第 6 回アスベスト繊維計数技能向上プログラム（位相差顕微鏡法）

結　果　報　告　書

（ 修　正　版 ）

平成 27 年 3 月

一般社団法人 日本環境測定分析協会

第 6 回アスベスト繊維計数技能向上プログラム（位相差顕微鏡法）結果報告書

目　　次

は じ め に …… 1

1.　実施概要 …… 3

1.1　実施機関 …… 3

1.2　試験項目及び実施期間 …… 3

1.3　試験方法 …… 3

1.4　参加状況 …… 4

2.　試験結果 …… 4

2.1　試験結果の概要 …… 4

2.2　Stage 1（アモサイト試験）結果 …… 5

2.2.1　Round 1（第 1 回目試験）結果 …… 5

2.2.2　Round 2（第 2 回目試験）結果 …… 9

2.3　Stage 2（クリソタイル試験）結果 …… 13

2.3.1　Round 1（第 1 回目試験）結果 …… 13

2.3.2　Round 2（第 2 回目試験）結果 …… 17

2.4　結果の評価 …… 21

2.4.1　アモサイトスライドの計数技能評価 …… 21

（1）スコアによる評価 …… 21

（2）計数誤差の要因解析 …… 21

2.4.2　クリソタイルスライドの計数技能評価 …… 30

（1）スコアによる評価 …… 30

（2）計数誤差の要因解析 …… 31

（3）新規スライドの検証 …… 36

【 資　料 】 …… 39

資料 1　外れ値の検定について …… 40

資料 2　参加試験所及び参加者数一覧 …… 41

資料 3　アスベスト分析法委員会　委員等 …… 43

【はじめに】

●データの個人差が大きい位相差顕微鏡法

アスベストの空気中濃度測定に使われる位相差顕微鏡法は、データの個人差が大きいため、海外においては精度管理が 1970 年代から始められましたが、その効果は上がりませんでした。その理由は、アスベスト分析のフィルター試料では、全員が同一視野の繊維計数を行なうことが不可能だからです。つまり、精度評価の基準となる「真値」を決定することが出来ないのです。精度向上に効果がある精度管理手法が求められてきました。

●日環協・繊維計数技能向上プログラムの特徴

① 個々の繊維についての計数技能評価のために視野を再現出来るスライドの導入

これまでの精度管理手法の欠点を解決するために考案されたのが、本技能向上プログラムで使っている「リロケータブル・スライド」です。リロケータブル・スライドの特徴は、観察視野を正確に再現出来ることです。

② 合意基準：評価の基準となる「真値」の決定法

さらに「真値」の決定については、多くの分析者が視野中に存在することを合意する繊維の合計を「真値」とする考え方が導入されました。それを「合意基準」と呼びます。

③ 視野中に存在する個々の繊維の判定を評価

計数結果の判定は、分析者が視野中の繊維の位置を記録したチャートを合意基準と照らし合わせて行ないます。つまり、個々の繊維についての分析者の判定能力を評価出来るのです。

④ 分析機関内、分析機関間、さらには国際的な精度評価が可能

本プログラムの精度管理手法は国際的にも注目されています。位相差顕微鏡法の ISO- 8672（1993 年制定）の改訂作業では、改訂版にリロケータブル・スライドによる分析機関内での精度管理の導入が検討されています。カナダ・アメリカ・イタリアでも、リロケータブル・スライドによる精度管理は試行されており、本プログラムでの結果との国際比較も可能になっています。昨年度の本プログラムの結果は、海外と比較しても同等以上の精度であり、日本の分析者の技能の国際的比較も可能になり始めています。

●日環協・繊維計数技能向上プログラムの効果

本プログラムでは、計数ミスの原因を細かに分類して参加者に返し、さらに同一スライドを使ってミスを再確認してもらったあと、別のスライドで 2 回目の試験を行なうという流れになっているので、参加者は 2 回目の試験開始前までに自らの欠点やエラーを確認し、修正することが出来ます。本プログラムのこれまでの結果（次表）の

うちアモサイトスライドについては、スコアの平均が 2 回目試験において向上しており、また、参加者の約 90 %が“熟練者”の指標である「スコア：＞60」をクリアするなど試験の効果が認められます。しかし、クリソタイルスライドでは“熟練者”の指標（スコア：＞50）のクリア率はまだ低く、計数技能向上のトレーニングが必要であることが明らかになっています。

アスベスト繊維計数技能向上プログラム　参加者、点数の推移

	アモサイト (Stage 1)				クリソタイル (Stage 2)				参加者計 (延べ)
	参加者試験所	参加者	1回目報告数	2回目報告数	参加者試験所	参加者	1回目報告数	2回目報告数	
第１回 (2009)	119	153	153	152	－	－	－	－	153
	SCORE AVE.		66.87	76.57	SCORE AVE.		－	－	
	SCORE ＞60		109 (71.7%)	144 (94.7%)	SCORE ＞50		－	－	
第２回 (2010)	33	36	34	35	72	83	83	80	119
	SCORE AVE.		70.10	73.29	SCORE AVE.		44.27	44.17	
	SCORE ＞60		28 (82.4%)	31 (88.6%)	SCORE ＞50		38 (45.8%)	34 (42.5%)	
第３回 (2011)	39	50	50	50	30	37	37	32	87
	SCORE AVE.		71.11	74.29	SCORE AVE.		48.00	50.28	
	SCORE ＞60		40 (80.0%)	44 (88.0%)	SCORE ＞50		17 (45.9%)	17 (53.1%)	
第４回 (2012)	29	38	36	36	30	37	37	36	75
	SCORE AVE.		73.30	71.50	SCORE AVE.		50.46	52.30	
	SCORE ＞60		31 (86.1%)	29 (80.6%)	SCORE ＞50		21 (56.8%)	22 (61.1%)	
第５回 (2013)	38	48	48	48	30	36	36	35	84
	SCORE AVE.		67.96	72.85	SCORE AVE.		49.33	51.57	
	SCORE ＞60		34 (72.3%)	41 (85.4%)	SCORE ＞50		18 (50.0%)	18 (52.9%)	
参加者計	325				193				518

アスベスト測定は、十分な知識・技能を有した技術者のもと、測定の信頼性を確保するために精度の高い正確な計測が求められます。

本プログラムは、アスベスト分析技術者を対象にアスベスト繊維計数に関する技能向上、精度向上を目的としており、プログラムに参加することによって技術者の育成、精度管理等に活用して頂ければ幸いに存じます。

1．実施概要

1.1　実施機関

一般社団法人 日本環境測定分析協会

1.2　試験項目及び実施期間

試験項目 ： 繊維状粒子の計数（アモサイトスライド及びクリソタイルスライド）

試料配付 ： Round 1（第1回目） … 平成26年 7月14日より平成26年 8月29日

Round 2（第2回目） … 平成26年11月10日より平成26年12月24日

1.3　試験方法

試験は、環境省アスベストモニタリングマニュアル(第 4.0 版)の繊維数判定基準に基づき実施した。

リロケータブル・スライドは、アモサイト 14 枚、クリソタイル 10 枚を使用した。各スライドの合意基準は、試験開始前に複数の熟練者の計数結果から暫定値を決定した。なお、一部のスライドでは、試験後に参加者の計数結果も参考にして修正を加えたものもある。

参加者は、リロケータブル・スライドの指定された視野とグレイティクルの 100 μm の円を一致させて観察し[備考)]、存在を確認したすべての繊維の位置を計数対象繊維と計数対象外繊維に分けて、記録紙上のマップに記入するとともに、計数対象繊維数を記録紙に記入後、提出した。参加者の計数技能評価は、アモサイト、クリソタイルともに Pang ら[1)] によって提唱された次式によって求められたスコアで行なった。

$$\text{スコア} = \left(1 - \frac{\sum D^{+} + \left|\sum D^{-}\right|}{VF^{total}}\right) \times 100$$

$\sum D^{+}$：報告値＞基準値の視野の（報告値－基準値）の総和

$\left|\sum D^{-}\right|$：報告値＜基準値の視野の｜（報告値－基準値）｜の総和

VF^{total}：各視野の基準値の総和

試験はアモサイト、クリソタイルともに計 2 回行い、Round 1 が終わった後、各参加者の計数結果について視野ごとに基準値と比較して添削した結果を返送し、また、繊維の見つけ方や判定基準の修正に役立ててもらうため、試験に用いたスライドに正解マップを添えて再度配付して合意基準を確認してもらった。

また、参加者が提出したマップに記入された繊維 1 本 1 本について、合意基準の繊維の位置と比較して誤差の要因を解析した。

（備考）リロケータブル・スライドの指定視野の円とアイピースグレイティクルの円は、微妙に直径が異なるため完全には一致しない。そこで、本試験ではアイピースグレイティクルの円を図 1.1 のように指定視野の左上の円弧に合わせることとした。

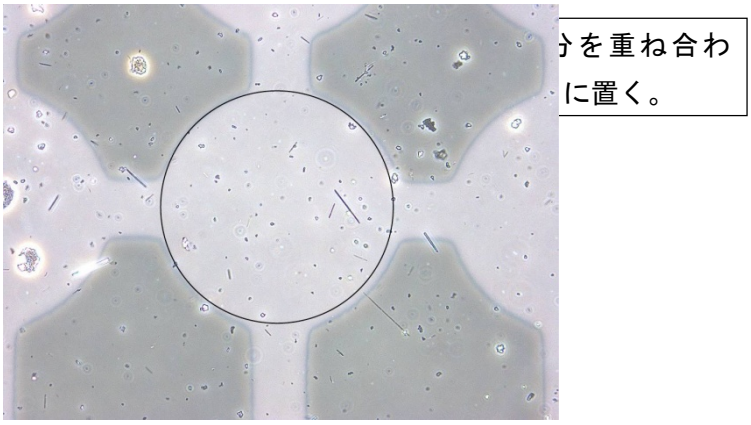


図 1.1　アイピースグレイティクルの円の合わせ方

1.4　参加状況

本プログラムの参加状況を表 1.1 に示す。

表 1.1　　参　加　状　況

	参加試験所数	参加者数	Round 1 報 告 数	Round 2 報 告 数
Stage 1 (アモサイト試験)	34	39	38	39
Stage 2 (クリソタイル試験)	28	30	29	29

2. 試験結果

2.1　試験結果の概要

第 6 回アスベスト繊維計数技能向上プログラム（位相差顕微鏡法）試験結果の概要を表 2.1 に示す。

表 2.1　試験結果の概要

	Stage 1 (アモサイト試験)		Stage 2 (クリソタイル試験)	
	Round 1 (第1回目試験)	Round 2 (第2回目試験)	Round 1 (第1回目試験)	Round 2 (第2回目試験)
参加事業所数	34	34	28	28
参 加 者 数	39	39	30	30
報　告　数	38	39	29	29
有 効 回 答 数	36	38	28	29
スコア平均点	**65.80**	**73.97**	**55.23**	**59.36**
	60.63	*71.16*	*51.37*	—
スコア最小点	**18.48**	**43.22**	**29.15**	**13.00**
	-57.30	*-35.33*	*-56.71*	—
スコア最大点	**91.16**	**86.63**	**79.49**	**78.11**
	91.16	*86.63*	*79.49*	—
ｽｺｱ60点以下の数	**10（27.8%）**	**5（13.2%）**	—	—
	12（31.6%）	*6（15.4%）*	—	—
ｽｺｱ60点超の数	**26（72.2%）**	**33（86.8%）**	—	—
	26（68.4%）	*33（84.6%）*	—	—
ｽｺｱ50点以下の数	—	—	**11（39.3%）**	**6（20.7%）**
	—	—	*12（41.4%）*	—
ｽｺｱ50点超の数	—	—	**17（60.7%）**	**23（79.3%）**
	—	—	*17（58.6%）*	—

備考 1　各スコア欄　　上段（太字）：外れ値棄却後の結果
　　下段（斜字）：棄却前の全結果
　　なお、外れ値の検定方法については、資料 1（p.37）を参照のこと。

備考 2　本プログラムでは、「proficient（熟練者）」の判定について、Stage 1（アモサイト試験）
　　では、SCORE ＞ 60 をとし、Stage 2（クリソタイル試験）では、SCORE ＞ 50 とした（詳細については、2.4 章を参照）。

2.2　Stage 1（アモサイト試験）結果

2.2.1　Round 1（第 1 回目試験）結果

Stage 1（アモサイト試験）における **Round 1** の参加者別スコアを p.6 に、スコア分布を p.7 に、規格化したスコアの誤差分布を p.8 にそれぞれ示す。

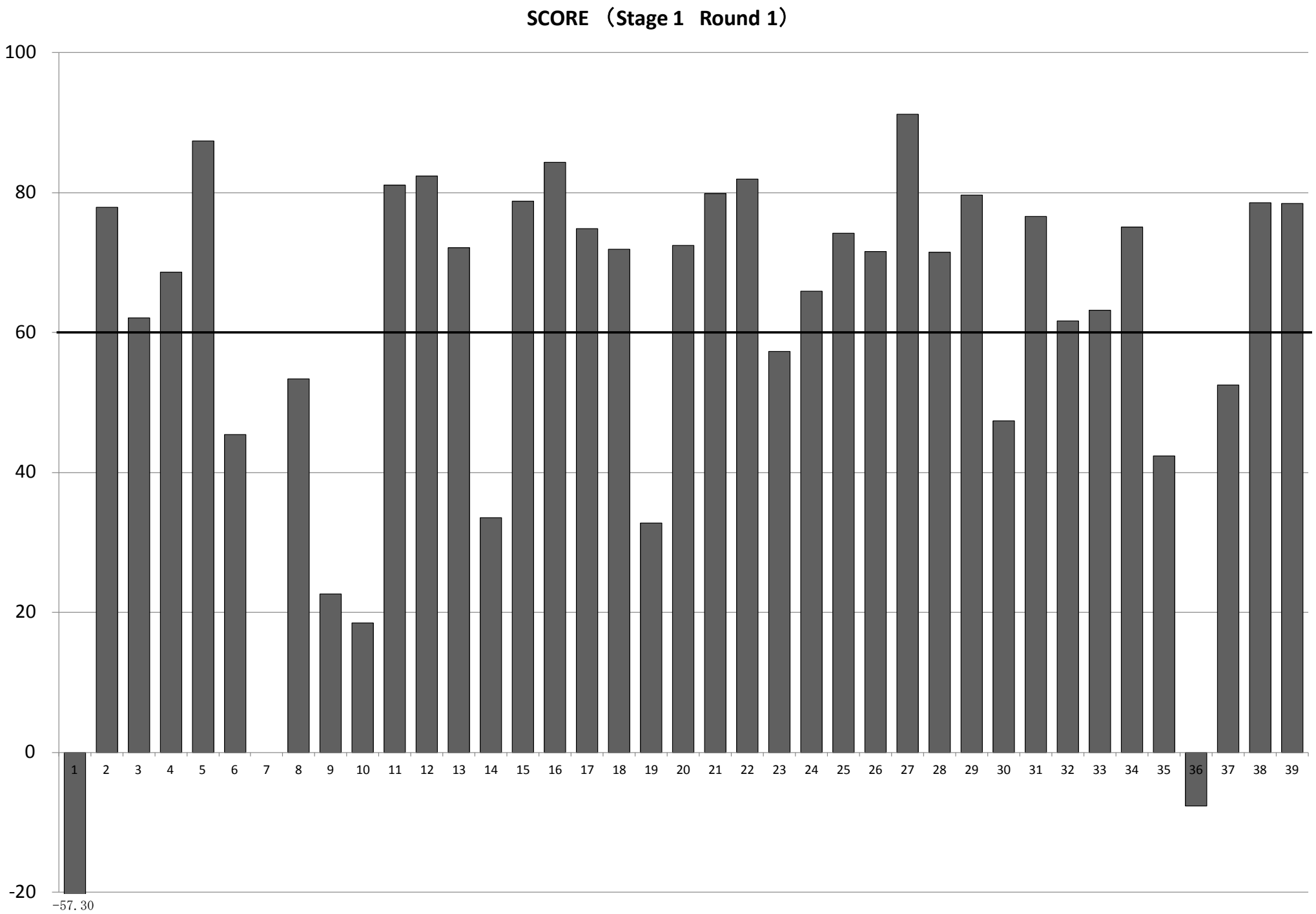
PROFICIENCY EVALUATION OF PCM FIBRE COUNTING

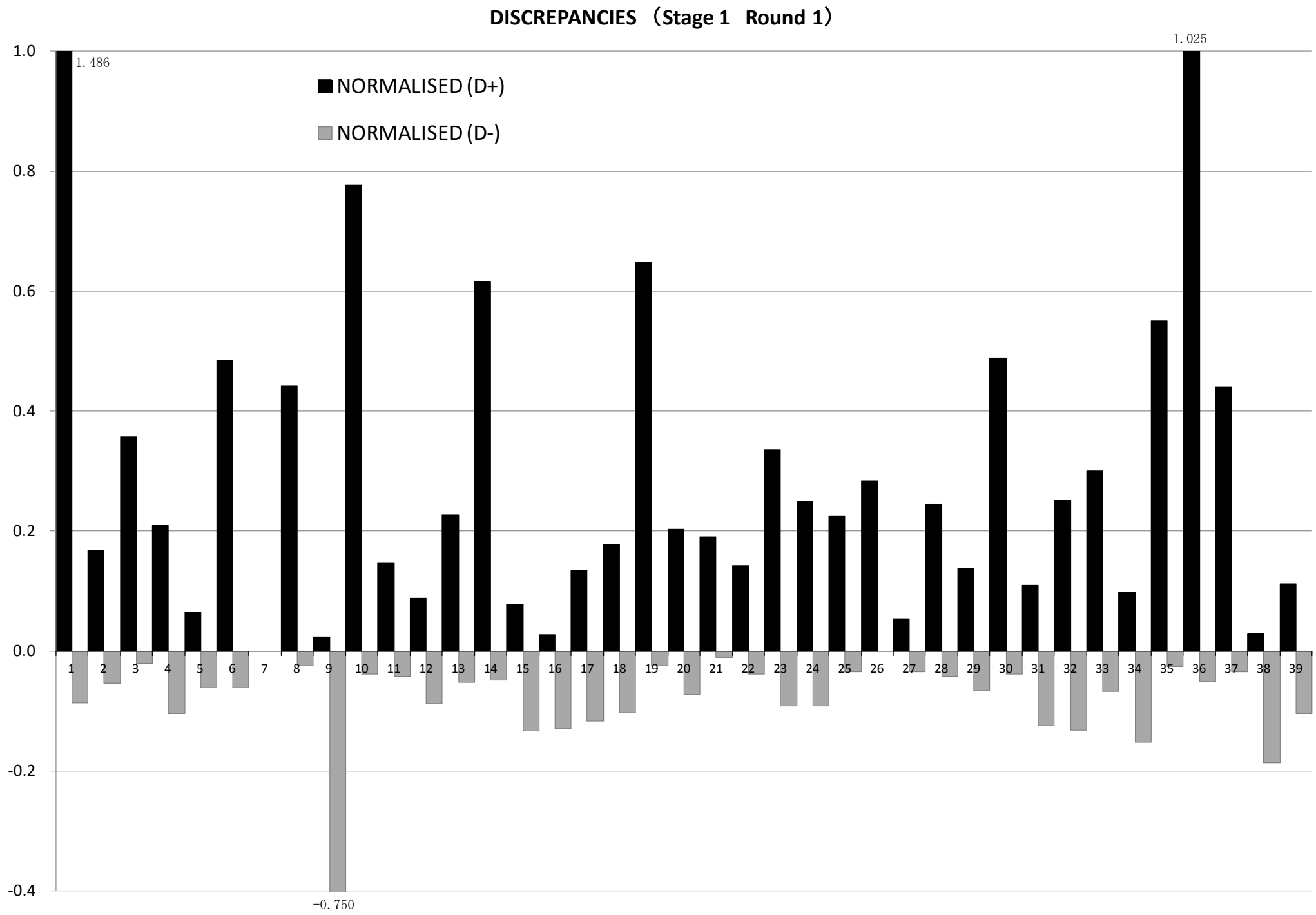
Stage 1 (Amosite) Round 2014-1

LABORATORY No.		1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12
ANALYST No.		610001	610002	610003	610004	610005	610006	610007	610008	610009	610010	610011	610012	610013
SLIDE No.		B K	B D	B B	B E	B C	B Q	BE	B L	B M	B F	B B	B H	B M
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	51.0	52.0	49.5	42.5	50.0	33.0	42.5	38.5	43.5	53.5	49.5	38.5	43.5
	GRID 2	41.5	41.0	45.5	58.0	41.0	33.0	58.0	43.0	42.5	38.5	45.5	43.5	42.5
	TOTAL	92.5	93.0	95.0	100.5	91.0	66.0	100.5	81.5	86.0	92.0	95.0	82.0	86.0
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	116.5	58.5	67.0	53.5	50.5	41.0	–	59.0	11.5	95.0	59.5	39.5	51.0
	GRID 2	105.5	41.0	60.0	57.5	41.0	53.0	–	56.5	12.0	65.0	45.5	40.0	50.0
	TOTAL	222.0	99.5	127.0	111.0	91.5	94.0	–	115.5	23.5	160.0	105.0	79.5	101.0
RF – VF		129.5	6.5	32.0	10.5	0.5	28.0	–	34.0	−62.5	68.0	10.0	−2.5	15.0
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		137.5	11.0	34.0	21.0	6.0	32.0	–	36.0	2.0	71.5	14.0	5.5	19.5
NORMALISED (D+)		1.486	0.168	0.358	0.209	0.066	0.485	–	0.442	0.023	0.777	0.147	0.088	0.227
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		−8.0	−3.5	−2.0	−10.5	−5.5	−4.0	–	−2.0	−64.5	−3.5	−4.0	−5.5	−4.5
NORMALISED (D-)		−0.086	−0.053	−0.021	−0.104	−0.060	−0.061	–	−0.025	−0.750	−0.038	−0.042	−0.088	−0.052
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		145.5	14.5	36.0	31.5	11.5	36.0	–	38.0	66.5	75.0	18.0	11.0	24.0
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		1.573	0.221	0.379	0.313	0.126	0.545	–	0.466	0.773	0.815	0.189	0.176	0.279
SCORE		−57.30	77.86	62.11	68.66	87.36	45.45	–	53.37	22.67	18.48	81.05	82.40	72.09

LABORATORY No.		13	14	15	16	16	17	18	19	20	20	21	22	23
ANALYST No.		610014	610015	610016	610017	610018	610019	610020	610021	610022	610023	610024	610025	610026
SLIDE No.		B K	B A	B A	B L	B K	B H	B O	B F	B C	B D	B Q	B P	B B
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	51.0	59.5	59.5	38.5	51.0	38.5	41.0	53.5	50.0	52.0	33.0	45.5	49.5
	GRID 2	41.5	49.0	49.0	43.0	41.5	43.5	42.5	38.5	41.0	41.0	33.0	28.0	45.5
	TOTAL	92.5	108.5	108.5	81.5	92.5	82.0	83.5	92.0	91.0	93.0	66.0	73.5	95.0
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	76.5	51.0	50.5	43.0	55.5	59.5	41.0	59.0	55.0	63.5	34.0	54.0	64.0
	GRID 2	68.5	51.5	47.0	40.0	44.0	68.5	53.5	49.5	45.5	61.5	42.5	33.5	58.0
	TOTAL	145.0	102.5	97.5	83.0	99.5	128.0	94.5	108.5	100.5	125.0	76.5	87.5	122.0
RF – VF		52.5	−6.0	−11.0	1.5	7.0	46.0	11.0	16.5	9.5	32.0	10.5	14.0	27.0
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		57.0	8.5	3.0	11.0	16.5	40.5	17.0	17.5	13.0	22.0	16.5	16.5	27.0
NORMALISED (D+)		0.616	0.078	0.028	0.135	0.178	0.648	0.204	0.190	0.143	0.336	0.250	0.224	0.284
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		−4.5	−14.5	−14.0	−9.5	−9.5	−1.5	−6.0	−1.0	−3.5	−6.0	−6.0	−2.5	0.0
NORMALISED (D-)		−0.049	−0.134	−0.129	−0.117	−0.103	−0.024	−0.072	−0.011	−0.038	−0.092	−0.091	−0.034	0.000
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		61.5	23.0	17.0	20.5	26.0	42.0	23.0	18.5	16.5	28.0	22.5	19.0	27.0
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		0.665	0.212	0.157	0.252	0.281	0.672	0.275	0.201	0.181	0.427	0.341	0.259	0.284
SCORE		33.51	78.80	84.33	74.85	71.89	32.80	72.46	79.89	81.87	57.25	65.91	74.15	71.58

LABORATORY No.		24	25	26	26	26	27	28	29	30	31	32	33	50
ANALYST No.		610027	610028	610029	610030	610031	610032	610033	610034	610035	610036	610037	610038	610039
SLIDE No.		B P	B A	B C	B D	B E	B O	B L	B Q	B N	B N	B N	B M	B H
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	45.5	59.5	50.0	52.0	42.5	41.0	38.5	33.0	38.5	38.5	38.5	43.5	38.5
	GRID 2	28.0	49.0	41.0	41.0	58.0	42.5	43.0	33.0	20.5	20.5	20.5	42.5	43.5
	TOTAL	73.5	108.5	91.0	93.0	100.5	83.5	81.5	66.0	59.0	59.0	59.0	86.0	82.0
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	45.0	66.0	50.0	75.0	45.5	39.5	44.0	32.5	56.0	73.5	55.0	37.5	38.0
	GRID 2	30.0	64.5	47.5	60.5	53.5	54.0	56.5	30.0	34.0	43.0	28.0	35.0	43.0
	TOTAL	75.0	130.5	97.5	135.5	99.0	93.5	100.5	62.5	90.0	116.5	83.0	72.5	81.0
RF – VF		1.5	22.0	6.5	42.5	−1.5	10.0	19.0	−3.5	31.0	57.5	24.0	−13.5	−1.0
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		4.0	26.5	12.5	32.0	11.0	21.0	24.5	6.5	32.5	60.5	26.0	2.5	7.0
NORMALISED (D+)		0.054	0.244	0.137	0.489	0.109	0.251	0.301	0.098	0.551	1.025	0.441	0.029	0.112
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		−2.5	−4.5	−6.0	−2.5	−12.5	−11.0	−5.5	−10.0	−1.5	−3.0	−2.0	−16.0	−6.5
NORMALISED (D-)		−0.034	−0.041	−0.066	−0.038	−0.124	−0.132	−0.067	−0.152	−0.025	−0.051	−0.034	−0.186	−0.104
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		6.5	31.0	18.5	34.5	23.5	32.0	30.0	16.5	34.0	63.5	28.0	18.5	13.5
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		0.088	0.286	0.203	0.527	0.234	0.383	0.368	0.250	0.576	1.076	0.475	0.215	0.216
SCORE		91.16	71.43	79.67	47.33	76.62	61.68	63.19	75.00	42.37	−7.63	52.54	78.49	78.40


SCORE （Stage 1 Round 1）
100
80
60
40
20
0
-20
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39
−57.30


DISCREPANCIES （Stage 1 Round 1）
NORMALISED (D+)
NORMALISED (D-)
1.486
1.025
−0.750
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39

2.2.2　Round 2（第 2 回目試験）結果

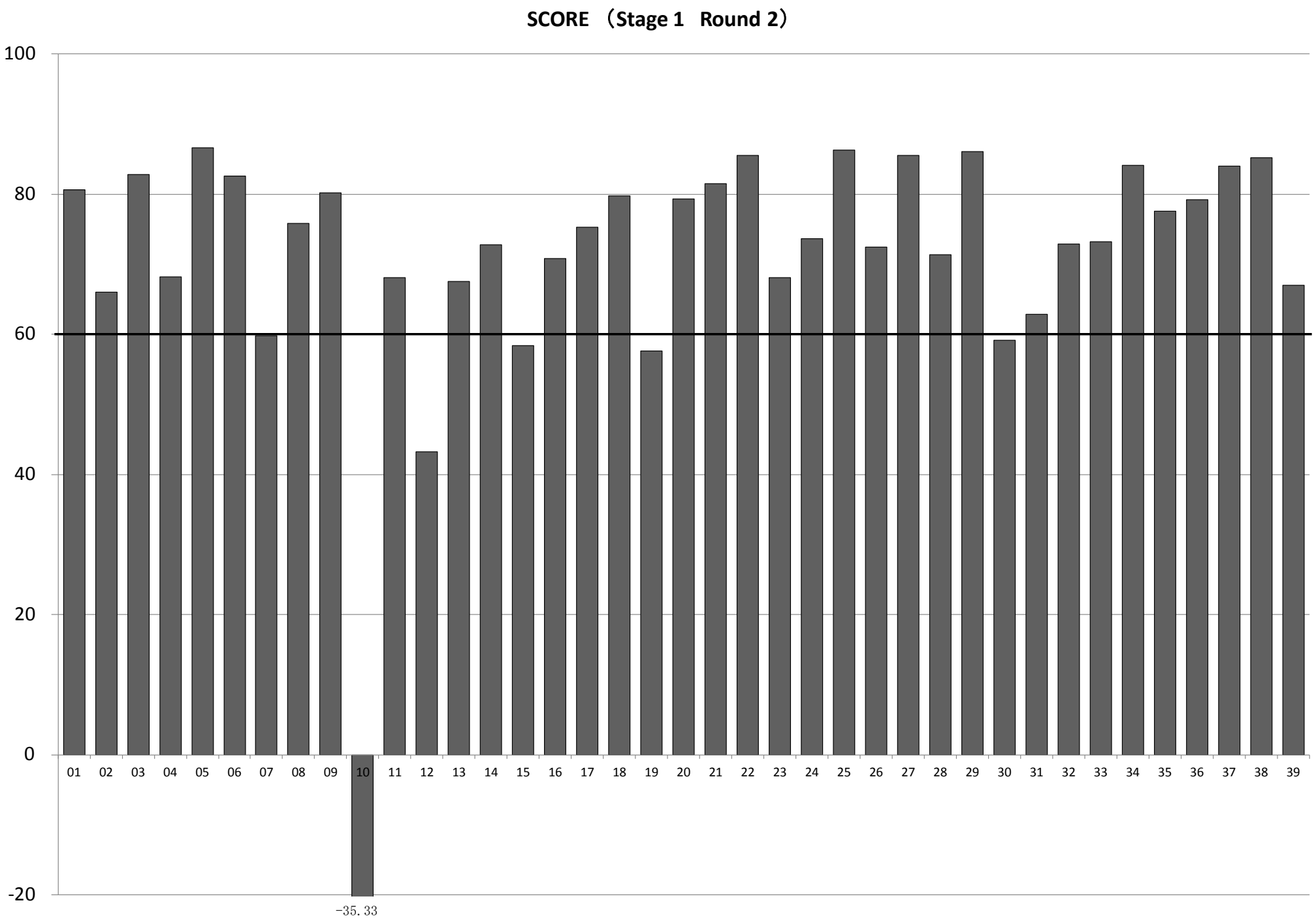
Stage 1（アモサイト試験）における **Round 2** の参加者別スコアを p.10 に、スコア分布を p.11 に、規格化したスコアの誤差分布を p.12 にそれぞれ示す。

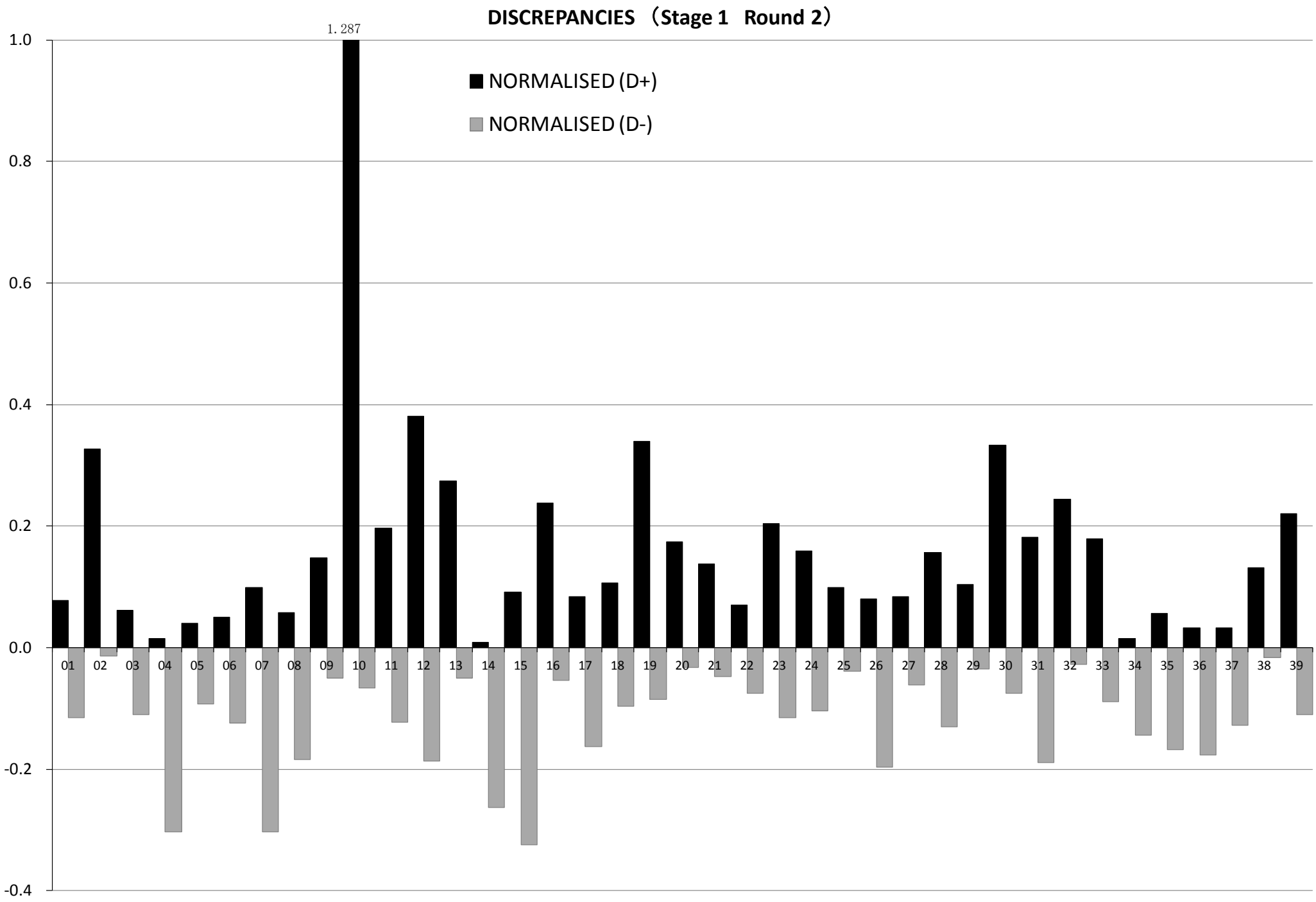
PROFICIENCY EVALUATION OF PCM FIBRE COUNTING
Stage 1 (Amosite) Round 2014-2

LABORATORY No.		1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12
ANALYST No.		610001	610002	610003	610004	610005	610006	610007	610008	610009	610010	610011	610012	610013
SLIDE No.		B A	B P	B L	B Q	B M	B E	B Q	B B	B C	B O	B L	B N	B C
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	59.5	45.5	38.5	33.0	43.5	42.5	33.0	49.5	50.0	41.0	38.5	38.5	50.0
	GRID 2	49.0	28.0	43.0	33.0	42.5	58.0	33.0	45.5	41.0	42.5	43.0	20.5	41.0
	TOTAL	108.5	73.5	81.5	66.0	86.0	100.5	66.0	95.0	91.0	83.5	81.5	59.0	91.0
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	58.5	57.0	34.5	27.0	41.5	39.5	31.0	48.0	52.5	94.0	45.5	43.5	59.0
	GRID 2	46.0	39.5	43.0	20.0	40.0	53.5	21.5	35.0	47.5	91.5	42.0	27.0	52.5
	TOTAL	104.5	96.5	77.5	47.0	81.5	93.0	52.5	83.0	100.0	185.5	87.5	70.5	111.5
RF – VF		-4.0	23.0	-4.0	-19.0	-4.5	-7.5	-13.5	-12.0	9.0	102.0	6.0	11.5	20.5
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		8.5	24.0	5.0	1.0	3.5	5.0	6.5	5.5	13.5	107.5	16.0	22.5	25.0
NORMALISED (D+)		0.078	0.327	0.061	0.015	0.041	0.050	0.098	0.058	0.148	1.287	0.196	0.381	0.275
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		-12.5	-1.0	-9.0	-20.0	-8.0	-12.5	-20.0	-17.5	-4.5	-5.5	-10.0	-11.0	-4.5
NORMALISED (D-)		-0.115	-0.014	-0.110	-0.303	-0.093	-0.124	-0.303	-0.184	-0.049	-0.066	-0.123	-0.186	-0.049
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		21.0	25.0	14.0	21.0	11.5	17.5	26.5	23.0	18.0	113.0	26.0	33.5	29.5
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		0.194	0.340	0.172	0.318	0.134	0.174	0.402	0.242	0.198	1.353	0.319	0.568	0.324
SCORE		80.65	65.99	82.82	68.18	86.63	82.59	59.85	75.79	80.22	-35.33	68.10	43.22	67.58

LABORATORY No.		13	14	15	16	16	17	18	19	20	20	21	22	23
ANALYST No.		610014	610015	610016	610017	610018	610019	610020	610021	610022	610023	610024	610025	610026
SLIDE No.		B A	B K	B K	B B	B A	B N	B F	B O	B M	B P	B E	B D	B L
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	59.5	51.0	51.0	49.5	59.5	38.5	53.5	41.0	43.5	45.5	42.5	52.0	38.5
	GRID 2	49.0	41.5	41.5	45.5	49.0	20.5	38.5	42.5	42.5	28.0	58.0	41.0	43.0
	TOTAL	108.5	92.5	92.5	95.0	108.5	59.0	92.0	83.5	86.0	73.5	100.5	93.0	81.5
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	39.0	41.0	59.5	47.0	60.0	49.5	60.0	45.0	44.0	46.5	50.0	56.5	34.0
	GRID 2	42.0	30.0	50.0	40.5	49.5	24.5	45.0	46.0	41.5	33.5	56.0	35.5	38.0
	TOTAL	81.0	71.0	109.5	87.5	109.5	74.0	105.0	91.0	85.5	80.0	106.0	92.0	72.0
RF – VF		-27.5	-21.5	17.0	-7.5	1.0	15.0	13.0	7.5	-0.5	6.5	5.5	-1.0	-9.5
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		1.0	8.5	22.0	8.0	11.5	20.0	16.0	11.5	6.0	15.0	16.0	6.5	6.5
NORMALISED (D+)		0.009	0.092	0.238	0.084	0.106	0.339	0.174	0.138	0.070	0.204	0.159	0.099	0.080
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		-28.5	-30.0	-5.0	-15.5	-10.5	-5.0	-3.0	-4.0	-6.5	-8.5	-10.5	-2.5	-16.0
NORMALISED (D-)		-0.263	-0.324	-0.054	-0.163	-0.097	-0.085	-0.033	-0.048	-0.076	-0.116	-0.104	-0.038	-0.196
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		29.5	38.5	27.0	23.5	22.0	25.0	19.0	15.5	12.5	23.5	26.5	9.0	22.5
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		0.272	0.416	0.292	0.247	0.203	0.424	0.207	0.186	0.145	0.320	0.264	0.137	0.276
SCORE		72.81	58.38	70.81	75.26	79.72	57.63	79.35	81.44	85.47	68.03	73.63	86.26	72.39

LABORATORY No.		24	25	26	26	26	27	28	29	30	31	32	33	50
ANALYST No.		610027	610028	610029	610030	610031	610032	610033	610034	610035	610036	610037	610038	610039
SLIDE No.		B D	B K	B M	B P	B Q	B F	B B	B E	B H	B H	B H	B C	B N
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	52.0	51.0	43.5	45.5	33.0	53.5	49.5	42.5	38.5	38.5	38.5	50.0	38.5
	GRID 2	41.0	41.5	42.5	28.0	33.0	38.5	45.5	58.0	43.5	43.5	43.5	41.0	20.5
	TOTAL	93.0	92.5	86.0	73.5	66.0	92.0	95.0	100.5	82.0	82.0	82.0	91.0	59.0
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	53.5	51.0	49.5	61.5	27.5	60.0	53.5	41.5	33.5	33.0	36.0	55.5	40.5
	GRID 2	43.0	44.0	42.5	31.0	38.0	52.0	50.0	46.0	38.0	36.0	40.0	46.0	25.0
	TOTAL	96.5	95.0	92.0	92.5	65.5	112.0	103.5	87.5	71.5	69.0	76.0	101.5	65.5
RF – VF		3.5	2.5	6.0	19.0	-0.5	20.0	8.5	-13.0	-10.5	-13.0	-6.0	10.5	6.5
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		5.5	14.5	9.0	24.5	12.0	22.5	17.0	1.5	3.5	2.0	2.0	12.0	13.0
NORMALISED (D+)		0.084	0.157	0.105	0.333	0.182	0.245	0.179	0.015	0.056	0.032	0.032	0.132	0.220
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		-4.0	-12.0	-3.0	-5.5	-12.5	-2.5	-8.5	-14.5	-10.5	-11.0	-8.0	-1.5	-6.5
NORMALISED (D-)		-0.061	-0.130	-0.035	-0.075	-0.189	-0.027	-0.089	-0.144	-0.168	-0.176	-0.128	-0.016	-0.110
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		9.5	26.5	12.0	30.0	24.5	25.0	25.5	16.0	14.0	13.0	10.0	13.5	19.5
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		0.145	0.286	0.140	0.408	0.371	0.272	0.268	0.159	0.224	0.208	0.160	0.148	0.331
SCORE		85.50	71.35	86.05	59.18	62.88	72.83	73.16	84.08	77.60	79.20	84.00	85.16	66.95


SCORE （Stage 1 Round 2）
100
80
60
40
20
0
-20
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39
-35.33


DISCREPANCIES （Stage 1 Round 2）
1.287
NORMALISED (D+)
NORMALISED (D-)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39

2.3　Stage 2（クリソタイル試験）結果

2.3.1　Round 1（第 1 回目試験）結果

Stage 2（クリソタイル試験）における **Round 1** の参加者別スコアを p.14 に、スコア分布を p.15 に、規格化したスコアの誤差分布を p.16 にそれぞれ示す。

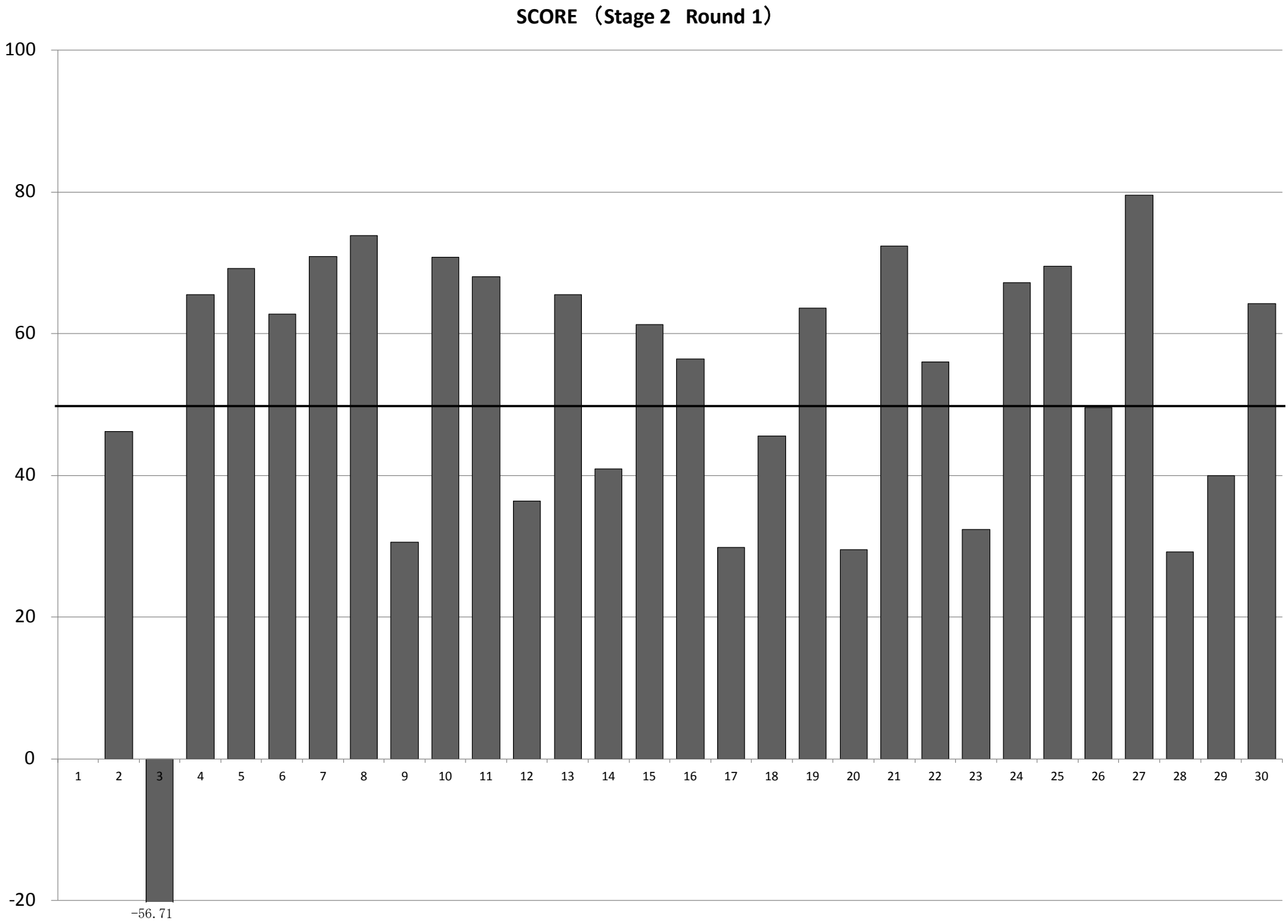
PROFICIENCY EVALUATION OF PCM FIBRE COUNTING

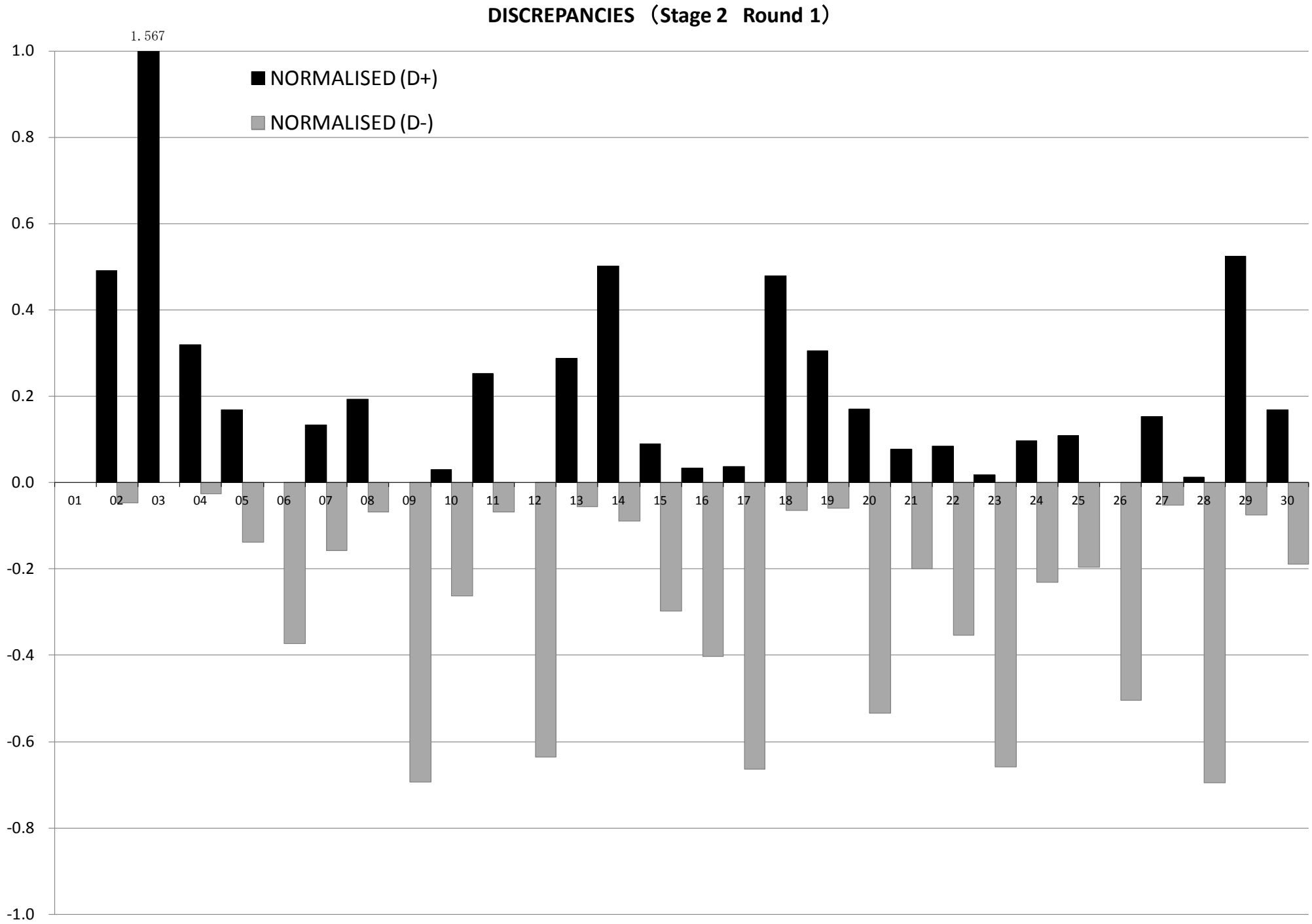
Stage 2 (Chrysotile) Round 2014-1

LABORATORY No.		34	2	35	3	4	5	36	37	38	39
ANALYST No.		620001	620002	620003	620004	620005	620006	620007	620008	620009	620010
SLIDE No.		HK	HC	HK	HF	HD	HC	HO	HM	HF	HF
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	44.0	43.0	44.0	63.0	52.5	43.0	48.0	46.5	63.0	63.0
	GRID 2	38.0	41.5	38.0	51.5	45.0	41.5	63.5	56.5	51.5	51.5
	TOTAL	82.0	84.5	82.0	114.5	97.5	84.5	111.5	103.0	114.5	114.5
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	–	56.0	116.0	81.0	49.0	24.5	52.5	56.0	22.0	52.0
	GRID 2	–	66.0	94.5	67.0	51.5	28.5	56.5	60.0	13.0	36.0
	TOTAL	–	122.0	210.5	148.0	100.5	53.0	109.0	116.0	35.0	88.0
RF – VF		–	37.5	128.5	33.5	3.0	-31.5	-2.5	13.0	-79.5	-26.5
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		–	41.5	128.5	36.5	16.5	0.0	15.0	20.0	0.0	3.5
NORMALISED (D+)		–	0.491	1.567	0.319	0.169	0.000	0.135	0.194	0.000	0.031
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		–	-4.0	0.0	-3.0	-13.5	-31.5	-17.5	-7.0	-79.5	-30.0
NORMALISED (D-)		–	-0.047	0.000	-0.026	-0.138	-0.373	-0.157	-0.068	-0.694	-0.262
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		–	45.5	128.5	39.5	30.0	31.5	32.5	27.0	79.5	33.5
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		–	0.538	1.567	0.345	0.308	0.373	0.291	0.262	0.694	0.293
SCORE		–	46.15	-56.71	65.50	69.23	62.72	70.85	73.79	30.57	70.74

LABORATORY No.		8	8	40	11	12	16	16	41	42	43
ANALYST No.		620011	620012	620013	620014	620015	620016	620017	620018	620019	620020
SLIDE No.		HN	HM	HG	HE	HN	HE	HK	HC	HM	HL
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	57.0	46.5	84.5	75.0	57.0	75.0	44.0	43.0	46.5	50.5
	GRID 2	54.0	56.5	31.5	60.5	54.0	60.5	38.0	41.5	56.5	49.5
	TOTAL	111.0	103.0	116.0	135.5	111.0	135.5	82.0	84.5	103.0	100.0
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	74.5	13.5	103.5	99.0	46.5	45.5	16.5	62.0	54.5	31.5
	GRID 2	57.0	24.0	39.5	92.5	41.5	40.0	14.0	57.5	74.0	32.0
	TOTAL	131.5	37.5	143.0	191.5	88.0	85.5	30.5	119.5	128.5	63.5
RF – VF		20.5	-65.5	27.0	56.0	-23.0	-50.0	-51.5	35.0	25.5	-36.5
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		28.0	0.0	33.5	68.0	10.0	4.5	3.0	40.5	31.5	17.0
NORMALISED (D+)		0.252	0.000	0.289	0.502	0.090	0.033	0.037	0.479	0.306	0.170
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		-7.5	-65.5	-6.5	-12.0	-33.0	-54.5	-54.5	-5.5	-6.0	-53.5
NORMALISED (D-)		-0.068	-0.636	-0.056	-0.089	-0.297	-0.402	-0.665	-0.065	-0.058	-0.535
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		35.5	65.5	40.0	80.0	43.0	59.0	57.5	46.0	37.5	70.5
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		0.320	0.636	0.345	0.590	0.387	0.435	0.701	0.544	0.364	0.705
SCORE		68.02	36.41	65.52	40.96	61.26	56.46	29.88	45.56	63.59	29.50

LABORATORY No.		20	22	44	45	46	47	48	27	28	49
ANALYST No.		620021	620022	620023	620024	620025	620026	620027	620028	620029	620030
SLIDE No.		HE	HO	HG	HD	HL	HN	HD	HO	HL	HG
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	75.0	48.0	84.5	52.5	50.5	57.0	52.5	48.0	50.5	84.5
	GRID 2	60.5	63.5	31.5	45.0	49.5	54.0	45.0	63.5	49.5	31.5
	TOTAL	135.5	111.5	116.0	97.5	100.0	111.0	97.5	111.5	100.0	116.0
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	68.0	35.5	33.0	47.0	48.0	28.0	57.0	17.5	65.0	77.5
	GRID 2	51.0	46.0	8.5	37.5	43.5	27.0	50.5	18.0	80.0	36.0
	TOTAL	119.0	81.5	41.5	84.5	91.5	55.0	107.5	35.5	145.0	113.5
RF – VF		-16.5	-30.0	-74.5	-13.0	-8.5	-56.0	10.0	-76.0	45.0	-2.5
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		10.5	9.5	2.0	9.5	11.0	0.0	15.0	1.5	52.5	19.5
NORMALISED (D+)		0.077	0.085	0.017	0.097	0.110	0.000	0.154	0.013	0.525	0.168
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		-27.0	-39.5	-76.5	-22.5	-19.5	-56.0	-5.0	-77.5	-7.5	-22.0
NORMALISED (D-)		-0.199	-0.354	-0.659	-0.231	-0.195	-0.505	-0.051	-0.695	-0.075	-0.190
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		37.5	49.0	78.5	32.0	30.5	56.0	20.0	79.0	60.0	41.5
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		0.277	0.439	0.677	0.328	0.305	0.505	0.205	0.709	0.600	0.358
SCORE		72.32	56.05	32.33	67.18	69.50	49.55	79.49	29.15	40.00	64.22


SCORE （Stage 2 Round 1）
100
80
60
40
20
0
-20
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
-56.71


DISCREPANCIES （Stage 2 Round 1）
1.567
NORMALISED (D+)
NORMALISED (D-)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1.0
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

2.3.2　Round 2（第 2 回目試験）結果

Stage 2（クリソタイル試験）における **Round 2** の参加者別スコアを p.18 に、スコア分布を p.19 に、規格化したスコアの誤差分布を p.20 にそれぞれ示す。

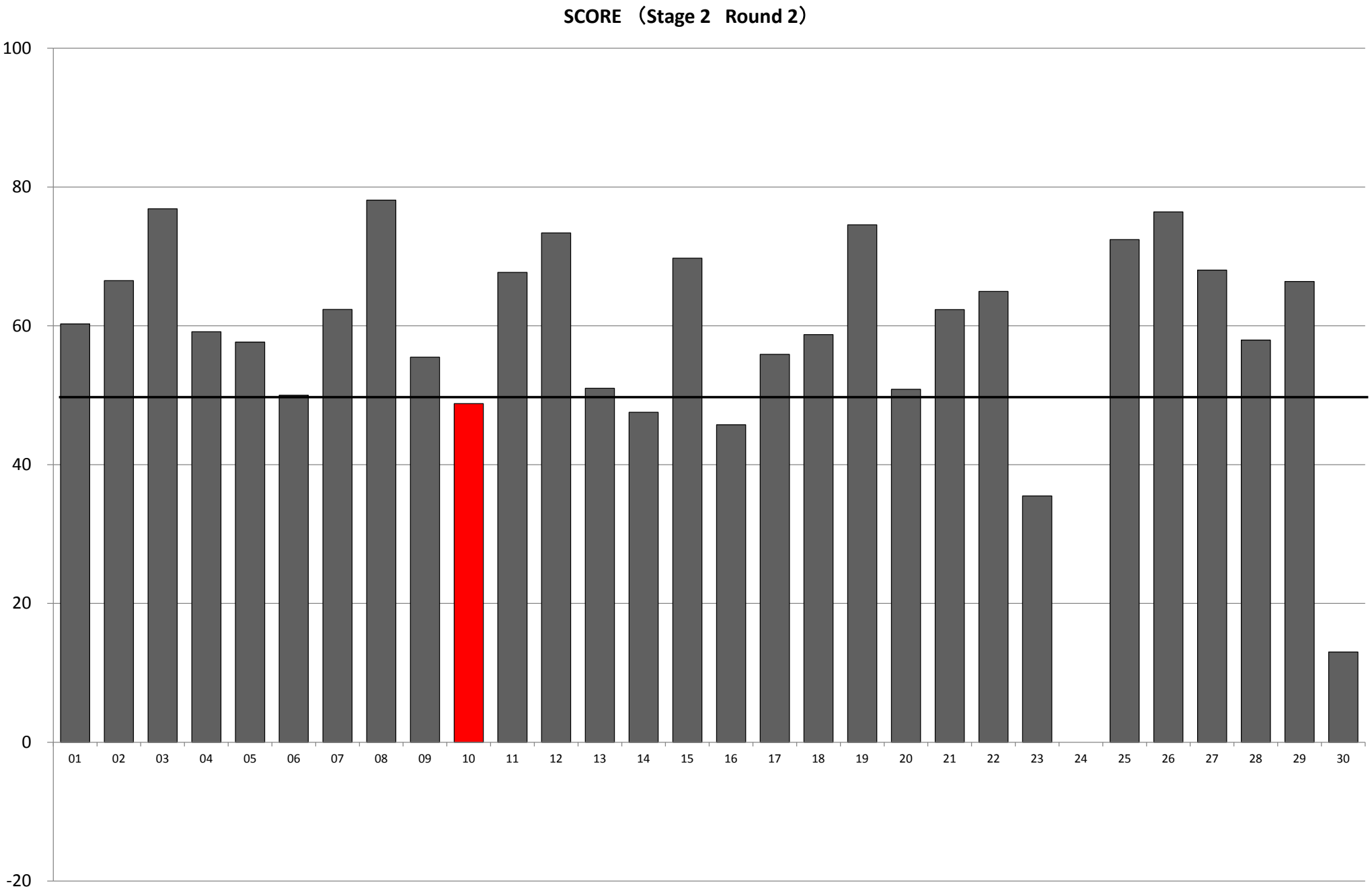
PROFICIENCY EVALUATION OF PCM FIBRE COUNTING

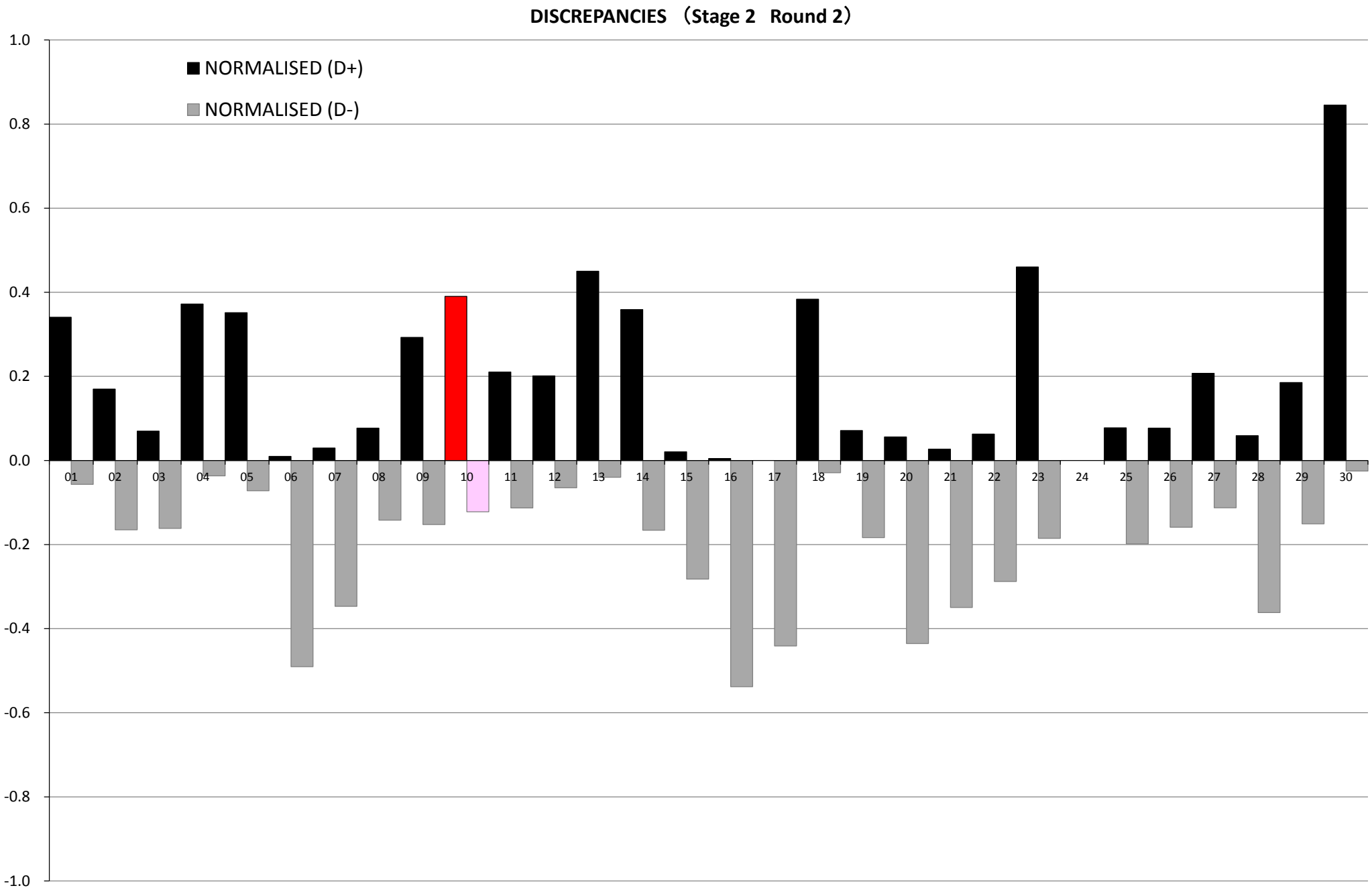
Stage 2 (Chrysotile) Round 2014-2

LABORATORY No.		34	2	35	3	4	5	36	37	38	39
ANALYST No.		620001	620002	620003	620004	620005	620006	620007	620008	620009	620010
SLIDE No.		HF	HM	HF	HK	HN	HM	HE	HC	HK	HK
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	63.0	46.5	63.0	44.0	57.0	46.5	75.0	43.0	44.0	44.0
	GRID 2	51.5	56.5	51.5	38.0	54.0	56.5	60.5	41.5	38.0	38.0
	TOTAL	114.5	103.0	114.5	82.0	111.0	103.0	135.5	84.5	82.0	82.0
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	85.0	47.0	58.0	65.0	65.5	24.5	58.5	36.5	57.5	61.5
	GRID 2	62.0	56.5	46.0	44.5	76.5	29.0	34.0	42.5	36.0	42.5
	TOTAL	147.0	103.5	104.0	109.5	142.0	53.5	92.5	79.0	93.5	104.0
RF – VF		32.5	0.5	-10.5	27.5	31.0	-49.5	-43.0	-5.5	11.5	22.0
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		39.0	17.5	8.0	30.5	39.0	1.0	4.0	6.5	24.0	32.0
NORMALISED (D+)		0.341	0.170	0.070	0.372	0.351	0.010	0.030	0.077	0.293	0.390
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		-6.5	-17.0	-18.5	-3.0	-8.0	-50.5	-47.0	-12.0	-12.5	-10.0
NORMALISED (D-)		-0.057	-0.165	-0.162	-0.037	-0.072	-0.490	-0.347	-0.142	-0.152	-0.122
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		45.5	34.5	26.5	33.5	47.0	51.5	51.0	18.5	36.5	42.0
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		0.397	0.335	0.231	0.409	0.423	0.500	0.376	0.219	0.445	0.512
SCORE		60.26	66.50	76.86	59.15	57.66	50.00	62.36	78.11	55.49	48.78

LABORATORY No.		8	8	40	11	12	16	16	41	42	43
ANALYST No.		620011	620012	620013	620014	620015	620016	620017	620018	620019	620020
SLIDE No.		HD	HC	HL	HO	HD	HO	HF	HM	HC	HG
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	52.5	43.0	50.5	48.0	52.5	48.0	63.0	46.5	43.0	84.5
	GRID 2	45.0	41.5	49.5	63.5	45.0	63.5	51.5	56.5	41.5	31.5
	TOTAL	97.5	84.5	100.0	111.5	97.5	111.5	114.5	103.0	84.5	116.0
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	62.0	51.5	66.5	50.5	38.0	26.5	38.5	66.0	33.5	56.5
	GRID 2	45.0	44.5	74.5	82.5	34.0	25.5	25.5	73.5	41.5	15.5
	TOTAL	107.0	96.0	141.0	133.0	72.0	52.0	64.0	139.5	75.0	72.0
RF – VF		9.5	11.5	41.0	21.5	-25.5	-59.5	-50.5	36.5	-9.5	-44.0
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		20.5	17.0	45.0	40.0	2.0	0.5	0.0	39.5	6.0	6.5
NORMALISED (D+)		0.210	0.201	0.450	0.359	0.021	0.004	0.000	0.383	0.071	0.056
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		-11.0	-5.5	-4.0	-18.5	-27.5	-60.0	-50.5	-3.0	-15.5	-50.5
NORMALISED (D-)		-0.113	-0.065	-0.040	-0.166	-0.282	-0.538	-0.441	-0.029	-0.183	-0.435
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		31.5	22.5	49.0	58.5	29.5	60.5	50.5	42.5	21.5	57.0
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		0.323	0.266	0.490	0.525	0.303	0.543	0.441	0.413	0.254	0.491
SCORE		67.69	73.37	51.00	47.53	69.74	45.74	55.90	58.74	74.56	50.86

LABORATORY No.		20	22	44	45	46	47	48	27	28	49
ANALYST No.		620021	620022	620023	620024	620025	620026	620027	620028	620029	620030
SLIDE No.		HO	HE	HL	HN	HG	HD	HN	HE	HG	HL
VERIFIED FIBRES (VF)	GRID 1	48.0	75.0	50.5	57.0	84.5	52.5	57.0	75.0	84.5	50.5
	GRID 2	63.5	60.5	49.5	54.0	31.5	45.0	54.0	60.5	31.5	49.5
	TOTAL	111.5	135.5	100.0	111.0	116.0	97.5	111.0	135.5	116.0	100.0
REPORTED FIBRES (RF)	GRID 1	39.5	65.5	63.0	—	69.5	49.0	64.0	58.0	82.5	79.5
	GRID 2	36.0	39.5	64.5	—	32.5	40.5	57.5	36.5	37.5	102.5
	TOTAL	75.5	105.0	127.5	—	102.0	89.5	121.5	94.5	120.0	182.0
RF – VF		-36.0	-30.5	27.5	—	-14.0	-8.0	10.5	-41.0	4.0	82.0
POSITIVE DISCREPANCIES (D+)		3.0	8.5	46.0	—	9.0	7.5	23.0	8.0	21.5	84.5
NORMALISED (D+)		0.027	0.063	0.460	—	0.078	0.077	0.207	0.059	0.185	0.845
NEGATIVE DISCREPANCIES (D-)		-39.0	-39.0	-18.5	—	-23.0	-15.5	-12.5	-49.0	-17.5	-2.5
NORMALISED (D-)		-0.350	-0.288	-0.185	—	-0.198	-0.159	-0.113	-0.362	-0.151	-0.025
TOTAL DISCREPANCIES (D+ + | D-|)		42.0	47.5	64.5	—	32.0	23.0	35.5	57.0	39.0	87.0
SUM OF NORMALISED (D+ + | D-|)		0.377	0.351	0.645	—	0.276	0.236	0.320	0.421	0.336	0.870
SCORE		62.33	64.94	35.50	—	72.41	76.41	68.02	57.93	66.38	13.00


SCORE （Stage 2 Round 2）
100
80
60
40
20
0
-20
01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30


DISCREPANCIES （Stage 2 Round 2）
NORMALISED (D+)
NORMALISED (D-)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1.0
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

2.4　結果の評価

2.4.1　アモサイトスライドの計数技能評価

（1）スコアによる評価

本プログラムの参加者は 39 名で、有効回答数は Round 1（第 1 回目試験）: 36、Round 2（第 2 回目試験）: 38 であった。このうち、過去（第 1 回～第 5 回）のアモサイト試験に参加された経験者は 17 名（44 %）で、今回初めての参加者は 22 名（56 %）であった。計数技能評価は、これまでと同様にスコア : 60 点を基準にして行ない、60 点を超える参加者を「proficient（熟練者）」とランク分けした。図 2.1 に Round 1 及び Round 2 のスコアの階級別ヒストグラムを示す。

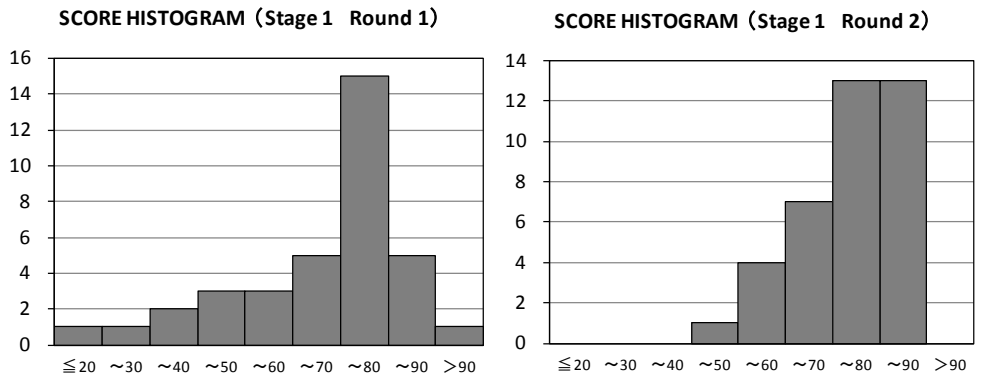


図 2.1　Round 1 及び Round 2 のスコアの階級別ヒストグラム

低いスコアについて棄却検定を行なった結果、Round 1 で 1 名のデータが棄却対象となった（資料 1 参照）。その結果、有効回答数は表 2.1 のとおりとなった。

本プログラムにおける「proficient（熟練者）」の基準となる「60 点超」のスコアを満足した者は、Round 1 では 36 名中 26 名（72.2 %）であったのに対し、Round 2 では 38 名中 33 名（86.8 %）に上昇した。更に「80 点超」は、Round 1 では 6 名（16.7 %）にとどまっていたものの、Round 2 では 13 名（34.2 %）と顕著な伸びが見受けられた。全体評価のスコア平均点をみると、Round 1 の 65.8 点から Round 2 では 74.0 点と 8.2 ポイント上昇した。

以上より、今回のアモサイト試験では、過去の試験同様、本プログラムにおける技能向上、精度向上の効果が得られた結果となった。

（2）計数誤差の要因解析

A）母集団の平均値による誤差の評価

（ｉ）参加者の報告値（RF : Reported Fibers）を用いた評価

参加者は、それぞれ合意基準値の異なるスライドを計数するので、報告値（RF : 計数した総繊維数）を比較しても意味はない。しかし、スライドごとの合意基準値

（VF：Verified Fibers）に対して規格化した報告値を用いると比較が可能になる。

例えば、「合意基準値：87.5、報告値：107.5」と「合意基準値：94.5、報告値：83.5」のデータでは、規格化された報告値は前者が「1.23」で、後者は「0.88」となり、前者は繊維数を過大評価し、後者は過少評価していると評価することが出来る。参加者個々の報告値を規格化し、母集団の平均値を求めた結果を表 2.2 に示す。

表 2.2　規格化された報告値の平均値（アモサイトスライド）

	Round 1	Round 2
$\frac{\Sigma(RF/VF)}{有効回答数}$	1.163	1.016

表 2.2 から、参加者の計数値は Round 1 では、約 16 %合意基準より過大評価されていたことになるが、Round 2 では 過大評価は 2 %程度に減少していることがわかる。アモサイトスライドでは、分析者が長さ 5 μm 未満の繊維を計数して過大評価する傾向があることが知られているが、参加者は Round 1 での誤判定を Round 2 で修正しており、本プログラムが繊維計数技能の向上に有効であることを示している。Pang ら[1)]は、アメリカ・カナダでの 86 名の分析者の試験結果について同様の解析を行ない 38.3 %の過大評価を報告しているが、それとの比較では今回の結果は母集団全体としての繊維計数精度が高いことを示しているといえる。

ⅱ）個々の繊維の誤差要因解析に基づく評価

分析者の計数技能に起因する誤差の要因は、

（ⅰ）繊維長・繊維径の計測ミス（sizing）

（ⅱ）視力の不足、綿密さのない観察、及び顕微鏡調整の不備（visual acuity）

（ⅲ）繊維の重なりや繊維束から分岐した微細繊維の判別ミス（identification）

（ⅳ）計数結果を記録する時の誤記（recording）

のいずれかに分類される。繊維計数時には、それぞれの誤差の要因による繊維の「数え過ぎ」と「見落とし」が生じる。それらの誤差の分類の詳細を以下に示す；

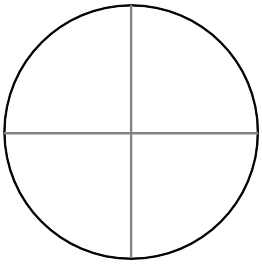
① sizing(+)と(−)： ≧5 μm の繊維を＜5 μm と判定してマップに記入した場合、参加者は繊維長の計測ミスによって繊維を 1 本見落としたことになり、誤差要因の解析では「sizing(−)」と分類される。＜5 μm の繊維を≧5 μm と判定した場合は、繊維を 1 本数え過ぎたことになるので誤差の分類は「sizing(+)」とする。

② visual acuity(+)と(−)： マップ上の合意基準の繊維の位置に記入がない場合、繊維を 1 本見落としたと判定して visual acuity(−)とする。逆に合意基準では繊維がない位置に繊維を書き込んだ場合は、繊維以外の顕微鏡像を繊

維と判定し 1 本数え過ぎたとして visual acuity(+)とする。

③ identification(+)と(−)： 重なり合った繊維や繊維束から分岐した微細繊維、さらには繊維の集合体等については、本プログラムの「参考資料」の 10〜11 ページに示されている繊維数計数ルールの実例を基に、参加者のマップと合意基準を比較して繊維数の判定結果を評価した。アイピースグレイティクルの円と交差する繊維の計数法については、本プログラムの「参考資料」9 ページのルールを適用する。合意基準より数え過ぎている場合は、identification(+)、少ない場合は identification(−)とする。

④ recording(+)と(−)： 参加者は確認した繊維について、その位置を図の円内に書き込むとともに計数繊維数も書き込む（図 2.2)。しかし、記録ミスによって図中の繊維数と「計数繊維数」の欄の数値が違うことがある。これを recording のミスと分類し、図中の繊維数より計数繊維数の数値が大きい場合を recording(+)、少ない場合を recording(−)とする。



グリッド	視野座標	計数繊維数

FIBERS REPORTED				
SIZING:	EXTRA		MISSING	
VISUAL ACUITY:	EXTRA		MISSING	
IDENTIFICATION:	EXTRA		MISSING	
RECORDING:	EXTRA		MISSING	

図 2.2 記録票の例

計数誤差の要因解析は、1 視野ごとにマップに記入された繊維の位置を合意基準の繊維の位置と比較して行なう。計数誤差は、上記の 4 つの誤差の要因（sizing, visual acuity, identification, recording）について、それぞれ「数え過ぎ」と「見落とし」があるので、合計 8 項目に分類される。採点時に、マップに報告された繊維の計数誤差は、項目別にその本数が記録票の集計欄に記入される。参加者ごとに各項目の本数を合意基準値（VF）対して正規化し、項目ごとの全体の平均値を算出して項目別の比率を調べた。その結果を表 2.3 に示す。

表 2.3　計数誤差の要因解析結果（アモサイト）

誤差の分類	Round 1			Round 2		
	誤差全体の内訳	数え過ぎ誤差の内訳	見落とし誤差の内訳	誤差全体の内訳	数え過ぎ誤差の内訳	見落とし誤差の内訳
sizing (+)	51.8 %	73.5 %	−	29.5 %	56.1 %	−
sizing (−)	12.5 %	−	42.4 %	23.4 %	−	49.3 %
visual acuity (+)	3.2 %	4.6 %	−	9.8 %	18.5 %	−
visual acuity (−)	12.5 %	−	42.3 %	16.7 %	−	35.2 %
identification (+)	15.1 %	21.4 %	−	13.0 %	24.6 %	−
identification (−)	4.1 %	−	13.7 %	6.6 %	−	14.0 %
recording (+)	0.4 %	0.5 %	−	0.4 %	0.7 %	−
recording (−)	0.5 %	−	1.6 %	0.7 %	−	1.4 %

アモサイトスライドの最大の計数誤差要因は、「長さ：＜5 μm の寸法判定ミス」（sizing(+)）であることが、これまでの試験結果からわかっている。今回の試験でも Round 1 においては、「sizing(+)」が誤差全体の内訳の 51.8 %を占めたが、Round 2 では 29.5%に低下しており、参加者の計数技能の改善がうかがわれる。なお、昨年度の結果では、誤差全体の内訳で「sizing(+)」は Round 1：42 %、Round 2：26 %であった。Pang ら [1] は、数え過ぎ誤差のうち「sizing(+)」が 74 %と報告しており、今回の試験でも Round 1 における数え過ぎ誤差の内訳では、「sizing(+)」が 73.5 %と上記報告同様、高い比率を占めていた。アモサイトの計数精度向上のためには、繊維の長さの判定能力を高めることが重要である。

sizing(−)（長さ：≧5 μm の繊維を＜5 μm と判定して計数から除外するミス）は、誤差全体に占める内訳では、Round 1：12.5 %に対し、Round 2 では 23.4 %と増加している。これまでの本プログラムの結果でも、Round 1 で sizing(+)のミスを犯した参加者が、Round 2 では寸法計測に慎重になって 5 μm よりやや長い計数対象繊維を計数しない傾向があるので、今回も同様の傾向が現れた可能性がある。

visual acuity(+)及び(−)（顕微鏡像の識別能力による繊維の数え過ぎ及び見落とし）の誤差全体に占める割合は、Round 1 で 15.7 %、Round 2 で 26.5 %となり、昨年度より比率が小さい結果となった（昨年度は Round 1：30.7 %、Round 2：33.3 %）。繊維の見落としや繊維以外のコントラストを繊維と誤判定するミスは、繊維の寸法判定ミスとともに、計数誤差の主要な要因である。顕微鏡像の綿密な観察及び顕微鏡の調整を日頃から心掛けることによって、visual acuity(+)及び(−)を減少させる取り組みが必要である。

identification(+)及び(−)は、繊維の重なりや繊維の枝分かれの判定ミスやアイピースグレイティクルの円と繊維との交差の判定ミスから、数え過ぎまたは見落としが生じる誤差であるが、昨年度と同様に、今回の結果でも誤差全体に占める割合は 20 %

弱で、見落とし誤差に占める割合より数え過ぎ誤差に占める割合のほうが高かった。

B）参加者個々の誤差要因解析結果の概要

参加者の計数誤差を、その要因別に表示した図 2.4・図 2.5 から参加者個々の誤差要因を調べた。

図 2.4（棄却検定後のデータ）の Round 1 の誤差要因解析結果では、縦軸の数値が 0.4 を超えた 5 名の参加者（＝スコアが低かった）のうち、多くは「sizing(+)」の誤差要因が多かったことが棒グラフの色分けからわかる。また、visual acuity(+)の誤差要因も 5 名のうち数名の参加者に見受けられる。一方、縦軸の数値が 0.2 以下であった参加者 11 名(＝スコアが高かった)では、少ない誤差の中でも「sizing(−)」が主たる誤差要因になっている傾向があり、＜5 μm の短繊維を除外出来ていることが高スコアの要因の一つになっていることがうかがえる。

アモサイトスライドの計数では、繊維長の計測を注意深く行なうことが精度向上の鍵になる。図 2.4（Round 1）と図 2.5（Round 2）を比較すると、Round 2 では全体的に「sizing(+)」が減少し「sizing(−)」が増加していることが棒グラフの色分けでわかる。「sizing(+)」の減少は、参加者が Round 2 で繊維の長さ計測に特に注意を払ったことによる効果で、また「sizing(−)」の増加は長さの計測に慎重になり過ぎたために起こったのではないかと考えられる。これらの現象には、Round 1 の計数結果の再検証の効果がうかがわれると考えている。

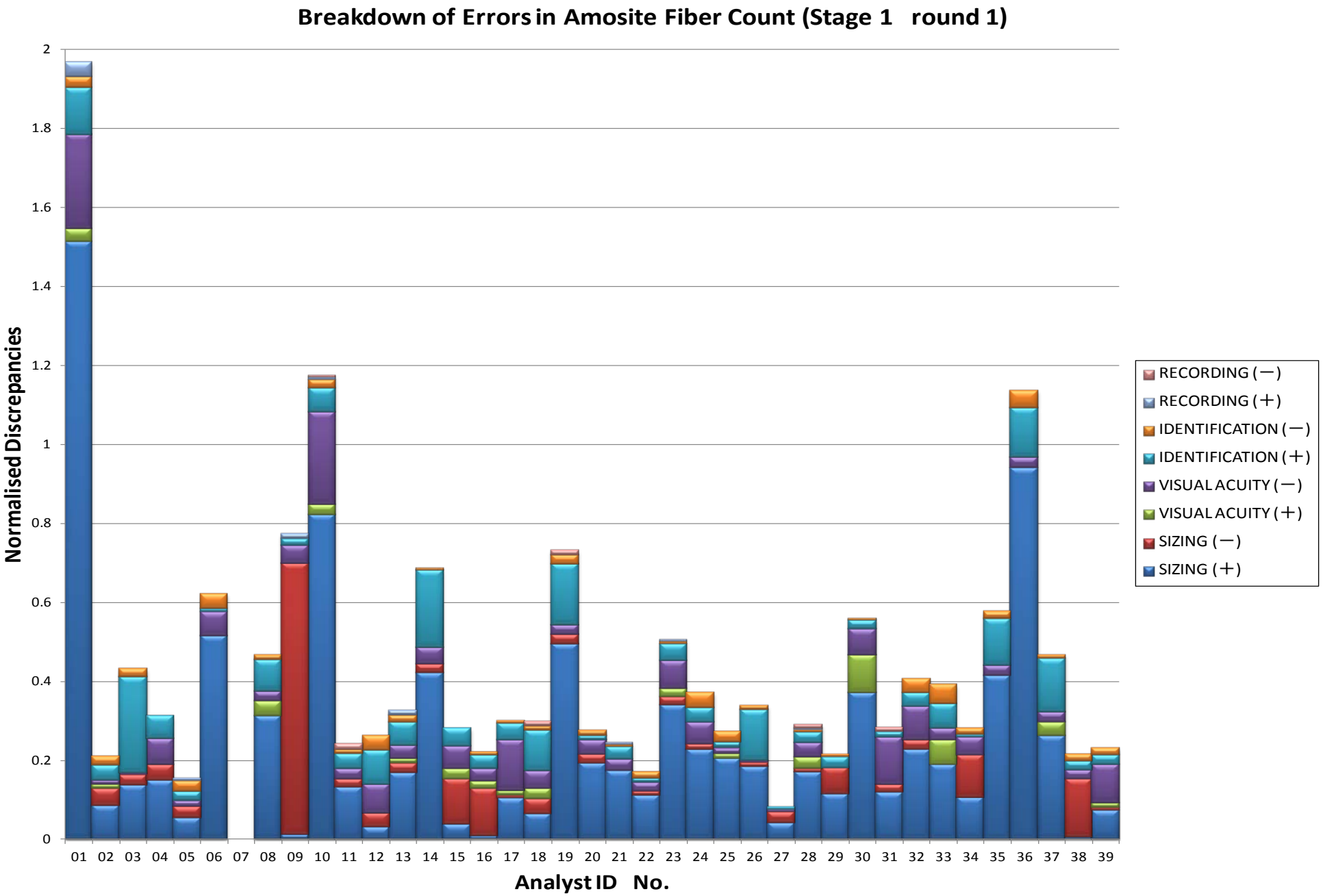


図 2.3　Stage 1（アモサイト試験）Round 1 における誤差要因解析結果【データ棄却前】

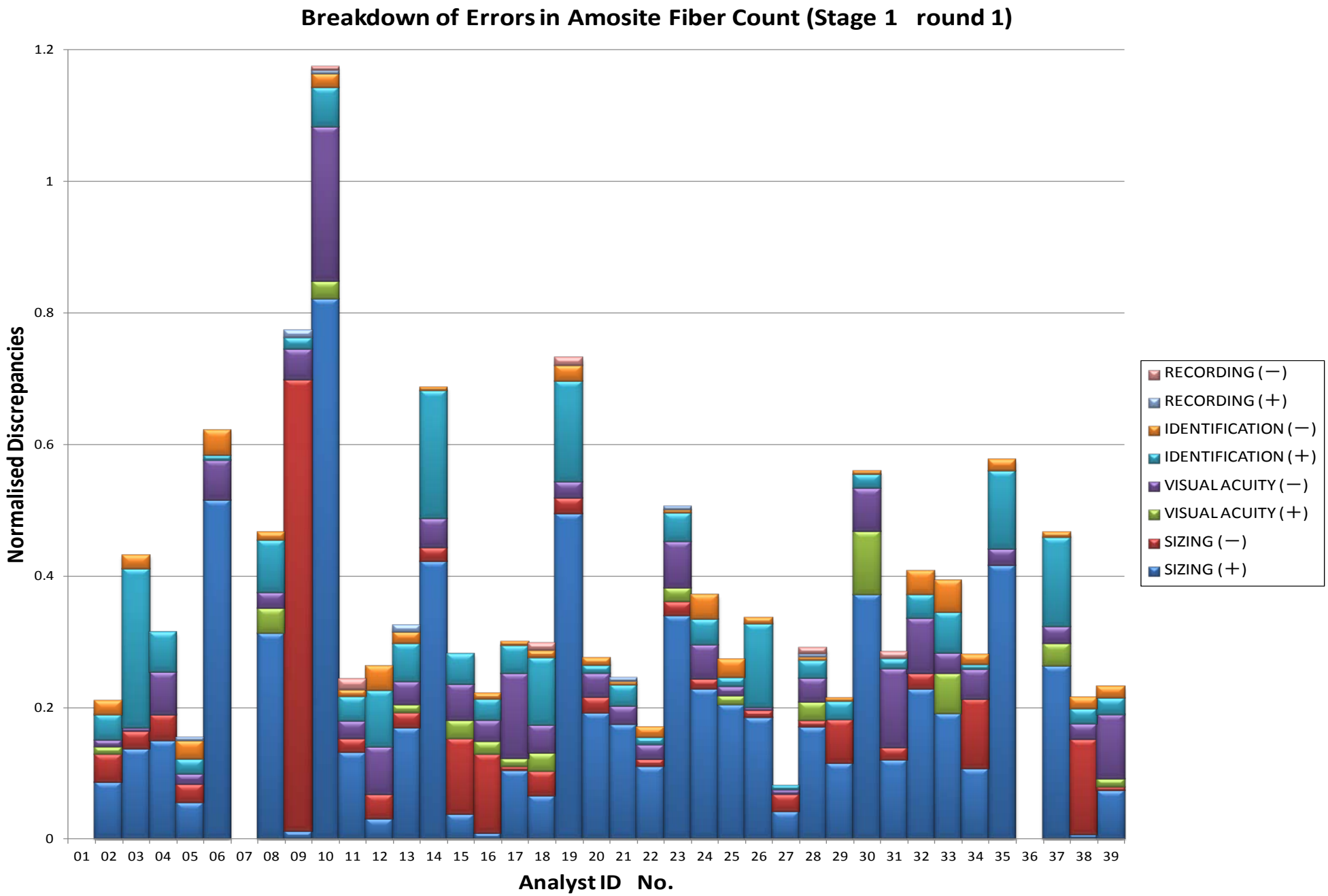


図 2.4　Stage 1（アモサイト試験）Round 1 における誤差要因解析結果【データ棄却後】

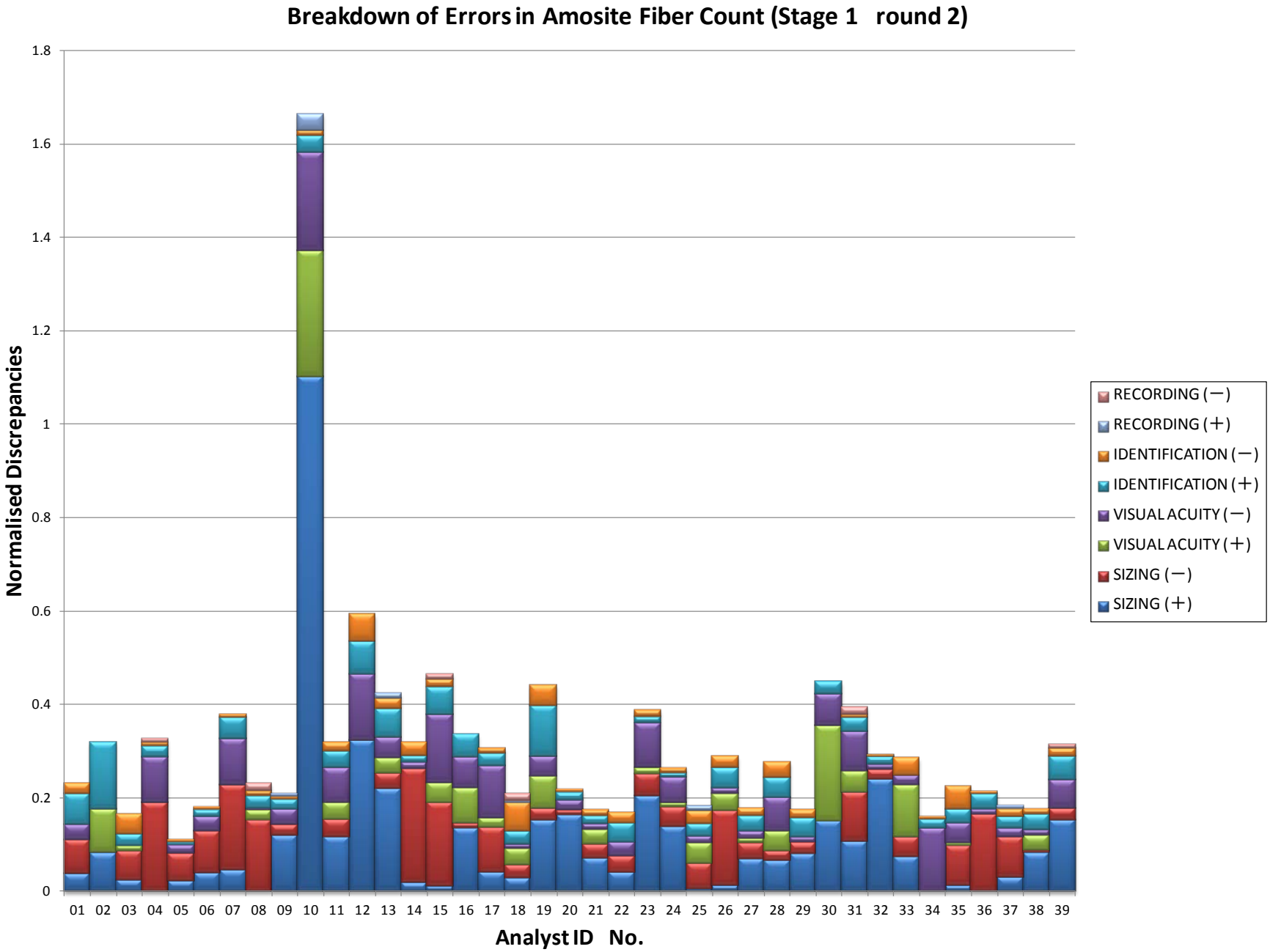


図 2.5　Stage 1（アモサイト試験）Round 2 における誤差要因解析結果【データ棄却前】

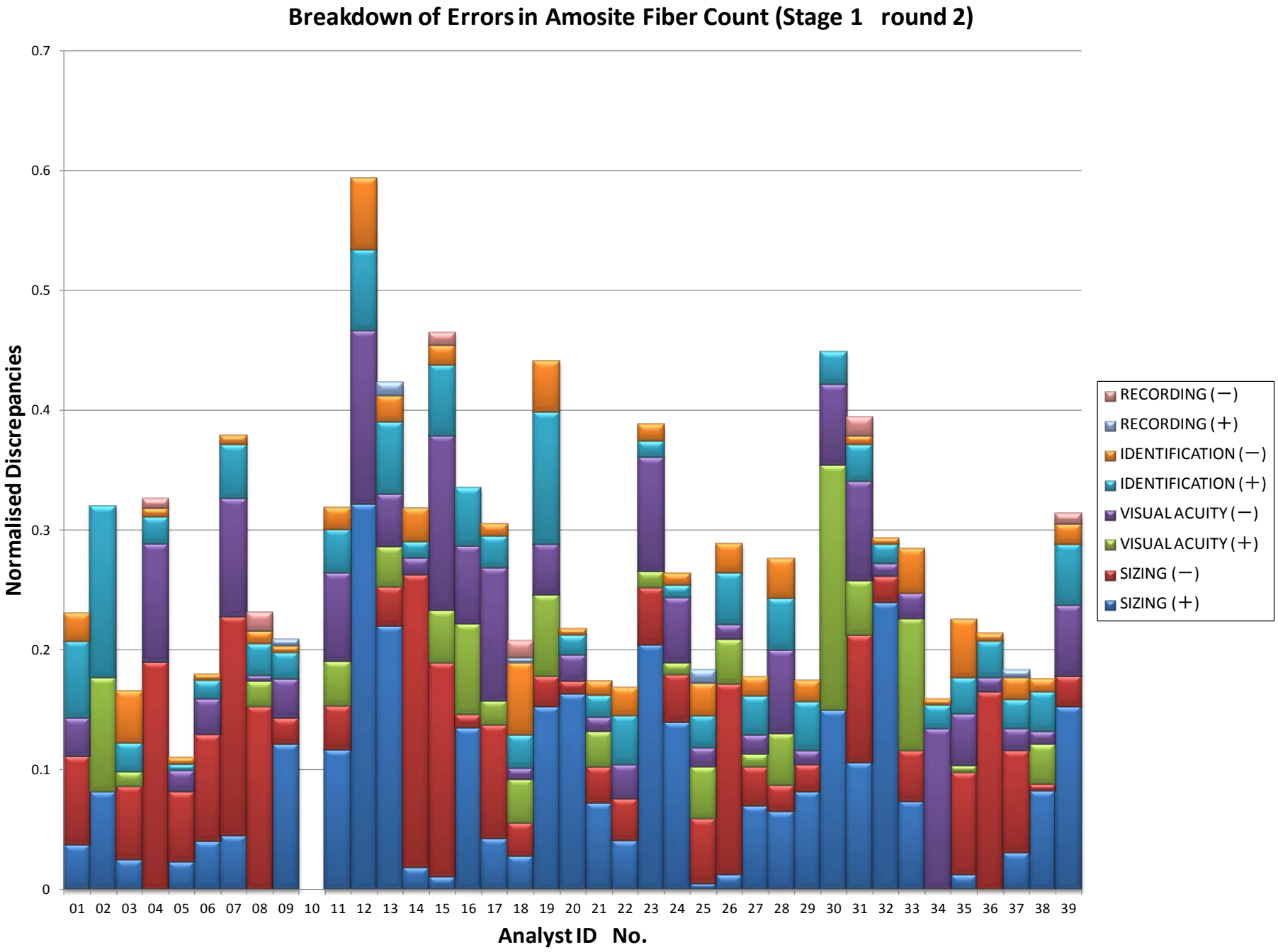


図 2.6　Stage 1（アモサイト試験）Round 2 における誤差要因解析結果【データ棄却後】

2.4.2　クリソタイルスライドの計数技能評価

クリソタイルスライドは「見落とし」誤差が大きいことが知られており Pang ら[1)]も 30 %の過少評価があったことを報告している。「見落とし」の原因としては、位相差顕微鏡の分解能ぎりぎりの細い繊維の存在や分析者の熟練度や視力の違い、共存粒子の影響等が考えられるが、位相差顕微鏡の検出下限径（分解能）は個人差もあり、明確に決定出来るものではなく、熟練者による合意基準の検討時においても判定に不一致が生じることがある。これまで当プログラムでは、細い繊維についての判定は熟練者全員の合意がなくても複数の熟練者が存在を認めた場合は、その繊維を合意基準に含めていたが、今回新たに作製したスライドについては、熟練者が「判定の難しい繊維」と認めた少数の繊維について合意基準に含めないこととした。

(1) スコアによる評価

クリソタイル試験の参加者は 30 名で、そのうち有効回答は Round 1 が 28 名、Round 2 が 29 名であった。

試験用スライドは、今回新たに作製した 10 枚のスライドを試験に供した。計数技能評価は、過去実施のプログラムと同様にクリソタイルでは 50 点のスコアを基準にして行ない、50 点を超えた参加者を「proficient（熟練者）」としてランク分けした。図 2.7 に Round 1 及び Round 2 のスコアの階級別ヒストグラムを示す。

なお、Round 1 においてスコア：＜0 点の回答が 1 件あったため、棄却検定を行なったところ棄却対象となった（資料 1 参照）。

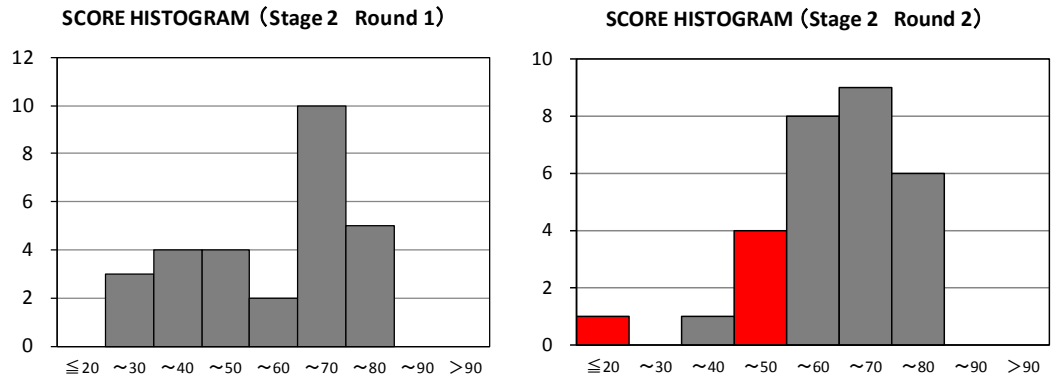


図 2.7　Round 1 及び Round 2 のスコアの階級別ヒストグラム

スコアの平均点は、Round 1：55.23 点から Round 2：59.56 点と約 4.3 ポイント上昇しどちらもこれまでの最高点であった。スコア 50 点超の人数の割合も、Round 1 では 60.7 %（17 名）、Round 2 では 79.3 %（23 名）とこれまでの試験の中で最も良い成績となり、18.6 %の増加についても高い値となった（p.2 の表参照）。参加者個々のスコアを Round 1 と Round 2 で比較すると、Round 2 で Round 1 より上昇した人数は 17 名、Round 2 で Round 1 より低下した人数は 11 名であった。スコア

50 点超では、Round 1、Round 2 ともに 50 点超を維持したのは 12 名で、Round 1 は 50 点超で Round 2 に＜50 点となった人数は 5 名、Round 1 は＜50 点であったが Round 2 に 50 点超となった人数は 11 名であった。Round 2 で＜50 点となった 5 名のスコアの推移を見てみると、1 名は Round 2 に不参加で、3 名はスコアがそれぞれ 62.7 点→50.0 点、70.7 点→48.8 点、56.5 点→45.7 点と合格ラインにわずかに届かない成績であった。残り 1 名については 64.2 点→13.0 点で、誤差の要因を調べても原因をみつけることが出来ない不自然なスコアの低下であった。Round 1 は＜50 点であったが Round 2 に 50 点超となった 11 名は Round 1 での 40 点台以下のスコアを 50 点台：5 名、60 点台：3 名、70 点台：3 名に改善していた。

以上の結果より、今回の計数試験では、クリソタイル繊維の計数技能向上に効果が認められたといえる。

(2) 計数誤差の要因解析

A) 母集団の平均値による誤差の評価

(ｉ) 参加者の報告値（RF：Reported Fibers）を用いた評価

クリソタイルスライドについてもアモサイトスライドと同様な手法で計数誤差の評価を行なった。参加者個々の報告値を規格化し、母集団の平均値を求めた結果を表 2.4 に示す。

表 2.4　規格化された報告値の平均値（クリソタイルスライド）

	Round 1	Round 2
$\frac{\Sigma(RF/VF)}{有効回答数}$	0.891	1.000

表 2.4 の結果より、Round 1 における参加者の計数値は、合意基準値を 11 %程度過少評価していたものの、Round 2 ではこの点が改善されたことが読み取れる。

(ⅱ) 個々の繊維の誤差要因解析に基づく評価

計数誤差の要因別の比率を表 2.5 に示す。前述のとおり、クリソタイル試験での最大の誤差要因は「繊維の見落とし」（visual acuity(−)）で、Round 1 では誤差要因全体の 45.1 %、見落とし誤差の 75.7 %、Round 2 では誤差要因全体の 38.0 %、見落とし誤差の 75.3 %を占めた。Pang ら [1)]の報告では、（visual acuity(−)）は見落とし誤差の 96.7 %とされているが、今回の試験では visual acuity(−)は Pang らの報告より低い結果となった。数え過ぎ誤差（表 2.5 中の「誤差全体の内訳」欄の各+値の合計）は、Round 1・Round 2 ではそれぞれ誤差全体の 40.4 %、49.5 % であり、その内訳は「長さ 5 μm 以下の繊維を計数するミス」（sizing(+)）が約半分

を占めていた。Pang ら[1)]は sizing(+)だけで数え過ぎ誤差の 74 %を占めると報告しているが、今回の試験では sizing(+)は Pang ら[1)]の結果より低いものであった。

表 2.5　計数誤差の要因解析結果（クリソタイル）

	Round 1			Round 2		
誤差の分類	誤差全体の内訳	数え過ぎ誤差の内訳	見落とし誤差の内訳	誤差全体の内訳	数え過ぎ誤差の内訳	見落とし誤差の内訳
sizing (+)	19.1 %	47.2 %	−	27.4 %	55.3 %	−
sizing (−)	11.5 %	−	19.2 %	9.3 %	−	18.5 %
visual acuity (+)	10.6 %	26.2 %	−	7.6 %	15.4 %	−
visual acuity (−)	45.1 %	−	75.7 %	38.0 %	−	75.3 %
identification (+)	10.6 %	26.3 %	−	14.4 %	29.1 %	−
identification (−)	2.6 %	−	4.4 %	2.6 %	−	5.2 %
recording (+)	0.1 %	0.3 %	−	0.1 %	0.2 %	−
recording (−)	0.4 %	−	0.6 %	0.4 %	−	0.9 %

B）参加者個々の誤差要因解析結果の概要

図 2.8～図 2.10 に、参加者個々の誤差要因解析結果を示す。図 2.9（Round 1 の棄却検定後のデータ）・図 2.10 では、「繊維の見逃し（VISUAL　ACUITY(−)）」の紫色が目立つ。また、図 2.10 では「長さ:＜5 ミクロンの繊維の計数（SIZING(＋)）」が、図 2.9 よりが多くなっている。

分析者の心理として、繊維が見つからないスライドでは繊維を探す意識が強くなる傾向にあり、顕微鏡像の僅かなコントラストの違いや繊維以外の粒子などを繊維と判定してしまうことがある。クリソタイルの計数技能向上には、標準スライドを作製してクリソタイル繊維を出来るだけ多く観察する機会を増やすなどの対策を検討する必要があると思われる。

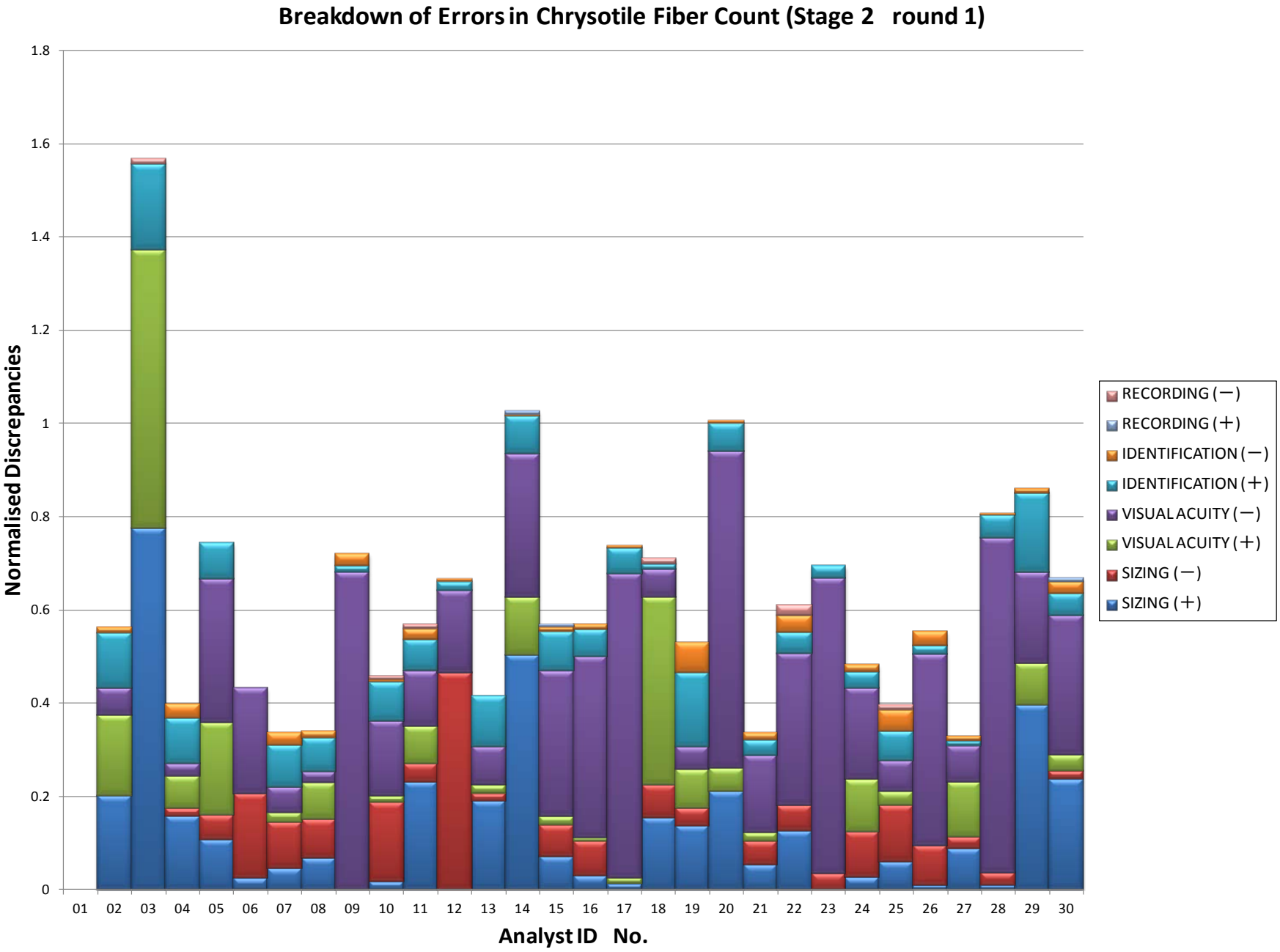


図 2.8　Stage 2（クリソタイル試験）Round 1 における誤差要因解析結果【データ棄却前】

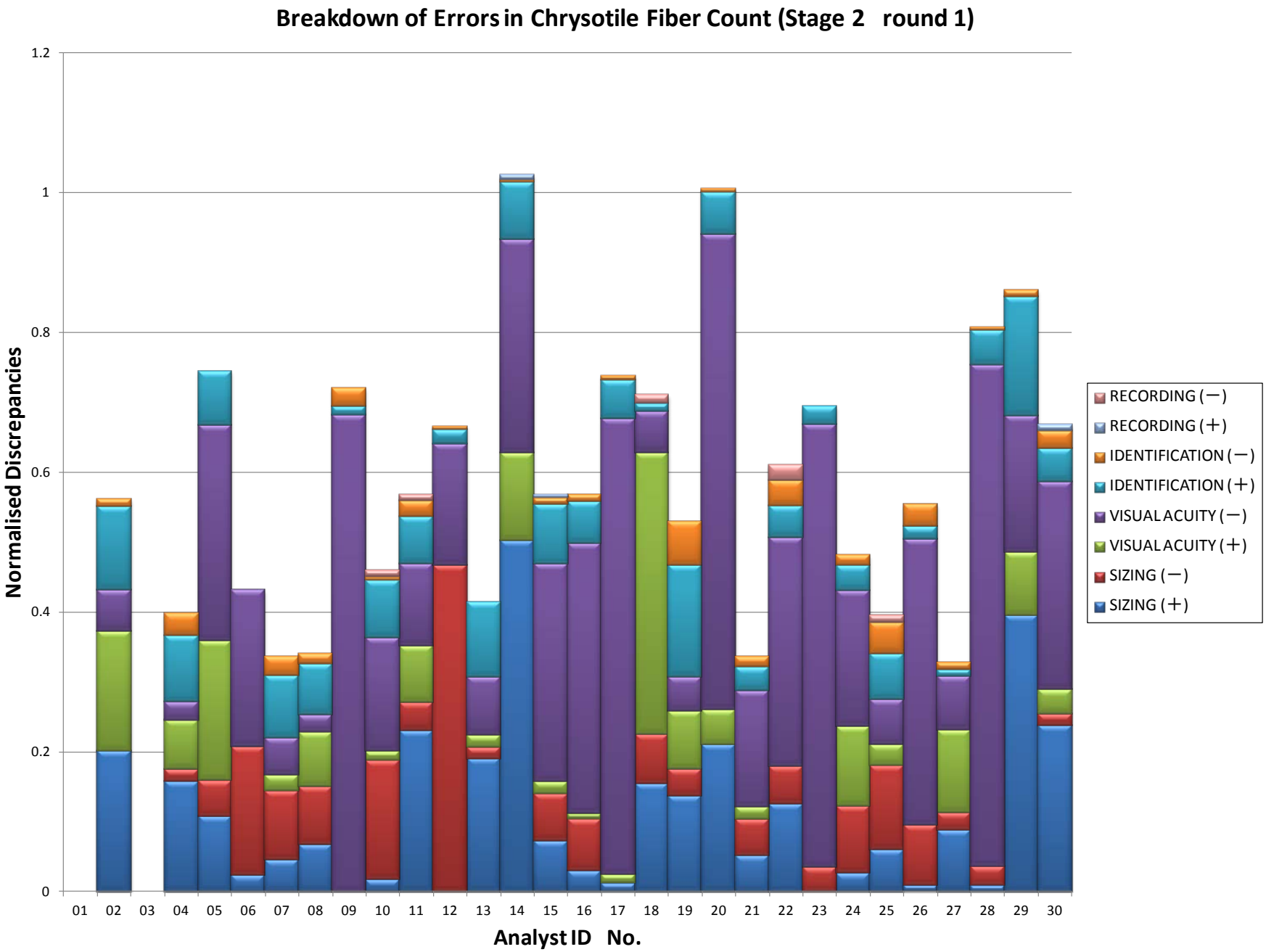


図 2.9　Stage 2（クリソタイル試験）Round 1 における誤差要因解析結果【データ棄却後】

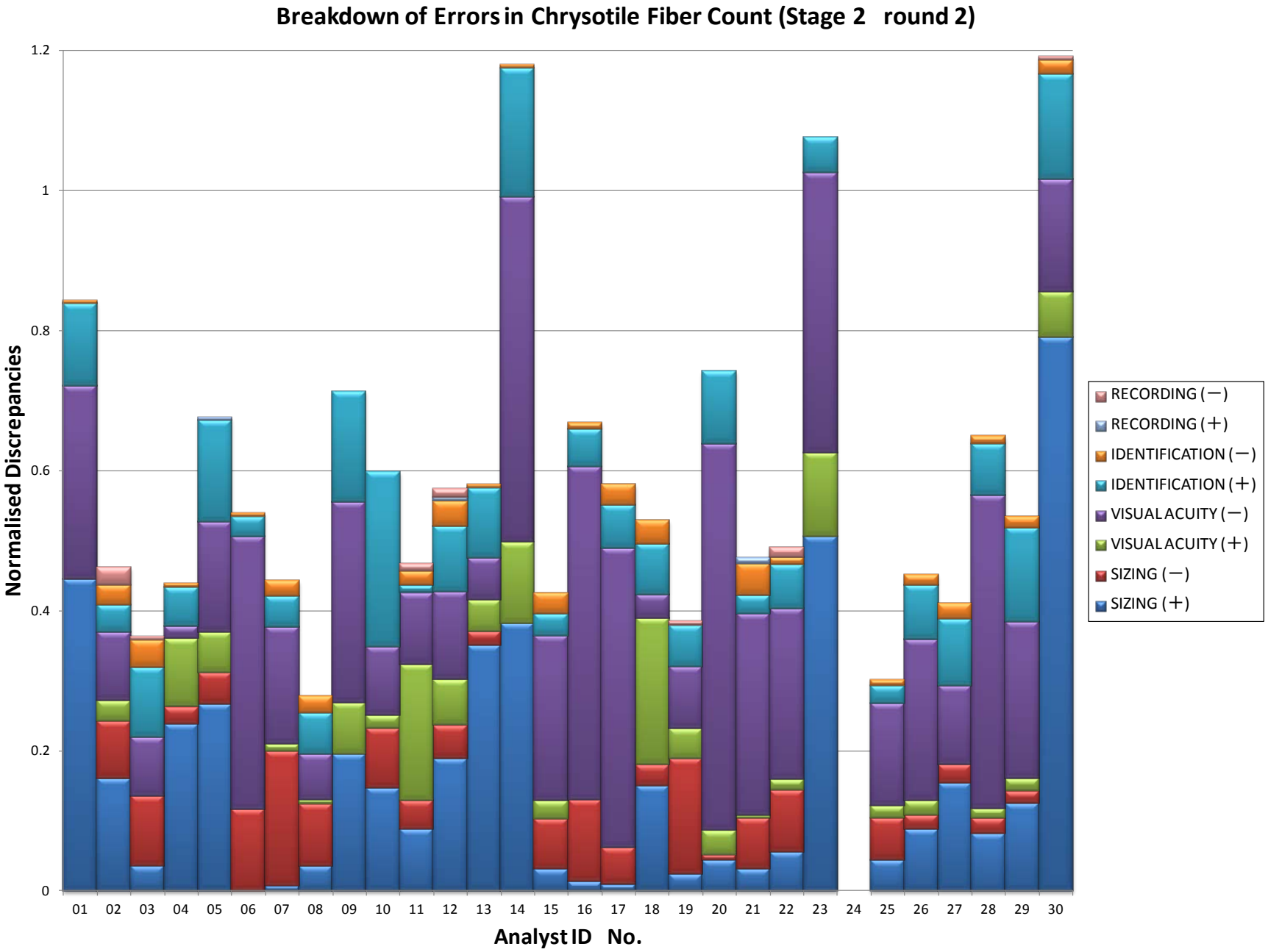


図 2.10　Stage 2（クリソタイル試験）Round 2 における誤差要因解析結果

(3) 新規スライドの検証

新規に作製したスライドの特性を検証するため、Round 1 及び Round 2 の「規格化された数え過ぎ誤差」と「規格化された見落とし誤差」の平均値を求め、前年度のデータと比較した。

「規格化された数え過ぎ誤差」及び「規格化された見落とし誤差」とは 14 ページ及び 18 ページの表中の「NORMALIZED D(+)」及び「MORMALIZED D(−)」のことで、各参加者の「数え過ぎ誤差（D(+)）」及び「見落とし誤差（D(−)）」の合計をそのスライドの「合意基準」で割ることによって得る。各 Round の「規格化された数え過ぎ誤差」及び「規格化された見落とし誤差」の平均値は、次式により求めた；

規格化された数え過ぎ誤差の平均値：ΣD(+)／有効回答数
規格化された見落とし誤差の平均値：｜ΣD(−)｜／有効回答数

表 2.6 の結果を見ると、今回の「見落とし誤差」の平均値は、前年度に比べて Round 1 で 35 %、Round 2 で 44 %減少している。一方、「数え過ぎ誤差」の平均値は、Round 1・Round 2 とも前年比で 2 倍前後に増加している。その原因は、現時点では明らかではないが、新規スライドでは判別の難しい微細繊維は、これまでのスライドより少なくなっているのではないかと推測される。新規スライドの適性については、継続して検証しなければならない。

表　2.6　新旧スライドの誤差の比較

	ΣD(+)／有効回答数（規格化された数え過ぎ誤差の平均値）		|ΣD(−)|／有効回答数（規格化された見落とし誤差の平均値）	
	Round 1	Round 2	Round 1	Round 2
第5回（2013）	0.078	0.112	0.429	0.373
第6回（2014）	0.169	0.209	0.278	0.209

［参考資料］　位相差顕微鏡のコントラストについて

位相差顕微鏡によるクリソタイル繊維の識別が、角閃石系アスベストに比べて難しい理由の一つは、屈折率の違いにある。物質には入射光を吸収する「吸収物体」（または振幅物体）と、吸収はほとんどなく入射光の位相だけを変える「位相物体」（または透明物体）がある。光の吸収によって生じる振幅の差を人間の眼は識別するが、位相のずれは識別出来ない。アスベストは「位相物体」であるため、通常の生物顕微鏡では識別が難しい。それは次のような理由による。物体に光が入射すると、直接光

のほかに回折光が生じる。「吸収物体」では、直接光と回折光の位相のずれは 1／2 波長なので、片方の山ともう一方の谷が一致して干渉波の振幅は小さくなる。物体を通過した光と周辺の光の振幅に差が生じるため、眼は物体を識別出来る。一方、「位相物体」では、直接光と回折光の位相のずれは 1／4 波長なので、両波の干渉による波の振幅は直接光とほとんど差がなくなる。そのため、眼は物体を識別することが出来ない。位相差顕微鏡は、対物レンズの後ろ焦点面に置かれた位相板によって、「位相物体」で生じる回折光と直接光の位相のずれを 1／2 波長に変えて物体を識別出来るようにしている。位相差顕微鏡像のコントラストを決める要素の一つとして、物体を通過した光と浸液、または試料の固定材を通過した光との位相のずれ：ϕ がある。ϕ は 2π を 360 度と換算して次式で与えられる；

$$\phi\ (\text{単位：度}) = [(n_1 - n_2) \cdot d \cdot 360] / \lambda$$

n_1：アスベストの屈折率、n_2：透明化したフィルターの屈折率、
d：アスベスト繊維の径（μm）、λ：入射光の波長（μm）

上式から、アスベストのコントラストには、アスベスト繊維と透明化したフィルターとの屈折率の差が関係していることがわかる。アセトン・トリアセチン法で、透明化したフィルターの屈折率は 1.43 である。クリソタイルは 1.55 前後、アモサイト・クロシドライトは、それぞれ 1.68・1.70 程度とされている。繊維径が同じであればクリソタイルよりアモサイト・クロシドライトのほうがコントラストは高いことになる。

位相物体について、ϕ の大小と生物顕微鏡（明視野法）での見え方との関係を第 1 表に示す。生物顕微鏡では、ϕ が 0°～90° の範囲ではほとんど像を見ることは出来ないが、位相差法では 2°～3° の低域まで見えるといわれている。

クリソタイルの計数は難しい。クリソタイルの計数技能の向上が課題であることは、国内外を問わずこれまでと変わらない。計数技能向上のために、試験法の改善を今後も検討しなければならない。

第 1 表　位相物体の区分と明視野法での見え方

位相差		区分	生物顕微鏡による見え方
角度：ϕ（°）	波長（λ）		
0～45	0～1/8	低	像を見ることはほとんど不可能
45～90	1/8～1/4	中	絞りを一杯に絞るとわずかに見える
90～180	1/4～1/2	高	絞って見ると或る程度まで見える
180以上	1/2以上	粗大	少し絞ればかなり明瞭に見える

参照文献

1) Pang,T., Harper,M. : The quality of fiber counts using improved slides with relocatable fields, J. Environ. Monit., Vol.10, p89-95, 2008

資　　料

資料１　外れ値の検定について

＜スミルノフ・グラブスの棄却検定＞

今回、アモサイト及びクリソタイル試験において、下表のようにスコア＜0 の報告があった。そこですべてのデータについて、スミルノフ・グラブスの棄却検定を試みた。

1	アモサイト試験	Round 1	－57.30
2	アモサイト試験	Round 1	－7.63
3	アモサイト試験	Round 2	－35.33
4	クリソタイル試験	Round 1	－56.71

アモサイト試験のケースでは、視野ごとの報告値が正解値より少なかったことはなく、すべての視野で報告値＞正解値であったことが解析結果からわかっている。報告者は、計数ルールに従わず長さ：＜5μm の繊維も計数した可能性がある。また、クリソタイル試験のケースでは、Visual acuity(+)（繊維が存在しない位置に繊維があると錯覚するか、非繊維状粒子を繊維と誤認する誤差）が多かった。そこで、これらの 2 つのデータについて、外れ値として結果の解析から除外するのが妥当かどうか、スミルノフ・グラブスの棄却検定を行なった。

スミルノフ・グラブスの棄却検定では前提として、

① 帰無仮説：すべてのデータは母集団に含まれる。

② 対立仮説：データのうち最大または最小のものは外れ値である。

を立て、有意水準α（5％、1％など）で片側検定を行なう。

データ数を n、データを $x_1, x_2, \cdots, x_n$、平均を$\bar{x}$、不偏分散を S とする。最大または最小のデータ x_i について、次式で T_i を求める。

$$T_i = |x_i - \bar{x}| / \sqrt{S} \qquad (1)$$

次に、スミルノフの棄却検定表から有意水準αの有意点 t を求める。帰無仮説の採否は、次のように決める；

i ：T_i ＜ t の時、帰無仮説を採択する。即ち、「データのうち最大（または最小）のものは、外れ値とはいえない。

ii ：T_i ＞ t の時、帰無仮説を棄却する。「データのうち最大（または最小）のものは、外れ値である。

複数個の外れ値がある場合は、もっとも大きなものについてまず検定を行ない、それが外れ値であった場合、次の段階ではそれを除いた n－1 個のデータについて同じ検定を繰り返す。

棄却検定の結果は、以下のとおりである；

アモサイト Round 1 の場合、参加者：38 名、スコアの平均：$\bar{x}$＝60.63、不偏分散：S = 845.74、$\sqrt{S}$ =29.08 であったので、スコア：－57.30 について (1) 式の値は T_i ＝ |－57.30－60.63|／29.08＝4.055 となる。スミルノフの棄却検定表の n=38 での有意水準 5 %の有意点 t は「2.845」であるから、T_i>t となって帰無仮説は棄却され、「－57.30」は外れ値と判定された。

上表の残り 3 つのデータについて、検定法の手順に従って同様の検定を行った結果、いずれも外れ値と判定された。

資料２　参加試験所及び参加者数一覧

参加試験所及び参加者数（１）

都道府県	試　　験　　所　　名	参加者数	
		Stage 1 (ｱﾓｻｲﾄ試験)	Stage 2 (ｸﾘｿﾀｲﾙ試験)
北海道	(株)環境科学研究所	1	0
北海道	北海道三井化学(株)	1	0
北海道	(株)北炭ゼネラルサービス	1	0
北海道	野外科学(株)	0	1
青森県	環境保全(株)	1	0
宮城県	エヌエス環境(株)	1	1
宮城県	東北緑化環境保全(株) 環境分析センター	0	1
秋田県	秋田環境測定センター(株)	0	1
福島県	(株)クレハ分析センター	0	1
栃木県	(一財)栃木県環境技術協会	1	0
栃木県	平成理研(株)	0	1
埼玉県	エヌエス環境(株)　東京支社	1	1
埼玉県	(株)環境総合研究所	1	0
埼玉県	東邦化研(株) 環境分析センター	1	0
埼玉県	内藤環境管理(株)	0	1
千葉県	中外テクノス(株)　関東環境技術センター	1	1
千葉県	東京パワーテクノロジー(株)	2	1
東京都	環境リサーチ(株)	3	0
東京都	(株)島津テクノリサーチ 東京事業所	1	0
東京都	(株)分析センター 第一技術研究所	0	1
神奈川県	(株)オオスミ	1	1
神奈川県	(株)近畿分析センター	1	0
神奈川県	(株)タツタ環境分析センター　神奈川事業所	1	0
神奈川県	東芝環境ソリューション(株) 入舟事業所	0	1
新潟県	(一社)上越環境科学センター	1	1
石川県	(株)エオネックス	1	0

参加試験所及び参加者数（２）

都道府県	試　験　所　名	参加者数	
		Stage 1 (ｱﾓｻｲﾄ試験)	Stage 2 (ｸﾘｿﾀｲﾙ試験)
静岡県	環境総合研究機構(株)	1	0
静岡県	(一社)静岡県産業環境センター	0	1
静岡県	東海プラント分析センター(株)	2	2
静岡県	(株)東洋検査センター	0	1
静岡県	日本総研(株)	1	0
静岡県	立 華(株)	0	1
愛知県	東亜環境サービス(株)	0	1
愛知県	(株)東海分析化学研究所	1	1
滋賀県	東レテクノ(株)	0	1
滋賀県	夏原工業(株)	2	2
京都府	(株)ジーエス環境科学研究所	0	1
三重県	(株)東海テクノ	0	1
大阪府	エヌエス環境(株) 西日本支社	1	1
大阪府	大阪環境保全(株)	0	1
大阪府	(株)総合水研究所	1	0
兵庫県	(株)コベルコ科研 加古川事業所	1	0
兵庫県	ダイワエンジニアリング(株)	1	0
兵庫県	(公財)ひょうご環境創造協会	1	0
岡山県	(株)エクスラン・テクニカルセンター	1	1
広島県	(株)日本総合科学	1	0
広島県	(株)アサヒテクノリサーチ　本社	1	0
徳島県	(株)環境防災 本社	1	0
宮崎県	(株)東洋検査センター 延岡事業所	1	0
宮崎県	(株)東洋環境分析センター 宮崎ラボ	1	1

資料３　アスベスト分析法委員会　委員等

	所　　属	氏　名
委 員 長	愛媛大学農学部生物資源学科	森 田　昌 敏
副委員長	愛媛大学農学部環境計測学研究室客員教授	貴 田　晶 子
委　　員	環境省 環境調査研修所	本 多　将 俊
委　　員	国立環境研究所　循環型社会・廃棄物研究センター	山 本　貴 士
委　　員	元　兵庫県立健康環境科学研究センター	小 坂　　浩
委　　員	清水建設 株式会社	川 口　正 人
委　　員	中外テクノス 株式会社	前 原　裕 治
委　　員	株式会社 環境管理センター	豊 口　敏 之
委　　員	株式会社 ＥＦＡラボラトリーズ	小 沢　絢 子

事 務 局	一般社団法人 日本環境測定分析協会	菅 原　　昇
事 務 局	一般社団法人 日本環境測定分析協会	橋 場　常 雄
事 務 局	一般社団法人 日本環境測定分析協会	海 野 さと子