

サイロ内壁に加わる圧力とサイロ内の温度に関する研究—コーン及びグラスサイレージの場合—

## Silo Pressure and Temperatures with Corn and Grass Silage

J. R. McCalmont and H. E. Besley

Agricultural Engineering 21 (6); 227-230, 1939

コーンサイレージを充填したサイロの内壁に加わる圧力についての研究は、1936年、米国農務省農業工学局において開始された。以後この研究は、ニュージャージー農科大学のW. C. Kruegerの協力を得て、ニュージャージー試験場において行なわれたものである。

### 試験装置

試験装置は、農業工学局がコーンの貯蔵庫に加わる圧力を測定するために行なった実験に用いたものと同じものである。

なおこの装置等については、農業工学会誌の1934年11月号を参照されたい。

本研究に用いた受圧板は図-1に示すごときのもので、これをサイロの既存のドアの内側に5cmの山型鋼と $\phi=16\text{mm}$ の丸鋼とによって取りつけた。圧力は、丸鋼の歪によって測定し、この丸鋼は、標準試験器を使用して較正試験を行なった。この較正試験は、試験中に加わると予想される負荷の2倍の負荷を加えて試験を行なった。丸鋼はサイロの水平及び垂直方向に取りつけてあり、時計型たわみ量測定器を使用して、丸鋼のたわみ量を最小0.0025mmまで読みとることが可能である。丸鋼は熱処理をほどこしてあり、最大強さは $9.000\text{kg/cm}^2$ である。較正試験の結果58.5kgの圧力に対し、丸鋼は0.0025mmたわんだ。

### コーンサイレージの場合

Beltsvilleで行なった試験においては、サイレージを2ftづつ、はり込んで各受圧板(パネル)に加わる水平及び垂直圧力を測定したが、測定値の偏差はたわみ量で0.0075mm、圧力に換算すると約1.6kgであり、測定値に対し、0.2~1.0%に当る。サイレージの高さが12ftの時の平均偏差は1%以内であった。この測定偏差は、サイレージの積み高さ、張り込み速度、水分、圧縮程度等によって色々変動する。

3回の試験の結果、水平方向に加わる最大圧力は、サイレージを張り込んで2日後に、サイロ底部のパネルに生じ、その量は $325\text{lb/ft}^2$ であり、垂直方向の圧力は、 $212\text{lb/ft}^2$ であった。圧力は、最大圧力に達した後、サイロを開放するまで徐々に減少する傾向にあった。

サイレージを10ft取り出すと、サイロの最上段にもうけた2つのパネルに、下から上へおし上げる様な方向に働く。この力は上部のサイレージが底部に達するまで増加する、この状態を図-2に示してある。さらに水平方向の圧力も、サイレージの積み高さが減少するにつれ増加し、排出口において

850 lb/ft<sup>2</sup>を示し、サイロにサイレージが充填されている時に示す最大圧力よりさらに25 lb/ft<sup>2</sup> 大きい値を示す。

この状態は異常であり、想像もしなかったことであるが、次の様に解釈することができる。最初サイレージはサイロの壁に対して凸状にはり込まれており、その後徐々に、水平になり、はり込み後1~8日で最大圧力が生じる。その後サイレージの中央部がわずかに沈下し、水平圧力はわずかに減少する。沈下に伴ってサイレージは圧縮され、これが排出されるとき再膨張する。この膨張によってサイロの底から4~10 ftの所で最大圧力が生じるものと考えられる。サイロの各高さに設けたパネルに加わる圧力を測定した結果、サイレージ1 ft 当り、水平方向の平均圧力は8 lb/ft<sup>2</sup>、垂直圧力は5 lb/ft<sup>2</sup>であった。

図-3には、各パネルに加わる圧力を示したものである。1937、38年については、約150トンのサイレージをはり込んだが、1936年のものは、サイレージを長く切ったため37、38年に比して約25トン量が少なかった。

1937年9月ニュージャージーの試験場において、直径18 ft、高さ43 ftのコンクリートサイロを使用して、初期水分7.4%のコーンサイレージを264トン使用して行なった実験の結果を図-4に示す。この高さ18 ftのサイロの最大圧力は、14 ftの約50%増であった。この理由として考えられるのは、第1に直径の増大さらに高さに対する直径の比率が増大したこと、サイレージの水分が高かったこと等が考えられる。この様にサイロに働く圧力は、各種の条件によって変化するので、サイロの補強をどの程度行なうべきかについて正確な値を出すことはできないのである。

#### グラスサイレージの場合

豆科牧草のサイレージを使用した実験を直径18 ft、高さ43 ft、のサイロを使用して1937年に行なった。実験方法、装置については、コーンサイレージの場合と同様同じである。サイロは、7月6日から9日まで張り込みさらに同月の20日と21日に追加した。張り込んだ量は2678~2626トンでこれに52トンの糖みつを加えた。

一方直径12 ft、高さ43 ftのサイロには1576トンのグラスサイレージに張り込んで実験を行なった。図-5~図-7に18 ft及び12 ftのサイロについて、水平及び垂直方向の圧力を測定した結果を示してある。水平方向の圧力はサイレージの積み高さが増すと直線的に増加し、1 ft 当り、19 lb/ft<sup>2</sup> の割合で増加している。

一方垂直方向の圧力は、25 ftまでは1 ft 当り平均8 lb/ft<sup>2</sup>、25~42.5 ftでは1 ft 当り6 lb/ft<sup>2</sup>であった。18 ftサイロにおいて、平均密度は、張り込み当初45.7 lb/ft<sup>3</sup>、1週間後は48.8 lb/ft<sup>3</sup>、1ヶ月後は55.5 lb/ft<sup>3</sup>であった。さらに、底から、それぞれ6、10、12 ftの所の密度は、65.1、63.7、63.5 lb/ft<sup>3</sup>であった。

#### サイロの湿度

糖みつ添加のサイレージに関する研究は、ニュージャージーの試験場において1934年に始められ

た。この研究の主眼点は、高水分と低水分サイレージの温度上昇の状態を知ることであった。今回の試験は、アルファルファを含んだ平均含水率66.8%のサイレージを30トン張り込んでさらに糖みつをサイレージ1トン当り40lb加えた。

温度測定は、鉄—コンスタンタン熱電対を使って行なった。張り込み後17日間で低水分サイレージの温度は中央部で46~62.2℃に上昇し、ほぼ1ヶ月後、温度曲線は下向きになった。期間を通じての最高温度は71.0℃であり、その他の箇所の温度も54℃を越えた。

サイロのほぼ中央部の高水分サイレージの温度は、張り込み後5週間目で42.7℃に達した。11月15日以後、温度は徐々に低下した。この最高温度は、たしかに許容最高温度よりも低い。しかし一方、サイレージの栄養価の低下からみた、許容最高温度はいまだ研究されていないが、ニュージャージー試験場の研究者は60℃以下であれば安全であると述べている。

一方、直径14ft、高さ30ftのサイロ2本を使って糖みつ添加サイレージと、リン酸添加サイレージについてその温度測定を行なった。その結果、糖みつ添加サイレージ(チモシー78.49トン)の最高温度は張り込み後8日目で45.0℃であり、一方リン酸添加サイレージ(チモシー81.44トン)の最高温度は、張り込み後5日目で、42.2℃であり、両サイロとも、最上段を除いて、すべての箇所の温度は徐々に降下した。9週間後、両サイロの最上段は、他の箇所が28.8~32.7℃に下がったにもかかわらず、平均、39.4℃を保っていた。ともかく、両サイロとも、高温度による栄養価の低下の許容温度よりはるかに低いので、糖みつ添加のサイレージがリン酸添加のサイレージより温度が高いからといってさほど問題にならないと考えられる。

(北大農学部 伊藤和彦)

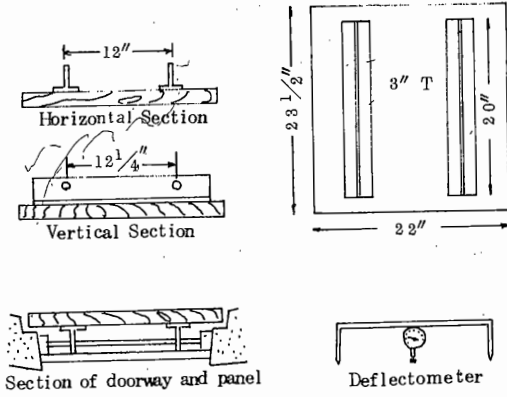


図-1 実験装置

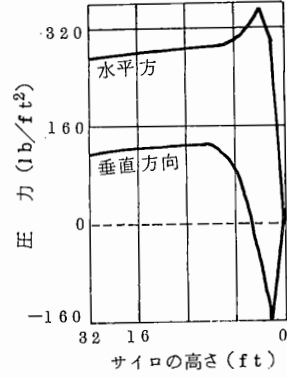


図-2

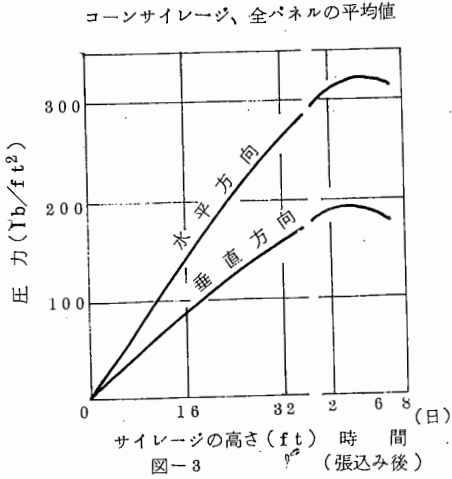


図-3

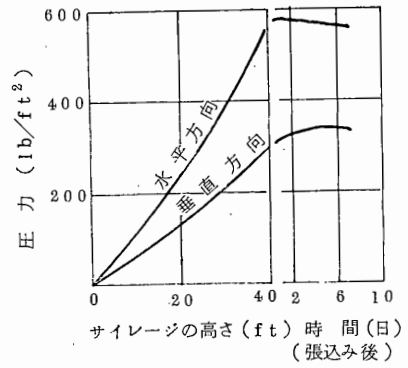


図-4 18×43 ftサイロ  
全パネルの平均値

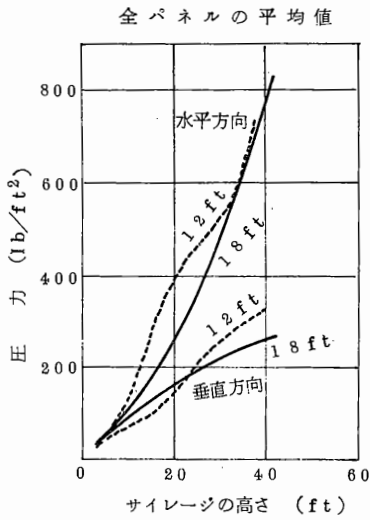


図-5

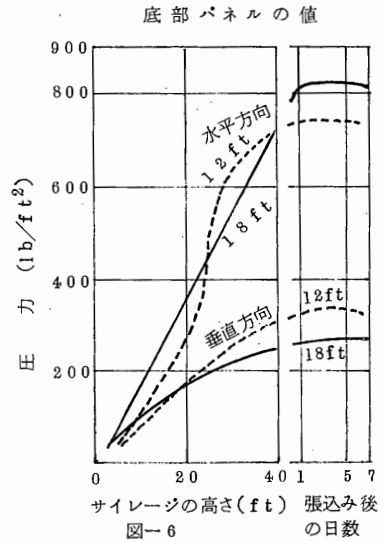


図-6