

IQ MILL-2070を用いる 合成/バイオポリマーの 粉碎応用例

(Ver. 1.8)



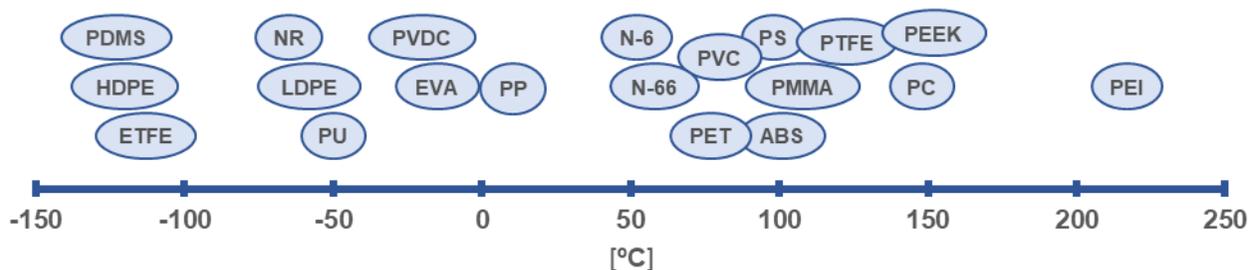
迅速凍結粉碎装置
IQ MILL-2070

合成ポリマー各種

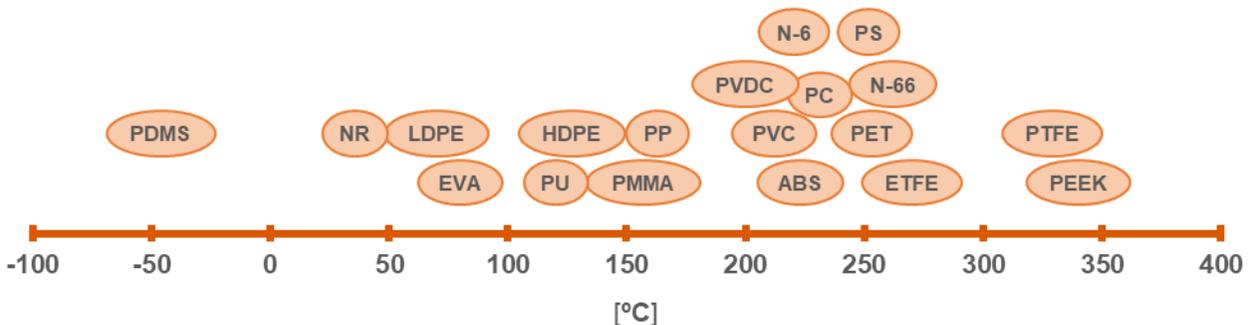
No.	試料名	略号
IQ MILL_Poly_001	高密度ポリエチレン	HDPE
IQ MILL_Poly_002	低密度ポリエチレン	LDPE
IQ MILL_Poly_003	ポリプロピレン	PP
IQ MILL_Poly_004	ポリスチレン	PS
IQ MILL_Poly_005	ポリカーボネート	PC
IQ MILL_Poly_006	ポリ塩化ビニル	PVC
IQ MILL_Poly_007	ポリ塩化ビニリデン	PVDC
IQ MILL_Poly_008	アクリロニトリルブタジエンスチレン共重合体	ABS
IQ MILL_Poly_009	シリコーンゴム	PDMS
IQ MILL_Poly_010	ポリメチルメタアクリレート	PMMA
IQ MILL_Poly_011	ポリイソプレン(天然ゴム)	NR
IQ MILL_Poly_012	エチレン・酢酸ビニル共重合体	EVA
IQ MILL_Poly_013	ポリエチレンテレフタレート	PET
IQ MILL_Poly_014	ポリテトラフルオロエチレン	PTFE
IQ MILL_Poly_015	エチレン・テトラフルオロエチレン共重合体	ETFE
IQ MILL_Poly_016	ナイロン 6	N-6
IQ MILL_Poly_017	ナイロン 6,6	N-66
IQ MILL_Poly_018	ポリウレタン	PU
IQ MILL_Poly_019	ポリアーテルエーテルケトン	PEEK
IQ MILL_Poly_020	ポリアーテルイミド	PEI

<代表的な合成ポリマー20種>

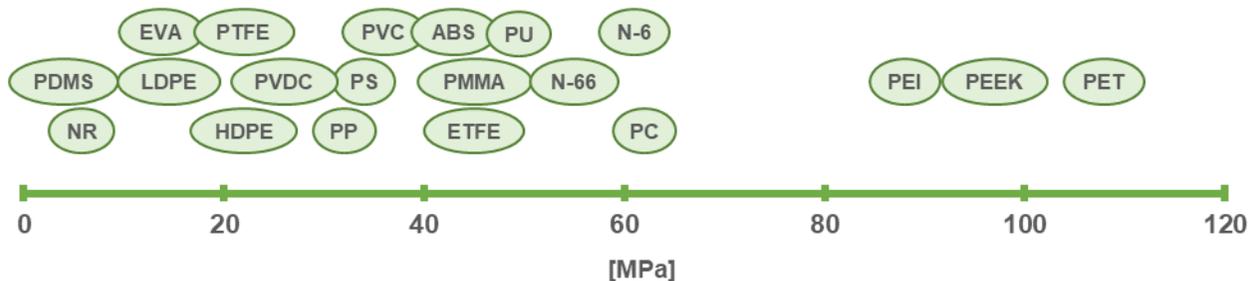
ガラス転移点温度 [Tg]



融点 [Mp]



引張強度 [TS]

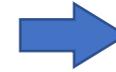


合成ポリマーの粉碎例

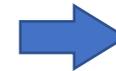
困難さ	合成ポリマー	略号	脆性温度. ¹⁾²⁾ (°C)	粉碎可能性
	Polytetrafluoroethylene	PTFE	-250	◎
	Polycarbonate	PC	-135	◎
	Ethylene-vinyl acetate copolymer	EVA	-100	◎
	High density polyethylene	PE-HD	-100	◎
	Low density polyethylene	PE-LD	-60~80	◎
	Polyisoprene (natural rubber)	NR	-60~-40	◎
	Silicone rubber	PDMS	-70	◎
	Polyurethane	PU	-70~100	◎
	Nylon 6,6	N-66	-50	◎
	Nylon 6	N-6	-40	◎
	Polyetheretherketone	PEEK	-15~20	◎
	Polyvinyl chloride	PVC	-20	◎
	Acrylonitrile butadiene styrene copolymer	ABS	-20	◎
	Polypropylene	PP	0	◎
	Polystyrene	PS	20	◎
Polyethylene terephthalate	PET	70~90	◎	
Polymethyl methacrylate	PMMA	110	◎	
Polyetherimide	PEI	170	◎	

試料容器	粉碎子	前処理温度	量	Speed	Run	Pause	Cycles
			[g]	[rpm]	[s]	[s]	[cycles]
L-Ti	WC-12Φ	Cryo.	0.5	3000	30	0	1

PTFE



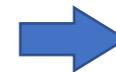
PC



NR



PEEK



合成ポリマー各種

No.	試料名	略号
IQ MILL_Poly_021	コピー用紙	Paper
IQ MILL_Poly_022	電子基板	Board
IQ MILL_Poly_023	発泡ポリスチレン	PS
IQ MILL_Poly_024	発泡ポリエチレンフォーム	PE
IQ MILL_Poly_025	低密度ポリエチレンフィルム	LLDPE
IQ MILL_Poly_026	ポリアミド繊維	PA
IQ MILL_Poly_027	ニトリル手袋	-
IQ MILL_Poly_028	スチレン-ブタジエンゴム	SBR
IQ MILL_Poly_029	段ボール	-

アプリケーション掲載例

No.

試料名 (略号)
試料量

粉碎前

条件

粉碎後

顕微鏡写真

[IQ MILL_Poly_002](#)

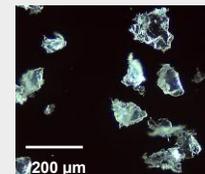
ポリエチレン (LDPE)
0.48 g



3000 rpm x 30 sec

凍結粉碎

x 2回繰り返し



バイオポリマー各種

No.	試料名	英語表記
IQ MILL_Bio_001-1	イノシシ(犬歯)	Teeth
IQ MILL_Bio_001-2	キツネ・アライグマ・タヌキ	Teeth
IQ MILL_Bio_002	貝	Shellfish shell
IQ MILL_Bio_003	孟宗竹の皮	Bamboo bark
IQ MILL_Bio_004	麻ひも	Hemp
IQ MILL_Bio_005	木片	Wood
IQ MILL_Bio_006	綿	Cotton
IQ MILL_Bio_007	するめ	Dry squid
IQ MILL_Bio_008	ビーフジャーキー	Beef jerky
IQ MILL_Bio_009	貝ひも	Shellfish string
IQ MILL_Bio_010	ほや	Sea squirt

バイオポリマー各種

No.	試料名	英語表記
IQ MILL_Bio_011	茎わかめ	Wakame seaweed stem
IQ MILL_Bio_012-1	アーモンド(殻)	Almond shell
IQ MILL_Bio_012-2	アーモンド(可食部)	Almond
IQ MILL_Bio_013	飴	Candy
IQ MILL_Bio_014	観葉植物の葉	Leaves of houseplants

アプリケーション掲載例

No.

試料名 / 試料量

粉碎前

条件

粉碎後

顕微鏡写真

[IQ MILL_Bio_012-1](#)

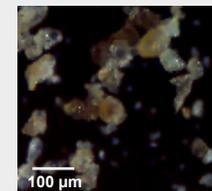
アーモンド(殻)
0.93 g



2800 rpm x 30 sec

室温粉碎

x 1 cycle



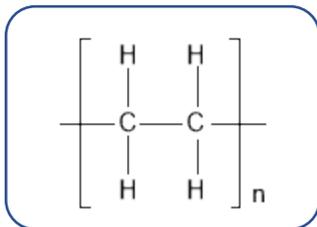
無機材料各種		
No.	試料名	英語表記
IQ MILL_Inorg_001	茶碗	Teacup
IQ MILL_Inorg_002	石英	Fused quartz
IQ MILL_Inorg_003	砂	Sand
IQ MILL_Inorg_004	セラミック	Ceramic (Al ₂ O ₃)

アプリケーション掲載例

No.	試料名(略号) 試料量	粉碎前	条件	粉碎後
IQ MILL_Inorg_002	石英 1.0 g		2000 rpm x 40 sec 室温粉碎 x 1 cycle	

特徴: 高密度ポリエチレン(HDPEまたはPE-HD)は、エチレンの繰り返し単位で主鎖からの分岐をほとんど持たず直鎖状に結合した結晶性の熱可塑性樹脂で、他のポリエチレン(PE)と比較すると硬い性質を持つことから硬質ポリエチレンとも呼ばれる。

用途: レジ袋やブルーシートなどに代表されるフィルムやシート、および延伸加工を施し強度を増大した繊維類(魚網、網戸、レジャーシートなど)がある。また、水道用などのパイプなどにも使用される。



HDPEの分子構造概略図



HDPE 0.48 g

前処理: ニッパーで1/2に裁断

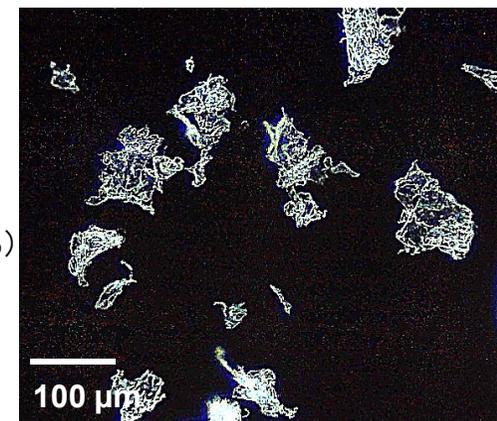
試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.48	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ

凍結粉碎

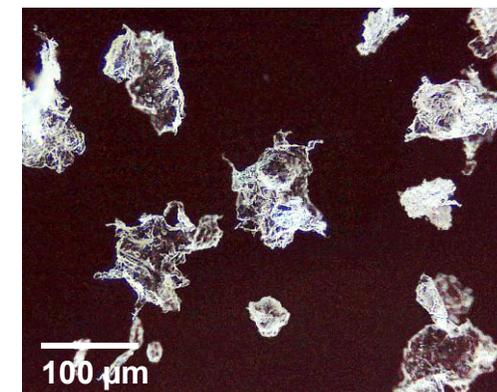
粉碎条件				繰り返し回数 ¹⁾
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2500/3000	20	0	1	6

粉碎条件: 2500 rpm
(<40メッシュ²⁾の収率: 55%)

約100 μmの粒子径に粉碎



粉碎条件: 3000 rpm
(<40メッシュの収率: 68%)



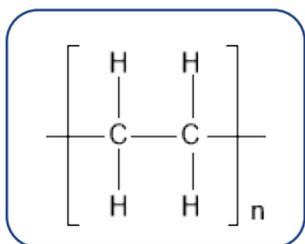
1) 「液体窒素浸漬→粉碎」を1回とする。
液体窒素浸漬時間は1回目10分、2回目以降5分

2) 40メッシュ=目開き0.42 mm

低密度ポリエチレン(LDPE)の微粉碎【凍結】

特徴: 低密度ポリエチレン(LDPEまたはPE-LD)は、繰り返し単位のエチレンがランダムに分岐を持って結合した、結晶性の熱可塑性樹脂で、他のポリエチレンと比較して柔らかい性質を持つため軟質ポリエチレン、また、製法からは高圧法ポリエチレンとも呼ばれる。

用途: 包装材料(菓子・衣類などの簡易包装、ごみ袋、生鮮食品の包装、緩衝材)、農業用の黒フィルム、衛生手袋、水撒きホース、タッパーウェアなどがある。



LDPEの分子構造概略図



試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.48	凍結	試料容器L-Ti	WC-10Φ/12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2500/3000	30	0	1	2



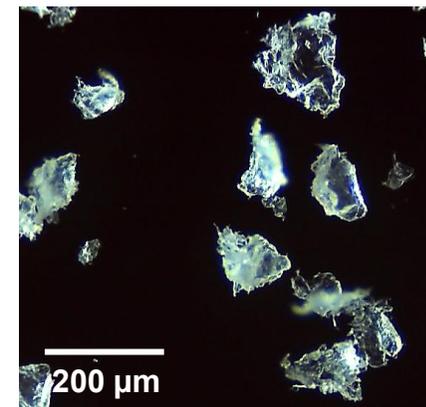
LDPE 0.48 g

粉碎子:WC-10Φ

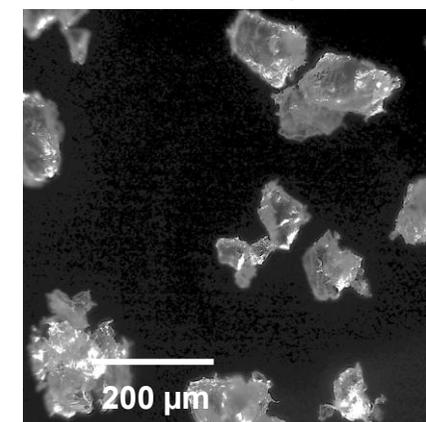


粉碎子:WC-12Φ

約100-200 μmの粒子径に粉碎
(<40メッシュの収率:85%)



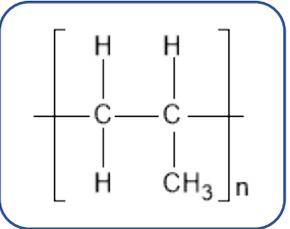
約100-200 μmの粒子径に粉碎
(<40メッシュの収率:78%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

特徴:ポリプロピレン(PP)は汎用樹脂の中では耐熱性が最も高く、比重が最も小さくて水に浮かぶという特徴がある。また、汎用樹脂としては比較的、強度が高く、耐薬品(酸、アルカリ)性に優れ、吸湿性が無いといった特長も持っている。しかし、染色することは困難であり、さらに耐光性が低いため、ファッション性の高い服地の繊維用途には向いていない。

用途:文具、紙幣、自動車部品、包装材料、繊維製品、プラスチック部品、種々の容器など幅広い分野で使用されている。



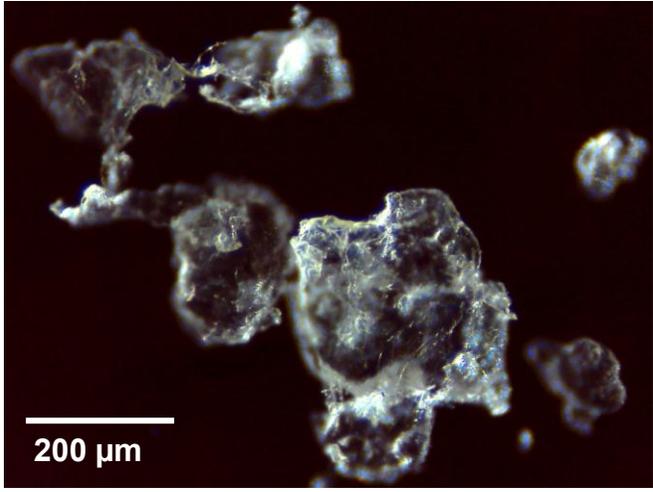
PP 0.61 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.61	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ

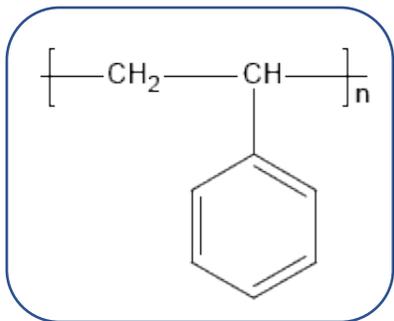


粉碎条件				繰り返し回数
回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	
(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2800	30	0	1	2

約100-200 μmの粒子径に粉碎
(<40メッシュの収率: 88%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

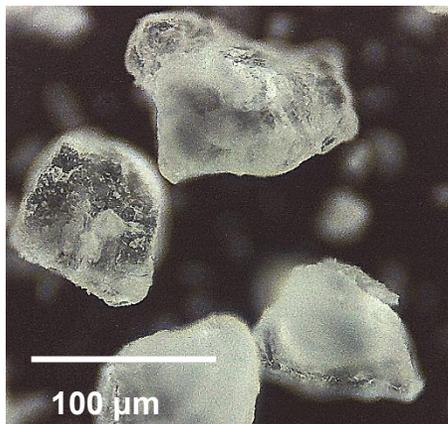


PS 1.0 g



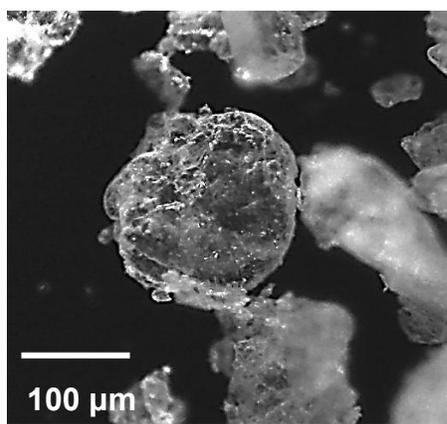
凍結粉碎 (-196 °C)

粉碎時間: 30秒 停止: 10秒
 サイクル : 2 繰り返し: 1
 収率 (> 40メッシュ: 0 %)
 (40-60メッシュ: 4.8 %)
 (< 60メッシュ: 95.2 %)



室温乾式 (23 °C)

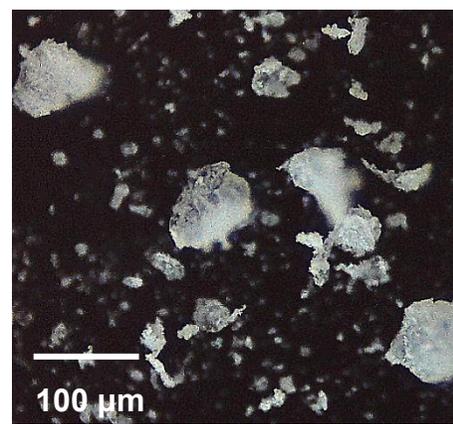
粉碎時間: 30秒 停止: 60秒
 サイクル : 10 繰り返し: 2
 収率 (> 40メッシュ: 6.0 %)
 (40-60メッシュ: 19.3 %)
 (< 60メッシュ: 74.7 %)



室温湿式

(23 °C, メタノール 1.5 mL)

粉碎時間: 30秒 停止: 60秒
 サイクル : 10 繰り返し: 2
 収率 (> 40メッシュ: 0.2 %)
 (40-60メッシュ: 5.4 %)
 (< 60メッシュ: 94.4 %)



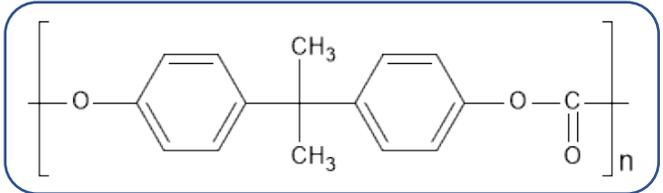
1) 40メッシュ=目開き0.42 mm、60メッシュ=目開き0.25 mm

- ・凍結粉碎では、粒径は約100 μm
- ・室温乾式粉碎では、約100 μmが主体(静電気による凝集により、これ以上小さくならない)
- ・室温乾式粉碎、停止時間60秒では試料容器・粉碎子が放熱されるが、停止時間0秒の場合は、試料容器・粉碎子の衝撃によってPS粒子が加熱され、団子状に
- ・メタノールを用いた室温湿式粉碎では、10 μm-50 μmの粒子が観測された。メタノールによって粒子間の帯電が緩和されたためと推定

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子	回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	繰り返し回数 ²⁾
				(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
1.0	室温(乾式・湿式) / 凍結	試料容器L-Ti	Zr-12Φ	2800	30	60 / 0	10 / 1	2 / 1

ポリカーボネート(PC)の微粉碎【凍結 / 室温】

特徴: ポリカーボネート樹脂(PC)は、高い透明性・自己消火性とプラスチック中最高の耐衝撃性をもつエンジニアリングプラスチックである。ガラスと同程度の透明性を持ち、カメラレンズ等にも使用されている。



PC 0.5 g

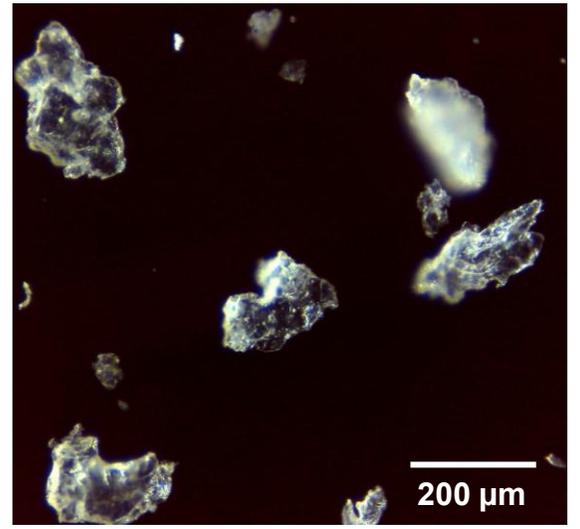
前処理: ニッパーで1/2に裁断



(凍結粉碎時と同上の粉碎条件。僅かに粉碎するが、0.2 mm程度の平板に。粉碎子が非常に熱くなる)



(<40メッシュ¹⁾の収率: 80 %)



1) 40メッシュ=目開き0.42 mm

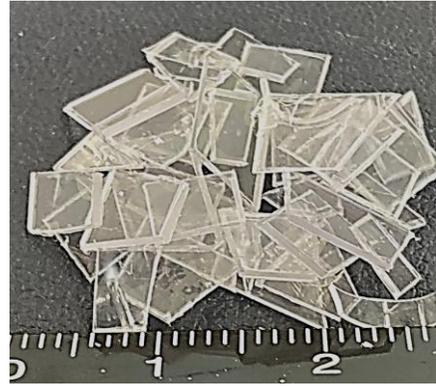
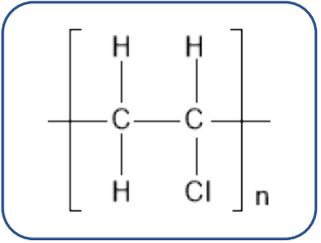
- ・室温粉碎では、粉碎子の衝撃によってPCの温度が上がり、平板状になり粉碎不可能
- ・凍結粉碎では、200 μm程度の粉碎が可能

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子	回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	繰り返し回数 ²⁾
				(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
0.5	室温 / 凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ	2800	30	10 / 0	10 / 1	2 / 2

2) 「液体窒素浸漬→粉碎」を1回とする。液体窒素浸漬時間は1回目10分、2回目以降5分

特徴:ポリ塩化ビニルまたは単に塩ビ(PVC)は耐薬品性、耐食性、絶縁性に優れ、プラスチックの中でも安価とされる。低温状態や高温状態での使用には適さないが、加工がしやすいなど多くの利点があり、幅広い用途で使用される。

用途:上下水道管や波板などの建築資材、家具のレザー、玩具など、日常の身近なところに多く採用されている。



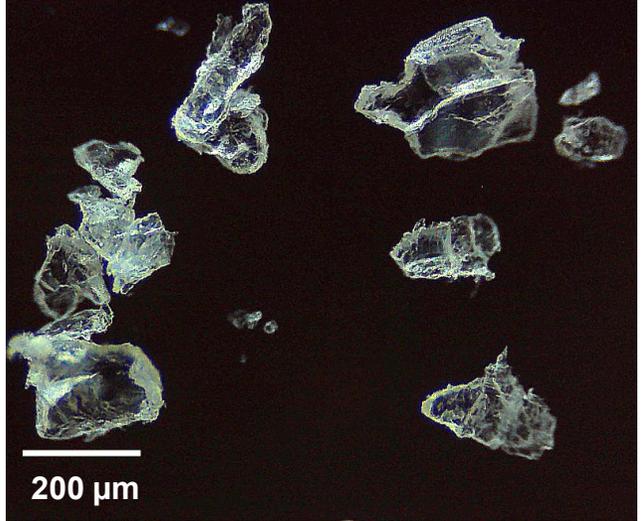
PVC 薄板 0.55 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎机
0.55	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	20	0	1	1

(<40メッシュの収率: 100 %)

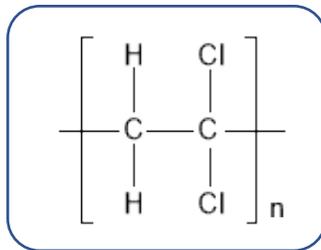


*40メッシュ=目開き0.42 mm

ポリ塩化ビニリデン(PVDC)の微粉碎【凍結】

特徴:ポリ塩化ビニリデン(PVDC)は、酸素や水分に対して非常に高いバリア性を持ったポリマーで、他のプラスチックや樹脂には見られない優れた特長となっている。

用途:代表的な用途はラップやハム、ソーセージ等の食品包装フィルムなどのバリア性に優れている特長を活かしたのものとなっている。また、耐熱温度が高く、破れにくい特長も持つ。



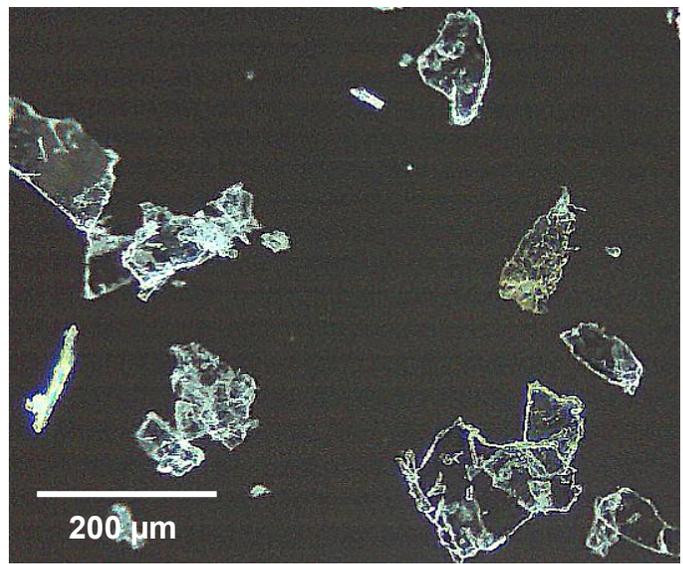
PVDC 0.38 g
(厚さ10 μm)

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.38	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	
(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2800	30	0	1	1

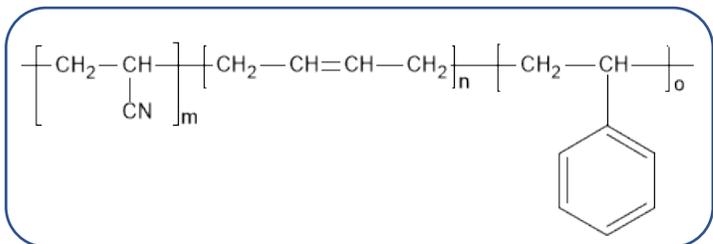
(<40メッシュの収率: 100 %)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

特徴: アクリロニトリル・ブタジエン・スチレンの共重合体 (ABS) は熱可逆性・非結晶性の汎用樹脂で、素材色は薄い肌色で、剛性、硬度、加工性、耐衝撃性、曲げ疲労性など機械的特性などのバランスに富んでいる。

用途: 家電や電気電子製品の各種外装・筐体・機構部品類、自動車パネルなど内装部品、文具・雑貨類、事務用家具部材、ブラシの柄など多種多様に使用されている。また、リコーダーなどの楽器、玩具や模型の可動部部品や樹脂製の鉄道模型のほか、3Dプリンターの材料など様々な用途で使用されている。



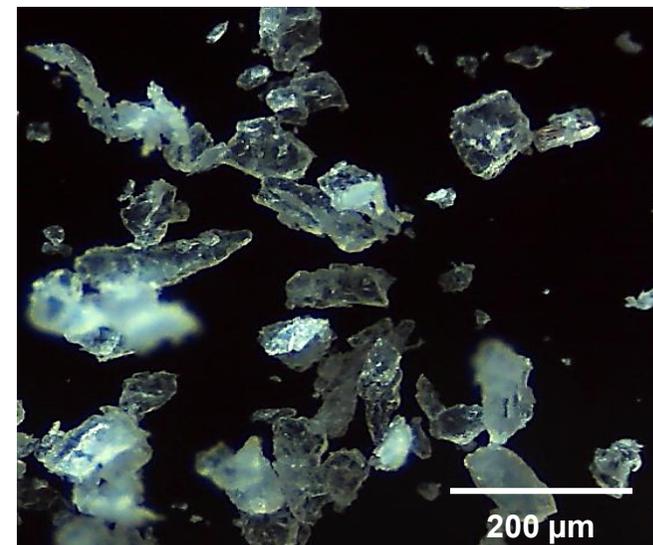
ABS 0.53 g

試料量 (g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.53	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	
(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2800	30	0	1	2

約100 μmの粒子径に粉碎
(<60メッシュの収率:91%)

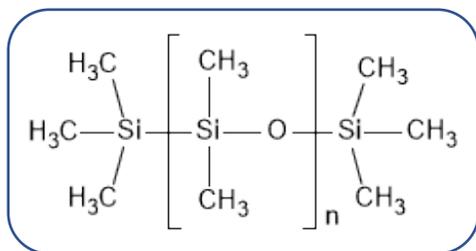


200 μm

*60メッシュ=目開き0.25 mm

特徴:シリコーン樹脂 (PDMS) は、シロキサン結合の主骨格を持つ合成高分子化合物の総称で、一般的に無色・無臭で撥水性を持ち、相当する炭素骨格ポリマーに比べて耐油性・耐酸化性・耐熱性が高く、不伝導体であり、重合度や置換基などの異なる種々な形態の製品が存在する。なお、金属酸化物 (塩基) の性質を持つため強酸に対しては弱く、白化、脆化など変質しやすい。

用途:コンタクトレンズ、医用器具、コーキング剤、潤滑油など、身近なものから産業用途に至るまで幅広い分野で使われている。



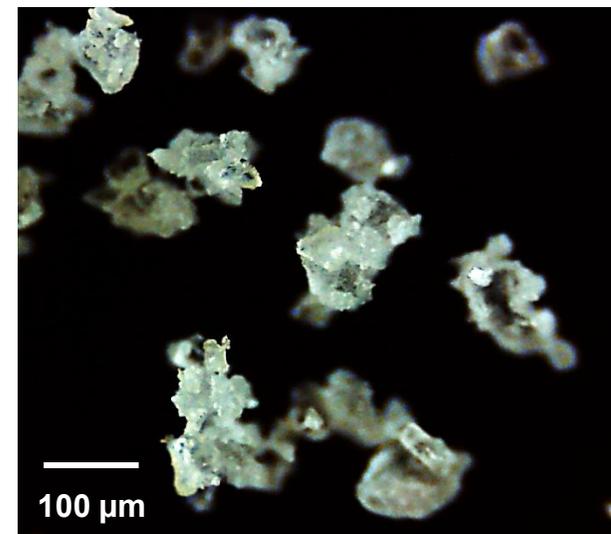
PDMS 0.55 g

試料量 (g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.55	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	
(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2800	20	0	1	2

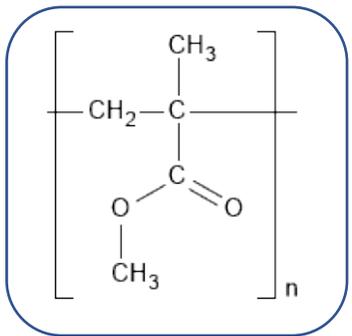
約100 μmの粒子径に粉碎
(<40メッシュの収率:71%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

特徴: ポリメタクリル酸エステル樹脂 (一般的にアクリル樹脂、PMMA) は高い透明性と耐衝撃性があり、熱可塑性形成・着色が容易に可能という特徴を持つ。

用途: 高い透明性を持つことから無機ガラスの代用品として建築や乗り物の窓材、照明器具のカバー、行灯看板、道路標識、日用品、事務用品、工芸品などに利用される。



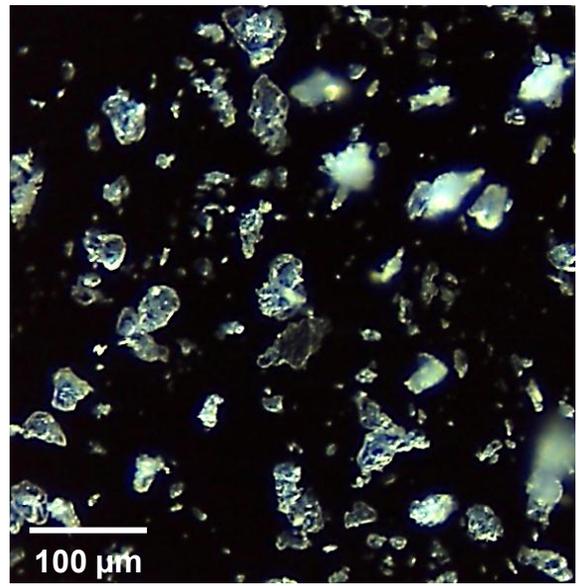
PMMA 0.58 g

試料量 (g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.58	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	30	0	1	2

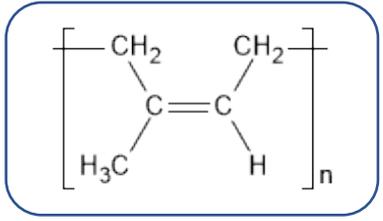
約10-50 μmの粒子径に粉碎
(<60メッシュの収率: 95%)



*60メッシュ = 目開き0.25 mm

特徴:天然ゴム(NR)はゴムの木の樹液から精製されるゴムで、引張強さ、引裂強度、耐摩耗性などの機械的強度には優れるが、耐熱性、耐油性、耐候性、耐オゾン性に劣る。

用途:タイヤ、ゴムベルト、ホース、履物など多くの日常品に使用される。

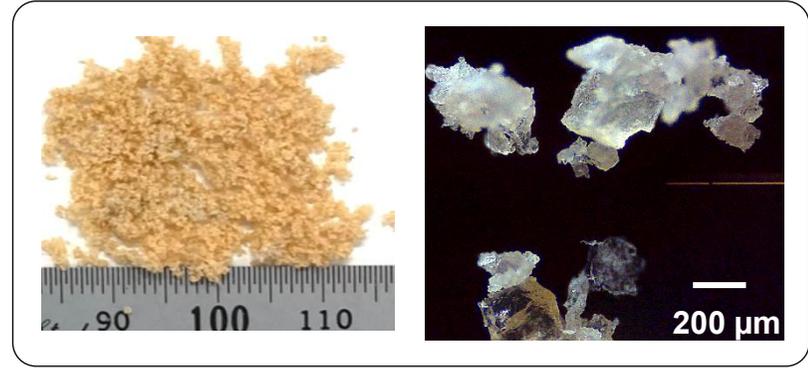
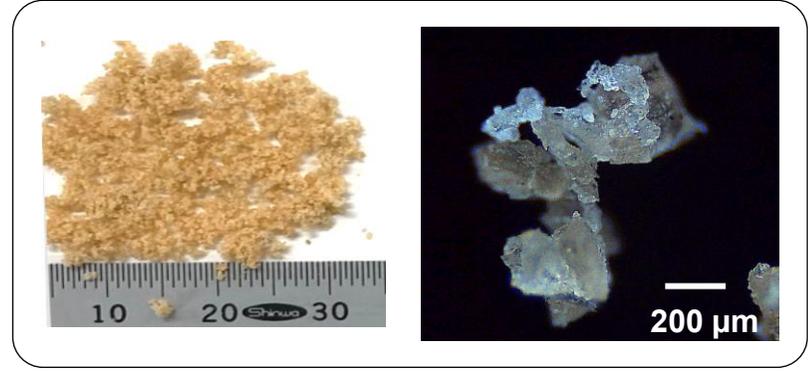


輪ゴム 0.53 g



2500 rpm
10 秒
1回

2500 rpm
20 秒
2回



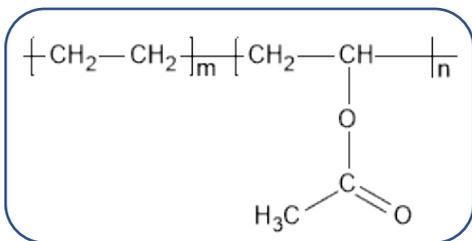
凍結粉碎を2回繰り返しても
粉碎に大きな違いは観測されず

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子	回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	繰り返し回数*
				(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
0.53	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ	2500	10-20	0	1	1-2

*「液体窒素浸漬→粉碎」を1回とする。液体窒素浸漬時間は1回目10分、2回目以降5分

特徴: エチレン酢酸ビニル共重合体(EVA)は低温特性、引裂強度、衝撃強度などに優れた特性を持ち、透明性が高く、外観、光沢が良好で、更にゴムやPVCに比べて30%以上の低比重で、耐候性に富み、オゾンによる老化現象がなく、可塑剤を必要とせず柔軟で無毒性であることも特徴となっている。

用途: 高い透明性を持つことから無機ガラスの代用品として建築や乗り物の窓材、照明器具のカバー、行灯看板、道路標識、日用品、事務用品、工芸品などに利用される。



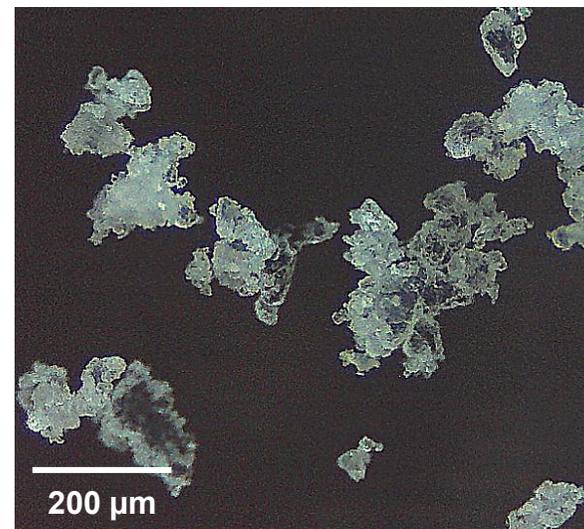
EVA 0.58 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.58	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ

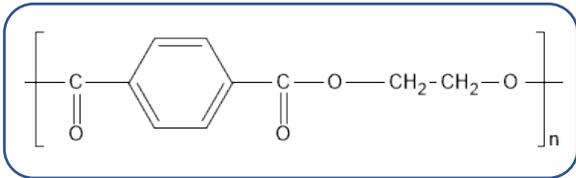


粉碎条件				繰り返し回数
回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	
(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2800	20	0	1	2

(<40メッシュの収率: 100%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm



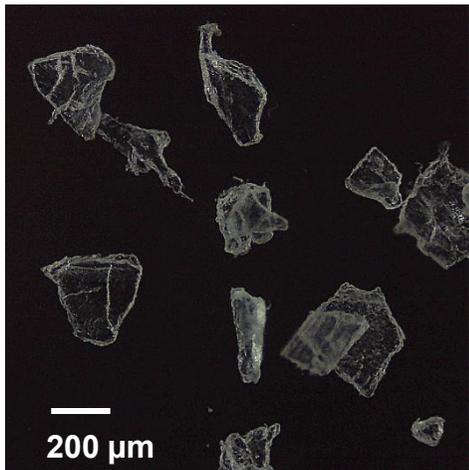
試料: PET3種類 (切削形状, 25 μm film, 250 μm film)

PET (切削形状)

約0.6 gを採取して粉碎
(<40メッシュの収率: 100 %)

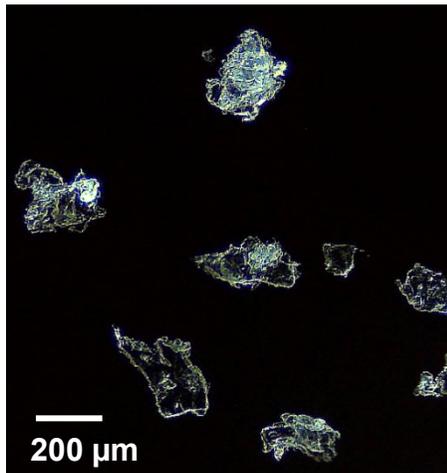


PET (切削形状) 0.58 g



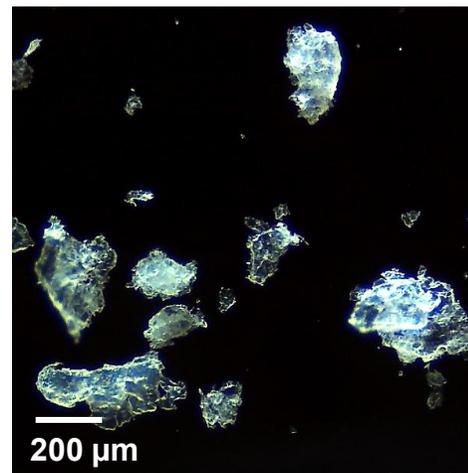
PET (25 μm film)

5x5 mmに裁断して粉碎
(<40メッシュの収率: 100 %)



PET (250 μm film)

5x5 mmに裁断して粉碎
(<40メッシュの収率: 100 %)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

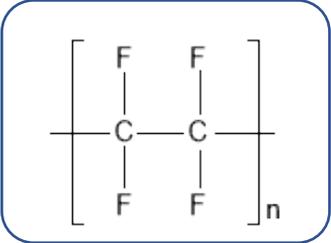
3試料ともほぼ同じような破砕状

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子	回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	繰り返し回数
				(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
0.5 - 0.6	凍結	試料容器L-Ti (PCインサート管)	WC-10Φ	2800	30	0	1	4

ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)の微粉碎【凍結】

特徴:ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)は優れた耐熱性、耐薬品性および強い腐食性を持っている。フッ化水素酸にも侵されない。更に現在までに発見されている最も摩擦係数の小さい物質でもある。

用途:主に調理用器具、特にフライパンなどの金属製調理器具表面に塗布したり、電気機器関係や、高温で腐食性流体を扱う化学機械的用途において加工用素材として広く利用されている。また、チューブ、ホース、シート、各種パッキン、剥離材、絶縁材、断熱材、摺動材、テフロンコーティングなどの素材として用いられる。



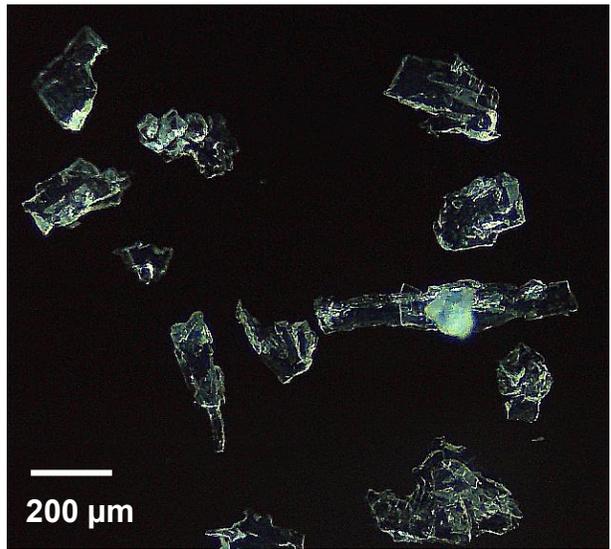
PTFE 0.58 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.58	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	20	0	1	1

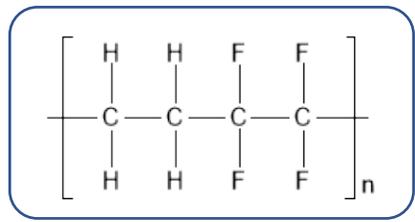
(<40メッシュの収率: 100 %)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

特徴:エチレン・四フッ化エチレン・共重合体(ETFE)は熱可塑性を持ったフッ素樹脂であり、低コストと言う特長がある。PTFEやPFAに匹敵する耐薬品性、絶縁性、低摩擦性を有し、-200~150℃までの温度下での使用でも、安定した機械的特性を維持する。機械強度、電気絶縁性、耐放射線性に優れており、紫外線に強く、透明性もあるため、長期の屋外での使用に耐える。

用途:押出成形や射出成形など汎用の熱可塑性樹脂と同様の加工や粉体塗装ができ、フィルムに加工することも可能で、ヒートシールやゴムとの複合使用もできる。電線被覆、液体搬送チューブ、各種ライニングやコーティング製品など、種々な加工が行われて使用されている。



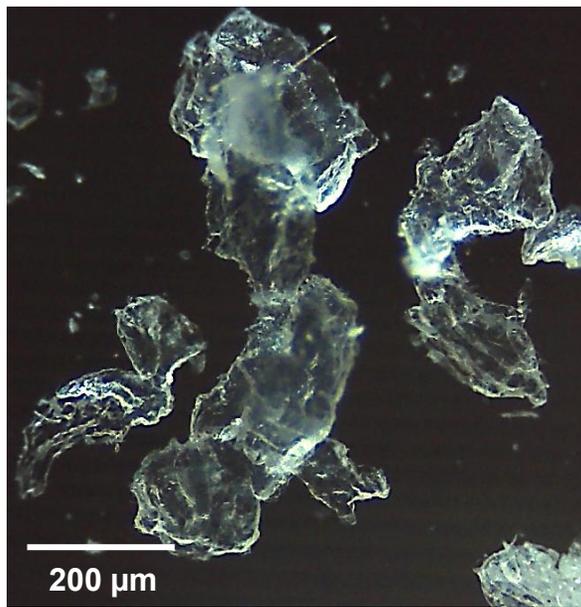
ETFE 0.58 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎机
0.58	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数 ²⁾
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2500	30	0	1	6

約200 μmの粒子径に粉碎
(<40メッシュ¹⁾の収率:42%)

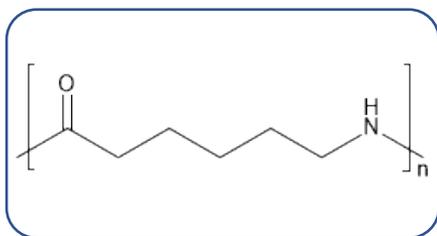


1) 40メッシュ=目開き0.42 mm

2) 「液体窒素浸漬→粉碎」を1回とする。液体窒素浸漬時間は1回目10分、2回目以降5分

特徴:ナイロン6の繊維は強靱で、高い引張強度、弾性、光沢を持つ。更に、シワになりにくく、耐摩耗性に優れ、酸やアルカリなどの化学薬品にも耐性がある。水分を2.4%まで吸収するが、引張強度が低下する。一般的に、ナイロン6の色は白色であるが、製造前に溶液槽で染色することができる。

用途:衣料用繊維、軸受け、ライナー、ローラー、ギア、絶縁部品、機械部品など。



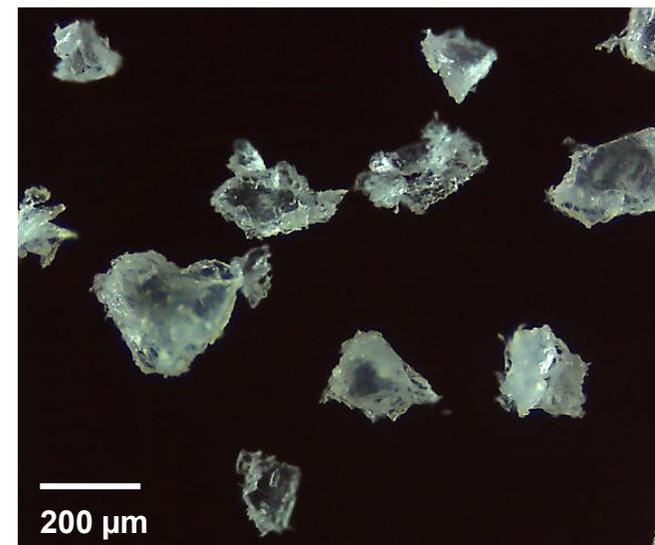
Nylon 6 0.56 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.56	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	20	0	1	2

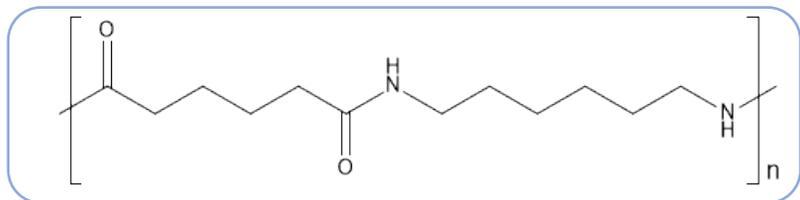
約100 - 200 μmの粒子径に粉碎
(<40メッシュの収率:94%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

特徴:ナイロン6,6は、ナイロン6よりも耐熱性や機械的強度に優れたポリアミドで、融点は265℃前後、比重は1.14で、エンジニアリングプラスチックの中では特に強度に優れた素材であり、耐熱性のほかに耐油性や耐摩耗性、潤滑性にも優れている。

用途:衣料用繊維、エアバッグ、軸受け、ライナー、ローラー、ギア、絶縁部品、機械部品など。



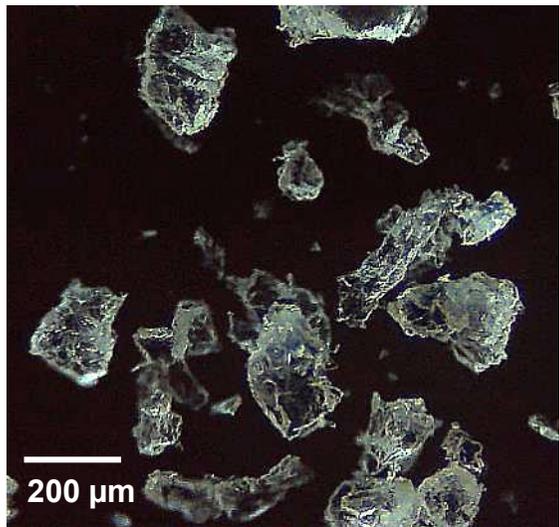
Nylon 6,6 0.58 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.58	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	30	0	1	2

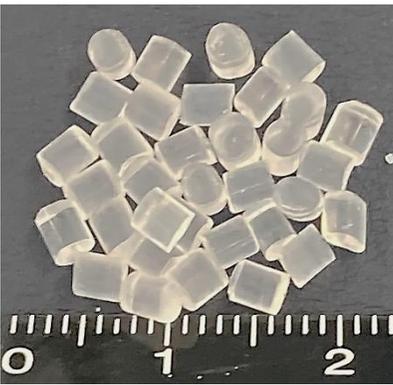
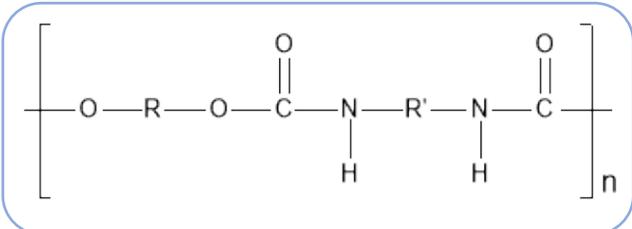
(<40メッシュの収率: 100%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

特徴:ポリウレタン(PU)は耐摩耗性、耐衝撃性、耐油性、低温特性に優れたポリマーだが、耐熱性に優れず、高温多湿下では劣化しやすい。

用途:塗料、接着剤、スポンジ、シーリング材、コーキング材、充填材、断熱材、防音材、繊維製品、靴製品、各種自動車部品などに使用される。



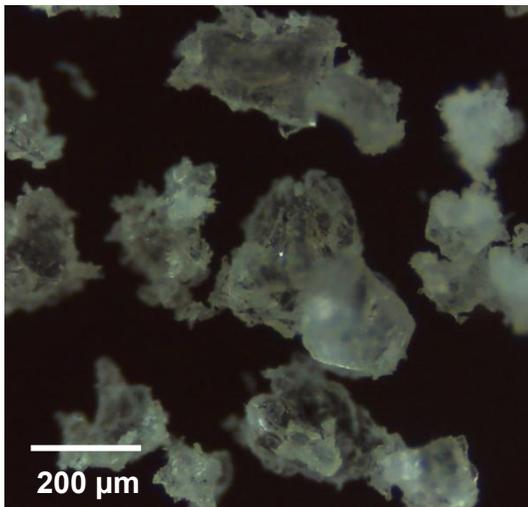
PU 0.55 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.55	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



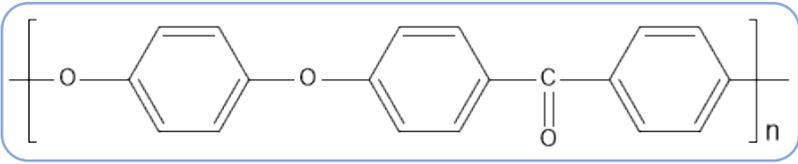
粉碎条件				繰り返し回数
回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	
(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2800	20	0	1	2

(<40メッシュの収率: 97%)

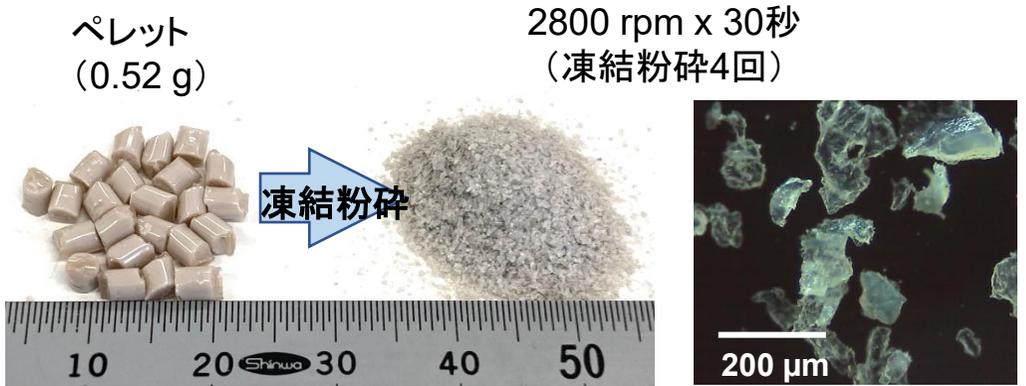
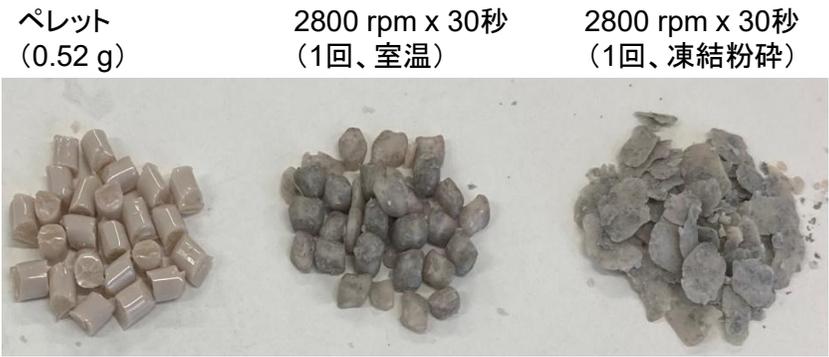


*40メッシュ=目開き0.42 mm

特徴:ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)は熱可塑性樹脂としては非常に高い耐熱性(ガラス転移温度は約143℃、融点は約343℃)を持つ。また、難燃性にも優れる。機械的特性、耐疲労性、耐磨耗性や寸法安定性加工性に優れ、通常の射出成型機での加工やフィルム化、不織布化もできる。



試料: PEEKペレット(前処理:なし)



- ・室温粉碎では、全体が少し黒くなり、ほんの僅かに粉碎
- ・凍結粉碎1回では、ペレットは平板状に変形

- ・凍結粉碎を4回繰り返すことで、40メッシュ以下の微粉碎粒子の収率:83%
- ・さらに1gでは、これに2回の追加凍結粉碎で40メッシュ¹⁾以下の収率:58%

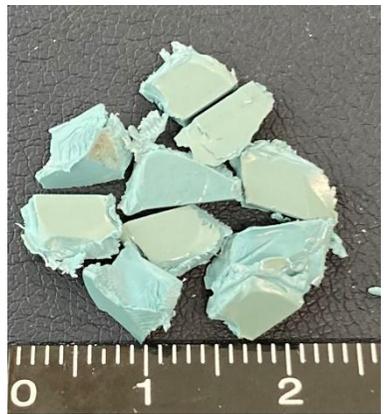
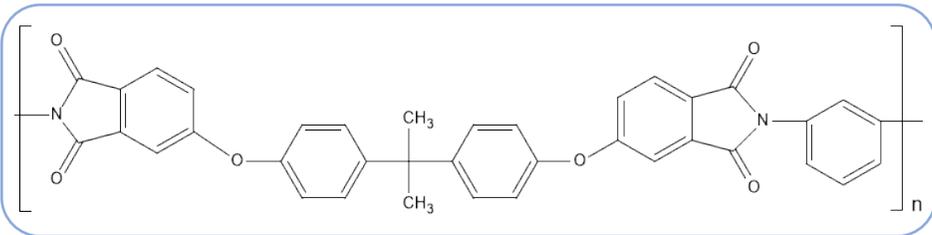
1) 40メッシュ=目開き0.42 mm

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子	回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	繰り返し回数 ²⁾
				(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
0.52	室温 / 凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ	2800	30	0	1	1-4

2) 「液体窒素浸漬→粉碎」を1回とする。液体窒素浸漬時間は1回目10分、2回目以降5分

特徴: ポリエーテルイミド(PEI)はスーパーエンジニアリング・ポリマーのひとつで、耐薬品性に優れ、耐水性や耐熱水性もあり、難燃性物質でもあり、仮に燃えた場合でも発煙が少ない。また、電気特性、耐候性にも優れ、絶縁破壊強さも高いため、航空機の部品としても使用される。

➤前処理:
試料の一部をニッパーで約5 mm程度に裁断



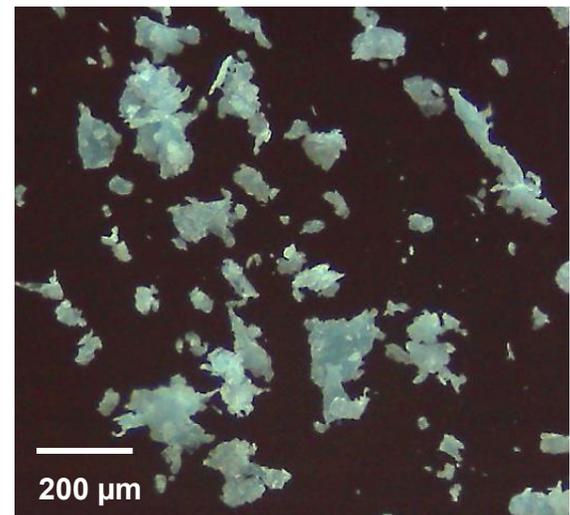
PEI 0.53 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.53	室温	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	
(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2800	20	20	10	1

(<40メッシュの収率:92%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

前処理:
下図のように約10 mm程度にナイフで裁断



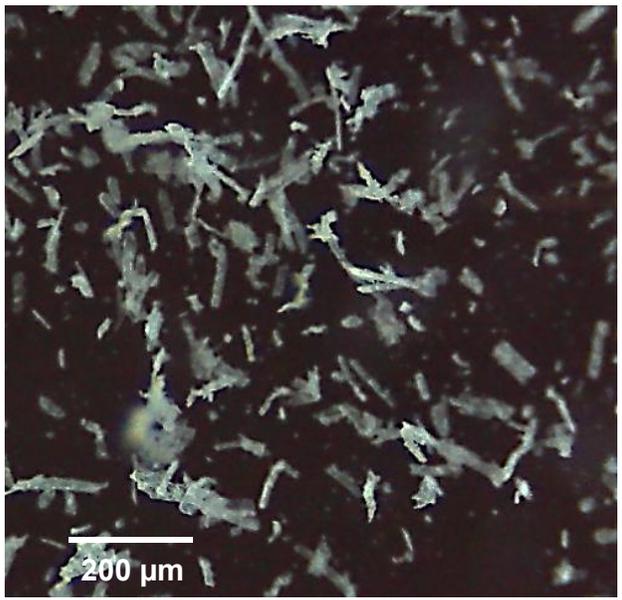
コピー用紙 0.23 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.23	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



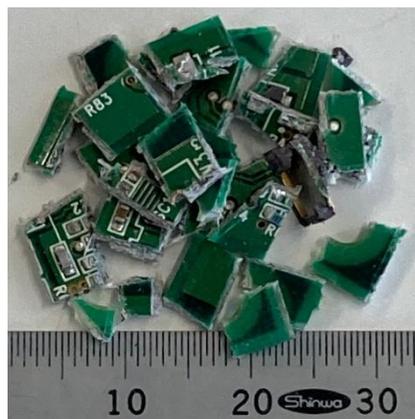
粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	20	0	1	1

(<40メッシュの収率:90%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

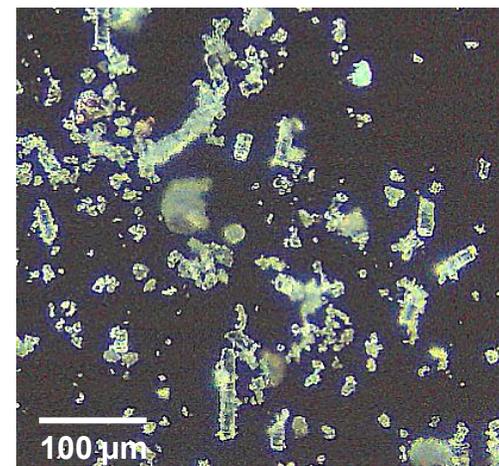
▶前処理:
基板の一部をニッパーで、約10 mm程度に裁断



電子基板 2.1 g



(<40メッシュの収率:100%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

粉碎子 WC-10Φの選択

(WC-12Φを用いた場合、粉碎子が基板の破片に挟まれて動かず粉碎不可)

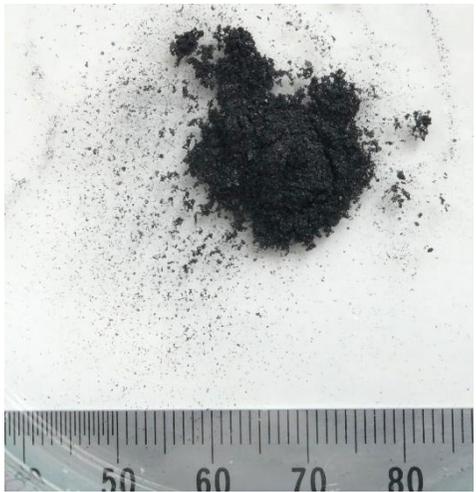
試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子	回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	繰り返し回数
				(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2.1	室温	試料容器L-Ti	WC-10Φ	2500	30	20	10	1



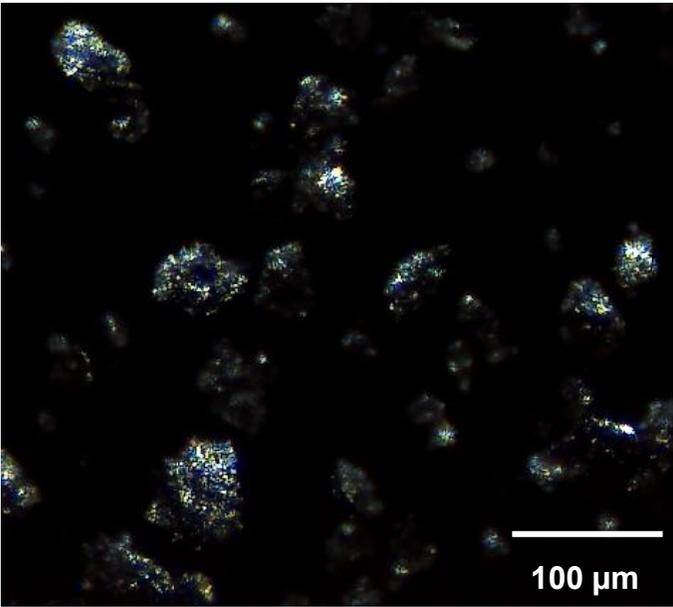
試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.06	凍結	試料容器L-Ti	WC-6Φx5個



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	30	0	1	1

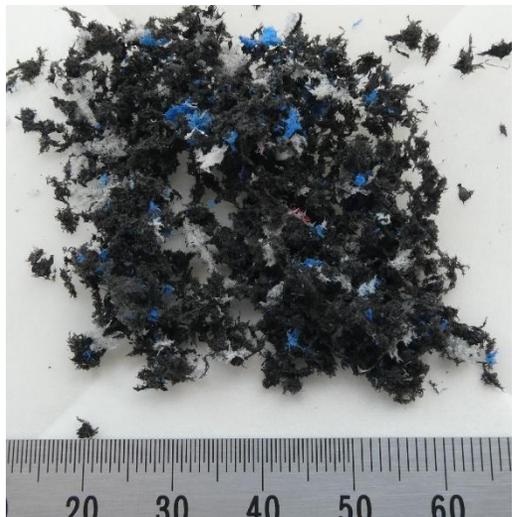


(<40メッシュの収率:99%)



試料提供
プラスチック・リサイクル技術研究所
(Leibniz Universität Hannover)

*40メッシュ=目開き0.42 mm



試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.17	凍結	試料容器L-Ti	WC-6Φx5個

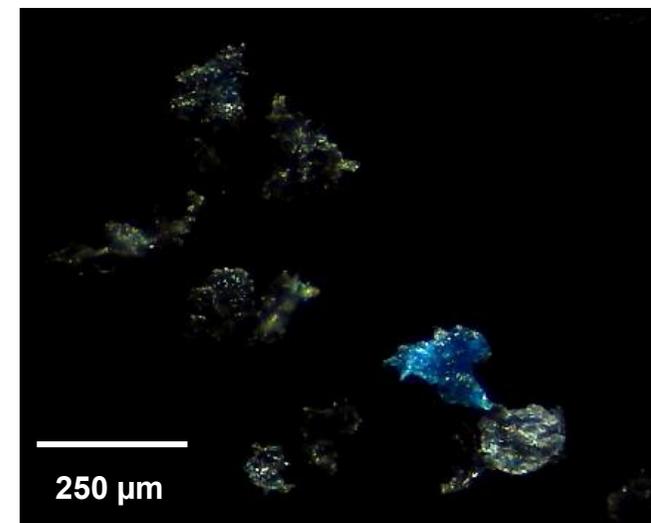


粉碎条件				繰り返し回数 ^{※2}
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
3000	30	0	1	6

※1



(<40メッシュの収率:77%)

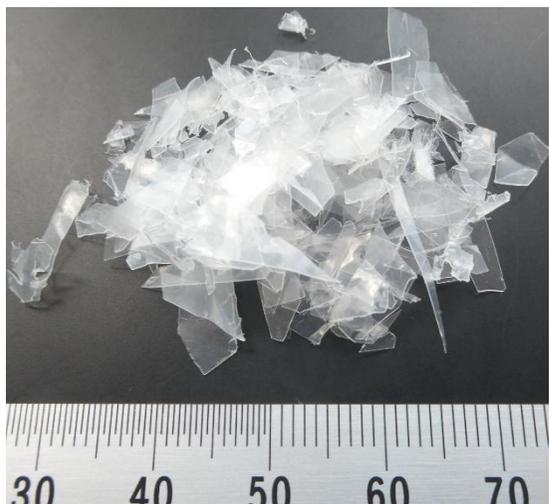


試料提供

プラスチック・リサイクル技術研究所
(Leibniz Universität Hannover)

※1: 静電気による凝集を防ぐため、粉碎容器にエタノールを添加して回収

※2: 「液体窒素浸漬→粉碎」を1回とする。液体窒素浸漬時間は1回目10分、2回目以降5分



試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.3	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ

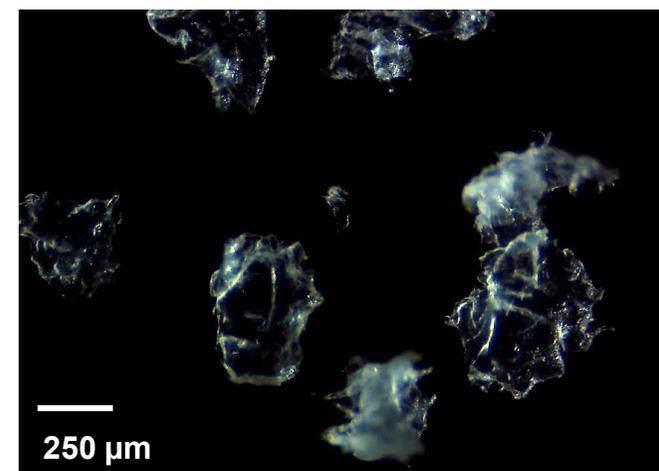


粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
3000	30	0	1	2



(<40メッシュの収率:47%)

試料提供
プラスチック・リサイクル技術研究所
(Leibniz Universität Hannover)





試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.4	室温	試料容器L-Ti	WC-6x5個



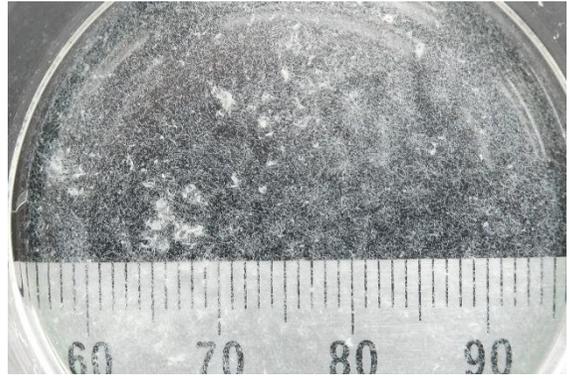
粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	30	60	3	1



試料提供
プラスチック・リサイクル技術研究所
(Leibniz Universität Hannover)

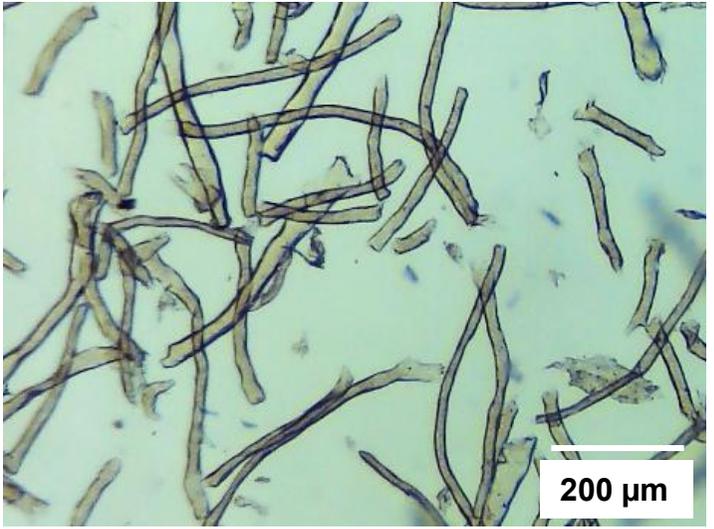


エタノールを添加



分散

(<40メッシュの収率: 84%)



※1: 繊維の凝集体

ニトリル手袋の微粉碎【凍結】

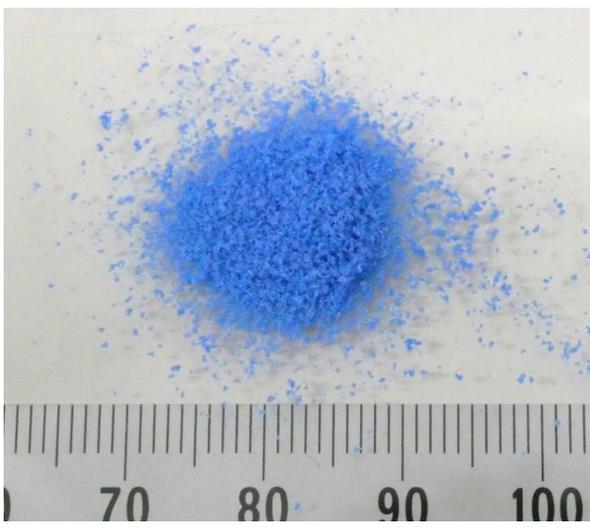
前処理: ハサミで適当な大きさに裁断



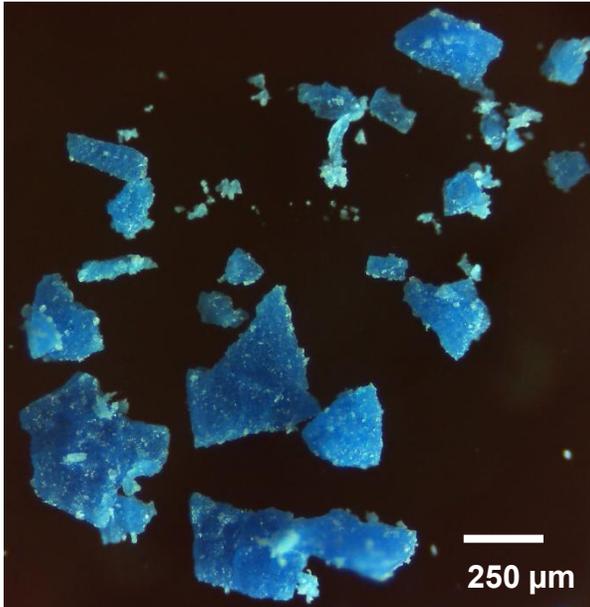
試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.42	凍結	L-SS	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	10	0	1	2

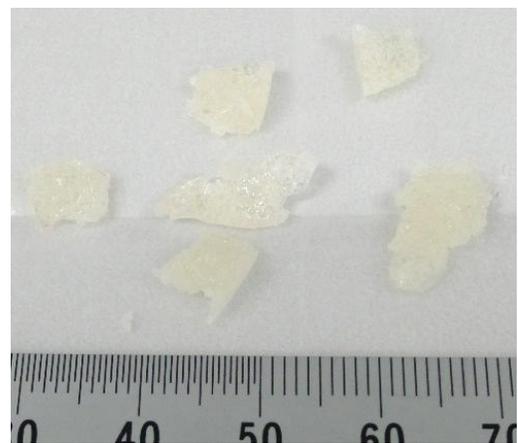


(<40メッシュの収率:99%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

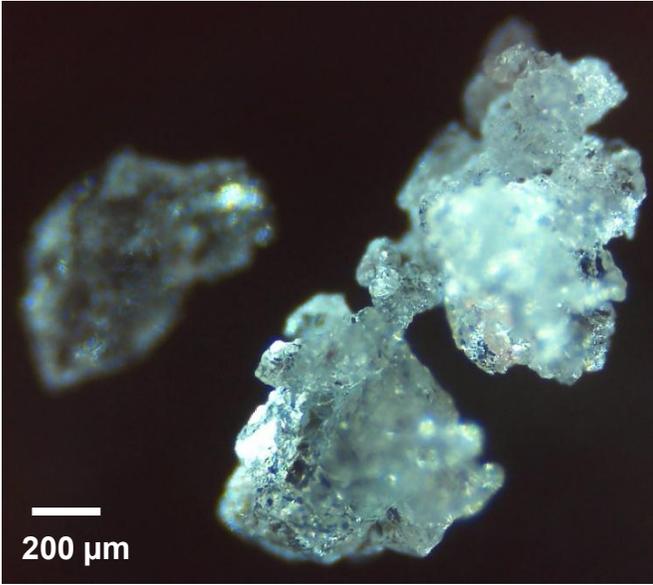
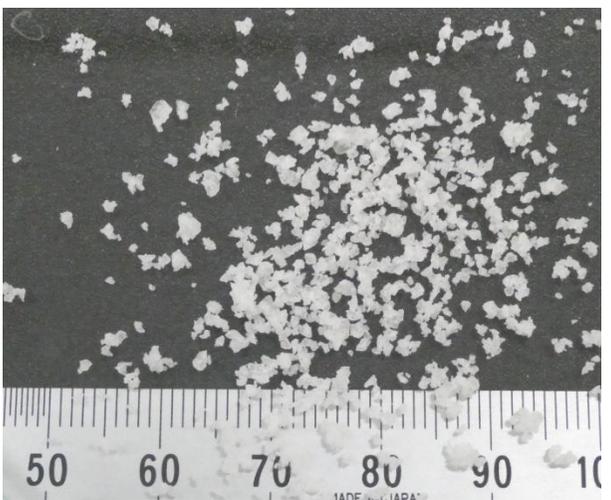
前処理: ニッパーで3-4 mmにカット



試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.46	凍結	L-SS	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	10	0	1	2



▶前処理:ハサミで試料容器に入る大きさに裁断



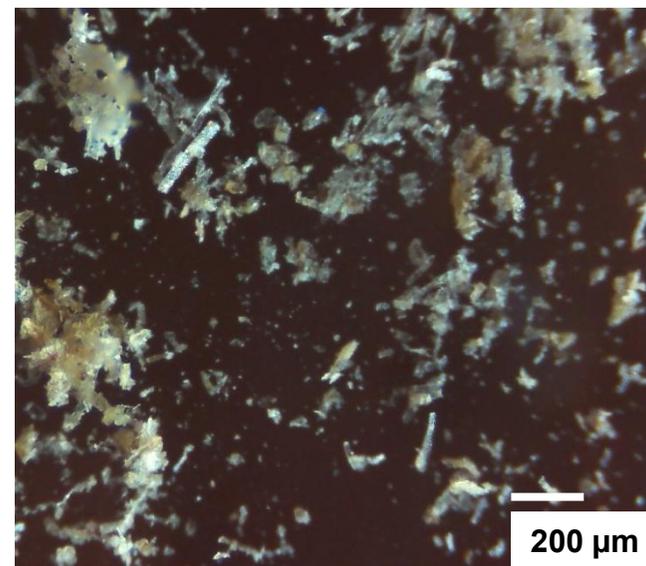
試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.19	凍結	L-SS	Zr-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	10	0	1	2



(<40メッシュの収率:93%)



特徴: イノシシの歯は、エナメル質で水晶と同程度の硬さがあり、非常に硬度が高いため、粉碎が非常に難しい試料とされている。
2011年の福島原発事故の影響調査で、ストロンチウムの影響の研究調査に使用された。

▶前処理:

犬歯をニッパーで3-5 mm程度の長さに裁断



犬歯

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
犬歯1個	室温	試料容器L-Ti	Zr-6Φx1個

室温粉碎

粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
1500	60	10	3	1



試料提供
石庭寛子先生(福島大学)

特徴:これら動物の歯は、エナメル質で水晶と同程度の硬さがあり、非常に硬度が高いため、粉碎が非常に難しい試料とされている。
2011年の福島原発事故の影響調査で、ストロンチウムの影響の研究調査に使用された。

➤前処理:
歯をニッパーで3-5 mm程度の長さに裁断

キツネ アライグマ タヌキ



試料提供
高貝慶隆先生(福島大学)

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
犬歯1個	室温	試料容器L-Ti	Zr-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2000	20	10	2	1

キツネ歯の粉碎後
(他の歯も同様に微粉碎)



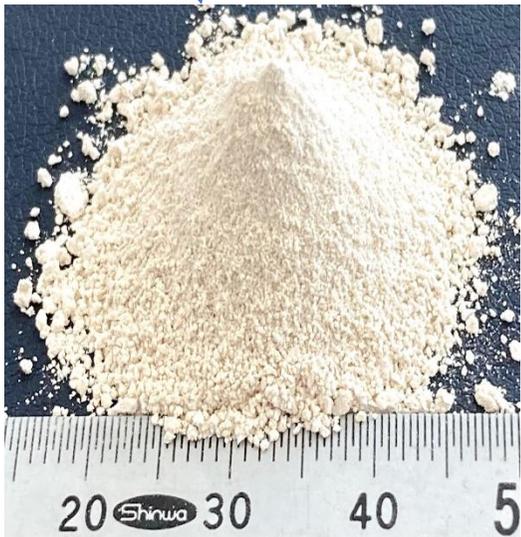
5 cm

ハマグリ
(Clam)

サザエ
(Turban shell)



室温粉碎



➤前処理
試料をニッパーで、
10 mm程度に破碎



試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
2.0	室温	試料容器L-Ti	Zr-12Φ

粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2500	20	20	4	1

粉碎が困難な試料で、DNAの調査研究に使用。

Disposal PP 容器 (2 mL):
DNeasy® Plant Mini Kit バッファー溶液 0.3 mL

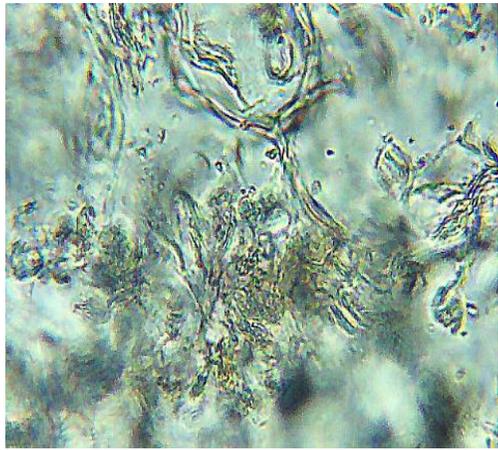
試料量 (g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.53	室温湿式	Disposal PP 容器 (2 mL)	Zr-5Φx1個 Zr-3Φx1個



試料提供
兼子伸吾先生 (福島大学)

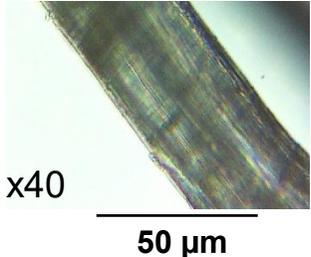


粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2000	10	10	2	1



x40 | 50 μm

➤前処理:
麻ひもをハサミで3-5 mm程度に裁断



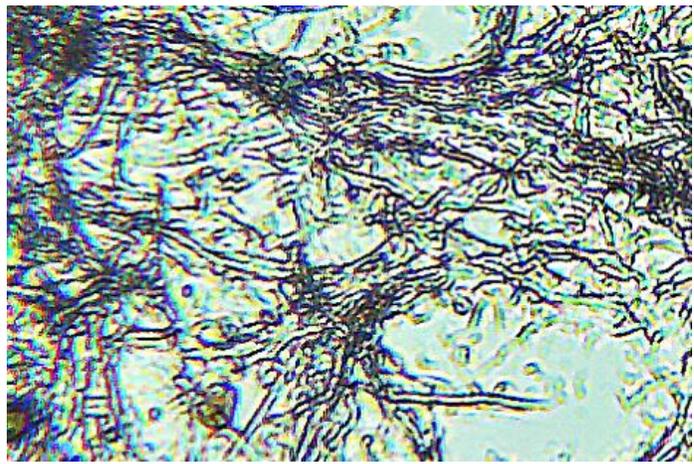
約10 mm; 7.7 mg
(裁断前)

容器: Disposal PP 容器 (2 mL): 蒸留水 1.0 mL

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.53	室温湿式	Disposal PP 容器	Zr-6Φx2個



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
1500	60	10	10	1



50 μm x40

➤前処理:

爪楊枝をニッパーで、約5 mm程度に裁断

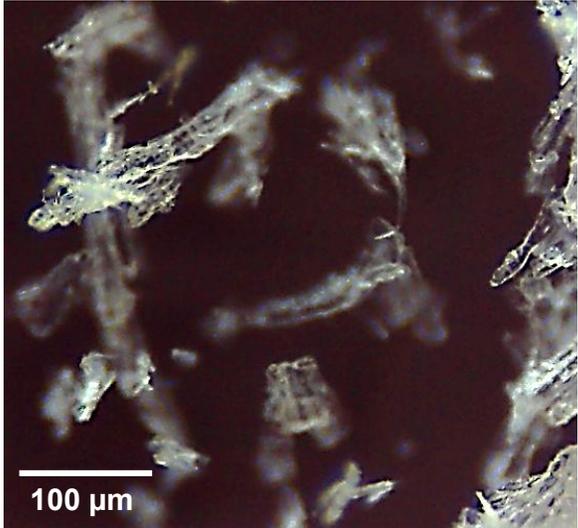


木片 0.32 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.32	室温	試料容器L-Ti	Zr-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	30	20	3	1



前処理:
ハサミで3-5 mm程度に裁断



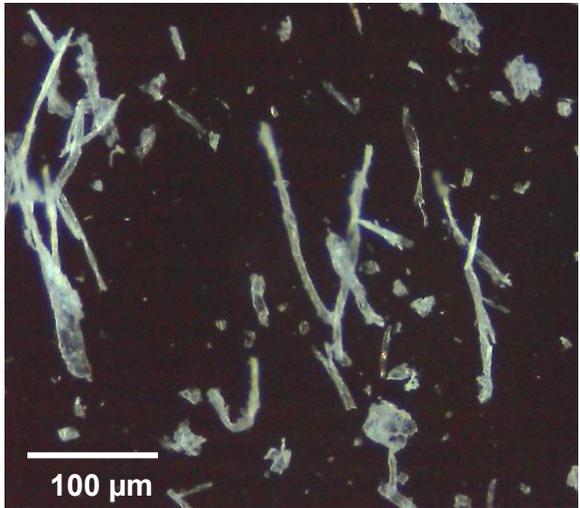
綿 0.21 g

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.21	室温	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	20	20	10	1

(<40メッシュの収率:92%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

➤前処理:
するめをニッパーで3-5 mm程度に裁断

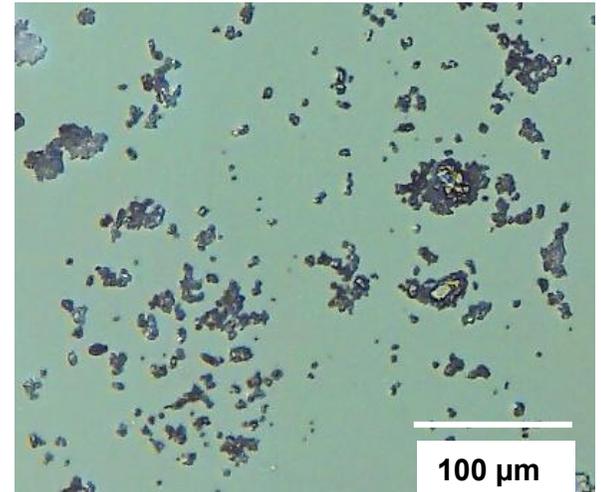


※容器内にインサート薄管(ポリカーボネート製)装着

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.61	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	
(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2800	30	0	1	1



➤前処理:
ビーフジャーキーをニッパーで3-5 mm程度に裁断

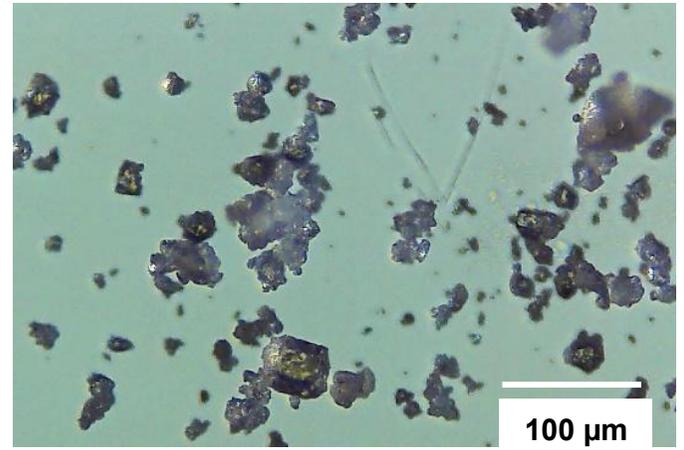
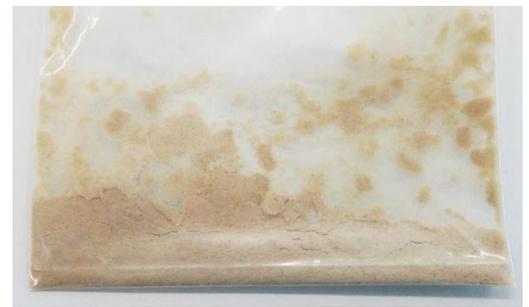


※容器内にインサート薄管(ポリカーボネート製)装着

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
1.4	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	
(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2800	30	0	1	1



▶前処理:貝ひもをニッパーで3-5 mm程度に裁断



※容器内にインサート薄管(ポリカーボネート製)装着

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.84	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ

凍結粉碎

粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	30	0	1	1

粘土質の固体



真空乾燥

温度 (°C)	乾燥時間 (時間)
40	24

粉末の塊

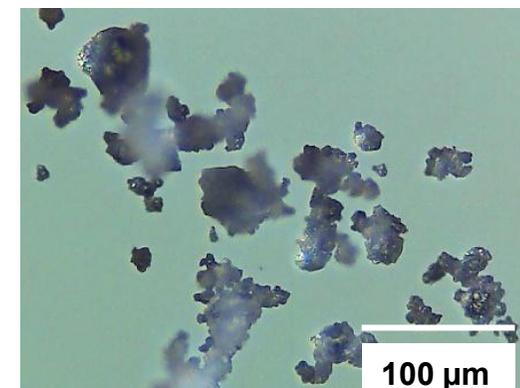


室温粉碎後



室温粉碎

回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)
1500	10	0	1



▶前処理: ほやをニッパーで3-5 mm程度に裁断



※容器内にインサート薄管(ポリカーボネート製)装着

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.76	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ

凍結粉碎

粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	30	0	1	1

粘土質の固体



真空乾燥

温度 (°C)	乾燥時間 (時間)
40	24

粉末の塊



室温粉碎後



室温粉碎

回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)
1500	10	0	1



➤前処理: 茎わかめをニッパーで3-5 mm程度に裁断



※容器内にインサート薄管(ポリカーボネート製)装着

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
1.1	凍結	試料容器L-Ti	WC-12Φ

凍結粉碎

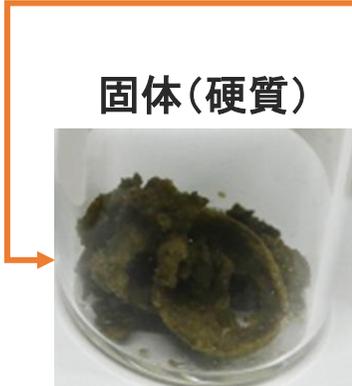
粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	30	0	1	1

ペースト状の固体

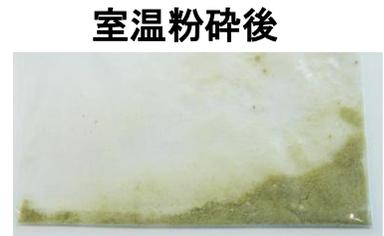


真空乾燥

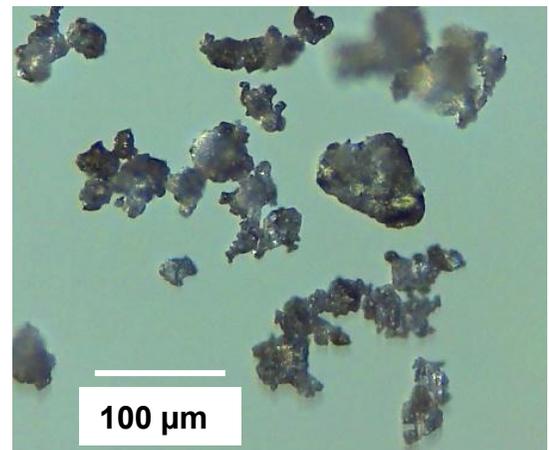
温度 (°C)	乾燥時間 (時間)
40	24



室温粉碎



回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)
2500	10	1	1



➤前処理:アーモンドの殻を万力で破碎



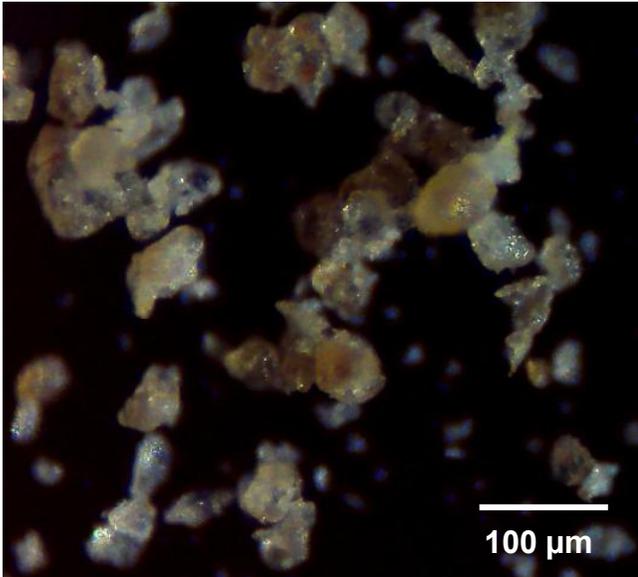
試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.93	室温	試料容器L-Ti	Zr-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	30	0	1	1



(< 40メッシュの収率:76%)



*40メッシュ=目開き0.42 mm

アーモンドの種子(可食部)の微粉碎【室温】

前処理: 種子の表皮をカッターで剥離

※容器内にインサート薄管(ポリカーボネート製)装着

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
0.57	室温	試料容器L-Ti	WC-12Φ

室温粉碎

粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2500	20	0	1	1

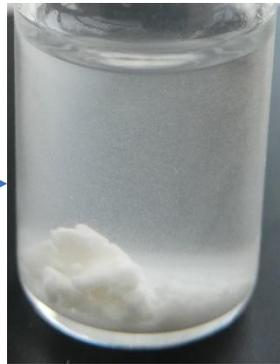
ペースト状の固体



有機溶媒を添加



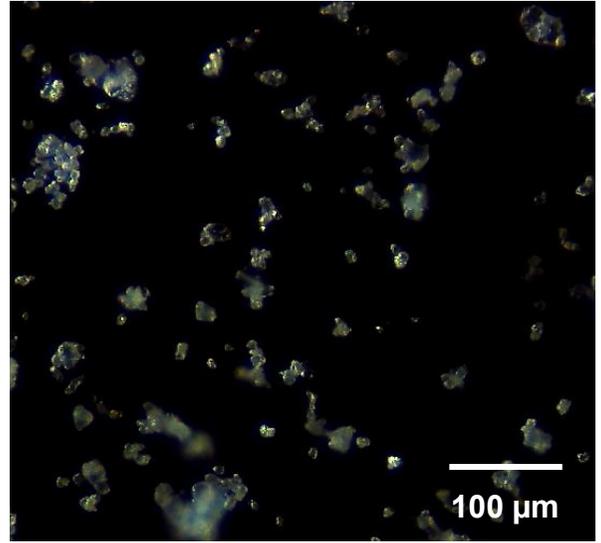
油分を除去



遠心分離により
溶媒を除去
2000 rpm, 3 min



沈殿した粉末を
自然乾燥



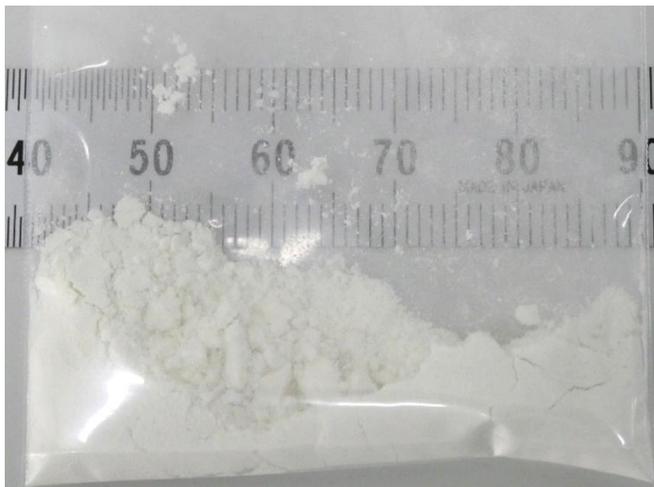
前処理: ニッパーで半分にカット



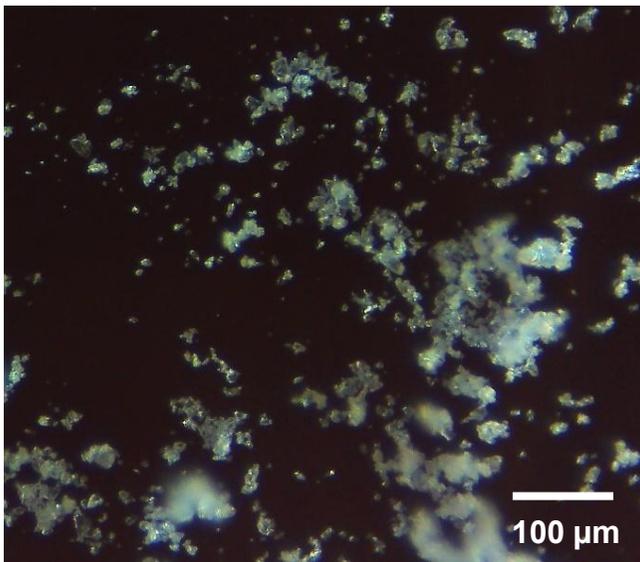
試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
1.34	室温	L-SS	Zr-12Φ



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	10	0	1	1



(<40メッシュの収率:99%)



▶前処理:ハサミで適当な大きさに裁断

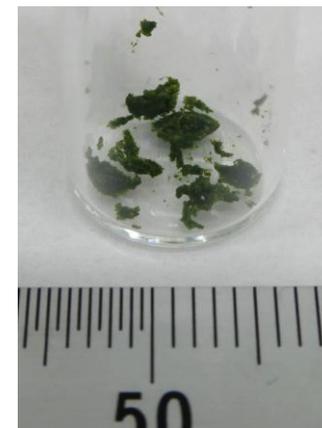


試料量(mg)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
18	凍結	S-SS	Zr-5Φ×1個

凍結粉碎

粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2000	10	0	1	2

ペースト状の固体



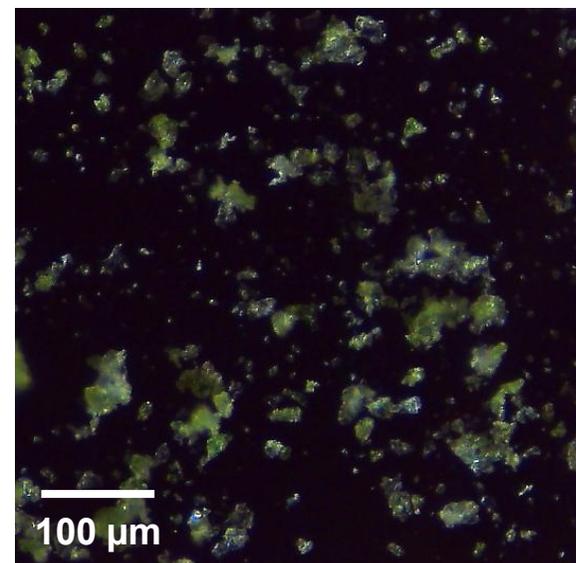
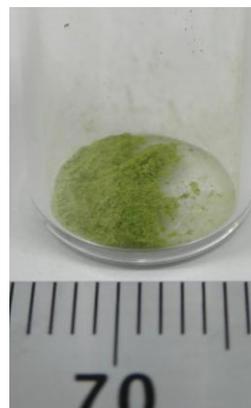
室温で放置
または
真空乾燥

温度 (°C)	乾燥時間 (時間)
40	2

室温粉碎

回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)
1500	10	0	1

室温粉碎後



※参考 ダイヤモンドのモース硬度:10

➤前処理:
茶碗をニッパーで、約3 mm程度に裁断



SS粉碎ロッド12

(<40 μmの収率:85%)

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
1.1	室温	試料容器L-SS	SS粉碎ロッド12



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2000	40	0	1	1



- ※1. 粉碎後に40 μmで篩わけ
- ※2. 試料容器の内面に傷がつきます

➤前処理:
石英をニッパーで、約10 mm程度に裁断

※参考 ダイヤモンドのモース硬度:10



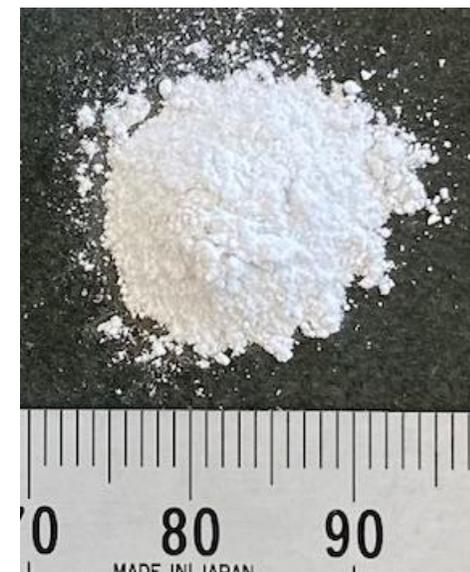
SS粉碎ロッド12

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
1.0	室温	試料容器L-SS	SS粉碎ロッド12

室温粉碎

粉碎条件				繰り返し回数
回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	
(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2000	40	0	1	1

(<40 μmの収率:78%)



- ※1. 粉碎後に40 μmで篩わけ
- ※2. 試料容器の内面に傷がつきます

※参考 ダイヤモンドのモース硬度: 10

* 砂の主成分

- ・角閃石 (モース硬度: 6.5)
- ・長石 (モース硬度: 7)
- ・石英 (モース硬度: 7)

SS粉碎ロッド12



(<60 μmの収率: 83%)



試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
1.5	室温	試料容器L-SS	SS粉碎ロッド12

室温粉碎

粉碎条件				繰り返し回数
回転速度	粉碎時間	停止時間	サイクル	
(rpm)	(秒)	(秒)	(回)	
2800	20	0	1	1



- ※1. 粉碎後に60 μmで篩わけ
- ※2. 試料容器の内面に傷がつきます

セラミック(Al_2O_3 、モース硬度:9)【室温】

※参考 ダイヤモンドのモース硬度:10

前処理:
セラミックをニッパーで、約10 mm程度に裁断



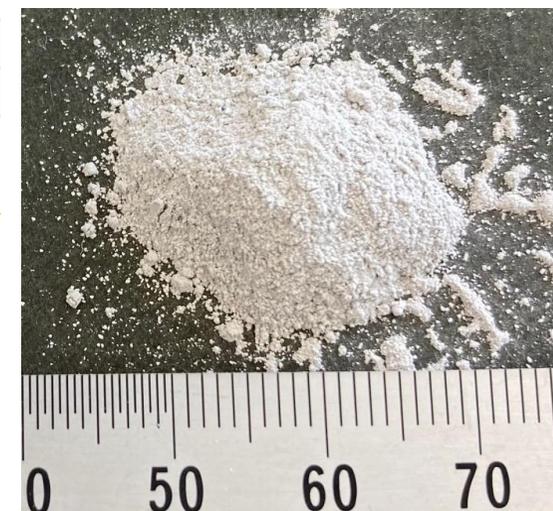
SS粉碎ロッド12

(<60 μm の収率:75%)

試料量(g)	室温/凍結	試料容器	粉碎子
1.5	室温	試料容器L-SS	SS粉碎ロッド12



粉碎条件				繰り返し回数
回転速度 (rpm)	粉碎時間 (秒)	停止時間 (秒)	サイクル (回)	
2800	20	0	1	1



- ※1. 粉碎後に60 μm で篩わけ
- ※2. 試料容器の内面に傷がつきます