

ウクライナ，ドネツ炭田における上部石炭系 Bashkirian-Moscovian 境界

上 野 勝 美* NEMYROVSKA, Tamara I.**

Bashkirian-Moscovian (Pennsylvanian/Upper Carboniferous) Boundary in the Donets Basin, Ukraine

Katsumi UENO* and Tamara I. NEMYROVSKA**

Abstract

To better understand and update knowledge of the stratigraphy and foraminiferal and conodont faunal successions of Bashkirian-Moscovian (Pennsylvanian/Upper Carboniferous) boundary intervals in the Donets Basin of Ukraine, we studied the C_1^2 to C_2^5 suites (Limestones F to L) of the following eight stratigraphic sections located in the eastern part of the basin. These are the Karaguz, Volnukhino, Kriven'ky Yar, Rudnya, Zolotaya, and Malonikolaevka sections in Lugansk county and the Soroche'ya and Kholodnaya sections in Donetsk county. Among them, the Malonikolaevka section, which is located about 35 km southwest of Lugansk and is documented for the first time in this study, provides important data on the faunal successions of the Bashkirian-Moscovian boundary interval, ranging from Limestones I_2 to K_3 . Both the conodont and fusuline faunas record the appearances in the basal part of the C_2^5 (K) Suite of several new taxa that are more characteristic of the early Moscovian. These forms include *Declinognathodus donetzianus* at the top of K_1 in conodonts and *Eofusulina triangula*, *E. trianguliformis*, and a large *Neostaffella* species (*N. voshgalica*) at K_2 in fusulines. Thus, the K_1 - K_2 interval is very promising as the potential position of the formal Bashkirian-Moscovian boundary in the Donets Basin. The data from the Malonikolaevka section, together with those from other sections in the present study, would be significant for future investigations of the Task Group to establish a GSSP close to the existing Bashkirian-Moscovian Boundary organized in IUGS Subcommittee on Carboniferous Stratigraphy (SCCS).

Key words : Bashkirian-Moscovian boundary, Carboniferous, conodont, Donets Basin, fusuline, Pennsylvanian, Ukraine

キーワード : Bashkirian-Moscovian 境界, 石炭系, コノドント, ドネツ炭田, フズリナ, ペンシルバニア亜系, ウクライナ

* 福岡大学理学部地球圏科学教室

** ウクライナ科学アカデミー地質科学研究所

* Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University

** Institute of Geological Sciences, Ukrainian Academy of Sciences

I. はじめに

近年、顕生累代の多くの地質系統（系：system）において最小年代層序单元である階（stage）に対する国際境界模式層断面と断面上のポイント（Global Boundary Stratotype Section and Point：GSSP）が提案，承認され，それにともない地質コミュニティの中で地質系統境界の詳細な定義に対する理解が深まってきた（例えば，Gradstein *et al.*, 2004）。しかしながら，石炭系に関しては標準的に用いられている7つの階（下位より Tournaisian, Viséan, Serpukhovian, Bashkirian, Moscovian, Kasimovian, Gzhelian: Heckel and Clayton, 2006）の中で，その下限のGSSPが決定，あるいは現在までにその候補が提議されているのはいまだ Tournaisian（石炭系の基底），Viséan，そして Bashkirian（上部石炭系に相当するペンシルバニア亜系の基底）の3階にすぎない（Davydov *et al.*, 2004）。その他の階に関しては現在，石炭系層序委員会（IUGS Sub-commission on Carboniferous Stratigraphy：SCCS）の中にいくつかのタスクグループが組織され，各階基底を定義するマーカーイベントの選定と具体的な境界模式セクションの策定に向けた国際共同研究が行われている。Task Group to establish a GSSP close to the existing Bashkirian-Moscovian Boundary もこのような流れを受け，2002年に米国ノーザンアイオワ大学地球科学科の John R. Groves 博士をリーダーとして，12の国々に属する18名の研究者が集まりSCCS内に組織された。筆者らもこのタスクグループに加わり，当該境界前後の有孔虫およびコノドント群集変遷を検討している。現在までのところ，コノドントおよびフズリナ類によるいくつかの進化イベントが Moscovian 基底を定義するマーカーイベントの候補として挙げられているが（例えば，Groves and Task Group, 2004, 2005, 2007），いまだ正式な決定には至っていない。タスクグループでは，これら候補となる進化イベントについて世界各地のセクションで具体的なデータ収集を進め，それぞれの進化イベントの具体像



図1 ウクライナ東部，ドネツ炭田の位置図。

Fig. 1 Index map of Donets Basin in eastern Ukraine.

の解明とその対比可能性を検討している。

ウクライナ東部に位置するドネツ炭田（Donets Basin：図1）は，地質学的にはバルト海からベラルーシ，ウクライナ，ロシア南西部を横断しカスピ海まで延びる Pripyat-Dnieper-Donets リフト帯の中核をなす地域である（Stovba *et al.*, 1996）。そこには，豊富な陸生および浅海生動植物化石を含み，層厚12,000 mにおよぶ沿岸性堆積物主体の石炭系が残されている（Aisenverg *et al.*, 1979）。ドネツ炭田地域にはほぼ連続的で欠如のない石炭系層序が記録されていることから，石炭系各階のGSSP策定に向けた研究では，北米ミッドコンチネント，西ヨーロッパ，モスクワ盆地，南部ウラル，南部中国等の主要堆積盆とともに，重要な研究対象地域の1つとなっている。

1721年にドネツ地域で最初の石炭層が発見されて以来，この地域では主に石炭層の探査という経済的側面からの地質調査と詳細な地質図作りが行われ，層序の枠組みが明らかにされてきた。ドネツ炭田の石炭系層序に関しては，19世紀末以来，ウクライナ人地質学者により固有の層序命名体系が組み立てられている（Aisenverg *et al.*, 1975）。それによると，ドネツ炭田の石炭系は“下部”，“中部”，“上部”に相当するC₁，C₂，C₃に三分され，それぞれがさらに，通常の岩相層序区分における累層にほぼ相当するスイート（suite）に分けられている。各スイートには，

C₁, C₂, C₃ の中での層序学的位置に従い順に上付きの番号が付けられ (例えば, C₁₂, C₂₂, C₃₂ など), さらにそれぞれのスイートに対して下位から順に A ~ P のアルファベットが付されている (ただし, アルファベットの J は用いられていない)。このようにして, ドネツ炭田の石炭系には全部で 15 のスイートが定義されている (Aisenverg *et al.*, 1979)。各スイートに含まれる, 分布範囲の広い主要海成石灰岩層には, 例えば K₁ のようにそのスイートをあらわす大文字のアルファベットと下付の数字を組み合わせた記号が下位より順に付けられている。また, 主要石灰岩層の間にある, より分布が狭く層厚の薄い副次的海成石灰岩層に対しては, 下位にある主要石灰岩層の記号に順に上付の数字が付される (例えば, I₂ は I スイートの 2 番目の主要石灰岩層に重なる, 最初の副次的石灰岩層を意味する)。同様に, 石炭層に対しては k₁ のように小文字のアルファベットとその位置をあらわす数字が用いられている。このようなドネツ炭田における層序命名システムにおいては, 上部 Bashkirian から下部 Moscovian に相当する層準は, おおむね C₂₂ (F) スイート最上部 ~ C₂₂ (L) スイートに相当する。

本研究では, Bashkirian-Moscovian 境界を挟んでの有孔虫 (特にフズリナ類) とコノドント群集変遷, ならびに境界模式地策定のためのマーカーとなる生層序イベントの検討を中心に, ドネツ炭田東部地域に分布する上部 Bashkirian ~ 下部 Moscovian の 8 セクションで調査を行った。現在, 得られた試料の処理と含まれる化石群の分類学的検討を順次進めている段階である。そこで, 本稿ではまず今回調査した各セクションの概要について報告し, 続いて本研究ではじめて調査された Malonikolaevka セクションについて, その層序と有孔虫, コノドント群集変遷を記述する。

II. 調査セクションの概要

筆者らは, Bashkirian-Moscovian-Kasimovian-Gzhelian の層序, 有孔虫およびコノドント群集変遷, 年代層序境界策定に関連して, これまで 1996 年, 1998 年, 2003 年にドネツ炭田地域に

分布する上部石炭系 (ペンシルバニア亜系) において共同野外調査を行ってきた (上野ほか, 1999; Fohrer *et al.*, 2007; Nemyrovska and Ueno, 2008)。今回, 2007 年 10 ~ 11 月の約 2 週間, ウクライナ東部のルガンスク地域南西部およびドネツク地域北東部において, 特に Bashkirian-Moscovian 境界に関連した層準である C₂₂ (F) から C₂₂ (L) スイートに焦点をあて調査を行った。調査はルガンスク市を拠点にし, 図 2 に示した計 8 セクションで行った。以下に, 調査した各セクションについてその概要を述べる。なお, 文中に示した緯度経度は, 各セクションで調査した最下位の石灰岩層の露頭の位置, すなわちセクションの始まりの緯度経度を示している。

1) Karaguz セクション

本セクションはルガンスク市の南南西約 15 km の, Ol'khovka 川左岸に広がる丘陵地南斜面 (N48°26.2', E39°14.3') に好露出し, そこでは C₂₂ (K) および C₂₂ (L) スイートのほぼ全層準をみることができる (図 3)。このセクションの層序は, Aizenverg *et al.* (1975) の中で詳しく記載されている。石灰岩からはフズリナ類が多産するとともに, Nemyrovska (1999) により石灰岩 K (C₂₂ スイート) のコノドント群集変遷についても報告がなされている。そのため, Karaguz セクションはドネツ炭田地域における下部 Moscovian の重要なセクションの 1 つになっている。

Aizenverg *et al.* (1975) によると, Karaguz セクション下部の C₂₂ (K) スイートは全体で約 475 m の層厚がある。そこには 10 層準の石灰岩層が示されているが, 今回の調査では K₂, K₃, K₃₁, K₄, K₇, K₈ の 6 石灰岩層について露頭が確認できた。このうち, K₂ は層厚約 1.1 m の生砕物に富む暗灰色石灰岩で, *Ozawainella*, *Neostaffella* を産する。K₃ (層厚約 1.5 m) も生砕物に富む暗灰色石灰岩であり, *Profusulinella pseudorhomboides* とともに *Eofusulina triangulara* が確認できた。次の K₃₁ は層厚約 35 cm と薄く, そのため露出も悪い。K₃ 同様, *Eofusulina triangulara* が比較的多産する。次の K₄ からはフ

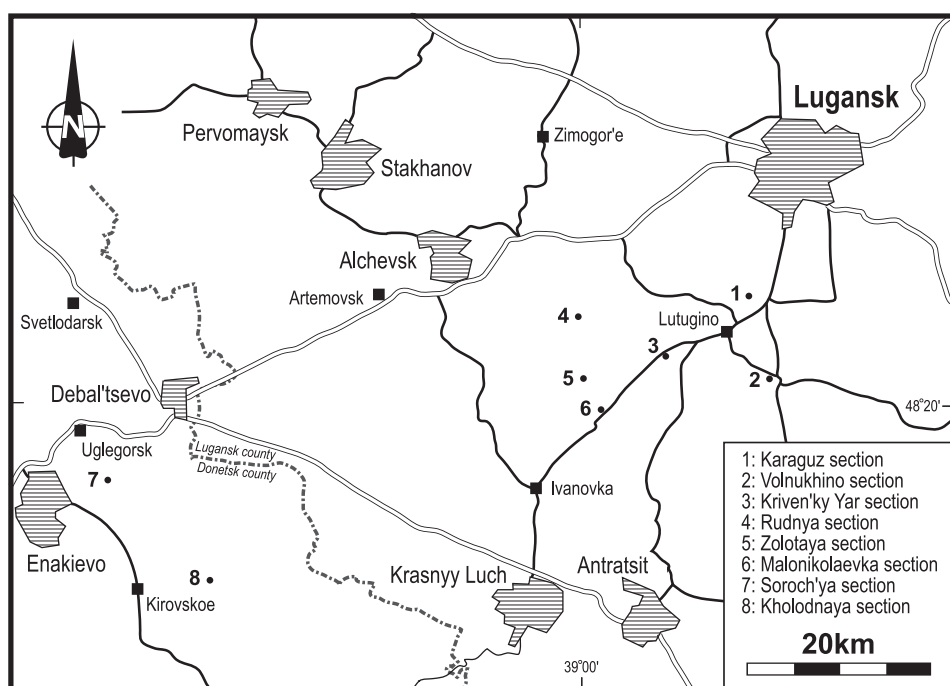


図 2 ドネツ炭田における上部 Bashkirian および下部 Moscovian 調査セクションの位置図。

Fig. 2 Map showing upper Bashkirian and lower Moscovian sections studied in Donets Basin.

ズリナ類が多産する。本層は生砕物に富む暗灰色石灰岩であり、その層厚は約 2.1 m である。*Ozawainella*, *Eofusulina* (*E. trianguliformis* と *E. paratriangula*), *Aljutovella* cf. *citronoides* 等のフズリナを産する。 K_7 は層厚約 4.8 m のやや泥質な暗灰色石灰岩で、*Aljutovella*, *Eofusulina*, 大型の *Neostaffella* が産する。 K_8 は約 2.5 m の層厚のある暗灰色～黒色石灰岩であり、サンゴやケーテス類を多産する。フズリナ類も豊富で、*Ozawainella*, *Taitzeoella*, *Aljutovella*, *Eofusulina*, *Kanmeraia* 等の属がみられる。

一方 C_2^L (L) スイート全体の層厚は約 290 m で、Aizenverg *et al.* (1975) では 7 層準に石灰岩層が示されている。著者らの調査では、 L_1 , L_2 , L_5 , L_7 の 4 石灰岩層のみが地表で確認できた。このうち、 L_1 は生砕物に富む灰色石灰岩で、約 3 m の層厚がある。フズリナ類が多産し、*Ozawainella*, *Neostaffella*, *Kanmeraia*, *Eofusulina* がみとめられる。 L_2 (層厚約 0.5 m) は

淡灰色～暗灰色石灰岩で、フズリナ類は少ない。大型の *Neostaffella* が確認された。 L_5 は層厚約 2 m の暗灰色石灰岩で、生砕物に富む。フズリナ類としては、最初の *Fusulinella* 属 (恐らく *F. schubertelloides*) を産する。Karaguz セクション最上部の L_7 (層厚約 4 m) はフズリナに富む淡灰色石灰岩であり、*Ozawainella*, *Taitzeoella* とともに最初の *Beedeina* 属 (*B. ex gr. schellwieni*) を産する。

なお、これら Karaguz セクションからのフズリナ類については、現在詳しい分類学的検討を進めている。

2) Volnukhino セクション

Volnukhino セクション (N48° 20.9', E39° 15.9') は、ルガンスク市南方にある Lutugino の南東、Novofedrovka 集落西方の Luganchik 川左岸に広がる平低な丘陵地にある。このセクションでは、南部に C_2^L (F) スイートの石灰岩層 (F_1 , F_1^2 , F_2) が、北部に C_2^L (H) スイートの石灰岩

Stage	Suite	Limestone	Study section			
Bashkirian	C ¹ ₃	N	L ₇	1: Karaguz		
	C ⁷ ₂	M				
	C ⁶ ₂	L				
	C ⁵ ₂	K				
	C ⁴ ₂	I	K ₅ K ₃ K ₂ K ₁	2: Volnukhino		
	C ³ ₂	H	I ₂ I ₁ H ₅ H ₃ H ₁			
	C ² ₂	G	G ₃ G ₃ G ₁			
	C ¹ ₂	F	F ₂ F ₁			
	C ⁵ ₁	E		3: Kriven'ky Yar		
	C ⁴ ₁	D				
Moscovian						

図3 調査セクションの層序間隔。セクションの番号は図2に対応。

Fig. 3 Stratigraphic intervals of study sections. Numbers of sections correspond to those in Fig. 2.

層 (H₁, H₂, H₃, H₄, H₅) が露出する (図3)。このセクションでは C₂³ (G) スイート全体がみられないうえ、西北西-東南東走向の H₁ が南北方向に2度繰り返していることから、本地域は複雑な地質構造を持っていることが考えられる。しかも、Volnukhino セクション周辺は地形的にほとんど平坦に近く小谷 (ガリー) も発達しないため石灰岩を含めて露頭状況が非常に悪い。そのため、詳しい層序については不明な点が多い。なお、本セクションからは Nemyrovskaya (1999) によりコノドントが報告されているが、有孔虫類に関する報告はこれまで行われていない。

Volnukhino セクションにおける C₂¹ (F) スイートの石灰岩層は、Lutugino から Novofedrovka に至る道路の南側に露出する。このうち、F₁ は

おおむね東西方向の明瞭な地形的高まりを形成する厚層石灰岩で、セクション最南部の標高 235 m ピークの東側にある採石場跡地に好露出する。灰白色の塊状石灰岩で、石灰藻主体のバイオハームを形成する。上限と下限は不明だが、少なくとも 10 m 以上の層厚がある。次の F₂¹ は F₁ がつくる地形的高まりの北約 300 m にあり、やはり東西性の緩やかな高まりを形成する。今回の調査では露頭は確認できなかったが、この高まりの上には最大 30 cm 大の転石が散在している。石灰岩は暗灰色泥質で、生砕物に乏しい。F₂ は F₂¹ の北約 80 m にあり、やや生砕物に富む暗灰色石灰岩である。

一方、C₂³ (H) スイートの石灰岩層は主にセクション北部の、Georgievka から Novofedrovka に至る道路沿いに露出し、おおむね東-西から北東-南西走向で緩やかに北傾斜する。これら石灰岩は一般に緩やかな地形的高まりを形成しているものの、露出は悪く産状としては高まりの上に転石がみられるだけの場合が多い。このうち、H₁ はやや生砕物に富む暗灰色石灰岩である。H₂ は、下部は暗灰色、上部は黄褐色を呈する生砕物に富む石灰岩で、特に *Beresella* に似た石灰藻類が多産する。H₃ はウミユリ、腕足類、石灰藻を含む泥質石灰岩で、風化によりやや黄色味がかかった色合いを呈している。H₄ は灰色から黄灰色の薄く成層した泥質石灰岩で、生痕化石 *Zoophycos* がみられる。H₅ は岩相的には H₄ に似た石灰岩で、やはり *Zoophycos* を産する。

3) Kriven'ky Yar セクション

本セクションは、Lutugino の南西約 8 km の、地方国道 H-21 号線 131 km 付近 (N48°23.0', E39°17.3') に位置する。ここでは、H-21 号線南東側の緩やかな丘陵地からその東部にある谷沿いにかけて、下部 Bashkirian 最上部～上部 Bashkirian 最下部にあたる C₂¹ (F) スイートから C₂³ (G) スイート下部が露出する (図3)。特に、F₂¹ から G₁ にかけては東方約 1 km のところにある貯水池へとつながる谷の左岸沿いにはほぼ全面露出がみられる。全層厚はおよそ 500 m に達する。Kriven'ky Yar セクションからは Nemyrovskaya

(1999) によりコノドントの産出が報告されているが、有孔虫類に関してはこれまで報告がない。今回の調査では、 F_1^1 , F_2 , F_3^1 , F_3^2 , G_1 , G_1^1 の 6 石灰岩層を確認し、試料を採集した。

C_2^1 (F) スイートの石灰岩層のうち、 F_1^1 は生碎物に富む暗灰色石灰岩であるが、露出が悪くその上限、下限は確認できていない。 F_2 は暗灰色の石灰岩で、ウミユリ、巻貝、貝形虫等の生碎物を含む。一部オンコイド質などところもある。 F_3^1 は厚さ約 60 cm の、生碎物（特に石灰藻類）に富む暗灰色石灰岩で、風化部分は黄褐色を呈している。その上位の F_3^2 も暗灰色石灰岩であり、石灰藻などの生碎物を含む。上限および下限は不明だが、層厚は 25 ~ 30 cm 程度と考えられる。

C_2^2 (G) スイートで検討した 2 つの石灰岩層のうち、 G_1 は層厚約 70 cm で、下部の 20 ~ 30 cm はやや細粒で暗灰色を呈し、その上位は風化部が黄褐色である。全体的に生碎物に富み、特にウミユリ、腕足類、巻貝、貝形虫、有孔虫を多く含む。この石灰岩は暗灰色の頁岩に覆われるが、その境界部はやや波打っている。Volnukhino セクション最上部の G_1^1 は、 G_1 の約 20 m 上位にある、厚い（全体で 40 m 以上）暗灰色頁岩中に挟まれる層厚 15 ~ 25 cm 程度の薄層石灰岩である。生碎物に乏しく、泥質である。

4) Rudnya セクション

このセクションは Lutugino 西方約 18 km にある Illiriya 集落北部の、頂部にモニュメントのあるピーク西側の谷沿い ($N48^{\circ}25.0'$, $E38^{\circ}59.8'$) にある。そこには C_2^1 (G) スイートが層厚 400 m 以上にわたりほぼ全面露出する (図 3)。今回は調査期間の都合で精査は行わず、簡単なルートマップの作成と露出する 3 石灰岩層 (G_3 , G_3^1 , G_3^2) からの試料採集のみを行った。なお、これら 3 石灰岩から産するコノドントについては、Nemyrovska (1999) がそのリストを示している。

検討した 3 石灰岩層とも、いずれも生碎物に乏しい暗灰色～黄灰色石灰岩からなる。このうち、 G_3^2 直下には、層厚約 20 cm の黄褐色を呈する古土壌がみられ、さらにその下位には 80 ~ 100 cm 厚の石炭～有機質頁岩層が露出している。

この石炭層は g_2 に相当する可能性がある。

5) Zolotaya セクション

Zolotaya セクション ($N48^{\circ}21.5'$, $E39^{\circ}00.0'$) は Lutugino の西南西約 18 km にある Ol'khobyy 貯水池北東の、ほぼ南北に延びる小谷 (Zolotaya valley) に沿うセクションである。このセクションには C_2^1 (I) と C_2^2 (K) スイート下部が露出し (図 3)、石灰岩層の露出も良好である。そのため、ドネツ炭田における Bashkirian-Moscovian 境界層準の検討においてもっとも重要なセクションの 1 つとなっている。その層序は Aizenverg *et al.* (1975) に詳しい記載があり、コノドントについては Nemyrovska (1999) が報告している。ただし、有孔虫類に関してはこれまで Aizenverg *et al.* (1975) の中で概要が示されているにすぎない。これまでの調査で I_1 , I_2 , I_2^1 , I_2^2 , I_3 , I_4 , I_4^1 , K_1 , K_2 , K_3 の 10 石灰岩層から試料を採集しているが、これらは現在薄片処理の途上にある。

6) Malonikolaevka セクション

Malonikolaevka セクションは、Zolotaya セクションの南方約 4 km、地方国道 H-21 号線の 141 ~ 142 km 付近 ($N48^{\circ}18.9'$, $E39^{\circ}01.1'$) で調査されたセクションである。本セクションでは、 C_2^1 (I) および C_2^2 (K) スイート下部にかけての層準がみられる (図 3)。この地域は起伏に乏しい地形をなしているため露頭状況は必ずしも良くないが、石灰岩層の露出は比較的良好であり、ドネツ炭田における過去の研究で記載された I_2 から K_3 にかけての石灰岩層のうちの、大半の石灰岩層が確認できる。そのため、Zolotaya セクション同様ドネツ炭田における Bashkirian-Moscovian 境界検討のための重要なセクションの 1 つと考えられる。また、Malonikolaevka セクションは本研究によりはじめて調査されたセクションであり、これまでにその層序、化石相に関する報告はなされていない。本セクションの層序と有孔虫およびコノドント化石群集については、次章でその概要を述べる。

7) Soroch'ya セクション

Soroch'ya セクション ($N48^{\circ}15.2'$, $E38^{\circ}18.7'$) は、ドネツ地域北東の Debal'tsevo 市の南西約

10 km にある Bulavinskoe 集落の西, Volyrtsevscoe 貯水池から北に延びる谷 (Soroch'ya valley) 沿いにある。このセクションは Rotai *et al.* (1969) により地質図と柱状図が示され、層序の記載がなされている。それによると、Soroch'ya セクションには C_2^3 (H) から C_2^5 (K) スイート最下部 (石灰岩 H_3 から K_1 まで) が露出しており (図 3), その層厚は約 850 m である。本研究では、 H_3 , H_4 , H_4^1 , H_5 , H_5^0 , H_6 , H_6^1 , I_3 , I_4 , K_1 の 10 石灰岩層で試料を採集した。

採集した 10 試料の多くが生砕物に乏しい泥質石灰岩である。ただし、 H_5 , H_5^0 , H_6^1 , K_1 にはウミユリ, 巻貝, 腕足類等の生砕物がみられる。特に K_1 には *Neostaffella*, *Verella*? 等のフズリナ類が野外調査の際に確認された。なお、本セクションの C_2^3 (H) スイートからのコノドント化石については、Nemyrovskaya (1999) によりそのリストが示されている。

8) Kholodnaya セクション

Soroch'ya セクション同様、Kholodnaya セクションもドネツク地域北西に位置する。本セクションは、Debal'tsevo 市の南約 20 km, Orlovo-Ivanovka 集落南方の Kholodnaya 貯水池脇のセクション (N48°09'32", E38°28'18") であり、そこには C_2^4 (I) から C_2^5 (K) スイートの地層が露出する (図 3)。本セクションも Rotai *et al.* (1969) の中で地質図と柱状図が示されており、層序の記載がなされている。また、コノドント化石についても Nemyrovskaya (1999) により産出リストが示されているが、有孔虫類に関する報告は今のところ行われていない。Rotai *et al.* (1969) によると、本セクションの $I_2 \sim K_1$ 層準は約 310 m の層厚がある。調査では、この層準の中の I_2 , I_3 , I_3 , I_4 , K_1 の 5 石灰岩層について露頭を確認し、試料の採集を行うとともに、さらに上位の K_2 , K_5 についても調査、試料採集を行った。

採集した 7 試料のうち、最下位の I_2 は層厚約 30 cm の暗灰色泥質石灰岩で、ウミユリ片が散点的にみられる。 I_3 は上下を灰色頁岩に挟まれた約 15 cm 厚の泥質石灰岩であり、ウミユリ片を含む。直下に生痕化石に富む石灰質頁岩を伴う。 I_3

は側方への連続性の良い暗灰色石灰岩で、泥質ではあるが生砕物、特に二枚貝や腕足類に富む。 I_4 は I_3 同様、頁岩に挟まれた約 15 cm 厚の泥質石灰岩で、生砕物は少ない。

一方、 C_2^5 (K) スイート基底の K_1 は緩やかな地形的高まりを形成する層厚約 1.3 m の石灰岩であり、下位より、弱く成層した泥質石灰岩、薄く成層した砂質石灰岩、生砕物に乏しい塊状石灰岩から構成されている。試料は下部の泥質石灰岩から採集したが、野外において *Verella* に似た長紡錘形フズリナがみられた。 K_2 は暗灰色の生砕物に富む石灰岩で、*Profusulinella*, *Neostaffella*, *Eofusulina*? 等のフズリナ類がみとめられた。 K_5 はややノジュール状を呈する石灰岩で、層厚は 1.5 ~ 1.7 m と見積もられる。

III. Malonikolaevka セクションにおける Bashkirian-Moscovian 境界のコノドント・有孔虫群集変遷

従来の研究では、ドネツ炭田地域の Bashkirian-Moscovian 境界は C_2^5 (K) スイート下部 ($K_1 \sim K_3$ 層準) におかれている場合が多い (例えば、Putrja, 1956; Pogrebnyak, 1975; Aisenverg *et al.*, 1979; Einor, 1996)。したがって、ドネツ炭田における本境界を挟む海生化石群集変遷を理解するためには、石灰岩 I から石灰岩 K にかけての層準 ($C_2^4 \sim C_2^5$ スイート) をカバーする連続セクションの検討が特に重要である。本研究で検討した 8 セクションの中でこれに該当し、なおかつ有孔虫類 (特にフズリナ類) を比較的豊富に産するセクションとしては Zolotaya および Malonikolaevka セクションが挙げられる。このうち Zolotaya セクションに関しては、現在試料の薄片処理を進めているところである。本章では、今回精査を行った Malonikolaevka セクションについて、その層序とフズリナ、コノドント群集変遷の概略について述べる。

図 4 に Malonikolaevka セクションのルートマップ (A) と柱状図 (B) を示す。本セクションはルガンスク市の南西約 35 km に位置する Malonikolaevka 集落北方の、地方国道 H-21 号

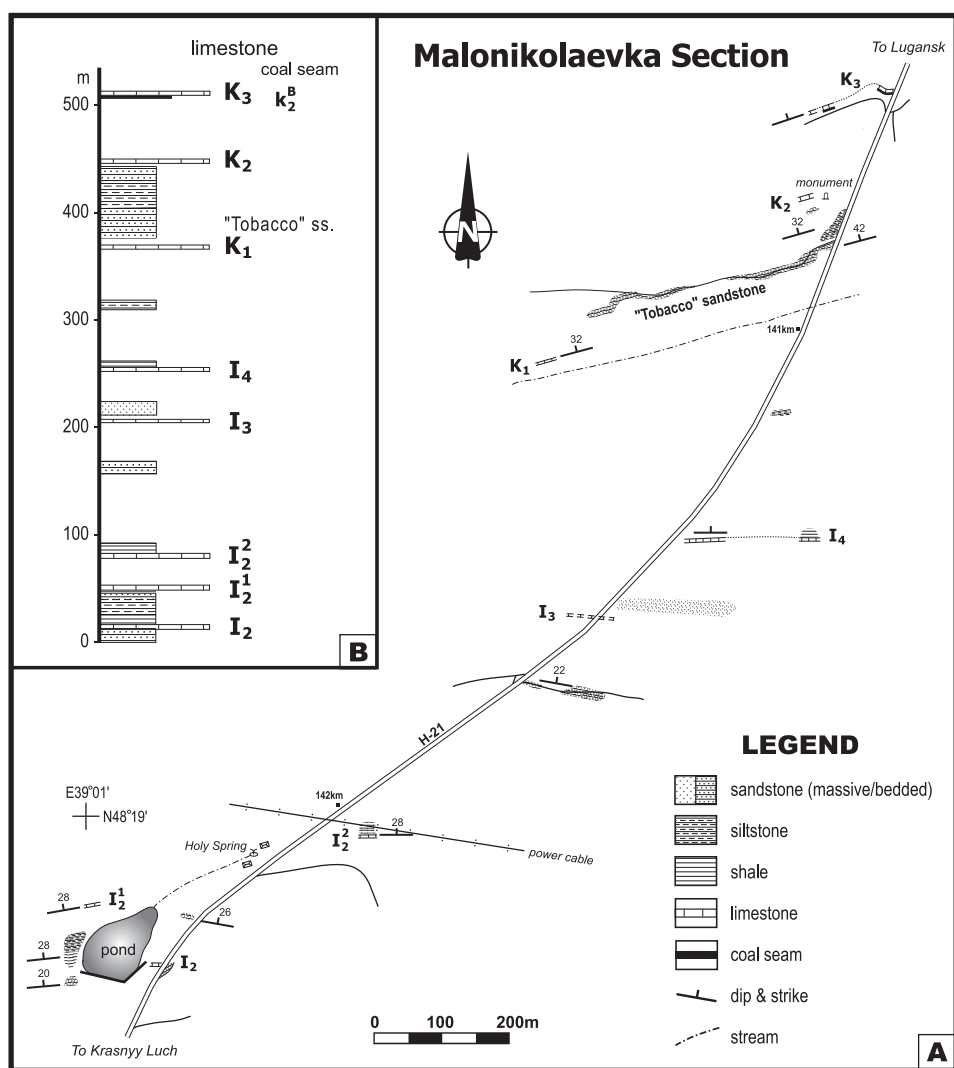


図 4 Malonikolaevka セクション (最上部 Bashkirian ~ 最下部 Moscovian). A: ルートマップ, B: 柱状図.

Fig. 4 Uppermost Bashkitian ~ lowermost Moscovian [C_2^4 (I) ~ C_2^5 (K) suites] Malonikolaevka section. A: Route map, B: Geologic log.

線沿いにある (図 2)。碎屑岩類の露出は悪いものの、石灰岩層については I_2 から K_3 までを確認することができる。地層の走向はおおむね東-西に近く、北に緩やかに傾斜する (図 4A)。調査した層準の全層厚は約 520 m に達する (図 4B)。

本セクションはトラフ型斜交層理を伴う成層した中粒砂岩で始まり、その上位に暗灰色泥質石灰岩である I_2 が重なる。この石灰岩は腕足類や二

枚貝片を含む bioclastic wackestone で、その上位には暗灰色頁岩と葉理の発達したシルト岩が重なる。 I_2 の約 40 m 上位にみられる I_2^1 は少なくとも 2 枚の暗灰色泥質石灰岩から構成されており、その微岩相は *Beresella* に富む algal-bioclastic packstone/grainstone である。この石灰岩は、貯水池北側の緩やかな斜面に好露出する。次の I_2^2 は I_2^1 の約 30 m 上位にあり、H-21 号線東側の、

送電線直下に良い露頭がみられる。 I_2 は直上に灰色頁岩を伴う暗灰色塊状石灰岩で、大型化石としては腕足類やサンゴを産する。微岩相は、 I_2 同様の *Beresella* を主体とする algal-bioclastic packstone である。その上位、 I_3 までの間は露頭に乏しく、 I_2 の約 85 m 上位に薄く成層した中粒砂岩の露出が確認できるのみである。 I_3 は露頭としては確認できなかったものの、道路脇の草地に数多くの石灰岩転石が帯状に分布していることから、これらはほぼ準露頭と判断できる。本石灰岩は、暗灰色の、ウミユリや *Beresella* 片に富む bioclastic packstone である。 I_3 のすぐ上位には、淡緑色砂岩が緩やかな地形的高まりを形成して分布する。 I_3 の約 45 m 上位には、本セクションにおける C_2^2 スイート最上部の I_4 が露出する。この石灰岩は葉状石灰藻類 (phylloid algae) や床板サンゴ類 (auloporids)、小型の単体四放サンゴ類を産し、その微岩相は細粒 bioclastic packstone に区分される。 I_4 の上位約 120 m は露頭に乏しく、一部でシルト岩の露出がみられるのみである。

C_2^2 (K) スイート基底の K_1 は、H-21 号線を横切る東北東-西南西の延びを持つ小谷の北側、道路から約 400 m 西の地点に良い露頭がみられる。層厚約 90 cm の暗灰色石灰岩で、微岩相は細粒 bioclastic packstone である。生痕化石 *Zoophycos* がみられる。 K_1 の上位には砂岩およびシルト岩が連続的に露出する。特に、 K_1 直上には大型のトラフ型斜交層理を伴う暗緑褐色粗粒砂岩が発達する。この砂岩は、その色合いから通称“タバコ砂岩 (Tobacco sandstone)”とよばれる河川成砂岩で、側方へ広く追跡できる (Aizenverg *et al.*, 1975; Izart *et al.*, 1996)。そのため、“タバコ砂岩”はドネツ炭田東部地域において K_1 - K_2 層準を認定する上での良いマーカーとなっている (Aizenverg *et al.*, 1975)。次の K_2 は K_1 の約 85 m 上位にあり、暗灰色で生砕物に富むやや粗粒な石灰岩からなる。微岩相としては、ウミユリ、腕足類、有孔虫、石灰藻を主体とする bioclastic packstone/grainstone に区分できる。Malonikolaevka セクションでみられる最上位の石灰岩である K_3 は K_2 の約 60 m 上位の層準

に露出する。層厚約 1.3 m のややノジュール状を呈する暗灰色石灰岩で、基底部は若干砂質である。その直下に石炭層 (k_2^2) を伴う。この石灰岩は泥質で、微岩相としては bioclastic wackestone に分類できる。

本セクションの石灰岩からはコノドント化石が多産する。表 1 に、Malonikolaevka セクションからのコノドント産出リストを示す。得られたコノドントのうち、一般に下部 Bashkirian に特徴的な *Declinognathodus noduliferus* (s.s.) は I_2 に限られる。*Declinognathodus marginodosus*, *Idiognathoides sinuatus*, *I. fossatus*, *I. tuberculatus*, *Idiognathodus sinuosus* はおおむねセクション全体を通じて産する。一方 *Idiognathodus aljutovens* や *Idiognathoides corrugatus* は本セクションではその産出が I_4 より上位の層準に限られるが、これらは他のセクションではさらに下位の層準からも産出することが知られている (Nemyrovska, 1999)。Malonikolaevka セクションのコノドント群集変遷を考える上で重要なのが *Declinognathodus donetzianus* である。本種は *D. marginodosus* から派生したと考えられており (Nemyrovska, 1999)、その出現が Bashkirian-Moscovian 境界を定義する可能性のあるコノドントの 1 つとして挙げられている (Groves and Task Group, 2004, 2005)。*Declinognathodus donetzianus* は本セクションでは K_1 の最上部から産出が始まるが、近傍の Zolotaya セクションでは K_2 がその初出層準である (Nemyrovska, 1999)。また、その生層序学的意義は今後さらに検討する必要があるものの、*Idiognathodus incurvus* と *I. volgensis* も I_4 および K_1 が Malonikolaevka セクションにおける初出層準である。このように、Malonikolaevka セクションでのコノドント群集変遷をみると、群集要素の大規模な入れかわりを示す層準はみとめられないものの、 C_2^2 (K) スイート基底部付近で Moscovian 型の新しい構成要素が加わってくることが確認できる。なお、Zolotaya セクションでは Groves and Task Group (2005, 2007) が Bashkirian-Moscovian 境界を定義する可能性のあ

表 1 Malonikolaevka セクションのコノドントおよびフズリナ産出リスト.

Table 1 List of conodonts and fusulines from Malonikolaevka section.

	Limestone	I ₂	I ₂ ¹	I ₂ ²	I ₃	I ₄	K ₁	K ₂	K ₃
Conodonts									
<i>Declinognathodus noduliferus noduliferus</i> (Ellison & Graves)		×							
<i>Declinognathodus marginodosus</i> (Grayson)		×					×	×	×
<i>Idiognathoides sinuatus</i> (Harris & Hollingsworth)		×	×		×	×	×	×	
<i>Idiognathodus sinuosus</i> Ellison & Graves		×			×		×	×	×
<i>Hindeodus minutus</i> (Ellison)		×							
<i>Idiognathoides sulcatus</i> Higgins & Bouckaert			×		×				
<i>Idiognathoides fossatus</i> (Branson & Mehl)			×	×	×	×	×	×	
<i>Idiognathodus</i> sp.			×				×	×	
<i>Idiognathoides tuberculatus</i> Nemirovskaya			?			×	×		
<i>Idiognathodus aljutovenski</i> Alekseev, Barskov & Kononova						×	×	×	×
<i>Idiognathodus incurvus</i> Dunn						×			
<i>Declinognathodus donetzianus</i> Nemirovskaya							×		?
<i>Idiognathodus volgenski</i> Alekseev, Barskov & Kononova							×		
<i>Idiognathoides corrugatus</i> Harris & Hollingsworth									×
Fusulines									
<i>Verella</i> sp.		×	×	×	×				
<i>Eostaffella grozdilovae</i> Vachard & Maslo			×	×	×	×	×	×	×
<i>Ozawainella pararhomboidalis</i> Manukalova			×				cf.		
<i>Ozawainella</i> cf. <i>lissichanica</i> Manukalova			×						
<i>Neostaffella</i> (N.) spp.			×				×		×
<i>Mediocris</i> (M.) <i>breviscula</i> (Ganelina)						×			
<i>Pofusulinella</i> sp.						×		?	
<i>Verella</i> - <i>Eofusulina</i> transition							×		
<i>Eostaffella rjasanensis</i> Rauser-Chernousova								×	
<i>Ozawainella alchevskiensis</i> Potievs'ka								×	
<i>Neostaffella</i> (N.) <i>vozghalica</i> (Safonova)								×	
<i>Neostaffella</i> (N.) cf. <i>khotunensis</i> (Rauser-Chernousova)								×	
<i>Eofusulina triangula</i> (Rauser-Chernousova & Beljaev)								×	?
<i>Eofusulina trianguliformis</i> Putrja								×	

るコノドントの候補として挙げている *Idiognathoides postsulcatus* が K₂ から, *Diplognathodus ellesmerensis* が K₃ から産出し始めるが, これら 2 種は Malonikolaevka セクションからは今のところ発見されていない。

一方フズリナ類は K₂ で多産する以外は, 産出量は全般に少ない。そのため, フズリナの同定に不可欠な定方位標本は, 今のところ K₂ 以外の試料からはわずかしか得られていない。これまでに, 予察的ではあるが表 1 に示した 14 の分類群

を識別した。その代表的な標本を図 5 に示す。

Malonikolaevka セクションでの Bashkirian-Moscovian 境界層準を考える際に重要なフズリナが, *Eofusulininae* 亜科 (*Verella*-*Eofusulina* 系統) に属する *Verella* および *Eofusulina* 属である。本セクションの I₂ ~ I₃ 間にある 4 石灰岩層からは, 今回 *Verella* sp. (図 5F ~ H) とした標本を産するが, 本種は軸部に規則的な殻壁褶曲がみとめられることから, 一見すると *Eofusulina* に近い。しかしながら, 特に正横断面標本

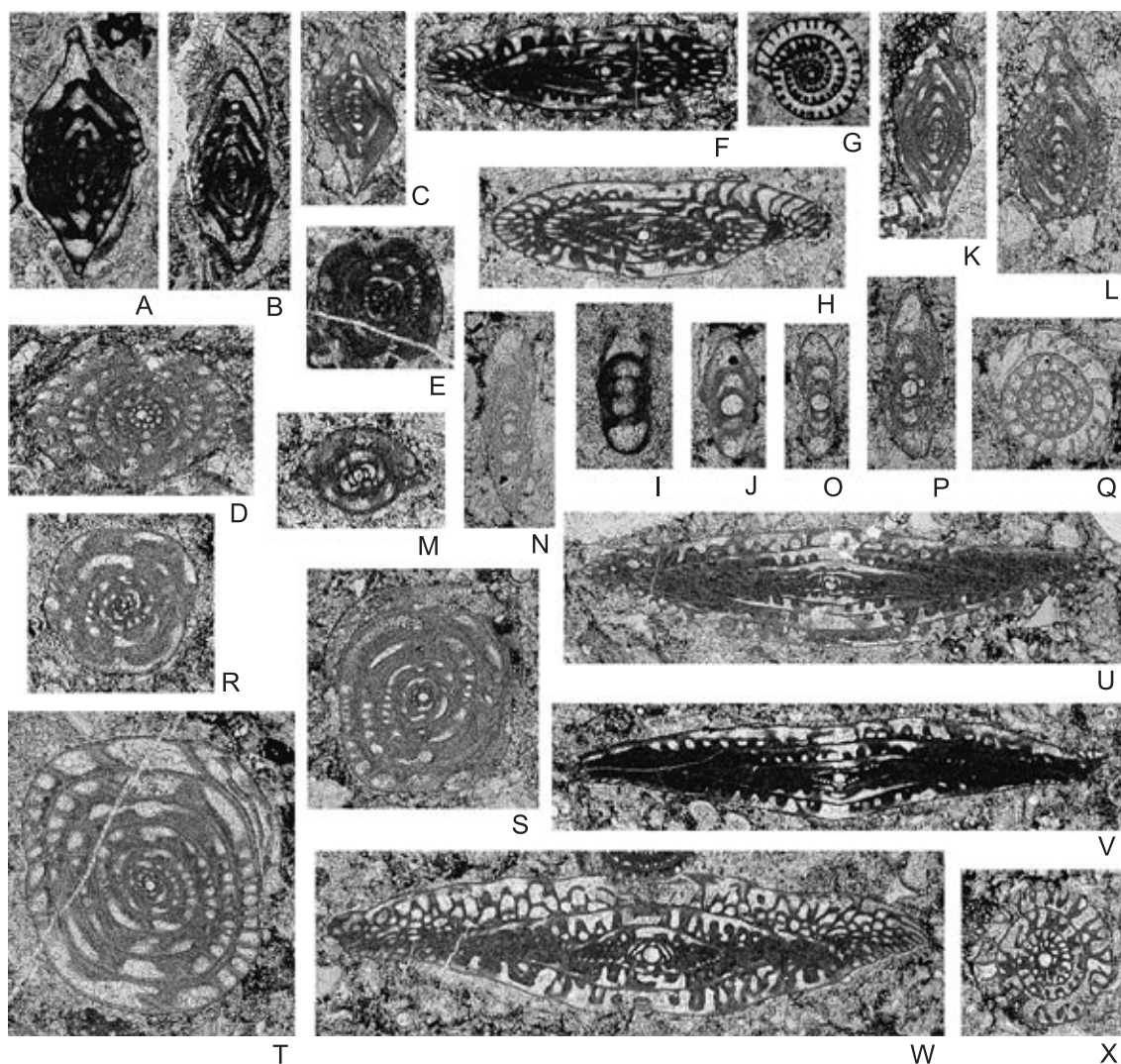


図 5 Malonikolaevka セクションから産するフズリナ類.

Fig. 5 Fusulines from Malonikolaevka section. A: *Ozawainella pararhomboidalis* Manukalova, from limestone I₂, × 30. B: *Ozawainella* cf. *lissichanica* Manukalova, from limestone I₂, × 50. C: *Ozawainella* cf. *pararhomboidalis* Manukalova, from limestone K₁, × 30. D: *Profusulinella* sp., from limestone I₄, × 40. E: *Neostaffella* (N.) sp., from limestone I₂, × 30. F-H: *Verella* sp., F, H, from I₃, G, from I₂, × 15. I: *Mediocris* (M.) *breviscula* (Ganelina), from limestone I₄, × 100. J, O-Q: *Eostaffella grozdilovae* Vachard & Maslo, J, from limestone I₃, O-Q, from K₂, × 80. K, L: *Ozawainella alchevskiensis* Potievs'ka, from K₂, × 40. M: *Profusulinella*? sp., from K₂, × 40. N: *Eostaffella rjasanensis* Rauser-Chernousova, from limestone K₂, × 80. R: *Neostaffella* (N.) cf. *khotunensis* (Rauser-Chernousova), from limestone K₂, × 40. S, T: *Neostaffella* (N.) *vozhgalica* (Safonova), from K₂, × 30. U, V: *Eofusulina trianguliformis* Putrja, from limestone K₂, × 15. W, X: *Eofusulina triangula* (Rauser-Chernousova & Beljaev), from limestone K₂, × 15.

(sagittal section : 図 5G) において殻中央部付近での殻壁褶曲がほとんどみられないことから、本種は van Ginkel & Villa (in van Ginkel, 1987)

がスペイン北西部レオン地域の Lena 層から報告した *V. transiens* 同様、*Verella* 属の中ではかなり進化型の種であるとみなすことができる。一方

K₂には典型的な *Eofusulina* である、より殻サイズが大きく、殻壁褶曲の強い *E. triangulara* (図 5U, V) および *E. triangulariformis* (図 5W, X) がみられる。これら *Eofusulina* 類は一般に Moscovian 下部に特徴的であることが知られている (例えば, Rauser-Chernousova *et al.*, 1951; Putrja, 1956; Ivanova *et al.*, 1979)。I₃ と K₂ の間にある I₄ からはフズリナ類の産出は少なく、*Mediocris* (*M.*) *breviscula* (図 5I) や *Profusulinella* sp. (図 5D) が産するのみである。C₂² (K) スイート基底の K₁ からは *Eofusulininae* 亜科に属すると考えられるいくつかの標本が得られたが、大半は定方位標本ではないため今のところその同定には至っていない。しかしながら、K₁ 産のものは *Verella* と *Eofusulina* の中間的な形質を持つようであり、殻サイズは本研究の *Verella* sp. よりはやや大きいものの、殻壁褶曲は K₂ から産する典型的 *Eofusulina* と比べて若干弱い。今後、K₁ から追加試料を得ることにより、Malonikolaevka セクションにおいて *Verella-Eofusulina* 系統の殻形質に関する詳細な進化的変化を追跡できる可能性が出てきた。

Verella-Eofusulina 系統以外のフズリナ類としては、上記のもののほかに *Eostaffella*, *Ozawainella*, *Neostaffella* 等が産出した。*Eostaffella* 属のうち *E. grozdilovae* (図 5J, O ~ Q) は検討したほぼ全石灰岩層でみられた。*Ozawainella* 属では I₂ から *O. pararhomboidalis* (図 5A) と *O. cf. lissichanica* (図 5B) が、K₁ からは *O. cf. pararhomboidalis* (図 5C) が、また K₂ からは *O. alchevskiensis* (図 5K, L) が産出した。また *Neostaffella* 属では C₂¹ (I) スイートからの標本には比較的小型のものが多いのに対し、K₂ から産出した *Neostaffella* (*N.*) *vozhgalica* (図 5S, T) は殻の巻き数が 5.5 ~ 7.5 であり、*Neostaffella* の中では比較的大型の殻を持つ。Rauser-Chernousova *et al.* (1951) や Nikoraev (2005) 等の報告をみると、本種をはじめとした比較的大型の殻を持つ *Neostaffella* 類はおおむね Moscovian になってから多産するようである。一方、上部 Bashkirian から下部

Moscovian にかけてのフズリナ群集に特徴的な *Profusulinella* 類は、Malonikolaevka セクションには少ない。

このように、得られたデータからは Malonikolaevka セクションのフズリナ群集においては、K₂ に典型的 *Eofusulina* および大型の *Neostaffella* の初出という比較的明瞭な進化イベントが確認できる。このことから、コノドント同様フズリナ類においても C₂² (K) スイート基底付近に Bashkirian-Moscovian 境界をおくことのできる可能性が示される。

IV. まとめと今後の展望

今回の調査では、ドネツ炭田東部地域における上部 Bashkirian から下部 Moscovian にかけての代表的なセクションにおいて野外調査を行い、C₂¹ (F) スイートから C₂² (L) スイートにかけてのほぼ連続した石灰岩試料を採集することができた。試料の多くは現在、薄片およびコノドント抽出処理と含まれる化石群の分類学的検討を進めているところであり、その全容の解明が待たれる。その中で、調査セクションの1つである Malonikolaevka セクションにおいては今回、Bashkirian-Moscovian 境界前後のコノドントおよびフズリナ化石群集変遷の概要を同一試料からのデータをもとに把握することができた。Malonikolaevka セクションと Zolotaya セクションの有孔虫群集変遷については現在、福岡大学理学部地球圏科学科の松永真梨子が卒業研究の一環として詳しい検討を進めているところであり、今後より詳細な情報が得られるものと思われる。

ドネツ炭田は石炭系層序研究における世界的に重要な調査対象地域であり、その詳細な検討は石炭系の層序境界策定に際して不可欠であると言える。今後、Task Group to establish a GSSP close to the existing Bashkirian-Moscovian Boundary による境界を定義するマーカーイベント決定や GSSP 選定に際して、本研究で得られた成果が重要になるものと考えられる。

謝 辞

この研究は、平成 19 年度東京地学協会研究・調査助成金を受け行われた。Task Group to establish a GSSP close to the existing Bashkirian-Moscovian Boundary の設立当時のメンバーでもあった故 O. P. Fissunenکو博士（ウクライナ、国立ルガンスク教育大学）には、Malonikolaevka セクションに関する情報を提供していただいた。また、E. Samankassou 博士（スイス、フリブール大学地球科学教室）と B. Fohrer 博士（ドイツ、シュヴェビッシュハル）には、ドネツ炭田地域での調査ならびに本稿をまとめるにあたり数々の御助言をいただいた。ここに記して深く感謝致します。

文 献

- Aisenverg, D.E., Brazhnikova, N.E., Vassilyuk, N.P., Vdovenko, M.V., Gorak, S.V., Dunaeva, N.N., Zernetskaya, N.V., Poletaev, V.I., Potievskaya, P.D., Rotai, A.P. and Sergeeva, M.T. (1979): The Carboniferous sequence of the Donets Basin: A standard section for the Carboniferous System. in *The Carboniferous of the U.S.S.R.* edited by Wagner, R.H., Higgins, A.C. and Meyen, S.V., *Yorkshir Geological Society Occasional Publication*, **4**, 197–224.
- Aizenverg, D.E., Babenko, A.M., Belenko, N.G., Belonko, V.G., Bragin, Yu.N., Dedov, V.S., Fissunenکو, O.P., Getman, V.G., Konashov, V.G., Lagutina, V.V., Levenshtein, M.L., Makarov, I.A., Nagorny, Yu.N., Nesterenko, L.P., Poletaev, V.I., Popov, V.S., Rotai, P.R., Sharmanova, G.V., Shchegolev, A.K. and Sokolova, G.U. (1975): *Field Excursion Guidebook for the Donets Basin (VIII International Congress on Carboniferous Stratigraphy and Geology, Moscow)*. Ministerstvo Geologii USSR, Izdatel'stvo Nauka. (in Russian and English)
- Davydov, V., Wardlaw, B.R. and Gradstein, F.M. (2004): The Carboniferous Period. in *A Geologic Time Scale 2004* edited by Gradstein, F.M., Ogg, J.G. and Smith, A.G., Cambridge University Press, 222–248.
- Einor, O.L. (1996): The former USSR. in *The Carboniferous of the World III: The Former USSR, Mongolia, Middle Eastern Platform, Afghanistan, & Iran* edited by Wagner, R.H., Winkler Prins, C.F. and Granados, L.F., Instituto Tecnológico, GeoMinero de España & Nationaal Natuurhistorisch Museum, 13–407.
- Fohrer, B., Nemyrovska, T.I., Samankassou, E. and Ueno, K. (2007): The Pennsylvanian (Moscovian) Izvarino section, Donets Basin, Ukraine: A multi-disciplinary study on microfacies, biostratigraphy (conodonts, foraminifers, and ostracodes), and paleoecology. *Memoirs of the Paleontological Society*, **69** (*Journal of Paleontology*, **81**, Supplement to No. 5), 1–85.
- Ginkel, A.C. van (1987): Systematics and biostratigraphy of fusulinids of the Lena Formation (Carboniferous) near Puebla de Lillo (León, NW Spain). *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Series B*, **90**, 189–276.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G. and Smith, A.G. (2004): *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press.
- Groves, J. and Task Group (2004): Report from the Task Group to establish a GSSP close to the existing Bashkirian-Moscovian boundary. *Newsletter on Carboniferous Stratigraphy*, **22**, 14.
- Groves, J. and Task Group (2005): Report of the Task Group to establish a GSSP close to the existing Bashkirian-Moscovian boundary. *Newsletter on Carboniferous Stratigraphy*, **23**, 8–9.
- Groves, J. and Task Group (2007): Report of the Task Group to establish a GSSP close to the existing Bashkirian-Moscovian boundary. *Newsletter on Carboniferous Stratigraphy*, **25**, 6–7.
- Heckel, P.H. and Clayton, G. (2006): The Carboniferous System. Use of the new official names for the subsystems, series, and stages. *Geologica Acta*, **4**, 403–407.
- Ivanova, E.A., Solovieva, M.N. and Shik, E.M. (1979): The Moscovian Stage in the USSR and throughout the world. in *The Carboniferous of the U.S.S.R.* edited by Wagner, R.H., Higgins, A.C. and Meyen, S.V., *Yorkshir Geological Society Occasional Publication*, **4**, 117–146.
- Izart, A., Briand, C., Vaslet, D., Vachard, D., Coquel, R. and Maslo, A. (1996): Stratigraphy and sequence stratigraphy of the Moscovian in the Donets Basin. *Tectonophysics*, **268**, 189–209.
- Nemyrovska, T.I. (1999): Bashkirian conodonts of the Donets Basin, Ukraine. *Scripta Geologica*, **119**, 1–115.
- Nemyrovska, T.I. and Ueno, K. (2008): Problemy korrelyatsii otlozheniy Moskovskogo yarusa (Karbon) Donetskogo Basseyna i Moskovskoy Sineklizy. in *Biostratigraficheskie Osnovy Postroeniya Stratigraficheskikh Skhem Fanerozoia Ukrainy* edited by Gozhik, P.F., Natsional'naya Akademiya Nauk Ukrainy, Institut Geologicheskikh Nauk, Paleontologicheskoe Obschestvo, 360–370. (in Russian with Ukrainian and English abstracts)
- Nikoraev, A.I. (2005): Foraminifery i zonal'naya stratigrafiya Bashkirskogo yarusa vostoka Timano-Pechorskoy provintsii. *Byulleten' Paleontologicheskogo i Litologicheskogo Kollektzionnogo Fonda VNIGRI*, **2**, 1–158.
- Pogrebnyak, V.A. (1975): Kharakternye foraminifery Gazonosnykh otlozheniy srednego i nizov verkhnego karbona severnykh okrain Donbassa i ikh stratigraficheskoe znachenie. in *Stratigrafiya Verkhnego Paleozoia i Nizhnego Mezozoia Dneprovsko-*

- Donetskoy Vpadiny* edited by Lapkin, I.Yu, Glushenko, N.V., Ivanov, V.K., Il'yukhina, A.V., Migacheva, E.E., Movshovich, E.V., Sterlin, B.P., Pogrebnyak, V.A., Podoba, B.G., Feschenko, N.I., Shevyakova, E.N. and Shumilina, T.I., Ministerstvo Gazovoy Promyshlennosti SSSR, Ukrainskiy Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Prirodn'kh Gazov, Nedra, 40-69. (in Russian)
- Putrja, F.S. (1956): Stratigrafiya i foraminifery srednekanemnogol'nykh otlozheniy vostochnogo Donbassa. *Trudy Vsesoyuznogo Neftyanogo Nauchno-Issledovatel'skogo Geologorazvedochnogo Instituta (VNIGRI)*, *Novaya Seriya*, **98** (Mikrofauna SSSR, Sbornik VIII), 311-519. (in Russian)
- Rauser-Chernousova, D.M., Kireeva, G.D., Leonovich, G.E., Gryzlova, N.D., Safonova, T.P. and Chernova, E.I. (1951): *Srednekanemnogol'nye Fuzulinidy Russkoy Platformy i Sopredel'nykh Oblastey*. Akademiya Nauk SSSR, Institut Geologicheskikh Nauk, Ministerstvo Neftyanoy Promyshlennosti SSSR, Izdatelstvo Akademii Nauk SSSR. (in Russian)
- Rotai, A.P., Levenshtein, M.L., Aizenverg, D.E., Popov, V.C., Hesterenko, L.P., Babenko, A.M., Makarov, I.A., Romanov, V.K., Tarasevich, G.L., Fissunenkov, O.P. and Schegorev, A.K. (1969): *Putevoditel' Stratigraficheskoy Ekskursii po Karbonu Donetskogo Basseyna*. Karbonovaya Komissiya MSK, Institut Geologicheskikh Nauk AN Ukr.SSR, Geologorazvedochnye Tresty MG Ukr.SSR, "Artemgeologiya" i "Luganskgeologiya." (in Russian)
- Stovba, S., Stephenson, R.A. and Kivshik, M. (1996): Structural features and evolution of the Dniepr-Donets Basin, Ukraine, from regional seismic reflection profiles. *Tectonophysics*, **268**, 127-147.
- 上野勝美・水野嘉宏・Nemirovskaya, T.I.・Alekseev, A.S. (1999): ロシア卓状地における上部石炭系の有孔虫・コノドント複合生層序 (予報). 地学雑誌, **108**, 294-299.