

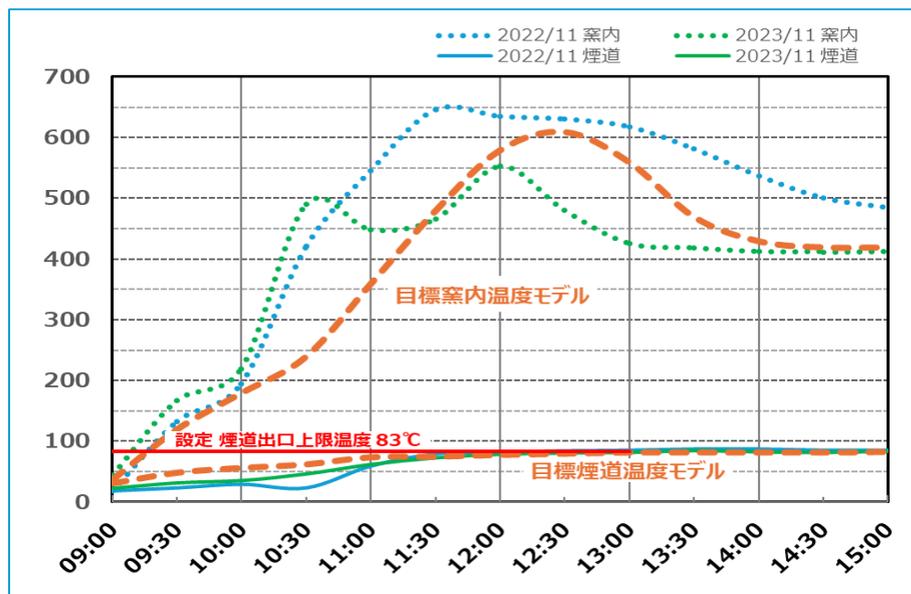
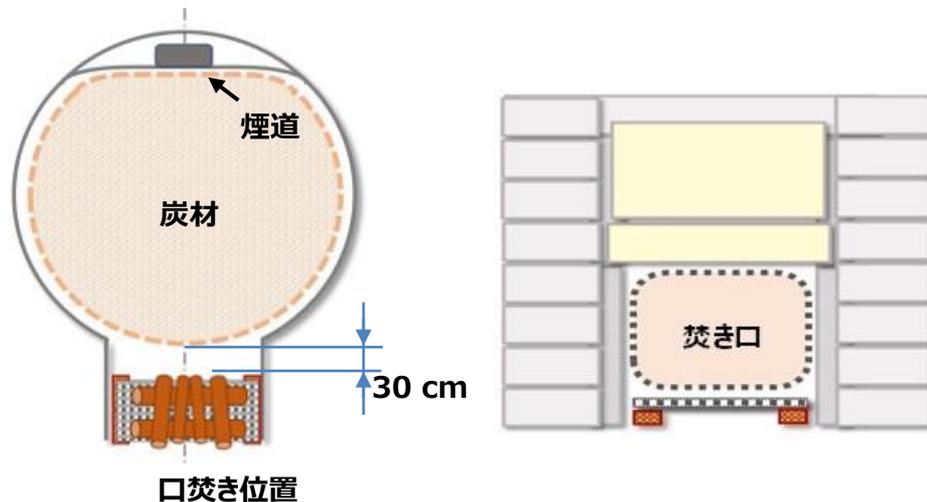
2024年11月度 本窯炭焼き 報告

計画概要

前回までの実施結果から、炭材最前部の発火・灰化を遅らせるための工夫など（口吹き位置を炭材から離す、焚口上部の封鎖など）を行うと共に、口焚きを抑え気味にしながも、ダンパーの閉鎖調整を行うことによって熱気を窯内に還流させることで窯内全体の温度および煙道出口温度をゆるやかに上昇させて、良好な自発炭化の状態を作り出し、より良い出炭結果とすることを目指す。

煙道出口温度を基準とする仮説を、①65℃以上で上げ木発火 ②80~82℃ 2時間持続の口焚き止め ③83℃~ 自発炭化 ④自発炭化 ⇒ 窯内温度 400~430℃ 煙道温度 100~150℃ とする。

ただ、この本窯での炭焼きにおける煙道出口温度と良好な炭化条件の相対関係が不確かであるため、今回の実施をもって、ポイントとなる煙道出口温度の仮説検証をしたい。



作業工程

1) 炭材づくり

クヌギ林、7区の間伐材（スダジイ、アバマキ）を玉切り状態で乾燥させておいたものを割り、乾燥させた。アバマキはコルク様の樹皮部分を除去したため、細めの炭材となっている

2) 上げ木, 敷き木づくり

上げ木, 敷き木用の材については、スタジイ（伐倒木を枝払いし、現地で自然乾燥していたもの）の小枝（枯葉を除去したもの）を使用。長さ 30～40 cmに裁断後、10 数本ずつを束ねる形（直径 1 cm以上のものとそれ以下のものの二種に仕分け）で準備。

3) 炭材、敷き木、上げ木の詰め込み

炭材は樹皮部分が除去されていること、細めの炭材が多く装填密度が高くなったことなどから、重量が前回より 35 kg ほど重くなっている。

（炭材充填量：421.2 Kg…前回 386.0 kg）

上げ木については、太めのものを炭材のすぐ上に、細めの発火しやすいものをその上、天井との間にしっかりと詰め込んだ。枯葉を除去した小枝を上げ木としたため前回より充填重量は重くなっている。

（上げ木充填量：35.6 kg…前回 15.5 kg）

敷き木には従来通り、枯葉のついた小枝を装填している。

【 充填量詳細は別表①を参照 】

4) 予備乾燥

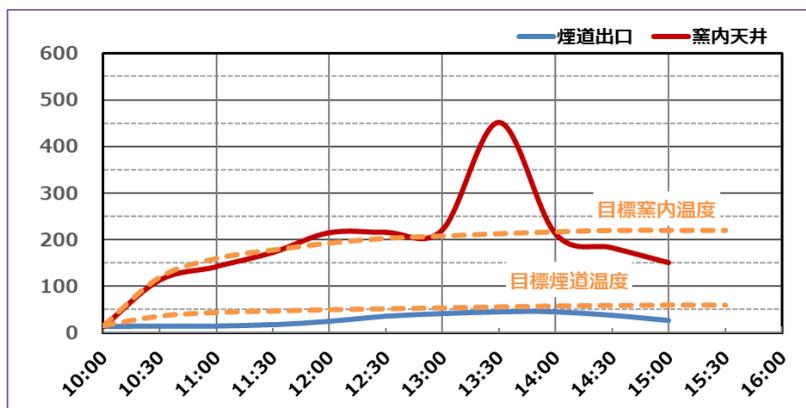
予備乾燥を本炭焼き前日に行い、本窯温度を下げてしまわないことで、本炭焼き初期の加熱効率を高めるようにする。

5) 本炭焼き

1 日目の 9:00 に口焚きを開始（ダンパーを 3/4 閉鎖した状態）し、炭焼作業が許される時間制限があるため、2 日目の 16:00 に精錬を行い、精錬終了をもって窯を密封して、本炭焼き終了とする。

予備乾燥 11/22 10:00 口焚き開始

今回の実施においては、上げ木へ着火させずに窯内および炭材の乾燥を行うことを目的として、煙道・窯内温度の ①ゆるやかな上昇 ②煙道温度 63℃以下 ③窯内温度 250℃ 以下を目標とした口焚きの調整を行おうとした。



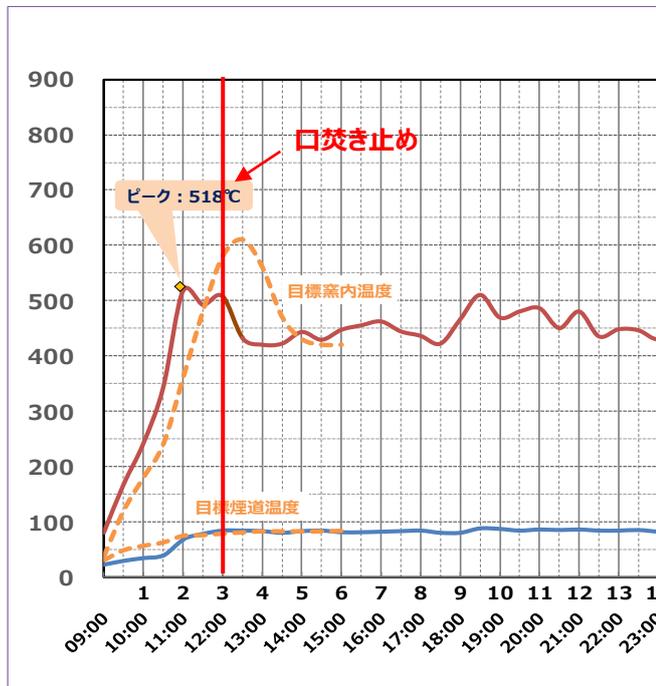
しかし、**13:00** 過ぎに窯内天井温度が一気に上昇し始め、目標とした **250℃** を超えていった。上げ木の発火が見られたため、口焚き止めし、消火のため散水を行ない、予備乾燥を終了とした。

窯内温度が **450℃** 以上にまで上昇する結果となった。煙道出口の温度については、ダンパー調整（3/4 閉鎖）を行ったものの、目標温度に到達したのは、窯内温度が急上昇し始めた **13:00** 頃であった。

（煙道出口温度、窯内天井温度の推移は別表②を参照）

本炭焼き 11/23 9:00 口焚き開始

9:00 口焚き開始（煙道出口温度：13℃、窯内天井温度：42℃、外気温：11℃）
ダンパー調整（3/4 閉鎖）した状態で着火。



着火直後から目標の窯内温度よりも早めに温度が上昇。しかし、予備乾燥同様、煙道温度は目標温度にまで上がってこなかった。

10:30 を過ぎ、窯内天井温度が 350℃ を越え、上げ木が発火し始めたようで、窯内天井温度が急上昇し、一気に 500℃ 近くに達した。

しかし、温度上昇は続かず、ブローアーを Max に上げて空気を送り込むも、目標温度 600℃ までは上昇させることができなかった。

今回の窯内天井温度のピークは 10:55 の 518℃ であった。

煙道出口の温度は窯内温度の

ピーク時から 1 時間が過ぎた 12:00 近くになって、ようやく目標とした 80℃ を超えてきた。

煙道出口温度 80~82℃ に安定させる口焚き状態を続けることができず、煙道出口温度がさらに上昇していくため、12:00 をもって口焚き止めとした（窯内天井温度：495℃ 煙道出口温度：84℃）。下部石板で焚き口を閉鎖、通風口はレンガ 8 枚中 1 枚分のみ開放、煙道出口ダンパーは 1/2 閉の状態とした。この後、通風口とダンパーの調整で煙道出口温度を 80~85℃ に保持していった。

17:00 過ぎから、煙道温度・窯内温度ともに下がってきたため、18:00 に通風口および上部の石板を開放して一気に空気を送り込む対応を行った（右画像）。窯内温度、煙道温度が上昇に転じたので石板を再閉鎖（密封）、通風口 7/8 閉、ダンパー 3/4 閉鎖の状態に戻し、その後は、通風口（1/8 分）での空気量調整のみで温度推移を見守った。



2 日目に入ると、自発炭化が進み、微量の空気流入のみで煙道出口温度が徐々に上昇し 100℃ を超えていった。窯内天井温度も一旦は下降したものの、450℃ 以上の状態が続いた。

煙道出口温度はその後も上昇し続け、11:00 には 150℃、15:00 には 180℃ を超えていった

16:00 精錬開始時 煙道出口温度：194℃、窯内天井温度：450℃

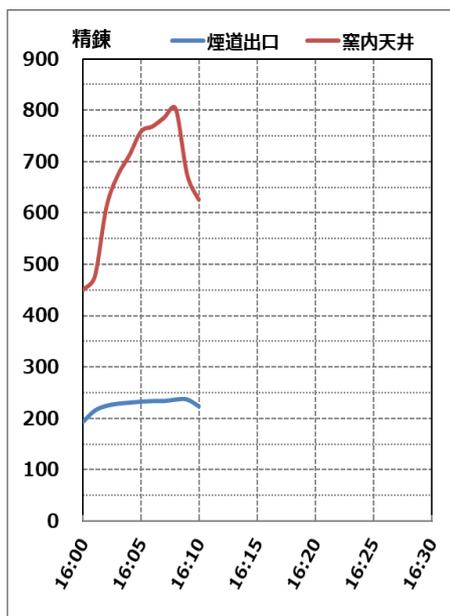
（煙道出口温度、窯内天井温度の推移は別表③-1,2 を参照）

【 温度管理担当（宿泊者）本窯担当：星隈、丹羽、渡辺、片岡、
ドラム缶窯担当：橋本、鎌田、堀江 】

精錬

11/24 16:00 精錬開始

※ 焚き口上部の石柱、石板は密閉したまま通風口、焚き口のみ開放、精錬時間は **10 分間**。



窯内天井温度は一気に **600°C** を超え、8 分後に **803°C** にまで上昇、その後温度が下降し始めたので、**16:10** 精錬終了。

(煙道出口、窯内天井温度の詳細推移は

別表③-2 を参照)

窯の開封

6/1 窯を開封

《 開封時の窯内 》



《 炭材の炭化状態 》



開封時の初見では画像のとおり、前列部の炭材は燃焼・灰化していたが、残っているものでは良好な炭化が進んだように見受けられた。

出炭を進めていくと、炭材の上に詰めた上げ木のうち、太めのものが多くの量、灰化ではなく炭化した状態で残っていた。

これまでの炭焼きでは、両サイド、最奥部の炭材下部に未炭が多く見受けられ

たが、今回は、明らかな未炭というものがほとんど見られなかった。

計量結果

充填炭材量 (**421.2Kg**) に対して

良炭 : **63.4 kg** + くず炭 : **13.2 kg** = 計 **76.6 kg** (収炭率 : **18.2%**)

未炭 : **2.6 kg** (未炭率 : **0.6%**) ※ 上げ木炭 : **3.3 kg**

採取木酢原液量 : 約 **70 ℓ**

考察

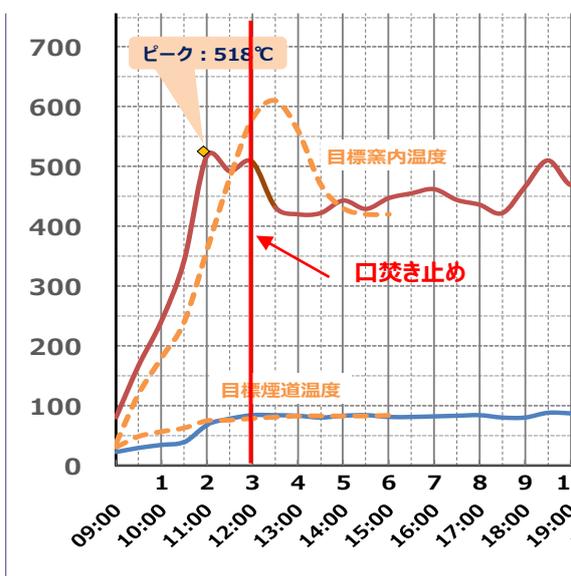
今回は「計画概要」に記載したとおり、口焚きを抑え気味にしながらも、ダンパーの閉鎖調整を行うことにより熱気を窯内に還流させることで窯内全体の温度および煙道出口温度をゆるやかに上昇させる。更に安定期の窯内温度を前回より多少高め **450℃**(前回 **420~430℃**)に設定し、煙道出口温度を基準とする仮説に基づく温度管理を行うことで、良好な自発炭化の状態を作り出し、より良い出炭結果とすることを目指した。

実際には、煙道出口の温度管理を以下のような手順で進めることとし、「煙道温度と上げ木着火およびその時点の窯内温度」「煙道温度の上昇推移と窯内温度の上昇推移」「自発炭化後の煙道および窯内温度の推移」などの関係性の実態を検証することとした。

2024/11「本焼き」実施に向けて

以下の手順のダンパーの閉鎖調整により、熱気を還流させることで窯内・煙道温度を上昇させていくことになる。煙道温度を基準とする調整ではあるが、煙道温度と窯内温度の関係が不明なため、今回の実施をもって、ポイントとなる煙道温度の実態検証としたい。

- 口焚き開始に伴い 煙道からの排煙確認で **ダンパー 3/4 閉**
- 2 時間程度** 急激な温度上昇を避け **煙道温度 62~63℃** を維持
- 口焚きの火力を上げ、徐々にダンパーを開いて (**全開へ**) いき **煙道温度 74~75℃** に
※この時点で 上げ木に着火 (煙道温度 65℃~)
- 口焚きを継続し **煙道温度 78~79℃** に
- ダンパー調整 (閉) で **煙道温度 80~82℃** へ **ダンパー 1/2 閉** まで
- 口焚きを継続し **煙道温度 80℃ 以上** を維持 **ダンパー 3/4 閉** まで
- 上記 **ダンパー調整** 後 **煙道温度 80℃ 以上** で安定 (約2時間) すれば **焚き止め**
※以降 **通風口** による温度調整
- 通風口調整で **煙道温度 83℃** へ **自発炭化** がスタート …「大焼」
※「大焼」: 想定 **窯内温度 400~430℃** **煙道温度 100~150℃**
- 白煙 ⇒ 青煙** **煙道温度 170~180℃** で **精錬** へ



今回の結果を目標とした温度推移と比較してみると、予備乾燥の際にも起こったことだが、ダンパーの調整を行っても思った程には煙道温度が上昇せず、窯内温度の方が急上昇してしまった。

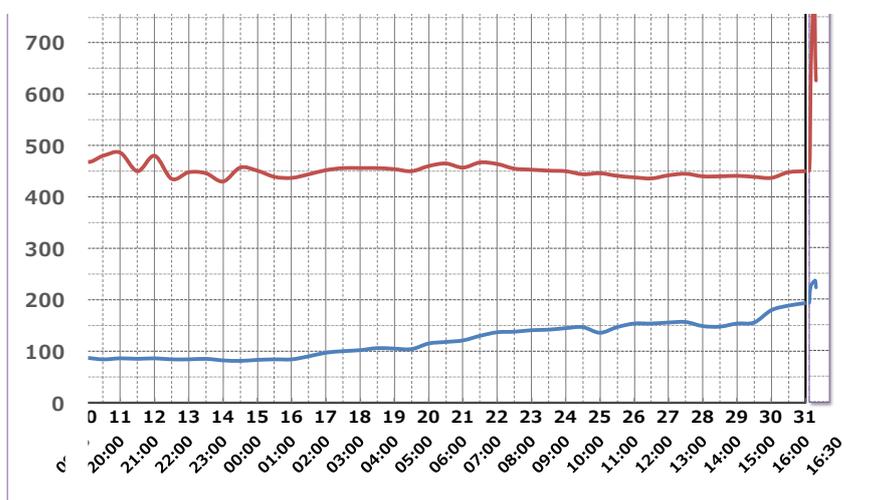
口焚き開始は火力をもっと抑え、煙道出口温度が上昇し始めるまで (2 時間程度) 窯内温度を **250℃** 以下に留め、上げ木の発火を遅らせる対応が必要かもしれない。

12:00 過ぎに、煙道温度が上昇を続けたため口焚き止めする結果になった (窯内天井温度: **495℃** 煙道出口温度: **84℃**)。

17:00 過ぎから、煙道温度・窯内温度ともに下がっ

てきたため、ダンパー、通風口調整による温度上昇の対応を行い、**18:00**には通風口および上部の石板を開放する対応まで行った。

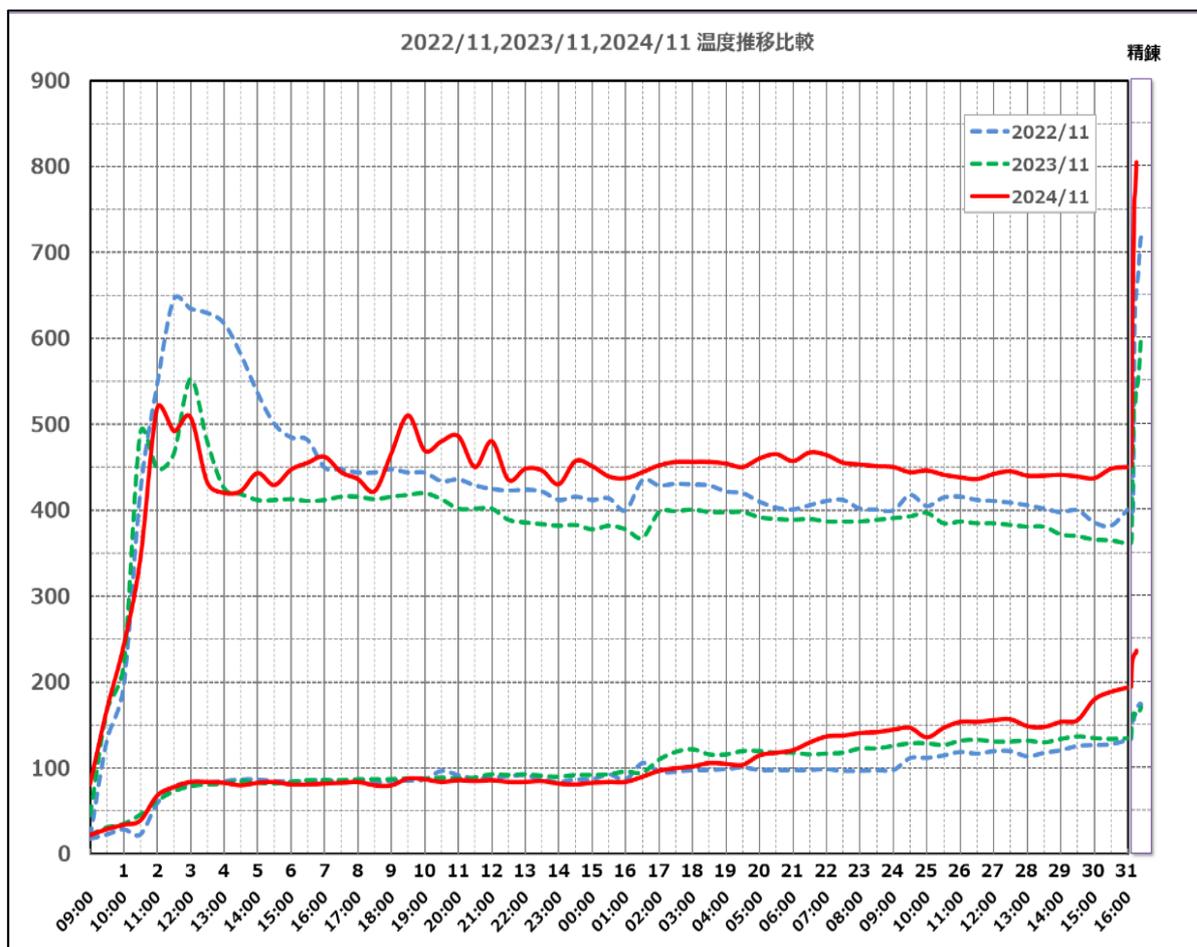
上げ木の発火による窯内温度の急上昇、それに伴う煙道温度の上昇によって、想定よりも早めの**12:00**口焚き止め、**17:00**過ぎからの温度下降という結果から、口焚き止めのタイミング、自発炭化が始まる煙道出口温度要件の仮説について再考すべきかと思われる。

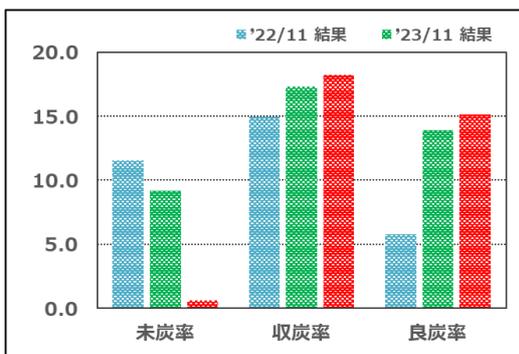


2日目に入っても、窯内温度が高温で安定したこと、煙道温度が継続的に上昇し続けたことから、炭材の燃焼・灰化が心配された。
しかし、出炭結果から良好な自発炭化が進んでいたことがわかった。
この段階での温度調整は難しいが、仮説の

温度想定の状態になれば、良好な自発炭化（大焼）が進んでいると判断して良いと考えられるのではないだろうか。

【参考 過去結果との比較】





	未炭率	収炭率	良炭率
'22/05 結果	25.4	13.0	8.3
'22/11 結果	11.6	15.0	5.8
'23/05 結果	7.3	13.9	10.1
'23/11 結果	9.2	17.3	13.9
'24/05 結果	20.6	15.0	12.1
'24/11 結果	0.6	18.2	15.1

前回（2024年5月度実施）報告で、『より良い結果を生み出すためには 初期段階の窯内熱量、2日目の煙道温度の上昇（窯内温度の維持）が必要という結論は早急だろうが、次回に向けた改善のための仮説として、具体策に繋げていきたい。』とまとめている。

今回、初期段階の窯内熱量を高めるということでは、想定した状態には至らなかったが、1日目の18:00に行った再加熱のための対応が功を奏し、自発炭化のための要件が整った結果、2日目の煙道温度上昇、窯内温度の高温状態維持という良好な自発炭化信仰の状態へと繋がり、過去最高の出炭成果を得ることができた。

改めて過去最高の出炭成果を得られた要因を探て見ると、下記が挙げられると思う。

- イ) 準備した炭材が スダジイ、アベマキ と堅木であること、玉切り後の乾燥期間が長くなかったことも有り、これまでより細め（平均 **1.6Kg/本**、従来は平均 **2.0Kg** 前後）に炭材加工した。
結果的に炭化開始の時期が早く、炭化の速度も速まったと想定される。
- ロ) 上げ木の形状を変えた事により、上げ木の燃焼、熾火状態が持続し、大きな熱量が窯天井部に溜まり炭化を促進させた。
- ハ) 窯内温度を前回より高めに設定し、煙道温度と共に温度調整を行った結果、炭材の燃焼/灰化量が増加する懸念もあったが、かえって炭化が促進され精錬開始への設定温度条件に近づけることができた。また、未炭量を大幅に減ずる結果を得ることもなった。
- 二) 精錬に至るまでの窯内温度が前回より高かったことで不燃ガス量も多くなり、精錬開始による外部空気の流入で不燃ガスの燃焼が一気に高まり、精錬温度がほぼ理想の温度に達し、炭材を良炭に導いた。

最後に、予備乾燥直前まで窯天井部(外部)の補修を行ったこと等、今回も多くの方々のご理解ご協力のもと炭焼きが実施出来ました。この紙面を借りて厚くお礼申し上げます。

— 以上 —

(文責： 國澤/片岡)

2024年11月13日 (水)

本窯炭材、上げ木、敷き木量 計量メモ

炭 材			上げ木		敷き木	
No.	Kg	本	No.	Kg	No.	Kg
1	17.0	15	1	6.4	1	2.0
2	19.5	18	2	5.7	2	2.0
3	18.5	14	3	7.4	3	2.0
4	22.5	14	4	7.7	4	2.0
5	21.0	12	5	6.3	5	
6	20.5	12	6	2.1	6	
7	20.0	14	7		7	
8	21.0	14	8		8	
9	23.0	15	9		9	
10	20.0	16	10		10	
小計	203.0	144	11		11	
11	23.6	17	12		12	
12	19.5	15	13		13	
13	19.4	14	14		14	
14	26.0	15	15		15	
15	24.8	15	合計	35.6	合計	8.0
16	21.9	11				
17	25.4	14				
18	26.7	10				
19	22.9	10				
20	8.0	3				
小計	218.2	124				
合計	421.2	268				

→ 1.57 kg/本

注) 上記表記内のNo.は、検量時の検量回数或いは箕の数を示す。

2024年11月22日 (金)

本窯 予備乾燥温度 計測メモ

日 時	温 度 ℃		備 考
	煙道出口	窯内天井	
			外気温 : 14 ℃ 天候 : くもり (9:50現在)
			煙道 - 窯内 温度
10:00	14	14	← 着火 10:05 14 18
10:30	15	114	10:10 15 38
11:00	15	142	10:15 14 68
11:30	18	173	10:20 14 93
12:00	25	215	10:25 14 108
12:30	35	216	10:30 15 114
13:00	41	221	10:35 15 116
13:30	45	452	上げ木発火 (口吹き中止、放水にて消火) 10:40 15 128
14:00	45	213	10:45 16 131
14:30	38	183	鎮火 (焚き口閉鎖、煙道閉鎖) 10:50 15 137
15:00	27	151	予備乾燥終了 10:55 16 147
15:30			11:00 15 142
16:00			11:05 16 154
			11:10 16 155
			11:15 17 161
			11:20 17 162
			11:25 18 178

ダンパー
3/4閉

2024年11月23日 (土)

本窯温度計測データー

日 時		温 度 °C		備 考			
		煙道出口	窯内天井				
(11月23日)	08:30	13	42	外気温 : 11 °C 天候 : 晴れ (8:50)			
	ダンパー 3/4閉	09:00	22	81	着火 (9:00) 煙道 32 °C 窯内 81 °C		
	09:30	29	168				
	10:00	34	242	煙道出口 窯内天井			
	10:30	39	343	9:15	25	162	
	11:00	68	488	9:20	26	172	
	11:30	78	492	9:25	28	170	
通風口 7/8閉	12:00	84	508	9:30	29	168	
ダンパー 1/2閉	12:30	84	432	9:35	31	187	
ダンパー 3/4閉	13:00	83	420	9:40	31	205	
通風口 5/8閉	13:30	80	422	9:45	32	201	
ダンパー 1/2閉	14:00	83	443	9:50	33	215	
	14:30	84	429	9:55	34	238	
	15:00	81	447	10:00	34	242	
	15:30	81	455				
通風口 7/8閉	16:00	82	462	10:35	52	492	ダンパー 1/2閉
ダンパー 3/4閉	16:30	83	444	10:40	54	498	
	17:00	84	436	10:45	56	504	ブロー Max
ダンパー 1/2閉	17:30	80	422	10:50	63	510	
	18:00	80	466	10:55	66	518	ピーク
通風口 1/8開	18:30	88	510	11:00	68	488	ダンパー 全閉
その他 完封	19:00	87	469	11:05	73	503	
ダンパー 3/4閉	19:30	84	480	11:10	74	488	
通風口 1⇔0/8	20:00	86	486	11:15	75	471	
調整	20:30	85	450				
	21:00	86	480	18:00	80	466	通風口上部の 石板開放
	21:30	84	435	18:10	80	580	石板部閉鎖 ダンパー 全開
	22:00	84	448	18:20	86	488	
	22:30	85	446	18:25	88	519	通風口 レンガ追加
	23:00	82	430	18:30	88	510	
	23:30	81	457	18:35	92	477	
	00:00	83	451				
				茨き止め (12:00) 煙道 84 °C 窯内 495 °C			

表 ③-2

日 時		温 度 ℃		備 考			
		煙道出口	窯内天井				
(11月24日)	00:30	84	439				
	01:00	84	437				
	01:30	90	444				
	02:00	97	452				
	02:30	100	456				
	03:00	102	456				
	03:30	106	456				
	04:00	105	454				
	04:30	104	450				
	05:00	115	460				
	05:30	118	465				
	06:00	121	457				
	06:30	130	467				
	07:00	137	464				
	07:30	138	455				
	08:00	141	453				
	08:30	142	451				
	09:00	145	450				
	09:30	147	444				
	10:00	136	446	精錬開始 (焚き口・通風口・煙道ダンパー開放)			
	10:30	147	441	16:01	215	476	+26
	11:00	154	438	16:02	224	611	+135
	11:30	154	436	16:03	228	674	+63
	12:00	156	442	16:04	230	713	+39
12:30	157	445	16:05	232	759	+46	
13:00	149	440	16:06	233	769	+10	
13:30	148	440	16:07	233	786	+17	
14:00	154	441	16:08	236	803	+17	
14:30	156	439	16:09	236	674	-129	
15:00	180	437	16:10	223	626	-48	
15:30	189	448					
16:00	194	450	16:10 精錬終了 (焚き口・通風口閉鎖)				
			ピーク				
			803 ℃				

2024年11月30日 (土)

本窯炭焼き 結果 計量メモ (炭材 : 421.2 Kg)

未炭		良炭		くず炭		上げ木炭	
No.	Kg	No.	Kg	No.	Kg	No.	Kg
1	2.6	1	8.5	1	2.1	1	3.3
2		2	6.8	2	2.4	2	
3		3	8.5	3	4.7	3	
4		4	5.0	4	4.0	4	
5		5	5.3	5		5	
6		6	4.6	6		6	
7		7	5.3	7		7	
8		8	4.8	8		8	
9		9	5.1	9		9	
10		10	9.5	10		10	
11		計	63.4	計	13.2	計	3.3
12		良炭率 15.1%		良炭+くず炭 76.6			
13							
14							
15							
計	2.6	未炭率 0.6%		収炭率 18.2%			

採取 木酢原液量 : 約 70 ℓ