

1945 年より前の技術遺産を掘り起こす(その 7) : 機体用木材とその乾燥技術 : 海軍航空本部『飛行機機體工作標準』に観る

久保 健至, 坂上 茂樹

Citation	ツールエンジニア, Vol.60, No.3, p.46-52
Issue Date	2019-02-01
Type	Journal Article
Textversion	Publisher
Rights	この記事は、私的な目的でのみダウンロードすることができます。その他の使用には、事前に著者と大河出版の許可が必要です。 This article may be downloaded for personal use only. Any other use requires prior permission of the authors and Taigashuppan

Self-Archiving by Author(s)
Placed on: Osaka City University Repository

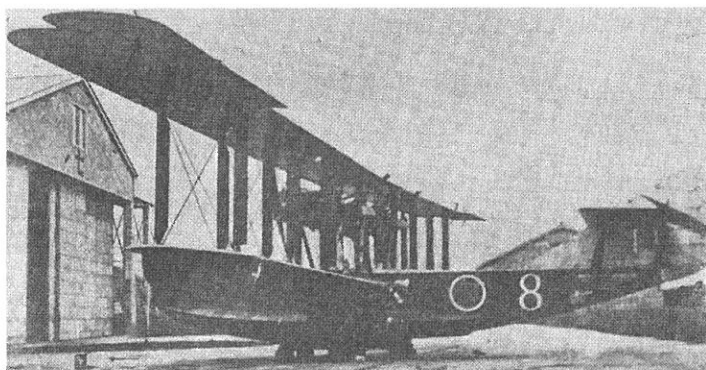
1945年より前の技術遺産を掘り起こす

その7

機体用木材とその乾燥技術 海軍航空本部『飛行機機體工作標準』に観る

呉市海事歴史科学館(大和ミュージアム) 学芸員 久保 健至

大阪市立大学 教授 坂上 茂樹



大和ミュージアムに収蔵された海軍航空本部『飛行機機體工作標準 第一編(附)附録』昭和16(1941)年2月(77なる識別番号の押印あり)は“第一編”を冠する端本1冊ながら、日本海軍における飛行機機體工作の標準について我々が尋ね得る唯一の情報源となっている。この“第一編”は「総則」に当たるものながら、現本には「総則」の他に「工作及材料一般」、「寸度測定」、「試験機器及器差測定」の3項目が収録されている。もっとも、その分量は片面印刷にてわずか55頁であり、情報量は至って少ない*1。

ただし、手許の個体77号には「附録」と称される部分が、同じく片面印刷で233頁から329頁まで合本されている。この「附録」の現存分は重複1葉(244頁)を含めておおむね附図、附表から成っており、その中にもさらに「(附録)」として「飛行機機體部品電弧熔接技術検査規定」、「飛行機機體用索線加工技術検査規定」の2点が、サフィックス付き追補12頁の格好で綴じ込まれている(ここにも重複1葉[316-7頁])。従って、この「附録」部分は全体として“第一編”本文＝「総則」の倍ほどの分量をなしている。

本書は加除式の体裁を採っており、しかも我々は手許の個体77号1冊しか眼にしていない関係上、それが健全ないし標準的な状態を体现するモノである

のか、否かについては判定を下し得ない。とはいえ、幸いなことに、件の「附録」部分にはいまだ見ぬ「第二編 工作法」に係わる附図が多数含まれているため、ここで取上げられる木材とその乾燥法についても、我々はこの資料の252~259頁に依拠しながら、当時の標準的工程を再構成が行なえる。

このような技術的事項は、いささか旧聞に過ぎようが、そもそも我国にお

ける飛行機機體用木材の乾燥技術については、木製機體だったF-5飛行艇製造時代初期の廣工廠のそれを含め、従前、ほぼ何一つ解明されてはいなかった。よって、ここでは、この方面について目下、利用し得る唯一の技術的資料たる本資料の紹介を兼ね、当該技術領域の再構成を試みることに一定の意味があると考えている。

●機械材料の加工前々処理の意義：鉄鋼と木材

機械材料の内、鉄鋼と木材は後々の製品精度保証を主眼として最終機械加工の前に前処理として多かれ少なかれ時間をかけた前処理過程を通過させることを常とし、かつ、その時間短縮は原価低減のための大きな課題とされていた。まず、前者について鋼片、鉄鋳物の順に概観してみよう*2。

20世紀初期の文献に拠れば、長い時間の経過と共に焼入れ鋼片に無視し得ぬ変形が生ずることは公知の事実であった。これは焼入れ時に生じた内部応力が徐々に開放される現象である。ゲージや高精度な工具に用いられる鋼材はこれを防ぐため、仕上研削、ラッピングの前に枯らしに供された。

枯らし(seasoning, aging)のための時間はメーカー

や製品に要求される精度によって相当に異なり、3~4か月のこともあれば1年ないしそれ以上に及ぶ場合もあった。単なる枯らしに依って、内部応力を完全に解き放つには、8年を要すると主張するメーカーもあった。

ドイツにおける実験に拠れば、焼入鋼の変形は3年間に亘って続いたと伝えられている。別の実験に拠れば、焼入れ鋼片を約300°F(148.9℃)の油中に10時間浸漬すれば変形の元となる内部応力は実用上、除去された。焼入れされたゲージ鋼片を淡黄色まで加熱して、枯らし時間の節約を行なう処方も行なわれていたが、これに対しては硬度が低下し過ぎるとの異論もあった。

黒皮を剥いた鋼材を発電機の基礎の上に据え、不絶の振動と変化し続ける温度環境に曝すことで枯らしの時間を6週間に低減せしめる方途も用いられていた。冷熱法もしばしば援用されており、沸騰水と氷水との間で100サイクル程度の出し入れを行なうのが相場であった。冷熱処理を施された鋼片は、加熱されぬ限りほとんど変形しないとされていた。

鋳鉄品も鋳込み後の不均等な冷却に起因する内部応力を蔵している。このため、鋳鉄品を平削盤にかける場合、切削面積が大きいほど、内部応力の不均衡が高じ、変形を招きがちとなる。このため、鉄鋳物は荒削り後、数週間から数か月、枯らしに供された。鋳鉄品の内部応力は再加熱、加振、打撃によって部分的に除去され得、冷熱サイクルもまたこれを促進する。長期に亘る枯らしを回避するための常套手段は焼鈍である。測定器ベッドの場合、焼鈍後の仕上げ切削しろは1/16 in. (1.59mm)とされていた。

1936年に著された邦語文献に観る発動機材料の枯らしについての記述も、特に粗削り後という前提こそ与えられていないものの、以上と似たり寄ったりであった。つぎのように伝えられている。

「発動機材料に對するシーズニング(Seasoning)は甚だ重要である。鑄造物は時間の許す限り、隙があれば戸外へ抛り出して置く。又製作に際して引受臺數よりも數多く在庫品(半成品として置く場合も同様)を同時に製造する餘裕のある場合は、長く戸外へ置く事ができる。短期間の製作で、戸外放置の出来ない場合はシーズニングの意味で熱処理をする必要がある*3」

しかるに、1970年、ムーアはその名著の冒頭にお



図1 戦前戦時期に実用されていた木材乾燥法：藤林 誠・泉 岩太『木材及び木材乾燥』岩波講座機械工学[Ⅲ機械材料]，1941年，19頁，第6表。

いて鋳鉄の安定性について詳述し、鋳型のなかで慎重に徐冷された鉄鋳物を正しく(平削盤で1本バイトを以て粗削り→クランプを緩めて内部応力を解除→敷板(ライナ)を入れて再クランプして仕上げという順で)切削した場合、爾後の変形は生じないのであって、鋳鉄品に長期間の枯らしが不可欠であるなどというのは、未熟な技術の下で横行した正しい根拠を欠く理論であったに過ぎないと喝破するに及んだ*4。

ただし、応力焼鈍と枯らしとは1980年代初頭においても併用されており、「スイスのある世界的に有名な精密機械工場では工作機ベッドをほとんど機械仕上し、最終の仕上しろを残すだけの状態で屋外に半年間放置し、主要部分のひずみの方向を綿密にしらべ、逆方向にひずみが出た鋳物は不採用としている」などとも紹介されていた*5。

その後、多くの場合、鋳物は溶接組立→焼鈍品に依って代替され、鉄鋳物に枯らしを施す処方は一層、少数派となったと想われるが、その絶滅如何については残念ながら仄聞する処となっていない*6。

興味深いのは、同じような経過が木材においても観察されてきた点である。木材において鉄鋼材料の枯らしに相当するのは乾燥である。木材乾燥自体が、“seasoning”と呼ばれることさえ珍しくはない。木材乾燥の目的は生木に大量に含まれる水分を蒸発させて使用過程における材の変形や腐朽を防止し、その強度を増すと共に重量を減ずることに置かれる。その乾燥は自然乾燥と人工乾燥に大別されるが、高級ピアノを典型として古来、自然乾燥を主体としながら両者を組合せ、通算10年程度の乾燥期間を確保することが通例であった*7。

そこには単なる乾燥を超えた“aging”効果への信頼と期待が込められていた。実際、後年、製材後1年

以内のスプルス材と10年以上を経たそれとでは、後者の方がより小さな内部摩擦を示すことが科学的に確認されており、また、乾燥状態・常温の下において木材が製材後100~200年で、その物理的・機械的性質の最高点に達することも知られるに及んでいる。また、天然乾燥においては乾湿履歴や熱履歴の複合により木材内部に構造変化を生じ、その結晶化が進行する事実も突止められている。この組成の改善という側面は鋳鉄などのケースとは決定的に異なる事象である。

しかしながら、この方面においてさえ鉄鋼材料と同様、生産過程の合理化・時間節減が重視され、自然乾燥期間の短縮が進められるようになった。また、一般用材部門を先達として加熱空気乾燥、蒸気乾燥、真空(減圧)乾燥、高周波電流通電に依る乾燥、電磁波照射に依る乾燥等々、強力な人工乾燥技術が援用されるようになり、自然乾燥は主役から人工乾燥のコスト抑制のための予備乾燥へと零落し、場合によりまったく省略されるに至った。ちなみに、本稿の主役は人工乾燥の内でも蒸気乾燥である。

●戦前戦時期に適用された木材の人工乾燥

(1) 木材乾燥炉

戦前戦時期に実用されていた木材乾燥法は、図1のように整理される。この他に木材を水中に浸漬し含有物質の一部を滲出せしめてから、空气中に引上げ総乾燥時間の短縮を図る水乾燥法、熱砂の中に木材を埋込む砂乾燥といった手法も存在した。

しかしこれらを含めても汎用されていたのは、(2)蒸気乾燥、(3)燻煙乾燥、(4)真空(減圧)乾燥、(5)加熱空気乾燥、(6)蒸気乾燥、であった。そして、これら木材乾燥炉の技術進歩をリードしたのは、木材資源大国である米国であった。

蒸煮乾燥は水乾燥の亜流で乾燥後、木材の収縮が少なく、天然乾燥ならびにほかの人工乾燥のための前処理として相当広く行なわれていた。燻煙乾燥は煙で燻す方式で材の収縮率が最も小さく設備費は安価であるが、材の黒変と火災の危険を欠点とした。真空(減圧)乾燥は密閉円筒中にて木材を加熱後、減圧して水分を飛ばす工法で、在に狂いを生じやすく設備投資が高むことを欠点とした。加熱空気乾燥は細かな温度・室相管理がむずかしく、割れを生じがちである反面、設備投資は安上がりであった。

蒸気乾燥は温度・湿度の精確な管理が容易であり、設備投資も過大とならぬため最も汎用されていた。我国の場合、ボイラ蒸気条件は無免許で運転可能な $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 179°C までの飽和蒸気であった。加熱空気乾燥炉と蒸気乾燥炉には分室式と前進式との別があり、前者はバッチ処理を行なう乾燥炉、後者は連続処理を行なうトンネル炉の謂いであったが、後者の使用は日々、同一量の同一材ばかりを扱う場合に限られた。

ここでは分室式の加熱空気乾燥炉と蒸気乾燥炉について、その主立った顔顔を縦覧してみよう。図2は何れも自然換気式乾燥炉と呼ばれる炉である。木材の堆積法はすべて平積みである。木材から蒸発した水分は空気と共に水蒸気の形で外界に排出される^{*8}。

自然換気式分室乾燥炉において外気は炉底のAから入り過熱管Hで加熱された後、木材の間を通過・吸湿し、一部は加減弁Dより煙道Fを経て排出され、残余は炉底に降りて再循環する。乾燥の様式から観れば加熱空気乾燥炉の一種である。

蒸気噴流に依り空気循環を助ける分室式乾燥炉は内気循環を促進し、木材に湿熱を与えるために3個のJからの蒸気噴流を用いるもので、乾燥の様式は蒸気乾燥、Aは空気取入口、Hは加熱管、排気様式

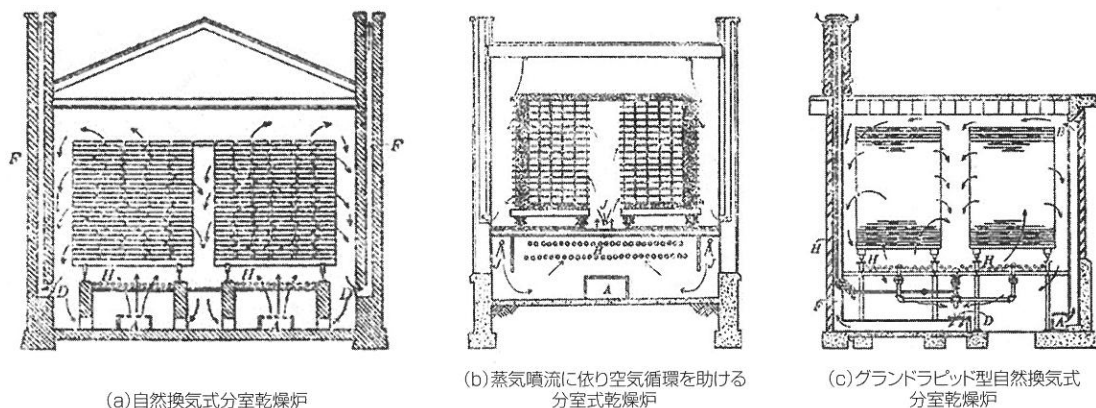


図2 自然換気式乾燥炉3態 松本文三『木材乾燥法』196~197頁、第75~77圖。

は自然換気式分室乾燥炉と同じである。

グランドラビッド型自然換気式分室乾燥炉は自然換気式分室乾燥炉の一種であるが、Aから取込まれた空気は煙道Fを通る間に加熱管Hに依って加熱され、炉の上部Bより内部に入る。これも加熱空気乾燥炉の一種である。

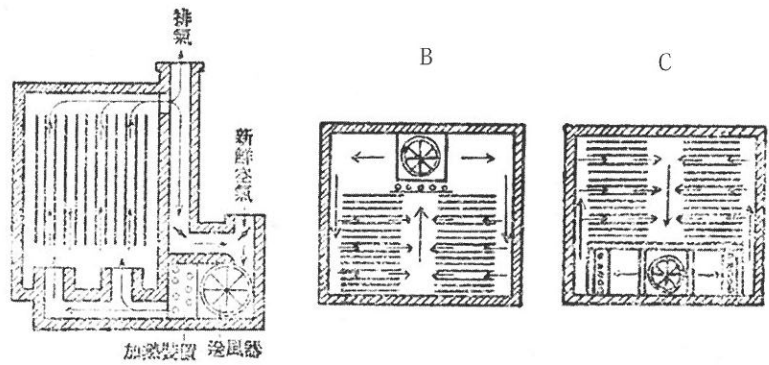


図3 人工換気式分室乾燥炉 同上書、198頁、第78圖。

これに対して、図3にその数例を示す人工換気式分室乾燥炉

と呼ばれる種類の炉はファンに依る空氣の強制循環を共通の特徴とする。これにも炉の外部に送風機を設ける External Blower Kiln と炉内にファンを配する Internal Fan Kiln に大別される。図3は Benno Schilde Maschinenbau-AG (独) 製の Internal Fan 型乾燥炉各種である。B、Cに吸・排気孔は描かれていないが、湿分は外界に水蒸気の形で排気される。何れにおいても加熱管(○○○……)が設けられている他、乾燥を均一にするためファンを逆転させ循環方向を入替えられるようになっている*⁹。

図4に観るのは、左右何れも冷却式乾燥炉と呼ばれるグループの中から単純な(表面冷却器のみに依る)炉内凝縮(冷却)乾燥炉である。冷却式乾燥炉は換気機能は持たず、木材から蒸発した水分は冷却器で凝結せしめられ、水形で炉外に排出され、内気循環が繰返される。Hが加熱管、Cが冷却管であり、一般に高温熱源は蒸気、低温熱源是水であり、炉内環境はそれらの流量調節によって行なわれる。

木材の堆積法としては左側には United States Department of Agriculture (米国農務省)、Forest Products Laboratory (林産物研究所) の H.D. Tiemann によって開発された空氣流動に有利な傾斜積み、右側には材の幅方向を垂直にして重ねる垂直積みが用いられている*¹⁰。

図5は炉内凝縮(冷却)乾燥炉の中でも蒸気噴射冷却式乾燥炉(左)と噴霧(水射)凝縮式乾燥炉(右)である。左側の蒸気噴射冷却式乾燥炉は米国林業研究所(林産物研究所に同じか?)の Imrie の創案になるもので、Jが噴蒸管、Hが加熱管、Cが冷却

管である。蒸気によって空氣循環は促進される反面、湿分も増すため、冷却管の容量は大き目に設定される。それらのバランスがよければ乾燥は迅速一様である。

図5右側の噴霧(水射)凝縮式乾燥炉は、もともと、Tiemann によって1912年に Humidity Regulated Water Spray Kiln として創成されたもので、本図に示すモノはその後、幾分進化した形態であると想われる。Hは過熱管、Cが冷却管、F是水噴射管、Mは蒸気噴射管、Bは噴霧室、Cは排水溝、Dは隔板である。蒸気噴射は空氣循環速度を高めたい時に行なわれる*¹¹。

なお、米国農務省の水噴霧式乾燥炉としては、図5右とは加熱管の配置が若干異なるモノが紹介されている。これを図6として掲げておく。出典文献の刊行が1年半ばかり古い事実や傾斜積みが採用されていない点からすれば、こちらの方が米国農務省水噴霧式乾燥炉の旧型であると考えられる。“ヅック”とはもちろん、帆布、すなわちキャンパスのことである。

図7は水套式乾燥炉と呼ばれる乾燥炉である。天井と側壁の一部が鋼板製となっており、頂部から冷

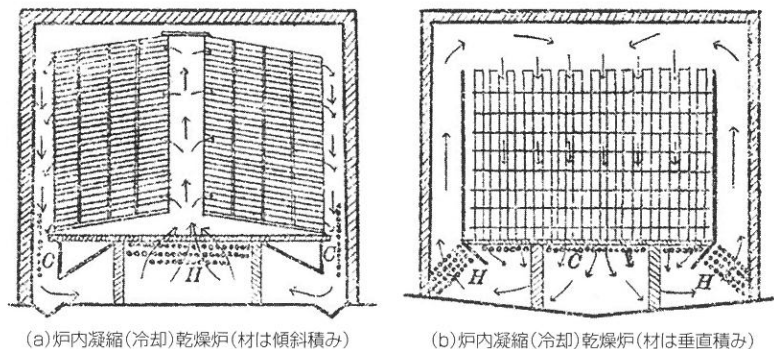
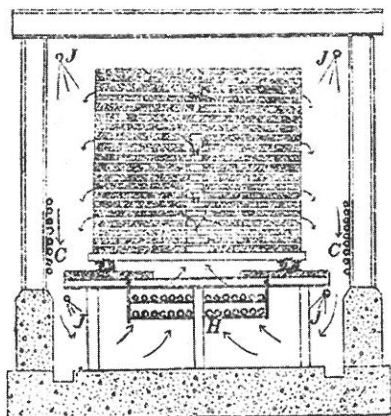
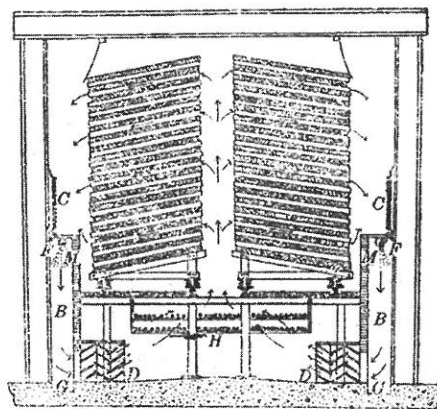


図4 単純な炉内凝縮(冷却)乾燥炉 同上書、201頁、第80、81圖。



(a) 蒸気噴射冷却式乾燥炉(材は平積み)



(b) 米国農務省の噴霧(水射)凝縮式乾燥炉(材は傾斜積み)

図5 Imrieの蒸気噴射冷却式乾燥炉(左)とTiemannの水噴射冷却式乾燥炉(右)

同上書, 202頁, 第82圖, 203頁, 第83圖。

水を注いで水冷される。本型式は水の豊富な場所に適した簡易な乾燥炉である。

図8は過熱蒸気乾燥炉の3態である。過熱蒸気を使用するため、この炉体には高度の密閉性が求められる。高温蒸気はJからの噴出によってその温度を降下させるため、加熱器Hが設置されている。内気循環が一方方向であると乾燥状態にムラを生ずるため、急速循環と共に噴出方向を替えて循環方向を交番させることが必要となる。この装置は軟材(針葉樹)の高温乾燥(104~116℃)に用いられた。

以上のほか、冷却式乾燥炉の内部に内気強制循環用ファンを設けた炉や換気式・冷却式併用乾燥炉といった交雑種の様式が開発・実用化されていた。

(2) 乾燥基準表

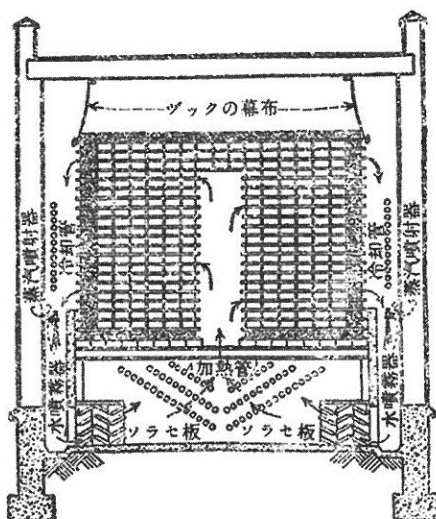


図6 米国農務省の水噴霧式乾燥炉
田中「木材乾燥論」191頁, 第80圖。材は平積み。

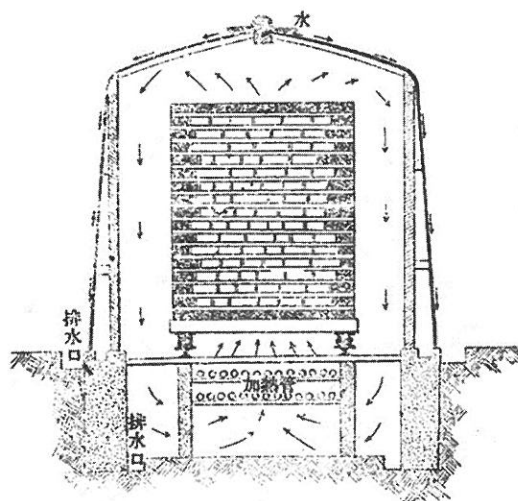


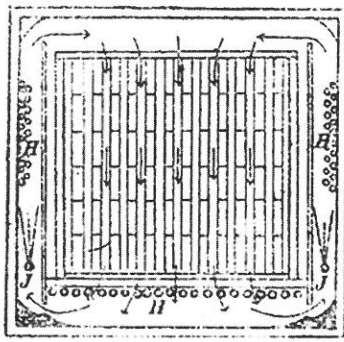
図7 水套式乾燥炉
松本「木材乾燥法」204頁, 第84圖。材は平積み。

木材の蒸気乾燥は割れや歪みを防止するとともに燃料経済をはかるため、使用される乾燥炉、被乾燥材の樹種や厚さの組合せ、そしてこれらに応じた適切なスケジュールを以て遂行されねばならない。その進捗を管理するため実験的に確定された乾燥スケジュールを乾燥基準表と呼び、木材人工

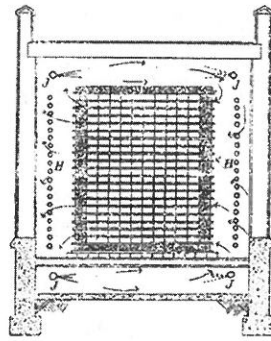
乾燥技術はこれを含む上記3要素を合体した三位一体図式をなす。

表1は、前掲 USDA FPLの「ブルスター氏」とTiemannとに依る実験成果の一つであり、板厚1in.の材を対象としている。もちろん、此処に謂う乾球温度が炉内温度である。140°Fは60℃、170°Fは76.7℃に当る。板厚11/2 in.までならこのままの数値を用いて良いが、13/4 in.~21/2 in.の板には5°F低い温度が用いられる。一般に厚さが1in.増すごとに5°Fずつ温度を下げる。これは板厚が増すほどに表面割れや表面硬化を生じ、後者を生じた場合、内部応力が作用することによって事後的に亀裂を招きがちとなるからである*12。

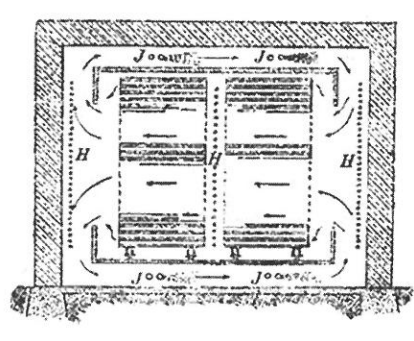
これをチャート化したものが図9であるが、こち



(a) 過熱蒸気乾燥炉(垂直積み)



(b) 過熱蒸気乾燥炉(平積み)



(c) Tiemann式過熱蒸気乾燥炉(平積み)

図8 過熱蒸気乾燥炉3態 同上書, 206頁, 第86~88圖。

らには同じ基準が異なった樹種の 2in. 板にも適用され得べきことが注記されている。

一般建築用材の乾燥はより手荒い工程となる。180°Fは82.2℃, 200°Fは93.3℃に当り, 高温・急速乾燥が標準化されていた(表2)。

他方, 車体用材, 機体用材の乾燥に際しては, 強度上の配慮から長時間の高温曝露を避けるべきことが推奨されていた。表3にUSDA FPLによって推奨された飛行機用材の標準的乾燥工程を掲げる。樹種類型に応じて表は二分されているが, それぞれ120°Fは48.9℃, 145°Fは62.8℃に, 105°Fは40.6℃, 135°Fは57.2℃に相当する。残念ながら, 経過時間に係わる数字は示されていない。

以上が木材工業の最先進国米国におけるそれに重点を置いた1930年代あるいは'40年頃までの木材人工乾燥技術に係わる一般的紹介である。松本と田中は同じ米国の乾燥基準について紹介しているが, 田中は「茲に掲ぐる基準表は米國に於ける實驗の結果作成されたものであるが, 本邦においては, これと類似の材に使用できる理である」と述べている*13。

【つづく】

(1) 本稿は「呉海軍工廠砲塹部におけるマング・ギヤの国産化を巡って」, 「海軍航空本部ならびに廣工廠資料に観るジグ中ぐり盤」, 「海軍航空本部ならびに廣工廠資料に観る表面粗さ測定装置」と姉妹編をなすものである。

(2) 以下についてはMachinery's Encyclopedia With 1929 Supplement, Vol.V, Seasoning Steel and Cast Iron. の項に拠る。この書物の本文は1925年時点で起草されたモノと想われる。

(3) 永井博「發動機工作法—陸・船・車輛用發動機—」東 彌三・三枝 定・永井 博・三木吉平「發動機工作法」内燃機關工學講座7, 共立社, 1936年, 184頁, より, 誤植

は訂正。

(4) W.R. Moore/長岡敏郎・畑中弘志・栗原雅司・加藤登樹雄訳『超精密機械の基礎』国際工機(株), 第2版, 1974(?)年, 16~19頁, 参照。

(5) 中野幸久『精密測定技術』日刊工業新聞社, 1982年, 80~81頁, 参照。

(6) 坂上茂樹・坂上麻紀「近代ピアノ技術史における進歩と劣化の200年——Vintage Steinwayの世界——」(大阪市立大学学術機関リポジトリ登載), 204~240頁ではピアノの鉄骨との絡みで鋳鉄の製法や枯らしの歴史的推移について論じておいた。歴史的のみならず技術的な参考文献についても掲げられている。

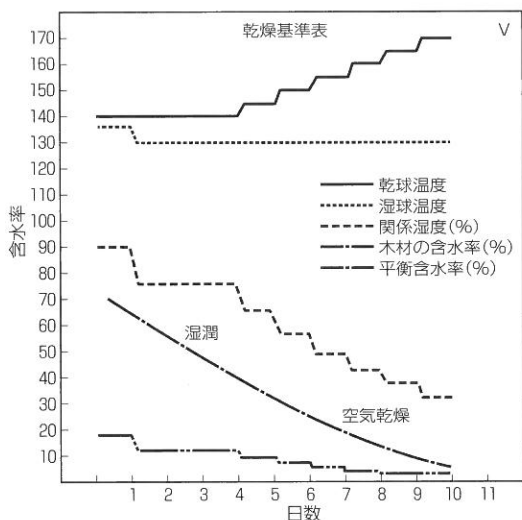
(7) 木材とその乾燥について簡単には藤林 誠・泉 岩太『木材及び木材乾燥』岩波講座機械工学Ⅲ 機械材料Ⅱ1941年, 参照。木材の含水率と機械的強度の問題はかなり複雑である。これについては中戸莞二『新編 木材工学』養賢堂, 1985年, 219~220頁を見よ。なお, 木材乾燥に係わる歴史的視角からの記述として坂上「近代ピアノ技術史における進歩と劣化の200年」184~192頁を挙げておく。

(8) 参考文献として田中勝吉『木材乾燥論』丸善, 1939年, 松本文三『木材乾燥法』産業圖書, 1941年, を挙げておく。これらとは別に, 木材乾燥炉技術の略史については梶田 茂編『木材工学』養賢堂, 1961年, 425~427頁, 参照。

(9) 現在では蒸気を乾燥熱源とするこの種のI.F.型の換気式乾燥炉が優勢を占めるに至っており, 内部に除湿器を備えたI.F.型も少数ながら実用されている。後者においては除湿器の排熱が乾燥熱源の主体となる。梶田編『木材工学』431~438頁, 浅

表1 高級用イエロー・バーチ(1in.厚)を乾燥させる際の標準的な炉内状態
松本『木材乾燥法』279頁, 第47表。

木材の 水分量(%)	乾球温度 (°F)	湿球温度 (°F)	相対的湿度 (%)	水分の量を5%に達せしむるに要する概算日数	
				最小	平均
80	140	132	80	15	21
75	140	132	80	—	—
70	140	132	80	—	20
65	140	132	80	14	—
60	140	132	80	—	19
55	140	132	80	13	18
50	140	132	80	—	17
45	140	132	80	12	16
40	145	135	75	—	15
35	145	135	75	11	14
30	150	137	70	10	13
25	155	136	60	9	12
20	160	135	50	7	10
15	165	127	35	5	7
10	170	116	20	3	4
5	170	116	20	0	0



基準表Vは次の材に推奨される。1材: ハードメープル、イエロー・パーチ、サクラ、クリ、ラクウショウ、ブラックアッシュ、サトウマツ、ボンデロー・サマツ、2材: シナノキ、ユリノキ、ホワイトパーチ、サップガム、マグノリア(モクレンの類)

図9 高級用イエロー・パーチ(1in.厚)を乾燥させる際の標準的な炉内状態 田中『木材乾燥論』246頁、第123図。

野猪久夫編『木材の事典』朝倉書店、1982年、215-218頁、中戸莞二編著『新編 木材工学』1985年、339-341頁、岡野 健編『木材科学ハンドブック』朝倉書店、2006年、231-233頁にはI.F.型乾燥炉等に係わる解説が見られる。

(10) 傾斜積みに係わる Tiemann の米国特許 US 1,228,989 は 1915 年に出願され、17 年 6 月 5 日に公告された。Google Patents

表2 一般建築用イエロー・パイン(1in. 厚)を乾燥させる際の標準的な炉内状態 松本『木材乾燥法』283頁、第56表。

木材の水分量(%)	乾球温度(°F)	湿球温度(°F)	相対的湿度(%)	水分の量を5%に達せしむるに要する概算日数
80	180	173	85	4
70	180	173	85	—
60	180	173	85	—
50	180	173	85	—
40	180	173	85	3
30	185	173	80	—
25	185	173	80	—
20	190	177	75	2
15	190	171	65	—
10	195	165	50	1
5	200	161	40	0

上表の工程により同じく1寸厚のダグラスファー、ヘムロック、シーダー、西武産イエロー・パイン、スプリースその他容易に乾燥しうる松柏科木材をも乾燥するを得。これに要する時間は木材の種類および水分の量により様でない。

表3 飛行機用材の標準的乾燥工程 同上書、285頁、第58表。

乾燥の時期	アッシュ、パーチ、シーダー、サイプレス、パイン、スプリースおよびダグラスファーを乾燥するときの状態		チェリー、マホガニー、メープル、オレレス、パイン、スプリースおよびウォルナットを乾燥するときの状態	
	最高温度(°F)	最低湿度(%)	最高温度(°F)	最低湿度(%)
乾燥の始め	120	80	105	85
水分25%のとき	125	70	110	73
水分20%のとき	128	60	117	62
水分15%のとき	138	44	129	46
水分12%のとき	142	38	135	42
水分8%のとき	145	33	135	40
乾燥の終わり	145	33	135	40

に拠る。松本は彼の所属について米国山林局と述べているが、Tiemann が USDA Forest Service (米国農務省森林局) の技師であったのか否かについては不明である。

(11) このタイプの乾燥炉に係わる Tiemann の特許、US 1,019,743 は 1910 年に出版され、1912 年 3 月 5 日に公告された。勿論、その時点における材の堆積法は図 5 右側のような傾斜積みではなく、平積みであった。Google Patents に拠る。

(12) 松本『木材乾燥法』284 頁、参照。乾燥時間も増すはずであるが、これについての記述は見られない。

(13) 田中勝吉『木材乾燥論』243-244 頁、より。

◇F-5号飛行艇

1919 (大正 8) 年に日本海軍は、爆撃用飛行艇として英国より Felixstowe F.5 の国産化を計画し、1920 (大正 9) 年 9 月にショート社とライセンス契約を結び、完成機を 8 機購入した。さらに 1921 (大正 10) 年に、センビル教育団が来日する際に 4 機を追加購入した。こうして同年 4 月にはショート社よりドッズ技師ら 21 人を招いて、飛行艇の製作技術に関する講習を受けた。

その後、F.5 は F-5 号飛行艇と呼ばれ、横須賀海軍工廠(横廠)、広海軍工廠(広廠)と愛知航空機[愛知時計電機製造より 1943 (昭和 18) 年に航空機部門を分離独立した。1945 年以降は愛知機械工業(1949 年 5 月設立)に社名を変えている]で 62 機を生産し、1930 (昭和 5) 年ころまで現役で使用されていた。また、広廠ではエンジンをロレーヌ製の 400hp エンジンまたは 450hp エンジンに変更したものを作したが、前者は F-1 号飛行艇、後者は F-2 号飛行艇と呼んでいた。この他にもエンジンや機体に改修を加えた数種類の試作機が製造されている。

F-5 号飛行艇は日本海軍における最初の制式飛行艇であり、日本で本格的に製造された初めての飛行艇だったから、構造材は木や布が中心で、重量のある金属材料はエンジン以外にはほとんど採用されなかった。航続性能を生かして洋上長距離飛行を実施した。

主な機械仕様は、全長:15.20m、全幅:31.60m、全高:5.80m、全備重量:5800kg、乗員:4 人、発動機:ロールス・ロイス製イーグル VIII 水冷 V 型 12 気筒 360hp × 2 基、最高速度:144km/h、実用上限高度:3550m、航続距離:8 時間、武装:7.7mm 機銃×4、爆弾 418kg。

なお Felixstowe は英国の海軍工廠で、F 型飛行艇の原型は、米国カーチス社が大西洋を横断する目的で開発したカーチス H4「スモール・アメリカ」で、1913 年に英国サセックスにあるホワイト & トムソン社がカーチスの代理店となり、同社のテストパイロットだったジョン・ポートは、第一次大戦の勃発に伴い海軍航空隊中佐になったが、英国海軍上層部にカーチス H4 の購入を提案し、より大型のカーチス H12「ラーズ・アメリカ」も導入することになった。この 2 機種は飛行艇の離水性能を上げるなど、改良した飛行艇が F 型で、H4 が F.1、H12 が F.2 となり、F.3 を経て最も大型が F.5 型になった。初飛行は 1918 年 5 月で、航続距離を伸ばすために艇体を大型化したのが、予算の関係でその他の部分は可能な限り F.3 型を流用したため、飛行性能は原型機より大幅に低下してしまった。そのため、後に発動機をロールス・ロイスイーグル VII から VIII に換装した。量産はショート社などが担当した。第一次大戦後も現役を続け、1925 年にスーパーマリン・サウサンプトンに置換えられた。また、米国、カナダでもエンジンをリンカーン製のリバティとした F.5L を米海軍航空工廠(Naval Aircraft Factory)、カーチス社が生産した。