



泥炭乾燥装置の熱効率および余熱の利用に関する実験研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学 公開日: 2012-11-07 キーワード: 作成者: 佐々木, 一郎, 東海林, 明雄, 矢作, 裕 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00001471

泥炭乾燥装置の熱効率および 余熱の利用に関する実験研究

佐々木一郎・東海林明雄・矢作 裕

北海道教育大学釧路分校物理学教室

Ichiro SASAKI, Akio TOKAIRIN and Hiroshi YAHAGI: Studies on the Thermal Efficiency of Peat-dryer and the Utilization of Thermal Remainder

目 次

I 緒 言	と湿度
II 乾燥装置と測定方法	(3) 粉塵量
(1) 乾燥装置	IV 結 論
(2) 測定項目と測定装置	(1) 熱効率
(3) 測定方法と測定経過	(2) 余熱の利用
III 測定結果	(3) 熱効率と余熱の利用
(1) 吸入空気量と風速分布	参考文献
(2) ダクト内の気流の温度	

I 緒 言

従来保温材料などにわずかに利用されるにすぎなかった泥炭も、昨今では豊富な未利用資源として注目されはじめ、工業原料として特殊な性質が活用されて日の目を見るようになってきた。釧路市郊外の昭和地域にある、ヒドゲン工業株式会社釧路工場で生産されている泥炭を基材とした植生盤（人工芝生）はその利用の好例である。

国土の緑化、治山治水に寄与する植生盤が20～30万haと推定される全国の荒廃地の復旧ばかりでなく、道路・宅地造成などの新しい需要によっても生産の拡大が見込まれている。植生盤の他に、泥炭コーライト、建材としての利用等も注目されるが、いずれの場合にも工業原料として泥炭を利用するさいには、原料泥炭に含まれる90%におよぶ多量の水分を経済的に除去することが前提条件となる。例えば植生盤の場合には、泥炭を予備的に乾燥するのに2年間の天日乾燥を必要とし、さらに圧縮成型した製品の基体を乾燥装置によって脱水する工程があり、材料採取から製品化までに常に水分除去の問題が関係している。そしてこのことが、製品化に到る時間とコストに大きく影響していることは当然である。

この泥炭は、いわゆる難乾燥物質として知られ、蒸発機構の面から物理的問題として捉えても興味があり、当物理学教室、産業科学研究所が協力して研究を行なっているがその特性の基礎的な解明と共に資源利用の観点から工業的に能率よい水分除去法が必要とされ、この解決は極めて

一般性のある急務の問題である。上記のごとき問題意識の下に、同工場の乾燥装置が果たして泥炭乾燥装置として能率的に運転が行なわれているかどうかを検討するために、1965年5月に内部の主として温度分布について予備的に測定を行なったが、今回再び細部にわたって乾燥装置の測定をする機会を得たので、蒸発に関する物理的問題の応用として、その熱効率および余熱の利用について若干の考察を試みたので、その結果についてここに報告する。

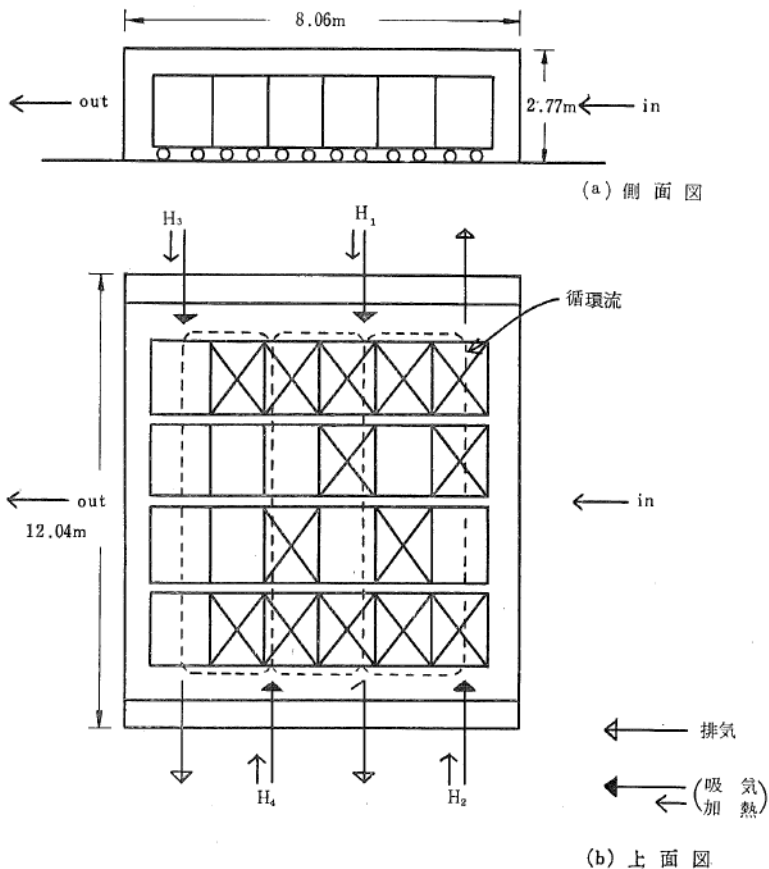
II 乾燥装置と測定方法

(1) 乾燥装置

ヒドゲン工業釧路工場の泥炭乾燥装置は、一般的な分類法によればトンネル型乾燥機に属し、通常粉泥状材料、木材柱、厚板などの一定形状を有するものの乾燥に適しており、循環流（熱風）は乾燥機内の各所で大部分が循環し一部吸気し、一部排気する方法によって乾燥能率を高めており、熱効率は、よく設計されたもので50~70%とされている。

第1図(a)、(b)は、同工場の乾燥装置で、同図(b)は循環流、吸排気の状態を模式的に示したものである。

第1図 泥炭乾燥装置図



註：☒は測定時の乾燥用台車の位置を示す。

(2) 測定項目と測定器具

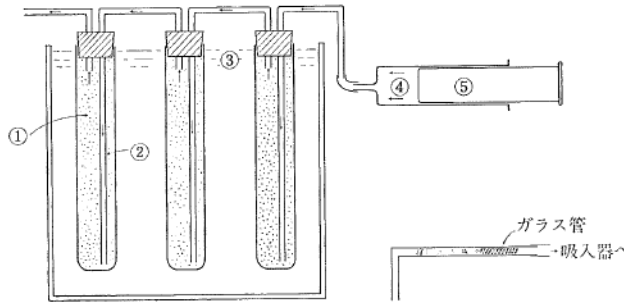
測定項目，測定器具は第1表に示してある。

第 1 表

	測定項目	測定個処	測定器具等
i)	温度	吸・排気ダクト	アルコール温度計 熱電対温度計 吸湿剤
ii)	湿度	吸・排気ダクト	
iii)	風速	吸・排気ダクト	熱線式風速計
iv)	輻射量	乾燥装置表面	熱電堆輻射計
v)	粉塵量	吸・排気ダクト	ガラス繊維

- i) 温度：湿度，余熱量，装置表面からの熱伝達損失量の算出のために，吸気温度，排気温度，乾燥装置表面温度の測定を行なった。
- ii) 湿度：利用可能な余熱量の算出，および熱効率上昇可能域を見出すことを目的として，高温ガスの温度を次の方法で測定した。まず吸湿装置に一定量の空気を吸入し，それに含まれる水分を吸湿剤に吸収させ，それを秤量することによって，水分の絶対量を求める。このさい，高温ガスの温度の低下を防いで吸入し，測定個所でガス中の水分を完全に吸収することが必要であるが，これらの点を考慮して，測定には第2図(a)に示されるような装置を用いた。

第 2 図



- (a) 吸湿装置図 (b) 粉塵測定管
- 註：① 吸湿管
 ② 吸湿剤（シリカゲル）
 ③ 0°Cの氷水
 ④ ダクト内のガス
 ⑤ 吸入器（ダクト内のガスを一定量吸入する）

- iii) 風速：吸気および排気のダクトについて測定し，吸気量および排気量を算出する。測定点は90点をとった。
- iv) 輻射量：装置表面から逸散する損失熱量算出のために熱電堆輻射計を用い，その測定を行なった。
- v) 粉塵量：湿度測定の正確度を増す目的で，吸排気ダクト内の高温ガスについて測定を行なった。第2図(b)は測定に用いた装置を示している。

(3) 測定方法と測定経過

上に述べた項目について測定を行なったが，測定のさいに，特に測定時刻と乾燥機内の乾燥材

料の配置に注意を払った。測定時刻は、乾燥機内部が定常状態に達する運転開始後3時間を経過した11時、乾燥の工程がほぼ完了する8時間後の16時を選んだ。また材料は第1図(b)のように配置した。また運転中に消費される燃量の重油の量は1時間毎に記録した。

III 測定結果

(1) 吸入空気量と風速分布

i) 吸入空気量

36点での風速の測定と吸入面積から算出した結果、吸入空気量は $204\text{m}^3/\text{min}$ となった。

ii) 送風機直上における風速分布 (第2表)

iii) ダクト排気孔における風速 (第3表)

第 2 表

No. 1 (5.27m/s)	No. 3 (5.63m/s)	No. 5 (11.7m/s)
5.0 4.6 3.8	4.3 4.6 12.0	11.5 12.6 12.2
2.0 4.2 7.5	13.0 4.5 12.0	12.0 11.0 9.5
6.3 8.7 —	12.5 7.1 —	12.5 12.0 —
No. 2 (4.40m/s)	No. 4 (7.03m/s)	No. 6 (9.11m/s)
6.5 5.7 5.3	2.7 5.7 5.3	12.7 9.0 6.7
6.7 3.5 2.7	— 7.0 6.3	12.5 6.9 6.3
5.6 2.5 —	— 11.5 10.7	— 8.8 9.4

註: No. ~ はダクト番号, () 内はダクト内の平均風速また
枠内の数字はその位置における風速 (m/s) を示す。

第 3 表

No. 1 {6.70 m/s} {1.20m ³ /s}	No. 3 {8.36 m/s} {1.21m ³ /s}	No. 5 {11.5 m/s} {1.33m ³ /s}
5.7 5.8 7.0	7.9 8.1 9.0	12.0 11.0 11.5
6.3 6.8 7.7	8.3 8.3 8.8	11.5 10.5 11.5
6.3 — 8.0	8.7 8.4 7.8	11.5 11.3 11.0
No. 2 {7.15 m/s} {1.14m ³ /s}	No. 4 {5.73 m/s} {0.91m ³ /s}	No. 6
7.0 7.5 7.5	6.5 6.6 6.3	停止中
6.5 7.0 7.5	6.0 5.7 6.3	
5.7 6.8 9.0	5.3 3.5 5.3	

註: No. ~ はダクト番号, { } 内は上が平均風速 (m/s), 下が風量
(m³/s) を示す。枠内はその位置における風速 (m/s) を示す。

(2) ダクト内の気流の温度と湿度

i) 湿潤気流の温度降下 (第4表)

泥炭乾燥装置の熱効率および余熱の利用に関する実験研究

第 4 表

ダクト 番号	排気孔温度	送風機直上温度	降下温度
	(°C)	(°C)	(°C)
No. 1	71	75	4
No. 2	23	60	-3
No. 3	66	65	-1
No. 4	53	52	-1
No. 5	37	36	-1

註：測定時刻は午前11時である。

ii) 湿潤気流の温度湿度および諸状態量と湿潤気流の蒸発吸水可能量 (第5表)

第 5 表

第1回測定 (12:30~13:00)

(a)

ダクト 番号	t	y	y'	f	x	i
	(°C)	(mg/0.5ℓ)	(g/m)	(%)	(kg/kg')	(kcal/kg')
No. 1	95	29.1	58.2	11.7	0.0638	63.5
No. 2	77	28.3	56.6	21.7	0.0615	57.0
No. 3	72	28.7	57.2	26.8	0.0615	55.6
No. 4	78	25.8	51.6	19.0	0.0562	54.2
No. 5	73	26.2	48.4	21.8	0.0514	49.6
No. 6	76	22.1	44.4	17.7	0.0468	47.5

第2回測定 (16:50~17:20)

(b)

No. 1	109	22.6	45.2	* —	0.0508	58.5
No. 2	105	25.6	51.2	* —	0.0600	63.7
No. 3	90	26.5	53.0	12.7	0.0600	59.6
No. 4	84	24.5	49.0	14.1	0.0537	54.0
No. 5	91	21.8	43.6	10.1	0.0483	52.0
No. 6	82	20.2	40.4	13.0	0.0437	47.3

註：* 100°C 以上においては相対湿度は成立しない。

(c)

t'	x' _s	x' _s -x	v	X
(°C)	(kg/kg')	(kg/kg')	(m ³ /kg')	(g/m ³)
49.5	0.0824	0.0196	1,152	17.0
47.5	0.0742	0.0127	1,109	11.5
46.5	0.0720	0.0105	1,075	9.8
46.3	0.0700	0.0138	1,087	12.7
44.5	0.0630	0.0116	1,063	10.9
43.6	0.0605	0.0137	1,065	12.9

(d)

t'	x's	x's-x	v	X
(°C)	(kg/kg')	(kg/kg')	(m³/kg')	(g/m³)
47.8	0.0767	0.0259	1.173	22.2
49.6	0.0940	0.0240	1.177	20.4
48.3	0.0778	0.0178	1.13	15.7
46.2	0.0695	0.0158	1.10	14.4
45.7	0.0677	0.0194	1.114	17.4
43.7	0.0605	0.0168	1.079	15.6

記号説明

- t: 排気ガス温度 (湿潤空気)
- y: 0.5ℓ中の水分
- y': 1 m³中の水分
- f: 相対湿度
- x: 乾燥空気 1 kg (kg' と表示する) 当りの湿潤空気の水分 (=絶対湿度)
- i: 湿潤空気のエンタルピー
- t': 余熱利用乾燥機通過後の平衡温度 (以下単に平衡温度と表示する)
- x's: 平衡温度における飽和絶対湿度
- x's-x: 乾燥空気 1 kg当りの蒸発吸水量 (=余熱利用量)
- v: 湿潤空気の比容積
- x: 湿潤空気 1 m³の蒸発吸水量 (x's-xを 1 m³の値に換算したもの)

iii) 余熱利用についての諸計算

余熱利用に関係する排気ガス中には、吸入空気量からみて、重油燃焼ガスがその中に十数分の一だけ含まれている。この場合排気ガスが湿潤空気 (空気と水蒸気の混合ガス) であるとしても、その保有エネルギーには大差ないので、この排気ガスを湿潤空気流として取り扱うことにする。湿潤空気の絶対湿度、比容積、エンタルピーは下記の式によって求められる。

$$x = \frac{G_w}{G_a} = 0.622 \frac{f}{P - fP_s} \dots\dots\dots ①$$

$$v = (R_a + xR_w) \frac{T}{P} \dots\dots\dots ②$$

$$i = C_{p_a}t + x (r_0 + C_{p_w}t) \dots\dots\dots ③$$

但し、

- x : 絶対湿度
- G_w: 水分重量
- G_a: 乾燥空気重量
- P : 全圧
- P_s: 飽和水蒸気圧
- v : 比容積
- R_a: ガス定数 (空気)
- R_w: ガス定数 (水蒸気)
- T : 絶対温度

- i : エンタルピー
- C_{pa} : 平均定圧比熱 (空気)
- C_{pw} : 平均定圧比熱 (水蒸気)
- f : 相対湿度

③ 式において、飽和絶対湿度を x_s とし、そのときのエンタルピーを i_s とすれば、任意の温度と湿度における利用平衡温度はその湿潤空気のエンタルピー i に一致する。 i_s となるような t を内挿法と外挿法によって求めると、それが平衡温度 t' である。そして、 $(x_s - x)$ が利用可能余熱量を示す蒸発吸水量である。因みに、20%を泥炭を生産する場合、その生産量は蒸発吸水量 (熱量) から求められる。

iv) 蒸発吸水可能量および水分が20%の泥炭生産量(水分60%を20%にする場合)(第6表)

第 6 表

第1回目

ダクト 番号	X (g/m^3)	V (m^3/s)	$Xv \cdot s$ (g/s)	$Xv \cdot h$ (kg/h)	$X'v \cdot h$ (kg/h)	Y (kg/h)
No. 1	17.0	1.2	20.4	73.5	69.8	140.0
No. 2	11.5	1.14	13.1	47.2	44.8	89.6
No. 3	9.8	1.21	11.9	42.8	40.7	81.4
No. 4	12.7	0.91	11.6	41.8	39.7	79.4
No. 5	10.9	1.33	14.5	52.8	49.6	99.2
No. 6	12.9	1.08	13.9	50.0	47.5	98.0

(a)

第2回目

No. 1	22.2	1.2	26.6	95.6	90.8	181.6
No. 2	20.4	1.14	23.3	84.0	79.8	159.6
No. 3	15.7	1.21	19.0	68.5	64.1	128.2
No. 4	14.4	0.91	13.2	47.5	45.1	90.2
No. 5	17.4	1.33	23.2	83.5	79.3	158.5
No. 6	15.6	1.08	11.9	81.0	67.8	135.6

(b)

- 註 $Xv \cdot s$: Xに1秒間の風量を掛けた値
 $Xv \cdot h$: Xに1時間の風量を掛けた値
 $X'v \cdot h$: $Xv \cdot h$ から乾燥すべき泥炭を平衡温度にまで上昇させるに必要な熱量を差し引いた蒸発吸水量
 Y : 水分20%泥炭生産可能量
 v : 風量

- v) 主要平均量および余熱利用の補助乾燥機の効率を100%, 60%, 50%とした場合の水分が20%の泥炭生産率(水分60%を20%にする場合) (第7表)
- vi) 泥炭乾燥装置表面からの損失熱量

装置表面からの熱の伝達による損失については、今回は予備的な測定のみを行ない、本格的なデータを得るまでには到らなかった。この予備的な測定結果からは、装置表面の温度は低く断熱が相当に良好であることが認められた。従って輻射量もパー

第 7 表

ダクト 番 号	平均温度 (°C)	平均相対湿度 (%)	平均絶対湿度 (g/kg)	風 量 (m³/s)
No. 1	102	* 5.3	57.3	1.2
No. 2	91	* 10.9	60.8	1.14
No. 3	81	16.8	60.8	1.21
No. 4	81	17.0	55.0	0.91
No. 5	82	16.0	49.9	1.33
No. 6	79	15.3	45.3	1.08

(a)

ダクト 番 号	平均蒸気 吸水可能量	1時間当り 平均蒸発 吸水可能量	余熱利用乾燥機の熱効率が、 下記の場合の水分20%泥炭の 1時間当りの生産率		
	(g/m)	(kg/h)	100 (%)	60 (%)	50 (%)
No. 1	19.6	84.6	161	96	80
No. 2	16.0	65.5	125	75	63
No. 3	12.	55.6	105	63	53
No. 4	13.6	44.7	85	51	43
No. 6	14.2	67.8	129	78	65
No. 5	14.4	55.5	116	70	58

(b)

註 * 印は第2回目の湿度を0%とした場合の計算値

ナー近傍を除けば微弱なものであった。

また、この熱量は作業場内の気温を高め、夏期でも採暖の必要な釧路地方の工場では、適当な役割りを果たしていると考えられる。そして伝達熱によって気温の上昇した空気は、やがて乾燥機に吸入されて、その本来の役割りを果たすことになる。

(3) 粉塵量 (第8表)

第 8 表

ダクト 番 号	通気前の重量 (g)	通気後の重量 (g)	粉 塵 量 (mg/0.5ℓ)
No. 3	2.3054	2.3059	0.5
No. 4	2.0626	2.0631	0.5
No. 5	2.8453	2.8456	0.3

IV 結 論

(1) 熱 効 率

水分53%で12.01tonの泥炭を830ℓ(9:00~18:00)の重油燃焼熱によって水分7%まで乾燥を行なったとして、乾燥装置の熱効率を計算した結果は44%となった。排気ガスの湿度が5.9%~19.8%であること、および吸入空気量が204m³/minで重油の必要とする酸素量の十数倍に匹敵

する値となっていることから、排気量（排熱量）と吸入空気量を減らす必要がある。また乾燥装置内の温度上昇をはかり効率よく水分を蒸発させ、さらに火災を防止するためには、局部的に気流が高速とならぬようガス循環機構の改善をする必要がある。このためには、装置内の風速の測定値に従ってガスガイド板の設置と、乾燥用台車の配置に留意することも必要である。また吸入空気量の減少に伴ない、パーナーを改良すべきで、以上に述べた諸点に留意して運転を行なうことにより、熱効率を65%程度とすることが可能である。

(2) 余熱の利用

余熱による水分20%の泥炭（60%から20%にする場合）生産可能率は、第7表（b）に示したが、いま仮に No. 1 と No. 2 ダクトの排気を利用するとすれば、1日10時間運転し、余熱利用乾燥装置の熱効率が60%であるとき、その生産量は1.71ton となる。No. 1 No. 5 ダクトによれば、その値は1.74ton となる。

湿潤ガス1m³当りの蒸発吸水可能順位は、No. 1 > No. 2 > No. 6 > No. 5 > No. 3 であるが、各ダクトの1時間当りの20%泥炭生産可能量の順位は、No. 1 > No. 5 > No. 2 > No. 3 > No. 4 となる。この相違は風量の違いによるものである。

(3) 熱効率と余熱利用

主乾燥装置の熱効率をあげた場合、余熱利用の補助乾燥装置による余熱利用量が減少し、両者の増加は相容れない問題である。ところで排気ガスの測定結果によれば、湿度は5.9~19.8%であり、仮に主乾燥装置の吸入空気量を半分程度に押えて、湿度が2倍になったとしても排気ガスは、尚、かなりの吸水能力を持っていることがわかり、1日2ton 程度の20%の泥炭は、利用ダクトの本数を増すことによって生産可能である。従ってまず、主乾燥装置の熱効率を向上させ、その上で余熱の利用をはかって、全体としての熱効率の上昇をはかるべきである。以上、泥炭乾燥装置に関する測定結果に基づいて若干の考察を試みたのであるが、緒言にも触れたように、泥炭からの水分の蒸発の問題は興味ある現象であり、これについても、実験室内で風洞実験が進められている。

稿を終えるに当って、操業中にもかかわらず測定に十分な配慮を賜ったヒドゲン工業鉋路工場の方々、また測定に協力してくれた物理学教室の学生諸君に感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 藤田重文著：化学工学（岩波書店，1956）
- 2) 藤田重文著：東畑平一郎編：化学工学Ⅲ（東京化同人，1963）
- 3) 化学工学協会：化学工学便覧（丸善，1958）
- 4) 中村一男：真空技術と凍結乾燥（納屋書店，1954）
- 5) 北海道開発庁：北海道未開発泥炭地報告（北海道開発庁，1963）