

てつ ざい  
～鉄滓の山から読みとく歴史～



国指定史跡「横大道製鉄遺跡」8世紀中葉頃の竖形かん採業推定図

福島県域は、かつて古代律令国家を代表する鉄生産地でした。とりわけ、浜通り地方には7世紀後葉から10世紀前葉までの製鉄遺跡<sup>†</sup>が集中しており、この地方の鉄が律令国家の東北経営や対蝦夷政策の物資として大きな役割を担っていたとも考えられてきました。

企画展では、列島各地の製鉄技術の影響を受けながら、福島県域独自の技術へと発展した実態を考古学や金属学の立場から解き明かします。

<sup>†</sup>鉄生産の工程は第一に砂鉄や鉄鉱石を溶かして粗鋼を作り出す製錬工程、第二に粗鋼の不純物を取り除き、炭素量などの成分調整を行う精錬工程、第三に鍛冶や鋳造などを行い、鉄製品を作り出す工程に分かれます。広義の「製鉄遺跡」とは、そのいずれかの工程を示す遺構・遺物が認められる遺跡のことです。これに燃料である木炭を作る「製炭遺跡」、砂鉄や鉄鉱石を採掘した遺跡などを含めて、「製鉄関連遺跡」とよんでいます。狹義の「製鉄遺跡」とは製錬工程を示す遺跡に限ります。今回は広義のものを「製鉄関連遺跡」、狭義のものを「製鉄遺跡」とよびます。

# 福島県の製鉄遺跡

## 研究のあゆみ

福島県の製鉄関連遺跡は、分布調査で確認されたものも含め500箇跡を数え、なかでも浜通り地方に集中しています。また、本地方の製鉄道路研究は、1980年の「唐神遺跡」を皮切りに、「武井地区製鉄道路群」「大坪地区製鉄道路群」、さらには1990年代には国内最大級と目される「金沢地区製鉄道路群」の発掘調査へと続きます。2000年代では常磐自動車道建設関連の調査で多くの知見が得られ、なかでも「横大造製鉄遺跡」の調査では遺跡の構造がより具体的に解明され、国指定史跡として現状のまま保存されることになりました。さらに2011年以降の東日本大震災復興関連調査においても、数多くの製鉄遺跡が発見されています。

福島県浜通り地方の古代・中世製鉄遺跡の調査年表と製鉄炉数・遺物量（製鉄遺跡のみ、精錬・精冶遺跡は除く）

調査年度	所在地	遺跡名	調査面積(㎡)	面積別・円周炉				面積別・縦炉				不明	製鉄炉 計	出土品 のみ	測定遺 跡合計	製鉄遺 跡合計	報告書		
				1	2	3	4	5	6	7	8								
1980	南相馬市	唐神遺跡	表面調査				6						5	1	6		-	福島県文化財調査報告書4号	
1984～85	新町町	喜多方地区製鉄道路群 (喜多方・B、山田、武井B)	28,640	3	2	4	6	3	2				1	20	1	21	61,365	福島県文化財調査報告書25集	
1985～93	相馬市	大河内地区製鉄道路群 (福島・B、山田・B)	67,925			2	9	1	1				12	1	13		111,355	福島県文化財調査報告書26～32集	
1986	新地町	向日C遺跡	4,000						1				1		1		-	福島県青函美術会	
1986	新町町	金子C遺跡	90					1					0	1	1		1,409	福島県青函美術会	
1988	相馬市	大森C遺跡	1,500					4					2	2	4		714	福島県文化財調査報告書21集	
1989～97	南相馬市	会津地区製鉄道路群 (大河内A・B、島崎、喜多A)	185,930	22	3	12	24	42	7	7	4		2	105	18	123	612,291	福島県文化財調査報告書23・25・26・27・29・30・31・32集	
1990	相馬市	段ノ原6遺跡	350				1						1	0	1		8,130	福島県文化財調査報告書7集	
1990～93	いわき市	滑川遺跡	20,092					8					8	0	8		-	いわき市教育文化財調査報告書10集	
1992～97	南相馬市	経沢・川内遺跡群	29,300			10	11	2					23	0	23		-	福島県文化財調査報告書21集	
1993	相馬市	覚田B・大森遺跡	5,050	1				3					3	1	4		61,767	福島県文化財調査報告書21集	
1994	南相馬市	口道遺跡	1,700				4	1					4	1	5		1,266	福島市文化財調査報告書10集	
1995	いわき市	白石冠J・白石跡	35,800		1								1	0	1		282	福島市文化財調査報告書12集	
1995～97	南相馬市	大森遺跡	54,760			5			2				6	1	7		5,198	福島県文化財調査報告書20・24・30集	
1996	2000	南相馬市	道の白石遺跡										8	7	1		-	福島市文化財調査報告書10集	
1996	2000	南相馬市	舟平斜製鐵遺跡					1					0	1	0		-	福島市史跡記録2	
1997	相馬市	新潟大遺跡	4,800	3									1	4	0	4		-	
1998	富岡町	上本町D遺跡	6,200			1	1						0	2	2		146	福島県文化財調査報告書34集	
2000	相馬市	北道A遺跡	800			1							1	0	1		4,466	福島県文化財調査報告書30集	
2000～08	南相馬市	田堤遺跡			2								2	0	2		-	福島県文化財調査報告書30集	
2003	富岡町	猪作B遺跡	1,600			2							2	0	2		3,192	福島県文化財調査報告書26集	
2003～04	清江町	大刀洗遺跡	5,700			2							0	2	2		4,263	福島県文化財調査報告書28・32集	
2003～05	南相馬市	鶴田地区製鉄道路群	80,600			15		1					10	6	16		30,848	福島県文化財調査報告書40集	
2004	大森町	上平A遺跡	2,550			3							3	0	3		33	福島県文化財調査報告書40集	
2004～05	南相馬市	大庭遺跡	927			2							2	0	2		672	福島県文化財調査報告書40集	
2006～07	南相馬市	飯連遺跡	19,340			2							2	0	2		5,371	福島県文化財調査報告書40集	
2007～09	南相馬市	横大造製鐵遺跡(国指定史跡)	13,200	1	1	2	7		9	10	10	20		10	10		73,892	福島県文化財調査報告書40集	
2008	南相馬市	鶴越遺跡	4,200		1	1							3	0	3		4,827	福島県文化財調査報告書41集	
2008	南相馬市	中山C遺跡	1,200			1							1	0	1		80	福島県文化財調査報告書41集	
2009	南相馬市	柳木C白石遺跡	2,800						5	4	1			4	1	5		8,305	福島県文化財調査報告書40集
2011～12	新地町	大森水B遺跡	12,100			2	1						2	1	3		30,469	福島県文化財調査報告書40集	
2011～12	新地町	沢A・B遺跡	4,700				1						1	0	1		479	福島県文化財調査報告書40集	
2012	新町町	鷺山遺跡	6,200			2							1	2	3		18,773	福島県文化財調査報告書40集	
2013	新町町	南猪沢A遺跡	5,600						4				4	0	4		14,231	福島県文化財調査報告書40集	
2014	南相馬市	柳木C・D遺跡	7,000			1							1	0	1		-	福島県青函美術会	
2014～15	相馬市	天元A・B遺跡	30,200			1	15	1					17	0	17		4,062	福島県文化財調査報告書39集	
2015～16	相馬市	谷地中遺跡	3,800		5		11						7	5	12		28,718	福島県文化財調査報告書39集	
		試験・発掘調査実施した遺跡数	657,704	26	8	12	37	75	79	29	30	9	2	10	21	338	1,107,675	福島県文化財調査報告書39集 (全国から登録) 県立博物館・県立歴史博物館主催 会員登録料金: 1回1,000円 (登録料金: 1回1,000円)	



箱型炉の操業の様子（9世紀中葉頃）

浜通り地方の砂鉄は、不純物であるチタン分の割合が非常に多く、還元が難しいと考えられてきました。このため、うまく鉄を生産するには製鉄炉の内温度を一定に保つことが最も重要な課題でした。1,200°C以上の炉内温度を維持するためには、一定した鉄量と量で炉内に空気を送る必要がありました。

本地方では、8世紀初頭頃に炉下部の送風孔に「T口」(小字の上宮)が設置され、さらに8世紀末葉頃に箱型炉の送風装置として初めて「踏みふいご」が導入されるなど、安定して炉内に空気を送る技術が確立しました。

# 導入期

## 「国家標準型」箱形炉の導入

中大兄皇子らが政治の実権を握った7世紀中頃、近江国湖南地域では「国家標準型」といわれる両側排滓の箱形炉が確立します。この製鉄炉は長さ200～250cm・幅40cmほどの中長方形の炉の両側に、円形もしくは長方形を呈する排滓作業のための空間が設けられ、上から見た形から「鉄アレイ形」とも呼ばれます。このタイプの炉は、中国・畿内・東海・関東地方に類似があり、7世紀末葉の比較的短期間に各地に技術移転が計られたと考えられています。



田中E遺跡・2号製鉄炉 新地町



丹波山D遺跡 2号木炭窯 新地町



大船越A遺跡 29・30号製鉄炉 南相馬市

福島県浜通り地方で製鉄操業が開始されるのも、ちょうど同じ時期にあります。近江国起源の「国家標準型」の箱形炉が導入されたほか、横口式木炭窯という特殊な窯で木炭を焼く技術なども同時に伝えられました。

浜通り地方にやって来た製鉄工人は、原料砂鉄の違いに最初は戸惑ったことでしょう。何しろ近江国ではチタン分など不純物が極めて少ない鉄鉱石を原料に操業しており、関東地方の砂鉄でもチタン分は5～10%程度、一方、浜通り地方の砂鉄ではチタン分が20～30%もあり、一般に鉄を生成することが難しいといわれています。しかしながら当時の製鉄工人はこの難題を乗り切り、7世紀末葉に操業最盛期をむかえたとされる大船越A遺跡29・30号製鉄炉跡では、当地方最大の排滓量76トンを誇り、高い技術水準にあったと考えられています。

**製鉄炉の模式図**

この中に炉内で生成したてあらう鐵滓を炉内滓といいます。

**コラム1 鉄ができる過程**

砂鉄から鉄を作る過程においては、製鉄炉の中で少し複雑な化学反応がおこっています。

- ①砂鉄の主成分はマグネシオイト、つまり鉄と酸素の化合物です。
- ②木炭を燃やすと二酸化炭素ガスが発生し、さらに空気が不足しがちな製鉄炉の内部では一酸化炭素ガスが発生します。
- ③高溫になった炉の中では、一酸化炭素ガスが砂鉄中の酸素を連れ出して二酸化炭素ガスとなって炉の上に昇っていきます。これを「酸化還元反応」といいます。
- ④この結果、酸素との結合が解けた鉄同士が集まり、炉の底でまとまっていきます。ただ、純粋な鉄のままだと、溶けるために1,500度以上の温度(融点)が必要になってしまいます。
- ⑤そこで鉄の融点を下げるのに大きな役割を果たすのが、炭素です。鉄のなかに炭素が2%以上溶け込むことにより、融点は1,150度まで下がり、ドロドロに溶けた鉄になります。
- ⑥一方、砂鉄から分離した「鉄滓(不純物)」もドロドロに溶かし、それを炉の外に排出しなければ、炉の中が鉄渣で満たされてしまいます。
- ⑦そこで重要な役割を果たすのが、シリカなど粘土に含まれる成分です。シリカはチタンと溶け合うことにより、融点を下げる役割があります。これにより砂鉄に含まれる不純物は、炉の外に排出できるようになります。

# 展開・波及期

## 「縦置タイプ」の箱形炉の登場

導入期（7世紀後葉）の箱形炉は、丘陵尾根部の平坦面に築かれていました。これが8世紀初頭頃になると、丘陵斜面を切り崩して、等高線と並行方向に箱形炉の長軸をそろえた炉（両側排溝の横置タイプ）へと変化します。このタイプの製鉄炉は、数は少ないですが9世紀中葉くらいまで存続します。

一方、8世紀前葉には、関東地方からの製鉄技術の影響を受けて、丘陵斜面の等高線に直交方向に炉を築く、「縦置タイプ」の箱形炉が出現します。これに伴い、浜通り地方の箱形炉では炉壁下部の送風孔に羽口（長さ20cm、内径3cm位の土管）を装着する技術が生まれました。

浜通り地方で独自の技術が生まれた背景には砂鉄中のチタンと鉄の分離を促すために、前提条件として炉壁の粘土を多量に溶かし、鉄滓を生成する必要があったためだと考えられます。ただあまりにも炉壁だけが溶けてしまうと、送風孔が詰まってしまうので、その部分に溶けにくい粘土で作った管（羽口）を取り付けたと考えられます。つまりチタン分が高い砂鉄への技術適応の結果だったといえます。その裏付けとして羽口を装着する箱形炉の炉壁が出土する古代製鉄遺跡の分布と高チタン砂鉄の分布域は一致しています。



大船泊A遺跡 32号製鉄炉 南相馬市



大船泊A遺跡 46号製鉄炉 南相馬市

## 豎形炉の登場

8世紀中葉頃（東大寺で大仏を铸造していた頃）、これまでの箱形炉に加え、豎形炉とよばれる新たなタイプの製鉄炉が出現します。

豎形炉は推定内径60cm、高さ150cm位の円筒形の製鉄炉で、「踏みふいご」とよばれる送風装置から1本の大口径の土管（通風管）を通って、炉内に空気が送られます。

また、踏みふいごの製作は高度な木工技術を必要とし、それまでの製鉄技術にはまったくなかったものでした。一説には大仏などの铸造に用いられた溶鉢炉の技術が、豎形炉に技術移転されたともいわれています。

関東地方では8世紀代に「国家標準型」の箱形炉から豎形炉への転換が行われましたが、浜通り地方では8世紀中葉から9世紀前葉にかけて、豎形炉と「縦置タイプ」の箱形炉、2タイプの製鉄炉が併存します。なぜ2タイプの炉が併存するのかはいまだに解明されていません。



大船泊A遺跡 42号製鉄炉 南相馬市



河入川遺跡 10号製鉄炉 新地町



河入川遺跡出土通風管（9世紀）



大船泊A遺跡出土羽口（8世紀）

# 最盛期

## 「鳥打沢タイプ」の箱形炉の登場



大船塚A遺跡 7・8・12号製鉄炉の発掘場 南相馬市



鳥打沢遺跡 1号製鉄炉 南相馬市



鳥打沢A遺跡 1号製鉄炉 南相馬市

横大道製鉄道路 10号製鉄炉  
出土鉄塊（9世紀中期）  
炭素量 3.30% の流れ鋼鉄

製鉄遺跡では製鉄炉や木炭業といった遺構とともに、大量的鉄滓や炉壁が出土します。福島県では約35年にわたりて製鉄遺跡の調査を行ってきましたが、そのほとんどどの遺跡で製鉄関連遺物を回収し、これを鉄塊・鉄滓・炉壁などに分類し、重量を記録してきました。その総量は発掘調査した浜通り地方の古代・中世の製鉄遺跡だけでも1,100トンを越えます。この分類作業の結果、時期別・遺跡別での鉄生産量を推定できるようになりました。また、炉壁や炉底層の接合作業を行うことにより、製鉄炉の構造も理解できるようになっています。

また、製鉄関連遺物に対しては考古学的な形態分類に金属学などの

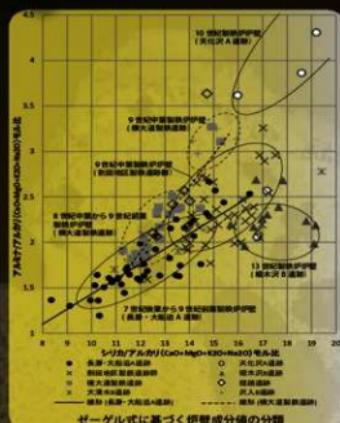
8世紀末葉頃、陸奥国では国府多賀城から夷鬼との争いで焼け落ちるなど、いわゆる「38年戦争」という動乱期に入っています。この戦争の物資として、浜通り地方で生産される鉄が重要な役割を果たしたと考えられています。この時期の製鉄炉は本地方だけで75基、製鉄関連遺物の総量は587トンと、他の時期と比較して突出しています。

この時期の箱形炉の最大の特徴は、「縦置タイプ」の箱形炉の送風装置として、竪形炉で用いられた踏みふいてが採用されることになります。最初に見つかった遺跡にちなみ「鳥打沢タイプ」

の箱形炉とよばれます。踏みふいての採用により安定した送風量が維持でき、増産化につながったと考えられます。

箱形炉の炉壁下部には送風孔が設けられ、そこに羽口が装着されていました。炉内環境に大きく影響を与えたであろう羽口の装着角度は、9世紀の初頭くらいまでは比較的急な角度（約20～30度）で行われていました。それが9世紀前葉以降は浅い角度（約10度）に転換します。

送風角度の変化が鉄生成過程に与える影響は金属学の立場でも諸説あり研究途上にあります。ただ浅い送風角度の箱形炉で、高炭素の鉄鉱塊（炭素量約3%以上）が多く出土することは従来からいわれており、今後の工学的解明が望まれます。

横大道製鉄道路 1号発掘場  
出土炉壁（9世紀初頭）  
装着角度 21度

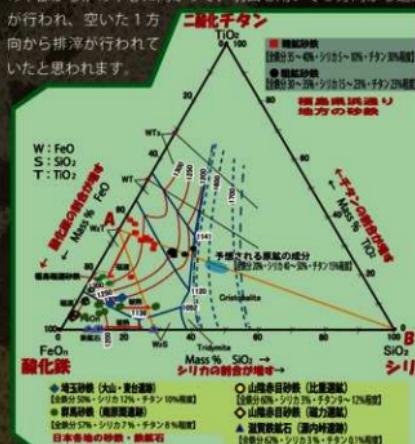
評価を加えた学際的研究を行っています。これにより近年では、鉄滓の成分や炉壁の耐火度などから製鉄操業の温度や炉内環境も推定できるようになりました。炉壁の成分分析では、その地層の粘土を選択していましたが、どれくらい溶解していったかなどを、操業の様子を具体的に描くことが可能になってきました。このような成果を踏まえ、まほろんでは2003～2012年に製鉄実験を行い、古代の製鉄技術の解明に努めています。

## 習熟・減衰期

9世紀初頭から中葉頃は、製鉄操業の前に箱形炉を設置する場所をあらかじめ四角く掘って土坑とし、その中に焚き火を繰り返しながら、その燃え残りの炭を充填していく、いわゆる「木炭敷きの基礎構造」をもつ箱形炉が登場します。この基礎構造は9世紀前葉頃までは深さが20～30cmと比較的浅いのですが、9世紀中葉以降では50cmを超えるものまであり、防湿に対する意識の高さがうかがえます。

9世紀中葉頃の箱形炉は、炉底の規模で長軸200cmを超えるものもあり、大型化が図られました。送風角度は10度以下の浅い角度に統一されるほか、送風間隔が狭く、片側だけで18本（両側で36本）程度の羽口を並べ、送風を行っていたようです。これに伴い、躊躇みいこの大きさも9世紀前葉頃の箱形炉に比べて、一回り大きくなっています。技術的には習熟期を迎へ、この時期の箱形炉からは鉄筋の塊が多く出土しています。しかしながら9世紀中葉以降、浜通り地方においては製鉄炉の数が減少し、7世紀後葉から約250年間続いた箱形炉での製鐵操業は10世紀前葉をもって終焉を迎えます。

10世紀代の製鉄炉は、70cmほどの円形もしくは楕円形の土坑状の基礎構造(掘型)に炭や焼土を充填し、その上に小型の「円筒形自立炉」を築いていました。送風方法も踏みふいこを設置するのではなく、簡易的な方法で行われていたようです。炉壁の下部から炉の中心に向かって、羽口を用いて3方向から送風が行われ、空いた1方向から排溝が行われていましたと思われます。



美化 RA 跟踪 5 号铁塔 南相思市

## コラム2 浜通り地方の砂鉄

浜通り地方の古代製鉄遺跡からは、鉄の原料である砂鉄が出土します。この図は、砂鉄に含まれる成分のうち、酸化鉄( $FeO$ )・シリカ( $SiO_2$ )・チタン( $TiO_2$ )の比率を示しています。浜通り地方の遺跡から出土した砂鉄は、二つの主要なタイプに分かれます。

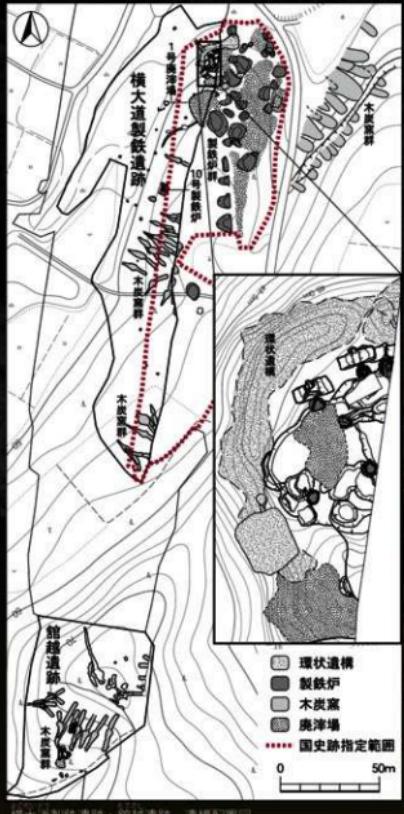
これらは出土した遺跡や構造、時期が異なっているにも関わらず、酸化鉄とチタンの割合にはほとんど変化がありません。この結果は、浜通りの海岸で採取される砂鉄（原鉱）の成分がほぼ同じであることを示しています。

一方で、砂鉄に含まれるシリカの割合は高いものから低いものへと連続的に推移しています。比重選鉱を行うことで、酸化鉄やチタンと比べて比重が軽いシリカは、砂鉄から取り除かれます。それにより、採取した砂鉄の純度が、粗鉄よりも高くなります。酸化鉄を含む場合は、酸化鉄を除くことで、純度が高くなります。

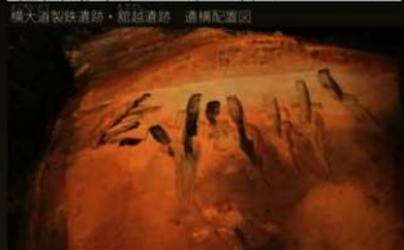
近現代のたらん製鉄では、シリカの比率が異なる砂鉄を操業段階に応じて使い分けしているといわれています。古代においても、適宜、砂鉄を使い分けていることは、よくあります。

3 元状態図原因 : Phase diagram of FeO-TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>25Al203 slag/Phase diagram of smelting slag of titanium oxide bearing iron sand/Hiroshi Itoya, Tatsushi Watanabe, Miyuki Hayashi, Kazuhiko Nagata  
ISIJ International Vol.54 (2014), No. 5 pp.1079-1073

# 横大道製鉄遺跡の構造



環状遺構内部の堅形炉群



劍越直跡木炭窯群

南相馬市小高区坂崎にある横大道製鉄跡は、太平洋岸から7km内陸に入った標高40~50mの丘陵上に立地し、8世紀中葉頃から9世紀中葉頃に、製鉄・製炭を行った大規模な生産遺跡です。常磐自動車道建設に伴う発掘調査において、製鉄炉・廃滓場・木炭窯が良好な遺存状況で確認されたため、平成23年2月7日に重要な遺構が発見された約9300m<sup>2</sup>の区域が国史跡に指定され、保護が図られることとなりました。

発見された製鉄遺構は製鉄炉10基、廃滓場10カ所で、この内6基の製鉄炉が直径20m程の環状遺構の中から集中して発見されました。環状遺構は、その中央を削削して造り出した人工的な地形で、くぼ地の内側に6基の堅形炉（製鉄炉）が配置されていました。く

ぼ地の周囲には中央を削削した土が盛り上げられていました。このことから堅形炉を計画的に配置するために直径20mにもおよぶ大規模な土木工事を行ったものと考えられます。

環状遺構から南に5mほど離れた位置に直径20m程の規格の1号廃滓場跡が分布します。発掘調査範囲だけでも9世紀前葉頃の箱形炉由来の鉄滓・炉灰が60トン以上出土しました。発掘調査範囲の外側では、1号廃滓場の東側に大小合わせて5カ所のくぼ地が確認されました。これらは1号廃滓場を取り巻く、並列する製鉄炉（箱形炉）の作業場である可能性が高いと考えられます。このほかにも、発掘調査範囲の外側では、製鉄炉と考えられるくぼ地が31カ所見つかりました。これらは環状遺構と1号廃滓場を中心とする区域に密集して分布しています。

また、地下式木炭窯は発掘調査範囲に26基、東側の隣接地では23基が確認されています。これらは狭い範囲に密集して分布していました。さらに本遺跡の南に隣接した鎌倉遺跡でも、16基の地下式木炭窯が発見されました。発見された木炭窯の中には窓体の長さが13.4mと、これまでに浜通り地方で見つかった地下式木炭窯の中では最大のものもあります。

以上のように横大道製鉄跡は、古代の製鉄炉・廃滓場・木炭窯がセットとして良好に遺存し、その規模や遺構の数量においては東北地方屈指の大規模な製鉄遺跡と考えられます。8世紀中葉から9世紀中葉にかけては、律令国家による東北経営が活発になり、鉄製品の量産要求が急増した時期であります。したがって、当時の政治的・社会的情況を知る上で不可欠な遺跡といえるでしょう。

