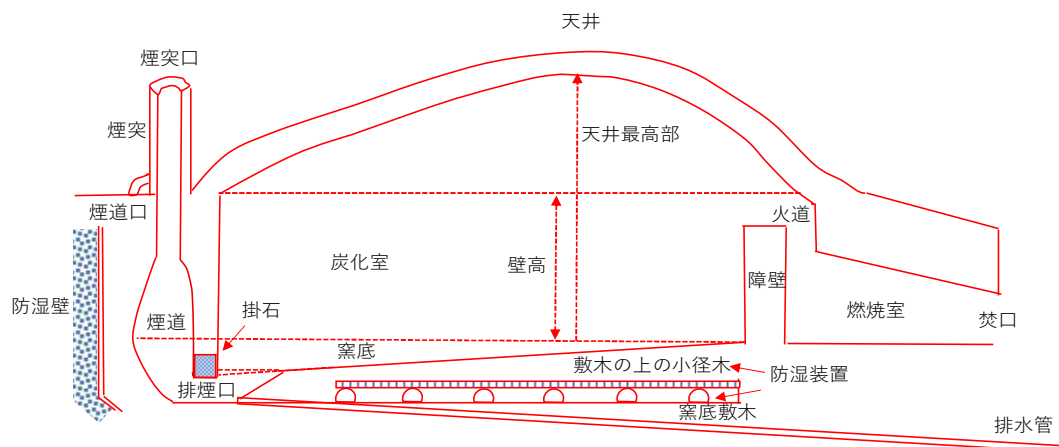
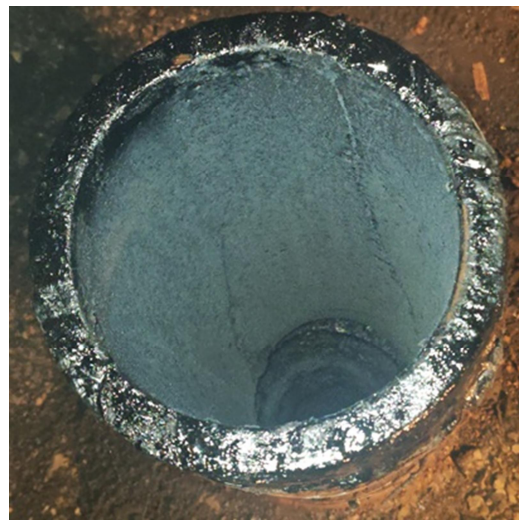


令和の黒炭製炭マニュアル



高知県立森林技術センター

はじめに

昭和30年代に家庭用燃料がガス、電気に置き換わるまでは、木炭（黒炭）は家庭用の燃料として広く使われていました。しかし、家庭用燃料が化石燃料等に置き換わると需要は減少し、現在では県内の生産量も100tを下回り、生産者数も47名（農林水産省特用林産統計）と下降線を辿っています。加えて、生産者の高齢化も進み製炭技術が継承されにくくなっていることから我が県の製炭技術は消滅寸前の状況となっています。

そこで、本書では、我が県の製炭技術がこのまま失われることが無いように、製炭業の栄えた昭和20年代までに記された各種指導書や現存する黒炭窯を元に、その構造、黒炭の製造方法を書き残し、後世において昭和時代の製炭技術を再現したいと思う方の一助となることを目指しています。かつて、高知県で改良された「高知県一号黒炭窯」をベースとして現代の資材も活用した効率的な黒炭窯の製造方法を残したいと考えています。

なお、本書で記載する黒炭窯、製炭方法に依らずとも、より簡易な装置及び方法でも黒炭製造は可能で製造装置も市販されています。

しかし、かつての黒炭造りを再現したい、現在使用している黒炭窯を改良したいと考える方にかつての炭窯の構築方法、黒炭の製造方法の探求のきっかけにしていただけたらと考えています。

なお、参考にした昭和20年代までの指導書に記されるサイズは全て尺貫法で記載されており、また、木炭産業が華やかな頃に書かれたため、現在では見かけない大規模な炭窯の構築方法が記載されているものを、参入障壁を低くするため小規模な炭窯でも運用可能なように比率表記した箇所が多々ありますので窯の規模により換算をお願いします。

令和7年9月29日

高知県立森林技術センター

目

次

	ページ
I 黒炭とは	1
1 特徴、定義	1
2 黒炭製造のメカニズム	1
3 黒炭窯の各部の名称	3
II 黒炭窯の作り方	5
4 よい場所とは	5
5 よい窯土とは	6
6 炭窯の種類	8
7 窯底の作製	9
8 窯壁の作製	11
9 排煙口の作製	13
10 煙道、煙道口の作製	15
11 煙突の作製	16
12 焚口、燃焼室の作製	17
13 障壁、火道の作製	18
14 窯出口の作製	19
15 天井の作製	23
16 小屋掛け	26
17 木酢液採取装置について	28
III 黒炭の焼き方【基本的な手順】	30
1 窯入れ	30
2 乾燥焚き	30
3 着火	31
4 炭化	32

5	大燃え	32
6	精錬	33
7	消火	33
8	窯出し	34
IV	初めて炭を焼く窯の取り扱い	34
V	二番窯以降の着火までの調整棒	37
VI	各工程の煙の様子	38
	炭化工程時間経過と煙突口温度模式図	40

I 黒炭とは

1 特徴、定義

木炭には製造方法や木炭の品質の差により「黒炭（こくたん）」と「白炭（はくたん）」に大別されます。それぞれの特徴は、以下のとおりです。

- ・黒炭：窯の出入り口を全て塞ぐことで空気を遮断し消火（窯内消火）するため、炭素色の黒みがかった色をしています。そのため「黒炭」と呼ばれます。
- ・白炭：窯外で灰をかけて空気を遮断し消火（窯外消火）するために表面に灰の色が白く残ります。これが「白炭」と呼ばれる由来です。

【黒炭と白炭の特徴】

	黒炭	白炭
硬さ	柔らかい	硬い
火付き	良い	悪い
火持ち	悪い	良い
主な用途	家庭用燃料、暖房	料理店、炭火焼調理
主な原料	クヌギなど	ウバメガシなど

2 黒炭製造のメカニズム

木炭の製造過程は、石と土で出来た炭窯の中で、結構不思議な化学反応が次々に起こるドラマです。この黒炭製造のメカニズムを考え、黒炭の製造過程を段階的に追いかけることで、窯の中で何が起きているのかを想像しながら、黒炭の誕生の秘密に迫ってみましょう。結構楽しいですよ。

【製炭工程と窯内の化学反応】

① 「窯入れ」



炭材（原料の木材）を炭窯の中に積み込みます。炭材が窯の中に鎮座し、これから始まる化学反応の舞台が整います。

② 「乾燥焚き」



窯に火を入れ、炭材の水分をゆっくり蒸発させます。水分の蒸発には多量の熱量が必要なので、炭化の邪魔者である水分を丁寧に抜くことで、木炭の品質が良くなります。

③ 「炭化」



炭材に熱を加え続けると、木材の成分が熱分解（吸熱反応）によって、炭素と可燃ガスに分離されます。この時発生する可燃ガスが燃焼（発熱反応）することで熱が発生し、熱分解が連続して起こり炭化が進みます。

④ 「大燃え」



炭化の最終段階で炭材の熱分解がほぼ終わり炭材内部の可燃性ガスが燃焼し、窯の温度が急上昇します。炭化のときの可燃ガスとは異なるガスが燃えています。

⑤ 「精錬」



炭化が終わり炭材内の可燃性ガスを意図的に燃やしきるために窯に空気を入れて激しく燃焼させます。炭が炭素成分のみとなり引き締まった良い炭になります。

⑥ 「消火」



窯に入る空気を遮断して燃焼を止めます。タイミングが早いと生焼け、遅いと灰になるものが増え炭の割れも進みます。

⑦ 「窯出し」

炭を窯から取り出します。これが目的となる収穫です。

3 黒炭窯の各部の名称（高知県一号黒炭窯を基に解説）

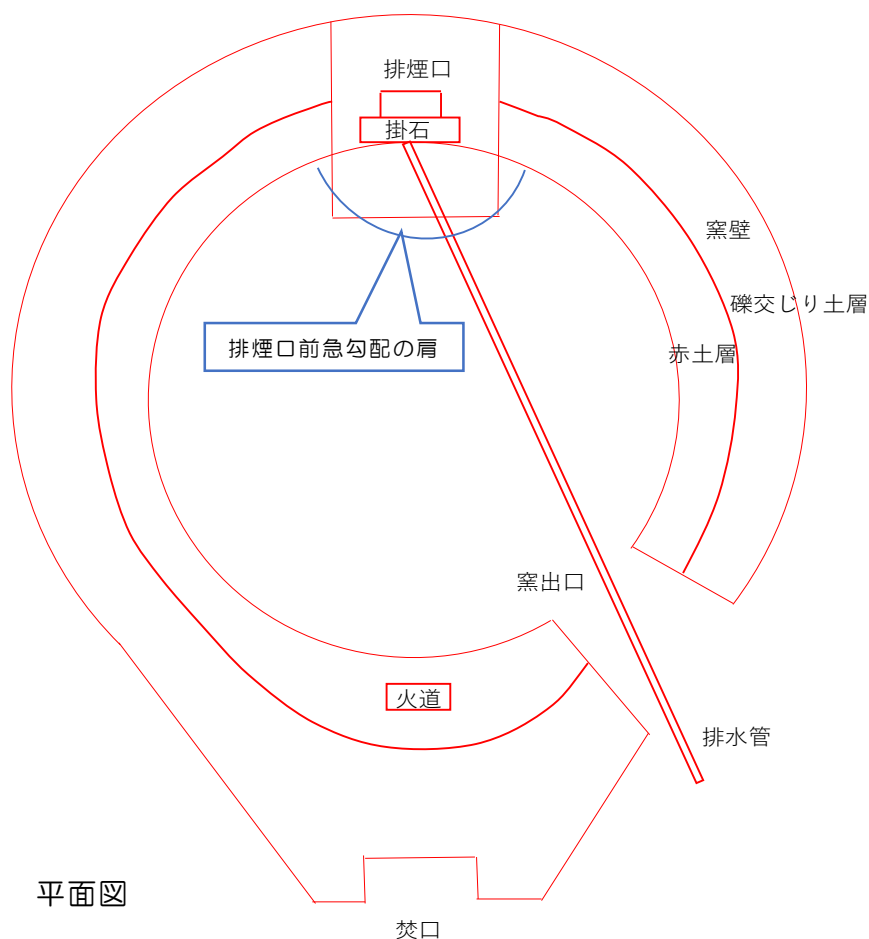


図1 平面図

【各部の役割】

焚口（たきぐち）：窯の温度を上げるための薪を入れる投入口

火道（かどう）：燃烧した薪の熱が、窯内部に入る侵入口

掛石（かけいし）：窯内部の煙等を排出する排出口を支える梁

排煙口（はいえんぐち）：窯内部の排煙等の排出孔

窯壁（かまかべ）：窯を支える壁。内側の赤土層と、外側の礫交じり土層がある

窯出口（かまだしぐち）：炭材の入口で木炭の出口

排水管（はいすいかん）：窯内部の水を排水する管

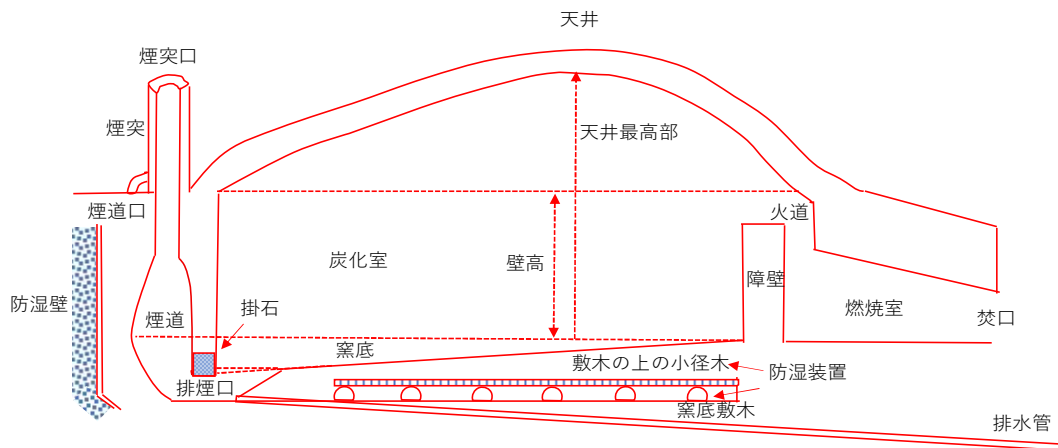


図2 断面図

【各部の役割】

- 燃焼室（ねんしょうしつ）：焚口から入れた薪を燃焼させる箇所
- 障壁（しょうへき）：炭化室内の炭材に燃焼室内の炎が直接燃え移らないように燃焼室と炭化室を隔てる壁
- 窯底（かまそこ）：炭化室の床。障壁から排煙口に向けて下り勾配
- 排煙口（はいえんぐち）：窯底から煙道に煙等を排出する通路
- 煙道（えんどう）：排煙口から入った煙等を排出する通路。煙等の逆流を防ぐ膨らみがあるのが理想形。又力とも言う
- 煙道口（えんどうぐち）：煙道の終点で煙突に繋がる
- 煙突（えんとつ）：炭化室内の煙等を煙突効果により排出する
- 煙突口（えんとつぐち）：調整棒を置き炭化速度を調整する
- 炭化室（たんかしつ）：炭材を立て、木炭を製造する部分
- 防湿装置（ぼうしつそうち）：木炭窯を湿気から守り保温性も高める空間。現存窯では装備されていない
- 窯底敷木（かまそこしきぎ）：防湿装置下段の空間を作るための丸太
- 敷木の上の小径木（しょうけいぼく）：敷木と直角に配置され、窯底を支える。現存窯では装備されていない

II 黒炭窯の作り方

1 よい場所とは

黒炭窯を立てる場所選びは、良質な黒炭を作るうえで非常に重要です。

① 南向きの日当たりの良い乾燥している場所

- 窯の周りに湿気があると、窯の温度が上がりにくく、多くの燃料が必要になります。
- 乾燥した場所を選ぶことで、効率的に窯を暖め、良質な炭を焼くことができます。
- 南向きにすることで、日差しを最大限に利用でき、乾燥効果も高まります。

② 土質の良い場所

- 窯づくりの用土が容易に得られる場所は、建設費用を抑えられます。
- 粘土に砂質を含み、固く突き固められ窯の強度が高まります。下記の割合（重量比）のものが理想的です。
 - 砂 30～40%
 - 礫 20%
 - 粘土 40～50%
- 重い粘土は乾燥するとひび割れが発生しやすく、窯壁や窯底から熱が逃げて、天井が落ちる危険性があります。
- 小石が多すぎると、天井がしっかり締まらず、ひび割れの原因となります。（適度に小石が混じると暖まりやすく強い窯になります）
- 古窯の焼土を混ぜることで窯の強度が増し、ひび割れを防ぐ効果も期待できます。

③ 炭材の搬入と製品の搬出に便利な場所

- 資材の搬入と製品の搬出が容易な場所は、作業効率を高め、労力

を軽減できます。

- 車輛がスムーズにアクセスできる場所や、運搬用の道路が確保されている場所が理想です。
- 搬出入時に危険が少なく、安全に作業できる場所を選びましょう。

④ 窯口に直接強風が当たらない場所

- 焚口や煙突口に強風が直接当たると、炭化温度にムラが生じ品質に影響をあたえます。
- 風除けとなる場所や風向きを考慮した場所に窯を設置しましょう。

⑤ 用水の便利な場所

- 炭化中の天井の割れ目等の補修や、窯の閉鎖（窯止め）に粘土を練るために水が必要なので、水汲みが容易な場所を選びましょう。
- 谷間は湿気が多いため、水分の蒸発に熱が奪われ炭化に悪影響を及ぼす可能性があるので避けましょう。

2 よい窯土とは

窯土の品質は窯の強度や耐久性に大きく影響します。良いとされている窯土の見分け方は以下のとおりです。砂交じりで強度があり、有機物の混入が少ないが暖まりやすい色の濃い土を選びましょう。

- ① 2～3回握り締め団子にし、目通りの高さから落として2～3個に碎けるもの。
- ② 耳の近くで握り締めて、砂礫が混入している音がするもの。
- ③ 掘り出した直後に一握りの土を団子に焼いたものを、冷ましたのちに小枝で叩いても壊れないもの。
- ④ 水をかけても黒く変色しないもので、水に溶かしたときに濁りがすぐに澄み、沈殿した土に砂が混じるもの。
- ⑤ 色の濃いもの。

（禁止事項）

天井土に石灰を混ぜてはいけません。石灰混じり土を水で固めても、熱が加わると石灰は粉に戻るため脆くなります。特に天井に使うのは良くありません。



生産者が窯の補修用に備蓄していた土。小石混じりの赤土がよい。
乾燥状態で保存する。水気が多いと変質するとのこと。



消火の際に焚口を密閉する際に利用する土。焚口にあった炭材が混じることもあるが、意図して灰をまぜているものではない。焚口よこに保存し、消火の際には再利用されます。



消火の際等に天井に割れ目が入り空気が漏れる際に補修する灰砂。きめが細かく割れ目の奥深くに入り、漏れを防ぐ必要があるため石が混じらないものが必要となります。

3 窯の種類

① 据窯（すえがま）、置き窯

- 平地上に設置する窯です。
- 土湿から遮断しやすく、良い炭質の木炭ができます。
- 完全据窯：窯底下に防湿装置を設置したタイプです。より湿気を防ぎ安定した炭質の黒炭を焼くことができます。
- 不完全据窯：防湿装置を設置していないタイプです。完全据窯に比べて湿気の侵入による影響を受けやすいです。

② 掘込窯（ほりこみがま）

- 山の斜面を掘り込んで設置する窯です。
- 背後斜面の吸熱部が大きく湿気の侵入も多いことから、温度が上がりにくくなるなど、炭質が安定しないことが多くなります。
- 防湿装置を設置することで、湿気の障害を軽減できます。

窯の種類は、以下の点を考慮して選択してください。

- 設置場所：土地の条件、水源、アクセスなど
- 炭焼きの目的：製品の品質、生産量など
- 費用：建設費用、維持費用など

4 窯底の作製

【据窯】・・・図3(10ページ)参照

① 杭打ちと位置決め

地面を平坦に慣らし、火道の中心（あ）、窯の中心（い）、排煙口の中心（う）に杭を立て窯の方向を定めます。

② 窯底外周位置の決定

窯の中心（い）から、等距離となる窯底外周位置（え）を窯の形が円形となるように目印の杭を立てます。

③ 床掘り

窯底に防湿装置を設置するため、床掘り、深さ50センチメートルで窯底外周位置（え）手前まで掘り、排煙口（う）の方向は排煙口を作るため（え）と比べ20センチメートル程度広く掘ります。

（なお、防湿装置は、窯壁下部にも設置すると記載される指導書もあり、その場合は（え）と比べ45センチメートル程度広く掘り、排煙口（う）の方向は、約60センチメートル広く掘ると記載されています。）

④ 防湿装置の設置

床掘り内に直径15センチメートル程度、長さ60センチメートルの丸太の敷木（お）を約30センチメートル間隔で互い違いに置き（図3）、その上に、直径3センチメートル程度の小径木（く）を敷き詰め、更にその上に粗朶^{そだ}、柴、カヤ等を敷き詰めます。

このとき、排煙口（う）の中心の前には排煙口前の急勾配をつくる必要があるので敷木（お）を30センチメートル程度は敷きません。

⑤ 窯底の土敷き

天井に使用する様な上質な用土を30センチメートル以上の厚さで敷き、障壁から煙道口前の急勾配までの縦勾配はマイナス3パーセ

ント程度の勾配で、横方向は障壁から煙道口に向かう中心線に向かいマイナス１パーセント程度の勾配となるようにします。

⑥ 煙道口前の急勾配

煙道口掛石中心より窯径の１／８パーセントの半径の円周を肩にして１２センチメートル下がり底面とします。（図４）

【堀込窯】

① 床掘り

傾斜地を掘り込むときも深さ５０センチメートル床掘りし、防湿装置を設置するため、窯堤外周位置（え）と比べ４５センチメートル程度広く掘り、排煙口（う）の方向は、約６０センチメートル広く掘ります。

② 防湿装置、窯底

上記【据窯】と同様です。

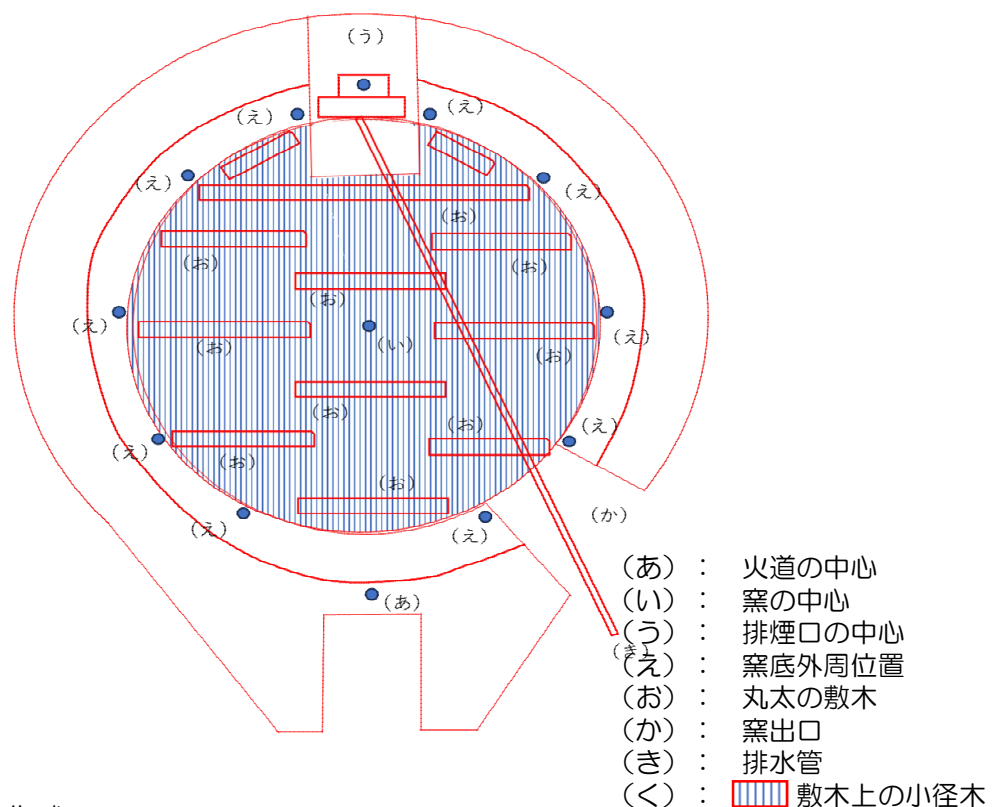


図３ 窯底の作成

5 窯壁の作製

据窯と堀込窯では、窯壁の構造や作製方法が異なります。

【据窯】

① 窯壁内側の抑え：窯底の外周に沿って窯壁内側の抑えを作製します。

- **土構造**：窯壁内側には8ミリメートル程度の薄い杉板を回し入れ、窯底部分には炭材を縦に積み、薄い杉板と窯壁外の土留めの間の赤土と礫交じり土を突き固めます。

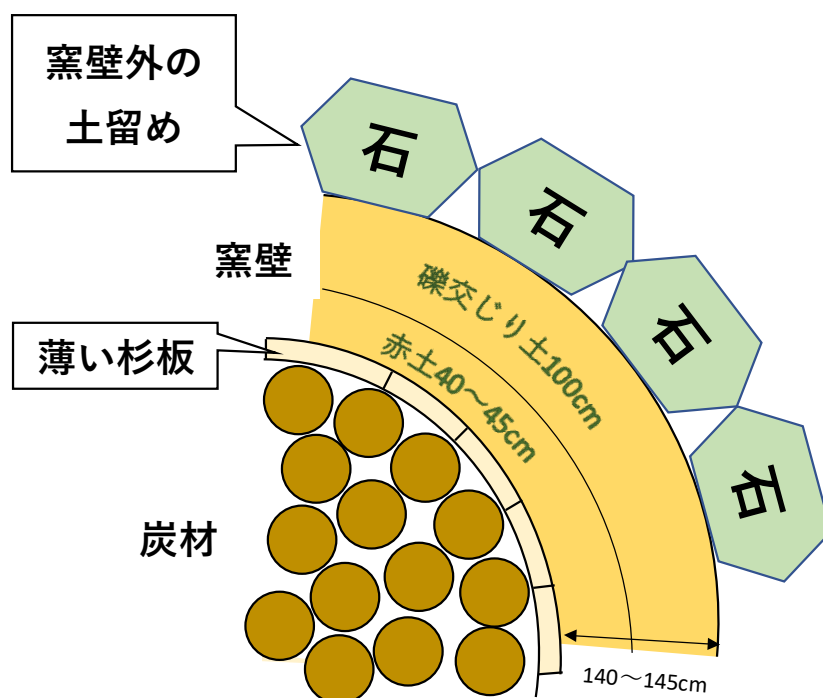


図4 窯壁の作成

「薄い杉板」をはさまず炭材で窯壁内側を直接支える場合や、炭材を積む代わりに、炭化室内に梁を作り窯壁内側を支える「薄い杉板」の代わりに型枠づくり支える方法もあります。

- **レンガ、石、瓦構造**：窯型に沿って、耐火レンガや石、瓦をモルタルや赤土によって固め内側の土留めとします。窯壁の内、外の土留めの間を突き固めます。

② 外側の土留め：柵（シガラ）を組む又は石垣を積みます。

- ③ **壁層の作製**：内側壁厚４０～４５センチメートルが赤土で、その外側１００センチメートル程度の厚さで礫交じり土を入れ、厚さ１０～２０センチメートルごとに下方向に突き固めてそれぞれの壁層を作製します。

【堀込窯】

- ① **防湿装置**：傾斜地で山腹を窯底の外周より５０センチメートル程度広く掘り、柵（シガラ）や杉皮、石垣、ブロック等で地山からの湿気を防ぐ防湿装置を設置します。
- ② **窯壁の作製**：防湿装置内側の窯壁の厚さが、４０～４５センチメートルとなるように、窯底部分に、上記据窯と同様に内側の土留めを作製し、内側２０センチ以上を赤土、外側を礫交じり土とし突き固めます。
- ③ **掘削範囲**：傾斜地で窯を掘り込まなければならない場合も、山腹を深く掘り込まないようにし、窯壁の全長のうち３割以内に留め、出来るだけ前面に出して築窯してください。
- ④ **防湿対策**：現存の炭窯では、防湿装置を敷設した事例には出会えませんでしたが、特に堀込窯では、伝導により熱が地山へ奪われるほか、窯の湿度が気化熱を奪うため、防湿対策をすることで、飛躍的に窯の性能が向上するものと考えられます。

【共通事項】

- ① **窯壁の高さ**：窯壁の高さは、１００～１２０センチメートル程度で、炭材より１０～１５センチメートルくらい高くします。なお、窯壁の高さが低い程、窯内の上下の温度差が少なくなり、炭化が順調に進み炭質は均一化しますが、作業性は悪化します。
- ② **窯壁の傾斜**：窯壁の内壁は、外側に傾斜すると緩炭化し、内側に傾斜すると急炭化する窯になります。若木など水分多い木材を炭化する場合には、窯の排煙口側（奥側）を外側に５％程度傾斜させ、焚口側は垂直に造ると良いそうです。

6 排煙口の作製

排煙口は、炭化過程で発生する煙やガスを効率的に排出する重要な役割を担います。排煙口の構造は、窯の温度管理や炭質に大きく影響するため、適切な設計と施工が求められます。

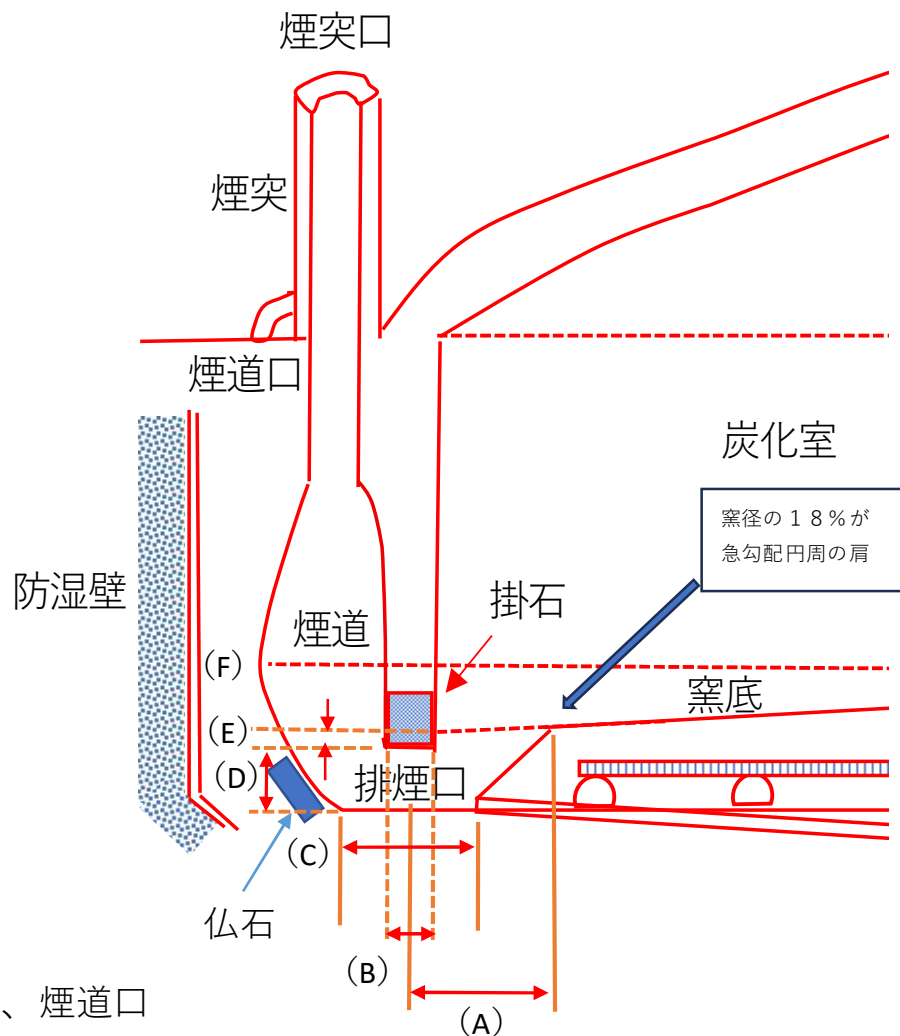


図5 煙道、煙道口

- (A) : 排煙口前の急勾配区間は、排煙口掛石中心から窯径の18パーセントが急勾配円周の肩
- (B) : 掛け石の幅は、6センチメートル以上。薄い方が良い
- (C) : 排煙口の幅は窯底径の13パーセント
(径2メートルでは26センチメートル)
- (D) : 排煙口の高さは9～10センチメートル
- (E) : 掛け石の底面の高さは、窯底延長線から下に1.5センチメートル以内
- (F) : 延長線が障壁の元

① 掛石の底面の高さ

- 掛石の底面の高さは、窯底の勾配の延長線上か、それより下がっていても1.5センチメートル以内とすることで、煙や熱の吸引力が良くなると言われています。
- 現存の黒炭窯は、掛け石の底面が、底面延長線上より高いものも多く見られます。これは、過去の技術が失われた可能性を示唆しており、改めて伝統的な技術を見直すことで大きく品質の向上が図られる可能性もあります。

② 排煙口底部の広さ

- 排煙口底部の広さは奥行、横幅とも排煙口の横幅と同じ程度が良いとされています。
- 排煙口底面の幅は窯底径の13パーセント程度(200センチメートル幅の窯では26センチメートル)。高さは9～10センチメートル程度が良いとされています。
- 現存窯では、これらの寸法が踏襲されていない例が多く見られます。

③ 掛石の幅

- 昭和20年代の指導書には掛石の幅は狭い(奥行が薄い)方が良いと記載されています。
- しかし、現在では、掛石をレンガで作製することが多いため、幅6センチメートル以上となっています。

④ 仏石

- 排煙口底部の奥に45度傾けて煙道につながる勾配で置くレンガや石を仏石と言い、昭和20年代の指導書の排煙口断面図では、そのような形状での作製を指導しています。
- 現存窯では、意図的に仏石を設置している例は少ないですが、仏石により煙道の勾配を調整し、スムーズな排煙を促す役割を担ってい

たとえられます。

7 煙道、煙道口の作製

排煙口からつながる煙、ガスの排出ルートが煙道で効率的な排出や風による逆流を防ぐ構造となっています。煙道口は煙道を煙突へとつなぐ開口部で、消火の際には蓋をして窯を密閉する重要な部分です。

① 煙道の膨らみ

- 煙道中央部に広い空間を設ける（煙道に膨らみ持たせる）ことで、煙道口（煙突）から風が吹き込んでも燃焼室まで吹き込まない構造となります。
- この膨らみの最も広い箇所は、障壁の足元の高さの位置とされています。（図2および図5参照）
- 現存の黒炭窯では、小屋掛け等により煙突口に風が直接吹き込みにくい構造となっている等の理由で、膨らみを作らないものが多く見られます。

② 煙道の作製方法

窯壁の作製と合わせて、以下のように作製します。

- 煙道内に束ねた古竹等により煙道の型枠を作製し、窯壁の積み上がりと一緒に合わせて窯壁内側の赤土層と同様に積上げます。この場合、煙道の膨らみは作製されていません。
- また、煙道と燃焼室の間は、掛石からレンガを積み上げて製造する場合、レンガは上段に積むごとに背面に寄せて積上げ、煙道が奥に傾斜するように作製します。
- レンガ、瓦等を、煙道の内壁の骨材とし、赤土を粘着剤として、交互に積上げます。窯壁の積み上がりと一緒に合わせて積上げます。

なお、ベニヤ板等で煙道の型枠を作製し、型枠に沿ってレンガ

等を積み上げる方法もあります。

③ 煙道口

煙道口は、窯壁の高さ位置に設置し、窯径の6パーセント程度の内径の円形とします。

④ 乾燥

- 煙道と炭化室の間は、薄い土壁（レンガ等の場合もある）となるため、厚みのある窯壁と比べ強度がないので、窯壁の高さ（煙道口の高さ）まで積み上がった段階で、排煙口近くで焚火をして、煙道全体をよく乾燥させることにより、土壁内部の水蒸気等による崩壊、変形を防止します。
- 燃焼室と炭化室の間の障壁も薄い土壁であるため、乾燥が必要です。

8 煙突の作製

煙突は、煙道から排出される煙を効率的に外部に逃がし、炭化を促進するための重要な役割を果たします。煙突口に調整棒を乗せることにより、炭化の速度を調整し炭質の調整を図ります。

構造は以下を参考に検討してください。

- 煙道口に被せて煙突効果を得る構造とします。煙道口の内径より大きいものが被せやすく外径が20センチメートル以上の土管を用いるのが一般的です。
- 消火の際には、容易に取り外せて煙道口が露出しやすい構造とします。
- 現在では土管は製造されなくなっているようで、代替品を検討する必要に迫られています。



9 焚口、燃焼室の作製

① 焚口と燃焼室の床高

- 燃焼室の床高は、炭化室の床高（障壁の足元の高さ）より、高くならないようにします。（図2参照）
- 焚口は、燃焼室に燃料を送り込みやすく、窯の密閉の際には、密閉し易い大きさ、構造となるように作製します。

② 焚口と燃焼室の材質

- 焚口と燃焼室は直接炎に当たり高温となることから、石構造とすると高温で破損する可能性があります。

- 窯壁の内側と同様の赤土で内部を仕上げるのが一般的です。
コルゲートフリュームで焚口を支えている窯もありました。
- 赤土は、耐熱性に優れ、高温に耐えることが出来るため焚口、燃烧室の材料として適しています。

③ 焚口と燃烧室の構造

- 燃烧室、焚口の形状に型枠を作製又は炭材を積み上げ外周に板を配するなどにより燃烧室内部の起伏を抑えつつ、赤土を窯壁内部同様につき固めます。
- 窯壁外周の石垣等を貫く場合には、石垣をアーチ構造とし、燃烧室に荷重がかからない様に作製します。
- 窯壁及び障壁、火道と並行して製造します。



窯壁外周の石垣はアーチ構造



コルゲートフリューム燃烧室

10 障壁、火道の作製

① 障壁

- 障壁の高さは窯壁の高さの50～80パーセントで、幅は燃烧室の幅より30パーセント程度狭く、厚さは20～25センチメートルです。
- 窯壁の内側の赤土部分と連続して作製します。

- 燃焼室の炎が直接炭材に燃え移らないようにするほか、燃焼室からの吹き返しを防止しています。

② 火道

- 火道の形状は、丸型のタイプと四角型のタイプがありました。
- 火道作製の際に用いる型枠の形状により形状が決まり、丸型はボイド、四角型は木製の型枠が用いられています。

③ 火道の出口

- 現存窯では火道の出口は、断面図（図2）の様に上に開いているものも、窯壁に穴の様に口を開けているものがあります。
- 炭化室への熱伝達には、上に口を開けている方が有利とも思えますが、窯壁、天井の制作と合わせると、窯壁に穴の形状の方が簡単に制作できるように思われました。

④ 乾燥

- 煙道と同様で、障壁は薄い土壁構造となるほか、燃焼室も土壁構造である場合などは、煙道同様に焚火を行い、土壁内の水蒸気を除くことで強度が増します。

11 窯出口の作製

窯出口は、炭材の詰め込みと完成した木炭の搬出を行う場所で、長い炭材や重量のある木炭を効率的に搬入搬出するためには開口部を大きくすることで作業性が向上しますが、強度確保には工夫が必要です。

① 窯出口の構造

- 窯出し口は炭材の詰め込み、木炭の搬出のため幅50～60センチメートル、高さ100センチメートルと大きな構造となります。
- このため、窯壁上部に鉄製の部材で窯出口上部にかかる梁を作り、天井の裾部分を上に乗せる構造が多く見られました。

- レンガでアーチを作り窯壁内部に入り込む構造のものもあります。



② 窯出口の密閉

- 窯出し口は、炭材詰め込み後には耐火レンガと粘土で固める方法のほか、窯壁内側に揃えてコンクリートブロックなどの大型で重量のあるものを置き、30～50センチメートル程度の厚さの砂交じりの灰の層を挟み込めるように板を並べ、板とコンクリートブロックとの間に砂交じりの灰を充填し空気漏れを防ぐ方法が多く採用されています。（レンガを用いる窯もありました）
- その際に、耐火レンガやコンクリートブロックが、燃焼室内に倒壊しないように、窯壁に沿って内側は狭く、外側は広く構築されているものも見られます。（平面図（図1）のような構造）



1) 窯出口は、先ずはレンガ等で塞ぎ、赤土で間詰をします。



2) 砂交じり灰を支える板を置き、レンガ等との間に砂交じり灰を詰めます。



3) 窯壁高さまで砂交じり灰を詰めて完成です。

止め金具



4) 砂交じり灰を挟み込む板を支える鉄筋を押える角材は、窯壁に取り付けられた「止め金具」で簡単に固定できるようになっています。



止め金具

12 天井の作製

① 天井の支え作製方法

【木口置法】：炭化室内に根元側を上にして炭材を立て、その上に型木（タンバ）や切子を並べて天井を構築する方法です。初回の炭焼きから、炭の生産も期待できます。

【棚置法】：炭化室内窯底に窯底の保護のため板を敷き土台とし、その上に丸太柱材を立て、丸太柱材の上に横向きに丸太を敷き詰めて棚を作った上に型木（タンバ）、切子を並べ天井を構築する方法です。横向き丸太は柱材からズレないように設置箇所を水平に削っておきます。

② 天井の形の土台の作製

[1] 型木（タンバ）の設置

上記方法で炭化室内を木材で充填した上に、木口を天井の形状に合わせるように斜めに切り下した直径10～15センチメートル程度の大きさの丸太の型木（タンバ）を並べます。中央部には大きな丸太、周辺部は比較的小さな丸太を並べ、天井のドーム型を意識して敷き詰めます。

[2] 細い木の設置

大きな丸太の型木（タンバ）の隙間を埋めるように、直径3～7センチメートル程度のやや細い木をドーム状に敷き詰めます（この細い木もタンバという）。

[3] 切子の設置

さらにその上には、2)の隙間を埋めるように、直径1～3センチメートル程度の細い木（切子）を積み上げ、凹凸が無いように滑らかに仕上げます。

[4] 勾配

天井の勾配は、天井の最も高い箇所が窯の横幅の15～20パーセント盛り上がる程度とします。

[5] 天井最高部

天井最高部は、窯底の中央より、やや焚口寄りになるよう設置することで、煙道口側の炭材の灰化が少なくなります。

③ 天井の作製

[1] 下地材の設置

仕上がった土台（タンバ、切子）の上に湿らせたゴザや段ボールを敷き詰めガムテープで隣同士を連結し動かないようにします。
（この工程は省略されることもあります）

[2] 赤土の盛り付け

砂質を含んだ粘性の高い赤土を用い、周囲から頂上に向けて土を載せます。（仕上がりの厚さが）、裾（窯壁の上部）で20～30センチメートル、頂上部で10～15センチメートルとなるように、2倍程度の厚みで赤土を盛り、周辺部から頂上に向けて突き固めます。この赤土に小石、スサワラを混ぜると保温性が高まり着火性が良くなります。良質土が入手できない場合は、セメントを少量混ぜる方法もあります。なお、石灰を混ぜると粉の性質が残るため良くありません。

[3] 突き固め

突き固めは、掛矢（かけや）を蜂の巣状の跡が付くように、突く位置をずらしながら満遍なく突き固めます。突くことで赤土中の水分と空気が押し出されるので、赤土表面が乾いたら、再び掛矢で突き固めます。この作業を5～6回繰り返します。乾燥の期間も必要なので、10日程度必要です。

[4] 仕上げ

天井の乾燥が進むと、天井に割れ目やひび割れが入るので、掛矢よりは小型で軽い、手槌やへうで打ち固めます。また、左官ごてなどで表面を均します。

[5] 小屋掛け

天井構築から炭窯に屋根を掛ける小屋掛けまでの期間は完成した炭窯が降雨に合わないよう天候に配慮し、炭窯構築は、小屋掛けの資材を用意してから取り組みます。なお、天井構築の前に小屋掛けを行うと掛矢の振り下ろしができなくなるので、天井の構築後に小屋掛けを行います。





13 小屋掛け

① 小屋掛けの目的

[1] 雨風から窯を守る

炭窯を雨風から守ります。特に天井は土で出来ているため、雨水に濡れると強度が低下し、ひび割れや崩落の原因となります。

また、窯への風の侵入を防ぎ、安定した炭化が出来るよう風防が必要です。一方で、通気性の確保も必要で、煙突から出る排煙等をスムーズに逃がすため、小屋の壁は半開放型とするなどが必要です。

屋根から落ちる雨が地下水となって窯にしみこまないように排水方法も検討すると良いでしょう。

[2] 作業環境の安定化

炭焼きは長時間にわたる作業となるので、天候に左右されずに作業できる環境が必要です。雨天でも薪の投入や煙の確認などがスムーズに行える環境を作りましょう。

[3] 炭の品質保持

焼き上がった炭が雨に濡れると、吸湿して発火性や燃焼効率が落ちます。小屋があることで、炭の取り出しや保管時にも品質を維持することが出来ます。

[4] 火災防止と安全性

風が強いと火の粉が飛び、周囲の草木に引火する危険性もあります。小屋で囲うことで、火の管理がしやすくなります。

[5] 資材や道具の保管

窯の近くに道具や薪を置いておけるため、作業効率が向上します。
また、野ざらしにすると腐食や劣化が早まるので、小屋により保護されることになります。

② 小屋掛けの構造

- [1] 屋根：波板やトタン板などが使用されることが多いですが、杉皮や瓦などが耐久性が高いようです。
- [2] 柱：木材や鉄骨などが使用されます。
- [3] 壁：木材や鉄板などが使用されます。

③ 小屋掛け作業

- [1] 完成した炭窯を濡らさないように、素早く屋根を掛けます。
- [2] 小屋がけも大掛かりな作業となるため、資材の用意、天候の見極めを十分に行い取り組んでください。

14 木酢液採取装置について

木酢液採取装置は、炭焼きの過程で発生する煙を冷却して木酢液を採取する装置です。木酢液は、農業や園芸や消臭剤などの様々な用途で注目されています。

① 木酢液採取装置の仕組み

- [1] **集煙**：煙突口の上方20～30センチメートル程度の位置に、集煙装置を設置し煙突口から出る煙を集めます。
- [2] **冷却**：集煙装置先の煙突内で冷却された排煙が液化します。
- [3] **収集**：液化した木酢液を収集装置で回収します。

② 木酢液回収装置のパーツ

- [1] **集煙装置**：排煙が適温（80℃～150℃）の間のみ集煙し、集煙しない時は集煙しないように移動できる構造とします。
- [2] **冷却用煙突**：集煙装置で集めた煙を長い煙突に通す過程で冷却し液化させます。
- [3] **木酢液収集装置**：液化した木酢液を回収する装置です。木酢液は、水溶性で腐食性があるため、適切な材料の容器を使用する必要があります。

【推奨される容器素材】

- **ステンレス（SUS304 以上）**：耐酸性が高く、腐食に強い
- **耐酸性プラスチック（PE, PP など）**：一部の高密度ポリエチレン容器は対応可能

【避けるべき素材】

- **鉄やアルミなどの金属容器（未加工）**：酸による腐食が進みやすく、液体の成分が変質する可能性があります
- **PVC（塩化ビニル）などの一般的なプラスチック**：酸に弱く、劣化や溶出の恐れがあります



集煙装置：適温の煙のみを集煙出来るよう、煙突上から移動できる。



冷却用煙突：煙突上に集煙装置があるときは、冷却装置である煙突に接続し冷却する構造となっている。



木酢液収集装置：冷却された木酢液は樋で受けてタンクに貯める。



III 黒炭の焼き方【基本的な手順】

1 窯入れ：炭材を窯の中に入れます。

- ① **炭材の配置**：炭材の炭化は、炭化室の上部から下部に向かい水平に下降して進みます。炭材の長さが違うと炭化が均一に進みません。詰め込みは、炭材は元口側（丸太の太い方）を上にして、煙道口側から焚口側に先に詰めた炭材に立てかけるように詰めていきます。
- ② **炭材の太さ**：炭材が断面方向にも等しく炭化するように太さも揃えます。直径10センチメートルを超える炭材は割り、心材の方を煙道口の側に向けます。枝がある場合は低く切り揃えます。
- ③ **炭材の品質配置**：炭化は上部から起こりますが、熱源に近い火道の側から、煙道口の方向にも進みます。このため、火道の近くの炭材はより多く灰化するので煙道口近くには良質材を、火道近くには不良材を詰めます。また、窯壁沿いには雑木や割材を詰め、中心部には良質な丸太や小割材を詰めます。
- ④ **上木**：炭化室内に立てた炭材の上（天井との間）には、枝や不良材などを詰めます。（これを「上木（うわき）」と言う）上木は窯内の火の回り方や炭化室内の温度ムラを軽減します。
- ⑤ **炭材の種類と配置の工夫**：針葉樹材など柔らかい炭材を用いる場合には、煙道口側に窯径の4分1から5分の1程度は、カシ類やクヌギ、ケヤキなどの硬い炭材を入れると柔らかい炭材も引き締まり硬い炭になると言われています。また、灰になりやすい火道側には窯径の5分の1程度、灰になってもよい、スギ材や広葉樹材をいれると、全体的に炭の収量が多くなると言われています。

2 乾燥焚き：窯の内部と炭材をゆっくり乾燥させ、炭材の温度を熱分解温度まで上昇させます。

- ① **目的**：炭材の割れ、樹皮の剥がれを防ぐことができ、炭質の向上、収

炭率の上昇を促す重要な作業です。

- ② **乾燥**：炭化室内の水分を減少させ、口焚き（焚口で火を焚くこと）の熱を水蒸気の気化熱に奪われず炭化中の立ち消えを防ぎます。
- ③ **煙**：この時に出る煙は、多くの水蒸気が混じり「水煙」「湿煙」と言われます。
- ④ **蒸煮**：煙突口温度が70℃になると、煙突口を塞ぎ蒸煮（蒸し焼き状態にする）します。蒸煮の時間は12～14時間程度と思われますが、現在は蒸煮をしている生産者には巡り合えず、詳しくは不明です。
蒸煮は、炭材を徐々に乾燥させることにより、炭材の辺材部分と心材部分が均一に収縮することで、樹皮が密着し、亀裂が細小で均等となり、黒炭の品質向上につながります。
- ⑤ **仕上げの口焚き**：蒸煮の後、再度煙突口を開き、薪を追加して火力を強めて口焚きを続けますが、ここで口焚きを強く短時間に行うと炭質、収炭率が下がるので5～6時間で温度を徐々に上げます。
- ⑥ **夜間の乾燥焚き**：かつては、夜間にも窯内温度が下がらないように口焚きを行ったようですが、現在では、夜間の口焚きを行わず、翌朝に再度、薪を焚口から投入し、乾燥焚きを再開します。なお、前日の薪の熾火^{おきび}が残っているため、窯内温度はあまり低下しないようです。

- 3 **着火**：炭材の熱分解反応が始まることを指し、炭化の工程に含まれます。
煙突の排煙温度が83℃（窯内温度は275℃）くらいで始まります

【着火すると以下の状況が見られます】

- ① 排煙が長くたなびき、白色に黄褐色が混じり刺激臭がする。
「きわだ煙」と言う
- ② 焚口から煙が逆流してくる。
- ③ 焚口に薪の炎が逆流してくる。
- ④ 煙突上部の小屋裏（小屋の屋根裏部分）から木酢液が垂れ始める。

4 炭化：炭材の熱分解が進む工程です。

- ① 着火時の温度（煙突の排煙温度が83℃）を長く持続させるよう、煙突口に調節棒を乗せ温度調整しつつ炭化を進めます。
- ② 炭化中には口焚きを行いません。（消えたら、再度、着火させるために口焚きは必要です。消え防止のため、しばらく、弱めに口焚き続ける場合もあります）。
- ③ 乾燥焚きの際の熾火が焚口に残ることはありますが、炭化の熱分解で生じた可燃ガスの燃焼で温度は維持されます。

5 大燃え：炭化はほぼ終わり、炭材内部の可燃性ガス（炭化中の可燃ガスとは異なり、酸素と反応して激しく発熱するもの）が燃焼し、窯の温度が急上昇します。

これら「3 着火」「4 炭化」「5 大燃え」は広義の「炭化」工程です。炭化工程では、口焚きは基本的には行わず、煙の出方をみて、煙道口の調節棒を操作します。着火、炭化、大燃えの各工程は、煙道口の温度及び排煙の色や水分の多少で見分けます。

工 程		煙の色	煙の名前	煙道口温度	窯内温度
乾燥	乾燥焚き	褐色	えぶり煙	～70℃	
	//	白色	水煙（湿煙）	～83℃	～275℃
炭化	着 火	白褐色	きわだ煙	83℃～	275℃～
	炭 化	白褐色	本きわだ煙	～90℃	
	大燃え	白青色	白青煙	～300℃	
精錬	精 錬	青色	青煙	300℃	550℃
	//	淡青色	水あさき煙	400℃	700℃
	//	無色	煙切り	420℃	800℃

6 精錬：炭化の終わりに木炭中に残った可燃ガスを燃焼させるために空気を入れ高温にします。

① 精錬の効果：木炭を引き締まったよい炭に仕上げます。

② 煙突口温度：煙突口の温度が300℃を超えた頃から煙突口を徐々に開き温度を上げ、煙突口温度が420℃（窯内温度800℃）になると精錬は終了です。

③ 精錬の確認方法

煙突口の温度を測るほか、煙の色で精錬開始、終了を判断します。

煙の色が青色になれば精錬を開始し、無色になれば終了です。

（また、煙突口にマッチ棒をかざすと、3秒で着火すれば精錬完了の目安となります。（窯により差があります）

7 消火：窯内の燃焼を終了させます。

① 消火の手順

[1] 焚口の密閉：先ず、焚口を密閉します。

[2] 排水管の閉鎖：排水管がある場合は、排水管を塞ぎます。

[3] 天井の補修：天井に割れ目が生じている場合は細かな灰砂で丁寧に塗り潰します。

[4] 空気の遮断：煙突を外し煙道口に蓋をして密閉し、窯内への空気の侵入を完全に遮断します。

② 消火の手順の注意点：焚口の密閉前に煙道口を塞ぐと、窯内に可燃性ガスが残っている可能性があり、大変危険です。

③ 完全消火と冷却

[1] 密閉後は、完全消火のため7日程度放置します。

[2] その後、窯内の温度が下がるまで1～2日冷ます。（夏は長く、冬は短い冷却期間となります）

[3] 火種が残っていると窯出しの際に窯内の炭が燃えて灰になるので

十分な時間を設け確実に消火してください。

- 8 窯出し：完成した炭を窯から取り出す作業です。丁寧な作業により木炭の品質を保ちます。

【窯出しの手順】

- ① 焚口側から煙道口側にもたれかかる様に炭は並んでいます。上部の炭から丁寧に崩れないように取り出します。
- ② 大きな炭は割らずにそのまま取り出し、必要に応じて加工します。

IV 初めて炭を焼く窯の取り扱い

初めて炭を焼くときは、炭窯が十分に乾燥していないため、炭窯の乾燥も兼ねて炭を焼きます。これを初窯（はつがま）と言い、2回目以降の炭焼き（2番窯以降は基本的な工程に沿って炭を焼きます）とは、手順、スケジュールが異なります。初釜の目的の半分は丈夫な炭窯づくりです。木炭の収穫もできますが炭窯が壊れないような配慮が必要になります。

【初窯の手順】

- 1) 煙突をはずし、煙道口を密閉する：初窯の焚き始めには煙突は使いません。煙道口を密閉することで窯内の温度を徐々に上げていきます。
(このとき、窯出口は開いています)
- 2) 窯出口の密閉後、焚口から燃料を投入し、火を点ける
 - 燃料：はじめは焚きつけの小枝や枯れ葉を入れ、火が着けば薪を投入します。
 - 火力の調整：初窯では、窯の乾燥が目的なので強火で燃焼させないようにし、窯内温度を徐々に上げるように注意します。
- 3) 初窯のスケジュール（例）
 - 1日目：煙道口を閉鎖したまま、焚口から燃料を投入し火を点けます。
 - 2日目：煙道口を1～2センチメートル幅で10分間開く作業を5～6

回繰り返し、口焚きを続けます。

3日目：煙道口を1～2センチメートル幅で一日中開けて口焚きを続けます。口焚きを中止するとき煙道口は必ず密閉します。

4日目：煙道口に煙突を立て、煙突口を5～6センチメートル開けるように煙突口の両側から調節棒を置き調整しつつ、口焚きを行います。

- 天井の中央部が乾燥して直径1メートル程度の範囲で白く変色していれば「着火」工程に進みます。
- 天井が十分に乾燥していない場合は、天井が破損する可能性があるため、煙突を取り除き、煙道口、焚口を閉鎖してその日は終了します。翌日に4日目の工程を繰り返し、天井が十分に乾燥した後に「着火」工程に進みます。

注意点：

- **着火当日は強火にならないよう注意し徐々に温度を上げる：**口焚き日数を多くかけたときは窯の乾燥が進んでいるので、着火当日は、焚き始めから強火にならないように注意します。強火になると天井のよく乾燥した箇所に亀裂が生じ、砕けることが多くなります。
- **初窯は湿気が多いため、高温で炭化が進むように意識して調節する：**口焚きは弱火で行い、調整棒は二番窯以降と比べ少なくして窯の温度を上げ高温で炭化が進むように意識します。低温で長時間炭化すると灰が多くなるうえ、窯底には未炭化材が残ります。
(36ページ 図 6 の ①および②)
- **調節は煙突口の調節棒で行う：**窯の乾燥が進んでいるときは、調整棒の両端の一本を残しても良いです。

(36ページ 図 6 の ③)

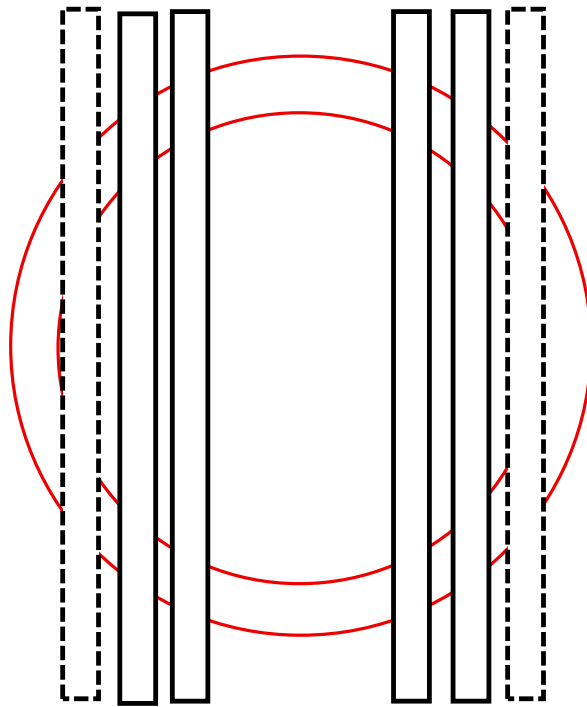


図 6 初窯乾燥中の煙突口の調整棒

- ① 窯内温度を高温にするため調節棒はまばら
- ② 炭化中は、調節棒を全て除く
- ③ 窯の乾燥が進んでいる場合は、両端の点線調節棒を1本ずつ残しても良い。

V 二番窯以降の着火までの調整棒

二番窯以降は、炭窯が乾燥しているので、初窯よりも強火で燃焼させることができます。煙突口の調整棒で、適切な空気量を調整することで、窯内温度を効率的に上昇させることができます。煙突口内径が18センチメートルの煙突の場合は、両端の調整棒は密着して置き、中央部分の6センチメートルに1.5センチメートル幅の調整棒をまばらに3本置いて調整します。(図7 ②の状態)

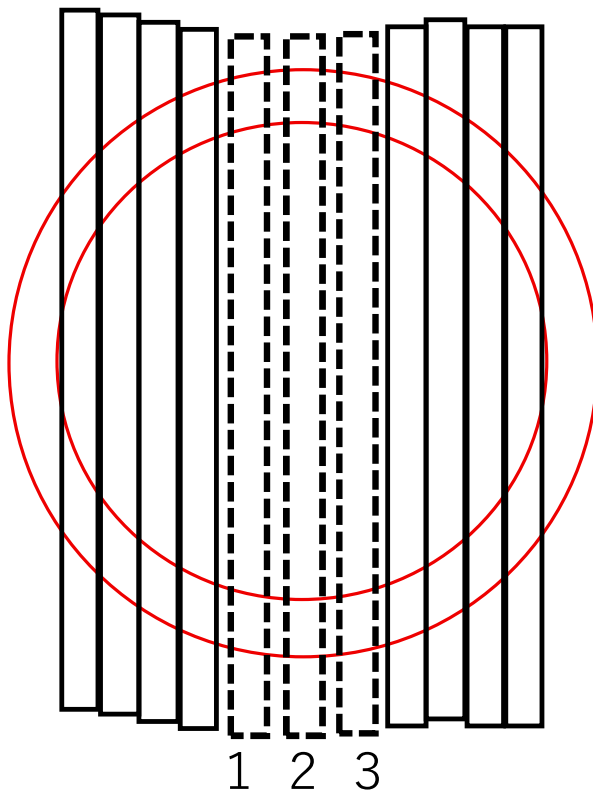


図7 二番窯以降炭化中の煙突口調整棒の調整棒

- ① 炭化中は実線調節棒を密着させ両端に6センチメートル置く
- ② 乾燥中は、点線調節棒をまばらに置く
- ③ 煙突上温度70℃の時、2を除く
- ④ 煙突上温度75℃の時、1又は3を除く
- ⑤ 煙突上温度80℃の時、1，2，3とも除く

VI 各工程の煙の様子

1 乾燥焚き



湿気が多い煙が立ち込め、温度が上がるにつれて、煙が勢いよく出始めます。右画像では、刺激臭が出始めています。

2 炭化



刺激臭が強く湿気も多い煙から、タールを含む煙が出ます。（左）、次第に煙の色は薄くなりますが、水分の多い煙が出続けます。（右）

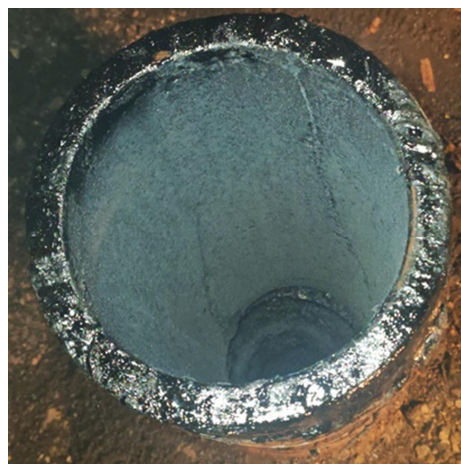
3 大燃え



再び煙が多くなり煙突口温度が急上昇を始めます（左）

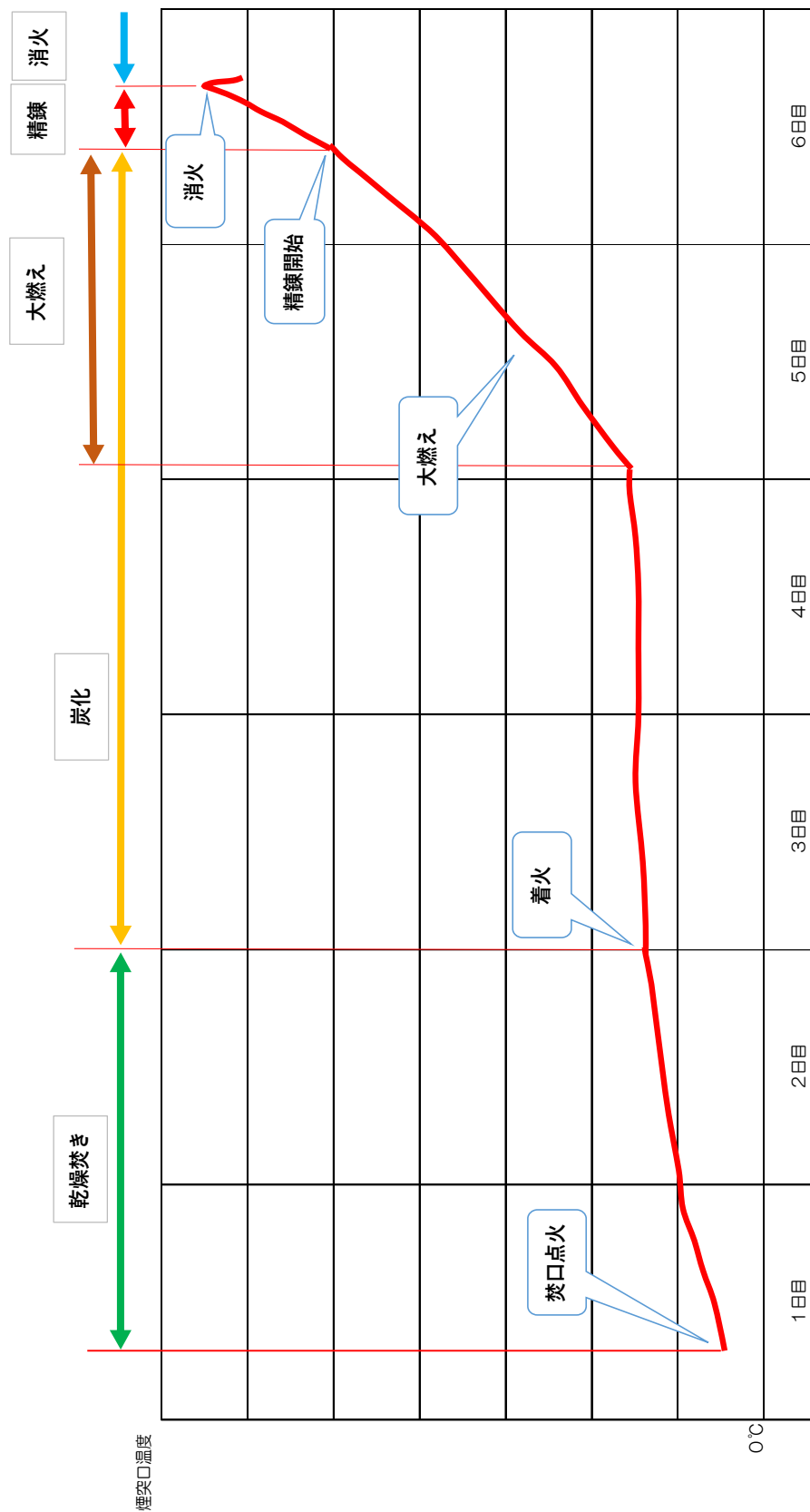
その後、煙は透明となり青い煙に変わります（右）

4 精錬



再び煙突口から調整棒を除くと一段と温度が上がり、煙の青色が薄くなり、無色になると精錬終了です。その時は煙突の内部が白く変色し、マッチ棒をかざすと3秒程度で着火します。

炭化工程時間経過と煙突口温度模式図



注意：炭窯の大きさや炭材の種類によって、各工程の所要時間、煙突口温度は変動します。

おわりに

本書の作成にあたり参考にさせていただいた昭和20年代までに記された各指導書に記載され昭和時代に培われた優良窯の製造方法や良質炭の製炭技術は一部欠損している感もありました。しかし、それは、黒炭の役割の変化と共に変遷したようにも考えています。かつて、家庭用燃料の主力であり、生産者にとっても生活の大きな糧として、生産技術を競い切磋琢磨した時代とは、使用目的、使用量とも大きく変わっています。

しかし、昭和時代に花開いた我が県の製炭技術を探求する未来の人たちが現れた時、数多くの同業者（生産者）と共に指導員、指導書が存在し、実物を見て、実際の生産者に指導を受けられる状況は存在していないかもしれません。図書館で文献をあさるだけでは再現が難しい時が来るはずです。残念ながら、本書の調査期間においては、昭和時代に改良された「高知県一号黒炭窯」の構築・改修の場面には出会えませんでした。しかし、構築時に使用した道具を所有し、紹介して頂ける生産者の皆様のご協力の元いくつかの画像を記載することができました。これらの資料が未来の人たちに役立つことを切に願います。

謝辞

本書は、高知県内の製炭者の皆様のご協力により作成しました。

この場をお借りして、ご協力いただいた生産者の皆様に厚く感謝申し上げます。

参考文献

「炭窯は薫る」

「黒炭優良窯の梗概」高知県長岡郡大豊村

「黒炭窯のお医者」南海製炭相談所発行

「製炭講習録」高知県林産物検査所安芸支所

「理論・技術 木炭と加工炭（内田 1957）」朝倉書店 P.69-71



問い合わせ先

高知県立森林技術センター

〒781-0078

高知県香美市土佐山田町大平 80 番地

電 話：0887-52-5105

メー ル：030102@ken.pref.kochi.lg.jp