

大型混合酸化物燃料加工施設保障措置機器
性能確認試験報告書
(平成 31 年度)

2020 年 3 月

日本原子力研究開発機構
核燃料サイクル工学研究所
プルトニウム燃料技術開発センター

本資料は、日本原子力研究開発機構が実施した受託業務の成果を取りまとめたものです。したがって、その利用は限られた範囲としており、その取扱には十分な注意を払ってください。この資料の全部又は一部を複写・複製・転載あるいは引用する場合、特別な許可を必要としますので、下記にお問い合わせください。

〒319-1184

茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 49

日本原子力研究開発機構

東海研究開発センター 核燃料サイクル工学研究所

プルトニウム燃料技術開発センター

技術部 技術課

大型混合酸化物燃料加工施設保障措置機器性能確認試験報告書
(平成 31 年度)

要旨

本報告は、原子力規制庁殿と国立研究開発法人日本原子力研究開発機構との間で平成 31 年 4 月に締結した受託業務契約「平成 31 年度軽水炉等改良技術確証試験等委託費（大型混合酸化物燃料加工施設保障措置機器性能確認試験）事業」に基づき実施した保障措置機器に対する性能確認試験の結果をとりまとめたものである。

本業務において性能確認試験の対象とした保障措置システムは、燃料集合体測定機器（AFAS）、バルク工程内 MOX 粉末・ペレット測定機器（AVIS）及び MOX 原料粉末貯蔵容器測定機器（IPCA）である。

AFAS の性能確認試験のうち、「長期管理限界の妥当性確認」では、2019 年 4 月から 2020 年 3 月までの期間において、連続的なバックグラウンド測定及び定期的な ^{252}Cf 中性子線源測定を実施し、AFAS が正常な状態を維持し、長期間安定して動作していたことを確認した。

「パルス間隔分布の評価」では、リストモジュールを用いて ^{252}Cf 中性子線源測定を実施し、得られたパルス間隔分布が平成 30 年度に得られたパルス間隔分布とほぼ同一の形状であることを確認した。

「AFAS の機器の健全性確認（ノーマリゼーション）方法の検討」では、 ^{252}Cf 中性子線源を Collar 検出器の側面 2 箇所に配置した場合の ^3He 比例計数管故障検知の可否の評価を実施し、ダブル値による評価が可能であることを確認した。また、本位置に線源を配置し定期的な測定を月 1 回の頻度で実施し、本測定方法が Collar 検出器の健全性確認方法として問題なく適用可能であることを確認した。

「AFAS の機器の異常検知方法の検討」では、燃料集合体の代替として ^{252}Cf 中性子線源の定期的な測定を月 1 回の頻度で実施し、将来 J-MOX において燃料集合体測定時に AFAS-B 及び AFAS-P において取得されるシングル値の比を継続して収集し監視することは、システムの異常を検知するために有効であることを確認した。

AVIS の性能確認試験のうち、「パルス間隔分布の評価」では、AFAS と同様に、得られたパルス間隔分布が平成 30 年度に得られたパルス間隔分布とほぼ同一の形状であることを確認した。

「ガンマ線検出器内液体窒素の量の増減による中性子検出器への影響評価」では、ガンマ線検出器のデュワ瓶に充填されている液体窒素量を変動させ、MOX サンプル測定を実施し、デュワ瓶内の液体窒素が中性子検出器による測定に与える影響は無視できるほど小さいことを確認した。

「サンプルホルダーの設計変更に伴う中性子・ガンマ線検出器への影響評価」では、設計変更前後の各サンプルホルダーを用いて MOX サンプル測定を実施し、サンプルホ

ルダ－の設計変更が、中性子検出器及びガンマ線検出器による測定に与える影響は無視できるほど小さいことを確認した。

IPCA の性能確認試験として実施した、「長期管理限界の妥当性確認」では、2019 年 4 月から 2020 年 3 月までの期間において、連続的なバックグラウンド測定及び定期的な Pu 線源、中性子線源、分銅測定を実施し、各検出器及びロードセルが正常に長期間安定して動作することを確認した。

目次

1. 試験概要	1
1.1 試験対象機器	1
1.2 試験項目	3
1.3 試験スケジュール	4
1.4 試験実施場所	4
1.5 測定パラメータ	5
1.6 試験に使用した ^{252}Cf 中性子線源	7
1.7 試験に使用した MOX サンプル	8
2. AFAS の性能確認試験	9
2.1 長期管理限界の妥当性確認	9
2.1.1 目的	9
2.1.2 方法	9
2.1.3 結果	12
2.1.4 考察	71
2.2 パルス間隔分布の評価	72
2.2.1 目的	72
2.2.2 方法	72
2.2.3 結果	75
2.2.4 考察	95
2.3 AFAS の機器の健全性確認（ノーマリゼーション）方法の検討	96
2.3.1 目的	96
2.3.2 方法	97
2.3.3 結果	100
2.3.4 考察	107
2.4 AFAS の機器の異常検知方法の検討	108
2.4.1 目的	108
2.4.2 方法	109
2.4.3 結果	110
2.4.4 考察	111
3. AVIS の性能確認試験	113
3.1 パルス間隔分布の評価	113
3.1.1 目的	113
3.1.2 方法	113
3.1.3 結果	115
3.1.4 考察	129

3.2.	ガンマ線検出器内液体窒素の量の増減による中性子検出器への影響評価	130
3.2.1	目的.....	130
3.2.2	方法.....	130
3.2.3	結果.....	131
3.2.4	考察.....	138
3.3.	サンプルホルダーの設計変更に伴う中性子・ガンマ線検出器への影響評価	139
3.3.1	目的.....	139
3.3.2	方法.....	139
3.3.3	結果.....	142
3.3.4	考察.....	153
4.	IPCA の性能確認試験	154
4.1.	長期管理限界の妥当性確認.....	154
4.1.1	目的.....	154
4.1.2	方法.....	154
4.1.3	結果.....	155
4.1.4	考察.....	155
5.	結論	156

図目次

図 2.1.2-1	AFAS 機器接続図	10
図 2.1.3-1	バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	13
図 2.1.3-2	バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	14
図 2.1.3-3	バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	14
図 2.1.3-4	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	14
図 2.1.3-5	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	15
図 2.1.3-6	バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	15
図 2.1.3-7	バックグラウンドのダブル値 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	15
図 2.1.3-8	バックグラウンドのダブル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	16
図 2.1.3-9	バックグラウンドのダブル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	16
図 2.1.3-10	バックグラウンドのダブル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	16
図 2.1.3-11	バックグラウンドのダブル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	17
図 2.1.3-12	バックグラウンドのダブル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	17
図 2.1.3-13	シングル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	17
図 2.1.3-14	シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	18
図 2.1.3-15	シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	18
図 2.1.3-16	シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	18
図 2.1.3-17	シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	19
図 2.1.3-18	シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	19
図 2.1.3-19	ダブル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	19
図 2.1.3-20	ダブル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	20
図 2.1.3-21	ダブル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	20
図 2.1.3-22	ダブル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	20
図 2.1.3-23	ダブル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	21
図 2.1.3-24	ダブル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	21
図 2.1.3-25	シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	21
図 2.1.3-26	シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	22
図 2.1.3-27	シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	22
図 2.1.3-28	シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	22
図 2.1.3-29	シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	23
図 2.1.3-30	シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	23
図 2.1.3-31	ダブル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	23
図 2.1.3-32	ダブル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	24
図 2.1.3-33	ダブル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	24
図 2.1.3-34	ダブル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	24

図 2.1.3-35	ダブル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	25
図 2.1.3-36	ダブル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	25
図 2.1.3-37	バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	26
図 2.1.3-38	バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	26
図 2.1.3-39	バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	27
図 2.1.3-40	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	27
図 2.1.3-41	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	27
図 2.1.3-42	バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	28
図 2.1.3-43	バックグラウンドのダブル値 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	28
図 2.1.3-44	バックグラウンドのダブル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	28
図 2.1.3-45	バックグラウンドのダブル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	29
図 2.1.3-46	バックグラウンドのダブル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	29
図 2.1.3-47	バックグラウンドのダブル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	29
図 2.1.3-48	バックグラウンドのダブル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	30
図 2.1.3-49	シングル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	30
図 2.1.3-50	シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	30
図 2.1.3-51	シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	31
図 2.1.3-52	シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	31
図 2.1.3-53	シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	31
図 2.1.3-54	シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	32
図 2.1.3-55	ダブル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	32
図 2.1.3-56	ダブル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	32
図 2.1.3-57	ダブル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	33
図 2.1.3-58	ダブル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	33
図 2.1.3-59	ダブル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	33
図 2.1.3-60	ダブル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	34
図 2.1.3-61	シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	34
図 2.1.3-62	シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	34
図 2.1.3-63	シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	35
図 2.1.3-64	シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	35
図 2.1.3-65	シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	35
図 2.1.3-66	シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	36
図 2.1.3-67	ダブル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	36
図 2.1.3-68	ダブル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	36
図 2.1.3-69	ダブル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	37
図 2.1.3-70	ダブル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	37
図 2.1.3-71	ダブル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	37

図 2.1.3-72	ダブル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	38
図 2.1.3-73	バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	38
図 2.1.3-74	バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	39
図 2.1.3-75	バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	39
図 2.1.3-76	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	39
図 2.1.3-77	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	40
図 2.1.3-78	バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	40
図 2.1.3-79	シングル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	40
図 2.1.3-80	シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	41
図 2.1.3-81	シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	41
図 2.1.3-82	シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	41
図 2.1.3-83	シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	42
図 2.1.3-84	シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	42
図 2.1.3-85	シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	42
図 2.1.3-86	シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	43
図 2.1.3-87	シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	43
図 2.1.3-88	シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	43
図 2.1.3-89	シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	44
図 2.1.3-90	シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	44
図 2.1.3-91	バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	45
図 2.1.3-92	バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	45
図 2.1.3-93	バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	46
図 2.1.3-94	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	46
図 2.1.3-95	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	46
図 2.1.3-96	バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	47
図 2.1.3-97	シングル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	47
図 2.1.3-98	シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	47
図 2.1.3-99	シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	48
図 2.1.3-100	シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	48
図 2.1.3-101	シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	48
図 2.1.3-102	シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	49
図 2.1.3-103	シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	49
図 2.1.3-104	シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	49
図 2.1.3-105	シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	50
図 2.1.3-106	シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	50
図 2.1.3-107	シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	50
図 2.1.3-108	シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	51

図 2.1.3-109	バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	51
図 2.1.3-110	バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	52
図 2.1.3-111	バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	52
図 2.1.3-112	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	52
図 2.1.3-113	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	53
図 2.1.3-114	バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	53
図 2.1.3-115	シングル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	53
図 2.1.3-116	シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	54
図 2.1.3-117	シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	54
図 2.1.3-118	シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	54
図 2.1.3-119	シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	55
図 2.1.3-120	シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	55
図 2.1.3-121	シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	55
図 2.1.3-122	シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	56
図 2.1.3-123	シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	56
図 2.1.3-124	シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	56
図 2.1.3-125	シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	57
図 2.1.3-126	シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	57
図 2.1.3-127	バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	58
図 2.1.3-128	バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	58
図 2.1.3-129	バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	59
図 2.1.3-130	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	59
図 2.1.3-131	バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	59
図 2.1.3-132	バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	60
図 2.1.3-133	シングル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	60
図 2.1.3-134	シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	60
図 2.1.3-135	シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	61
図 2.1.3-136	シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	61
図 2.1.3-137	シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	61
図 2.1.3-138	シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	62
図 2.1.3-139	シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10).....	62
図 2.1.3-140	シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09).....	62
図 2.1.3-141	シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05).....	63
図 2.1.3-142	シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25).....	63
図 2.1.3-143	シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16).....	63
図 2.1.3-144	シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17).....	64
図 2.1.3-145	²⁵² Cf 中性子線源測定結果 (AFAS-B Top Fork 検出器)	65

図 2.1.3-146	²⁵² Cf 中性子線源測定結果 (AFAS-B Collar 検出器)	65
図 2.1.3-147	²⁵² Cf 中性子線源測定結果 (AFAS-B Bottom Fork 検出器)	65
図 2.1.3-148	²⁵² Cf 中性子線源測定結果 (AFAS-P Top Fork 検出器)	66
図 2.1.3-149	²⁵² Cf 中性子線源測定結果 (AFAS-P Collar 検出器)	66
図 2.1.3-150	²⁵² Cf 中性子線源測定結果 (AFAS-P Bottom Fork 検出器)	66
図 2.1.3-151	計数値と温度の相関 (AFAS-B Top Fork 検出器)	67
図 2.1.3-152	計数値と温度の相関 (AFAS-B Collar 検出器)	67
図 2.1.3-153	計数値と温度の相関 (AFAS-B Bottom Fork 検出器)	67
図 2.1.3-154	計数値と温度の相関 (AFAS-P Top Fork 検出器)	68
図 2.1.3-155	計数値と温度の相関 (AFAS-P Collar 検出器)	68
図 2.1.3-156	計数値と温度の相関 (AFAS-P Bottom Fork 検出器)	68
図 2.1.3-157	計数値と湿度の相関 (AFAS-B Top Fork 検出器)	69
図 2.1.3-158	計数値と湿度の相関 (AFAS-B Collar 検出器)	69
図 2.1.3-159	計数値と湿度の相関 (AFAS-B Bottom Fork 検出器)	69
図 2.1.3-160	計数値と湿度の相関 (AFAS-P Top Fork 検出器)	70
図 2.1.3-161	計数値と湿度の相関 (AFAS-P Collar 検出器)	70
図 2.1.3-162	計数値と湿度の相関 (AFAS-P Bottom Fork 検出器)	70
図 2.2.2-1	AFAS-B Collar 検出器 アンプ A のパルス間隔分布の例	72
図 2.3.2-2	AFAS-B Collar 検出器のアンプ配置図	73
図 2.3.2-3	AFAS-B Top Fork 及び Bottom Fork 検出器のアンプ配置図	73
図 2.3.2-4	AFAS-P Collar 検出器のアンプ配置図	73
図 2.3.2-5	AFAS-P Top Fork 及び Bottom Fork 検出器のアンプ配置図	74
図 2.2.3-1	AFAS-B Collar 検出器 アンプ A のパルス間隔分布の比較 (0~1000μs)	75
図 2.2.3-2	AFAS-B Collar 検出器 アンプ A のパルス間隔分布の比較 (0~100μs)	75
図 2.2.3-3	AFAS-B Collar 検出器 アンプ B のパルス間隔分布の比較 (0~1000μs)	76
図 2.2.3-4	AFAS-B Collar 検出器 アンプ B のパルス間隔分布の比較 (0~100μs)	76
図 2.2.3-5	AFAS-B Collar 検出器 アンプ C のパルス間隔分布の比較 (0~1000μs)	77
図 2.2.3-6	AFAS-B Collar 検出器 アンプ C のパルス間隔分布の比較 (0~100μs)	77
図 2.2.3-7	AFAS-B Collar 検出器 アンプ D のパルス間隔分布の比較 (0~1000μs)	78
図 2.2.3-8	AFAS-B Collar 検出器 アンプ D のパルス間隔分布の比較 (0~100μs)	78
図 2.2.3-9	AFAS-B Collar 検出器 アンプ E のパルス間隔分布の比較 (0~1000μs)	79
図 2.2.3-10	AFAS-B Collar 検出器 アンプ E のパルス間隔分布の比較 (0~100μs)	79
図 2.2.3-11	AFAS-B Collar 検出器 アンプ F のパルス間隔分布の比較 (0~1000μs)	80
図 2.2.3-12	AFAS-B Collar 検出器 アンプ F のパルス間隔分布の比較 (0~100μs)	80
図 2.2.3-13	AFAS-B Top Fork 検出器 パルス間隔分布の比較 (0~1000μs)	81
図 2.2.3-14	AFAS-B Top Fork 検出器 パルス間隔分布の比較 (0~100μs)	81
図 2.2.3-15	AFAS-B Bottom Fork 検出器のパルス間隔分布の比較 (0~1000μs)	82

図 2.2.3-16	AFAS-B Bottom Fork 検出器のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....82
図 2.2.3-17	AFAS-P Collar 検出器 アンプ A のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....83
図 2.2.3-18	AFAS-P Collar 検出器 アンプ A のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....83
図 2.2.3-19	AFAS-P Collar 検出器 アンプ B のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....84
図 2.2.3-20	AFAS-P Collar 検出器 アンプ B のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....84
図 2.2.3-21	AFAS-P Collar 検出器 アンプ C のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....85
図 2.2.3-22	AFAS-P Collar 検出器 アンプ C のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....85
図 2.2.3-23	AFAS-P Collar 検出器 アンプ D のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....86
図 2.2.3-24	AFAS-P Collar 検出器 アンプ D のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....86
図 2.2.3-25	AFAS-P Collar 検出器 アンプ E のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....87
図 2.2.3-26	AFAS-P Collar 検出器 アンプ E のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....87
図 2.2.3-27	AFAS-P Collar 検出器 アンプ F のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....88
図 2.2.3-28	AFAS-P Collar 検出器 アンプ F のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....88
図 2.2.3-29	AFAS-P Collar 検出器 アンプ G のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....89
図 2.2.3-30	AFAS-P Collar 検出器 アンプ G のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....89
図 2.2.3-31	AFAS-P Collar 検出器 アンプ H のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....90
図 2.2.3-32	AFAS-P Collar 検出器 アンプ H のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....90
図 2.2.3-33	AFAS-P Collar 検出器 アンプ I のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....91
図 2.2.3-34	AFAS-P Collar 検出器 アンプ I のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....91
図 2.2.3-35	AFAS-P Collar 検出器 アンプ J のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....92
図 2.2.3-36	AFAS-P Collar 検出器 アンプ J のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....92
図 2.2.3-37	AFAS-P Top Fork 検出器のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....93
図 2.2.3-38	AFAS-P Top Fork 検出器のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....93
図 2.2.3-39	AFAS-P Bottom Fork 検出器のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	.....94
図 2.2.3-40	AFAS-P Bottom Fork 検出器のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	.....94
図 2.3.1-1	J-MOX における AFAS の設置環境	.....96
図 2.3.1-2	Collar 検出器における ^{252}Cf 中性子線源の配置位置	.....97
図 2.3.1-3	複数の線源配置位置による健全性確認	.....97
図 2.3.2-1	^3He 比例計数管 1 本の故障検知に必要な線源強度の評価例	.....98
図 2.3.2-2	^{252}Cf 中性子線源の配置位置 (AFAS-B)	.....99
図 2.3.2-3	^{252}Cf 中性子線源の配置位置 (AFAS-P)	.....99
図 2.3.3-1	シングル値の計数誤差と線源強度の相関 (AFAS-B Collar 検出器)	.....100
図 2.3.3-2	ダブル値の計数誤差と線源強度の相関 (AFAS-B Collar 検出器)	.....100
図 2.3.3-3	シングル値の計数誤差と線源強度の相関 (AFAS-P Collar 検出器)	.....101
図 2.3.3-4	ダブル値の計数誤差と線源強度の相関 (AFAS-P Collar 検出器)	.....101
図 2.3.3-5	AFAS-B Collar 検出器の ^3He 比例計数管配置	.....102
図 2.3.3-6	AFAS-P Collar 検出器の ^3He 比例計数管配置	.....103

図 2.3.3-7	シングル値の計数誤差と線源強度の相関 (AFAS-B Collar 検出器)	104
図 2.3.3-8	ダブル値の計数誤差と線源強度の相関 (AFAS-B Collar 検出器)	104
図 2.3.3-9	シングル値の計数誤差と線源強度の相関 (AFAS-P Collar 検出器)	105
図 2.3.3-10	ダブル値の計数誤差と線源強度の相関 (AFAS-P Collar 検出器)	105
図 2.3.3-11	月ごとの各相対差の評価結果 (AFAS-B Collar 検出器)	106
図 2.3.3-12	月ごとの各相対差の評価結果 (AFAS-P Collar 検出器)	106
図 2.4.1-1	J-MOX における AFAS 配置	108
図 2.4.2-1	²⁵² Cf 中性子線源配置	110
図 2.4.3-1	AFAS-B に線源を配置した際に各検出器で得られたシングル値の比	110
図 2.4.3-2	AFAS-P に線源を配置した際に各検出器で得られたシングル値の比	111
図 2.4.4-1	機器に異常があった場合の各シングル値の比 (AFAS-B に線源を配置)	112
図 2.4.4-2	機器に異常があった場合の各シングル値の比 (AFAS-P に線源を配置)	112
図 3.1.2-1	(例) AVIS の中性子検出器 アンプ A のパルス間隔分布	113
図 3.1.2-2	AVIS のアンプ配置図	114
図 3.1.3-1	アンプ A のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	115
図 3.1.3-2	アンプ A のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	115
図 3.1.3-3	アンプ B のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	116
図 3.1.3-4	アンプ B のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	116
図 3.1.3-5	アンプ C のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	117
図 3.1.3-6	アンプ C のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	117
図 3.1.3-7	アンプ D のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	118
図 3.1.3-8	アンプ D のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	118
図 3.1.3-9	アンプ E のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	119
図 3.1.3-10	アンプ E のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	119
図 3.1.3-11	アンプ F のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	120
図 3.1.3-12	アンプ F のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	120
図 3.1.3-13	アンプ G のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	121
図 3.1.3-14	アンプ G のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	121
図 3.1.3-15	アンプ H のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	122
図 3.1.3-16	アンプ H のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	122
図 3.1.3-17	アンプ I のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	123
図 3.1.3-18	アンプ I のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	123
図 3.1.3-19	アンプ J のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	124
図 3.1.3-20	アンプ J のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	124
図 3.1.3-21	アンプ K のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	125
図 3.1.3-22	アンプ K のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	125
図 3.1.3-23	アンプ L のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	126

図 3.1.3-24	アンプ L のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	126
図 3.1.3-25	アンプ M のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	127
図 3.1.3-26	アンプ M のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	127
図 3.1.3-27	アンプ N のパルス間隔分布の比較 (0~1000 μ s)	128
図 3.1.3-28	アンプ N のパルス間隔分布の比較 (0~100 μ s)	128
図 3.2.2-1	中性子検出器及びガンマ線検出器の配置 (概略図)	130
図 3.2.3-1	サンプル A のシングル値の比較	132
図 3.2.3-2	サンプル A のダブル値の比較	132
図 3.2.3-3	サンプル A のトリプル値の比較	132
図 3.2.3-4	サンプル A の Pu 量 (Multiplicity 法)の比較	133
図 3.2.3-5	サンプル A の Pu 量 (Known- α 法)の比較	133
図 3.2.3-6	サンプル B のシングル値の比較	133
図 3.2.3-7	サンプル B のダブル値の比較	134
図 3.2.3-8	サンプル B のトリプル値の比較	134
図 3.2.3-9	サンプル B の Pu 量 (Multiplicity 法)の比較	134
図 3.2.3-10	サンプル B の Pu 量 (Known- α 法)の比較	135
図 3.2.3-11	サンプル C のシングル値の比較	135
図 3.2.3-12	サンプル C のダブル値の比較	135
図 3.2.3-13	サンプル C のトリプル値の比較	136
図 3.2.3-14	サンプル C の Pu 量 (Multiplicity 法)の比較	136
図 3.2.3-15	サンプル C の Pu 量 (Known- α 法)の比較	136
図 3.2.3-16	サンプル D のシングル値の比較	137
図 3.2.3-17	サンプル D のダブル値の比較	137
図 3.2.3-18	サンプル D のトリプル値の比較	137
図 3.2.3-19	サンプル D の Pu 量 (Multiplicity 法)の比較	138
図 3.2.3-20	サンプル D の Pu 量 (Known- α 法)の比較	138
図 3.3.1-1	サンプルホルダー (概略図)	139
図 3.3.2-1	ガンマ線検出器の配置	142
図 3.3.3-1	サンプル A のシングル値の比較	142
図 3.3.3-2	サンプル A のダブル値の比較	143
図 3.3.3-3	サンプル A のトリプル値の比較	143
図 3.3.3-4	サンプル A の Pu 量 (Multiplicity)の比較	143
図 3.3.3-5	サンプル A の Pu 量 (Known- α)の比較	144
図 3.3.3-6	サンプル B のシングル値の比較	144
図 3.3.3-7	サンプル B のダブル値の比較	144
図 3.3.3-8	サンプル B のトリプル値の比較	145
図 3.3.3-9	サンプル B の Pu 量 (Multiplicity)の比較	145

図 3.3.3-10	サンプル B の Pu 量 (Known- α)の比較.....	145
図 3.3.3-11	サンプル C のシングル値の比較.....	146
図 3.3.3-12	サンプル C のダブル値の比較.....	146
図 3.3.3-13	サンプル C のトリプル値の比較.....	146
図 3.3.3-14	サンプル C の Pu 量 (Multiplicity)の比較.....	147
図 3.3.3-15	サンプル C の Pu 量 (Known- α)の比較.....	147
図 3.3.3-16	サンプル D のシングル値の比較.....	147
図 3.3.3-17	サンプル D のダブル値の比較.....	148
図 3.3.3-18	サンプル D のトリプル値の比較.....	148
図 3.3.3-19	サンプル D の Pu 量 (Multiplicity)の比較.....	148
図 3.3.3-20	サンプル D の Pu 量 (Known- α)の比較.....	149
図 3.3.3-21	サンプル A の $^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比の比較.....	149
図 3.3.3-22	サンプル A の $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比の比較.....	150
図 3.3.3-23	サンプル A の ^{240}Pu 実効質量(%)の比較.....	150
図 3.3.3-24	サンプル B の $^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比の比較.....	150
図 3.3.3-25	サンプル B の $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比の比較.....	151
図 3.3.3-26	サンプル B の ^{240}Pu 実効質量(%)の比較.....	151
図 3.3.3-27	サンプル C の $^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比の比較.....	151
図 3.3.3-28	サンプル C の $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比の比較.....	152
図 3.3.3-29	サンプル C の ^{240}Pu 実効質量(%)の比較.....	152
図 3.3.3-30	サンプル D の $^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比の比較.....	152
図 3.3.3-31	サンプル D の $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比の比較.....	153
図 3.3.3-32	サンプル D の ^{240}Pu 実効質量(%)の比較.....	153

表目次

表 1.2-1	AFAS 性能確認試験項目	3
表 1.2-2	AVIS 性能確認試験項目	3
表 1.2-3	IPCA 性能確認試験項目	3
表 1.3-1	性能確認試験スケジュール.....	4
表 1.5-1	AFAS-B 用中性子検出器の測定パラメータ	5
表 1.5-2	AFAS-P 用中性子検出器の測定パラメータ	5
表 1.5-3	中性子検出器パラメータ	6
表 1.6-1	試験に使用した ^{252}Cf 中性子線源.....	7
表 1.7-1	MOX サンプルの性状	8
表 1.7-2	MOX サンプルの同位体組成比	8
表 2.1.3-1	各 AVIS 検出器の各期間におけるバックグラウンドのシングル値の平均値...	13
表 2.2.2-1	各検出器におけるアンプ数.....	72
表 3.1.2-1	AVIS におけるアンプ数	113

写真目次

写真 1.1-1	AFAS の外観写真.....	1
写真 1.1-2	AVIS の外観写真	2
写真 1.1-3	IPCA の外観写真	2
写真 1.7-1	試験に使用したバイアル及び2重ビニールバッグによる梱包状態.....	8
写真 2.2.2-1	AFAS のアンプ (AMPTEK A111)	74
写真 3.2.2-1	J-MOX における AVIS 測定用グローブボックス底部を模擬した治具.....	131
写真 3.3.2-1	JAEA 所掌のガンマ線検出器 (検出器部)	140
写真 3.3.2-2	JAEA 所掌のガンマ線検出器 (MCA 及び PC)	140

添付資料目次

【線源情報】

線源証明書	添付-1
-------	------

【AFAS 性能確認試験】

(1) 2.1 長期管理限界の妥当性確認	添付-11
(2) 2.3 AFAS の機器の健全性確認（ノーマリゼーション）方法の検討	添付-48
(3) 2.4 AFAS の機器の異常検知方法の検討	添付-88

【AVIS 性能確認試験】

(1) 3.2 ガンマ線検出器内液体窒素の量の増減による中性子検出器への影響評価	添付-389
(2) 3.3 サンプルホルダーの設計変更に伴う中性子・ガンマ線検出器への影響評価	添付-414

【IPCA 性能確認試験】

(1) 4.1 長期管理限界の妥当性確認	添付-425
----------------------	--------

1. 試験概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、「JAEA」という）は、原子力規制庁殿（以下、「NRA」という）と平成31年4月に締結した受託業務契約「平成31年度軽水炉等改良技術確証試験等委託費（大型混合酸化物燃料加工施設保障措置機器性能確認試験）事業」に基づき、大型混合酸化物燃料加工施設（以下、「J-MOX」という）に設置される保障措置機器である燃料集合体測定機器（以下、「AFAS」という）、バルク工程内 MOX 粉末・ペレット測定機器（以下、「AVIS」という）及び MOX 原料粉末貯蔵容器測定機器（以下、「IPCA」という）の性能確認試験を実施した。

1.1 試験対象機器

(1) AFAS

AFAS は、軽水炉用 MOX 燃料集合体用の非破壊測定装置であり、PWR 用の AFAS-P 及び BWR 用の AFAS-B の 2 式から構成される。1 式の AFAS は、単位長さあたりの Pu 量測定用の中性子検出器 1 台（Collar 検出器）と燃料集合体の有効長（充填されている MOX ペレットのスタック長）測定用の中性子検出器 2 台（Top Fork 検出器及び Bottom Fork 検出器）により構成される。装置の外観写真を写真 1.1-1 に示す。



写真 1.1-1 AFAS の外観写真

(2) AVIS

AVIS は、工程内から収去した粉末及びペレット用の非破壊測定装置であり、Pu 量測定用の中性子検出器及び Pu 同位体組成比測定用の高純度ゲルマニウム (HPGe) 半導体検出器 (ガンマ線検出器) により構成される。装置の外観写真を写真 1.1-2 に示す。



写真 1.1-2 AVIS の外観写真

(3) IPCA

IPCA は、MOX 原料粉末用の非破壊測定装置であり、Pu 量測定用の中性子検出器、Pu 同位体組成比測定用の電気冷却式高純度ゲルマニウム (HPGe) 半導体検出器 (ガンマ線検出器) 3 台及びロードセル (荷重変換器) により構成される。装置の外観写真を写真 1.1-3 に示す。

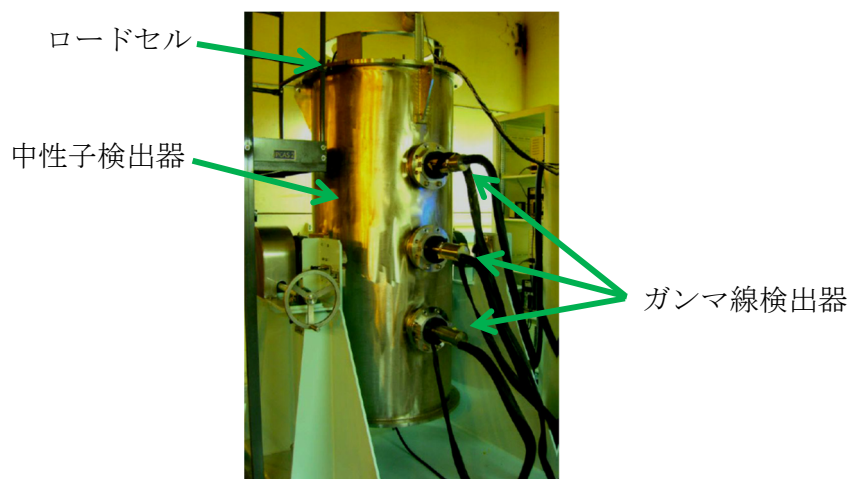


写真 1.1-3 IPCA の外観写真

(公益財団法人 核物質管理センター “H25 年度 大型 MOX 燃料加工施設保障措置試験” 報告書より引用)

1.2 試験項目

(1) AFAS の性能確認試験

AFAS の性能確認試験項目を表 1.2-1 に示す。各試験の詳細については 2.項に示す。

表 1.2-1 AFAS 性能確認試験項目

機器名	試験項目	参照項
AFAS	長期管理限界の妥当性確認	2.1
	パルス間隔分布の評価	2.2
	AFAS の機器の健全性確認（ノーマリゼーション）方法の検討	2.3
	AFAS の機器の異常検知方法の検討	2.4

(2) AVIS の性能確認試験

AVIS の性能確認試験項目を表 1.2-2 に示す。各試験の詳細な内容については 3.項に示す。

表 1.2-2 AVIS 性能確認試験項目

機器名	試験項目	参照項
AVIS	パルス間隔分布の評価	3.1
	ガンマ線検出器内液体窒素の量の増減による中性子検出器への影響評価	3.2
	サンプルホルダーの設計変更に伴う中性子・ガンマ線検出器への影響評価	3.3

(3) IPCA の性能確認試験

IPCA の性能確認試験項目を表 1.2-3 に示す。各試験の詳細な内容については 4.項に示す。

表 1.2-3 IPCA 性能確認試験項目

機器名	試験項目	参照項
IPCA	長期管理限界の妥当性確認	4.1

1.3 試験スケジュール

AFAS、AVIS 及び IPCA の性能確認試験スケジュールを表 1.3-1 に示す。

表 1.3-1 性能確認試験スケジュール

内容	平成 31 年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
性能確認試験												
報告書作成												
試験に係る会合等	▲ 試験計画打合せ (NRA) ▲ JTC ^(*1) 会合 (JNFL ^(*2)) ▲ 受託試験に係る打合せ (米国 LANL ^(*3))											

表中の () は開催場所を示す。

*1 : JTC (共同技術会合 (Joint Technical Committee))

*2 : JNFL (日本原燃株式会社 (Japan Nuclear Fuel Limited))

*3 : LANL (ロスアラモス国立研究所 (Los Alamos National Laboratory))

1.4 試験実施場所

(1) AFAS 性能確認試験

- ・プルトニウム燃料第二開発室 試験検査室 (C) (C-137)
- ・プルトニウム燃料第二開発室 集合体貯蔵室 (C-130)

(2) AVIS 性能確認試験

- ・プルトニウム燃料第一開発室 燃料要素組立室 (R-120)

(3) IPCA 性能確認試験

- ・ロスアラモス国立研究所

1.5 測定パラメータ

(1) AFAS 用測定パラメータ

本試験に用いた AFAS-B 及び AFAS-P の各検出器の測定パラメータを表 1.5-1 及び表 1.5-2 に示す。

表 1.5-1 AFAS-B 用中性子検出器の測定パラメータ

項目	Collar	Top Fork	Bottom Fork
シフトレジスタの種類	AMSR	AMSR	AMSR
プレディレイ (μs)	1.5	1.5	1.5
ゲート幅 (μs)	64.0	64.0	64.0
印加電圧 (V)	1720	1720	1720
ダイアウエイタイム (μs)	50.0	50.0	50.0
中性子検出効率(²⁵² Cf)	0.197	0.008	0.006
Multiplicity デッドタイム補正係数	160.0000×10 ⁻⁹	0.0000	0.0000
デッドタイム補正係数 a	0.6419×10 ⁻⁶	0.0000	0.0000
デッドタイム補正係数 b	0.1030×10 ⁻¹²	0.0000	0.0000

表 1.5-2 AFAS-P 用中性子検出器の測定パラメータ

項目	Collar	Top Fork	Bottom Fork
シフトレジスタの種類	AMSR	AMSR	AMSR
プレディレイ (μs)	1.5	1.5	1.5
ゲート幅 (μs)	64.0	64.0	64.0
印加電圧 (V)	1720	1720	1720
ダイアウエイタイム (μs)	50.0	50.0	50.0
中性子検出効率(²⁵² Cf)	0.162	0.0126	0.0127
Multiplicity デッドタイム補正係数	86.5×10 ⁻⁹	0.0000	0.0000
デッドタイム補正係数 a	0.3458×10 ⁻⁶	0.0000	0.0000
デッドタイム補正係数 b	0.02989×10 ⁻¹²	0.0000	0.0000

(2) AVIS 用測定パラメータ

本試験に用いた AVIS の中性子検出器の測定パラメータを表 1.5-3 に示す。

表 1.5-3 中性子検出器パラメータ

項目	パラメータ
シフトレジスターの種類	AMSR
プリディレイ(μs)	1.5
ゲート幅(μs)	64.0
印加電圧(V)	1,740
ダイアウエイタイム(μs)	30.0
中性子検出効率	0.675
Multiplicity デッドタイム補正係数	72.60×10^{-9}
デッドタイム補正係数 a	0.2904×10^{-6}
デッドタイム補正係数 b	0.0211×10^{-12}
ダブルゲートフラクション	0.7930
トリプルゲートフラクション	0.6225
スロープ <i>b</i>	3.240449×10^2
Alpha weight	1.000
ρ_0	4.707231×10^{-1}
K	2.166

(3) IPCA 用測定パラメータ

本試験に用いた IPCA の中性子検出器の測定パラメータについては、LANL 報告書 “Technical Specification for the Improved Plutonium Canister Assay System (IPCA 2)” (参考文献¹⁾ を参照のこと。

1.6 試験に使用した ^{252}Cf 中性子線源

本試験に使用した ^{252}Cf 中性子線源の線源番号及び中性子放出率を表 1.6-1 に示す。表中の中性子放出率は、各線源の線源証明書に記載されている値を、評価日に合わせて崩壊計算することにより求めた値である。なお、LANL において使用された中性子線源については、LANL 報告書 “Annual IPCA2 Performance Report for JFY19” (添付資料) を参照のこと。

表 1.6-1 試験に使用した ^{252}Cf 中性子線源

線源番号	中性子放出率(n/s)	評価日
WW-906	2.2×10^3	2019/4/1
H4-694	4.6×10^4	
I7-106	6.0×10^4	
K7-436	9.0×10^4	
Q2-334	2.8×10^5	

1.7 試験に使用した MOX サンプル

AVIS の性能確認試験に使用した MOX サンプルの性状及び同位体組成比を表 1.7-1 及び表 1.7-2 に示す。サンプル容器には、IAEA が査察において使用しているポリスチレンバイアル（SPEX 社製 12ml Polystyrene Grinding Vial with Slip-On Cap）を用いた。また、本試験では、サンプルをグローブボックス外で取り扱うため、2重のビニールバッグでバイアルを梱包した。（写真 1.7-1）

表 1.7-1 MOX サンプルの性状

サンプル ID	性状	Pu 量 (g)
A	粉末	1
B		9
C	ペレット	1
D		3

表 1.7-2 MOX サンプルの同位体組成比

サンプル ID	²³⁸ Pu (%)	²³⁹ Pu (%)	²⁴⁰ Pu (%)	²⁴¹ Pu (%)	²⁴² Pu (%)	²⁴¹ Am ^(*4) (%)	崩壊計算日
A	1.168	63.261	26.643	4.184	4.744	3.100	2012/6/21
B							
C	1.067	64.761	25.194	4.709	4.269	5.201	2007/9/7
D							

*4 : ²⁴¹Am 量/Pu 量

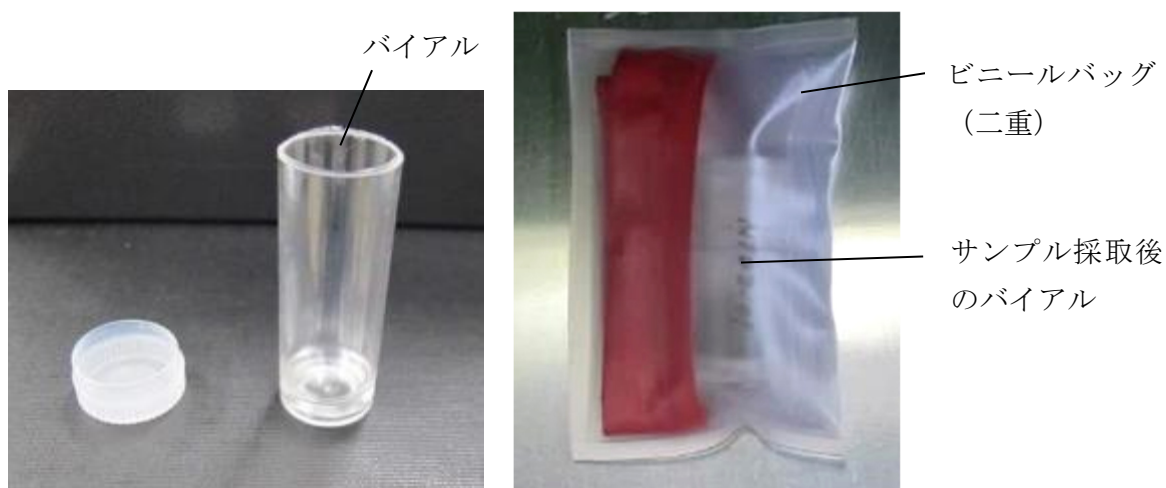


写真 1.7-1 試験に使用したバイアル及び2重ビニールバッグによる梱包状態

2. AFAS の性能確認試験

2.1 長期管理限界の妥当性確認

2.1.1 目的

J-MOX において査察官非立会測定システムとして使用される AFAS の長期安定性を確認する。また、AFAS の各検出器から得られる計数値の長期管理限界^(*5)の妥当性確認（長期管理限界内に収まっているか否かの確認）を定期的に行う。

*5：長期管理限界：長期間の使用を考慮した管理限界（統計的に有効な一定数の測定値をグラフ化した時の、測定値がかなり高い確率で存在する範囲の境界）

2.1.2 方法

連続的なバックグラウンド測定を実施し、AFAS の各検出器の長期安定性を評価すると共に、本測定期間における測定環境の温度及び湿度を測定し、計数値との相関の有無を確認する。

また、定期的な ^{252}Cf 中性子線源測定を実施し、長期にわたり取得した各計数値及び誤差より、AFAS の長期管理限界を評価する。また、測定環境の温湿度と計数値の相関の有無を評価する。

これらの測定は、Multi-Instrument Collect（以下、「MIC」という）ソフトウェア及び IAEA Neutron Coincidence Counting（以下、「INCC」という）ソフトウェアを用いて実施する。

本確認は、AFAS-B 及び AFAS-P の各検出器について行う。

なお、2019年4月現在、AFAS-B 及び AFAS-P 共に専用の中性子計数装置である AMSR-150（以下、「AMSR」という）が故障しているため、本確認は、代替として JAEA 所掌の JSR-12 を用いて実施する。JSR-12 を用いた場合の機器接続図を図 2.1.2-1 に示す。

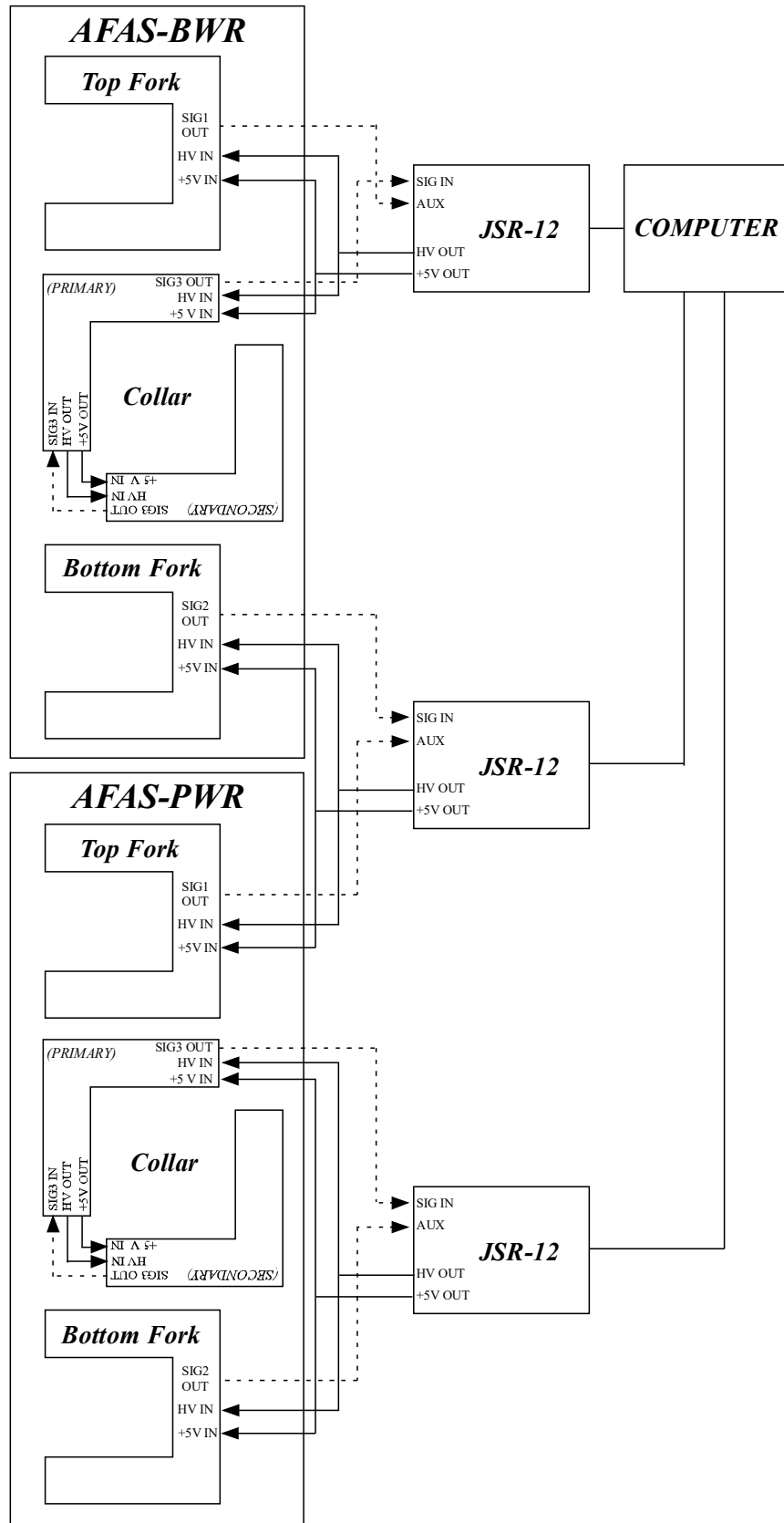


図 2.1.2-1 AFAS 機器接続図

詳細な試験手順を以下に示す。

(1) バックグラウンド測定

- ① AFAS の各検出器及び温湿度計を試験用架台に設置する。
- ② MIC ソフトウェアを用いて、連続的なバックグラウンド測定を実施し、INCC ソフトウェアを用いて各計数値を評価する。測定条件を以下に示す。また、測定期間における温湿度の測定も同時に実施する。
 - ・測定時間：60 秒×∞回
 - ・測定期間：2019 年 4 月～2020 年 3 月(*6)
 - ・取得する計数値：Collar 検出器：シングル値、ダブル値
Fork 検出器：シングル値
- ③ ②にて得られた各計数値における異常値の有無を確認し、各検出器の長期安定性を評価する。また、測定環境の温湿度と計数値の相関の有無を評価する。

*6：AFAS の他の試験期間及び維持管理時、また核燃料物質を近傍で取り扱う査察期間等及び電源が使用不可となる施設保守期間等を除く

(2) ^{252}Cf 中性子線源測定

- ① AFAS の各検出器及び温湿度計を試験用架台に設置する。
- ② 線源固定治具を用いて、1.6 項の表 1.6-1 に示す ^{252}Cf 中性子線源 (H4-694) を任意の検出器にセットする。
- ③ MIC ソフトウェアを用いて、 ^{252}Cf 中性子線源測定を月 1 回の頻度で実施し、INCC ソフトウェアを用いて各計数値を評価する。測定条件を以下に示す。また、測定時における温湿度の測定も同時に実施する。
 - ・測定時間：600 秒
 - ・取得する計数値：Collar 検出器：ダブル値
Fork 検出器：シングル値
- ④ 全ての検出器について、②～③を実施する。
- ⑤ ②～④により得られた各計数値及び誤差より、各検出器の長期管理限界を評価する。また、測定環境の温湿度と計数値の相関の有無を評価する。

2.1.3 結果

(1) バックグラウンド測定

2019年4月から2020年3月までの期間において実施した連続的なバックグラウンド測定の結果及びバックグラウンド計数値と測定環境の温度及び湿度の相関の評価結果を検出器毎に次頁以降の①～⑥に示す。評価結果については、測定期間中の環境変化（AFAS 検出器近傍の設備の移動、隣接する部屋内の放射線源の増減）に合わせ、6つの期間に分けて示した。バックグラウンド測定結果を示すグラフ中の赤色の実線は各計数値の平均値を示し、破線は平均値の $\pm 3\sigma$ （ 3σ は標準偏差を3倍した値）を示す。また、各検出器の各期間におけるバックグラウンドのシングル値の平均値を表2.1.3-1に示す。

AFAS-B Collar 検出器におけるシングル値の平均値は表2.1.3-1に示す通りであり、ほぼ全ての計数値は平均値の $\pm 3\sigma$ の範囲内に収まった。ダブル値の平均値は、全期間において約0.005cpsであった。異常な事象として、シングル値においては、5/14～6/6の期間に計数値の低下が確認され（図2.1.3-1に示す）、11/1に一時的な計数値の低下が確認された（図2.1.3-3に示す）。

AFAS-P Collar 検出器におけるシングル値の平均値は表2.1.3-1に示す通りであり、ほぼ全ての計数値は平均値の $\pm 3\sigma$ の範囲内に収まった。ダブル値の平均値は、全期間において約0.006cpsであった。異常な事象として、シングル値においては、AFAS-Bと同様に5/14～6/6の期間に計数値の低下が確認され（図2.1.3-37に示す）、7月～10月の間に単発的な高い計数値（約17cps～30cps）が10回程度確認された（図2.1.3-38及び図2.1.3-39に示す）。また、ダブル値では、シングル値と同様に7月～10月の間に単発的な高い計数値（約1270cps～3400cps）が10回程度確認された（図2.1.3-44及び図2.1.3-45に示す）。

Fork 検出器における各検出器のシングル値の平均値は表2.1.3-1に示す通りであり、ほぼ全ての計数値は平均値の $\pm 3\sigma$ の範囲内に収まった。

測定期間中、測定環境の温度は約17℃～26℃、湿度は約23%～78%の範囲で変動した。図2.1.3-13～2.1.3-36、図2.1.3-49～2.1.3-72、図2.1.3-79～2.1.3-90、図2.1.3-97～2.1.3-108、図2.1.3-115～2.1.3-126及び図2.1.3-133～2.1.3-144に示すように、各検出器の計数値と温度及び湿度に相関関係はみられなかった。

表 2.1.3-1 各 AVIS 検出器の各期間におけるバックグラウンドのシングル値の平均値

検出器	バックグラウンドのシングル値の平均値 (cps)					
	2019/4/1 ＼ 6/10	6/26 ＼ 9/9	10/1 ＼ 11/5	11/12 ＼ 11/25	11/26 ＼ 12/16	2020/1/29 ＼ 2/17
B Collar	4.794	4.754	4.691	7.691	7.019	7.911
P Collar	5.214	5.132	4.968	9.563	8.483	10.009
B Top	0.503	0.496	0.488	0.915	0.823	0.924
P Top	0.701	0.685	0.671	1.413	1.265	1.463
B Bottom	0.463	0.469	0.459	0.768	0.690	0.784
P Bottom	0.563	0.554	0.542	1.072	0.936	1.105

① AFAS-B Collar 検出器

- ・バックグラウンドのシングル値：図 2.1.3-1～2.1.3-6
- ・バックグラウンドのダブル値：図 2.1.3-7～2.1.3-12
- ・シングル値と温度の相関：図 2.1.3-13～2.1.3-18
- ・ダブル値と温度の相関：図 2.1.3-19～2.1.3-24
- ・シングル値と湿度の相関：図 2.1.3-25～2.1.3-30
- ・ダブル値と湿度の相関：図 2.1.3-31～2.1.3-36

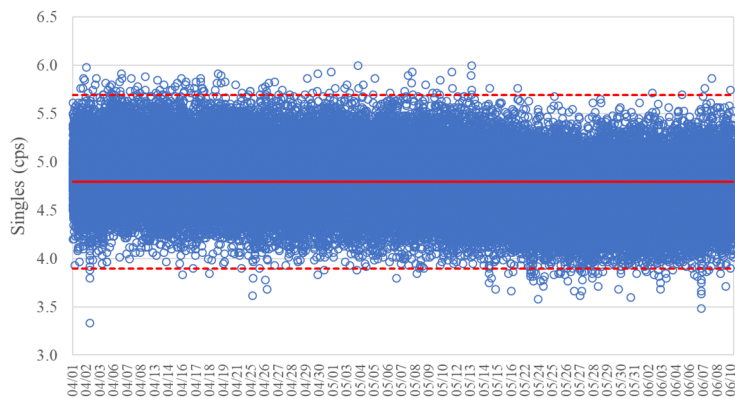


図2.1.3-1 バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01～2019/06/10)
(AFAS-B Collar 検出器)

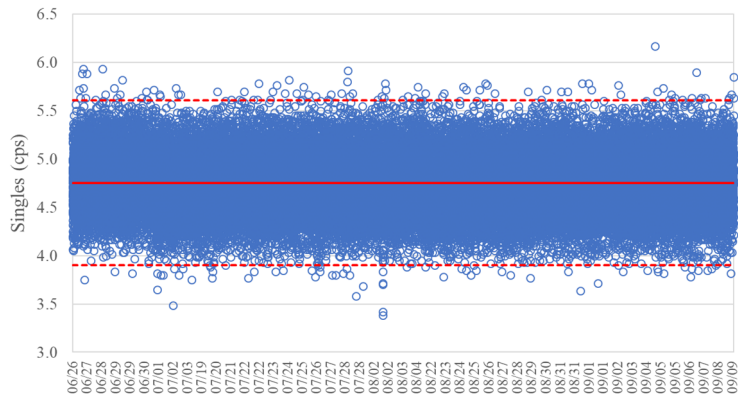


図2.1.3-2 バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26～2019/09/09)
(AFAS-B Collar 検出器)

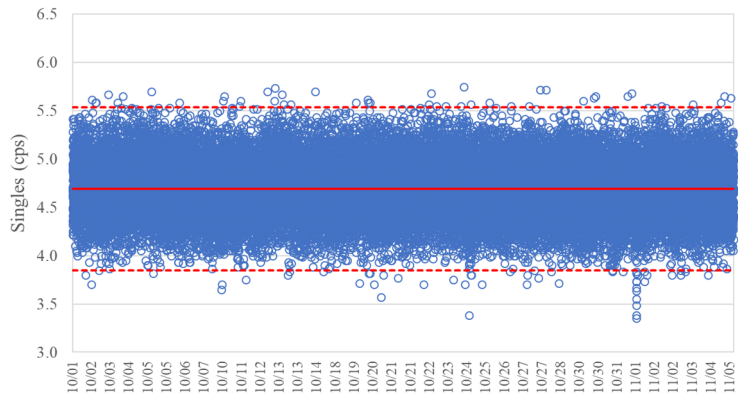


図2.1.3-3 バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01～2019/11/05)
(AFAS-B Collar 検出器)

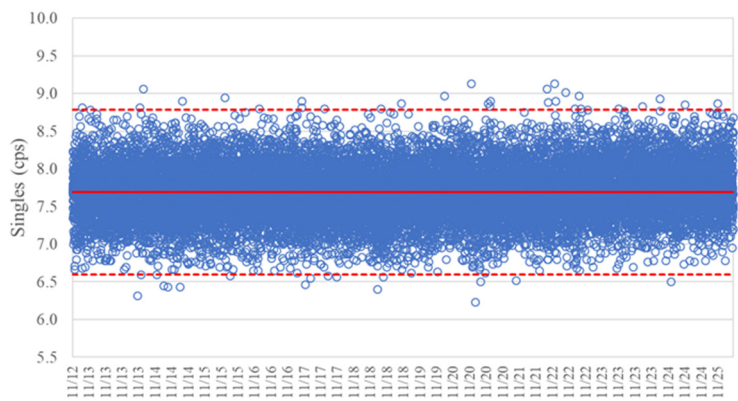


図2.1.3-4 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12～2019/11/25)
(AFAS-B Collar 検出器)

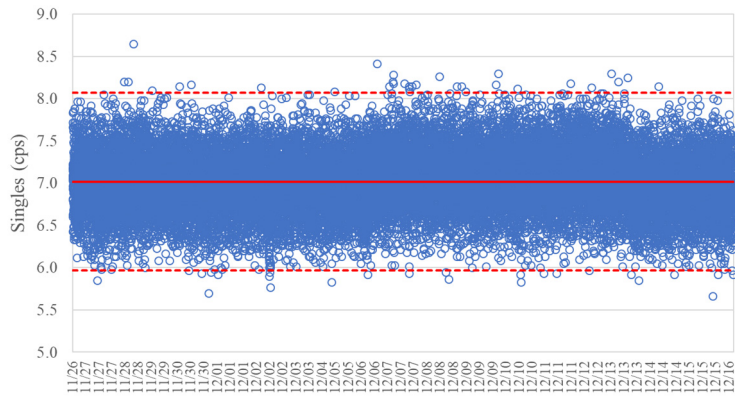


図2.1.3-5 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26～2019/12/16)
(AFAS-B Collar 検出器)

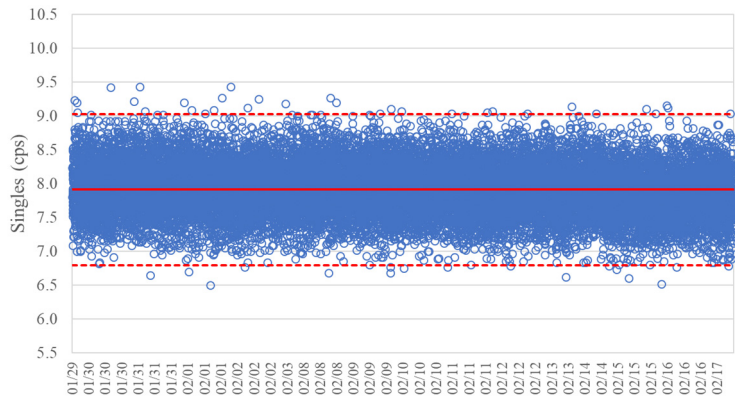


図2.1.3-6 バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29～2020/02/17)
(AFAS-B Collar 検出器)

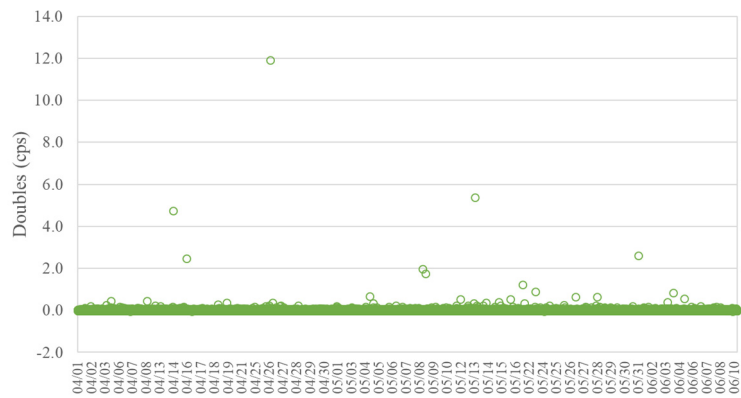


図2.1.3-7 バックグラウンドのダブル値 (2019/04/01～2019/06/10)
(AFAS-B Collar 検出器)

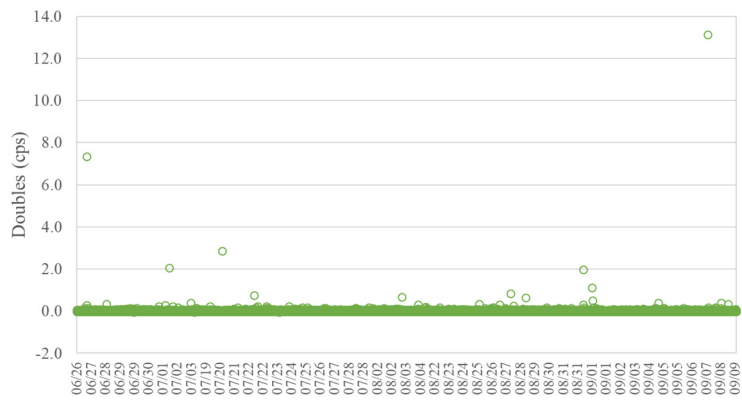


図2.1.3-8 バックグラウンドのダブル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-B Collar 検出器)

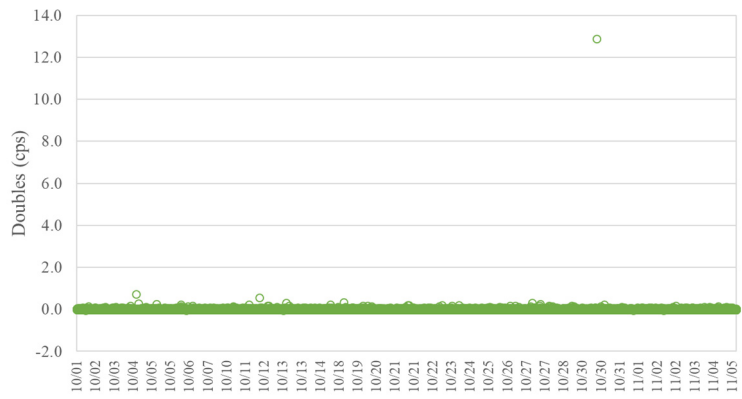


図2.1.3-9 バックグラウンドのダブル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-B Collar 検出器)

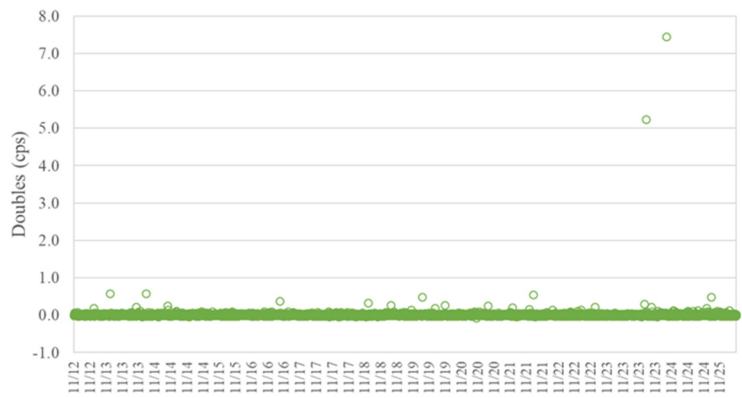


図2.1.3-10 バックグラウンドのダブル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-B Collar 検出器)

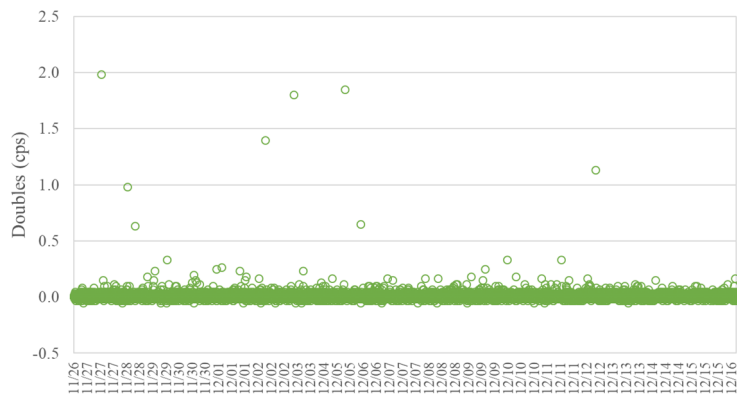


図2.1.3-11 バックグラウンドのダブル値 (2019/11/26～2019/12/16)
(AFAS-B Collar 検出器)

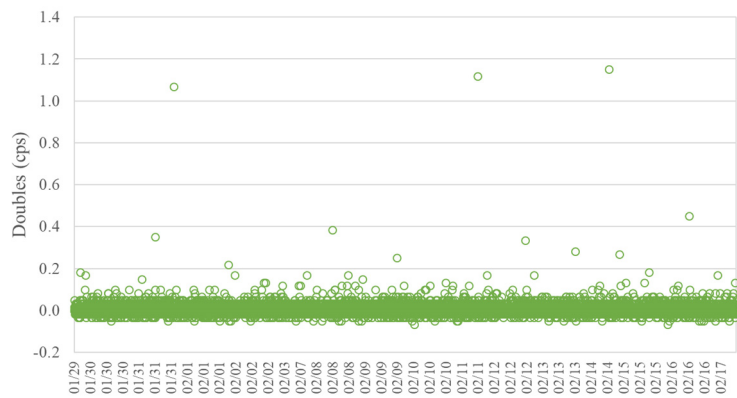


図2.1.3-12 バックグラウンドのダブル値 (2020/01/29～2020/02/17)
(AFAS-B Collar 検出器)

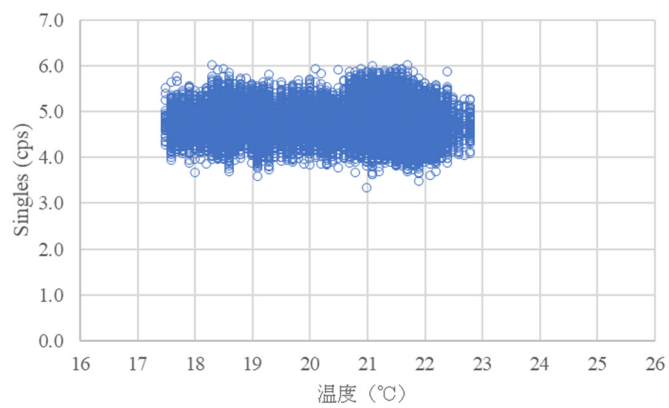


図2.1.3-13 シングル値と温度の相関 (2019/04/01～2019/06/10)
(AFAS-B Collar 検出器)

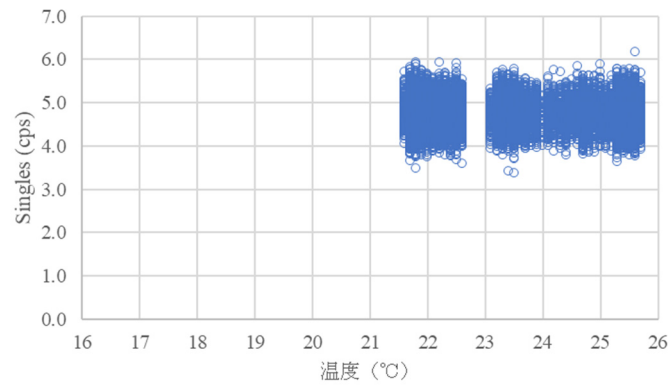


図2.1.3-14 シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-B Collar 検出器)

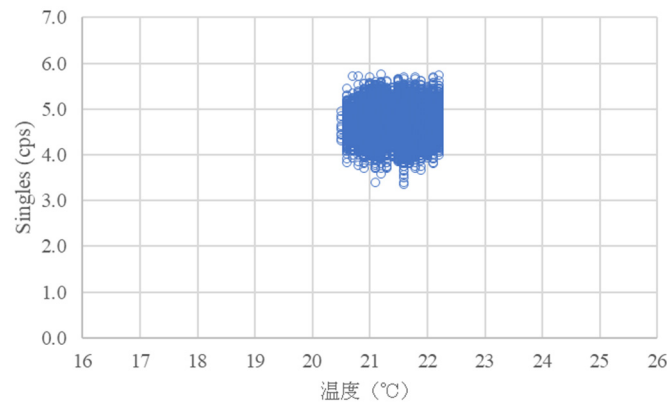


図2.1.3-15 シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-B Collar 検出器)

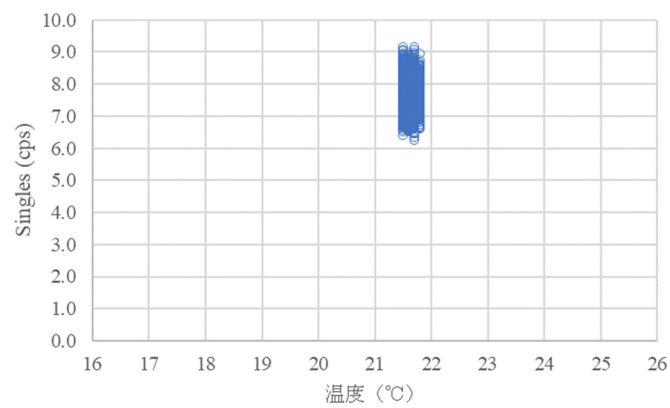


図2.1.3-16 シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-B Collar 検出器)

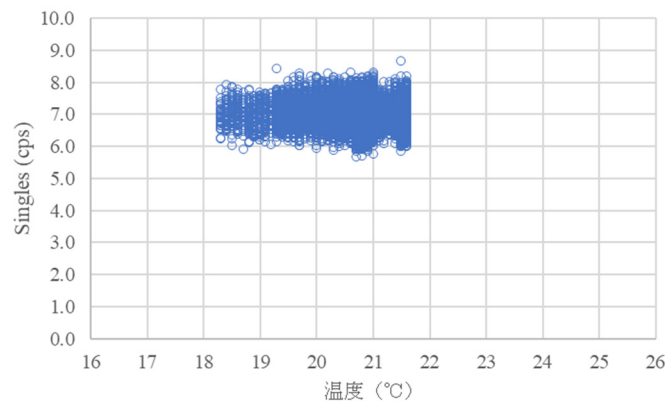


図2.1.3-17 シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-B Collar 検出器)

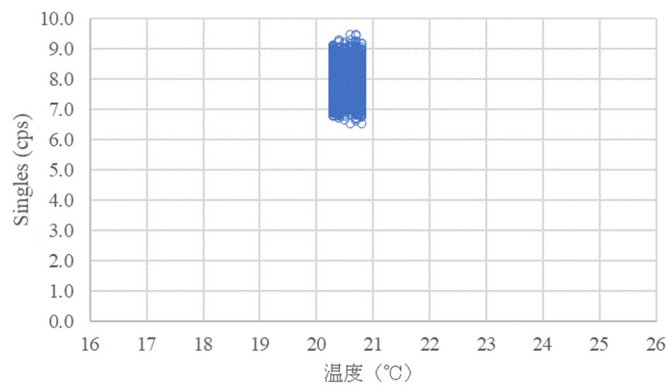


図2.1.3-18 シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-B Collar 検出器)

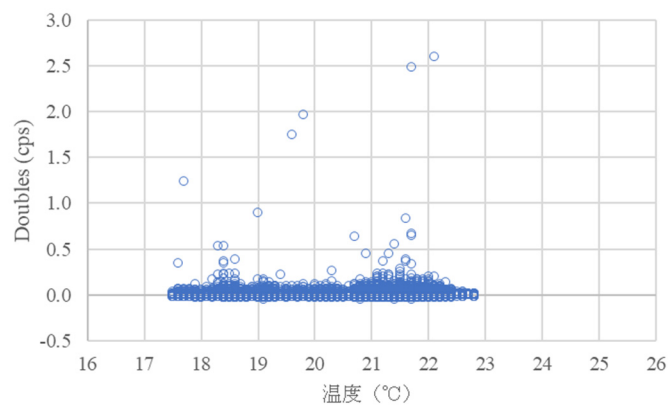


図2.1.3-19 ダブル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-B Collar 検出器)

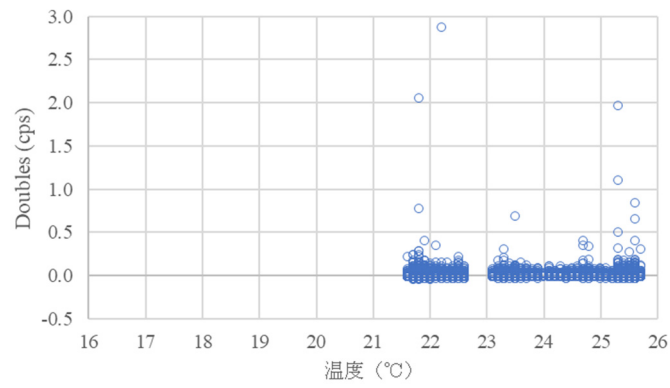


図2.1.3-20 ダブル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-B Collar 検出器)

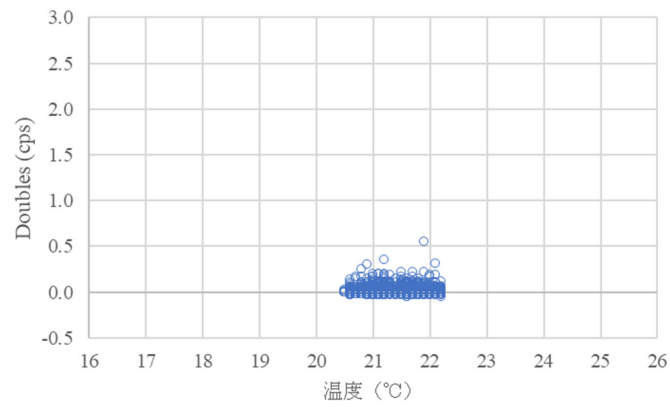


図2.1.3-21 ダブル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-B Collar 検出器)

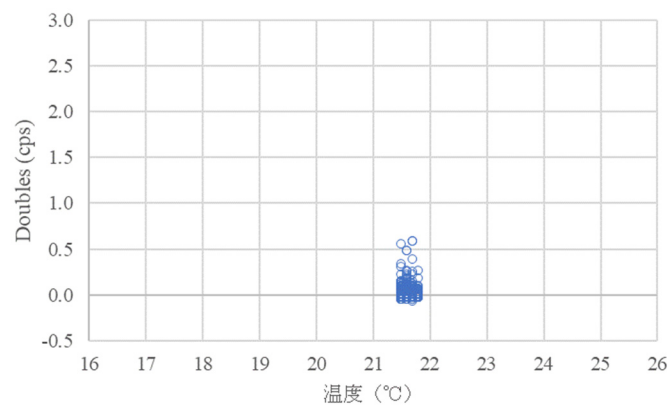


図2.1.3-22 ダブル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-B Collar 検出器)

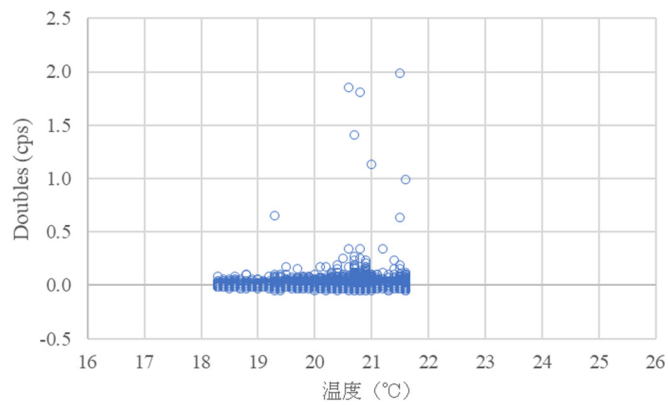


図2.1.3-23 ダブル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-B Collar 検出器)

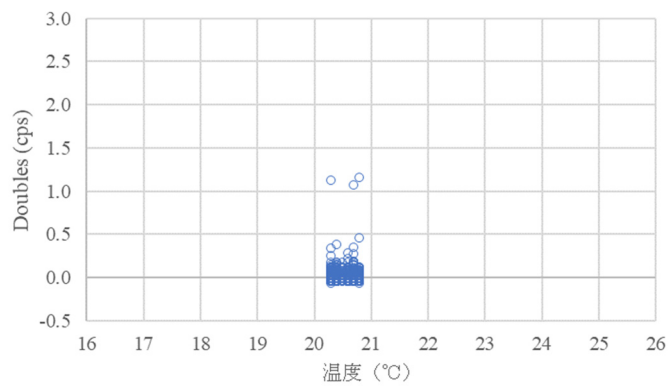


図2.1.3-24 ダブル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-B Collar 検出器)

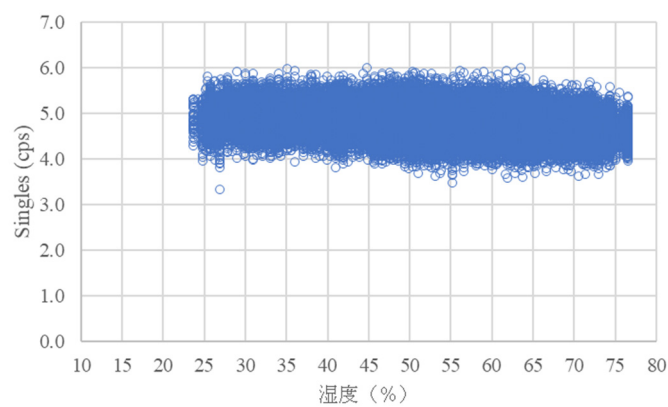


図2.1.3-25 シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-B Collar 検出器)

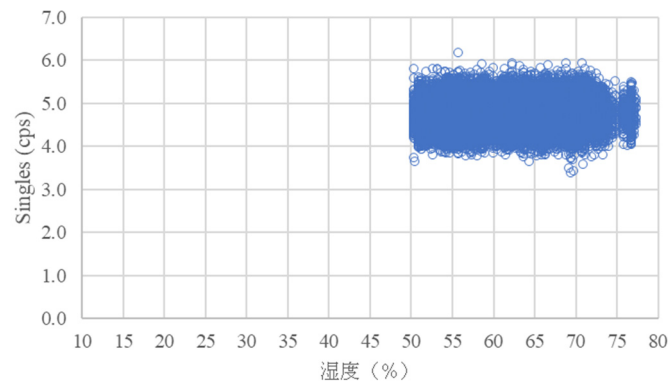


図2.1.3-26 シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-B Collar 検出器)

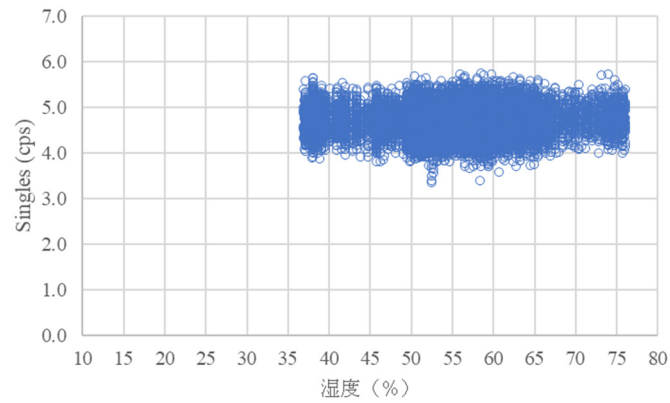


図2.1.3-27 シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-B Collar 検出器)

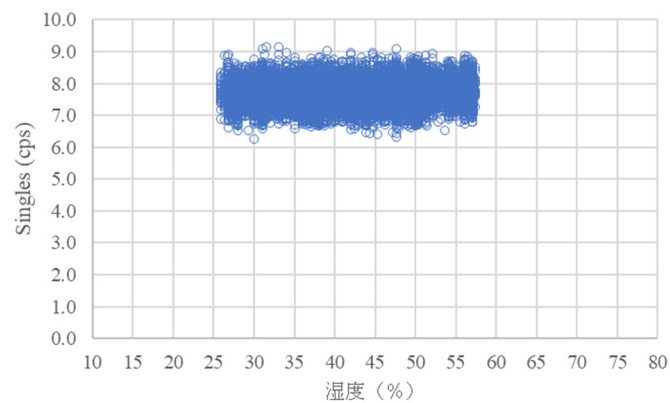


図2.1.3-28 シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-B Collar 検出器)

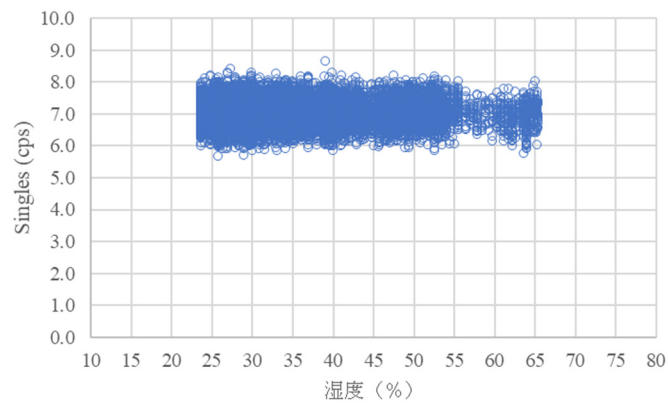


図2.1.3-29 シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-B Collar 検出器)

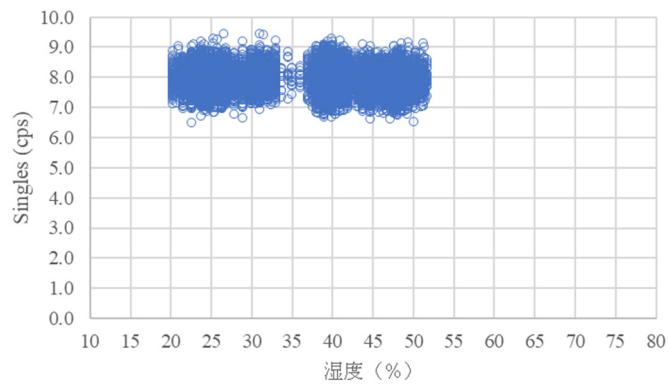


図2.1.3-30 シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-B Collar 検出器)

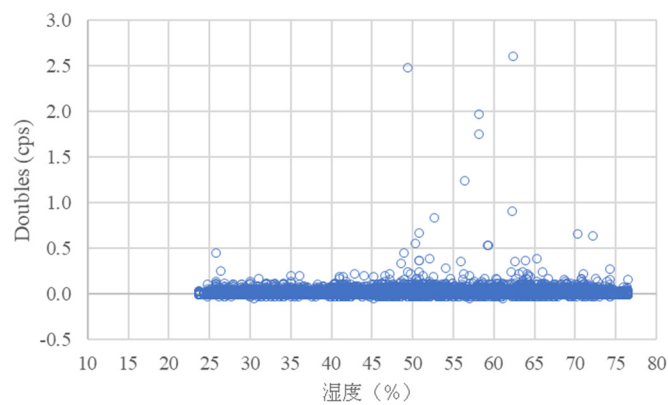


図2.1.3-31 ダブル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-B Collar 検出器)

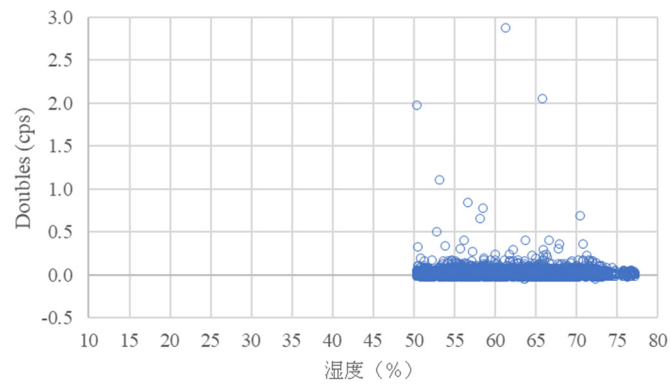


図2.1.3-32 ダブル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-B Collar 検出器)

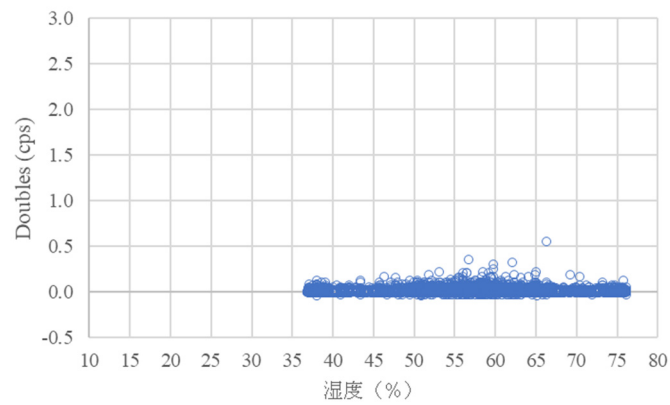


図2.1.3-33 ダブル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-B Collar 検出器)

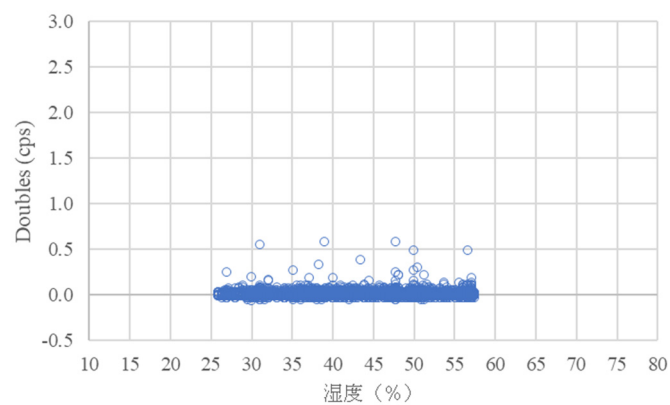


図2.1.3-34 ダブル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-B Collar 検出器)

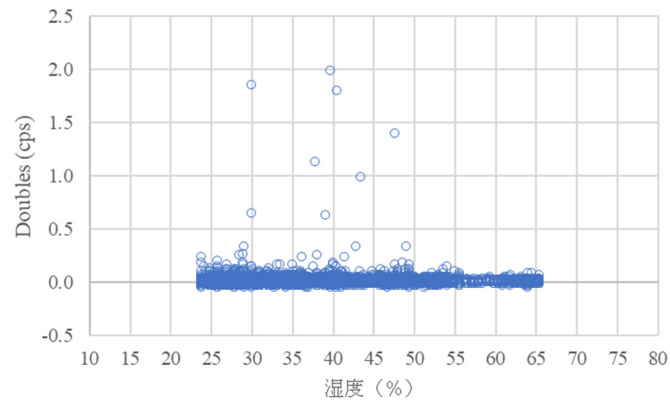


図2.1.3-35 ダブル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-B Collar 検出器)

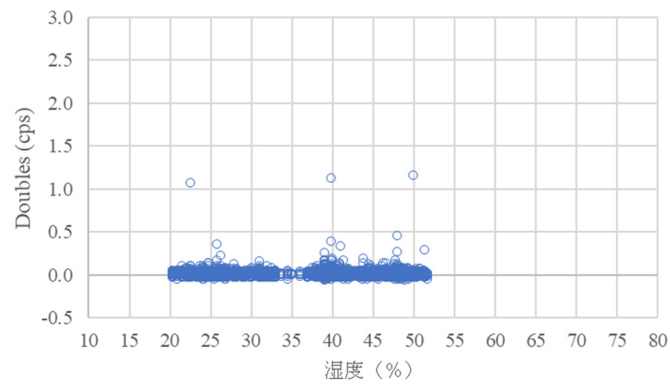


図2.1.3-36 ダブル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-B Collar 検出器)

② AFAS-P Collar 検出器

- バックグラウンドのシングル値：図 2.1.3-37～2.1.3-42
- バックグラウンドのダブル値：図 2.1.3-43～2.1.3-48
- シングル値と温度の相関：図 2.1.3-49～2.1.3-54
- ダブル値と温度の相関：図 2.1.3-55～2.1.3-60
- シングル値と温度の相関：図 2.1.3-61～2.1.3-66
- ダブル値と温度の相関：図 2.1.3-67～2.1.3-72

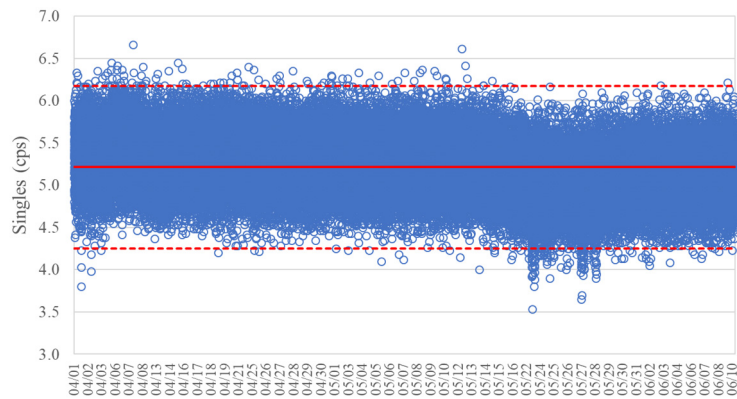


図2.1.3-37 バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01～2019/06/10)
(AFAS-P Collar 検出器)

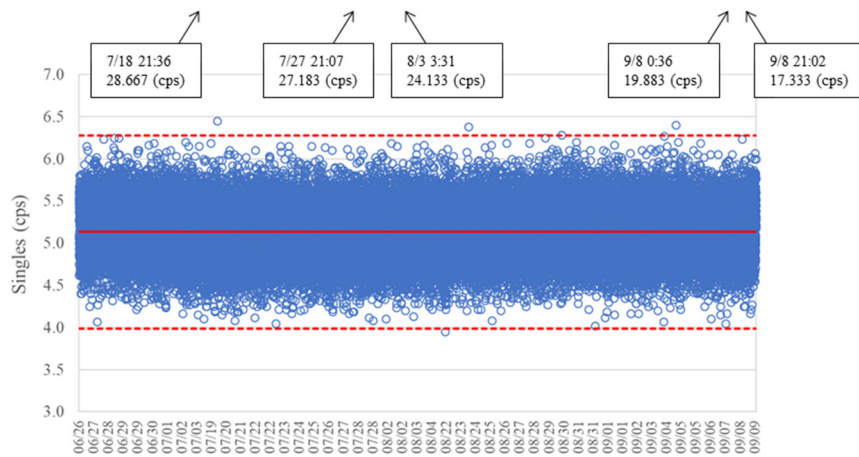


図2.1.3-38 バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26～2019/09/09)
(AFAS-P Collar 検出器)

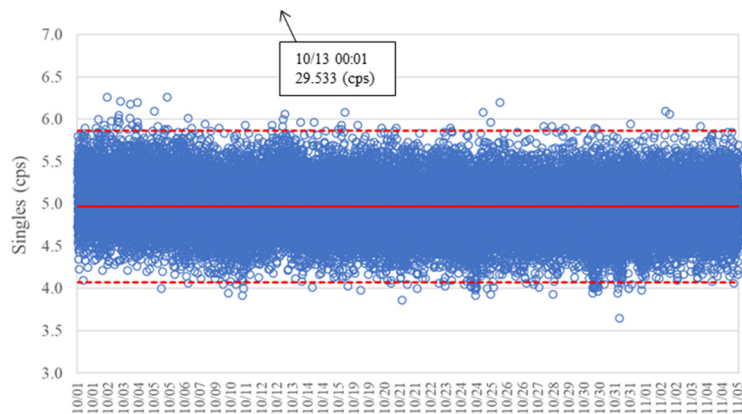


図2.1.3-39 バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Collar 検出器)

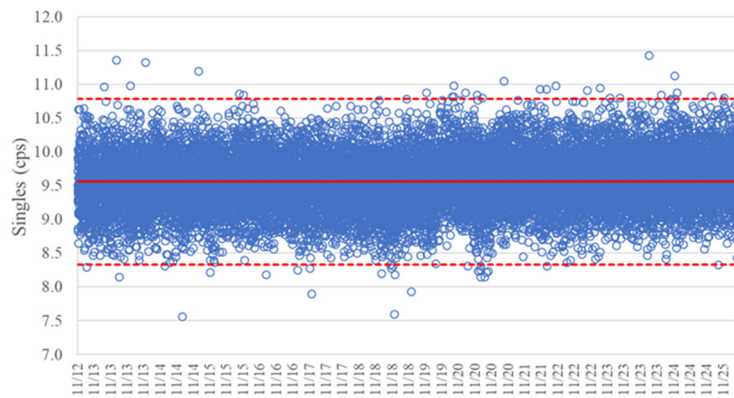


図2.1.3-40 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Collar 検出器)

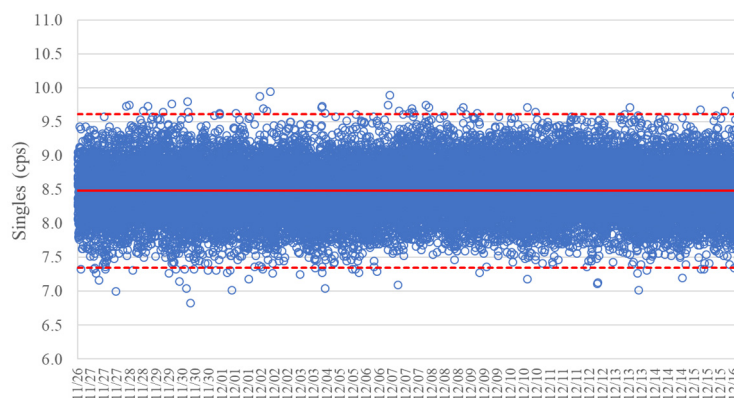


図2.1.3-41 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Collar 検出器)

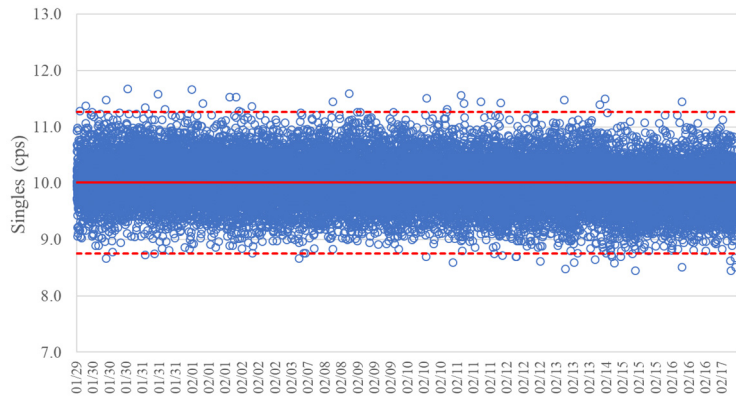


図2.1.3-42 バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-P Collar 検出器)

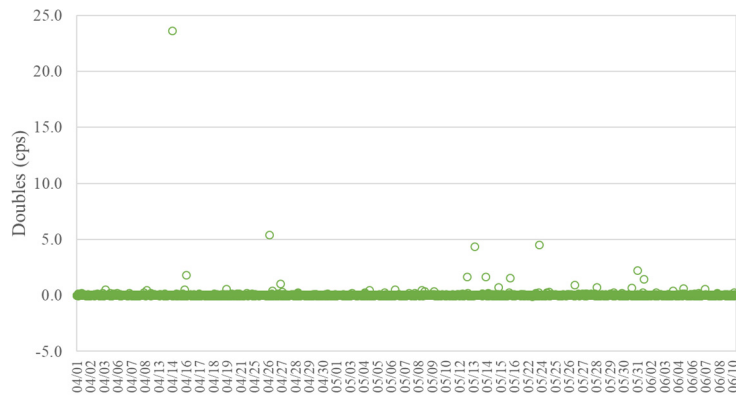


図2.1.3-43 バックグラウンドのダブル値 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-P Collar 検出器)

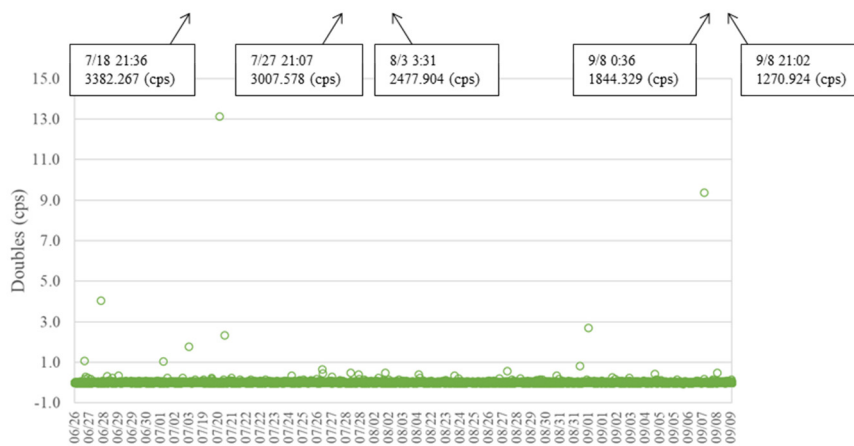


図2.1.3-44 バックグラウンドのダブル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-P Collar 検出器)

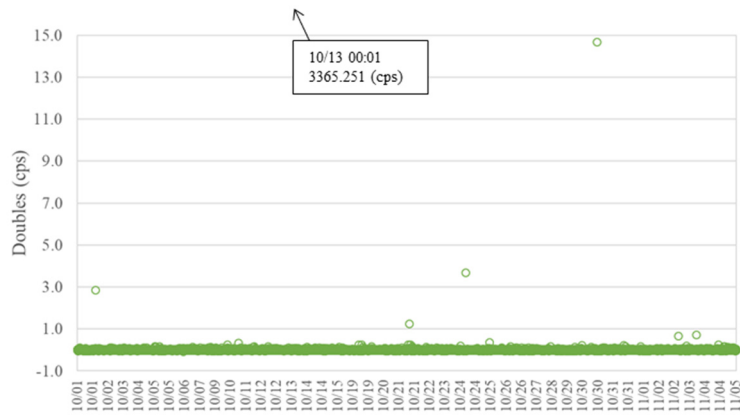


図2.1.3-45 バックグラウンドのダブル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Collar 検出器)

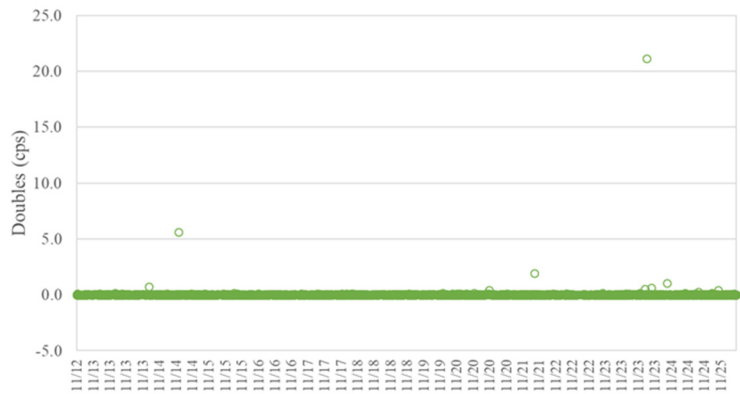


図2.1.3-46 バックグラウンドのダブル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Collar 検出器)

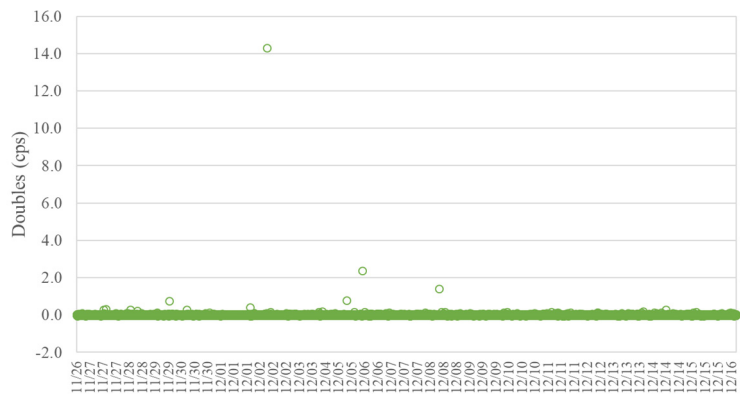


図2.1.3-47 バックグラウンドのダブル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Collar 検出器)

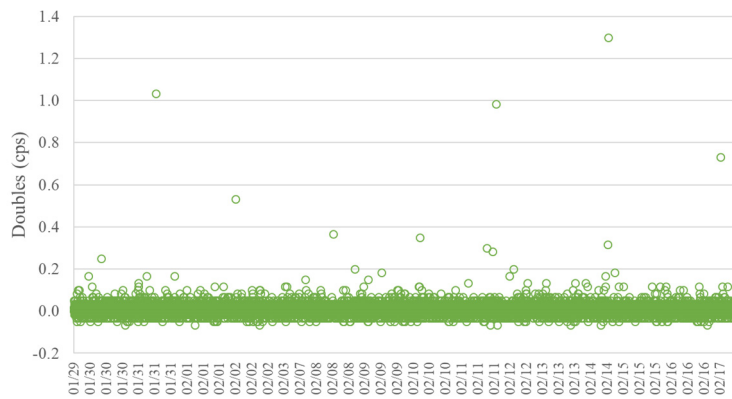


図2.1.3-48 バックグラウンドのダブル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-P Collar 検出器)

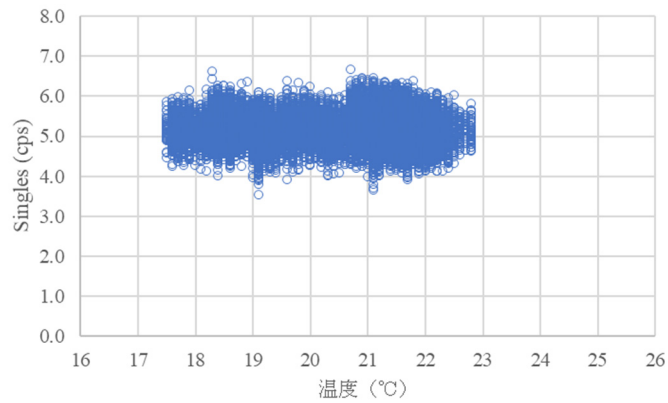


図2.1.3-49 シングル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-P Collar 検出器)

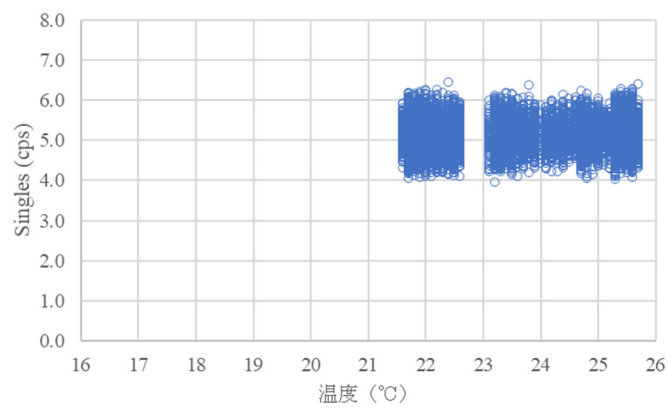


図2.1.3-50 シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-P Collar 検出器)

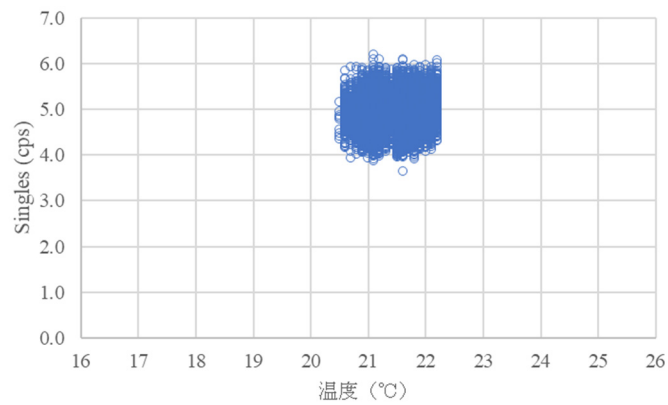


図2.1.3-51 シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Collar 検出器)

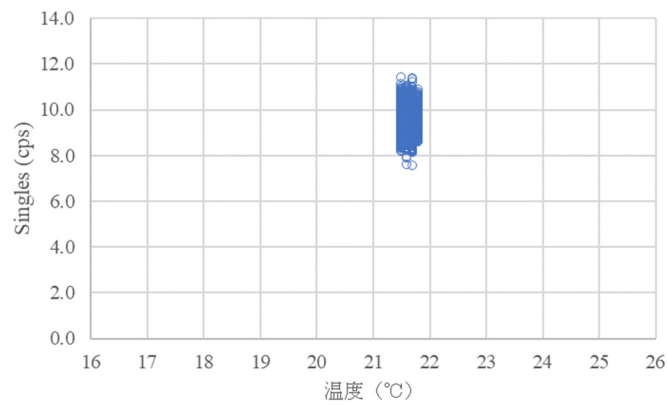


図2.1.3-52 シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Collar 検出器)

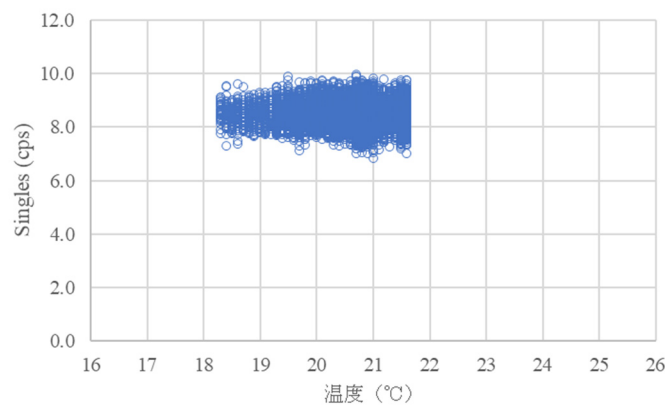


図2.1.3-53 シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Collar 検出器)

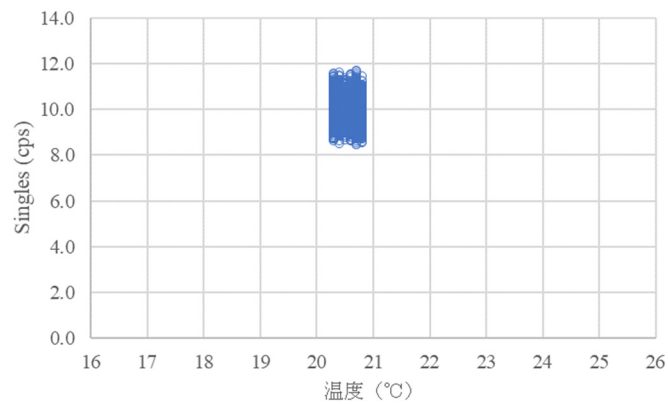


図2.1.3-54 シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-P Collar 検出器)

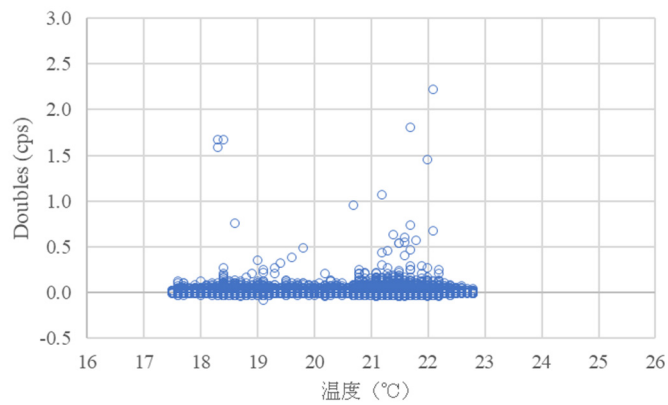


図2.1.3-55 ダブル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-P Collar 検出器)

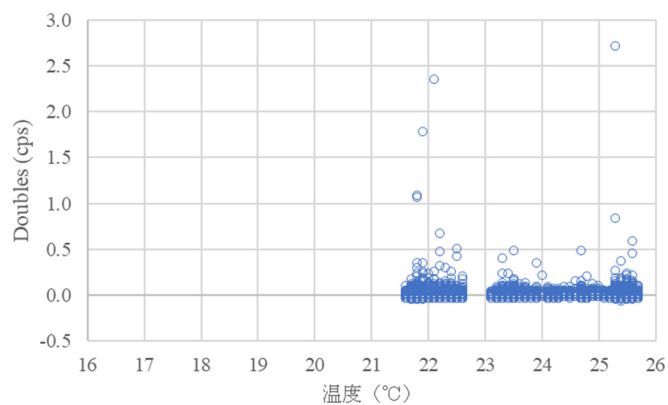


図2.1.3-56 ダブル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-P Collar 検出器)

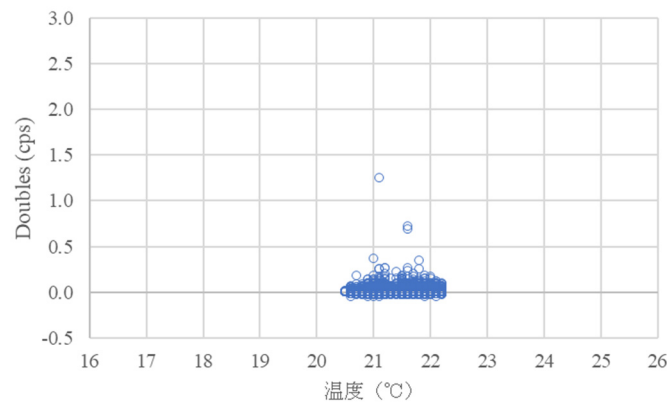


図2.1.3-57 ダブル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Collar 検出器)

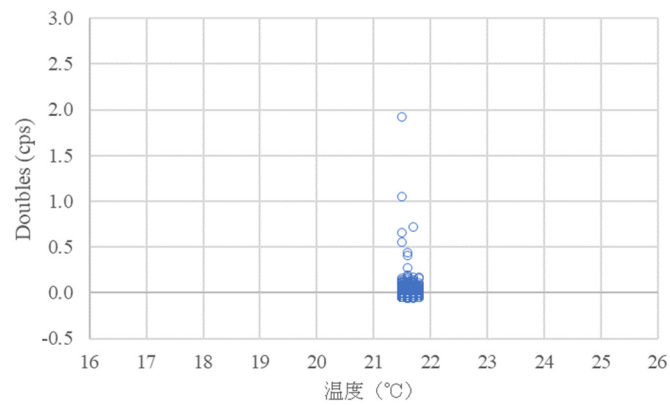


図2.1.3-58 ダブル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Collar 検出器)

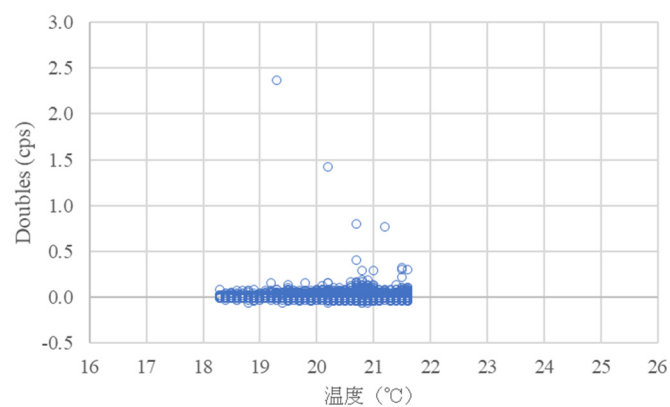


図2.1.3-59 ダブル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Collar 検出器)

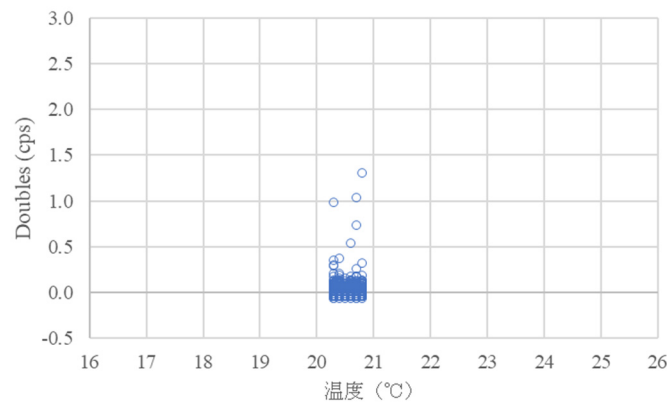


図2.1.3-60 ダブル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-P Collar 検出器)

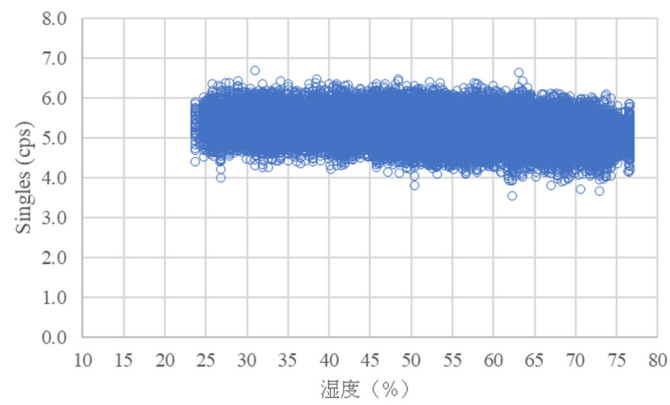


図2.1.3-61 シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-P Collar 検出器)

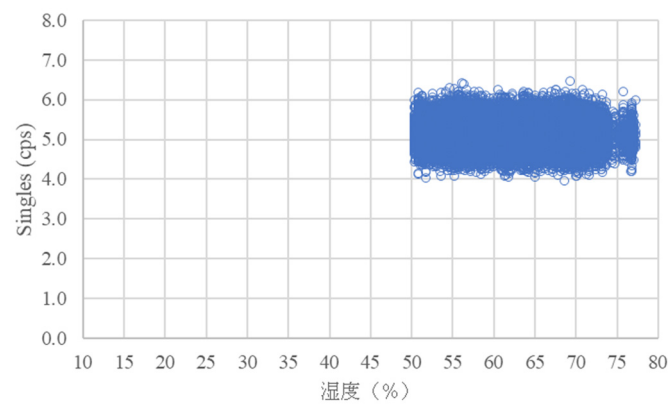


図2.1.3-62 シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-P Collar 検出器)

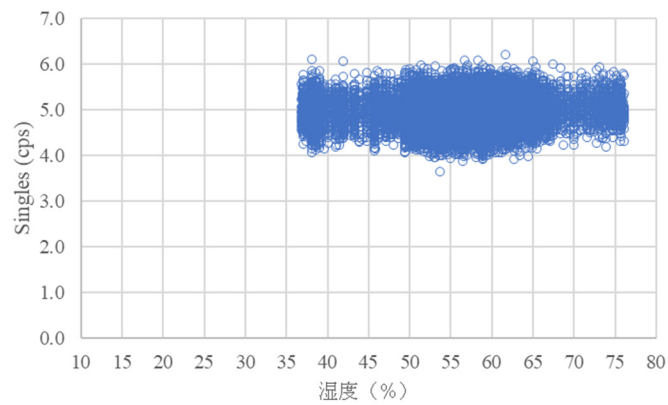


図2.1.3-63 シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Collar 検出器)

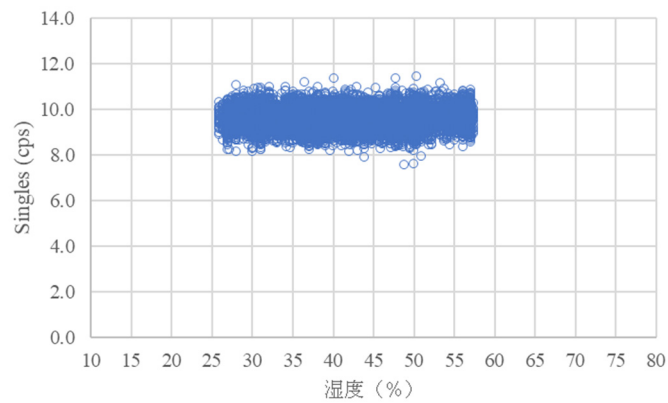


図2.1.3-64 シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Collar 検出器)

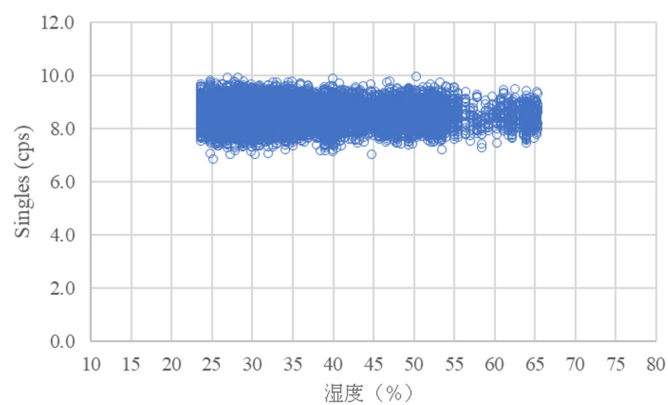


図2.1.3-65 シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Collar 検出器)

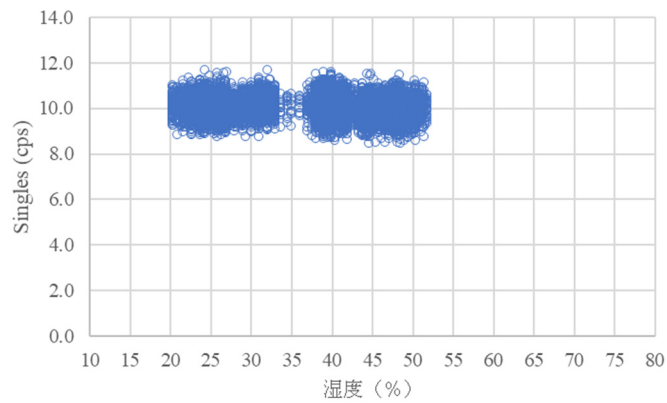


図2.1.3-66 シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-P Collar 検出器)

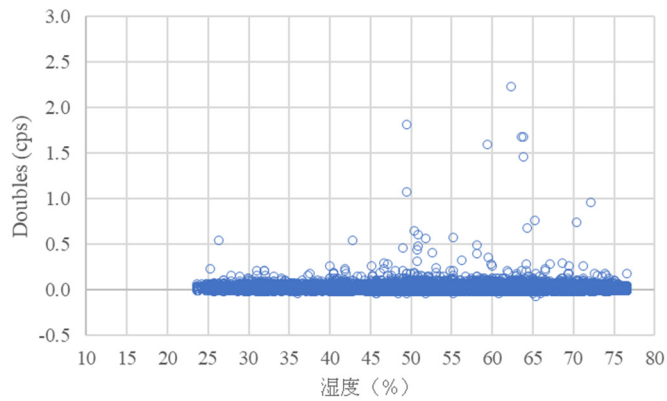


図2.1.3-67 ダブル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-P Collar 検出器)

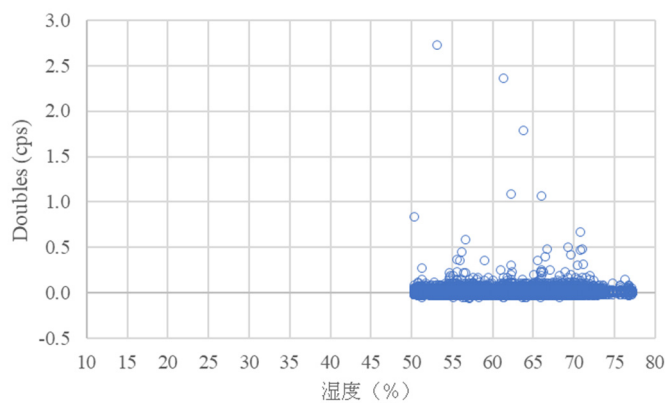


図2.1.3-68 ダブル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-P Collar 検出器)

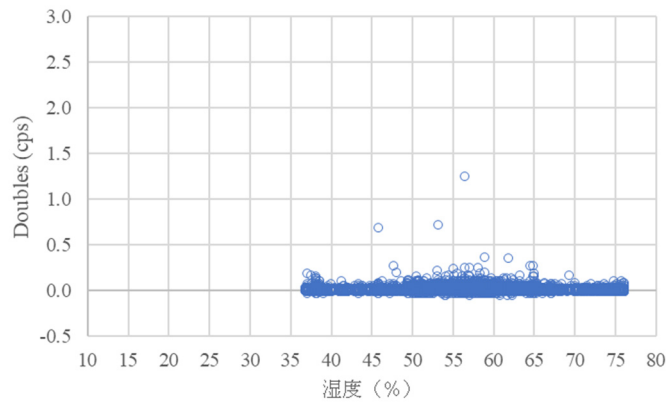


図2.1.3-69 ダブル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Collar 検出器)

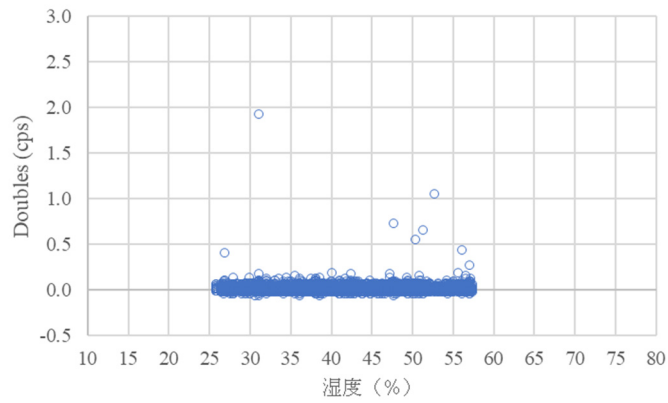


図2.1.3-70 ダブル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Collar 検出器)

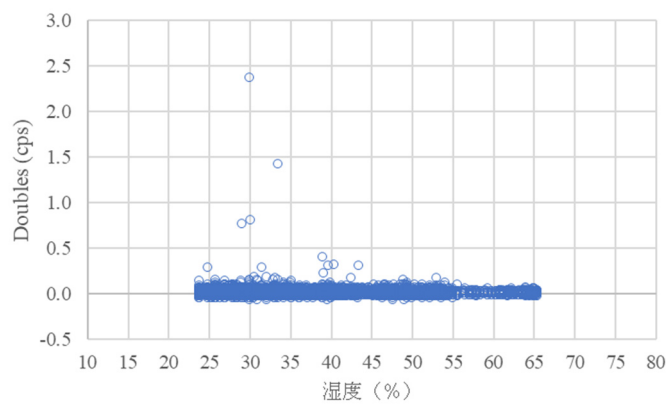


図2.1.3-71 ダブル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Collar 検出器)

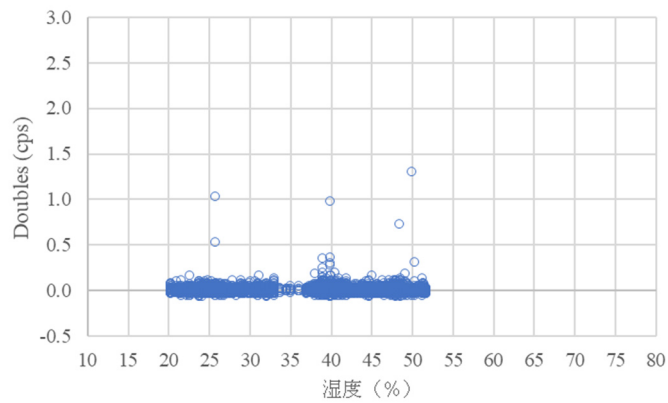


図2.1.3-72 ダブル値と湿度の相関 (2020/01/29～2020/02/17)
(AFAS-P Collar 検出器)

③ AFAS-B Top Fork 検出器

- バックグラウンドのシングル値 : 図 2.1.3-73～2.1.3-78
- シングル値と温度の相関 : 図 2.1.3-79～2.1.3-84
- シングル値と湿度の相関 : 図 2.1.3-85～2.1.3-90

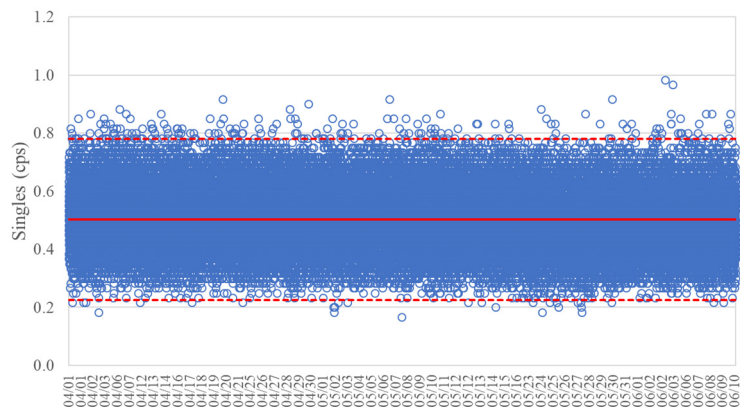


図2.1.3-73 バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01～2019/06/10)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

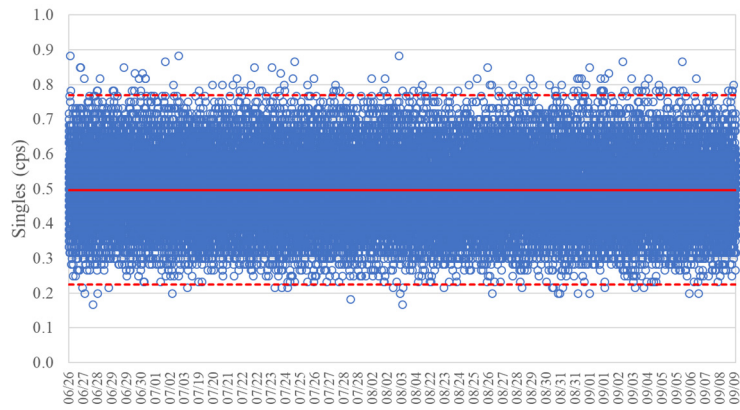


図2.1.3-74 バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

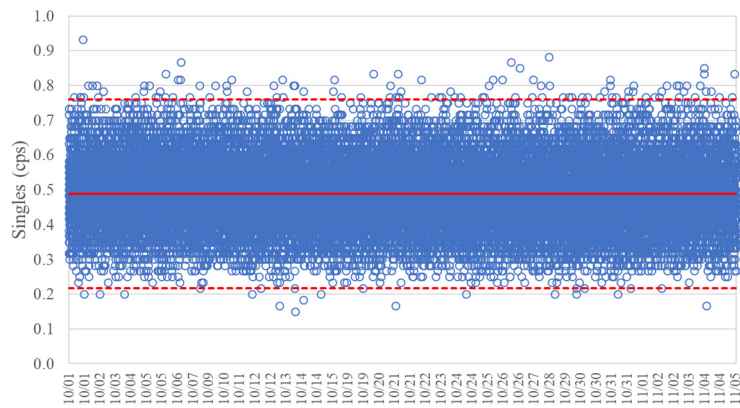


図2.1.3-75 バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

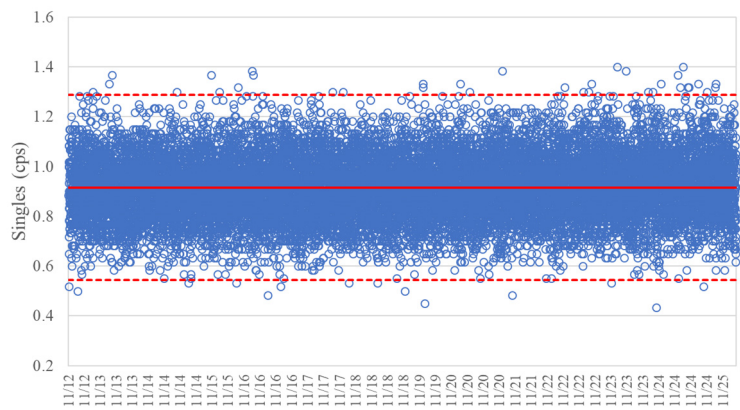


図2.1.3-76 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

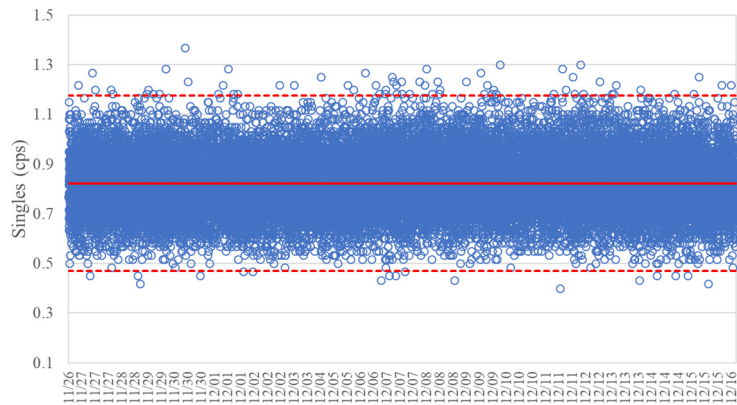


図2.1.3-77 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

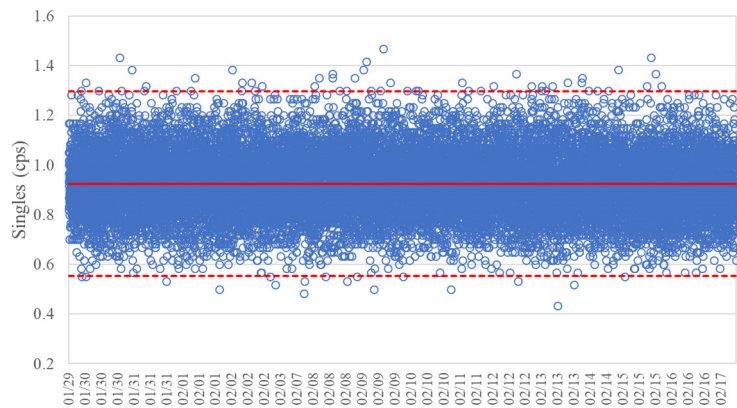


図2.1.3-78 バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

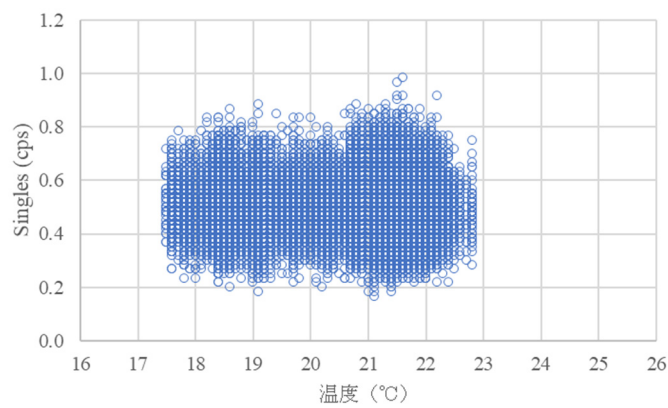


図2.1.3-79 シングル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

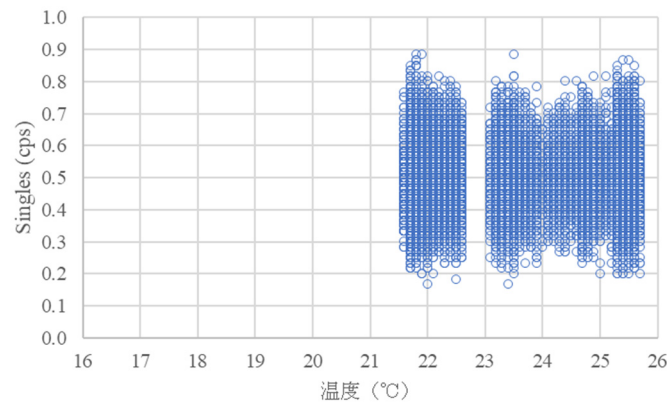


図2.1.3-80 シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

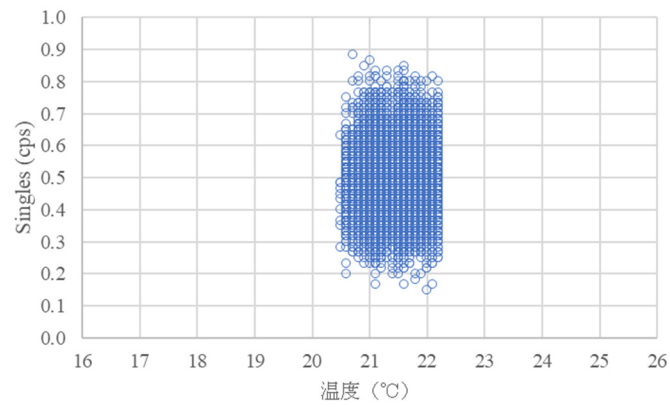


図2.1.3-81 シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

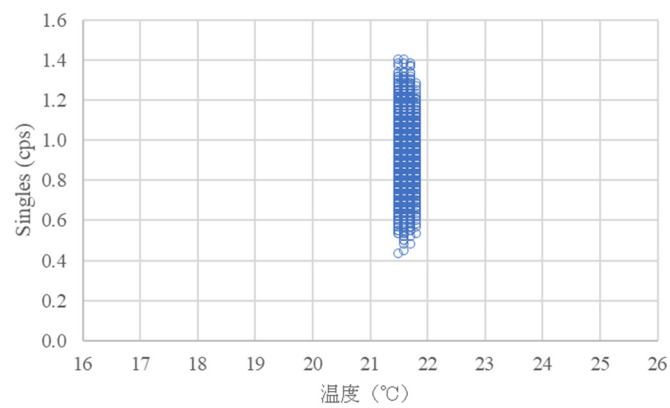


図2.1.3-82 シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

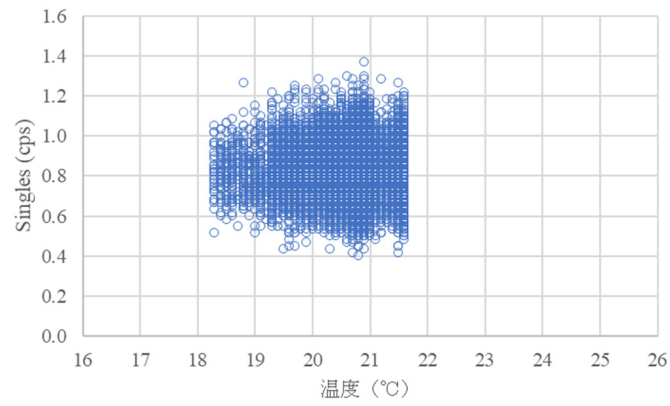


図2.1.3-83 シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

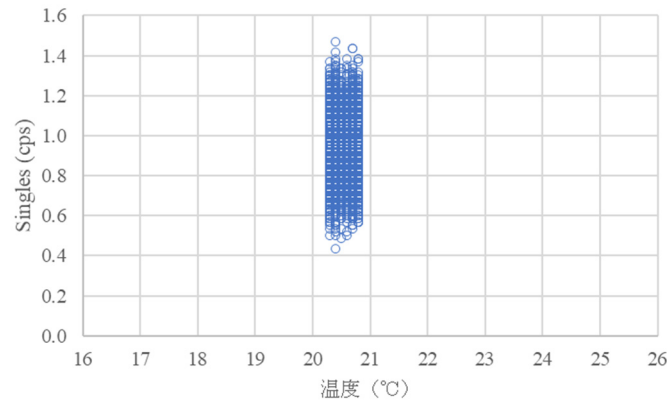


図2.1.3-84 シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

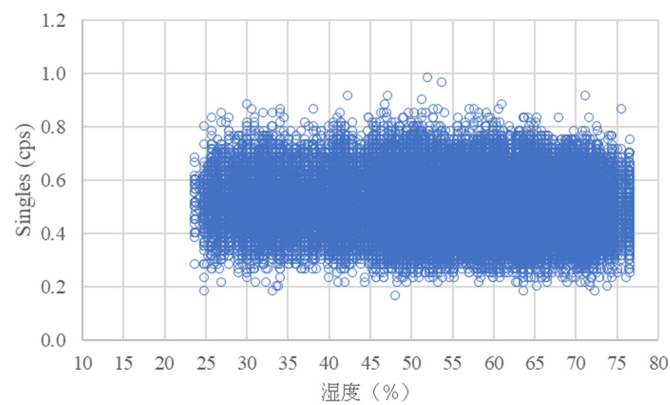


図2.1.3-85 シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

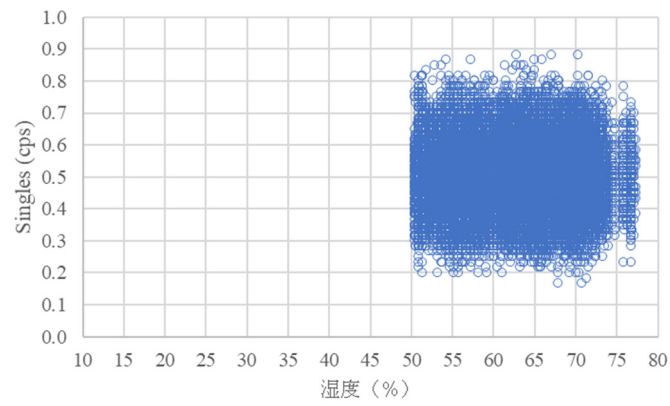


図2.1.3-86 シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

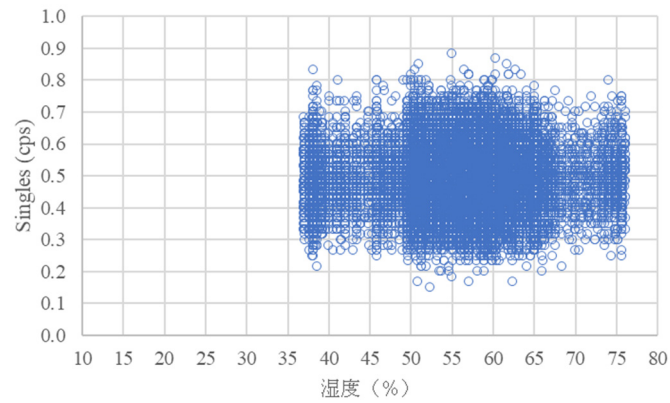


図2.1.3-87 シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

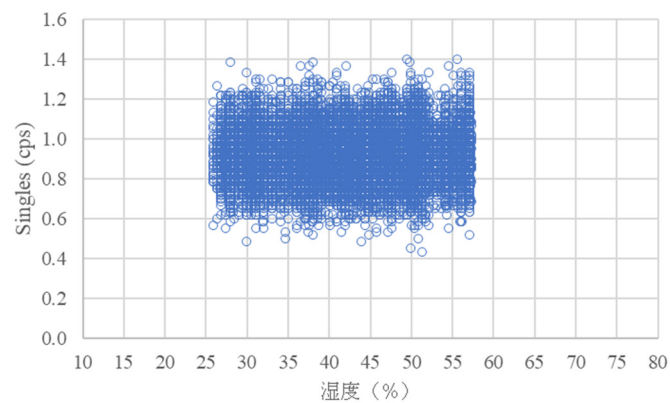


図2.1.3-88 シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

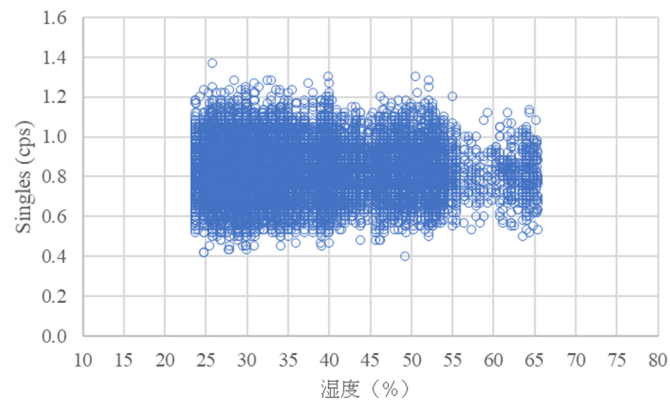


図2.1.3-89 シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

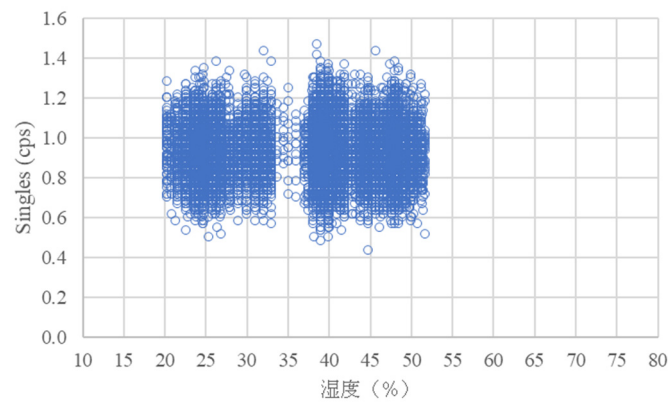


図2.1.3-90 シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-B Top Fork 検出器)

④ AFAS-P Top Fork 検出器

- バックグラウンドのシングル値 : 図 2.1.3-91~2.1.3-96
- シングル値と温度の相関 : 図 2.1.3-97~2.1.3-102
- シングル値と湿度の相関 : 図 2.1.3-103~2.1.3-108

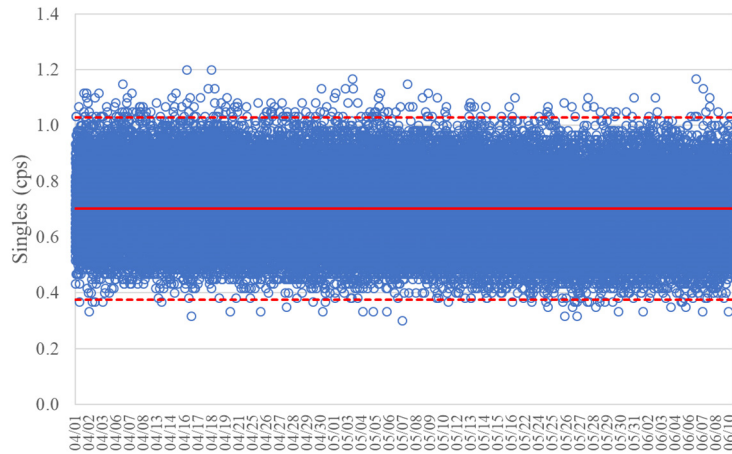


図2.1.3-91 バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

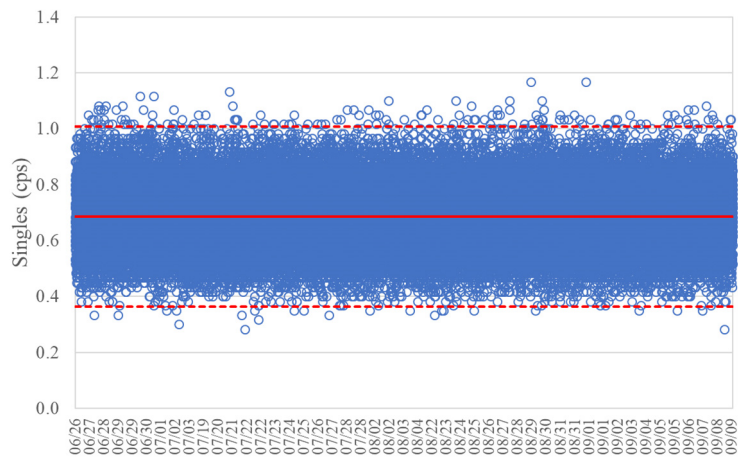


図2.1.3-92 バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

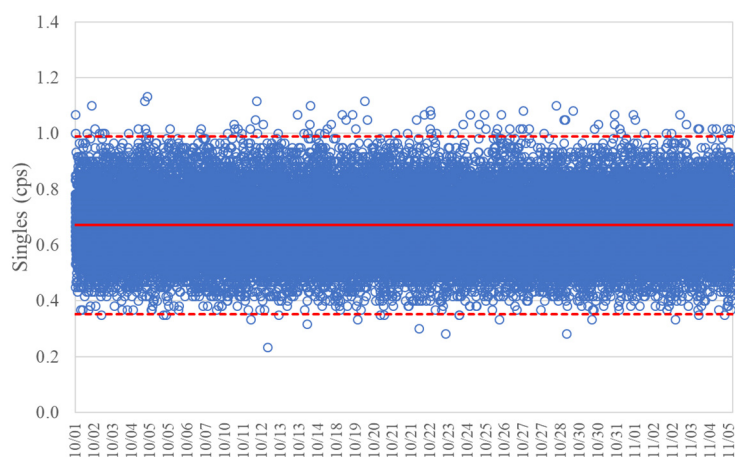


図2.1.3-93 バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

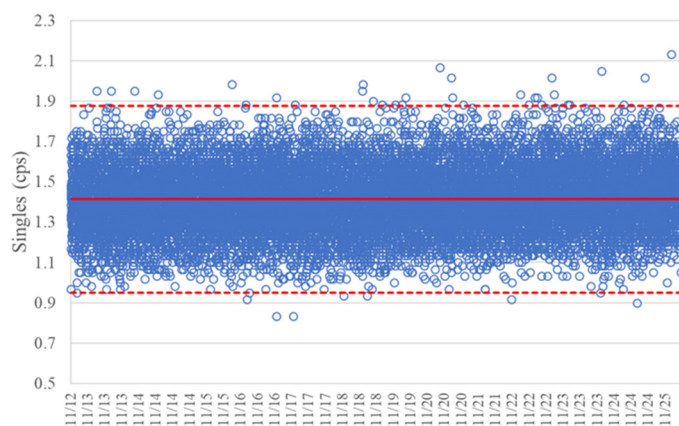


図2.1.3-94 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

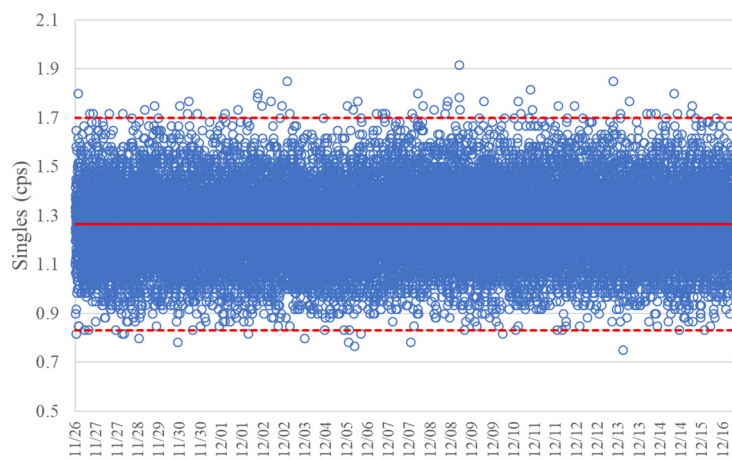


図2.1.3-95 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

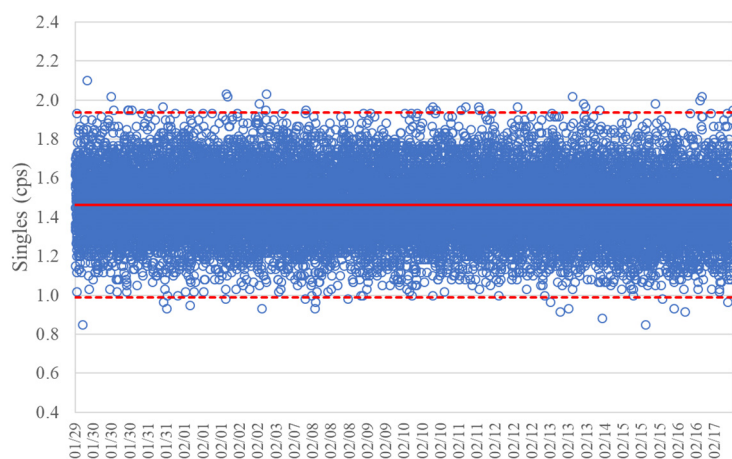


図2.1.3-96 バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

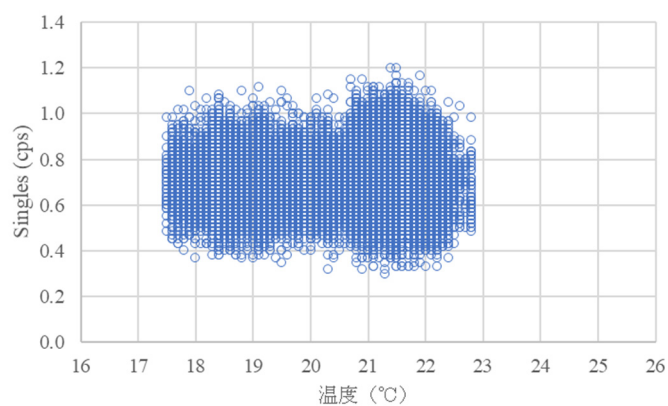


図2.1.3-97 シングル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

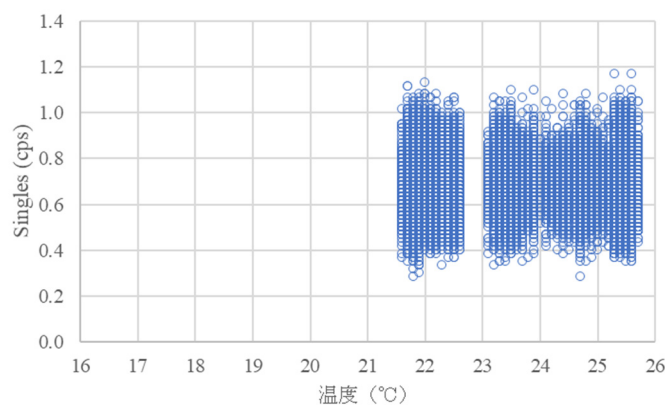


図2.1.3-98 シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

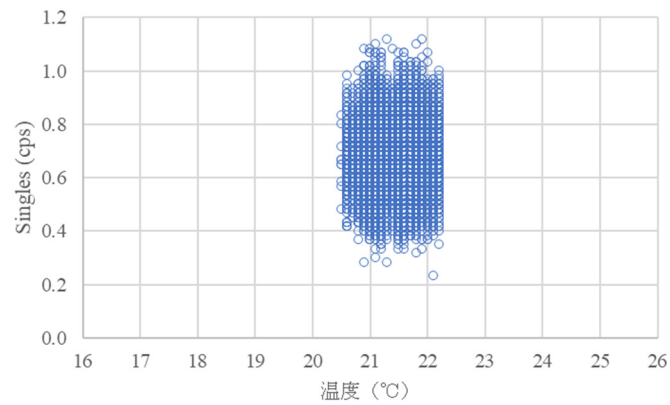


図2.1.3-99 シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

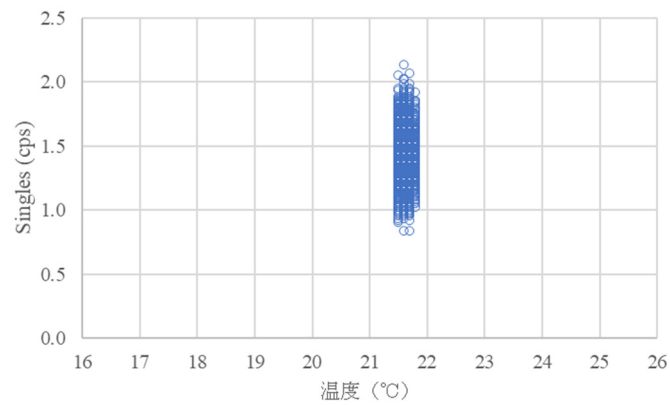


図2.1.3-100 シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

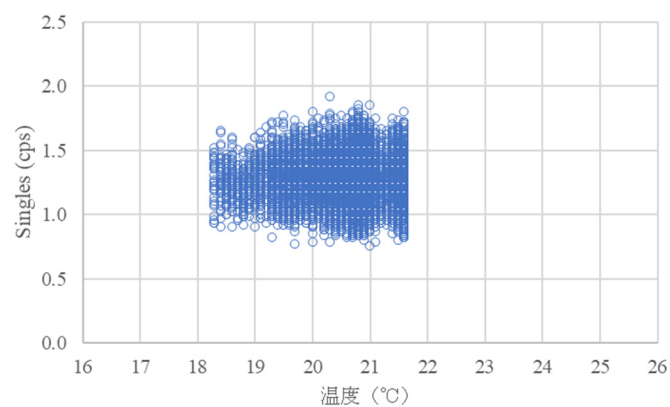


図2.1.3-101 シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

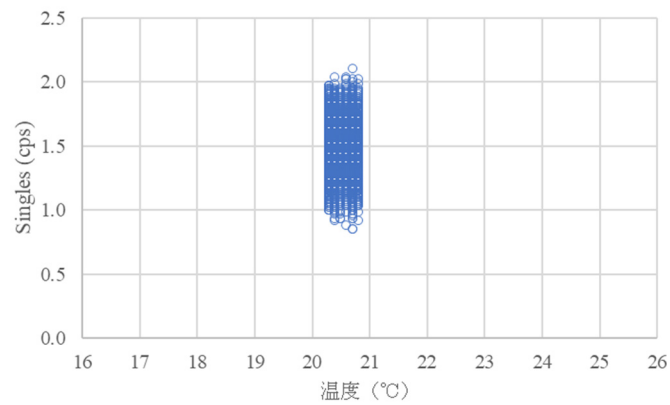


図2.1.3-102 シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

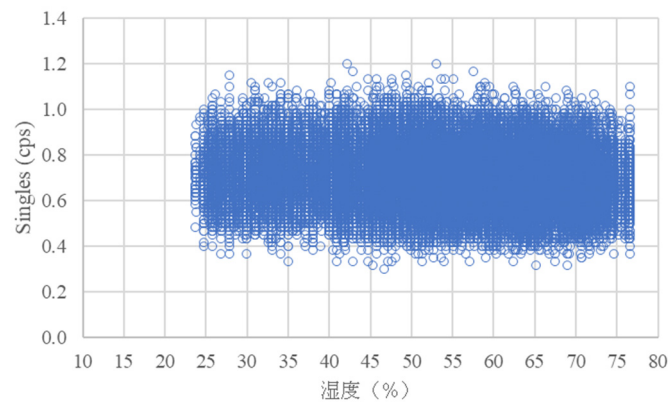


図2.1.3-103 シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

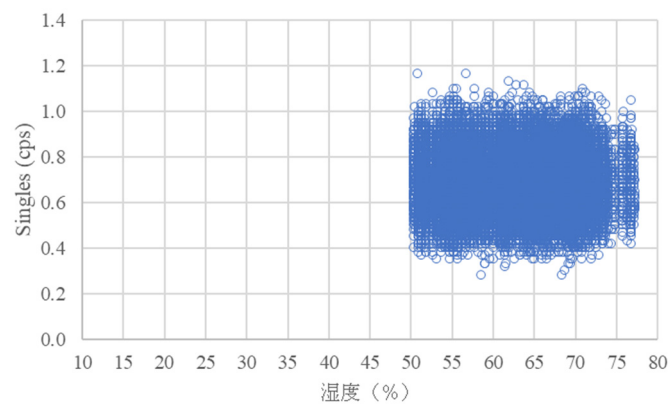


図2.1.3-104 シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

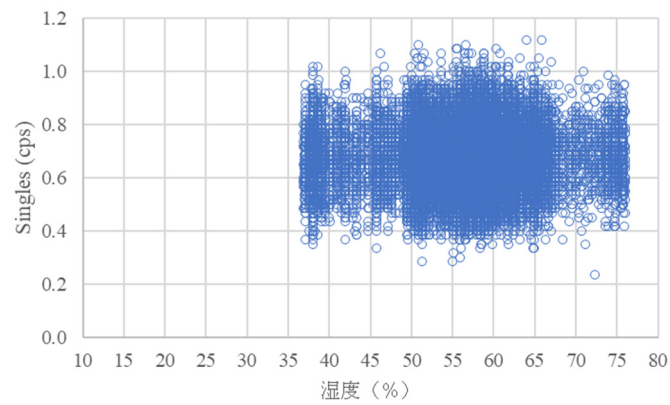


図2.1.3-105 シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

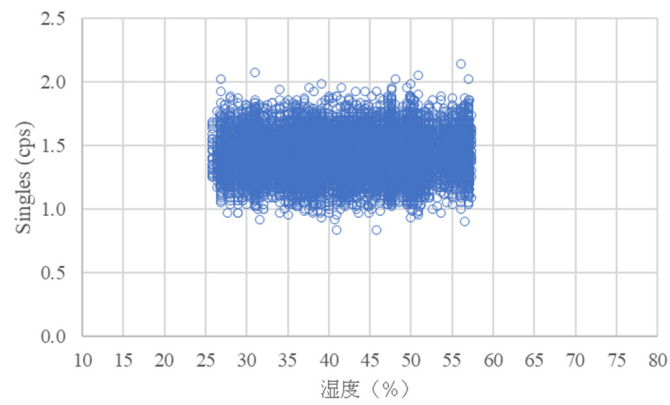


図2.1.3-106 シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

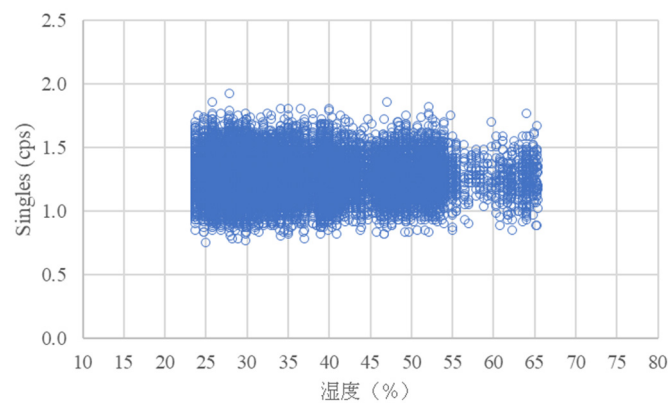


図2.1.3-107 シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

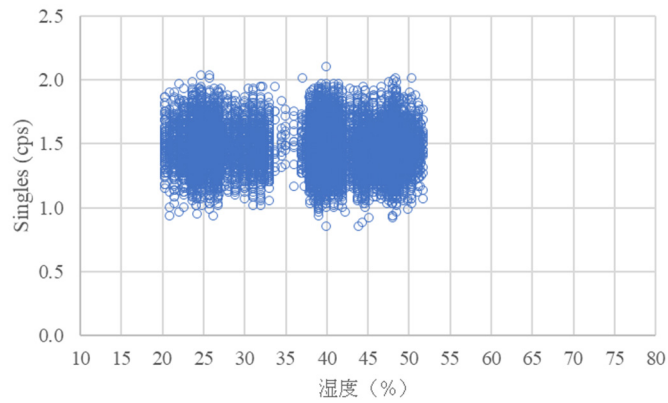


図2.1.3-108 シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-P Top Fork 検出器)

⑤ AFAS-B Bottom Fork 検出器

- バックグラウンドのシングル値 : 図 2.1.3-109~2.1.3-114
- シングル値と温度の相関 : 図 2.1.3-115~2.1.3-120
- シングル値と湿度の相関 : 図 2.1.3-121~2.1.3-126

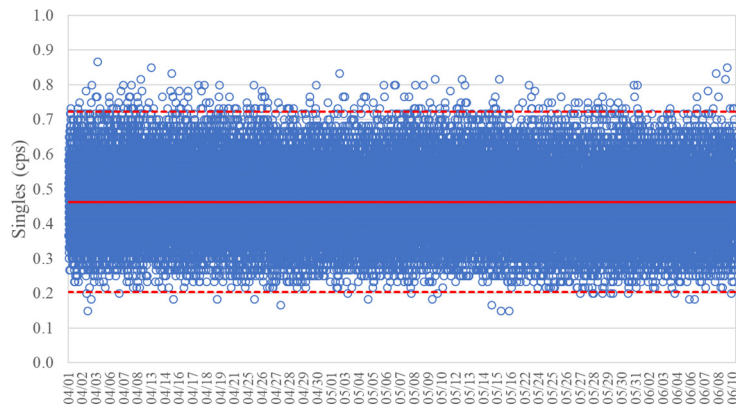


図2.1.3-109 バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

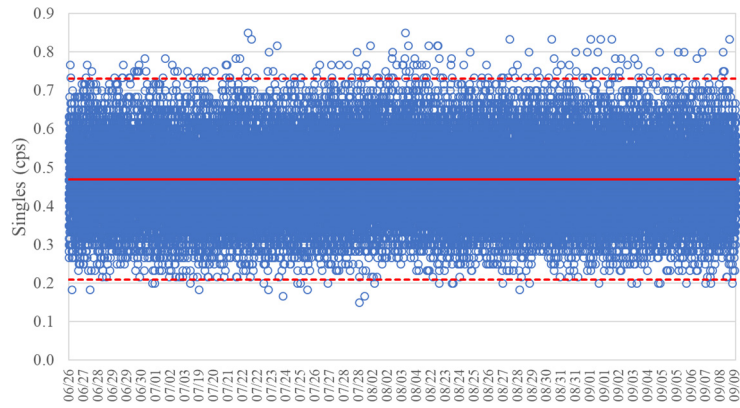


図2.1.3-110 バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26～2019/09/09)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

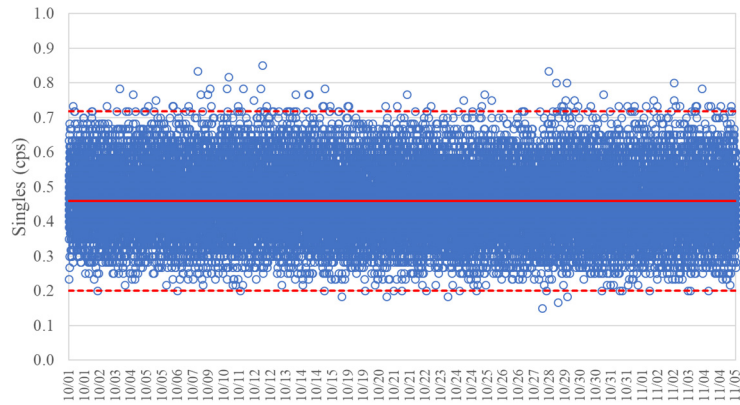


図2.1.3-111 バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01～2019/11/05)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

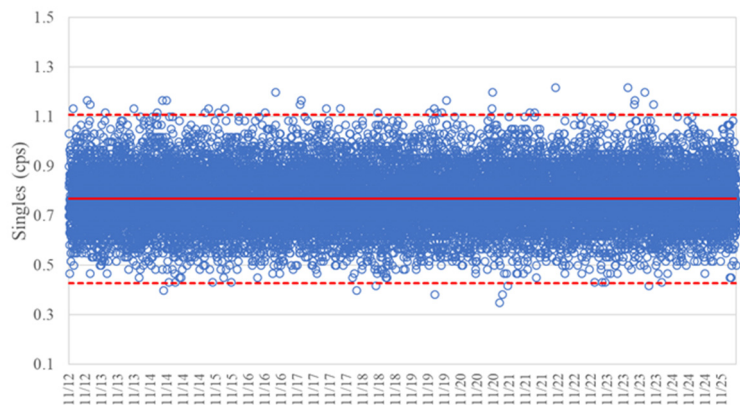


図2.1.3-112 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12～2019/11/25)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

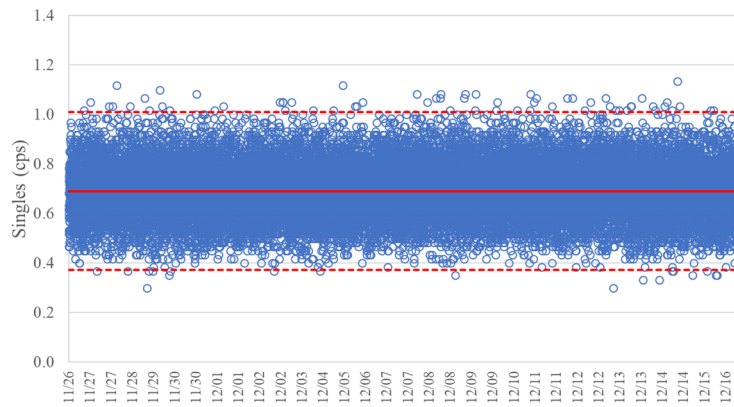


図2.1.3-113 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26～2019/12/16)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

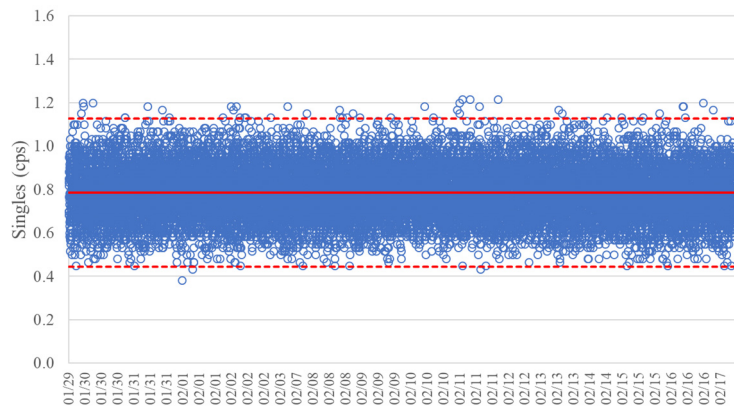


図2.1.3-114 バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29～2020/02/17)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

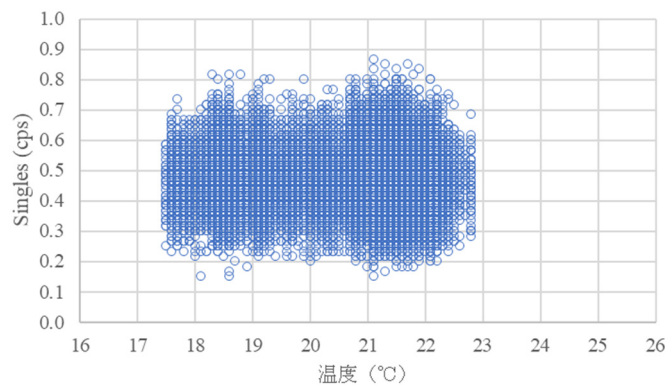


図2.1.3-115 シングル値と温度の相関 (2019/04/01～2019/06/10)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

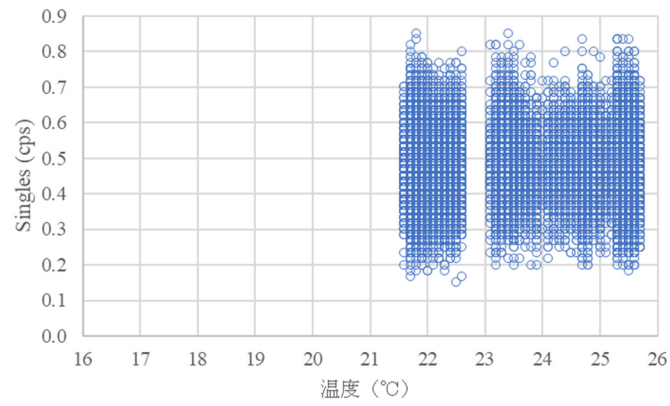


図2.1.3-116 シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

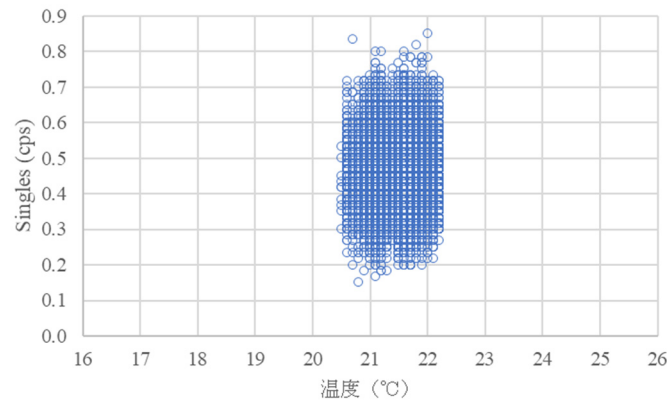


図2.1.3-117 シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

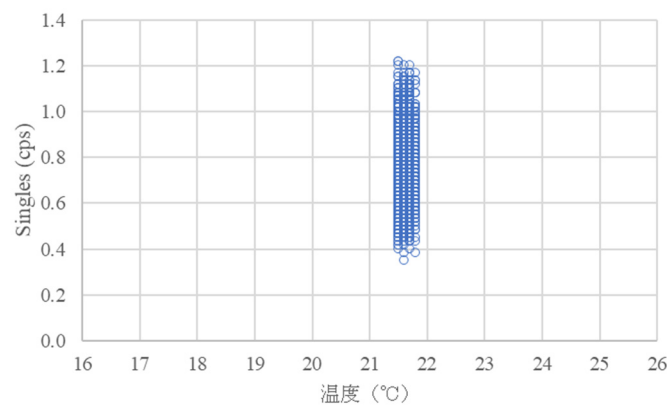


図2.1.3-118 シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

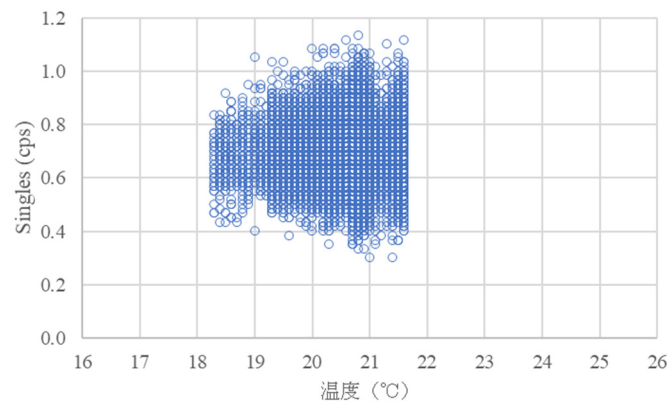


図2.1.3-119 シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

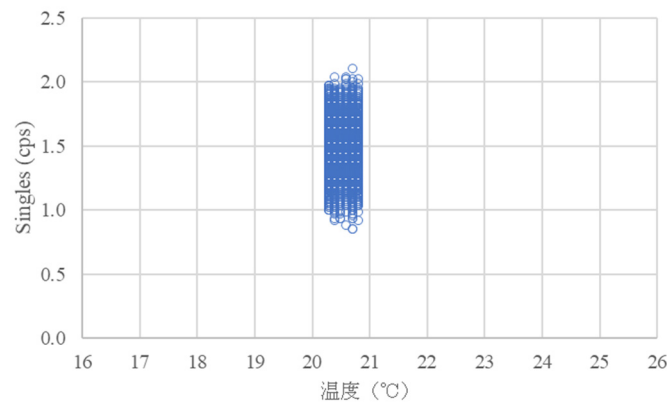


図2.1.3-120 シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

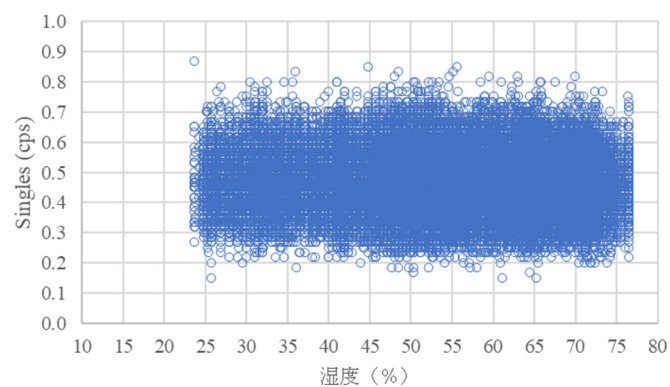


図2.1.3-121 シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

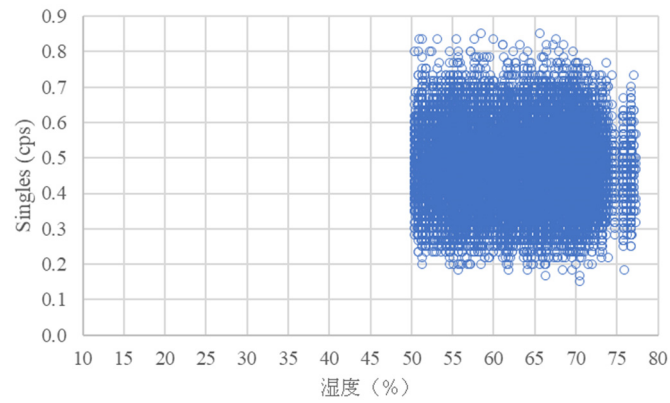


図2.1.3-122 シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

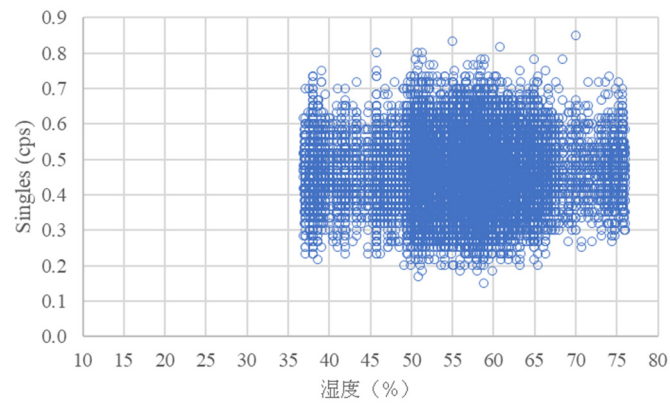


図2.1.3-123 シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

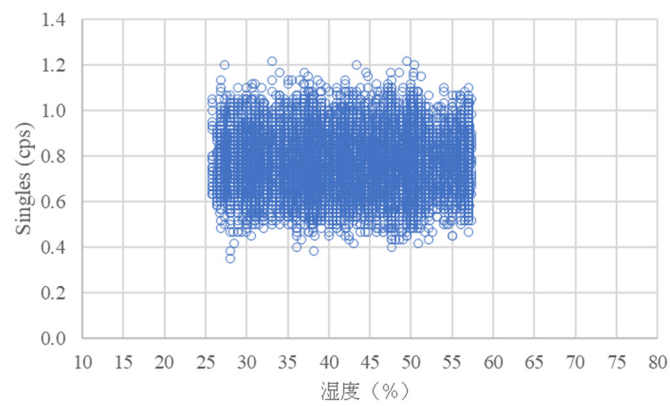


図2.1.3-124 シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

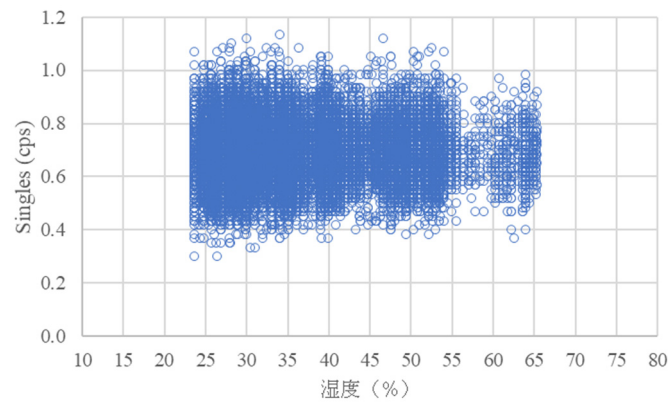


図2.1.3-125 シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

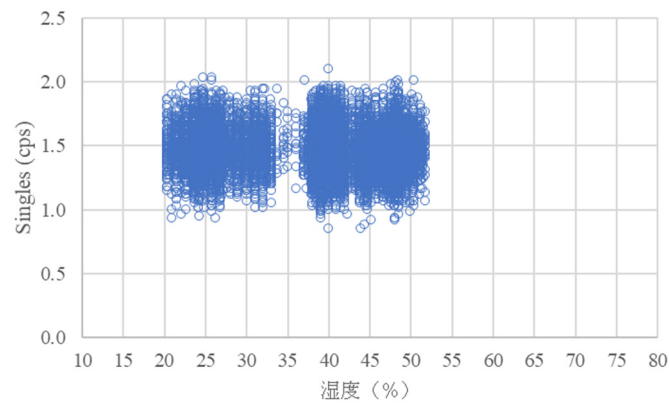


図2.1.3-126 シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-B Bottom Fork 検出器)

⑥ AFAS-P Bottom Fork 検出器

- バックグラウンドのシングル値：図 2.1.3-127～2.1.3-132
- シングル値と温度の相関：図 2.1.3-133～2.1.3-138
- シングル値と湿度の相関：図 2.1.3-139～2.1.3-144

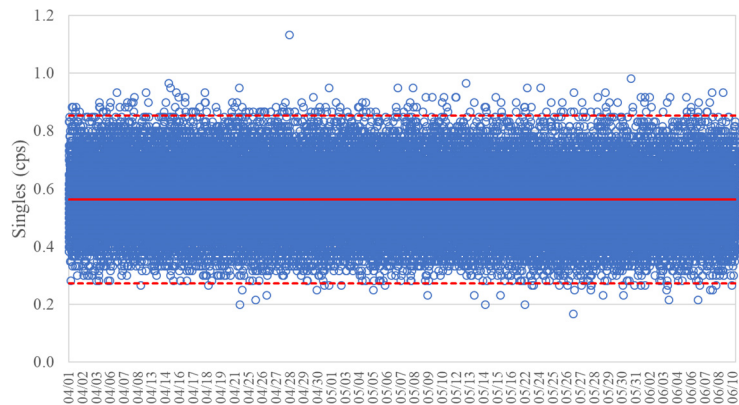


図2.1.3-127 バックグラウンドのシングル値 (2019/04/01～2019/06/10)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

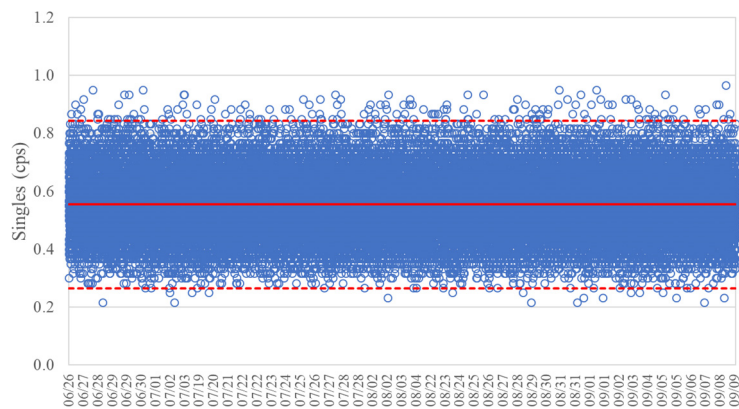


図2.1.3-128 バックグラウンドのシングル値 (2019/06/26～2019/09/09)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

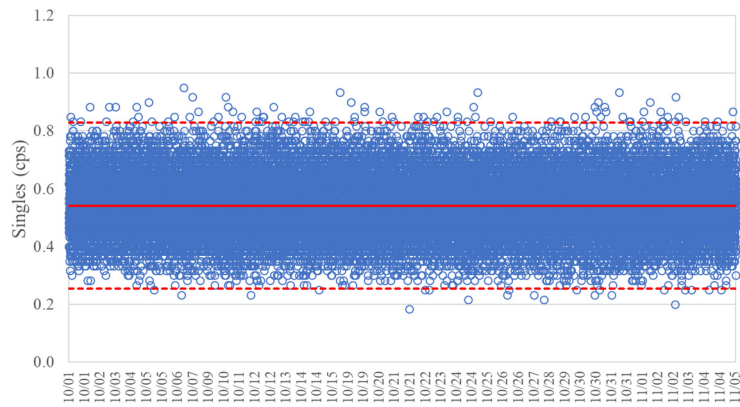


図2.1.3-129 バックグラウンドのシングル値 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

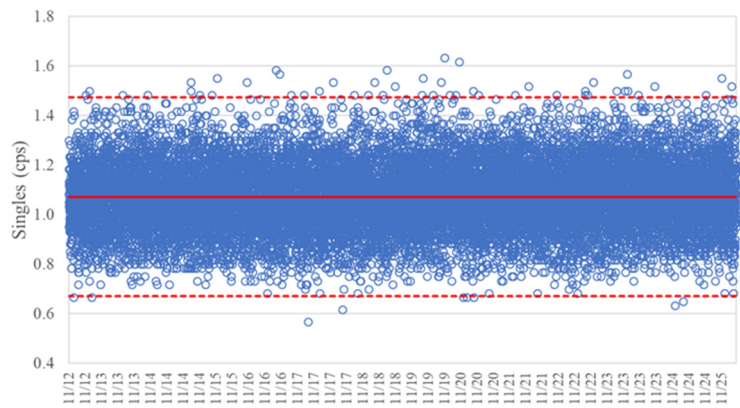


図2.1.3-130 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

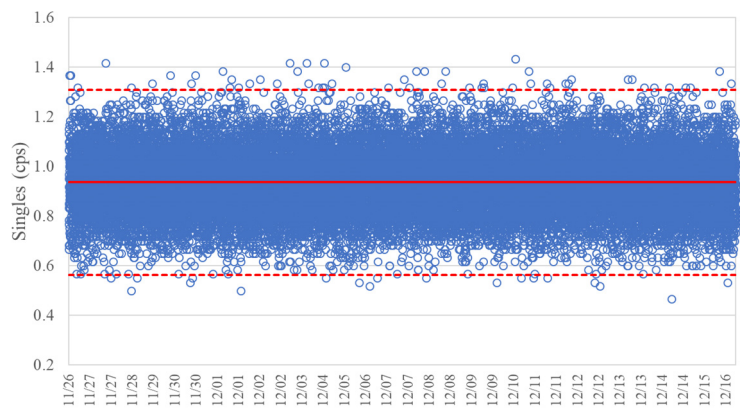


図2.1.3-131 バックグラウンドのシングル値 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

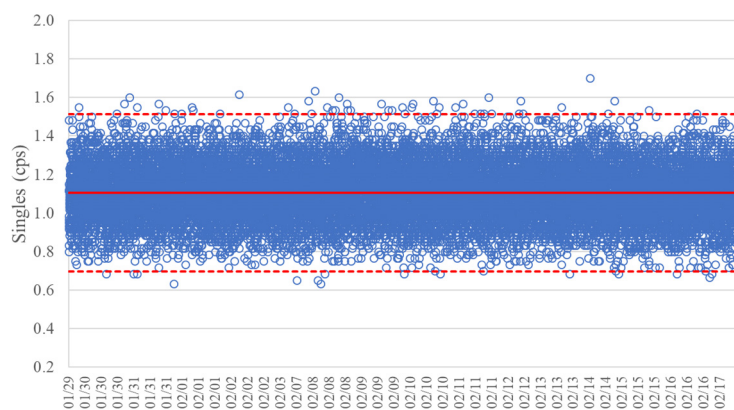


図2.1.3-132 バックグラウンドのシングル値 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

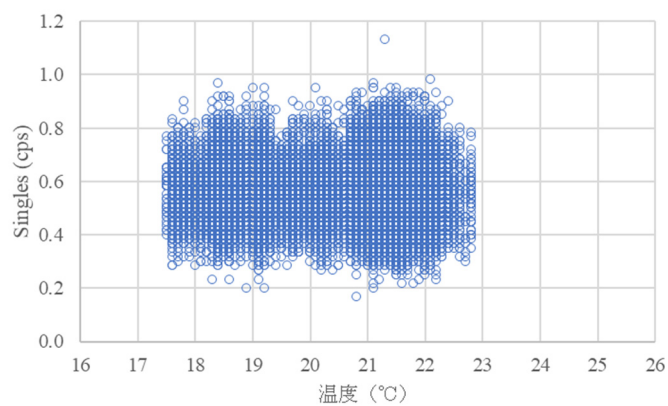


図2.1.3-133 シングル値と温度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

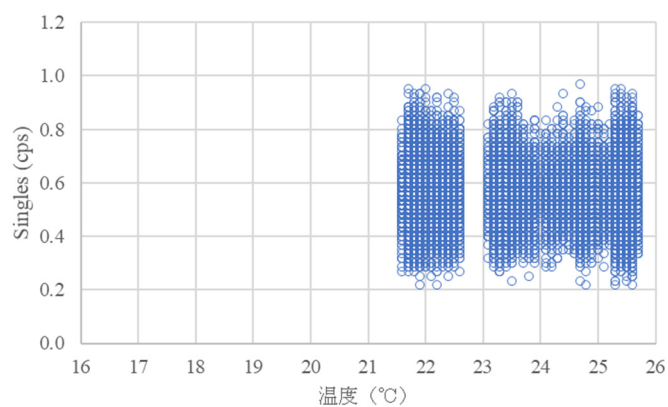


図2.1.3-134 シングル値と温度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

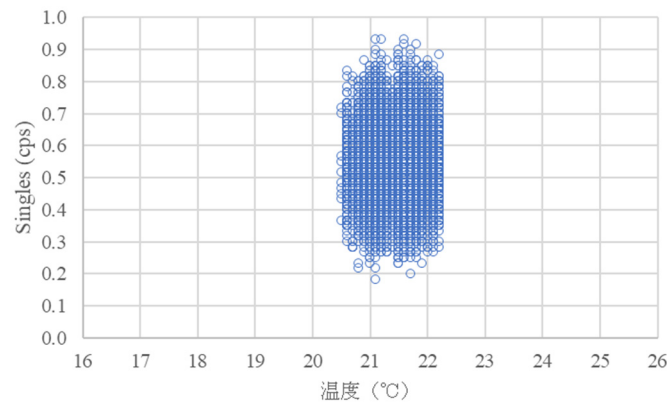


図2.1.3-135 シングル値と温度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

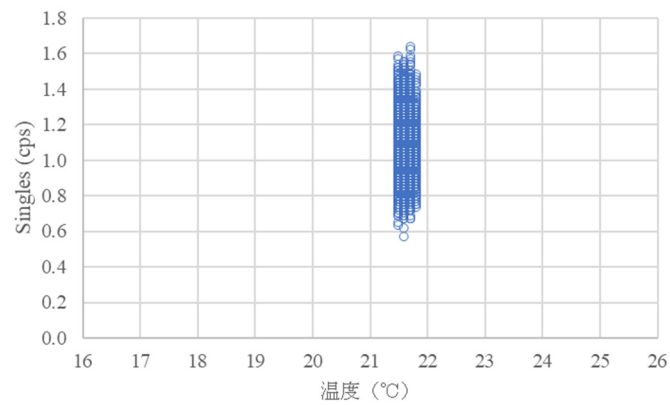


図2.1.3-136 シングル値と温度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

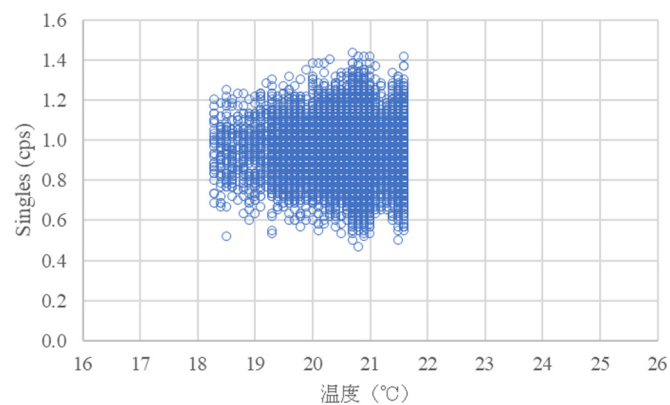


図2.1.3-137 シングル値と温度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

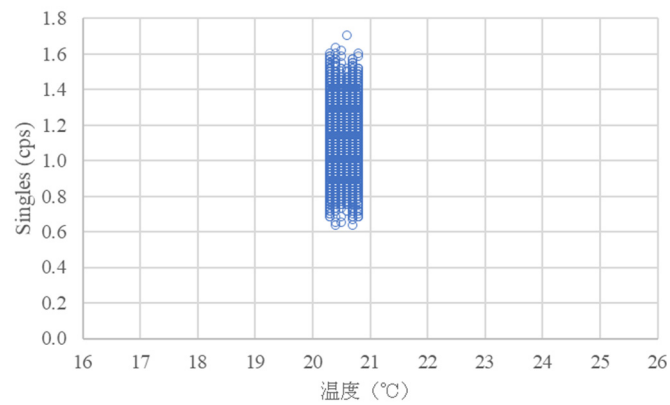


図2.1.3-138 シングル値と温度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

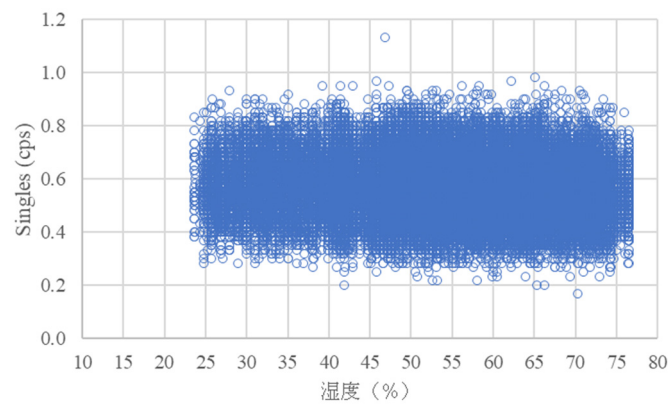


図2.1.3-139 シングル値と湿度の相関 (2019/04/01 ~ 2019/06/10)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

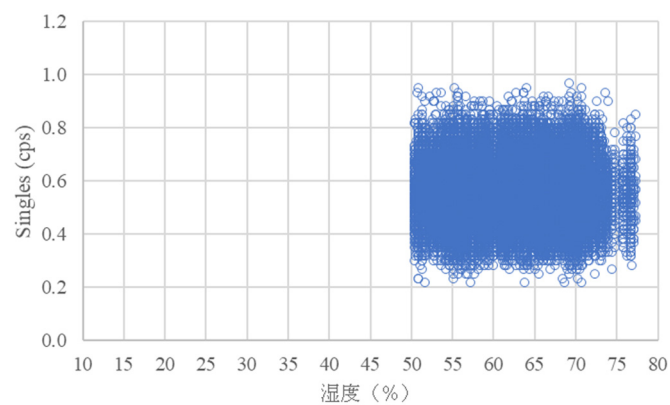


図2.1.3-140 シングル値と湿度の相関 (2019/06/26 ~ 2019/09/09)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

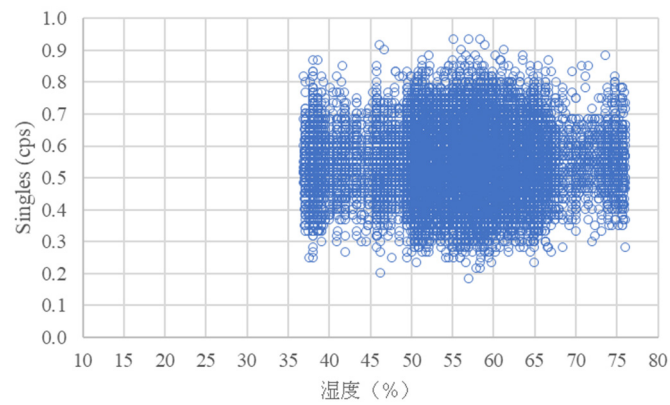


図2.1.3-141 シングル値と湿度の相関 (2019/10/01 ~ 2019/11/05)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

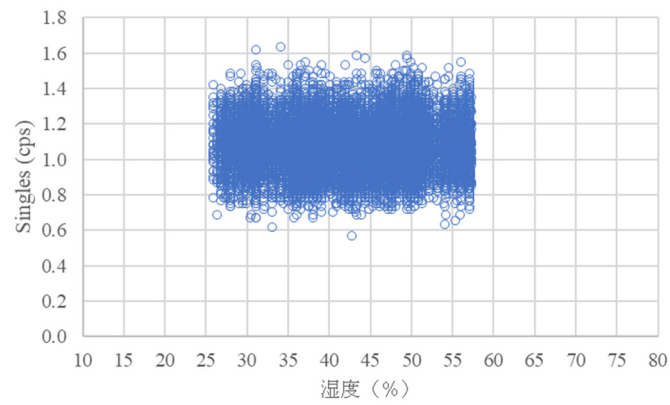


図2.1.3-142 シングル値と湿度の相関 (2019/11/12 ~ 2019/11/25)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

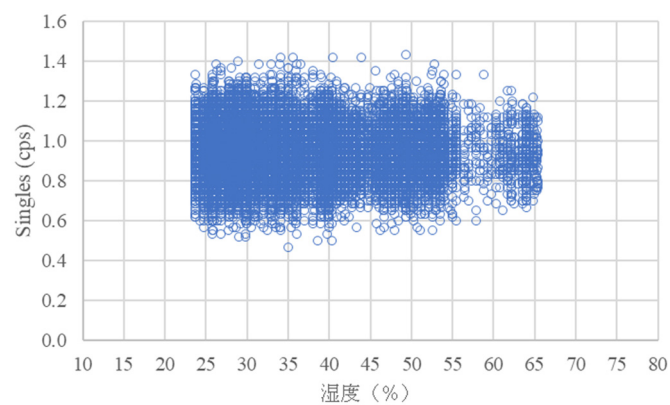


図2.1.3-143 シングル値と湿度の相関 (2019/11/26 ~ 2019/12/16)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

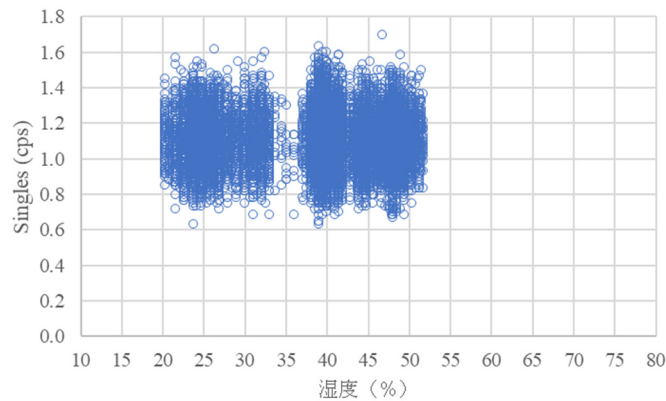


図2.1.3-144 シングル値と湿度の相関 (2020/01/29 ~ 2020/02/17)
(AFAS-P Bottom Fork 検出器)

(2) ^{252}Cf 中性子線源測定

AFAS-B 及び AFAS-P において、2019 年 4 月から 2020 年 3 月までの間に月 1 回の頻度で測定を行い、各月ごとに計数値と期待値の相対差 $\sigma\%Difference$ (図 2.1.3-145~2.1.3-150 に示す) を求めた。各グラフ中の赤色の実線は各相対差の平均値を示し、破線は管理限界値 (各相対差の誤差の二乗平均平方根を 3 倍した値を相対差の平均値に加算及び減算し求めた値) を示す。管理限界値の上限値 UL 及び下限値 LL を求める式を (2.1) 及び (2.2) に示す。いずれの検出器においても各相対差は、各管理限界値の範囲内となった。

また、計数値と温度及び湿度との相関の有無の確認結果を図 2.1.3-151~2.1.3-162 に示す。各測定において、温度は約 19°C ~ 24°C 、湿度は約 26%~73%の範囲で変動したが、これらの変動が計数値に与える影響はみられなかった。

$$UL = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma\%Difference_i + \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sigma\%Difference_i)^2 \times 3} \dots (2.1)$$

$$LL = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma\%Difference_i - \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sigma\%Difference_i)^2 \times 3} \dots (2.2)$$

ただし、 n は 2019 年 4 月から 2020 年 3 月までの間に月 1 回の頻度で測定した回数であり、

$\sigma\%Difference$ は計数値と期待値の相対差の誤差である。($n = 1$ は 2019 年 4 月のデータとする)

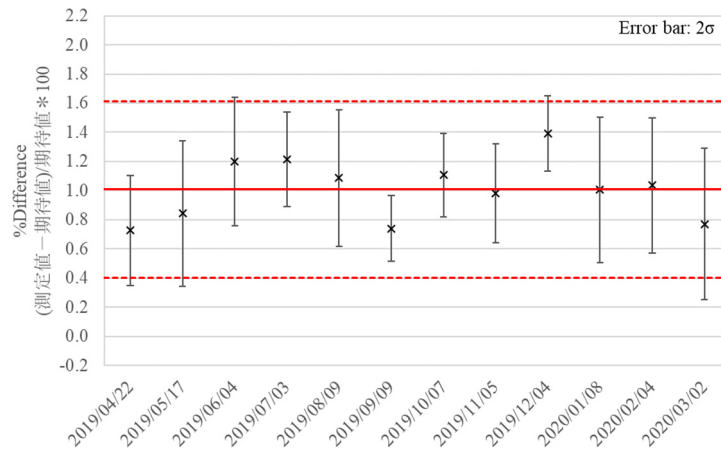


図2.1.3-145 月ごとの各相対差の評価結果 (AFAS-B Top Fork 検出器)

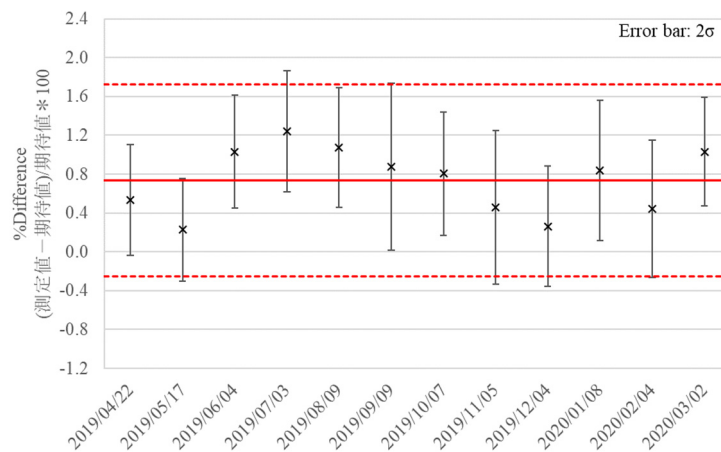


図2.1.3-146 月ごとの各相対差の評価結果 (AFAS-B Collar 検出器)

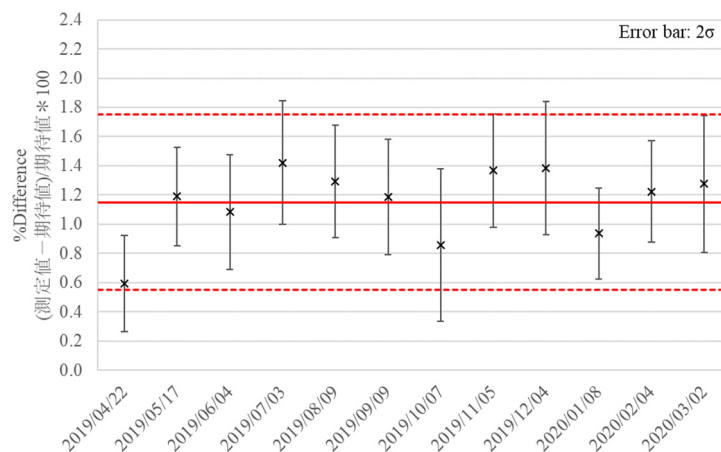


図2.1.3-147 月ごとの各相対差の評価結果 (AFAS-B Bottom Fork 検出器)

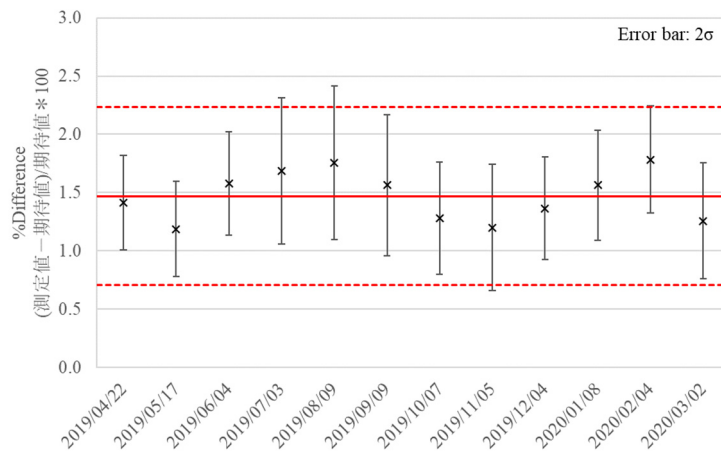


図2.1.3-148 月ごとの各相対差の評価結果 (AFAS-P Top Fork 検出器)

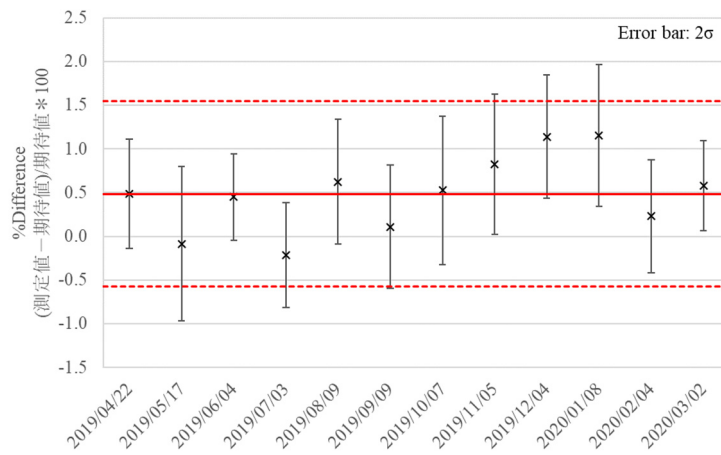


図2.1.3-149 月ごとの各相対差の評価結果 (AFAS-P Collar 検出器)

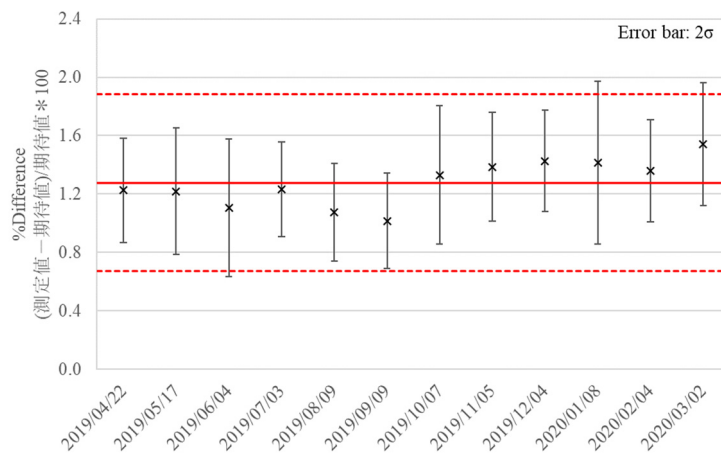


図2.1.3-150 月ごとの各相対差の評価結果 (AFAS-P Bottom Fork 検出器)

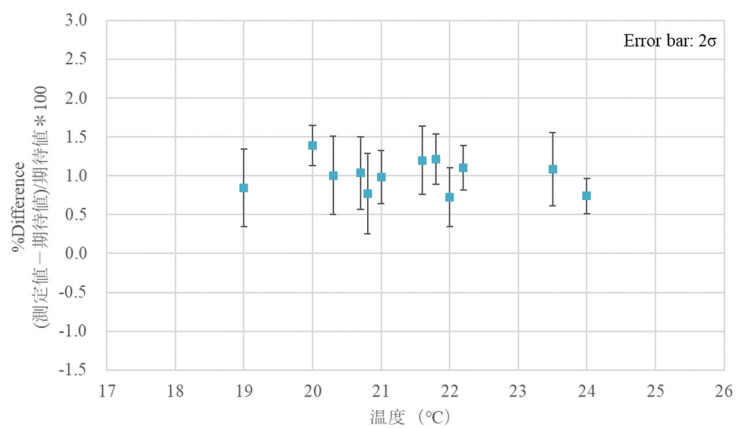


図2.1.3-151 計数值と温度の相関 (AFAS-B Top Fork 検出器)

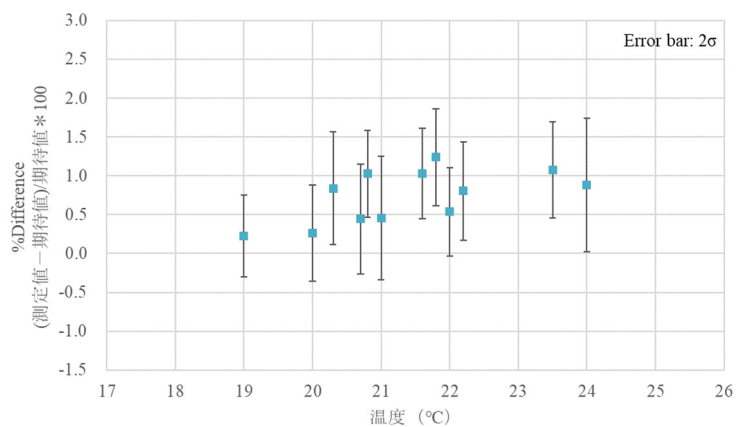


図2.1.3-152 計数值と温度の相関 (AFAS-B Collar 検出器)

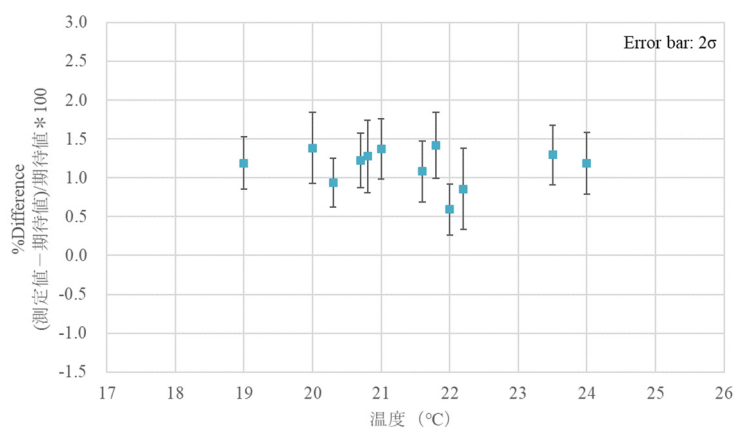


図2.1.3-153 計数值と温度の相関 (AFAS-B Bottom Fork 検出器)

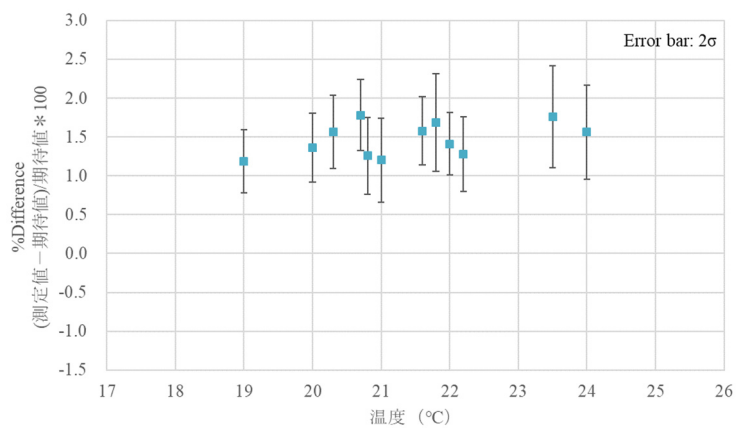


図2.1.3-154 計数值と温度の相関 (AFAS-P Top Fork 検出器)

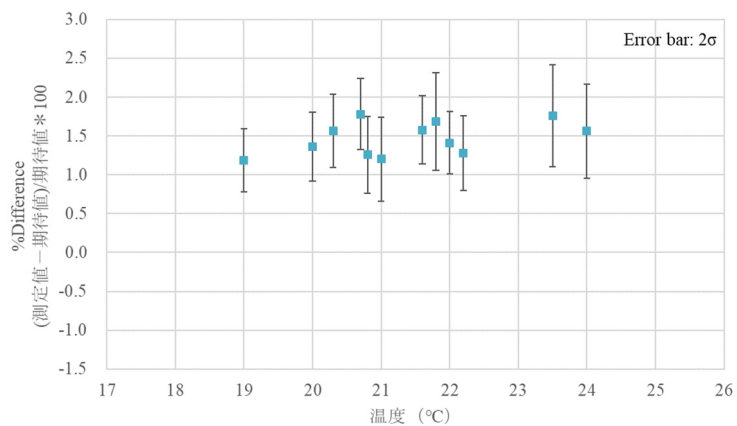


図2.1.3-155 計数值と温度の相関 (AFAS-P Collar 検出器)

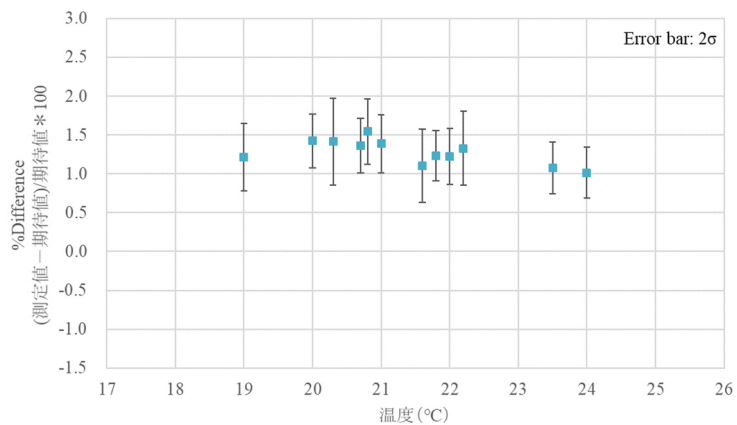


図2.1.3-156 計数值と温度の相関 (AFAS-P Bottom Fork 検出器)

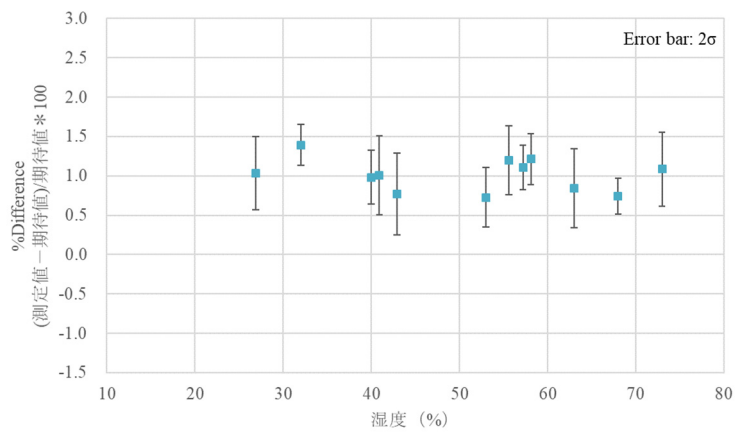


図2.1.3-157 計数值と湿度の相関 (AFAS-B Top Fork 検出器)

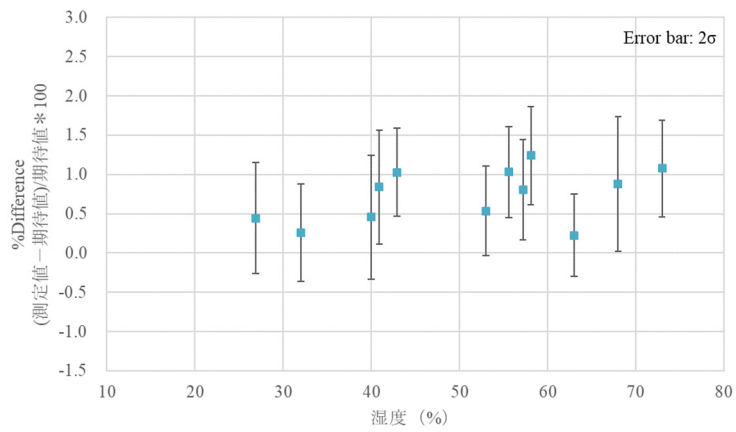


図2.1.3-158 計数值と湿度の相関 (AFAS-B Collar 検出器)

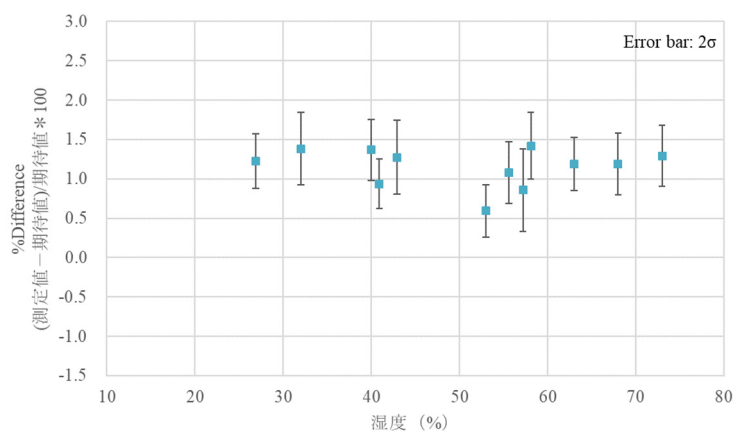


図2.1.3-159 計数值と湿度の相関 (AFAS-B Bottom Fork 検出器)

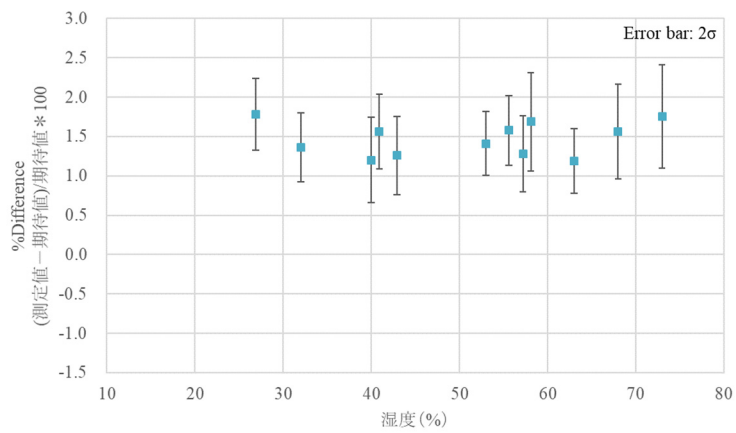


図2.1.3-160 計数值と湿度の相関 (AFAS-P Top Fork 検出器)

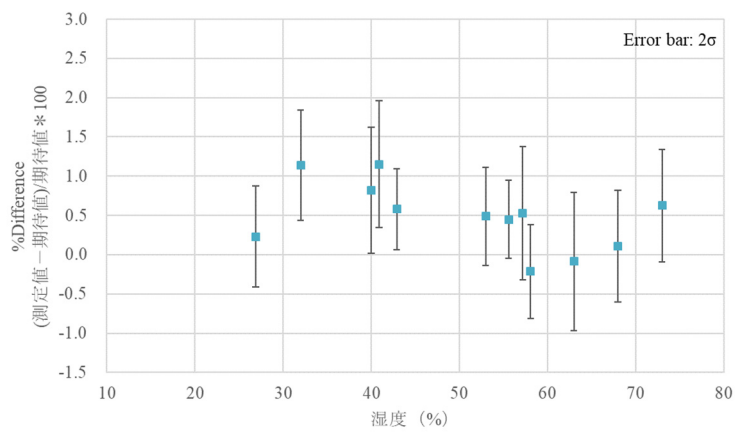


図2.1.3-161 計数值と湿度の相関 (AFAS-P Collar 検出器)

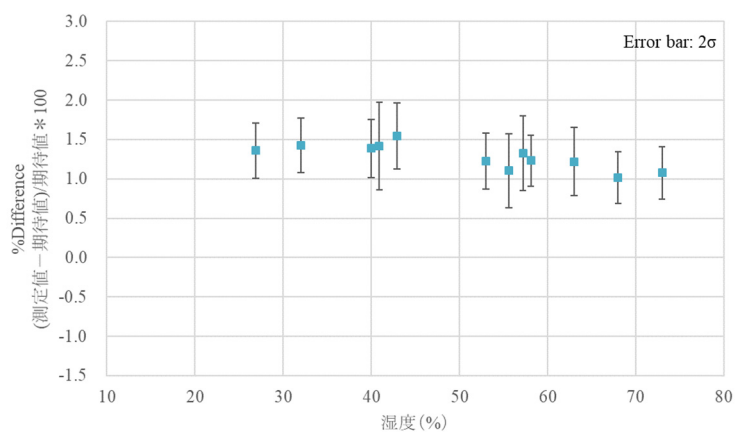


図2.1.3-162 計数值と湿度の相関 (AFAS-P Bottom Fork 検出器)