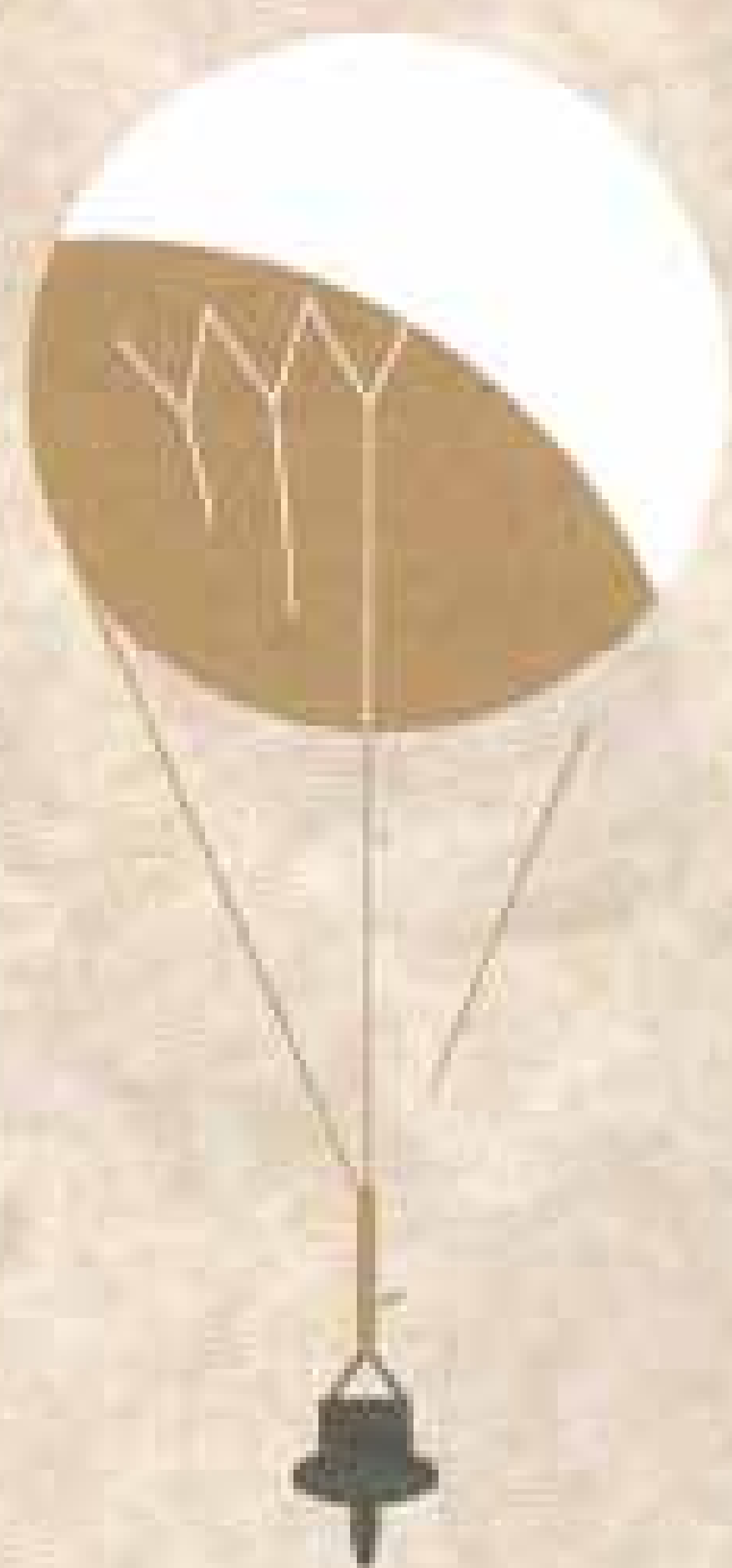


明治大学平和教育登戸研究所資料館 第5回企画展

紙

と戦争

— 登戸研究所と風船爆弾・偽札 —



2014年11月19日[水] — 2015年3月21日[土・祝]

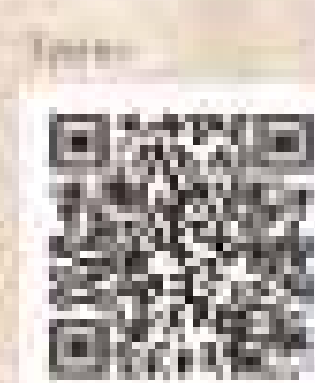
[開館時間] 10:00～16:00 [休館日] 日曜～火曜、2014年12月25日～2015年1月6日、17日、2月5日、7日 [入館料] 無料

明治大学平和教育登戸研究所資料館

The defunct Imperial Japanese Army Noborito Laboratory Museum for Education in Peace

〒114-8521 東京都品川区市子町東三丁目1-11 明治大學生田キャンパス内 TEL/FAX 044-364-2563

☞ <http://www.maej.ac.jp/noborito/> ☞ <https://www.facebook.com/Noboritoshiyoukan> ☞ https://twitter.com/maej_noborito



ご挨拶

明治大学平和教育登戸研究所資料館は、2010年3月29日の開館以来、今日までに4万人近くの皆さまにご来館いただき、大学内外から多くの反響をいただいております。

このたび本資料館では、第5回企画展《紙と戦争―登戸研究所と風船爆弾・偽札―》を開催することになりました。

登戸研究所では、戦時中、紙を使った2種類の兵器の開発を行っていました。一つは和紙を使った風船爆弾（ふ号兵器）、もう一つは洋紙を使った偽札です。

本企画展では以下の3点に焦点をあて、紙が兵器としてどのように使われたのか、戦争に動員されたことで、紙の生産者、製造企業はどのような影響を受けたのか、そして、それらの兵器生産を組織化した登戸研究所の役割がどのようなものであったのかを検証します。

①風船爆弾に使われた和紙、偽札に使われた洋紙、これらを知る上で必要な紙の原料と製紙法（和紙の手漉き技術、洋紙の機械漉き技術）について紹介します（パネル展示第1章および第3章前半）。

②風船爆弾の研究開発・生産がどのようになされたのか、和紙とコンニャク糊という素材の選定、試作段階における埼玉県小川町と量産段階における愛媛県と高知県での楮生産・製紙工程・気球組立工程が、具体的にどのようなものであったのかを、資料館による現地調査の成果をふまえて検証します（パネル展示第2章）。

③経済謀略戦の一環としての偽札工作について紹介した上で、中国の法幣（蒋介石政権の法定紙幣）の偽造のために、高い製紙技術を有した企業が動員されるとともに、登戸研究所にも高度な技術を有する技術者が集められたことを確認します。また、極めて貴重な、偽造法幣の試験抄紙（漉かし入り）の現物検証から、偽札用紙の製造が非常に難しいものであったことを明らかにします（パネル展示第3章後半）。

今回の企画展では、「紙」という私たちにとって極めて日常的なものが、戦争・〈秘密戦〉という非日常的な事件にどのように利用されたのか、製紙業にかかわる技術者・職人、さらには多くの女学生をふくむ民間人が、好むと好まざるとにかかわらず、どのように動員されたを明らかにすることができました。戦争・〈秘密戦〉というものをすこし違った角度から考える機会になれば幸いです。今まで知られてこなかった紙と戦争との関係を示す貴重な資料の展示もありますので、ぜひこの機会にご覧下さい。

2014年11月19日

明治大学平和教育登戸研究所資料館

館長 山田 朗

第1章 「紙」とは

私たちの身の回りにありふれている「紙」。いったい「紙」とは何なのでしょう。

紙は紀元前2世紀ごろに中国で誕生し、その後世界に製紙技術が広まりました。日本には7世紀ごろ、西洋には12世紀ごろに製紙技術が伝来します。

私たちが普段使っている「紙」は「洋紙」と呼ばれ、明治時代に西洋からもたらされた技術で製紙されています。洋紙は針葉樹などの木材パルプを原料にしています。木材パルプは繊維が短く製紙しやすいことから、ヨーロッパでは19世紀頃より機械で漉^すかれるようになりました。明治時代に日本に洋紙が入ってきた際には、機械抄^すきの技術も一緒に導入されました。

これに対して、古来から日本独自の技術で作っている紙は「和紙」と呼ばれるようになりました。和紙は木材パルプに比べ、長く太い繊維＝^{じんぴせんい}靱皮繊維を原料としています。この繊維を巧みな技術によって漉^すきあげることで、薄くても丈夫な紙になります。この特長は洋紙にはありません。

	原料	繊維の長さ	用途	強度
和紙	こうぞ みつまた がんび 楮・三桠・雁皮など	楮（15-20mm） 三桠・雁皮（4-5mm）	楮：障子紙など 三桠：紙幣など 雁皮：箔打ち紙など	強い
洋紙	広葉樹 針葉樹など	広葉樹（0.7-0.8mm） 針葉樹（2-3 mm）	印刷用紙、 トイレットペーパーなど	針葉樹は強い

和紙・洋紙と原料



和紙



楮皮



楮（原木）



洋紙



針葉樹

和紙とは

麻・楮などの^{こうぞ}韌皮纖維を「紙」にするためには、日本独自の技術がたくさん盛り込まれています。まず漉き方には「溜め漉き」「流し漉き」の2種があります。「溜め漉き」は他国でも見られる漉き方ですが、「流し漉き」は日本独自の技術です。

「流し漉き」の最大の特徴はトロロアオイなどの植物の根から抽出する^{ねんざい}粘剤「ネリ」を入れることです。ネリによって、紙の厚さを調製することができ、さらに、漉きあげたばかりの濡れた状態の紙どうしを重ねても、くっつかないようにすることができます。



トロロアオイの根（いの町 紙の博物館所蔵）

手漉き和紙のできるまで（いの町 紙の博物館『土佐和紙』を基に資料館作成）

原料（楮） 処理行程	1. 水につける 原料の纖維以外のアク（雑物）を除くため、きれいな水（川・水槽）に約1日漬ける。原料は水を含んで柔らかくなる。	2. 煮る 水だけでとれないアクは、釜に石灰や苛性ソーダなどアルカリ性のものを入れ、2～5時間煮る。これによって、アクは水に溶けやすくなる。	3. 洗う 薬品やアクを洗い流すと同時に、大きな ^{ちり} 塵も取り除き、きれいにする。
	4. ^{さら} 晒す 原料を白くするため、3～4日間、川や水槽に漬ける。原料は水・太陽光で自然に白くなるため、晴れた日を選んで行う。	5. 塵とり 小さな塵を指先で一つ一つ丁寧に取り除く。少しでも塵があると、良い紙ができないため、大事な作業であるが、時間と根気を要する。	6. ^{こうかい} 叩解（たたく） きれいになった原料をほぐれやすくするために、機械（ビーター）で30分ほど叩く。機械化される前は、手で叩解していたため、重労働だった。
	7. ネリを作る トロロアオイの根を打碎し、水に漬けると粘液がでる。これを布でこし、ネリを作る。	8. ^{しりょう} 紙料を作る 「 ^{すきふね} 漉槽」と呼ばれる水槽に水を入れ、原料の纖維とネリを混ぜる。これにより水が粘りのあるドロドロとした液となり原料が漉槽全体に広がる。	9. 紙を漉く ^{すげた} 簀桁という用具で漉槽の紙料をすくい、前後左右にゆする。粘りのある紙料は、簀の細かな目から少しずつ流れ落ち、紙料が簀の上に広がり、薄い紙ができる。
	10. 紙を重ねる 漉いたばかりの、ぬれ紙（湿紙）を一枚一枚丁寧に重ね、「 ^{しと} 紙床」を作る。	11. ^{あっさく} 圧搾（水をしぼる） 「紙床」はたくさん水を含んでいるため、急に搾ると紙がつぶれてしまう。そのため、時間をかけて重石やジャッキで搾る。	12. かわかす ぬれ紙を一枚一枚はがし、板にしわにならないよう、刷毛で貼付、かわかす。

楮和紙原料



楮 原木

クワ科の落葉低木。楮と呼ばれているものには、カジノキ（構）とコウゾ（楮）の2種がある。この2つは別種だが，和紙原料として厳密な区別は行われていない。和紙産地によってアカソ・タオリなど様々な呼称がある。一般的には，カジノキよりもコウゾの方が高品質な和紙原料とされる。風船爆弾用には，コウゾの中でも特に高品質である土佐楮や那須楮などが使用された。

写真下は刈り取り後，小枝をはらったもの。

白皮

原木を蒸して，皮をはぎ取る（この皮が「黒皮」になる）。黒皮には，表皮・キズ・休眠芽など雑物がたくさん付いているため，水に浸けて柔らかくした後に，雑物を包丁で丁寧につまみ取り，乾燥させ，白皮にする。この白皮をさらに原料処理すると紙料になる。

和紙ができるまで

※ここでは、風船爆弾用和紙と同じ漉き方、「流し漉き」をご紹介します。



1. 原料にネリを入れ紙料^{しりょう}をつくる



4. 漉きあがり



2. 紙料^{すげた}を簀桁ですくいあげる



5. 漉きあがった和紙^{しと}を紙床に重ねる



3. すくいあげた紙料を簀桁で縦横にゆすり紙を漉く



6. 紙漉き小屋のようす

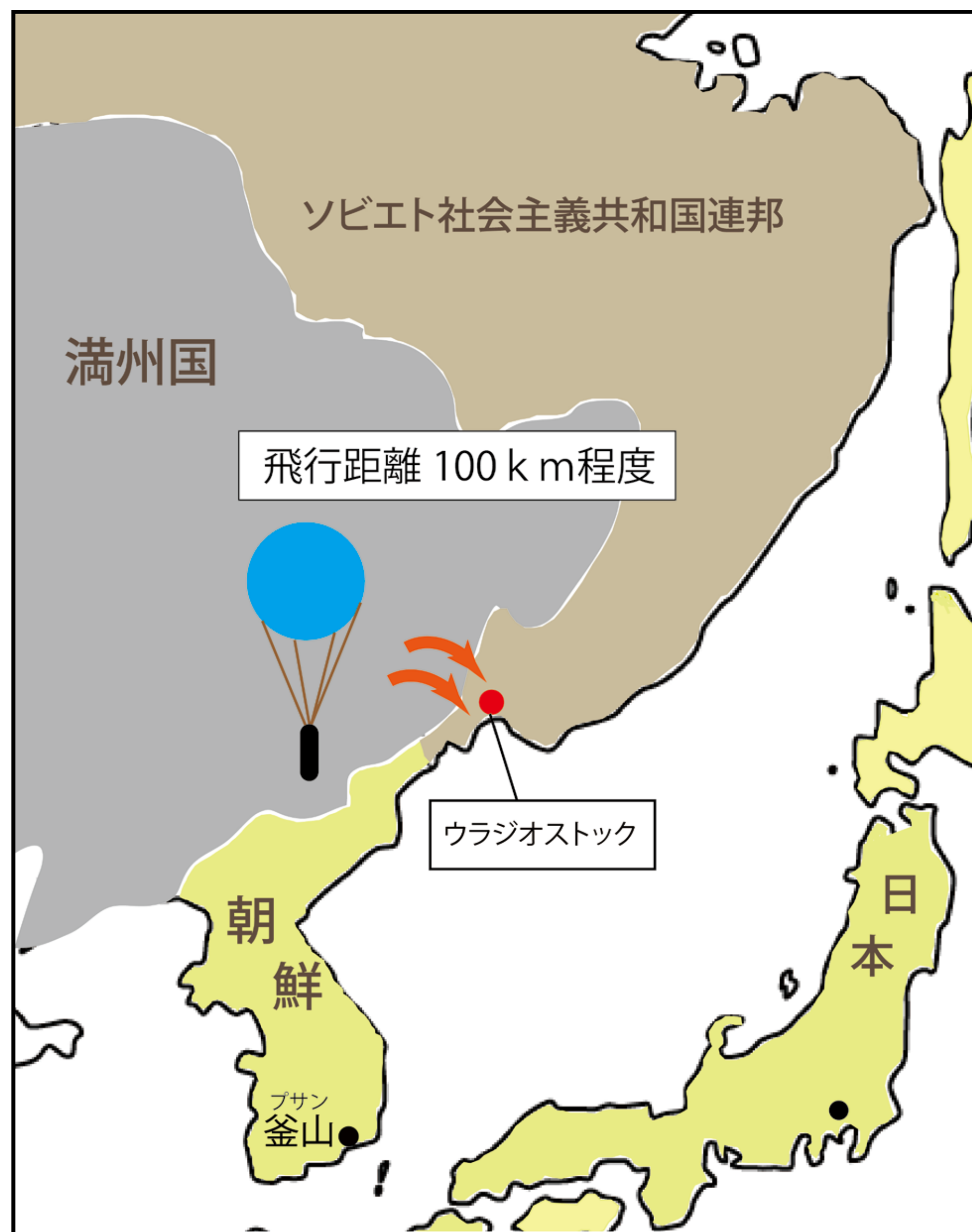
第2章 風船爆弾に利用された「紙」

初期の気球兵器

和紙にコンニャク糊を塗布した素材を気球皮に使用する例は西南戦争（1877年）時からみられますが、気球に爆弾を搭載し、直接攻撃する案はいつ生まれたのでしょうか。

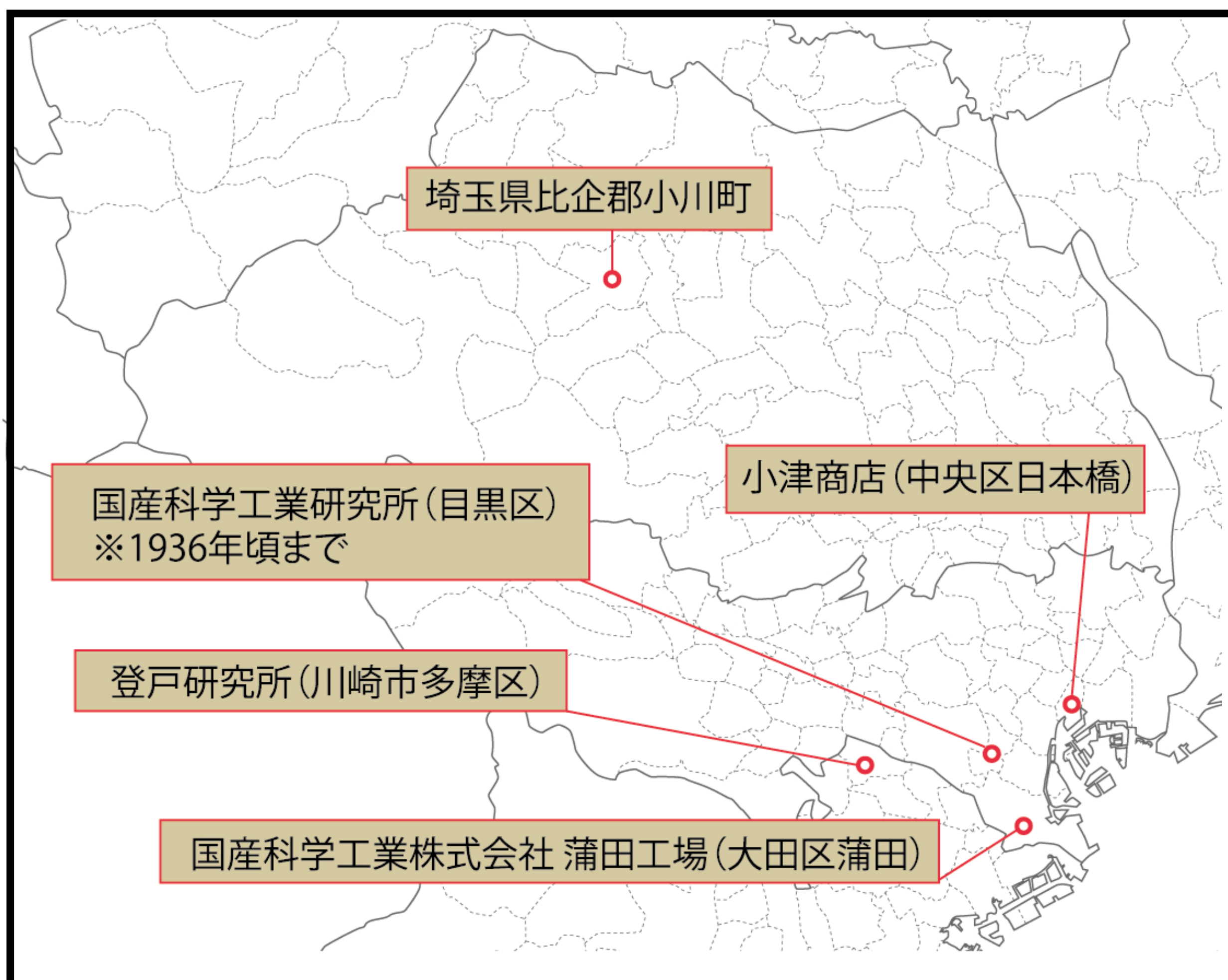
誰が考案したかは明確ではないものの、元陸軍軍人の近藤至誠が目黒に設立した国産科学工業研究所（1936年頃、蒲田に移転。後に国産科学工業株式会社となった）にて、1933（昭和8）年頃より、和紙製気球に爆弾を搭載し、敵国を直接攻撃する兵器の研究開発が軍の要請により始まったと考えられています。1935年、この気球兵器は、関東軍が対ソ連攻撃兵器として完成したとされています。

近藤至誠は、気球用紙開発を、東京日本橋にある紙問屋の老舗「小津商店」に依頼します。その依頼内容は、コンニャク糊で数枚を重ねて貼り合わせるため、ごく薄い上に丈夫な和紙の開発でした。この条件に合致する和紙といえば、高知の典具帖紙てんぐちようしや岐阜の美濃紙みのがみがありましたが、東京からはどちらも遠すぎるという理由から小津商店は断念し、東京から日帰り可能な埼玉県・小川町に開発を依頼しました。また、小川町では高品質の「那須楮」なすこうぞを原料とし、楮100%の和紙を漉いていたため、この点も加味された可能性があります。



1933年頃考案された「風船爆弾」計画（資料館作成）

関東軍が、満州国東部の国境線近くからウラジオストック地区を気球によって爆撃する計画の下に初期の「風船爆弾」は研究開発された。このころの飛翔距離は100km程度を想定していた。



初期の気球兵器に関連した場所

小津商店の番頭・岡村が近藤至誠に呼ばれて訪れたのは、目黒にあった「国産科学工業研究所」(以下、国産科学)だった。国産科学はその後、気球を製造するにあたり、目黒では手狭になり、1936年頃に目黒から移り、蒲田に工場を構えた。登戸研究所は、国産科学で開発された和紙製気球の技術を利用して、対ソ連宣伝兵器「せ号」（気球で宣伝ビラをまく）を開発したと推定される。

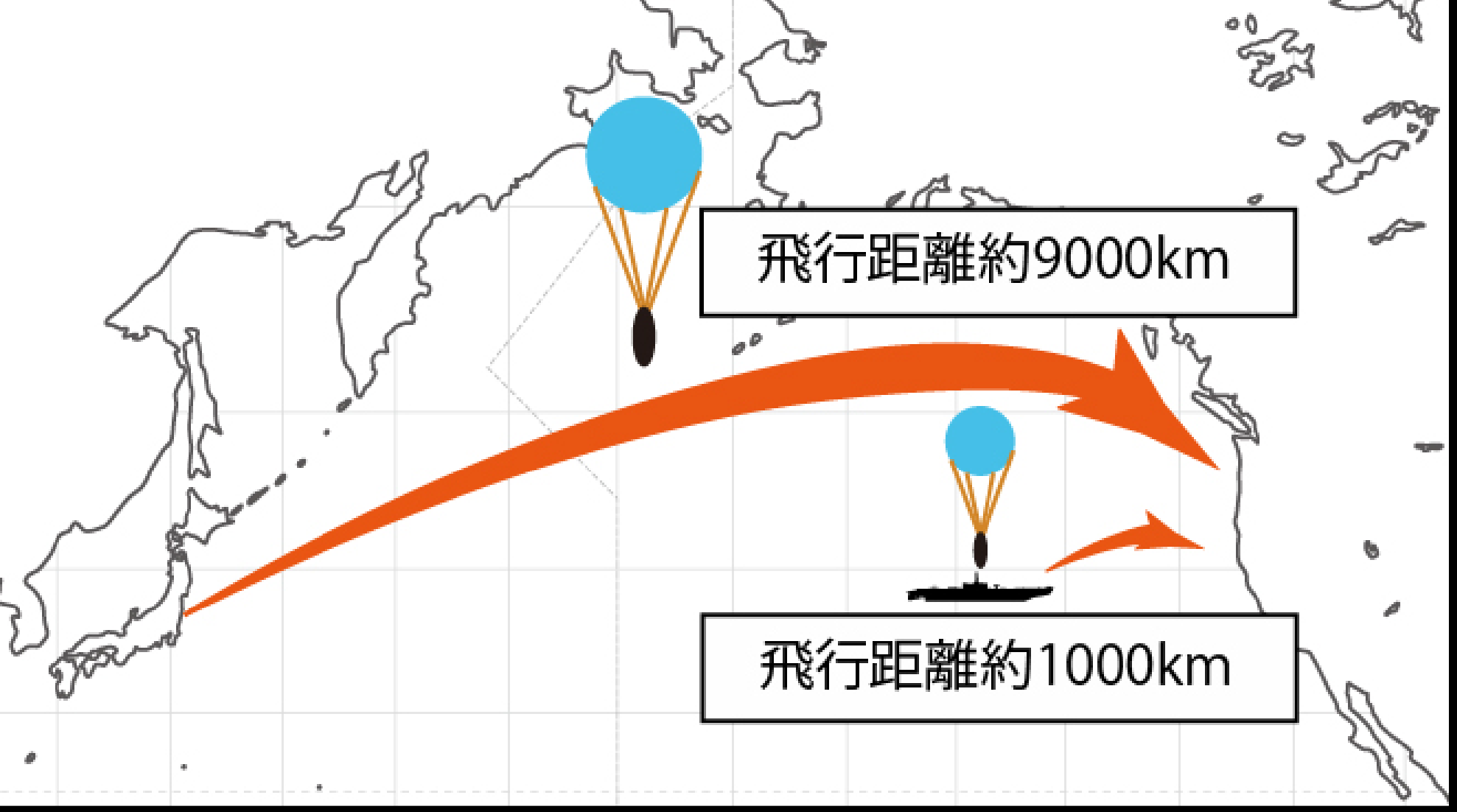
しかし、小川町で従来漉いていた和紙（細川紙）は厚みも大きさも依頼内容とは異なるものでした。そのため、^{すげ}た・^{すきふ}ね・干し板などを指定された新たな規格で設備投資をしなければならませんでした。

また、指定された薄さの和紙を漉くには大変な苦勞があり、当時関わった職人は「とにかく薄くということで、気の狂いそうな仕事だった。父と母、うち中が喧嘩だった。」と振り返り、ほぼ満足できる品質になるまで約四か月を要したと証言しています。

こうした苦勞の末、開発された「気球用紙」は生産の全てを小川町が請け負い、できあがった和紙は国産科学工業株式会社へ運ばれ、気球に成形されました。

しかし、1939年のノモンハン事件でソ連の圧倒的な軍事力を前に関東軍の対ソ戦構想はとん挫し、それに伴い「風船爆弾」作戦も停止します。その後しばらく風船爆弾作戦が持ち上がることはありませんでしたが、1942年ドゥーリットル空襲を受け、陸軍内ではアメリカ本土を直接攻撃する方法として再び風船爆弾作戦が浮上し、軍は登戸研究所に風船爆弾研究を命令します。

1942年時点では、アメリカ大陸より1000 km程度の距離まで潜水艦で近づき、そこから風船爆弾を放球する計画でした。しかし、戦況の悪化に伴い、海軍が潜水艦を提供することが難しくなり、1943年8月、太平洋横断計画へと変更されました。



1942 年以降風船爆弾計画図

登戸研究所は「せ号」(宣伝兵器)で和紙製気球のノウハウを持っていたが、高度も変わり、飛距離も大きく延びるため、多数の問題を解決しなければならなかった。



埼玉県比企郡小川町 ^{つぎがわ} 槻川 (成田祐二氏撮影, 2014 年)
小川町に流れる槻川。ここで楮の下処理を行い、和紙を漉いた。楮のゴミ・塵を取り除く原料処理時や抄紙時には不純物を含まない、清らかな水が豊富に必要である。不純物の多い川では、ゴミ・チリが入ってしまうため、高品質の和紙を漉くことができない。風船爆弾気球用紙の主要生産地はどこも、清らかな川を擁する。

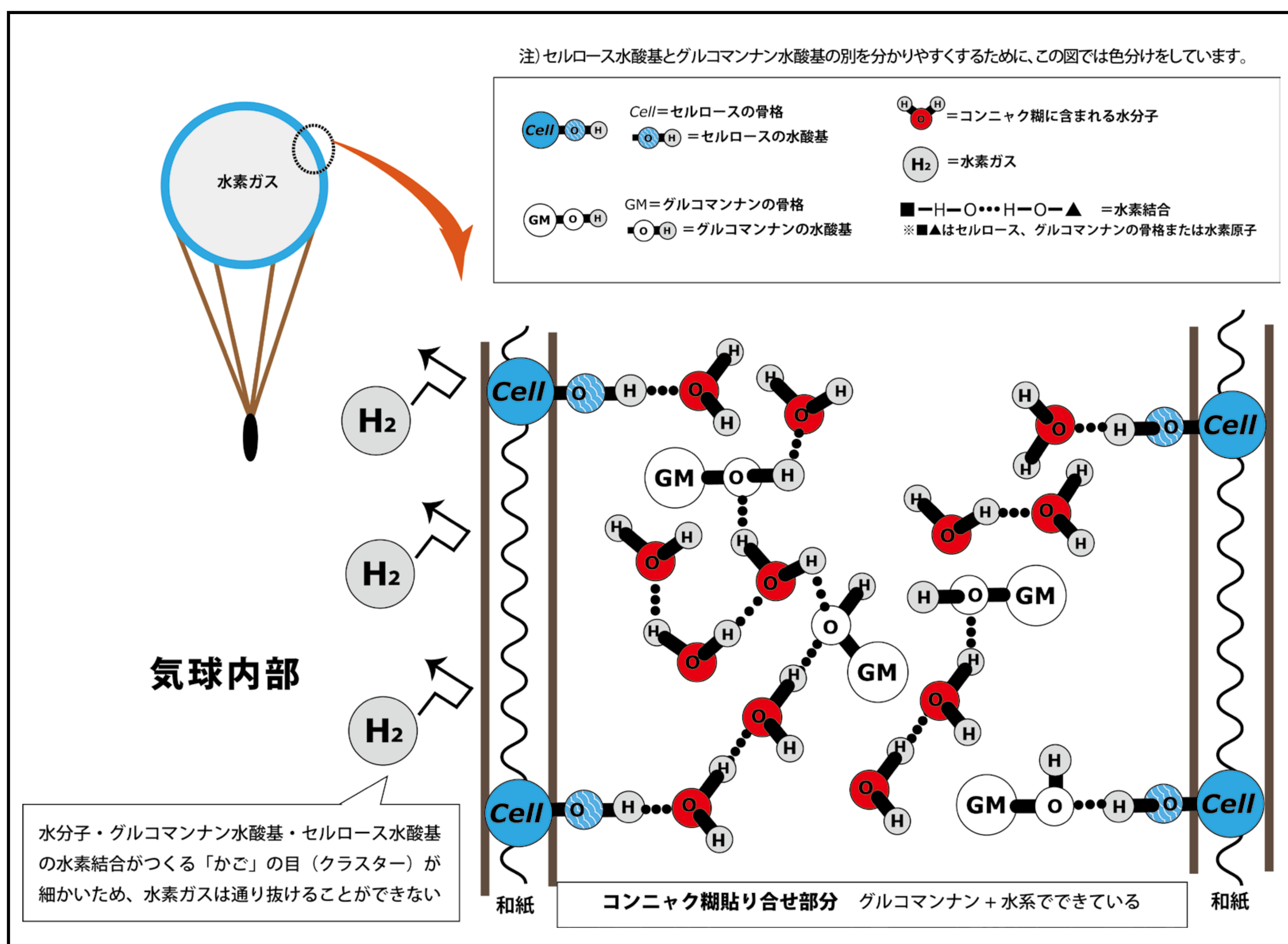
登戸研究所ではこれ以前より、中央気象台や大学の研究者から太平洋横断型の風船爆弾開発に必要な情報を得ていたため、研究開発に着手していましたが、この時点をもって、本格的に取り組むことになります。

球皮の選定

—軽量・強靱で水素ガスを逃さない素材

登戸研究所第一科では、まず、長距離かつ長時間飛翔可能な気球皮の研究にとりかかりました。すでに開発されていた和紙＋コンニャク糊に加え、ゴム引き布・合成樹脂・各種油脂・各種糊剤などの気密性測定を行ったところ、コンニャク糊が最も水素ガスを逃さない素材だという結果がでました。そして、コンニャク糊の支持体として適しているのは、薄くても強靱である繊維長の大きな^{こうぞ}楮 100%の和紙であるという結論づけました。

後にアメリカ軍が風船爆弾球皮を調査した際、和紙＋コンニャク糊球皮から水素が漏れる量は一日あたり 0.9 l / m^2 であり、当時米軍が使用していたゴム引き気球布と比較してはるかに水素ガスを漏れにくい素材であったことが判明しました。



風船爆弾球皮推定図（小林良生氏の気球皮水素結合仮説（2014 年）を基に資料館作成）

コンニャクは水の保持体である。コンニャク中の水分子 (H₂O) が、コンニャク・グルコマンナン水酸基 (GM-OH) と和紙・セルロース水酸基 (Cell-OH) と水素結合を形成することによって、かごの目（クラスター）を構成する。このかごの目が水素ガスよりも小さくなるため、水素ガスを通しにくい＝水素ガスバリアー性の高い材料になったと考えられる。球皮はこれを3～5層重ねたため、より水素ガスを逃さない素材となっている。

水素結合を用いた、高度な科学技術が球皮に使用されていた。

気球用和紙の開発

長時間・長距離飛翔に耐えうる和紙の開発は第一科だけでは難しいと判断され、1943（昭和 18）年、偽造法幣用紙の研究主任として第三科に配属されていた伊藤覚太郎（のち技術少佐）に協力をあおぎます。伊藤は、本来王子製紙の技師であり、洋紙分野の専門家であったため、手漉き和紙には明るくありませんでした。そのため、気球用紙のパイオニアである小川町に出向き、和紙業界の権威である中村和（当時の埼玉県製紙工業指導所長）らと協議を行い、材料の製品規格を定めたと考えられます。

伊藤は、水素ガスが膨張する際の内圧に耐えるよう、縦横に強度があり、コンニャク糊の支持体に適した和紙の開発が必要だと考えました。そのため、流し漉き・溜め漉きどちらがふさわしいか工法から見直し、薄さ、目方、原料、漉き方に至るまで詳細に指示したマニュアル「手漉生紙規格」を同年9月に完成させます。

原料は高品質の楮 100%で流し漉きにするよう指示しますが、抄紙時に「横ゆり」だけであると、楮の繊維が横一方向に並び、縦に裂けやすい紙になります。この問題を解決するため「縦ゆり」も入れるよう厳しく指導しました。さらに、コンニャク糊で和紙を貼り合わせる際に、横に繊維が並んだ大判 1 枚の上に縦に繊維が並んだ小判を並べ重ね貼り合わせるよう、マニュアルに明記します。



**↑
すげた**
気球用和紙抄紙用簀桁（紙漉き機） ※第二展示室に展示中

山梨県・市川大門で実際に使用されていた簀桁。サイズ 147.1cm × 577cm。
明治以降、改良漉きが各地に広まり、従来より大型の簀桁が導入され、一度に
数枚分の和紙を漉くようになった。この簀桁で小型の「五号」用紙を1度に2
枚分漉き、規格通りに断裁して出荷したと推定される。

各気球用紙の規格に併せて、簀桁が特注され（主に高知県産）各生産地に納め
られた。

品種	横×縦 / 尺 (cm)	重量 / 匁 (g)
一号	6.35 × 2.2 (192.4 × 66.6)	5.79 ~ 6.91 (21.7 ~ 25.9)
二号	2.2 × 2.2 (66.6 × 66.6)	2.45 ~ 2.91 (9.2 ~ 10.9)
三号	3.3 × 2.2 (100 × 66.6)	2.91 ~ 3.47 (10.9 ~ 13.0)
四号	5.6 × 2.0 (169.6 × 60.6)	4.64 ~ 5.52 (17.4 ~ 20.7)
五号	2.0 × 1.7 (60.6 × 51.5)	1.73 ~ 2.05 (6.5 ~ 7.7)

気球用和紙規格表（前松陸郎「和紙と「ふ号作戦」[『紙及パルプ』第10号第2巻, 1959年]を元に資料館作成）
「一号」「二号」の規格は「ずっと前に小川のほうでつくって出しておりました。」と中村和（当時の埼玉県製紙工業指導所長）は証言している。一号は大きく、漉くのに高い技術を要するため、誰でも漉けるわけではなかった。この問題を解決するために二号を開発し、一号の上に二号を縦と横に並べて貼り合わせたとも述べている。規格が厳しい代わりに、当時の和紙の値段がおよそ一貫あたり10円だったところ、生紙は60円で取引された。
※1尺=30.3cm, 1匁=3.75gで換算しています。小数点2位以下切り捨て。

製造地の選定

上空 1 万 m，アメリカ大陸までの距離約 9000km を 72 時間かけて飛翔するには，直径 10 m の気球が必要であると登戸研究所は結論づけます。実験をするにあたり，1943 年から 44 年初めにかけて試射用 200 個分の気球用紙は全て小川町で生産されました。

この実験は成功し、1944 年 3 月に風船爆弾は兵器として正式に採用されます。放球時期は 1944 年 11 月から翌年 3 月までとし、目標放球数を 1 万 5000 発と定めます。1 球あたり約 3000 枚の和紙が必要なため、4500 万枚以上の和紙製造が必須です。小川町だけではとても賄いきれないため、他の和紙産地でも製造をする必要性が出てきました。

日本全国にたくさんの和紙産地がありましたが、地域によって扱う原料も大きさも厚みも異なります。

そのため、10m 気球試作・実験と前後して、1943（昭和 18）年秋ごろから、大量の気球用紙を確保できるよう、伊藤覚太郎は全国の和紙産地から製造地を選定します。その結果、従来の埼玉県に加え、石川県・岐阜県・鳥取県・高知県・愛媛県・福岡県の全部で 7 県が選ばれました。各産地の特徴から選定基準を推測すると、以下の点が考えられます。

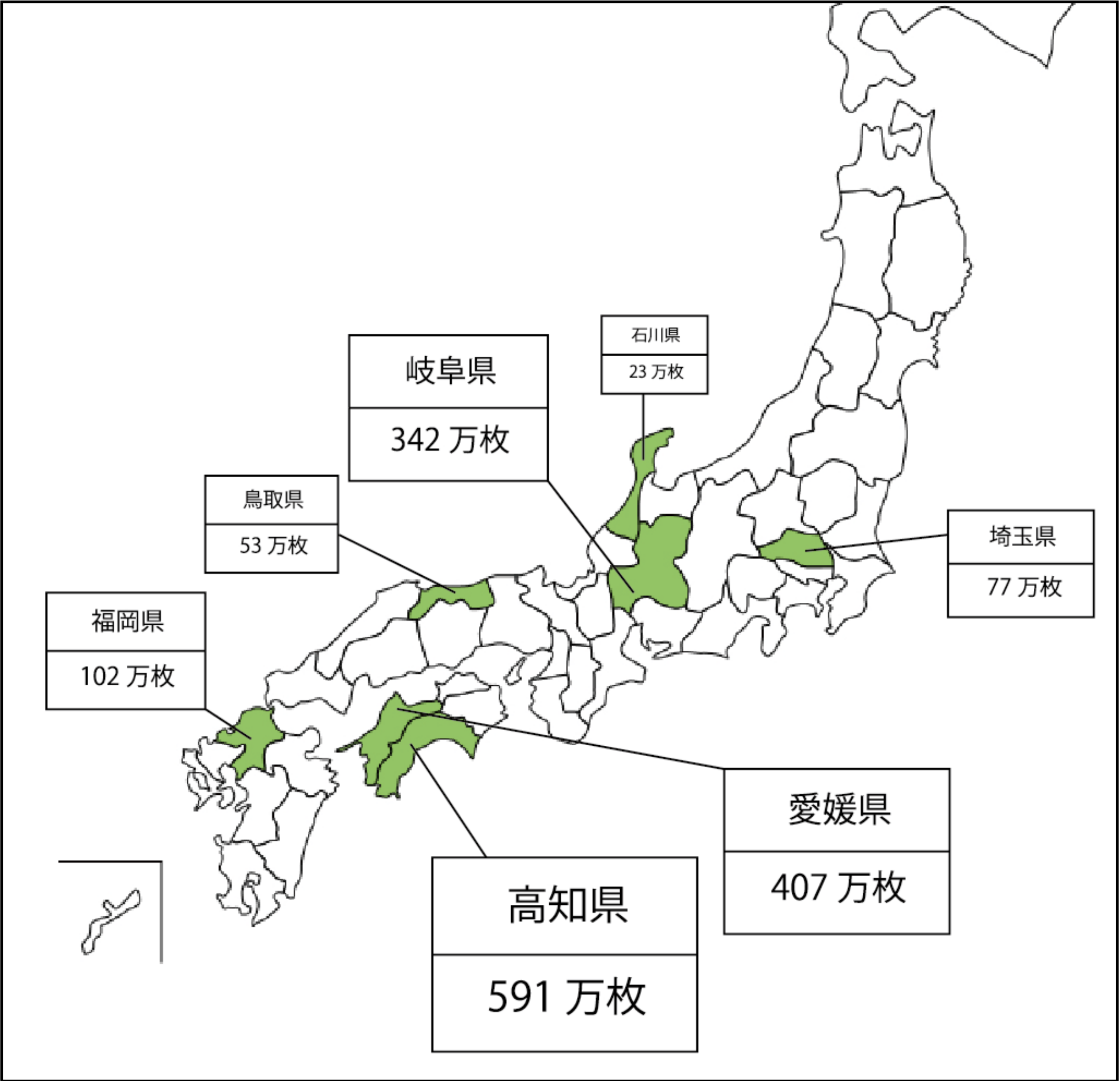
- ・県の製紙試験場，製紙指導所などがあること
- ・高品質な楮を使用して和紙を漉いていること
- ・高度な技術を保持した職人がいること
- ・まとまった数の労働力を確保できること

この中で鳥取県を製造地に入れるかどうか、伊藤は大変悩んだと当時を回顧しています。鳥取県は、従来三桮^{みつまた}を主原料に和紙を漉いていたので、楮の長い繊維を漉く技術を有していませんでした。しかし、薄く高品質な和紙を漉ける高度な技術を保持した職人がいた点、和紙界で大きな功績^{こうじいさぶろう}をあげている小路位三郎が鳥取県工業指導所長に在籍していた点から、鳥取県も製造地に指定しました。

現在も越前和紙で有名な福井県はなぜ選ばれなかったのでしょうか。その理由は明確ではありませんが、内閣印刷局に納める紙幣用紙を製造していた点・気球紙以外の軍納紙を多数納めていた点が考慮された可能性があります。しかし、福井県は 1944 年に「細川紙」5 万枚製造指令を受けます。これが気球用なのかは明確ではありませんが、この頃になると、7 県だけでは製造が間に合わなくなり、山梨県・福島県など他の和紙生産地においても製造されるようになります。

	推定生産枚数 (月単位)
高知県	591 万枚
愛媛県	407 万枚
岐阜県	342 万枚
福岡県	102 万枚
埼玉県	77 万枚
鳥取県	53 万枚
石川県	23 万枚
	合計 1,595 万枚

主要風船爆弾製造県別気球紙推定生産枚数(月単位)
(吉野興一『風船爆弾 純国産兵器「ふ号」の記録』朝日新聞社を基に資料館作成)
気球用和紙 60%以上を愛媛と高知の四国で生産していた。



『^{せっかいしやじゆく}石灰煮熟試験（中間報告）』

1944（昭和 19 年）3 月

埼玉県小川製紙指導所発行

紙のまち資料館 所蔵

「紙製造ニ要スル原価比較表」

紙のまち資料館 所蔵

原料（^{こうぞ}楮など）の雑物（^{あく}灰汁）を取り除く原料処理は大変な手間がかかる重労働である。これを緩和するため、^{じょうしや}蒸煮時に苛性ソーダなどアルカリ性薬剤を用いる改良法が明治以来各地で導入された。しかし戦時下では、軍需品である苛性ソーダは入手困難で価格が高騰したため、改良法以前の石灰・木灰を使用し、苛性ソーダ節約蒸煮法を各県の製紙試験場などで研究したことを示す資料。試験の結果、品質は「良好」とされ、苛性ソーダ利用時より原価も節約できるという結果が「紙製造ニ要スル原価比較表」に示されている。

また、『石灰煮熟試験（中間報告）』に報告されている「^{とうしよ}當所ハ^{どうちくならび}本年度増築並ニ設備ノ^{かくちようもようへんこう}擴張模様變更ノ^{ため}為又ハ^{そのほか}其他多用ヲ極メ〜」（資料写真矢印部）から、風船爆弾試射用 200 球＝約 60 万枚の気球用紙製造で小川町が多忙を極めていたことが伝わる。

『和紙』

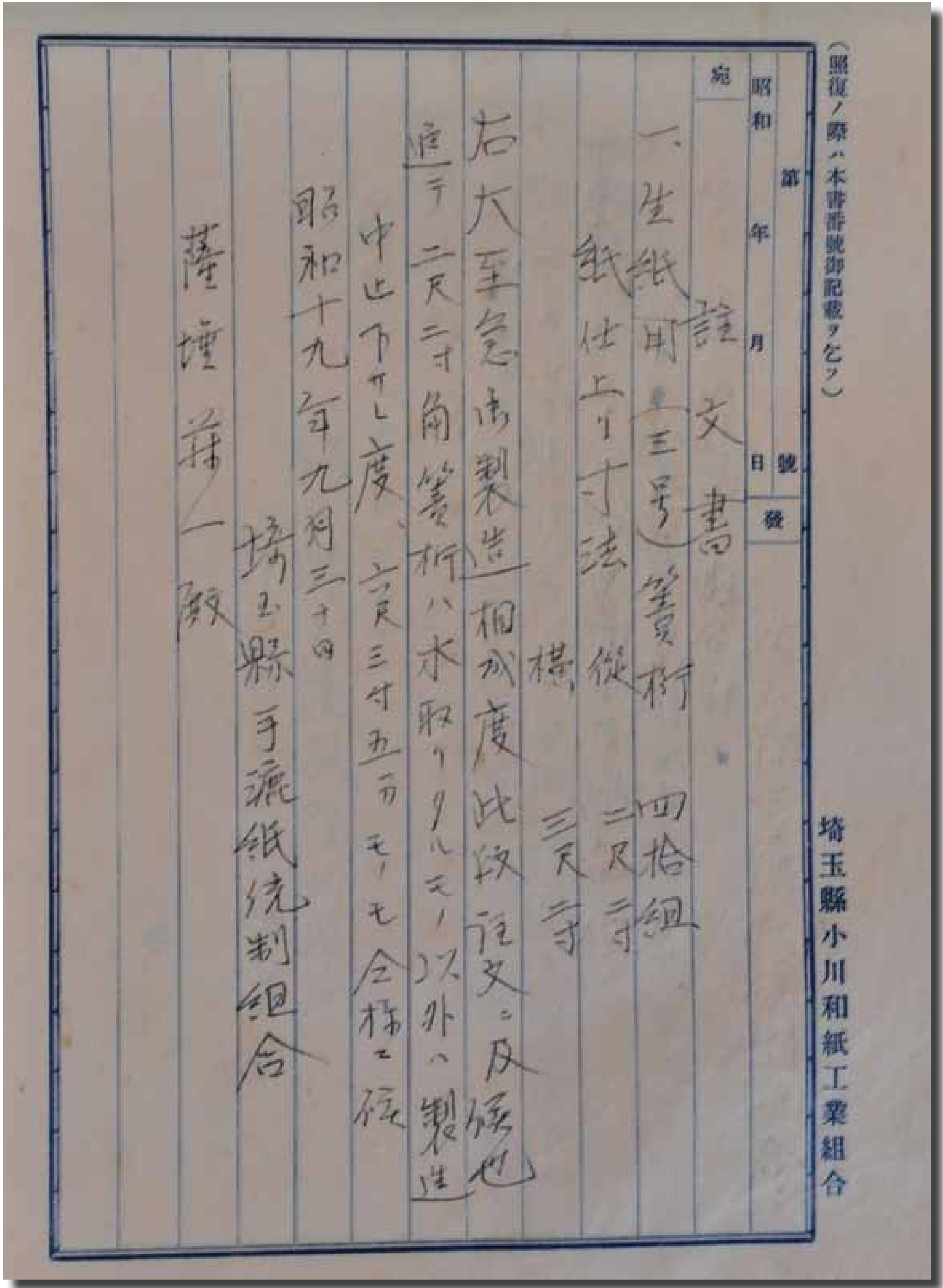
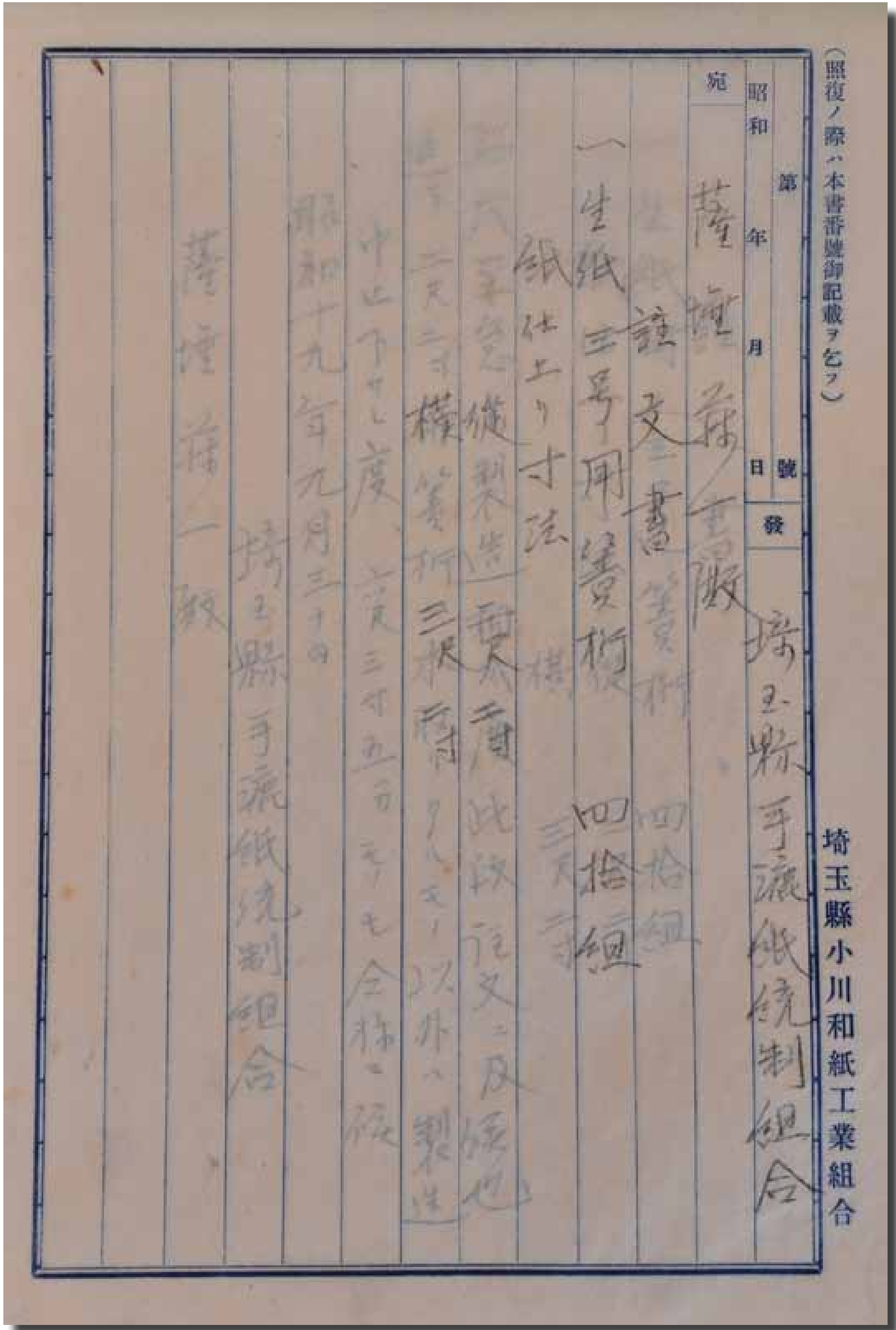
東野辺薫著，1946（昭和 21）年発行。1944 年 2 月芥川賞受賞作品。戦時下の福島県・^{かみかわさき}上川崎（現・二本松市）の紙漉き村を舞台にしている。「^{ぐんじゆし}軍需紙」を漉くことになり、疲弊していた村に原料が「^{わずらわ}何の煩わしさもなく」送られ、村が活気づく様子が書かれている。上川崎は風船爆弾用紙製造地でもある。

明治大学図書館 所蔵





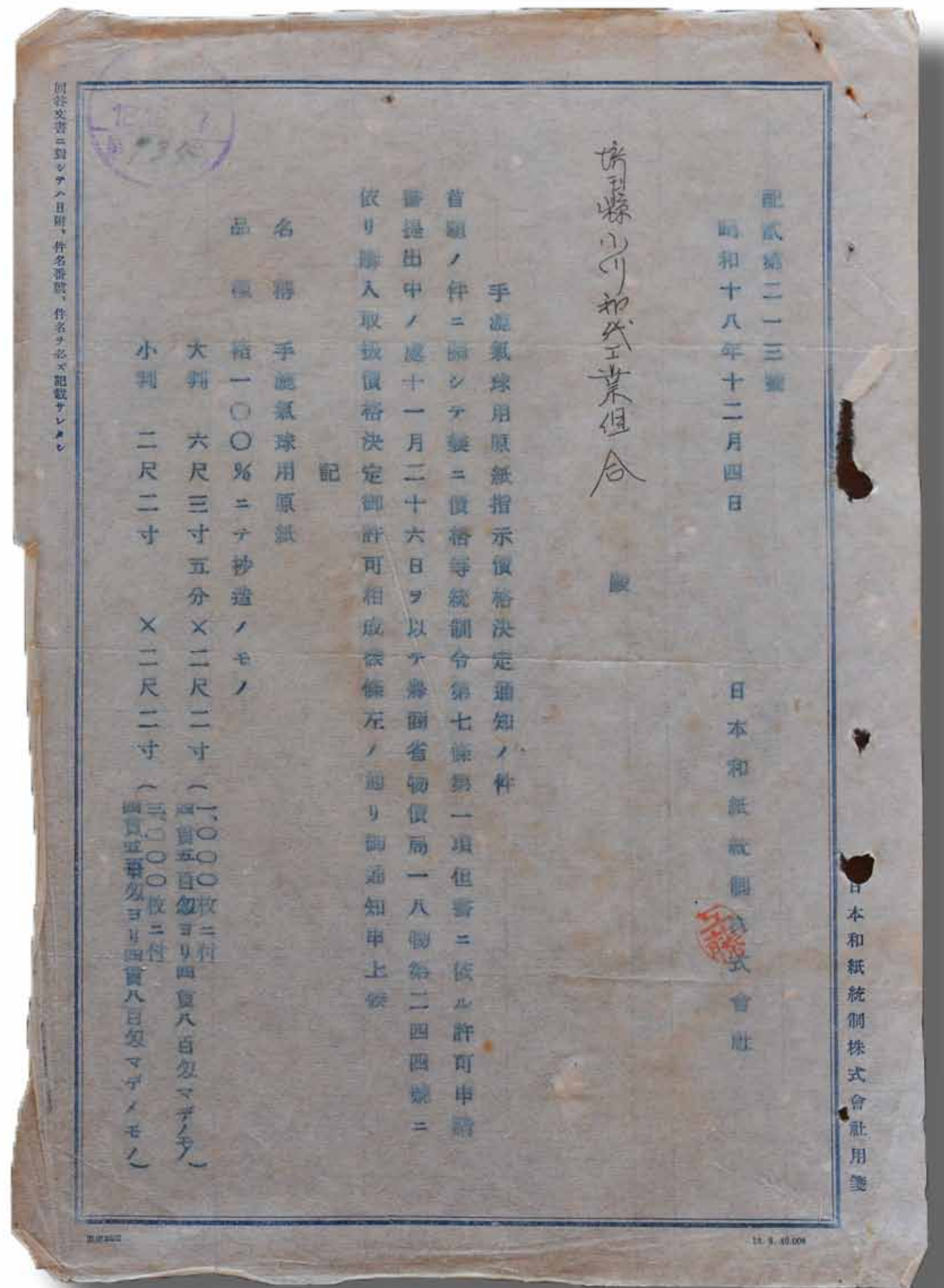
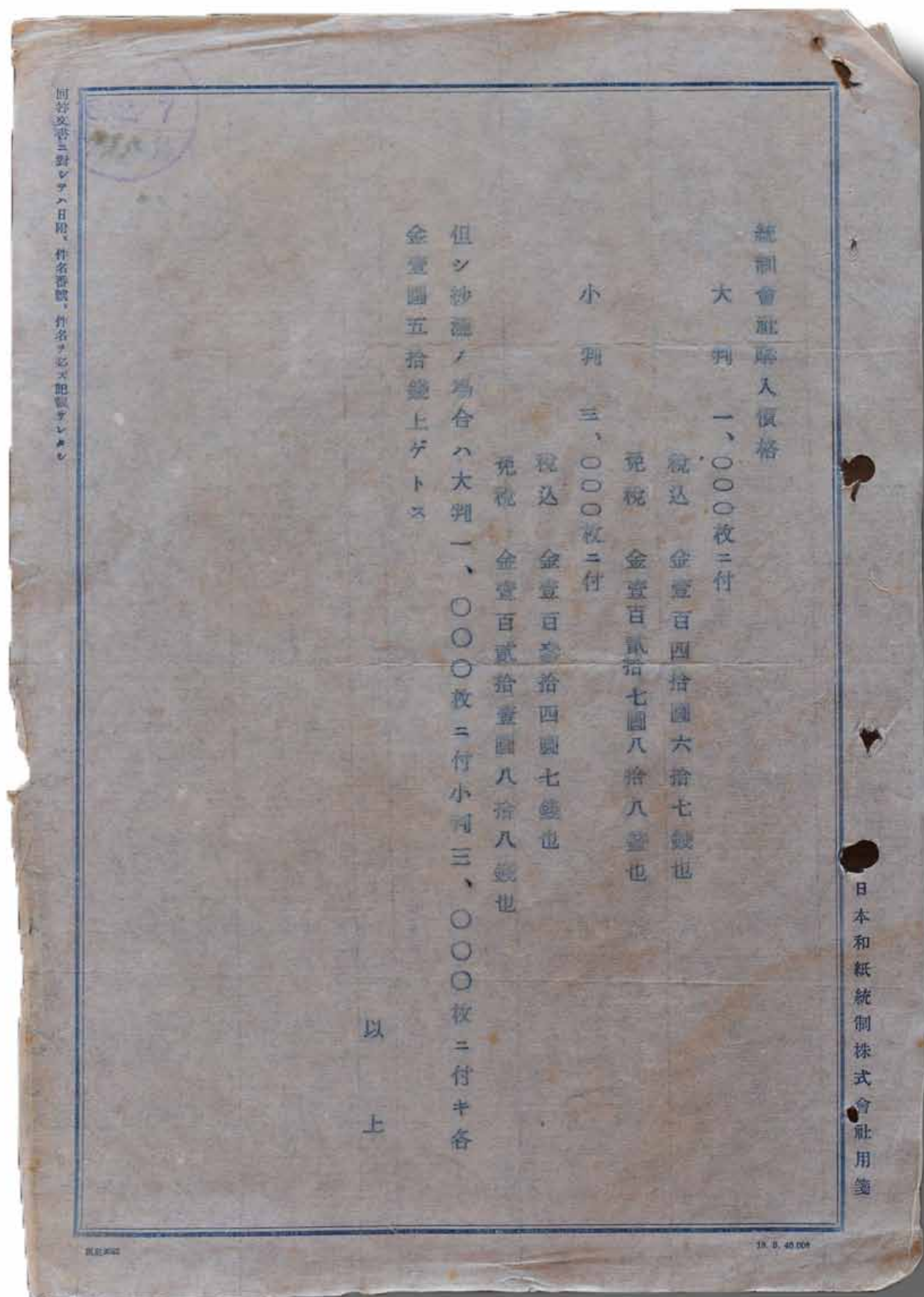
細川紙
 埼玉県・小川町の風船爆弾用紙漉き手が
 気球用紙として当時漉いたもの。
 土川雅子氏 寄贈



「^{きがみ}生紙^{すげた}三号用簀桁 注文書」

1944（昭和 19）年 9 月 30 日，埼玉県手漉紙統制組合が高知県の簀桁製造者に「三号用」簀桁を 40 組「至急送るよう」催促している。また，それまで埼玉県小川町で主に漉いていた「一号」「二号」用の簀桁は「木取りタルモノ以外ハ」製造を中止するよう依頼している。この点から，風船爆弾製造が全国的に本格化し，「三号」紙が入用になったと考えられる。高知県は質の高い^{こうぞ}楮・和紙生産地だけではなく高品質な簀桁製造地でもあった。

小川和紙工業協同組合 所蔵



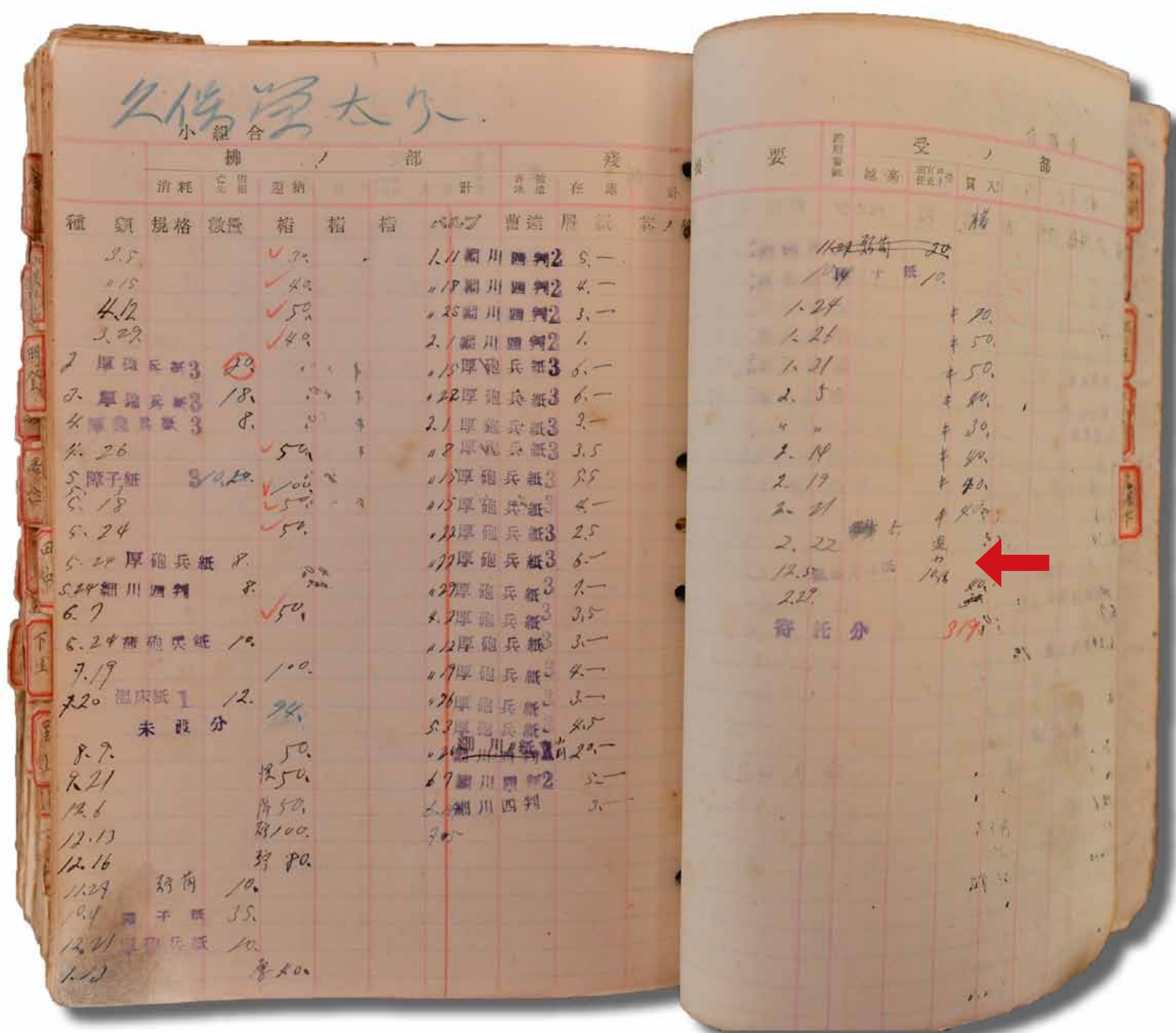
「手漉気球用原紙指示価格決定通知ノ件」

1943（昭和18）年12月4日発行。日本和紙統制株式会社が埼玉県・小川町に宛てた気球用和紙買い取り価格通知。1943年時は「気球用原紙」と呼んでいたようだ。

大判（「一号」）1000枚で140円67銭，小判（「二号」）3000枚で134円7銭。さらに，^{しやずき}紗漉（^す簀に紗を敷いて漉くため，簀の目・糸目などのない平滑な和紙になる）の場合は1円50銭高値で買い取られた。細川紙の買取価格は同量で70～74円程度だったため，気球用紙は高額で取引されたことがわかる。

中村和（当時の埼玉県製紙工業指導所長）の証言によると，「一号」「二号」用紙は小川町で開発した。

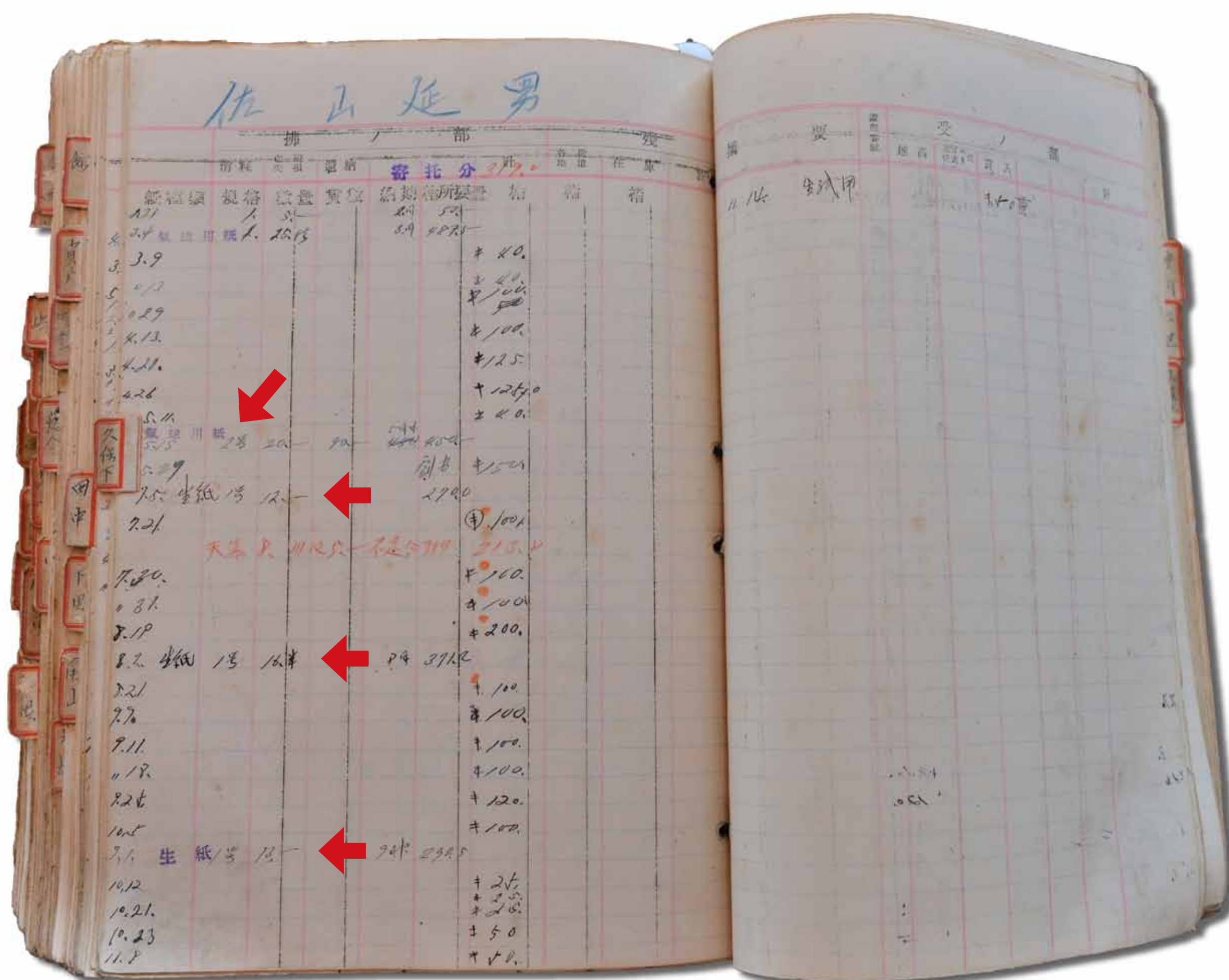
小川和紙工業協同組合 所蔵



昭和十八年度『楮配給簿』

12月5日に「気球用原紙」の表記が見られる。この頃より埼玉県・小川町の漉き手の大半が気球用紙を製造するようになる。また、それ以前は軍需紙（厚砲兵紙）^{ぐんじゅうし}を主に漉いていたことがわかる。

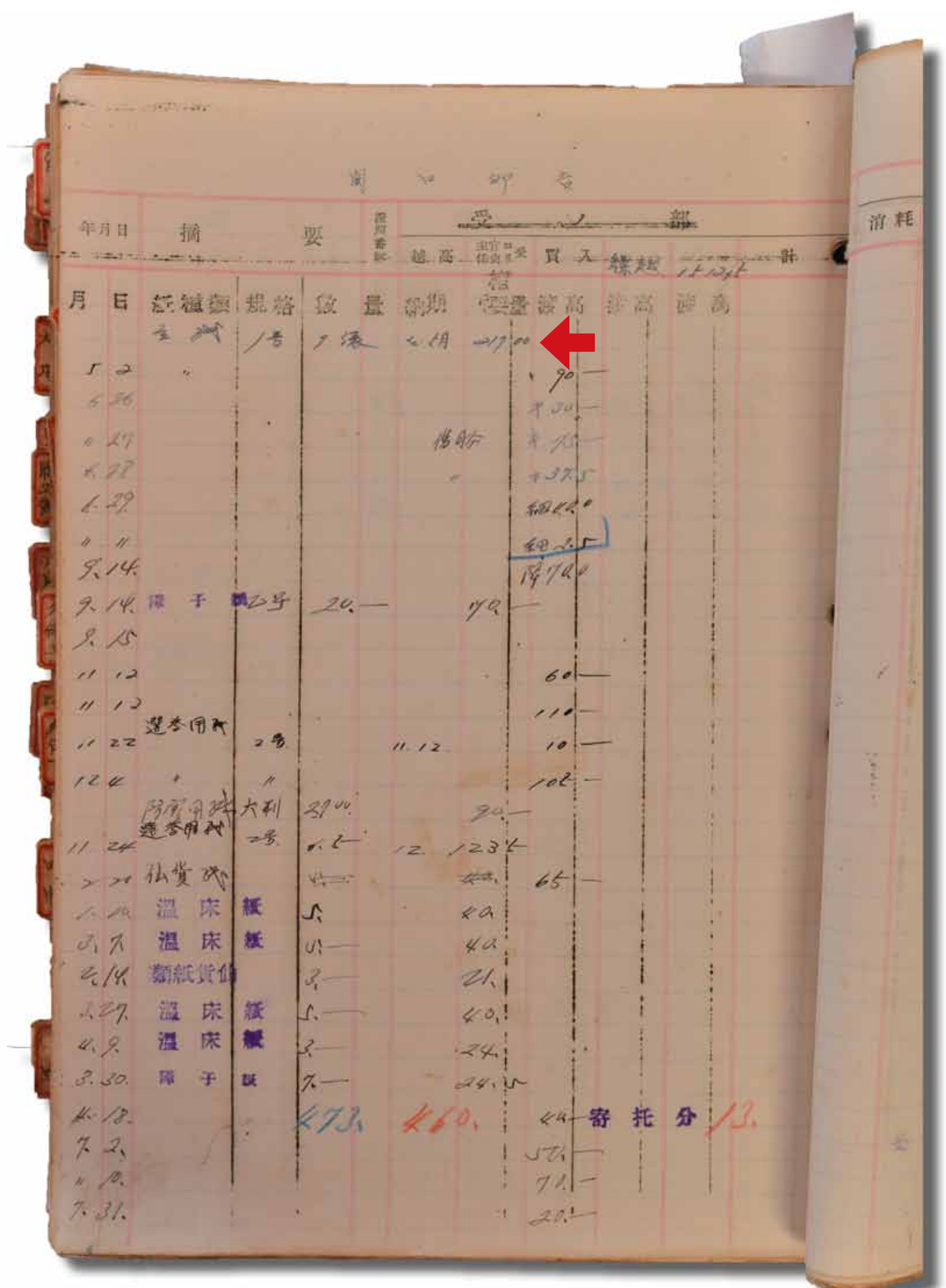
小川和紙工業協同組合 所蔵



昭和十九年度『楮配給簿』

5月までは「気球用紙」と表記するが、7月より「生紙^{きがみ}」と変わり、気球用和紙が秘匿名^{ひとくめい}で呼ばれるようになったことがわかる。

小川和紙工業協同組合 所蔵



昭和二十年度『楮配給簿』

風船爆弾放球終了後の 1945 年 4 月， 5 月にも「生紙^{きがみ}」を納めていたことがわかる。

小川和紙工業協同組合 所蔵

気球用紙製造の中心地 ―四国（高知県・愛媛県）

気球用紙製造のパイオニアは埼玉県小川町でしたが、「ふ号」作戦が具体的なものになると、その中心地は四国へと移っていきました。

高知県は良質な楮（土佐楮）と豊富な美しい水，^{てんぐちようし}典具帖紙に代表される薄く丈夫で高品質な和紙を漉ける職人に恵まれており，気球用紙製造の中心地になる条件を揃えていました。また，愛媛県も気球用和紙生産量第二位の製造量をほこり，原料処理から気球成形まで全ての行程を担っていました。しかし，原料の楮は月に4万貫（150t）必要なところ，愛媛県内では月6000貫（25t）程度の収穫しかなく，高知から楮が運ばれたといえます。気球用和紙製造が始まった1943（昭和18）年頃は高知県は和紙生産だけではなく，原料の楮生産でも「ふ号」作戦を支えていたのです。

原料の確保

軍は1944年3月に総放球数を1万5000発と定めます。続く5月には，10月末までに5000球を配備することが決まりました。1944年初め頃には，小川町以外でも気球用紙が漉かれるようになり，十分な量の和紙を確保できるよう計画されていましたが，5000球＝1500万枚もの和紙を漉くには大量の楮が必要となります。当時の日本の楮生産量では到底足りないため，楮増産を各地で呼びかけます。しかし，1944年10月までに指定された量の和紙を漉くには，自分たちだけでは原料の楮を十分に賄えない気球紙製造指定地が多数ありました。その中でも十分な楮生産量があったのが，高知県です。高知の高品質の楮「土佐楮」が各生産県へ渡り，全国の楮生産が軌道にのるまで，気球紙製造を支えました。



仁淀川（2014年7月撮影）
 和紙を漉くには，清らかで豊富な水が必要である。清流で，豊富な水量を誇る仁淀川が風船爆弾用和紙生産 No.1 の高知県を支えていた。現在も水質日本一に選ばれている。

日本原麻統制株式会社 最高販売価格（10貫あたり）				
	等級	黒皮	地気 / 未晒	白皮
1941年		19.65 円	41.40 円	49.75 円
1945年	一等	33.50 円	72.00 円	86.70 円
	二等	31.50 円	69.20 円	82.70 円
	等外	25.00 円	56.60 円	67.20 円

風船爆弾製造用の楮を確保するためか，昭和16年と比較し2倍近い価格で楮が取引されていた。気球紙を漉く地域では「何の心配も煩わしさもなく」上質な楮が流れてきた。しかし，その一方で，軍需以外の紙を漉くことが，原料価格高騰のため難しくなった。（1貫＝3.75kg）（森義一『岐阜縣手漉紙沿革史』岐阜縣手漉紙製造統制組合より表作成）

楮・三桠・雁皮

おれには丈夫な紙
が要る

身の回り品で、毎日肌身離さず持ち、何を置ふにしても出さなければならぬものは紙幣です。百圓紙幣もあるでせう、五十圓紙幣もあり、國民生活には大變なじみ深いものです。金貨や銀貨はとうの昔消えてなくなり、最近では十圓や五圓のアルミ貨もなくなり、これに代つて白銀券として小額紙幣が目立つてゐます。貨幣が紙幣になるのは理の當然で、戦争にはどうしても金額が必要なので

史の浅いものです。洋紙は機械の力で出来るのですが、和紙は主として手漉によるのです。洋紙と異つて大増強、引張つてもなかく破れない特徴があり、これが和紙の價値です。和紙には改良紙、茶葉紙、島の子、西の内、細川、鶴屋原紙、鶴屋原紙、關西紙、他貨紙、具結等の別があるのです。

和紙の働く舞臺は廣い

日常生活をちよつと見渡すと、どうしても和紙でなければならぬものがたくさんあります。日本家庭であれば障子のない家はないうが、障子紙は毎日、ハタキをかけた壁紙としても使われ、障子紙が紙でなく、洋紙であつた場合を想像して下さい。近頃は洋紙に不自由はしてゐますが、障子紙は手紙は巻紙に代つてゐるのです。この巻紙も和紙です。掛軸も和紙で、和紙でなければこそ字が立派に書けるのです。複製紙は鐵筆や鉛筆で押へつけて書いても破れません。かういふふうにしてゆけばいくつあるのです。これらの和紙は何かにつくられるかを知らない人はないでせう。和紙は楮、三桠、雁皮からつくられるのです。楮・三桠・雁皮がなければ和紙は出来ません。なほ日常生活に必要な障子紙、奉書紙、半紙が少なくなつたのでせう。楮・三桠・雁皮はなぜ戦ふ物資になつたのでせう。それは、和紙が戦争に必要な物資になつたからです。

兵器としての和紙

戦争が大きくなればなるほど軍費も國費も膨らんでくるので、紙幣もたくさんつくらねばなりません。占領地には軍費も必要です。占領地がだん／＼廣くなれば軍費も膨大な發行数量になるわけです。また國債も公債も紙

楮

楮は桑科に屬し、形は桑葉によく似て、元來、桑木ですが、作物として栽培する場合、は、年々根際から刈り取るので、枝は柔強で、葉を乾し取れば根株から再び發芽發生します。二の葉を取つた後の處理方法は楮と大同小異です。

雁皮

雁皮は楮科に屬し、高さ三メートル位に成長する灌木です。雁皮には種類が多く、通常のものは、みやまがらび、「こがらび」、「みやまがらび」、「しまがらび」をがらび、「こがらび」が最も貴重で、これの根皮繊維は細長く、強靱性に富み、糊で、いづれも割紙の原料として貴重され、雁皮紙のやうなものをつくるのに適してゐるのです。

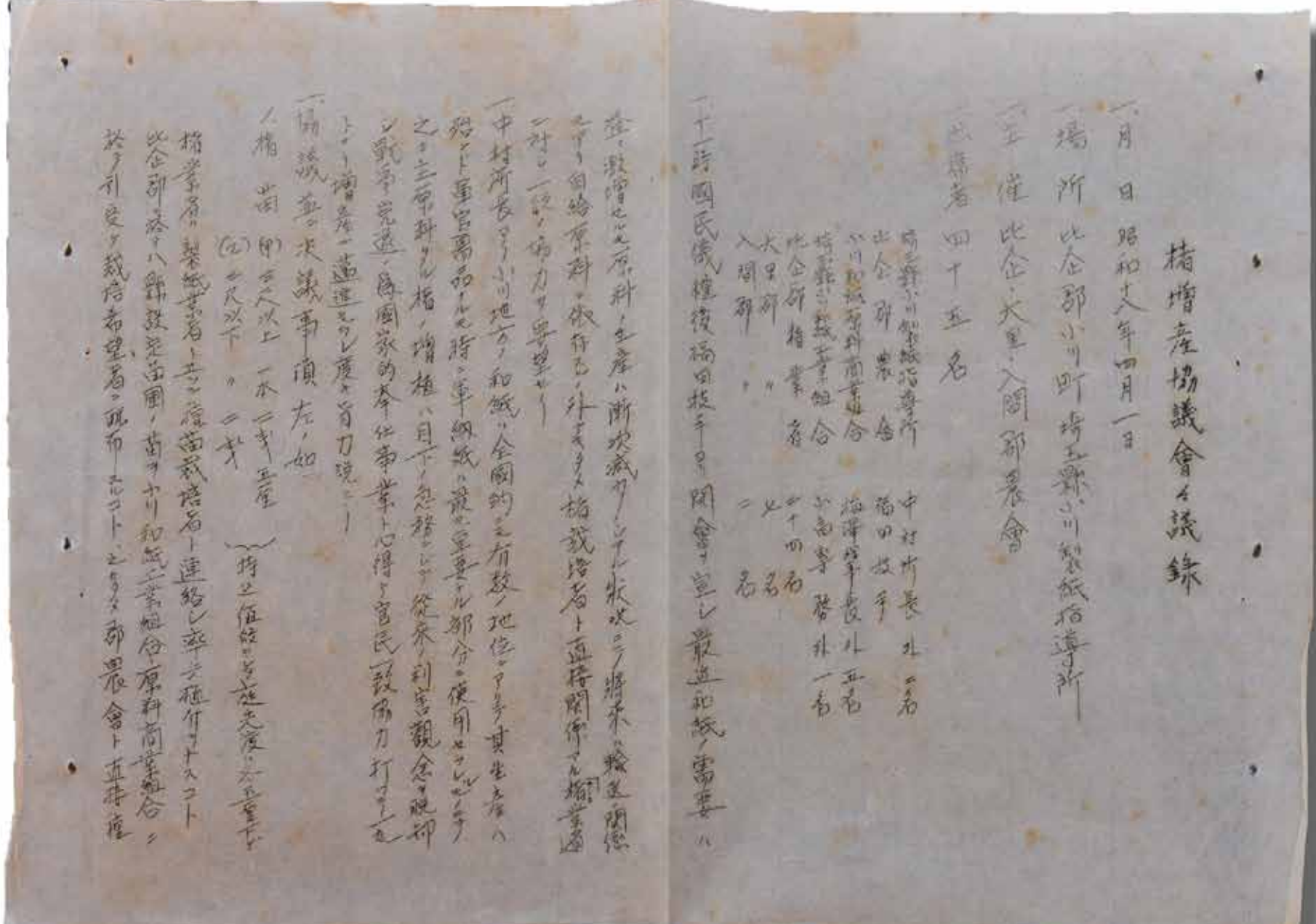
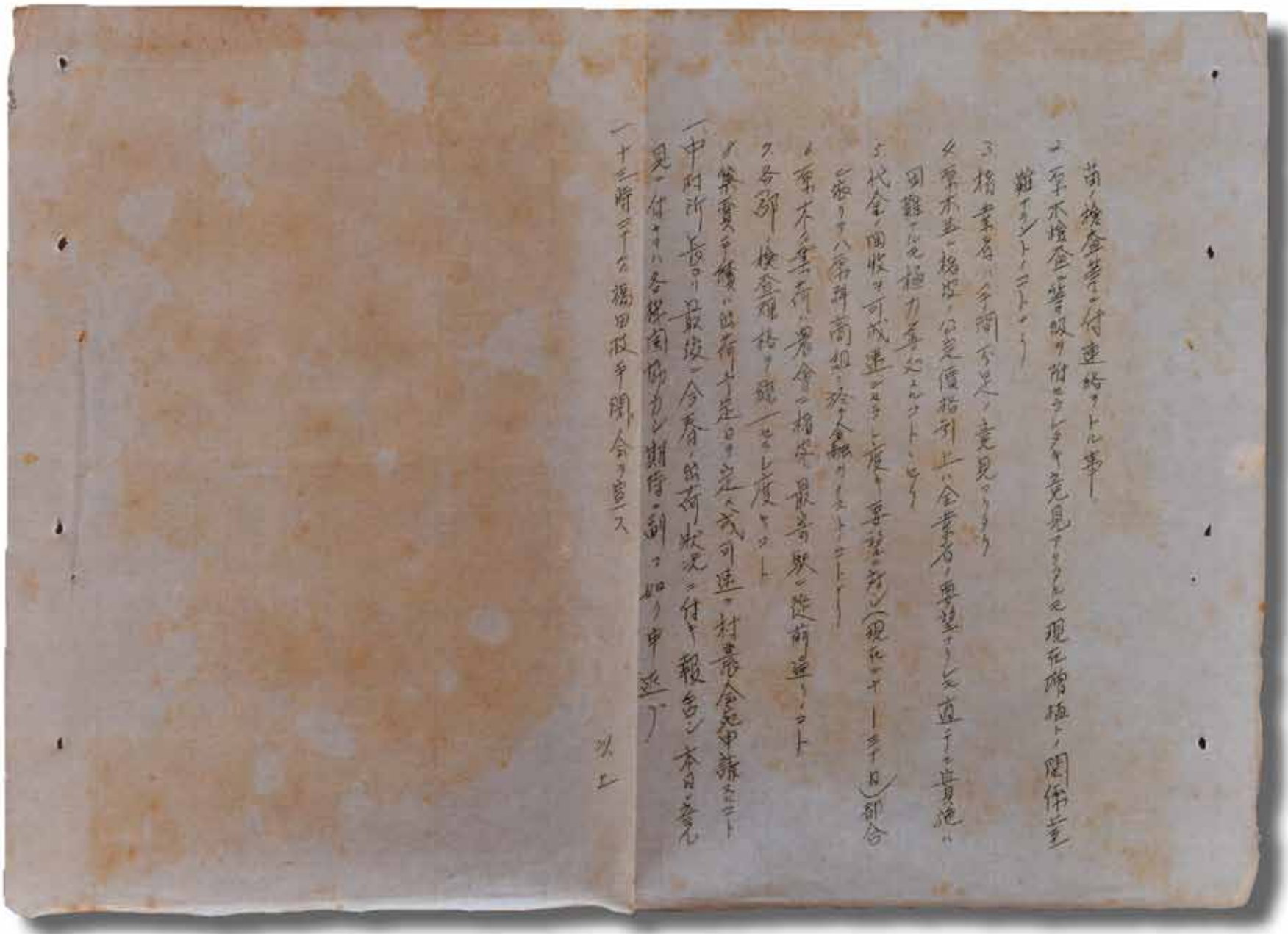
三桠

三桠は楮科に屬し、高さ三メートル位に成長する灌木です。三桠には種類が多く、通常のものは、みやまがらび、「こがらび」、「みやまがらび」、「しまがらび」をがらび、「こがらび」が最も貴重で、これの根皮繊維は細長く、強靱性に富み、糊で、いづれも割紙の原料として貴重され、雁皮紙のやうなものをつくるのに適してゐるのです。

内閣情報局編集『週報』427号「戦ふ物資 楮・三桠・雁皮」

1945年1月3日発行。「兵器としての和紙」に「気球原紙」が挙げられている。和紙の原料である楮・三桠・雁皮の確保に国をあげて取り組んでいた様子がわかる。

国立公文書館 所蔵



「楮増産協議會々議録」

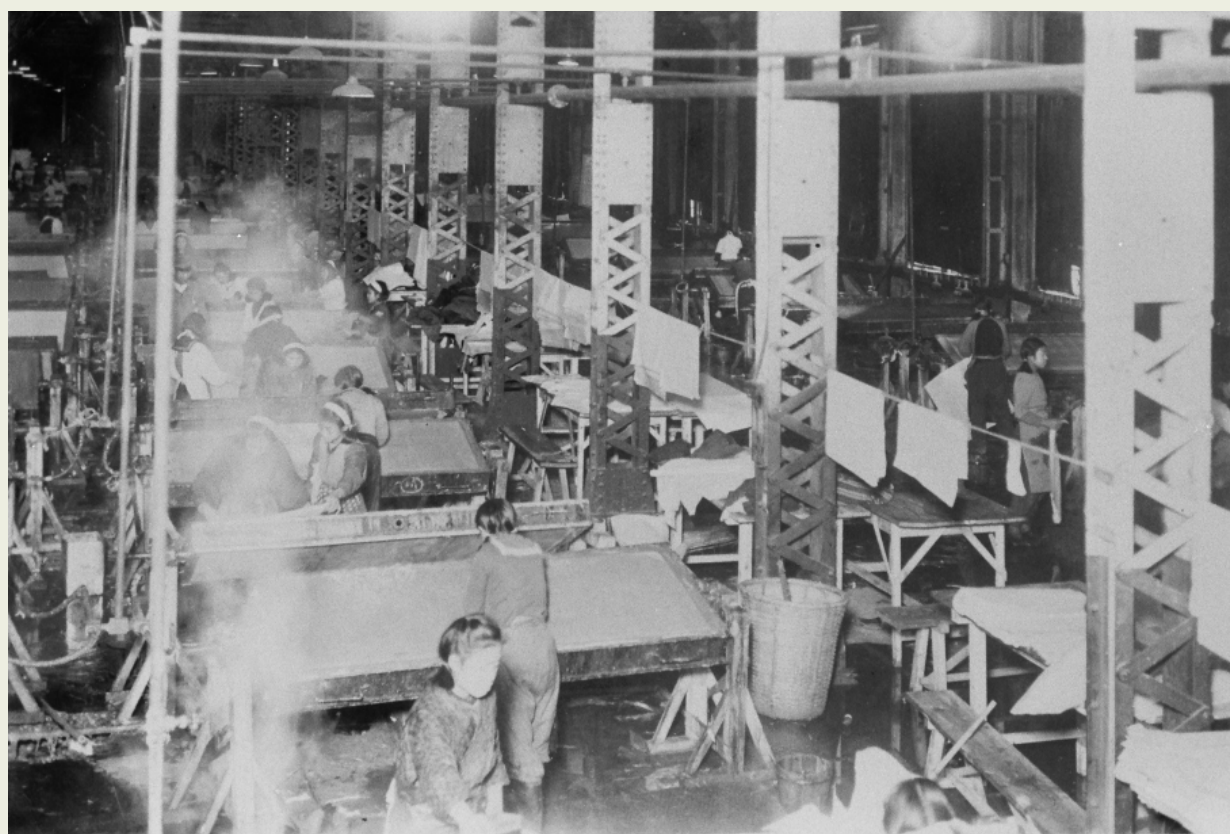
1943（昭和18）年4月1日発行。中村和（当時の埼玉県小川製紙指導所長）が「軍納紙」で重要な位置を占めている小川町の和紙生産を支えるため、埼玉県内で楮を増産するよう呼びかけていたことを示す資料。1942年秋頃、森沢武馬（全国手漉和紙統制組合専務理事）は陸軍省軍務局軍事課資材班から風船爆弾用の大量の和紙調達命令を受け、原料の楮確保に奔走する。楮の収穫期は12月～2月であり、植えてから一年で刈り取ることができるため、1943年末からの大量の気球用紙製造を見込んでのことだと思われる。こうして風船爆弾用の膨大な量の楮は確保された。

小川和紙工業協同組合 所蔵

風船爆弾「原紙」製造現場

風船爆弾製造は、青少年を含む膨大な数の人が関わるので、ミスを少なく製造できるよう、登戸研究所が詳細なマニュアルを作成しました。このマニュアルに基づき、各生産地から集められた気球用和紙（生産地では秘匿名「生紙」、製造地では「日本紙」と呼んでいたことが資料や証言からわかっています）は、造兵廠や各地の製造工場へ納入され、動員された女学生たちの手によって貼り合わせが行われ気球へと成形されました。

気球製造工程 写真は全て陸軍小倉造兵廠で撮影（林えいだい氏提供）



製造工場の様子（陸軍小倉造兵廠）

並んでいるのは「三角乾燥機」。この台で和紙貼り合わせが行われた。



コンニャク糊製造



和紙貼り合わせ



化学処理

原紙をアルカリ溶液かグリセリン溶液で煮ているところ（どちらの行程かは不明）。



原紙の検査

貼り合わせた和紙に「ウキ」がないかなど入念にチェックする。

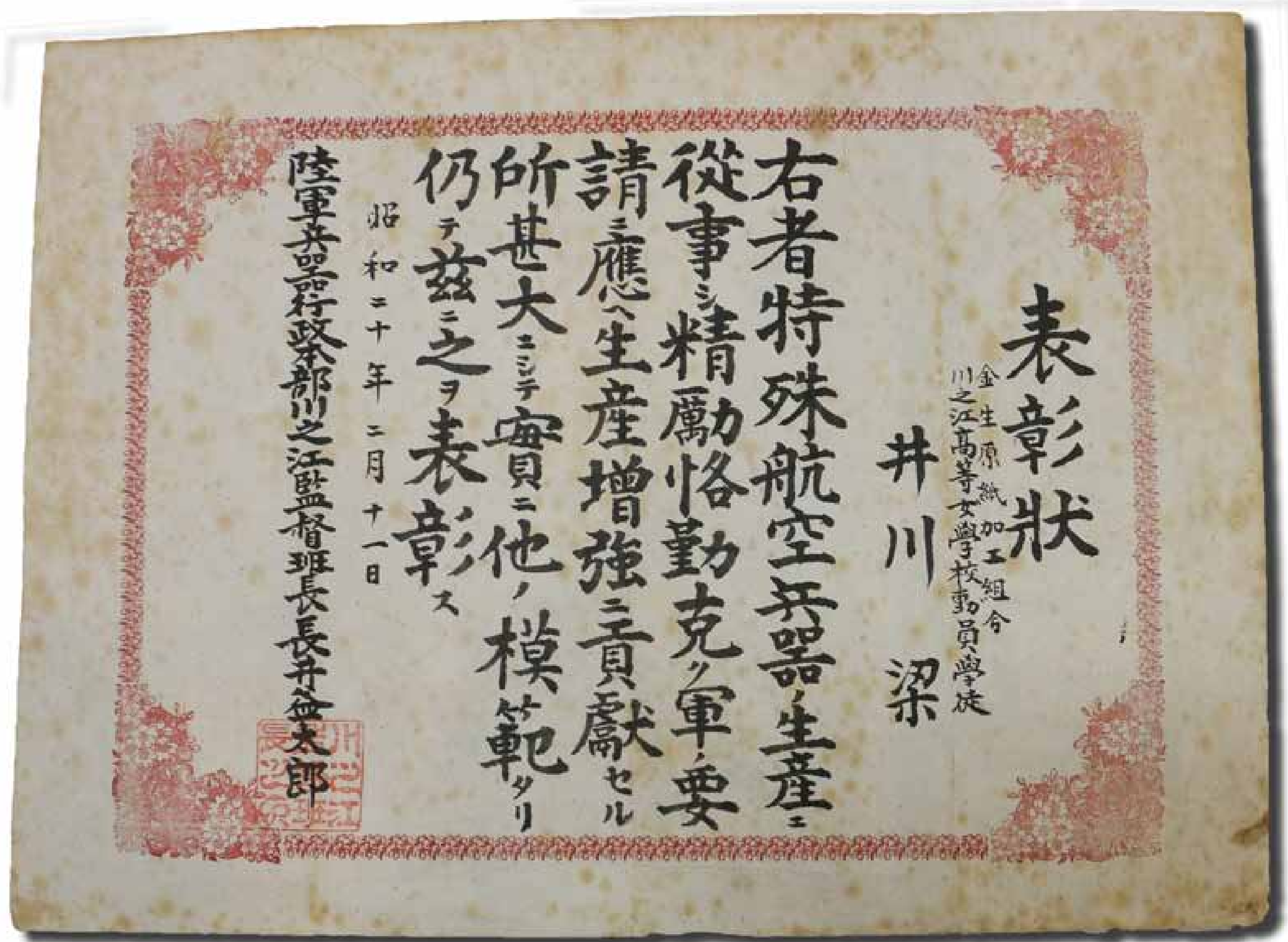


気密度検査（満球テスト）

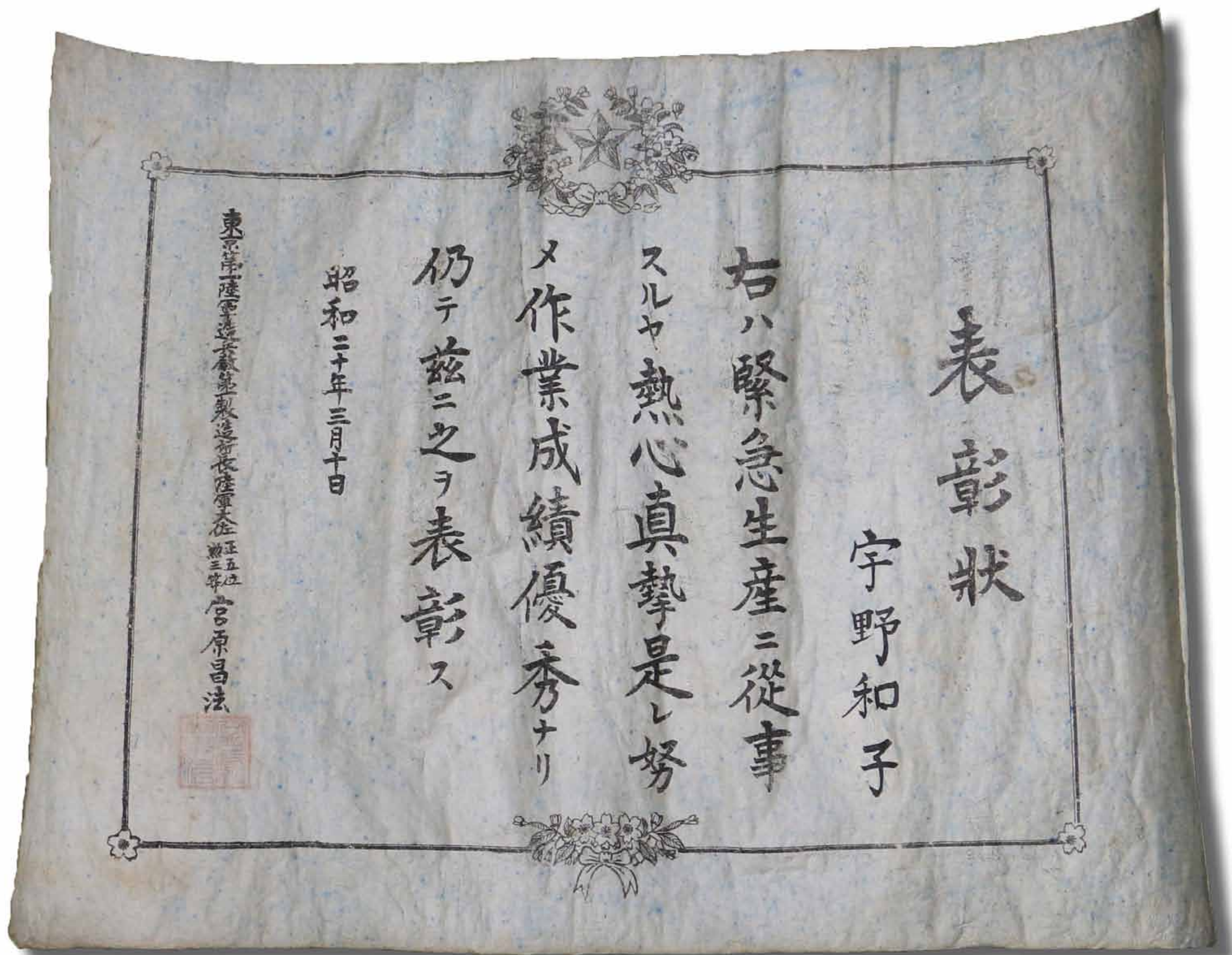
空気を入れ、気体漏れがないか最終確認を行う。

コンニャク糊と和紙で3～5層になったものは、「原紙」と呼んでいました。原紙のコンニャク糊が水に溶けず、水素を長時間逃さない素材にするため、炭酸ナトリウム溶液などでアルカリ処理をほどこします。しかしこの状態だと、ごわごわしているため、折りたたみシワから裂傷が起きる可能性があります。これを防ぐため、グリセリン溶液で柔らかくし、放球地までの運搬時に気球が痛むことがないようにしました。そして、気球を成型するために、各パーツごとに切り取られ、女学生の手によって気球に成形され、最後に気密度検査を行い、納入します。

原紙製造のみを行う工場もあれば、気球成形、気密度検査まで行う工場もありました。愛媛県は、楮の原料処理から気密度検査まで全行程を行ったことが川之江高等女学校卒業生の証言からわかっています。



四国中央市教育委員会 所蔵



鈴木和子氏 寄贈

表彰状

和紙貼り合わせに動員された女学生の皆勤等の功績を称え、贈られた表彰状。

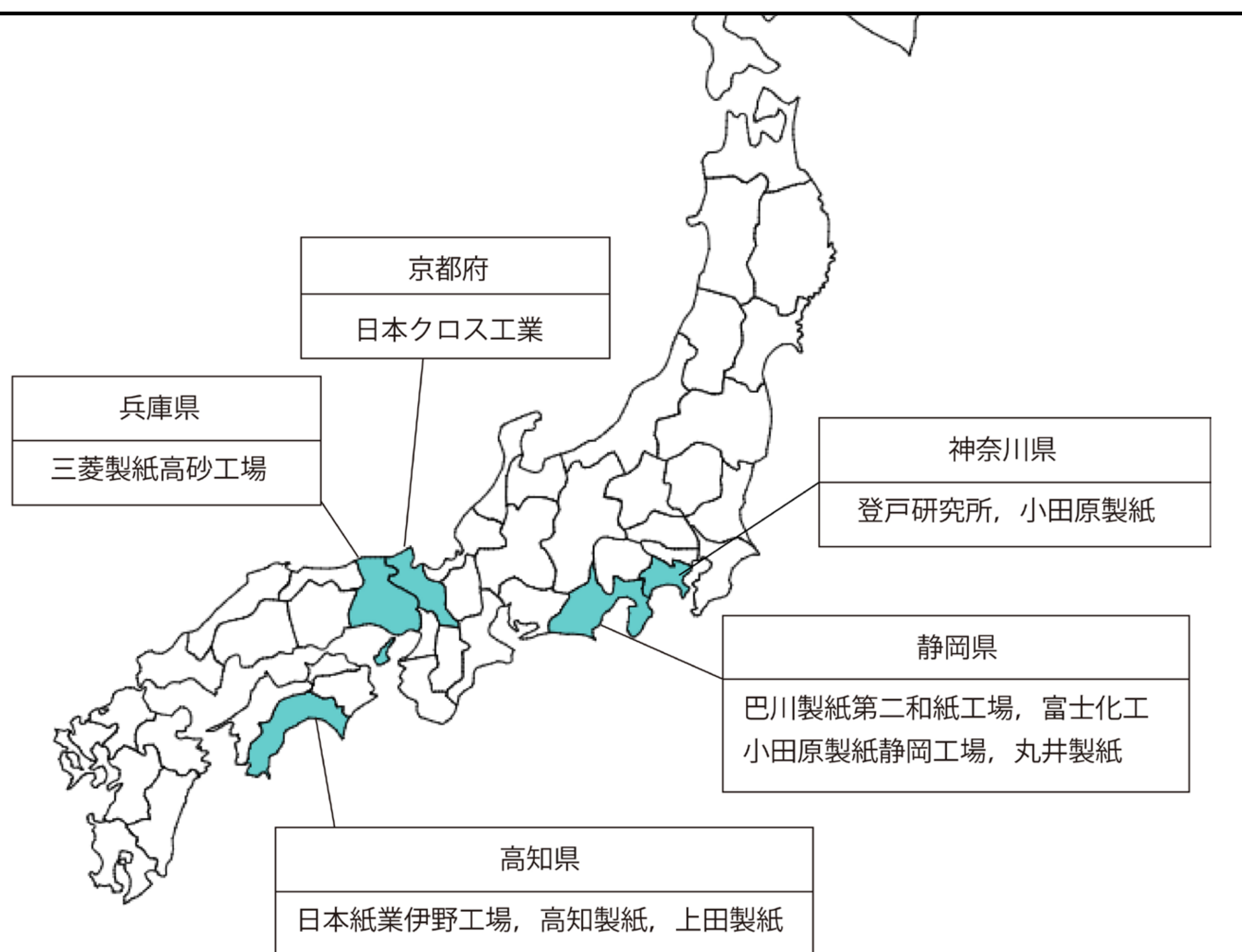
気球原紙を利用したと推定される。

上は愛媛県金生地区（現・四国中央市）の風船爆弾工場に動員された川之江高等女学校生宛て。

下は東京第一陸軍造兵廠（現・北区王子）の風船爆弾工場に動員された上野高等女学校生宛てであり、3月10日に表彰される予定だったが、東京大空襲があったため、3月末に贈られた。

機械漉き「^{きがみ}生紙」

軍の厳しい基準をクリアできるように、和紙製造・貼り合わせ作業は細心の注意を払って行われましたが、手漉きでは厚みにムラが出る場合があり、また、人の手ではコンニャク糊の塗りムラが起こり、それによって気球の強度と重さが不均一になると伊藤覚太郎は考えていました。この問題を解決するため、伊藤は^{きがみしょうしき}生紙抄紙機を考案します。当時も和紙抄紙機はありましたが、パルプなど他の原料を一切混ぜずに、^{こうぞ}楮のみを原料として機械



原紙機械製造に関わった主な県と工場図（紙・パルプ連合会『紙及びパルプ』1965年6月号「風船爆弾の正体」および静岡平和資料館をつくる会『風船爆弾と静岡』より資料館作成）小田原製紙で機械漉きの目途をたて、登戸研究所で中間試験を行ったと伊藤覚太郎は述べている。コンニャク糊塗布は、日本クロスで量産化システムが完成し（手貼り1万人分に相当する生産性をあげた）、その後、全国54の機械染色工場に生産が命じられた。静岡県・富士化工もその一つ。

で和紙を漉くことは不可能であるということが業界の常識でした。しかし伊藤は王子製紙出身の自身の経験を活かし、抄紙機に「邪魔板」を入れることで手漉きのような「縦ゆり」「横ゆり」を機械に導入することを発案します。そして、第三科でつながりのあった製紙会社の協力も得て、楮100%の和紙抄紙機の開発に成功します。

また、コンニャク糊貼り合わせも機械化するため、クロス（布・紙コーティング加工）を専門としている企業に貼り合わせ機械の開発協力を依頼し、成功させます。こうして、気球原紙製造を機械化することが可能となりました。ただし、完成したのはふ号作戦末期であり、大量生産には至りませんでした。

戦後の機械漉き

伊藤が完成させた楮用の抄紙機の技術は、手漉き和紙業界を圧迫することが懸念され、敗戦とともに封印されましたが、戦後20数年を経て、高知県・伊野の高岡丑太郎が長繊維でも製紙可能な抄紙機を開発します。こうして現在では、楮和紙も機械で漉くことが可能となりました。



和紙抄紙機（株式会社モリシカ＝高知県吾川郡いの町協力、2014年資料館撮影）

和紙でつくられた様々な製品



①^{もろじふ}諸紙布 ^{はっぴ}法被

②強制紙 鞆

③強制紙 法被

④強制紙 鞆

⑤強制紙 ろうけつ染名古屋帯

諸紙布とは、経糸・横糸に和紙を使って織った織物のこと。強制紙とは、和紙にこんにゃく糊を塗布し揉んで強度を出したもの。水に強く、数度の洗濯にも耐えられる。よく揉むことでなめし皮のように柔らかくなる。保温性にも富み、防寒具に使われたこともあった。

鹿敷製紙株式会社 所蔵