

S-25

佐 賀 大 学

農 学 彙 報

第 29 号

目 次

バインダ部品故障の Weibull 分布への適用について藤木 徳実・肥後 隆明・田中栄三郎	1
食用タール色素によるタンパク質分解酵素 (pepsin, tripsin) の分解力低下榎木 則行・井上 芳昌・内田 泰	9
土壌線虫調査覚書 その2横尾多美男	15
農業用水計画への電子計算機の応用——緑川地区用水計画例——田中 宏平・武上成比古・国武 昌人	29
圃場におけるコーン支持力、含水比および密度の相関関係について生島 芳雄・中島 明	59

佐 賀 大 学 農 学 部

昭和 45 年 3 月

昭和45年3月20日 印刷
昭和45年3月25日 発行

編集兼 佐賀大学農学部
発行者

印刷者 増 田 訓 清

印刷所 大学印刷株式会社
広島市十日市町2丁目3番23号
電話広島31—4231 (代表)

佐賀大学農学集報投稿規定

1. 本誌には佐賀大学農学部教官により行われた原著研究論文を掲載する。共著の場合は、本学教官以外を含むも差支えない。
2. 投稿に際しては次の事項を記した所定の投稿表をそえること。
 - ① 表題および氏名
 - ② 原稿が英文の場合は和文表題を明記
 - ③ 本文、図表および写真の各枚数
 - ④ 贈呈部数以外の別刷希望部数
 - ⑤ 図表および写真について、折込 アート紙使用、カラー印刷を希望する場合は備考欄に明記する。
3. 和文原稿は必ず横書 400 字詰 A 4 版原稿用紙を用い、記述は表題、著者名、研究室名（以上は和英両文）、Summary、本文、摘要、文献の順とする。文章は新かなづかいによる。なお、句読点、カッコは一面を与え、ハイフンは区画内に書き、数字、英字は二画当たり 3 字とする。
4. 英文原稿は必ずタイプライターで厚手のタイプ用紙を用い、ダブルペースで打つ。記述は表題、著者名、研究室名、本文、摘要、謝辞、文献の順とする。
5. 表題および著者名の英字書体は次の通りとする。
 - a) 表題は、冠詞、前置詞および接続詞以外の単語は頭文字を大文字とする。副題のある場合は小文字とする。
 - b) 著者名は、名は小文字体、姓はスモールキャピタルとし、その下に赤色で=====をつける。
例 Takeo SAGA:
 =====
6. 印刷に際し、特定の活字書体を希望する場合は原稿中にその旨明示する。
例えばゴシックは赤色で~~~~~を、イタリックは赤色で~~~~~を書き添える。
7. 図および写真は原図を用いる。印刷に当り原寸縮小のとき、横 13cm、縦 19cm 以内になるようにする。そして図および組版の困難な化学式、数式、表などは、直ちに凸版ができるように 2 倍大以上に白紙にていねいに墨書する。写真は原紙にはり各葉には著者名を記入する。
別表、別図の場合はそれらの位置を指定する。図中の記号や文字は鉛筆書とする。また倍率を必要とするものには必ず縮小後の倍率を記載されたい。
8. 別刷（表紙付）は 50 部は贈呈する。それ以上希望する場合およびカラー印刷の場合は各講座費負担とする。また、場合により本刷においても投稿者の講座負担とすることもある。
9. 原稿は、この体裁について編集委員から投稿者に変更または修正を求めることがある。
10. 校正は著者が行なう。その際誤植の訂正にとどめ、文章の修正、内容の変更などは行なわない。

S-25

佐 賀 大 学

農 学 彙 報

第 29 号

目 次

バインダ部品故障の Weibull 分布への適用について藤木 徳実・肥後 隆明・田中栄三郎	1
食用タール色素によるタンパク質分解酵素 (pepsin, tripsin) の分解力低下榎木 則行・井上 芳昌・内田 泰	9
土壌線虫調査覚書 その2横尾多美男	15
農業用水計画への電子計算機の応用——緑川地区用水計画例——田中 宏平・武上成比古・国武 昌人	29
圃場におけるコーン支持力、含水比および密度の相関関係について生島 芳雄・中島 明	59

佐 賀 大 学 農 学 部

昭和 45 年 3 月

AGRICULTURAL BULLETIN

OF

SAGA UNIVERSITY

Contents

Application of Weibull Function to Exchanged Parts of the BinderTokumi FUJIKI, Taka-aki HIGO and Eisaburō TANAKA	1
Influence of Coal-Tar Dyes for Food upon Casein Digestive Action of Pepsin and TrypsinNoriyuki ENOMOTO, Yoshimasa INOUE and Yasushi UCHIDA	9
Soil Nematological Notes II	Tamio YOKOO 15
Application of Digital Computer on Irrigation Scheme —Simulation Program of Water Supply in Midorikawa District—Kōhei TANAKA, Naruhiko TAKAGAMI and Masato KUNITAKE	29
On the Mutual Relation between Bearing Capacity by Cone Penetrometer, Moisture Content and Density of Soil on the FieldYoshio IKUSHIMA and Akira NAKAJIMA	59

Published
by
FACULTY OF AGRICULTURE
SAGA UNIVERSITY
SAGA, JAPAN

バイнда部品故障の Weibull 分布への適用について

藤木 徳実・肥後 隆明・田中栄三郎

(農業機械学教室)

昭和44年11月15日 受理

Application of Weibull Function to Exchanged Parts of the Binder

Tokumi FUJIKI, Taka-aki HIGO and Eisaburō TANAKA

(Laboratory of Agricultural Machinery)

Summary

The binder, developed in Japan of late, need not change the habitual work in harvesting of rice and wheat in Saga district. So binders have much diffused for a few years.

In the summer of 1969, we investigated the exchanged parts of binders and the periods of the damages. To trace the causes of the damages, we adopted Weibull probability diagram. And the following results were obtained.

1. Dulling the reaping edge, damage of the bundling door and break of pick-up tine were suspected as the native lives of the parts. Particularly the bundling door would need to be changed the design because of its short life, we thought.

2. Concerning the knotter bill, the parts exchanges were frequent in the early days, so it was considered that the assembly of the parts went wrong in some cases.

3. The leading chain seemed to break down accidentally.

4. Reliability of the binder, which were made up of these parts, has fallen suddenly in two or three years.

(Received November 15, 1969)

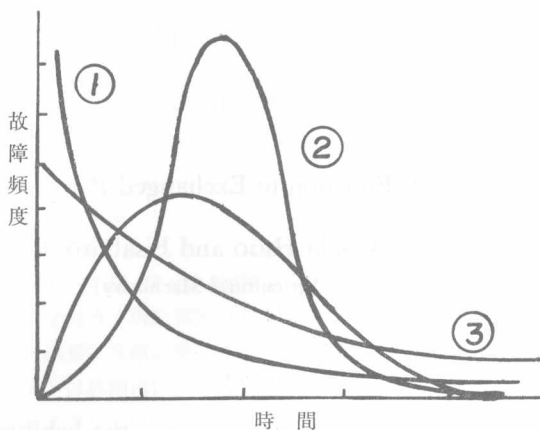
1. Weibull 確率紙

ふだんに見られる機械の故障は、偶然に出現するように考えられているが、なかには起こるべくして起こる故障もあるはずである。すなわち故障の発生を、時間の函数として考えるとき、加工や組立工程に欠陥がある場合は、比較的早期に故障が集中して時間の経過とともに故障は減少しよう。人間でいえば乳児死亡率に対応する。また材質が不適当な場合や強度が不足する場合には、ある一定時間を経過した頃に寿命がつきて、同一故障が集中するであろう。

故障の発生頻度を使用時間の経過から模型的に曲線で表わせれば第1図のように推移すると考えられる。すなわち加工や組立て中の欠陥による初期不良や潜在不良による故障は、図中①のような発生形態をとる。材料強度不足や老化する部品にあっては図中の②のようにある時間に故障率のピークが表われる。また交通事故的な偶発故障は図中③のように、つねに一定の率で発生するであろう。

一般の機械部品ではまず使用開始直後に、不良品や潜在不良品が脱落する。不良品が脱落してしまえばしばらく故障頻度が下がるが、故障頻度が下がっている期間に起るのは、不時に発生する偶発故障である。この期間がしばらく続いたあと、消耗や摩耗、老化等による部品固有の寿命がきて、ふたたび故障頻度が漸増する。このように普通の部品は3段階にわけて考えられ、使用時間の経過につれて、これらの曲線の組合わせとなろう。部品によってはこれらの段階のうちい

くつかを欠くものもある。例えばガラス製品では第3段階の消耗や老化による不良は考えられない等である。



第1図 模型的な故障頻度

第1図の模型的曲線のどれにでも当てはまる式として W. Weibull が提唱した Weibull 分布がある¹⁾。これはある点 (例えば時間 t) までの積分値 (例えば累積故障率 $F(t)$) が次の式で表わされるというのである。

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t^m}{t_0}\right) \dots\dots\dots (1)$$

ここで m は曲線の形を変える変数で、 t_0 は故障発生の時間的因子を示す変数である。時間的变化の遅速を類型化するために時間比を x で表わし

$$\frac{t}{t_0^{1/m}} = x$$

とおくと、(1)式は次のようになる。

$$F(x) = 1 - \exp(-x^m) \dots\dots\dots (2)$$

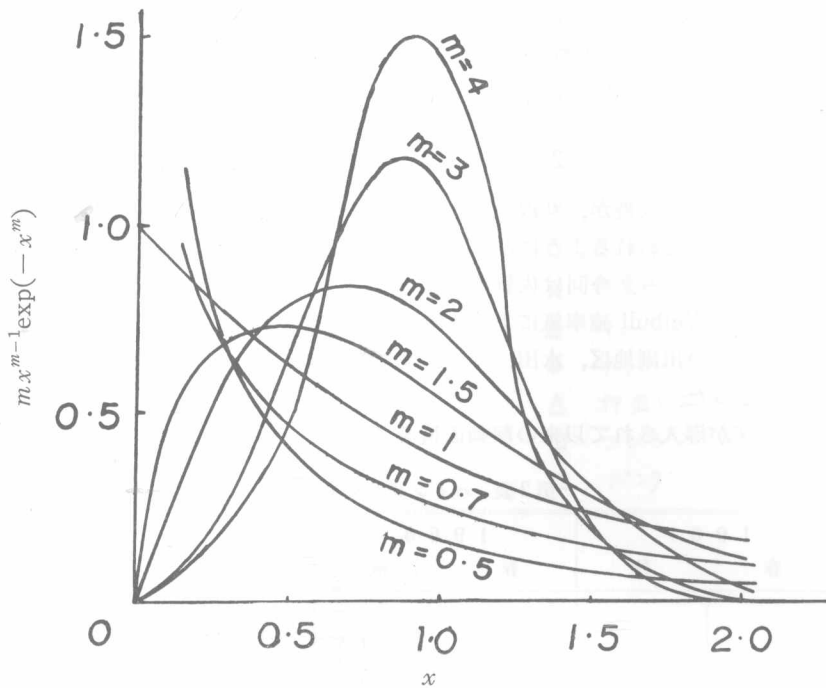
(2)式を微分すると

$$F'(x) = mx^{m-1}\exp(-x^m) \dots\dots\dots (3)$$

となる。(3)式は累積故障率 $F(x)$ の微分であるから、これが故障頻度を表わすことになる。(3)式の m に 0.5~4.0 の値を入れて、それぞれ x と $F'(x)$ の関係を図示すると第2図のように種々の曲線となる。一般に m が増すとともに、 $F'(x)$ のピークが右方向に移動しつつ、集中性が高くなる。

機械の部品ごとに累積故障率の時間的变化を調査して、(1)式を解くことにより m と t_0 を求めれば、どの曲線型の故障分布に該当するかが判明するが、(1)式は超越函数であるので解析的に解くことができない。そこで(1)式を次のように変形して、2回両辺の対数をとると

$$\begin{aligned} 1 - F(t) &= \exp\left(-\frac{t^m}{t_0}\right) \\ \text{Log}\{1 - F(t)\} &= -\frac{t^m}{t_0} \\ \text{Log}[-\text{Log}\{1 - F(t)\}] &= m\text{Log}t - \text{Log}t_0 \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$



第2図 Weibull 分布の確率密度関数

(4)式を見れば、左辺は $\text{Log } t$ の1次式で表わされることがわかる。すなわち横軸に時間の対数を取り、左辺を縦軸にとれば、 m が勾配、 $-\text{Log } t_0$ がたて軸の切片として、グラフからそれぞれ求められる。この図を Weibull 確率紙と呼ぶ。

第1表 Weibull 確率紙の割付け表

F	$\ln[-\ln(1-F)]$	F	$\ln[-\ln(1-F)]$	F	$\ln[-\ln(1-F)]$	F	$\ln[-\ln(1-F)]$
0.9999	2.22033	0.60	- 0.08742	0.06	- 2.78270	0.006	- 5.11302
0.999	1.93266	0.50	- 0.36650	0.05	- 2.97004	0.005	- 5.29584
0.995	1.66739	0.40	- 0.67171	0.04	- 3.19846	0.004	- 5.51945
0.99	1.52719	0.30	- 1.03094	0.03	- 3.49126	0.003	- 5.80768
0.98	1.36405	0.25	- 1.24589	0.025	- 3.67625	0.0025	- 5.99023
0.97	1.25465	0.20	- 1.49995	0.02	- 3.90192	0.002	- 6.21356
0.96	1.16904	0.15	- 1.81695	0.015	- 4.19214	0.0015	- 6.50157
0.95	1.09718	0.10	- 2.25028	0.01	- 4.60018	0.001	- 6.90726
0.90	0.83404	0.09	- 2.36112	0.009	- 4.70603	0.0005	- 7.60069
0.80	0.47586	0.08	- 2.48438	0.008	- 4.82432	0.0002	- 8.51670
0.70	0.18565	0.07	- 2.62309	0.007	- 4.95833	0.0001	- 9.21103

t	$\ln t$	t	$\ln t$	t	$\ln t$	t	$\ln t$
1	0	5	1.60944	15	2.70806	60	4.09435
1.5	0.40547	6	1.79176	20	2.99574	70	4.24850
2	0.69315	7	1.94591	25	3.21888	80	4.38204
2.5	0.91629	8	2.07945	30	3.40120	90	4.49982
3	1.09861	9	2.19723	40	3.68889	100	4.60518
4	1.38630	10	2.30259	50	3.91203		

Weibull 確率紙の横軸，縦軸それぞれの，目盛の取り方を(4)式から計算すると第1表の通りである。おもに0～3の勾配を読むのを目的とするから，横軸と縦軸の単位長さは，1:1とするよりも少し横長に，2:1ないし3:2にとった方がよいようである。

2. バインダの故障調査

この3,4年の間に稲麦の収穫が，刈取と結束の機能をもつバインダや，刈取から脱穀までできるコンバインによって行なわれるようになり，長かった耕うん機時代に続く，刈取機時代ともいえる時期に突入した感がある。今回は佐賀地方に顕著な普及を見せた，K社製のバインダの故障調査を実施したので，Weibull 確率紙により故障原因を考察する。

調査地区は水田地帯の川副地区，水田，畑混作地帯の鍋島地区から重点的に，24農家を選んで聞きとり調査を行なった。

各農家にバインダが導入されて以来の稼働面積を各年ごとに示せば第2表の通りである。各部

第2表 バインダ収穫面積 (ha)

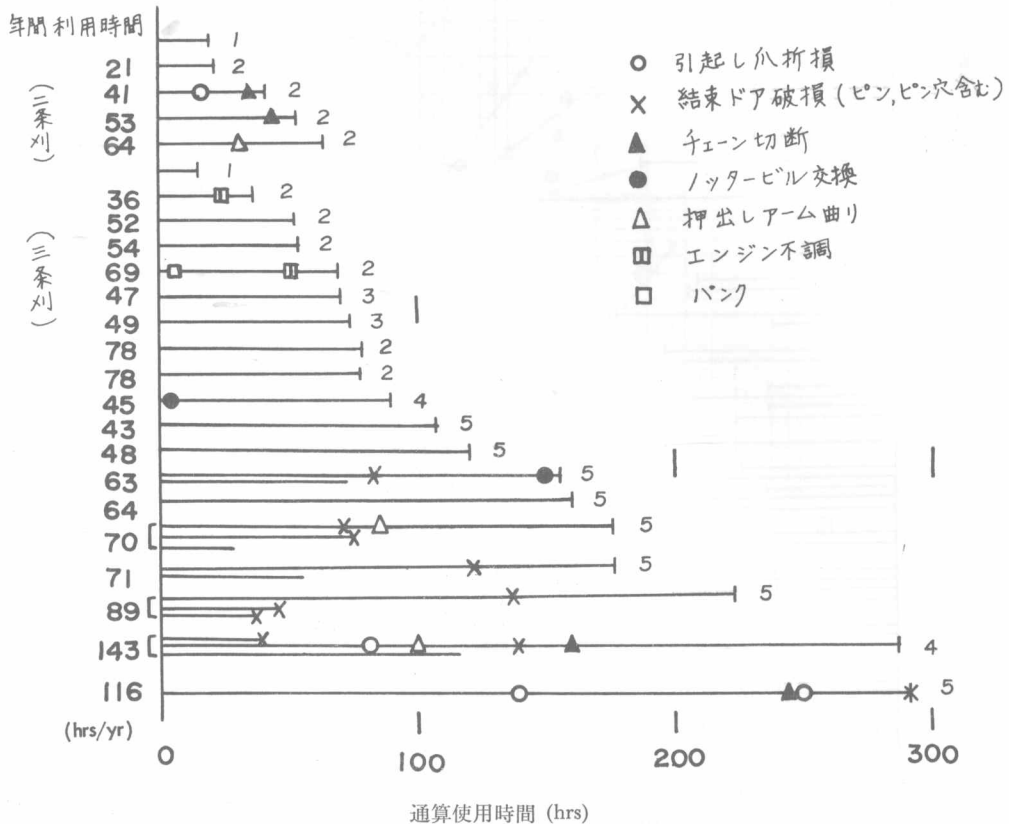
農家	1967		1968		1969		備考
	春	秋	春	秋	春	秋	
A					1.5		
B				1.5	0		
C				2.1	0.9		
D				2.5	1.5		
E				3.0	1.8		
F					1.2		2戸共有
G				1.6	1.1		
H				2.0	2.0		
I				4.0	0		3戸共有
J				3.7	1.6		
K			0.9	1.6	0.9		
L			1.5	2.7	2.2		
M				2.8	3.2		
N				4.0	1.9		2戸共有
O		3.0	0.3	3.0	0.3		
P	1.0	2.5	1.0	2.5	1.0		
Q	2.0	2.9	2.0	0.4	2.0		
R	2.5	3.9	2.5	0.8	2.5		
S	1.9	3.0	2.4	3.0	1.9		
T	2.4	3.1	2.0	3.7	2.3		
U	2.0	3.0	2.8	3.0	2.8		
V	2.5	4.7	3.5	3.4	3.0		
W		6.0	5.0	6.0	5.0		3戸共有
X	6.0	2.4	6.0	2.4	6.0		3戸共有

品について任意時間における累積故障率，すなわち調査個数に対する故障個数の割合を求めるには，各部品故障の発生時点を明らかにしなければならない。そこで各農家で調子よく動いた時の作業面積と作業時間とから，平均作業能率を求めると，およそ稲の収穫では7.5a/時，麦の収穫では8.1a/時であった。バインダの能率としてはかなりよいが，バインダの稼働時間，すなわち刈取結束部分が動いた正味時間を計算するには，もっとも妥当であろうと考えられる。年度ごと

の作業面積と平均作業能率とから、各農家ごとに昭和44年夏までの通算使用時間を算出した。

故障が起こった時点までの通算使用時間は、故障箇所の聞き取りと同時に、何作目のどの時期に起こったかを聞いて、時間を推定した。

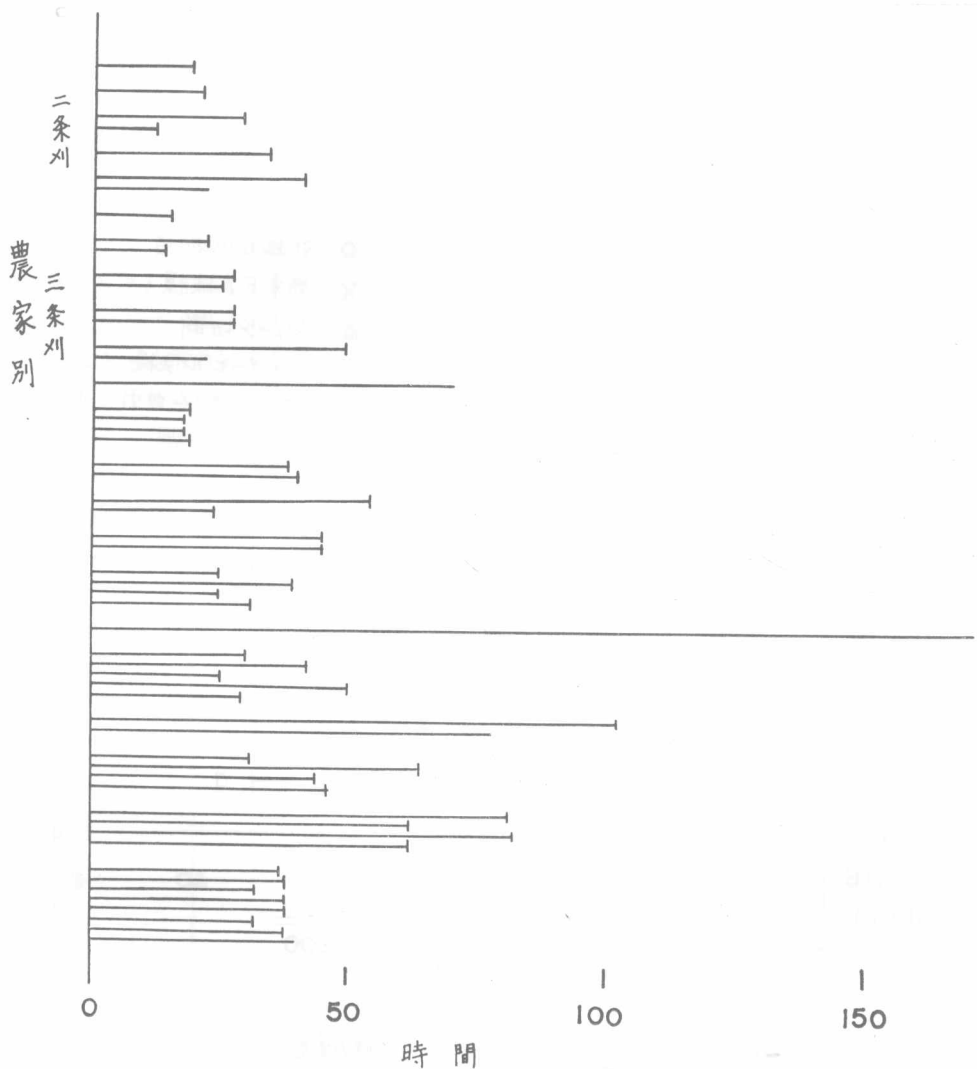
このようにして求めた各農家の通算使用時間、および故障箇所を図示すれば第3図となる。棒



第3図 バインダの稼動および故障の実態

グラフの長さは通算使用時間を示し、棒の先の数字はこれまでの作数、起点の数字は年間の平均使用時間である。全農家平均の年間使用時間は 63.4 時間であった。故障箇所は全部図中に示すが、結束ドアの破損は1台のバインダで複数回起こっている例があるので、とくに二代目、三代目の故障時間も図示した。なお結束ドア破損には、ドアにあげられている束調節のピン穴の拡大、およびピンの切断を各1例含んでいる。このうちおよそ5分の1ぐらいは定期点検中に破損が発見されていた。エンジン不調とは、格納期における弁のさびつきと、浮子室の浮子弁の当り不良の2例である。

製作者は 2~3ha を収穫するごとに刈刃をとぐように指導しており、刈刃が摩耗で切れなくなるとは故障に入らないとも考えられるが、刈刃の一応の寿命を推定するために、刈刃をはずして研いだ時間を調査した。1シーズンにおよそ 4ha を越えると、シーズン最中に予備の刃と交換する例も見られるが、おおかたは1シーズンごとに交換している。これも各農家ごとに、これまで交換した回数と時間を図示すれば第4図のようである。図中1農家の交換時間は1群に集めたが、区切り線が刃を研いだ時点を示す。



第4図 刃研ぎ時間調査

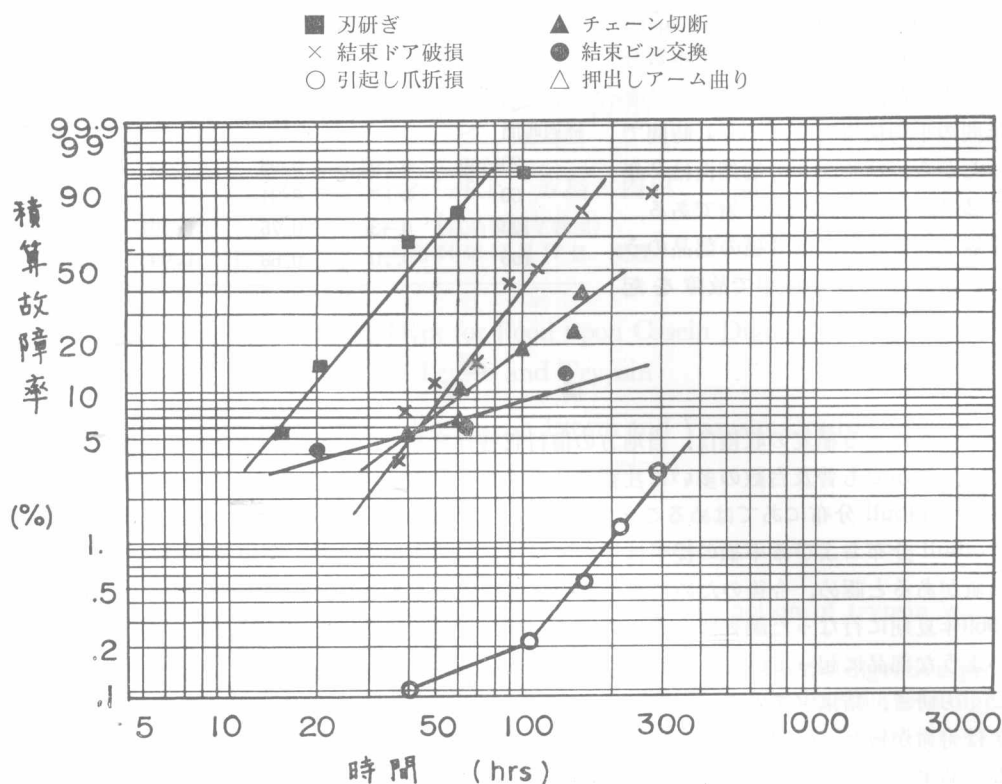
3. 部品の故障原因

各部品について、ある時間ごとに累積故障率を計算し、これを Weibull 確率紙に図示すると第5図のようになる。前々項で述べたように各部品ごとにほぼ直線で結ばれるが、この勾配 m と縦軸切片 $-\text{Log } t_0$ を読むと第3表の通りである。

第3表 Weibull 係数

	m	$\ln t_0$
刃 研 ぎ	2.42	9.32
結束ドア破損	2.70	13.01
引起し爪折損	2.52	18.24
チェーン切断	1.52	8.59
結束ビル交換	0.58	5.08

前々項の m 値と見比べるとわかるように、刃研ぎは m が2以上だから、刈刃特有の寿命であるといえるが、これは常識と合致する。結束ビルの故障は $m = 0.58$ であるから、初期不良すなわち加工中または組立ての不良であろうと考えられる。したがって工程の改善や、ある程度の運転テストをしてのちに出荷されることが望まれる。チェーンの切断は $m =$



第5図 バインダ部品の故障率図 (Weibull 確率紙)

1.52 で偶発性の傾向が強いと云えるが、日頃の点検や取扱いに留意すべきであろう。結束ドアの破損は $m=2.7$ 、引起し爪の折損は $m=2.5$ で、いずれも特有の寿命である。これの延命策は材料ないし設計の変更を要すると考えられるが、特記すべきことは結束ドアの寿命が短いことである。すなわち結束ドアについては設計の変更に急を要すると考えられる。引起し爪の折損もやはり寿命であると思われるが、この率は低く耐用時間も比較的長いので急を要しない。しかしこれの直接の原因は、引起し爪が稲を引起してのち引込む直前に、溶接でできたかどに当たっているためと考えられるから、この故障対策は容易であろう。

4. バインダの信頼性

各部品の任意時間における信頼性を Weibull 確率紙より読みとることができるので、これらの部品からなるバインダの信頼性も予測することができる。バインダの場合1個の部品が故障しても、その予備装置はないので部品1個の故障はバインダの故障と見なされる。すなわちマイクロウェーブ中継のように、予備系統を有する並列系と呼ばれるシステムに対し、バインダは直列系のシステムである。よって任意時間におけるバインダの信頼性は、バインダを構成する各部品の信頼性の積をもって表わされる。

この場合結束ビルの交換と押出しアームの曲りとは故障データ不足の感もあるので、これらの部品は、調査時点までには故障を起こさなかった他の部品と同じく、100%の信頼性があると仮定し、結束ドア、チェーンおよび引起し爪の3部品だけに、故障の可能性があったとして信頼性を求めてみると第4表のようである。引起し爪は3条刈バインダには54本、2条刈バインダに

は 36 本あって、おのおの独立部品として計算したので信頼性はその本数分だけ累乗した。

年間の平均使用時間は 63.4 時間であったから、バインダの信頼性は 2 年目で 28 %, 3 年目で 11 % 強である。裏を返せば 3 年目には 3 種の部品のうちどれかが約 90 % の確率で故障を起こすといえる。

第 4 表 バインダの信頼性

部品 経過時間	結束ドア	結束駆動 チェーン	引起し爪	バインダの 信 頼 性
20時間	0.993	0.98	1.00	0.975
60	0.87	0.91	0.999	0.79
120	0.43	0.76	0.997	0.29
150	0.20	0.68	0.995	0.11

摘 要

バインダによる稲麦の収穫は、当地方の慣行収穫作業を変更しないでよいため、急に普及しつつある。なかでも普及台数の多い K 社製バインダの故障調査を行なった。おのおのの故障の発生特性を Weibull 分布にあてはめることにより、故障が起こるに至った原因を推定した。

Weibull 分布および確率紙の提唱は近々に行なわれたものであり、適用法について 1 項を費やす価値があると認め、今後のために確率紙の目盛の取り方を述べた。

1969 年夏期に行なった調査によると、バインダの故障は第 3 図のような使用時点において、図示のような部品に起っている。これを Weibull 確率紙に適用して次のようなことがわかった。

1. 刃研ぎ、結束ドア破損、引起し爪折損は部品固有の寿命によると考えられ、とりわけ結束ドアは寿命が短かいので設計変更等の対策に急を要する。
2. 結束ビルの交換は初期に多いので、組立てまたは加工中の不良と考えられる。
3. 結束駆動チェーンの切断は偶発的に起こると考えられ、日頃の取扱いや点検に心がけるべきであろう。
4. これらの部品からなるバインダの 3 年目における信頼度は約 11 % に落ちる。

Weibull 確率紙の利用法としては、故障原因の推測ができるほかに、部品の信頼性を数値的に表わすことができるから、各部品の準備および生産数量を割り出す資料とすることができよう。

参 考 文 献

- 1) 滝保夫, 1967, 確率統計現象, 岩波書店

食用タール色素によるタンパク質分解酵素 (pepsin, trypsin) の分解力低下

榎本 則行・井上 芳昌・内田 泰

(食品製造学教室)

昭和44年11月17日 受理

Influence of Coal-Tar Dyes for Food upon Casein Digestive Action of Pepsin and Trypsin

Noriyuki ENOMOTO, Yoshimasa INOUE and Yasushi UCHIDA

(Laboratory of Food Technology)

Summary

In the previous paper, it was reported that casein digestive action of trypsin was suppressed by the addition of coal-tar dyes.

Present work was made to estimate the effect of coal-tar dyes upon the digestive process of proteinous foods *in vivo*. Casein in the presence of 16 kinds of coal-tar dye was digested by pepsin and trypsin successively *in vitro* and the amount of amino acids hydrolyzed was determined.

Casein digestive activity of the enzymes decreased with the increase of the amount of coal-tar dyes (Fig. 2~4). The concentration of coal-tar dyes tested was less than that commonly consumed for foods.

(Received November 17, 1969)

先に trypsin のタンパク質分解力が、食用タール色素（以下色素と略称する）の添加によって低下することを報告した¹⁾。Pepsin に対しても、色素が阻害作用を示すことが報告されている^{2~4)}。

タンパク質は体内においては、まず pepsin の作用をうけ次いで trypsin の作用を受ける。この消化過程を考慮に入れて、上記2種の酵素を色素添加タンパク質に順次作用させた場合の生成アミノ酸量の変化を検討した。

実験方法

1) 供試色素

第1表の通りである。

2) カゼイン溶液

Merck の Hammersten Casein を用いた。カゼインに少量の N/20 HCl を加え、70~80°C で数分間加温して溶解した。N/20 KCl で pH を 1.5 とし、N/20 HCl-KCl 緩衝液 (pH 1.5) で 0.6% 溶液を調製した。

3) 酵素液

Pepsin (片山製) は 0.1mg/ml になるように、trypsin (Merck製) は 0.4mg/ml になるように、

第1表 供 試 色 素

色	素 名	化 学 構 造	純度%	備 考
食用赤色	1号。Ponceau 3R	Azo 系	98.0	国立衛試標準品
	2号 Amaranth	"	99.0	"
	3号 Erythrosine	Xanthene 系	95.0	"
	4号。Ponceau SX	Azo 系	?	"
	102号 New Coccine	"	94.5	"
	103号 Eosine	Xanthene 系	96.0	"
	104号 Phloxine	"	95.5	"
	105号 Rose Bengale	"	95.0	"
	106号 Acid Red	"	?	東京化成
	食用黄色 4号 Tartrazine	Azo 系	99.5	国立衛試標準品
食用黄色	5号 Sunset Yellow FCF	"	99.9	"
	食用緑色 2号 Light Green SF Yellowish	Triphenylmethane 系	?	Chroma
食用緑色	3号 Fast Green FCF	"	?	"
	食用青色 1号 Brilliant Blue FCF	"	?	東京化成
食用青色	2号 Indigo Carmine	Indigoid 系	99.9	国立衛試標準品
	食用紫色 1号 Acid Violet	Triphenylmethane 系	?	東京化成

。現在使用禁止

それぞれ水に溶かした。

4) 除タンパク剤

10%三塩化酢酸を用いた。

5) アミノ酸の定量

三塩化酢酸で除タンパク後、汙液の 1ml をとり炭酸ソーダ・Folin 呈色法⁵⁾によって呈色させ、660m μ の吸光度を測定した。炭酸ソーダ濃度は予備実験の結果 0.4M 液を用いた。

実験結果および考察

I 酵素反応条件の設定

カゼインを基質とし、2種の酵素の濃度、作用時間を変えて最適条件を求めた。これらの結果に基づき、反応条件を次のように設定した。

カゼイン 5ml + 色素液 1ml $\xrightarrow[20分]{37^{\circ}\text{C}}$ pepsin 1ml $\xrightarrow[30分]{37^{\circ}\text{C}}$ リン酸緩衝液 3ml + trypsin 1ml $\xrightarrow[30分]{37^{\circ}\text{C}}$
 三塩化酢酸 10ml $\xrightarrow[30分]{40^{\circ}\text{C}}$ 汙過 $\longrightarrow$ Folin 呈色

なお、pepsin の反応終了後添加するリン酸緩衝液は pH 8.5 の N/20 リン酸緩衝液に所要量の NaOH を加えたものであって、この 3ml を添加することにより pH 1.5 の反応液が pH 8.5 になるようにしたものである。

Pepsin の活性が、この液の添加によって失活すること、および pH 1.5 の緩衝液とこの緩衝液との反応によって生ずる塩類が trypsin の酵素作用に何らの影響をおよぼさないことは予め確かめた。

II Folin 呈色におよぼす色素の影響

古武ら⁴⁾は、pepsin の色素による阻害度測定において Folin 呈色法を用いているが、呈色におよぼす色素の妨害については触れていないので、まずこの点を調べた。カゼインを予め酵素分解し、この一定量に各種色素を1.0mg 添加して除タンパクし、Folin 呈色をしたもの (A) と、カゼイン分解液の代りに同量の緩衝液を用い色素を加えて同様に処理したもの (B) との吸光度を求めた。対照はカゼイン分解液に色素と同量の水を加えて除タンパク後 Folin 呈色を行なったものである。

結果を第2表に示した。

第2表 Folin 呈色におよぼす色素の影響

色 素 名		A	B	A—B
食 用 赤 色	1号	0.538	0.163	0.375
	2号	0.465	0.078	0.387
	3号	0.365	— 0.010	0.375
	4号	0.508	0.151	0.357
	102号	0.463	0.140	0.323
	103号	0.362	— 0.009	0.371
	104号	0.362	— 0.010	0.372
	105号	0.360	— 0.013	0.373
	106号	0.361	— 0.006	0.367
食 用 黄 色	4号	0.382	0.028	0.354
	5号	0.497	0.127	0.370
食 用 緑 色	2号	0.596	0.224	0.372
	3号	0.595	0.204	0.391
食 用 青 色	1号	0.667	0.266	0.401
	2号	0.587	0.165	0.422
食 用 紫 色	1号	0.721	0.340	0.381
対 照 (水)		0.375	0	0.375

A. B. の 意味は本文参照のこと。

数値は 660m μ における吸光度である。

Xanthene 系色素は、Folin 呈色に大きな影響を与えないが、Azo 系を初めとする他の色素はかなりの影響を与えるので補正を要することが分った。補正值でも、なお対照値との間に差異を示すものがあつたが、この差異は無視することにした。

III 酵素作用におよぼす色素の影響

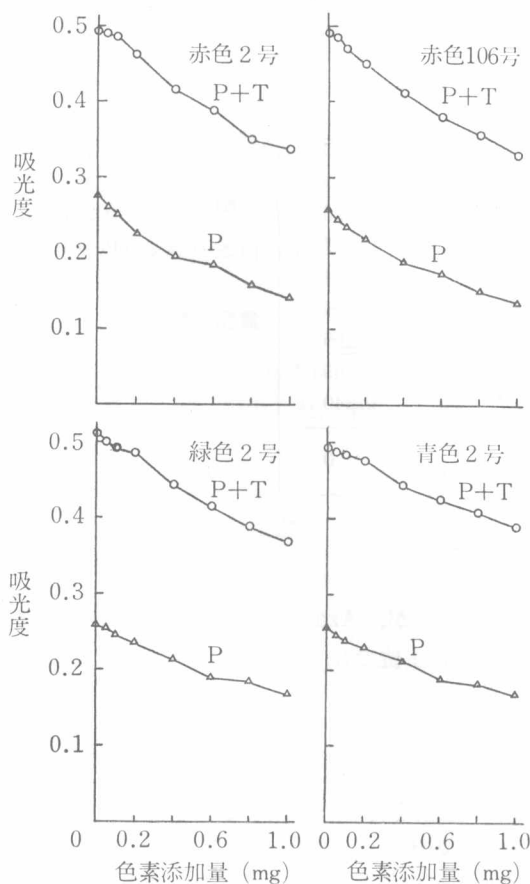
基質カゼイン溶液 5ml に、1ml 中 0.05~1.0mg の色素を含む水溶液をそれぞれ 1ml 添加し、前記 I の通りの条件で実験を行なった。補正は、酵素液の代りに水を用い、その他は同条件で並行処理をしめたのについて Folin 呈色し、その吸光度を差引くことによって行なった。

なお、同一試験液を2種作り、1つは pepsin 分解終了後、直ちに三塩化酢酸で除タンパクして生成アミノ酸量を求め、他の1つは引続き trypsin 分解を行なって、途中での分解量と最終分解量との2つを求めた。

それぞれの色素について生成アミノ酸量を求めた2, 3の結果を第1図に示し, 供試全色素についての酵素活性の変化を第2図~第4図に示した. 酵素活性は, 色素無添加の試料に pepsin, trypsin を順次作用させた後の生成アミノ酸量を100として, 各種濃度の色素添加時のアミノ酸生成量を比較したものである.

すべての色素が, 程度の差はあるが酵素のカゼイン分解力を低下せしめ, その阻害度は色素濃度が増大するにつれて高くなった. 色素添加量の最大値 1.0mg は pepsin の場合, 反応液 7ml 中の量であるから約 0.014 % となる. 続いて trypsin を作用させた時は 11ml 中の量であるからさらに少ないことになる. 日常食品への色素使用量 0.01~0.03 % 以下で酵素に対する阻害作用が認められたことは重大である.

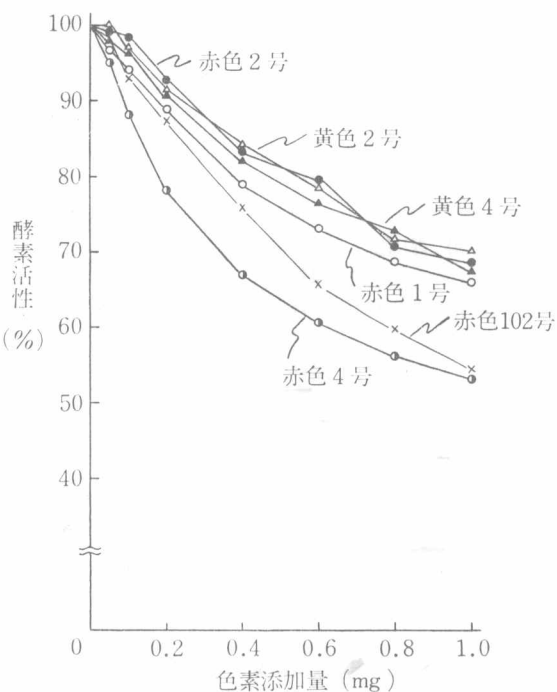
第1図に示された結果で分るように, pepsin のみへの阻害曲線と pepsin に続いて trypsin を作用させた時の阻害曲線とは, ほとんど平行であった. 第1図に示した以外の色素についても, ほぼ同様の傾向が認められた. これは, 色素濃度のちがいが trypsin の酵素作用に影響を与えないことを意味するものともいえるわけで, 前報¹⁾の結果と異なることになる. この矛盾が, 基質のちがい (前報¹⁾ はカゼインに直接 trypsin を作用させたのに対し, 今回はカゼインを予め pepsin



第1図 色素添加量の増加に伴う生成アミノ酸量の変化

P: Pepsin 分解させたもの

P+T: Pepsin 分解後さらにTrypsin分解させたもの



第2図 色素添加量と酵素活性の変化との関係 (アゾ系色素)