

報告書 No. W-0811-GD12

お客様各位（学術データ）

トナーの付着性及び流動性評価
測定結果ご報告書



株式会社ナノシーズ
(2008/11/17)

ご担当各位

【目的】

基本的な粉体特性を評価するために、弊社製の粉体層せん断力測定装置（NS-S200型）にてトナーサンプルを測定することで、圧縮・応力緩和曲線、連続ずり摩擦力について検討を行った。また、弊社製の遠心法付着力測定装置（NS-C100型）にて測定することで、トナーの基板に対する付着力を評価する。

【サンプル】

試験に用いるトナーは市場から購入した CA, XE, RI 社の交換用トナーカートリッジから4色（ブラック、シアン、マゼンタ、イエロー）のサンプルを採取した。CA社、XE社のトナーは重合法によって、RI社のトナーは粉砕法によって製造されている。

【測定方法】

1. 遠心法付着力測定

- ・装置名称： 遠心法付着力測定装置 NS-C100型（ナノシーズ社製）
- ・治具等の名称、材質： 本装置は大別して画像解析部、遠心分離部より構成される。画像解析部は金属顕微鏡、画像解析装置、映像モニターにより構成され、遠心分離部は高速遠心機、サンプルセル（材質：アルミ（黒アルマイト表面処理））により成る。サンプル基板表面を接地した。
- ・測定方法： ガラス基板表面にトナーを付着させた後、基板をサンプルセルに固定し、高速遠心機にて2000G、4000G、8000G、12000G、16000Gの5水準で遠心分離し、トナーの分離状態を記録し、遠心分離前の初期付着量に対して回転後のトナー残留率を測定する。
- ・測定条件： 測定環境は通常の実験室環境にて行った。
- ・解析方法： 基板に対するトナーの付着力は粒子に作用する遠心方向の分離力と同等で、次式より算出した。

$$F = (\pi/6) \cdot \rho \cdot d^3 \cdot r \cdot \omega^2$$

ただし、 ρ は粒子真密度、 d は粒子径、 r は回転半径、 ω は回転角速度である。回転後のトナー残留率を横軸に、各回転数におけるトナーの分離力を縦軸にプロットし、指数近似曲線から平均付着力 F_{50} （50%の粒子が分離する分離力）を算出する。

2. 粉体層せん断力測定

- ・装置名称： 粉体層せん断力測定装置 NS-S200型（ナノシーズ社製）
- ・治具等の名称、材質： 本装置は大別して測定装置本体、コントロールボックスにより構成される。測定装置本体は粉体層せん断セル、加圧部、リニアアクチュエー

タ等により構成され、コントロールボックスは、各種計器アンプ、制御用パソコンにより構成される。

- ・測定条件： 測定環境は通常の実験室環境にて行った。
- ・測定方法： トナーをせん断セル内に投入し、粉体層上面を平坦にした後、押し込み目標荷重を押し込み制御の条件として、せん断試験を行った。目標荷重に達成した時、押し込みを停止し、横摺りを開始し、せん断面にて連続のせん断力を測定する。
- ・解析方法： 粉体層の最大垂直応力を横軸に、装置から算出される粉体層の最大せん断応力を縦軸にプロットして、サンプルごとに直線回帰式を算出し、その角度を内部摩擦角として、粒子の表面抵抗値の比較を行った。

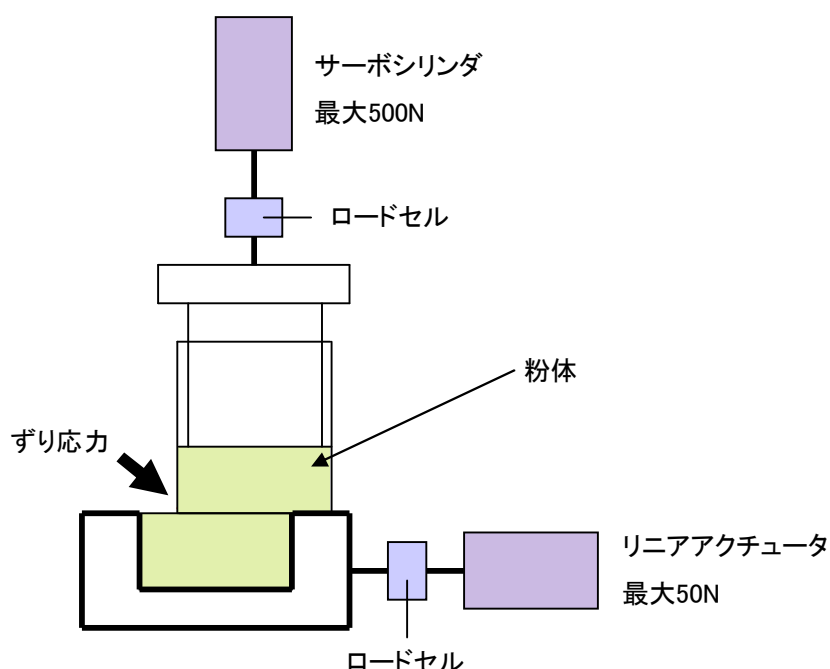


Fig.1 粉体層せん断試験の概略図

【考察】

全体的に見ると CA 社のトナーは内部摩擦角が小さく、RI 社のトナーは大きい値を示した。このことから RI 社のトナーは高い表面摩擦抵抗をもつと考えられる。XE 社のトナーはその中間の性質を示している。この理由の1つとして、RI 社のトナーは粉碎品であるため粒子が不定形であること、CA 社のトナーは重合品で球形に近いこと、XE 社のトナーはその中間的な形状を持っていることに起因すると考えられた。粉体層が圧縮されることにより粉碎品である RI 社のトナーのせん断面において摩擦面積が顕著に増加し、高いせん断力を示したと考えられる。

ゆえに 3 社のトナーの中で CA 社のトナーは内部摩擦角が小さく優れた流動性を有す

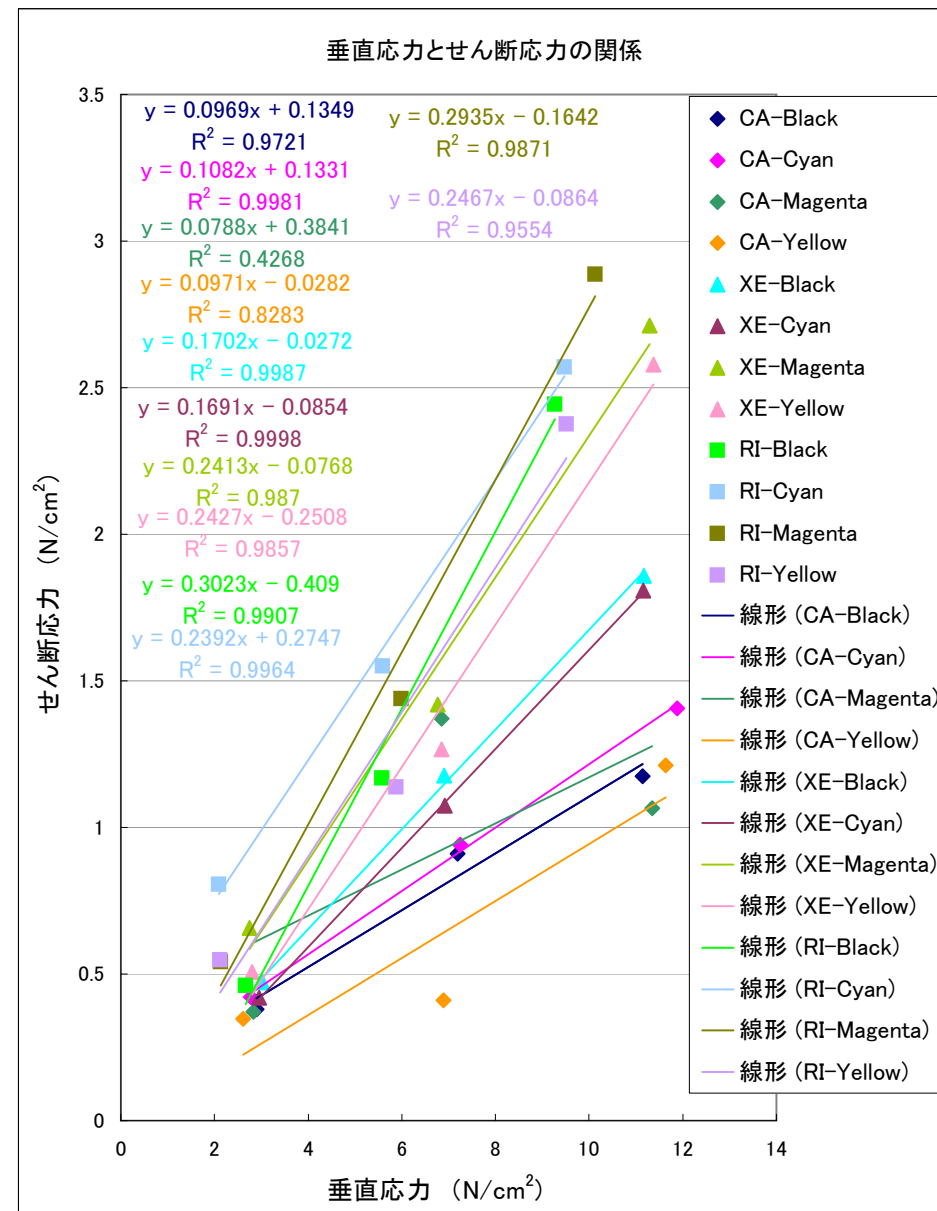
ることがわかる。トナーは一般的には良い流動性を示すように設計されているが、そのなかでも本装置は各社トナーの流動性の違いを測定することが出来た。

遠心法による付着力測定の結果では、ガラス基板に対する付着力について、RI 社トナーは低く、CA 社トナーは大きいことがわかった。粒子が自然に付着した状態を測定している遠心法では、重合法で製造したトナーの方が、粉碎法により製造したトナーより付着力が高い傾向が見られた。

サポート

今回の測定に付きまして、何かご質問等がございましたら、お気軽にお電話・メール等 (shimada@nanoseeds.co.jp, TEL : 052-736-8417) を頂けますよう、よろしくお願い申し上げます。測定後のサポートに付きましては、無償で学術的内容、操作手順、評価の根拠などについてご相談を承ります。

サンプル名	目標荷重 (N)	実荷重 (N)	垂直応力 (N/cm ²)	せん断力 (N)	せん断応力 (N/cm ²)	tan φ	b	R ²	内部摩擦角
CA-Black	20	20.62	2.90	2.69	0.38	0.10	0.1349	0.9721	5.54
	50	51.04	7.19	6.46	0.91				
	80	79.14	11.15	8.34	1.17				
CA-Cyan	20	19.72	2.78	2.99	0.42	0.11	0.1331	0.9981	6.17
	50	51.40	7.24	6.68	0.94				
	80	84.39	11.89	9.99	1.41				
CA-Magenta	20	20.13	2.84	2.63	0.37	0.08	0.3841	0.4268	4.50
	50	48.61	6.85	9.74	1.37				
	80	80.54	11.34	7.57	1.07				
CA-Yellow	20	18.52	2.61	2.46	0.35	0.10	-0.0282	0.8283	5.55
	50	48.88	6.88	2.91	0.41				
	80	82.64	11.64	8.60	1.21				
XE-Black	20	21.45	3.02	3.35	0.47	0.17	-0.0272	0.9987	9.66
	50	48.99	6.90	8.35	1.18				
	80	79.27	11.16	13.20	1.86				
XE-Cyan	20	20.96	2.95	2.98	0.42	0.17	-0.0854	0.9998	9.60
	50	49.13	6.92	7.62	1.07				
	80	79.23	11.16	12.83	1.81				
XE-Magenta	20	19.49	2.75	4.67	0.66	0.24	-0.0768	0.9870	13.56
	50	48.06	6.77	10.08	1.42				
	80	80.20	11.30	19.26	2.71				
XE-Yellow	20	19.89	2.80	3.59	0.51	0.24	-0.2508	0.9857	13.64
	50	48.60	6.85	8.99	1.27				
	80	80.77	11.38	18.31	2.58				
RI-Black	20	18.96	2.67	3.27	0.46	0.30	-0.4090	0.9907	16.82
	50	39.65	5.58	8.29	1.17				
	80	65.81	9.27	17.34	2.44				
RI-Cyan	20	14.81	2.09	5.72	0.81	0.24	0.2747	0.9964	13.45
	50	39.69	5.59	11.01	1.55				
	80	67.25	9.47	18.24	2.57				
RI-Magenta	20	15.11	2.13	3.84	0.54	0.29	-0.1642	0.9871	16.36
	50	42.51	5.99	10.21	1.44				
	80	71.97	10.14	20.49	2.89				
RI-Yellow	20	15.04	2.12	3.89	0.55	0.25	-0.0864	0.9554	13.86
	50	41.78	5.88	8.08	1.14				
	80	67.52	9.51	16.87	2.38				

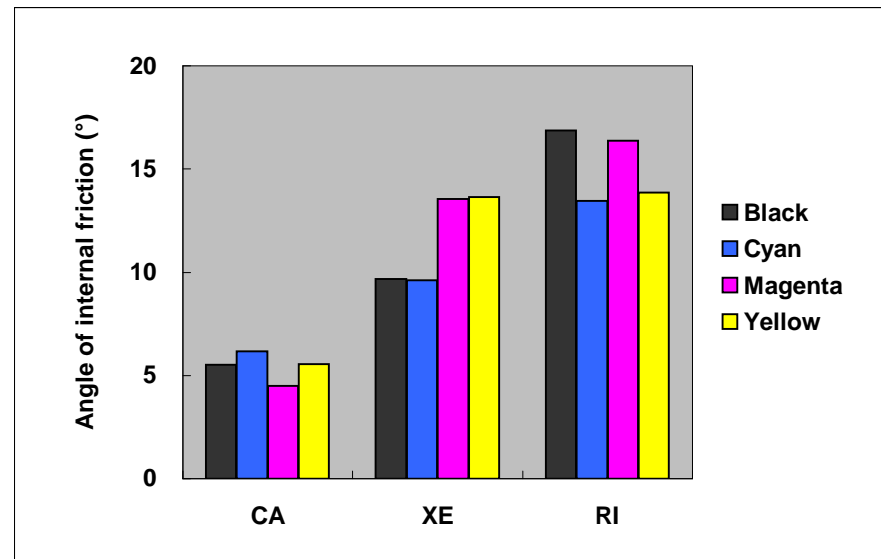
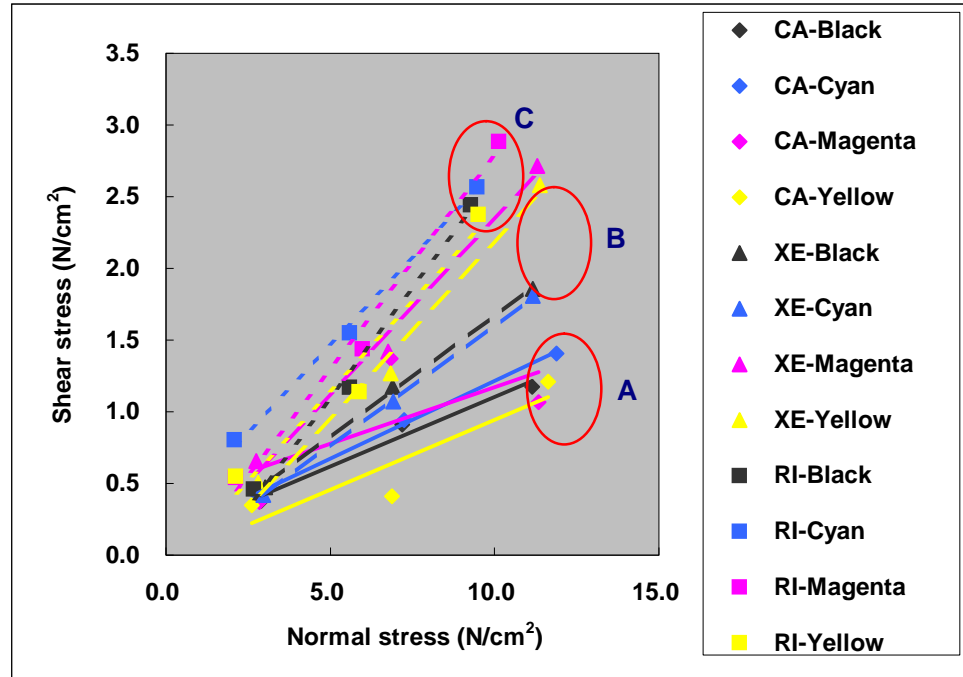


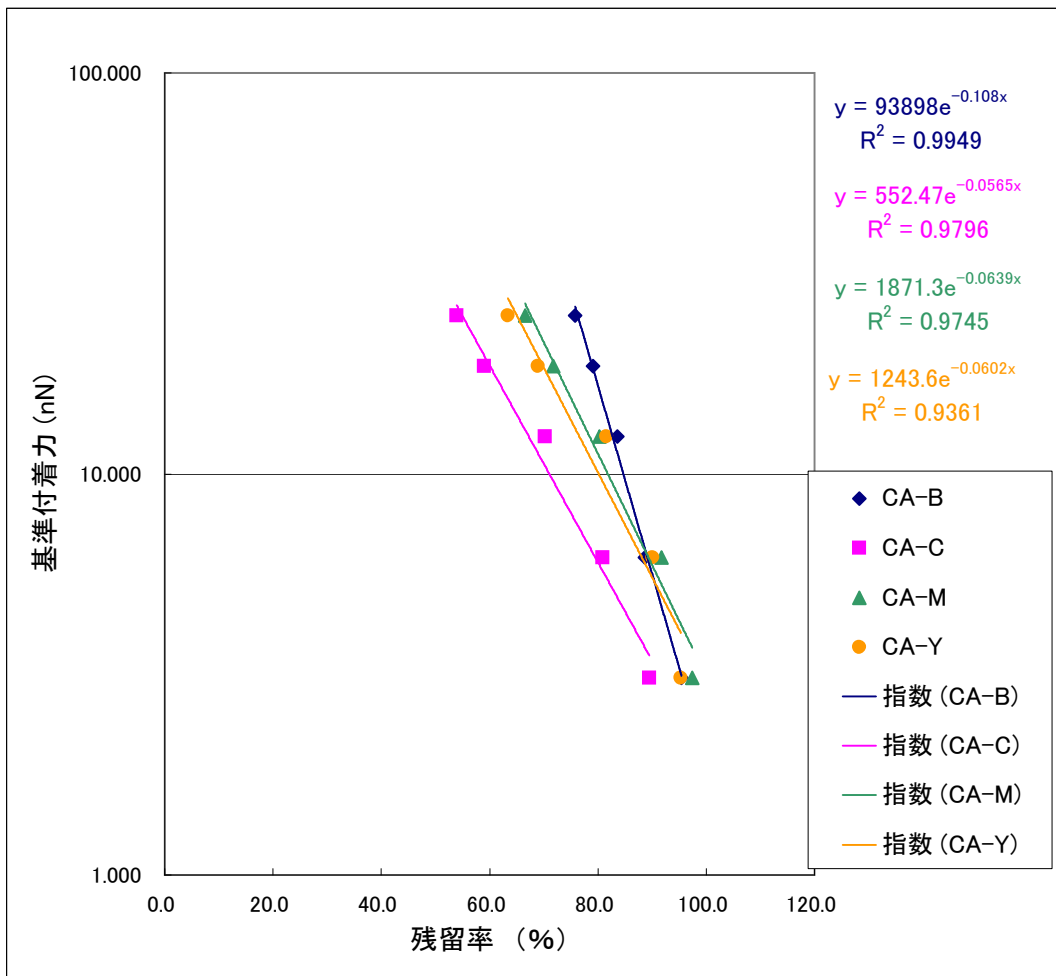
学術データ トナー

Sample name	Normal stress (N/cm ²)	Shear stress (N/cm ²)	tanφ	Angle of internal friction (°)
CA-Black	2.9	0.4	0.0969	5.53
	7.2	0.9		
	11.1	1.2		
CA-Cyan	2.8	0.4	0.1082	6.18
	7.2	0.9		
	11.9	1.4		
CA-Magenta	2.8	0.4	0.0788	4.51
	6.8	1.4		
	11.3	1.1		
CA-Yellow	2.6	0.3	0.0971	5.55
	6.9	0.4		
	11.6	1.2		

Sample name	Normal stress (N/cm ²)	Shear stress (N/cm ²)	tanφ	Angle of internal friction (°)
XE-Black	3.0	0.5	0.2413	9.66
	6.9	1.2		
	11.2	1.9		
XE-Cyan	3.0	0.4	0.2427	9.60
	6.9	1.1		
	11.2	1.8		
XE-Magenta	2.7	0.7	0.1691	13.56
	6.8	1.4		
	11.3	2.7		
XE-Yellow	2.8	0.5	0.1702	13.64
	6.8	1.3		
	11.4	2.6		

Sample name	Normal stress (N/cm ²)	Shear stress (N/cm ²)	tanφ	Angle of internal friction (°)
RI-Black	2.7	0.5	0.3032	16.87
	5.6	1.2		
	9.3	2.4		
RI-Cyan	2.1	0.8	0.2392	13.45
	5.6	1.6		
	9.5	2.6		
RI-Magenta	2.1	0.5	0.2935	16.36
	6.0	1.4		
	10.1	2.9		
RI-Yellow	2.1	0.5	0.2467	13.86
	5.9	1.1		
	9.5	2.4		





平均付着力 (nN)	CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y
F_{50}	424.11	32.80	76.51	61.37

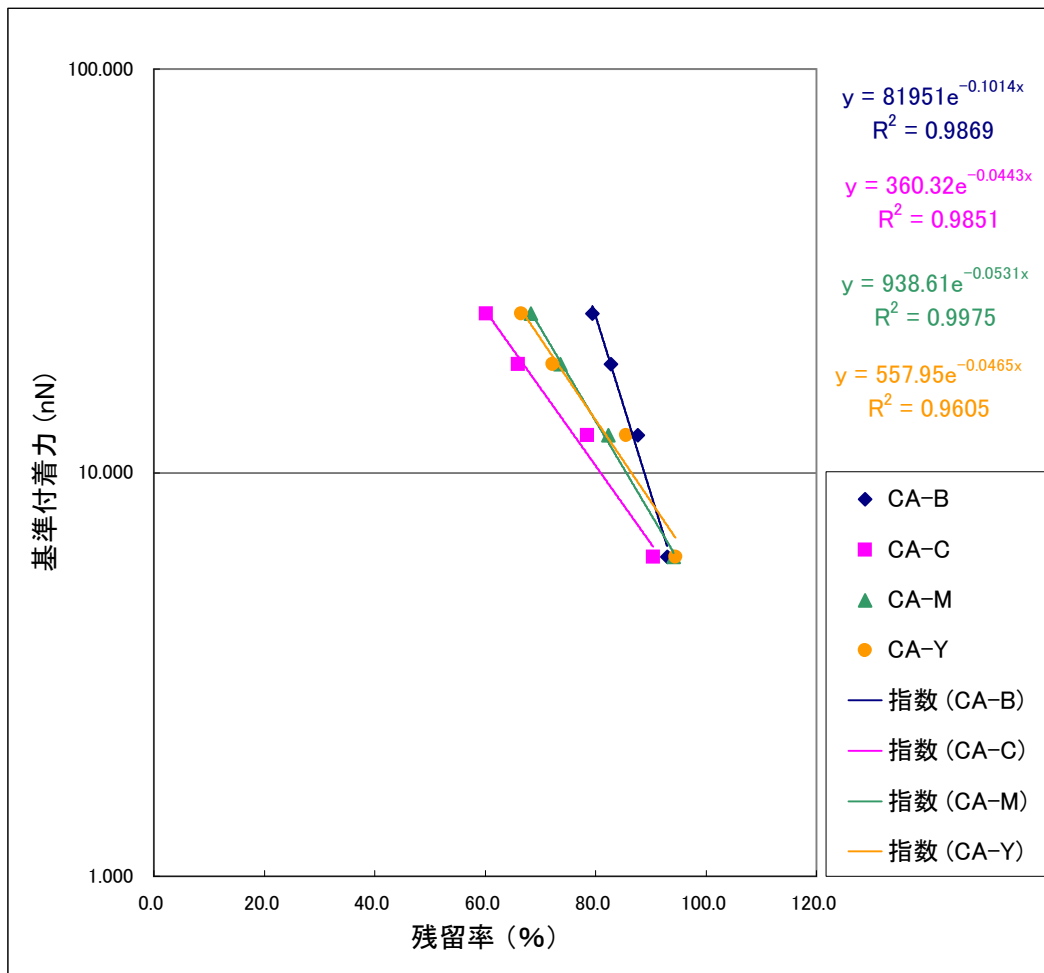
サンプル名	CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y	
粒子情報	半径 (μm)	3.25	3.25	3.25	3.25
	真密度 (g/cm^3)	1.1	1.1	1.1	1.1
	質量 (g)	1.58E-10	1.58E-10	1.58E-10	1.58E-10
	重力 (nN)	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015

面積	遠心力 (G)	CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y
	0	60934	53058	55846	54696
	2000	58154	47481	54415	52146
	4000	54061	42934	51240	49255
	8000	50956	37245	44806	44598
	12000	48163	31329	40052	37672
	16000	46195	28583	37155	34677

残留率 (%)	遠心力 (G)	CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y
	0	100.0	100.0	100.0	100.0
	2000	95.4	89.5	97.4	95.3
	4000	88.7	80.9	91.8	90.1
	8000	83.6	70.2	80.2	81.5
	12000	79.0	59.0	71.7	68.9
	16000	75.8	53.9	66.5	63.4

基準付着力 (nN) $F=ma$	遠心力 (G)	CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y
	0	0	0	0	0
	2000	3.099	3.099	3.099	3.099
	4000	6.197	6.197	6.197	6.197
	8000	12.394	12.394	12.394	12.394
	12000	18.592	18.592	18.592	18.592
	16000	24.789	24.789	24.789	24.789

	CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y
指数	-0.1080	-0.0565	-0.0639	-0.0602
係数	93898.1	552.5	1871.3	1243.6
R^2	0.9949	0.9796	0.9745	0.9361



平均付着力 (nN)	CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y
F_{50}	513.57	39.31	66.02	54.54

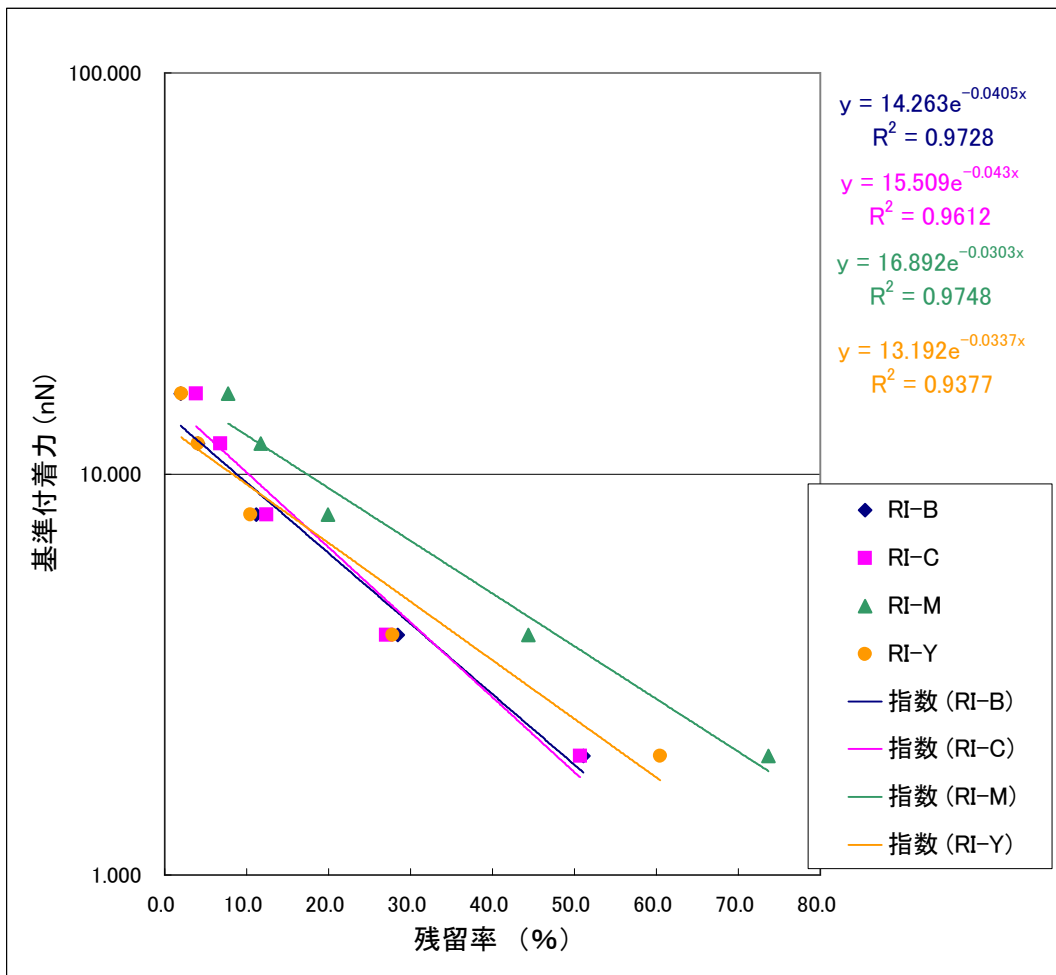
サンプル名		CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y
粒子情報	半径 (μm)	3.25	3.25	3.25	3.25
	真密度(g/cm ³)	1.1	1.1	1.1	1.1
	質量 (g)	1.58E-10	1.58E-10	1.58E-10	1.58E-10
	重力 (nN)	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015

面積	遠心力 (G)	CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y
	0	60934	53058	55846	54696
	2000	58154	47481	54415	52146
	4000	54061	42934	51240	49255
	8000	50956	37245	44806	44598
	12000	48163	31329	40052	37672
	16000	46195	28583	37155	34677

残留率 (%)	遠心力 (G)	CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y
	0				
	2000	100.0	100.0	100.0	100.0
	4000	93.0	90.4	94.2	94.5
	8000	87.6	78.4	82.3	85.5
	12000	82.8	66.0	73.6	72.2
	16000	79.4	60.2	68.3	66.5

基準付着力 (nN) $F=ma$	遠心力 (G)	CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y
	0	0	0	0	0
	2000	3.099	3.099	3.099	3.099
	4000	6.197	6.197	6.197	6.197
	8000	12.394	12.394	12.394	12.394
	12000	18.592	18.592	18.592	18.592
	16000	24.789	24.789	24.789	24.789

	CA-B	CA-C	CA-M	CA-Y
指数	-0.1014	-0.0443	-0.0531	-0.0465
係数	81951.2	360.3	938.6	558.0
R^2	0.9869	0.9851	0.9975	0.9605



平均付着力 (nN)	RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
F_{50}	1.88	1.80	3.72	2.45

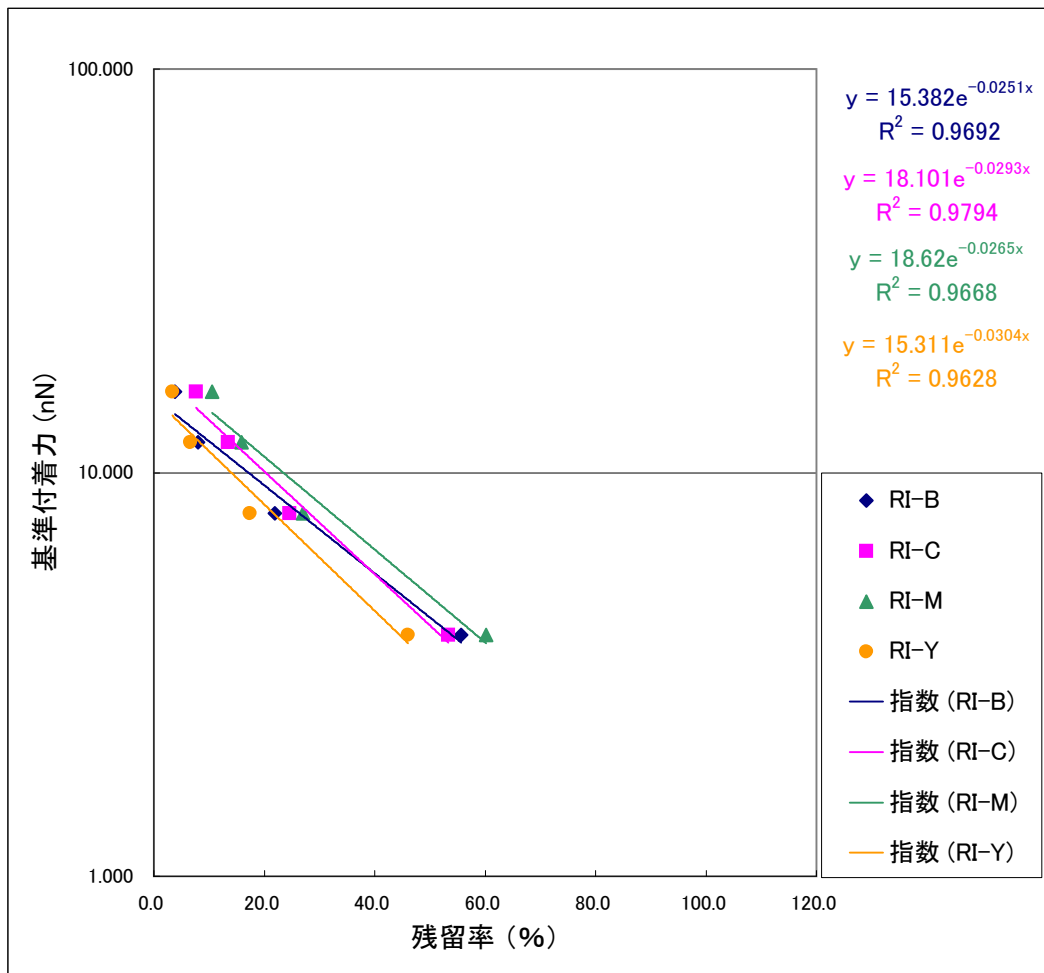
サンプル名		RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
粒子情報	半径 (μm)	2.8	2.8	2.8	2.8
	真密度 (g/cm^3)	1.1	1.1	1.1	1.1
	質量 (g)	1.01E-10	1.01E-10	1.01E-10	1.01E-10
	重力 (nN)	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010

面積	遠心力 (G)	RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
	0	75186	68433	49880	78301
	2000	38410	34681	36756	47321
	4000	21395	18487	22134	21805
	8000	8421	8505	9931	8214
	12000	3067	4661	5827	3151
	16000	1453	2644	3861	1566

残留率 (%)	遠心力 (G)	RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
	0	100.0	100.0	100.0	100.0
	2000	51.1	50.7	73.7	60.4
	4000	28.5	27.0	44.4	27.8
	8000	11.2	12.4	19.9	10.5
	12000	4.1	6.8	11.7	4.0
	16000	1.9	3.9	7.7	2.0

基準付着力 (nN) $F=ma$	遠心力 (G)	RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
	0	0	0	0	0
	2000	1.981	1.981	1.981	1.981
	4000	3.963	3.963	3.963	3.963
	8000	7.926	7.926	7.926	7.926
	12000	11.889	11.889	11.889	11.889
	16000	15.852	15.852	15.852	15.852

	RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
指数	-0.0405	-0.0430	-0.0303	-0.0337
係数	14.3	15.5	16.9	13.2
R^2	0.9728	0.9612	0.9748	0.9377



平均付着力 (nN)	RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
F_{50}	4.38	4.18	4.95	3.36

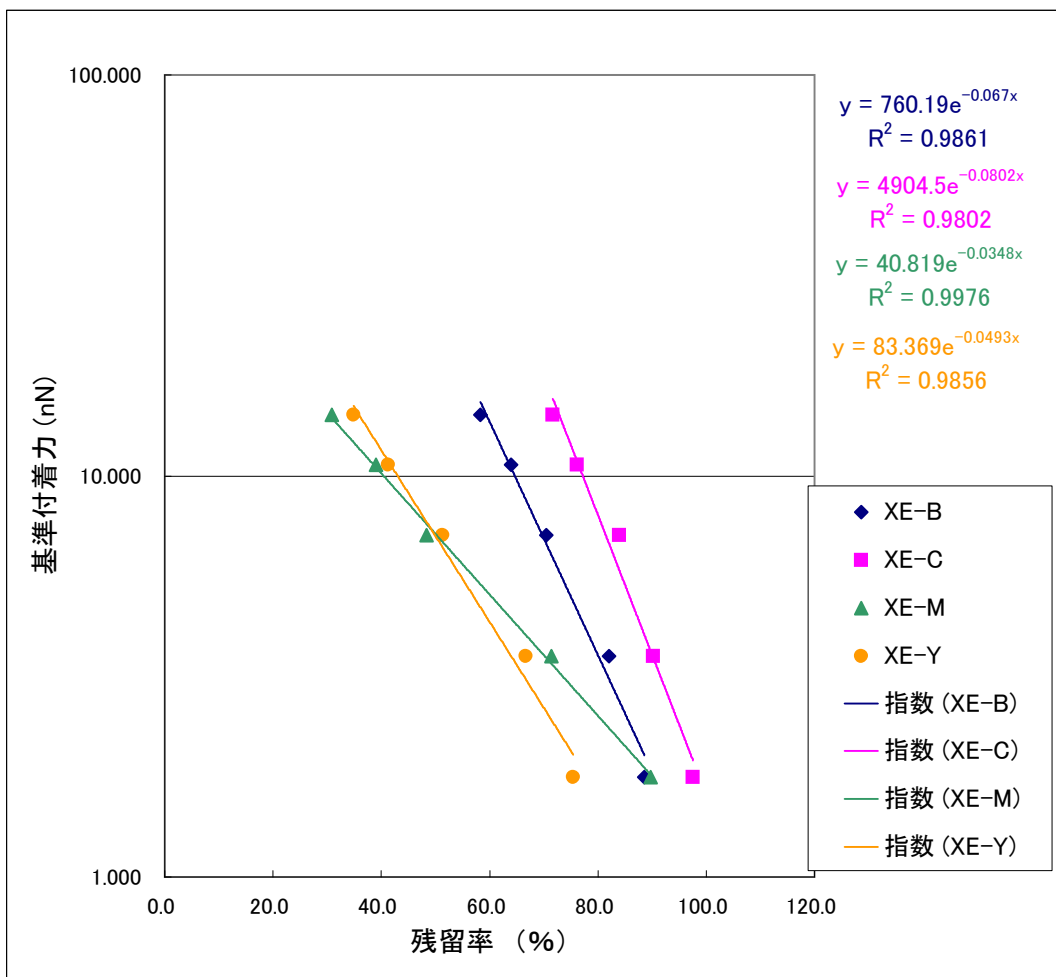
サンプル名		RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
粒子情報	半径 (μm)	2.8	2.8	2.8	2.8
	真密度 (g/cm^3)	1.1	1.1	1.1	1.1
	質量 (g)	1.01E-10	1.01E-10	1.01E-10	1.01E-10
	重力 (nN)	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010

面積	遠心力 (G)	RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
	0	75186	68433	49880	78301
	2000	38410	34681	36756	47321
	4000	21395	18487	22134	21805
	8000	8421	8505	9931	8214
	12000	3067	4661	5827	3151
	16000	1453	2644	3861	1566

残留率 (%)	遠心力 (G)	RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
	0				
	2000	100.0	100.0	100.0	100.0
	4000	55.7	53.3	60.2	46.1
	8000	21.9	24.5	27.0	17.4
	12000	8.0	13.4	15.9	6.7
	16000	3.8	7.6	10.5	3.3

基準付着力 (nN) $F=ma$	遠心力 (G)	RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
	0	0	0	0	0
	2000	1.981	1.981	1.981	1.981
	4000	3.963	3.963	3.963	3.963
	8000	7.926	7.926	7.926	7.926
	12000	11.889	11.889	11.889	11.889
	16000	15.852	15.852	15.852	15.852

	RI-B	RI-C	RI-M	RI-Y
指数	-0.0251	-0.0293	-0.0265	-0.0304
係数	15.4	18.1	18.6	15.3
R^2	0.9692	0.9794	0.9668	0.9628



平均付着力 (nN)	XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
F_{50}	26.68	88.76	7.17	7.08

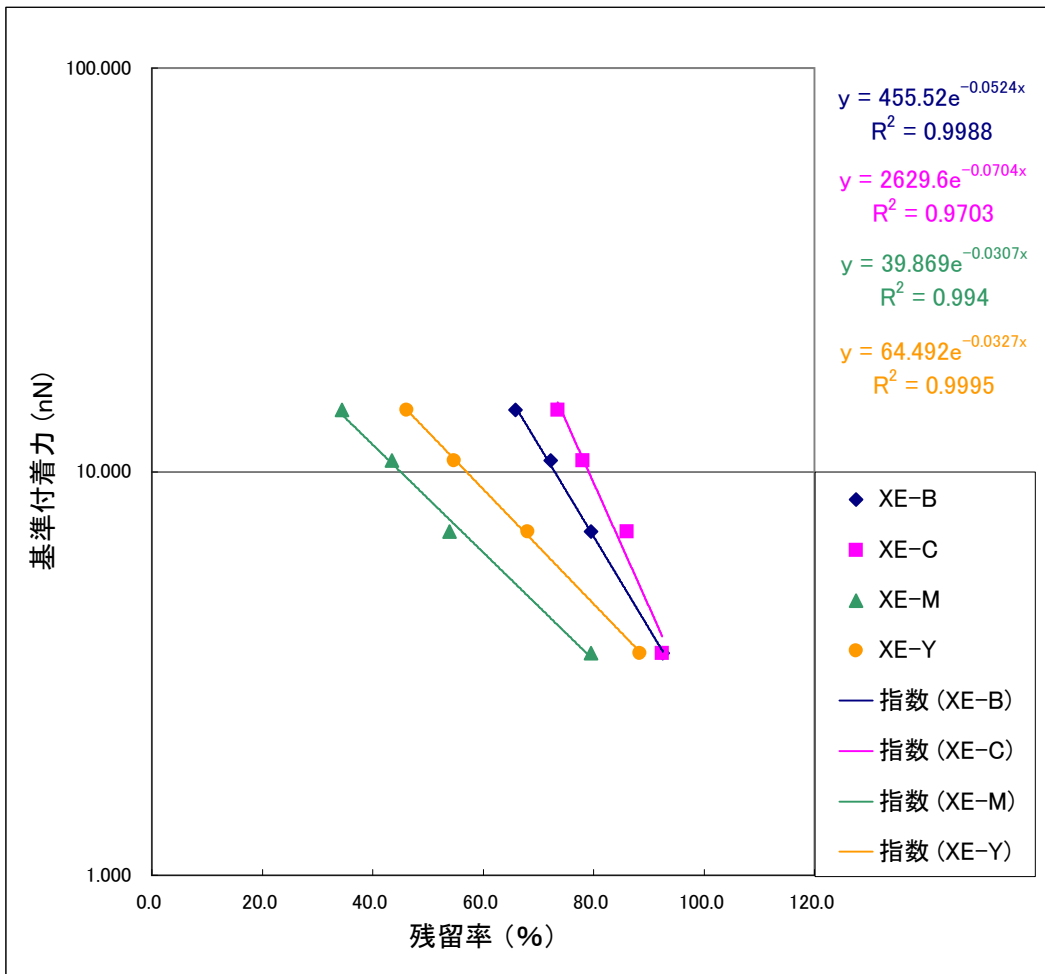
サンプル名	XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
粒子情報	半径 (μm)	2.7	2.7	2.7
	真密度 (g/cm^3)	1.1	1.1	1.1
	質量 (g)	9.06E-11	9.06E-11	9.06E-11
	重力 (nN)	0.0009	0.0009	0.0009

面積	遠心力 (G)	XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
	0	65477	63150	49010	50872
	2000	58016	61609	43983	38389
	4000	53696	56958	34997	33903
	8000	46132	53000	23697	26105
	12000	41914	48107	19127	21007
	16000	38177	45280	15142	17714

残留率 (%)	遠心力 (G)	XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
	0	100.0	100.0	100.0	100.0
	2000	88.6	97.6	89.7	75.5
	4000	82.0	90.2	71.4	66.6
	8000	70.5	83.9	48.4	51.3
	12000	64.0	76.2	39.0	41.3
	16000	58.3	71.7	30.9	34.8

基準付着力 (nN) $F=ma$	遠心力 (G)	XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
	0	0	0	0	0
	2000	1.777	1.777	1.777	1.777
	4000	3.553	3.553	3.553	3.553
	8000	7.107	7.107	7.107	7.107
	12000	10.660	10.660	10.660	10.660
	16000	14.213	14.213	14.213	14.213

	XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
指数	-0.0670	-0.0802	-0.0348	-0.0493
係数	760.2	4904.5	40.8	83.4
R^2	0.9861	0.9802	0.9976	0.9856



平均付着力 (nN)	XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
F ₅₀	33.24	77.68	8.58	12.56

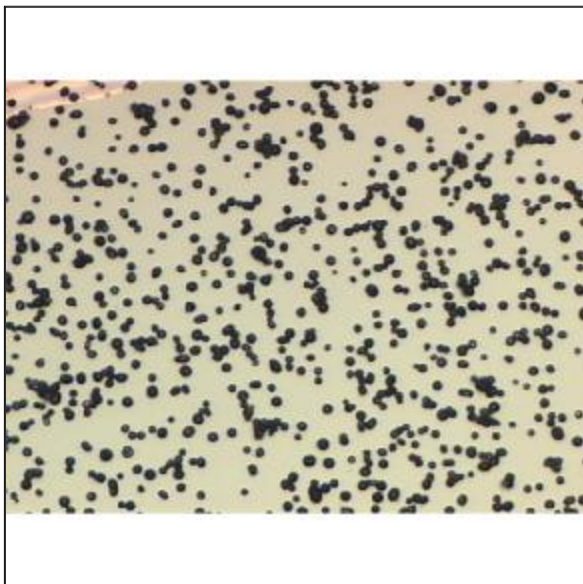
サンプル名		XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
粒子情報	半径 (μm)	2.7	2.7	2.7	2.7
	真密度(g/cm ³)	1.1	1.1	1.1	1.1
	質量 (g)	9.06E-11	9.06E-11	9.06E-11	9.06E-11
	重力 (nN)	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009

面積	遠心力 (G)	XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
	0	65477	63150	49010	50872
	2000	58016	61609	43983	38389
	4000	53696	56958	34997	33903
	8000	46132	53000	23697	26105
	12000	41914	48107	19127	21007
	16000	38177	45280	15142	17714

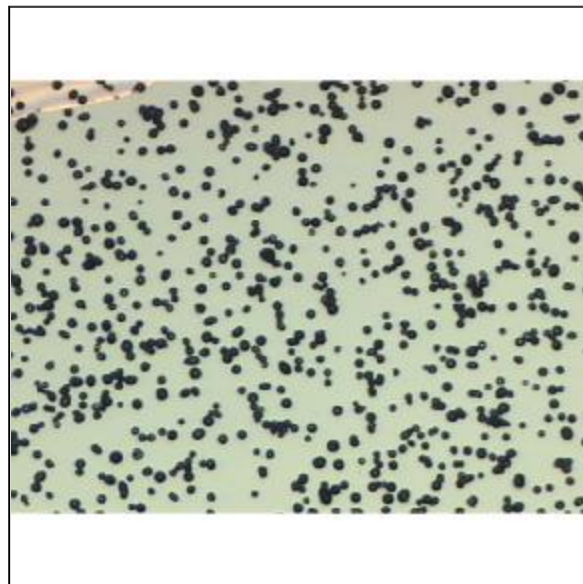
残留率 (%)	遠心力 (G)	XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
	0				
	2000	100.0	100.0	100.0	100.0
	4000	92.6	92.5	79.6	88.3
	8000	79.5	86.0	53.9	68.0
	12000	72.2	78.1	43.5	54.7
	16000	65.8	73.5	34.4	46.1

基準付着力 (nN) F=ma	遠心力 (G)	XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
	0	0	0	0	0
	2000	1.777	1.777	1.777	1.777
	4000	3.553	3.553	3.553	3.553
	8000	7.107	7.107	7.107	7.107
	12000	10.660	10.660	10.660	10.660
	16000	14.213	14.213	14.213	14.213

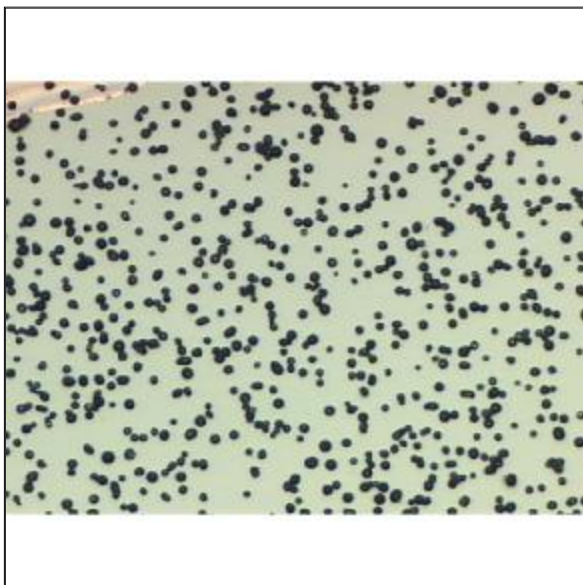
	XE-B	XE-C	XE-M	XE-Y
指数	-0.0524	-0.0704	-0.0307	-0.0327
係数	455.5	2629.6	39.9	64.5
R ²	0.9988	0.9703	0.9940	0.9995



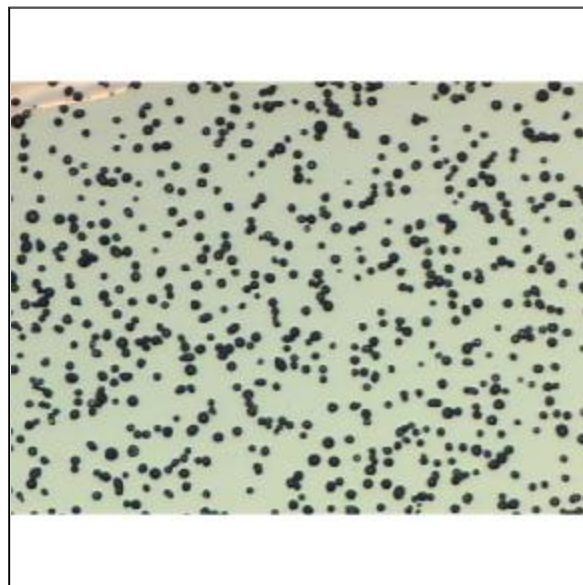
CA-B-0G.jpg



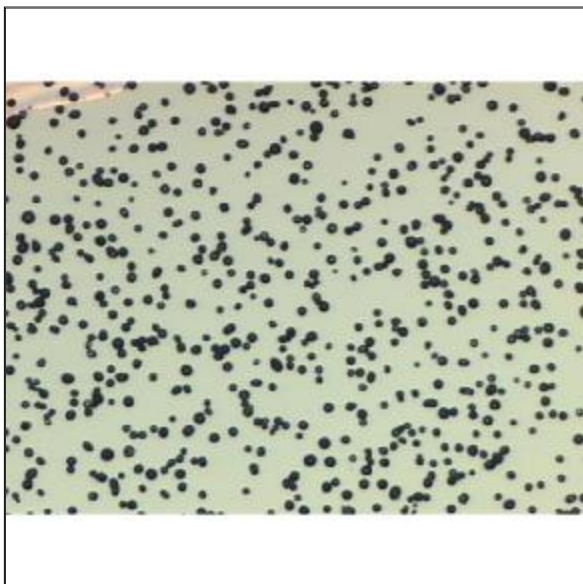
CA-B-2000G.jpg



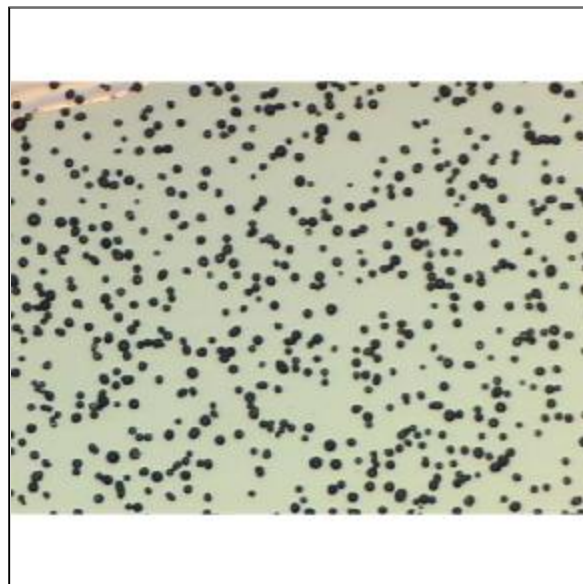
CA-B-4000G.jpg



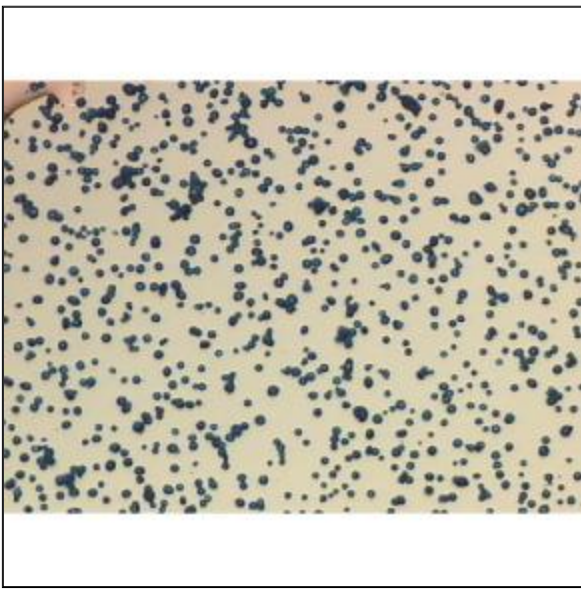
CA-B-8000G.jpg



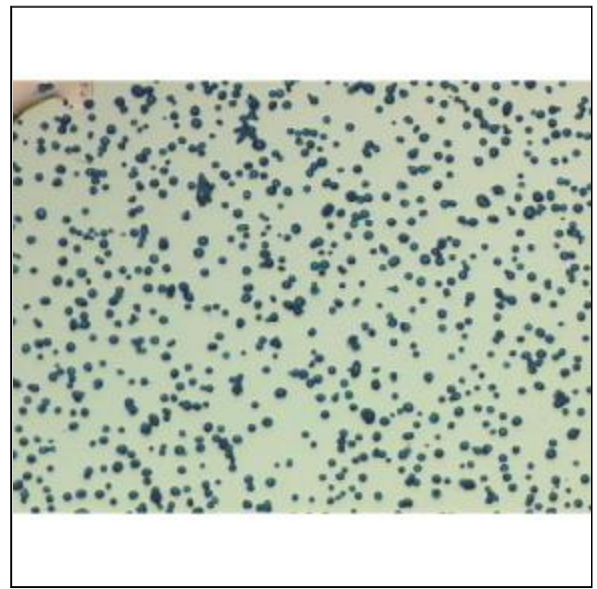
CA-B-12000G.jpg



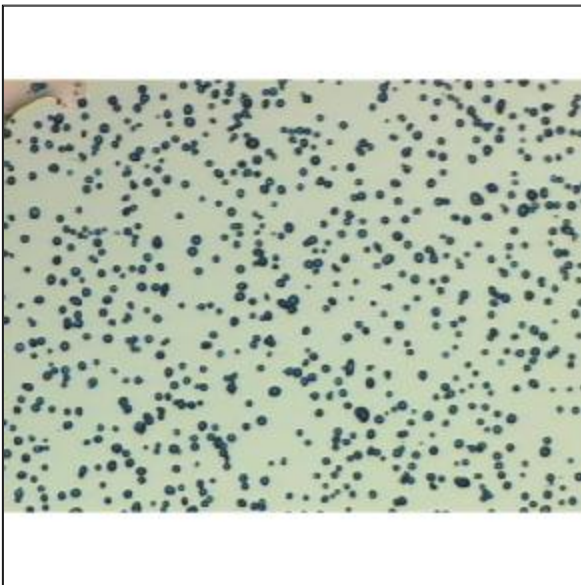
CA-B-16000G.jpg



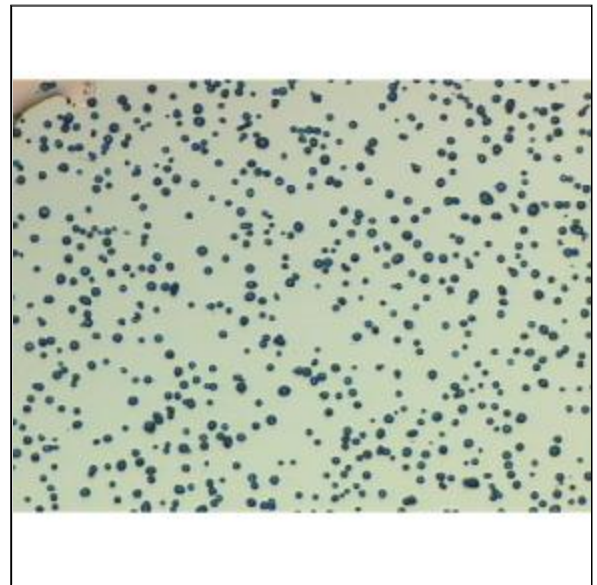
CA-C-0G.jpg



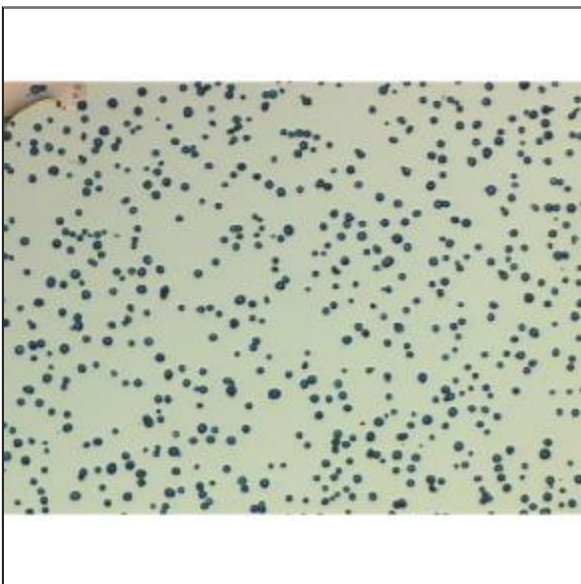
CA-C-2000G.jpg



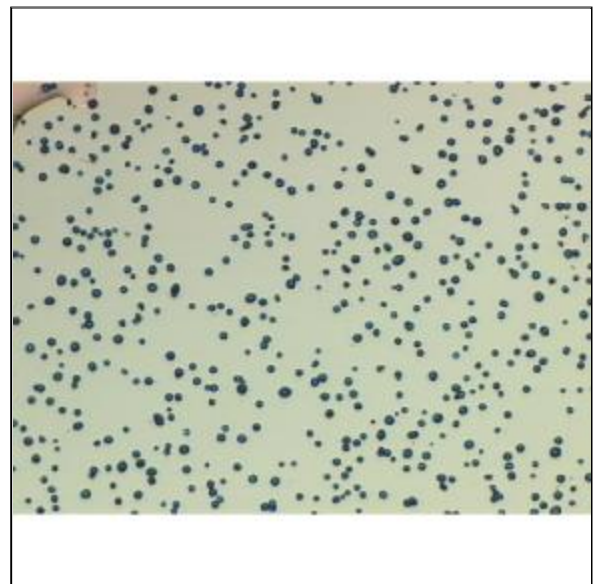
CA-C-4000G.jpg



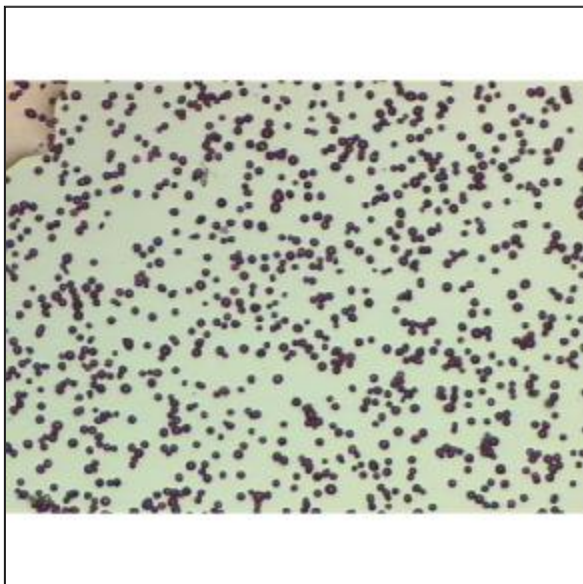
CA-C-8000G.jpg



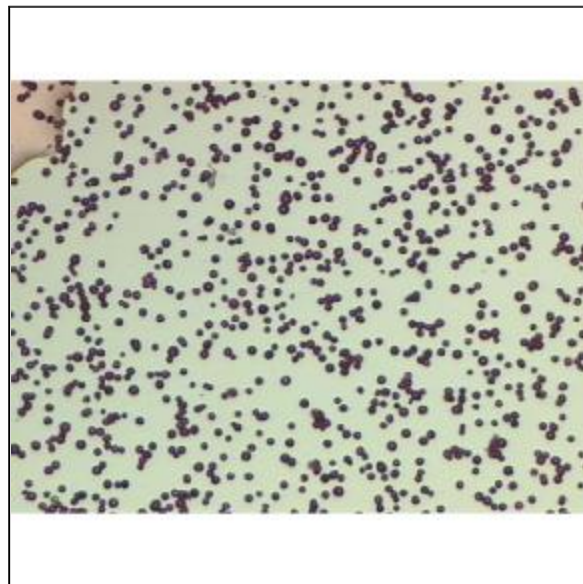
CA-C-12000G.jpg



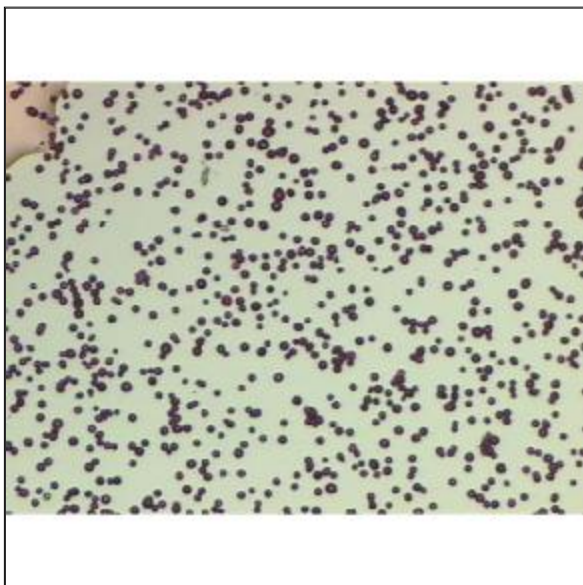
CA-C-16000G.jpg



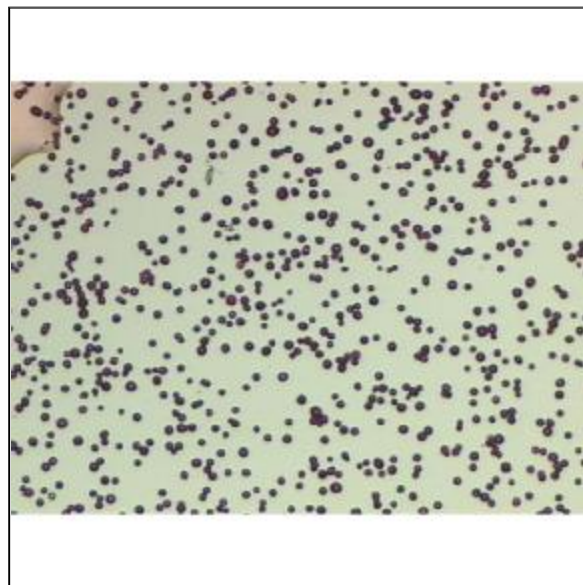
CA-M-0G.jpg



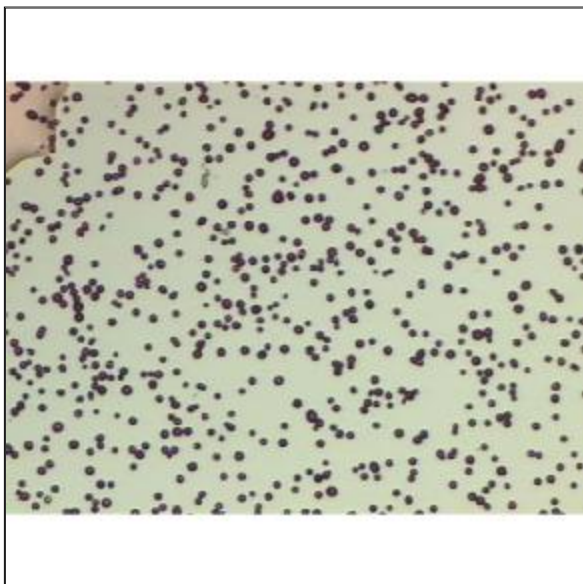
CA-M-2000G.jpg



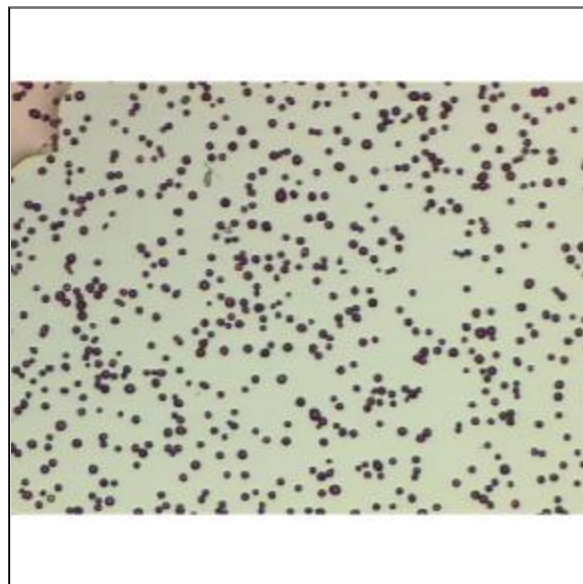
CA-M-4000G.jpg



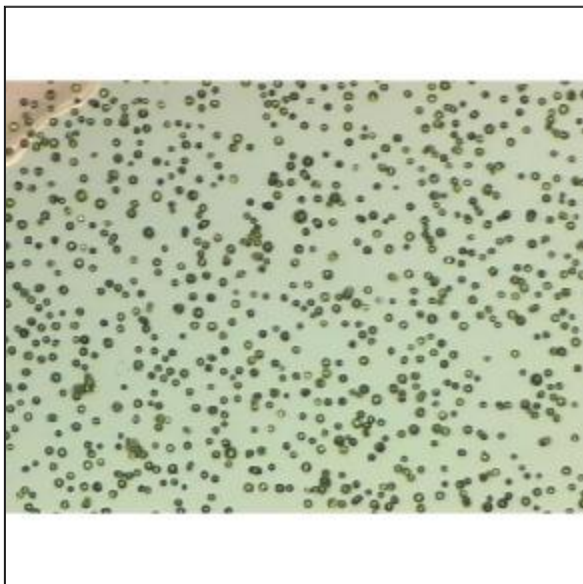
CA-M-8000G.jpg



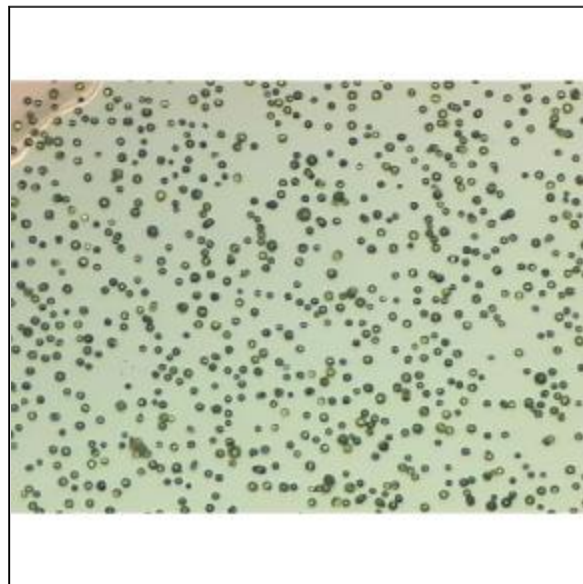
CA-M-12000G.jpg



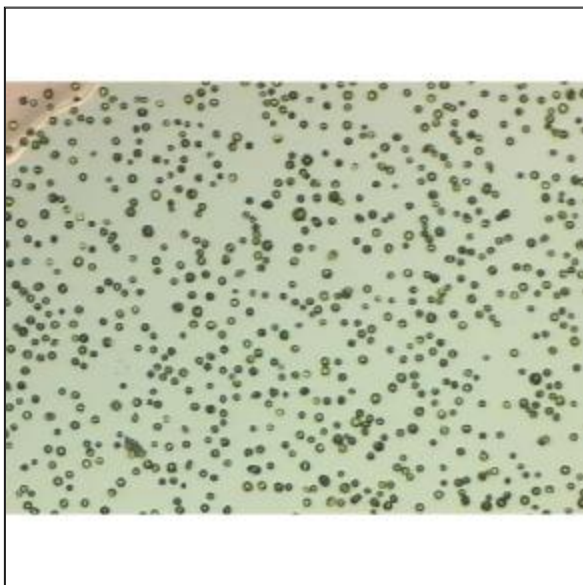
CA-M-16000G.jpg



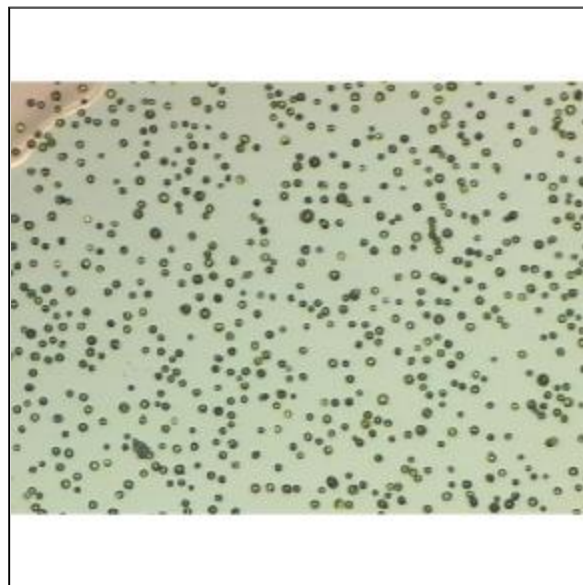
CA-Y-0G.jpg



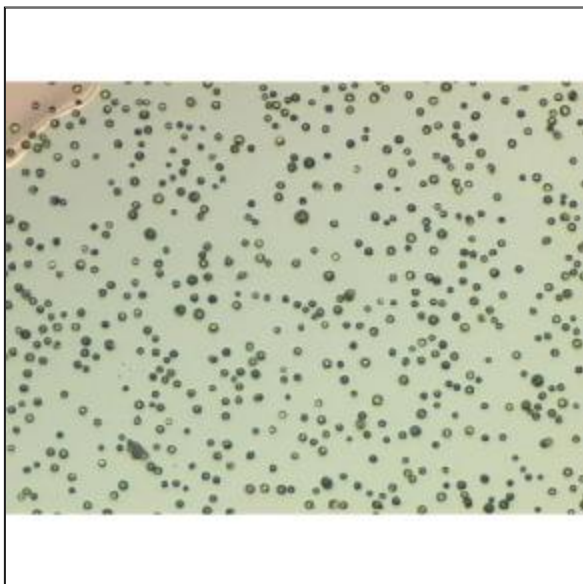
CA-Y-2000G.jpg



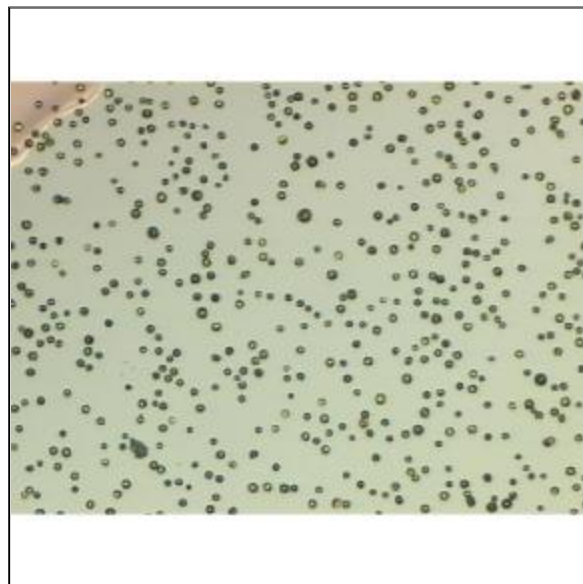
CA-Y-4000G.jpg



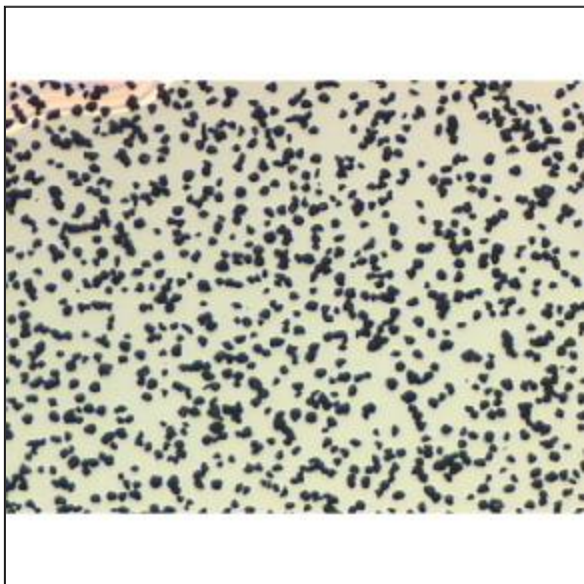
CA-Y-8000G.jpg



CA-Y-12000G.jpg



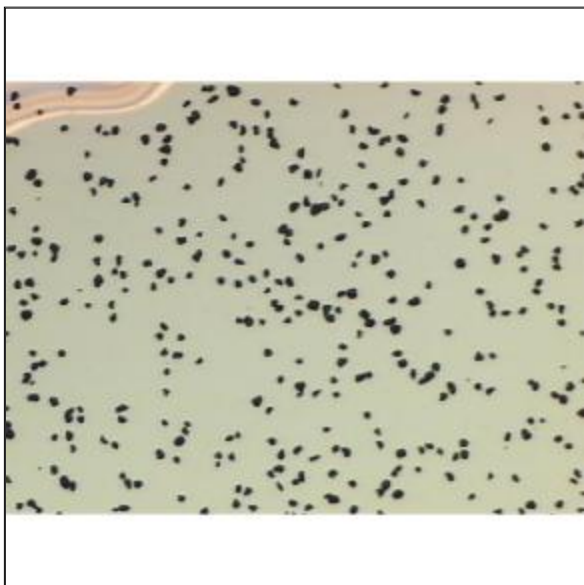
CA-Y-16000G.jpg



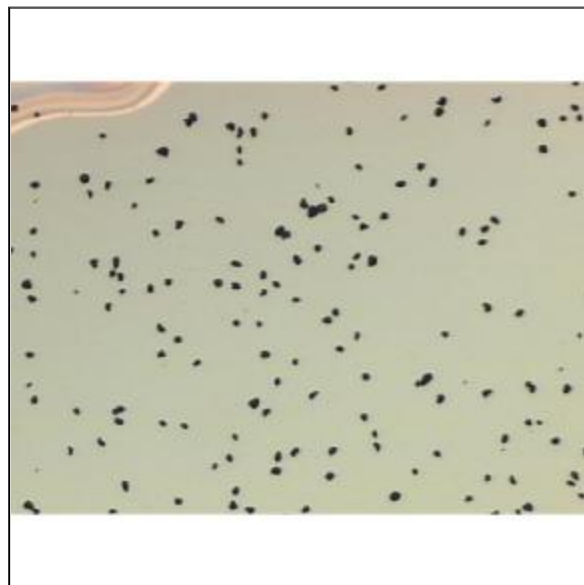
RI-B-0G.jpg



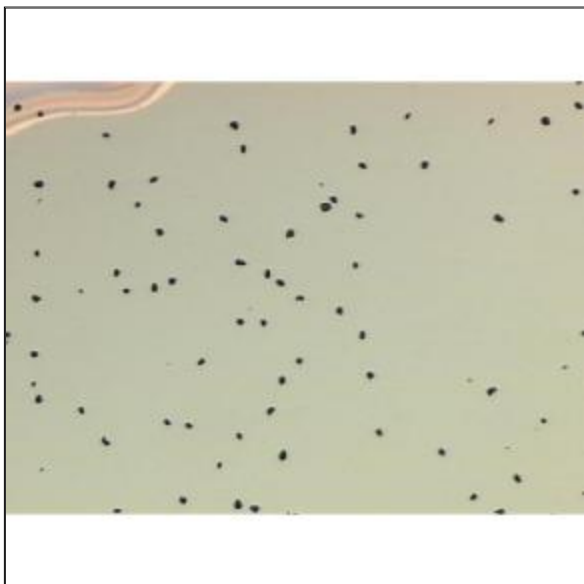
RI-B-2000G.jpg



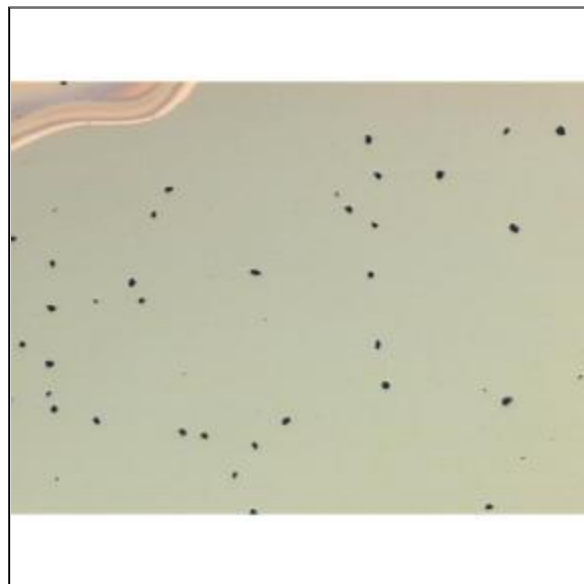
RI-B-4000G.jpg



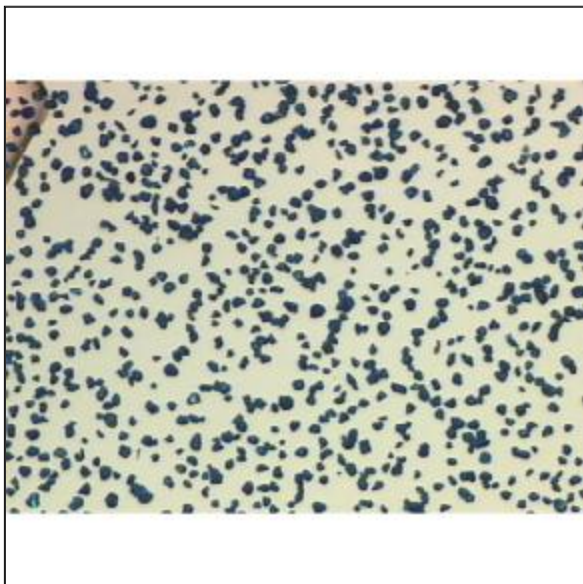
RI-B-8000G.jpg



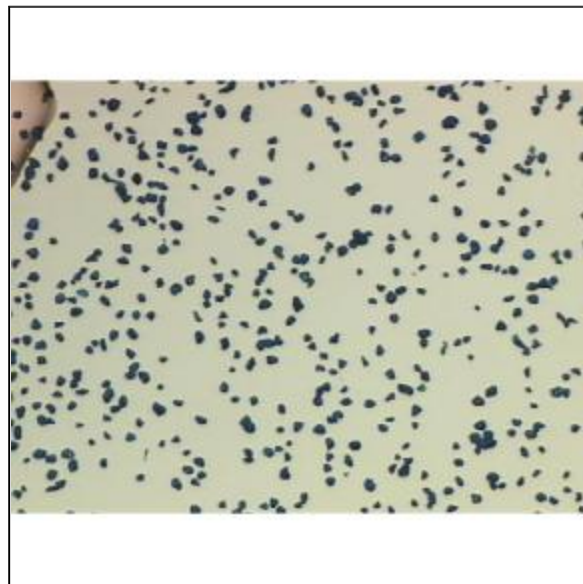
RI-B-12000G.jpg



RI-B-16000G.jpg



RI-C-0G.jpg



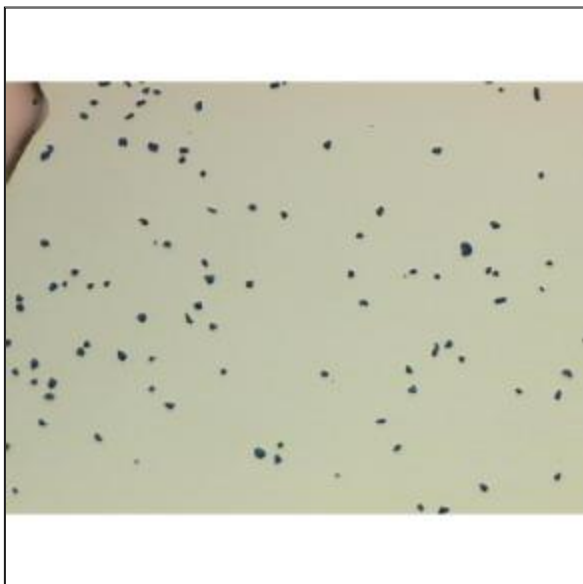
RI-C-2000G.jpg



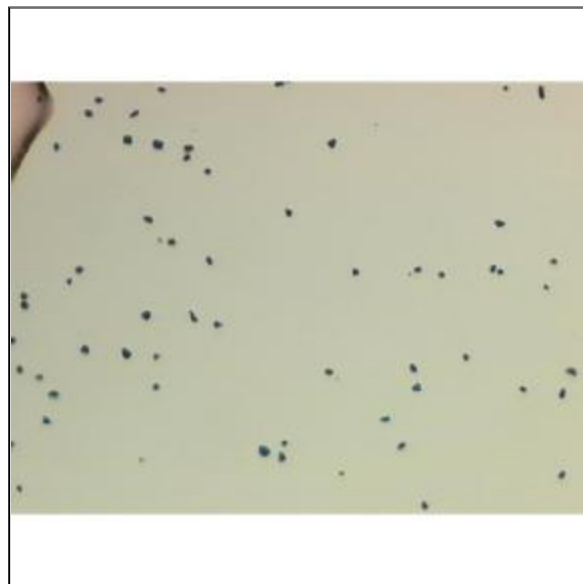
RI-C-4000G.jpg



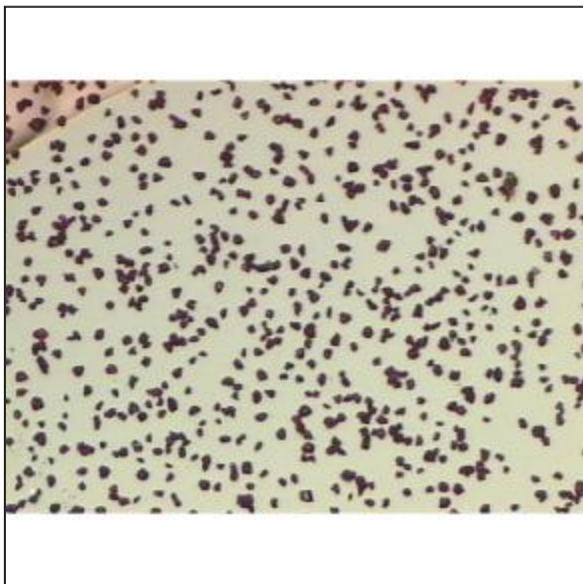
RI-C-8000G.jpg



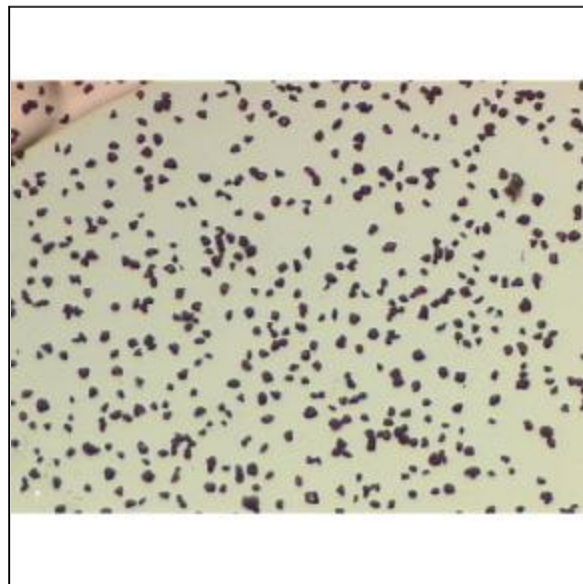
RI-C-12000G.jpg



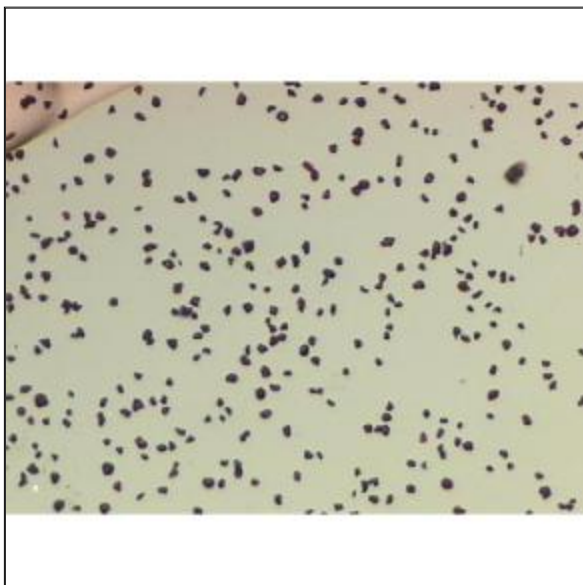
RI-C-16000G.jpg



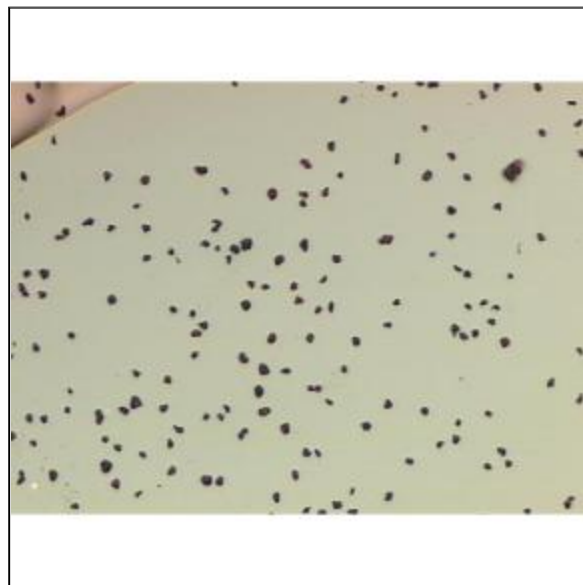
RI-M-0G.jpg



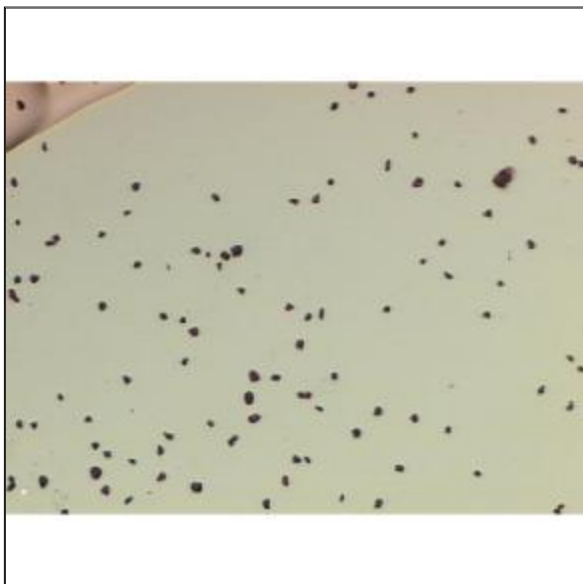
RI-M-2000G.jpg



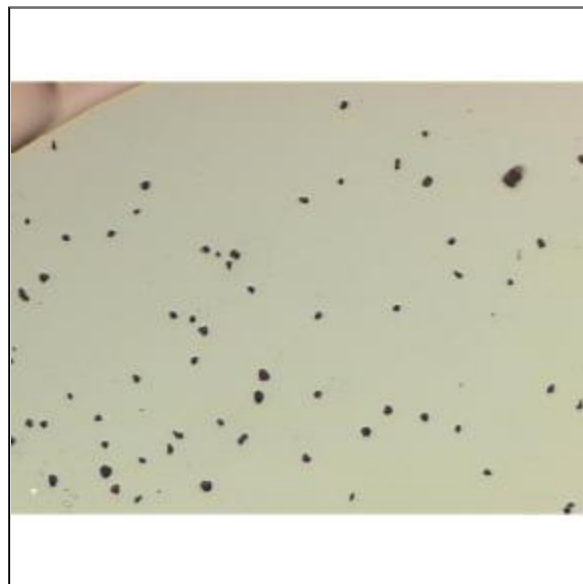
RI-M-4000G.jpg



RI-M-8000G.jpg



RI-M-12000G.jpg



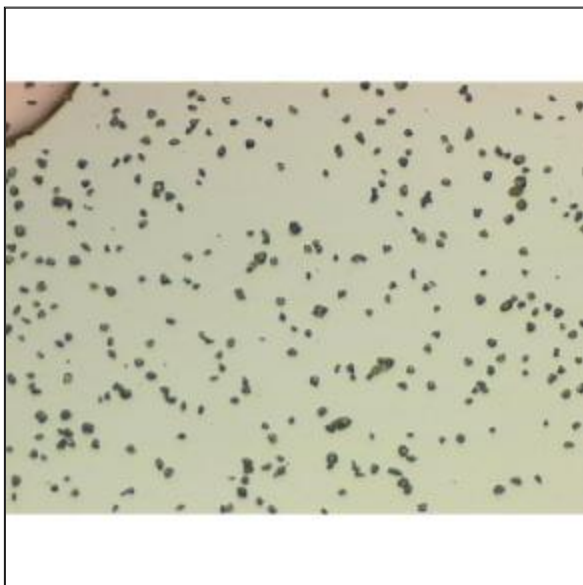
RI-M-16000G.jpg



RI-Y-0G.jpg



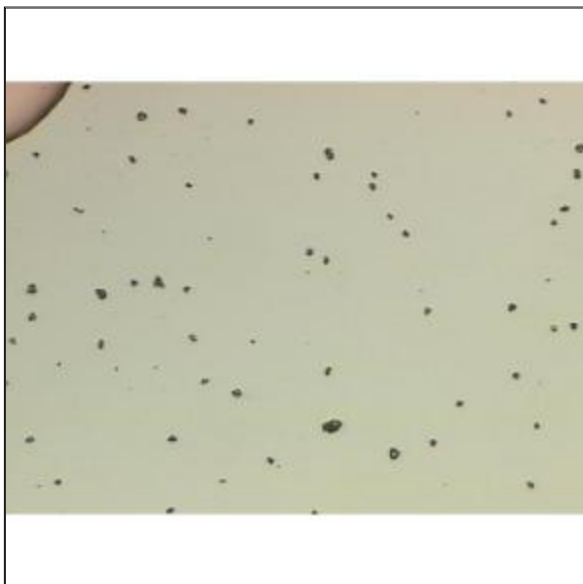
RI-Y-2000G.jpg



RI-Y-4000G.jpg



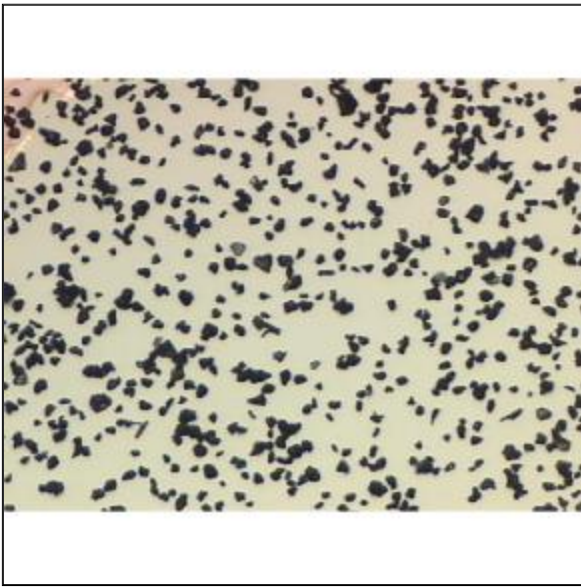
RI-Y-8000G.jpg



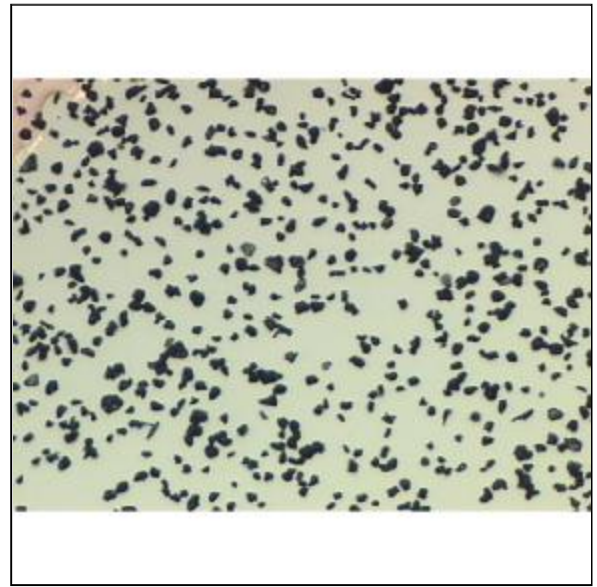
RI-Y-12000G.jpg



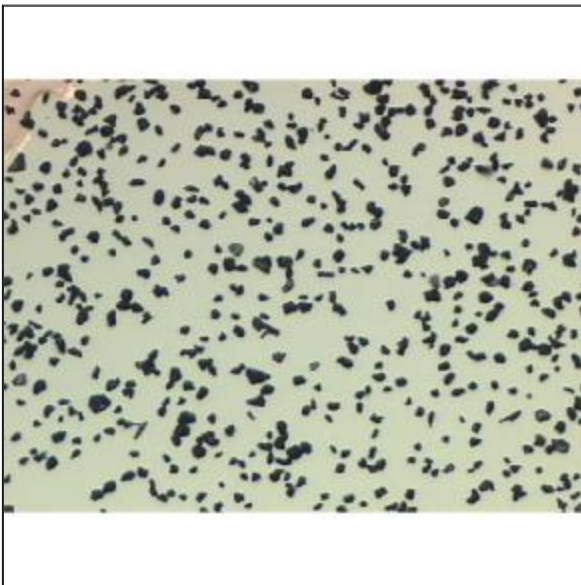
RI-Y-16000G.jpg



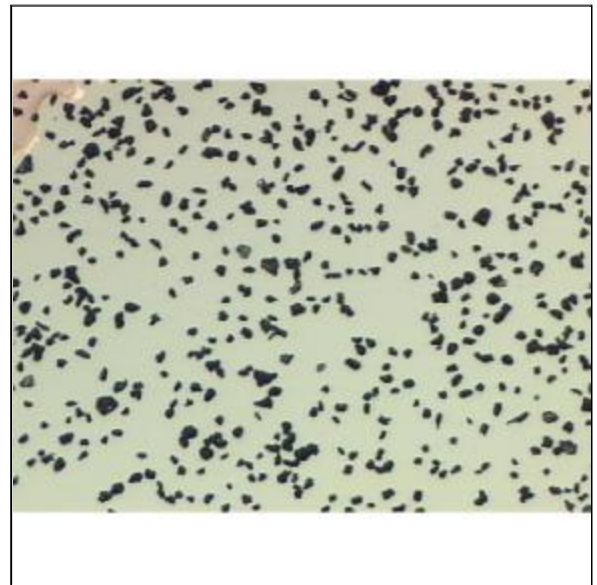
XE-B-0G.jpg



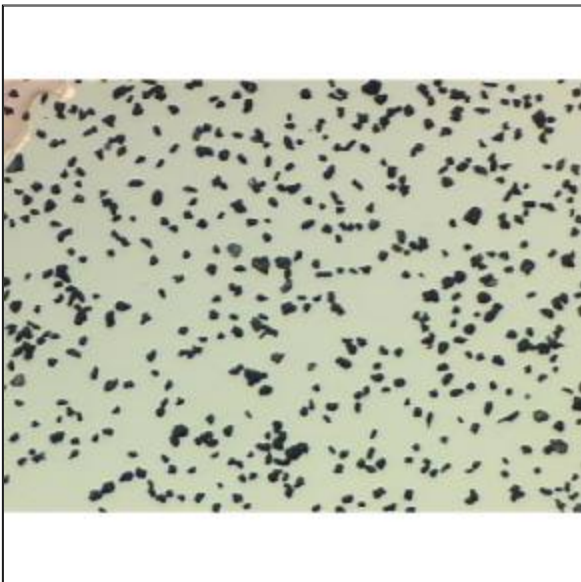
XE-B-2000G.jpg



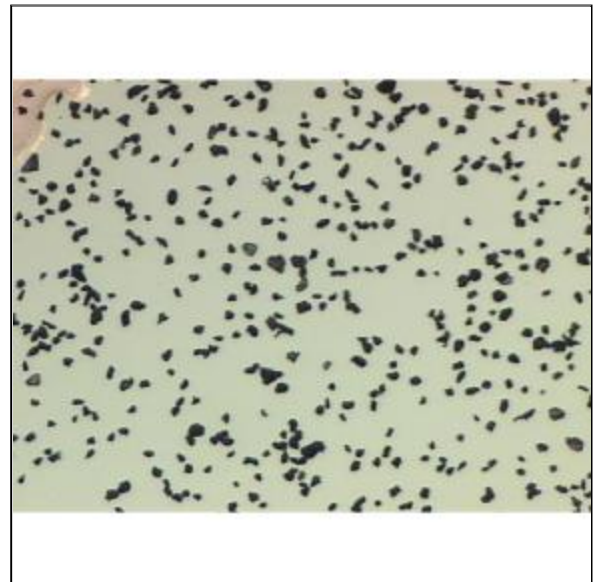
XE-B-4000G.jpg



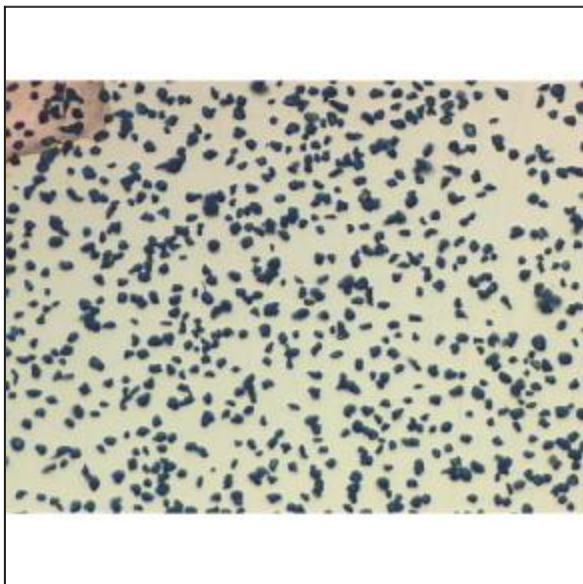
XE-B-8000G.jpg



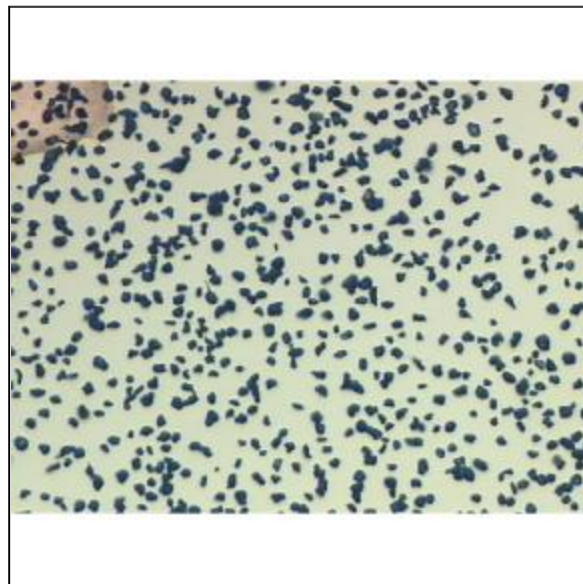
XE-B-12000G.jpg



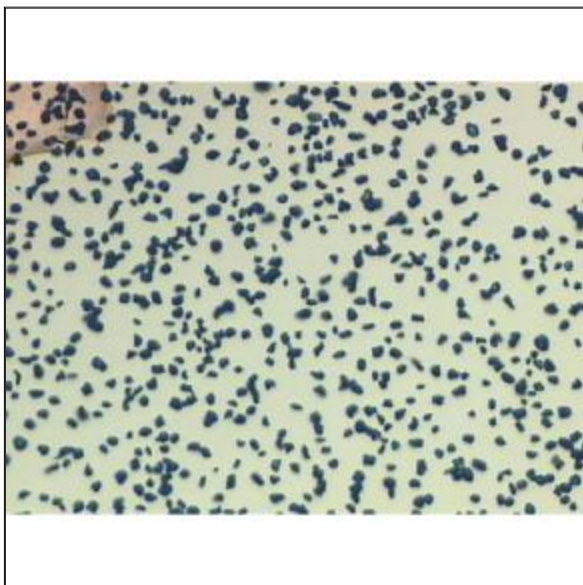
XE-B-16000G.jpg



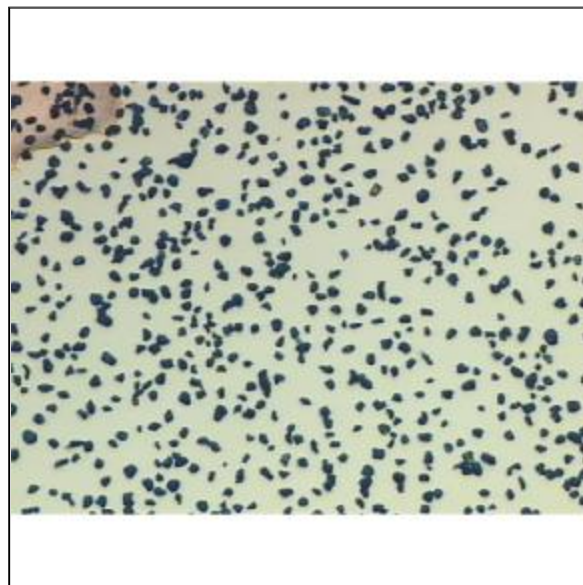
XE-C-0G.jpg



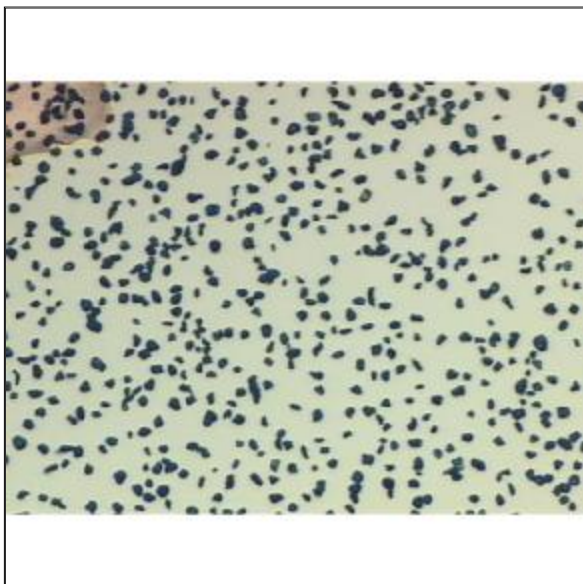
XE-C-2000G.jpg



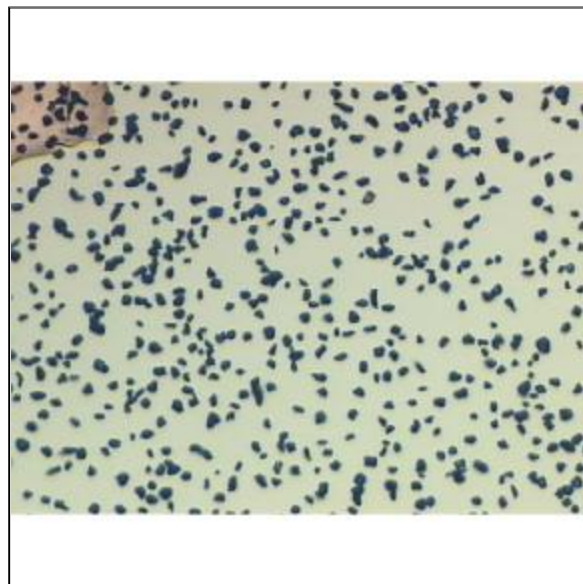
XE-C-4000G.jpg



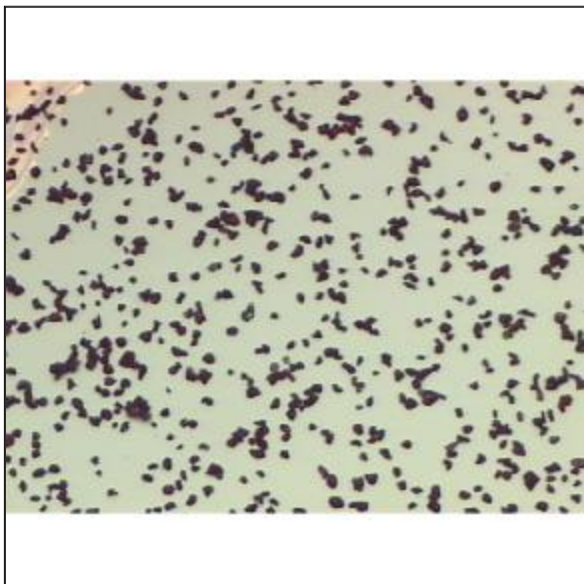
XE-C-8000G.jpg



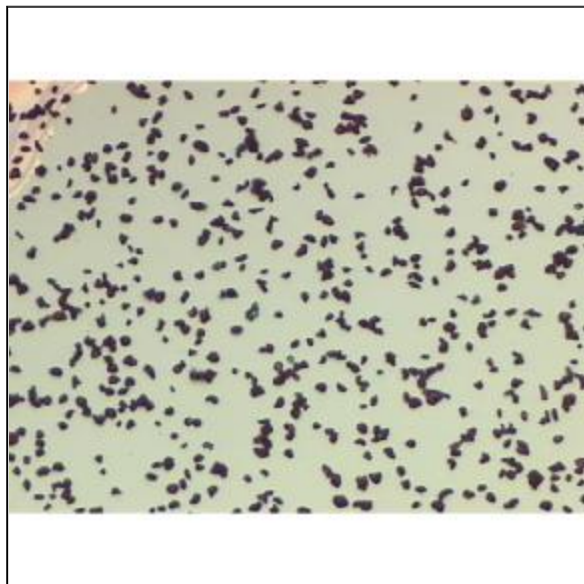
XE-C-12000G.jpg



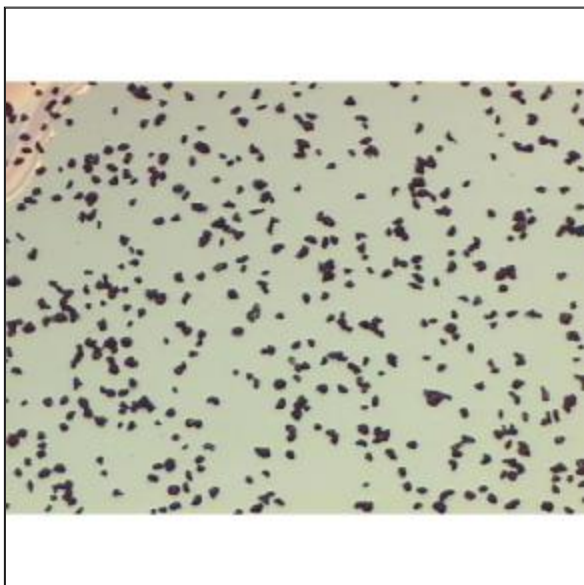
XE-C-16000G.jpg



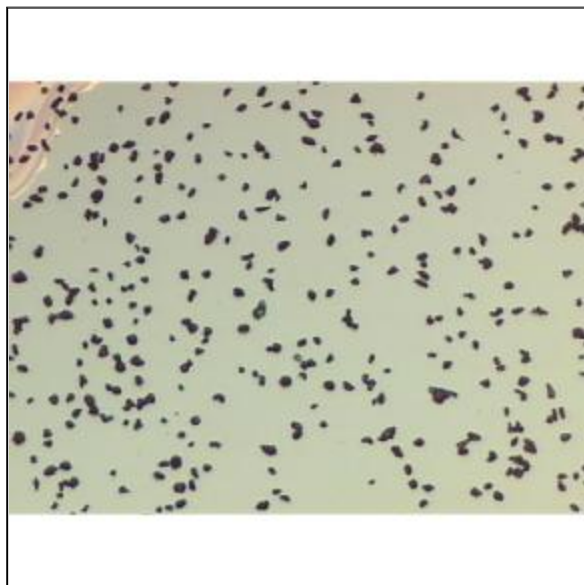
XE-M-0G.jpg



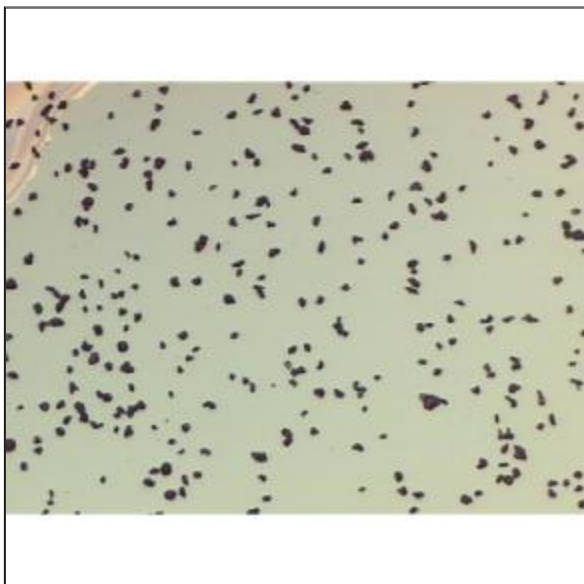
XE-M-2000G.jpg



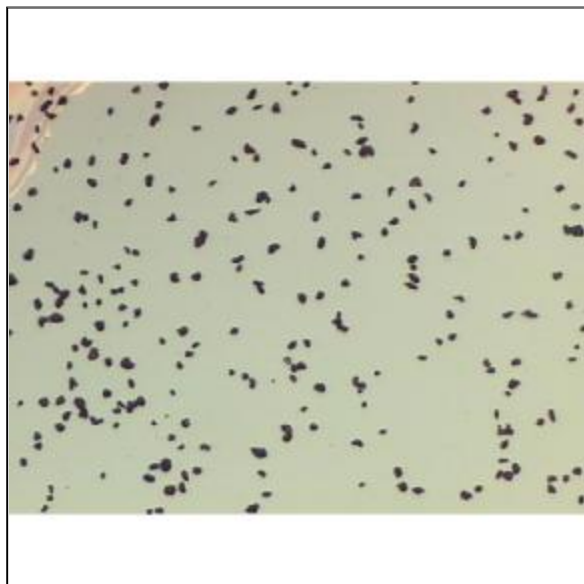
XE-M-4000G.jpg



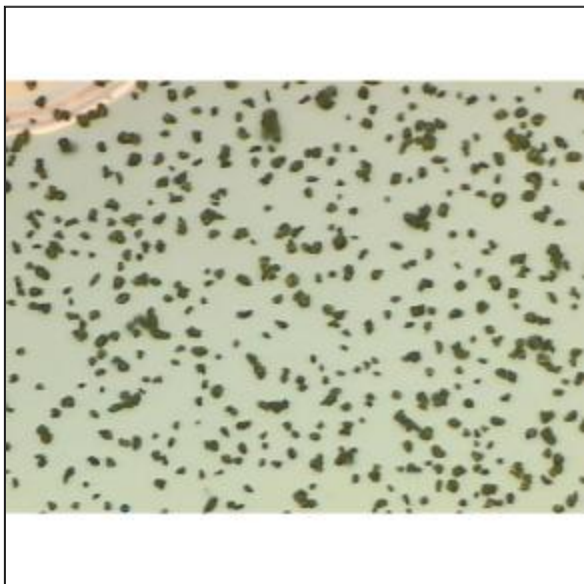
XE-M-8000G.jpg



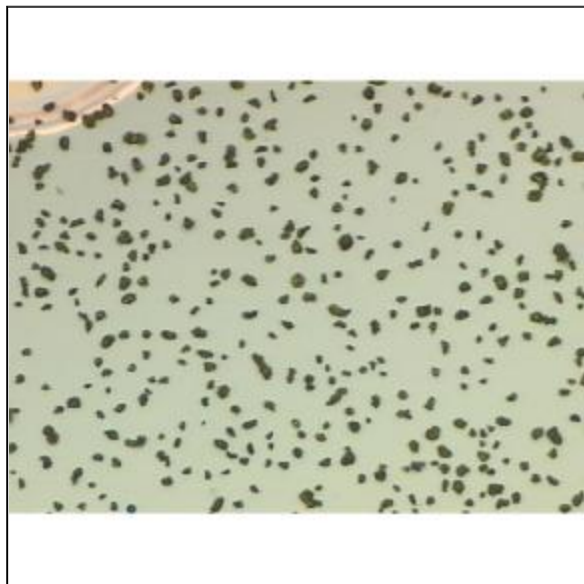
XE-M-12000G.jpg



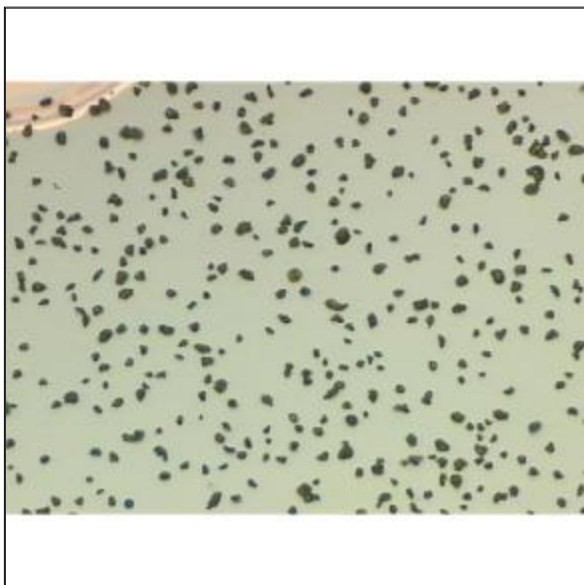
XE-M-16000G.jpg



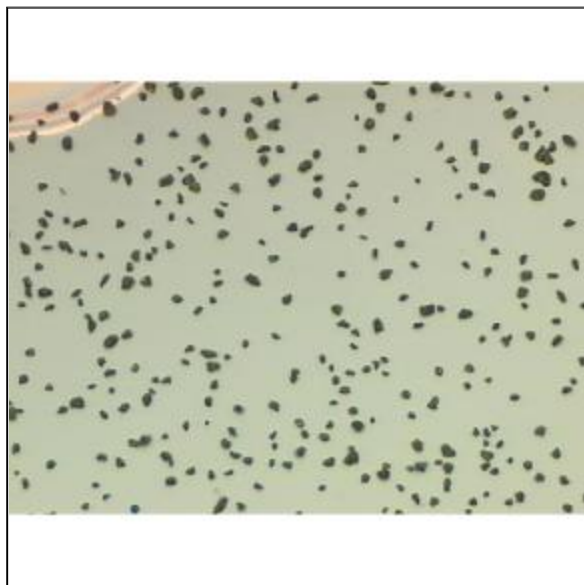
XE-Y-0G.jpg



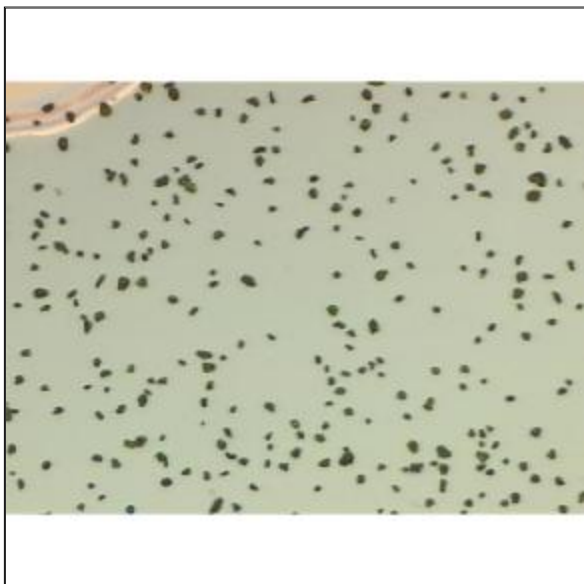
XE-Y-2000G.jpg



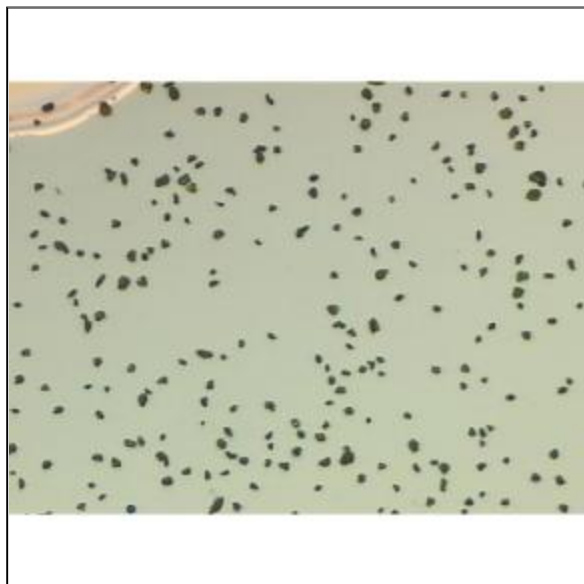
XE-Y-4000G.jpg



XE-Y-8000G.jpg



XE-Y-12000G.jpg



XE-Y-16000G.jpg