

フードピクッス 22-④

小麦と小麦粉の科学

シンクタンク「食品関連コンサル協議会(FCC)」

シニアコンサルタント 高橋明弘

N. O. B. フード・テック 代表

目 次

9. 小麦から小麦粉へ

- (1)小麦から小麦粉への流れ
- (2)ブレイキロールとシフター
- (3)各種フルイの比較表
- (4)小麦粉の製造工程
- (5)ピュリファイアーの外観と構造
- (6)一般的な小麦粉の製品化
- (7)小麦粉の粒子の分類

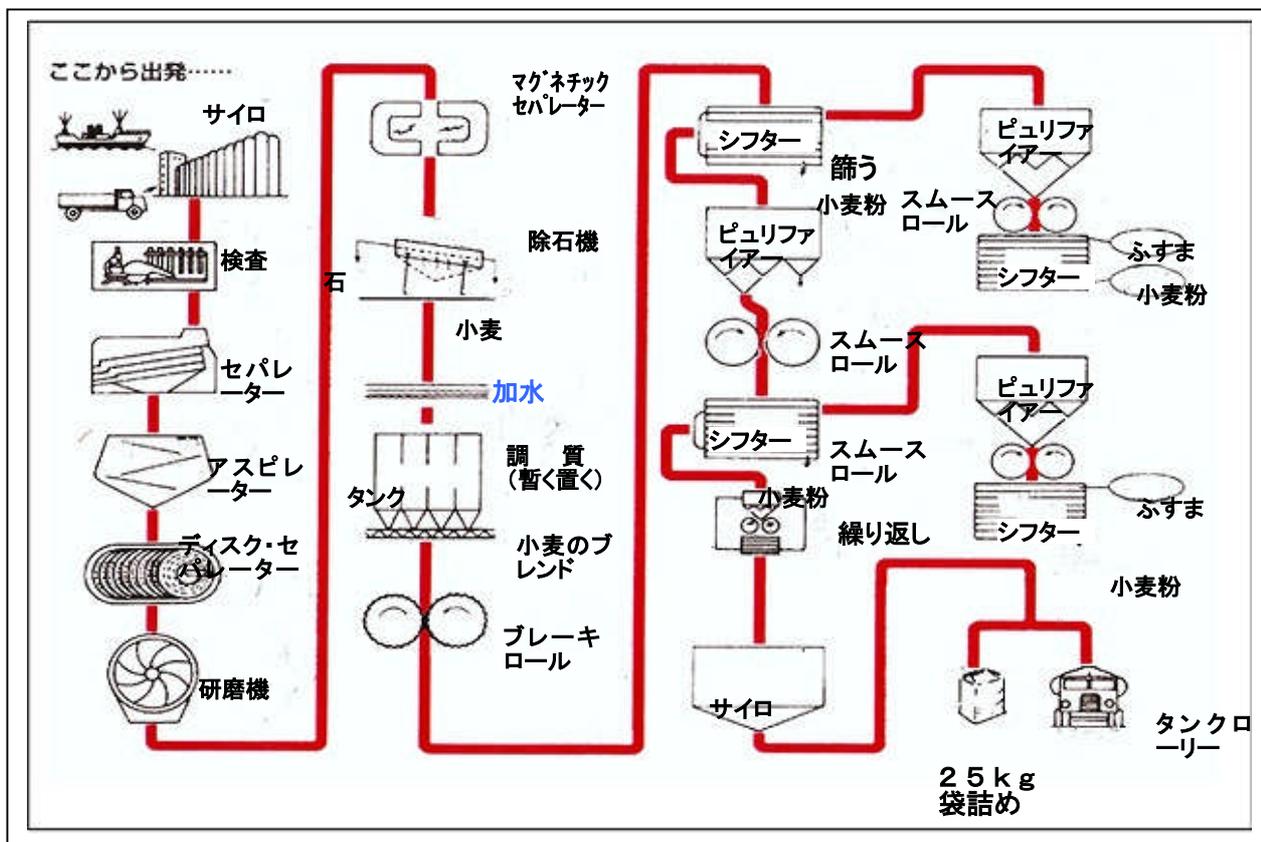
10. 小麦粉の種類・等級と品質、主な用途

11. 原料小麦の種類と銘柄

12. 小麦粉の成分組成

9. 小麦から小麦粉へ

(1) 小麦から小麦粉への流れ



* 出荷の97%は小麦粉加工業者向け

この表では、製粉工程の流れを分かり易く、単純化して表しましたが、実際はもっと複雑で各製粉工場によってまちまちである。

日本の製粉工場は原料となる小麦は輸入小麦が主体となるため、大手の工場は全て臨海地帯に設置されている。

輸入小麦は、政府が製粉各社から数量や品質についての購入希望を聞いたうえで、独自の判断と責任で輸出国から買い付け、製粉会社に売却する。

輸入の実務は政府指定の商社が代行する。

小麦が日本の港に到着すると、植物検疫が行なわれ、合格したものが船から真空ポンプで吸い上げられ、指定されたサイロに送られて貯蔵される。

ここまでの工程は、政府の所管で、そのあと売却される。

この表の流れをすこし解説する。

①小麦の検査と搬出

入荷した小麦を検査して、挽砕する前の小麦の状態を把握する。使用量を算出して搬出する。

②セパレーター

左右に動くスクリーンでまず小石、枝、などの粗い異物を取り除く。

③アスピレーター

空気を送って軽い異物を取り除く。

④ディスク・セパレーター

形の異なる大麦、オート小麦などを取り除きます。

⑤研磨機

スクリーン・シリンダー内のピーターが小麦粒の周り不純物をこすり落とす。

⑥マグネチックセパレーター

鉄などの鋼鉄製の異物をとり除く。

⑦除石機

小麦との比重の差により石を除く。

⑧加水

水が外皮を強くしてはがれやすくし、胚乳を柔らかくする。通常、小麦は9～13%の水分が含まれていて、加水することにより15%～17%程度にまであげます。

⑨調質

加水した小麦を24～36時間置いて「ねかし」してやります。水分が小麦の中心部に浸透し、全体がしっとりしてきます。その結果、胚乳部は柔らかくなって粉碎されやすくなり、また逆に表皮は引きしまって強くなり、細かく引き千切れなくなる。粉碎時に「ぐにゃ」となって細かく飛び散ることがなくなり、表皮を混入させず胚乳部だけを採りだし易くする分けです。

⑩ブレイキロール(詳しい内容は*(2))溝つきロール(目立てした)が小麦を破碎する。

製粉のねらいは、外皮をなるべく砕かないようにしながら、胚乳を上手く外皮から分離し、それをなるべく機械的損傷を与えない様にして細かな粉にすることである。小麦を一度に砕かないで、無理の無いように少しずつ粉碎していく、段階的に粉碎していくために、機能の異なるロール機を何台も備えて製粉を行っている。

⑪シフター(ふるい機)(詳しい内容は*(2))

破碎した小麦を何枚もの「ふるい」で篩って粒度別にわけける。

⑫ピュリファイヤー

空気の流とふるいで、ふすまと胚乳粒に分ける。

⑬スムースロール

溝の無いロールで胚乳粒を粉にする。

⑭シフター(ふるい機)

ピュリファイヤー、スムースロール、シフターの工程が繰り返される。

⑮小麦粉サイロ

小麦は大きく破碎され、その後細かく粉碎されてふるい分けされながら小麦粉としてサイロに集められる。一粒の小麦は破碎、粉碎の工程を通りふるい分けされていく中で、40種類の粉に採り分けられる。採り分けられた粉をブレンドする事に独自の小麦粉をつくる事ができます。

⑯出荷

小麦粉の出荷は殆どが加工工場向けで、一般消費者向けは僅か3%しかありません。工場向けなので、大手の加工メーカーむけにはタンクローリが使われます。中小工場むけには、25kgの袋詰め一般的である。

(2) ブレーキロールとシフター

① ブレーキロール…

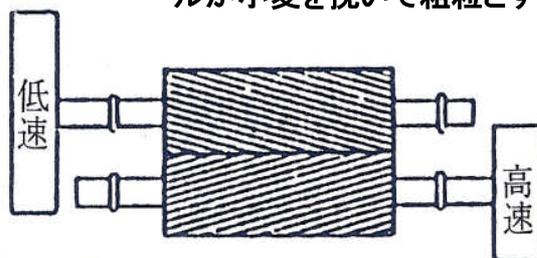
ブレーキ (break) は、引きちぎる事です。ロール機は鉄で出来た一对の円柱状のロールの噛みあい部分に小麦や採れた胚乳を通過させることにより粉碎する機械の事です。

小麦は最初にブレーキロールと呼ばれる機械に通されます。

この機械はミゾの付いた(目立ちされた)一对のロールで、速度の違う高速と低速のロールの間を小麦が通り引きちがれます。ポイントは小麦を粗く割る事で、外皮を潰さないで胚乳部分を上手に外皮から分離する事です。ブレーキロールを通った破碎された小麦粒はシフターに送られてゆく。ブレーキロールを通った粉碎されたものを「ストック」という。

シフターを通った後も、外皮に胚乳部分が沢山付着しているものは、再度ブレーキロール(2B)に戻される。胚乳部分のみを細かくする、粉碎にはミゾのないスムーズロールが使われる。

450rpm
ミゾの付いた速度の違うロールが小麦を挽いて粗粒とする



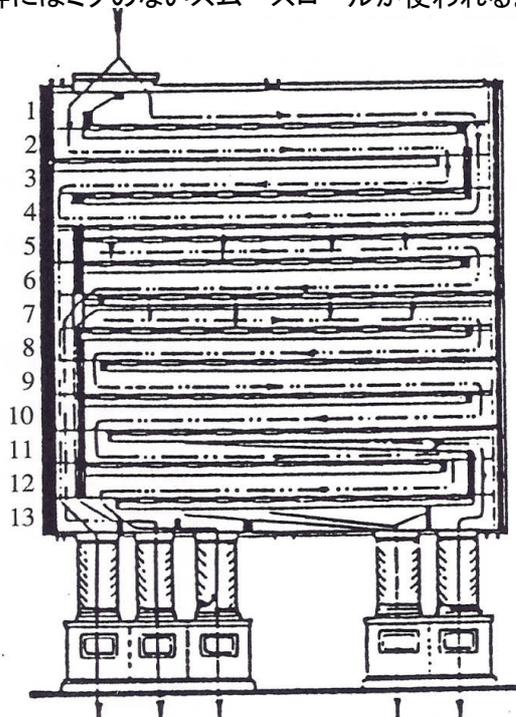
ブレーキロールの一例

② シフター…

ロールで粉碎された小麦破片(ストック)は、ふるい機(シフター)でふるい分けられる。

シフターは、目開きの異なる何種類のふるい布(またはナイロン、金網)を張った枠を何十枚も積み重ねた大きな箱で、箱ごと水平方向に回転させることによって、上から落ちてきたストックを粒度別にふるい分けます。

シフターの上部のほうは、目開きの粗い布で、ふるいに残った粗い部分には、外皮の破片が混在しているので、2番目のブレーキロールに行きさらに処理が行われる。一番下の方の目開きの細かい布ふるいを通過したものは、製品に混ぜられる粉(上り粉という)になる。



篩機(シフター)の断面

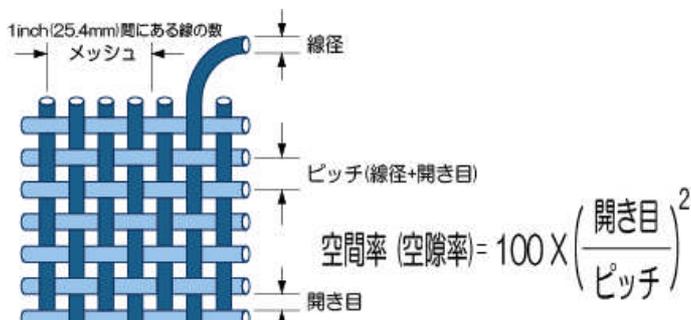
(3) 各種フルイの比較表

規 格				参考特性値		
JIS		ASTM	TYLER	空間率 (%)	メッシュ 目数/メッシュ	針金径
呼び (ミクロン)	目開き (mm)	No.	No. (メッシュ)			
37	0.037	400	400	34.5	400	0.026
44	0.044	325	325	37.3	350	0.028
53	0.053	270	270	33.9	280	0.038
63	0.063	230	250	38.1	250	0.039
74	0.074	200	200	34.0	200	0.053
88	0.088	170	170	34.9	170	0.061
105	0.105	140	150	36.0	145	0.070
125	0.125	120	115	34.8	120	0.087
149	0.149	100	100	34.3	100	0.105
177	0.177	80	80	31.0	80	0.141
210	0.210	70	65	33.5	70	0.153
250	0.250	60	60	34.8	60	0.174
297	0.297	50	48	31.5	48	0.232
350	0.350	45	42	32.9	42	0.260
420	0.420	40	35	35.0	36	0.290
500	0.500	35	32	40.1	32	0.290

◎3種類の規格。JIS、ASTM、タイラーがある。

- ・メッシュ(Mesh)：ライターによる網目の大きさを表す単位
1インチ(25.4 mm)の長さにある網目の数を表す。
- ・小麦粉の粒径：20μ~170μの範囲

滑らかなチョコレートの粒径30μ以下



(4)小麦粉の製造工程

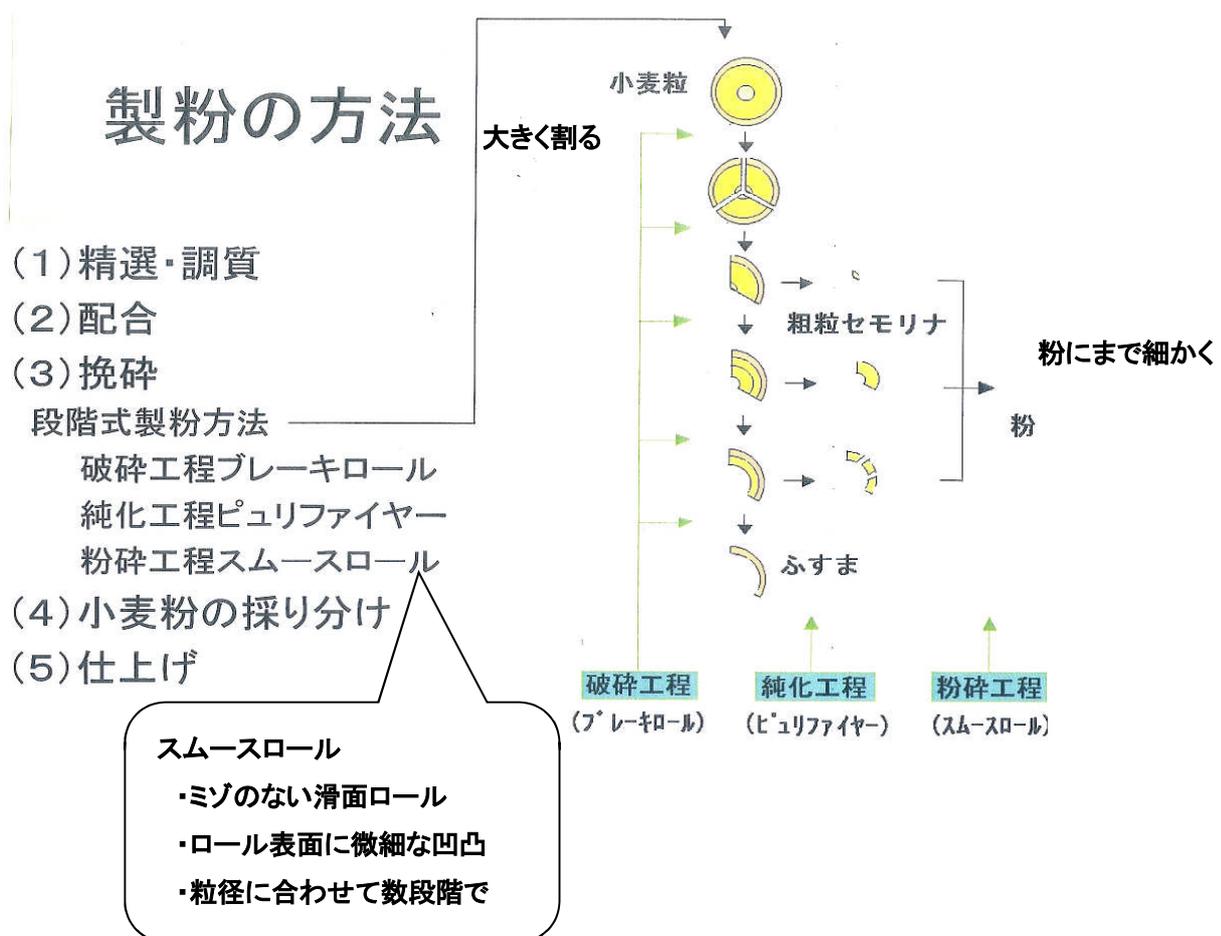
一般的な製粉工場では、一度に小麦を潰して粉にするわけではなく、段階的に何回も分けて粉がとられる。

第一段階は破碎工程です。ブレイキロールで小麦粒を大きく開くように破碎した後、外皮を出来るだけ砕かないようにしながら胚乳を分離します。胚乳は粗い方が、後工程があるのでそのままのほうが良いのです。

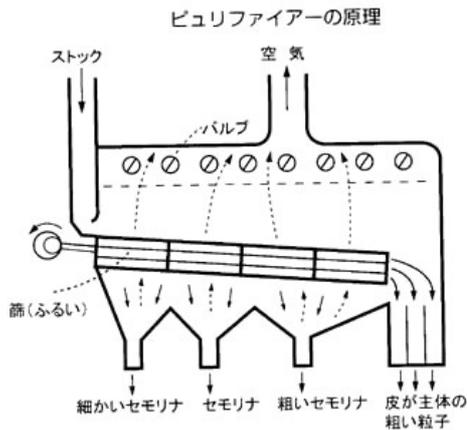
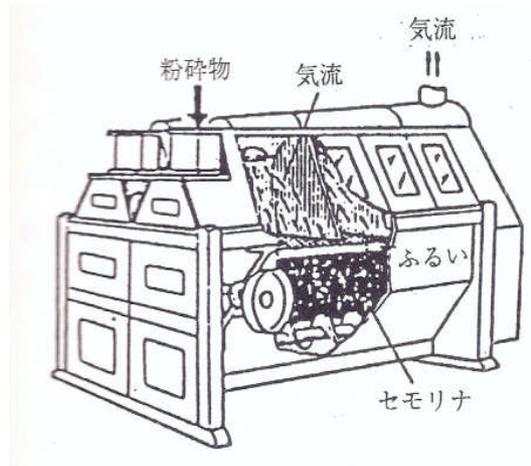
第二段階は純化工程です。この粗い状態の胚乳(セモリナと呼びます)には、外皮の破片が混入していますので、後述のピュリファイヤーで外皮を分離して純化します。分離された外皮は副製品の「ふすま」と呼ばれるものになります。

第三段階は粉碎工程です。ピュリファイヤーで純化した胚乳だけの部分をスムーズロールと呼ばれる目の立っていない滑面ロールのロール製粉機で細かく粉碎して、小麦粉にします。このスムーズロールは、胚乳部の粉碎効果を高めるため、ロールの表面に微細な凹凸を付けている。

粉碎にあたっては、破碎工程と同じく胚乳部の品質を傷めないように、ふるい分けして粒度に合わせ数段階に分けて順次に粉碎されてゆく。



(5)ピュリファイアーの外観と構造



ストック : ロールで粉砕された破砕物
 セモリナ : 小麦粉の粒より大きな粉
 210 μ以上

←篩を前後に振動

1) ピュリファイアーの作用 **4つの機能を1つ機械で実施**

- ①輸送 : 前後の振動とエアスライド
- ②成層作用 : 重い粒子は下に、軽い粒子は上に
- ③浮遊分級 : 軽いフスマは浮き、重いセモリナは残る
- ④篩分作用 : 大、中、小のきれいなセモリナに

2) ピュリファイアー導入の効果

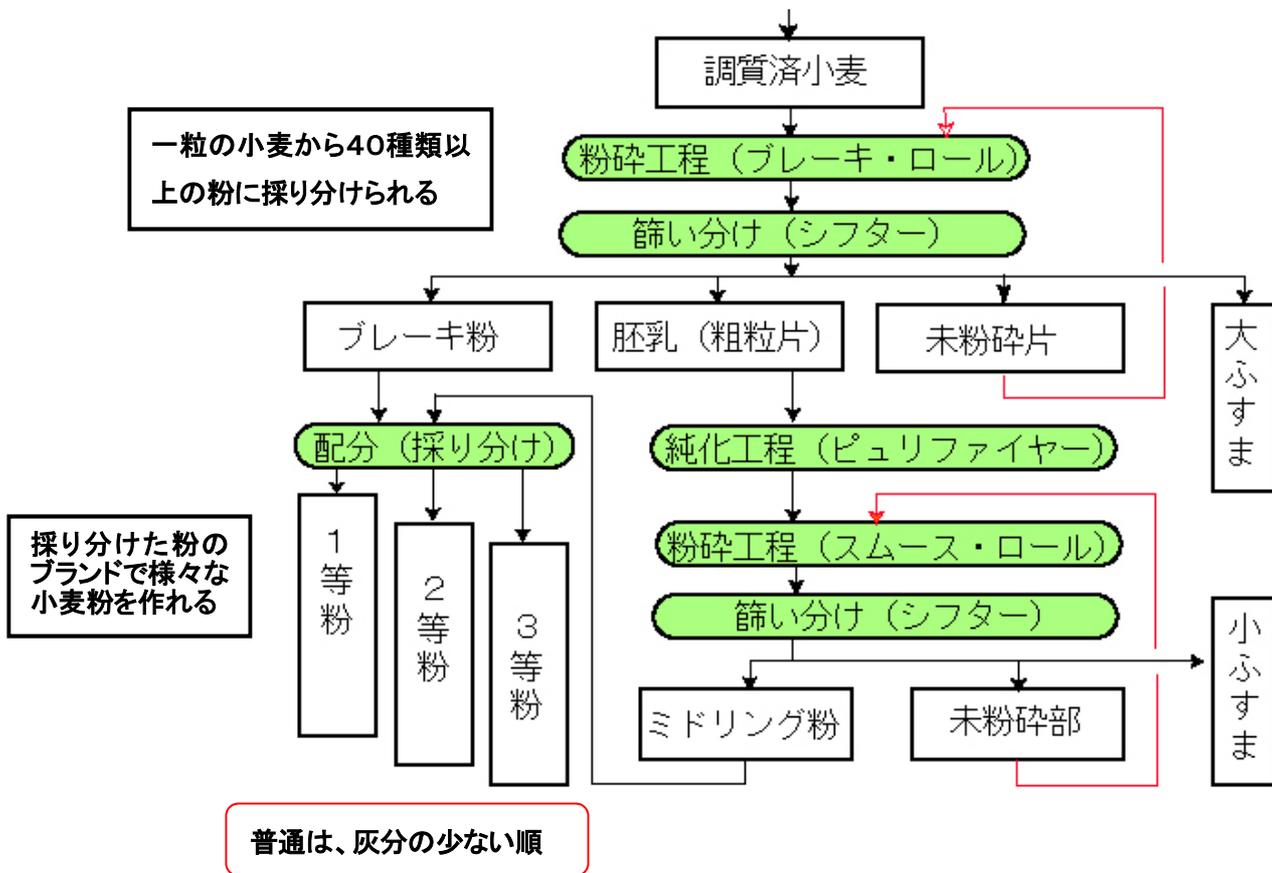
製粉史上 ロール製粉機に次ぐ発明

- ①フスマ片をきれいに分離できる
- ②圧倒的な白い小麦粉が得られた

3) パテントフラワー

特許を取った機械から、作った良質な小麦粉として、扱われた

(6) 一般的な小麦粉の製品化



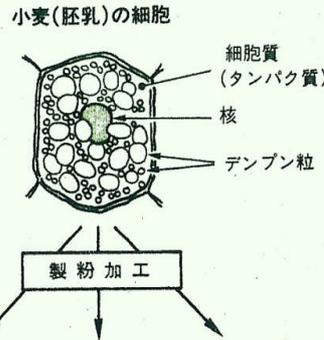
上の図では、小麦の挽砕(ばんさい)、すなわち大きく破碎してから皮部を排除して小麦粉までに細かく粉碎していく流れを、簡単な工程図に示してあります。前に述べた様に実際は大変複雑な工程で、ストックをピュリファイヤー、スムーズロール、シフターと何度も繰り返し通す工程となっております。

純化された胚乳粒子を粉にする操作を**ミドリング**と言い、得られた粉がミドリング粉です。最終的なミドリング粉は未粉碎のものとふるい分けられ、小麦粉「この時、**通常上(あがり)粉**と呼ぶ」が採られます。これらの上り粉は、灰分、タンパク質の含有量、また後述するグルテンの性状が異なりますので、希望する小麦粉になる様にそれらを組み合わせ、最終的には、灰分を基に2~4種類の小麦粉を作ります。これを「**採(と)り分け**」といいます。上り粉は灰分の少ない順に並べ、1等粉の灰分は例えば0.34%、2等粉の灰分を例えば0.45%、3等粉の灰分を0.85%として、製品の需給に合わせて、1等粉カットして2等粉に入れ、同時に3等粉をカット2等粉に入れて灰分を合わせるやり方もあるし、場合によっては、そのままのストレートに上り粉を小麦粉にしている。

製粉会社、各社とも特徴ある品質の製品を得る為に、灰分序列による採り分け方法に特にこだわってはいない。

(7)小麦粉の粒子の分類

小麦粉中のデンプン粒は製粉工程で、破壊され、損傷デンプンを生じる。
(約4%)パンの製造では、重要である。



小麦粉の粒子の分類

		小粒	中粒	大粒
粒子の大きさ (ミクロン*)		0~17	17~35	35~150
A. 粒 子 の 種 類	デンプン粒の周囲をタンパク質がおおったもの			
	デンプン粒			
	タンパク質			
B. 存在比率(%)	軟質小麦 (薄力粉)	9	34	57
	硬質小麦 (強力粉)	3	14	84

* ミクロン……1ミリの1000分の1

「薄力粉」は、粉の粒子が細かくしっとりとしていて、
ダメになりやすい性質を持っているのです。

注1 デンプン粒……細胞の中にデンプンを貯蔵してお
る。小麦の場合、比較的大きいもの(二〇〇〜四〇〇ミ
ロン)と小さいもの(五ミクロン)とがある。

粉碎された小麦粉はタンパク質の含有量の多い小麦粉、すなわち強力粉と言われる粉とタンパク質含量の少ない、すなわち薄力粉では、性状がかなり異なります。

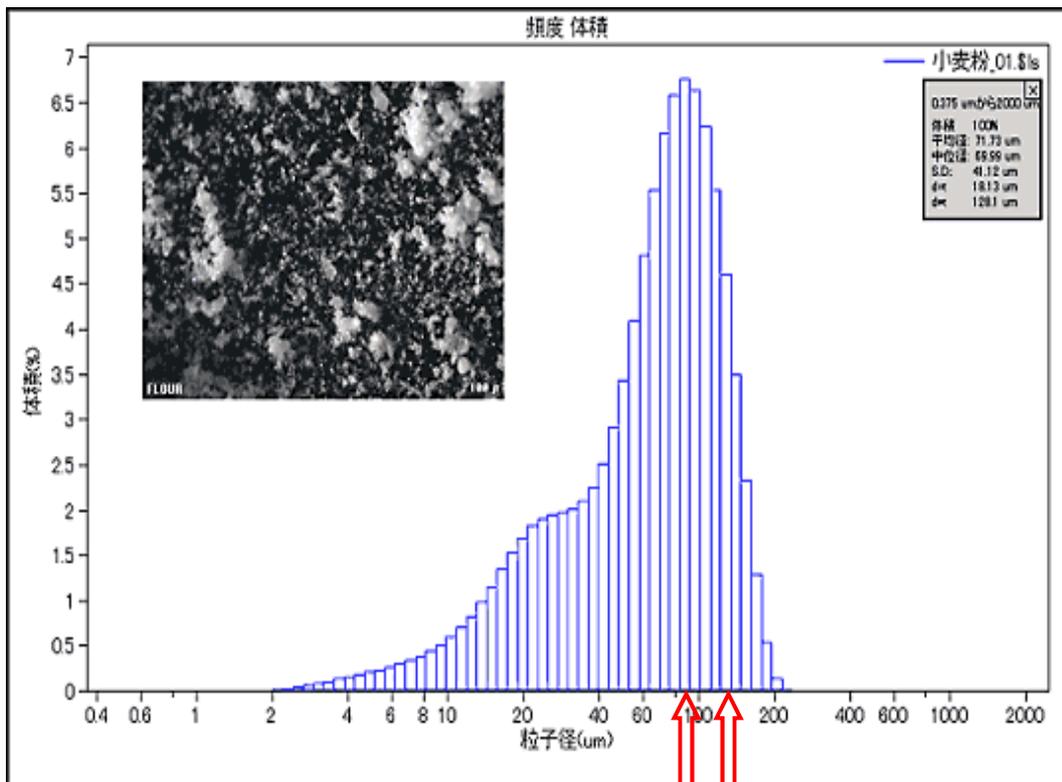
一般的に、小麦の「胚乳」は、大豆、小豆と同様に、小さな細胞がぎっしりと並んでおり、細胞の中には多数のデンプン粒とそれをタンパク質の細胞膜が包む形になっております。

この小麦を製粉工程に通すと「胚乳」の細胞が破壊されていって、細かい「細胞の破片」が沢山できます。小麦粉中に多いのは、この「細胞の破片」、つまり何個かのデンプン粒をタンパク質の細胞膜で包み込んだ粒子です。粉碎工程を経たこの粒子は、大きさが数ミクロンから、100ミクロン以上のものまで様々な大きさのものがあります。

タンパク質含量の高い、硝子質、硬質小麦ほど、細胞質が硬くデンプン粒に密着しているので、どうしても「細胞の破片」が大きくなってしまいます。

それ故、硬質小麦から作られる「強力粉」は粉の粒子が大きく、手触りがサラサラしており、パンや菓子の製造時に、生地が作業台につかないように「打ち粉」として使われます。

強力粉は、手指でしっかり握ってもダメになりません。一方、タンパク質の少ない「軟質小麦」は細胞質が軟らかくデンプン粒と離れやすいので、「細胞の破片」が非常に細かくなります。軟質小麦から作られる「薄力粉」は粉の粒子が細かくしっとりとしていて、手指でしっかり握るとダメになります。



薄力粉 平均径50 μ 強力粉 平均径71 μ

製粉工程では、デンプンの粒子を包んでいるタンパク質の細胞膜がロールの圧力などで一部破壊され、デンプンが損傷を受ける。このデンプンを損傷デンプンと称して、小麦粉中には、必ず存在する。小麦の種類、質、製粉条件、によっても変わるが、全デンプン量の平均4%程度と言われている。

損傷デンプンは菓子の製造では、生地べつつきや焼き色のムラが起るため、好ましくなく、出来るだけ少ないものが良い。麺の場合も吸水や生地操作の点で同様である。

パンの製造では、損傷デンプンあることは都合の良いことです。生地の発酵工程で、デンプン糖化酵素アミラーゼが常温で、損傷デンプンに速やかに作用し、酵母(イースト)の発酵に必要な麦芽糖を造ってくれるからです。健全なデンプンだけでは、この酵素の作用が進まず、パンの発酵が大きく遅れてしまいます。

損傷デンプンを生じるのは、破碎工程のプレーキロールの段階ではなくて、スムーズロールによる粉碎工程で粒子の粗いストックをスムーズロールで強く働かせて粉碎率を高めようとする場合に多く発生する。

パン製造の場合でも、損傷デンプンが余りに多いと弊害がおきる。吸水率が大きくなり発酵が進み、生地のだれがでて生地中にデキストリンが出来過ぎて、出来たパンがグチャツク事になるし、パンの容積も小さくなってしまいます。

代表的な小麦粉の粒径分布として、強力粉ではカナダのICW(ワン・シー・ダブリュー)、薄力粉としては、アメリカの菓子用小麦のウエスタン・ホワイト(W.W)ダブ・ダブを示した。硬質小麦の強力粉は粒径が大きく、平均粒径が71 μで、大径で35 μ~150 μの間に9割近くが入り、17 μ以下の小径はほんの僅かである。軟質小麦の薄力粉は、平均粒径50 μで、35 μ以下が結構4割近くある。

10. 小麦粉の種類・等級と品質、主な用途

等級	1等級	2等級	3等級	末粉
灰分量	0.3~0.4%	0.5%前後	1.0%	2~3%
強力粉	最高級食パン (11.5~12.5)	食パン (12.0~13.0)	グルテン・焼麩 デンプン	工業用 接着剤 飼料
準強力粉	パン (11.0~12.0) 中華麺 (10.5~11.5)	菓子パン (11.5~12.5)	グルテン・焼麩 デンプン	
中力粉	ゆで・乾めん (8.0~9.0) 菓子 (7.5~8.5)	フランスパン (9.5~10.5) 菓子 (9.0~10.0)		
薄力粉	高級菓子 天ぷら (6.5~8.0)	一般菓子 駄菓子 (8.0~9.0)		
()は、タンパク質量				

◎小麦粉の分類と等級：公的に定められたものではない

※ 中国 1等粉 灰分量 0.7%，標準粉 灰分量 1.10%

11. 原料小麦の種類と銘柄

前述した様に、我が国は小麦粉の必要原料の小麦を、アメリカ、カナダ、オーストラリアから輸入している。小麦粉の品質は、原料小麦の品質によって決まるといっても過言ではないので、製粉各社は小麦の選択に細心の注意を払う。常に安定した小麦粉を供給できるように、いくつかの銘柄やロットの小麦を配合、ブレンドをするのが一般的である。

図に小麦粉製品に対応して使われる小麦の種類と銘柄の関連を表した。

例えば、代表的には食パン用にはカナダ産の1CW 80%、アメリカ産のDNSとHRWを各々10%をブレンドして使い、うどん用にはASW70%、に国内産小麦30%をブレンドして使ったりしている。中華麺には準強力粉がブレンドして使われている。

マカロニ用と菓子用は代替がきかず、一般的にはブレンドせずに、100%原料小麦を挽砕している。現在、デュラム小麦はカナダからのみの輸入になっている。

菓子用の薄力小麦粉は、アメリカ産のWWしか使っていない。

一般の消費者の目には触れないですが、製粉各社は、業務用に一覧表にある様に強力粉、中力粉、薄力粉、に対応して独自の銘柄を作り灰分と粗タンパク量で等級分けをして、食品メーカーに供給している。大手の食品工場では、通常の25Kgの紙袋詰での流通ではなく、コスト、効率の面で製粉工場のタンクから粉をばらのままタンクローリー車に積み込んで、自社のタンクに直接納品する方式になっている。大口の小麦粉使用工場では、受け入れする方もそれなりの設備が必要となり、かつては25Kg紙袋詰め小麦粉2~3種類を独自配合でブレンドして使っていたもの、まさか何本ものタンクローリー車で運ぶわけにもいかず、製粉会社に特注品として事前にブレンドして貰い運んでいる。得意先別専用粉と言われるものである。

家庭用の小麦粉は500gと1Kg詰のものが中心ですが、家庭での用途が限られている為に、種類は多くない。菓子やてんぷらに使われる薄力粉が一番消費量が多い。

スーパーなどでは、薄力 1 等粉として、日清製粉の銘柄「バイオレット」や日本製粉の銘柄「ハート」などをみかける。手作りパンの粉は強力粉となりますが、強力 1 等粉として日清製粉の銘柄「カメリア」や日本製粉の銘柄「ヨット」なども見かけます。又最近では消費者の要望に応じて、日清製粉の「手打ちうどんの小麦粉」などとして特定用途向けの名前で市販されて小麦粉が増えてきている。

原料小麦の種類と銘柄

硬質小麦

カナダ産
ウエスタン・レッド・スプリング
(CW・No1)

アメリカ産
(ダーク)ノーザン・スプリング
(DNS)

アメリカ産
ハード・レッド・ウインター
(HRW)

オーストラリア産
プライム・ハード
(PH)

カナダ産、アメリカ産
(ハード)アンバー・デュラム
(DRM)

中間質小麦

オーストラリア産
スタンダード・ホワイト
(ASW)

国内産
普通小麦

軟質小麦

アメリカ産
ウエスタン・ホワイト
(WW)

強力小麦粉

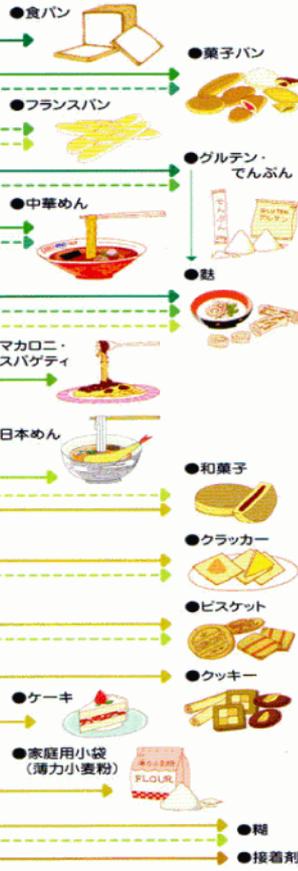
小麦粉 準強力

マカロニ用
セモリナ粉

中力小麦粉

薄力小麦粉

その他
(下級粉)



*食パン 主体
・カナダ産 1CW
・アメリカ産

*中華めん 主体
・アメリカ産

*うどん 主体
・オーストラリア産 ASW
・国内小麦

*カステラ、和・洋菓子 てんぷら粉 主体
・アメリカ産

→ 主に使われる - - - → 少し使われる

12. 小麦粉の成分組成

世界の穀物生産で小麦由来による食品が非常に多い、なぜ小麦を粉にした小麦粉加工食品がこれほど種類が多く、広く普及したのであろうか。トウモロコシ、米、その他の穀物と何が違うのでしょうか。他の穀物では同じ加工食品が出来ないのであろうか。

私も食品を学んだ最初の時に、疑問を感じましたが、自分で実際に加工業務に携わっていく中で、疑問が解けた理解が出来てきました。

小麦粉の独特の性質を知るために、その成分組成を知る必要があります。成分組成を「五訂日本食品標準成分表」で見ますと、炭水化物が圧倒的な構成比を占めている。水分は別として、次はタンパク質で、脂質は少ない。最も小麦はじめ、穀類はほぼ同じ様な成分構成比になっている。穀物類は一般的に炭水化物が約70%、タンパク質が約10%前後である。

小麦粉の炭水化物、糖質と繊維に分かれています。繊維は食物繊維で人が消化できず栄養源にならないセルロース主体ですが、どちらも基本単位はグルコース(ブドウ糖)で、これが数多く結合してできた重合体です。栄養源となる糖質は、小麦粉中70%~76%も占めています。やはりタンパク質量の多い強力粉より、薄力粉のほうが糖質量は多い。

小麦粉の組成については、構成比の大きい糖質と穀類では特別な性質を持つタンパク質について記述するが、2%前後の構成比で大きな品質上の影響のない脂質については割愛する。但し、小麦粉の加工適性や、貯蔵性に影響をあたえる酵素については少し記述する。

ここで小麦粉の糖質ですが、糖の最少単位である単糖類、グルコースの重合体でありますデンプンです。小麦粉のデンプンは他の植物デンプンにはないユニークな特徴があります。

種類	等級	水分	タンパク質	脂質	炭水化物		灰分	ミネラル				ビタミン				
					糖質	繊維		カルシウム	リン	鉄	ナトリウム	カリウム	B1	B2	ナイアシン	
					g			mg								
強力	1等粉	14.5	11.7	1.8	71.4	0.2	0.4	20	75	1.0	2		80	0.10	0.07	0.9
	2等粉	14.5	12.4	2.1	70.2	0.3	0.5	25	100	1.2	2		100	0.15	0.08	1.3
中力	1等粉	14.0	9.0	1.8	74.6	0.2	0.4	20	74	0.6	2		100	0.12	0.04	0.7
	2等粉	14.0	9.7	2.1	73.4	0.3	0.5	28	93	1.3	2		130	0.26	0.05	1.4
薄力	1等粉	14.0	8.0	1.7	75.7	0.2	0.4	23	70	0.6	2		120	0.13	0.04	0.7
	2等粉	14.0	8.8	2.1	74.3	0.3	0.5	27	90	1.1	2		150	0.24	0.05	1.2