堆積学を拓いた人々 (7) — 級化層理から混濁流学説への発展 —

岡田 博有*

Founders of sedimentology (7) — From graded bedding to the turbidity current theory —

Hakuyu Okada*

まえがき

ここでは堆積学のみならず地質学, 広く地球科学の発展に著しい貢献をすることになる級化層理 (graded bedding) の現象に初めて注目した Edward Battersby Bailey とその重要性を実験によって実証し, 混濁流学説を確立した Philip Henry Kuenen に焦点を当てる (岡田, 2002 も参照されたい).

Edward Battersby Bailey (1881-1965)

Edward Battersby Bailey (エドワード・バタースビー・ベイリー) (図 19) は地質調査で堆積構造の重要性に注目して初めてその基本は級化層理 (graded bedding) と斜交層理 (current bedding, 現在は cross bedding の術語に代わっている) であることを示した (図 20). 彼は述べている, “many years to realize that graded bedding and current bedding are the distinguishing marks of two different sandstone facies, the one facies as important as the other.” と (Bailey, 1930, p. 85). これらの堆積構造は複雑な地質構造地帯における地層の上下判定に有効であることと, この二つの堆積形式は共存しないことから堆積過程と堆積環境の違いを示唆するという画期的な解釈を行った (Bailey, 1910, 1936). この考えはその後の地質学の発展に極めて大きい影響を与え, Ph. H. Kuenen による級化層理の実験的研究, さらに混濁流学説 (turbidity current theory) の提唱となったことでよく知られ

図 19 Edward Battersby Bailey (Stubblefield, 1965).

ている (次の Philip Henry Kuenen の記述を参照).

Bailey の地質学への貢献はそれだけではなくた. 彼は野外での地質調査を天業のように愛し, スコットランド高地の図幅調査にイギリス地質学史上でも最高の貢献を成し遂げた. その一例が上述の堆積現象を発見する基になった Ballachulish 横臥褶

受付: 2004 年 5 月 24 日

*

図 20 Bailey の基本堆積構造 (Bailey, 1936).

曲地帯の研究 (Bailey, 1910, 1914) とスコットランド西部の Mull 島における第三紀火成岩類の岩脈群を中心とする火山活動史の解明であった (Bailey, 1912, 1945). とくに後者に対して, 1920 年にイギリス地質調査所所長に就任した Sir John Flett は Bailey の業績を「イギリス地質学の最も輝ける成果」と最高の言葉で評価している (Flett, 1937). さらに, 彼の顕著な業績は大ブリテン島全域をカバーする二枚の着色地質図 (縮尺 1/625,000 初版 1947 年, 第 2 版 1957 年, 改版 1964 年) を完成したことである. 彼の地質学への貢献はまさにイギリス地質学の伝統である “Go and See” を不変不易のものにしたといえよう.

Bailey の魅力は成果の発表に当って, 適切な術語が無いときは躊躇無く新語を铸造したことである. 現在よく使われる「次第に若くなる」という意味の “to young”, “younging” などは彼の造語であった (Bailey, 1934). その他, antiform, synform などがある (Bailey and McCallien, 1937).

ところが, 彼の研究生活は第一次世界大戦の勃発で中断された. 1915 年に召集を受けた Bailey は 1918 年ドイツが戦争で初めて使った戦車によって片目を失い, 腕にも重傷を負うという悲劇を被った. しかし, 1918 年に陸軍中尉として退役すると, このような逆境にもめげず 1924 年には地質調査に復帰して, ますま活発な活動を再開した.

次に Bailey の多彩な生き様に焦点を当てよう. なお, この記述には Stubblefield (1965 a, b), MacGregor (1970), 岡田 (1968) などの Bailey 伝

記を参考にした.

Bailey は 1881 年 7 月 1 日開業医であった John Battersby と農家の娘であった Bailey Louise Florence Carr の間に 6 人兄弟の三男としてロンドン東南のケント州 Kentish Weald 地方の Marden で生まれた. 幼時には父の仕事の関係で引越しが多く, 転校も多かったが, 最後はイングランド北部の Kendal Grammar School を卒業, 1898 年に奨学金を得て Cambridge 大学 Clare College に入学した. 在学中は各種スポーツに熱中したが, 勉強の方もよく頑張り, 2 年次の自然科学優等試験 (Natural Sciences Tripos) では最優秀になっている. とくに注目したいことは, 在学中に Eduard Suess (1885-1909) の名作 “*Das Antlitz der Erde*” に強い影響を受けて, 自信満々の体力と創造力豊かな思考能力を生かした地質学の研究に関心を強めていった. Bailey は 3 年次の Tripos でも地質学と物理学で首席となり, 1902 年には最優秀賞の Harkness 賞を受けた. 彼は卒業後の就職先を地質調査所にするに決めていたので, 希望通り, その年の 6 月に地質調査所スコットランド支所に採用されたのは大満足だった.

Bailey にとって地質学の桃源郷として運命づけられることになるスコットランドの西部高地で野外地質調査が始まった. それは彼の天職となり, その後の成果は冒頭で紹介したとおりである. しかし, この栄光の仕事をして 1929 に離れることになった. それはグラスゴー大学地質学科の主任教授のポストを得たからである.

1929年から1937年まで、グラスゴー大学では学問上の自由を享受した。とくに、この時期に堆積作用とテクトニクスに関する二つの重要論文を発表することができた (Bailey, 1930, 1936)。

ところが、1937年4月、所長職の空席が続いていた地質調査所から所長職への就任を要請され、研究時間を貰えることと、職務管理は副所長に補佐してもらうことを条件にこの要請を受けることにした。ところが、間もなく第二次世界大戦を迎え、所長の仕事は国家の戦争遂行に必要な資源確保に切り替えられ、地図類・標本類のロンドンからの疎開など、全て戦時体制への責任をとらなければならなかった。唯一、1943年に組織された地質図作成のための British Association 小委員会の業務が楽しみだった。

1945年4月14日地質調査所を停年退職し、エジンバラに引退した。そこでは W.J. McCallien の協力を得て研究を再開した。その中でも、二人のトルコ旅行の成果としてまとめたアンカラ複合岩体とアナトリア衝上構造は蛇紋岩を含む地向斜堆積物であり、“Steinmann trinity” と呼ばれるべきと主張して大きい注目を引いた。“Steinmann trinity” という用語も Bailey の造語によるもので (Bailey and McCallien, 1953), Steinmann (1905, 1926) が注目した地向斜の中心部を特徴づける蛇紋岩・枕状溶岩・放散虫チャートの構成を指す。

1956年夫人 Alice Meason に先立たれた Bailey は建築家の息子 Douglas の住むロンドンに移住した。1914年に結婚した夫人との間には1男1女をもうけていた。ロンドンでは主として巨匠と呼ばれる地質家たちの伝記執筆を楽しみに生活をしていた (Bailey, 1950, 1959, 1962)。1962年12月 Bailey は Mary M.W. Young と再婚したが、1965年3月19日ロンドンで他界した。享年83歳であった。

Bailey は地質学への卓抜した貢献に対して数々の賞牌・表彰を受けた。1930年に英国学士院会員 (FRS), 1943年に学士院賞 (Royal Medal), 1945年には同副院長に就任。エジンバラ学士院 (Royal Society of Edinburgh) から1920年に Neil Prize, ロンドン地質学会から Bigsby Medal (1923), Murchison Medal (1935), Wollaston Medal (1948), エジンバラ地質学会から Clough Medal (1962) に輝いた。イギリス地質調査所・博物館退官に際し1945年にナイト (Knight Bachelor) に列せられた。さらに, Harvard (1936), Birmingham

(1939), Glasgow (1946), Belfast (1946), Cambridge (1952), Edinburgh (1964) の各大学から名誉学位を受けた。また, Norwegian Academy of Science & Letters (1938), National Institute of Science of India (1941), National Academy of Sciences, Washington (1944), Royal Academy of Belgium (1946), Swiss Academy of Sciences (1948) の名誉会員に推挙された。兵役時代には戦功十字章, フランス勲功十字章, レジオン・ド・ヌール勲章を授けられた。

本稿を草するに当り, 多年 Sir Bailey を補佐し, 1960-1966年にはイギリス地質調査所所長を勤めた故 Sir C.J. Stubblefield には貴重な自著の Bailey 追悼文の提供を受けた。深く感謝の意を表したい。

主な業績:

- Bailey, E.B., 1910: Recumbent folds in the schists of the Scottish Highlands. *Quart. J. Geol. Soc. London*, **66**, 586-618.
- Bailey, E.B., 1911: A new vulcanology. *Geol. Mag., Decade 5*, **8**, 268-273, 311-316.
- Bailey, E.B., 1912a: The New Mountain of the year 1910, Usu-San, Japan. *Geol. Mag., Decade 5*, **9**, 248-252.
- Bailey, E.B., 1912b: A Mull problem: the great Tertiary breccia. *Geol. Mag., Decade 5*, **9**, 517.
- Bailey, E.B., 1914: The Balachulish fold near the head of Loch Creran. *Quart. J. Geol. Soc. London*, **70**, 321-327.
- Bailey, E.B., 1924: The desert shores of the chalk seas. *Geol. Mag.*, **61**, 102-116.
- Bailey, E.B., 1926a: Plant migration across the Millstone Grit. *Geol. Mag.*, **63**, 49-61.
- Bailey, E.B., 1926b: Subterranean penetration by a desert climate. *Geol. Mag.*, **63**, 276-280.
- Bailey, E.B., 1928: James Hutton: the father of modern geology, 1726-1797. *Trans. Edin. Geol. Soc.*, **12**, 183-186.
- Bailey, E.B., Collet, L.W. and Field, R.W., 1928: Palaeozoic submarine landslips near Quebec City. *J. Geol.*, **26**, 577-614.
- Bailey, E.B., 1930: New light on sedimentation and tectonics. *Geol. Mag.*, **78**, 77-92.
- Bailey, E.B. and Weir, J., 1932: Submarine faulting Kimmeridgian times: East Scotland. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, **57**, 429-467.

- Bailey, E.B., 1934 : West Highland tectonics : Loch Leven to Glen Roy. *Quart. J. Geol. Soc. London*, **90**, 462-525.
- Bailey, E.B., 1936 : Sedimentation in relation to tectonics. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **47**, 1713-1725.
- Bailey, E.B. and McCallien, W.J., 1937 : Perthshire tectonics : Schiehallion to Glen Lyon. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, **59**, 79-117.
- Bailey, E.B., 1940 : Submarine canyons. *Nature*, **146**, 493.
- Bailey, E.B., 1945 : Tertiary igneous tectonics of Rhum (Inner Hebrides). *Quart. J. Geol. Soc. London*, **100**, 165-191.
- Bailey, E.B., 1950 : James Hutton founder of modern geology, 1726-1797. *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, **63**, 357-368.
- Bailey, E.B. and McCallien, W.J., 1953 : Serpentine lavas, the Ankara mélange and the Anatolian thrust. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, **62**, 403-442.
- Bailey, E.B., 1959 : Charles Lyell, F.R.S. (1797-1875). *Not. Rec. Roy. Soc.*, **14**, 121-138.
- Bailey, E.B. and McCallien, W.J., 1960 : Some aspects of the Steinmann trinity, mainly chemical. *Quart. J. Geol. Soc. London*, **116**, 365-395.
- Bailey, E.B., 1962 : *Charles Lyell*. Nelson & Sons, London.

Philip Henry Kuenen (1902-1976)

Thomas S. Kuhn (1962) の科学は漸進的に進歩するのではなく爆発的に発展するという有名な科学革命論 (scientific revolution) はパラダイム科学観と呼ばれている (都城, 1998). タービダイトの研究で優れた貢献を果たしたカナダの R.G. Walker (1973) は Ph. H. Kuenenこそ科学に革命を起こした科学者であるとして Kuenen の功績を “the turbidity current revolution” と呼んで評価した. まさにその通りである.

Philip Henry Kuenen (フィリップ・ヘンリー・キューネン) (図 21) は E.B. Bailey (上述) が 1930 年に提唱した級化層理 (graded bedding) の成因に深い関心を抱いていた. すでに地質現象としての密度流の存在を示唆した R.A. Daly (1936) や, 密度流よりも高密度の流れとして混濁流 (turbidity

図 21 Philip Henry Kuenen (1965 年, 最初の混濁流実験で使った水槽の横で著者撮影).

current) という用語が D.W. Johnson (1939) によって提唱されていたが, それらの挙動の実態を実験で確かめようとしたのは Kuenen (1937) であった. 彼は先ず大きい刺激を受けた Daly (1936) の海底峡谷の侵食は密度流の働きによるという密度流を実験で確かめることにし, Daly 説の正当性を確認した (Kuenen, 1937). まもなく Johnson (1939) は水温や塩分濃度による高密度の流れを密度流と区別するため混濁流の概念を提唱したが, これも実験で確証した (Kuenen, 1948, 1950 a). これらの成果を基に Kuenen の名著 “*Marine Geology*” の中ではすでに混濁流は深海に砂を運び, 級化層理を作ること, さらに海底峡谷の侵食にも関係していることを明確に述べている (Kuenen, 1950 b, The cause of graded bedding, pp. 366-367; Turbidity Currents, pp. 509-526). そして, 実験に基づく密度流や混濁流に関する彼の信念は Kuenen and Migliorini (1950) の論文で完成した. 当時 Kuenen はイタリアの北部アペニン山脈マチャーニョ (Macigno)

地域の漸新世フリッシュ級化堆積層を研究していたフィレンツェ大学教授の C. I. Migliorini と協力して野外での地質学的資料を確認しながら混濁流の実験に力を入れていた。なお、日本語の混濁流は最初乱泥流と呼ばれていた。

その後の混濁流の研究はその堆積物であるタービダイトの研究と共に地質学、堆積学の主流となって大発展を遂げて現在に至っている。Kuenen 自信の混濁流・タービダイト研究のその後の展開は Kuenen (1964) の中で要約されている。

このように Kuenen は地質学研究に実験の重要性を訴え (Kuenen, 1958a, 1965), 当然堆積学研究にも実験を取り入れたものが多かった (Kuenen, 1956b, 1959b, 1960, 1963, 1964a)。例えば、砂火山 (sand volcano), 荷重痕 (load cast), 偽礫 (pseudo-nodule) などの堆積構造の生成過程や碎屑粒子の摩耗実験などは代表的な研究であった。

次に Kuenen の生い立ちを van Straaten (1977), Küppers・鈴木 (1987), Middleton (2003) などの資料を基に見ておこう。

Philip Henry Kuenen は 1902 年 7 月 2 日スコットランドのエジンバラの北、ダンディー (Dundee) の町で生まれた。父はオランダ出身の物理学者で、母はイギリス人であった。1907 年両親と共にオランダのライデン (Leiden) に移住した。そこでは石に興味を引かれるようになり、8 歳の頃から石集めを始め、地質学に関心を持つようになったという。彼はこの地で教育を受け、最後はライデン大学で地質学を専攻した。構造地質学で著名な J. H. F. Umbgrove や L. U. de Sitter はそのときの同級生だったという。大学では 1922-1925 年のイタリア北部の地質学的・岩石学的研究で学位を取得、直ちに 1925-26 年の空軍軍務に服した。

1926 年に兵役を離れると、1934 年までライデン大学の助手を勤めた。このとき、学位論文の指導教官であった B. G. Escher (エスハー) 教授の推薦で 1929-1930 年のスネリウス号 (*Snellius*) 海洋調査に geologist として参加することになった。Kuenen の名著 *"Marine Geology"* の冒頭には Escher 教授に *"Inspiring teacher"* と感謝を捧げている。インドネシア東部海域を中心としたスネリウス号での海洋調査は Kuenen を海洋地質学にも取り込み、彼の研究人生に極めて大きい影響を与え、*"No geology without marine geology"* という名言を遺したほどである (Kuenen, 1958b)。

1934 年 Kuenen はフローニンゲン (Groningen) 大学の講師に採用された。この大学では地質学が軽視され、1932 年に地質学教室は廃止されていた。しかし、当時ナチス・ドイツに占領されていたオランダで、1943 年にライデン大学が閉鎖されると、学生たちはフローニンゲン大学の Kuenen の周りに集まってきた。しかし、ナチス・ドイツはそれを禁じてしまった。1943 年に正教授に昇格、1946 年にはフローニンゲン大学に地質学教室が復活した (図 22)。そして、修士コースもできたが、博士コースは作られなかったという。このように教育環境は恵まれなかったが、彼自信は教育には余り熱心ではなかった。1966 年までの地質学教室の学生数はたったの 3 人だったという。その中にあの有名な A. H. Bouma がいた。当時のフローニンゲン大学には Kuenen の他に潮間帯堆積作用研究の巨匠 L. M. J. U. van Straaten がいて、ヨーロッパ堆積学の中心の感があった。

図 22 Groningen 大学 (1965 年著者撮影)。

Kuenen の晩年は悲惨であった。1967 年に夫人が逝去された後、1970 年には Kuenen を委員の一人とする大学側の強い反対運動にも拘らずオランダ政府によるフローニンゲン大学地質学教室の廃止が決まるなど、Kuenen の精神的ストレスは急速に増大し、神経衰弱の症状がでてきた。こうしたなかで、1972 年に大学を停年退職。1976 年には Naarden の養老院に入った。しかし、神経衰弱は回復することなく、1976 年 12 月 17 日、ライデンの病院で動脈瘤のために永眠した。享年 74 歳であった。

Kuenen の業績に対して、彼は次のような数々の顕彰を受けている。Dumont, Water-schoot, Van der Gracht, Penrose, Steinmann, Wollaston, Shepard Medals, さらにオランダ政府からライオン勲章を授与され、騎士に列せられた。また、オランダ王立科学アカデミー会員、ベルギー、イギリス、スウェーデン、アメリカ各地質学会の名誉会員、アメリカ芸術科学アカデミー会員、ニューヨーク科学アカデミー会員などに推挙された。Dublin, Exter, Krakau などの各大学からは名誉博士号を授与されている。

F.J. Pettijohn (1984) は Kuenen を “an imaginative, highly original thinker” で、完璧な英語を話したと評した。また、Küppers・鈴木 (1987) は「Kuenen はイマジネーションが豊かで、三次元的な、また四次元的なイメージを描くのにたいへん優れていた。また、手先が器用だったこともあって実験地質学に興味をもった」と彼を評している。著者も、1965 年の春、フローニンゲン大学で眼光鋭く、自信に満ちて、端正な風格を備えた Kuenen に会った。未だ脆弱な東洋の一学徒に優しく接してくれたのが印象的であった。そのとき、日本では混濁流説をどのように評価しているかを、大変気にしていた。G.V. Middleton (2003) は Kuenen は確かに優れた実験家であったが、数学または数理理論の知識に問題があったと評している。

主な業績：

- Kuenen, Ph. H., 1937 : Experiments in connection with Daly's hypothesis on the formation of submarine canyons. *Leidse Geol. Mededel.*, **8**, 327-335.
- Kuenen, Ph. H., 1948 : Slumping in the Carboniferous rocks of Pembrokeshire. *Quart. J. Geol. Soc. London*, **104**, 365-385.
- Kuenen, Ph. H., 1950 a : Turbidity currents of

high density. *18th Intern. Geol. Congr., London, 1948, Rept., Pt. 8*, 44-52.

- Kuenen, Ph. H., 1950 b : *Marine Geology*. Wiley, New York, 568 p.
- Kuenen, Ph. H. and Migliorini, C.I., 1950 : Turbidity currents as a cause of graded bedding. *J. Geol.*, **58**, 91-127.
- Kuenen, Ph. H., 1952 : Estimated size of the Grand Banks turbidity current. *Am. J. Sci.*, **250**, 874-884.
- Kuenen, Ph. H. and Menard, H.W., 1952 : Turbidity currents, graded and non-graded deposits. *J. Sediment. Petrol.*, **22**, 83-96.
- Kuenen, Ph. H., 1953 a : Origin and classification of submarine canyons. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **64**, 1295-1314.
- Kuenen, Ph. H., 1953 b : Significant features of graded bedding. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, **37**, 1044-1066.
- Kuenen, Ph. H., 1956 a : The difference between sliding and turbidity flow. *Deep-Sea Res.*, **3**, 134-139.
- Kuenen, Ph. H., 1956 b : Experimental abrasion of pebbles : 2. Rolling by current. *J. Geol.*, **64**, 336-368.
- Kuenen, Ph. H., 1957 : Sole markings of graded greywacke beds. *J. Geol.*, **65**, 231-258.
- Kuenen, Ph. H. and Gill, D., 1957 : Sand volcanoes on slumps in the Carboniferous of County Clare, Ireland. *Quart. J. Geol. Soc. London*, **113**, 441-160.
- Kuenen, Ph. H. and Prentice, J.E., 1957 : Flow markings and load-casts. *Geol. Mag.*, **94**, 173-174.
- Kuenen, Ph. H., 1958 a : Experiments in geology. *Trans. Geol. Soc. Glasgow*, **23**, 1-9.
- Kuenen, Ph. H., 1958 b : No geology without marine geology. *Geol. Rundschau*, **47**, 1-10.
- Kuenen, Ph. H., 1959 a : Turbidity currents a major factor in flysch deposition. *Eclogae Geol. Helv.*, **51**, 1009-1021.
- Kuenen, Ph. H., 1959 b : Experimental abrasion, pt. 3 : Fluvatile action on sand. *Am. J. Sci.*, **257**, 173-190.
- Kuenen, Ph. H., 1960 : Experimental abrasion, pt.

4 : Eolian action. *J. Geol.*, **68**, 427-449.

Kuenen, Ph. H., 1963 : Pivotability studies of sand by a shape-sorter. *Sedimentology*, **1**, 208-215.

Kuenen, Ph. H., 1964 a : Experimental abrasion, pt. 6 : Surf action. *Sedimentology*, **3**, 29-43.

Kuenen, Ph. H., 1964 b : Deep sea sands and ancient turbidites. In : Bouma, A.H. and Brouwer, A. (eds.) : *Turbidites*. Elsevier, Amsterdam, 3-33.

Kuenen, Ph. H., 1965 : Value of experiments in geology. *Geol. Mijnbouw*, **44**, 22-36.

文 献

Daly, R. A., 1936 : Origin of submarine "canyons". *Am. J. Sci.*, **31**, 401-420.

Flett, J. S., 1937 : *The First Hundred Years of the Geological Survey of Great Britain*. HMSO.

Johnson, D. W., 1939 : *The Origin of Submarine Canyons. A Critical Review of Hypotheses*. Columbia Univ. Press, New York, 126 p.

Kuhn, T. S., 1962 : *The Structure of Scientific Revolutions*. Univ. Chicago Press, Chicago, 277 p.

Küppers, A.N.・鈴木尉元, 1987 : キューネンの生涯と業績. 地質ニュース, (396), 26-29.

MacGregor, A.G., 1970 : Bailey, Edward Battersby. In : Gillispie, C.C. (ed.) : *Dictionary of Scientific Biography. Vol. 1*. Charles Scribner's Sons, New York, 393-395.

Middleton, G. V., 2003 : Philip Henry Kuenen (1902-1976). In :

Middleton, G. V. (ed.) : *Encyclopedia of Sediments and Sedimentary Rocks*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 646-647.

都城秋穂, 1998 : 科学革命とは何か. 岩波書店, xv+331+16 p.

岡田博有, 1968 : あるジオロジストの歩いた道①, ②. Edward Battersby Bailey 1881-1965. 地質ニュース, (171), 58-63 ; (172), 49-53.

岡田博有, 2002 : 堆積学—新しい地球科学の成立—. 古今書院, xiii+219 p.

Pettijohn, F. J., 1984 : *Memoirs of an Unrepentant Field Geologist*. Univ. Chicago Press, Chicago, ix+260 p.

Steinmann, G., 1905 : Die geologische bedeutung der Tiefseeabsätze und der ophiolitischen Massengestein. *Naturf. Gesell. Freiberg Ber.*, **16**, 44-65.

Steinmann, G., 1926 : Die ophiolitischen Zonen in dem mediterranen Kettengebirge. *Congr. Géol. Intern., Compt. Rend.*, **14e, Madrid, 1926**, **2**, 636-638.

Stubblefield, C. J., 1965 a : Edward Battersby Bailey 1881-1965. *Biographical Memorirs of Fellows of the Royal Society*, **11**, 1-21.

Stubblefield, C. J., 1965 b : Sir Edward Bailey, M.C., F.R.S. *Nature*, **207** (4996), 464-465.

Suess, E., 1885-1909 : *Das Antlitz der Erde. 3 vols.* Tempsky, Vienna.

van Straaten, L. M. J. U., 1977 : In memoriam Ph. H. Kuenen. *Geol. Mijnbouw*, **56** (1), 1-3.

Walker, R. G., 1973 : Mopping up the turbidite mess. In : Ginsburg, R. N. (ed.) : *Evolving Concepts in Sedimentology*. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, 1-37.