

## 論文

## 洪武大砲をめぐって

—明前期の火砲技術および制度の一断面—

鄭 巍 巍

## I はじめに

山西省芸術博物館の庭には、明洪武十年（1377）に製造された鑄鉄大砲<sup>1</sup>が展示されており、中国国内で発見された鑄鉄大砲の中で最も古いものとされている。周緯<sup>2</sup>、胡振祺<sup>3</sup>、ニーダム<sup>4</sup>は論文や著書の中で洪武大砲について紹介し、又王兆春は洪武大砲について「いままで出土された鑄鉄大砲のなかで、洪武大砲の右に出るものはないだろう」<sup>5</sup>、成東は「中国火砲史における初めての大型鉄砲である」、「中国大砲製造に関して新たな段階に入る契機である」、「世界においても最古の鑄鉄大砲だろう」<sup>6</sup>等、中国火砲史における洪武大砲の位置づけをしている。しかし、洪武大砲の製造背景、構造、特徴などに関する研究が十分に行われていないのが現状である。洪武大砲を小型火砲から大砲へ進化する境目として理解するならば、洪武大砲の製造背景や明代初期の火砲制度との関連など、さらに研究を深めて行く必要がある。

本稿では、主に出土火砲と文献資料に基づいて、実証的な研究方法により洪武大砲とその周辺、明代初期における大砲技術の発展と制度との相関関係、鑄鉄大砲の技術的限界について解明したい。

## II 実物としての洪武大砲とその周辺

洪武大砲について引用されている主な文献は、1982年《山西文物》に掲載された胡振祺の「明代鉄砲」という文である。同文において、洪武大砲に関する記述は下記の通りである。

洪武十年造“將軍砲”三尊

砲身短粗，双耳柄，三道箍・通長 100 厘米，口径長 21 厘米，耳柄長 16 厘米・尾長 10 厘米・砲口下兩縫間鑄有文字三行十七字，文爲“大明洪武十年丁巳季月吉日平陽衛造”・據『明史』記載：“自京師達於郡縣，皆立衛所”・在軍事上重要的地方設衛，次要的地方設所・明初大約有二百萬軍隊，都編置在衛所之中，大約 112 人編爲一個

百戸所、1120人編爲一個千戸所、5600人編爲一個衛・這三尊炮是洪武十年（公元1377年）平陽（今臨汾縣）衛的明軍鑄造的。<sup>7</sup>

以上の文から以下のデータがわかる。

- ① 現在出土した洪武大砲は三門である。（図1、図2を参考）
- ② 洪武大砲の寸法：長さ100cm、口径21cm、底部の厚さ10cmである。
- ③ 銘文がある：「大明洪武十年丁巳季月吉日平陽衛造」。（図3を参考）
- ④ 明初の軍隊における兵員数は約200万人であり、「衛」・「所」に編成されている<sup>8</sup>。
- ⑤ 山西平陽府には「平陽衛」<sup>9</sup>が設置されていた。
- ⑥ 洪武大砲が山西省平陽衛の明軍によって製造された。
- ⑦ 洪武大砲の製造日は「吉」の日が選ばれた。

ニーダムは『中国の科学と文明』に洪武大砲の写真を紹介した。

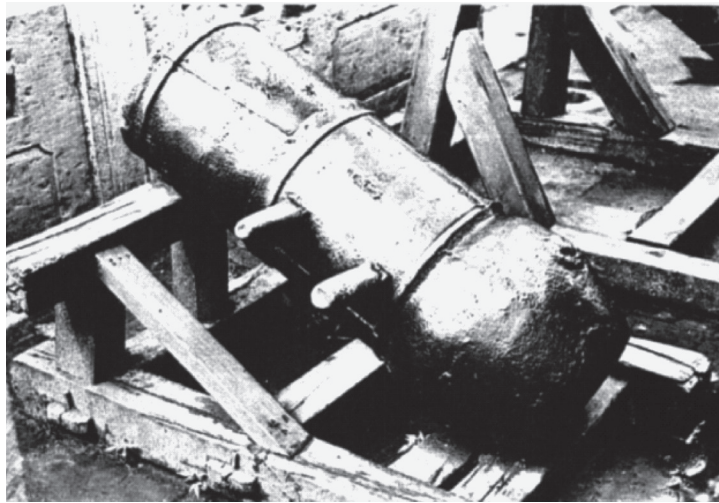


図1 洪武十年鑄鉄大砲 C (1377) (撮影：ニーダム)<sup>10</sup>

さらに、2011年3月の現地調の際、山西博物院において洪武大砲の詳細寸法に関する資料を得た。

表1 洪武大砲の詳細寸法および重量

洪武大砲	長さ cm	内径 cm	外径 cm	底径 cm	重量 Kg
洪武大砲 A	98	21.5	32	23	445.9
洪武大砲 B	100	21	32	25	443.5
洪武大砲 C	100	21	33	25	

上記のデータから、三門の洪武大砲は同じタイプであるものの、それぞれの長さ、内径、外径が多少異なっていることから、異なる鑄型で製造されたことが分かる。当時、ひとつの鑄型砂で作られたため一回のみの使用で廃棄せざるを得なかったため、完全に同じ寸法の火砲はなかったと言っても良いであろう。2011年3月、山西省太原市での現地調査の際、洪武大砲を観察する機会に恵まれ、三門それぞれの洪武大砲を撮影することができた。以下は、その写真である<sup>11</sup>。



洪武大砲 A

洪武大砲 B

洪武大砲 C

図 2 三門の洪武大砲それぞれの写真

### 1 洪武大砲の中に残されている弾丸

2011年3月の山西博物院における現地調査の際、一門の洪武大砲の中に、これまで誰も言及することのなかった弾丸が薬室の奥にあることに気が付いた(図4)。弾丸の材質<sup>12</sup>を探測する設備がなかったため、数名の博物院職員と共に目測した結果、石弾であると推量した。弾丸は薬室の奥にあり、これは、従来の碗口砲のように管に火薬を詰め、砲口から弾丸を発射する方式とは異なる。この点も重要だと考える。



図 3 洪武大砲 A の銘文



図 4 洪武大砲 A の中に残された弾丸

(写真：鄭巍巍 2011年3月 山西博物院にて)

## 2 洪武大砲の出土時期について

胡振祺の「明代鉄砲」の中に、洪武大砲およびその他十数門の大砲は、太原南城壁を取り壊す際に発見されたという記述がある。しかし詳しい年代については、未だ明らかになっていない。1957年周緯が洪武大砲について言及した記録があるが<sup>13</sup>、ニーダムの《Military Technology》の文献リストによると、最初に洪武大砲を提起した文献はREADの“The Early Casting of Iron”<sup>14</sup>であり(1934年)、写真も掲載されている。GOODRICH<sup>15</sup>は1931年10月5日、BISHOPと共に山西太原博物館にて洪武大砲を観察したことを書き残しており、Sartonは恐らく洪武大砲に関する最初の記録であろうと言われるBISHOPの日記を引用している<sup>16</sup>。以下がその日記の内容である。

On October 14, 1926, in Tai-Yuan, capital of Shansi province, went with K. Z. TUNG to Provincial Museum and saw among other things a very short and massive bombard with two pairs of trunnions, about eight inches bore and 3 feet in length and bearing a cast inscription to effect that it was cast in Shansi in the 10th year of Ming HUNG-WU (1378).<sup>17</sup>

BISHOPの日記が書かれたのは1926年10月である。この日記は洪武大砲に関する最も古い記録であるため、洪武大砲の出土時期は1926年10月以前であると考えても差し支ええないだろう。1930-40年代において、すでに西洋の考古学者らが洪武大砲に関心を持っていたのに対して、中国国内では1957年まで洪武大砲が研究対象として取り上げられることはなかった。

胡振祺の紹介によると、洪武大砲は太原市の南城壁を壊すときに発見されたのだが、それと同時期に他の明代初期の將軍砲、明末大將軍砲、紅夷大砲など十数門が発見された。洪武大砲は平陽衛で製造され、太原で発見されたものは、平陽衛で製造された大砲が太原の衛所を経て配布され、守城のため使用されたと思われる。

## 3 洪武大砲の製造地およびその地理的重要性

上記の内容からもわかるように、洪武大砲は平陽衛において製造されたものであり、図5は明における平陽府の地図を表している。《平陽府誌》<sup>18</sup>によると、兵器局<sup>19</sup>は平陽衛の中にあるが故に(図5に丸を示した位置)、洪武大砲は平陽衛にある兵器局で製造されたと思われる。しかし、具体的にだれがどのような状況において洪武大砲を製造したのかはもう確認することいままところ困難である。《平陽府誌》によると、平陽府の知府として洪武年間初年度に就任したのは、浙

江勤県出身の謝瑩である。洪武五年以降に就任したのは、徐本、陳敏道である。十二年以降に就任したのは、王簡夫、徐譯、孫仲昱である<sup>20</sup>。洪武年間臨汾県の歴代の知県は丁憲、毕文煥、焦士廉であり<sup>21</sup>、洪武大砲の製造は多かれ少かれこれらの人々と密接に関係するのではないかと思われる。

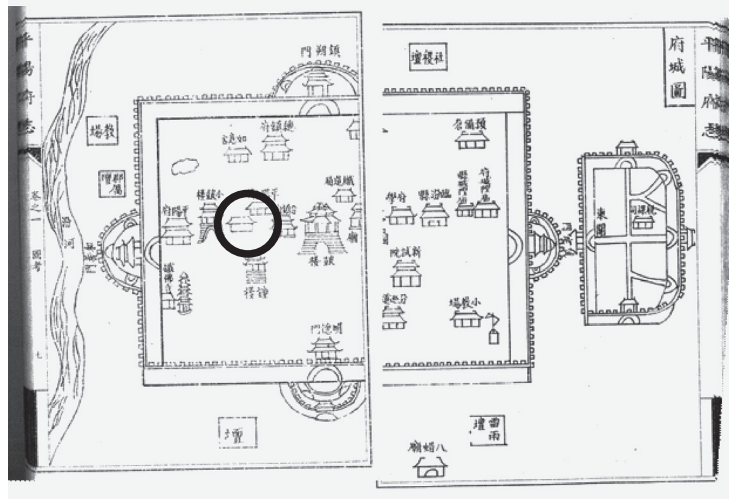


図5 府城圖<sup>22</sup>

ところで、洪武大砲が平陽府で製造されたのには、その豊富な鉄鉱埋蔵量と密接に関係している。史書によると、洪武7年(1374年)平陽府には、富国と豊国の二カ所に精錬所があり、当時全国に13あった精錬所の内、15.4%の生産量を占めていた<sup>23</sup>。《天工開物》によれば、「燕京、遵化與山西平陽則皆砂鐵之藪也。凡砂鐵，一抛土膜即現其形，取來淘洗。入爐煎煉，融化之後與錠鐵無二也」<sup>24</sup>と記載されている。《平陽府誌》にも「鉄一臨汾、洪洞、卿寧俱有冶坑」<sup>25</sup>とある。要するに平陽府の豊富な自然資源は洪武大砲が製造できる基礎的な条件だった。

では、山西と平陽府はどのような地理的位置にあったのか。顧成禹によると、明代初頭、漠北を基盤とするモンゴル族の武装集団(元軍の残存部隊)は、明にとって最大の脅威であった。朱元璋は南京を都にしたのも彼らからの攻撃を避けるためであった。明成祖は嘉靖の変をきっかけに、都を北京へ遷移、「皇帝守邊」の策を取った。このことから、山西省は北京を守る重要な軍事要地であったと言える。顧成禹は山西省の地理についてこのように述べる。

山西之形勢最爲完固。關中之外，吾必首及山西。蓋語其東則太行爲之屏障，其西則大河爲之襟帶，於北則大漠、陰山爲之外蔽，而勾注、雁門爲之内險，於南則首陽、底柱、析城、王屋諸山濱河而錯峙，又南則孟津、潼關皆吾門戶也。汾、澮縈流於右，

漳、沁包絡於左，原隰可以灌注，漕粟可以轉輸矣。且夫越臨晉，泝龍門，則涇、渭之間可折箠而下也。出天井，下壺關，邯鄲、井陘而東不可以惟吾所向乎？是故天下之形勢必有取山西也。<sup>26</sup>

平陽府は悠久の歴史を持つ古都であり、《文献通考》によると、「晉州古堯舜之都、所謂平陽也」、「見秦漢以來，爲國、爲郡、爲鎮、爲州、爲道、爲軍」、<sup>27</sup>「三晉<sup>28</sup>爲神京右臂，而平陽又爲三晉要冲」<sup>29</sup>とある。このように、平陽衛で火砲を製造するもうひとつの要因として、山西と平陽府の地理的位置が戦略的に重要であったからだと考えられる。

現在、臨汾市の古城公園には、昔の平陽府を再現する模型が展示してあり、以下参考までに紹介したい（図6、図7）。



図6 明における平陽府の再現模型（撮影：鄭巍巍、2011年8月臨汾）



図7 壁に囲まれた部分は兵陽衛である（撮影：鄭巍巍、2011年8月臨汾）

### III 鑄造技術の視点における洪武大砲の位置とその背景

#### 1 ヨーロッパ早期大砲との比較

本節では、大砲鑄造技術の視点から世界火砲史における洪武大砲の位置づけを試みたい。筆者は2011年の3月と8月、山西芸術博物館で洪武大砲を調査した際、大砲表面に鑄型の模線があることを発見した。これは洪武大砲が鑄造されたものであることを示す印であり、大砲の鑄型は三段に分けて組み合わされたものであった。そのことから、洪武大砲は鑄造されたものであることが明らかとなった。ダンツィヒ博物館が所蔵する14世紀の鉄大砲は、ヨーロッパで現存する最古の鉄砲と言われている。しかし、銘文が付いてないため、詳しい年代は不明なままである。この大砲は14世紀において西洋の代表的な鉄大砲であると思われ、鍊鉄条をもって組立て、箍を嵌めて作られていたものである。しかし、鑄造技術の視点からみれば西洋の大砲に比べ洪武大砲は遥かに進んでいる。Clayton Bredtも中国の早期鑄鉄大砲は同時期ヨーロッパのものより優れていたと指摘している。<sup>30</sup>

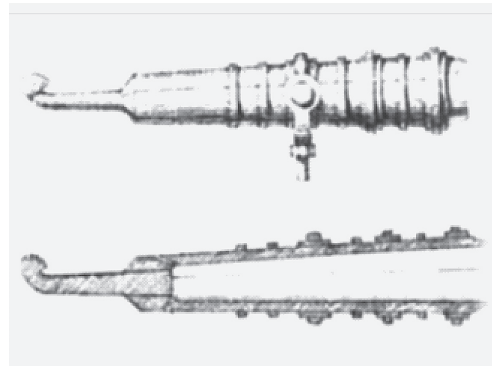


図8（左）洪武大砲の鑄型模線を示す

（撮影：鄭巍巍 2011年3月山西芸術博物館にて）

図9（右）14世紀ヨーロッパ最古の鉄大砲（ダンツィヒ博物館所蔵）<sup>31</sup>

ヨーロッパにおいて、14世紀後期に鑄鉄砲を製造したという記録<sup>32</sup>が残されており、Sartonもそれについて取り上げたことがある。しかし、Sartonの紹介した鑄鉄砲の寸法を見るかぎりでは、いずれも小型火砲であり、洪武大砲の内径100mmより遥かに小さいものであった。考古学の発達につれ、これから新しい発見があるかもしれないが、少なくとも、現時点においては、洪武大砲は中国に限らず世界においても最古の鑄鉄大砲であることといえるだろう。

表2 ヨーロッパ早期の鑄造火砲<sup>33</sup>

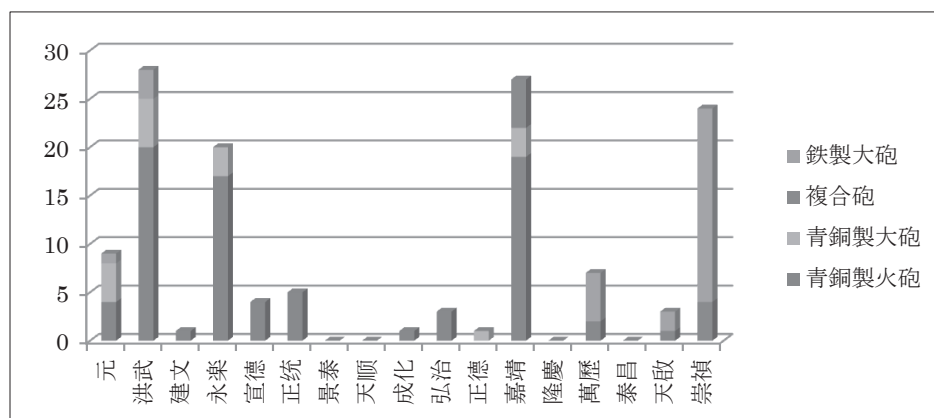
年代	1380	1380	1395	1410
所蔵	Bern Museum	Forrer	Germ. Mus.	Blel
重量 kg.	4.25	3.75		
内径 mm.:	30	30	35	17
材質	Iron	Iron	Bronze	Bronze
長さ mm.:	185	167	480	444
製造地	Switzerland		Hessen	Memel

以上、洪武大砲およびその周辺、火砲史における位置づけについて述べた。引き続き洪武大砲はどのような背景において製造されたのか、または、明代初期において火砲製造の管理や制度は火砲技術の発展に対してどのような影響があったのかについて述べたい。

## 2 明代初期における鑄鉄大砲の製造

洪武大砲は最古の鑄鉄大砲として、火砲技術史において重要な位置を占めている。本節では、現在発見されている在銘火砲と無銘火砲に基づいて、明代初期にどのような背景において鑄鉄大砲の製造が始まったのか、その後どのように変化を遂げたのかを考察したい。

考古学の進展につれ、元代末期から明時代にかけてに作られた在銘火砲<sup>34</sup>が数多く発見された<sup>35</sup>。例えば元大徳二年（1298）青銅製火銃、元至順三年青銅製蓋口砲（1332）、明洪武十年青銅製火銃（1377）などが挙げられる。ここでは、現在までに調べた出土火砲（ここから文末までの火砲という言葉は、火銃、蓋口砲、大砲の総称とする）の種類、材質の視点から元、明時代の出土火砲を分類してみる。

図10 材質・種類別在銘火砲の分布 (グラフ: 鄭巍巍)<sup>36</sup>



このグラフを見ると、元から明嘉靖年間までは青銅製火砲・大砲が主流になり、1338年の盞口砲<sup>37</sup>と洪武大砲を製造する試みも見られる。永楽年間においては青銅製永楽火銃と大砲しかなく、景泰、天順年間の在銘火砲は現在まで出土例がない。嘉靖年間から、西洋火砲技術の伝来とともに、青銅と鉄の複合構造仏郎機<sup>38</sup>が現れ、崇禎に至っては、紅夷鑄鉄大砲、複合構造の鑄鉄大砲および大將軍砲が主流になった。こうした背景には、明代後期に西洋火砲技術の影響を受け、火砲材質が青銅から鑄鉄へ移り変わったことがある<sup>39</sup>。

引き続き、図10における火砲材質の変化をみたい。元代から明洪武年間青銅製の割合が多く、洪武大砲のような鑄鉄大砲も生まれた。しかし、永楽から正徳年間までは、洪武大砲のような鑄鉄在銘大砲が見られず、青銅製が主流であった。また、景泰年間から天順年間までの、出土火砲は発見されなかった。しかし、明会典によると、弘治以前からの定められた例によれば、「軍器鞍二局三年一造・碗口銅銃三千個・手把銅銃三千把碗口銅銃三千」<sup>40</sup>とあることから、毎年規定された数量の青銅製火砲が製造されていたことがわかった。嘉靖年間から、青銅製と鑄鉄の複合構造大砲を製造し始め、明会典の記録によると、嘉靖25年四眼鑄鉄砲、嘉靖40年に佛郎機を製造した<sup>41</sup>とある。ゆえに、嘉靖において鑄鉄大砲を製造する傾向が強まり、崇禎年間に至っては、鑄鉄大砲が最高潮になっていた。明初頭から明末にかけて、出土鑄鉄在銘火砲は製造されてから、一時期をのぞいて、鑄鉄砲が主流となる時代を迎えたといえる。

以上は在銘出土火砲の年代、材質別分布を説明したが。実は在銘火砲が発見されたのと同時に、無銘火砲も発見されている。例えば、「青銅製火銃181支、青銅製碗口砲7門、青銅製大砲6門・鑄鉄碗口砲1門、鑄鉄火銃27支」<sup>42</sup>、鎮江鑄鉄大砲などが挙げられる。しかし、殆どの無銘大砲はいまだ研究されていない。製造年代が確認できていないことに関しては、鎮江鑄鉄大砲については歴史学者により大

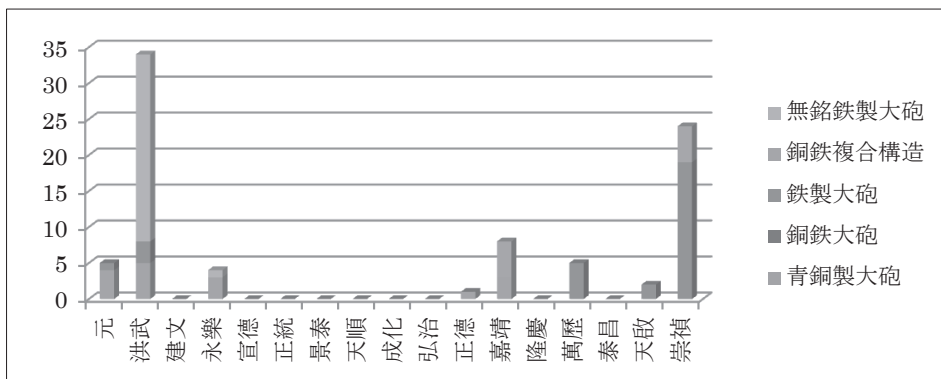


図11 材質別出土在銘・無銘大砲の分布

砲の構造や出土の場所、背景から明代初頭の洪武年代のものではないか推測されている<sup>43</sup>。これらの無銘大砲を入れて、大砲のみのグラフを図11のように作ってみた。グラフで示したように、洪武年間において多くの鑄鉄大砲が製造された傾向が見られ、鑄鉄大砲製造の最初のピークが形成していたと言えるだろう。明時代末期において第二の鑄鉄大砲の波が現れた。

ここで関心を引くのは、洪武大砲を含めた鑄鉄大砲製造の第一の波はどのように形成されたのか、そしてそれは、明代初期の制度と関係するのだからである。

### 3 鑄鉄大砲の製造と制度の関係

明史において「明以武功定天下・革元舊制・自京師達於郡縣・皆立衛所。」<sup>44</sup>とあり、明代初期において衛所を設立するようになり、膨大な軍需が必要となった。『明太祖実録』の記載によると、「凡軍一百戸、銃十、刀牌二十、弓箭三十、鎗四十」<sup>45</sup>とあり、1393年時点で全国に都司17、留守司1、内外衛329、守御千戸所65<sup>46</sup>、それにともない総兵力は180万人であるため、これぐらいの兵員数が装備するのに必要な火砲の数量は約18万本であると推定される。それほど大量の火砲を中央製造機構の宝源局だけで製造するのは難しい状況である。そのため、地方の衛所に指示する通りの火砲を作ってもらうことになった。当時の衛所は二種類があった。一種類は自分の衛所に必要な火器を製造するのみならず、明廷の指示に従って他の駐在軍隊への必要な数量の火砲も製造し、配布する。南昌左衛、袁州衛、永寧衛、平陽衛、鳳陽府、永樂府はその例である。もう一種類は、火砲を製造しない、必要な火砲は朝廷から配布される。在京の威武衛、水軍左衛はその例である<sup>47</sup>。こ

表3 明初在銘火砲の銘文から読む<sup>49</sup>

年代	件数	製造地	材質	注
1372-1375 (洪武五年～八年)	9	宝源局	青銅	火銃
1377～1379 (洪武十年～十二年)	31	鳳陽行府、鳳陽府、安陸衛、南昌左衛、威武衛、杭州護衛、水渾左衛、虎賁左衛、虎賁衛、渡竟衛、金陵衛、鳳陽府軍司、袁州衛軍器局、風陽懷遠衛、吉安守禦千戸所監局、監造鎮撫	青銅	火銃
1377、1378、1385 (洪武十年、十一年、十八年)	5	鳳陽府、横海衛、永寧衛局、永平府、平陽衛	青銅 鑄鉄	大砲
1400 (建文二年)	1	留守中衛	青銅	

のように、中央のみの火砲製造量では全国の需要を満たすことができなかつたため、各地の衛所で火器を製造するようになったのである。

では、出土した在銘火砲の銘文からこれに関してなにか情報があるのか。成東の「明代前期有銘火銃初探」<sup>48</sup>において、出土した洪武年間の火砲リストおよび各火砲の銘文が紹介されている。ここで、火砲の銘文において火砲の製造地関連する情報を表3のようにまとめてみた。

表3によると、洪武五年から八年の9件の火砲は宝源局<sup>50</sup>によって製造されたことに対して、洪武十年から十八年(1377—1385)の36件の火砲は各地の21衛所によって製造された。従って、洪武十年から、明における火砲製造の任務は、中央から地方の各衛所に移譲され、地方の衛所で火砲が作られるようになったと思われる。

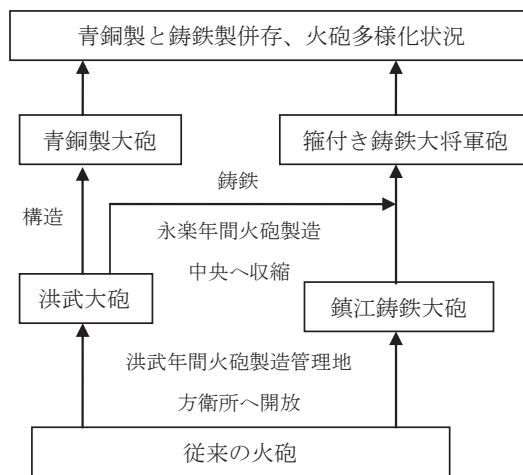
では、その火砲製造を地方へ移譲したことは、鑄鉄大砲の製造とどのような関係があるのか。それに答えるために、洪武十年前と十年後の火砲の材質と規格を見る必要がある。洪武十年以前の出土火砲は、全部青銅製である。しかも、火銃の場合は口径2cm前後、長さ44cm前後である。これは、宝源局の火砲製造規格と考えてよい。洪武十年から十八年に製造された31の青銅製火銃は、ほぼ口径2cm、長さ44cmであり、しかも銘文もほぼ同じ形式であるため、これらの火銃は洪武十年前の火銃と同様な規格に従って製造されたものと思われる<sup>51</sup>。つまり、火砲製造の任務は地方の衛所へ移譲されたとはいえ、決められた基準と規格に製造することが要求されていたのである。

しかし、そのなかに洪武大砲のような例外もあった。洪武大砲の材質は鑄鉄であり、従来の青銅とは異なる。また、口径は21cm、長さ100cmであり、従来の火銃よりは遥かに大きく、さらに、第1節で述べたように、洪武大砲の弾丸の発射方式も近代的になってきたのである。つまり、洪武大砲は火砲製造が中央から地方へ移譲されたという背景において製造された初めての大型大砲であり、従来の火銃と比べ、一種の火砲技術のイノベーションが起きたとも言える。洪武年間の開放政策下で、従来の青銅火砲と異なる鑄鉄大砲の試作を試みようとの空間を地方の衛所に与えたと思われる。洪武大砲はこの背景に生まれた技術イノベーションの代表的な作品であったのである。

しかしその後、洪武大砲あまり発見されることはなかつた。これは、単なる考古学の問題なのか、あるいは何かの原因で洪武大砲の製造が持続することが困難になったのか。

#### IV 洪武大砲の結末と明代鑄鉄大砲の技術的境界

出土火砲のデータに基づいて得た結論から言えば、洪武大砲の技術は枝分かれして発展したという仮説を立てることができる。一つ目は、洪武大砲の構造を保ったまま、材質だけが鑄鉄から青銅製に変わり、青銅製洪武大砲を製造することになったというもの。二つ目は、鑄鉄材質という点を活かし、構造的には大將軍砲のような砲体に箍を加える構造に変えたものである。これは、図面で表すと、下記のようなになる。



では、次にこのような状況になった経緯を説明していきたい。

##### 1 鑄鉄から青銅製材質へ戻る

元において火砲が発明されてから、材質は火砲技術発展において常に悩みの種であった。火砲製造には青銅製が最適とされていたことは文献にしばしば見られる。例えば、「鑄炮以銅爲最、生鐵次之。銅者可久、鐵者不可久。其說如此。筒長六尺厚三寸、口闊八寸、底狹十分之一。若生鐵鑄、其筒加厚一寸、計厚四寸」<sup>52</sup>とあり、青銅が大砲製造に最適な材料であることを表している。同じ内径の鑄鉄大砲を製造する際、青銅製より肉厚を大きくする方法をとっていたが、青銅の値段が鑄鉄の三倍も高かったため鑄鉄を用いることになったと考えられる。これは、鑄鉄で大砲を製造する試みをした要因のひとつと考えられる。

鑄鉄大砲の問題として一番考えられるのは、鑄鉄の品質である。早期の鑄鉄大砲は品質が脆いので破裂するケースが多く、洪武大砲と同時期に製造された鎮江鑄鉄大砲の場合、出土 23 門の内、破裂した大砲は数門もあった、図 12 に示し

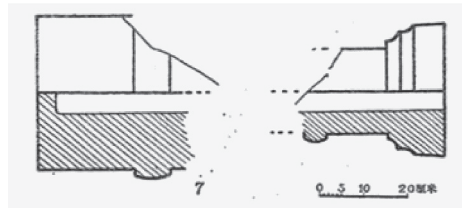


図 12 鎮江出土の明の鑄鉄大砲

た破損大砲はその一例であり、鎮江大砲の例は、永楽年間に明成祖が青銅製火砲を大量製造した理由を一側面から語っているように思われる。

明末の時点においても火砲破裂に関する記録が数多く見られる。「佛郎機、三眼等大小砲位、炸裂極多、悉不敢用」<sup>53</sup>。また、弘治年間、陝西巡撫楊一清が要塞を視察したとき、兵士達に大將軍砲を発砲して見させるよう命じたが、兵士たちは怪我するのが恐ろしくてできないといった、という。「總兵張安輩皆懼、謂恐傷人」<sup>54</sup>。鑄鉄大砲が破裂する場合、破片が砕け散るため、周囲にいる者が怪我をすることが多い。兵士たちが発砲を恐れたのは恐らくこのためだと考えられる。明代初期において、鑄鉄大砲の品質改良が行き詰まり、その結果洪武大砲を青銅製に換えたのではないか。『兵録』巻十二の記載によると、成化元年(1465年)明廷軍器製造機構によって各種類の青銅製大砲が量産されていたことがわかった。以下の文献において、大將軍砲が明の天順、成化年間において量産されたことを記載してある。

火器之大者莫過於大將軍銃，身一百五十觔，以一千觔銅母裝發，如佛郎機樣。葉公夢熊改銃身為二百五十觔，其長兩倍之，得六呎，不用銅母，徑置滾車上發之，可及八百弓。內大鉛彈七觔爲公彈。次者三觔爲子彈。又次者一觔爲孫彈。三錢二錢者二百爲群孫彈，名之曰公領孫。尙以鐵磁片用斑毛毒藥煮過者佐之，共重二十觔。此一發勢如霹靂，可傷人馬數百。若沿邊以千萬架而習熟之，處處皆置，人人能放，則所向無敵，真火器絕技也。初疑其重，若運以車，登高涉遠夷險皆宜。

國朝天順六年，造兵車一千二百輛，各有載大銅銃車。成化元年，造各樣大將軍三百箇，載砲車五百輛，皆善用中國之長以制擄，此上策也。<sup>55</sup>

正徳六年青銅製大砲がこの時期に製造された大砲の出土例であると思われ、青銅製大砲のほか、永楽火銃も大量に製造されたと見られる。永楽以来、火銃は管理しやすいため、特定の文字に番号を付け管理することになった。「天」、「奇」、「武」、「英」、「功」、「勝」、「神」などの文字があり、現在までに発見された火砲のそれぞれの最大番号は、「奇」は12046、「天」98612、「英」15034、「功」

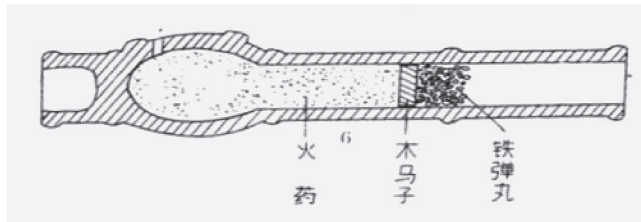


図 13 永楽十三年「奇」字号青銅製火銃<sup>57</sup>

18568、「勝」12775 などである<sup>56</sup>。これらの数字から当時の青銅製火砲生産量の規模を推測することができ、これらは永楽において火砲材質を青銅製にする傾向を示す。図 13 は永楽年間に大量製造された永楽火銃の構造を示しているのである。

では、永楽年間から火砲製造管理は洪武年間と比べ、どのように変わったのか。またその変化は洪武大砲の製造とどのように関連するのかについて論じる。

表 4 永楽～崇禎 出土火砲・大砲の銘文分析

年代	件数	製造地	材質
1409-1423 (永楽 7～21)	20	年号、火砲製造番号、製造時期	青銅製
1426 (宣徳元年)	4	年号、火砲製造番号、製造時期	青銅製
1436-1444 (正統元年～9年)	5	年号、火砲製造番号、製造時期	青銅製
1465-1487 (成化年間)	1	年号、火砲製造番号、製造時期	青銅製 1
1496 (弘治 9年)	3	年号、火砲製造番号、製造時期	青銅製 3
1530-1545 (嘉靖 9年～24年)	19	年号、火砲製造番号、製造時期 (重量、製造者名を入れる場合がある)	青銅製 14、 複合構造 5
1574-1594 (万暦 2年～22年)	7	(火砲製造の使い道)、 製造番号、年代、責任者、製造者	青銅製 1 鑄鉄 6
1622-1625 (天啓 二年～五年)	3	年号、火砲製造番号、製造時期	青銅製 1、 鑄鉄 2
1633-1641 (崇禎 六年～十四年)	21	年号、火砲製造番号、製造時期 (目的、責任者、製造者、重さなど 詳しく書くケースも数例ある)	全部鑄鉄製

永楽年間から、火砲製造は軍器局、兵杖局と南京兵杖局にて共通の規格に従って製造されるようになり、製造は一時地方への広がりを見せるが、また中央へと範囲が収まる傾向をみせている。表 4 で示したように、洪武年間火砲の銘文が豊富に記載されていたのに対して、永楽以後火砲の銘文は、年号、製品番号、製造地のみ記載する形となった。明成祖から中央政府による火砲製造管理の徹底を図ったことは、銘文形式の変化からも明らかである。

では、この火砲製造管理の変化は洪武大砲とどのように関連しているのか。洪武大砲は洪武年間に火砲製造権利を地方へ開放した期間に製造されたのだが、永楽年間から火砲製造を再び中央だけに制限した。その際火砲の規格と材質は決められており、地方で製造された洪武大砲は品質が原因で鑄鉄大砲として採用されなかった可能性がある。しかし一方で、洪武大砲の構造は当時革新的であったため、材質を青銅製に換えて製造するようになったのではないのかも推測することができる。正徳六年青銅製大砲がこの時期に製造された大砲の出土例である。正徳大砲の構造は、洪武大砲と酷似しており、口径 22cm、長さ 81cm であり<sup>58</sup>、洪武大砲より少し太くて短い、材質は青銅製になっている。

このように鑄鉄の材質問題および永楽以来の火砲製造中央への集約によって、洪武大砲の製造は続けられず、青銅製大砲及び永楽火銃などが大量に製造されるようになったのである。

## 2 鑄鉄の箍付き大將軍砲へ定着

一方で鑄鉄大砲を製造する試みが中断することはなかった。それは、強度を強くするため構造的に箍付き大將軍砲へと変化したという仮説を立てて説明したい。

上記の図 11 で示したように、洪武年間において、洪武大砲のほか、無銘の鑄鉄大砲も製造されていた。例えば、山西省で出土した無銘鑄鉄大砲牛腿砲、竹節砲（図 14）、鎮江大將軍鉄砲（図 15）が挙げられる。これらの鑄鉄大砲は洪武



明牛腿砲



明竹節砲

図 14 明初の無銘鑄鉄大砲（撮影：鄭巍巍、2011 年 3 月 中国軍事博物館）

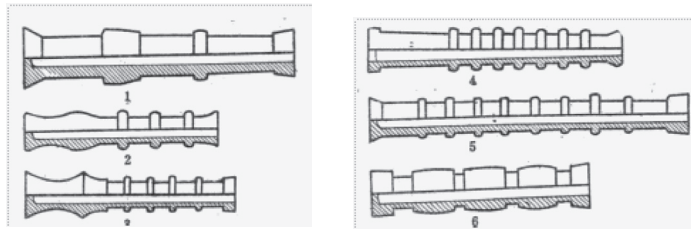


図 15 大将軍砲の構造<sup>59</sup>

大砲と共に明代初期の鑄鉄大砲技術を研究する上で重要な資料である。その後の出土鑄鉄大砲を調べた結果によると、鎮江大将軍大砲の構造は清末までによく見られた。山西の牛腿砲、竹節砲と鎮江大砲明後期の大将軍砲の雛型であると考えられる。

大将軍砲の特徴は本体に数個の箍があることである。中国の最初の大砲が太い竹の筒で作られていたため、それを真似していたと思われる。後に大砲の強度をより強くするために意識的に付けられたことが考えられる。では、このような構造は洪武大砲より優れているのか。これを確認するため、立命館工学部機械工学研究科の張聖徳博士と共同研究を行い、有限要素法（FEM：Finite Element Method）解析より洪武大砲と大将軍砲を発射する際の条件をシミュレーションし、大砲の応力分布を比較する試みをしてみた<sup>60</sup>。解析の前提条件としては①熱

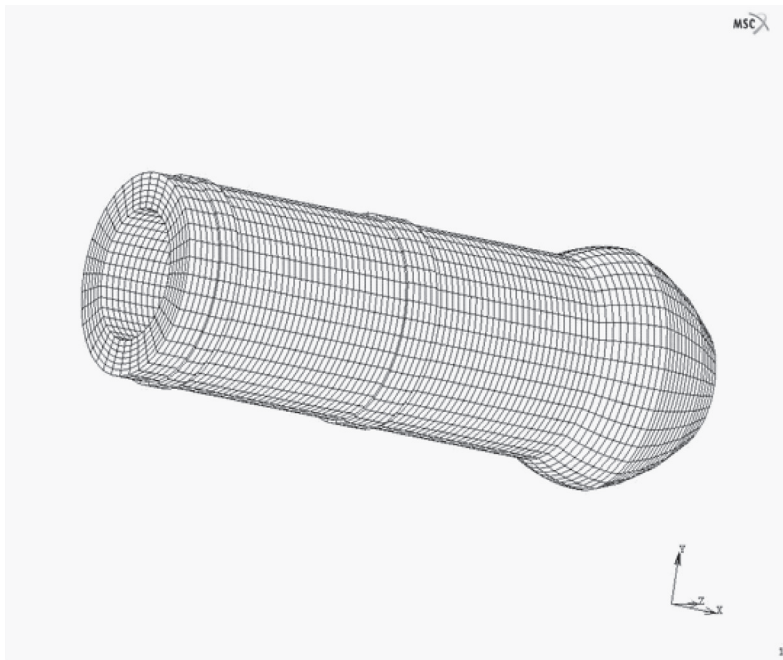


図 16 洪武大砲の 3D 図



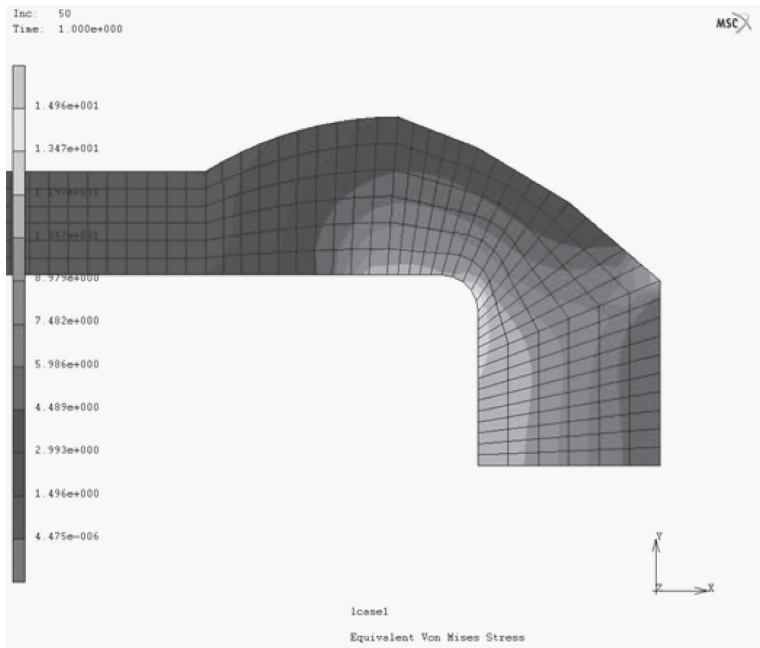


図 17 洪武大砲の応力分布図

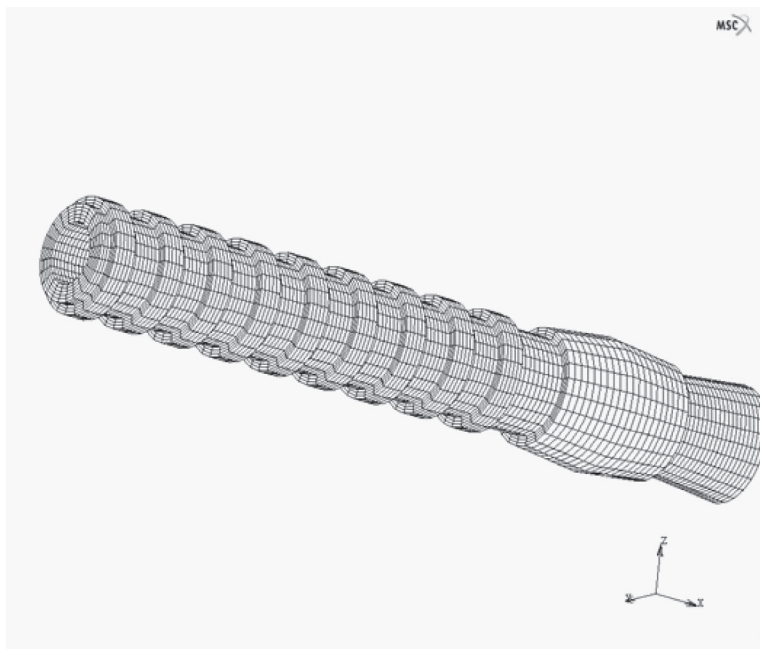


図 18 大將軍砲の 3D 図<sup>64</sup>

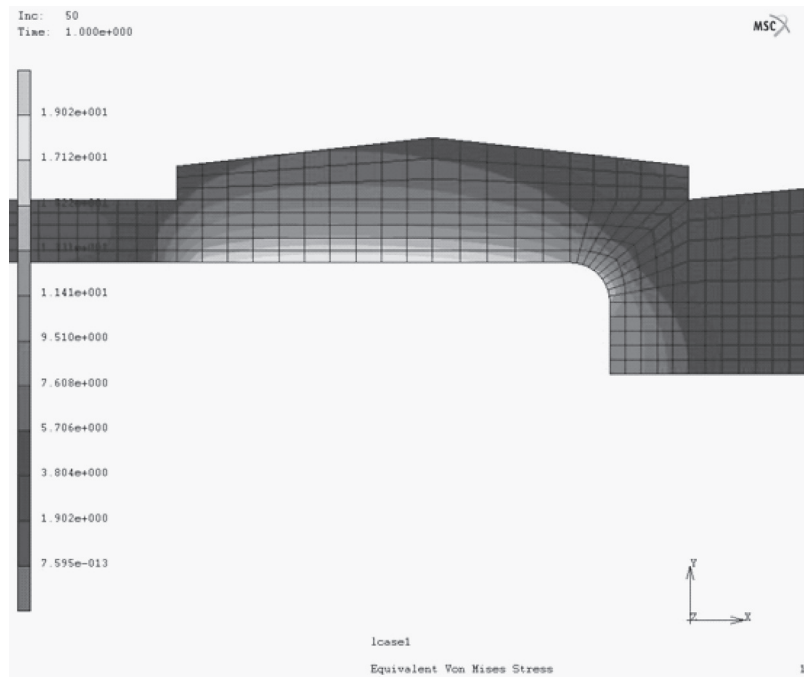


図 19 大將軍砲の応力分布図

応力を考慮せず、単純な応力計算とする；②火薬爆発による圧力は 84 気圧とする<sup>61</sup>；③大砲の材質は同じくねずみ銑<sup>62</sup>とする；④金属の成分は炭素 3.8%、硅素 0.14%、マンガン 0.33%、硫黄 0.012%、磷 0.105%<sup>63</sup>とする。④ FEM 解析応力は砲が受ける絶対応力ではなく、あくまで洪武大砲と大將軍砲の応力分布を比較するための相対応力である。

計算結果から見ると、洪武大砲の場合、薬室部に応力が集中し、少ない回数で破裂する可能性がある。これは洪武大砲が後に製造されなくなった原因なのではないかと推測される。それに対して、大將軍砲は底部の肉厚を厚くしたため、安定性が洪武大砲より改善されている点は評価に値する。しかし、大將軍砲の応力分布から見れば、薬室から離れるほど、弾走部に均等的に設置している箍の意味はあまりないことがわかった。その箍について、明代の文献にある表現を借りると、「重さが増えるばかりで実用性がない（「舊制大將軍砲周圍鐵箍，徒增斤兩，無益實用，點放亦不准。」<sup>65</sup>）」とあり、その通りだと思われる。大砲の品質を心配する兵士たちに対してその箍は心理的に安心感を与えるために付けられたのであろうか。明末において西洋大砲技術が伝来されるまで、明における鑄鉄大砲技術は大將軍砲レベルの留まっていたようだ。

### 3 明時代大砲の技術革新の問題をめぐる

以上で述べたように、明初において鑄鉄大砲の品質問題に対して、材質を青銅に代える方法と構造を変える方法の二つの解決策を取った。しかし、この二種類の対策はいずれも一時的な対応方法であり、鑄鉄の品質改善に繋がらず、ただ速効性を求める方法の一つにすぎなかった。

大砲の構造については、明において西洋の大砲技術が伝来されるまでに大將軍砲のレベルに留まった一方で、ヨーロッパでは1543年ヘンリー八世の鑄物大砲が製造された。このことから東西における大砲技術発展の差が大きく開いていくようになったと思われる。16世紀において、東西とも大砲の青銅製と鑄鉄が併存した火砲の多様化傾向がみられた。明において、西洋技術が伝来するまで、自らこの多様化している状況から脱することができなかった。一方、ヨーロッパにおいて、大砲はシリーズ化される方向へ発展していたのである。大砲の弾走部は長くなり、口径が小さくなった。これによってずっと大きな推進力が確保され、大きく進歩した<sup>66</sup>。このような構造に基づいて、やがて、1598年、Capobiancoによって大砲構造の設計に関する理論著作まで出版されたのである<sup>67</sup>。中国の儒家はこの構造比例理論を「模数」と呼ぶ。模数とは、口径を基準に砲身の長さ、各部分の肉厚を決める理論である。この理論によると、砲身と口径の比例は18～28の間にあるとき、射程が一番大きいのである。17世紀のヨーロッパにおける大砲のシリーズ化を形成した潜在要素としてはこの構造理論があったからである。この理論により技術発展の方向性が定まり、技術発展の推進力となった。しかし、明において実際の経験に従って大將軍砲の構造改善もみられたが、理論的なレベルまでに引き上げることなく、経験的な段階で留まっていた。胡維佳氏の言ったように、「中国は大砲製造の経験から模数の概念が生まれなかった」<sup>68</sup>。「模数」理論は16世紀において東西における大砲構造技術の差が生まれる分岐点であった。

次は、鑄鉄品質について明における技術の限度、および東西における技術の分岐点を考えてみたい。火砲が発明されてから、鑄鉄の品質問題は常に大砲技術発展の際に直面した最も難関的な問題であった。元末明初に青銅製火砲が主流となる時代は、「兵器の第二の青銅時代」<sup>69</sup>と呼ばれている。李弘祺氏は中国早期の火砲の材質はなぜ青銅製なのかについて詳しく論述し、「鑄鉄の品質問題、特に硫黄含有量が高いため、火砲の破裂が原因で青銅製に戻った」という<sup>70</sup>。炭素含有量と硫黄含有量をコントロールすることは、鑄鉄技術における悩みの種であった。明代には鑄鉄の品質を改善する多様な試みが行われていたようである。唐順之(明)著作『武編』において、明において使われる雑質や炭層含有量を減らす

ために具体的な方法を下記のように述べている。

鐵有生鐵有熟鐵，鋼有生鋼有熟鋼。生鐵出廣東福建，火熔則化。如金銀銅錫之流走。今人鼓鑄以爲鍋鼎之類是也。出自廣者精，出自福者粗，故售廣鐵則加價，售福鐵則減價。熟鐵出福建温州等處，至雲南山西四川亦皆有之。聞出山西及四川瀘洲者甚精，然南人實罕用之，不能知其悉。熟鐵多漢滓，入火則化。如豆渣不流走，冶工以竹夾夾出，以木捶捶使成塊，或以竹刀就鑪中畫而開之。今人用以造刀銃器皿之類是也。其名有三，一方鐵，二把鐵，三條鐵。用有精粗，原出一種。鐵工作用，以泥漿淬之，入火極熟，糞出，即以鐵捶捶之，則渣滓瀉而淨。鐵合，初煉色白而聲濁，久煉則色青而聲清。然兩地之鐵百煉百折，雖千斤亦不能存分兩也……以生鐵合熟鐵鍊成，或以熟鐵片夾廣鐵，鍋涂泥，入火而團之。或以生鐵與熟鐵并鑄，待其極熟，生鐵欲流，則以生鐵於熟鐵上，擦而入之。此鋼合二鐵，兩經鑄煉之手，復合爲一。少沙土糞滓，故凡工煉之爲易也。人謂久鍊則生鐵去而熟鐵存，其性柔。類似不然。蓋生鐵雖百鑄，所折甚少。熟鐵每一鑄所折甚多。其去其存不知其孰多而孰少也。人有謂團鋼久鋼則脆與性柔之說。相反，此而鋼久鍊之，其形質細膩，其聲清甚。若鐵之久鍊者，聲雖清，然不及鋼也。一先將毛鐵逐塊下爐入，火侯微紅時，鉗出，用稻草灰拌鐵身，却入爐，大火扇透紅發值時，鐵花飛冒之際，鉗出，鎚成板子，就以鋼鑿鑿縱橫深紋於其上，俱隔分數，如此三遍。初次一鍊一，二次二合一，三次四合一。<sup>71</sup>

このように、早い時期から経験に基づいた炭素含有量のコントロール方法を模索していたことで一定の効果が見られたが、それは経験的なレベルに留まっていた。また、異なる地域の鉄鉱の品質や職人の経験が多様であったため、鑄鉄の品質にも大きく影響し、安定した鑄鉄生産量を維持できるような革新までには至らなかった。

一方、石炭に硫黄含有量が高いため、石炭から再び木炭を使用するようになっており、趙士楨（1553～1611、明の火器研究家）は『神器雜說三十一條』の中で、銃を製造する際には、福建省の鉄が評価されていたことを以下のように述べている。

制銃須用閩鐵，他鐵性燥，不可用。煉鐵，炭火爲上，北方炭貴。不得已以煤火爲之，故迸炸常多。<sup>72</sup>

鍊鉄する際、木炭が良いが北では木炭が高価であったため、仕方なく代わりに石炭を使用した結果、（鑄鉄の硫黄含有量が高くなり、材質が脆くなったため一鄭注）、破裂事故が多発した。木炭で鍊鉄することを最良の方法だと考えられて

いたが、北方の木炭不足が、石炭産業を発展させる要因となった。11世紀に石炭採掘が盛んになった主な原因は、森林の消耗による木炭価額の上昇であり、華北森林を使い果たすことは、中国文明の中心が北から南へ転移する原因の一つとなった。明代には、都市生活と経済活動の活発化により、木材の需用が大幅に増え、明代末期に木材不足の危機が全国を襲った<sup>73</sup>。この危機を解決するため、石炭品質の改善方法を探究した結果として、宋代においてコークスが発明されることとなった。中国では、1961年に広東省新会で見つされた1270年代前後の冶鉄遺跡において、すでにコークスを使用して錬鉄していた形跡があり、これは世界で最も古いコークスを使用した錬鉄遺跡である<sup>74</sup>。また、明代の物理学者方以智は、『物理小識』においてコークスについて次のように述べている。

煤則各處産之、臭者燒熔而閉之成石、再凿而入爐曰礮、可五日不滅火、煎礮煮石、殊爲省力。<sup>75</sup>

空気を通さない釜で高温（1000度前後）燃焼し、石炭の中の“臭い”（硫黄の匂い—鄭注）成分を蒸発させ、蜂の巣のような構造の純度の高い「焦炭」ができ、五日間燃え続けても火が消えない。

一方、コークスが発明されたにも関わらず、その後普及することに関する記録はまだ見当たらない。コークスで錬鉄製錬するには、極めて大きな風力が必要であるため、水車や牛や人力によって送風を行っていた明代では、送風技術の改善が事実上限度があったからなのである。イギリスでは、水車送風の機械化の実現、蒸気機関が動力として送風システムに導入したことでこの難関を解決したのである。

以上、明代において鑄鉄品質を改善するために、炭素含有量と硫黄含有量を減らすためのいろいろな試みが行われていたことがわかった。しかし、経験による技術の発展限度があったため、明末の時点においては技術的な突破がみられなかった。とくに硫黄含有量の徹底的な解決方法を見つけることができず、大砲の材質は青銅製に戻る方法をとっていたのである。

すなわち、ヨーロッパと中国はほぼ同じ時期に鑄鉄品質について同様の悩みを抱えていた。イギリスにおいては、ロンドン公文書館議事録によると、検査による不合格の大砲や戦争中における破裂事後に関する記録が多数ある<sup>76</sup>。オランダにおいては、1621年、オランダ政府が、海軍当局に対して、毎年、新たな青銅製大砲を鑄造し、鑄鉄製大砲に置き換えていくように要請している。それは、依然として、鑄鉄製大砲が、船体と乗組員のどちらにとってもあまりに危険が大きいと考えからである<sup>77</sup>。イギリスでは、1626年に、可能なら、青銅製大砲は戦艦

用とするのがよいと考えられている旨を公言している<sup>78</sup>。1627年、オランダ人がフランス人から入手した11門の鑄鉄砲のうち、六門は「無理のない試験」の最中に破裂してしまい、一門は尻が抜けてしまったのである<sup>79</sup>。フランスにおいては1750年代でも、大砲の破裂事故が多発し、海軍兵士たちは、対戦相手の大砲より、自分の大砲を操作することが怖かったとの記録が残っている<sup>80</sup>。これらの資料をみると、17世紀中旬ごろまで、ヨーロッパにおいて鑄鉄の品質に大きな問題を抱えていたと考えられる。

ではヨーロッパにおいての品質問題はどのように解決したのか。ヨーロッパでコークスが発明されたのは明とほぼ同じ時期であった。錬鉄産業の発展と共に、16世紀中旬から錬鉄の燃料として、木材不足の危機に直面し、イギリスにおいて木材の価格は1560年から1670年までの間に4倍にも膨れ上がったのである<sup>81</sup>。そのため新しい燃料を探さなければならない状況であった。コークスの発想は1603年ビール製造するのにハーブを乾燥することから生まれ、おいしいビールを醸造するため、石炭の匂いを取り除く必要があった。しかし、この発想が生まれから、最終的に高炉錬鉄への応用に成功するまで、約200年近くの年月がかかった<sup>82</sup>。技術の進歩は繰り返し試行錯誤プロセスが必要だったのである。

ヨーロッパにおいて鑄鉄技術の発達はイギリスのサセックスからスタートした。1543年、ヘンリー八世は鑄鉄大砲を必要としたとき、サセックスの牧師は近くで働く優秀なフランス人鑄造師を集め、製鉄職人ラフル・ホッジを中心とする技術グループによって、サセックスにおける製鉄産業の繁栄の時代の幕が開かれた<sup>83</sup>。サセックスにて錬鉄産業が再度繁栄したもう一つの理由は良質の鑄造用鉍石があったからである<sup>84</sup>。しかし、上で述べたように、1600年代までの時点では、大砲用鑄鉄としての品質はヨーロッパと比べても劣ってはいなかった。ヨーロッパの鑄鉄技術の躍進は18世紀に起こる。1735年ダービーがコークス高炉を発明した<sup>85</sup>。1720年スイスの化学家の定量分析方法によって硫黄の働きが解明された後<sup>86</sup>、この理論は1765年反射炉の発明<sup>87</sup>によって実践され、硫黄含有量をコントロールすることに成功した。そして、1770年蒸気機関が反射炉の送風動力として取り入れることで、コークスが燃料として必要な風力と高温が確保され、完全に木炭とかわったのである<sup>88</sup>。また1784年Henry Cortが発明したパドル法は硫黄含有量をコントロールすることができるようになった時点で、ヨーロッパは兵器の第二青銅時代から完全に卒業することができたのである。

## V 結 論

以上の実証的研究を踏まえると、中国における最古の鑄鉄大砲としての洪武大砲の製造状況やそれと密接に関わった明代初期の火器政策などはこれまで以上に明らかになったといえる。李弘祺が、元から始まる青銅製火砲を製造していた時期を「中国兵器の第二の青銅時代」と呼ぶように、洪武大砲はこの第二の青銅時代という背景に生まれた初めての鑄鉄大砲として、興味深い点を実に多く含んでいる。一点目は、明の洪武年間に火砲の製造は中央の宝源局から地方の衛所へ開放されたことに従い、平陽衛地方では、地元の豊富な鉄鉱資源を生かし、独自の鑄鉄大砲を製造した。言いかえれば、明代初頭において火砲製造の開放政策の環境下で、従来の青銅製火砲技術と異なる鑄鉄大砲を製造する技術のイノベーションが行われたことである。二点目は、鑄鉄大砲技術が生まれたにも関わらず、鑄鉄の品質改良、いわゆる、錬鉄技術において炭層含有量と硫黄含有量のコントロールが出来なかったことによって、大砲の材質は再び青銅製に戻ったことである。鑄鉄の品質を改善するため、脱炭法、滲炭法、コークスの発明などいろいろ試みをしたが、これらの技術は経験的なレベルに留まって、技術発展の限界に達したのである。そして、永楽年間から火砲製造政策は中央に再び集中したことに伴い、地方における鑄鉄大砲の製造の試みは弱まってしまったのである。洪武大砲技術は二つの方向に分けて発展した。構造を維持したままで、材質を青銅製に代えて製造する方向はその一つである。もうひとつは、材質に鑄鉄を使い構造を変えたことである。鑄鉄大砲を補強するため、砲体に箍を加えた大將軍砲に代わられたのである。有限要素法の解析結果によると、大將軍砲は薬室部の設計や構造の面において洪武大砲より安全性に優れていると思われる、それは後に多数発見される理由であると考えられる。西洋の紅夷大砲技術が中国に伝来されるまで、明における鑄鉄大砲技術は箍付き大將軍砲のレベルに留まっていたのである。三点目は、明の中期において青銅製と鑄鉄製が併存する火砲の多様化傾向が見られた。西洋技術が伝来されるまで自らこの多様化状況から標準化、シリーズ化へとつなげることができなかったのである。

中国の洪武大砲に対して、西洋において最古の大砲は、年代的に洪武大砲とほぼ同時期であったと考えられる。しかし、大砲の製造技術において、ヨーロッパの早期鉄製大砲は錬鉄条を円形に組み立て、鉄の箍で嵌めて作られたのであることに対して、洪武大砲は鑄型を使用して鑄造されたのである。洪武大砲の鑄造技術は西洋の同時期より遥かに進んでいたことがわかった。

1543年ヘンリー八世が鑄鉄大砲を製造した時期は、東西における大砲技術の

差異を拡大する分岐点だと思われる。その後、ヨーロッパの大砲技術の発達は社会背景、制度、人材、技術、科学など多くの要素に関わる複雑な問題であるが、大航海時代の戦艦用大砲に対する需要による大砲製造のビジネス化<sup>89</sup>は大砲技術を促進する一つの要因であったと考えられる。大砲技術は環境、人材、技術の伝流、鑄型の作り方、鑄造方法、弾道理論など諸々の方面にも関わるが、この論文は大砲の構造と鑄鉄の品質改善の視点から東西の差異を比較することを試みた。

大砲構造の視点から見る東西早期大砲技術の分岐としては、大砲構造理論（模数概念）の形成であった。特に十六世紀中期イギリスの鑄鉄技術の成長と共に、優れた構造設計と鑄鉄品質向上の相乗効果が得られ、大砲製造に関して一層著しい発達が見られた。大砲構造理論の形成は、十五世紀ヨーロッパの算術、幾何学、比例の研究とは密接な関係があった。画家数学者 Luca Pacioli (1445-1517) は1494年に《算術、幾何、比例および比例法通論》<sup>90</sup>を出版し、幾何学、比例概念の研究は火砲技術を含む各領域の影響は大きいと思われる。また、十五世紀において、芸術家、建築家、エンジニアたちは、豊富な知識を持ち、数学を愛していた。豊富な数学知識を持った彼らの中には、戦争武器専門家として砲兵部隊の弾道運行に誘われていた者もいた。なぜなら、このような問題解決は豊富な数学知識が必要だったのである<sup>91</sup>。デカルトは幾何学の重要性について、「私は算術と幾何学にはまってしまった、この二つの学科は最もシンプルでしかもその他のすべての学問に進入する必ず経由する道である」<sup>92</sup>と述べている。このような事実から、大砲構造理論を形成した土壌としては数学があったといえるだろう。明代において大砲構造設計に関しては理論的なレベルまでに取り上げたが見られなく、経験的な段階で留まっていた。中国は大砲製造の経験から「模数」の概念が生まれなかった。「模数」理論こそ16世紀において東西における大砲構造技術の差異が生まれた分岐点であったのである。

また、鑄鉄技術においては、コークス、反射炉とパドル法精錬法は東西における差異を生んだ分岐点であった。ヨーロッパにおいてこれらの技術の奥には、錬金術プロセスから形成された実験的方法が錬鉄技術への応用、定量分析法による硫黄など成分の働きの解明などがあった。これらの科学方法理論と方法は、鑄鉄技術発展の方向性を明確にし、この方向性こそ技術を革新する原動力になったのではと思われる。東西においてコークス、反射炉など技術発展プロセスについての比較は今後の課題である。



注

- 1 中国早期の火砲はほぼ青銅製である。青銅の熔点は低く流動性がよいため、鑄造しやすいが、コストは高い。鑄鉄の熔点は高く熔けにくい、流動性が良くない、鑄造するのが難しい。しかも材質が脆いので、鑄鉄改善技術に対する要求が厳しい。鑄鉄のメリットは、そのコストは青銅の約三分の一であること。
- 2 周緯『中国兵器史稿』（三聯出版、1957年）、第83図。
- 3 胡振祺「明代鉄砲」『山西文物』1（1982）、57。
- 4 Joseph Needham, *Science and Civilization in China: Military Technology* (CAMBRIDGE PRESS, 1986), 303.
- 5 王兆春『中国火器史』（軍事科学出版社、1991年）、83。
- 6 成東「明代前期有銘火銃初探」『文物』5（1988）、68-79。
- 7 胡振祺, *Ibid*, 57.
- 8 「衛」というのは、明において各地方の駐軍の単位である。「明以武功定天下、革元舊制、自京師達於郡縣、皆立衛所。」(清)張廷玉撰「兵一」『明史』(中華書局)、89:2175; 明代の軍事機構については、謝忠志「明代の五行都司」『明史研究專刊』7（2008）、16:77-142を参考されたい。
- 9 《山西通誌》平陽衛の人事構成を記載している。「平陽衛有指揮使4員、同知4員、建僉事11員、衛振撫2員。左所千戸正2員、副3員、百戸9員。右所千戸正3員、副3員、百戸8員。中所千戸正2員、副1員、百戸9員。前所千戸正3員、副3員。后所千戸正4員、副5員、百戸9員。旗689名、軍5481名、舍242名、余3510名。明成化『山西通誌』（中華書局、1988）、321。
- 10 Joseph Needham, *Ibid*, p303.
- 11 現在、大砲Aと大砲Bは山西博物院の倉庫に保管されている。大砲は、山西省芸術博物館に展示中。山西省芸術博物館は山西博物院の前身であり、1950年代山西博物館は現在の住所へ移転した。
- 12 明において、弾丸の材質は石、鑄鉄、鉛の三種類がある。
- 13 『山西文物』に洪武大砲を紹介したのは1981年であり、特に出土年代を書いていなかったため、私はずっと1981年頃に出土されたと思っていた。英国 Sheffield University Tim Wright 教授にお願いして、Needham の紹介した論文の原文を探し出して頂いたことで、真実に一歩近づいた。ここで Tim Wright 教授に感謝したい。
- 14 READ, T.T. 'The Early Casting of Iron, a Stage in Iron Age Civilization.' GR, 1934, 24: 544. しかし、この論文において Read は、洪武十年を1378年であると誤算し、そして GOODRICH は1944年に発表した“Answer to query No. 105” (Isis, 35: 177) にて洪武十年は1377年であると訂正した。
- 15 GOODRICH, L.CARRINGTON. 'Note on a few Early Chinese Bombards.' ISIS, 1944, 35: 211.
- 16 George Sarton は明の初期において、火薬を使う火砲は本当に存在するのかと疑問を持ち、さらにその疑問を Dr. KAEMPFERT に伝えた。Dr. KAEMPFERT から BISHOP 夫人に連絡があり、夫人はこの疑問の解答として、ご主人 BISHOP 氏の遺留した日記の一部を送付した。
- 17 SARTON, G. 'Query NO. 105. A Chinese Gun of +1378?' ISIS, 1944, 35: 177.
- 18 「平陽衛、府治東北」、「兵器局、府治東北」。孔尚任總纂『平陽府誌』清康熙版（山西古籍出版社、1991）8: 141.
- 19 武器を製造する場所である。
- 20 『平陽府誌』, *Ibid*, 19: 302.
- 21 *Ibid*, 19: 309.
- 22 *Ibid*, 1: 図考七。
- 23 『明太祖実録』, 88: 1567-1568.
- 24 (明) 宋応星『天工開物』（上海古籍出版社、1993）、97。
- 25 『平陽府誌』, *Ibid*, 30: 862.

- 26 (清) 顧成禹「山西方輿紀要」『讀史方輿紀要』(北京:中華書局,2005),39:1774-1775.
- 27 『平陽府誌』,Ibid,3:58.
- 28 山西省の西南地域を指す。
- 29 『平陽府誌』,Ibid,17:287.
- 30 Brett, Clayton, 'Fighting for Fun, and in Earnest', "Notes on the History of Material Arts, Gunpowder and Firearms in China". HEM, 1977, 21:9.
- 31 Germanischer Museum: Quellen zur Geschichte der Feuerwaffen, II. Leipzig. 1877.
- 32 辛格主編『技術史』「地中海文明与中世紀」(上海科技教育出版社,2004),2:52.
- 33 SARTON, G. 'A Chinese Gun of +1378?' ISIS, 1944, 35:177.
- 34 有銘火砲とは、砲体に銘文が付いている火砲のことを指す。銘文には、火砲のデータおよび製造関連情報が刻まれている。
- 35 王兆春『中国軍事科技通史』(解放軍出版社,2009),168-175に詳細リストがある。
- 36 このグラフは以下の文献を参考して作成したものである。王兆春『中国軍事科技通史』,167-170,172-175,183,226-228;成東「明代前期有銘火銃初探」『文物』5(1988),69,71,72,74-76;成東「明代後期有銘火砲概述」『文物』4(1993),80,82-83,85;Needham, Military Technology, 290-305;鍾少異等「內蒙古新發現元代銅火銃及其意義」『文物』11(2004),65-67;項春松「內蒙古赤峰市大明鎮發現明初銅銃」『考古』8(1990),767-768;師萬林「甘肅張掖發現明代銅銃」『考古與文物』4(1986),101;陳烈「河北省寬縣出土明代銅銃」『考古』8(1985),759;李逸友「內蒙古托克托城的考古發現」『文物資料叢刊』4:214-215;劉善沂「山東冠縣發現明初銅銃」『考古』10(1985),914;程長新「北京延慶發現明代馬上佛郎機銃」『文物』12(1986),91-91;王榮「元明火銃的裝置復原」『文物』3(1962),41-45;朱捷元「明末鄭成功所造銅砲」『文物』1(1981),80;劉志一「內蒙古克什克騰旗出土明代銅銃」『文物』7(1982),93;成東「碗口銃小考」『文物』1(1991),89-91;袁曉春「山東蓬萊出土明初碗口砲」『文物』1(1991),91-92;魏國忠「黑龍江阿城縣半拉城子出土的銅火銃」『文物』11(1973),52-54;崔璿「內蒙發現的名初銅火銃」『文物』11(1973),55-57;杜蔚「甘肅定西出土明代管形火器」『文物』6(1994),37;従って。新しい出土火砲が発見されることにつれ、グラフは変化すると予想される。
- 37 Woolwich の Rotunda 博物館に所蔵、Needham, Ibid, 243, 252.
- 38 佛郎機は最もフランク人 (Franks) を意味する。明においてポルトガル人のことを指す。ポルトガル人から伝来した火砲を佛郎機と呼ぶ。『明史』卷九十二「兵四」において佛郎機に関する記載がある。
- 39 嘉靖年間から仏郎機、万曆から紅夷大砲の製造技術を学び、鍊鉄方法から大砲の鑄型まで多く伝来した。仏郎機については周維強「佛郎機銃與宸濠之叛」『東吳歷史學報』8(2002),93-127;伊曉冬『十六、十七世紀傳入中国的火器製造技術及び彈道知識』(中国科学院博士学位論文、2007),51-56;李斌「關於明朝與佛郎機最初接觸的新史料」『九州學刊』3(1994),95-100を参考したい;紅夷大砲については、黄一農「紅夷大砲與黃太極創立的八旗漢軍」『歷史研究』4(2004),74-105;黄一農「歐洲沉船與明末傳華的西洋大砲」『中央研究院歷史語言研究所集刊』,3:573-634;黄一農「天主教徒孫元化與明末傳華的西洋大砲」『中央研究院歷史語言研究所集刊』4:911-966を参考したい。
- 40 王雲五主編『明会典』萬曆重修二百二十八卷本(台灣商務印書館),193:3899.
- 41 Ibid,193:3900-3901.
- 42 王兆春『中国军事科学技术史 - 元明清卷』(山西教育出版社,2009),256.
- 43 史宝珍「镇江出土的明代火器」『文物』7(1982),91-94.
- 44 (清)張廷玉等撰『明史』(中華書局),8:2175.
- 45 『明太祖實錄』(台灣商務印書館)卷一二九、洪武十三年正月丁未。
- 46 『明史』,Ibid,8:2193-2228.
- 47 王兆春『中国軍事科技通史』(解放軍出版社,2009),170.

- 48 成東「明代前期有銘火銃初探」, 71-72.
- 49 この表は、成東「明代後期有銘火銃初探」『文物』(5) 1988, 68-79; 王兆春『中国火器史』, 73-74, 76-83, 90-97 などのデータに基づいて作成した。
- 50 宝源局とは明政府における火器製造機構である。
- 51 なぜ地方の衛所にて兵器生産する必要性があったのか、詳細については成東「明代後期有銘火銃初探」、72-73 を参照したい。
- 52 (明) 唐順之著『武編』任繼愈主編『中國科學技術典籍通業彙』(河南教育出版社, 1994), 5 : 366.
- 53 徐光啓「鍊兵疏稿一 歷歷已周寶陳事勢兵情疏 泰昌元年十月十六日」『徐光啓集』, 3 : 153.
- 54 韦占彬「明代北部边防中火器应用状况及其局限」Journal of Shijiazhuang Teachers College (2) 2004, 6 : 54-59.
- 55 何汝賓著《兵録》任繼愈主編『中國科學技術典籍通業彙』(河南教育出版社, 1994), 5 : 686.
- 56 王兆春『中国軍事科技通史』, Ibid, 176.
- 57 成東「明代前期有名火銃初探」, Ibid, 69.
- 58 王兆春『中国軍事科技通史』, Ibid, 99.
- 59 史宝珍「镇江出土の明代火器」, Ibid, 94.
- 60 この FEM 有限要素法解析は立命館大学機械工学科助教の張聖徳博士との共同研究である。
- 61 李約瑟『中國科學技術史』『化學及相關技術—軍事技術—火藥的史詩』(科學出版社, 2005), 5 : 7 : 294.
- 62 炭素が片状の黒鉛として遊離しているため、破面がねずみ色をしている銃鉄。結晶粒が大きく柔らかいため、鑄造に適している。
- 63 大砲のサンプルを採集できなかつたため、宋の鑄鉄ワーク(ねずみ銃)の成分を使用することにした(宋代、河南桐柏)。出典：『中國鑄造技術史』古代卷(航空工業出版社, 1994年), 122.
- 64 この大將軍砲靖国神社遊就館に所蔵する 1592 年(万暦年間)に基づいて作成。寸法は有馬成甫『火砲の起原とその傳流』(吉川弘文館、昭和三十七年)、175 の図面を参考にした。
- 65 「兵録」任繼愈主編『中國科學技術典籍通業彙』(河南教育出版社, 1994), 5 : 684.
- 66 C.M. チボラ『大砲と帆船—ヨーロッパの世界制覇と技術革新』(平凡社, 1996), 39.
- 67 Alessandro Capobianco, *Corona e palma militare di artiglieria di artiglieria*. Venice: Rampazetto, Republished 1602, 13; 伊曉冬『十六十七世紀伝入中国的火器製造技術及弾知識』, 156.
- 68 胡維佳編《中國古代科學技術史綱—技術卷》(遼寧教育出版社, 1966), 48.
- 69 最初の冷兵器は商の時代に青銅によって作られ、それを第一の青銅時代と呼ぶ。春秋戦国時代から鑄鉄に代って、元末火砲が現れるまで兵器はほぼ鉄製である。鉄制兵器の時代に生まれた青銅製火砲という現象は第二の青銅時代と呼ばれ、美術史家達も中国明朝において青銅器の倣古傾向を注目したため、「第二の銅器時代」とも呼ばれていた。Paul Moss, *The Second Bronze Age, Later Chinese Metal Work*, (London: Sydney L. Moss, 1991) では第二の銅器時代の作品を紹介している。
- 70 李弘祺「中國的第二次銅器時代 - 為什麼中國早期的炮是用銅鑄的?」台大歷史學報, 12 (2005), 36 : 1-34.
- 71 「武編」任繼愈主編『中國科學技術典籍通業彙』(河南教育出版社, 1994), 5 : 317-318.
- 72 趙士楨「神器譜・神器雜說三十一條」任繼愈主編『中國科學技術典籍通業彙』, Ibid, 5 : 650.
- 73 TIM Wright, *Coal Mining Industry in China's Economy and Society*, (Cambridge University Press, 1984), 68.
- 74 劉彩雲「中国古代高炉の起源和演變」『文物』, 2 (1978), 22.
- 75 (明) 方以智「物理小識」『四部精要』(上海古籍出版社, 1992), 13 : 1187.
- 76 Foulkes, Ch., *The Gun-Founders of England*. Cambridge, 1937, 12, 23.
- 77 C・M・チボラ, Ibid, 59 (原文 Elias, J. Schetsen uit de Geschiedenis van ons Zeewezen, The Hague, 1916, 1-88.)。

- 78 Calendar of State Papers, Domestic, Jan.21, 1626, 19 : 1625-26.
- 79 C・M・チボラ, Ibid, 56 (原文 Van Dillen, Amsterdam, doc. 1108 より転載)。
- 80 辛格『技術史』, Ibid, 4 : 68.
- 81 C・M・チボラ, Ibid, 57.
- 82 辛格『技術史』, Ibid, 3 : 56.
- 83 C・M・チボラ, Ibid, 38.
- 84 Ibid, 38-39.
- 85 中沢護人『ヨーロッパ鋼の世紀』(東洋経済新報社、昭和62年), 29.
- 86 Ibid, 55-56.
- 87 Ibid, 30-34.
- 88 方一兵「焦炭煉鐵的發明與英國工業革命」『科學導報』2009, 27 : 21.
- 89 ヨーロッパにおける大砲のビジネス化関連論著は、William H. McNeil, *The Pursuit of Power*, (The University of Chicago Press, 1982), 1000-1600 を参考されたい。
- 90 陳方正『継承と叛逆—現代科学為何出現於西方』(三聯書店, 2009), 522.
- 91 克萊因『西方文化中的數學』(復旦大學出版社, 2009), 2 ;
- 92 Ibid, 71.