

週休二日制に伴う製糸技術上の問題点と対策

——冷水等による繰越繭の腐敗防止法——

農林省蚕糸試験場製糸用水研究室長 宮 内 潔

はじめに

- I 繰越繭の腐敗機構
- II 腐敗防止の考え方と防止技術
- III 冷水による処理法
- IV 実 験
 - 1. 実 験 装 置
 - 2. 実 験 方 法
 - 3. 実験結果の要約
- V 冷水循環一かけ流し併用法の利点

はじめに

製糸工場では原料の繭が微生物の繁殖し易い蛋白質である点、加えて高温多湿の工場内の環境が微生物の繁殖に絶好の場となることから、従来も貯蔵中の繭および繰製中の生糸が微生物によって汚染される事故がしばしば発生してきた。

すなわち、繭倉庫内の湿度の上昇による繭かびの発生もその一例である。また、夏期の高温多湿下、工場の連休時に色素生産菌の一種、緑膿菌等が湿潤状態にある繰枠上の生糸、あるいは再繰中の生糸表面に繁殖して、その生産色素により生糸が汚染される事故など、いずれも微生物による障害の産物である。

ところで週休2日制の実施に当り、当面する技術上の問題点の一つは細菌による繰越繭の腐敗防止であるが、この場合、繭の腐敗とともに上述の色素生産菌による生糸や繭の汚染事故が重複することも考えられるので、これらの点も含め、製糸工程全般に亘る微生物障害の防止技術を早急に考えなければならない。

さて、すでに述べたように週休2日制に伴う技術上の問題点として当面、繰越繭の腐敗防止が大きな位置を占めるが、これには生産能率および生糸品質の面から、従来の繰詰やホルマリン処理に代る新しい処理技術の開発が必要とされる。

今回は腐敗防止の一つの方法として、すでに実用化されている冷水循環による腐敗防止法、およびこれと関連する処理技術の基礎的実験について述べる。

I 繰越繭の腐敗機構

繰解部の煮繭^{にまゆ}の繭腔内には、煮繭等の処理過程で膨潤された蛹体（蛋白質）とともに、この蛹から溶け出した窒素、リン、カリウム、マグネシウムおよび鉄など細菌の繁殖に必要な栄養成分が水溶液として多量に含まれている。一方、これを囲む繭層も膨潤して、その籠目構造が一層気

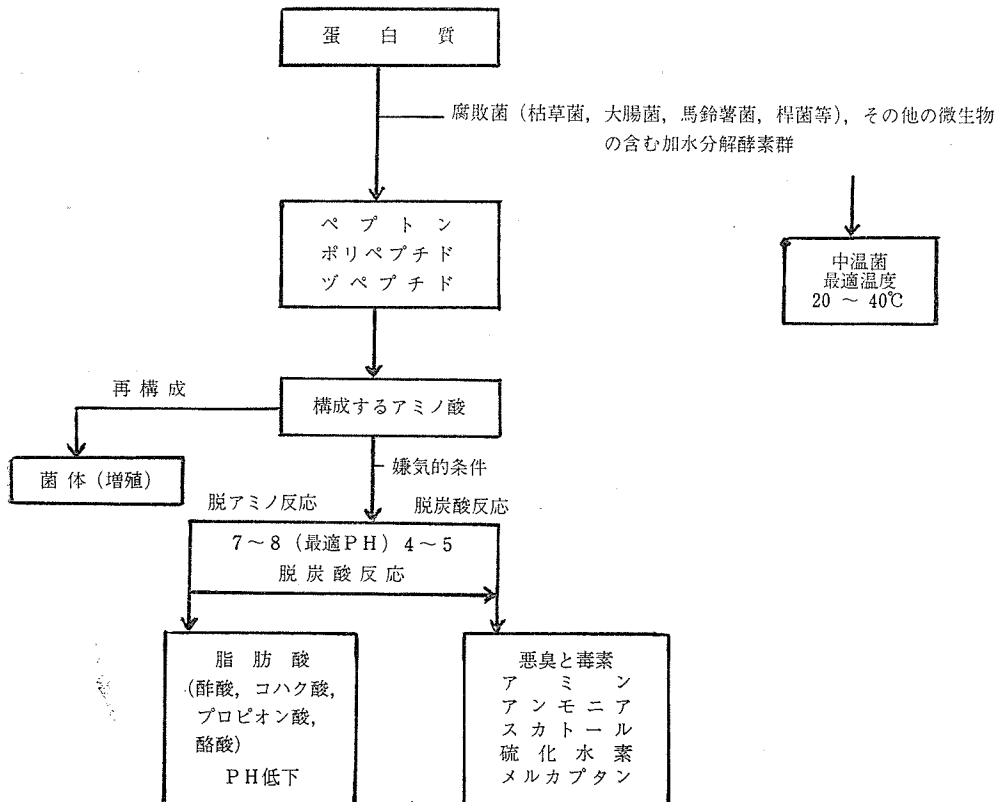
密となるため、菌層内外の水の流通が益々阻害される。このようにして外部から酸素の供給を断たれた菌腔内は次第に酸素の欠乏した嫌気的な環境となり、やがて溶解する各種の成分を栄養源として嫌気性細菌および好気性細菌が繁殖し、その共同作用により煮菌（蛋白質）の腐敗（すなわち分解）が進行する。

つぎに細菌による蛋白質の分解の機構を示すと下図のようである。

表-1 蚕蛹の一般組成 川瀬 (1918)

窒素	8.17%
粗蛋白質	51.06%
粗脂肪	28.92%
灰分	3.08%
磷酸	1.32%
加里	0.46%
石灰	0.28%
有機物	87.62%
水分	9.30%

図-1 細菌による蛋白質の分解



すなわち、蛋白質は腐敗菌（枯草菌、大腸菌、馬鈴薯菌、変形菌等）その他の微生物中に存在する加水分解酵素により、まずペプトン、ポリペプチドなどを経て、それを構成するアミノ酸に分解される。このアミノ酸の一部は再構成されて菌体となる（増殖）が、腐敗現象ではアミノ酸はさらに脱アミノ反応、脱炭酸反応、もしくはその共同作用をうけ、一層簡単な物質に変化する。そしてこの反応が嫌気的な条件で起こるときに悪臭と毒素が発生する。アミノ酸の脱アミノ反応は主に pH 7～8 で、また脱炭酸反応は pH 4～5 で起こる。ところで、この細菌による酸化、還元および加水分解などの生化学的反応は極めて複雑であり、その機構は一様でなく、また腐敗生成物の生成過程も必ずしも明らかではないが、およそ次のような過程を経てさらに分解されるものと思われる。すなわち、還元的脱アミノ反応でプロピオン酸、コハク酸、酢酸等の脂肪酸が生成されて pH が低下すると、ついで脱炭酸反応が起こり、種々のアミンが生成し、同時に硫化水素、メルカプタン、スカトール、インドール、アンモニアのような悪臭ガスが発生する。

以上は腐敗細菌等により^{にまっ}蛋白質が分解する仕組みを述べたものであるが、この過程において腐敗菌が繁殖するための環境条件として、温度（水温）、pH、溶解性有機物（菌からの溶出物）の3者が密接な関係にある。

つぎにこの環境条件としての温度および pH について述べると下記のとおりである。

温度；通常腐敗に関係する微生物の大部分は中温菌に属し、その発育および繁殖の最低温度は 10～15℃、最適温度は 20～40℃、最高温度は 45℃、といわれている。

pH；繁殖の場となる培地の pH がアルカリ性および酸性のいずれを好む細菌でも、一定限度を越えると有害となる。普通 pH 4.5 以下（または pH 9 以上）になると死滅ないし活動を停止する。

表-2 腐敗細菌の繁殖する温度領域

菌 名	最 低	最 適	最 高
Bacterium Photogena 発 光 菌（低温菌）	0 °C	1 6 °C	2 6 °G
Bacillus Subtilis 枯 草 菌（中温菌）	6 °C	3 0 °C	5 0 °C

Ⅱ 腐敗防止の考え方と防止技術

繰越菌の腐敗防止法を考える手立てとして、同じ動物性蛋白質である魚肉、獣肉などの生鮮食料品類およびその二次加工製品の腐敗防止に使われている技術を参考に述べると、これには次の二つの方法が用いられている。

すなわち、一つは菌類の繁殖を抑制ないし阻止することを目的とする処理法で、この場合、主として冷蔵の技術が用いられている。他の一つは菌類そのものの死滅を目的とする処理法で、これにはもっぱら防腐剤が用いられている。すなわち、後者は前者と比べ、化学薬剤等の毒作用を利用した、より強力な処理法といえる。

ところで、従来繰越菌の腐敗防止にホルマリンを用いた技術、あるいはまた過酸化水素、オゾ

ン等を利用する試みなどは、いずれも後者に属する処理技術である。

これに対し、いまここで述べようとする冷水等による繰越菌の腐敗防止法は前者の側に立つ処理技術である。以下、この防止技術について述べる。

さて、細菌の繁殖に水温、pH および溶解性有機物などの環境条件が密接な関係を持っていることはさきに述べたとおりである。

ところで、この環境条件は個々の項目ごとにそれぞれ最適な或る一定の範囲があり、細菌はこの定められた環境の範囲内において最もよく繁殖する。従って環境がこの範囲を越えると、生活環境が悪化して細菌の活動も阻害される。以上の点から、腐敗の防止技術には冒頭に述べた生鮮食料品の防腐法と同様に冷蔵の技術を応用して、細菌の活動を阻止する環境をつくれればよい。

すなわち、水温は腐敗菌(中温菌)の繁殖する最低温度領域(10~15°C)よりもなお低い10°C以下に調節する。また pH はイオン交換樹脂を用いて4以下に調節し、さらに細菌の栄養素となる溶解性有機物は活性炭を用いて吸着除去するなどの処理を行えば、腐敗に関係する大部分の細菌は死滅ないし活動を停止するため、原理的には腐敗防止が可能である。

よって、このことを実証するため水温、pH および溶解性有機物の各組合せについて種々変動させて予備実験を行った結果、煮菌^{にまゆ}の腐敗防止に水温が最も大きく影響することが認められた。すなわち、煮菌^{にまゆ}の水温を13°C以下に維持すると週休2日制で要求される65時間程度の防腐が可能となった。このことは上に述べた腐敗菌の繁殖を阻止しうる理論的な温度—10~15°C以下の温度—ともよく符合した。

以上の実験結果に基づき、冷水循環を主体とする繰越菌の腐敗防止法を確立した。

この繰越菌の腐敗防止法では、冷水機(チラー)を用いて水温8~10°Cの冷水を自動繰糸機内に循環させて、繰越菌を防腐する一方、溶解性有機物の除去に粒状活性炭を用いて吸着処理を行う計画であったが、最終的には少量の水を用いたかけ流しの併用により解決された。また pH についても強酸性陽イオン交換樹脂のH型通導水(酸性水)を混合して pH の調整を行う計画であったが、経済的な面もさることながら、他の項目に比べて効果の少ない点および菌層セリシンの凝集する点等の理由から、これも不要になった。

Ⅲ 冷水による処理法

冷水により繰越菌の腐敗防止を行うには次の三つの処理法が考えられる。

- 処 理 法 { (1) かけ流し法
(2) 循環法
(3) 循環—かけ流し併用法

それぞれの処理法および問題点について述べると次のようである。

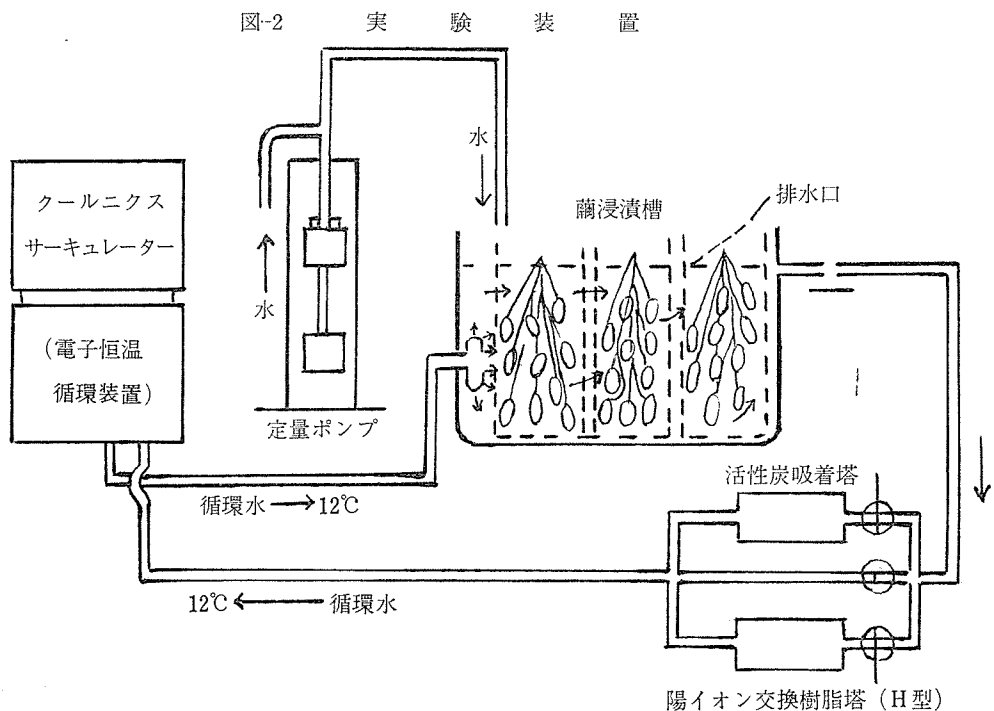
- (1) かけ流し法：冷水をかけ流しする単一の処理法である。腐敗防止の面からは問題の起こらない最も安全な処理法であるが、貴重な水資源を浪費する点、またこれに伴い冷水機の容量が大きくなる点、いずれにしても経済的な面で問題がある。
- (2) 循環法：自動機内に冷水を循環させる処理法である。この場合、蛹から溶け出す色素等の溶解性有機物により菌が着色されるので、粒状活性炭を用いて色素等を吸着除去する必要がある。(1)と同様に経済的な面で問題がある。
- (3) 循環—かけ流し併用法：(1)と(2)の利点を併用した方法で、循環水に清浄な水を少量ずつ加

えて、液中の溶解性有機物、浮遊物および細菌等を含む汚水を絶えず系外に排出させる処理法である。最も経済的且つ効果的な処理法といえる。

Ⅳ 実 験

1. 実験装置

実験装置は図-2に示すように冷水を調整して循環させるクールニクス・サーキュレーター（ヤマト科学 C T E-220電子恒温循環装置）、菌を浸漬する水槽（アクリル樹脂製400×200×190mm容積14ℓ）、pHを調整する強酸性陽イオン交換樹脂塔（H型）、有機物を吸着する粒状活性炭吸着塔（ピツパーグ・液相用CAL）およびかけ流しに用いる定量ポンプから構成される。



処 理 条 件

循環水の水温：12℃

菌 浸 漬 槽：14ℓ

菌 量：120粒/14ℓ（惠南式の場合、待機部における平常の菌量の57%に相当する）

流 速：1.8ℓ/min

循環かけ流し併用の場合の注入水温：17.5ml/min→全水量の7.5%/hr

活 性 炭 吸 着 塔：ピツパーグ粒状活性炭液相用 CAL

陽イオン交換樹脂塔：アンバーライト1R-120B H型

2. 実験方法

あらかじめ水槽の水をクールニクス・サーキュレーターと接続して水温を12℃に調節し、こ

れに繭検定用煮繭機で煮繭した繭120粒を浸漬して1.8ℓ/minの流速で循環処理を行う。実験は、循環法および循環一かけ流し併用法の2者について実施した。(水温を12℃に設定した理由は、最も危険性の高い条件で処理を行い、これにより発生する問題点を見出すためである。)

- 1) 循環法；循環法では冷水のみを循環させる対照区と、循環処理24時間以降循環水の一部を活性炭吸着塔に通導して溶解性有機物等を吸着除去した試験区の両者について、実験開始後から70および90時間にわたり、水の汚れを表わす指標として循環水中の蒸発残留物有機物および無機物量の経時変化を測定し、また細菌類の繁殖状態についても検鏡を行い、総合的な面から防霉効果について比較検討した。
- 2) 循環一かけ流し併用法：この方法では循環処理24時間以降、循環水中の有機物の濃度が増加する時点から、定量ポンプを用いて17.5ml/min(全水量の7.5%/hr)の割合で清浄な井戸水を水槽内に注入して逐次汚水との入れ替えを行った。上記と同様に循環水中の蒸発残留物、有機物および無機物量の経時変化を測定し、また細菌類の繁殖の状態についても検鏡を行い、総合的な面から防霉効果について検討した。

3. 実験結果の要約

実験の結果を要約すると次のとおりである。

- 1) 循環法の結果を図-3および図-4に示したが、対照区および活性炭通導区のいずれの場合も水温12℃の処理条件で、週休2日制で要求される65時間の防霉が確実に可能であった。しかし対照区では色素等の溶解性有機物による繭の着色が著しかった。これに対し活性炭通導区では溶解性有機物および無機物量が減少するため、繭の着色は全く見られず、また細菌類(桿菌球菌)の繁殖も抑制される結果、100時間の防霉も可能となり防霉効果が著しく向上した。
- 2) 循環一かけ流し併用法の結果を図-5および表-3に示したが、この場合、65時間の防霉は勿論、100時間余の防霉も可能であった。なお、かけ流しに注入する水の量は循環処理24時間以降、1時間当り全水量の10%程度で充分目的を達する。この処理法では循環水中の溶解性有機物、浮遊物および細菌類は水とともに絶えず水槽外に排出されるため、その水質は清浄な井戸水と同程度までに浄化され、繭の着色のないことは勿論、腐敗の防止上極めて効果的であった。
- 3) いずれの場合においても繭層内外の水の流通が極めて緩慢であるため、水温12℃の処理条件では、特に繭層内に細菌類が多量に繁殖したが、水温を8℃に下げた場合、細菌の繁殖は極めて少ないことが確認された。以上のことから、現場の技術では安全性の点を考え、水温は10℃以下、できるだけ低くすることが望ましい。
- 4) 繰越繭から繰糸した生糸は細菌による二次汚染を受けやすい状態にあるので、繰糸後真空浸透処理を行う際には、固着防止剤とともに液量に対し0.03%程度になるようホルマリンを加えて十分に殺菌処理をすることが必要である。

以上冷水による繰越繭の腐敗防止法に関する基礎実験について述べたが、終りに本法の実施によって得られる利点を要約すると次のとおりである。

図-3 循環法（対照区・活性炭なし）における水質の経時変化

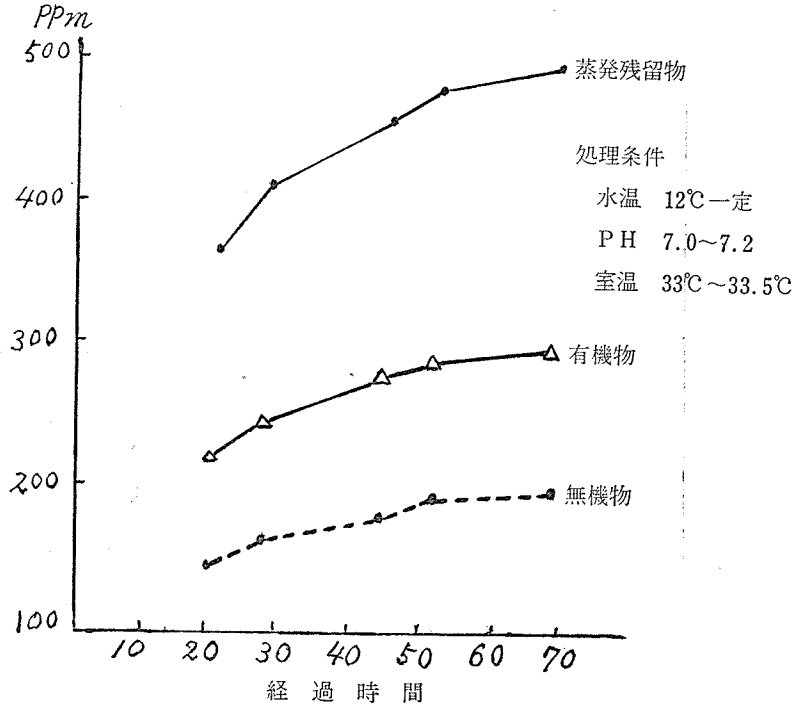


図-4 循環法（活性炭通導区）における水質の経時変化

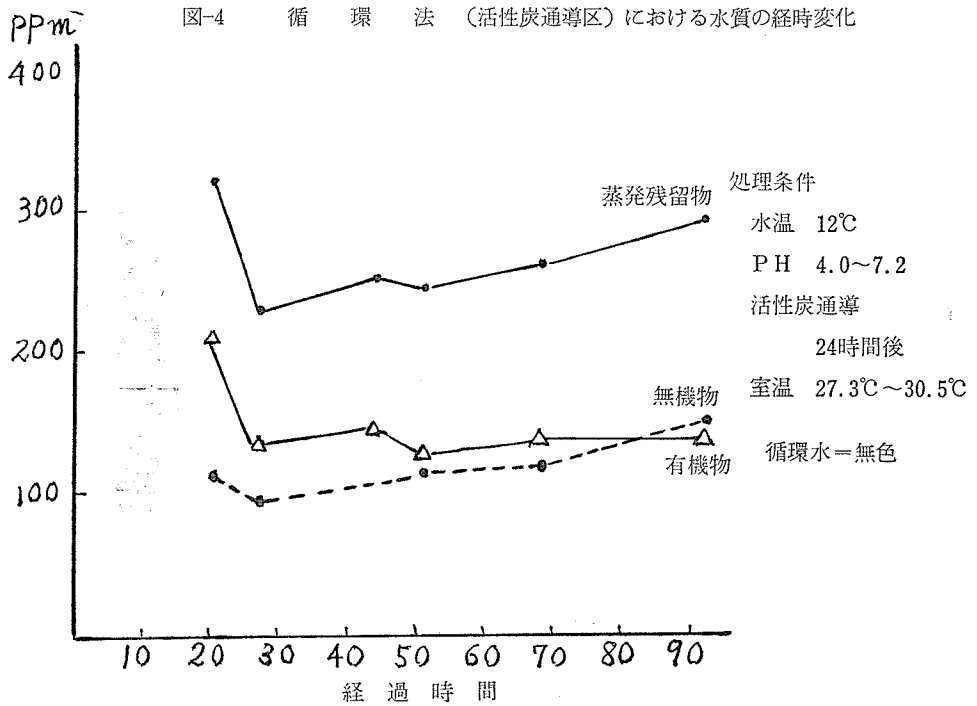


図-5 循環一かけ流し併用法における水質の経時変化

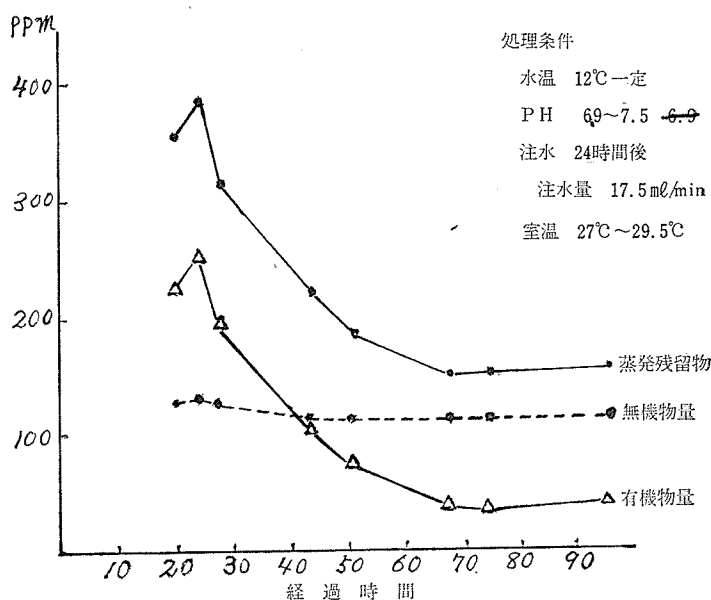


表-3 循環一かけ流し併用法における水質の経時変化

経過時間	PH	電 導 度	蒸発残留物	無 機 物	有 機 物	備 考
		$\mu\text{S}/\text{cm}25^\circ\text{C}$	ppm	ppm	ppm	
20 時間後	7.30	199	356	128	228	
24 "	7.30	218	386	130	256	
27.5 "	7.30	205	317	125	192	
44 "	7.25	196	218	112	106	
51 "	7.30	187	185	112	73	
68 "	7.40	181	150	111	39	ほぼ透明
75 "	7.50	180	150	112	38	
96.5 "	7.40	170	155	114	41	

V 冷水循環一かけ流し併用法の利点

1. 水流、水温の管理のみによる自動化された一連の技術体系であるため、四季を通じ環境条件の変化によらない安定した成績が得られる。
2. 薬剤等は一切使用しないため、衛生的労働環境を維持することができ、且つ機械等の腐蝕もなく、排水による公害上の問題も全く起こらない。
3. 従来繰越繭に用いられてきた、繰詰、粒付作成等の作業が不要となるため、平常の生産率と比べて殆んど変わりなく、且つ生糸品質も遜色ない成績が得られる。(山岸照武氏 1973年

発表DATA)

4. 週休2日制で要求される65時間の防霉は勿論、さらに100時間余の腐敗防止も充分可能である。

以 上

< 参 考 文 献 >

1. 宮内 潔・石原志津子 (1973) 繰越菌の腐敗防止について 製糸絹研究発表集録, 第23集
2. 山岸 照武・上野 康司 (1973) 冷却水利用に依る繰越残菌の腐敗防止の実用試験について
製糸絹研究発表集録, 第23集
3. 宮路 憲二著 応用菌学
4. 浅田日出夫 (1959) 浄水レポート, No.20,