

—第30回IGC(北京)T306地質巡検参加報告—

内モンゴル自治区北部オルドス高原の 石炭・地質・自然(第I部:概説)

鈴木祐一郎¹⁾・徳橋 秀一¹⁾

筆者らは、1996年8月4日-14日に北京で開催された第30回IGC(万国地質学会議)終了後、8月15日-20日に行われたT306地質巡検(内モンゴル自治区北部オルドス高原のジュンガル及びドンシェン炭田の地質)に参加したので、その内容について報告する。第I部では、予備知識として、北部オルドス高原の地形・地質・石炭について概説し、第II部で、実際の巡検の内容について紹介することにする。なお、第I部や第II部で紹介する概説や各種説明の中味は、特に出典を明示したもの以外は、地質巡検案内書(You et al.,1996)に準拠したものであることをお断りしておく。

1. 中国の石炭

Li et al.(1995)によると、中国は石炭資源に富み、世界有数の石炭産出国である。中国では現在消費するエネルギーの約70%が石炭によって賄われている。石炭が地下に分布する面積は55万平方キロメートルで、1950年代以降発見・確認されている石炭埋蔵量は、3兆2千億トンに達する。そして中国の石炭の形成にとって重要な地質時代は、次の4つであるという。

- (1) 石炭紀～二疊紀石炭：安定した中朝地塊及び揚子地塊上の陸と海の境界部に形成。
- (2) ジュラ紀石炭：クンルン(崑崙)～チンリン(秦嶺)造山帯北側の陸成堆積盆に形成。
- (3) 白亜紀石炭：中国東北部から産出するもので、断層で境された陸成堆積盆中に形成。
- (4) 第三紀石炭：中国南部や太平洋に近い堆積盆

(タン・ルー断層に伴って形成されたもの)に形成。

このうち大きな割合を占めているのが、1)と2)であり、特に2)のジュラ紀の石炭は、中国全体の石炭資源量の半分以上を占めている(Li et al, 1995)。北部オルドス高原に分布する石炭は、上記のうち、(1)と(2)であり、今回の巡検で訪れたジュンガル(準格爾)炭田は(1)の、またドンシェン(東勝)炭田は(2)の代表的な炭田である。

2. オルドス高原の地理・地形・気候

奇跡の土地とよばれるオルドス高原(Ordos plateau)は、モンゴルとの国境に近い中国北部の黄河の大屈曲と万里の長城に囲まれたところにある(第1図)。

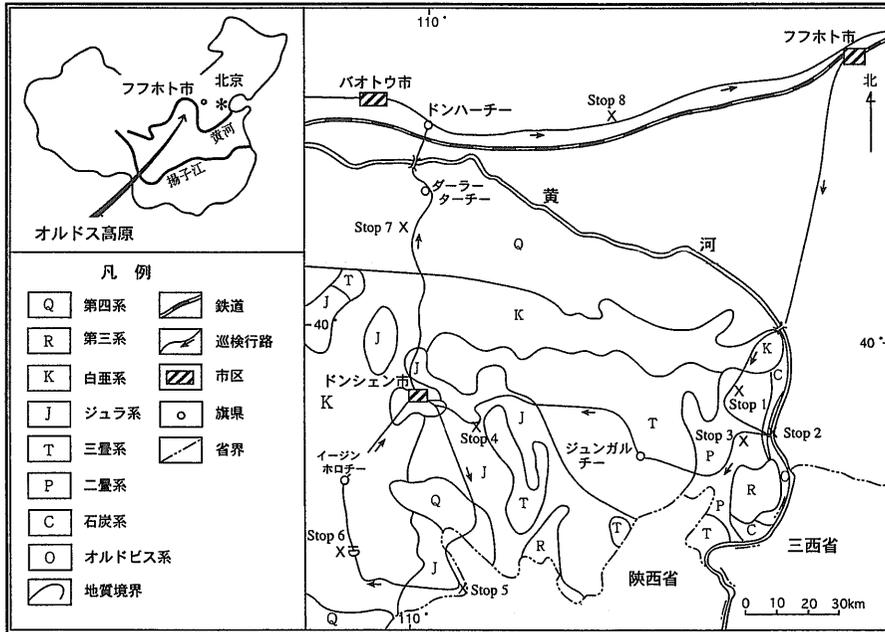
“オルドス”は、有名な古期の堆積性構造盆地であり、また約3万5千年前に発展した“ヘータオ人文化(河套人文化, Hetao man culture)”の土地としても世界的に知られている。

オルドス高原の多くの地域は、黄土高原地帯に属する。西部地域は主に高原砂漠(plateau desert)で、比較的平坦である。高原の北部と南部には、それぞれホブチ砂漠(Kobq desert)とムウス砂漠(Mu Us desert)が分布している(第2図)。東部は、典型的な高原丘陵地区であるが、東方に深くなる谷によって削り込まれており、地形はより複雑になっている。ここではV字型の断面を有する樹枝状の谷が縦横に伸びている(第3図)。海水準からの比高は1,100-1,500mである。

主な河川系は黄河であり、オルドス高原の西と北

1) 地質調査所 燃料資源部

キーワード：中国、内モンゴル自治区、オルドス高原、石炭、ジュンガル炭田、ドンシェン炭田、地質巡検、第30回万国地質学会議



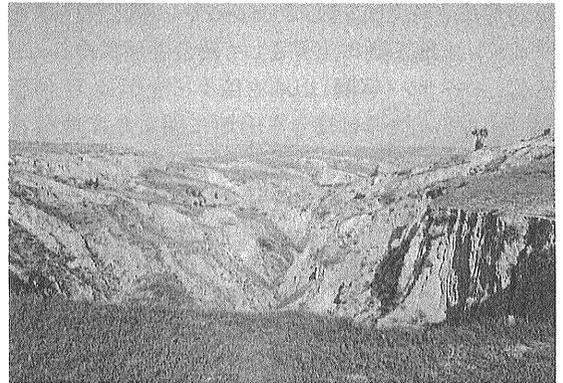
第1図 オルドス高原北東部(巡検地域)の地質概要と巡検行路。



第2図 オルドス高原の北部に分布するホブチ砂漠の砂丘列。

と東が黄河によって囲まれている。黄河の両側には、多くの支流があるが、その多くは間欠河川である。

本地域は、典型的な半乾燥大陸気候に属する。霜の無い期間は短く、降雨量も小さいのに対して蒸発量は非常に大きい。通常空は埃っぽく霞んでいる。気温は最高が40℃、最低が-35℃、年間の平均気温は5.5-9.0℃と年により幅がある。昼と夜の温度差は11-15℃、年間降水量が300-400mmであるのに対して、蒸発量は2,000-3,000mmである。降水は、7月から9月が中心であり、特に8月には、



第3図 オルドス高原東部における黄土高原とそれを切る樹枝状の谷。

電を伴う雷雨がしばしばみられる。8月の平均気温は21.2℃、平均の絶対湿度が18.1ミリバール、相対湿度は74%である。台風はない。

3. オルドス高原の地質

3.1 構造発達史

オルドス堆積盆の構造地質学的位置づけについては、内外の地質学者によって様々な見解が出されている。しかし、オルドス堆積盆とその境界地域の構造地質学的性質については、異なった概念や

用語を用いたいかなる構造地質学的流派の場合であっても、オルドス堆積盆が最も安定した無傷に近い構造エレメントであるという点では、いずれも共通した認識を有している。

オルドス堆積盆の構造地質学的発達過程にはいくつかのステージがみられる。

古生代初期～後期三疊記：中朝地塊は、ティエンシャン(天山)－シンアン(興安)地向斜(Tianshan-Hinggan geosyncline)とチンリン(秦嶺)地向斜(Qinling geosyncline)の間に位置した安定地塊であった。両側の地向斜の収縮・拡張と同期しつつ、中朝地塊の隆起と沈降がみられた。

三疊紀末：ティエンシャン－シンアン地向斜とチンリン地向斜のサブダクションにより、シベリア、中朝、揚子地塊が一つのブロックに合体した。その後、クラークパシフィック・プレートとユーラシア・プレートとの間で、左回りのせん断圧縮運動(sinistral shear compressed movement)が起こり、中国大陸における東側隆起で西側沈降という構造パターンが形成された。こうして、インシャン(陰山)山地とチンリン山地が既に上昇をして浸食地域になるとともに、ハーラン(賀蘭)山地も徐々に隆起し、その結果、オルドス地域は周りを山地に囲まれた堆積盆になった。

ジュラ紀末：一般にイェンシャン(燕山)運動(Yanshan movement)の主要時階と考えられている強い構造運動が起こった。ハーラン及びインシャン地域は隆起して、一連の断層・褶曲及びナップを伴った山脈が形成された。オルドス堆積盆の北東部では、堆積間隙(sedimentary hiatus)がみられる。白亜紀初期には、オルドス堆積盆の北部が再び沈降して、オトクチー(Otog Banner)付近に中心を有する南北方向のトラフが形成された。その後、オルドス堆積盆は再び上昇し長い堆積盆史の幕を閉じ、堆積盆は消滅した。

3.2 層序

オルドス高原の層序は、北部中国層序地区のオルドス亜地区(Ordos Subprovince of the North China stratigraphic province)に属する。ここでは、ドンシェンセクションとジュンガルセクションを代表例として、古い方から若い方へ説明する(第1表)。

第1表 オルドス高原周辺域における標準層序。

時代区分		地層名(累層名)				
界	系	統	(カタカナ表記)	(日本語漢字表記)	(英語表記)	
新 生 界	第四系	全新統		(Q4)		
		上更新統		(Q3)		
		鮮新統		(N2)		
中 生 界	白亜系	下部	ドンシェン層 イージンホロ層	東勝組(K1d) 伊金霍洛組(K1y)	Dongsheng F. Ejin Horo F.	
		中部	アンディン層 ジルオ層 イェンアン層 *	安定組(J2a) 盧羅組(J2z) 延安組(J2y)	Anding F. Zhiluo F. Yan'an F.	
	三疊系	下部	フーシエン層	富県組(J1f)	Fuxian F.	
		上部	イェンチャン層	延長組(T3y)	Yanchang F.	
		中部	アルマーイン層	二馬營組(T2a)	Ermaying F.	
	下部	ハーシャンゴウ層	和尚溝組(T1h)	Heshanggou F.		
		リウジャーゴウ層	劉家溝組(T1l)	Liujiagou F.		
	古 生 界	二疊系	上部	シーチェンフォン層 シャンシーハース層	石子峰組(P2sh) 上石合子組(P2s)	Shiqianfeng F. Shangshihzei F.
			下部	シャンシーハース層 シャンシー層 *	下石合子組(P1x) 山西組(P1s)	Xiaishihezi F. Shanxi F.
			上部	タイユエン層 *	太原組(C2t)	Taiyuan F.
オルドビス系		上部	ベンシー層	本溪組(C2b)	Benxi F.	
		下部	マージャーゴウ層 リャンジャーシャン層	馬家溝組(O1m) 亮甲山組(O1l)	Majiajou F. Liangjiashan F.	
		下部	イェリ層	冶里組(O1y)	Yeli F.	

* 夾炭層 ~~~~~：不整合 - - -：平行不整合 ———：整合

3.2.1 下部オルドビス系(Lower series of Ordovician System)

イェリ層(Yeli Formation: O1y)：ジュンガル炭田地帯の東部に位置する黄河沿いの崖の上の2, 3の露頭でのみ確認されている。主に、灰色、黄褐色、黄灰色の厚-中層理結晶質ドロマイトから成る。頂部には、厚さ53-63mの灰黄色結晶質ドロマイト層がみられる。化石の*Ellesmeroceras* sp.が発見されている。

リャンジャーシャン層(Liangjiashan Formation: O1l)：ジュンガル炭田地帯の東部に位置する黄河沿いの崖の上の2,3の露頭でのみ確認されている。主に灰黄色もしくは淡黄色の薄層理層状石灰岩から成り、一部先の尖ったドロマイト(edgewise dolomite)やフリントを含むドロマイト(flint banded dolomite)を挟む。厚さは54-66mで、下位層に整合に重なる。含まれる化石は、頭足類が*Manchuroceras* sp., *M. cf. platyventrum*, *Lingchengoceras* sp., 三葉虫類が, *Eoisotelus orientalis*, *Megistaspis della* sp.などである。

3.2.2 上部石炭系(Upper series of Carboniferous System)

ベンシー層(Benxi Formation: C_{2b}): ジュンガル炭田地帯の東部と南部の谷の中で見出されている。主に、暗灰色～灰黒色泥岩ないし粘土岩から成り、石灰岩の薄層を挟む。基底には厚さ5-42mのポーキサイト質の泥岩とシャンシータイプ(Shanxi-type)の鉄鉱床が分布し、下位層を非整合に覆う。次のような植物や動物の化石が含まれる。フズリナ化石では、*Fusulina* sp., *F. quasi-cylindrica*が、有孔虫化石では、*Bradyina* sp., *Climacamma* sp.が、コノドント化石として、*Idiognathodus delicatus*が、腕足類として、*Chonites carbonifera*が、植物化石として、*Lepidodendron oculusfelis*, *L. worthenii*が産出する。

タイユエン層(Taiyuan Formation: C_{2t}): ジュンガル炭田地帯の東部と南部の谷の中で見出されている。主に、灰黒色及び暗灰色粘土岩、石炭、砂岩、炭質泥岩から成る。下部部層のなかに、採算可能なNo.9炭層が挟在する。上部部層中には、カオリン質泥岩と厚い複合炭層であるNo.6炭層(厚さ70-100m)が挟在する。下位の地層を整合に覆う。植物化石の*Neuropteris ovata*, *N. pseudovata*, 動物化石のFusulinids, *Tricites chui* var. *robustus*, 腕足類の*Schellwieneris* cf. *kueichowensis*が産出する。

3.2.3 二畳系(Permian System)

シャンシー層(Shanxi Formation: P_{1s}): ジュンガル炭田地帯の中部から東部の谷のなかで見出される。主に灰色～淡灰色長石質石英砂岩、暗灰色泥岩、カオリン質泥岩及び石炭層から成る。下位のタイユエン層と整合に重なり、厚さは60-80mである。植物化石の*Emplectopteris triangularis*, *Pecopteris unite*, *P. wongii*, *P. arcuata*が産出する。

シャアシーハーズ層(Xiashiheji Formation: P_{1x}): ジュンガル炭田地帯の中部から南西部の谷のなかに分布する。主に黄緑色の中粒～粗粒長石質石英砂岩、赤紫及び多色質の泥岩・粘土岩から構成される。厚さは110-120mで、下位層と整合に接する。植物化石の*Pecopteris* sp., *P. taiyuanensis*, *P. arcuata*などを産出する。

シャンシーハーズ層(Shangshihezi Formation

: P_{2s}): ジュンガル地域では、主に紫ないし赤紫泥岩、シルト質泥岩、灰緑色及び黄緑色中粒～粗粒砂岩から成る。砂岩中にはときに紫泥岩のペブル礫が含まれる。厚さは290mで、下位層と整合に接する。植物化石の*Pecopteris* sp., *P. taiyuanensis*などを産出する。

シーチェンフォン層(Shiqianfeng Formation: P_{2sh}): ジュンガル地域では、黄緑色、灰緑色のペブル礫を含む粗粒砂岩、粗粒～細粒砂岩、褐色～褐色質赤色泥岩から成る。厚さは180mで、下位層を整合に覆う。いままでのところ化石は見出されていない。

3.2.4 三畳系(Triassic System)

リウジャーゴウ層(Liujiaogou Formation: T_{1l}): ドンセン県の西部及び南部ジュンガルチーとガオトウヤオ(Gaotouyao)に分布する。主に、赤紫色のシルト質泥岩を挟むピンク色をした薄い石英砂岩から成る。砂岩には斜交層理が発達し、稀にペブル礫がみられる。厚さは370mで、下位のシーチェンフォン層と整合に接する。

ハーシャンゴウ層(Heshanggou Formation: T_{1h}): ドンセン県の西部ジュンガルチーとガオトウヤオ(Gaotouyao)に分布する。赤褐色シルト質泥岩、シルト岩、灰緑色中粒～細粒砂岩から成る。厚さは160mである。甲殻類の*Darwinula fragilis*, 脊椎動物のBenthosuchidaeなどを初め、動物・植物化石を産する。下位層のリウジャーゴウ層を整合に覆う。

アルマーイン層(Ermaying formation: T_{2e}): 灰緑色中～細粒長石質石英砂岩と暗赤紫色シルト質泥岩の互層から成る。厚さ260mで、下位のハーシャンゴウ層を整合に覆う。*Hanbeikannemeyeria buerdongia*などの脊椎動物化石を産出する。

イエンチャン層(Yanchang Formation: T_{3y}): ドンセン炭田地帯の谷で設定される。炭田地帯の北部と南部では岩相を異にし、北部では、主に礫岩とペブル礫を含む粗粒砂岩から成るのに対して、中・南部では、主に黄緑色、黄褐色の厚い粗粒長石質石英砂岩から成り、泥質シルト岩や砂質泥岩を挟む。また場所によっては、1から2枚の炭層を挟む。厚さは90mで、下位のアルマーイン層を整合に覆う。*Glossophyllum* sp., *Podozamites lanceolatus*といった植物化石を産する。

3.2.5 ジュラ系 (Jurassic System)

フーシエン層 (Fuxian Formation : J_{1f}) : 主に灰色、灰緑色、黄緑色の砂岩及び紫色泥岩から成り、薄いオイルシェールや炭層を挟む。最も厚く露出しているところで、94mである。下位のイエンチャン層とは、平行非整合の関係にある。 *Coniopteris hymenophylloides*, *Cladophlebis* sp.などの植物化石を産する。

イエンアン層 (Yan'an Formation : J_{2y}) : ドンシェン炭田地帯の東部と北部の谷に分布する。主に、灰白色、淡灰色の種々の粒度の砂岩、泥質シルト岩、砂質泥岩及び泥岩の互層から成る。また多くの採算可能な炭層を挟在する。厚さは、133-279mである。ドンシェン炭田地帯における主要な夾炭層であり、下位層とは平行不整合ないし整合の関係にある。多くの動物・植物化石を産する。たとえば、動物化石としては、 *Ferganoconcha curta*, *F. subcentralis*などが、また植物化石としては、 *Coniopteris hymenophylloides*などが産する。

ジールオ層 (Zhiluo Formation : J_{2z}) : ドンシェン県のハシラチュアン (Hashilachuan) やシェンシャンゴウ (Shenshangou) に観察される。下部は主に、灰黄色、灰緑色、厚くて粗粒な砂岩で赤紫色、灰色のシルト岩や砂質泥岩を挟む。基底にときおり1~2枚の採算不能な薄い炭層 (No.1 coal group) が挟まれる。上部は主に、赤紫色砂質泥岩、シルト岩、その他から成り、厚さは80-140mである。下位のイエンアン層を整合に覆う。 *Coniopteris* sp., *C. hymenophylloides*などを産する。

アンディン層 (Anding Formation : J_{2a}) : 主に赤紫色、淡赤色、灰緑色泥岩、シルト岩及び中-細粒砂岩から成り、厚さは0-276mである。化石の産出は知られていない。

3.2.6 白亜系 (Cretaceous System)

イージンホロ層 (Ejin Horo Formation : K_{1y}) : ドンシェンリアン (Dongshengliang) の南及びジュンガルとシゲタイ (Shigetai) の西に広く分布する。主に灰緑色、赤褐色礫岩、赤褐色砂岩そして暗赤色シルト岩・泥岩から成り、厚さは176mである。下位層を整合に覆う。化石の報告はない。

ドンシェン層 (Dongsheng Formation : K_{1d}) : ジュンガル地域では北部炭田地帯で発見され、赤色砂岩、礫岩及び砂岩-泥岩から成り、厚さは176m

である。ドンシェン地域では、ドンシェンリアンの北部で見出され、主に黄色、黄緑色礫岩、淡赤色、赤褐色礫質砂岩及び砂質泥岩から成る。厚さは約270mである。下位のイージンホロ層をやや斜交不整合状に覆う。植物化石 *Elatocladus* cf. *obtusifolia*, 恐竜化石 *Psittacosaurus* sp., *P. younina*などを産する。

3.2.7 第三系鮮新統 (Pliocene Series of Tertiary System : N₂)

ドンシェン地域とジュンガル地域に広く分布し、赤褐色及び赤色石灰質ラテライト、灰黄色、赤褐色礫岩、赤色砂質泥岩、砂質粘土などから成り、最大層厚は約100mである。下位層とは不整合である。ほ乳類化石 *Hipparion* sp., *H. cf. parvum*, *H. cf. plocodus*などを産する。

3.2.8 第四系 (Quaternary System ; Upper Pleistocene Series Q₃ and Holocene Series Q₄)

ドンシェン地域とジュンガル地域に広く分布する。主に、淡黄色、黄褐色砂質レス、河川成砂及び礫、風成の砂、その他から成る。最大層厚は約40mである。下位層を不整合に覆う。

4. オルドス高原の石炭

4.1 研究史

1982年に、内モンゴル自治区地質鉱物資源局 (Geology and Mineral Resources Bureau) によって、「広域地質研究報告」が編さんされた。主な成果品は、20万分の1地質・鉱物資源図と広域地質及び鉱物資源報告書である。1987年に、内モンゴル煤田地質局及び中国鉱山技術大学地質学部の協力によって、「ジュンガル炭田における石炭胚胎層の岩相と古地理に関する研究」が刊行された。この研究では、夾炭層の堆積相、堆積相の発達モデル、古地理的特徴を考察し、また石炭集積及びその保存の法則をまとめ、石炭の探査にあたり、いかに堆積学的理論を適用するかについて議論している。1989年には、中国地質大学のチェン・ツォンフイ (Chen Zhonghui) 教授によって、「東部オルドス高原における後期古生代の夾炭層の堆積環境と石炭集積理論」という本が出版された。この本では、ジュンガル炭田をモデルとして、堆積盆東縁部

における後期古生代炭層の広域的なゾーニング、及び時間的空間的な発達法則を明らかにするとともに、周辺地域との対比も行った。この本はまた、主な炭層の厚さ、構造、炭質の法則と支配要因についても明らかにしている。1992年には、内モンゴル煤田地質局は、国家地質探求プロジェクト第7次5ヵ年計画を終了し、「オルドス堆積盆における石炭集積理論(法則)と石炭資源評価」をまとめた。この報告書では、多くの掘削とそれによる地質学的情報が取り込まれるとともに、堆積環境の地質学的発達法則、石炭集積法則とその資源評価及びその他の鉱物資源について述べられている。

4.2 ジュンガル及びドンシェン炭田

内モンゴル自治区に属するオルドス石炭集積堆積盆の北部は、堆積盆の約1/3を占めるが、石炭の資源量は、堆積盆の全埋蔵量の半分に達する。今回訪れるドンシェン及びジュンガル炭田は、資源が豊富であることのみならず、良質であることでも知られる。これらの炭田の開発は、戦略的に東から西へと移動するエネルギー基地建設、電力産業及びその他の産業の育成において重要な役割を果たすであろうし、重要な石炭産業基地になることは確実であろう。

ジュンガル(準格爾)炭田は、オルドス高原の東部に位置し、これまでに253億トン(25.3Gt)の埋蔵量が確認されている。この炭田は、南北に65kmの長さ、東西に21kmの幅を有し、面積にして、1,007 km²である。炭層の平均の厚さは25mで、オーバーバーデン(上にある地層)の平均の厚さはたったの80mである。豊かな埋蔵量、良質であること、露天掘りに適していることなどから、世界有数の炭田に数えられる。

一方、西方に位置するドンシェン(東勝)炭田は、南北の長さが100km、東西の最大幅が100kmである。開発面積は5,875km²、炭層の枚数は10-20枚、1994年末における総確認埋蔵量は、922億トン(92.2Gt)である。

このようにオルドス高原では、豊富な石炭資源

が、地下浅いところに厚く安定した炭層をなしており、地質構造も単純で開発や利用も容易であることから、別名、“石炭の海”(coal sea)とも呼ばれている。

5. 石炭以外の資源

オルドス高原では、石炭以外にも次のような地下資源が知られている。

A. 石油及び天然ガス：オルドス高原の西部で産出。地質学的な埋蔵量は、11億m³(1.1 billion m³)で、石油及び天然ガスの胚胎層は、二疊系のシャンシー層(Shanxi Formation)及びシーハーズ層(Shihezi Formation)のなかにある。

B. オイル・シェール：オイル・シェール胚胎層準は、主にジュラ系のイェンアン層の中にある。しばしば、通常薄く小規模で不安定な炭層に伴われている。

C. 耐火粘土：主に、ジュンガルチー(Jungar Banner)のジャオシャゴウ(Jiaoshaogou)やロンワンゴウ(Longwanggou)に分布している。ベンシー層(Benxi formation)の基底に、層状ないしレンズ状に、しかし安定して賦存する。

D. 重炭酸ソーダ石：主にインジュの西部に分布する。経済的に開発可能である。

E. カオリン：ジュンガル炭田のヘイダイゴウ鉱山に分布する。No.6炭層に伴っており、高品位で大きな埋蔵量を有している。

引用文献

Li Sitian, Mao Bangzhuo and Lin Changsong (1995) : Coal resources and coal geology in China. Episode, vol.18, nos.1&2, 26-30.

You Guanghai, Guan Shiqiao, Wang Tao, Si Hongfen and Lu Jianzhong (1996) : Geology of Jungar-Dongsheng coal field. 30th IGC Field Trip Guide T306.

SUZUKI Yuichiro and TOKUHASHI Shuichi (1997) : Report on 30th IGC Field Trip T306 : Coal Geology and Nature of Northern Ordos Plateau, Inner Mongolia. Part I: Outline.

<受付：1997年1月6日>