

# 写 真 図 版

第 3 編 萩原遺跡 (2 次調査)

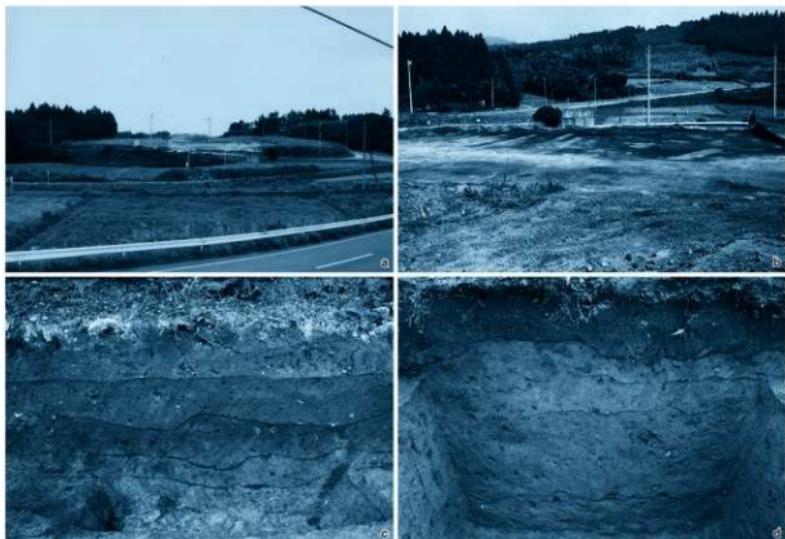


1 調査区遠景（北西から）



2 調査区全景（上空から）

第3編 萩原遺跡（2次調査）

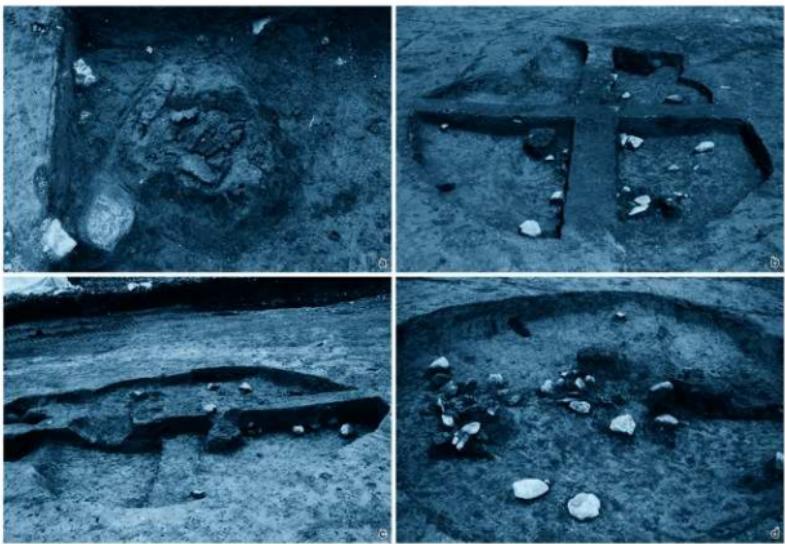


3 遺跡遠景、包含層、基本土層

a 道路遠景（北西から） b 遺物包含層（南から）  
c 軍壁基本土層（南西から） d 北壁基本土層（北東から）



4 19号住居跡全景（南東から）



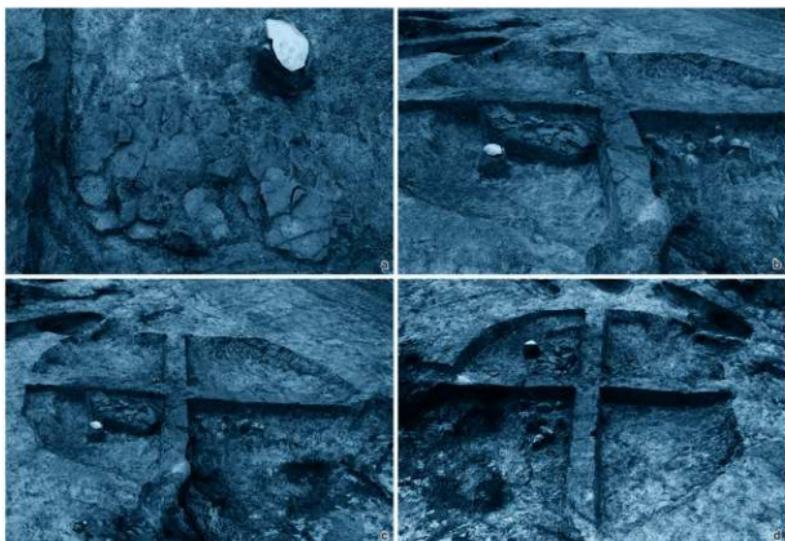
5 19号住居跡

a 遺物苟土状况（西から） b 土层断面（南東から）  
c 土层断面（南西から） d 遺物出土状况（北東から）



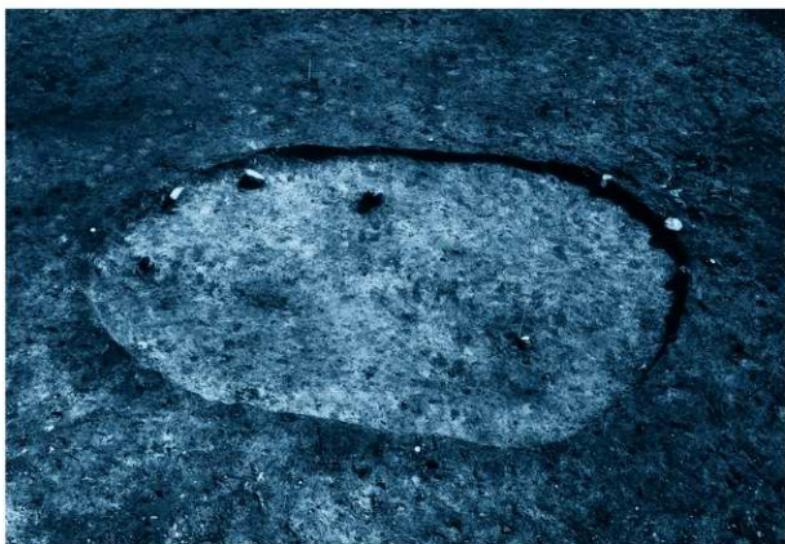
6 20号住居跡全景（北西から）

第3幅 荻原遺跡（2次調査）

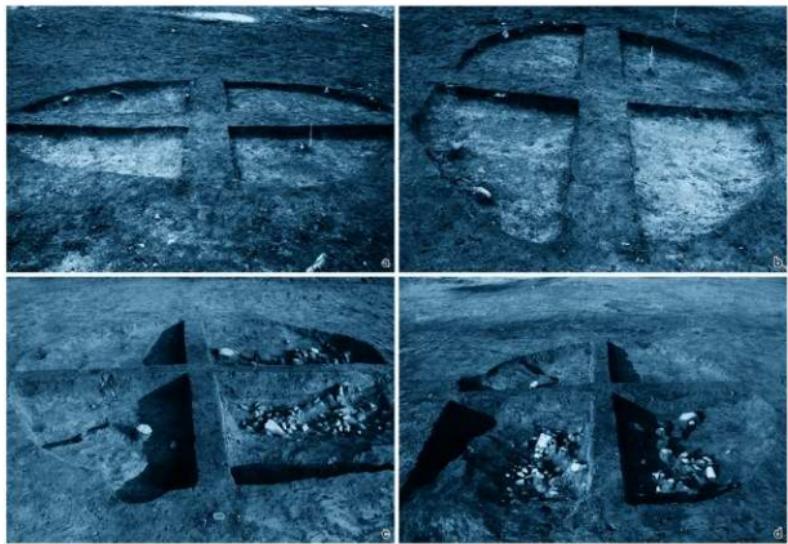


7 20号住居跡

a 遺物出土状況（南から）  
b 土層断面（北から）  
c 土層断面（北から）  
d 土層断面（西から）

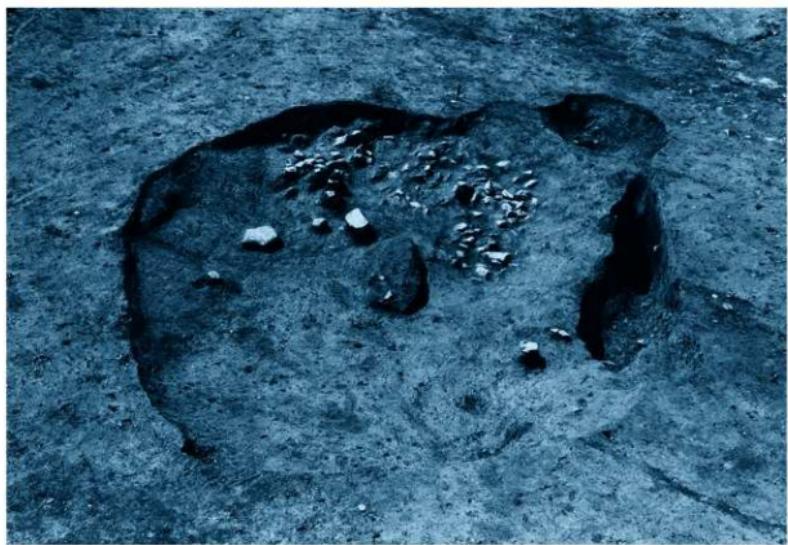


8 21号住居跡全景（北から）

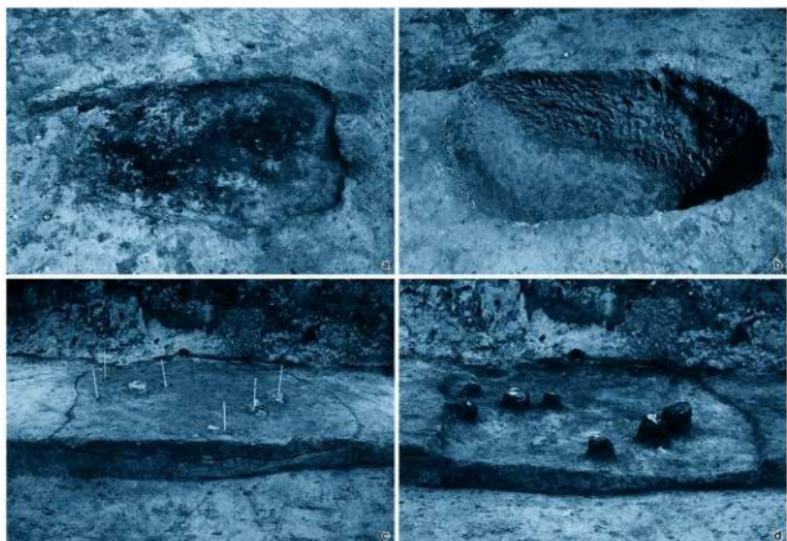


9 21・22号住居跡

a 21号住居跡土層断面（北から） b 21号住居跡土層断面（東から）  
c 22号住居跡土層断面（西北から） d 22号住居跡土層断面（西南から）

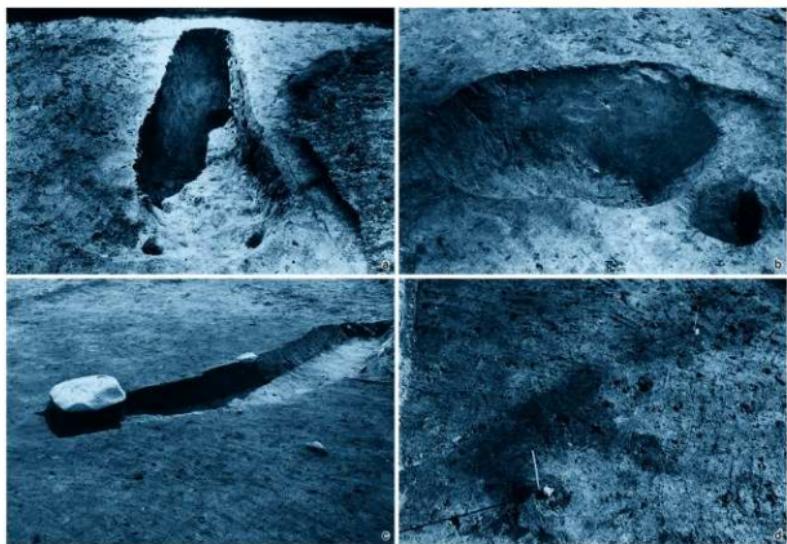


10 22号住居跡全景（北から）



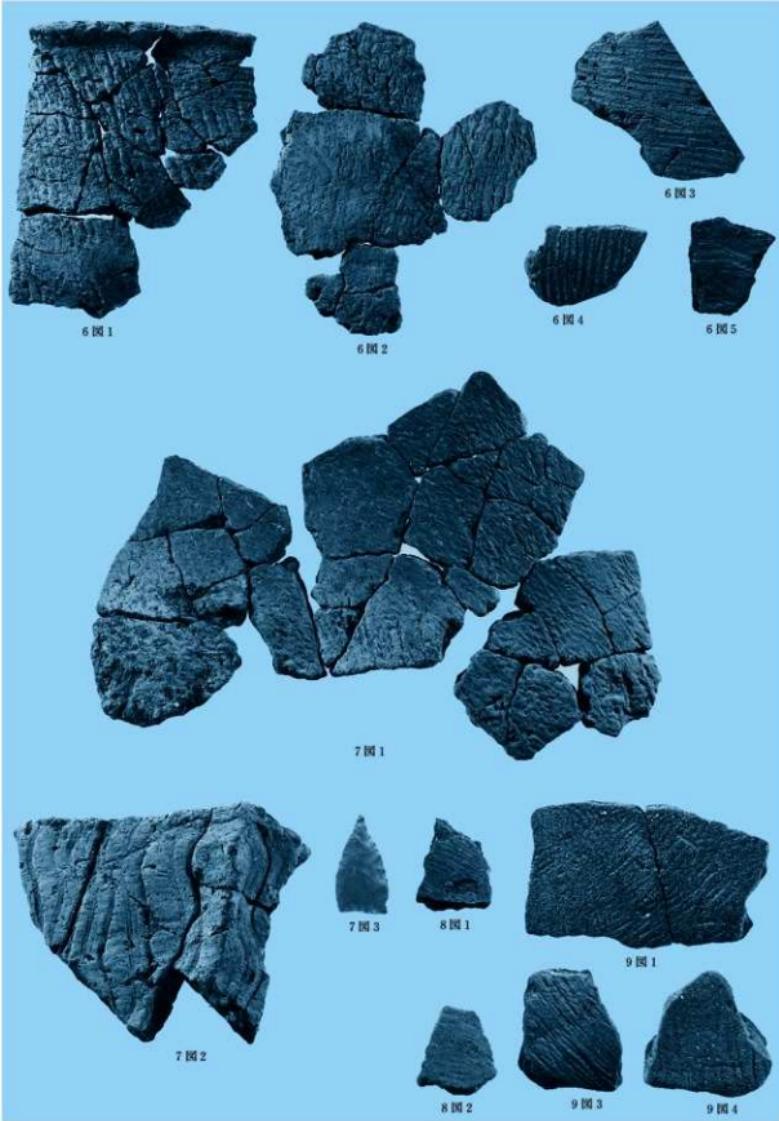
11 42~44号土坑

a 42号土坑（西から）  
c 44号土坑遺物出土状況（北東から） b 43号土坑（西から）  
d 44号土坑（北東から）

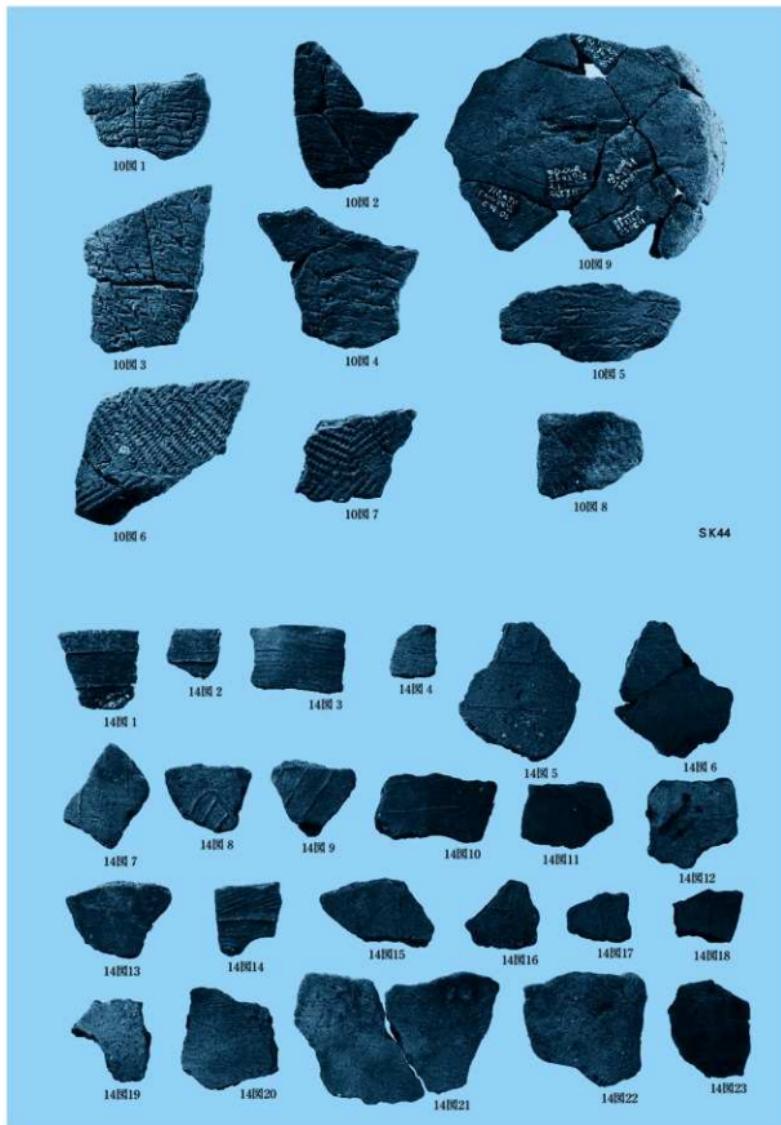


12 45・46号土坑，4号溝跡，石器

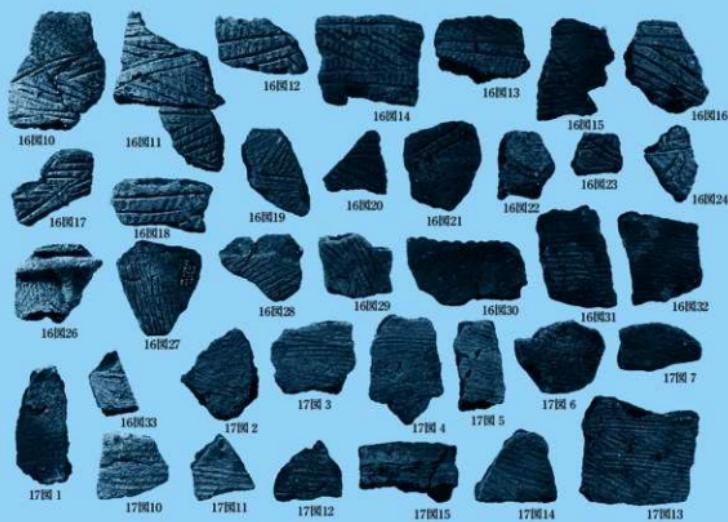
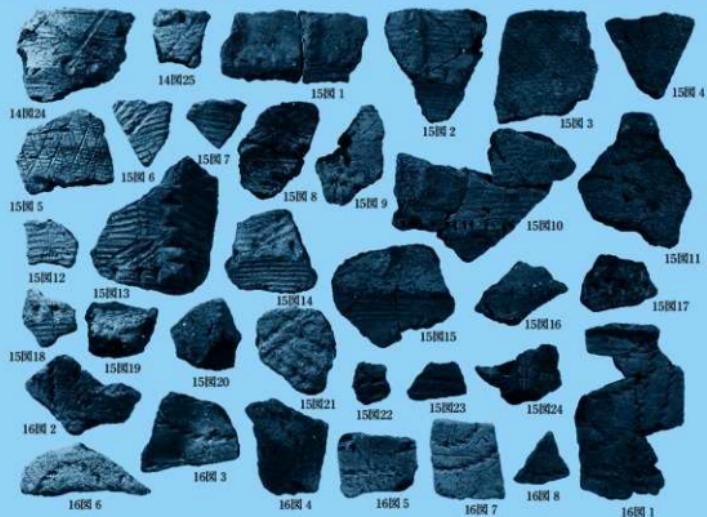
a 45号土坑（北から） b 46号土坑（北から）  
c 4号溝跡（北東から） d 石器出土状況（北から）



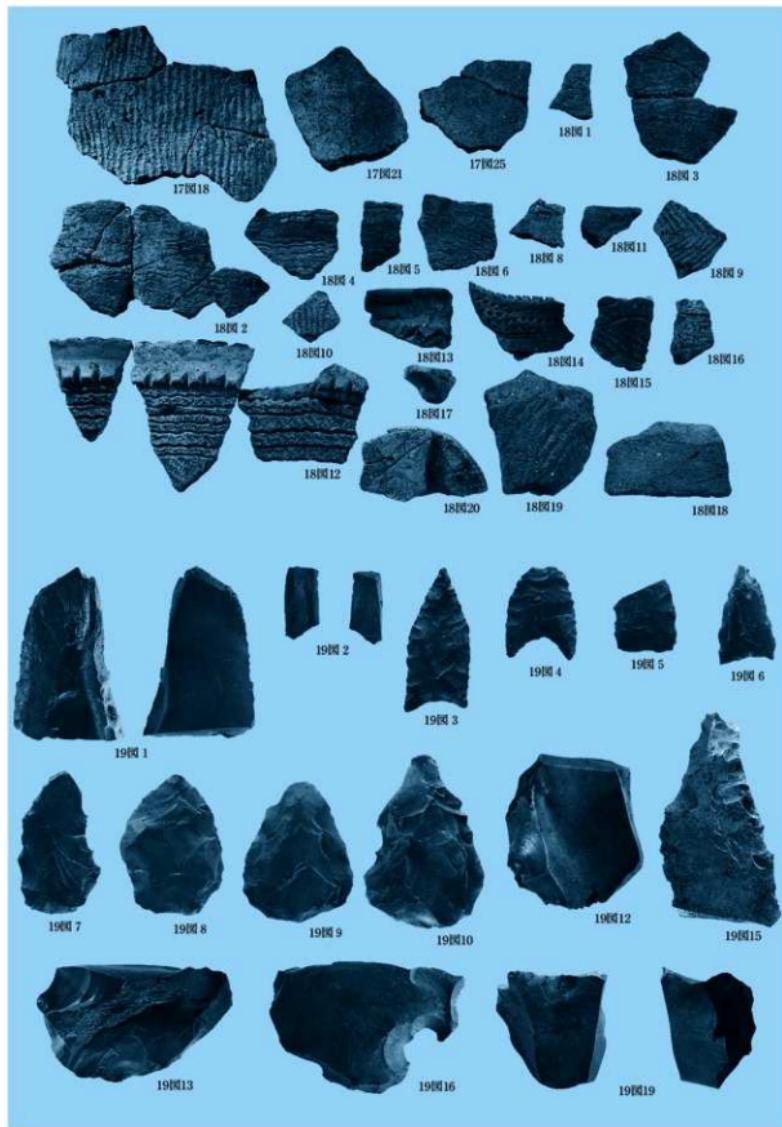
13 19~22号住居跡出土遺物



14 44号土坑、遺構外出土遺物（1）



15 遗構外出土遺物（2）



16 遺構外出土遺物（3）

付 編

# 熊平B遺跡出土鉄滓等分析調査

JFEテクノリサーチ株式会社

分析・評価事業部

埋蔵文化財調査研究室

## 1 はじめに

(財)福島県文化振興事業団から福島県南相馬市小高区に所在する熊平B遺跡から出土した鉄関連遺物について、学術的な記録と今後の調査のための一環として化学成分分析を含む自然科学的観点での調査を依頼された。調査の観点として、出土鉄滓の化学成分分析、外観観察、ミクロ組織観察およびX線回折に基づき、資料の製造工程上の位置づけおよび始発原料などを中心に調査した。その結果について報告する。

## 2 調査項目および試験・観察方法

### (1) 調査項目

調査資料の記号、出土遺構・注記および調査項目を表1に示す。

表1 調査資料と調査項目

資料 No.	遺跡	資料種別 出土位置 層位	資料種別	重量 (g)	磁 着 度	M C 反 応	外 観 写 真	化 学 反 応	組 織 写 真	X 線 回 折
1	熊平B	FB2005.001 S X01 2層	含鉄鉄滓	61.4	○ ○ ○ ○ ○ ○					
2	熊平B	FB2005.002 S X01 4層	炉壁(鉄分付着)	96.5	○ ○ ○ ○ ○ ○					
3	熊平B	FB2005.003 S X01 10層	含鉄鉄滓	26.7	○ ○ ○ ○ ○ ○					

### (2) 調査方法

#### (i) 重量計測、外観観察および金属探知調査

資料重量の計量は電子天秤を使用して行い、少数点2位で四捨五入した。各種試験用試料を採取する前に、資料の外観をmm単位まであるスケールを同時に写し込みで撮影した。資料の出土位置や資料の種別等は提供された資料に準拠した。

磁力調査については、直径30mmのリング状フェライト磁石を使用し、6mmを1単位として35cmの高さから吊した磁石が動きはじめる位置を着磁度として数値で示した。遺物内の残存金属の有無

は金属探知機（MC : metal checker）を用いて調査した。金属検知にあたっては参考標準として直径と高さを等しくした金属鉄円柱（ $1.5\text{mm}\phi \times 1.5\text{mmH}$ ,  $2.0\text{mm}\phi \times 2.0\text{mmH}$ ,  $5\text{mm}\phi \times 5\text{mmH}$ ,  $10\text{mm}\phi \times 10\text{mmH}$ ,  $16\text{mm}\phi \times 16\text{mmH}$ ,  $20\text{mm}\phi \times 20\text{mmH}$ ,  $30\text{mm}\phi \times 30\text{mmH}$ ）を使用し、これとの対比で金属鉄の大きさを判断した。

#### (ii) 化学成分分析

化学成分分析は鉄鋼に関する J I S 分析法に準じて行っている。

- ・全鉄(T.Fe) : 三塩化チタン還元-二クロム酸カリウム滴定法。
- ・金属鉄(M.Fe) : 臭素メタノール分解-EDTA滴定法。
- ・酸化第一鉄(FeO) : 二クロム酸カリウム滴定法。
- ・酸化第二鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) : 計算。・化合水(C.W.) : カールフィッシャー法。
- ・炭素(C), イオウ(S) : 燃焼-赤外線吸収法。
- ・ライム( $\text{CaO}$ ), 酸化マグネシウム( $\text{MgO}$ ), 酸化マンガン( $\text{MnO}$ ), 酸化ナトリウム( $\text{Na}_2\text{O}$ ), 硅素( $\text{Si}$ ), マンガン( $\text{Mn}$ ), リン( $\text{P}$ ), 銅( $\text{Cu}$ ), ニッケル( $\text{Ni}$ ), コバルト( $\text{Co}$ ), アルミニウム( $\text{Al}$ ), ヴァナジウム( $\text{V}$ ), チタン( $\text{Ti}$ ) : ICP発光分光分析法。
- ・シリカ( $\text{SiO}_2$ ), アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 酸化カルシウム( $\text{CaO}$ ), 酸化マグネシウム( $\text{MgO}$ ), 二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ ), 酸化リン( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), 酸化カリウム( $\text{K}_2\text{O}$ ) : ガラスピード蛍光X線分析法。  
但し $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ は含有量に応じてICP分析法またはガラスピード蛍光X線分析法を選択。
- ・酸化ナトリウム( $\text{Na}_2\text{O}$ ) : 原子吸光法。

なお、鉄滓中成分は、18成分を各元素について分析し、酸化物に換算して表示している。

羽口・胎土成分は、13成分を、鉄製品中成分の化学分析は、13成分を化学分析している。

#### (iii) 顕微鏡組織観察

資料の一部を切り出し樹脂に埋め込み、細かい研磨剤などで研磨（鏡面仕上げ）する。炉壁・羽口・粘土などの鉱物性資料については顕微鏡で観察しながら代表的な鉱物組織などを観察し、その特徴から材質、用途、熟履歴などを判断する。津関連資料も炉壁・羽口などと同様の観察を行うが、特徴的鉱物組織から成分的な特徴に結びつけ製・精錬・鍛造工程の判別、使用原料なども検討する。金属鉄はナイタル（5%硝酸アルコール液）で腐食後、顕微鏡で観察しながら代表的な断面組織を拡大して写真撮影し、顕微鏡組織および介在物（不純物、非金属鉱物）の存在状態等から製鉄・鍛冶工程の加工状況や材質を判断する。原則として100倍および400倍で撮影を行う。必要に応じて実体顕微鏡（5倍～20倍）による観察もある。

#### (iv) X線回折測定

試料を粉砕して板状に成形し、X線を照射すると、試料に含まれている化合物の結晶の種類に応じて、それぞれに固有な反射（回折）された特性X線を検出（回折）できることを利用して、試料中の未知の化合物を同定することができる。多くの種類の結晶についての標準データが整備されており、ほとんどの化合物が同定される。

### 3 調査結果および考察

各資料の外観写真と資料採取位置を写真1-①②、2・3-①に、鉄滓の顕微鏡ミクロ組織を写真1-③④、2・3-②③に、金属鉄の顕微鏡ミクロ組織を写真1-⑤⑥に、資料No1・3のX線回折チャートを図1・2にそれぞれ示す。また、分析調査結果について、表2～4に資料の化学成分分析結果を、表5にX線回折結果を、図3～5に製造工程上の分析結果をまとめて示す。以下、資料の番号順に述べる。

資料番号No1 (FB2005・001) 着磁度：5，MC：10mm大相当以上

#### 外観 (写真1-①②)

外観及び資料採取位置を写真1-①②に示す。重量61.4g、長さ68.6mm、幅40.8mm、厚さ29.0mm。下側に25×30mm位の薄い皿状の鉄製品が付着している滓で、全面が錆化鉄の茶褐色を呈している。上面と思われる側には棒状の工具を突き刺したと思われる8mmφ×30mmL位の溝がある。資料の右側には10mm大相当以上のメタル反応がある。この部分は着磁も強く着磁度5である。この部分を調査する。X線回折は滓を探して実施した。

#### 滓の顕微鏡組織 (写真1-③④)

滓部分の顕微鏡組織を写真1-③④に示す。錆化鉄が多く見られるが滓の組織は写真に見られるようにガラス質とイルメナイトで製鍊滓の可能性が高い。顕微鏡組織としてはイルメナイト、ガラス質、錆化鉄のみが観察される。含鉄製鍊滓が錆化しているものと思われる。

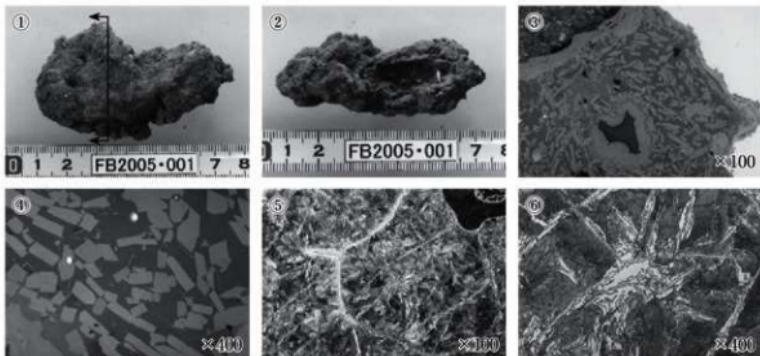


写真1 熊平B遺跡資料No1 外観・滓の顕微鏡組織・金属鉄組織写真

## 金属鉄の顕微鏡組織（写真1-⑤⑥）

組織を写真1-⑤⑥に示す。初析のセメンタイトが結晶粒界と粒内に針状に析出し、基地はパラライト組織（セメンタイト（Cementite : Fe<sub>3</sub>C）とフェライト（Ferrite : αFe）の層状組織）になっている。Cが2%強程度の組織である。

## 化 学 成 分（表2）

化学成分分析結果を表2に示した。Cは2.32%である。顕微鏡組織に近いC濃度である。Mnは0.01%，Cuは0.011%で低い。Si，Al，Tiなどは混入した滓によるものと思われる。

表2 熊平B遺跡資料No.1 化学分析結果 (%)

資料 No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Co	Al	V	Ti	Ca	Mg
1	2.32	0.20	0.010	0.097	0.084	0.011	0.014	0.051	0.17	0.004	0.039	0.006	0.054

## X線回折（図1）

回折結果を図1に示す。マグネタイトが強い回折強度を示し、イルメナイトとシュードブルッカイトの高TiO<sub>2</sub>鉱物相が中程度の回折強度で確認される。また、ウルボスピニルとゲーサイトも存在が確認出来る。マグネタイトは錫化鉄起因と思われる。イルメナイトやシュードブルッカイトがかなりの強さで同定でき、本資料は高TiO<sub>2</sub>砂鉄の製錬滓と判断できる。

以上の結果から、本資料は高TiO<sub>2</sub>砂鉄を原料とする製鉄工程で生成した含鉄製錬滓と推察される。

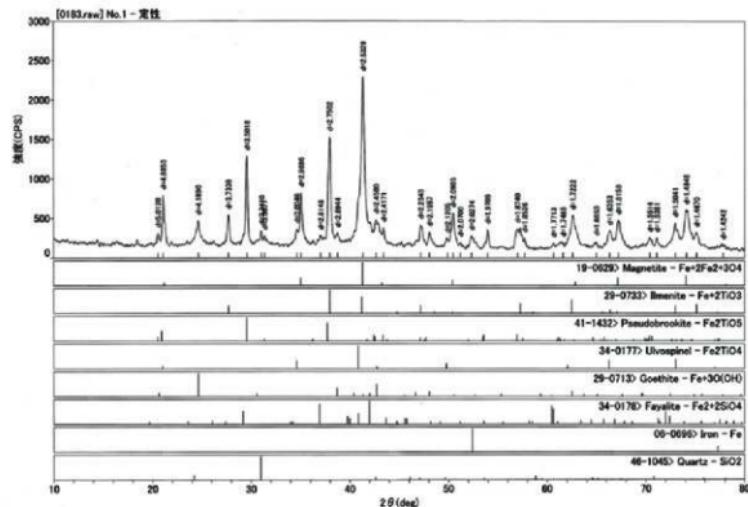


図1 熊平B遺跡出土鉄滓No.1 X線回折チャート

資料番号No.2 (FB2005・002) 炉壁(鉄分付着), 着融度:<1, MC:無

#### 外観(写真2-①)

外観を写真2-①に示す。重量96.5g, 長さ68.2mm, 幅84.1mm, 厚さ32.0mm。炉内滓と反応して5~10mm位の厚さで津化黒変化した三角形の炉壁片である。津化部分は発泡, ガラス化しており, 空隙や気孔には土砂が侵入している。炉壁胎土には筋痕が認められ, 被熱により一部赤褐色に変色している。石英や長石類などの粒状物が多く混合しているのが観察される。胎土は削って取り出し化学分析し, 溶融ガラス質部分を顕微鏡調査した。

#### 滓の顕微鏡組織(写真2-②③)

滓部分の顕微鏡組織を写真2-②③に示す。ガラス質の中に針状あるいは短冊状のイルメナイトが観察される。その他の鉱物相は無くガラス質のみである。高TiO<sub>2</sub>砂鉄の製錬滓が炉壁と反応したと想定される。

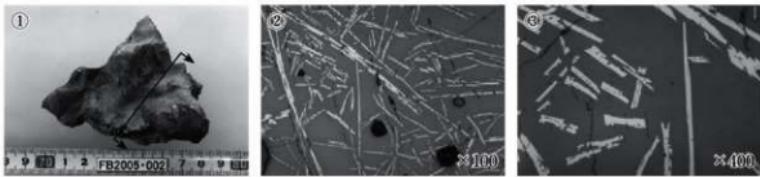


写真2 熊平B遺跡資料No.2外観・滓の顕微鏡組織写真

#### 化学成分(表3)

化学成分分析結果を表3に示した。灼熱減量は1.72%, 結合水は1.10%で結晶水がほとんど抜けた状態での分析である。全鉄4.57%に対してFeOは0.57%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は5.90%である。SiO<sub>2</sub>は67.4%で通常の炉壁胎土の約60%よりもやや高い, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は18.5%で通常の15~18%の高い側にある。耐火度は1251°Cと推算され製鉄炉の炉壁としてはやや低い。

以上から、本資料は高TiO<sub>2</sub>砂鉄を原料とする製鉄工程で生成した製錬滓と反応して面的にガラス化した炉壁と推察される。

表3 炉壁胎土の化学成分分析結果(%)と耐火度(°C)

資料No.	T.Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	C.W.	灼熱減量
2	4.57	0.57	5.90	67.4	18.5	0.77	0.91	1.10	1.72

資料No.	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	C	耐火度(°C)
						推算値
2	1.07	0.05	1.49	0.95	0.45	1251

資料番号No.3 (FB2005・003) 含鉄鉄滓、着磁度：2, MC：無

## 外観（写真3-①）

外観を写真3-①に示す。重量26.7g、長さ37.8mm、幅27.2mm、厚さ20.3mm。鍛冶滓と思われる資料で破面が2面ある三角形状の厚手の板状資料である。上面側は鉄錆の暗褐色であばた状になっている。この面の方が着磁は強く、着磁度2を示す。上面の一角には白褐色の粘土状物が付着している。下面側はやや白色を帯びた褐色を呈し、着磁度は1以下である。断面でみると微細気孔も多く、十分に溶融していない滓が積み上がったように見える。

## 滓の顕微鏡組織（写真3-②③）

滓部分の顕微鏡組織を写真3-②③に示す。白い蘭玉状のウスタイトとガラス質の中に沈むようなファイアライトからなる鉱物組織である。精錬滓に良くみられる組織である。

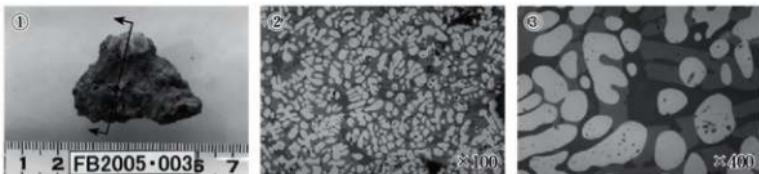


写真3 熊平B遺跡資料No.3外観・滓の顕微鏡組織写真

## X線回折（図2）

回折結果を図2に示す。顕微鏡組織と同様にウスタイトが最強回折強度を示し、ついでファイヤライトが強い回折強度を示している。マグネタイトの弱い回折線も見られることからウスタイトは一部マグнетタイトとの混晶になっていると思われる。

## 滓の化学成分（表4、図3・4・5）

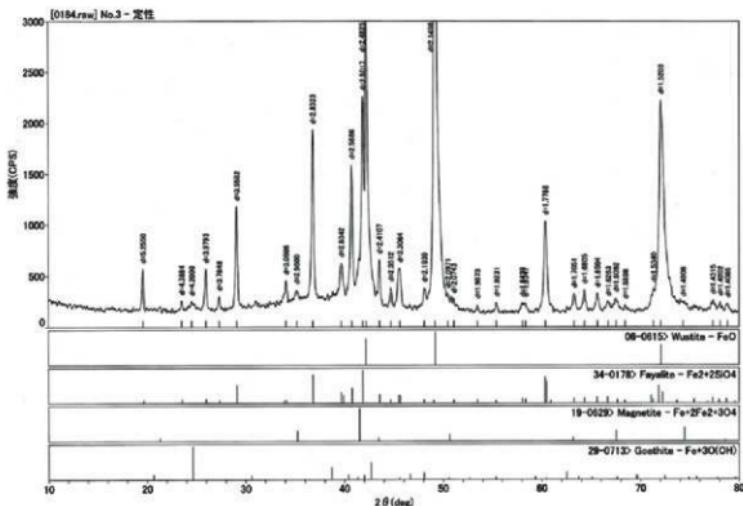
全鉄60.2%に対しても金属鉄は0.22%である。FeOは66.1%、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は12.3%である。SiO<sub>2</sub>は12.7%でAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は3.18%である。造滓成分(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)は18.51%である。造滓成分中の軟化性成分であるCaO+MgOは1.69%でやや低い。TiO<sub>2</sub>は1.0%である。鉄滓の化学成分の特徴から製鉄工程の位置づけを検討する図3・4・5で見ると、図3・5では精錬鍛冶滓の領域にあり、

表4 鉄滓の化学成分分析結果(%)

資料 No.	T.Fe	M.Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	比率(%)	
											FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3	60.2	0.22	66.1	12.3	12.7	3.18	1.24	0.45	0.66	0.28	84.3	15.7

資料 No.	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Co	C.W.	C	V	Cu	TiO <sub>2</sub> / T.Fe	MnO/ TiO <sub>2</sub>	造滓 成分%
3	1.00	0.05	0.169	0.013	0.79	0.12	0.009	0.004	0.017	0.050	18.51

C.W.=化合0.80水、造滓成分=SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO+MgO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O



やや鍛錬鍛治滓にかかる領域である。図4では精鍊鍛治滓と見られる位置にある。ファイヤライトの多いことなどを考慮すると精鍊鍛治滓と推察される。

以上から、本資料は砂鉄を原料とする鍛冶工程で生成した精鍊鍛治滓と推察される。

#### 4 まとめ

本分析調査を以下にまとめた。

##### 1) 遺跡の性格

熊平B遺跡：資料1、資料2は砂鉄製鍊滓および製鍊滓と反応した炉壁と判断され、資料3は精鍊鍛治滓と推察された。資料数が3と非常に少なく断定は難しいが製鉄、精鍊が行われていたものと思われる。

##### 2) 個別資料

資料1：高TiO<sub>2</sub>砂鉄を原料とする製鉄工程で生成した含鉄製鍊滓と推察される。

資料2：高TiO<sub>2</sub>砂鉄を原料とする製鉄工程で生成した製鍊滓と反応した炉壁と推察される。

資料3：砂鉄を原料とする鍛冶工程で生成した精鍊鍛治滓と推察される。

表5 鉄滓のX線回折鉱物と製造工程の分類

資料 No.	資料の種別	X線回折鉱物(鉄関連)	製造工程の分類
1	含鉄鉄滓	M強, II中, Ps中, U弱, Go弱	製錬滓
3	含鉄鉄滓	W最強, F強, M弱	精錬滓

鉱物記号: II(イルメナイト:Ilmenite-FeO·TiO<sub>2</sub>), Q(シリカ:Quartz-SiO<sub>2</sub>)  
U(ウロボスピニル:Ulvöspinel-FeO·TiO<sub>2</sub>), F(ファイヤライト:Fayalite-Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>)  
Ps(シュードブルッカイト:Pseudobrookit-FeO·2TiO<sub>2</sub>), M(マグネタイト:Magnetite-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)  
Go(ゲーサイト:Goethite-α-FeOOH)

製造工程上の鉄滓分類

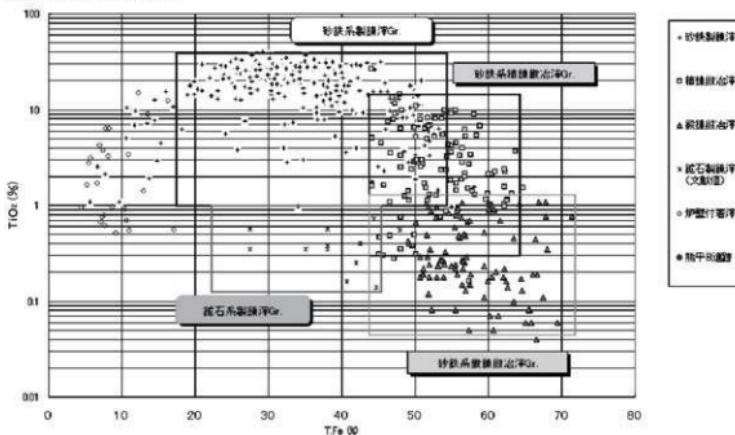


図3 出土鉄滓類の全鉄量と二酸化チタン量の分布図

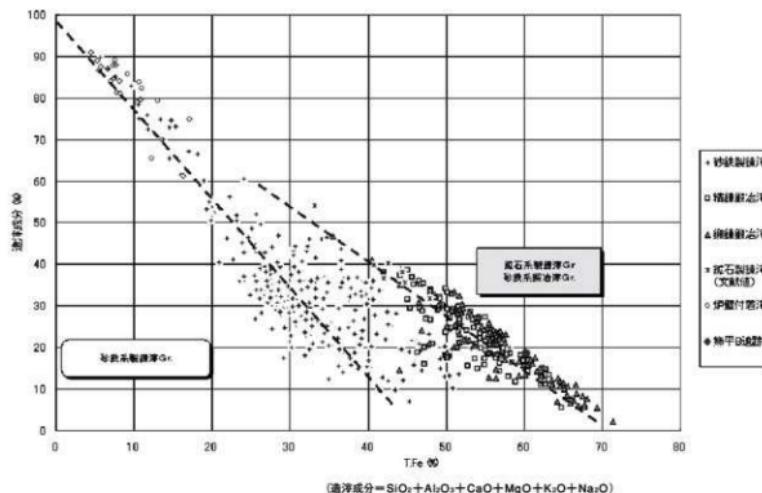


図4 製鍊滓と鍛冶滓の分類

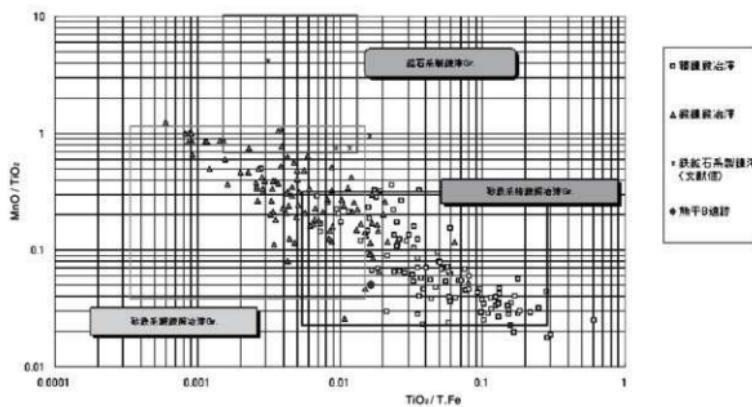
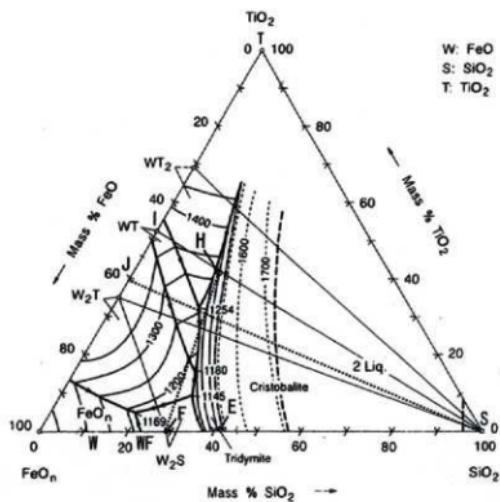


図5 砂鉄系鍛冶滓の分類と鉱石系製鍊滓の範囲

## 5 参 考

図 6 FeO-TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>系平衡状態図

## 報告書抄録

ふりがな	じょうばんじどうしゃどういせきちょうさほうく						
書名	常磐自動車道遺跡調査報告43						
シリーズ名	福島県文化財調査報告書						
シリーズ番号	第433集						
編著者名	吉田 功、佐々木慎一、笠井 崇古、庭又 喜隆 財團法人福島県文化振興事業団 遺跡調査部 遺跡調査グループ 〒960-8115 福島県福島市山下町1-25 TEL 024-534-2733						
編集機関	福島県教育委員会 〒960-8688 福島県福島市杉妻町2-16 TEL 024-521-1111						
発行年月日	2006年10月27日						
所取遺跡名	所在地	コ一ド 市町村	北緯 度	東經 度	調査期間	調査面積	調査原因
四つ栗	よつしろく 福島県南相馬市 小高区大学川房 字四つ栗	563 00096	37° 32' 02"	140° 56' 27"	2005年4月19日 ↓ 2005年6月30日	4,450m <sup>2</sup>	道路(常磐自動車道)建設に伴う事前調査
熊平 B	くまひら 福島県南相馬市 小高区大学大富 字熊平	563 00150	37° 34' 20"	140° 56' 35"	2005年4月12日 ↓ 2005年7月24日	3,100m <sup>2</sup>	
萩原	おぎわら 福島県南相馬市 小高区大学羽倉 字萩原	563 001-003	37° 35' 08"	140° 55' 58"	2005年7月4日 ↓ 2005年9月30日	2,200m <sup>2</sup>	
所取遺跡名	種別	主な時代	主な遺構	主な遺物	特記事項		
四つ栗	集落跡	旧石器時代 縄文時代 弥生時代	竪穴住居跡 掘立柱建物跡 土坑 性格不明遺構	1軒 2棟 17基 1基	石器 土師器 須恵器		
熊平 B	集落跡	縄文時代 弥生時代	竪穴住居跡 土坑 性格不明遺構 溝跡	2軒 5基 1基 1条	縄文土器 土師器 石器 炉壁		
萩原	集落跡	旧石器時代 縄文時代	竪穴住居跡 土坑 遺物包含層	4軒 5基 1箇所	縄文土器 石器		

福島県文化財調査報告書第433集

## 常磐自動車道遺跡調査報告43

四ツ葉遺跡（2次調査）

熊平日遺跡

秋原遺跡（2次調査）

平成18年10月27日発行

編集	財団法人福島県文化振興事業団	遺跡調査部	遺跡調査グループ
発行	福島県教育委員会	(〒960-8688)	福島市杉妻町2-16
	財団法人 福島県文化振興事業団	(〒960-8115)	福島市山下町1-25
	東日本高速道路株式会社東北支社相馬工事事務所	(〒976-0042)	相馬市中村字塚の町65-16
印刷	キング印刷株式会社	(〒960-1106)	福島市下島渡字新町西6-1

本報告書は中性紙を使用しています。