

## ネイチャーワークス (NatureWorks)® PLA スパンボンドプロセスガイド

### 1.0 安全上、取扱上の注意

溶融熱可塑性物質の取扱い及び加工の際に通常順守される安全上の注意はすべて、ネイチャーワークス社 PLA 樹脂に対しても順守されなければならない。

大半の熱可塑性物質と同様に、溶融過程は結果的に分解をもたらす。無害のガス性の刺激物であるラクチドは、PLA の溶融プロセスでつくられる。適切な空気テストを行って確実に許容限界値 (TLV) の 5mg/m<sup>3</sup> 以下に保たなければならない。スピナレット (紡糸口金) 付近にモノマーヒュームフードや排気孔を設置するなどのプロセス区域点源改善対策が推奨される。

運輸省 (DOT) 運送規則によれば、PLA は無害であるとみなされている。直接肌や目に触れないよう、埃が発生しやすい条件を避けるよう注意する必要がある。製品は目や肌を刺激する可能性がある。製品の埃は目、肌、呼吸器系を刺激する可能性がある。ラビットを使った目の刺激に関する実験では軽度から中度の結膜刺激が起こった。ラビットを使った皮膚の刺激に関する実験では、ごく軽度の発赤 (わずかな刺激) が起こった。口から摂取すると胃腸刺激、吐き気、嘔吐、下痢を起こす可能性がある。さらに詳しい情報については、加工する PLA 等級の該当する MSDS (製品安全データシート) をご覧いただきたい。

### 2.0 ペレット (小粒) 状での保管のすすめ

PLA 樹脂は吸湿を最小限にするよう設計された環境で保管していただきたい。樹脂は温度摂氏 50 度 (華氏 122 度) 以下の涼しい場所に保管していただきたい。

箱入りの PLA 樹脂は使用する直前まで封をした容器に保管しなければならない。サイロ、ホッパーなどに長時間 (6 時間以上) 保管された大量の樹脂は湿気の増加を最小限にするため、絶えず乾燥空気または窒素でパージ (浄化) する必要がある。屋外貯蔵の場合、製品が箱入りまたは少量容器などに入っていれば、未開封の容器をファイバー製造現場に持ち込み、開封するまでに最低 24 時間平衡化させなければならない。

### 3.0 ライン建設のための資材

ポリラクチドポリマーの乾燥に使用される容器は、耐食性材をお勧めする。

押出過程では、金属部品はすべて腐食を最小限に押さえるためステンレススチール製でなければならない。さらに、PLA は PLA 溶融温度以上の温度で長時間押出機内、ポリマーフィルター内、ポリマー移送ライン内、スピンビームまたはスピナレットに放置されてはならない。以下は押出システムで使用されるステンレススチールタイプの指針である。

| 使用箇所           | スチールタイプ |
|----------------|---------|
| メルトポンプおよびベアリング | SUS440B |
| ポンプ区域          | SUS631  |
| 移送ラインおよびスピンビーム | SUS440C |

### 4.0 ラインの準備

PLA をメルトスピニング (紡糸) システムに導入する前に、そのシステムが、異物によるポリマー汚染およ



びそれに関連するスピニングの問題を防ぐために適切にパージされていなければならない。

#### 4.1 起動時/パージ

注意: PLAを加える前に必ず供給ホッパーを清掃し、ペレット保管機器/輸送パイプ類はすべて、ポリプロピレン/ポリエステルが全く含まれない状態であることが必要である。

##### 清掃された押出機とスピンパックを用いて開始する場合

1. 使用するPLA用に記載された温度に設定し、運転を開始する。

##### 押出機械内でポリプロピレンを用いて開始する場合

1. メルトフローインデックス (MI) が10-15のポリプロピレンを使ってスピナレットをつけた押出機を、汚染を示す証拠が完全にシステムから消えるまでパージすること。
2. ポリプロピレンの供給を止め、流出物がなくなるまで押出機を動かす。
3. PLAの供給を開始する。
4. 温度を使用するPLA用に変更する。
5. 清掃されたスピンパックを挿入し、ポリマー流入を開始する前にエアフローを開始する。

##### 押出機械内でポリエステルを用いて開始する場合

1. スピンパックを装着せずにパージするのが最も良いやり方である。
2. 通常のポリエステルの作動温度で押出機を作動し続ける。
3. MIの低いポリプロピレンへと移行する。(可能であれば、MI 1 以下)
4. ポリプロピレンで、ポリエステルの痕跡が全くなくなるまでパージする。
5. MIが5-15のポリプロピレンに移行する。
6. ポリプロピレンの押出条件に変更する。
7. 押出システムが空になるまで続ける。
8. PLAの供給を開始する。
9. 下記に掲載されたPLA用の温度に温度変更する。
10. システムがパージされた時点でスピンパックを装着し、PLA流入を続ける。

##### PLAのパージ手順

パージはスピナレットをはずして平均的な滞留時間の少なくとも3倍の時間続け、PLA導入前にシステムを空にしておかなければならない。

スピンパックが挿入された後PLAは、パックを通して少なくとも15分間またはキャピラリの押出物が均一で、泡、汚染物質と流量異常がなくなるまで処理量を落としてパージする必要がある。キャピラリの流動性能が一定であり、汚染物質のないことが検査で確認されて初めて、スピニングを開始する。

スピンパックの押出物がきれいになり、安定してくれば、ポンプのスピードを求められる速度に増やし、熱安定性が許容レベルに達するまで、少なくともさらに15分間以上かけ、それからフィラメントの減衰(アテニューエーション)を導入する。

工程整備または生産工程の完了後ただちに、押出システムから PLA を完全にパージして取り除くこと。

システム内の PET、ナイロン、HDPE (高密度ポリエチレン) のパージは以下の通り。

1. 通常のPET使用温度で1未満 (< 1) の低いMIのPP1でパージすること。
2. 平均的な滞留時間の少なくとも3倍の時間またはPP噴射流(ストリーム)がスピナレットを外した状態で混じり気がなくなるまでパージすること。

## 5.0 機材とプロセス

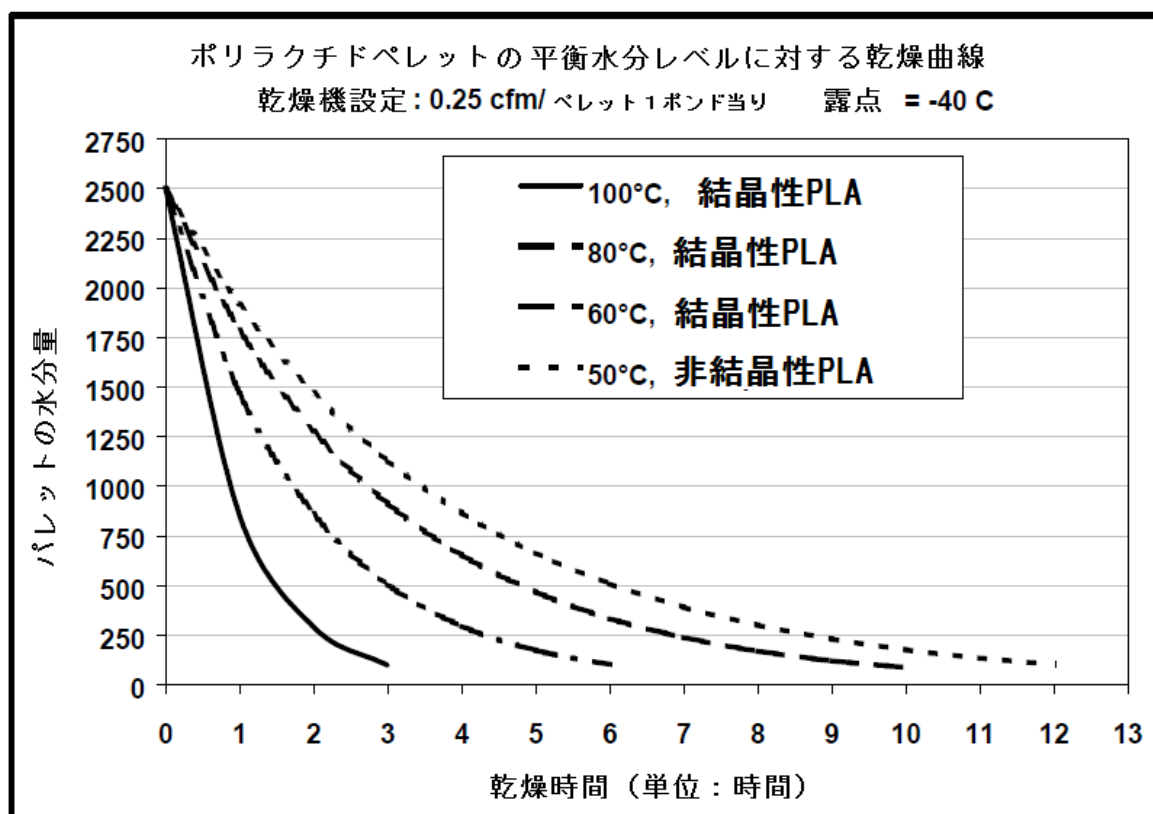
### 5.1 乾燥機

PLA 樹脂は大抵の標準的な乾燥システムを用いて上手く乾燥させることが出来る。機材の腐食を防ぐため、カーボンスチール容器で熱い状態で樹脂を乾燥、保管することはお勧め出来ない。(3.0項参照)

PLA 樹脂にとってインライン（直列型）乾燥は不可欠である。粘度劣化を防ぐため水分含量 50ppm 以下であることが推奨されている。材料はネイチャーワークス社内で定めた測定方法で 400ppm 以下まで乾燥された、内側ホイル張りの箱に入れて供給される。樹脂は乾燥後大気条件に曝されてはならない。使用直前まで封を切らずに、素早く乾燥して未使用の材料は再び封を閉じる。空気または窒素系デシカント（乾燥剤）乾燥システムは、推奨される温度で使用することが出来る。典型的なデシカント乾燥システムを以下に示す：

|   | 典型的な装置例        |                 |
|---|----------------|-----------------|
| 乾燥パラメーター                                |                |                 |
| 滞留時間(時間=hrs)                            | 最低 4 時間        | 最低2時間           |
| 気温 (°C)/(°F)                            | 80° C / 176° F | 100° C / 212° F |
| 空気露点 (°C)                               | - 40°          | - 40°           |
| エアフロー速度 (ft <sup>3</sup> /分/樹脂 1 ポンド当り) | > 0.25         | > 0.25          |

非結晶性 PLA および結晶性 PLA ペレットの乾燥曲線を以下に示す。



備考：乾燥曲線の開始点 2500ppm はあくまで参考値である。実際の平衡水分レベルは様々である。

**注意:**

**注 1** - 一般的なデシカント乾燥機の再生温度は PLA 樹脂の熔融温度を超える。ペレットの架橋、粘着、融解を防ぐため、乾燥システム作動時には、再生サイクル中も作動中も適切な温度制御が確実に行われることを確認しなければならない。何故なら、弁の漏れは多くのシステムに頻繁に起こるからである。

**注 2** - 上記推奨事項は、水分含量 400ppm 以下の箱から取り出された小片を使用するという条件に基づいている。実際の乾燥機の性能は様々であり、乾燥後の小片の水分含量を測定する必要がある。

## 5.2 押出機

汎用押出機もしくはPETシングル・スクリュー（単軸）押出機で、24~32:1 L/D 供給口冷却付を推奨する。監視、調整のための手段が取れるなら、押出温度は均一であることが望ましい。そのような方法が取れない場合は、温度の均一性と添加物分散の最適化および熔融ポリマーの均一性を促進するため、輸送ラインで静的ミキサーと一緒にミキシングチップの使用をお勧めする。

押出条件:

|        |        |
|--------|--------|
| 供給口    | 25 °C  |
| ゾーン 1  | 200 °C |
| ゾーン 2  | 220 °C |
| ゾーン 3  | 230 °C |
| ゾーン 4  | 235 °C |
| メルトポンプ | 235 °C |
| スピンヘッド | 235 °C |

**注 1:** 温度は出発点を示しているだけで、個々のシステムの器具の種類や性能に基づいて最適化する必要があるかもしれない。

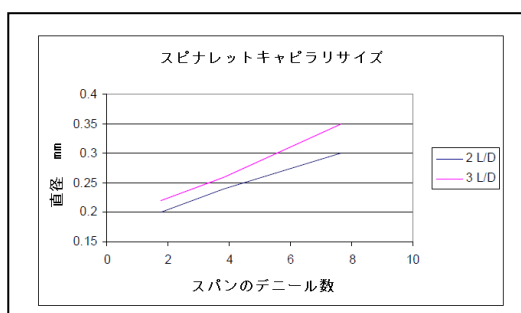
**Note 2:** PLA 樹脂は熱分解が進みすぎるため、温度 250°C (482°F)以上で加工してはならない。

## 5.3 ろ過

PLA 樹脂は通常は20ミクロンレベルまで、予めろ過されて提供される。スピンパックは 最小体積で、流量の均一性が最大となるように設計されなければならない。以下のようなスピンパック構成が推奨される。

スクリーン - 最小粒子ろ過レベル 325 メッシュとともに、適切な補助スクリーン付のカスケード構成を推奨する。

スピナレット - 推奨されるキャピラリ寸法の範囲は直径 0.2mm–0.35mm で、一般的に L/D 比率が 2～4 : 1 である。以下の指針は、スパン製品のデニール数 (dpf) に基づくスピナレット要件を見積もる際に使用出来る。



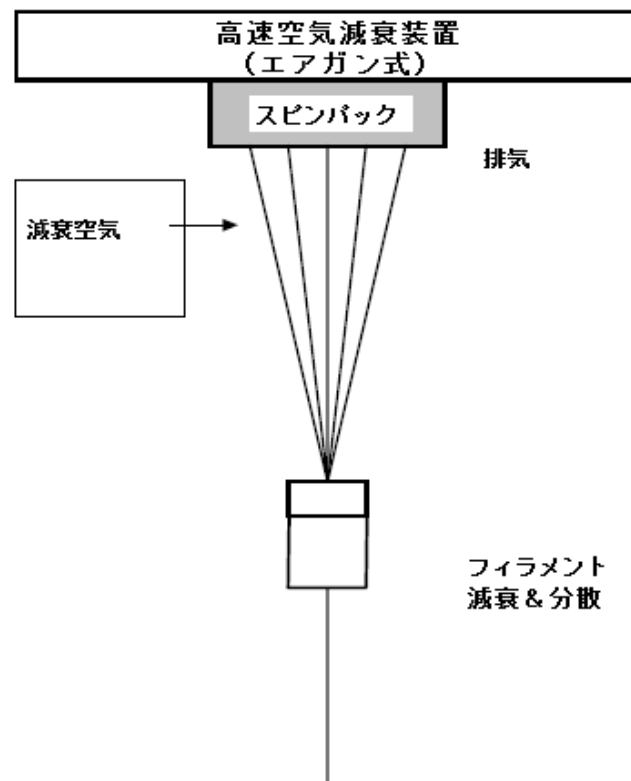
## 5.4 急冷（クエンチ）装置、ヒューム排出装置、フィラメント減衰装置

大抵のメルトスピニングのプロセスと同様、安定して急冷することは、許容範囲内の引抜張力変化と均一なデニール数をもつフィラメントを安定して供給するために非常に重要である。大部分のспанボンドシステムに関しては、急冷空気（クエンチエアー）はスピナレットの表面から30mm～70mmの位置からフィラメントに供給されなければならない。摂氏18～22度（華氏64～72度）の範囲で一定した急冷空気温度で、急冷速度毎秒0.55±0.1メートルの推奨初期設定が求められている。独立に制御された垂直区分があるシステムに関しては、スピナレットからさらに遠くの区分内の急冷空気速度は毎秒1メートルのレベルに達する。フィラメント密度、レイアウトや機械のデザインによって、これら条件（急冷遅らせ時間、急冷速度、急冷温度）は変化し、フィラメントカーテン安定性、引抜張力の一定性、デニールの一定性の数値データを得るために許容範囲内で調整する必要がある。

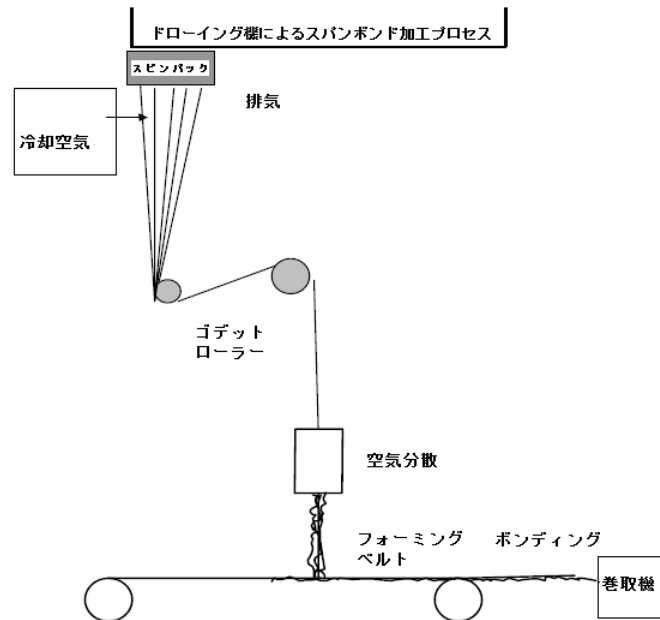
モノマー排気装置またはヒューム排出口の位置はスピナレット付近でなければならない。片面急冷の場合、排出口は急冷装置の反対側でなければならない。フィラメントの第一列目からの距離によって、吸入ポートでの吸入速度毎秒0.50～1.0メートルが供給出来るように作動しなければならない。排気速度はスピンビームに幅全体にわたって均一でなければならない。

フィラメントドロ잉はすでに知られる多くの方法のどの方法でも可能である。大抵の方法は何らかの形の圧縮空気駆動式吸引装置を必要とする。機械による方法、エアガン式減衰装置、スロット式減衰装置は結晶化を誘起するために十分な紡糸ライン応力を供給しなければならない。フィラメントの構造と性能はフィラメント速度とともに劇的に変わる。分子配向の増強効果と結晶開発の安定効果のバランスによって収縮率をコントロールする。一般的に、未延伸フィラメントの十分な結晶化には毎分3000から5000メートルのフィラメント速度が必要である。

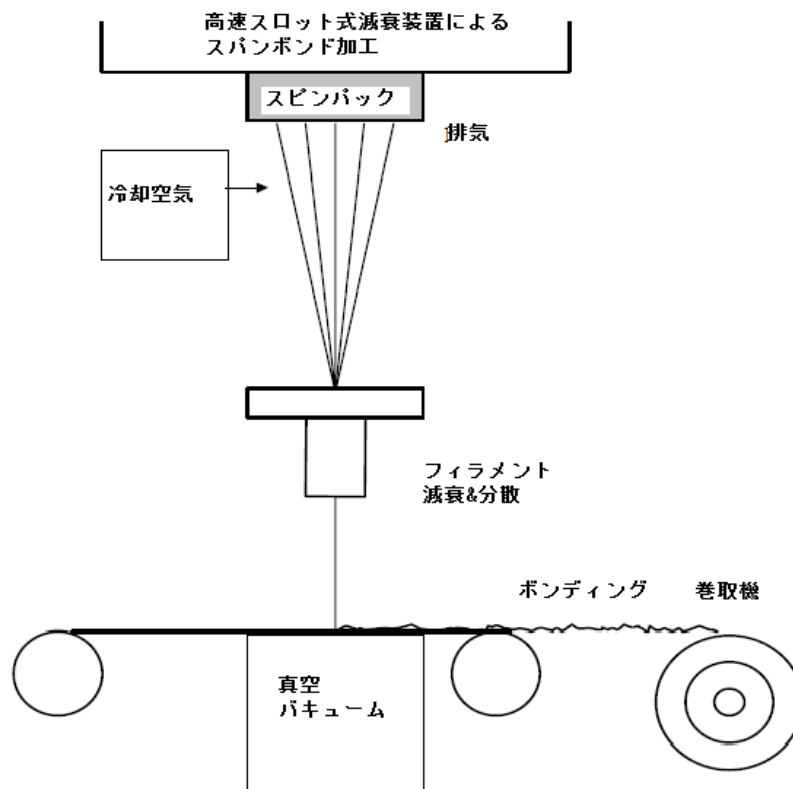
### 5.4.1 空気減衰装置



### 5.4.2 ドローイング機による スパンボンド加工プロセス



### 5.4.3 高速スロット式減衰装置による スパンボンド加工プロセス





## 5.5 ウェブ形成、 静電気制御、 ボンディング

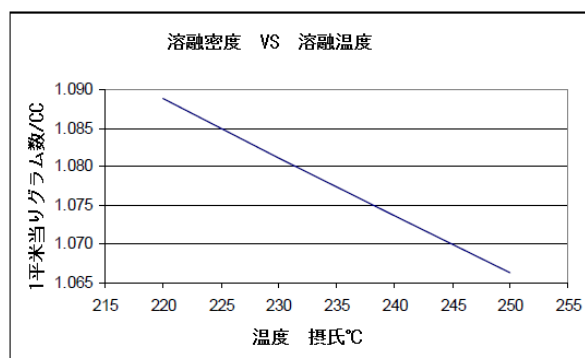
ウェブ形成またはフィラメント分散はポリプロピレン、ポリエステル、ナイロンスパンボンドに使用されている多くの周知の、あるいは適切なシステムを用いて行うことができる。実験的方法によりそれぞれのシステムの最適条件を決定することを推奨する。

静電気の取扱いには特別な予防策を講じなければならない。静電棒と湿度制御に加えて、減衰機、ウェブ形成機、圧搾ロール、コンベアベルト、ボンディング装置を完全に接地することを推奨する。

ボンディングは熱的にカレンダー機、エアナイフまたはスルーエアボンディングシステムを用いて行うことができる。ボンディングの最適温度は結晶化の程度、フィラメント径、ラインスピード、ファブリック重量に左右される。この場合もやはり、実験的方法によりそれぞれのシステムの最適条件を決定することを推奨する。

## 5.6 スピニングパラメーター

定量ポンプのスピードやその他のプロセス計算を決定するための熔融温度の関数として PLA の熔融密度を決定するには、以下の指針を用いることができる。



## 5.7 添加物

二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) のような艶消し剤は、マスターバッチとして重量パーセント比15-30%でPLA樹脂に加え、管理するのに最も適しており、作動中の押出機の供給口に乾燥したマスターバッチ添加剤の必要な量を投与する。粒子のサイズと サイズ分布は高速度の低デニール紡糸に適していなければならない。品質管理と規格は分散した粒子のサイズおよびサイズ分布に基づき、また生産される製品のデニールに適した圧力損失規格が含まれていなければならない。

## 5.8 加熱システム

スピニング (紡糸) で求められる温度を得るため、真空補助装置付システムが使用出来ない限り通常は蒸気伝熱システムの伝熱媒体の変更が必要である。ダウサムJ (Dowtherm® J) / ターミノールLT (Therminol® LT)、もしくは個別のシステム圧力設計限界値内であり、かつ大気圏内での沸点が摂氏200度 (華氏392度)以下の気体と同等の伝熱媒体 (HTM) が一般的に勧められる。真空補助装置付システムに関しては、システムの真空装置が、推奨温度(230-240°C または 446-464°F)で気化し、均一な加熱が行われるレベルで作動出来ている限り、通常は伝熱媒体の変更は必要ない。

断熱紡糸システムに供給するには、HTMシステム作動は出来るだけ実際の熔融点 (摂氏235±5度または華氏455±5度) に近い温度で行うことを推奨する。

スピンパック予熱オープン内でも同様の削減を行う必要がある。スピンパック挿入時の幾分かの温度ロスを考慮し、通常推奨される設定は摂氏 250 度 (華氏 482 度) である。



### 安全性ならびに取扱いに関する留意事項

PLA ポリマーに関する製品安全データシート (MSD シート) は NatureWorks LLC で入手できる。MSD シートは顧客が、自社での取扱い、安全性、廃棄に関する必要事項、OSHA (米国)、MAK (ドイツ)、WHMIS (カナダ) といった地域で適用される健康と安全に関する規則を満足させるのに役立つよう準備されている。MSD シートは定期的に更新されている。そのためどの製品であれ、使用前あるいは取扱い前に最新版を参照していただきたい。

以下の注記は PLA ポリマーにのみあてはまる。製造で使用される添加剤、加工助剤およびその他の表面処理段階で使用される材料はそれぞれの安全使用に関するデータがあり、別々に調査する必要がある。

### 危険予防および取扱上の注意

PLA ポリマーの毒性は非常に低く、通常の使用条件では、偶発的な注入や目、皮膚との接触からは異常な問題は起こらないはずである。しかしながらこれらの樹脂を取扱い、保管、使用、廃棄する際には注意をお願いしたい。またメンテナンスをしっかりと行い塵埃をコントロールすることは製品の安全な取扱いに不可欠である。作業員は製造中の溶融樹脂に接触する可能性から保護されなければならない。樹脂の取扱いおよび製造の結果目や上気道に刺激を与えるおそれのある蒸気や塵が発生する可能性がある。空気が埃っぽい場合には、認可された防塵マスクを使用すること。ペレットまたはビーズ状のものはスリップの危険がある。ポリマー加工地域の十分な全体換気が推奨される。ポリマー溶融温度 (一般的に 170°C) を超える温度では、ポリマーは、ポリマー断片を含んだ可能性のあるガスを放出し、目や粘膜を刺激するおそれがある。適切な全体換気を行えば、ほん

どの条件で十分なはずである。溶融工程では、局所排気装置の使用を推奨する。目に対する機械的損傷のおそれがある粒子に曝される危険がある場合には保護眼鏡を使用すること。蒸気に曝されて目に不快感が生じる場合には、顔全体を覆うフルフェース呼吸保護具 (レスピレータ) を使用すること。

PLA ポリマーの取扱いに関して必要な予防策は、清潔で身体全体を覆う衣服の着用以外他にない。溶解物への曝露が一定の場所にとどまる場合には、熱保護のための絶縁体付き手袋を使用すること。

### 可燃性

PLA ポリマーは燃焼する。製品が燃焼すると透明～白色の煙を生ずる。不完全燃焼の条件下では有毒性ガスが発生する。埃が積もらないようにすること。たまった埃は自然発火または他の発火源によって発火するおそれがある。空中に漂うと、埃は爆発の危険をもたらすおそれがある。消防士は陽圧の、自給式呼吸器と完全保護装備を着用すること。水または霧状の水が好ましい消火剤である。泡、耐アルコール性泡、二酸化炭素、ドライ粉末消火剤を使用してもかまわない。しっかりと水でぬらして、冷却して再発火を防ぐこと。

### 廃棄

下水道、地面、あらゆる水域に絶対に放出しないこと。未使用の、あるいは汚染されていない材料に関して推奨される選択肢に含まれるのは、もし可能であれば加工用にリサイクルするか、産業用堆肥化施設に送る方法である。可能であれば焼却炉その他の熱破壊装置に送ること。使用した、あるいは汚染された材料に関しては、さらに評価を行う必要があるものの、廃棄に関する選択肢は同様である。(例えば、米国では連邦法 40CFR Part261、“危険廃棄物の特定およびそのリスト”を参照) 廃棄方法はすべて、

連邦・州・行政区分・地域の法規に従わなければならない。

### 環境に対する配慮

一般的に紛失されたペレットは、それらが海洋環境に入り込むという特殊な状況を除き環境において問題はない。物理的環境影響に関してそれらは良性であるが、水鳥や水生動物が摂取した場合には、機械的に悪影響をもたらすおそれがある。出来るだけこぼさないようにして、こぼれたらきれいに清掃しなければならない。プラスチックは大洋やその他どんな水域にも捨ててはならない。

### プロダクトステewardシップ (化学物質の総合安全管理)

NatureWorks LLC は、当社の製品を製造および使用するすべての人に対して、我々が生きている環境に対して、基本的な義務がある。この義務が、我々のプロダクトステewardシップ理念の基礎であり、その理念により我々は、当社の製品の健康、環境に関する情報と使用目的を査定し、環境と当社従業員および一般の人々の健康を守るための適切な措置を講じている。

### 顧客への注意

NatureWorks LLC は当社製品の現在の顧客および将来のユーザーに対して人間の健康と環境品質の視点から、当社製品の用途を再検討することを促している。当社の製品がけして意図されない、あるいは検証されないやり方で使用されることがないよう、当社の社員は環境と製品安全に対する配慮に取り組む助けを行う。貴社を担当する販売代理店は適切な窓口で連絡をとることができる。当社製品をご使用前に MSD シートを含む NatureWorks LLC の文献をご参照いただきたい。これらは貴社を担当する NatureWorks LLC 代理店で入手可能である。

注意：NatureWorks LLC 社その他が所有する特許権を自由に実施出来ることを暗示するものではない。使用条件および適用法令は地域によって異なり、時代とともに変わる可能性があるため、製品およびこの文書の情報が顧客の使用にとって適切かどうかを決定し、職場と廃棄処分実施が該当する法律やその他の政令に従っていることを確実にする責任は顧客にある。NatureWorks LLC はこの文書中の情報に対して一切の義務も法的責任も負わない。いかなる保証も与えられていない；商品性の黙示保証もしくは特定用途への適合性はすべて明確に除外されている。

使用禁止、使用制限に関する注意：NatureWorks LLC はサンプルを含む、その製品すべてに関して次のような用途での使用を勧めない：タバコ製品の成分またはパッケージ材での使用、最終製品が人間もしくは動物の摂取を意図する製品の成分としての使用、人間の体液または細胞組織に内接することを意図した全ての用途での使用、人間の命を支え、維持するあらゆる医療器具の必須成分としての使用、妊婦の経口摂取や内服用に特別に作られたあらゆる製品での使用、人間の繁殖を推進または妨げるために特別に作られたあらゆる製品での使用。

NatureWorks と NatureWorks ロゴは NatureWorks LLC の登録商標です。  
Copyright© 2005 NatureWorks LLC