

ISSC ニュース 不整合で境された単元 (Unconformity-bounded Units)

— ISSC の Circular No. 61 から —

福田 理 (燃料部)
Osamu FUKUDA

1 ま え が き

このほど IUGS (International Union of Geological Sciences) 層位学委員会の地層分類国際小委員会 (International Subcommission on Stratigraphic Classification, ISSC) の Circular No. 61 が送られてきた。それは I ~ VI からなり その V として不整合で境された単元の命名に関する資料が含まれている。その内容にはわれわれ日本の層位学の徒にも参考になる点が多いので 本誌を借りて概要を紹介しておこう。

2 その見出し

Circular No. 61 の V の見出しは次のようになっている。

- A. 緒 言
- B. この単元の性質
- C. この単元の定義
- D. この単元を設立・記載するための手順
- E. この単元の範囲のきめ方
- F. この単元と他の諸単元との関係
- G. この単元の命名
- H. この単元の分類階級組織
- J. 摘要と結論
- K. 未解決の問題

3 内容の概要

3.1 緒言から

西欧で認定された初期の層位学的単元には 不整合を境界として選定されたものが多い。しかし これは西欧の古い時代に限られた話ではなく 全世界で今日でも使われている。この単元が相当な支持を得たのは 地殻変動が汎世界的に同時に行われたと考えられた頃であった。この頃も またこの考えが不適當であることがわかってからも この不整合で境された単元を 他の諸単元と区別される公式のものとする努力はなされなかった。しかし これはこの単元の必要性が多年認められなかったためでなかった。

たとえば WHEELER (1959 a, p. 1977) は 地層命名アメリカ委員会に対して この次の命名規則にこの種の単元に関する特別の条項を組込むべきことを勧告したが

同委員会はそれに何の反応も示さなかった。かつて WHEELER (1958, p. 1051) はまたこの種の単元を “sequence” と呼ぶべきことも提案した。

1973年 韓国の KI HONG CHANG は 2つの大きな地域的不整合の間にある地層に関する層位学的用語に問題を投げかけた。この年まで ISSC も不整合で境された単元を問題としたことはなかった。この CHANG 教授に対する回答の中で HEDBERG はこの単元の性質有用性 および あり得べき命名について論じた (ISSC Circular No. 45, 1973)。同時にこれを公式の単元と認定すべきかどうかに関する意見が 小委員会の構成員に求められた。

ISSC Circular No. 46 (1974) によれば 構成員のうち13が賛成 18が反対 そして7が無意見であった。当時 HEDBERG は個人的にはこの単元に用語が必要であると考えていた。よく知られた国際層位学綱要 (The International Stratigraphic Guide, 1976; 以下 ISG とする) では 不整合で境された単元—— *synthems* ——は 年代層位学において大きな意味をもつ層位学的単元であり 将来 ISSC で論議さるべき問題の1つとされた。

CHANG (1975) は不整合で境された単元について公式の命名を提案した。その他別の観点からこの問題を論じた学者も多い。最近 ロンドン地質学会でもこの単元が認められ 論議された (HOLLAND et al., 1978)。

3.2 単元の性質から

不整合で境された単元は 上下を不整合で境された岩石の集団である。2つの不整合のうちどちらかが消失すると この単元はもはや存在しない。

3.3 単元の定義から

不整合で挟まれた単元は 上下を不整合で境された一団の岩石である。単元を構成する岩石の岩質 その中に含まれる化石の内容や 単元の代表する年代などは この単元を定義し 他と区別する規準にはならない。

3.4 単元の設立・記載の手順から

ISG (ISSC, 1976, p. 15-17) には 層位学的単元の設立・記載の一般的手順が記述されている。不整合で境

された単元の設立・記載もこの手順を踏まなければならないが この単元については 境となる層位学的不連続の性質 地位 および 特徴の記載に 重点がおかれるのは自然である。CHANG (1975, p. 1549-1551) は ISSC Report No. 7(1972, p. 22-23) に基づいて 同様のことを提案している。CHANG の勧告と ISC のそれとをまとめると 次のようになる。

1. 名称 名称の由来 模式地
2. 単元の種類と地位 不整合で境された単元の用語と分類階級組織に占める地位
3. 歴史的背景 単元の歴史 (著者 原文献 これまでの扱い); 同意語; 先取権, ……その他
4. 一般的定義 この単元の一般的概念 単元設定の理由 単元同定の基本となる境界の不連続 (不整合 非整合 その他) の記載と分析
5. ストラトタイプとその他の照合の基準となるもの。この単元とその境界の双方のストラトタイプの地質学および地理的同定に必要なもの (言葉による記載 地図類 断面図類 写真類 その他)
6. ストラトタイプおよび他の照合の規準となるところにおける単元の記載。厚さ 岩質 構造上の姿勢 地形 その他。この単元と上・下の単元との間を境する不連続との関係を強調すること
7. 地域的狀況 地理的ひろがり 厚さ 岩質その他の特徴や地形的様相の地域的变化; 地域的層位学的関係; 他種の層位学的単元との関係; 模式地から離れたところにおける境界となる不連続の性質・特徴の変化
8. 起原 この単元およびとくに境界となる不連続の由来; 造構運動および海水準変化との関係; 当該地区の地史における不連続を作った地質学的過程の意味
9. 地質年代および他の単元との対比
10. 文献との照合

3.5 この単元の範囲のきめ方から

CHANG (1975, p. 1550) は 不整合で境された単元の範囲は 境界となる不整合が上・下両方とも存在するところであると述べている。

3.6 この単元と他の諸単元との関係から

不整合で境された単元は 多数の他種の層位学的単元たとえば岩石層位学的 生層位学的 磁気層位学的等々の単元を含み かつ長い年代にまたがる地層からなることがある。境となる層位学的不連続の性質によってこの単元の境界は この単元中に含まれる他の層位学的単元と平行していることも また斜交していることもある。

この単元の境界は 定義により常に同時代を代表する年代層位学的単元の境界には対応しない。しかし 多

くの学者 (SLOSS, 1963, p. 109; MIRCCHUM, VAIL, and THOPSON, 1977, ほか多数) によって指摘されているように この単元がある程度年代層位学的の意味合いをもっていることもある。

3.7 この単元の命名から

1) 概 論

不整合で境された単元の命名に際しても 問題の単元がよく発達している付近の地名と 単元の種類と階級とを示す用語との組合せによることが望ましい。前者すなわち地名の撰択については ISG (p. 40-42) を参照されたい。

この単元の種類と階級とを示す用語はきめられていない。古くは“system”や“group”がこれに使われたこともあった。これに対してもっとひろく使われたのは“sequence”という用語である。最近になって“synthem” “interthem” および “mesothem” という用語が提案された。

2) 用語 “sequence”

不整合で境された単元に対して “sequence” を使うことに対しては 2つの大きな反対意見がある。(a) IS SC Report No. 6, p. 30 および CHANG (1975, p. 1546) によって指摘されているように “sequence” のようにすでによく使われている用語を 特別の目的に使うことは望ましくない。(b) “sequence” はすでに特別の層位学的単元として使われているが その意味するところはまちまちである。

MOORE (1933, p. 54) の教科書では “sequence” が代 (era) に対応する年代層位学的単元として使われている。すなわち これは年代層位学的体系における系 (system) のすぐ上の単元で 現在では一般に erathem と呼ばれている。

WELLER (1960, p. 418, 449) も sequence を同じ意味で使っている。

後年 MOORE (1958, p. 61, 63, 80-84) は 彼の教科書の第2版で グランド・キャニオンおよびカナダ盾状地の先カンブリア紀の岩石の記載に “sequence” および “subsequence” を使っている。彼は上記文献の p. 61の脚註で 先カンブリア系についても 多くの地質学者によって system という用語が使われているが それ等を他の地域の先カンブリア系の区分と確信をもって対比することはできないので 顕生累代の systems に代るものとして sequence を使うことにしたい と述べている。同様の理由から 彼は sequence の細分として “sub-sequence” という用語を提案している。この

ハイフンは普通名詞の *subsequence* との混乱を避けるために使われる。

SLOSS, KRUMBEIN, および協同研究者達は まったく別の意味で “sequence” を使っている。しかし 彼等はこの用語を必ずしも同じ意味で使っていない。最初 SLOSS, KRUMBEIN, and DAPPLES (1949, p.109-111) は明瞭な層準によって他から区別される地層群からなる “operational units” として *sequence* を使った。ここにいう層準 (*horizons*) は 岩相および化石群集にみられる “breaks” (断絶) によって 遠隔の地まで追跡・対比されるもので 不連続の上にみられる海進堆積物は 分布および岩相において連続性をもつという。さらに 彼等は *sequence* を 累層 (*formations*) および 層群 (*groups*) の集ったものからなる 岩石単元と考えるべきであるとしている。同じ論文で 彼等が 層位学的不連続を伴う側方に連続性のある 岩石層位学的単元として この単元を使うことを強調しているようなところもある。

2年後 KRUMBEIN and SLOSS はその “Stratigraphy and Sedimentation” (1951, p.380-381) で *sequence* を 大きな造構輪廻の岩石に残された記録”として定義し 地史上の最大のリズムで 普通長さが地質学的時間の単一の紀を超える と述べている。この *sequence* は北アメリカ・クラトンの全域にわたって初期の岩石上に不整合に横たわる基底の岩石単元である。上記の著書で KRUMBEIN and SLOSS は *sequence* は上・下を不整合で境された層位学的単元である とは とくに述べていない。

SLOSS (1963, p.93-94) は *stratigraphic sequence* は *group*, *megagroup*, や *supergroup* より高い階級の岩石層位学的単元で 一大陸のほぼ全域にわたって追跡され地域間にまたがる不整合によって挟まれている と述べている。しかし 彼は不整合で境された “sequences” を 誤って岩石層位学的単元と考えた。

KRUMBEIN and SLOSS は上記の著書の第2版 (1963, p.34-35) の中で *sequences* の定義を与えているが なおそれを岩石層位学的単元と考えていた。彼等は 北アメリカの内陸部のように 共通の造構史と沈積史をもったところでは 広域にわたって追跡される重要な地域間にまたがる不整合が 岩石層位学的上に印づけられていると述べている。このような不整合によって境された層群や累層群より大きな地層塊が *sequence* と呼ばれる (SLOSS, KRUMBEIN, and DAPPLES, 1949; SLOSS による修正 1963)

WHEELER (1958, 1959 a, 1959 b, 1960, 1963) は “sequence” を 厳密に不整合で境された単元の意味で使い 層群

累層 および部層とは別の分類階級組織またはカテゴリーのものと 明瞭に認識していた。

“sequence” をこれとは少し異った意味で使っている学者もある。たとえば SILBERLING and ROBERTS (1962, p.6-7) は 採択された細分 (*sequence*) は 上下の *sequences* から不整合によって区別される “sequences” と名づけられる大きな階級よりなる 岩質上からも 地理的にも不連続な単元である と述べている。

最近 VAIL, MITCHUM および協同研究者達は “sequence” という用語を そのほかの意味で使っている。MITCHUM, VAIL, and THOMPSON (1977, p.53) は *depositional sequence* は比較的整合的に連続して堆積した成因的に関連のある地層群で その頂部および基底部は不整合 またはそれ等に対比される整合をもって境されている と述べている。

この彼等の新しい意味では *sequence* は SLOSS (1963) や KRUMBEIN and SLOSS (1963) のいうような 高い階級の岩石層位学的単元ではない。しかし 彼等は *sequence* を上に述べたように定義したことによって 不整合が消失する正確なレベルを決定し それを連続層序の中に追跡して *sequence* の境界とするという きわめて主観的な要素を その定義にもち込んだ。これは 同年代の層準の追跡にほかならず この点で彼等の *sequence* は年代層位学的単元でもある。すなわち 彼等の *sequence* は一面では不整合で境された単元であり また他面では年代層位学的単元でもある。MITCHUM, VAIL, and THOMPSON (1977, p.55) は *sequence* は不整合で境された単元以上のものである と述べている。

3) 不整合で境された単元に使われた他の名称

WHEELER (1959a, p.1977) は “constratation” という用語を提案した。また WANG HUNG (1966) は “system-group” という用語を提議しているようであるが 彼は明らかにこれをもっとも高い階級の岩石層位学的単元と考えている。

1973年 CHANG 教授が不整合で境された単元に層位学的用語が必要なことについて ISSC の注意を喚起した時 彼はこれを暫定的に “syngroup” と呼ぶことを提案した。彼はまた 地変間にはさまれた単元 (*interdiastrophic units*) であることをはっきりさせるには “syngroup” よりも “unconformity-bounded unit” を採択すべきことを述べている。

不整合で境された単元に新しい用語を与えようとする最初の試みは ISSC Circular No. 45と46の中で HEDBERG によってなされた。Circular No. 45 (1973) で 彼は 不整合で境された単元は 岩石層位学的単元でも

また年代層位的単元でもない と述べている。われわれがこの単元に名称を与えようとするならば “the deposit of” を意味する “theme” または “them” というギリシャ語の語幹 “between” または “in the middle of” を意味するラテン語の “inter” またはギリシャ語の “meso” および “gap” を意味する “hiatus” を使うべきであろう ともいっている。これ等から “mesohiat to them” または “interhiat to them” の2つができる。これ等を短くしたのが “mesothem” または “interthem” である。そのほか 2つの中絶または不整合の間の連続性を強調し “continuum” または “continuothem” を使うこともできるであろう。

Circular No. 46 (1974) で HEDBERG は (a deposit together) を意味する用語 “synthem” を看過していたと述べている。彼によれば これはこの種類の単元に関する用語である。彼はまた 彼と CHANG 教授は “synthem” がもっともよい用語であるという点で一致していると付言している。ISSC の他の構成員によって提案された用語には (a deposit through) を意味する “diathem” (MARTINSSON) “megacyclothem” (FAIRBRIDGE) “super-group” (TORIYAMA, WATERHOUSE) “Interhiatal units” (HENNINGSMOEN) “structural stages” (STOCKLIN) “tectonotheme” (WAGNER) および “mesosome” と “intersom” (HEDBERG, CHANG, 1975, p. 1546 による) がある。

不整合で境された単元に対する名称を最初に提案したのは CHANG (1975) である。彼の提案したところによれば 大きな地域 または地域間にまたがる不整合によって境された大きな単元が synthem であり またローカルないし地域的な非整合によって境された小さな単元が interthem である。

CHANG (1975) の論文では次の4点が挙げられている。

- (1) 不整合で境された単元は 層位的単元の中ではっきりしたカテゴリーを占める
- (2) それ等は公式の層位的単元に格上げされるべきである
- (3) “sequence” という語が不整合で境された単元の意味で使われているが “stratigraphic secession” という一般的な意味と粉らわしい
- (4) 用語 “synthem” (syn はギリシャ語で together を意味し また them はギリシャ語で the deposition of を意味する) が 大きな不整合で境された広い地域または地域間にまたがる単元として ここに提案される

RAMSBOTTOM (1977, p. 282) は “interthem” より “mesothem” を使いたいとしている。彼によれば “interthem” は実際 between よりもむしろ幾分 within の意味があるのに “interthem” には幾分 “between them”

の臭いがある。また 彼は大きな synthems と小さな cyclothem との間の階級の術語として HEDBERG (1973) によって提案された “mesothem” を代りに使いたいとしている。彼によれば HEDBERG は “mesothem” を大きな synthems と小さな cyclothem との間の階級の層位的単元として定義しており その中には不連続を含まない。それは大きさでは stage, substage, または chronozone に当るが 通常の年代層位的単元とは別のものである。RAMSBOTTOM はもっとも小さい不整合で境された単元は cyclothem とし知られると付言している。かくして この単元は synthems, mesothems および cyclothem の3つの階級からなる分類段階を構成する。

後年 RAMSBOTTOM (1978, p. 307) は mesothem を時間の意味を含む層位的単元であり shelf 地区において上下を不整合によって境された大きな堆積輪廻によって構成されると定義している。SAUNDERS, RAMSBOTTOM, and MANGER (1971, p. 293) も同様な定義を与え basin successions においては chronozone の基底によって定義される時間によって境された intervals であるが shelf 地区では不整合によって境されると述べている。

参考までに述べておくと RAMSBOTTOM (1978) が彼の mesothemic cycles の模式的なものとして挙げているのは 北イングランドから北フランスにかけて分布する Namurian に検出された 11 輪廻であり 各 mesothem は数個の cyclothem を含むという。そして 英国の石炭系は先石炭系に大部分不整合をもって重なり 二疊系に不整合に被われていて 不整合で挟まれた単元の最大の階級での1つの synthem をなしているという。以上に述べたことから synthem や mesothem すなわち CHANG (1975) の常識的な規模がわかるであろう。

RAMSBOTTOM の単元は CHANG (1975) によって定義されたものに相当するものではなく MITCHUM, VAIL and THOMPSON (1977) のものに似ている。すなわち 一面では不整合で境された単元であるが 他面では年代層位的単元でもある。

“A Guide to Stratigraphic Procedure” (HOLLAND et al., 1978, p. 15) では “synthem” “mesothem” および “cyclothem” が RAMSBOTTOM の意味で使われている。また この中では mesothems は 地域ごとの階(stages) と同様に 国際的に同意の得られた年代層位的尺度に関連した区分であると考えられる とも記述されている。

3.8 不整合で境された単元の分類階級組織

CHANG (1975) はこの単元に次の2階級を設けること

を提案した。すなわち 広範囲を包含するものが *synthem* であり また小さい方の階級が *interthem* である。そして 彼は 必要があれば 接頭辞 “super” および “sub” をこれ等につけて 中間的な単元を作ればよいとも提案している。

彼の定義によれば *synthem* の境界となる不整合は 広域または地域間にまたがり 厚さおよび代表する時間は 1つ以上の系に相当する。また *interthem* は ローカルないし地域内の不整合によって境され 階ないし統の大きさに比べられる。

RAMSBOTTOM (1977) および HOLLAND et al. (1978) は第3の階級として *cyclothem* を加えるとともに “*interthem*” の代りに “*mesothem*” を使う方がよいとした。

Cyclothem より大きなサイクリックな単元は “*megacyclothem*” (MOORE, 1936) と呼ばれる。 *Megacyclothem* より大きな または数個の *megacyclothems* を含む単元としては “*hypercyclothem*” (WELLER, 1958) および “*magnacyclothem*” (MERRIAM, 1963) という用語が提案されている。

3.9 摘要と結論

文献 とくに過去10ないし15年間のそれから 不整合で境された単元が 役に立つ層位学的単元であることは明らかである。それ故 それ等を認識し 公式のものとし また分類と区分の適当な体系を与える必要がある。

不整合で境された単元は 必要があって役に立つ時のみ使われる。造山運動史 造陸輪廻 海水準変化の段階のような地質発達史のある様相を表現するには この単元は他の単元より向いている。

この単元は安定なクラトン地区でとくに有効である。しかし これは不安定な地区でこの単元が役に立たないことを意味しない。盾状地の場合と同様に 地向斜地区においてもこの単元が使われた多くの例がある。しかし 多くの場合 それ等は岩石層位学的 造構層位学的 (tectonostratigraphic) または年代層位学的単元と考えられており 不整合で境された単元であることが認識されていない。

3.10 未解決の問題

ISGの改訂版にとり入れられるべき 不整合で境された単元に関する新しい章の基礎を築くには ISSC の構成員からの本単元に係わる 一般的な問題に関する意見と提案が待たれるが とくに望まれるのは 次の諸点に関するものである。

(1) 不整合で境された単元を設定し かつ認定するこ

とを判断するのに必要な基準は何であろうか

(2) この単元に好ましいのはどんな分類階級組織か

この単元のもっとも高い階級を “*synthem*” とすることについては 現在大体異論はないが 低い階級の単元の術語については 異論もある。 “*mesothem*” の接頭辞 “*meso*” は *between* よりもむしろ *middle* に似た響きをもっているから CHANG (1975) はこれに代るものとして “*interthem*” という術語を提案した。 RAMSBOTTOM (1977) は “*interthem*” が “*between them*” でもあるところから *between* よりもむしろ *within* でもある “*mesothem*” を支持した。

ISSC の議長 SALVADOR の個人的な見解によれば *interthem* と *mesothem* とのちがいはそれほど大きくない。すなわち ラテン語の “*inter*” とギリシャ語の “*meso*” は本質的には同じ意味で 英語でいえば *between*, *among*, *amid*, *in between*, *in the midst*, *within*, *in the middle*, *intermediate in position* に当る。

以上の語原学上のことのほかに この2つの用語については 次の2点が考慮されなければならない。

- i) “*interthem*” は “*mesothem*” より先に出版・公表されている
- ii) RAMSBOTTOM (1977) によって最初に定義され 次いで多くの学者 (HOLLAND et al., 1978 および SAUNDERS et al., 1979) によって使われた “*mesothem*” は 境となる不連続と年代層位学的基準の双方の上に立って設定され かつ区別された層位学的単元である。したがって “*mesothem*” を不整合で境された単元として使うとするならば それは再定義されるべきであろう。

(3) “*cyclothem*” (およびそのグループに入る “*megacyclothem*”, “*hypercyclothem*”, および “*magnacyclothem*” である) を もっとも低い階級の不整合で境された単元として使うべきであろうか。最初 WELLER (in WANLESS and WELLER, 1932) によって提案され とくに Kansas および隣接州における Pennsylvanian の輪廻性堆積物に対して多くの学者によって使われた “*cyclothems*” は 単一の堆積輪廻の間に沈積した *beds* からなり 一般に上・下の *cyclothems* とは層位学的不連続によって区別されるものとして 記載しかつ定義された。

(4) 不整合で境された単元の分類階級組織を構成するいろいろな用語に 付加的な階級が必要な場合に “*super*” および “*sub*” という接頭辞を使うことを許す必要があるかどうか。

(5) 不整合で境される単元の分類階級組織の中の各種の階級を設定するには どんなアプローチをすべきであろうか。それは構造上の斜交性または境となる不連続

が代表する時間のギャップであろうか。

4 あとがき

不整合で境された単元に関する ISSC の最終決定はやがて ISG の 1 章として出版・公表されるであろう。しかしそれはいわばエッセンスであって ISG の第 1 版の例からみても そこに至るまでの歴史的経過の大部分はそれには含まれないだろう。しかしわれわれに本当に参考となるのは本稿で紹介したような circular の内容である。今後とも必要に応じてこのような紹介を続けたい。

参 考 文 献

- Chang, K. H., 1975, Unconformity-bounded stratigraphic units, *Geol. Soc. America, Bull.*, Vol. 86, No. 11, p. 1544-1552.
- Holland, C. H., et al., 1978, A Guide to Stratigraphical Procedure, *Geol. Soc. London, Special Report No.* 10, 18 p.
- ISSC, 1971, Preliminary Report on Chronostratigraphic Units, Report No. 6, 24th Int. Geol. Congress, Montreal, 39 p.
- , 1972, An International Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Usage - Introduction and Summary, *Lethaia*, Vol. 5, no. 3, p. 283-323.
- , 1973, Circular No. 45, Oct. 1, 1973, 55 p.
- , 1974, Circular No. 46, Febr. 25, 1974, 36 p.
- , 1976, International Stratigraphic Guide, H. D. Hedberg, Editor, John Wiley & Sons, 200 p.
- , 1981, Circular No. 61, Febr. 27, 1981, 23 p.
- Krumbein, W. C., and Sloss, L. L., 1951, Stratigraphy and Sedimentation, W. H. Freeman and Co., 497 p.
- , 1963, Stratigraphy and Sedimentation, 2nd Edition, W. H. Freeman and Co., 660 p.
- Merriam, D. F., 1963, The geologic history of Kansas, Kansas State Geological Survey, Bull. 162, 317 p.
- Mitchum, R. M., Jr., Vail, P. R., and Thompson, S., III, 1977, Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 2: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis, in *Seismic Stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration*, C. E. Payton, Editor, Am. Assoc. Petrol. Geologists, Memoir 26, p. 53-62.
- Moore, R. C., 1933, *Historical Geology*, McGraw Hill Book Co., 673 p.
- , 1936, Stratigraphic classification of the Pennsylvanian rocks of Kansas, Kansas State Geological Survey, Bull. 22, 256 p.
- , 1958, *Introduction to Historical Geology*, 2nd Edition, McGraw Hill Book Co., 656 p.
- Ramsbottom, W. H. C., 1977, Major cycles of transgression and regression (mesothems) in the Namurian, *Yorkshire Geol. Soc., Proc.*, Vol. 41, Part 3, No. 24, p. 261-291.
- , 1978, Namurian mesothems in South Wales and northern France, *Geol. Soc. London, Journal*, Vol. 135, Part 3, p. 307-312.
- , 1979, Rates of transgression and regression in the Carboniferous of NW Europe, *Geol. Soc. London, Journal*, Vol. 136, Part 2, p. 147-153.
- Saunders, W. B., Ramsbottom, W. H. C., and Manger, W. L., 1979, Mesothemic cyclicity in the mid-Carboniferous of the Ozark shelf region?, *Geology*, Vol. 7, No. 6, p. 293-296.
- Silberling, N. J., and Roberts, R. J., 1962, Pre-Tertiary stratigraphy and structure of northwestern Nevada, *Geol. Soc. America, Special Paper No.* 72, 58 p.
- Sloss, L. L., 1963, Sequences in the cratonic interior of North America, *Geol. Soc. America, Bull.*, Vol. 74, No. 2, p. 93-114.
- Sloss, L. L., Krumbein, W. C., and Dapples, E. C., 1949, Integrated facies analysis, in *Sedimentary facies in geologic history*, *Geol. Soc. America, Memoir* 39, p. 91-124.
- Vail, P. R., Mitchum, R. M., Jr., and Thompson, S., III, 1977a, Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 3, Relative changes of sea level from coastal onlap, in *Seismic stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration*, C. E. Payton, Editor, *Am. Assoc. Petrol. Geologists, Memoir* 26, p. 63-81.
- , 1977b, Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 4: Global cycles of relative changes of sea level, in *Seismic stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration*, C. E. Payton, Editor, *Am. Assoc. Petrol. Geologists, Memoir* 26, p. 83-97.
- Wang Hung, 1966, On rock-stratigraphic unit, *Acta Geologica Sinica*, Vol. 46, No. 1, p. 1-13.
- Wanless, H. R., and Weller, J. M., 1932, Correlation and extent of Pennsylvanian cyclothems, *Geol. Soc. America, Bull.*, Vol. 43, No. 12, p. 1003-1016.
- Weller, J. M., 1958, Cyclothems and larger sedimentary cycles of the Pennsylvanian, *Journ. Geology*, Vol. 66, No. 2, p. 195-207.
- , 1960, *Stratigraphic principles and practice*, Harper & Brothers, 725 p.
- Wheeler, H. E., 1958, Time-stratigraphy, *Am. Assoc. Petrol. Geologists, Bull.*, Vol. 42, No. 5, p. 1047-1063.
- , 1959a, Unconformity-bounded units in stratigraphy (Note 24 of Am. Comm. Strat. Nomencl.), *Am. Assoc. Petrol. Geologists, Bull.*, Vol. 43, p. 1975-1977.
- , 1959b, Stratigraphic units in space and time, *Am. Journ. Sci.*, Vol. 257, p. 692-706.
- , 1960, Early Paleozoic tecto-stratigraphic patterns in the United States, 21st Int. Geol. Congress, Copenhagen, Report, Part VIII, p. 47-56.
- , 1963, Post-Sauk and pre-Absaroka Paleozoic stratigraphic patterns in North America, *Am. Assoc. Petrol. Geologists, Bull.*, Vol. 47, No. 8, p. 1497-1526.