

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

高橋明弘

参考文献

- 日本麦類研究会 『小麦粉』 改訂第四版 (有) ユニ・アート 2007
- 長尾精一著 『小麦の科学』 第6刷 朝倉書店、2006年
- 鴨居郁三監修 『食品工業技術概説』 恒星社厚生閣 2007
- 竹谷光司著 『新しい製パン基礎知識』 改訂版 (株)パンニュース社 2006
- E. J. Pyler, 『BakingScience&Tecnology』SiebelPublishingCo. 1973
- 長尾精一著 『小麦・小麦粉の科学と商品知識』 財団法人製粉振興会 2007
- 河田昌子著 『お菓子「こつ」の科学』 柴田書店 1987
- 森 雅央・他著 『新編 日本食品事典』 医歯薬出版 1982
- 渡辺長男著 『菓子の科学』 同文書院 1980
- 宮内昭・他著 『菓子の実際知識』 東洋経済新報社 1983
- 藤山諭吉著 『製パン原料』 日本パン技術研究所 1980
- 藤山諭吉著 『製パン理論と実際』 日本パン技術研究所 1980
- 長尾精一編集 『小麦粉の魅力』(改訂版) 財団法人製粉振興会 2008
- 資料『麦の需給に関する見通し』 農林水産省 2012
- 桜井芳人・他著 『食料工業』 恒星社厚生閣版 1962
- 資料『国内産麦をめぐる状況』 総合食料局 2009
- 木下製粉 『新着情報バックナンバー』 2004~2012
- 製粉協会 『国内産小麦の品質評価』 製品協会技術委員会 2012
- 製粉協会 『第9回 国内産小麦新品種(銘柄)の品質評価』製品協会 2012

目 次

はじめに

1. 日本の小麦と小麦粉の現状

- (1) 輸入小麦について
- (2) 小麦と米の摂取量の推移(支出金額)
- (3) 日本の於ける食生活の変化(カロリーベース)

2. 小麦の農耕伝播

小麦の名前の由来

3. 製粉機の歴史

- (1) サドルカーンで粉を挽く女性
- (2) 石臼による製粉からロール製粉へ
- (3) 石臼からロール製粉機による粉質の変化

4. 小麦について

- (1) 小麦粒の大きさと内部構造
- (2) 野生小麦と栽培小麦
- (3) 小麦属の代表的な栽培種の変遷
- (4) 小麦の特徴による分類

5. 輸入小麦と国内産小麦の特徴

- (1) アメリカ小麦
- (2) カナダ小麦
- (3) オーストラリア小麦

(4)国内産小麦

6. 政府の小麦統制価格の決め方

7. 日本めん用小麦の品質とバラツキ

8. 小麦粒の化学的組成

9. 小麦から小麦粉へ

- (1)小麦から小麦粉への流れ
- (2)ブレー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

- 13. 1 デンプンの分類と特性—1
- 13. 2 デンプンの分類と特性—2
- 13. 3 デンプン糊化の変化
- 13. 4 各種デンプンの糊化温度と特徴
- 13. 5 各種デンプンの糊化と特徴
- 13. 6 デンプンの老化
- 13. 7 各種デンプンの老化
- 13. 8 タンパク質を構成するアミノ酸—1
- 13. 9 タンパク質を構成するアミノ酸—2
- 13. 10 単純タンパク質(アミノ質だけの構成)
- 13. 11 穀類のたんぱく質含量
- 13. 12 小麦タンパク(単純タンパク質)の組成
- 13. 13 グルテンの形成とその成分
- 13. 14 小麦粉主要区分でのアミノ酸含量
- 13. 15 グルテン結合
- 13. 16 グルテン結合の強化と含流アミノ酸

- 13. 17 アミラーゼ(デンプン分解酵素)の特性
- 14. 1 小麦粉の物性的・化学的測定機器
 - 1. ファリノグラフ
 - 2. アミログラフ
 - 3. エキステンソグラフ
- 15. 1 小麦粉の加工適性と用途
- 15. 2 小麦粉の加工適性と用途
- 15. 3 各種バターによるケーキ
- 15. 4 小麦粉の加工適性と用途

はじめに

現在、世界の人口は約 70 億人といわれています。その人々が食べる主食としての3大穀物は、小麦・米・トウモロコシであり、その生産量は、全穀物の生産量 24億32百万トンの約89%を占めています。

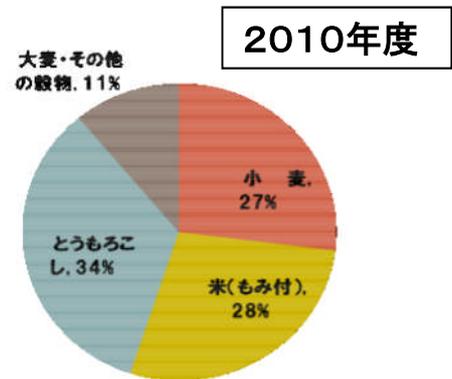
それぞれ使われ方や食べ方として、トウモロコシは工業用として代替エネルギーのアルコール向けなどにも使われ、米は精米し米粒にそのまま水を加えて炊いて主食として扱われるのが一般です。小麦は必ず粉、小麦粉に加工し、さらに手間を掛けて主食としてのパンや麺、パスタなど造られ、またケーキなどの嗜好品にも使われます。

食糧としての小麦は、トウモロコシや米に比べ手間を掛けなければいけません。(小麦は2008年史上最高の生産量(2010年現在)を記録(表参照)しました。)そのような小麦が、なぜ多くの食材に使われるようになったのか、他の穀物にはない特徴をたどってみたいと思う。

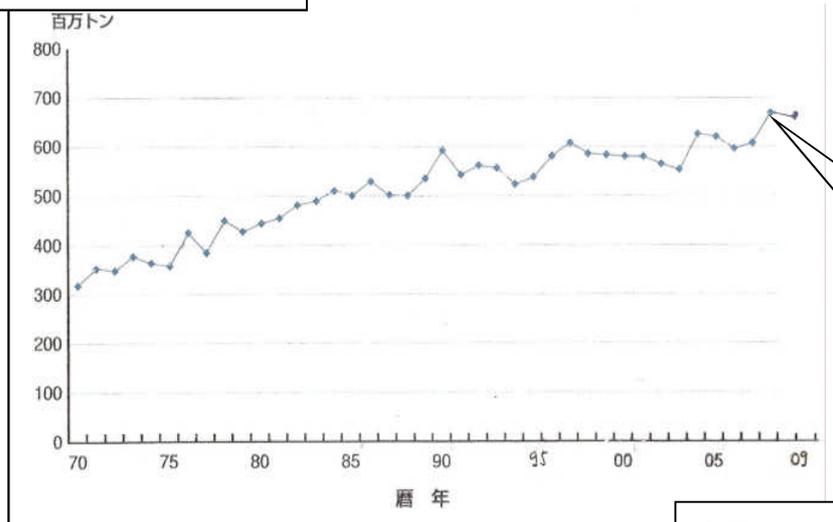
まず、日本の現状そして農耕伝播や製粉に関する歴史・進化の過程を科学的に詳しく述べてみたいと思います。

*なお、この「小麦と小麦粉の科学」は、いくつかに分けて連載する予定です。

小麦	6億51百万トン
米	6億72百万トン
とうもろこし	8億44百万トン
大麦・その他雑穀	2億65百万トン
合計	24億32百万トン



世界の小麦生産量



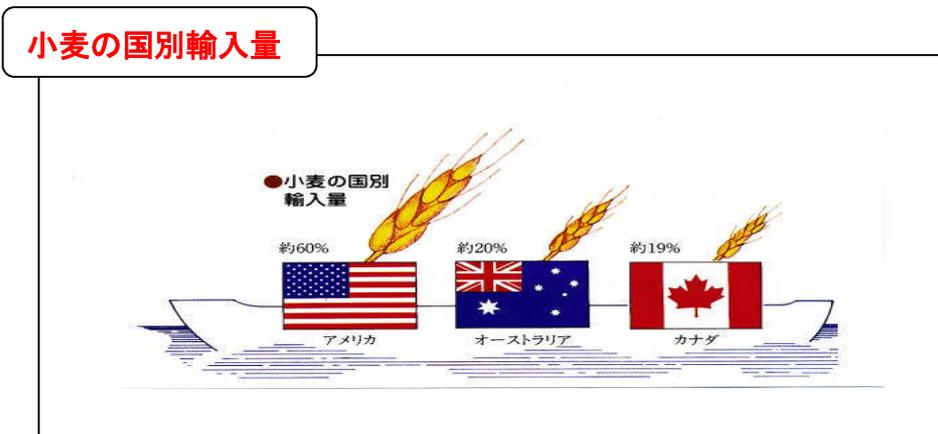
**2008年史上最高
6億83百万トン**

出展:USDA『World Markets and Trade』
農林水産省 統計資料

1. 日本の小麦と小麦粉の現状

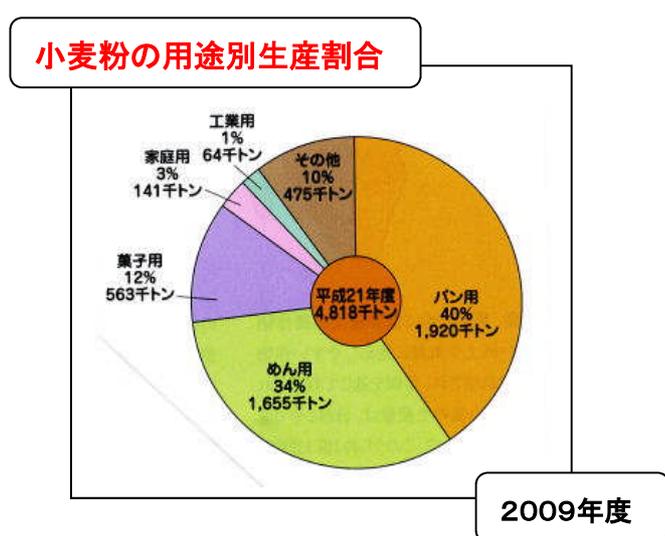
(1) 輸入小麦について

日本の小麦の消費量はこの10年近く変化がなく、560万トンから600万トンの間を行き来しています。国内産(内麦)は、この30数年消費量に対し10%から14%しか供給できず、不足分を輸入に頼っています。2010年度は、90%が、外国産です。アメリカ、カナダ、オーストラリアからのみ輸入しています。小麦の国別輸入量と日本の消費割合量(国内産・外国産)のは、以下の通りです。国民1人当たり1年間の小麦消費量は、32.7kgとなり、小麦粉の用途として、パン用、めん用、菓子用となっています。(小麦粉の)用途別生産割合参照：小麦粉の量は、小麦に対して、約85%の歩留率) 小麦32.7kgは、食パン一斤分で算出すると約98個分(340g/一斤)となる



日本の小麦消費量 554万トン(2010年度)

国内産	58万トン
外国産	496万トン
アメリカ	289万トン
オーストラリア	109万トン
カナダ	97万トン



出展:財団法人 製粉復興会 資料より

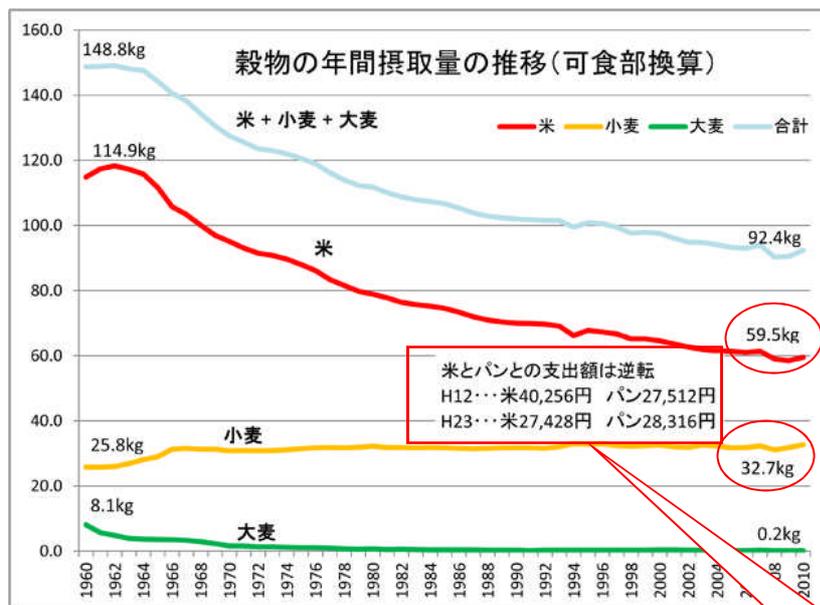
(2)小麦と米の摂取量の推移

国内に於ける、一人当たりの穀物摂取(殆どが米と小麦)の推移を見ると、この50年間(昭和35年～平成22年)全体では、148.8kgから92.4kgと56.4kgの減少となっている。特に顕著なのは米の摂取で、14.9kgから59.5kgと実に55.4kgも減少となっており、お米を食べなくなってきたのです。昔、中高生の頃昼飯用にのりと梅干だけで弁当箱ご飯をギッシリ詰めて食べていた頃が懐かしいですが。

小麦は穀物のなかで、唯一25.8kgから32.7kgと6.9kgも摂取量の増えております。これは、小麦の加工品である小麦粉が食生活の変化に伴う、需要に対応できたために、増えてきたものです。国内に於ける、小麦の生産が増えない中(国策として、稲作農業中心)需要の要望に対応出来たのは、輸入小麦があったからです。

小麦の摂取では、パンへの需要増加が顕著であります。国内にいと気づきませんが、日本ほど美味しいいろいろなパンが食べられる国は世界中さがしてもありません。米と違って、小麦粉は多機能性があり、麺、菓子にも使われますが、なんと言っても主食になるパンについて、大小のパンメーカーさんが、お客様・消費者に受け入れら美味しいパンを作り続けてきた結果だと思えます。

その結果が2011年には、一世帯当たりの支出金額は米の27,428円に対して、パンは28,316円と逆転しています。10年前の2000年に比べて、米への支出額は12,000円以上も少なくなっており、パンへの支出は800円増えております。お米そのものも改良しているし、炊飯器も工夫されて、炊いたご飯は確かに、美味しくはなっていますが、それ以上に主食としてのパンが評価されている事の表れでしょう。(2012年10月)



可食部

米 : 91%
小麦 : 78%
大麦 : 48%

2010年度摂取量

米 59.5kg
小麦 32.7kg

※推移の特徴

米 48.2% 減少
小麦 26.7% 増加

#345新着情報: 木下製粉株式会社より

世帯当たりの支出金額
2011年度にパンが米を逆転

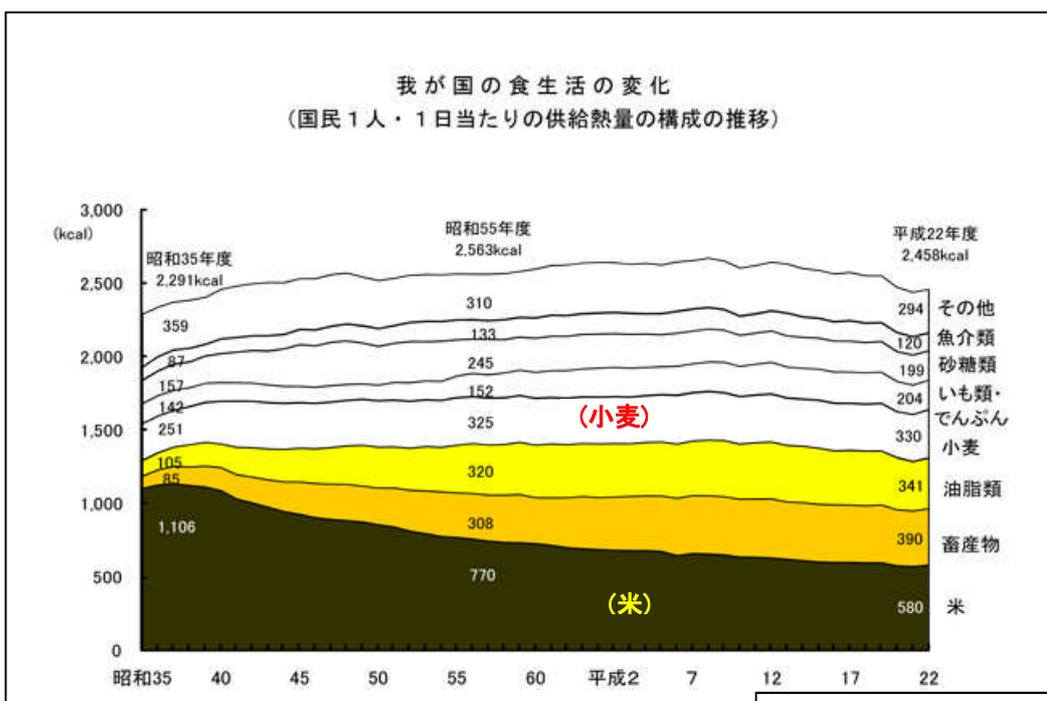
(3) 日本に於ける食生活の変化(カロリーベース)

終戦直後の飢餓の恐れが去った昭和35年(1960年)から平成22年(2010年)のこの50年間の国民1人当たりの1日当たりの供給熱量は2,291kcalから2,458kcalと7%の増加となっております。通常の1人当たりの必要熱量は、各自の状態によっても違いますが、2,200kcal~2700kcalと言われ、3,000kcal超えるとは摂り過ぎとなります。

この50年間、トータルの供給熱量としては国民1人当たりとみれば、理想的な熱量の摂取の仕方をしてきたのでしょう。

その中身、内訳は大きく異なってきております。お米の供給熱量は1,106kcalから580kcalに半減しております。その代わりに、畜産物と油脂類が増えております。つまり、米+畜産物+油脂の合計熱量は殆ど変わっていません。(色で黒と橙と黄色で示す)食生活が洋風化して、動物性タンパク質や油脂類の摂取が増えてきた事によります。小麦の供給熱量は、この50年間、251kcalから330kcalと31%と増えています。供給熱量からみれば米は小麦の4.4倍もあったものが今や1.7倍にまでに落ちてしまったという事です。

(1人・1日あたり供給熱量の構成内容の推移)



#345新着情報: 木下製粉株式会社より

1960年度⇒
2010年度 比率は…
(昭和35年度⇒平成22年度)

合計供給熱量(kcal) 2458 7%増量
米 48%減量
小麦 31%増量
畜産物 4.6倍増量
油脂類 3.2倍増量

合計供給熱量は変わらず

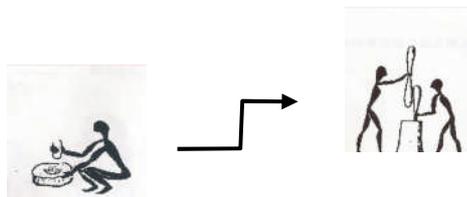
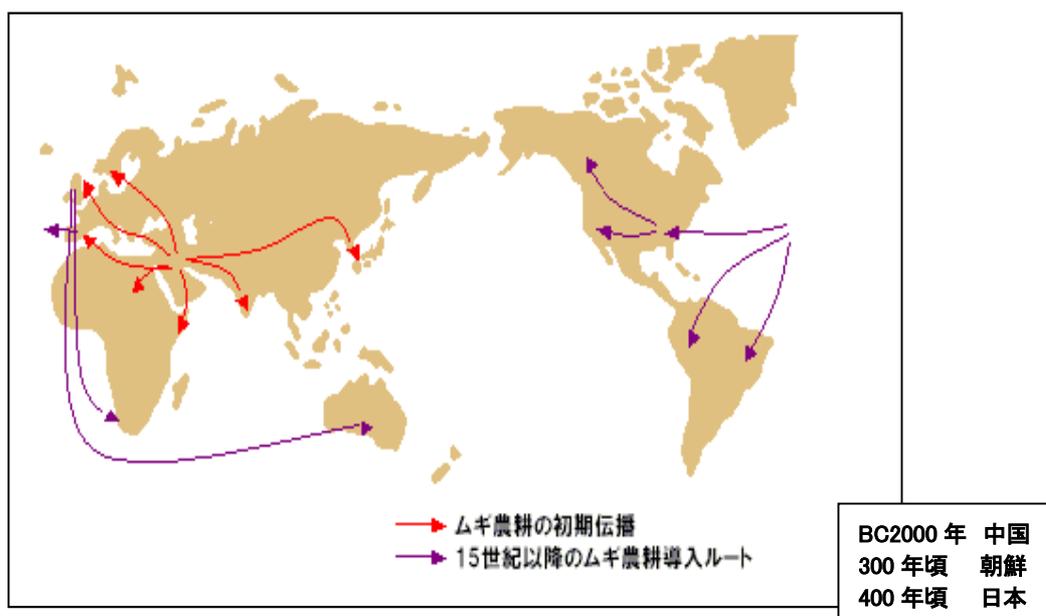
2. 小麦の農耕伝播

小麦の原産地は、西アジアといわれています。小麦の栽培が始まったのが、**1万年以上前**である。旧石器時代(人類は、牧畜や農耕をまったく知らなかったころ。)は、採集・狩猟により、食糧が、賅っていたが、人口の増加により、今まで鳥しか食べていなかった草の実を食べないと、生きて行けなくなってしまうのです。野生の生物を追いかけて食糧を捕る不安定生活から、ある場所に安住して農耕や牧畜によって安定して食糧を得る生活に移行していったわけです。

小麦は、平地だけでなく、高地でも暑い所でも、寒い所でもとれています。順応性のある穀物と言えるでしょう。なぜ、小麦なのか、①栽培するのに労力が少ない②収穫と貯蔵が容易③栄養価が高い④味が良く食品のバラエティが豊富 この様な点が人類に評価されて、各地で栽培されるようになったのでしょアジア原産、中央アジアでは、麦が、どのように、食べられていたかという、大麦も小麦も区別なく食べられていた様です。

ところが、土器が使われ始めた紀元前 6500 年ごろになると、大麦の方が選ばれて栽培される様になっていった。バビロニアでは、全ての階層で主食として、食べられていました。

土器がつくれ、煮ることができることになり、煮て「おかゆ」にして食べるには、粒状で収穫できる大麦の方が適していた。大麦の方が、収穫が多く、皮部が白で粗挽きすれば、とれ易かったのです。



出展: インターネット

小麦の科学 長尾精一著 朝倉書店

*** 小麦の名前の由来 ***

麦には、大麦と小麦があるが、漢字圏に最初に伝播したのが、「オオムギ」です。
麦の前の漢字は、「大」 = 本物・品質の良いもの・用途範囲の広いもの、
「小」 = 代用品・品格の劣るものという意味があります。形状の大小ではありません。

‘豆’でいうと

大豆(ダイズ)

豆の代表格は現在も大豆である

小豆(シロウズ、アズキ)

漢字圏に伝来当時、容易に脱穀し粒のまま飯・粥として食べることが出来た「オオムギ」を上質と考えていた。

主食の「大麦」は、タンニン系の渋みあり、粉にして水で捏ね焼いても美味しものにならなかった。
小麦を粉にして、使った方が美味しいものが作れ、いろいろな食べ方が出来ることが分かってから、位置が逆転した。

* 素材として、小麦を使うことによって、細かく砕く粉碎という技術と皮を分離するという技術の開発が数千年に掛けて行われていった。

出展:Wikipedia より 一部加工

3. 製粉機の歴史 — 紀元前 —

(1) サドルカーンで粉を挽く女性



紀元前3000年頃 古代エジプト王の墳墓より
～人の体の往復運動による～

エジプトで発酵パンが偶然焼かれた → 小麦の普及に弾み

◎人口増に対応：ピラミッドを作った古代文明を支えた、製粉の原理の確立

サドル： 鞍の事

カーン： 石臼

篩分け



出展：小麦の科学 長尾精一著 朝倉書店
絵 インターネット

紀元前3000年ごろの古代エジプト王の墳墓の中から副葬品として、有名なサドルカーンで粉を挽く女性の像が発見された。また墳墓の壁画には、粉を挽く道具と工程が描かれていた。サドルは鞍の事、鞍の形をした1mもある石のお皿である。カーンは石臼のことです。像の様に、サドルカーンの上に膝をついて座り、全体の3分の2位の所に小麦を載せて、細長い棒状の石を両手で握って体重を掛けながら前後運動を繰り返す。座った所の手前の方が、鞍の形の高くなっていて小麦に体重を掛けやすく、すり潰してゆくと、手前にすり潰しが残し、向こうの先に挽いた粉がたまる。小麦は、外皮が非常に固く、胚乳の部分が、皮にピッタリを密着にしている為柔らかな胚乳の部分をそのまま採りだせない構造になっている。小麦に水を加えて暫くすると水分が中まで浸透して、胚乳の部分は、柔らかくなり皮の部分は、水を吸って強靱になり「グニャッと」して砕けにくくなり粗い皮の状態を取り出せるようになった。（今も昔も同じ方法です。）小麦に水を加えるなど、小麦粉を作る工程は、道具は進化したが基本の工程は既にこのころに完成していた。エジプト文明を支えたのは、小麦粉を大量に生産できたサドルカーンがあったからである。

この頃、エジプトで小麦粉を使うようになり、粉と水を加えた生地を放置しておいたらこの生地が膨らみ、腐った様になった。これを、たまたま窯で焼いたら今まで以上に香ばしく、美味しい物ができあがった。これが「発酵パン」の始まりで、エジプトがパン発祥の地です。たまたま、生地に空気中の細菌や生地に混じった野生酵母による偶然の産物であったが、彼らは非常に驚き神からの贈り物と信じた。

パンが出来て、小麦の持つ生地を膨らませる特性によって、さらに大麦より小麦へと穀物の主役の交代が決定的になった。やがて、パンの生地をちぎって水に入れた、発酵させビールを作ることも覚えた。

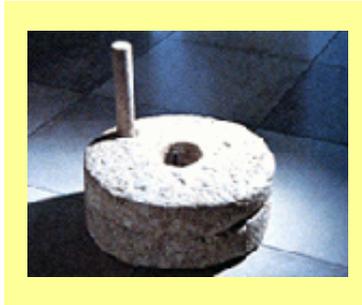
その後、ビールは他の材料から作られる様になって、生地は使わなくなった。

(2)石臼による製粉からロール製粉へ

ロータリーカーン(回転式石臼)

～回転運動による製粉～

紀元前6～8世紀に出現(西アジア)



出展 ・小麦粉 ―その原料と加工品―
改訂第四版 日本麦類研究会
・小麦の科学 長尾 精一著 朝倉書店
・絵 インターネット

ローマ時代の大型化したロータリーカーン

(古代都市 ポンペイの遺跡) 紀元79年



◎史上最初の工業製粉業

専門の職業として、工場が作られて
大量生産されていた

◎製粉発展の歴史

畜力
↓
水力
↓
風力
↓
蒸気

- | | | |
|-----------------------|-------|----------|
| ①『水車』の活用 | 紀元1世紀 | |
| ②『風車』の活用 | 11世紀 | |
| ③『段階式製粉(数個の石臼で徐々に粉碎)』 | 17世紀 | フランス |
| ④『蒸気機関』の利用 | 18世紀 | イギリス |
| ⑤『ロール式製粉』の実用化 | 19世紀 | 大量生産が可能 |
| ⑥『ピュリファイヤー(純化機)』の採用 | 19世紀 | 格段に品質が向上 |

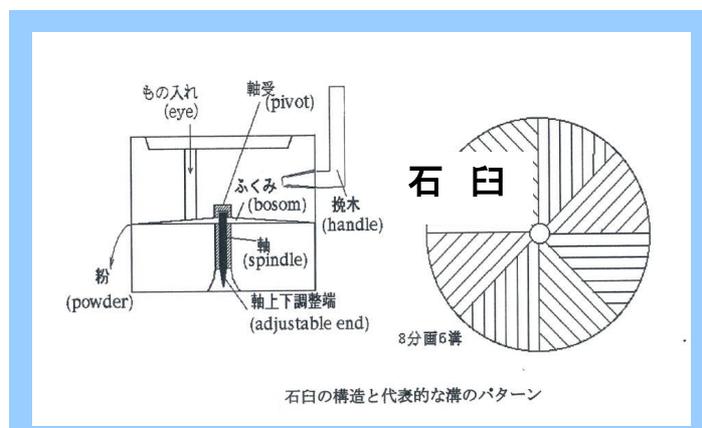
ロータリーカーンの動力が変わってくる

サドルカーン(前項)はその後改良、工夫がくわえられていった。しかしながら、沢山の粉を簡単に挽ける様になったのは、新たな発明が成された事によります。それは、平らな石の上を擦っていた石を回転させて粉を挽く方法が考えられる様になった。紀元前6～8世紀西アジア、今のトルコあたりに存在した古代王国ウラルトゥの遺跡から手で回転しながら粉を挽く、世界最古の回転式石臼が発見された。回転式石臼の事を「ロータリーカーン」と呼ぶ。これは、画期的な大発明で円形の二つ石を上下に重ね、中心の軸の周りに回転させれば良いという「回転運動」の考え方の発見から生まれたものです。サドルカーンの直線の往復運動から、無限の流れ作業が可能となる回転運動による粉碎が可能となった。

この石臼はその後、東や西と伝播したと考えられる、小麦を主食とするすべての文明にとって、粉碎は文明維持の為、不可欠な技術であった。人類はサドルカーンからロータリーカーンに至るまで2000年以上の年月かかったことになる。

小麦を粉碎する作業は、もともと家族でやっていたのですが、ローマ時代になると専門の職業となって大量に作られる様になった。製粉業は史上最初の工業であった。イタリアの南部ベスビオ火山の紀元79年8月24日の噴火で埋もれたポンペイの遺跡から大型化したロータリーカーンが発掘された。当時は粉挽きとパン焼き設備が同じ所にあるのが普通で、此の遺跡でも動物を使って動かしていたと思われる大きな石臼とパン焼きのオーブンが同じ部屋に置かれていた。(上記右写真参照)

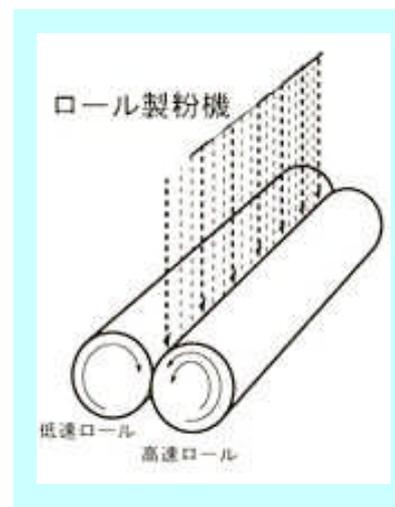
(3) 石臼からロール製粉機による粉質の変化



◎上臼の回転
で挽く



篩



◎ロールの**速度差**により挽く

出展・小麦の科学 長尾 精一著 朝倉書店
・#162新着情報 木下製粉株式会社
絵 インターネット

	石臼	ロール
処理能力	少ない	大きい
挽く接点	面	点
挽く時間	長い	短い
表皮	細かく粉砕	分離し易い
篩の網	表皮が通貨	表皮が残る
粉質	くすんだ粉	白く鮮やか
食感	麩の味、黒く、ぼそぼそ	小麦本来の味、淡黄色、つるつる

石臼からロール製粉に替わっていった大きな理由は処理量の違いが大きかった。同じ量の粉を作るとすれば、ロール製粉機1台にたいして何十台もの石臼が必要になります。

石臼は図の様に、下臼を固定し、上臼を回転させ「挽く」作業させて中に落ちた小麦を引き裂かします。なかの胚乳の部分が露出するので、それを篩って小麦粉とします。

石臼の中心に落ちた小麦は落ちた直後に挽かれたあとも、最終的に外に出されるまでずっと挽かれ続けます。この結果、表皮の皮が著しく細かくなって、篩っても篩いの目を通り抜けて小麦粉に入ってしまいます。皮部の部分が入って、くすんだ粉になってしまいます。

ロール機による挽砕は内側に回転している一対の円筒状のロールに小麦が落ちて挽かれます。大事な事は、ロールの速さが違う事です。手前が早く、後方が遅いのです。もしも、同じ速度で回転していれば、ただ薄くなるだけで、「挽く」という動作は発生しません。

石臼では、小麦は「面」で接し続けるのに対してロール挽砕では、「点」で接するだけです。それだけ、小麦が受ける機械的ダメージが少ないと言えるでしょう。小麦粉に表皮の部分が少しでも入ると、麺にしても小麦粉本来の味と淡黄色の鮮やかつるつるとしてのど越し良い麺にはならず、くすんだ色のぼそぼそとした麺になるし、パンにしても黒くくすんだばさつくパンになります。それ程、表皮の排除は重要なことなのです。