

資 料

地調月報 Bull. Geol. Surv. Japan, vol. 30 (1), p. 639-644, 1979

553 (59)

東南アジア陸部のメタロジェニー*

V. B. AAENTOV, Yu. G. GATINSKII,
G. A. KUDRYAVTSEV and A. V. MISHINA*

(外国地質科学研究所)

岸本 文男**訳

本論文では、東南アジア陸部¹⁾ 諸国の経済に重要な意味をもっている鉱物資源のメタロジェニー（鉱床分布法則）の特徴が検討されている。その鉱物資源の中でもとくに錫とタングステンが、次いで鉛-亜鉛、鉄、ボーキサイトが対象となっている。

東南アジア陸部の地質に関する資料 (Gatinskii *et al.*, 1970; Dovzhikov *et al.*, 1965; Kudryavtsev *et al.*, 1969; Burton, 1970; Chibber, 1934; Fromaget, 1941; Hutchison, 1968; Jones, 1968; Javanaphet, 1969; Koopmans, 1966; Snelling *et al.*, 1968) を分析した結果、東南アジア陸部の古生代の構造が推定できた。

すなわち、その古生代地向斜褶曲系は、次の3群に区分できる。

- 1) 古生代前期（カレドニア期）の東ビルマ褶曲系とカタシヤ褶曲系、
 - 2) 古生代中期（パリスカン期）の中央インドシナ褶曲系とタイ-マレー褶曲系、
 - 3) 古生代後期—三畳紀前期（パリスカン期後期）の北スダダ褶曲系と北ベトナム褶曲系、
- の3群である。中生代—新生代初期に東南アジア陸部は、新たな重複構造の形成をもたらした、強い広域構造運動-火成活動のアクチビゼーションが生じ、巨大なビルマ-マレー花崗岩帯もこのアクチビゼーションによって生じたものである（第1図参照）。

おそらく、東南アジア陸部のすべての地向斜系は、南

中国盾状地南部の基盤といくらか共通する特徴を備えた、単一の先カンブリア系岩層（カレリア系？）上に発達したものであろう。この先カンブリア系岩層は、かなり均質であつたらしく、地殻の大陸型構成の特徴をもっている。この東南アジア陸部に発達した沈降凹地群は、現在の優地向斜を代表するような特徴をほとんど備えてなく、いくつかは劣地向斜に近い。それと同時に、東南アジアに広く分布するパリスカン褶曲系には、地向斜発展の最終段階の花崗岩類貫入体が広く出現している。

おそらく、本来の地向斜発展の《不活発さ》のために、東南アジア陸部の大部分に後地向斜性褶曲後期段階が特殊な現われ方をし、その段階に粗碎屑岩でなく、炭酸塩岩が堆積したと思われる。この段階に生成した地層は、層相構成の点でも、一般走向・傾斜条件の点でも、造山期の生成体にも、また卓状地の生成体にも似ている。以下、これを後褶曲層 (Shatalov *et al.*, 1963) と称する。

中生代構造運動-火成活動アクチビゼーション期に東南アジア陸部大陸地塊の変動性が大きかったことは、その時代に活発な地向斜の成長がみられた太平洋構造帯内帯からこの地方に、その変動が波及したためと考えることができる。

鉱床生成区分

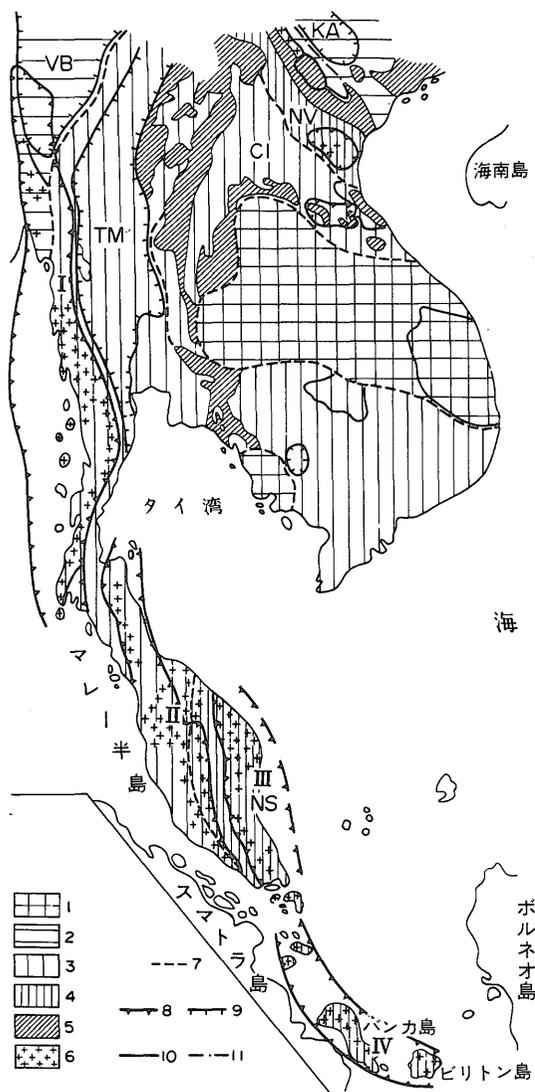
東南アジア陸部の鉱床分布特性は、この地方の構造地質構成に規制されている。そのことから、筆者らは、広域鉱床胚胎範囲として、鉱床生成期別に地向斜褶曲系に一致する鉱床生成区・鉱床生成帯を区分した。

重複構造運動-火成活動アクチビゼーションの構造は、他の地方の場合と同じように、鉱床生成域・鉱床生成帯の配列を規制している（ビルマ-マレー W・Sn亜帯、ラオス-ベトナム鉱床生成域）。

* B. B. Агентов, Ю. Г. Гатинский, Г. А. Кудрявцев, А. В. Мишина (1974): Металлогения Индокитая: «Вопросы Металлогении и Зональность месторождений Тихоокеанского рудного пояса», Владивосток, стр. 118-124.

** 鉱床部

1) インドシナ半島、タイ、ビルマ東半部、マレー半島の範囲。原文は「インドシナ」と表現されているが、これでは、ベトナム、ラオス、カンボジアに限定される印象なので、「東南アジア陸部」と意識した（訳者）



南
支
那
海

- 1—インドシナ中央山塊 (主要先カンブリア紀褶曲区)
- 2—古生代前期 (カレドニア期) 地向斜褶曲系
- 3—古生代中期 (パリスカン期) 地向斜褶曲系
- 4—古生代後期—三疊紀前期 (パリスカン後期) 地向斜褶曲系
- 5—中生代主要凹地と構造運動—火成活動 アクチビゼーション沈降盆地
- 6—中生代・新生代前期の外地向斜型花崗岩類貫入地域
- 7—地向斜褶曲系の境界線
- 8—Sn-W 鉱床生成区の境界線
- 9—Pb-Zn 鉱床生成区の境界線
- 10—Fe 鉱床生成区の境界線
- 11—ボーキサイト鉱床生成区の境界線
- VB—東ビルマ地向斜褶曲系・鉱床生成区
- KA—カタイジア
- TM—タイマレー
- CI—中央インドシナ
- NV—北ベトナム
- NS—北スンダ
- ビルママレー W・Sn 鉱床生成帯
- (I) 東ビルマ帯 (II) 西マレー帯
- (III) 東マレー帯 (IV) インドネシア帯

第1図 東南アジア陸部のメタロジェニー概要図

東ビルマ カレドニア期鉱床生成帯 これは、主としてカレドニア期構造帯の褶曲後期段階に関係した Pb-Zn 鉱床の生成を特徴とする。この鉱床生成帯には、オルドビス紀と二疊紀の炭酸塩岩中に胚胎された、おそらく、二疊紀—三疊紀前期の花崗岩類と成因的に関係があると思われる鉛-亜鉛 鉱石 フォーメイションの鉱床 (Magak'yan, 1969) がかなり広く分布している。これとよく似た地質環境のもとで、鉄のスカルン鉱床も賦存している (Griffis, 1956)。

多金属鉱石フォーメイションの鉱床として、この鉱床生成帯には、広く知られているボードウィン鉱床があ

る。この鉱床は、規模・品位ともにきわめて大きいだけでなく、東南アジア陸部には例のない地質状態を示し、カンブリア紀(?)の流紋岩 (Sommerlate, 1958) に充填された火山岩頸に胚胎され、そのため、一般に鉱床生成区の先褶曲段階の火山源岩層および火山源岩-堆積岩層に胚胎される硫化鉄鉱石フォーメイションにこの鉱床を入れることはできない。

カタイジア カレドニア期鉱床生成区 これは、かなり明瞭な特徴を備えている。この鉱床生成区には、鉛-亜鉛、鉄、燐鉱、ボーキササイトの各鉱床が知られている (Fediuk, Kušnir, 1967; Mineral resources map of

Viet-Nam, 1969; Osica, 1967; Kubiski, 1967). この生成区内には、古期の先カンブリア時代の結晶岩質基盤岩層生成段階に関係した含鉄珪岩がみられる。先褶曲段階には、鉄鉱および燐鉄の噴気堆積鉄床と堆積鉄床が生じているが、その生成期は原生代後期—古生代前期の範囲である。後褶曲段階には、古生代炭酸塩岩層および陸源岩—炭酸塩岩層中に胚胎される、多数の鉛—亜鉛鉄床が生成しているが、その生成は二疊紀ディエンビエンフー系花崗岩類貫入岩 (Dovzhikov *et al.*, 1965) に関係するものと思われる。これと同じ段階と生成上関係があるものとして、ダイアスポア質ボーキサイトの堆積鉄床があり、それは三疊系下部統インダス階陸源岩層と境を接した、二疊系炭酸塩岩層上部層中に分布する。このボーキサイト層は、この鉄床生成区に広く分布し、一連のボーキサイト胚胎盆地 (カオバン盆地、ハザン盆地) を作っている。同じく後褶曲堆積層群中には、堆積鉄床も賦存している。

カタジア鉄床生成区と東ビルマ鉄床生成帯の類似性は、カレドニア期構造体発展の後褶曲段階の炭酸塩岩中に胚胎された、鉛—亜鉛鉄床が広く発達している、ということにつくる。

タイ—マレー パリスカン期鉄床生成区 この鉄床生成区の研究は、まだ十分でない。そのパリスカン構造運動の後褶曲作用段階に、鉄鉄のスカルン鉄床と、炭酸塩岩中に胚胎された鉛—亜鉛鉄床が生成している。いずれも、成因的には、二疊紀—三疊紀前期と思われる黒雲母—角閃石花崗岩 (Brown *et al.*, 1951) と関係を有する。

中央インドシナ パリスカン期鉄床生成区 この鉄床生成区は、鉄、鉛—亜鉛、銅の各鉄床を有する。

地向斜の先褶曲堆積層群のチャート—炭酸塩岩—泥岩層系 (オールドビス系上部統一デボン系) 中に、堆積鉄床と思われる鉄鉄床が胚胎されている。同じ層群中に賦存している、鉄および銅のスカルン鉄床は、空間的には、共褶曲性の石炭紀中期「モスクワ期」花崗岩類に随伴される。レンズ状石灰岩層を伴った褶曲後期 (造山期) 段階の、石炭系中部統一二疊系砂岩—頁岩層系中には、鉄鉄と鉛—亜鉛鉄床のスカルン鉄床が胚胎され (Jacobson *et al.*, 1969), 成因的には、後褶曲段階の二疊紀—三疊紀前期の花崗岩類に関係あるものと考えられる。

北ベトナム パリスカン後期鉄床生成帯 この鉄床生成帯には、主として古生代の炭酸塩岩—陸源岩層群と粘板岩層群中に鉛—亜鉛鉄床が知られている。その幾つかは、ディエンビエンフー系二疊紀花崗岩類と関係があるものと思われる (Dovzhikov, 1965)。

北スンダ パリスカン後期鉄床生成区 Ingham

(1952) の資料によると、この鉄床生成区には、比較的少数ながら鉄のスカルン鉄床 (プキト—ベン鉄床など) が知られており、いずれも三疊紀の花崗岩と関係があると考えられ、共褶曲段階のものとしてされている。

Sn と W の鉄床生成区への移行状況からすると、その Sn—W 鉄床生成区は、褶曲完了の時代による地向斜褶曲系の区分にもとづいた構造運動区区分に対応しなくなっている、とみなくてはならない。

東南アジア陸部西部、マラッカ、インドネシアの錫とタングステンの鉄床は、ビルマ—マレー錫—タングステン鉄床生成帯にまとめることができ、絶対地質年代が主として 230×10^6 年から 175×10^6 年の中生代 (三疊紀後期—ジュラ紀) 優白質黒雲母花崗岩 (Hutchison, 1968; Snelling *et al.*, 1968; Kudryavtsev *et al.*, 1969; Radkevich, 1970) に関係がある。

同時に、ビルマ—マレー錫—タングステン鉄床生成帯における錫とタングステンの鉄床の分布には、母岩の組成およびその地質構造上の位置と密接に結びついた法則性が認められる。すなわち、同鉄床生成帯の北半には鉄マンガン重石—石英鉄石フォーメーションと錫石—石英鉄石フォーメーションの鉄床が広く形成されて (Clegg, 1948), 独立した鉄床帯 (東ビルマ Sn—W 鉄床帯) が形づくられている。この鉄床帯は、カレドニア期構造帯とパリスカン期構造帯の先褶曲段階の岩層群を構成する、先カンブリア紀後期—カンブリア紀の粘板岩と珪岩の分布帯に相当している。そして、上記鉄床生成帯の南半には主として錫鉄床が発達する。すなわち、この南半では、パリスカン期褶曲系内の古生代先褶曲段階および後褶曲段階炭酸塩岩層群分布地域に、錫のスカルン鉄石フォーメーションの鉄床 (キンタ地区、ベアトリス地区) が分布することを特徴とした西マラッカ鉄床帯が区分できる。この西マラッカ鉄床帯の南東のパリスカン後期褶曲系の範囲では、東マラッカ鉄床帯が区分でき、この鉄床帯では、古生代後期—三疊紀砂岩—頁岩層中に錫石—珪酸塩鉄物—硫化物鉄石フォーメーションの鉄床 (スンゲイ—レンピング地区の鉄床) が広く分布している (Fitch, 1947)。

ラオス—ベトナム 中生代—新生代 構造運動—火成活動アクチビゼーション区 このアクチビゼーション区は、きわめて多様な鉄物資源を有することを特徴としている。その鉄物資源としては、白亜紀後期—古第三紀花崗岩と成因的に関係のある錫鉄床と希金属鉄床、酸性火山岩類と亜アルカリ火山岩類に充填された堆積盆地中の多金属鉄脈鉄床、堆積盆地の陸成陸源岩層中の魚卵状鉄鉄床、そして石炭がある。このアクチビゼーション区は、ユーラシア大陸東南部の広大な構造運動—火成活

動アクチビゼーション区の一部を構成し、錫鉱-タングステン鉱胎花崗岩質山塊の生成は、その構造運動-火成活動アクチビゼーションと密接な関係をもっている (Konstantinov et al., 1969).

鉱床生成段階

本論文中で検討している鉱床生成区および鉱床生成帯は、そのメタロジェニーの特徴をそれぞれ異にしている。その違いは、対応する地向斜性褶曲系発達初期段階にみられ、鉱床生成段階の若返りにしたがって差がなくなっている。中生代-新生代のアクチビゼーションによって、鉱体の分布には古期褶曲帯の配列とのつながりがみられなくなっているのである。

東南アジア陸部の鉱床生成帯の発達史では、地殻の定向進化を反映した6段階の鉱床生成段階が区分できる。

もっとも古い、原生代鉱床生成段階は、地向斜性褶曲系の基盤生成体と関係があり、堆積-被変成鉄鉱床がその代表的なものであるが、その鉱床はまだカレドニア期カタジヤ鉱床生成区に知られているにすぎない。

褶曲帯発展の狭義の地向斜段階に相当する先褶曲鉱床生成段階は、これも主として鉄鉱床の生成を伴うものであるが、その鉄鉱床はインドシナ北東部のカレドニア期山地に主に知られている噴気堆積鉄鉱床と堆積鉄鉱床で構成されている。

共褶曲鉱床生成段階は時代的に長く、各時代の地向斜性褶曲帯に及んでいる。

この段階に特定できる鉱床としては、鉄鉱スカルン鉱石フォーメーションの鉄鉱床と銅鉱スカルン鉱石フォーメーションの銅鉱床があげられる。これらの鉱床は東南アジア陸部中央部のパリスカン期山地に知られており、同山地では、石炭紀中期「モスクワ期」花崗岩類に随伴され、石炭紀末期-二疊紀に固まったタイ-マレーパリスカン期鉱床生成区西部では、これらの鉱床は二疊紀花崗岩類と結びつき、北スنداパリスカン後期鉱床生成区では、鉄鉱スカルン鉱床の生成が、おそらく、三疊紀前期の花崗岩類に関係することはまづ間違いないだろう。これらの鉄鉱スカルン鉱石フォーメーションの鉱床の賦存位置に大きな意味をもっているのは、花崗岩質貫入体と鉱体を胎胎する炭酸塩岩そのものである。

後褶曲鉱床生成段階は、カレドニア期とパリスカン期のスカルン鉄鉱床、および、二疊紀-三疊紀前期の花崗岩類にきられた炭酸塩岩中の鉛-亜鉛鉱床の生成区に広く拡がっているのが一つの特徴である。同じくこの段階に関係している鉱床として、カタジヤカレドニア期鉱床生成区のダイアスポア質ポーキサイト鉱床がある。

構造運動-火成活動アクチビゼーション段階は、東南アジア陸部のほとんど全域にわたって中生代と新生代に出現し、鉱床の分布に大きな変化をもたらした。大量の優白質花崗岩の貫入が豊かな錫とタングステンの鉱床の生成を伴ったのである。さらに、錫とタングステンのほかにも、この段階には、多金属鉱床と堆積鉄鉱床が生じている。

完新世砂鉱床・残留鉱床生成段階は、東南アジア陸部の諸条件の中ではとくに大きな意味をもっている。東南アジア陸部の熱帯多湿気候条件下では、ラテライト型風化作用によって錫とタングステンの初成鉱床が強い機械的分解作用を受け、そのために錫石と鉄マンガン重石の大規模な沖積砂鉱床、洪積砂鉱床、崖錐砂鉱床、海浜砂鉱床が生成している (Zhilinskii, 1965)。そして、これらの砂鉱床 (漂砂鉱床) は、東南アジアでの錫鉱とタングステン鉱の生産量の中では大きな割合を占めている。

また、初成鉄鉱床の機械的分解と再沈殿の結果として、各地に重要な経済価値をもった、洪積性あるいは崖錐性の独特な「巨礫質」砕屑鉄鉱床が形づくられている。

さらに、ラテライト型風化作用は鉄の残留ラテライト鉱床も形成し、事実上このタイプの鉱床は東南アジア陸部のすべての鉱床生成区にみられるが、とくに大規模なものはインドシナ中央山塊の先カンブリア系変成基盤岩層発達地域と東南アジア陸部北東端地区に認められる。

まとめ

1. 東南アジア陸部における鉱床生成段階はそれぞれ大きな特徴を備え、そのことは地殻の非可逆的發展を立証するものである。

変成基盤岩層の形成段階と先褶曲段階のもっとも大きな特徴は、同生鉄鉱床の生成である。

共褶曲段階と後褶曲段階は、炭酸塩岩中に胎胎され、かつ、古生代後期の花崗岩類貫入体と成因的に関係があると思われる、多数の遠熱水性鉛-亜鉛鉱床の形成を特徴としている。同じくこの段階に、ポーキサイト鉱床が生成している。

中生代-新生代のアクチビゼーション段階は、多数の錫-タングステン鉱床の形成によって特徴づけられている。

2. 筆者らが指摘した、特殊な生成段階は、堆積岩の形成作用とその後の貫入岩による金属物質の流動化 (mobilization) によって初成分散金属物質が分離・濃集するという概念 (V. I. Smirnov) とよく一致している。

3. 生成段階別の鉄床の生成には一定方向の継承性が追跡できるが、それはとくに鉄鉄床の場合に顕著である。すなわち、鉄鉄床はあらゆる鉄床生成段階で形成され、先カンブリア紀に始まり、完新世(現世)に及んでいる。このような継承性は、おそらく、先カンブリア系変成岩層が鉄に富んでいたためであろう。堆積過程で鉄が繰りかえし沈殿した結果として、さまざまな地質時代の堆積鉄鉄床が生成しているものと思われる。さまざまな地質時代の貫入岩の接触部にスカルン鉄鉄床が生成していることは、その貫入岩によって先カンブリア系中の鉄が流動化したためと解される。

東南アジア陸部に鉄鉄床が広く分布することは、したがって、先カンブリア系の賦存深度が大きくなって、分布も広い「しるし」であり、その先カンブリア系岩層上に上述の地向斜褶曲系がのっている「しるし」であると考えることができる。このことは、かつて筆者らが地質学的な資料だけからひきだした結論 (Kudryavtsev *et al.*, 1969) と一致する。

文 献

- Gatinskii Yu. G., Chan Van Chi, Isaev I. N. (1970): To a problem on the tectonic zonation of North Vietnam: <Dia Chat>, vol. 89-90, no. 1-4 (in Vietnamese)
- Dovzhikov A. Ye., Bui Fu Mi, Vasilevskaya Ye. D. *et al.* (1965): Hanoi (in Vietnamese)
- Zhilinskii B. G. (1965): Genetic types of tin-placer of Indonesia, Method of their prospectings and explorations: in book 「Placer geology」, Moskwa (in Russian)
- Map of mineral resources of Viet-Nam, 1/1,500,000, 1969, Hanoi (in Vietnamese)
- Konstantinov R. M. *et al.* (1969): Geology of tin ore deposits of foreign countries, Moskwa (in Russian)
- Kudryavtsev G. A. *et al.* (1969): Geology of South-East Asia: Leningrad (in Russian)
- Magak'yan I. G. (1969): Types of ore provinces and ore formations in USSR: Moskwa (in Russian)
- Radkevich Ye. A. (1968): Tin ore formations and their practical significance: <Soviet Geology>, no. 1 (in Russian)
- Radkevich Ye. A. (1970): Conference on the tin at Bangkok (Thailand): <Geology of Ore Deposits>, vol. 12, no. 3 (in Russian)
- Smirnov V. I. (1968): Origins of ore-forming materials by the metallogenic positions: Sofia (in Russian)
- Shatalov Ye. T. *et al.* (1963): Summary of geological definitions and terms for application to metallogeny: Moskwa (in Russian)
- Brown C. F., Buravas S., Charajavanaphet Y., Strethaputra V. *et al.* (1951): Geologic reconnaissance of the mineral deposits of Thailand. U. S. Surv. Bull.
- Burton C. K. (1970): The palaeotectonic status of the Malaya Peninsula. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 7, no. 1
- Chibber H. L. (1934): Geology of Burma. London
- Clegg E. L. G. (1948): The Burma tin and wolfram deposits. Records of the Geological Survey of India. vol. LXXVI, Bull. no. 15.
- Fediuk F., Kušnir J. (1967): Groupe de gites polymétalliques de Cho-Diên in République démocratique du Vietnam. Acta Univ. carolinae. Geol., no. 1
- Fitch F. H. (1947): The tin mines of Pahang consolidated, CO. LTD., Bull. Inst. min., met., no. 493
- Fromaget J. (1941): L'Indochine Française, sa structure géologique, ses roches, ses mines et leurs relations possibles avec la tectonique, Bull. Serv. géol. Ind., 26, f. 2
- Griffith S. V. (1956): The mineral resources of Burma. Min. mag., vol. 95, no. 1
- Hutchison C. S. (1968): Invalidity of the Billiton granite, Indonesia, for defining the Jurassic—Upper Triassic boundary in the Thai-Malayan Orogen. Geol. en Mijnbouw, vol. 47, no. 1
- Ingham F. T. (1952): Notes of the iron ore deposits of the Federation of Malaya. 19th session International geological Congress. Algiers
- Jacobson H. S., Pierson C. T., Danusawad T., Japakasetr T., Inthuputi B., Siriratanamongkol C., Prapassornkul S., Pholphan N. (1969): Mineral investigations in Northeastern Thailand. U. S. Government Printing office

- Javanaphet J. C. (1969-1970): Geological map of Thailand. Depart. of Mineral Resources, Ministry of National Development, 1969. Printed by Royal Thai Survey department
- Jones C. R. (1968): Lower Paleozoic rocks of Malaya Peninsula. Bull. Amer. Petrol. Geologists, 52, no. 7, July
- Koopmans B. N. (1966): A Structural Map of North and Central Pahang. J. Tropical Geogr., vol. 22, June
- Kubicki S. (1967): Gisement de limonites de Qui-xa. Bull. Inst. geol., no. 177
- Osika R. (1967): Caractéristiques des gisements de minéraux de fer de la région de Bao-ha et Yen-bai, ainsi que méthodes de leur prospection. Bull. Inst. geol., no. 177
- Snelling H. J., Bignell Y. D., Harding R. R. (1968): Ages of Malayan granites. Geol. en Mijnbouw, vol. 47, no. 5
- Sommerlate H. (1958): Die Blei—Zink—Erzlager Stätte von Bawdwin in Nord Burma. Zs. dtsh. geol. Gesellschaft. Bd 110 (1958), t. 3
- 英文題名
- V. B. Agentov, Yu. G. Gatinskii, G. A. Kudryavtsev, A. V. Mishina (1974): Metallogeny of Indochina: [Problems of metallogeny and zonation of ore deposits in Pacific ore belt], Vladivostok, p. 118-124