染色工場の省力化・システム化技術に関する研究

チーズ乾燥作業の省力化・適正化

野田栄造

要旨

チーズ乾燥作業における、チーズ内の温度変化や水分率変化等のチーズ乾燥特性を把握し、チーズ乾燥作業の効率化・適正化について検討した。

チーズ糸の乾燥は、温風送風方向にしたがって絶乾に近い状態で順次乾燥し、外側の部分は最後まで濡れた状態である。乾燥速度は、チーズ内温風通過流量に比例し、同一素材であれば巻密度に反比例することが分かった。素材の異なるチーズを同時に乾燥するためには、一つの方法として、乾燥速度の速い素材のチーズ内通過風量を遅いものに合わせることで可能となる。

1．はじめに

最近の糸染め業界は、多品種小ロット短サイクル化が顕著である。チーズ染色においても、糸染めロットの小ロット化は顕著であるが、チーズの高圧乾燥機は、以前の大きなもので乾燥されている。異素材を乾燥する場合などは、非常に効率が悪い。本研究では、チーズ乾燥作業時における素材の乾燥特性やチーズ内の温度変化、水分率変化などを調べるとともに異素材の同時乾燥方法についても検討を加えた。

2．実験方法

2－1　試料

チーズ乾燥に用いた試料は表1に示す素材である。梳毛糸としては、2/60および2/48の2種類を異素材として、ポリエステル／毛（T／W）混紡糸2/60を用いた。これらの糸を神津製作所製プレシジョンワインダーでワ

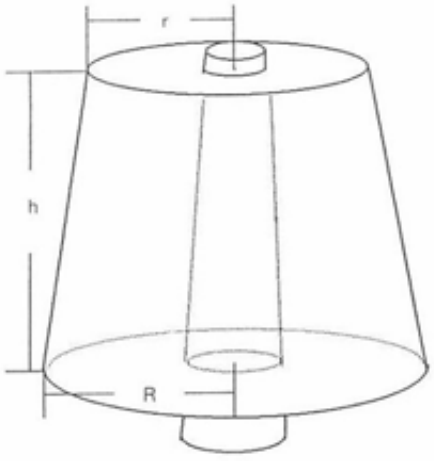

図1　チーズ形状

図2　上部の盛り上がったチーズ形状

インダーのおもりを大と小を用いて、テンションを強、弱の2種類にし、チーズボビンに巻取った。糸の巻取量を730～760ｇ程度にした。

巻密度の測定は、糸重量と糸体積から算出した。糸体積は図1の様なチーズ形状のものは、正円錐台と仮定し1式により体積Vを算出した。また、図2の様なチーズ上部が盛り上がっているものは、盛り上がった部分を図の点線のように小さく輪切りにし、微少な円柱と仮定し積分し、残りの部分を正円錐台として体積を算出した。その結果、巻密度の最も大きなものは、梳毛糸2/60の0.370g/cm^{3}最も小さいものは、ポリエステル／毛70/30の0.300g/cm^{3}であった。

$$V=\frac{1}{3}\pi h\ (R^2+Rr+r^2) \qquad (1)$$

2－2　チーズ乾燥条件

実験に用いたチーズ乾燥機は、常圧チーズ乾燥機でチーズ4個まで乾燥できるものである。温風送風方向は、イン・アウトの1方向で釜入口温度を90℃に設定してチーズ糸を乾燥した。乾燥は、チーズ1個を乾燥し、一定時間(2.5分または5分)乾燥後チーズを取り出し重量を測定し、チーズ糸の水分率を計算した。

表1　実験試料の条件

糸の種類	番手	巻密度小	巻密度大
梳毛糸	2/60	0.338g/cm^3	0.370g/cm^3
梳毛糸	2/48	0.284	0.339
ポリエステル/毛(30/70)	2/60	0.321	0.356
ポリエステル/毛(50/50)	2/60	0.324	0.351
ポリエステル/毛(70/30)	2/60	0.300	0.324

3．結果及び考察

3－1　チーズ糸の素材別乾燥特性

素材別チーズ乾燥時間と水分率の関係を図3に示した。図より羊毛の割合が多いほど乾燥が遅く、乾燥するまでに時間がかかることが分かる。最も乾燥時間の短いものは、T/W70/30の巻密度小のもので、最も乾燥時間を要したものは梳毛糸2/60の巻密度大のものであった。乾燥初期から水分率20～30%程度までは、一定の割合で水分が除去されれる。これは、図3に示す乾燥初期から水分率20～30%程度のところまでの曲線の傾きが一定であることからも分かる。この間は恒率乾燥と呼ばれ以後は減率乾燥と呼ばれている。この恒率乾燥時の5分間当りの除去水分量を表したものが図4である。恒率乾燥時の時間当りの除去水分量のもっとも多いものは、T/W70/30の巻密度小で、最も少ないものは、梳毛糸2/60の巻密度大のものであった。

図5に乾燥時間と5分間当りの除去水分量を、図6に乾燥時間と残留水分量の関係を示した。これから判断して、恒率乾燥から減率乾燥に変わるポイントは、残りの水分量が恒率乾燥に必要な水分量でなくなったときに起きると思われる。乾燥温風は、恒率乾燥時には殆ど糸と糸の間の水分を蒸発させるのにエネルギーが消費され、バランスを保ったところで一定の温度維を持するものと思われる。そして、糸と糸の間の水分が蒸発した後に、糸自体の温度を上昇させ、糸内部に含まれている水分の蒸発に温風エネルギーが費やされるものと考えられる。

3－2　糸量半分時の乾燥時間と水分率の関係

糸量1の場合とその半分1/2の場合について乾燥時間と水分率の関係を調べた。その結果、全量乾燥する方が半分の場合の2倍よりやや多めの時間を要した。

その結果を、図7、8に示した。

3－3　番手違いによる乾燥時間と水分率の関係

梳毛糸2/60巻密度小と梳毛糸2/48巻密度

大および巻密度小の乾燥時間と水分率の関係を図9に示した。梳毛糸2/60巻密度小のものと梳毛糸2/48巻密度大のものとは、同じ様な乾燥曲線を描いている。これは、梳毛糸2/60巻密度小のものと梳毛糸2/48巻密度大のものとが表1に示すように巻密度が同程度であることや図4の恒率乾燥時の除去水分量が殆ど同じことからも推測できる。梳毛糸2/60巻密度小のものの方が梳毛糸2/48巻密度小のものより乾燥時間は長く掛かった。これは、巻取時にワインダーのおもりを同一にして巻取った場合、梳毛糸2/48巻密度小のものの方が梳毛糸2/60巻密度小のものより巻密度が小さいことや、後に述べるチーズ内通過風量が異なるためであろう。

即ち、乾燥に要する時間は、梳毛糸の番手によるのではなく、チーズ内の乾燥空気の通過風量の大小によって決まるものと考えられる。ワインダーを同一条件にし、異番手の素材を巻けば、巻密度の異なるものが巻けチーズ内通過風量が異なり、結果として、乾燥に要する時間が、太い番手の方が短くなるものと考えられる。

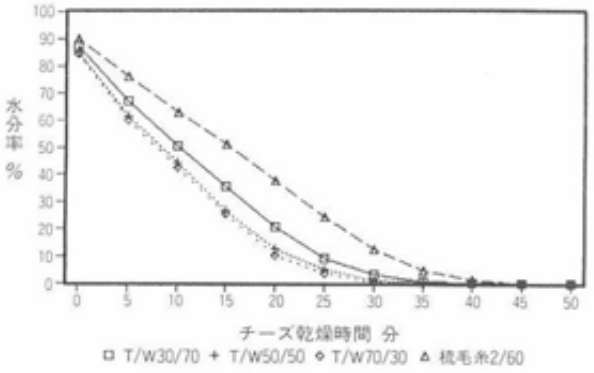

図3　素材別チーズ乾燥時間と水分率の関係

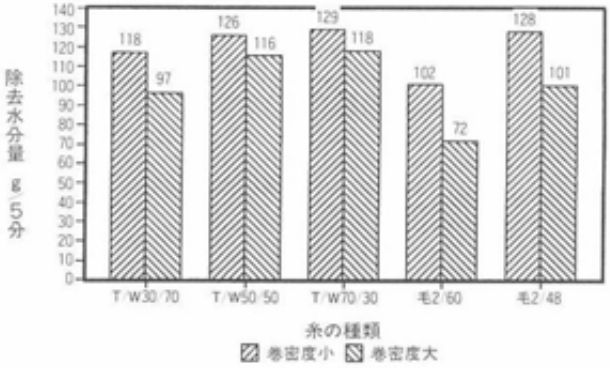

図4　恒率乾燥時の時間当たりの除去水分量

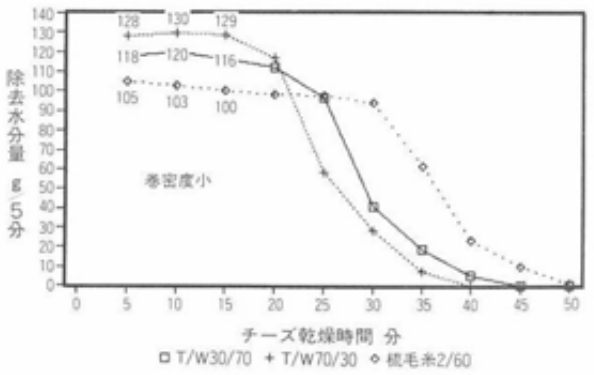

図5　チーズ糸の乾燥時間と除去水分量

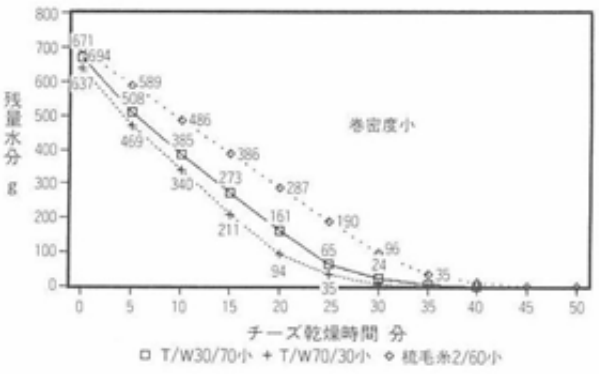

図6　チーズ糸の乾燥時間と残量水分

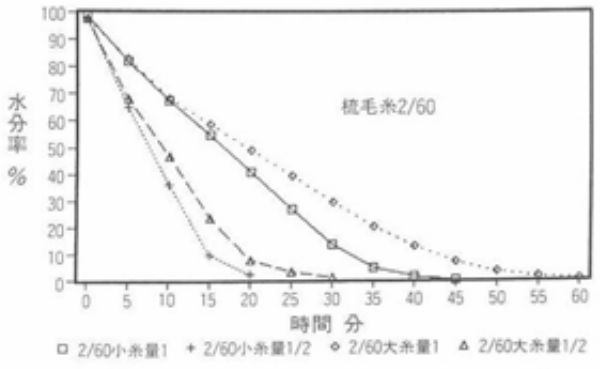

図7　チーズ糸量の違いによる乾燥時間と水分率の関係(梳毛糸2/60)

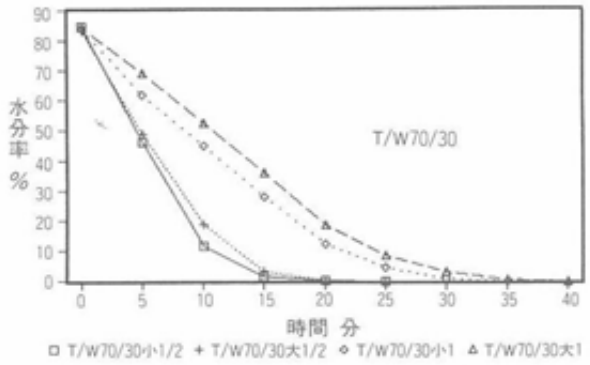

図8　チーズ糸量の違いによる乾燥時間と水分率の関係(T/W70/30)

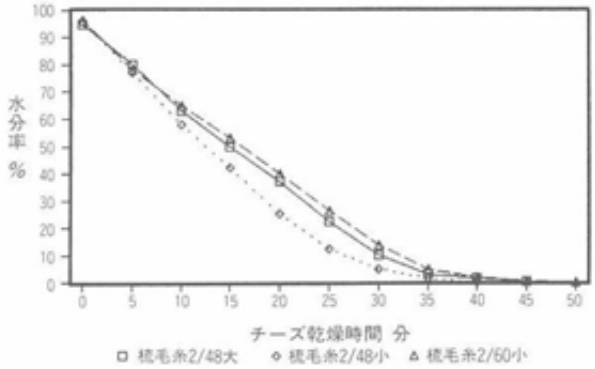

図9　番手違いによる乾燥時間と水分率の関係

3－4　恒率乾燥時の除去水分量とチーズ内通過流量および巻密度の関係

恒率乾燥時の単位時間当りの除去水分量は、全体の乾燥時間に大きく影響する。そこで、除去水分量とチーズ内通過流量および巻密度の関係を検討した。

表2　チーズ内通過流量、巻き密度と恒率乾燥時の水分除去量

糸の種類	チーズ内通過流量 (1/分)	巻密度 (g/cm³)	水分除去量 (g/5分)
T/W30/70巻テンション小	39.6	0.321	118
T/W30/70巻テンション大	35.9	0.356	97
T/W50/50巻テンション小	44.6	0.324	126
T/W50/50巻テンション大	39.6	0.351	116
T/W70/30巻テンション小	44.1	0.298	129
T/W70/30巻テンション大	41.8	0.319	118
梳毛糸2/60巻テンション小	31.9	0.339	102
梳毛糸2/60巻テンション大	28.9	0.370	72
梳毛糸2/48巻テンション小	39.6	0.284	128
梳毛糸2/48巻テンション大	35.9	0.339	101

チーズ内通過流量は、試験染めチーズ染色機を用いて、単位時間に流れる水量で測定した。チーズ内通過流量と巻密度の試験結果を表2に示した。また、チーズ内通過流量と恒率乾燥時の除去水分量の関係を図10に示した。その結果、除去水分量は巻密度よりも、チーズ内通過流量との相関が高いことが分かった（巻密度との相関 0.85　チーズ通過流量との相関 0.91)。チーズ乾燥の場合、乾燥温度等の条件が一定であれば、乾燥温風風量の大小により、乾燥時間の大小が決まると考えられることからも、この結果は当然のことである。通過流量は、巻密度だけでなく素材の性質、即ち番手、毛羽、糸の形状や撚などに影響されるものと思われる。

3－5　チーズ乾燥時間とチーズ内温度およびチーズ外層水分率

図11のようにチーズ内層、中層、外層に熱

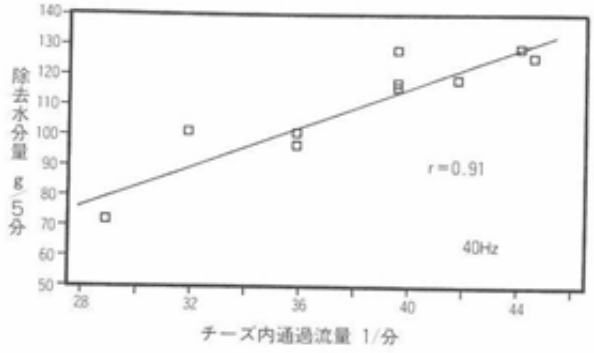

図10　チーズ内通過流量と恒率乾燥時の除去水分量の関係

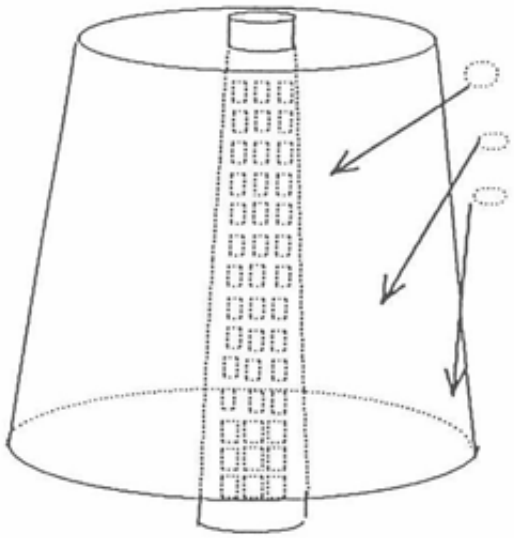

図11　チーズ内温度測定部

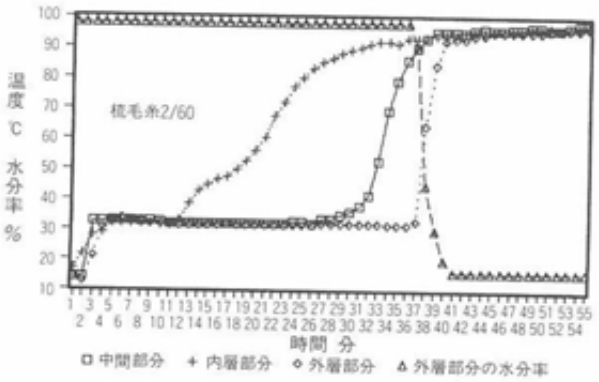

図12　チーズ内外層の乾燥時の温度と水分率

電対を挿入し、チーズ乾燥時間とチーズ内温度の関係を調べた。また、最外層に電気抵抗式の水分率計を挿入し、水分率の変化を調べた。その結果を、図12に示す。チーズ内温度は、乾燥初期にはチーズそのものを暖めて、温度上昇し一定の温度約33℃になった。この一定の温度は内層、中層、外層どの部分も同じ温度であった。この一定温度を保った後、急激に温度上昇し送風温度と同じ温度になった。図から分かるように、この一定の温度の期間が内層は短く外層は長いことから推測して、乾燥が内層から外層へ推移していることがうかがえる。

内層部の温度上昇が外層部に比べて、緩やかに上昇しているのは、内層部分に挿入した場合、外層部の低い温度の影響を受けるためではないかとか考える。

外層部分に水分率センサーをチーズ糸に挿入し、水分率変化を調べたのが図12の△ 印で示された曲線である。外層部の温度上昇とともに水分率が低下しているのが分かる。外層部の温度が60℃になったときの最外層の糸を取り、水分率を測定した。その時の最外層の水分率は、30.5%であった。水分率センサーの値および温度変化から判断して、局部的なチーズ糸の水分率は急激に変化し、糸と糸の間の水分が除去され、次に糸の温度を上昇させ糸内部に含まれる水分が除去されるものと考えられる。

3－6　異素材同時乾燥方法の検討

上記の実験の結果、最も乾燥の速いT/W70/30の巻密度小のものと、最も乾燥速度の遅い梳毛糸2/60の巻密度大のものの2種類の素材について、同時に乾燥が終了する方法を検討した。恒率乾燥時において、乾燥速度はチーズ内通過流量に比例すると考えられる。そこで、梳毛糸2/60と同じチーズ内通過流量にするため、チーズボビンの穴の部分を半分ガムテープで塞ぎ、その上に羊毛サージを巻き付けT/W(70/30) 2/60糸をテンション小で巻いた。

羊毛サージ5枚を巻き付けた場合が、梳毛糸2/60巻密度大のものと同程度のチーズ内通過流量であったが、減率乾燥を考慮してサ

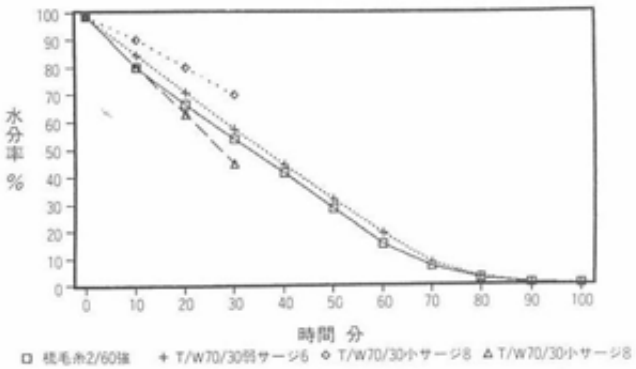

図13　負荷布巻き付け後のポリエステル/毛混紡糸と梳毛糸2/60の乾燥時間と水分率の関係

ージ6枚のもので試験した。また、比較のためサージ3枚巻き付けたもの、8枚巻き付けたものについても同時乾燥試験を行った。負荷布を巻き付けたT/Wチーズと梳毛糸2/60のチーズ各1個づつ計2個をチーズ乾燥機にいれ、送風方向イン・アウト、釜入り口温度90℃の条件で、チーズ乾燥試験を行った。その結果を図13に示した。図から明らかなように、サージ8枚巻き付けたものは乾燥速度が遅すぎ、3枚巻き付けたものは速すぎたので途中で実験を中止した。。サージ6枚巻き付けたものは、梳毛糸2/60と同程度の乾燥速度になった。

チーズ内通過流量を調整することにより、同時乾燥することが可能であることが分かった。

通常のチーズ乾燥機であれば、同時乾燥の一つとして、例えば、スピンドルに装着されたチーズに温度センサーなどをチーズ最外層部分に取り付け、その温度が送風温度に達してしばらくした時点で、そのスピンドルに送風している入口を閉じて、送風を停止し、乾いていないチーズが装着されているスピンドルにより多く温風を送風する方法が考えられる。他には、速く乾燥するものと乾燥の遅いものとで、各スピンドルに送られる送風量をスピンドル入口で調整し、同時に乾燥が終了するように送風量の比を調節して乾燥する方法が考えられる。しかし、このような同時乾燥方法は機械そのものの改良が必要であり現実的でない。

4．おわりに

異素材を乾燥する場合、乾燥し易いものは、速く乾燥し、多のものは乾燥しない状態が続く。なぜならば、乾燥したものは、ほぼ絶乾状態にあり、送風温風は非常に通過し易くなる。他方、濡れた状態のチーズは、温風が通りにくく乾燥は遅れる。

イン・アウト方向で乾燥した場合、チーズ内側から順次乾燥し、内側から絶乾に近い状態で乾燥が進むため公定水分率で乾燥を終了することはかなり困難である。公定水分率で乾燥を終了するためには、乾燥終了近くに水分を含んだ風を送るなどの方策をしなければならないと思われる。