

小麦と小麦粉の科学

- 1 7. 小麦粉の物性的・化学的測定機器
 - (1) ファリノグラフ
 - (2) アミノグラフ
 - (3) エキステンソグラフ
- 1 8. 小麦粉の加工適性と用途

連載終えて

参考文献
青春

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
N. O. B. フード・テック 代表
高橋明弘

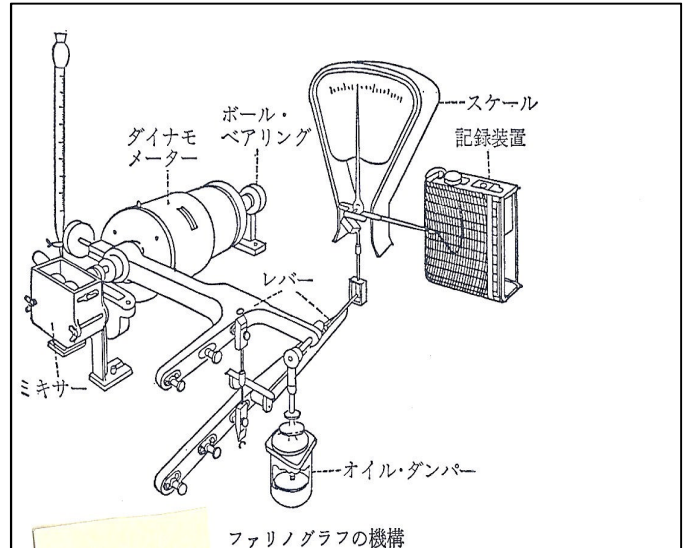
17. 1 小麦粉の物性的・化学的測定機器

(1) ファリノグラフ

小麦粉は水とこねて生地の状態加工する事が多いので、生地の性状は加工操作や製品の品質に大きな影響を及ぼす。生地の状況には、骨格をなすグルテンや量的に多い成分のデンプン、脂肪、無機質の諸成分の量と質、さらに酵素、酸化還元などが関係しており、複雑である。生地の物理的特性を機械的に測定、数値で評価する方法で世界的にも、一番広く普及しているのが、ファリノグラフである。

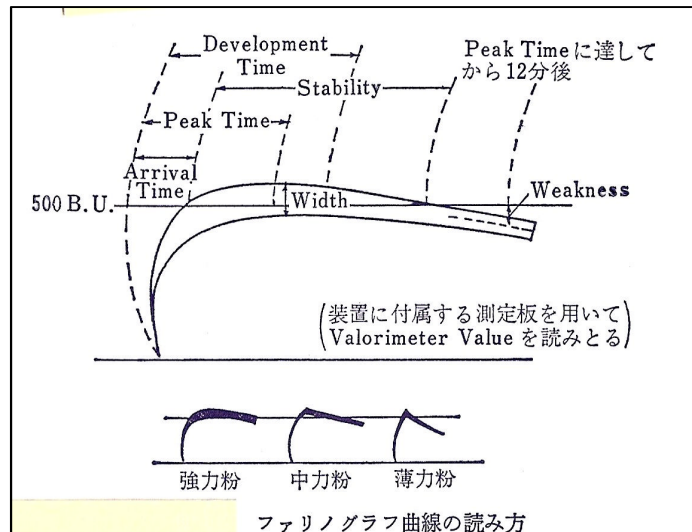
ファリノグラフは小麦粉を水と捏ねるミキサーを同期モーターで回転し、ミキサーに加わる抵抗を測定して、グラフに自動記録する装置である。

小麦粉を一定の硬さになるように捏ね上げ、さらにこね続ける時の硬さの変化を測定する。この結果から、強力粉や薄力粉などの粉のタイプ、また一定の硬さにするために必要な水の量から粉の吸水率が分かり、時間経過による持続耐性もする事ができる。



装置のミキサーに小麦粉50g (2種類のミキサーがあり、300g入りもある) を入れ備え付けのビューレットから水を加え、カーブの中心線が500BU (この装置を開発したブラベンダー社で創案した単位) になる様に水量を調整する。一度でうまくいかない場合には、水量を変えて何回か繰り返し測定する。図中にピークタイム

(Peak Time) とディベロップメントタイム (Development Time) があり、500BUのピークが出てから最高のBUが続く場合に、ピークタイムはその中間点までを読み、ディベロップメントタイムはカーブが落ち始める点までを読む。装置のカーブの図はピークが現れてから12分間以上継続してとる。測定した数値を一つ一つ表すのは面倒なので、カーブを総合的に表せる様に考えられた読み取り板が付いている。この読み取り板で測定された値がバリメーター値 (Valorimeter Value、略してV. V.) で強力粉は70以上、薄力粉で30以下というのが大体の目安である。



(2) アミノグラフ

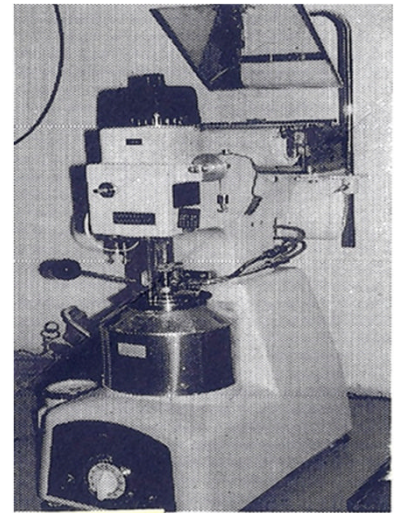
小麦粉中の主要成分であるデンプンの化学的な性状を調べるのが、アミノグラフである。小麦粉デンプンの糊化性状や酵素活性、 α -アミラーゼ活性をみる。

小麦粉中の主要成分であるデンプン化学的な性状を調べるのが、アミノグラフである。

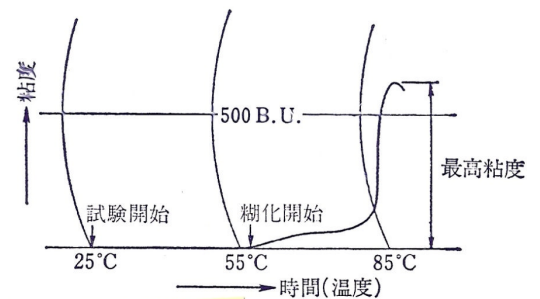
小麦粉デンプンの糊化性状や酵素活性、 α -アミラーゼ活性をみる。図のブラベンダー社製の記録粘度計が一般に用いられる。小麦粉65gに水450mlを加えて攪拌してつくった懸濁液をボウルに入れ、攪拌しながら温度を25℃から1分間に1.5℃ずつ上げていき、粘度変化を自記する。この試験で得られる粘度曲線をアミノグラムといい、糊化開始温度、最高粘度とその時の温度を読む取る。粘度の数値は、これまたBU（装置を開発した機械メーカー、ブラメンダー社が設定した単位）で表せる。この液体がネバネバ、するかサラットするか、粘度の高低は、デンプンの性質と α -アミラーゼの活性の具合で決まる。

収穫前に降雨にあった小麦は、発芽が見られこれを挽いた小麦粉は、酵素活性が大変強く、デンプンが分解されてしまいます。ケーキを製造する際、通常はドロドロした粘性の強い生地（バター）が、サラサラした生地になってしまいます。これを焼成したスポンジ台は、ポリュウムのない貧相なものになってしまう。小麦粉中のタンパク質はグルテンに成って、焼成時に建物の鉄筋の様な働きしますが、デンプンは通常ですと、加熱され水を吸収して α 化し、丁度鉄筋に対するセメントの役目をして硬くなります。これが、ポリュウムのある本来のスポンジ台です。酵素活性の強い小麦粉ですと、デンプンが分解されてしまい、本来のデンプンの特性が失われデンプンでは無くなってしまいます。 α 化しなくなり、セメントの役割を果たさなくなるため貧相なスポンジ台と成ってしまいます。

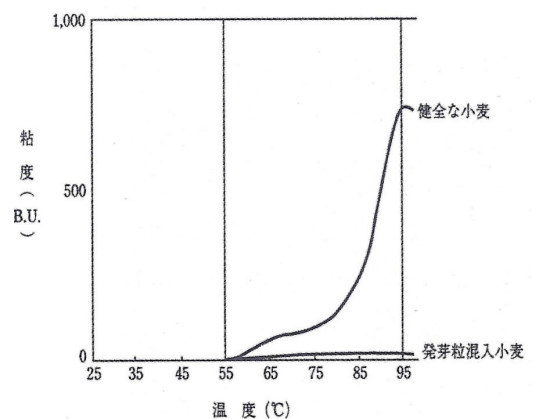
健全な小麦からの小麦粉では、大抵は600~1100BUの範囲です。麺では、高粘度の小麦粉は、うどんに「もちり感」をだす傾向があります。



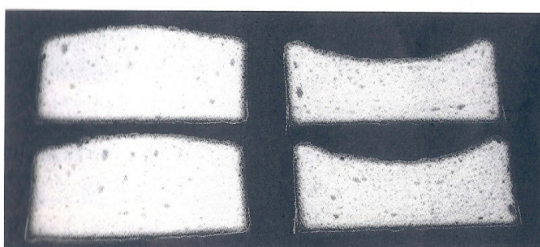
アミノグラフ



アミノグラム



健全な小麦と発芽粒混入小麦のアミノグラフ粘度曲線



健全粒のみの場合

発芽粒が混ざっている場合

(3) エキステンソグラフ

◎エキステンソグラフの目的

- ①「あし」と「こし」の強さがわかる
- ②経時変化がわかる 工程管理の参考
- ③小麦粉中の酵素、酸化還元の影響を把握

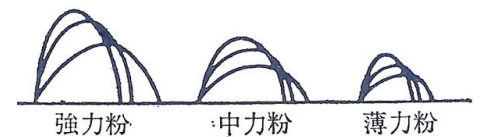
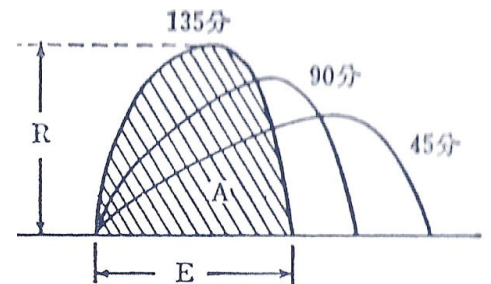
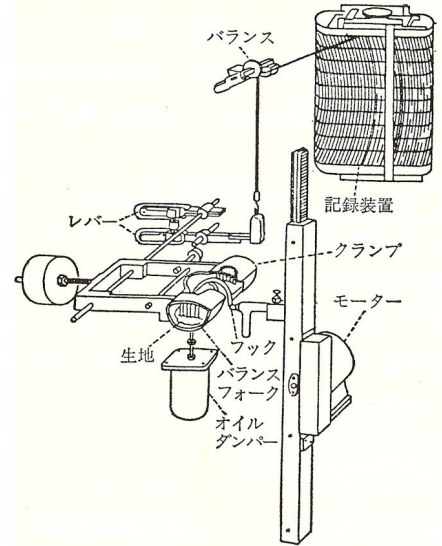
同じブラベンダー社製のエキステンソグラフは、ファリノグラフのミキサーで捏ねた生地を一定時間ねかせたものについて、伸長度や伸長抵抗の大きさとバランスを測定し、自記する装置です。生地のいわゆる「あし」、「こし」の強さの状態と、それらの経時的変化を測定できるので、製パンでの発酵工程管理の基準作りの一資料として使える。

経時的な要素が分かるので、小麦粉中の酵素や、酸化還元の影響をファリノグラフより詳しく調べることができる。グルテンに作用するタンパク質分解酵素が強い場合や、多量のSH化合物などにより、生地がだれる場合は曲線のカーブの高さが低く、幅が長くなり酸化剤を加えると逆の傾向になる。

ファリノグラフのミキサーで出来た生地を装置内の30℃の恒温箱に入れ、45分間ねかせた後に棒状の生地の中央にフックをかけて引っ張り試験を行う。カーブには、切れるまでの時間が幅となり、このときの生地が示す抵抗の強さが高さとして表れる。1回目のカーブをとり、再成形して恒温箱にいれ、さらに45分後の2回目のカーブをとり、もう一度この操作を繰り返して、3回目135分後のカーブをとります。カーブの代表数値は、最後の3回目のものを使います。

強力粉は薄力粉より、**A** (面積)、**R** (伸長抵抗)、及び**E** (伸長度) が大きい。**R** が大きく、回数が増える程、**R** の増加が大きいもの程、生地の取り扱いが容易であり、パン用に適している。**R/E** は小さいほど生地がだれる傾向を示す。図には、強力粉、中力粉、薄力粉の典型的な曲線を示している。

近年、測定装置による差が大きい事もあり、使われる事が少なくなっている。



A: Area
R: Resistance (または F: Force)
E: Extensibility

エキステンソグラフ曲線の読み方

18. 小麦粉の加工適性と用途

水と加熱による変化（タンパク質とデンプン）

それぞれの民族には、生活の中でさまざまな調理を育む食文化があります。特に小麦粉は多くの国の主要穀物であることから、民族色豊かな多くの調理の形が生活の中で生きています。使われる食材料や調味料・香辛料などによって、全くことなる食品になりますが調理科学的には共通点が多い。一般的に小麦粉に水を加えて混合する事によってグルテンが形成され、粘弾性のある生地が得られる。この性質を利用して、包む、伸ばすなどの調理作用を行い、その後加熱してデンプンを消化しやすい糊化させる調理方法がほとんどである。

1. 生地になる。Dough（どう）

①発酵生地の加水

食パンの発酵生地をつくるには、小麦粉は強力粉で加水量は小麦粉100に対して60%以上の水を加えて良く捏ねると弾力のある生地、Dough（どう）となる。日本語では、小麦粉の混合物を全て生地と表すが、英語では硬い生地はDough（どう）と言う。パン生地の場合、ただ混ぜるのではなく、混捏（こんねつ）する事、すなわちミキサーの中で捏ねる、具体的にはミキサー棒で生地を叩きつける作業が大切である。そうする事で、充分しっかりしたグルテンを形成することが出来ます。

一番シンプルなパンは、バケットなどのフランスパンで、中力の小麦粉、水、イースト、塩だけで作ることができる。

パンの生産に携わる人は、誰もが作る製品の配合を小麦粉100%に対して、他の原料が何%とかであるかで表す。これを、ベーカーズ・パーセントと言う。例えば、バケットの場合、フランスパン用中力粉100%、水64%、ドライイースト0.6%、塩2.0%で表し、小麦粉1kgから何個の製品ができるかを把握している。

②未発酵生地の加水

うどんを作る際、発酵工程をとらず製品にしてゆく。この際使う小麦粉は中力粉で加水量は、30%~35%位で、水を加えてミキシングして、固まらずソロボ状になっています。麺をつくる際にも、グルテンが必要になりますが、それは圧延工程で形成されていきます。

2. バッターになる。Batter (バター)

小麦粉調理食品の中に、グルテンの形成を出来るだけ抑制した方が、美味しく出来上がる製品がある。使う小麦粉は、タンパク量が少なくグルテン形成も小さい薄力粉が使われ、加水量は100～250%位と多い。流動性のある生地で、硬い生地の「ドウ」に対して「バター」という。バター調整後は、薄く焼いたり、型に入れて焼くなどして仕上げる。製品は柔らかく、口の中に入れても直ぐ崩れて溶ける様なテクスチャーになる。

これは、グルテンが形成されていないから得られるテクスチャーである。もし、小麦粉が中力粉、強力粉ですと、口に入れても溶けないし、噛み切るのに大変で不味い物に成ってしまいます。

-ケーキに使われる小麦粉では、発酵生地（ドウ）で重要な働きをするタンパク（グルテン）と違って、小麦粉中のデンプンの特性が美味しいケーキ作りに欠かせないのである。バターと成った生地の中には、沢山の気泡を含んでおり、熱が加わると気泡は膨張して良く膨らみ、同時に小麦粉のデンプンも糊化して気泡はオーブンの中で大きくなる。加熱によってデンプンが水を吸って膨張する速度は、生地の粘度と安定性に影響する。焼成が進むと、生地は気泡のあるバターから、隙間がたくさんある固形に変わっていく。この中で、デンプンの吸水状態がケーキの性状を左右する。小麦粉のデンプンは、小麦粉のタンパク質や砂糖などと加熱中に水を奪いあう。小麦粉デンプンが糊化に必要な水を確保出来ないと、良い構造のケーキにならない。小麦粉デンプンの加熱、糊化中の伸びと安定性が気泡を包んで大きな体積を付与するのである。ジャガイモ、サツマイモ、米のデンプンでは、体積がでないし、食感もネチャついたりパサつく食感で乾きも早い。糊化したデンプンが気泡を外側から包み込んでセメントの様に保護しているが、これだけでは潰れやすい。糊化の過程で、小麦粉のタンパク質は熱変性し硬化する、糊化したデンプン粒子の間であって、丁度、鉄筋の様に気泡を守ってくれるのである。ただ、重要なのは、小麦粉を合わせる時必要以上に捏ね過ぎるとグルテンがしっかり形成され、鉄筋が強過ぎて、気泡の膨張が妨げられる事になり、体積の小さい、重いケーキになる。逆に小麦粉中のタンパク質が少な過ぎたり、極端に弱いと鉄筋が必要な強さにならないで、気泡が膨張し過ぎ、オーブンから出た後にケーキが収縮する事になる。

代表的なケーキの基本配合を表にした。

	カステラ	スポンジケーキ	バターケーキ	シュー皮
小麦粉	100	100	100	100
バターorサラダ油		(80～100)	60～100	90
鶏卵	220	100	100	250
砂糖	200	150	100	
水飴	45			
膨剤			1	
水	適宜	適宜	適宜	100以上・適宜

表- ケーキ類の基本配合

3. 各種のバター

④シュー皮

シューとは、フランス語でキャベツの意味があり、シュークリームの外皮の形からその名がつけられたようです。シュー皮の材料は、小麦粉、水、卵、バター（油脂）で、ケーキの基本配合にある様に、粉に対して鶏卵が多いことと材料として水を多量にバター生地のに使うところにあります。菓子ではあるが、その製法は独特のものです。大きく、第一段はバター生地を作る工程、第二段はこの生地をオーブンで焼く工程です。

第一段

a. 水とバター（油脂）を火にかけて沸騰させる。

鍋に水とバターを入れて加熱し沸騰させる。100℃にすることが大切です

b. 小麦粉を混ぜ込む。

鍋が沸騰したら、素早く事前に篩っておいた小麦粉を加えて、混ぜる。温度の高い状態で小麦粉中のデンプンを糊化（α化）させます。ここで、油脂を均一に分散させることと粘りを出させることが次の工程で重要になります。

第二段

シュー生地が出来上がったたら、糊化（α化）したままの暖かい状態で絞りだして焼成しないと良いシュー皮になりません。シュー皮の製造は、原理は簡単でも、実際の温度の管理は微妙で、小麦粉を使うケーキ類では、最もコツのいるものの一つです。生地焼成時、生地の水分の蒸発により、高まる水蒸気圧に負けることなく、よくのび、内部に水蒸気を抱えたまま膨れ、熱で固まります。粘りが適度にあるので、皮の厚みを維持しながら膨らみ、外側が固まって冷えても中の空洞が小さくならない独特な盛り上がった形が作られます。

4. ルーになる

ルーはバター（油脂）と小麦粉を弱火で炒めたもので、ルーに牛乳やブイヨンを入れて加熱したソースやスープを作る際の「とろみ」をつける為に用いられる。油脂と小麦粉の比率では均一に分散させることが、大切に小麦粉は事前に篩で振っておくとダマになりにくい。油脂の種類によりますが、バターでは

バター：小麦粉＝1：1 が操作しやすく、サラダ油使用では
サラダ油：小麦粉＝1：5 の方が油脂の分離がなく良好事です。

使われる小麦粉で「とろみ」のもとになる粘りでは、パン、麺類の捏（こね）て出てくるタンパク質由来のグルテンによる粘りと、糊のような粘着力のあるデンプンによる粘りがあります。ルーを作るときには、小麦粉を油で炒めるため、加水して捏ねて出てくる小麦粉特有のグルテンの粘りは出ません。粘り加減を左右するのは、デンプンの量となります。従って、使われる小麦粉は、タンパク量が少なく、デンプン量の多い薄力粉となります。一般的にはルーの製造には、中力粉、強力粉は使われない。小麦粉と油脂の混合物は、加熱開始時にはぼそぼそした状態であるが、90℃位から泡立ち、100℃をすぎと激しく泡立ち、120℃～130℃程度まで温度が上昇すると泡立ちが収まり、流動性を帯びて好ましい芳香が感じられるようになる、これがホワイトルーです。これに、牛乳を加えて煮詰めたものが、ホワイトソース（ベシャメルソース）です。

100℃までの加熱では、どうしても小麦粉の生ぼさが残るので、かなりの高温まで加熱する。さらに加熱を続けると140℃位から色着き初め、170℃以上になると香ばしいブラウンルーとなる。これは、デミグラスソースのベースになるものです。

5. 糊になる

小麦粉の末子（灰分が2%以上ある最低の等級で使い道がない）が使われ、5から20倍の水を加えて、かき混ぜるとバターより粘りがなく、薄くサラッとしたものになり、加熱すると薄い糊になる。合板の製造では、尿素樹脂などの樹脂に小麦粉(末子)を加え、混ぜてどろどろの状態にした糊を使う。薄く平らに切った板の間にローラーを使ってこの糊を平均的に塗布し積み合わせて加熱して接着する。末子を混ぜると、糊がちょうど良い粘り具合になり、程より厚みに薄く広げて塗ることができる。

連載を終えて

「小麦と小麦粉の科学」は、日本大学生物資源科学部食品生命学科（旧食品科学工学科）3年生向け、選択科目講義「食品創造開発論」

で使用した内容を詳細に記述したものです。「食品創造開発論」は、株式会社中村屋で研究開発・菓子生産の担当取締役をしていた時に、私が

名称は変わったが1期生（食品工学科）でしたので、是非後輩の為に新しい食品加工の技術について講座（当初は新食品工業技術論としての講座）

を受け持って欲しいと依頼されて創設された講座です。合格可否のテストを含めて、90分の講義を6か月で、13回講義しなければならず、サラリーマン

では、不可能でした。当時の学科担当の鈴木主任教授から、全て私に任せるから、何とかして欲しいとの事でしたので、友人、後輩から5人を選び

各人得意な分野で、90分を2回講義して貰う事にした分けです。日本の食生活に欠かせない商品の加工技術として、乳製品加工、製パン加工、

食肉加工、大豆・豆腐加工、麺製品加工、5つ分野で現役で活躍している優秀な方々に講義をして頂きました。初め、業務が多忙で私は、最初の講義の時の

挨拶だけでしたが、顧問になってから、講義時間が不足していた製パン、製麺の加工で原料となる小麦粉について、講義を受け持つ事に致しました。

今回掲載された「小麦と小麦粉の科学」は、スライドで90分講義した内容を、一コマごとに分かり易く説明したものです。化学的な説明も高校で化学

を学ばなかった人にも理解できる様に記述したつもりです。

小麦粉は、私達の食生活で無くてはならない重要な食品原材料です。パン、めん、菓子の食品に加工されるだけでなく、天ぷらなどの料理の材料にも

なります。なぜ小麦を挽いた小麦粉は多くの食品に使われるようになったのであろうか。米、大麦、ライ麦、ソバ、豆などと何が違うのであろうか。

いろいろと疑問が生じます。小麦粉が持っているが他の穀物にはない特性とは、皆さんに今回の連載で充分ご理解頂けたと思っております。

この連載が、食品に興味を持たれてる方の少しでもお役にたったならば幸いです。

今回の連載に関して、たまたま講義に使ったスライドを見て躊躇する私の背中を強く押してこの機会を設けて頂いた、アーゼロンの高橋社長に感謝致します。

さらに、原稿の細かく校正する労をとって励まして下さった梶川智子さんに感謝いたします。

平成30年5月20日

高橋 明弘

参考文献

1. 日本麦類研究会 『小麦粉』 改訂第四版 (有) ユニ・アート 2007
2. 長尾精一著 『小麦の科学』 第6刷 朝倉書店、 2006年
3. 鴨居郁三監修 『食品工業技術概説』 恒星社厚生閣 2007
4. 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
5. E. J. Pyler, 『Baking Science & Technology』 Siebel Publishing Co. 1973
6. 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
7. 河田昌子著 『お菓子「こつ」の科学』 柴田書店 1987
8. 森 雅央・他著 『新編 日本食品事典』 医歯薬出版 1982
9. 渡辺長男著 『菓子の科学』 同文書院 1980
10. 宮内昭・他著 『菓子の実際知識』 東洋経済新報社 1983
11. 藤山諭吉著 『製パン原料』 日本パン技術研究所 1980
12. 藤山諭吉著 『製パン理論と実際』 日本パン技術研究所 1980
13. 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
14. 資料『麦の需給に関する見通し』 農林水産省 2012
15. 桜井芳人・他著 『食料工業』 恒星社厚生閣版 1962
16. 資料 『国内産麦をめぐる状況』 総合食料局 2009
17. 木下製粉 『新着情報バックナンバー』 2004~2012
18. 製粉協会 『国内産小麦の品質評価』 製品協会技術委員会 2012
19. 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

青春

作 Samuel Ullman
訳 岡田義夫

青春とは人生のある期間を言うのではなく、**心の様相**を言うのだ。

優れた創造力、逞^{たくま}しき意志、燃ゆる情熱、怯懦^{きょうだ しりぞ}を却ける勇猛心、安易をふり捨てる冒險心、こう言う様相を青春と言うのだ。年を重ねただけで人は老いない。

理想を失うときに初めて老いが来る。

歳月は皮膚のしわを増すが、情熱を失う時に精神はしぼむ。

苦悶^{こぎ}や狐疑^{あたか}や、不安、恐怖、失望、こう言うものこそ恰も長年月の如く人を老いさせ、精気ある魂をも芥^{あくた}に帰せしめてしまう。

年は70であろうと、16であろうと、その胸中に抱き得るものは何か。いわく「驚異への愛慕心」。

空にきらめく星^{せいしん}辰、その輝きにも似たる事物や思想に対する欽^{きんぎょう}仰、事に処する剛毅な挑戦、小児の如く求めて止まぬ探求心、人生への歓喜と興味。

人は信念と共に若く 疑惑と共に老ゆる。

人は自信と共に若く 恐怖と共に老ゆる。

希望ある限り若く 失望と共に老い朽ちる。

大地より、神より、人より、「美と喜悅」「勇氣と壮大」「精力」の靈感を受けている限り、人の若さは失われな

い。これらの靈感が絶え、悲嘆の白雪が人の心の奥までも蔽^{おほ}いつくし、皮肉の厚^{あつごおり}氷がこれを堅くとざすに至れば、この時こそ人は全く老いて、神の憐れみを乞うる他はなくなる。

1. 企業の中で、充実した楽しい人生を過ごすために

～ どのような心掛けが、大切なのであろうか～

- ①志を持つこと。
- ②積極的な心をもつこと。
- ③与えられた仕事についての知識・技能について、
誰にも負けないという継続的な努力をすること。
- ④自分自身を励まし続けること。
- ⑤明るく立ち振る舞うこと。

*①～⑤を実行すれば、仕事を通し中から、小さいけれどもたくさんの感激や感動があなたの心を包み、それが皆さん方への生きがい、働き甲斐へと導いて、充実した生活ができるでしょう。

2. 企業で評価される人

- ①問題解決の提案でき、具体策を示せる。
- ②組織を活性化させ、リーダーシップを発揮できる。
- ③誠実で、優れた人間関係力を持つ。～人望がある～