

1 土器製塩実験から古代若狭の生産塩を考える

松葉竜司

1. はじめに

令制下、若狭国は日本海側で唯一、調塩の貢納を義務づけられ、土器による製塩が盛行した地域である。8～9世紀の若狭の製塩土器には、大型の敷石炉に伴うバケツ状・植木鉢状の形態をもつ平底の深鉢形粗製土器（船岡式。以下、平底土器という。）と、小規模な石敷炉に伴う丸底ボウル形（椀形）粗製土器＋短脚支脚（傾式。以下、丸底土器という。）の2型式があり、それぞれが8世紀と8世紀末～9世紀に伴うとする見解（図1左）（森川1986）と、8～9世紀に両者の併存を認める見解（図1右）（久保1989、田代1999、杉山2010など）が提示されている。今日の編年研究では後者の見解の認否が論点の一つであり、本稿でも後者の見解を支持する立場をとる（松葉2013・2020）。

平底土器は煎熬用、つまり煮沸して塩を結晶化させるための土器、丸底土器は焼塩用、煎熬で得られた粗塩を再加熱して水分を飛ばして塩を固形化させるための土器と考えられ、遺跡内での製塩工程において煎熬と焼塩というそれぞれの分業があったことが想定される（松葉2020）。

両者の製塩土器の機能差を製塩工程に即して理解する見解はすでに指摘されているが（久保他1994など）、このことを実証的に論じた研究はあまり多くない。このことから、①平底土器が煎熬用容器、丸底土器＋支脚が焼塩用容器という想定の実証、②生産塩の保存性の確認を目的として土器製塩実験を行い、その成果を踏まえて若狭地方における8～9世紀の土器製塩、生産塩の実態について若干の検討を行った。

2. 土器製塩実験

(1) 製塩土器の製作、鹹水の準備、製塩炉の復元

実験に先立ち、2019年8月、陶芸の心得がある谷川陽子氏に依頼し、信楽の野焼き用の陶土を用いて、口径30～40cm、器高30cmほどの平底土器、口径20cm、器高20cmほどの丸底土器、そして器高10cm前後の中実支脚を製作し、1か月半ほど乾燥させた後、10月4日、福井県工業技術センターにて一昼夜をかけて電気窯で素焼きした。破損を防ぐため、段階的に

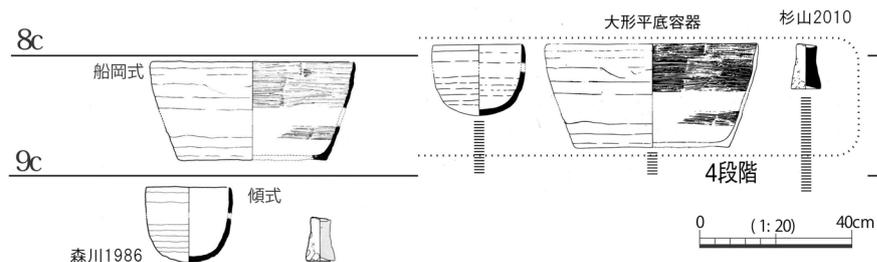


図1 8～9世紀の若狭における製塩土器・支脚編年図

窯の温度を上げ、最終的には野焼きの焼成温度とされる 600 度で焼成した。

実験数日前から海水をアルミ鍋で煮詰めて鹹水（海水を濃縮した 15～20%の濃い海水）を準備し始めたが、1日煮詰めても塩分濃度 15%ほどの鹹水が2ℓ程度しかできないことがわかったため、苦汁（にがり。塩の潮解の原因となる塩化マグネシウム）が含まれる市販の天然粗塩を購入し、海水に溶かして鹹水を準備した。敷砂の上に人頭大程度の自然石を平坦面上に向け、平底土器数個を置ける程度の石敷炉と砂浜を美浜町歴史文化館中庭に復元して実験を行った。

（2）土器製塩実験の経過

土器製塩実験は、2019年10月27日に実施した。実験当日は、三舟隆之氏（東京医療保健大学）、菱田哲郎氏（京都府立大学）、池田野々花、岡田大雄、小林楓、守田悠、吉永健人の各氏（以上、京都府立大学考古学研究室）、谷川陽子氏、西野律子氏の参加を得た。

当日正午の気温は 23.3 度、湿度 53.5%。煎熬には 2 個の平底土器を用いた。平底土器 1 で用いた鹹水は 5 ℓ、塩分濃度 19.8%で、理論上の溶解塩は約 1,230g、平底土器 2 で用いた鹹水は 4 ℓ、塩分濃度約 15.0%で、溶解塩は約 700g である。まず土器 1・2 ともに 3 ℓの鹹水を入れ、午前 9 時より復元石敷炉で炭・木片を燃焼させて煎熬を開始した。

煎熬から 10 分ほどで喫水線に沿って部分的に塩が結晶化し、線状に結晶塩が付着して乾燥し始めた。1 時間もしない間に喫水線に沿って塩が小塊状に結晶化し、土器内面を全周するように付着した（写真 1、平底土器 2）。また、土器外面の輪積み痕付近に塩が染み出した。この時点で鹹水の対流が発生する。

11 時頃、煎熬開始から 2 時間で鹹水の量が半分程度となり、炎が直接当たる土器外面の一部が剥離し始めた。11 時 30 分頃、2 時間半で喫水面で塩が膜状に結晶化し始め、ある程度の量となるとそのまま土器の底に沈殿し始めた（写真 2、平底土器 1）。また、土器内面の喫水線で固く結晶化した塩が剥がれ落ちた。平底土器 1 で 3 時間半ほどの午後 1 時 30 分頃、平



写真 1 煎熬 1 時間後



写真 2 煎熬 2 時間 30 分後



写真 3 煎熬 3 時間 30 分後



写真 4 煎熬 10 時間後



写真 5 焼塩開始直後



写真 6 焼塩 20 分後

平底土器 2 では 4 時間ほどの午後 2 時頃、土器底面に 1 ～ 2 cm ほど粗塩が溜まった（写真 3、平底土器 1）。丸底土器に移し変えて焼塩を行うため、この時点で粗塩を掬い取った。土器 1 で得られた粗塩の重量は 245g、土器 2 で得られた粗塩の重量が 200g である。

粗塩を取り出した後、平底土器 1 に 2 割の鹹水を、平底土器 2 に 1 割の鹹水を追加して注ぎ、煎熬を継続した。鹹水の変化は 1 回目の煎熬と同様の経過を辿るが、常温の鹹水から粗塩を得るためには鹹水を煮詰める必要があり、同様に 3 ～ 4 時間程度を要することが見込まれた。土器 1 ・ 2 ともに午後 5 時前後に鹹水が 1/2 ほどとなり、日没間際には喫水面で結晶化し始めた粗塩が土器の底面に溜まり始めたが（写真 4、平底土器 1）、午後 5 時 30 分で日没となり、煎熬を途中で終了せざるを得なかった。この時点までに得られた粗塩は 10 月 29 日朝に掬い上げた。土器 1 は 70.4g の粗塩（粗塩 1）、土器 2 は 11.4g の粗塩（粗塩 2）を採取した。煎熬を途中で中止したため、得られた粗塩は多くない。

焼塩実験は、1 回目の煎熬で得られた粗塩をそれぞれ 2 個の丸底土器に移し変えて行った。同日午後 2 時頃、平底土器 1 で得られた粗塩を丸底土器 1 に入れ、同じく平底土器 2 の粗塩を丸底土器 2 に入れ、しばらく石敷炉の近くに置いて土器の外を乾燥させ、午後 2 時 44 分に復元砂浜に支脚と丸底土器を設置し、下から炭・木片を燃焼させて土器底面に熱や炎が当たるように焼塩を開始した（写真 5、丸底土器 1 ・ 2）。開始 10 分ほどで粗塩が固形化し、土器内面の器壁に接する一部で塩が焦げ始めて、淡黄褐色となった。20 分もすれば粗塩が焼き固まり（写真 6、丸底土器 1 ・ 2）、支脚から土器を取り外した。丸底土器 1 で焼塩したものを堅塩 1、丸底土器 2 で焼塩したものを堅塩 2 とする。

（3）土器製塩実験の成果

追加で行った煎熬は途中で中止となり、鹹水中の粗塩を全て得られていないので、1 回目の煎熬実験のみを対象として、まず煎熬工程について検討する。

平底土器 1 で最初に煎熬した鹹水は 3 割、塩分濃度 19.8%、理論上の溶解塩は約 738g。得られた粗塩は約 245g で、33%の生産率である。これは掬い上げた粗塩を麻布に載せ、極力苦汁・水分の滴下を試みたもので、ある程度は水分が含まれている重量である。平底土器 2 の鹹水は 4 割、塩分濃度約 15.0%、溶解塩は約 525g。同じく得られた粗塩は約 211g で、40%の生産率であるが、この粗塩に対しては苦汁・水分の滴下を試みていないので、水分の含有量は平底土器 1 の粗塩より当然多く、その分重量も重い。

鹹水に溶け込む理論上の塩重量のうち、60%以上の塩のロスが煎熬実験で生じた。これは煎熬時の塩結晶の土器外への飛散や、鹹水の中に結晶化しない塩化物質が存在することも想定されるが、土器や鉄製釜などによる煎熬では同程度のロスを見込んでおく必要がある。多くの粗塩を得るためには一定期間、集中的に煎熬を行う必要があり、昼夜間わず鹹水の継ぎ足し、炭や木片などの燃料の追加、粗塩の取り上げなどが管理できれば、破損するまで一つの平底土器を使い続けて粗塩を量産できるのではないかと考えられる。

焼塩については、丸底土器 1 を用いて上記の平底土器 1 の粗塩 245g を焼塩し、得られた堅塩の重量は 160g、同様に丸底土器 2 を用いて平底土器 2 の粗塩 211g を焼塩し、得られた堅塩の重量は 110g、ともに 60%程度の生産率となった。鹹水から堅塩にいたるまでの塩の生産率は 20%程度、鹹水の溶解塩から得られる堅塩の重量は 1/5 ほどである。焼塩の場合、粗

塩中の水分を焼き飛ばすことで重量が減となることも見込まれるが、煎熬・焼塩の両工程を経た塩の生産効率はかなり低い。ただ、煎熬工程で相当量の粗塩を確保できれば、思いのほか短時間で堅塩を生成できることから考えれば、あまり時間をかけずに一定量の堅塩生産が可能であったものと考えられる

3. 生産塩の経過観察

実験で得られた粗塩1・2、堅塩1・2の経過観察を行った。粗塩はタッパーに収め（写真7）、堅塩は実験時に丸底土器で焼き固めた状態のまま分離せずに観察した（写真10）。保管場所は美浜町歴史文化館の一室で、時折空調を使用した但四季の温湿度変化が影響する環境下にあった。生産塩に対して肉眼で形態変化を観察し、定期的な重量計測に努めた。

粗塩1・2は、2019年11月13日までは形態・重量に変化がほとんどないが、12月6日時点でともに22%の重量減となった。冬季の低湿度環境下で粗塩中の水分が放出されたものと考えられるが、肉眼での観察ではあまり形態変化がなかった。以後、2020年6月7日まで保管場所の湿度の影響を受けて多少の増減があったものの、重量はほぼ維持されていた（写真8）。しかし、肉眼観察では乾燥が進み、塩の固化が認められた。

その後、本格的な梅雨による高湿度環境下が続き、2020年8月に入ると粗塩はともに潮解し、粗塩1は粗塩の半分ほどがタッパーの中で液化し、粗塩2はほぼ全てが液化した。潮解して液化した分、8月28日時点で吸湿した塩自体の重量が大きく増加した。液化した粗塩は2020年秋～冬期にかけて再結晶化し、重量も前年度の同時期とほぼ同値となったが、肉眼的な観察では元々の粗塩の形態はあまり維持されないことが確認された（写真9）。

堅塩は、2019年11月13日時点で堅塩1・2ともに10%以内の重量減となり、堅塩中の水分が放出されたものと考えられたが、肉眼での形態変化は認められない。以後、2020年5月13日時点まで重量変化も肉眼観察の変化もほとんどなかったが、触感的には堅塩の表面が若干柔らかくなっている程度で、土器自体の傷みもほとんどなかった。

6月7日時点で堅塩の重量が10%ほど増加し（写真11）、8月28日時点で20%以上の重量増となったが、梅雨期の高湿度環境下、堅塩が吸湿したものと考えられる。ただし、堅塩そのものには大きな変化はなかったが、土器の劣化が目立つようになり、堅塩が接する土器下半の外面と口縁部内外面の器壁が粉化して零れ落ちるようになった。さらに9月24日時点で再び堅塩の重量が低下し始めたが、土器の劣化がさらに進み、12月29日の段階で堅塩自体の形態、重量に大きな変化がなかったと考えられる一方、土器がさらに劣化し土器外面が著しく剥離したために重量の計測値が大きく減少した（写真12）。

生産塩の経過観察で得られた成果として、粗塩は高湿度環境下で潮解による液化が認められ、低湿度下で再結晶化したものの、保存性が低いことがわかった。土器や木製容器などに収めて保存した場合、すべて吸収され粗塩が失われることが考えられる。堅塩は湿度によって10～20%程度の重量変化が伴うが、肉眼観察では1年以上経過しても塩の形態が維持されているが、堅塩を入れた土器そのものが大きく傷むことが判明した。また、粗塩・堅塩ともに生成時に苦汁の滴下を試みたものとそうでないものがあるが、形態、重量変化の大差はなく、簡易的な苦汁除去では生産塩の物質変化に大きな影響がないものと考えられる。

表1 生産塩の重量変化

| 計測日 | 計測時間 | 温度(度) | 湿度(%) | 粗塩1重量 | 粗塩2重量 | 堅塩1重量 | 堅塩2重量 | 備考 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|--------|-------------------------|
| — | | | | | | 835.0g | 795.0g | 土器そのものの重量 |
| | | | | | | 1,080.0g | 995.0g | 焼塩前の重量、水分含む |
| | | | | | | 995.0g | 905.0g | 焼塩後の重量 |
| 2019.10.27 | 15:10 | - | - | - | - | 160.0g | 110.0g | 以下、塩のみの重量 |
| 2019.10.29 | 17:00 | 19.3 | 77.2 | 70.4g | 11.4g | 160.6g | 117.6g | 写真7、写真10 |
| 2019.11.01 | 8:30 | 18.1 | 69.5 | 70.4g | 11.4g | 155.8g | 116.6g | |
| 2019.11.13 | 8:40 | 17.9 | 51.5 | 70.0g | 11.3g | 143.8g | 110.7g | |
| 2019.11.22 | 8:00 | 14.3 | 60.4 | 64.8g | 9.7g | 142.0g | 109.5g | |
| 2019.12.06 | 12:00 | 19.5 | 39.8 | 55.1g | 8.9g | 140.7g | 108.2g | |
| 2019.12.25 | 8:30 | 11.0 | 55.1 | 54.9g | 8.9g | 142.2g | 89.8g | |
| 2020.01.08 | 8:15 | 12.8 | 79.5 | 54.8g | 8.9g | 144.1g | 111.4g | |
| 2020.02.14 | 10:30 | 16.0 | 66.6 | 54.6g | 9.0g | 143.2g | 110.6g | |
| 2020.02.28 | 16:40 | 16.4 | 37.4 | 54.3g | 8.7g | 140.5g | 108.7g | |
| 2020.03.13 | 11:10 | 17.9 | 41.8 | 54.4g | 8.9g | 141.5g | 109.7g | |
| 2020.05.13 | 15:00 | 19.0 | 76.7 | 54.5g | 9.0g | 148.0g | 117.3g | |
| 2020.05.24 | 15:15 | 20.7 | 69.8 | 55.1g | 9.4g | 154.8g | 126.0g | |
| 2020.06.07 | 9:00 | 21.8 | 73.3 | 54.6g | 9.0g | 155.6g | 126.5g | 写真8、写真11 8月にかけて粗塩が液化 |
| 2020.08.28 | 15:30 | 26.0 | 77.9 | 62.9g | 14.3g | 177.8g | 147.2g | |
| 2020.09.09 | 11:40 | 24.2 | 64.5 | 59.7g | 9.7g | 173.1g | 141.7g | |
| 2020.09.16 | 10:55 | 25.5 | 72.1 | 58.0g | 9.4g | 174.9g | 143.7g | |
| 2020.09.24 | 9:05 | 26.1 | 74.3 | 55.8g | 9.3g | 167.1g | 134.9g | |
| 2020.12.29 | 9:45 | 9.8 | 72.9 | 54.4g | 8.8g | 148.7g | 114.3g | 写真9、写真12 土器器壁が原形を留めず |



写真7 粗塩1実験2日後



写真8 粗塩1実験224日後



写真9 粗塩1実験427日後



写真10 堅塩1実験2日後



写真11 堅塩1実験224日後



写真12 堅塩1実験427日後

4. 土器製塩実験から考えられる古代若狭の塩生産

今回の土器製塩実験を通じて、平底土器で粗塩を、支脚を伴う丸底土器で堅塩を生産することが物理的に可能であることがあきらかとなった。また、以後の経過観察を通じて、粗塩は梅雨期の高湿度環境下で液化が顕著であるなど長期保存に向かない塩であり、二次加熱を加えた堅塩は少なくとも1年以上は大きな重量変化を伴うことなく固形塩として維持されており、長期保存に耐え得る可能性が高い塩であることも判明した。

このことを踏まえると、煎熬のみで得られた粗塩は馬場基氏が指摘する上質で長期保存に耐え得るとする若狭の貢納塩に相応しいとは言えず（馬場 2013）、粗塩に二次加熱を加えた塩が貢納塩であった可能性が十分に考えられる。

今回の実験を通じて、8～9世紀の若狭地方にみられる製塩土器のそれぞれの機能（用途）と生産塩の性質について一定の見通しを得た。今後は、若狭地方の発掘調査事例にその成果を落とし込むことで、例えば土器製塩遺跡の遺跡間分業の可能性についても議論することが可能になるものとする。

謝辞

福井県工業技術センター化学・繊維部 眞木教雄氏には模造製塩土器の製作・焼成時にご指導、ご助言を賜るとともに、ナイカイ塩業株式会社製塩部の皆様には塩全般についてご教示を賜りました。また、本稿をまとめるにあたって菱田哲郎先生、諫早直人先生のご指導を賜りました。記して感謝申し上げます。

引用・参考文献

- 久保智康「第2章 旧国別における手工業生産の様相 2 若狭・越前における古代手工業生産の様相」『北陸の古代手工業生産』北陸古代手工業生産史研究会、1989。
- 久保智康・本多達哉「4部 山陰～北陸 5 福井県（越前）」『日本土器製塩研究』青木書店、1994。
- 杉山拓己「環日本海文化交流史調査研究集会の記録 日本海域の土器製塩 発表概要 若狭湾沿岸の土器製塩」『石川県埋蔵文化財情報』第23号、財団法人石川県埋蔵文化財センター、2010。
- 田代弘「出現期の製塩土器支脚 一久美浜町こくばら野遺跡の製塩土器と出土遺構をめぐって」『京都府埋蔵文化財情報』第71号、財団法人京都府埋蔵文化財調査研究センター、1999。
- 馬場基「文献史料からみた古代の塩」『第16回古代官衙・集落研究会報告書 塩の生産・流通と官衙・集落』奈良文化財研究所、2013。
- 松葉竜司「若狭湾沿岸地域における土器製塩と塩の流通」『第16回古代官衙・集落研究会報告書 塩の生産・流通と官衙・集落』奈良文化財研究所、2013。
- 松葉竜司「若狭湾沿岸における「傾式」土器の再検討(1) - 「傾式」土器の年代観をめぐって -」『いにしへの河をのぼる - 古川登さん退職記念献呈考古学文集 -』、『いにしへの河をのぼる』制作委員会、2020。
- 森川昌和「若狭地方における製塩土器編年のまとめ」『福井県史』資料編13 考古、福井県、1986。