

「組織粉末」製造上液體体空氣の利用に就て

玉井, 虎太郎
九州帝國大學農學部植物學教室

<https://doi.org/10.15017/20864>

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 5 (5), pp. 546-563, 1933-12. 九州帝國大學農學部
バージョン：
権利関係：



「組織粉末」製造上液體空氣の利用に就て¹⁾

玉 井 虎 太 郎

(昭和八年十月十二日受理)

I 緒 言

組織粉末法がさきに瀧嶺教授により學界に紹介されて(3)以來植物體の物質含有量の比較、種々の生理作用の程度の比較の場合にそれ等の程度を組織粉末の一定容積に對する割合によつて表示し、合理的の結果を得て植物生理、生態學方面に多大の貢獻をなし得た(1, 2, 4, 7b, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22) のであり、他面種實の粉末を以て粉末比重(9)を測定し、之を以てその充實度或は成熟度を知りこの方面よりの種實品質の良否判定上の一目安さなり得るこゝが見出され(10)て居る。又最近では組織粉末の吸濕度が植物の耐乾性にある相關々係を有するこゝが提唱され(7a)、植物組織粉末の用途が藥用、分析用以外の新場面に展開され今後の發展に對しても期待されるこゝろ大いなるものがある。

隨つて組織粉末製造それ自身、相當に多くの問題を持つ様になつたのである。今組織粉末の用途、製粉の目的を通覽するに多種多様であるが、これを製粉中の損失を許容する事によつて實驗結果の表示に誤を生ずるこゝなきや否やの點より見れば、大體二群に分つこゝが出来ゐる。一つは分析用、藥用、粉末比重測定用並びに粉末の吸濕度測定用として製粉される場合で、與へられた材料の何%かが製粉中に飛散損失するも、殘留粉末が與へられた材料の粉末としてその性質を完全に保持する以上、其中より目的に應じて供試材料をこれば差支を生じないのである。かかる場合には製粉困難とされて居る纖維多き材料、木質化せる材料も市販の各種の製粉器械使用によりて容易に製粉が可能であり、製粉と云ふ問題は極めて簡単に片付け得るのである。然るに他の場合、即ち植物體の水分含有量の比較、各種の生理作用の比較表示に組織粉末が利用せられる場合にあつては、水分を保有して居た組織の乾物全體、或は生理作用を營んで居た組織の乾物全體の粉末が必要であり、製粉中の粉末の損失を許さないのが原則である。かかる場合には製粉それ自身多くの問題を藏するのであるが、その主なるものは材料を容易に

1) 九州帝國大學植物學教室業績 第 52 號

製粉し得て、製粉時間の短縮を計るこゝ及び製粉中の粉末の飛散消失を防止するこゝであること考へられる。

從來この種の目的の製粉には、供試材料が左程製粉困難ならざるものを使用した關係上、殆んど凡て乳鉢内で磨碎して粉末となし充分注意することにより製粉中の損失を實際上無視し得る程度に減少せしめ得て、充分有意義なる結果を得、表示法上に大いなる貢獻をなすことが出來た。然るに纖維極めて多き、又は木質化せる材料、或は多毛性の材料に對しては製粉操作簡易で製粉所要時間短小且つ製粉中の損失なき方法は未だ見出されない状態にある。一方合目的表示法である組織粉末法を廣く各種の生理、生態的實驗結果の比較表示に使用せんことをすれば、製粉困難なる或は普通の方法では殆んど製粉不可能に近い材料も粉末となすことが必要であるが、上述の如き條件を備へた製粉方法なき爲かゝる實驗材料を使用せる實驗結果には組織粉末法の利用困難となり、此所に吾人は組織粉末法を以て實驗結果を表示するには實驗材料による制限ありと云ふ眞に遺憾な問題に直面するのである。

著者はこの問題解決の一手段として材料に液體空氣添加製粉を試みたところ、ある程度上述の條件を充たすことが出來たのであり、近時重工業の異常の發達に伴ひ酸素工場の設立各地に見られ、液體空氣²⁾乃至は液體酸素の購入比較的容易となりたる現状に鑑み、此所に液體空氣添加製粉に關して二三の實驗結果を公にし、液體空氣添加製粉方法の紹介を試みることにした。

本研究は九州帝國大學農學部植物學教室に於て 1933 年 一月より 六月までに なされたもので、その間懇篤なる指導を賜りたる瀧澤教授に對し甚深の謝意を表す。尙多大の助言を賜りたる九州帝國大學工學部西教授並に液體空氣分譲につき多大の好意を寄せられた福岡酸素株式會社執務員各位特に大竹工場長に對し深く感謝の意を表す。

II 材料及び研究方法

研究方法としては液體空氣添加製粉法が從來の無添加法に比し如何なる點に於て、如何なる程度に優秀であるかを知るために乳鉢内にて各種の材料植物に就き兩製粉法を試み、その製粉能率を比較したほか製粉中の損失率をも比較し、更に兩製粉法により製粉された同一材料の粉末の粉末比重を求め、これを比較しその近似の程度を知り、又實際に同一地域に生育した生態的形質を異にする數種の植物の葉片内含水量を比較するに當り、兩製粉法を併用しその近似度

2) この種の目的には液體空氣は液體酸素と同一視し得るのでここでは同一物として取扱つた。

を見るこゝにより液體空氣添加製粉法の信頼度を知るこゝとした。

材料としては實驗の性質上比較的製粉困難なるもの或は殆んど不可能なりと考へられた材料を主として使用したが、試みに製粉比較的容易な材料をも併せ用ひた。此等は乾燥した材料に就てであるが生の材料に就ても二三製粉を試みた。

次に製粉方法に就きて述べて見るこゝ、先づ材料に液體空氣を添加せずして製粉がなされた場合は唯單に乳鉢内で磨碎したのであるが、液體空氣添加製粉をなす場合には乳鉢内にある材料に液體空氣を注入し、材料の弾力性を消失せしめ製粉を容易ならしめた。この物理的變質は溫度の充分に低き間のみに許されるもので、溫度の上昇と共に解消、原狀に復歸する。この關係上磨碎可能時間は比較的短いのであるが、この時間となるべく延長せしめるためには乳鉢、乳棒を磨碎開始前充分冷却するこゝが望ましい。

先づ工場より購入した液體空氣を容器 (DEWAR'S Vessel, 普通の魔法瓶, 又は熱に對し絶縁した他の容器) に入れ、出来るだけ迅速に運搬し³⁾、この容器の上に豫め冷却しておくべき乳鉢に材料を入れ乳棒と共に安置し、布其他の適宜の材料で被覆十數分間放置冷却をまつて取り出し、小型の柄杓 (15—20 cc 入が適當) にて液體空氣を汲みこみ乳鉢内に徐々に注入し、乳鉢の均一なる冷却をなさしめ破損を防ぐ。その後更に二回位引き繼ぎ液體空氣を注入し、充分に材料を浸し少時の後液體空氣の殆んど全部が氣化し去り、乳棒で材料を軽く打つ時あたかも硝子片を打つ如き音を發する程固化するを待ち、乳棒を以て磨碎を開始するのであるが、液體空氣注入の最初よりかかる状態に達するに要する時間は 30—40 秒であつた。

製粉能率の増進は冷却のため材料が弾力を失ひ居る間丈で、この時間の長短は乳鉢、乳棒等の冷却度に關係するものの如く、最初は冷却不充分のため約 30 秒であり、數個の材料が製粉された後は約 70 秒、或はそれ以上繼續するのを見た。但しこの數値は他の條件によりても變化し得べく、大體を示したものにすぎない。

大體 30 秒—60 秒磨碎し再び液體空氣を添加し、冷却せしめ磨碎を繼續する。普通松葉、タケの葉などでは約 3 分間磨碎すれば、それぞれ材料の 92.7 %、90.3 % 位製粉可能であり、製粉容易なる材料では 1—2 回の液體空氣添加により、全部一定の目の大きさの篩 (3) を通し製粉終了となるのであるが、材料によつては製粉し終るに多少手間取るので、かゝるものは一度篩を通し粉末となつたものを除き粉末の過度に細碎されるのを避けた。

3) 著者は最初の間工場より液體酸素(液體空氣)を教室に運搬し製粉に使用したが工場に了解を得て大部分の材料は工場内で製粉した。

乳鉢には製粉中空氣中の濕氣が霜として凝結するので時々荒毛のブラシュで乳鉢の縁を掃き清め霜を取り除くことが飛散する粉末の回収上必要であつた。この霜は磨碎を中止し材料を乳鉢内より取り去り居る時には乳鉢の内面に發生する虞があるので、乳鉢内より材料を取り出した後は直ちに内面に布を挿し入れ、外氣と乳鉢内面との交渉を出来る限り斷ち、結霜を防ぐことが望ましい。又これと同時に乳鉢、乳棒の溫度の上昇を防ぐため、布を挿入された乳鉢及び乳棒は液體空氣の容器上に再び安置することが液體空氣の經濟よりするも有利である。

いづれの製粉法によつた場合に於ても少量ながら粉末の鉢乳外に飛散したものを回収する爲、漆紙上に乳鉢をおき磨碎されたことは言ふまでもない。

III 實 驗 成 績

(一) 液體空氣添加と無添加の兩製粉法に於ける組織粉末の損失率の比較

表示の標準値として材料の粉末容積を知るために之を製粉するに當り製粉中の損失の多少がその製粉法の良否を決する重要な條件となる場合の多いことは緒言に於いて述べたのであるが、今此所に兩製粉法の損失率の多少によつて優劣を論ずるに先立ち、無添加製粉に於て綿密なる注意を以て製粉した場合如何なる程度の損失が製粉中に起るかの大體の概念を得ておくことは一應必要と考へられる。第一、第二表はその目的のために参考として挙げたもので左程製粉困難でない普通の材料につき製粉中の損失の程度を損失率によつて示してある。

第一表 製粉中の損失（比較的少量の材料を用ひた場合）

材 料 物 質	製粉前乾量 g.	損 失 量 g.	損 失 率 %	備 考
ツバキの葉	3.203	0.0290	0.91	
キリンサウの葉	2.930	0.0059	0.20	
ウマゴヤシの莖葉	2.855	0.0760	2.70	莖は纖維多く製粉比較的困難
マツバギクの葉	2.610	0.0510	2.00	
平 均 値			1.45	

第一表はツバキの葉他三種の材料を使用し製粉中の損失量を製粉前の材料の乾物量に對する割合として表示し、損失率を得たものである。この場合の製粉材料は粉末 5-6 cc を得るに適當な 2.5-3.5 g の範圍で使用された。各材料の損失率はツバキの葉、キリンサウの葉、ウ

マゴヤシの莖葉及びマツバギクの葉ではそれぞれ 0.91 % , 0.20 % , 2.70 % , 2.00 % であり、平均値は 1.45 % となつて居る（第一表）。次にツバキ、マツバギク、クロマツ、ツキミサウ及びドクダミのそれぞれ葉を材料とし、製粉材料を比較的多く使用し（3.942—16.854 g）その製粉中の損失率を算出して見る（第二表）、各材料に就ての損失率はそれぞれ 0.88 , 0.97 , 0.94 , 0.32 , 及び 0.46 であり、前回同一材料のツバキ、マツバギクのみの値を見ても、いづれも値がより低くなつてゐる。殊に材料の量に著しき相異あるマツバギクに於ては、前後二回の数値の開きが著しく、此場合損失率は半分以下に減少してゐる。即ち材料を多く取る時は損失率を減少せしめ得ることを語るものと考へられる。尙この二回の實驗成績により大體粉末の製粉中の損失率は 0.71—1.45 % で一般に 1 % 内外であることを認めることが出来る。

第 二 表 製 粉 中 の 損 失 （比較的多量の材料を用いた場合）

材 料 物 質	製粉前乾量 g.	損 失 量 g.	損 失 率 %
ツ バ キ の 葉	7.727	0.0681	0.88
マツバギクの葉	16.854	0.1639	0.97
クロマツの葉	3.942	0.0371	0.94
ツキミサウの葉	5.134	0.0162	0.32
ドクダミの葉	5.022	0.0230	0.46
平 均 値			0.71

次に種々の材料につき液體空氣添加と無添加の兩方法により製粉し、この場合の損失率を求めたが、先づ製粉比較的困難ならざる材料に對する實驗成績を示す（第三表の如くである）。

第 三 表 製粉比較的困難ならざる材料に於ける製粉中の損失率の比較

材 料		無 添 加 製 粉		液體空氣添加製粉	
材 料 名	乾 量	損失量 (g)	損失率 (%)	損失率 (%)	損失量 (g)
ウマゴヤシの莖葉	2.9	0.08	2.75	3.45	0.100
ツ バ キ の 葉	3.2	0.098	3.06	4.16	0.133
クロマツ(若木)の葉Ⅰ	5.5	0.18	3.27	3.27	0.180
クロマツ(若木)の葉Ⅱ	5.44	0.14	2.57	2.76	0.150
クロマツ(老木)の葉	5.4	0.147	2.72	1.39	0.075
ツキミサウの葉	2.55	0.0636	2.49	1.29	0.033
平 均 値	—	—	2.81	2.72	—

今損失量を増大せしめる原因の主なるものを考へるに、先づ無添加の場合に於ては液體空氣添加の場合に比し、後述の實驗成績によりても明かなる如く、一定の材料を製粉するに長時間を要するので、此點から見るに磨碎の際に生ずる損失は液體空氣添加製粉の場合に比してより大である筈である。一方液體空氣添加の場合には如上の點から見るに磨碎中の損失は少ないと見るこゝが出来るのであるが、添加した液體空氣が磨碎前に氣化する際に乳鉢内より外方に流れ出る氣流のために粉末が運び去られることを考慮に加へねばならぬ。随つて損失がいつれの製粉法に大であるかは、この兩原因によるそれぞれの損失の程度如何によつて決定されるものと考へられる。

今實際に兩製粉法の損失程度を損失率で比較した第三表の成績を見るに、材料により多少その傾向を異にするものの如くクロマツ（老木）の葉、ツキシサウの葉ではその損失率、無添加製粉の場合に大となり、クロマツ（若木）の葉Ⅱ、ツバキ、ウマゴヤシ等では液體空氣添加の方大となつて居るが、何れにしてもその差は比較的小さいもので1%内外であり、クロマツ（若木）の葉Ⅰでは兩者は完全に一致を示して居る。損失率の各材料間の平均は無添加製粉では2.81%，液體空氣添加の場合では2.72%となつて居り、全體より見ていつれの製粉法に於て損失率が大であるか決することは出来ない。上の結果を前述の損失原因の考察よりすれば製粉磨碎時間延長による損失の増大と冷却の目的で入れた液體空氣の氣化氣流による搬出損失の増大とが相伯仲するものと認められ、随つて以上の如き材料にあつては兩製粉法中いつれによるも損失の程度は相等しきものと認めるこゝが出来る。

ところでこの場合に於ける平均損失率が第一、第二表の結果の約1%と云ふ損失率に比し少しく大であるのは酸素工場内で特別の防風設備なくして製粉されたため、損失率を多からしめたものと考へられる。第三表は製粉左程困難ならざる材料についての實驗結果であるが、今茲に極めて製粉困難なるもの例へばススキ、ヨモギ、シマガヤ等につき兩製粉法の損失率を對照比較すれば第三表のそれとは趣を異にし、いづれも無添加の場合に損失率が著しく高いのを見る。

第 四 表 製粉困難なる材料に於ける製粉中損失率の比較

材 料 製 粉 法	ス ス キ	ヨ モ ギ	シマガヤ
無 添 加 製 粉	11.0	47.3	13.0
液體空氣添加製粉	8.0	7.6	6.5

これはかくの如き製粉困難にして長時間磨碎を要する材料の製粉には液體空氣添加製粉をなして製粉中の損失率を低下せしめ得ることを示すものである。

之を要するに、液體空氣添加製粉をなした場合には無添加の場合に比し損失率の點より見ても優れて居ることが明かであるを考へられる。

(二) 兩製粉法の製粉能率の比較

液體空氣添加と無添加製粉の能率の差を知る目的で磨碎開始後一定時間に製粉し得た粉末の全材料に対する割合(製粉率)がクロマツの葉、松材鋸屑、ソバの莖葉、ヨモギの葉、タケの葉等につき求められた。

材料は先づ細挫切半して24時間乾燥秤量され、一方は液體空氣添加により、他方は無添加製粉により、各々製粉率が求められた(第五表)。兩製粉法共に同一篩を使用したことは云ふまでもない。

第 五 表 磨碎開始後一定時間に於ける兩製粉法の製粉率の比較

材 料 物 質	磨碎時間 (秒)	製 粉 率		比 A/B
		液體空氣添加 (A) %	無 添 加 (B) %	
クロマツの葉	180	92.2	65.4	1.41
松 材 鋸 屑	180	73.1	58.7	1.25
ソバの莖葉	142	98.4	37.7	2.61
ヨモギの葉	60	83.0	17.8	4.66
タケの葉	180	90.7	20.0	4.54

今その結果を見るに、液體空氣を添加せるヨモギの葉は一分間磨碎により既に83%を製粉し得て居るが、無添加の場合は17.8%にすぎず、その比を求むれば4.66となる。他の材料に於ても例外なく液體空氣添加せる場合(A)は無添加(B)の場合に優り、兩者の比A/Bはクロマツの葉、松材鋸屑、ソバの莖葉、ヨモギの葉、タケの葉ではそれぞれ1.41, 1.25, 2.61, 4.66, 4.54を示して居る。然るにこの磨碎開始一定時間後の製粉能率の比は液體空氣添加せる場合の能率良きことを示す一目安ではあるが、この比率が製粉完了まで保持されることは限らない。随つて實際問題として製粉能率を云々する場合には是非とも製粉完了に要した總時間を兩製粉法につき求め、その比率を算出することが必要となる。

今製粉完了に必要な總時間(磨碎時間、液體空氣添加等製粉に必要な時間の總和)及びそ

の比率を各種の材料に於て兩製粉法別々に求めたところによる（第六表）總所要時間は兩製粉法の間に著しき相異を示し、いづれの材料に於ても液體空氣添加をなしたものの製粉時間短小で、他の材料に比し比較的製粉困難でない ウマゴヤシの莖葉の如き 4 分 30 秒で製粉完了をなしてゐる。然るに無添加の場合は 14 分 30 秒で兩者の比 0.31 であり約 1/3 に短縮して居る。いづれの材料にあつてもほぼ似通つた値であり、兩製粉法の比 d/c の平均値は 0.52 となり、此等の材料に於ては液體空氣添加により總所要時間を平均約 1/2 に短縮し得たことを示して居る。

第 六 表 製 粉 總 所 要 時 間 の 比 較

材 料 物 質	製 粉 總 所 要 時 間		比 d/c	採集月日
	液體空氣添加(d) (分)	無 添 加 (c) (分)		
ヨモギの葉	17.0	27.0	0.63	三月中旬
ソバの莖葉	20.0	33.0	0.61	"
クロマツの葉	25.0	34.6	0.72	"
ウマゴヤシ莖葉	4.5	14.5	0.31	"
ツバキの葉	11.5	37.6	0.31	"
タケの葉	41.0	78.0	0.53	"
平 均 値			0.52	"

此等の數値は實際に一日中の製粉工程を云々する場合には大切な意義あるものであるが、この製粉所要總時間の中には液體空氣添加の場合には添加操作に費した時間が加算してあり、無添加の場合に比しこの時間丈餘分となつて居るので兩製粉法の總所要時間の比は眞に液體空氣添加製粉法の能率の増進の程度を表はすものではない。随つて今眞の能率上の比を求めんせば、液體空氣添加に要した時間を控除した磨碎時間の比を求めることが望ましい。ここに前記實驗結果に修正を施し、眞の磨碎時間及びその比を求めて見る（第七表）、磨碎時間の比の平均値は 0.31 であり液體空氣添加をなせる場合は約 3 倍に製粉能率を高め得たのであり、今後尙添加操作の練習と色々の考案によりこれに要する時間を短縮し得るならば、總所要時間の比はある程度磨碎時間の比に接近し能率を高め得るものと考へられる。

第七表 製粉所要の摩碎時間の比較

材 料 物 質	製 粉 所 要 摩 碎 時 間		
	液體空氣添加 (d) (分)	無 添 加 (c) (分)	比 d/c
ヨモギの葉	3.0	9.7	0.31
ソバの莖葉	3.0	12.9	0.23
クロマツの葉	7.8	15.9	0.49
ウマゴヤシの莖葉	1.5	4.8	0.31
ツバキの葉	3.0	14.0	0.21
タケの葉	5.0	18.3	0.29
平 均			0.31

次に前記の第六表、總所要時間の比にあつては、ウマゴヤシ、ツバキ等比較的纖維少なき材料に於て液體空氣添加の効果大にして兩製粉法の比 d/c の値小なる如く表れてゐるが、これが眞の製粉能率の比較を意味する正しい結果でない事は液體空氣添加に要する時間が液體空氣添加製粉の場合には總所要時間に加算して居るこゝよりして想像し得る所で、この眞なき兩製粉法の眞の所要磨碎時間（第七表）の比につき見るに斯くの如き傾向を必ずしも認め得ない。此場合にはソバの莖葉の如き纖維多きものもツバキの葉と類似の値を示してゐる。この纖維多からざる材料に於て液體空氣添加の効果大なりと云ふ傾向が一般的のものでないことは、特に纖維多く製粉困難なる材料について、同様の實驗を繰り返した結果（第八表）から見ても明白である。

第八表 製粉困難なる材料に於ける製粉總所要時間の比較

材 料 物 質	製 粉 總 所 要 時 間			採集月日
	液體空氣添加 (d) (分)	無 添 加 (c) (分)	比 d/c	
ヨモギの葉	23	420	0.06	四月下旬
ススキの葉	37	150	0.25	"
シマガヤの葉	20	110	0.18	"
平 均 値			0.16	

次に實際一日中の製粉工程を考へる一資料となす爲に、用ひられた總ての材料を通じて總所要時間の比の總平均を求めるに、0.40 となりこれは一般に液體空氣添加製粉せる場合は無添

加の場合の四割の時間で製粉し得ることを示すもので、換言すれば液體空氣利用により一日中の製粉工程を 2.5 倍に増加し得ることを示すものと考へられる。

(三) 製粉率の時間的經過

以上の實驗成績によれば、液體空氣を添加する時は製粉能率を増進し、製粉總所要時間を一般に無添加製粉の場合に比して著しく減少し得べきことが明かとなつたが、今此所に兩製粉法につき磨碎開始後より一定時間毎に製粉率を求め、製粉率の時間的經過を見、兩製粉法の相異點を更に明かならしめんとした。即ち材料は松の葉を使用して行つた實驗結果（第九表）を見るに、無添加製粉の場合未製粉の材料が製粉前の全材料の 5 % 内外となりたる頃製粉能率著しく減退し、95 % を製粉するに要したとほぼ同一時間を残りの 5 % の製粉に費して居る。これは時間の經過と共に最初絶對乾燥状態にあつた材料が吸濕し、硬さを減じて製粉困難なること、及び最初の間は粉碎され易き部分が粉末化し去り、後に纖維質の製粉困難なる部分が残留するなき能率減退の一原因となり得ることは又考へ得るべきところであるが、兎に角未粉末製粉材料 5 % 位となりて製粉に特に多くの時間を要することは注目すべき事である。

第九表 製粉率の時間的經過（クロマツの葉）

磨碎時間 (分)	製粉率	
	液體空氣添加 %	無添加 %
1	37.8	14.4
2	69.5	34.9
3	92.3	65.4
5	98.8	71.1
6	98.8	77.1
7	100.0	87.1
8		95.1
⋮		⋮
15.8		100.0

一方液體空氣添加の場合を見るに、未製粉材料 5 % を製粉するに要する時間は 3 分 20 秒で無添加のそれが 8 分なるに比し著しき短小である。此等の事實より液體空氣は最後の材料少量となりたる場合に特に有効に働き得ることが示されて居る。

この事柄を以てすれば、唯單に製粉所要時間の短縮を目的として液體空氣添加をなす場合には液體空氣の多量の場合は別として、何等かの原因により少量より得られない場合は材料の大部分を無添加製粉し、残りの少量を液體空氣添加製粉すれば、經濟的に目的を達し得る譯である。

(四) 生の材料の製粉に就て

以上は乾燥材料の製粉に就ての實驗結果であるが、生の材料に就ても液體空氣添加製粉が試みられた。

材料としてはチチコグサ、グミの葉及びタケの葉、マツバギク等を使用した^が、前三者は同一材料の乾燥せる場合に比し、いづれも比較的容易に製粉可能であつた。然し最後の多肉質で最も製粉容易なるべしと豫想されたマツバギクは水分多きため氷塊に化し、却つて乾燥材料に比し製粉困難であつた。然るにいづれも粉碎後は乾燥粉末同様、サラサラとした状態を保ち豫め冷却しおきたる荒毛の筆にて掃き集め、全部冷却秤量管に入れ終ることが出来た。

上の事實より多肉植物は別として多毛性の材料、纖維質の材料で製粉困難なるものは、最初生の時細挫しおき、液體空氣添加（或は dry ice にても可なるべし）凍結せしめ大體製粉し、直ちに乾燥その後に再度粉碎（液體空氣無添加にて可なるべし）し完成を期することも一方法であり、かゝる材料にては最初より乾燥するに比し製粉容易であると思はれる。

(五) 液體空氣添加と無添加の二方法により製粉された 同一材料の組織粉末比重の比較

實驗成績(二)によつて液體空氣の使用は製粉能率を著しく増進せしめ、製粉時間を $2/5$ に短縮し得ること明かになつたが、今此所に乾燥物質に液體空氣を添加製粉することにより粉末の物理的又は化學的變化を來す如きことありては製粉の目的に適はざることとなる。これに就ての徹底的研究は暫くおき、組織粉末法を行ふ一部の場合に於て相當に大なる關心を持たれる粉末比重に變化なきや否やに就て調査して見た。

即ち色々の材料につき同一材料にして兩製粉方法により粉末化せられたるものにつきそれぞれ粉末比重(9)を求めその両者が一致するや否やを調査した。

材料は實驗(二)に於て製粉し得た材料にして量多く、粉末の容積の測定成績に充分信頼をおき得る材料を選び、この他特別にツキミサウ、クロマツ(若木)の葉等を新に加へた。

粉末比重は粉末の乾量 T を求め、更に瀕瀕式自働粉末容積測定器により所定の如く(5, 6)

粉末容積 V を測定し、この V と T とにより粉末比重 T/V を求めた（第十表）。その結果を見るに、液體空氣添加（A）と無添加（B）の差は極めて少なく、その増減度 $\frac{A-B}{B}$ は最大シマガヤの 5%，最小クロマツ（老木）の葉、タケの葉に於てそれぞれ 0.4%，-0.4% で全體の絶對値の平均は 2.6% である。今 11 個の材料の中（+）値を示すものと（-）値を示すものの数の比は 6：5 にして、大體（+）（-）相半ばし、又（+）値の平均値は 2.91% であり、（-）値の平均値は 2.24% となり極めて類似して居る。此等の事實より上述の増減は實驗上の誤差と認められ、液體空氣添加の有無による粉末の性質の變化によるものと認めることは出来ない。

第 十 表 同一材料に於て製粉方法を異にする場合の粉末比重の比較

材 料 物 質	粉 末 比 重		増 減 $\frac{A-B}{B}$	備 考
	液體空氣添加(A)	無 添 加 (B)		
	g. cm ³	g. cm ³	%	
シマガヤの葉	0.399	0.380	5.0	
ヨモギの葉 (1)	0.402	0.397	1.3	四月下旬採集
クロマツ(老木)の葉	0.464	0.462	0.4	
タケの葉	0.470	0.472	-0.4	
ススキの葉	0.497	0.477	4.1	
ソバの莖葉	0.490	0.510	-4.0	
ヨモギの葉 (2)	0.512	0.523	-2.1	三月中旬採集
クロマツ(若木)の葉	0.570	0.544	4.8	
ツバキの葉	0.557	0.563	-1.1	
ツキミサウの葉	0.599	0.588	1.9	
ウマゴヤシの莖葉	0.643	0.666	-3.6	
平 均 値			2.6	

以上の如くであるが故に、少くとも粉末の性質に特別の考慮を要せざる場合に於ては液體空氣添加製粉方法が組織粉末法施行上の一製粉法として使用して差支なきことが認められる。

(六) 液體空氣添加及び無添加操作を一つの比較

試験に混用することの可否

尙實際問題として製粉困難なる材料と然らざる材料を混用し、それぞれ粉末容積を測り實驗結果を表示する基準とする必要のある場合には製粉困難なるもののみ液體空氣添加をなし製

粉するこゝにせば、時間の經濟は勿論製粉中の損失の程度を減少せしめ（第四表参照）、又液體空氣購入費等の實驗費を節約し得るこゝなる。

今試みに九大農學部校庭の砂質土に生育する色々に形質を異にする植物即ち製粉困難なるものとしてススキ、ヨモギ、シマガヤを、製粉容易なるものとしてソラマメ、ユキノシタ、キリンサウ、マツバギクを選んでその葉の含水量を對粉末容積表示法によりて比較した結果を見るに、製粉困難なる前三者は材料を二組宛取り、一つは液體空氣添加により、他は無添加により製粉しいづれも綫綫式自働粉末容積測定器により容積 V が求められたのであるが、此等の材料の製粉完了に要した時間はヨモギ（無添加製粉）最大にして 7 時間、マツバギク、キリンサウ等の多肉植物最小で數分間に製粉完了し、他の材料はこの間に分布してゐた。隨て製粉中の損失量も又材料により異つて居り、此粉末容積 V は最初水分を保有してゐた組織の粉末に比すれば、種々異りたる程度に減少してゐるこゝが考へられる。故に此粉末の減少量を製粉前の乾物量 T 。と製粉後の乾物量 T' 及び粉末容積 V とにより修正除去して得られた粉末容積 $V_0 = \frac{T_0 \cdot V}{T}$ を求め、含水量を $\frac{W}{V_0}$ によつて表示した。尙參考資料として $\frac{W}{V}$ をも計算して見た（第十一表）。

第 十 一 表 含水量の對粉末容積表示による比較及び製粉中の損失率

植 物 名	無添加による場合		液體空氣添加による場合		製粉中の損失率	
	未修正値 g. cm ³	修正値 g. cm ³	修正値 g. cm ³	未修正値 g. cm ³	無添加 %	液體空氣添加 %
ス ス キ	1.40	1.25	1.38	1.51	11.0	8.1
ヨ モ ギ	2.99	1.58	1.58	1.71	47.3	7.6
シ マ ガ ヤ	2.72	2.23	2.32	2.49	18.0	6.5
ソ ラ マ メ	2.90	2.81	(2.81)	(2.90) ⁽¹⁾	3.2	—
ユ キ ノ シ タ	5.21	5.08	(5.08)	(5.21)	2.9	—
キ リ ン サ ウ	7.73	7.46	(7.46)	(7.73)	3.8	—
マ ツ バ ギ ク	8.16	8.00	(8.00)	(8.16)	2.0	—

(1) 括弧内の數値は無添加の當該數値を利用し兩製粉法を一組の實驗内に混合した有様を示す。

今製粉中の損失率を見るにキリンサウでは 3.8 % にして第一表の値 0.2 % に比して著しく高いのであり、又他の材料に於ても一般に損失率が高かつたのであり（第十一表）、こは特別の防風設備なき工場内で製粉されたここに基因するものと考へられる。

さて測定結果を見るに、先づ未修正値即ち $\frac{W}{V}$ に就て見るに、製粉困難なる材料に於ける兩製粉法の成績を比較するに著しく結果を異にし、無添加製粉に於てはススキ、シマガヤ、ヨモギの順に含水量が大であり、液體空氣添加製粉せる場合にはススキ、ヨモギ、シマガヤの順位となる。こは言ふまでもなく製粉中に於ける損失率の相違に由來する結果である。随つて此種の材料に於ては損失率による V の修正を是非必要とするこが判る。

次に兩製粉法の修正値 $\frac{W}{V_0}$ を見るに、いづれもススキ、ヨモギ、シマガヤの順位となり液體空氣添加未修正値の場合の順位と全く相一致してゐる。さばあれ製粉中の損失率の相違を豫想される場合には V の代に V_0 を以てするの合理的なこは明かであり、本研究の如きには $\frac{W}{V}$ によらず $\frac{W}{V_0}$ によるべきこが明示されて居る。

即ち全材料に於て兩製粉法の修正値 $\frac{W}{V_0}$ を見るに順位的一致のみならず、各材料の含水量の数値が互によく近似して居るのを見る。されば液體空氣添加をなせる材料と然らざるものとは混用して實際的効果があるのであり、液體空氣添加法が組織粉末法を利用する場合の一製粉法又は補助製粉法として成立つものと考へられる。

尙製粉の難易區々たる多數の材料を混用する場合、各材料間に損失率の相違ある爲に生ずる誤差をなくする爲には、液體空氣を利用するに否に拘らず、損失率の算定をなし粉末容積の修正を行ふこによつて目的を達し得る。

(七) 實驗結果の通覽

以上の結果を綜合するに、製粉極めて困難なるススキ、タケ、シマガヤ等の葉は勿論、從來製粉不可能とされて居たヨモギ、チチコグサ等の多毛性の植物も液體空氣添加により極めて容易に製粉し得て、製粉時間の短縮（第五、六、七、八、九表）と共に粉末作成中の損失を防ぎ得る利益があり（第四表）、此他製粉困難ならざる材料にありても製粉總所要時間を著しく短縮し得る（第六、七表）のである。

以上本研究に使用したいづれの材料に於ても液體空氣の利用により例外なく製粉能率を高め得たのみならず、液體空氣添加をなし製粉した材料の粉末比重は無添加製粉したものの粉末比重と殆んど一致を見（第十表）、また對粉末容積表示を行ふのに兩者を併用した場合にも製

粉法による相違を認め得ないので（第十一表），液體空氣添加製粉法は組織粉末の一製粉法又は補助製粉法として，有意義なものなることが明かである。而して實際問題として異種の植物，或は生育地，生育時期を異にし，製粉の難易に著しく相異なる植物，換言するに製粉の難易色々な材料の間に物質含有量或は生理作用の程度を比較するために組織粉末法を施行せんとする場合に，時宜に應じてその全部或は製粉困難なるもののみを液體空氣添加製粉し，無添加製粉のものと一緒にして比較考察することが可能である。

斯くして製粉不可能のため，或は製粉困難のため將又製粉中の損失多きために組織粉末法の利用が制限されて來たことが液體空氣添加製粉法の採用により殆んど解消させられた譯である。

IV 摘 要

本研究は植物體組織を粉末とす一手段として液體空氣添加製粉を提案し，無添加製粉との間にその能率，製粉中の粉末損失率，粉末比重等につき比較研究し，次の結果を得た。

1) 液體空氣添加製粉せる場合の製粉總所要時間は無添加のそれに比し著しき短小で材料の種類により，その値を異にするも松の葉，ソバの莖葉其他六種の植物の平均では無添加の場合を 1 とすれば 0.52，約半分に短縮し得たのであり，ススキ，シマガヤ，ヨモギ等の纖維多く製粉殆んど不可能と見られて來た材料に於ては無添加 1 に對して 0.16 の好率を示した。

2) 製粉中の粉末の損失率は比較的困難ならざる材料では兩製粉法の差異を認め得ないが，ススキ，シマガヤ，ヨモギ等では液體空氣添加製粉せる場合には無添加の場合に比し著しく低く，損失防止の意味よりするも液體空氣添加は有利である。

3) 兩製粉法別に同一材料に就て求めた粉末比重は極めて近似値を示し，實際上製粉法の相異なる粉末比重の相異は認められなかつた。

4) 製粉の難易に著しき差ある種々の材料の葉の含水量比較に當り，製粉困難なる材料のみにつき組織粉末製造に液體空氣を利用し，結局兩法を混じた結果は全部無添加製粉により得た結果と全く一致を示した。即ち添加製粉したものは無添加製粉したものと同様に取扱い得て，相互に代用し得るものであることが明かである。

文 獻

- (1) FUJITA, T. (藤田光), 植物葉内蛋白質含有量と日照射度との關係に就て. 九大・農・學藝, 4, 358-368, 1931.
- (2) FUKAKI, S. (深城貞義), 稻の分蘖に關する研究. 第2報. 温度及空中湿度と分蘖度との關係. 九大・農・學藝, 4, 336-357, 1931.
- (3) KÔKETSU, R., Ueber den Gehalt an Trockensubstanz und Asche in einem bestimmten Volumen Gewebepulver als indizium für den Gehalt des Pflanzenkörpers, an demselben Konstituenten. Journ. Dept. Agr., Kyushu Imp. Univ., I, 151. 1924.
- (4) KÔKETSU, R., Ueber die Brauchbar- und Zweckmässigkeit der „Pulvermethode“ für die Bestimmung des Wassergehaltes im Pflanzenkörper. Bot. Mag., Tokyo, 39, 169-175, 1925.
- (5) KÔKETSU, R. (綱嶺理一郎), 一種の自動粉末容積測定器の紹介. 九大・農・學藝, 4, 134-140, 1930.
- (6) KÔKETSU, R. (綱嶺理一郎), 組織粉末法を行ふ場合に於ける粉末の適量に就て. 九大・農・學藝, 4, 227-243, 1931.
- (7a) KÔKETSU, R., Studien über die Wasserverhältnisse, insbesondere die hygroskopische Wasseraufnahme des Gewebepulvers mit Berücksichtigung des Wasserhaushaltes in Pflanzenkörper. Jour. Dept. Agr. Kyushu Imp. Univ., 3, 149-178, 1932.
- (7b) KÔKETSU, R. (綱嶺理一郎), 水分關係の變化に伴ふ葉面積の變化並びにそれに由來する對面積表示法の不確實さに就て. 植物學雜誌, 46, 124-134, 1932.
- (8) KÔKETSU, R. und YASUDA, S. (綱嶺理一郎・安田貞雄), 植物體內物質含有量測定に「組織粉末法」を利用する事の效果に就て. I. 生態及び比較生理學的研究の場合に於ける植物體內水分含有量の比較測定. 九大・農・學藝, 2, 199-208, 1927.
- (9) KÔKETSU, R. und FUKAKI, S. (綱嶺理一郎・深城貞義), 植物體內物質含有量測定に「組織粉末法」を利用する事の效果に就て. II. 種子の乾量及び灰分含有量の比較測定. 九大・農・學藝, 2, 273-286, 1927.
- (10) KÔKETSU, R. und KOSAKA, II. (綱嶺理一郎・小坂博), 植物體內物質含有量測定に「組織粉末法」を利用する事の效果に就て. III. 種々の玄米の「粉末比重」の測定及其意義. 九大・農・學藝, 3, 35-48, 1928.
- (11) KÔKETSU, R. und TAKENOCHI, M. (綱嶺理一郎・竹内亮), 植物體內物質含有量測定に「組織粉末法」を利用する事の效果に就て. IV. 生理的又は生態的條件を異にする植物體內に於ける灰分含有量の比較測定. 九大・農・學藝, 3, 154-181, 1928.
- (12) KÔKETSU, R. und TSURUTA, S. (綱嶺理一郎・鶴田正造), 蒸散量測定表示法としての「組織粉末法」. 植物學雜誌, 43, 253-266, 1929.
- (13) KÔKETSU, R., KOSAKA, II., SATO, T. und FUJITA, T. (綱嶺理一郎・小坂博・佐藤敏夫・藤田光), 植物體內物質含有量測定に「組織粉末法」を利用することの效果に就て. V. 炭水化物及び蛋白質含有量の比較測定. 九大・農・學藝, 3, 232-242, 1929.
- (14) KOSAKA, II. (小坂博), 米・大豆及び甘藷に於ける肥料試験の成績表示に對する「組織粉末法」利用の效果. 日・作・學・紀事, 2, 14-20, 1930.
- (15) KOSAKA, II., Die Beziehungen zwischen den verschiedenen physiologischen Erscheinungen der Pflanzen und den an verschiedenen Vegetationsorganen in Erscheinung tretenden Farbstoffen. II. Mitteilung. Ueber die Beziehungen zwischen der Assimilationstätigkeit und der Anthocyanbildung bei *Abutilon avicennae*. Jour. Dept. Agr. Kyushu Imp. Univ. 3, 29-45, 1931.

- (16) KOSAKA, H. (小坂博), 二三の栽培植物の營養體部に現はるる色素と其の蒸散作用との關係. 日・作・學・紀事 3, 172-177, 1931.
- (17) KOSAKA, H., Die Beziehungen zwischen den verschiedenen physiologischen Erscheinungen der Pflanzen und den an verschiedenen Vegetationsorganen in Erscheinung tretenden Farbstoffen. IV. Mitteilung. Ueber die Beziehungen zwischen dem dasein des Anthocyan-farbstoffes und dem Grad der Assimilationstätigkeit bei einigen Kulturpflanzen. Jour. Dep. Agr. Kyushu Imp. Univ. 3, 251-267, 1933.
- (18) SATO, K. (佐藤健吉), 大麥の葉綠素含量に就て. 日・作・學・紀事 4, 4-24, 1932.
- (19) SHIRAKURA, N. (白倉德明), 大豆の凋萎後に於ける蒸散作用の恢復經過に就いて. 日・作・學・紀事 5, 170-191, 1933.
- (20) TAKENOUCHI, M. (竹内亮), 植物と外界との關係の數量的方法による研究. II. 水分蒸散及吸收兩作用の相互關係による研究法の植物生態學的價值に就て. 九大・農・學藝, 2, 213-231, 1927.
- (21) TAMAOKI, B. (玉置文), 葉内同化物含有量に對する凋萎の影響に就ての組織粉末法利用による研究. 九大・農・學藝, 4, 560-569, 1931.
- (22) YASUDA, S. (安田貞雄), 大麥の耐寒性に就て. I. 耐寒性と單糖類含有量との關係. 農學會報, 288, 486-492, 1926.
-

APPLICATION OF LIQUID AIR FOR THE PREPARATION
OF "GEWEBEPULVER"

(Résumé)

Torataro TAMAI

There is a method, known as Prof. KÔKETSU's "Pulvermethode," which is recognized as a rational way to determine and compare the content of matter or the degree of physiological functions in plants or organisms. When, however, the material to be pulverized was extremely fibrous or pubescent, investigators have heretofore encountered difficulty in adopting the above mentioned method.

This paper proposes a way of overcoming this difficulty, namely, by the application of liquid air (or O_2). The dried material to be used, which can, if necessary, be fresh, is placed in a mortar. Liquid air is poured in; and the material, thereby thoroughly frozen and thus made brittle, is then readily ground with a pestle as usual.

In order to test the efficiency of this method of milling with liquid air, as compared with the ordinary way of milling without liquid air, a study has been made, of which the principale results are as follows:

1) The time required to grind any given material was much less. How much less, depends on the nature of the material used. The time required was from 6 % to 72 %, and on the average was about 40 % of the time used in milling by the ordinary method.

2) The loss of material was much less, in the case of pulverizing fibrous or pubescent material, which by the other method is a lengthy process. In pulverizing ordinary materials, there was no particular difference seen in this respect.

3) The specific powder gravity of any given material was about the same as that prepared by the other method.

In short, from each of the results obtained, it was clearly shown that the method of milling with liquid air gives good results. Therefore, by using it as a supplementary method when pulverizing fibrous or pubescent material, the difficulty in question is overcome.