

稻殼燃料之物性研究

Physical Properties of Rice Hull as Fuel

日本岩手大學農學部教授
清水浩著
Hiroshi Shimizu

國立臺灣大學農機系講師
蔡慶隆譯
Ching-loong Tsai

一、引言

農產品廢棄物稻殼之處理，已成為現今一大問題。將稻殼做為燃料取其熱能，而燃渣亦做為家畜糞尿改良補助劑等之利用上，有必要探討分析稻殼之物理性質。基於是項觀點，從事稻殼燃燒爐之開發研究，期以能完成一部用於供給乾燥稻殼等之熱源機械。本研究亦在於累積更多與此研究目的相關之基礎資料，希望有助於今後以稻殼作為燃料的開發利用。

二、加熱溫度與揮發減率之關係

以均分器分割稻殼試料（日本岩手景德田地區栽種之 Toyonishiki 品種，1975 年產），並依設定溫度試驗區準備試料予以密封保存。將試料放入溫度設定在 105~180°C 間之循環式乾燥器中，按不同之乾燥時間，測定試料在大氣中之減率。為避免測定時間影響減率值，予先備好 10 個 1g 之試料，分別測定乾燥後與未乾試料來求其減率。105°C 24 小時之乾燥減率值為漸近值，視為水分之蒸發減率，此時漸近值之揮發減率定為 0，大於 0 之減率值，視為水分以外之揮發分蒸發所產生之揮發減率。以乾基 [%d. b.] 表示之。測定結果如圖 1 所示。

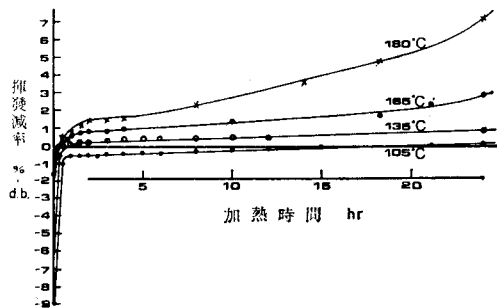


圖 1 稻殼加熱時間和揮發減率之關係

200°C 以上乾燥時，由於氧化甚為顯著，故在非活性氣體中進行試驗。予先備好 10 個 5g 之試料，將試料放入不銹鋼之窄口容器中，在充滿 CO₂ 氣體之狀態下以加溫電熱器 (Mantle Heater) 來保持所設定之溫度，按不同之加熱時間與未加熱乾燥之 5g 試料來求其減率。測定值亦以乾基表示，結果如圖 2 所示。

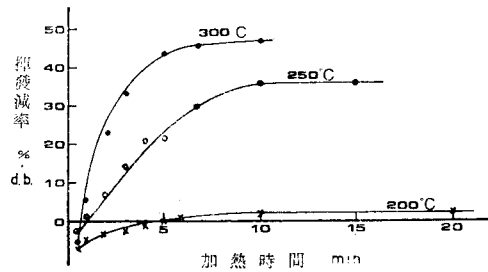


圖 2 稻殼加熱時間和揮發減率之關係

圖 1 顯示在大氣中之揮發減率，隨加熱時間之增長而增大。加熱時間愈長則水分以外之揮發分愈能蒸發出來，但短加熱時間，亦能看出大致上之極限減率。在非活性氣體中，看不出如大氣中長時間加熱之減率增大現象。單純之揮發極限減率可依不同之設定溫度來得知。大氣中之短加熱時間之極限減率，顯示出與非活性氣體中之極限減率為相同狀態。

以圖 1、圖 2 之結果為基礎，達到極限減率之加熱時間，如表 1 所示在不同之溫度下所需不同之加熱時間，測定其揮發減率。極限揮發減率與加熱溫度之關係如圖 3 所示。

表 1 極限揮發減率之設定加熱時間

揮發溫度°C	105~135	165~180	200	215~230	235	250~500
加熱時間	24hr	8hr	3hr	30min	15min	10min

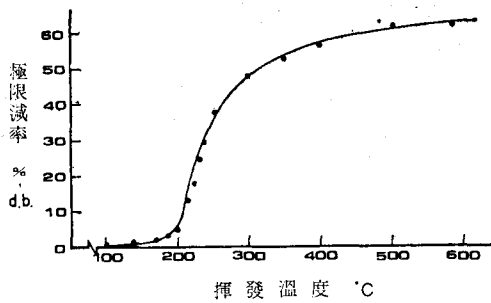


圖3 揮發溫度和極限減率之關係

由上述各圖得到以下三點結果：

(1) 220~300°C 間極限揮發減率之增加甚為顯著，由此可知在此加熱溫度範圍內，水分以外之揮發分蒸發極為顯著。

(2) 300~580°C 間極限揮發減率之增加較少。同時在高溫區域中，首先蒸發之難揮發性氣體，有圖示之比例存在。

(3) 難揮發性氣體之凝固溫度高，此項事實可由

貯藏乾溜穀所得揮發氣體，或以長管路導引揮發氣體中判別出來。

三、稻穀組成之測定

將稻穀區分為水分、揮發分、炭分、灰分等四種，來測定其重量比。水分是以 105°C，24 小時乾燥所減少之重量，以乾基值表示。減率曲線如圖 1 所示。揮發分與圖 3 之極限揮發減率最大值相同，自揮發總量減去水分所得之值，以乾基表示。為保護測定儀器本試驗加熱溫度止於 530°C。炭分為減去水分，揮發殘物和灰分所得之值。主要為固體炭元素。灰分是將稻穀放入 600°C 之間接加熱爐內氧化，經 2~8 小時後達恒量時，殘物與乾物之重量比表示。呈白色灰狀物。

本試驗對 21 種稻穀試料進行測定。其中 14 種是取自岩手大學瀧澤農場同一塊田區中，栽種相異品種所得之稻穀，其他 7 種是在岩手縣內各不同地區蒐集而得。表 2 是測定之稻穀試料一覽表。表中編

表 2 測試稻穀品種及地區

品 種 別		地 區 別
1 BAMASARI	8 TOWADA	15 SASAMINORI (岩泉)
2 HANNISIKI	9 FUZISAKA NO. 5	16 " (瀧澤)
3 HAKKODA	10 YUUKARA	17 " (紫波)
4 YOROSINE	11 NOURIN NO. 20	18 TOYONISIKI (北上)
5 SAWANISIKI	12 SINSETU	19 " (江刺)
6 FUZIMINORI	13 REIMEI	20 " (花卷)
7 OIRASE	14 YAMASESIRAZI	21 " (德田)

1~14 (瀧澤)

號表示其種類。21 號試料與前述揮發減率測定所用之試料相同。

21 種試料之測定結果如表 3 所示。稻穀組成之平均標準值如表 4 所示。比較易於產生測定誤差之揮發分值則測定 2 次，取其平均即表 3 所列各種類之組成值，2 次測定的差值都很小。測定差值除以平均值即得誤差係數如表 4 所示。

由稻穀組成測定之結果得如下三點：

(1) 稻穀組成代表值，如表 4 合計欄所示之平均數值。

(2) 稻穀間炭分之偏差較小，灰分之偏差較大。因此，揮發分與灰分之關係有偏差存在。

(3) 在灰分之偏差上，地區差異比品種差異為大，此乃因受栽植地區之土壤與水質之影響。

表 3 相異品種、地區之稻穀組成

試料編號	揮發分%	炭分%	灰分%
1	61.86	20.06	18.08
2	60.94	20.14	18.92
3	61.36	20.32	18.32
4	61.89	21.18	16.93
5	62.49	20.24	17.72
6	61.74	20.27	17.99
7	60.83	20.03	19.14
8	61.75	20.80	17.45
9	62.39	21.02	16.59
10	62.29	20.06	17.65
11	60.56	20.45	18.99
12	60.15	19.78	19.07
13	62.65	20.16	17.19
14	63.41	19.60	16.99
15	64.35	20.84	14.81
16	61.15	21.34	17.51
17	63.21	21.47	15.32
18	60.71	21.22	18.07
19	63.73	20.41	15.86
20	65.33	21.94	12.68
21	61.90	18.00	20.10

表4 稻殼組成之代表值

	品 種 別	地 區 別	合 計	
揮發分	平均值	61.84	62.92	62.18
	標準差	0.80	1.73	1.26
	誤差係數	0.0023	0.0015	0.0020
炭 分	平均值	20.29	20.75	20.44
	標準差	0.44	1.20	0.83
灰 分	平均值	17.90	16.34	17.38
	標準差	0.88	2.43	1.69

單位：% d. b.

四、發熱量之測定

稻殼之單位乾物發熱量與單位揮發殘物發熱量，依表2所列之21種，使用改良B型燃研式熱量計（吉田製作所YMB型）來測定。單位乾物發熱量是將在105°C，24小時乾燥後之稻殼，單位揮發殘物發熱量是揮發分測定後之稻殼（在非活性氣體中

，530°C 5分鐘），放入粉碎機粉碎並取精秤1g作為試料。

以測得之單位乾物發熱量、單位揮發殘物發熱量值，和表3之成分組成為基礎，可計算出各試料之單位揮發分發熱量和單位炭分發熱量。如表5所示。其代表值如表6。灰分量與單位乾物發熱量的相關如圖4所示。

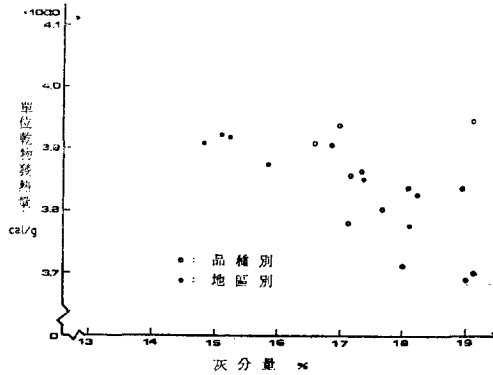


圖4 稻殼灰分量和乾物發熱量之關係

表5 相異品種、地區稻殼之發熱量

試 料 編 號	單位乾物發熱量	單位揮發殘物發熱量	單位揮發分發熱量	單位炭分發熱量
1	3838.0	4040.2	3713.3	7681.0
2	3831.3	3847.5	3820.9	7460.7
3	3822.7	3981.6	3754.1	7474.5
4	3898.9	4225.8	3697.6	7604.5
5	3852.8	4166.7	3664.4	7723.3
6	3703.8	4019.7	3516.1	7585.8
7	3945.4	3995.2	3913.3	7812.3
8	3854.6	4218.9	3628.9	7756.8
9	3904.9	4356.7	3632.5	7793.7
10	3799.0	4137.1	3594.3	7773.0
11	3639.8	3740.9	3656.5	7216.2
12	3700.8	3825.5	3621.6	7514.2
13	3776.9	4305.3	3461.9	7975.7
14	3947.2	4043.0	3891.9	7548.5
15	3903.4	4516.9	3571.3	7727.8
16	3846.3	4270.0	3577.1	7774.9
17	3925.8	4509.5	3526.1	7725.7
18	3775.6	3989.3	3637.3	7384.9
19	3861.5	4371.1	3571.5	7768.1
20	4114.0	4946.4	3673.2	7805.6
21	3754.0	3483.0	3921.0	7372.0

單位：cal/gr

表 6 稻殼發熱量之代表值

	品種別	地區別	合計	
單位乾物發熱量	平均值	3827	3883	3845
	標準差	81.6	105.0	96.36
單位揮發殘物發熱量	平均值	4061	4298	4140
	標準差	177.9	239.7	276.7
單位揮發分發熱量	平均值	3683	3613	3671
	標準差	124.4	38.9	112.4
單位炭分發熱量	平均值	7633	7651	7642
	標準差	134.0	184.0	174.9

單位：cal/gr

為避免熱量測定上之誤差，同一試料（表 2 編號以外之 Toyonishiki 品種，德田地區）測定 6 次。得其數值為平均值 3927.4 cal/gr，最大和最小值差 68.5 cal/gr，標準差 21.25 cal/gr。此偏差除由於測定上之因素外亦包含試料均分時所造成之誤差。

由發熱量之測定結果得到以下四點：

(1) 稻殼發熱量代表值，如表 6 合計欄所示之平均值。

(2) 單位炭分發熱量比炭素發熱量低，即表示在炭分中含有固體炭素以外之可燃性成份。

(3) 單位揮發分發熱量比炭化氫氣體發熱量低，此種情形可能是揮發分中混有大量之非燃性氣體（低發熱量氣體）。

(4) 稻殼之單位乾物發熱量與灰分量之相關如圖 4 之結果。但是，同一田區之相異品種稻殼，其相關性不易看出，此是灰分量以外，品種間之個體差異所產生之偏差。相同品種不同栽培地區之稻殼，發熱量與灰分量則極具密切之相關。

五、揮發分之探討

在求得不同加熱溫度之極限揮發減率曲線實驗中，同時測定各揮發殘物之發熱量。單位揮發殘物發熱量與揮發減率之關係如圖 5 (1) 曲線所示。當揮發殘物中灰分量所占比率過大時，發熱量隨揮發減率之增加而減少。計算單位揮發殘物中可燃物之發熱量需減除灰分，與揮發減率之關係如圖 5 (2) 曲線所示。此曲線近似炭分發熱量之 S 形曲線，可視為三次方曲線，以最小二乘方法求之可得下式之回歸曲線。

$$Y = -0.005177X^3 + 0.6504X^2 + 22.33X + 4705$$

依此回歸曲線計算各揮發減率點所散發出 1gr 之單位揮發分發熱量，與單位揮發減率之關係如圖 5 (3) 之曲線。

由上述測定和計算結果，可得以下三點：

(1) 稻殼揮發分為低發熱量，具有比在低溫下易揮發性氣體之發熱量還低，與比在高溫下難揮發性氣體（近於固體炭素）之高發熱量相等的特性。

(2) 加熱溫度約在 230°C 與揮發減率為 30% 時，其發熱量大致相同，約為 3000 cal/gr。

(3) 含多量非燃性氣體之易揮發性氣體中，依其所含揮發分組成，揮發之難易有顯著的差別。該項氣體分析今後有必要再予探討。

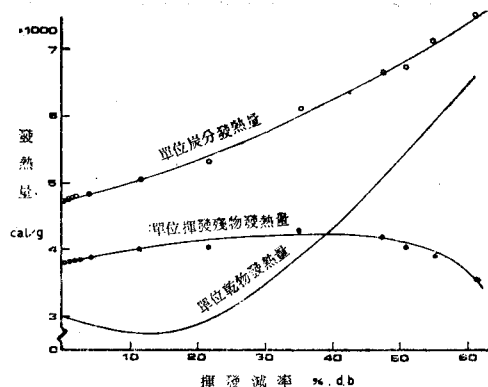


圖 5 揮發減率和發熱量之關係

六、摘要

稻殼燃料熱解物性值之測定結果可歸納如下數點：

(1) 求得各加熱溫度下之極限揮發減率，其相關如圖 3。瞭解發散出最多揮發分之溫度區域及稻殼具有難揮發性成份之存在。

(2) 測定相異品種、地區之多種稻殼，得到單位乾物中揮發分、炭分、灰分之重量比，如表 4，瞭解稻殼間之炭分偏差較小、灰分偏差較大，其中以灰分之區域性偏差最大。

(3) 測定相異品種、地區之多種稻殼，得到單位乾物發熱量和揮發殘物發熱量，並計算出單位炭分及揮發分發熱量，其代表值如表 6。

(4) 稻殼之灰分量和單位乾物發熱量之相關如圖 4。不同地區之同種稻殼，具有密切之相關。

(5) 計算各加熱溫度下，散發出揮發分之發熱量如圖 5。稻殼之揮發分屬低發熱量，愈容易揮發之成份其發熱量愈低，並含有多量之非燃性氣體。

誌謝

本譯文內容承臺大農機系教授張漢聖博士斧正，謹誌謝。