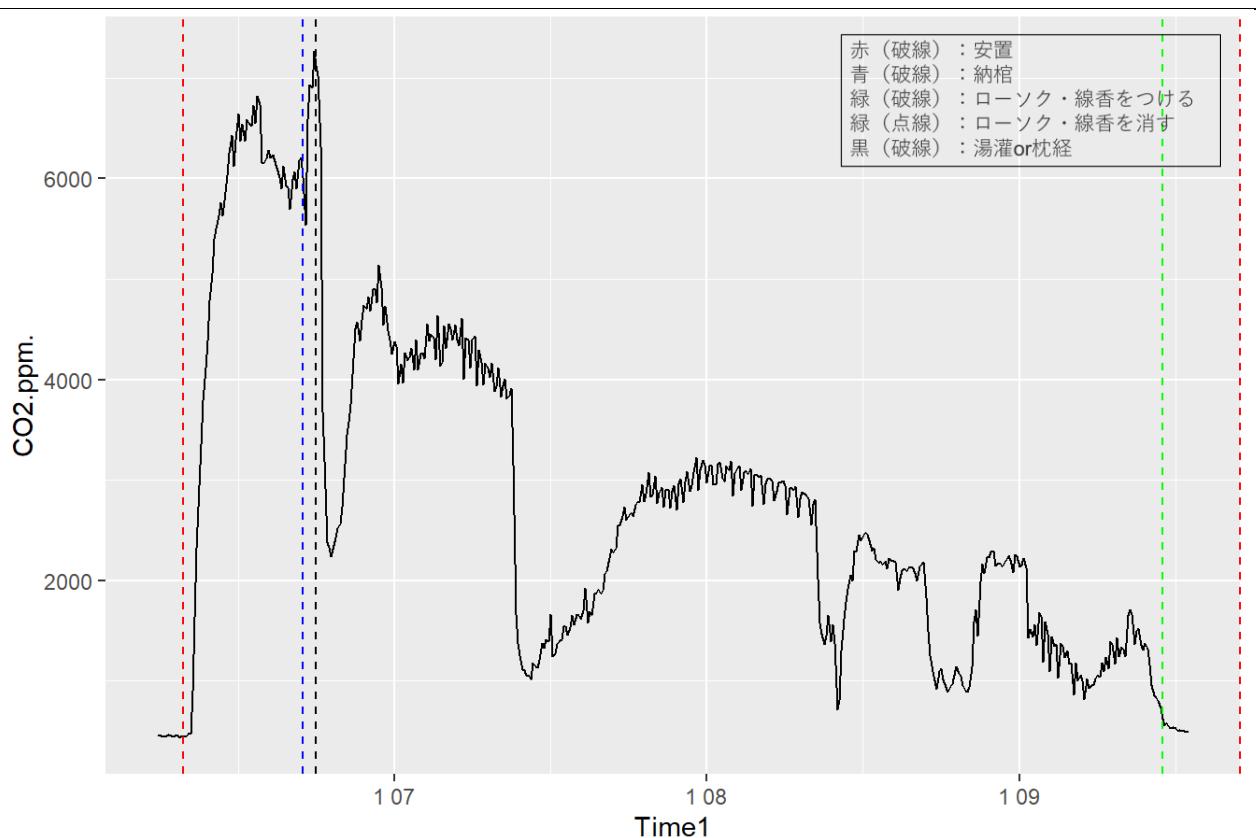
施設 D/01



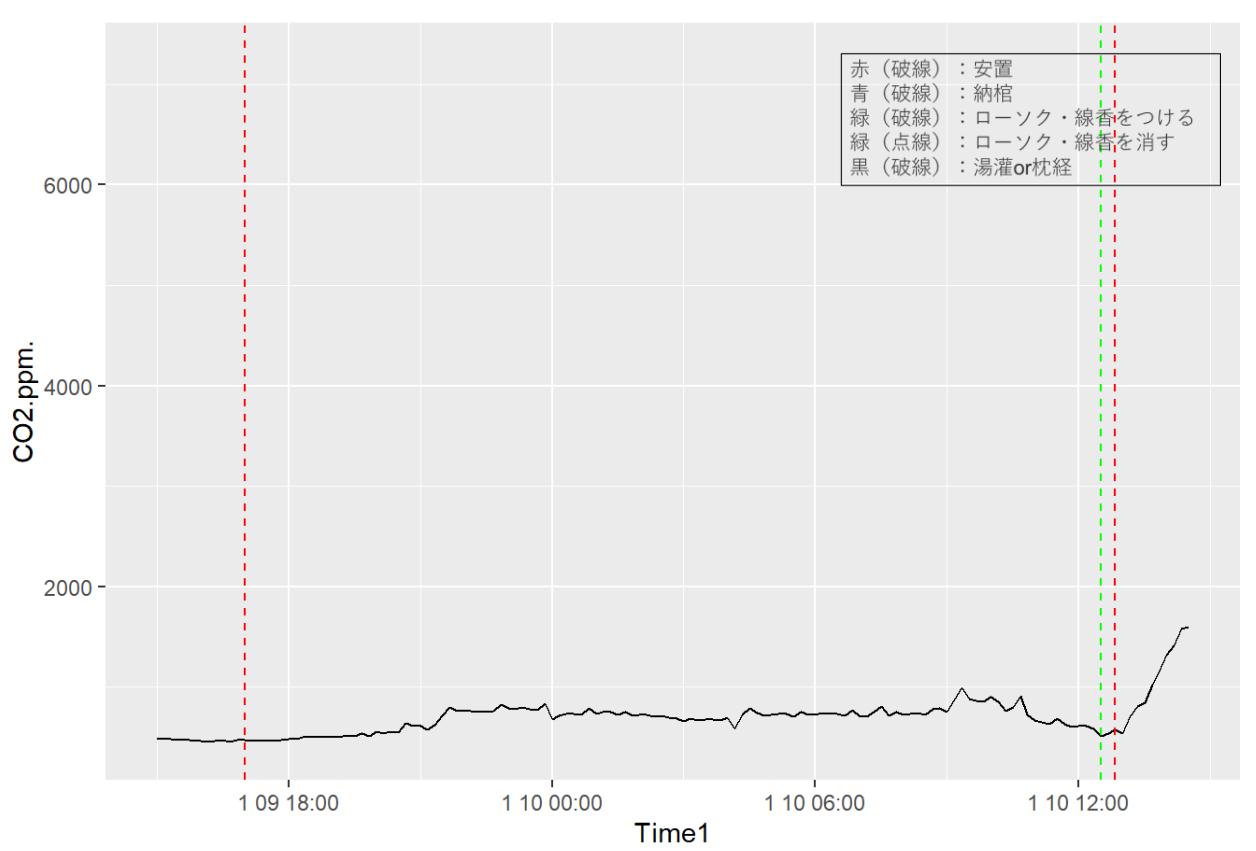
施設 D/02



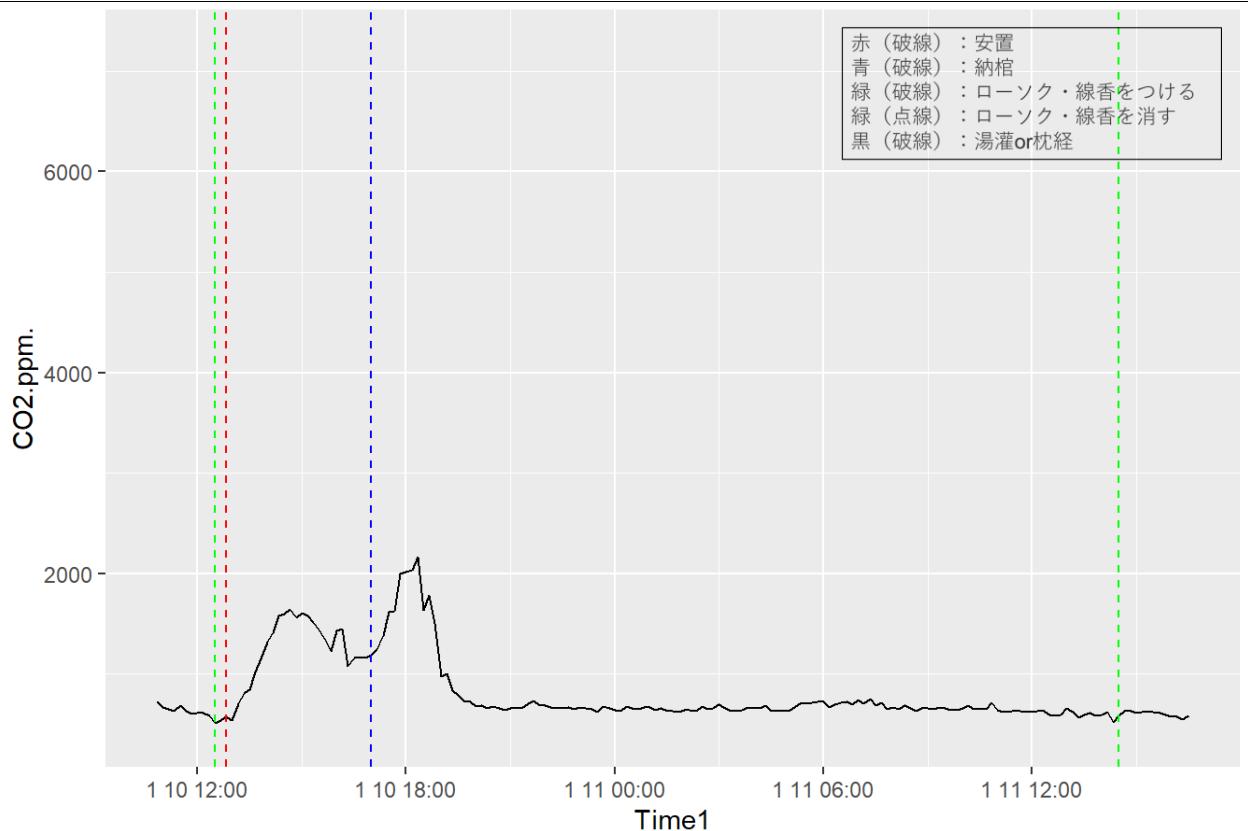
施設 E/01



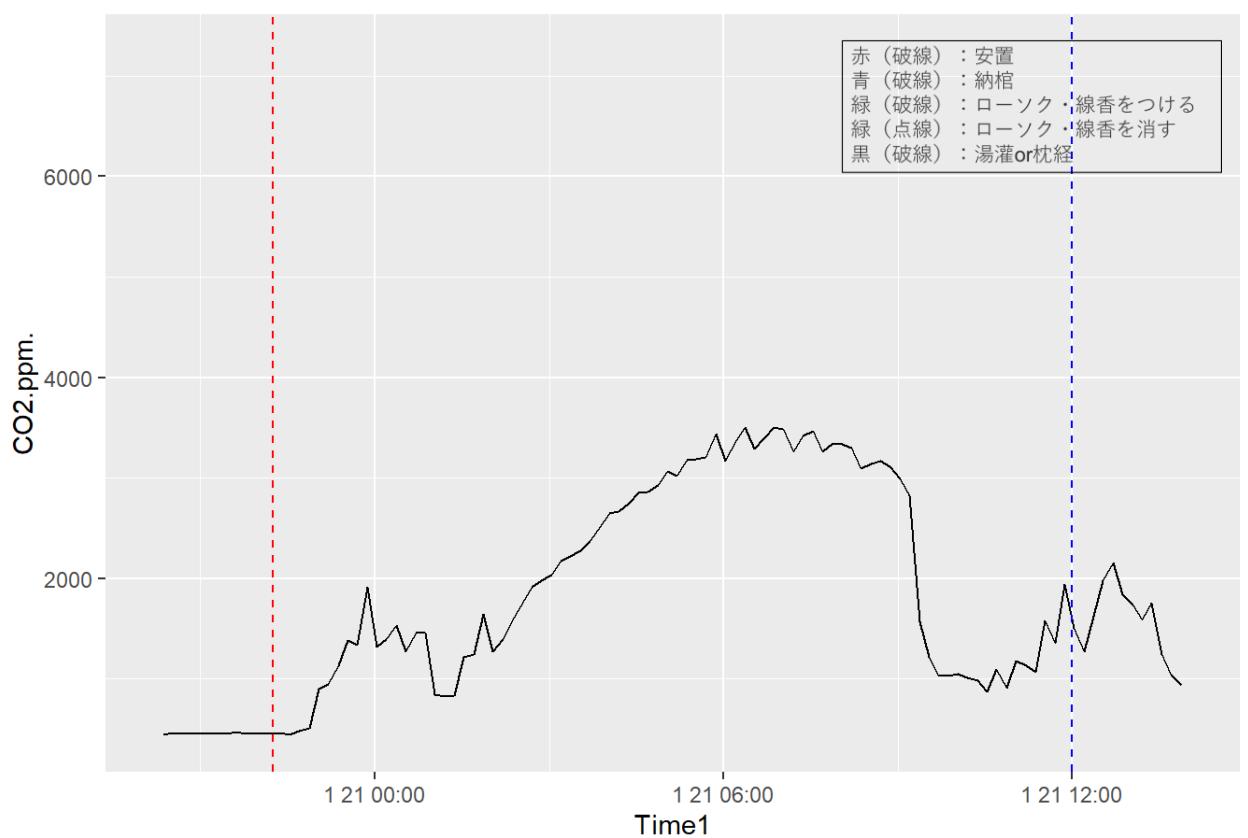
施設 E/02



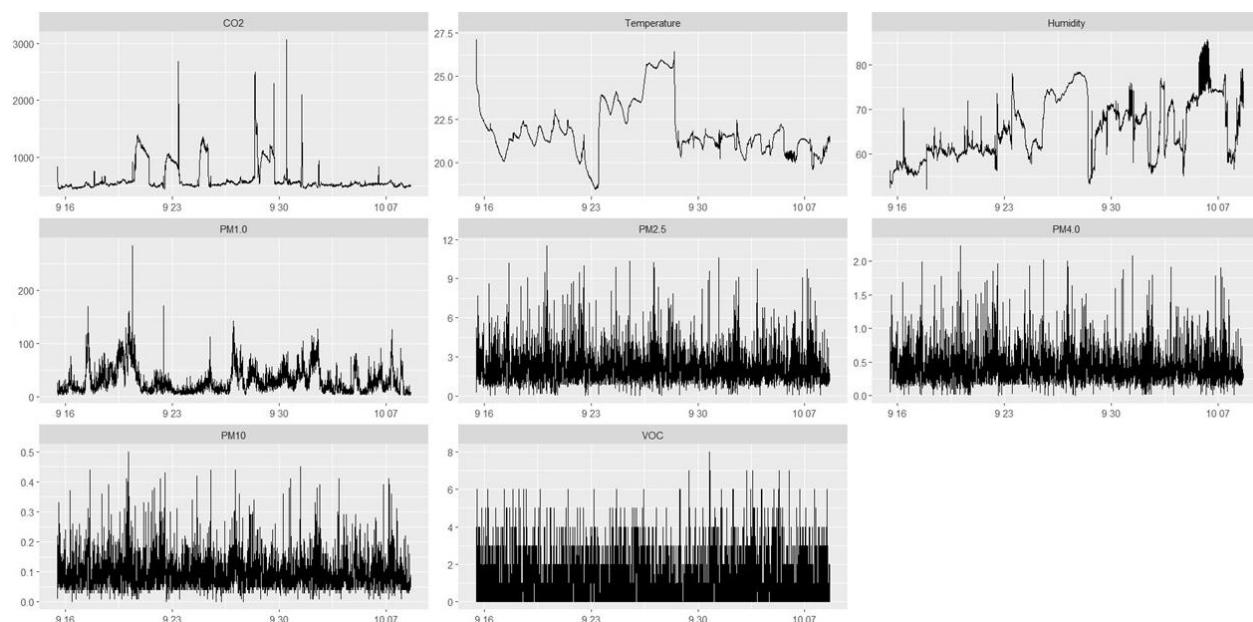
施設 E/03



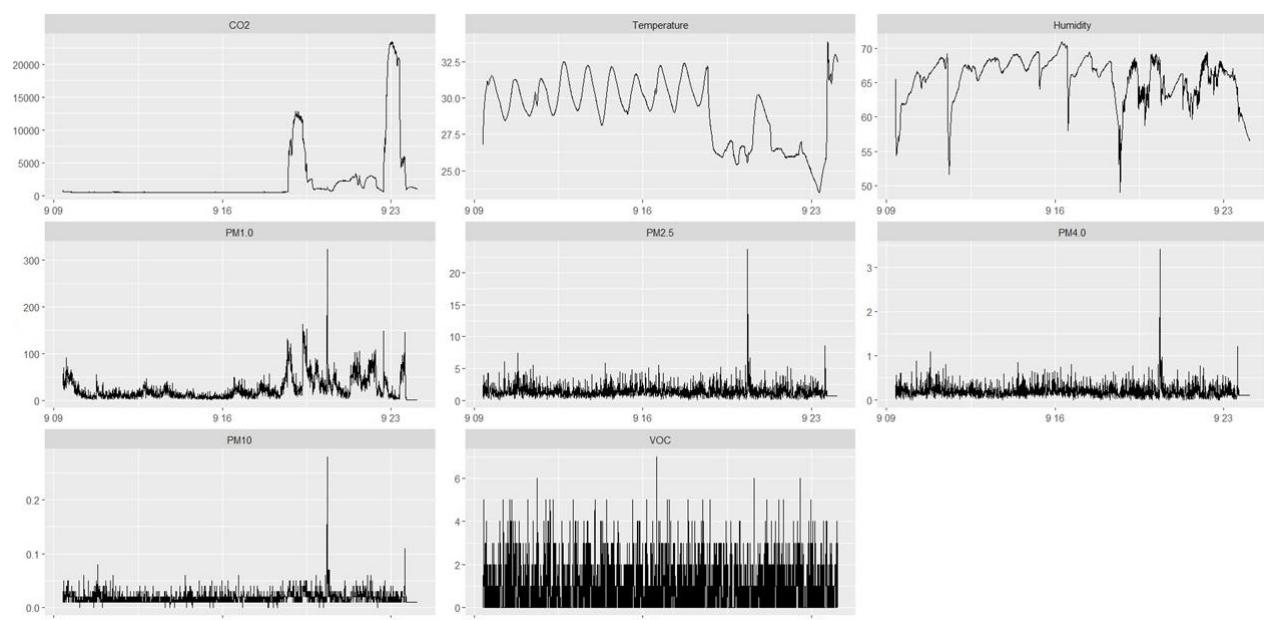
施設 E/04



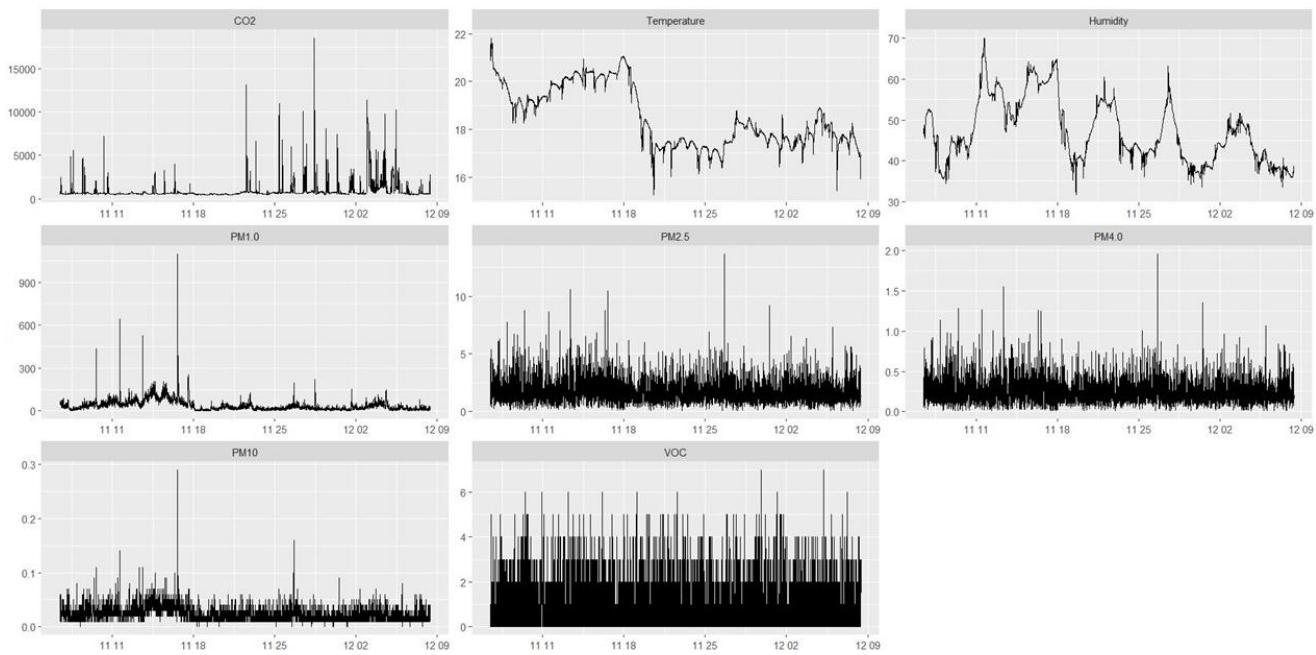
施設 E/05



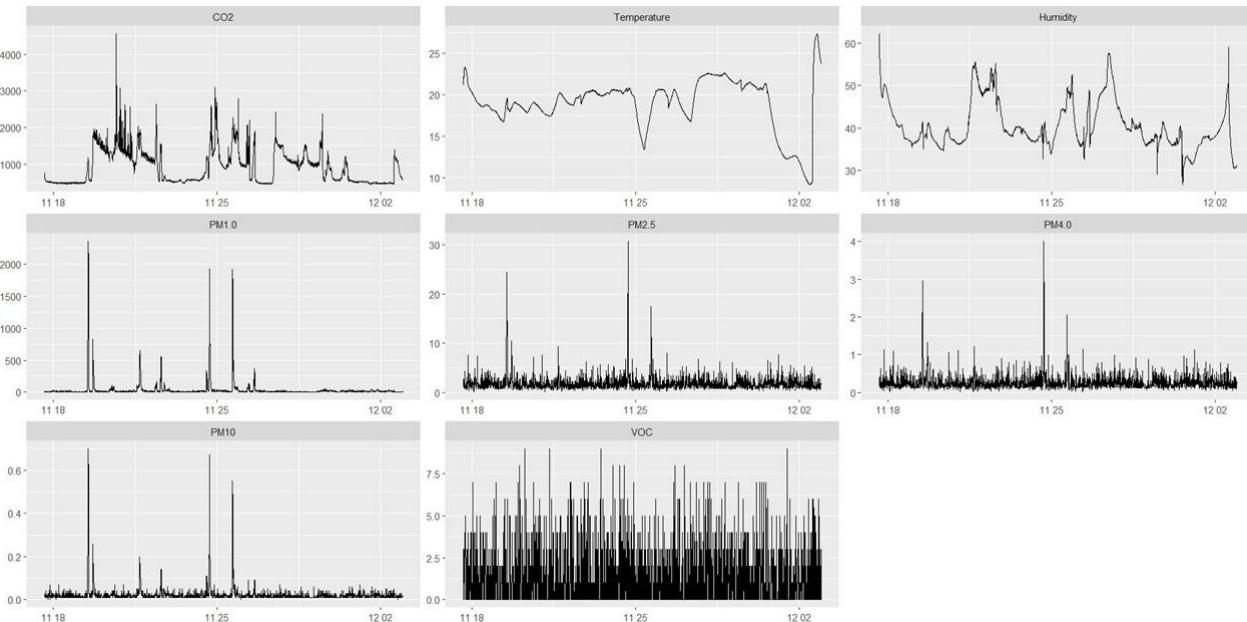
室内モニタリング（室A：安置倉庫（冷蔵庫（御遺体2体分）有の室：御遺体作業有）：関東（都市部）9月）



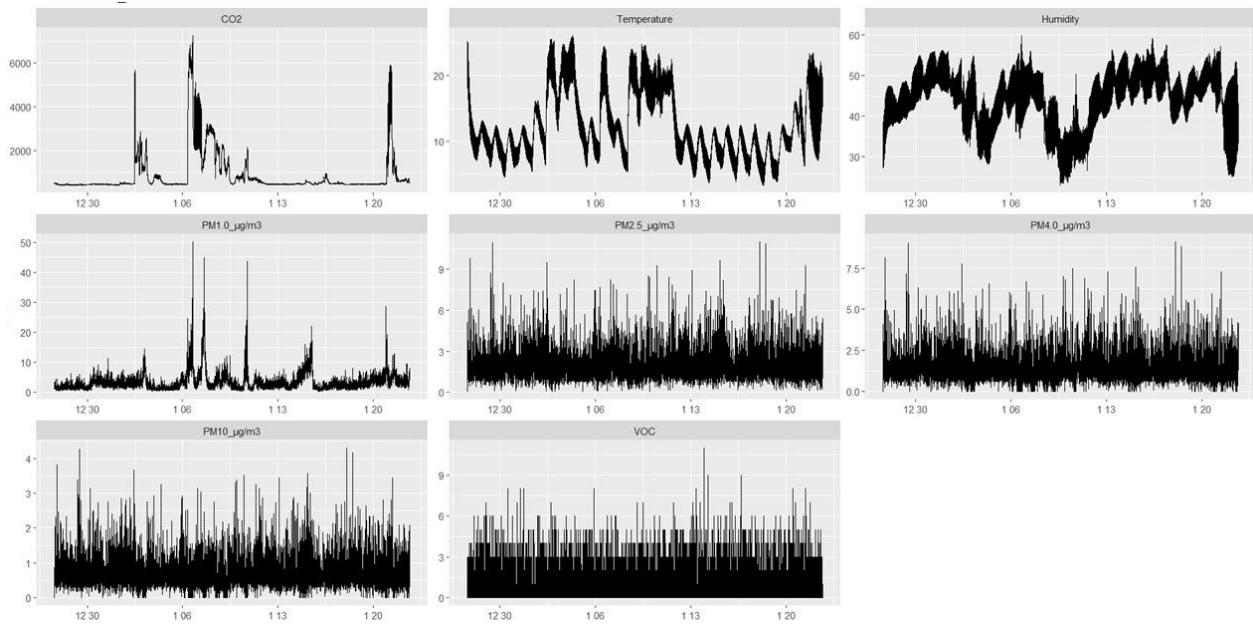
室内モニタリング（室B：葬儀室（和室、御遺族寢泊まり有の和室：御遺体作業有）：東海（地方部）9月）



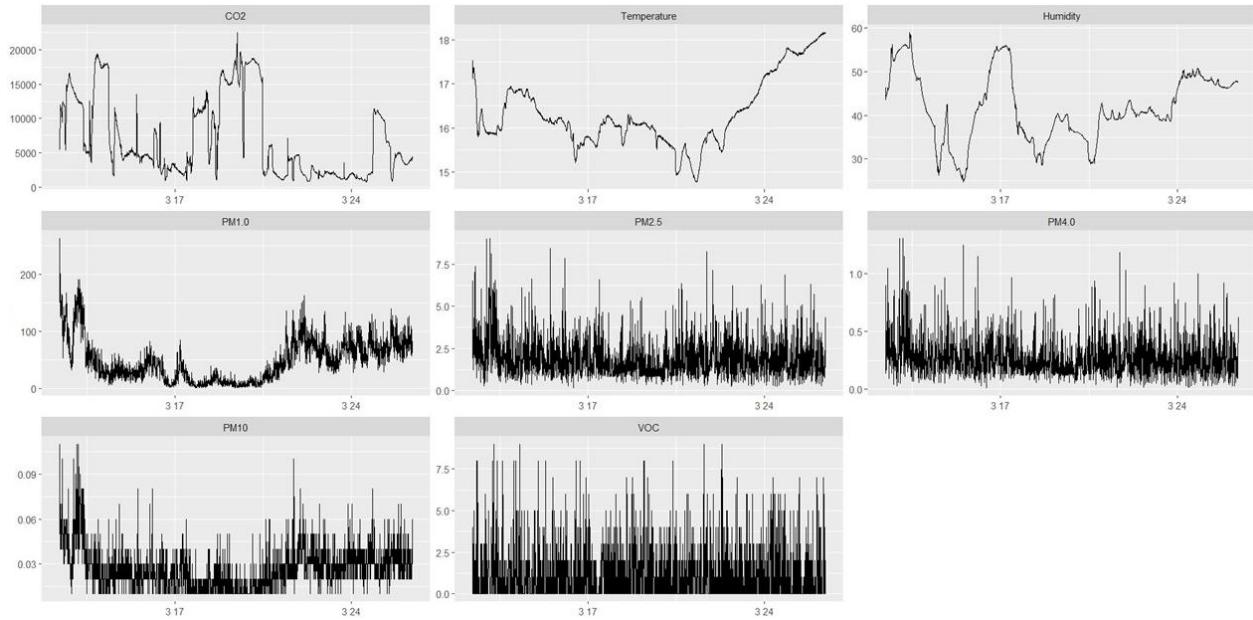
室内モニタリング（室C：安置室（冷蔵庫有、御遺体作業有：関東（都市部）11月）



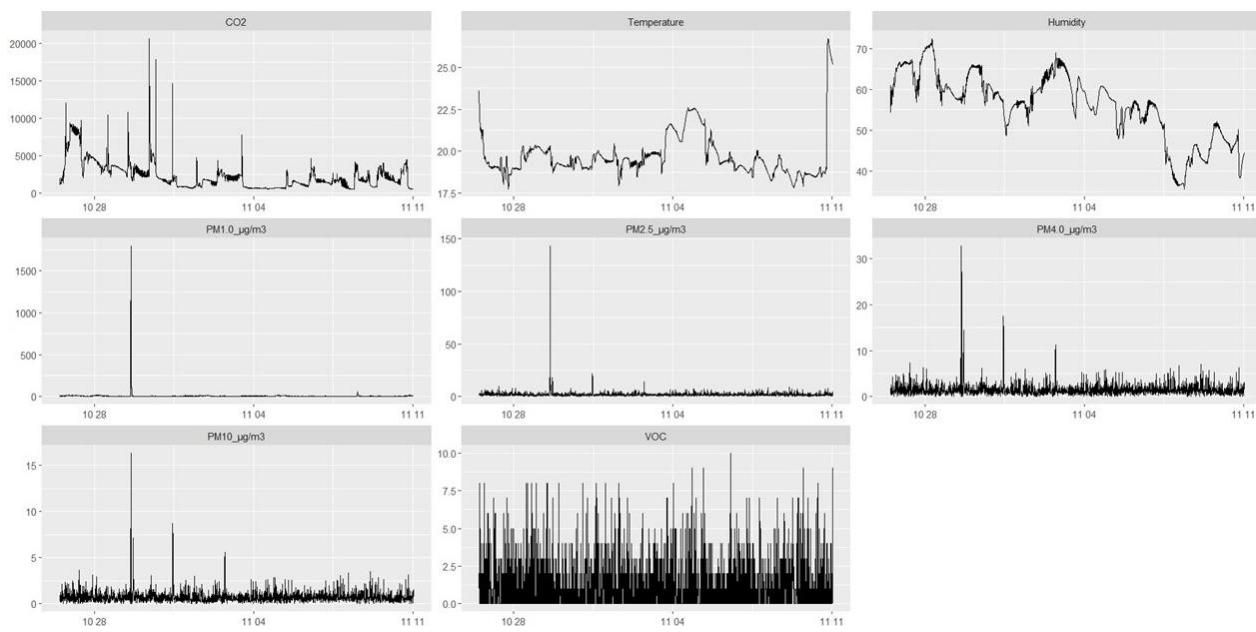
室内モニタリング（室D：葬儀室（ホール（御遺体作業有、御遺族会食有）：東北（地方部）11月）



室内モニタリング（室E：葬儀室（和室、御遺族寢泊まり有の和室：御遺体作業有）：東海（地方部）9月）



室内モニタリング（室F：安置室（冷蔵庫なし、御遺体作業あり）：関東（都市部）：3月）



室内モニタリング（室G：安置室（冷蔵庫なし、御遺体作業あり：関東（都市部）10月）